

歩車間通信の要求条件に関する調査 報告書

平成 28 年 3 月

独立行政法人 交通安全環境研究所

目 次

1 . 調査概要.....	1-1
1.1 背景と目的.....	1-1
1.2 本事業の実施内容.....	1-2
1.3 本事業の実施体制.....	1-3
1.3.1 国土交通省事業実施者会議.....	1-4
1.4 総務省事業との連携.....	1-6
1.4.1 国土交通省連絡会.....	1-6
1.4.2 総務省事業実施者連絡会.....	1-7
2 . 今年度調査事業の位置づけとコンセプト.....	2-1
2.1. 3年間のゴールイメージ.....	2-1
2.2. 今年度事業の位置づけ.....	2-1
3 . 歩車間通信を利用した運転支援システムに係る評価法・試験法の開発.....	3-1
3.1 評価法・試験法の開発方法.....	3-1
3.2 運転支援システムの概要.....	3-2
3.3 対象場面.....	3-2
3.4 評価法・試験法の開発結果.....	3-5
3.4.1 歩車間通信に係るガイドライン（案）（歩行者側）.....	3-5
3.4.2 歩車間通信に係るガイドライン（案）（ドライバ側）.....	3-18
3.4.3 車車間通信に係るガイドライン（案）.....	3-32
4 . DS 実験による歩車間通信 / 車車間通信の有効性の確認.....	4-1
4.1 歩車間通信（ドライバ側）.....	4-1
4.1.1 調査目的.....	4-1
4.1.1.1 歩車間通信システムの支援レベルについて.....	4-2
4.1.1.2 歩車間通信システムの作動タイミングを決定するパラメータ ..	4-2
4.1.1.3 位置測位の誤差について.....	4-4
4.1.1.4 それぞれの支援場面における実験パラメータの設定.....	4-5
4.1.2 実験装置（ドライビングシミュレータ）.....	4-8
4.1.3 実験方法.....	4-13
4.1.3.1 作動タイミングに関する主観的評価.....	4-13
4.1.3.2 走行道路の仕様.....	4-14
4.1.3.3 実験コースおよび実験パラメータの設定.....	4-15
4.1.3.4 実験参加者.....	4-26

4.1.4	実験結果	4-27
4.1.4.1	位置測位の誤差がない場合	4-27
4.1.4.2	位置測位の誤差がある場合	4-123
4.2	車車間通信	4-172
4.2.1	調査目的	4-172
4.2.1.1	情報提供・注意喚起・警報の定義	4-172
4.2.1.2	車車間通信システムの 作動タイミングを決定するパラメータ	4-172
4.2.1.3	位置測位の誤差	4-174
4.2.1.4	それぞれの支援場面における実験パラメータの設定	4-175
4.2.2	実験装置（ドライビングシミュレータ）	4-182
4.2.3	実験方法	4-182
4.2.3.1	作動タイミングに関する主観的評価	4-182
4.2.3.2	走行道路の仕様	4-183
4.2.3.3	実験コースおよび実験パラメータの設定	4-184
4.2.3.4	実験参加者	4-201
4.2.4	実験結果	4-202
4.2.4.1	位置測位の誤差がない場合	4-202
4.2.4.2	位置測位の誤差がある場合	4-298
4.3	結論	4-348
4.3.1	歩車間通信（ドライバ側）	4-348
4.3.2	車車間通信	4-349
5	700MHz帯車車間通信・歩車間通信システム/携帯電話ネットワーク利用 型歩車間通信システムの開発	5-1
5.1	700MHz帯車車間通信・歩車間通信システムの開発	5-1
5.1.1	システム開発のねらい	5-1
5.1.2	システム構成	5-1
5.1.3	ソフトウェア機能仕様	5-4
5.1.4	TTC判定	5-10
5.1.5	画面イメージ	5-14
5.1.6	通信I/F仕様	5-17
5.1.7	通信シーケンス	5-21
5.1.8	データベース仕様	5-22
5.2	携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムの開発	5-26
5.2.1	システム開発のねらい	5-26

5.2.2	システム構成.....	5-26
5.2.3	車両 / 歩行者用ソフトウェア機能仕様.....	5-28
5.2.4	アプリケーションサーバーソフトウェア機能仕様.....	5-32
5.2.5	端末ステータスソフトウェア機能仕様.....	5-36
5.2.6	地図サーバーソフトウェア機能仕様.....	5-40
5.2.7	メッセージセットエミュレーターソフトウェア機能仕様.....	5-42
5.2.8	通信 I/F 仕様.....	5-45
5.2.9	通信シーケンス.....	5-58
5.2.10	データベース仕様.....	5-59
6	実験車両の製作.....	6-1
6.1	概要.....	6-1
7	実証実験用ダミー車両の製作.....	7-1
7.1	目的.....	7-1
7.2	実験用ダミー車両の概要.....	7-1
7.2.1	機能要件.....	7-1
7.2.2	制御の概要.....	7-1
7.2.3	システム構成.....	7-2
8	テストコースでの実証実験の実施.....	8-1
8.1	歩車支援 (ドライバ).....	8-1
8.1.1	実験概要.....	8-1
8.1.2	現地調査.....	8-1
8.1.3	実験方法.....	8-5
8.1.4	実験結果と考察.....	8-12
8.2	歩車支援 (歩行者).....	8-44
8.2.1	実験概要.....	8-44
8.2.2	実験環境.....	8-44
8.2.3	実験方法.....	8-48
8.2.4	位置精度に関する実験環境.....	8-53
8.2.5	実験結果と考察.....	8-54
8.2.6	結論.....	8-93
8.3	車車支援.....	8-96
8.3.1	実験概要.....	8-96
8.3.2	現地調査.....	8-96

8.3.3	実験方法	8-100
8.3.4	実験結果と考察	8-107
9	公道での実証実験の実施（お台場）	9-1
9.1	歩車支援（ドライバ）	9-1
9.1.1	実験概要	9-1
9.1.2	現地調査	9-1
9.1.3	実験方法	9-4
9.1.4	実験結果	9-7
9.1.5	考察	9-17
9.2	歩車支援（歩行者）	9-18
9.2.1	実験概要	9-18
9.2.2	実験環境	9-18
9.2.3	実験方法	9-22
9.2.4	実験結果と考察	9-28
9.2.5	結論	9-107
9.3	車車支援	9-113
9.3.1	実験概要	9-113
9.3.2	現地調査	9-113
9.3.3	実験方法	9-116
9.3.4	実験結果	9-119
9.3.5	考察	9-135
10	C-ACCの高度化を目指した通信仕様に関する検討	10-1
10.1	はじめに	10-1
10.1.1	活動の背景、目的、検討項目	10-1
10.1.2	今年度の検討項目	10-1
10.2	位置情報（位置精度・方位角）の検討	10-1
10.2.1	位置情報（位置精度・方位角）の要件検討	10-1
10.2.1.1	位置精度・信頼度の要件検討	10-1
10.2.1.2	方位角精度・信頼度の要件検討	10-2
10.2.2	位置情報（位置精度・方位角）の評価基準・評価方法検討	10-3
10.2.2.1	評価コースの検討	10-3
10.2.2.2	評価基準の検討	10-4
10.2.2.3	評価方法の検討	10-4
10.2.3	位置情報（位置精度・方位角）の検証	10-5

10.2.3.1	検証実験の概要	10-5
10.2.3.2	データ比較の方法	10-5
10.2.3.3	位置精度・信頼度の検証結果	10-5
10.2.3.4	方位角精度・信頼度の検証結果	10-6
10.2.3.5	位置情報（位置精度・方位角）の検証結果の考察	10-7
10.3	車両情報（速度・加速度）の検討	10-7
10.3.1	車両情報（速度・加速度）の要件検討の考え方	10-7
10.3.2	車両情報（速度・加速度）の評価基準・評価方法の検討	10-8
10.3.3	車両情報（速度・加速度）の評価基準の妥当性検証	10-8
10.3.3.1	認識機能の確認方法	10-8
10.3.3.2	渋滞緩和効果の確認方法	10-9
10.3.4	計測方法の検証	10-10
10.4	ガイドラインの検討	10-11
10.5	まとめ	10-11
11	まとめ	11-1
11.1	成果	11-1
11.1.1	評価法・試験法の成果	11-1
11.1.2	ドライビングシミュレータ実験の成果	11-2
11.1.3	携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム開発の成果	11-4
11.1.4	実験車両製作の成果	11-6
11.1.5	実証実験用ダミー車両製作の成果	11-6
11.1.6	公道での実証実験の成果	11-6
11.1.7	試験コースでの実証実験の成果	11-8
11.1.8	C-ACCの高度化を目指した通信仕様に関する検討の成果	11-11
12	付属資料	12-1
12.1	参考文献	12-1
12.2	議事録	12-2
12.3	実験計画書	12-43
12.4	GNSS受信機の測位精度検証	12-67
12.4.1	検証概要・目的	12-67
12.4.2	検証方法	12-69
12.4.2.1	回転台中心位置計測観測	12-69
12.4.2.2	精度検証観測作業	12-71
12.4.3	理論的見地からの精度	12-73

12.4.3.1	GNSS 測位の誤差について	12-73
12.4.3.2	測位精度指数 DOP について	12-75
12.4.3.3	GNSS+IMU ハイブリッドシステムの精度について	12-75
12.4.3.4	実験期間中の現地の観測状況予測	12-77
12.4.3.5	実験期間中の現地の実際の観測状況	12-82
12.4.4	検証結果	12-88
12.4.4.1	定点評価	12-88
12.4.4.2	移動時の位置の動き	12-91
12.4.5	考察	12-96
12.4.5.1	定点評価について	12-96
12.4.5.2	移動時の位置の動きについて	12-98
12.4.6	語彙説明	12-100
12.5.	支援情報の精度向上方法に関する提案	12-103
12.5.1	GNSS 検定システムの概要	12-103
12.5.2	実験車両への機器設置	12-104
12.5.3	実験結果	12-106
12.5.4	考察	12-110
12.5.5	今後の展開	12-110

1 . 調査概要

1.1 背景と目的

自動運転(自動走行)システムは、交通事故の削減、交通渋滞の緩和、環境負荷の軽減、高齢者等の移動支援、運転の快適性の向上という効果が期待され、特に超高齢化社会を迎える中、世界一安全な道路交通社会を目指す我が国にとって、関連技術の開発やその普及に向けた環境整備は極めて重要である。自動走行システムを実現するためには、従来の自動車単体での運転支援技術(自律型)の更なる高度化に加え、自動車と自動車、インフラ、歩行者等をつなぐ高度な無線通信技術を活用した運転支援技術(協調型)の早期実用化が不可欠である。

そのため、国土交通省では公道での実証実験等を通じて、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICTを活用した高度な安全運転支援システムの実現を図ることを目的として、それに資する専用端末を利用した直接通信型歩車間通信技術の開発に関する調査を行うものである。

具体的には、実証実験を通して、専用端末を利用した直接通信型歩車間通信に必要な通信エリアや有効なメッセージセット等について調査を行うものである。

1.2 本事業の実施内容

本事業の実施内容は下記のとおりである。

- (1) 本調査の関係者との調整
- (2) 歩車間通信を利用した安全運転支援システムの評価法および試験法の開発
- (3) 実験車両の製作
- (4) 実証実験の実施

(1) 本調査の関係者との調整

国土交通省事業実施者との連携

本事業実施にあたり、国土交通省で実施する『車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査』（受託者：芝浦工業大学）（以下、車車間受託者という。）ならびに『携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査』（受託者：みずほ情報総研株式会社）（以下、携帯歩車受託者という。）の各事業実施者と調整ならびに連携して調査検討を実施した。

また、事業実施3者と国土交通省との連絡会、総務省の関連施策事業実施者との情報の共有等調整を実施し、連絡窓口を一本化することし、事業としての一貫性の向上に努めた。

(2) 歩車間通信を利用した安全運転支援システムの評価法および試験法の開発

単路や交差点における自動車と歩行者の交通事故を防止するために歩車間通信を利用した安全運転支援システムの支援場面として、平成26年度実施「歩車間通信の要求条件に関する調査」（以下、平成26年度調査）において選定した6場面について、安全運転支援システムの「情報提供」、「注意喚起」、「警報」による自動車ドライバー側への支援システムを対象とした評価法を開発した。

また、開発した評価法に対する試験法についても、試験方法・条件及び道路条件等を中心に検討を行った。

さらに、評価法について、「情報提供」、「注意喚起」、「警報」の作動タイミングをドライビングシミュレータ実験により検討を行った。

(3) 実験車両の製作

開発した評価法・試験法について、その有効性を確認するための実証実験等で使用する車両2台を製作した。

(4) 実証実験の実施

平成26年度調査において選定した6場面のうち2場面を対象として、「情報提供」、「注意喚起」、「警報」の作動タイミングを踏まえ、位置誤差がない（位置誤差が10cm程度と同等）と想定した場合における運転支援の有効性を確認することを目的として、テストコースを使用して実証実験を実施した。

1.3 本事業の実施体制

本事業の実施体制を図 1-1 に示す。

本事業は、国土交通省からの請負により、独立行政法人交通安全環境研究所が実施した。

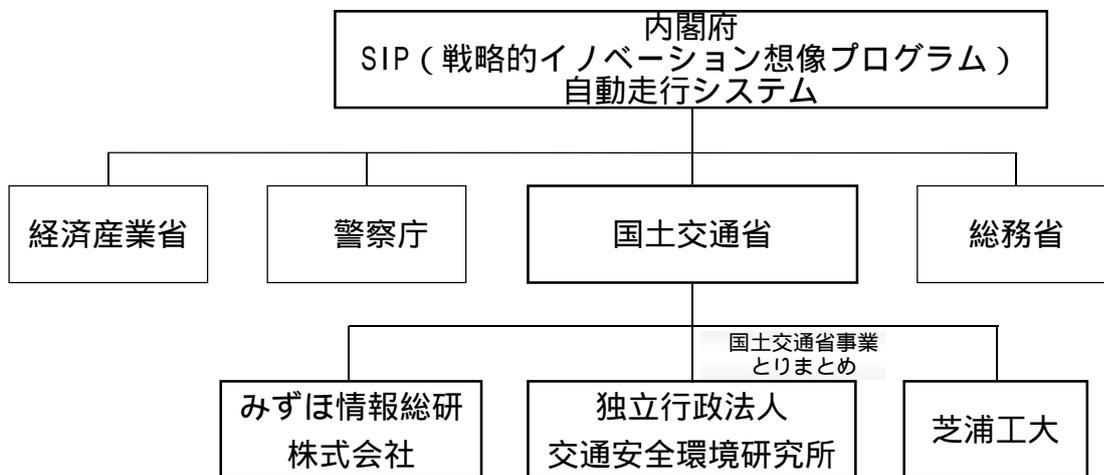


図 1-1 実施体制

事業の実施に当たっては、国土交通省の「車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査」を実施した芝浦工業大学、「携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査」を実施したみずほ情報総研株式会社と3者連携して調査検討を行った。

また、国土交通省3事業の取りまとめは、「歩車間通信の要求条件に関する調査」を実施した交通安全環境研究所において実施し、本事業の進捗報告並びに、国土交通省への連絡、総務省事業実施者との調整等については、交通安全環境研究所を通す形で実施することで連絡窓口を一本化し、事業としての一貫性の向上に努めた。

芝浦工業大学とみずほ情報総研の調査内容を以下に示す。

事業実施者：芝浦工業大学

調査内容：「車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査」

- (1) 車車間通信を利用した安全運転支援システムの評価法および試験法の開発
- (2) 実証実験用ダミー車両の製作
- (3) 実証実験の実施

事業実施者：みずほ情報総研

調査内容：「携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査」

- (1) 歩車間通信を利用した安全運転支援システムに係る試験法・評価法の開発
- (2) 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムの開発

- (3) 700MHz 帯車載無線機の調達
- (4) 簡易 HMI 装置の開発
- (5) GPS 受信機の手配
- (6) 擬似歩行者専用端末の製作
- (7) 実証実験の実施

また、開催した国土交通省事業実施者会議を以下に示す。議事内容については、付録資料を参照のこと。

1.3.1 国土交通省事業実施者会議

第1回連絡会（平成27年9月25日）

本年度実施内容について

- ・実施内容、工程の確認

総務省事業実施者との連携について

- ・日程調整

第1回国交省連絡会での確認事項について

- ・資料について
- ・公道実証実験、全体工程に関する確認事項

その他

第2回連絡会（平成27年10月14日）

簡易 HMI 装置の仕様に係る調整の実施

HW 構成について

外部インタフェース

- ・GPS 受信機能
- ・ダミー車両等飛出し装置
- ・表示機能について
- ・TTC 判定について

その他

第3回連絡会（平成27年10月29日）

SIP と ASV の位置付けについて

歩車間通信システムのガイドライン（案）の修正について

第4回連絡会（平成27年10月30日）

実証実験実施にあたって

国交省との連絡会開催について

「歩車間通信システムのガイドライン：歩行者側（案）」について

警報等のデザインについて
JARI テストコース実験について

第5回連絡会（平成27年11月18日）

HMIのメッセージ等について

- ・音声メッセージについて
- ・イラストについて

DS実験における歩行者側の情報提供タイミングについて

ガイドライン：歩行者側（案）について

TTC、TTIの考え方について

その他

第6回連絡会（平成28年2月22日）

分析について

報告書について

その他

第7回連絡会（平成28年3月10日）

分析について

報告書（3者合体版）について

その他

1.4 総務省事業との連携

本事業は内閣府が実施する SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）・自動走行システムにおいて実施された施策であり、また総務省で実施した「ICT を活用した次世代 ITS の確立」及び「次世代 ITS の確立に向けた通信技術に関する調査請負」等の関連施策実施者とも連携し調査検討を行った。さらに、必要に応じて自動走行システム推進委員会等に進捗状況等を報告し、同委員会での議論の結果を踏まえて調査を進める等、同委員会とも連携して調査検討を行った。

各機関との連携体制を示した体制表を図 1-2 に示す。

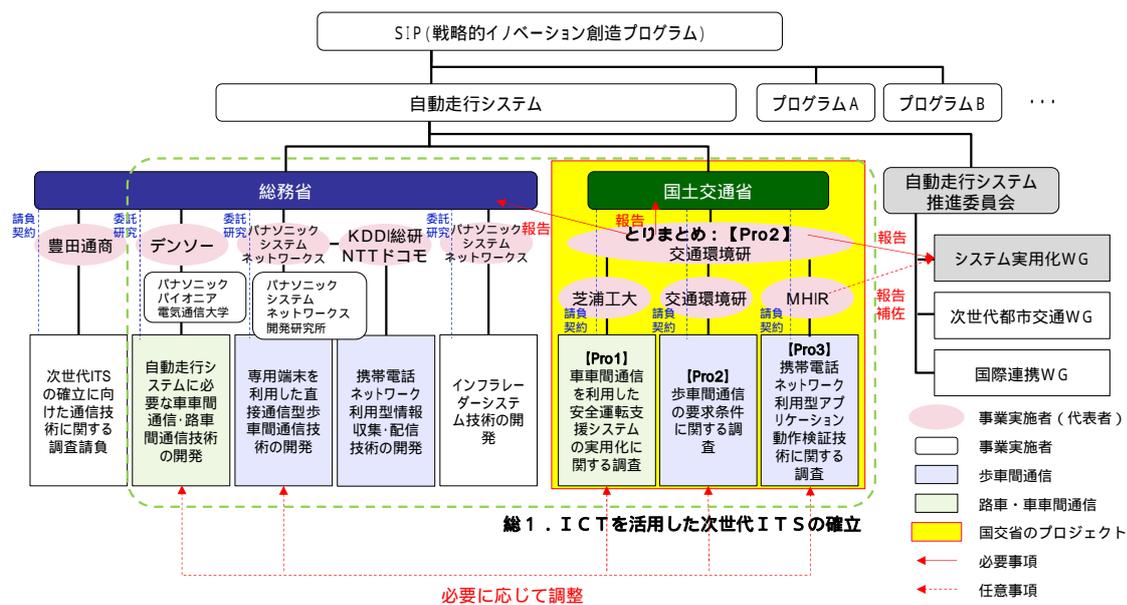


図 1-2 総務省及び自動走行システム推進委員会との連携体制

具体的には、総務省の各事業実施事業者と連携するために、以下の連絡会の開催や、評価法検討状況についての情報提供、「実証実験の実施」においては、実験車両との通信環境について提供した。

また、自動走行システム推進委員会の下に設置されたシステム実用化WGへの報告も行った。

以下に、各連絡会の概要を示す。議事内容については、付録資料を参照のこと。

1.4.1 国土交通省連絡会

第 1 回連絡会（平成 27 年 10 月 1 日）

本年度の実施体制について

「複数の端末が存在する場合」について

自律型と協調型について

本年度の実施内容について
JARI 模擬市街路での実証実験（案）について
試験車両の調達と車両情報取得に係る NDA について
高精度 GPS について
その他検討事項

第 2 回連絡会（平成 27 年 11 月 6 日）
DS 実験時における作動タイミングについて
システム実用化WGの対応について
その他

第 3 回連絡会（平成 27 年 12 月 10 日）
歩車間通信システムのガイドライン（案）について
・ HMI について
・ 衝突予測時間の精度について
・ 不要支援について
・ その他
JARI における実証実験のスケジュール等について

1.4.2 総務省事業実施者連絡会

第 1 回 総務省事業実施者連絡会（平成 27 年 11 月 2 日）
各社の情報共有
各社討議

総務省事業実施者連絡会（デンソー）事業者打合せ（平成 27 年 10 月 22 日）
国交省本年度事業に関わるデンソーからの情報提供
C-ACC 実験について
デンソーの今年度事業について

総務省事業実施者連絡会（パナソニック）事業者打合せ
（平成 28 年 1 月 15 日）
JARI 実証実験に参加について

2. 今年度調査事業の位置づけとコンセプト

2.1 3年間のゴールイメージ

国土交通省3事業は、連携して事業を実施している。その中で3年間の目的は、「公道での実証実験等を通じて、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICTを活用した高度な安全運転支援システムの実現に資すること」としている。また、3年間でのゴールイメージとしては、自動走行システムの実現に向けた車車間・歩車間通信技術を活用した自動車・歩行者の支援機能に関する「ガイドライン」の策定である。

特に、本事業においては、700MHz帯車車間・歩車間通信及び、携帯電話ネットワークを利用した歩車間通信による歩行者支援システムの実用化ガイドラインの策定を目指すものである（図2-1）。

3年間の目的と目標(仕様書より抜粋)

【目的】：公道での実証実験等を通じて、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICTを活用した高度な安全運転支援システムの実現に資すること。

(目標達成のための目標)

【3年後の目標】：自動運転システムの実現に向けた、車車間、歩車間通信技術を活用した、自動車・歩行者の支援機能に関する「ガイドライン」の策定を目指す。

今年度の目標(仕様書上のもの:昨年度の目標と同様)

Pro.1. 歩車間通信の要求条件に関する調査

- ✓ 実証実験を通して、専用端末を利用した直接通信型歩車間通信に必要な通信エリアや有効なメッセージセット等について調査を行う。

Pro.2. 携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査

- ✓ 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムを開発し、実証実験を通して、必要な通信エリアや有効なメッセージセット等について調査を行う。

Pro.3. 車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査

- ✓ 実証実験を通して、車車間通信に必要な情報伝送タイミングやドライバへの報知タイミング等の要求について調査を行う。

図2-1 3年間の目的と目標

2.2 今年度事業の位置づけ

現状の位置精度（誤差5～15m）では、十分とはいえず、ドライバ及び、歩行者への支援の開始タイミングに大きく影響する。一方で、2.1に示したように、本事業のゴールであるガイドラインは、自動走行システムの実現等の将来像が想定されていることから、位置精度を含めた技術的な進展があった中での検討も求められているといえる。そこで、今年度事業では、昨年度実施した現状の技術レベルでの実験ではなく、理想的な将来の技術レベル（位置誤差10cm程度）を想定した実験を行い、その上で評価法・試験法のフレームやその具体的な数値の再検討を行い、通信技術を活用した自動車及び歩行者の支援システムとしての限界性能の把握を試みることにした（図2-2）。

平成26年度の成果と平成27年度以降の実施内容

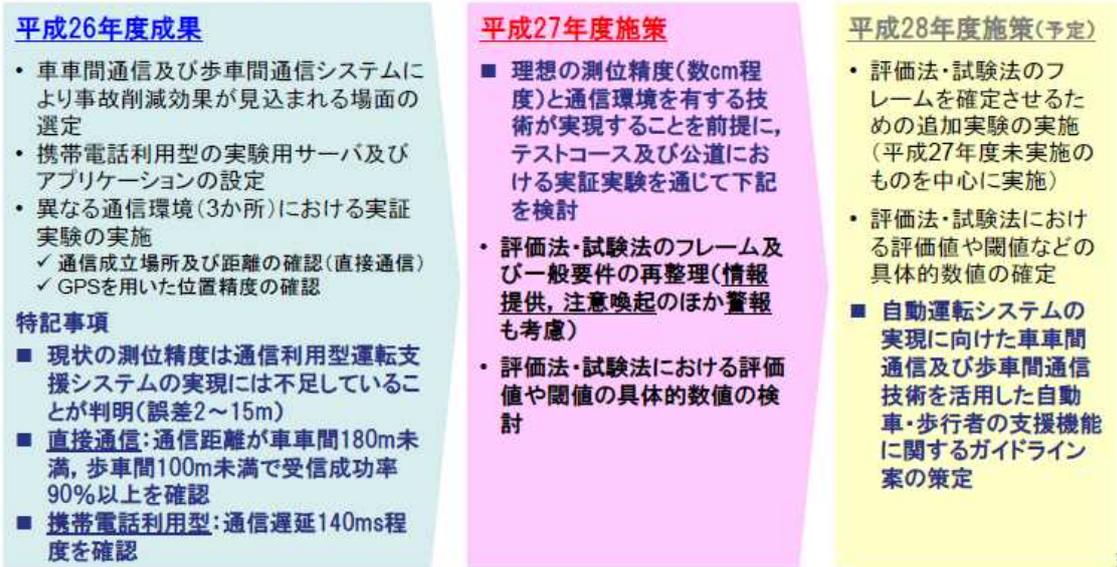


図 2-2 3年間の施策予定からみた今年度事業の位置づけ

(出典) システム実用化WG 国土交通省発表資料より抜粋

その上で、来年度は、平成 26 年度施策と合わせて、理想的な技術での支援と現状の技術レベルによる支援のギャップについて把握し、そのギャップを埋めるための方策を検討したうえで、自動運転システムの実現等の将来像を見据えた実用化ガイドラインの策定に資する検討を行う(図 2-3)。

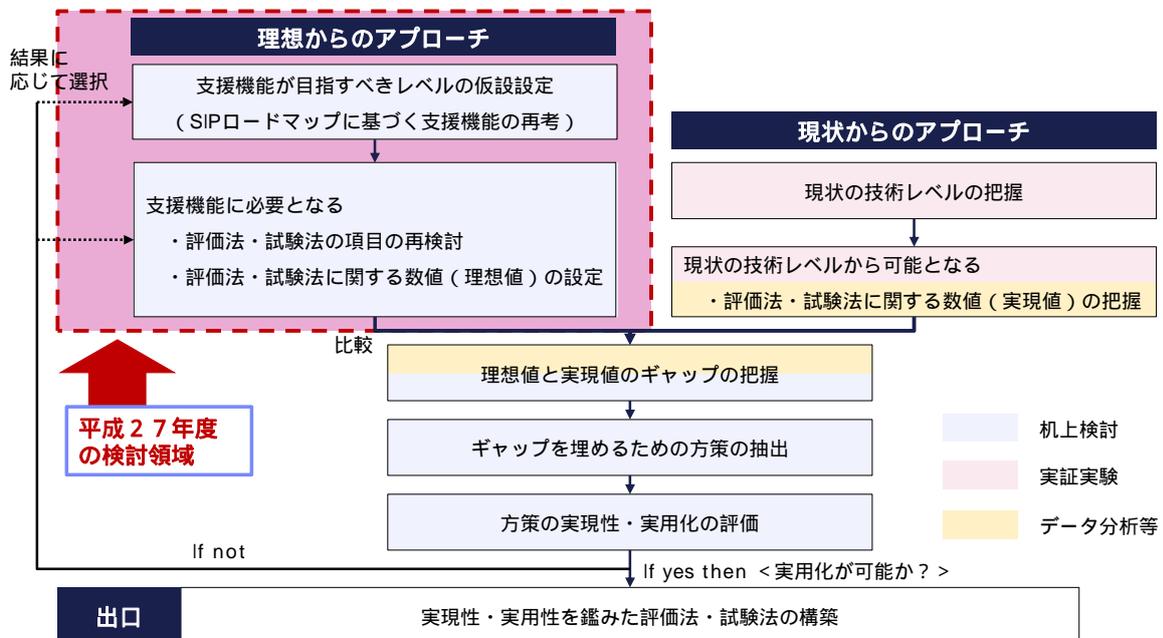


図 2-3 3年間のゴールイメージの達成に向けた検討プロセスイメージ

3 . 歩車間通信を利用した運転支援システムに係る評価法・試験法の開発

3.1 評価法・試験法の開発方法

評価法・試験法の開発については、国土交通省において実施した『歩車間通信に関する要求条件の検討』及び、『車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査』と連携して開発を行った。3事業間では、「歩車間通信の歩行者支援」、「歩車間通信のドライバー支援」、「車車間通信のドライバー支援」という役割分担において、評価法・試験法の開発を実施した（図 3-1）。

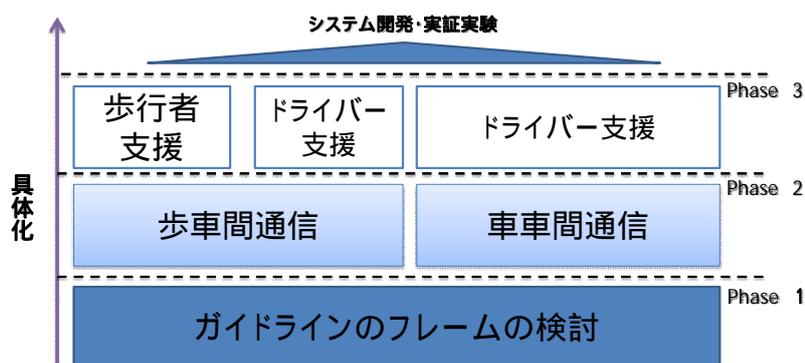


図 3-1 評価法・試験法の開発における国土交通省 3 事業の連携体制

評価法・試験法は、将来的に作成される「ガイドライン」のフレームとして位置付けており、ガイドラインとしての構成を意識した形で開発を行った。

このガイドラインは、図 3-2 に示す 4 つの項目で構成されている。

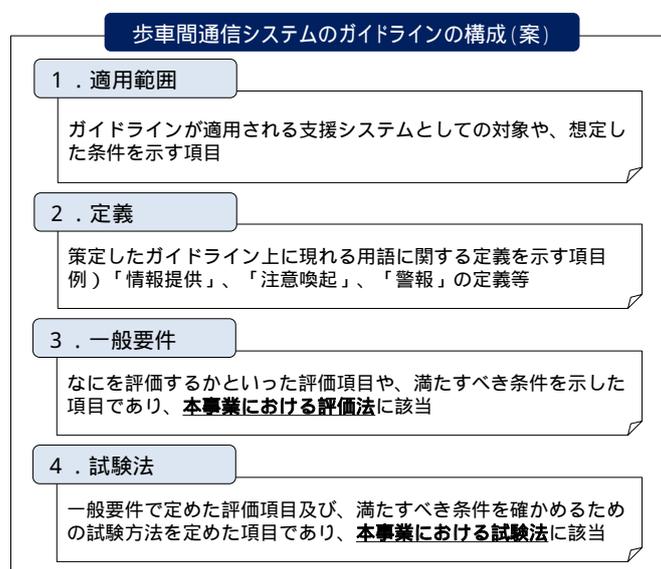


図 3-2 歩車間通信システムのガイドラインの構成（案）

次節より、それぞれの項目を検討するために前提となる、対象場面や支援の考え方等の、運転支援システムの概要を示す。

3.2 運転支援システムの概要

歩車間通信や車車間通信を利用した運転支援システムは、情報をもたらす対象（情報ソース）と情報提供や注意喚起、警報の支援を行う対象（支援のターゲット）を明確にし、それぞれに対して機能を発揮し、支援を行うものである。歩車間通信における情報のソースは歩行者（又は車両）となり、支援のターゲットは車両（又は歩行者）となる。したがって、歩車間通信を考える上では、歩行者の情報を自動車に渡すことでドライバーに支援を行う、歩行者 自動車の歩車間通信支援システム（以降、歩車間ドライバー側）と、自動車の情報を歩行者に渡すことで歩行者に支援を行う、自動車 歩行者の歩車間通信支援システム（以降、歩車間歩行者側）の仕組みがある（図 3-3）。

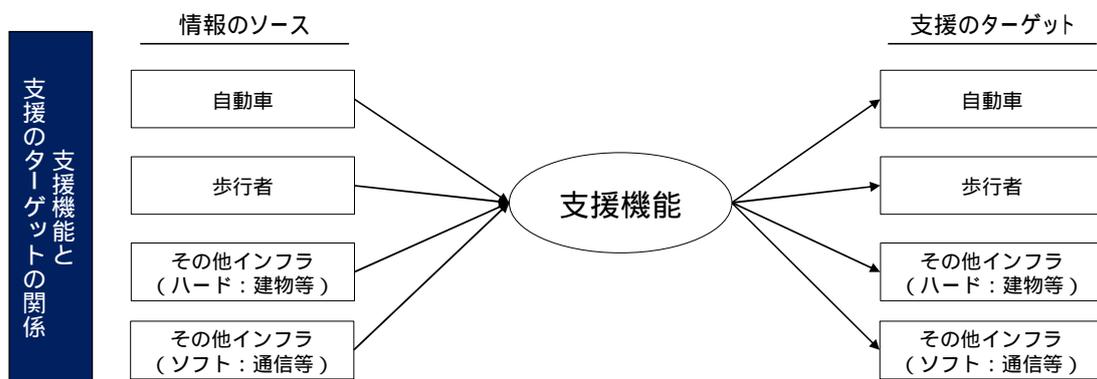


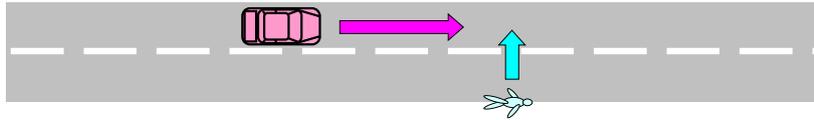
図 3-3 支援機能に関連する情報のソースと支援のターゲットの関係

本事業で対象とするシステムは、自動車 歩行者ならびに歩行者→自動車の歩車間通信支援システムと自動車 自動車の車車間通信支援システムが対象となる。よって、本事業で開発する評価法・試験法も歩車間通信を利用した“歩行者支援”と“ドライバー支援”ならびに車車間通信を利用した“ドライバー支援”の評価法・試験法とした。また、前述のとおり、評価法・試験法の検討にあたっては、現状の技術だけをターゲットにするのではなく、理想的な状態（高精度 GPS（誤差 10cm 程度）を利用し、位置誤差がないとみなせる条件を満たした状態）や通信や PC の処理時間を含むシステム遅延時間がない状態を想定した。ここで示したものは、ガイドラインのフレームとしての「1．適用範囲」に定義することとした。

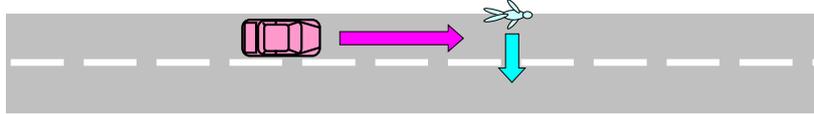
3.3 対象場面

評価法・試験法の開発にあたっては、平成 26 年度調査において「平成 26 年度中の交通事故の発生状況」⁽¹⁾、「出会い頭事故発生の特徴と要因分析」⁽²⁾、並びに「通信利用型運転支援システムのガイドライン」⁽³⁾をもとに抽出した歩車間通信システムおよび車車間通信システムによる支援によって事故削減効果が見込まれる場면을対象とした。本事業で対象とする歩車間通信システムの対象場面、並びに連携した芝浦工業大学の調査内容となる車車間通信システムの対象場면을図 3-4 に示す。

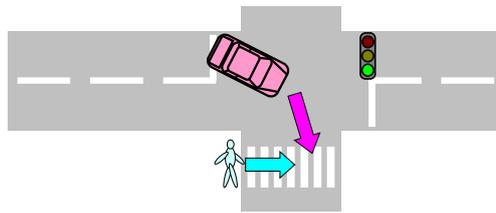
- 場面 1 : 【単路】歩行者が右から左に横断



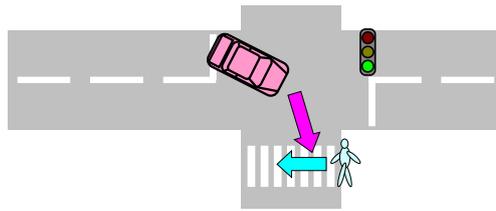
- 場面 2 : 【単路】歩行者が左から右に横断



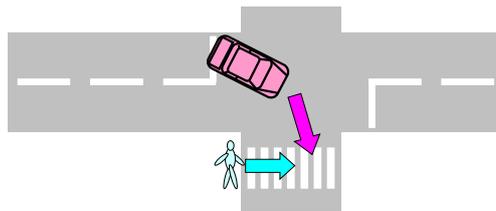
- 場面 3 : 【信号あり交差点】右折・歩行者が後方から横断



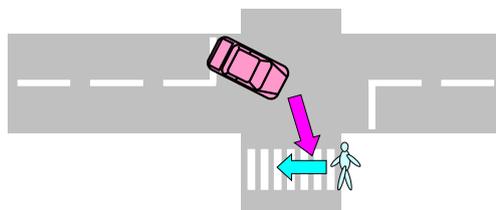
- 場面 4 : 【信号あり交差点】右折・歩行者が前方から横断



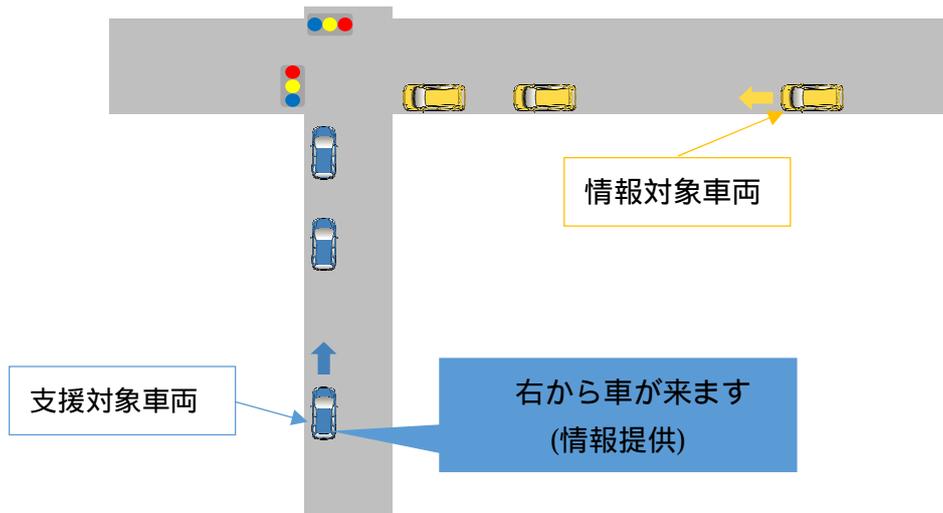
- 場面 5 : 【信号なし交差点】右折・歩行者が後方から横断



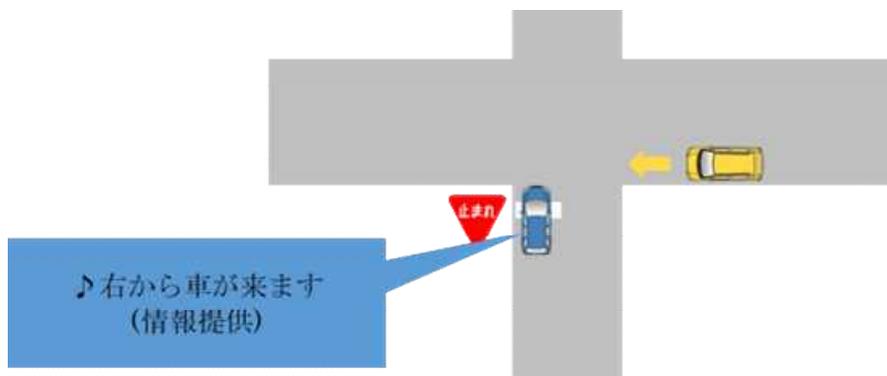
- 場面 6 : 【信号なし交差点】右折・歩行者が前方から横断



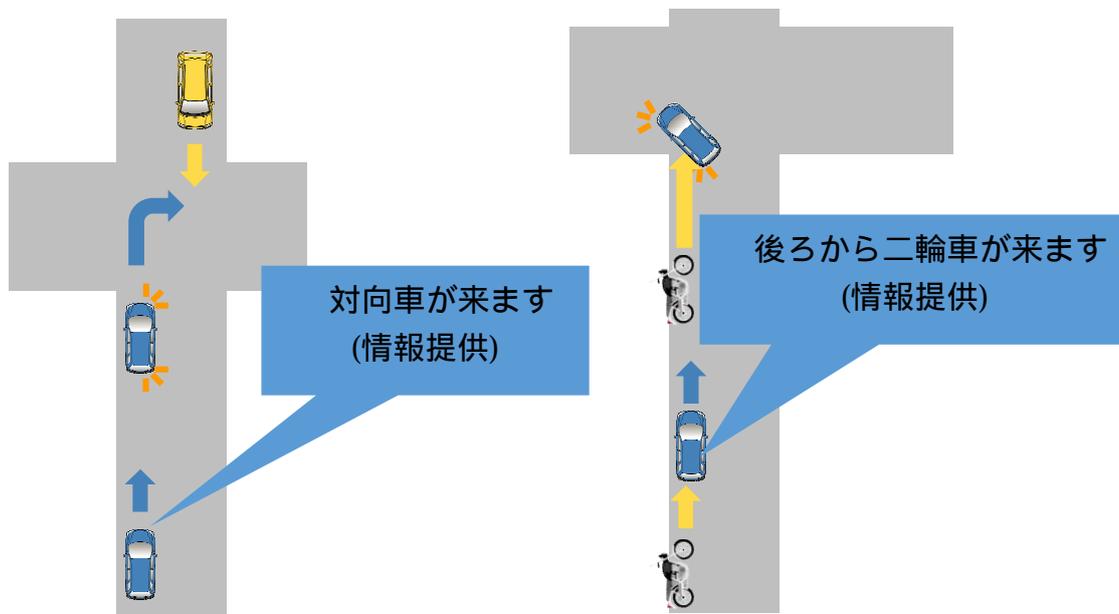
(a) 本事業で対象とする歩車間通信システムの対象場面



【場面 1】減速停止支援の例（直交車両の情報を利用した支援機能）



【場面 2】発進待機支援の例（直交車両の情報を利用した支援機能）



【場面 3、4】右左折支援の例（対向直進・後続直進車両の情報を利用した支援機能）

(b) 車車間通信システムの対象場面

図 3-4 本事業で対象とする歩車間および車車間通信システムの対象場面

3.4 評価法・試験法の開発結果

3.2 の対象となる運転支援システムの概要を考慮して策定した評価法・試験法の検討結果を以下に示す。試験法・評価法の項目は、表 3-1 に示す項目について検討した。

表 3-1 今年度事業において検討した試験法・評価法の項目（案）

	評価項目	構成要素
本事業で検討した評価項目	支援開始タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ✓ いつ作動するか(例:衝突予測時間に到達する[XX]秒前 等) ✓ 通信相手が複数台いる場合の選定方法
	支援終了タイミング	<ul style="list-style-type: none"> ✓ どのような条件で作動を終了するか(衝突の可能性がなくなった場合 等)
	不要支援	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 歩行者にとって不要な支援になっていないか
	HMI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ どのように作動するか(画面表示・音・振動 等)
	衝突予測時間の精度	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 通信によって得られた情報から予測した衝突までの時間の精度(比較用機器と当該機器で計算した衝突予測時間の差が[XX]秒以内 等)
	オーバーライドの規定	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 歩行者が携帯端末の操作を行っている / 行った場合システムはどのように稼働するか。
	バッテリー特性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ バッテリー残量が満たない場合にはどのような仕組みになっているか([XX]以下の場合には警告を出す 等) ✓ バッテリーの持ち(容量とその他の要因)の下限值(連続[XX]時間において作動すること 等) ✓ アプリケーションの消費電力の上限值([XX]Ahであること 等)
	多数の車両が存在する場合	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 多数の車両が存在する場合においても各要件を満たしているか。(例:多数でも通信遅延は問題ないか 等) ✓ 仕組み(例:複数の支援場面が発生した場合に優先順位をつける機構を搭載しているか。 等)
今後検討が必要な評価項目	位置精度	<ul style="list-style-type: none"> ✓ どのようにして位置精度を評価するか(算出した衝突予測時間にて評価 等) ✓ (支援を行うために必要な)位置精度の上限值 ✓ 位置精度が満たない場合はどのような仕組みになっているか([XX]m以上の場合には警告を出す 等)
	通信遅延	<ul style="list-style-type: none"> ✓ どのようにして通信遅延を評価するか(許容通信遅延時間が[XX]s以下であること 等) ✓ (支援を行うために必要な)通信遅延の上限值 ✓ (支援を行うために必要な)通信品質(パケット到達率)の上限值 ✓ 通信遅延が満たない場合にはどのような仕組みになっているか([XX]s以上の場合には警告を出す 等)

ただし、各種パラメータや数値については検討段階であり、さらなる実証実験を通じた検討が必要である。また、試験法については、策定した試験法に基づく試験を行い、評価項目を適切に評価できるかといった検証が必要である。なお、支援開始パラメータの数値案については、第 6 章のテストコースでの実証実験の結果に示す。

3.4.1 歩車間通信に係るガイドライン（案）（歩行者側）

1. 適用範囲

本ガイドライン（案）は、歩車間通信を使って、歩行者を支援するシステムを対象とする。支援は、歩行者に対して情報提供・注意喚起・警報を行い、歩行者と自動車との衝突を回避することを目的とする。また、本ガイドライン（案）は、位置精度[X]m 程度、システム遅延時間が[T]s 程度のシステムをもとに策定したものの。

2. 定義

2.1. 情報提供

歩行者が「周囲を確認」することで、「現在の事象を認知」し「安全な歩行」

を行うよう、「自動車の存在を知らせる」のが情報提供である。

2. 2. 注意喚起

歩行者が「注意すべき対象を認識」することで、「とるべき行動を判断」し「危険回避」を行うよう、「危険な対象を知らせる」のが注意喚起である。

2. 3. 警報

歩行者が「危険回避の行動を開始」することで、「危険回避」を行うよう、「適確な行動を指示」するのが警報である。

2. 4. 不要支援

支援開始タイミングが成立していない場合に、支援が行われることを不要支援とする。

2. 5. システム遅延時間

他車両から通信データが送出されてから、そのデータを受信し当該機器が情報処理するまでの時間と通信に要する時間の和をシステム遅延時間とする。

2. 6. 衝突予測時間

衝突の可能性のある走行中の車両が自位置に到達するまでの予想時間を意味する。衝突予測地点は、支援場面ごとに異なる。

3. 一般要件

(1) 支援開始タイミング

・情報提供

歩行者と衝突する可能性のある車両がいる場合に車両との衝突予測時間より[T]秒前に情報提供を行うこと。但し、支援の対象となる車両が[T]秒間に複数台の通信車両が存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する車両を対象に歩行者に情報提供を行うこと。

・注意喚起

歩行者と衝突する可能性のある車両がいる場合に車両との衝突予測時間より[T]秒前に注意喚起を行うこと。但し、支援の対象となる車両が[T]秒間に複数台の通信車両が存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する車両を対象に歩行者に注意喚起を行うこと。

・警報

歩行者と衝突する可能性のある車両がいる場合に車両との衝突予測時間より[T]秒前に警報を行うこと。但し、支援の対象となる車両が[T]秒間に複数台の通信車両が存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する車両を対象に歩行者に警報を行うこと。

(2) 支援終了タイミング

情報提供・注意喚起・警報の作動終了は、車両との衝突の可能性がなくなった場

合とする。

(3) 不要支援

システムは不要支援を行わないように、設計されていること。

なお、支援の開始タイミングが成立した後の予測不能な歩行者の挙動の変化については、不要支援に含まないこととし、支援を行う。

(4) HMI

・ 情報提供

歩行者に情報提供を行う装置は、車両の存在を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて情報提供を行うこと。

・ 注意喚起

歩行者に注意喚起を行う装置は、車両の接近の方向を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて注意喚起を行うこと。

・ 警報

歩行者に警報を行う装置は、危険回避の行動を促すように、音・表示・振動等の手段を用いて警報を行うこと。

(5) 衝突予測時間の精度

・ 情報提供

位置精度が[X]m 程度の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

・ 注意喚起

位置精度が[X]m 程度の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

・ 警報

位置精度が[X]m 程度の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

(6) オーバーライドの規定

・ 情報提供を行った場合において、歩行者が当該機器の操作を行った場合は、歩行者の操作を優先する。

・ 注意喚起及び、警報を行った場合において、歩行者が当該機器の操作を行った場合は、注意喚起・警報を優先する。

(7) バッテリー特性

- A) 当該機器のバッテリーがなくなり、情報提供及び注意喚起、警報を行うことができない場合は、歩行者に警告を提示すること。
- B) 当該機器のバッテリーを長時間保持させるために、アプリケーションが連続[T]時間において作動すること。

(8) 多数の車両が存在する場合

- A) 支援対象の場面において、歩行者[50]人以上及び車両[50]台以上の複数が存在する場面では、前述の(1)から(5)に規定している要件を満足していること。
- B) 支援対象の場面において、A)の要件が満足できない場合は、衝突の可能性が高い順に自動車[5]台を選定し、歩行者に支援を行うこと。

4 . 試験法

(1) 試験条件

試験は以下の条件下で行うものとする。

- A) 使用衛星数が[0]個以上であること。
- B) (携帯電話ネットワークを利用する場合) 当該機器の受信電界強度が[0]V/m以上であること。 / データを t_1 秒以内に送受信できること。
- C) 当該機器のバッテリー残量が試験中に動作を十分に保証できる量であること。

(2) 道路条件

A) 単路の横断

試験路は、以下の図 3-5 に示す単路を歩行者が横断する場面を想定して実施すること。

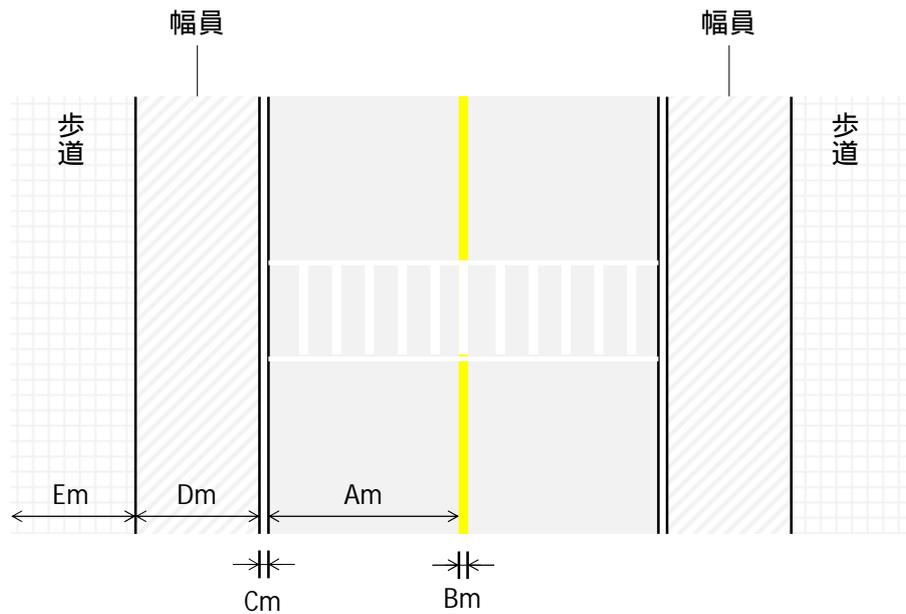


図 3-5 試験路（単路）

B) 交差点の横断

試験路は、以下の図 3-6 に示す交差点内横断歩道を歩行者が横断する場面を想定して実施すること。

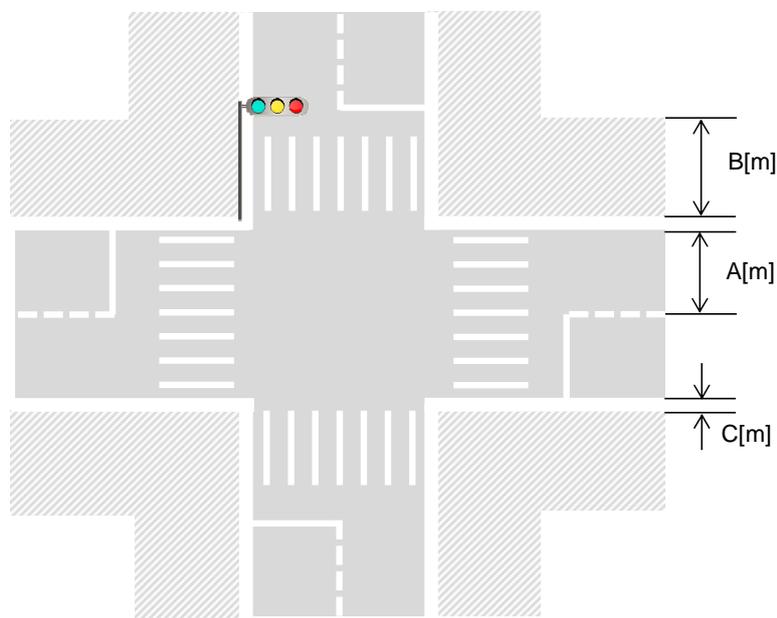


図 3-6 試験路（交差点）

(3) 歩行者が単路横断する時の試験方法

・ 情報提供のタイミング

衝突予測地点より $[T]$ 秒 $\pm[T_2]$ 秒前を車両が通過した際に歩行者に対して視覚

的に情報提供を行うこと。車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、左側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること（図 3-7）。

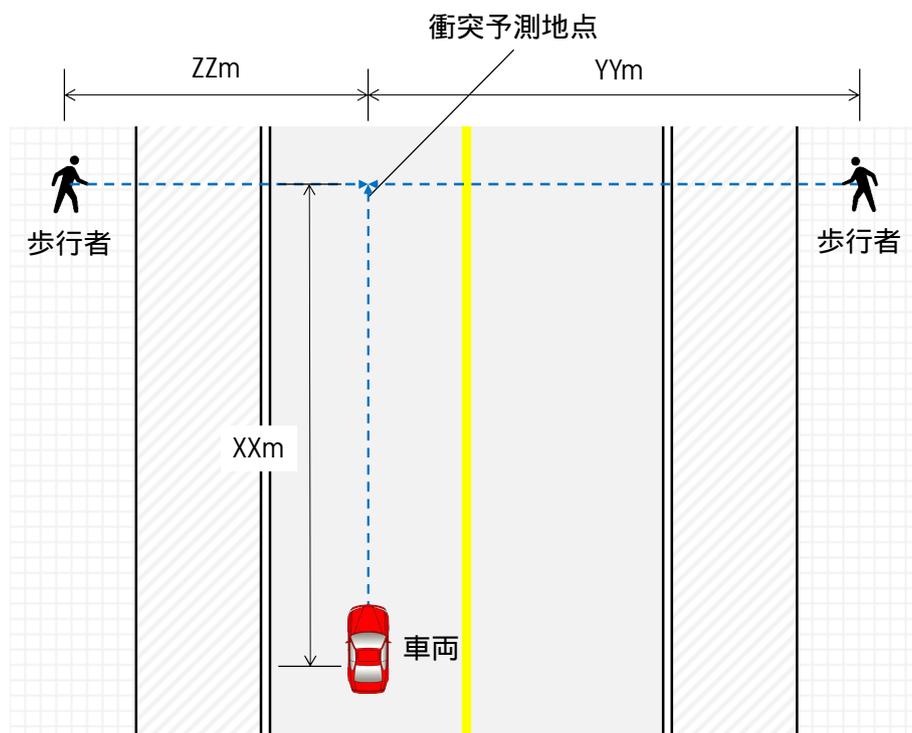


図 3-7 試験開始位置（情報提供のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進し、歩行者はそのまま待機すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 当該機器の状態

歩行者に視覚的に情報提供を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

・ 注意喚起のタイミング

衝突予測地点より[T]秒±[T₃]秒前を車両が通過した際に歩行者に対して、音、表示、振動の 2 つ以上の手段を用いて注意喚起を行うこと。車両および歩行

者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、左側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること（図 3-8）。

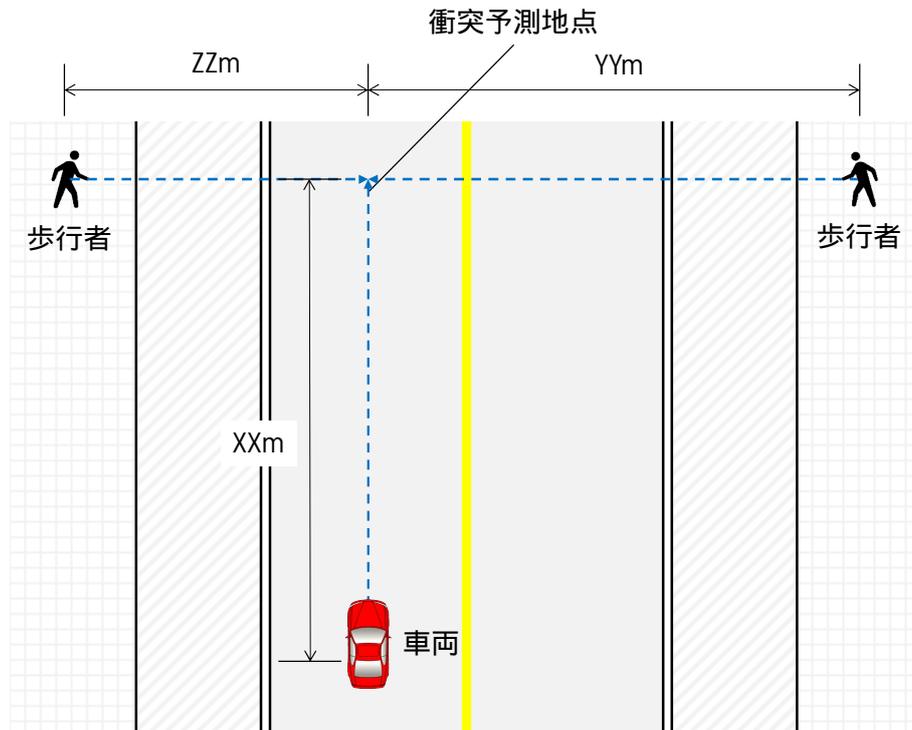


図 3-8 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より[T]秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。歩行者は、速度[V]km/h±[V]km/h にて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 当該機器の状態

歩行者に視覚的に情報提供を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

・ 警報のタイミング

(警報のタイミングに関する試験を行う際は、歩行者への安全に配慮し、車両はダミー車両を用いること。)

衝突予測地点より[T]秒±[T₄]秒前を車両が通過した際に歩行者に対して、音、表示、振動の全て的手段を用いて警報を行うこと。車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、左側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること(図 3-9)。

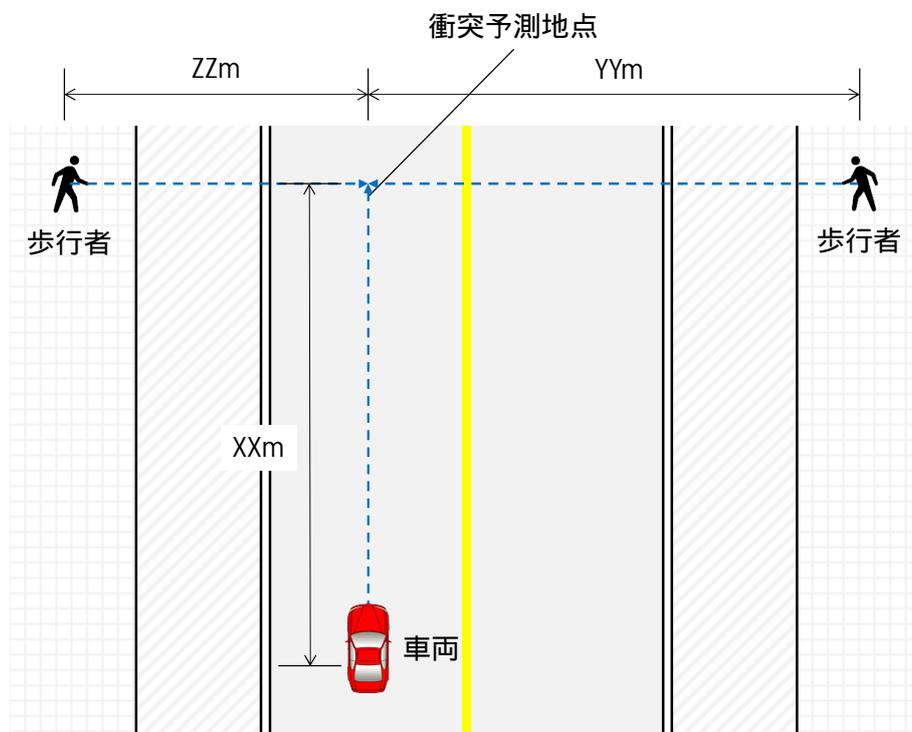


図 3-9 試験開始位置 (警報のタイミング)

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より[T]秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。歩行者は、速度[V]km/h±[V₀]km/h にて歩行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

車両は衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 当該機器の状態

歩行者に情報提供を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

(4) 歩行者が交差点横断時における試験方法

I. 情報提供のタイミング

衝突予測地点より[T]秒±[T₅]秒前を車両が通過した際に歩行者に対して視覚的に情報提供を行うこと。[情報提供は、車両の接近を地図上に表示し、車両の接近の方向を歩行者に知らせること。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする衝突予測地点[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、手前側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること(図 3-10)。

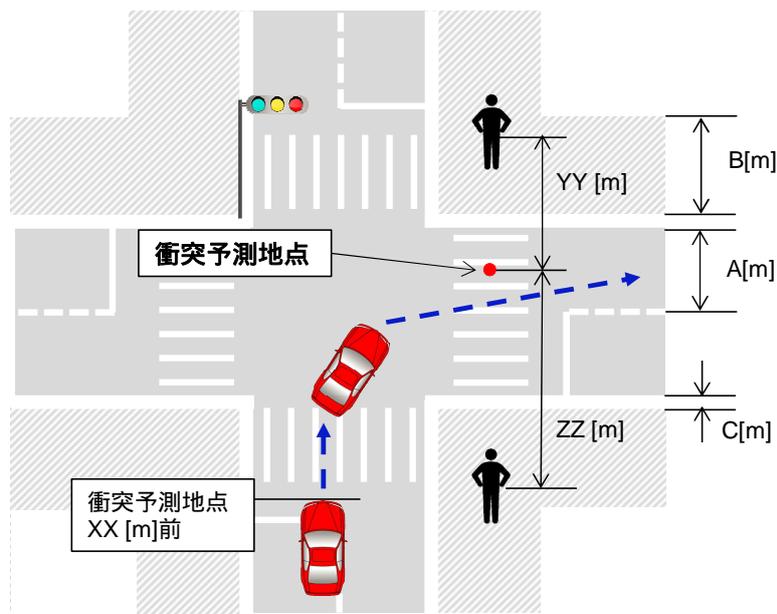


図 3-10 試験開始位置 (情報提供のタイミング)

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進し、歩行者はそのまま待機すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

車両は衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 当該機器の状態

歩行者に視覚的に情報提供を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

II. 注意喚起のタイミング

衝突予測地点より[T]秒±[T₆]秒前を車両が通過した際に歩行者に対して、音、表示、振動の2つ以上の手段を用いて注意喚起を行うこと。車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする交差点入口の衝突予測地点の[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、手前側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること(図 3-11)。

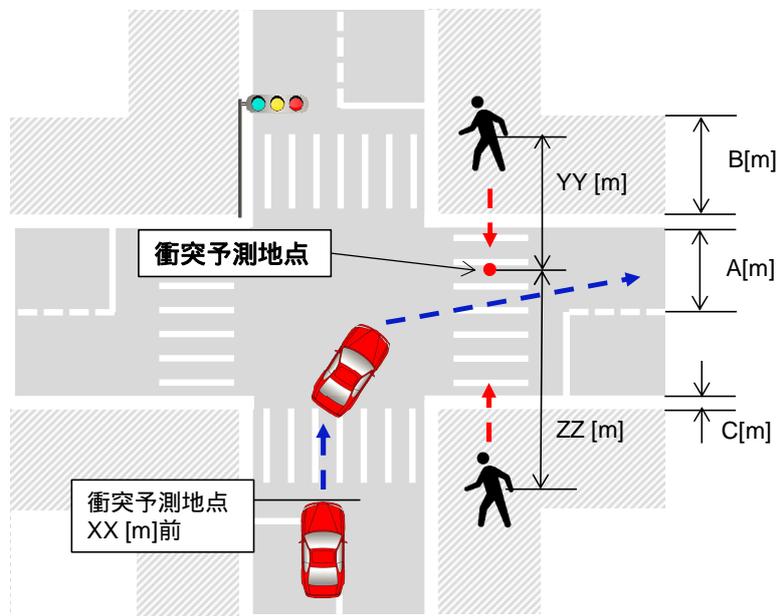


図 3-11 試験開始位置 (注意喚起のタイミング)

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より[T]秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は交差点入口[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。歩行者は、速度[V]km/h±[V]km/h にて歩行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

車両は交差点出口通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

歩行者は横断歩道入り口手前[X]にて停止し、横断歩道内に立ち入らないこと。

E) 当該機器の状態

歩行者に注意喚起を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

III. 警報のタイミング

(警報のタイミングに関する試験を行う際は、歩行者への安全に配慮し、車両はダミー車両を用いること。)

衝突予測地点より[T]秒±[T_γ]秒前を車両が通過した際に歩行者に対して、音、表示、振動の全ての手段を用いて警報を行うこと。車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

車両は対象とする交差点入口の衝突予測地点の[X]m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の[X]m 前で待機し、手前側から横断する場合は、[X]m 前で待機すること(図 3-12)。

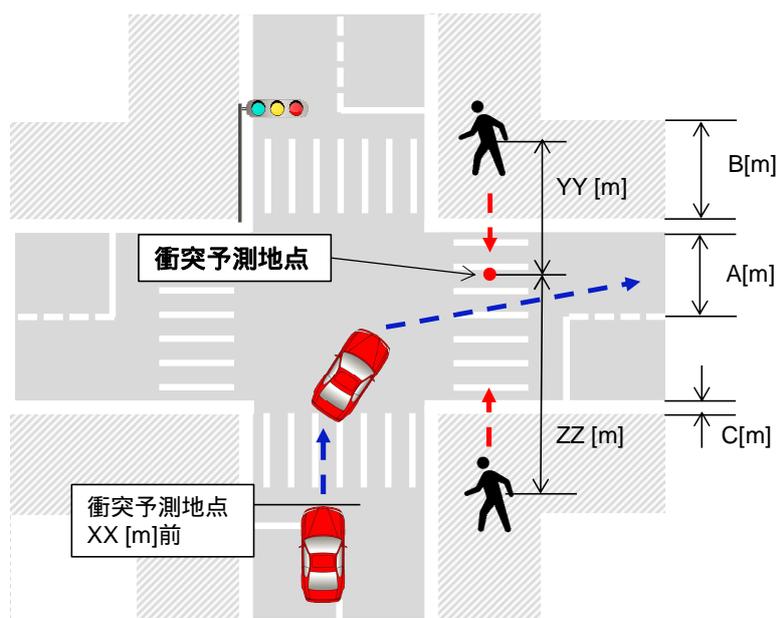


図 3-12 試験開始位置 (警報のタイミング)

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より[T]秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は交差点入口[X]m 前までに時速[V]km/h±[V]km/h で走行すること。

歩行者は、速度[V]km/h±[V]km/hにて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は交差点出口通過後[X]m以上先まで走行し、停止すること。

歩行者は横断歩道入り口手前[X]cmにて停止し、横断歩道内に立ち入らないこと。

E) 当該機器の状態

歩行者に警報を行うようにアプリケーションを起動しておくこと。

(5) 不要支援に関する規定

試験を行った際、歩行者にとって不要な支援が行われていないかどうかを確認すること。

(6) 衝突予測時間の精度に関する規定

位置精度が[X]m程度の計測器で算出した衝突予測時間と、当該機器で算出した衝突予測時間の差が以下の要件を満足すること。

A) 情報提供の場合

歩行者および車両は、(3)および(4)の要件に従い、待機および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。

B) 注意喚起の場合

歩行者および車両は、(3)および(4)の要件に従い、歩行および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。

C) 警報の場合

歩行者および車両は、(3)および(4)の要件に従い、歩行および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T]秒以内であること。

(7) 多数の車両が存在する場合に関する規定

歩行者[O]台、車両[O]台を同時に用いて試験を行った場合、(4)から(4)に規定している要件を満足していることを確認する。

(8) 歩行者のオーバーライドに関する規定

・ 情報提供の場合

(3)のA)からE)の要件に従い、情報提供が行われている間に歩行者が当該機器の操作を行った場合は、歩行者の操作を優先していることを確認する。

・ 注意喚起の場合

(4) の A) から E) の要件に従い、注意喚起が行われている間に歩行者が当該機器の操作を行った場合においても注意喚起が優先していることを確認する。

・ 警報の場合

(4) の A) から E) の要件に従い、警報が行われている間に歩行者が当該機器の操作を行った場合においても警報が優先していることを確認する。

(9) バッテリー特性に関する規定

A) 製造者が指定したバッテリー残量にて、情報提供及び注意喚起、警報を行うことができない場合、歩行者に当該機器にて警報を提示することを確認する。

B) 当該機器にてアプリケーションを起動した場合に連続[T]時間において作動することを確認する。

3.4.2 歩車間通信に係るガイドライン(案)(ドライバ側)

1. 適用範囲

本ガイドライン(案)は、歩車間通信を使って、ドライバを支援するシステムを対象とする。支援は、ドライバに対して情報提供・注意喚起・警報を行い、歩行者と自動車との衝突を回避することを目的とする。また、本ガイドライン(案)は、位置精度 $[X_1]m$ 程度、システム遅延時間が $[T_1]s$ 程度のシステムをもとに策定したものである。

2. 定義

2.1 情報提供

ドライバが「周囲を確認」することで、「現在の事象を認知」し「安全な走行」を行うよう、「歩行者の存在を知らせる」のが情報提供である。

【参考：先進安全自動車推進計画(ASV)の定義】

運転者が安全運転を行うためにシステムから運転者に客観情報を提供する。

2.2 注意喚起

ドライバが「注意すべき対象を認識」することで、「とるべき行動を判断」し「危険回避」を行うよう、「危険な対象を知らせる」のが注意喚起である。

【参考：先進安全自動車推進計画(ASV)の定義】

特定のタイミング、特定の場所、運転に対する障害あるいは危険をもたらす可能性があるものが抽出されたとき、その存在を知らせ、状況の理解を支援する。

2.3 警報

ドライバが「危険回避の行動を開始」することで、「危険回避」を行うよう、「適確な行動を指示」するのが警報である。

【参考：先進安全自動車推進計画(ASV)の定義】

検知した情報から事故の可能性を予測し、運転者に対して即座に適切な行動・操作を求める。

2.4 不要支援

支援開始タイミングが成立していない場合に、支援が行われることを不要支援とする。

【参考：先進安全自動車推進計画(ASV)の定義】

ドライバにとって支援の必要はないと考えられる場面でも支援してしまうなど、ドライバに有用とされない支援全般を意味する。

2.5 システム遅延時間

歩行者から通信データが送出されてから、そのデータを受信し当該機器が情報処理するまでの時間と通信に要する時間の和をシステム遅延時間とする。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の考え方】

ASVでは通信に要する時間（1周期分の送信遅れ）はシステム遅延時間には含まれない。

2.6 衝突予測時間

衝突の可能性のある歩行中の歩行者が自車両位置に到達するまでの予想時間を意味する。衝突予測地点は、支援場面ごとに異なる。

3. 一般要件

(1) 支援開始タイミング

I. 情報提供

自車両と衝突する可能性のある歩行者がいる場合に歩行者との衝突予測時間より少なくとも $[T_2]$ 秒前に情報提供を行うこと。但し、情報提供の対象となる通信歩行者が $[T_2]$ 秒間に複数存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する歩行者を対象にドライバに情報提供を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

II. 注意喚起

自車両と衝突する可能性のある歩行者がいる場合に歩行者との衝突予測時間より少なくとも $[T_3]$ 秒前に注意喚起を行うこと。但し、注意喚起の対象となる通信歩行者が $[T_3]$ 秒間に複数存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する歩行者を対象にドライバに注意喚起を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

III. 警報

自車両と衝突する可能性のある歩行者がいる場合に歩行者との衝突予測時間より少なくとも $[T_4]$ 秒前に警報を行うこと。但し、警報の対象となる歩行者が $[T_4]$ 秒間に複数人の通信歩行者が存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する歩行者を対象にドライバに警報を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

(2) 支援終了タイミング

情報提供・注意喚起・警報の作動終了は、歩行者との衝突の可能性がなくなった時点とする。

【検討項目】

この規定に情報提供を対象とした場合に特に煩わしい可能性あり、除外することも検討できる。

(3) 不要支援

システムは不要支援を行わないように、設計されていること。

なお、支援の開始タイミングが成立した後の予測不能な歩行者の挙動の変化については、不要支援に含まない。

【検討項目】

将来的に位置精度などが保証されたとしても不要支援を排除することができるか、実現性も含めて検討する必要がある。

(4) HMI

I. 情報提供

ドライバに情報提供を行う装置は、ドライバが歩行者の存在を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて情報提供を行うこと。

II. 注意喚起

ドライバに注意喚起を行う装置は、ドライバが歩行者の接近の方向を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて注意喚起を行うこと。

III. 警報

ドライバに警報を行う装置は、ドライバに衝突回避の行動を促すように、音・表示・振動等の手段を用いて警報を行うこと。

【検討項目】

製造者の競争領域との考え方もあり、最低限の規定にガイドラインとしては留めることも検討できる。

(5) 衝突予測時間の精度

I. 情報提供

位置精度が $[X_2(0.1)]m$ 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.5)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

II. 注意喚起

位置精度が $[X_2(0.1)]m$ 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.3)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

III. 警報

位置精度が $[X_2(0.1)]$ m 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.02)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

【コメント】

衝突予測時間の差は、自動車の速度を 50km/h とし、情報提供は 6m、注意喚起は 3m、警報は 0.25m として時間を算出した。

(6) オーバーライドの規定

- I. 情報提供を行った場合において、ドライバが当該機器の操作を行った場合は、ドライバの操作を優先する。
- II. 注意喚起及び、警報を行った場合において、ドライバが当該機器の操作を行った場合は、注意喚起・警報を優先する。

【検討項目】

警報についてもオーバーライドの要件を適用する必要があるか検討する必要がある。

(7) 多数の歩行者が存在する場合

- A) 支援対象の場面において、自動車[50]台以上及び歩行者[50]人以上の複数が存在する場面において、前述の(1)から(5)に規定している要件を満足していること。
- B) 支援対象の場面において、A)の要件が満足できない場合は、衝突の可能性が高い順に歩行者[5]人を選定し、ドライバに支援を行うこと。

【検討項目】

対象車両が同時に出現しない場合について、例えば後からより TTC の小さい他車両が出現した場合の規定を検討しなければならない。また、選定した車両の情報をドライバへの提示の有無についても検討が必要。

4. 試験法

(1) 試験条件

試験は以下の条件下で行うものとする。

- A) 使用衛星数が $[O_1]$ 個以上であること。

[準天頂衛星を使用すること。 / 高精度 GPS を使用すること。] 等 (GPS がベストの性能を出せる条件)

[総務省のプロジェクトの結果を見ながら規定する]

[準天頂衛星を使用時の位置精度を明確にする]

B) [(携帯電話ネットワークを利用する場合)当該機器の受信電界強度が $[O_2]$ V/m以上であること。 / データを T_1 秒以内に送受信できること。] 等(通信性能がベストの性能を出せる条件)

[受信電界強度と通信遅延の関係を明確にする]

[国交省のプロジェクトにてエビデンスを準備する]

(2) 道路条件

A) 単路の横断

試験路は、以下の図に示す単路を歩行者が横断する場面を想定して実施すること。【車線の幅が $[X_1]$ m、幅員 $[X_2]$ m、歩道 $[X_3]$ mの道路(道路構造令を参照し、図3-13にて記載する。)]

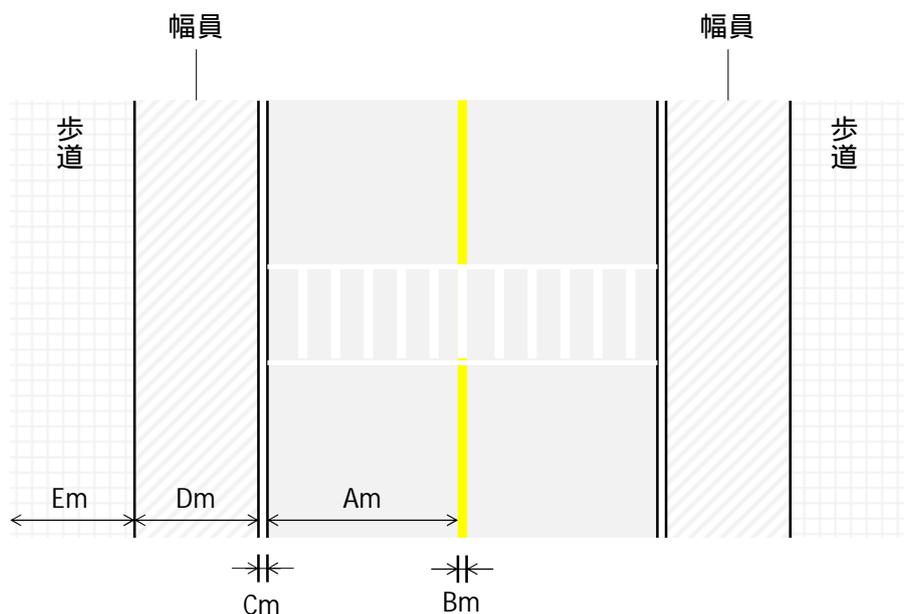


図 3-13 試験路(単路)

B) 交差点の横断

試験路は、以下の図に示す交差点内横断歩道を歩行者が横断する場面を想定して実施すること。【車線の幅が $[X_4]$ m、歩道 $[X_5]$ m、路肩 $[X_6]$ mの道路(道路構造令を参照し、図3-14にて記載する。)]

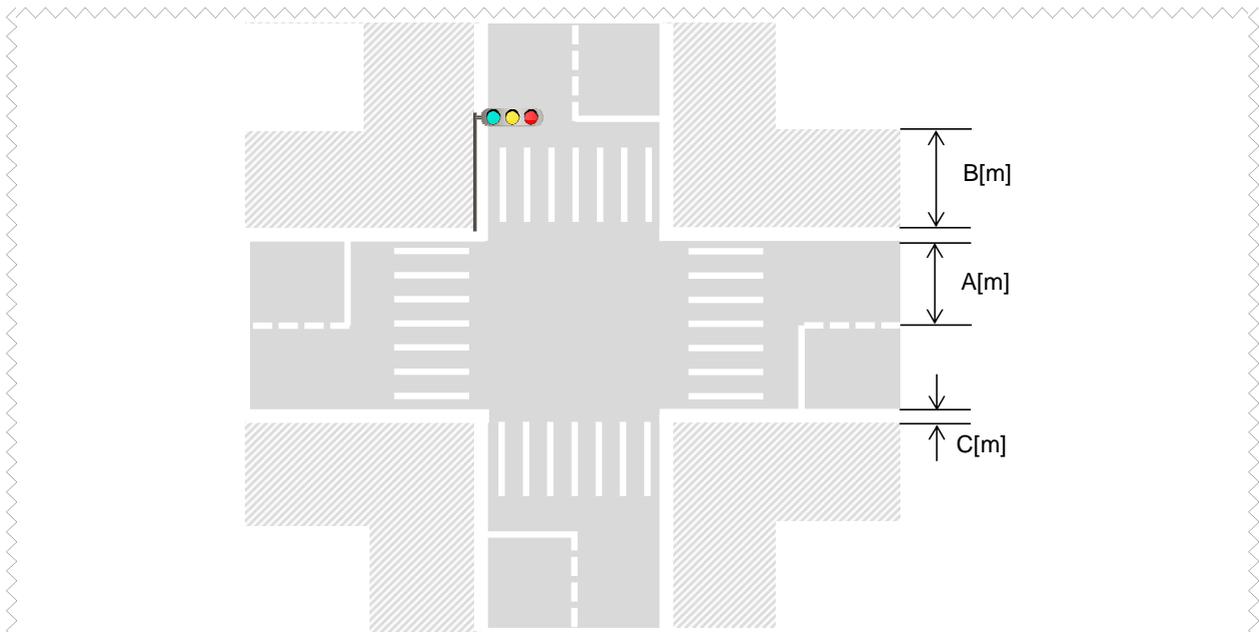


図 3-14 試験路（交差点）

(3) 歩行者が単路横断時における試験方法

・ 情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_1]$ 秒 ± $[T_2]$ 秒前に歩行者が存在している場合に、ドライバーに対して視覚的に情報提供を行うこと。[情報提供は、歩行者の接近を地図上に表示し、歩行者の接近の方向をドライバーに知らせること。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_1 は情報提供開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の $[X_7(100)]$ m 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_8]$ m 前で待機し、左側から横断する場合は、 $[X_9]$ m 前で待機すること。(図 3-15)

【道路構造令から算出する、歩道 0m、1m、2m の位置を歩行している場合を想定。】

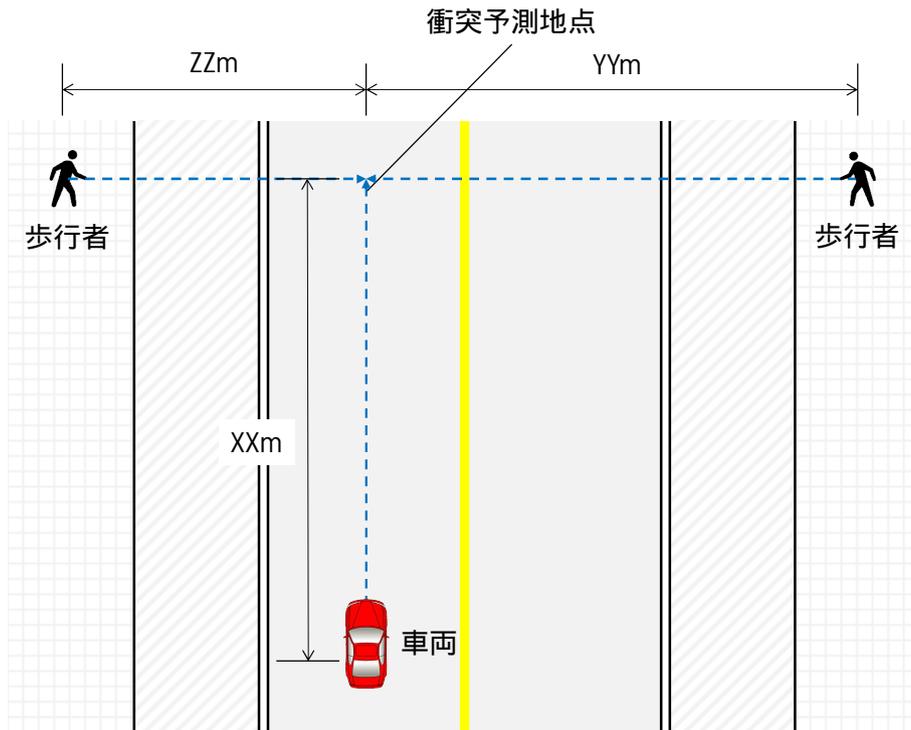


図 3-15 試験開始位置（情報提供のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進し、歩行者はそのまま待機すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点 $[X_{10(55)}]$ m 前までに時速 $[V_1 (40 \text{ および } 50)]\text{km/h} \pm [V_2]\text{km/h}$ で走行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後 $[X_{11(55)}]$ m 以上先まで走行し、停止すること。

・ 注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_2]$ 秒 $\pm [T_3]$ 秒前を歩行者が移動している場合、車両のドライバーに対して、音、表示、振動の2つ以上の手段を用いて注意喚起を行うこと。[注意喚起は、歩行者の接近を地図上に表示し、歩行者の接近の方向をドライバーに知らせること。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_2 は注意喚起開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の $[X_{12}(100)]m$ 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_{13}]m$ 前で待機し、左側から横断する場合は、 $[X_{14}]m$ 前で待機すること。(図 3-16)

【道路構造令から算出する。歩道 1m の位置を歩行している場合を想定】

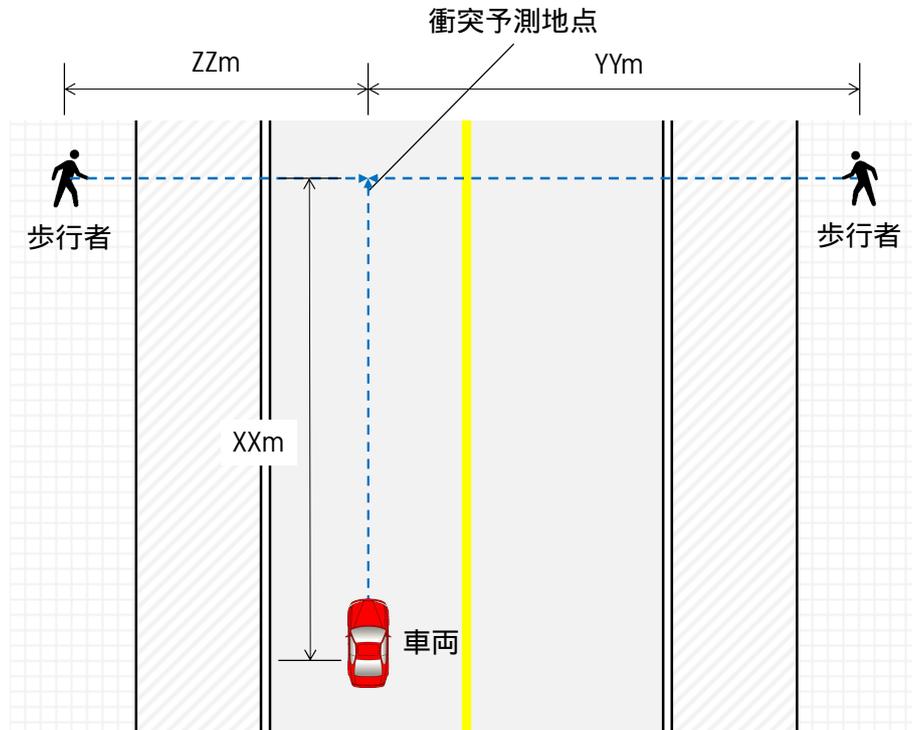


図 3-16 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より $[T_2 + 2]$ 秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点 $[X_{15}(50)]m$ 前までに時速 $[V_3(50)]km/h \pm [V_4]km/h$ で走行すること。

歩行者は、速度 $[V_5(5)]km/h \pm [V_6]km/h$ にて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後 $[X_{16}(55)]m$ 以上先まで走行し、停止すること。

・ 警報のタイミング

警報の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_3]$ 秒 $\pm [T_4]$ 秒前を歩行者が移動している場合、車両のドライバに対して、音、表示、振動の全ての手段を用いて警報を行うこと。[警報

は、危険回避の行動を促すものとする。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_2 は警報開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする単路の衝突予測地点の $[X_{17}(100)]m$ 以上前にて待機すること。歩行者は、車両からみて右側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_{18}]m$ 前で待機し、左側から横断する場合は、 $[X_{19}]m$ 前で待機すること。(図 3-17)

【道路構造令から算出する。歩道 1m の位置を歩行している場合を想定】

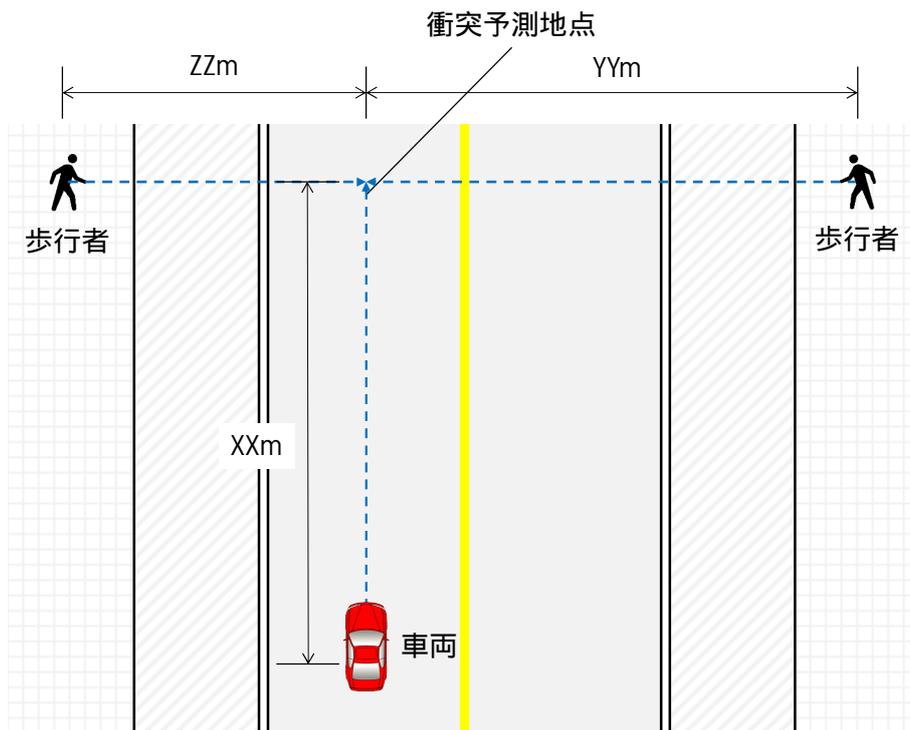


図 3-17 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より $[T_3+2]$ 秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点 $[X_{20}]m$ 前までに時速 $[V_7(50)]km/h \pm [V_8(2)]km/h$ で走行すること。

歩行者は、速度 $[V_9(5)]km/h \pm [V_{10}(1)]km/h$ にて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後 $[X_{21}]m$ 以上先まで走行し、停止すること。

(4) 歩行者が交差点横断時における試験方法

・情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_1]$ 秒 \pm $[T_5]$ 秒前に歩行者が存在している場合に、ドライバーに対して、視覚的に情報提供を行うこと。[情報提供は、歩行者の接近を地図上に表示し、歩行者の接近の方向をドライバーに知らせること。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_1 は情報提供開始タイミングとして設定した時間とする。

【コメント】

情報提供は視覚以外に提示することも検討対象とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする衝突予測地点 $[X_{22}(100)]$ m以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_{23}]$ m前で待機し、手前側から横断する場合は、 $[X_{24}]$ m前で待機すること。(図3-18)

【道路構造令から算出する、横断歩道から0m、1m、2mの位置を歩行している場合を想定。】

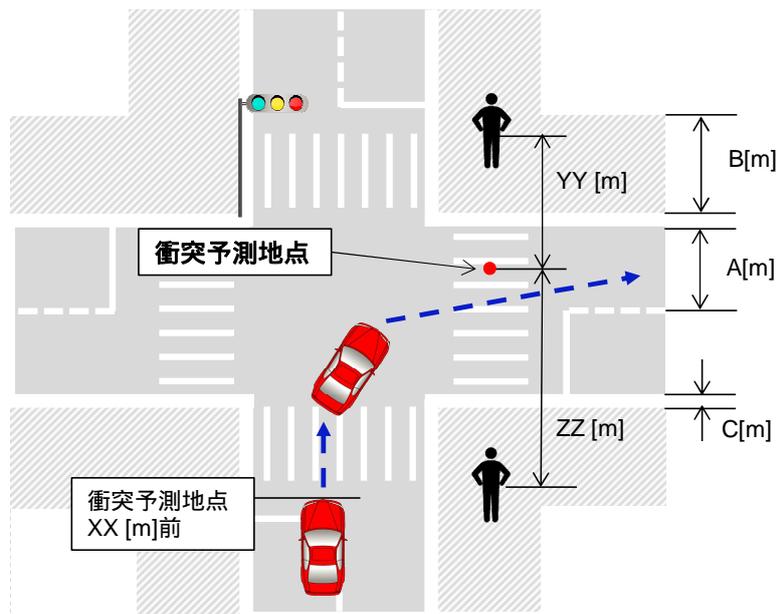


図 3-18 試験開始位置 (情報提供のタイミング)

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進し、歩行者はそのまま待機すること。

C) 試験速度

車両は衝突予測地点 $[X_{25}]$ m前までに時速 $[V_{11}(20)]$ km/h \pm $[V_{12}(2)]$ km/hで走行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は衝突予測地点通過後 $[X_{26}]m$ 以上先まで走行し、停止すること。

・ 注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_2]$ 秒± $[T_6]$ 秒前を歩行者が移動している場合、車両のドライバーに対して、音、表示、振動の2つ以上の手段を用いて注意喚起を行うこと。 $[$ 注意喚起は、歩行者の接近を地図上に表示し、歩行者の接近の方向をドライバーに知らせること。 $]$ 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_2 は注意喚起開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする交差点入口の衝突予測地点の $[X_{27}(100)]m$ 以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_{28}]m$ 前で待機し、手前側から横断する場合は、 $[X_{29}]m$ 前で待機すること。

（図 3-19）

【道路構造令から算出する。横断歩道から2mの位置を歩行している場合を想定】

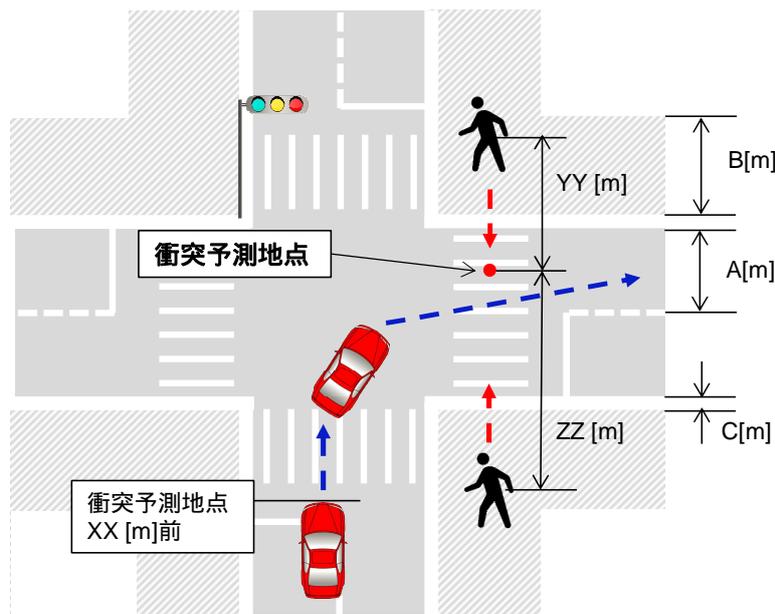


図 3-19 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より $[T_2 + 2]$ 秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は交差点入口 $[X_{30}]m$ 前までに時速 $[V_{13}(20)]km/h$ ± $[V_{14}(2)]km/h$ で走行すること。

歩行者は、速度 $[V_{15}(4)]km/h$ ± $[V_{16}(1)]km/h$ にて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は交差点出口通過後 $[X_{31}]m$ 以上先まで走行し、停止すること。

歩行者は横断歩道入り口手前 $[X_{32}(50cm)]$ にて停止し、横断歩道内に立ち入らないこと。

・ 警報のタイミング

警報の開始タイミング

衝突予測地点より $[T_3]$ 秒 $\pm [T_7]$ 秒前を歩行者が移動している場合、車両のドライバーに対して、音、表示、振動の全て的手段を用いて警報を行うこと。[警報は、危険回避の行動を促すものとする。] 車両および歩行者は以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_3 は警報開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

車両は対象とする交差点入口の衝突予測地点の $[X_{33}(100)]m$ 以上前にて待機すること。歩行者は、車両から見て奥側から横断する場合は、衝突予測地点の $[X_{34}]m$ 前で待機し、手前側から横断する場合は、 $[X_{35}]m$ 前で待機すること。

（図 3-20）

【道路構造令から算出する。横断歩道から 2m の位置を歩行している場合を想定】

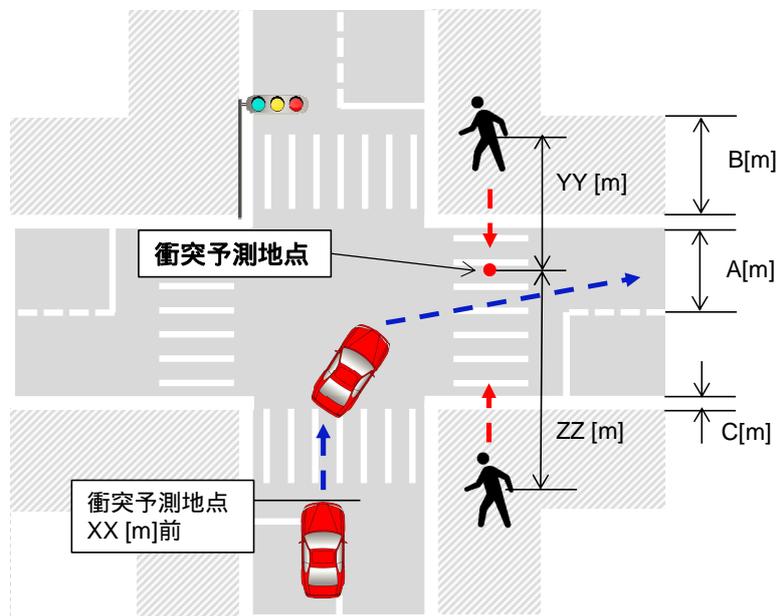


図 3-20 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

試験車両は、衝突予測地点に対し次項 C)に規定している速度にて直進すること。歩行者は、衝突予測地点より $[T_3+2]$ 秒前を車両が通過した際に次項 C)に規定している速度にて衝突予測地点に向けて歩行すること。

C) 試験速度

車両は交差点入口[X₃₆]m 前までに時速[V₁₇(50)]km/h ± [V₁₈(2)]km/h で走行すること。

歩行者は、速度[V₁₉(5)]km/h ± [V₂₀(1)]km/h にて歩行すること。

D) 停止位置（安全措置）

車両は交差点出口通過後[X₃₇]m 以上先まで走行し、停止すること。

歩行者は横断歩道入り口手前[X₃₈]cm にて停止し、横断歩道内に立ち入らないこと。

(5) 衝突予測時間の精度に関する規定

位置精度が[0.1]m 以内の計測器で算出した衝突予測時間と、当該機器で算出した衝突予測時間の差が以下の要件を満足すること。

A) 情報提供の場合

歩行者および車両は、(3) および (4) の要件に従い、待機および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₈]秒以内であること。

B) 注意喚起の場合

歩行者および車両は、(3) および (4) の要件に従い、歩行および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₉]秒以内であること。

C) 警報の場合

歩行者および車両は、(3) および (4) の要件に従い、歩行および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₁₀]秒以内であること。

(6) 多数の車両が存在する場合に関する規定

車両 [50]台、歩行者[50]人を同時に用いて試験を行った場合、(3) . から (3) . および (4) . から (4) . に規定している要件を満足していることを確認する。

(7) ドライバのオーバーライドに関する規定

・ 情報提供の場合

(3) . および (4) . の A) から D) の要件に従い、情報提供が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合は、ドライバの操作を優先していることを確認する。

・ 注意喚起の場合

(3) . および (4) . の A) から D) の要件に従い、注意喚起が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合においても注意喚起が優先していることを確認する。

警報の場合

(3) .および(4) .の A)から D)の要件に従い、警報が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合においても警報が優先していることを確認する。

3.4.3 車車間通信に係るガイドライン（案）

車車間通信を利用した運転支援システムの開発は、システムで規定すべき項目ならびにその評価方法、すなわち「一般要件（評価法）」を決定する必要がある。一般要件は、「自動車間および歩行者との事故の削減」を達成し、システムの実用化・普及に配慮したものでなくてはならない。また、既存あるいは現在開発中の技術指針・ガイドライン等との整合性に配慮することも重要である。昨年度の検討においては、この背景のものとガイドラインの骨子が検討されており、支援の要素は、情報提供・注意喚起を対象にしていた。

本年度は、この骨子をもとに支援の要素に警報を追加し、位置測位の誤差が 10cm 以下になることを想定してガイドラインの各要素の再構築を行い、実験による検証を行った。ガイドラインの開発手法としては、まずガイドライン骨子を見直し、検証項目を策定し、その後に実験計画の策定を行った。

本事業では、上述の考え方に基づき、一般要件の項目および試験法の案を定めることとした。なお、以下に示すガイドラインの案において、数値にスクエアブラケットに示す部分においては、実証実験の結果を再整理して、決定してゆくものと考えている。

1. 適用範囲

本ガイドライン（案）は、車車間通信を使って、ドライバを支援するシステムを対象とする。支援は、ドライバに対して情報提供・注意喚起・警報を行い、車両相互の衝突を回避することを目的とする。また、本ガイドライン（案）は、位置精度 $[X_1]$ m 程度、システム遅延時間が $[T_1]$ s 程度のシステムをもとに策定したものである。

2. 定義

2.1 情報提供

ドライバが「周囲を確認」することで、「現在の事象を認知」し「安全な走行」を行うよう、「他車両の存在を知らせる」のが情報提供である。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の定義】

運転者が安全運転を行うためにシステムから運転者に客観情報を提供する。

2.2 注意喚起

ドライバが「注意すべき対象を認識」することで、「とるべき行動を判断」し「危険回避」を行うよう、「危険な対象を知らせる」のが注意喚起である。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の定義】

特定のタイミング、特定の場所、運転に対する障害あるいは危険をもたらす可能性があるものが抽出されたとき、その存在を知らせ、状況の理解を支援する。

2.3 警報

ドライバが「危険回避の行動を開始」することで、「危険回避」を行うよう、「適確な行動を指示」するのが警報である。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の定義】

検知した情報から事故の可能性を予測し、運転者に対して即座に適切な行動・操作を求める。

2.4 不要支援

支援開始タイミングが成立していない場合に、支援が行われることを不要支援とする。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の定義】

ドライバにとって支援の必要はないと考えられる場面でも支援してしまうなど、ドライバに有用とならない支援全般を意味する。

2.5 システム遅延時間

他車両から通信データが送出されてから、そのデータを受信し当該機器が情報処理するまでの時間と通信に要する時間の和をシステム遅延時間とする。

【参考：先進安全自動車推進計画（ASV）の考え方】

ASVでは通信に要する時間（1周期分の送信遅れ）はシステム遅延時間には含まれない。

2.6 衝突予測時間

衝突の可能性のある走行中の他車両が自車両位置に到達するまでの予想時間を意味する。衝突予測地点は、支援場面ごとに異なる。

3. 一般要件

(1) 支援開始タイミング

I. 情報提供

自車両と衝突する可能性のある他車両がいる場合に他車両との衝突予測時間より少なくとも $[T_1]$ 秒前に情報提供を行うこと。但し、情報提供の対象となる通信車両が $[T_1]$ 秒間に複数存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する他車両を対象にドライバに情報提供を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

II. 注意喚起

自車両と衝突する可能性のある他車両がいる場合に他車両との衝突予測時間より少なくとも $[T_2]$ 秒前に注意喚起を行うこと。但し、注意喚起の対象となる通信車両が $[T_2]$ 秒間に複数存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間

で接近する他車両を対象にドライバに注意喚起を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

III. 警報

自車両と衝突する可能性のある他車両がいる場合に他車両との衝突予測時間より少なくとも $[T_3]$ 秒前に警報を行うこと。但し、警報の対象となる通信車両が $[T_3]$ 秒間に複数存在する場合は、その中で最短の衝突予測時間で接近する他車両を対象にドライバに警報を行うこと。

【検討項目】

複数車両の方角が異なる場合など、技術的に難しいケースも想定されるので、それも踏まえて規定の内容を検討する必要がある。

(2) 支援終了タイミング

情報提供・注意喚起・警報の作動終了は、他車両との衝突の可能性がなくなった時点とする。

【検討項目】

この規定に情報提供を対象とした場合に特に煩わしい可能性あり、除外することも検討できる。

(3) 不要支援

システムは不要支援を行わないように、設計されていること。

なお、支援の開始タイミングが成立した後の予測不能な他車両の挙動の変化については、不要支援に含まない。

【検討項目】

将来的に位置精度などが保証されたとしても不要支援を排除することができるか、実現性も含めて検討する必要がある。

(4) HMI

I. 情報提供

ドライバに情報提供を行う装置は、ドライバが他車両の存在を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて情報提供を行うこと。

II. 注意喚起

ドライバに注意喚起を行う装置は、ドライバが他車両の接近の方向を理解できるように、音・表示・振動等の手段を用いて注意喚起を行うこと。

III. 警報

ドライバに警報を行う装置は、ドライバに衝突回避の行動を促すように、音・表示・振動等の手段を用いて警報を行うこと。

【検討項目】

製造者の競争領域との考え方もあり、最低限の規定にガイドラインとしては留めることも検討できる。

(5) 衝突予測時間の精度

I. 情報提供

位置精度が $[X_2(0.1)]m$ 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.5)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

II. 注意喚起

位置精度が $[X_2(0.1)]m$ 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.3)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

III. 警報

位置精度が $[X_2(0.1)]m$ 以内の計測器で算出した衝突予測時間と当該機器で算出した衝突予測時間の差が $[T_5(0.02)]$ 秒以内であること。但し、衝突予測時間の差は「試験法 1.1A)」にて確認すること。

【コメント】

衝突予測時間の差は、自動車の速度を 50km/h とし、情報提供は 6m、注意喚起は 3m、警報は 0.25m として時間を算出した。

(6) オーバーライドの規定

I. 情報提供を行った場合において、ドライバが当該機器の操作を行った場合は、ドライバの操作を優先する。

II. 注意喚起及び、警報を行った場合において、ドライバが当該機器の操作を行った場合は、注意喚起・警報を優先する。

【検討項目】

警報についてもオーバーライドの要件を適用する必要があるか検討する必要がある。

(7) 多数の他車両が存在する場合

A) 支援対象の場面において、車両[50]台以上の複数が存在する場面において、前述の(1)から(5)に規定している要件を満足していること。

B) 支援対象の場面において、A)の要件が満足できない場合は、衝突の可能性が高い順に車両[5]台を選定し、ドライバに支援を行うこと。

【検討項目】

対象車両が同時に出現しない場合について、例えば後からより TTC の小さい他車両が出現した場合の規定を検討しなければなら

ない。また、選定した車両の情報をドライバへの提示の有無についても検討が必要。

4．試験法

(1) 試験条件

試験は以下の条件下で行うものとする。

A) 使用衛星数が $[O_1]$ 個以上であること。

[準天頂衛星を使用すること。 / 高精度 GPS を使用すること。] 等 (GPS がベストの性能を出せる条件)

[総務省のプロジェクトの結果を見ながら規定する]

[準天頂衛星を使用時の位置精度を明確にする]

(2) 道路条件

試験路は、以下の図に示す交差点における出会い頭事故、左折時巻き込み事故、右折事故を想定して実施すること。【優先道路は、車線の幅が $[A]$ m、幅員 $[B]$ m、歩道 $[C]$ mの道路とし、非優先道路は、車線の幅が $[D]$ m、幅員 $[E]$ m、歩道 $[F]$ mとする。(道路構造令を参照し、図 3-21 にて記載する。)]

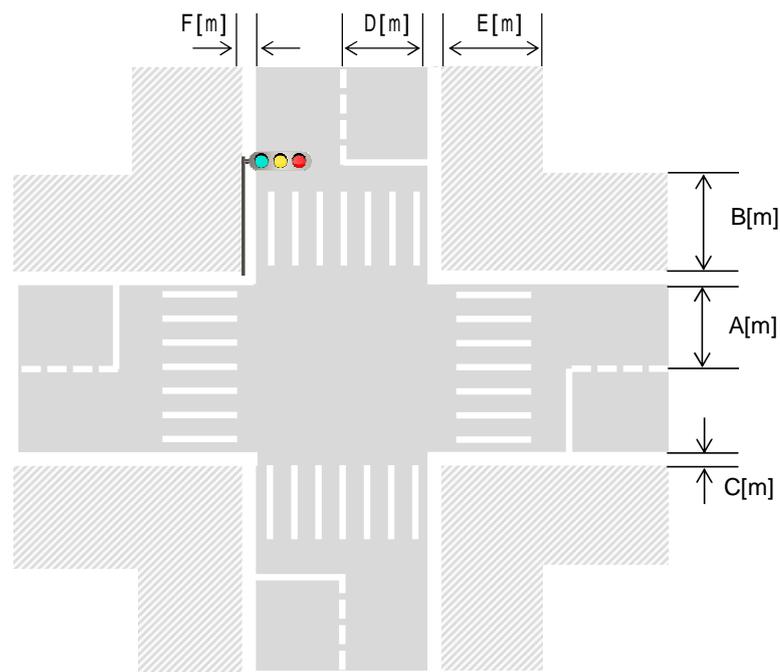


図 3-21 試験路 (交差点)

(3) 出会い頭事故の減速停止における試験方法

・ 情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

優先道路を走行する衝突する可能性のある車両および非優先道路を走行して

いる車両が衝突予測地点にて $[T_1]$ 秒 \pm $[Y]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に非優先道路を走行している車両のドライバーに対して情報提供を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_1 は情報提供開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m 以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m 以上前にて待機すること。(図 3-22)

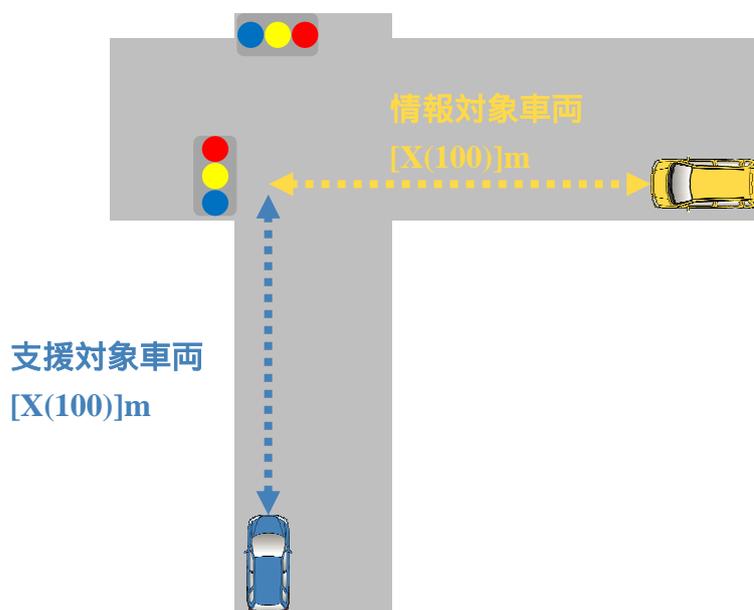


図 3-22 試験開始位置（情報提供のタイミング）

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。また、非優先道を走行する車両も衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点 $[X(100)]$ m 前までに時速 $[40]$ および $[50]$ km/h \pm $[X(2)]$ km/h で走行すること。非優先道路を走行する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m 前までに時速 $[40]$ および $[50]$ km/h \pm $[X(2)]$ km/h で走行すること。

D) 停止位置（安全措置）

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後 $[X]$ m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 非優先道路を走行する車両

ドライバに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、情報提供後に衝突回避のための運転操作を行うこと。

注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

優先道路を走行する衝突する可能性のある車両および非優先道路を走行している車両が衝突予測地点にて $[T_2]$ 秒 \pm $[Y]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に非優先道路を走行している車両のドライバに対して注意喚起を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_2 は注意喚起開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m 以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m 以上前にて待機すること。(図 3-23)

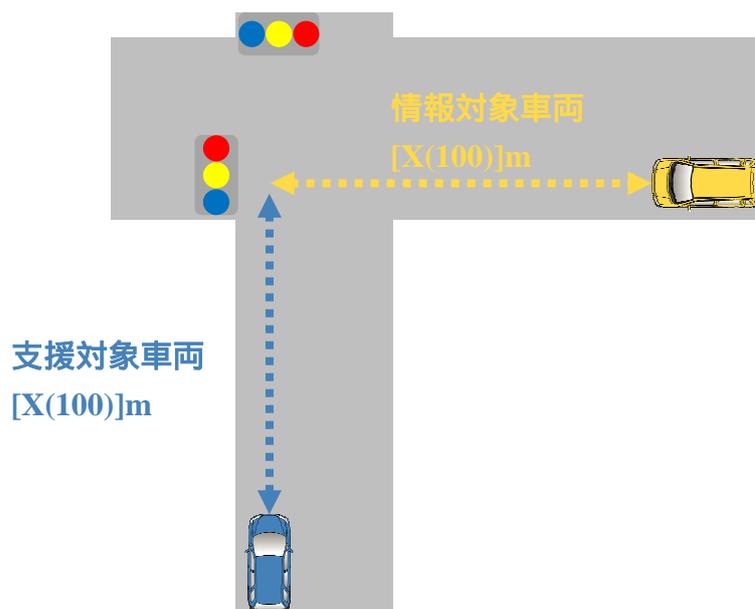


図 3-23 試験開始位置 (注意喚起のタイミング)

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進する。また、非優先道を走行する車両も衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点 $[X(100)]$ m 前までに時速 $[40$ および $50]$ km/h \pm $[X(2)]$ km/h で走行すること。非優先道路を走行する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m 前までに時速 $[40$ および $50]$ km/h \pm $[X(2)]$ km/h で走行するこ

と。

D) 停止位置（安全措置）

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後[X]m以上先まで走行し、停止すること。

E) 非優先道路を走行する車両

ドライバに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、注意喚起後に衝突回避のための運転操作を行うこと。

警報のタイミング

警報の開始タイミング

優先道路を走行する衝突する可能性のある車両および非優先道路を走行している車両が衝突予測地点にて $[T_3]$ 秒±[Y]秒後に衝突の可能性がある場合に非優先道路を走行している車両のドライバに対して警報を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_3 は警報開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m以上前にて待機すること。（図 3-24）

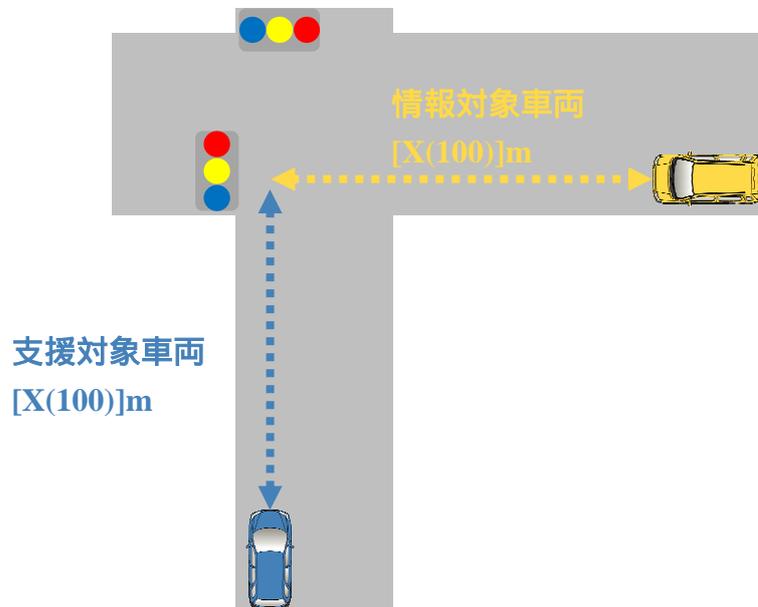


図 3-24 試験開始位置（警報のタイミング）

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度に

て直進する。また、非優先道を走行する車両も衝突予測地点に対して C) に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点[X(100)]m 前までに時速[40 および 50]km/h ± [X(2)]km/h で走行すること。非優先道路を走行する車両は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[40 および 50]km/h ± [X(2)]km/h で走行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 非優先道路を走行する車両

ドライバに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、警報後に衝突回避のための運転操作を行うこと。

(4) 出会い頭事故の発進待機状態における試験方法

・ 情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

非優先道路を走行する衝突する可能性のある車両が衝突予測地点より[T₁]秒 ± [T]秒前を通過した際に優先道路を走行しているドライバに対して情報提供を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、T₁ は情報提供開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m 以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、交差点の停止線の位置にて停止して待機すること。(図 3-25)



図 3-25 試験開始位置（情報提供のタイミング）

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進し、非優先道路を走行する車両はそのまま待機すること。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点 $[X(100)]m$ 前までに時速 $[X(40$ および $50)]km/h \pm [X(2)]km/h$ で走行すること。

D) 停止位置（安全措置）

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後 $[X]m$ 以上先まで走行し、停止すること。

E) 非優先道路を走行する車両

ドライバに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を待機させておくこと。

注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

非優先道路を走行する衝突する可能性のある車両が衝突予測地点より $[T_2]$ 秒 $\pm [Y]$ 秒前を通過した際に優先道路を走行しているドライバに対して注意喚起を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、 T_2 は注意喚起開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m 以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、交差点の停止線の位置にて停止して待機すること。(図 3-26)



図 3-26 試験開始位置 (注意喚起のタイミング)

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進し、非優先道を走行する車両はそのまま待機すること。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[T₁(40 および 50)]km/h ± [T₂(2)]km/h で走行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

E) 非優先道を走行する車両

ドライバに注意喚起を行うことが可能な状態にて車両を待機させておくこと。

・ 警報のタイミング

警報の開始タイミング

非優先道路を走行する衝突する可能性のある車両が衝突予測地点より[T₃]秒 ± [Y]秒前を通過した際に優先道路を走行しているドライバに対して注意喚起を行うこと。優先道路を走行する車両および非優先道路を走行する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。尚、T₃は警報開始タイミングとして設定した時間とする。

A) 試験開始位置

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m 以上前にて待機すること。また、非優先道を走行する車両は、交差点の停止線の位置にて停止して待機すること。(図 3-27)



図 3-27 試験開始位置 (警報のタイミング)

B) 試験開始

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進し、非優先道を走行する車両はそのまま待機すること。

C) 試験速度

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[T₁(40 および 50)]km/h ± [T₂(2)]km/h で走行すること。

D) 停止位置 (安全措置)

優先道路を走行する車両は、衝突予測地点通過後[X]m 以上先まで走行し、停止すること。

F) 非優先道を走行する車両

ドライバに警報を行うことが可能な状態にて車両を待機させておくこと。

(5) 左折時の巻き込み事故における試験方法

I. 情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

同一道路を走行する自動車と二輪車について、交差点にて左折する自動車に対して後方から二輪車が接近する。この際、衝突予測地点にて[T₁]秒 ± [Y]秒後に衝突の可能性がある場合に自動車のドライバに対して情報提供を行

うこと。但し、自動車および二輪車は、以下の規定に従い試験を行うこと。

A) 試験開始位置

自動車は、交差点付近の衝突予測地点から[X(100)]m 以上前にて待機すること。また、二輪車は、衝突予測地点の[X(200)]m 以上前にて待機すること。
(図 3-28)

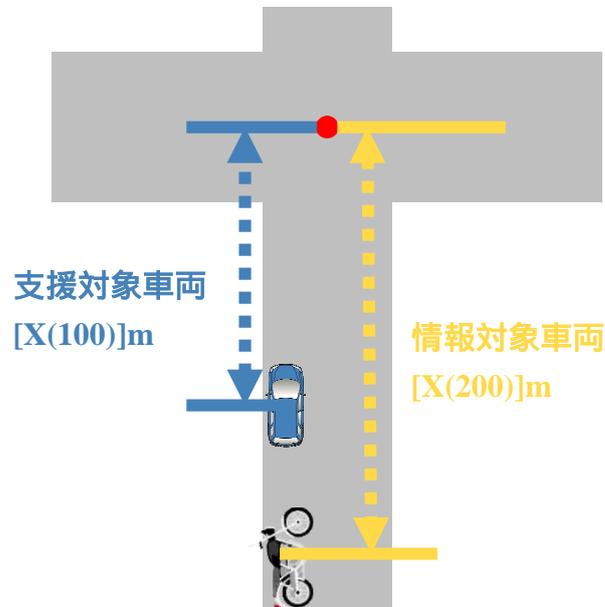


図 3-28 試験開始位置（情報提供のタイミング）

B) 試験開始

自動車は、衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進する。また、二輪車も衝突予測地点に対して C)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

自動車は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[20]km/h ± [2]km/h で走行すること。二輪車は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[40 および 50]km/h ± [2]km/h で走行すること。

D) 自動車の走行方法

ドライバに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、情報提供後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 二輪車の走行方法

二輪車は衝突予測地点に対して直進し、自動車が停止した際の衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

II. 注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

同一道路を走行する自動車と二輪車について、交差点にて左折する自動車に対して後方から二輪車が接近する。この際、衝突予測地点にて[T₂]秒 ± [Y]

秒後に衝突の可能性がある場合に自動車のドライバーに対して注意喚起を行うこと。但し、自動車および二輪車は、以下の規定に従い試験を行うこと。

A) 試験開始位置

自動車は、交差点付近の衝突予測地点から[X(100)]m 以上前にて待機すること。また、二輪車は、衝突予測地点の[X(200)]m 以上前にて待機すること。

(図 3-29)

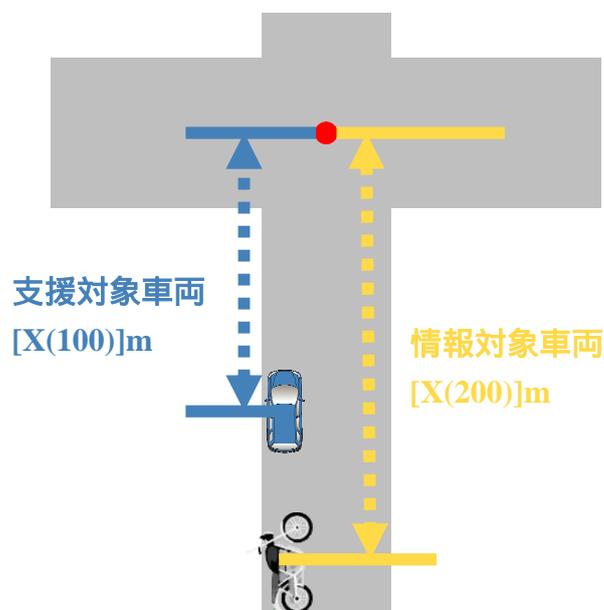


図 3-29 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

自動車は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。また、二輪車も衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

自動車は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[20]km/h ± [2]km/h で走行すること。二輪車は、衝突予測地点[X]m 前までに時速[40 および 50]km/h ± [2]km/h で走行すること。

D) 自動車の走行方法

ドライバーに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、注意喚起後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 二輪車の走行方法

二輪車は衝突予測地点に対して直進し、自動車が停止した際の衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

III. 警報のタイミング

警報の開始タイミング

同一道路を走行する自動車と二輪車について、交差点にて左折する自動車に対して後方から二輪車が接近する。この際、衝突予測地点にて $[T_3]$ 秒 $\pm [Y]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に自動車のドライバーに対して警報を行うこと。但し、自動車および二輪車は、以下の規定に従い試験を行うこと。

A) 試験開始位置

自動車は、交差点付近の衝突予測地点から $[X(100)]$ m 以上前にて待機すること。また、二輪車は、衝突予測地点の $[X(200)]$ m 以上前にて待機すること。
(図 3-30)

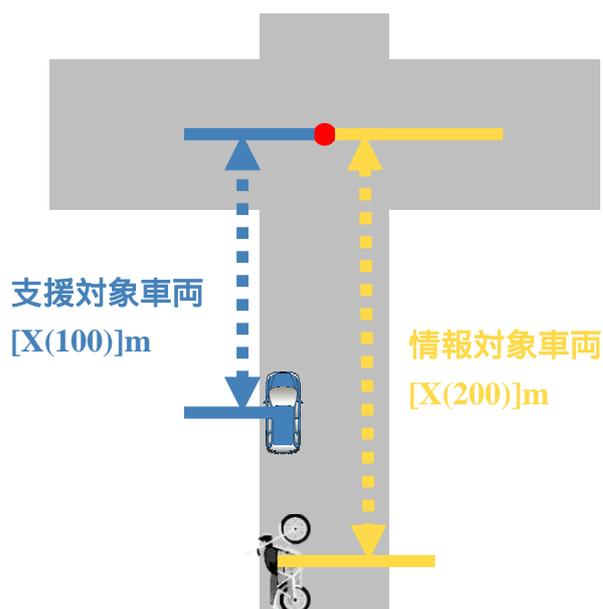


図 3-30 試験開始位置（警報のタイミング）

B) 試験開始

自動車は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。また、二輪車も衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

自動車は、衝突予測地点 $[X]$ m 前までに時速 $[20]$ km/h $\pm [2]$ km/h で走行すること。二輪車は、衝突予測地点 $[X]$ m 前までに時速 $[40]$ および $[50]$ km/h $\pm [2]$ km/h で走行すること。

D) 自動車の走行方法

ドライバーに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、警報後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 二輪車の走行方法

二輪車は衝突予測地点に対して直進し、自動車が停止した際の衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

(6) 右折事故における試験方法

I. 情報提供のタイミング

情報提供の開始タイミング

同一道路を対向する状態にて走行する車両について、同一の交差点にて右折する車両および直進する車両を想定する。この際、交差点内の衝突予測地点にて $[T_1]$ 秒 \pm $[T_5]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に右折を行う車両のドライバーに対して情報提供を行うこと。但し、右折する車両が交差点から30m以上手前を走行している場合は、情報提供を行わなくても良い。交差点を右折する車両および直進する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

交差点を右折する車両は、交差点内の衝突予測地点から $[X(100)]$ m以上前にて待機すること。また、交差点を直進する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m以上前にて待機すること。(図 3-31)

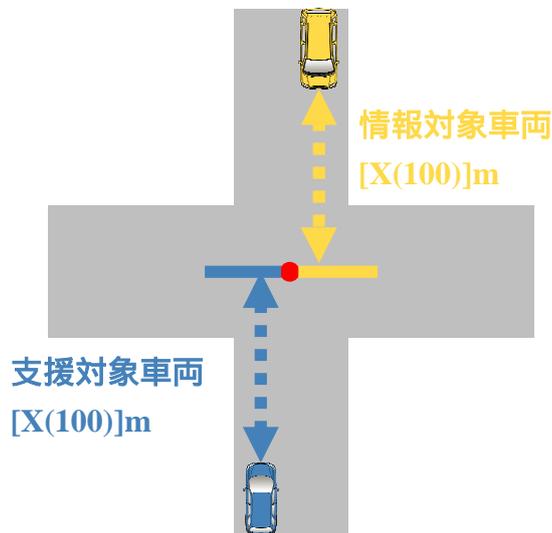


図 3-31 試験開始位置 (情報提供のタイミング)

B) 試験開始

交差点を右折する車両および直進する車両は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

交差点を右折する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m前までに時速 $[40]$ および $[50]$ km/h \pm $[2]$ km/hで走行すること。交差点を直進する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m前までに時速 $[40]$ および $[50]$ km/h \pm $[2]$ km/hで走行すること。

D) 交差点を右折する車両の走行方法

ドライバーに情報提供を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、情報提供後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 交差点を直進する車両の走行方法

交差点を直進する車両は、衝突予測地点通過後 $[X]$ m以上先まで走行し、停止

すること。

II. 注意喚起のタイミング

注意喚起の開始タイミング

同一道路を対向する状態にて走行する車両について、同一の交差点にて右折する車両および直進する車両を想定する。この際、交差点内の衝突予測地点にて $[T_2]$ 秒 \pm $[T_6]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に右折を行う車両のドライバーに対して注意喚起を行うこと。但し、右折する車両が交差点から30m以上手前を走行している場合は、注意喚起を行わなくても良い。交差点を右折する車両および直進する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

交差点を右折する車両は、交差点内の衝突予測地点から $[X(100)]$ m以上前にて待機すること。また、交差点を直進する車両は、衝突予測地点の $[X(100)]$ m以上前にて待機すること。(図 3-32)

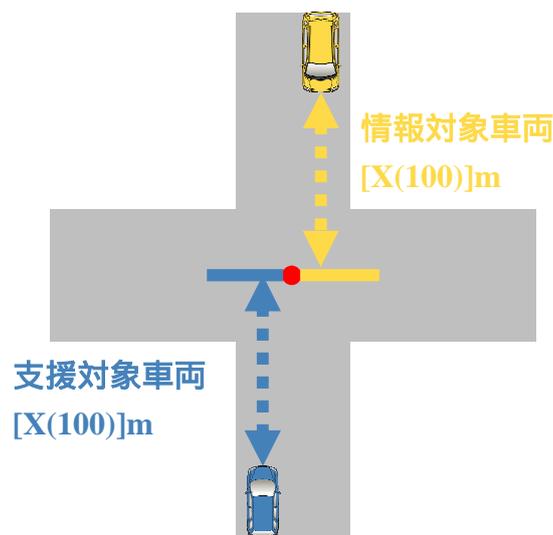


図 3-32 試験開始位置（注意喚起のタイミング）

B) 試験開始

交差点を右折する車両および直進する車両は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

交差点を右折する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m前までに時速 $[40$ および $50]$ km/h \pm $[2]$ km/hで走行すること。交差点を直進する車両は、衝突予測地点 $[X]$ m前までに時速 $[40$ および $50]$ km/h \pm $[2]$ km/hで走行すること。

D) 交差点を右折する車両の走行方法

ドライバーに注意喚起を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、注意喚起後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 交差点を直進する車両の走行方法

交差点を直進する車両は、衝突予測地点通過後[X]m以上先まで走行し、停止すること。

III. 警報のタイミング

警報の開始タイミング

同一道路を対向する状態にて走行する車両について、同一の交差点にて右折する車両および直進する車両を想定する。この際、交差点内の衝突予測地点にて $[T_2]$ 秒 \pm $[T_6]$ 秒後に衝突の可能性がある場合に右折を行う車両のドライバーに対して警報を行うこと。但し、右折する車両が交差点から30m以上手前を走行している場合は、警報を行わなくても良い。交差点を右折する車両および直進する車両は、以下の規定に従い、試験を行うこと。

A) 試験開始位置

交差点を右折する車両は、交差点内の衝突予測地点から[X(100)]m以上前にて待機すること。また、交差点を直進する車両は、衝突予測地点の[X(100)]m以上前にて待機すること。(図 3-33)

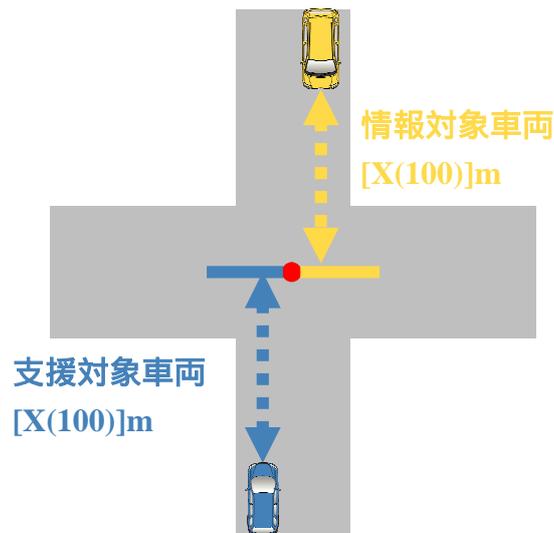


図 3-33 試験開始位置 (警報のタイミング)

B) 試験開始

交差点を右折する車両および直進する車両は、衝突予測地点に対してC)に規定している速度にて直進する。

C) 試験速度

交差点を右折する車両は、衝突予測地点[X]m前までに時速[40 および 50]km/h \pm [2]km/hで走行すること。交差点を直進する車両は、衝突予測地点[X]m前までに時速[40 および 50]km/h \pm [2]km/hで走行すること。

D) 交差点を右折する車両の走行方法

ドライバに注意喚起を行うことが可能な状態にて車両を走行させて、注意喚起後に衝突回避のための運転操作を行い、車両を停車させること。

E) 交差点を直進する車両の走行方法

交差点を直進する車両は、衝突予測地点通過後[X]m以上先まで走行し、停止すること。

(7) 衝突予測時間の精度に関する規定

位置精度が[0.1]m以内の計測器で算出した衝突予測時間と、当該機器で算出した衝突予測時間の差が以下の要件を満足すること。

A) 情報提供の場合

車両は、(3)および(4)の要件に従い、待機および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₈]秒以内であること。

B) 注意喚起の場合

車両は、(3)および(4)の要件に従い、待機および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₉]秒以内であること。

C) 警報の場合

車両は、(3)および(4)の要件に従い、待機および走行すること。この際に計測器と当該機器で算出した衝突予測時間の差が[T₁₀]秒以内であること。

(8) 多数の車両が存在する場合に関する規定

車両 [50]台を同時に用いて試験を行った場合、(3) から (3) .および(4) から (4) .に規定している要件を満足していることを確認する。

(9) ドライバのオーバーライドに関する規定

・ 情報提供の場合

(3) .および(4) .の A)から D)の要件に従い、情報提供が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合は、ドライバの操作を優先していることを確認する。

・ 注意喚起の場合

(3) .および(4) .の A)から D)の要件に従い、注意喚起が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合においても注意喚起が優先していることを確認する。

・ 警報の場合

(3) .および(4) .の A)から D)の要件に従い、警報が行われている間にドライバが当該機器の操作を行った場合においても警報が優先しているこ

とを確認する。

(10) 車車間通信の通信機を搭載していない車両が混在する場合の規定

・ 路車間通信などの路側機の情報を用いる場合

図 1 に示す交差点に路側機を設置し、支援を受ける車両は路側機から衝突する可能性のある車両の情報を得られるようにする。衝突する可能性がある車両は、車車間通信システムを搭載していない状態とし、(3) から(3) および(4) から(4) に規定している試験法を行う。この際に支援を受ける車両に情報提供、注意喚起および警報が提示されたことを確認する。

・ 自律検知型センサーを用いる場合

車両に自律検知型のセンサーを搭載し、衝突する可能性がある車両は、車車間通信システムを搭載していない状態とし、(3) から(3) および(4) から(4) に規定している試験法を行う。この際に支援を受ける車両に対して警報が提示されることを確認する。

4 . DS 実験による歩車間通信 / 車車間通信の有効性の確認

4.1 歩車間通信 (ドライバ側)

4.1.1 調査目的

歩車間通信システムによるドライバへの支援

本調査は、ドライビングシミュレータを用いて、歩車間通信システムの支援タイミングについて検討を行うものである。支援場面は、前述のように交通事故データから選定した単路における歩行者の飛び出しを想定した (a) 左側からの飛び出しによる単路直進支援 (左から横断) (b) 右側からの飛び出しによる単路直進支援 (右から横断) を対象とし、さらに交差点における (c) 右折時に前方からの歩行者の横断に対する右折支援 (前方から横断) (d) 右折時に後方からの歩行者の横断に対する右折支援 (後方から横断) を対象にした。

また、歩車間通信システムは、お互いの位置情報を通信することにより、支援を行うシステムであるが、現状の GPS による位置測位には誤差を有することがわかっている。この GPS による位置測位の誤差は、前年度に実証実験を行った結果では、平均で半径 5.5[m] の誤差を有していた。そこで、ドライビングシミュレータ上に構築した歩車間通信システムにて半径 5.5[m] の誤差を有する場合を対象に歩車間通信システムの作動タイミングに与える影響についても検討を行った。

4.1.1.1 歩車間通信システムの支援レベルについて

先進安全自動車推進検討会（ASV：Advanced Safety Vehicle）において、車車間通信システムに関する通信利用運転支援システムにおいては、「情報提供」「注意喚起」「警報」の3つの支援レベルが定義されている。

情報提供・・・運転者がシステムから提供された情報により安全運転を行うための客観情報を伝える。

注意喚起・・・特定のタイミング、特定の場所、運転者による特定の操作または特定の状況が生じたときに注意を喚起する。

警報・・・検知した情報から事故の可能性を予測し、運転者に対して即座に適切な行動・操作を促す。

通信システムでは、想定される支援機能が自車の周辺の車両および歩行者の情報を利用するものであり、実用化された場合は自車周辺には非通信車両が混在していることを考慮し、「注意喚起」までの支援レベルとされている。

本調査においては、歩車間通信システムを対象とし、位置精度およびシステムの普及率も確保されている状況を想定し、調査対象の支援については、情報提供・注意喚起・警報の3種類を評価の対象とした。

4.1.1.2 歩車間通信システムの作動タイミングを決定するパラメータ

本調査においては、歩車間通信支援システムの作動タイミングとして、TTI（Time To Intersection）およびTTC（Time To Collision）を実験パラメータとして調査を行った。

TTI（Time To Intersection）とは、車両が交差点に到達するまでの時間である。図4-1-1の場合、支援対象車両および歩行者の関係において、支援対象車両が設定したTTI以内に交差点に接近した際に、支援対象車両に運転支援が行われる。この支援により支援対象車両のドライバが衝突回避の行動を行うことで歩行者との衝突を回避する。本調査においては、支援場面における（c）右折時に前方からの歩行者の横断に対する右折支援（前方から横断）（d）右折時に後方からの歩行者の横断に対する右折支援（後方から横断）について、交差点に到達するまでの時間（TTI）をもとに支援の作動タイミングについて検討を行った。歩車間通信システムを搭載した車両を用いた場合の実走行環境では、支援対象車両と歩行者の衝突の可能性を計算し、支援の作動タイミングを決定するものと考えられるが、本実験においては実験参加者の運転操作に関わらずに支援が作動するまでは、歩行者は支援対象車両に衝突するように制御した。これにより、支援対象車両のドライバは衝突回避の運転操作を行う必要があり、支援対象車両と歩行者が交差点に進入するタイミングを実験パラメータとしたことから支援場面における（c）（d）においてはTTIを用いた。

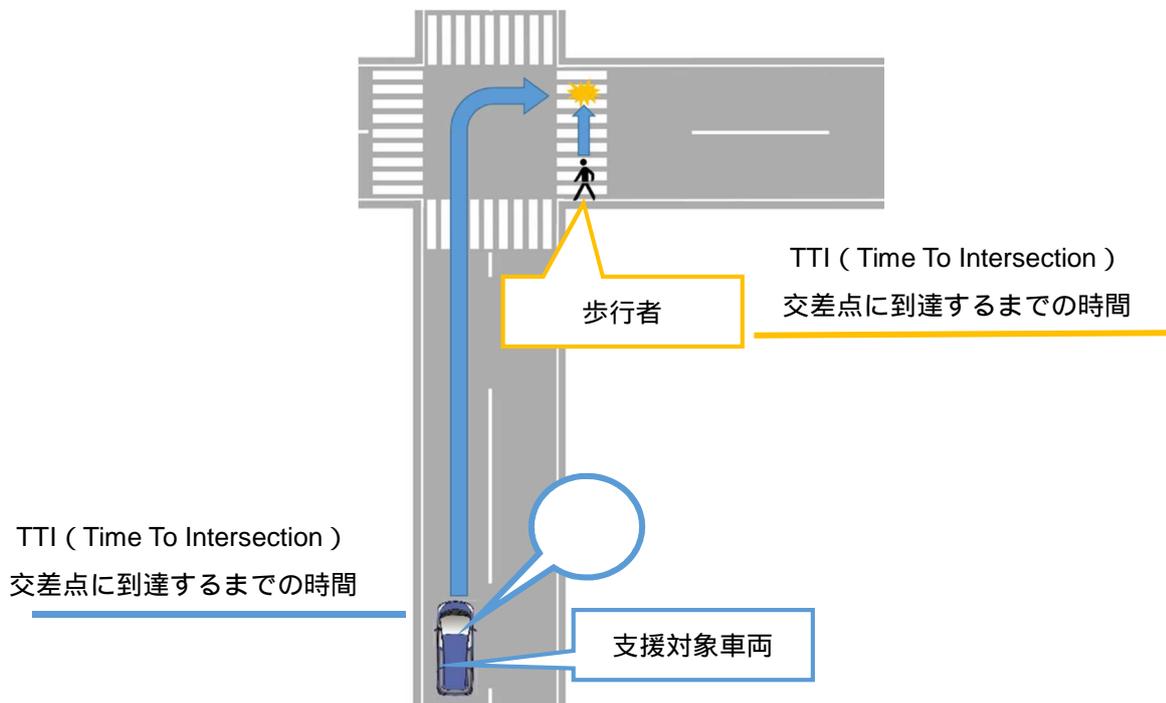


図 4-1-1 TTI についての簡略図

TTC (Time To Collision) とは、支援対象車両が歩行者に衝突するまでの時間である。図 4-1-2 の場合は、支援対象車両および歩行者が設定した TTC 以内に接近した際に支援対象車両に運転支援が行われる。本調査においては、単路における歩行者の飛び出しを想定した (a) 左側からの飛び出しによる単路直進支援 (左からの横断) (b) 右側からの飛び出しによる単路直進支援 (右からの横断) について、衝突時間 (TTC) をもとに支援の作動タイミングについて検討を行った。

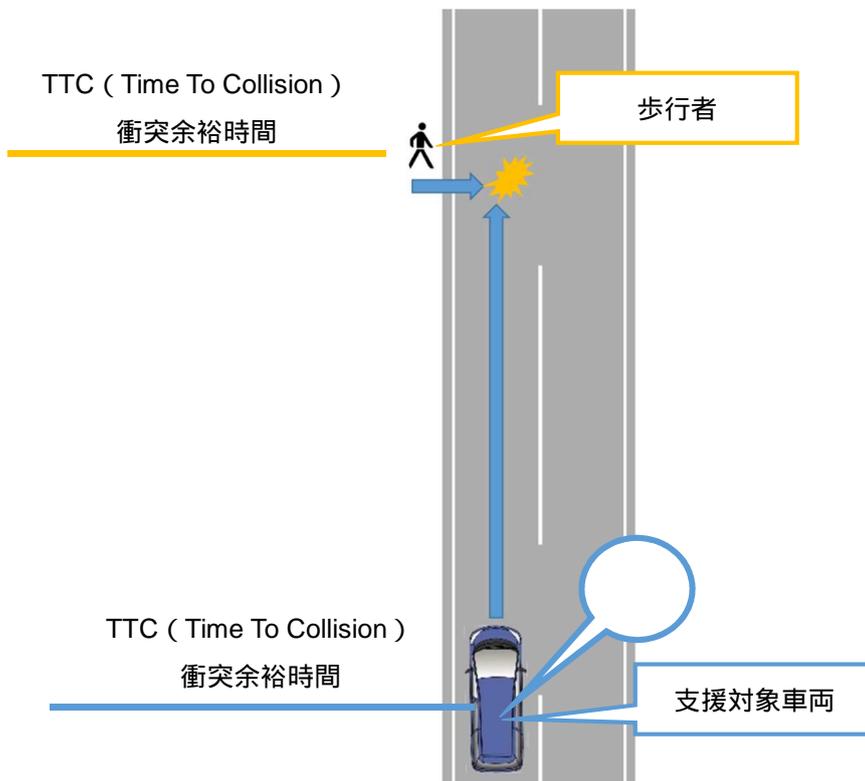


図 4-1-2 TTC についての簡略図

4.1.1.3 位置測位の誤差について

前述のように現在の車両に搭載されている GPS を用いた位置測位の技術では、支援対象車両と歩行者の双方にある程度の測位誤差が生じている。この位置測位の誤差により、作動タイミングに差異が生じることで、支援による想定した効果が得られなくなる可能性がある。そこで、位置測位の誤差が支援に及ぼす影響を検討するため、図 4-1-3 のように半径 5.5[m] の円を設け、その直径の中で測位誤差が生じた場合、「単路直進支援（左から横断）」「単路直進支援（右から横断）」「右折支援（前方から横断）」「右折支援（後方から）」におけるそれぞれの影響について検討した。なお、図 4-1-3 は自動車の場合を例に示しているが、歩行者についても同様に半径 5.5[m] の円を設けて、位置測位の誤差を有するものとした。

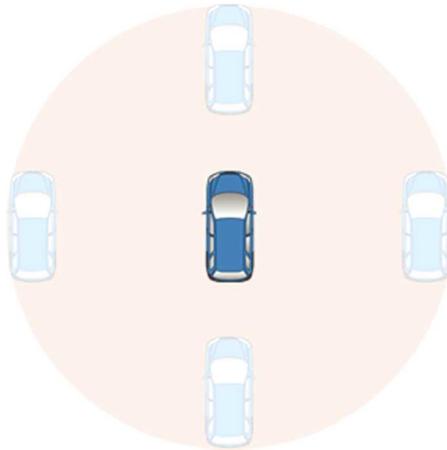


図 4-1-3 測位誤差のイメージ (濃色：実際の位置、淡色：測位された位置)

4.1.1.4 それぞれの支援場面における実験パラメータの設定

位置測位に誤差を有する場合は、図 4-1-3 のように支援対象車両、歩行者が前後左右に誤差を有した場合と正しい位置に測位された場合を合わせて $3 \times 3 = 9$ パターンの測位について考えられる。図 4-1-4 にその概念図を示す。このパターンの組み合わせにより TTC に誤差が生じることとなる。本実験にて対象とした単路横断支援、右折支援に関してはシステムの上、左右に誤差が生じた場合は誤差の大きさによっては別の道路を走行しているとみなされ、支援が作動しない場合がある。よって、位置誤差の影響をこれらの場面において作動タイミングに最も影響を及ぼす前後の誤差について検討し、左右の誤差については、今回の検討からはその影響について除外した。GPS による位置測位の誤差は、前年度に実証実験を行った結果では、平均で 5.5[m] の誤差を有していた。よって、このドライビングシミュレータ上に構築した歩車間通信システムについて、5.5[m] の誤差を有する場合を対象に位置誤差が歩車間通信システムの作動タイミングに与える影響について検討を行った。

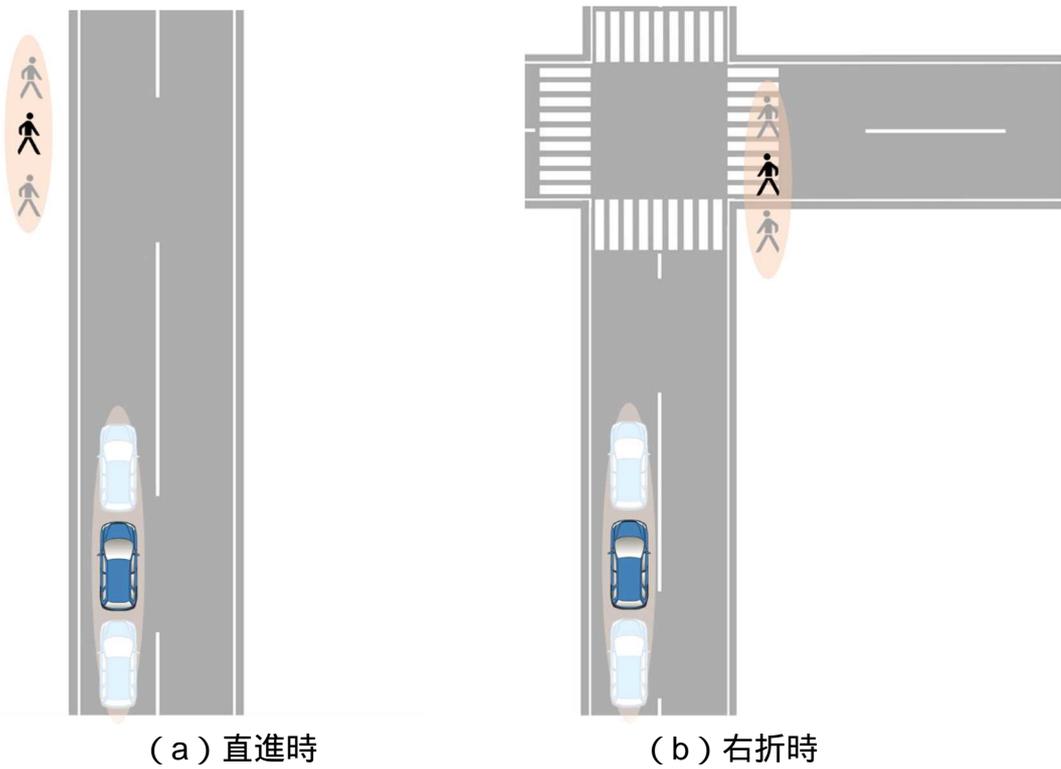


図 4-1-4 位置測位の誤差に関する検討

本実験では、9パターンについて、図 4-1-5 および図 4-1-6 に示す現象を対象に実験を行った。図 4-1-5 はシステム上では2台の位置測位が離れているが、実際は近くなっている。図 4-1-6 はシステム上では2台の位置測位は接近しているが、実際は離れている。

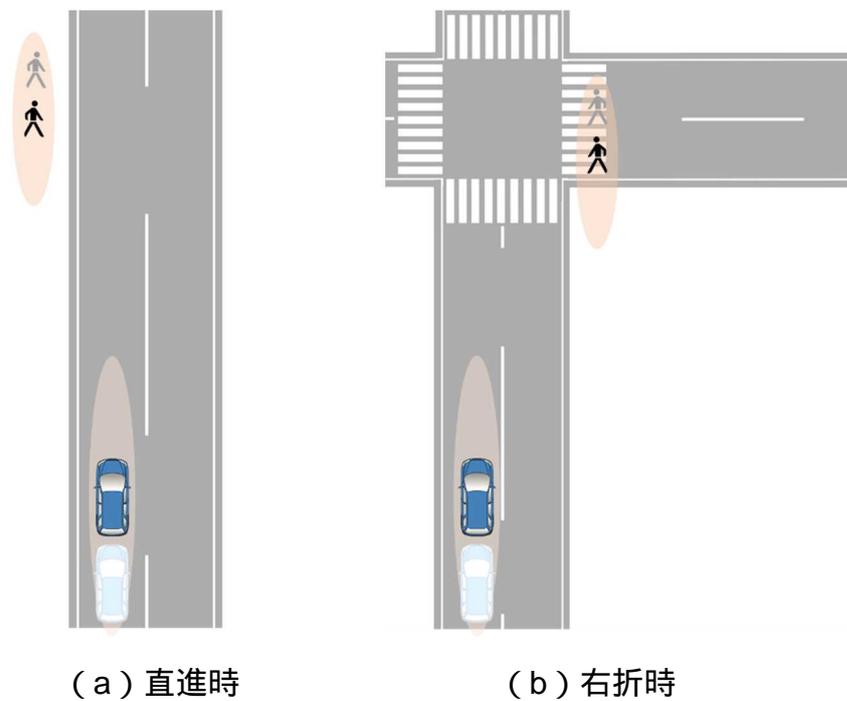
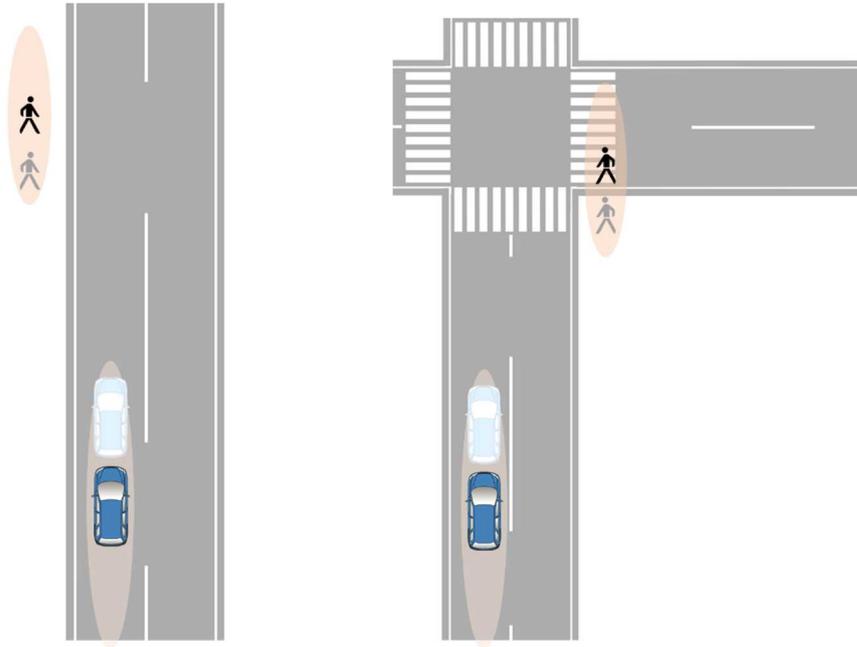


図 4-1-5 相互が離れているとシステムが判断した場合



(a) 直進時

(b) 右折時

図 4-1-6 相互に接近しているとシステムが判断した場合

4.1.2 実験装置（ドライビングシミュレータ）

本実験には、ドライビングシミュレータ（Driving Simulator、以下 DS）を用いる。この DS は、3 自由度可動ドライビングシミュレータであり、運動模擬システム、視覚模擬システム、走行音模擬システムで構成されている。DS は実車を用いた実験と比較し、運転者の安全を確保でき、様々な実験条件の設定が容易にできる。また、再現性に富み、データの測定・収集を容易に行うことができる。図 4-1-7 に DS の概観図を示し、表 4-1-1 に DS の仕様を示す。

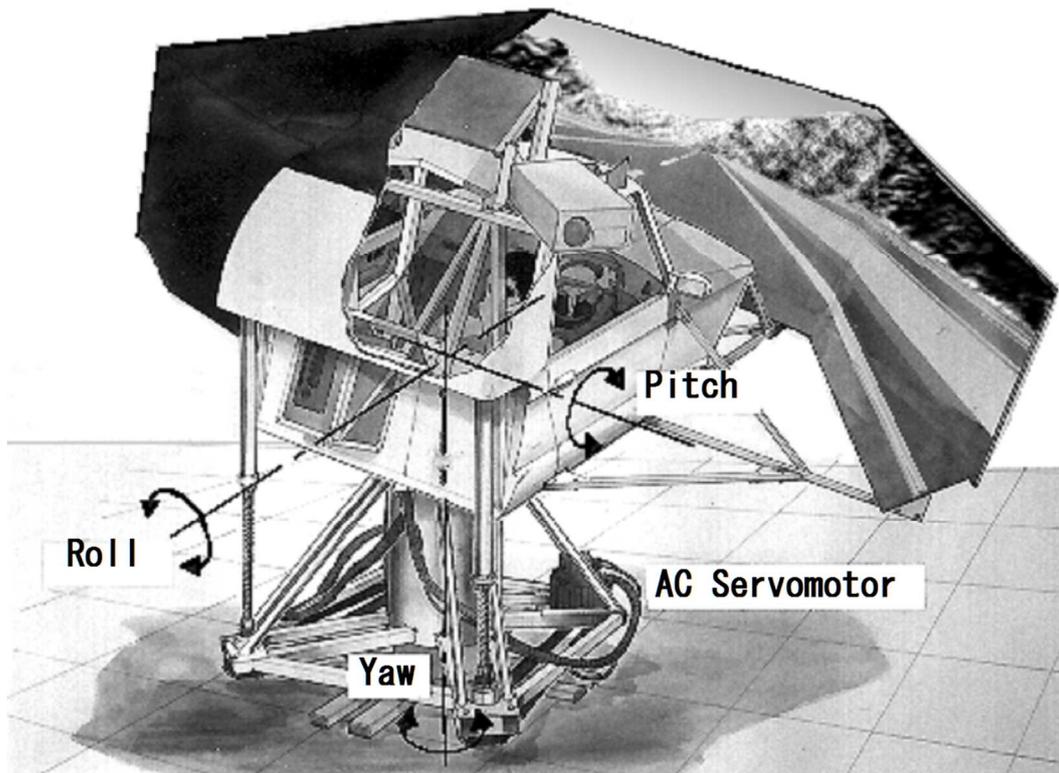


図 4-1-7 DS の外観

表 4-1-1 DS の仕様

Degree of freedom	Yaw, Roll, Pitch	
Range	Yaw	±6.28 [rad] and over
	Roll	±0.35 [rad]
	Pitch	±0.35 [rad]
Maximum angular velocity	Yaw	3.14 [rad/s]
	Roll	1.22 [rad/s]
	Pitch	0.87 [rad/s]
Maximum acceleration a feeling of the body	Pitch	4.5 [m/s ²]
	Roll	(Roll angle, Pitch angle, when 0.17 [rad])
Device of motion display	AC servo motor and two ball screws	
Steering reaction force	AC servo motor 5 ~ 98 [N]	
Driving sound	Control on actual sound of sampling	
Calculation of the vehicle	Carsim produced by Mechanical Simulation Sampling time 120 [Hz]	
Visual information	Three projectors of front view	
Visual range	Horizontality	2.6 [rad]
	Verticality	0.52 [rad]
Calculator	Eight computers Visual information(6), Vehicle dynamics(1), Motion control(1)	
Actuator	Four AC servo motor	
	Yaw	3.6 [kw]
	Roll	2.5 [kw]×2
	Pitch	2.5 [kw]×2
	Steering reaction force	1.2 [kw]
Measurements	Diameter	4.9 [m]
	Height	2.9 [m]
Mass	350 [kg]	

(1) システム構成

以下の図 4-1-8 に DS のシステム構成を示す。システムの入力にはドライバの運転操作量として操舵角、アクセルペダルストローク、ブレーキペダルストロークを用いる。この各入力は A/D コンバータ (Analog to Digital Converter; A/D Converter) を介してアナログ量をデジタル量に変換し、サーバ PC を介して車両運動計算機へと送信される。その後、車両運動計算機により計算された車両運動量や車両位置、環境音、アナログ出力などの情報を各システムへ送信する構成となっている。各システムは主に、視覚提示システム、モーションシステム、音響システム、入出力システムの 4 つで構成される。

視覚提示システムは、6 つの映像発生装置と映像分配機、3 台のプロジェクタと 3 台のモニタ、ならびに 1 台の計測器表示用サブモニタにより構成される。視覚提示システムでは、市街地や高速道路などの自車外の映像をドライバへ提示することが可能である。

モーションシステムは、モーション計算機とサーボモータコントローラ、サーボアンプ、ならびに 3 機の AC サーボモータにより構成される。モーションシステムでは、自車両の運動を模擬し、ドライバに対し車両の加速度の提示が可能である。本システムでは、3 軸方向の運動が可能であり、ヨー (Yaw)、ロール (Roll)、ピッチ (Pitch) の 3 軸方向に対して、加速度の提示が可能である。

音響システムは、オーディオアンプと 2 台のスピーカーにより構成される。音響システムでは、走行時のロードノイズや環境音、ナレーションや警報などの音の出力が可能である。

入出力システム (Input Output System; I/O System) は、D/A コンバータ (Digital to Analog Converter; D/A Converter) と DA (Digital to Analog) 装置と DIO (Digital Input Output) 装置で構成される。

本 DS における各計測装置ならびに計算装置間の通信には、主に UDP (User Datagram Protocol) 通信を用いている。UDP 通信はリアルタイム性に優れたネットワーク通信である。本 DS においては、ローカルのインターネット環境を構築し UDP 通信を行っている。

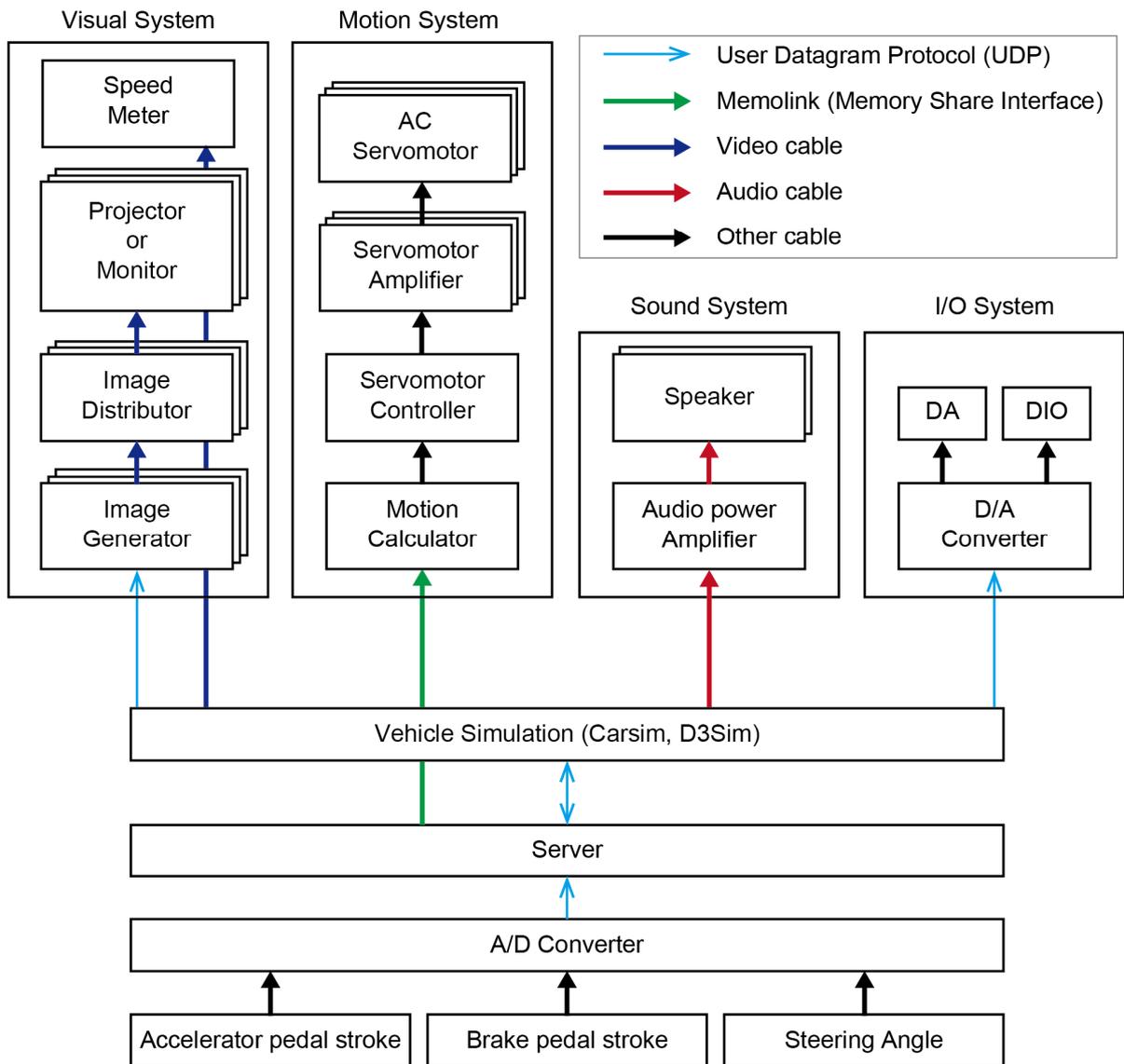


図 4-1-8 DS のシステム構成

(2) 視覚提示システム

図 4-1-9 に DS の視覚提示システムを示す。視覚提示システムでは、操舵角とアクセルペダルストローク、ブレーキペダルストロークをドライバの運転操作量として入力に用い、A/D コンバータとサーバを介してドライバの各運転操作量を車両計算装置へ送信する。その後、車両計算装置から得た計算結果を各映像発生装置に送信し、車両の運動や位置に応じた視覚提示を行う。視覚提示には、6 つの映像発生装置を用い、3 つのプロジェクタならびに 3 つのモニタにてドライバへ視覚情報を提示する。プロジェクタによる視覚提示は車両の前面の視覚を提示し、モニタによる視覚提示はミラ

一の視覚を提示する。また、プロジェクタの映像を投影する前面のスクリーンは、水平視野角 135[°]を持つ。

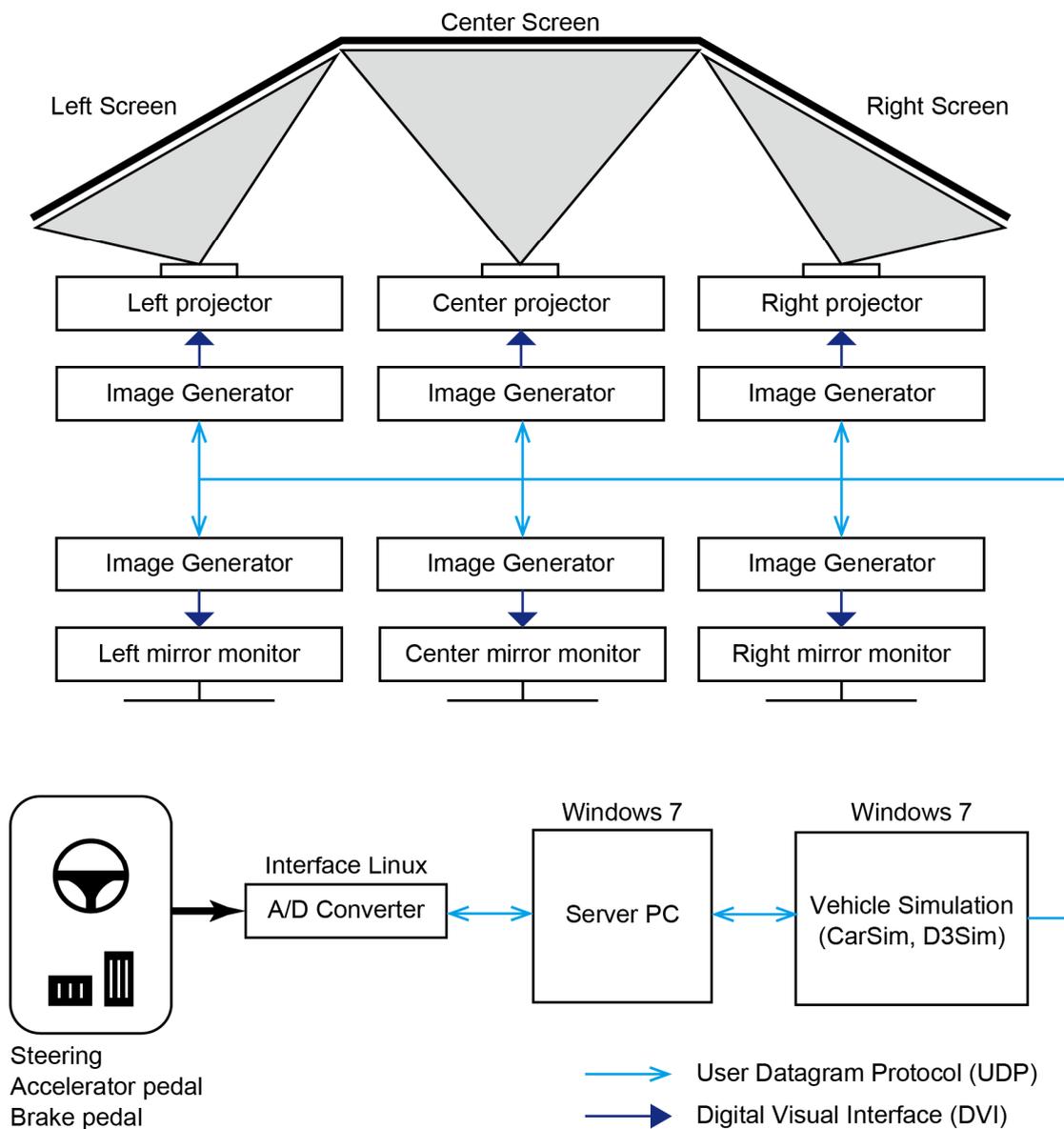


図 4-1-9 DS の視覚提示システム

4.1.3 実験方法

本実験では、実験参加者がドライビングシミュレータに乗り、評価を行うため、実験参加への理解を十分に得た上で同意の意思を確認し、すべての実験参加者からインフォームドコンセント（実験目的、所要時間、実験内容、苦痛や危険性、個人情報保護、実験対象者の権利、実験対象者への利益と不利益に関する同意）を得た。

実験参加者は普通自動車免許を所持している 20 代 5 名、30 代 5 名、40 代 5 名、50 代 5 名の計 20 名とした。実験前に DS に乗り、実験内容の確認と練習走行することで、DS での運転は十分に慣れた状態で実験を行った。

4.1.3.1 作動タイミングに関する主観的評価

本実験の運転支援システムの作動タイミングは、情報提供・注意喚起・警報について評価を行った。それぞれの支援場面における作動タイミングについて、実験参加者に以下の図 4-1-10 に示す 2 つの内容に関して 5 段階評価のアンケートを行った。まず評価 1 では、運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 では、その運転支援は必要であったか、意味があったか、について評価を行った。

評価 1 作動タイミングは自分の運転操作とどうか？



評価 2 運転支援は必要か？意味があったか？

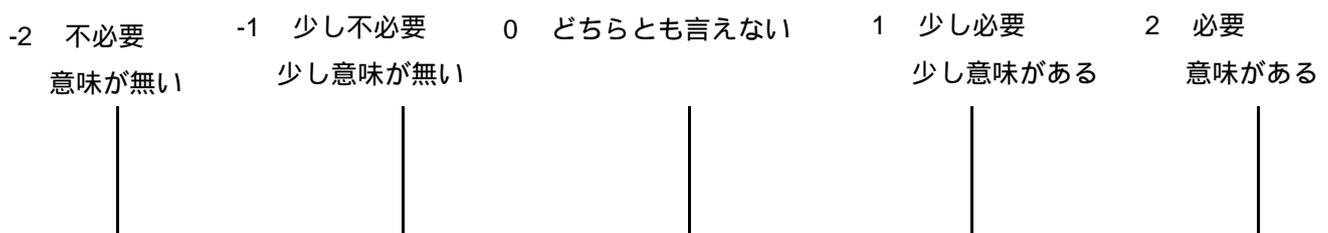


図 4-1-10 支援システムの主観的評価

4.1.3.2 走行道路の仕様

実験参加者（支援対象車両）が走行する道路の仕様を図 4-1-11 に、情報対象車両が走行する道路の仕様を図 4-1-12 に示す。なお、この道路幅および路肩幅については実験走行速度から「道路構造令の解説と運用」⁽⁴⁾を参考に決定した。



図 4-1-11 支援対象車両が走行する道路の仕様

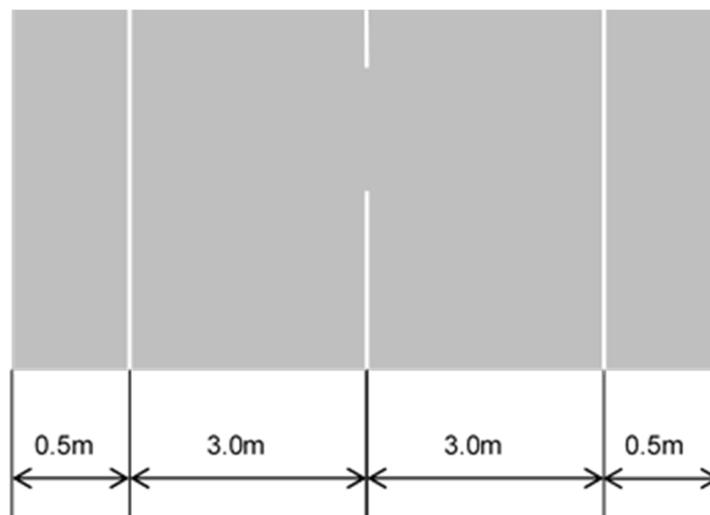


図 4-1-12 情報対象車両が走行する道路の仕様

4.1.3.3 実験コースおよび実験パラメータの設定

ドライビングシミュレータ上に設定した実験コースは、交差点の数が50個を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生単路および交差点において、「単路直進支援」「右折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない単路および交差点も複数箇所設定しており、実験参加者にイベント発生単路および交差点を特定されないように留意している。また、情報提供・注意喚起・警報のそれぞれの支援を対象とした実験において、同じ実験コースを使用すると実験参加者にイベントが発生する単路および交差点を特定されてしまうために、それぞれの支援において異なる実験コースの設定を行った。以下に設定した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表4-1-2は図中における記号の意味を示している。

表 4-1-2 経路図における記号の意味

色	意味
黒	スタート
白	ゴール
赤	単路直進支援（左から横断）
黄	単路直進支援（右から横断）
空	交差点右折支援（前方から横断）
桃	交差点右折支援（後方から横断）

(1) 情報提供の実験における実験コース

本実験時に走行した経路を図4-1-13、図4-1-14と図4-1-15に示す。これらの図において、経路はそれぞれの図の左図から開始され、右図へと進んでゆく。例えば、図4-1-13の左図においては、黒印からスタートし、まず単路直進支援（左から横断）が行われ、次に単路直進支援（右から横断）、右折支援（前方から横断）、単路直進支援（左から横断）が行われる。その後は、中図に移り、単路直進支援（左から横断）、右折支援（後方から横断）が行われる。なお、経路は2つに分かれており、図4-1-13と図4-1-14は1つの経路となっており、図4-1-13の右の図の経路が終了後に続いて図4-1-15の左側の経路が継続される。図4-1-15に示す経路は、左図から右図までの経路にて実験を行うことで単路直進支援、右折支援の評価を行うことができる。

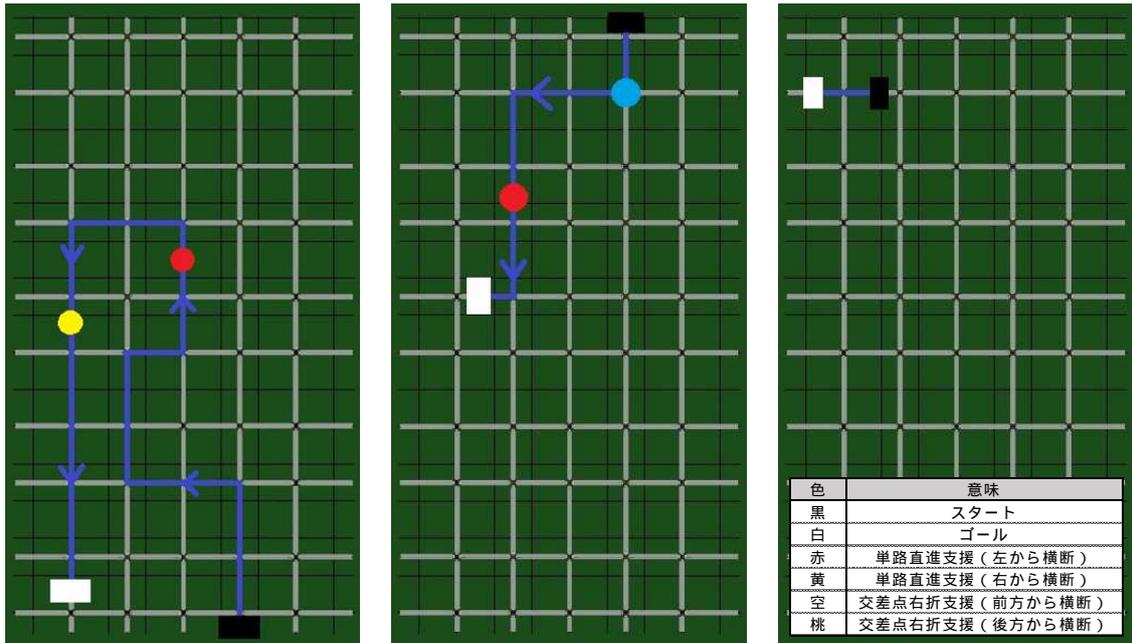


図 4-1-13 情報提供の実験における経路その 1-1

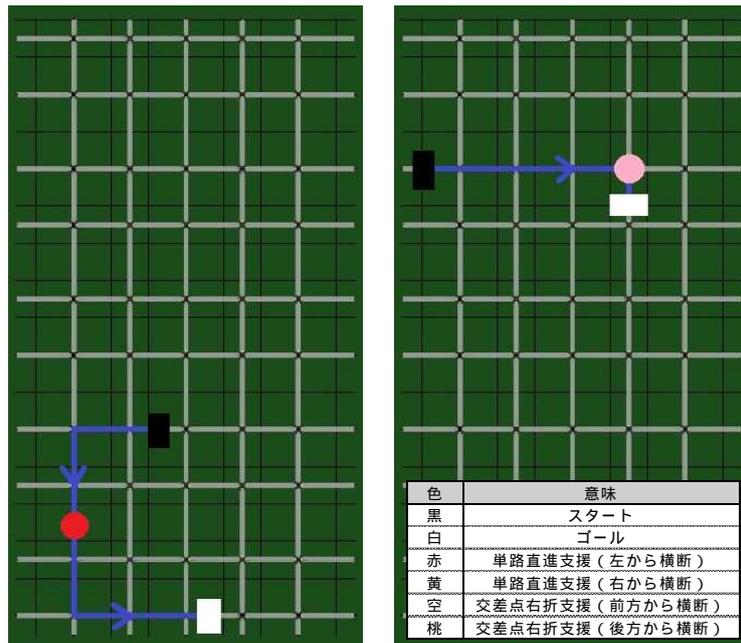


図 4-1-14 情報提供の実験における経路その 1-2

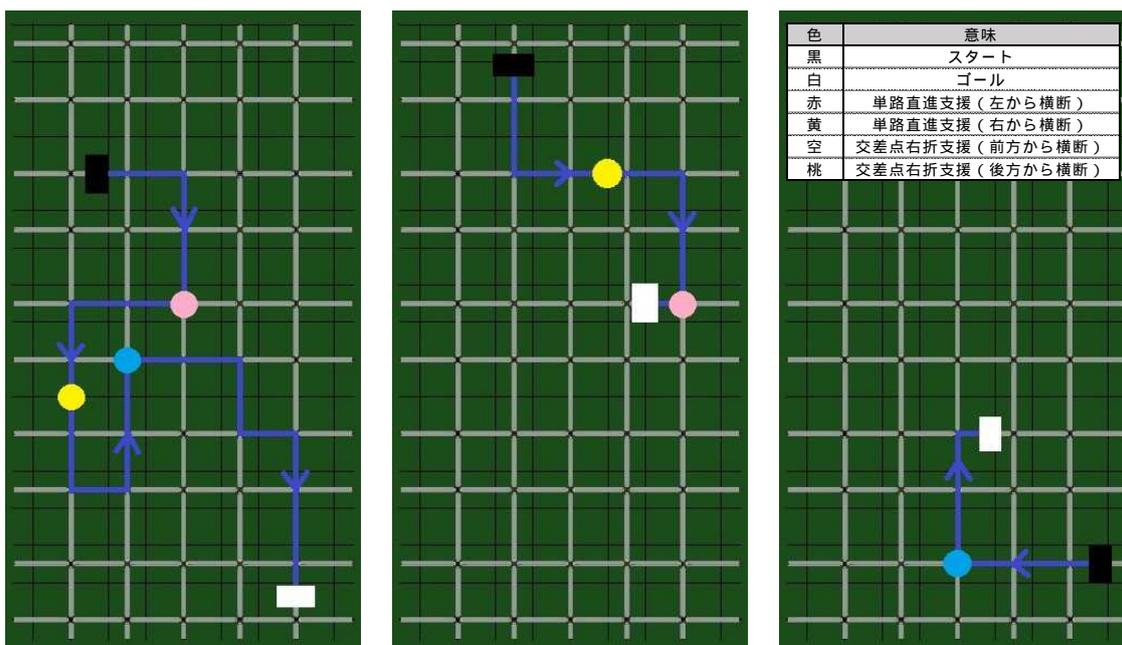


図 4-1-15 情報提供の実験における経路その 2

(2) 情報提供の実験における実験パラメータ

単路直進支援について

本実験では、実験参加者の運転する支援対象車両が単路を走行中に歩行者が飛び出すように設定した。単路直進支援での走行速度と情報提供内容を表 4-1-3 に示す。

表 4-1-3 単路直進支援における情報提供

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象者）[km/h]	5.0
情報提供内容	歩行者がいます
作動タイミング（TTC）[s]	3.7, 5.1, 6.5

情報提供の作動タイミングは、表 4-1-3 に示す TTC を用いた。3.7[s]は 2013 年に国土交通省により制定された「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている情報提供のタイミングを基準とした実験条件である。5.1[s]は、ドライバが反応をしてからブレーキを踏み込み、ブレーキが効き始めるまでの時間 1.4[s] を 3.7[s]に足したものである。6.5[s]は 5.1[s]にさらに 1.4[s]を足したものである。なお、この 1.4[s]とは、国連欧州経済委員会自動車基準調和フォーラム（WP 29）の先進緊急制動システム（Advanced Emergency Braking System）にドライバの反応時間として用いられている。

・位置誤差に関する実験条件

表 4-1-4 は、システムが位置誤差を有している場合における情報提供の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングの値は、基準となる作動タイミングの値（3.7[s]）と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。この位置誤差の位置誤差の半径 5.5[m]は昨年度横須賀、神戸、名古屋で行われた実地実験結果をもとにした。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて、情報提供の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-1-4 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	音声タイミング TTC[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

右折支援について

本実験では、実験参加者の運転する支援対象車両が信号なし交差点に進入し右折しようとするタイミングで情報対象者である歩行者が横断歩道を渡り始め、横断歩道上で支援対象車両と衝突するように設定した。

・情報提供の作動タイミングに関する実験条件

右折支援での走行速度と情報提供内容を表 4-1-5 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の情報提供の作動タイミングを表 4-1-6 に示す。表 4-1-5 および表 4-1-6 の実験パラメータの決定については単路直進支援と同様である。

表 4-1-5 右折支援における情報提供

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象者）[km/h]	5.0
情報提供内容	右から車が来ます
作動タイミング（TTI）[s]	3.7, 5.1, 6.5

表 4-1-6 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	音声タイミング TTI[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

(3) 注意喚起の実験における実験コース

本実験時に走行した経路を図 4-1-16 と図 4-1-17 に示す。実験コースは、情報提供の実験と同様に 50 個の交差点を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生 of 交差点において、「単路直進支援」「右折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない交差点も複数箇所設定しており、実験参加者にイベント発生 of 交差点を特定されないように留意している。以下に設定した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表 4-1-2 に図中における記号の意味を示している。

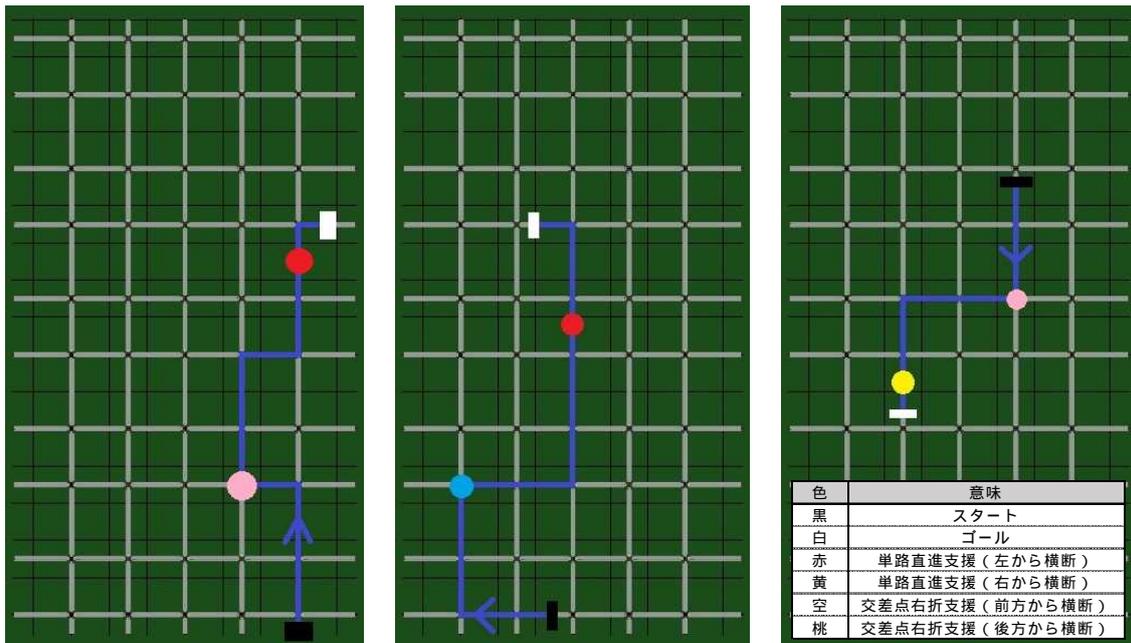


図 4-1-16 注意喚起の実験における経路その 1

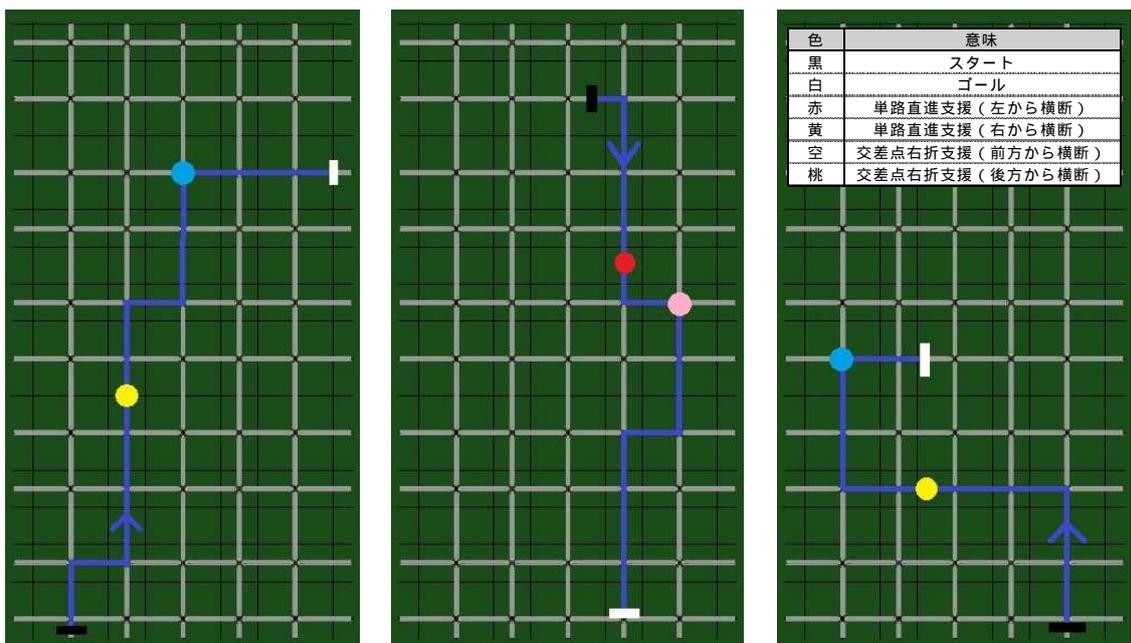


図 4-1-17 注意喚起の実験における経路その 2

(4) 注意喚起の実験における実験パラメータ

単路直進支援について

本実験は、実験参加者の運転する支援対象車両が単路を走行中に情報対象者である歩行者が飛び出してくるよう設定した。単路直進支援での走行速度と注意喚起内容を表 4-1-7 に示す。注意喚起の作動タイミングは、表 4-1-7 に示す TTC を用いた。3.2[s]は 2013 年に国土交通省により制定された「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている注意喚起のタイミングを基準とした実験条件である。ドライバが注意喚起を受けて危険事象を認知し反応時間は「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている 0.8[s]であるため、3.2 秒から前後に 0.8[s]間隔とし、TTC は 2.4、3.2、4.0[s]とした。

表 4-1-7 単路直進支援における注意喚起

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象者）[km/h]	5.0
注意喚起内容	（ピンポン）～から歩行者が横断します。 ご注意ください。
作動タイミング（TTC）[s]	2.4、3.2、4.0

・位置誤差に関する実験条件

表 4-1-8 はシステムが位置誤差を有している場合における注意喚起の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングの値は、基準となる作動タイミングの値（3.2[s]）と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。この位置誤差の位置誤差の半径 5.5[m]は昨年度横須賀、神戸、名古屋で行われた実地実験結果をもとにした。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて情報提供の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-1-8 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	音声タイミング TTC[s]
試行 1	2.8
試行 2	3.2
試行 3	3.6

右折支援について

本実験では、実験参加者の運転する支援対象車両が信号なし交差点に進入し右折しようとするタイミングで情報対象者である歩行者が横断歩道を渡り始め、横断歩道上で支援対象車両と衝突するように設定した。

・注意喚起の作動タイミングに関する実験条件

本実験では、実験参加者の運転する支援対象車両が信号なし交差点に進入し右折しようとするタイミングで情報対象者である歩行者が横断歩道を渡り始め、横断歩道上で支援対象車両と衝突するように設定した。右折時は「道路交通法」に基づき交差点から 30[m]手前の時点で方向指示器によって意思表示する必要があるため、30[m]を 13.9[m/s] (50[km/h]) で走行した場合にかかる時間 2.4[s]を基準とする。ドライバが注意喚起を受けて危険事象を認知した反応時間は「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている 0.8[s]であるため、基準から前後に取る値は 0.8[s]間隔とし、TTI は 1.6、2.4、3.2[s]とした。右折支援での走行速度と注意喚起の作動タイミングを表 4-1-9 に示す。

表 4-1-9 位置誤差を有している場合の作動タイミング

走行速度 (支援対象車両) [km/h]	50
走行速度 (情報対象者) [km/h]	5.0
注意喚起内容	(ピンポン) ~ から歩行者が横断します。 ご注意ください。
作動タイミング (TTI) [s]	1.6、2.4、3.2

表 4-1-10 は、システムが位置誤差を有している場合における情報提供の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングは、TTI2.4[s]をもとにして、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。TTI2.4[s]をもとにしたのは、交差点から 30[m]手前の時点で方向指示器によって意思表示する必要があるためである。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて注意喚起の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-1-10 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	音声タイミング TTI[s]
試行 1	2.0
試行 2	2.4
試行 3	2.8

(5) 警報の実験における実験コース

本実験時に走行した経路を図 4-1-18、図 4-1-19 と図 4-1-20 に示す。実験コースは、情報提供・注意喚起の実験と同様に 50 個の交差点を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生 of 交差点において、「単路直進支援」「右折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない交差点も複数個所設定しており、実験参加者にイベント発生 of 交差点を特定されないように留意している。以下に設定

した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表 4-1-2 に図中における記号の意味を示している。

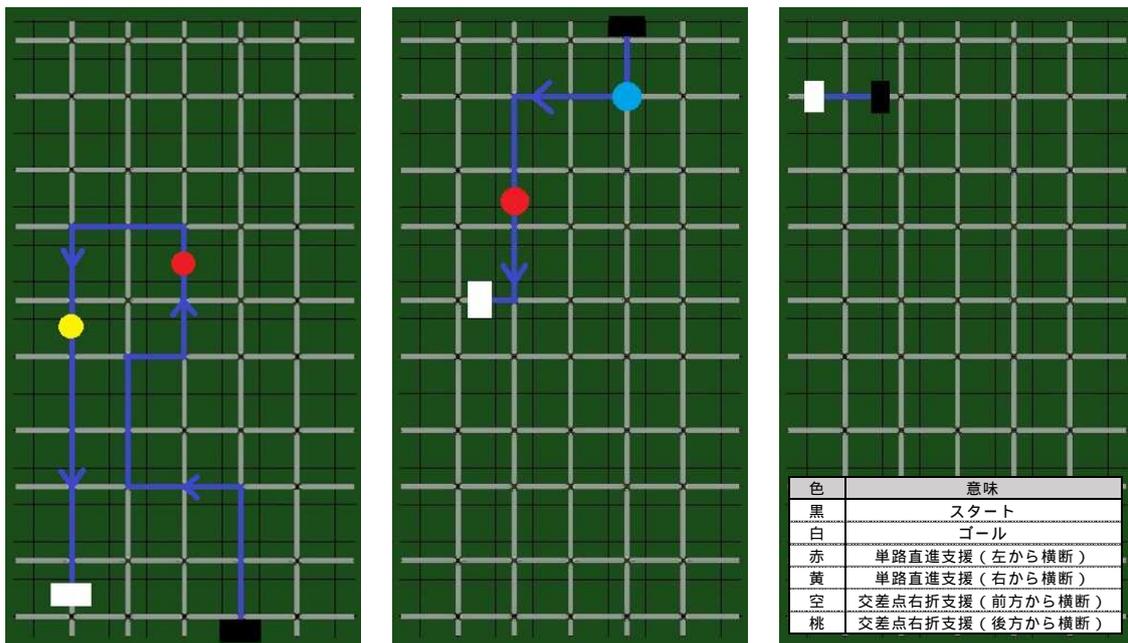


図 4-1-18 警報の実験における経路その 1-1

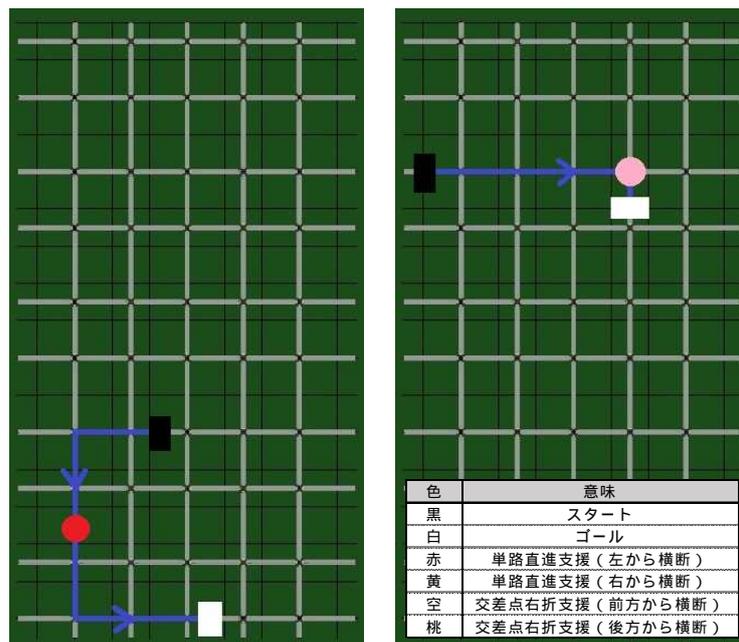


図 4-1-19 警報の実験における経路その 1-2

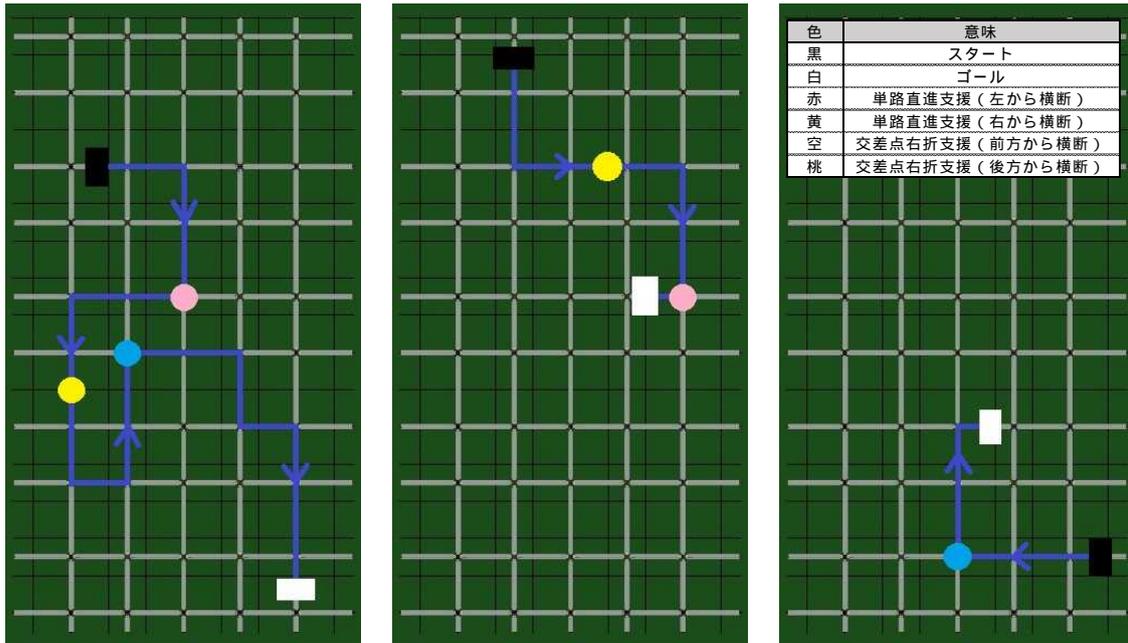


図 4-1-20 警報の実験における経路その 2

(6) 警報の実験における実験パラメータ

単路直進支援について

単路直進支援については、支援対象車両が単路を走行中に歩行者の飛び出しの場面を設定した。単路直進支援での走行速度と警報内容を表 4-1-11 に示す。

表 4-1-11 単路直進支援における警報

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象者）[km/h]	5.0
警報内容	（ピピピ）
音声タイミング（TTC）[s]	0.8, 1.4, 2.0

警報の作動タイミングについて、0.8[s]は「通信利用型運転支援システムのガイドライン」によって設定されている、ドライバが情報提示を受けてからブレーキペダルを踏み始めるまでの時間である。1.4[s]はドライバが反応をしてからブレーキを踏み込み、ブレーキが効き始めるまでの時間である。2.0[s]は1.4[s]から0.8[s]を引いた値0.6[s]を1.4[s]に足した値である。

・位置誤差に関する実験条件

表 4-1-12 は、システムが位置誤差を有している場合における警報の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングの値は、基準となる作動タイミングの値（3.7[s]）と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。この位置誤差の半径 5.5[m]は昨年度横須賀、神戸、名古屋で行われた実地実験結果をもとにした。な

お、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて警報の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-1-12 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTC[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

右折支援について

右折支援については、実験参加者の運転する支援対象車両が信号なし交差点に入ると、歩行者が横断歩道を渡り始め、そのまま右折しようとするとう衝突するように設定した。

・警報の作動タイミングに関する実験条件

右折支援での走行速度と警報の作動タイミングを表 4-1-13 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の情報提供の作動タイミングを表 4-1-14 に示す。表 4-1-13 および表 4-1-14 の実験パラメータの決定については単路直進支援と同様である。

表 4-1-13 交差点右折支援における警報

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象者）[km/h]	5.0
警報内容	（ピピピ）
作動タイミング（TTI）[s]	0.8, 1.4, 2.0

表 4-1-14 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

(7) 位置測位の誤差を有する場合の実験コース

位置誤差を有した実験の経路を図に示す。位置測位の誤差を有する場合は、正しい測位位置に対する比較を行うことから、誤差のない実験に比べて複雑な経路になっておらず、実験参加者が比較を行うことができる経路設定となっている。図 4-1-21 が単路直進支援、図 4-1-22 が右折支援である。

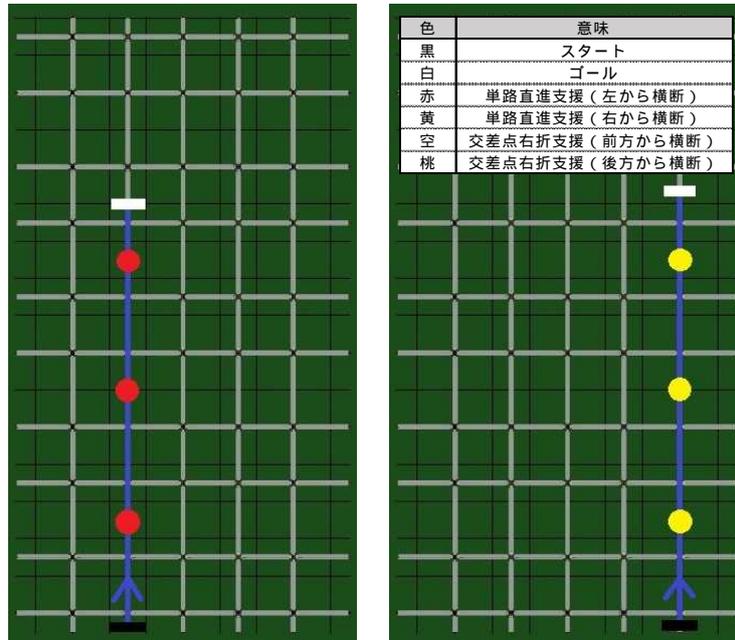


図 4-1-21 位置誤差（単路直進支援）

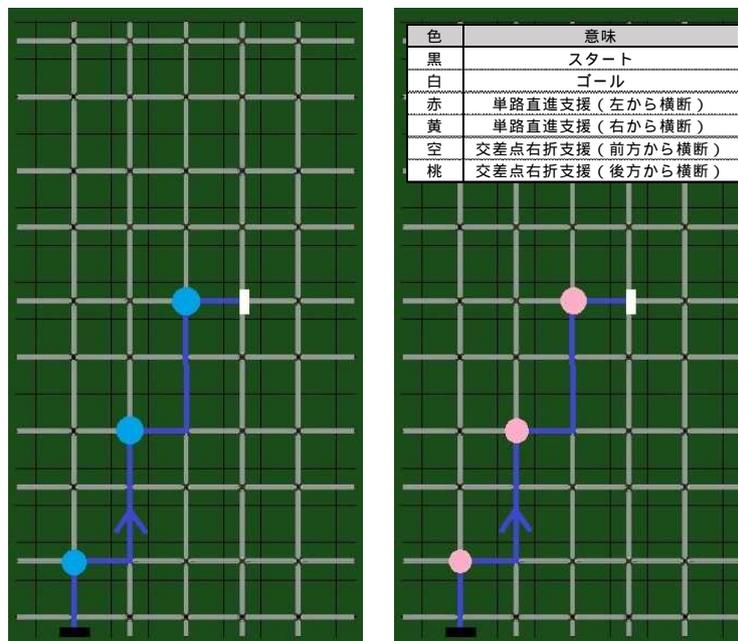


図 4-1-22 位置誤差（右折支援）

4.1.3.4 実験参加者

本実験では 20 代 5 名、30 代 5 名、40 代 5 名、50 代 5 名の計 20 名の実験参加者の協力を得て実験を行った。20 名に行った事前アンケートの結果を表 4-1-15 に示す。

表 4-1-15 実験参加者に対する事前アンケート結果

実験参加者	性別	年齢	運転歴[年]	運転頻度
Participant.A	男	22	4	週 1 回
Participant.B	男	22	3	月 1 回
Participant.C	男	22	4	半年に 1 回
Participant.D	男	23	1	月 1 回
Participant.E	男	24	4	月 1 回
Participant.F	女	31	13	毎日
Participant.G	男	34	16	週 1
Participant.H	男	34	16	毎日
Participant.I	女	35	16	毎日
Participant.J	男	35	20	ほぼ 0
Participant.K	男	44	24	毎日
Participant.L	女	45	26	週 6 回
Participant.M	男	45	27	週 2 回
Participant.N	女	46	28	毎日
Participant.O	女	49	30	週 1 回
Participant.P	男	50	30	週 2 回
Participant.Q	女	50	25	週 4 回
Participant.R	女	53	32	毎日
Participant.S	女	56	30	月 1 回
Participant.T	男	56	38	週 2 回

4.1.4 実験結果

4.1.4.1 位置測位の誤差がない場合

(1) 情報提供

単路直進支援（左から横断）

図 4-1-23 から図 4-1-25 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-26 から図 4-1-28 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-29 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-30、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-31 から図 4-1-33、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-34 から図 4-1-36 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-1-29 より、適切な作動タイミングに関する評価は、はばらつきがあるものの TTC=5.1[s] がもっとも適切であることがわかる。支援の必要性に関しては、TTC=3.7[s] と TTC=5.1[s] が高い評価となっているが、TTC=6.5[s] では評価が低下していることがわかる。

これより、作動タイミングおよび必要性の評価をみると、単路直進支援（左から横断）における情報提供の作動タイミングは TTC=5.1[s]の方が適切であると考えられる。

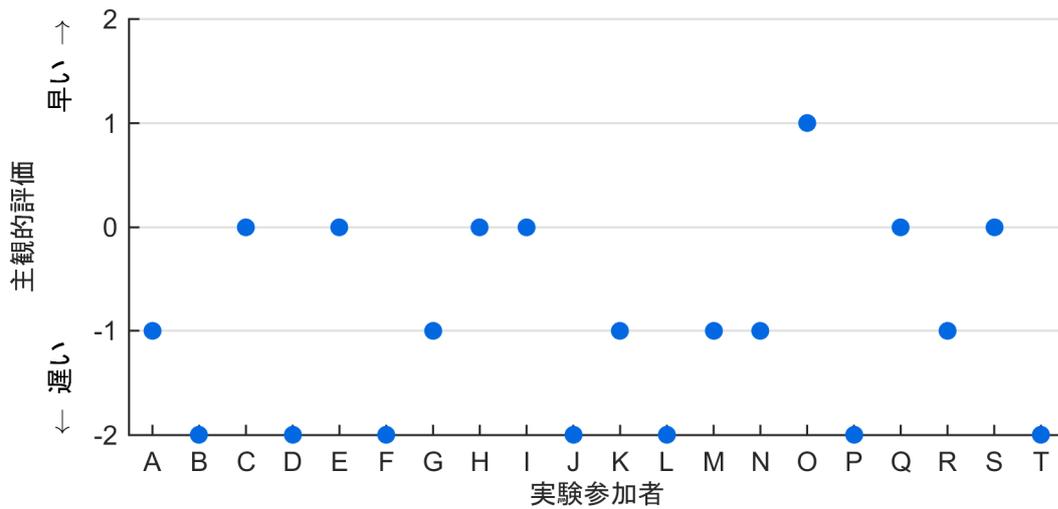


図 4-1-23 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

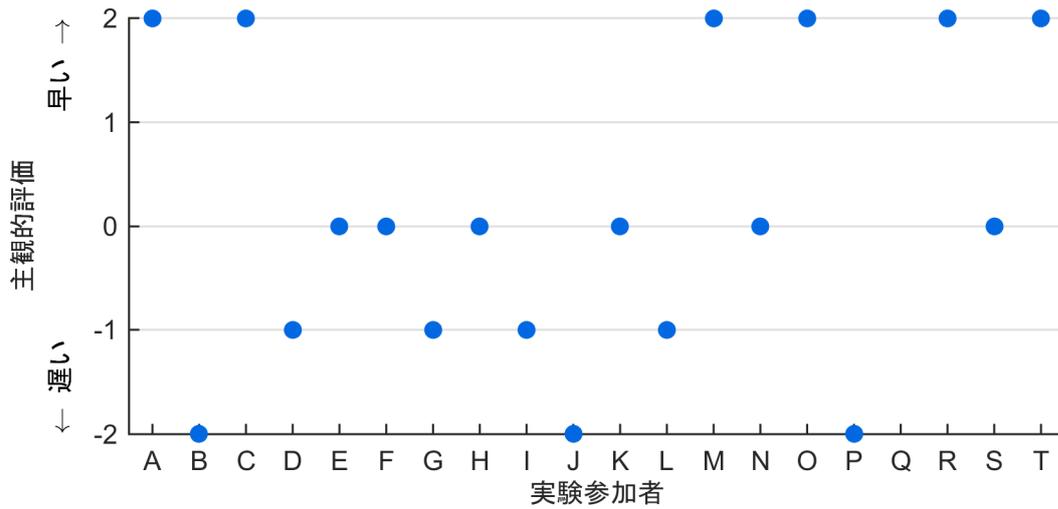


図 4-1-24 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=5.1[s]）

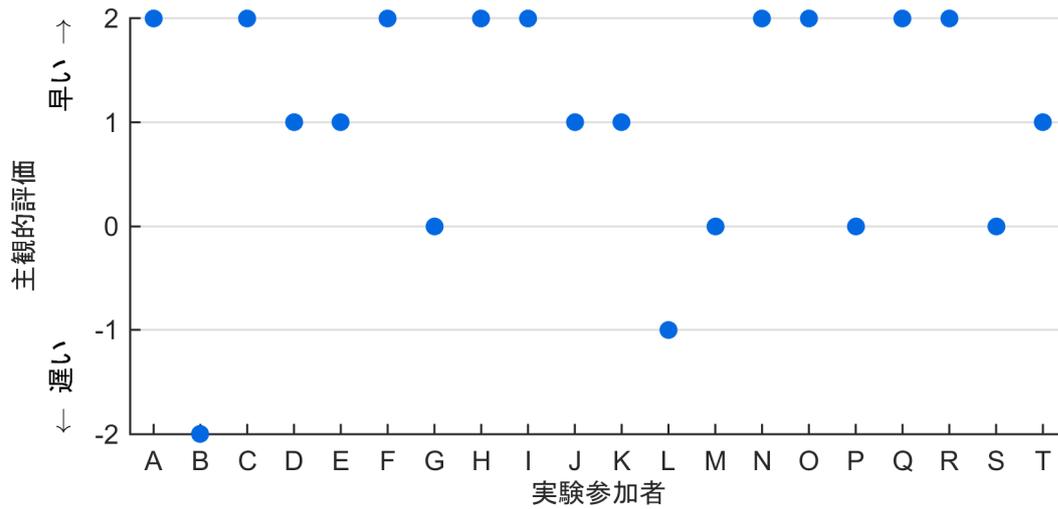


図 4-1-25 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=6.5[s]）

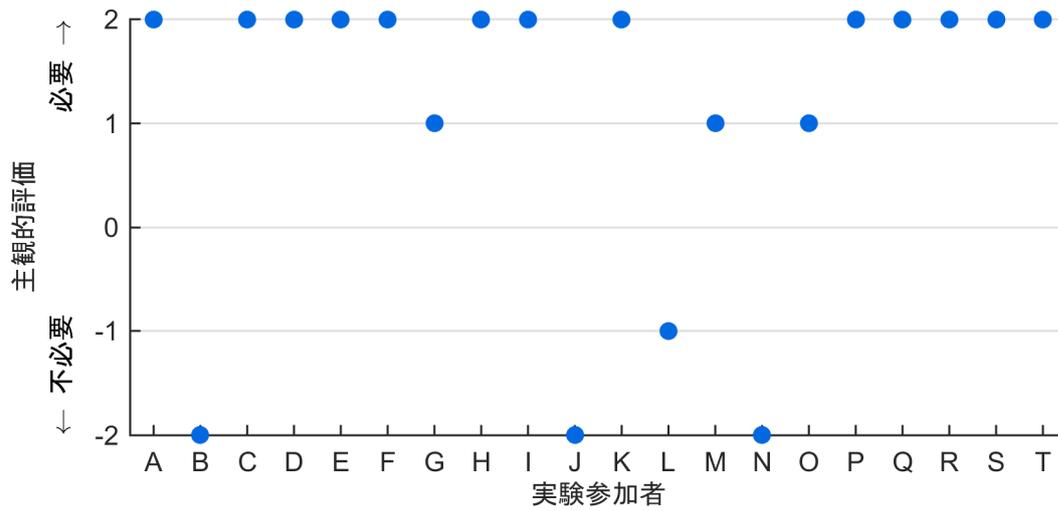


図 4-1-26 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

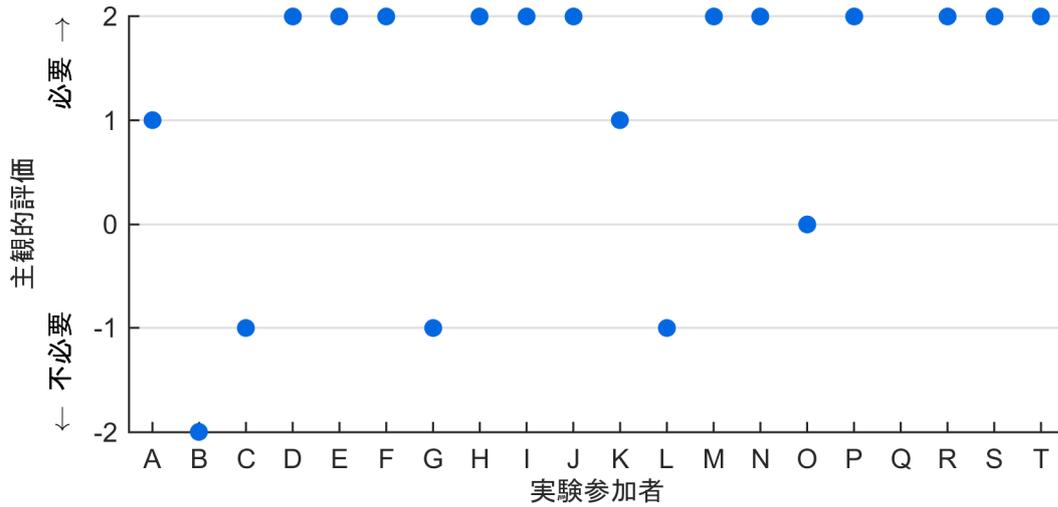


図 4-1-27 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=5.1[s]）

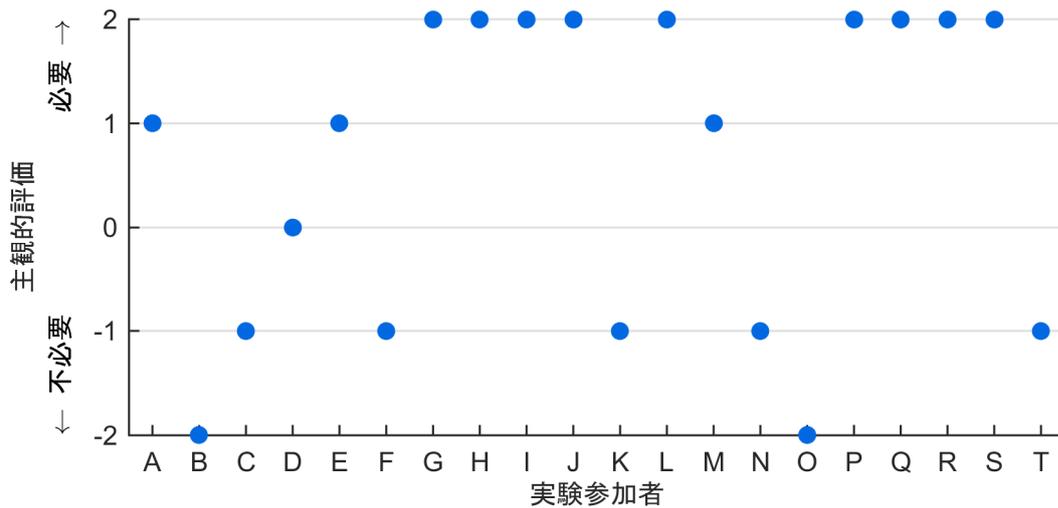


図 4-1-28 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=6.5[s]）

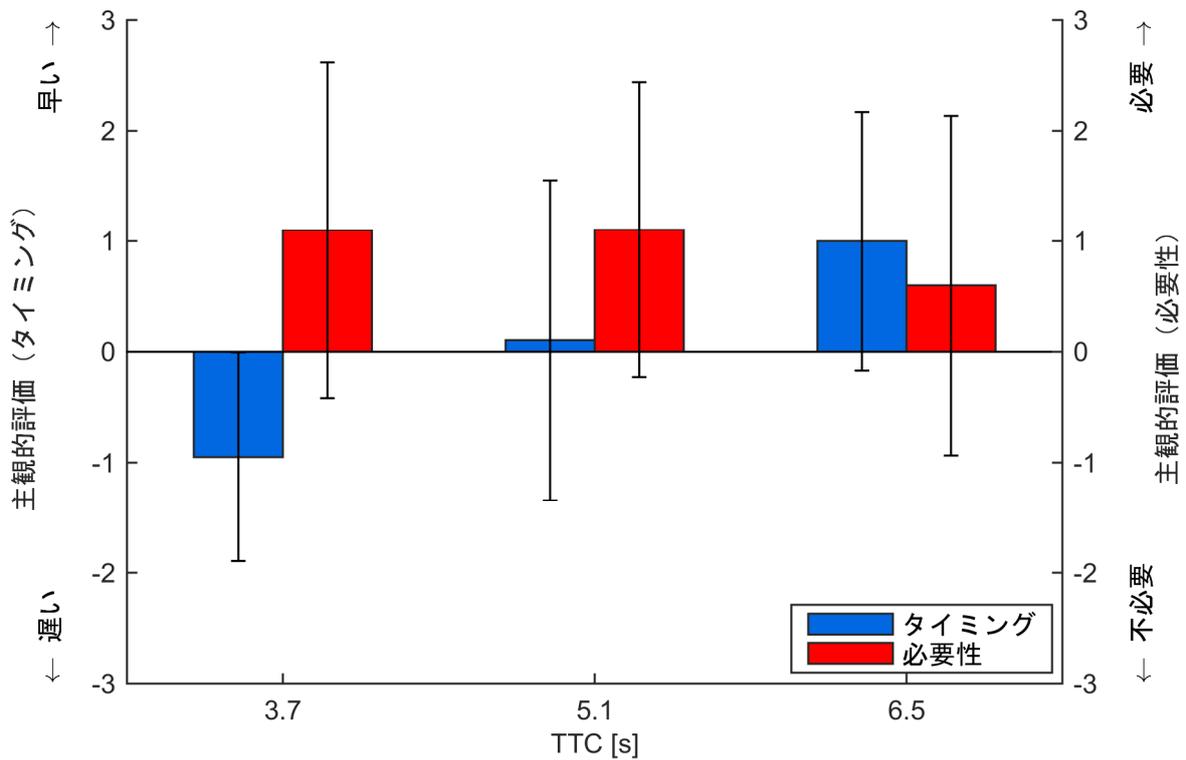


図 4-1-29 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(単路直進支援(左から横断)における情報提供)

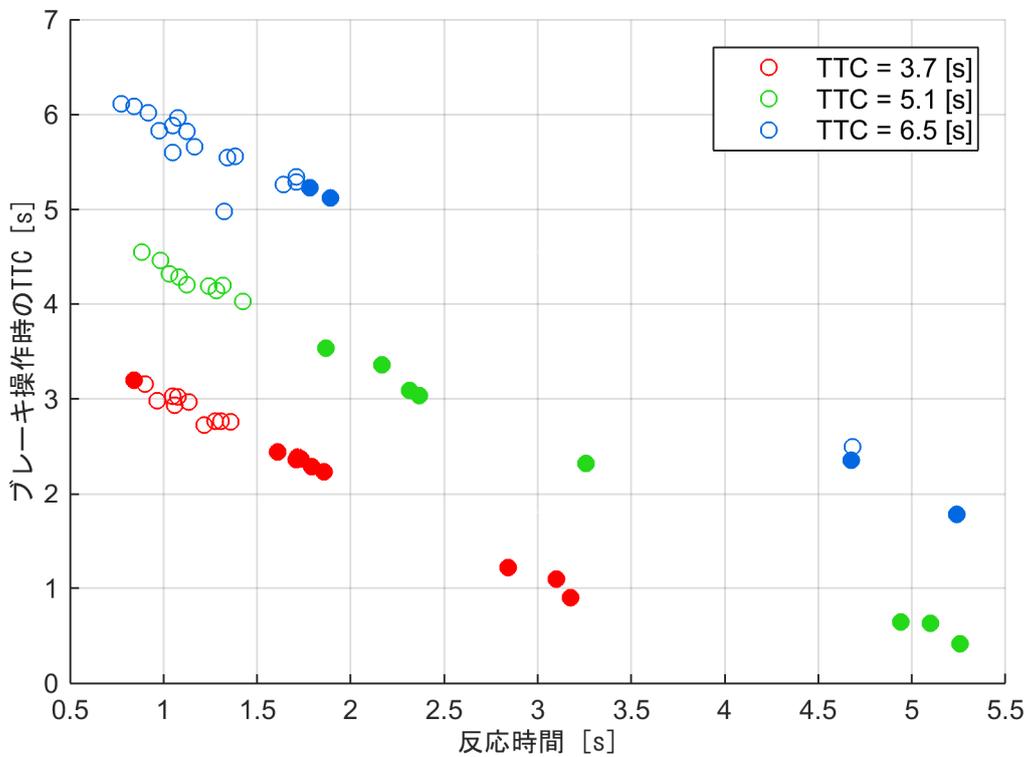


図 4-1-30 反応時間とブレーキ操作時のTTCの関係(位置測位の誤差:なし)
(単路直進支援(左から横断) 情報提供)

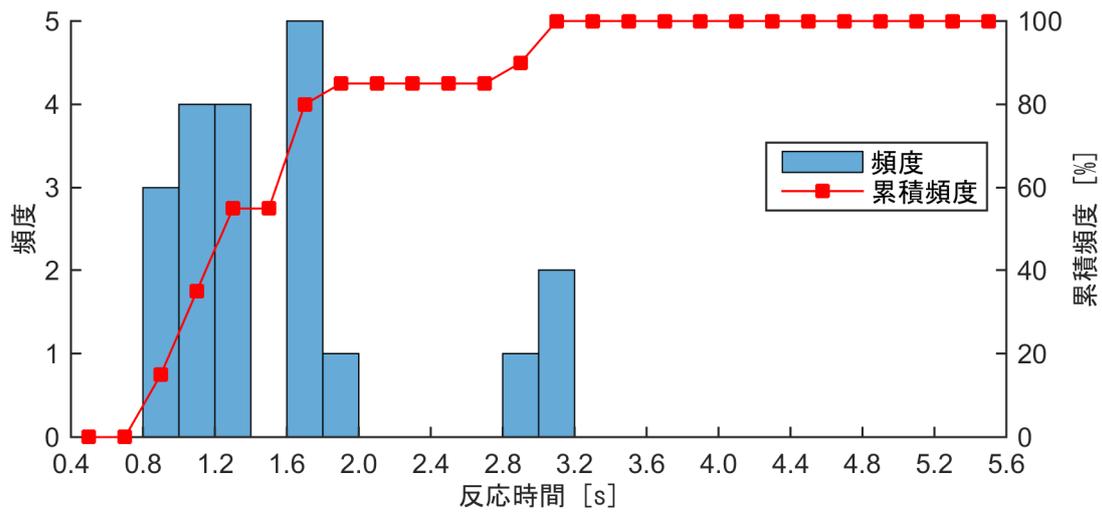


図 4-1-31 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=3.7[s]))

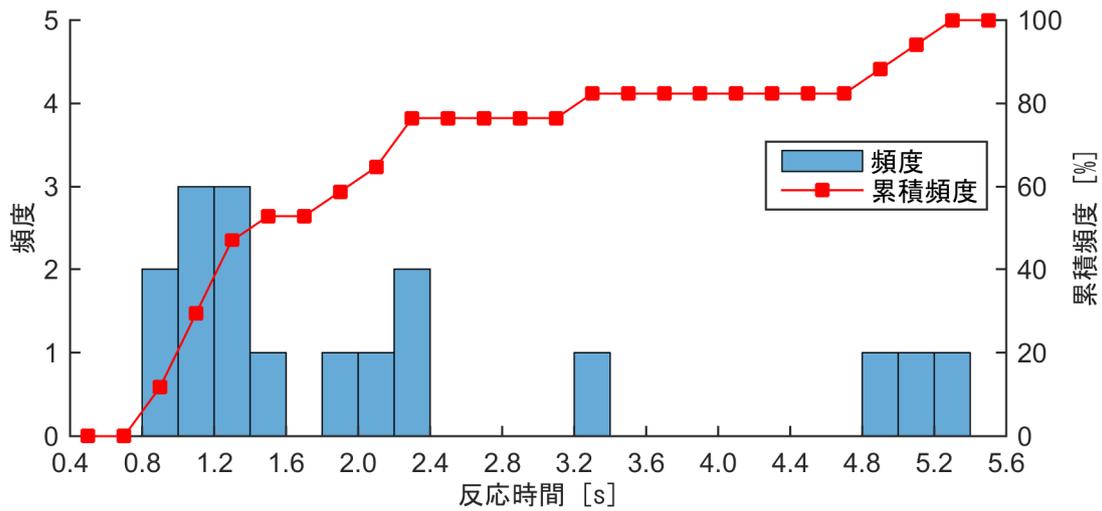


図 4-1-32 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=5.1[s]))

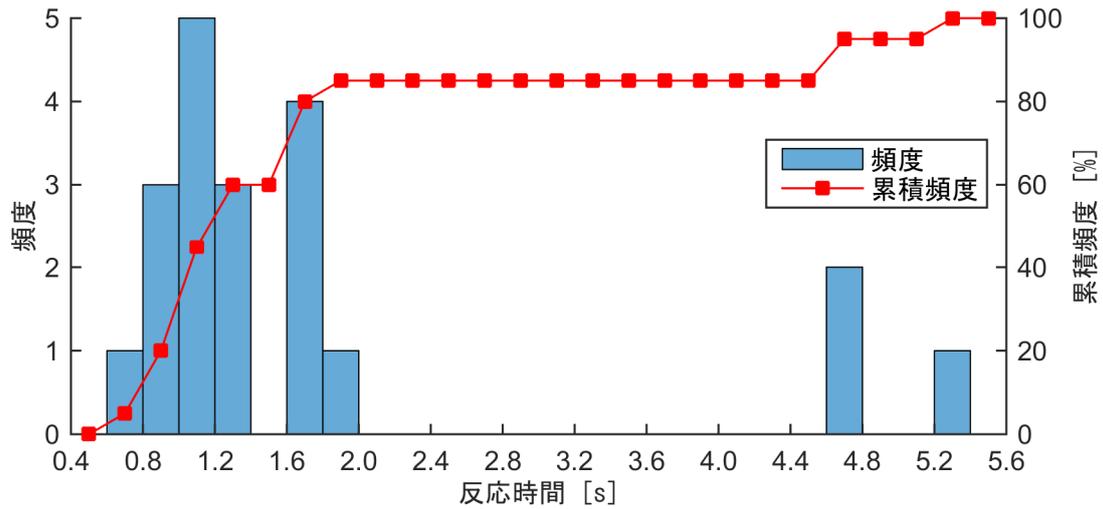


図 4-1-33 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=6.5[s]))

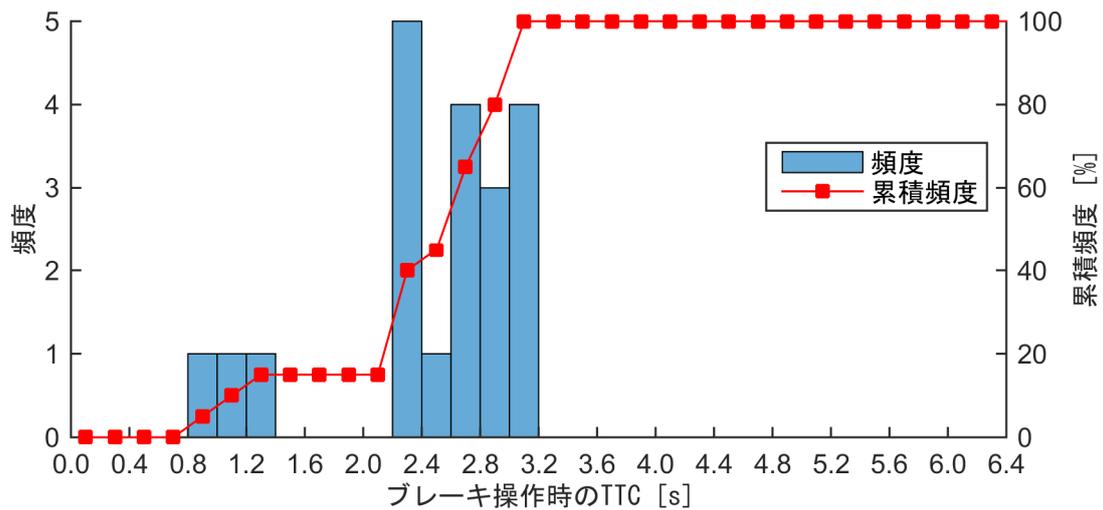


図 4-1-34 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=3.7[s]))

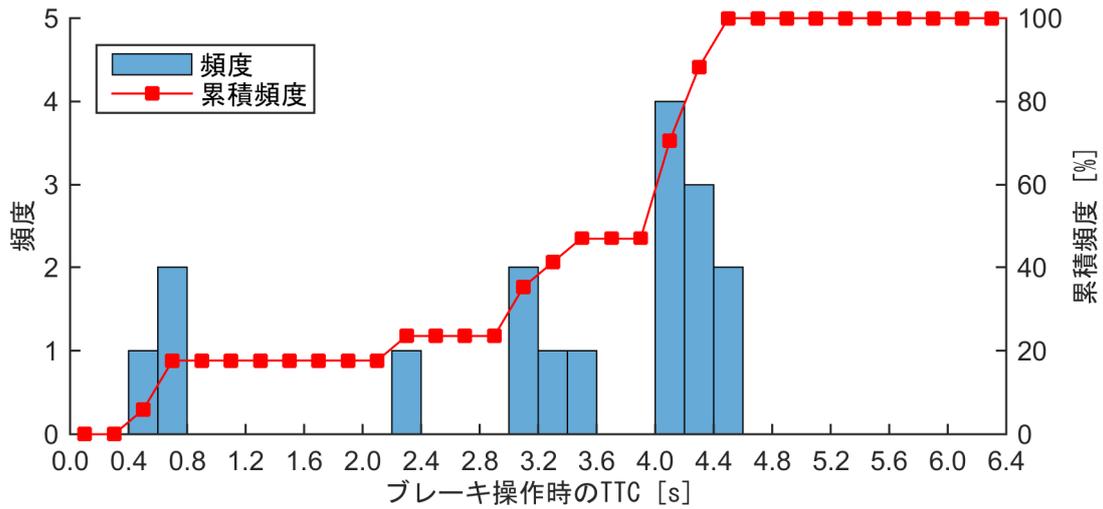


図 4-1-35 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=5.1[s]))

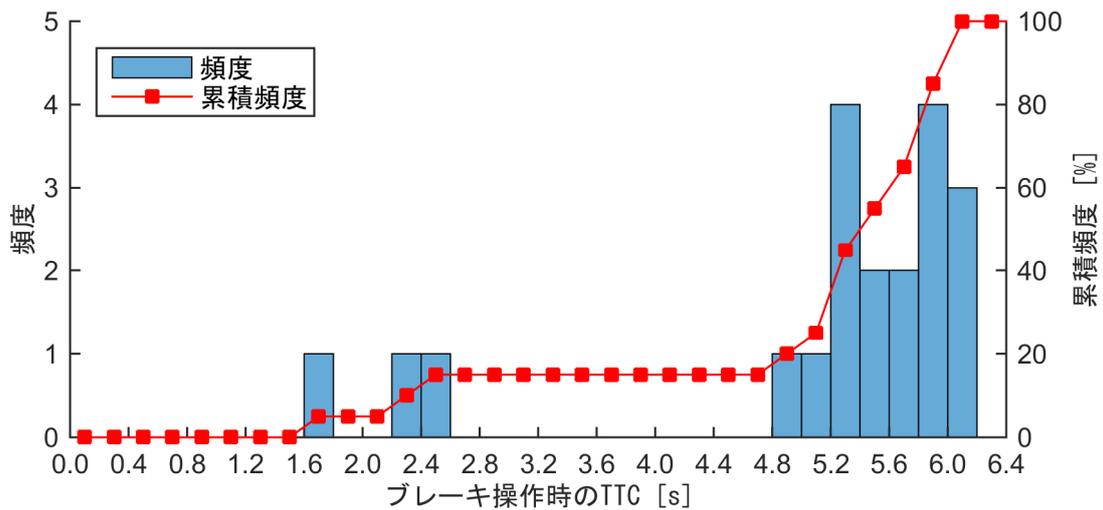


図 4-1-36 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=6.5[s]))

単路直進支援（右から横断）

図 4-1-37 から図 4-1-39 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-40 から図 4-1-42 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-43 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-44、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-45 から図 4-1-47、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-48 から図 4-1-50 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-1-43 より、作動タイミングに関する評価は、ばらつきがあるものの TTC=5.1[s]がもっとも適切であることがわかる。また、支援の必要性に関しては、TTC=5.1[s]が高い評価となっており、ほとんどの実験参加者が必要であると評価している。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価から、単路直進支援（右からの横断）における情報提供の作動タイミングは TTC=5.1[s]の方が適切であると考えられる。

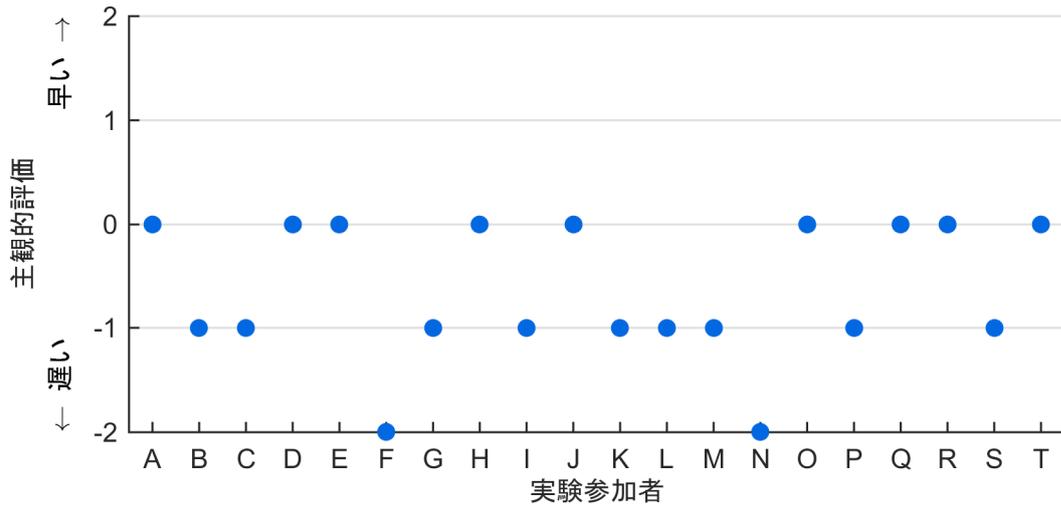


図 4-1-37 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]））

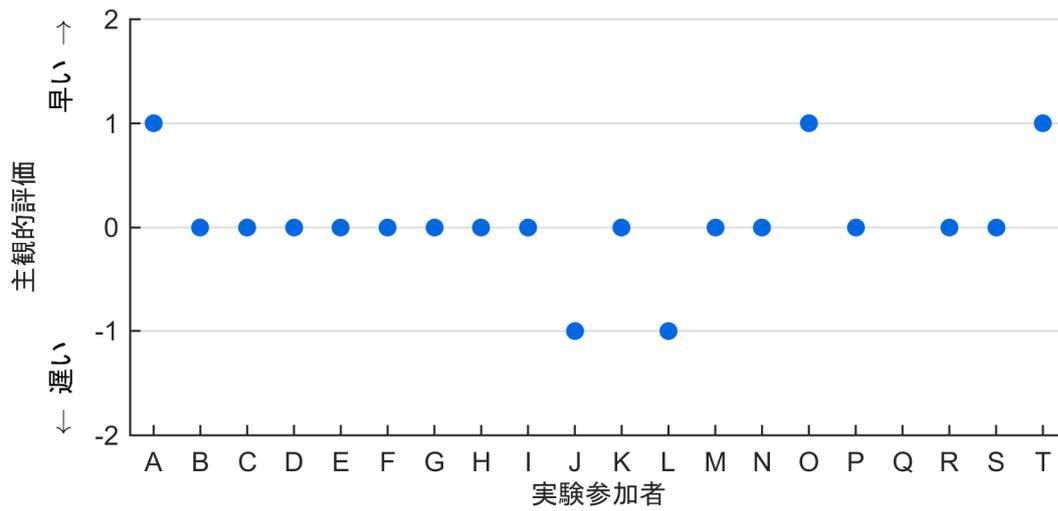


図 4-1-38 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=5.1[s]））

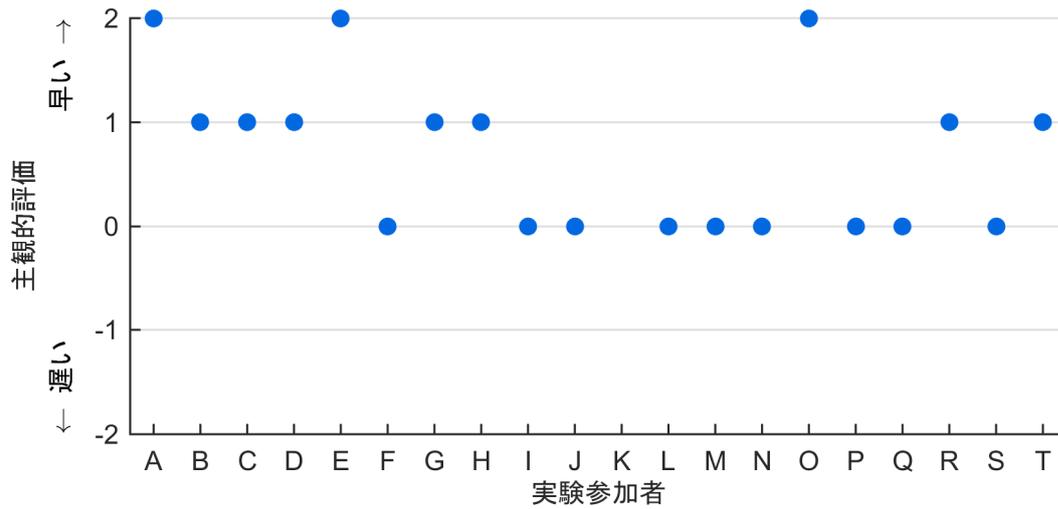


図 4-1-39 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=6.5[s]))

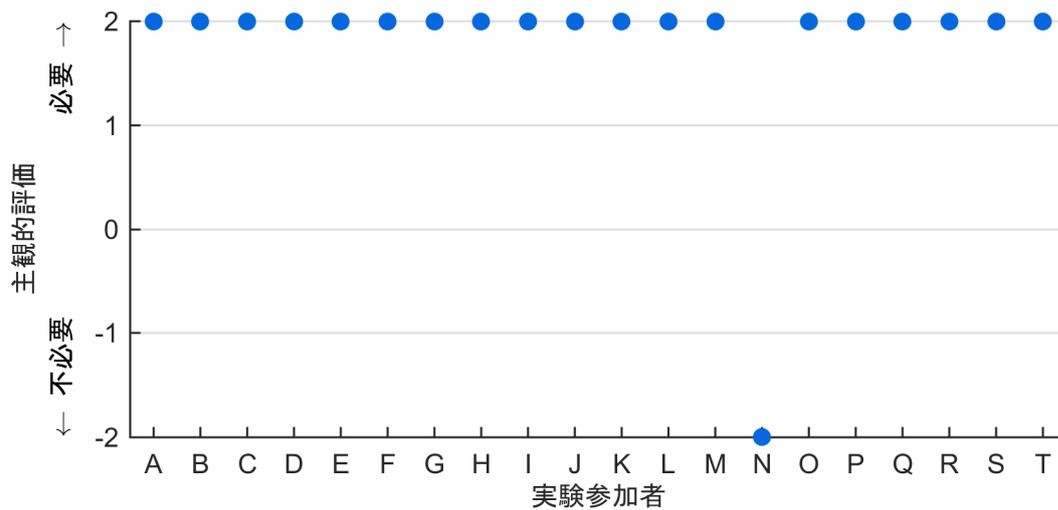


図 4-1-40 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=3.7[s]))

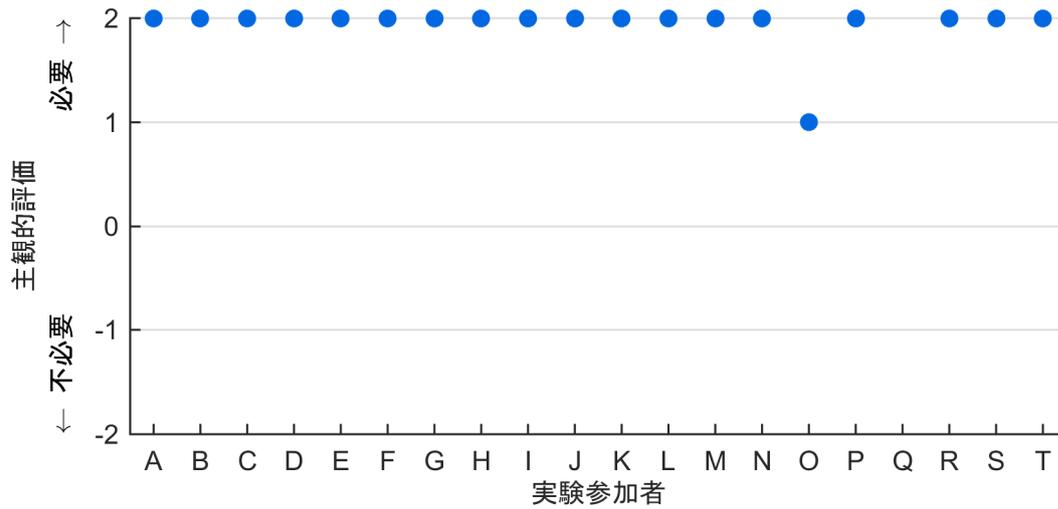


図 4-1-41 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=5.1[s]）

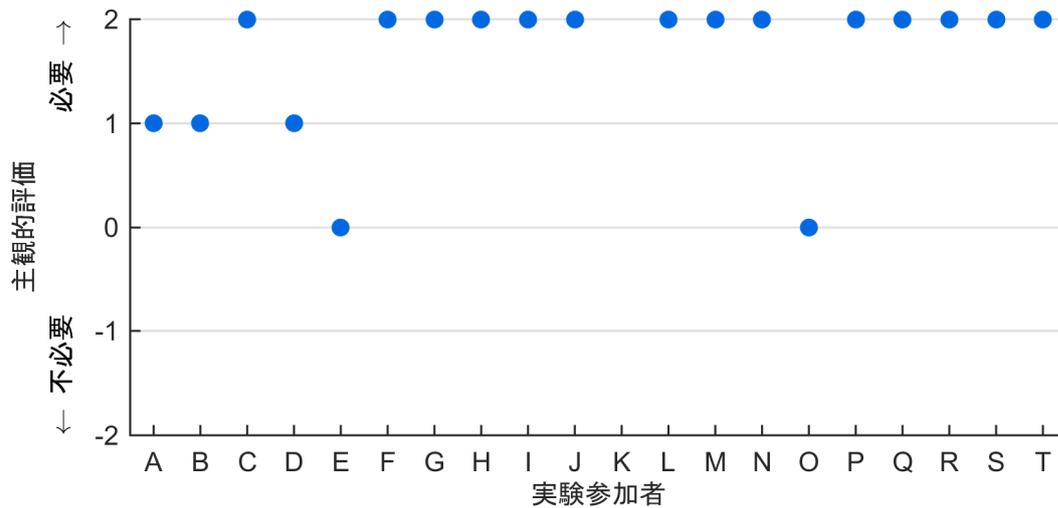


図 4-1-42 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=6.5[s]）

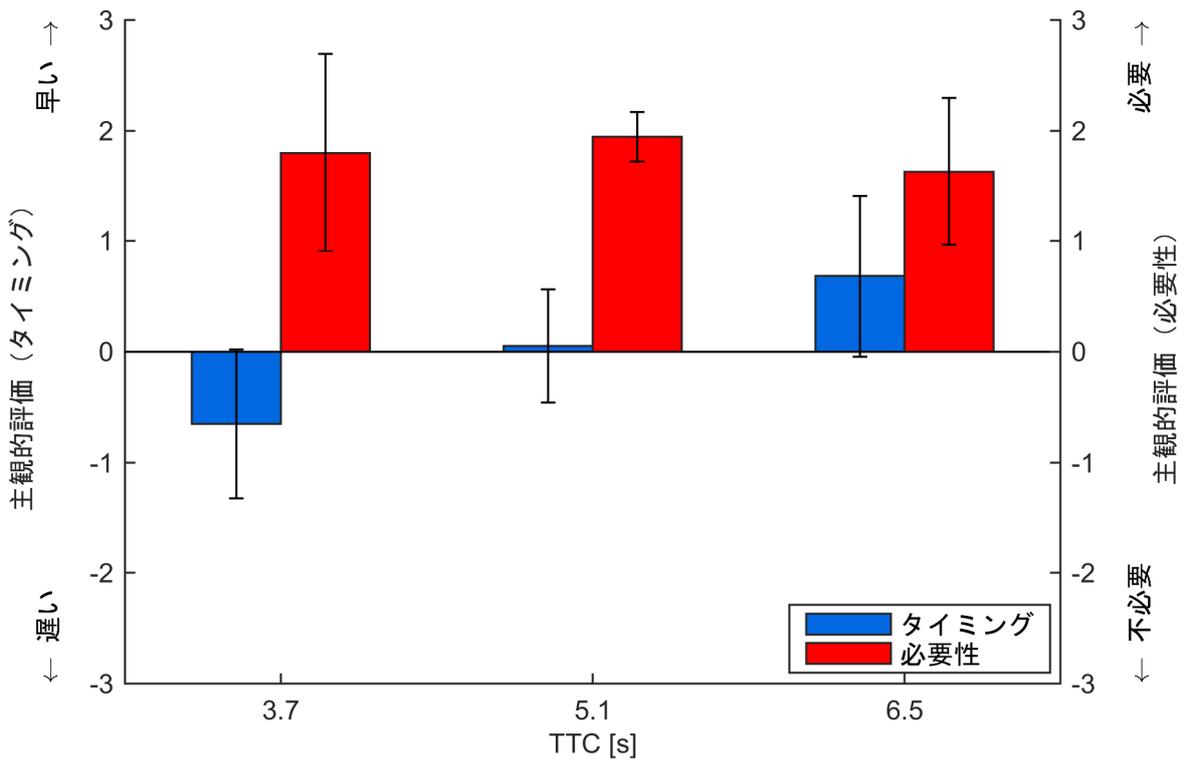


図 4-1-43 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(単路直進支援(右から横断)における情報提供)

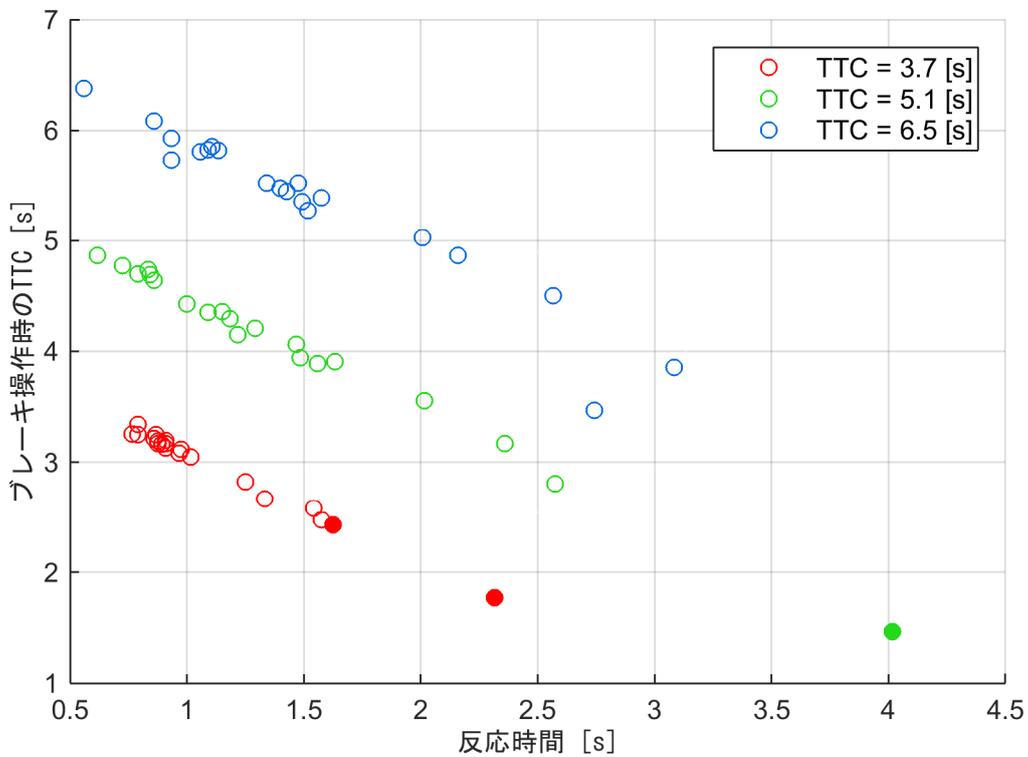


図 4-1-44 反応時間とブレーキ操作時のTTCの関係(位置測位の誤差:なし)
(単路直進支援(右から横断) 情報提供)

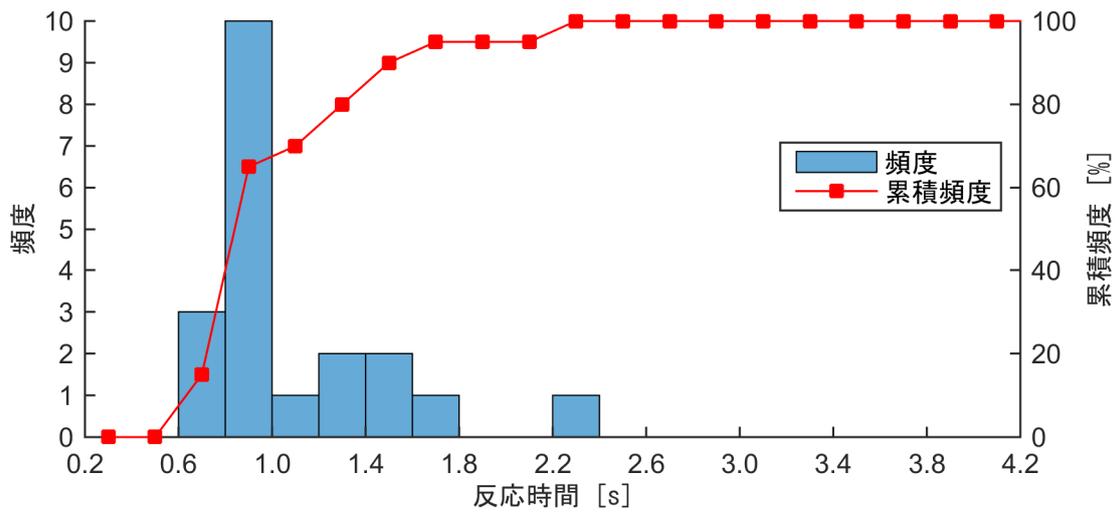


図 4-1-45 反応時間のヒストグラム（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

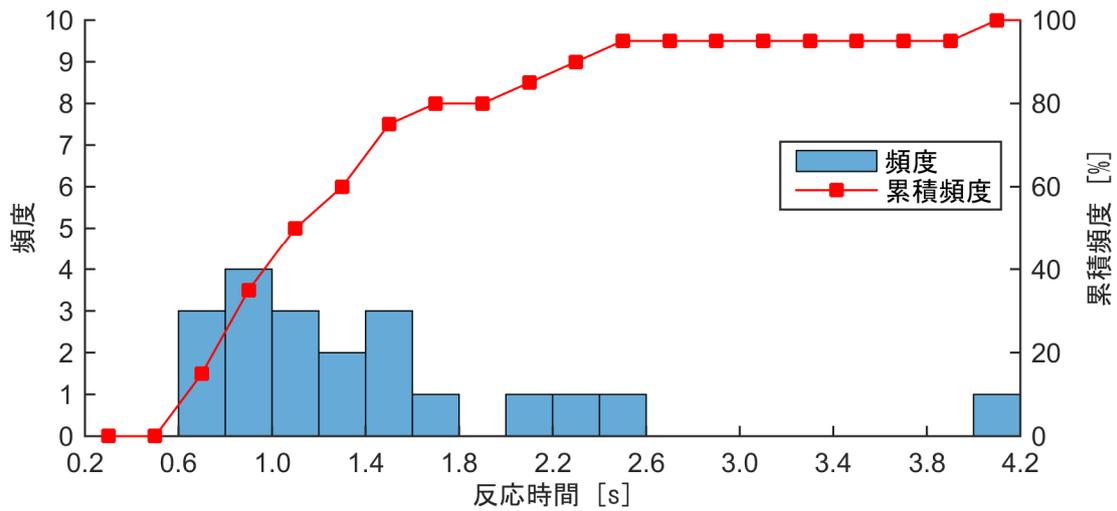


図 4-1-46 反応時間のヒストグラム（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=5.1[s]）

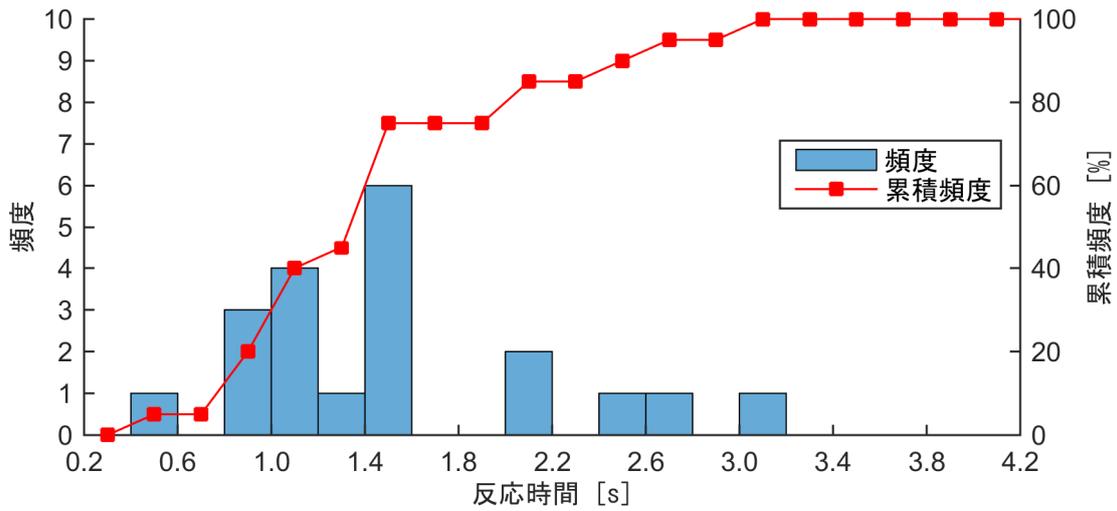


図 4-1-47 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=6.5[s]))

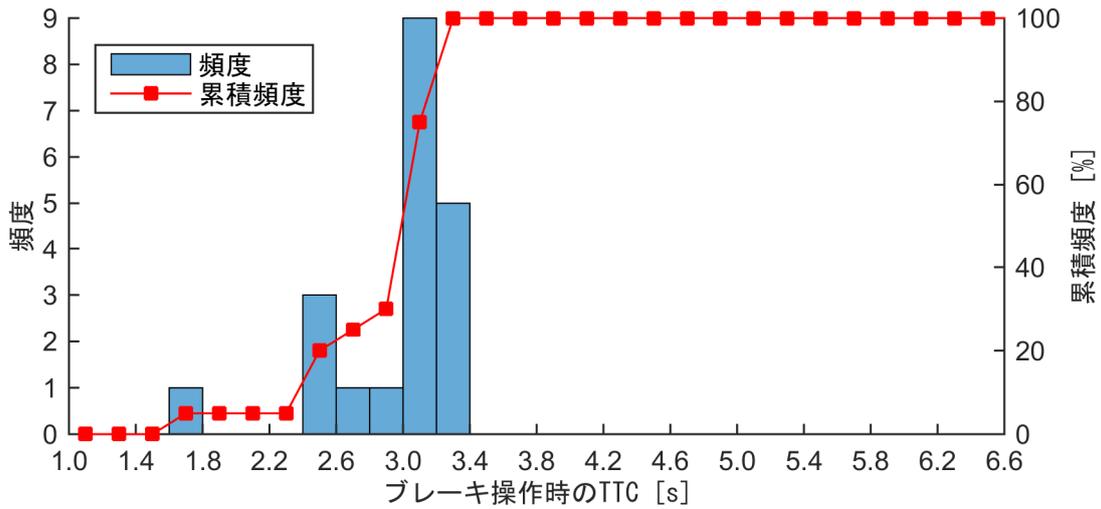


図 4-1-48 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=3.7[s]))

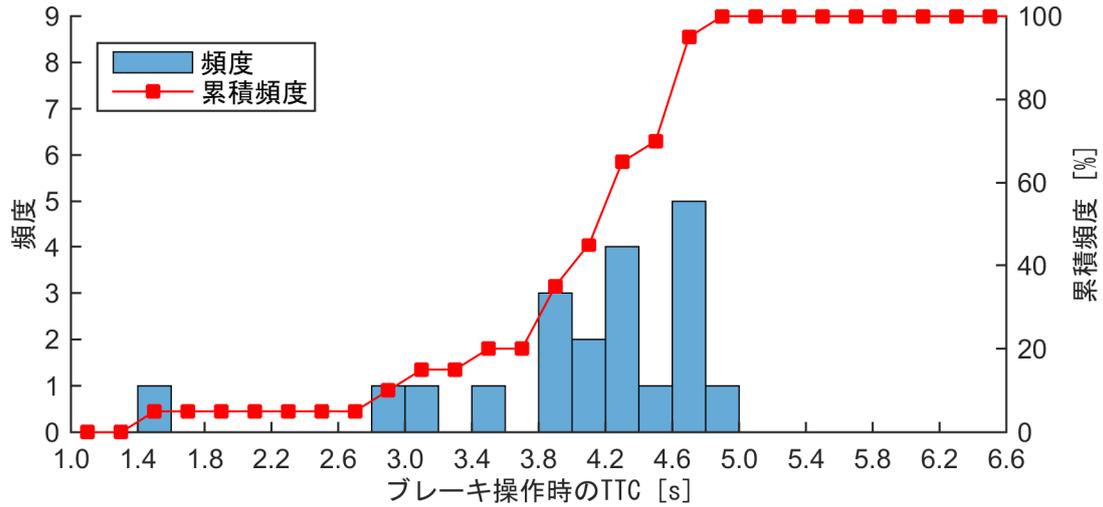


図 4-1-49 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=5.1[s]))

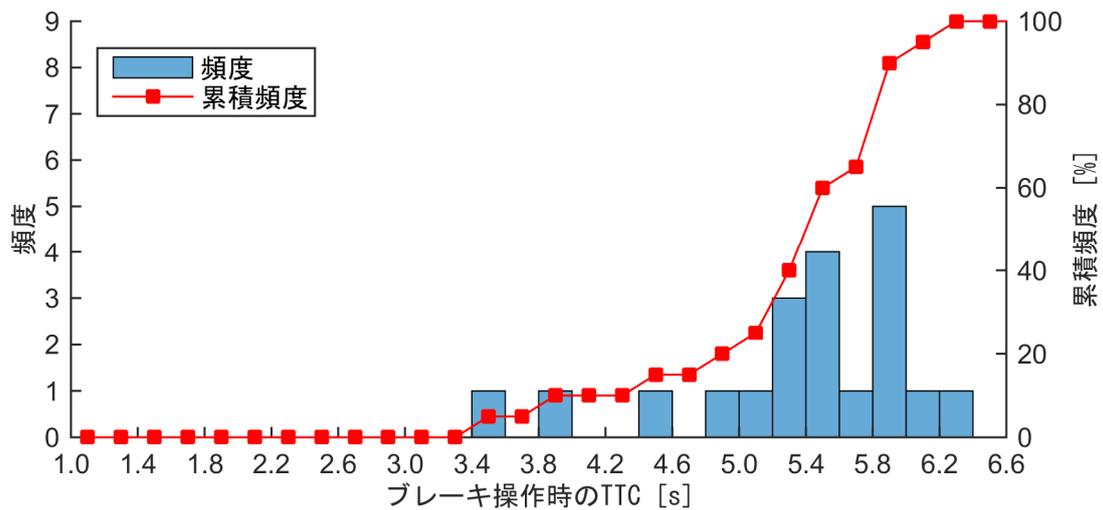


図 4-1-50 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 情報提供 (TTC=6.5[s]))

右折支援（前方から横断）

図 4-1-51 から図 4-1-53 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-54 から図 4-1-56 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-57 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-58、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-59 から図 4-1-61、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-62 から図 4-1-64 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-1-57 より、作動タイミングに関する評価は、ほとんどの実験参加者において TTI=3.7[s]がもっとも適切である結果となっている。また、支援の必要性に関してもばらつきはあるものの TTI=3.7[s]が高い評価となっていた。図 4-1-59 から図 4-1-61 に示したブレーキ操作時の TTI のヒストグラムを見ると、TTI=3.7[s]と TTI=5.1[s]の分布においては、大きな違いがみられなかった。これは情報提供の支援に関わらず、ブレーキ操作を行っていることを示しており、このような結果から情報提供の作動時間がもっとも短い TTI=3.2[s]の評価が高かったものと考えられる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価から、右折支援（前方から横断）における情報提供の作動タイミングは TTI=3.2[s]の方が適切であると考えられる。

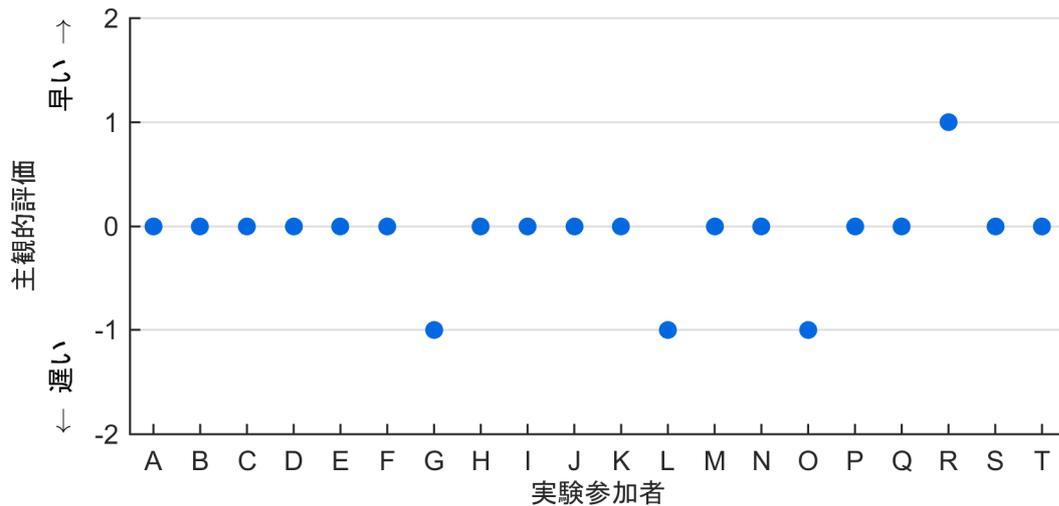


図 4-1-51 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=3.7[s]）

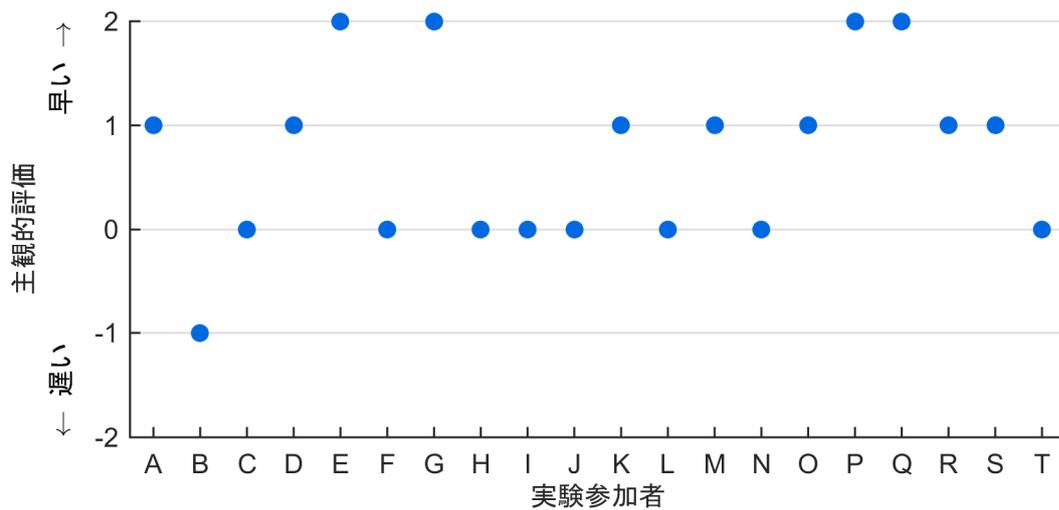


図 4-1-52 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=5.1[s]）

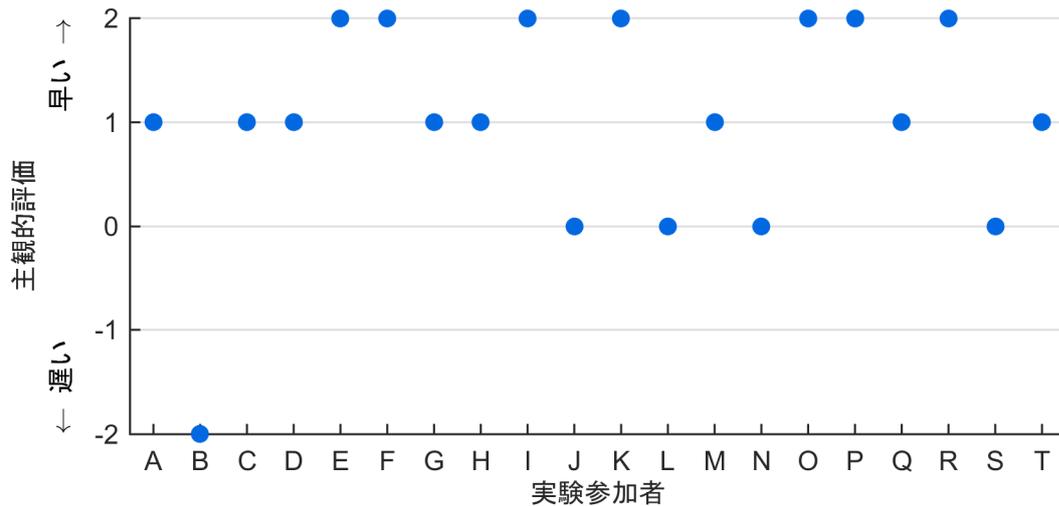


図 4-1-53 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=6.5[s]）

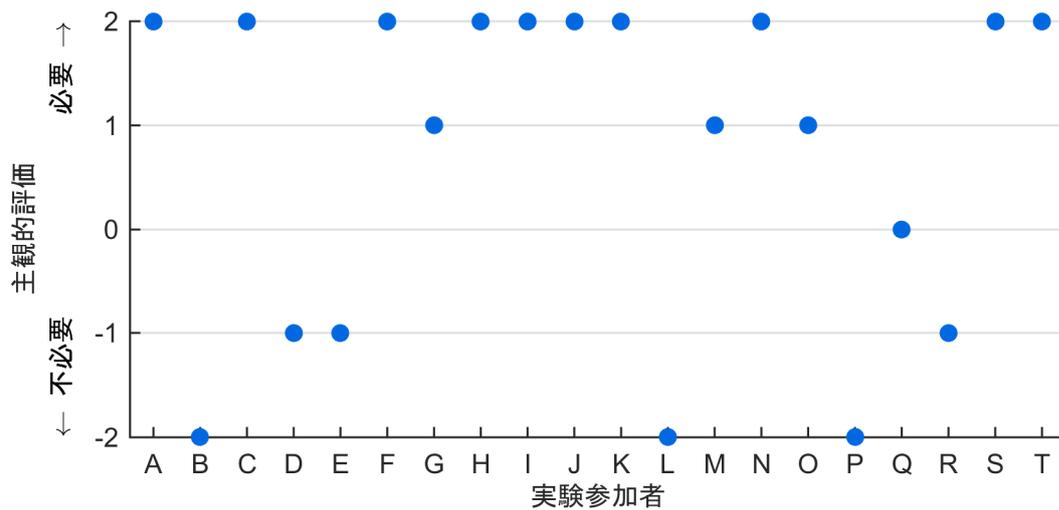


図 4-1-54 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=3.7[s]）

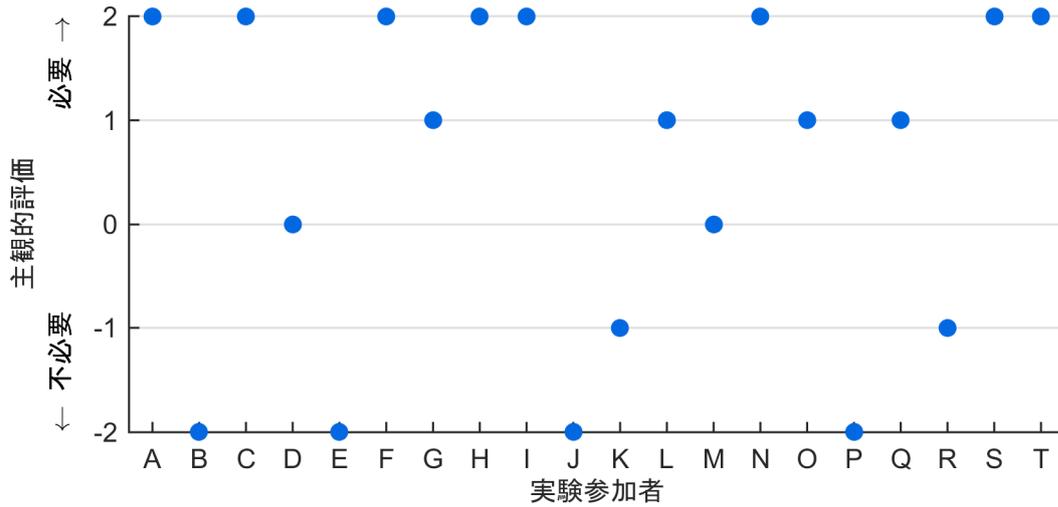


図 4-1-55 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=5.1[s]）

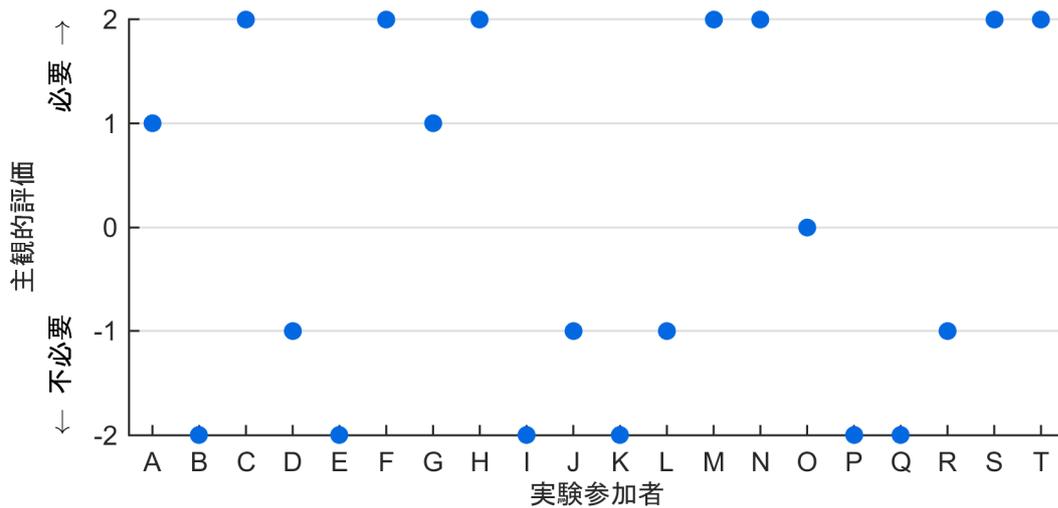


図 4-1-56 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=6.5[s]）

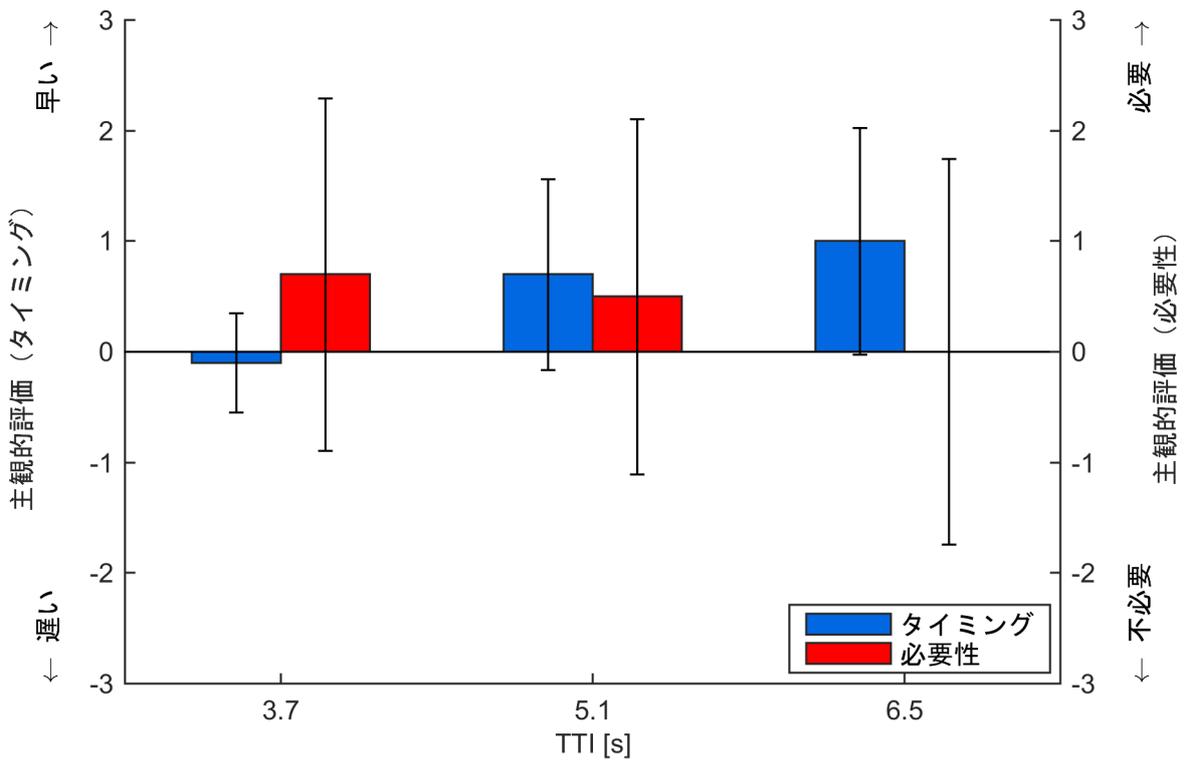


図 4-1-57 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価 (右折支援 (前方から横断) における情報提供)

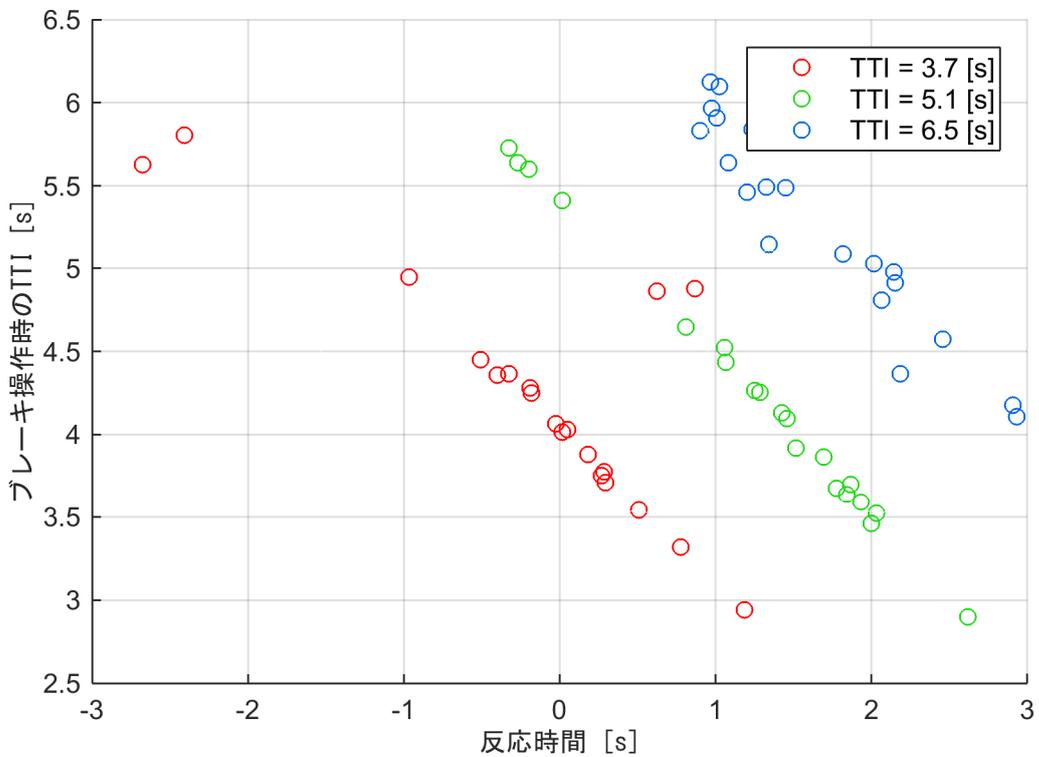


図 4-1-58 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差：なし) (右折支援 (前方から横断) 情報提供)

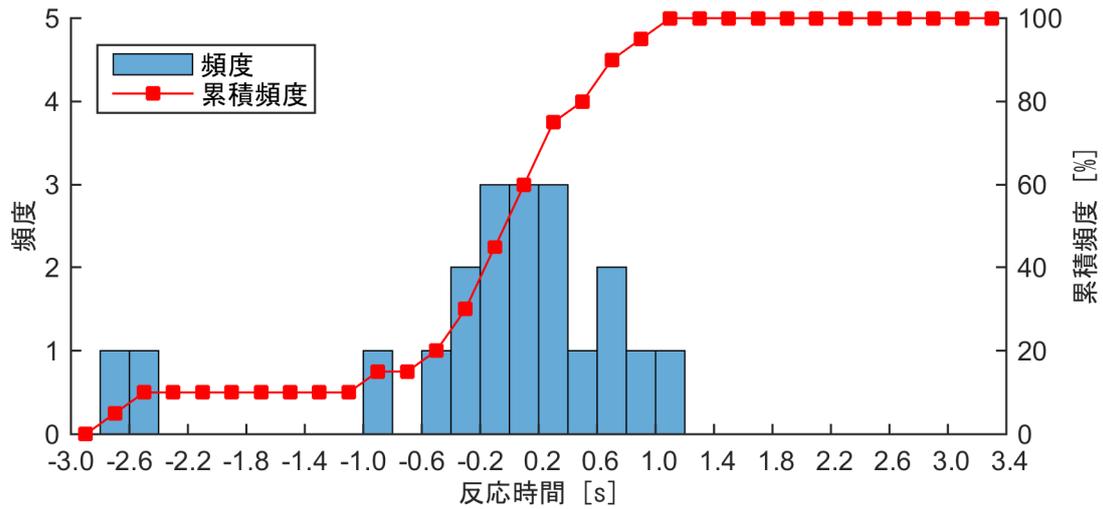


図 4-1-59 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=3.7[s]))

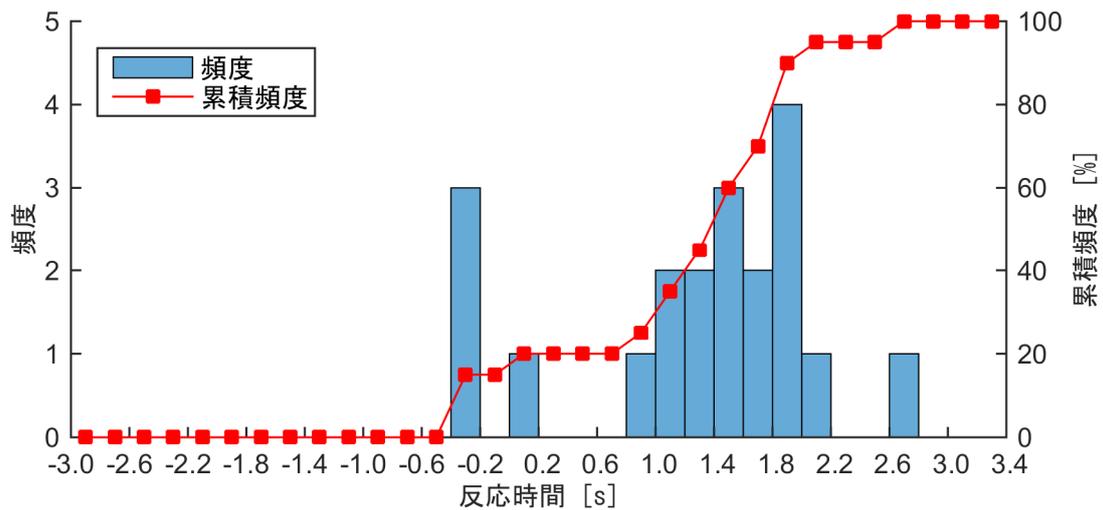


図 4-1-60 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=5.1[s]))

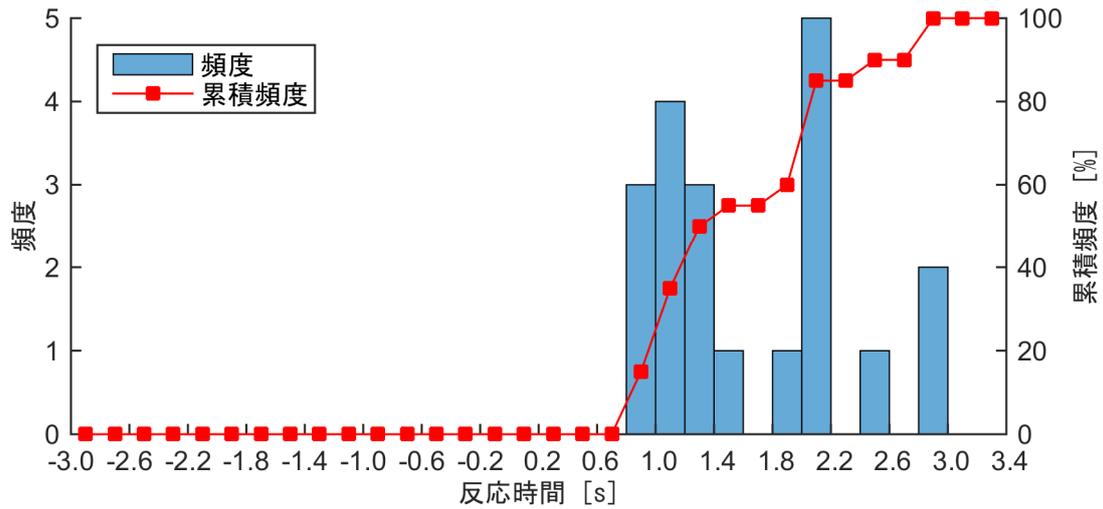


図 4-1-61 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=6.5[s]))

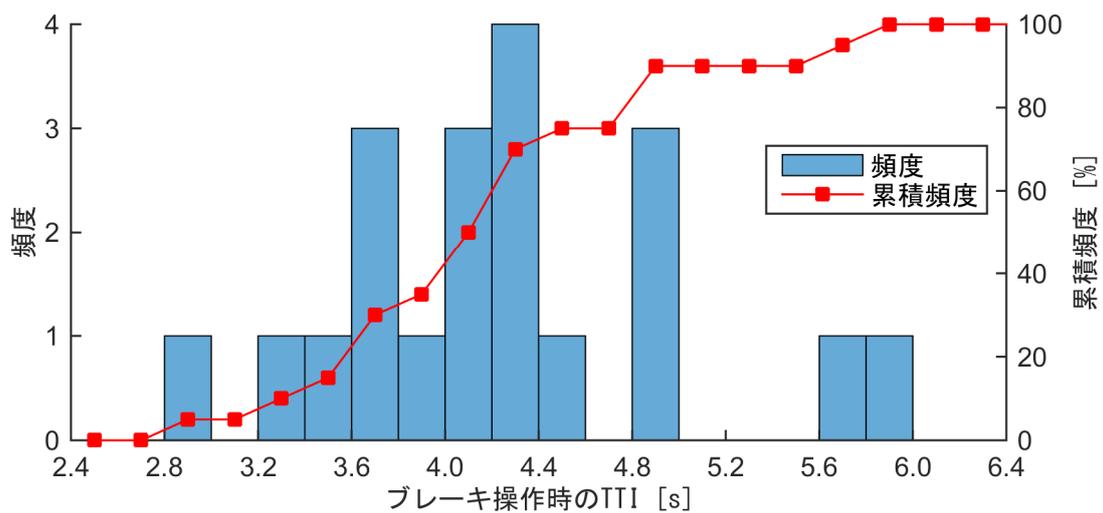


図 4-1-62 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=3.7[s]))

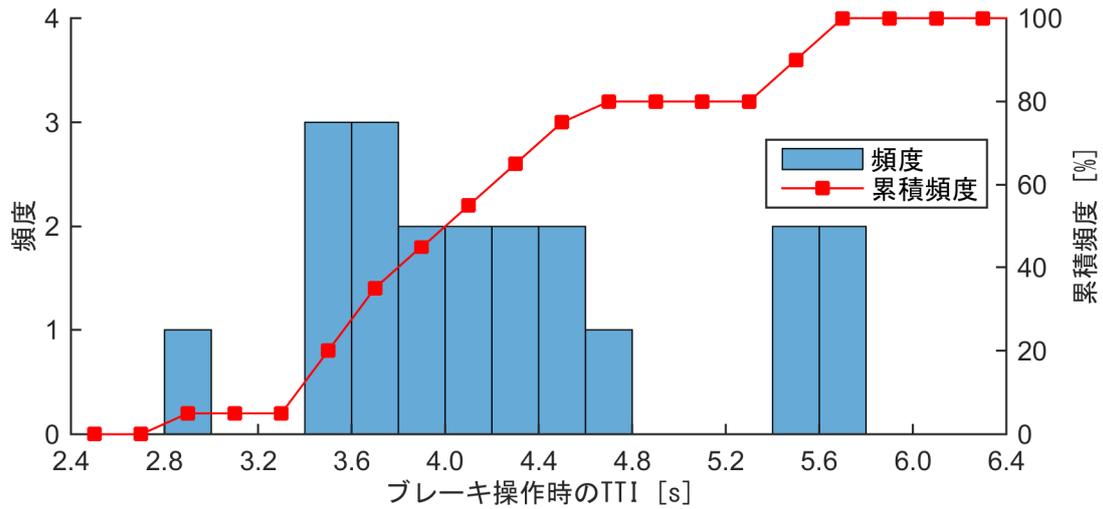


図 4-1-63 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=5.1[s]))

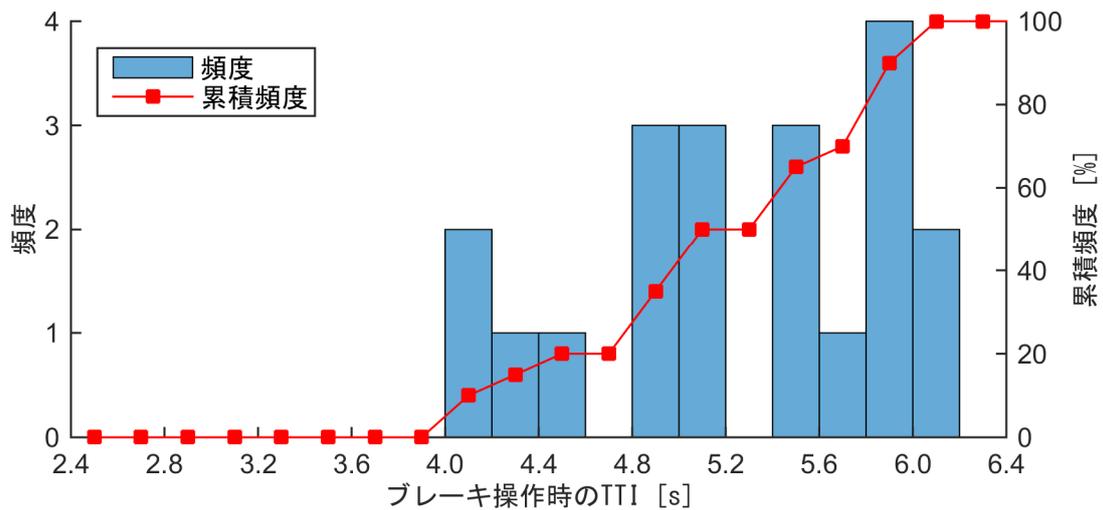


図 4-1-64 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=6.5[s]))

右折支援（後方から横断）

図 4-1-65 から図 4-1-67 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-68 から図 4-1-70 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-71 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-72、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-73 から図 4-1-75、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-76 から図 4-1-78 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-1-71 より、作動タイミングに関する評価は、ほとんどの実験参加者において TTI=3.7[s]および TTI=5.1[s]がもっとも適切である結果となっている。また、支援の必要性に関してもばらつきはあるものの TTI=3.7[s] および TTI=5.1[s]が TTI=6.5[s]に比べて高い評価となっているが、他の実験シナリオと比べて高い評価は得られなかった。図 4-1-72 に示した反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を見ると、TTI=3.7[s]と TTI=5.1[s]の分布においては、大きな違いがみられなかった。これは情報提供の支援に関わらず、ブレーキ操作を行っていることを示しており、評価結果にも違いが生じていないものと考えられる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価から、右折支援（後方から横断）における情報提供の作動タイミングは TTI=3.7[s]および TTI=5.1[s]が適切であると考えられる。

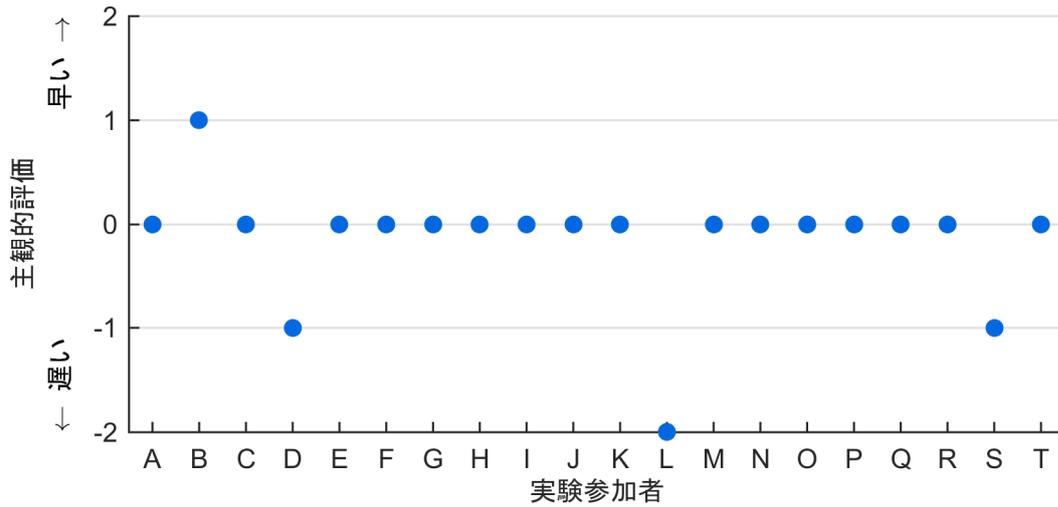


図 4-1-65 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=3.7[s]))

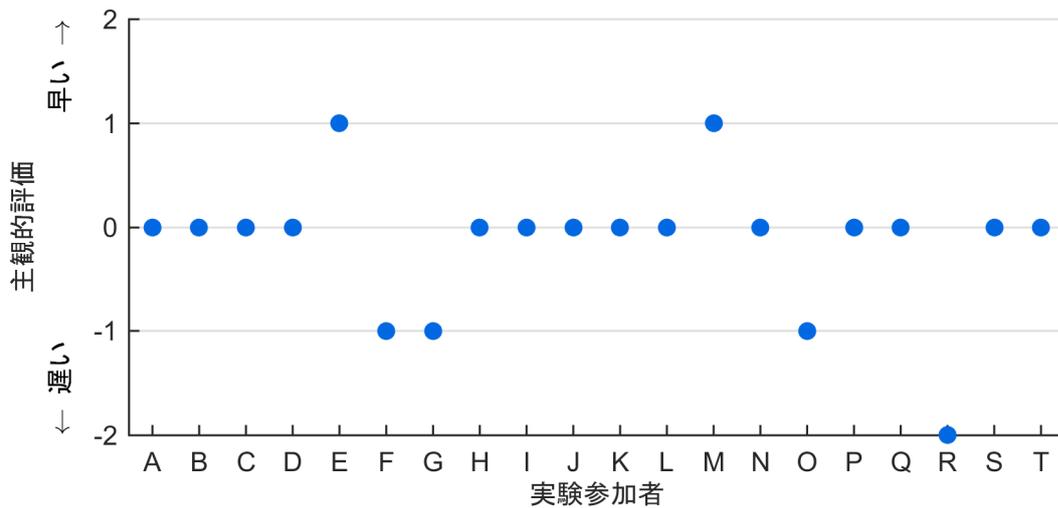


図 4-1-66 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=5.1[s]))

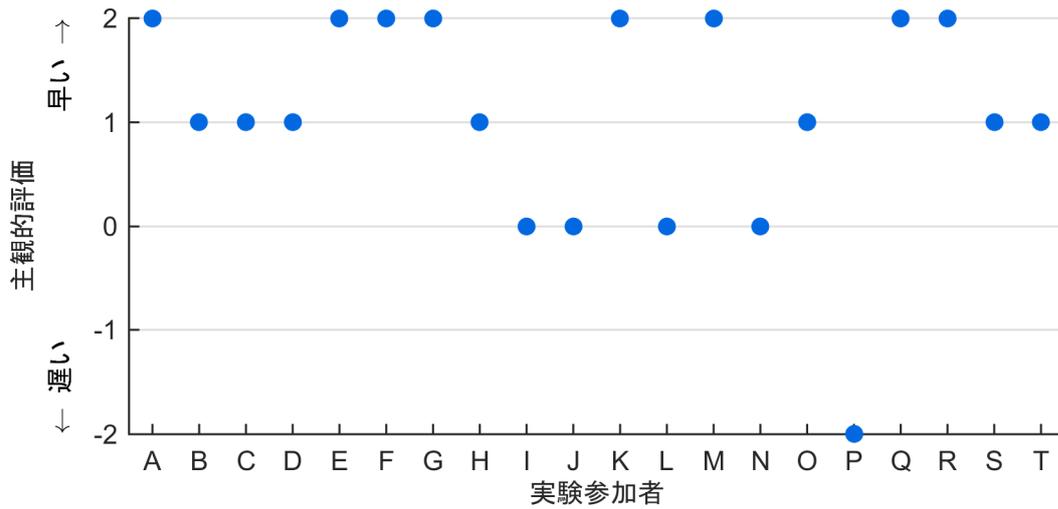


図 4-1-67 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=6.5[s]）

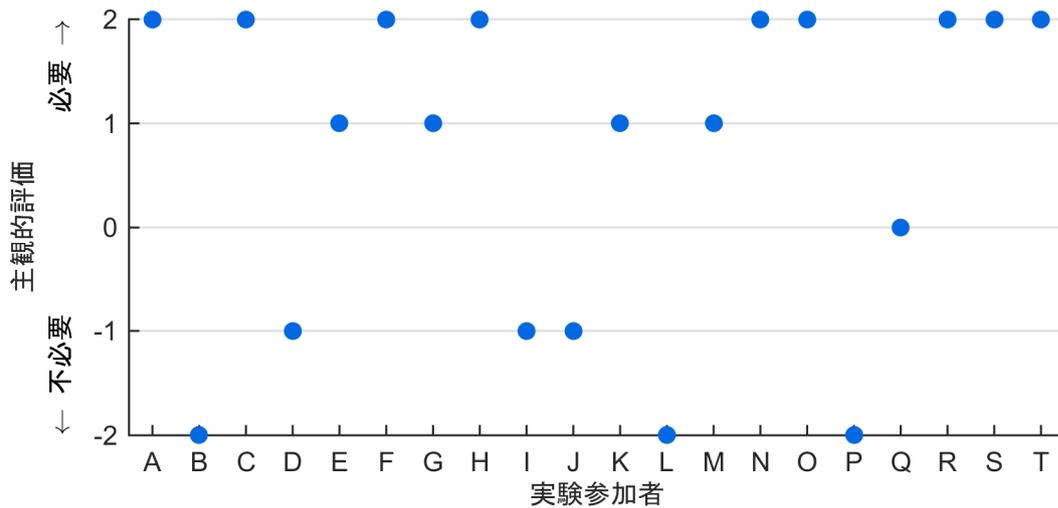


図 4-1-68 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=3.7[s]）

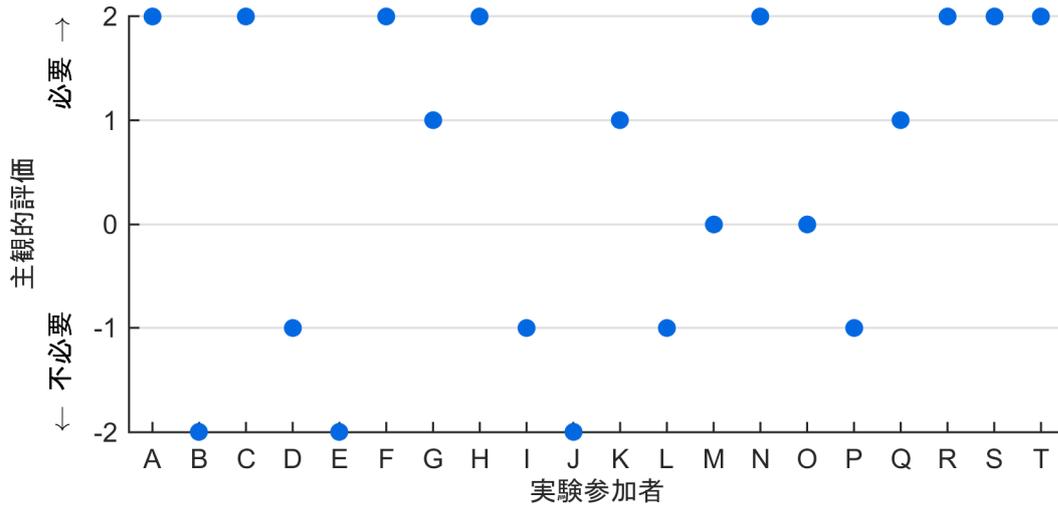


図 4-1-69 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=5.1[s]）

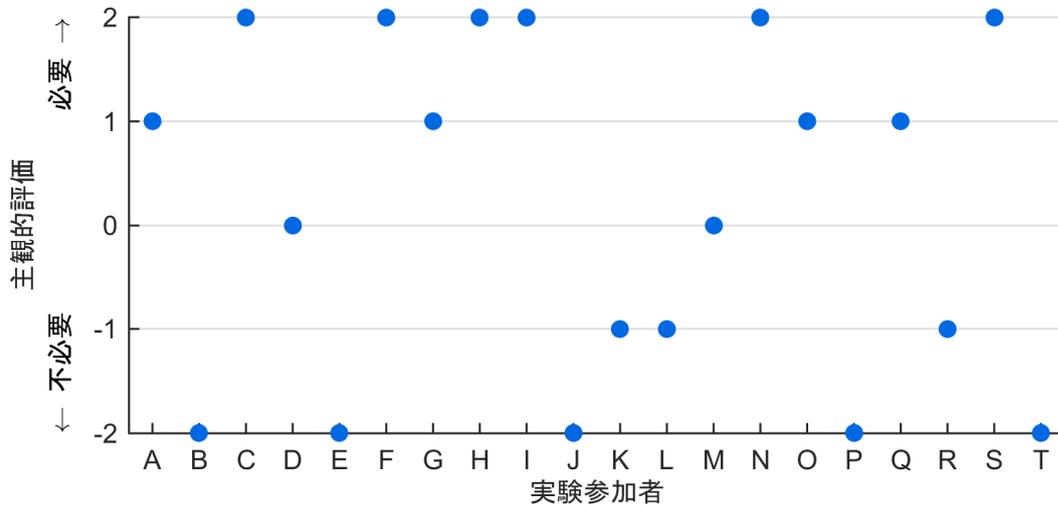


図 4-1-70 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=6.5[s]）

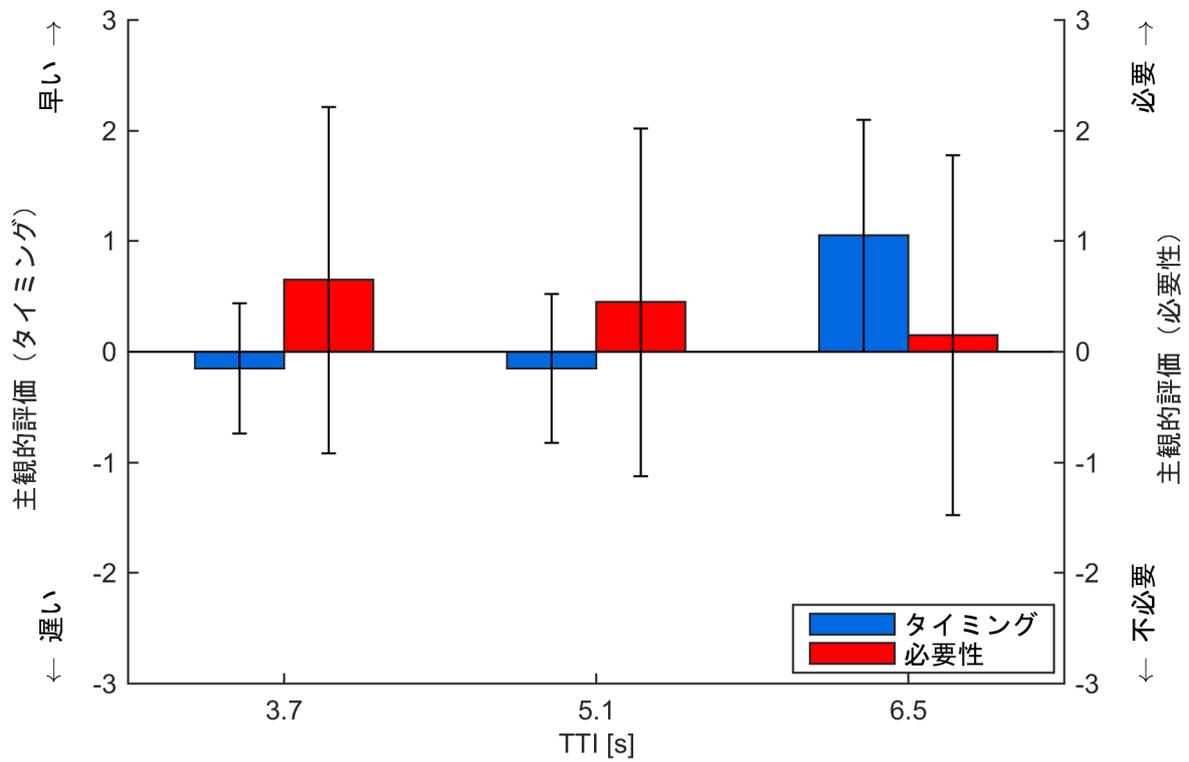


図 4-1-71 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(右折支援 (後方から横断) における情報提供)

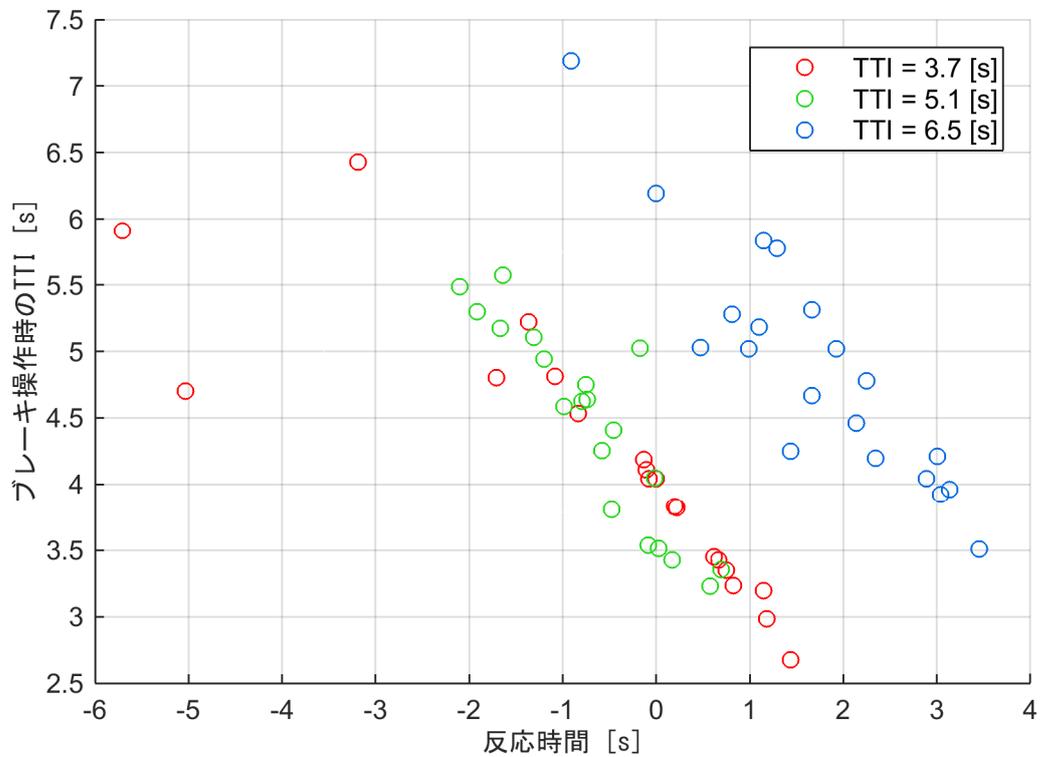


図 4-1-72 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 (後方から横断) 情報提供)

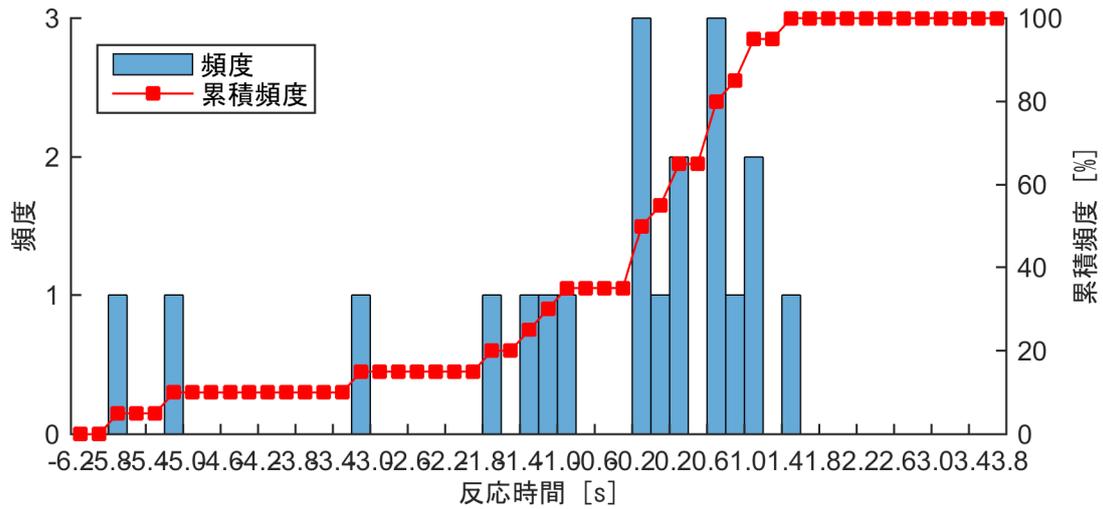


図 4-1-73 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=3.7[s]))

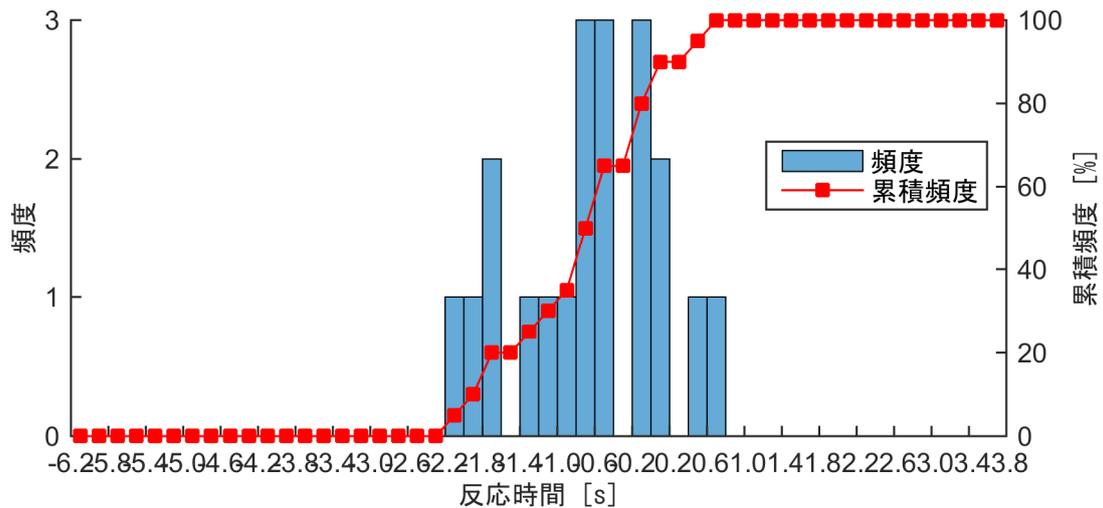


図 4-1-74 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=5.1[s]))

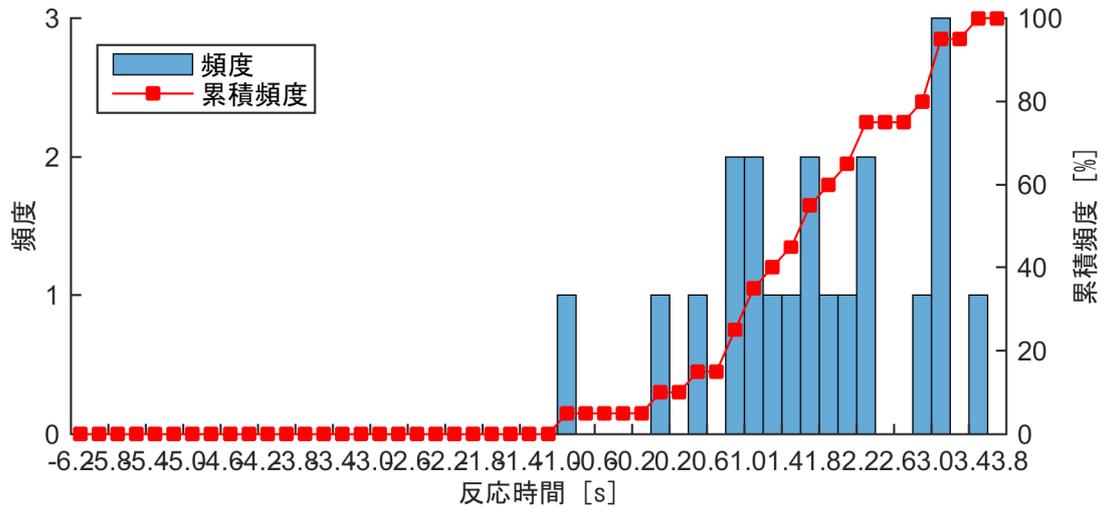


図 4-1-75 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=6.5[s]))

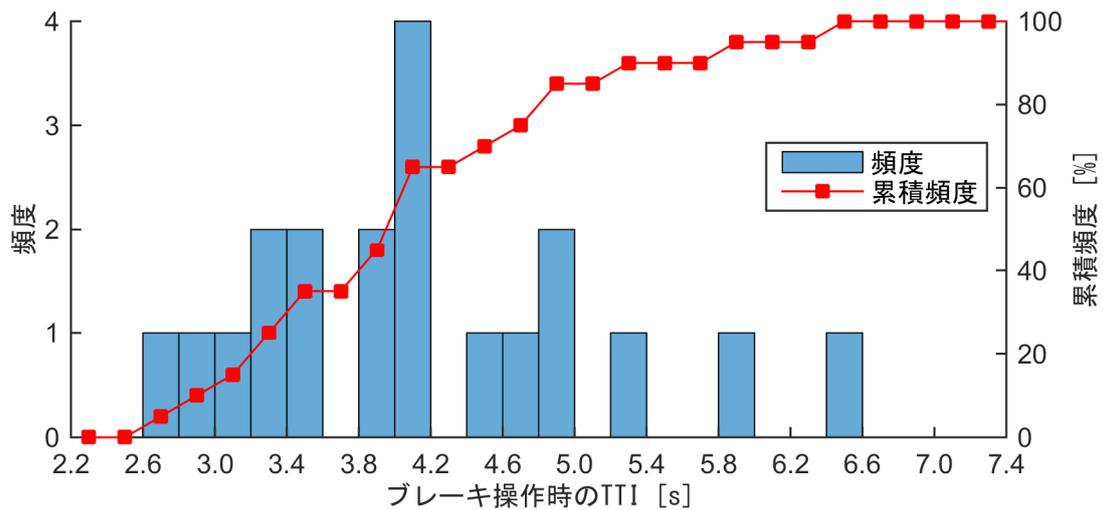


図 4-1-76 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=3.7[s]))

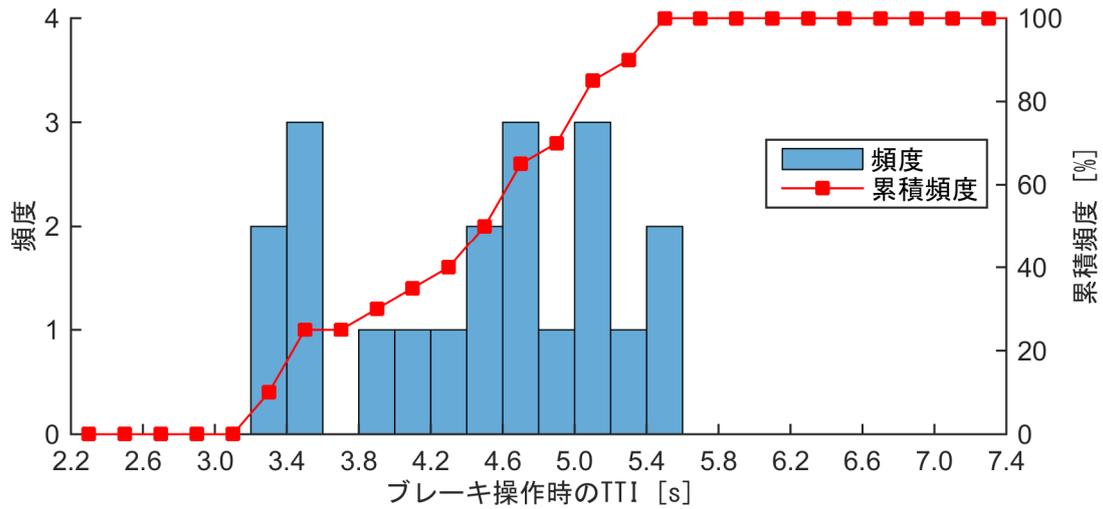


図 4-1-77 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=5.1[s]))

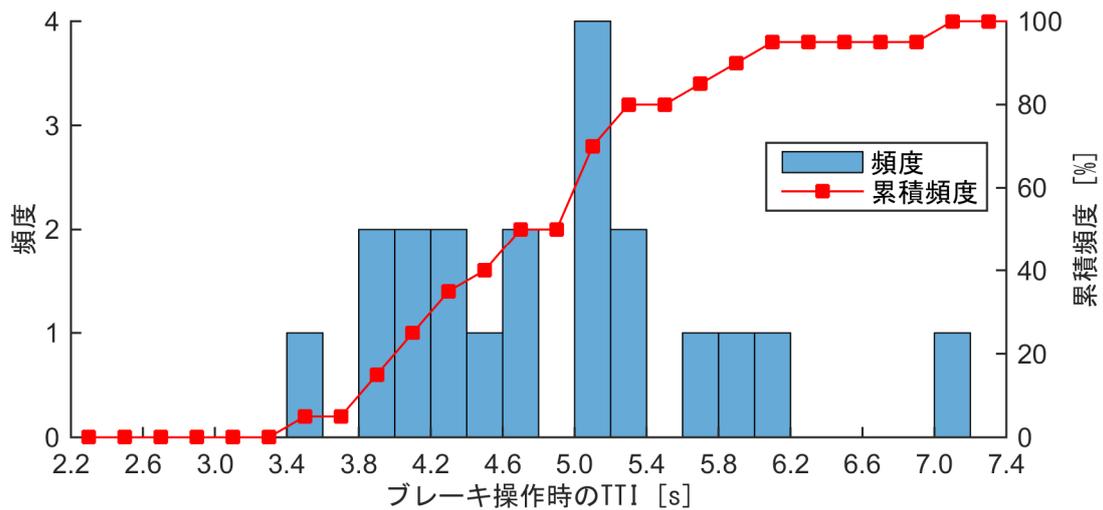


図 4-1-78 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=6.5[s]))

(2) 注意喚起

単路直進支援（左から横断）

図 4-1-79 から図 4-1-81 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-82 から図 4-1-84 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-85 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-86、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-87 から図 4-1-89、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-90 から図 4-1-92 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した注意喚起の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、2.4[s]、3.2[s]、4.0[s]である。

図 4-1-85 から、TTC=3.2[s]および TTC=4.0[s]において、作動タイミングが適切と評価していることがわかる。支援の必要性に関しては、TTC=4.0[s]において必要と評価されている割合が高い。図 4-1-86 に示した反応時間とブレーキ操作時の TTC の関係において、反応時間は警報後にブレーキ操作を行った場合はプラスとなり、警報前にブレーキ操作を行った場合はマイナスとなっている。また、図中のプロットにおいて、塗りつぶしているプロットは情報対象車両との衝突を表しており、塗りつぶしていないプロットは情報対象車両との衝突がなかったものを示している。これより、TTC が低下すると歩行者との衝突の割合も高くなり、TTC が増加すると衝突の割合が減少していることがわかる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価をみると、単路直進支援（左からの横断）における注意喚起の作動タイミングは TTC=4.0[s]が適切であると考えられる。

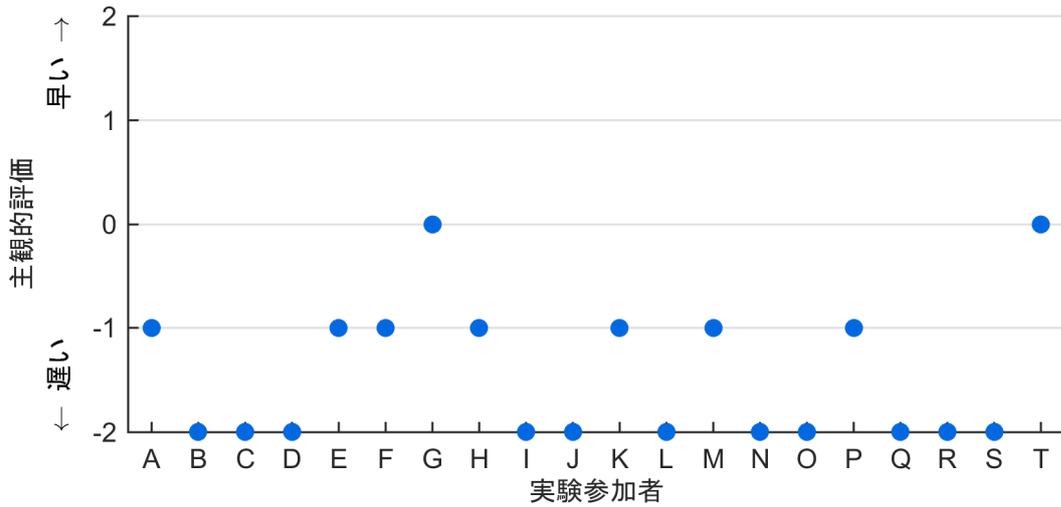


図 4-1-79 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=2.4[s]）

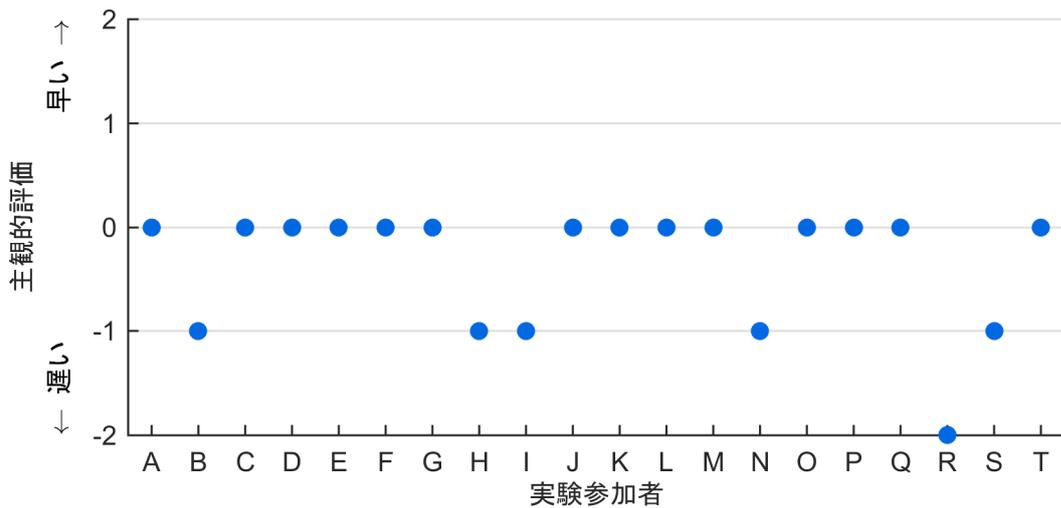


図 4-1-80 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

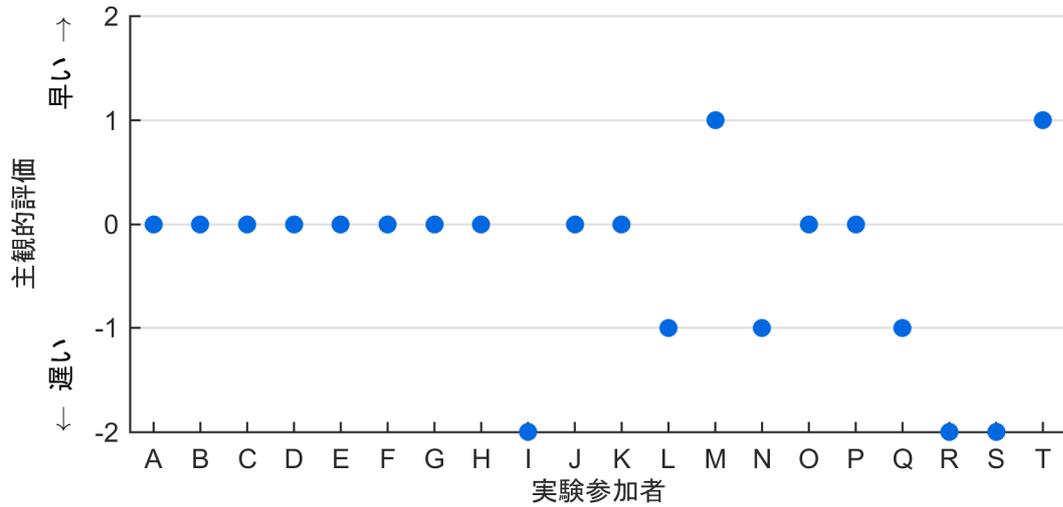


図 4-1-81 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

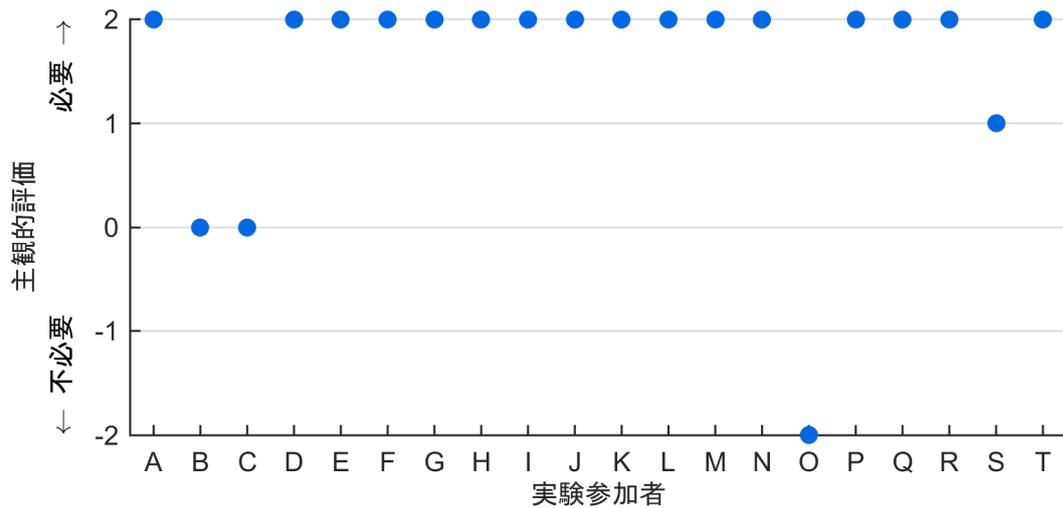


図 4-1-82 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

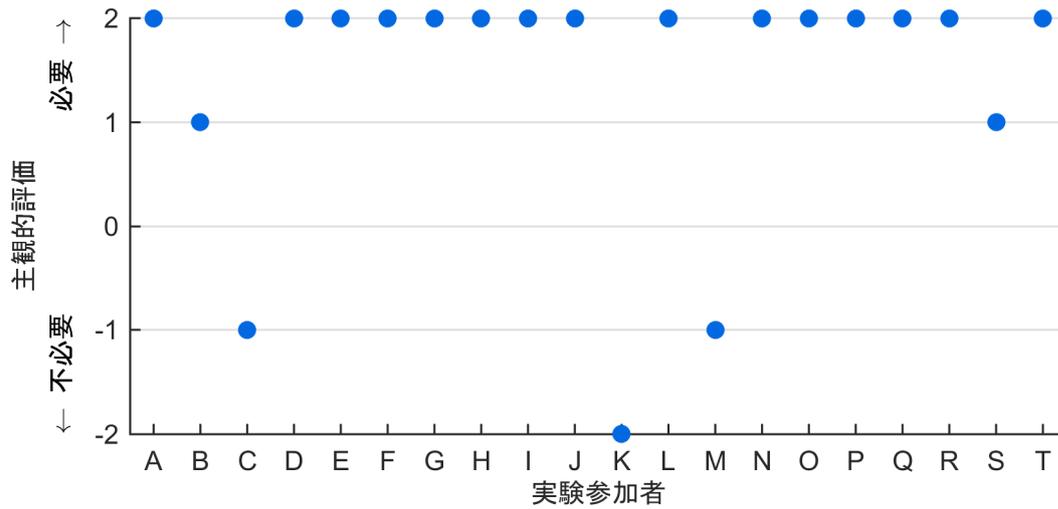


図 4-1-83 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

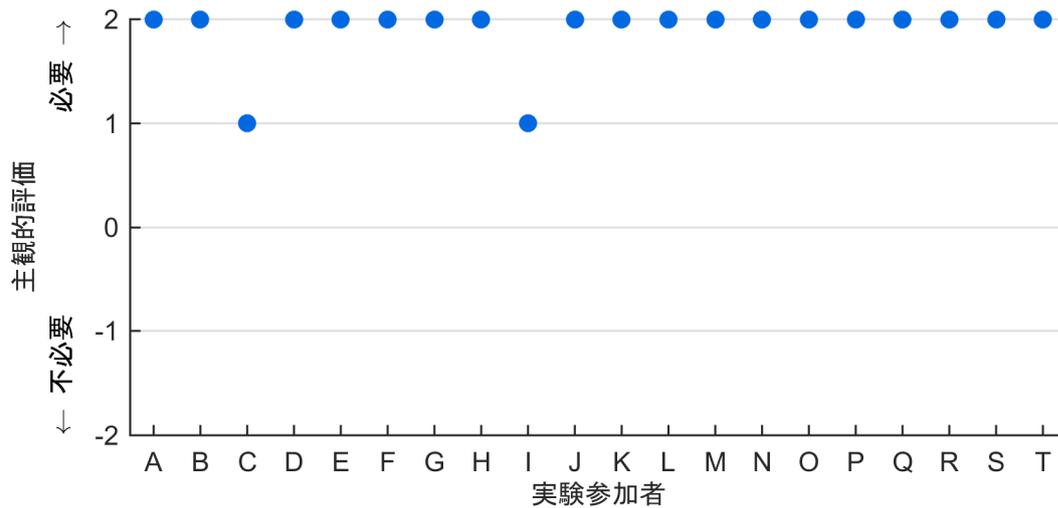


図 4-1-84 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=4.0[s]）

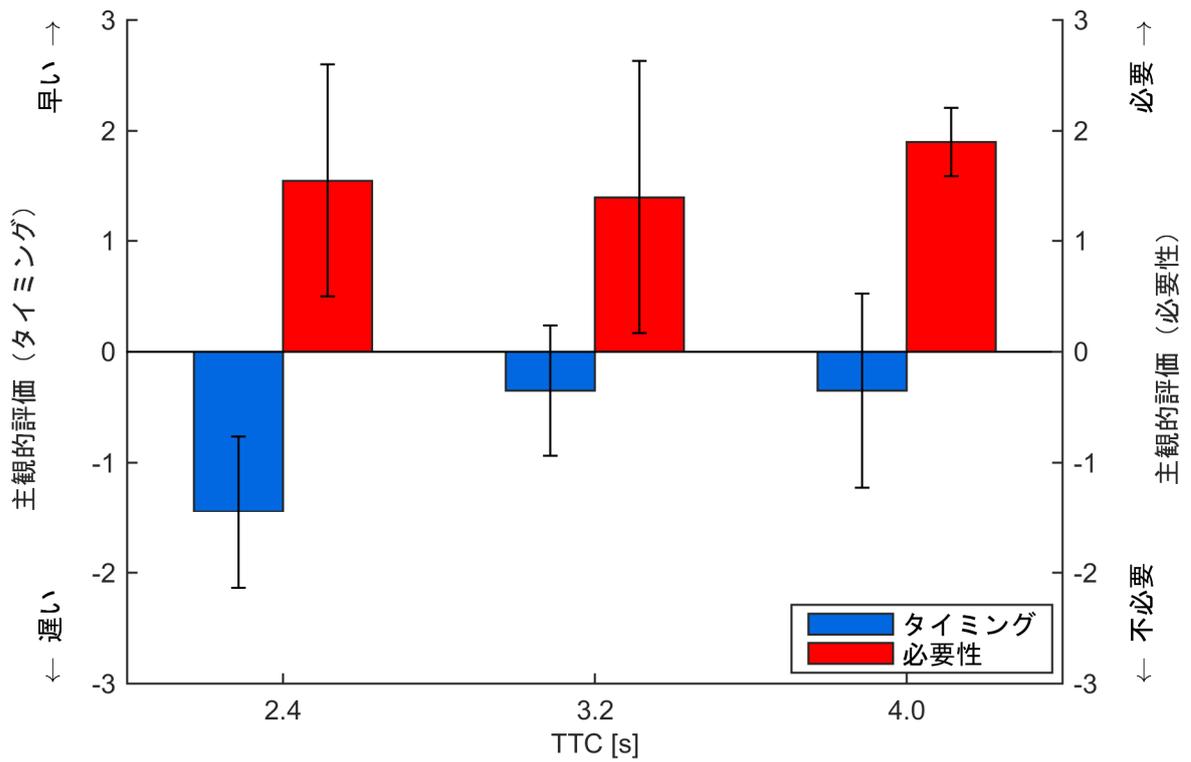


図 4-1-85 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(単路直進支援 (左から横断) における注意喚起)

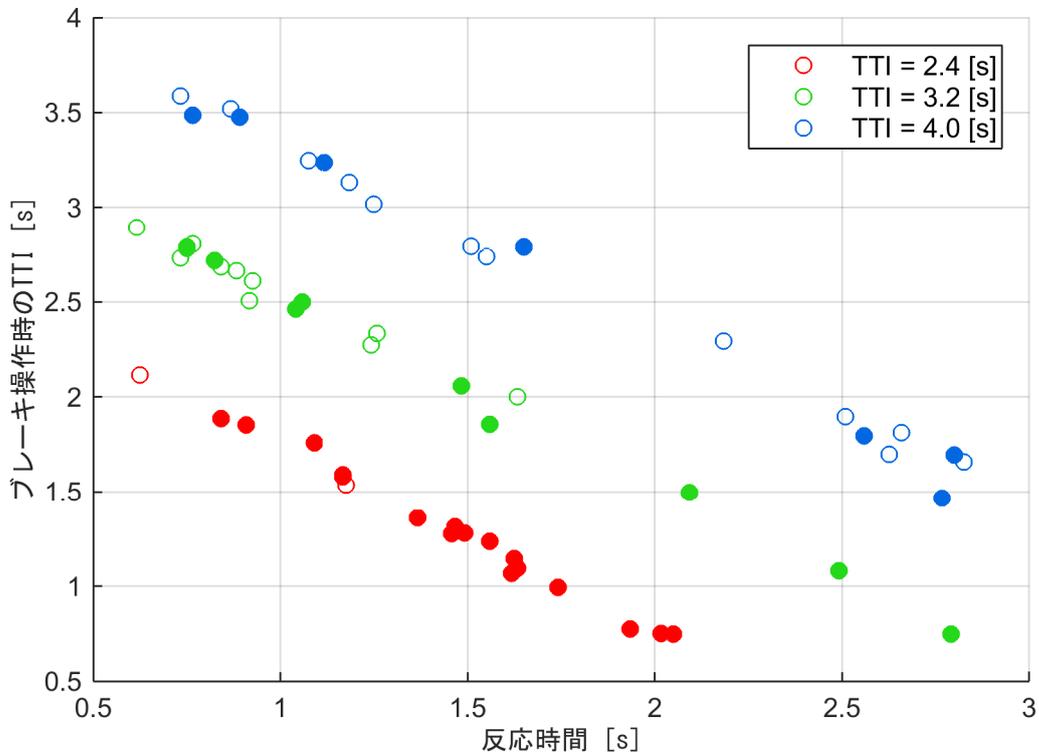


図 4-1-86 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差: なし)
(単路直進支援 (左から横断) 注意喚起)

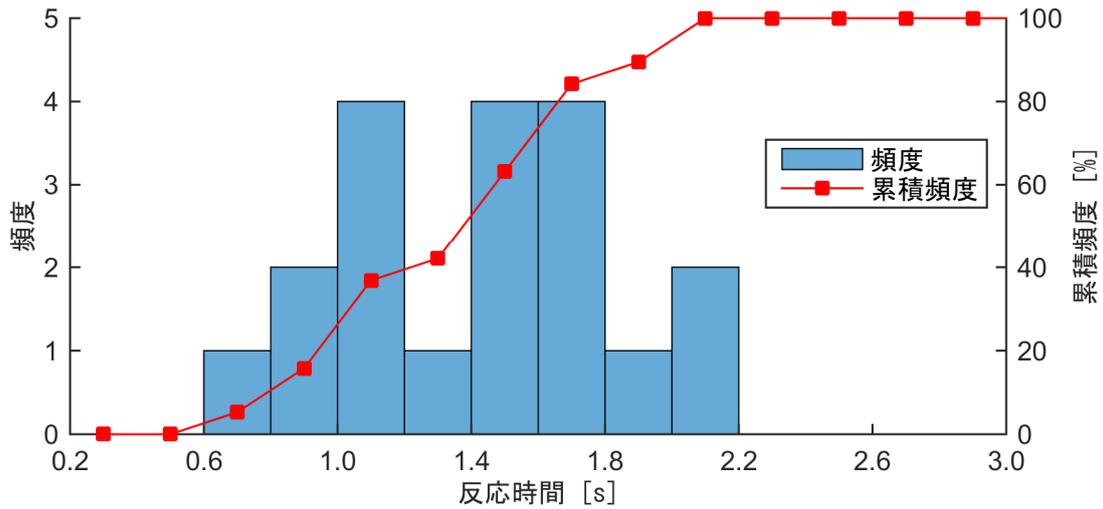


図 4-1-87 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

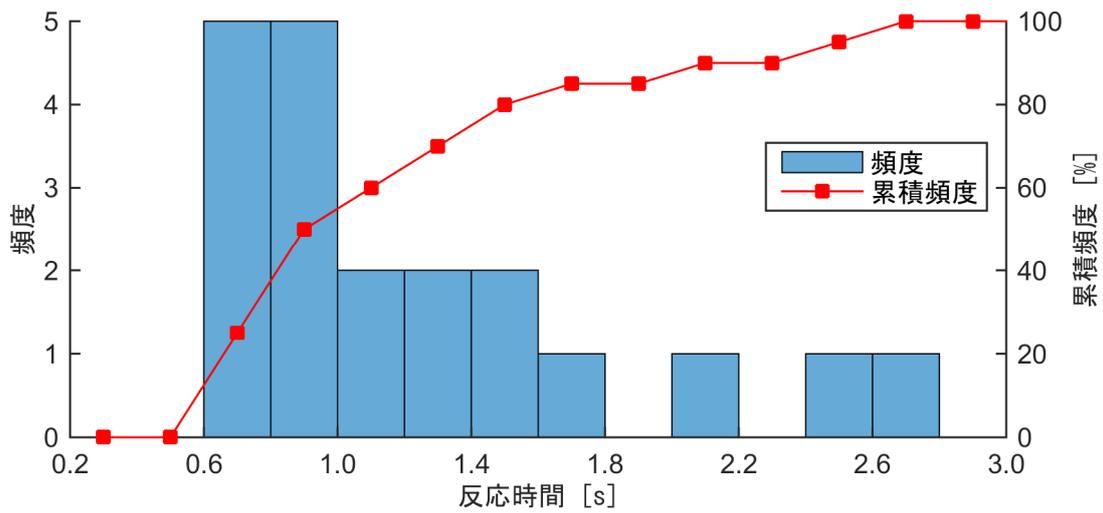


図 4-1-88 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=3.2[s]))

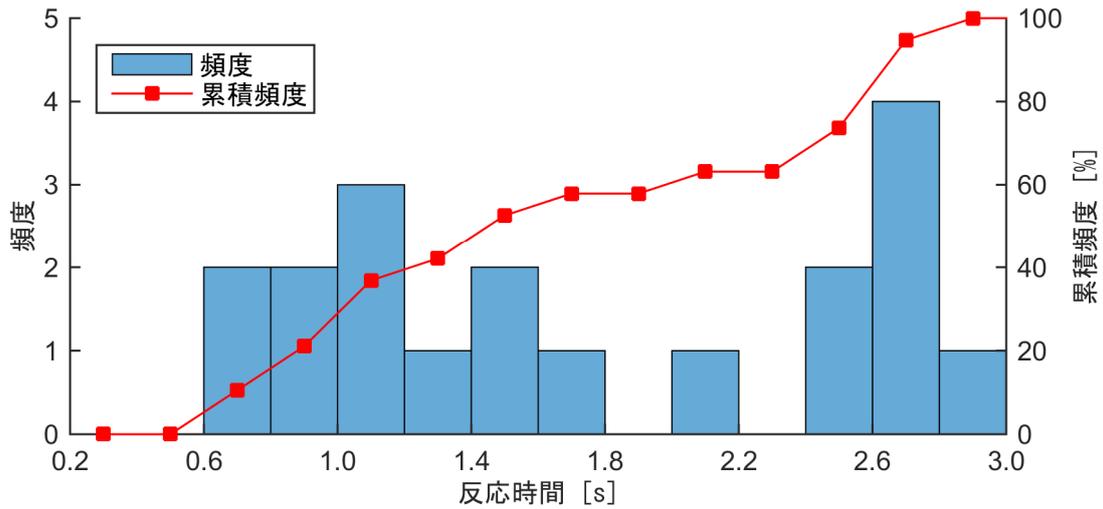


図 4-1-89 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

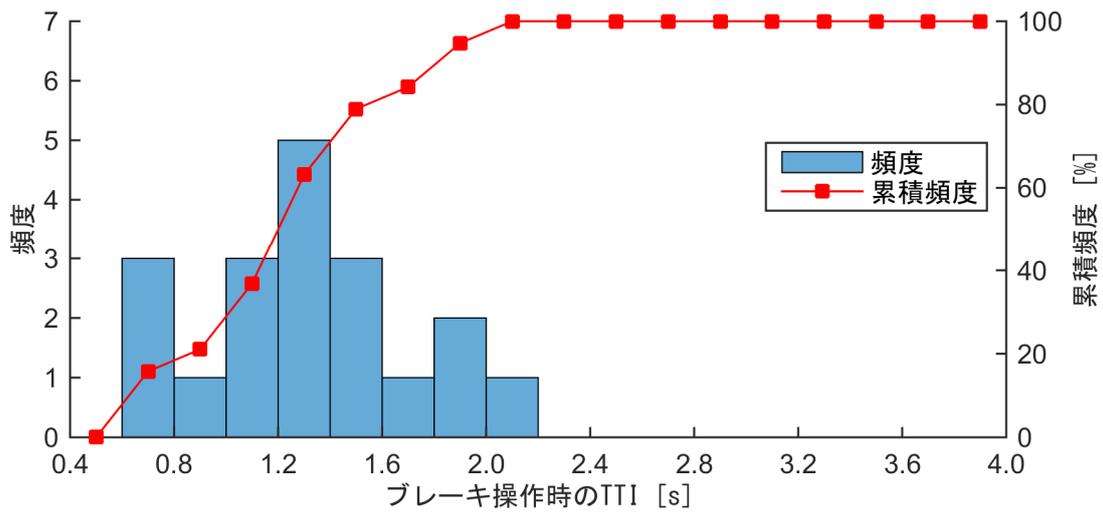


図 4-1-90 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進 (左から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

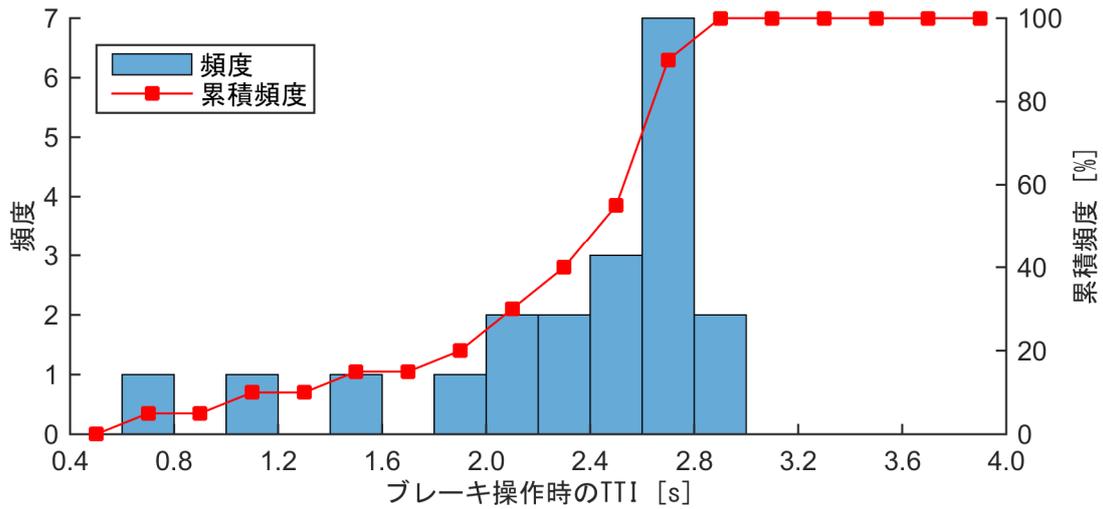


図 4-1-91 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進 (左から横断) 注意喚起 (TTC=3.2[s]))

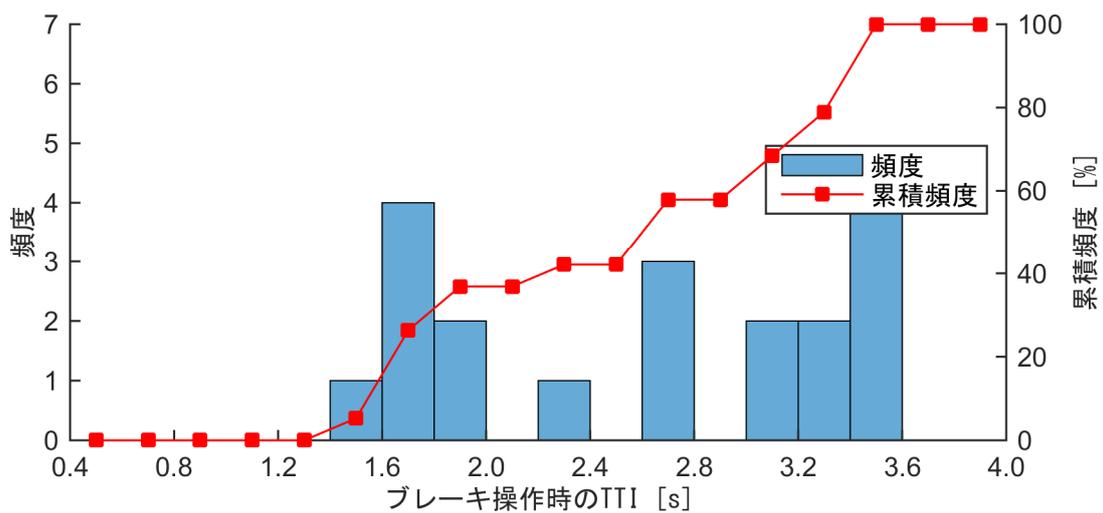


図 4-1-92 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進 (左から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

単路直進支援（右から横断）

図 4-1-93 から図 4-1-95 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-96 から図 4-1-98 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-99 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-100、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-101 から図 4-1-103、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-104 から図 4-1-106 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した注意喚起の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、2.4[s]、3.2[s]、4.0[s]である。

図 4-1-99 から、TTC=4.0[s]において、作動タイミングが適切と評価していることがわかる。また、支援の必要性に関しては、TTC=3.2[s]および TTC=4.0[s]において必要と評価されている割合が高く、ほとんどの実験参加者が必要と評価している結果であった。図 4-1-100 に示す実験参加者のブレーキ操作時の TTC のヒストグラムにおいて、注意喚起の TTC を増加させるとブレーキ操作を行った TTC も増加しており、歩行者との衝突回避がこのような評価につながったものと考えられる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価をみると、単路直進支援（右から横断）における注意喚起の作動タイミングは TTC=4.0[s]が適切であると考えられる。

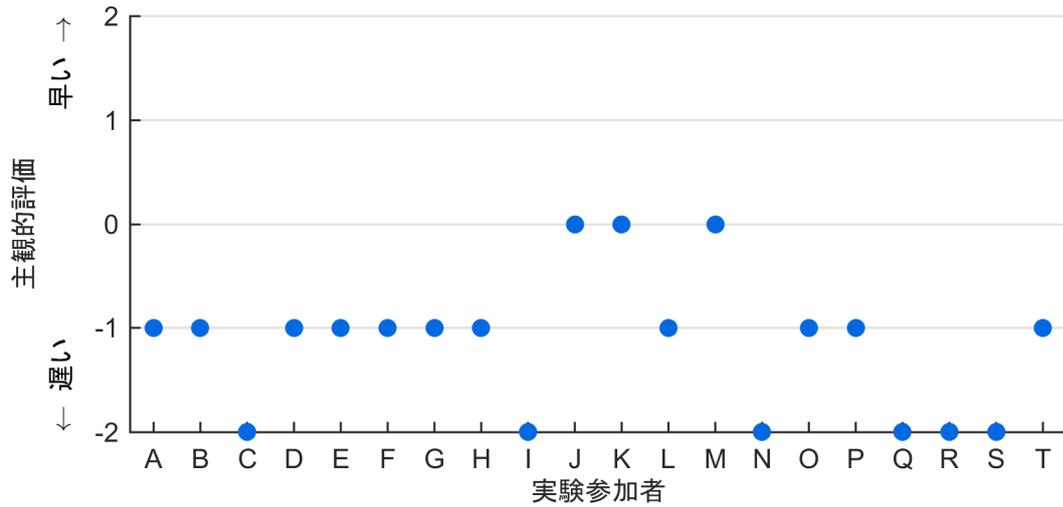


図 4-1-93 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=2.4[s]）

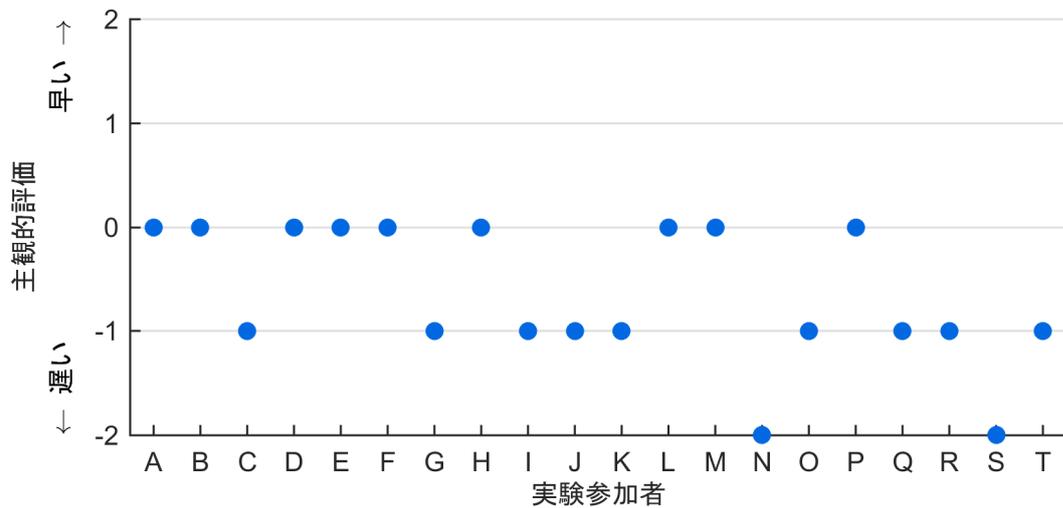


図 4-1-94 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

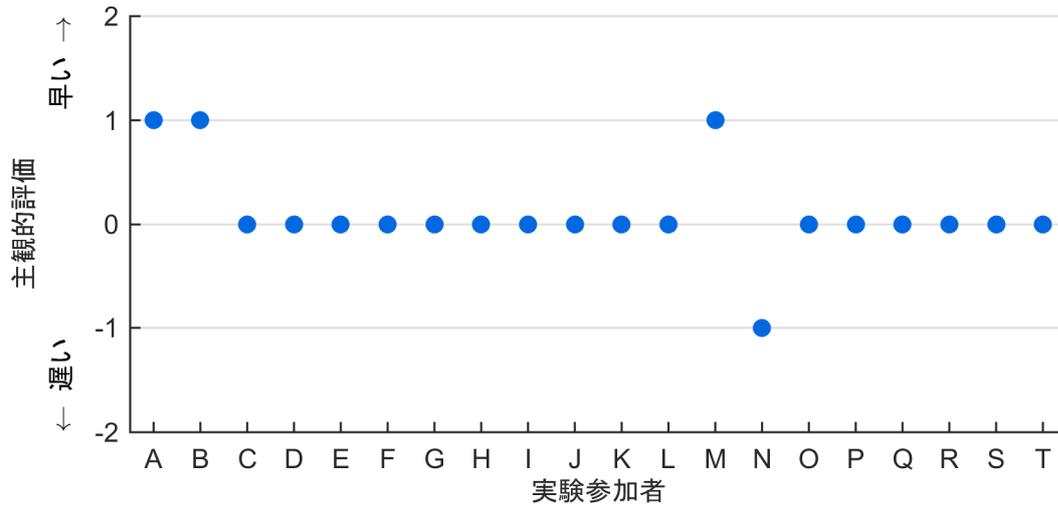


図 4-1-95 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

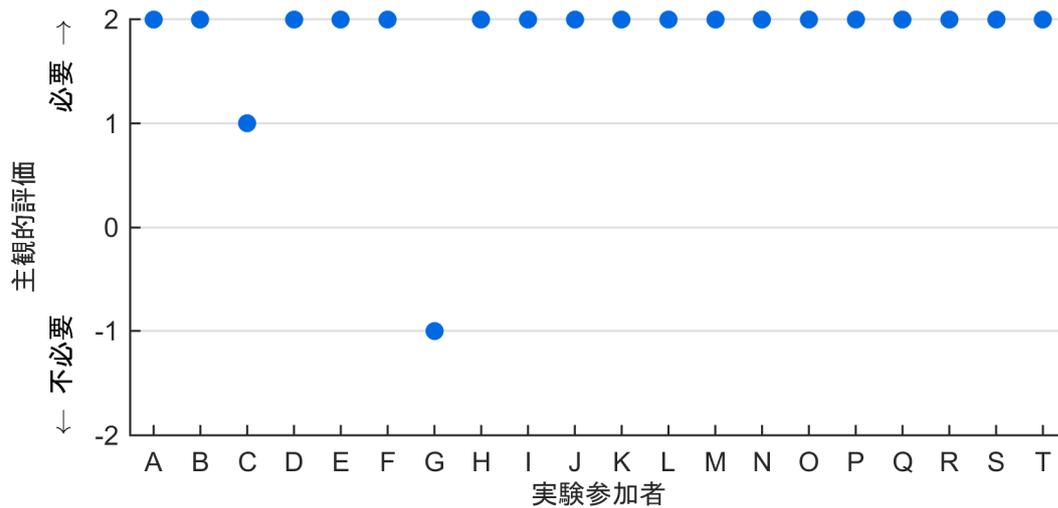


図 4-1-96 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

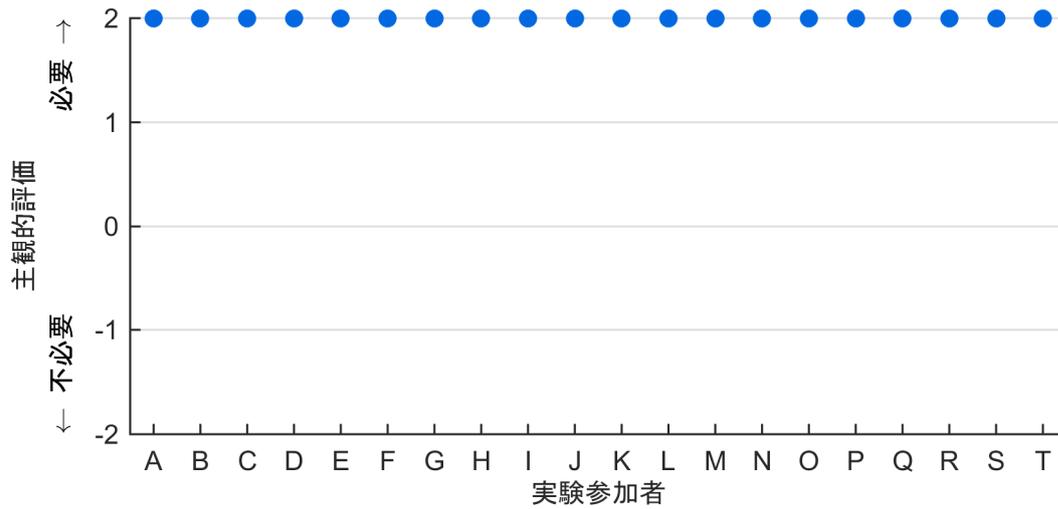


図 4-1-97 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

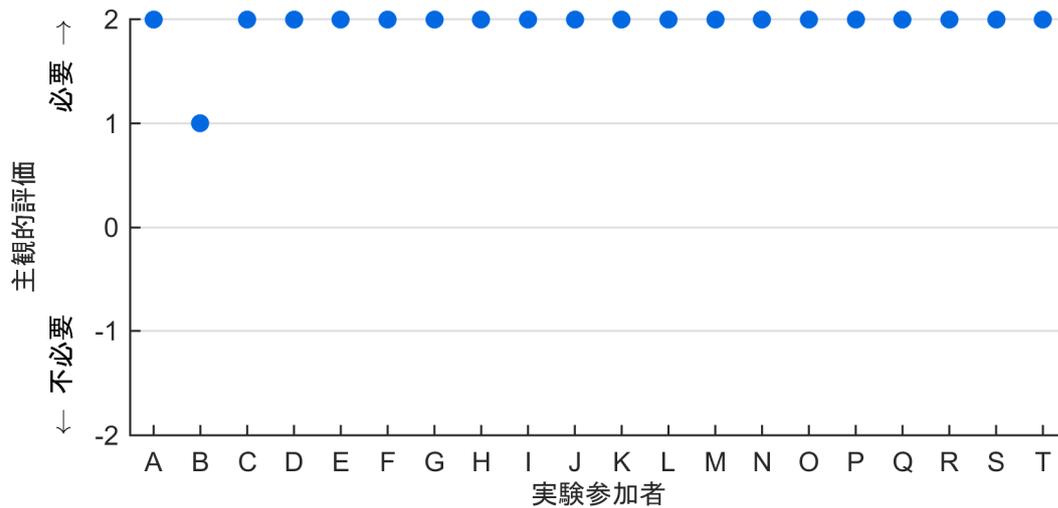


図 4-1-98 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=4.0[s]）

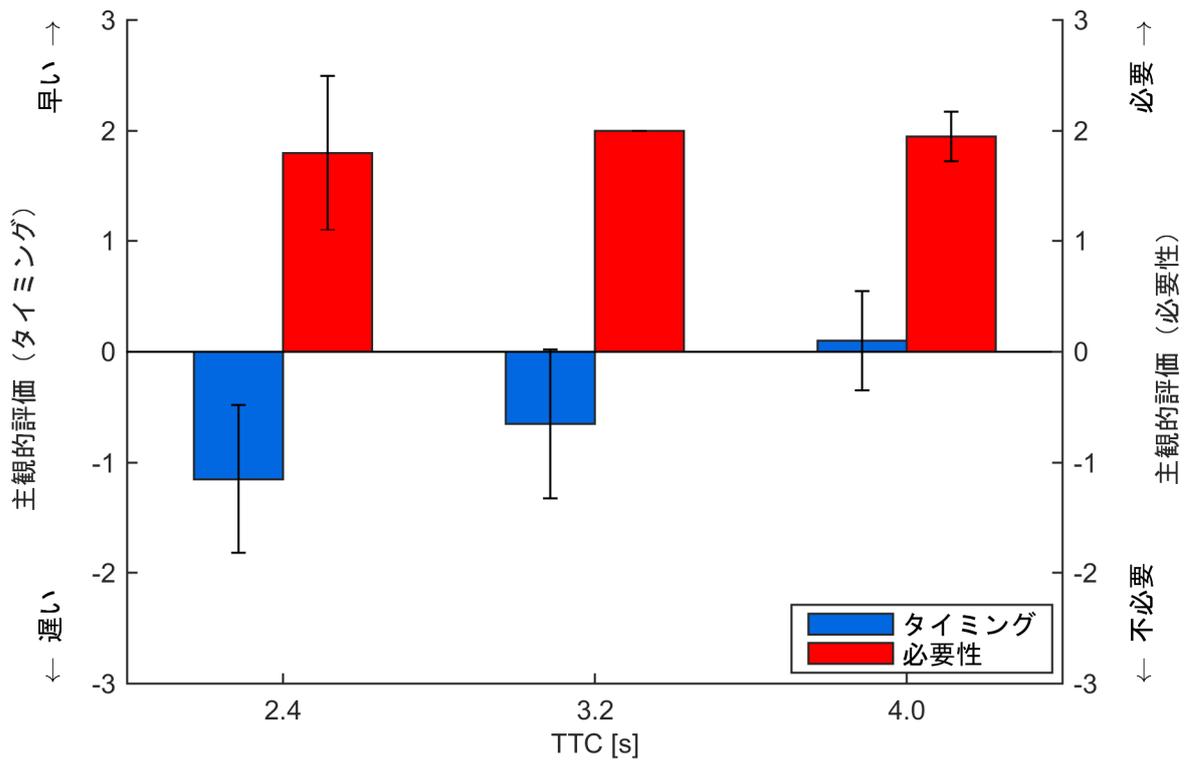


図 4-1-99 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価 (単路直進支援 (右から横断) における注意喚起)

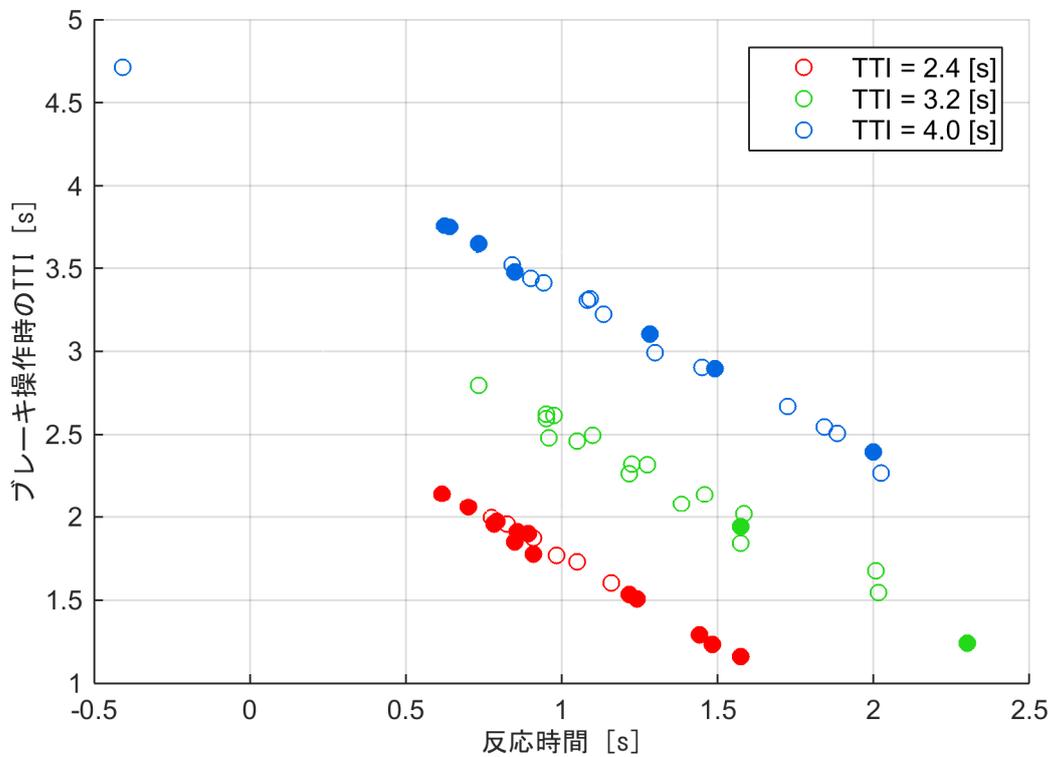


図 4-1-100 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差: なし) (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起)

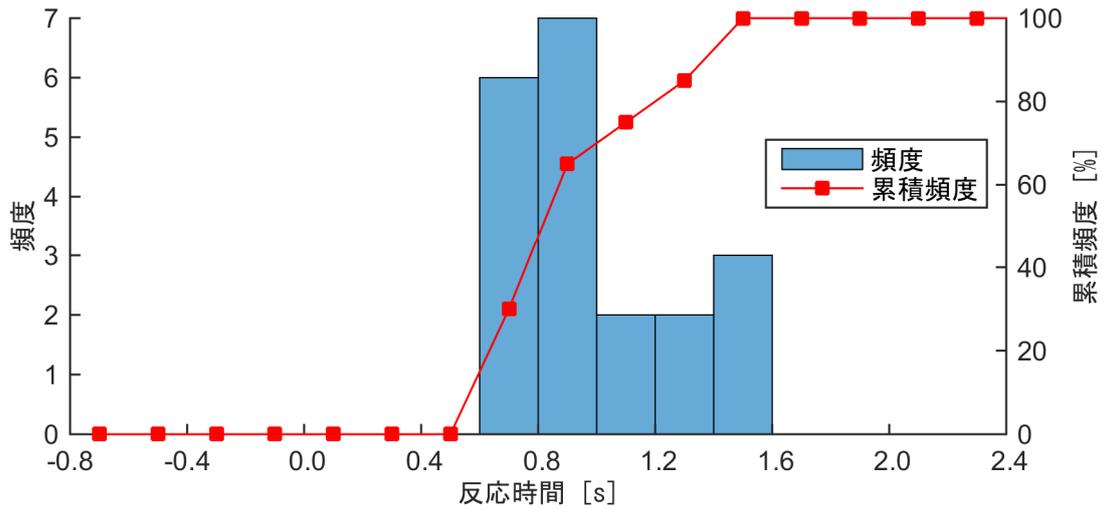


図 4-1-101 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

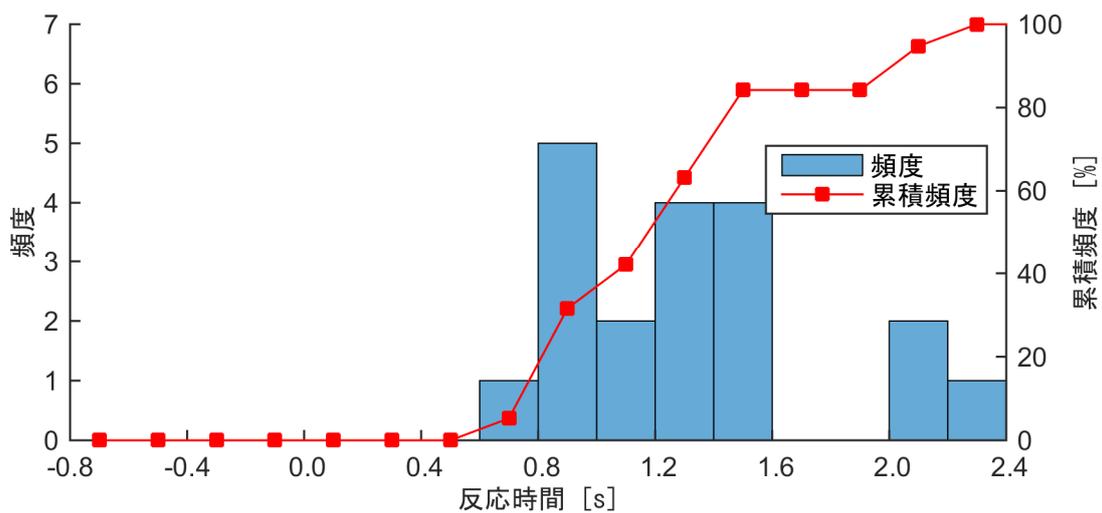


図 4-1-102 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=3.2[s]))

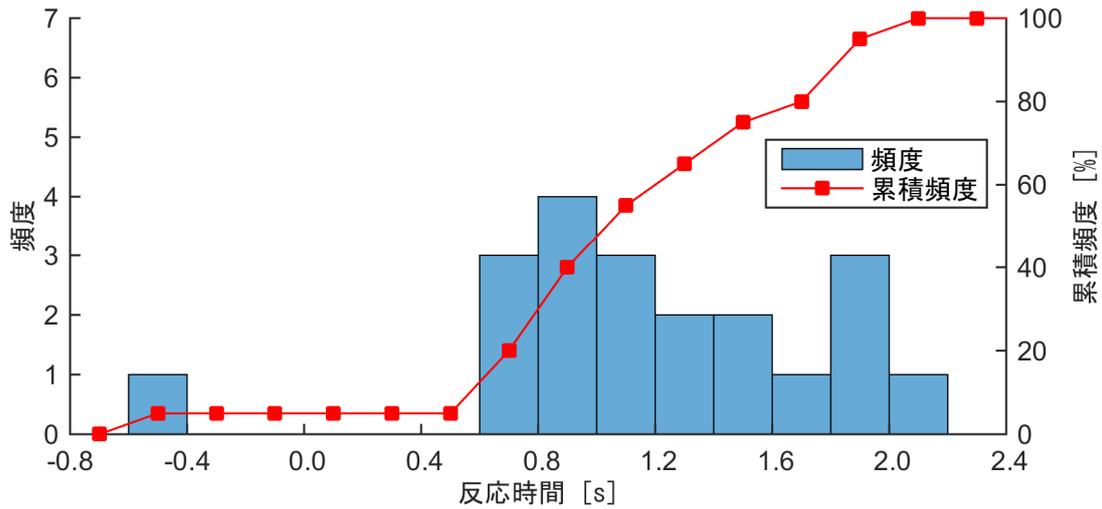


図 4-1-103 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

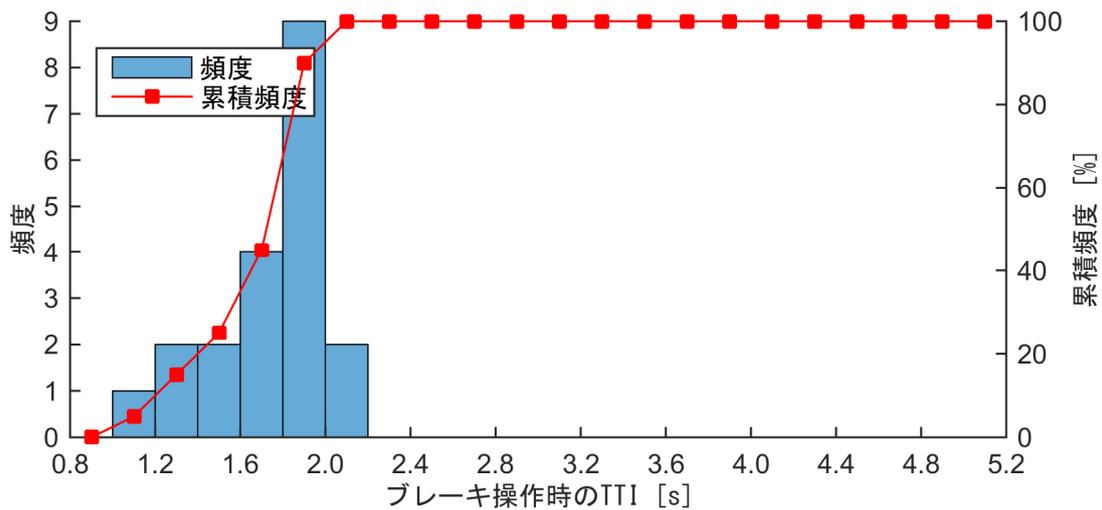


図 4-1-104 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=2.4[s]))

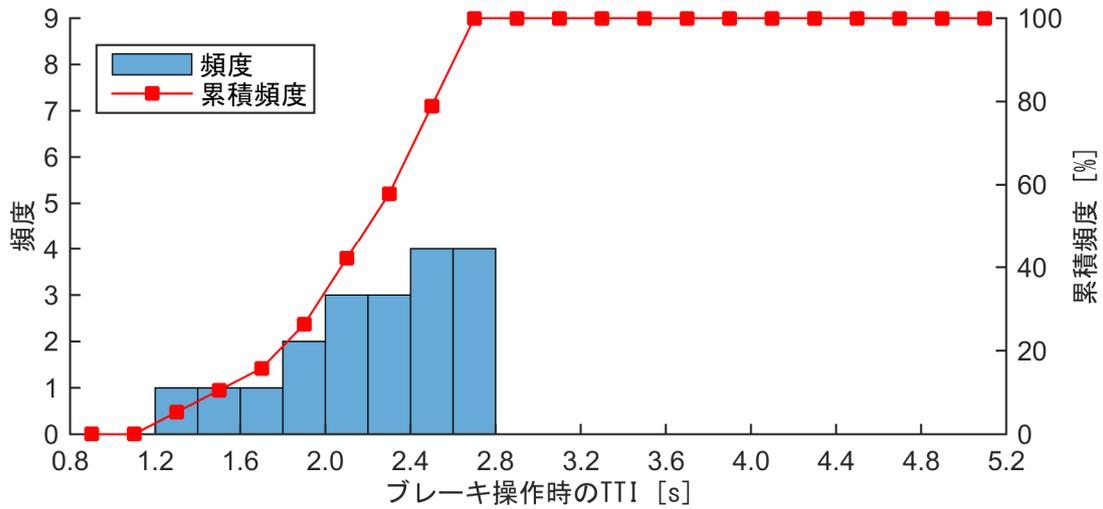


図 4-1-105 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=3.2[s]))

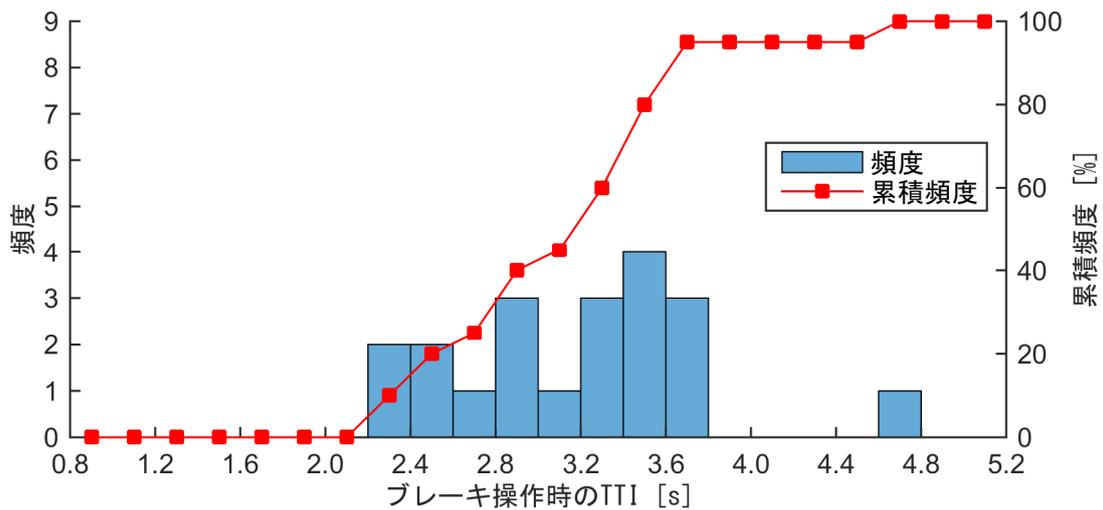


図 4-1-106 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=4.0[s]))

右折支援（前方から横断）

図 4-1-107 から図 4-1-109 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-110 から図 4-1-112 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-113 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-114、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-115 から図 4-1-117、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-118 から図 4-1-120 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した注意喚起の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、1.6[s]、2.4[s]、3.2[s]である。

図 4-1-113 より、作動タイミングに関する評価は、多くの実験参加者において TTI=3.2[s]がもっとも適切である結果となっている。また、支援の必要性に関してもばらつきはあるものの TTI=2.4[s]および TTI=3.2[s]が高い評価となっていた。付録に示したブレーキ操作時の TTI のヒストグラムを見ると、TTI=1.6[s]の場合は、ほとんどの実験参加者が注意喚起の支援が提示される前にブレーキ操作を行い、右折に備えていた。これにより、小さい TTI にて注意喚起を提示したことで評価結果が悪くなったものと考えられる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価から、右折支援（前方から横断）における注意喚起の作動タイミングは TTI=3.2[s]の方が適切であると考えられる。

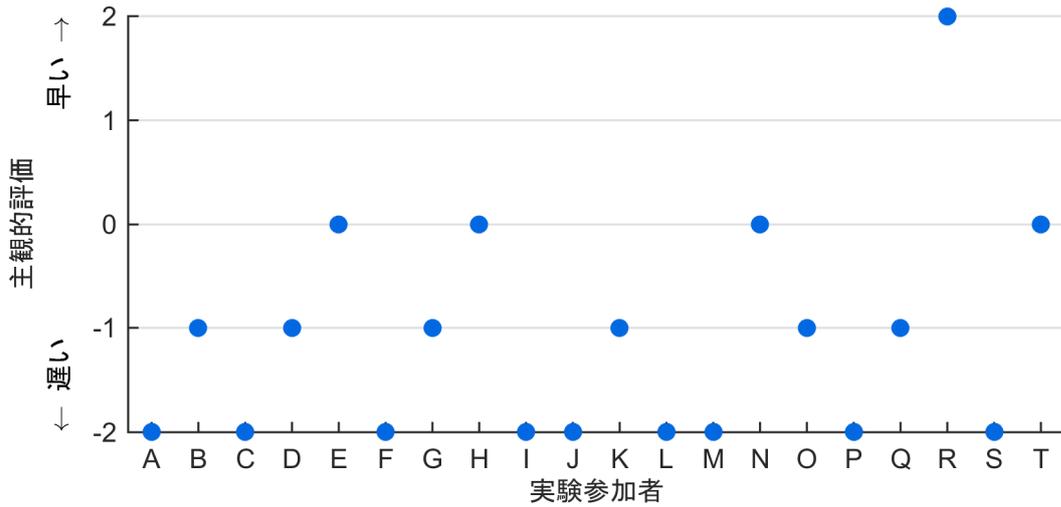


図 4-1-107 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI =1.6[s]）

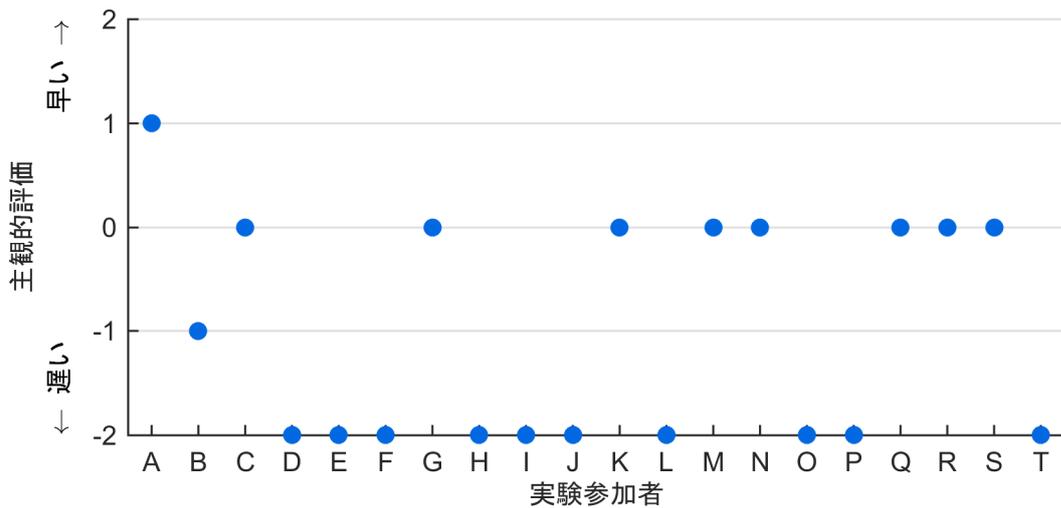


図 4-1-108 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI =2.4[s]）

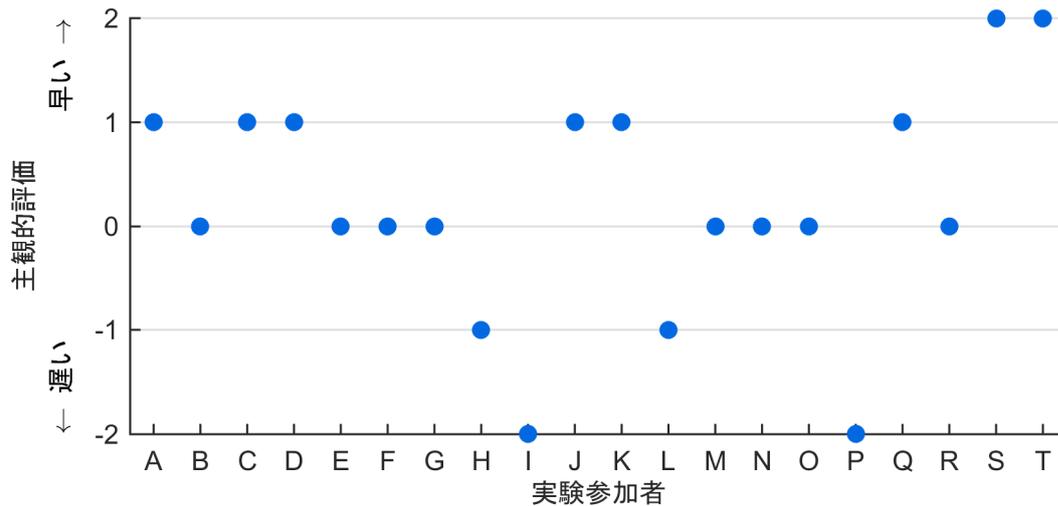


図 4-1-109 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI = 3.2[s]）

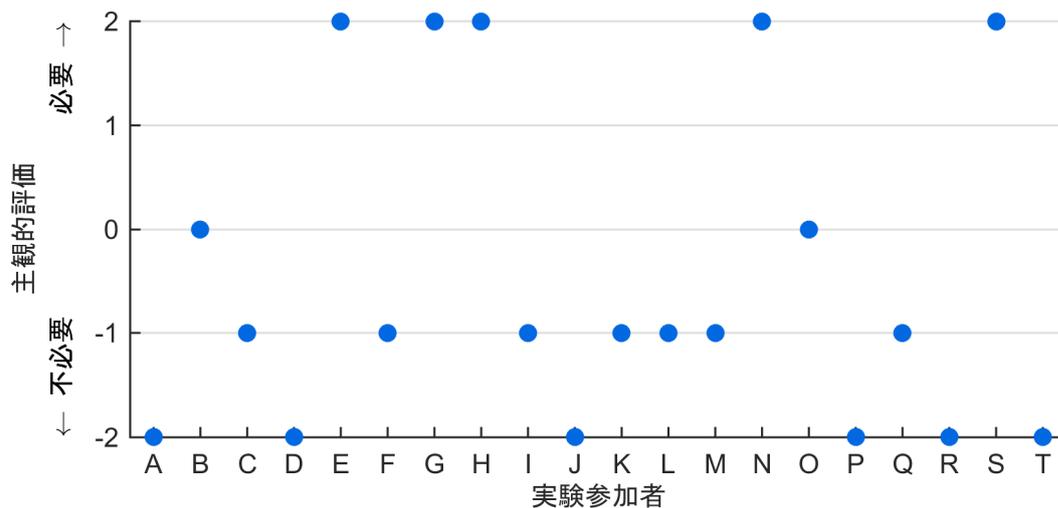


図 4-1-110 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI = 1.6[s]）

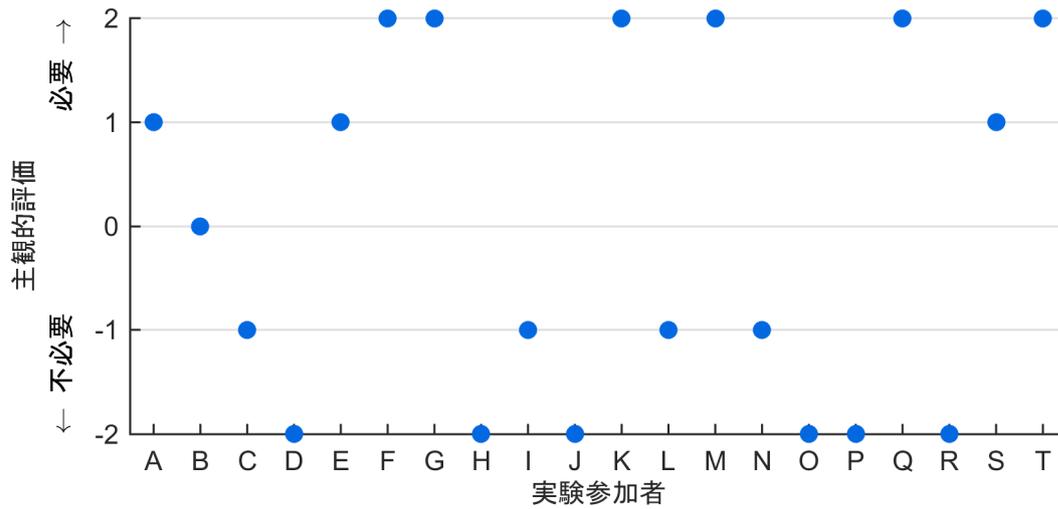


図 4-1-111 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI =2.4[s]）

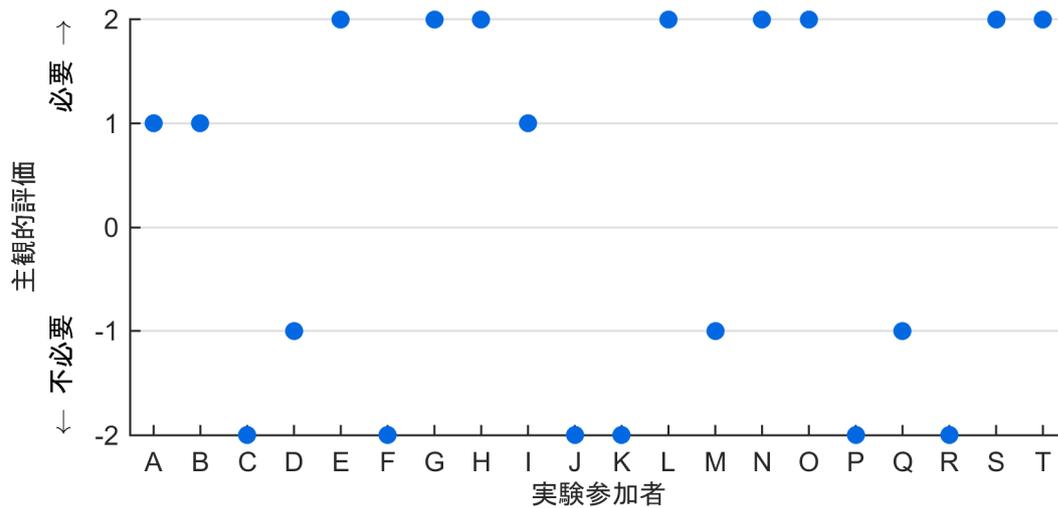


図 4-1-112 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI =3.2[s]）

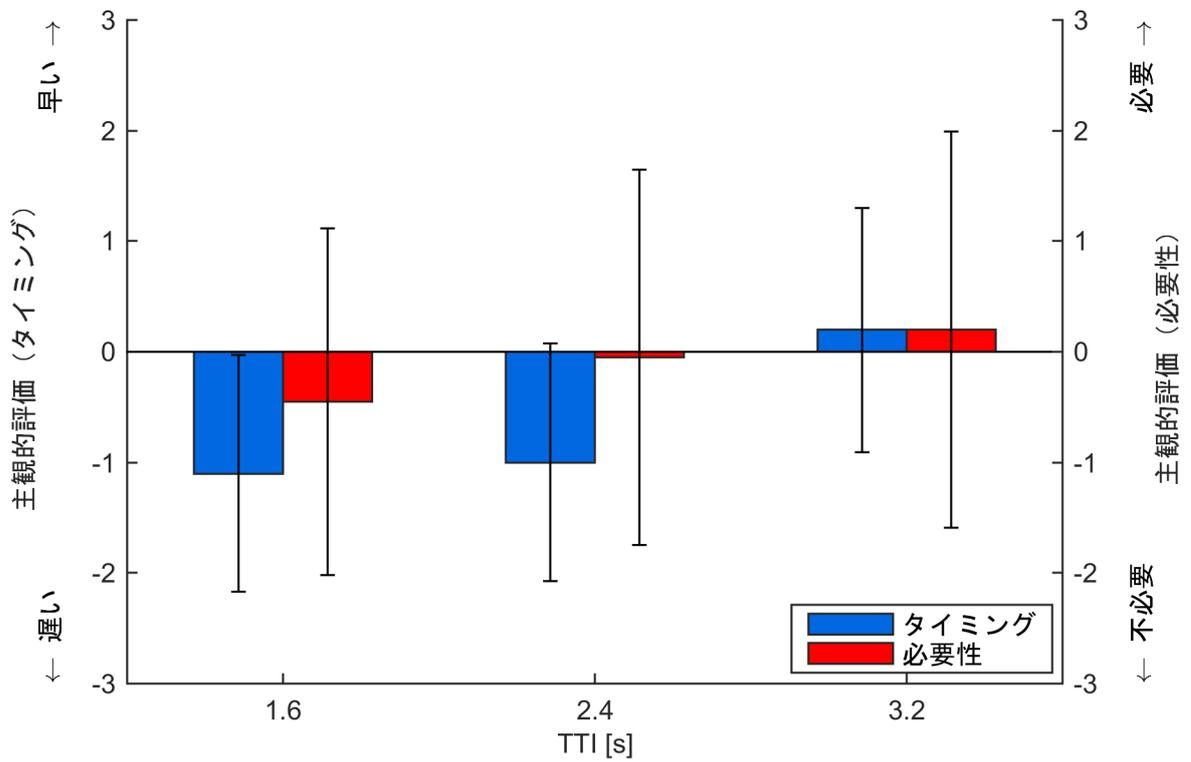


図 4-1-113 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
 (右折支援(前方から横断)における注意喚起)

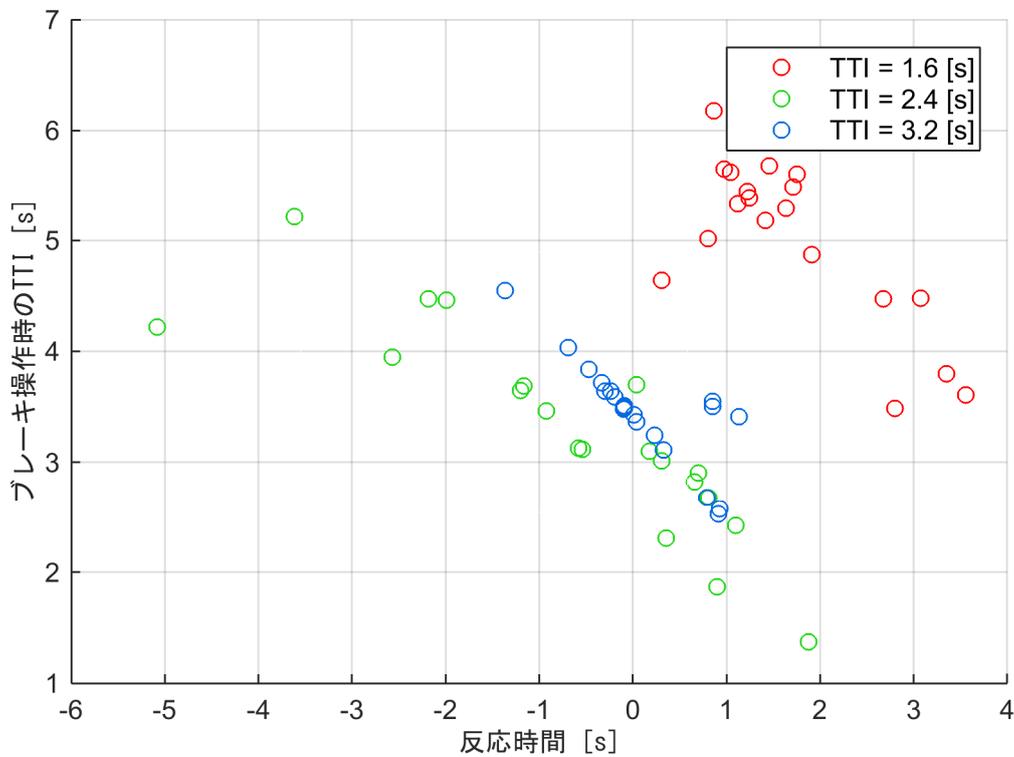


図 4-1-114 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援(前方から横断) 注意喚起)

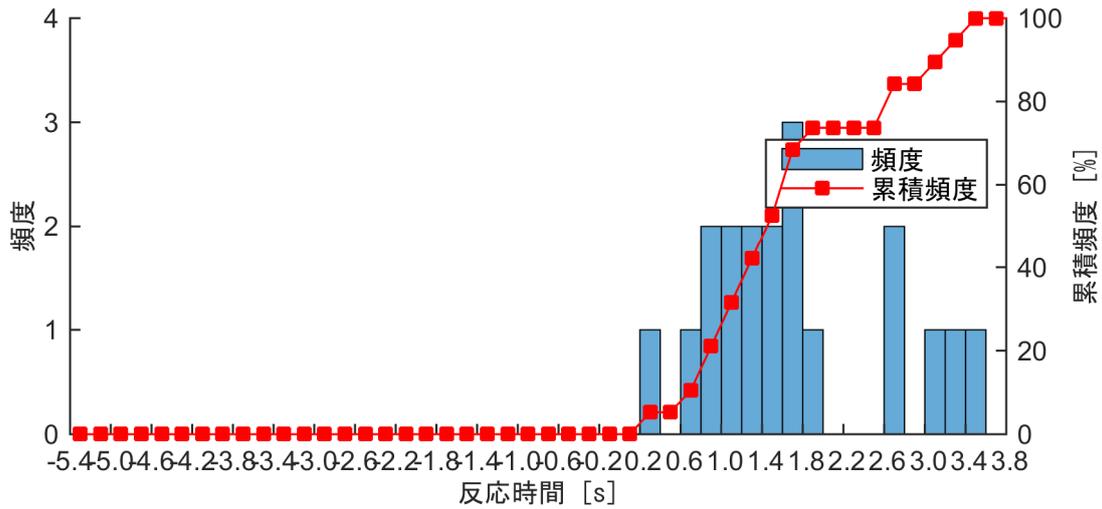


図 4-1-115 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI = 1.6[s]))

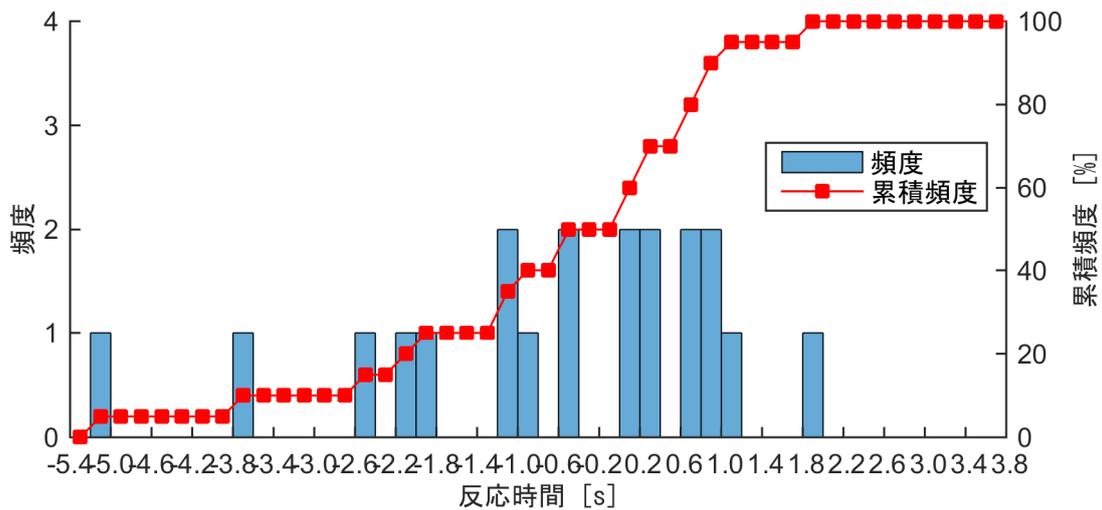


図 4-1-116 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI = 2.4[s]))

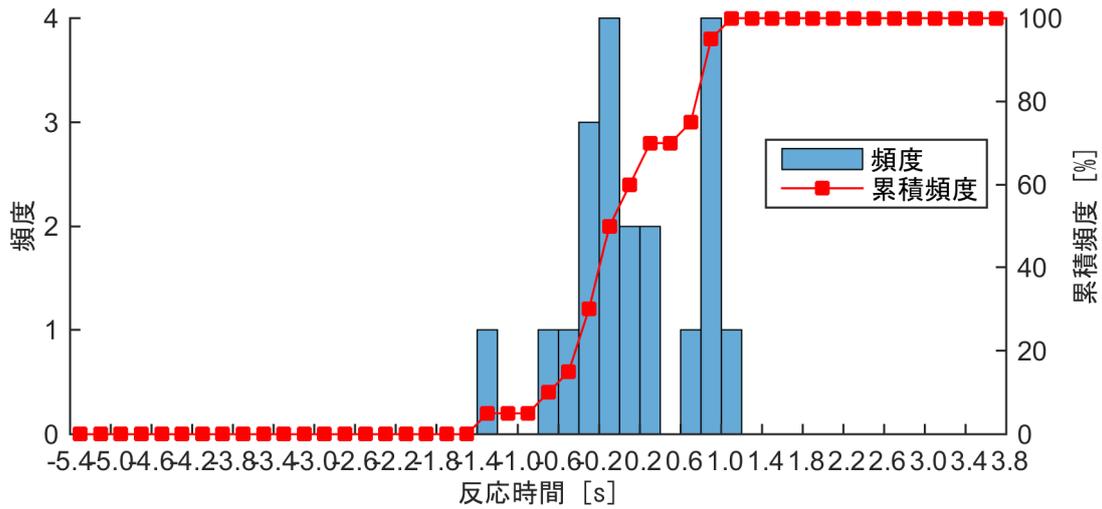


図 4-1-117 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI = 3.2[s]))

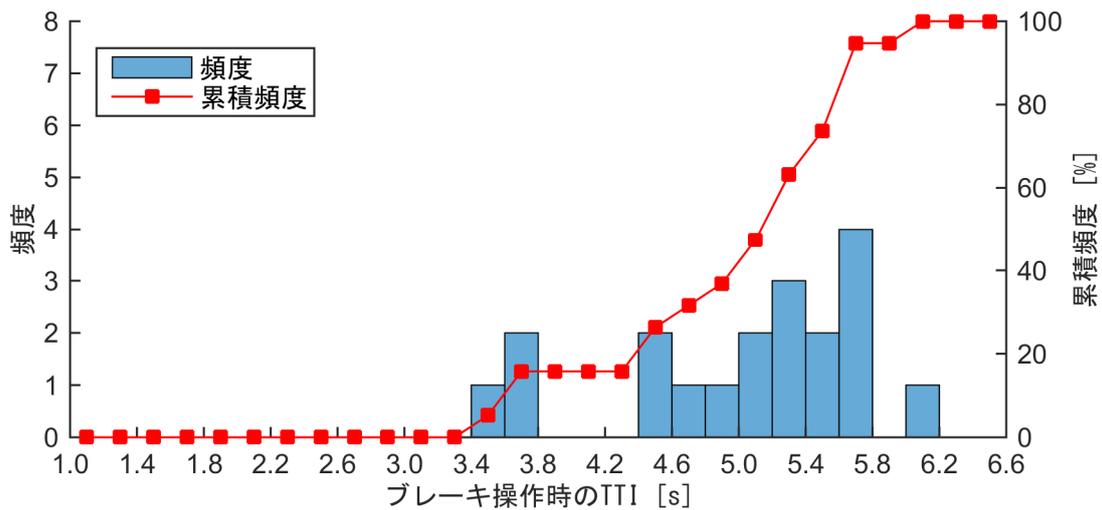


図 4-1-118 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI=1.6[s]))

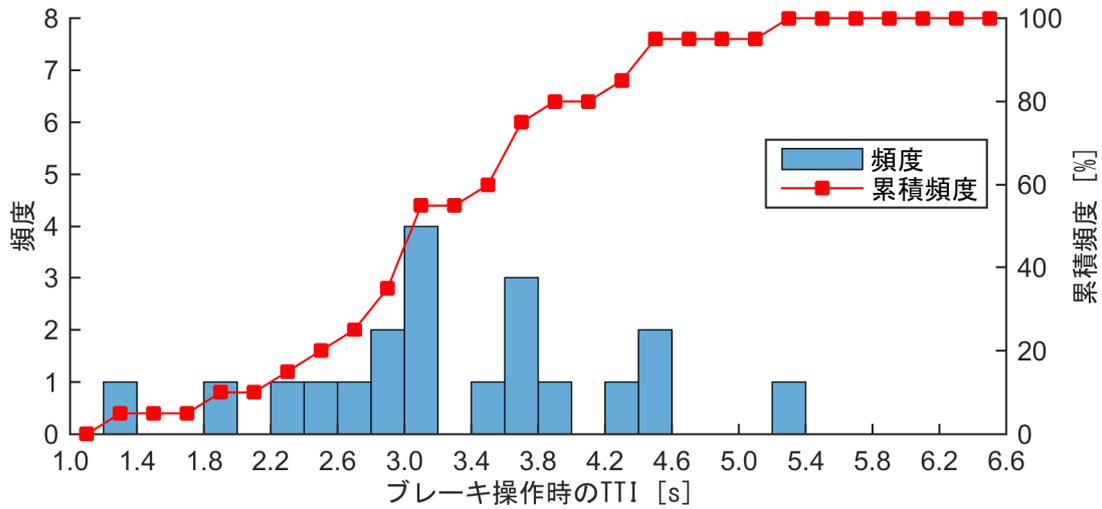


図 4-1-119 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

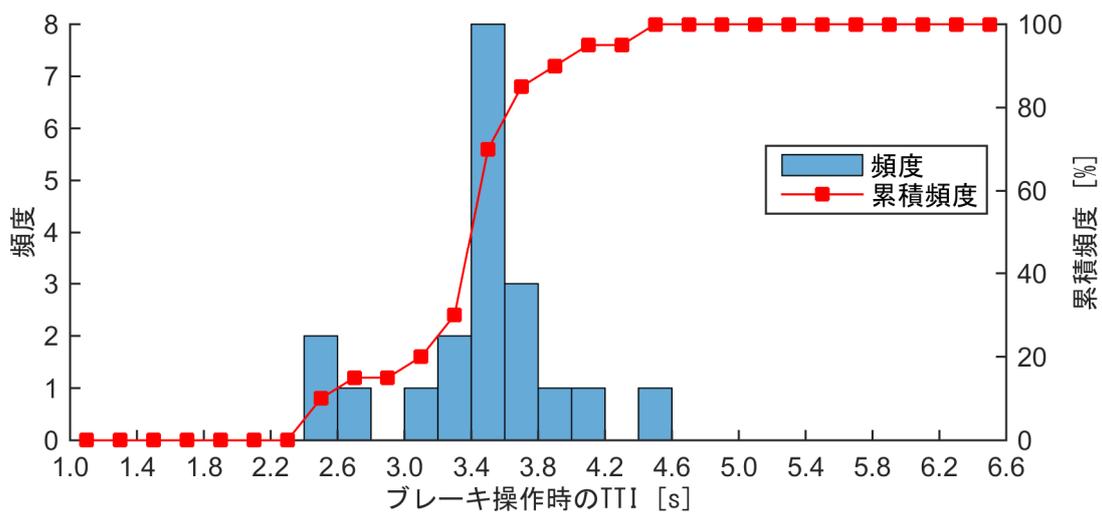


図 4-1-120 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI =3.2[s]))

右折支援（後方から横断）

図 4-1-121 から図 4-1-123 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-124 から図 4-1-126 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-127 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-128、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-129 から図 4-1-131、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-132 から図 4-1-134 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した注意喚起の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、1.6[s]、2.4[s]、3.2[s]である。

図 4-1-127 より、作動タイミングに関する評価は、TTI=2.4[s]の場合は半数の実験参加者が適切なタイミングであると評価しているが、実験参加者によっては作動タイミングが遅いと評価している。TTI=3.2[s]の場合は、半数の実験参加者が早いと評価しているが、遅いと評価する実験参加者はみられなかった。また、支援の必要性に関してもばらつきがあり、それぞれの実験パラメータにおいて区別を有する結果になっていない。図 4-1-129 から図 4-1-131 に示したブレーキ操作時の TTI のヒストグラムを見ると、TTI=1.6[s]および TTI=2.4[s]の場合は同様の傾向を示しており、TTI=3.2[s]の場合は、注意喚起により他の実験パラメータよりも早くブレーキ操作を行っているものと考えられる。

以上の結果より、作動タイミングおよび必要性の評価から、交差点右折支援（後方からの横断）における注意喚起の作動タイミングは、実験参加者のブレーキ操作のタイミングの観点から TTI=3.2[s]の方が安全に寄与すると考えられる。

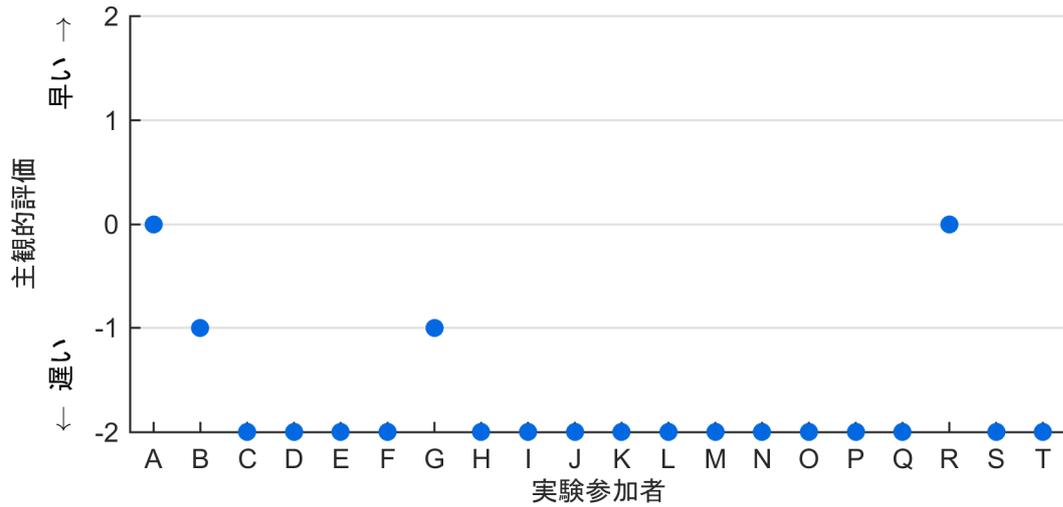


図 4-1-121 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI =1.6[s]）

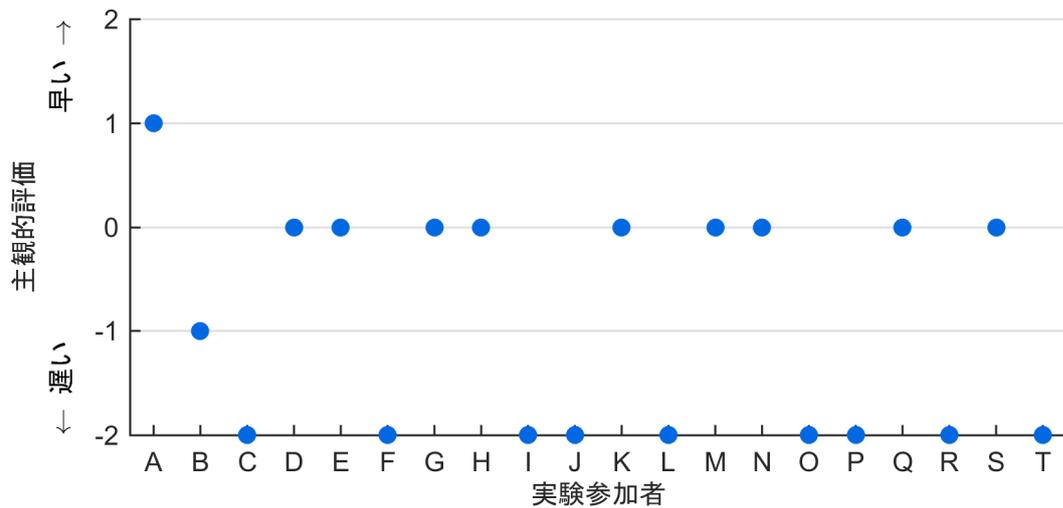


図 4-1-122 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI =2.4[s]）

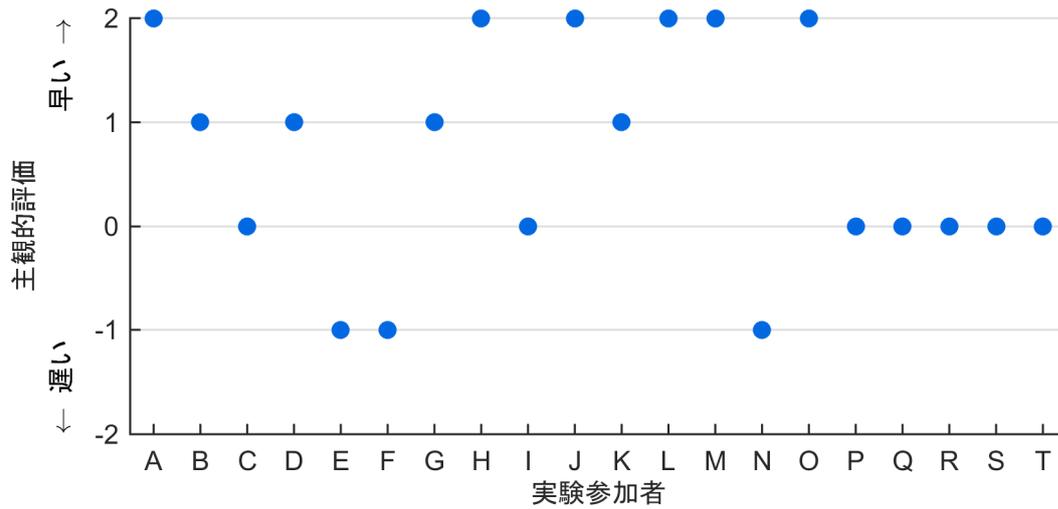


図 4-1-123 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI =3.2[s]）

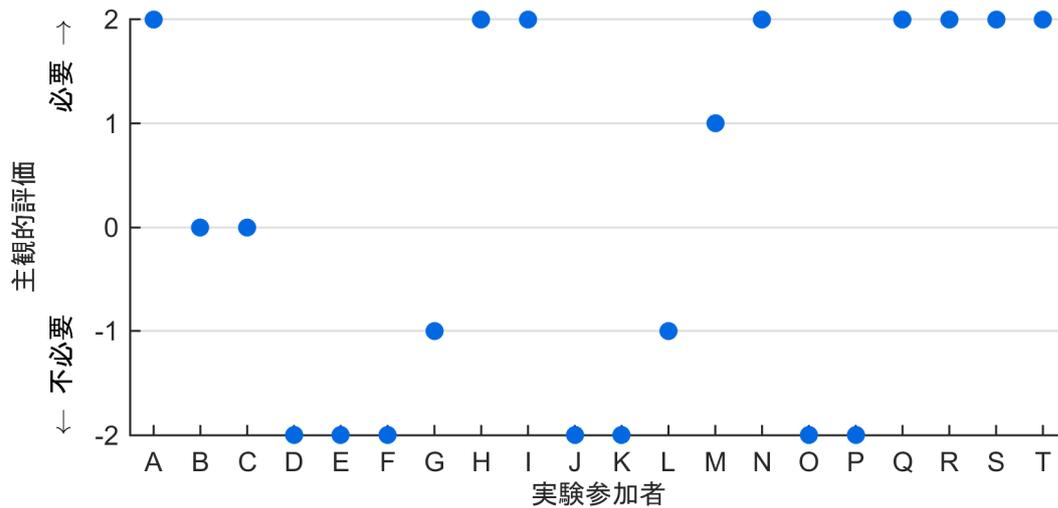


図 4-1-124 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI =1.6[s]）

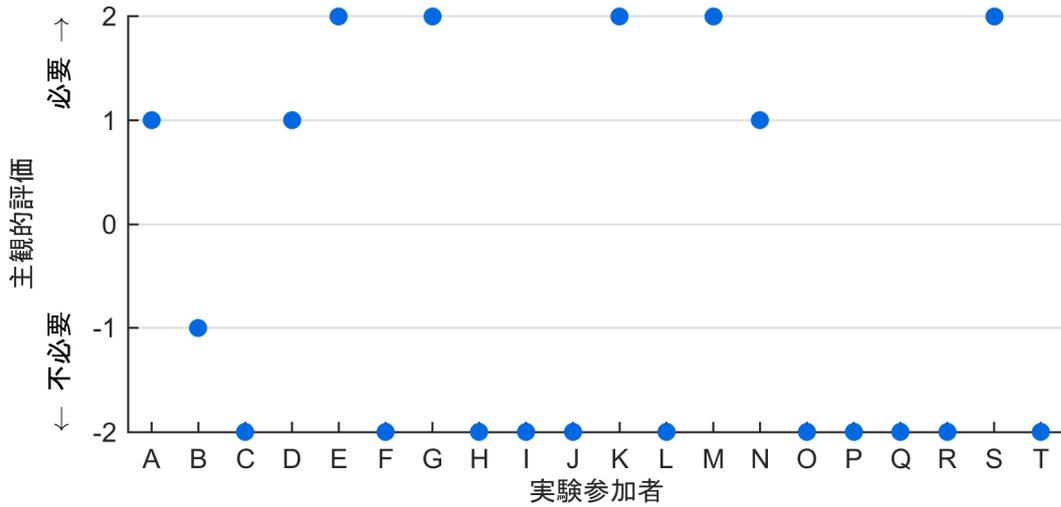


図 4-1-125 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI =2.4[s]）

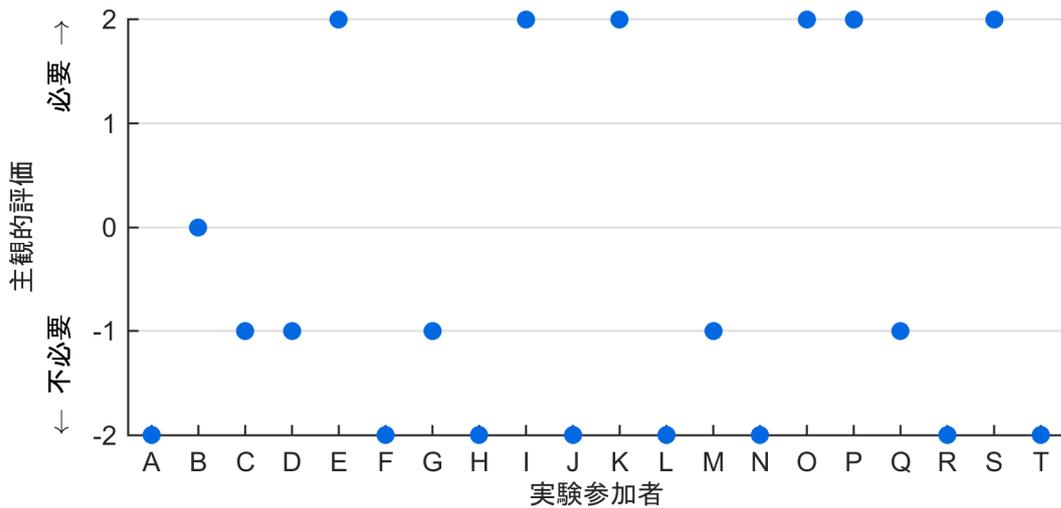


図 4-1-126 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=3.2[s]）

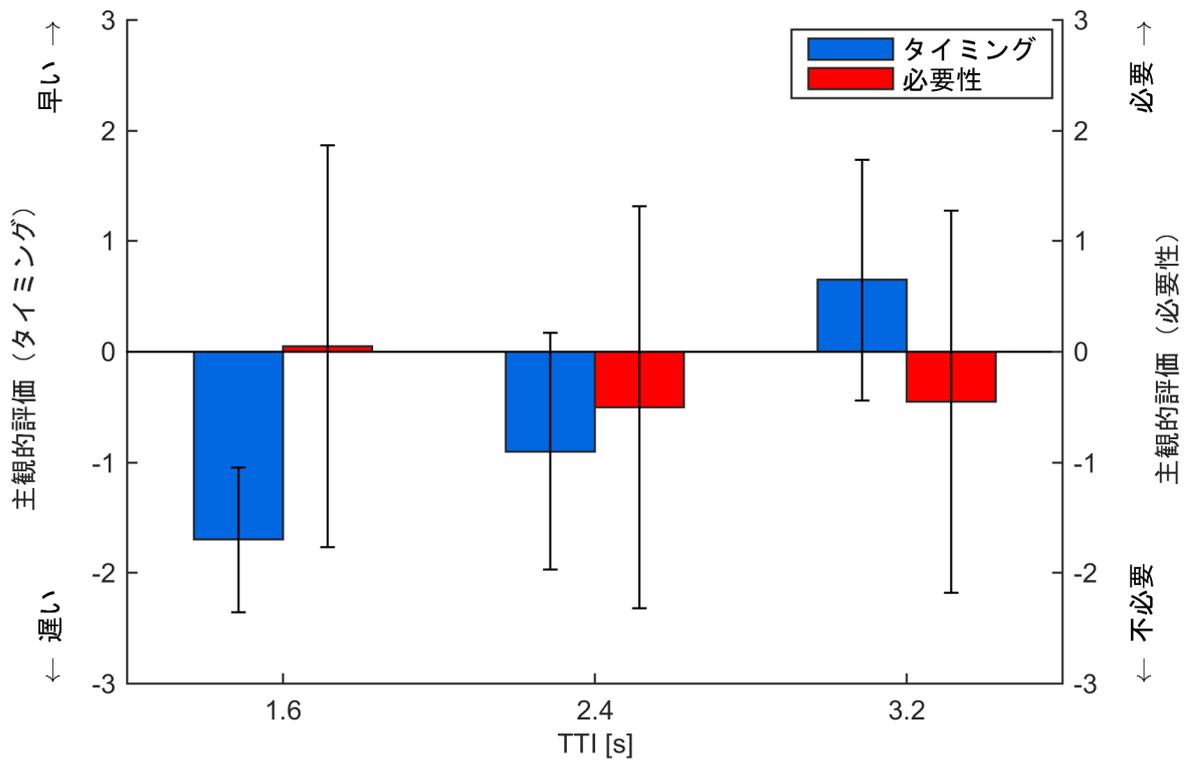


図 4-1-127 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(右折支援(後方から横断)における注意喚起)

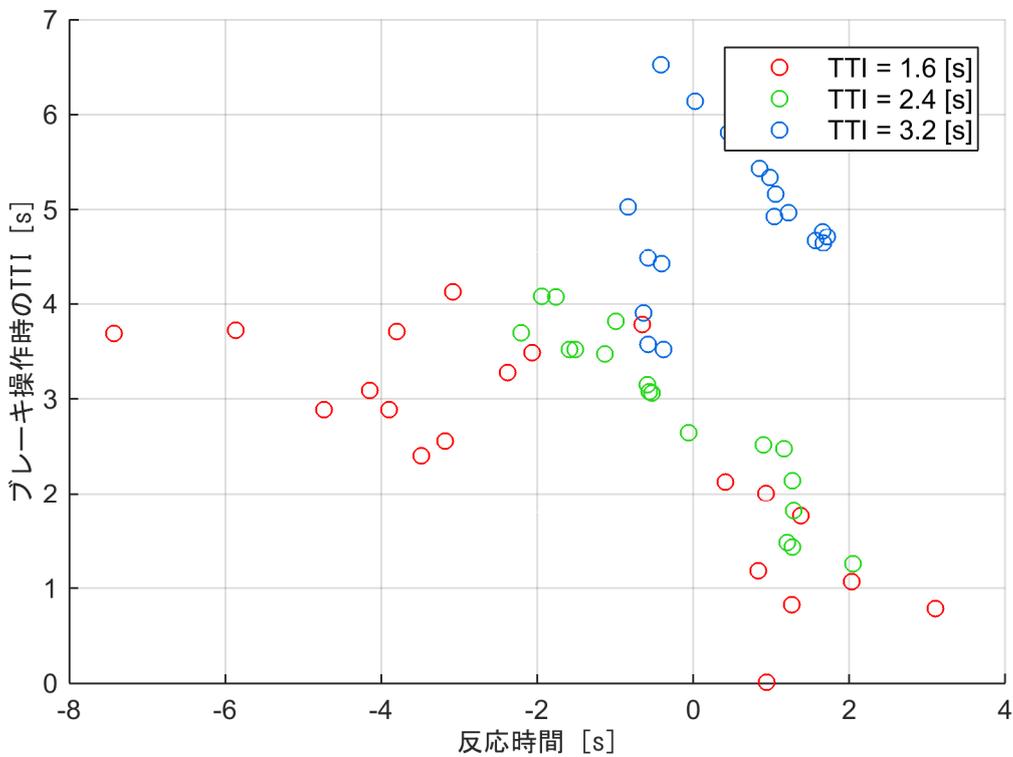


図 4-1-128 反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (位置測位の誤差: なし)
(右折支援(後方から横断) 注意喚起)

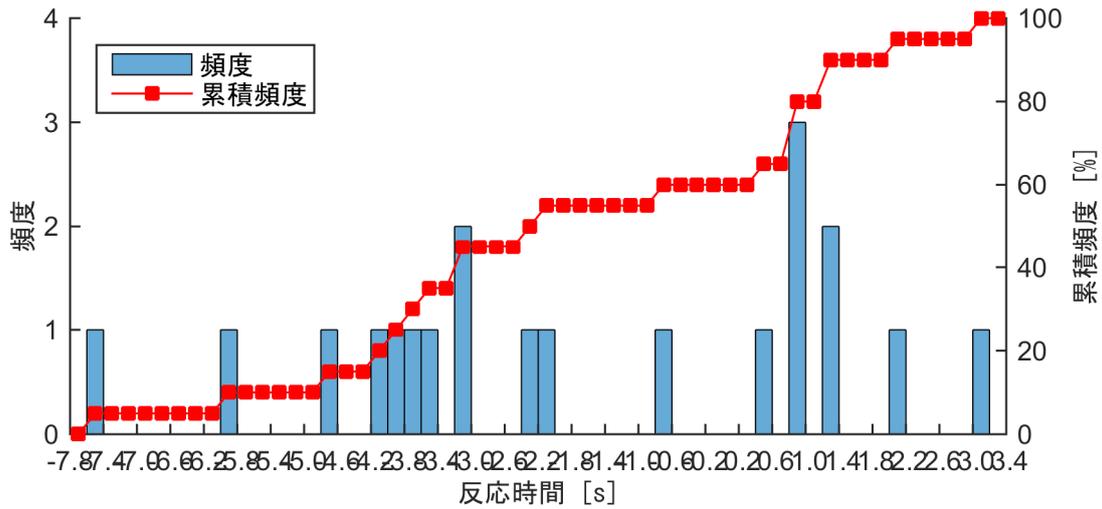


図 4-1-129 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 注意喚起 (TTI=1.6[s]))

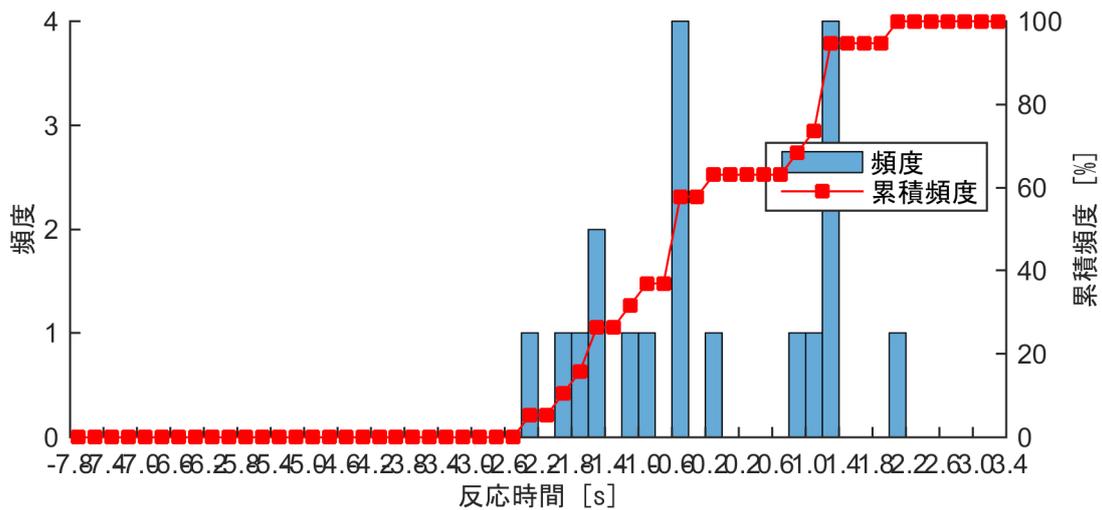


図 4-1-130 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

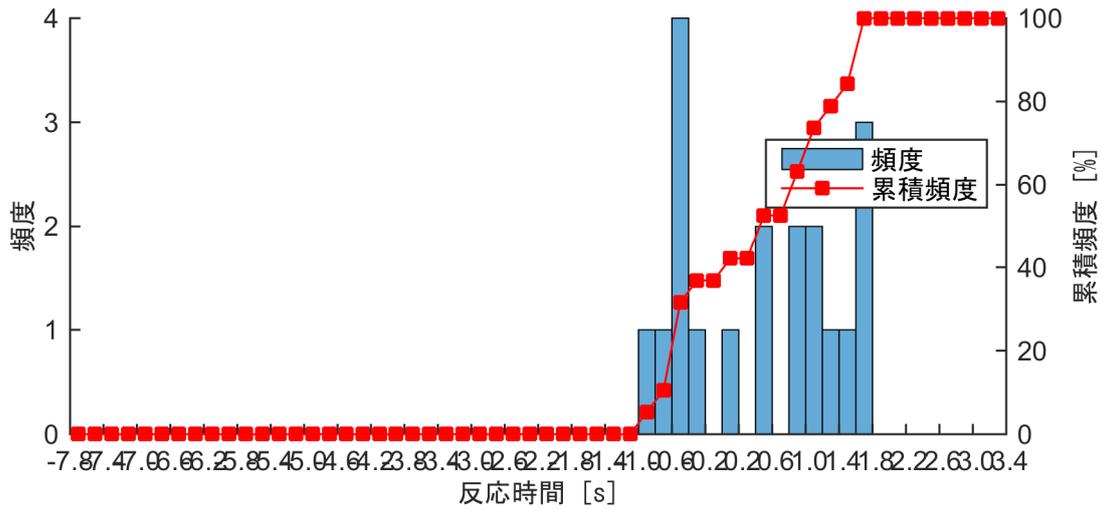


図 4-1-131 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

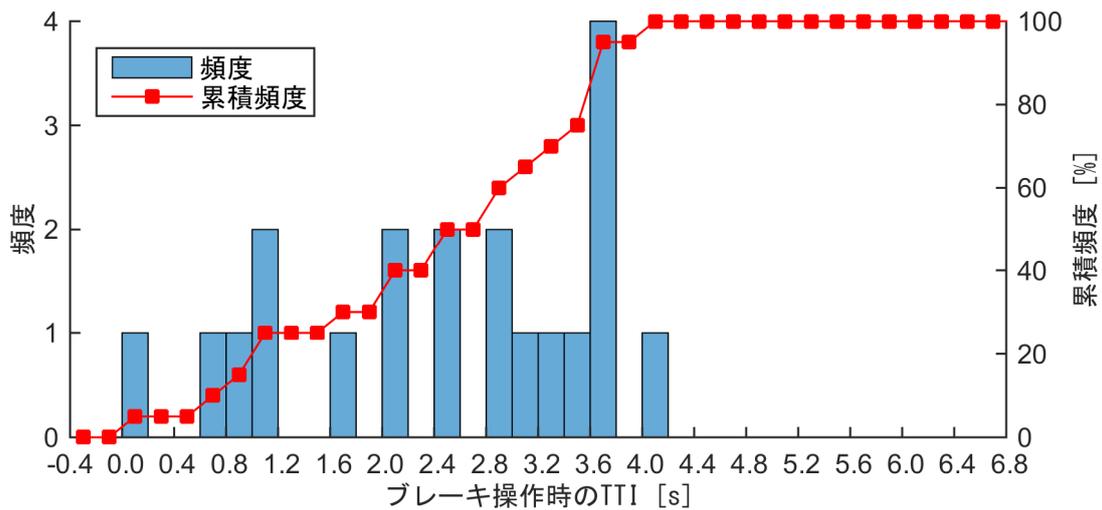


図 4-1-132 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=1.6[s]))

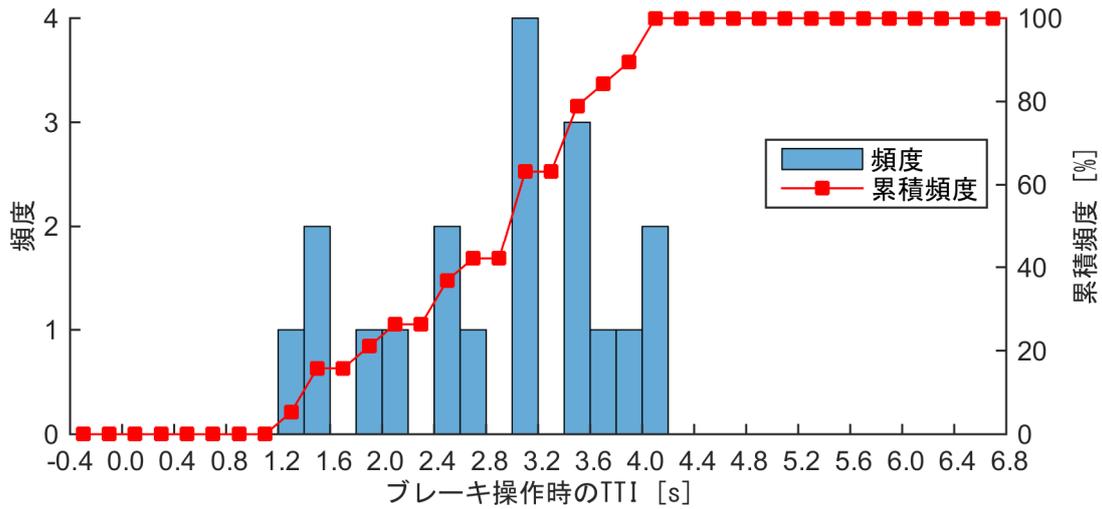


図 4-1-133 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=2.4[s]))

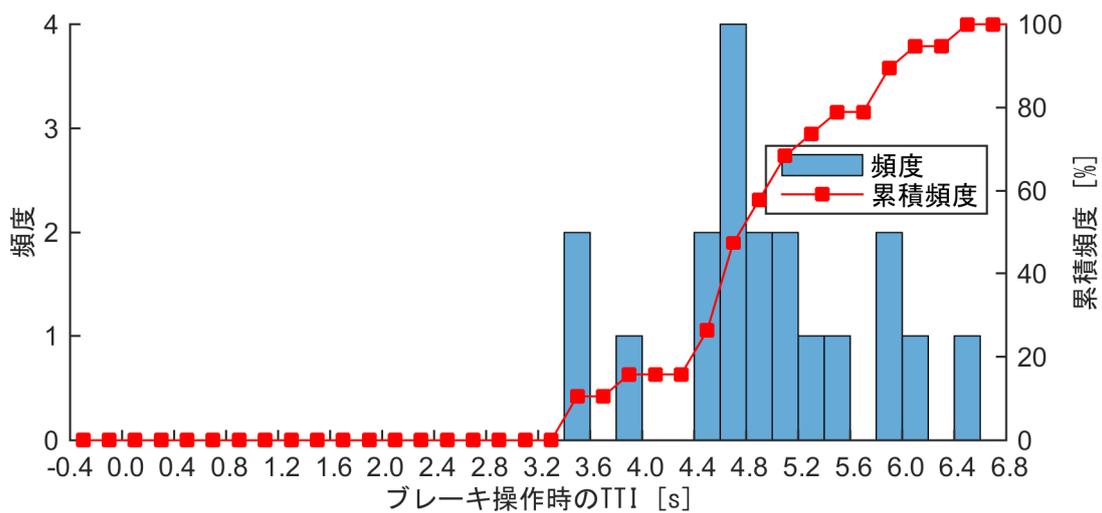


図 4-1-134 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI=3.2[s]))

(3) 警報

単路直進支援（左から横断）

図 4-1-135 から図 4-1-137 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-138 から図 4-1-140 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-141 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-142、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-143 から図 4-1-145、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-146 から図 4-1-148 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した警報の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-1-141 より、支援システムの作動タイミングに関する評価は、TTC が大きくなると、支援タイミングが遅い評価から適切へと変化している。また、支援システムの必要性に関する評価では、TTC が大きくなると、必要へと変化することが示されている。

また、図 4-1-142 において、ブレーキ操作時の TTC の分布を見てみると、TTC が大きくなるとブレーキ操作時の TTC が大きくなる傾向がある。これは、ドライバへの警報の提示により、ドライバが警報後にブレーキ操作を行うことにより、歩行者との衝突回避するための操作が早期に開始できたことを示している。

以上の結果より、単路直進支援（左から横断）における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTC=2.0[s]が適切であると考えられる。

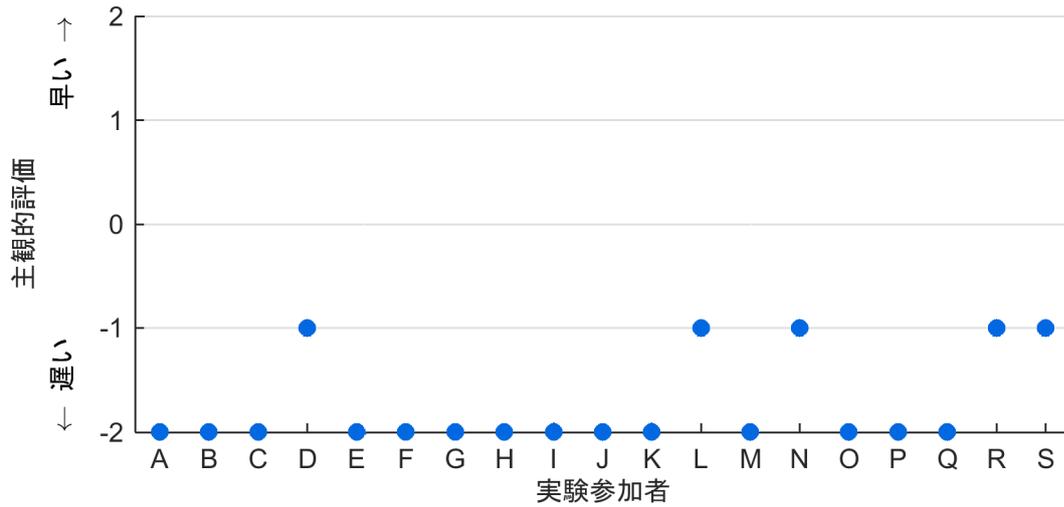


図 4-1-135 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

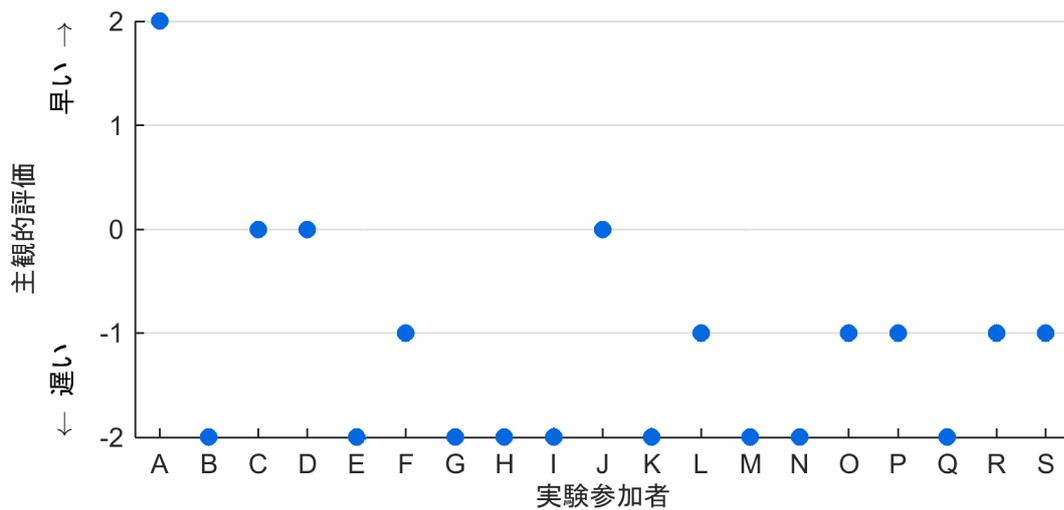


図 4-1-136 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=1.4[s]）

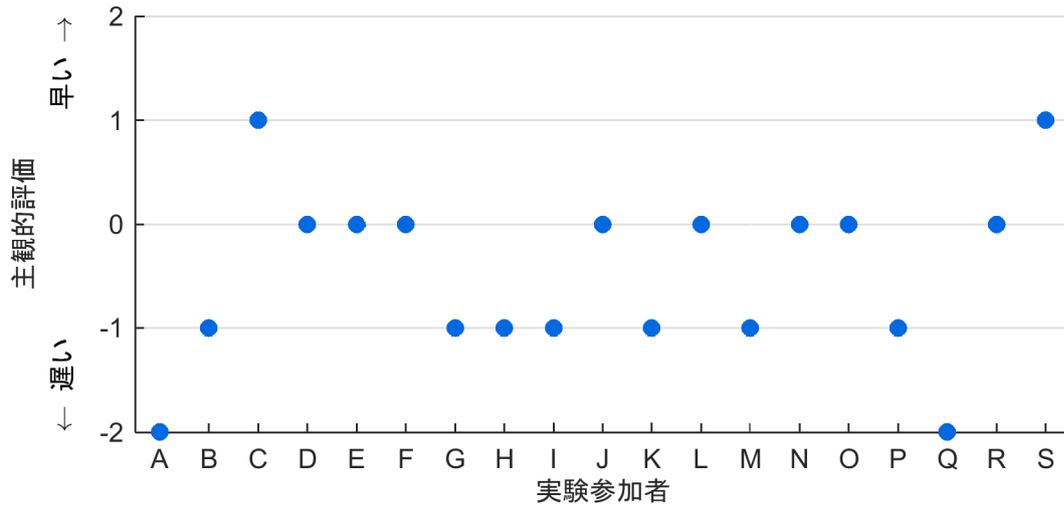


図 4-1-137 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=2.0[s]))

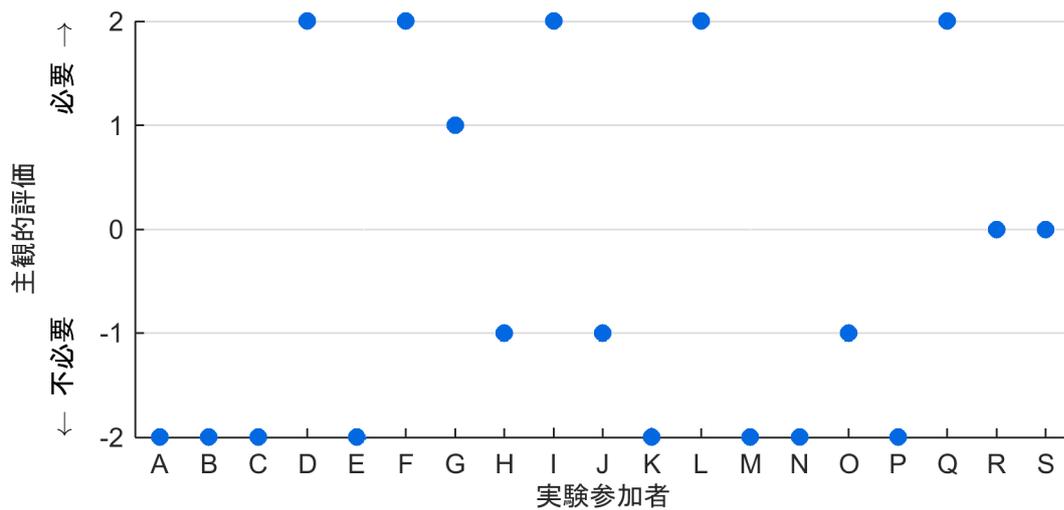


図 4-1-138 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

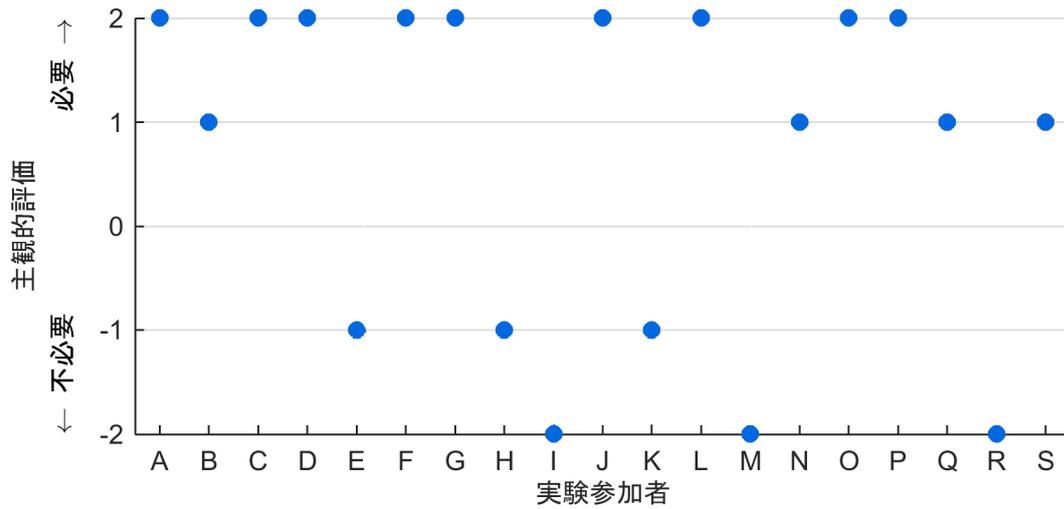


図 4-1-139 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=1.4[s]）

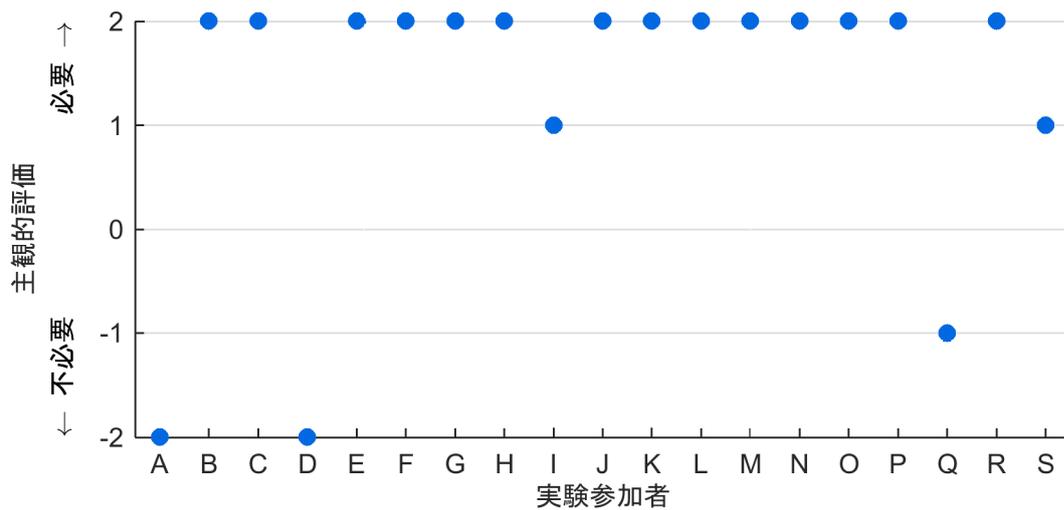


図 4-1-140 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=2.0[s]）

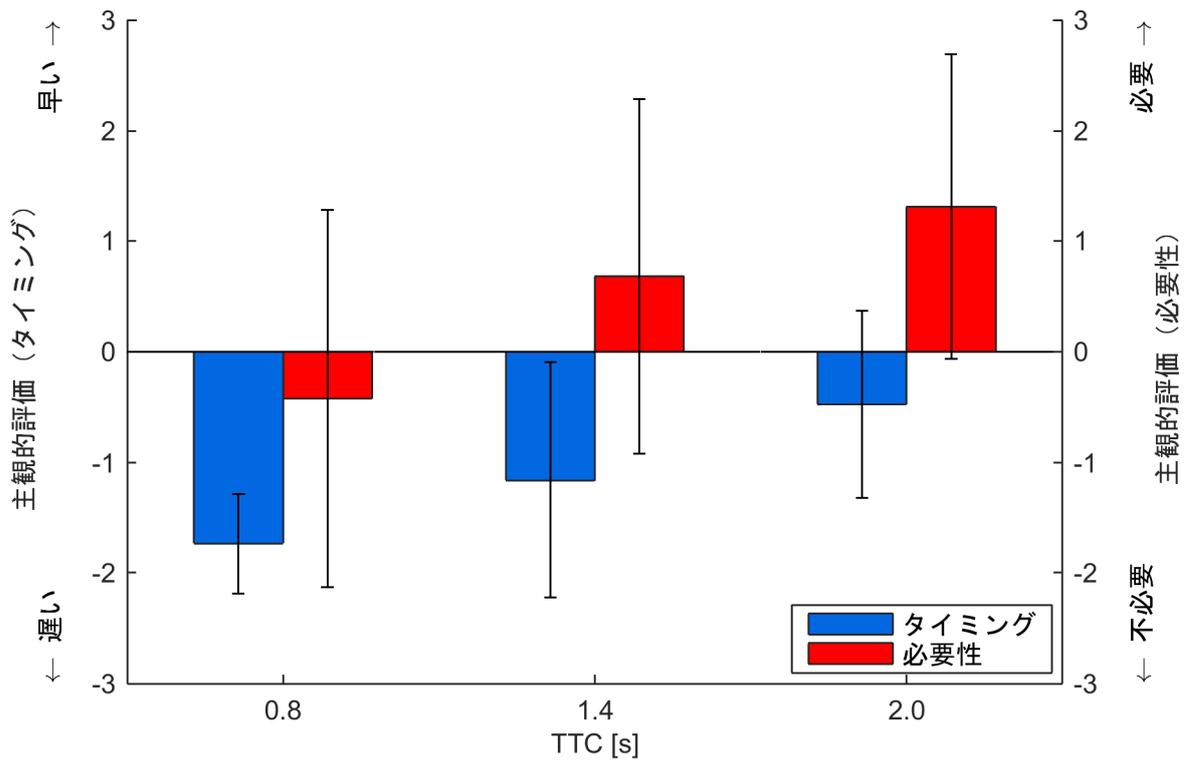


図 4-1-141 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(単路直進支援 (左から横断) における警報)

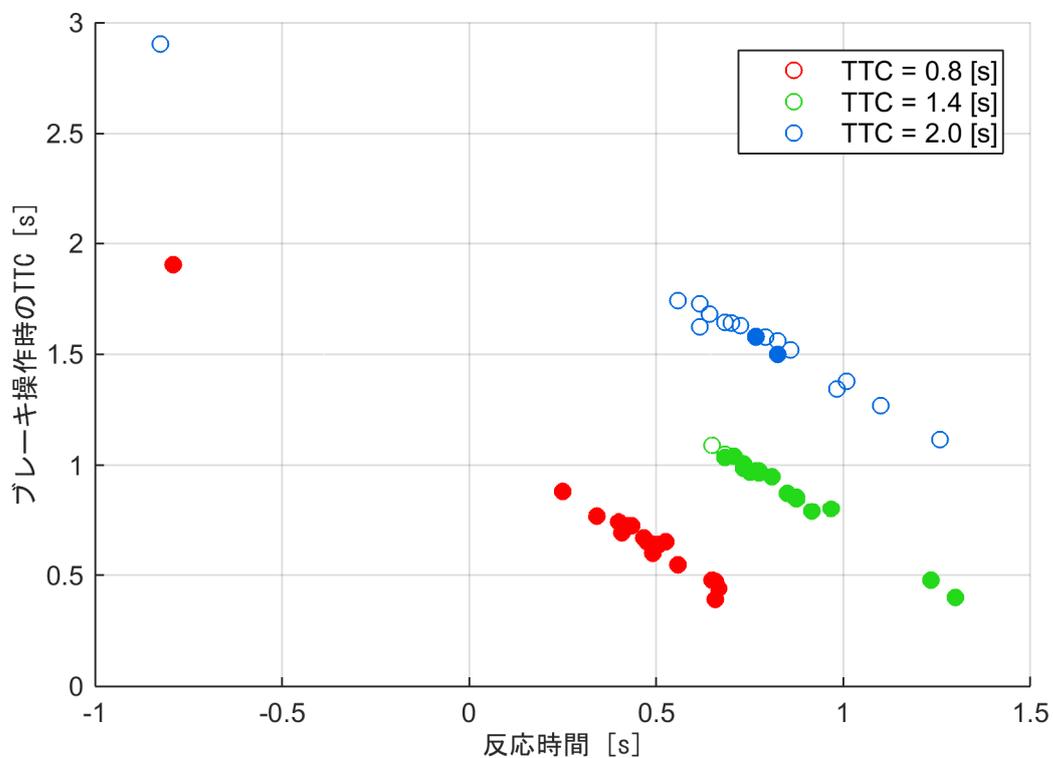


図 4-1-142 警報提示後のドライバーの反応時間とブレーキ操作時の TTC の関係
(単路直進支援 (左から横断) における警報)

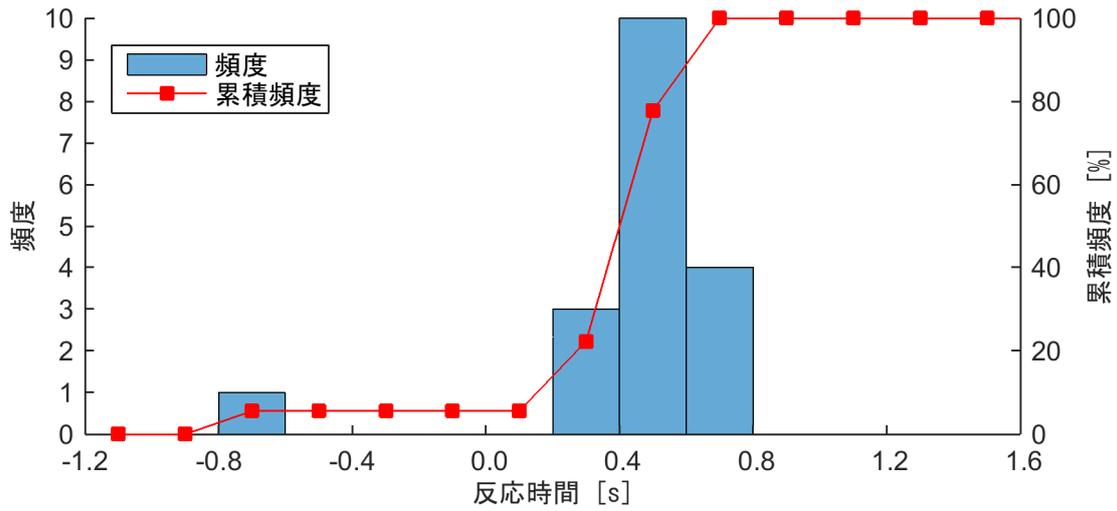


図 4-1-143 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

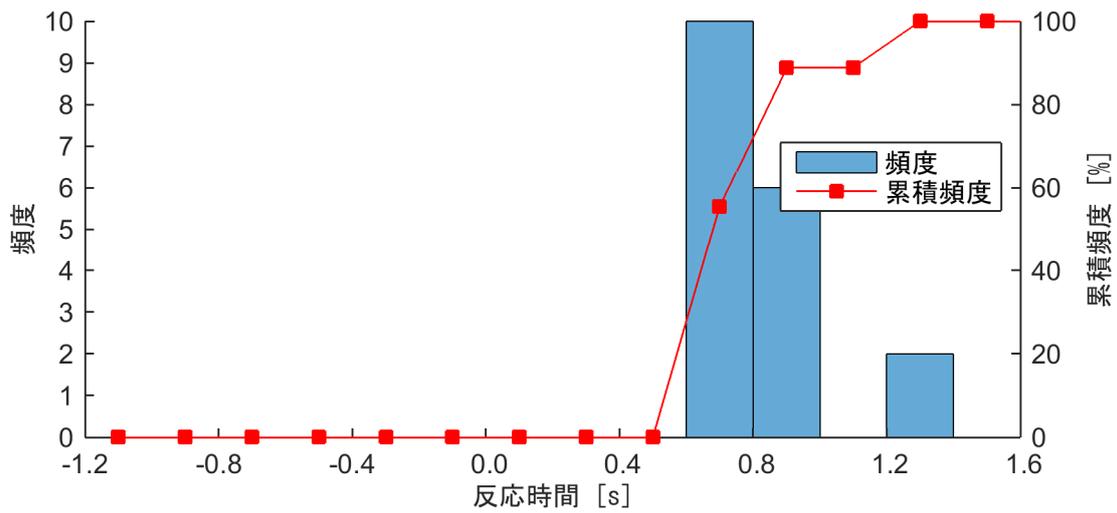


図 4-1-144 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=1.4[s]))

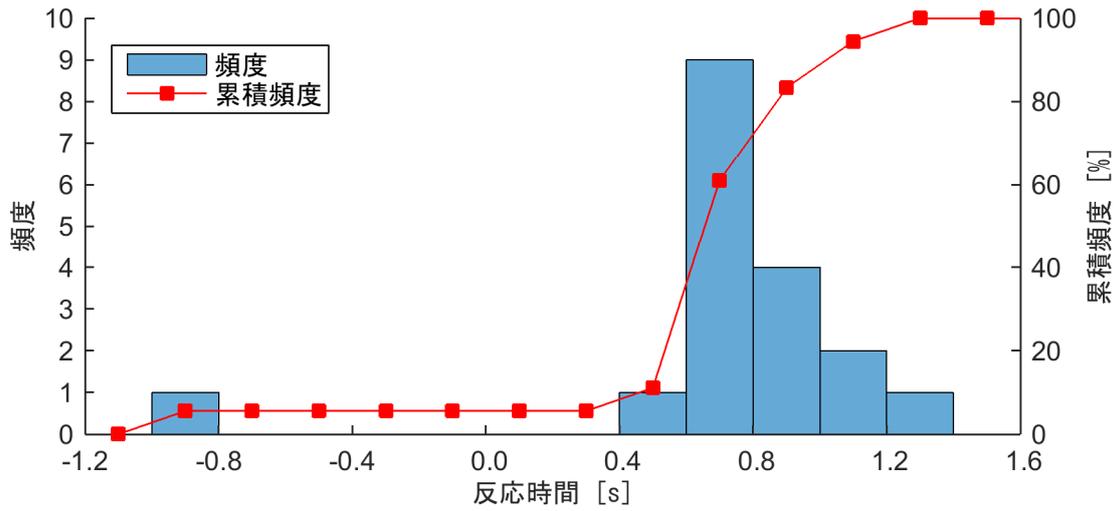


図 4-1-145 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=2.0[s]))

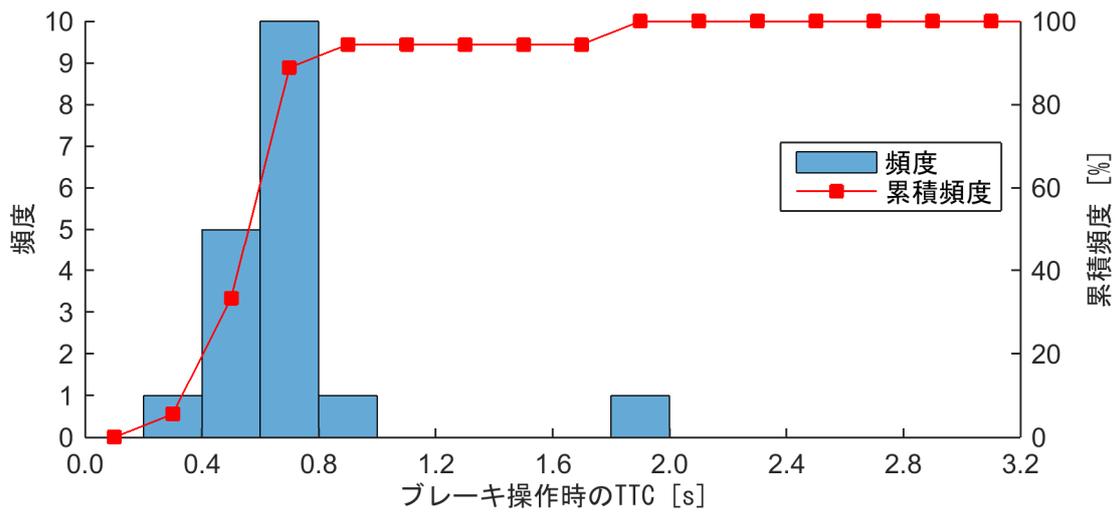


図 4-1-146 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

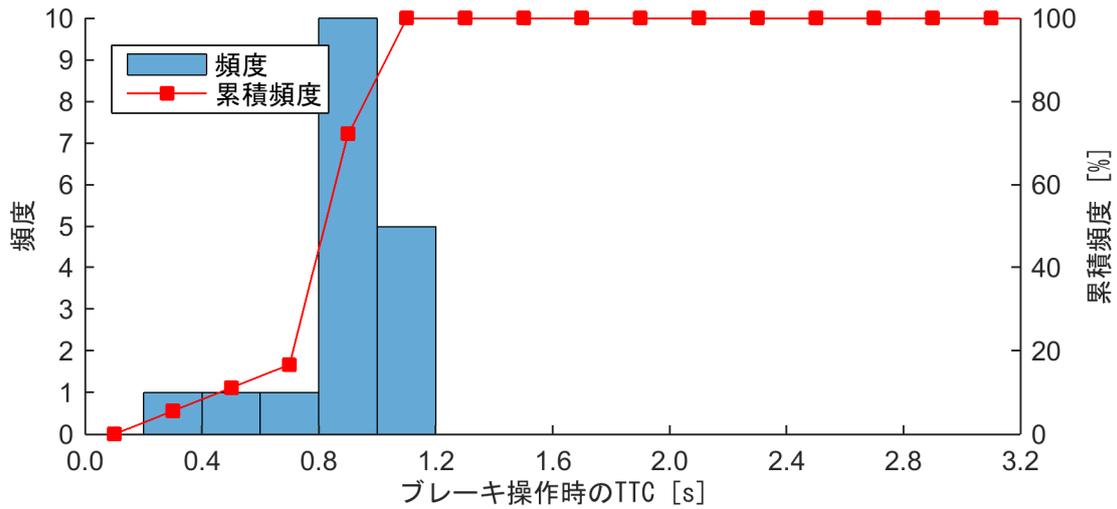


図 4-1-147 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=1.4[s]))

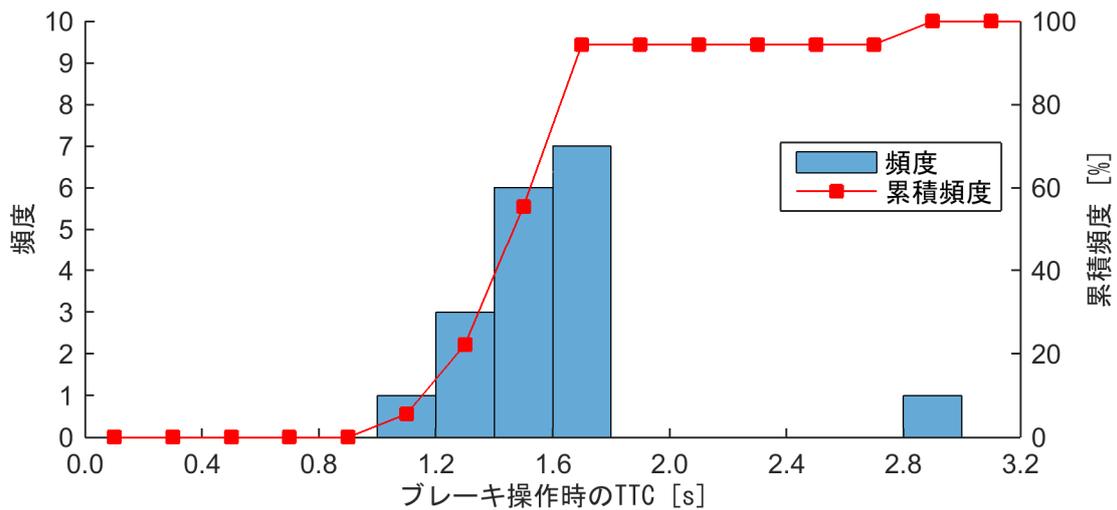


図 4-1-148 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=2.0[s]))

単路直進支援（右から横断）

図 4-1-149 から図 4-1-151 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-152 から図 4-1-154 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-155 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-156、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-157 から図 4-1-159、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-160 から図 4-1-162 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した警報の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTC: Time To Collision）において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-1-155 より、支援システムの作動タイミングに関する評価は、TTC が大きくなると、支援タイミングが遅い評価から適切へと変化している。また、支援システムの必要性に関する評価では、TTC が大きくなると、必要へと変化することが示されている。この傾向は、単路直進支援（右から横断）と同じ傾向であった。

また、図 4-1-156 において、ブレーキ操作時の TTC の分布を見てみると、TTC が大きくなるとブレーキ操作時の TTC が大きくなる傾向がある。この傾向についても単路直進支援（右から横断）と同じであった。

以上の結果より、単路直進支援（右から横断）における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTC=2.0[s]が適切であると考えられる。

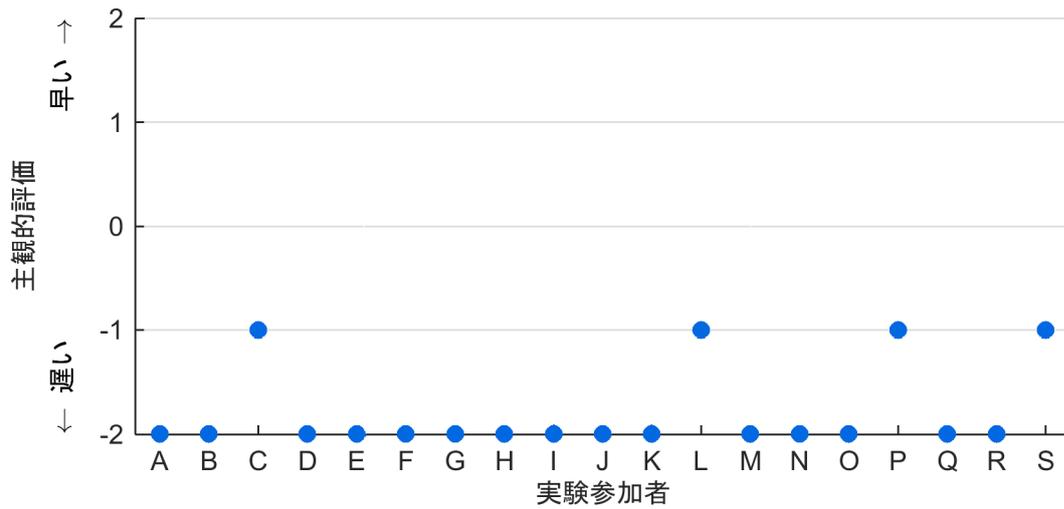


図 4-1-149 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

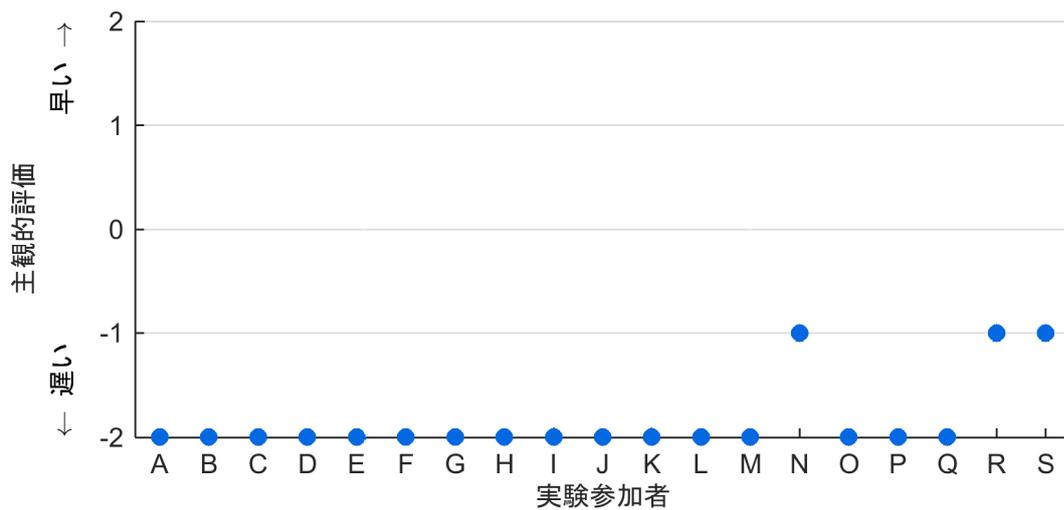


図 4-1-150 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=1.4[s]))

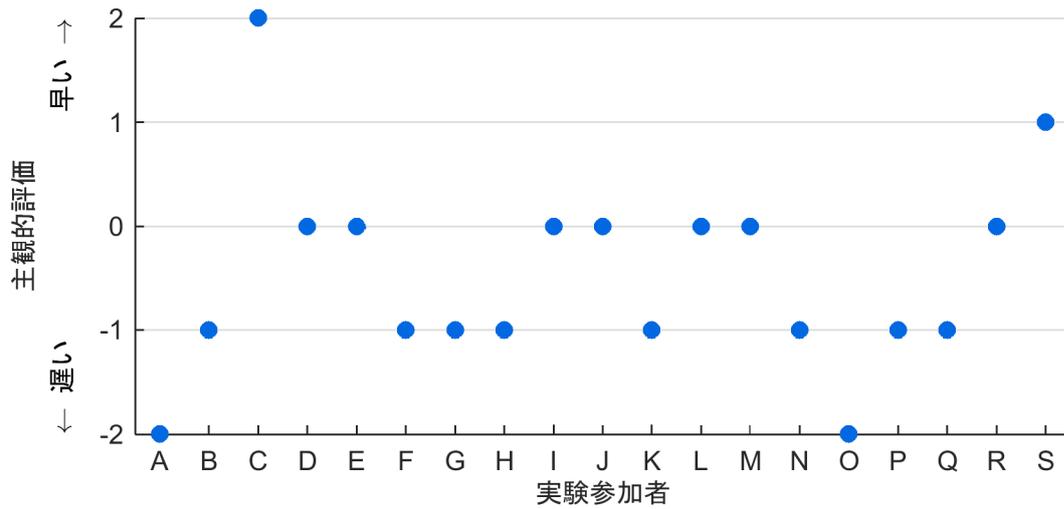


図 4-1-151 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=2.0[s]））

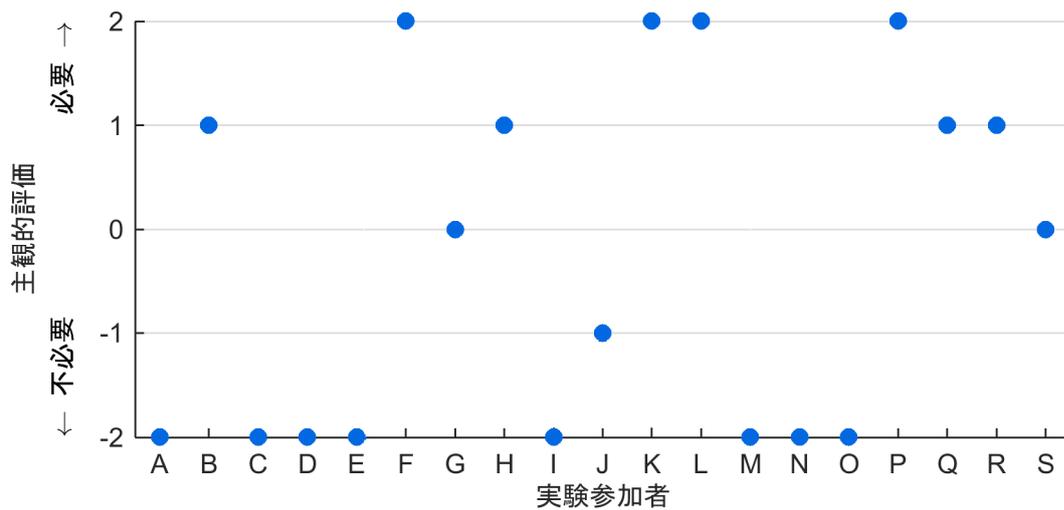


図 4-1-152 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=0.8[s]））

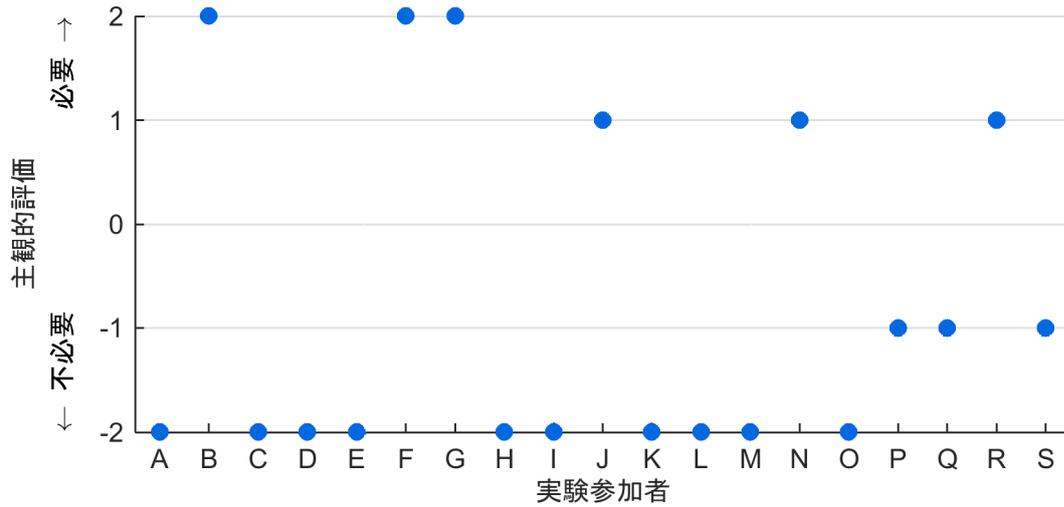


図 4-1-153 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
 （単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=1.4[s]）

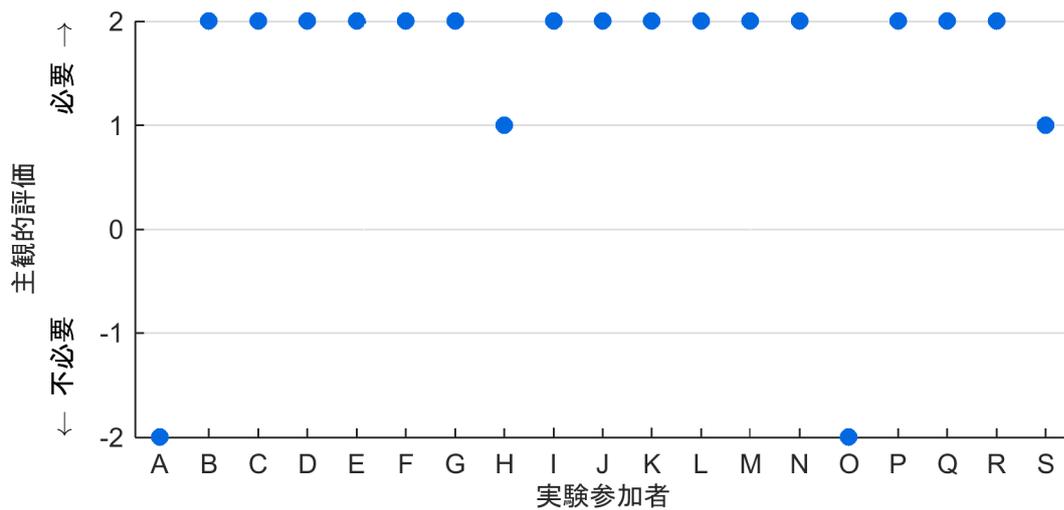


図 4-1-154 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
 （単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=2.0[s]）

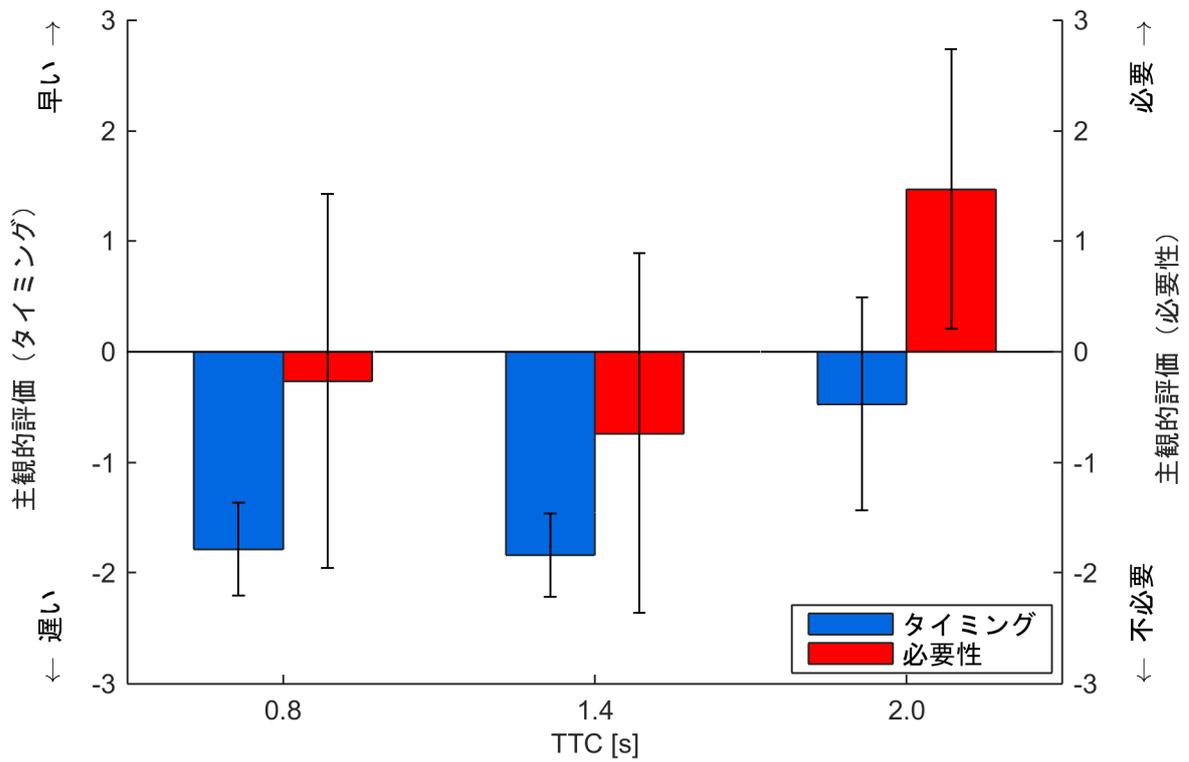


図 4-1-155 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(単路直進支援 (右から横断) における警報)

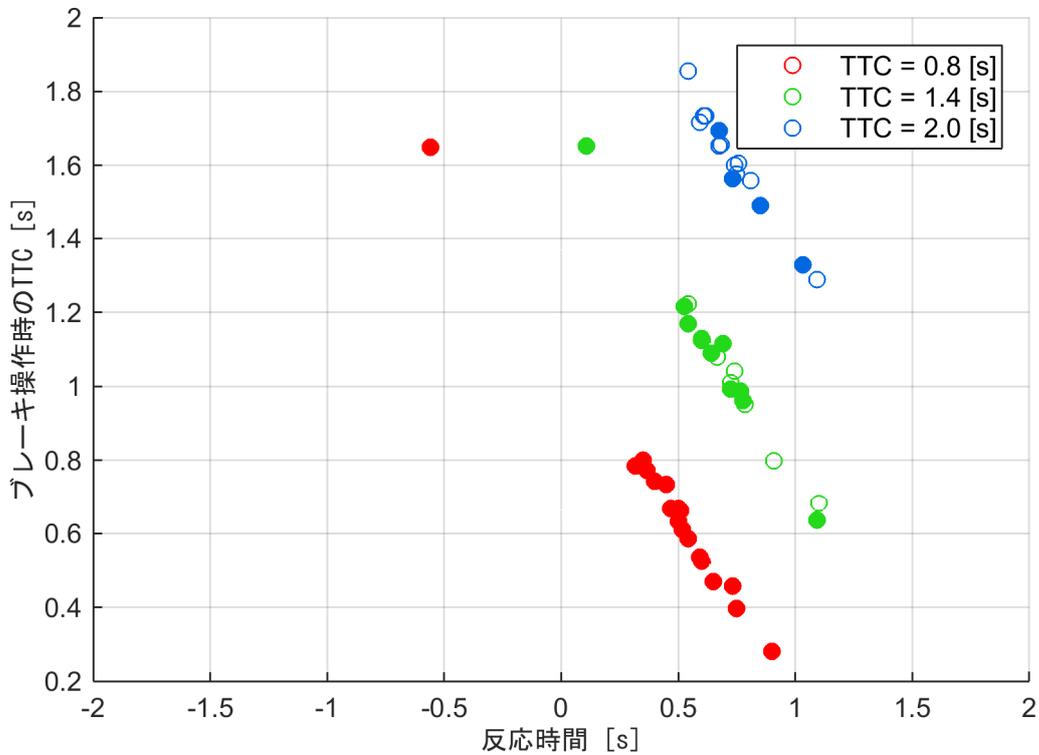


図 4-1-156 警報提示後のドライバの反応時間とブレーキ操作時の TTC の関係
(単路直進支援 (右から横断) における警報)

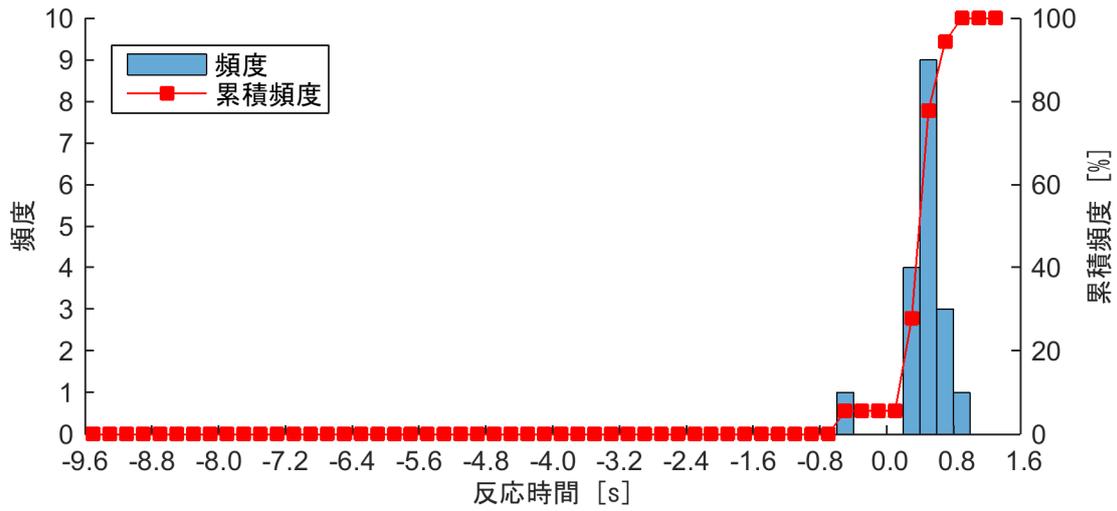


図 4-1-157 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

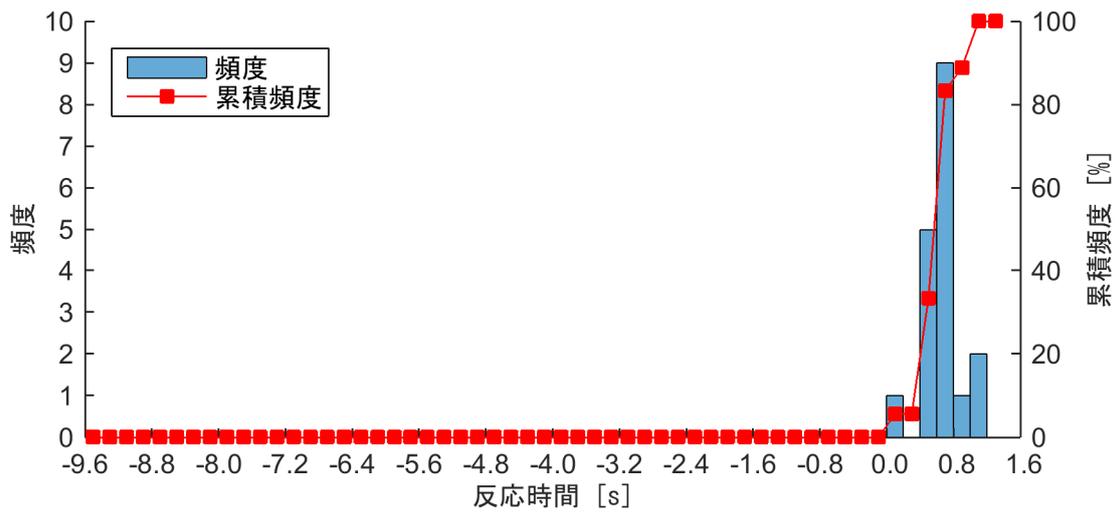


図 4-1-158 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=1.4[s]))

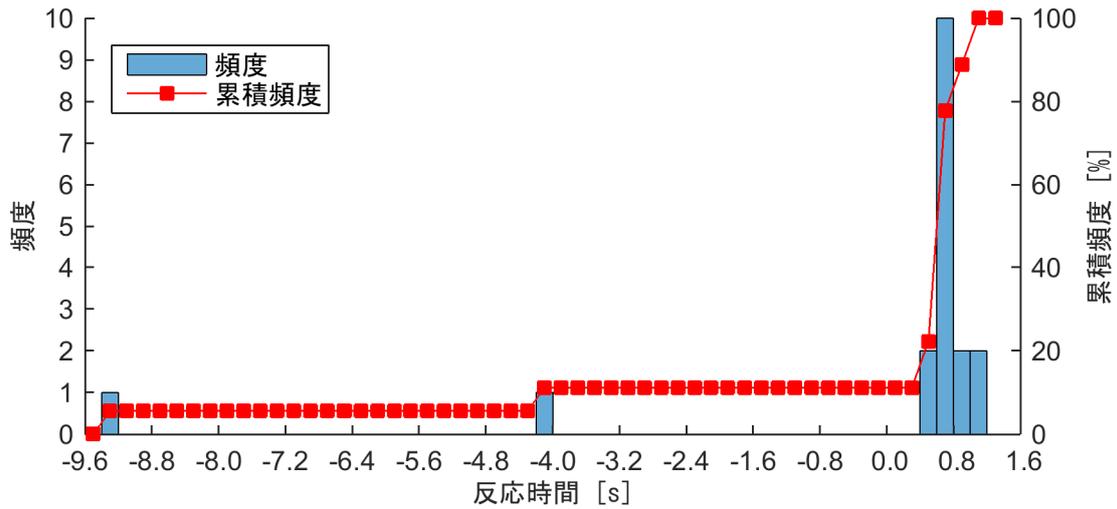


図 4-1-159 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=2.0[s]))

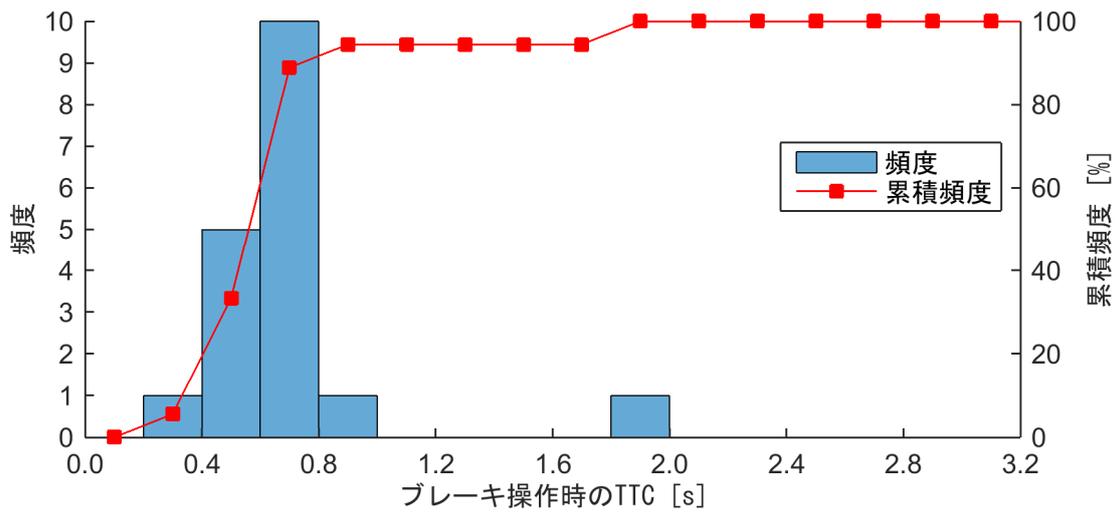


図 4-1-160 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=0.8[s]))

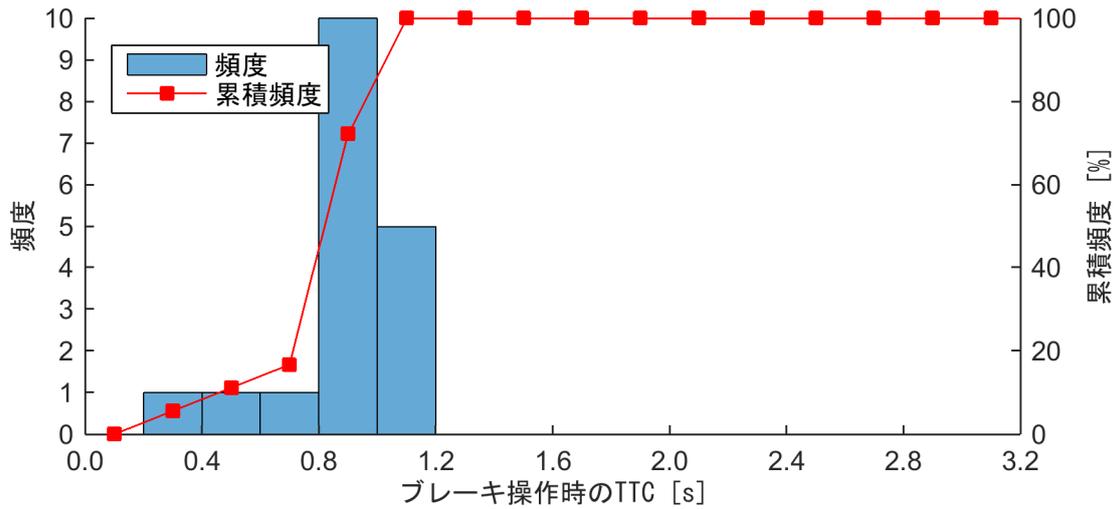


図 4-1-161 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=1.4[s]))

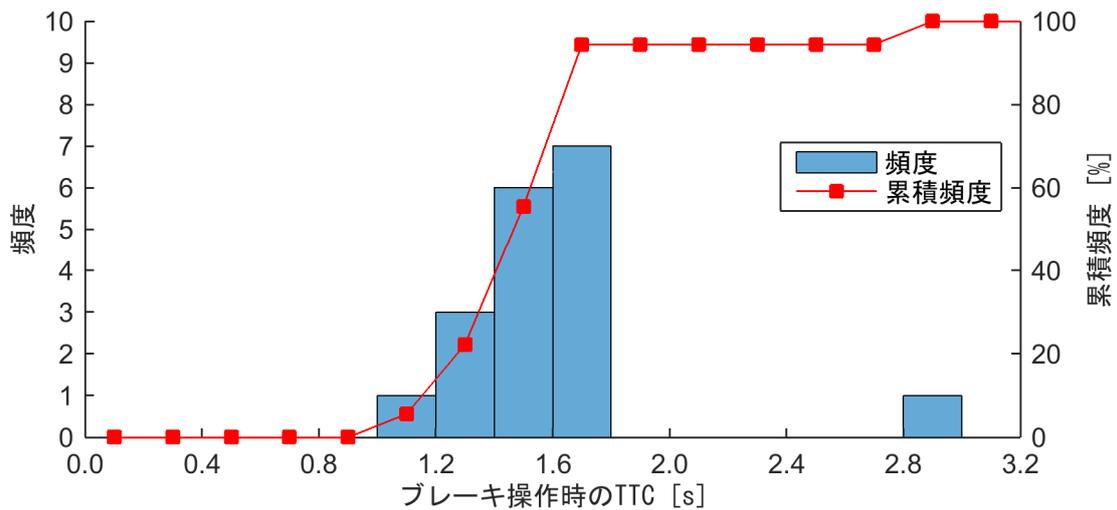


図 4-1-162 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (単路直進支援 (右から横断) 警報 (TTC=2.0[s]))

右折支援（前方から横断）

図 4-1-163 から図 4-1-165 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-166 から図 4-1-168 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-169 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-170、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-171 から図 4-1-173、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-174 から図 4-1-176 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した警報の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-1-169 より、支援システムの作動タイミングに関する評価は、大きな違いをみることはできなかったが、図 4-1-163 から図 4-1-165 の実験参加者ごとの評価結果をみると、TTI=0.8[s]は、ちょうどよいもしくは遅い評価を与える結果となっている。また、支援の必要性については、作動タイミングの TTI が増加すると、必要性に関する評価が向上する結果がみられた。図 4-1-174 から図 4-1-176 に示したブレーキ操作時の TTI のヒストグラムを見ると、TTI=1.4[s]と TTI=2.0[s]の結果は酷似しており、このような結果からこれらの TTI の違いによる結果に差異がみられなかったものと考えられる。

以上の結果より、右折支援（前方から横断）における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=1.4[s]または 2.0[s]が適切であると考えられる。

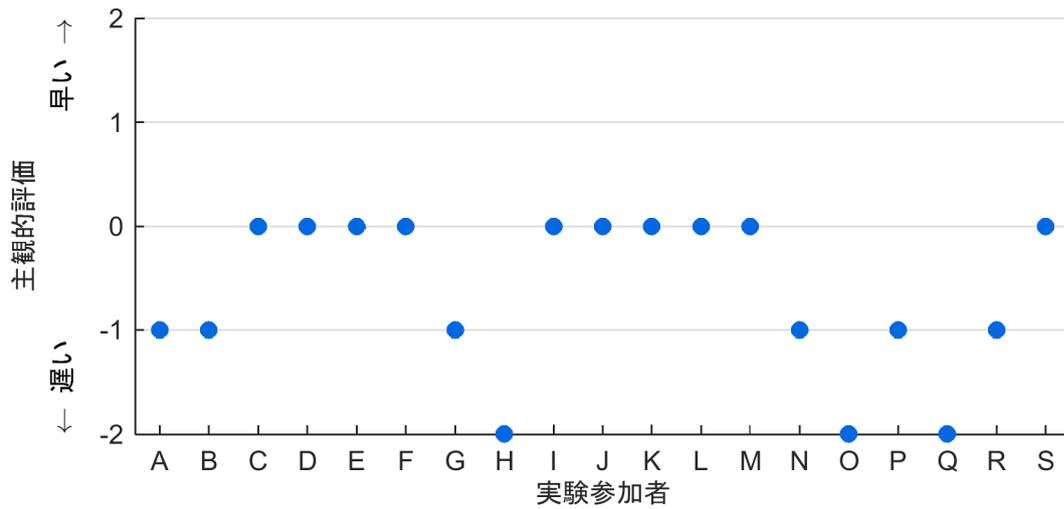


図 4-1-163 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=0.8[s]））

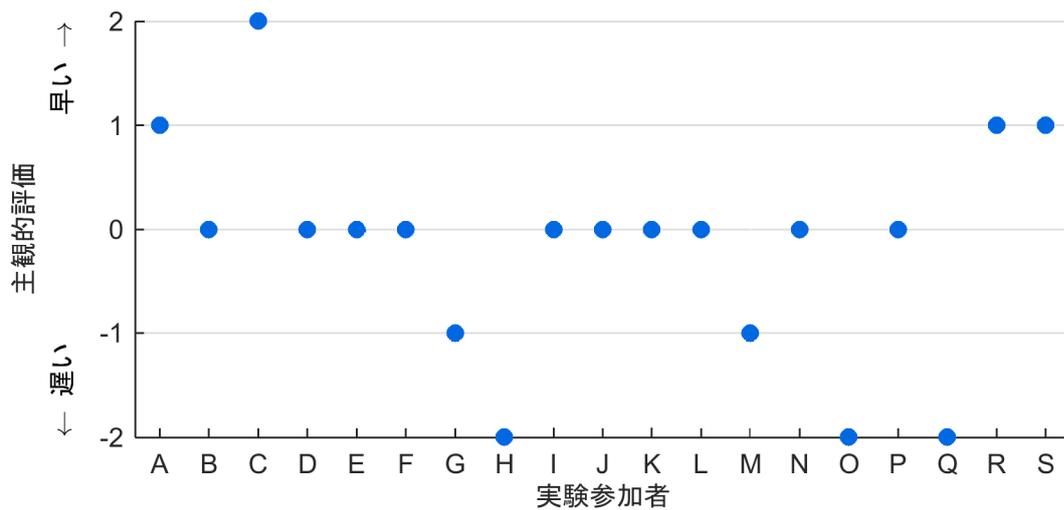


図 4-1-164 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=1.4[s]））

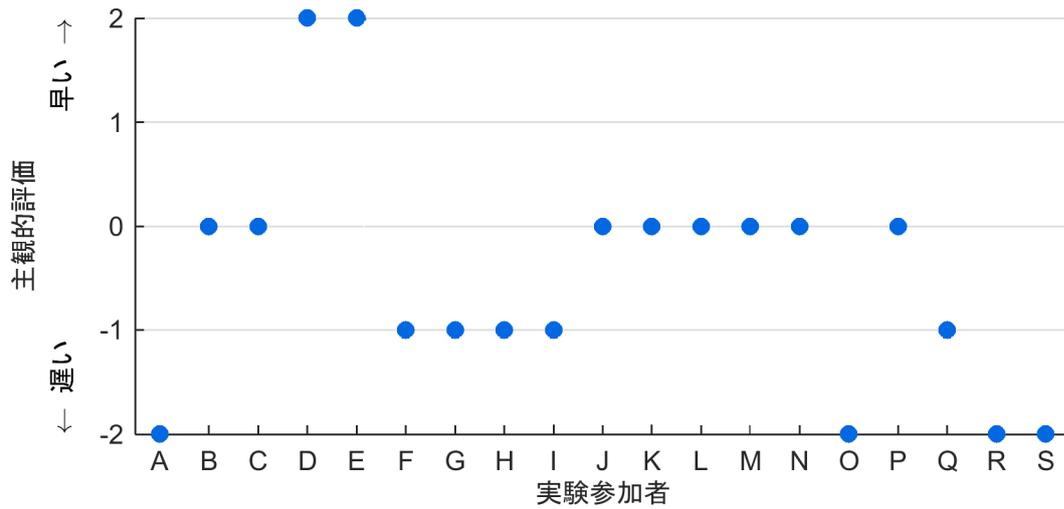


図 4-1-165 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=2.0[s]）

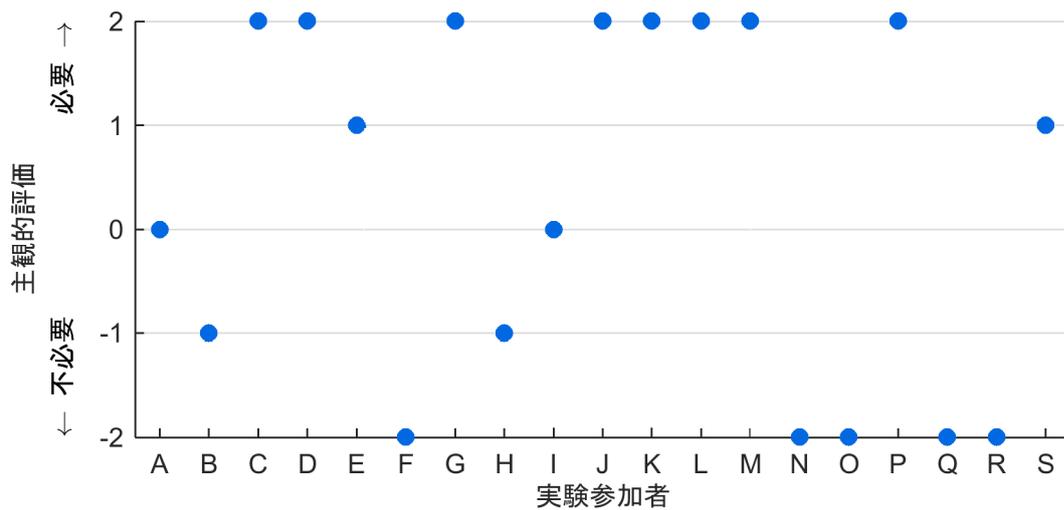


図 4-1-166 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=0.8[s]）

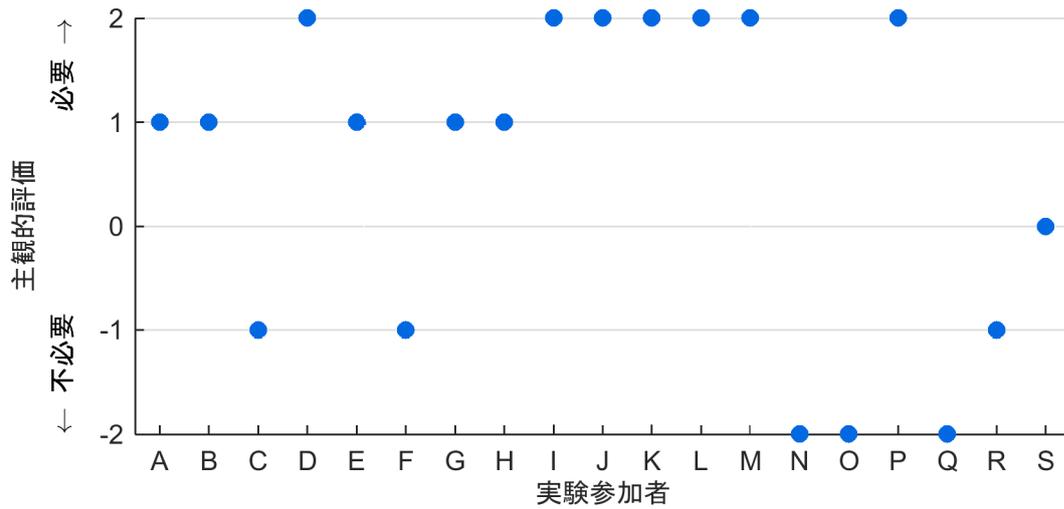


図 4-1-167 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=1.4[s]）

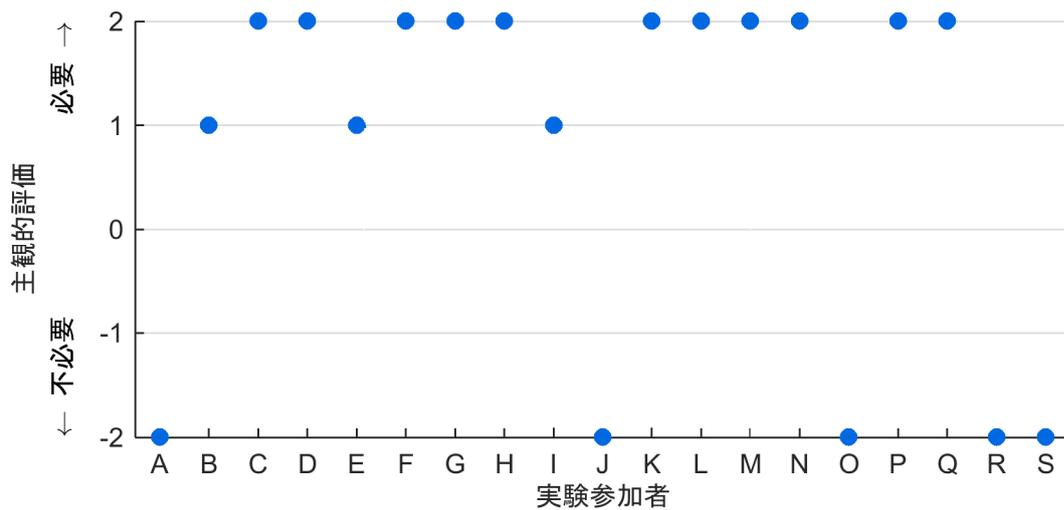


図 4-1-168 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=2.0[s]）

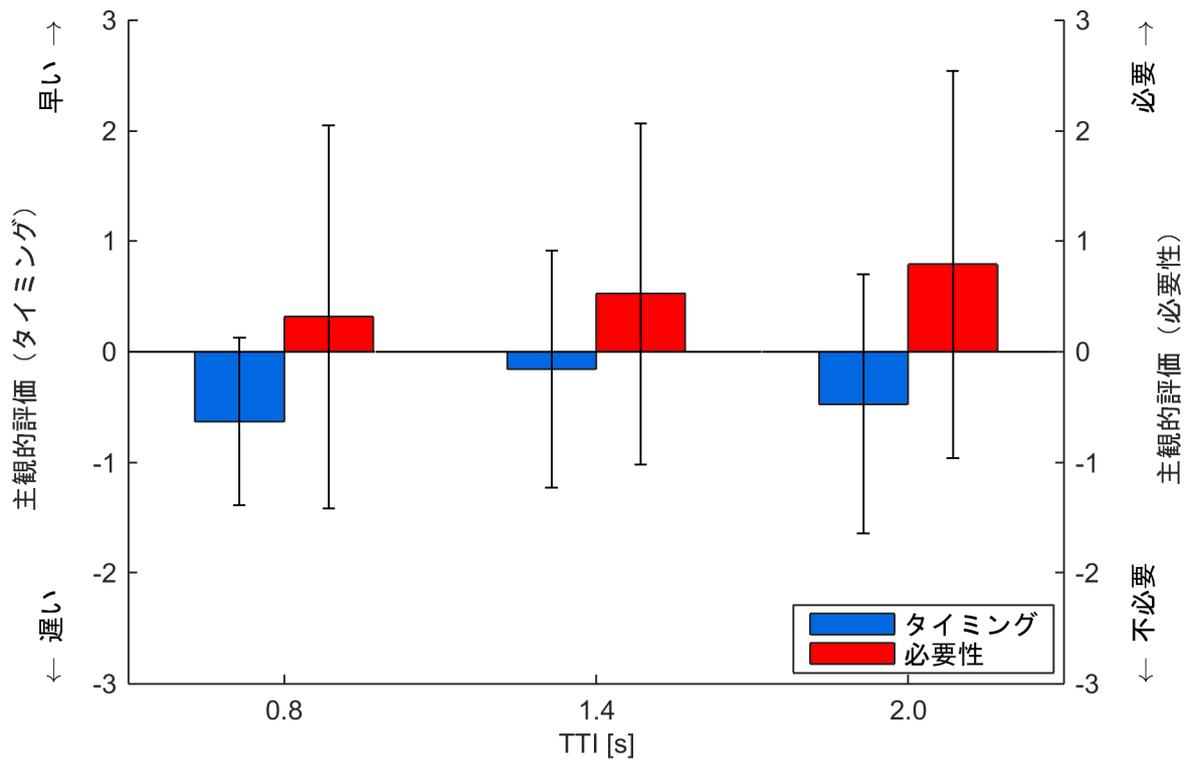


図 4-1-169 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(右折支援 (前方から横断) における警報)

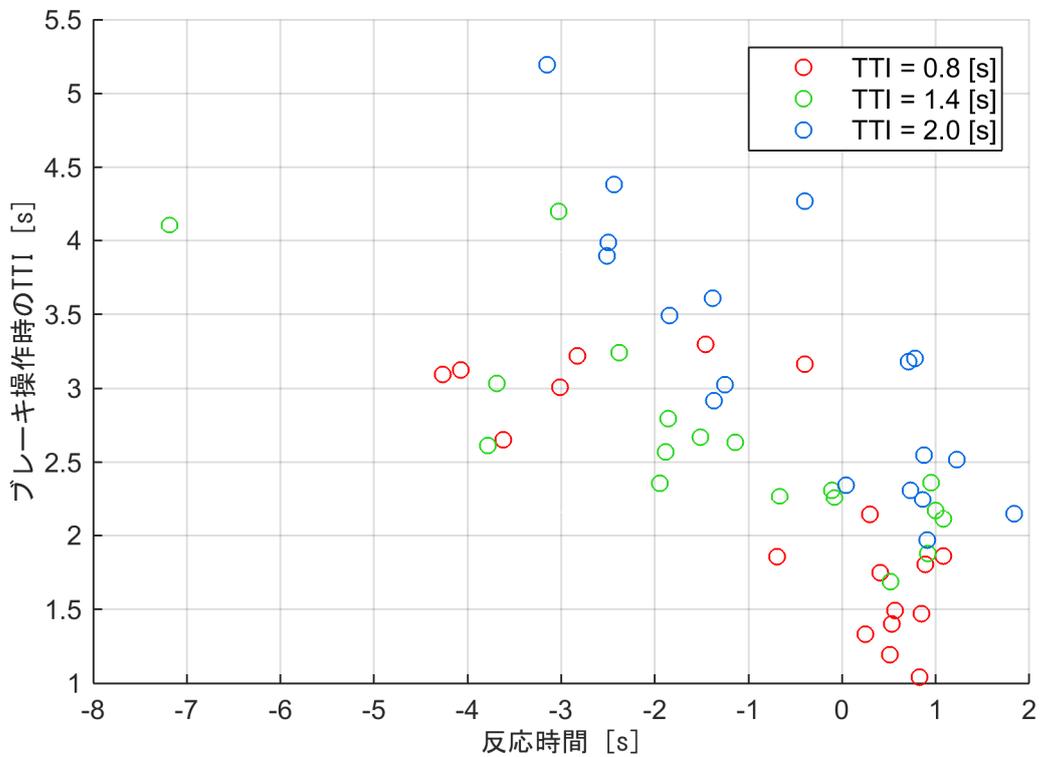


図 4-1-170 警報提示後のドライバの反応時間とブレーキ操作時の TTC の関係
(右折支援 (前方から横断) における警報)

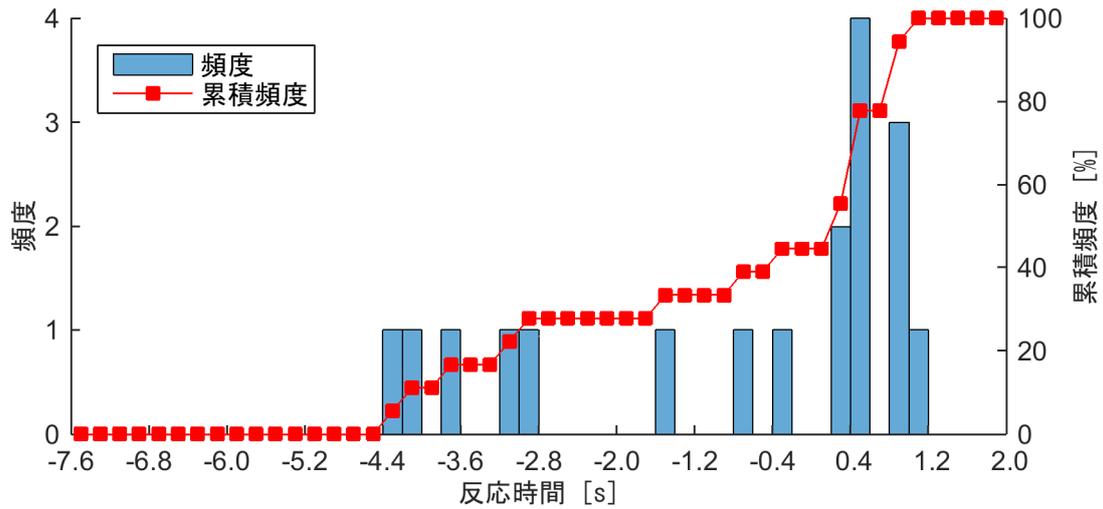


図 4-1-171 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=0.8[s]))

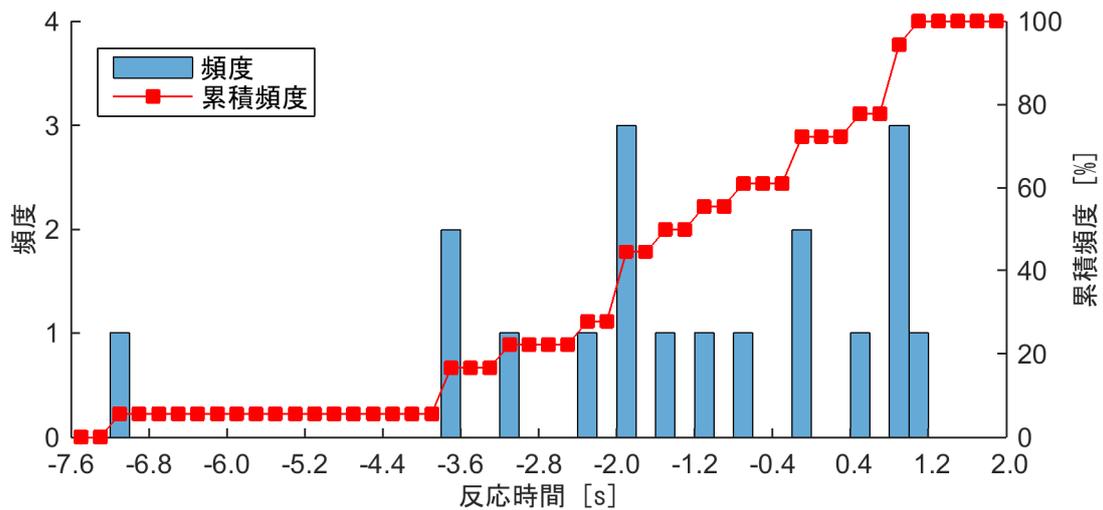


図 4-1-172 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=1.2[s]))

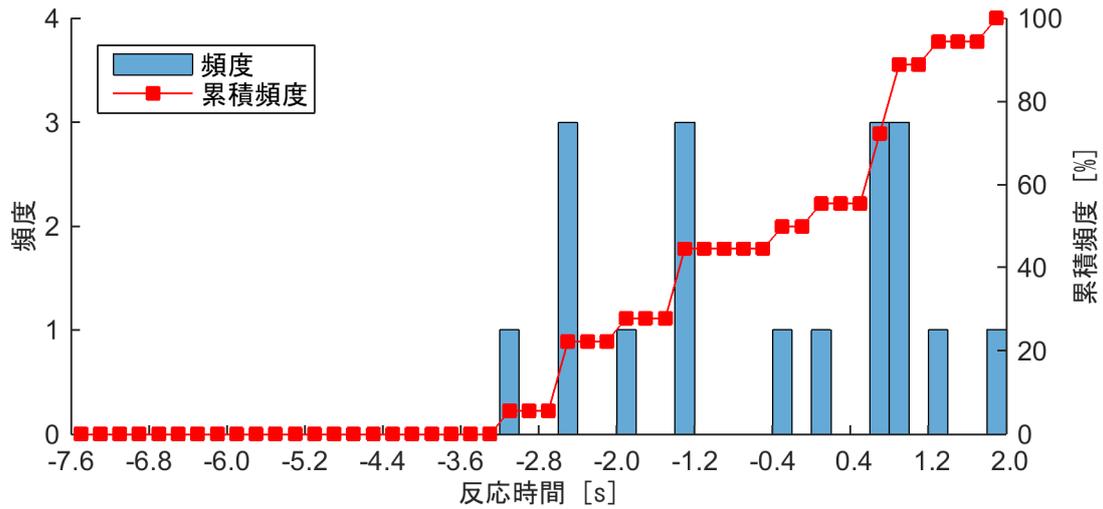


図 4-1-173 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=2.0[s]))

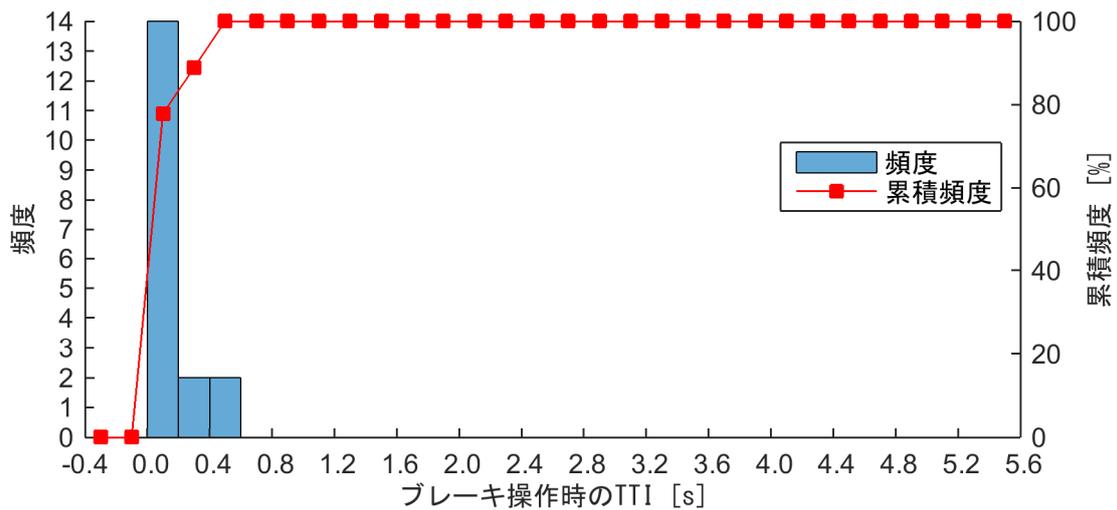


図 4-1-174 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=0.8[s]))

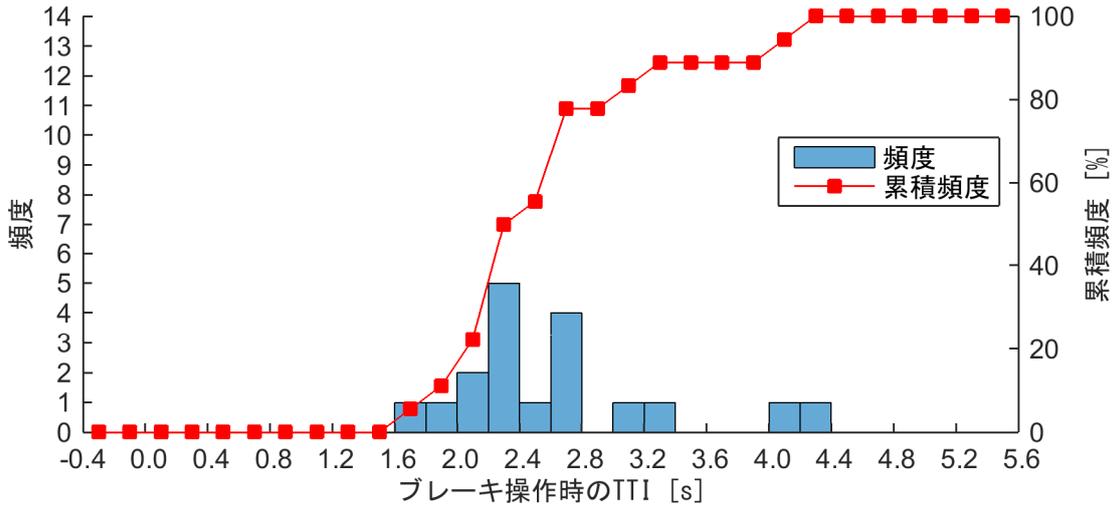


図 4-1-175 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=1.4[s]))

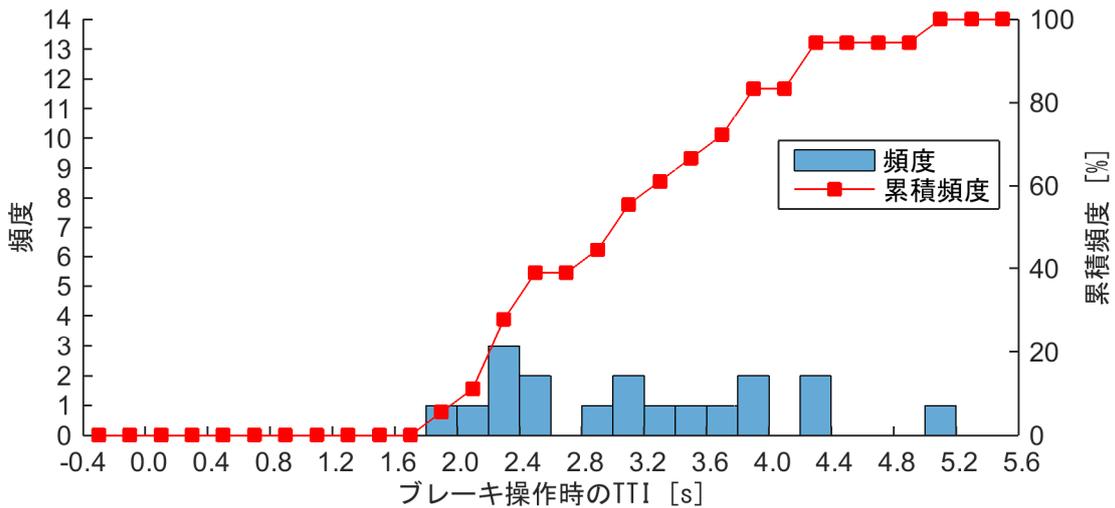


図 4-1-176 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (前方から横断) 警報 (TTI=2.0[s]))

右折支援（後方から横断）

図 4-1-177 から図 4-1-179 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-180 から図 4-1-182 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-183 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-1-184、実験参加者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-1-185 から図 4-1-187、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-1-188 から図 4-1-190 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した警報の作動タイミングは、歩行者と衝突するまでの時間（TTI: Time To Intersection）において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-1-183 より、支援システムの作動タイミングに関する評価は、TTI=0.8[s]および TTI=1.4[s]において、多くの実験参加者は作動タイミングを遅いと評価しており、TTI=2.0[s]においては遅い評価から早いと評価している実験参加者が増えている。必要性の評価に関して、TTI=0.8[s]および TTI=1.4[s]の評価は、不必要と評価している実験参加者も見られたが、TTI=2.0[s]においては、ほとんどの実験参加者が必要と評価している結果となっている。図 4-1-184 より、TTI=0.8[s]と TTI=1.4[s]のブレーキ操作時の TTI は同様の傾向を示しており、TTI=2.0[s]の場合は、実験参加者がブレーキ操作を早期にブレーキ操作を行っていることを示している。

以上の結果より、右折支援（後方から横断）における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=2.0[s]の方が適切であると考えられる。

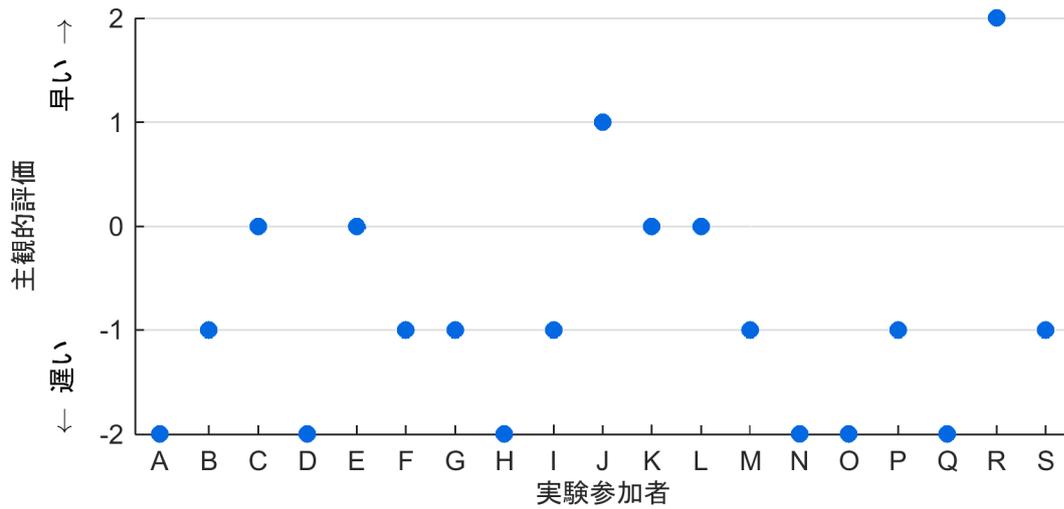


図 4-1-177 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=0.8[s]）

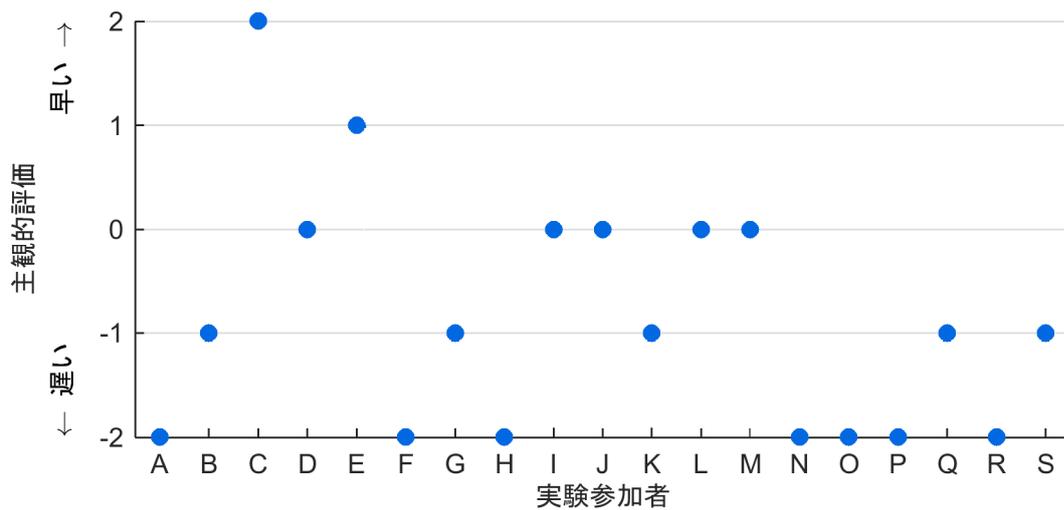


図 4-1-178 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=1.4[s]）

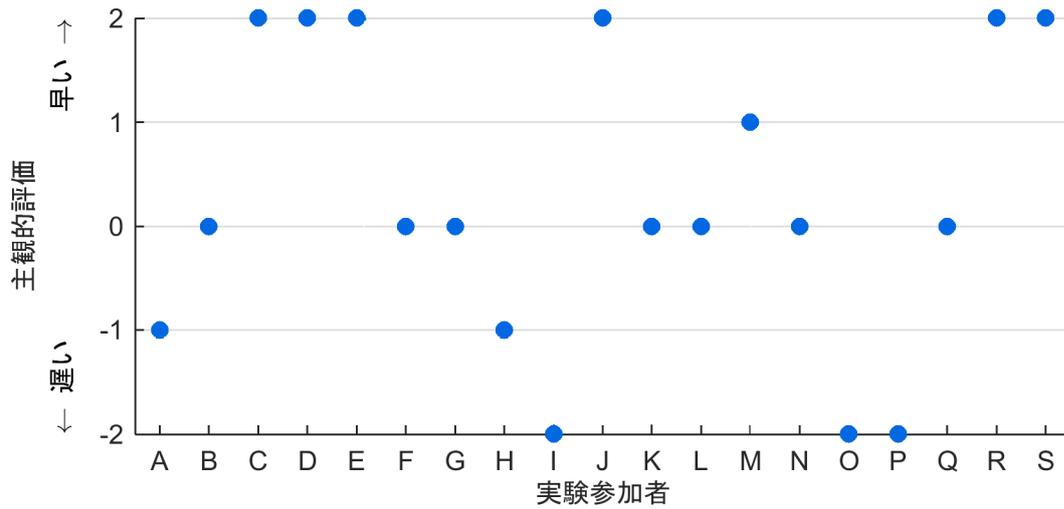


図 4-1-179 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=2.0[s]））

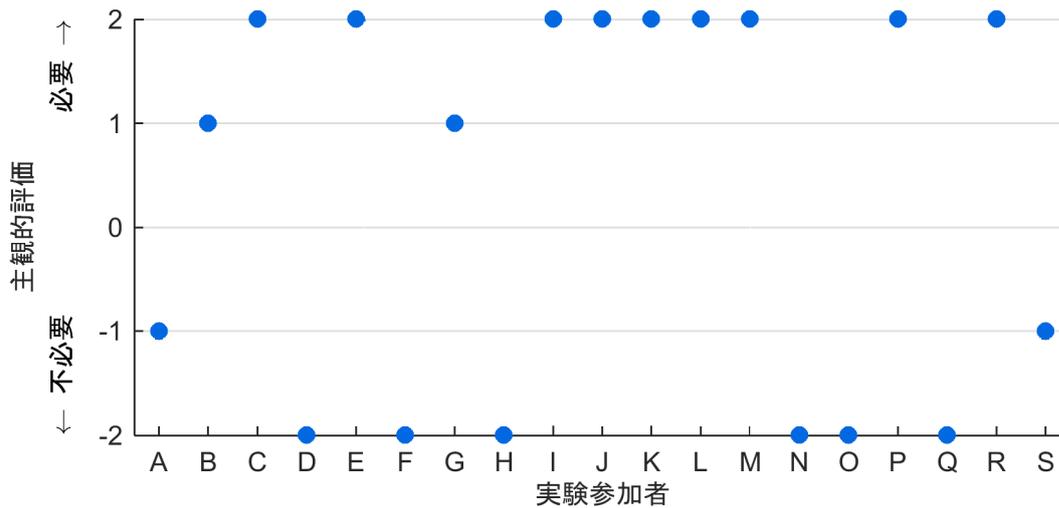


図 4-1-180 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：なし）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=0.8[s]））

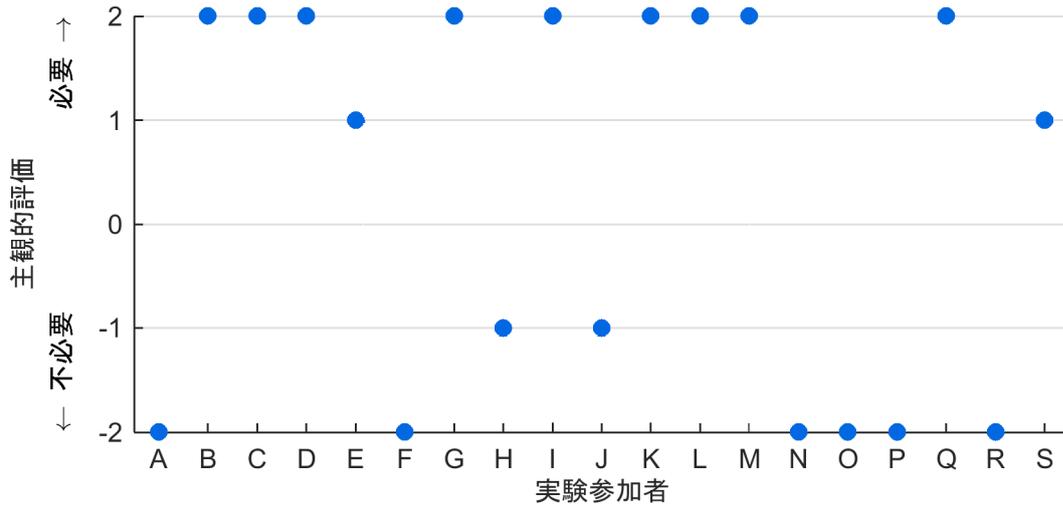


図 4-1-181 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=1.4[s]))

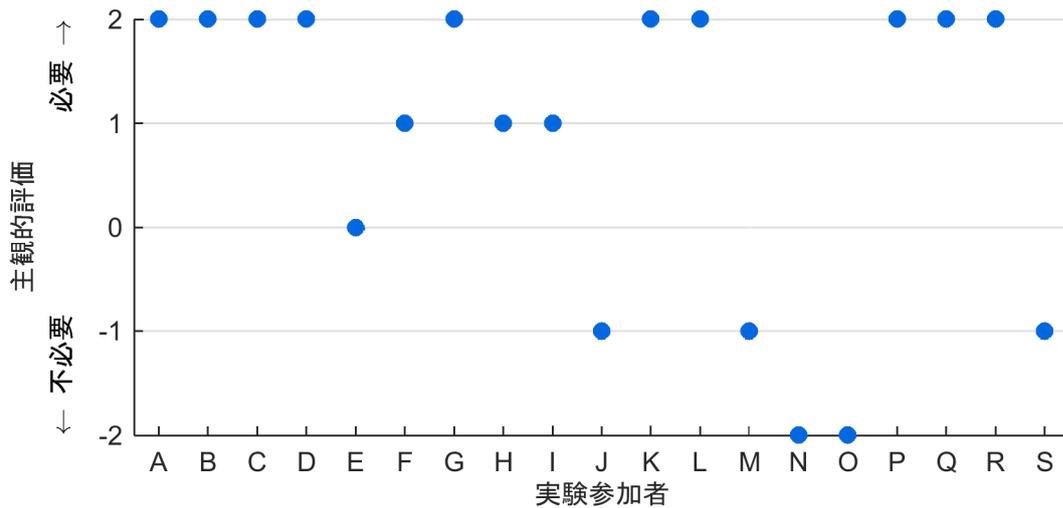


図 4-1-182 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=2.0[s]))

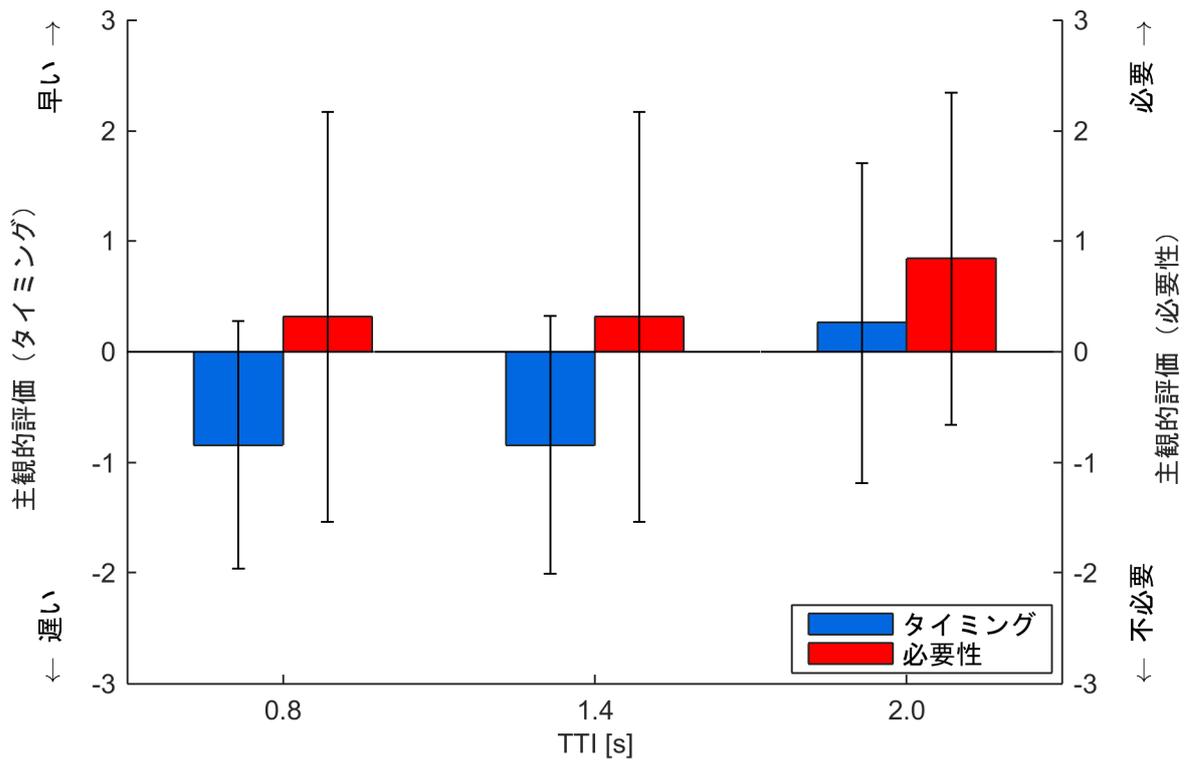


図 4-1-183 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(右折支援(後方から横断)における警報)

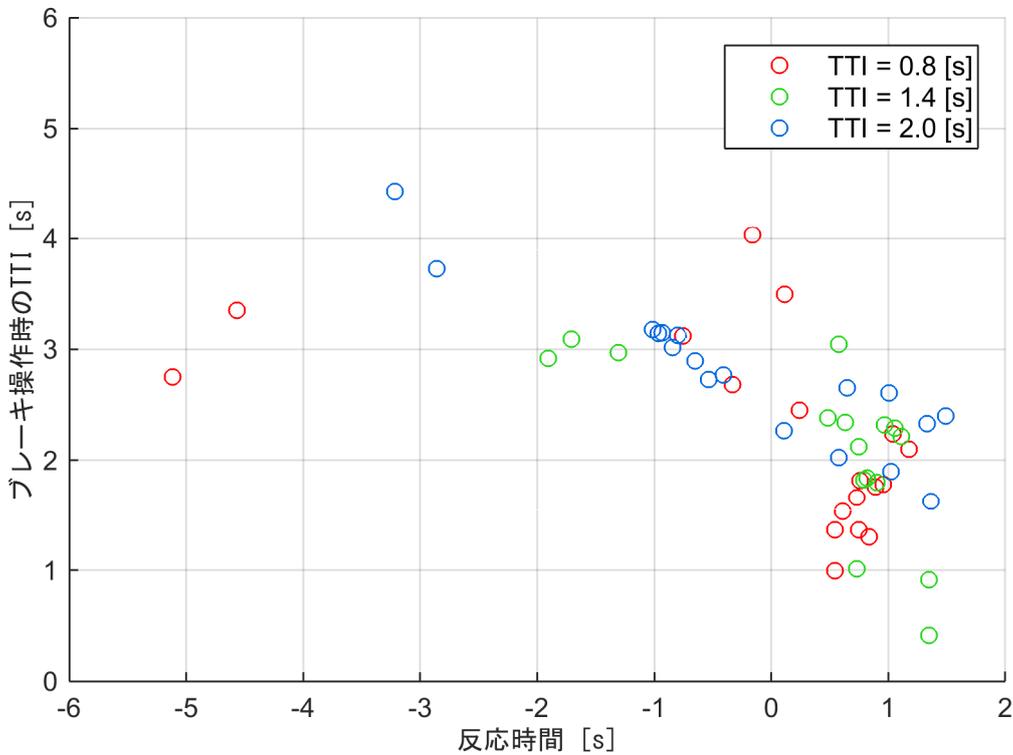


図 4-1-184 警報提示後のドライバの反応時間とブレーキ操作時の TTC の関係
(右折支援(後方から横断)における警報)

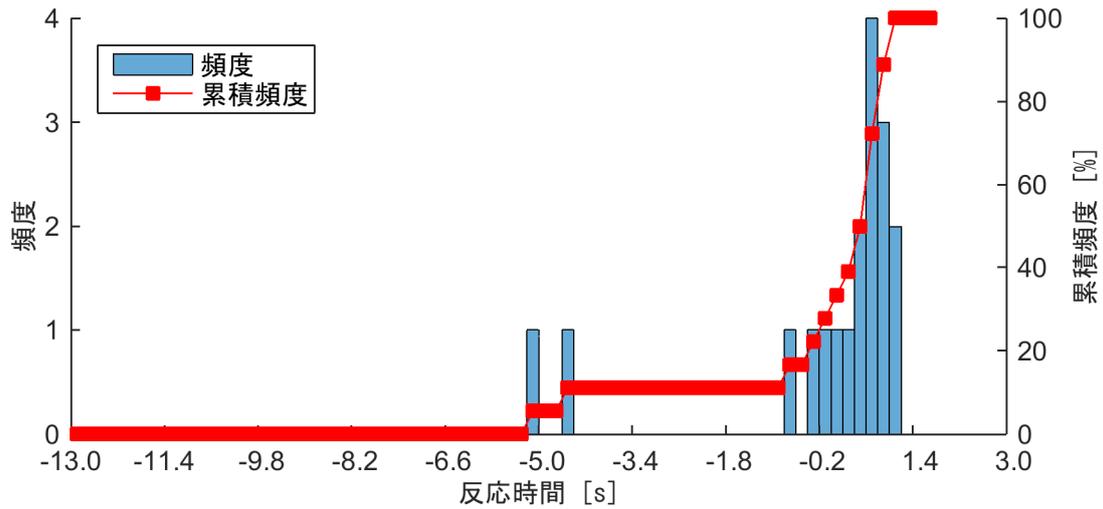


図 4-1-185 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断 警報 (TTI=0.8[s]))

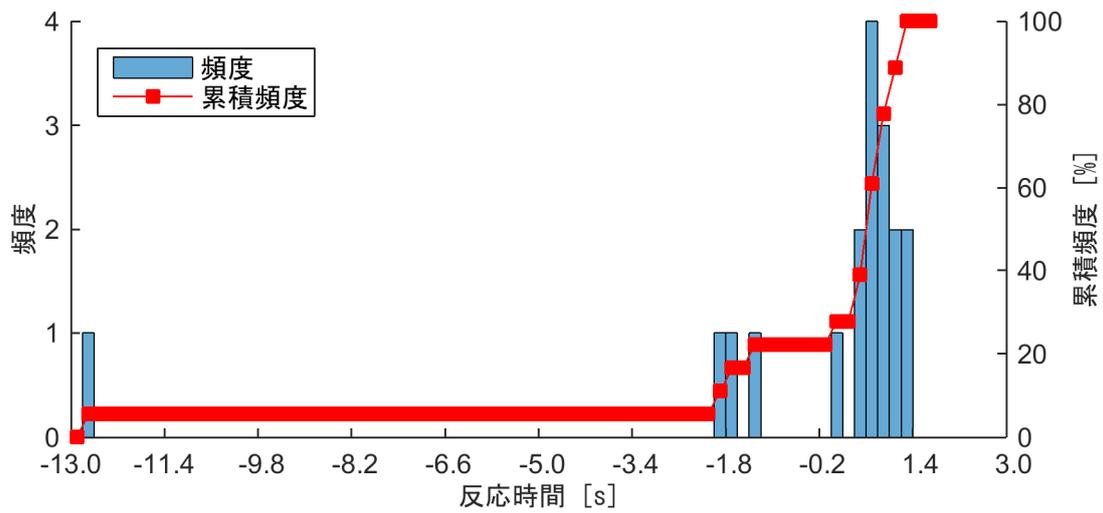


図 4-1-186 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断 警報 (TTI=1.4[s]))

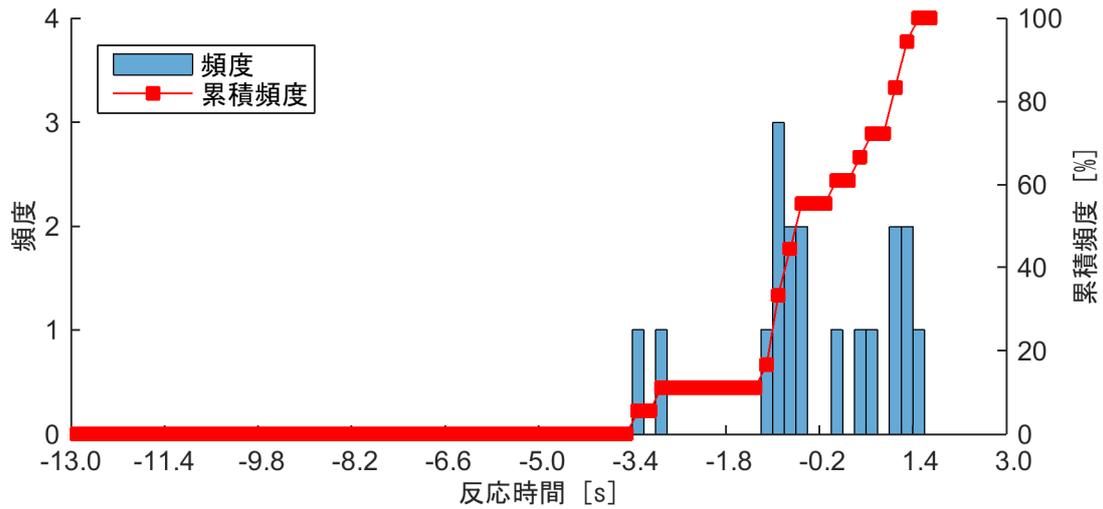


図 4-1-187 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=2.0[s]))

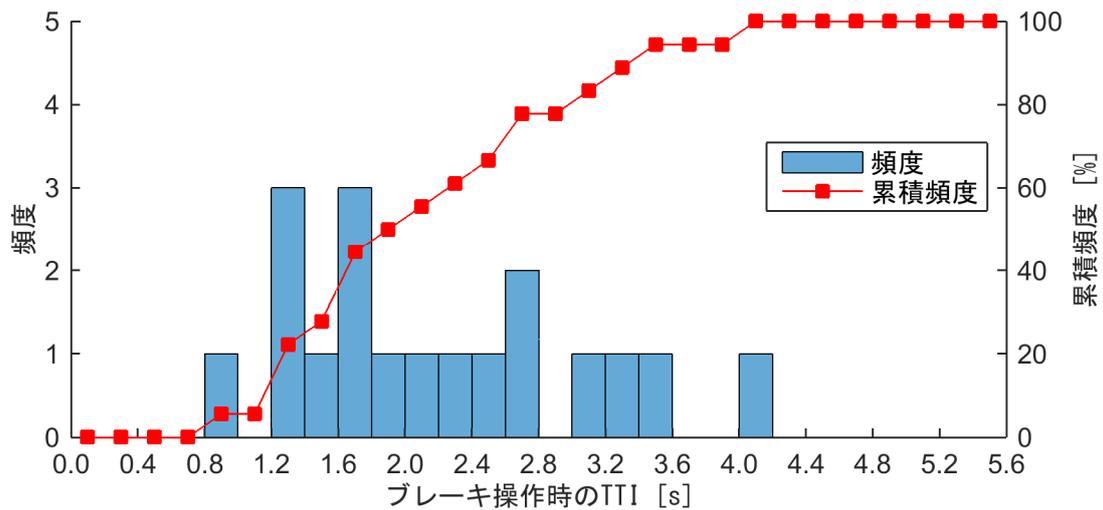


図 4-1-188 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=0.8[s]))

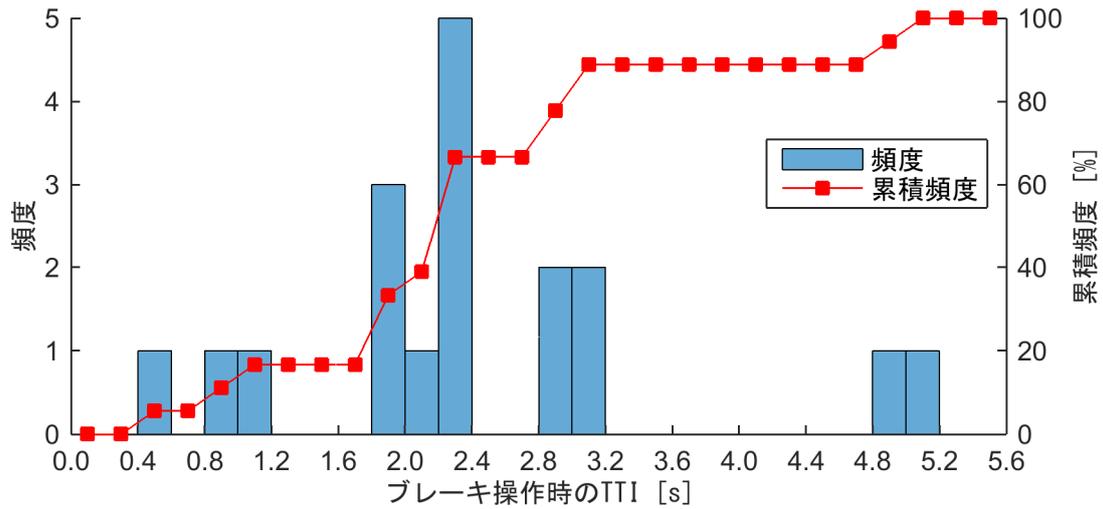


図 4-1-189 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=1.4[s]))

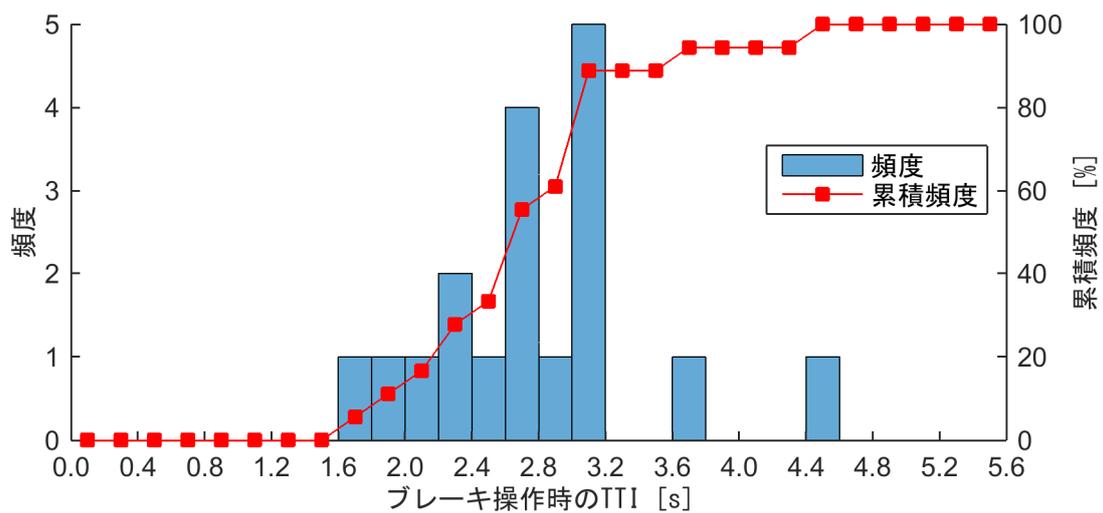


図 4-1-190 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
 (右折支援 (後方から横断) 警報 (TTI=2.0[s]))

4.1.4.2 位置測位の誤差がある場合

(1) 情報提供

単路直進支援（左から横断）

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-191 から図 4-1-193 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-194 から図 4-1-196 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-197 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間（TTC: Time To Collision）を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=3.3[s]および TTC=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-197 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=3.7[s]と TTC=3.3[s]には、有意差はみられなかったが、TTC=3.7[s]と TTC=4.1[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%であった。

これより、単路横断支援（左からの横断）における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

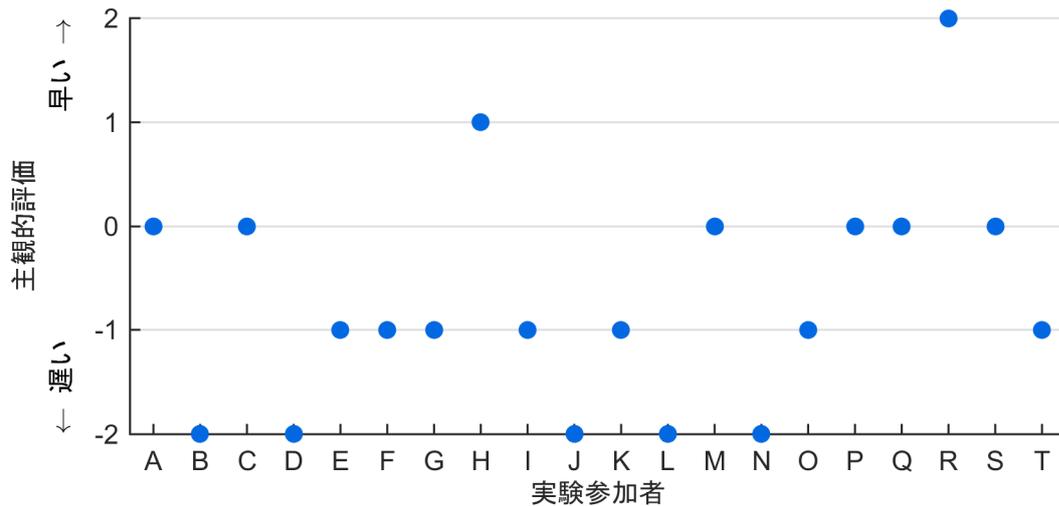


図 4-1-191 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=3.3[s]）

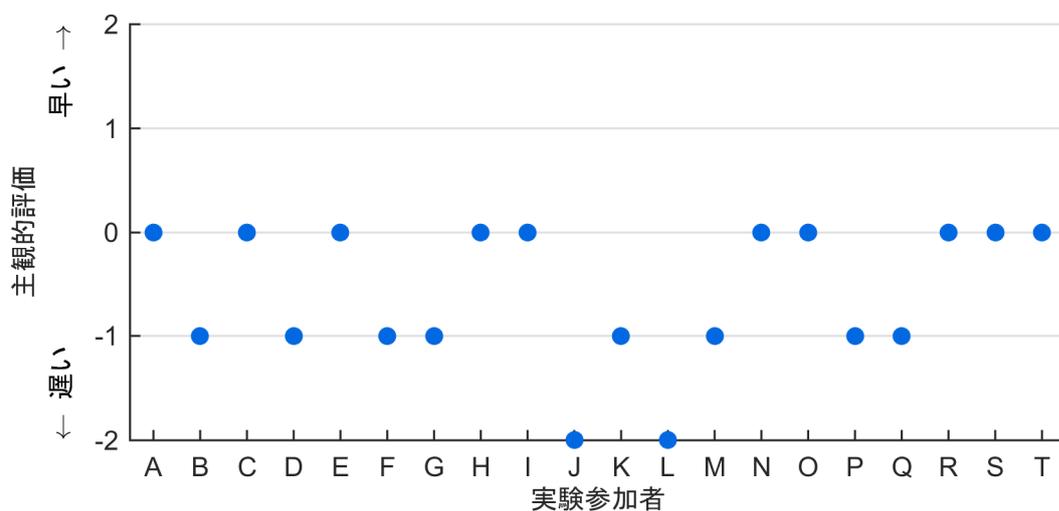


図 4-1-192 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

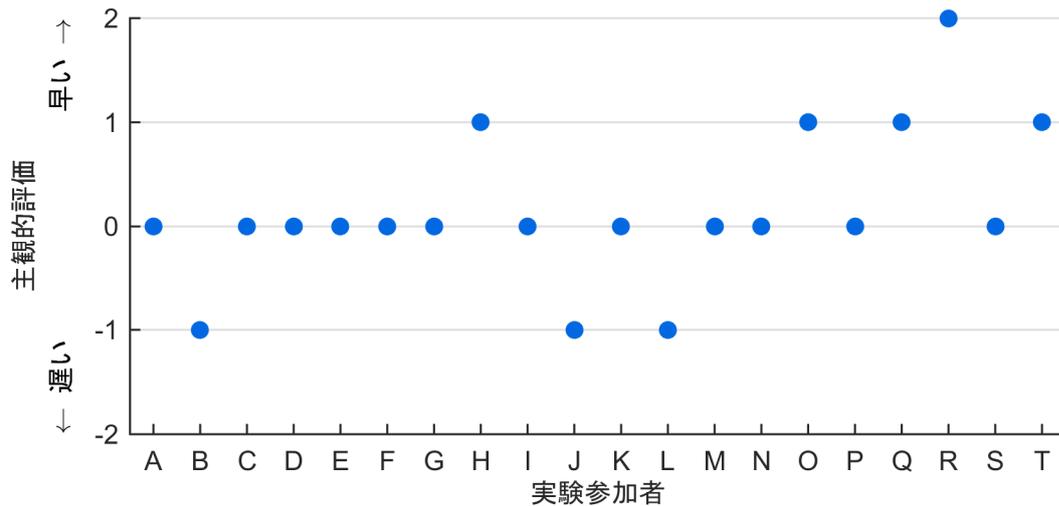


図 4-1-193 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=4.1[s]))

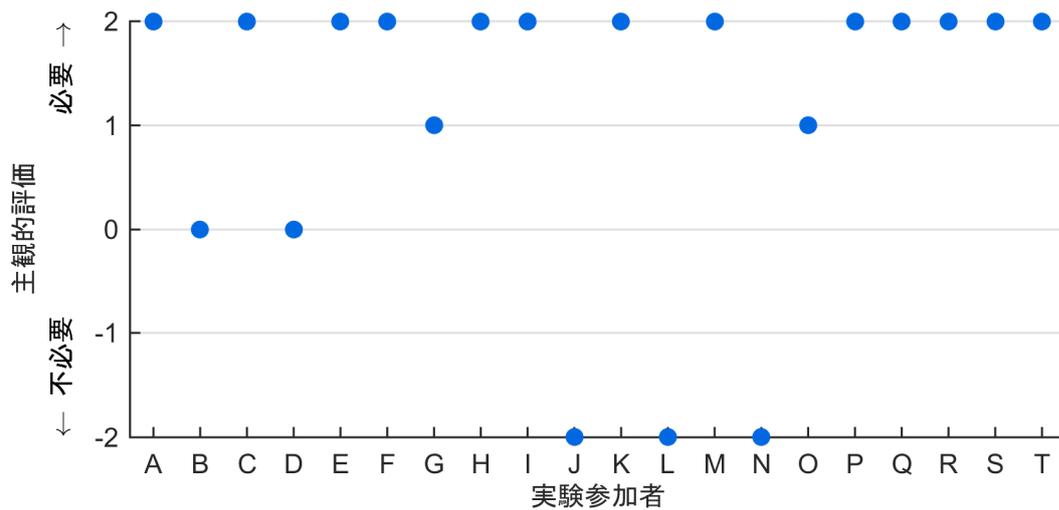


図 4-1-194 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 情報提供 (TTC=3.3[s]))

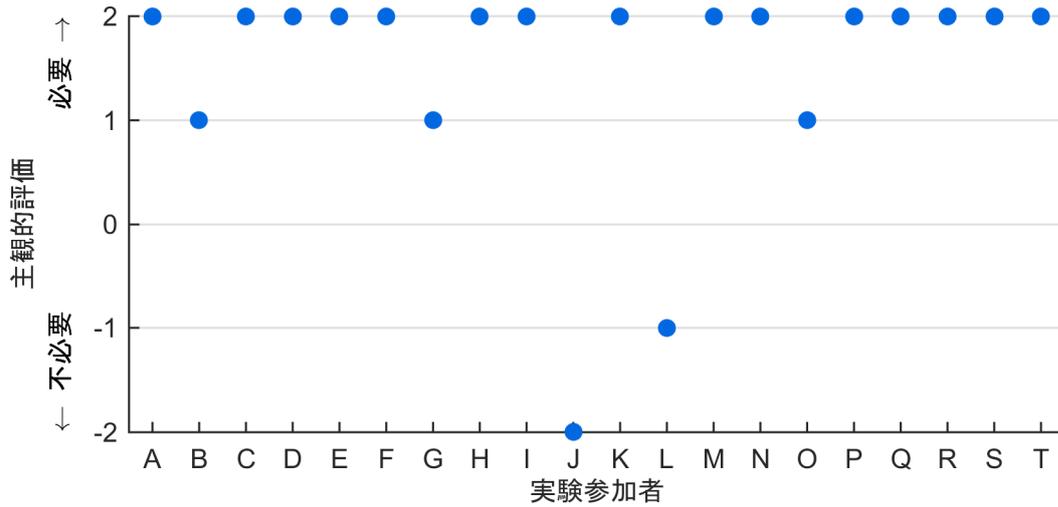


図 4-1-195 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

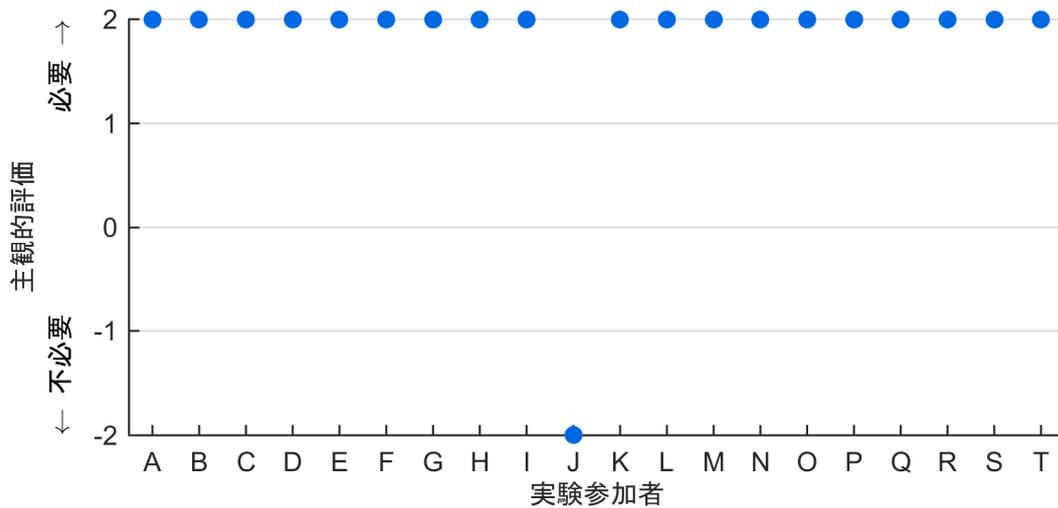


図 4-1-196 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 情報提供（TTC=4.1[s]）

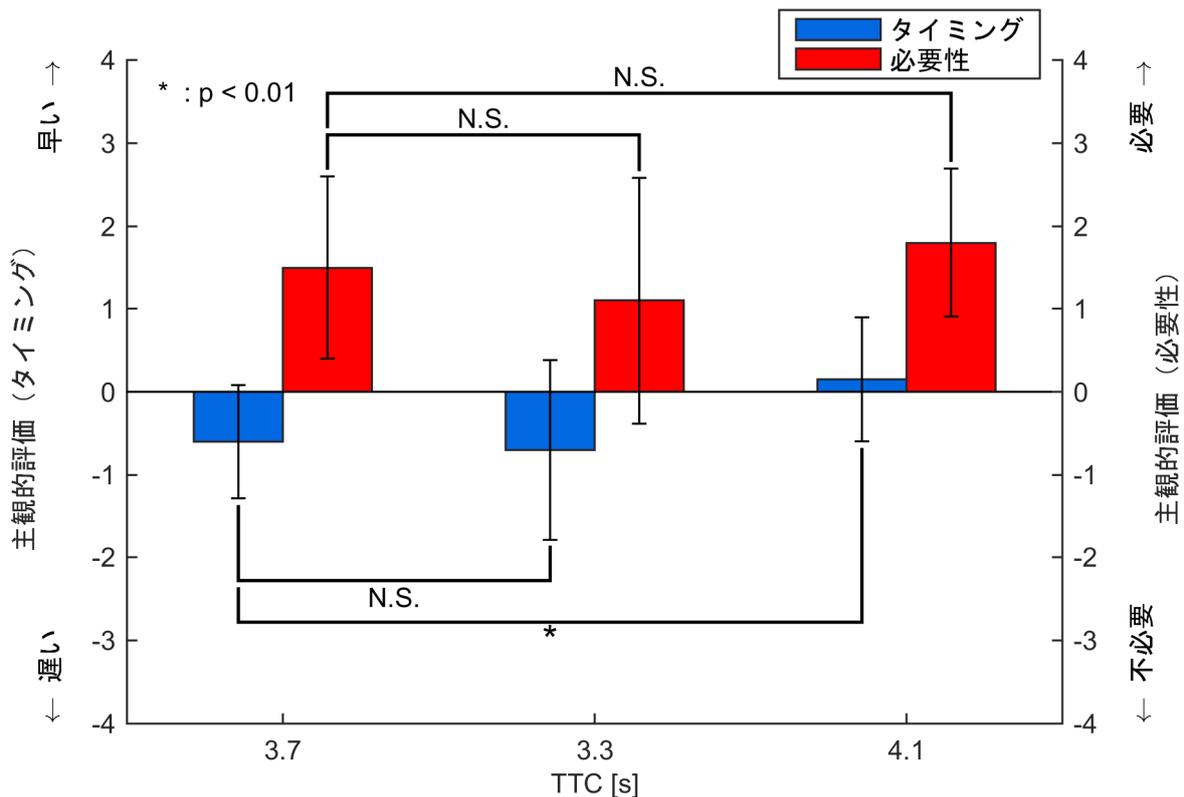


図 4-1-197 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (単路横断支援 (左からの横断) における情報提供)

単路直進支援 (右から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-198 から図 4-1-200 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-201 から図 4-1-203 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-204 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=3.3[s]および TTC=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-204 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=3.7[s]と TTC=3.3[s]には、有意差はみられなかったが、TTC=3.7[s]と TTC=4.1[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%であった。

これより、単路横断支援 (右からの横断) における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

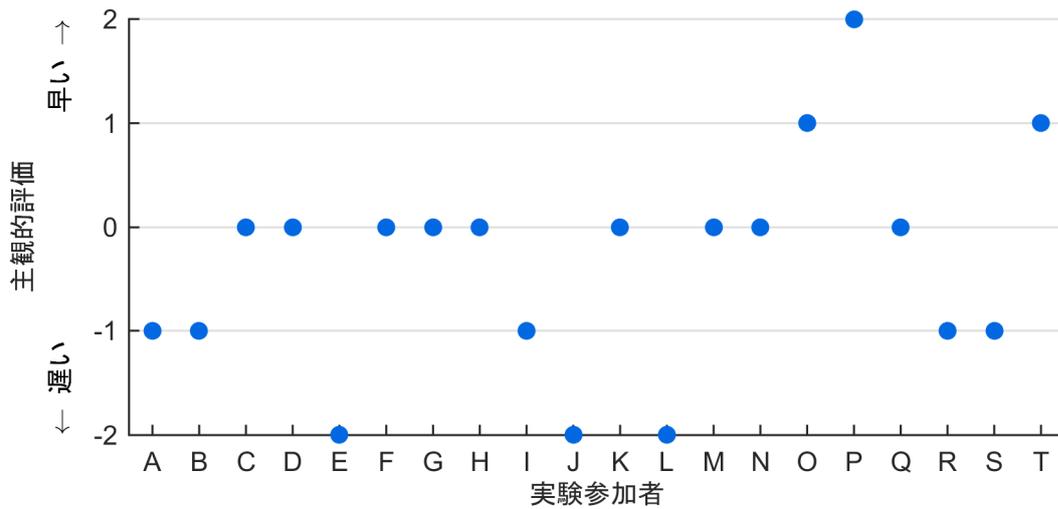


図 4-1-198 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.3[s]）

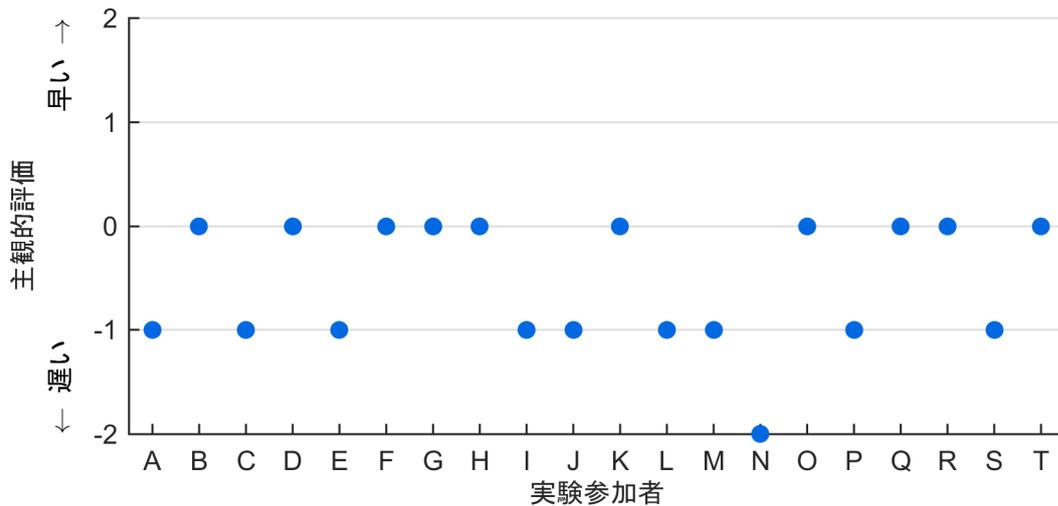


図 4-1-199 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

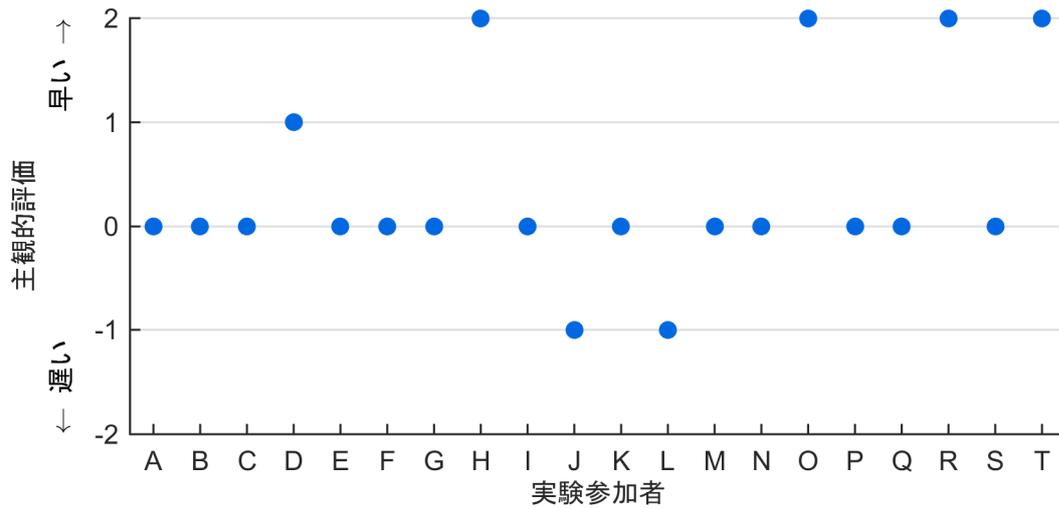


図 4-1-200 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=4.1 [s]）

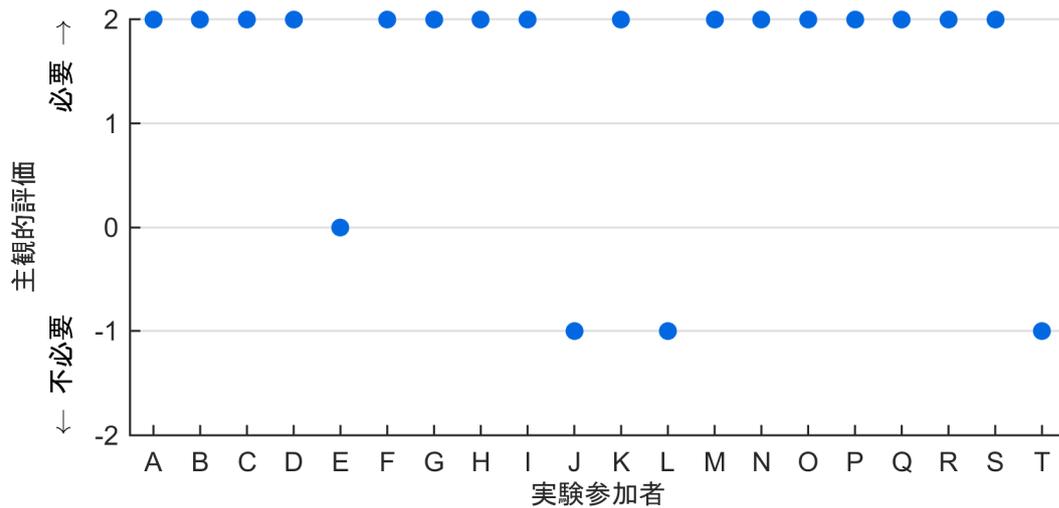


図 4-1-201 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.3[s]）

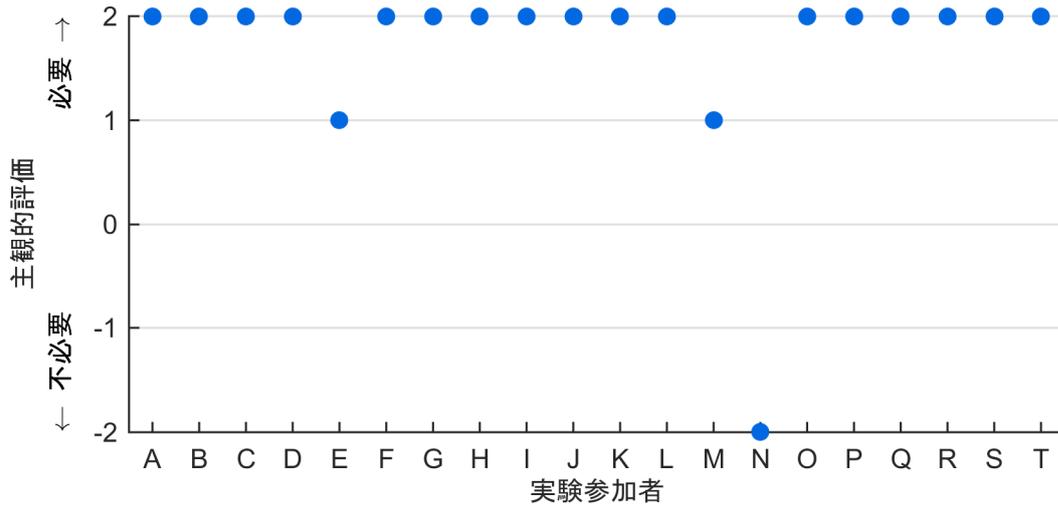


図 4-1-202 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=3.7[s]）

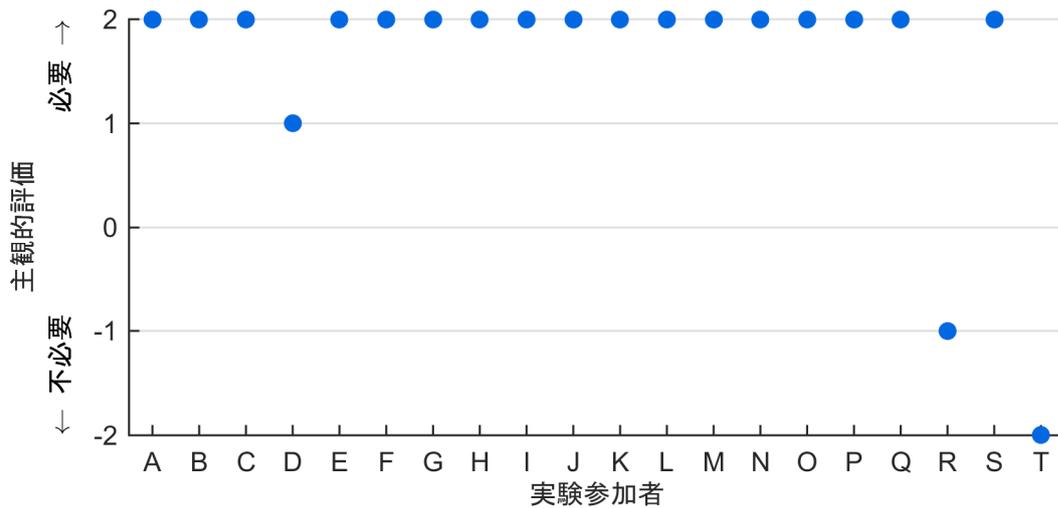


図 4-1-203 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 情報提供（TTC=4.1[s]）

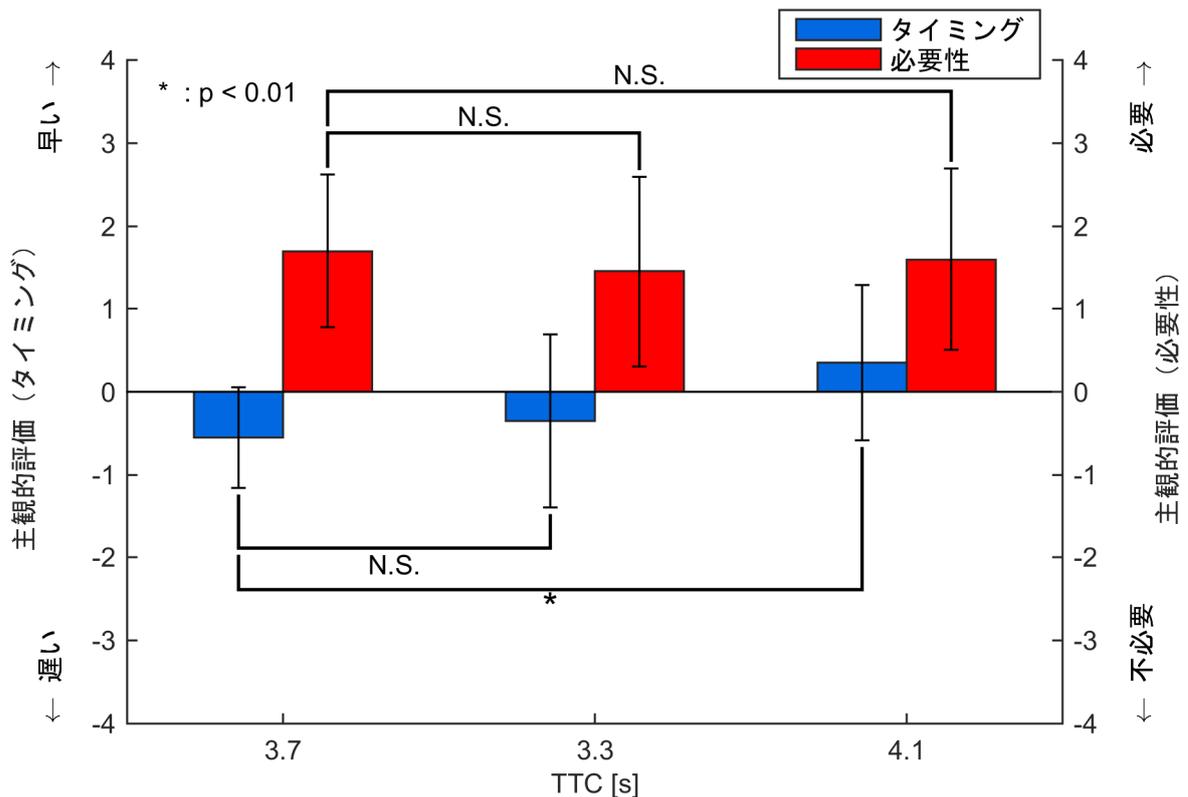


図 4-1-204 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(単路横断支援(右からの横断)における情報提供)

右折支援(前方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-205 から図 4-1-207 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-208 から図 4-1-210 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-211 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=3.3[s]および TTI=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-211 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.7[s]と TTI=3.3[s]には、有意差はみられなかったが、TTI=3.7[s]と TTI=4.1[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%であった。

これより、右折支援(前方から横断)における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

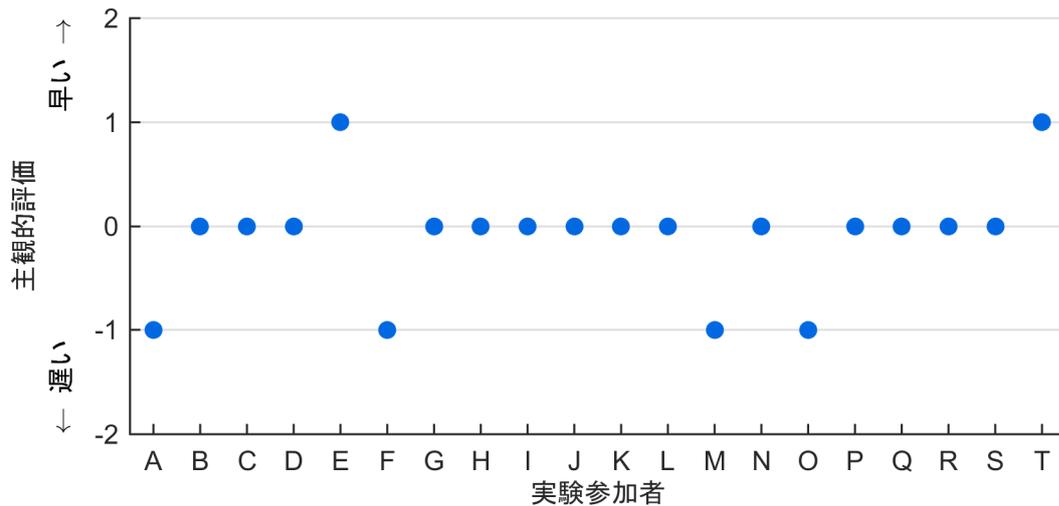


図 4-1-205 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI=3.3[s]））

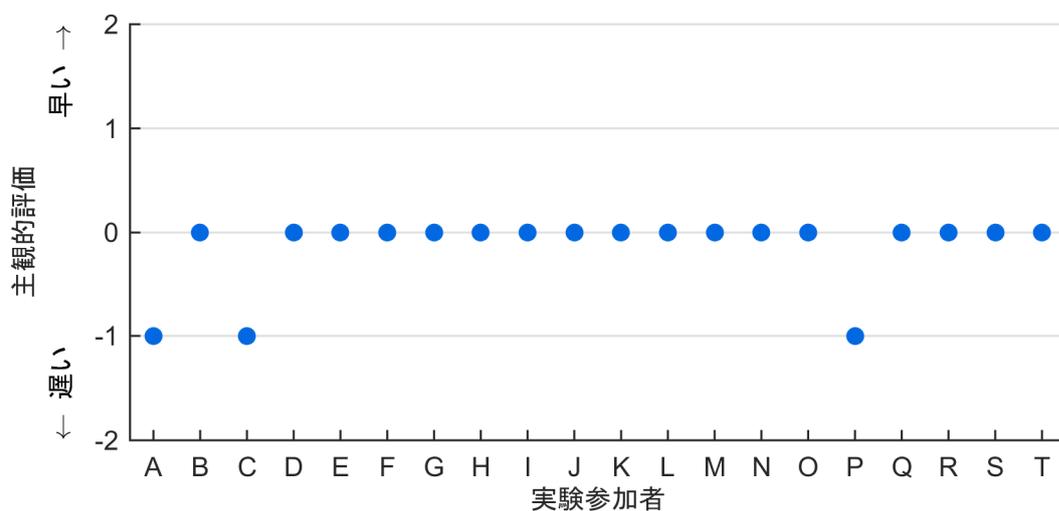


図 4-1-206 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI =3.7[s]））

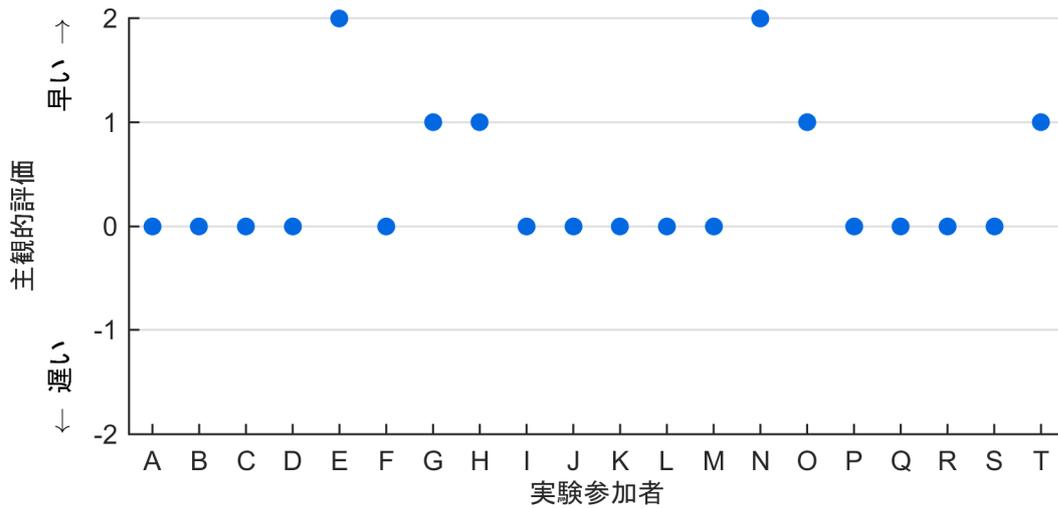


図 4-1-207 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI = 4.1[s]))

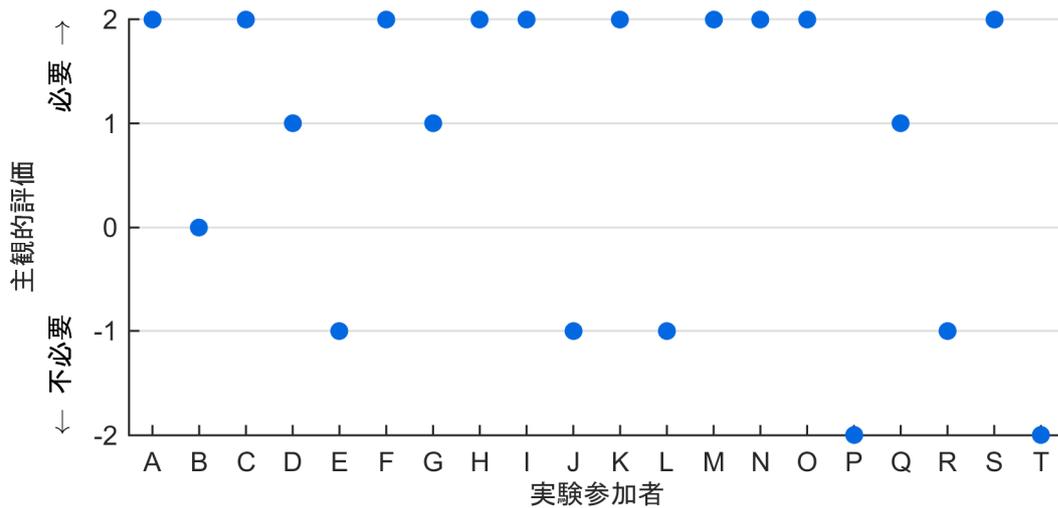


図 4-1-208 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (前方から横断) 情報提供 (TTI = 3.3[s]))

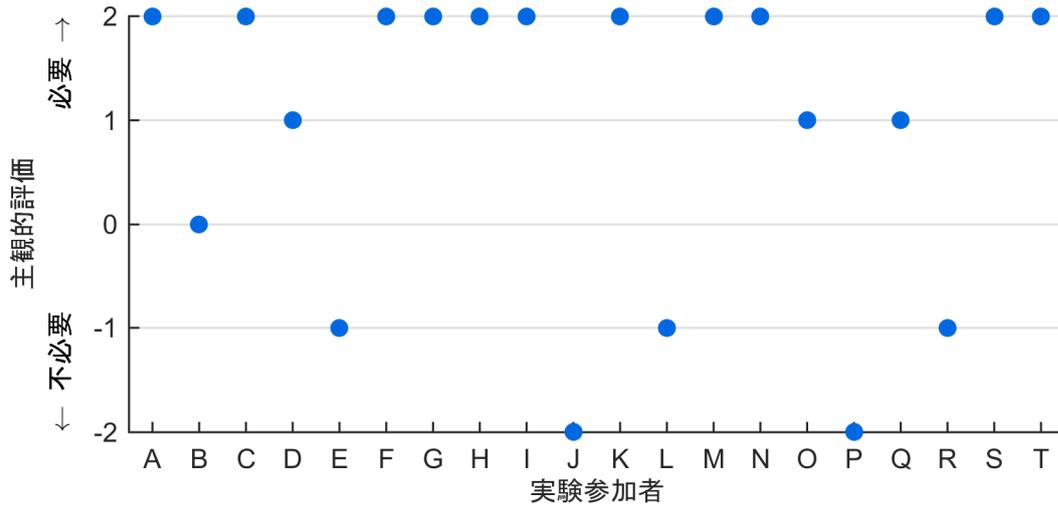


図 4-1-209 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI =3.7[s]）

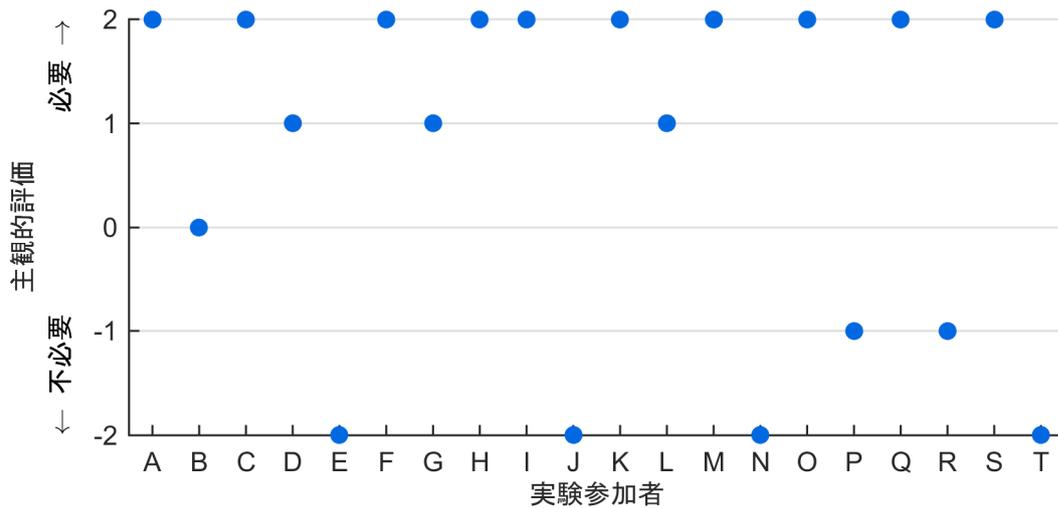


図 4-1-210 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 情報提供（TTI =4.1[s]）

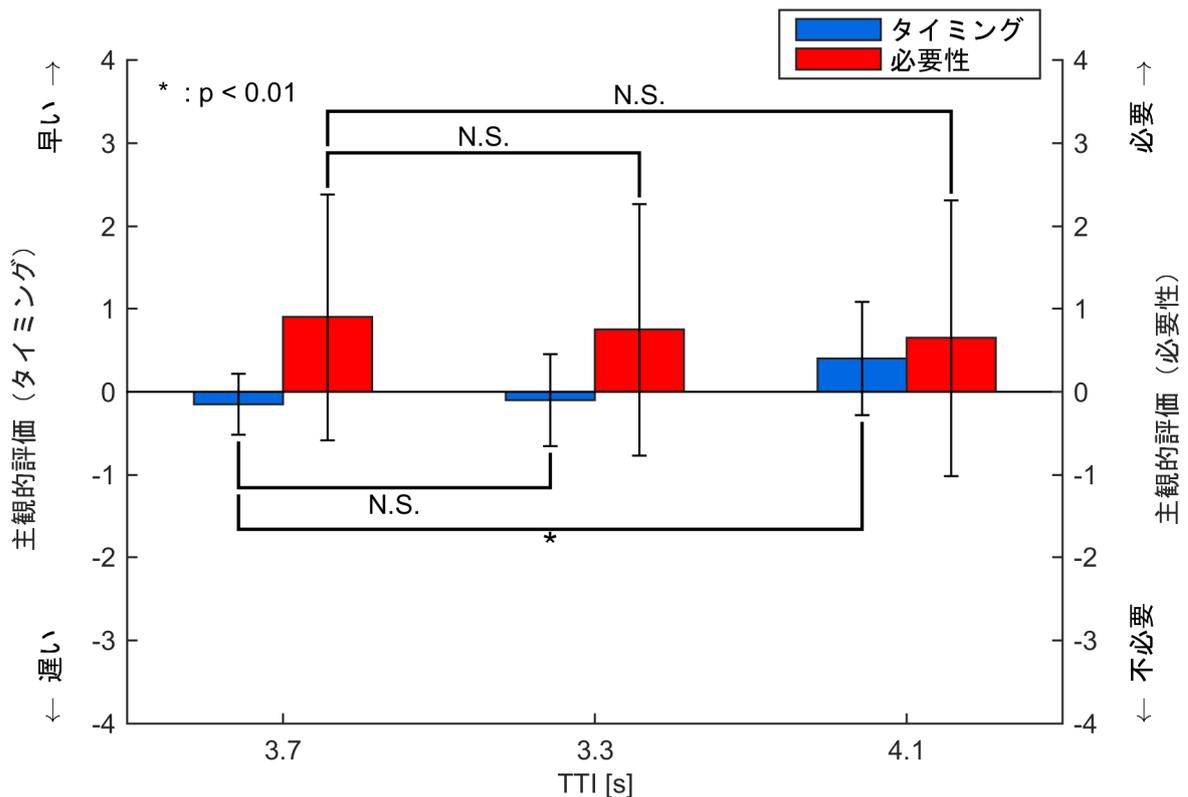


図 4-1-211 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援 (前方から横断) における情報提供)

交差点右折 (後方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-212 から図 4-1-214 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-215 から図 4-1-217 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-218 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=3.3[s]および TTI=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-218 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.7[s]と TTI=3.3[s]には、有意差はみられなかったが、TTI=3.7[s]と TTI=4.1[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 10%であった。

これより、右折支援 (前方から横断) における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

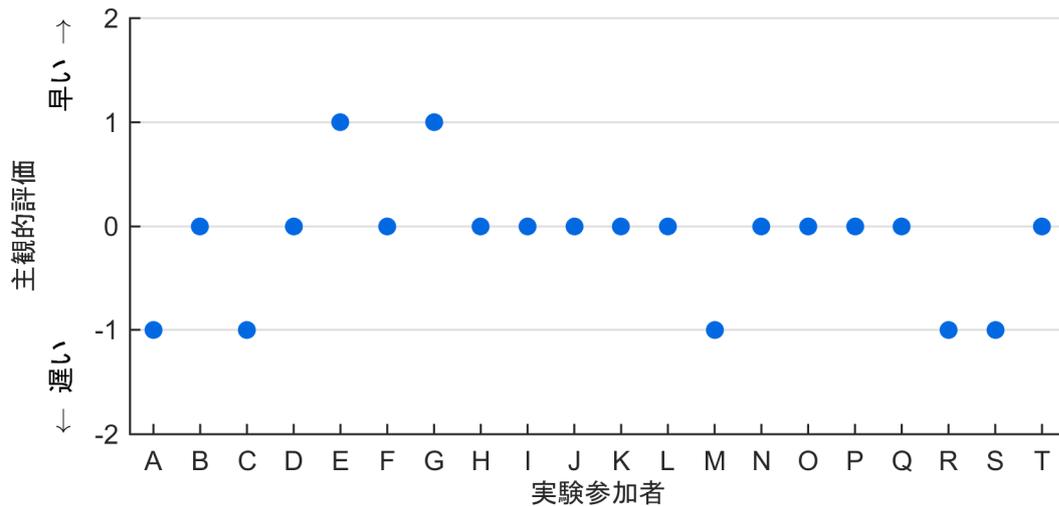


図 4-1-212 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=3.3[s]）

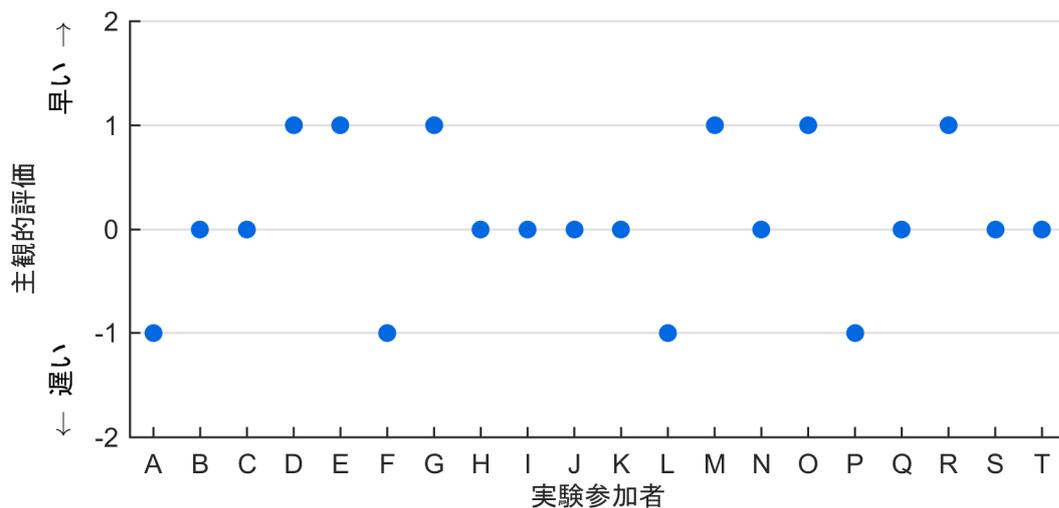


図 4-1-213 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=3.7[s]）

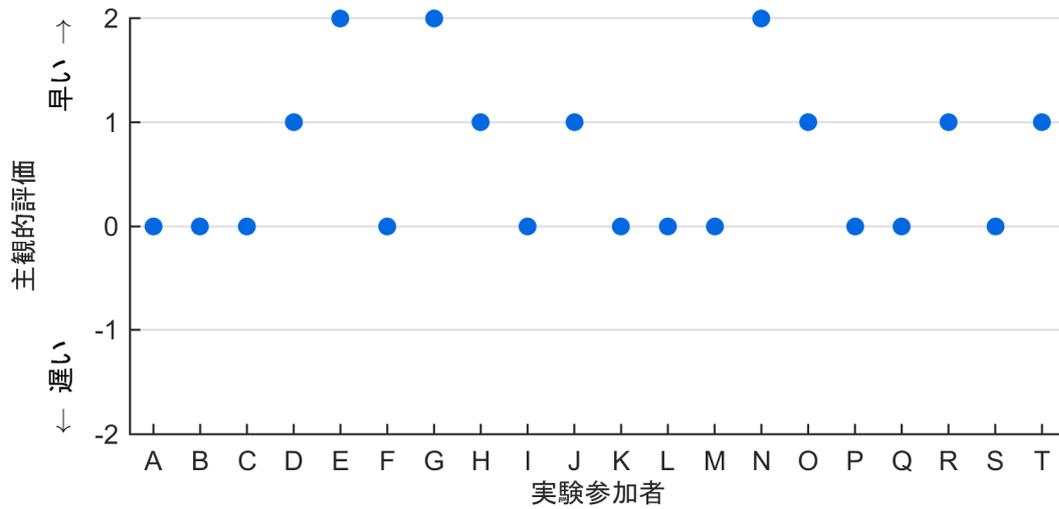


図 4-1-214 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=4.1[s]))

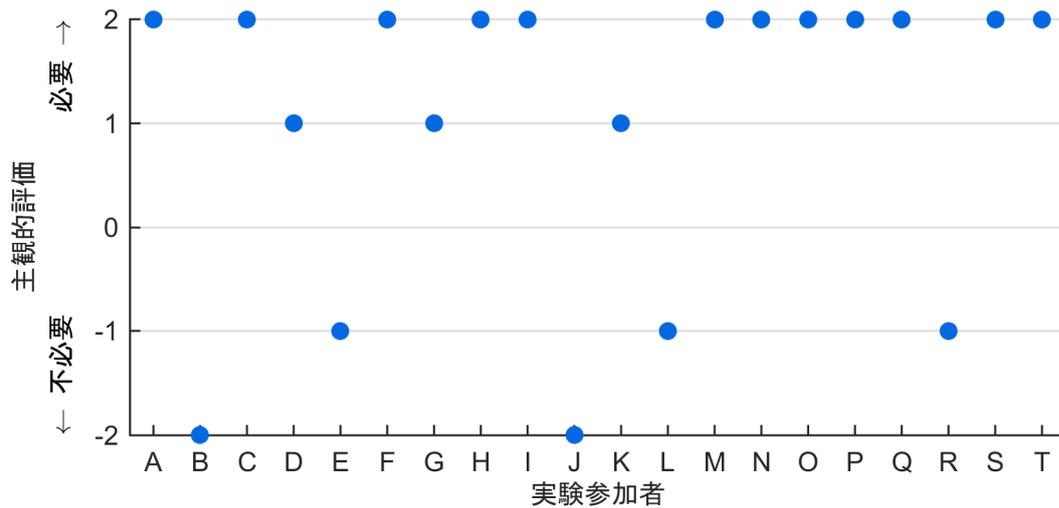


図 4-1-215 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (後方から横断) 情報提供 (TTI=3.3[s]))

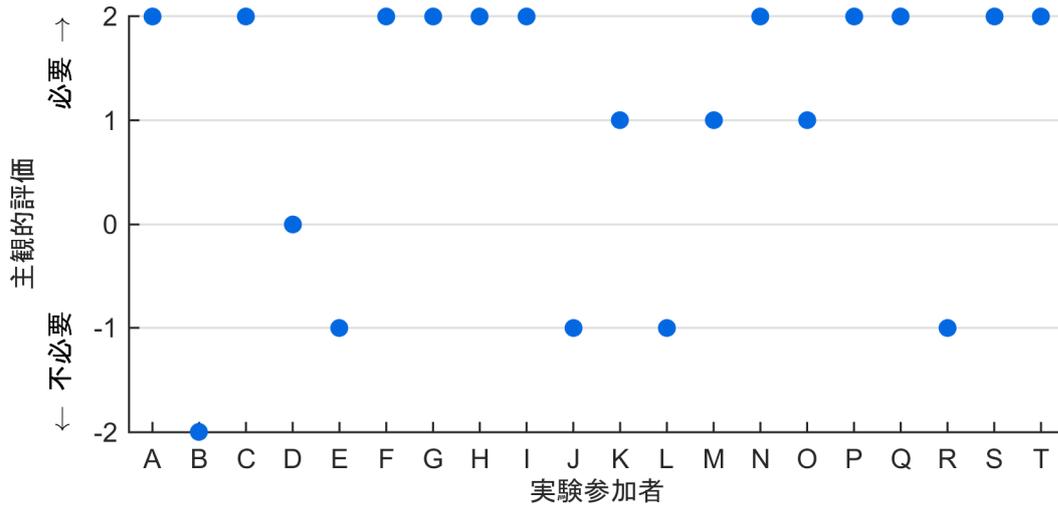


図 4-1-216 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=3.7[s]）

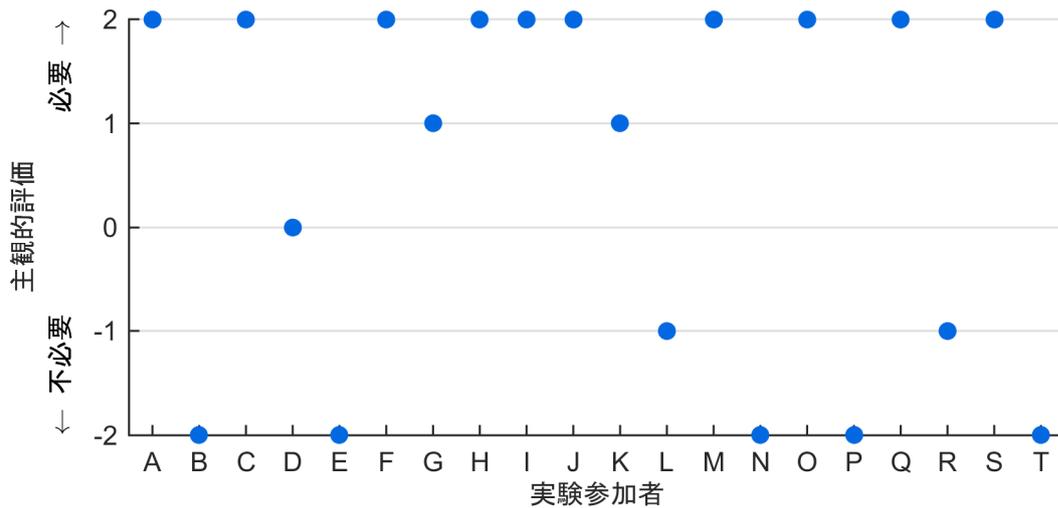


図 4-1-217 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 情報提供（TTI=4.1[s]）

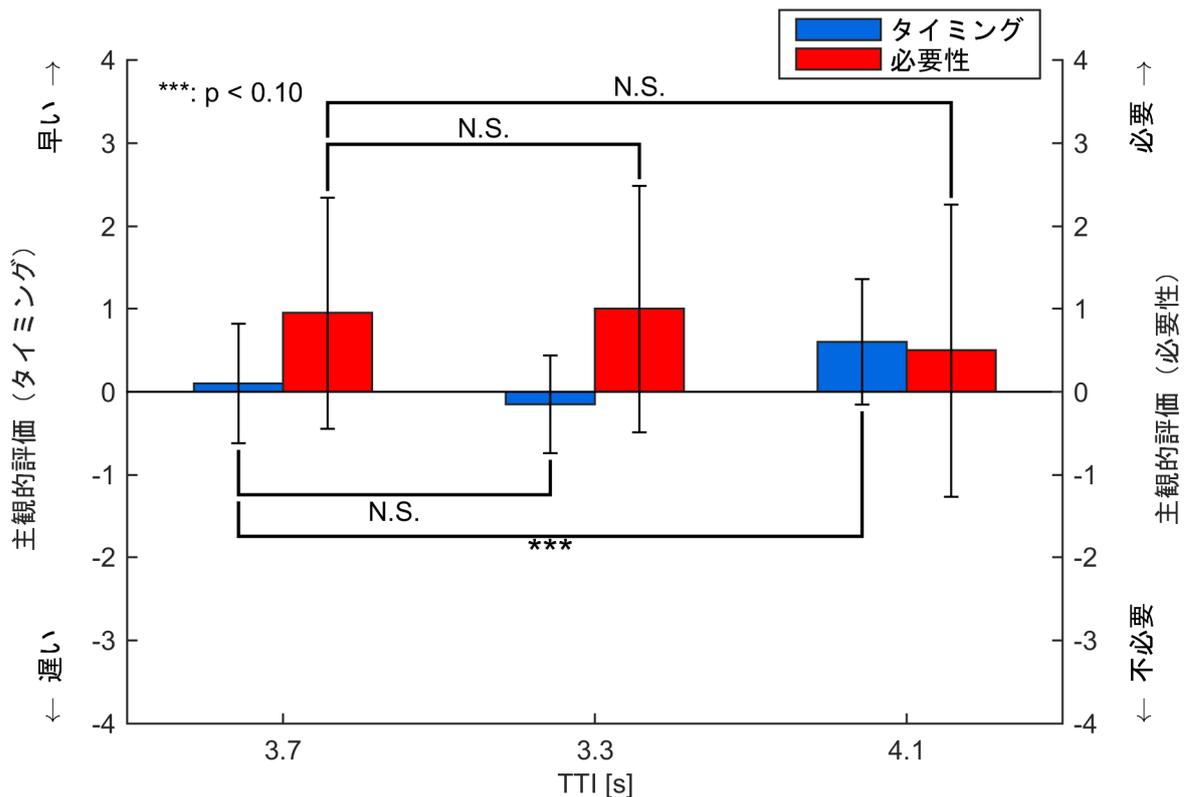


図 4-1-218 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援 (後方から横断) における情報提供)

(2) 注意喚起

単路直進支援 (左から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-219 から図 4-1-221 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-222 から図 4-1-224 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-225 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=2.8[s]および TTC=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-225 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=3.2[s]と TTC=2.8[s]には、有意差はみられなかったが、TTC=3.2[s]と TTC = 3.6[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%であった。

これより、単路横断支援（左からの横断）における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

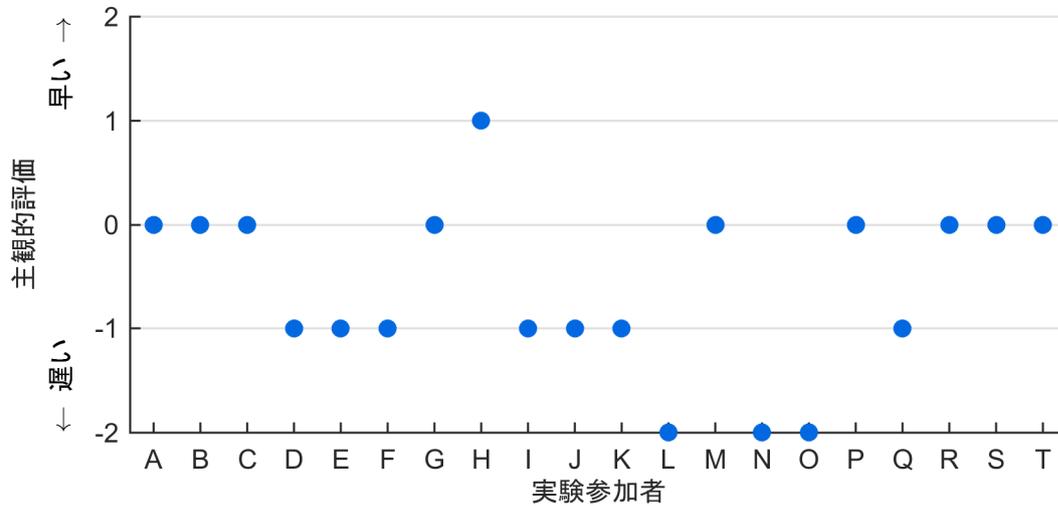


図 4-1-219 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=2.8[s]）

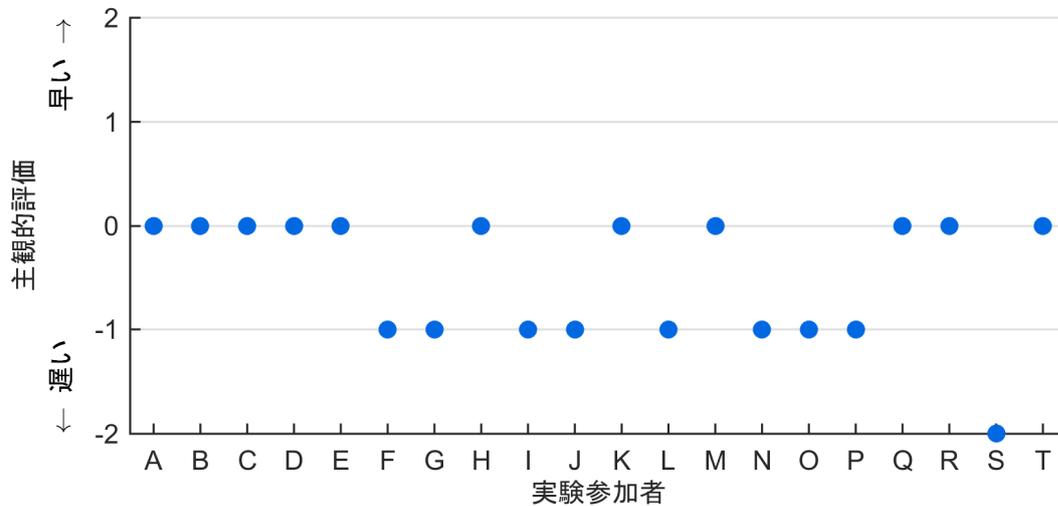


図 4-1-220 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

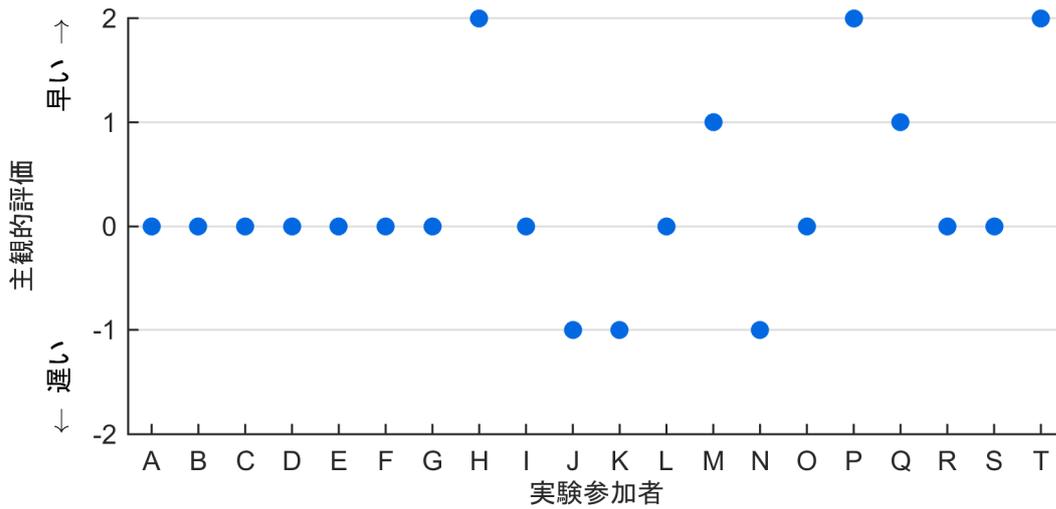


図 4-1-221 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=3.6[s]))

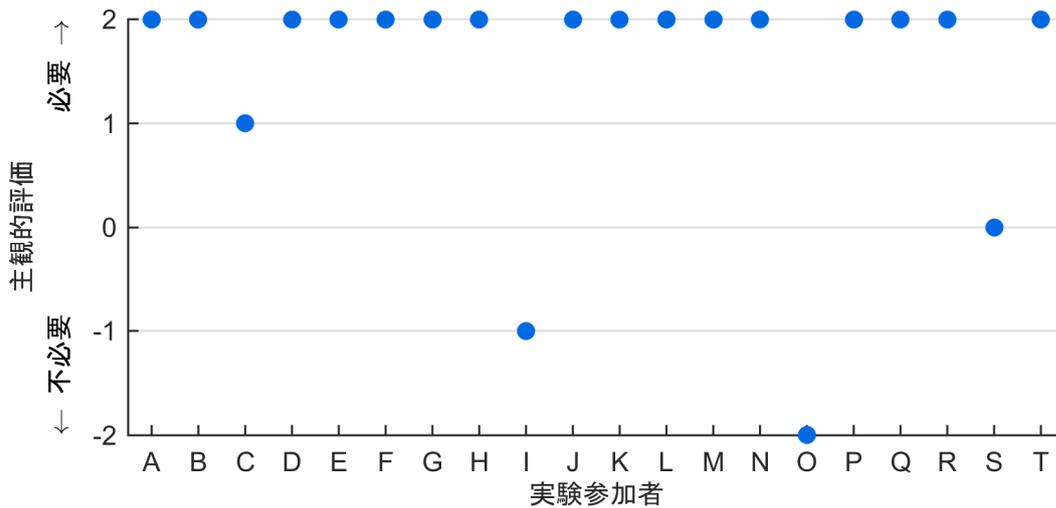


図 4-1-222 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 注意喚起 (TTC=2.8[s]))

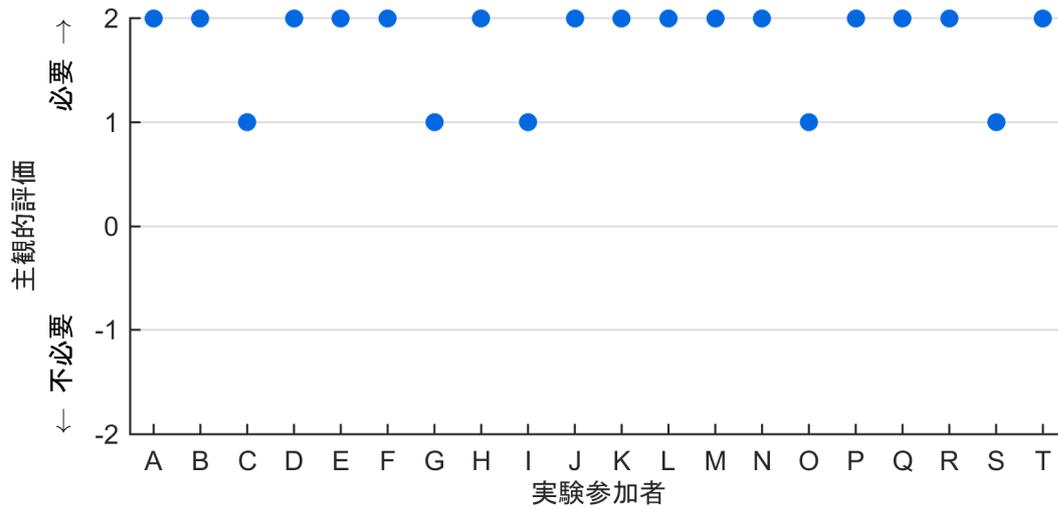


図 4-1-223 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

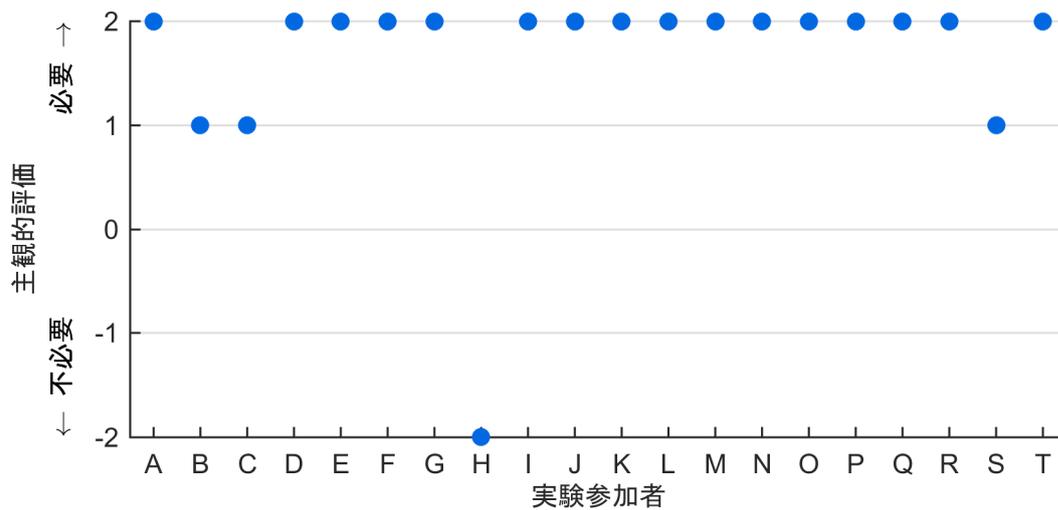


図 4-1-224 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 注意喚起（TTC=3.6[s]）

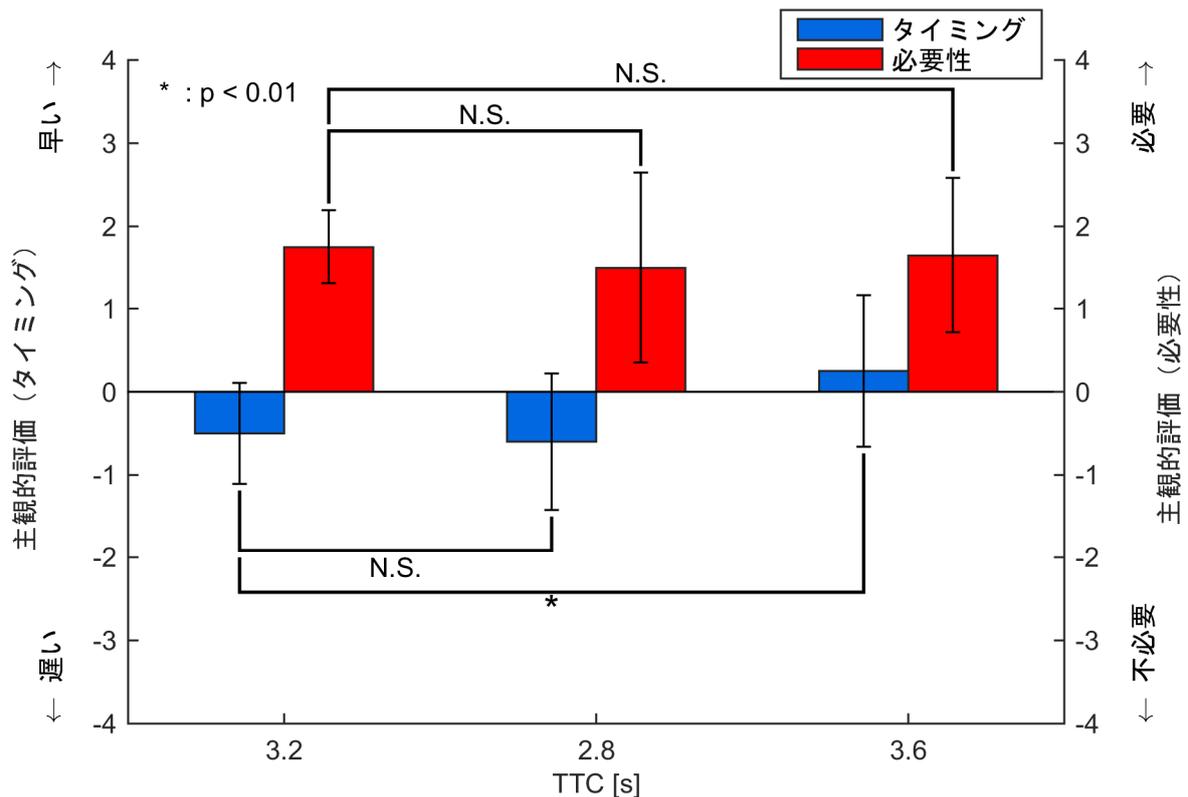


図 4-1-225 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (単路横断支援 (左からの横断) における注意喚起)

単路直進支援 (右から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-226 から図 4-1-228 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-229 から図 4-1-231 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-232 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=2.8[s]および TTC=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-232 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=3.2[s]と TTC=2.8[s]には、有意差はみられなかったが、TTC=3.2[s]と TTC = 3.6[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%であった。

これより、単路横断支援 (右からの横断) における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

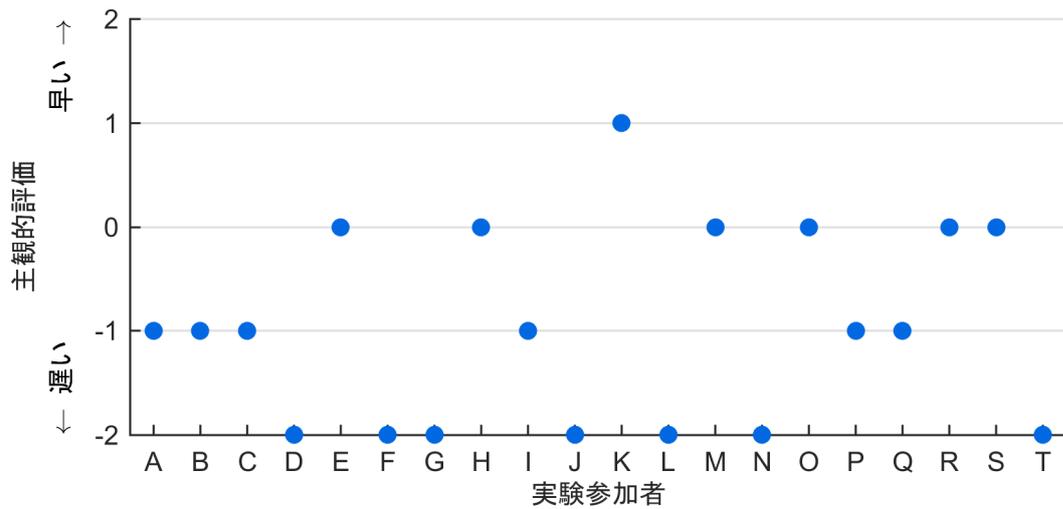


図 4-1-226 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=2.8[s]）

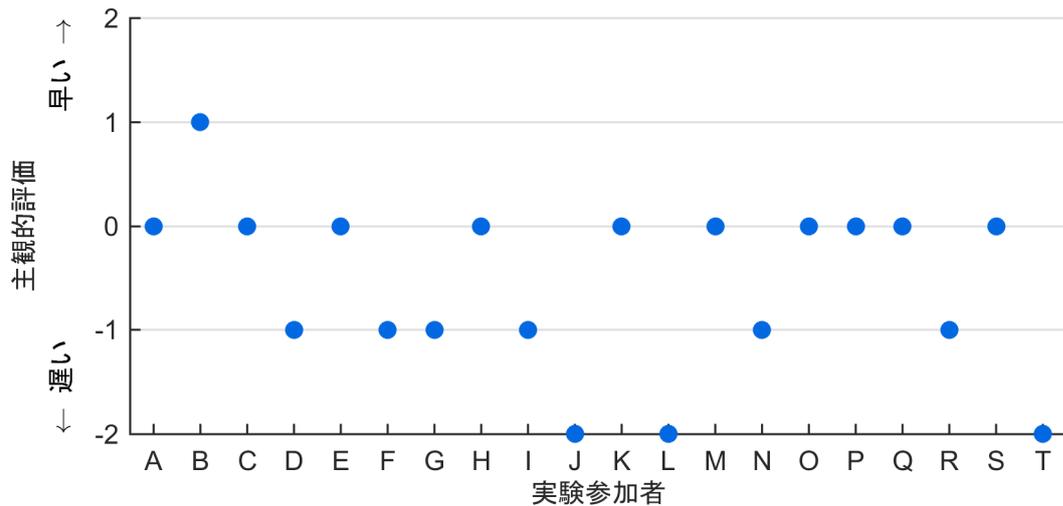


図 4-1-227 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

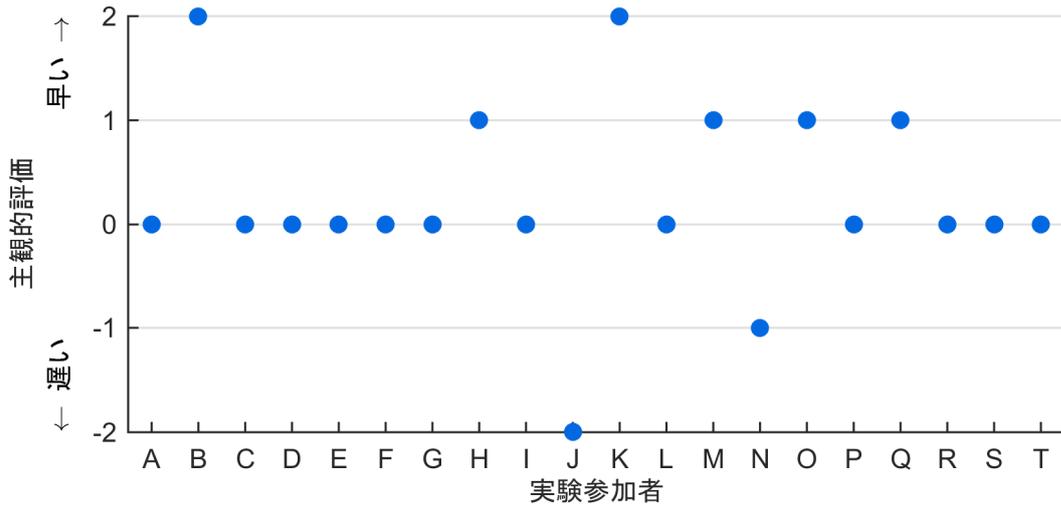


図 4-1-228 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=3.6[s]))

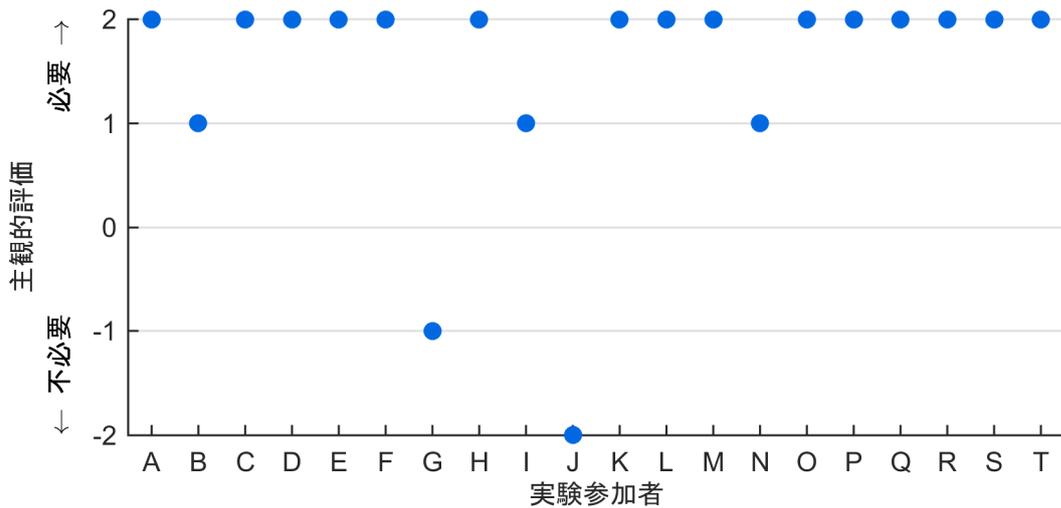


図 4-1-229 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (右から横断) 注意喚起 (TTC=2.8[s]))

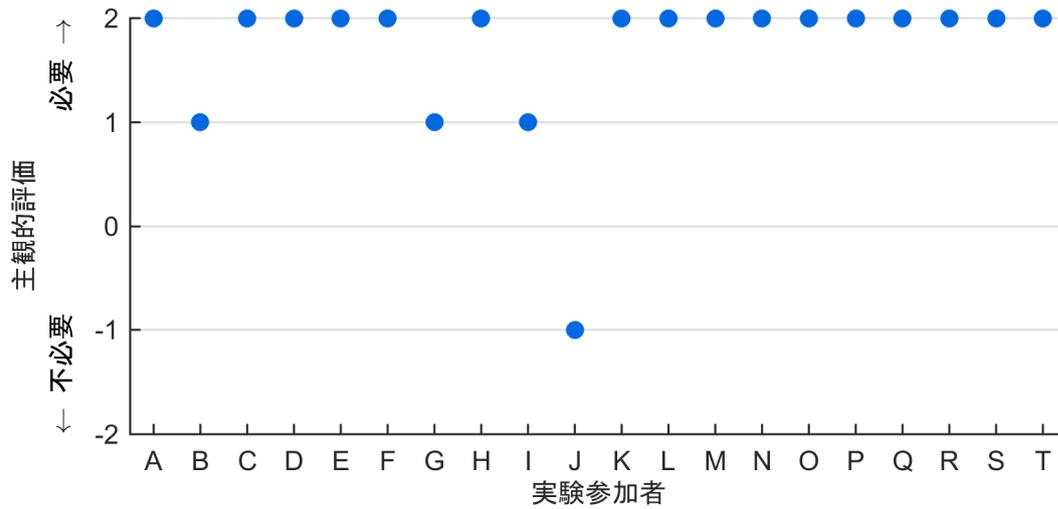


図 4-1-230 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=3.2[s]）

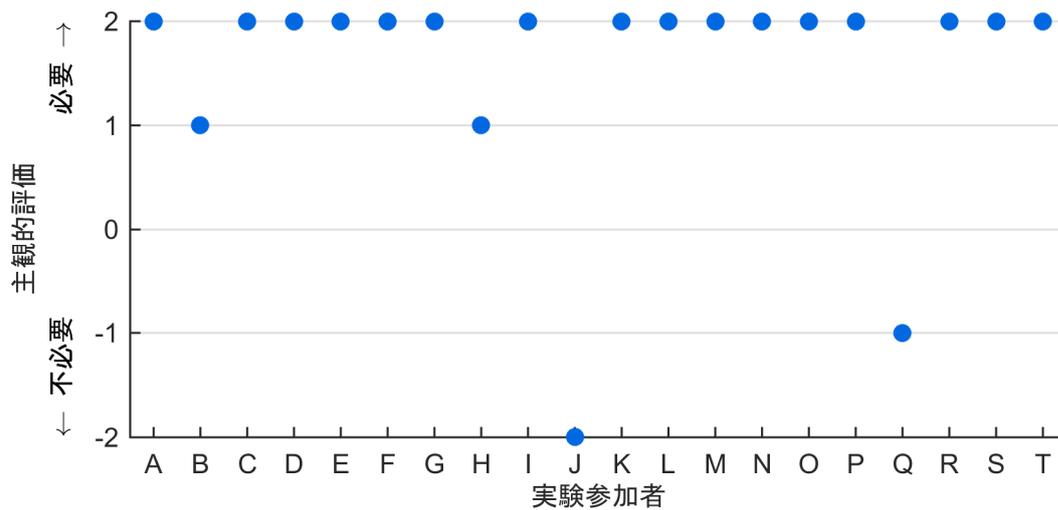


図 4-1-231 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 注意喚起（TTC=3.6[s]）

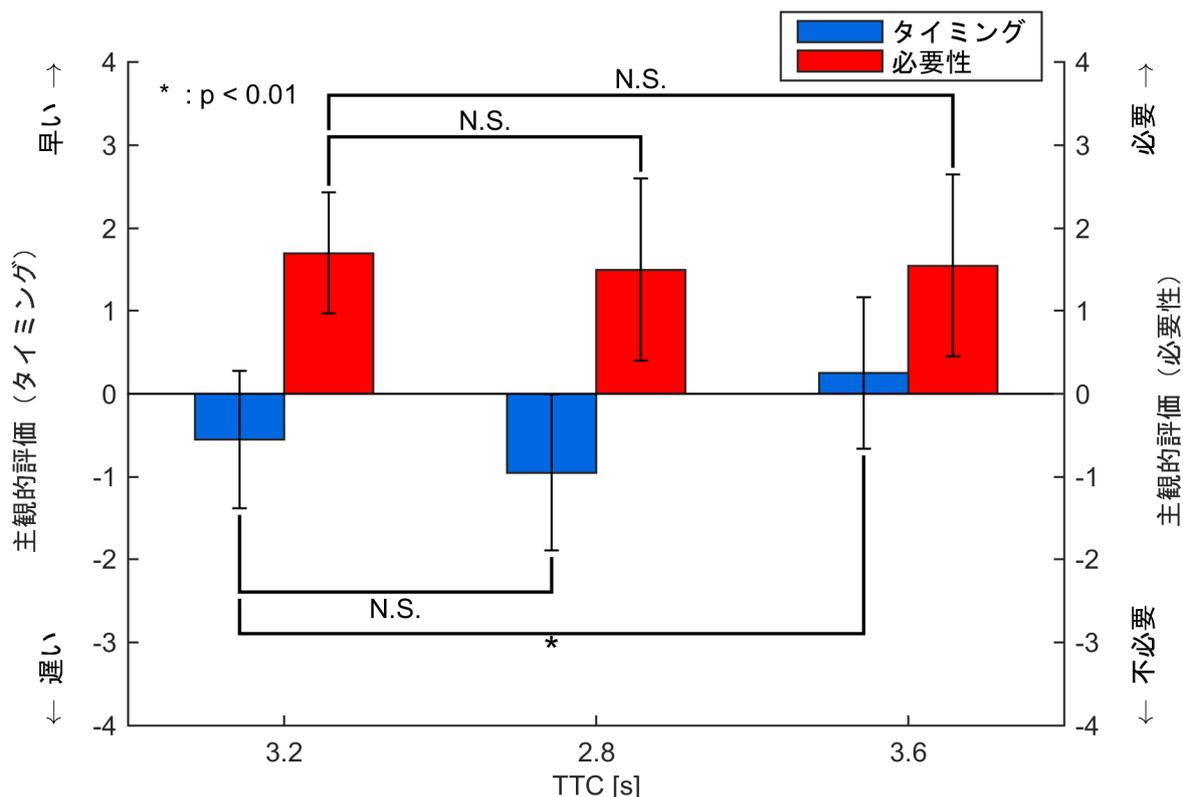


図 4-1-232 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(単路横断支援(右からの横断)における注意喚起)

右折支援(前方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-233 から図 4-1-235 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-236 から図 4-1-238 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-239 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 2.0[s]、2.4[s]、2.8[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=2.4[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=2.0[s]および TTI=2.8[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-239 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTI=2.4[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、右折支援(前方から横断)における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

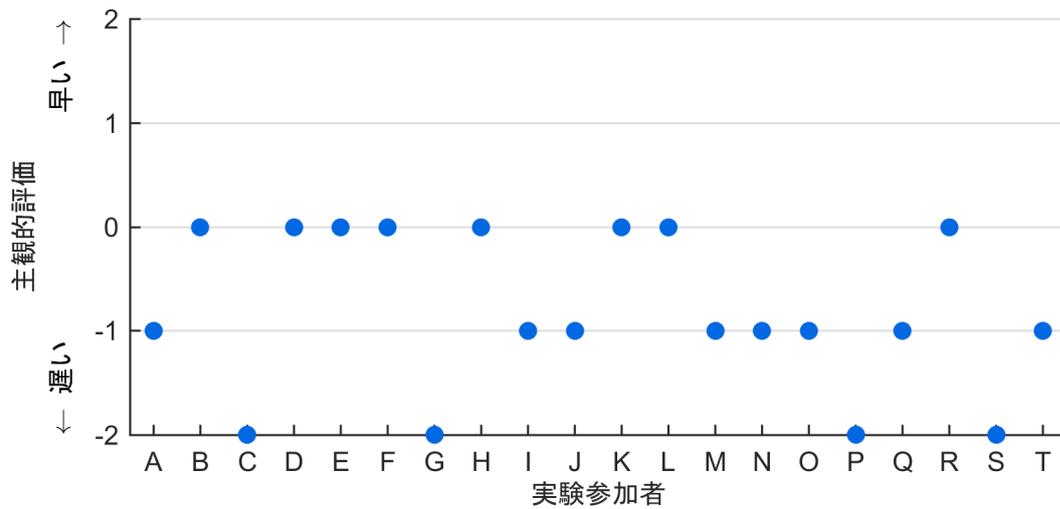


図 4-1-233 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI=2.0[s]））

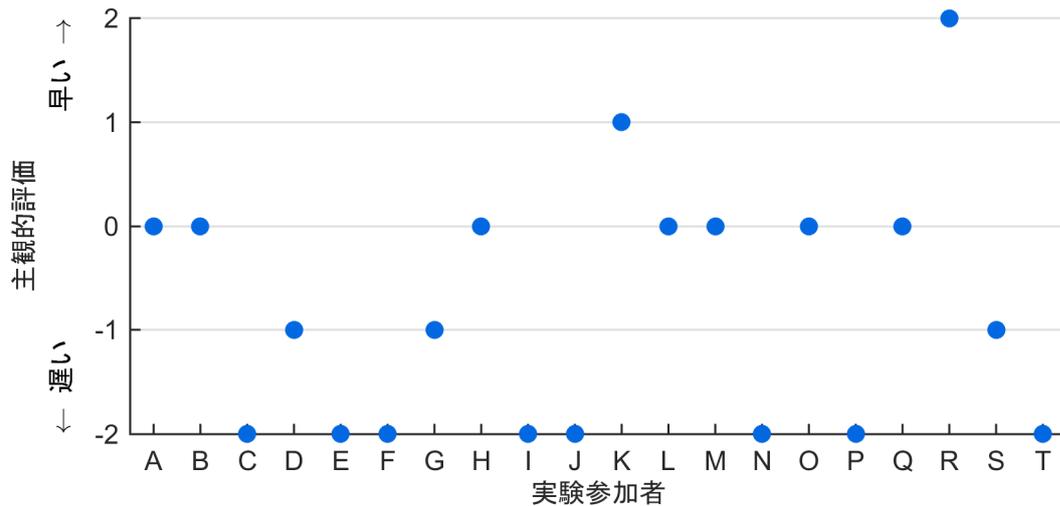


図 4-1-234 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI=2.4[s]））

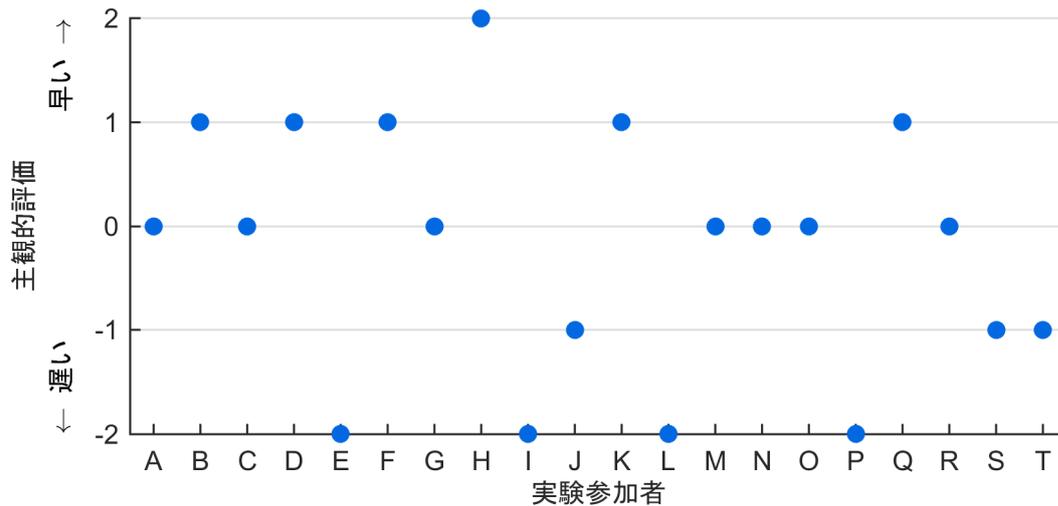


図 4-1-235 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI=2.8[s]))

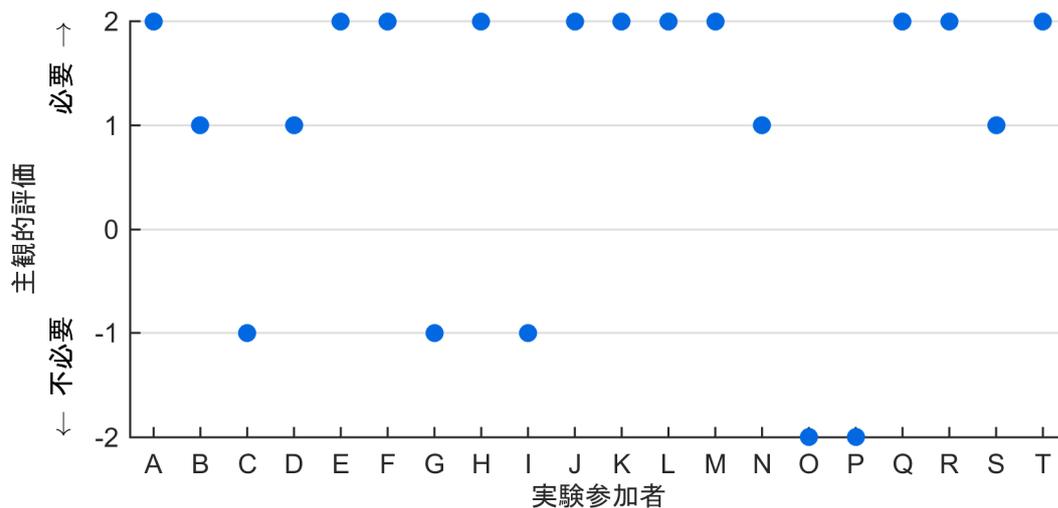


図 4-1-236 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 (前方から横断) 注意喚起 (TTI=2.0[s]))

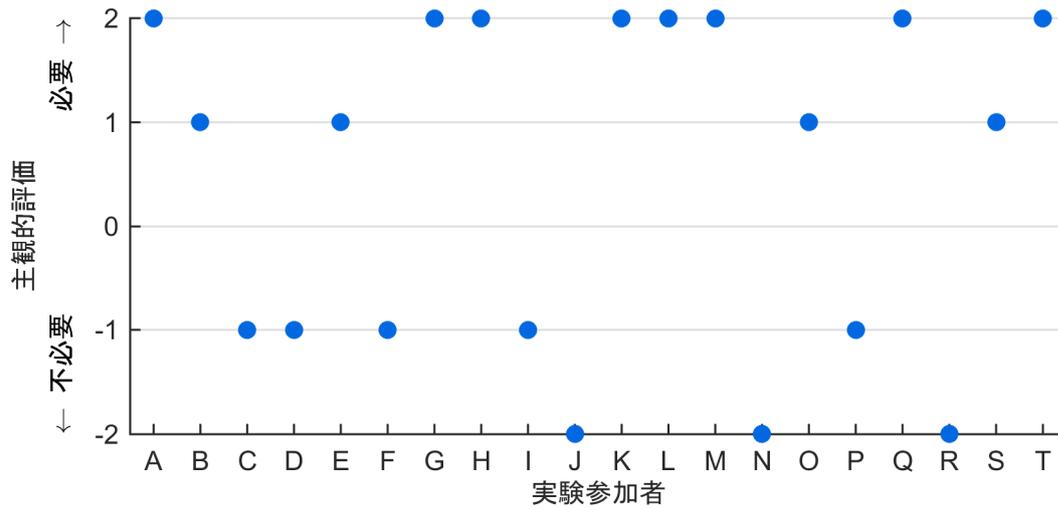


図 4-1-237 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI=2.4[s]）

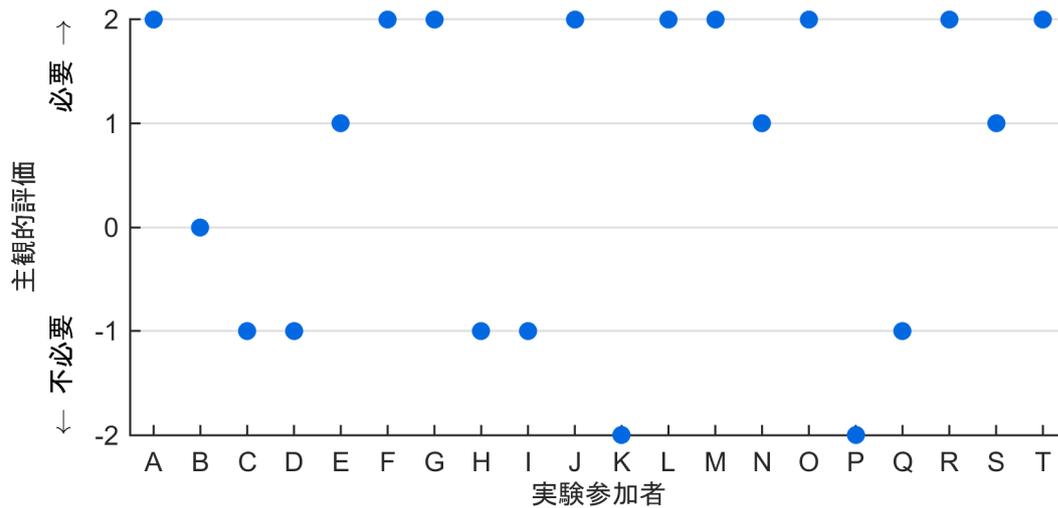


図 4-1-238 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 注意喚起（TTI=2.8[s]）

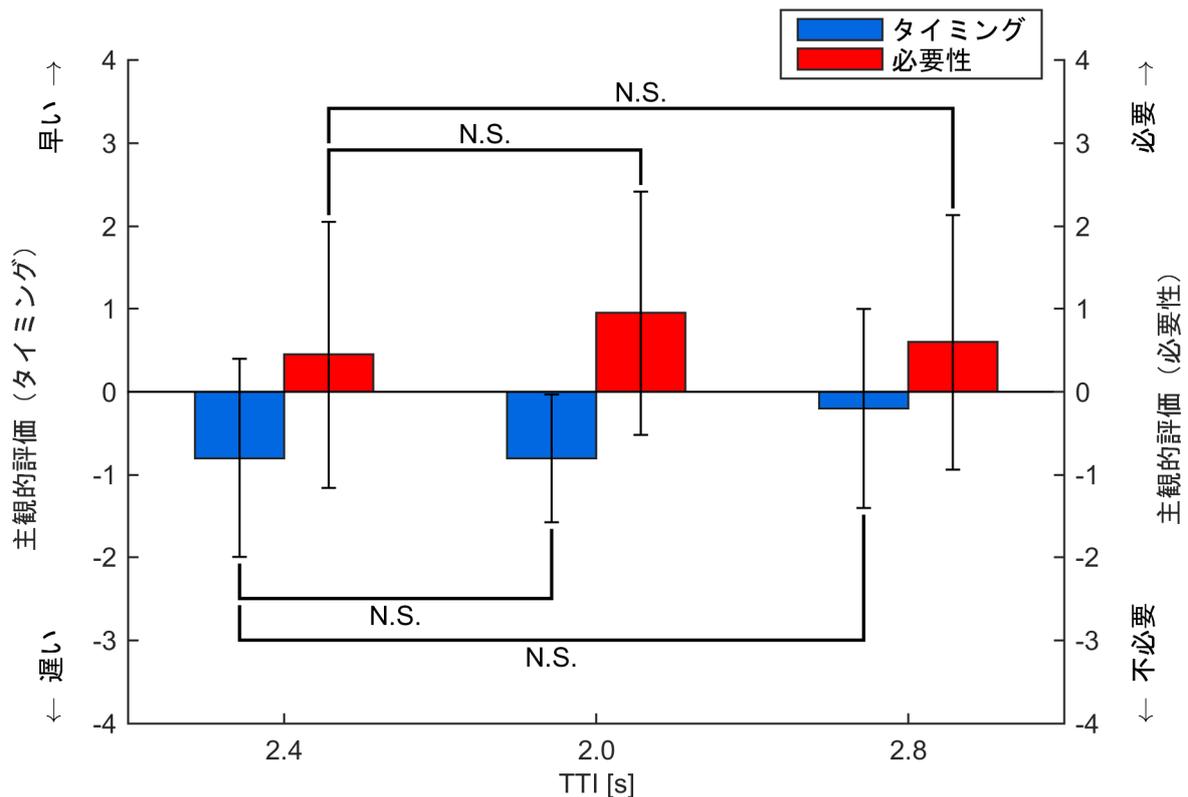


図 4-1-239 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援 (前方から横断) における注意喚起)

交差点右折 (後方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-240 から図 4-1-242 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-243 から図 4-1-245 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-246 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 2.0[s]、2.4[s]、2.8[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=2.4[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=2.0[s]および TTI=2.8[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-246 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTI=2.4[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、右折支援 (前方から横断) における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

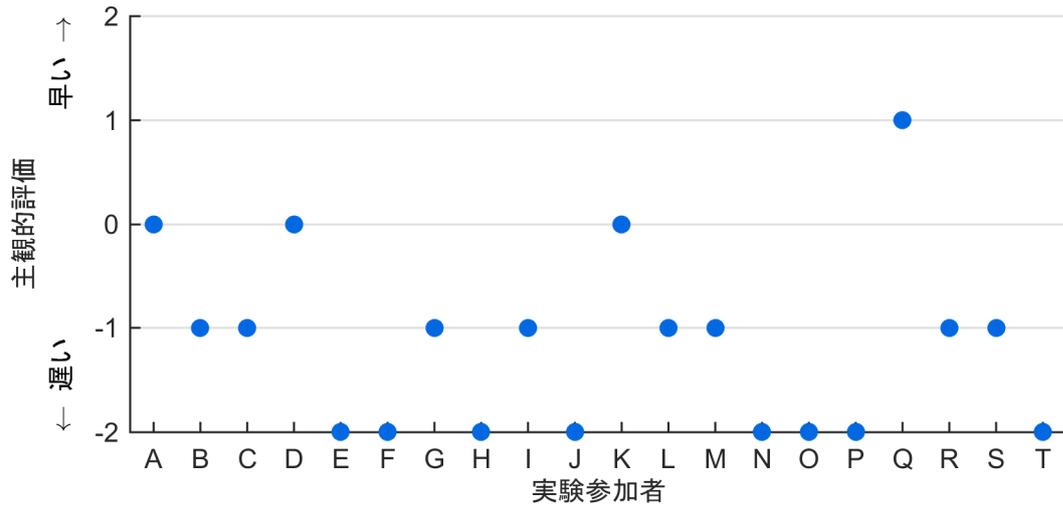


図 4-1-240 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.0[s]）

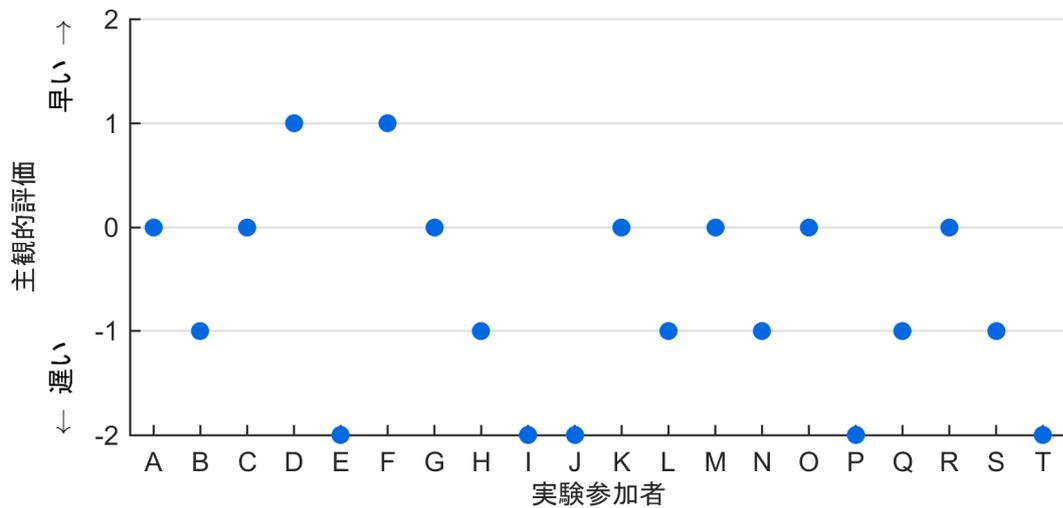


図 4-1-241 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.4[s]）

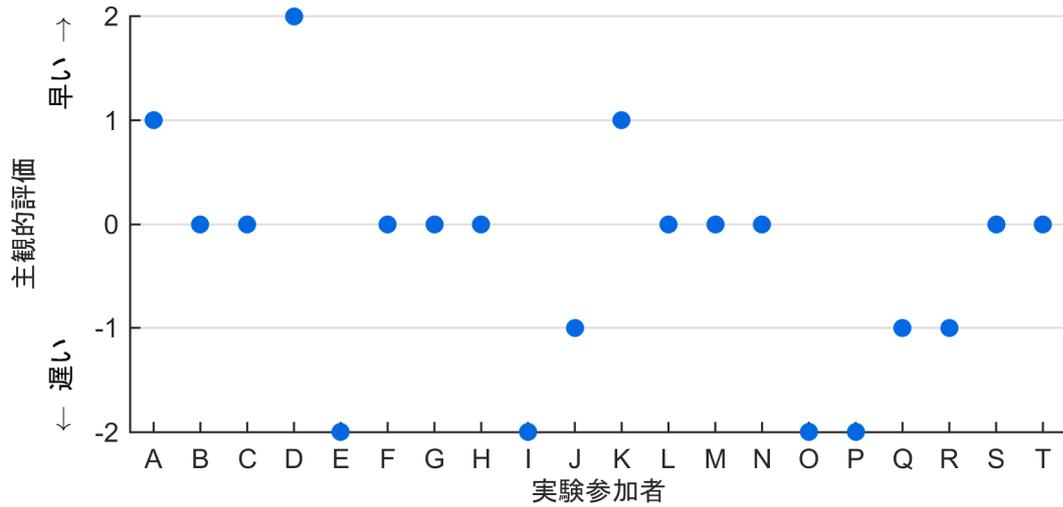


図 4-1-242 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.8[s]）

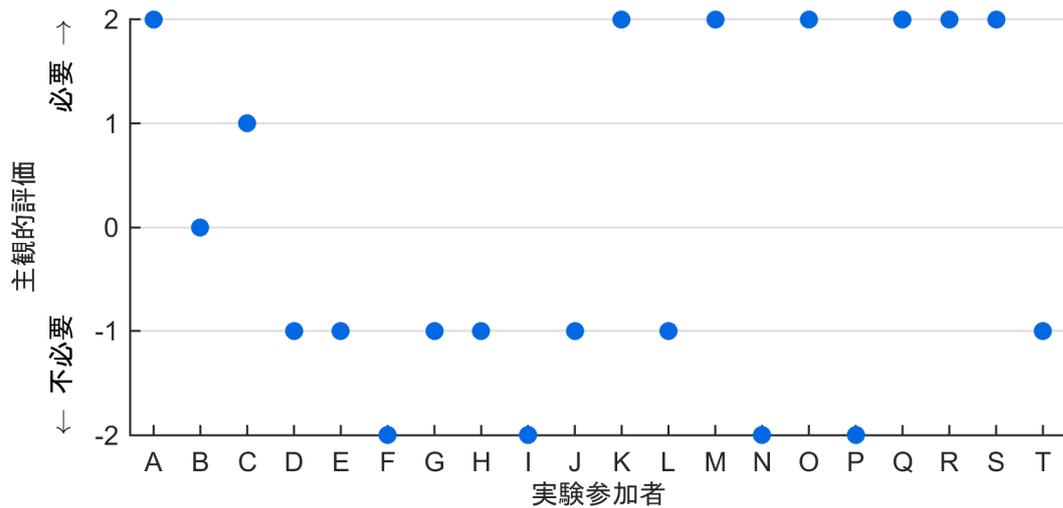


図 4-1-243 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.0[s]）

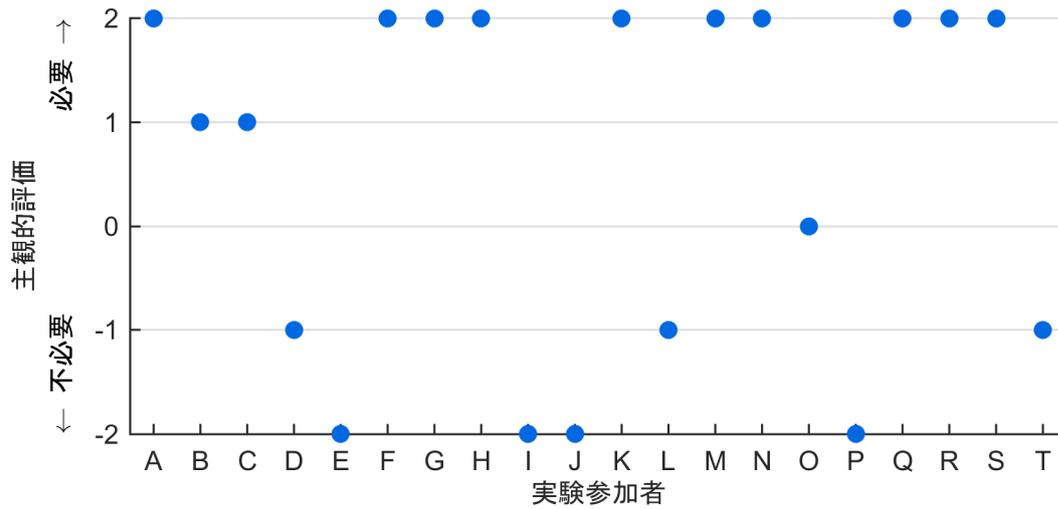


図 4-1-244 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.4[s]）

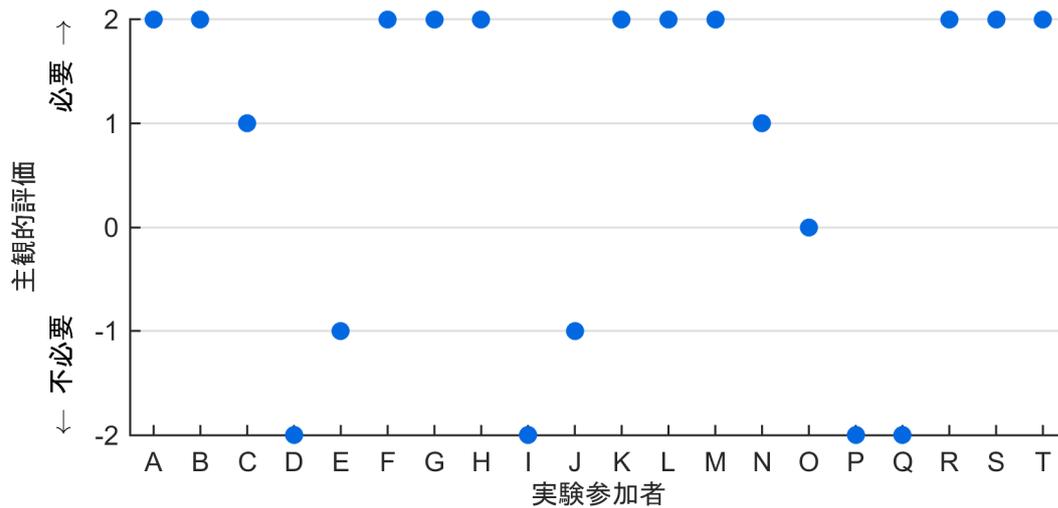


図 4-1-245 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 注意喚起（TTI=2.8[s]）

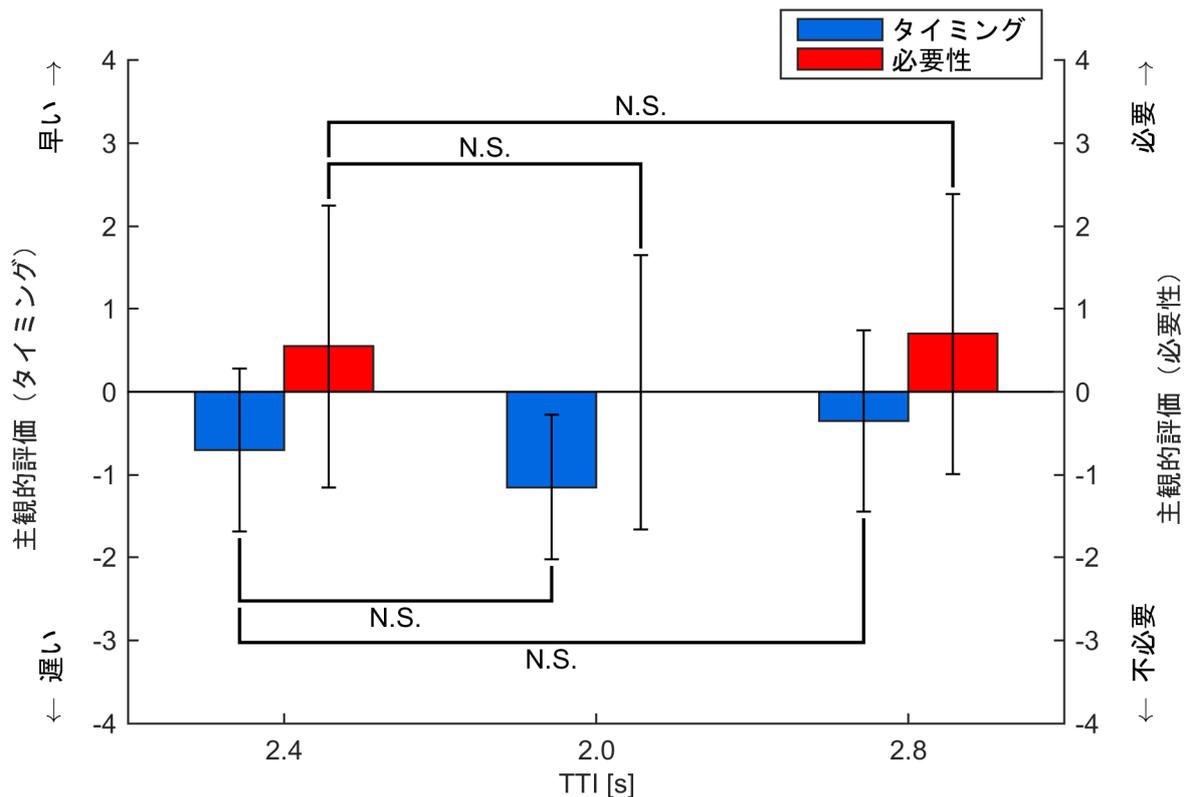


図 4-1-246 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援 (後方から横断) における注意喚起)

(3) 警報

単路直進支援 (左から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-247 から図 4-1-249 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-250 から図 4-1-252 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-253 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=0.4[s]および TTC=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-253 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=0.8[s]と TTC=0.4[s]には、有意差はみられなかったが、TTC=0.8[s]と TTC = 1.2[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 5%であった。また、TTC=0.8[s]と TTC = 1.2[s]では必要性の評価に関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、単路横断支援（左からの横断）における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

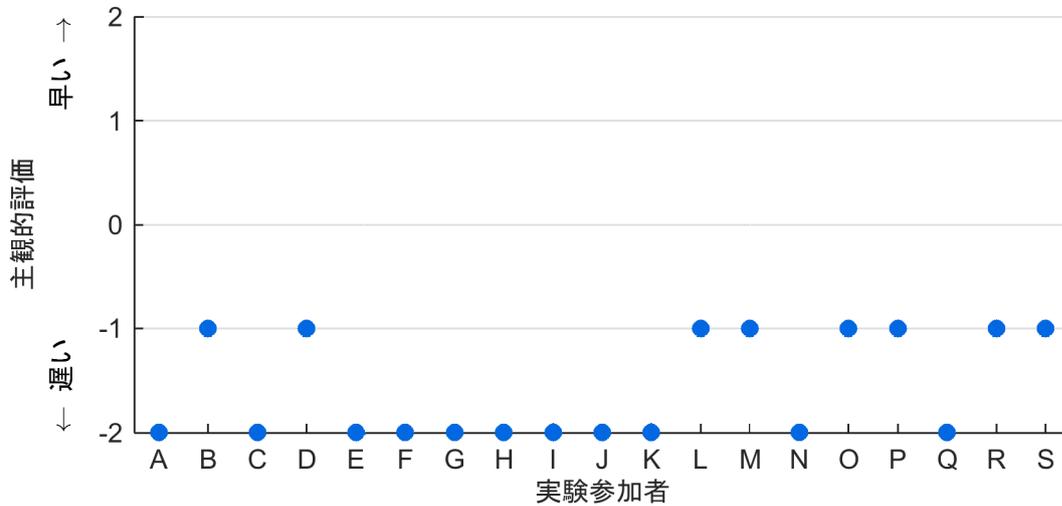


図 4-1-247 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=0.4[s]）

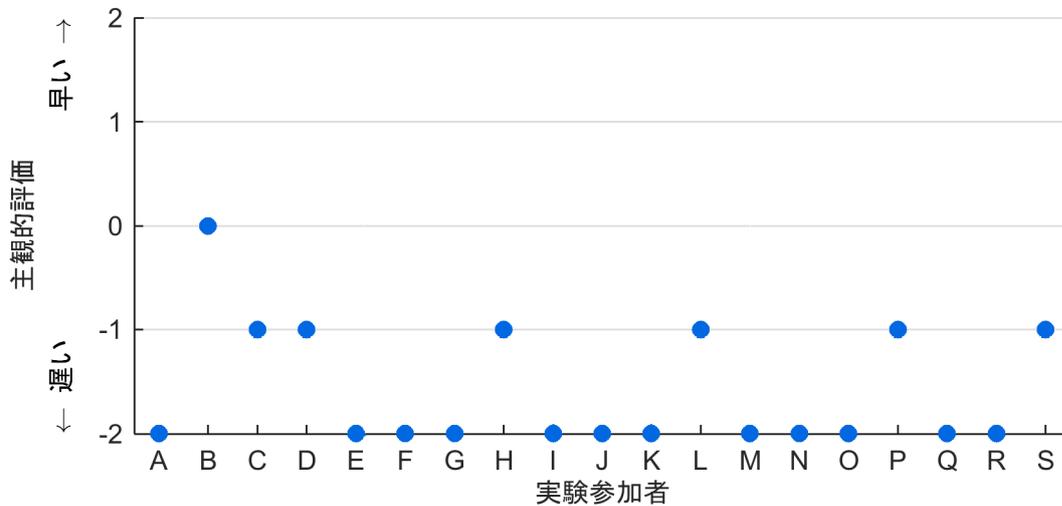


図 4-1-248 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

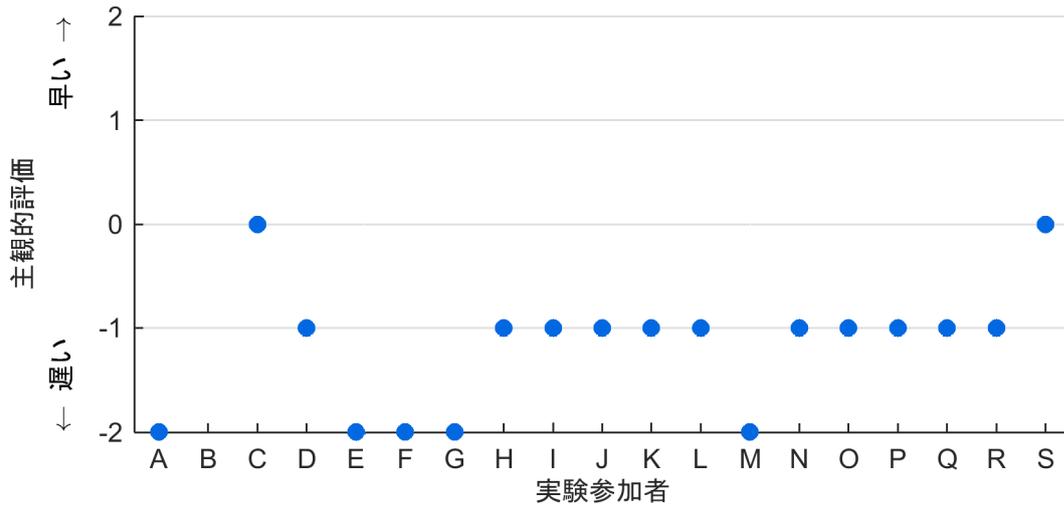


図 4-1-249 支援の作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=1.2 [s]))

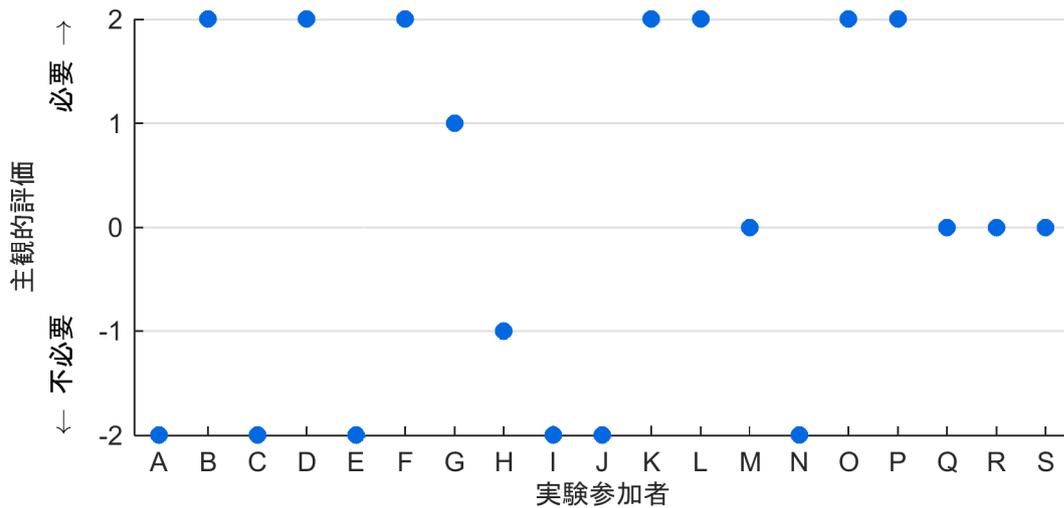


図 4-1-250 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (単路直進支援 (左から横断) 警報 (TTC=0.4[s]))

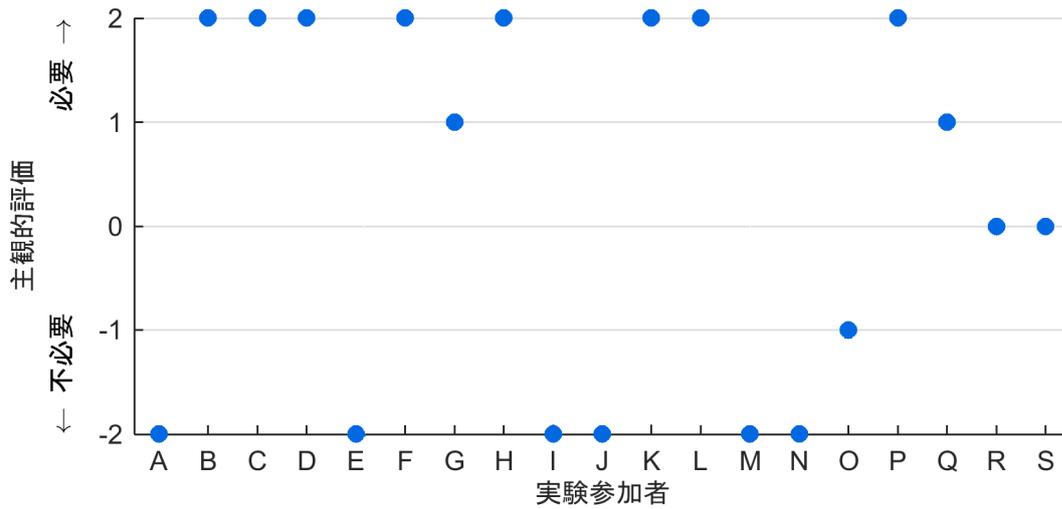


図 4-1-251 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

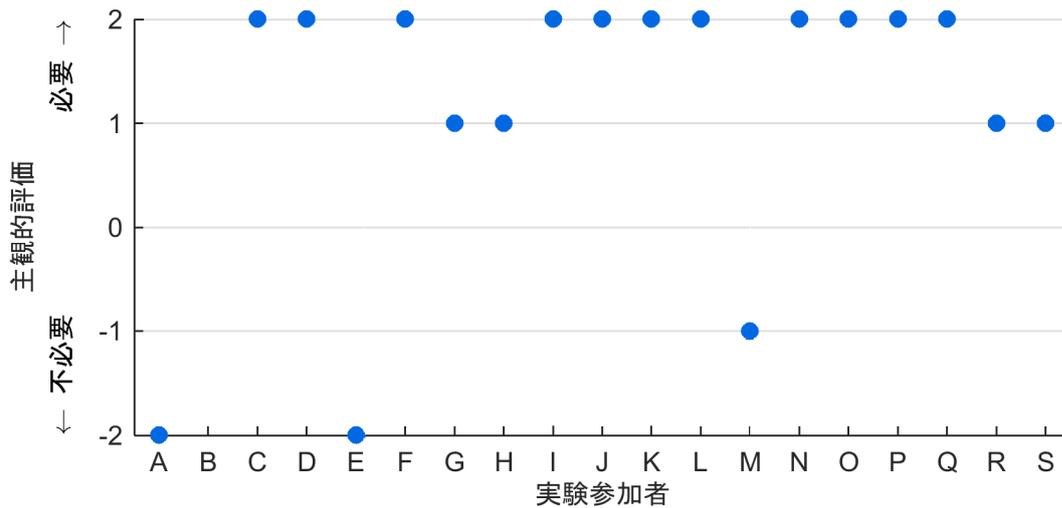


図 4-1-252 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（左から横断） 警報（TTC=1.2[s]）

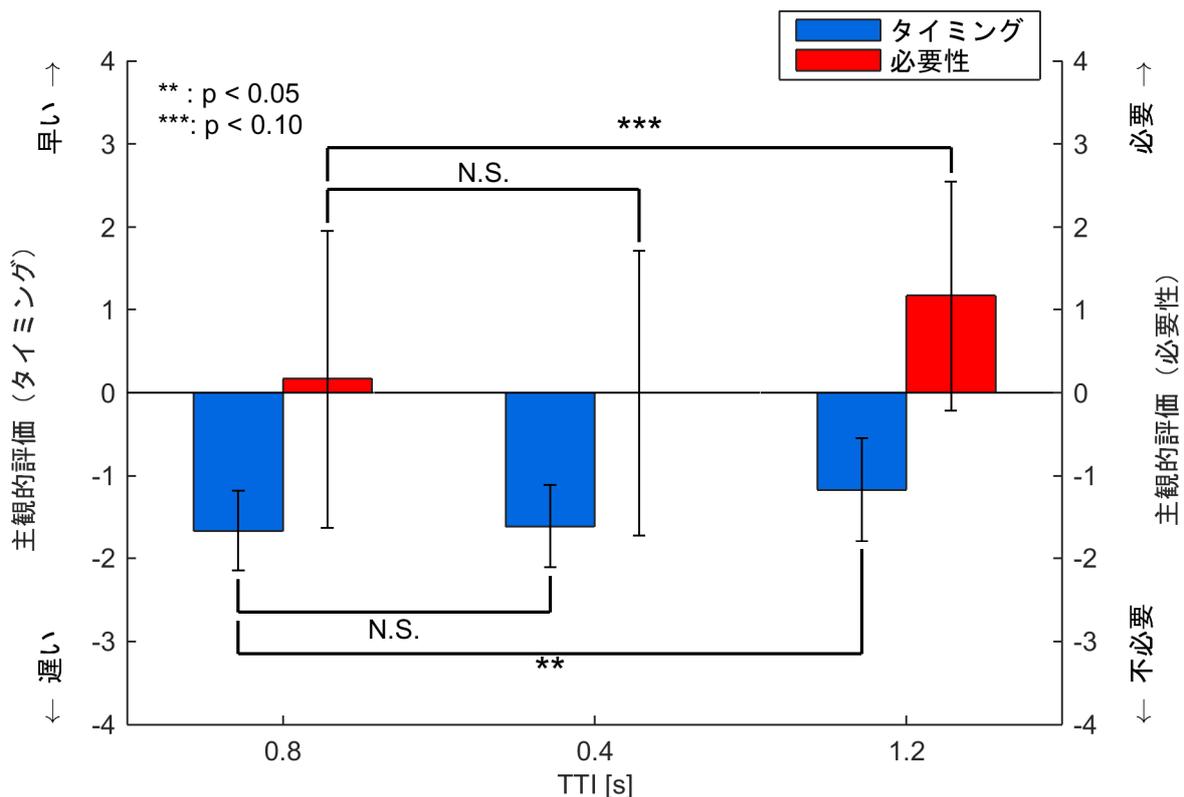


図 4-1-253 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (単路横断支援 (左からの横断) における警報)

単路直進支援 (右から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-254 から図 4-1-256 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-257 から図 4-1-259 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-260 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=0.4[s]および TTC=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-260 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTC=0.8[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、単路横断支援（右からの横断）における警報の作動タイミングは、半径5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

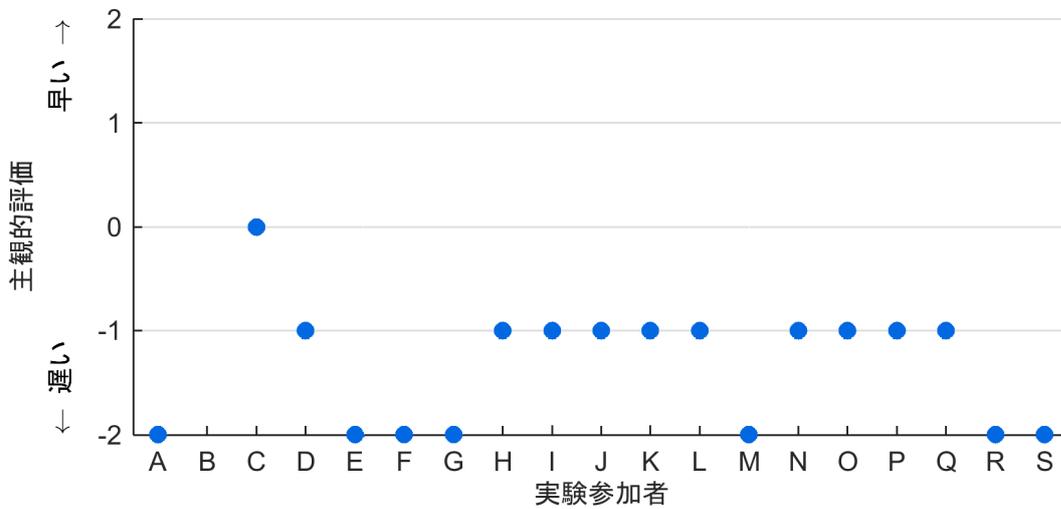


図 4-1-254 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=0.4[s]）

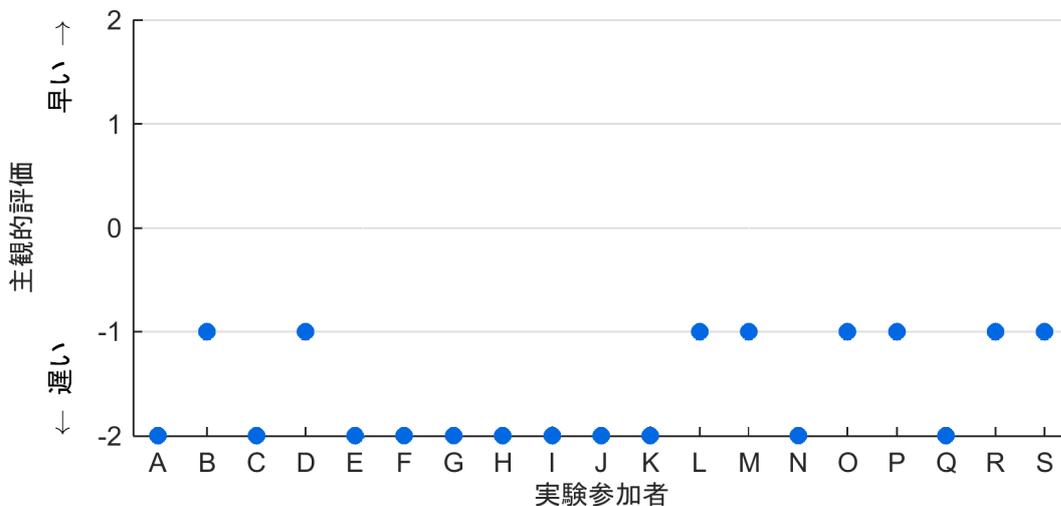


図 4-1-255 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

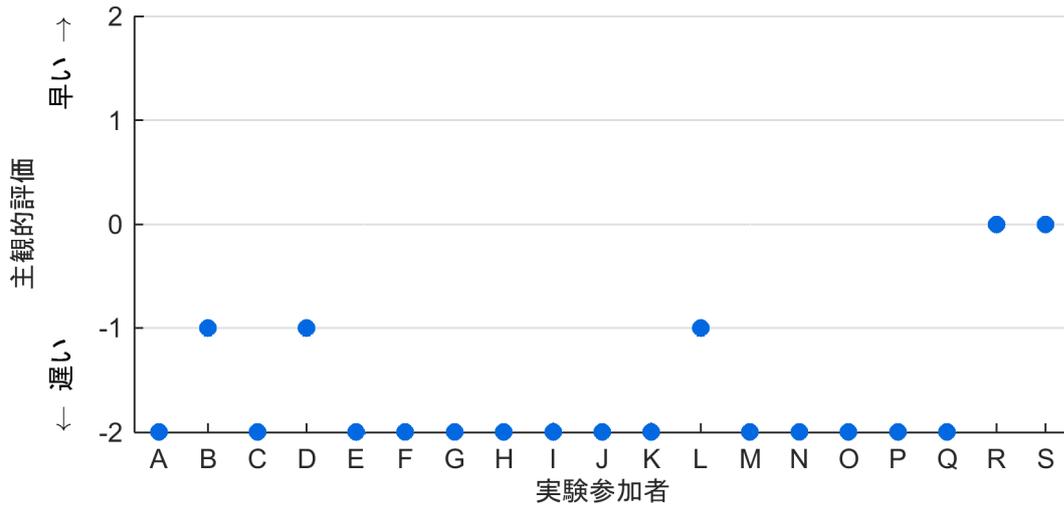


図 4-1-256 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=1.2[s]）

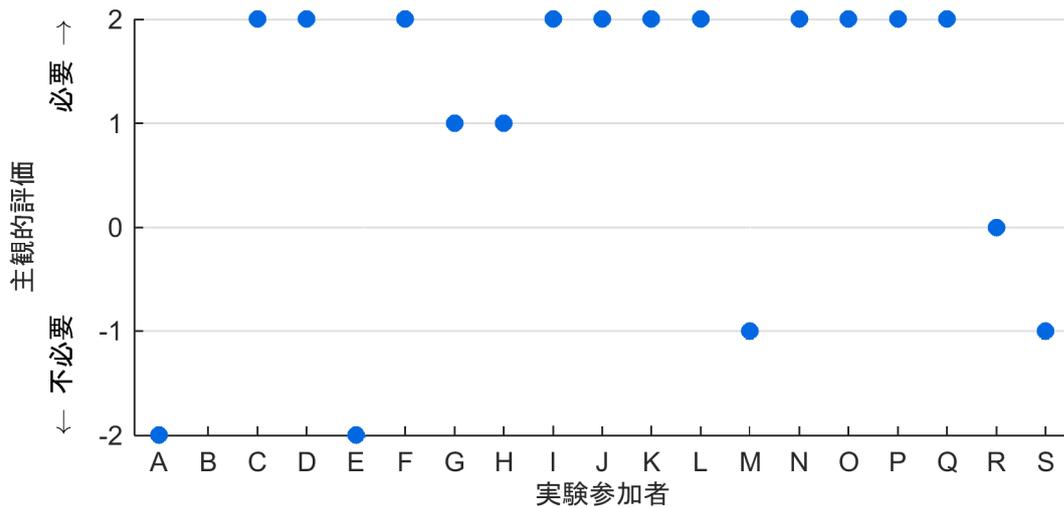


図 4-1-257 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=0.4[s]）

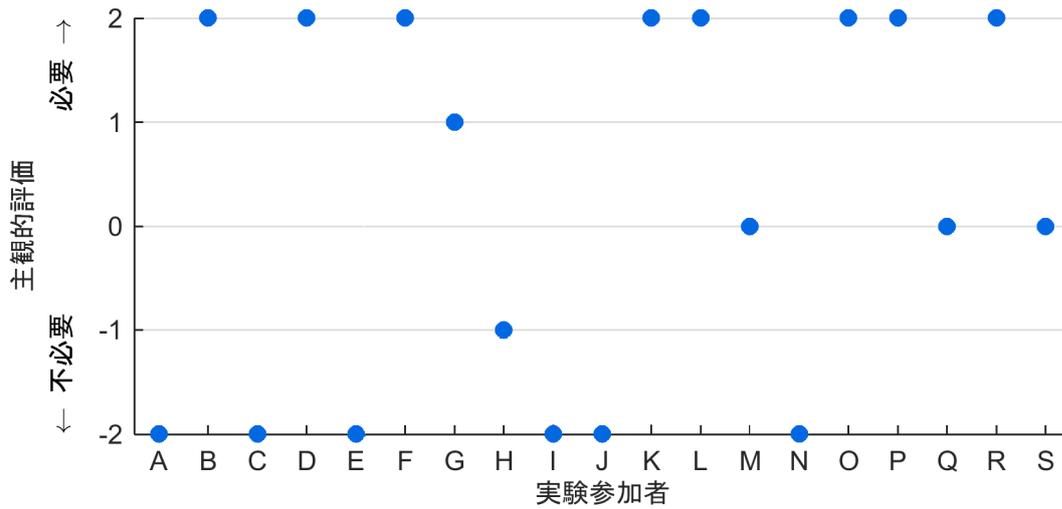


図 4-1-258 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

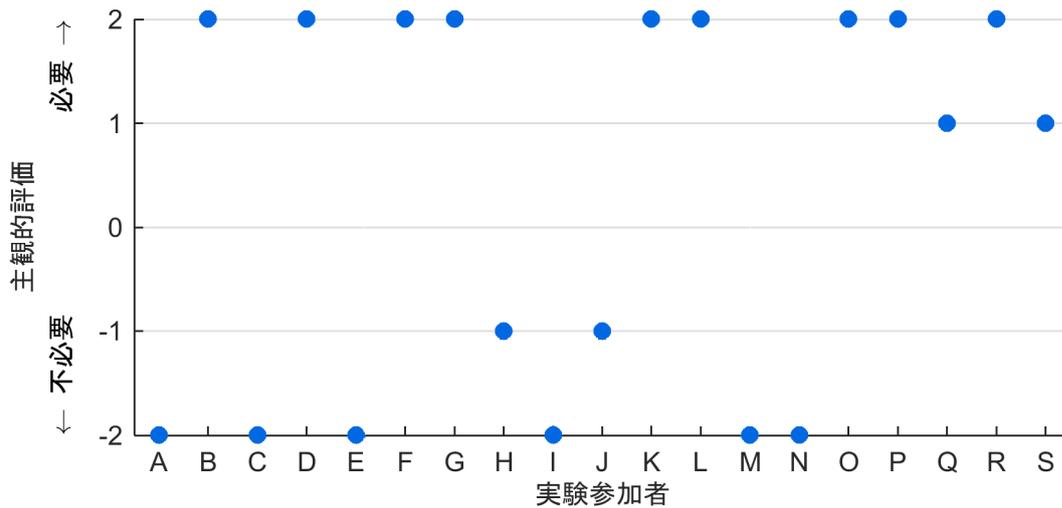


図 4-1-259 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
 （単路直進支援（右から横断） 警報（TTC=1.2[s]）

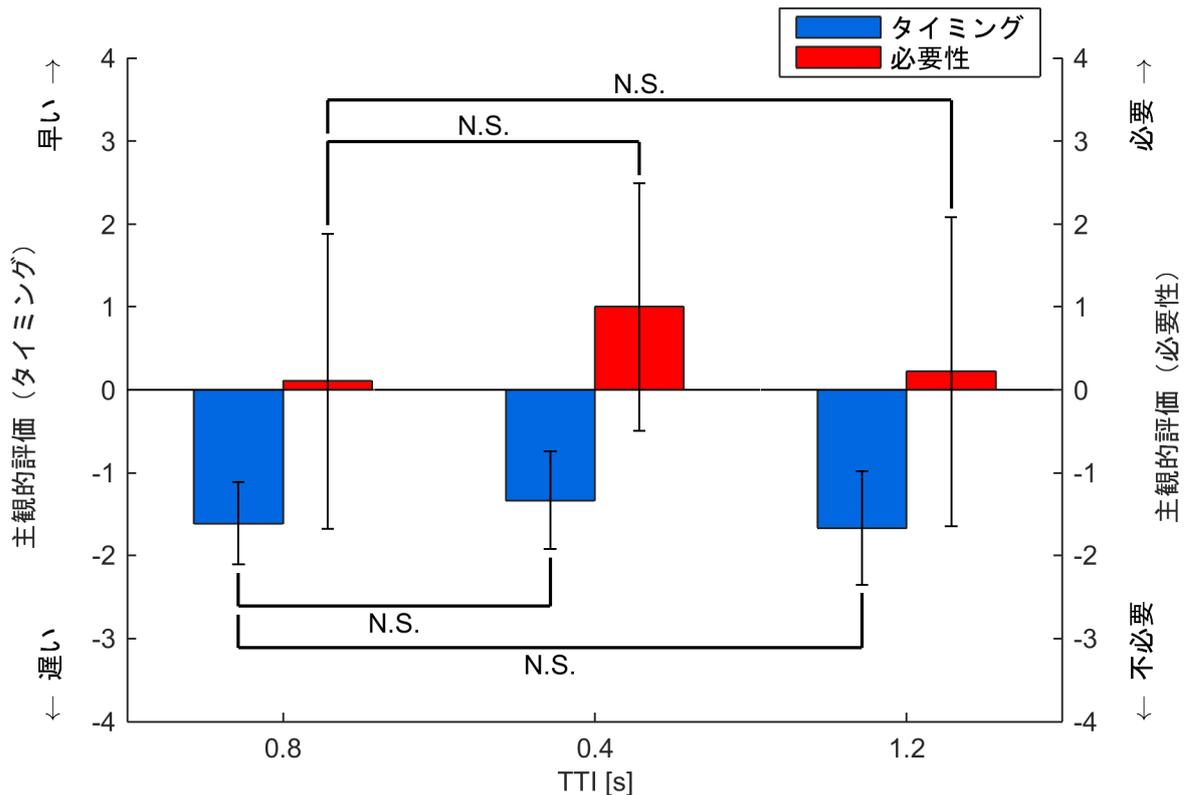


図 4-1-260 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(単路横断支援(右からの横断)における警報)

右折支援(前方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-261 から図 4-1-263 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-264 から図 4-1-266 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-267 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=0.4[s]および TTI=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-267 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=0.8[s]と TTI=0.4[s]および TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s]では、作動タイミングの評価に関して有意差が確認され、有意水準はそれぞれ 1%と 10%であった。また、TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s]では、必要性の評価に関して有意差が確認され、優位水準は 5%であった。

これより、右折支援（前方から横断）における情報提供の作動タイミングは、半径5.5[m]の位置測位の誤差を有している、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

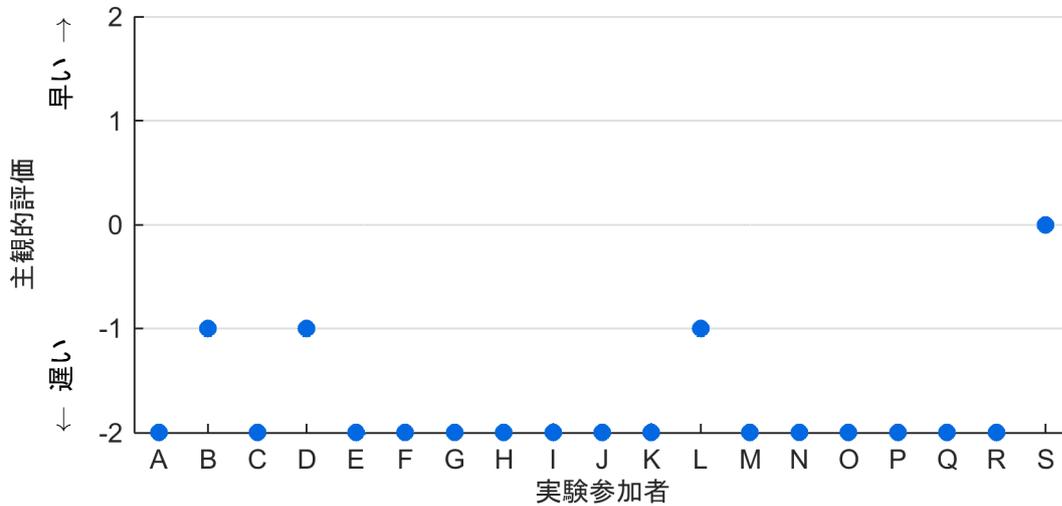


図 4-1-261 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=0.4[s]））

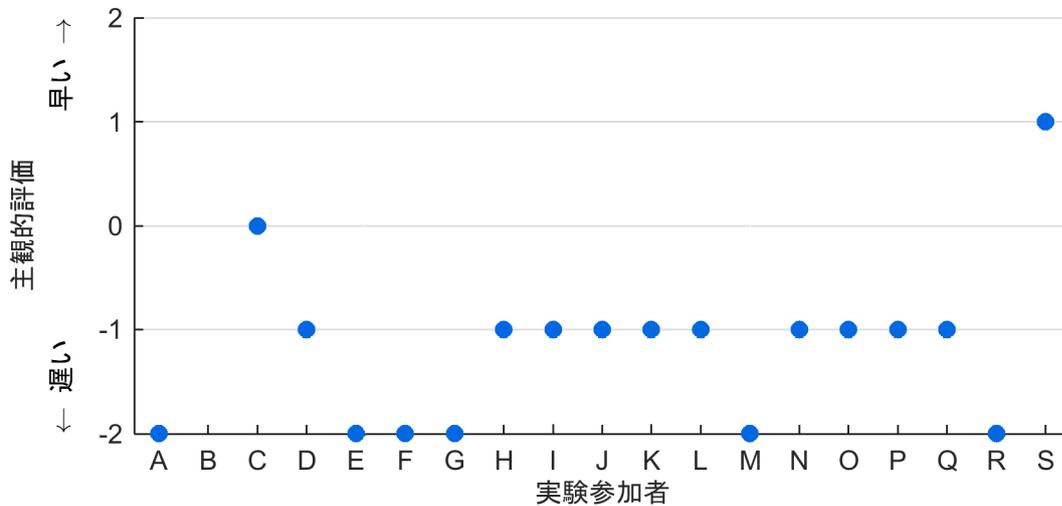


図 4-1-262 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=0.8[s]））

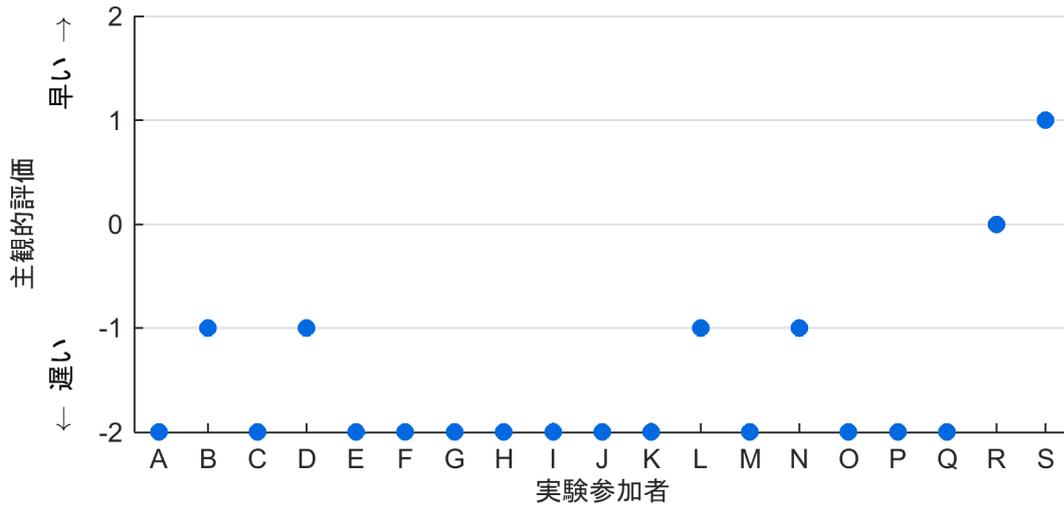


図 4-1-263 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTI=1.2[s]））

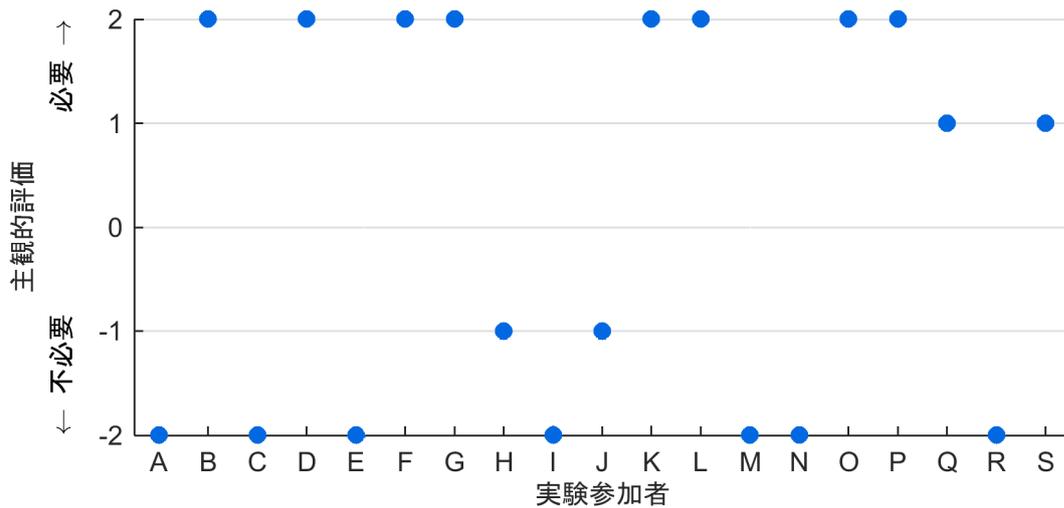


図 4-1-264 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTC=0.4[s]））

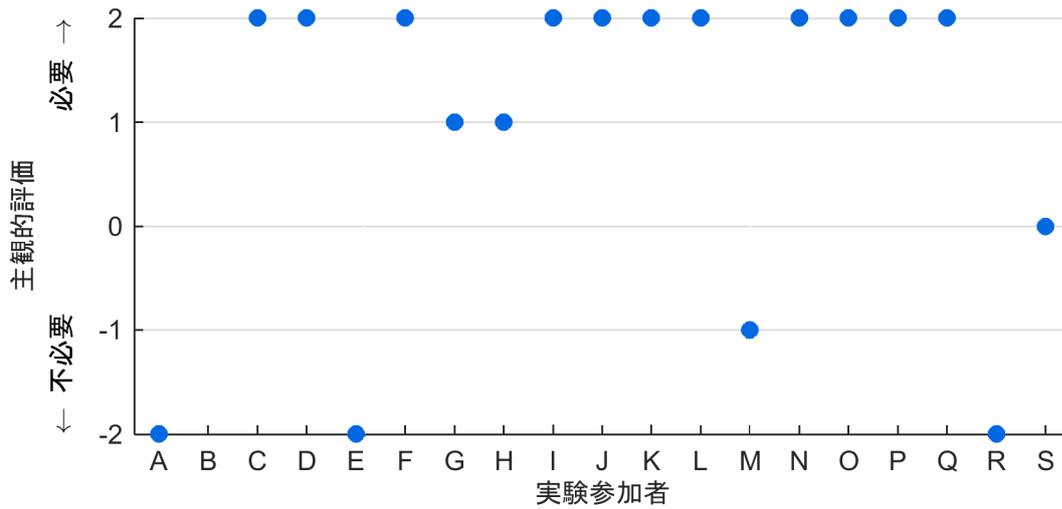


図 4-1-265 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

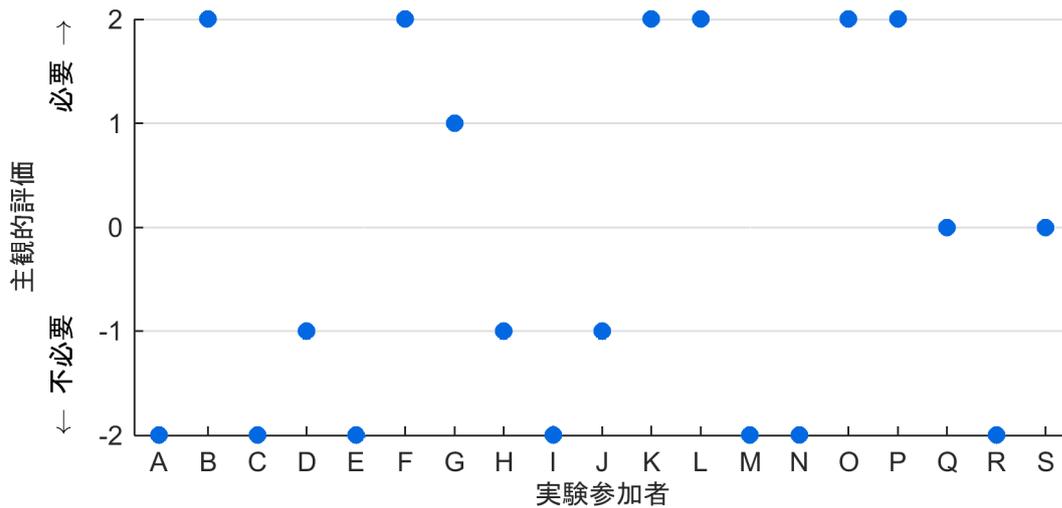


図 4-1-266 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（前方から横断） 警報（TTC=1.2[s]）

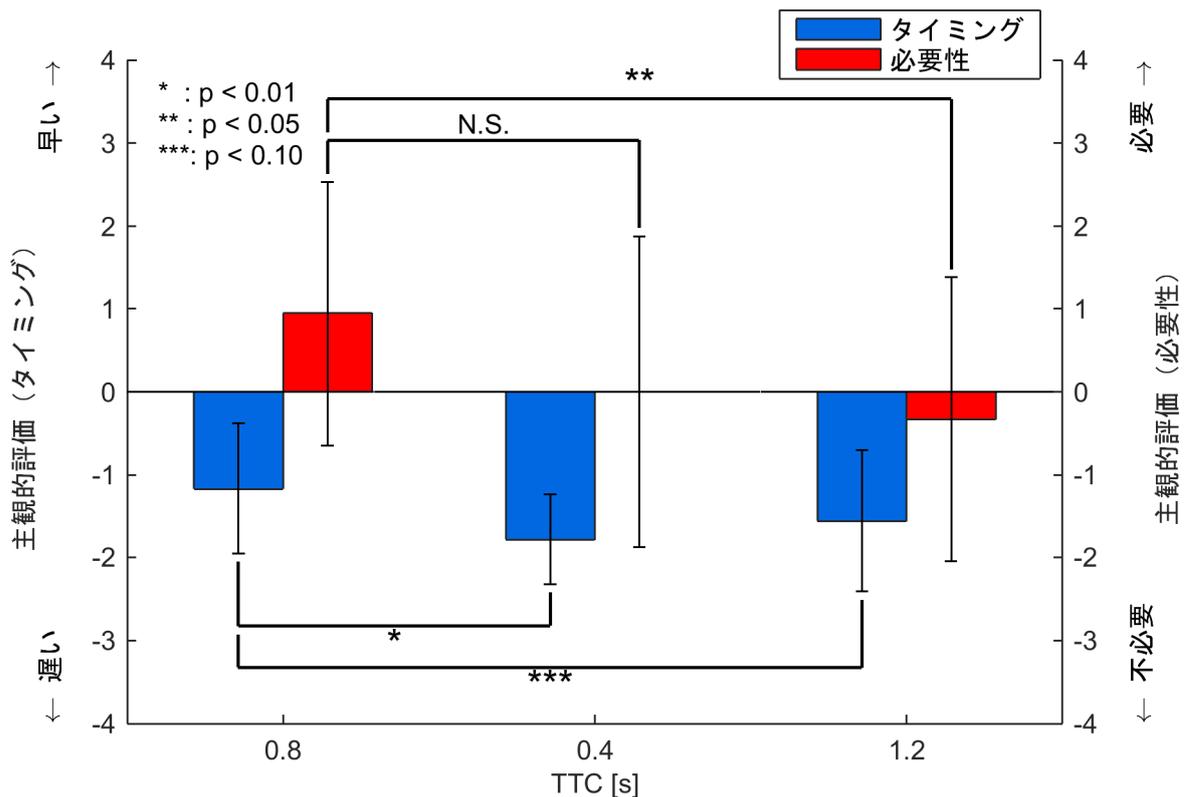


図 4-1-267 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援 (前方から横断) における警報)

交差点右折 (後方から横断)

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-1-268 から図 4-1-270 に実験参加者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-1-271 から図 4-1-273 に実験参加者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象実験参加者の平均値と標準偏差を図 4-1-274 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=0.4[s]および TTI=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-1-274 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s]では、作動タイミングの評価に関して有意差が確認され、有意水準はそれぞれ 5%であった。また、TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s]では、必要性の評価に関して有意差が確認され、優位水準は 10%であった。

これより、右折支援（後方から横断）における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

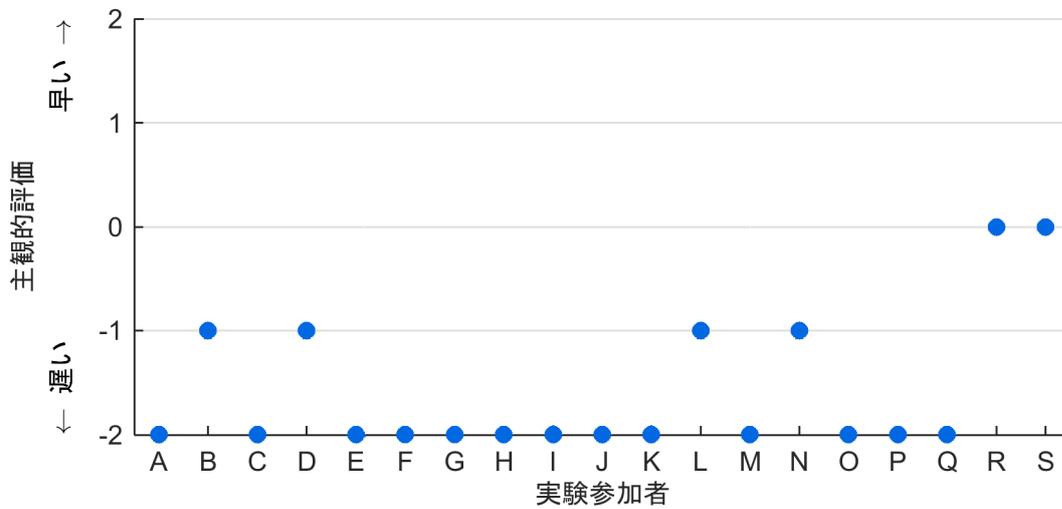


図 4-1-268 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=0.4[s]）

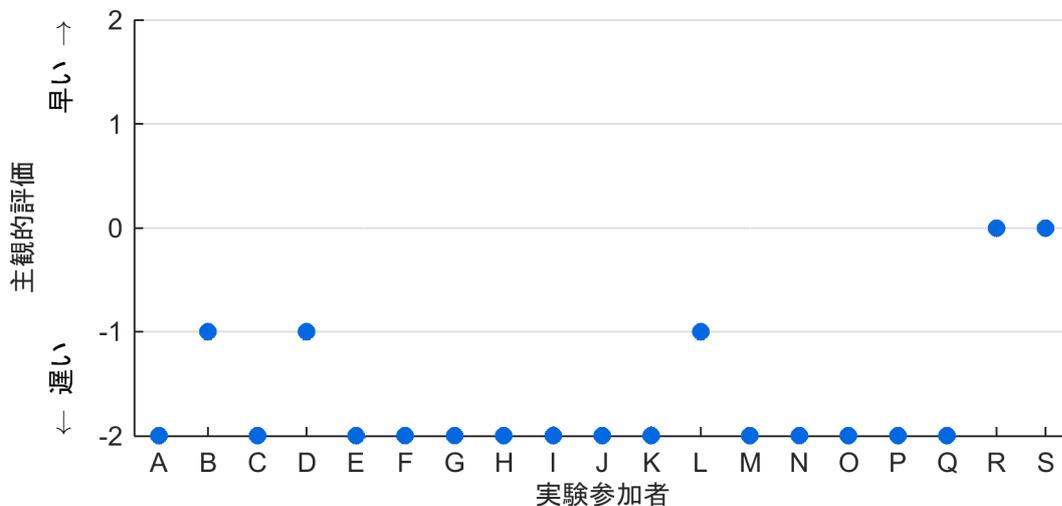


図 4-1-269 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=0.8[s]）

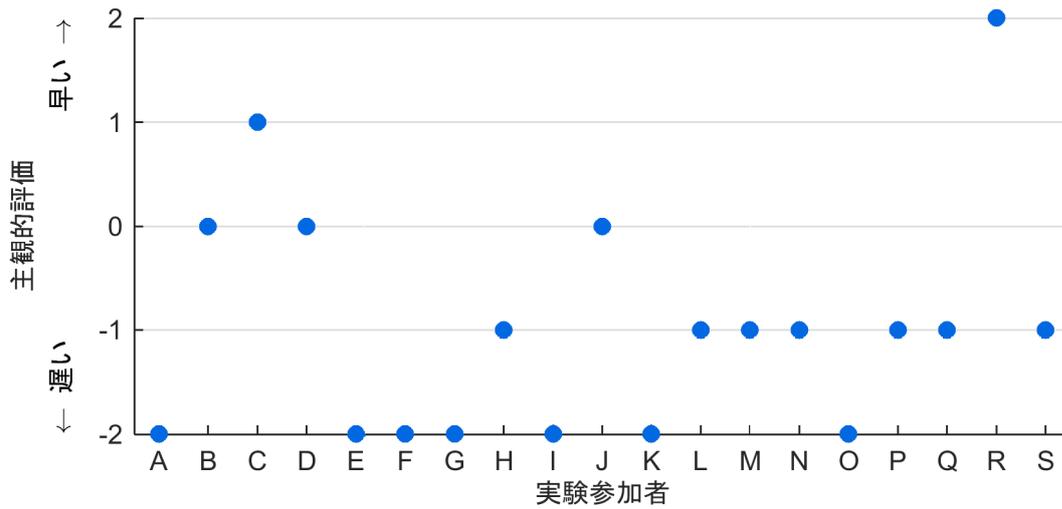


図 4-1-270 支援の作動タイミングに関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTI=1.2[s]）

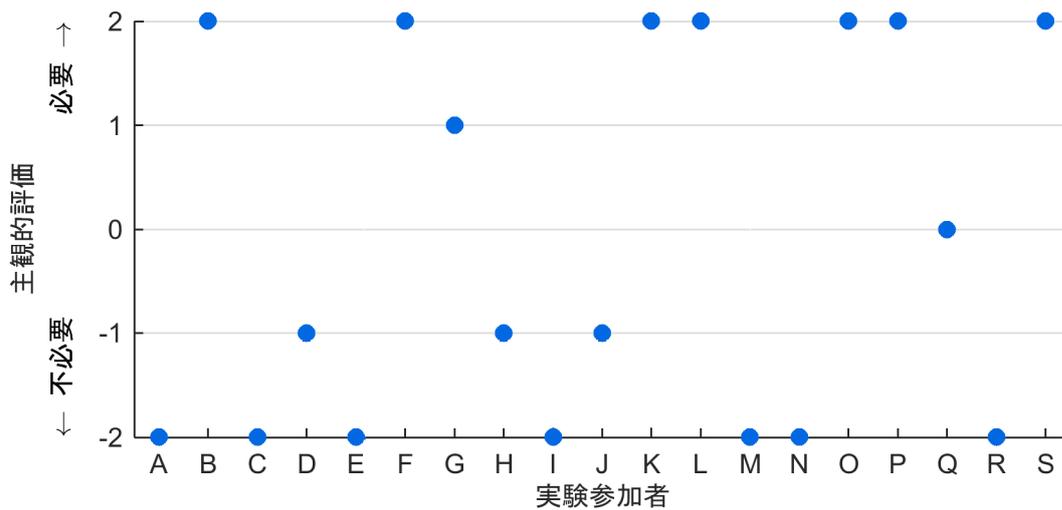


図 4-1-271 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTC=0.4[s]）

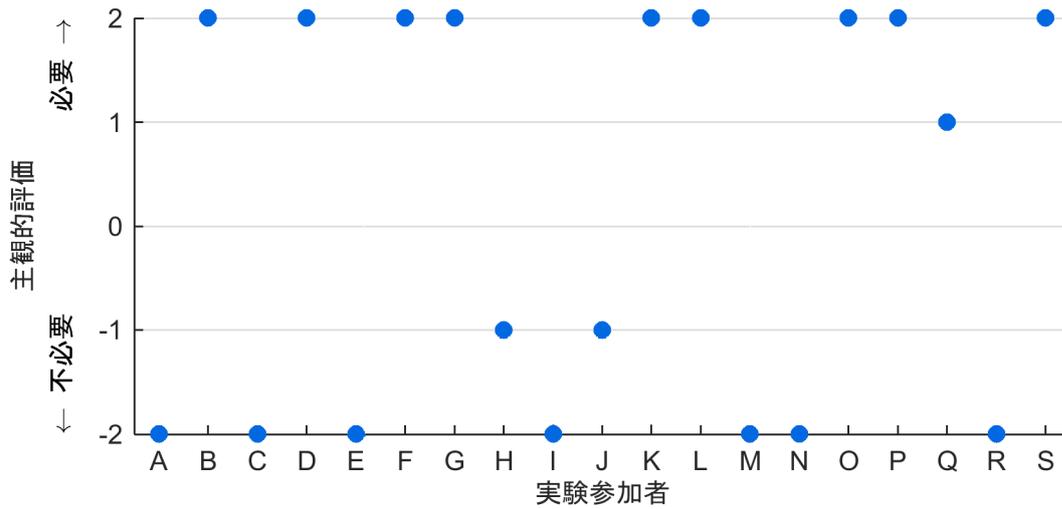


図 4-1-272 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTC=0.8[s]）

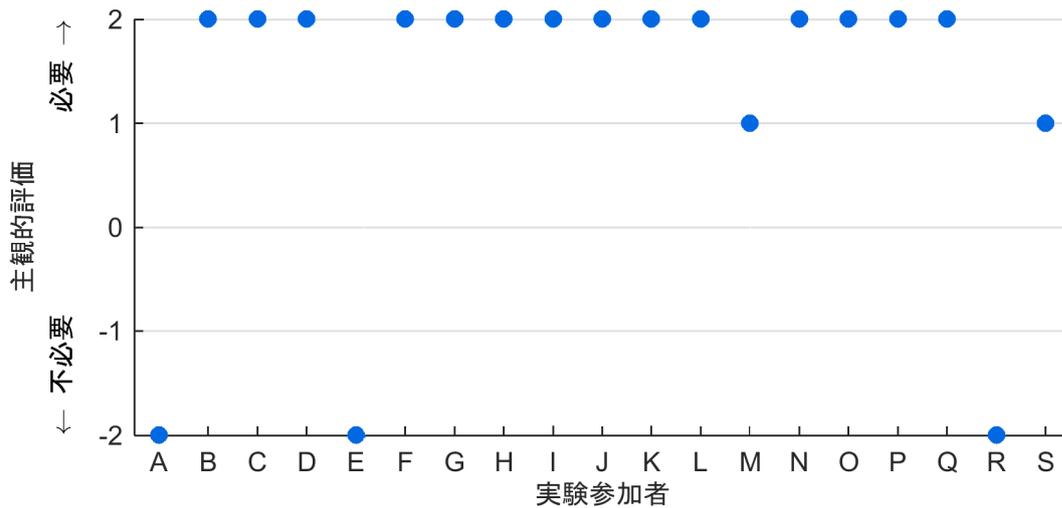


図 4-1-273 支援の必要性に関する主観的評価（位置測位の誤差：あり）
（右折支援（後方から横断） 警報（TTC=1.2[s]）

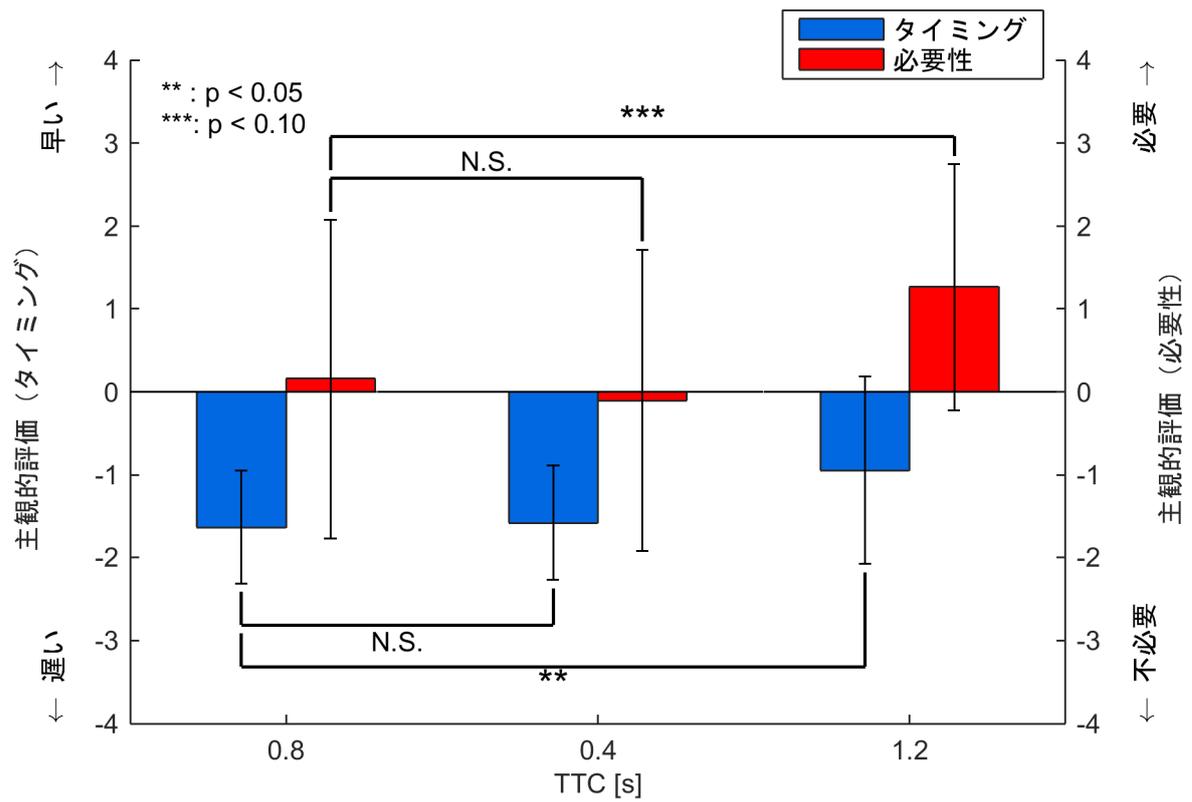


図 4-1-274 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(右折支援(後方から横断)における警報)

4.2 車車間通信

4.2.1 調査目的

本調査は、ドライビングシミュレータを用いて、車車間通信システムの支援タイミングについて検討を行うものである。支援場面は、前述のように交通事故データから選定した交差点における出会い頭事故を想定した(a)減速支援、(b)発進待機支援および同じく交差点での右左折時の事故を想定した(c)右折支援、(d)左折支援の4場面を対象とした。また、車車間通信システムは、お互いの位置情報を通信することにより、支援を行うシステムであるが、現状のGPSによる位置測位には誤差を有することがわかっている。このGPSによる位置測位の誤差は、前年度に実証実験を行った結果では、平均で5.5mの誤差を有していた。そこで、ドライビングシミュレータ上に構築した車車間通信システムについて、5.5mの誤差を有する場合を対象に位置誤差が車車間通信システムの作動タイミングに与える影響についても検討を行った。

よって、本調査においては、ドライビングシミュレータ上に位置測位の誤差が(1)ない場合、(2)ある場合を想定し、それぞれについて支援場面(a)から(d)について、作動タイミングの検討を実験参加者による実験を用いて検討したものである。

4.2.1.1 情報提供・注意喚起・警報の定義

先進安全自動車推進検討会(ASV: Advanced Safety Vehicle)において、通信利用運転支援システムにおいては、「情報提供」「注意喚起」「警報」の3つの支援レベルが定義されている。

情報提供・・・運転者がシステムから提供された情報により安全運転を行うための客観情報を伝える。

注意喚起・・・特定のタイミング、特定の場所、運転者による特定の操作または特定の状況が生じたときに注意を喚起する。

警報・・・検知した情報から事故の可能性を予測し、運転者に対して即座に適切な行動・操作を促す。

車車間通信システムでは、想定される支援機能が自車の周辺の車両および歩行者の情報を利用するものであり、実用化された場合は自車周辺には非通信車両が混在していることを考慮し、「注意喚起」までの支援レベルとされている。

本調査においては、位置精度およびシステムの普及率も確保されている状況を想定し、調査対象の支援については、情報提供・注意喚起・警報の3種類を評価の対象とした。

4.2.1.2 車車間通信システムの作動タイミングを決定するパラメータ

本調査においては、車車間通信支援システムの作動タイミングとして、TTI (Time To Intersection) および TTC (Time To Collision) を実験パラメータとして調査を行った。

TTI (Time To Intersection) とは、車両が交差点に到達するまでの時間である。図 4-2-1 の場合、支援対象車両および情報対象車両の関係において、支援対象車両が設定した TTI 以内に交差点に接近した際に、支援対象車両に運転支援が行われる。この支援により支援対象車両のドライバーが衝突回避の行動を行うことで情報対象車両との衝突を回避する。本調査においては、支援場面における (a) 減速支援、(b) 発進待機支援、(c) 右折支援について、交差点に到達するまでの時間 (TTI) をもとに支援の作動タイミングについて検討を行った。車車間通信システムを搭載した車両を用いた場合の実走行環境では、支援対象車両と情報対象車両の衝突の可能性を計算し、支援の作動タイミングを決定するものと考えられるが、本実験においては実験参加者の運転操作に関わらずに支援が作動するまでは、情報対象車両は支援対象車両に衝突するように制御した。これにより、支援対象車両のドライバーは衝突回避の運転操作を行う必要があり、支援対象車両と情報提供車両が交差点に進入するタイミングを実験パラメータとしたことから支援場面における (a) から (c) においては TTI を用いている。

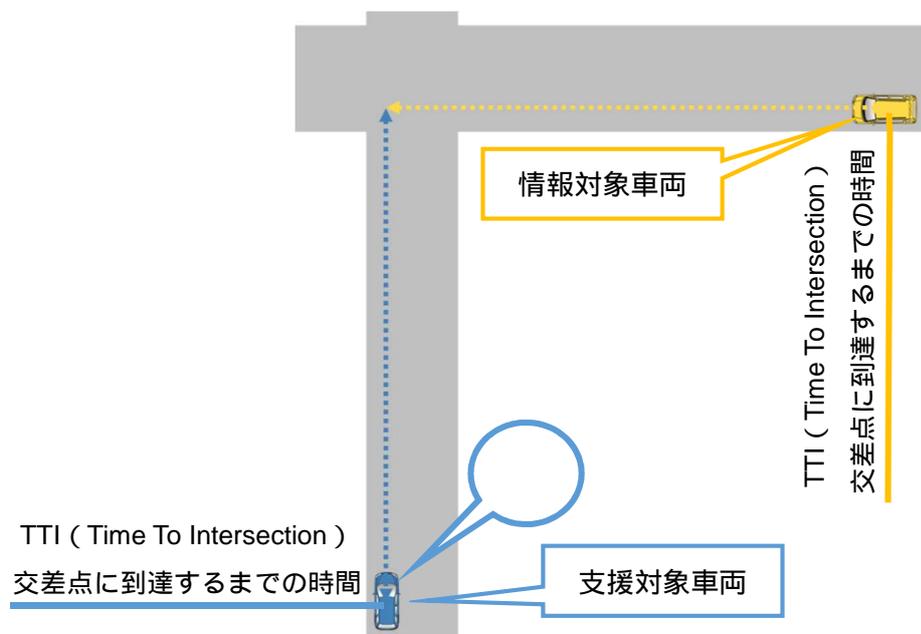


図 4-2-1 TTI についての簡略図

支援場面における (d) 左折支援については、支援対象車両が交差点において左折する状況において、情報対象車両の 2 輪車が後方から接近し、支援対象車両が巻き込んでしまう事故を対象としている。この場合は、交差点に進入する以前に車両を停止させてドライバーが後方を確認して、左折の運転操作を停止する必要がある。交差点進入時の TTI を実験パラメータに用いるとドライバーの運転操作により交差点に進入せずに停止してしまい、その停止位置により支援システムの作動タイミングが異なってしまうことから、後方車両が前方車両に衝突するまでの時間 TTC (Time

To Collision) を実験パラメータに設定した。図 4-2-2 の場合は、支援対象車両および情報対象車両が設定した TTC 以内に接近した際に支援対象車両に運転支援が行われる。

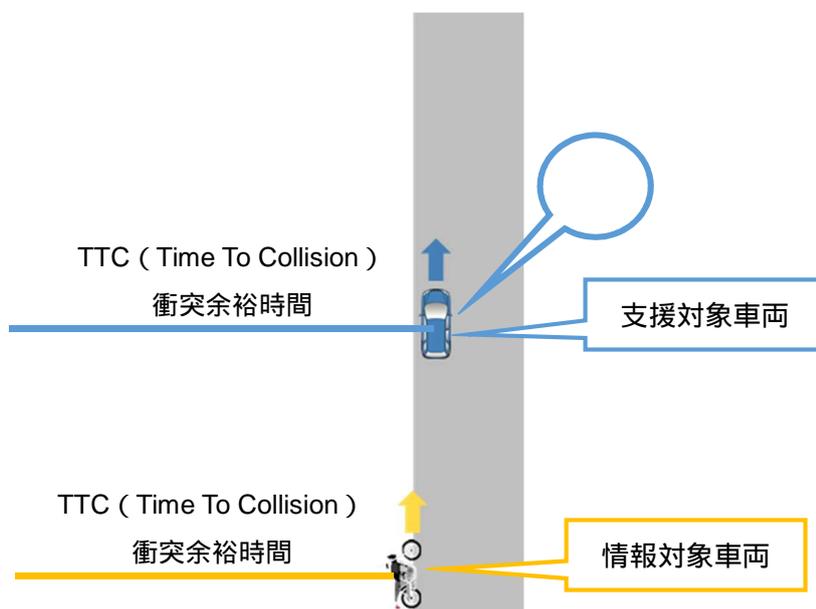


図 4-2-2 TTC についての簡略図

4.2.1.3 位置測位の誤差

前述のように現在の車両に搭載されている GPS を用いた位置測位の技術では、支援対象車両と情報対象車両の双方にある程度の測位誤差が生じている。この位置測位の誤差により、作動タイミングに差異が生じることで、支援による想定した効果が得られなくなる可能性がある。そこで、位置測位の誤差が支援に及ぼす影響を検討するため、図 4-2-3 のように半径 5.5 [m] の円を設け、その直径の中で測位誤差が生じた場合、「減速停止支援」「発進待機支援」「右折支援」「左折支援」におけるそれぞれの影響について検討した。



図 4-2-3 位置測位の誤差（濃色：実際の位置、淡色：測位された位置）

4.2.1.4 それぞれの支援場面における実験パラメータの設定

・減速停止支援

減速停止支援の場合は、図 4-2-4 に示すように支援対象車両の TTI および情報対象車両の TTI にもとづいて運転支援タイミングを決定する。すなわち、この場合においては横方向の TTI と縦方向の TTI によって作動タイミングが決定される。

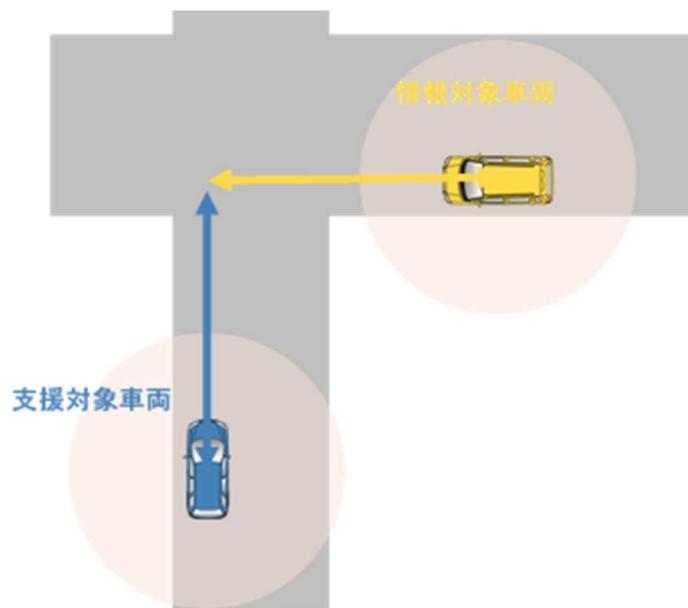


図 4-2-4 運転支援の作動タイミング

位置測位に誤差を有する場合は、図 4-2-5 のように支援対象車両、情報対象車両が前後左右に誤差を有した場合と正しい位置に測位された場合を合わせて $5 \times 5 = 25$ パターンの測位について検討した。このパターンの組み合わせにより TTI は誤差が生じることとなる。

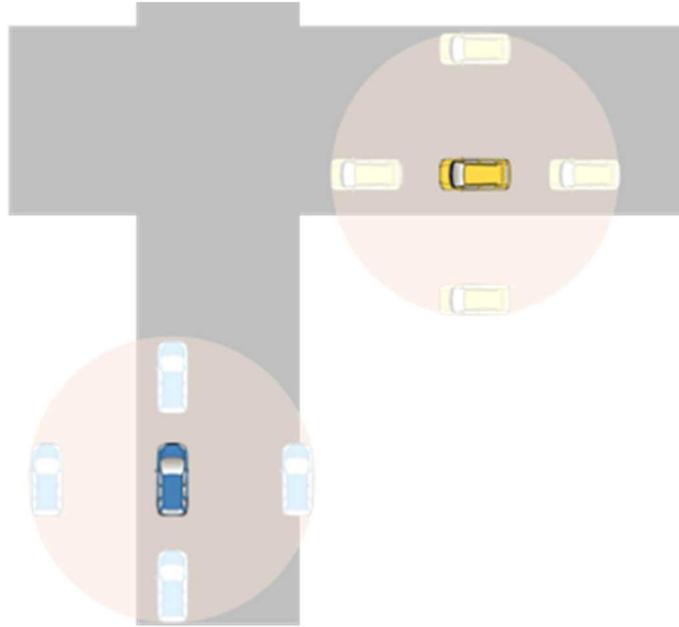


図 4-2-5 減速停止支援での測位誤差のイメージ

5 パターンの内、システム上では 2 台の位置測位が遠くなっているが実際は近い場合およびシステム上では 2 台の位置が近くなっているが実際は遠い場合の 2 パターンが最も誤差が大きくなる。図 4-2-6 の (a) はシステム上では遠い場合、(b) はシステム上では近い場合を表している。

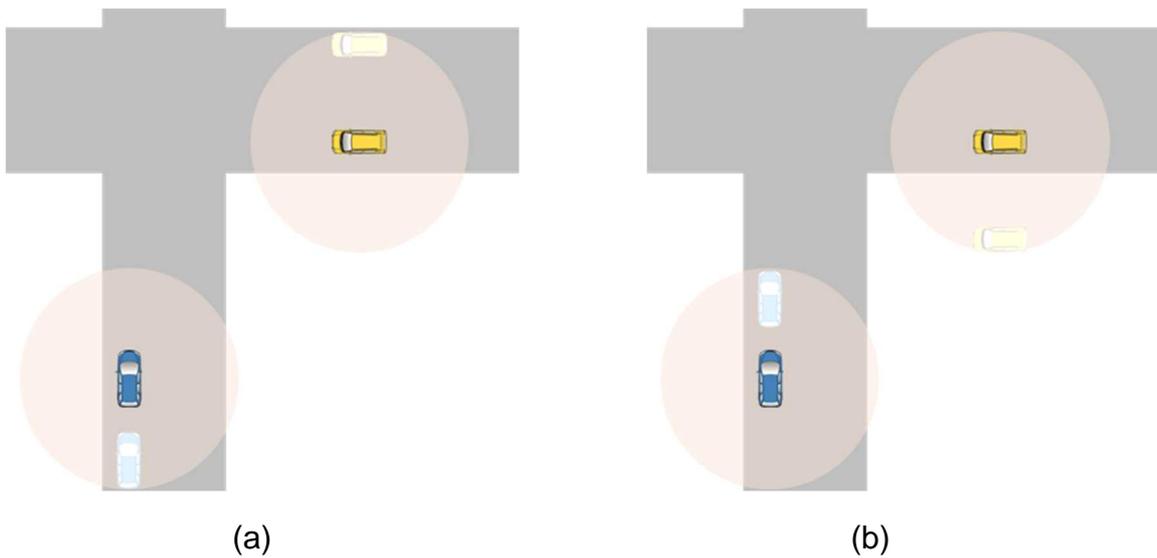


図 4-2-6 位置誤差によって生じる作動タイミングのずれ

・発進待機支援

発進待機支援の場合は、支援対象車両は交差点にて停止しているために交差点に到達するまでの時間の変化はない。すなわち、TTI の変化がない。よって、図 4-2-7 の

ように情報対象車両の TTI をもとに運転支援のタイミングを決定する。この場合は、横方向の TTI のみを用いて支援の作動タイミングを決定している。

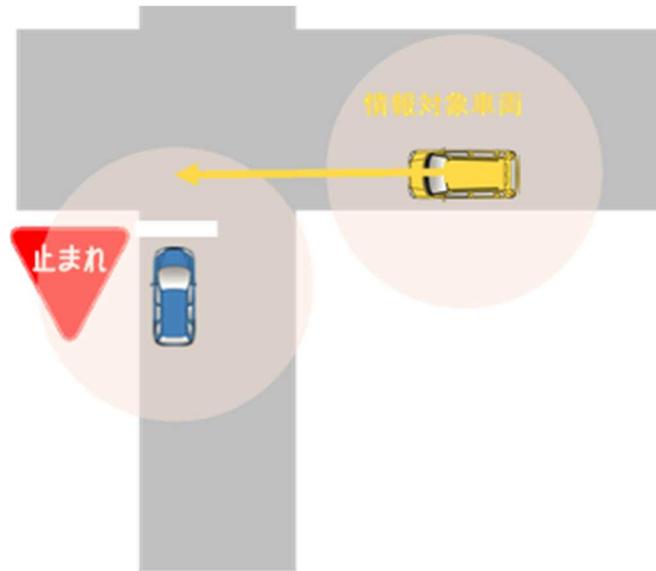


図 4-2-7 運転支援の作動タイミング

減速停止支援と同様に図 4-2-8 のように支援対象車両、情報対象車両が前後左右に測位された場合と正しい位置に測位された場合を合わせて $5 \times 5 = 25$ パターンの測位について検討した。この場合は、図の横方向に誤差が生じた場合に TTI に影響を及ぼす。

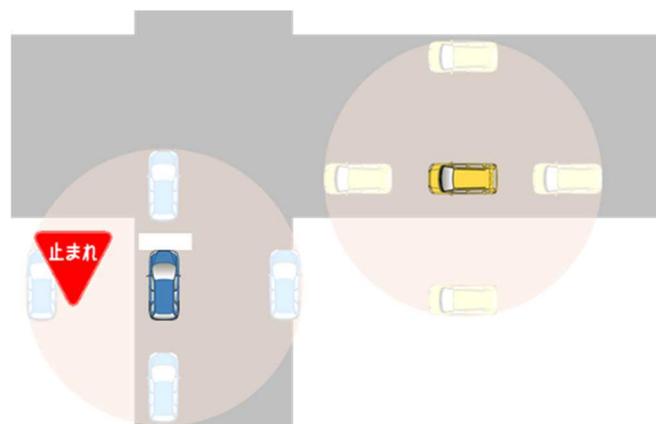


図 4-2-8 発進待機支援での測位誤差のイメージ

減速停止支援と同じく 25 パターンの内、システム上では 2 台の位置が遠くなっているが実際は近い場合と、近くなっているが実際は遠い場合の 2 パターンが最も誤差が大きくなる。図 4-2-9 の (a) はシステム上では遠い場合、(b) はシステム上では近い場合を表している。

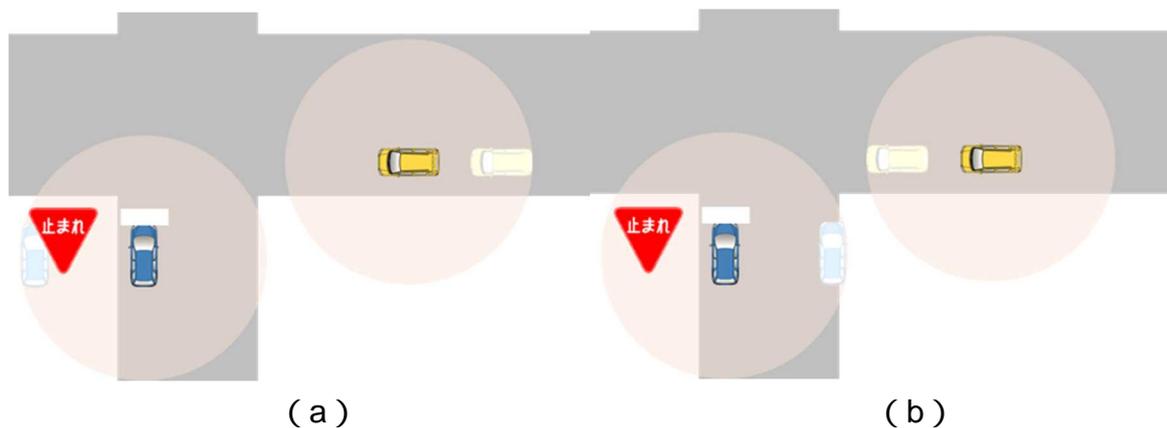


図 4-2-9 位置誤差によって生じる作動タイミングのずれ

・右折支援

右折支援の場合は、図 4-2-10 に示すように支援対象車両の TTI および情報対象車両の TTI にもとづいて運転支援タイミングを決定する。

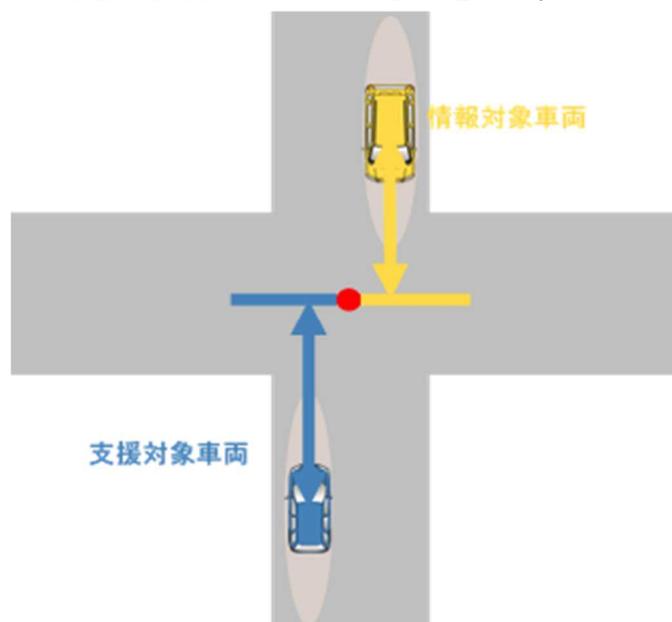


図 4-2-10 作動タイミング

図 4-2-11 のように、支援対象車両、情報対象車両が前後に誤差を有した場合と正しい位置に測位された場合を合わせて $3 \times 3 = 9$ パターンの測位位置について検討した。右折支援に関してはシステムの上、左右に誤差が生じた場合は正面衝突または別の道路を走行しているとみなされる。よって、位置誤差の影響を右折支援の作動タイミングに最も影響を及ぼす前後の誤差について検討し、左右の誤差については、今回の検討からはその影響について除外した。

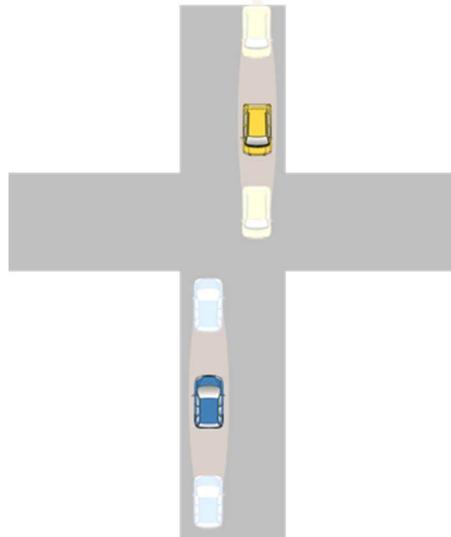


図 4-2-11 右折支援での測位誤差のイメージ

9 パターンの内、システム上では2台の位置が遠くなっているが実際は近い場合と、システム上では2台の位置が近くなっているが実際は遠い場合の2パターンが最も誤差が大きくなる。図 4-2-12 の (a) はシステム上では遠い場合、(b) はシステム上では近い場合を表している。

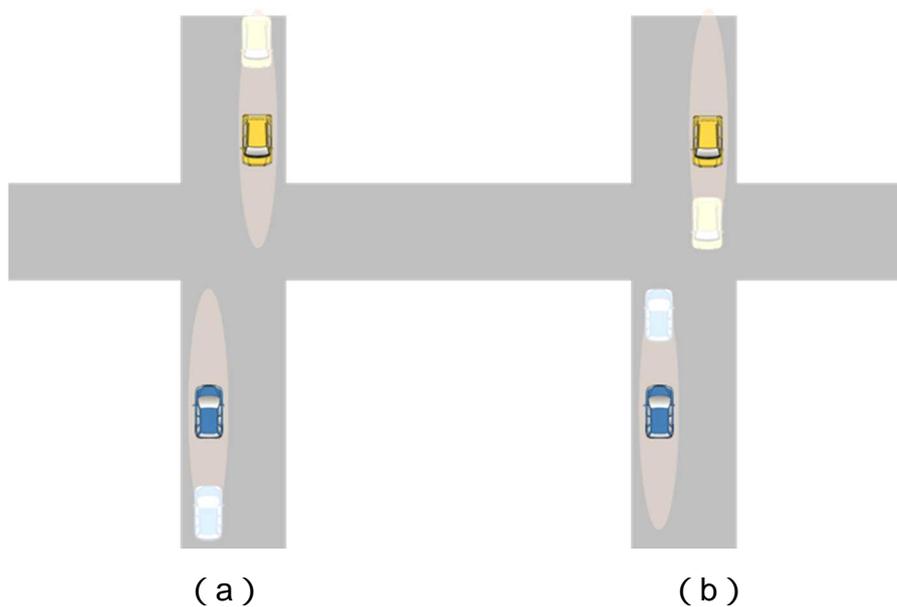


図 4-2-12 位置誤差によって生じる作動タイミングのずれ

・左折支援

左折支援の場合、図 4-2-13 に示すように支援対象車両と情報対象車両の衝突余裕時間 TTC (Time to collision) にもとづいて運転支援タイミングを決定する。

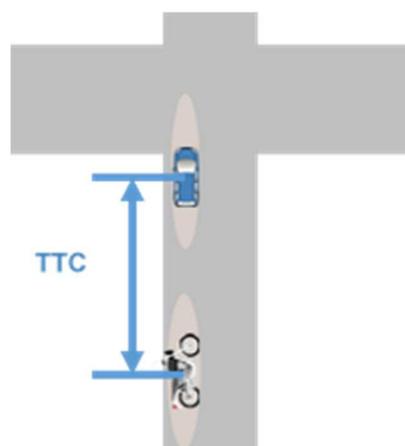


図 4-2-13 作動タイミング

図 4-2-14 のように、支援対象車両、情報対象車両が前後に誤差を有した場合と正しい位置に測位された場合を合わせて $3 \times 3 = 9$ パターンの測位について検討した。左折支援に関しても同様に、左右に誤差が生じた場合は正面衝突または別の道路を走行しているとみなされる。よって、位置誤差の影響を左折支援の作動タイミングに最も影響を及ぼす前後の誤差について検討し、左右の誤差については、今回の検討からはその影響について除外した。

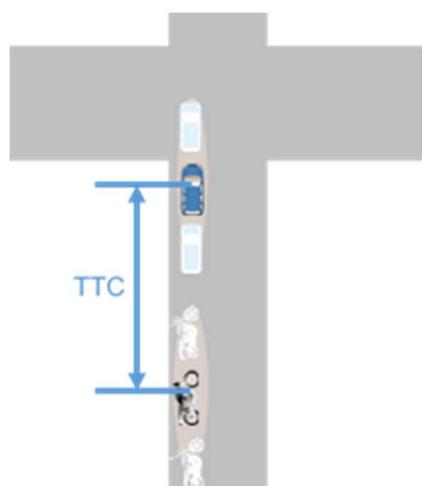


図 4-2-14 左折支援での測位誤差のイメージ

9 パターンの内、システム上では 2 台の位置が遠くなっているが実際は近い場合と、システム上では 2 台の位置が近くなっているが実際は遠い場合の 2 パターンが最も誤差が大きくなる。図 4-2-15 の (a) はシステム上では遠い場合、(b) はシステム上では近い場合を表している。

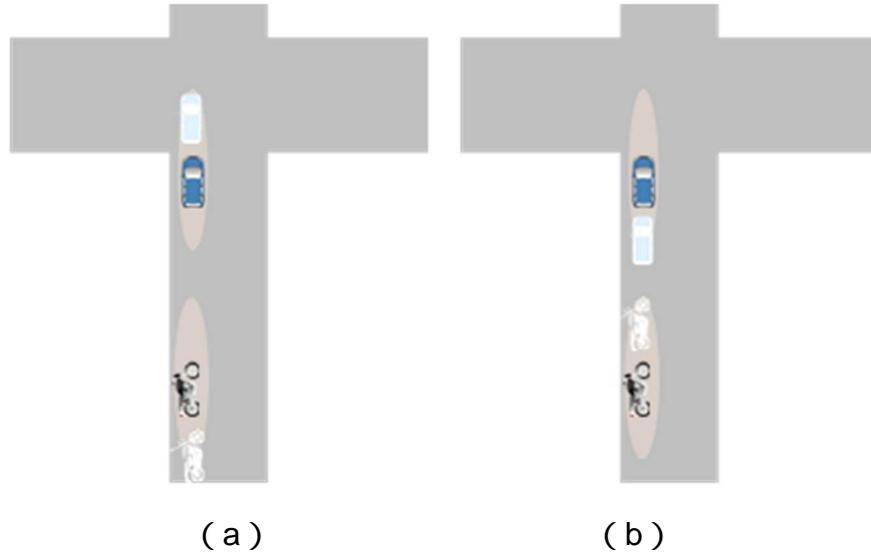


図 4-2-15 位置誤差によって生じる作動タイミングのずれ

4.2.2 実験装置（ドライビングシミュレータ）

実験には、ドライビングシミュレータ（Driving Simulator、以下 DS）を用いた。使用した DS は、4.1.2 項のとおりである。

4.2.3 実験方法

本実験は、実験参加者がドライビングシミュレータに乗車し評価を行うため、実験参加への理解を十分に得た上で同意の意思を確認し、すべての実験参加者からインフォームドコンセント（実験目的、所要時間、実験内容、苦痛や危険性、個人情報保護、実験対象者の権利、実験対象者への利益と不利益に関する同意）を得た。

実験参加者は普通自動車免許を所持している 20 代 5 名、30 代 5 名、40 代 5 名、50 代 5 名の計 20 名とした。実験参加者は、実験前に DS で実験内容の確認と練習走行を行った。さらに、実験方法についても十分理解した状態で実験を行った。

4.2.3.1 作動タイミングに関する主観的評価

本実験の運転支援システムの作動タイミングは、情報提供・注意喚起・警報について評価を行った。それぞれの支援場面における作動タイミングについて、実験参加者に以下の図 4-2-16 に示す 2 つの内容に関して 5 段階評価のアンケートを行った。まず評価 1 では、運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 では、その運転支援は必要であったか、意味があったか、について評価を行った。

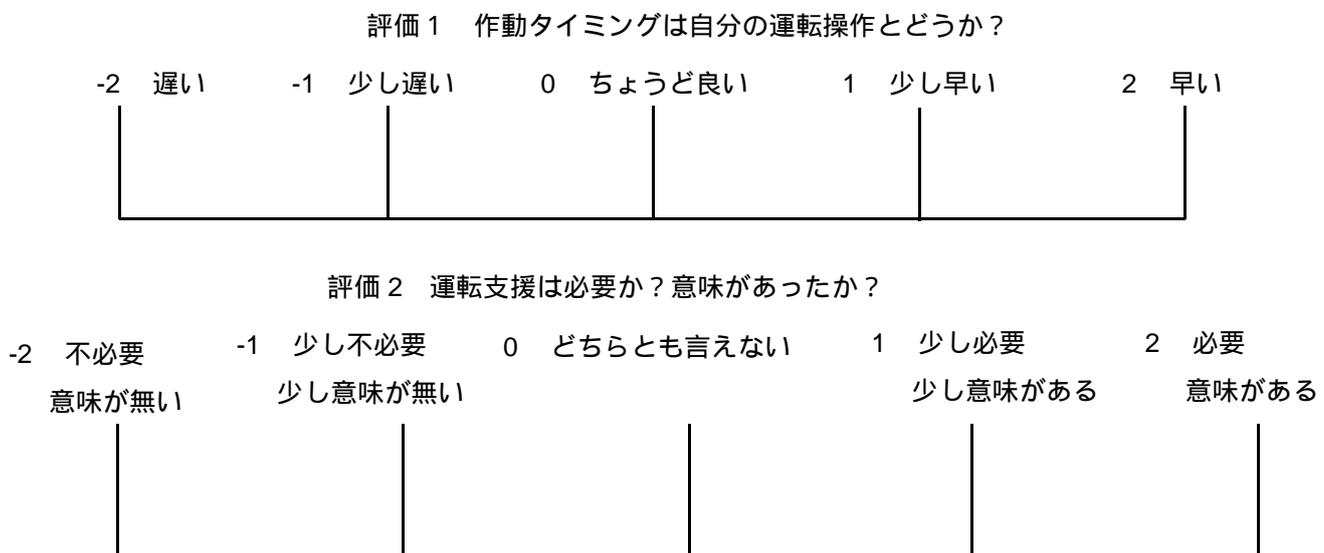


図 4-2-16 支援システムの主観的評価

4.2.3.2 走行道路の仕様

設定した走行道路は、支援対象車両および情報対象車両が走行する道路において優先道路および非優先道路の区別を行う必要がある。そこで、「道路構造令の解説と運用」⁽⁴⁾に示されている道路構造令をもとに道路幅および路肩幅の寸法を決定した。本実験では、図 4-2-17 に示す道路仕様にて実験参加者(支援対象車両)が走行し、図 4-2-18 に示す道路仕様にて情報対象車両が走行するものとした。



図 4-2-17 支援対象車両が走行する道路の仕様

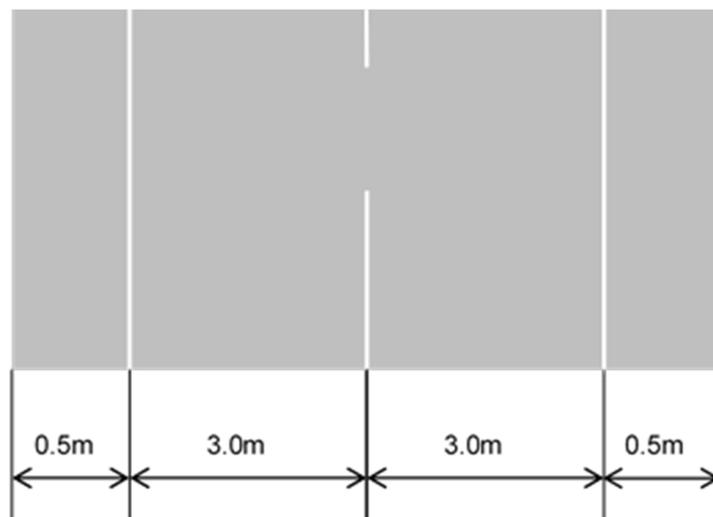


図 4-2-18 情報対象車両が走行する道路の仕様

4.2.3.3 実験コースおよび実験パラメータの設定

ドライビングシミュレータ上に設定した実験コースは、交差点の数が 50 個を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生 of 交差点において、「減速停止支援」「発進待機支援」「右折支援」「左折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない交差点も複数個所設定しており、実験参加者にイベント発生 of 交差点を特定されないように留意している。また、情報提供・注意喚起・警報 of それぞれの支援を対象とした実験において、同じ実験コースを使用すると実験参加者にイベントが発生する交差点を特定されてしまうために、それぞれの支援において異なる実験コースの設定を行った。以下に設定した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表 4-2-1 は図中における記号の意味を示している。

表 4-2-1 経路図における記号の意味

色	意味
黒	スタート
白	ゴール
赤	減速停止支援
黄	発進待機支援
空	右折支援
桃	左折支援

(1) 情報提供の実験における実験パラメータ

本実験時に走行した経路を図 4-2-19、図 4-2-20 と図 4-2-21 に示す。これらの図において、経路はそれぞれの図の左図から開始され、右図へと進んでゆく。例えば、図 4-2-19 の左図においては、黒印からスタートし、まず減速停止支援が行われ、次に左折支援、右折支援、減速停止支援、発進待機支援が行われる。その後は、中図に移り、右折支援、右図に移り、発進待機支援が行われる。なお、経路は 2 つに分かれており、図 4-2-19 と図 4-2-20 は 1 つの経路となっており、図 4-2-19 の右 of 図の経路が終了後に続いて図 4-2-20 の左側 of 経路が継続される。図 4-2-21 に示す経路は、左図から右図までの経路にて実験を行うことで発進待機支援、左折支援、右折支援の評価を行うことができる。

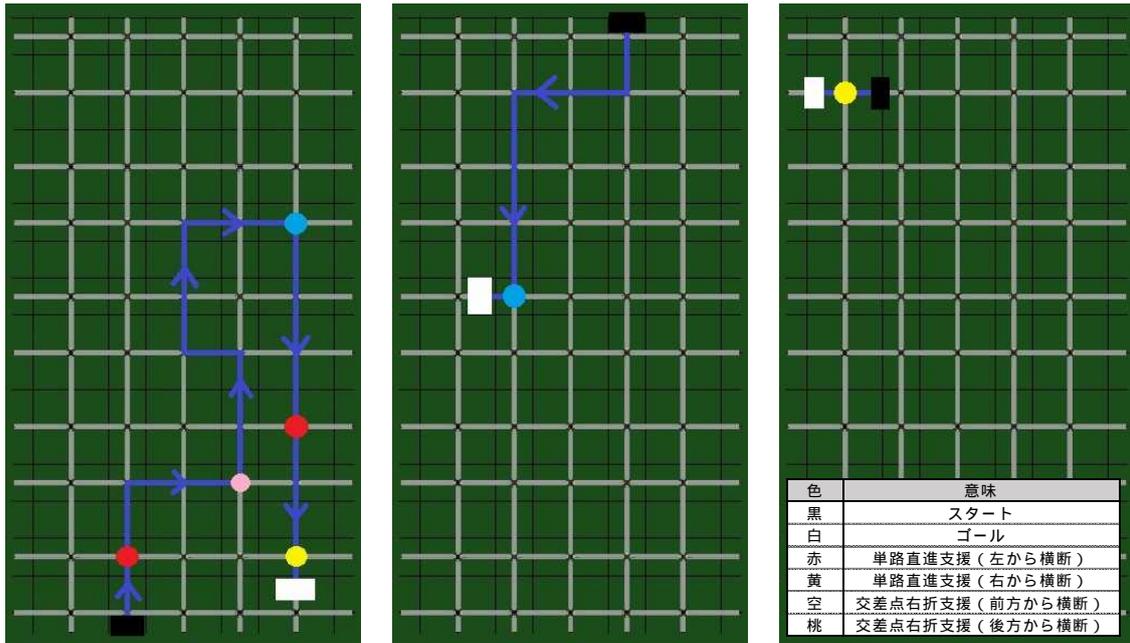


図 4-2-19 情報提供の実験における経路その 1-1

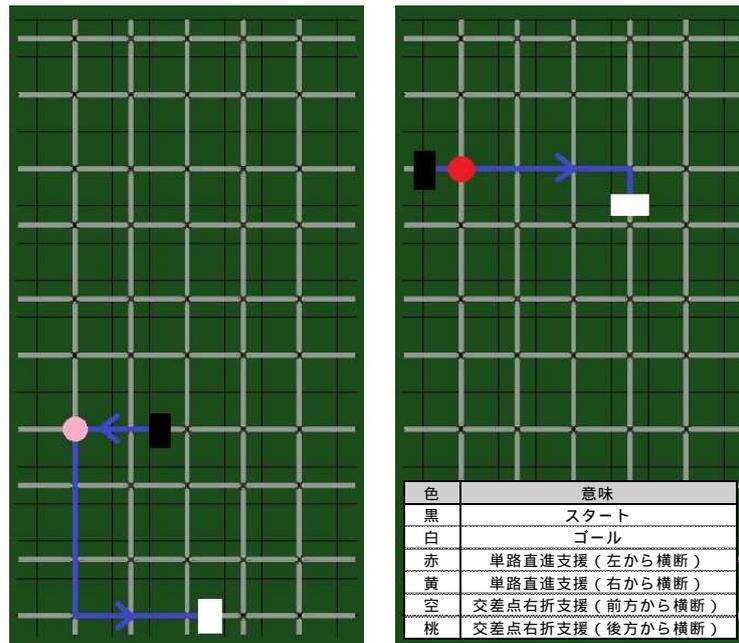


図 4-2-20 情報提供の実験における経路その 1-2

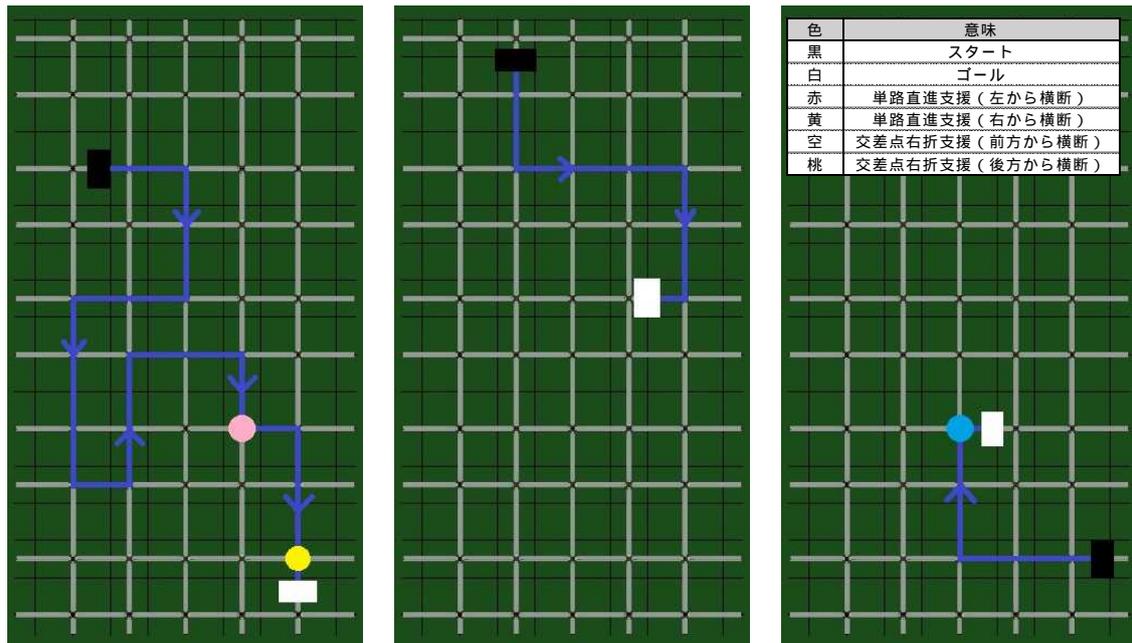


図 4-2-21 情報提供の実験における経路その 2

・減速停止支援

本実験では、減速停止支援について信号なしの交差点で実験を行った。実験では実験参加者の運転する支援対象車両と情報対象車両が表 4-2-2 に示す走行速度で走行すると交差点にて、それぞれの車両が衝突するように設定した。走行速度、情報提供内容および音声タイミングを表 4-2-2 に示す。走行速度は、出会い頭事故における危険認知速度をもとに決定した。

表 4-2-2 減速停止支援における情報提供の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
情報提供内容	右から車が来ます
作動タイミング（TTI）[s]	3.7, 5.1, 6.5

・情報提供の作動タイミングに関する実験条件

減速停止支援の場合の情報提供の作動タイミングは、表 4-2-2 に示す交差点に到達するまでの時間（TTI：Time To Intersection）を用いた。情報提供の作動タイミングは、国土交通省により策定されている「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている 3.7[s]をもとに実験条件の作動タイミングを検討した。また、国連欧州経済委員会自動車基準調和フォーラム（WP29）の先進緊急制動システム（Advanced Emergency Braking System）の国際基準には、ドライバの反応時間として 1.4[s]が用いられている。この 1.4[s]はドライバが反応してからブレーキを踏み

込み、ブレーキが効き始めるまでの時間をもとにしている。なお、昨年度の実験において、この 1.4[s]を情報提供の下限の作動タイミングとして検討したため、今年度は、作動タイミングを早く提示させた場合を検討した。よって、3.7[s]を情報提供の下限のタイミングとして、3.7[s]に 1.4[s]を加えた 5.1 [s]、さらに 1.4[s]増加させ上限を 6.5[s]とした。

・支援対象車両および情報対象車両に設定した位置測位の誤差

表 4-2-3 はシステムが位置誤差を有している場合における情報提供の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングの値は、基準となる作動タイミングの値（3.7[s]）と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。この位置誤差の位置誤差の半径 5.5[m]は昨年度横須賀、神戸、名古屋で行われた実地実験結果をもとにした。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて、情報提供の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-2-3 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

・発進待機支援

本実験では、発進待機支援について信号なし一時停止のある交差点で実験を行った。実験参加者の運転する支援対象車両が交差点に進入し一時停止をした後、発進をしようとするタイミングで情報対象車両が交差点に進入するように設定した。

情報提供の作動タイミングおよび位置測位の誤差に関する実験条件

発進待機支援での走行速度、情報提供内容および音声タイミングを表 4-2-4 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の情報提供の音声タイミングを表 4-2-5 に示す。表 4-2-4 および表 4-2-5 の実験パラメータの決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-4 発進待機支援における情報提供の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	0
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
情報提供内容	右から車が来ます
作動タイミング（TTI）[s]	3.7, 5.1, 6.5

表 4-2-5 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

・右折支援

本実験では、右折支援について信号なし交差点に、実験参加者の運転する支援対象車両が車間時間 2.0[s]で走行している先行車両につづいて進入すると、反対車線前方より情報対象車両が交差点に進入し、支援対象車両と情報対象車両が交差点中央ですれ違うように設定した。

情報提供の作動タイミングおよび位置測位の誤差に関する実験条件

右折支援での走行速度、情報提供内容および音声タイミングを表 4-2-6 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の情報提供の音声タイミングを表 4-2-7 に示す。表 4-2-6 および表 4-2-7 の実験パラメータの決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-6 右折支援における情報提供の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
情報提供内容	対向車が来ます
作動タイミング（TTI）[s]	3.7, 5.1, 6.5

表 4-2-7 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

・左折支援

本実験では、左折支援について信号なし交差点に、実験参加者の運転する支援対象車両が交差点 30[m]手前を 10[km/h]で走行している先行車両につづいて進入し、左折するタイミングで、支援対象車両後方より 2 輪車が左側をすり抜けるように設定した。

情報提供の作動タイミングおよび位置測位の誤差に関する実験条件

左折支援での走行速度、情報提供内容および音声タイミングを表 4-2-8 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の情報提供の作動タイミングを表 4-2-9 に示す。表 4-2-8 および表 4-2-9 の実験パラメータの決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-8 左折支援における情報提供の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	10
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
情報提供内容	後ろから 2 輪車が来ます
作動タイミング（TTC）[s]	3.7, 5.1, 6.5

表 4-2-9 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTC[s]
試行 1	3.7
試行 2	3.3
試行 3	4.1

(2) 注意喚起の実験における実験パラメータ

本実験時に走行した経路を図 4-2-22、図 4-2-23 に示す。実験コースは、情報提供の実験と同様に 50 個の交差点を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生 of 交差点において、「減速停止支援」「発信待機支援」「右折支援」「左折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない交差点も複数個所設定しており、実験参加者にイベント発生 of 交差点を特定されないように留意している。以下に設定した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表 4-2-1 に図中における記号の意味を示している。

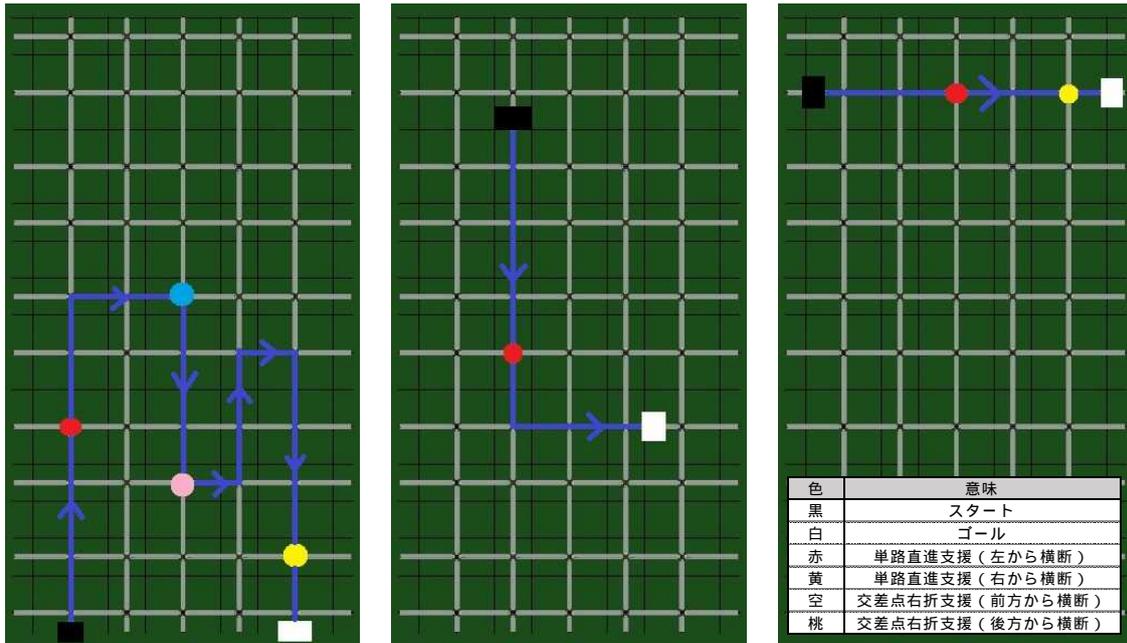


図 4-2-22 注意喚起の実験における経路 1

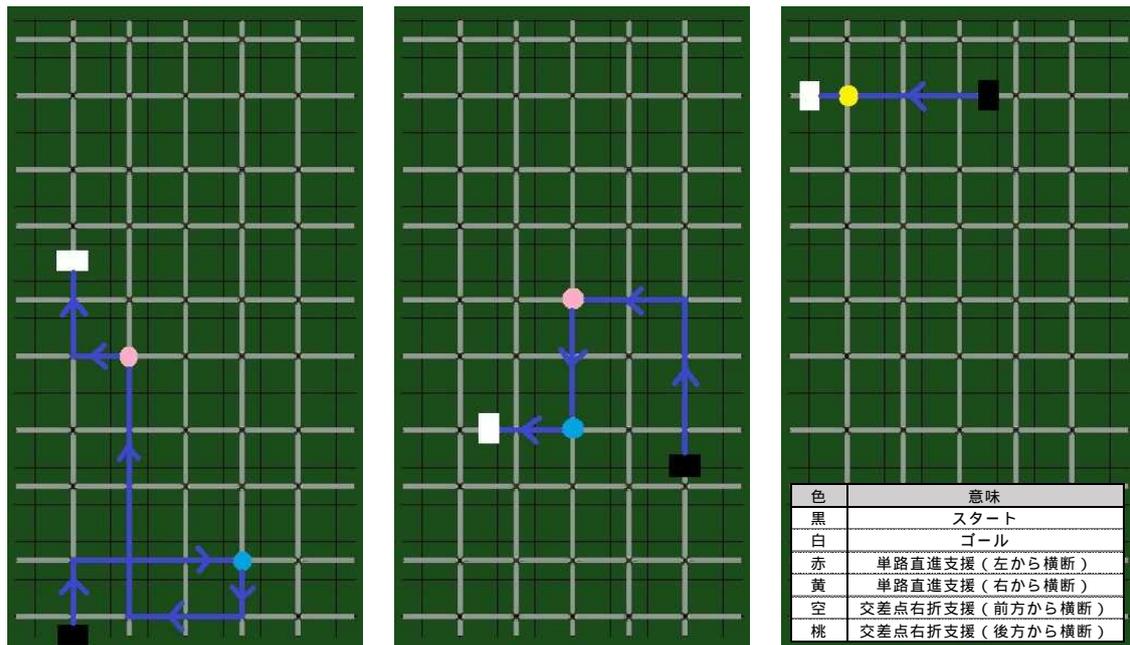


図 4-2-23 注意喚起の実験における経路 2

・減速停止支援

本実験では、減速停止支援について信号なしの交差点で実験を行った。実験では実験参加者の運転する支援対象車両と情報対象車両の2車が表 4-2-10 に示す走行速度で走行すると交差点の中心にて2車が衝突するように設定した。実験参加者はどの交

差点から情報対象車両が飛び出してくるかわからないようにダミーの交差点を含んだコースを走行させた。走行速度、注意喚起内容を表 4-2-10 に示す。走行速度は、出会い頭事故における危険認知速度をもとに決定した。

表 4-2-10 走行速度と注意喚起内容

	支援対象車両	情報対象車両
走行速度[km/h]	50	50
注意喚起内容	「 (ピンポン) 右から車が来ます ご注意ください」	

注意喚起の作動タイミングおよび位置測位の誤差に関する実験条件

減速停止支援の場合の注意喚起の作動タイミングについて表 4-2-11 に、位置誤差を有する場合の注意喚起の作動タイミングについては表 4-2-12 に示す。国土交通省により策定された「通信利用型運転支援システムのガイドライン」にて規定されている注意喚起の作動タイミング 3.2[s]をもとに実験条件の作動タイミングを検討した。また、ドライバがブレーキを踏み始めるまでの反応時間は 0.8[s]とされている。よって、本実験では、3.2[s]をもととし、0.8[s]を増減させ検討した。表 4-2-11 に示すように下限の作動タイミングは 2.4[s]、上限の作動タイミング 4.0[s]とした。

また、システムが位置測位の誤差を有する場合の作動タイミングは、基準となる作動タイミングの値 (3.2[s]) と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。この位置誤差の位置誤差の半径 5.5[m]は昨年度横須賀、神戸、名古屋で行われた実地実験結果をもとにした。これをもとに算出すると 2.8[s]、3.6[s]がそれぞれ位置誤差を有した時の支援対象車両と情報対象車両の距離から計算した値である。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて、注意喚起の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-2-11 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.2
試行 2	2.4
試行 3	4.0

表 4-2-12 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 4	3.2
試行 5	2.8
試行 6	3.6

・発進待機支援

本実験では、発進待機支援について信号なし一時停止のある交差点で実験を行った。実験参加者の運転する支援対象車両が交差点に進入し一時停止をした後、発進をしようとするタイミングで情報対象車両が交差点に表 4-2-13 に示す走行速度で進入するように設定した。

実験参加者はどの交差点から情報対象車両が飛び出してくるかわからないようにダミーの交差点を含んだコースを走行させた。走行速度、注意喚起内容を表 4-2-13 に示す。走行速度は、出会い頭事故における危険認知速度をもとに決定した。

表 4-2-13 走行速度と注意喚起内容

	支援対象車両	情報対象車両
走行速度[km/h]	0	50
注意喚起内容	「 (ピンポン) 右から車が来ます ご注意ください」	

注意喚起の作動タイミングおよび位置測位の誤差に関する実験条件

システムに位置測位の誤差がない場合は、発進待機支援の注意喚起の作動タイミングの実験パラメータを表 4-2-14 に示す。また、位置誤差を有する場合の注意喚起の作動タイミングを表 4-2-15 に示す。注意喚起の作動タイミングは減速停止支援と同じ基準で決定した。

表 4-2-14 注意喚起のタイミングに関する実験 (位置誤差なし)

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.2
試行 2	2.4
試行 3	4.0

表 4-2-15 注意喚起のタイミングに関する実験 (位置誤差あり)

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 4	3.2
試行 5	2.8
試行 6	3.6

・右折支援

実験では実験参加者の運転する支援対象車両と情報対象車両の 2 車が表 4-2-16 に記されている設定速度で走行すると、交差点の中心にて 2 車が衝突するように設定してある。実験参加者から情報対象車両が見えないように支援対象車両に前方 30[m]に大型車両を支援対象車両と同速度で走行させた。実験参加者はどの交差点から情報対

象車両が飛び出してくるかわからないようにダミーの交差点を含んだコースを走らせた。

表 4-2-16 走行速度と注意喚起内容

	支援対象車両	情報対象車両
走行速度[km/h]	50	50
注意喚起内容	「 (ピンポン) 対向車が来ます ご注意ください」	

表 4-2-17 に試行 1 から試行 3 について、表 4-2-18 に試行 4 から試行 6 について示す。試行 1 から 3 は、位置測位の誤差がない場合の注意喚起の作動タイミングに関する実験パラメータであり、試行 4 から 6 は位置誤差を有する場合の実験パラメータである。また、注意喚起の作動タイミングは、3.2[s]、2.4[s]、1.6[s]とし、これは減速停止支援および発進待機支援とは異なる。これは、交差点進入時に右左折を行う場合は、交差点の手前 30[m]からウィンカーによる指示をしなければならない。そこで、TTI=4.0[s]にて注意喚起を提示すると、交差点の手前 30[m]以上離れた地点にて注意喚起を行うことになり、運転者の右左折の意思を確認できない状態で注意喚起を行うことになってしまう。そこで右折支援の注意喚起の実験パラメータに関しては、TTI=4.0[s]を除外して TTI=1.6[s]を実験パラメータとして検討した。また、位置測位の誤差を有する場合の実験パラメータについても同様の算出方法から決定したものである。

表 4-2-17 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.2
試行 2	2.4
試行 3	1.6

表 4-2-18 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 4	3.2
試行 5	2.8
試行 6	3.6

・左折支援

左折支援については、信号なし交差点に、実験参加者の運転する支援対象車両が、交差点 30[m]手前を 10[km/h]で走行している先行車両につづいて進入し、左折する

タイミングで、支援対象車両後方より2輪車が左側をすり抜けるように設定した。各車両の速度を表4-2-19に示す。

表 4-2-19 走行速度と注意喚起内容

	支援対象車両	情報対象車両
走行速度[km/h]	10	50
注意喚起内容	「 (ピンポン) 後方から2輪車がきます ご注意ください」	

表4-2-20に試行1から試行3について、表4-2-21に試行4から試行6について示す。試行1から3は位置測位の誤差がない場合の注意喚起の作動タイミングに関する実験パラメータであり、試行4から6は位置誤差を有する場合に関する実験パラメータである。注意喚起の作動タイミングについては右折支援と同じ基準で決定した。注意喚起の作動タイミングは実験参加者の運転しだいで若干前後、または機能しない場合がある。

表 4-2-20 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 1	3.2
試行 2	2.4
試行 3	1.6

表 4-2-21 注意喚起のタイミングに関する実験

	注意喚起の作動タイミング TTI[s]
試行 4	3.2
試行 5	2.8
試行 6	3.6

(3) 警報の実験における実験パラメータ

本実験時に走行した経路を図4-2-24、図4-2-25と図4-2-26に示す。実験コースは、情報提供および注意喚起の実験と同様に50個の交差点を碁盤の目のように設置した構造になっている。実験参加者は、あらかじめ設定した経路にて走行し、イベント発生 of 交差点において、「減速停止支援」「発信待機支援」「右折支援」「左折支援」が行われるものとなっている。実験コース上には、イベントが発生しない交差点も複数個所設定しており、実験参加者にイベント発生 of 交差点を特定されないように留意している。以下に設定した実験コースをそれぞれの支援ごとに示す。なお、表4-2-1に図中における記号の意味を示している。

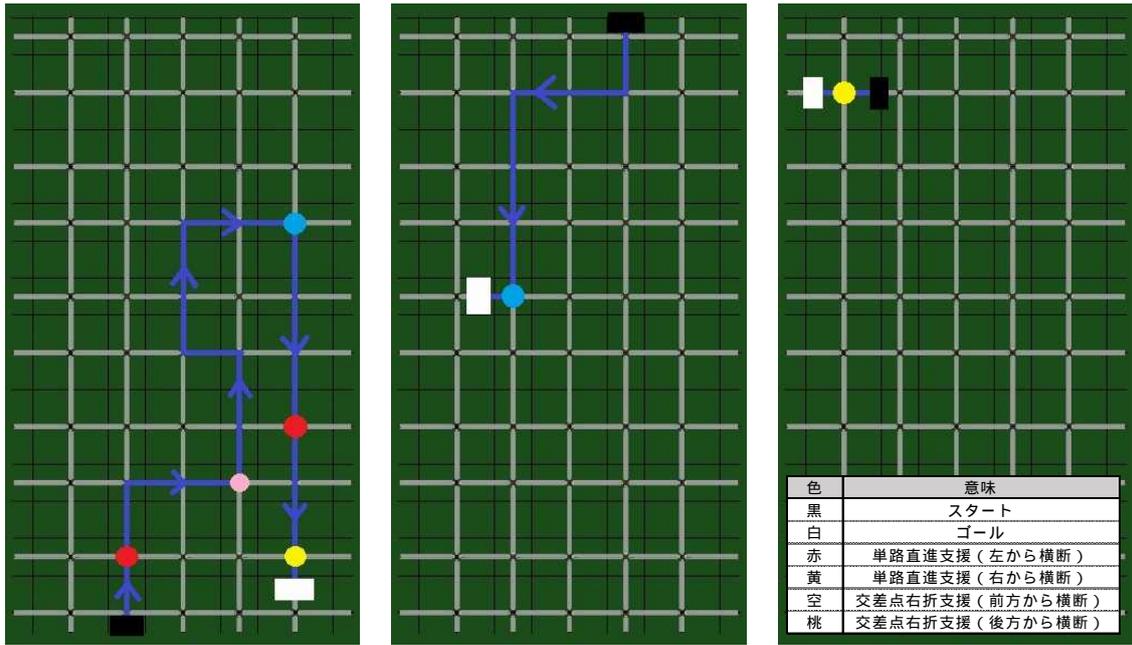


図 4-2-24 警報の実験における経路その 1

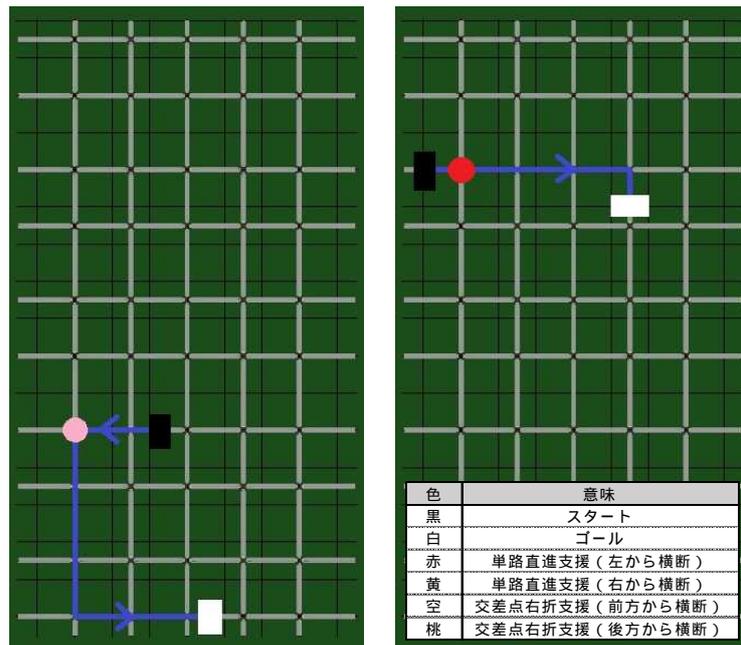


図 4-2-25 警報の実験における経路その 2

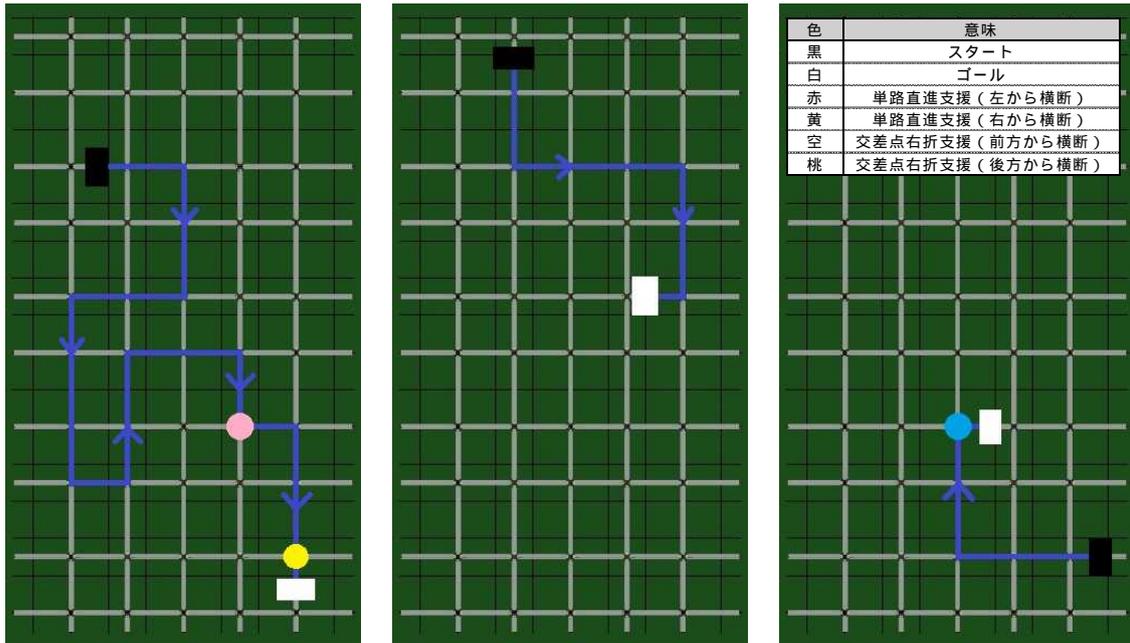


図 4-2-26 警報の実験における経路その 3

・減速停止支援

本実験では、信号なしの交差点で実験を行った。実験では実験参加者の運転する支援対象車両と情報対象車両の2車が後述の各走行速度で走行すると、交差点にて2車が衝突するように設定してある。

表 4-2-22 減速停止支援における警報の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
警報内容	（ピピピ）
音声タイミング（TTI）[s]	0.8, 1.4, 2.0

次に減速停止支援での走行速度、警報内容及び音声タイミングを表 4-2-22 に示す。警報の作動タイミングについて、0.8[s]は「通信利用型運転支援システムのガイドライン」によって設定されている、ドライバーが情報提示を受けてからブレーキペダルを踏み始めるまでの時間である。1.4[s]はドライバーが反応をしてからブレーキを踏み込み、ブレーキが効き始めるまでの時間である。2.0[s]は 1.4[s]から 0.8[s]を引いた値 0.6[s]を 1.4[s]に足した値である。

表 4-2-23 はシステムが位置誤差を有している場合における警報の作動タイミングをまとめたものである。作動タイミングの値は、基準となる作動タイミングの値と、位置誤差の半径 5.5[m]を用いて算出した。なお、位置測位に誤差を有する場合は、その影響により実験参加者の運転操作の影響を受けて、警報の作動タイミングは若干前後し、場合によっては作動しない場合がある。

表 4-2-23 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

・発進待機支援

発進待機支援については、実験参加者の運転する支援対象車両が、信号なしで一時停止のある交差点に進入し、一時停止をした後、発進するタイミングで情報対象車両が交差点に進入してくるように設定した。

発進待機支援での走行速度と警報内容を表 4-2-24 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の警報の作動タイミングを表 4-2-25 に示す。値の決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-24 発進待機支援における警報の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	0
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
警報内容	（ピピピ）
作動タイミング（TTI）[s]	0.8, 1.4, 2.0

表 4-2-25 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

・右折支援

右折支援については、信号なし交差点に、実験参加者の運転する支援対象車両が車間時間 2.0[s]で走行している先行車両につづいて進入すると、反対車線前方より情報対象車両が交差点に進入し、支援対象車両と情報対象車両が交差点中央ですれ違うように設定した。

右折支援での走行速度と警報内容を表 4-2-26 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の警報の作動タイミングを表 4-2-27 に示す。値の決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-26 右折支援における警報の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	50
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
警報内容	（ピピピ）
作動タイミング（TTI）[s]	0.8，1.4，2.0

表 4-2-27 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTI[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

・左折支援

左折支援については、信号なし交差点に、実験参加者の運転する支援対象車両が、交差点 30[m]手前を 10[km/h]で走行している先行車両につづいて進入し、左折するタイミングで、支援対象車両後方より 2 輪車が左側をすり抜けるように設定した。

左折支援での走行速度と警報内容を表 4-2-28 に示す。また、システムが位置誤差を有している場合の警報の作動タイミングを表 4-2-29 に示す。値の決定については減速停止支援と同様である。

表 4-2-28 左折支援における警報の内容

走行速度（支援対象車両）[km/h]	10
走行速度（情報対象車両）[km/h]	50
警報内容	（ピピピ）
作動タイミング（TTC）[s]	0.8，1.4，2.0

表 4-2-29 位置誤差を有している場合の作動タイミング

	作動タイミング TTC[s]
試行 1	0.8
試行 2	0.4
試行 3	1.2

(4) 位置測位の誤差を有する場合の実験コース

位置誤差を有した実験の経路を図 4-2-27 から図 4-2-30 に示す。位置測位の誤差を有する場合は、正しい測位位置に対する比較を行うことから、誤差のない実験に比べて複雑な経路になっておらず、実験参加者が比較を行うことができる経路設定となっている。図 4-2-27 が減速停止支援、図 4-2-28 が発進待機支援、図 4-2-29 が右折支援、図 4-2-30 が左折支援の経路である。実験パラメータの TTI、TTC については前述の表に示したものをを用いた。

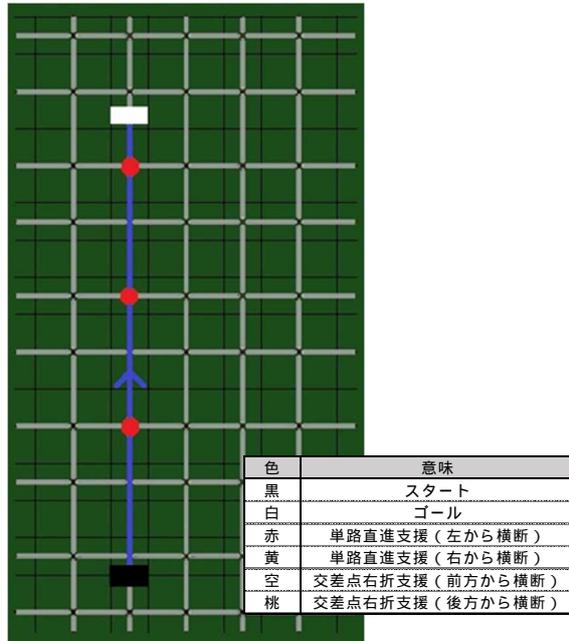


図 4-2-27 位置誤差を有した実験の経路（減速停止支援）

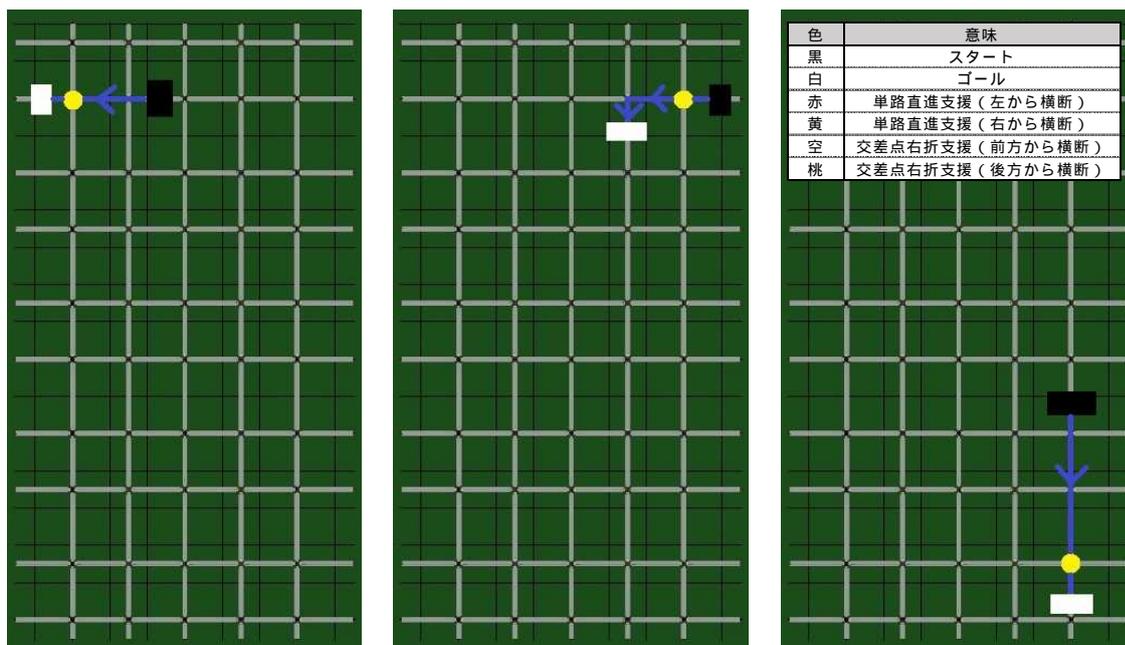


図 4-2-28 位置誤差を有した実験の経路（発進待機支援）

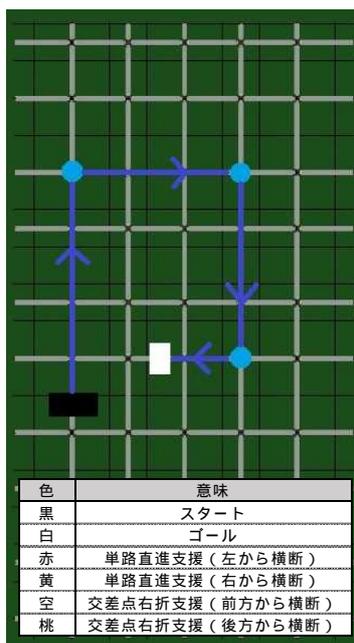


図 4-2-29 位置誤差を有した実験の経路（右折支援）

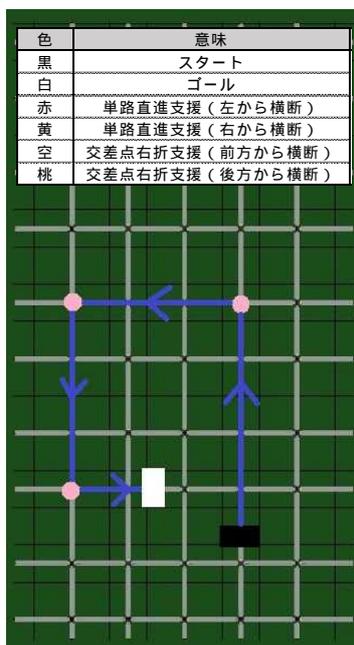


図 4-2-30 位置誤差を有した実験の経路（左折支援）

4.2.3.4 実験参加者

本実験では20代5名、30代5名、40代5名、50代5名の計20名の実験参加者の協力を得て実験を行った。20名に行った事前アンケートの結果を表4-2-30に示す。

表 4-2-30 実験参加者に対する事前アンケート結果

実験参加者	性別	年齢	運転歴	運転頻度
A	男	22	4年	週に1回
B	男	21	3年	半年に1回
C	男	24	4年	月に1回
D	男	22	3年	月に1回
E	男	23	1年	月に1回
F	男	34	16年	週に1回
G	女	35	16年	毎日
H	男	34	16年	毎日
I	女	31	13年	毎日
J	男	35	20年	ほぼ0
K	女	45	26年	週に6回
L	女	46	28年	毎日
M	女	49	30年	週に1回
N	男	44	24年	毎日
O	男	45	27年	週に2回
P	女	53	32年	毎日
Q	女	56	30年	月に1回
R	男	56	38年	週に2回
S	男	50	30年	週に2回
T	女	50	25年	週に4回

4.2.4 . 実験結果

4.2.4.1 位置測位の誤差がない場合

(1) 情報提供

減速停止支援

図 4-2-31 から図 4-2-33 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-34 から図 4-2-36 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-37 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-38、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-39 から図 4-2-41、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-42 から図 4-2-44 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-2-37 から、減速停止支援における情報提供の作動タイミングに関する評価は TTI=5.1[s]がもっとも適切であることが分かる。支援の必要性に関しては、TTI=3.7[s]において平均値が高くなっているが、これは情報対象車両と衝突するまでの時間が短いため、TTI=5.1[s]よりも必要性を感じたのではないかと考えられる。また、付録資料として添付した実験参加者の個別の評価結果にて比較すると、TTI=3.7[s]と TTI=5.1[s]はほとんど差がないことが確認された。よって、作動タイミングおよび運転支援の必要性の両評価結果から、本実験の結果においては情報提供の減速停止支援の作動タイミングは TTI=5.1[s]が適切であると考えられる。

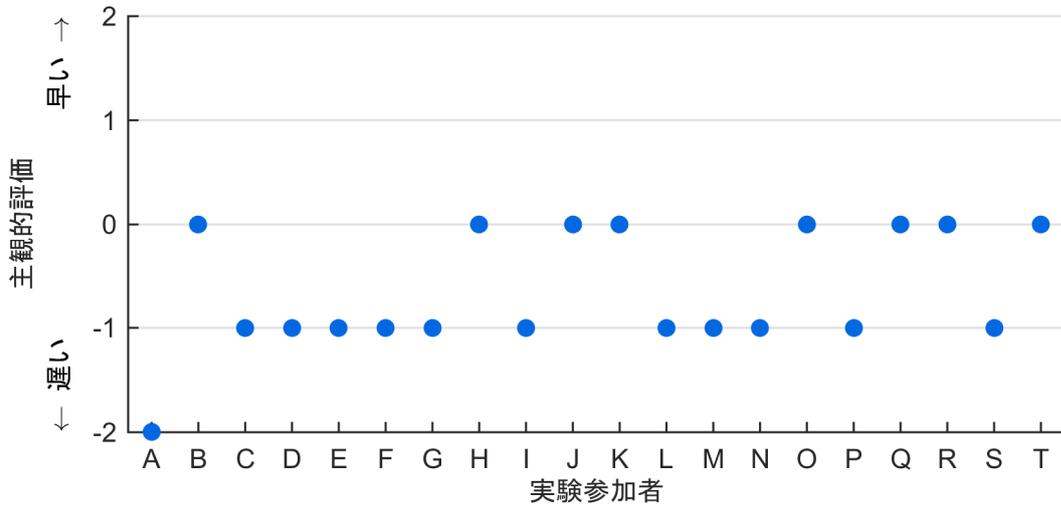


図 4-2-31 支援作動タイミングの主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

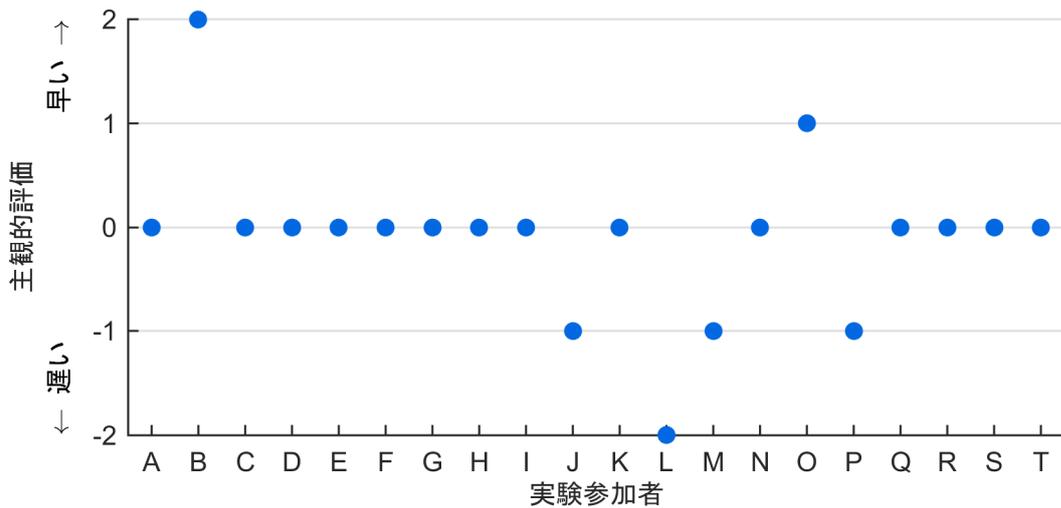


図 4-2-32 支援作動タイミングの主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

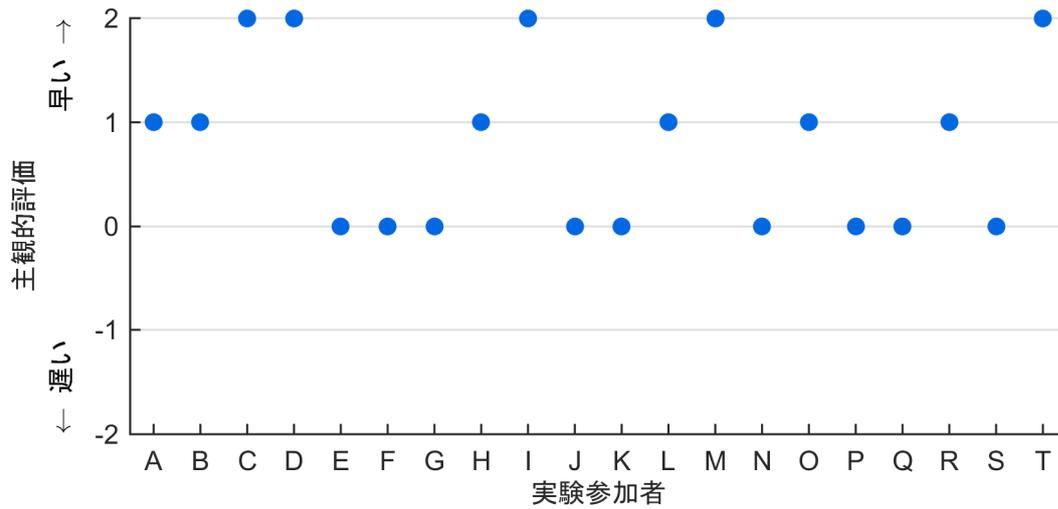


図 4-2-33 支援作動タイミングの主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

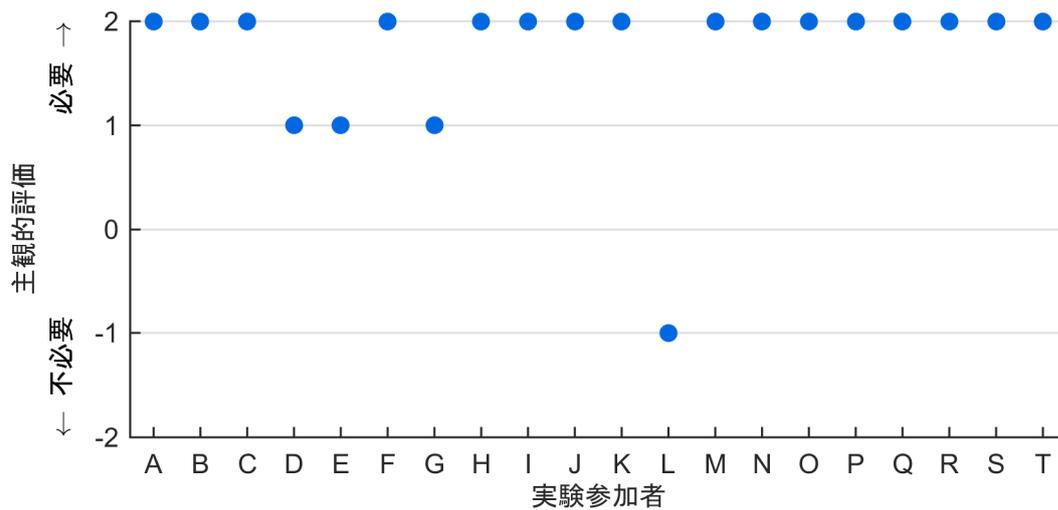


図 4-2-34 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

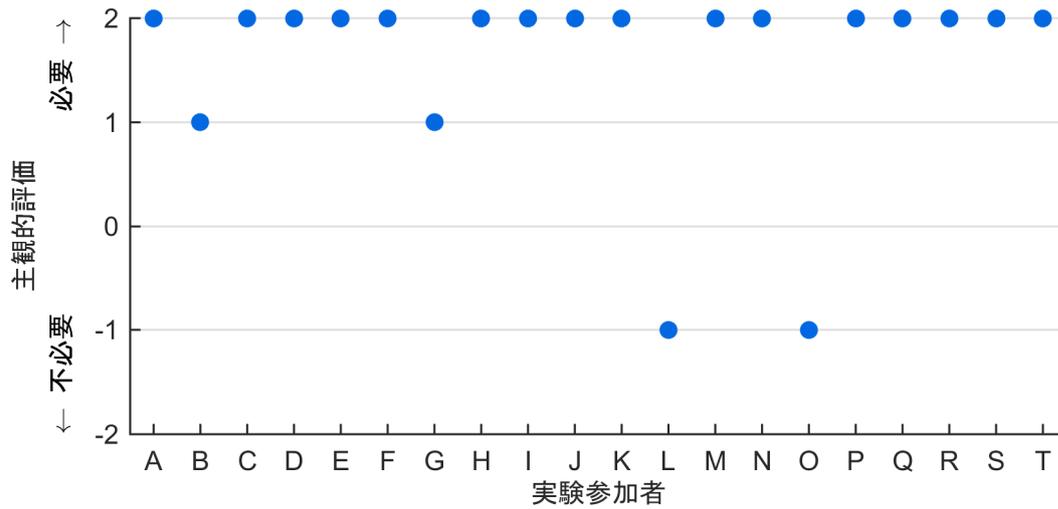


図 4-2-35 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

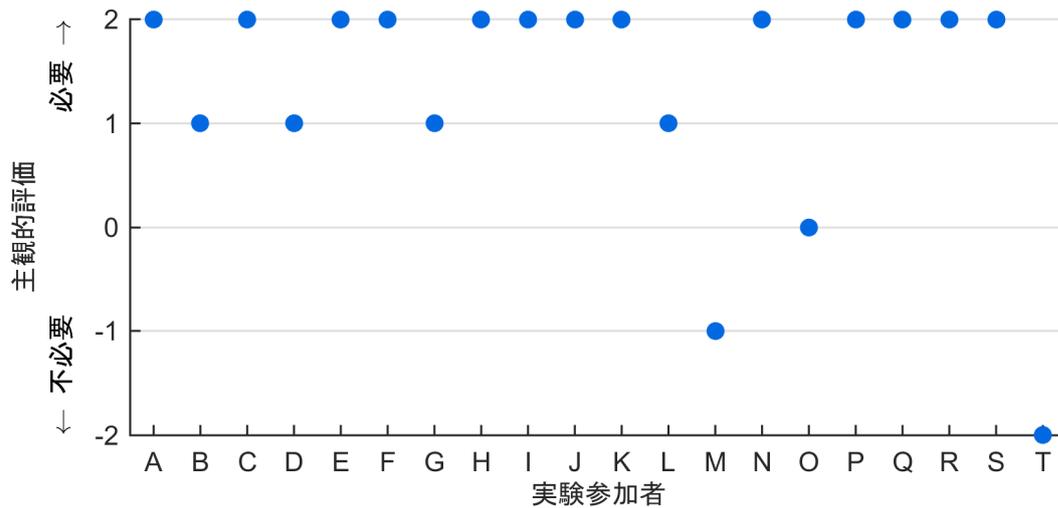


図 4-2-36 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

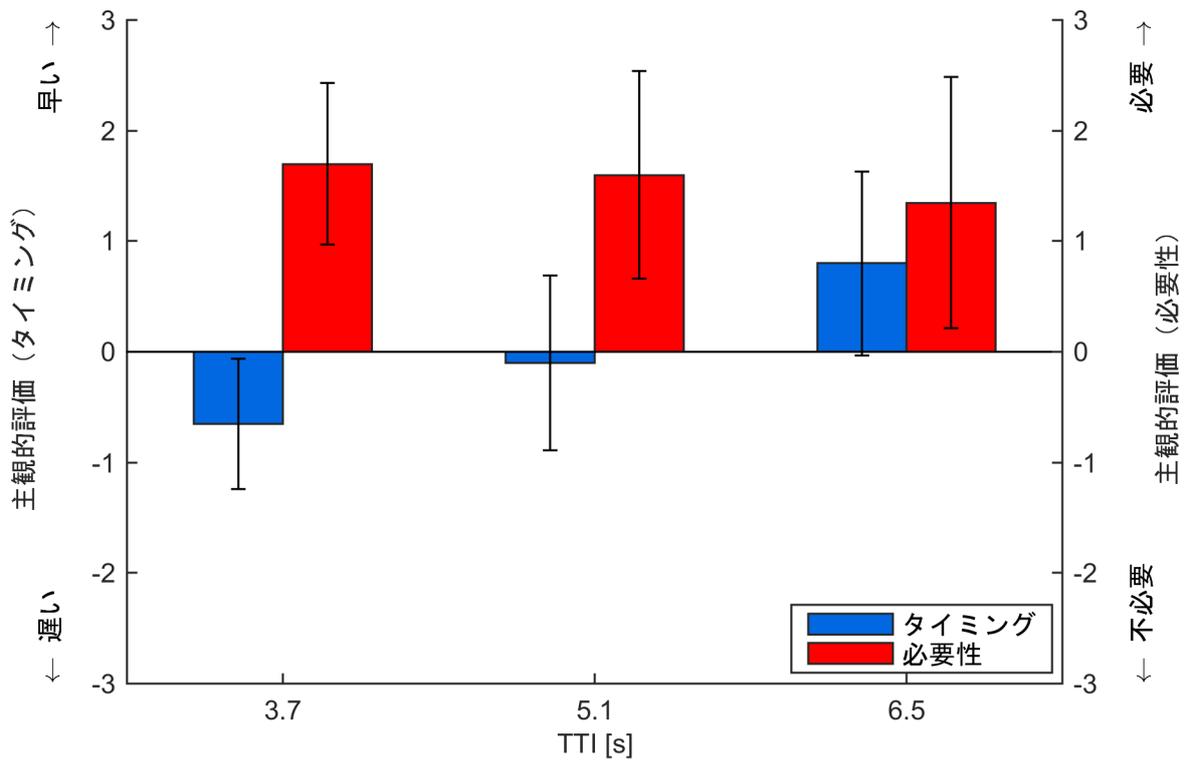


図 4-2-37 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(減速停止支援における情報提供)

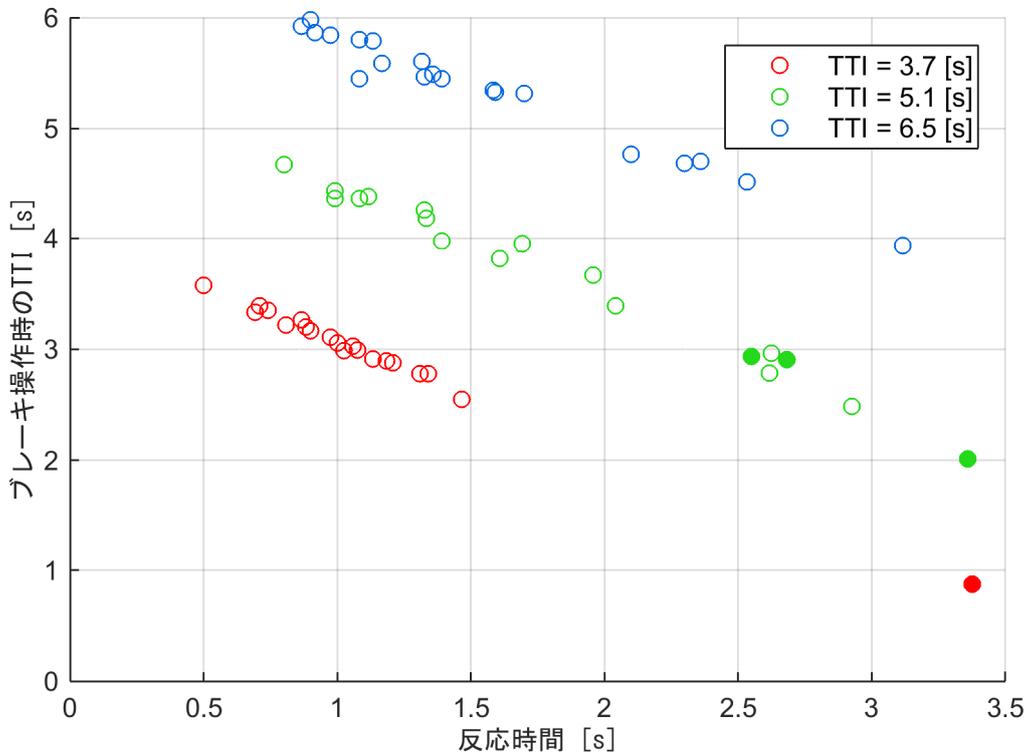


図 4-2-38 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供)

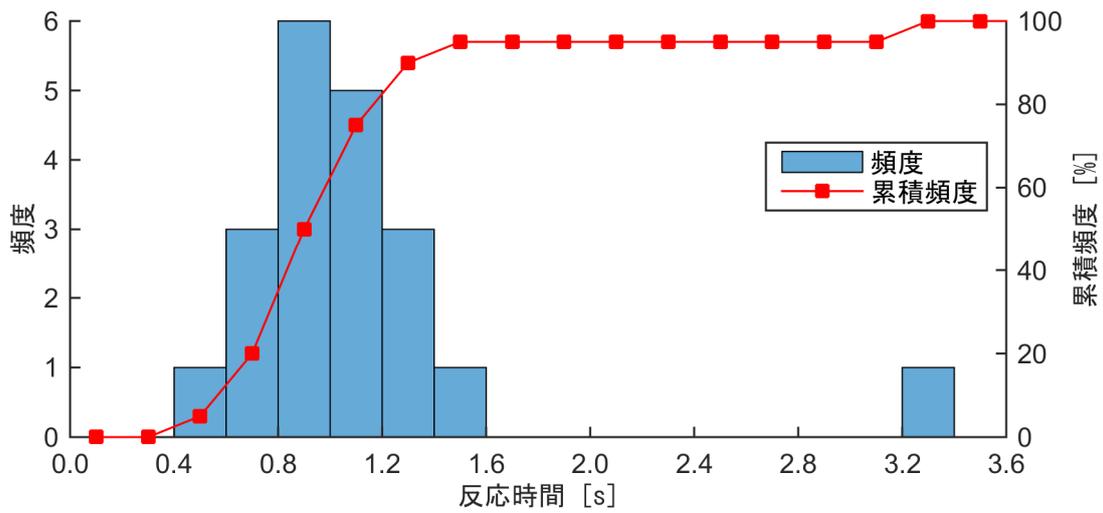


図 4-2-39 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

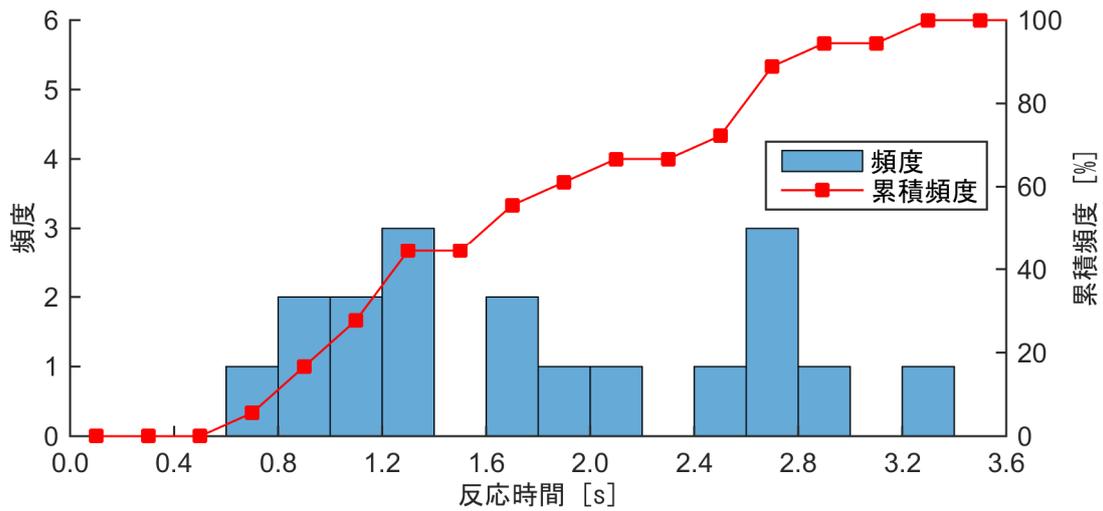


図 4-2-40 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

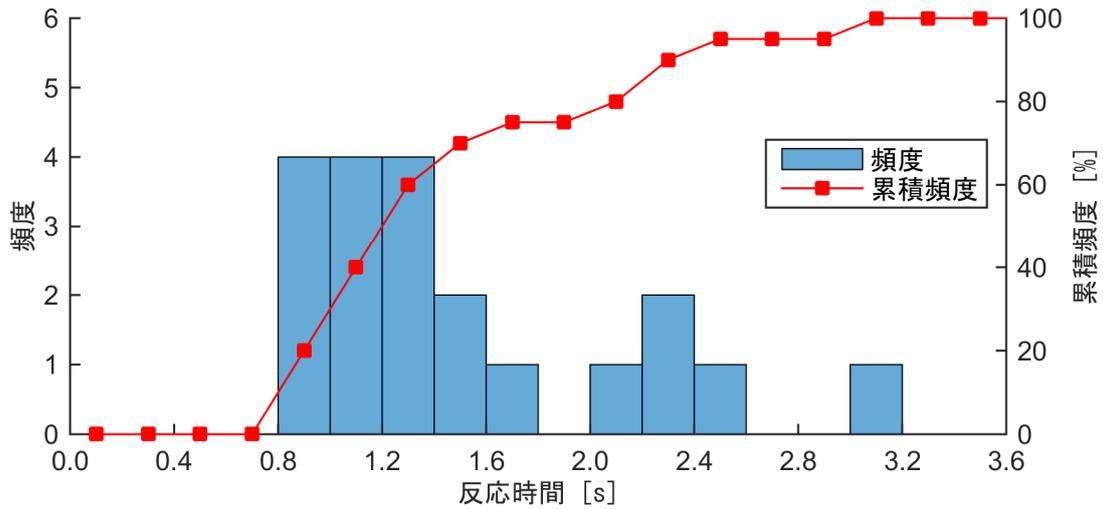


図 4-2-41 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

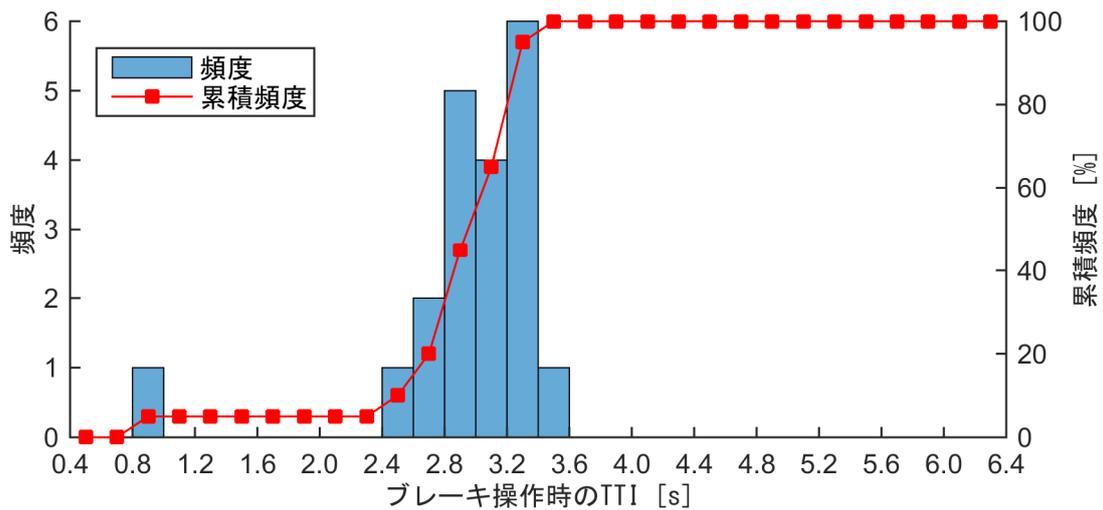


図 4-2-42 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

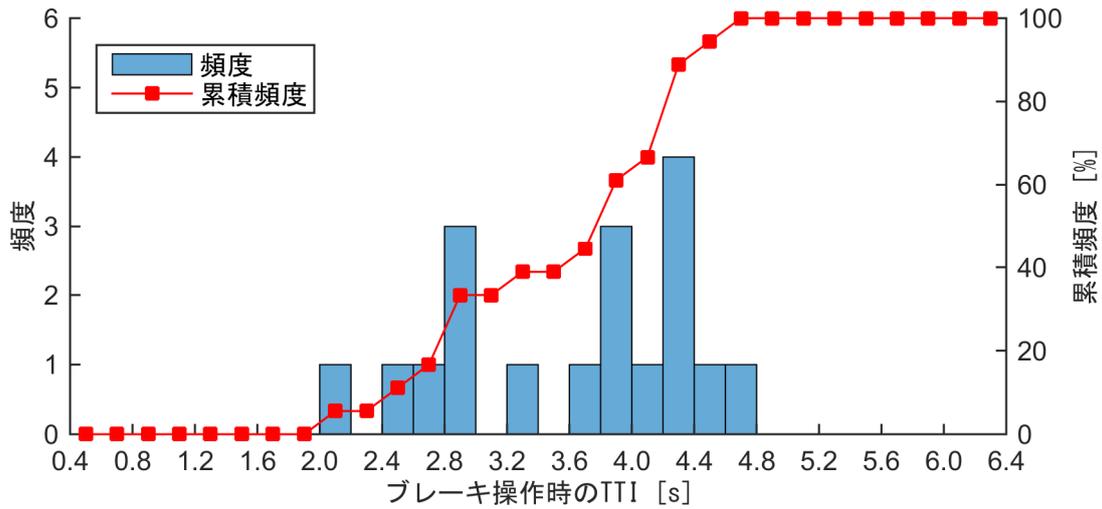


図 4-2-43 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

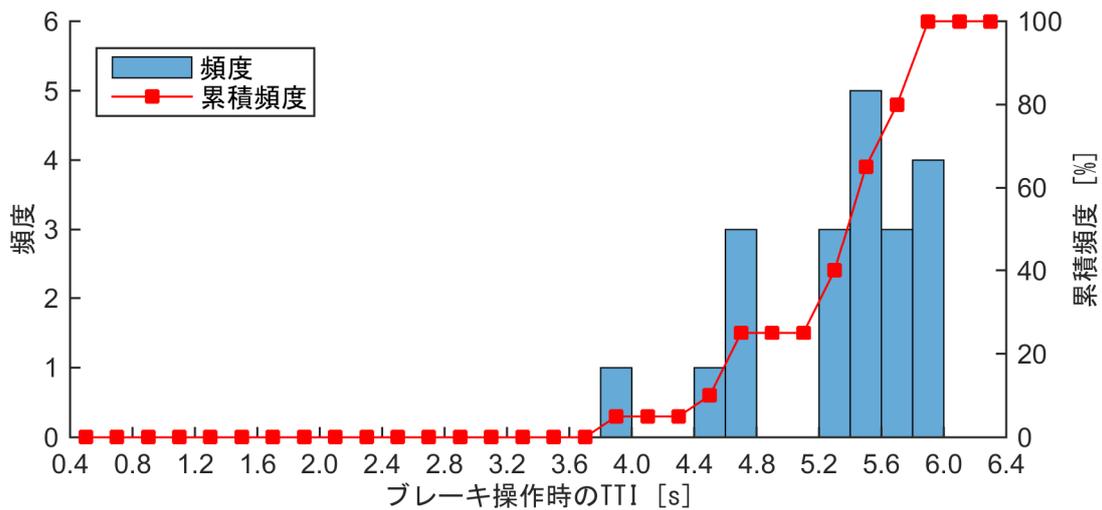


図 4-2-44 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

発進待機支援

図 4-2-45 から図 4-2-47 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-48 から図 4-2-50 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-51 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-52、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-53 から図 4-2-55、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-56 から図 4-2-58 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-2-51 より、発進待機支援における情報提供の作動タイミングは、TTI=5.1[s] および TTI=6.5[s]が適切であることを示している。運転支援システムの必要性に関する評価は、TTI=3.7[s]の方がより平均値が高くなっているが、これは減速停止支援と同様に、情報対象車両と衝突するまでの時間が短いため、TTI=5.1[s]よりも必要性を感じたからではないかと考えられる。

よって、作動タイミングおよび運転支援の必要性の評価結果から、本実験の結果においては注意喚起の減速停止支援の作動タイミングは TTI=5.1[s]が適切であると考えられる。

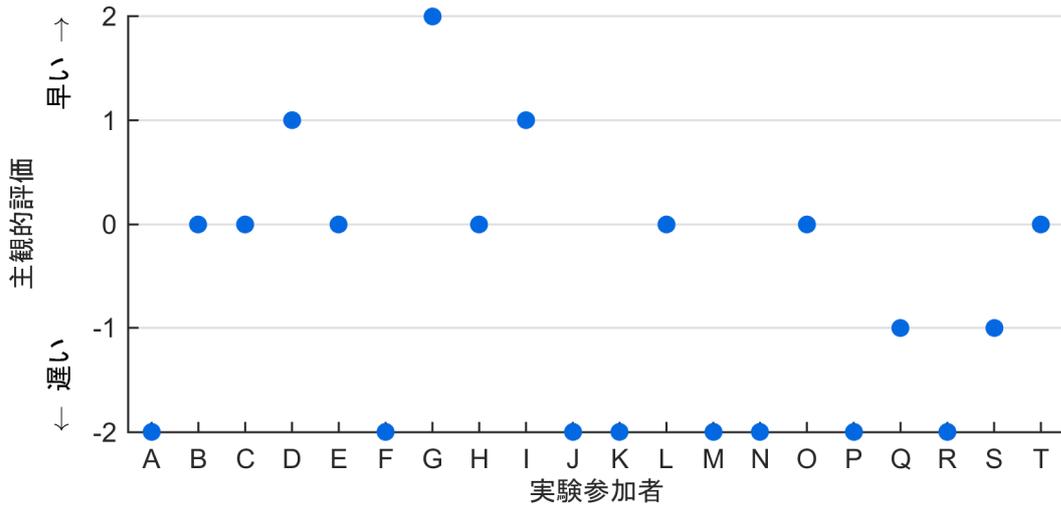


図 4-2-45 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

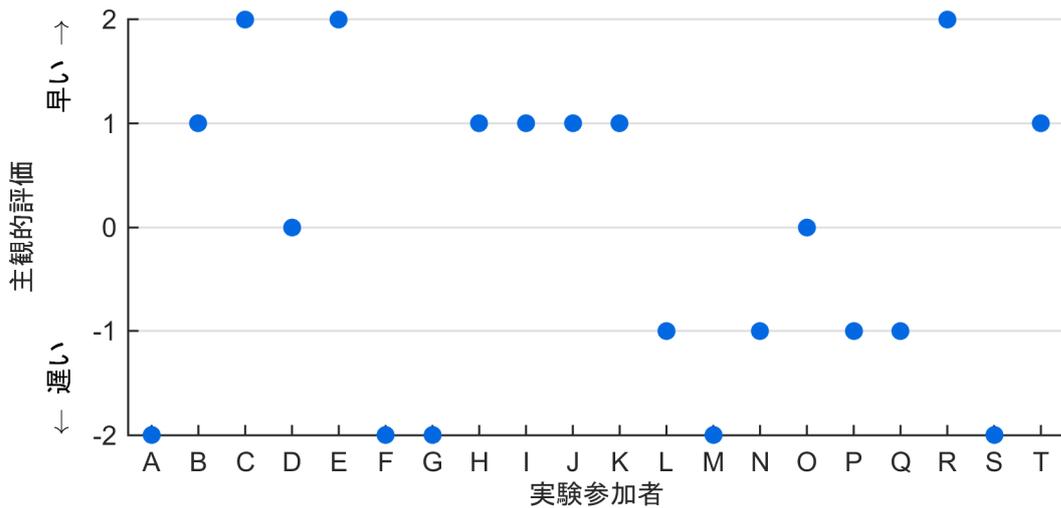


図 4-2-46 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

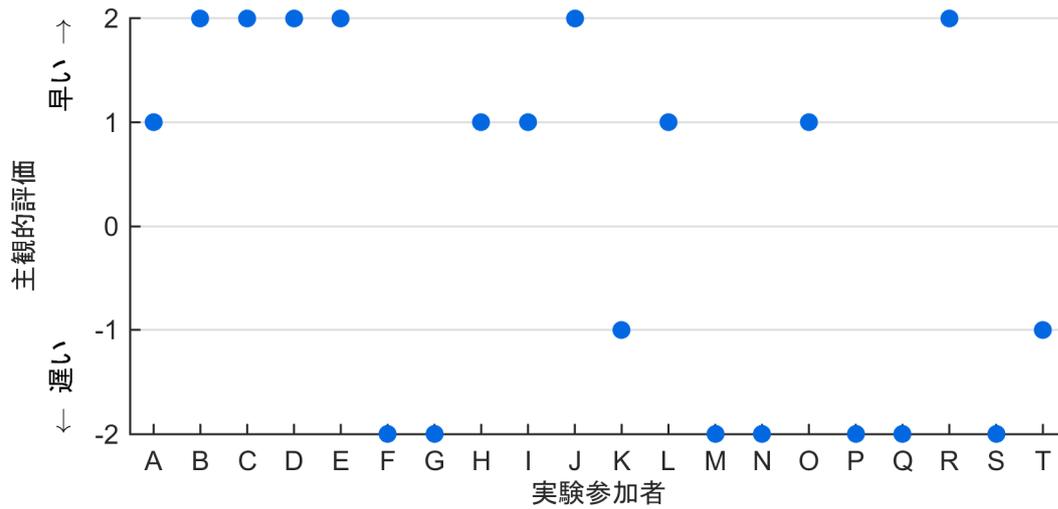


図 4-2-47 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

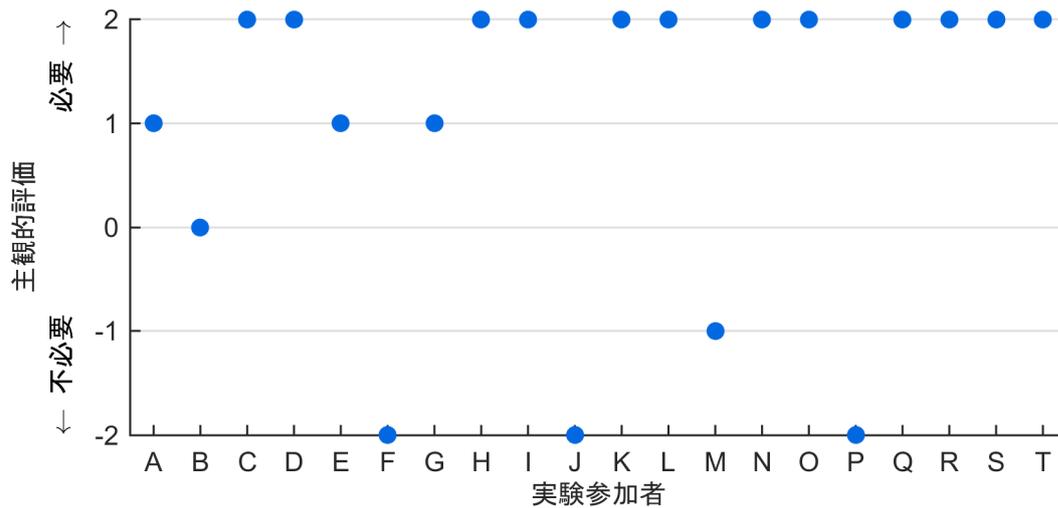


図 4-2-48 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

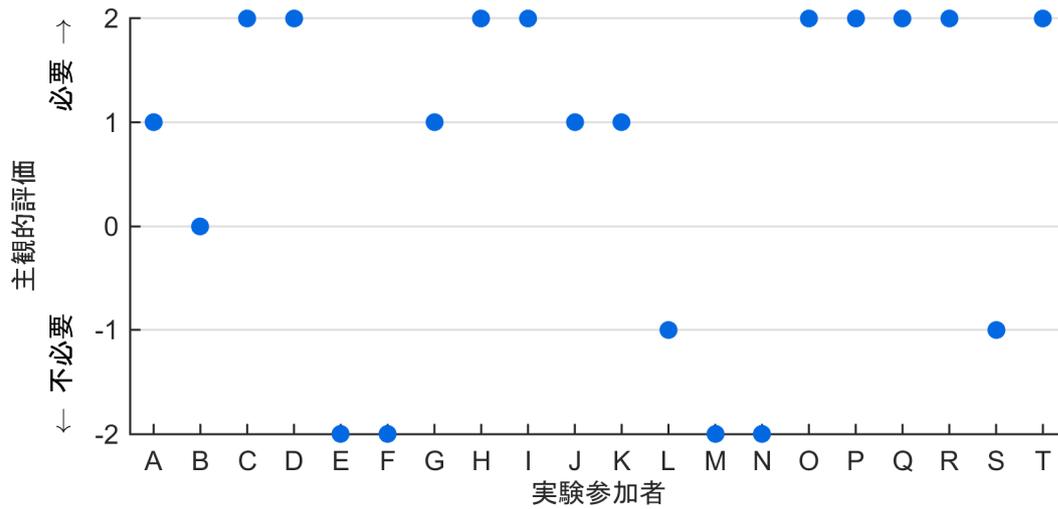


図 4-2-49 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

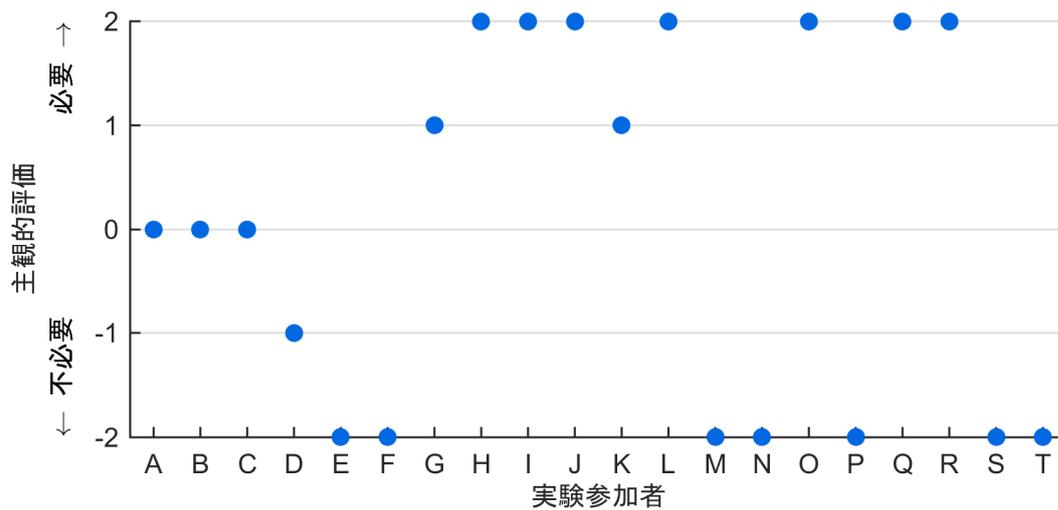


図 4-2-50 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

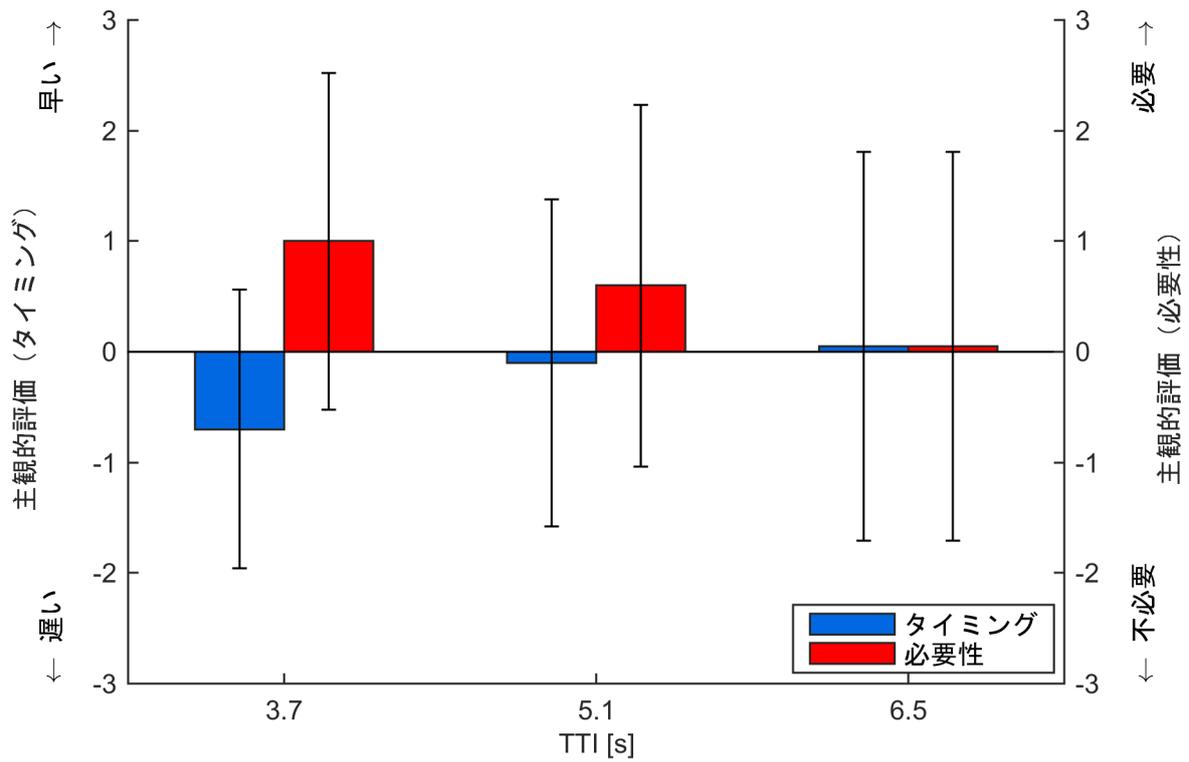


図 4-2-51 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(発進待機支援における情報提供)

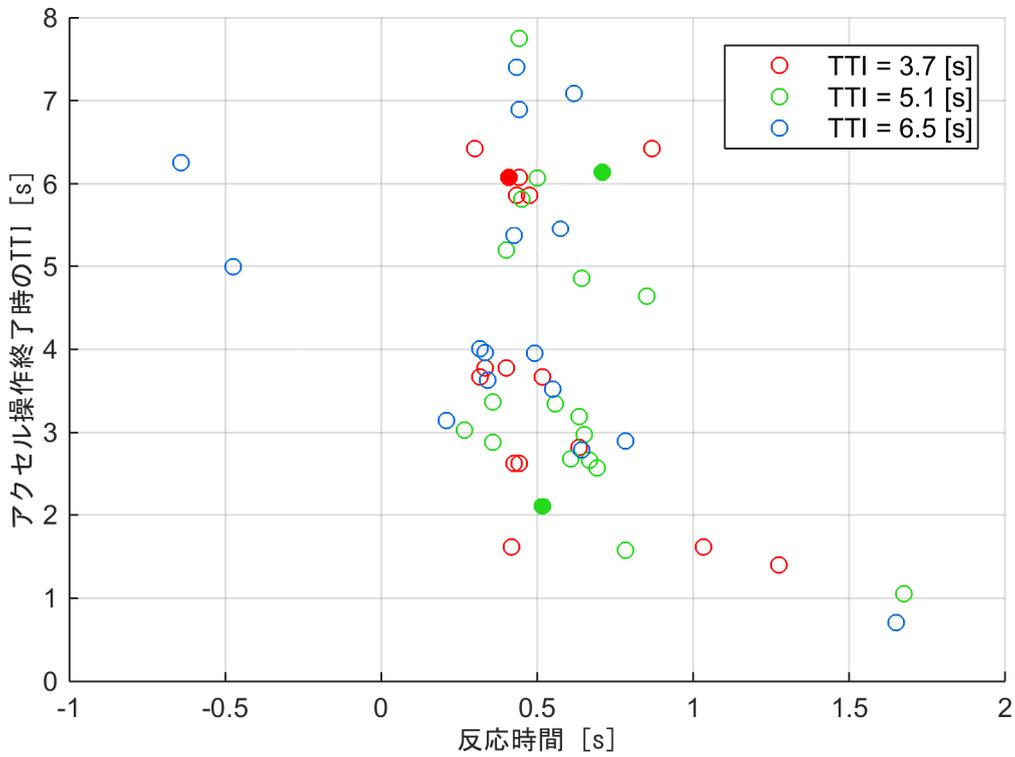


図 4-2-52 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供)

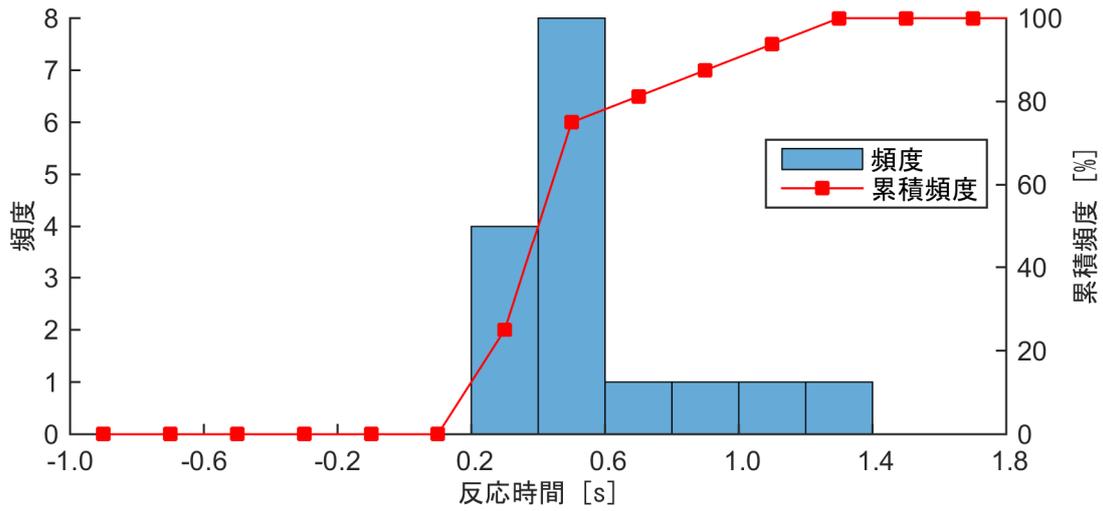


図 4-2-53 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

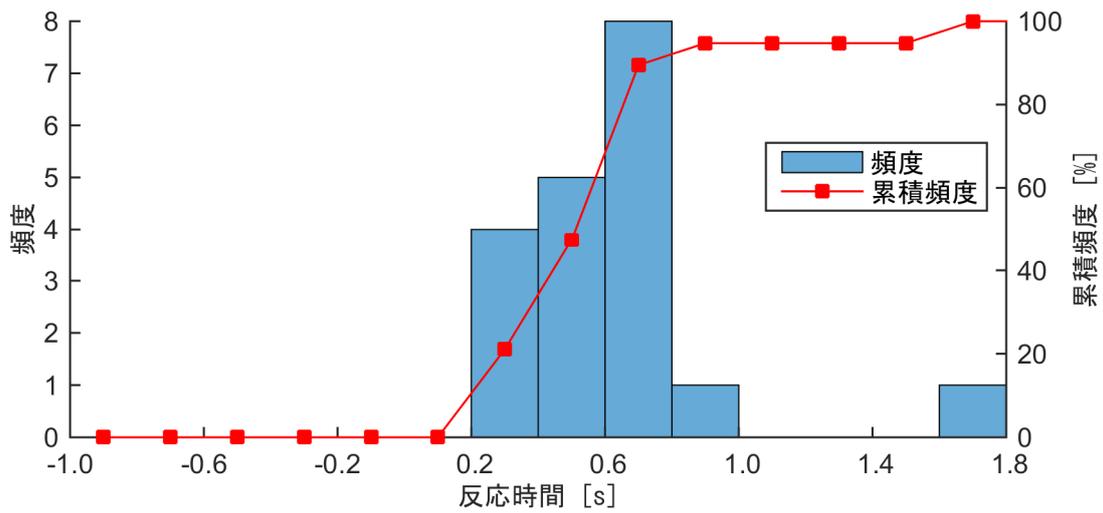


図 4-2-54 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

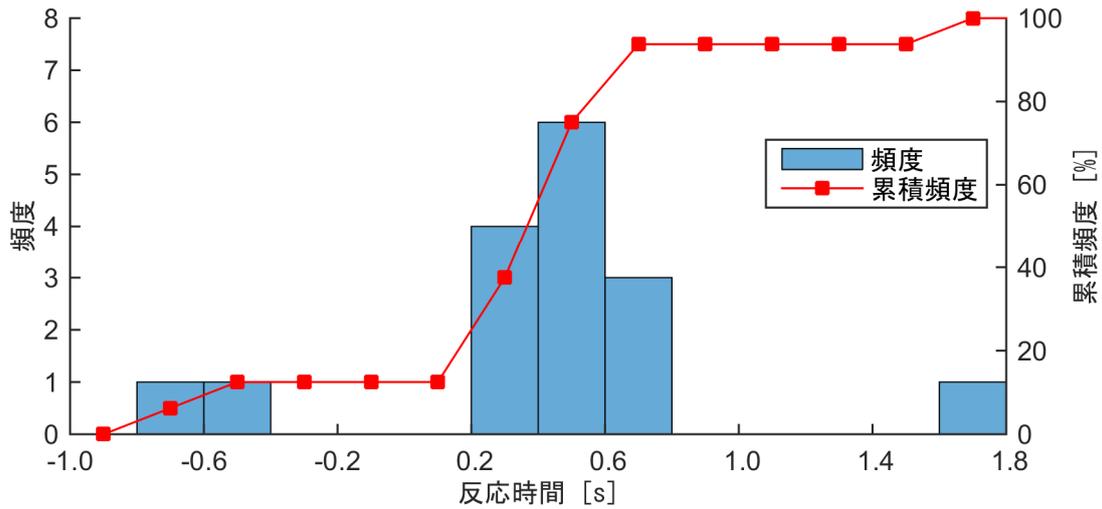


図 4-2-55 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

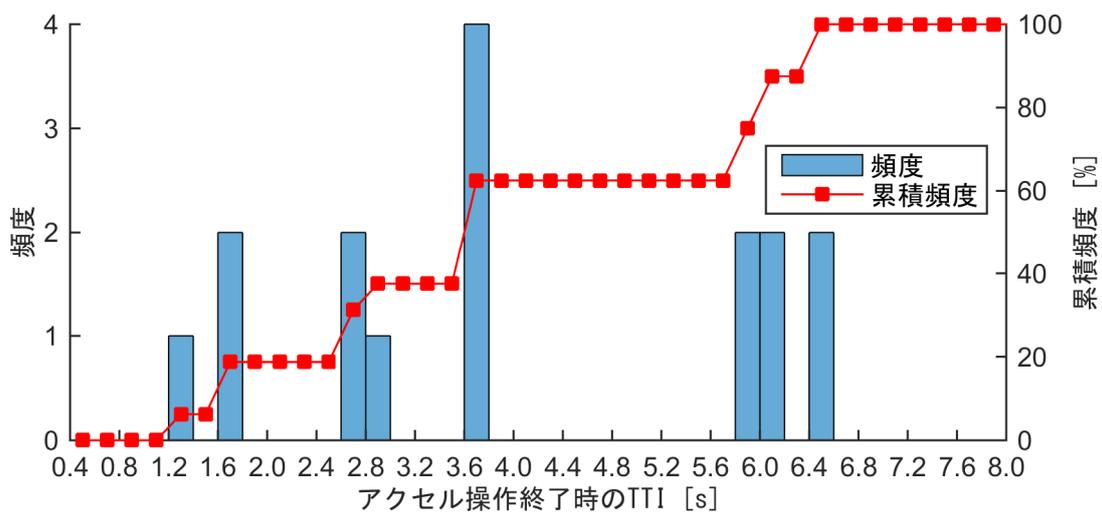


図 4-2-56 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

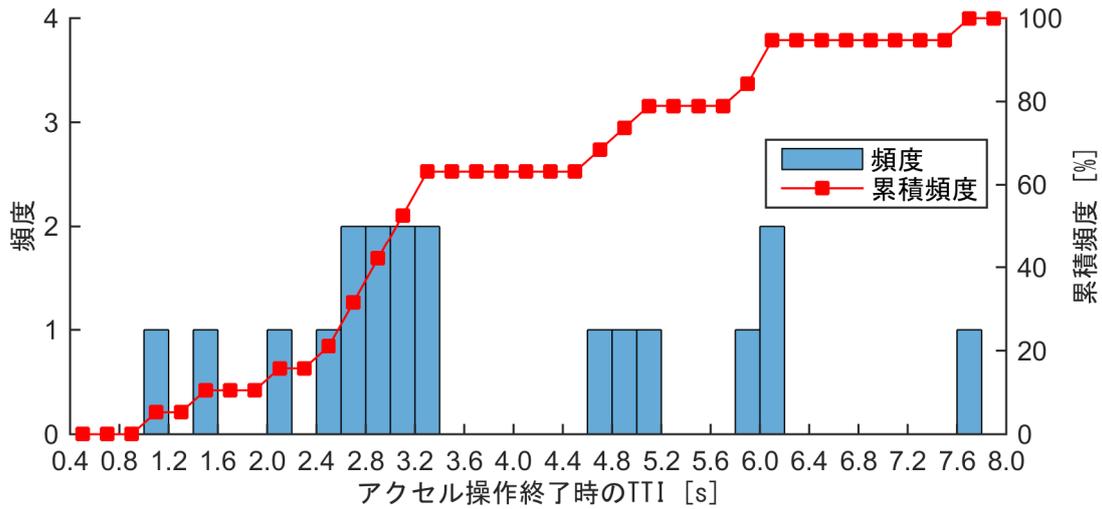


図 4-2-57 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

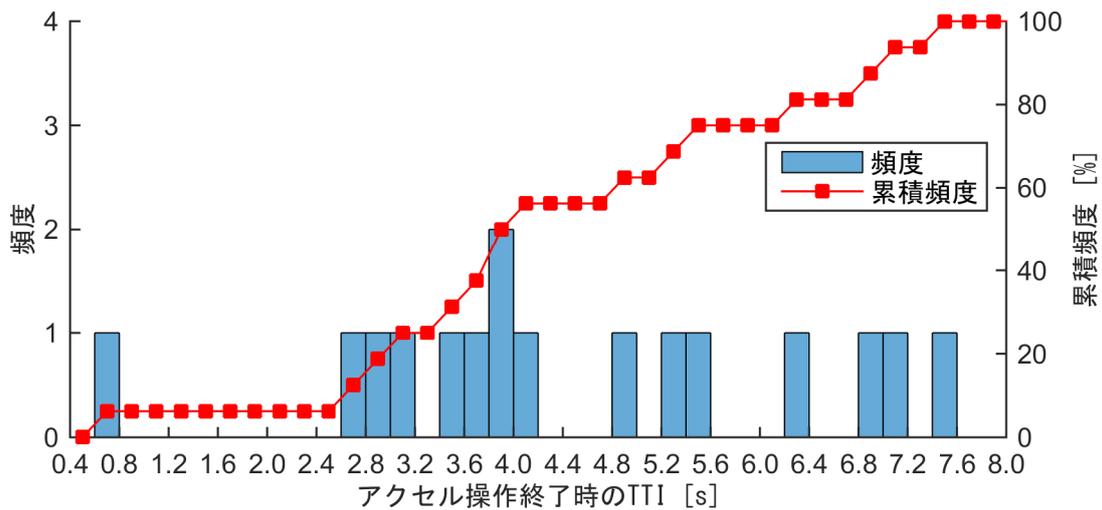


図 4-2-58 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

右折支援

図 4-2-59 から図 4-2-61 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-62 から図 4-2-64 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-65 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-66、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-67 から図 4-2-69、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-70 から図 4-2-72 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-2-65 より、右折支援における情報提供の作動タイミングは、TTI=3.7[s]および TTI=5.1[s]が適切であると評価されている。運転支援システムの必要性に関する評価についても同様に TTI=3.7[s]および TTI=5.1[s]において評価が高くなっている。また、付録に示したブレーキ操作を行った TTI において、情報提供の作動タイミングを示す TTI が増加するとブレーキ操作を行う TTI も大きくなっていることを示している。これより、右折支援においては右折時に前方からの接近車両の情報を早期にドライバに提示することが、良いものと考えられる。

よって、右折支援における情報提供の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、主観的および客観的評価の結果から TTI=5.1[s]が適切であると考えられる。

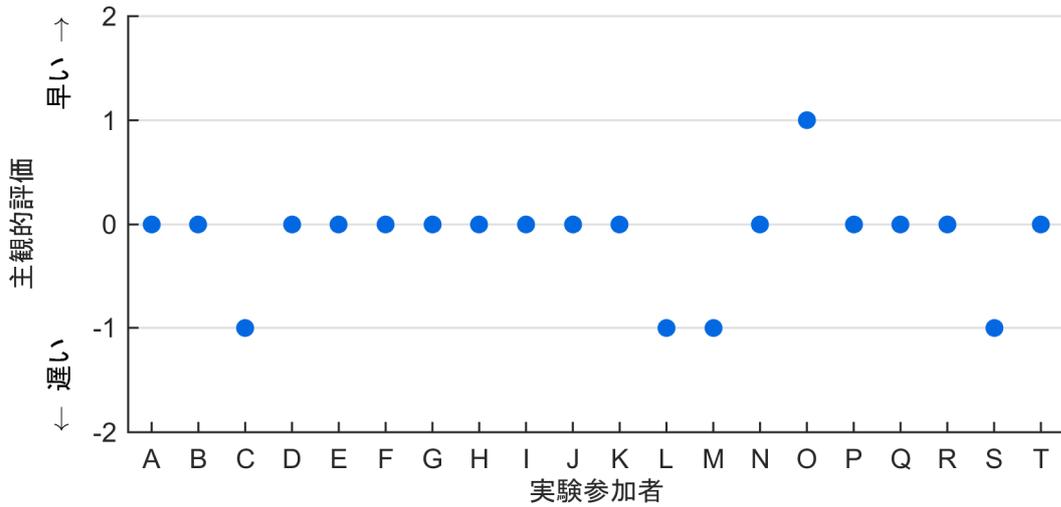


図 4-2-59 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

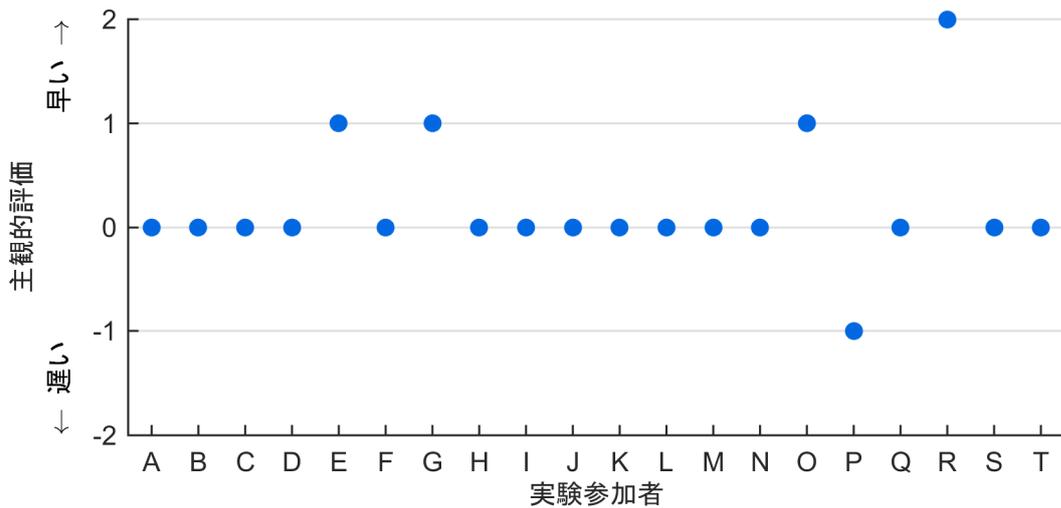


図 4-2-60 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

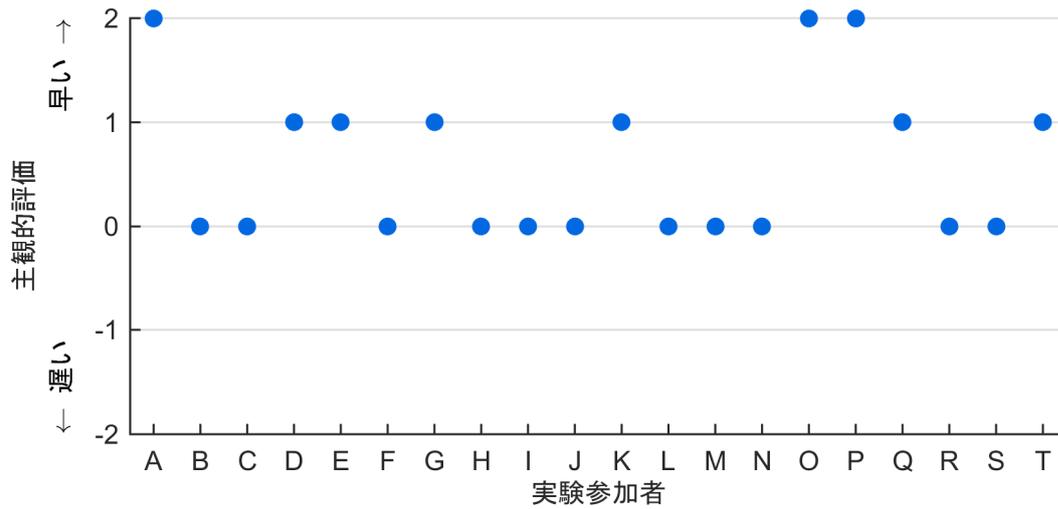


図 4-2-61 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

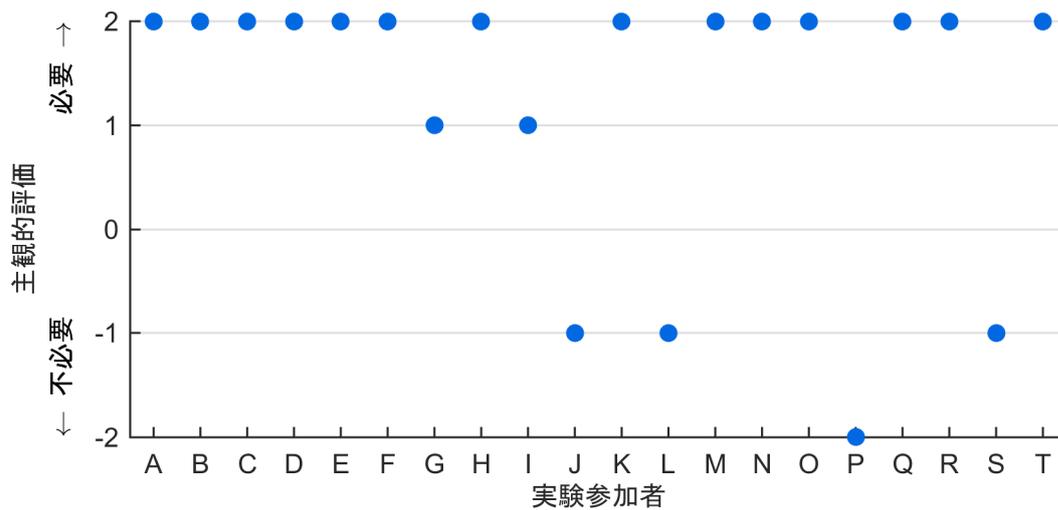


図 4-2-62 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

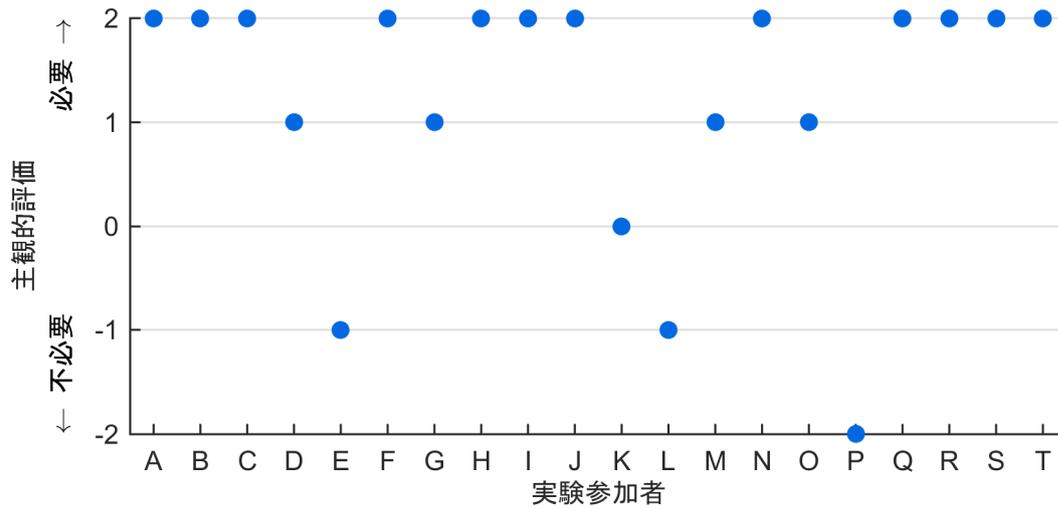


図 4-2-63 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

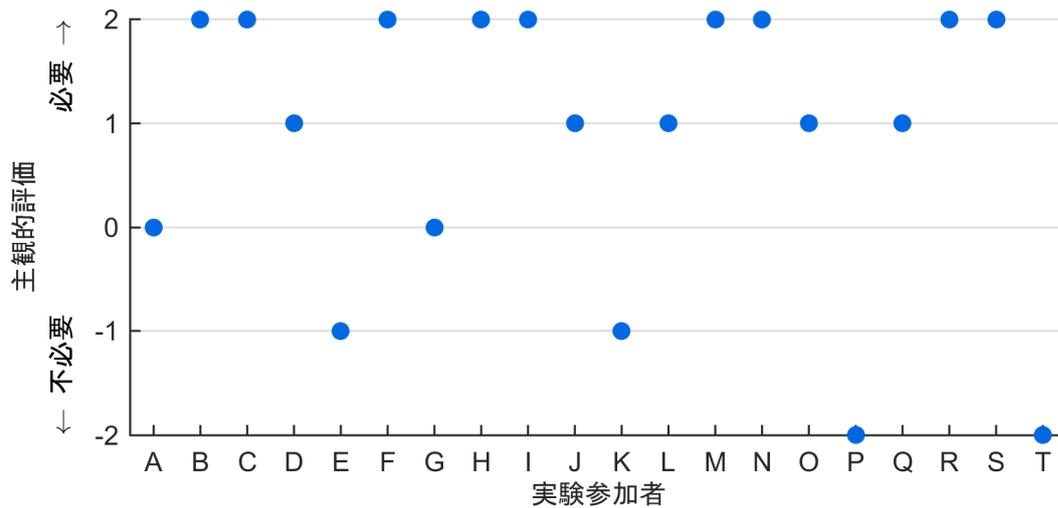


図 4-2-64 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

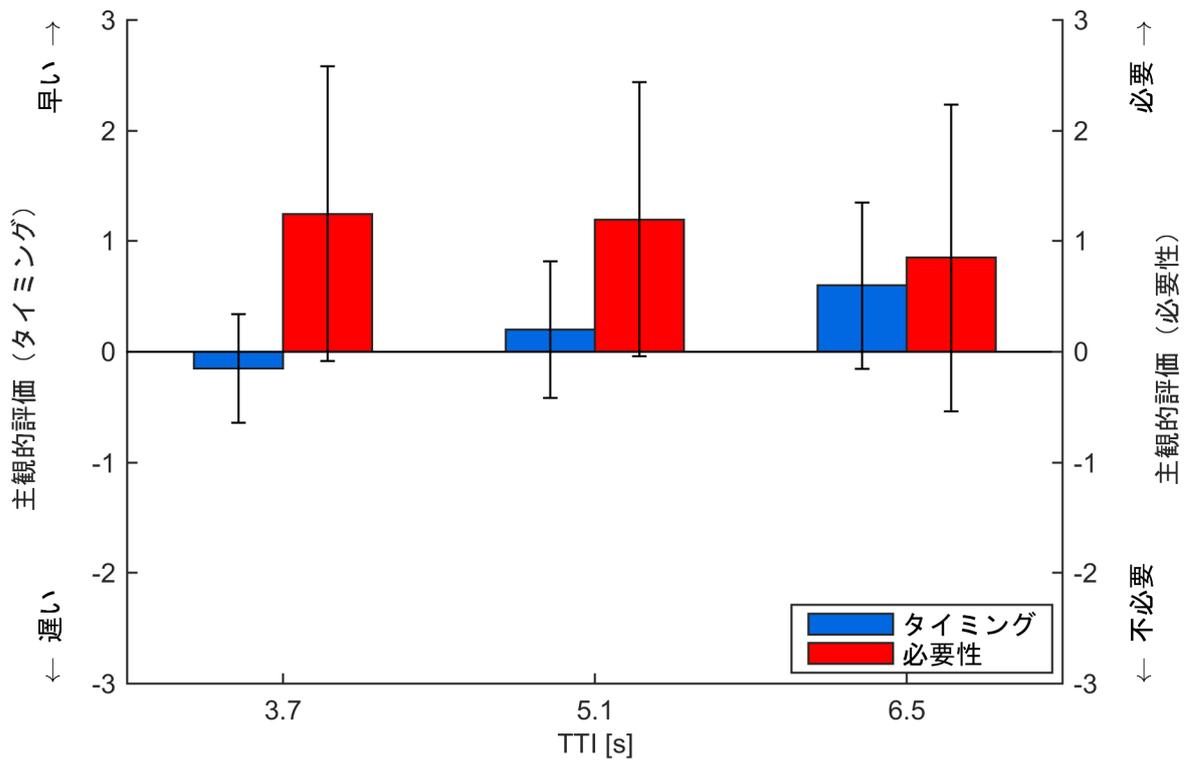


図 4-2-65 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価 (右折支援における情報提供)

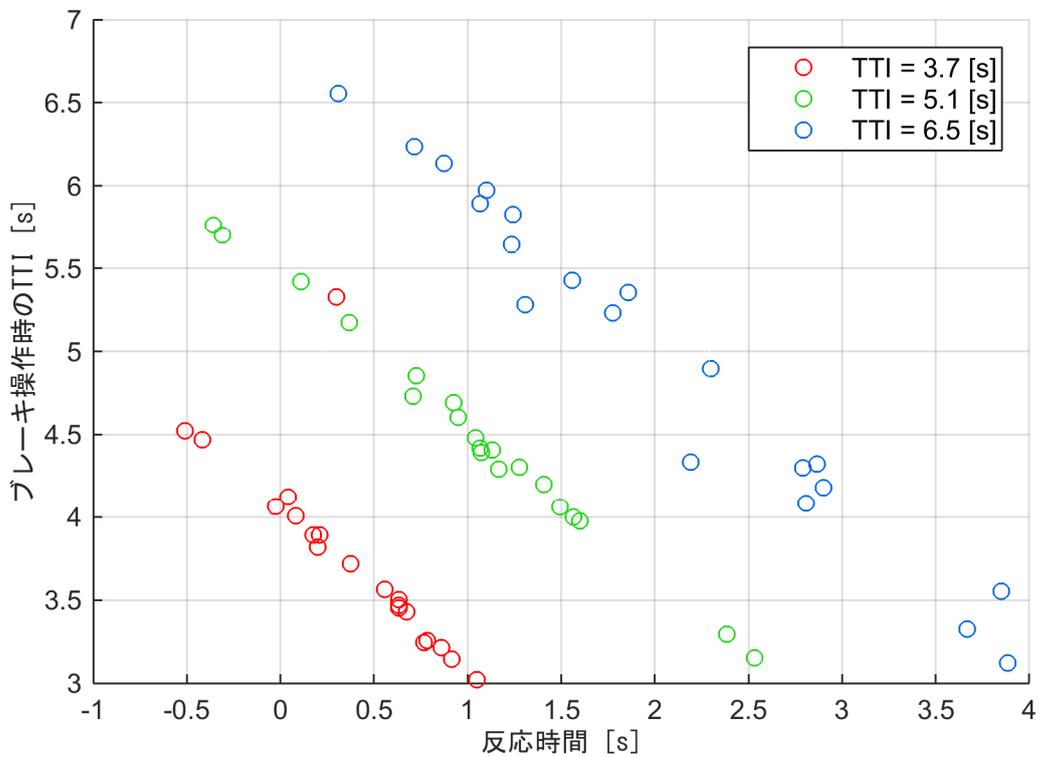


図 4-2-66 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし) (右折支援 情報提供)

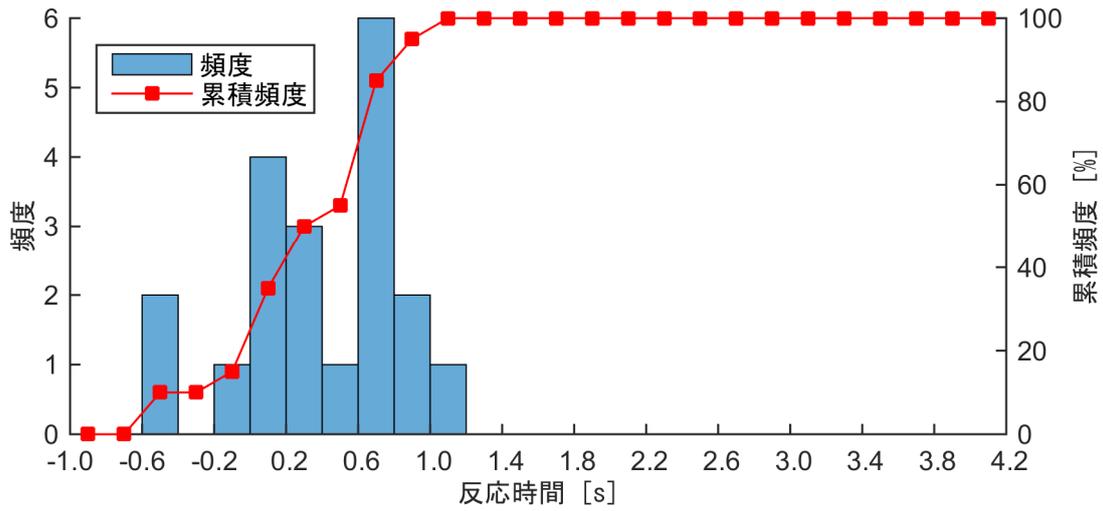


図 4-2-67 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

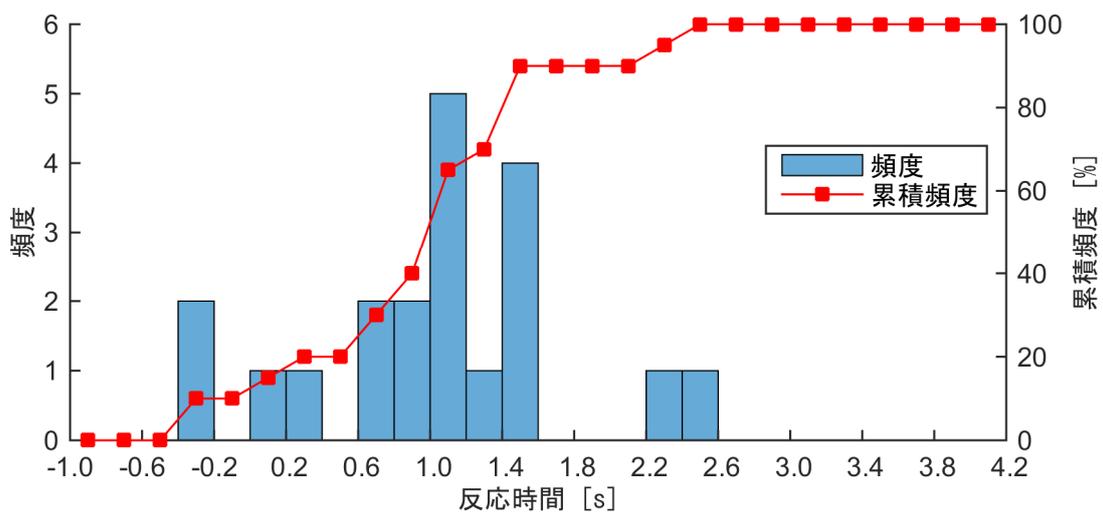


図 4-2-68 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

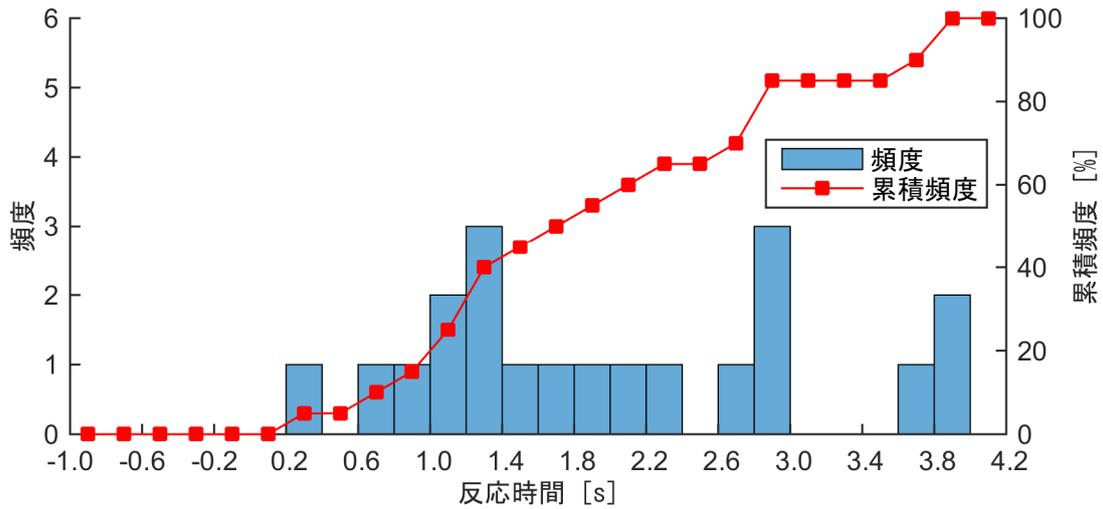


図 4-2-69 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

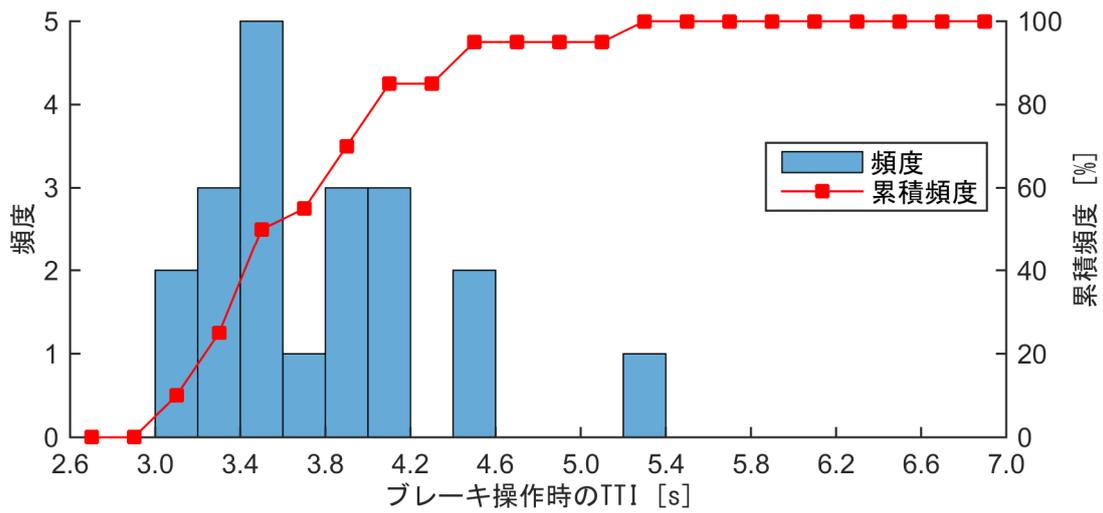


図 4-2-70 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

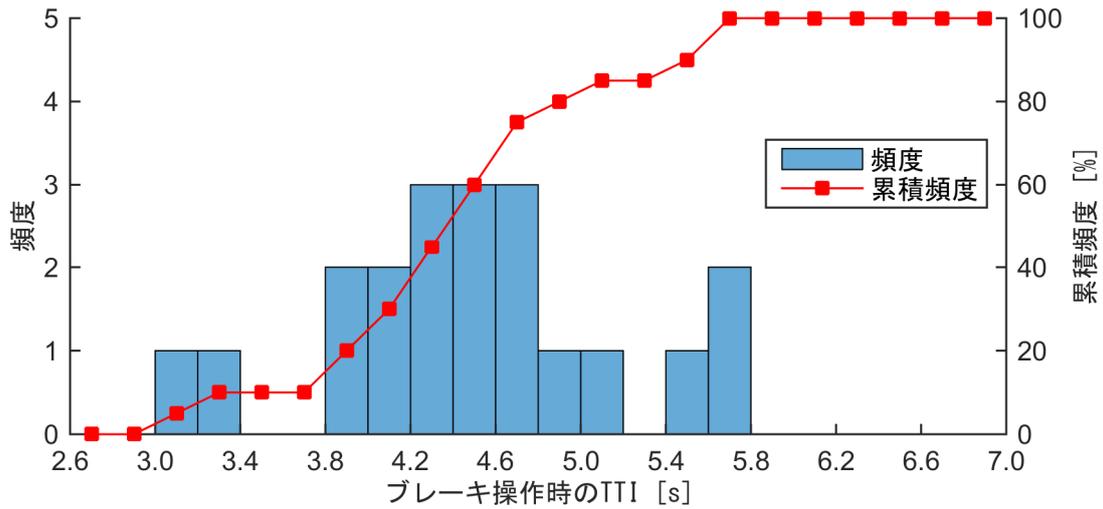


図 4-2-71 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=5.1[s]))

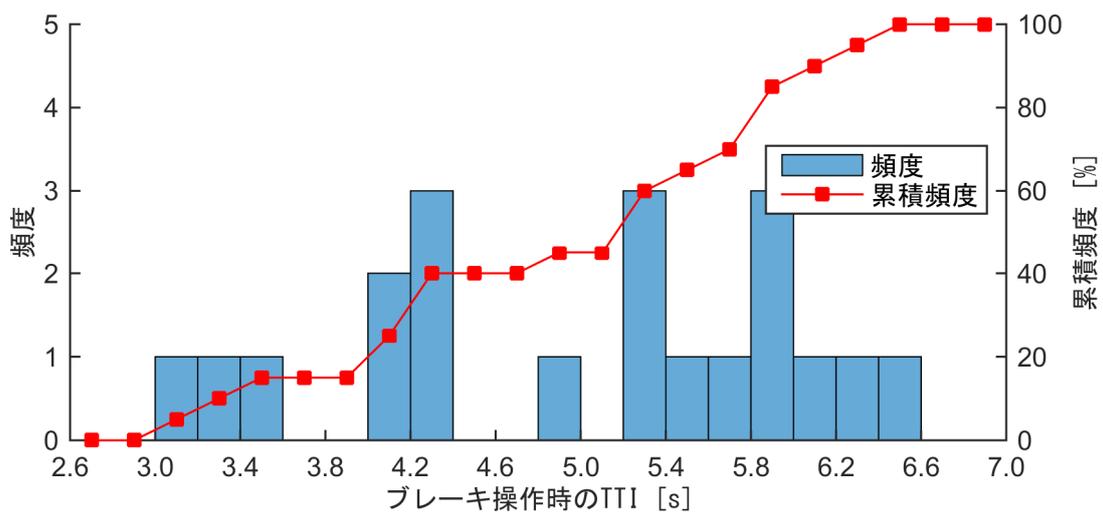


図 4-2-72 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 情報提供 (TTI=6.5[s]))

左折支援

図 4-2-73 から図 4-2-75 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-76 から図 4-2-78 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-79 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-80、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-81 から図 4-2-83、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-84 から図 4-2-86 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、3.7[s]、5.1[s]、6.5[s]である。

図 4-2-79 より、支援システムの作動タイミングに関する評価について、いずれの作動タイミングの TTC についても適切なタイミングと評価されている。また、支援システムの必要性は、TTC=3.7[s]および TTC=5.1[s]において必要性の評価が高くなっていることがわかる。これより、TTC=3.7[s]にて情報提供を提示した場合においても左折時の巻き込み事故に対する情報提供としては、効果があるものと考えられる。

よって、左折支援における情報提供の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、主観的および客観的評価の結果から TTC=3.7[s]が適切であると考えられる。

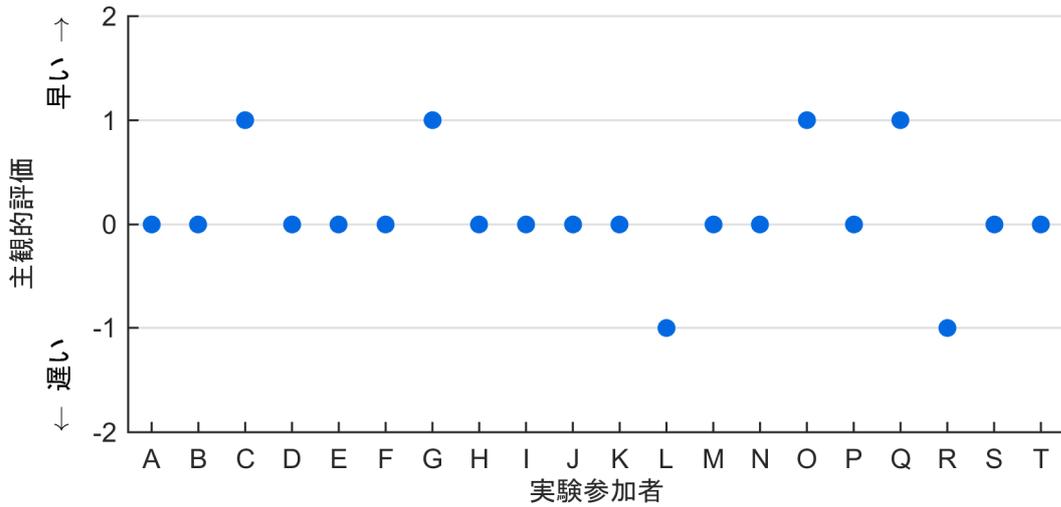


図 4-2-73 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

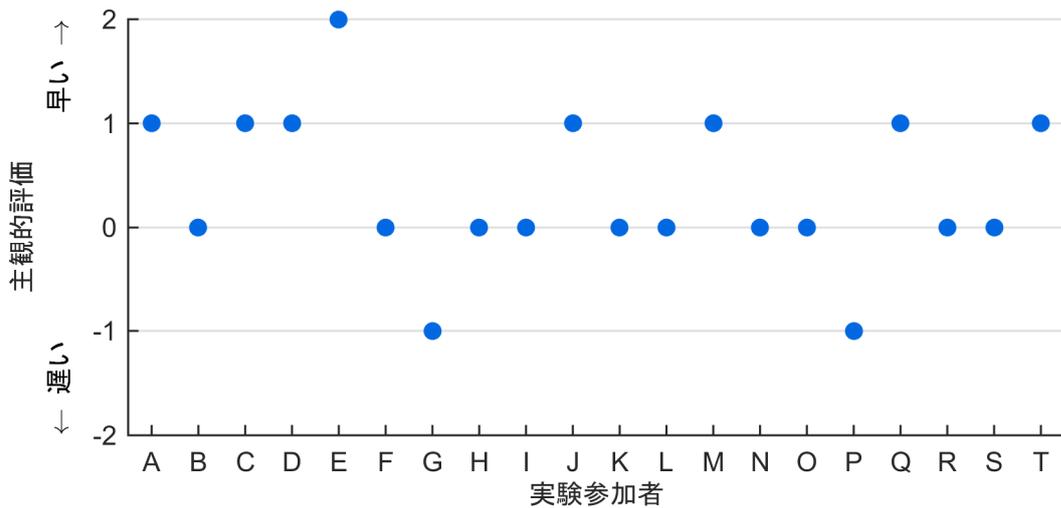


図 4-2-74 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=5.1[s]))

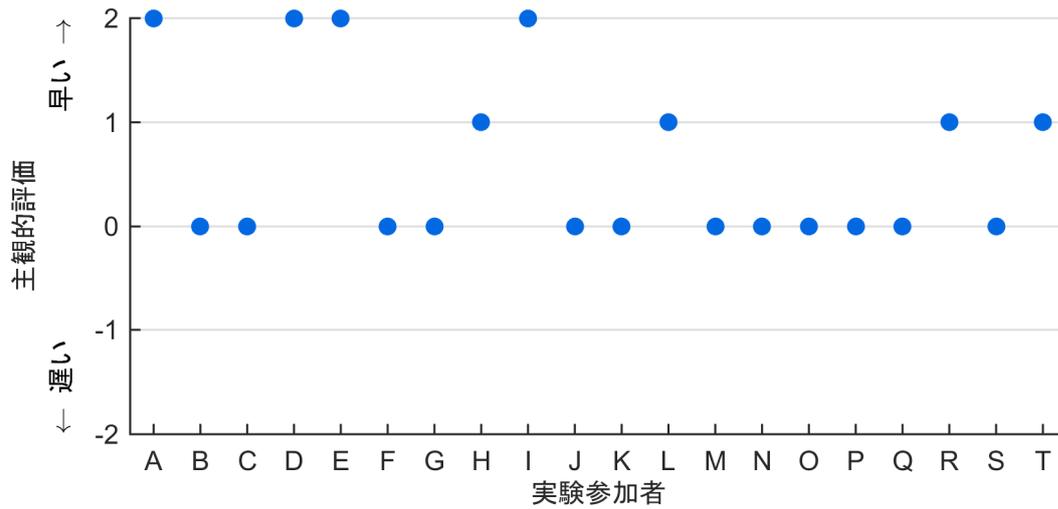


図 4-2-75 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=6.5[s]))

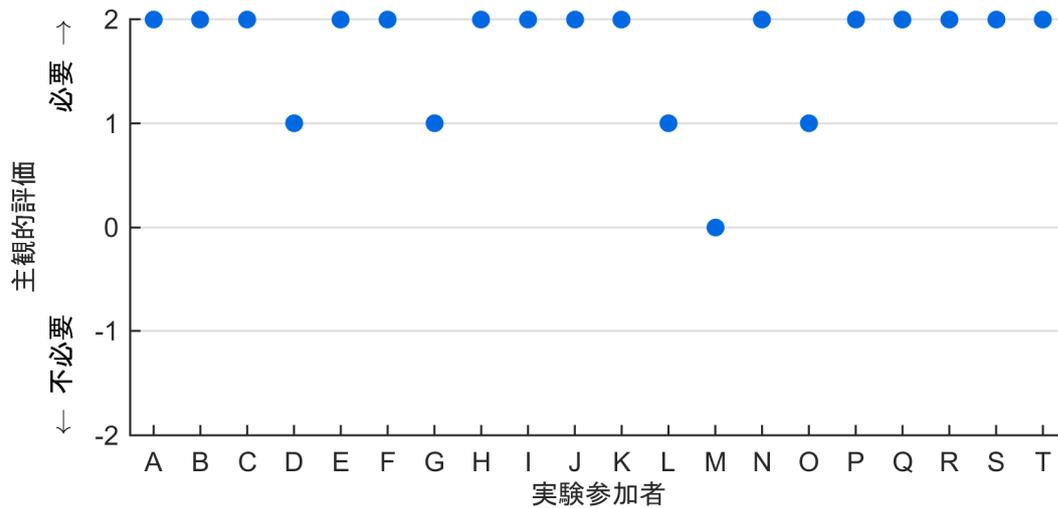


図 4-2-76 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

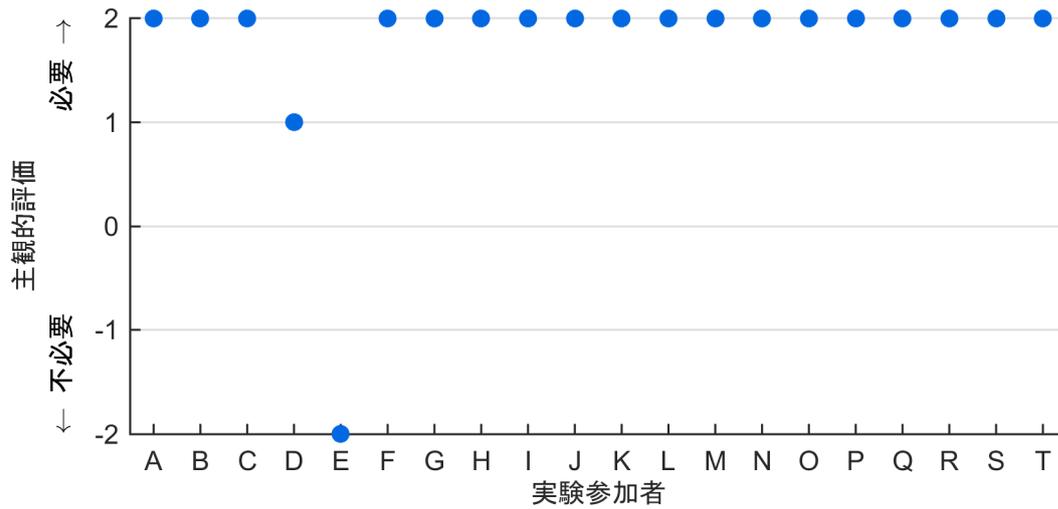


図 4-2-77 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=5.1[s]))

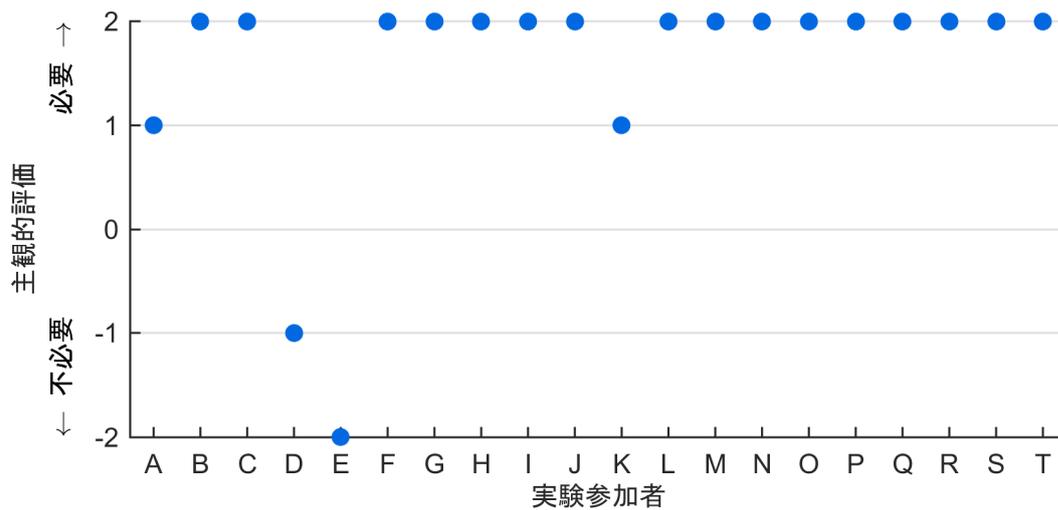


図 4-2-78 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=6.5[s]))

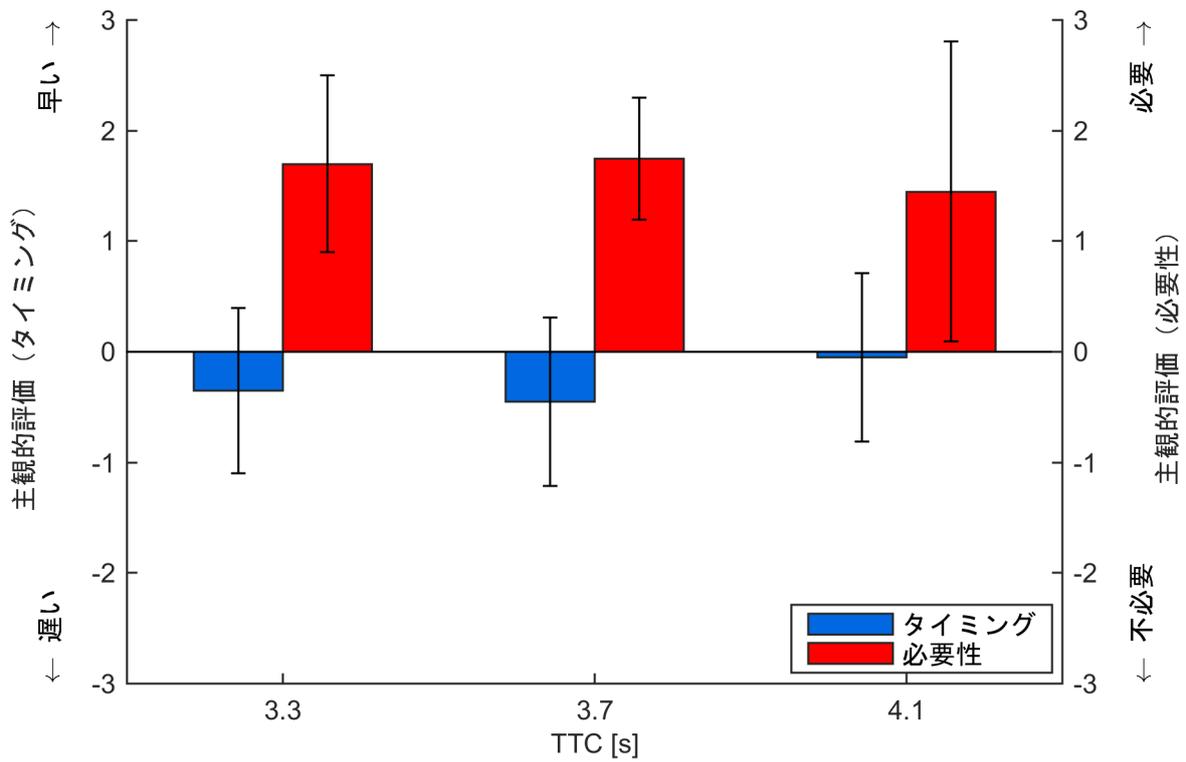


図 4-2-79 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価 (左折支援における情報提供)【図は差し替え】

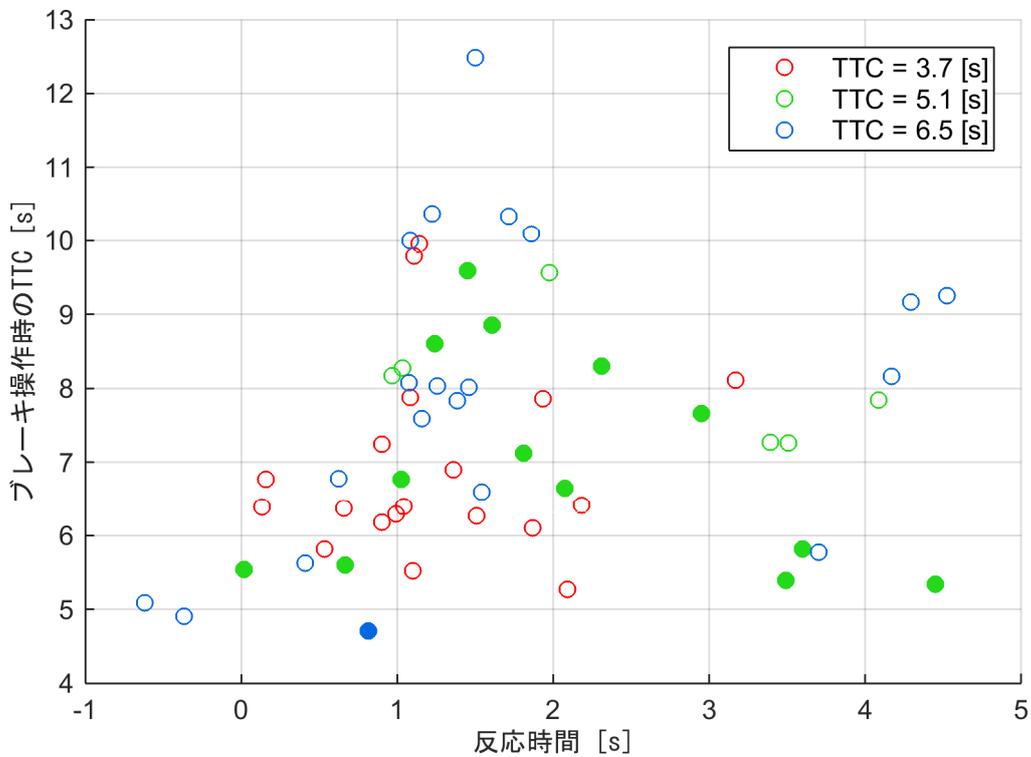


図 4-2-80 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし) (左折支援 情報提供)

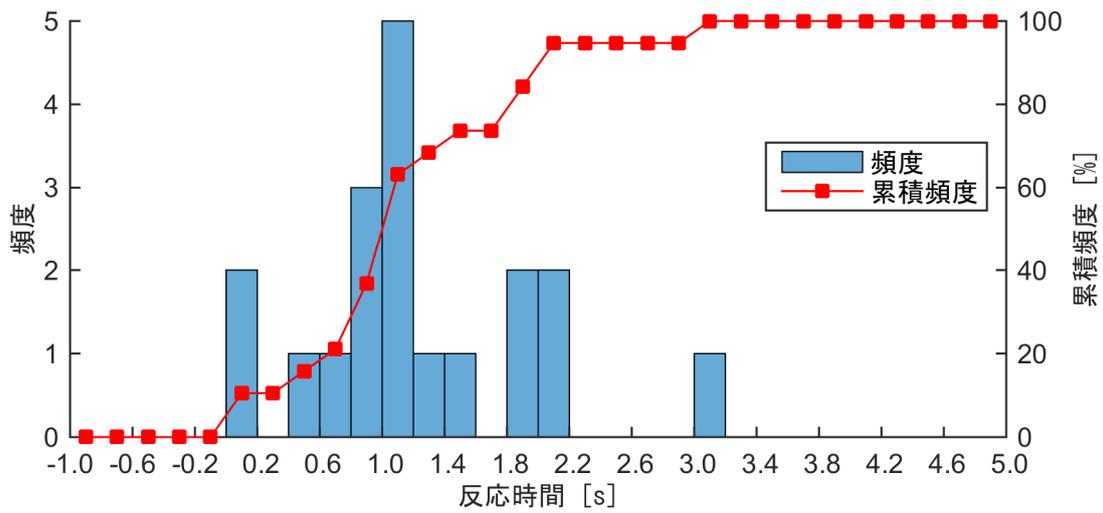


図 4-2-81 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

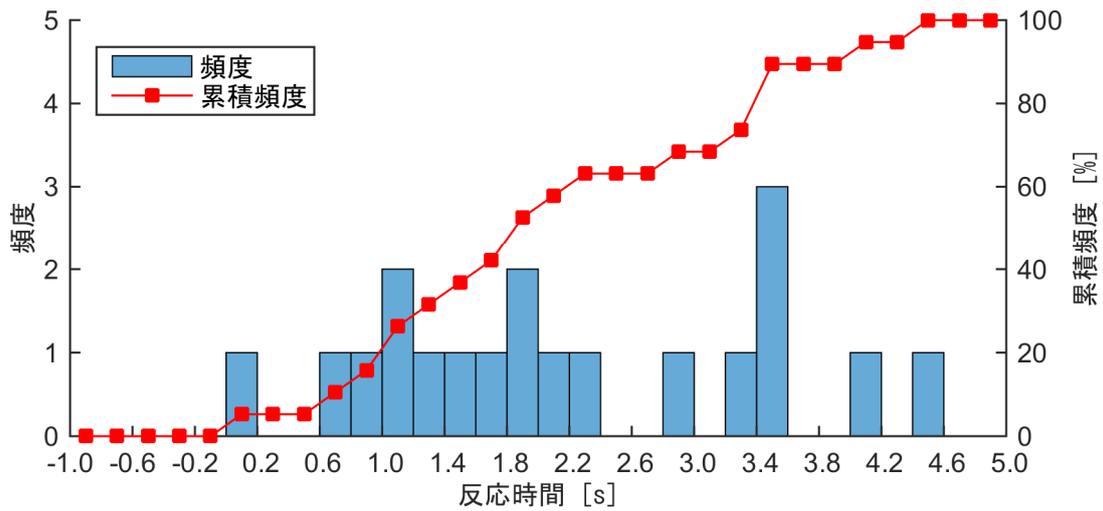


図 4-2-82 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=5.1[s]))

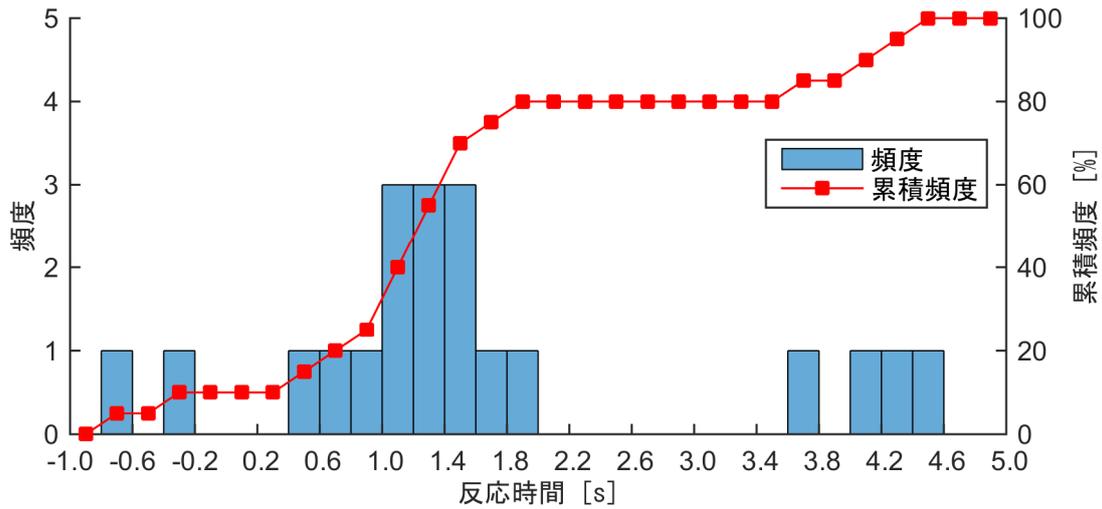


図 4-2-83 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=6.5[s]))

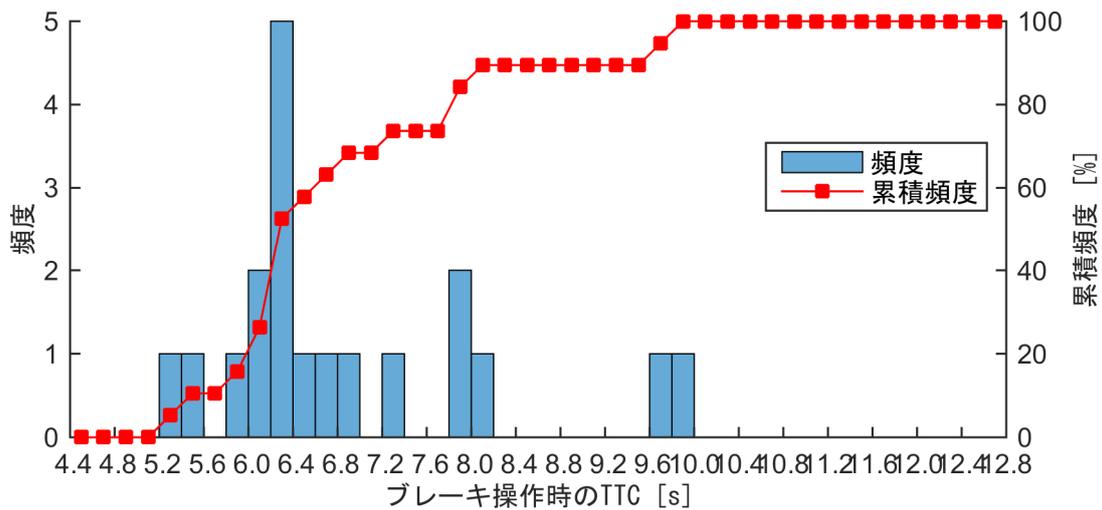


図 4-2-84 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

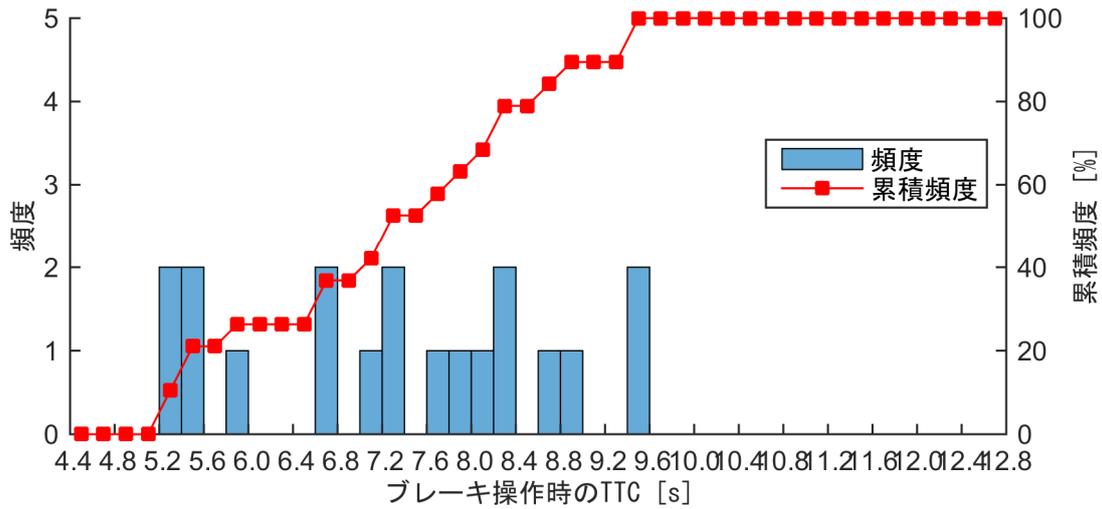


図 4-2-85 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=5.1[s]))

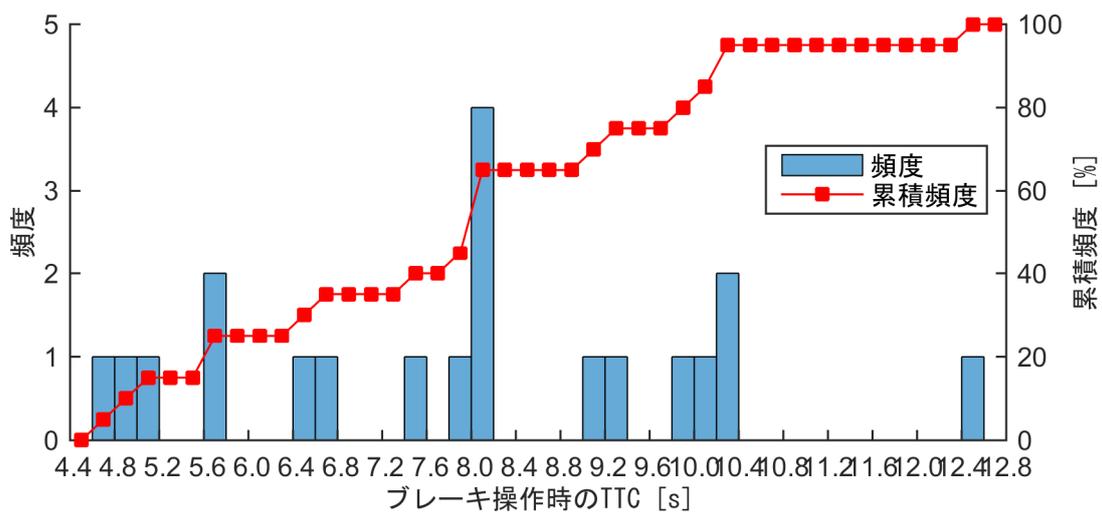


図 4-2-86 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 情報提供 (TTC=6.5[s]))

(2) 注意喚起

減速停止支援

図 4-2-87 から図 4-2-89 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-90 から図 4-2-92 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-93 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-94、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-95 から図 4-2-97、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-98 から図 4-2-100 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、2.8[s]、3.2[s]、4.0[s]である。

図 4-2-93 から、TTI が大きくなることにより作動タイミングに関する評価の平均値が 0 に近づいていることがわかる。よって、本実験の実験パラメータにおいては TTI が大きくなると、多くの実験参加者がちょうど良いと評価していることがわかる。また、支援システムの必要性に関する評価も TTI=2.4[s]に比べると 3.2[s]および 4.0[s]の方が、評価結果が大きくなっていることがわかる。よって、必要性に関しても TTI が増加すると多くの実験参加者が必要であると評価していることがわかる。

また、図 4-2-94 に示したブレーキ操作時の TTI の分布を見てみると、TTI=2.4[s]では値が小さい TTI にてブレーキ操作を行った実験参加者が多いのに対して、TTI が 3.2[s]、4.0[s]になるとブレーキ操作時の TTI が大きくなっていることがわかる。これは、TTI が大きくなると支援対象車両および情報対象車両との距離が離れている状況で注意喚起が作動することになり、ドライバは余裕をもってブレーキ操作を行うことができていることからこのような結果になったものと考えられる。

以上の結果より、減速停止支援における注意喚起の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=4.0[s]が適切であると考えられる。

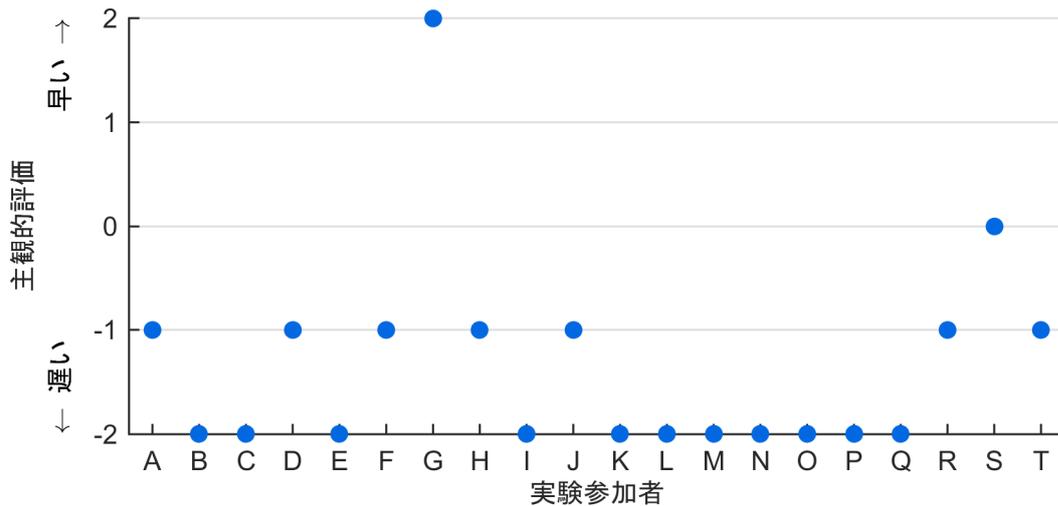


図 4-2-87 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

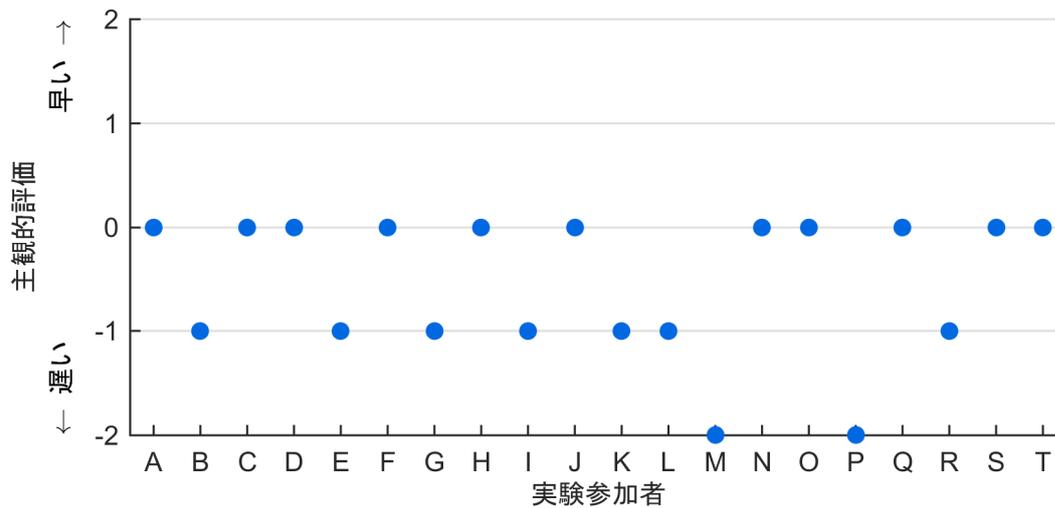


図 4-2-88 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

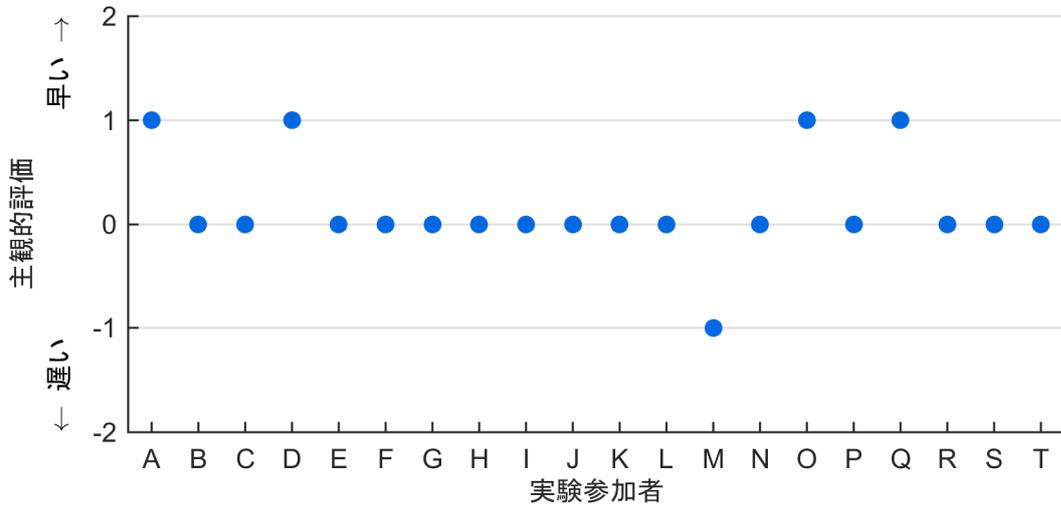


図 4-2-89 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

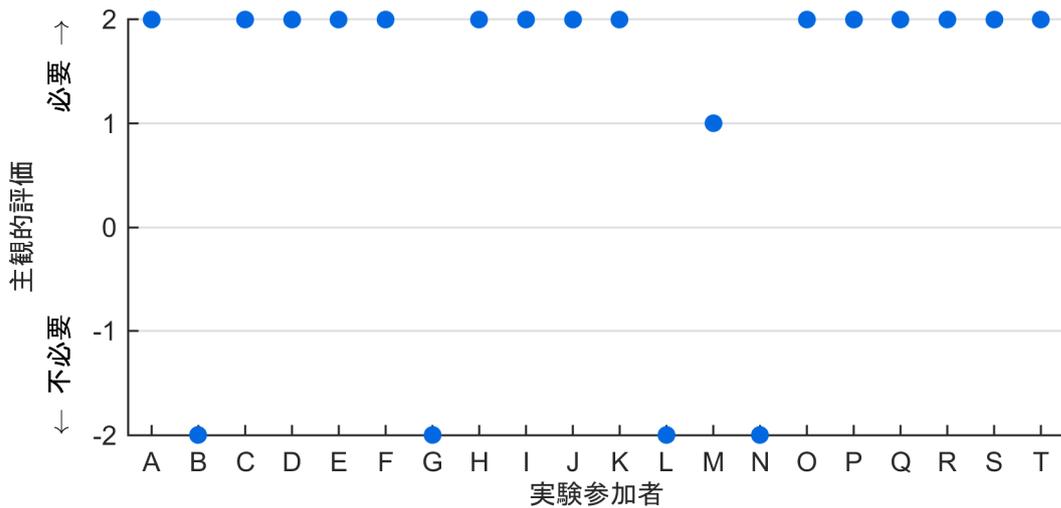


図 4-2-90 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

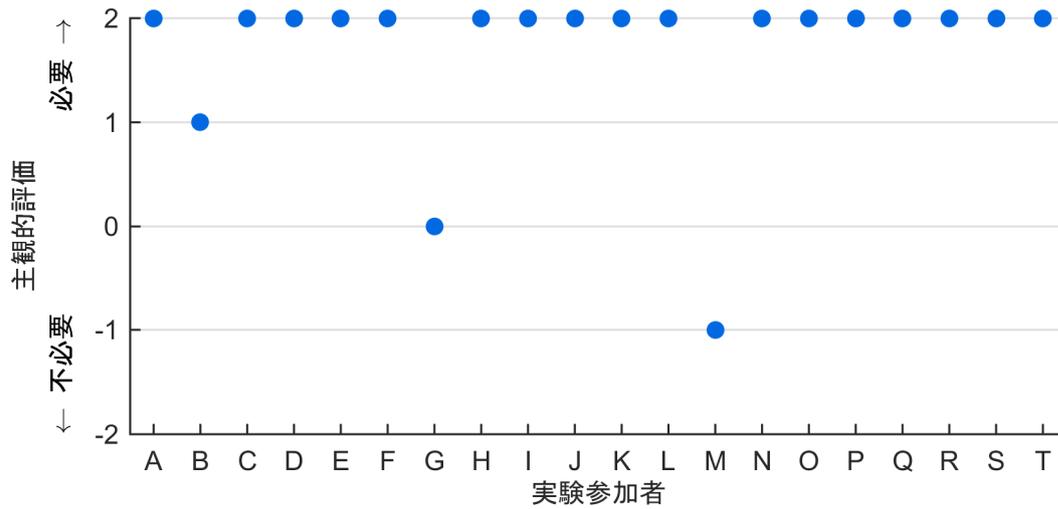


図 4-2-91 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

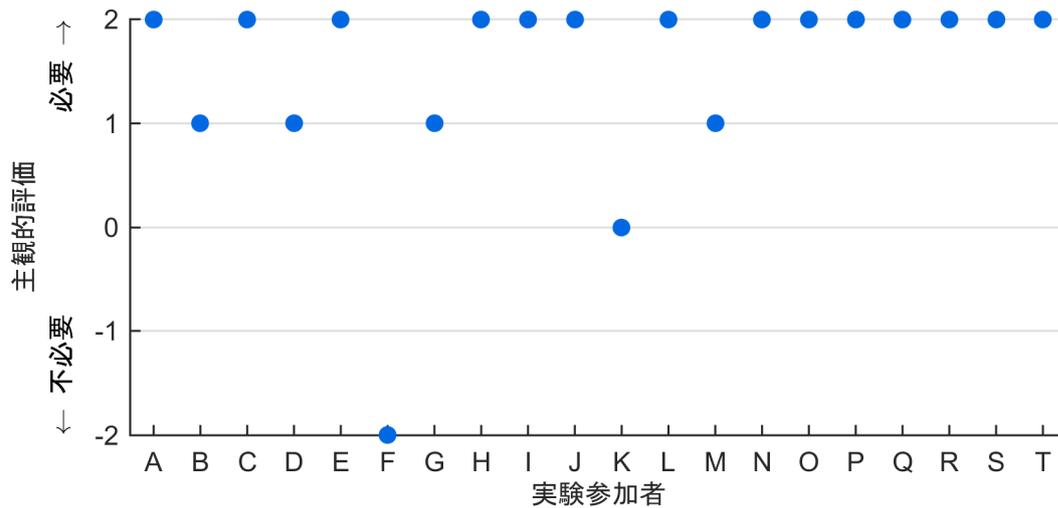


図 4-2-92 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

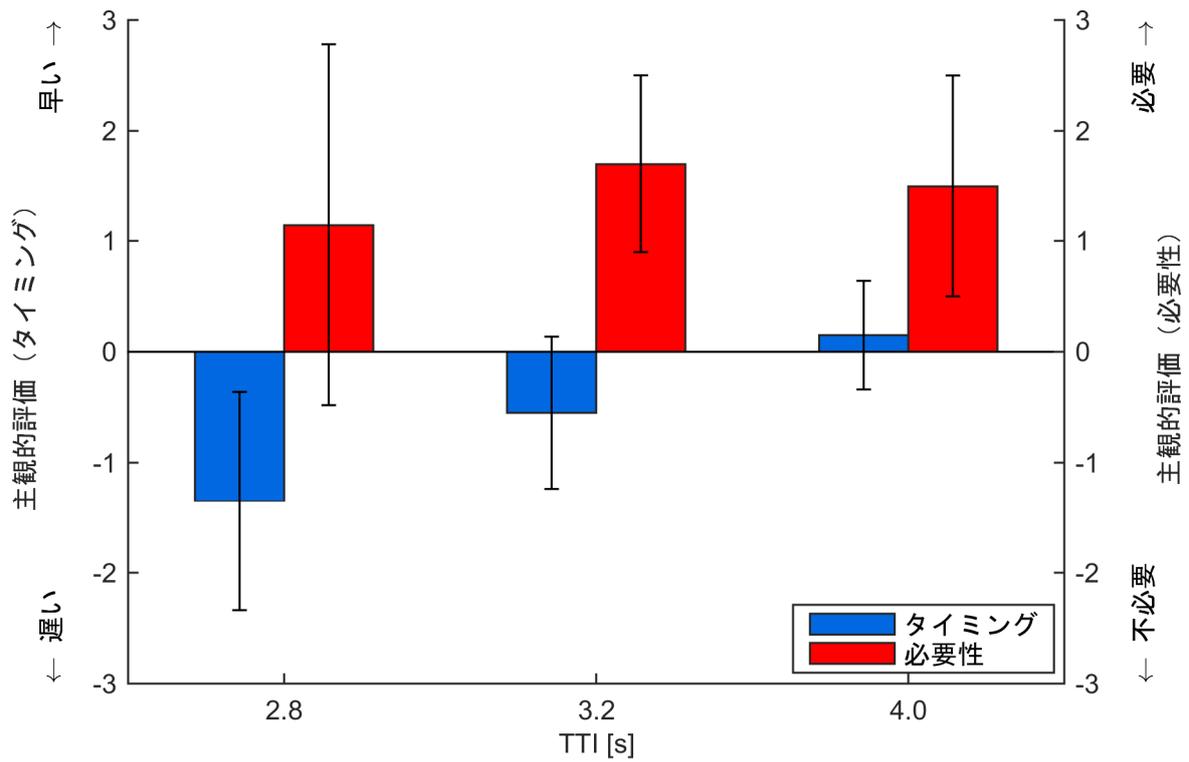


図 4-2-93 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(減速停止支援における注意喚起)

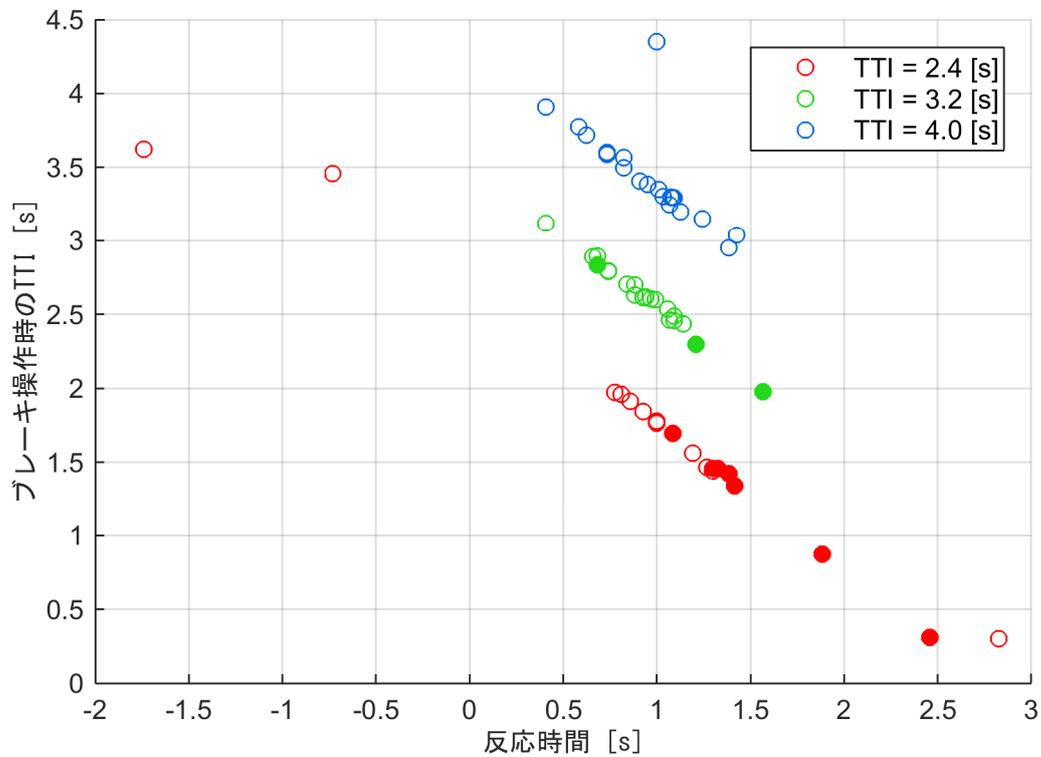


図 4-2-94 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起)

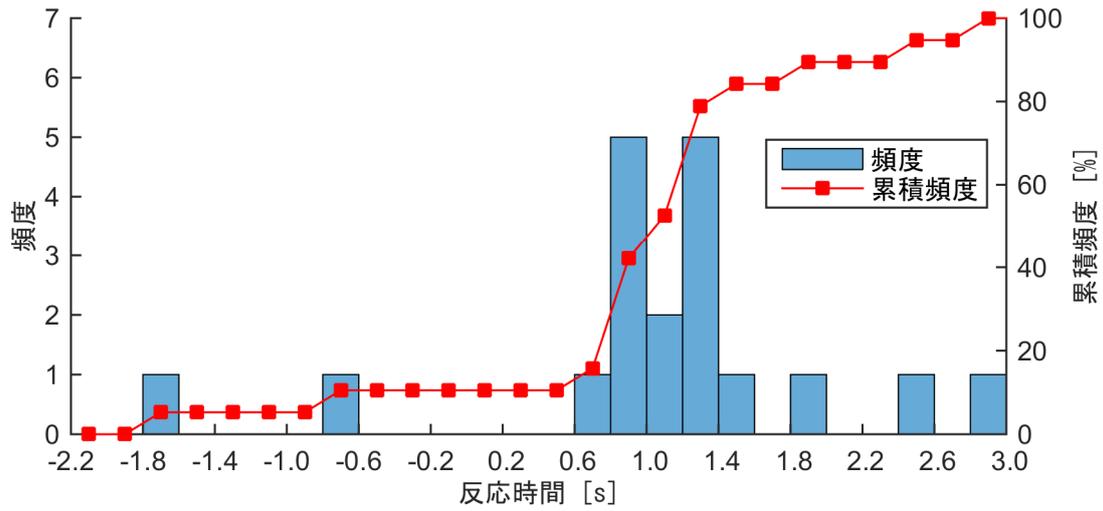


図 4-2-95 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

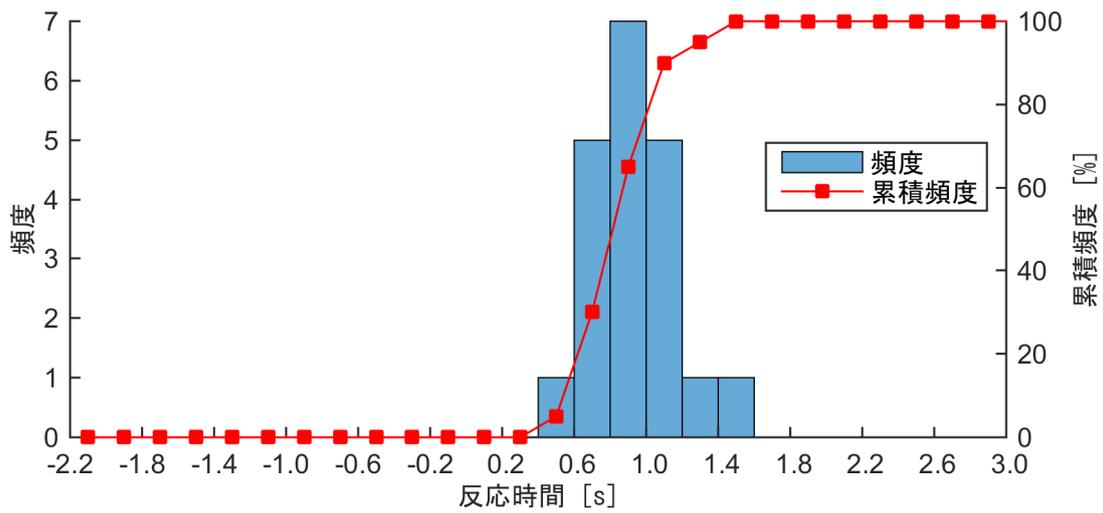


図 4-2-96 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

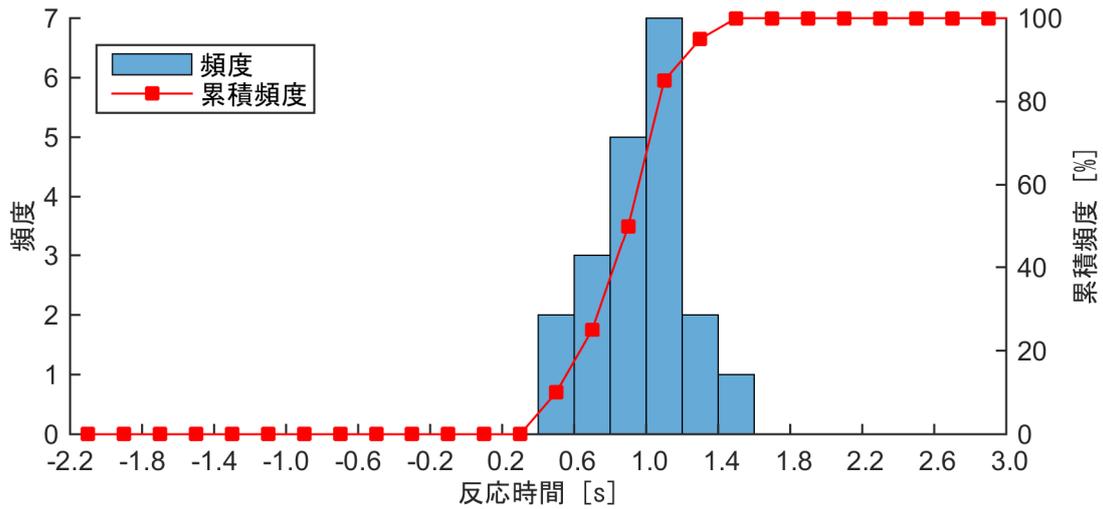


図 4-2-97 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

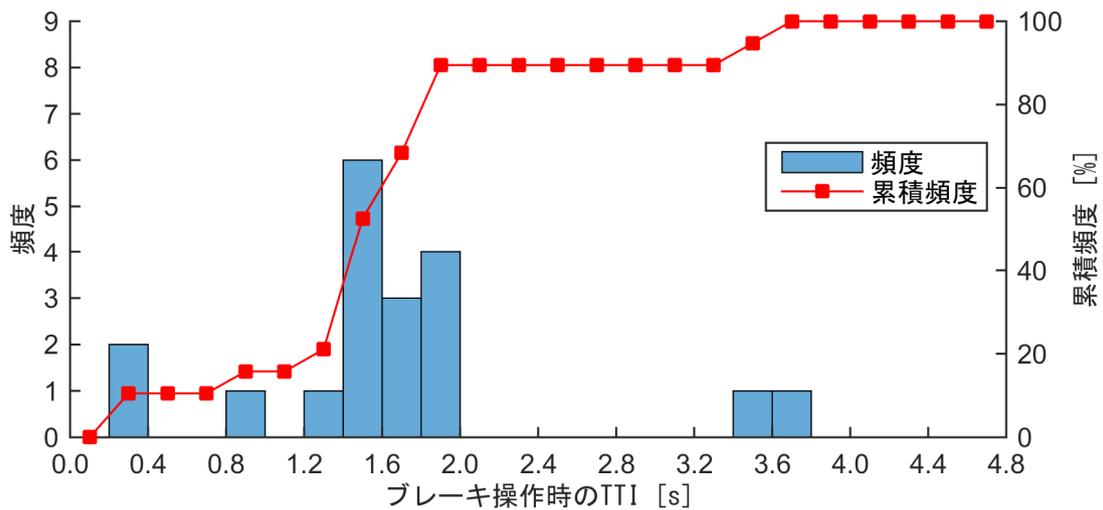


図 4-2-98 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

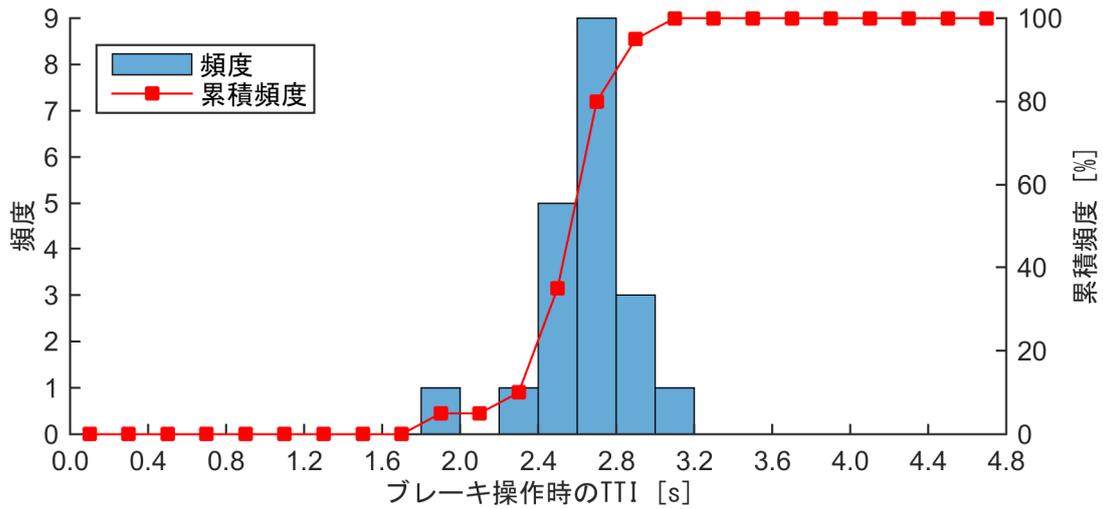


図 4-2-99 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

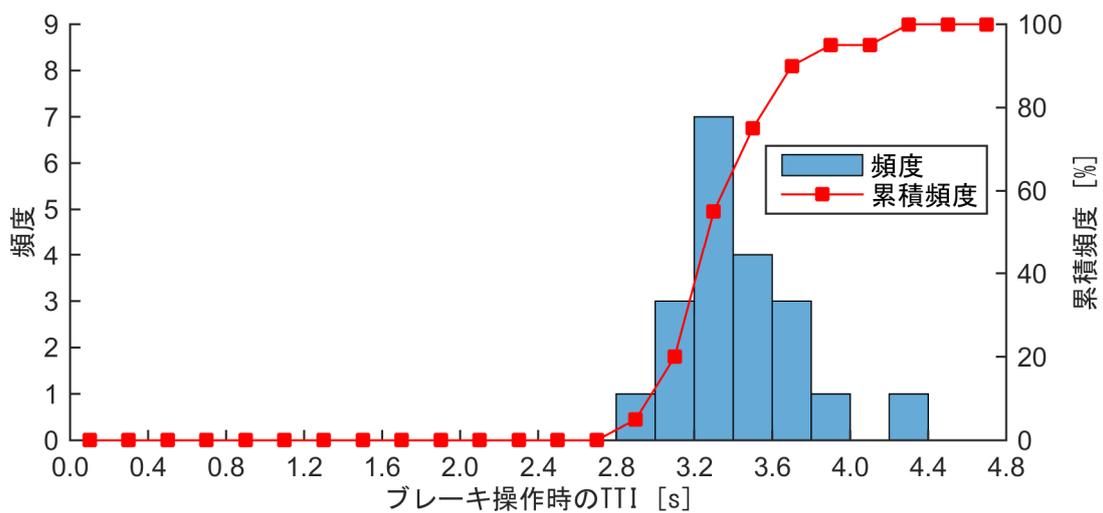


図 4-2-100 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

発進待機支援

図 4-2-101 から図 4-2-103 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-104 から図 4-2-106 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-107 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-108、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-109 から図 4-2-111、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-112 から図 4-2-114 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、2.8[s]、3.2[s]、4.0[s]である。

図 4-2-107 より、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価において、TTI の違いにおいて平均値に大きな差異は見られなかった。また、付録に示した注意喚起後にアクセルペダルを離すまでの時間を示している反応時間は、TTI によらずに注意喚起を提示後に約 1.2[s]以内にアクセルを離す行動を行っている。よって、ドライバは注意喚起が作動後に反射的にアクセルを緩められると考えられる。

よって、作動タイミングおよび運転支援の必要性の評価結果から、本実験の結果においては注意喚起の発進待機支援の作動タイミングは TTI=2.8[s]でも事故防止効果があるものと考えられる。

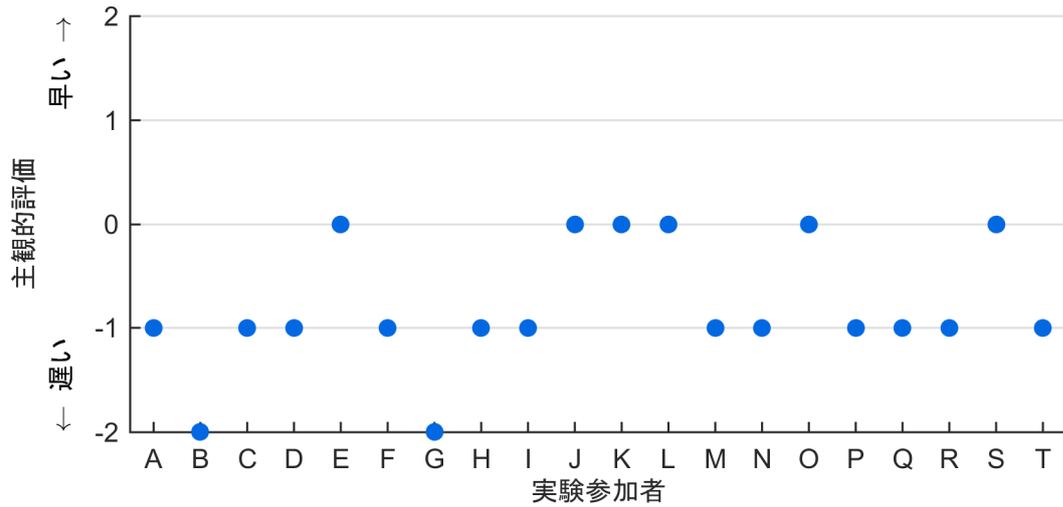


図 4-2-101 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

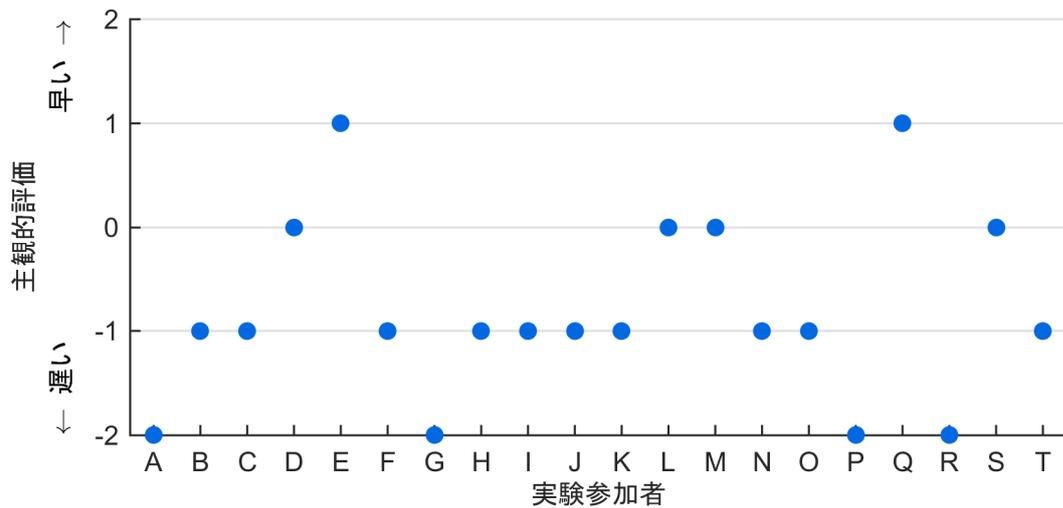


図 4-2-102 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

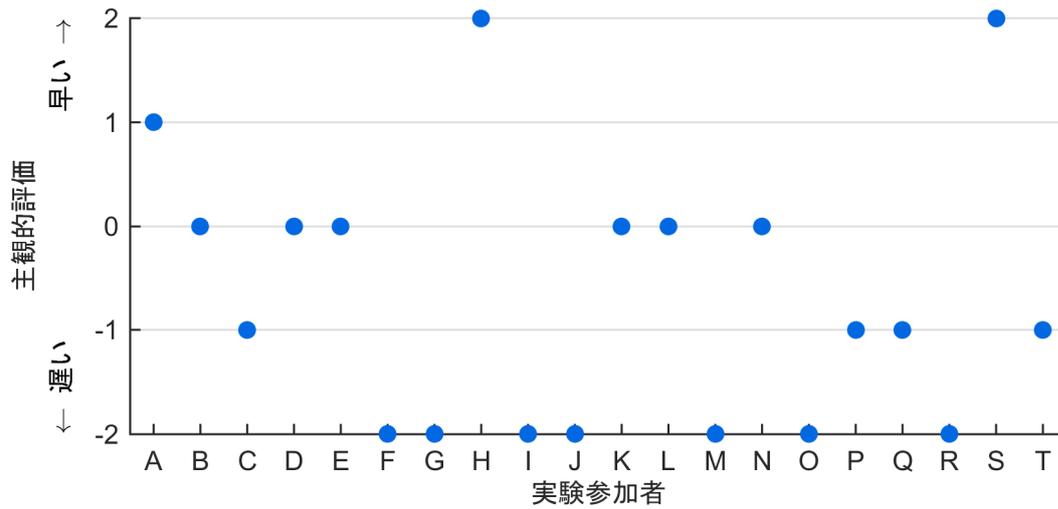


図 4-2-103 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

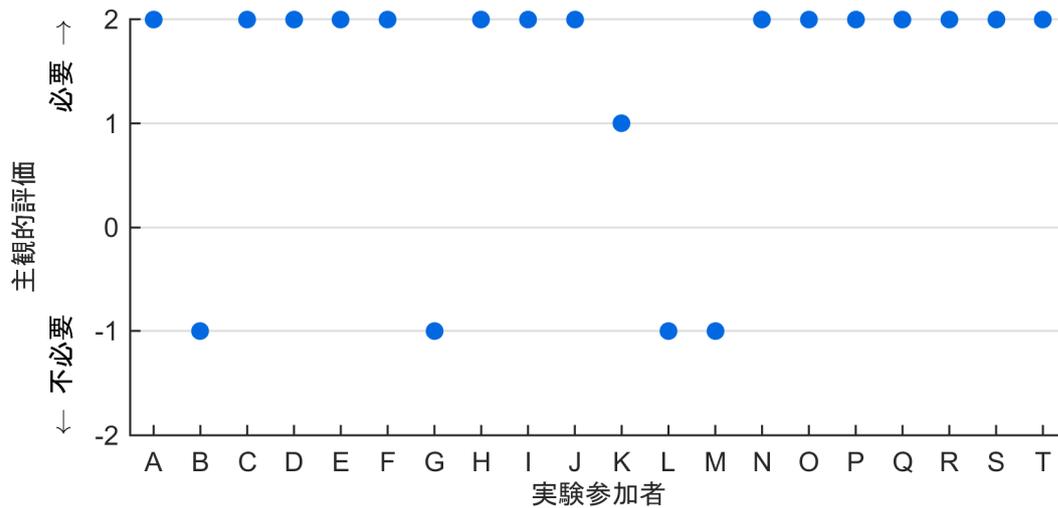


図 4-2-104 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

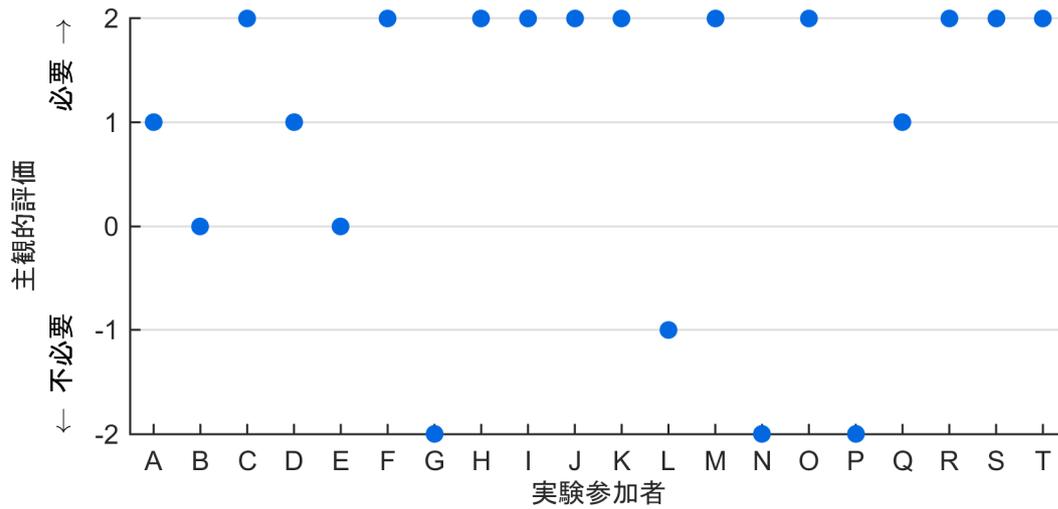


図 4-2-105 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

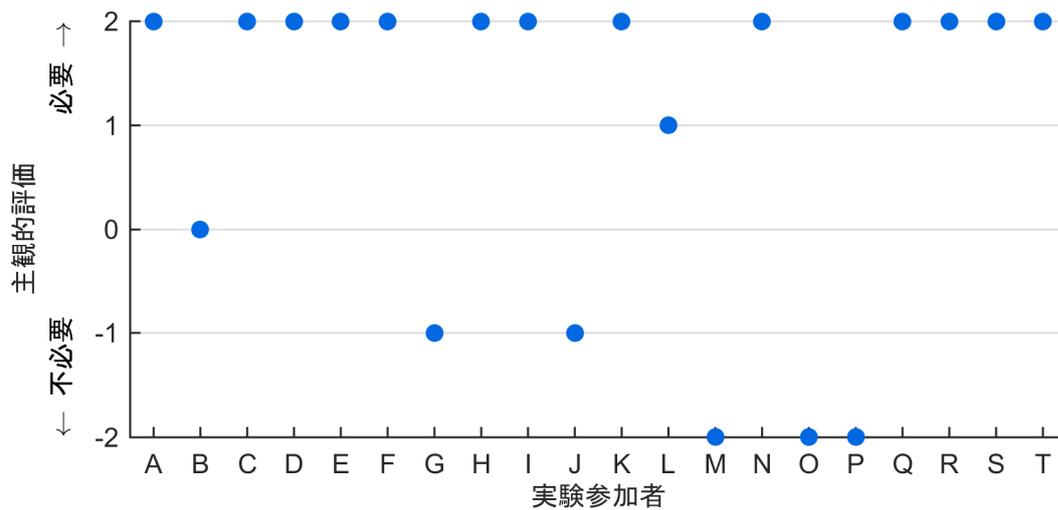


図 4-2-106 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

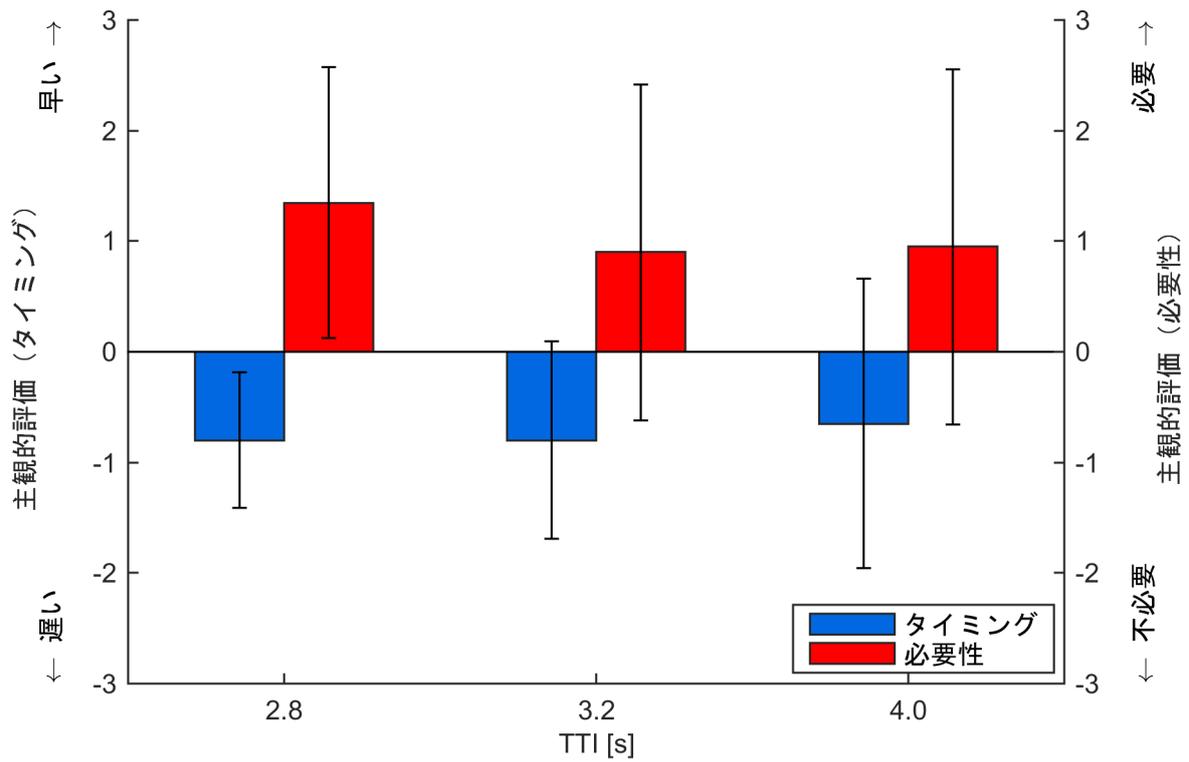


図 4-2-107 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(発進待機支援における注意喚起)

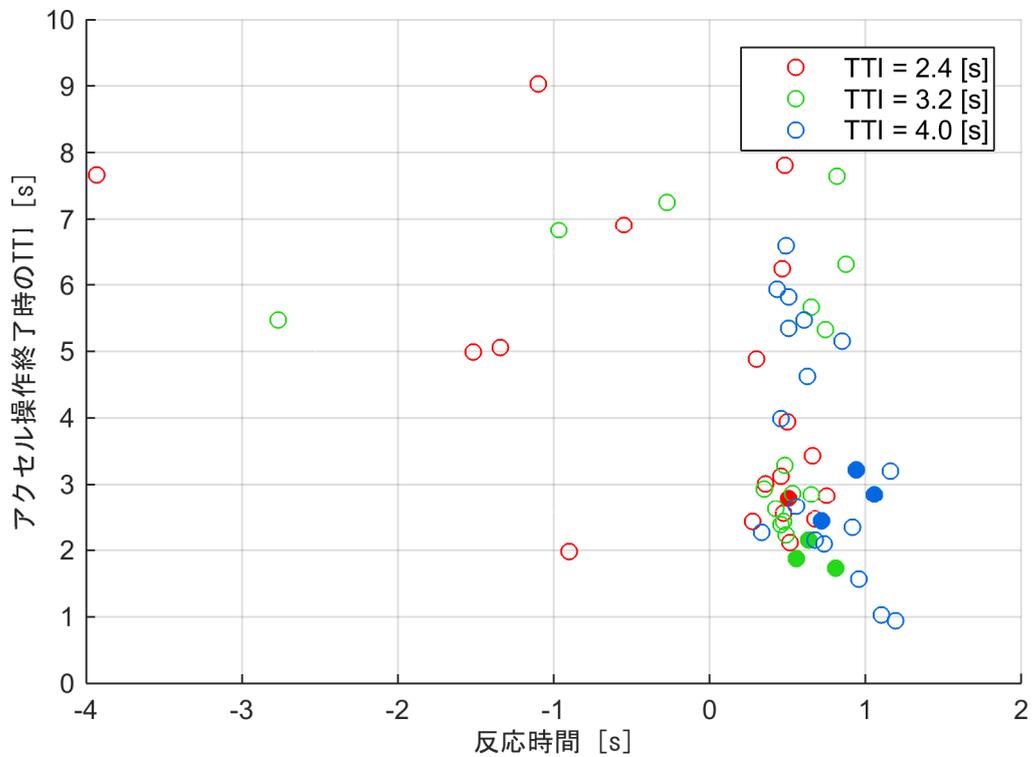


図 4-2-108 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 注意喚起)

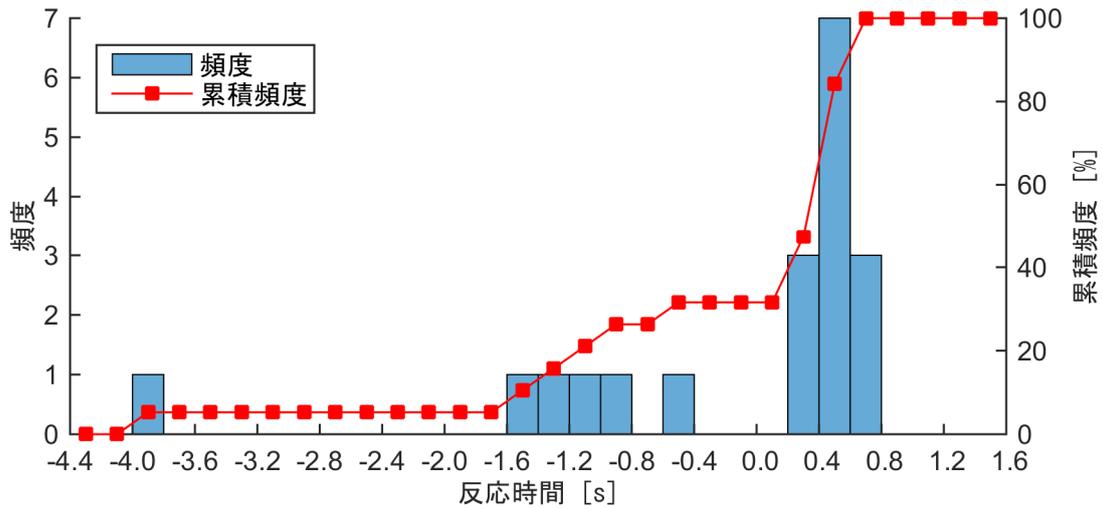


図 4-2-109 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

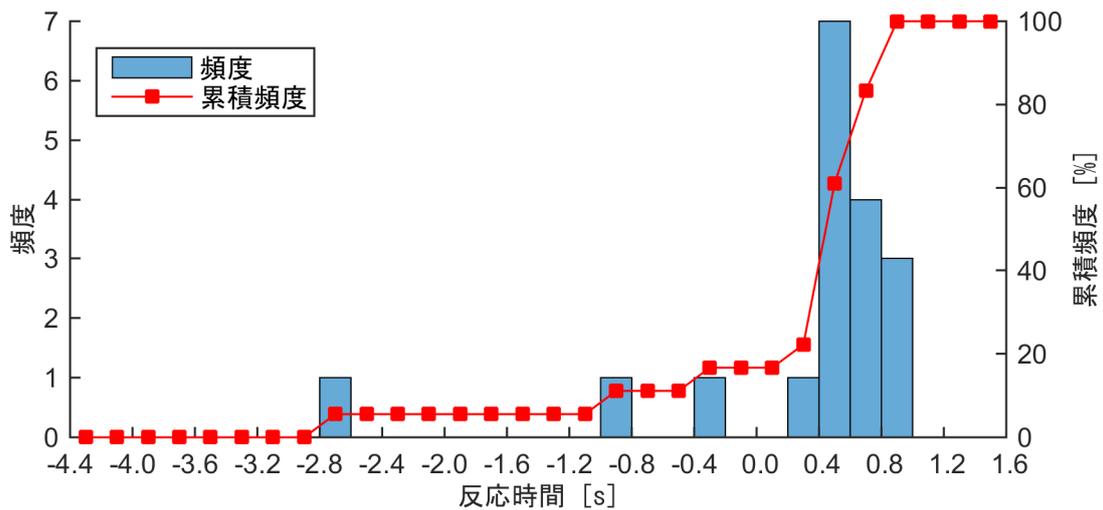


図 4-2-110 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

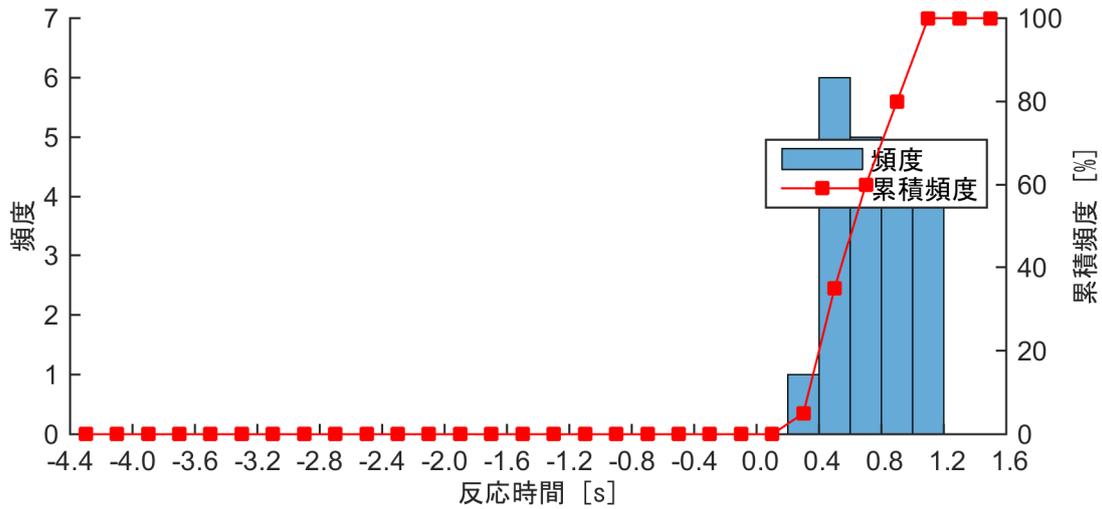


図 4-2-111 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

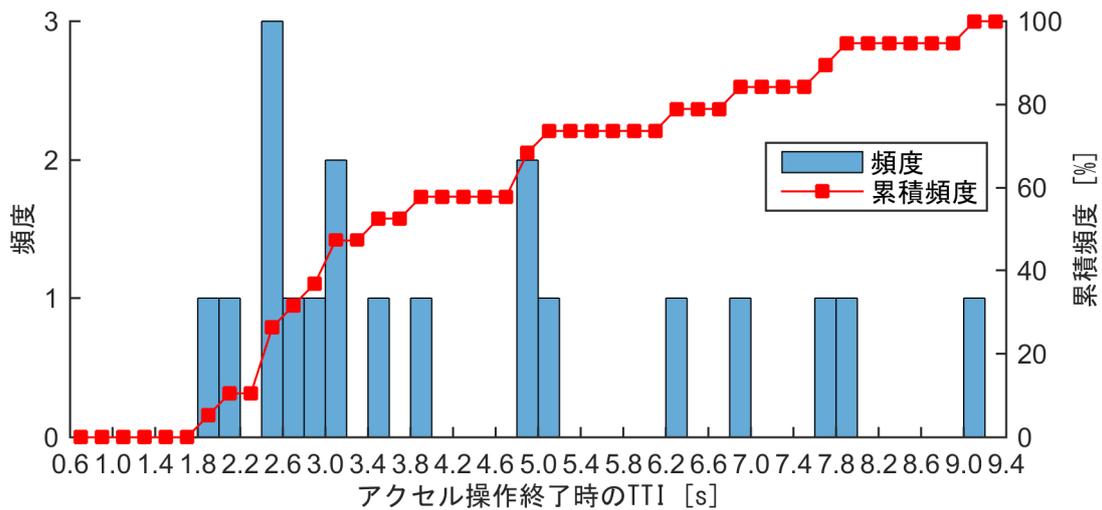


図 4-2-112 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

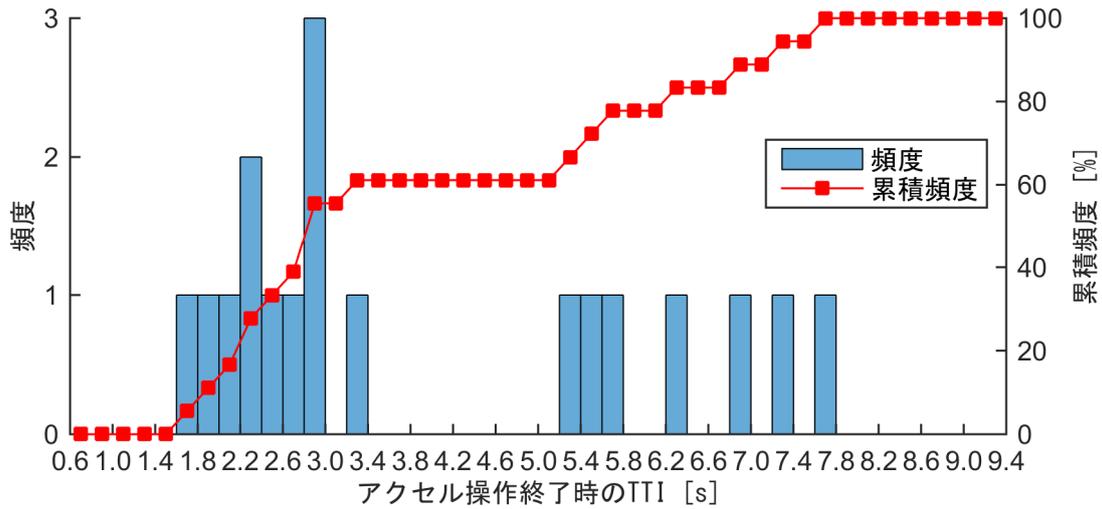


図 4-2-113 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

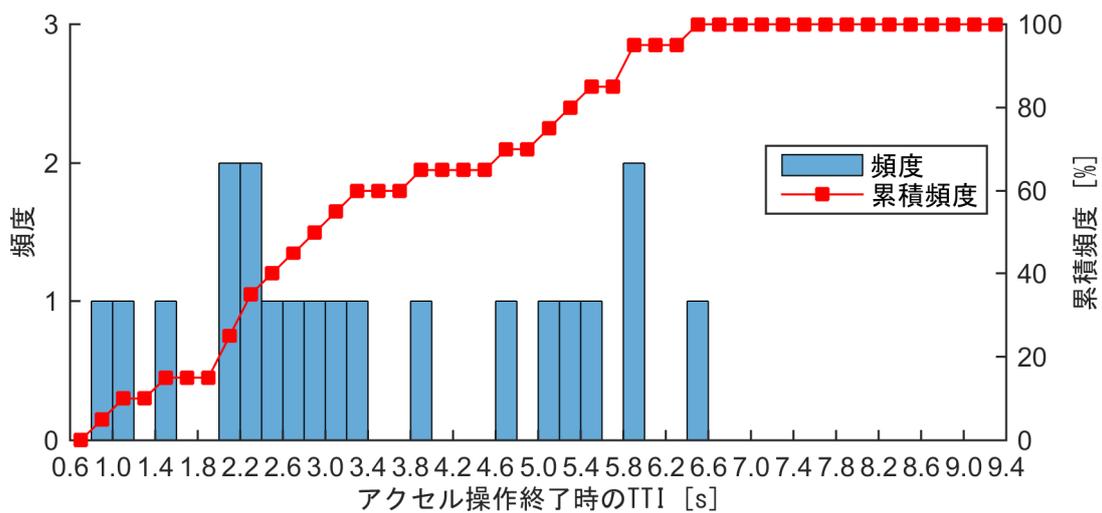


図 4-2-114 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=4.0[s]))

右折支援

図 4-2-115 から図 4-2-117 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-118 から図 4-2-120 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-121 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-122、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-123 から図 4-2-125、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-126 から図 4-2-128 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、1.6[s]、2.4[s]、3.2[s]である。

図 4-2-121 より、右折支援における注意喚起の作動タイミングは、運転支援システムの作動タイミングの評価と必要性の評価を比べてみると、作動タイミングについては、TTI=1.6[s]で注意喚起を作動させた場合は、ほとんどの実験参加者が遅すぎると評価しており、必要性に関しても必要ないと評価している結果となった。また、TTI=2.4[s]についても同様に作動タイミングおよび必要性に関して、高い評価値を得られていないことを示している。TTI=3.2[s]は、作動タイミングに関して、本実験結果においては、もっとも適切な作動タイミングであったと考えられる。また、必要性に関してもプラスの評価値を得られたものも TTI=3.2[s]の時のみであった。

よって、右折支援における注意喚起の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、主観的および客観的評価の結果から TTI=3.2[s]が適切であると考えられる。

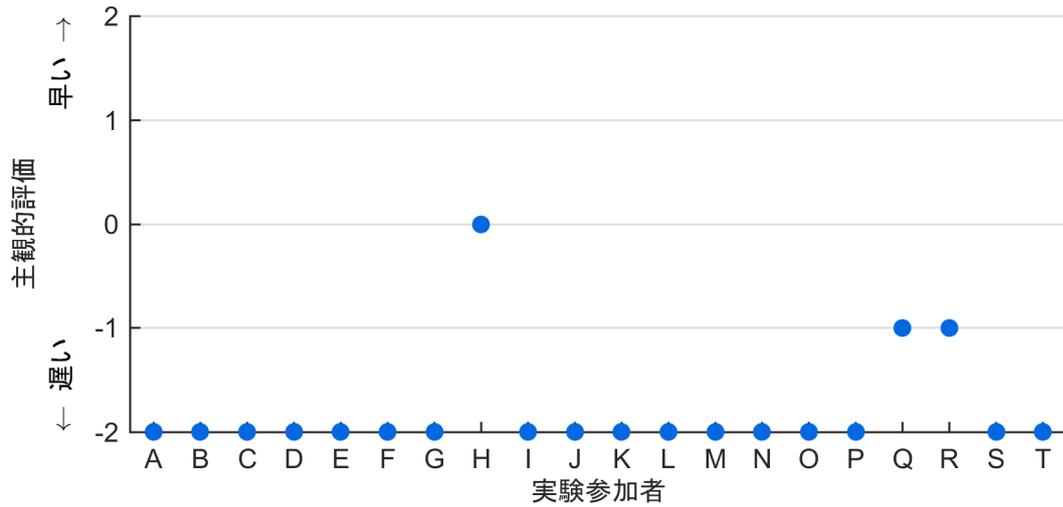


図 4-2-115 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=1.6[s]))

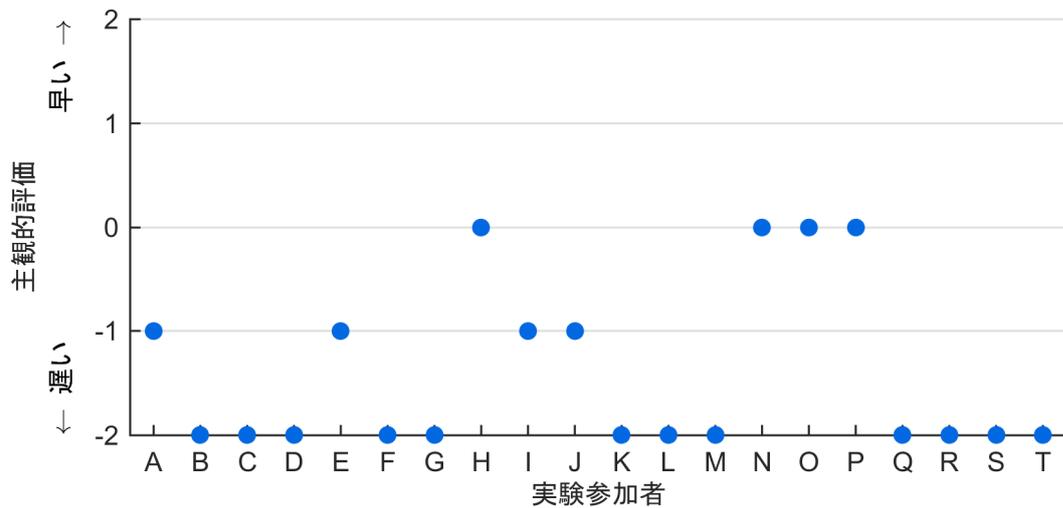


図 4-2-116 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.4 [s]))

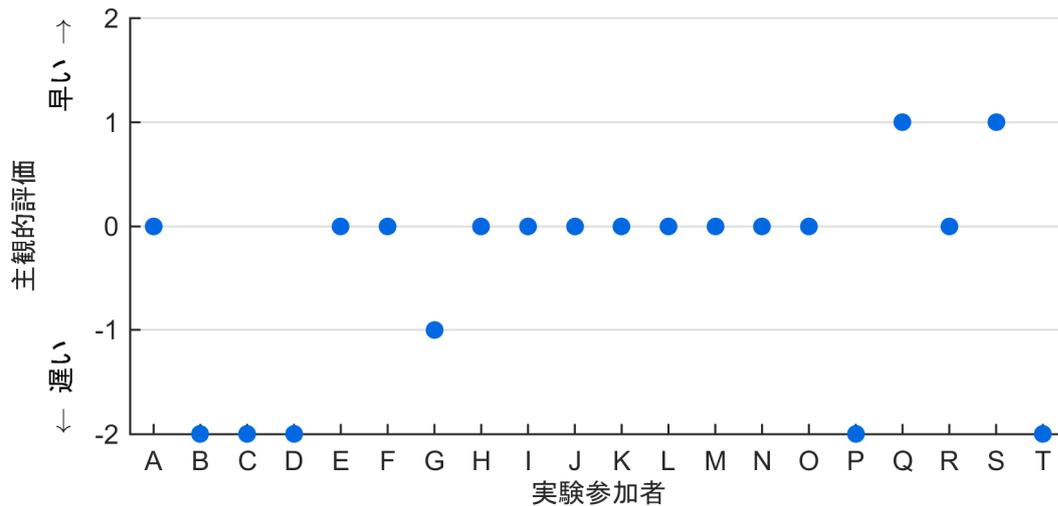


図 4-2-117 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

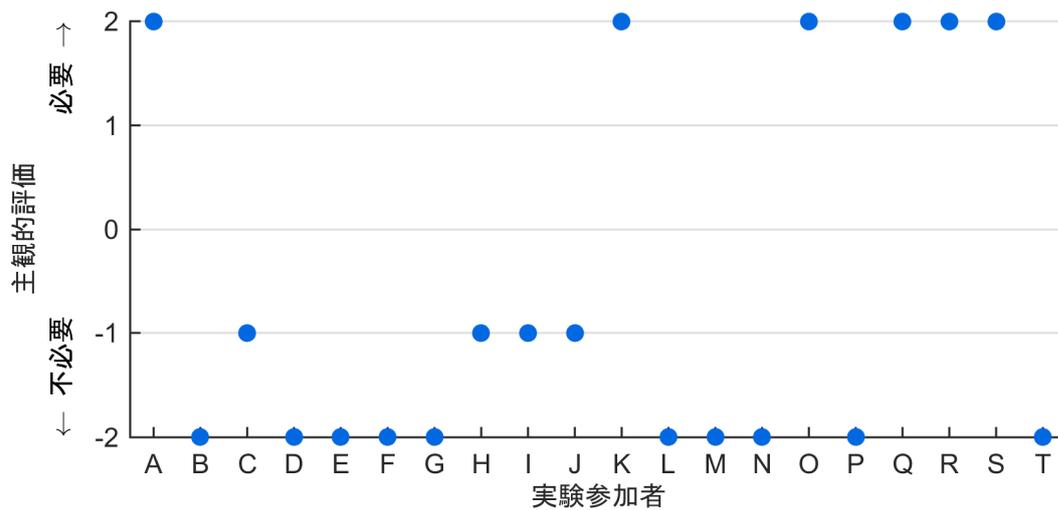


図 4-2-118 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=1.6 [s]))

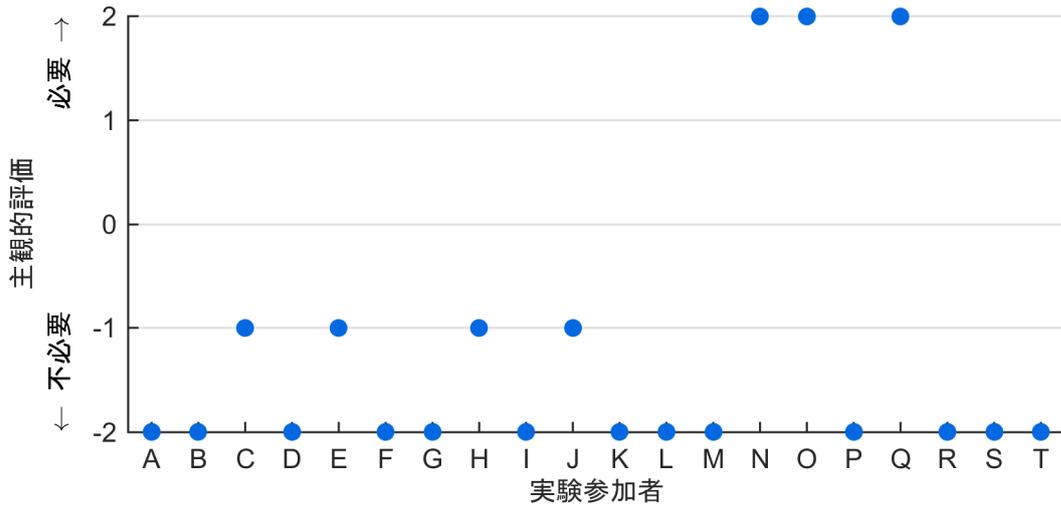


図 4-2-119 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.4 [s]))

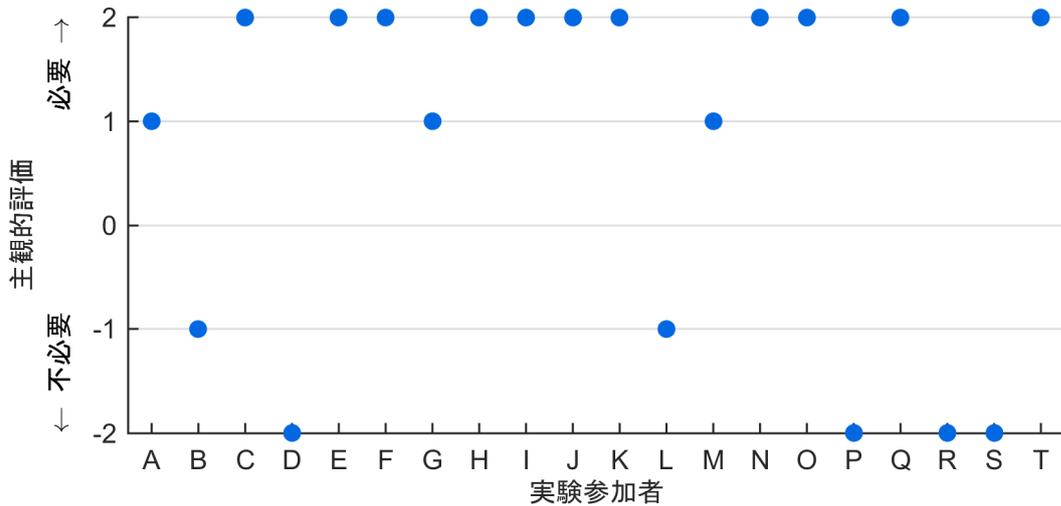


図 4-2-120 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2 [s]))

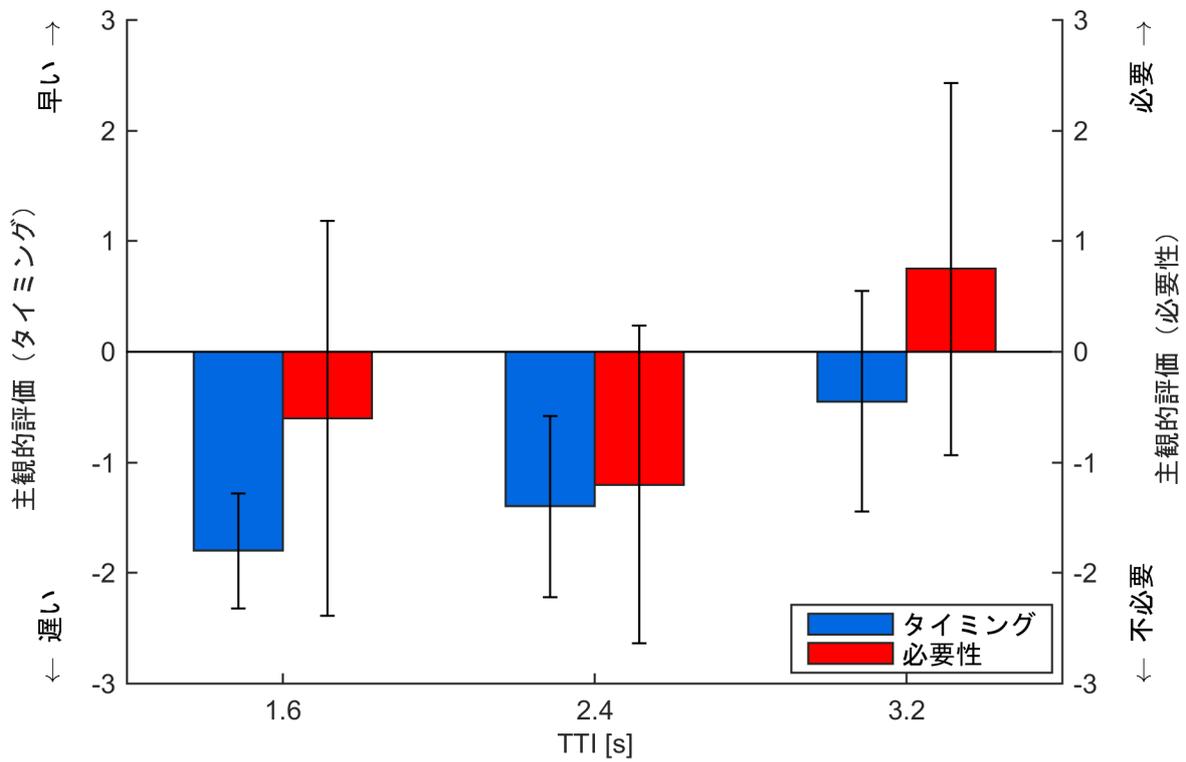


図 4-2-121 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(右折支援における注意喚起)

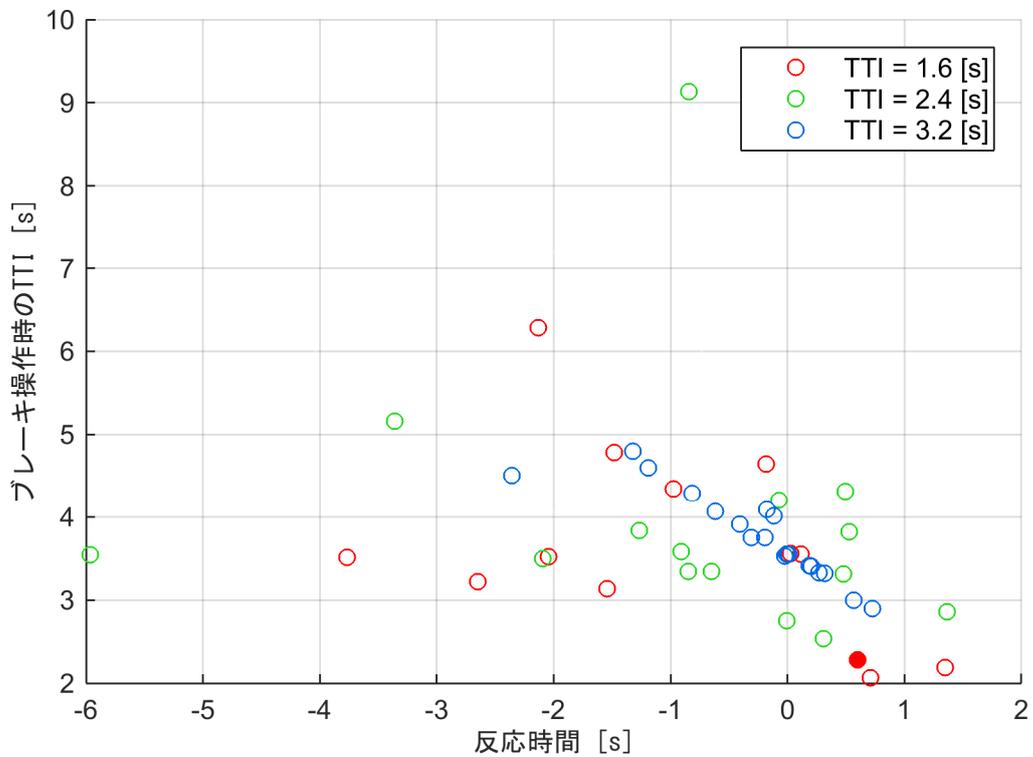


図 4-2-122 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 注意喚起)

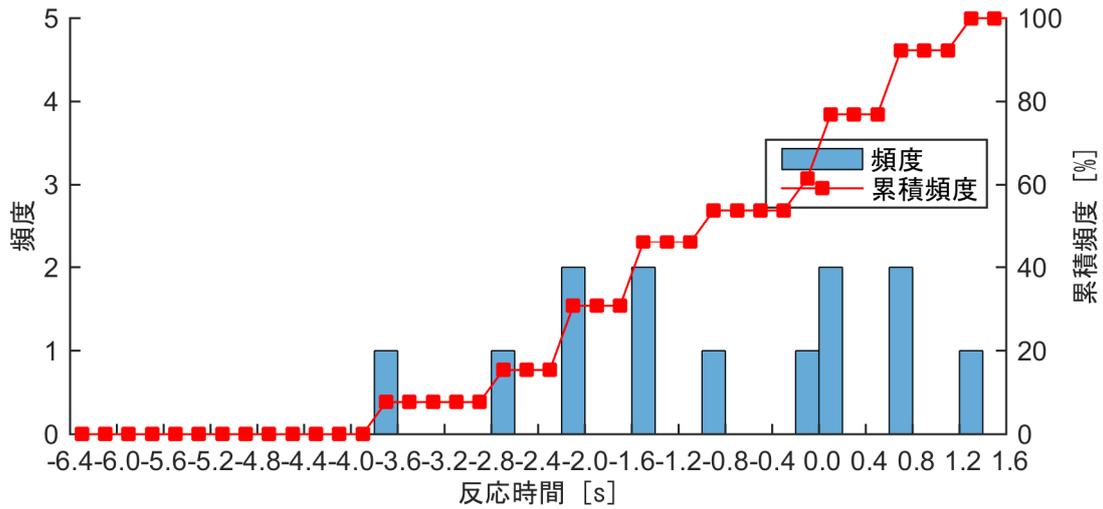


図 4-2-123 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=1.6[s]))

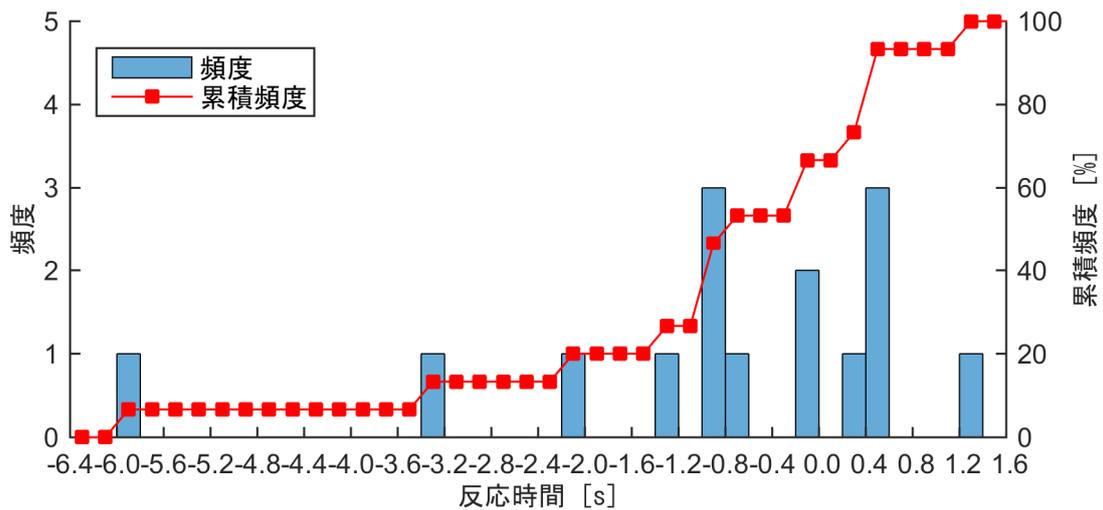


図 4-2-124 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

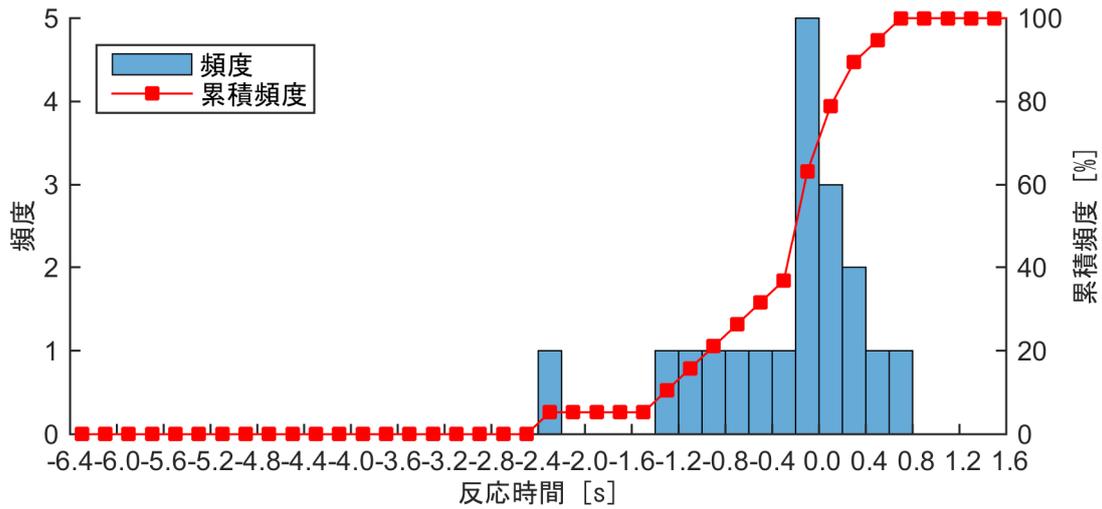


図 4-2-125 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

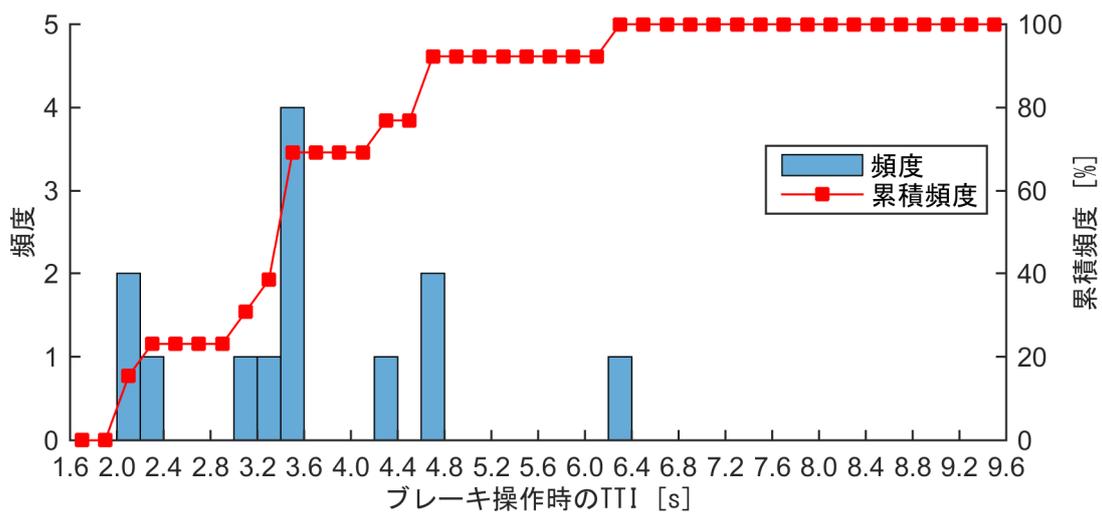


図 4-2-126 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=1.6 [s]))

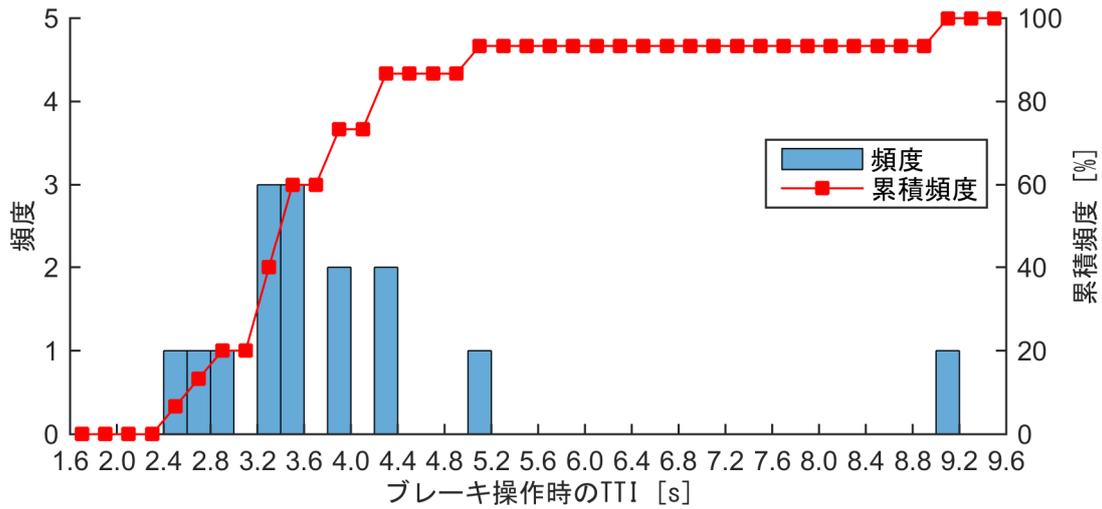


図 4-2-127 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.4[s]))

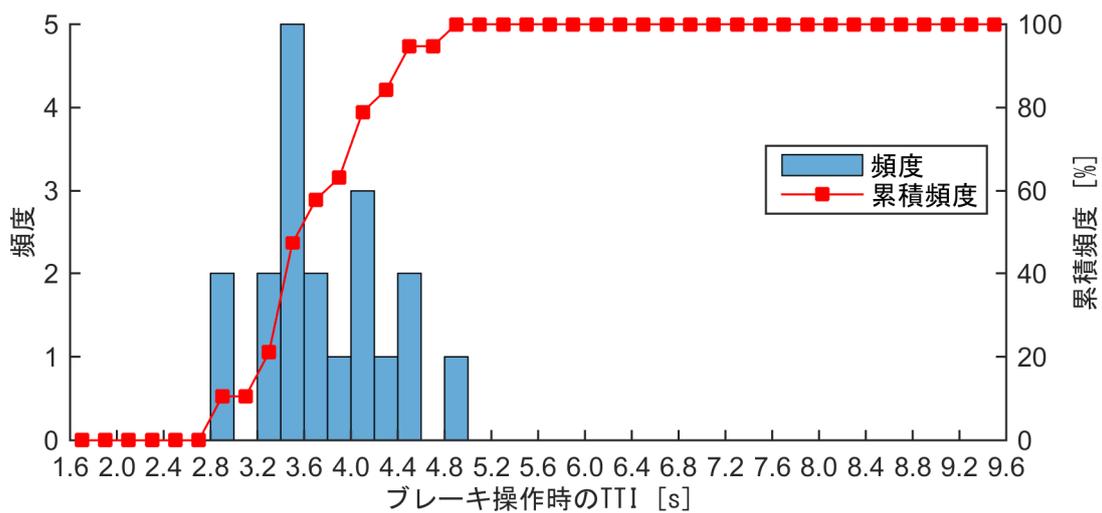


図 4-2-128 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

左折支援

図 4-2-129 から図 4-2-131 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-132 から図 4-2-134 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-135 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-136、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-137 から図 4-2-139、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-140 から図 4-2-142 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、1.6[s]、2.4[s]、3.2[s]である。

図 4-2-135 より、支援システムの作動タイミングの評価は、支援システムの作動タイミングが TTC=1.6[s]から 3.2[s]へと変化すると、タイミングがちょうど良いと評価する実験参加者の割合が増えていることがわかる。支援システムの必要性に関しては、TTC =1.6[s]に比べて 2.4[s]、3.2[s]は必要性が高いと評価されている。これより、主観的評価の結果では、TTC =3.2[s]が作動タイミングとして適していると考えられる。また、図 4-2-136 に示したドライバがブレーキ操作を行った際の TTC は、注意喚起の作動タイミングを TTC =1.6[s]から 3.2[s]へと変化させると、ブレーキ操作時の TTC も大きな値へと変化している。よって、客観的評価においても 3.2[s]が作動タイミングとして適していると考えられる。

よって、左折支援における注意喚起の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、主観的および客観的評価の結果から TTC=3.2[s]が適切であると考えられる。

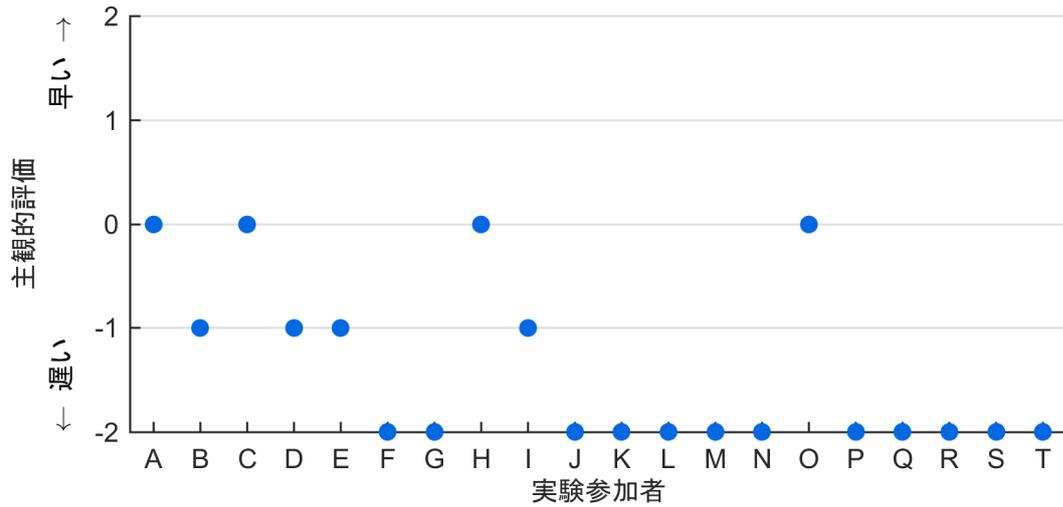


図 4-2-129 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC=1.6[s]))

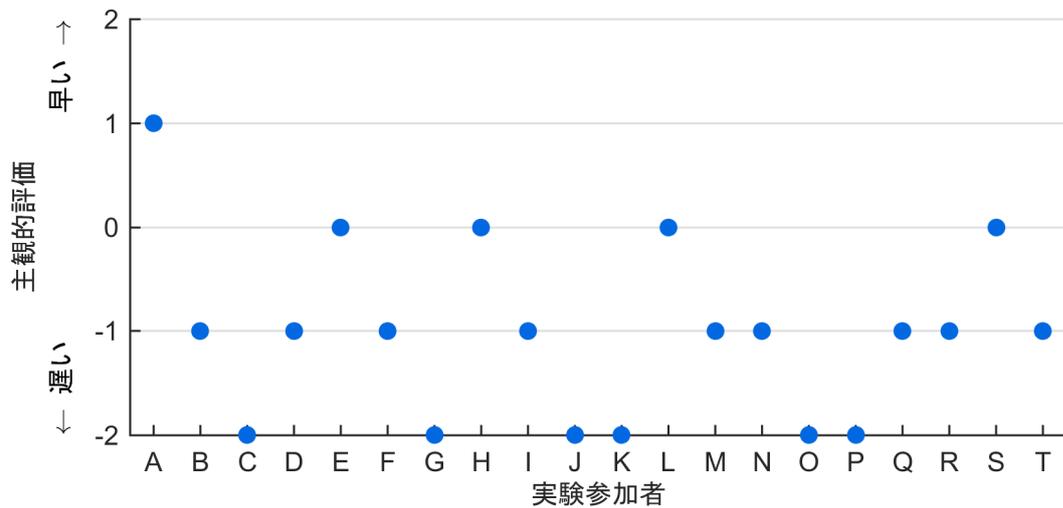


図 4-2-130 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC=2.4 [s]))

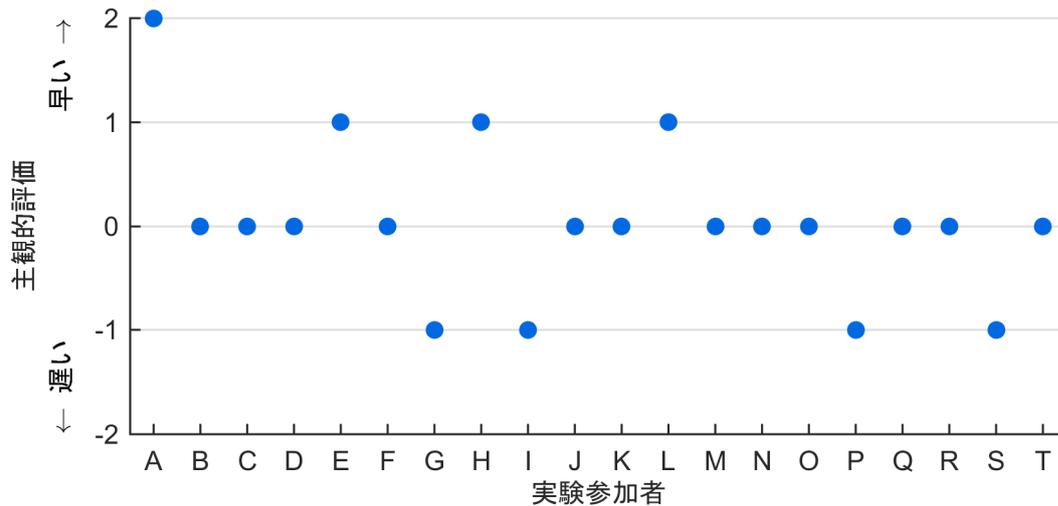


図 4-2-131 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 3.2[s]))

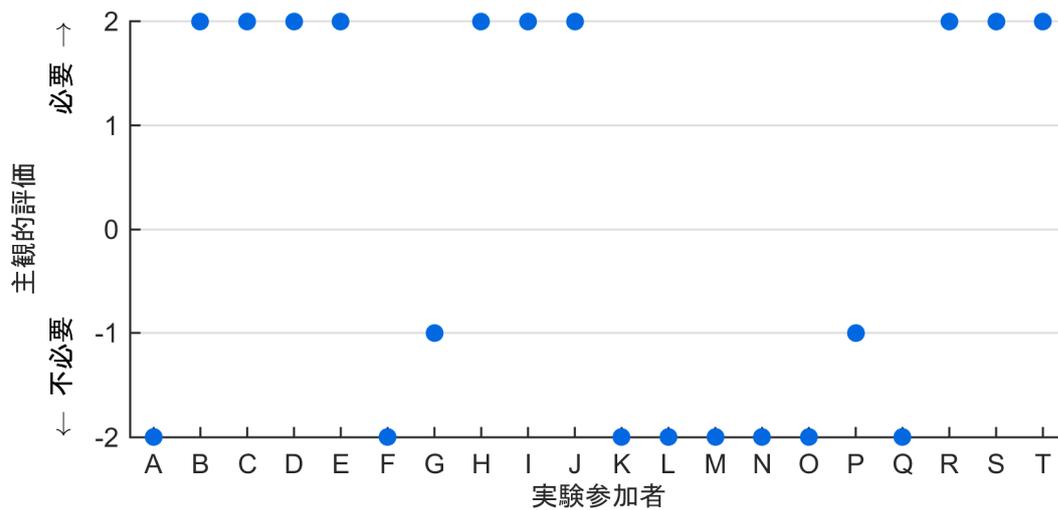


図 4-2-132 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 1.6 [s]))

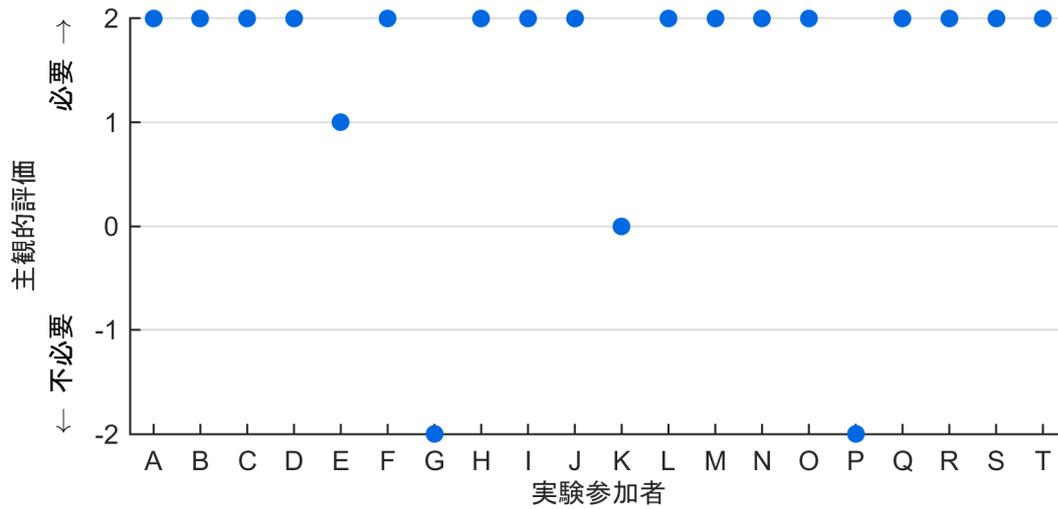


図 4-2-133 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 2.4 [s]))

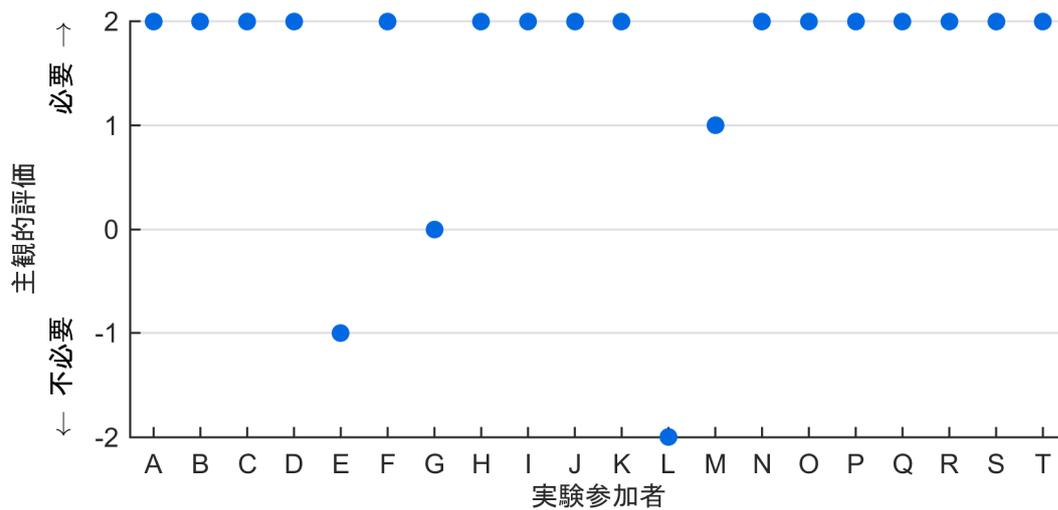


図 4-2-134 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 3.2 [s]))

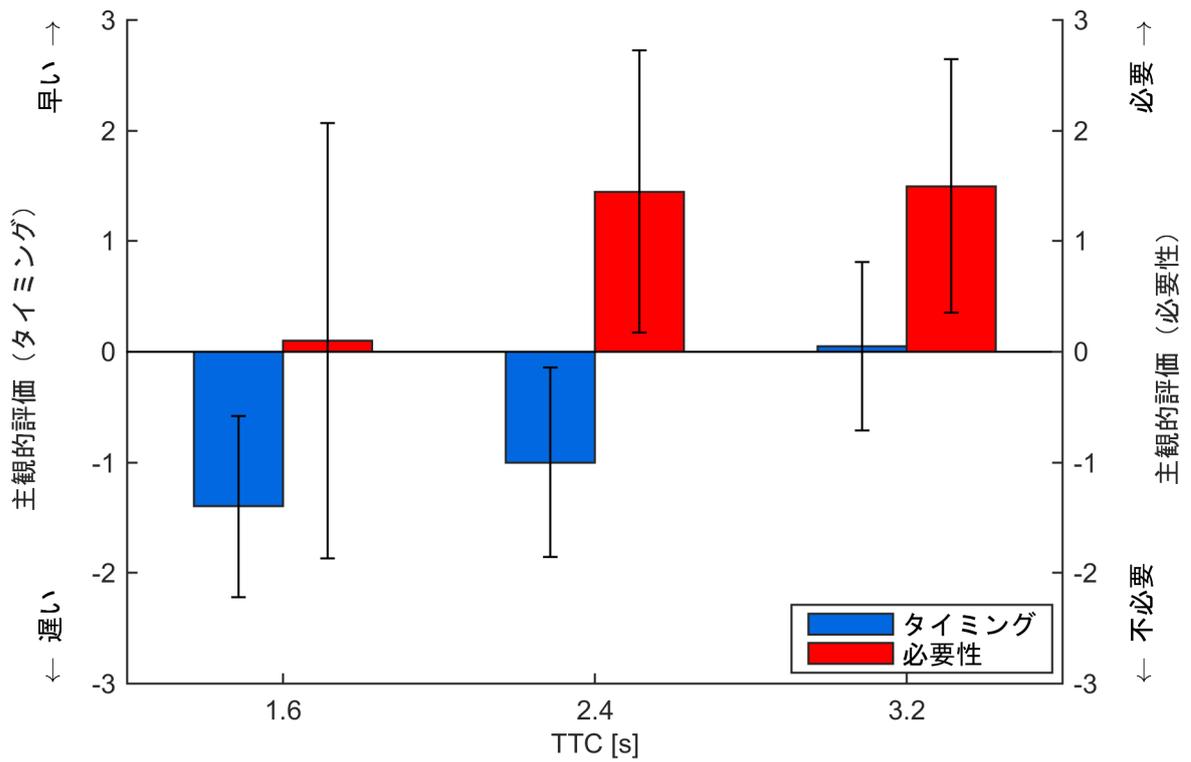


図 4-2-135 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(左折支援における注意喚起)

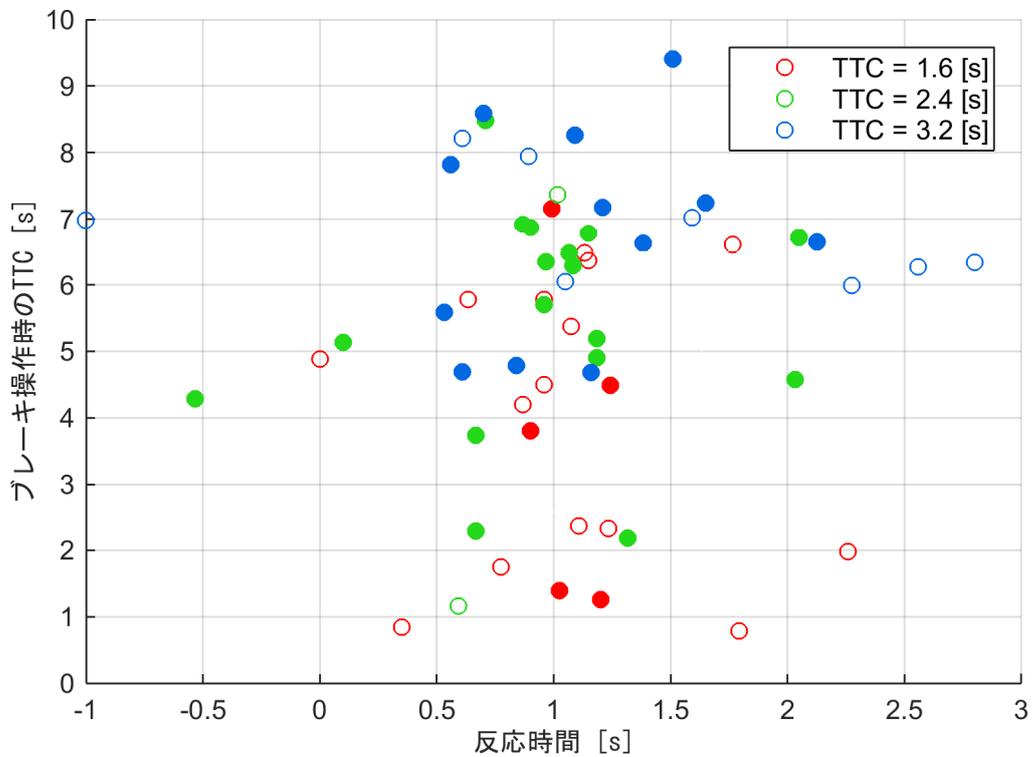


図 4-2-136 情報提供のタイミングに関する客観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 注意喚起)

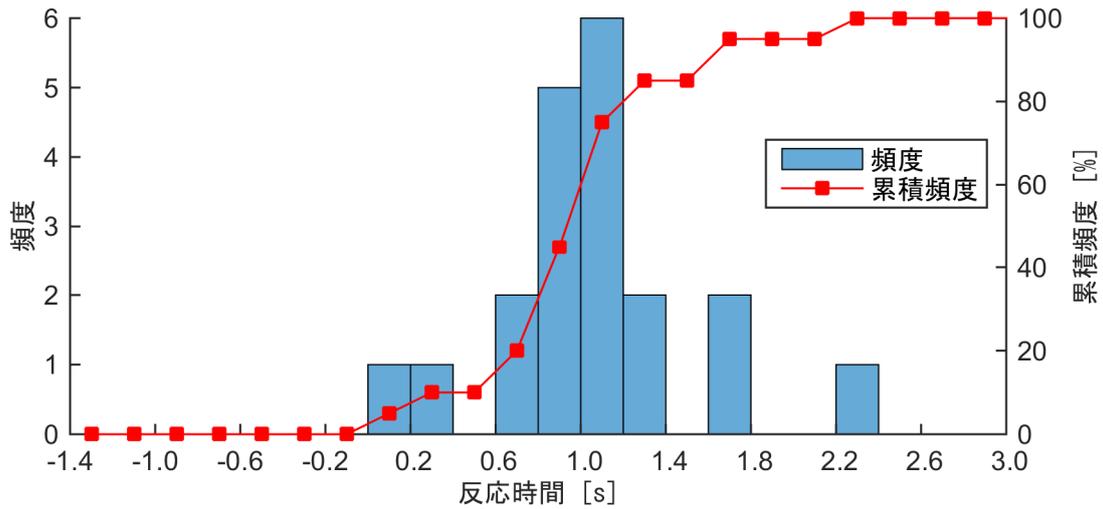


図 4-2-137 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 1.6[s]))

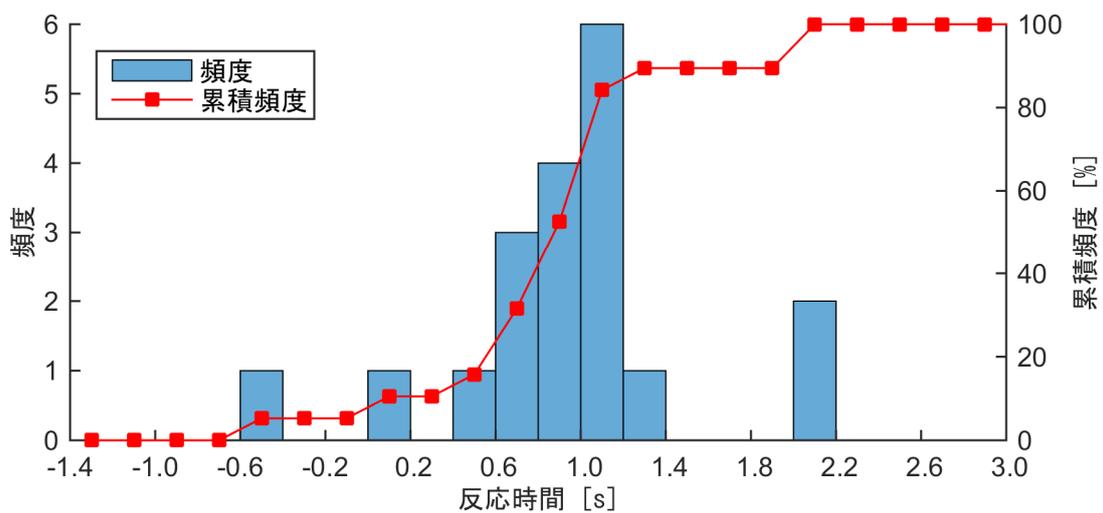


図 4-2-138 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 2.4[s]))

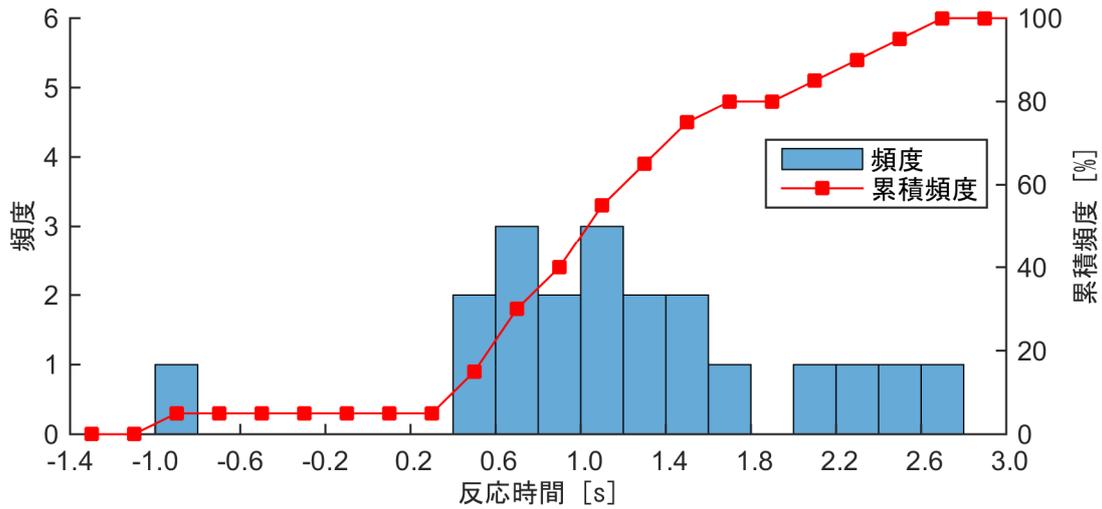


図 4-2-139 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 3.2[s]))

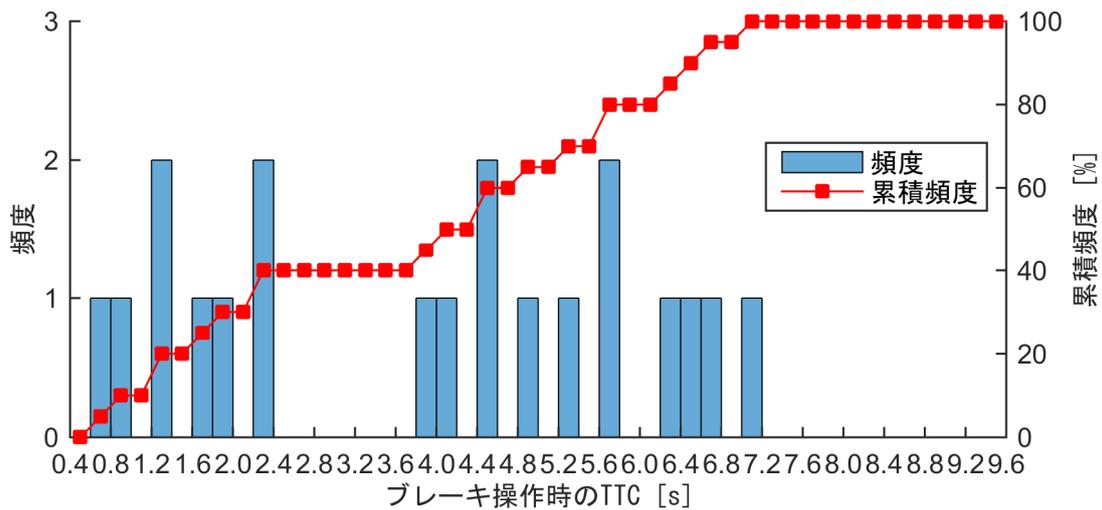


図 4-2-140 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 1.6 [s]))

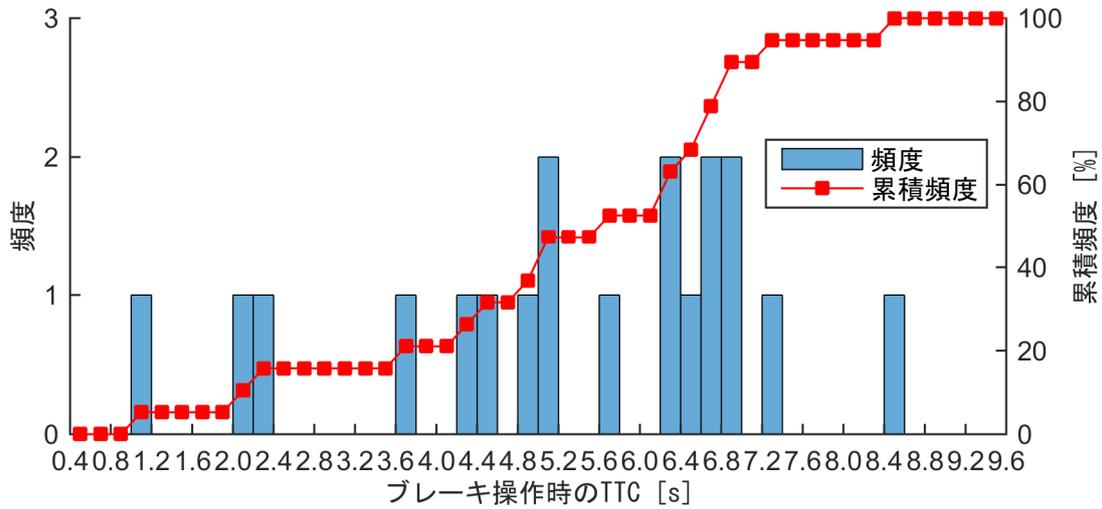


図 4-2-141 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 2.4[s]))

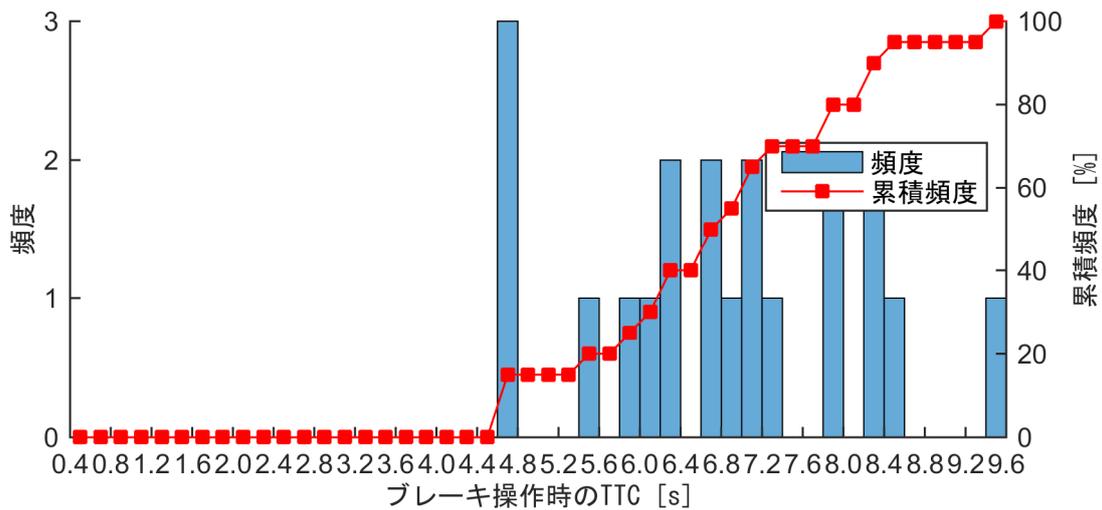


図 4-2-142 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 注意喚起 (TTC = 3.2[s]))

(3) 警報

減速停止支援

図 4-2-143 から図 4-2-145 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-146 から図 4-2-148 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-149 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-150、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-151 から図 4-2-153、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-154 から図 4-2-156 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-2-149 より、支援システムの作動タイミングに関する評価は、TTI が大きくなると、タイミングが遅い評価から適切へと変化している。また、支援システムの必要性に関する評価では、TTI が大きくなると、不必要から必要へと変化することが示されている。

図 4-2-150 は、反応時間は警報後にブレーキ操作を行った場合はプラスとなり、警報前にブレーキ操作を行った場合はマイナスとなっている。また、図中のプロットにおいて、塗りつぶしているプロットは情報対象車両との衝突を表しており、塗りつぶしていないプロットは情報対象車両との衝突がなかったものを示している。図 4-2-150 において、ブレーキ操作時の TTI の分布を見てみると、TTI が大きくなるとブレーキ操作時の TTI が大きくなる傾向がある。これは、ドライバへの警報の提示により、ドライバが警報後にブレーキ操作を行うことにより情報対象車両との衝突を回避するための操作が早期に開始できたことを示している。なお、本実験においては、TTI=1.4[s]ではほとんどの実験参加者が情報対象車両に衝突している結果となっているが、これは実験の順序効果が影響しているものと考えられる。

TTI=1.4[s]の実験条件は、本実験においては最初に実験を行うパラメータとなっており、実験参加者は練習走行後に実験を行っているが、衝突してしまうケースが多く見られたものと考えられる。

以上の結果より、減速停止支援における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=4.0[s]が適切であると考えられる。

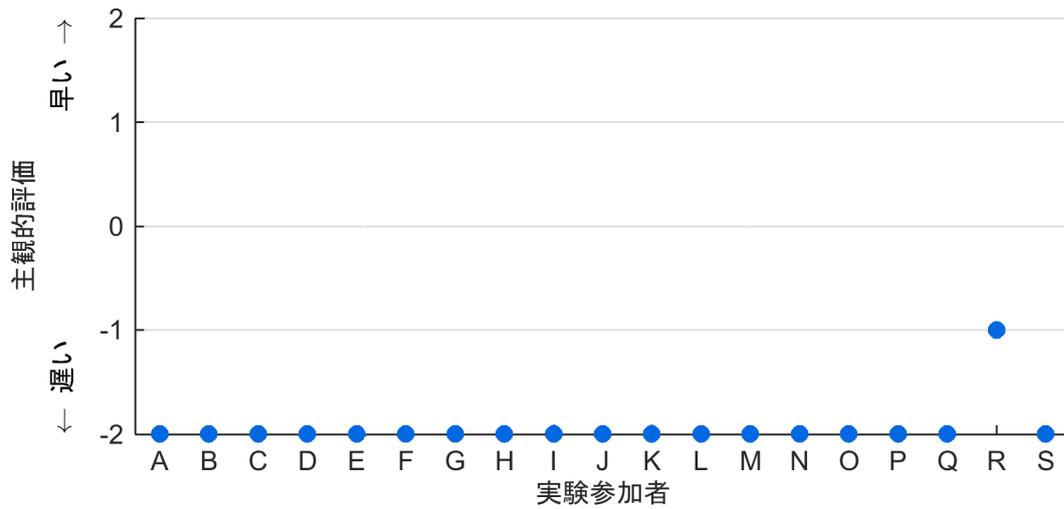


図 4-2-143 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.8[s]))

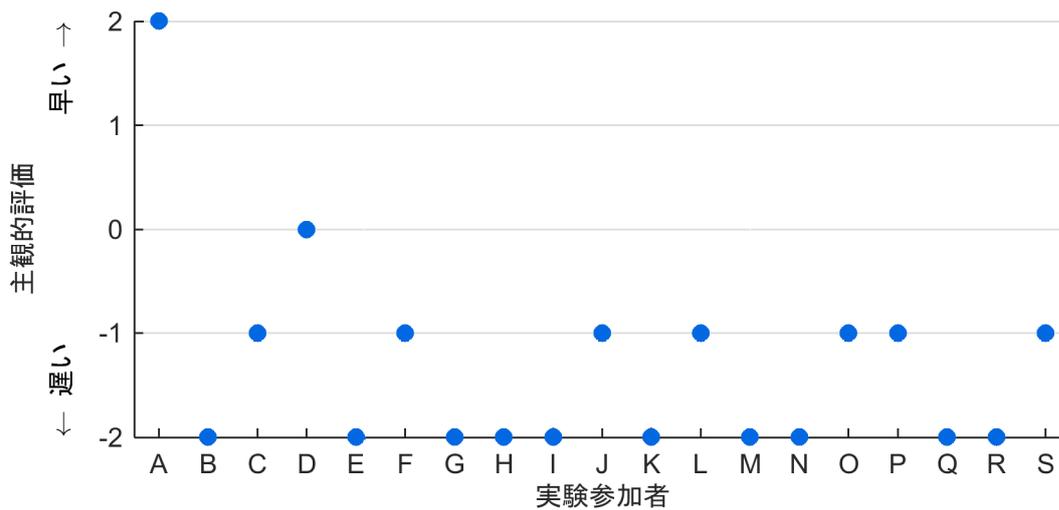


図 4-2-144 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=1.4[s]))

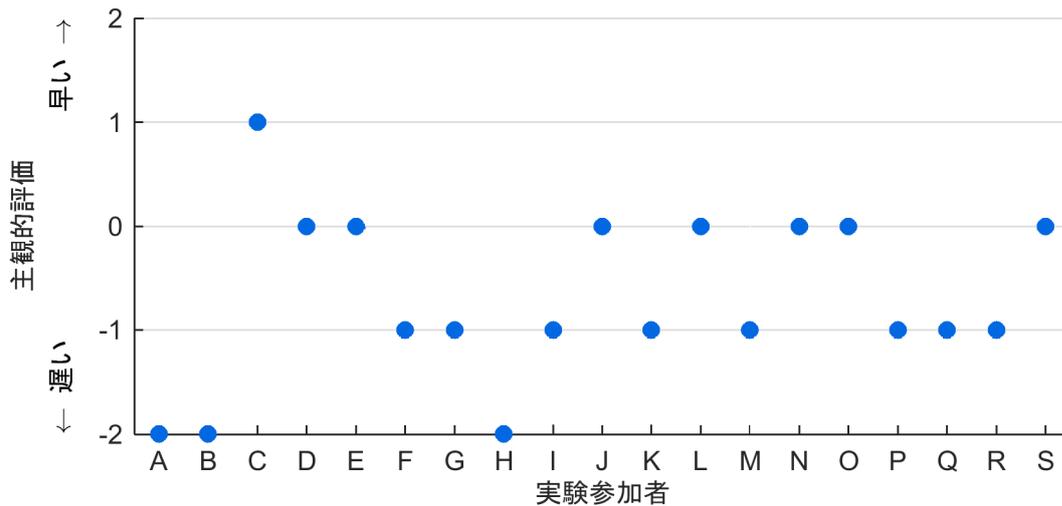


図 4-2-145 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=2.0[s]))

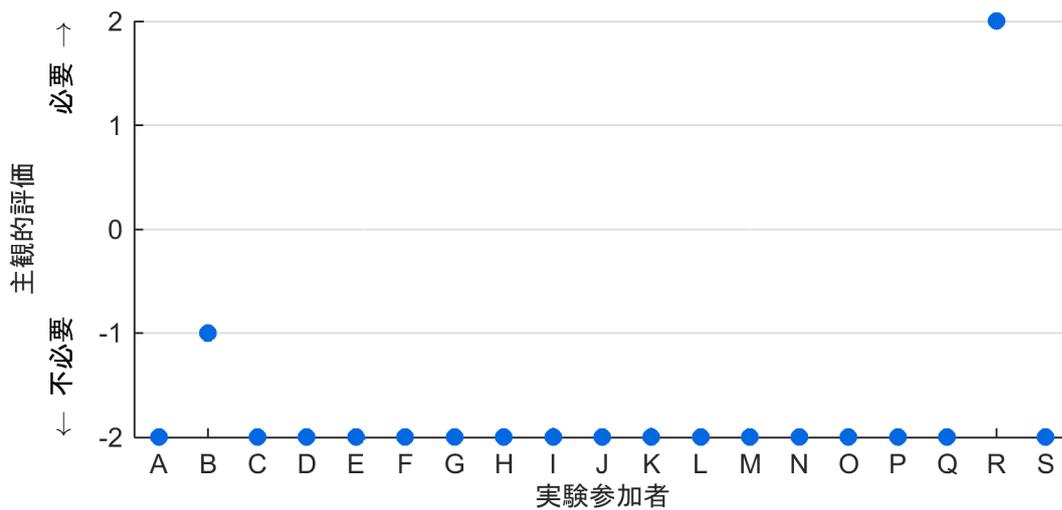


図 4-2-146 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.8[s]))

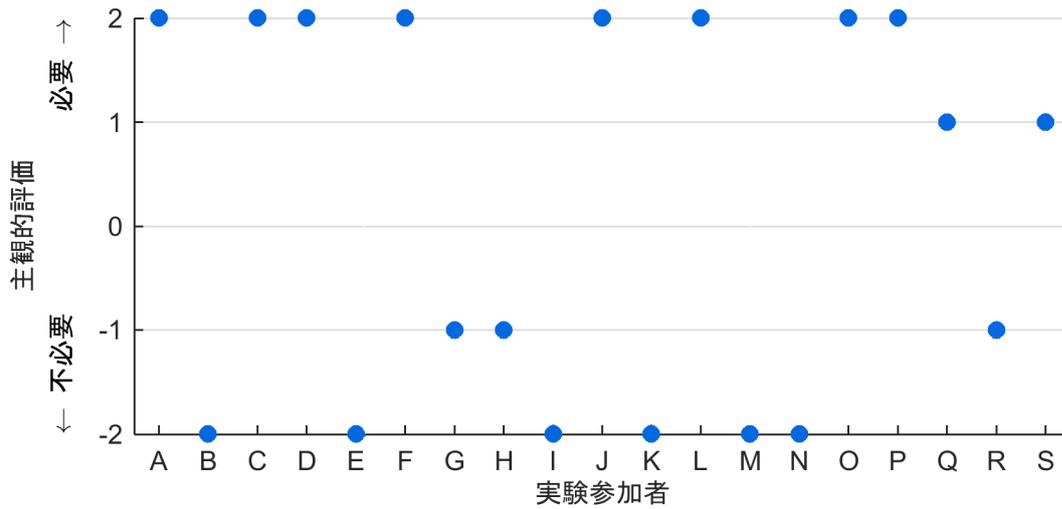


図 4-2-147 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=1.4[s]))

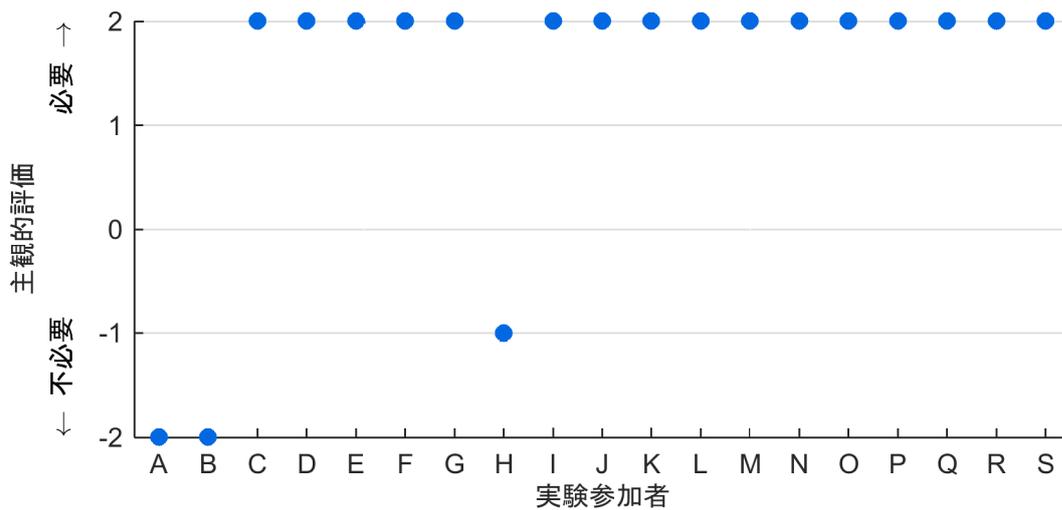


図 4-2-148 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(減速停止支援 警報 (TTI=2.0[s]))

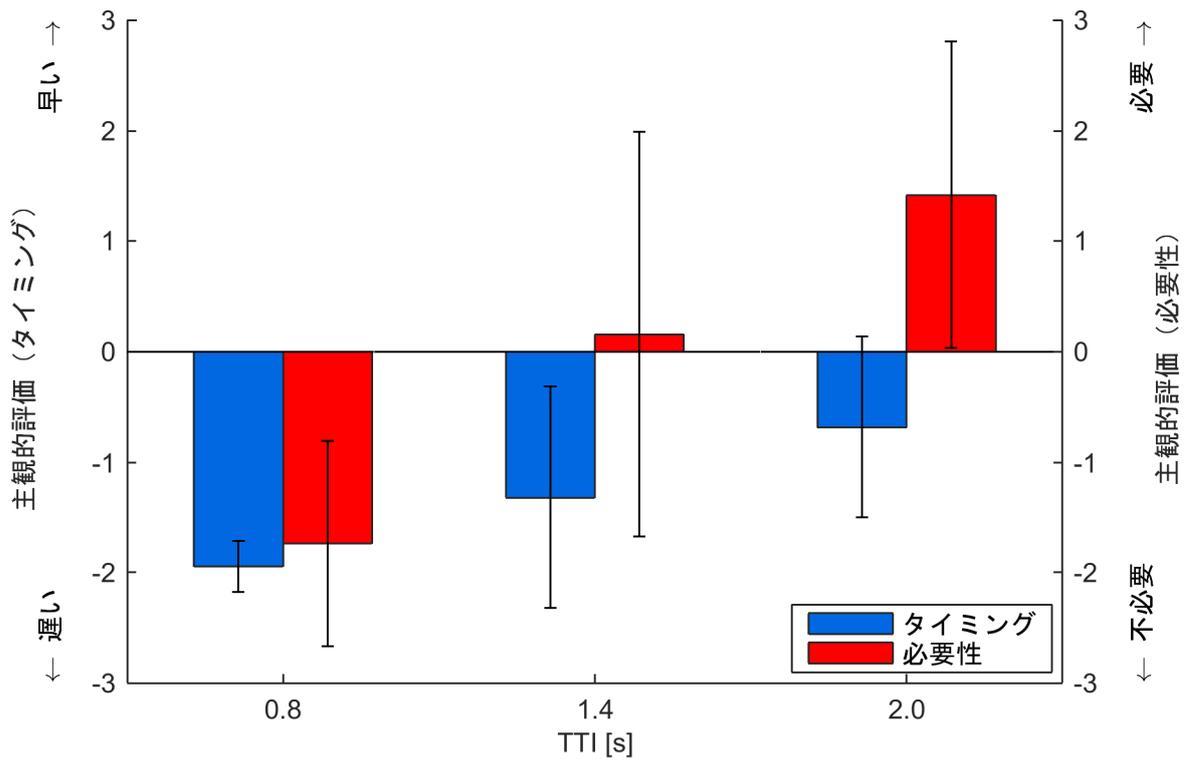


図 4-2-149 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(減速停止支援における警報)

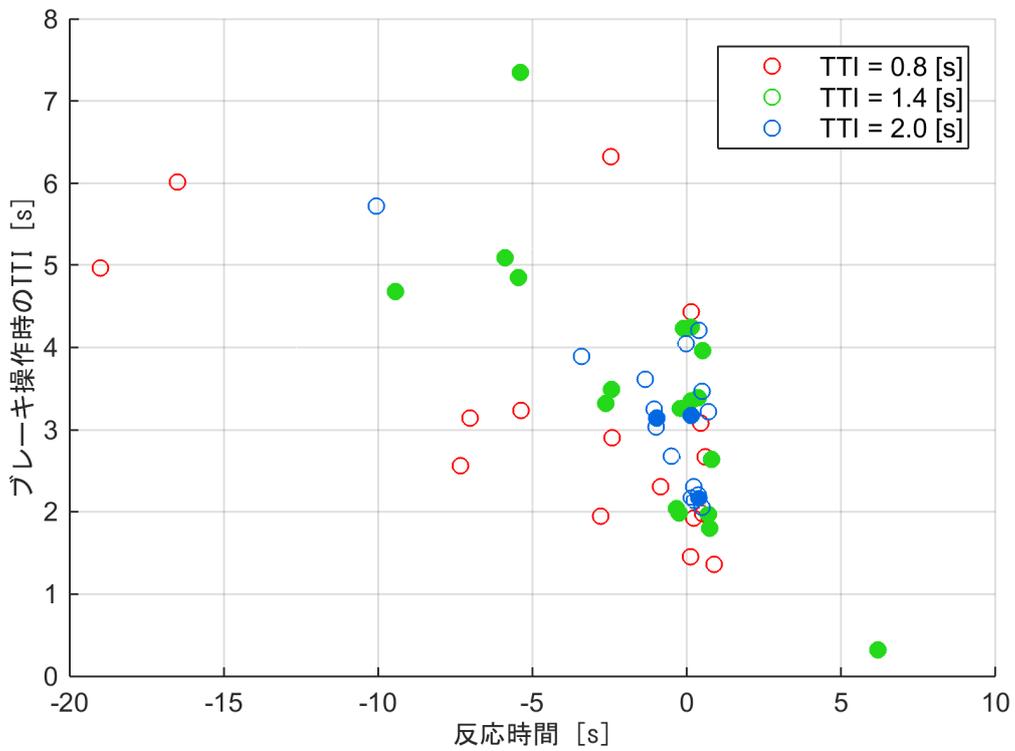


図 4-2-150 警報提示後のドライバーの反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係
(減速停止支援における警報)

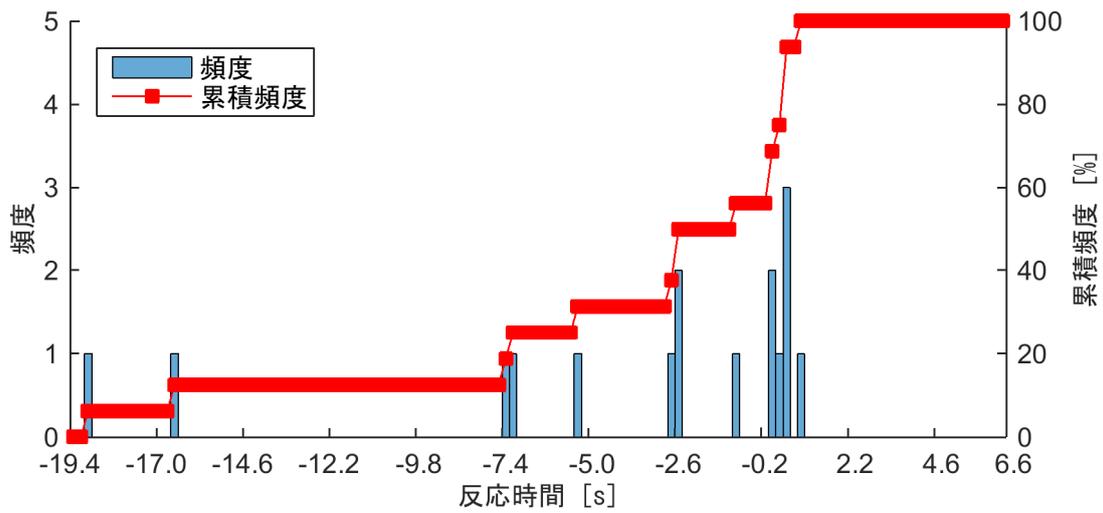


図 4-2-151 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI = 0.8[s]))

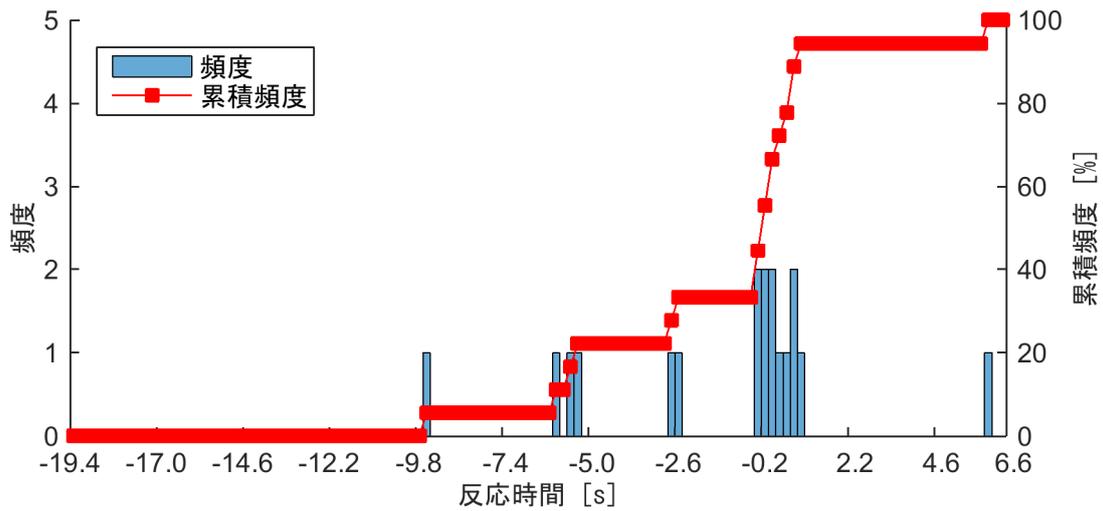


図 4-2-152 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI = 1.4[s]))

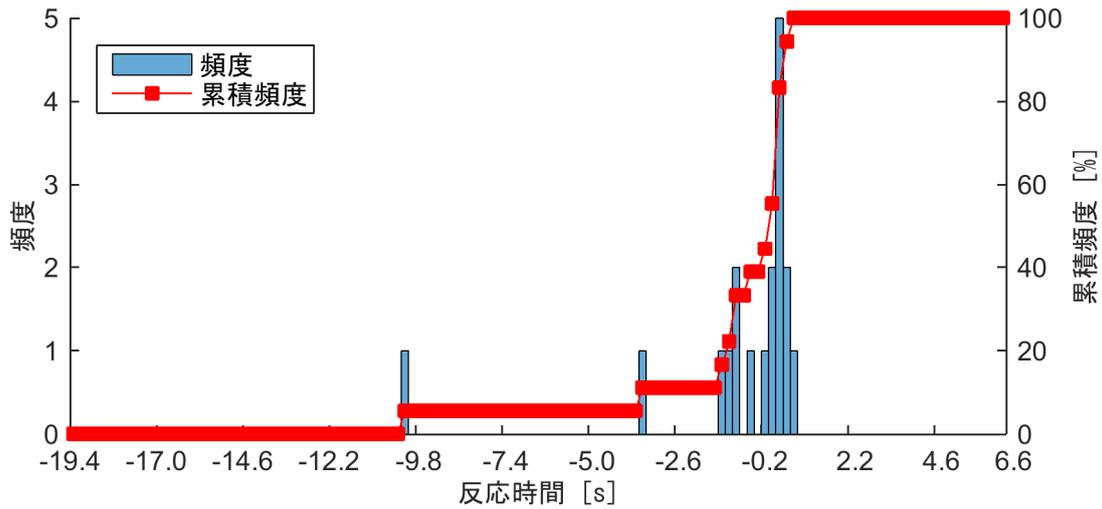


図 4-2-153 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI =2.0[s]))

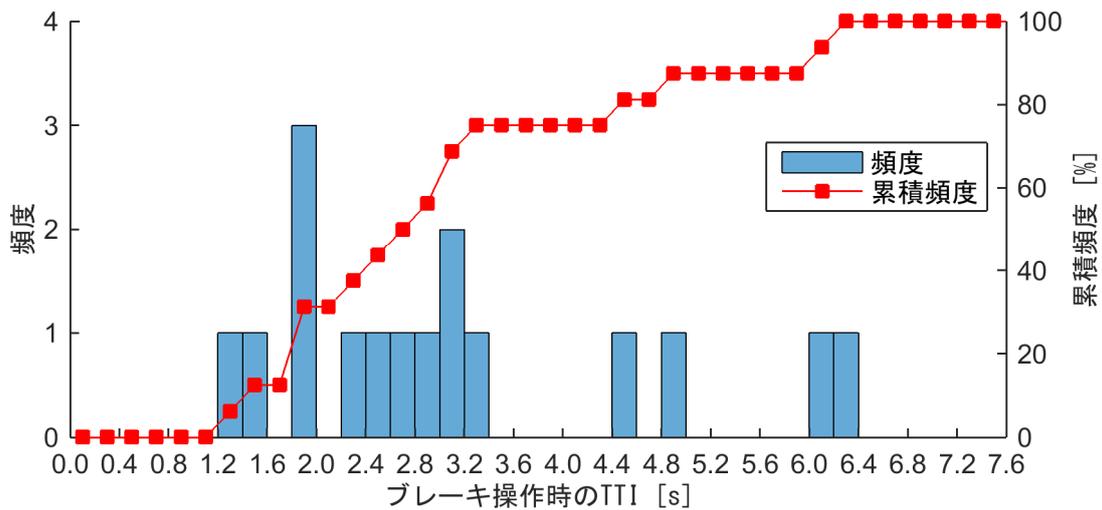


図 4-2-154 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI =0.8[s]))

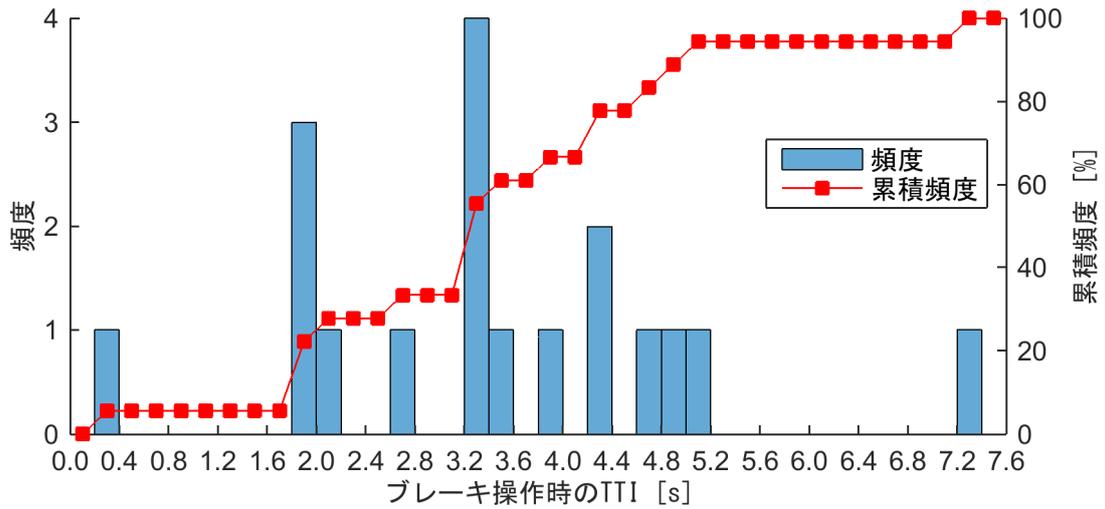


図 4-2-155 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI = 1.4[s]))

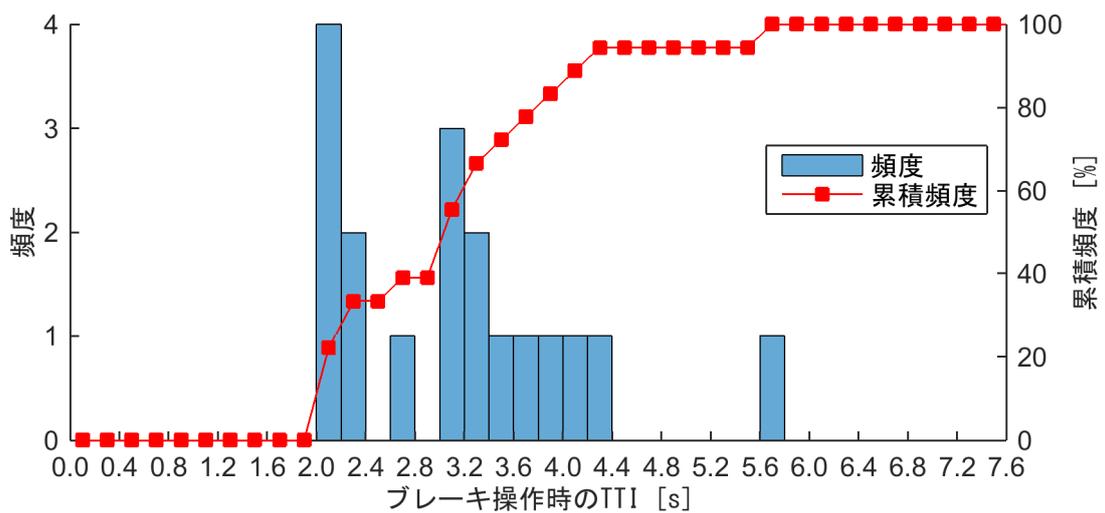


図 4-2-156 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(減速停止支援 警報 (TTI = 2.0[s]))

発進待機支援

図 4-2-157 から図 4-2-159 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-160 から図 4-2-162 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-163 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-164、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-165 から図 4-2-167、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-168 から図 4-2-170 に示す。主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。図 4-2-15 より、主観的評価の結果より、支援システムの作動タイミングに関しては、TTI が大きくなるほど評価が遅いから適切になっていることがわかる。また、支援システムの必要性に関する評価では、TTI が大きくなるほど必要と評価されている割合が増加している。

図 4-2-136 より、警報提示の TTI が大きくなるほど、アクセル操作終了時の TTI が大きくなる傾向があり、TTI=2.0[s]は、アクセル操作終了時の TTI が大きくなっていることがわかる。これにより、早期に情報対象車両の接近をドライバに警報した方が、主観的および客観的な側面からも大きい TTI にて警報を提示した方がよいものと考えられる。

以上の結果より、発進待機支援における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=2.0[s]が適切であると考えられる。

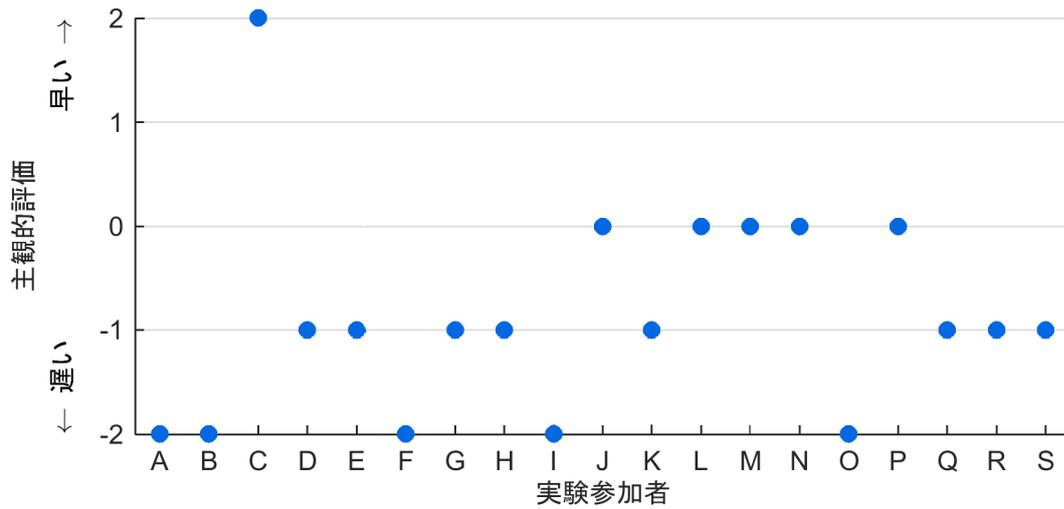


図 4-2-157 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

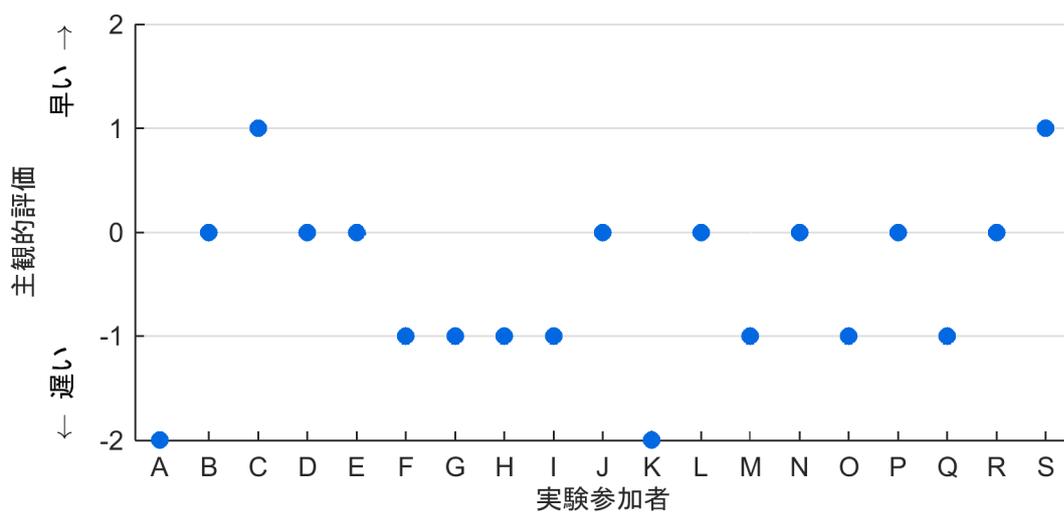


図 4-2-158 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.4[s]))

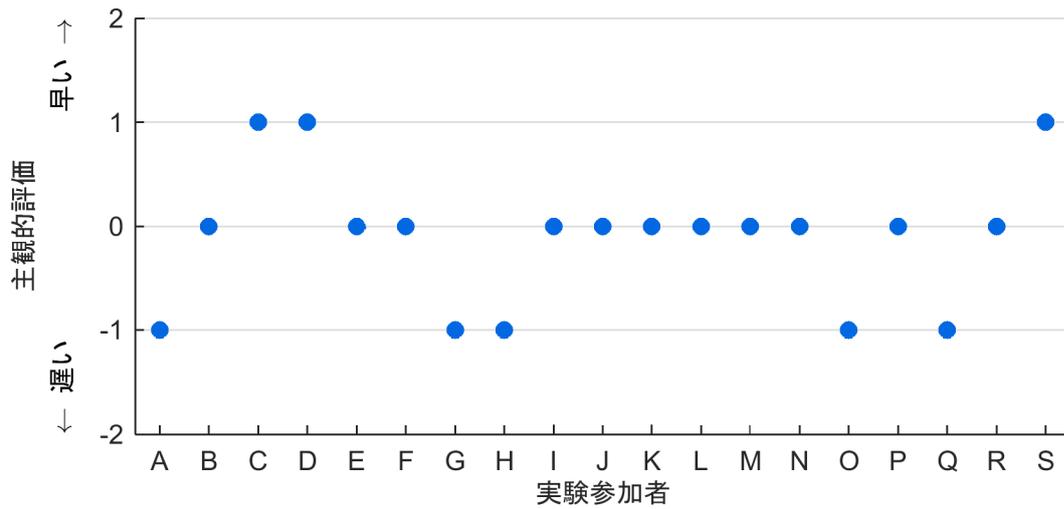


図 4-2-159 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=2.0[s]))

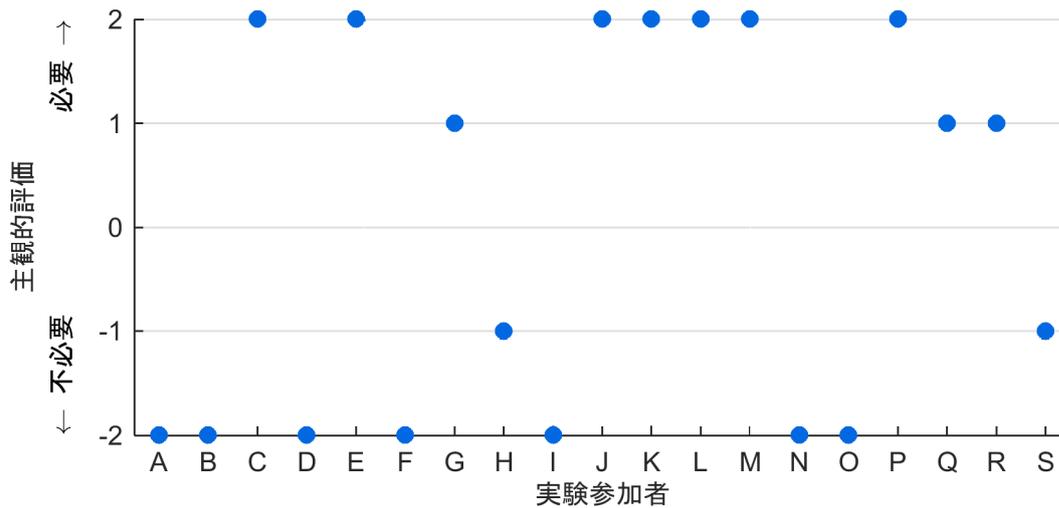


図 4-2-160 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

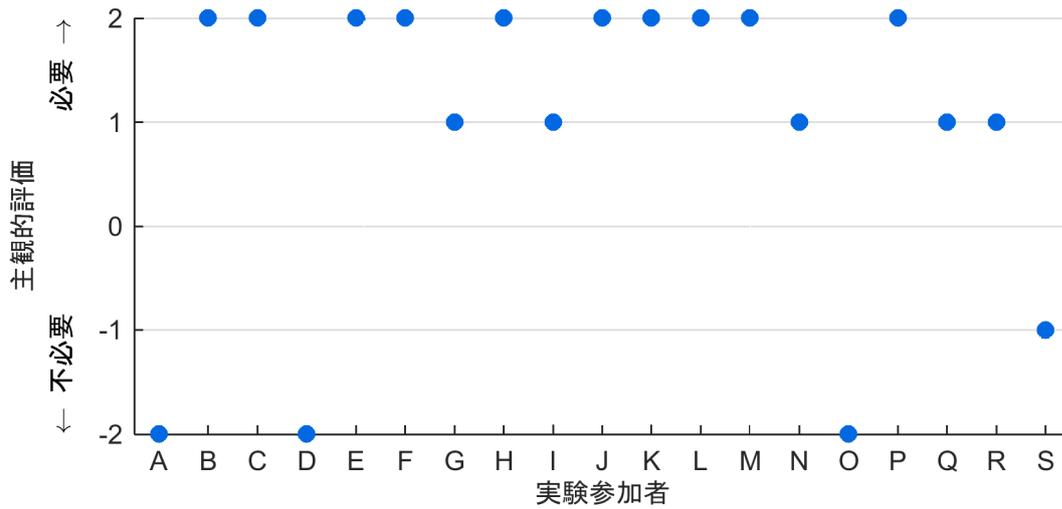


図 4-2-161 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.4[s]))

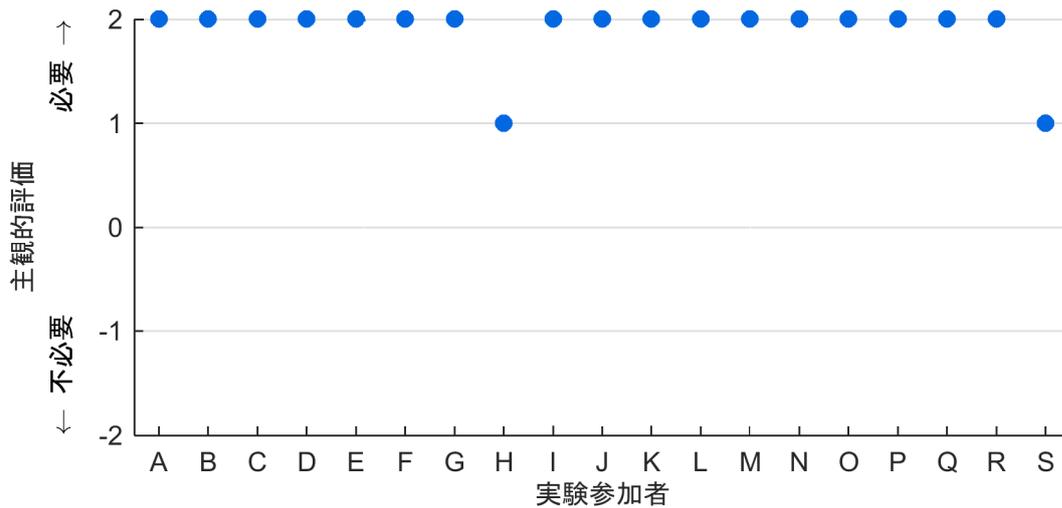


図 4-2-162 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=2.0[s]))

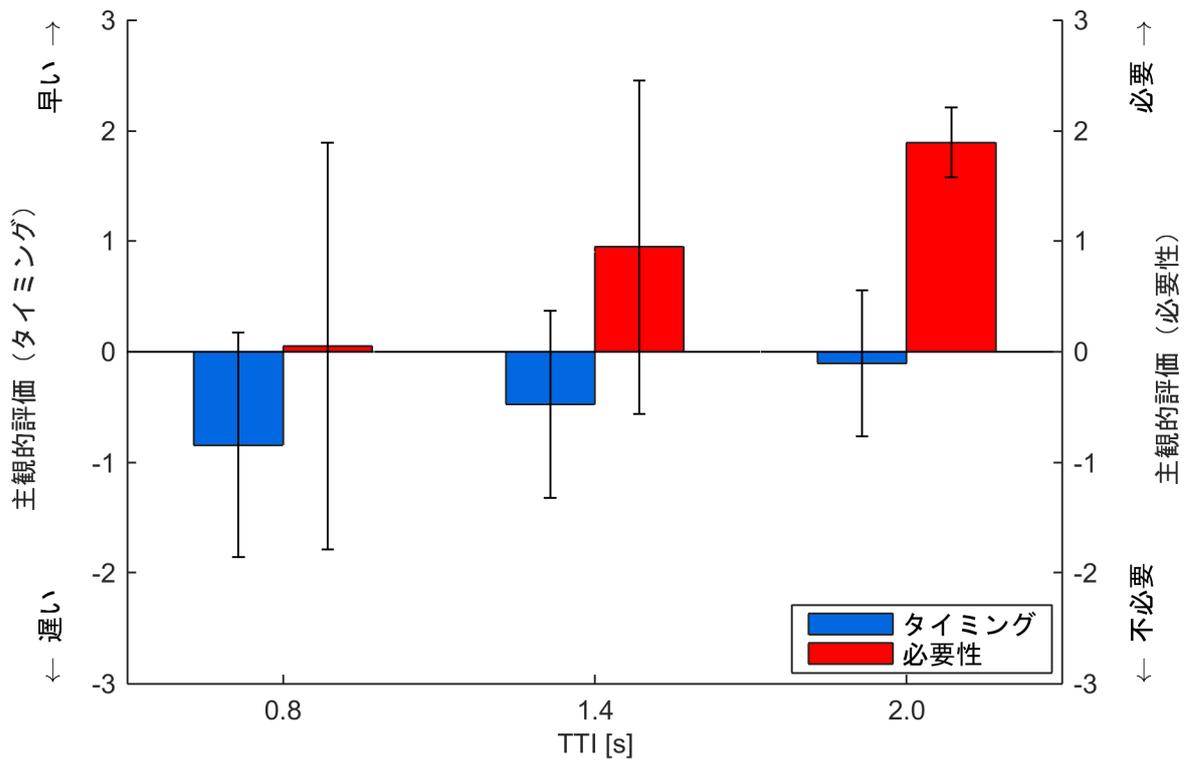


図 4-2-163 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(発進待機支援における警報)

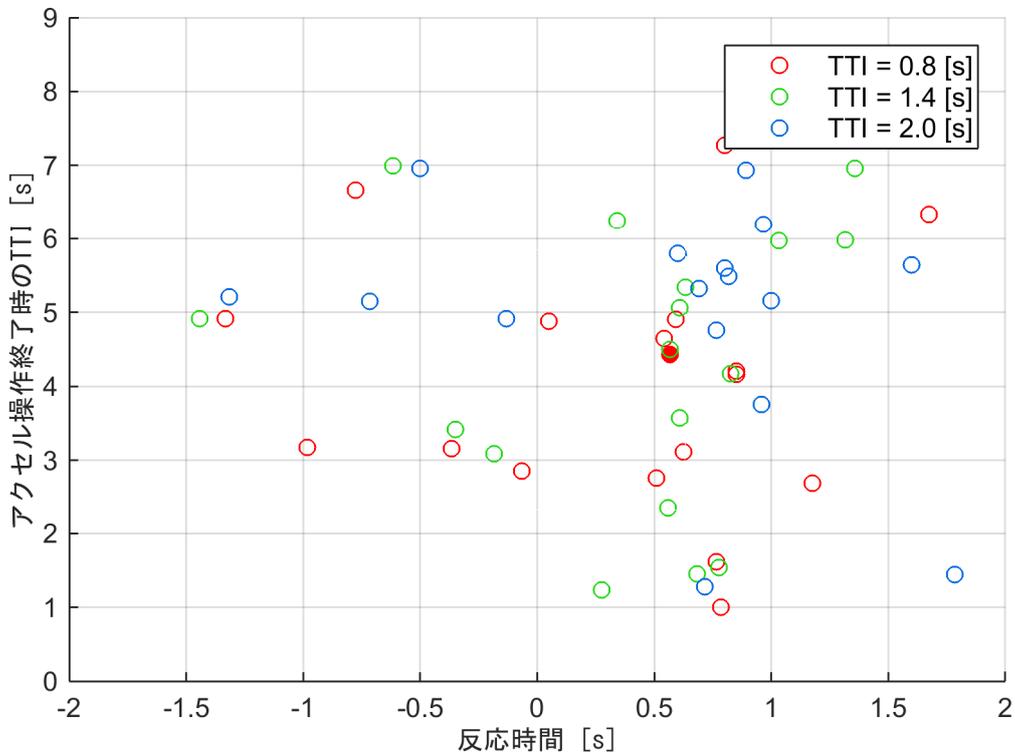


図 4-2-164 警報提示後のドライバーの反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係
(発進待機支援における警報)

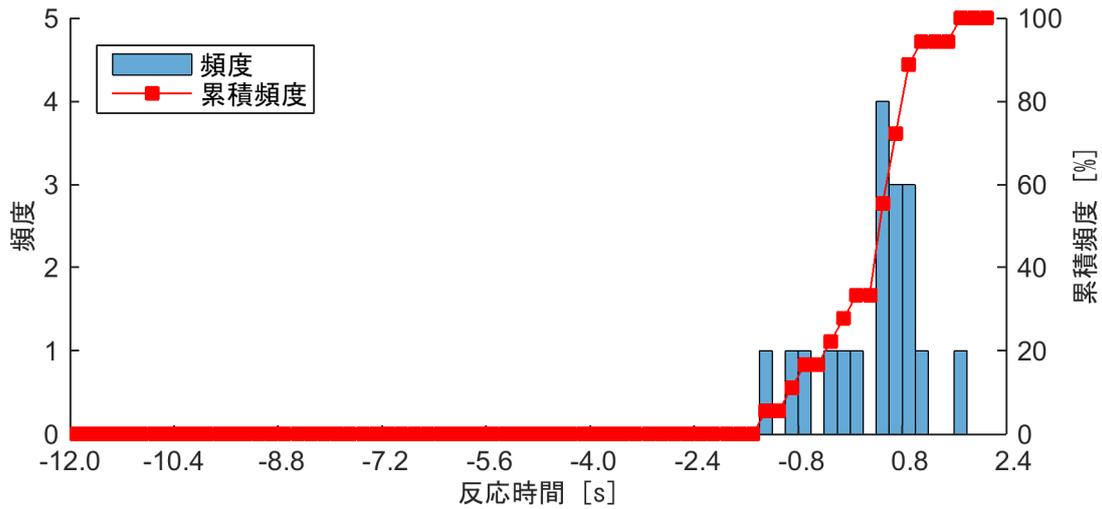


図 4-2-165 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

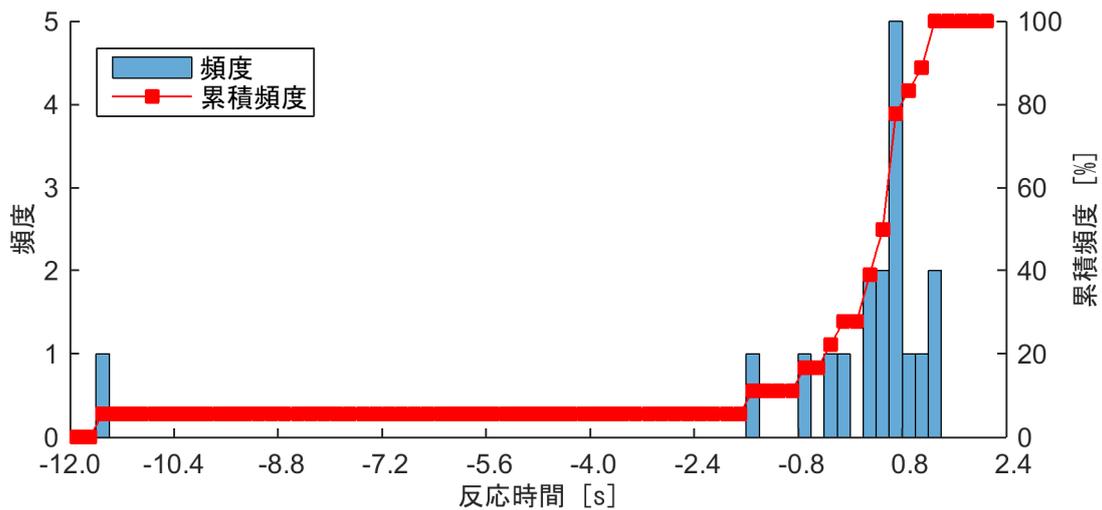


図 4-2-166 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.4[s]))

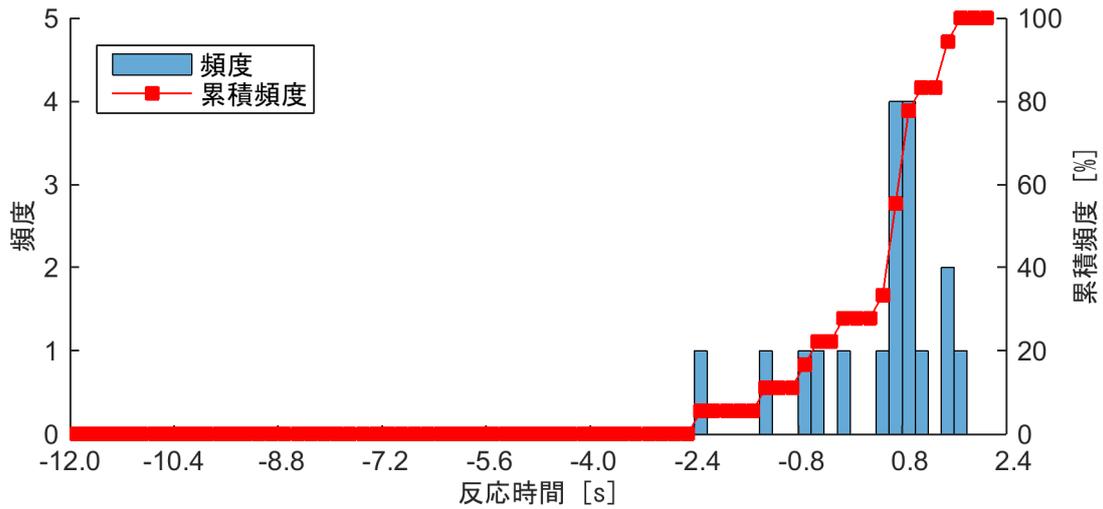


図 4-2-167 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=2.0[s]))

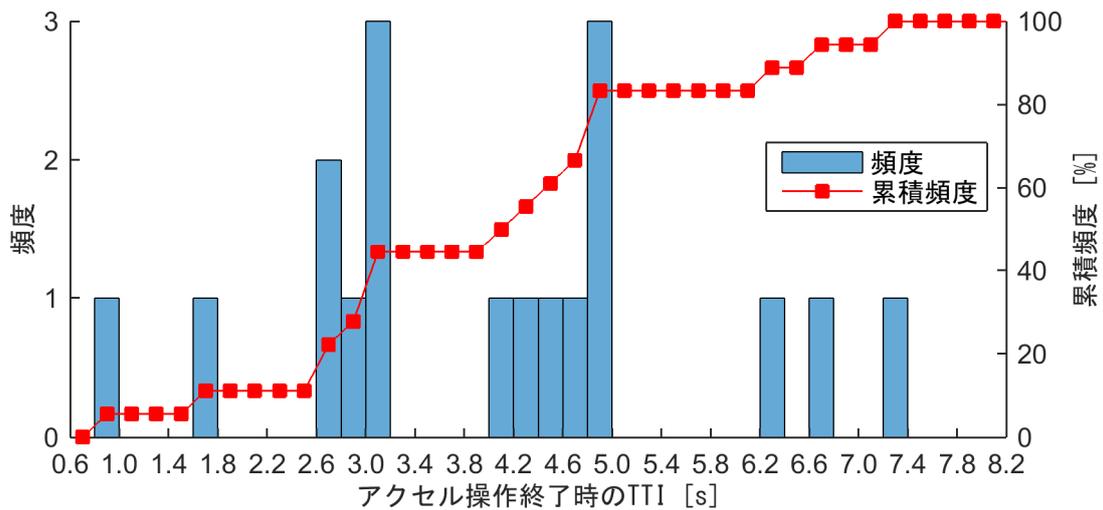


図 4-2-168 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差: なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

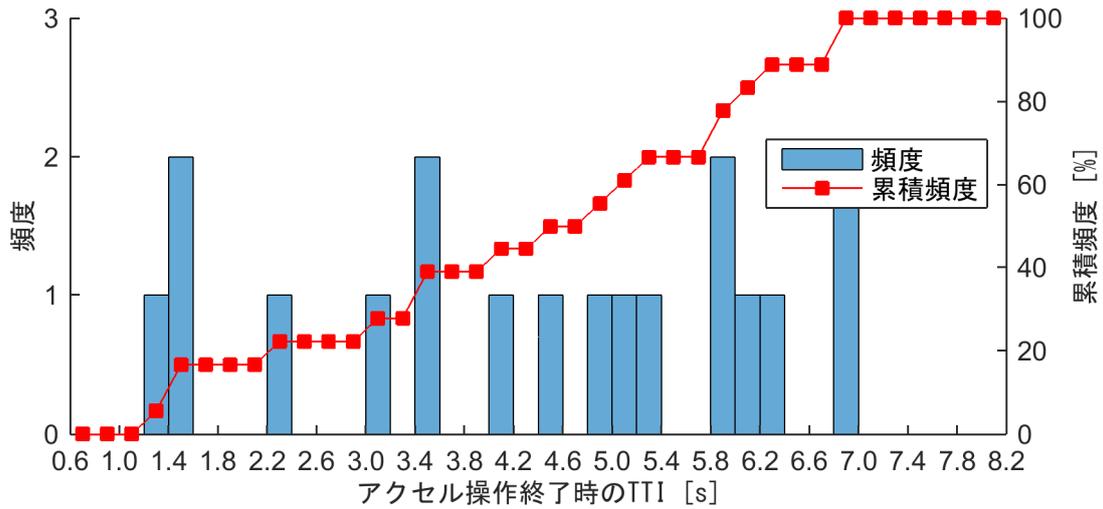


図 4-2-169 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.4[s]))

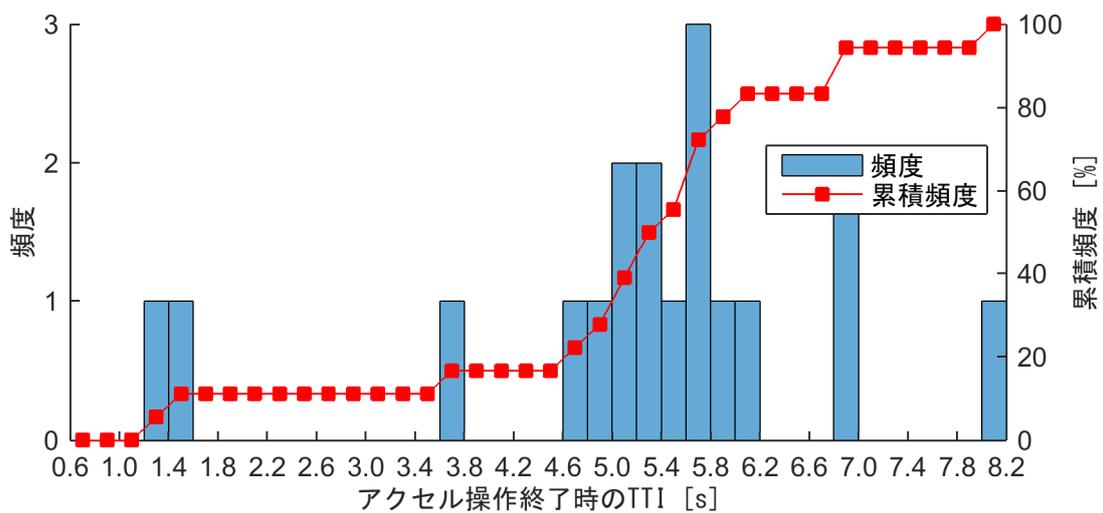


図 4-2-170 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(発進待機支援 警報 (TTI=2.0[s]))

右折支援

図 4-2-171 から図 4-2-173 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-174 から図 4-2-176 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-177 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-178、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-179 から図 4-2-181、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-182 から図 4-2-184 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-2-177 より、主観評価の結果より、支援システムの作動タイミングに関しては、TTI が大きくなるほど評価が遅いから適切になっていることがわかる。また、支援システムの必要性に関する評価では、TTI が大きくなるほど不必要からどちらでもないという評価する割合が増加している。

図 4-2-178 は、反応時間は警報後にブレーキ操作を行った場合はプラスとなり、警報前にブレーキ操作を行った場合はマイナスとなっている。また、図中のプロットにおいて、塗りつぶしているプロットは情報対象車両との衝突を表しており、塗りつぶしていないプロットは情報対象車両との衝突がなかったものを示している。図 4-2-178 において、運転支援システムの作動タイミングの TTI が大きくなると、反応時間およびブレーキ操作時の TTI が大きくなっていることがわかる。このことは、作動タイミングの TTI が大きくなるとドライバの操作により対向車両との衝突を回避して右折の操作が行えたものと考えられる。

以上の結果より、右折支援における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=2.0[s]が適切であると考えられる。

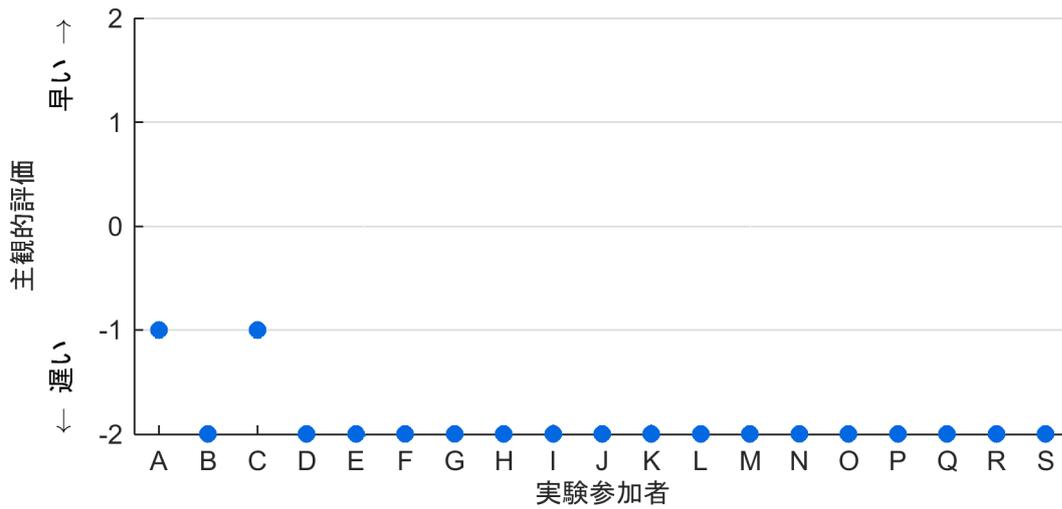


図 4-2-171 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

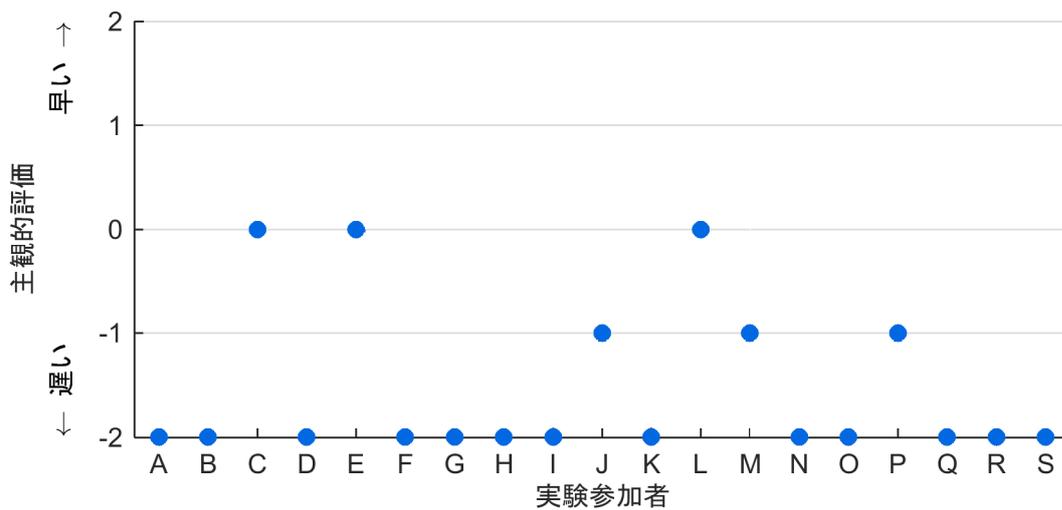


図 4-2-172 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=1.4[s]))

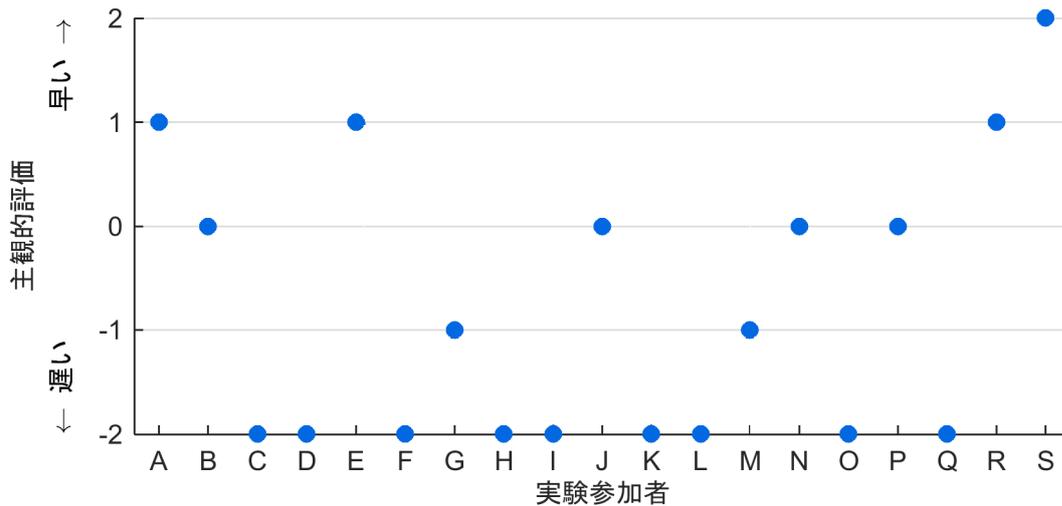


図 4-2-173 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=2.0[s]))

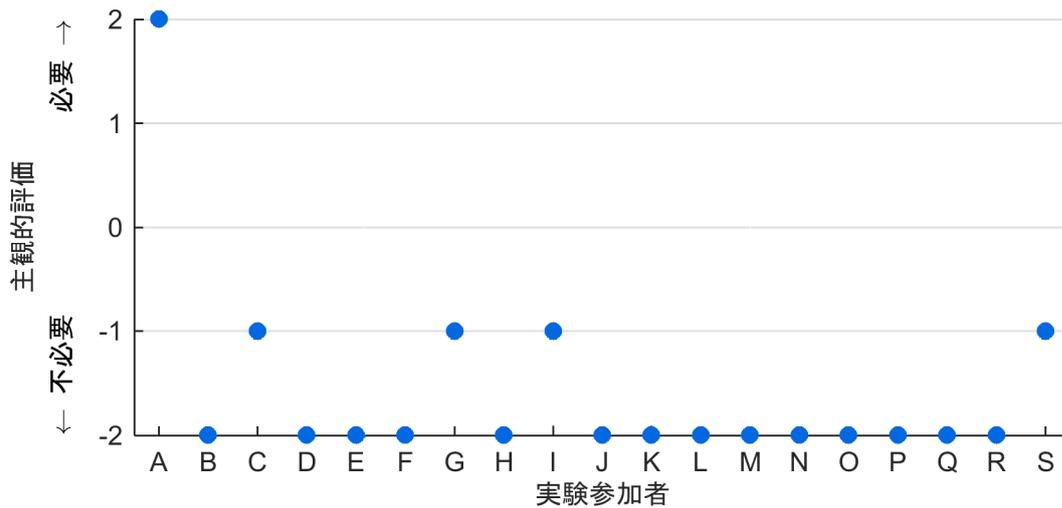


図 4-2-174 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

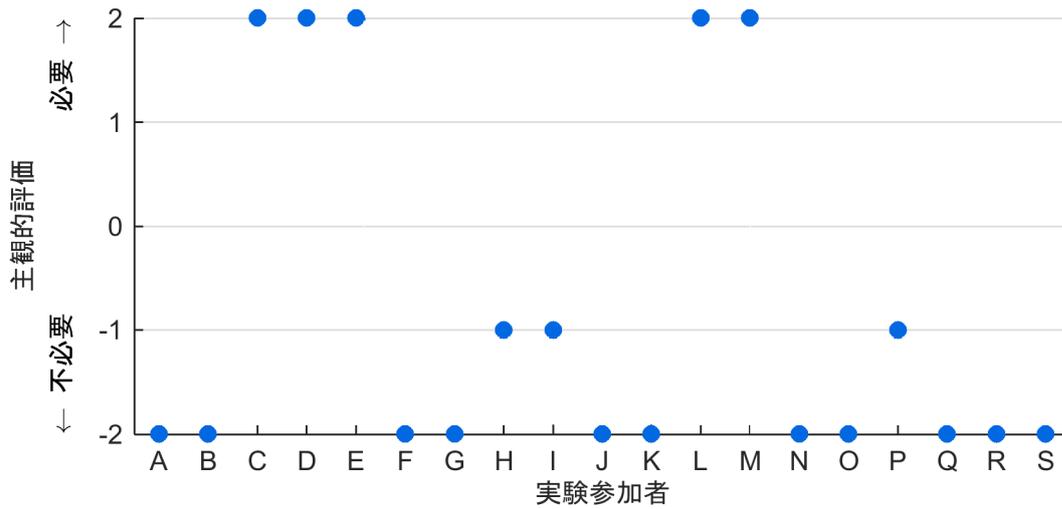


図 4-2-175 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 警報 (TTI=1.2[s]))

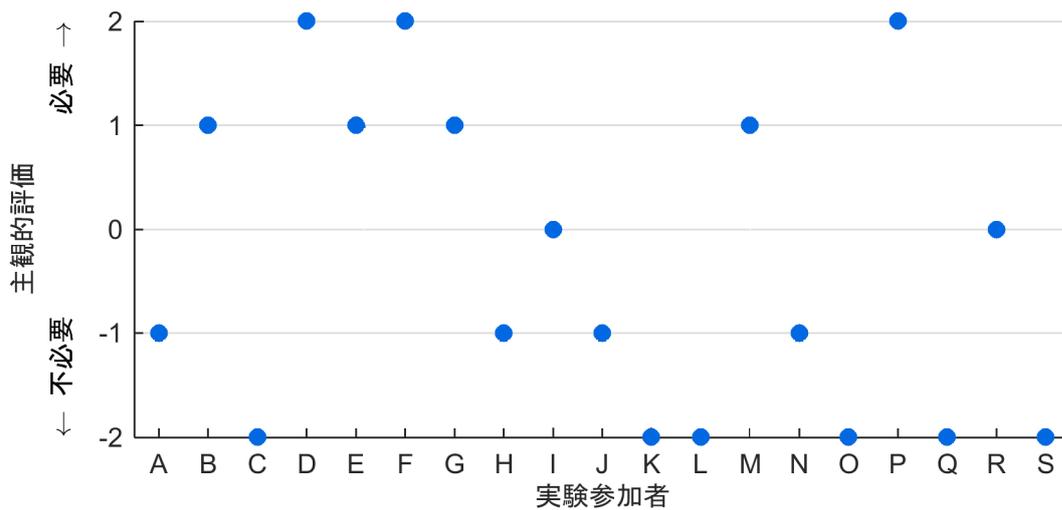


図 4-2-176 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(右折支援 警報 (TTI=2.0[s]))

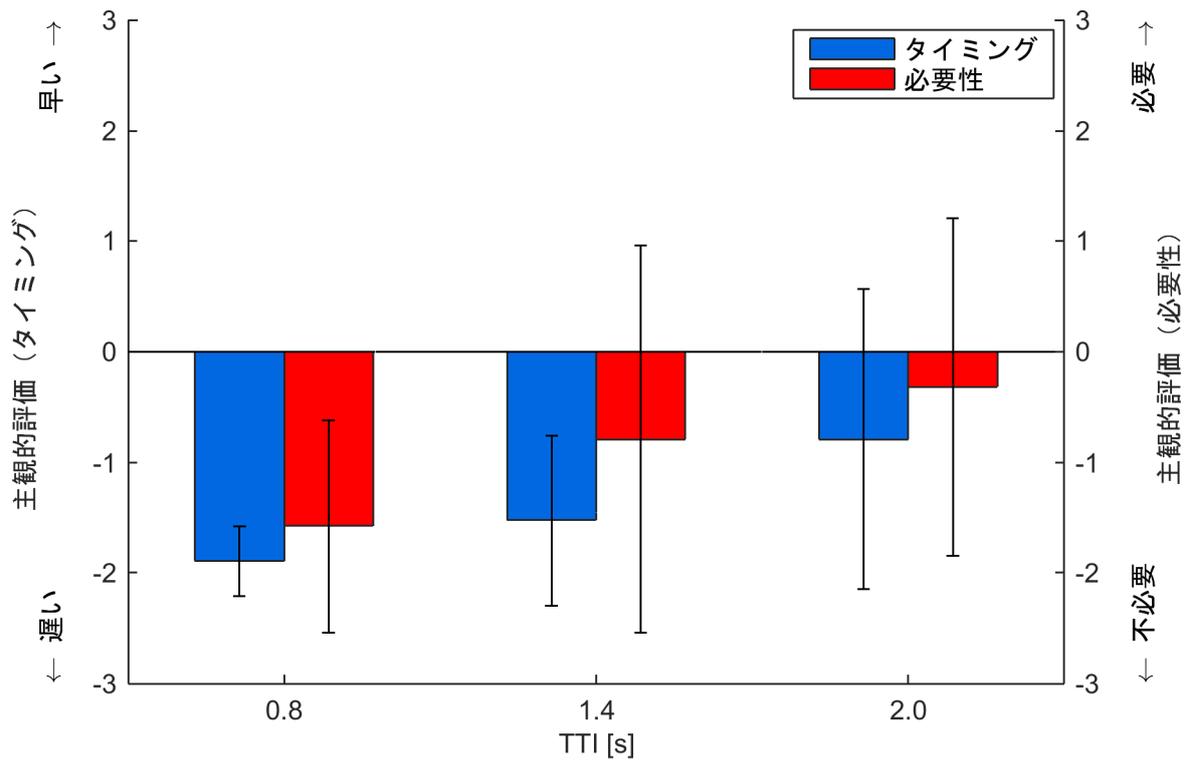


図 4-2-177 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価 (右折支援における警報)

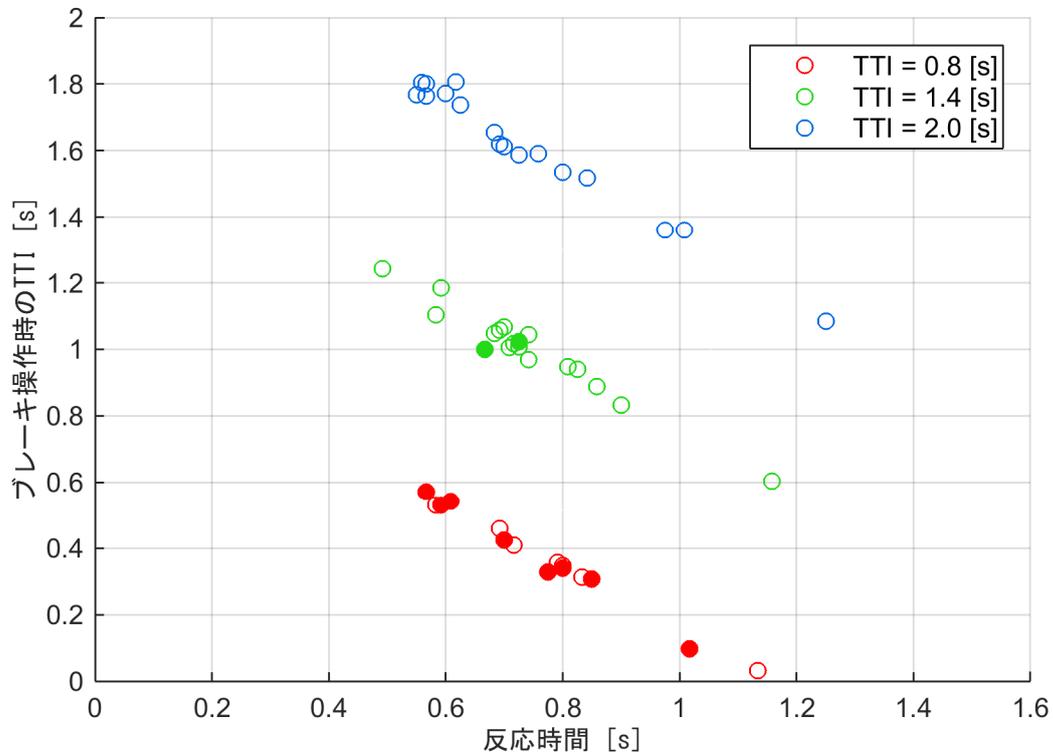


図 4-2-178 警報提示後のドライバーの反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係 (右折支援における警報)

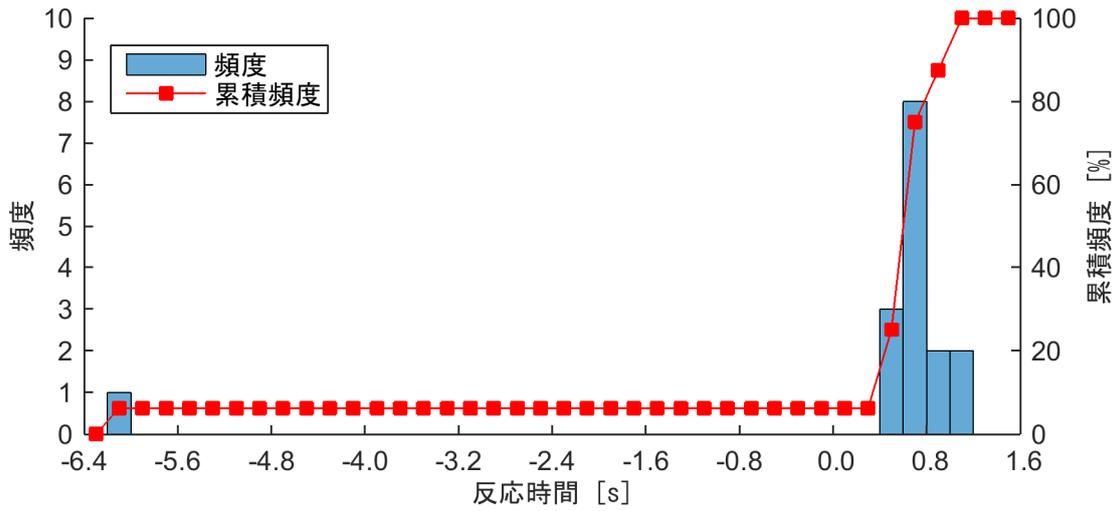


図 4-2-179 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

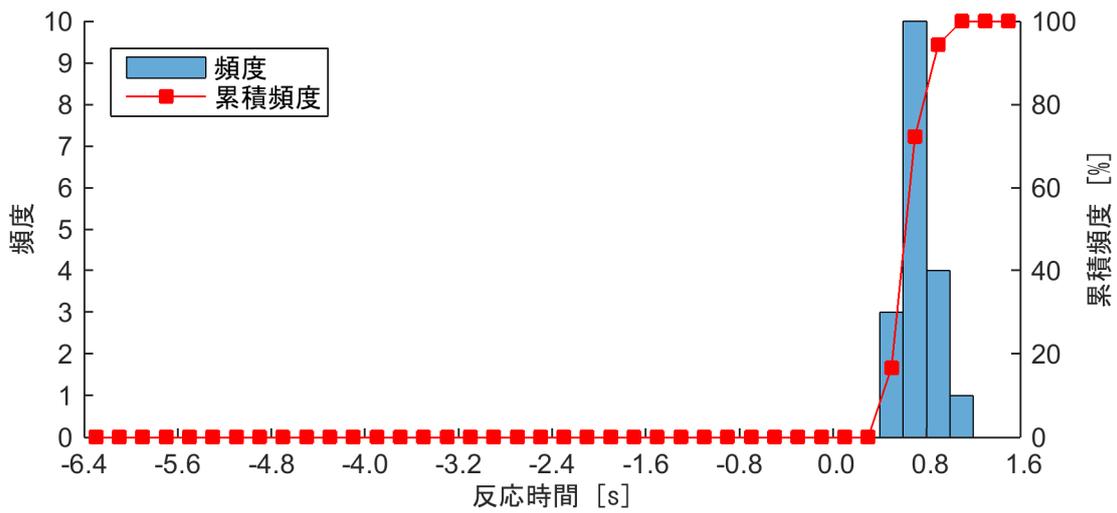


図 4-2-180 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(右折支援 警報 (TTI=1.4[s]))

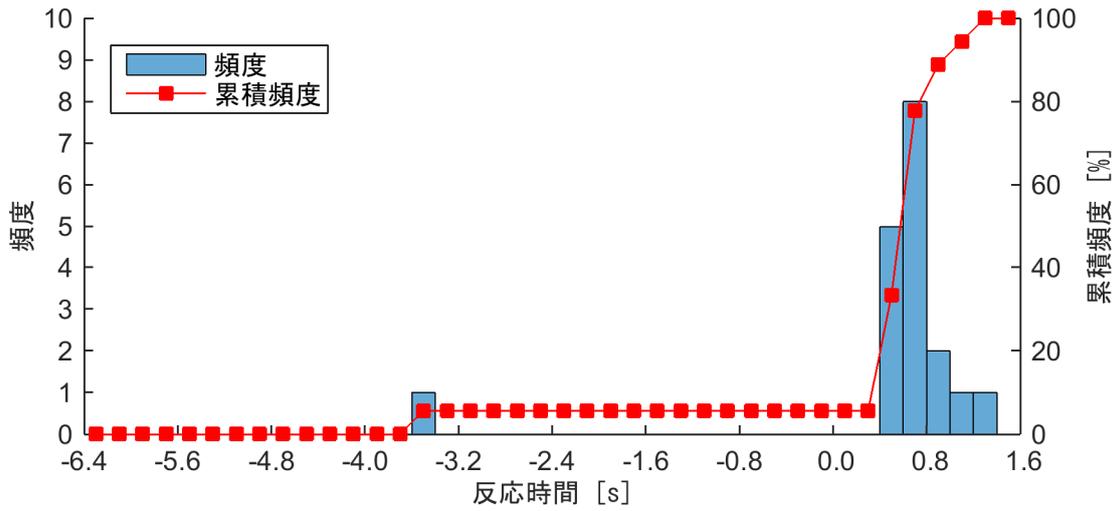


図 4-2-181 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=2.0[s]))

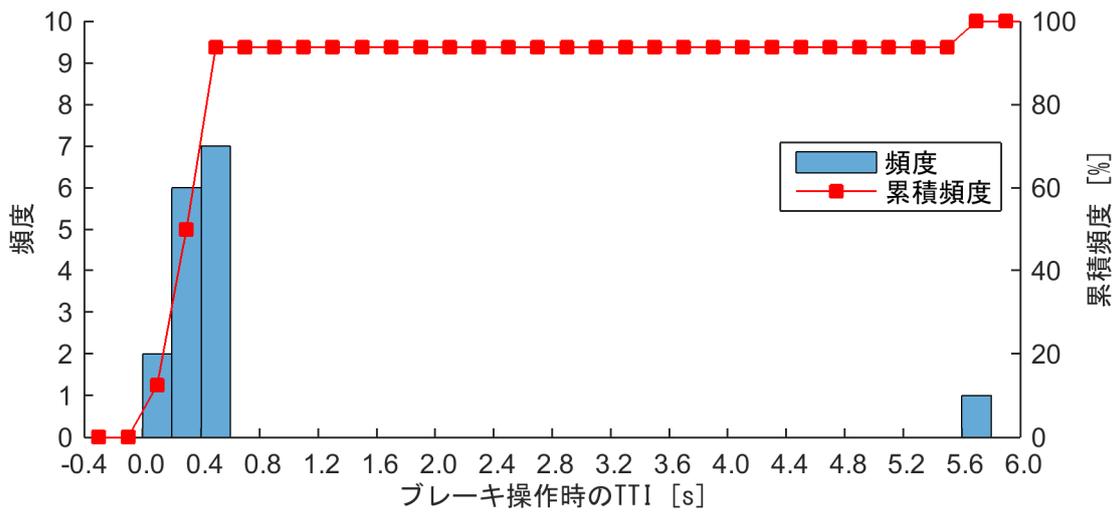


図 4-2-182 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

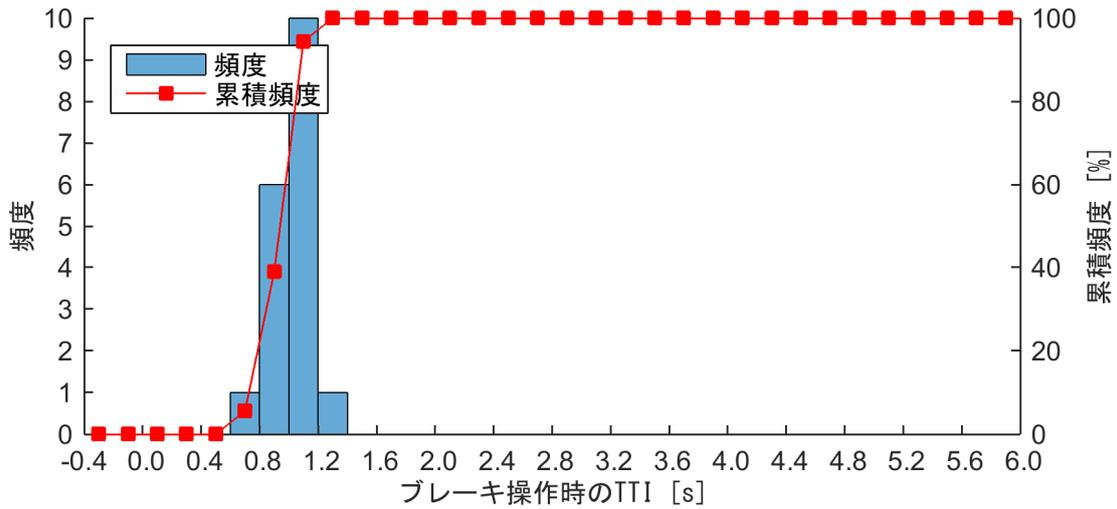


図 4-2-183 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=1.4[s]))

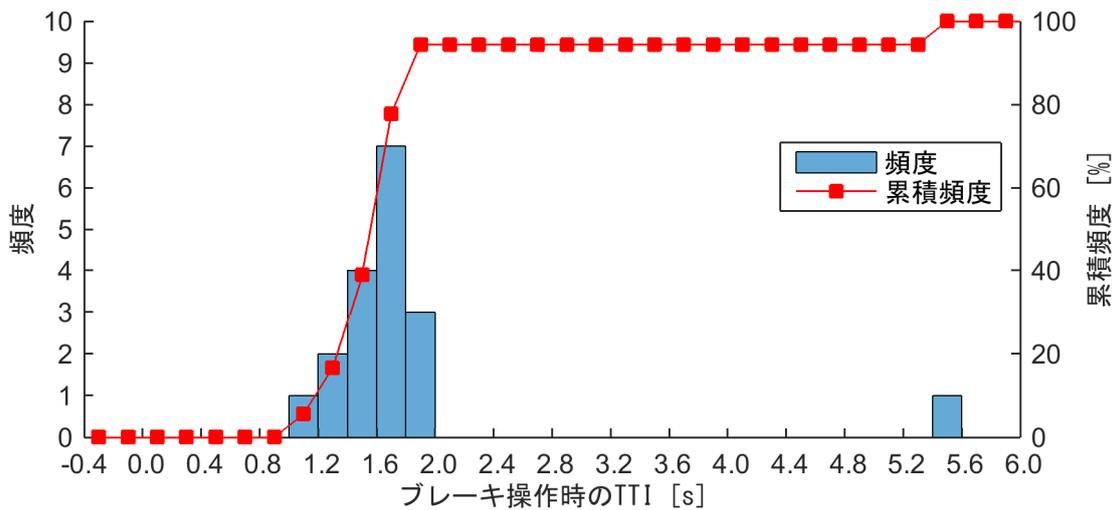


図 4-2-184 ブレーキ操作時の TTI のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(右折支援 警報 (TTI=2.0[s]))

左折支援

図 4-2-185 から図 4-2-187 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-188 から図 4-2-190 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-191 に示す。また、情報提供のタイミングに関する客観的評価としてブレーキ反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係を図 4-2-192、被験者別にみたブレーキ反応時間ヒストグラムを図 4-2-193 から図 4-2-195、ブレーキ操作時の TTI ヒストグラムを図 4-2-196 から図 4-2-198 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。設定した情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) において、0.8[s]、1.4[s]、2.0[s]である。

図 4-2-191 より、支援システムの作動タイミングは、支援の作動の TTI が大きくなるほど、評価が遅いから適切と評価している実験参加者が多くなっている。また、必要性に関する評価では、支援の作動の TTI が大きくなるほど、評価がどちらでもないから必要と評価する割合が増加していることを示している。

図 4-2-192 は、反応時間は警報後にブレーキ操作を行った場合はプラスとなり、警報前にブレーキ操作を行った場合はマイナスとなっている。また、図中のプロットにおいて、塗りつぶしているプロットは情報対象車両との衝突を表しており、塗りつぶしていないプロットは情報対象車両との衝突がなかったものを示している。図 4-2-192 において、プロットの塗りつぶしの有無による衝突の割合を確認すると、TTC=0.8[s]および TTC=1.4[s]においては、後続車両と衝突してしまうケースが多く見られたが、TTC=2.0[s]においては衝突の事象が減少している結果が得られた。

以上の結果より、左折支援における警報の作動タイミングは、本実験にて設定した実験パラメータにおいて、TTI=2.0[s]が適切であると考えられる。

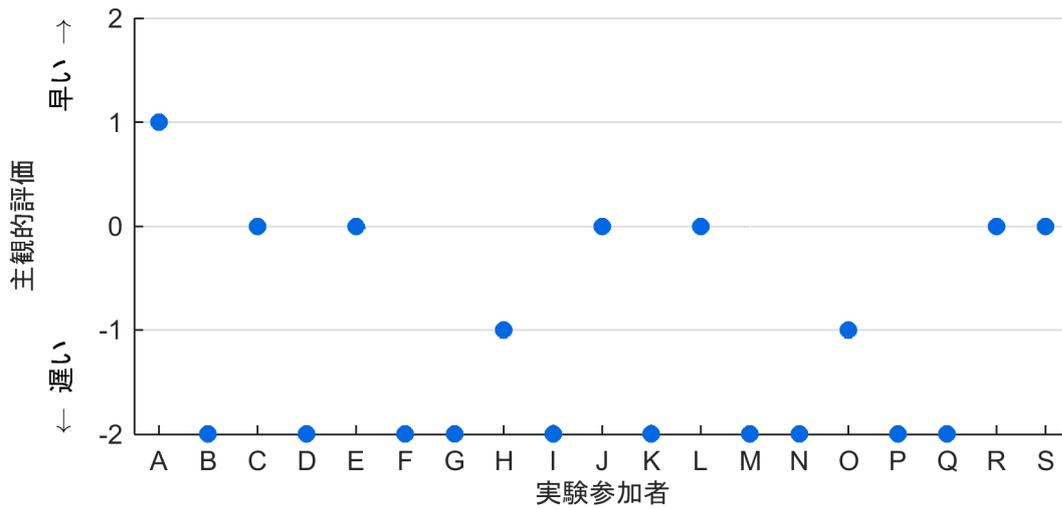


図 4-2-185 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTC=0.8[s]))

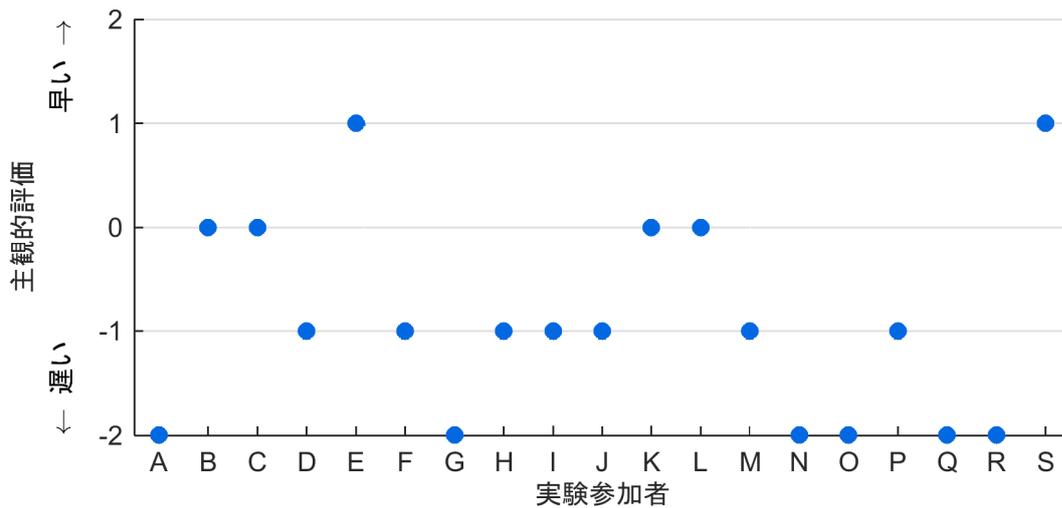


図 4-2-186 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTC=1.4[s]))

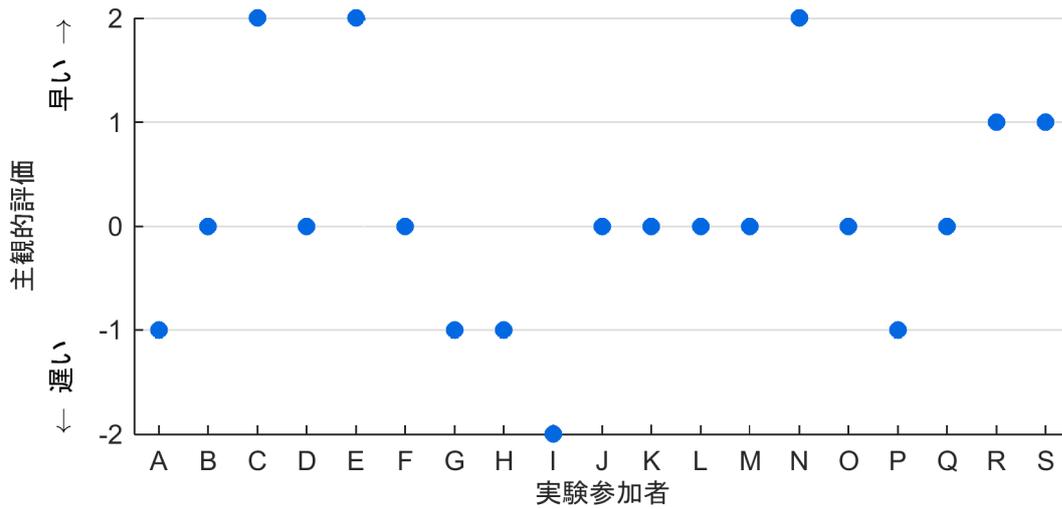


図 4-2-187 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTC=2.0[s]))

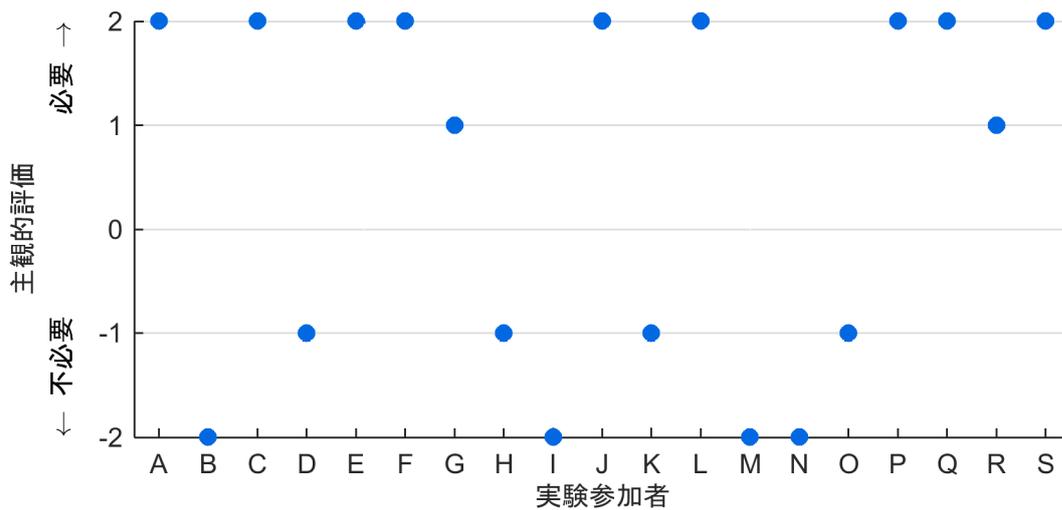


図 4-2-188 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTC=0.8[s]))

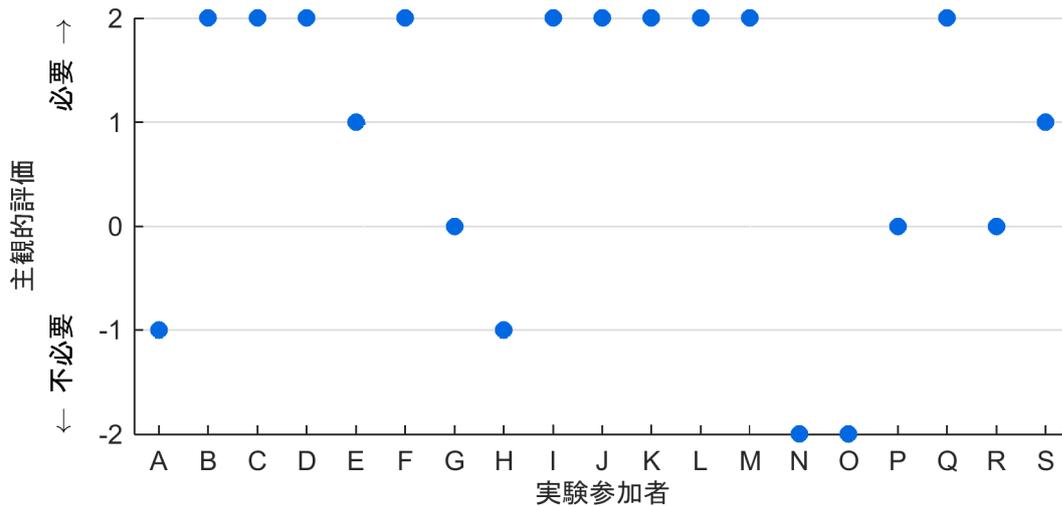


図 4-2-189 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTC=1.4[s]))

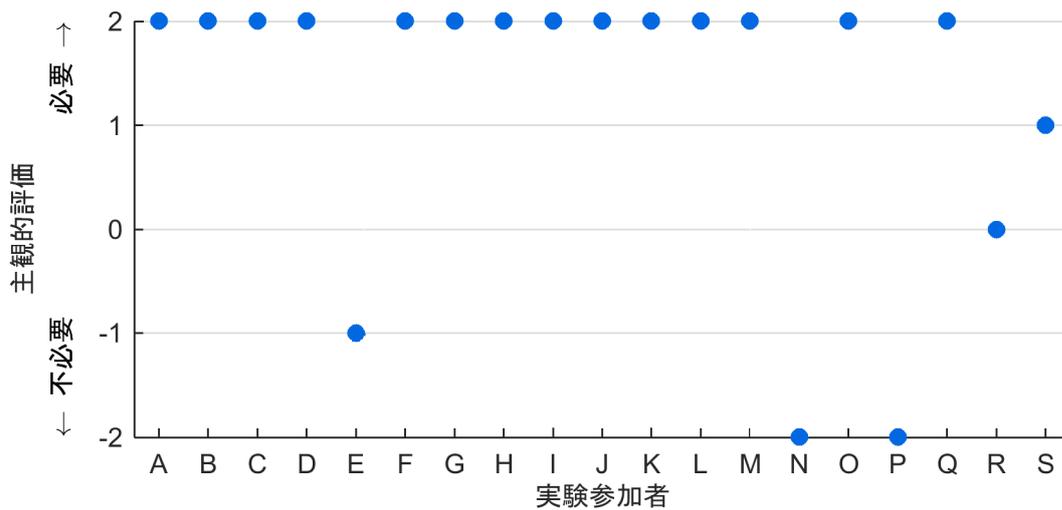


図 4-2-190 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: なし)
(左折支援 警報 (TTCI=2.0[s]))

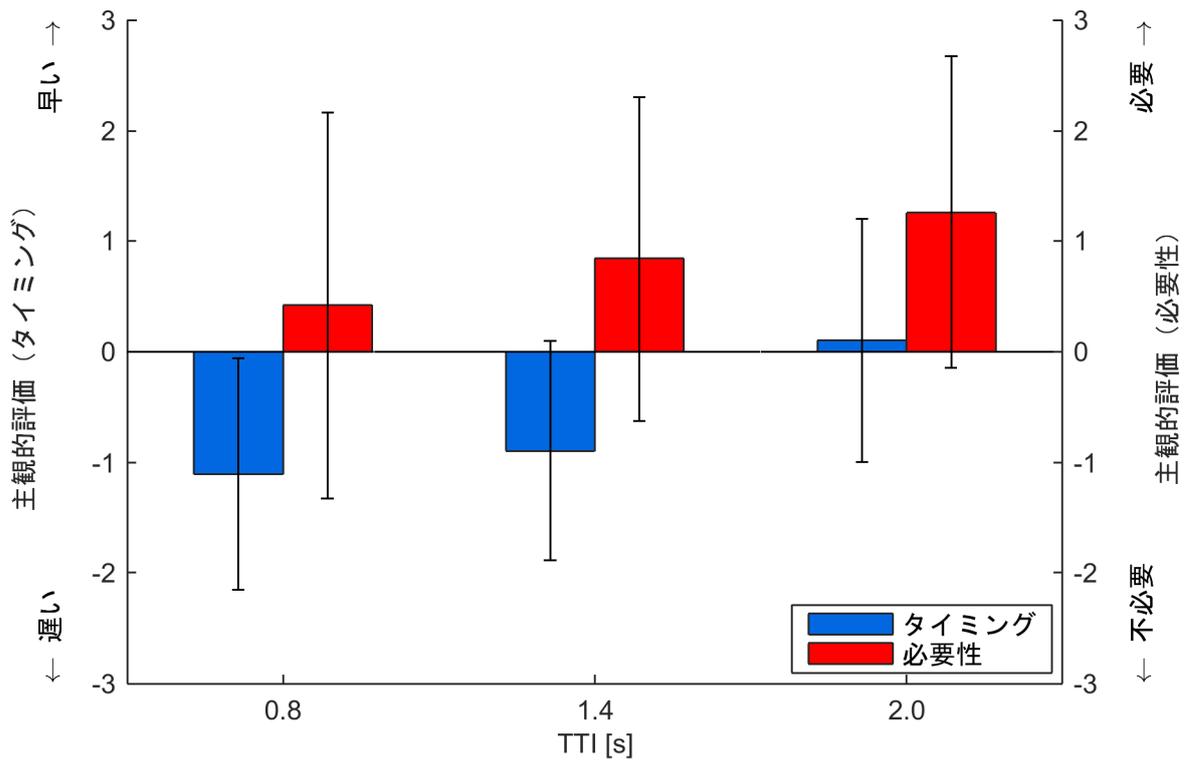


図 4-2-191 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価
(左折支援における警報)

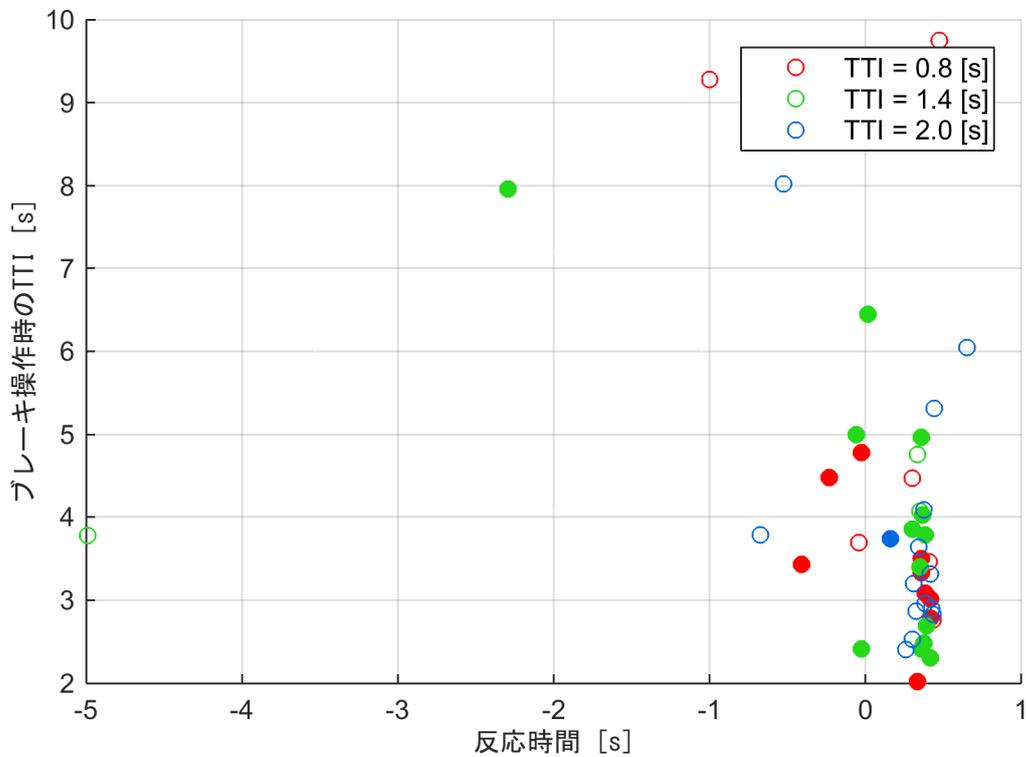


図 4-2-192 警報提示後のドライバーの反応時間とブレーキ操作時の TTI の関係
(左折支援における警報)

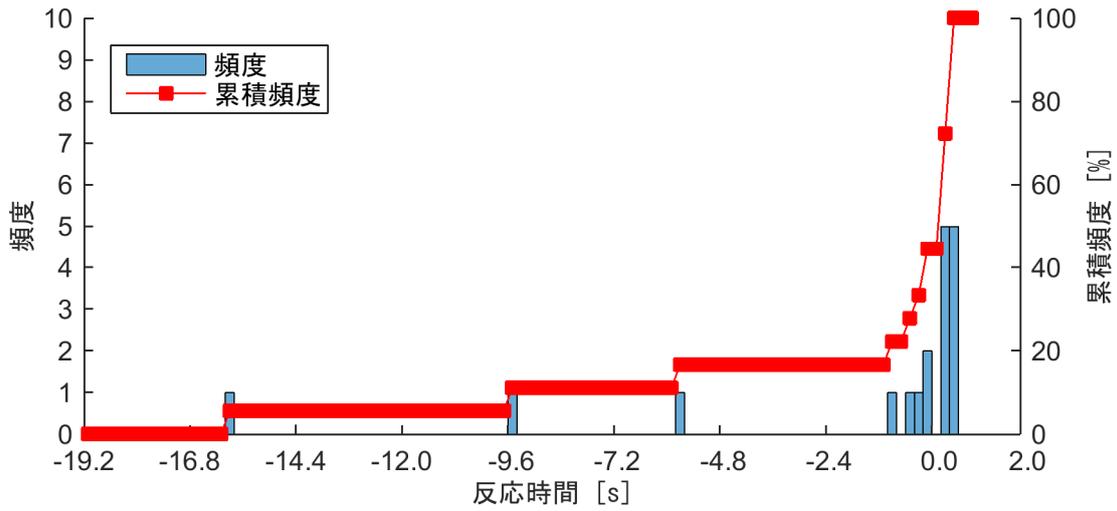


図 4-2-193 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(左折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

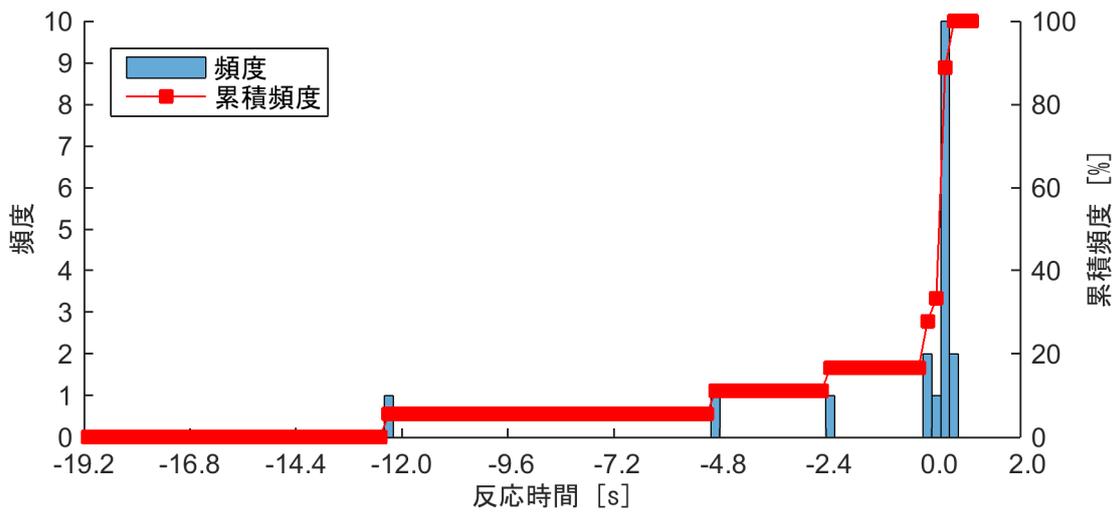


図 4-2-194 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差 : なし)
(左折支援 警報 (TTC=1.4[s]))

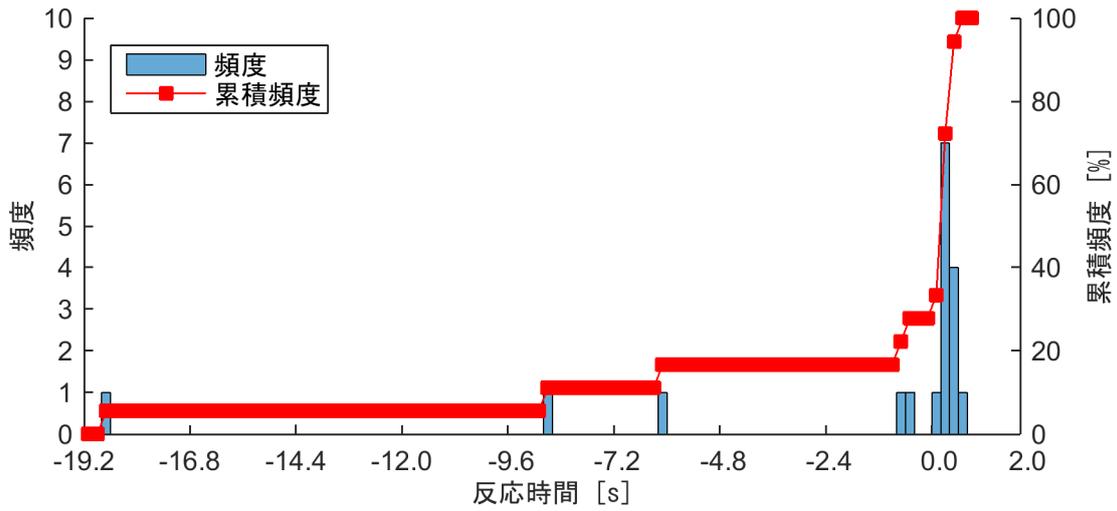


図 4-2-195 反応時間のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 警報 (TTC=2.0[s]))

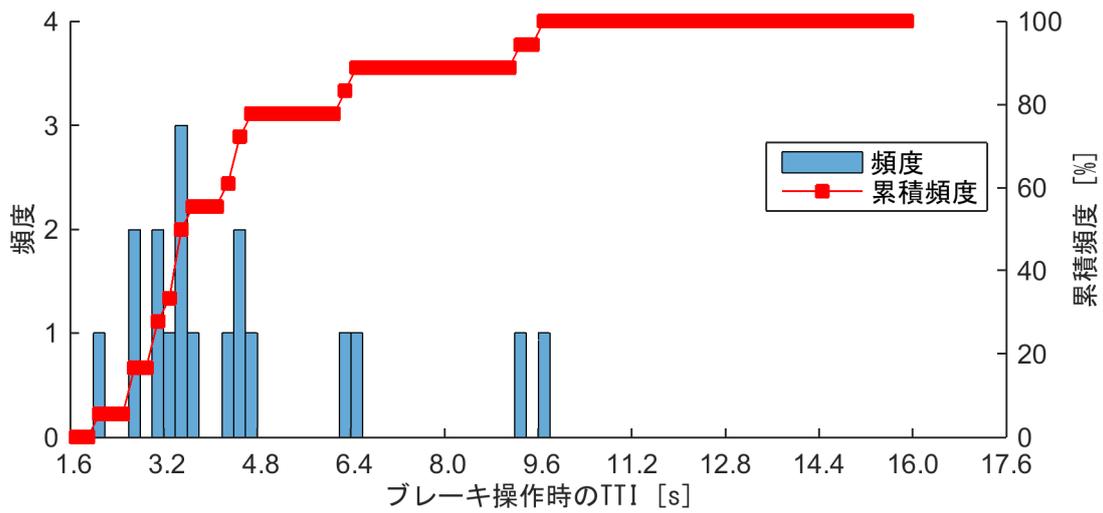


図 4-2-196 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 警報 (TTC=0.8[s]))

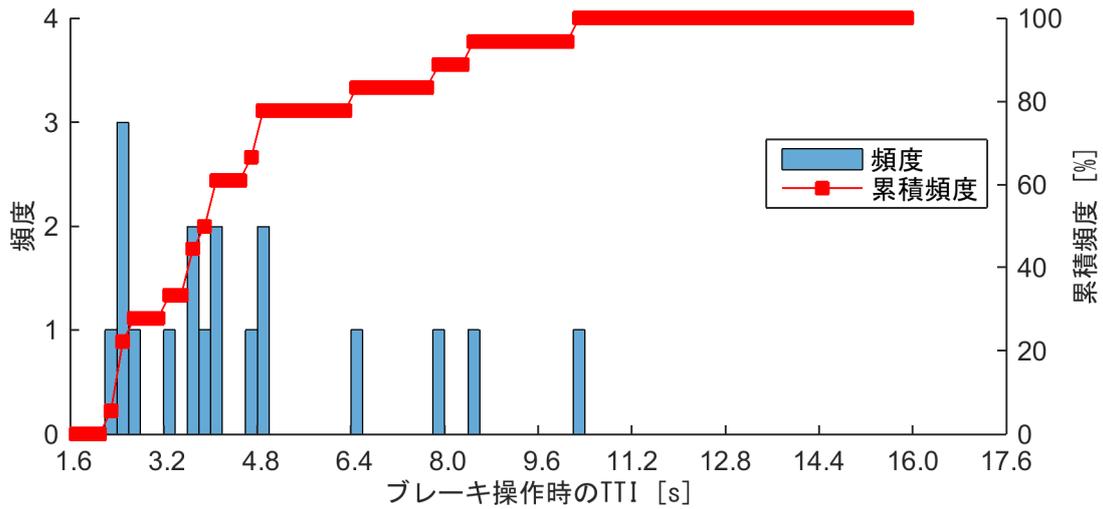


図 4-2-197 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 警報 (TTC= 1.4[s]))

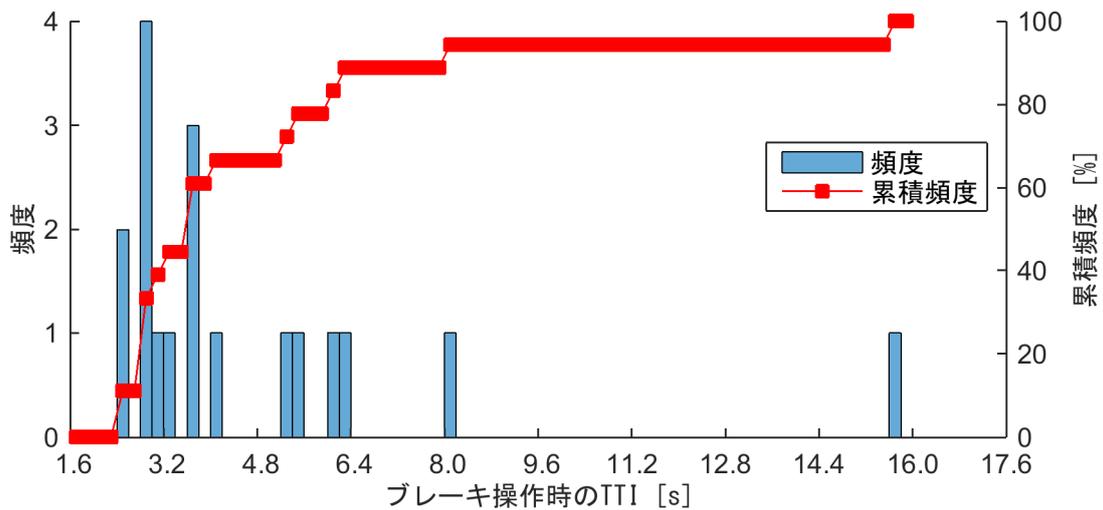


図 4-2-198 ブレーキ操作時の TTC のヒストグラム (位置測位の誤差：なし)
(左折支援 警報 (TTC= 2.0[s]))

4.2.4.2 位置測位の誤差がある場合

(1) 情報提供

減速停止支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-199 から図 4-2-201 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-202 から図 4-2-204 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-205 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=3.3[s]および TTI=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-205 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.7[s]と TTI=3.3[s]には、有意差はみられなかったが、TTI=3.7[s]と TTI=4.1[s]では有意差が確認され、有意水準は作動タイミングに関して 1%、必要性に関して 5%であった。

これより、減速停止支援における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

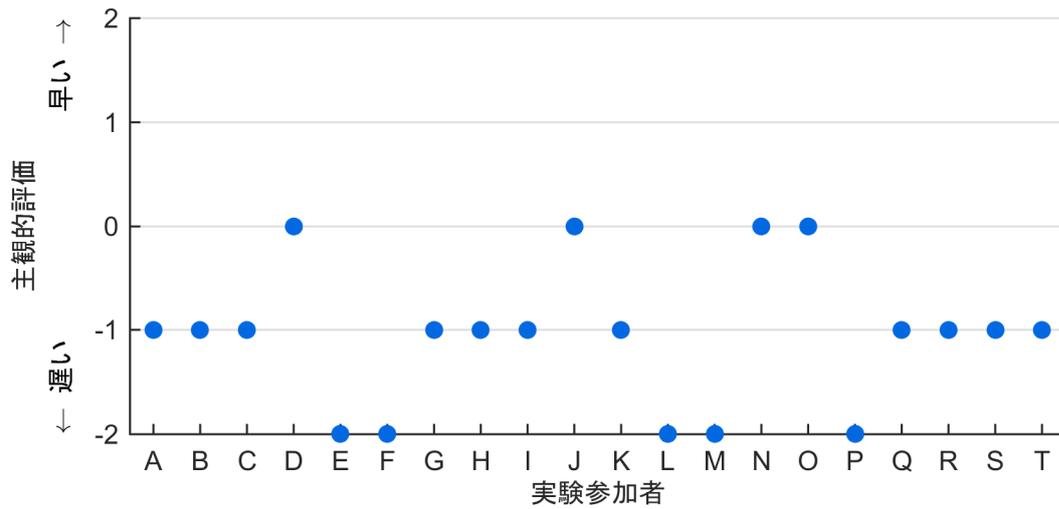


図 4-2-199 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

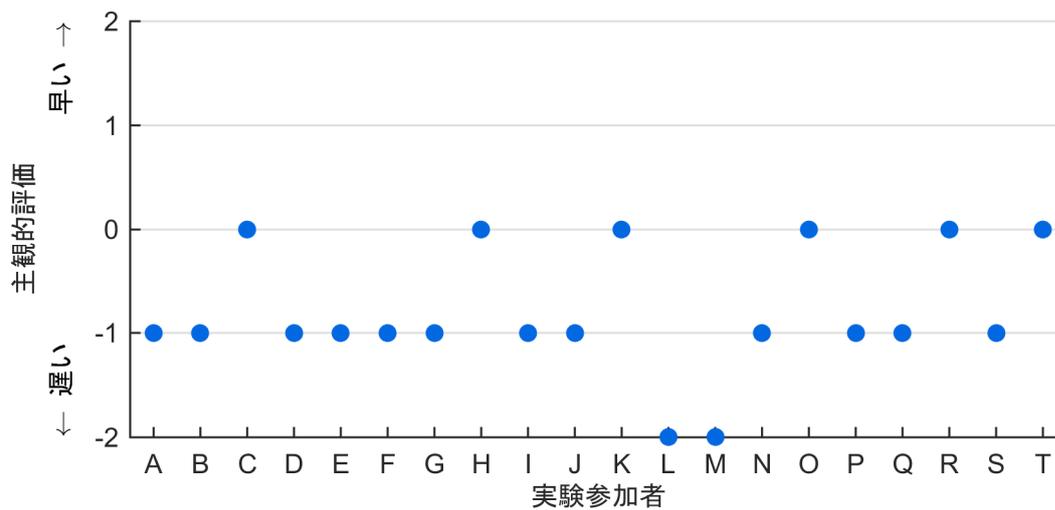


図 4-2-200 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

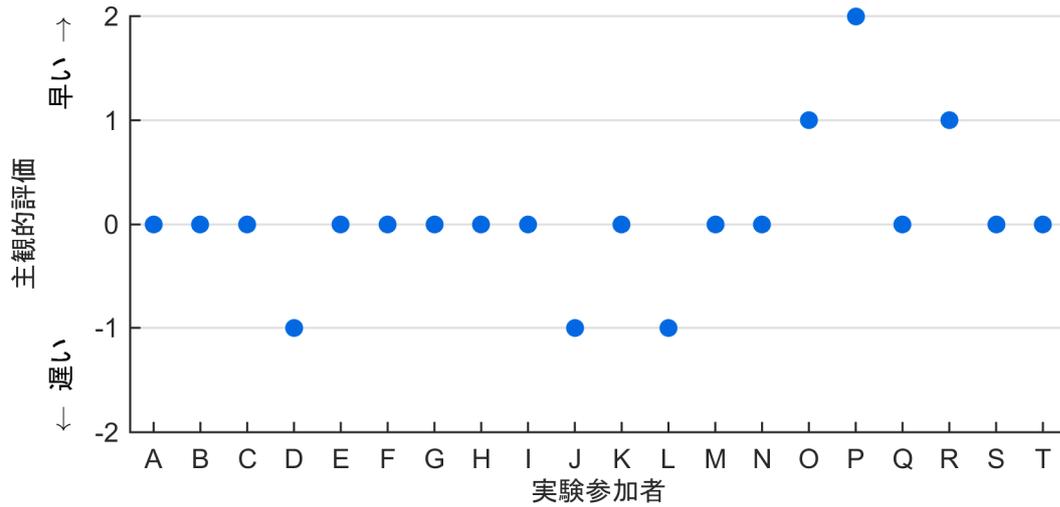


図 4-2-201 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

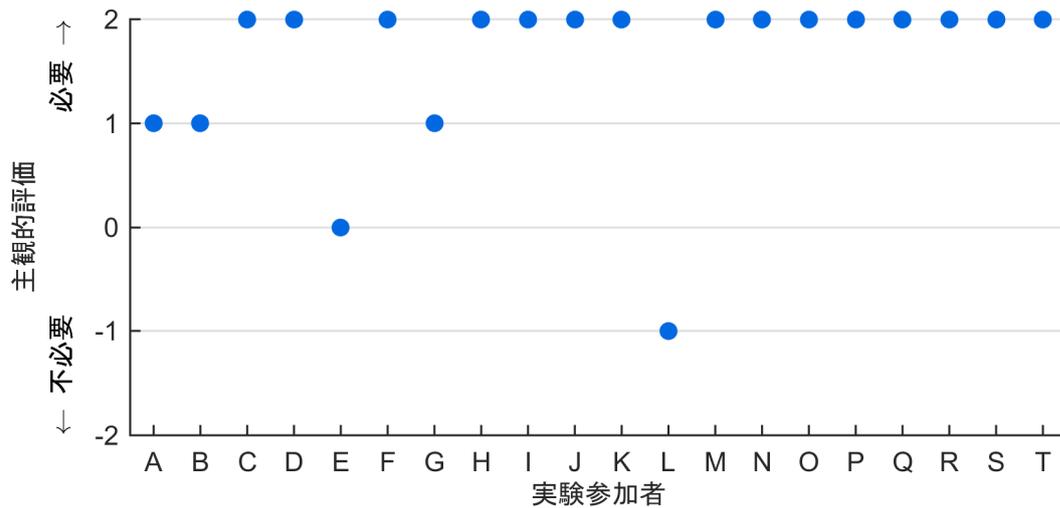


図 4-2-202 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

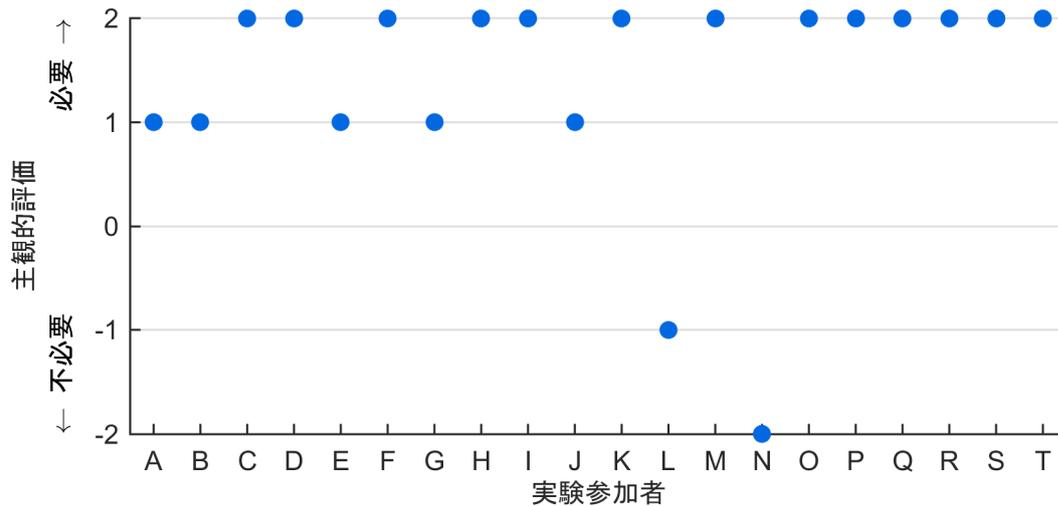


図 4-2-203 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

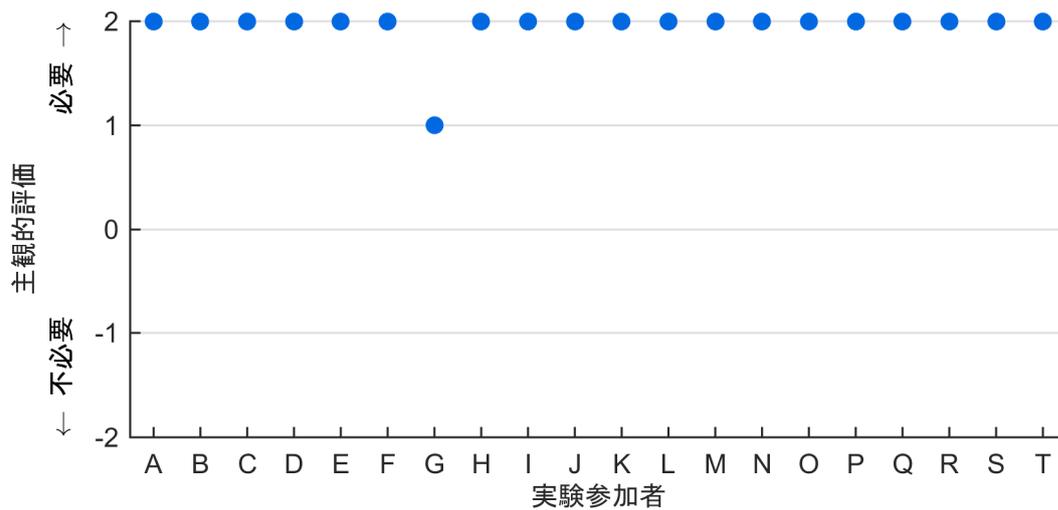


図 4-2-204 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

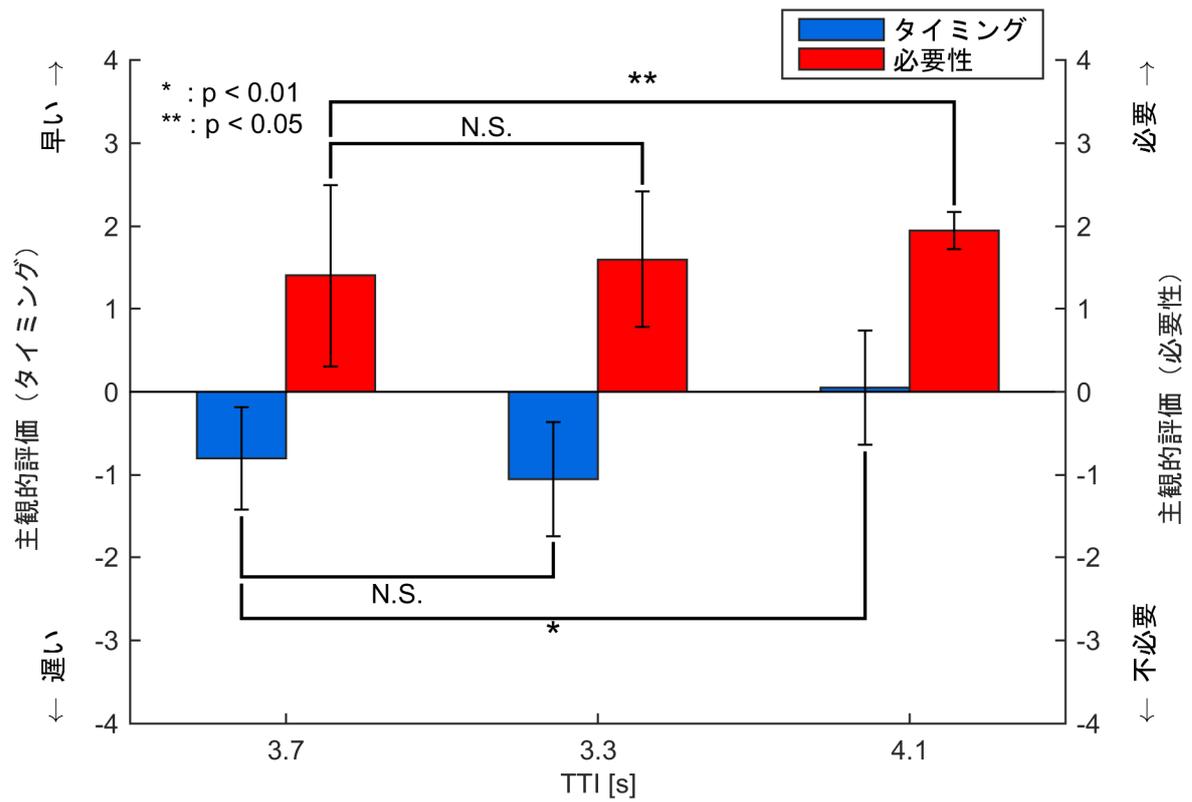


図 4-2-205 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(減速停止支援における情報提供)

発進待機支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-206 から図 4-2-208 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-209 から図 4-2-211 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-212 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=3.3[s]および TTI=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-212 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.7[s]と TTI=3.3[s]には、有意差が確認され、有意水準は 5%であった。

これより、発進待機支援における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。また、TTI=3.7[s]に比べて TTI=3.3[s]は情報提供の作動タイミングが遅くなることから、位置測位の誤差が半径 5.5[m]があると仮定すると安全運転に支障をきたす恐れがある。

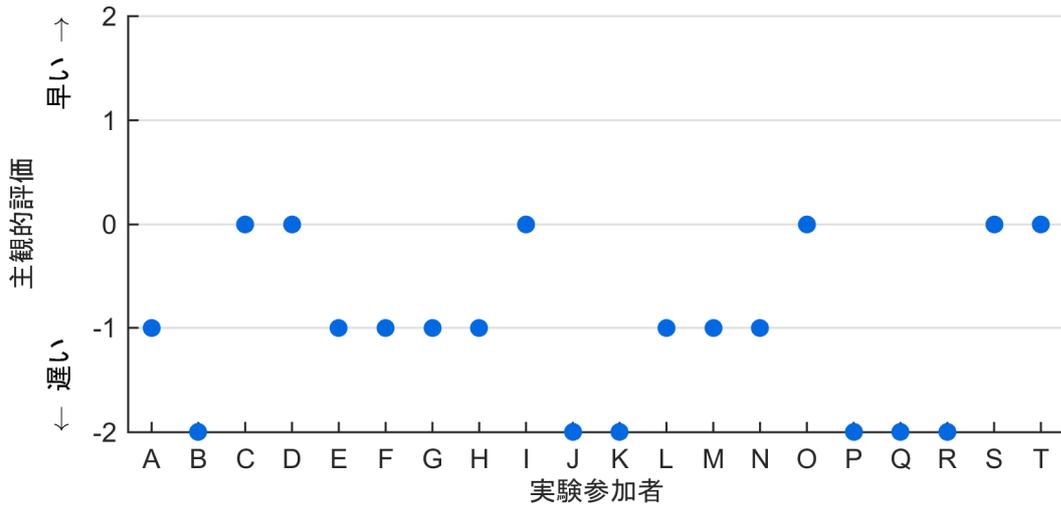


図 4-2-206 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

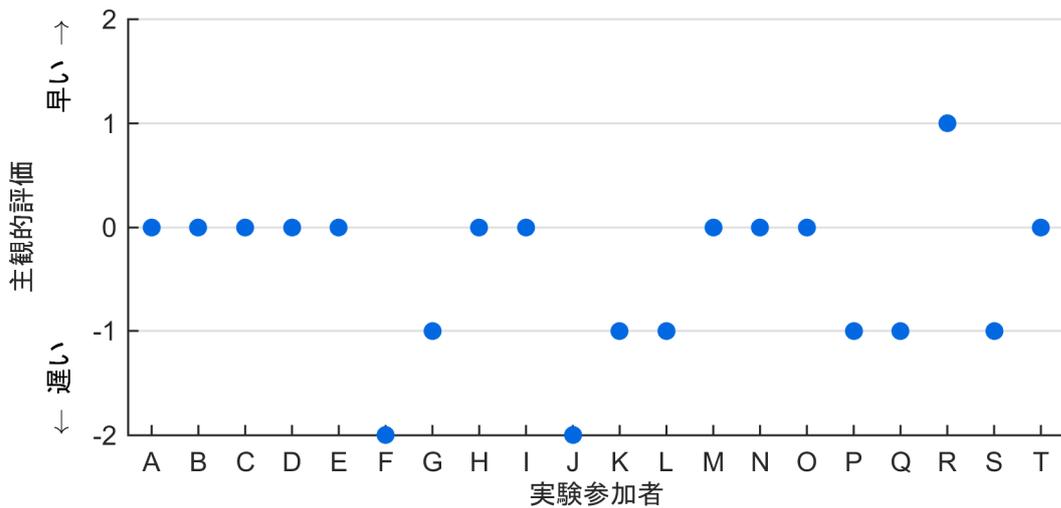


図 4-2-207 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

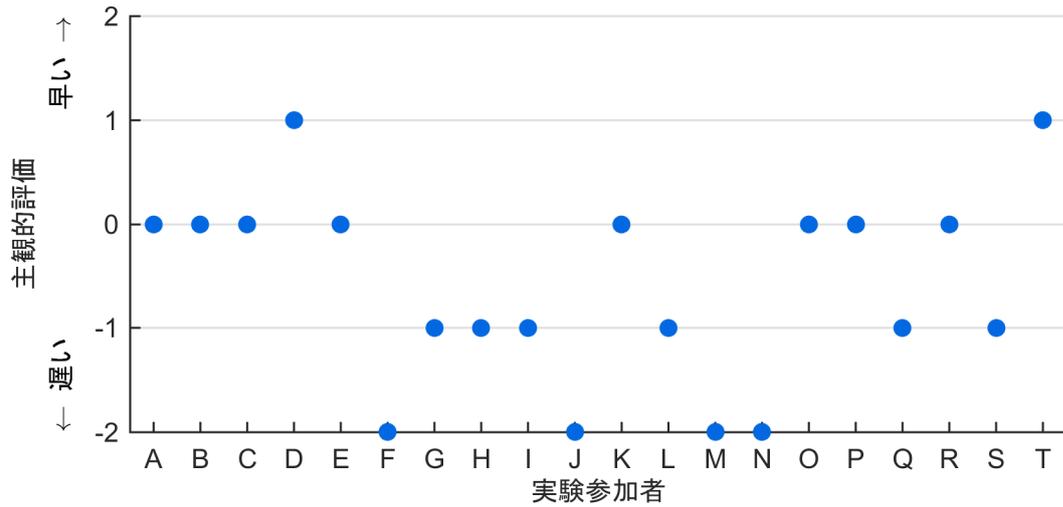


図 4-2-208 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

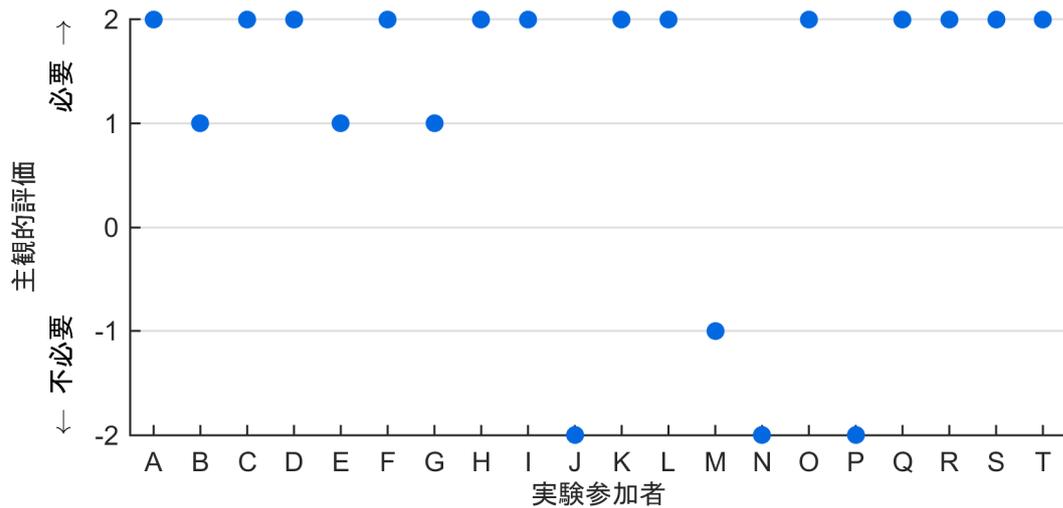


図 4-2-209 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

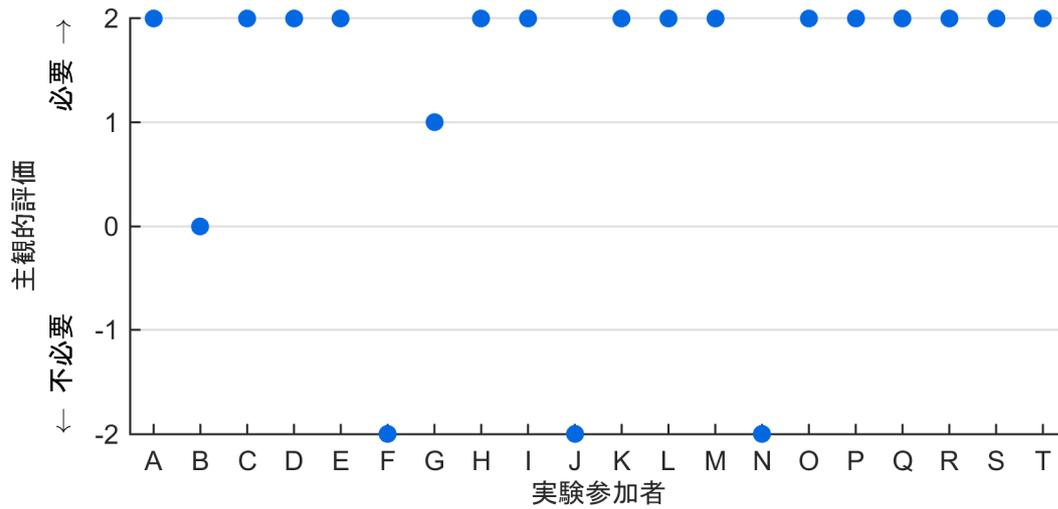


図 4-2-210 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

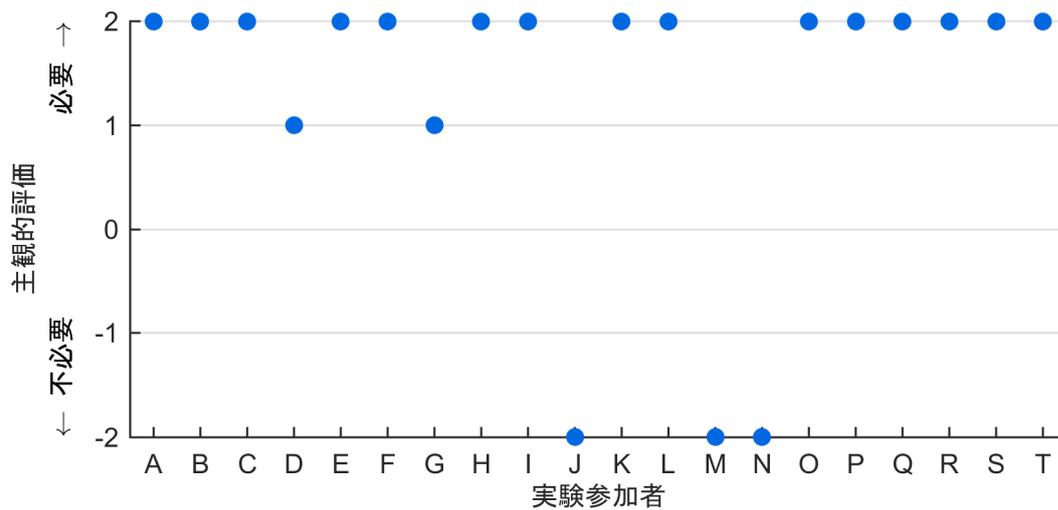


図 4-2-211 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

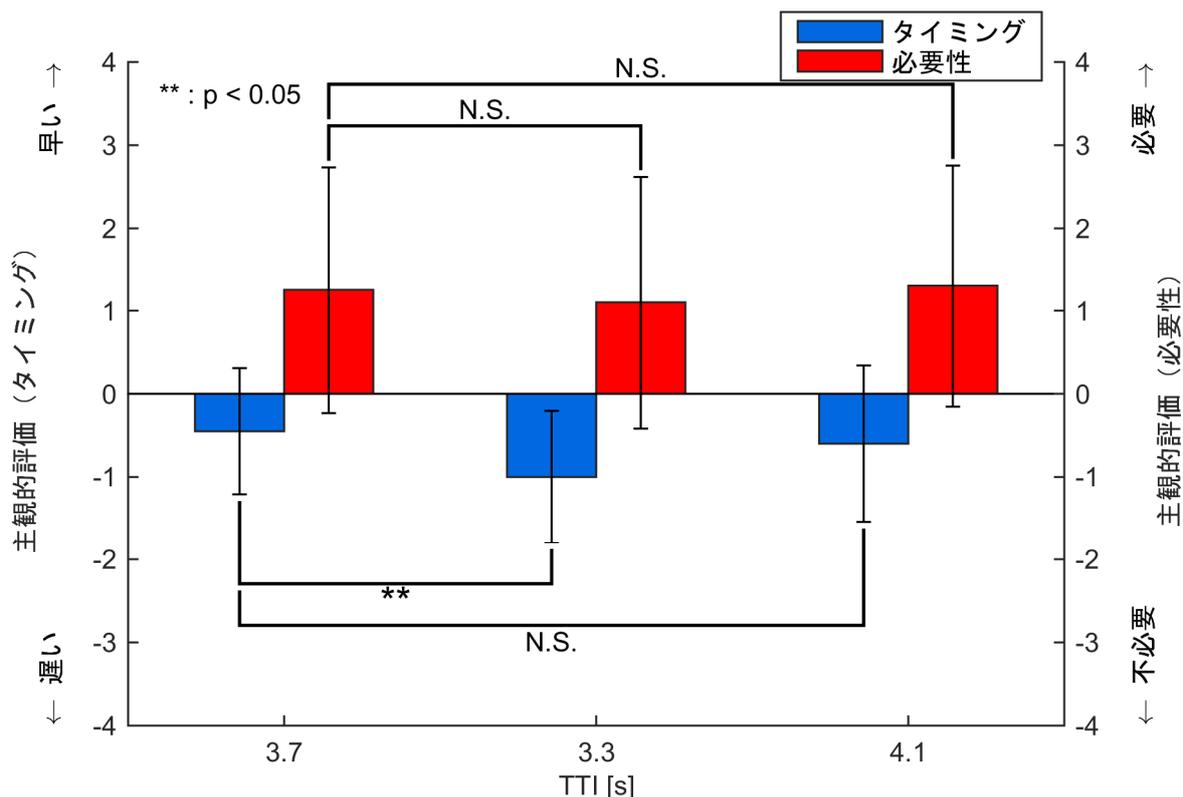


図 4-2-212 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(発進待機支援における情報提供)

右折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-213 から図 4-2-215 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-216 から図 4-2-218 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-219 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=3.3[s]および TTI=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-219 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.7[s]と TTI=3.3[s]には、支援システムの必要性に関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、右折支援における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

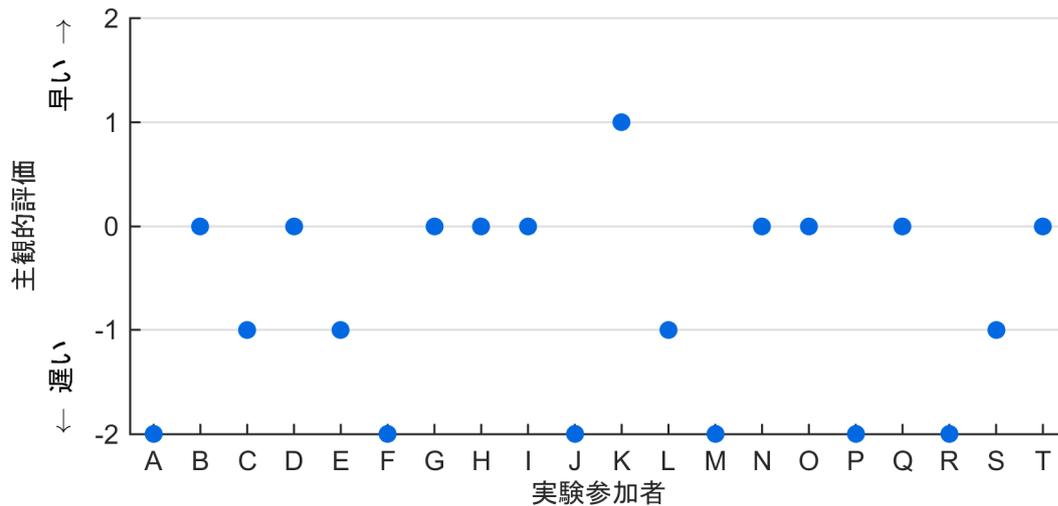


図 4-2-213 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
 (右折支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

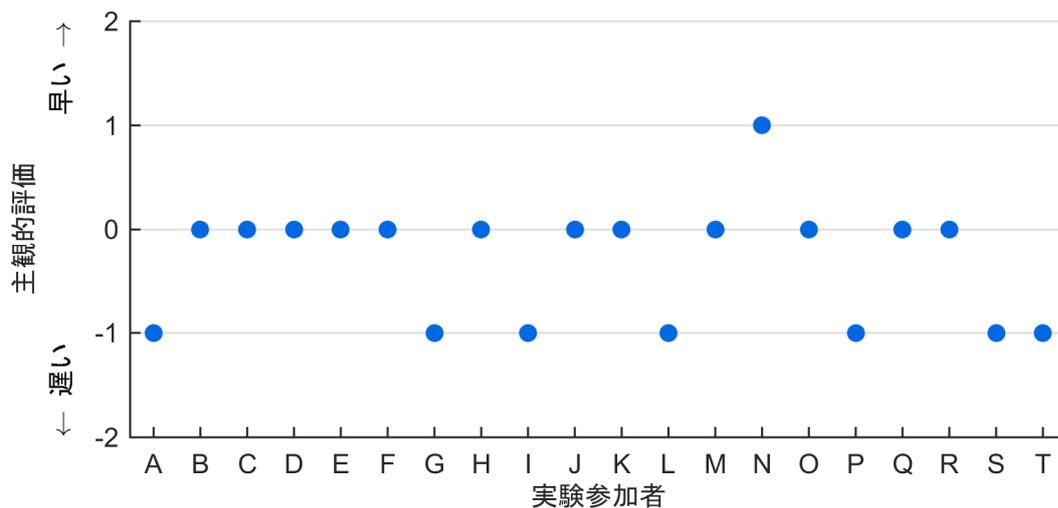


図 4-2-214 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
 (右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

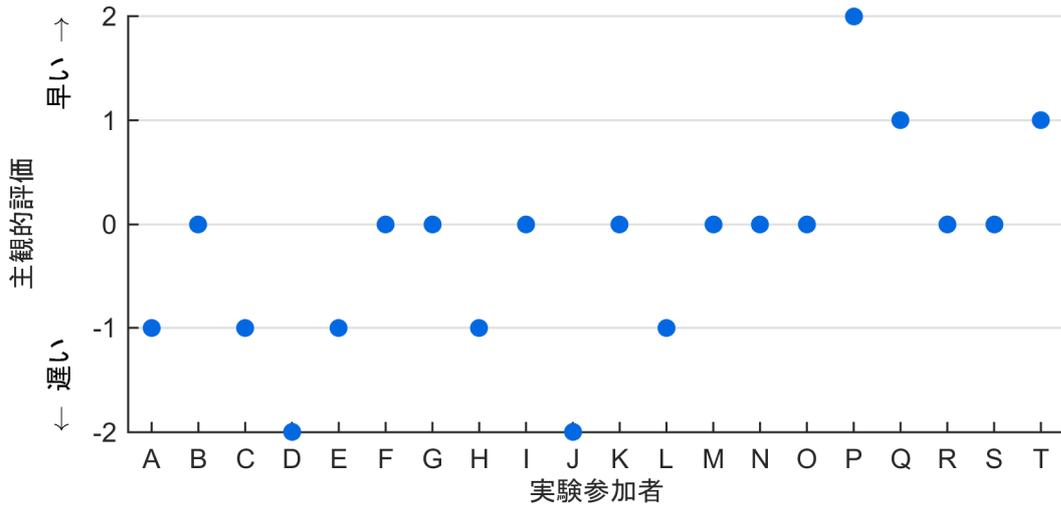


図 4-2-215 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

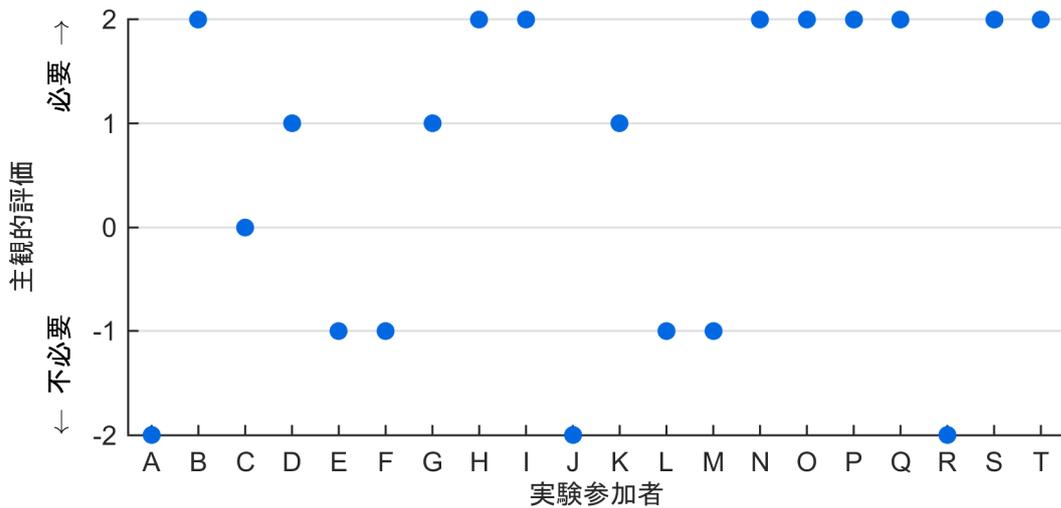


図 4-2-216 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.3[s]))

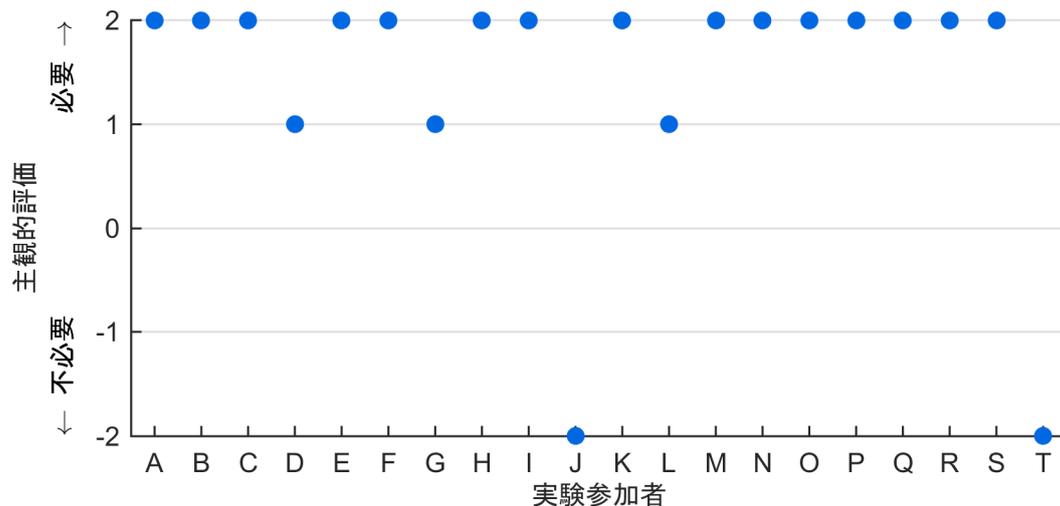


図 4-2-217 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(右折支援 情報提供 (TTI=3.7[s]))

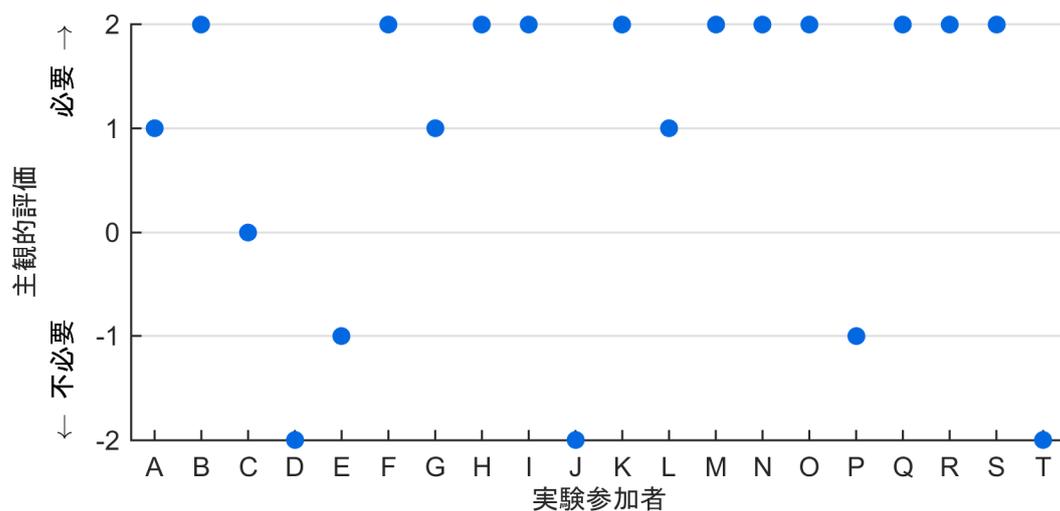


図 4-2-218 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(右折支援 情報提供 (TTI=4.1[s]))

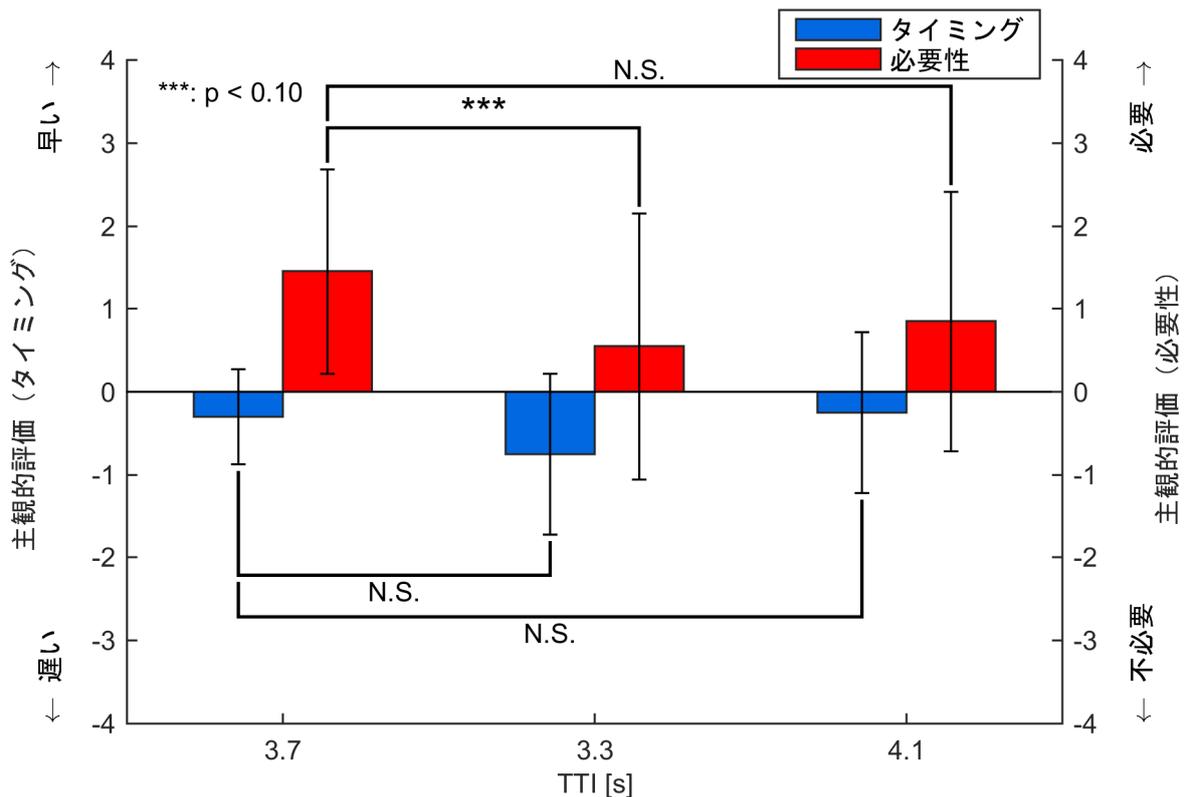


図 4-2-219 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差) (右折支援における情報提供)

左折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-220 から図 4-2-222 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-223 から図 4-2-225 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-226 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。情報提供の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 3.3[s]、3.7[s]、4.1[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.7[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=3.3[s]および TTC=4.1[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-226 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=3.7[s]と TTC=4.1[s]には、支援システムの作動タイミングに関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、左折支援における情報提供の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

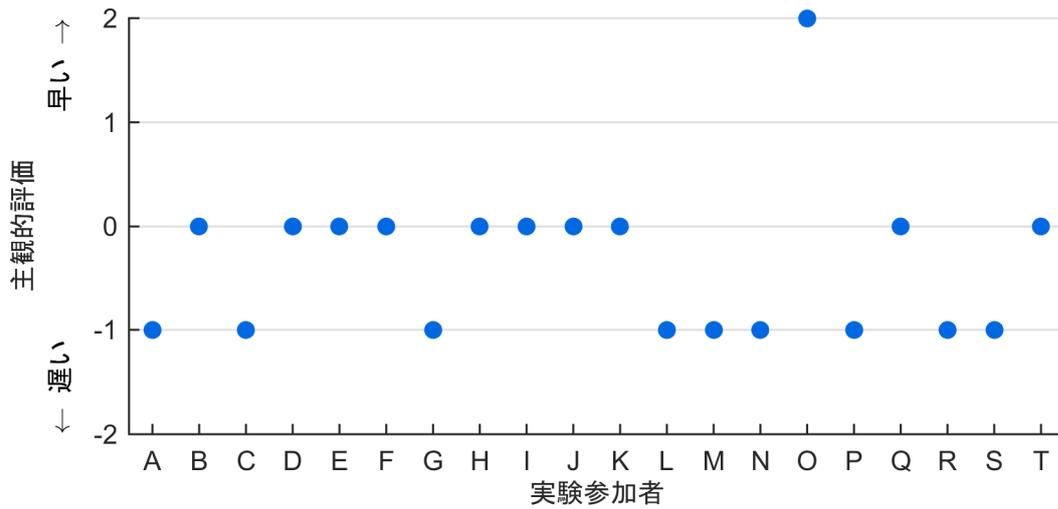


図 4-2-220 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.3[s]))

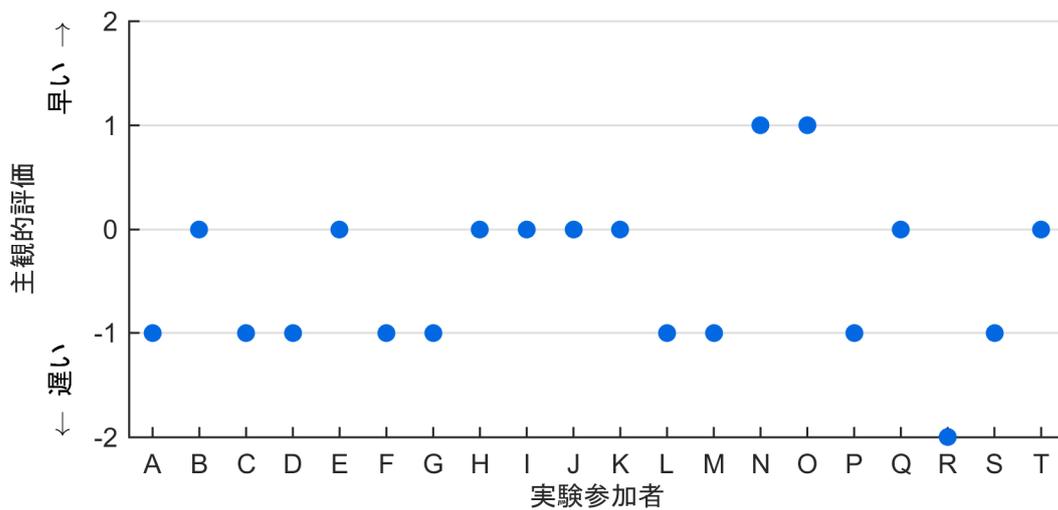


図 4-2-221 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

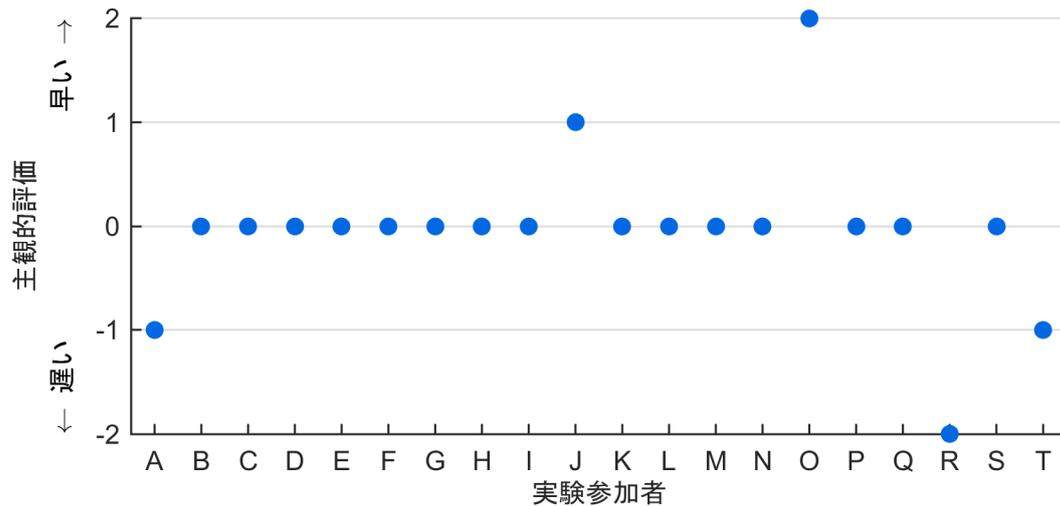


図 4-2-222 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=4.1[s]))

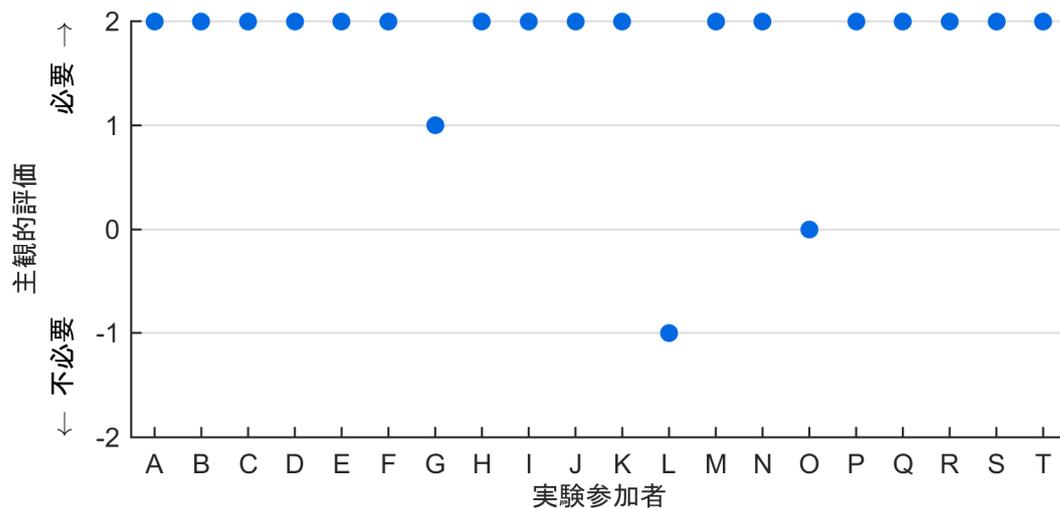


図 4-2-223 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.3[s]))

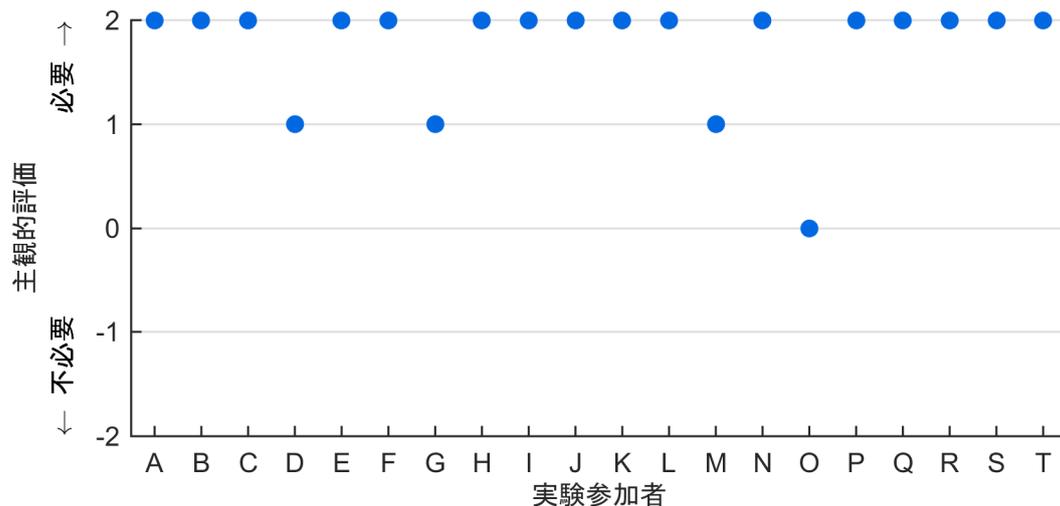


図 4-2-224 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=3.7[s]))

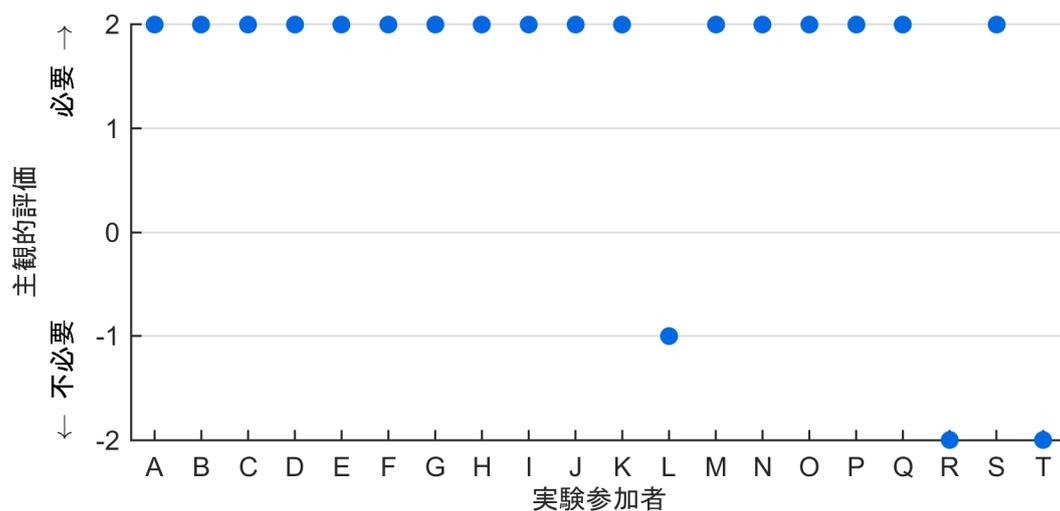


図 4-2-225 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 情報提供 (TTC=4.1[s]))

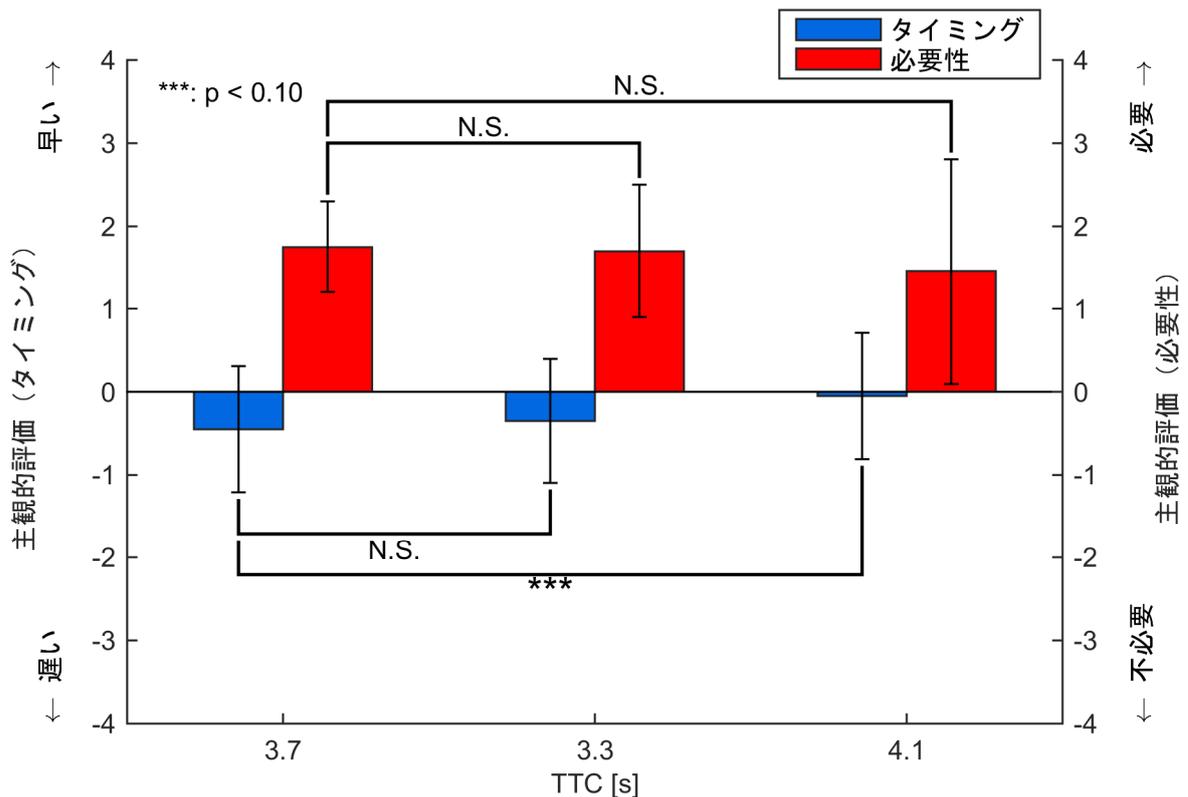


図 4-2-226 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(左折支援における情報提供)

(2) 注意喚起

減速停止支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-227 から図 4-2-229 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-230 から図 4-2-232 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-233 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=2.8[s]および TTI=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-233 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングに関して、TTI=3.2[s]と TTI=2.8[s]には、有意差はみられなかったが、TTI=3.2[s]と TTI=3.6[s]では有意差が確認され、有意水準は 1%であった。なお、支援システムの必要性に関しては、有意差は確認されなかった。

これより、減速停止支援における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

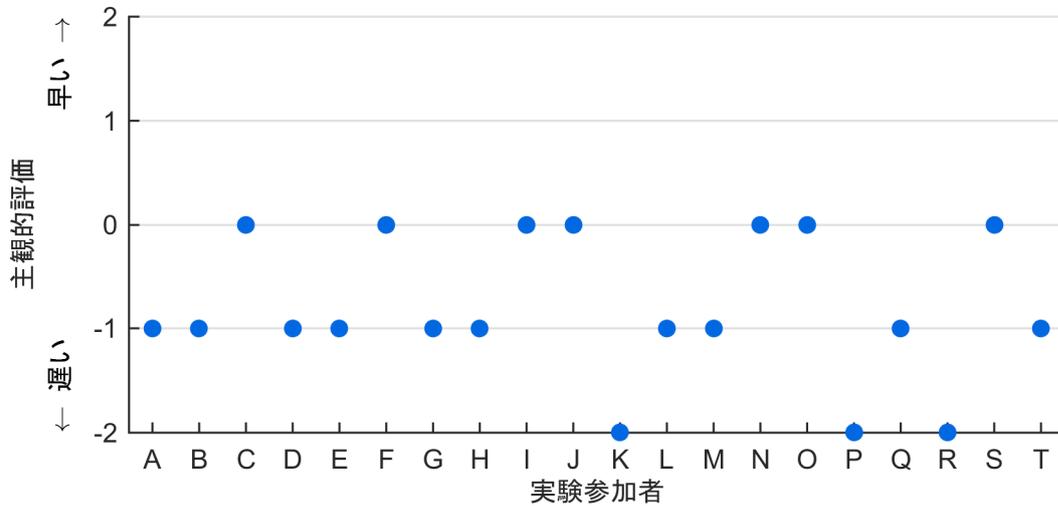


図 4-2-227 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=2.8[s]))

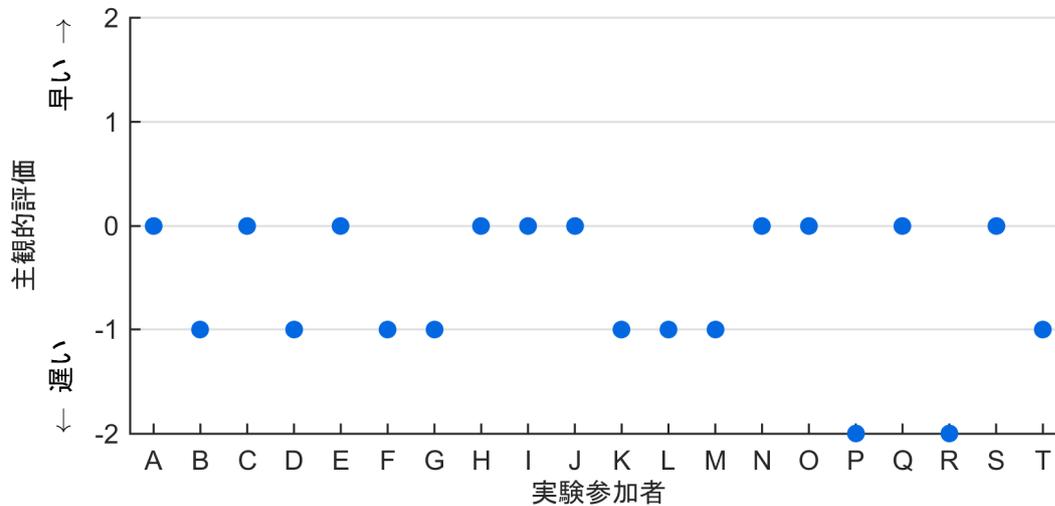


図 4-2-228 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

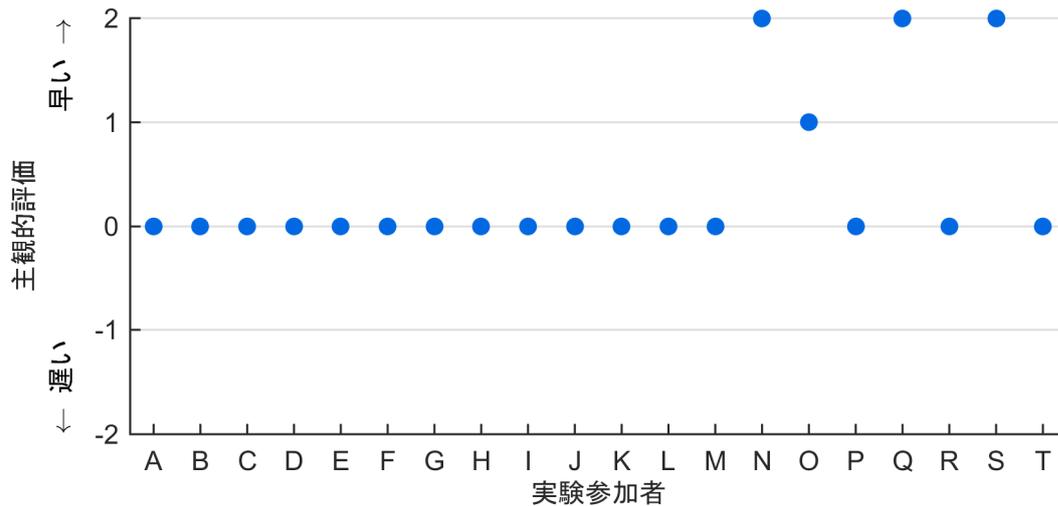


図 4-2-229 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI = 3.6[s]))

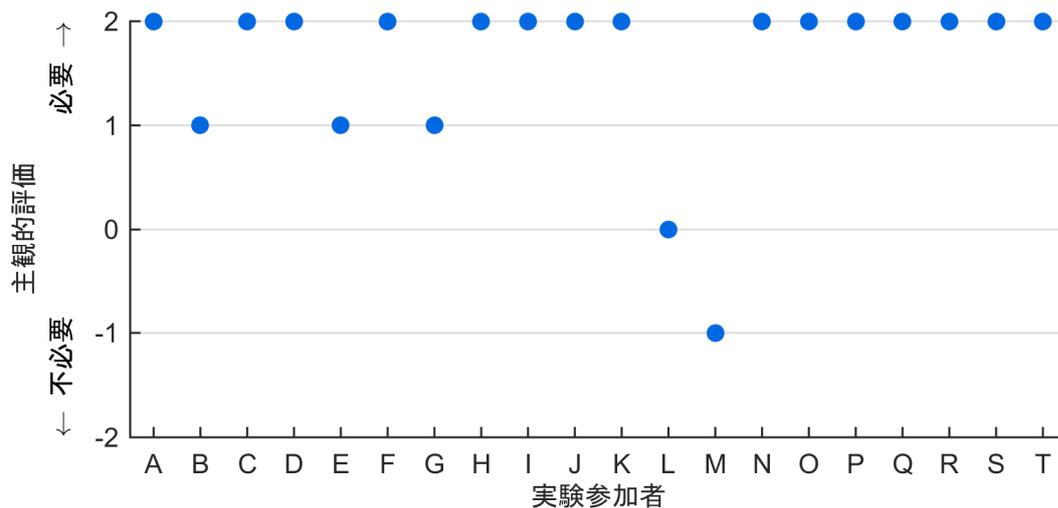


図 4-2-230 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI = 2.8 [s]))

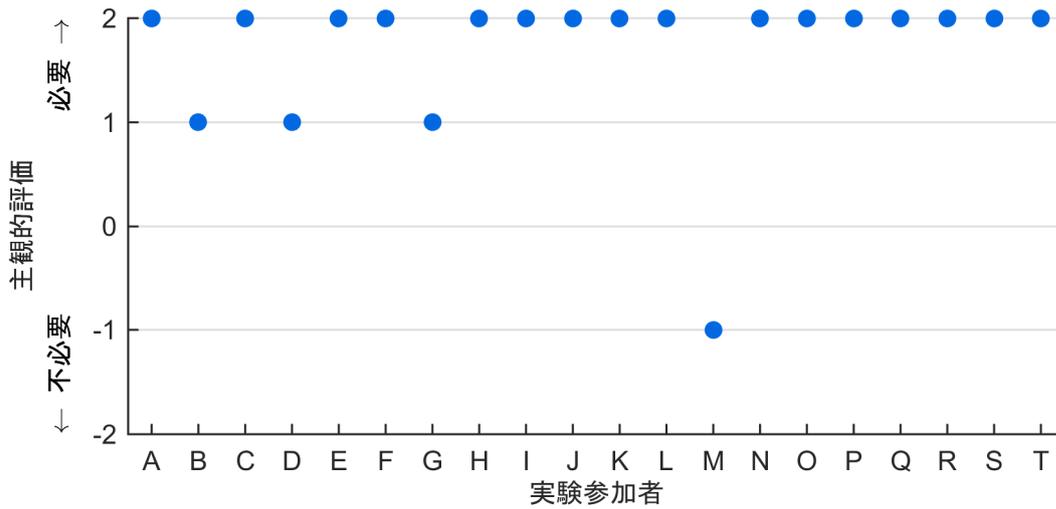


図 4-2-231 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

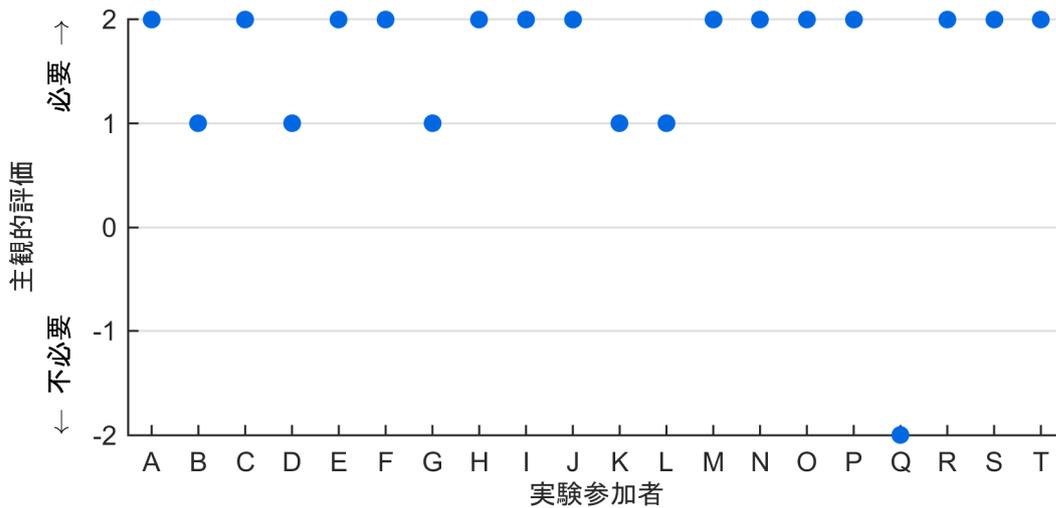


図 4-2-232 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(減速停止支援 注意喚起 (TTI=3.6 [s]))

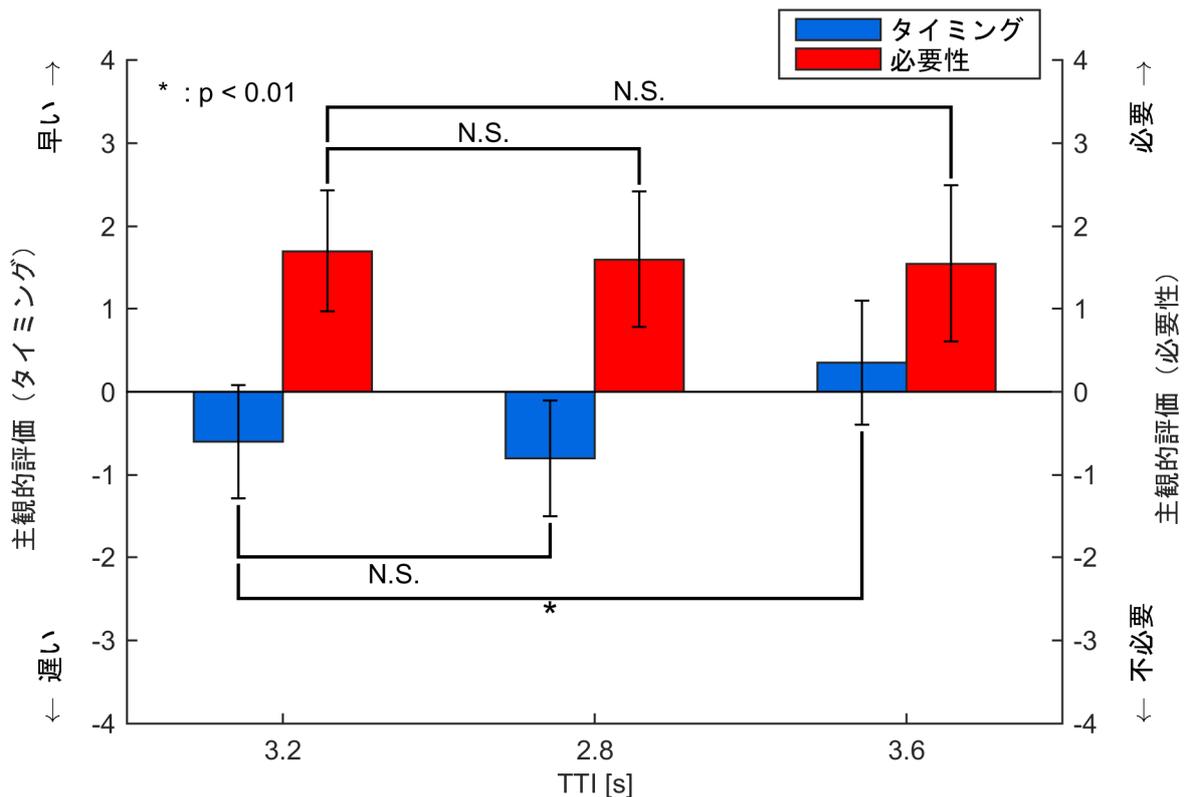


図 4-2-233 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(減速停止支援における注意喚起)

発進待機支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-234 から図 4-2-236 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-237 から図 4-2-239 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-240 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=2.8[s]および TTI=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-240 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTI=3.2[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、発進待機支援における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

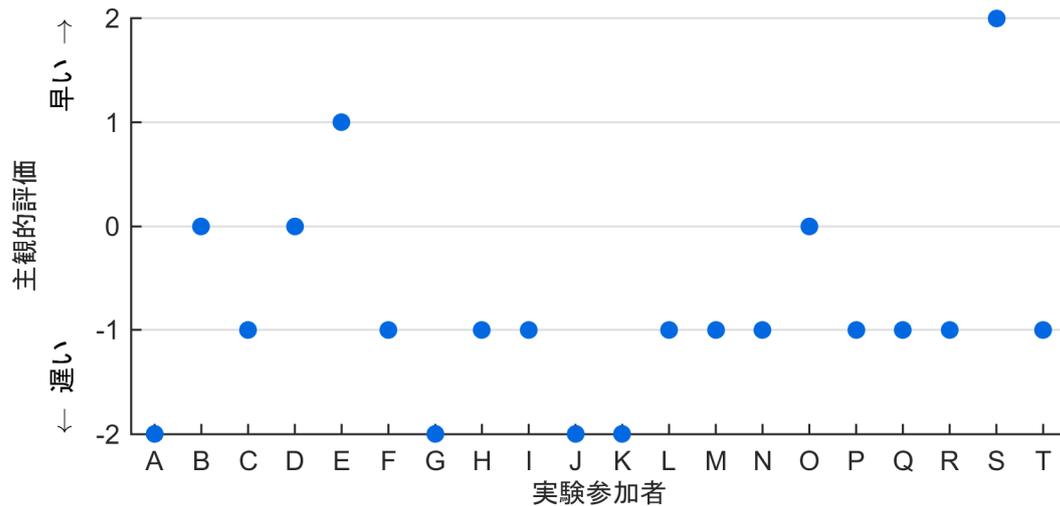


図 4-2-234 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.8[s]))

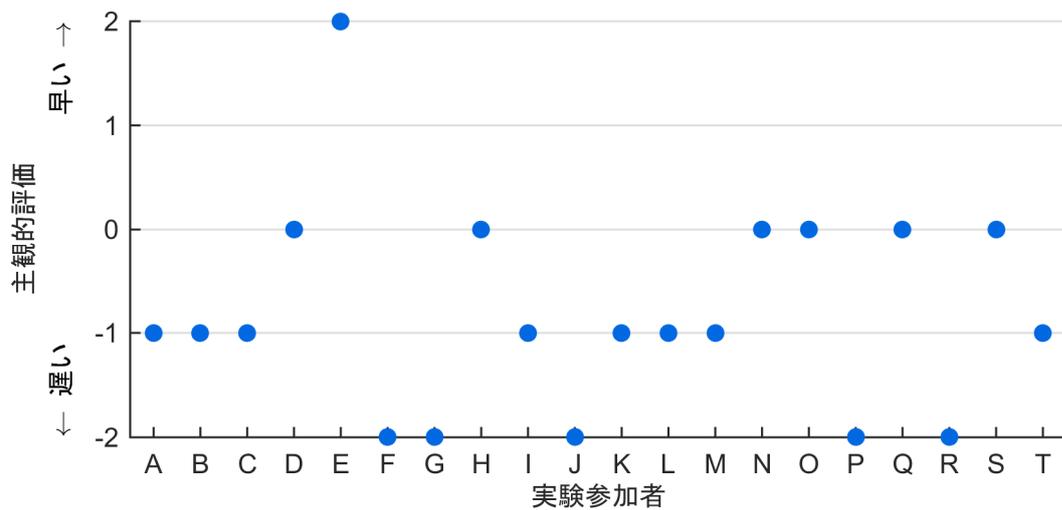


図 4-2-235 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

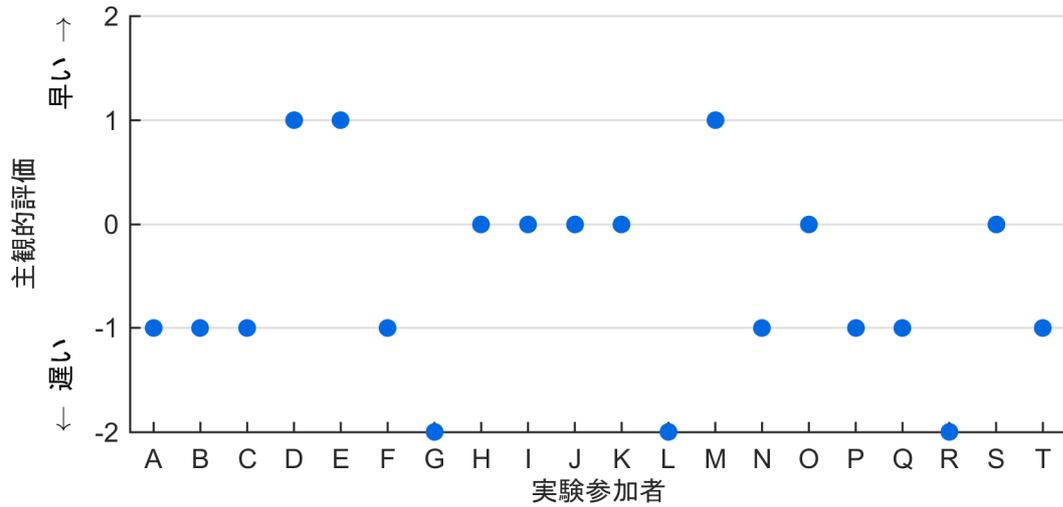


図 4-2-236 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.6[s]))

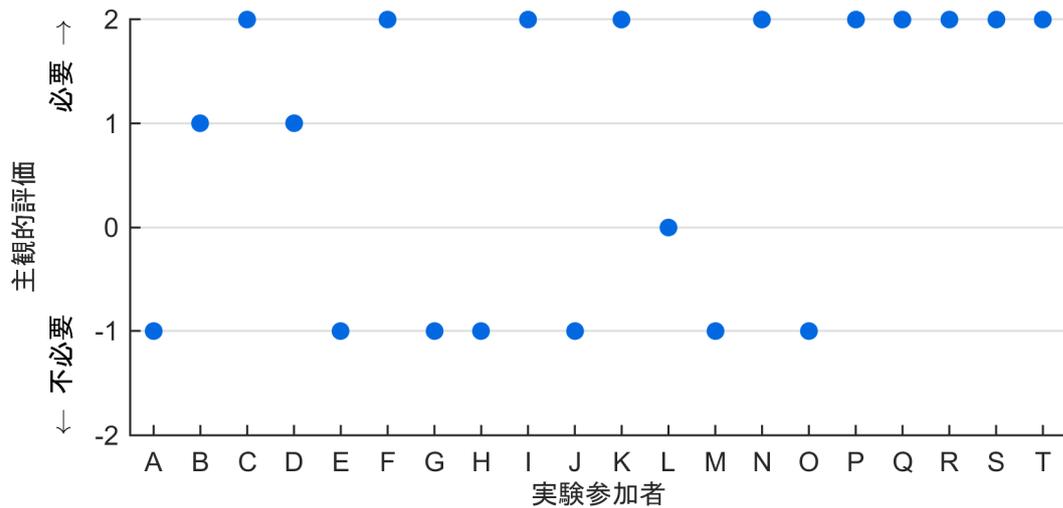


図 4-2-237 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=2.8 [s]))

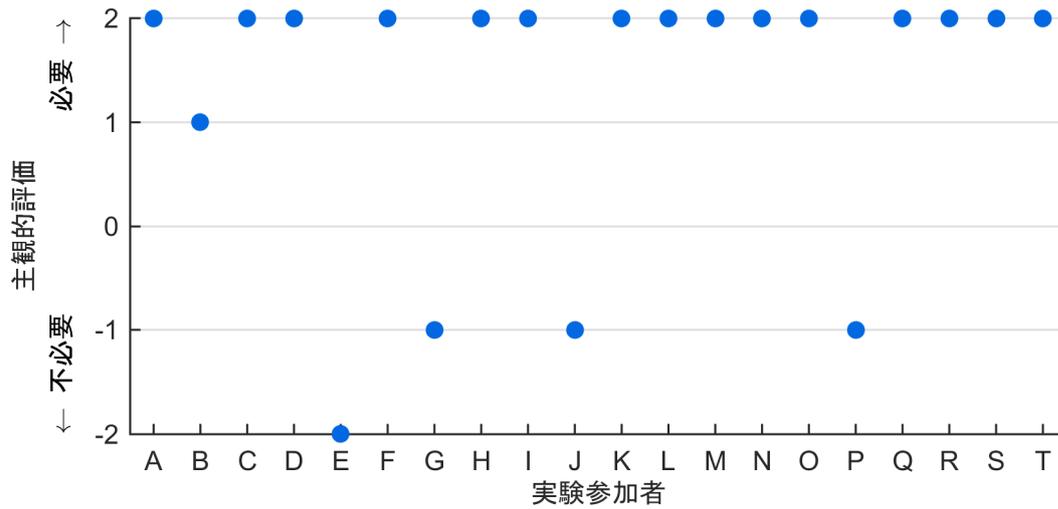


図 4-2-238 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

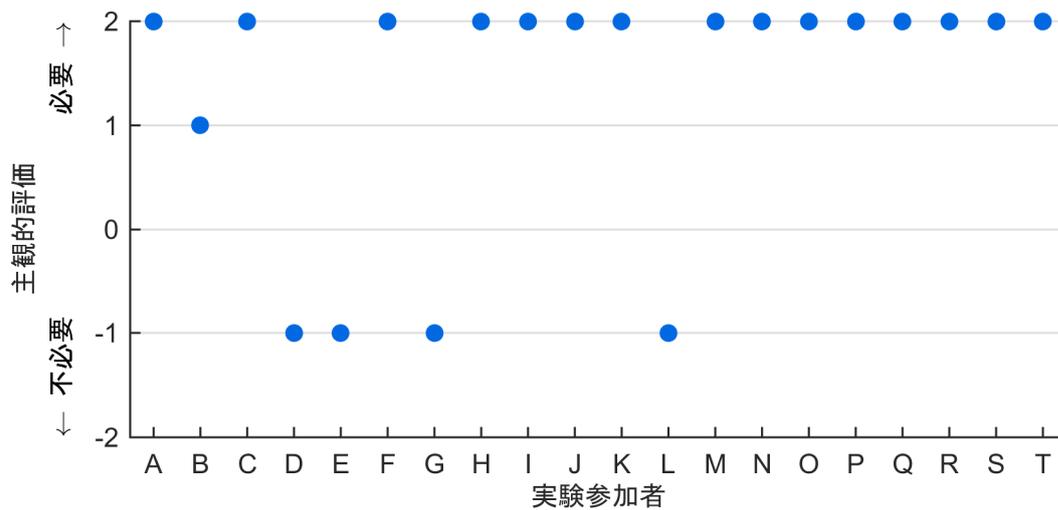


図 4-2-239 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 注意喚起 (TTI=3.6 [s]))

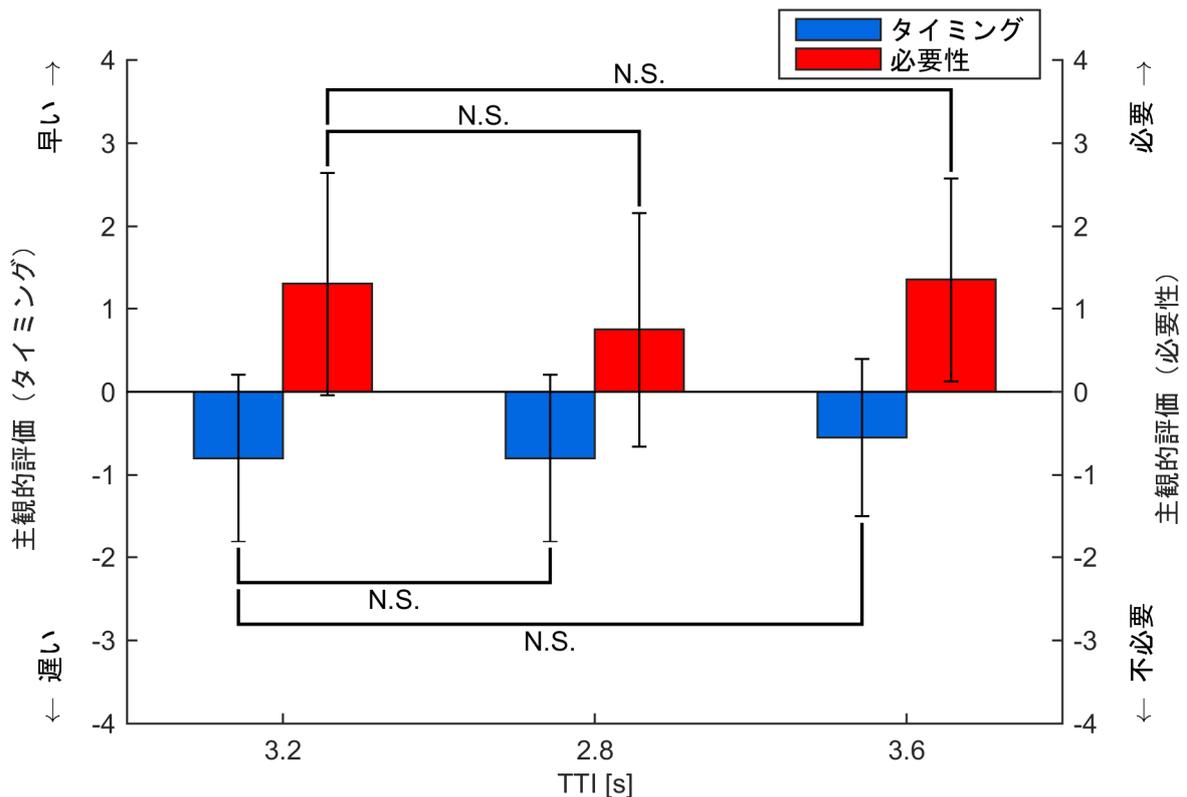


図 4-2-240 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(発進待機支援における注意喚起)

右折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-241 から図 4-2-243 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-245 から図 4-2-246 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-247 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=2.8[s]および TTI=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-247 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=3.2[s]と TTI=2.8[s]には、支援システムの作動タイミングに関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、右折支援における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

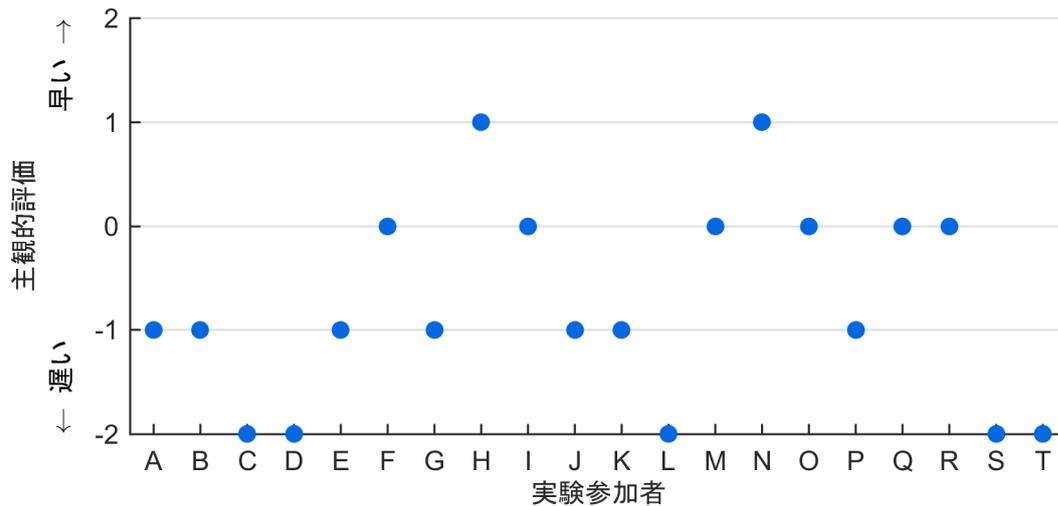


図 4-2-241 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.8[s]))

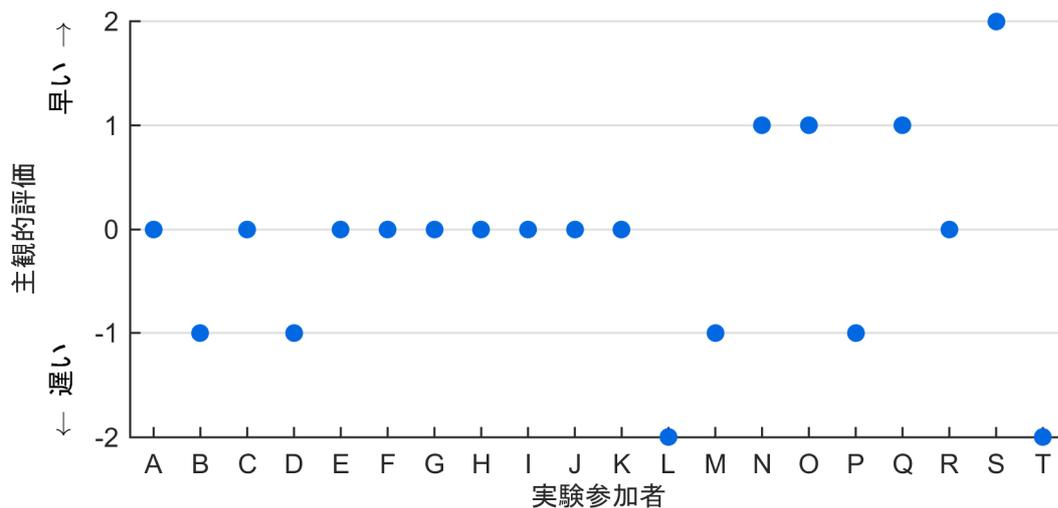


図 4-2-242 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

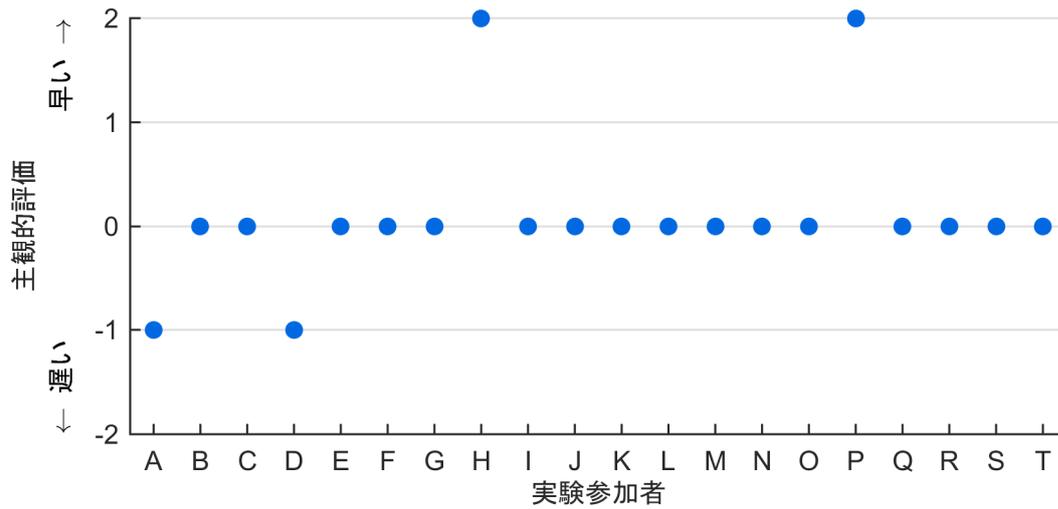


図 4-2-243 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.6[s]))

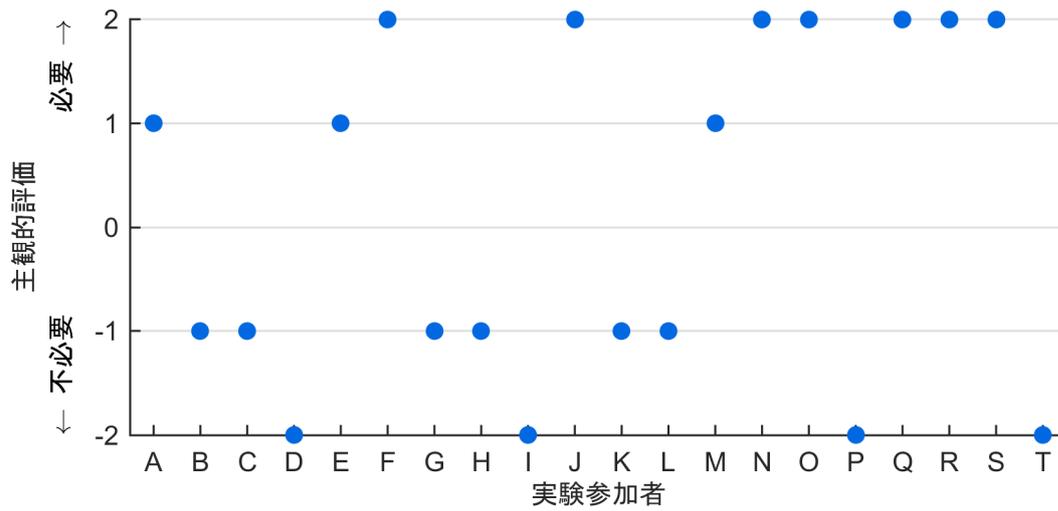


図 4-2-244 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=2.8 [s]))

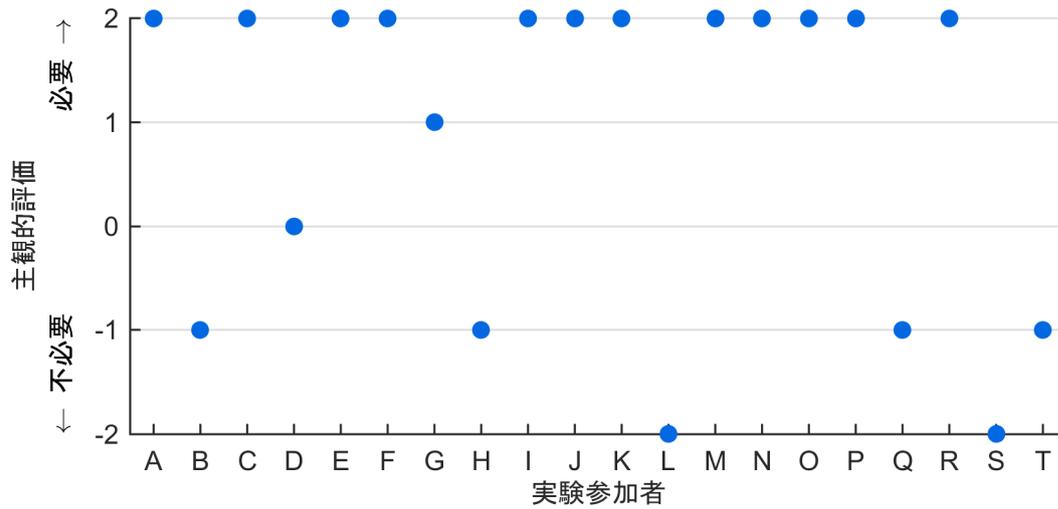


図 4-2-245 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.2[s]))

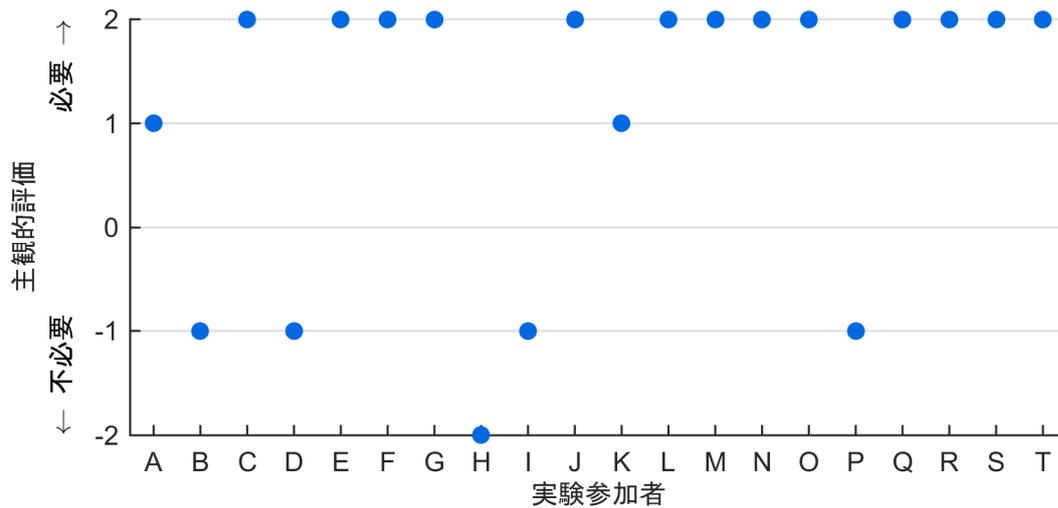


図 4-2-246 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 注意喚起 (TTI=3.6 [s]))

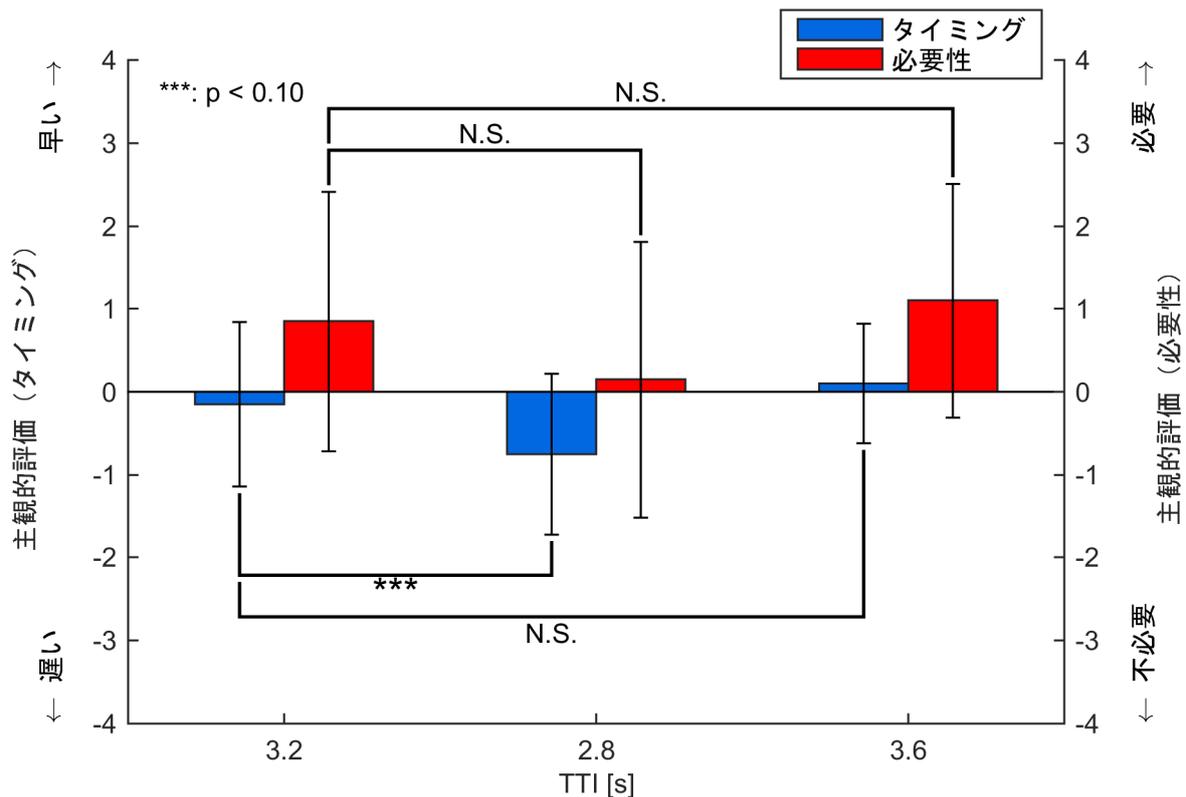


図 4-2-247 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(右折支援における注意喚起)

左折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-248 から図 4-2-250 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-251 から図 4-2-253 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-254 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。注意喚起の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 2.8[s]、3.2[s]、3.6[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=3.2[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=2.8[s]および TTC=3.6[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-254 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTC=3.2[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、左折支援における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

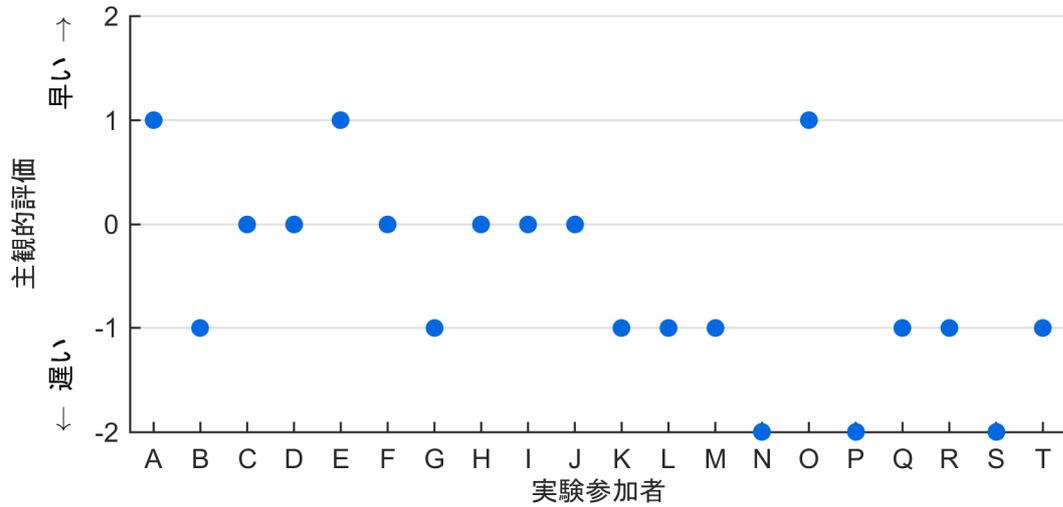


図 4-2-248 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC=2.8[s]))

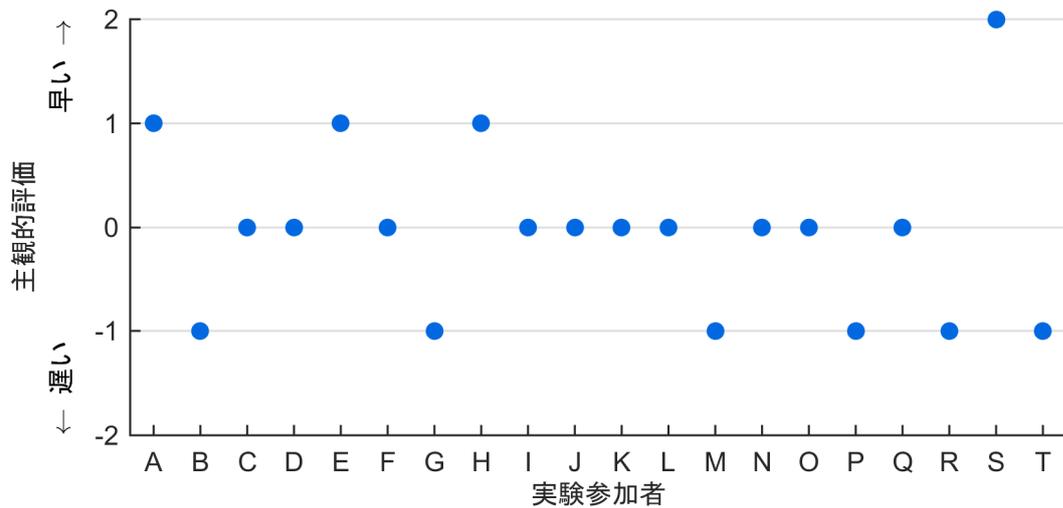


図 4-2-249 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC =3.2[s]))

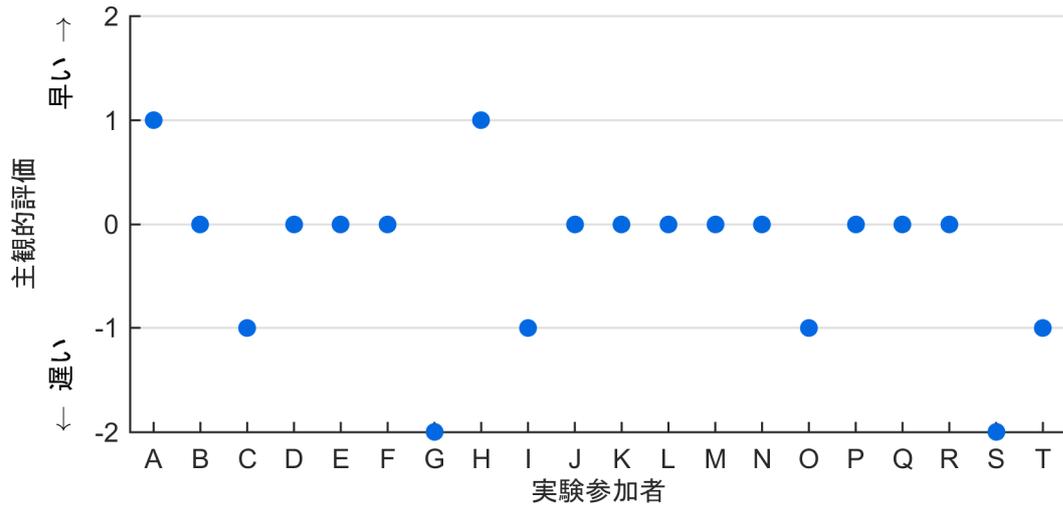


図 4-2-250 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC =3.6[s]))

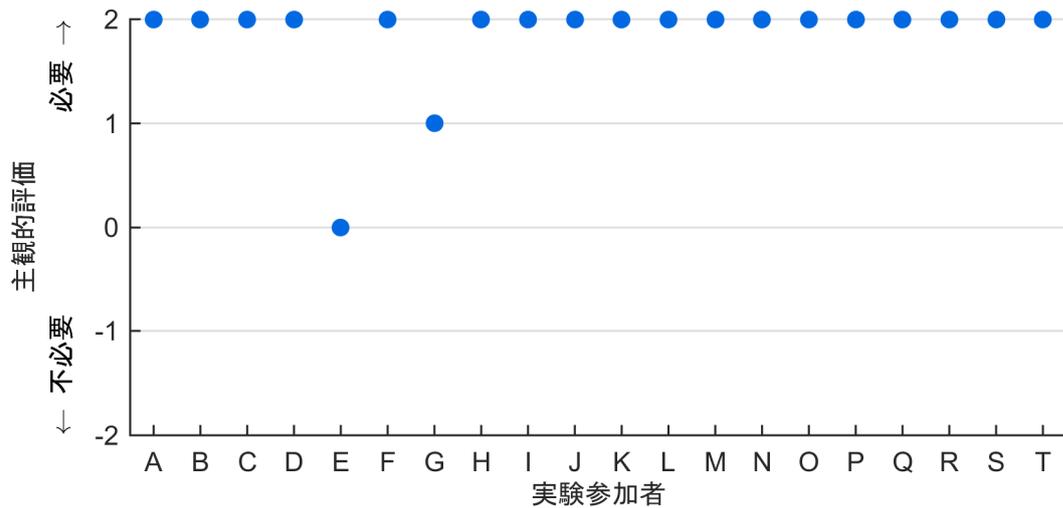


図 4-2-251 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC =2.8 [s]))

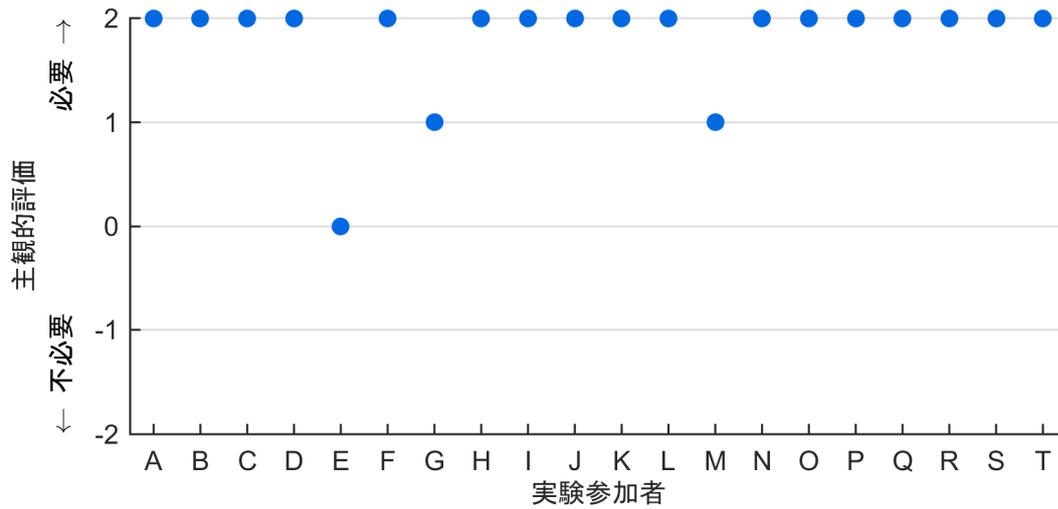


図 4-2-252 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC =3.2[s]))

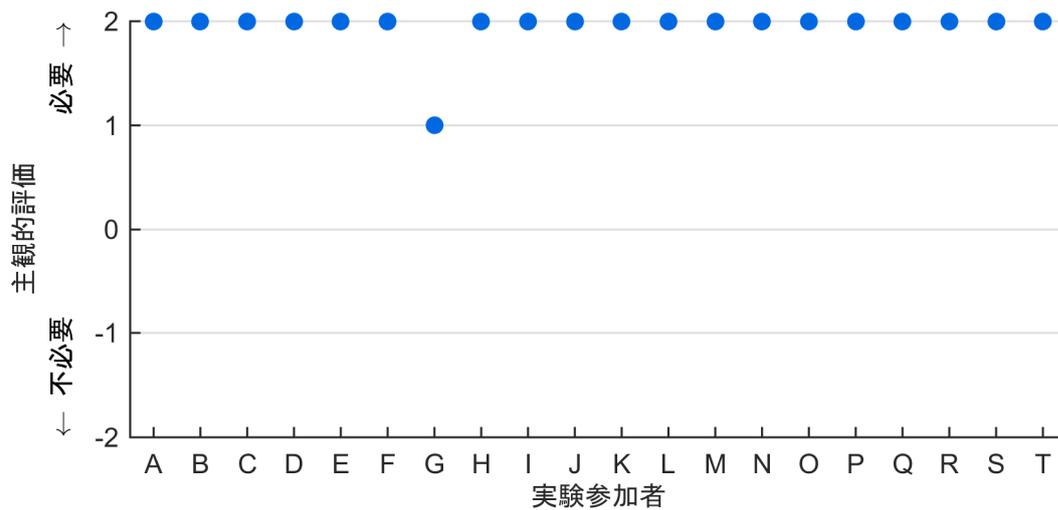


図 4-2-253 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 注意喚起 (TTC =3.6 [s]))

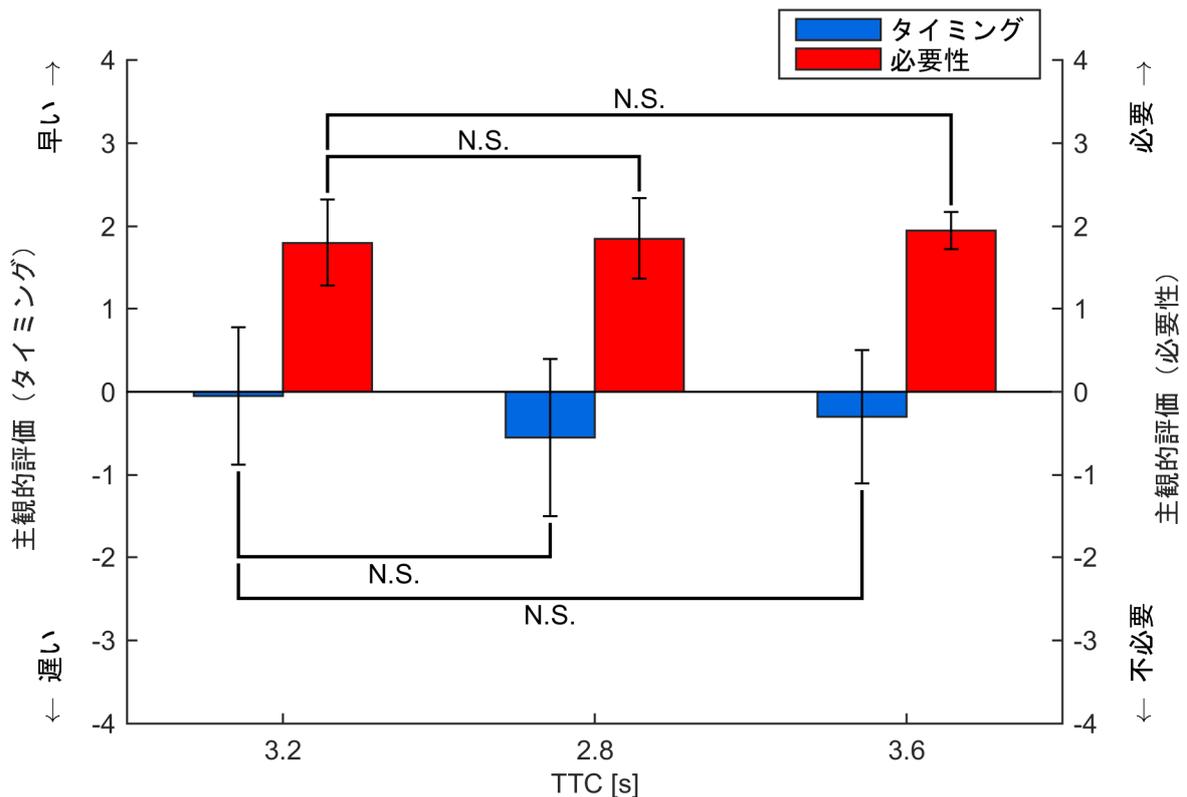


図 4-2-254 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(左折支援における注意喚起)

(3) 警報

減速停止支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-255 から図 4-2-257 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-258 から図 4-2-260 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-261 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=0.4[s]および TTI=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-261 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングに関して、TTI=0.8[s]と TTI=0.4[s] (有意水準: 10%) および TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s] (有意水準: 1%) にて有意が確認された。また、支援システムの必要性に関しては、TTI=0.8[s]と TTI=0.4[s] (有意水準: 5%) において有意差が確認された。

これより、減速停止支援における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

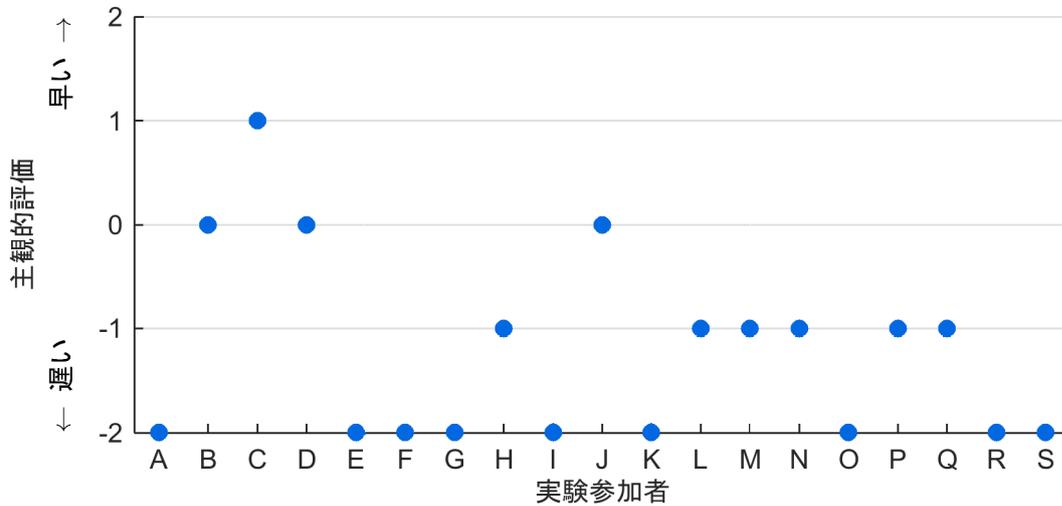


図 4-2-255 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.4[s]))

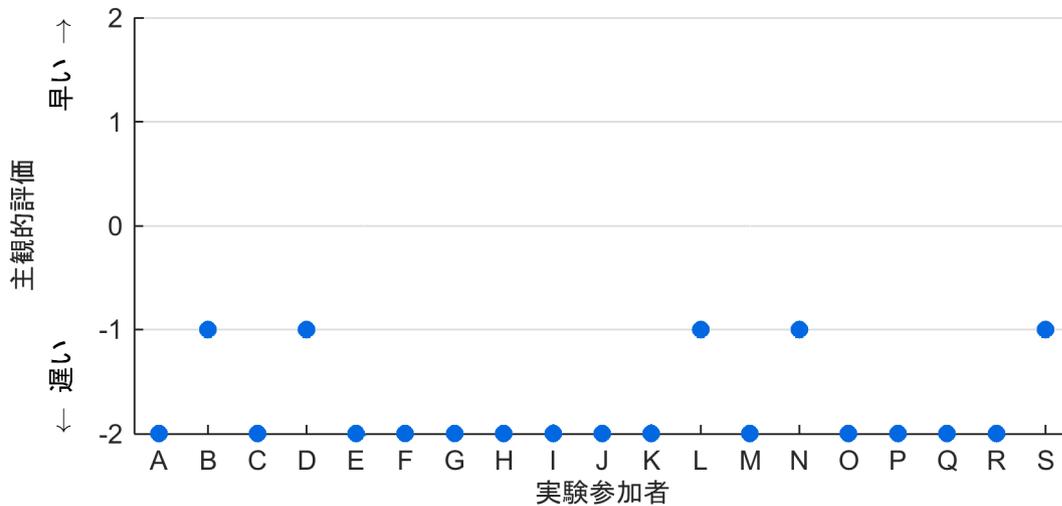


図 4-2-256 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.8[s]))

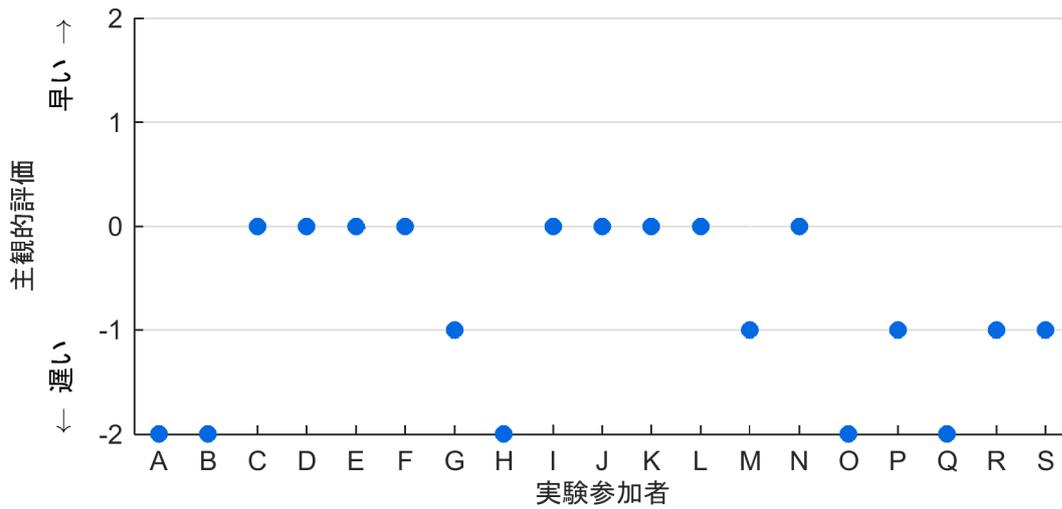


図 4-2-257 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=1.2[s]))

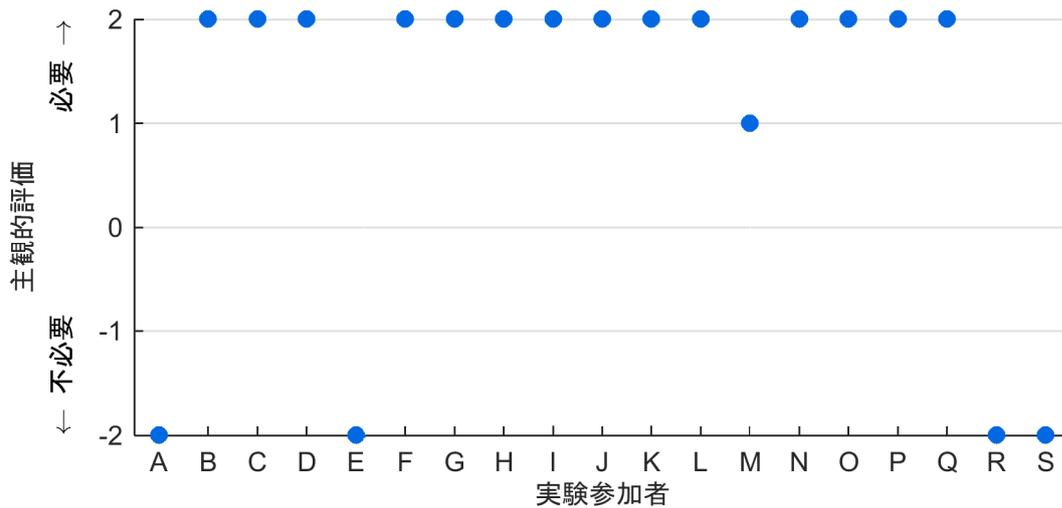


図 4-2-258 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.4[s]))

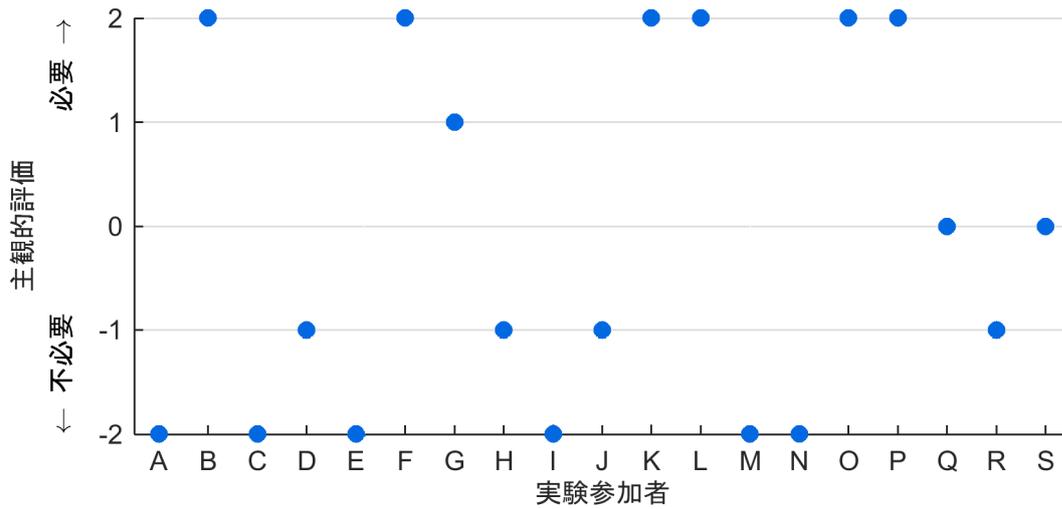


図 4-2-259 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=0.8[s]))

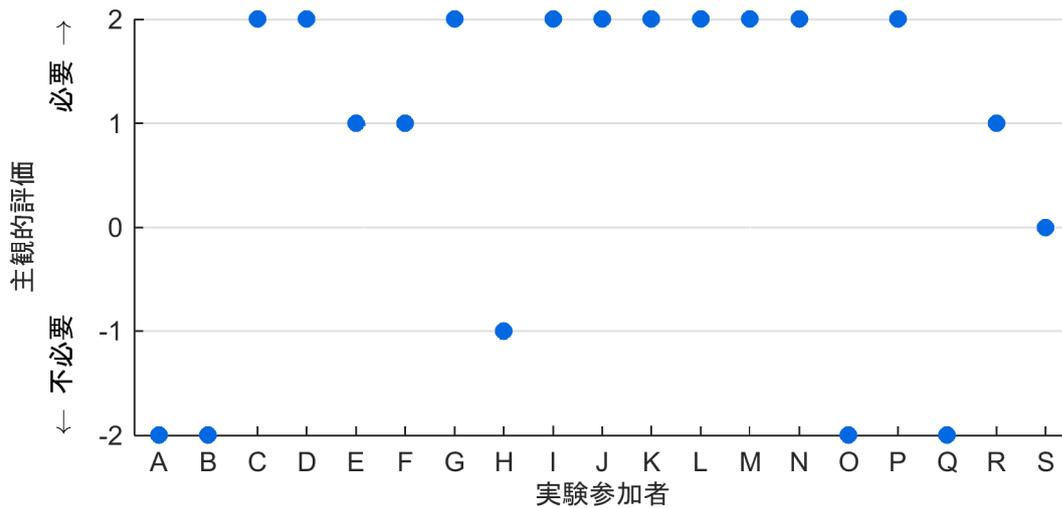


図 4-2-260 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(減速停止支援 警報 (TTI=1.2[s]))

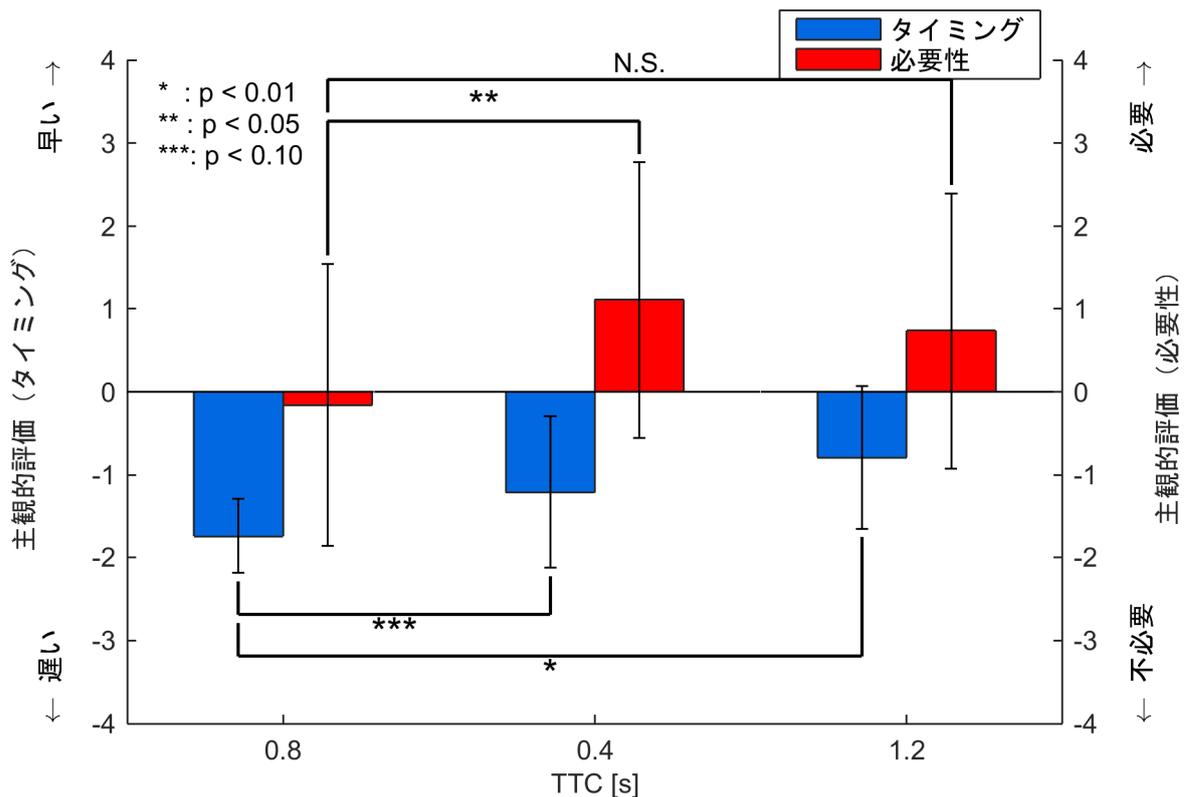


図 4-2-261 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(減速停止支援における警報)

発進待機支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-262 から図 4-2-264 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-265 から図 4-2-267 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-268 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=0.4[s]および TTI=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-268 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、支援システムの作動タイミングおよび支援システムの必要性に関する評価に関して、TTI=0.8[s]と比較して有意差は確認されなかった。

これより、発進待機支援における注意喚起の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有している場合、本実験においては支援システムの作動タイミングに影響はないものと考えられる。

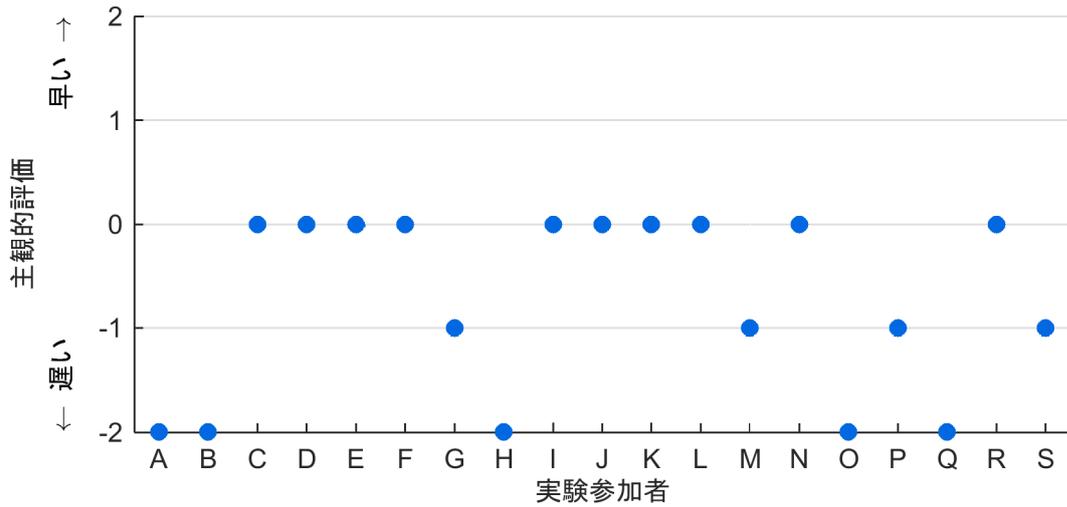


図 4-2-262 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.4[s]))

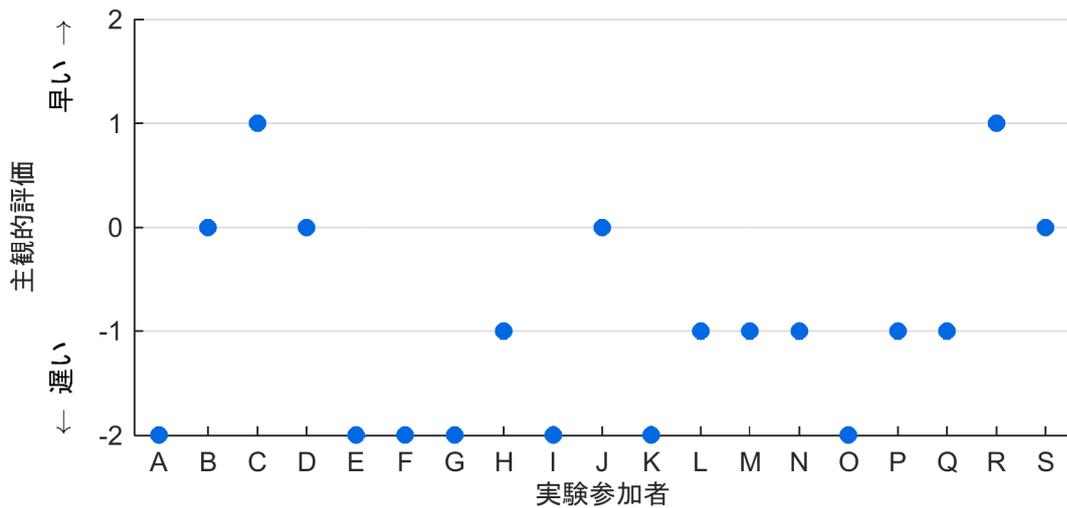


図 4-2-263 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

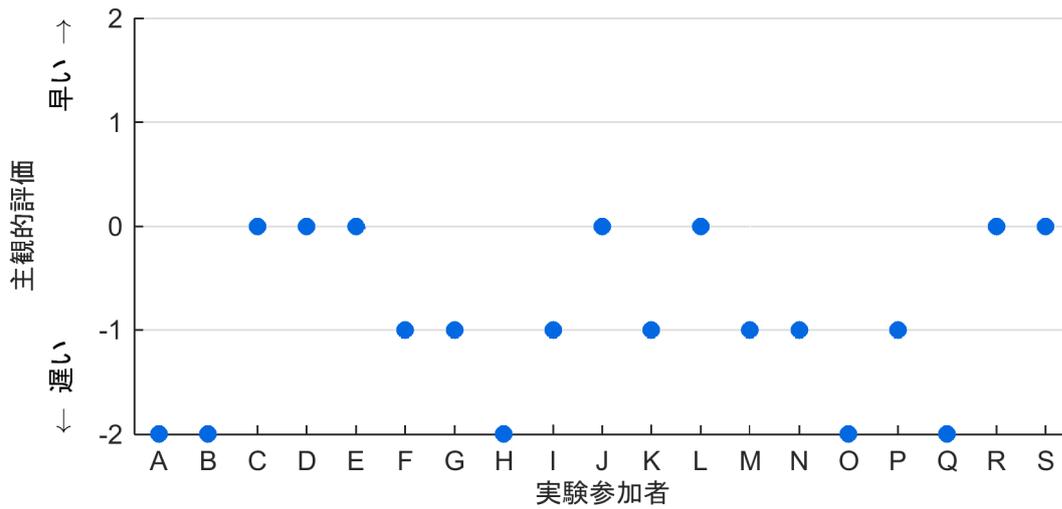


図 4-2-264 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.2[s]))

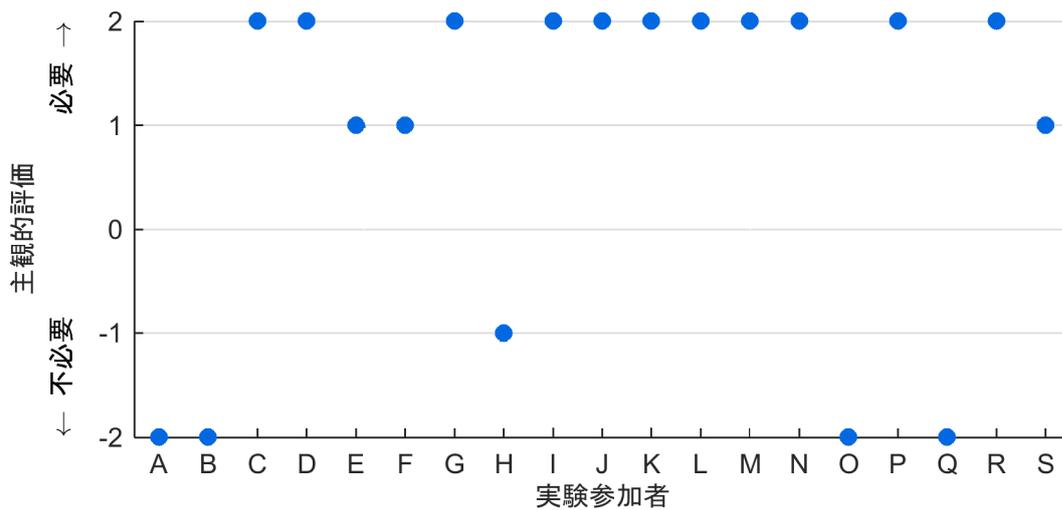


図 4-2-265 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.4[s]))

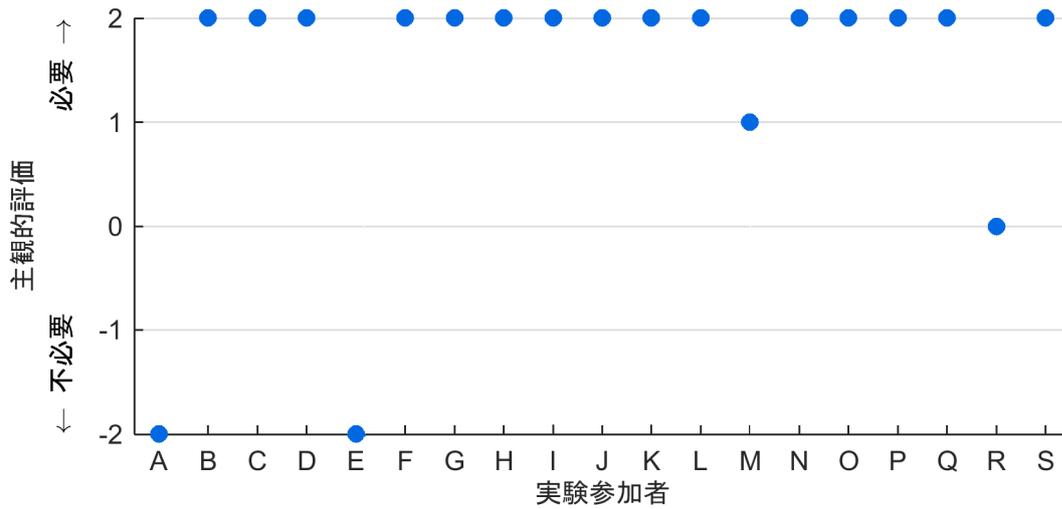


図 4-2-266 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=0.8[s]))

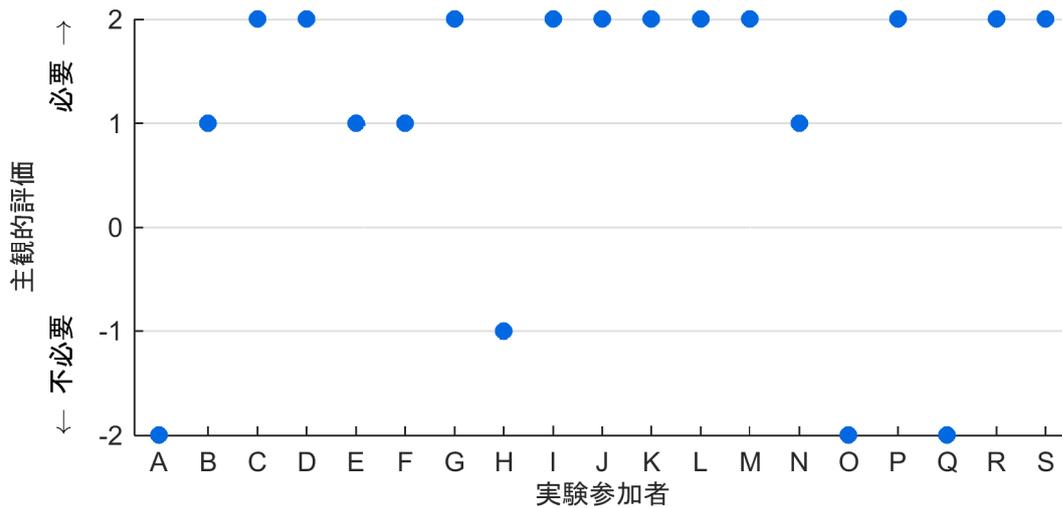


図 4-2-267 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(発進待機支援 警報 (TTI=1.2[s]))

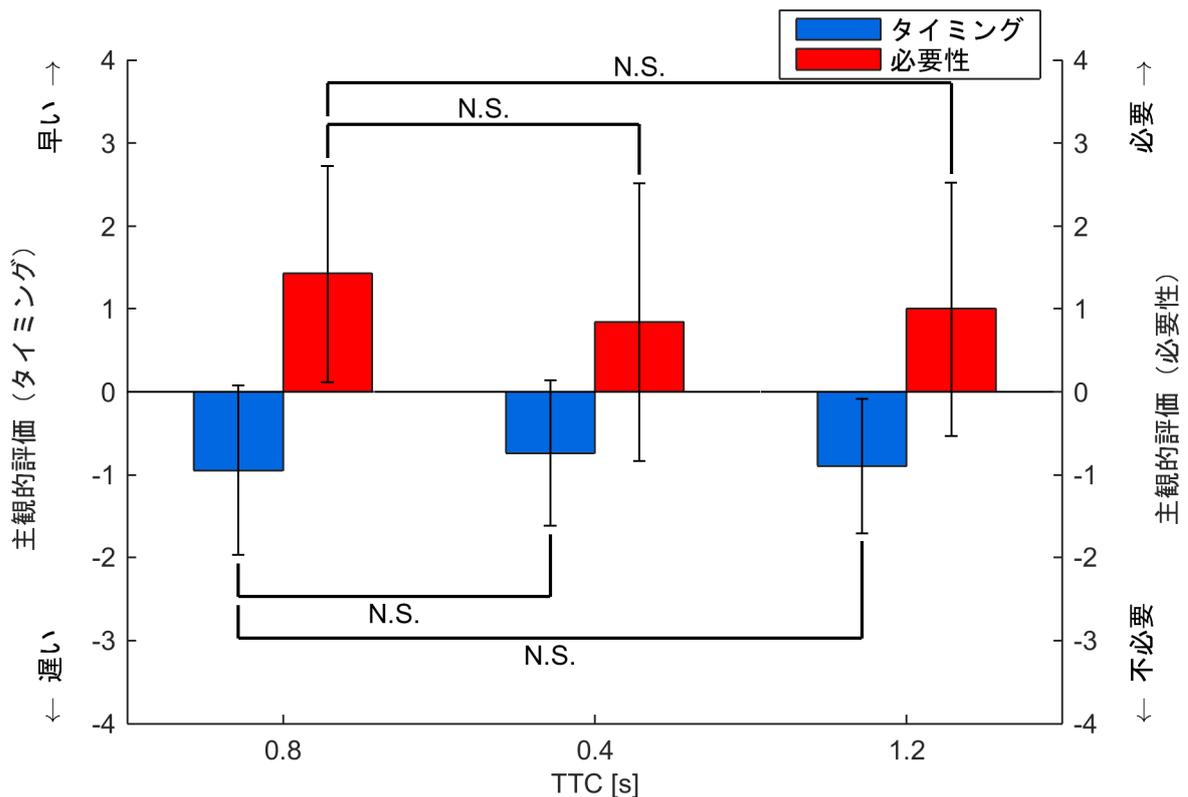


図 4-2-268 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(発進待機支援における警報)

右折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-269 から図 4-2-271 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-272 から図 4-2-274 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-275 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTI: Time To Intersection) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTI=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTI=0.4[s]および TTI=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-275 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTI=0.8[s]と TTI=1.2[s]には、支援システムの作動タイミングに関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、右折支援における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

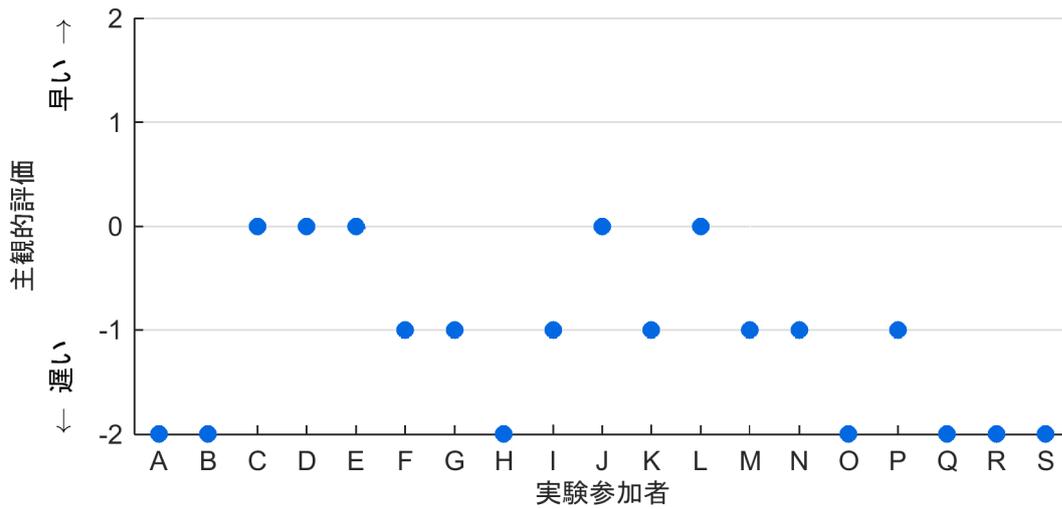


図 4-2-269 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 警報 (TTI=0.4[s]))

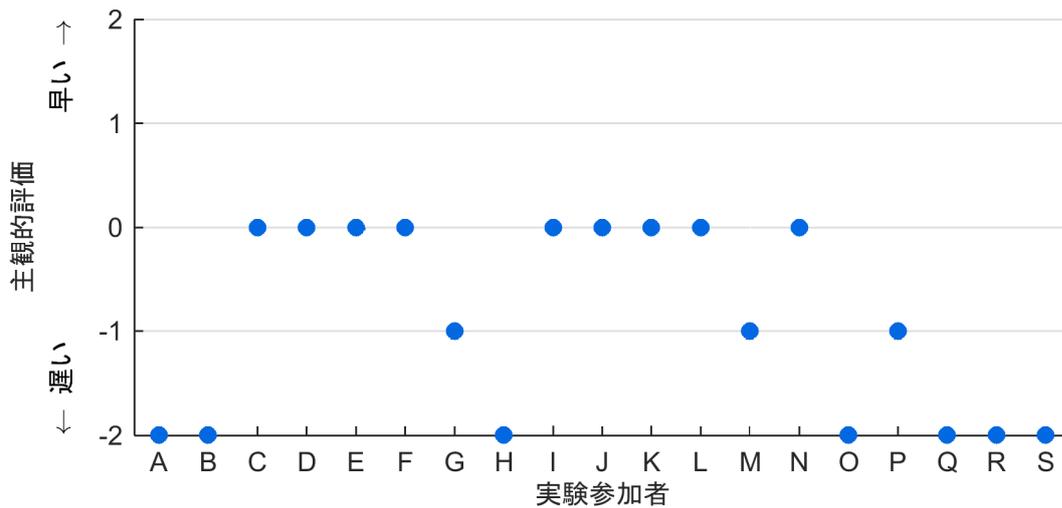


図 4-2-270 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差：あり)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

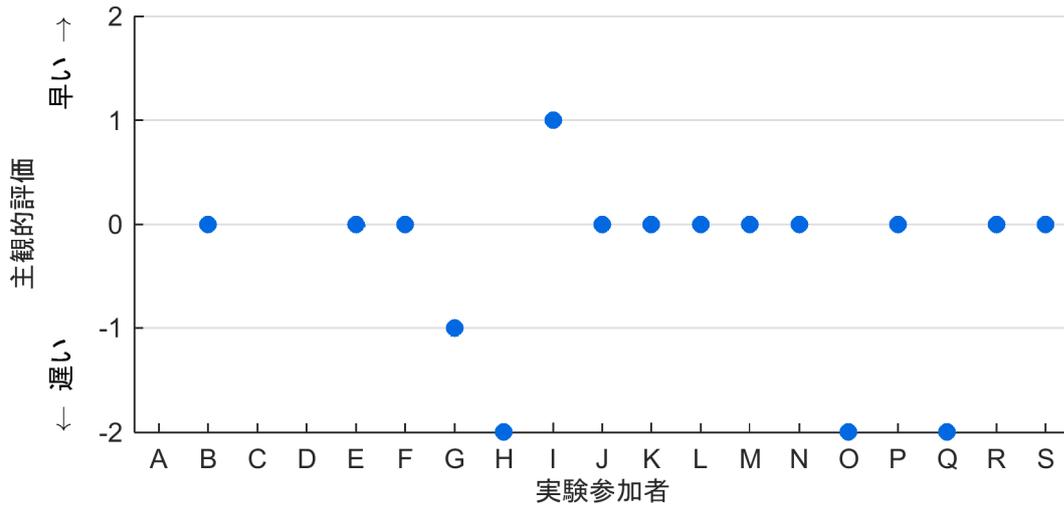


図 4-2-271 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 警報 (TTI=1.2[s]))

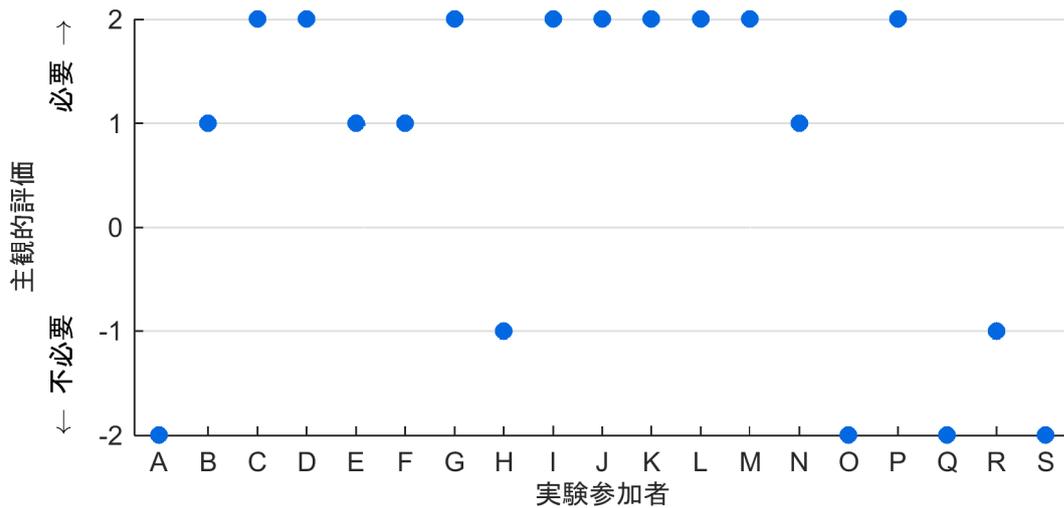


図 4-2-272 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
 (右折支援 警報 (TTI=0.4[s]))

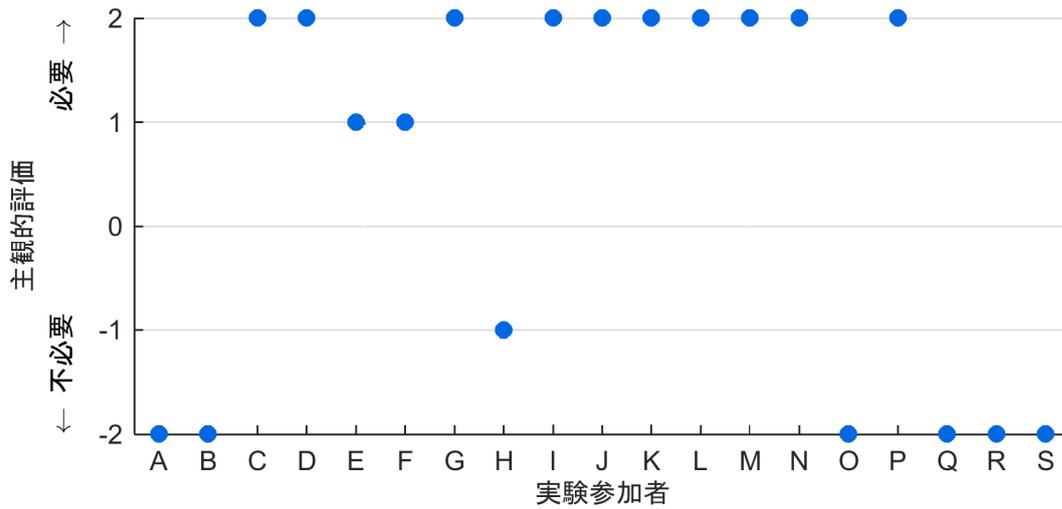


図 4-2-273 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 警報 (TTI=0.8[s]))

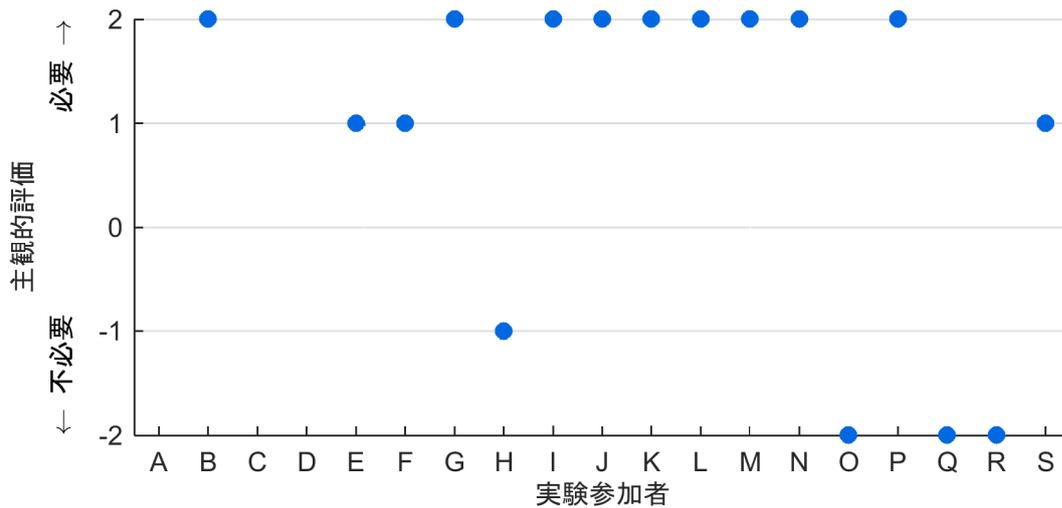


図 4-2-274 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(右折支援 警報 (TTI=1.2[s]))

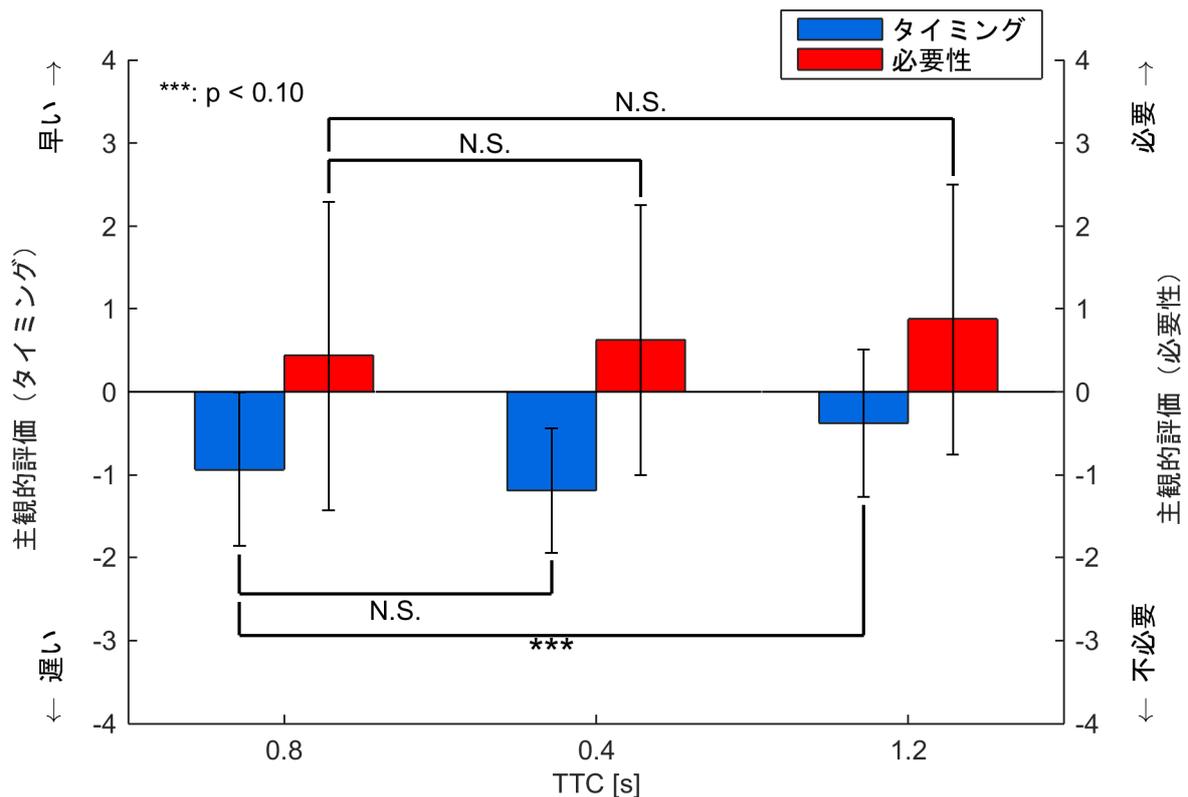


図 4-2-275 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(右折支援における警報)

左折支援

半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有する場合について、図 4-2-276 から図 4-2-278 に被験者別にみた支援作動タイミングの主観的評価、図 4-2-279 から図 4-2-281 に被験者別にみた支援の必要性に関する主観的評価を示す。更に対象被験者の平均値と標準偏差を図 4-2-282 に示す。

主観的評価の評価 1 は運転支援のタイミングは適していたか、評価 2 はその運転支援は必要であったか、意味があったかについて評価させた結果を示している。警報の作動タイミングは、交差点に進入するまでの時間 (TTC: Time To Collision) を用いて 0.4[s]、0.8[s]、1.2[s]を設定した。なお、実験では位置測位の誤差がない場合の TTC=0.8[s]の実験結果をもとに位置測位の誤差を有する TTC=0.4[s]および TTC=1.2[s]の結果を比較し、有意差検定を行った。

図 4-2-282 は、支援システムの作動タイミング評価と支援システムの必要性に関して、それぞれの評価結果をまとめたものである。これより、TTC=0.8[s]と TTC=0.4[s]には、支援システムの作動タイミングに関して有意差が確認され、有意水準は 10%であった。

これより、左折支援における警報の作動タイミングは、半径 5.5[m]の位置測位の誤差を有していると、少なくとも支援システムの作動タイミングに影響を及ぼすものと考えられる。

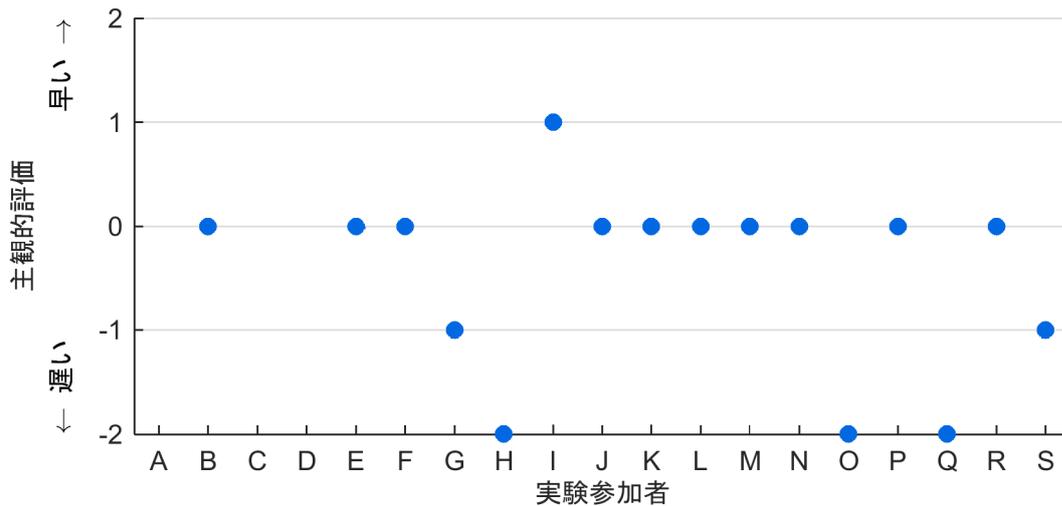


図 4-2-276 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(左折支援 警報 (TTC=0.4[s]))

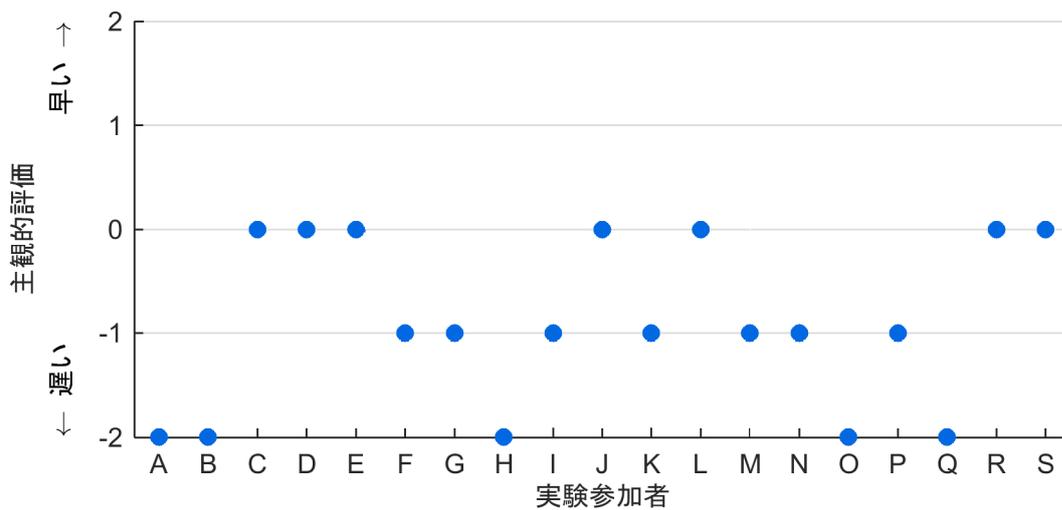


図 4-2-277 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差:あり)
(左折支援 警報 (TTC=0.8[s]))

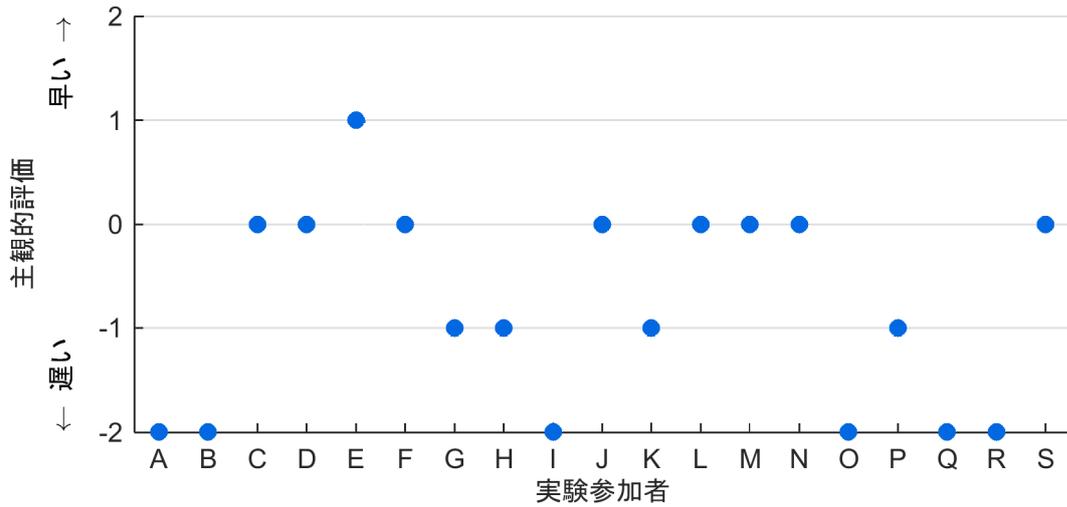


図 4-2-278 支援作動タイミングに関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 警報 (TTC=1.2[s]))

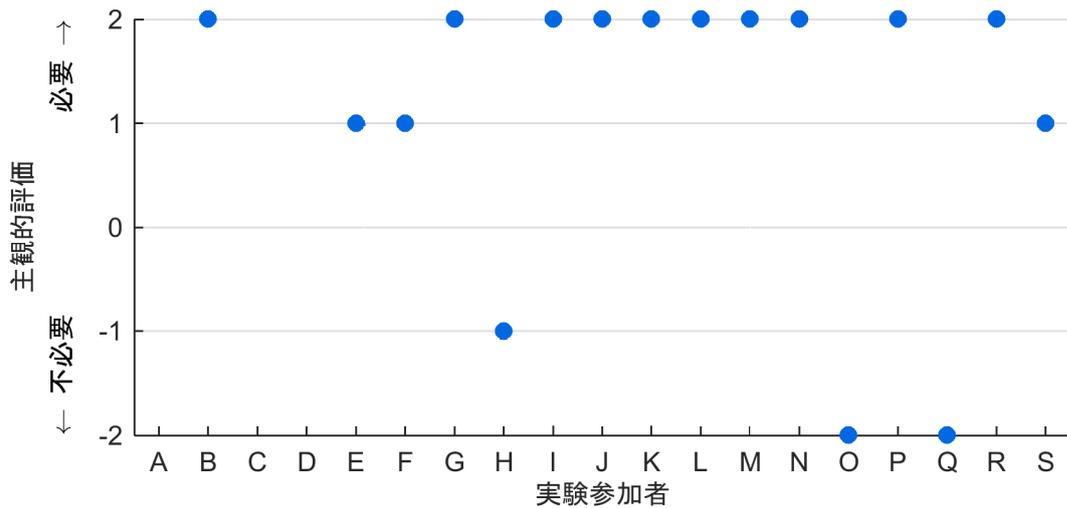


図 4-2-279 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 警報 (TTC=0.4[s]))

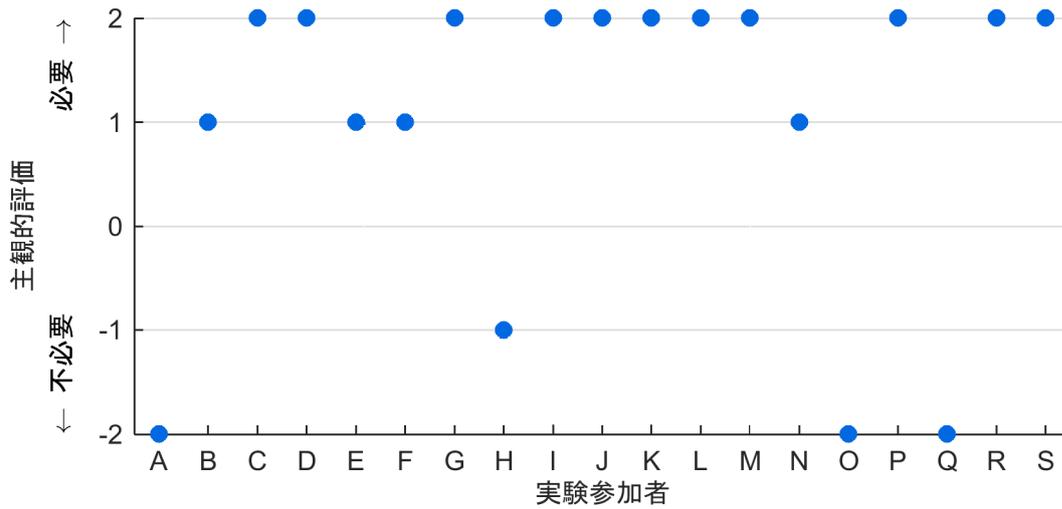


図 4-2-280 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 警報 (TTC=0.8[s]))

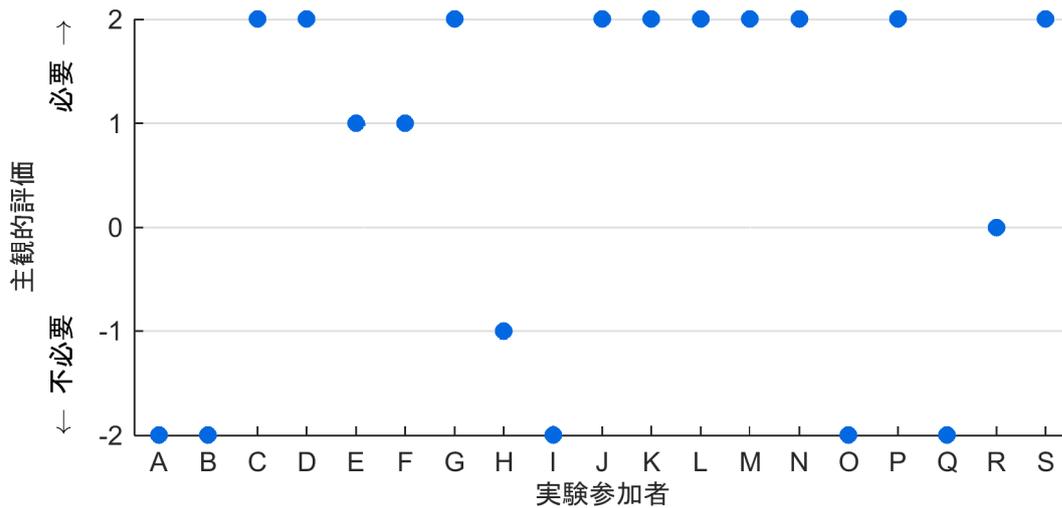


図 4-2-281 支援の必要性に関する主観的評価 (位置測位の誤差: あり)
(左折支援 警報 (TTC=1.2[s]))

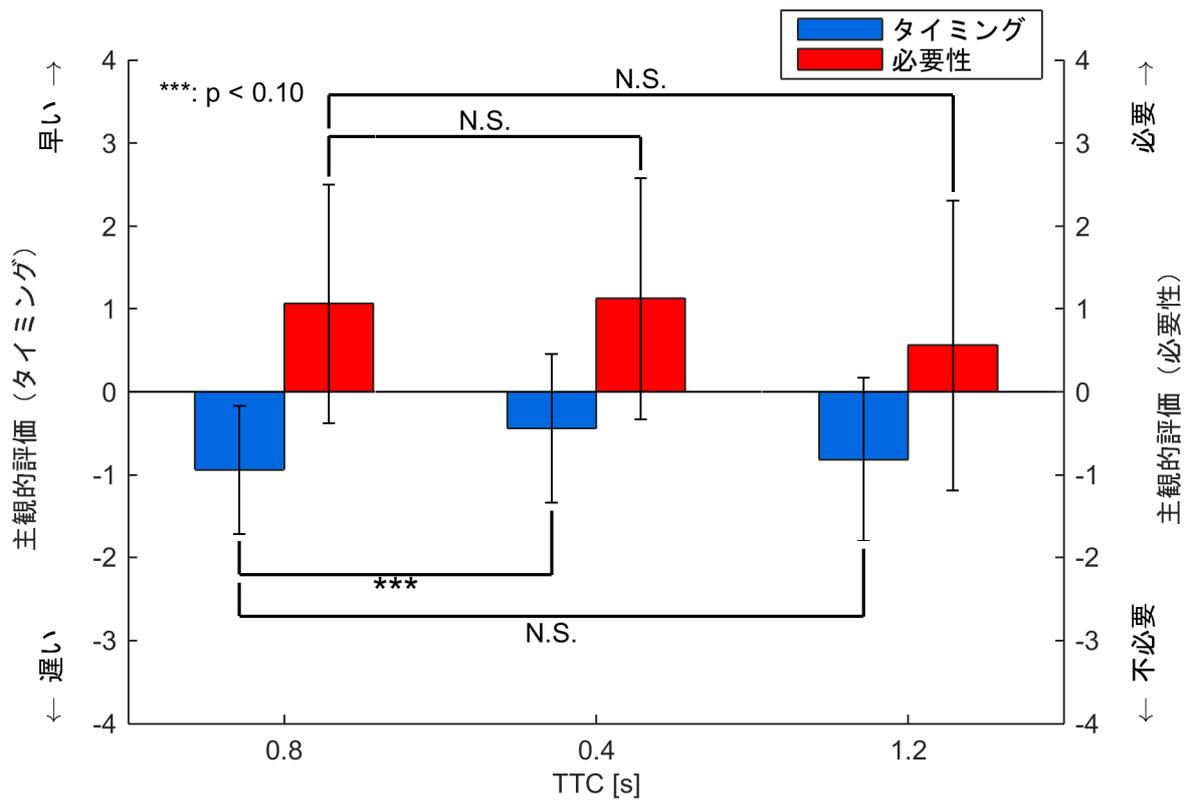


図 4-2-282 支援システムの作動タイミングと必要性に関する評価(位置測位の誤差)
(左折支援における警報)

4.3 結論

4.3.1 歩車間通信（ドライバ側）

ドライビングシミュレータを用いて、歩車間通信システムの支援タイミングについて検討を行った。支援場面は、平成 26 年度調査において選定した 6 場面のうち、

- (a) 左側からの飛び出しによる単路直進支援（左から横断）
- (b) 右側からの飛び出しによる単路直進支援（右から横断）
- (c) 交差点における右折時に前方からの歩行者の横断に対する右折支援
- (d) 右折時に後方からの歩行者の横断に対する右折支援

を対象とした。

また、歩車間通信システムは、現状の GPS による位置測位には誤差を有することが明確であることから、位置測位の誤差がない場合とある場合について実験を行った。なお、位置測位の誤差がある場合の誤差については、前年度に実証実験を行った結果の平均で半径 5.5[m]の誤差を有する場合を想定して実験を行った。

実験は、ドライビングシミュレータ上に構築した歩車間通信システムにおいて、作動タイミングの設定がドライバに与える影響について行い、表 4-3-1 に示す位置測位の誤差がない場合と想定して、各実験条件において有効な支援システムの作動タイミングを情報提供・注意喚起・警報のそれぞれにおいて求めた。また、表 4-3-2 に示すように、位置測位の誤差がある場合を想定し、位置測位の誤差がない場合と比較した際の影響の有無についてまとめた。

表 4-3-1 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がない場合)

	情報提供	注意喚起	警報
単路直進支援（左から横断）	TTC=5.1[s]	TTC=4.0[s]	TTC=2.0[s]
単路直進支援（右から横断）	TTC=5.1[s]	TTC=4.0[s]	TTC=2.0[s]
右折支援（前方から横断）	TTI=3.2[s]	TTI=3.2[s]	TTI=1.4 or 2.0[s]
右折支援（後方から横断）	TTI=3.7 or 5.1[s]	TTI=3.2[s]	TTI=2.0[s]

表 4-3-2 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がある場合)

	情報提供	注意喚起	警報
単路直進支援（左から横断）	あり	あり	あり
単路直進支援（右から横断）	あり	あり	なし
右折支援（前方から横断）	あり	なし	あり
右折支援（後方から横断）	あり	なし	あり

4.3.2 車車間通信

ドライビングシミュレータを用いて、車車間通信システムの支援タイミングについて検討を行った。支援場面は、平成 26 年度調査において選定した 5 場面のうち、

- (a) 減速支援
- (b) 発進待機支援
- (c) 右折支援
- (d) 左折支援

の 4 場面を対象とした。

また、車車間通信システムは、現状の GPS による位置測位には誤差を有することが明確であることから、位置測位の誤差がない場合とある場合について実験を行った。なお、位置測位の誤差がある場合の誤差については、前年度に実証実験を行った結果の平均で半径 5.5[m]の誤差を有する場合を想定して実験を行った。

実験は、ドライビングシミュレータ上に構築した車車間通信システムにおいて、作動タイミングの設定がドライバに与える影響について行い、表 4-3-3 に示す位置測位の誤差がない場合と想定して、各実験条件において有効な支援システムの作動タイミングを情報提供・注意喚起・警報のそれぞれにおいて求めた。また、表 4-3-4 に示すように、位置測位の誤差がある場合を想定し、位置測位の誤差がない場合と比較した際の影響の有無についてまとめた。

表 4-3-3 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がない場合)

	情報提供	注意喚起	警報
減速停止支援	TTI=5.1[s]	TTI=4.0[s]	TTI=4.0[s]
発進待機支援	TTI=5.1[s]	TTI=2.8[s]	TTI=2.0[s]
右折支援	TTI=5.1[s]	TTI=3.2[s]	TTI=2.0[s]
左折支援	TTC=3.7[s]	TTC=3.2[s]	TTC=2.0[s]

表 4-3-4 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がある場合)

	情報提供	注意喚起	警報
減速停止支援	あり	あり	あり
発進待機支援	あり	なし	なし
右折支援	あり	あり	あり
左折支援	あり	なし	あり

5 . 700MHz 帯車車間通信・歩車間通信システム/携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムの開発

5.1 700MHz 帯車車間通信・歩車間通信システムの開発

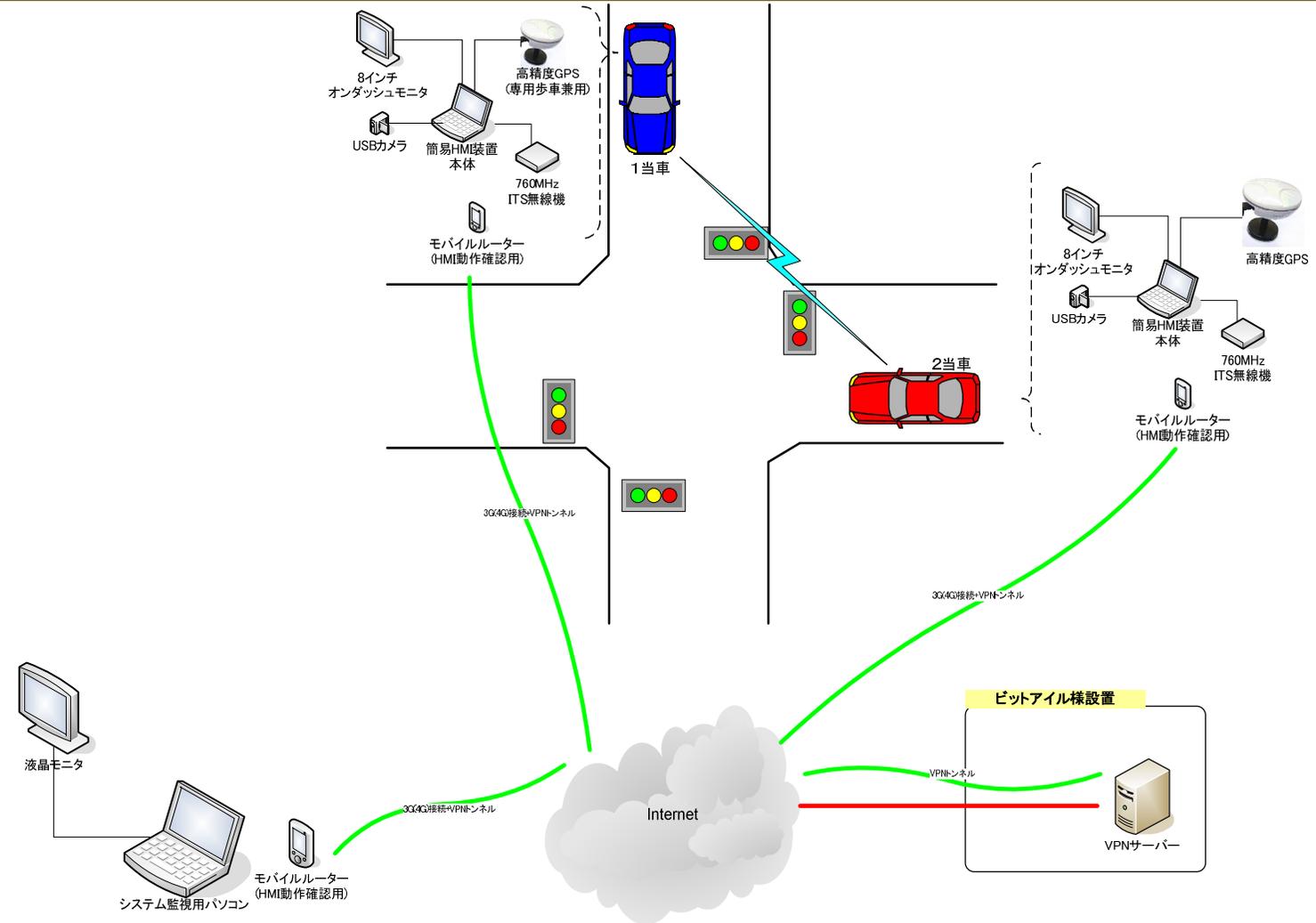
5.1.1 システム開発のねらい

公道での実証実験等を通じて、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICT を活用した高度な安全運転支援システムの実現を目的とする。それに資する技術として、直接通信型の車車間・歩車間通信システムのアプリケーションを開発する。

5.1.2 システム構成

図 5-1 に車車間通信システム構成を、図 5-2 に歩車間通信システム構成を示す。

専用車車(直接通信)ネットワーク技術概要



5-2

図 5-1 車車間通信システム構成

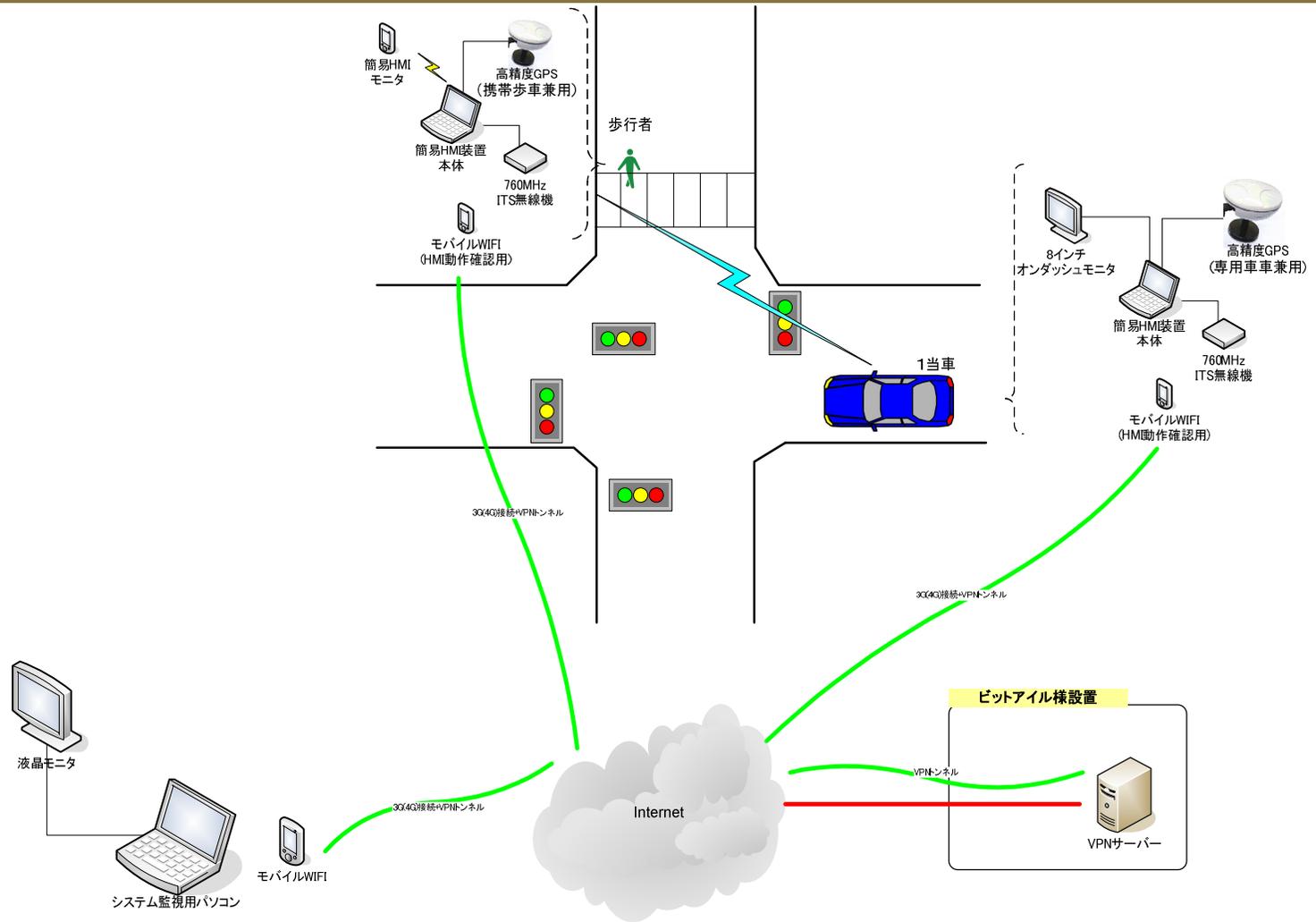


図 5-2 歩車間通信システム構成

5.1.3 ソフトウェア機能仕様

ソフトウェア機能一覧を表 5-1 に示す。

表 5-1 ソフトウェア機能一覧

No.	機能名	車両用機能	歩行者用機能
1	地図表示機能		
2	760MHz 無線機通信機能（送信、受信）		
3	GPS 受信機能		
4	ユーザー道路表示機能		
5	自位置情報表示機能		
6	自位置とオフセット表示した自位置表示		
7	通信相手位置情報表示機能		
8	走行軌跡表示機能（自、他）		
9	CAN 通信受信機能		×
10	ログ保存（GPS）		
11	ログ保存（760MHz 無線機）		
12	ログ保存（TTC 等のイベント情報）		
13	ログ保存（車両データ）		×
14	ログ保存（スクリーンショット）		
15	緯度経度 CSV 保存		
16	パラメータ設定機能		
17	USB カメラレビュー映像機能		
18	支援機能（TTC 判定）		
19	ログ再生機能（擬似移動情報発信機能）(別プロセス)		
20	情報提供、注意喚起、警報表示機能（スマホ）	×	

地図表示機能

メイン画面および支援モニタに自位置を中心として地図を表示する。

地図上にはズームレベルを表示するアイコン、自位置、通信相手位置を表示する。

利用地図は OpenStreetMap とする。

760MHz 無線機通信機能（送信、受信）

Panasonic 製 760MHz 無線機を利用して、相手方 HMI 装置と通信を行う。
無線機の通信規格は ARIB STD-T109 のプロトコルを利用する。
通信内容は、ITS FORUM RC-013 1.0 版に準ずるものとする。

GPS 受信機能

GPS 受信機から緯度・経度情報等を取得し地図上に現在位置を表示する。
この緯度経度情報は、760MHz 無線機に送信する緯度経度となり、支援機能（TTC 判定）の入力データになる。

ユーザー道路表示機能

テストコース等の道路データを地図上に表示する。
道路の座標情報は CSV ファイルで保存されており、任意に入れ替えることが出来るものとする。
線色は青固定とし、表示幅はソフトウェア初期設定で変更可能とする。

自位置情報表示機能

GPS で取得した緯度・経度情報を元に自位置をアイコン表示する。
本アイコンは支援機能のステータス表示も兼ねており色によりステータスを示す。
自位置情報表示色一覧を表 5-2 に示す。

表 5-2 自位置情報表示色一覧

状態	アイコン色
通常時	緑色（黒横線付）
情報提供	青色（黒横線付）
注意喚起	黄色（黒横線付）
警報	赤色（黒横線付）

自位置とオフセット表示した自位置表示

GPS で取得した位置からメートル単位でシフト（オフセット）する機能とする。
オフセットのベクトルは GPS の方位情報を利用し、シフト量は定数設定で変更可能とする。

通信相手位置情報表示機能

760MHz 無線機で取得した通信相手装置の緯度・経度情報を元に、通信相手位置をアイコン表示する。

本アイコンは支援機能のステータス表示も兼ねており色によりステータスを示す。通信相手位置情報表示色一覧を表 5-3 に示す。

表 5-3 通信相手位置情報表示色一覧

状態	アイコン色
通常時	緑色（黒横線なし）
情報提供	青色（黒横線なし）
注意喚起	黄色（黒横線なし）
警報	赤色（黒横線なし）

走行軌跡表示機能（自、他）

自位置、通信相手位置ともに軌跡を表示する。

なお、軌跡は1秒に1回描画する、600回描画すると過去軌跡を順次削除する。軌跡操作一覧を表 5-4 に示す。

表 5-4 軌跡操作一覧

操作	動作内容
「F1」キー	軌跡の表示開始。
「F2」キー	軌跡の新規描画停止、過去軌跡はそのまま残す。
「F3」キー	軌跡をすべて消去、新規の軌跡も停止する。

CAN 通信受信機能

実験車両からの情報を取得し、支援機能（TTC 判定）に用いるものとする。
CAN 取得情報一覧を表 5-5 に示す。

表 5-5 CAN 取得情報一覧

No.	取得情報
1	車速
2	ステアリング操舵角
3	アクセル開度
4	ブレーキ踏力
5	シフト情報
6	ウィンカー情報
7	車両の向き（ヨー角、前後加速度）

ログ保存（GPS）

GPS 受信機から受信した NMEA データをファイルへ保存する。

GPS データは一次加工なしの生データと、ログ再生用の間引きデータとする。

A)生データ保存

ファイルの名称は「SIPComm_nmeaall_yyyyMMdd_hhmm.csv」とする。yyyy は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「log¥年月日時分」のフォルダを生成し、その階層下に作成する。

B)ログ再生用間引きデータ

NMEA データの先頭カラムにパソコンのタイムスタンプを付与したフォーマットで 100ms 間隔でファイルを保存する。

ファイルの名称は「SIPComm_nmea_ yyyyMMdd_hhmm.csv」とする。yyyy は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「log」フォルダを生成し、その階層下に作成する。

ログ保存（760MHz 無線機）

760MHz 無線機データの先頭カラムにパソコンのタイムスタンプを付与したフォーマットで 100ms 間隔でファイルを保存する。

ファイルの名称は「SIPComm_radio_ yyyyMMdd_hhmm.csv」とする。yyyy は年、

MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「log」フォルダを生成し、その階層下に作成する。

ログ保存 (TTC 等のイベント情報)

先頭カラムにパソコンのタイムスタンプを付与し、その後 HMI 装置の内部イベントを文字列表現したファイルを保存する。

ファイルの名称は「SIPComm_cycle_YYYYMMdd_hhmm.csv」とする。YYYY は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「log」フォルダを生成し、その階層下に作成する。

ログ保存 (車両データ)

先頭カラムにパソコンのタイムスタンプを付与し、その後に CAN 受信データを保存する。

ファイルの名称は「SIPComm_can_YYYYMMdd_hhmm.csv」とする。YYYY は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「log」フォルダを生成し、その階層下に作成する。

ログ保存 (スクリーンショット)

メイン画面と支援モニタのスクリーンショットを最小 1 秒間隔 (変更可能) で保存する。

保存ファイルの拡張子は png,bmp,jpg から保存可能とする。

ファイルの名称は「YYYYMMdd_hhmmss_d.exp」とする。YYYY は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分、ss は秒、d はディスプレイ番号、exp は指定された拡張子を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に、ディスプレイ番号のフォルダを生成し、その階層下に作成する。

緯度経度 CSV 保存

ユーザー道路作成機能の支援として現在の緯度経度情報を CSV で保存する機能。自位置の情報を 1 秒間隔で CSV に追加保存する。

ファイルの名称は「RoadDefYYYYMMddhhmm.csv」とする。YYYY は年、MM は月、dd は日、hh は時、mm は分を表す。

ファイルは、実行ファイル階層の下に「rec」フォルダを生成し、その階層下に作成する。

緯度経度 CSV 保存操作一覧を表 5-6 に示す。

表 5-6 緯度経度 CSV 保存操作一覧

操作	動作内容
「F5」キー	CSVへ緯度経度をファイル作成し保存する。
「F6」キー	保存動作を停止する。

パラメータ設定機能

簡易 HMI 装置の動作切替に必要なパラメータを xml 形式で保存する。
 ファイル名は Information.xml とし実行ファイル階層と同一の場所に展開する。
 個々のパラメータ種別に関しては、実行ファイル階層の readme.txt を参照。

USB カメラプレビュー映像機能

メイン画面下部に USB カメラからの映像を表示する。地図と TTC 判定状況とを合わせてスクリーンショット保存する事で、実証実験のログ保存を行う。
 USB カメラの画角は 180 度を予定する。

支援機能 (TTC 判定)

通信相手に対しては、自位置近傍のデータをメモリから抽出し、衝突判定を行う。
 詳細は、「5.1.4 TTC 判定」を参照。

ログ再生機能 (擬似移動情報発信機能) (別プロセス)

実証実験にて保存したログファイル (一次加工無しの生データ) を入力情報とし、ログファイルの中を定周期で出力する機能とする。
 この機能は、別プロセスにて実現し、出力媒体は RS-232C デバイス、TCP サーバ接続とする。
 出力先は、簡易 HMI 装置ソフトウェアの GPS 入力、760MHz 無線機入力とする。
 ログ再生機能プロセスと簡易 HMI 装置プロセスを使うことで、実証実験のシーンを再現するものとする。

情報提供、注意喚起、警報表示機能 (スマートフォン)

支援機能により判定した結果をスマートフォンに通知し、画面、音、振動により情報提供、注意喚起、警報通知を行う。

5.1.4 TTC 判定

お台場実験用 TTC 判定

予め、GPS から出力されるデータに対して「方位安定化」を行う。

GPS 位置については、車両は右前に相当する位置（前に 3 m、右へ 1 m）、歩行者は左肩に相当する位置（前に 0 m、左へ 0.3m）へ理論上の位置を移動させて判定を行う。

「円の衝突ロジック」により TTC 判定を行う。

日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定

予め、GPS から出力されるデータに対して「方位安定化」を行う。

車両の GPS 位置については補正を行わないが、「円の衝突ロジック」の円の半径を車両がちょうど包む大きさとする。日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定半径イメージを図 5-3 に示す。

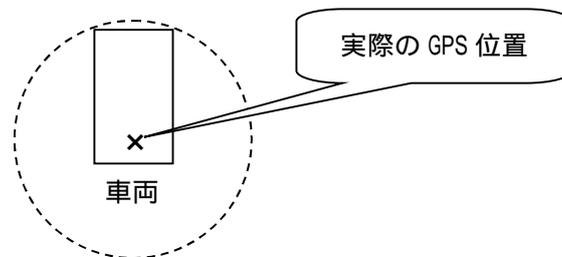


図 5-3 日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定半径イメージ

歩行者の GPS 位置については、左肩に相当する位置（前に 0 m、左へ 0.3m）へ理論上の位置を移動させて判定を行う。

車両対車両の場合は「円の衝突ロジック」により TTC 判定を行う。ただし減速支援では、道路が曲がっているために「円の衝突ロジック」だけでは支援が出にくいいため「経路東西移動機能」により二当車の位置を一当車に対してほぼ垂直に移動させる。

車両対歩行者の場合、車両側は「衝突予想地点まで疑似経路上を移動する衝突ロジック」により TTC 判定を行う。

歩行者側は、「円の衝突ロジック」または「衝突予想ラインからの距離ロジック」により TTC 判定を行う。

方位安定化処理

移動速度が遅い時に GPS から出力される方位がランダムに揺れるため、一定速度以下(1km/h程度を想定)の場合は方位を更新せずに前回の方位を維持することにより、方位の安定化を行う。

円の衝突ロジック

車両及び歩行者を円とみなし、円と円が衝突するまでの時間により判定を行う。円の衝突ロジックイメージを図 5-4 に示す。

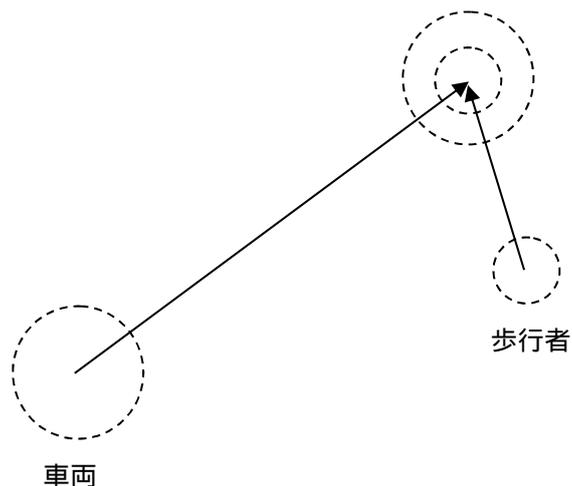


図 5-4 円の衝突ロジックイメージ

経路東西移動機能

一当車の走行経路はほぼ南北であることから、二当車の位置を衝突予想地点から真東の位置に、直線距離の分だけ移動させる。

これにより、二当車が一当車へほぼ垂直に進行する扱いとなり、「円の衝突ロジック」が衝突し易くなる。

経路東西移動機能イメージを図 5-5 に示す。

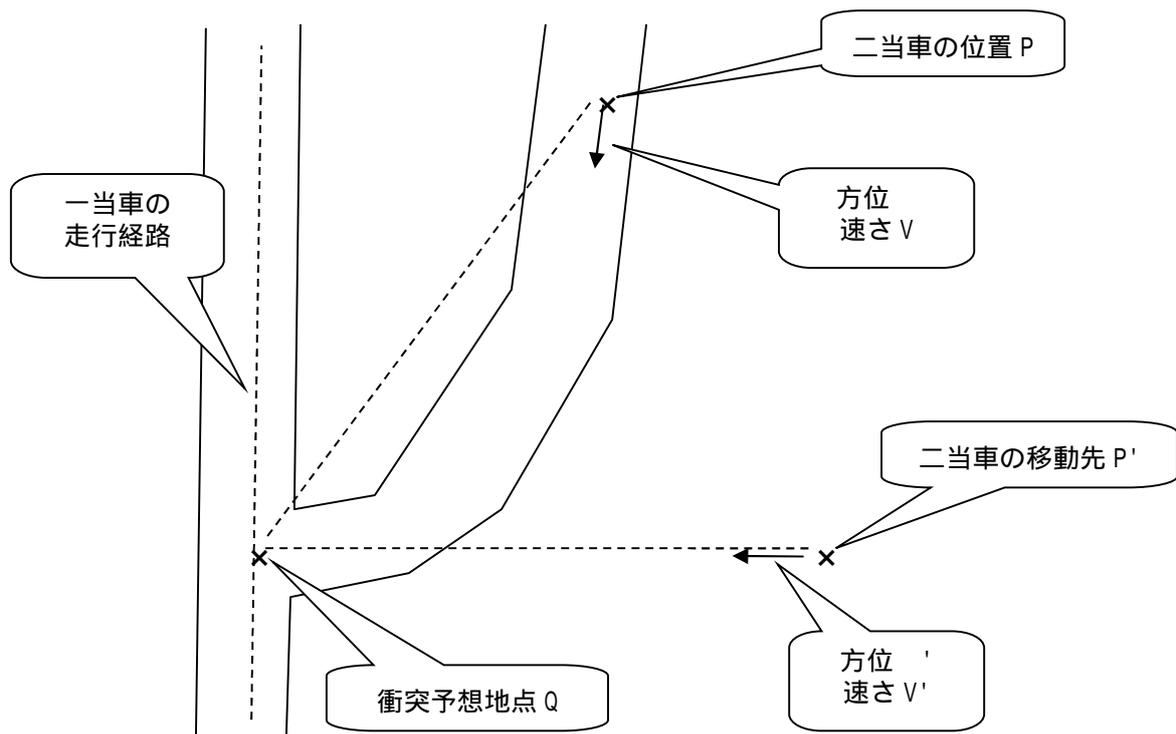


図 5-5 経路東西移動機能イメージ

車両のパラメータを以下のとおりとする。

P : 現在の二当車の位置

P' : 移動先の二当車の位置

Q : 衝突予想地点 (固定点)

L : P から Q までの直線距離

θ : 現在の方位

θ' : 移動先の方位

V : 現在の速さ

V' : 移動先の速さ

Q から真東に L だけ移動した位置を P' とする。

方位は θ に関わらず、 $\theta' = 270$ 度 (真西) 固定とする。

速さはそのまま $V' = V$ とする。

衝突予想地点まで疑似経路上を移動する衝突ロジック

車両が通行すると考えられる疑似的な経路上を等速度で移動すると考えて TTC (Time To Collision) を求める。疑似経路計算パラメータイメージを図 5-6 に示す。

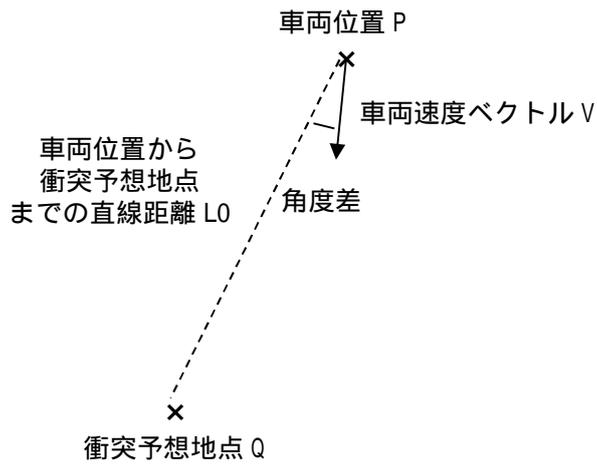


図 5-6 疑似経路計算パラメータイメージ

車両のパラメータを以下のとおりとする。

P：現在の車両位置

Q：衝突予想地点（固定点）

V：車両速度ベクトル

：車両速度ベクトルから PQ ベクトルまでの角度差

L0：P から Q までの直線距離

L1：疑似経路長

疑似経路長 L1 を以下のように定義する。

$$L1 = L0 \cdot (|\sin \quad | + |\cos \quad |)$$

疑似経路イメージを図 5-7 に示す。

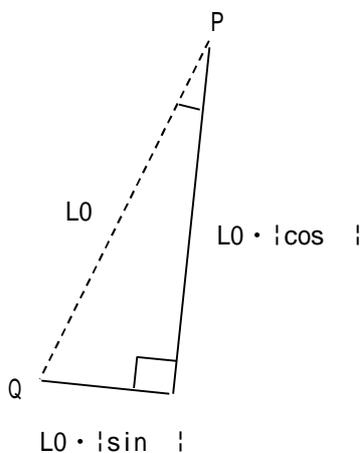


図 5-7 疑似経路イメージ

疑似経路長 L1 と速さ |V| から、TTC を求める。

$$TTC = L1 \div |V|$$

衝突予想ラインからの距離ロジック

歩行者と衝突予想ラインの位置関係により判定を行う。

衝突予想ラインからの距離ロジックイメージを図 5-8 に示す。

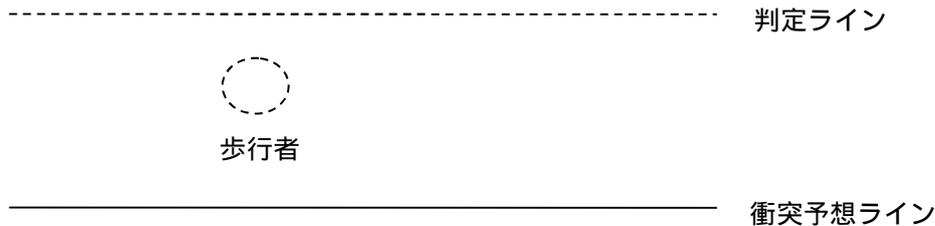


図 5-8 衝突予想ラインからの距離ロジックイメージ

5.1.5 画面イメージ

車車間通信システム

図 5-9 に車車間通信システムメイン画面イメージ、図 5-10 に車車間通信システム支援モニタ画面イメージを示す。

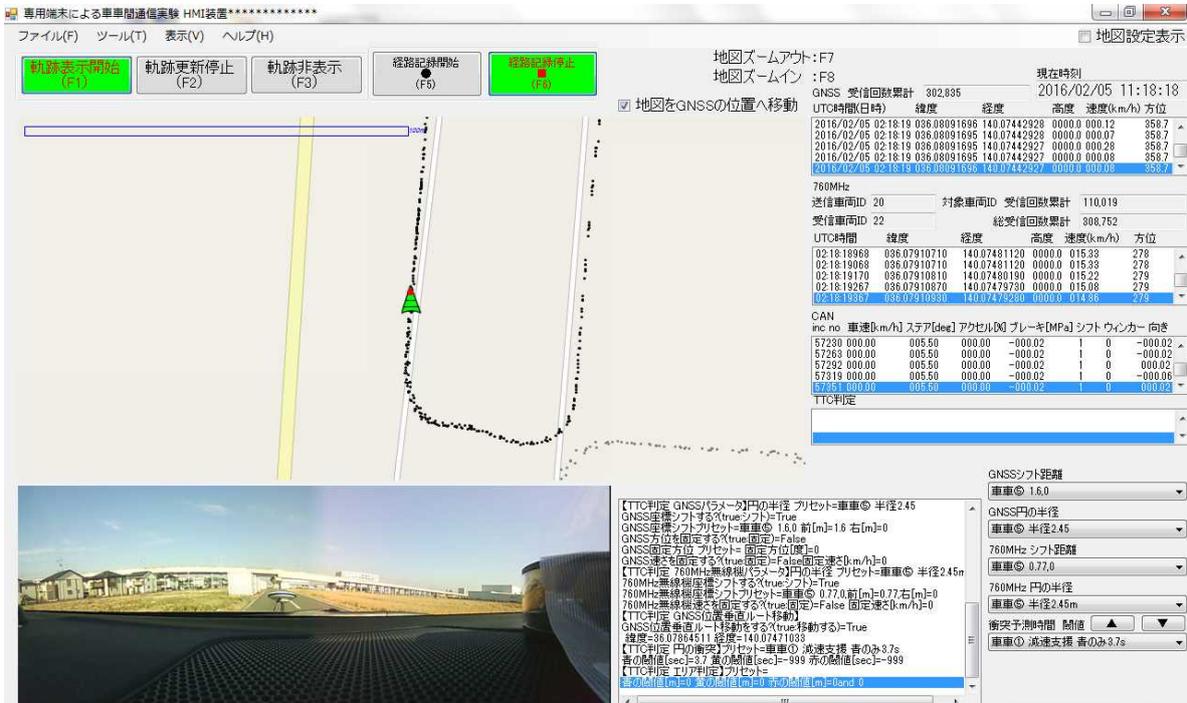


図 5-9 車車間通信システムメイン画面イメージ



図 5-10 車車間通信システム支援モニタ画面イメージ

歩車間通信システム

図 5-11 に歩車間通信システム車両用メイン画面イメージ、図 5-12 に歩車間通信システム車両用支援モニタ画面イメージ、図 5-13 に歩車間通信システム歩行者用メイン画面イメージ、図 5-14 に歩車間通信システム歩行者用支援モニタ画面イメージを示す。



図 5-11 歩車間通信システム車両用メイン画面イメージ



図 5-12 歩車間通信システム車両用支援モニタ画面イメージ



図 5-13 歩車間通信システム歩行者用メイン画面イメージ



図 5-14 歩車間通信システム歩行者用支援モニタ画面イメージ

5.1.6 通信 I/F 仕様

伝送仕様

A)GPS 受信機

GPS 受信機伝送仕様を表 5-7 に示す。

表 5-7 GPS 受信機伝送仕様

信号仕様	RS-232C
ボーレート	2400bps ~ 115200bps
スタートビット	1bit
データ長	8bit
ストップビット	1bit
パリティビット	なし
フロー制御	なし

B)760MHz 無線機

760MHz 無線機伝送仕様を表 5-8 に示す。

表 5-8 760MHz 無線機伝送仕様

信号仕様	USB 2.0 FS
ドライバクラス	CDC
DescriptorSubtype	ACM
通信間隔	送信 100ms、受信 100ms (最大)

通信プロトコル

A)GPS 受信機

< \$GPGGA センテンス >

\$GPGGA センテンスプロトコルを表 5-9 に示す。

表 5-9 \$GPGGA センテンスプロトコル

No.	データ	項目	内容
1	"\$GPGGA"	メッセージ ID	
2	hhmmss.ss	世界時(UTC)	時,分,秒
3	ddmm.mmmm	緯度	度,分,分/10000
4	"N"/"S"	北緯南緯	N:北緯 S:南緯
5	dddmm.mmmm	経度	度,分,分/10000
6	"E"/"W"	東経西経	E:東経 W:西経
7	n	測位状態	0:測位不可 1:測位中 2:DGPS 3:PPS ...
8	nn	使用衛星数	0~12
9	n.nn	HDOP 値	水平位置精度劣化係数
10	xnnnn.n	アンテナ高	平均海面からのアンテナ高度
11	"M"	単位	アンテナ高の単位
12	xnnnn.n	ジオイド高	WGS-84 楕円体から平均海水面の高度差
13	"M"	単位	ジオイド高の単位
14	sss	経過時間	DGPS データ取得からの経過時間(秒)
15	nnnn	ID 番号	DGPS 基準局の ID 番号(0~1023)
16	""hh	チェックサム	"\$"を除き""の直前までの XOR 値

< \$GPGSA センテンス >

\$GPGSA センテンスプロトコルを表 5-10 に示す。

表 5-10 \$GPGSA センテンスプロトコル

No.	データ	項目	内容
1	"\$GPGSA"	メッセージ ID	
2	"A"/"M"	2/3 次切替	A:自動 M:手動
3	n	測位状態	1:測位不可 2:2次元 3:3次元測位中
4	nn	衛星番号	Ch1 が受信中の衛星番号(01 ~ 32)
5	nn	"	Ch2 が "
6	nn	"	Ch3 が "
7	nn	"	Ch4 が "
8	nn	"	Ch5 が "
9	nn	"	Ch6 が "
10	nn	"	Ch7 が "
11	nn	"	Ch8 が "
12	nn	"	Ch9 が "
13	nn	"	Ch10 が "
14	nn	"	Ch11 が "
15	nn	"	Ch12 が "
16	nn.nn	PDOP 値	空間座標(3次元)DOP
17	nn.nn	HDOP 値	水平方向の DOP
18	nn.nn	VDOP 値	垂直方向の DOP
19	""hh	チェックサム	"\$"を除き""の直前までの XOR 値

< \$GPGSV センテンス >

\$GPGSV センテンスプロトコルを表 5-11 に示す。

表 5-11 \$GPGSV センテンスプロトコル

No.	データ	項目	内容
1	"\$GPGSV"	メッセージ ID	
2	n	メッセージ総数	1~3 GSV センテンスのメッセージ数
3	n	メッセージ番号	1~3
4	nn	利用可能数	利用可能な全衛星数(仰角マスク以上)
5	nn	衛星番号	01 ~ 32 (Ch1,5,9)
6	nn	衛星の仰角	0 ~ 90 度
7	nnn	衛星方位角	真北を 0 とし、東回りに 359 度まで
8	nn	SNR	0 ~

No.	データ	項目	内容
9	nn	衛星番号	5～8番目の繰り返し(Ch2,6,10)
10	nn	衛星の仰角	
11	nnn	衛星方位角	
12	nn	SNR	
13	nn	衛星番号	5～8番目の繰り返し(Ch3,7,11)
14	nn	衛星の仰角	
15	nnn	衛星方位角	
16	nn	SNR	
17	nn	衛星番号	5～8番目の繰り返し(Ch4,8,12)
18	nn	衛星の仰角	
19	nnn	衛星方位角	
20	nn	SNR	
21	""hh	チェックサム	"\$"を除き""の直前までの XOR 値

< \$GPRMC センテンス >

\$GPRMC センテンスプロトコルを表 5-12 に示す。

表 5-12 \$GPRMC センテンスプロトコル

No.	データ	項目	内容
1	"\$GPRMC"	メッセージ ID	
2	hhmmss.ss	世界時(UTC)	時,分,秒
3	"A"/"V"	ステータス	A:有効 V:無効
4	ddmm.mmmm	緯度	度,分,分/10000
5	"N"/"S"	北緯南緯	N:北緯 S:南緯
6	dddmm.mmmm	経度	度,分,分/10000
7	"E"/"W"	東経西経	E:東経 W:西経
8	nnn.n	速度	knot
9	ddd.d	針路	真北を 0 とし、東回りに 359.9 度まで
10	ddmmyy	日付	日、月、年
11	ddd.d	磁気偏角	0 から 180.0 度
12	"E"/"W"	偏角方向	E:磁気偏差が東より W:偏差が西より
13	"A"/"D"/"N"	モード	A:単独測位 D:DGPS N:無効...
14	""hh	チェックサム	"\$"を除き""の直前までの XOR 値

B)760MHz 無線機

700MHz 帯高度道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 1.0 版を参照。

5.1.7 通信シーケンス

GPS 受信機

GPS 受信機通信シーケンスを図 5-15 に示す。

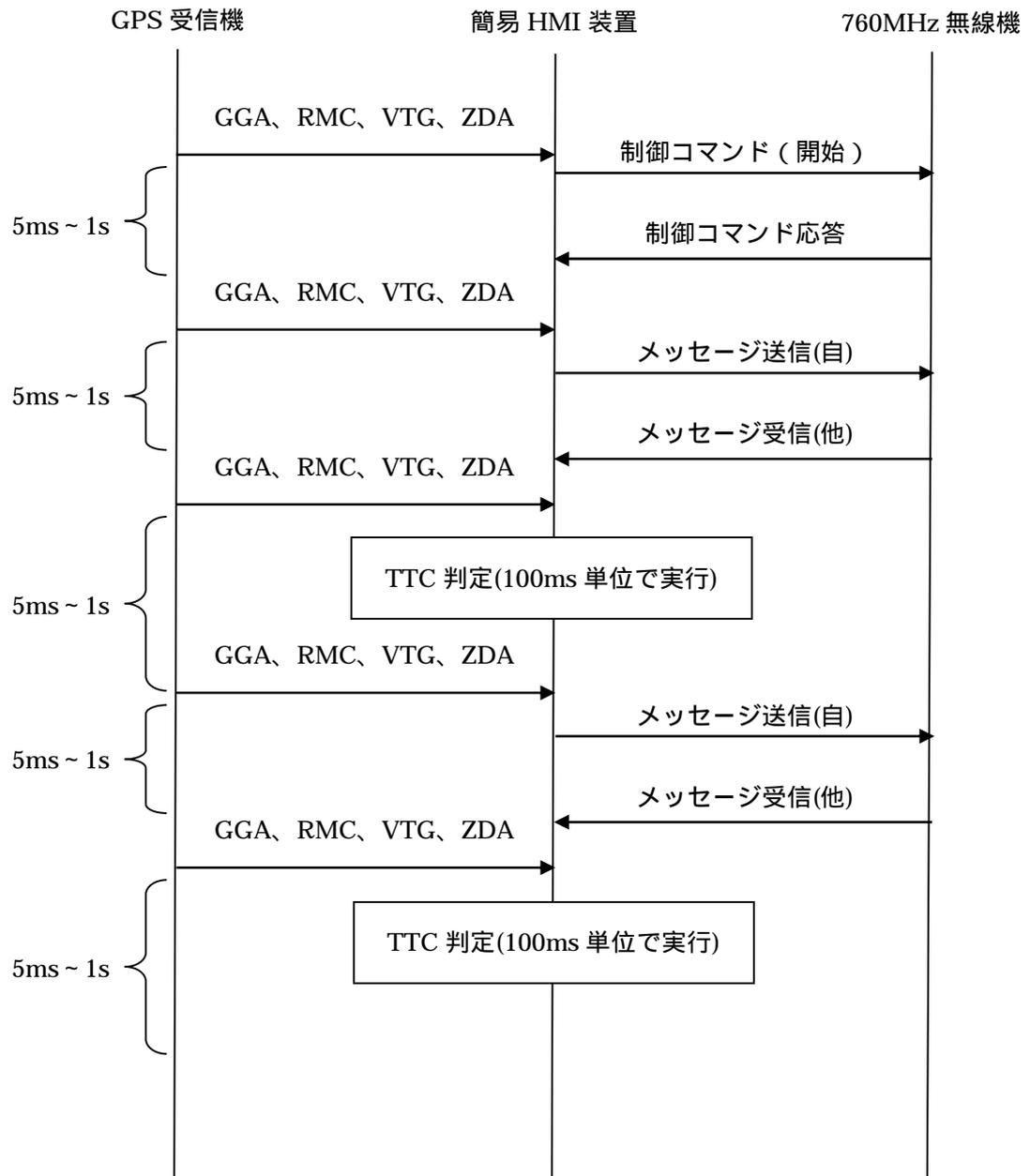


図 5-15 GPS 受信機通信シーケンス

5.1.8 データベース仕様

GPS ログ (生データ)

GPS ログ (生データ) データベース仕様を表 5-13 に示す。

表 5-13 GPS ログ (生データ) データベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder/年月日_時	/log/20151118_14
ファイル名	SIPComm_nmeaall_年月日_時分.csv	SIPComm_nmeaall_20151112_1735.csv
ファイルフォーマット	NMEA	\$GPGGA,060600.40,3620.2582,N,13900.1426,E,1,5,3.45,12.34,M,11.22,M,678,56*61 \$GPRMC,060600.40,A,3620.2582,N,13900.1426,E,21.5982721382289,266.7,181115,0,E,A*1C

GPS ログ (ログ再生用間引きデータ)

GPS ログ (ログ再生用間引きデータ) データベース仕様を表 5-14 に示す。

表 5-14 GPS ログ (ログ再生用間引きデータ) データベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder	/log
ファイル名	SIPComm_nmea_年月日_時.csv	SIPComm_nmea_20151118_14.csv
ファイルフォーマット	PC 年/月/日 時:分:秒.ミリ秒,NMEA	2015/11/18 14:00:00.060,\$GPGGA,050000.44,3620.2545,N,13900.0507,E,1,5,3.45,12.34,M,11.22,M,678,56*68

760MHz 無線機ログ

760MHz 無線機ログデータベース仕様を表 5-15 に示す。

詳細については「700MHz 帯高度道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 1.0 版」を参照。

表 5-15 760MHz 無線機ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder	/log
ファイル名	SIPComm_radio_年月日_時.csv	SIPComm_radio_20151118_14.csv
ファイルフォーマット	ログ記録時刻,recv(受信)または send(送信),共通サービス規格 ID,メッセージ ID,バージョン情報,車両ID,インクリメントカウンタ,共通アプリデータ長,オプションフラグ,うるう秒補正情報,UTC 時刻(時),UTC 時刻(分),UTC 時刻(秒),緯度,経度,高度,位置取得情報,高度取得情報,自車速,車両方位角,前後加速度,自車速取得情報,車両方位角取得情報,前後加速度取得情報,シフトポジション,ステアリング角度,車両サイズ種別,車両用途種別,車幅,車長,位置情報遅れ時間,リビジョンカウンタ,道路施設情報,道路区分情報,誤差楕円長半径,誤差楕円単半径,誤差楕円回転角,GPS 測位モード,GPS 位置精度低下率,GPS 補足衛星数,GPS マルチパス検出,自律航法機能情報,マップマッチング機能情報,ヨーレート,ブレーキ状態,補助ブレーキ状態,アクセルペダル開度,灯火類 SW 状態,ACC 作動状態,C-ACC 作動状態,PCS 作動状態,ABS 作動状態,TRC 作動状態,ESC 作動状態,LKA 作動状態,LKA 作動状態,交差点距離情報,交差点距離,交差点情報取得情報,交差点緯度,交差点経度,拡張情報,自由アプリヘッダ長,自由アプリデータ数,個別 ID1,個別データ先頭アドレス 1,個別データ長 1,個別 ID2,個別データ先頭アドレス 2,個別データ長 2,個別 ID3,個別データ先頭アドレス 3,個別データ長 3,個別 ID4,個別データ先頭アドレス 4,個別データ長 4,個別 ID5,個別データ先頭アドレス 5,個別データ長 5,個別 ID6,個別データ先頭アドレス 6,個別データ長 6,個別 ID7,個別データ先頭アドレス 7,個別データ 1,個別データ 2,個別データ 3,個別データ 4,個別データ 5,個別データ 6,個別データ 7	2015/11/18 14:00:00.061,send,1,1,1,0,2 40,54,11111111b,0,5,0,0.061, 36.337575,139.000845,12.3, 0b,0b,16.22,262,0,0b,0b,0b, 111b,-2048,1111b,1111b,10.2 3,163.83,3100,3100,0b,0b,1 27.5,127.5,819.1875,0b,12.6 ,15,0b,0,0,-327.68,0b,0b,127 .5,0b,0b,0b,0b,0b,0b,0b,0 b,0b,1023,0b,-214.7483648,- 214.7483648,0b,4,1,0,0,1,0, 0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0, 0,1,00,,,,,

イベントログ

イベントログデータベース仕様を表 5-16 に示す。

表 5-16 イベントログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder	/log
ファイル名	SIPComm_cycle_年月日_時.csv	SIPComm_cycle_20151118_14.csv
ファイルフォーマット	任意	

車両データログ

車両データログデータベース仕様を表 5-17 に示す。

表 5-17 車両データログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder	/log
ファイル名	SIPComm_can_年月日_時.csv	SIPComm_can_20151118_14.csv
ファイルフォーマット	ログ記録時刻,GPS 最新時間,CAN 更新毎に連番数値,車速[km/h],ステアリング角度[deg],アクセル開度[%],ブレーキ踏力[MPa],シフト情報[1:パーキング/2:リバース/3:ニュートラル/4:ドライブ/5:セカンド/6:ロー/15:Invalid],ウィンカー情報[0:通常/1:右ウィンカー/2:左ウィンカー/3:ハザード],車両の向き[deg/sec]	2016/02/07 08:00:49.537,2016/02/06 23:00:50.800,73544,0.00,-1.70,0.0 0,-0.019,1,0,0.201

スクリーンショットログ

スクリーンショットログデータベース仕様を表 5-18 に示す。

表 5-18 スクリーンショットログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/初期情報 xml ファイルの logFolder/ディスプレイ番号	/log/1
ファイル名	年月日_時分秒_ディスプレイ番号.拡張子	20151118_143020_2.png
ファイルフォーマット	画像ファイルフォーマット	略

歩行者用ビューア通信ログ

歩行者用ビューア通信ログデータベース仕様を表 5-19 に示す。

表 5-19 歩行者用ビューア通信ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli00000000_comm 年月日時.csv	cli00000000_comm2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒, recv, 受信 バイナリデータを 16 進でカンマ区切り	2016/01/30 12:05:22.079,recv,00,32,30,31,36,2F,30,31, 2F,33,30,20,31,32,3A,・・・(省略) 2016/01/30 12:05:22.189,recv,13,32,30,31,36,2F,30,31, 2F,33,30,20,31,32,3A,・・・(省略)

歩行者用ビューアイベントログ

歩行者用ビューアイベントログデータベース仕様を表 5-20 に示す。

表 5-20 歩行者用ビューアイベントログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli00000000_event 年月日時.csv	cli00000000_event2014112716.csv
ファイルフォーマット	任意	

歩行者用ビューアステータスログ

歩行者用ビューアステータスログデータベース仕様を表 5-21 に示す。

表 5-21 歩行者用ビューアステータスログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli00000000_state 年月日時.csv	cli00000000_state2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒, バッテリ残量, バッテリ容量, 温度	2014/12/05 11:00:14.089,30,100,23.1

歩行者用ビューアタイムラインログ

歩行者用ビューアタイムラインログデータベース仕様を表 5-22 に示す。

表 5-22 歩行者用ビューアタイムラインログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli00000000_timeline_年月日時.csv	cli00000000_timeline2016020109.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒,送信側時刻情報,X 軸加速度,Y 軸加速度,Z 軸加速度,加速度絶対値 通知場面情報番号,通知情報場面,表示色,メッセージ内容	2016/02/01 09:01:31.866,2016/02/01 09:01:31.050,1.0449707021033188,-0.10782129327992118,-0.24413250750055582,1.078512809732627513,単路横断左から右,青,情報提供 / 自動車が接近 / していません。

5.2 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムの開発

5.2.1 システム開発のねらい

公道での実証実験等を通じて、車車間・路車間・歩車間通信でやりとりする情報やインフラレーダーで収集する情報等を組み合わせたシステムを開発し、ICT を活用した高度な安全運転支援システムの実現を目的とする。それに資する技術として、携帯電話ネットワーク利用型の歩車間通信システムのアプリケーションを開発する。

5.2.2 システム構成

図 5-16 に携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム構成を示す。

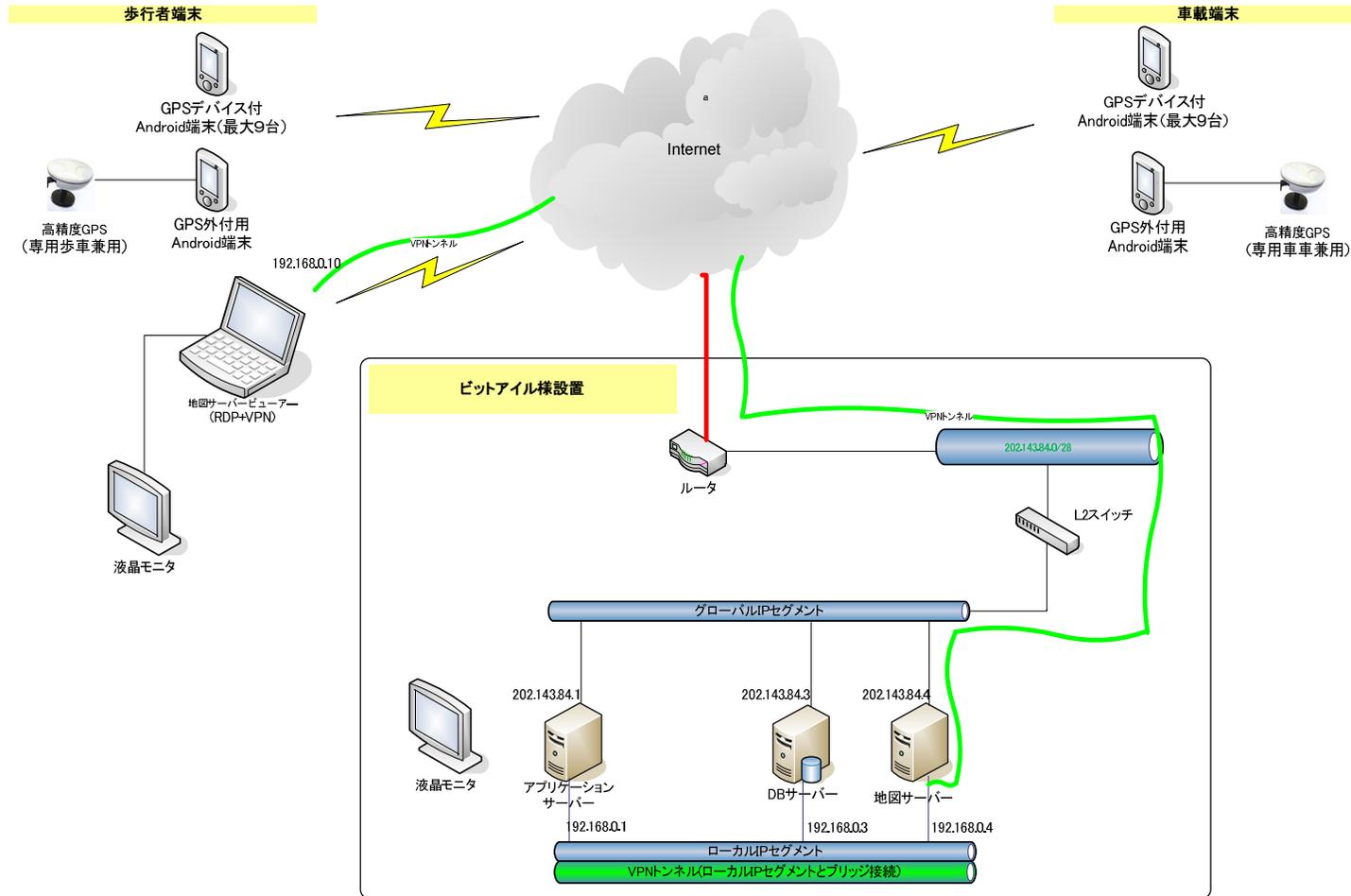


図 5-16 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム構成

5.2.3 車両 / 歩行者用ソフトウェア機能仕様

車両 / 歩行者用ソフトウェア機能一覧を表 5-23 に示す。

表 5-23 車両 / 歩行者用ソフトウェア機能一覧

No.	機能名
1	初期情報取得機能
2	外部 GPS 情報取得機能
3	プローブ情報取得機能
4	地図表示機能
5	ユーザー道路表示機能
6	位置情報表示機能
7	支援機能
8	通信機能 (送信、受信)
9	ログ保存機能
10	ログ再生機能
11	パラメータ設定機能 (ローカル)
12	パラメータ設定機能 (起動時)

初期情報取得機能

初期情報をプロパティファイルで持つ。

車両 / 歩行者用ソフトウェア初期情報一覧を表 5-24 に示す。

表 5-24 車両 / 歩行者用ソフトウェア初期情報一覧

No.	初期情報名
1	端末 ID
2	プライマリーアプリケーションサーバー IP アドレス
3	プライマリーアプリケーションサーバーポート番号
4	プローブ情報送信周期

外部 GPS 情報取得機能

USB 接続された外部 GPS からの NMEA 情報を取得し、位置情報として処理する。

外部 GPS が USB 接続されている場合は内蔵 GPS の情報は使用しない。

プローブ情報取得機能

端末の GPS 情報、各種センサ情報を取得する。

車両 / 歩行者用ソフトウェアプローブ情報一覧を表 5-25 に示す。

各種センサ情報については表 5-25 に示すセンサのうち、端末に内蔵されているもののみ使用する。

表 5-25 車両 / 歩行者用ソフトウェアプローブ情報一覧

No.	プローブ情報名
1	ジャイロセンサ
2	加速度センサ
3	線形加速度センサ
4	重力加速度センサ
5	地磁気センサ
6	回転ベクトルセンサ
7	方位センサ

地図表示機能

地図表示エリアに自位置を中心として地図の表示を行う。

ズームレベルを表示する車両 / 歩行者が表示されるよう自動的に変更する。

ユーザー道路表示機能

地図データの無い実験エリアでの検証が行えるよう、作成したユーザー道路を地図の代わりに表示する。

位置情報表示機能

地図表示エリアの中心に自アイコンの表示を行う。

自アイコンは、センサによる補正の有無および補正に使用したセンサが判別可能な表示を行う。

支援機能

サーバーから通知された車両 / 歩行者情報を元に地図上にアイコンの表示を行う。

サーバーから通知された支援情報を支援情報エリアに表示し、音、振動による支援を行う。

通信機能（送信、受信）

アプリケーション起動時にパラメータ取得コマンドをサーバーに送信する。

パラメータ取得レスポンスを受信した場合、設定された情報を元に動作を行う。

パラメータ取得レスポンスを受信できない場合、定期的にパラメータ取得コマンドを送信する。

パラメータ取得レスポンスを受信できた場合、取得したプローブ情報をサーバーに定期的に送信する。

TTC 情報を受信した場合、画面表示の更新を行う。

ログ保存機能

通信ログ：送受信した通信データを保存する。

ログ再生機能

保存されたログファイルの情報を元にアプリケーションを疑似動作させる。

通信は行わない。

パラメータ設定機能（ローカル）

端末種別（車両 / 歩行者）、端末 ID、接続先 IP アドレス、接続先ポート番号の設定を行う。

パラメータ設定機能（起動時）

起動時にパラメータ取得シーケンスにより設定情報を取得する。

画面イメージ

図 5-17 に車両用端末画面イメージ、図 5-18 に歩行者用端末画面イメージを示す。



図 5-17 車両用端末画面イメージ



図 5-18 歩行者用端末画面イメージ

5.2.4 アプリケーションサーバーソフトウェア機能仕様

アプリケーションサーバーソフトウェア機能一覧を表 5-26 に示す。

表 5-26 アプリケーションサーバーソフトウェア機能一覧

No.	機能名
1	初期情報取得機能
2	衝突判定機能 (TTC = Time To Collision 判定)
3	通信機能 (送信、受信)
4	ログ保存機能
5	パラメータ設定機能
6	デバッグログ保存機能

初期情報取得機能

初期情報を xml ファイルで持つ。

アプリケーションサーバーソフトウェア初期情報一覧を表 5-27 に示す。

表 5-27 アプリケーションサーバーソフトウェア初期情報一覧

No.	初期情報名
1	車両/歩行者用装置から通信を受けるためのポート番号
2	車両/歩行者用装置へ指示を与えるための情報
3	送信周期
4	地図サーバーの IP アドレス及びポート番号
5	TTC 判定のパラメータ

衝突判定機能 (TTC = Time To Collision 判定)

車両に対しては、自車両位置近傍の最新歩行者データをメモリから抽出し、衝突判定を行う。

衝突判定のロジックは 2014 年 12 月までに簡易版を開発、2015 年 1 月に発展版の開発を行う。

詳細は「TTC 判定」を参照。

通信機能 (送信、受信)

A) 車両/歩行者用装置パラメータ取得

車両/歩行者用装置から、パラメータ取得コマンドを UDP で受信する。

パラメータ取得コマンド受信に対して車両・歩行者のパラメータをメモリから取得し、メッセージ送信元の車両・歩行者用装置へパラメータ取得レスポンスを UDP で返信する。

B) プローブ情報受信 & TTC 情報返信

車両/歩行者用装置から、プローブ情報を UDP で受信する。

プローブ情報受信に対して TTC 情報を求め、メッセージ送信元の車両/歩行者用装置へ TTC 情報を UDP で返信する。

ログ保存機能

車両/歩行者用装置との送信・受信データは、ログデータとしてテキストファイルへそのまま保存する。

保存データには初期シーケンスの送受信データを含む。

パラメータ設定機能

アプリケーションサーバーソフトのパラメータは xml に保存する。

アプリケーションサーバーソフト起動時に、xml からパラメータを読み込む。

パラメータ書き換えは、手動操作でエディタを使用して行う。

デバッグログ保存機能

デバッグ用にエラー等の情報をテキストファイルに出力する。

TTC 判定

A)お台場実験用 TTC 判定

予め、GPS から出力されるデータに対して「方位安定化」及び「速度固定化」を行う。

GPS 位置については、車両は右前に相当する位置（前に 3 m、右へ 1 m）、歩行者は左肩に相当する位置（前に 0 m、左へ 0.3m）へ理論上の位置を移動させて判定を行う。

TTC 判定のフィルターとして、高精度 GPS のスマートフォン同士、内蔵 GPS のスマートフォン同士でのみ判定を行う。

「円の衝突ロジック」により TTC 判定を行う。

B) 日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定

予め、GPS から出力されるデータに対して「方位安定化」及び「速度固定化」を行う。

車両の GPS 位置については補正を行わないが、「円の衝突ロジック」の円の半径を車両がちょうど包む大きさとする。日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定半径イメージを図 5-19 に示す。

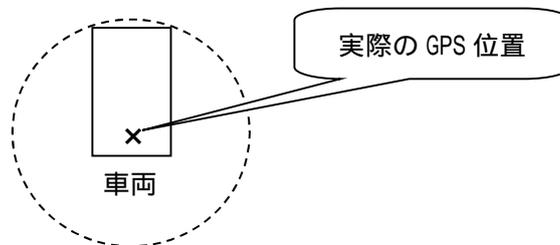


図 5-19 日本自動車研究所模擬市街路実験用 TTC 判定半径イメージ

歩行者の GPS 位置については、左肩に相当する位置（前に 0 m、左へ 0.3m）へ理論上の位置を移動させて判定を行う。

TTC 判定のフィルターとして、高精度 GPS のスマートフォン同士、内蔵 GPS のスマートフォン同士でのみ判定を行う。

車両は「円の衝突ロジック」により TTC 判定を行う。

歩行者の TTC 判定方法は、「円の衝突ロジック」または「衝突予想ラインからの距離ロジック」に対応する。

サーバーで設定を行うことにより、TTC 判定方法をスマートフォン毎に指定することができる。

サーバーのコンボボックスにより、TTC 判定閾値のプリセットを選択することができる。

C)方位安定化処理

移動速度が遅い時に GPS から出力される方位がランダムに揺れるため、一定速度以下（1 km/h 程度を想定）の場合は方位を更新せずに前回の方位を維持することにより、方位の安定化を行う。

D)速度固定化処理

理想的な速度で走行しているかのように、歩行者の速度を固定 5 km/h、車両の速度を固定 50km/h とする。

E)円の衝突ロジック

車両及び歩行者を円とみなし、円と円が衝突するまでの時間により判定を行う。円の衝突ロジックイメージを図 5-20 に示す。

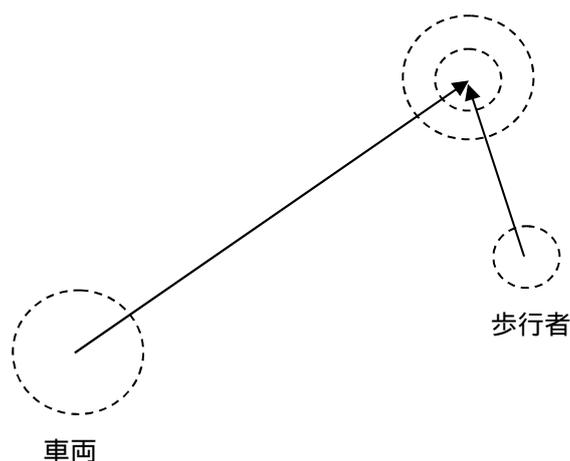


図 5-20 円の衝突ロジックイメージ

F)衝突予想ラインからの距離ロジック

歩行者と衝突予想ラインの位置関係により判定を行う。衝突予想ラインからの距離ロジックイメージを図 5-21 に示す。

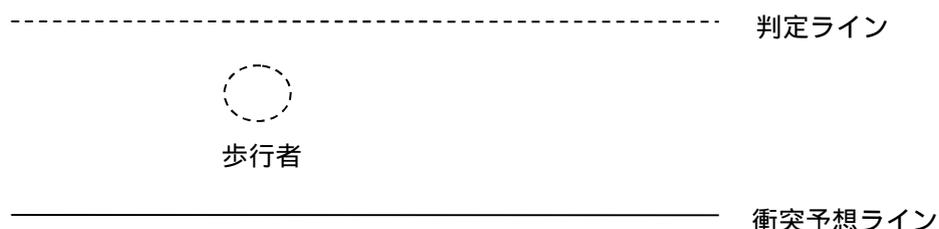


図 5-21 衝突予想ラインからの距離ロジックイメージ

画面イメージ

図 5-22 にアプリケーションサーバー画面イメージを示す。

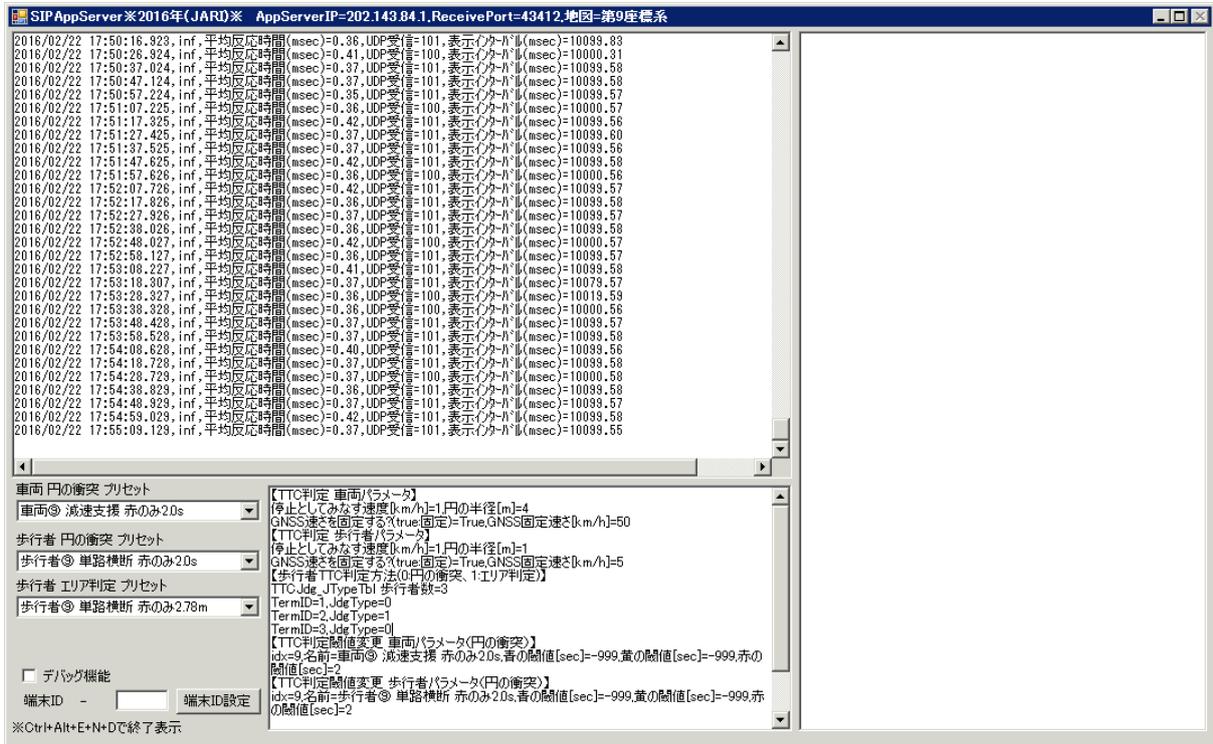


図 5-22 アプリケーションサーバー画面イメージ

5.2.5 端末ステータスソフトウェア機能仕様

端末ステータスソフトウェア機能一覧を表 5-28 に示す。

表 5-28 端末ステータスソフトウェア機能一覧

No.	機能名
1	初期情報取得機能
2	通信状況確認画面表示機能
3	端末ステータス確認画面表示機能

初期情報取得機能

初期情報を xml ファイルで持つ。

端末ステータスソフトウェア初期情報一覧を表 5-29 に示す。

表 5-29 端末ステータスソフトウェア初期情報一覧

No.	初期情報名
1	車両用端末 ID (複数件)
2	歩行者用端末 ID (複数件)
3	通信状況確認対象の車両用端末 ID (複数件)
4	通信状況確認対象の歩行者用端末 ID (複数件)
5	ステータス確認対象の車両用端末 ID (歩行者用端末 ID と合わせて 5 件まで)
6	ステータス確認対象の歩行者用端末 ID (車両用端末 ID と合わせて 5 件まで)
7	ステータス確認項目ごとのグラフ上限値、グラフ下限値、グラフ表示するか
8	ステータス表示グラフ色 (5 件)
9	グラフのグリッド色

通信状況確認画面表示機能

指定した車両用端末および歩行者端末ごとの通信状況を表示する。

最終受信から 5 秒以上経過した端末はピンク色で表示する。

最終受信から 10 秒以上経過した端末は赤色で表示する。

端末ステータス確認画面表示機能

指定した車両用端末および歩行者端末ごとのステータス (温度等の情報) を最大 5 端末分表示する。

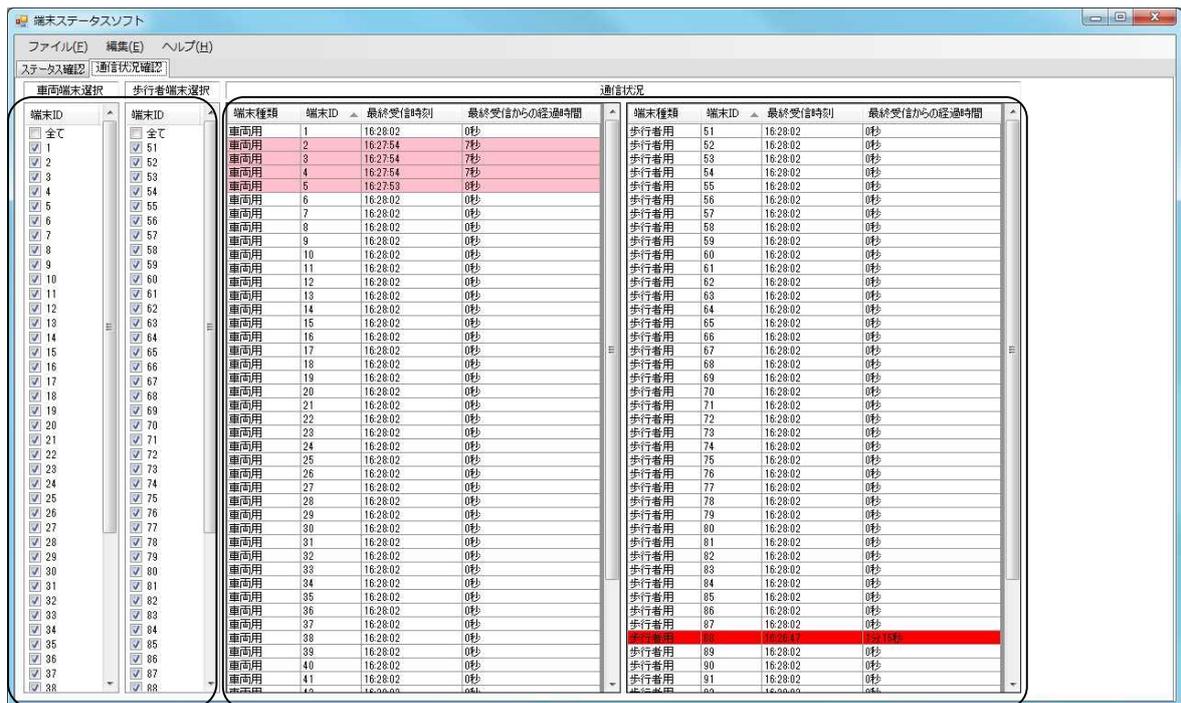
ステータス項目ごとに、端末ごとの値の変化を折れ線グラフで最大 3 項目分表示する。

最終受信から 5 秒以上経過した端末はピンク色で表示する。

最終受信から 10 秒以上経過した端末は赤色で表示する。

画面イメージ

図 5-23 に端末ステータスソフト一覧表示画面イメージ、図 5-24 に端末ステータスソフトステータス確認画面イメージ、図 5-25 に端末ステータスソフト編集ダイアログ画面イメージを示す。



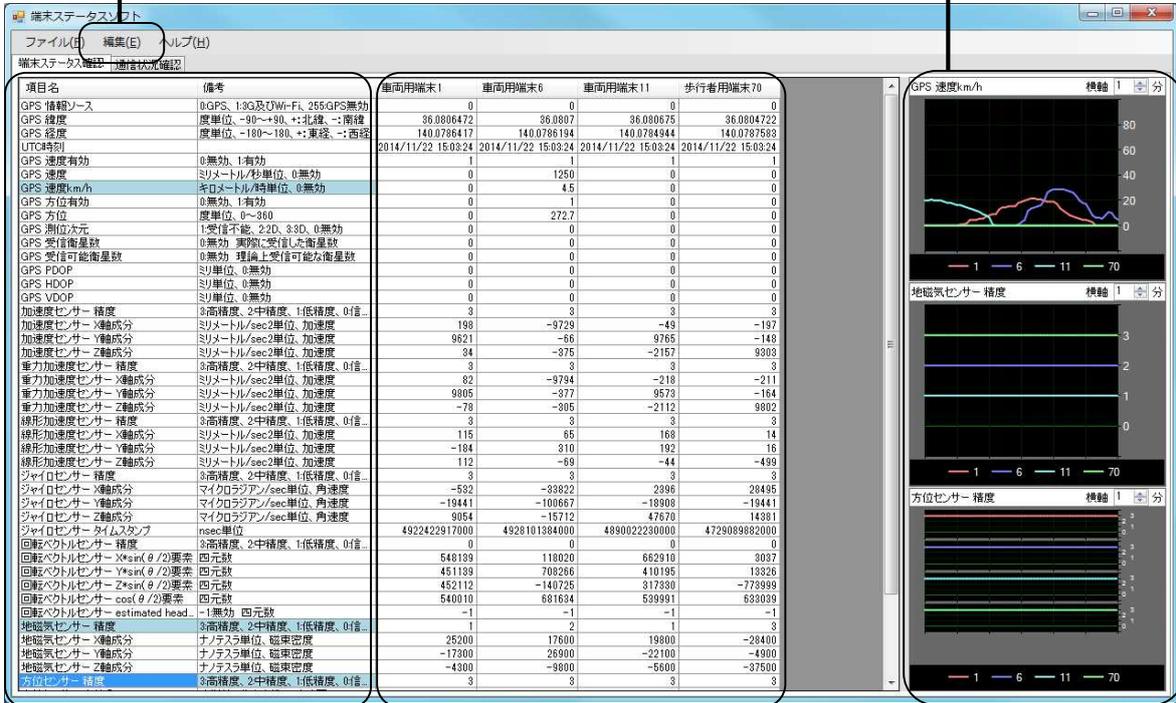
通信状況を確認する対象の端末を選択する。

通信状況確認対象の端末の通信状況が表示される。
最終受信から 5 秒以上経過した端末はピンクで表示され、
10 秒以上経過した端末は赤で表示される。

図 5-23 端末ステータスソフト一覧表示画面イメージ

ステータスを確認する対象の端末およびグラフ色を変更する編集ダイアログを開く。

端末ごとにステータスの変化がグラフで表示される。ダブルクリックすることで項目を個々に表示することも可能。横軸を分単位で1分から60分まで指定可能。



端末ステータス項目が表示される。ダブルクリックすることで項目が最大3件グラフ表示される。

ステータス確認対象の端末、およびその端末のステータスが表示される。最終受信から5秒以上経過した端末はピンクで表示され、10秒以上経過した端末は赤で表示される。

図 5-24 端末ステータスソフトステータス確認画面イメージ



グラフの色を選択す

ステータスを確認する対象の端末を最大5件選択する。

図 5-25 端末ステータスソフト編集ダイアログ画面イメージ

5.2.6 地図サーバーソフトウェア機能仕様

地図サーバーソフトウェア機能一覧を表 5-30 に示す。

表 5-30 地図サーバーソフトウェア機能一覧

No.	機能名
1	初期情報取得機能
2	地図表示機能
3	拡大図表示機能
4	ユーザー道路表示機能
5	車両・歩行者位置情報表示機能
6	ログ再生機能

初期情報取得機能

初期情報を xml ファイルで持つ。

起動時に動作パラメータを xml ファイルから読み込む。

画面で動作パラメータの変更を行い、変化があったら xml ファイルへ書き込む。

地図サーバーソフトウェア初期情報一覧を表 5-31 に示す。

表 5-31 地図サーバーソフトウェア初期情報一覧

No.	初期情報名
1	APP サーバーの接続ポート番号
2	ログ記録フォルダのパス
3	現在使用中の地図名

地図表示機能

画面に地図表示を行う。

縮尺の指定、画面のスクロールなどの基本的な機能を持つ。

拡大図表示機能

車両/歩行者端末を一覧画面グリッドに表示する。

グリッドで選択した車両/歩行者端末周辺を、別画面の拡大図として表示を行う。

画面のスクロールなどの基本的な機能を持つ。

最大で 3 つの拡大図を表示する。

ユーザー道路表示機能

CSV ファイルでユーザー道路のデータを持つ。(スマートフォン側でも同様のデータでユーザー道路を表示する。)

メイン画面及び拡大図に重ねて、ユーザー道路を表示する。

車両・歩行者位置情報表示機能

一定周期で最新の車両/歩行者位置情報を取得し、地図上に位置を表示する。

端末位置にマーカーを緑色で表示するが、一定時間受信 (5 sec) が無い場合は最後に受信した端末位置にマーカーを白色で表示し、一定時間受信 (10sec) が無い場合はマーカーを非表示にする。

なお、TTC 判定で注意喚起となった場合は端末位置にマーカーを赤色で表示する。

端末に対するユニーク ID を一覧画面グリッドに表示する。

ログ再生機能

メッセージセットエミュレーターソフトから車両/歩行者用装置の通信ログ情報を一定周期で UDP 受信することにより、最新データが受信しているかのような動作を行う。

画面イメージ

図 5-26 に地図サーバーソフトウェア画面イメージを示す。

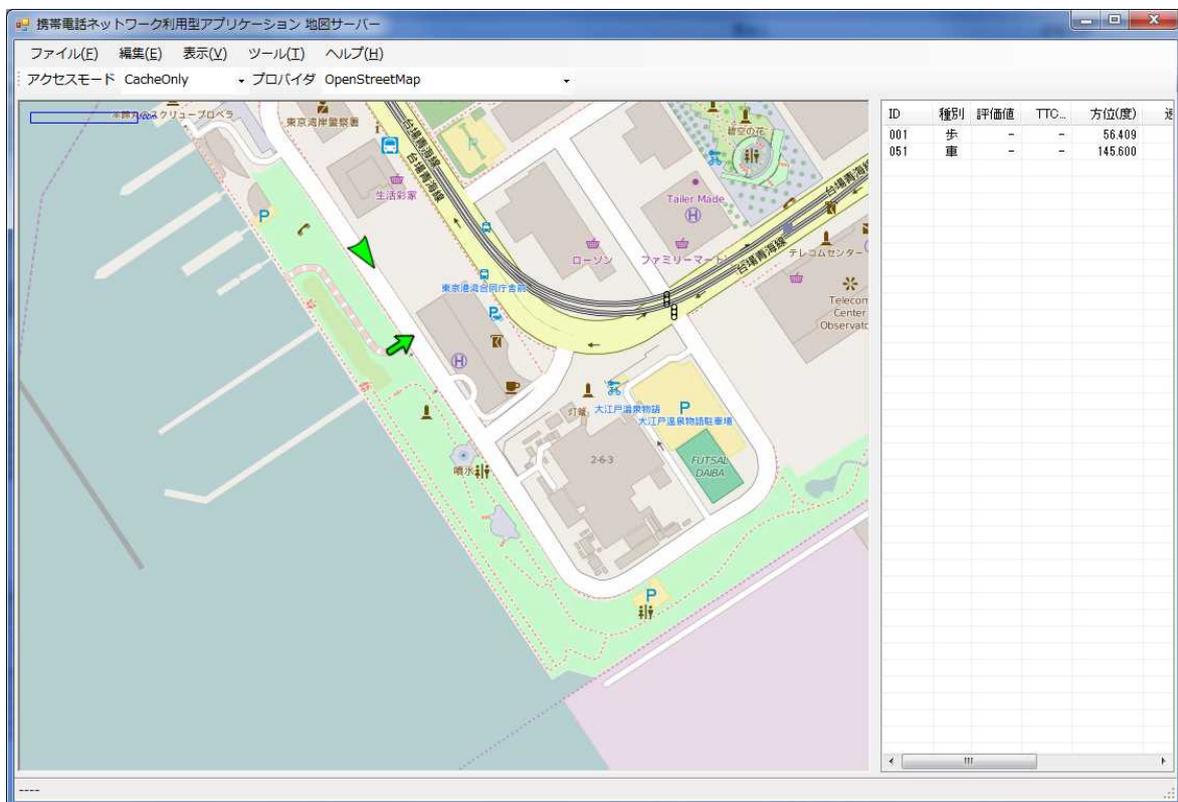


図 5-26 地図サーバーソフトウェア画面イメージ

5.2.7 メッセージセットエミュレーターソフトウェア機能仕様

メッセージセットエミュレーターソフトウェア機能一覧を表 5-32 に示す。

表 5-32 メッセージセットエミュレーターソフトウェア機能一覧

No.	機能名
1	初期情報取得機能
2	ログ再生用データ送信機能（受信ログ）
3	ログ再生用データ送信機能（送信ログ）

初期情報取得機能

初期情報を xml ファイルで持つ。

メッセージセットエミュレーターソフトウェア初期情報一覧を表 5-33 に示す。

表 5-33 メッセージセットエミュレーターソフトウェア初期情報一覧

No.	初期情報名
1	アプリケーションサーバーの IP アドレス
2	アプリケーションサーバーの受信ポート番号
3	地図サーバーの IP アドレス
4	地図サーバーの受信ポート番号
5	送信元ポート番号
6	通信ログ（CSV ファイル）出力先ルートフォルダ
7	送信タイマーのインターバル（ミリ秒単位）

ログ再生用データ送信機能（受信ログ）

アプリケーションサーバーの受信ログを元に、車両用ソフトおよび歩行者用ソフトの通信機能である、車両情報コマンドまたは歩行者情報コマンドをサーバーに定期的に送信する処理をエミュレートする。

車両用ソフトおよび歩行者用ソフトを複数台分同時にエミュレートし、それぞれの通信時刻の時系列にずれが生じないように、アプリケーションサーバーの受信ログの時刻に可能な限り忠実な通信を再現する。

通信プロトコルおよびメッセージセットは車両用ソフトおよび歩行者用ソフトの通信機能と同様の形式で行う。そのため、メッセージセットは UDP でアプリケーションサーバーへ送信され、アプリケーションサーバーでは TTC 判定をやり直して、地図サーバーへ送信する。これにより、地図サーバーでは計算し直された TTC 判定

を表示する。

ログ再生用データ送信機能（送信ログ）

アプリケーションサーバーの送信ログを元に、車両用ソフトおよび歩行者用ソフトが定期的にコマンドを送信している状態の、アプリケーションサーバーから地図サーバーへ車両情報レスポンスまたは歩行者情報レスポンスを送信する処理をエミュレートする。

通信プロトコルおよびメッセージセットはアプリケーションソフトの通信機能と同様の形式で行う。そのため、メッセージセットはUDPで直接地図サーバーへ送信される。これにより、地図サーバーではアプリケーションサーバーから受信した場合と同等の結果を表示する。

画面イメージ

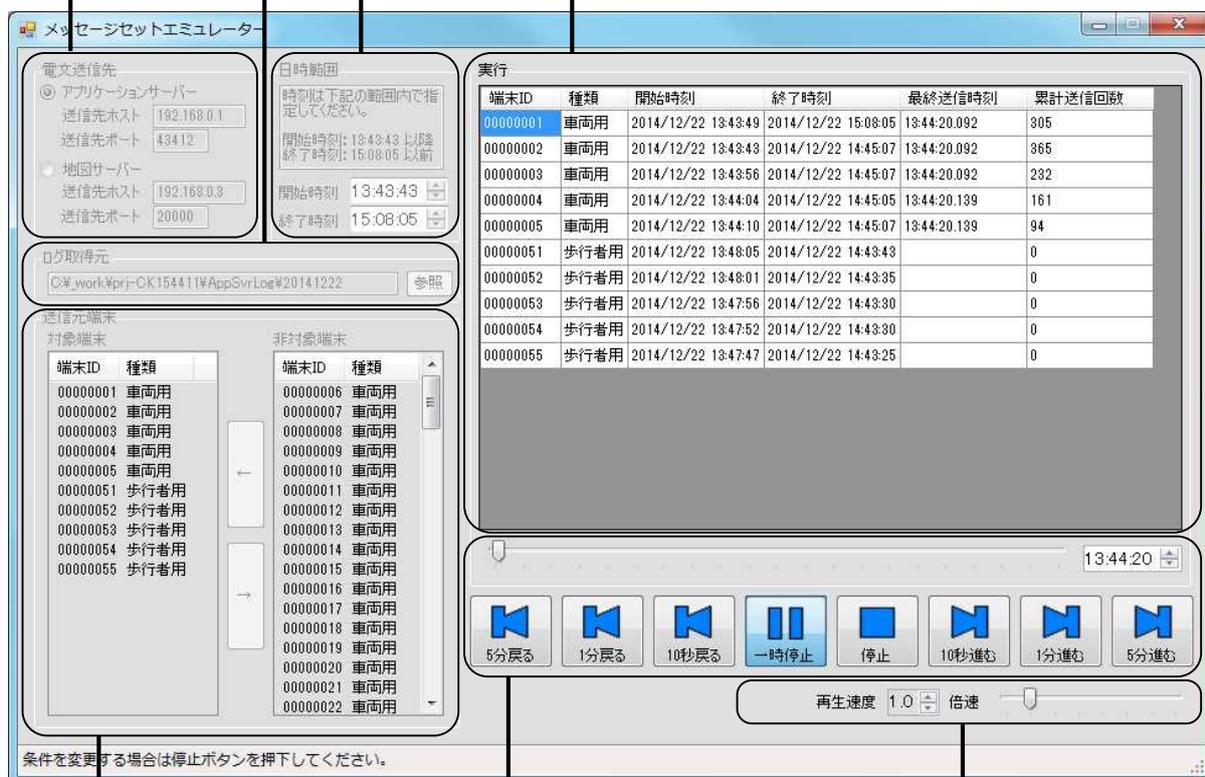
図 5-27 にメッセージセットエミュレーター画面イメージを示す。

アプリケーションサーバーの受信ログをアプリケーションサーバーへ送信するか、アプリケーションサーバーの送信ログを地図サーバーへ送信するかを選択する。

アプリケーションサーバーのログファイルの存在する日付ごとのフォルダを指定する。

アプリケーションサーバーのログフォルダを指定すると、ログの日時から最も早い時刻と最も遅い時刻が指定可能範囲としてガイド表示される。
その範囲内で時刻を指定する。

端末ごとのメッセージセットの送信状況が表示される。
「累計送信回数」は本ソフトが送信した回数の実績値を意味する。



エミュレートする端末を選択する。

条件を設定した後、再生ボタンを押下することで、送信を開始する。
再生後、条件を変更する場合は停止ボタンを押下する。
再生中は一時停止、停止、時間送り、時間戻しが可能。
また、トラックバーや時間を直接変更することも可能。

再生速度の変更を行う。
2倍を指定した場合は1秒に2秒分のログが送信される。

図 5-27 メッセージセットエミュレーター画面イメージ

5.2.8 通信 I/F 仕様

通信プロトコル

通信プロトコルは UDP/IP を使用する。

IP アドレス / ポート情報一覧を表 5-34 に示す。

表 5-34 IP アドレス / ポート情報一覧

アプリケーション	IP アドレス	ポート番号
アプリケーションサーバー	202.143.84.1	43412
端末ステータスソフトウェア	192.168.0.3	20001
地図サーバーソフトウェア	192.168.0.3	20000
車両 / 歩行者用端末	動的に取得	43412

メッセージセット

データは全てリトルエンディアン、バイト単位 (8 ビット未満で区切らない) とする。

全メッセージセット共通部を表 5-35 に示す。

表 5-35 全メッセージセット共通部

No.	情報要素部	データ長	値	備 考
0	メッセージ ID	1		メッセージセットの種類毎にユニークな値を設定する 通信の向きを上位バイト (ビット) に持たせる スマホ → サーバー : 0x0* サーバー → スマホ : 0x8*
1-2	データ長	2		No.3 以降のバイト長を設定する
3	サム値	1		No.4 から最後までまでの総和の最下位 1 バイトをサム値とする
4	通し番号	1		スマホ : 0 ~ 255 の値をサイクリックに設定する サーバー : 受信した通し番号をそのまま返信に使用する
5-8	端末 ID	4		スマホ : 端末固有の端末 ID を設定する サーバー : 受信した端末 ID をそのまま返信に使用する

車両パラメータ取得コマンドを表 5-36 に示す。

車両用スマートフォンからアプリケーションサーバーへパラメータ取得を依頼するために使用する。

表 5-36 車両パラメータ取得コマンド

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	0x00	
1-2	データ長	2	0x0006	
3	サム値	1		
4	通し番号	1		
5-8	端末 ID	4		

車両パラメータ取得レスポンスを表 5-37 に示す。

パラメータ取得依頼コマンドに対するレスポンスとして、車両用ソフトのパラメータを知らせるために使用する。

表 5-37 車両パラメータ取得レスポンス

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	0x80	
1-2	データ長	2	0x0007	
3	サム値	1		
4	通し番号	1		折り返し
5-8	端末 ID	4		折り返し
9	プローブ情報送信周期	1		100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒

歩行者パラメータ取得コマンドを表 5-38 に示す。

歩行者用スマートフォンからアプリケーションサーバーへパラメータ取得を依頼するために使用する。

表 5-38 歩行者パラメータ取得コマンド

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	0x01	
1-2	データ長	2	0x0006	
3	サム値	1		
4	通し番号	1		
5-8	端末 ID	4		

歩行者パラメータ取得レスポンスを表 5-39 に示す。

パラメータ取得依頼コマンドに対するレスポンスとして、歩行者用ソフトのパラメータを知らせるために使用する。

表 5-39 歩行者パラメータ取得レスポンス

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	0x81	
1-2	データ長	2	0x0007	
3	サム値	1		
4	通し番号	1		折り返し
5-8	端末 ID	4		折り返し
9	プローブ情報送信周期	1		100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒

車両情報コマンドを表 5-40 に示す。

車両用スマートフォンからアプリケーションサーバーへプローブ情報（GPS や各種センサ値）を知らせるために使用する。

表 5-40 車両情報コマンド

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	02h	
1-2	データ長	2		
3	サム値	1		
4	通し番号	1		
5-8	端末 ID	4		
9-16	スマホ側システム時間	8		ミリ秒単位、スマホで取得したシステム絶対時間を設定する
17-18	前回の通信時間	2		ミリ秒単位、前回の通信時間をスマホ側で設定する 通信時間の比較に用いる
19	クライアントバージョン1	1		
20	クライアントバージョン2	1		
21	プローブ情報送信周期	1		スマホでの現在の送信周期を設定する 100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒
22	GPS センサ 情報ソース	1		0 (GPS)、1 (3G 及び Wi-Fi)、0xFF (GPS 無効)
23	精度有効	1		0 (無効)、1 (有効)
24-27	精度	4		ミリメートル単位、無効の場合は 0
28-29	緯度 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト
30	分	1		0 ~ 59

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
31-32	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
33-34	経度 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
35	分	1		0 ~ 59
36-37	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
38	標高有効	1		0 (無効)、1 (有効)
39-42	標高	4		ミリメートル単位、無効の場合は 0 WGS84 楕円体からの高さ
43	方位有効	1		0 (無効)、1 (有効)
44-45	方位 度	2		0 ~ 360
46-47	ミリ度	2		0 ~ 999
48-49	UTC 時刻 年	2		2014 ~
50	月	1		1 ~ 12
51	日	1		1 ~ 31
52	時	1		0 ~ 23
53	分	1		0 ~ 59
54-55	ミリ秒	2		0 ~ 59999 (= 59.999 秒)
56	速度有効	1		0 (無効)、1 (有効)
57-60	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
61	測位次元	1		1 : 受信不能、2 : 2D、3 : 3D、無効の場合は 0 2、3 以外は無効扱い
62	受信衛星数	1		実際に受信した衛星数、無効の場合は 0
63	受信可能衛星数	1		理論上受信可能な衛星数、無効の場合は 0
64-67	PDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
68-71	HDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
72-75	VDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
76	加速度センサ 精度	1		0x03 : 高精度、0x02 : 中精度、0x01 : 低精度、 0x00 : 信頼できない、0xFF : 実装されていない
77-80	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
81-84	Y 軸成分	4		
85-88	Z 軸成分	4		
89	重力加速度センサ 精度	1		0x03 : 高精度、0x02 : 中精度、0x01 : 低精度、 0x00 : 信頼できない、0xFF : 実装されていない

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
				ない
90-93	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
94-97	Y 軸成分	4		
98-101	Z 軸成分	4		
102	線形加速度センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
103-106	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
107-110	Y 軸成分	4		
111-114	Z 軸成分	4		
115	ジャイロセンサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
116-119	X 軸成分	4		角速度、マイクロラジアン/sec 単位 センサ値 ラジアン/sec を 1000,000 倍
120-123	Y 軸成分	4		
124-127	Z 軸成分	4		
128-135	タイムスタンプ	8		タイムスタンプ、nsec 単位
136	回転ベクトルセンサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
137-140	$x \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		四元数、単位無し センサ値を 1000,000 倍する
141-144	$y \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		
145-148	$z \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		
149-152	$\cos(\theta/2)$ 要素	4		
153-156	estimated heading accuracy (in radians)	4		センサ値を 1000,000 倍する 0xFFFFFFFF のとき無効
157	地磁気センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
158-161	X 成分	4		磁束密度、ナノテスラ単位
162-165	Y 成分	4		
166-169	Z 成分	4		

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
170	方位センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
171-172	方位角 度	2		0～359、北向きが0で時計回り
173-174	ミリ度	2		0～999
175-176	ピッチ 度	2		-180～180
177-178	ミリ度	2		-999～999、度が+の場合は0～999、度が- の場合は-999～0、度が0の場合は-999～999 が設定される
179-180	ロール 度	2		-90～90
181-182	ミリ度	2		-999～999、度が+の場合は0～999、度が- の場合は-999～0、度が0の場合は-999～999 が設定される
183-186	バッテリー容量 残量	4		無効の場合は0
187-190	容量	4		無効の場合は0
191-194	温度	4		0.1度単位、235なら23.5度を意味する 無効の場合は0x7FFFFFFF (signed int の最 大数)
195-198	受信信号強度	4		GSM、asu 単位 (有効な値は0～31及び99 で、99は不明または検出不能な場合の特殊 値)

車両情報レスポンスを表 5-41 に示す。

アプリケーションサーバーから車両用スマートフォンへ TTC 情報を知らせるために使用する。

TTC 情報数の範囲は0～10とする。

TTC 情報数に従い、メッセージセットは可変長とする。

表 5-41 車両情報レスポンス

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	82h	
1-2	データ長	2		
3	サム値	1		
4	通し番号	1		折り返し
5-8	端末 ID	4		折り返し
9-16	スマホ側システム時間	8		折り返し

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
17-18	前回の通信時間	2		折り返し
19	サーバーバージョン 1	1		
20	サーバーバージョン 2	1		
21	サーバー動作モード	1		0:通常モード 1:折り返しモード
22-23	サーバー処理時間	2		1msec 単位、最大 0xFFFF(65.535 秒)
24	次回アプリケーションサーバー IP 第 1 セグメント	1		スマホ側で次回使用する IP を設定
25	第 2 セグメント	1		
26	第 3 セグメント	1		
27	第 4 セグメント	1		
28	プローブ情報送信周期	1		サーバーからスマホへ設定する 100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒 0 のときスマホのデフォルト値で動作
29	位置補正種別	1		0:無効、1:補正無し、2:補正有り
30-31	車両位置 緯度 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト
32	分	1		0 ~ 59
33-34	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
35-36	経度 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
37	分	1		0 ~ 59
38-39	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
40	方位有効	1		0 (無効)、1 (有効)
41-42	方位 度	2		0 ~ 360
43-44	ミリ度	2		0 ~ 999
45	速度有効	1		0:無効、1:補正無し GPS 速度、2:補正有り GPS 速度
46-49	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
50	TTC 情報数	1		TTC 情報数を設定 n=0 ~ 10
51-54	TTC 情報 0 端末 ID	4		
55	TTC 種類	1		0x01 ~ 0x54:情報提供、0x55 ~ 0xA9:注意喚起、 0xAA ~ 0xFE:警報、0x00:警報無し、0xFF:警報 不明

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
				アプリケーションサーバーは 0x00 と 0xFF を設定しないが予備として用意
56-57	TTC 評価値	2		小さい方が危険度が高い 衝突までの時間(ミリ秒)のイメージ
58-59	緯 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト
60	分	1		0 ~ 59
61-62	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
63-64	経 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
65	分	1		0 ~ 59
66-67	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
68-69	方 位	2		0 ~ 360
70-71	ミリ度	2		0 ~ 999
72-75	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
76-100	TTC 情報 1	25		
101-125	TTC 情報 2	25		
126-150	TTC 情報 3	25		
151-175	TTC 情報 4	25		
176-200	TTC 情報 5	25		
201-225	TTC 情報 6	25		
226-250	TTC 情報 7	25		
251-275	TTC 情報 8	25		
276-300	TTC 情報 9	25		

歩行者情報コマンドを表 5-42 に示す。

歩行者用スマートフォンからアプリケーションサーバーへプローブ情報 (GPS や各種センサ値) を知らせるために使用する。

表 5-42 歩行者情報コマンド

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	03h	
1-2	データ長	2		
3	サム値	1		
4	通し番号	1		
5-8	端末 ID	4		

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
9-16	スマホ側システム時間	8		ミリ秒単位、スマホで取得したシステム絶対時間を設定する
17-18	前回の通信時間	2		ミリ秒単位、前回の通信時間をスマホ側で設定する 通信時間の比較に用いる
19	クライアントバージョン1	1		
20	クライアントバージョン2	1		
21	プローブ情報送信周期	1		スマホでの現在の送信周期を設定する 100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒
22	GPS センサ 情報ソース	1		0 (GPS)、1 (3G 及び Wi-Fi)、0xFF (GPS 無効)
23	精度有効	1		0 (無効)、1 (有効)
24-27	精度	4		ミリメートル単位、無効の場合は 0
28-29	緯度 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト
30	分	1		0 ~ 59
31-32	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
33-34	経度 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
35	分	1		0 ~ 59
36-37	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
38	標高有効	1		0 (無効)、1 (有効)
39-42	標高	4		ミリメートル単位、無効の場合は 0 WGS84 楕円体からの高さ
43	方位有効	1		0 (無効)、1 (有効)
44-45	方位 度	2		0 ~ 360
46-47	ミリ度	2		0 ~ 999
48-49	UTC 時刻 年	2		2014 ~
50	月	1		1 ~ 12
51	日	1		1 ~ 31
52	時	1		0 ~ 23
53	分	1		0 ~ 59
54-55	ミリ秒	2		0 ~ 59999 (= 59.999 秒)
56	速度有効	1		0 (無効)、1 (有効)
57-60	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
61	測位次元	1		1 : 受信不能、2 : 2D、3 : 3D、無効の場合は

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
				0 2、3 以外は無効扱い
62	受信衛星数	1		実際に受信した衛星数、無効の場合は 0
63	受信可能衛星数	1		理論上受信可能な衛星数、無効の場合は 0
64-67	PDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
68-71	HDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
72-75	VDOP	4		ミリ単位、無効の場合は 0
76	加速度センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
77-80	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
81-84	Y 軸成分	4		
85-88	Z 軸成分	4		
89	重力加速度センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
90-93	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
94-97	Y 軸成分	4		
98-101	Z 軸成分	4		
102	線形加速度センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
103-106	X 軸成分	4		加速度、ミリメートル/sec ² 単位
107-110	Y 軸成分	4		
111-114	Z 軸成分	4		
115	ジャイロセンサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
116-119	X 軸成分	4		角速度、マイクロラジアン/sec 単位 センサ値 ラジアン/sec を 1000,000 倍
120-123	Y 軸成分	4		
124-127	Z 軸成分	4		
128-135	タイムスタンプ	8		タイムスタンプ、nsec 単位

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
136	回転ベクトルセンサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
137-140	$x \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		四元数、単位無し センサ値を 1000,000 倍する
141-144	$y \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		
145-148	$z \cdot \sin(\theta/2)$ 要素	4		
149-152	$\cos(\theta/2)$ 要素	4		
153-156	estimated heading accuracy (in radians)	4		センサ値を 1000,000 倍する 0xFFFFFFFF のとき無効
157	地磁気センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
158-161	X 成分	4		磁束密度、ナノテスラ単位
162-165	Y 成分	4		
166-169	Z 成分	4		
170	方位センサ 精度	1		0x03：高精度、0x02：中精度、0x01：低精度、 0x00：信頼できない、0xFF：実装されていない
171-172	方位角 度	2		0～359、北向きが 0 で時計回り
173-174	ミリ度	2		0～999
175-176	ピッチ 度	2		-180～180
177-178	ミリ度	2		-999～999、度が+の場合は0～999、度が- の場合は-999～0、度が0の場合は-999～999 が設定される
179-180	ロール 度	2		-90～90
181-182	ミリ度	2		-999～999、度が+の場合は0～999、度が- の場合は-999～0、度が0の場合は-999～999 が設定される
183-186	バッテリー容量 残量	4		無効の場合は 0
187-190	容量	4		無効の場合は 0
191-194	温度	4		0.1 度単位、235 なら 23.5 度を意味する 無効の場合は 0x7FFFFFFF (signed int の最大 数)
195-198	受信信号強度	4		GSM、asu 単位 (有効な値は 0～31 及び 99

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
				で、99 は不明または検出不能な場合の特殊値)

歩行者情報レスポンスを表 5-43 に示す。

アプリケーションサーバーから歩行者用スマートフォンへ TTC 情報を知らせるために使用する。

TTC 情報数の範囲は 0 ~ 10 とする。

TTC 情報数に従い、メッセージセットは可変長とする。

表 5-43 歩行者情報レスポンス

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
0	メッセージ ID	1	83h	
1-2	データ長	2		
3	サム値	1		
4	通し番号	1		折り返し
5-8	端末 ID	4		折り返し
9-16	スマホ側システム時間	8		折り返し
17-18	前回の通信時間	2		折り返し
19	サーバーバージョン 1	1		
20	サーバーバージョン 2	1		
21	サーバー動作モード	1		0:通常モード 1:折り返しモード
22-23	サーバー処理時間	2		1msec 単位、最大 0xFFFF(65.535 秒)
24	次回アプリケーションサーバー IP 第 1 セグメント	1		スマホ側で次回使用する IP を設定
25	第 2 セグメント	1		
26	第 3 セグメント	1		
27	第 4 セグメント	1		
28	プローブ情報送信周期	1		サーバーからスマホへ設定する 100msec 単位 設定値が 10 の場合、1000msec = 1 秒 0 のときスマホのデフォルト値で動作
29	位置補正種別	1		0:無効、1:補正無し、2:補正有り
30-31	車両位置 緯度 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
32	分	1		0 ~ 59
33-34	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
35-36	経度 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
37	分	1		0 ~ 59
38-39	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
40	方位有効	1		0 (無効)、1 (有効)
41-42	方位 度	2		0 ~ 360
43-44	ミリ度	2		0 ~ 999
45	速度有効	1		0:無効、1:補正無し GPS 速度、2:補正有り GPS 速度
46-49	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
50	TTC 情報数	1		TTC 情報数を設定 n=0 ~ 10
51-54	TTC 情報 0 端末 ID	4		
55	TTC 種類	1		0x01 ~ 0x54:情報提供、0x55 ~ 0xA9:注意喚起、 0xAA ~ 0xFE:警報、0x00:警報無し、0xFF:警報 不明 アプリケーションサーバーは 0x00 と 0xFF を設定しないが予備として用意
56-57	TTC 評価値	2		小さい方が危険度が高い 衝突までの時間(ミリ秒)のイメージ
58-59	緯度 度	2		-90 ~ +90、+ : 北緯、- : 南緯 経度と揃えるため 2 バイト
60	分	1		0 ~ 59
61-62	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
63-64	経度 度	2		-180 ~ 180、+ : 東経、- : 西経
65	分	1		0 ~ 59
66-67	10 ミリ秒	2		0 ~ 5999 (= 59.99 秒)
68-69	方位 度	2		0 ~ 360
70-71	ミリ度	2		0 ~ 999
72-75	速度	4		ミリメートル/秒単位、無効の場合は 0
76-100	TTC 情報 1	25		
101-125	TTC 情報 2	25		
126-150	TTC 情報 3	25		
151-175	TTC 情報 4	25		

No.	情報要素部	データ長	値(HEX)	備 考
176-200	TTC 情報 5	25		
201-225	TTC 情報 6	25		
226-250	TTC 情報 7	25		
251-275	TTC 情報 8	25		
276-300	TTC 情報 9	25		

5.2.9 通信シーケンス

パラメータ取得シーケンス

車両 / 歩行者用ソフトウェア起動時にパラメータ取得シーケンスを行う。
 パラメータ取得シーケンスを図 5-28 に示す。

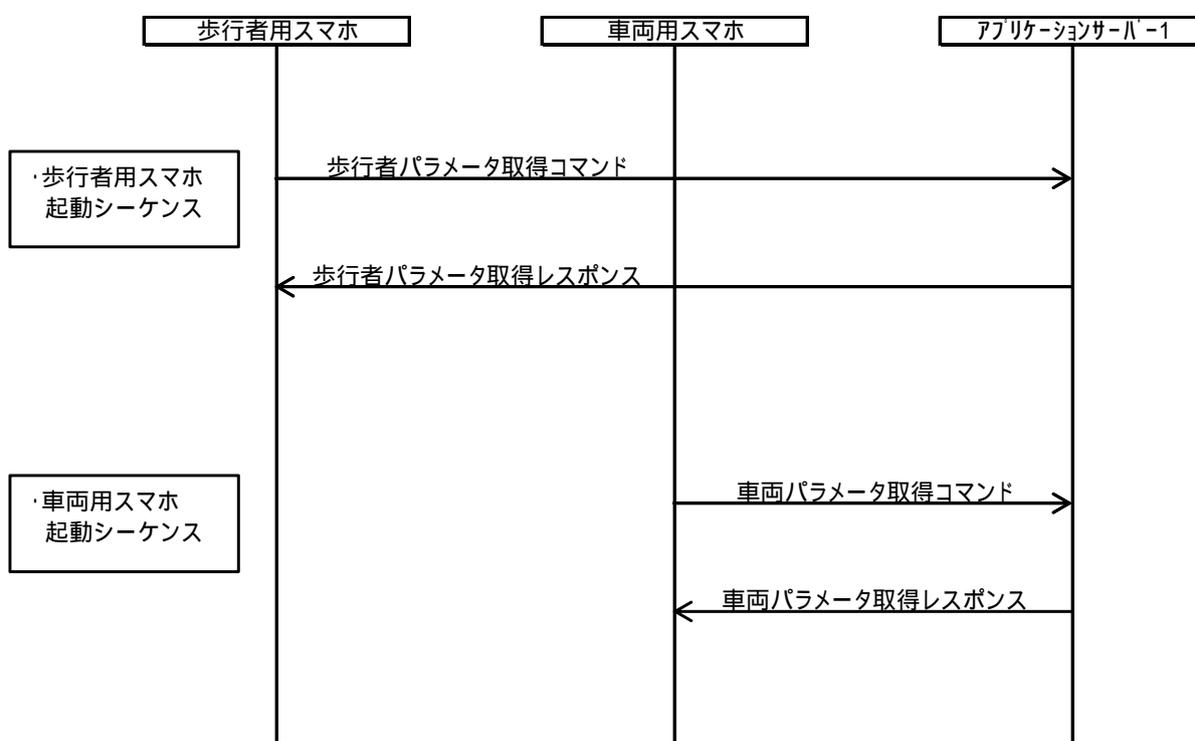


図 5-28 パラメータ取得シーケンス

TTC 情報取得シーケンス

TTC 情報取得シーケンス図 5-29 に示す。

アプリケーションサーバ 1 はスマートフォンから受信したメッセージセット(車両情報コマンド、歩行者情報コマンド)及び、スマートフォンへ送信するメッセージセット(車両情報レスポンス、歩行者情報レスポンス)と同じ内容を地図サーバーへ送信する。

を端末ステータスソフトが使用し、 を地図サーバーソフトが使用する。

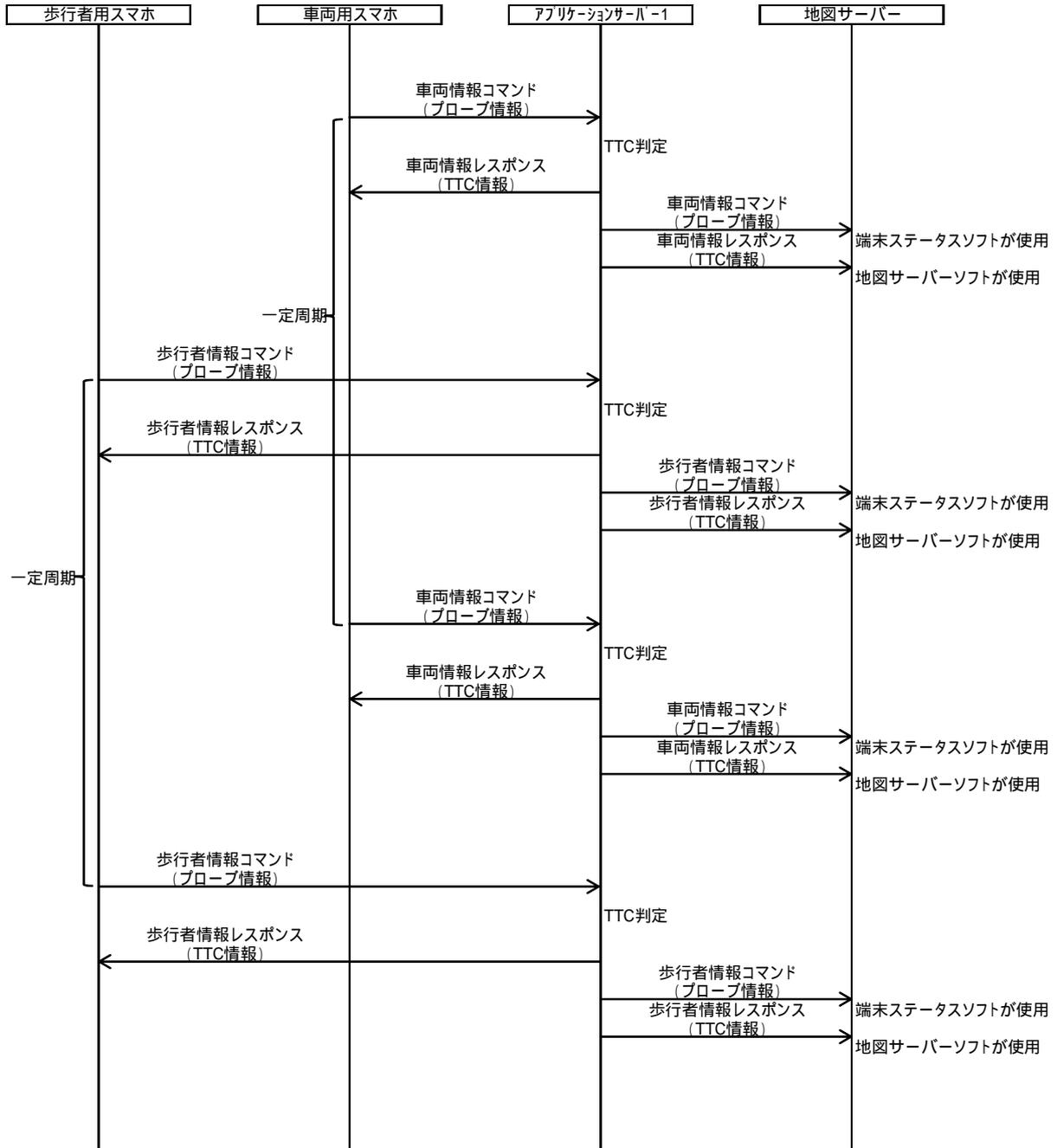


図 5-29 TTC 情報取得シーケンス

5.2.10 データベース仕様

車両 / 歩行者用ソフトウェアデータベース

A) 通信ログ

車両 / 歩行者用ソフトウェア通信ログデータベース仕様を表 5-44 に示す。

表 5-44 車両 / 歩行者用ソフトウェア通信ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_comm 年月日時.csv	cli00000001_comm2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒, recv(受信)または send(送信), 送受信バイナリデータを 16 進でカンマ区切り	2014/11/27 16:56:02.515,recv,02,A5,E3,93, D1,07,00,00,D9,2F,48,D3,49,01, 00,・・・(省略) 2014/11/27 16:56:02.515,send,82,FB,92,93, D1,07,00,00,D9,2F,48,D3,49,01, 00,・・・(省略)

B) 支援実施ログ

車両 / 歩行者用ソフトウェア支援実施ログデータベース仕様を表 5-45 に示す。

表 5-45 車両 / 歩行者用ソフトウェア支援実施ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_support 年月日時.csv	cli00000001_support2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒, 最大 TTC 種類, 最小 TTC 評価値, 端末 ID, 自車位置補正有無, 自車緯度, 自車経度, 自車方位有効, 自車方位, 自車速度有効, 自車速度, TTC 情報数, TTC 情報 1 端末 ID, TTC 情報 1TTC 種類, TTC 情報 1TTC 評価値, TTC 情報 1 緯度, TTC 情報 1 緯度, TTC 情報 1 方位, TTC 情報 1 速度 (省略: TTC 情報数に応じて TTC 情報 2 から TTC 情報 10 の情報が続く)	2014/12/05 12:03:33.638,2,47,1,1,36.33845 5,139.00064,1,3.799,1,1.25,1,1, 2,47,36.338306,139.00015,0.0, 0.0

C) イベントログ

車両 / 歩行者用ソフトウェアイベントログデータベース仕様を表 5-46 に示す。

表 5-46 車両 / 歩行者用ソフトウェアイベントログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_event 年月日時.csv	cli00000001_event2014112716.csv
ファイルフォーマット	任意	

D)ステータスログ

車両 / 歩行者用ソフトウェアステータスログデータベース仕様を表 5-47 に示す。

表 5-47 車両 / 歩行者用ソフトウェアステータスログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_state 年月日時.csv	cli00000001_state2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒,GPS 受信可能衛星数,GPS 受信衛星数,GPS 測位次元,GPS-PDOP 値,GPS-HDOP 値,GPS-VDOP 値,前回通信時間,バッテリー残量,バッテリー容量,温度,受信信号強度	2014/12/05 11:00:14.089,12,5,2,1.300,1.20 0,0.900,119,30,100,23.1,22

E)NMEA ログ

車両 / 歩行者用ソフトウェア NMEA ログデータベース仕様を表 5-48 に示す。

表 5-48 車両 / 歩行者用ソフトウェア NMEA ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_nmea 年月日時.csv	cli00000001_nmea2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒,NMEA 情報	2014/12/05 11:00:14.089, \$GPGGA,085404.90,3541.6855955, N,13942.4803492,E,9,09,0.9,56.691, M,37.30,M,04,0129*6D

F)タイムラインログ

車両 / 歩行者用ソフトウェアタイムラインログデータベース仕様を表 5-49 に示す。

表 5-49 車両 / 歩行者用ソフトウェアタイムラインログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	/Log	/Log
ファイル名	cli(端末 ID 8 桁)_timeline 年月日時.csv	cli00000001_timeline2014112716.csv
ファイルフォーマット	スマホ年月日時分秒ミリ秒,GPS 時刻情報,t0 絶対時刻,t3-t1 経過時間(ミリ秒),t8-t3 経過時間(ミリ秒),t9-t8 経過時間(ミリ秒)	2014/12/05 11:00:14.089, 2014/12/5 11:00:13.090,503599,1,47,1

アプリケーションサーバーソフトウェアデータベース

A)通信ログ

アプリケーションサーバーソフトウェア通信ログデータベース仕様を表 5-50 に示す。

す。

表 5-50 アプリケーションサーバーソフトウェア通信ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	log¥年月日¥(端末 ID 8 桁)	log¥2014112716¥00000001
ファイル名	svr(端末 ID 8 桁)_comm 年月日時.csv	svr00000001_comm2014112716.csv
ファイルフォーマット	年月日時分秒ミリ秒, recv(受信)または send(送信), 送受信バイナリデータを 16 進でカンマ区切り	2014/11/27 16:56:02.515,send,02,A5,E3,93,D1,07,00,00,D9,2F,48,D3,49,01,00,・・・(省略) 2014/11/27 16:56:02.515,recv,82,FB,92,93,D1,07,00,00,D9,2F,48,D3,49,01,00,・・・(省略)

B)動作ログ

アプリケーションサーバーソフトウェア動作ログデータベース仕様を表 5-51 に示す。

表 5-51 アプリケーションサーバーソフトウェア動作ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	log	log
ファイル名	svr 年月日.csv	svr20141127.csv
ファイルフォーマット	年月日時分秒ミリ秒, カンマ区切りの自由フォーマット	

地図サーバーソフトウェアデータベース

A)動作ログ

地図サーバーソフトウェア動作ログデータベース仕様を表 5-52 に示す。

表 5-52 地図サーバーソフトウェア動作ログデータベース仕様

項目	フォーマット	具体例
ディレクトリ	log	log
ファイル名	map 年月日時.csv	map2014112716.csv
ファイルフォーマット	年月日時分秒ミリ秒, カンマ区切りの自由フォーマット	

6 . 実験車両の製作

6.1 概要

開発した評価法・試験法について、有効性を確認するため、テストコース等での実証実験に使用するための車両を2台製作した。製作した車両を図6-1、図6-2に示す。



図6-1 実験車両1 (1当車)



図6-2 実験車両2 (2当車)

製作した車両の定格を表 6-1 に示す。

表 6-1 実験車両の主要諸元

主要諸元	値
全長 (mm)	4,540
全幅 (mm)	1,840
全高 (mm)	1,705
ホイールベース (mm)	2,700
乗車定員 (名)	5
車両重量 (kg)	1,470
タイヤサイズ	225 / 65R17
ホイールタイプ	アルミ
最小回転半径 (m)	5.5
サスペンション (フロント)	マクファーソンストラット式
サスペンション (リア)	マルチリンク式
ブレーキ (フロント)	ベンチレーテッドディスク
ブレーキ (リア)	ディスク
エンジンタイプ	SKYACTIV-G 2.0
エンジン種類	水冷直列 4 気筒 DOHC16バルブ
エンジン総排気量 (L)	1.997
エンジン最高出力 (kW < PS > / rpm)	114 155 / 6,000
エンジン最大トルク (N・m < kgf・m > / rpm)	196 20.0 / 4,000
使用燃料	無鉛レギュラーガソリン
タンク容量 (L)	56
JC08 モード燃費 (km / L)	16.4

ベース車両の車種については、以下を満足することを前提として選択した。

- (1) 図 6-3 に示すように、携帯歩車受託者より提供される自動車用簡易 HMI 装置や車載無線機等の計測機器を搭載するスペースを有していること。



図 6-3 ベース車両の計測機器搭載スペース

(2) 図 6-4 に示すように、携帯歩車受託者より提供される計測機器が駆動するための電源が供給できる装置を搭載可能であること。



図 6-4 DC/AC インバータによる電源供給

(3) 図 6-5 に示すように、車両から車速、ウィンカー情報、シフト情報等の車両の情報が取得できること。



図 6-5 車両情報取得の様子

7．実証実験用ダミー車両の製作

7.1 目的

テストコースでの実証実験とは、前章で示した実験車両を用い、「情報提供」、「注意喚起」、「警報」の作動タイミングを踏まえた運転支援の有効性を確認する実験を実施するものである。この実験車両を用いた実証実験は、車両等を実際に動かして実施することとなるため、実験時の安全に十分配慮すべく、情報対象車両となる側の車両には実証実験実施者の中で特に安全に十分配慮した運転ができる者が運転することとしている。しかし、「警報」による運転支援を対象とした場合に限っては、車両（または歩行者）が接近しており、衝突の危険性が高いため直ちに衝突回避行動（減速・停止）を取らなければならない状況であることを意味しており、そのような場면을提示する必要がある。そこで、安全確保の観点から、万が一、接触等が発生しても損傷を最小限に抑えることを目的に、実証実験用ダミー車両を製作した。

7.2 実験用ダミー車両の概要

7.2.1 機能要件

実験用ダミー車両は以下の要件を満たすものとして製作した。

- ・ 支援対象車両となる実験車両の位置・速度などを基に、実験対象の交差点や道路上に進入する自走機能
- ・ 支援対象車両となる実験車両が実験対象の交差点に進入するまでの時間を基に、ダミー車両が実験対象の交差点や道路上に進入するタイミングを決定する機能
- ・ 万が一、接触等が発生しても損傷を最小限に抑え、かつ実験車両を用いる他の実験に影響を及ぼさない構造
- ・ 実証実験においては、車車間通信を利用した実験のほか、歩車間通信を利用した実験も実施することから、ダミー歩行者としての機能を持つダミー車両と同等の要件を持つ機器も別途製作

7.2.2 制御の概要

実験用ダミー車両は、ダミー車両(車両部)若しくはダミー歩行者と動力ユニットからなる飛出し部と、支援対象車両の通過位置検出や飛出し部の飛出し過ぎを防ぐセンサ、並びにそれらを制御するコントローラからなるシステムを製作した。

この装置は次のような制御を行うものである。

- ・ 飛出し部を出現させる地点の直前2点に、車両の通過を検出するセンサを設置し、図 7-1 に示す時間 T1、T2 の差と距離 L1、L2 の差より車速を求める。
- ・ 算出した車速、出現地点までの距離(L2)、動力ユニットのアクセルを ON にしてから出現するまでの時間(T3)より動力ユニットのアクセルを ON にするタイミングを計算

- ・ 計算されたタイミングで動力ユニットのアクセルを ON にして、飛出し部を出発地点まで自走
- ・ 停止位置検出用センサを横切った時点で動力ユニットのブレーキを ON にして停止

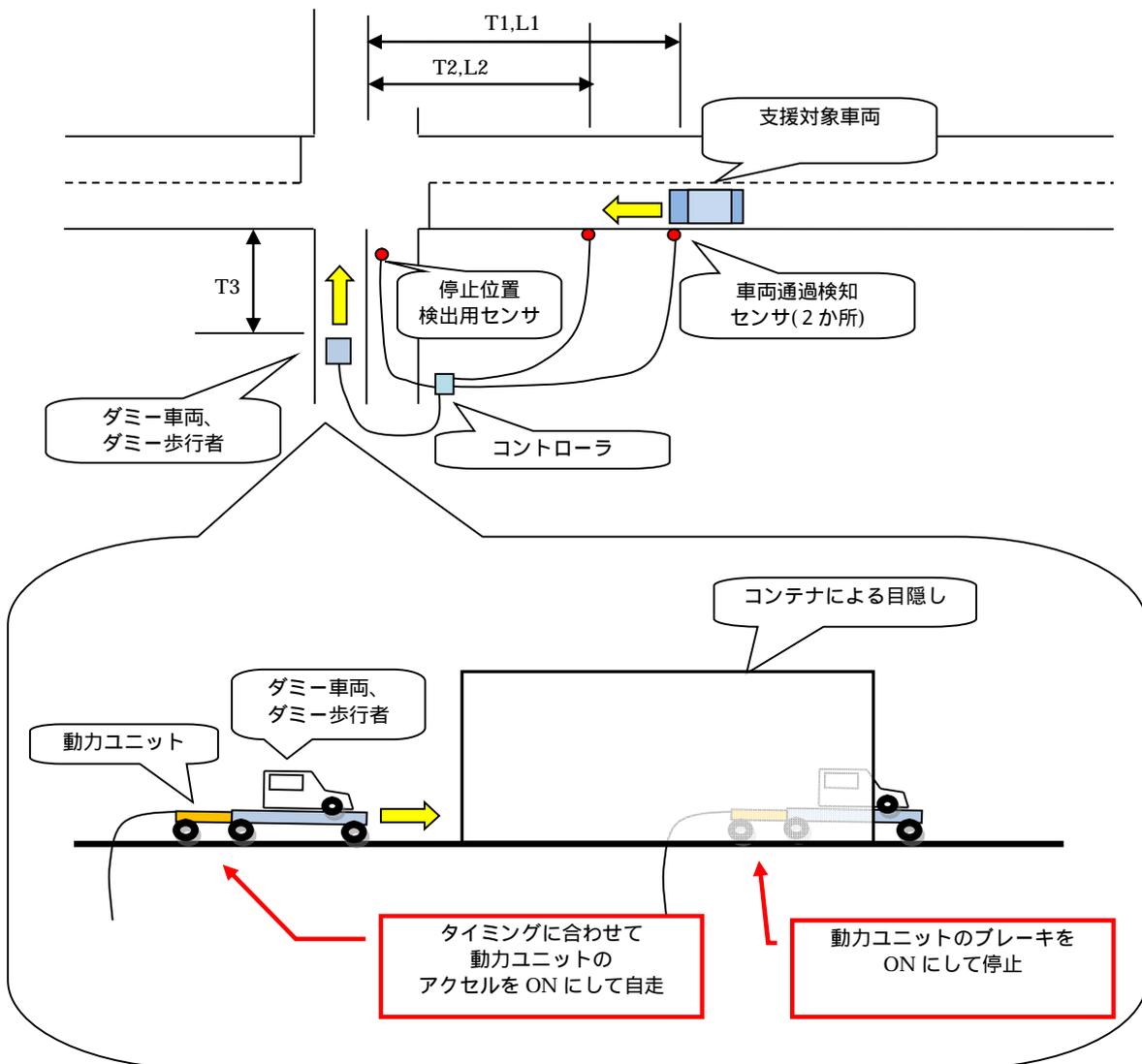


図 7-1 システムのイメージ

7.2.3 システム構成

機能要件に従い、以下の構成で実験用ダミー車両と実験用ダミー歩行者を作成した。

(1) 動力ユニット

ダミー車両(車両部)並びにダミー歩行者を、実験対象の交差点や道路上に進入させるため、それらを後部から押して自走させるための動力ユニット(NOAA 製 3 輪電動カート用動力駆体一式)を準備した。使用した動力ユニットを図 7-2 に、その仕様を表 7-1 に示す。

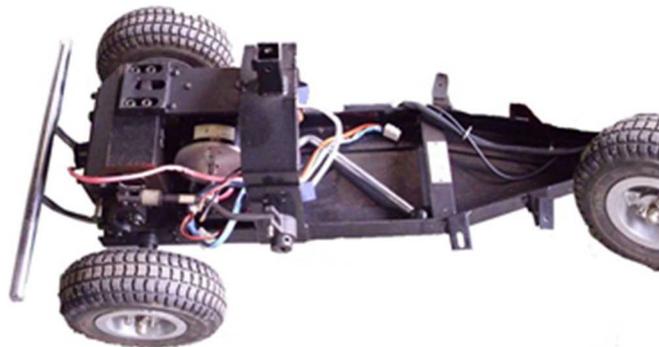


図 7-2 動力ユニット

表 7-1 動力ユニットの仕様

サイズ	L 1050×W480×H 600 mm
最高速度	6 k mギヤ選択時 前進 6 km/h、後退 2 km/h 18km ギヤ選択時 前進 18km/h、後退 6 km/h
乗員最大重量	100kg
モーター	500w
バッテリー	12V20Ah 2個
充電時間	6～8時間
連続走行距離	20km/フル充電

(2) ダミーの準備

実際の乗用車を模したダミー車両(車両部)として、独立行政法人交通安全環境研究所が所有するダミー車両を用いるものとした。当該ダミー車両は、図 7-3 に示すとおり、発泡スチロールで製作された実際の車両の前半分を模したものであり、過去にダミー車両として実験業務に使用した実績があるものである。



図 7-3 ダミー車両（車両部）

ダミー歩行者としては、一般的なマネキン人形（ストア・エクスプレス製 マネキン 紳士腕付き卓上ボディ 軽量タイプM、ヘッドパーツつき）を用い、図 7-4 に示すとおり台車上に身長 170cm 程度となるように設定した。



図 7-4 ダミー歩行者（車両部）

(3) 車両通過検知センサ、停止位置検出用センサ

支援対象車両が走行する道路上に、当該車両の通過並びに通過速度を取得するために車両通過検知センサを配置した。このセンサは光電管であり、配置した 2 箇所の通過時間差から以降で示すコントローラで速度を算出するために配置した。

また、飛出したダミー車両が必要以上に道路に飛び出して支援対象車両と接触することを防ぐために停止位置検出用センサを配置した。使用したセンサを図 7-5 に示す。



図 7-5 車両通過検知センサ、停止位置検出用センサ

(4) コントローラ

ダミー車両の適切なタイミングでの飛出しを制御するコントローラを製作した(図 7-6)。このコントローラは、以下の機能を持つ。

- ・ 車両通過検知センサで検出された支援対象車両の通過情報から通過速度の算出
- ・ ダミー車両の発進タイミングの演算
- ・ 動力ユニットの速度、ブレーキ制御
- ・ 飛出し距離の制御



図 7-6 コントローラ

製作した実験用ダミー車両及びダミー歩行者を図 7-7 から.図 7-8 に示す。



図 7-7 実験用ダミー車両



図 7-8 実験用ダミー歩行者

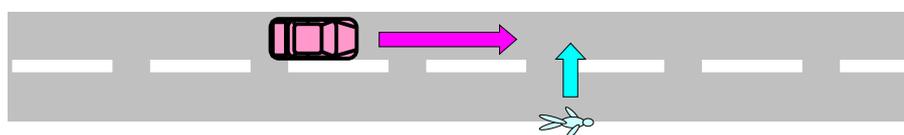
8．テストコースでの実証実験の実施

8.1 歩車支援（ドライバ）

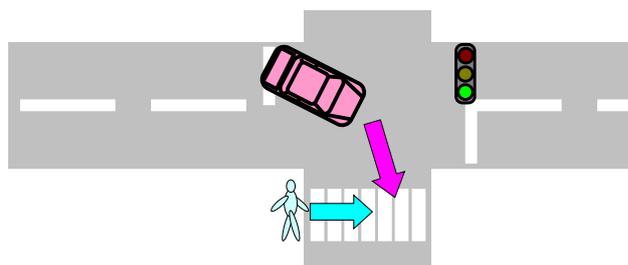
8.1.1 実験概要

実験は、歩車間通信により事故削減効果が見込まれる6場面のうち、図8-1-1に示す2場面を対象に、衛星測位による位置誤差がない（位置誤差が10cm程度と同等）環境を想定し、実験参加者による実験を通じて運転支援情報の有効性の検証を目的とした。

実験にあたっては、テストコースにおいて、製作した実験車両1台と「携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査」の事業実施者が製作した疑似歩行者専用端末1台を使用し、実験参加者による実走行から主観的評価とともに、700MHz帯車載無線機、GPS受信機、及び車両等から得られるデータによる客観的評価を取得した。



場面1 単路で、歩行者が右から左に横断



場面3 信号あり交差点で、歩行者が後方から横断

図8-1-1 実施場面

8.1.2 現地調査

テストコースでの実証実験実施にあたり、安全に十分配慮し、且つ円滑に実験を進めることを目的として、自動車の走行ルートと歩行者の歩行ルートやそれぞれの速度、進行方向、タイミング確認、試験要員や安全確認要員の配置場所等の確認、並びに機器等動作確認試験を実施するための現地調査を実施した。

(1) 調査日時

平成27年12月4日（金）

(2) 調査場所

JARI 模擬市街路（茨城県つくば市苅間 2530）

(3) 調査実施体制

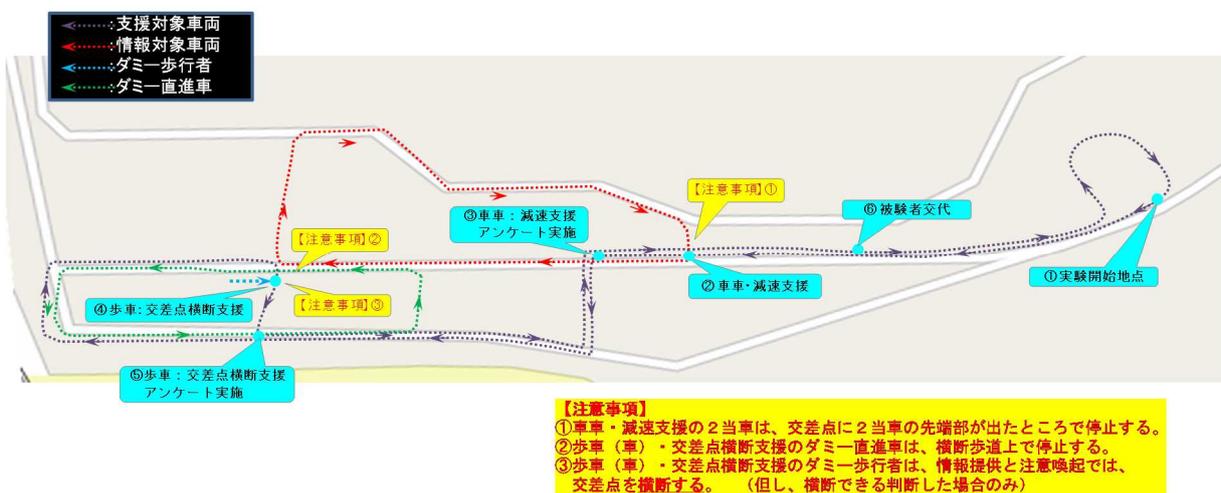
独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施3者で分担した体制を整えて実施した。

(4) 調査内容

- a. 実験場所の確認
- b. 歩行者実験場所の特定
- c. 歩行者動線確認
- d. 地図作成用位置情報取得
- e. 実証実験用ダミー車両の設置場所の確認
- f. 高精度GPSの精度検証

(5) 調査結果

調査の結果、図8-1-2から8-1-3に示すとおり自動車の走行ルートや歩行者の動線、並びに調査員配置位置を決定した。調査時の様子を、図8-1-4に示す。



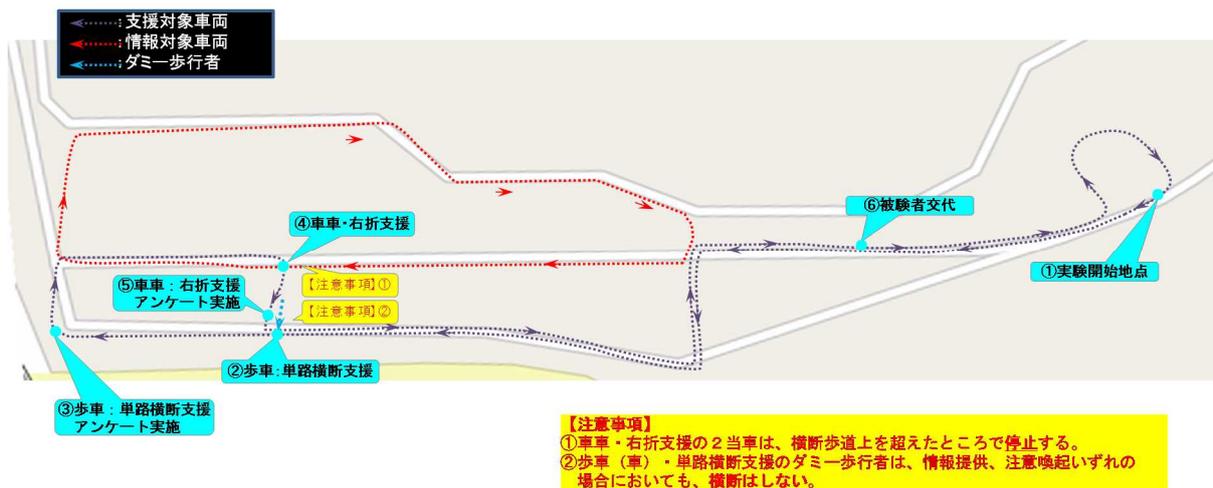
(支援対象車両、情報対象車両の動線と支援場面)



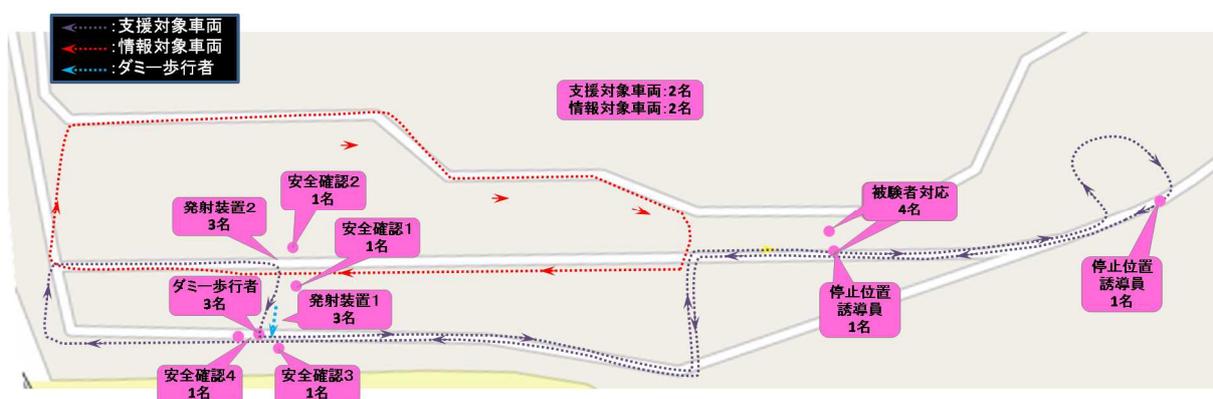
(調査員配置位置)

図8-1-2 自動車の走行ルートと歩行者の動線、該当道路基本情報
(場面1 単路で、歩行者が右から左に横断)

*注：図面については、一般利用可能な図面を使用した。但し、JARI 施設内のため、交差道路、交差点等が描写されていない箇所が含まれる。以降の図面も同様。



(支援対象車両、情報対象車両の動線と支援場面)



(調査員配置位置)

図 8-1-3 自動車の走行ルートと歩行者の動線、交差点基本情報
(場面3 信号あり交差点で、歩行者が後方から横断)



(実験用ダミー歩行者の配置)



(実験車両の確認)



(場面 1 実施場所の確認)



(場面 1 実施場所の確認)



(場面 3 実施場所の確認)



(場面 3 実施場所の確認)

図 8-1-4 調査時の様子

8.1.3 実験方法

(1) 日程、場所、体制

現地調査の結果に基づき、実験計画書を作成し、実証実験を実施した。

実験日時

テストコースでの実証実験は、コースの空き状況により以下の日程となった。

最終事前確認：平成 28 年 1 月 29 日（金）～平成 28 年 1 月 30 日（土）

実験実施日：平成 28 年 1 月 31 日（日）～平成 28 年 2 月 9 日（火）の
延べ 10 日間

実験場所

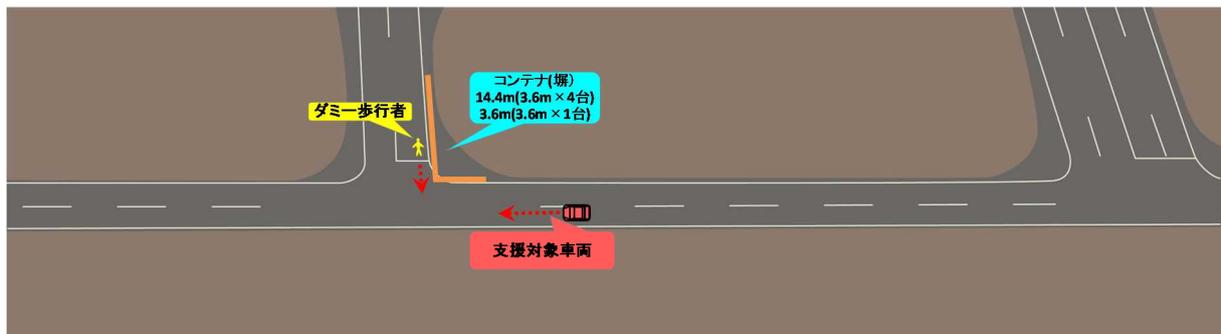
J A R I 模擬市街路（茨城県つくば市苅間 2530）

実験実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施 3 者で連携し、体制を整えて実施した。

(2) 実験場面とその手順

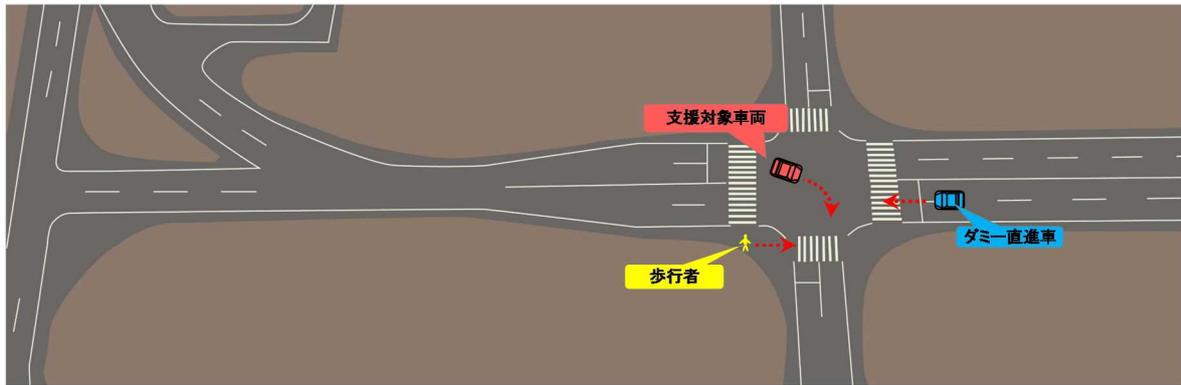
場面 1（単路で歩行者が右から左に横断）の実験場면을図 8-1-5 に、場面 3（信号あり交差点で歩行者が後方から横断）の実験場면을図 8-1-6 に、その様子を図 8-1-7 に示す。



支援対象車両：ドライバーは実験参加者で車速50km/hで直進走行
歩行者：歩行者は関係者で速度5km/hで歩行し横断直前で停止
「警報」実施時には、実証実験用ダミー歩行者が飛び出す

- ・ 道路幅員：2.86m
- ・ 歩行者、実証実験用ダミー歩行者が、指定速度で円滑に飛出しを模擬するために、舗装されている箇所として T 時交差点を利用した。
- ・ 単路を想定すべく、交差点は見通しが効かないコンテナを配置した。

図 8-1-5 場面 1（単路で歩行者が右から左に横断）の実験場面



支援対象車両：ドライバーは被験者で、車速は被験者自身のタイミングで交差点右折走行
 歩行者：歩行者は関係者で、速度5km/hで歩行し横断直前で停止
 ダミー直進車：ドライバーは関係者で、車速は40km/hで支援対象車両が交差点到着前に通過

- ・道路幅員：3.5m
- ・ダミー対向車(実車)は、実験参加者に負荷を与えるべく、支援対象車両の前方より向かってくるものとした。

図 8-1-6 場面 3 (信号あり交差点で歩行者が後方から横断) の実験場面



(場面1の様子)



(場面1の様子)



(場面1の様子：ダミー歩行者)



(場面3の様子：ダミー歩行者)



(場面3の様子)



(場面3の様子)

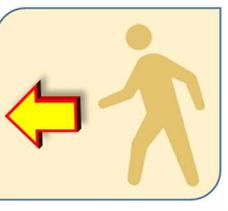
図 8-1-7 実験の様子

(3) 実験条件等

H M I

製作した支援対象車両に搭載された自動車用簡易H M I 装置より、乗車する実験参加者に提示されるH M I を表 8-1-1 に示す。

表 8-1-1 提示されるH M I

情報種別	場面	表示画面	音声メッセージ
情報提供	場面 1		(警告音) 「歩行者がいます。」
	場面 3		(警告音) 「歩行者がいます。」
注意喚起	場面 1		(警告音) 「右から歩行者が来ます。」
	場面 3		(警告音) 「後方から歩行者が横断しています。」
警報	場面 1		(警告音：早い) 「危険です。減速して下さい。」
	場面 3		(警告音：早い) 「危険です。減速して下さい。」

情報を提供する作動タイミング

情報を提供する作動タイミングは、ドライビングシミュレータ実験によって得られた評価を基に、国土交通省と各実施事業車間による調整の結果、表 8-1-2 に示す 3 条件で実施することとし、実験参加者に提供する順番も各場面ともに表に示す順番で実施することを基本とした。

表 8-1-2 情報を提供する作動タイミング

情報種別	パターン	作動タイミング (TTI)	
		場面 1 (単路で歩行者が右から左に横断)	場面 3 (信号あり交差点で歩行者が後方から横断)
情報提供	A	3.7sec	3.7sec
	B	5.1sec	5.1sec
	C	6.5sec	6.5sec
注意喚起	A	2.4sec	1.6sec
	B	3.2sec	2.4sec
	C	4.0sec	3.2sec
警報	A	0.8sec	0.8sec
	B	1.4sec	1.4sec
	C	2.0sec	2.0sec

車両速度、歩行速度

今回の実験では、実験参加者が支援対象車両を運転するにあたっては、単路横断場面においては、50km/h での走行を教示した。この速度は、国土交通省自動車局技術政策課が策定した『通信利用型運転支援システムのガイドライン (平成 23 年 3 月)』に規定されている単路における適用上限速度の“規制 + 10(km/h)”より、片側 1 車線で制限速度 40km/h の道路を想定して設定した。また、試験要員が歩行者として歩行するにあたっては 5 km/h で歩行することとした。この速度は、通常の歩行速度 (4 km/h) より少し早い速度であり、小走りで単路を横断する歩行者を想定して設定した。なお、安全確保の観点から、試験要員による歩行者は状況に応じて停止するものとし、実証実験用ダミー歩行者も衝突予想ポイントの手前位置で停止させるものとした。

(4) 計測項目

主観的評価として、実験参加者に対し各場面における「情報提供」「注意喚起」「警報」を体験させた直後に一旦停止させ、同乗試験要員によるヒアリング形式で 2 つのアンケートを行った。1 つはその運転支援のタイミングは適していたかを 5 段階評価、もう 1 つはその運転支援は必要であったかを 5 段階評価した。図 8-1-8 に実施したアンケート内容を示す。

評価1 作動タイミングは自分の運転操作とどうか？

-2 遅い	-1 少し遅い	0 ちょうど良い	1 少し早い	2 早い
-------	---------	----------	--------	------

評価2 運転支援は必要か？意味があったか？

-2 不必要 意味が無い	-1 少し不必要 少し意味が無い	0 どちらとも言えない	1 少し必要 少し意味がある	2 必要 意味がある
-----------------	---------------------	-------------	-------------------	---------------

図 8-1-8 実施したアンケート内容

また、700MHz 帯車載無線機、GPS 受信機、及び車両等から得られる通信時の送受信情報、位置情報、車両挙動、運転挙動等のデータを 1/100 秒単位で取得した。

(5) 実験参加者への教示等

実車両に乗車して評価を行うため、実験実施に先立ち、『独立行政法人交通安全環境研究所における人間を対象とする実験に関する倫理規程（平成 23 年 8 月 1 日研究所規程第 15 号）』に基づき、実験参加者に対して集合時に 1 名ずつ実験内容について説明を行い、実験参加への理解を十分に得た上で同意の意思を確認し、実験参加者からインフォームドコンセントを得た。

また、計測走行に先立ち、実施場面の周知や車両に慣れるためにコース周回による習熟走行を、実験参加者が納得するまで実施した。（図 8-1-9）



図 8-1-9 実験参加者への教示

(6) 実験参加者

実験者参加者は、20歳代1名、30歳代6名、40歳代3名、50歳代1名の計11名の実験参加者を募集し、協力を得て実験を行った。なお、このうち4名は実験関係者を含む。11名に行った事前アンケートの結果を表8-1-3に示す。

表 8-1-3 実験参加者に対する事前アンケート結果

実験参加者	性別	年齢層	普段の運転頻度	カーナビ利用 経験
1	男性	30歳代	月に1,2日	ときどき
2	男性	40歳代	ほとんど運転しない	利用しない
3	男性	40歳代	週に3,4日	ときどき
4	男性	40歳代	ほぼ毎日	ときどき
5	女性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
6	女性	30歳代	週に3,4日	ときどき
7	男性	50歳代	ほぼ毎日	ときどき
8	男性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
9	女性	30歳代	ほぼ毎日	ほぼいつも
10	男性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
11	男性	20歳代	週に1,2日	ほぼいつも

8.1.4 実験結果と考察

本実験では、専用端末を利用した直接通信型歩車間通信技術を活用して、試験法、評価法にて定めるドライバ支援を複数の被験者に対して実施し、各支援に対する主観的な評価（アンケート調査）を行った。

具体的には、11名の実験参加者に対して、2つの支援対象場面（場面1：単路で歩行者が右から左に横断、場面3：信号あり交差点で、歩行者が後方から横断）ごとに、情報提供、注意喚起、警報について、条件設定した3通りの支援タイミングでドライバ支援を行い、各支援実施後に主観的な評価（アンケート調査）に回答してもらった。

(1) 情報提供

場面1：単路で歩行者が右から左に横断

図8-1-10から図8-1-12は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図8-1-13から図8-1-15は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図8-1-16は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 3.7[s]は僅かであるが「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は0に近付き、TTI = 6.5[s]では僅かであるが「早い」を示した。必要性評価の平均値では、いずれの提供タイミングともほぼ同程度「必要」を示している。

これらの傾向から、支援対象車両に「情報提供」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングはTTI = 5.1[s]あたりが適切とみられる。

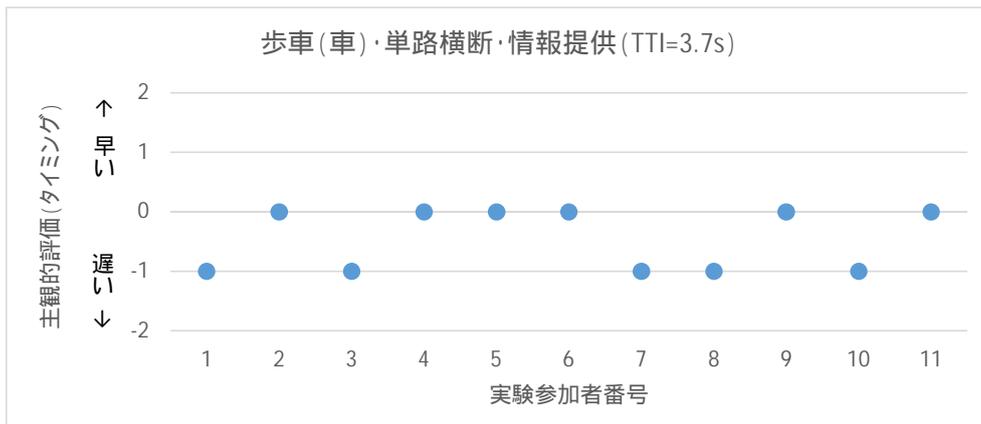


図 8-1-10 TTI=3.7[s]のタイミングに対する主観的評価

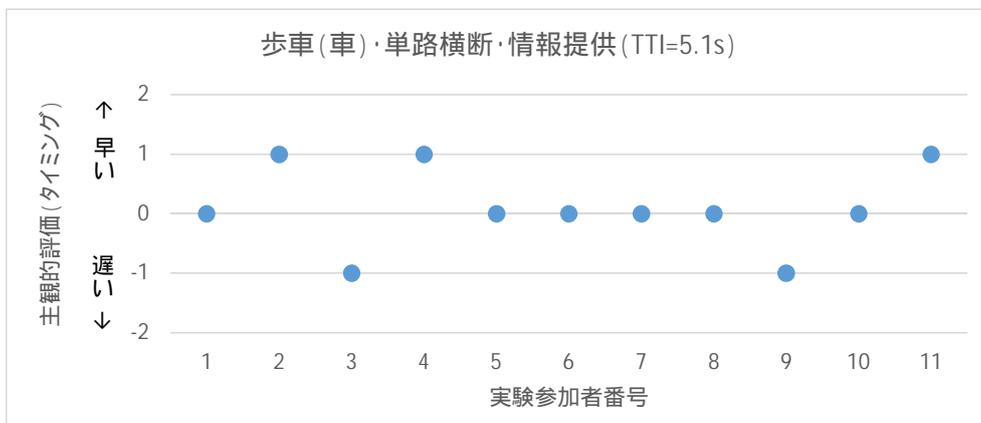


図 8-1-11 TTI=5.1[s]のタイミングに対する主観的評価

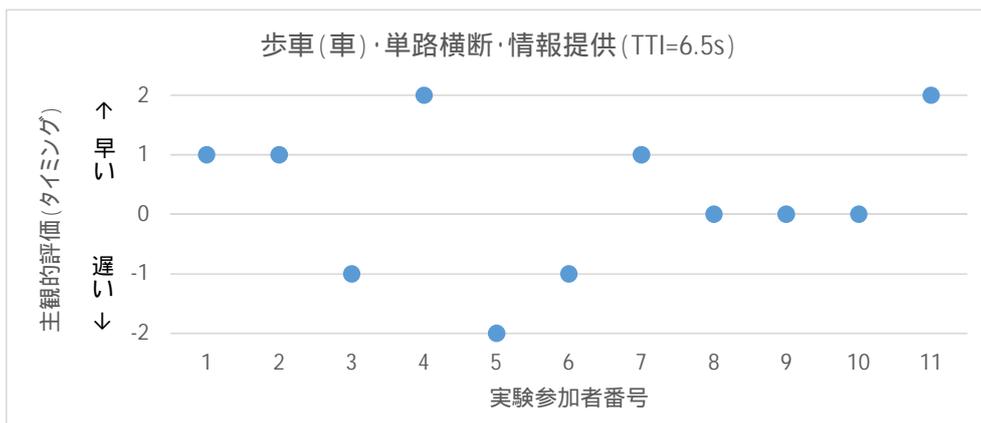


図 8-1-12 TTI=6.5[s]のタイミングに対する主観的評価

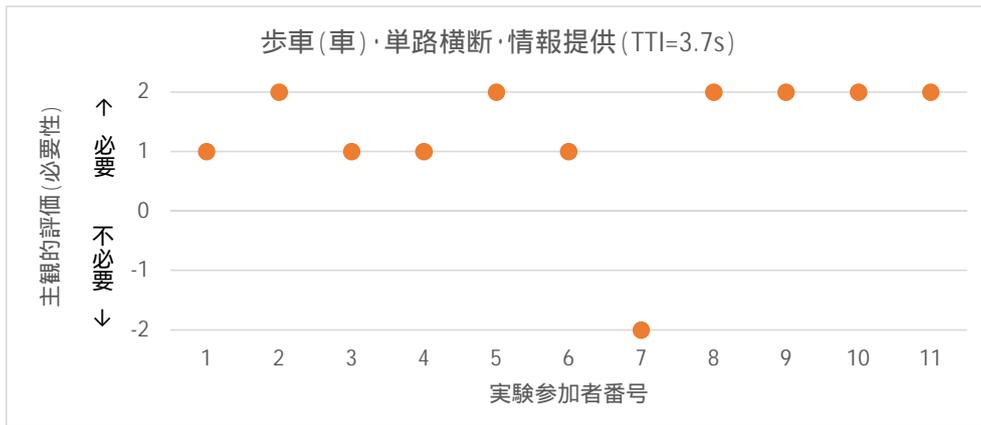


図 8-1-13 TTI=3.7[s]の必要性に対する主観的評価

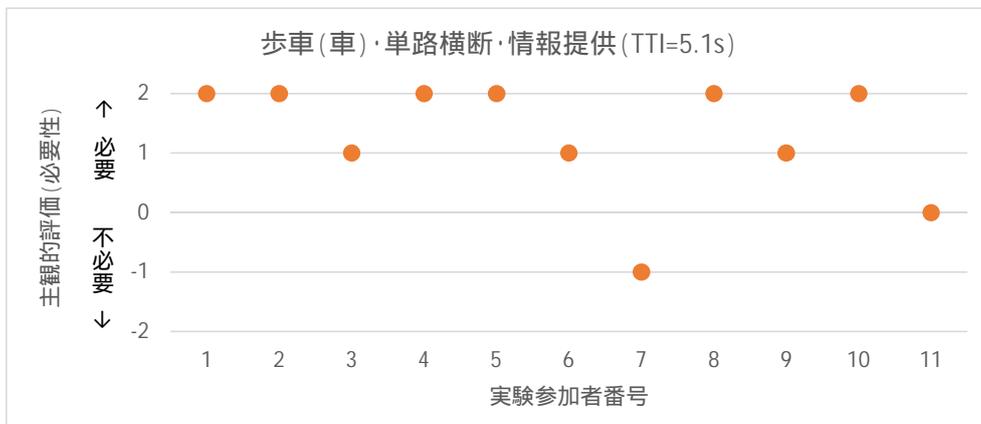


図 8-1-14 TTI=5.1[s]の必要性に対する主観的評価

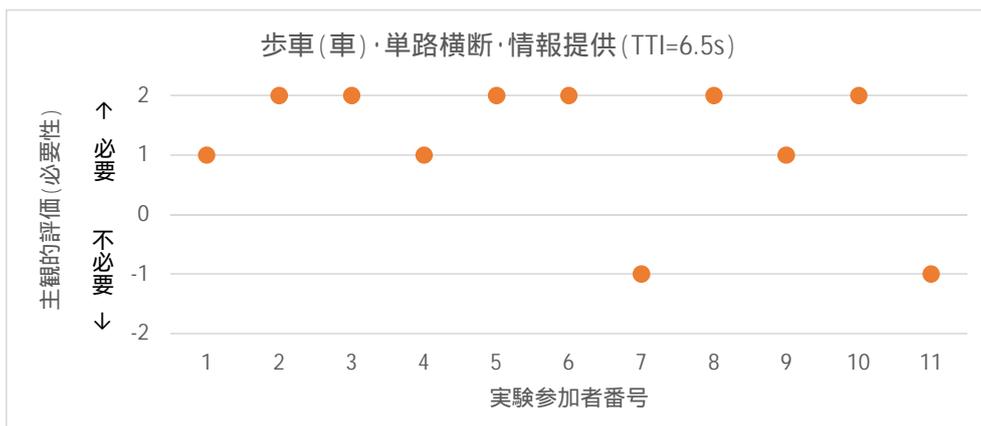


図 8-1-15 TTI=6.5[s]の必要性に対する主観的評価

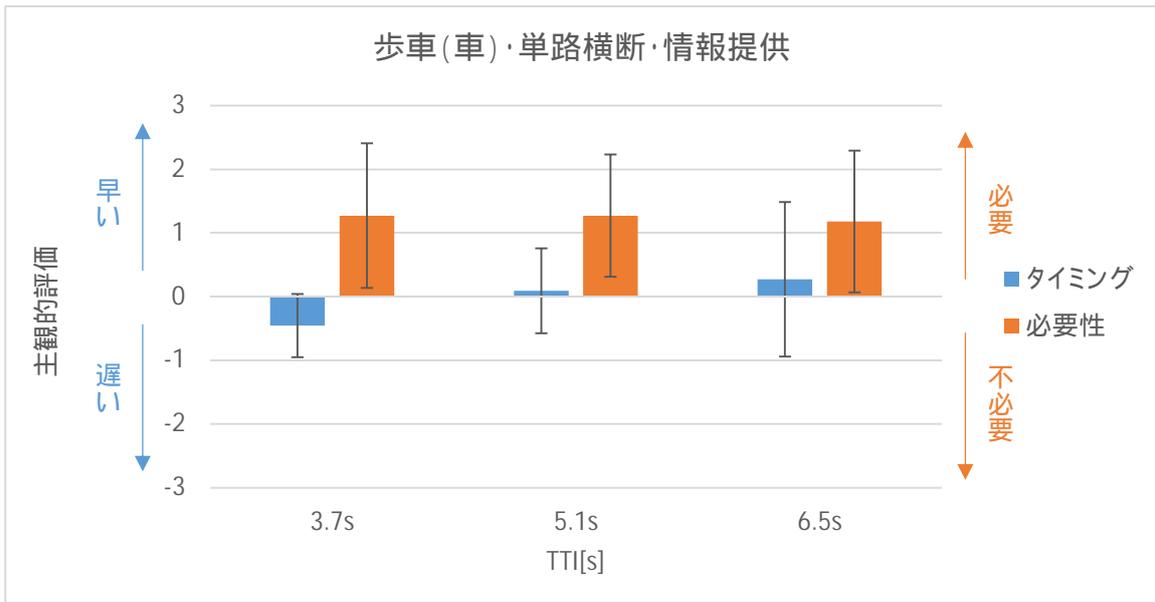


図 8-1-16 タイミングと必要性の平均値

場面3：信号あり交差点で、歩行者が後方から横断

図 8-1-17 から図 8-1-19 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-1-20 から図 8-1-22 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-1-23 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 3.7[s]は「遅い」を示しており、TTI = 6.5[s]では僅かであるが「早い」を示した。必要性評価の平均値では、TTI = 3.7[s]においてその値は低く、実験参加者別に見ると「必要」「不必要」とする者が散在する。

これらの傾向から、支援対象車両に「情報提供」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 5.1[s]あたりが適切とみられる。

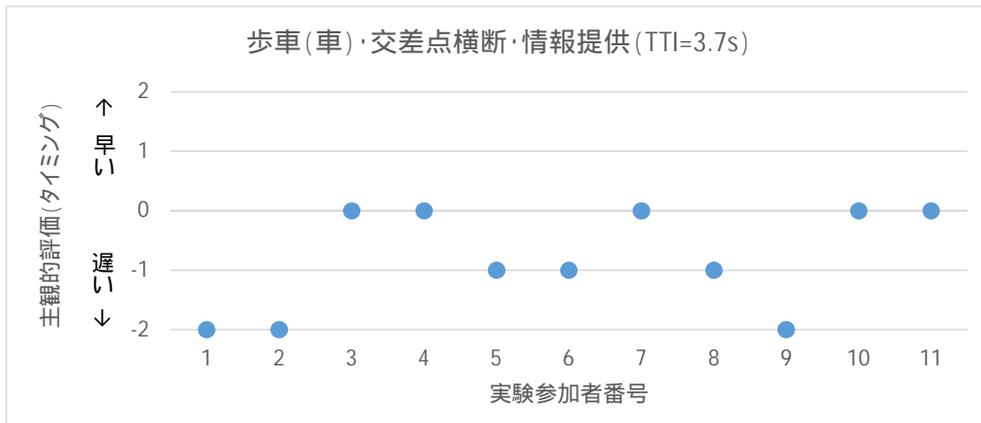


図 8-1-17 TTI=3.7[s]のタイミングに対する主観的評価

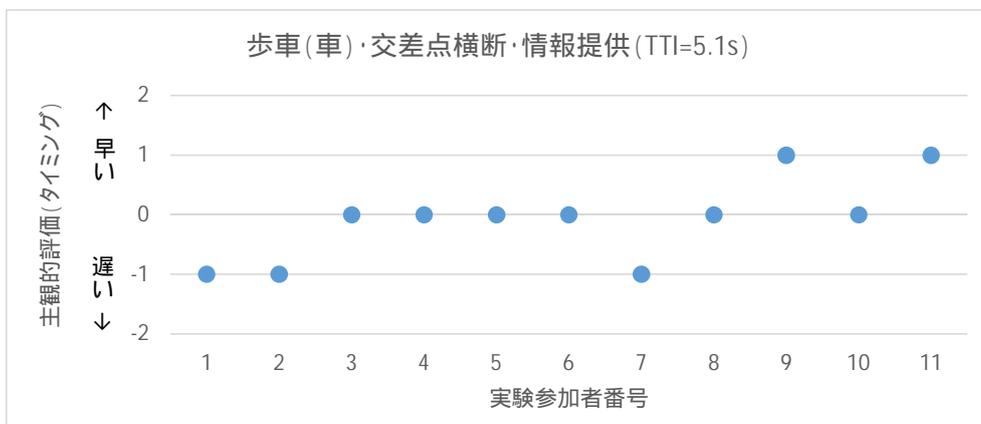


図 8-1-18 TTI=5.1[s]のタイミングに対する主観的評価

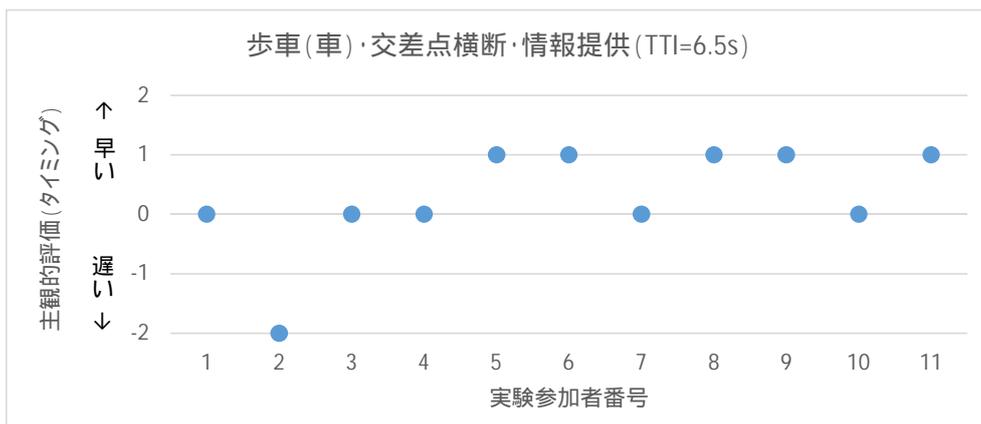


図 8-1-19 TTI=6.5[s]のタイミングに対する主観的評価

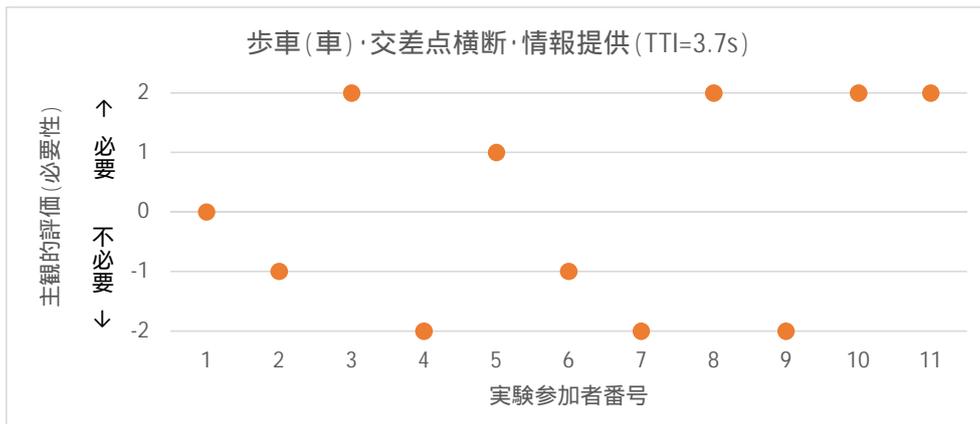


図 8-1-20 TTI=3.7[s]の必要性に対する主観的評価

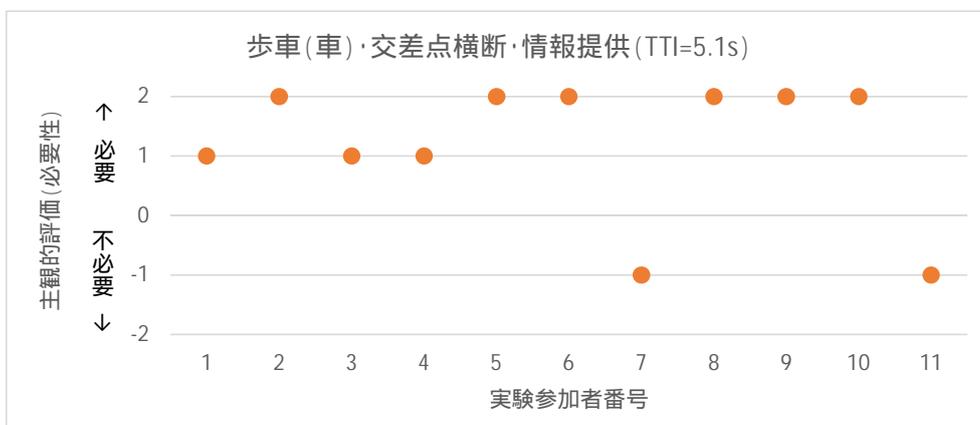


図 8-1-21 TTI=5.1[s]の必要性に対する主観的評価

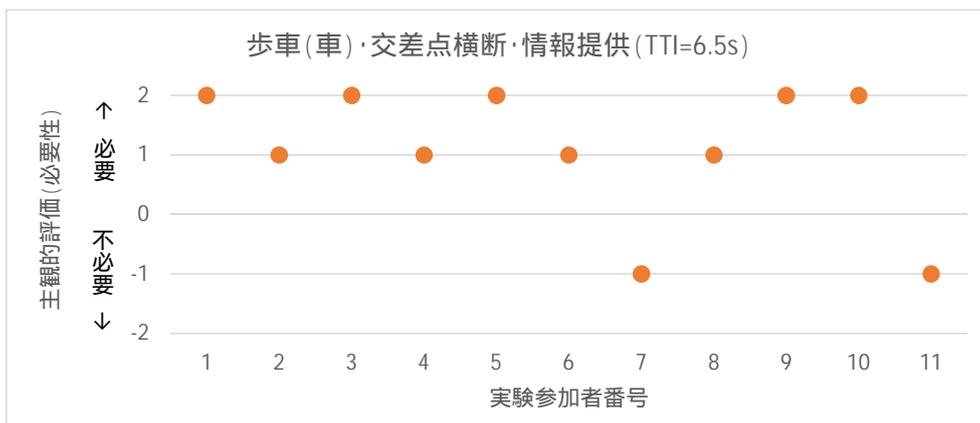


図 8-1-22 TTI=6.5[s]の必要性に対する主観的評価

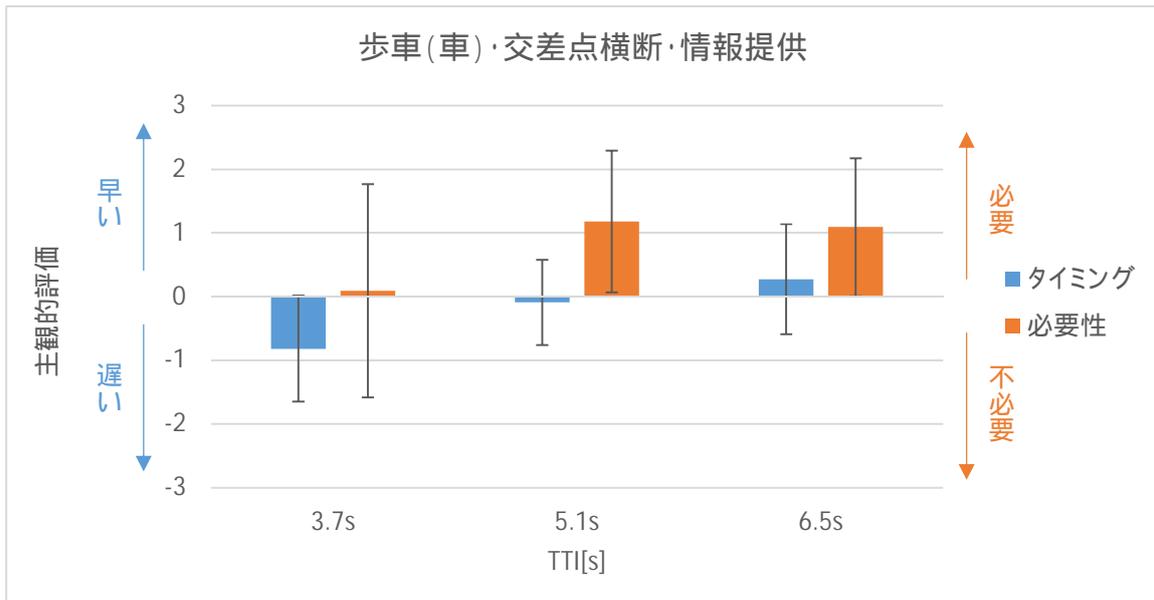


図 8-1-23 タイミングと必要性の平均値

(2) 注意喚起

場面 1：単路で歩行者が右から左に横断

図 8-1-24 から図 8-1-26 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-1-27 から図 8-1-29 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-1-30 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 2.4[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近づくものの、TTI = 4.0[s]でも平均値では僅かに「遅い」を示した。必要性評価の平均値は、TTI = 2.4[s]では僅かに「必要」を示し、提供タイミングが大きくなるほど「必要」を示した。なお、実験参加者個別にみると TTI = 3.2[s]、TTI = 4.0[s]で「必要」と回答する者が多い。

これらの傾向から、支援対象車両に「注意喚起」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミング TTI = 3.2[s]から TTI = 4.0[s]あたりが適切とみられる。

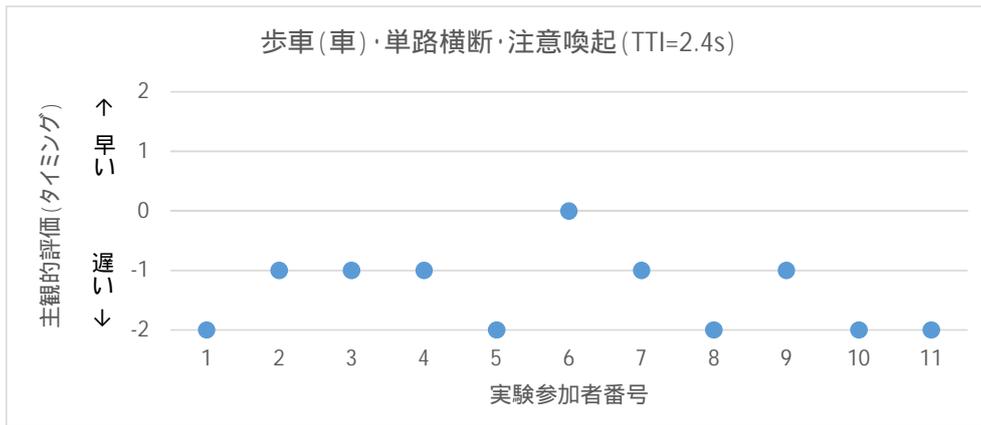


図 8-1-24 TTI=2.4[s]のタイミングに対する主観的評価

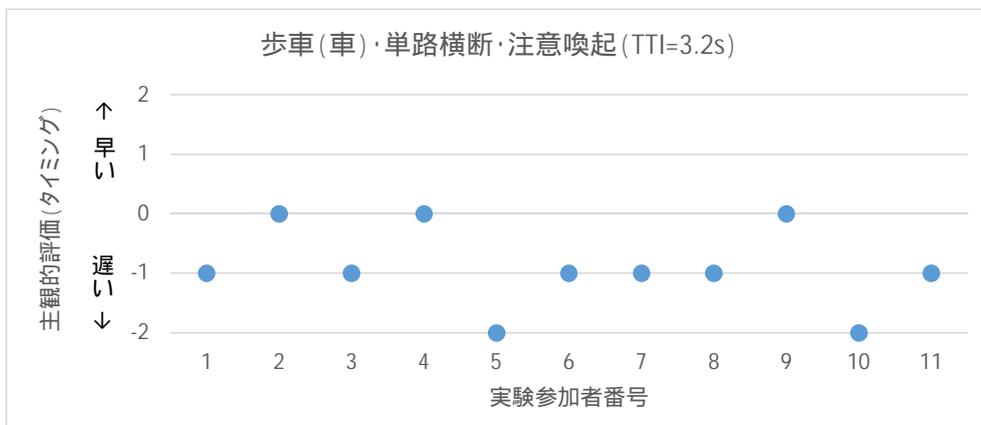


図 8-1-25 TTI=3.2[s]のタイミングに対する主観的評価

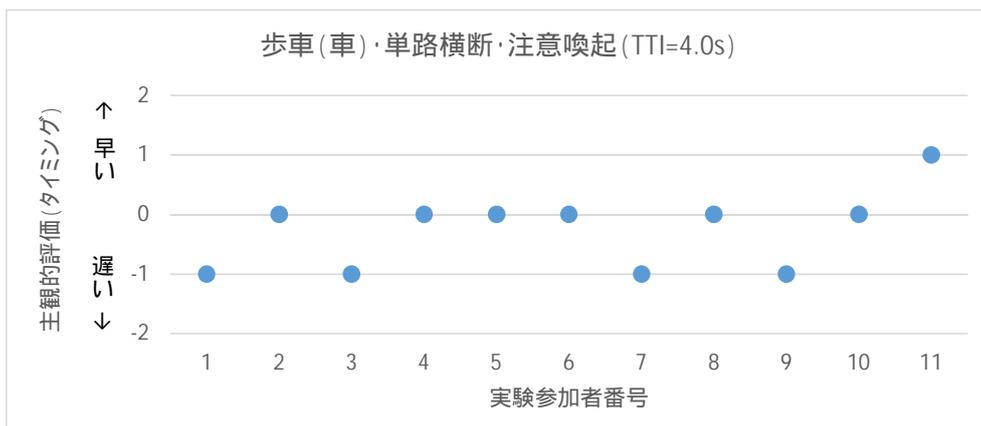


図 8-1-26 TTI=4.0[s]のタイミングに対する主観的評価

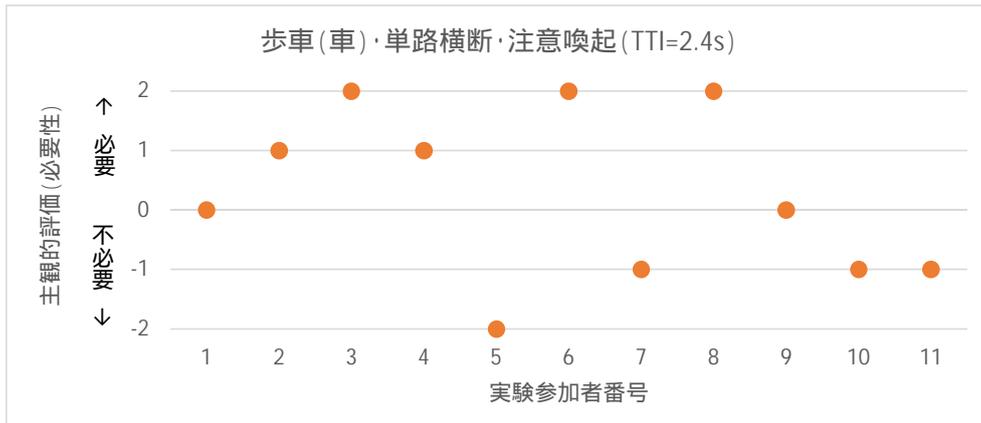


図 8-1-27 TTI=2.4[s]の必要性に対する主観的評価

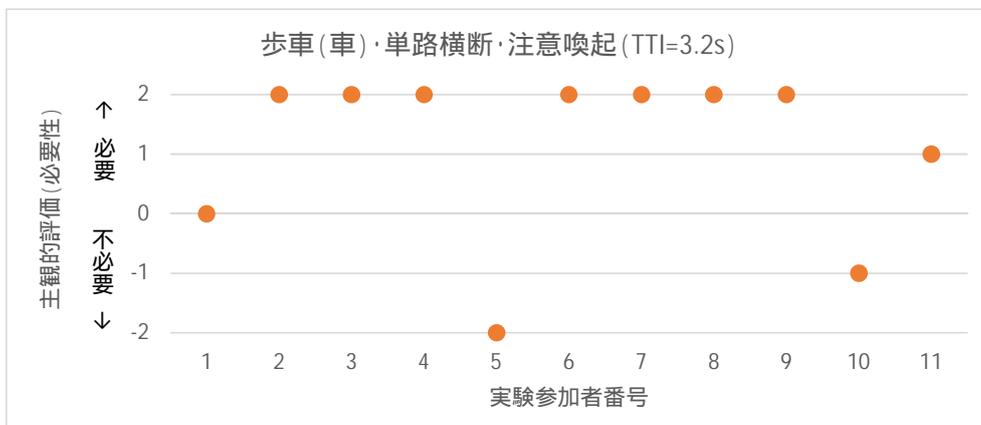


図 8-1-28 TTI=3.2[s]の必要性に対する主観的評価

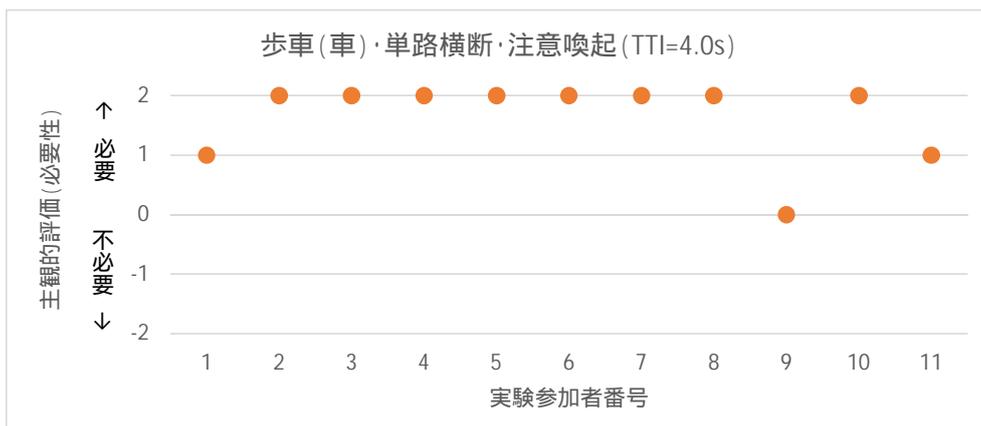


図 8-1-29 TTI=4.0[s]の必要性に対する主観的評価

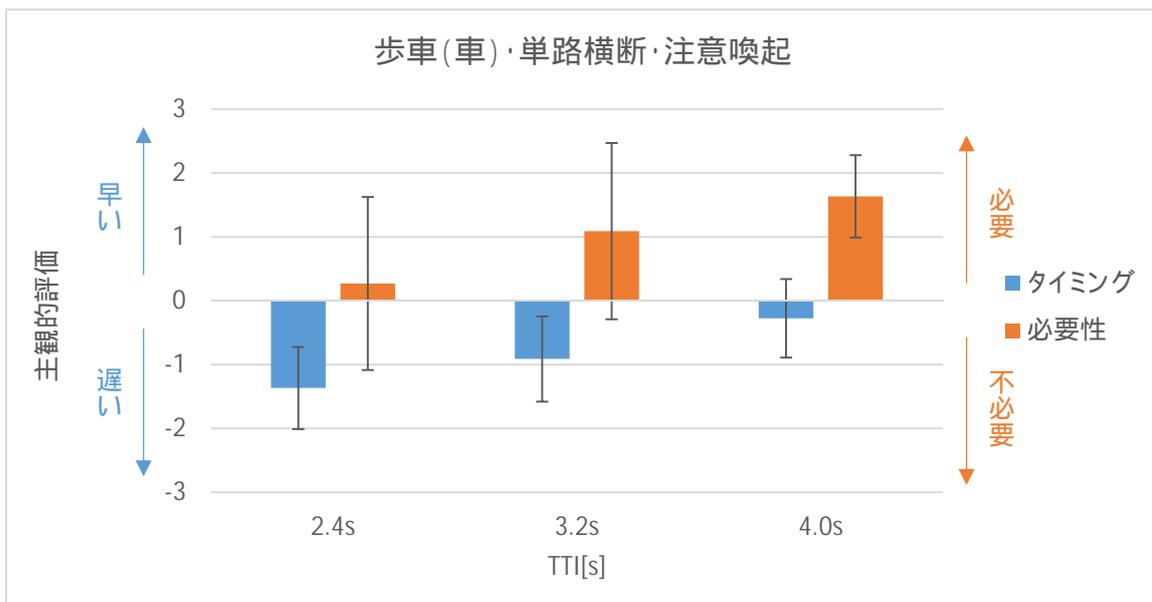


図 8-1-30 タイミングと必要性の平均値

場面3：信号あり交差点で歩行者が後方から横断

図 8-1-31 から図 8-1-33 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-1-34 から図 8-1-36 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-1-37 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 1.6[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近づくものの、TTI = 3.2[s]でも平均値では僅かであるか「遅い」を示した。必要性評価の平均値は、TTI = 1.6[s]では「不必要」を示すものの、TTI = 2.4[s]、TTI = 3.2[s]ではほぼ同程度「必要」を示す値となった。

これらの傾向から、支援対象車両に「注意喚起」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 2.4[s]から TTI = 3.2[s]の範囲に適切値があるとみられる。

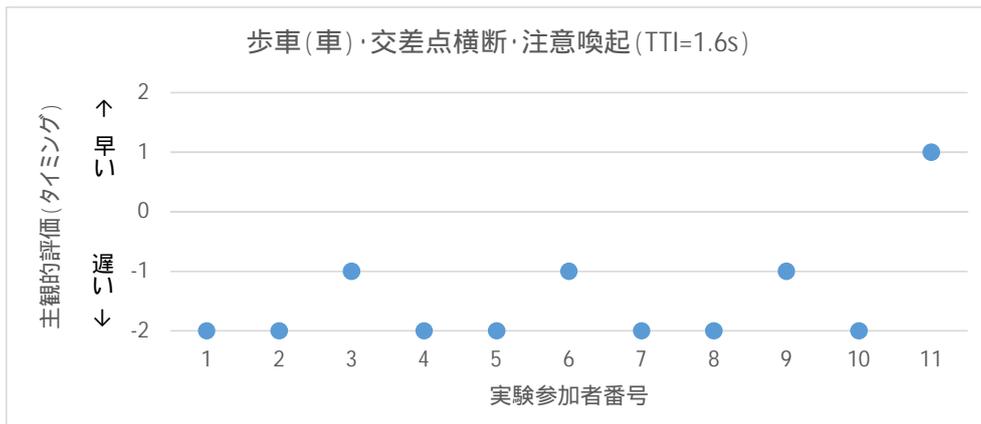


図 8-1-31 TTI=1.6[s]のタイミングに対する主観的評価

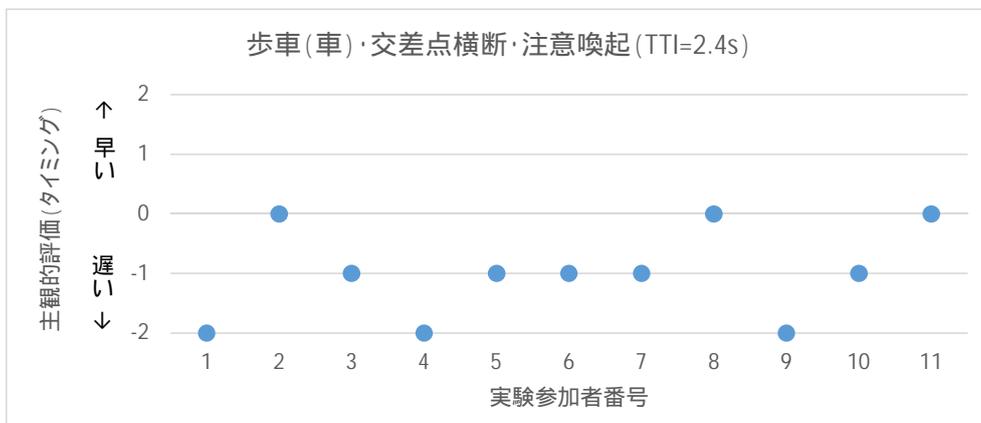


図 8-1-32 TTI=2.7[s]のタイミングに対する主観的評価

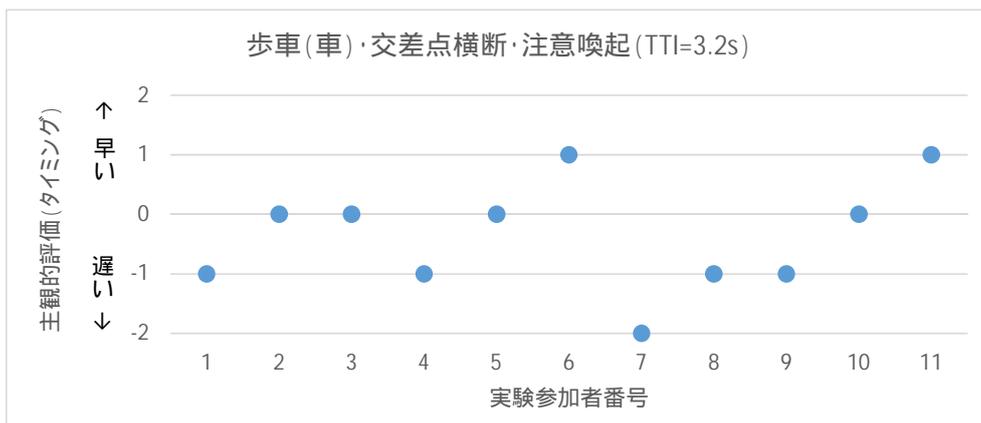


図 8-1-33 TTI=3.2[s]のタイミングに対する主観的評価

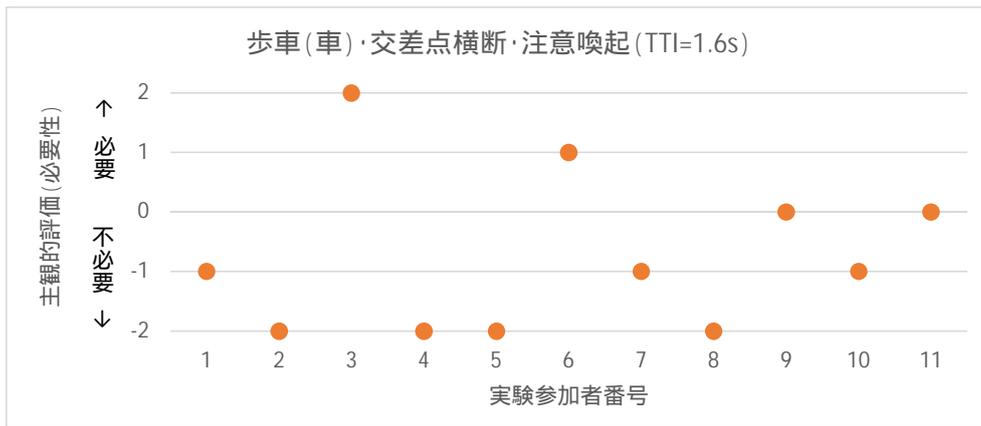


図 8-1-34 TTI=1.6[s]の必要性に対する主観的評価

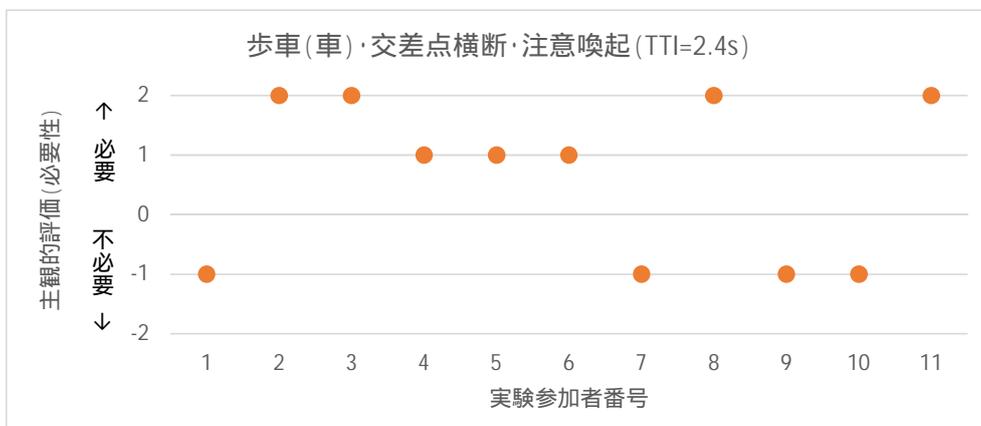


図 8-1-35 TTI=2.4[s]の必要性に対する主観的評価

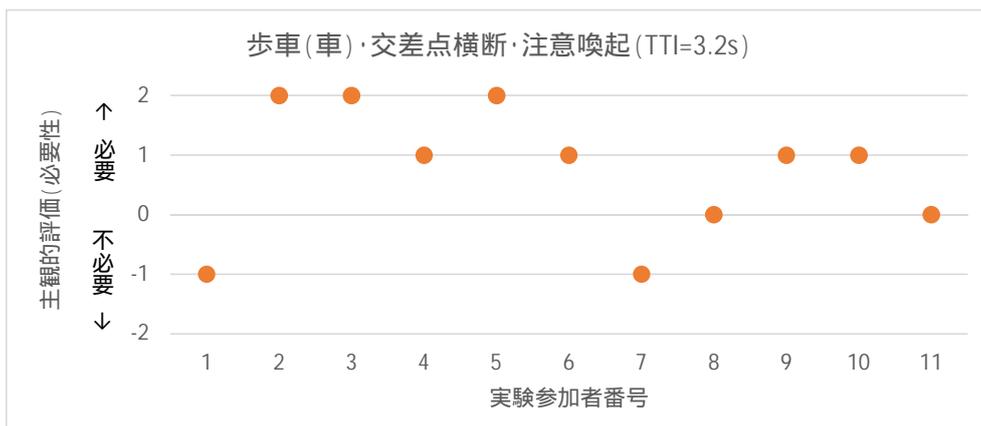


図 8-1-36 TTI=3.2[s]の必要性に対する主観的評価

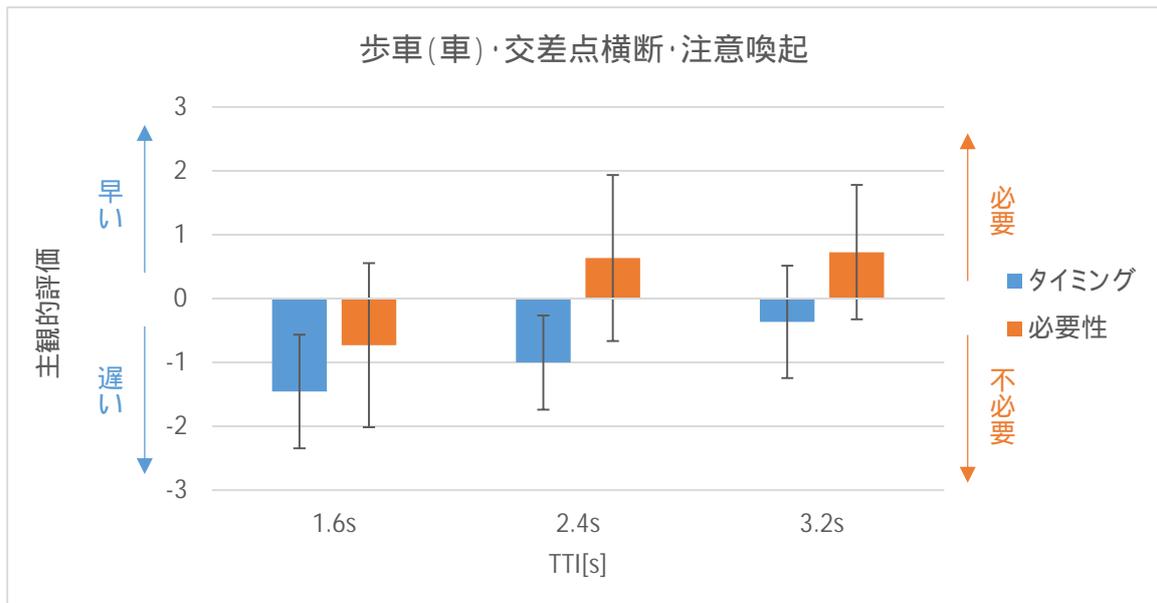


図 8-1-37 タイミングと必要性の平均値

(3) 警報

場面 1：単路で歩行者が右から左に横断

図 8-1-38 から図 8-1-40 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-1-41 から図 8-1-43 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-1-44 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 0.8[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付いている。必要性評価の平均値は、TTI = 0.8[s]では「必要」「不必要」の回答に分かれたため 0、提供タイミングが大きくなるほど「必要」とする者が多くなり、TTI = 2.0[s]は他に比べ最も「必要」を示した。

図 8-1-45 は、「警報」を通知してから減速開始までの時間（反応時間）と減速開始時の衝突予想時間（TTI）の関係について全実験参加者の結果をプロットしたものである。また、図 8-1-46 から図 8-1-48 は全実験参加者の反応時間のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものであり、図 8-1-49 から図 8-1-51 は全実験参加者の TTI のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものである。

反応時間は、TTI = 0.8[s] では 0.4[s]以内と 0.6[s]以内、TTI = 1.4[s]では 0.4[s]以内が最も多く、TTI = 2.0[s]では 1.4[s]まで分布する。減速開始時の TTI は、提供タイミングが大きくなるほど広く分布する。

これらの傾向から、支援対象車両に「警報」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 2.0[s]あたりが適切とみられる。

図 8-1-52、図 8-1-53 に、TTI = 2.0[s]時にタイミングを「ちょうどよい」、必要性を「必要」と回答した実験者参加者の運転挙動を一例として示す。

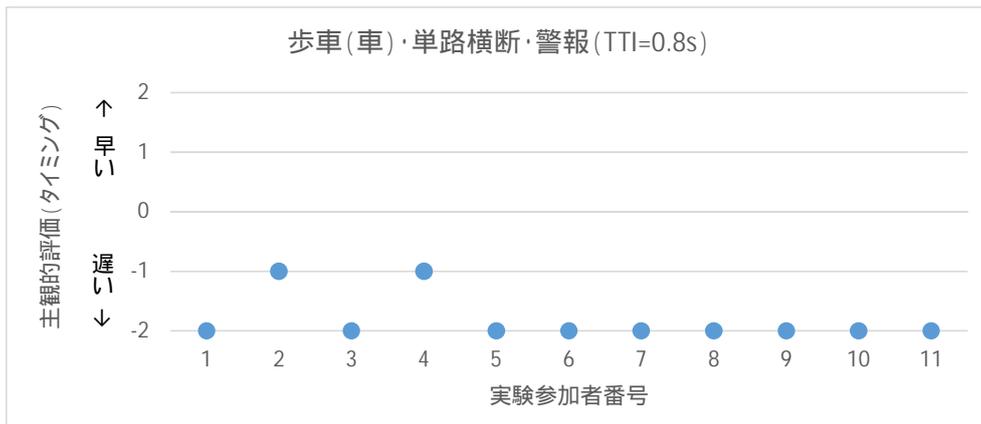


図 8-1-38 TTI=0.8[s]のタイミングに対する主観的評価

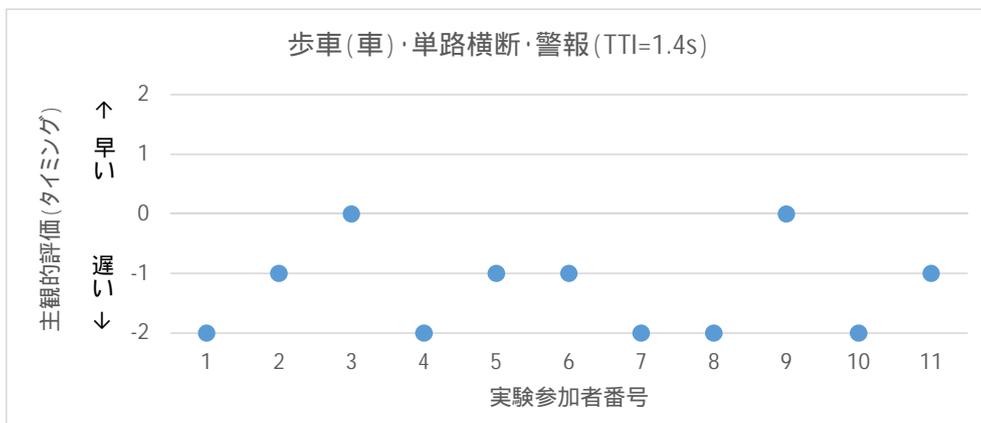


図 8-1-39 TTI=1.4[s]のタイミングに対する主観的評価

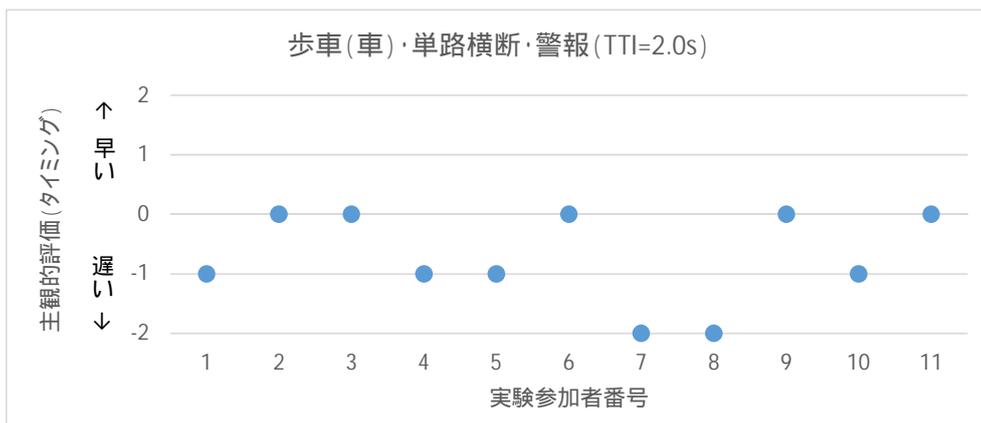


図 8-1-40 TTI=2.0[s]のタイミングに対する主観的評価

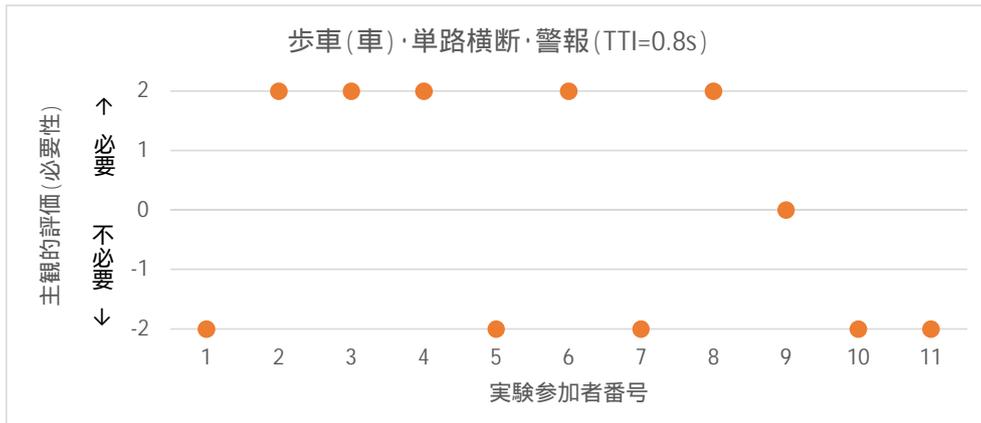


図 8-1-41 TTI=0.8[s]の必要性に対する主観的評価

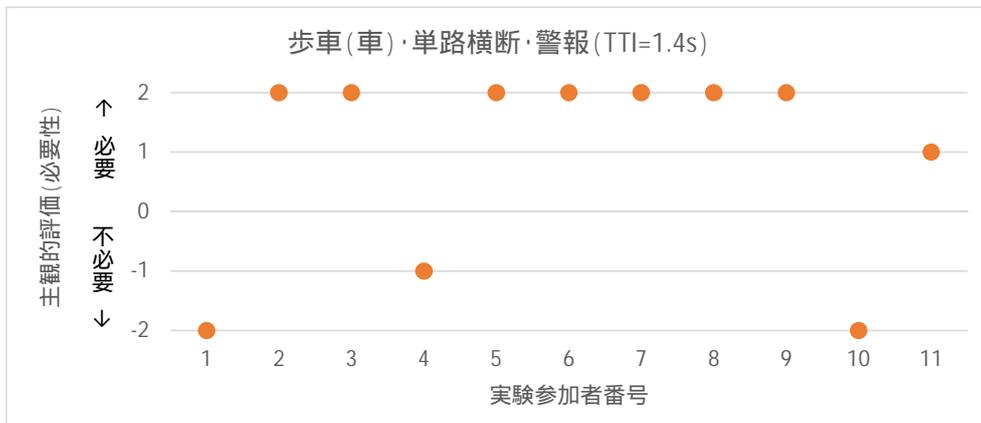


図 8-1-42 TTI=1.4[s]の必要性に対する主観的評価

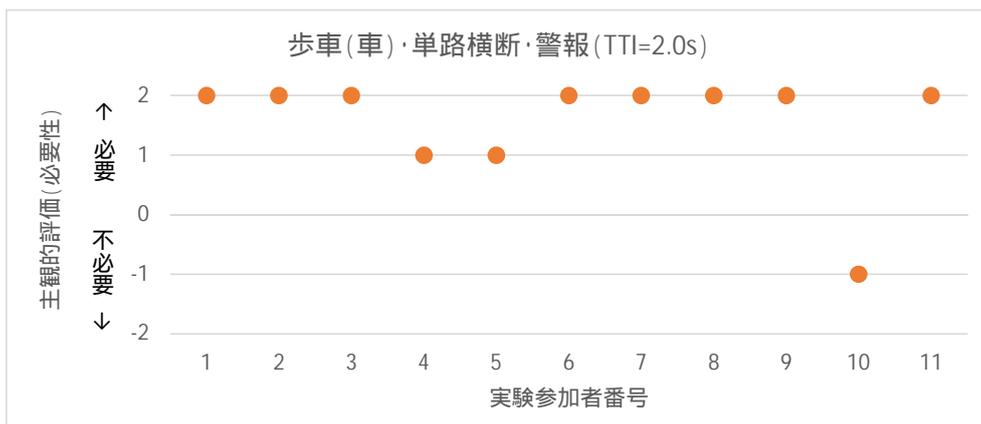


図 8-1-43 TTI=2.0[s]の必要性に対する主観的評価

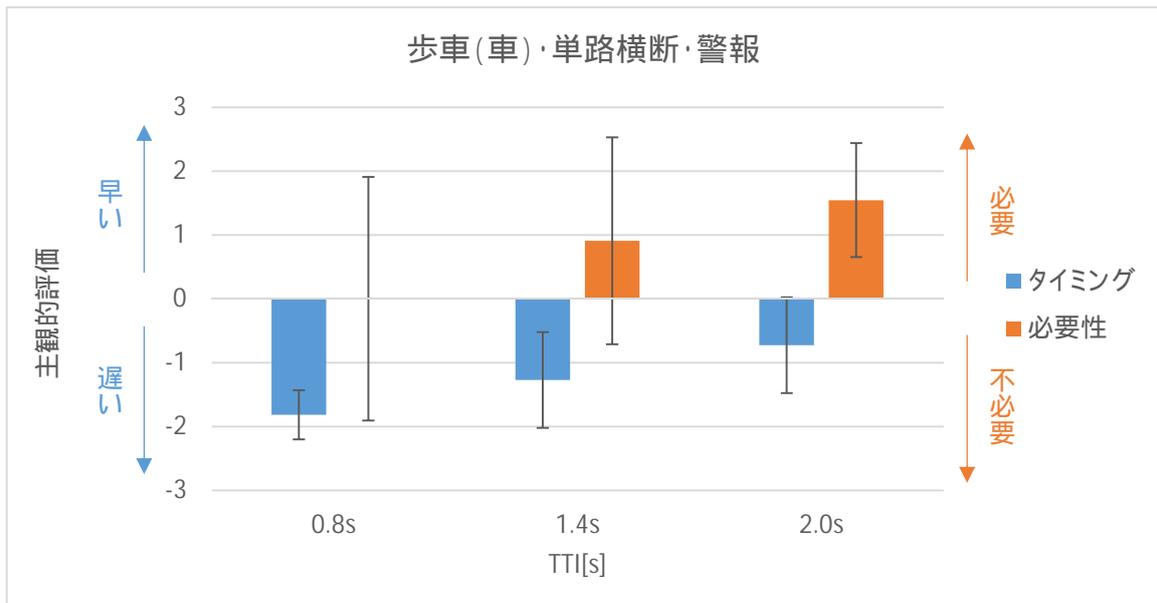


図 8-1-44 タイミングと必要性の平均値

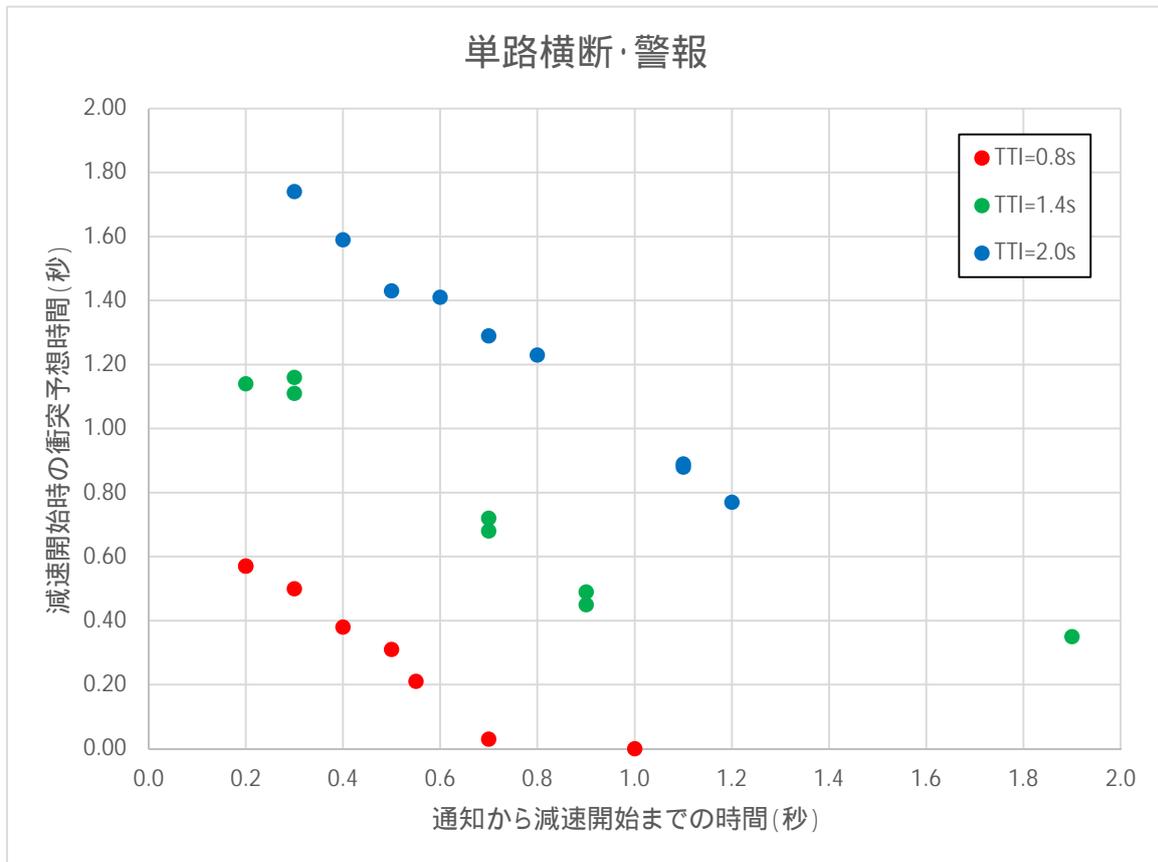


図 8-1-45 警報のタイミングに関する客観的評価

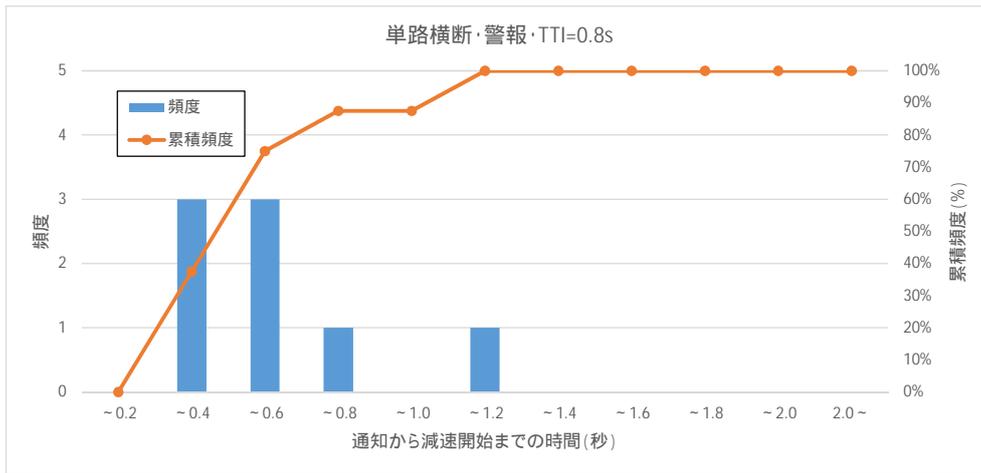


図 8-1-46 TTI=0.8[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

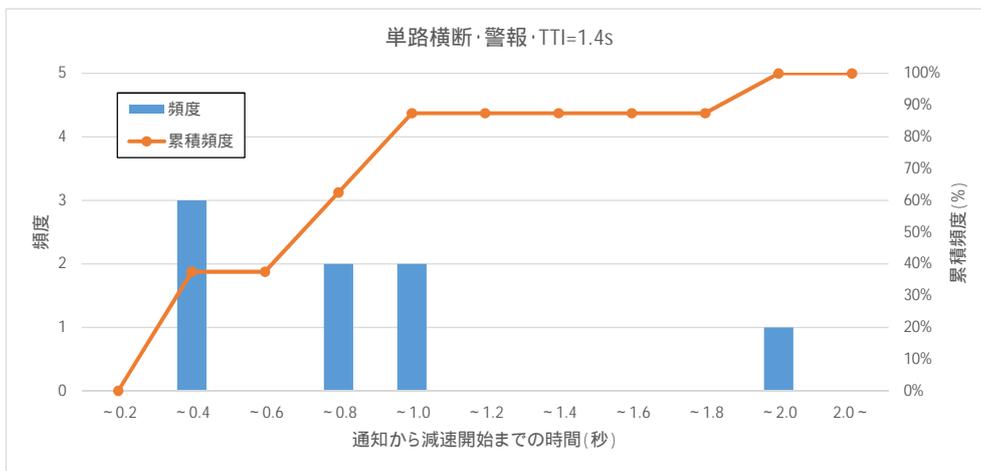


図 8-1-47 TTI=1.4[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

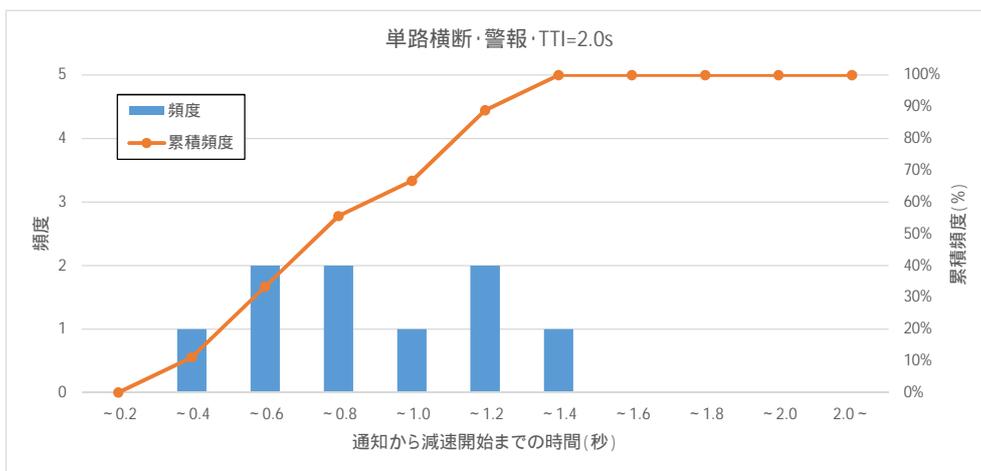


図 8-1-48 TTI2.0[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

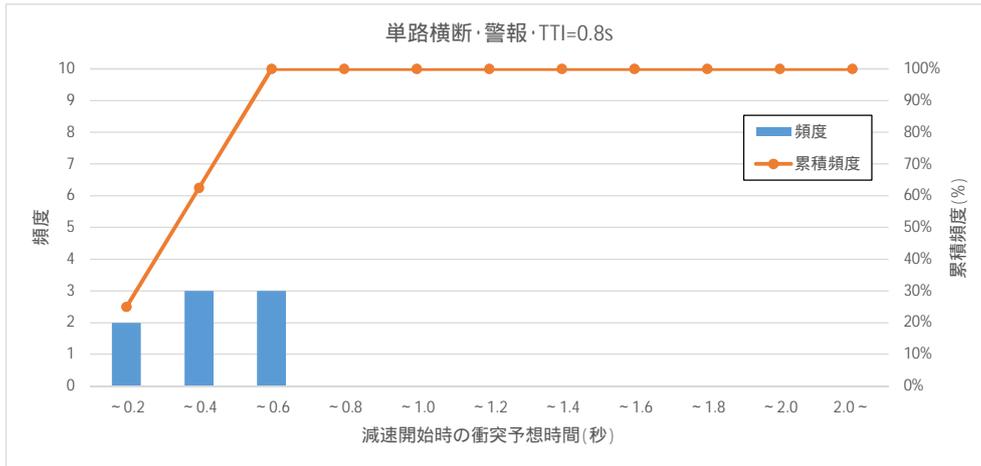


図 8-1-49 TTI=0.8[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

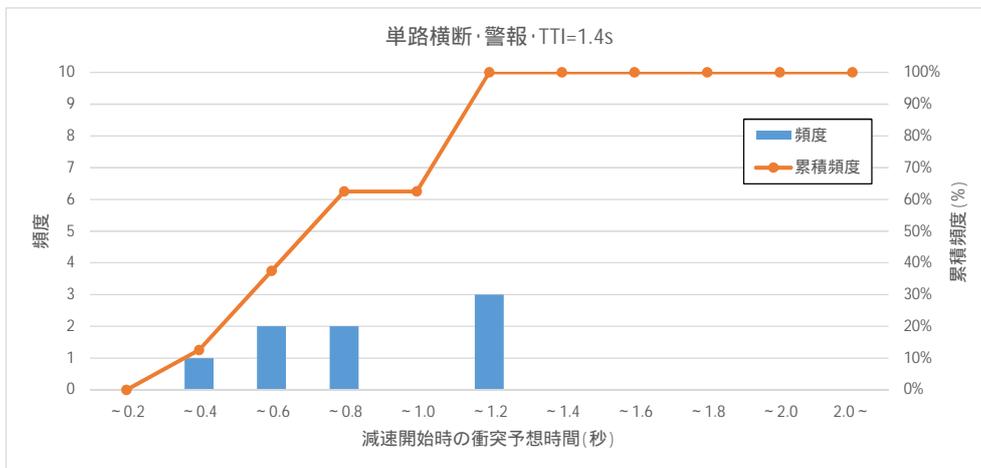


図 8-1-50 TTI=1.4[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

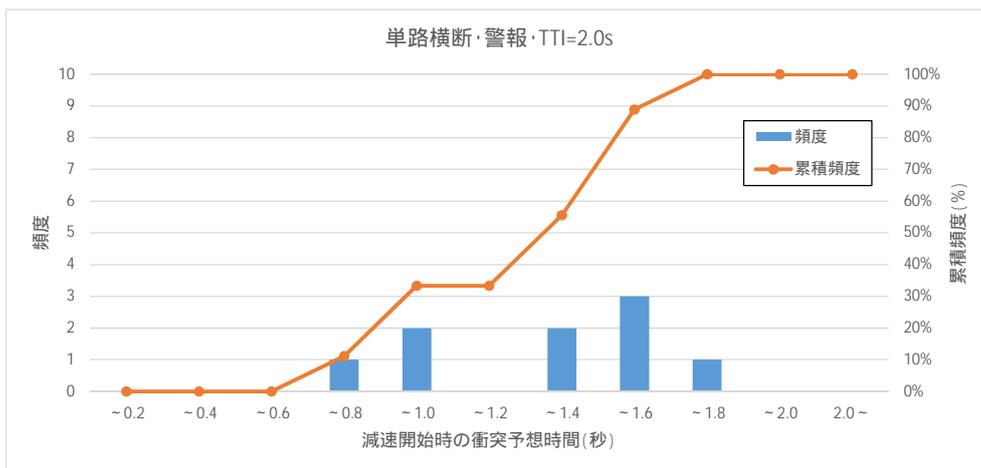
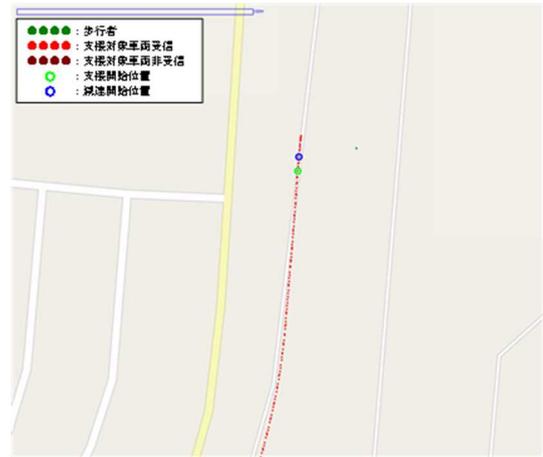
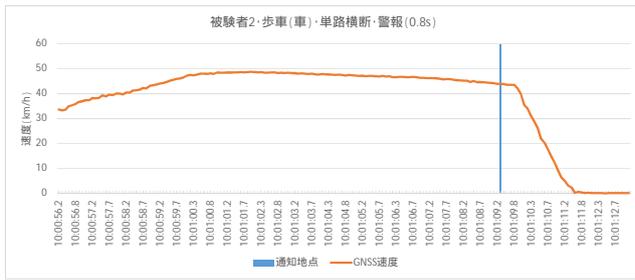
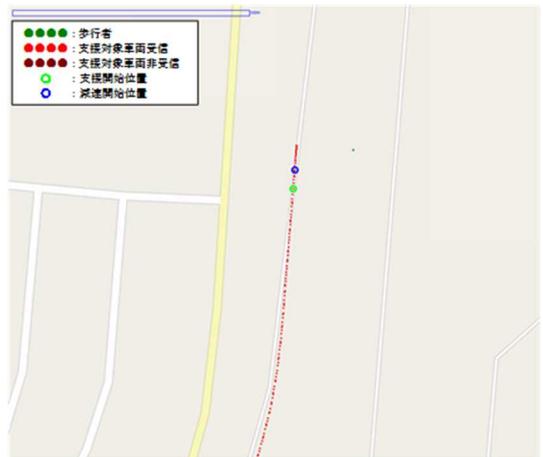


図 8-1-51 TTI=2.0[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



警報 (TTI=2.0s)

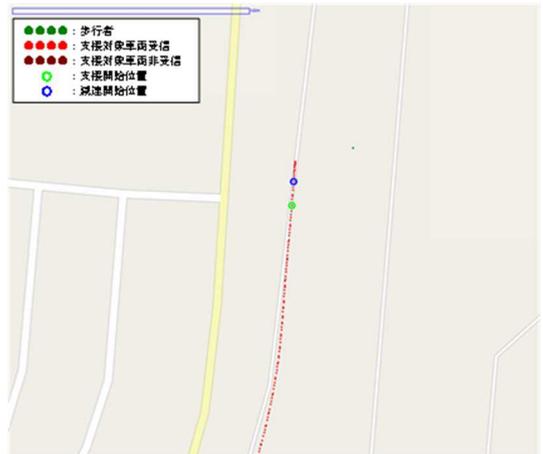
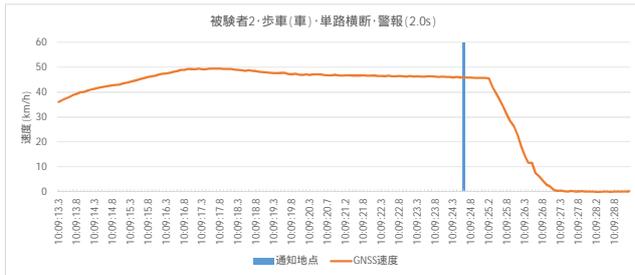
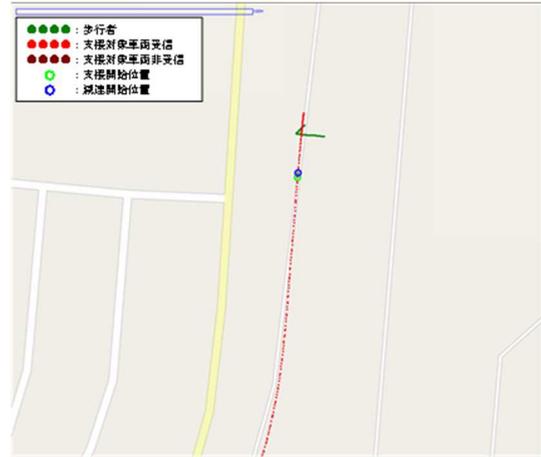
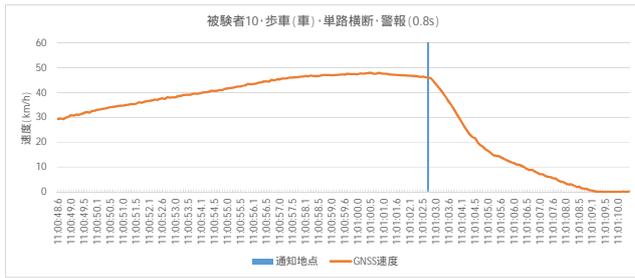
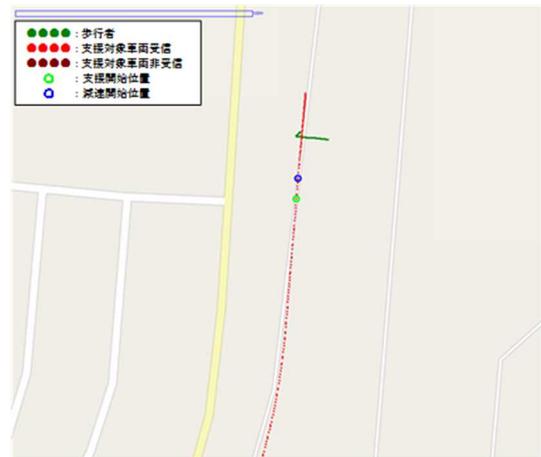
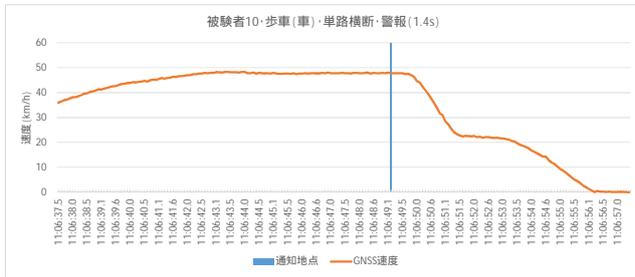


図 8-1-52 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例 (実験参加者 2)

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



警報 (TTI=2.0s)

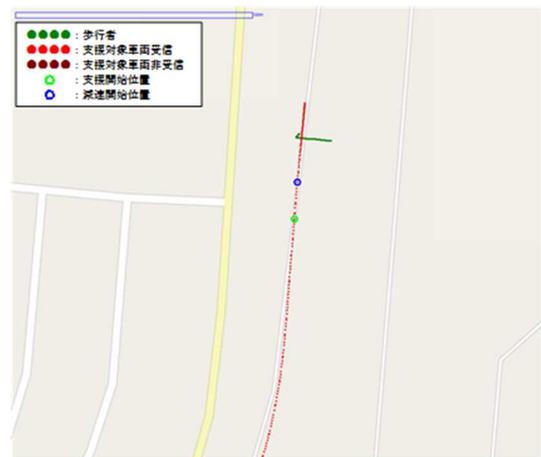
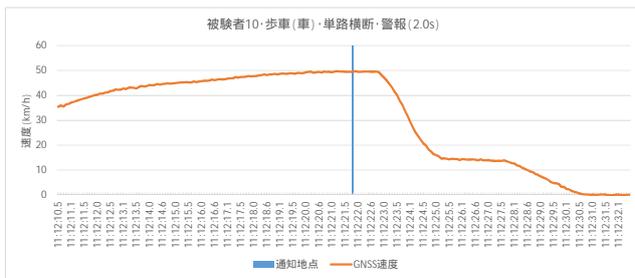


図 8-1-53 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例 (実験参加者 10)

場面3：信号あり交差点で歩行者が後方から横断

図 8-1-54 から図 8-1-56 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-1-57 から図 8-1-59 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-1-60 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 0.8[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付いている。必要性評価の平均値は、TTI = 0.8[s]では「不必要」を示し、TTI = 1.4[s]では「必要」「不必要」の回答に分かれたため 0、TTI = 2.0[s]では「必要」を示した。

図 8-1-61 は、「警報」を通知してから減速開始までの時間（反応時間）と減速開始時の衝突予想時間（TTI）の関係について全実験参加者の結果をプロットしたものである。また、図 8-1-62 から図 8-1-64 は全実験参加者の反応時間のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものであり、図 8-1-65 から図 8-1-67 は全実験参加者の TTI のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものである。

反応時間は、いずれの提供タイミングともに 1.0[s]以内で累積 100%ile 値を示した。減速開始時の TTI は、提供タイミングが大きくなるほど広く分布する。

これらの傾向から、支援対象車両に「警報」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 2.0[s]あたりが適切とみられる。

図 8-1-68 に TTI = 2.0[s]時にタイミングを「ちょうどよい」と回答した実験参加者の運転挙動、図 8-1-69 に TTI = 2.0[s]時に必要性を「必要」と回答した実験者参加者の運転挙動を一例として示す。

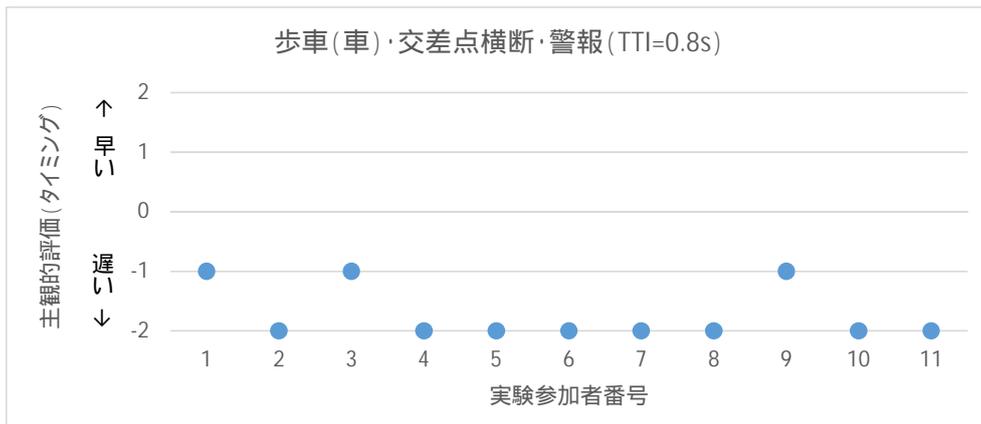


図 8-1-54 TTI=0.8[s]のタイミングに対する主観的評価

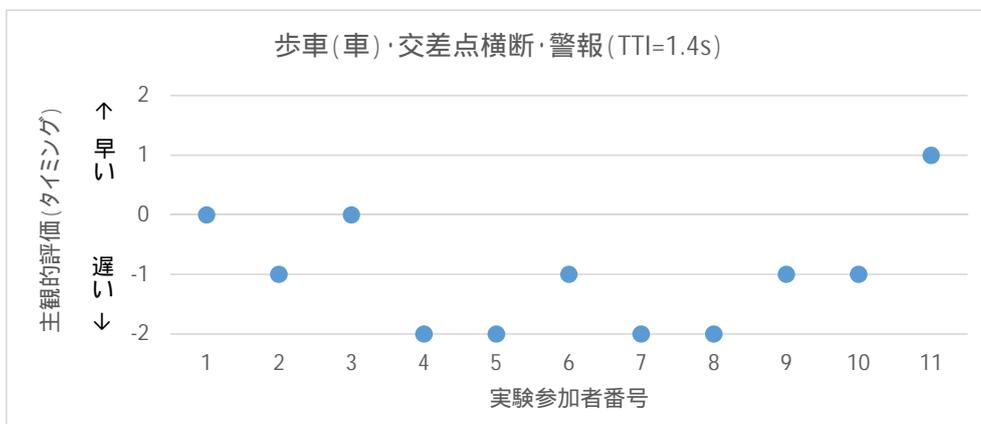


図 8-1-55 TTI=1.4[s]のタイミングに対する主観的評価

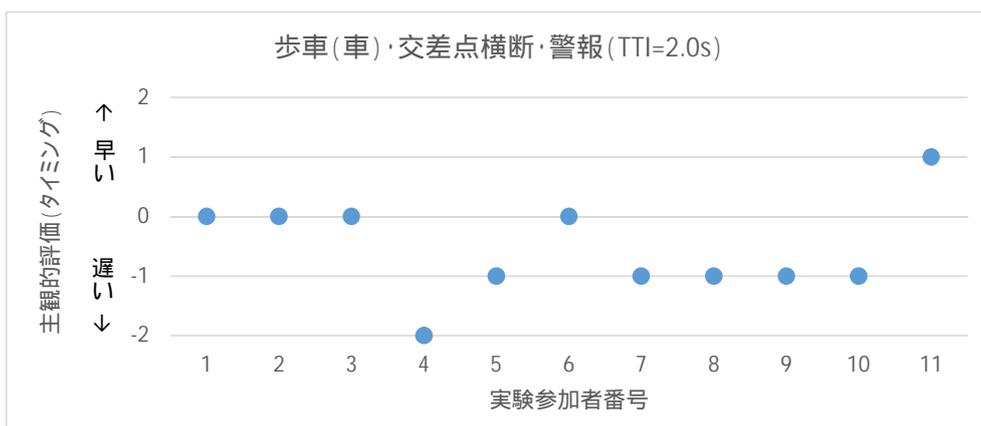


図 8-1-56 TTI=2.0[s]のタイミングに対する主観的評価

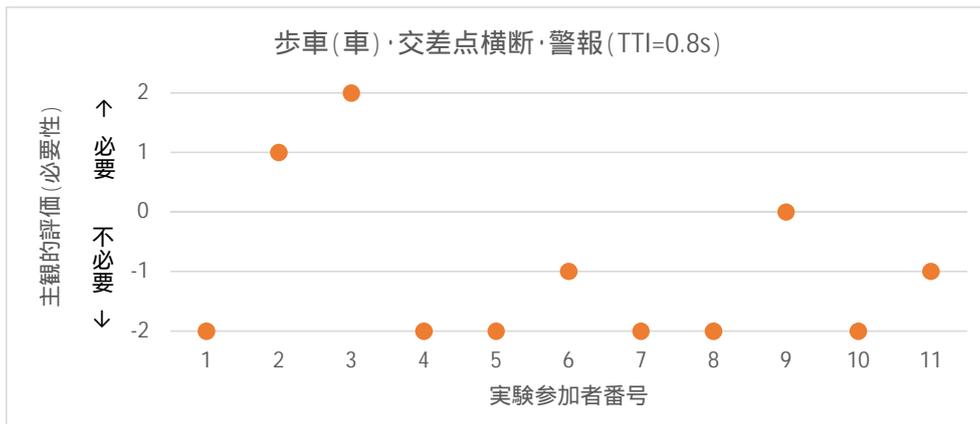


図 8-1-57 TTI=0.8[s]の必要性に対する主観的評価

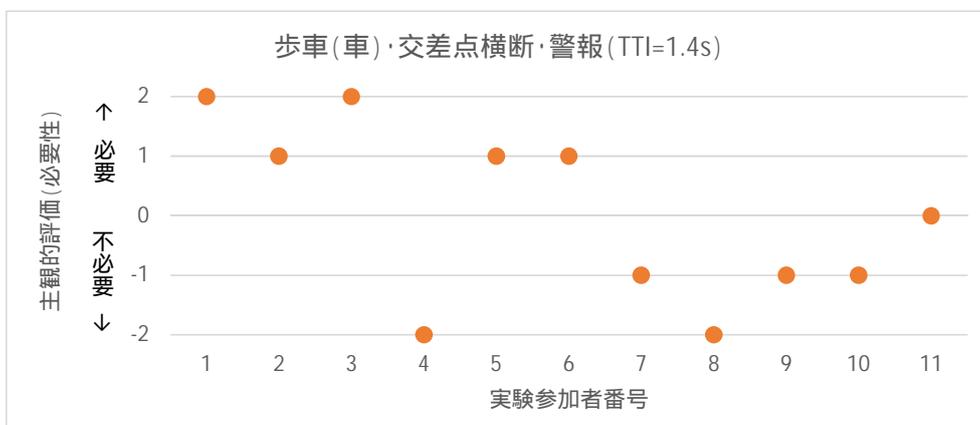


図 8-1-58 TTI=1.4[s]の必要性に対する主観的評価

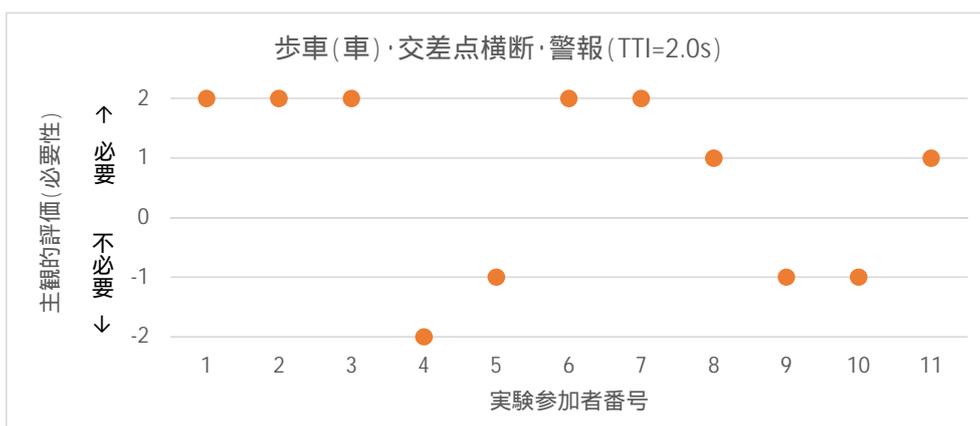


図 8-1-59 TTI=2.0[s]の必要性に対する主観的評価

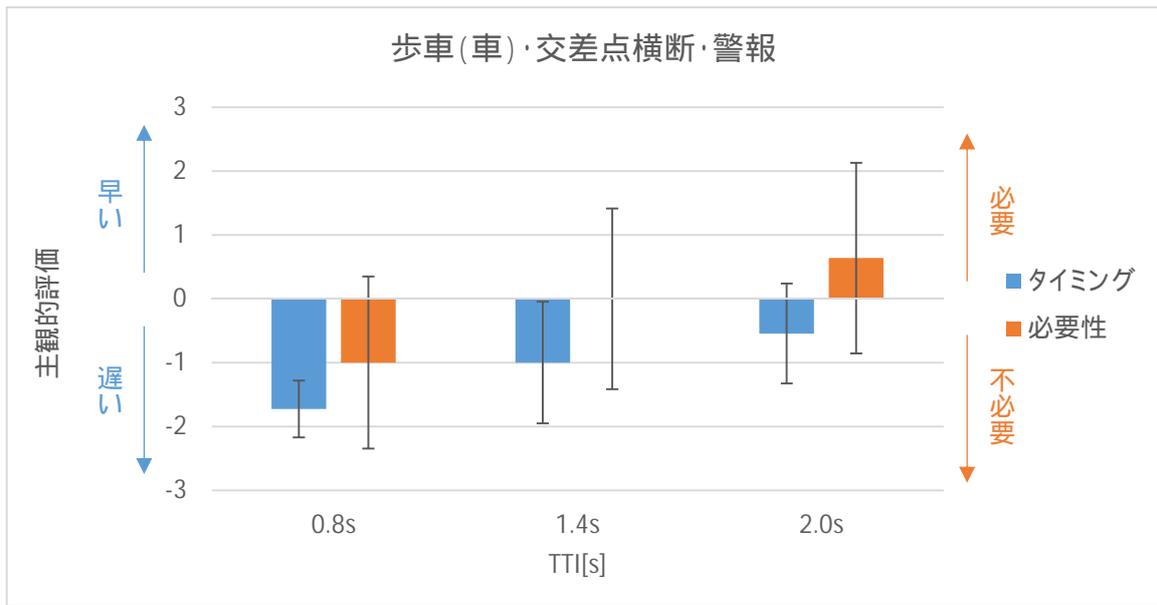


図 8-1-60 タイミングと必要性の平均値

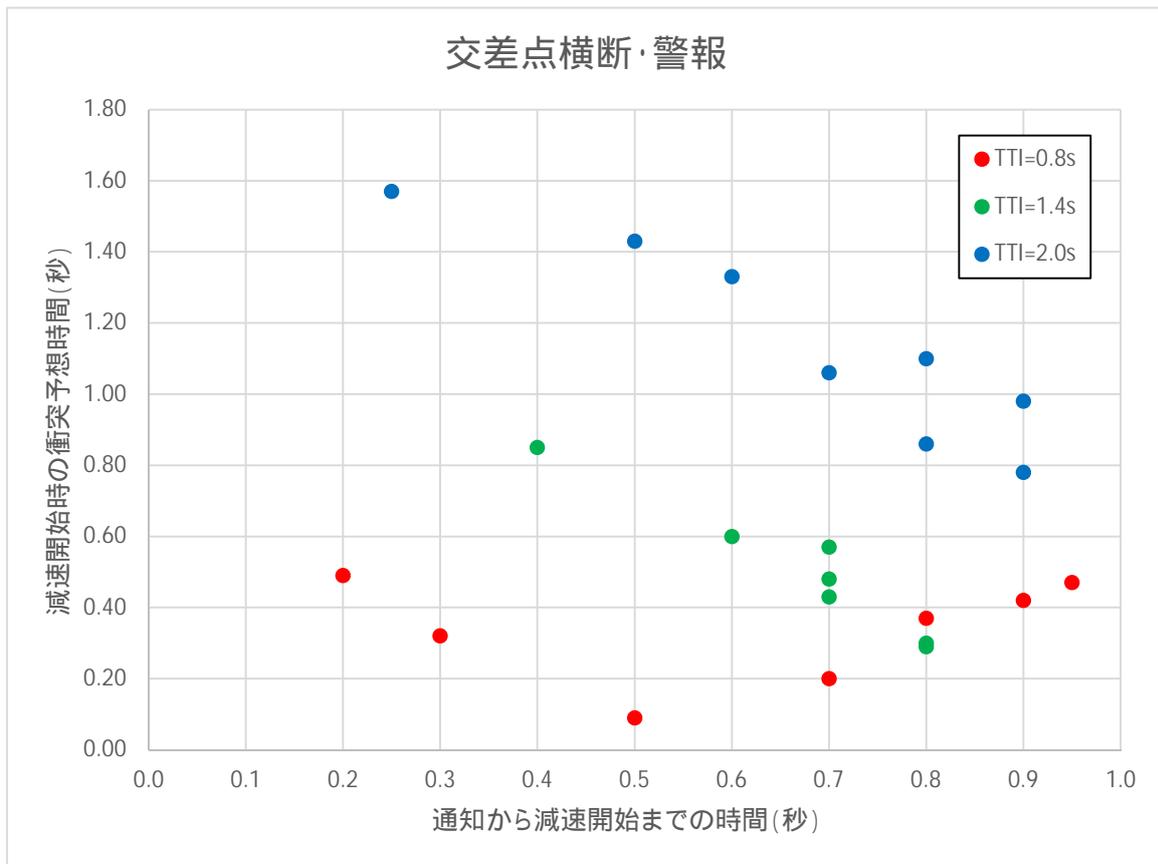


図 8-1-61 警報のタイミングに関する客観的評価

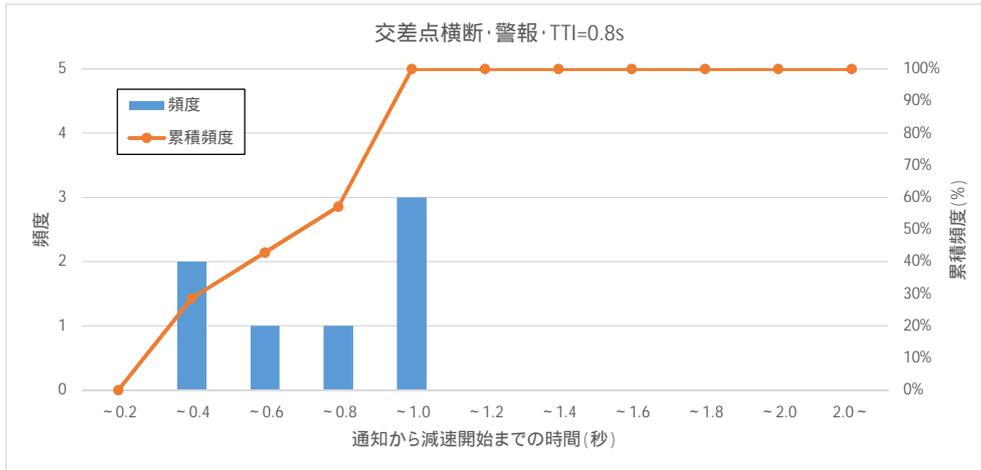


図 8-1-62 TTI=0.8[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

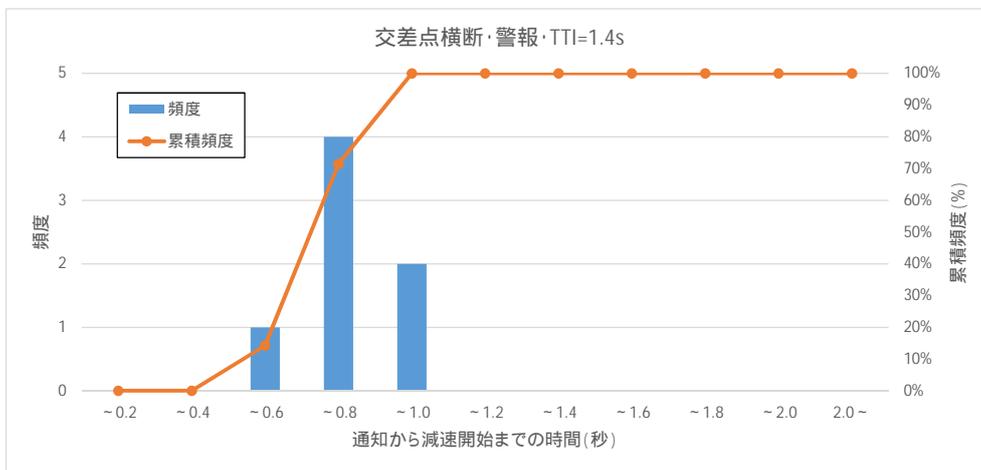


図 8-1-63 TTI=1.4[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

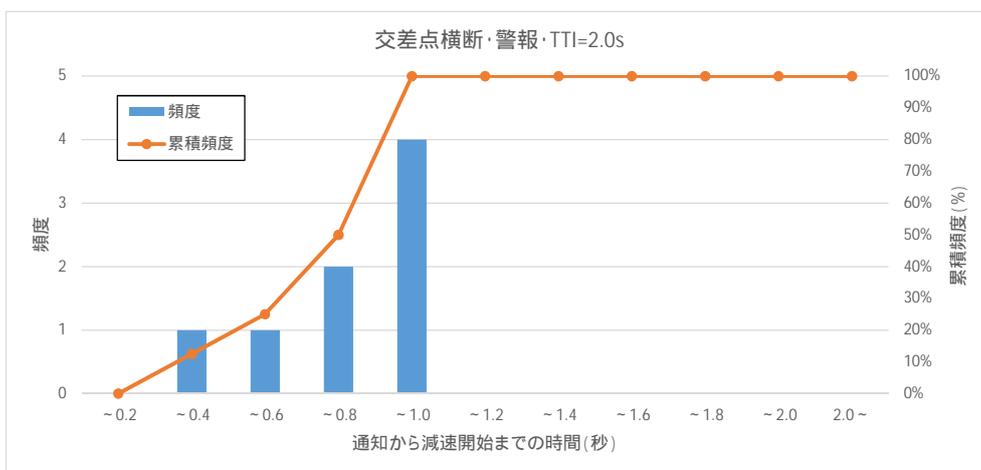


図 8-1-64 TTI2.0[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

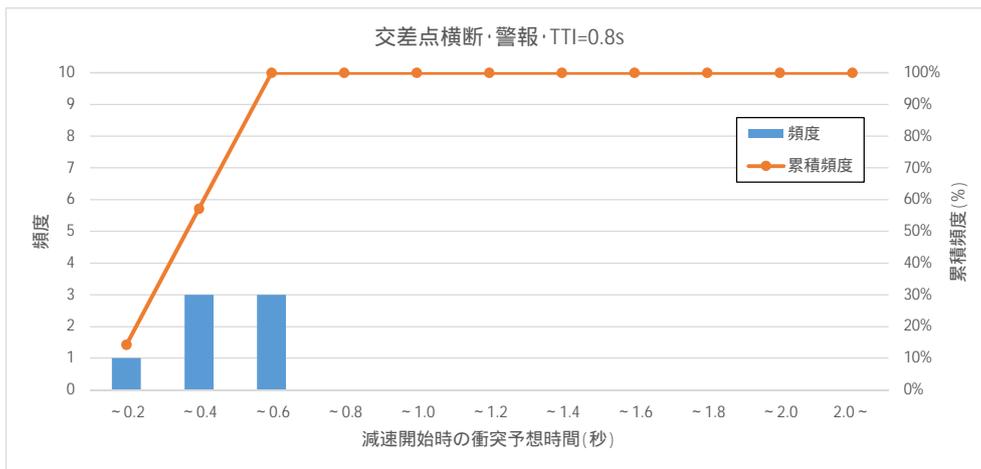


図 8-1-65 TTI=0.8[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

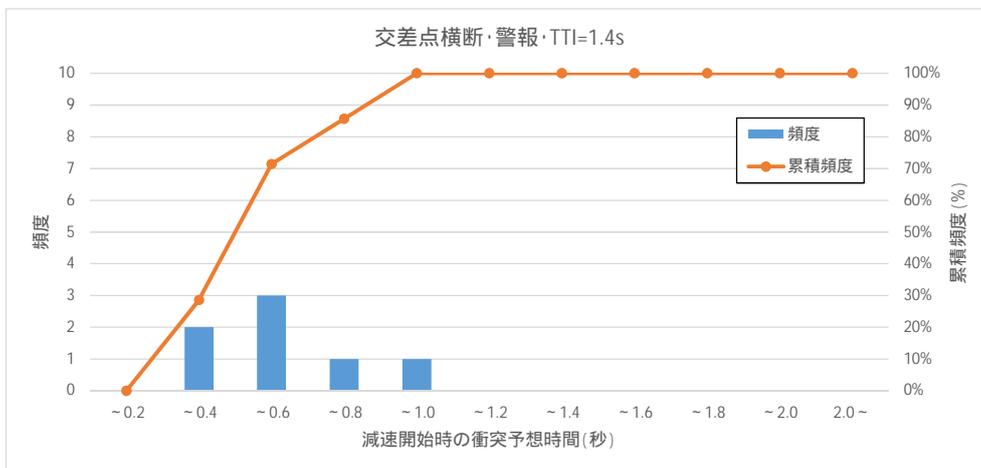


図 8-1-66 TTI=1.4[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

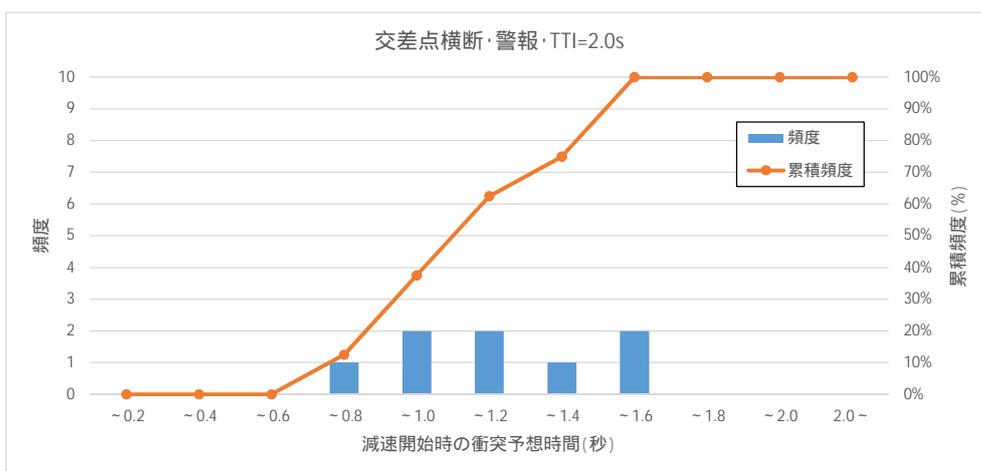
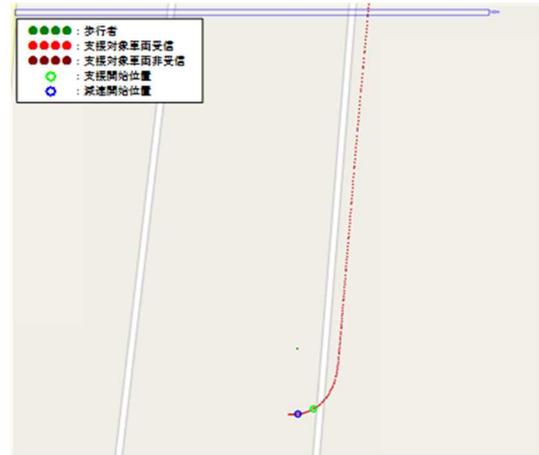
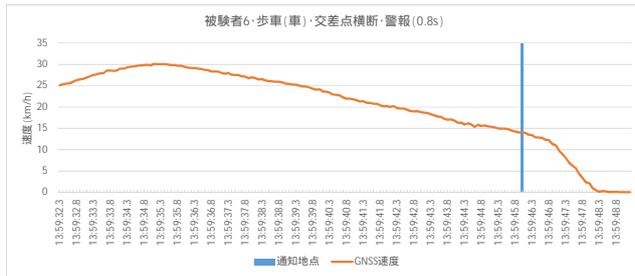
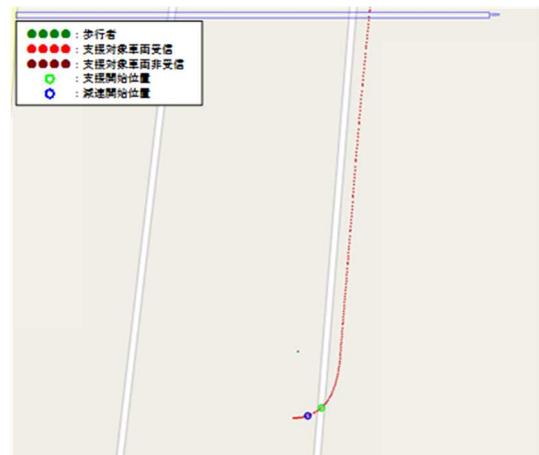
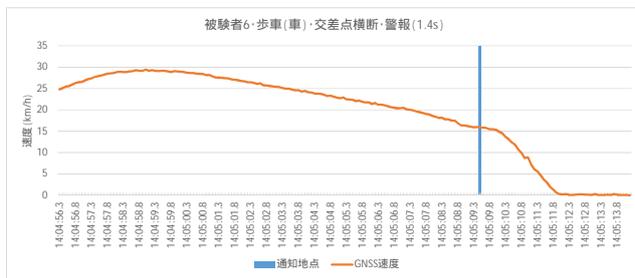


図 8-1-67 TTI=2.0[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



警報 (TTI=2.0s)

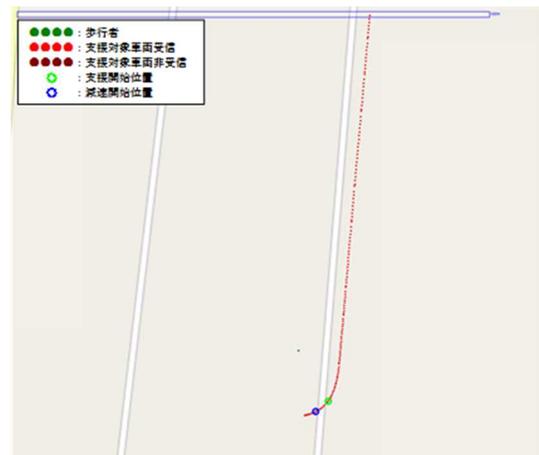
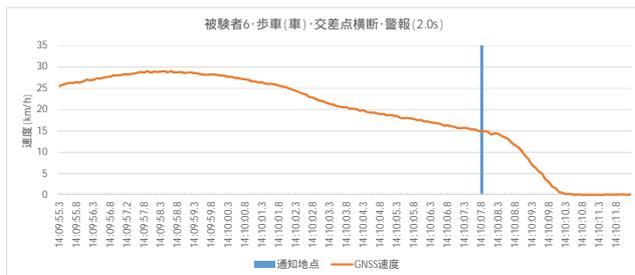


図 8-1-69 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例（実験参加者 6）

*注：図面については、一般利用可能な図面を使用した。但し、JARI 施設内のため、交差道路、交差点等が描写されていない箇所が含まれる。

8.2 歩車支援（歩行者）

8.2.1 実験概要

実験目的

本調査で開発した「携帯端末及び専用端末を使った歩車間通信システム」を活用し、評価法・試験法にて定める歩行者支援の「支援タイミング」について、その妥当性等を把握・検証するために実証実験を行った。

実験概要

以下に、実験の概要として表 8-2-1、実験での確認事項を表 8-2-2 に示す。

表 8-2-1 実験の2つのテスト

テスト	ケースの概要
パイロットテスト	自動車端末 1 台×歩行者端末 1 台による下記 2 場面でのテスト ・ 交差点横断 ・ 単路横断

表 8-2-2 実験での確認事項

パイロットテスト	
項番	確認する事項
1-1	歩行者支援の場面のうち、交差点横断及び単路横断の 2 場面を対象に、試験法、評価法にて定める歩行者支援の「支援タイミング」について、歩行者にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要となるデータ。

8.2.2 実験環境

安全に十分配慮して円滑に実験を進められるように、実験場所、自動車の走行ルートや歩行者の動線、試験要員や安全確認要員の配置場所等を確認するための現地調査を実施した。

また、携帯端末を使った歩車間通信システムの動作に大きく影響する電波状況についても調査を行った。

(1) 実験場所・走行ルート・動線等の現地調査

以下では、現地調査の概要を示す。

調査日時

平成 27 年 12 月 4 日（金）

調査場所

日本自動車研究所 模擬市街路 西コース

調査実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施3者で分担した体制を整えて実施した。

調査内容

- a. 走行ルート撮影
- b. 高精度 GPS による自動車の走行ルートの位置情報取得
- c. 実証実験対象交差点等の基本情報取得
- d. 待機場所の調査
- e. 実証実験場所の周辺環境の調査

調査結果

調査の結果、自動車の走行ルートや歩行者の動線、各場面の実験実施場所を決定した（図 8-2-1、図 8-2-2）。



図 8-2-1 自動車の走行ルートと歩行者の動線（場面：交差点横断）



図 8-2-2 自動車の走行ルートと歩行者の動線（場面：単路横断）

また、実験対象予定の交差点、単路の基本情報取得調査を行った結果を図 8-2-3、

図 8-2-4 に示す。なお、単路においては、歩行者の歩行の際の安全確保のため、丁字交差点を単路と見立て実験場所とすることが最適であると判断した。図 8-2-5 に調査時の様子を示す。

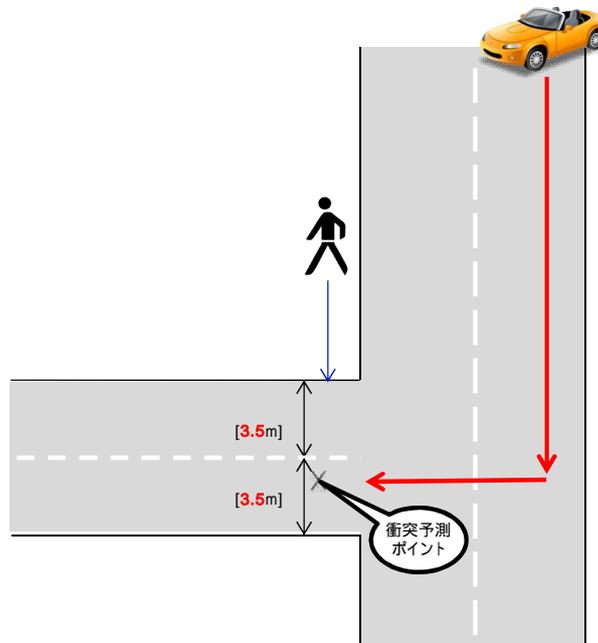


図 8-2-3 交差点の基本情報

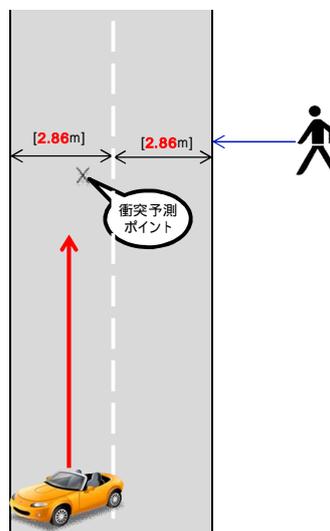


図 8-2-4 単路の基本情報



交差点の実験予定場所



単路の実験予定場所

図 8-2-5 調査時の様子

(2) 実験場所の電波状況

実験実施の際には、携帯端末を使った歩車間通信システムの動作に大きく影響する電波状況の調査も実施した。

【調査地点】

パイロットテストの実施を想定する交差点、および単路で実施した。詳細な場所は図 8-2-1、図 8-2-2 を参照されたい。

【測定方法】

測定方法は、電波強度を計測可能なスマートフォンアプリを使用し、1 時間程度の時間間隔をあけて、数回程度、RSRP、RSSI () の値を取得した。

()

RSRP (基準信号受信電力：Reference Signal Received Power) :

RSRP[dBm]は1リソースエレメント(帯域 15 kHz)当たりのリファレンス信号(Reference Signal)の受信電力である。RSRP は基地局からの電波の受信レベルを評価する基本的なパラメータであり、基地局の送信電力やアンテナの向きと高さなど、基地局の固定的な設置条件と、基地局からの距離や障害物などの測定環境によってほぼ決定する値。その値は高いほど良いといわれる。なお、各通信事業者等によりその評価は異なるが、-90dBm程度で電波環境は良好と捉えられている。

RSSI (受信信号強度：Received Signal Strength Indicator) :

RSSI[dBm]は リファレンス信号(Reference Signal)が存在する OFDM シンボル(Normal CP の場合 1 OFDM シンボルは約 67 μ s)において、LTE システム帯域全体の電力を測定した値である。なお RSSI は、基地局の設置条件や測定環境だけではなく、測定対象基地局や周辺基地局のトラフィック量によっても変化し、一般にトラフィック量が増えると LTE フレーム内のリソース割り当てが増

えて RSSI が大きくなる。一般的に、-30~-61dBm は Excellent、-63~-73dBm は good とされている。

【測定結果】

電波調査の結果を表 8-2-3 に示す。

表 8-2-3 電波調査測定結果

調査場所	調査No.	調査時刻	RSRP [dBm]	RSSI [dBm]	判定
交差点		2月2日(火)8時27分	-83	-65	良好
		2月2日(火)9時30分	-83	-63	良好
		2月2日(火)10時21分	-80	-63	良好
		2月2日(火)11時16分	-84	-66	良好
		2月2日(火)12時41分	-82	-63	良好
		2月2日(火)13時41分	-84	-65	良好
		2月2日(火)15時12分	-81	-64	良好
		2月2日(火)16時28分	-75	-63	良好
単路		1月31日(日)9時4分	-80	-66	良好
		1月31日(日)10時09分	-88	-66	良好
		1月31日(日)11時20分	-90	-67	良好
		1月31日(日)12時38分	-79	-63	良好
		1月31日(日)13時40分	-89	-69	良好
		1月31日(日)14時21分	-86	-66	良好
		1月31日(日)15時24分	-89	-67	良好
		1月31日(日)16時45分	-81	-63	良好

8.2.3 実験方法

(1) 実験シナリオ(パイロットテスト)

パイロットテストでは、試験法・評価法で想定するシナリオ(場面:交差点横断、単路横断)に基づき、歩行者にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要なデータ収集を行った。

パイロットテストでの具体的な実験シナリオを下記に示す。

実験シナリオ No. 1（場面：交差点横断）

歩行者端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）と自動車端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）による実験である。歩行者は自動車右折方向の後方から横断しようとする（実際には横断しない）。その前方の道路を自動車が通過する。その際に、歩行者にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要なデータを収集する。

実験シナリオ No. 2（場面：単路横断）

歩行者端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）と自動車端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）による実験である。歩行者は歩道から自動車進行方向の右側から左側へ横断しようとする（実際には横断しない）。その前方の道路を自動車が通過する。その際に、歩行者にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要なデータを収集する。

（2）実験日時・場所

本実験は、日本自動車研究所 模擬市街路 西コースを使用して行った。表 8-2-4 に実験実施の概要を示す。また、実験場所を図 8-2-6 に示す。なお、本実験は、コースの空き状況により表 8-2-4 に示す日程となった。

表 8-2-4 パイロットテスト実施の概要

項目	概要
日時	平成28年2月1日（月）～2月6日（土）の8時～16時
場所	日本自動車研究所 模擬市街路 西コース
天候	2月1日のみ雨後曇、それ以外の日は快晴
主に使用した 実験機材等	<ul style="list-style-type: none">・ 自動車専用端末 1 台、歩行者専用端末 1 台・ 自動車用携帯端末 1 台、歩行者用携帯端末 1 台・ 自動車 1 台（ドライバー 1 名含む）、歩行者（実験参加者）18 名

パイロットテストでは、自動車専用端末 1 台および自動車用携帯端末 1 台、歩行者専用端末 1 台および歩行者用携帯端末 1 台、自動車 1 台（ドライバー 1 名含む）、歩行者 1 名を用意し実験を行った。図 8-2-7 に実験実施の様子を示す。

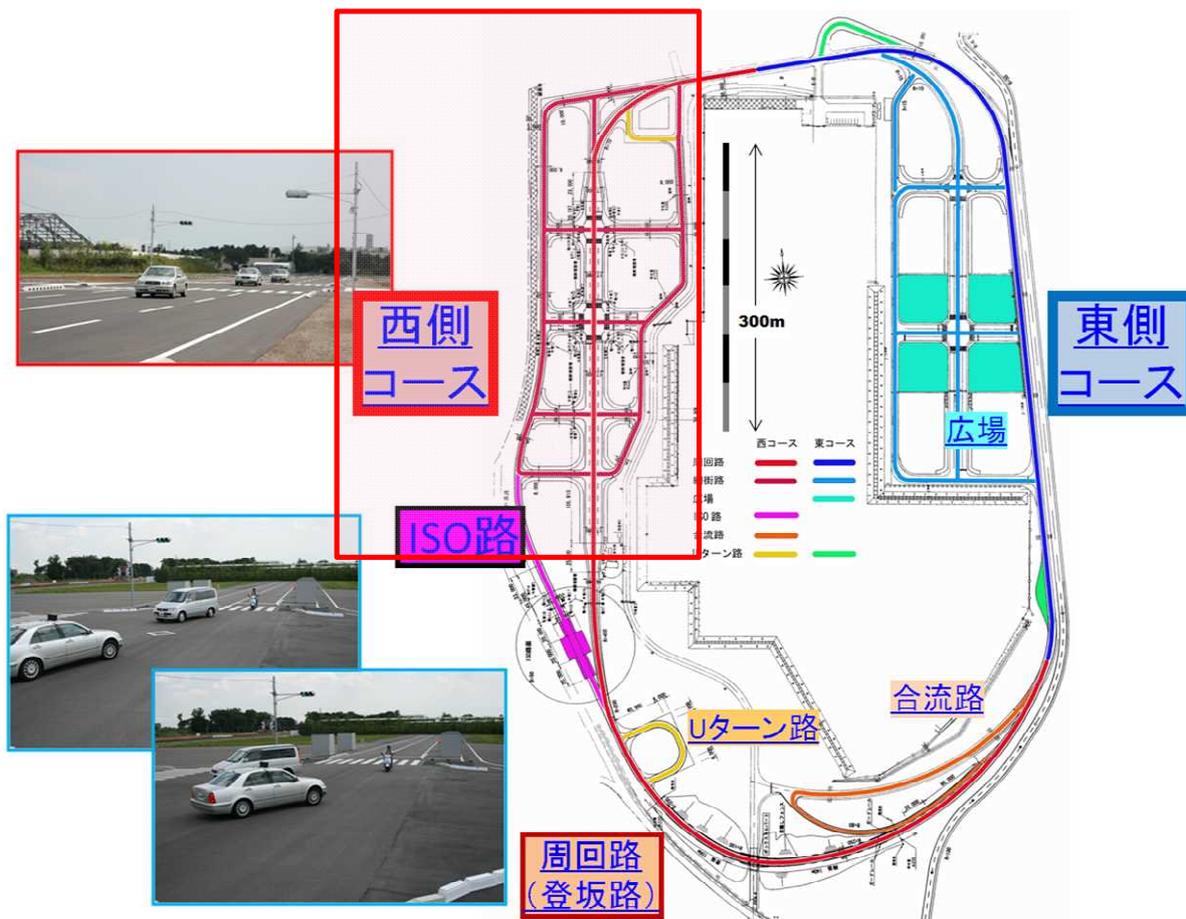


図 8-2-6 実験場所（日本自動車研究所 模擬市街路 西コース）



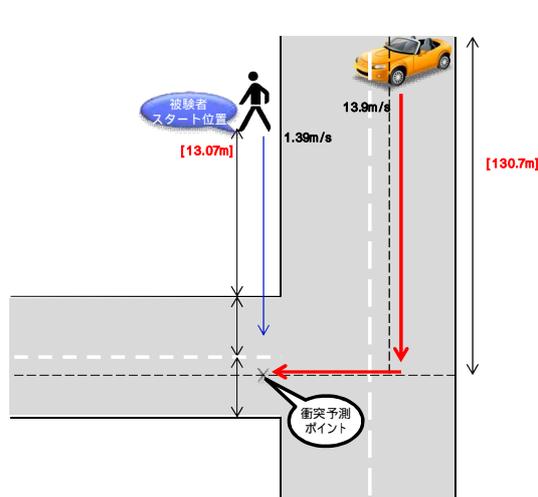
図 8-2-7 パイロットテストの自動車および歩行者専用端末

実験方法

実験では、No. 1 ~ No. 2 の 2 つの実験シナリオに基づき実験を実施した。以下では、各実験シナリオについて実験方法の概要を示す。

< 実験シナリオ No. 1（場面：交差点横断） >

歩行者専用端末 1 台および歩行者用携帯端末 1 台、自動車専用端末 1 台および自動車用携帯端末 1 台を使用して、歩行者（実験参加者）は自動車右折方向の後方から横断しようとする（実際には横断しない）場面において、歩行者（実験参加者）にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要なデータを収集する。



- 【準備】
- 歩行者初期位置、歩行者タイミング指示者位置を確認
 - 情報提供、注意喚起、警報のタイミングを設定
- 【手順】
- 歩道上の指定の位置に専用端末、携帯端末を保持した歩行者が静止
 - 歩行者タイミング指示者は、自動車が接近してきた際に、歩行者に直進を指示
 - 歩行者は、歩行者タイミング指示者の合図のもと、道路に向かい直進。なお、安全管理上、歩行者は直進後、歩道縁の手前で一旦停止
 - 同じ手順を支援種別に 3 パターン実施。
- 【分析・評価】
- アプリ動作確認・HMI確認（歩行者、自動車）
 - 位置測位確認（システム確認）
 - 位置測位データ取得
 - 通信状況確認（歩行者、自動車）
 - 通信状況データ取得
 - 支援タイミングの評価

図 8-2-8 実験シナリオ No.1（場面：交差点横断）の実実施手順概要

【実験準備】

実験の準備として、歩行者の静止位置（道路から 13m 内側の歩道）を設定する。歩車間通信システムでの情報提供、注意喚起、警報のタイミングについて、それぞれ表 8-2-5 のような設定を行う。

表 8-2-5 情報提供、注意喚起、警報のタイミングの設定

支援	支援タイミング
情報提供	情報提供を提示する時刻を、衝突予測時間の3.7秒前、5.1秒前、6.5秒前の3パターンとして実験を行う
注意喚起	注意喚起を提示する時刻を、単路横断の場合は衝突予測時間の2.4秒前、3.2秒前、4.0秒前、交差点横断の場合は衝突予測時間の1.6秒前、2.4秒前、3.2秒前の3パターンとして実験を行う
警報	警報を提示する時刻を、衝突予測時間の0.8秒前、1.4秒前、2.0秒前の3パターンとして実験を行う

【実験手順】

歩車間通信システムの稼働を確認後、専用端末および携帯端末を所持した歩行者（実験参加者）が所定の位置に静止する。歩行者（実験参加者）の静止状況を確認後、自動車専用端末および自動車用携帯端末を搭載した自動車が歩行者の前方道路を通過する（図 8-2-8）。

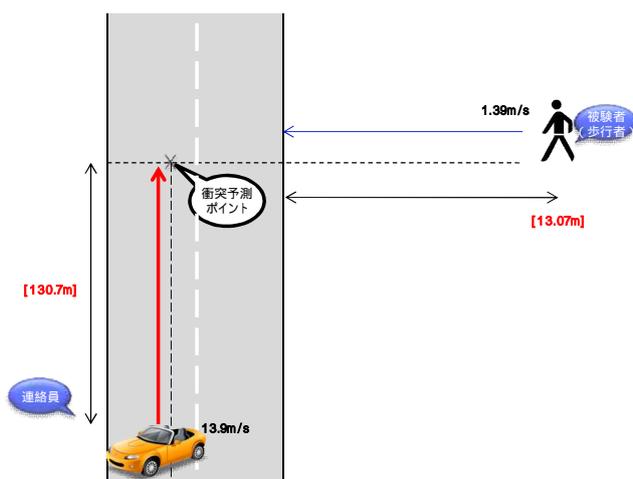
上記の一連の実験を支援種別（情報提供、注意喚起、警報）に3パターンのタイミングで実施する。

【分析・評価】

実験シナリオ No. 1 を通じて、歩行者(実験参加者)の前を自動車が通過した際の、歩行者端末・自動車端末のアプリケーション作動確認・HMI 確認を目視で行う。また、提示された各支援に対して、歩行者(実験参加者)が適切なタイミングかどうか判断した結果に基づき、支援タイミングの評価を行う。

<実験シナリオ No. 2（場面：単路横断）>

歩行者専用端末1台および歩行者用携帯端末、自動車専用端末1台および自動車で携帯端末1台を使用し、歩行者は歩道から自動車進行方向の右側から左側へ横断しようとする（実際には横断しない）場面において、歩行者(実験参加者)にとって適した「支援タイミング」を把握・検証するために必要なデータを収集する。



【準備】

- 歩行者初期位置、歩行者タイミング指示者位置を確認
- 情報提供、注意喚起、警報のタイミングを設定

【手順】

- 歩道上の指定の位置に専用端末、携帯端末を保持した歩行者が静止
- 歩行タイミング指示者は、自動車が接近してきた際に、歩行者に直進を指示
- 歩行者は、歩行タイミング指示者の合図のもと、道路に向かい直進。なお、安全管理上、歩行者は直進後、歩道縁の手前で一旦停止
- 同じ手順を支援種別に3パターン実施。

【分析・評価】

- アプリ動作確認・HMI確認（歩行者、自動車）
- 位置測位確認（システム確認）
- 位置測位データ取得
- 通信状況確認（歩行者、自動車）
- 通信状況データ取得
- 支援タイミングの評価

図 8-2-9 実験シナリオ No. 2（場面：単路横断）の実施手順概要

【実験準備】

実験の準備として、歩行者の静止位置（道路から 13m 内側の歩道）を設定する。歩車間通信システムでの情報提供、注意喚起、警報のタイミングについて、それぞれ表 8-2-5 のような設定を行う。

【実験手順】

歩車間通信システムの稼働を確認後、専用端末および携帯端末を所持した歩行者(実験参加者)が所定の位置に静止する。歩行者(実験参加者)の静止状況を確認後、自動車専用端末および自動車で携帯端末を搭載した自動車が歩行者の前方道路を通

過する（図 8-2-9）。

上記の一連の実験を支援種別（情報提供、注意喚起、警報）に3パターンのタイミングで実施する。

【分析・評価】

実験シナリオ No. 2 を通じて、歩行者(実験参加者)の前を自動車が通過した際の、歩行者端末・自動車端末のアプリケーション作動確認・HMI 確認を目視で行う。また、提示された各支援に対して、歩行者(実験参加者)が適切なタイミングかどうか判断した結果に基づき、支援タイミングの評価を行う。

8.2.4 位置精度に関する実験環境

本実験では、2種類3台のGNSS受信機（GPS受信機）を使用した。表 8-2-6 に使用したGNSS受信機の概要を示す。

表 8-2-6 使用したGNSS受信機の概要

機器名称	台数	用途	接続先
iMAR社 iTraceRT-M200A (2周波GNSS + IMU受信機)	2	自動車用	自動車専用端末(車車間通信) 自動車専用端末(歩車間通信) 自動車用携帯端末
		歩行者用	歩行者専用端末、歩行者用携帯端末
JAVAD社 DELTA G3T (2周波GNSS受信機)	1	自動車用	自動車専用端末(車車間通信) 自動車専用端末(歩車間通信)

これらのGNSS受信機が4cm以下の測位精度を有していることを、実験場所である日本自動車研究所 模擬市街路 西コースにおいて検証を実施し確認した。検証の具体的な内容は Appendix で詳述している。また、今回使用したGNSS受信機はNMEA0183規格に準拠しており、GGA、GLL、GSA、GSV、RMC、VTG、ZDAのセンテンスを1Hz以上の周期で出力可能である。実際には、出力レートを20Hzとして実験を実施した。

8.2.5 実験結果と考察

以下に、分析の目的と方法、検証結果を示す。

<分析の目的と方法>

(1) 分析の目的

本実験は、高精度 GPS を用いて測位精度が 10cm 程度の状況をつくり、また通信の状況が比較的良好な日本自動車研究所の模擬市街路をフィールドとすることで、支援開始タイミングに影響を及ぼす要因となる位置、時間、速度の誤差が極力小さい環境の中で実施したものである。

この前提での本実験結果を元に、試験法、評価法にて定める歩行者支援の「支援タイミング」の妥当性、また「支援」そのものの有効性・受容性等を把握・検証するための分析を行った。

(2) 分析の方法

本実験では、開発した「携帯端末及び専用端末を使った歩車間通信システム」を活用して、試験法、評価法にて定める歩行者支援を複数の実験参加者に対して実施し、各支援に対する主観的な評価（アンケート調査）を行った。

具体的には、18 名の実験参加者に対して、2 つの支援対象場面（場面 1 :【単路】歩行者が右から左に横断、場面 3 :【信号なし交差点】右折・歩行者が後方から横断）ごとに、情報提供、注意喚起、警報について、それぞれ異なる 3 通りの支援タイミングで歩行者支援を行い、各支援実施後に主観的な評価（アンケート調査）に回答してもらった。図 8-2-10 に実験実施条件の組合せ概要を示す。

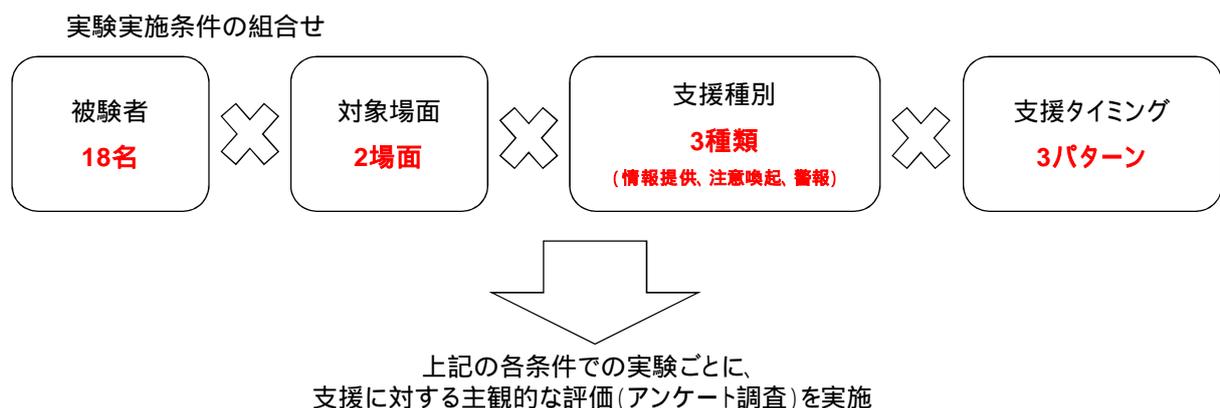


図 8-2-10 実験実施条件の組合せ概要

また、実験参加者に対して行った支援（情報提供、注意喚起、警報）の中で、警報については、歩車間通信システムからの支援がなされてから、実験参加者が危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間（システムから歩行者が支援を受けてから、歩行者を停止するまでの時間）を計測した。具体的には、図 8-2-11 の時間 t_{3-4} を計測した。

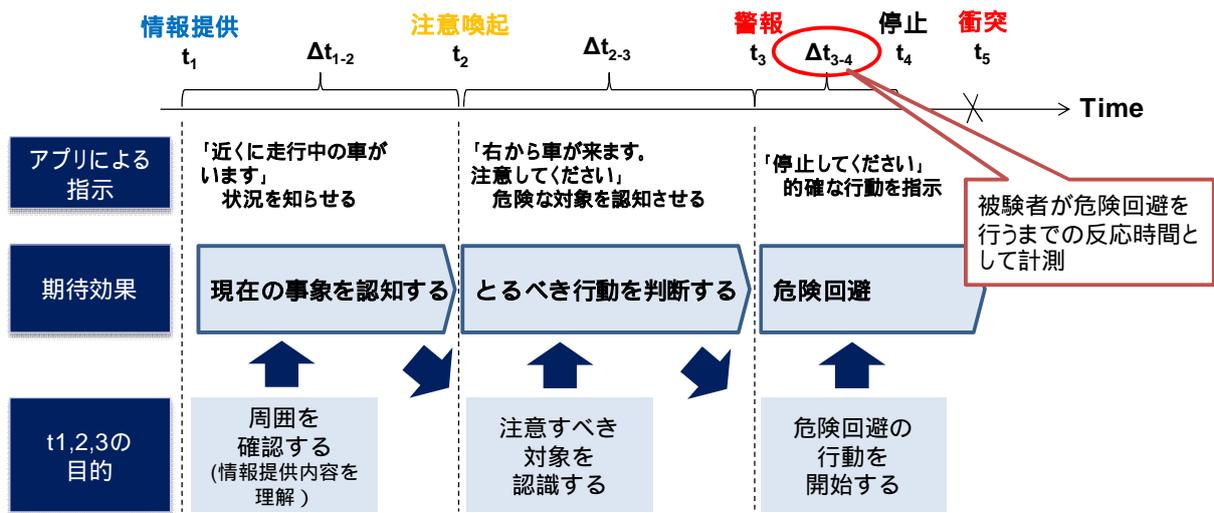


図 8-2-11 計測した「実験参加者が危険回避を行うまでの反応時間」

上記の「各支援に対する主観的な評価（アンケート調査）」および「実験参加者が支援を受けてから危険回避を行うまでの反応時間の計測結果」の実施項目、および分析の視点を図 8-2-12 に示す。



図 8-2-12 実施項目および分析の視点

以下では、上記の分析視点、に基づき、歩行者支援の「支援タイミング」の妥当性、また「支援」そのものの有効性・受容性等を把握・検証した結果を示す。

支援の有効性・受容性の検証

(1) 主観的な評価（アンケート調査）の実施方法

試験法、評価法にて定める歩行者支援を複数の実験参加者に対して実施し、各支援に対する主観的な評価(アンケート調査)を行った。主観的な評価(アンケート調査)の調査項目は表 8-2-7 のとおりである。

表 8-2-7 主観的な評価（アンケート調査）の調査項目

<p>【基礎情報（実験参加説明時に 1 回回答）】</p> <ul style="list-style-type: none">・ 年齢・ 性別・ 普段の携帯電話の利用状況 <p>【「情報提供」の場合の設問】</p> <ul style="list-style-type: none">A 通知タイミングは適切でしたか？（支援タイミング評価）B 通知は周辺状況の理解に役立ったか？（支援の効果評価）C 通知後周囲を確認しましたか？（支援目的の達成度評価） <p>【「注意喚起」の場合の設問】</p> <ul style="list-style-type: none">A 通知タイミングは適切でしたか？（支援タイミング評価）B 通知は行動判断に役立ったか？（支援の効果評価）C 通知後、自動車を確認しましたか？（支援目的の達成度評価） <p>【「警報」の場合の設問】</p> <ul style="list-style-type: none">A 通知タイミングは適切でしたか？（支援タイミング評価）B 通知により危機回避が出来たと思うか？（支援の効果評価）C 歩行を停止した場所は適切だったか？（支援目的の達成度評価）
--

上記の主観的な評価（アンケート調査）の実施結果の中で、設問 B、C に基づき、情報提供、注意喚起、警報の支援種別に、「支援」そのものの有効性・受容性を把握・検証した結果を以下に示す。

（2） 実験参加者の基本情報

ここでは、本実験に歩行者支援の実験参加者として参加した 18 名について、その基本情報を整理した。

なお、18 名の実験参加者のうち、「場面：交差点横断」および「場面：単路横断」の 2 場面の実験に参加した実験参加者群を「実験参加者 1」と呼ぶこととし、本実験では 10 名であった。一方、「場面：交差点横断」または「場面：単路横断」のいずれかに参加した実験参加者群を「実験参加者 2」と呼ぶこととし、本実験では 8 名であった。

以下に、実験参加者 1、実験参加者 2、実験参加者全体の基本情報を示す。

まず、実験参加者の年齢構成を図 8-2-13 に示す。実験参加者全体では、「40 代」が最も多く 44.1% を占める。続いて、「20 代」が 27.8%、「30 代」が 22.2% となる。「10 代」「60 代」は参加しなかった。

また、実験参加者1については、「40代」が50%、「30代」が30%となり、30～40代が多い実験参加者群である。一方、実験参加者2は、半数を「20代」が占める実験参加者群となっている。

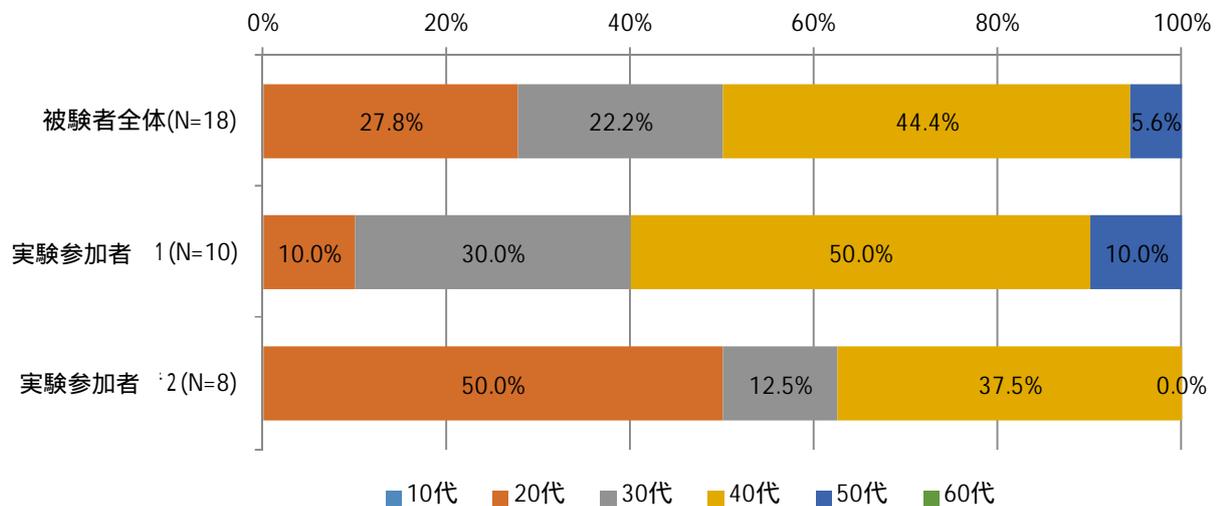


図 8-2-13 実験参加者の年齢構成

続いて、実験参加者の性別構成を図 8-2-14 に示す。実験参加者全体では、「男性」が44.4%、「女性」が55.6%となり、女性の実験参加者が多少多い。

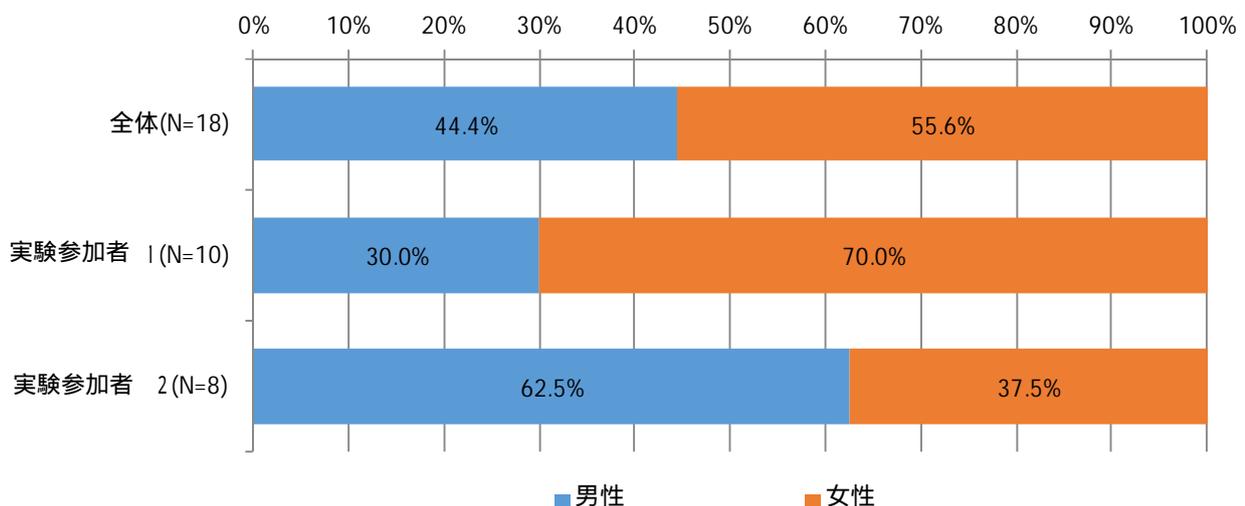


図 8-2-14 実験参加者の性別構成

実験参加者1については、「女性」が70%となり女性が多い一方、実験参加者2については、「男性」が62.5%と半数以上を占める性別構成である。

(2) 情報提供

歩行者支援（情報提供）では、「情報提供を提示する時刻を、衝突予測時間の 3.7 秒前、5.1 秒前、6.5 秒前の 3 パターン」として実験を行った。以下では、その 3 パターンに対する、実験参加者（18 名）の主観的な評価（アンケート調査）を整理した。

・支援タイミング評価

< 場面：交差点横断 >

交差点横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-15 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答が 33.3%であるのに対して、「少し遅かった」との回答は 53.3%、「遅かった」との回答は 6.7%となるなど、全般的に支援タイミングが遅かったことが分かる。

次に、支援タイミングが 5.1 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 46.7%であり、最も回答割合が高い。また、その他の回答は「少し遅かった」もしくは、「少し早すぎた」「早すぎた」に分散している。支援タイミングが 5.1 秒前の場合は、概ね「適切だった」との回答が多いが、人によって、タイミングが早いと感じたり、遅いと感じたりする傾向が読み取れる。

続いて、支援タイミングが 6.5 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 46.7%であり、最も回答割合が高い。ただし、それ以外の回答は、「少し早すぎた」「早すぎた」を合わせて 53.4%となり、半数以上の実験参加者がタイミングが早いと感じていることが分かる。

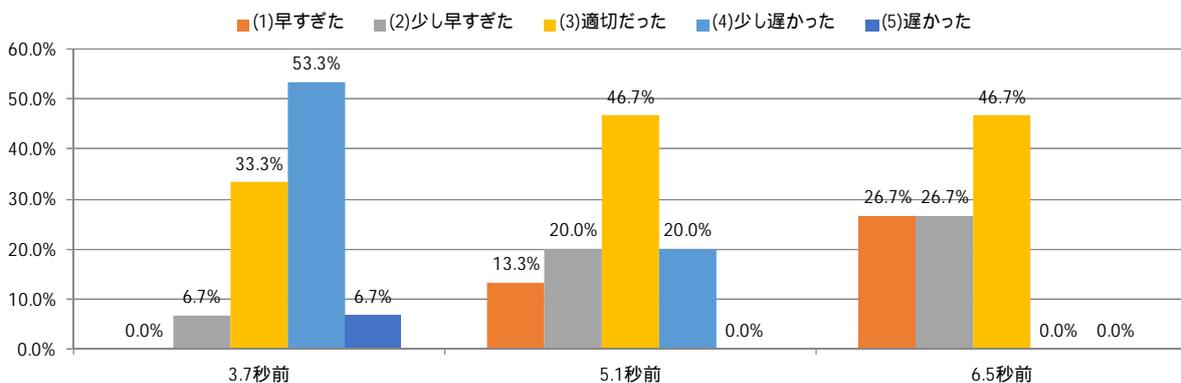


図 8-2-15 実験参加者全体の支援タイミング評価結果

(場面：交差点横断、情報提供)

なお、図 8-2-16、図 8-2-17 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

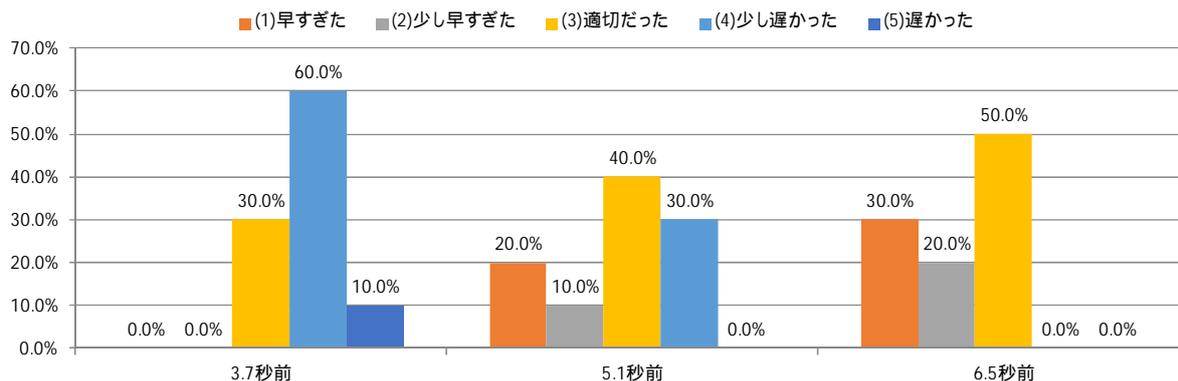


図 8-2-16 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、情報提供）

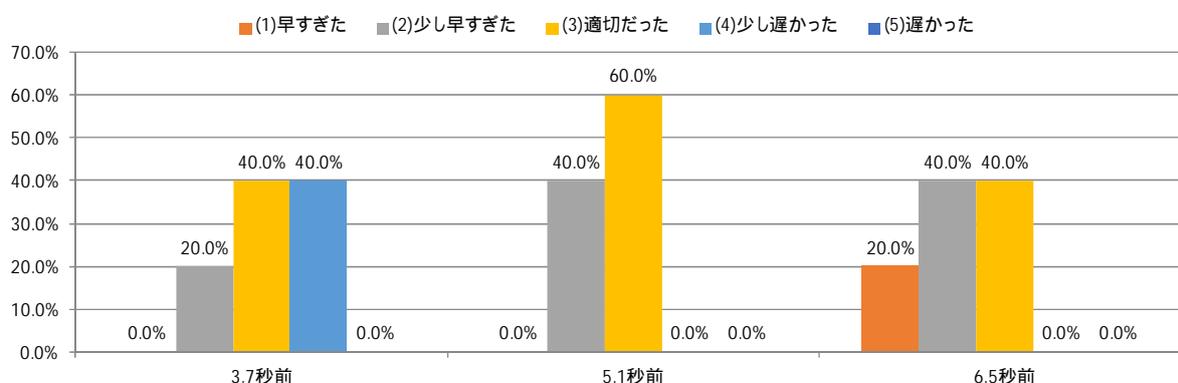


図 8-2-17 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、情報提供）

<場面：単路横断>

単路横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-18 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答が 46.2%となり最も回答割合が高い。また、その他の回答は「少し遅かった」もしくは、「少し早すぎた」に分散している。支援タイミングが 3.7 秒前の場合は、概ね「適切だった」との回答が多いが、人によって、タイミングが早いと感じたり、遅いと感じたりする傾向が読み取れる。

次に、支援タイミングが 5.1 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 53.8%であり、最も回答割合が高い。また、その他の回答は「少し遅かった」もしくは、「少し早すぎた」「早すぎた」に分散している。ただし、「少し遅かった」の割合は 15.4%となり、3.7 秒前の場合と比べて「少し遅かった」の割合は低下している。

続いて、支援タイミングが 6.5 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 53.8%と最も回答割合が高い。それ以外の回答は、「少し早すぎた」「早すぎた」「少し遅かった」はそれぞれ 15.4%である。

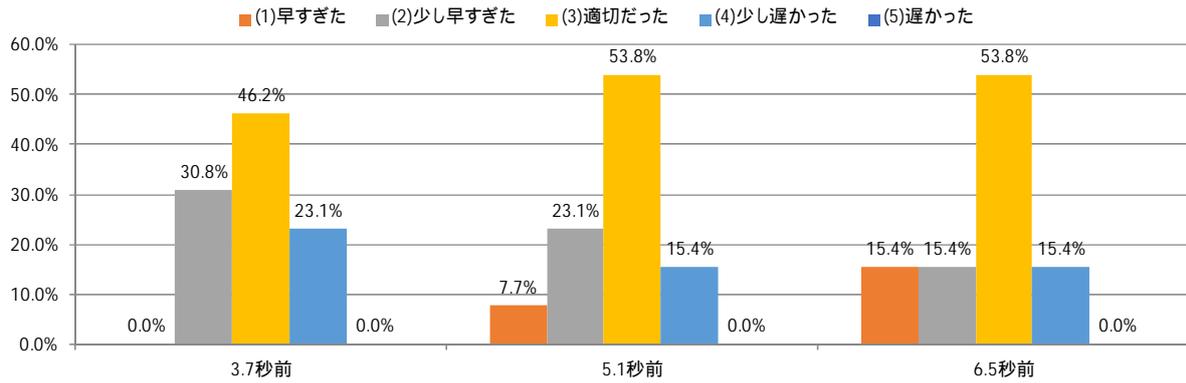


図 8-2-18 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、情報提供）

なお、図 8-2-19、図 8-2-20 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

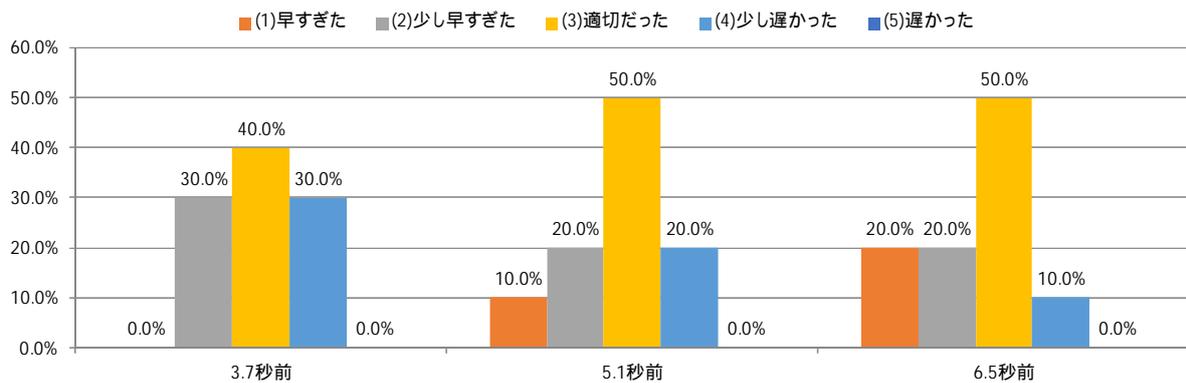


図 8-2-19 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、情報提供）

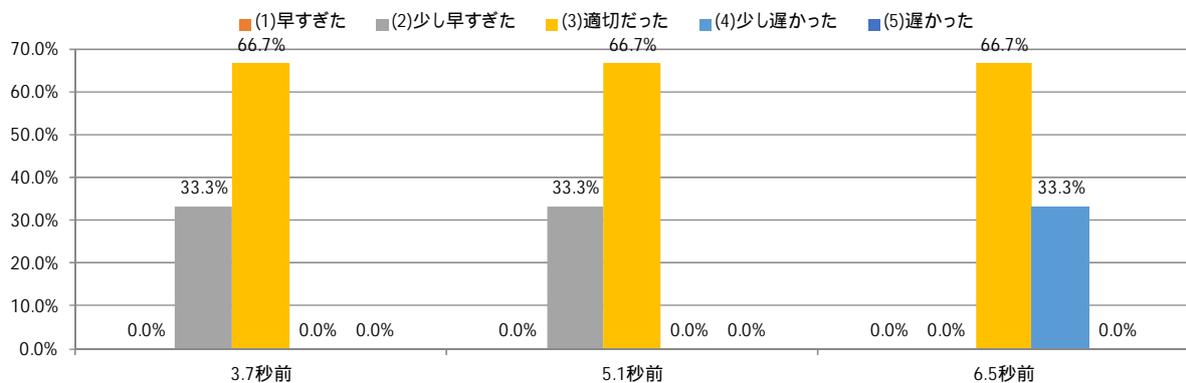


図 8-2-20 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、情報提供）

・ 支援の効果評価

< 場面：交差点横断 >

交差点横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援の効果評価結果を図 8-2-21 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7、5.1、6.5 秒前のいずれの場合においても、その支援が「とても役立った」「ある程度役立った」を合わせた割合は、それぞれ 75.0%、83.3%、69.6%となり、ほぼ 7 割以上の実験参加者が支援が有効であると回答している。

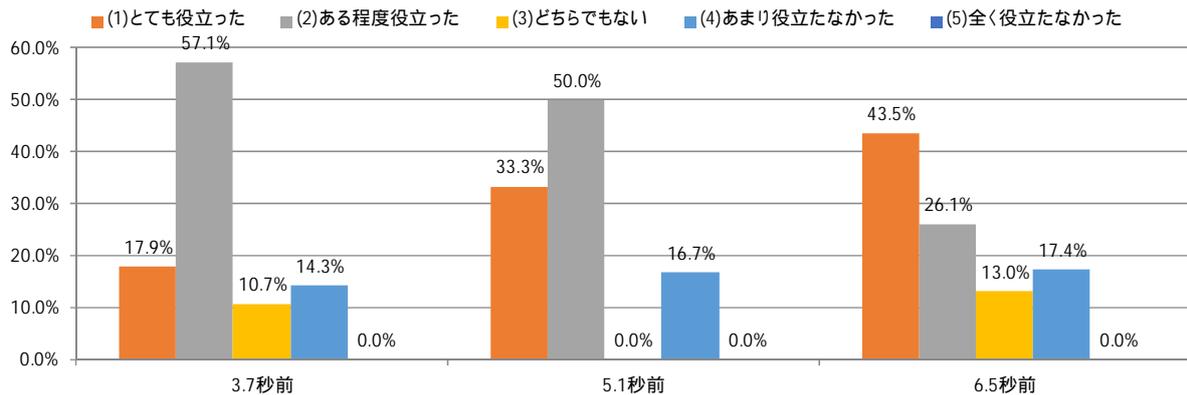


図 8-2-21 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、情報提供）

なお、図 8-2-22、図 8-2-23 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

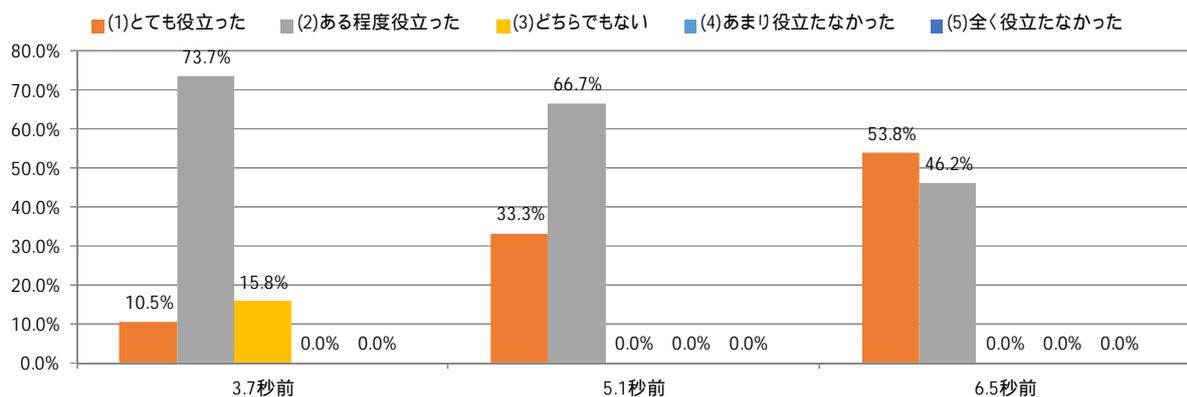


図 8-2-22 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、情報提供）

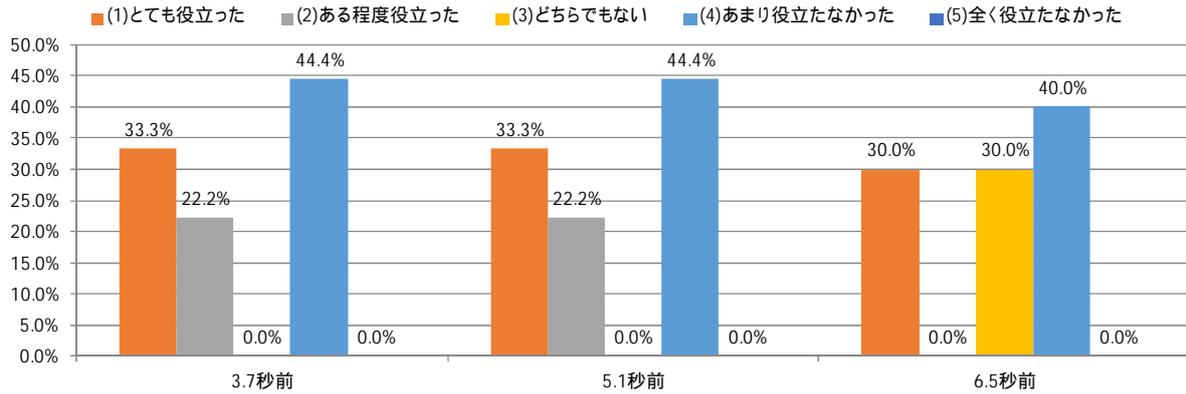


図 8-2-23 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、情報提供）

<場面：単路横断>

単路横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援の評価結果を図 8-2-24 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7、5.1、6.5 秒前のいずれの場合においても、その支援が「とても役立つ」「ある程度役立つ」を合わせた割合は、それぞれ 100.0%、100.0%、82.3%となり、8 割以上の実験参加者が支援が有効であると回答している。

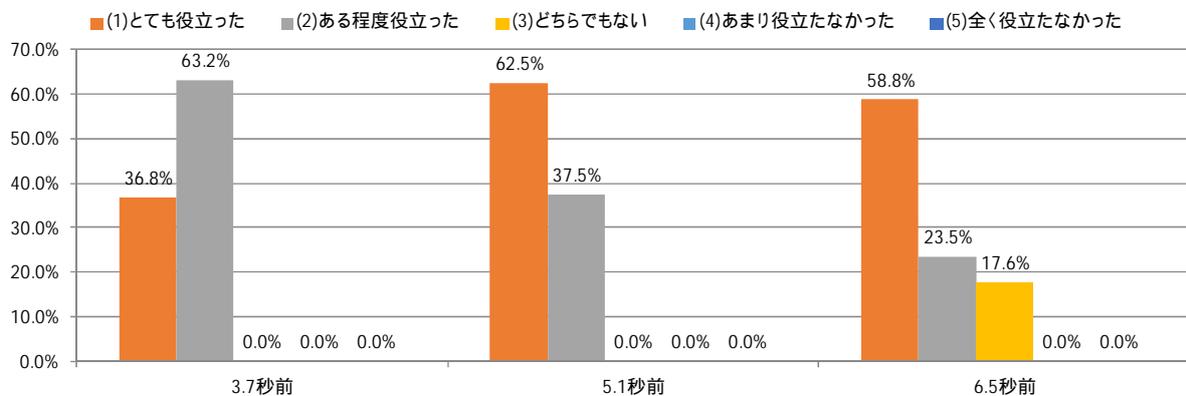


図 8-2-24 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：単路横断、情報提供）

なお、図 8-2-25、図 8-2-26 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

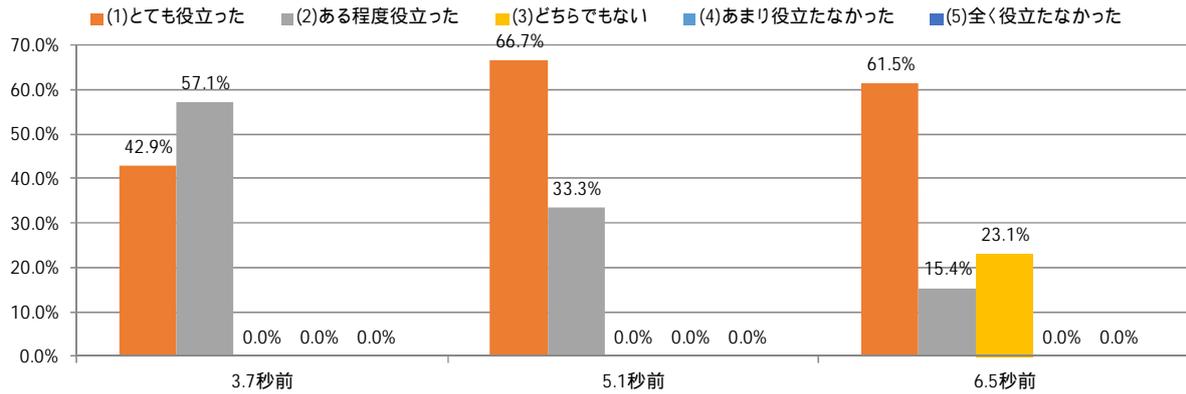


図 8-2-25 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、情報提供）

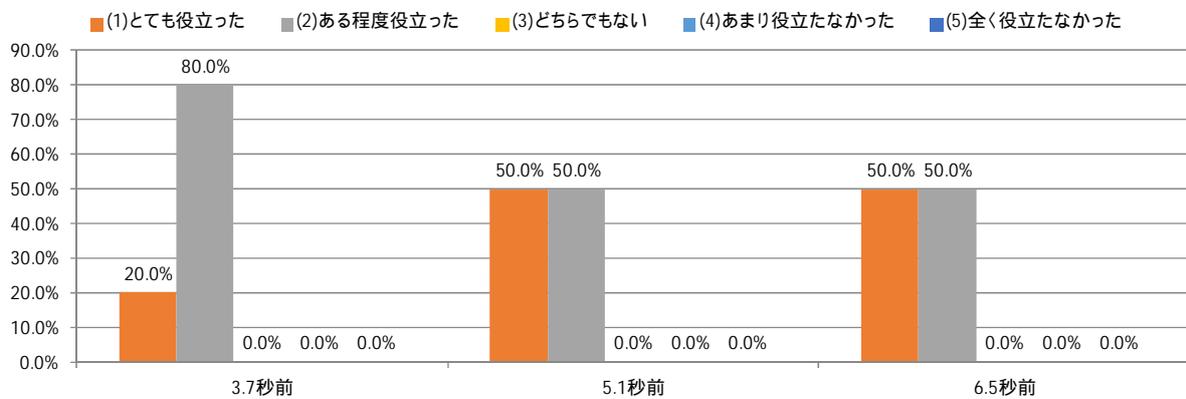


図 8-2-26 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、情報提供）

・支援目的の達成度評価

<場面：交差点横断>

交差点横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-27 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7、5.1、6.5 秒前のいずれの場合においても、その支援で周囲を「しっかり確認した」「ざっと確認した」を合わせた割合は、それぞれ 86.2%、100.0%、85.7 %となり、8 割以上の実験参加者が支援により、周囲の確認を行ったとを回答している。

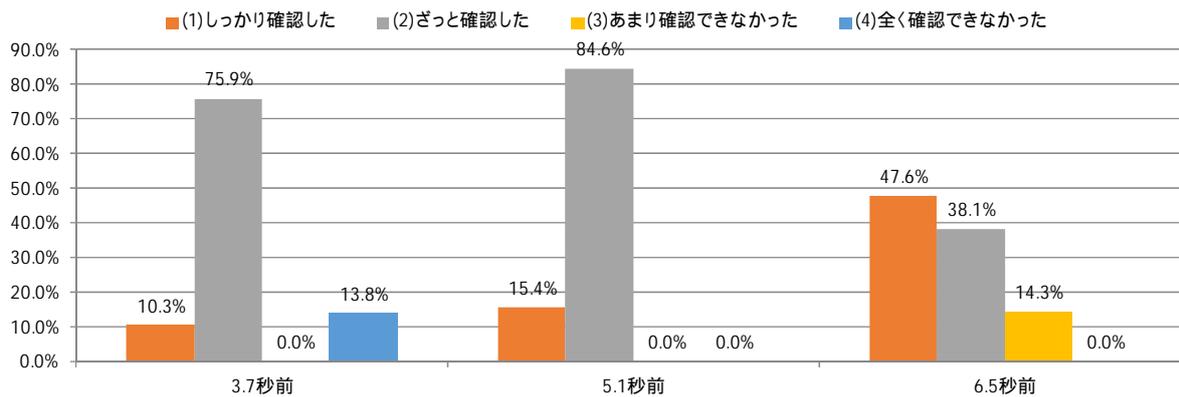


図 8-2-27 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果
(場面：交差点横断、情報提供)

なお、図 8-2-28、図 8-2-29 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

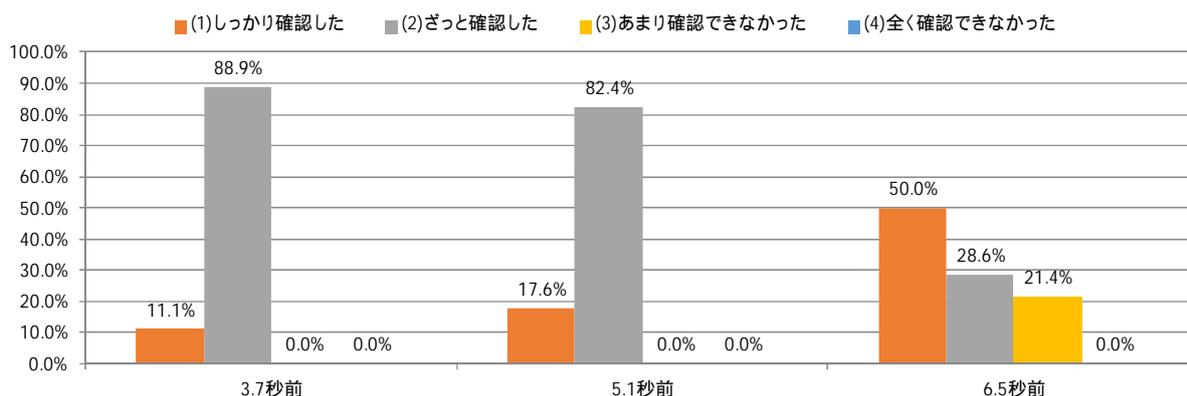


図 8-2-28 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果
(場面：交差点横断、情報提供)

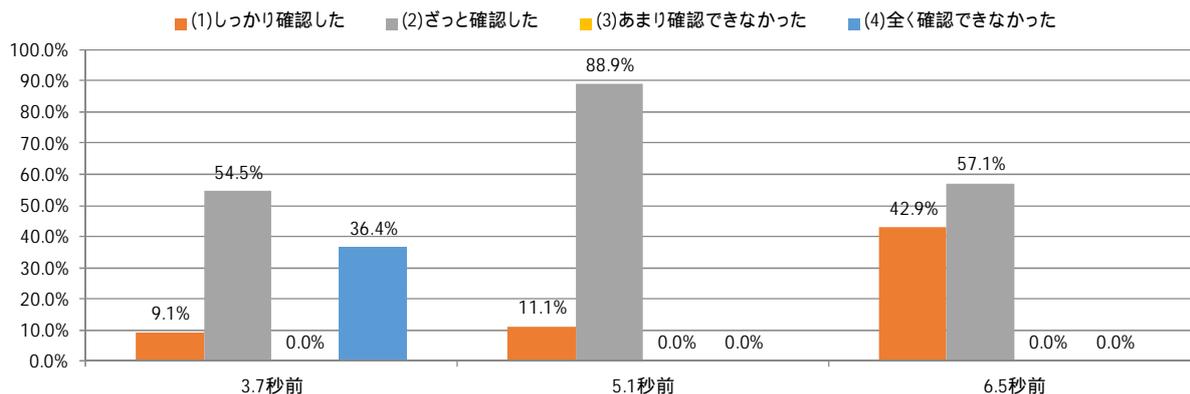


図 8-2-29 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果

(場面：交差点横断、情報提供)

<場面：単路横断>

単路横断での「情報提供」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-30 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 3.7、5.1、6.5 秒前のいずれの場合においても、その支援で周囲を「しっかり確認した」「ざっと確認した」を合わせた割合は、それぞれ 60.9%、85.7%、84.2 %となっている。支援タイミングが 5.1、6.5 秒前の場合には、8 割以上と周囲の確認を行っている。支援タイミングが 3.7 秒前の場合、周囲の確認を行った割合は 6 割以上と多少低い。

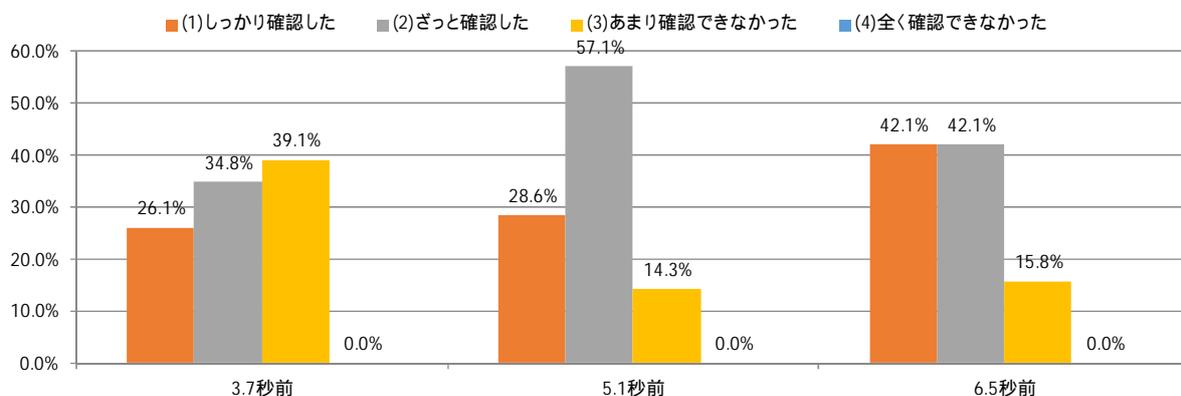


図 8-2-30 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果

(場面：単路横断、情報提供)

なお、図 8-2-31、図 8-2-32 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

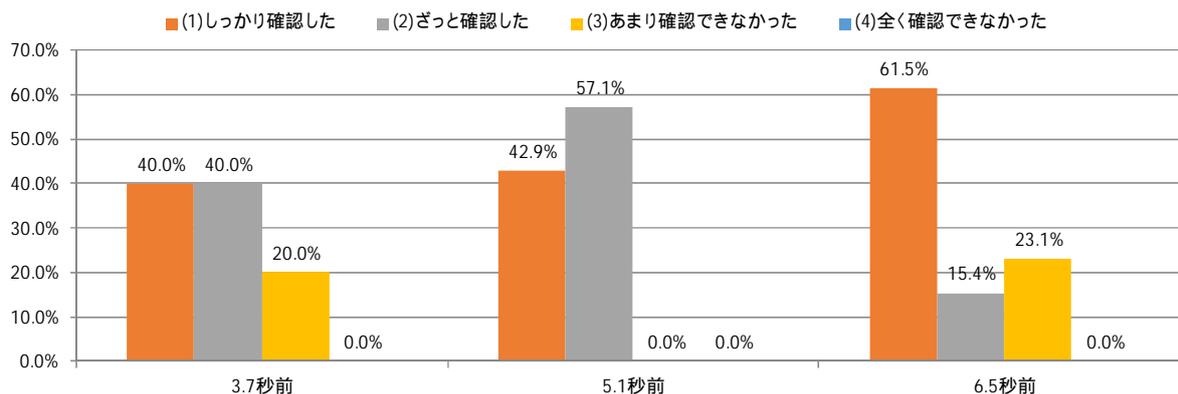


図 8-2-31 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果（場面：単路横断、情報提供）

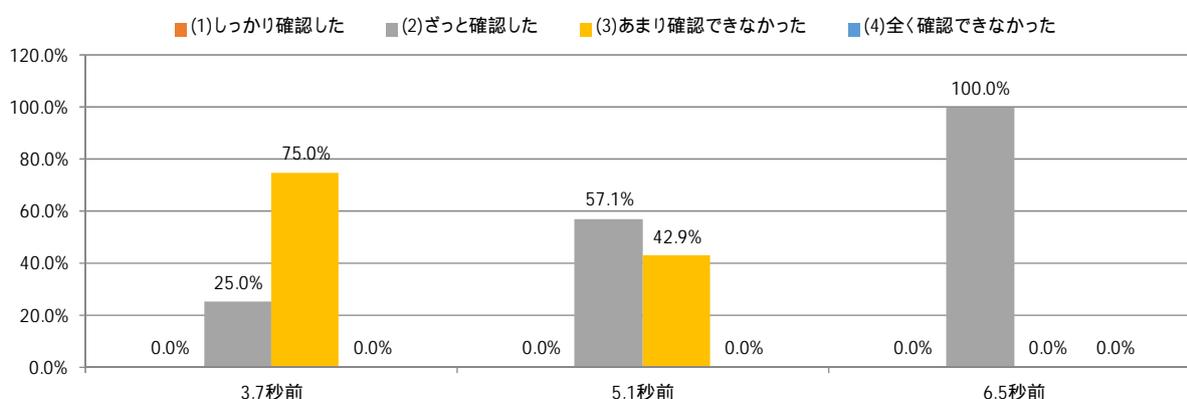


図 8-2-32 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果（場面：単路横断、情報提供）

（ 3 ） 注意喚起

歩行者支援（注意喚起）では、「注意喚起を提示する時刻を、単路横断の場合は衝突予測時間の 2.4 秒前、3.2 秒前、4.0 秒前、交差点横断の場合は衝突予測時間の 1.6 秒前、2.4 秒前、3.2 秒前の 3 パターン」として実験を行った。以下では、その 3 パターンに対する、実験参加者（18 名）の主観的な評価（アンケート調査）を整理した。

・支援タイミング評価

<場面：交差点横断>

交差点横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-33 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 1.6 秒前の場合は、「少し遅かった」との回答は 40.0%、「遅かった」との回答は 60.0%となるなど、全般的に支援タイミングがかなり遅かったことが分かる。

次に、支援タイミングが 2.4 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 40.0%である。一方、「少し早すぎた」「早すぎた」の回答はそれぞれ 40.0%、20.0%となり、全般的に支援タイミングが遅かったことが分かる。

続いて、支援タイミングが 3.2 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 53.3%であり、最も回答割合が高い。ただし、それ以外の回答は、「少し早すぎた」「早すぎた」を合わせて 46.7%となり、支援タイミングが 3.2 秒前でもタイミングが遅いと感じる実験参加者がいることが分かる。

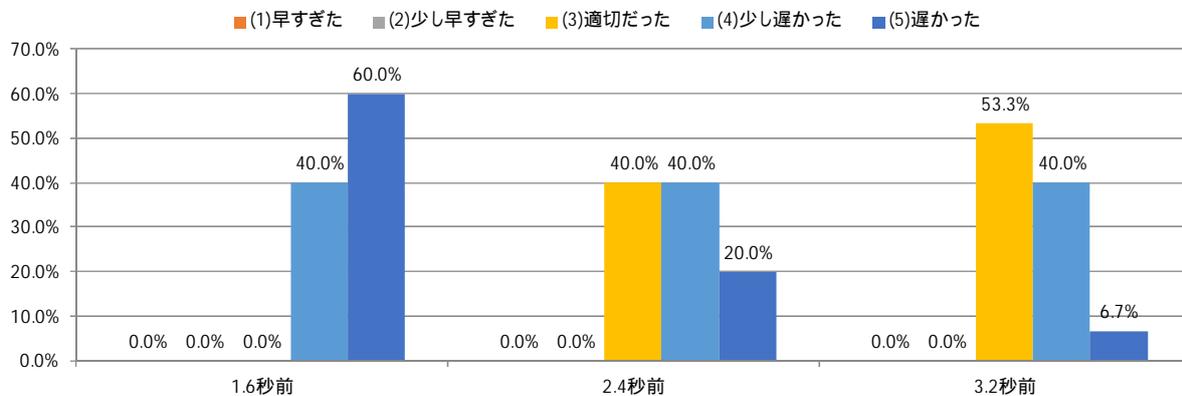


図 8-2-33 実験参加者全体の支援タイミング評価結果
(場面：交差点横断、注意喚起)

なお、図 8-2-34、図 8-2-35 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

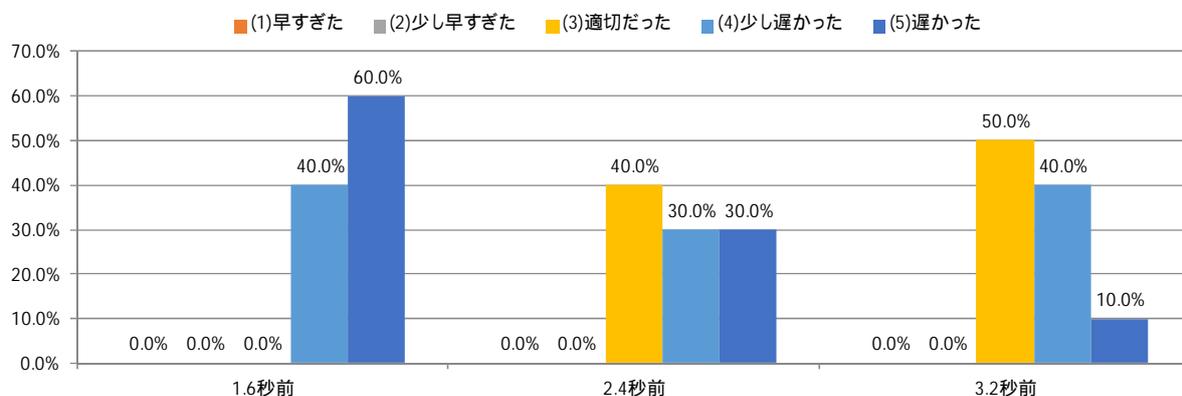


図 8-2-34 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果 (場面：交差点横断、注意喚起)

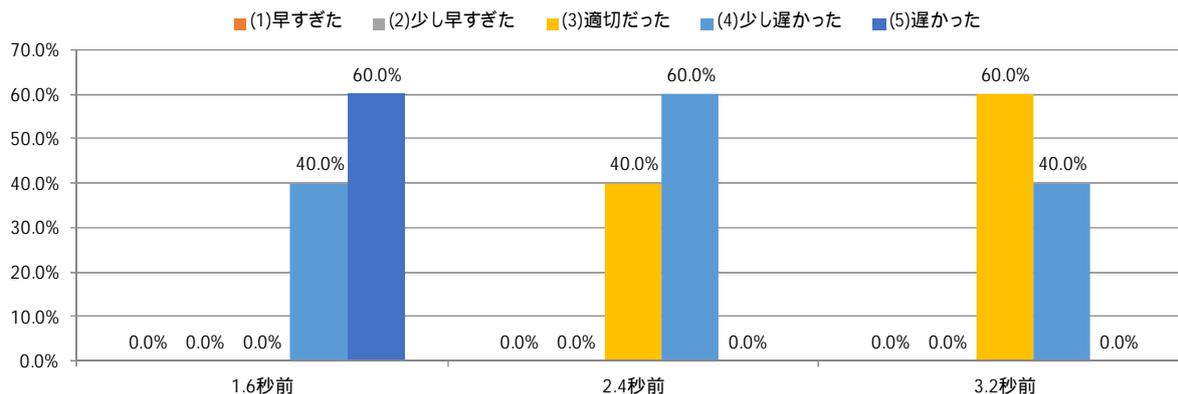


図 8-2-35 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、注意喚起）

<場面：単路横断>

単路横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-36 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 2.4 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 38.5%である。それに対して、「少し遅かった」との回答は 46.2%、「少し早すぎた」との回答は 15.4%となる。全般的に支援タイミングが多少遅かった様子が分かる。

次に、支援タイミングが 3.2 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 69.2%である。一方、「少し早すぎた」「少し遅かった」の回答はそれぞれ 15.4%、15.4%となり、概ね支援タイミングを適切と評価した実験参加者が多かったことが分かる。

続いて、支援タイミングが 4.0 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 46.2%にとどまる。その一方、それ以外の回答は、「少し早すぎた」「少し遅かった」に分散しており、それぞれ 23.1%、30.8%となる。支援タイミングの評価が人により分かれる結果となっている。

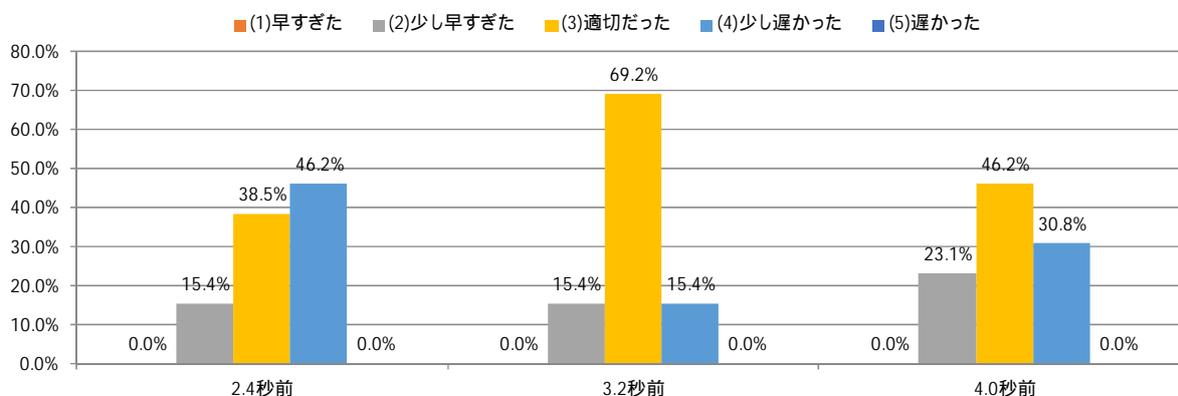


図 8-2-36 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

なお、図 8-2-37、図 8-2-38 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

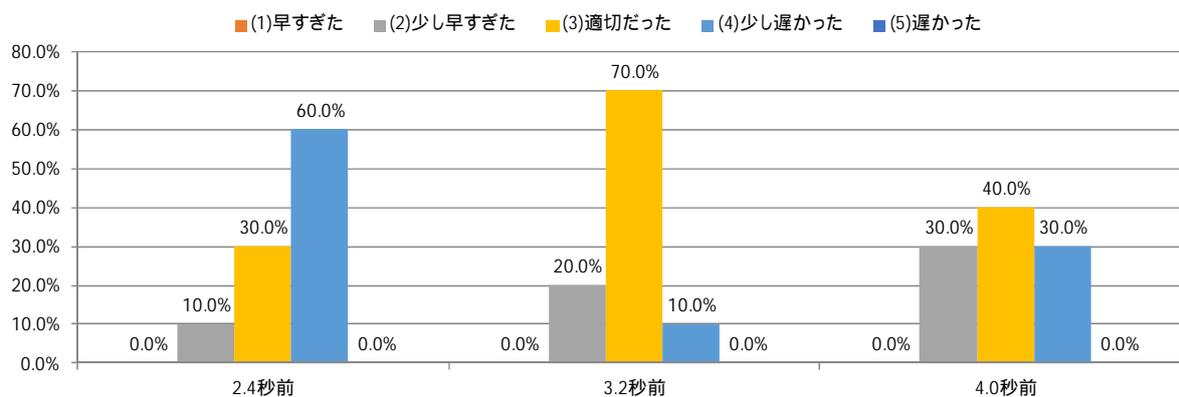


図 8-2-37 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

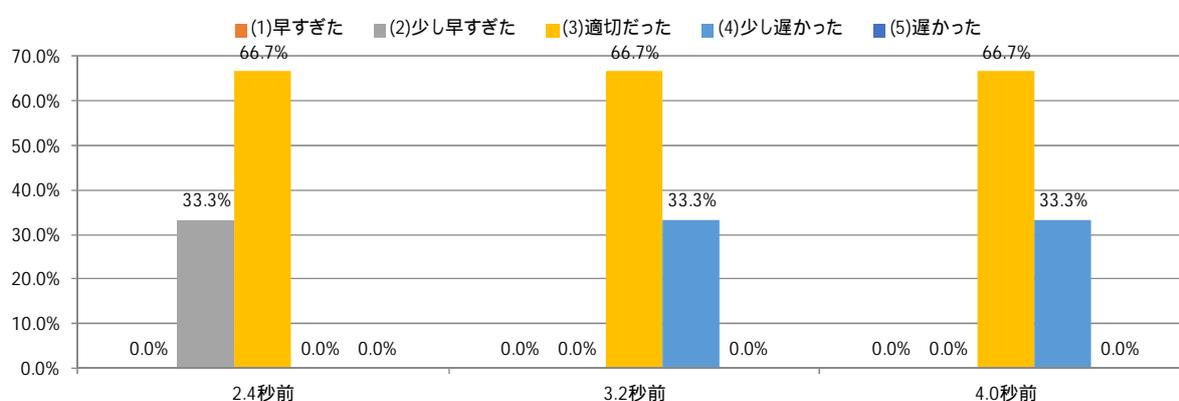


図 8-2-38 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

・支援の効果評価

<場面：交差点横断>

交差点横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援の効果評価結果を図 8-2-39 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 1.6 秒前の場合には、「余り役立たなかった」「全く役立たなかった」を合わせて 65.9%となるなど、多くの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

また、支援タイミングが 2.4 秒前の場合には、「とても役立った」「ある程度役立った」を合わせた割合は 53.1%となる一方、「余り役立たなかった」の割合も 37.5%となり、人により効果評価の判断が分かれる結果となった。

支援タイミングが 3.2 秒前の場合には、その支援が「とても役立った」「ある程度役立った」を合わせた割合は、73.1%となり、7 割以上の実験参加者が支援が有効であると回答している。

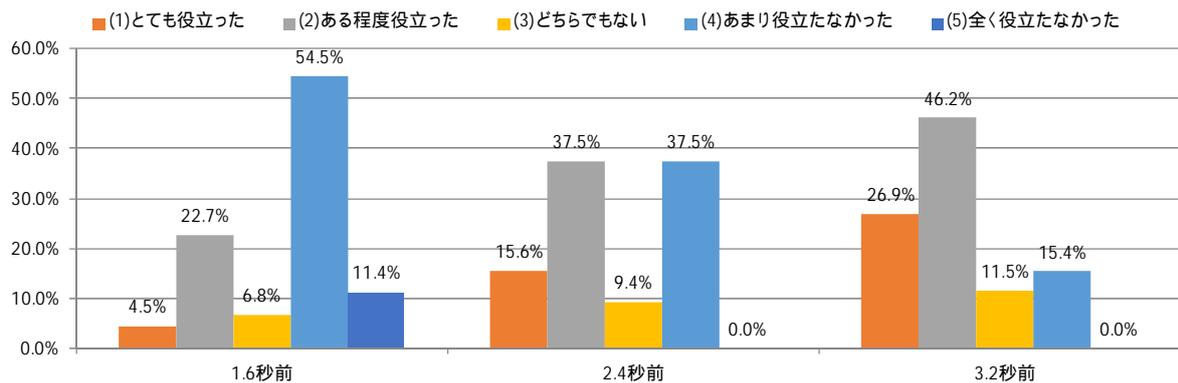


図 8-2-39 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、注意喚起）

なお、図 8-2-40、図 8-2-41 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

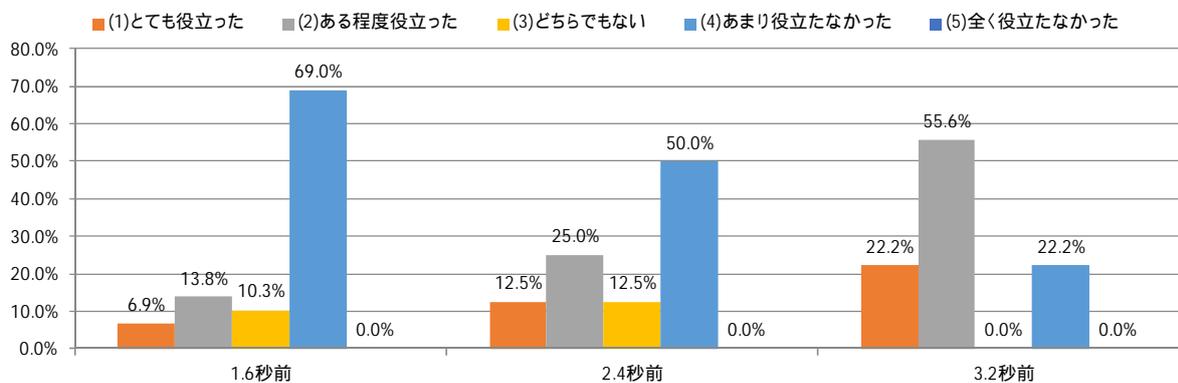


図 8-2-40 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、注意喚起）

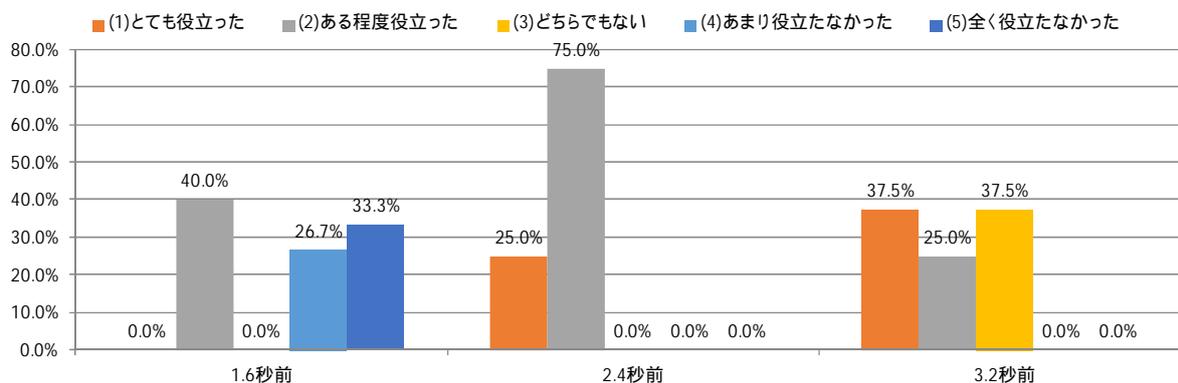


図 8-2-41 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、注意喚起）

<場面：単路横断>

単路横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援の効果評価結果を図8-2-42に示す。この結果を見ると、支援タイミングが2.4秒前の場合には、「とても役立った」「ある程度役立った」を併せて100.0%となるなど、実験参加者は有効性を感じている結果となった。

また、支援タイミングが3.2秒前の場合でも、「とても役立った」「ある程度役立った」を合わせた割合は100.0%となり、実験参加者は有効性を感じている結果となった。

支援タイミングが4.0秒前の場合には、その支援が「とても役立った」「ある程度役立った」を合わせた割合は、79.0%となり、8割近くの実験参加者が支援が有効であると回答している。

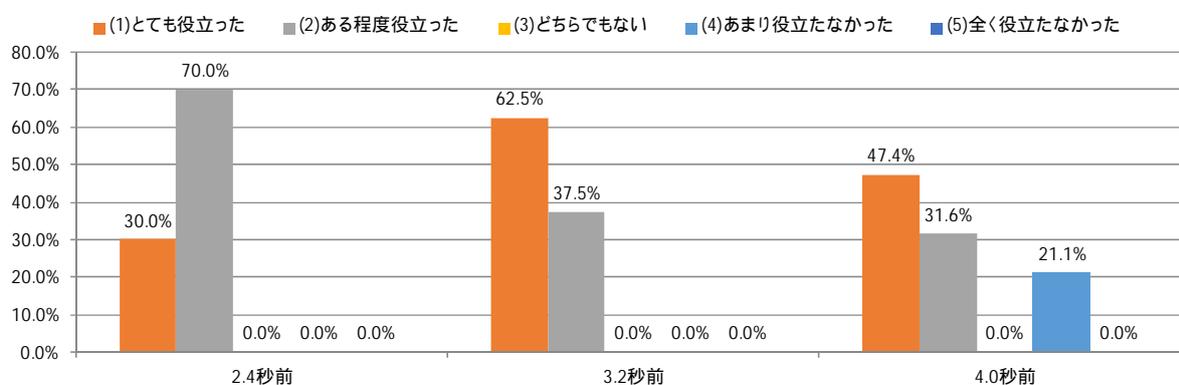


図 8-2-42 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

なお、図 8-2-43、図 8-2-44 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

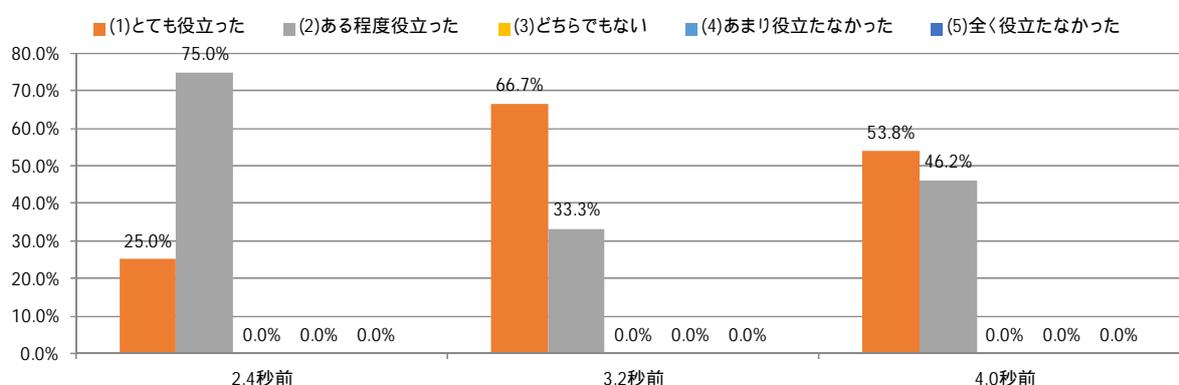


図 8-2-43 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

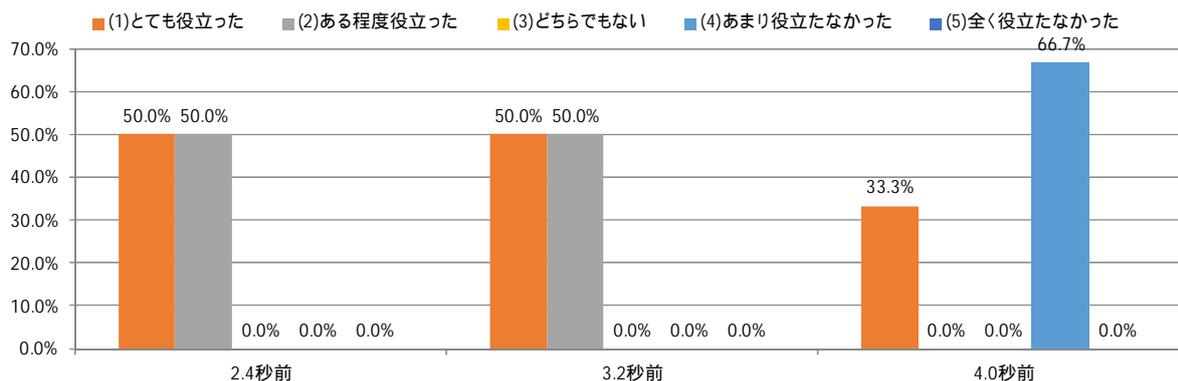


図 8-2-44 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、注意喚起）

・支援目的の達成度評価

<場面：交差点横断>

交差点横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-45 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 1.6 秒前の場合、その支援で周囲を「しっかり確認した」「ざっと確認した」を合わせた割合は、62.1%にとどまる。

一方、支援タイミングが 2.4、3.2 秒前のいずれの場合も、その支援で周囲を「しっかり確認した」「ざっと確認した」を合わせた割合は、それぞれ 86.4%、100.0%となり、8 割以上の実験参加者が支援により、周囲の確認を行ったとを回答している。

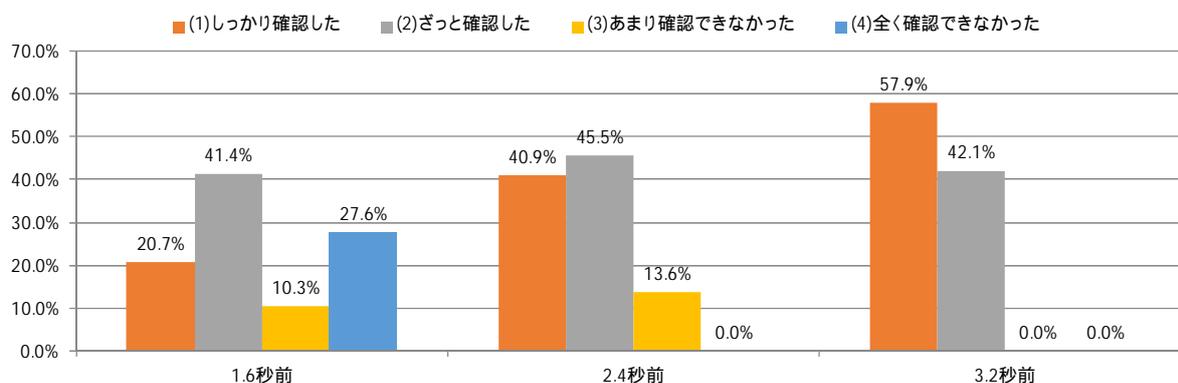


図 8-2-45 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果

（場面：交差点横断、注意喚起）

なお、図 8-2-46、図 8-2-47 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

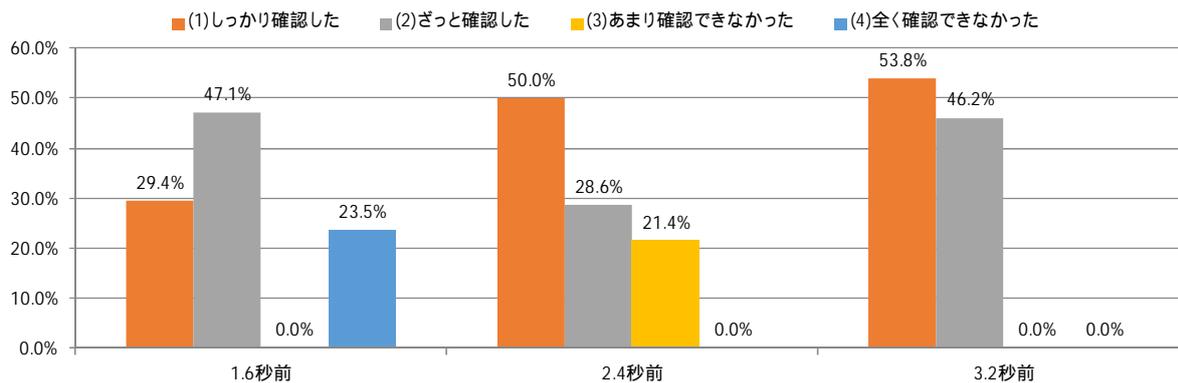


図 8-2-46 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果
(場面：交差点横断、注意喚起)

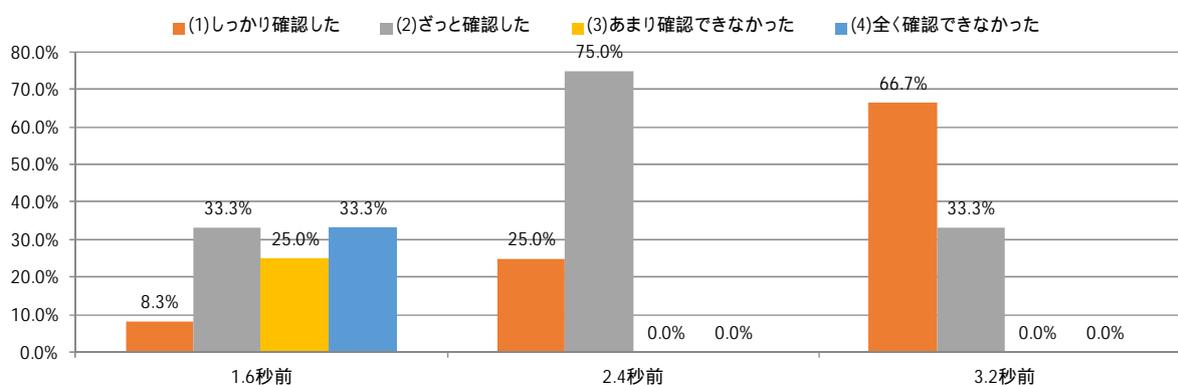


図 8-2-47 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果
(場面：交差点横断、注意喚起)

<場面：単路横断>

単路横断での「注意喚起」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-48 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 2.4、3.2、4.0 秒前のいずれの場合も、その支援で周囲を「しっかり確認した」「ざっと確認した」を合わせた割合は、それぞれ 75.0%、100.0%、100.0%となり、7 割以上の実験参加者が支援により、周囲の確認を行ったとを回答している。

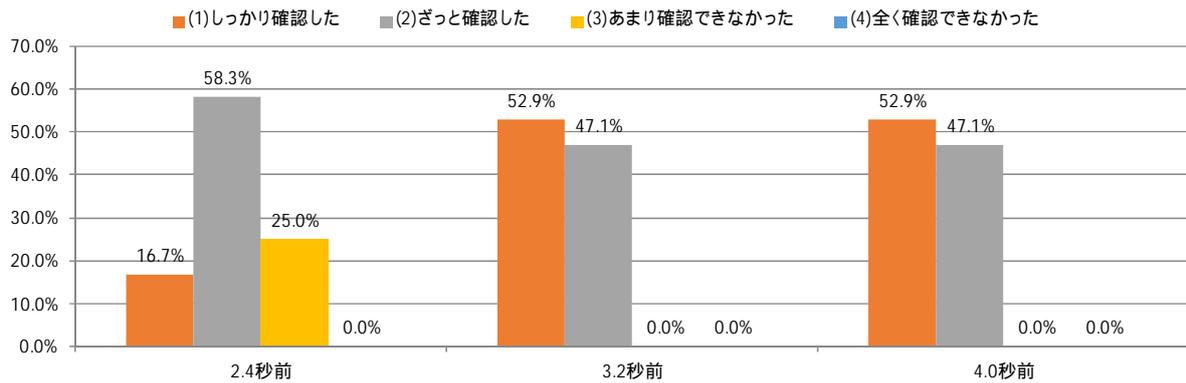


図 8-2-48 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果(場面：単路横断、注意喚起)

なお、図 8-2-49、図 8-2-50 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

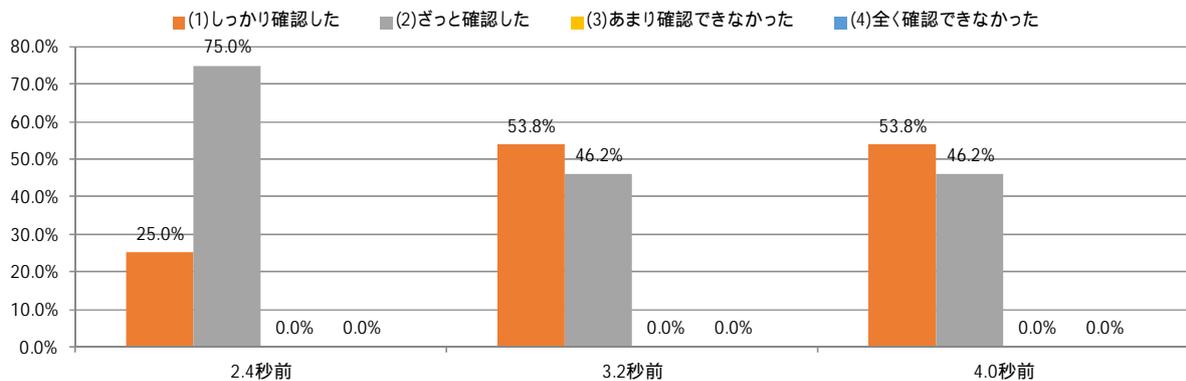


図 8-2-49 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果(場面：単路横断、注意喚起)

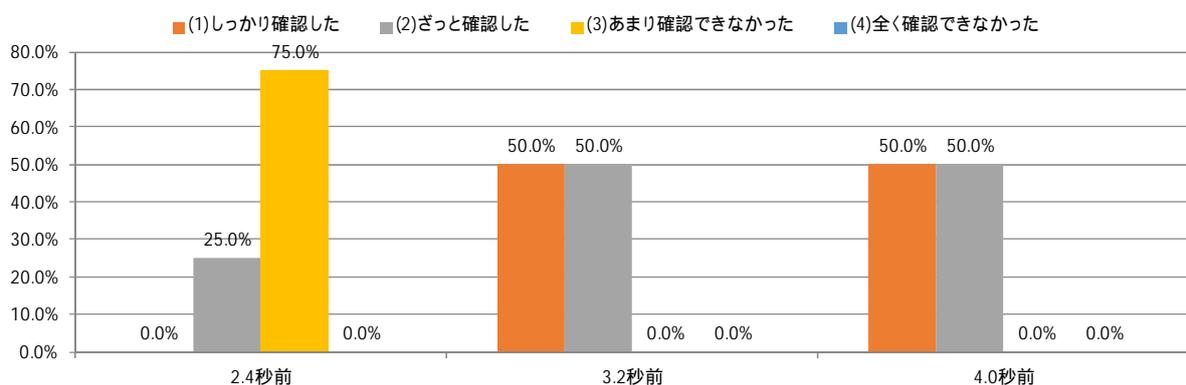


図 8-2-50 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果(場面：単路横断、注意喚起)

(4) 警報

歩行者支援（警報）では、「警報を提示する時刻を、衝突予測時間の 0.8 秒前、1.4 秒前、2.0 秒前の 3 パターン」として実験を行った。以下では、その 3 パターンに対する、実験参加者（18 名）の主観的な評価（アンケート調査）を整理した。

・支援タイミング評価

< 場面：交差点横断 >

交差点横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-51 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8 秒前の場合は、「遅かった」との回答は最も多く 93.3%であった。支援タイミングがかなり遅かったことが分かる。

次に、支援タイミングが 1.4 秒前の場合では、タイミングが「遅かった」との回答は 73.3%で最も多い。この支援タイミングでも、全般的に支援タイミングが遅かった様子が分かる。

続いて、支援タイミングが 2.0 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 33.3%となる。ただし、それ以外の回答は、「少し遅かった」「遅かった」を合わせて 66.7%となり、支援タイミングが 2.0 秒前でもタイミングが遅いと感じる実験参加者が多いことが分かる。

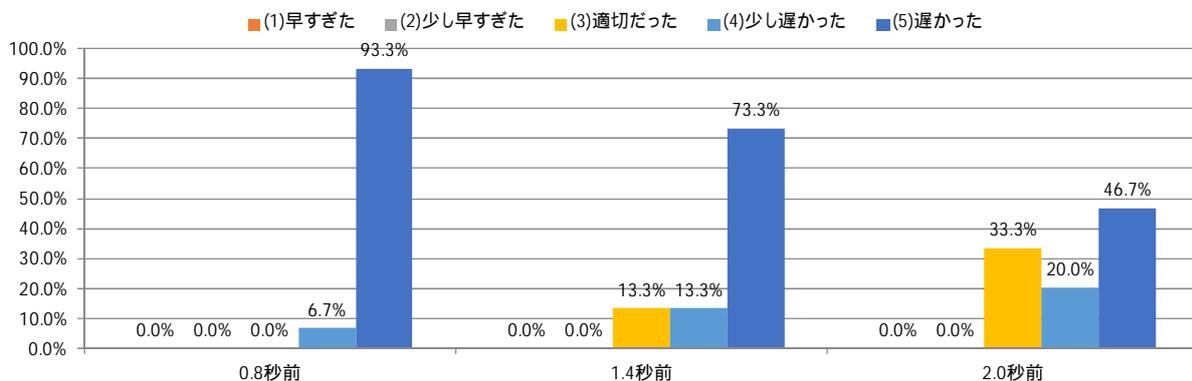


図 8-2-51 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、警報）

なお、図 8-2-52、図 8-2-53 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

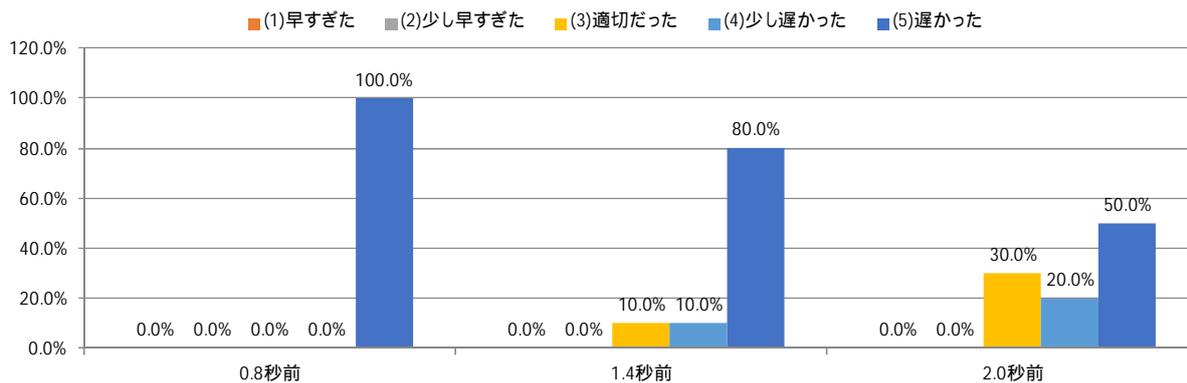


図 8-2-52 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、警報）

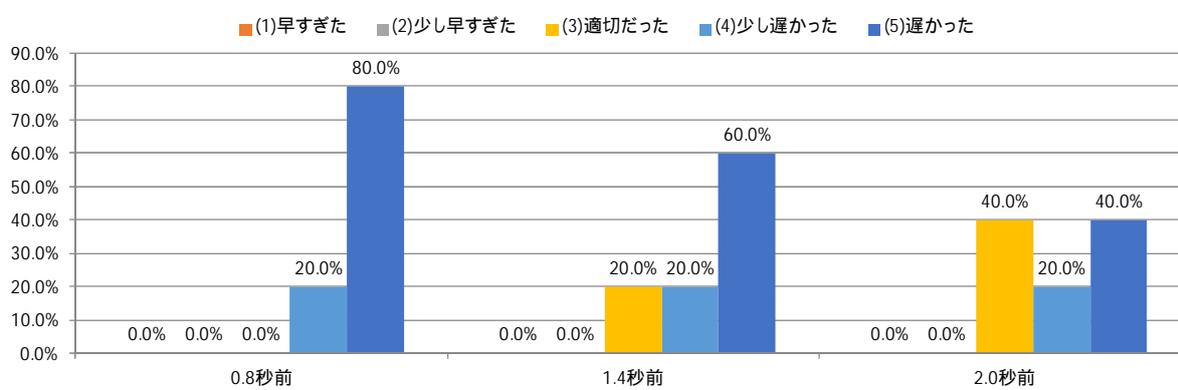


図 8-2-53 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、警報）

<場面：単路横断>

単路横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援タイミング評価結果を図 8-2-54 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8 秒前の場合は、「少し遅かった」「遅かった」を併せた回答は 84.6%であった。支援タイミングがかなり遅かったことが分かる。

次に、支援タイミングが 1.4 秒前の場合では、タイミングが「少し遅かった」「遅かった」との回答は 84.7%であった。この支援タイミングでも、全般的に支援タイミングが遅かった様子が分かる。

続いて、支援タイミングが 2.0 秒前の場合は、タイミングが「適切だった」との回答は 46.2%となる。ただし、それ以外の回答は、「少し遅かった」「遅かった」を合わせて 46.2%となり、支援タイミングが 2.0 秒前でもタイミングが遅いと感じる実験参加者が多いことが分かる。

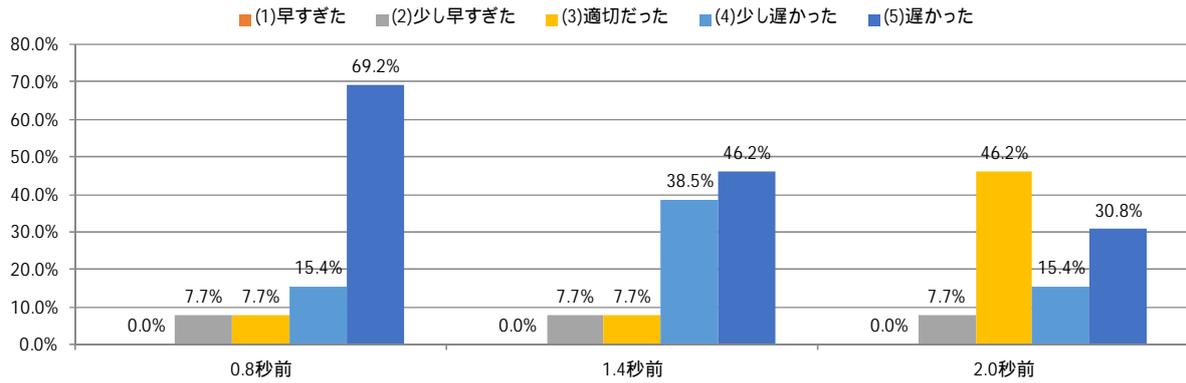


図 8-2-54 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、警報）

なお、図 8-2-55、図 8-2-56 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援タイミング評価結果を示す。

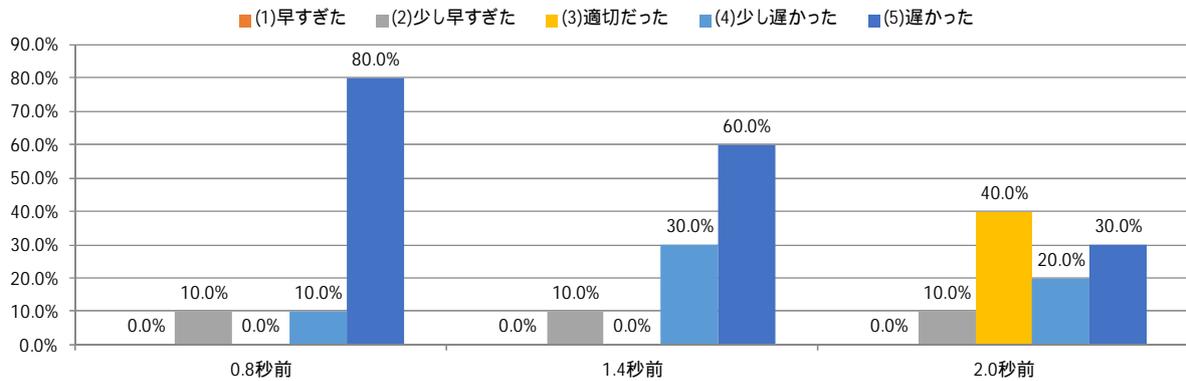


図 8-2-55 実験参加者 1 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、警報）

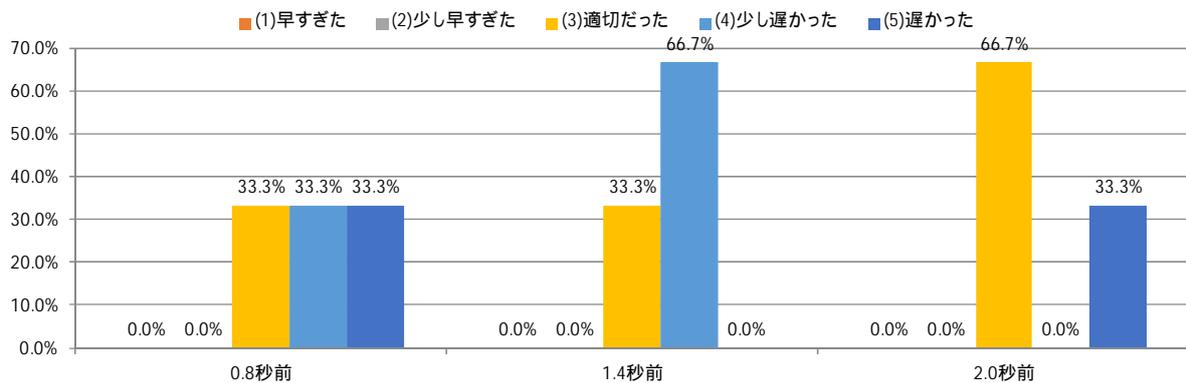


図 8-2-56 実験参加者 2 の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、警報）

・ 支援の効果評価

< 場面：交差点横断 >

交差点横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援の効果評価結果を図 8-2-57 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8 秒前の場合には、その支援で歩行停止が「あまりできなかった」「全くできなかった」を合わせて 95.5%となるなど、ほとんどの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

また、支援タイミングが 1.4 秒前の場合にも、その支援で停止が「あまりできなかった」「全くできなかった」を合わせた割合は 88.5%となるなど、ほとんどの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

支援タイミングが 2.0 秒前の場合でも、その支援で停止が「あまりできなかった」「全くできなかった」を併せた割合は、78.0%となり、ほとんどの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

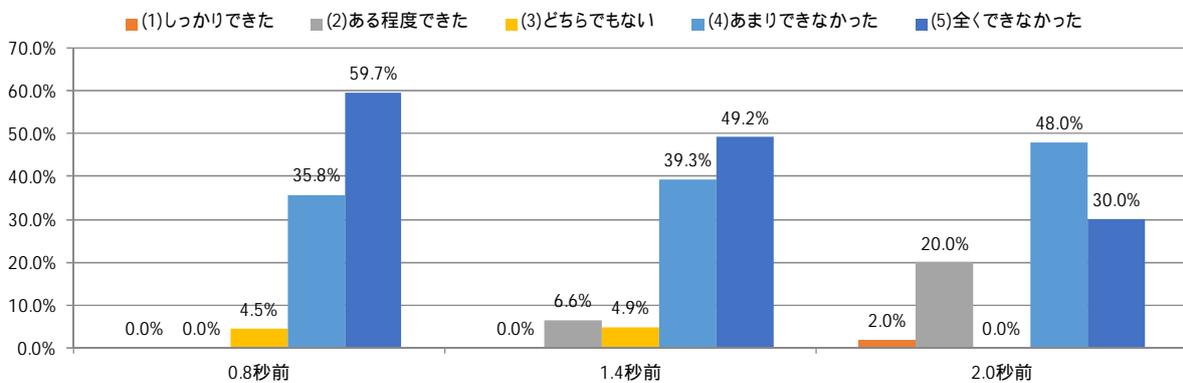


図 8-2-57 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、警報）

なお、図 8-2-58、図 8-2-59 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

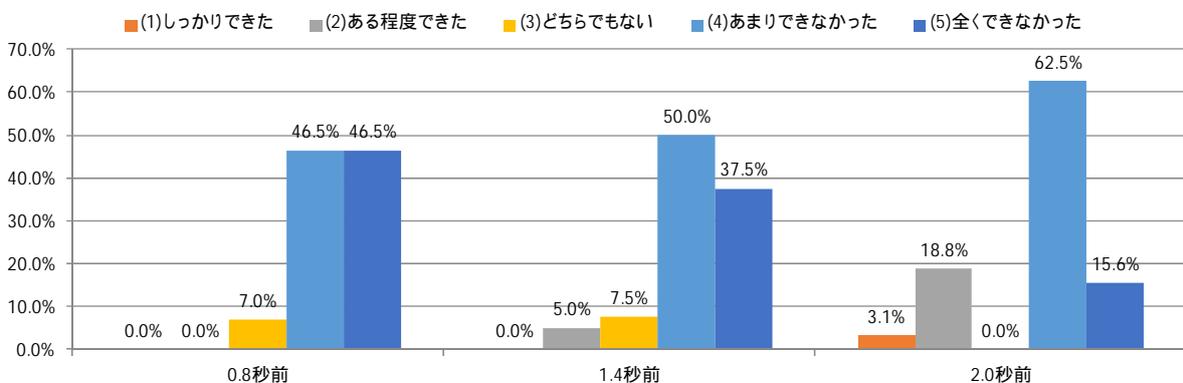


図 8-2-58 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、警報）

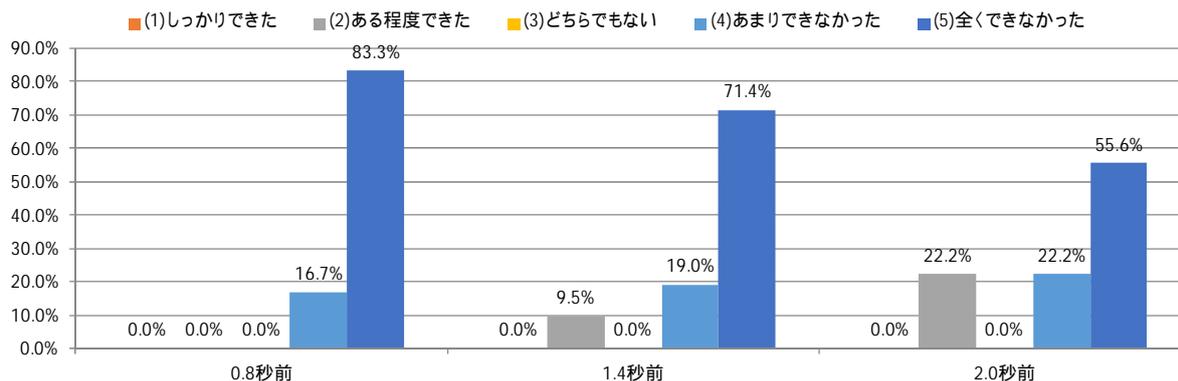


図 8-2-59 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：交差点横断、警報）

< 場面：単路横断 >

単路横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援の効果評価結果を図 8-2-60 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8 秒前の場合には、その支援で歩行停止が「あまりできなかった」「全くできなかった」を合わせて 86.6%となるなど、ほとんどの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

また、支援タイミングが 1.4 秒前の場合にも、その支援で歩行停止が「あまりできなかった」「全くできなかった」を合わせた割合は 80.5%となるなど、ほとんどの実験参加者が有効性を感じていない結果となった。

支援タイミングが 2.0 秒前の場合でも、その支援で歩行停止が「あまりできなかった」割合は 66.7%となり、その一方で、「しっかりできた」「ある程度できた」を合わせた割合が 33.4%となるなど、一定数の実験参加者は、この支援タイミングで有効であったと感じていることが分かる。

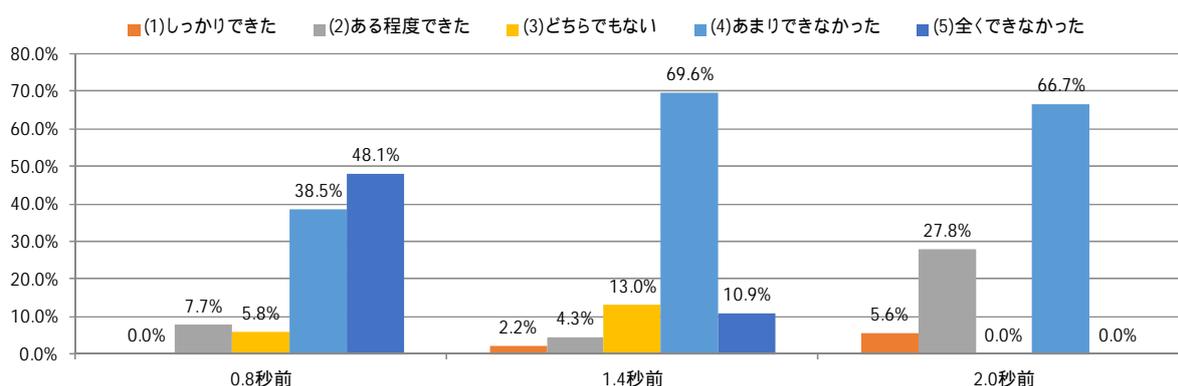


図 8-2-60 実験参加者全体の支援の効果評価結果（場面：単路横断、警報）

なお、図 8-2-61、図 8-2-62 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援の効果評価結果を示す。

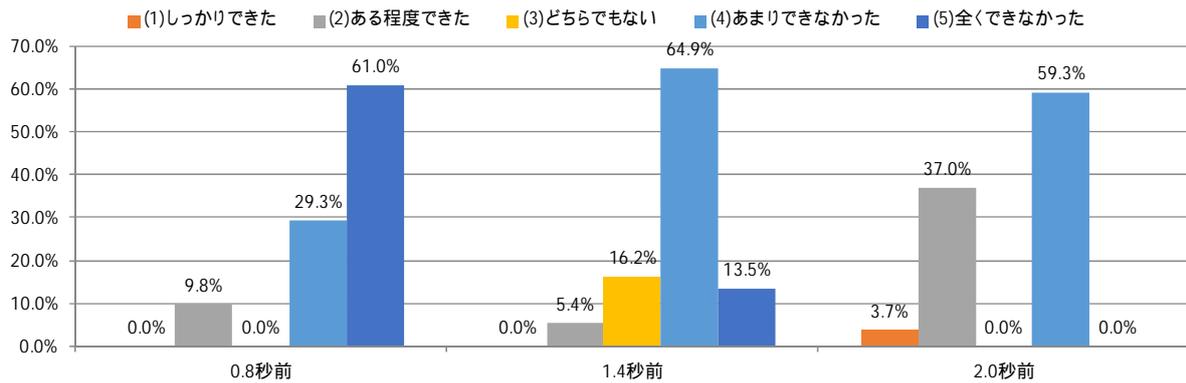


図 8-2-61 実験参加者 1 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、警報）

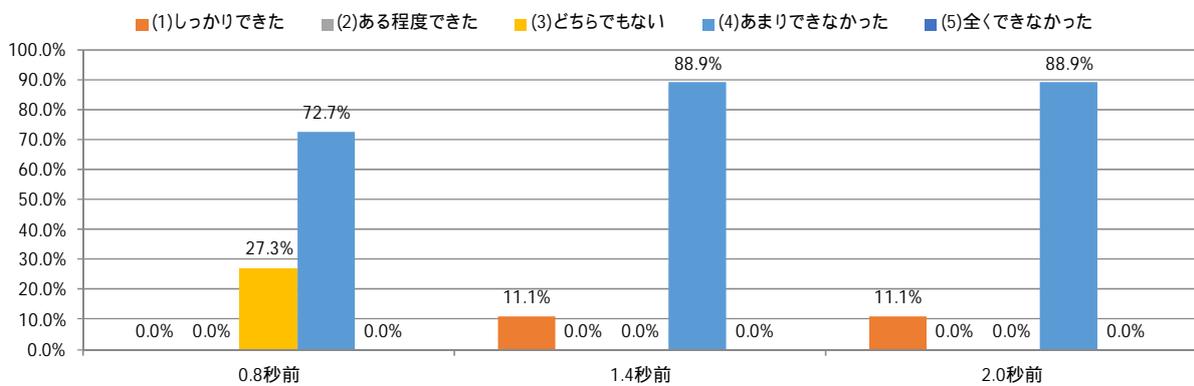


図 8-2-62 実験参加者 2 の支援の効果評価結果（場面：単路横断、警報）

・ 支援目的の達成度評価

< 場面：交差点横断 >

交差点横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-63 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8、1.4、2.0 秒前のいずれの場合においても、この支援で想定する目的（安全に歩行停止させること）に対して、「とても怖かった」「少し怖かった」を合わせた割合は、60.7%、83.3%、60.0%にも達するなど、十分な支援目的には達していないと考えられる。

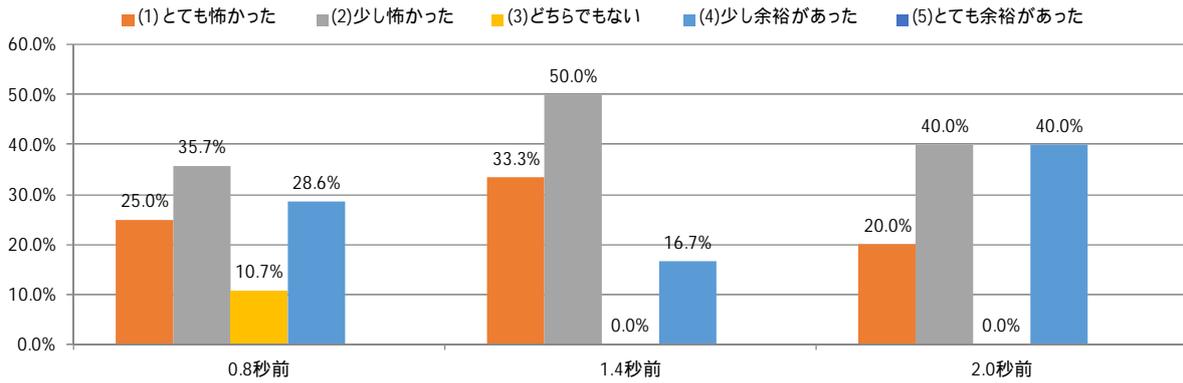


図 8-2-63 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果（場面：交差点横断、警報）

なお、図 8-2-64、図 8-2-65 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

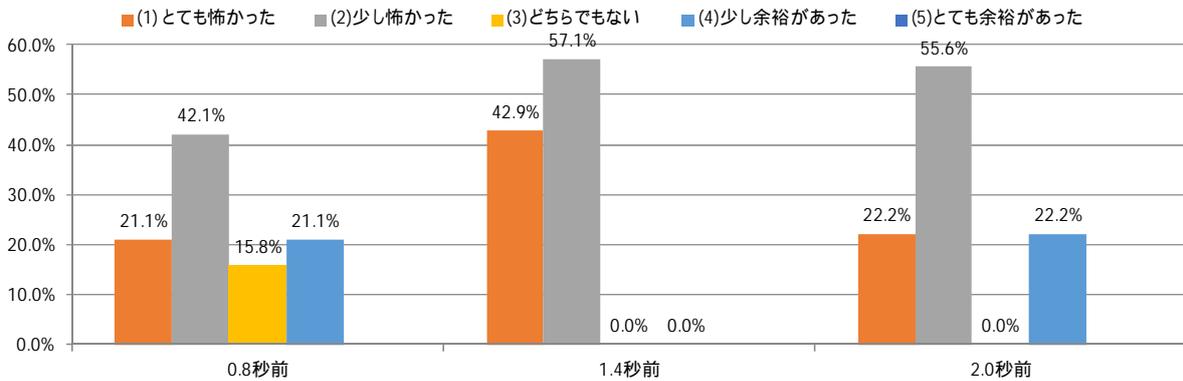


図 8-2-64 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果（場面：交差点横断、警報）

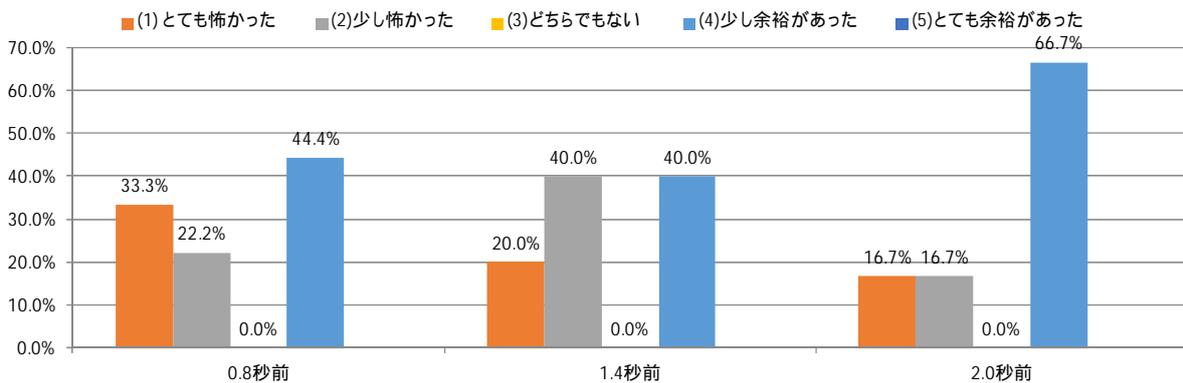


図 8-2-65 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果（場面：交差点横断、警報）

< 場面：単路横断 >

単路横断での「警報」に対する、実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果を図 8-2-66 に示す。この結果を見ると、支援タイミングが 0.8、1.4 秒前の場合、この支援で想定する目的（安全に歩行停止させること）に対して、「とても怖かった」「少し怖かった」を合わせた割合は、81.8%、62.1%にも達するなど、十分な支援目的には達していないと考えられる。

一方、支援タイミングが 2.0 秒前の場合には、この支援で想定する目的（安全に歩行停止させること）に対して、「とても怖かった」「少し怖かった」を合わせた割合は 27.5%にとどまり、「少し余裕があった」「とても余裕があった」を合わせた割合が 72.5%となる。そのため、一定程度の実験参加者に対しては、支援目的が達せられたと考えられる。

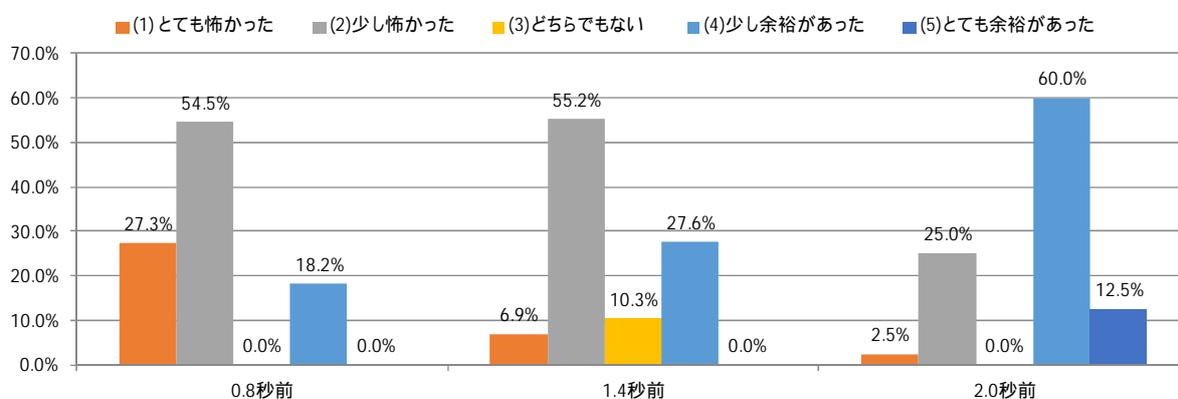


図 8-2-66 実験参加者全体の支援目的の達成度評価結果（場面：単路横断、警報）

なお、図 8-2-67、図 8-2-68 には、実験参加者 1、実験参加者 2 での支援目的の達成度評価結果を示す。

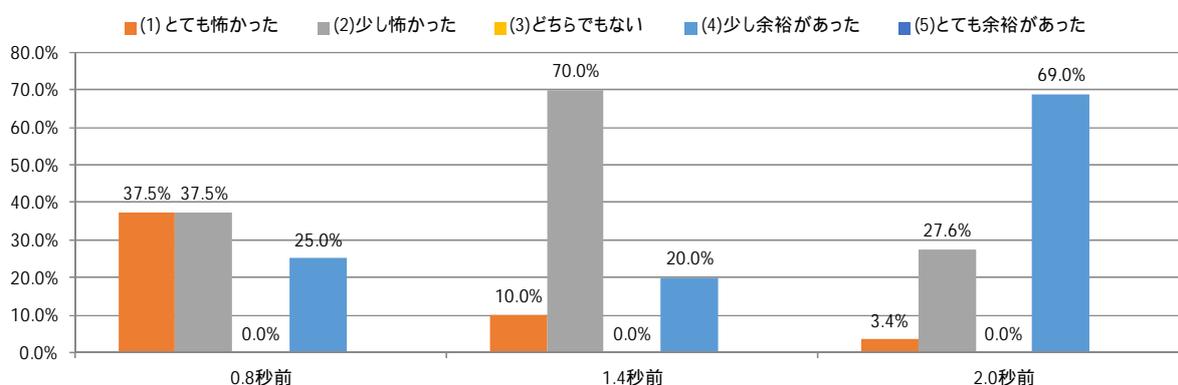


図 8-2-67 実験参加者 1 の支援目的の達成度評価結果（場面：単路横断、警報）

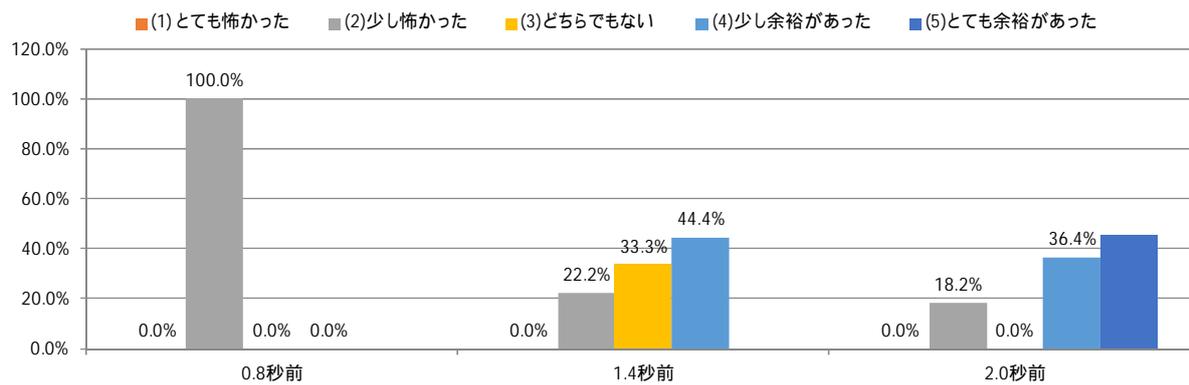


図 8-2-68 実験参加者 2 の支援目的の達成度評価結果（場面：単路横断、警報）

支援タイミングの検証

(1) 主観的な評価(アンケート調査)の実施方法

主観的な評価(アンケート調査)の実施結果の中で、設問A等(表8-2-6を参照)に基づき、情報提供、注意喚起、警報の支援種別に、「支援タイミング」を把握・検証した結果を以下の(3)(4)(5)に示す。

(2) 実験参加者が危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間の計測方法

実験参加者に対して行った支援(情報提供、注意喚起、警報)の中で、警報については、歩車間通信システムからの支援がなされてから、実験参加者が危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間(システムから歩行者が支援を受けてから、歩行を停止までの時間)を計測した。

具体的には、警報の支援を通知した時刻、および、実験参加者が警報を受けて歩行を停止した時刻をシステムログから抽出し、その時間を「実験参加者の反応時間」として算出した。なお、実験参加者が警報を受けて歩行を停止した時刻は、実験参加者が保持している歩車間通信システムの端末(スマートフォン)(図8-2-69)にて計測していた加速度センサーのデータを用いて、実験参加者の歩行停止状態を推定し、停止した時刻を算出した。



図 8-2-69 実験参加者が保持した歩車間通信システムの端末(スマートフォン)

この実験参加者が危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間の結果に基づき、警報の「支援タイミング」の妥当性を把握・検証した結果を(5)に示す。

(3) 情報提供

ここでは、前節で整理した主観的な支援の評価（アンケート調査）の実施結果に基づき、情報提供についての「支援タイミング」を把握・検証した結果を示す。

実験参加者全体の支援タイミング評価結果をあらためて、交差点横断（図 8-2-70）、単路横断（図 8-2-71）の場面別に見ると、交差点横断については、「適切だった」との回答割合が最も高くなる 5.1 秒前（46.7%）、6.5 秒前（46.7%）はある程度妥当な支援タイミングと考えられる。

さらに、5.1 秒前の支援タイミングでは「少し遅かった」との回答も 20.0%あることから、より多くの歩行者の安全性を重視すれば、5.1 秒前～6.5 秒前の間のタイミングで支援することがより妥当な支援と想定される。

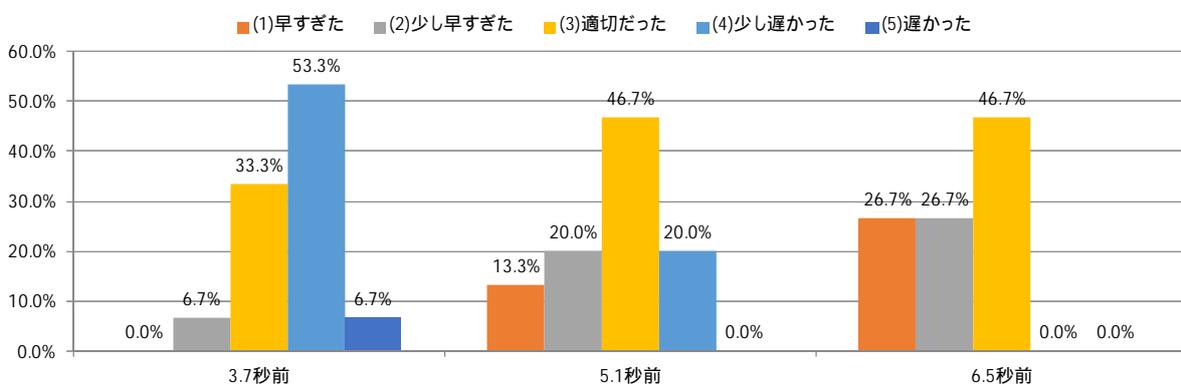


図 8-2-70 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、情報提供）
（再掲）

単路横断については、「適切だった」との回答割合が最も高くなるのは、5.1 秒前（53.8%）、6.5 秒前（53.8%）であり、それらのタイミングはある程度妥当な支援タイミングと考えられる。

また、5.1 秒前、6.5 秒前の支援タイミングでも、「遅かった」「少し遅かった」「少し早すぎた」「早すぎた」との回答も一定程度存在しており、人によって回答が分散しているが、交差点横断と同様に、より多くの歩行者の安全性を重視すれば、5.1 秒前～6.5 秒前の間のタイミングで支援することがより妥当な支援と想定される。

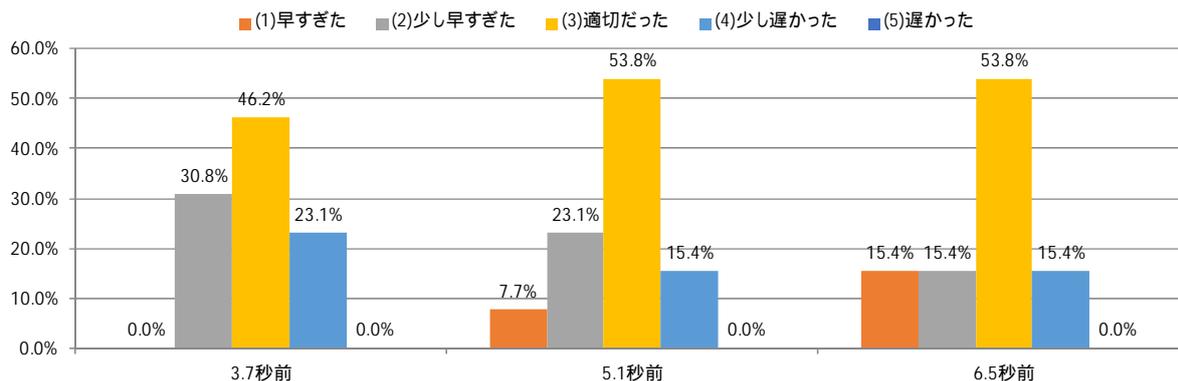


図 8-2-71 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、情報提供）
（再掲）

なお、図 8-2-72 に、実験参加者全体の支援タイミング評価ごとに、その支援の効果評価結果を集計した結果を示す。

これを見ると、支援タイミングの評価結果によらず、その支援の効果評価として「とても役立った」～「どちらでもない」の回答を併せた割合は9割以上となった。

このことは、情報提供については、支援タイミング 3.7 秒前、5.1 秒前、6.5 秒前のいずれにおいても、多くの実験参加者は支援があること自体を受入れられるものと評価してよいと考えられる。

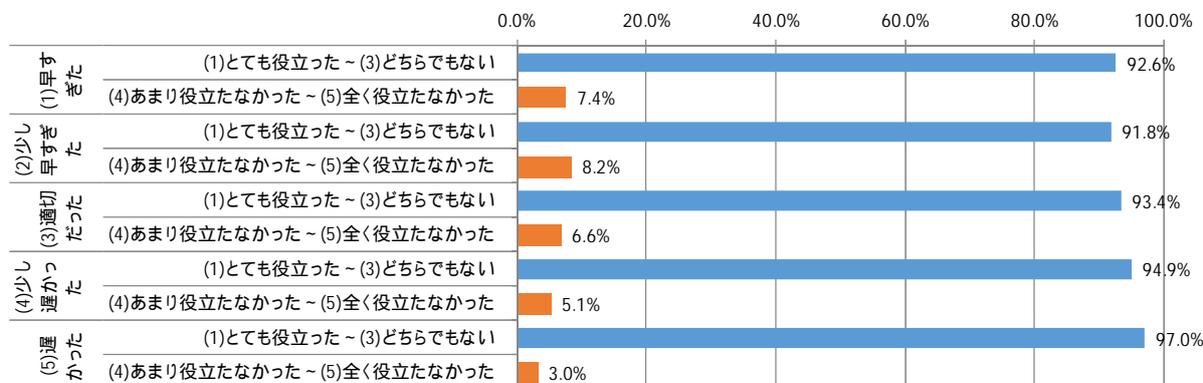


図 8-2-72 支援タイミング評価別の支援の効果評価（実験参加者全体）

（４） 注意喚起

ここでは、前節で整理した主観的な支援の評価（アンケート調査）の実施結果に基づき、注意喚起についての「支援タイミング」を把握・検証した結果を示す。

実験参加者全体の支援タイミング評価結果をあらためて、交差点横断（図 8-2-73）、単路横断（図 8-2-74）の場面別に見ると、交差点横断については、「適切だった」との回答割合が最も高くなる 3.2 秒前（55.3%）はある程度妥当な支援タイミングと考えられる。

しかしながら、3.2秒前の支援タイミングでも「少し遅かった」「遅かった」との回答も46.7%あることから、多くの歩行者の安全性を重視すれば、3.2秒前よりも手前のタイミングで支援することが妥当な支援と想定される。

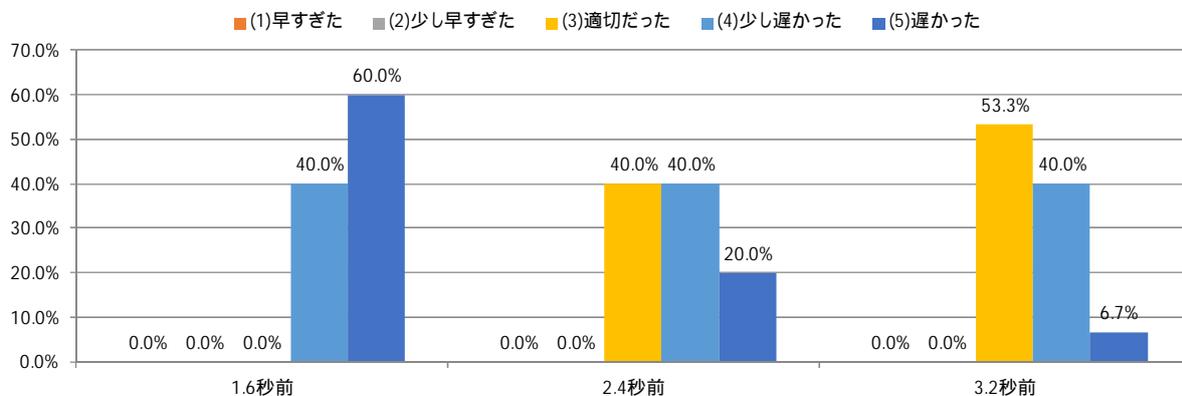


図 8-2-73 実験参加者全体の支援タイミング評価結果(場面：交差点横断、注意喚起)
(再掲)

単路横断については、「適切だった」との回答割合が最も高くなるのは、3.2秒前(69.2%)であり、そのタイミングはある程度妥当な支援タイミングと考えられる。支援タイミングは3.2秒前程度のタイミングで支援することが妥当な支援と想定される。

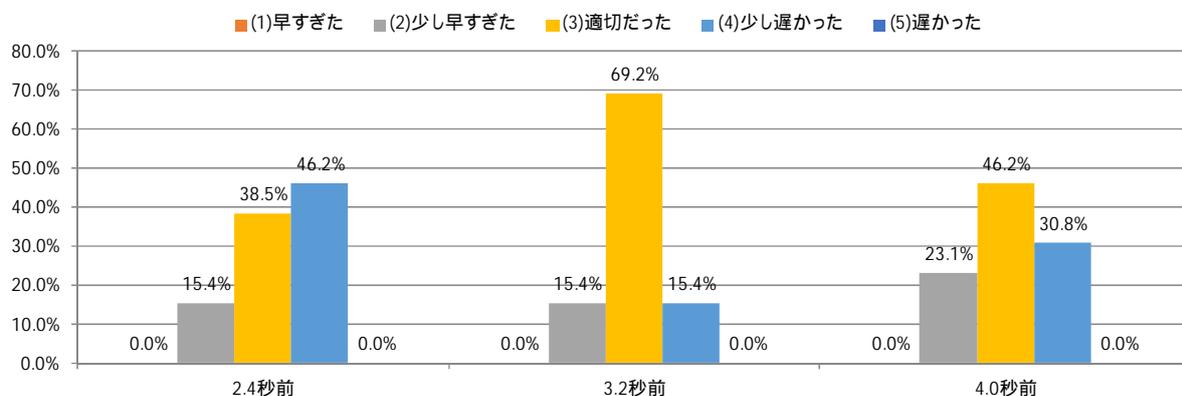


図 8-2-74 実験参加者全体の支援タイミング評価結果(場面：単路横断、注意喚起)
(再掲)

なお、図 8-2-75 に、実験参加者全体の支援タイミング評価ごとに、その支援の効果評価結果を集計した結果を示す。

これを見ると、支援タイミングの評価結果によって、支援の効果評価が影響を受けていることが分かる。つまり、支援のタイミングが遅くなるほど、支援自体を有効ではないと思う回答が増加する。例えば、支援が「遅かった」場合には、支援の効果評

価で「あまり役立たなかった～全く役立たなかった」と回答した割合は、22.0%にも上る。

逆にこのことは、注意喚起を行う際には、支援タイミング評価が「遅かった」意外であれば、支援の有効性自体は損なわれないことを示している。

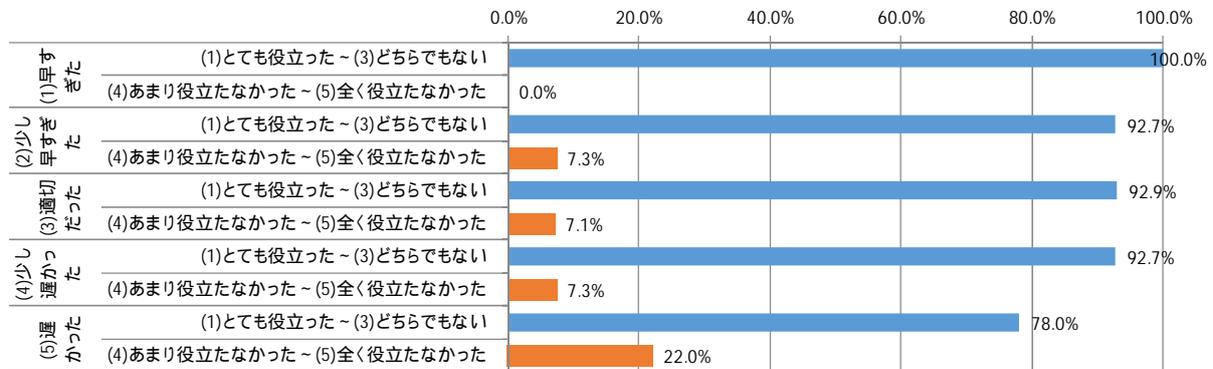


図 8-2-75 支援タイミング評価別の支援の効果評価（実験参加者全体）

(5) 警報

ここでは、前節で整理した主観的な支援の評価（アンケート調査）の実施結果に基づき、警報についての「支援タイミング」を把握・検証した結果を示す。

実験参加者全体の支援タイミング評価結果をあらためて、交差点横断(図 8-2-76)、単路横断(図 8-2-77)の場面別に見ると、交差点横断については、0.8 秒前(93.3%)、1.4 秒前(73.3%)、2.0 秒前(46.7%)で「遅かった」との回答割合が最も高くなった。このことは、2.0 秒前よりももっと手前のタイミングで支援が必要であることを示している。

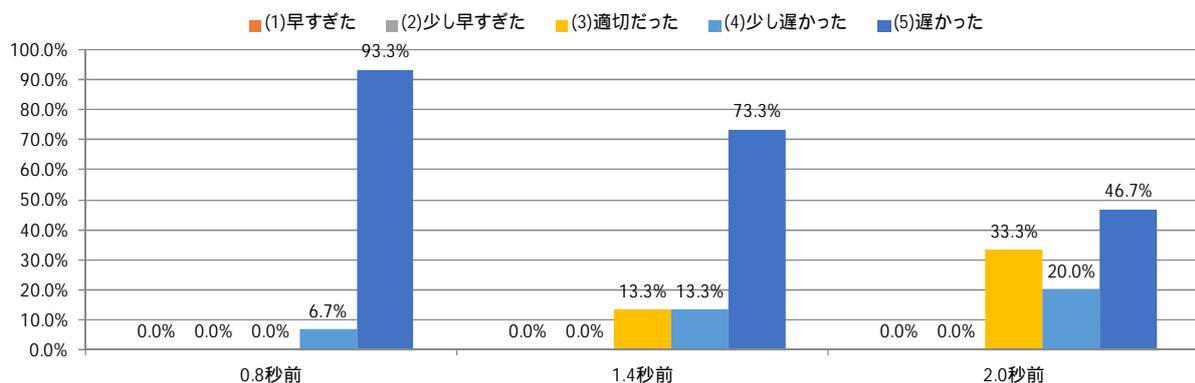


図 8-2-76 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：交差点横断、警報）
（再掲）

単路横断についても、0.8 秒前、1.4 秒前では、「遅かった」との回答割合が最も高

く、69.2%、46.2%である。2.0 秒前の支援では、最も高い割合が「適切だった」で46.2%となるものの、「遅かった」との回答割合も30.8%となる。このことは、2.0 秒前よりもっと手前でのタイミングで支援が必要であることを示している。

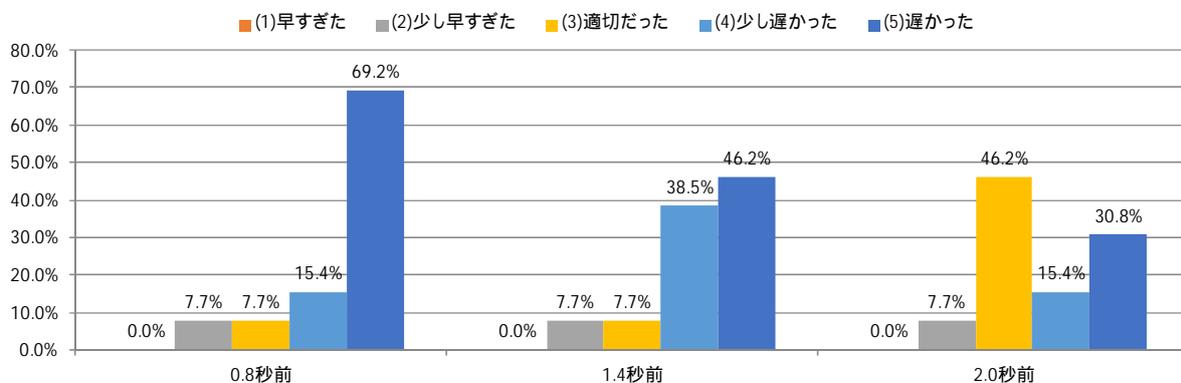


図 8-2-77 実験参加者全体の支援タイミング評価結果（場面：単路横断、警報）
（再掲）

なお、図 8-2-78 に、実験参加者全体の支援タイミング評価ごとに、その支援の効果評価結果を集計した結果を示す。

これを見ると、支援タイミングの評価結果によって、支援の効果評価が影響を受けていることが分かる。つまり、支援のタイミングが遅くなるほど、支援自体を有効ではないと思う回答が増加する。特に、支援が「少し遅かった」「遅かった」の場合には、支援の効果評価で「あまり役立たなかった～全く役立たなかった」と回答した割合は、それぞれ24.7%、59.9%にも上る。

このことは、警報を行う際には、支援タイミング評価において「少し遅かった」「遅かった」の割合ができるだけ少なくなるような、支援タイミングでなければ、そもそもその支援の有効性自体は損なわれてしまうことを示している。

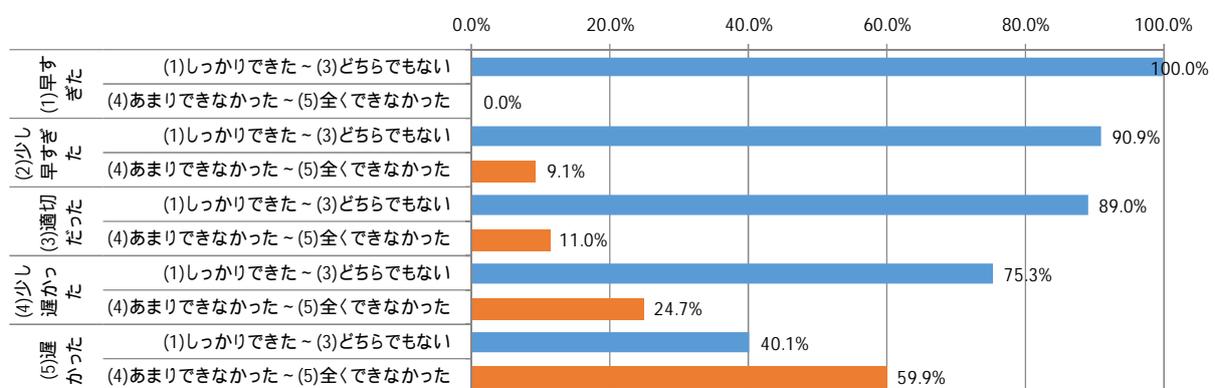


図 8-2-78 支援タイミング評価別の支援の効果評価（実験参加者全体）

実験参加者 1 に対して行った支援（警報）については、歩車間通信システムからの支援がなされてから、実験参加者が危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間（システムから歩行者が支援を受けてから、歩行を停止までの時間）を計測した。

その反応時間計測について、表 8-2-8 に実験参加者 1 の計測結果リストを示す。

表 8-2-8 反応時間を計測した実験参加者 1 のリスト

支援場面	実験参加者 ID	年齢	性別	通知から停止までの時間[s]		
				1回目	2回目	3回目
交差点	a	40代	男性	0.30	1.30	1.39
	b	30代	女性	2.00	0.70	2.70
	c	40代	女性	3.00	3.00	2.10
	d	40代	女性	1.50	1.40	1.40
	e	40代	男性	1.50	1.10	1.70
	f	30代	女性	0.60	1.70	2.01
	g	20代	男性	1.10	1.00	1.30
	h	30代	女性	1.50	1.89	2.20
	i	50代	女性	2.41	1.68	3.40
	j	40代	女性	1.71	1.50	1.60
単路	a	40代	男性	1.50	2.00	1.30
	b	30代	女性	1.50	0.90	1.30
	c	40代	女性	1.70	5.00	3.30
	d	40代	女性	5.21	5.40	2.40
	e	40代	男性	1.60	1.90	1.92
	f	30代	女性	1.70	2.31	1.90
	g	20代	男性	1.70	1.90	2.30
	h	30代	女性	1.80	1.60	1.60
	i	50代	女性	2.00	2.21	2.41
	j	40代	女性	1.10	1.69	0.90

・交差点横断

交差点横断の場面での実験参加者の反応時間について、その分布を図 8-2-79 に示す。この結果を見ると、1.5 秒または 1.7 秒の反応時間が多くなっているものの、1.1 秒から 2.2 秒程度の間での反応時間が全体の 73.3%を占める。

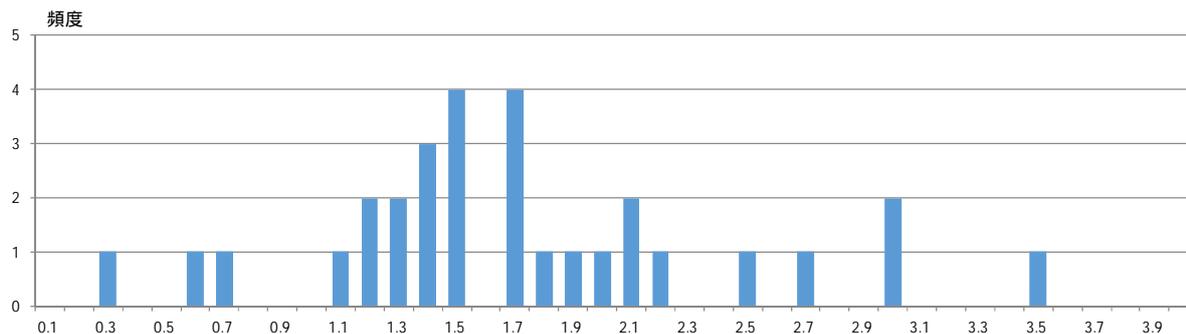


図 8-2-79 実験参加者全体の反応時間の分布（交差点横断）

また、上記の結果より、90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は、2.7 秒となるため、仮に 9 割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも 2.7 秒前に行う必要があると推察される。

なお、反応時間の分布についての基本統計量は表 8-2-9 に示すようになる。平均値は 1.69 秒、標準偏差は 0.71、最小値が 0.30 秒、最大値が 3.40 秒となる。

表 8-2-9 実験参加者全体の反応時間の基本統計量（交差点横断）

基本統計量	結果
平均	1.69
標準偏差	0.71
最小	0.30
最大	3.40

・ 単路横断

同様に、単路横断の場面での実験参加者の反応時間について、その分布を図 8-2-80 に示す。この結果を見ると、1.6 秒の反応時間が最も多くなっているものの、1.0 秒から 2.5 秒程度の間での反応時間が全体の 86.7%を占める。

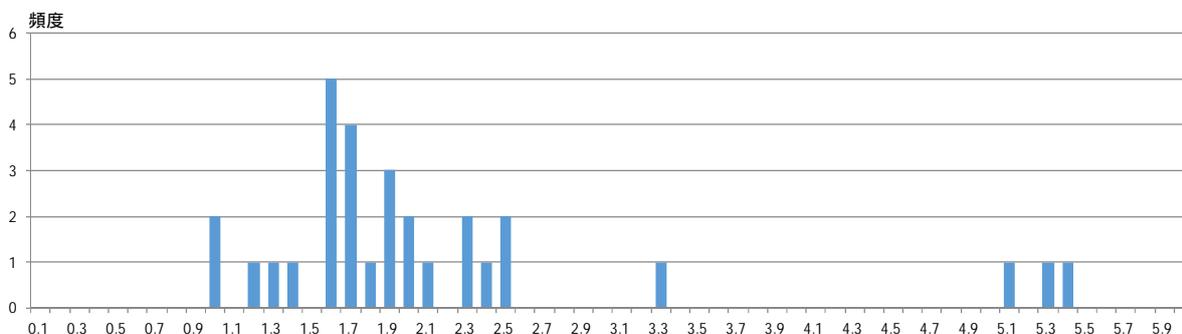


図 8-2-80 実験参加者全体の反応時間の分布（単路横断）

また、上記の結果より、90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は、3.3 秒となるため、仮に 9 割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも 3.3 秒前に行う必要があると推察される。

なお、反応時間の分布についての基本統計量は表 8-2-10 に示すようになる。平均値は 2.13 秒、標準偏差は 1.15、最小値が 0.90 秒、最大値が 5.50 秒となる。

表 8-2-10 実験参加者全体の反応時間の基本統計量（単路横断）

基本統計量	結果
平均	2.13
標準偏差	1.15
最小	0.90
最大	5.50

・支援タイミング評価（アンケート調査結果）と反応時間の関係

実験参加者 1 の交差点横断と単路横断とを併せた場合の支援（警報）に対する反応時間と、各支援（警報）に対する支援タイミング評価（アンケート調査結果）との関係を示すのが図 8-2-81 である。

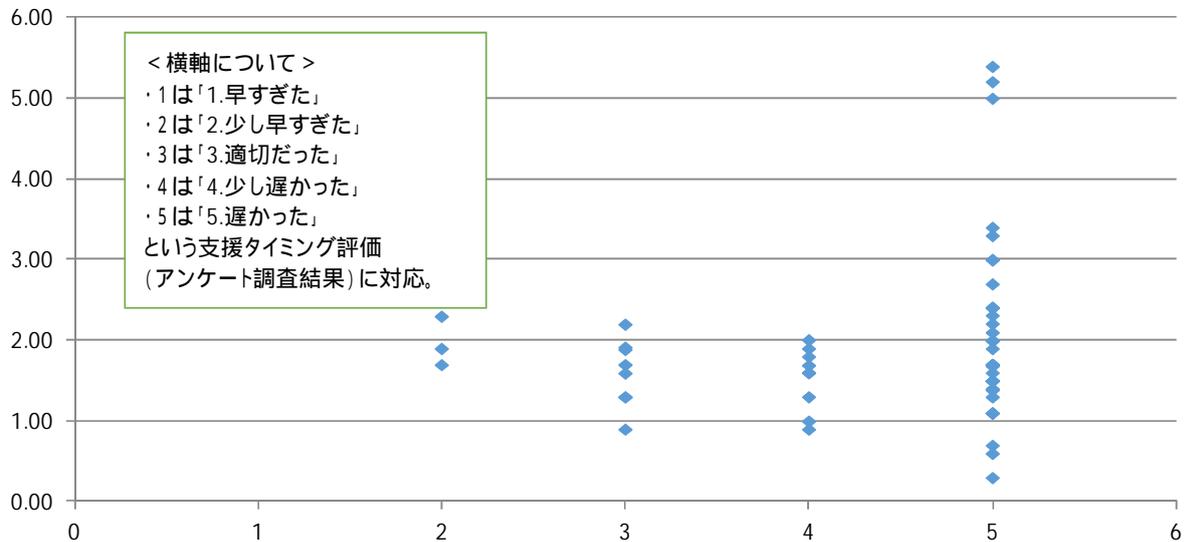


図 8-2-81 支援タイミング評価（アンケート調査結果）と反応時間の関係

この結果を見ると、支援タイミングの主観評価が「2.少し早すぎた」「3.適切だった」「4.少し遅かった」場合には、概ね反応時間は 2 秒程度となる様子が見て取れる。

その一方で、支援タイミングの主観評価が「5.遅かった」であった場合には、反応時間は、0.3 秒～5.5 秒程度と大きな幅がある。

この結果を踏まえると、支援タイミングを検討する際には、主観評価が全ての実験

参加者で「遅かった」とならない支援タイミングを検討する必要があることが分かる。

8.2.6 結論

本節では、ここまでに整理してきた実験結果および分析結果を踏まえつつ、「情報提供」、「注意喚起」、「警報」のそれぞれの歩行者支援について、支援タイミングの検証結果をまとめた。

(1) 情報提供について

表 8-2-11 として、歩行者支援（情報提供）の検証結果概要を示す。

支援タイミングの主観評価結果において、「適切だった」と回答した割合は、交差点横断では 5.1 秒前、6.1 秒前で最も多く 46.7%であった。また、単路横断では 5.1 秒前、6.1 秒前で最も多く 53.8%であった。交差点横断、単路横断ともに、5.1 秒前、6.1 秒前であっても、「適切だった」と回答した割合は 50%程度にとどまっている。

また、支援タイミングが 3.7 秒前の場合を見ると、交差点横断では「少し遅かった」との評価が 53.3%と多く、単路横断でも 23.1%と一定程度回答があり、支援タイミング 3.7 秒前は遅いと推察される。

支援タイミングが 6.5 秒前の場合、交差点横断では「早すぎた」「早すぎた」との評価はそれぞれ 26.7%、単路横断でも 15.4%と一定程度回答がある。ただし、単路横断では、「少し遅かった」との評価（15.4%）もある。

上記の結果を勘案すると、多くの歩行者の安全性を重視すれば、5.1 秒前～6.5 秒前間のタイミングで支援することがより妥当な支援と想定される。

支援の効果については、支援タイミング評価と支援効果評価をつき合わせてみると、「情報提供」については、支援タイミングの早い・遅いにあまりよらず、支援（情報提供）があったことに対して、役立ったという評価がほとんどである。この結果を勘案すると、今回の実験での支援タイミングの 3 パターンでは、どのパターンに対しても、歩行者は支援（情報提供）を好意的に評価している。

表 8-2-11 歩行者支援（情報提供）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	5.1秒前～6.5秒前間のタイミングで支援することがより妥当と推察される。
支援の効果	本実験での支援タイミングの3パターンでは、どのパターンに対しても、歩行者は支援（情報提供）を好意的に評価。

(2) 注意喚起について

表 8-2-12 として、歩行者支援（注意喚起）の検証結果概要を示す。

交差点横断では、支援タイミングが 1.6 秒前、2.4 秒前、3.2 秒前について、支援タイミングの主観評価結果を見ると、「少し遅かった」「遅かった」との回答は、それぞ

れ 100.0%、60.0%、46.7%となった。この結果から、交差点横断での支援（注意喚起）のタイミングは、3.2 秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

また、単路横断では、支援タイミングが 2.4 秒前、3.2 秒前、4.0 秒前について、支援タイミングの主観評価結果を見ると、単路横断では「遅かった」との回答はなかった。しかし、「少し遅かった」との回答は、それぞれ 46.2%、15.4%、30.8%となった。

さらに、各タイミングでの「適切だった」との回答に着目すると、それぞれそれぞれ 38.5%、69.2%、46.2%となった。この結果から、単路横断での支援（注意喚起）のタイミングは、3.2 秒前の前後が適切と推察される。

支援の効果については、支援タイミング評価と支援効果評価をつき合わせてみると、「注意喚起」では、支援タイミングが「少し遅い」までであれば、早い・遅いにあまり依存せず、支援（注意喚起）があったことに対して、役立ったという評価がほとんどである。ただし、支援タイミングが「遅かった」との評価になった場合、役立たなかったとの評価が急激に高まる。

表 8-2-12 歩行者支援（注意喚起）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	交差点横断： 3.2秒前よりもっと前とする必要があると推察される。 単路横断： 3.2秒前の前後が適切ではないかと推察される。
支援の効果	支援タイミング評価が「少し遅い」までであれば、支援（注意喚起）があったことに対して、役立ったという評価がほとんど。ただし、「遅かった」との評価になった場合、役立たなかったとの評価が急激に高まる。

（ 3 ） 警報について

表 8-2-13 として、歩行者支援（警報）の検証結果概要を示す。

交差点横断では、支援タイミングが 0.8 秒前、1.4 秒前、2.0 秒前について、支援タイミングの主観評価結果を見ると、「遅かった」との回答は、それぞれ 93.3%、73.3%、46.7%となった。この結果から、交差点横断での支援（警報）のタイミングは、2.0 秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

また、単路横断では、支援タイミングが 0.8 秒前、1.4 秒前、2.0 秒前について、支援タイミングの主観評価結果を見ると、「遅かった」との回答は、それぞれ 69.2%、46.2%、30.8%となった。この結果から、交差点横断での支援（警報）のタイミングは、2.0 秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

支援の効果については、支援タイミング評価と支援効果評価をつき合わせてみると、「警報」では、支援タイミングが「適切だった」までであれば、たとえ早くても支援（警報）があったことに対して、役立ったという評価がほとんどである。ただし、支

援タイミングが「少し遅かった」となった途端に、急激に役立たなかったとの評価が高まる。

さらに、実験参加者の危険回避を行うまでの実験参加者の反応時間に着目すると、交差点横断では、90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は、2.7秒となるため、仮に9割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも2.7秒前に行う必要があると推察される。

単路横断では、90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は、3.3秒となるため、仮に9割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも3.3秒前に行う必要があると推察される。

表 8-2-13 歩行者支援（警報）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	2.0秒前よりもっと前であることが必要と推察される。
実験参加者の反応時間	交差点横断： 90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は2.7秒。支援（警報）を少なくとも2.7秒前に行う必要があると推察される。 単路横断： 90%以上の実験参加者の反応時間より大きくなる時間は3.3秒。支援（警報）を少なくとも3.3秒前に行う必要があると推察される。
支援の効果	支援タイミング評価が「適切だった」までであれば、例え早くても支援（警報）があったことに対して、役立ったという評価がほとんど。ただし、「少し遅かった」となった途端に、急激に役立たなかったとの評価が高まる。

8.3 車車支援

8.3.1 実験概要

実験は、車車間通信により事故削減効果が見込まれる6場面のうち、図8-3-1に示す2場面を対象に、衛星測位による位置誤差がない（位置誤差が10cm程度と同等）環境を想定し、実験参加者による実験を通じて運転支援情報の有効性の検証を目的とした。

実験にあたっては、テストコースにおいて、製作した実験車両2台（支援対象車両、情報対象車両）を使用し、支援対象車両を運転する実験参加者による主観的評価とともに、700MHz帯車載無線機、GPS受信機、及び車両等から得られるデータによる客観的評価を取得した。



場面1：出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する

場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する

図8-3-1 実施場面

8.3.2 現地調査

テストコースでの実証実験実施にあたり、安全に十分配慮し、且つ円滑に実験を進めることを目的として、自動車の走行ルートや速度、進行方向、タイミング確認、試験要員や安全確認要員の配置場所等の確認、並びに機器等動作確認試験を実施するための現地調査を実施した。

(1) 調査日時

平成27年12月4日（金）

(2) 調査場所

JARI 模擬市街路（茨城県つくば市苅間 2530）

(3) 調査実施体制

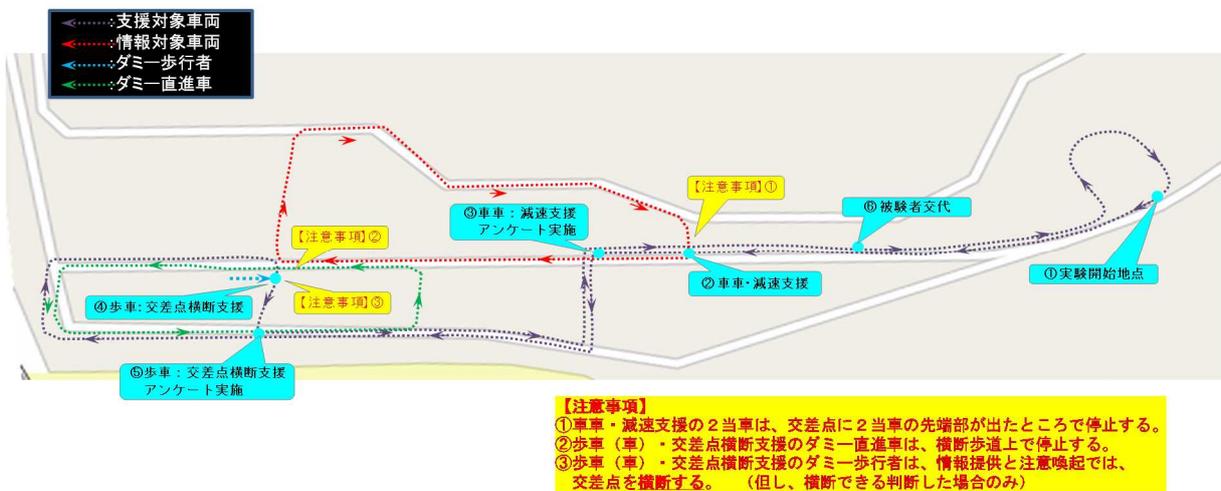
独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施3者で分担した体制を整えて実施した。

(4) 調査内容

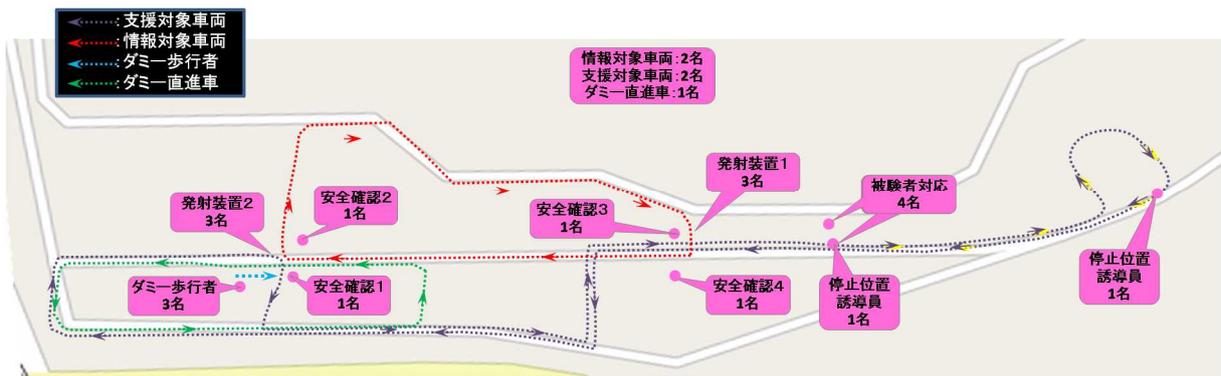
- a. 実験場所の確認
- b. 地図作成用位置情報取得
- c. 実証実験用ダミー車両の設置場所の確認
- d. 高精度GPSの精度検証

(5) 調査結果

調査の結果、図8-3-2から8-3-3に示すとおり自動車の走行ルートや歩行者の動線、並びに調査員配置位置を決定した。調査時の様子を、図8-3-4に示す。



(支援対象車両、情報対象車両の動線と支援場面)



(調査員配置位置)

図 8-3-2 自動車の走行ルートと該当道路基本情報

(場面 1 出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供)

*注：図面については、一般利用可能な図面を使用した。但し、JARI 施設内のため、交差道路、交差点等が描写されていない箇所が含まれる。以降の図面も同様。



(支援対象車両、情報対象車両の動線と支援場面)



(調査員配置位置)

図 8-3-3 自動車の走行ルートと交差点基本情報
 (場面 3 右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供)



(コースの幅員調査)



(コース配置位置検討)



(実験用ダミー車両の配置)



(測位の確認)



(場面1実施場所の確認)



(場面3実施場所の確認)

図 8-3-4 調査時の様子

8.3.3 実験方法

(1) 日程、場所、体制

現地調査の結果に基づき、実験計画書を作成し、実証実験を実施した。

実験日時

最終事前確認：平成 28 年 1 月 29 日（金）～平成 28 年 1 月 30 日（土）

実験実施日：平成 28 年 1 月 31 日（日）～平成 28 年 2 月 9 日（火）の
延べ 10 日間

実験場所

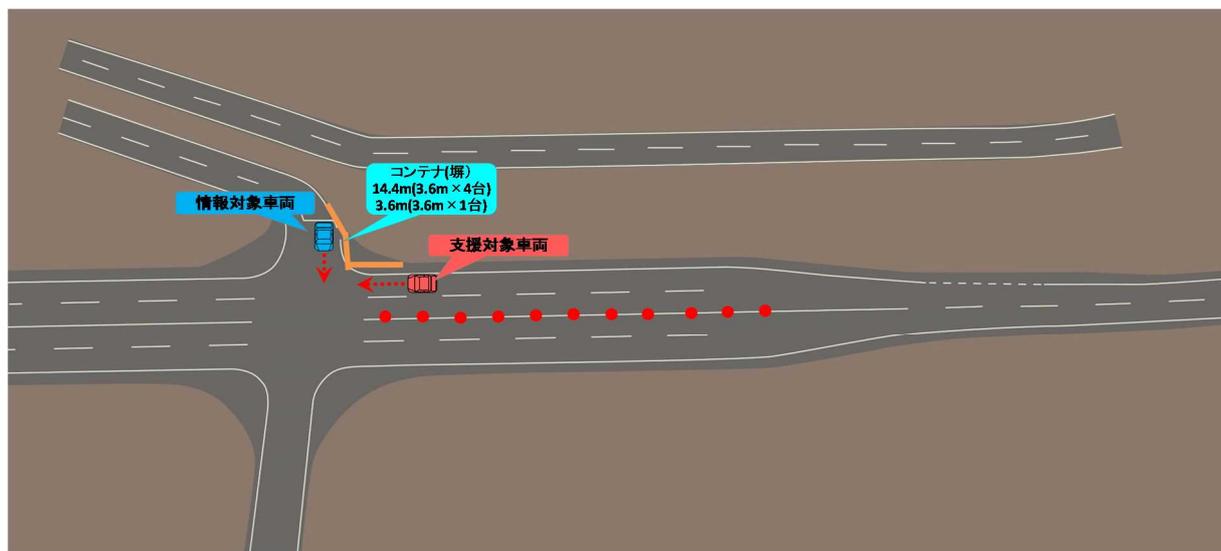
J A R I 模擬市街路（茨城県つくば市苅間 2530）

実験実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施 3 者で連携し、体制を整えて実施した。

(2) 実験場面とその手順

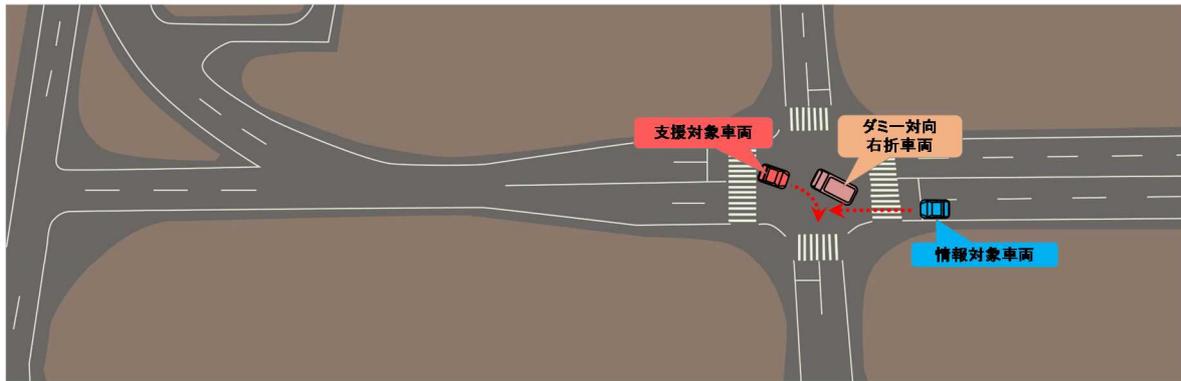
場面 1（出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供）の実験場면을図 8-3-5 に、場面 3（右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供）の実験場면을図 8-3-6 に、その様子を図 8-3-7 に示す。



支援対象車両：ドライバーは実験参加者で車速は50km/hで交差点直進走行
情報対象車両：ドライバーはプロドライバーで車速は50km/hで交差点進入直前で停止
「警報」実施時には、実証実験用ダミー車両が飛び出す

- ・道路幅員：3.5m
- ・支援対象車両が走行する道路は、パイロンにて模擬2車線道路とした。
- ・交差点にはコンテナを配置し、見通しが効かない交差点とした。

図 8-3-5 場面 1（出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供）
の実験場面



支援対象車両：ドライバーは被験者で車速は被験者自身のタイミングで交差点右折走行
 情報対象車両：ドライバーはプロドライバーで車速50km/hで交差点進入直前で停止
 「警報」実施時には、実証実験用ダミー車両が飛び出す

- ・道路幅員：3.5m
- ・ダミー対向右折車両(実車)は、実験参加者に負荷を与えるべく、支援対象車両の前方より向かってくるものとした。

図 8-3-6 場面 3 (右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供) の実験場面



(場面1の様子)



(場面1の様子)



(場面1の様子：ダミー車両)



(場面3の様子)



(場面3の様子)



(場面3の様子)

図 8-3-7 実験の様子

(3) 実験条件等

HMI

製作した支援対象車両に搭載された自動車用簡易HMI装置より、乗車する実験参加者に提示されるHMIを表8-3-1に示す。

表 8-3-1 提示されるHMI

情報種別	場面	表示画面	音声メッセージ
情報提供	場面1		(警告音) 「車が接近しています。」
	場面3		(警告音) 「直進車が接近しています。」
注意喚起	場面1		(警告音) 「右から車が来ます。ご注意ください。」
	場面3		(警告音) 「直進車が来ます。ご注意ください。」
警報	場面1		(警告音：早い) 「危険です。減速して下さい。」
	場面3		(警告音：早い) 「危険です。右折しないでください。」

情報を提供する作動タイミング

情報を提供する作動タイミングは、ドライビングシミュレータ実験によって得られた評価を基に、国土交通省と各実施事業車間による調整の結果、表 8-3-2 に示す 3 条件で実施することとし、実験参加者に提供する順番も各場面ともに表に示す順番で実施することを基本とした。

表 8-3-2 情報を提供する作動タイミング

情報種別	パターン	作動タイミング (TTI)	
		場面 1 (出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供)	場面 3 (右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供)
情報提供	A	3.7sec	3.7sec
	B	5.1sec	5.1sec
	C	6.5sec	6.5sec
注意喚起	A	2.4sec	1.6sec
	B	3.2sec	2.4sec
	C	4.0sec	3.2sec
警報	A	0.8sec	0.8sec
	B	1.4sec	1.4sec
	C	2.0sec	2.0sec

車両速度

今回の実験では、実験参加者が支援対象車両を運転するにあたっては、単路横断場面においては、50km/h での走行を教示した。この速度は、国土交通省自動車局技術政策課が策定した『通信利用型運転支援システムのガイドライン (平成 23 年 3 月)』に規定されている単路における適用上限速度の“規制 + 10(km/h)”より、片側 1 車線で制限速度 40km/h の道路を想定して設定した。なお、安全確保の観点から、情報対象車両には特に安全に十分配慮した運転ができるプロドライバーに運転を依頼し、実証実験用ダミー車両も衝突予想ポイントの手前位置で停止させるものとした。

(4) 計測項目

主観的評価として、実験参加者に対し各場面における「情報提供」「注意喚起」「警報」を体験させた直後に一旦停止させ、同乗試験要員によるヒアリング形式で 2 つのアンケートを行った。1 つはその運転支援のタイミングは適していたかを 5 段階評価、もう 1 つはその運転支援は必要であったかを 5 段階評価した。図 8-3-8 に実施したアンケート内容を示す。

評価1 作動タイミングは自分の運転操作とどうか？

-2 遅い	-1 少し遅い	0 ちょうど良い	1 少し早い	2 早い

評価2 運転支援は必要か？意味があったか？

-2 不必要 意味が無い	-1 少し不必要 少し意味が無い	0 どちらとも言えない	1 少し必要 少し意味がある	2 必要 意味がある

図 8-3-8 実施したアンケート内容

また、700MHz 帯車載無線機、GPS 受信機、及び車両等から得られる通信時の送受信情報、位置情報、車両挙動、運転挙動等のデータを 1/100 秒単位で取得した。

(5) 実験参加者への教示等

実車両に乗車して評価を行うため、実験実施に先立ち、『独立行政法人交通安全環境研究所における人間を対象とする実験に関する倫理規程（平成 23 年 8 月 1 日研究所規程第 15 号）』に基づき、実験参加者に対して集合時に 1 名ずつ実験内容について説明を行い、実験参加への理解を十分に得た上で同意の意思を確認し、実験参加者からインフォームドコンセントを得た。

また、計測走行に先立ち、実施場面の周知や車両に慣れるためにコース周回による習熟走行を、実験参加者が納得するまで実施した。（図 8-3-9）



図 8-3-9 実験参加者への教示

(6) 実験参加者

実験者参加者は、20歳代1名、30歳代6名、40歳代3名、50歳代1名の計11名の実験参加者を募集し、協力を得て実験を行った。なお、このうち4名は実験関係者を含む。11名に行った事前アンケートの結果を表8-3-3に示す。

表 8-3-3 実験参加者に対する事前アンケート結果

実験参加者	性別	年齢層	普段の運転頻度	カーナビ利用 経験
1	男性	30歳代	月に1,2日	ときどき
2	男性	40歳代	ほとんど運転しない	利用しない
3	男性	40歳代	週に3,4日	ときどき
4	男性	40歳代	ほぼ毎日	ときどき
5	女性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
6	女性	30歳代	週に3,4日	ときどき
7	男性	50歳代	ほぼ毎日	ときどき
8	男性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
9	女性	30歳代	ほぼ毎日	ほぼいつも
10	男性	30歳代	ほぼ毎日	ときどき
11	男性	20歳代	週に1,2日	ほぼいつも

なお、実験実施にあたり、決められた速度とタイミングで正確な情報対象車両の走行に資するため、実験関係者として別途プロドライバーを1名手配した。

8.3.4 実験結果と考察

本実験では、車車間通信技術を活用して、試験法、評価法にて定めるドライバ支援を複数の被験者に対して実施し、各支援に対する主観的な評価（アンケート調査）を行った。

具体的には、11名の実験参加者に対して、2つの支援対象場面（場面1：出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供、場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供）ごとに、情報提供、注意喚起、警報について、条件設定した3通りの支援タイミングでドライバ支援を行い、各支援実施後に主観的な評価（アンケート調査）に回答してもらった。

(1) 情報提供

場面1：出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図8-3-10から図8-3-12は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図8-3-13から図8-3-15は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図8-3-16は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

TTI = 3.7[s]の場合、他の提供タイミングに比べタイミング評価は「遅い」方向に評価する者が多く、タイミング評価の平均値は僅かではあるが TTI = 5.1[s]では「遅い」、TTI = 6.5[s]では「早い」を示した。必要性評価では、TTI = 6.5[s]では「不必要」とする者はいない。

これらの傾向から、支援対象車両に「情報提供」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 5.1[s]から TTI = 6.5[s]のあたりが適切とみられる。

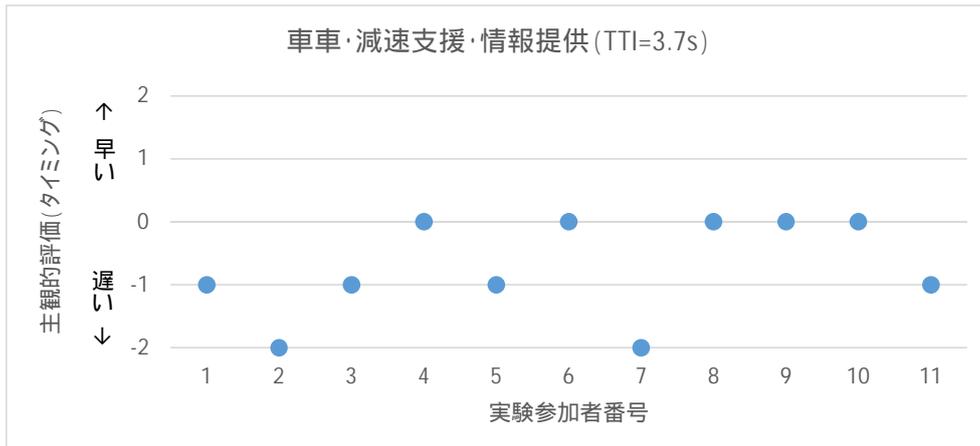


図 8-3-10 TTI=3.7[s]のタイミングに対する主観的評価

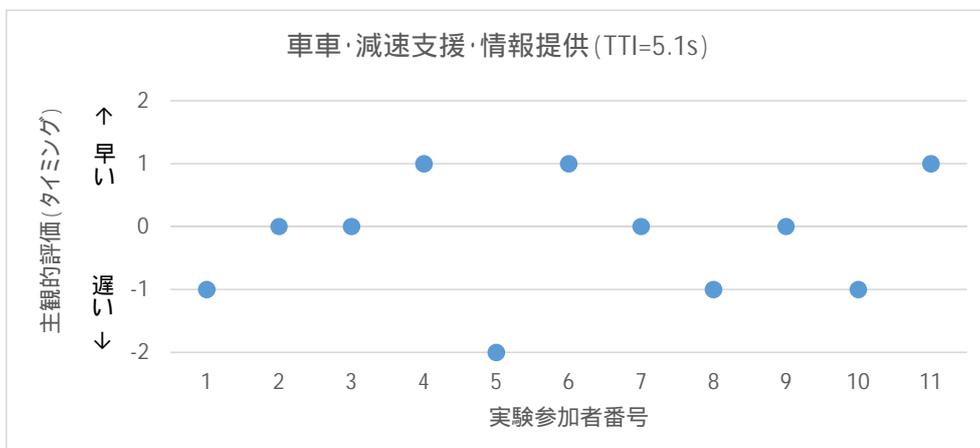


図 8-3-11 TTI=5.1[s]のタイミングに対する主観的評価

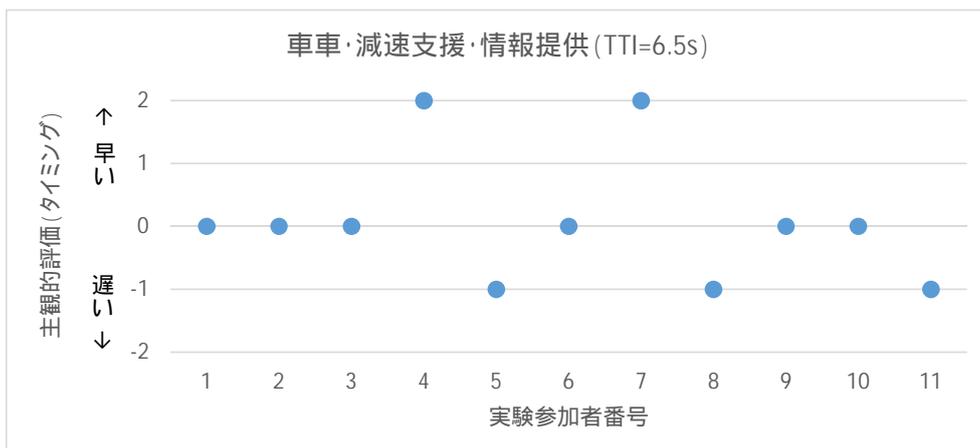


図 8-3-12 TTI=6.5[s]のタイミングに対する主観的評価

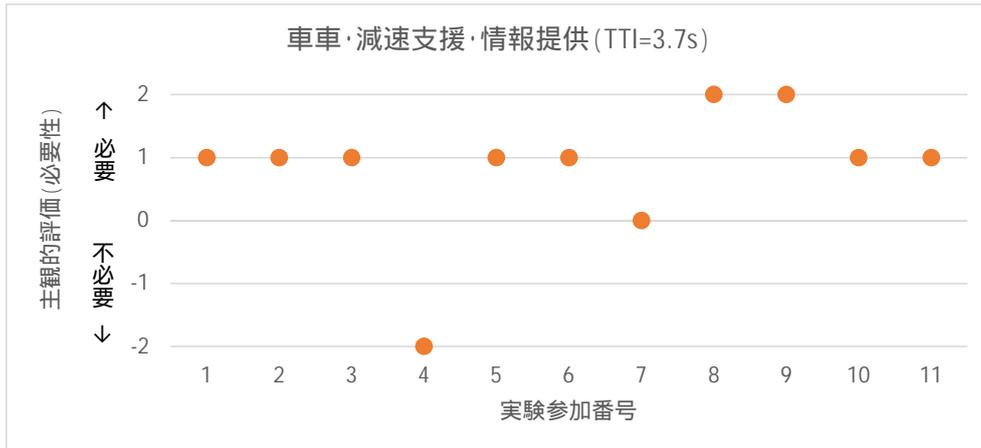


図 8-3-13 TTI=3.7[s]の必要性に対する主観的評価

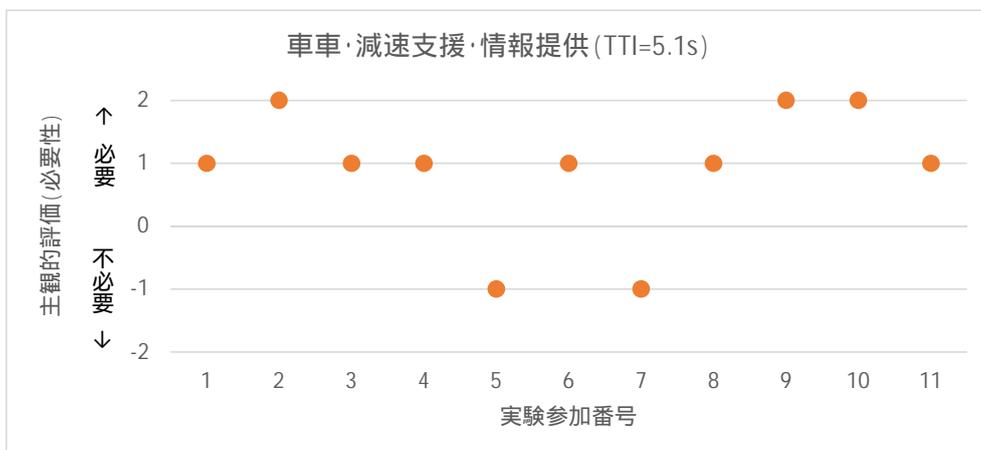


図 8-3-14 TTI=5.1[s]の必要性に対する主観的評価

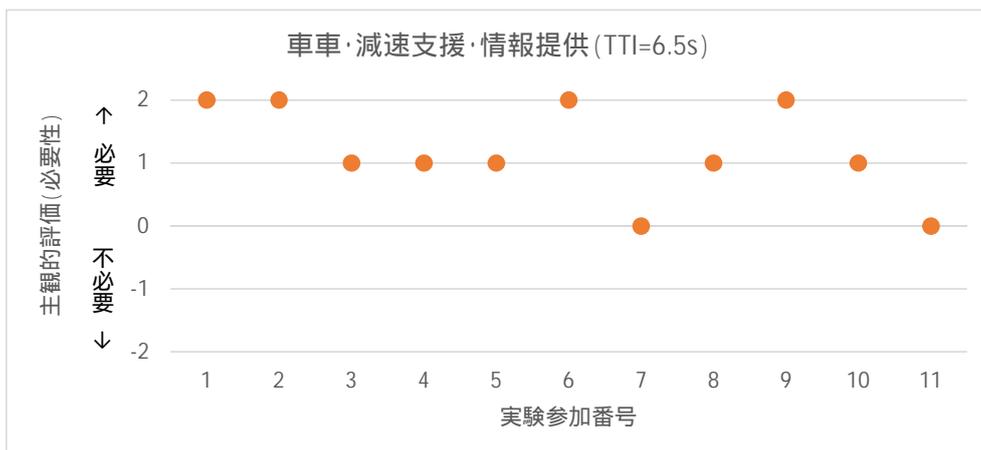


図 8-3-15 TTI=6.5[s]の必要性に対する主観的評価

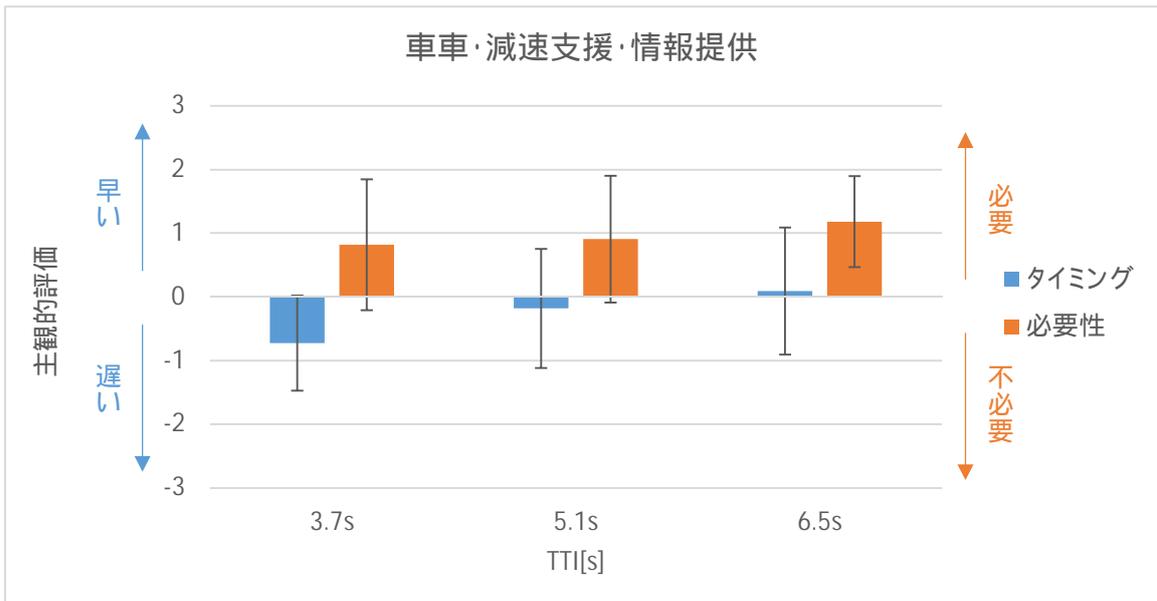


図 8-3-16 タイミングと必要性の平均値

場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図 8-3-17 から図 8-3-19 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-3-20 から図 8-3-22 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-3-23 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 3.7[s]は僅かであるが「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付き、TTI = 6.5[s]では僅かであるが「早い」を示した。TTI = 5.1[s]では 0 (ちょうどよい)と評価する者が最も多い。必要性評価の平均値では、いずれの提供タイミングともほぼ同程度「必要」を示している。

これらの傾向から、支援対象車両に「情報提供」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 5.1[s]あたりが適切とみられる。

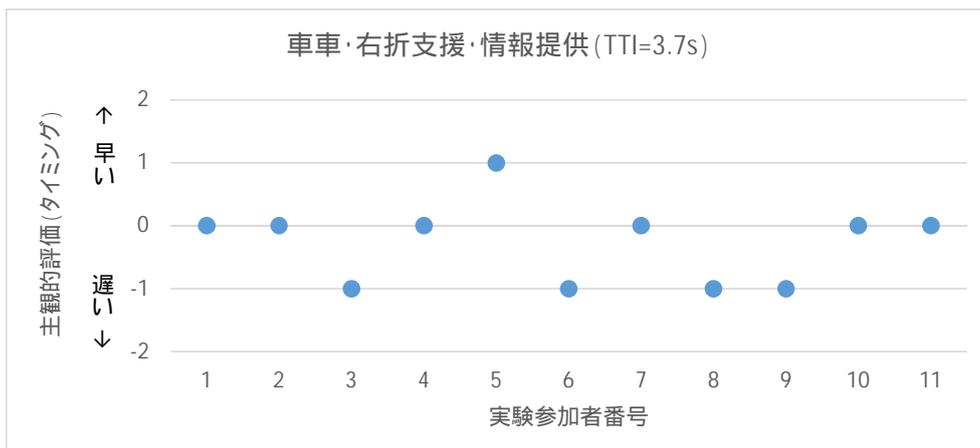


図 8-3-17 TTI=3.7[s]のタイミングに対する主観的評価

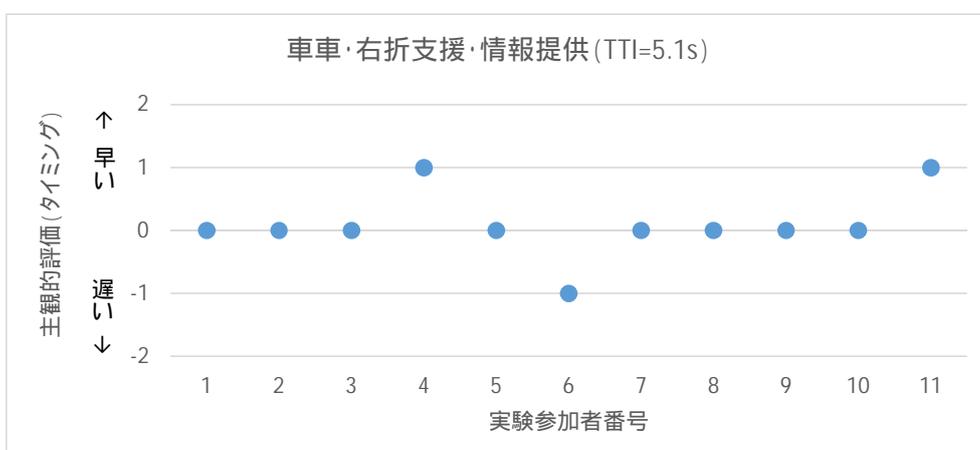


図 8-3-18 TTI=5.1[s]のタイミングに対する主観的評価

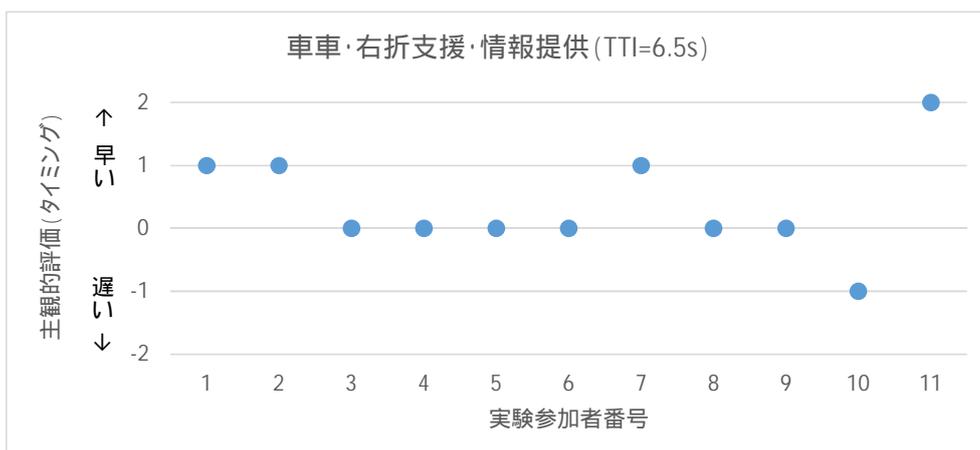


図 8-3-19 TTI=6.5[s]のタイミングに対する主観的評価

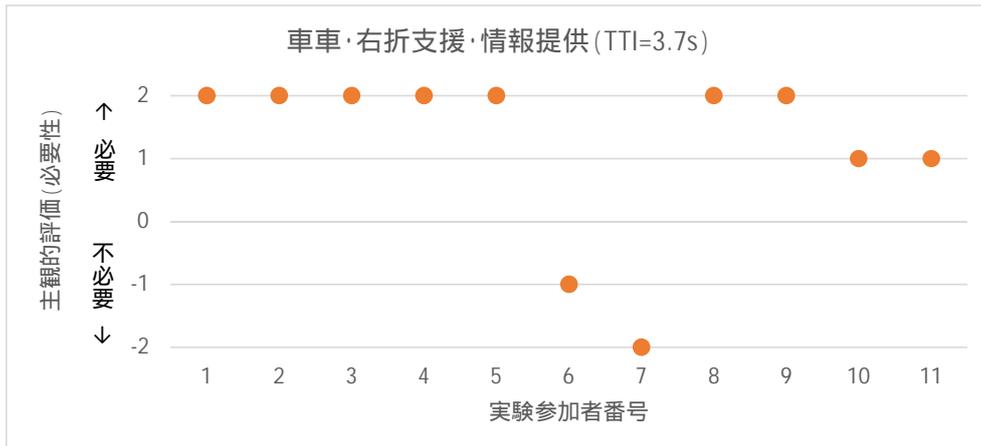


図 8-3-20 TTI=3.7[s]の必要性に対する主観的評価

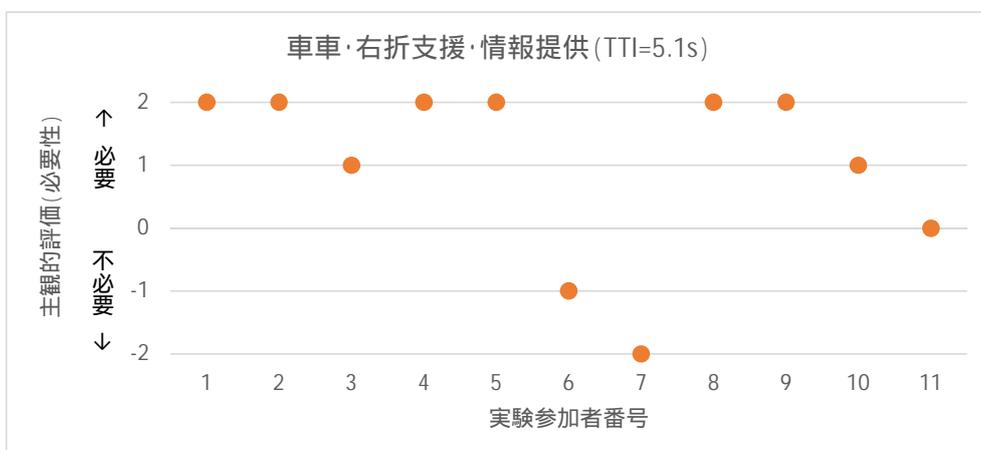


図 8-3-21 TTI=5.1[s]の必要性に対する主観的評価

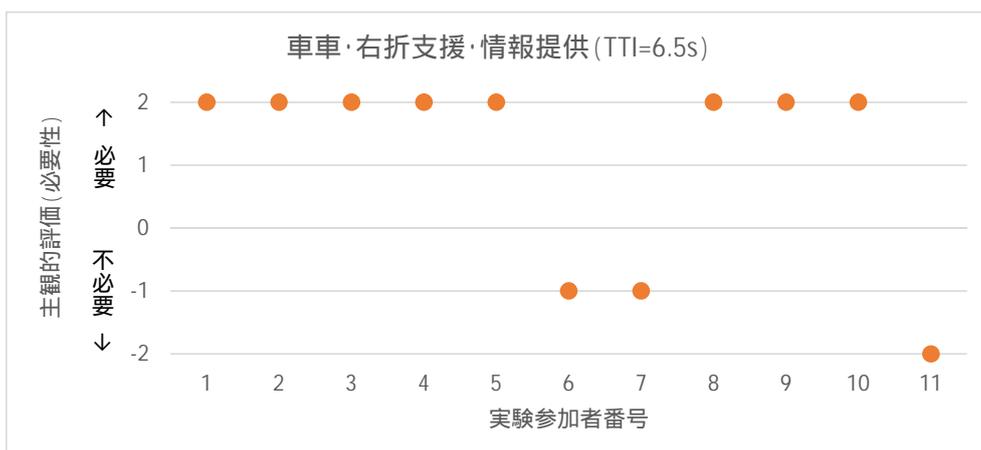


図 8-3-22 TTI=6.5[s]の必要性に対する主観的評価

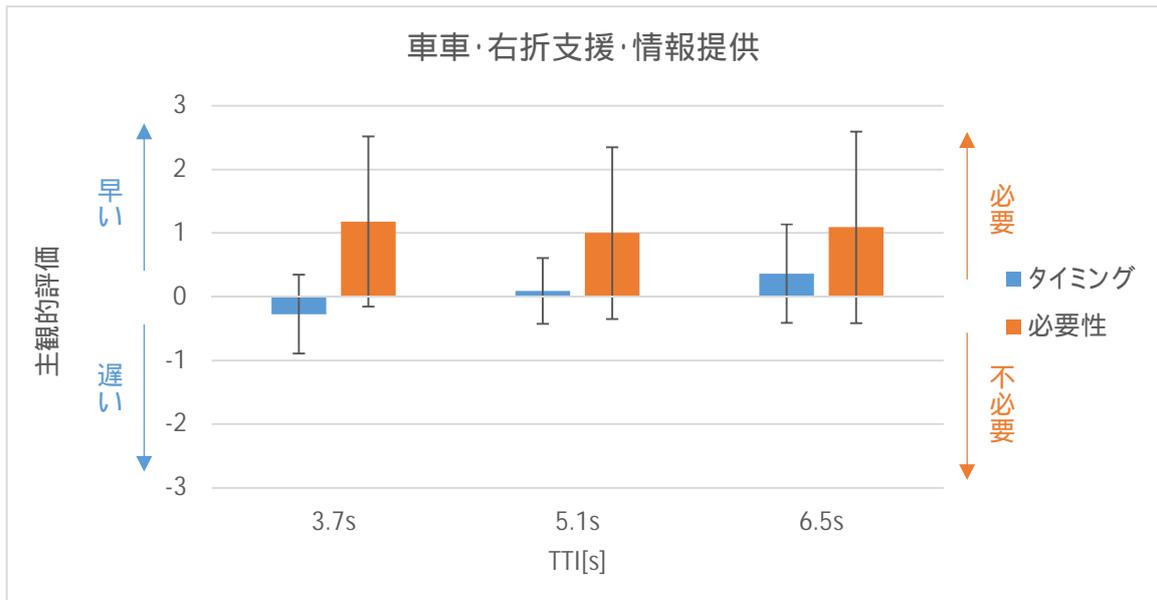


図 8-3-23 タイミングと必要性の平均値

(2) 注意喚起

場面 1：出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図 8-3-24 から図 8-3-26 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-3-27 から図 8-3-29 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-3-30 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 2.4[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付き、TTI = 4.0[s]では僅かであるが「早い」を示した。必要性評価の平均値では、TTI = 4.0[s]は他に比べ最も「必要」を示し、提供タイミングが小さくなるほどその値は低くなった。

これらの傾向から、支援対象車両に「注意喚起」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 3.2[s]から TTI = 4.0[s]の範囲に適切値があるとみられる。

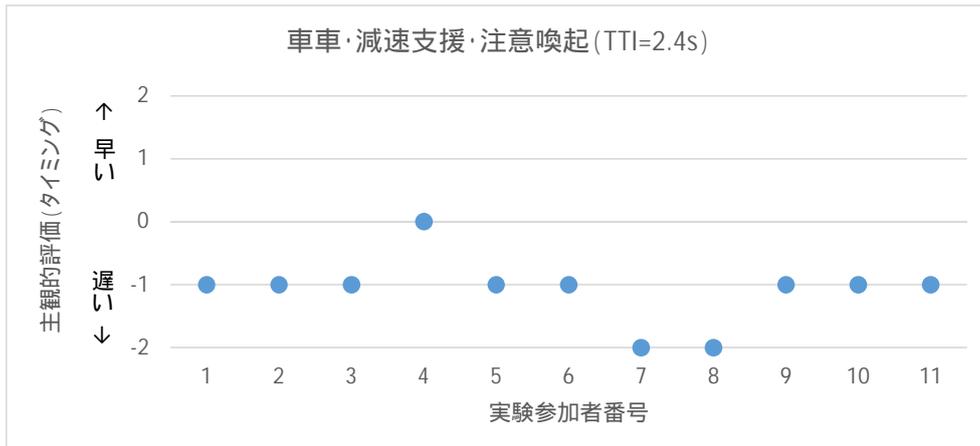


図 8-3-24 TTI=2.4[s]のタイミングに対する主観的評価

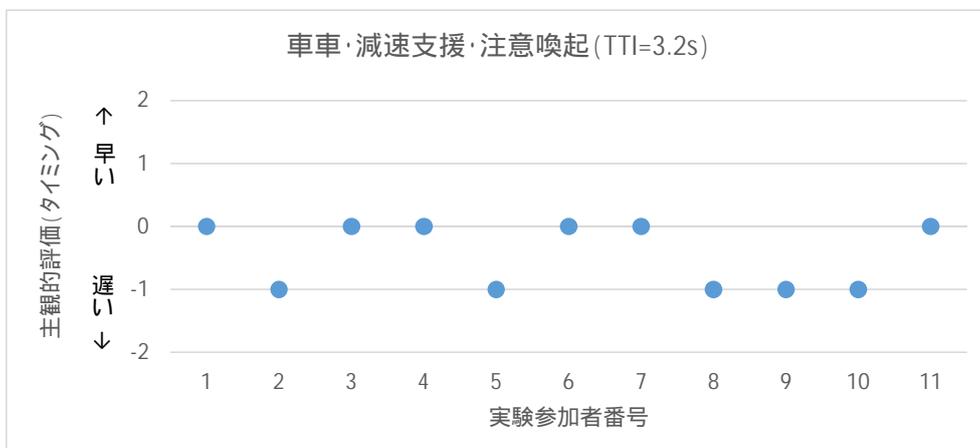


図 8-3-25 TTI=3.2[s]のタイミングに対する主観的評価

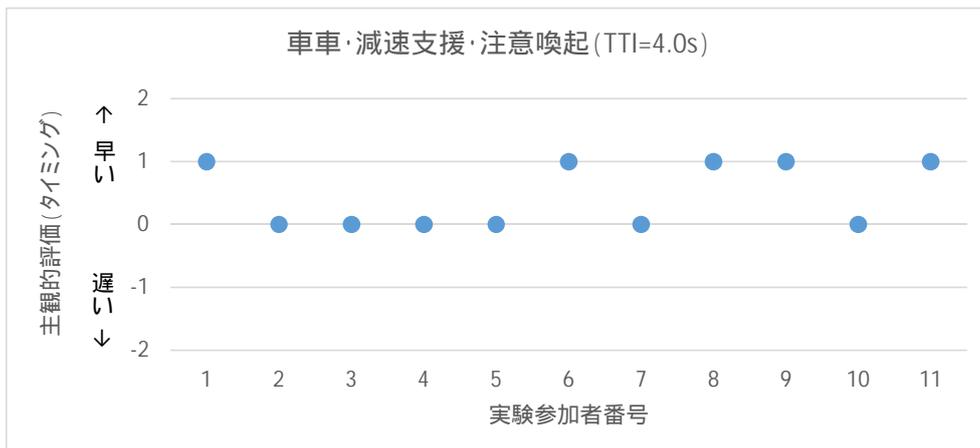


図 8-3-26 TTI=4.0[s]のタイミングに対する主観的評価

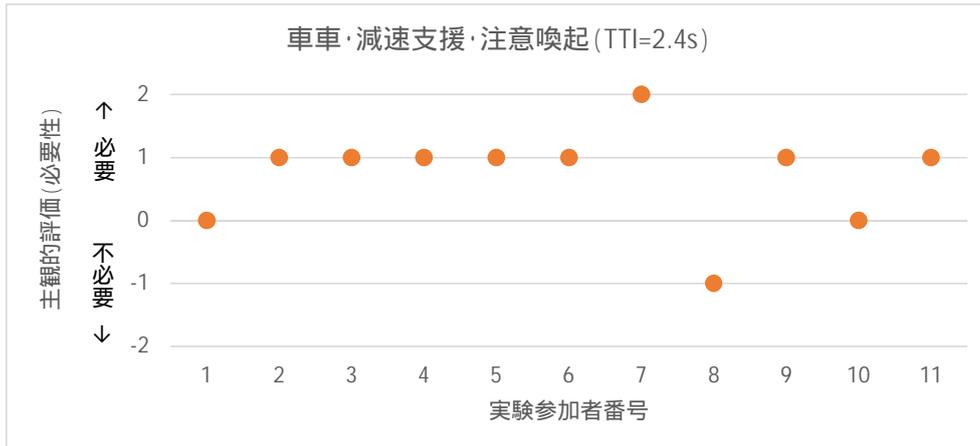


図 8-3-27 TTI=2.4[s]の必要性に対する主観的評価

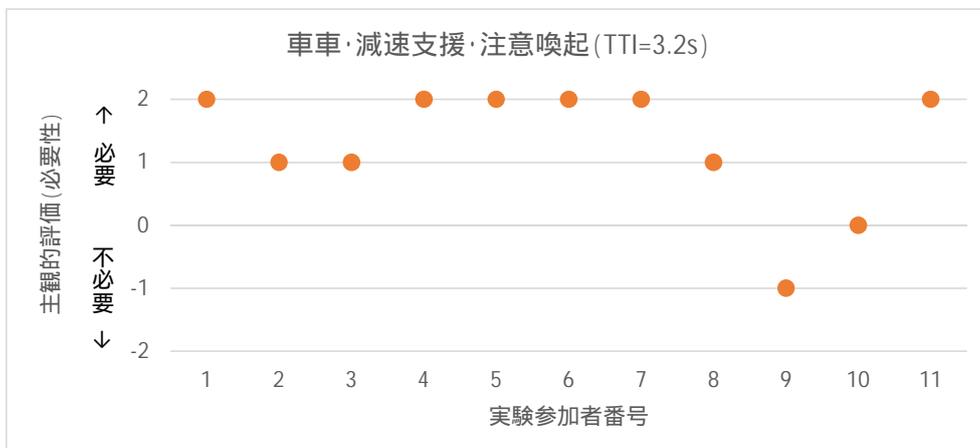


図 8-3-28 TTI=3.2[s]の必要性に対する主観的評価

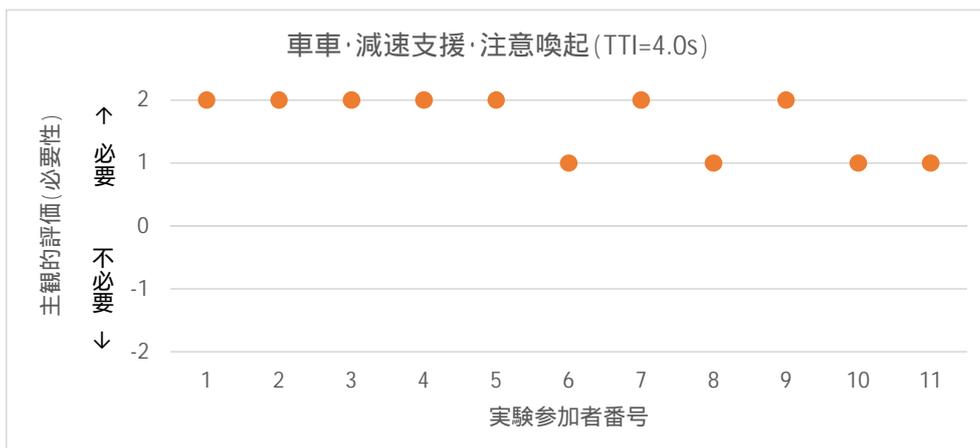


図 8-3-29 TTI=4.0[s]の必要性に対する主観的評価

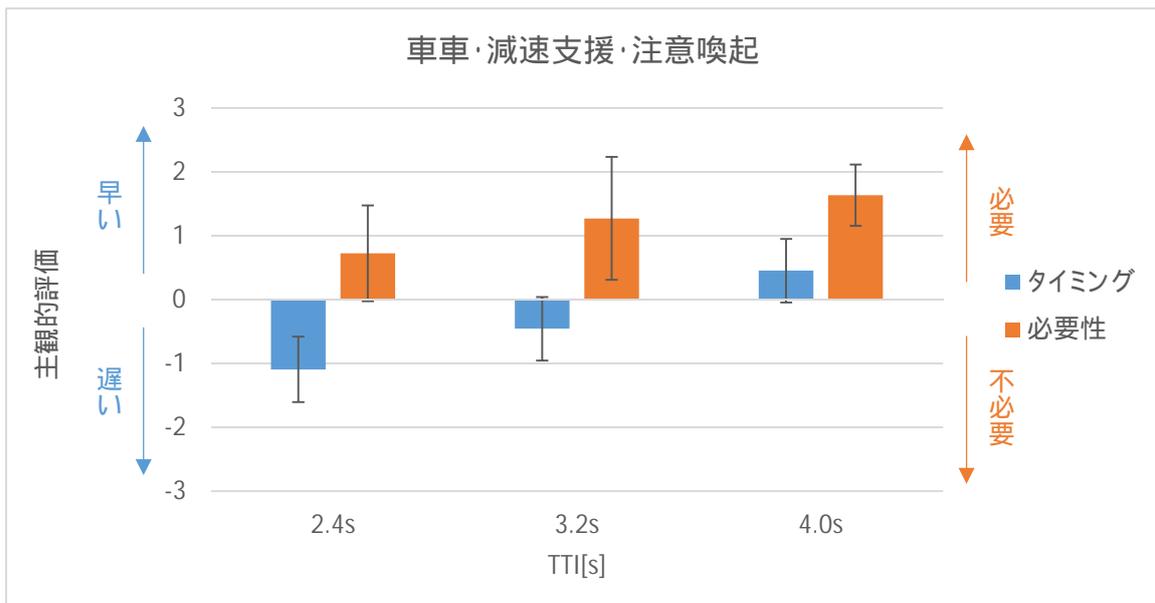


図 8-3-30 タイミングと必要性の平均値

場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図 8-3-31 から図 8-3-33 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-3-34 から図 8-3-36 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-3-37 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 1.6[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近づくものの、TTI = 3.2[s]でも平均値では「遅い」を示した。必要性評価の平均値は、TTI = 1.6[s]では「不必要」を示すものの、提供タイミングが大きくなるほど「必要」を示し、TTI = 3.2[s]では「必要」とする者が最も多い。

これらの傾向から、支援対象車両に「注意喚起」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 3.2[s]あたりが適切とみられる。

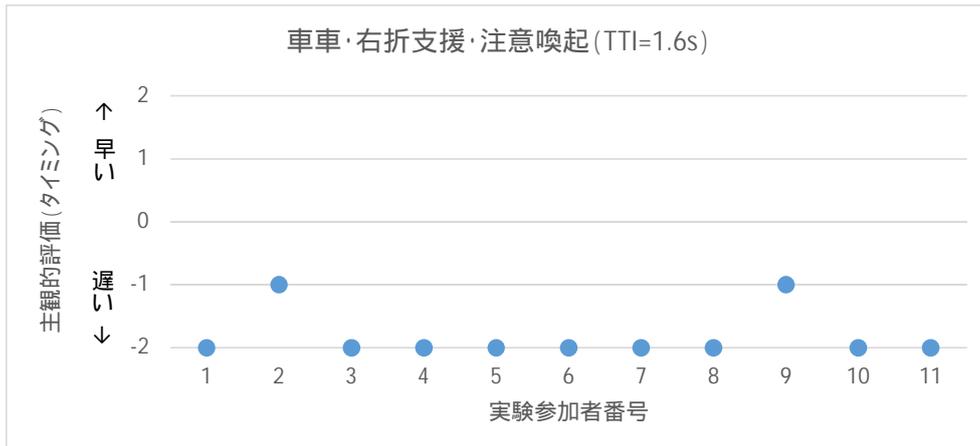


図 8-3-31 TTI=1.6[s]のタイミングに対する主観的評価

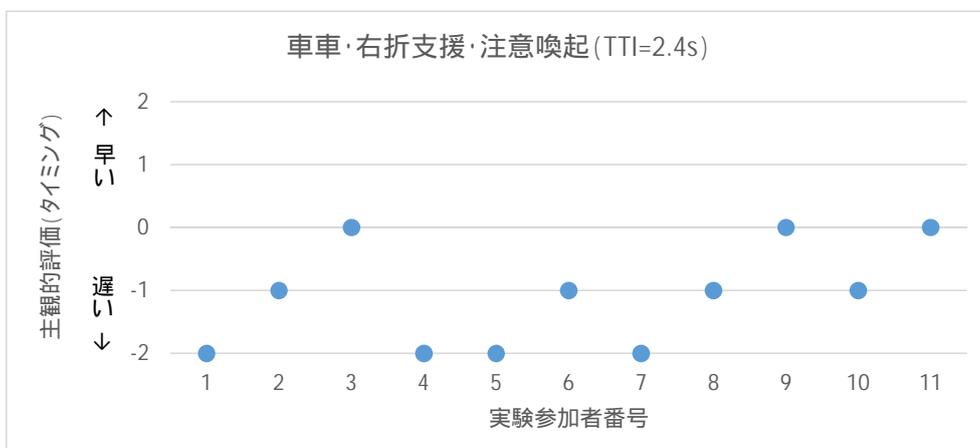


図 8-3-32 TTI=2.7[s]のタイミングに対する主観的評価

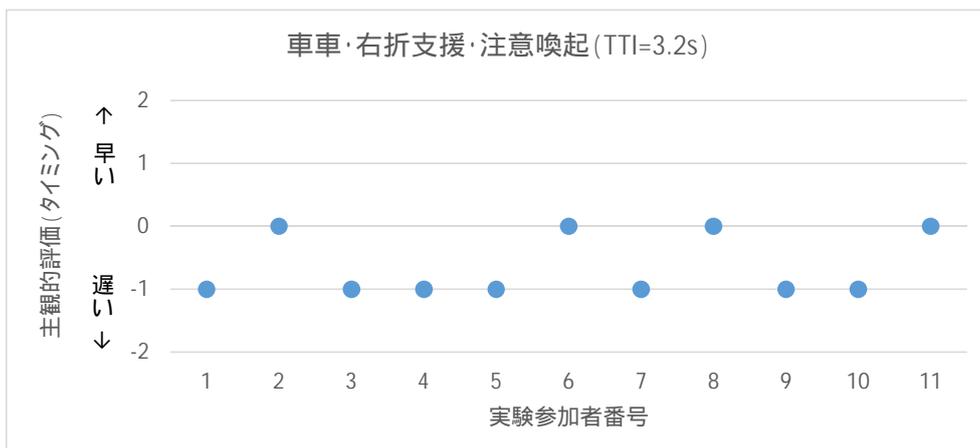


図 8-3-33 TTI=3.2[s]のタイミングに対する主観的評価

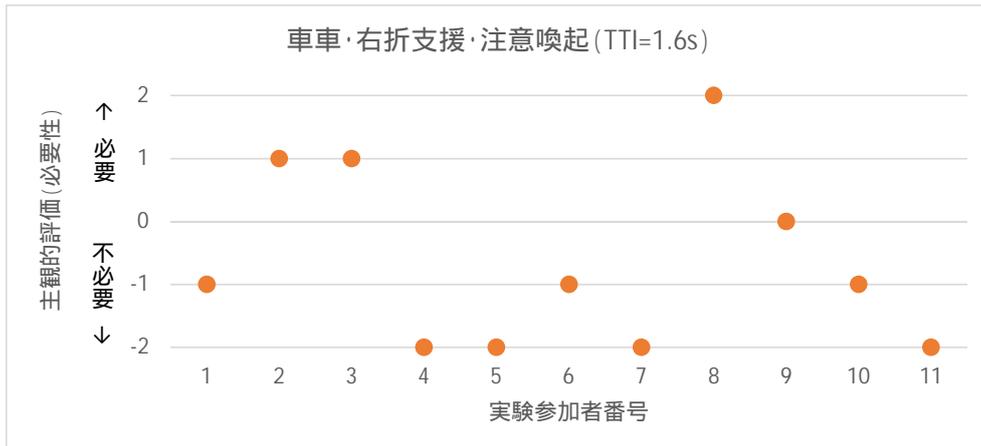


図 8-3-34 TTI=1.6[s]の必要性に対する主観的評価

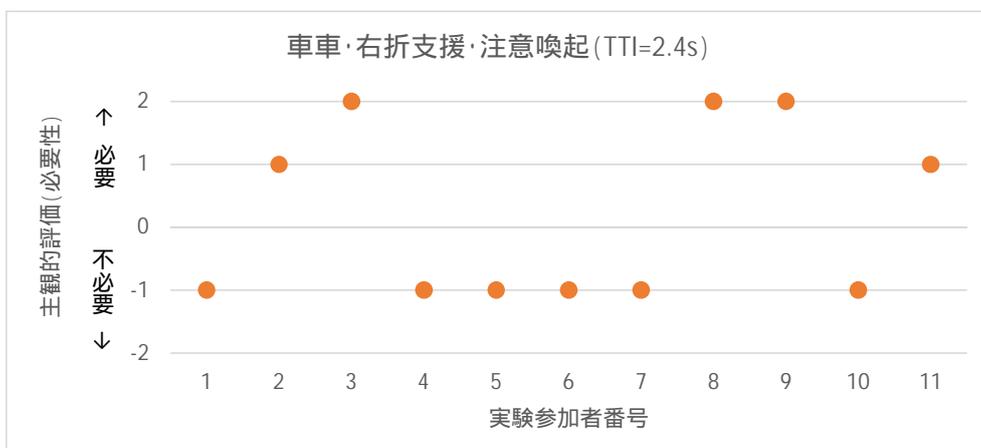


図 8-3-35 TTI=2.4[s]の必要性に対する主観的評価

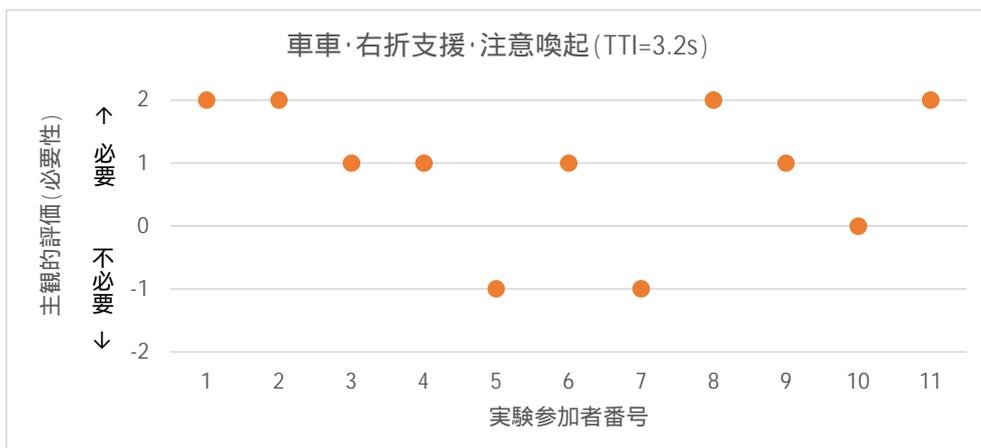


図 8-3-36 TTI=3.2[s]の必要性に対する主観的評価

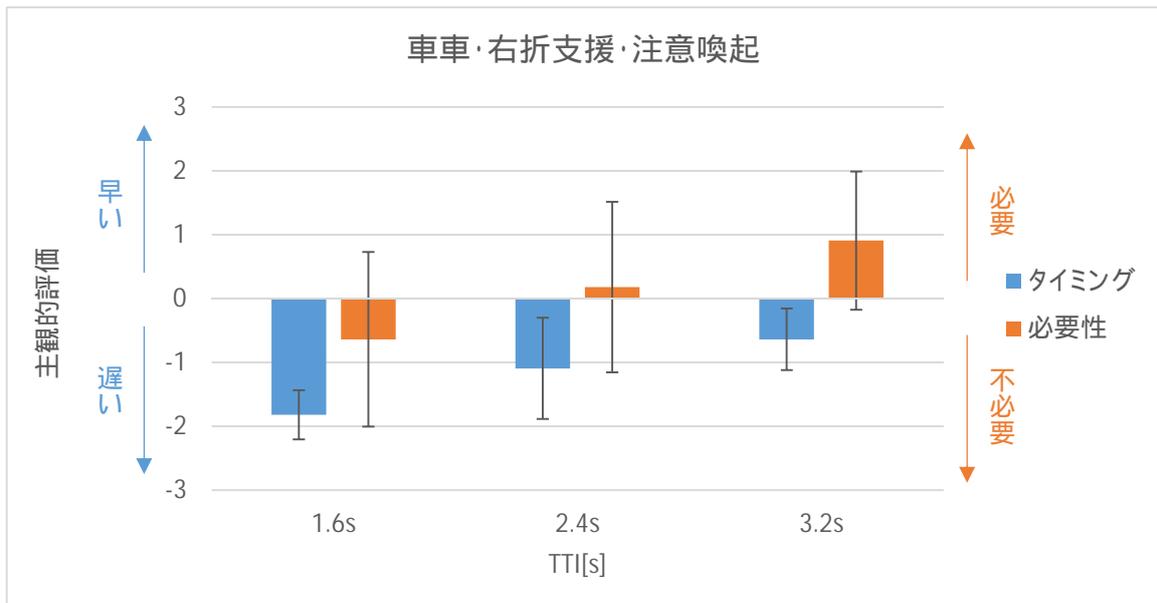


図 8-3-37 タイミングと必要性の平均値

(3) 警報

場面 1 : 出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図 8-3-38 から図 8-3-40 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-3-41 から図 8-3-43 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-3-44 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 0.8[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付いている。必要性評価の平均値では、TTI = 0.8[s]は「不必要」を示し、TTI = 2.0[s]では「必要」と提供タイミングが大きくなるほど「必要」を示した。

図 8-3-45 は、「警報」を通知してから減速開始までの時間（反応時間）と減速開始時の衝突予想時間（TTI）の関係について全実験参加者の結果をプロットしたものである。また、図 8-3-46 から図 8-3-48 は全実験参加者の反応時間のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものであり、図 8-3-49 から図 8-3-51 は全実験参加者の TTI のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものである。

反応時間は、いずれの提供タイミングともに 0.8[s]以上から 1.2[s]以下の発生頻度が多い。減速開始時の TTI は、TTI = 0.8[s] では 0.6[s]以内、TTI = 1.4[s]では 1.0[s]以内、TTI = 2.0[s]では 1.4[s]まで分布しており、提供タイミングが大きくなるほど時間的余裕も大きい。

これらの傾向から、支援対象車両に「警報」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 2.0[s]あたりが適切とみられる。

図 8-3-52、図 8-3-53 に、TTI = 2.0[s]時にタイミングを「ちょうどよい」、必要性を「必要」と回答した実験者参加者の運転挙動を一例として示す。

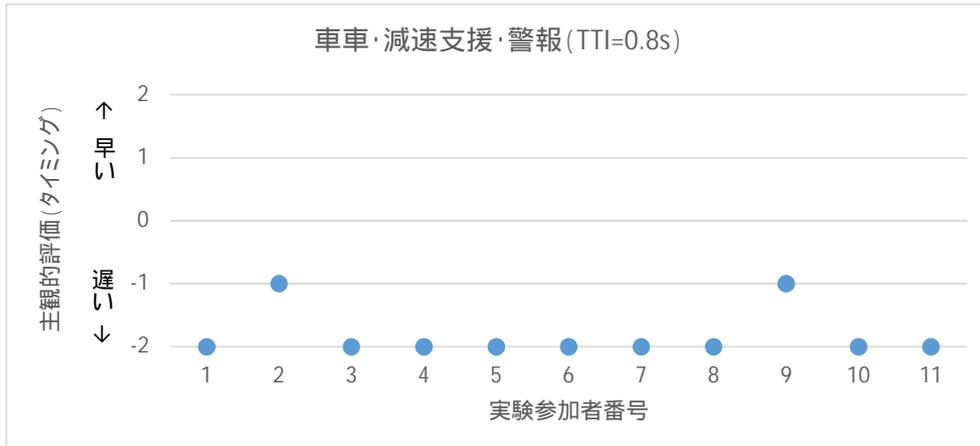


図 8-3-38 TTI=0.8[s]のタイミングに対する主観的評価

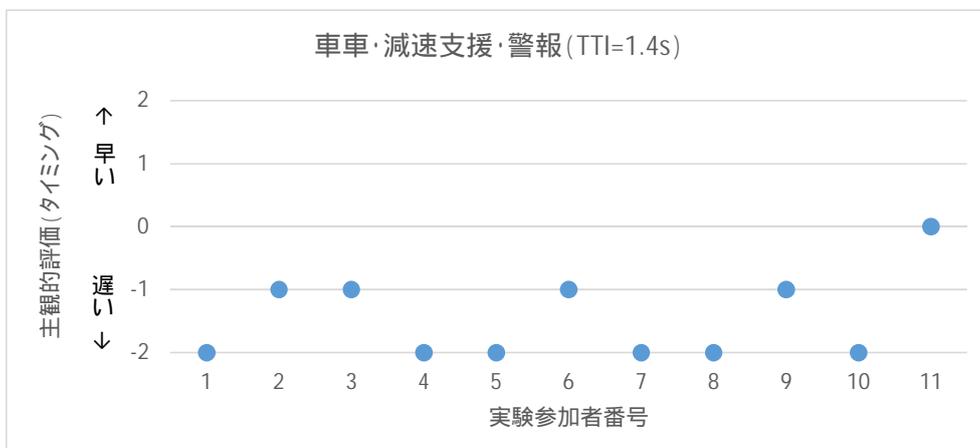


図 8-3-39 TTI=1.4[s]のタイミングに対する主観的評価

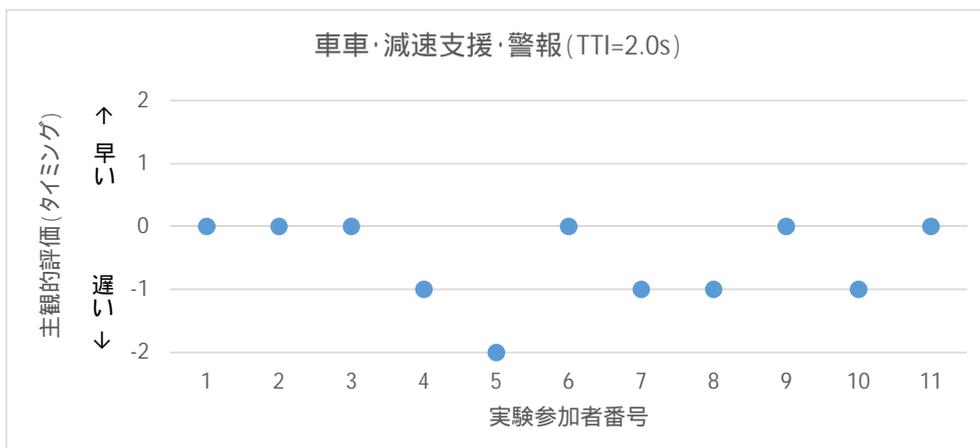


図 8-3-40 TTI=2.0[s]のタイミングに対する主観的評価

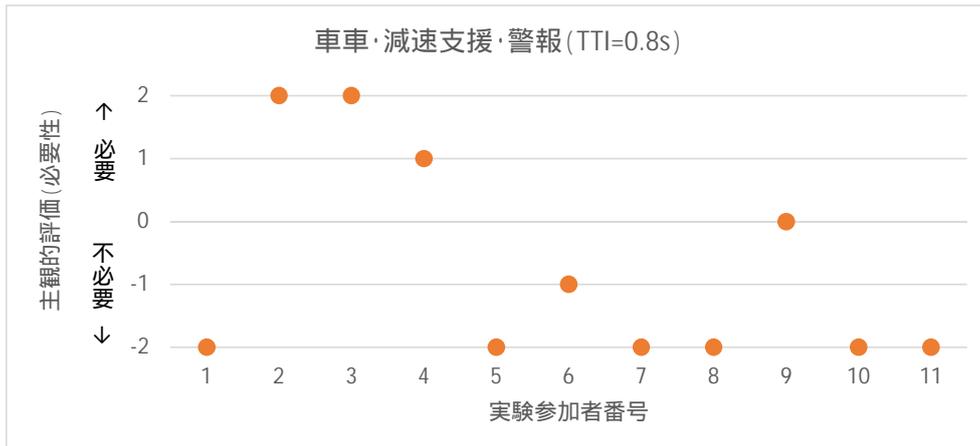


図 8-3-41 TTI=0.8[s]の必要性に対する主観的評価

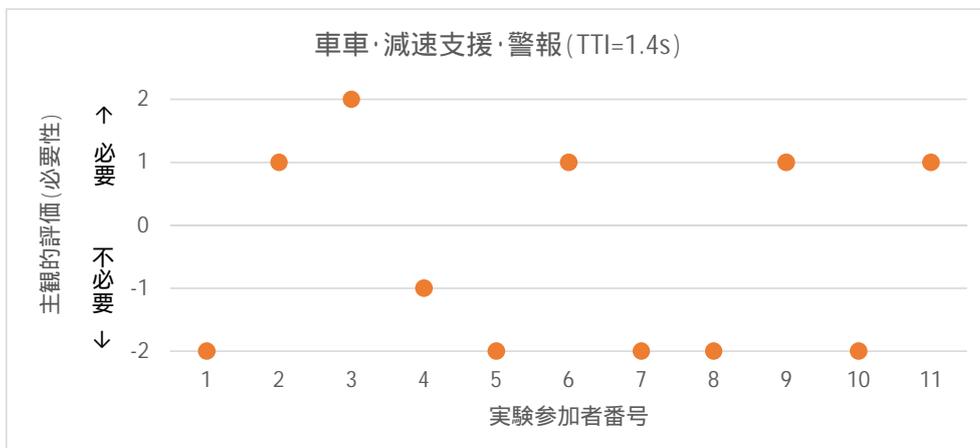


図 8-3-42 TTI=1.4[s]の必要性に対する主観的評価

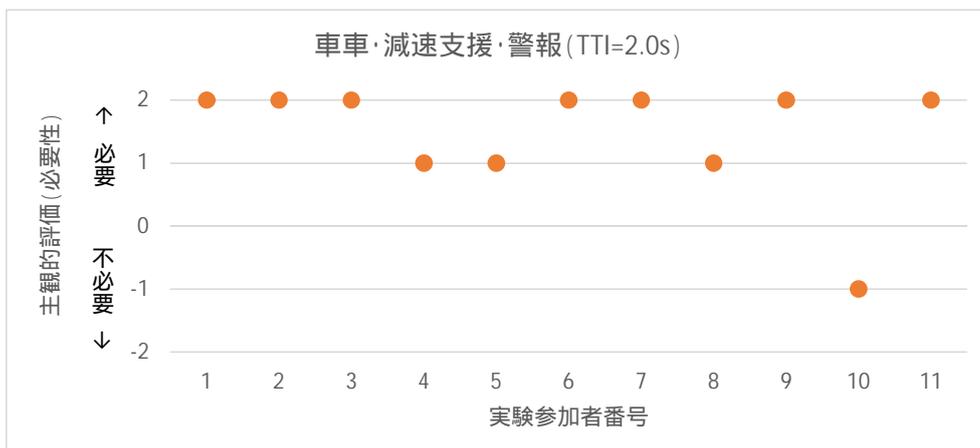


図 8-3-43 TTI=2.0[s]の必要性に対する主観的評価

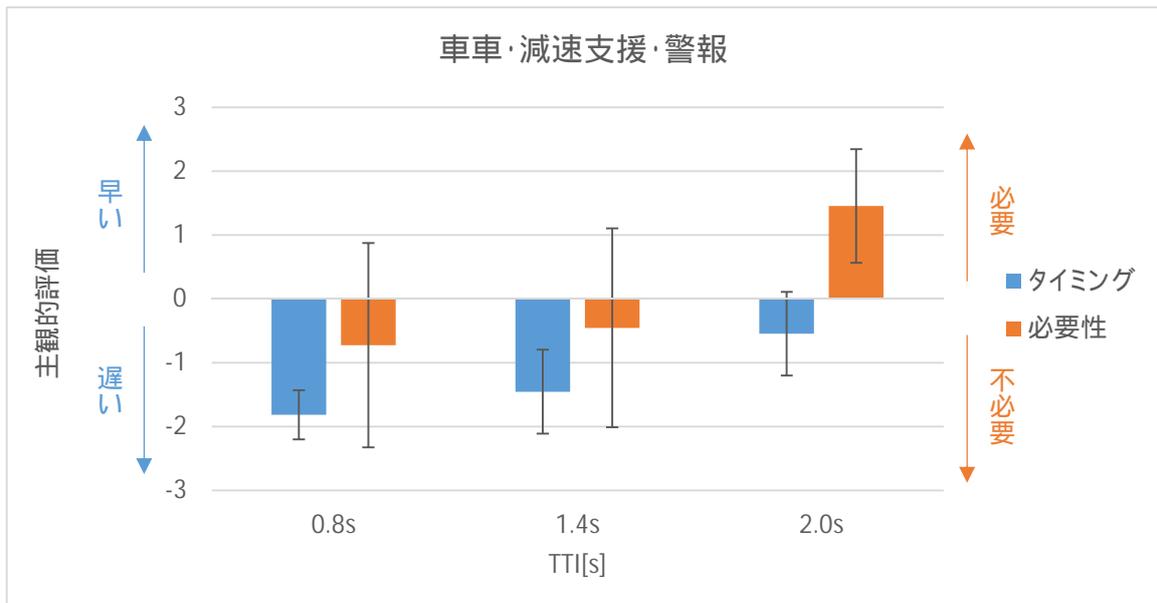


図 8-3-44 タイミングと必要性の平均値

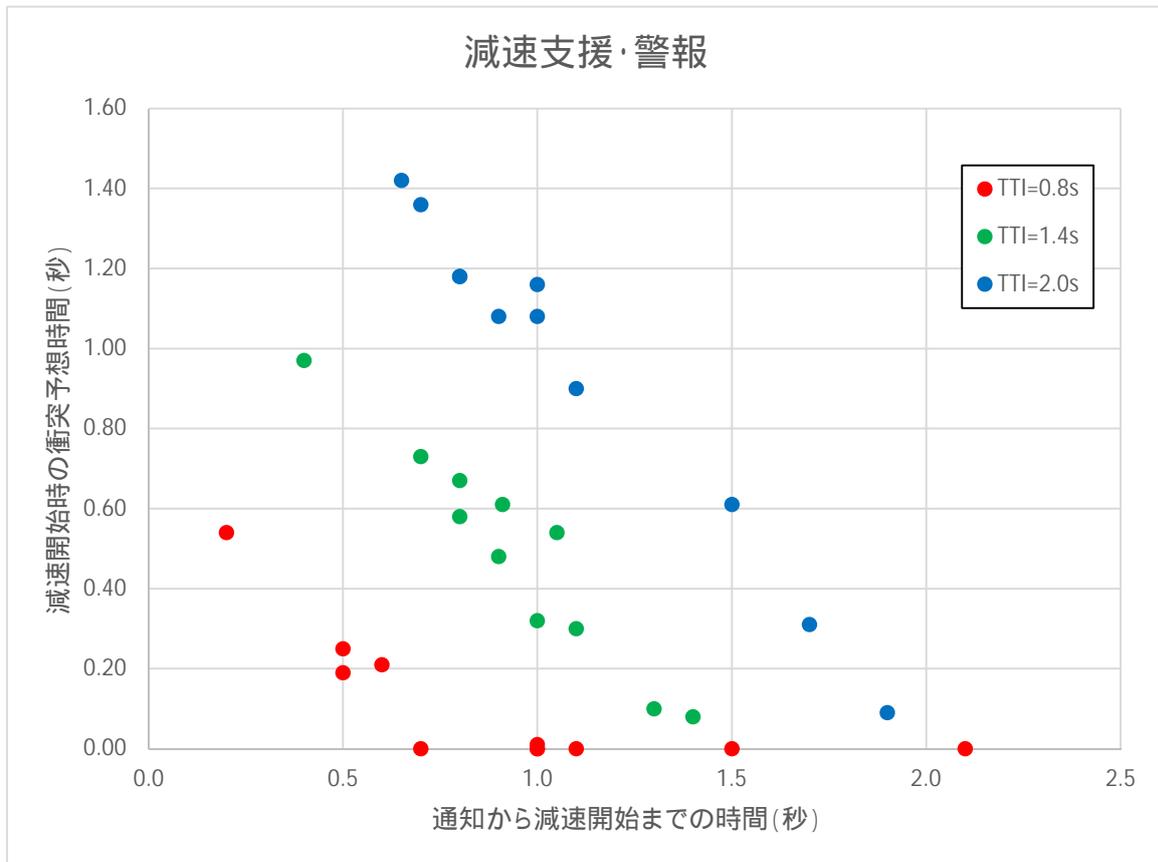


図 8-3-45 警報のタイミングに関する客観的評価

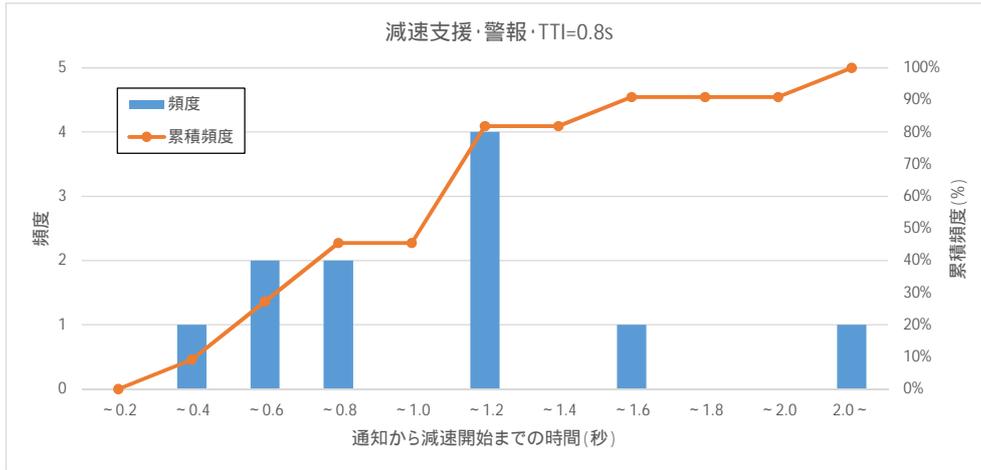


図 8-3-46 TTI=0.8[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

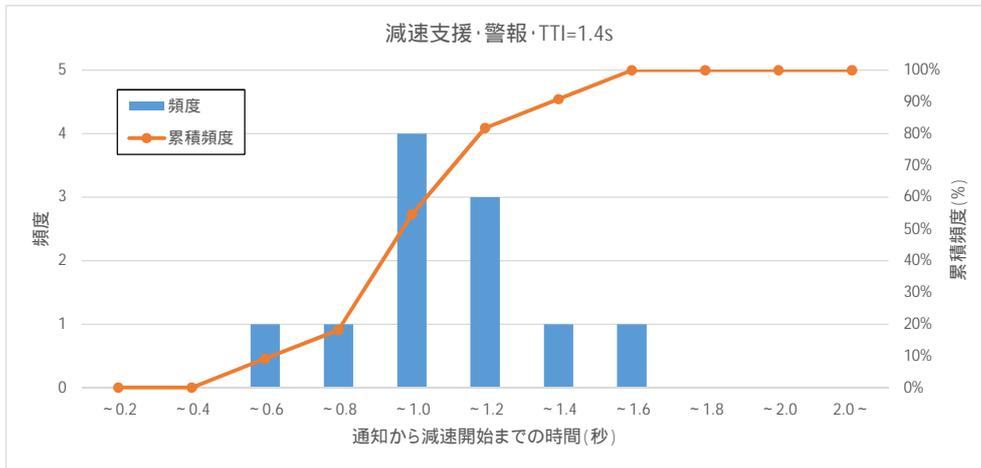


図 8-3-47 TTI=1.4[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

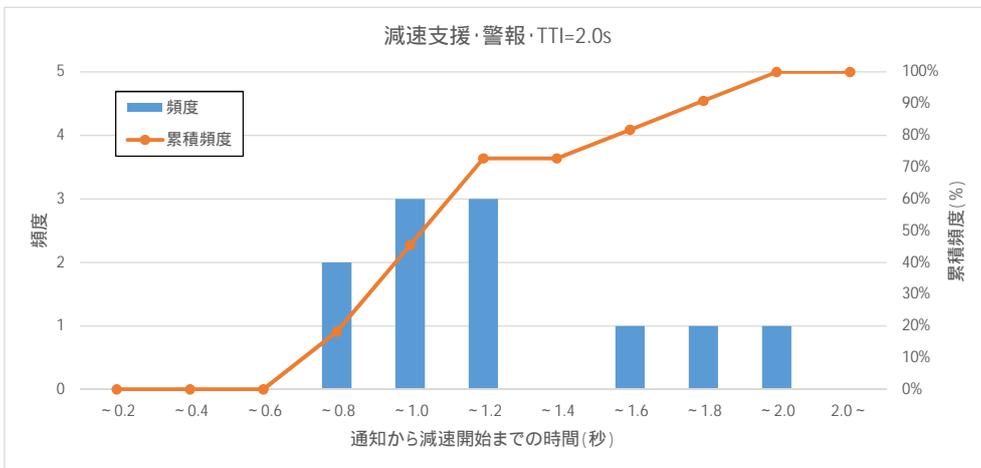


図 8-3-48 TTI2.0[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

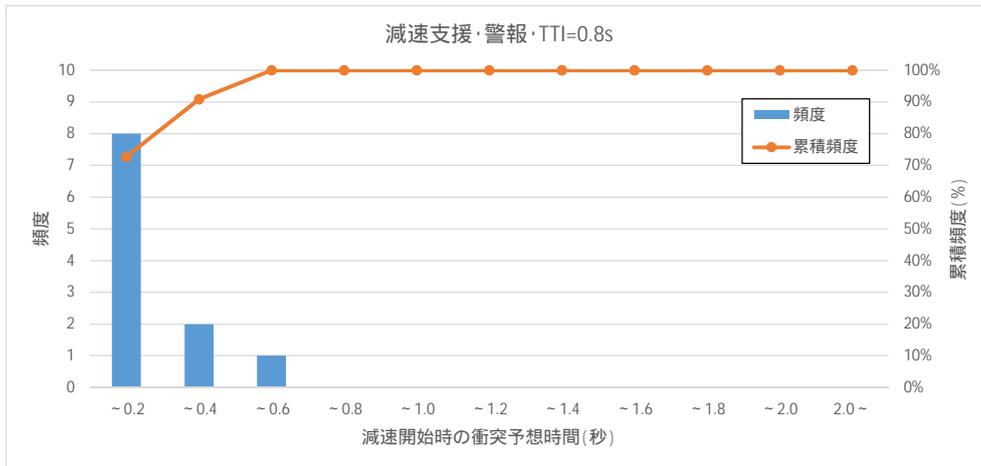


図 8-3-49 TTI=0.8[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

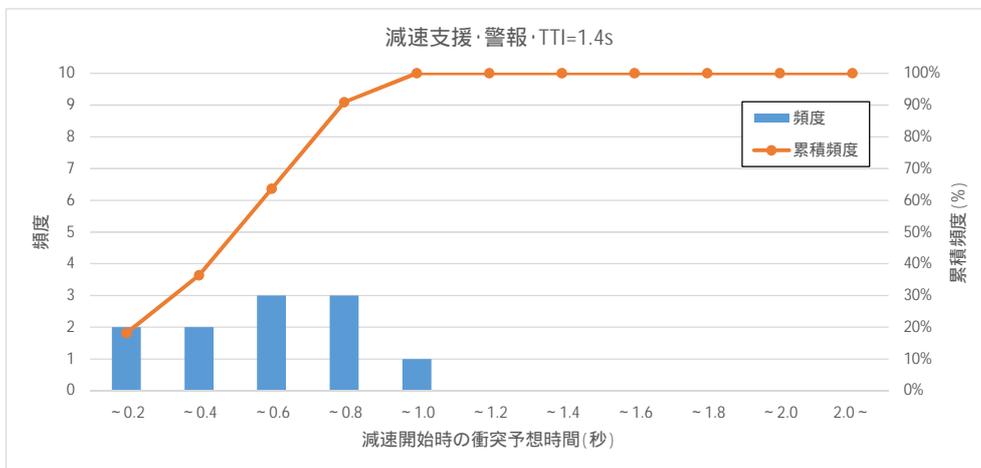


図 8-3-50 TTI=1.4[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

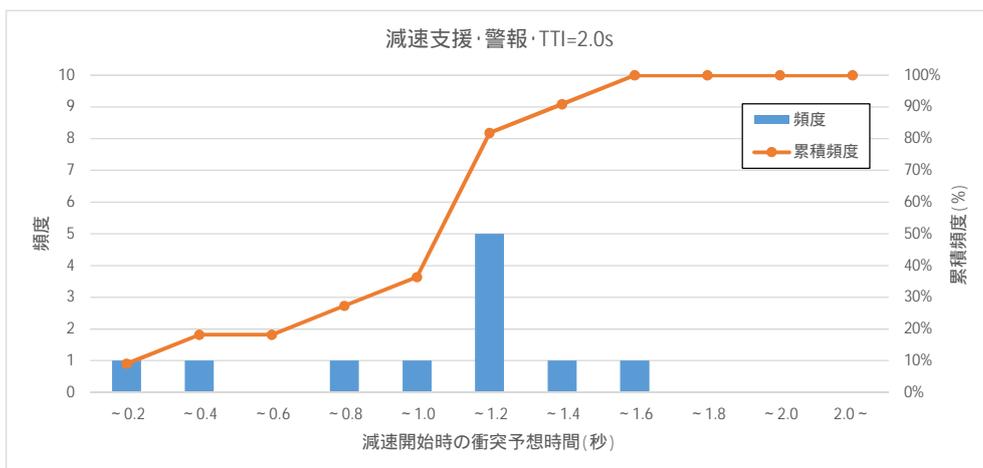
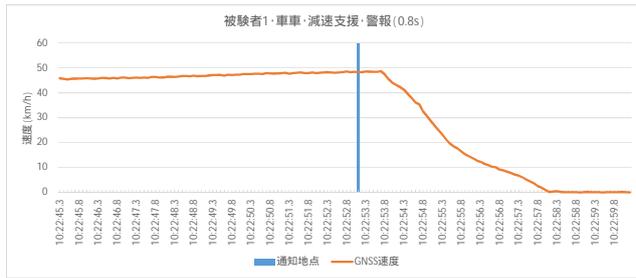
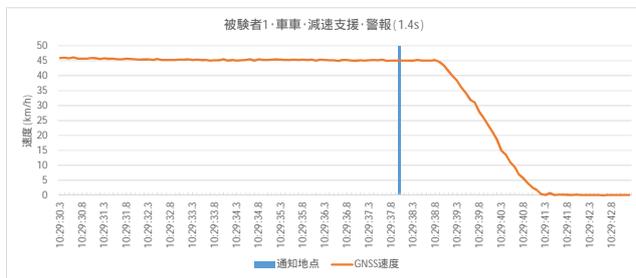


図 8-3-51 TTI=2.0[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



警報 (TTI=2.0s)

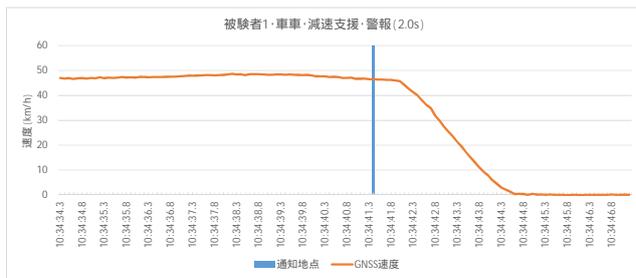
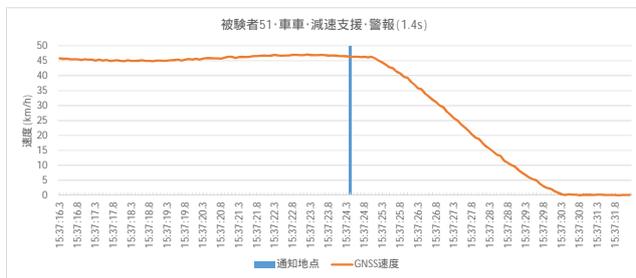


図 8-3-52 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例 (実験参加者 1)

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



警報 (TTI=2.0s)



図 8-3-53 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例 (実験参加者 51)

*注：図面については、一般利用可能な図面を使用した。但し、JARI 施設内のため、交差道路、交差点等が描写されていない箇所が含まれる。

場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供

図 8-3-54 から図 8-3-56 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者のタイミング評価をまとめたものである。また、図 8-3-57 から図 8-3-59 は、情報を提供するタイミング別にみた全被験者の必要性評価をまとめたものである。更に図 8-3-60 は、タイミング評価と必要性評価それぞれの平均と標準偏差をまとめたものである。

タイミング評価の平均値を見ると、TTI = 0.8[s]は他に比べ最も「遅い」を示しており、提供タイミングが大きくなるほど平均値は 0 に近付いている。必要性評価の平均値は、TTI = 2.0[s]が最も「必要」を示した。

図 8-3-61 は、「警報」を通知してから減速開始までの時間（反応時間）と減速開始時の衝突予想時間（TTI）の関係について全実験参加者の結果をプロットしたものである。また、図 8-3-62 から図 8-3-64 は全実験参加者の反応時間のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものであり、図 8-3-65 から図 8-3-67 は全実験参加者の TTI のヒストグラムを提供するタイミング別に整理したものである。いずれも、データ件数が少ないため傾向を見ることは難しい。

これらの傾向から、支援対象車両に「警報」を行った場合は、今回の実証実験結果では提供タイミングは TTI = 2.0[s]あたりが適切とみられる。

図 8-3-68 に TTI = 2.0[s]時にタイミングを「ちょうどよい」と回答し、ブレーキ開始位置が判別できた実験参加者の運転挙動の一例を示す。

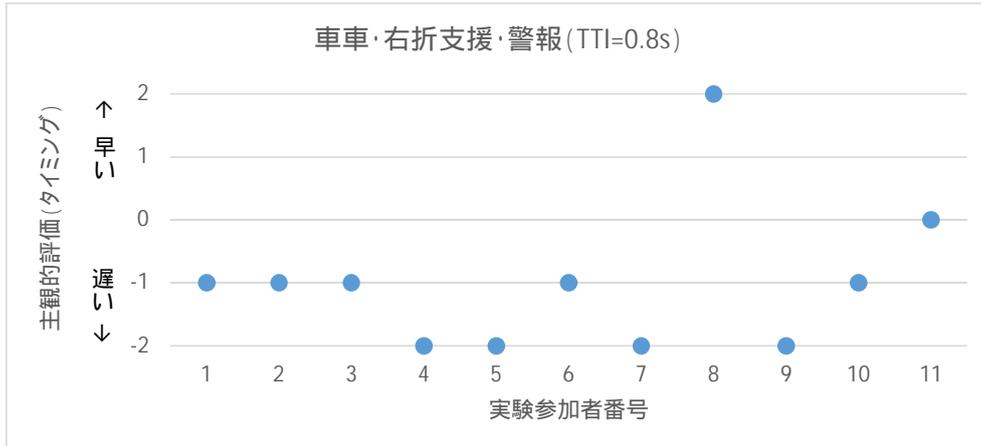


図 8-3-54 TTI=0.8[s]のタイミングに対する主観的評価

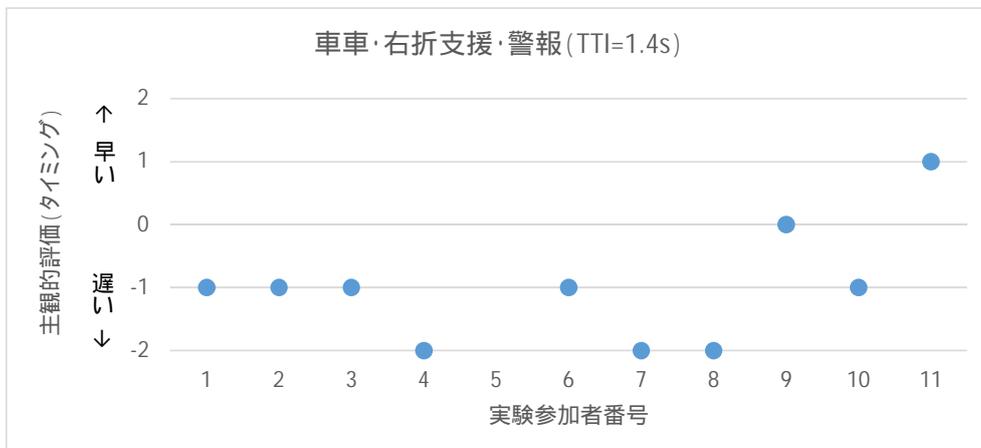


図 8-3-55 TTI=1.4[s]のタイミングに対する主観的評価

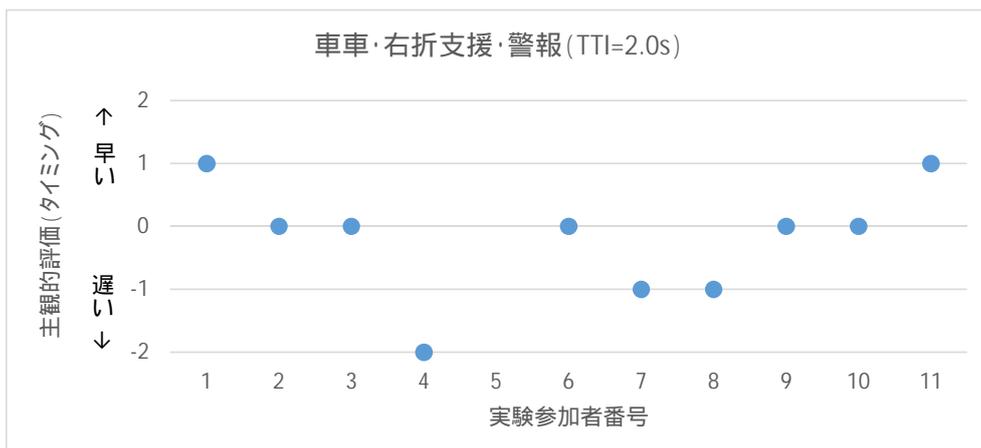


図 8-3-56 TTI=2.0[s]のタイミングに対する主観的評価

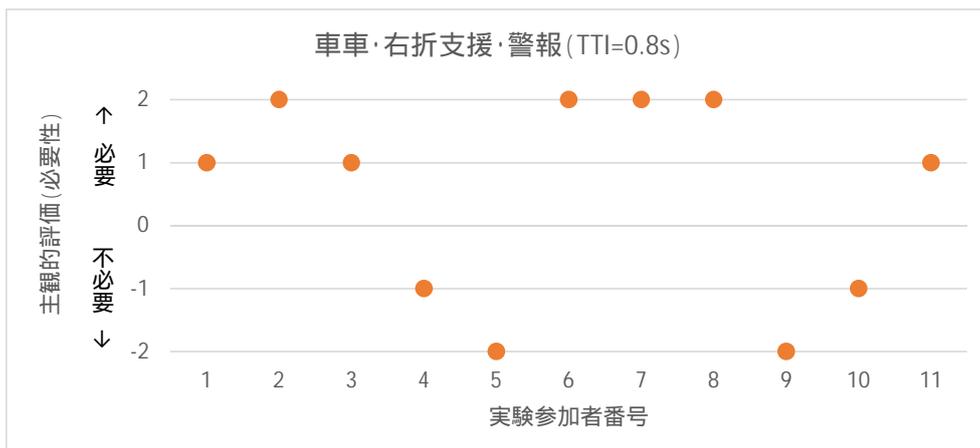


図 8-3-57 TTI=0.8[s]の必要性に対する主観的評価

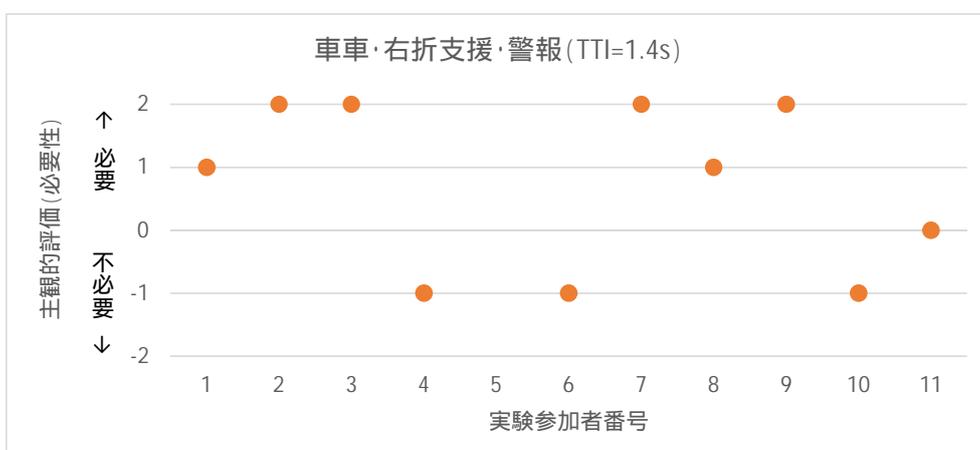


図 8-3-58 TTI=1.4[s]の必要性に対する主観的評価

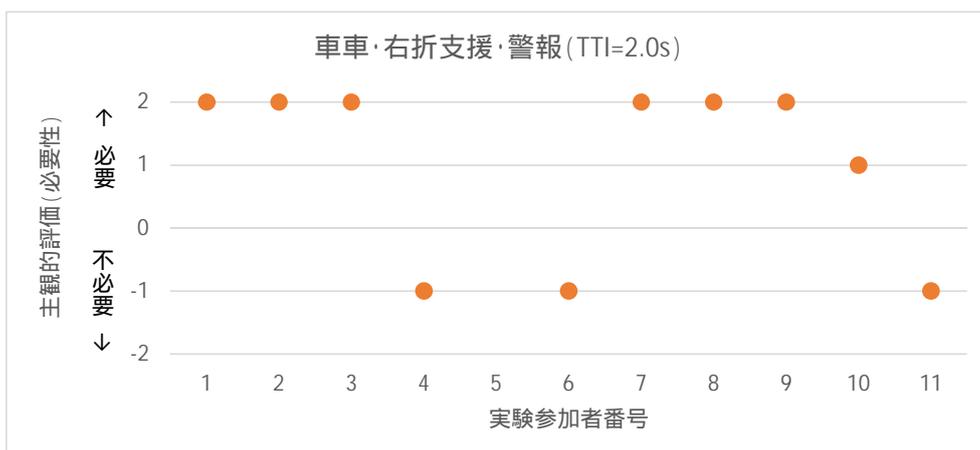


図 8-3-59 TTI=2.0[s]の必要性に対する主観的評価

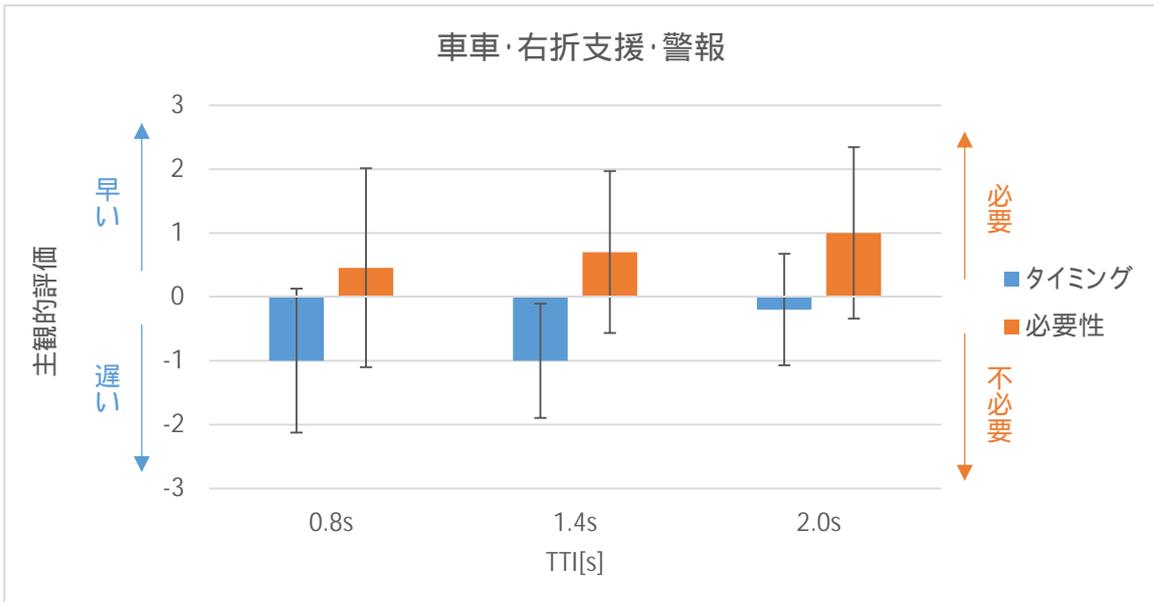


図 8-3-60 タイミングと必要性の平均値

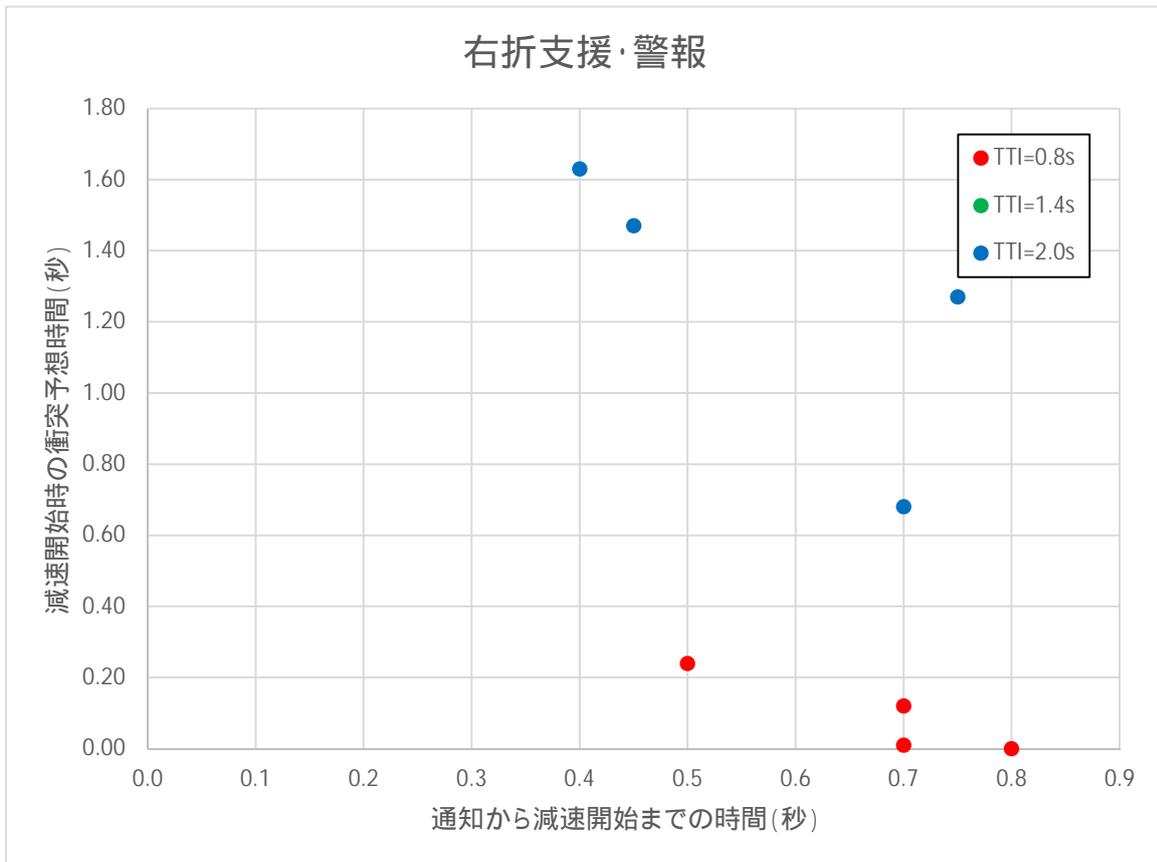


図 8-3-61 警報のタイミングに関する客観的評価

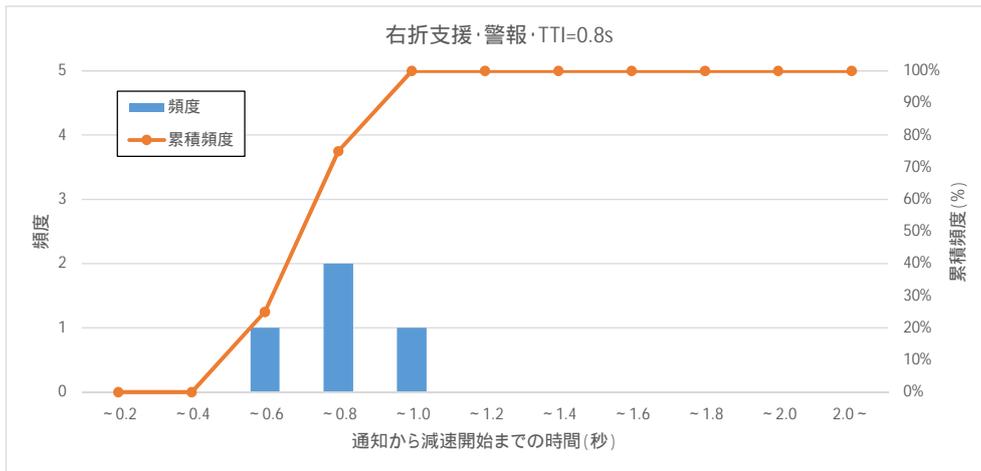


図 8-3-62 TTI=0.8[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

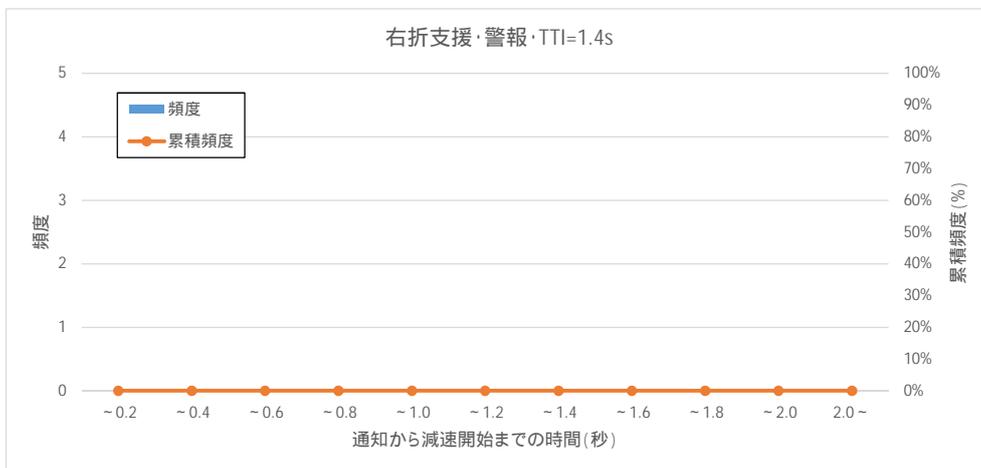


図 8-3-63 TTI=1.4[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

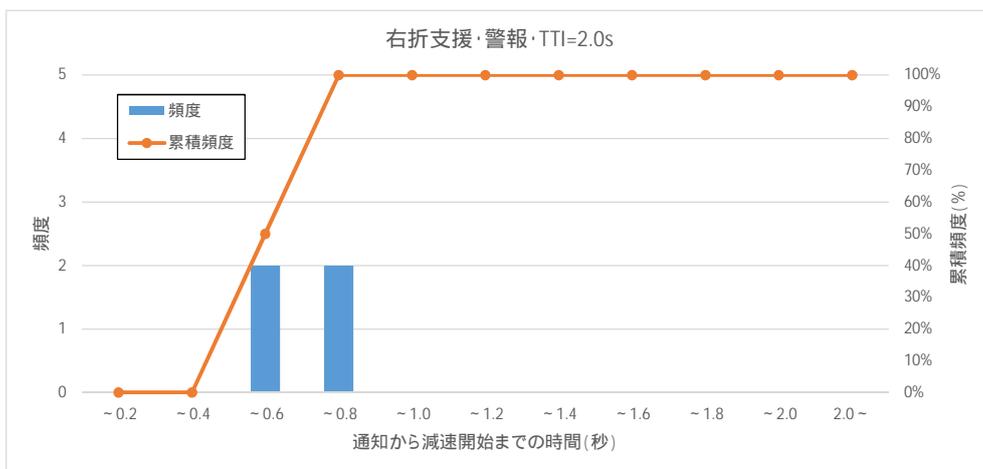


図 8-3-64 TTI2.0[s]の通知から減速開始までの時間のヒストグラム

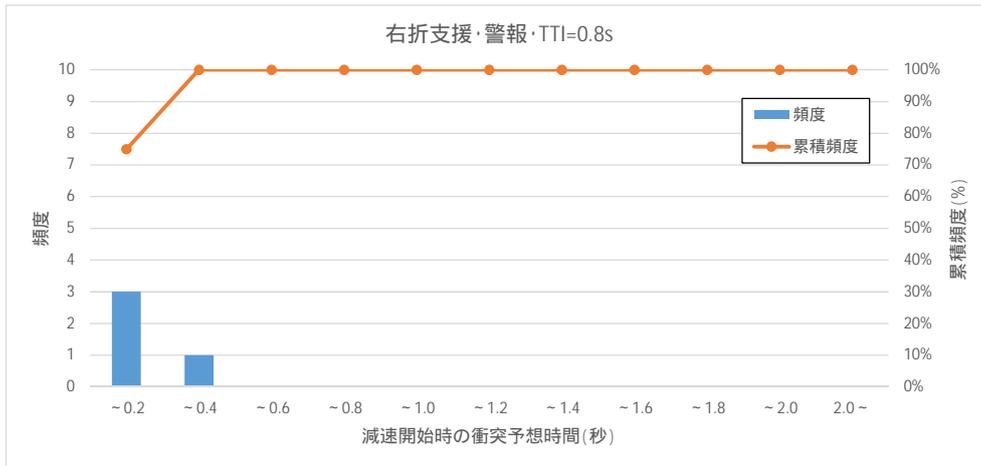


図 8-3-65 TTI=0.8[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

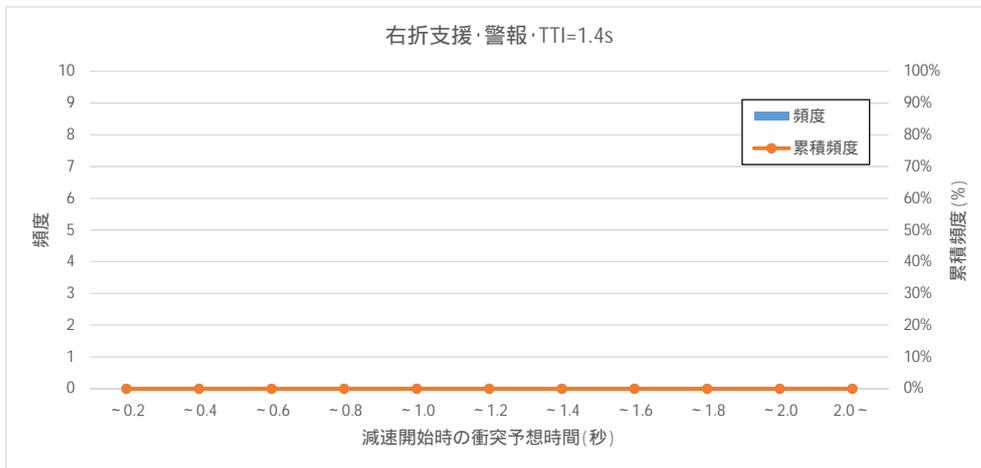


図 8-3-66 TTI=1.4[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

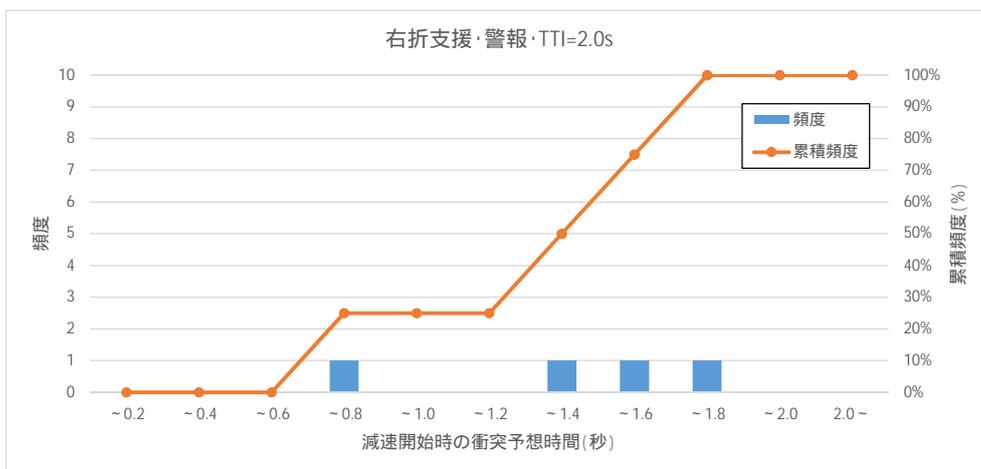
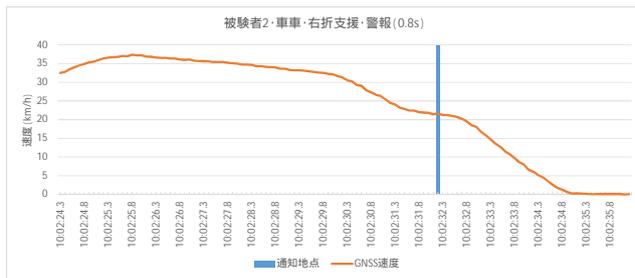
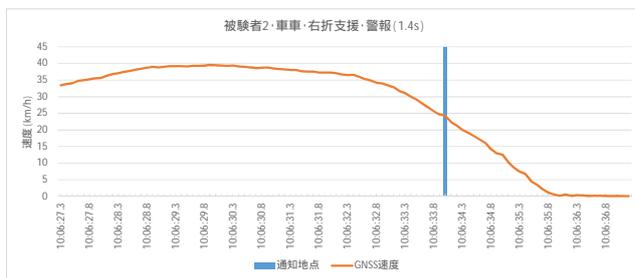


図 8-3-67 TTI=2.0[s]の減速開始時の衝突予想時間のヒストグラム

警報 (TTI=0.8s)



警報 (TTI=1.4s)



(ブレーキ開始位置の判断付かず)

警報 (TTI=2.0s)

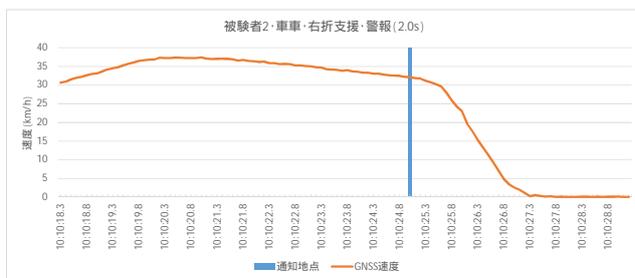


図 8-3-68 「警報」時の提供タイミング別に見た運転挙動の一例 (実験参加者 2)

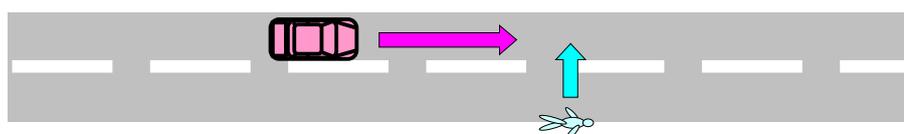
*注: 図面については、一般利用可能な図面を使用した。但し、JARI 施設内のため、交差道路、交差点等が描写されていない箇所が含まれる。

9．公道での実証実験の実施（お台場）

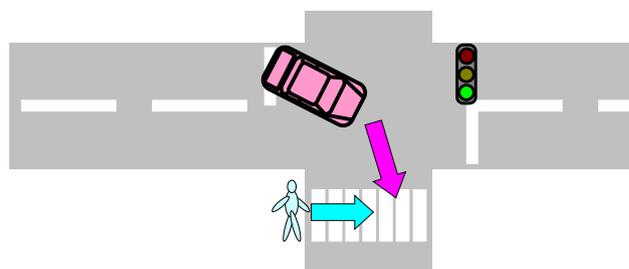
9.1 歩車支援（ドライバ）

9.1.1 実験概要

実験は、昨年度に引き続き、通信環境の違いによる歩車間通信の状況を把握することを目的に、製作した実験車両1台と「携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術に関する調査」の事業実施者が製作した疑似歩行者専用端末1台を使用し、選定された6場面のうち図9-1-1に示す2場面についてパイロットテストを実施し、通信状況を調査した。



場面1 単路で、歩行者が右から左に横断



場面3 信号あり交差点で、歩行者が後方から横断

図9-1-1 実施場面

9.1.2 現地調査

公道での実証実験実施にあたり、安全に十分配慮して円滑に実験を進めることを目的として、自動車の走行ルートと歩行者の走行ルートやそれぞれの速度、進行方向、タイミング等、試験要員や安全確認要員の配置場所等を確認するための現地調査を実施した。

(1) 調査日時

平成27年12月16日（水）

(2) 調査場所

お台場テレコムセンター駅交差点周辺（東京都江東区青海2丁目5 - 8）

(3) 調査実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施3者で分担した体制を整えて実施した。

(4) 調査内容

a. 自動車走行ルートの確認と撮影

- b. 歩行者歩行ルートの確認と撮影
- c. サーバー設置場所の確認
- d. DB作成用位置情報取得
- e. 各ルートGPSトレース情報取得
- f. 試験要員や安全確認要員の配置位置、並びに待機場所の調査
- g. 実証実験場所の周辺環境の調査

(5) 調査結果

調査の結果、図 9-1-2、図 9-1-3 に示すとおり自動車の走行ルートや歩行者の動線や、各場面の実験実施場所を決定した。調査時の様子を、図 9-1-4 に示す。

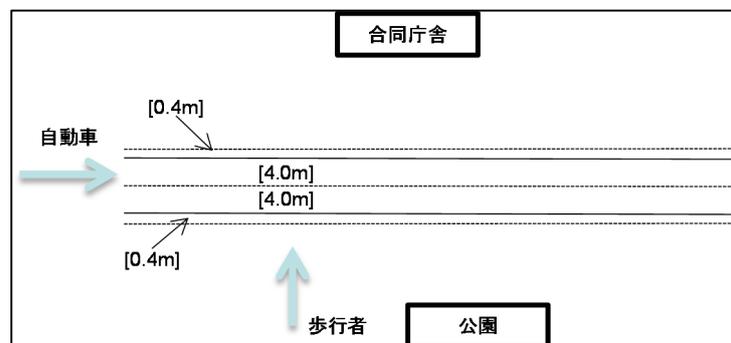
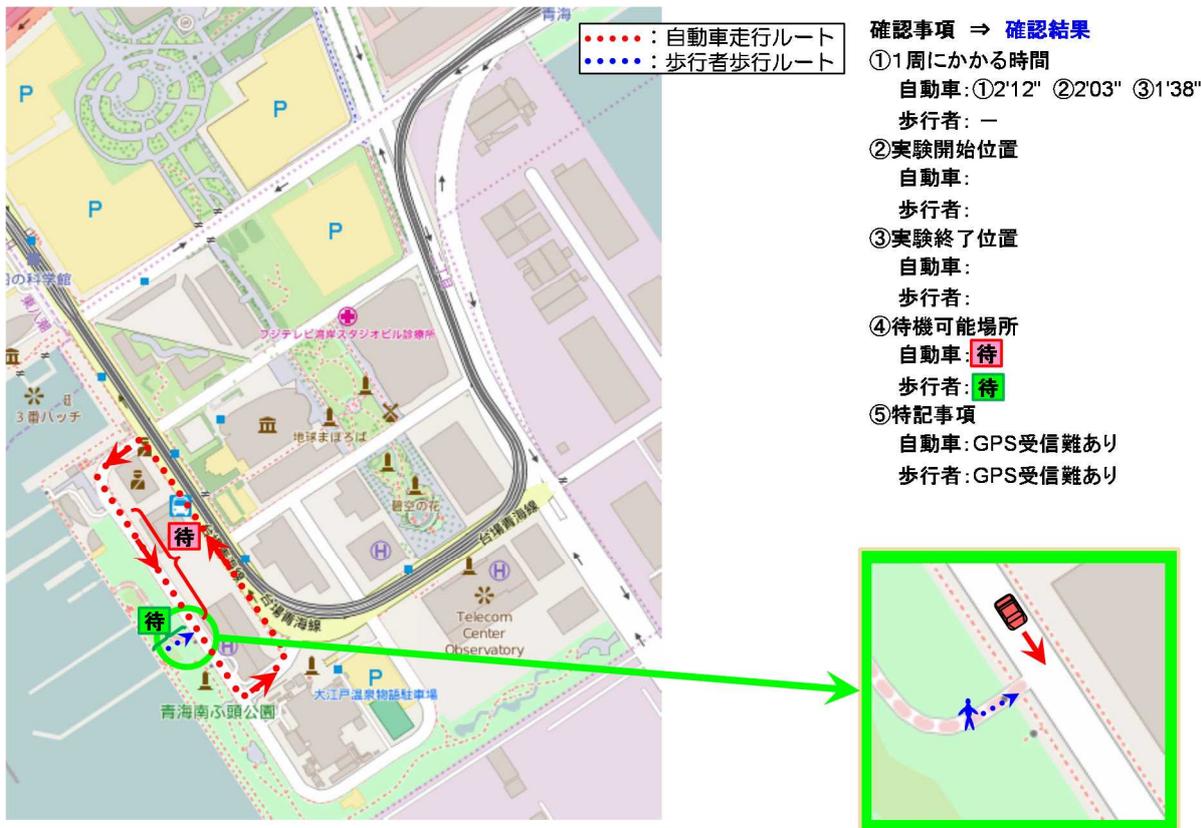


図 9-1-2 自動車の走行ルートと歩行者の動線、該当道路基本情報 (場面1 単路で、歩行者が右から左に横断)



.....: 自動車走行ルート
: 歩行者歩行ルート

確認事項 ⇒ 確認結果

- ①1周にかかる時間
 自動車: ①3'15" ②3'06" ③2'09"
 歩行者: -
- ②実験開始位置
 自動車:
 歩行者:
- ③実験終了位置
 自動車:
 歩行者:
- ④待機可能場所
 自動車: 待
 歩行者: 待
- ⑤特記事項
 自動車: GPS受信困難
 歩行者: 高架下GPS受信困難

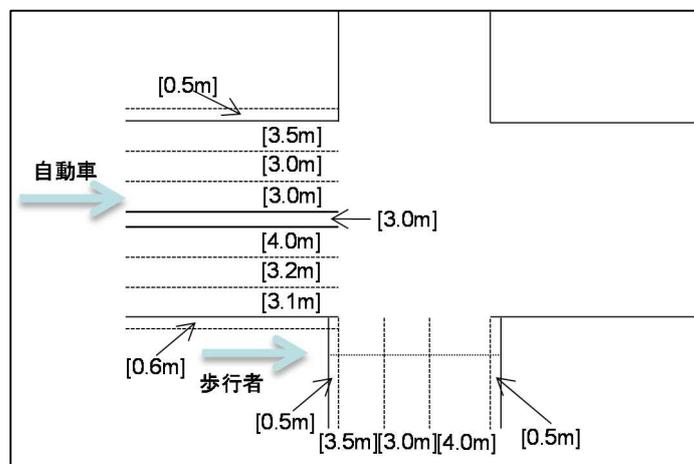
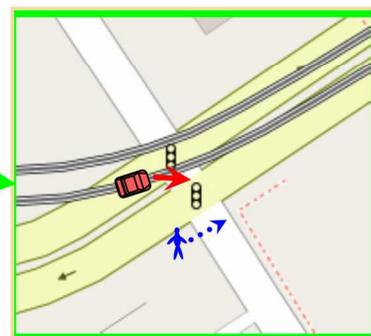


図 9-1-3 自動車の走行ルートと歩行者の動線、交差点基本情報
 (場面3 信号あり交差点で、歩行者が後方から横断)



図 9-1-4 調査時の様子

9.1.3 実験方法

現地調査の結果に基づき、実験計画書を作成し、実証実験を実施した。

(1) 実験日時

平成 28 年 1 月 13 日（水）

(2) 実験場所

お台場テレコムセンター駅交差点周辺（東京都江東区青海 2 丁目 5 - 8 ）

(3) 実験実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施 3 者で連携し、体制を整えて実施した。

(4) 実験手順

場面 1 の実験手順を図 9-1-5 に、場面 3 の実験方法を図 9-1-6. に示す。



- 手順 1 自動車と歩行者は待機場所で待機する。
- 手順 2 車上連絡員①より全連絡員に対して、『試番〇開始』と開始時刻を連絡する。
- 手順 3 地上連絡員①より地上連絡員②に対して、『自動車出発』を連絡し、自動車に出発を指示する。
- 手順 4 地上連絡員③より地上連絡員②に対して、『自動車通過』を連絡する。
- 手順 5 地上連絡員②より地上連絡員③に対して、『歩行者出発』を連絡し、歩行者に出発を指示する。
- 手順 6 地上連絡員④より全連絡員に対して、『試番〇終了』を連絡する。
- 手順 7 自動車と歩行者は待機場所へ移動する。
- 手順 8 車上連絡員①より全連絡員に対して、試験結果を報告する。
- 手順 9 手順 1 から手順 8 を 5 回実施する。

図 9-1-5 場面 1 (単路で、歩行者が右から左に横断)の実験手順

- 手順 1 自動車と歩行者は待機場所で待機する。
- 手順 2 車上連絡員①より全連絡員に対して、『試番〇開始』と開始時刻を連絡する。
- 手順 3 地上連絡員①より地上連絡員②に対して、『自動車出発』を連絡し、自動車に出発を指示する。
- 手順 4 地上連絡員③より地上連絡員②に対して、『自動車通過』を連絡する。
- 手順 5 地上連絡員②より地上連絡員③に対して、『歩行者出発』を連絡し、歩行者に出発を指示する。
- 手順 6 地上連絡員④より全連絡員に対して、『試番〇終了』を連絡する。
- 手順 7 自動車と歩行者は待機場所へ移動する。
- 手順 8 車上連絡員①より全連絡員に対して、試験結果を報告する。
- 手順 9 手順 1 から手順 8 を 5 回実施する。



図 9-1-6 場面 3 (信号あり交差点で、歩行者が後方から横断)の実験手順

実験は、各場面において、車載器を搭載した試験車両が歩道上で歩行者専用端末を持ったダミー歩行者の前を通過した際の、試験車両と歩行者間の通信到達距離を測定した。図 9-1-7 から図 9-1-8 に実験の様子を示す。



図 9-1-7 場面 1 (単路で歩行者が右から左に横断)の様子



図 9-1-8 場面 3 (信号あり交差点で、歩行者が後方から横断)の様子

9.1.4 実験結果

場面1（単路で歩行者が右から左に横断）と場面3（信号あり交差点で歩行者が後方から横断）における歩車間通信の状況について示す。

(1) 場面1：単路で歩行者が右から左に横断

場面1（単路で歩行者が右から左に横断）における支援対象車両車載器と歩行者専用端末間の通信の送受信状況と、受信距離別グラフを試番別に図9-1-9から図9-1-18に示す。



図9-1-9 試番16 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

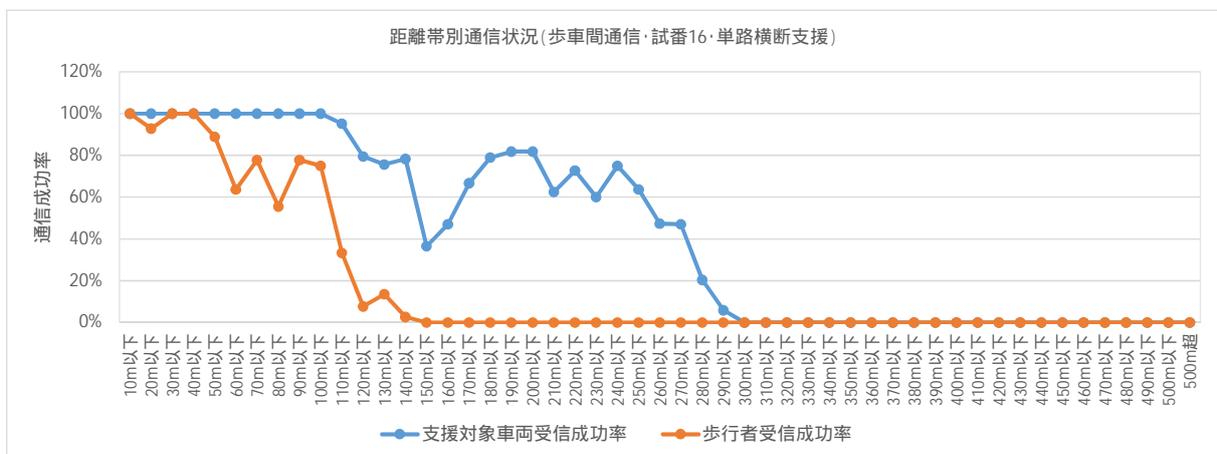


図9-1-10 試番16 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-11 試番 17 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

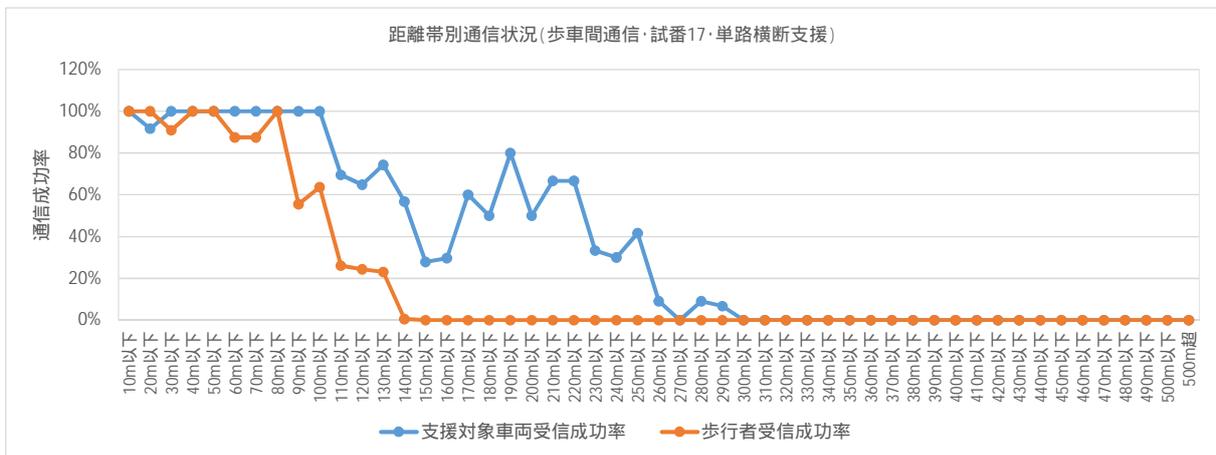


図 9-1-12 試番 17 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-13 試番 18 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

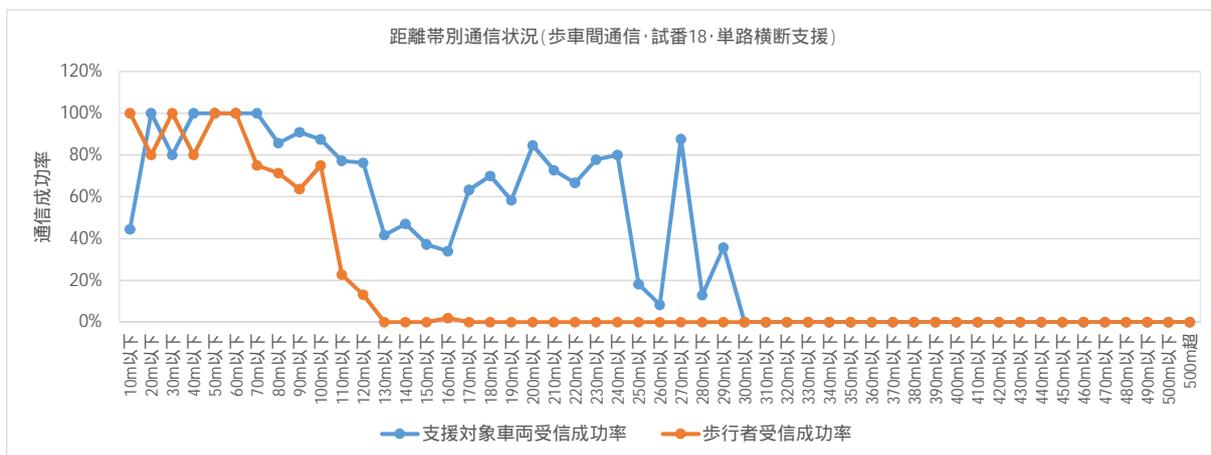


図 9-1-14 試番 18 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-15 試番 19 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

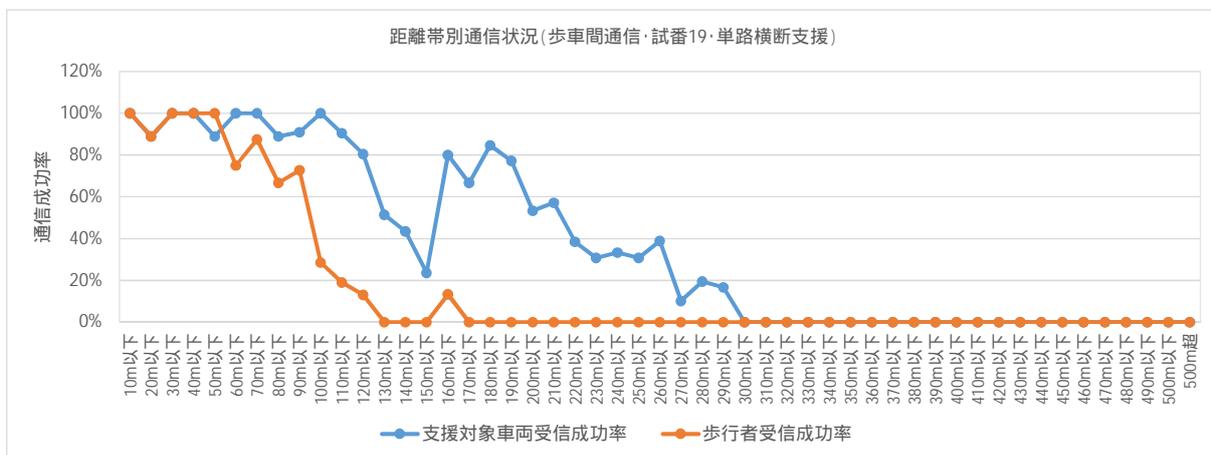


図 9-1-16 試番 19 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-17 試番 20 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

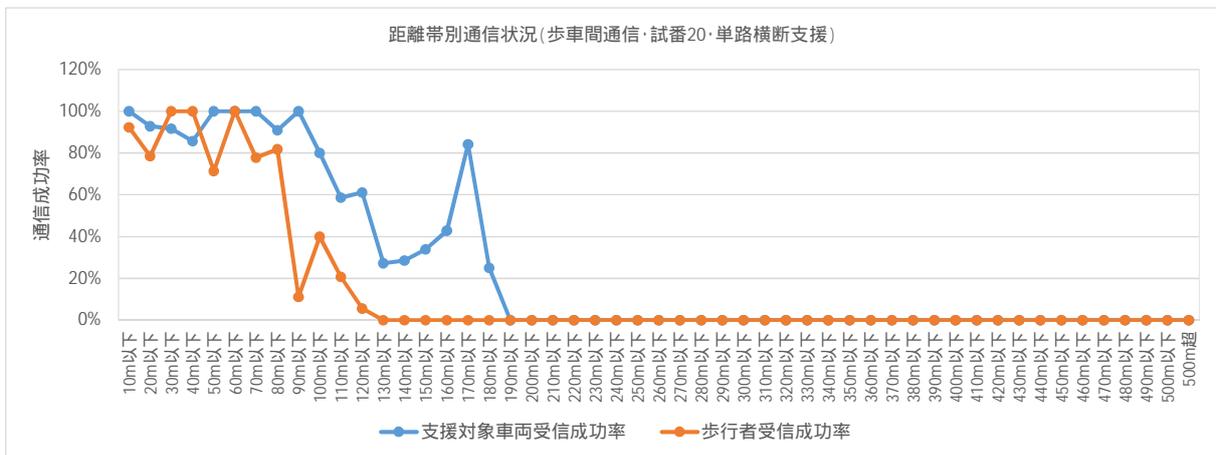


図 9-1-18 試番 20 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ

(2) 場面3：信号あり交差点で歩行者が後方から横断

場面1（信号あり交差点で歩行者が後方から横断）における支援対象車両車載器と歩行者専用端末間の通信の送受信状況と、受信距離別グラフを試番別に図 9-1-19 から図 9-1-28 に示す。



図 9-1-19 試番 11 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

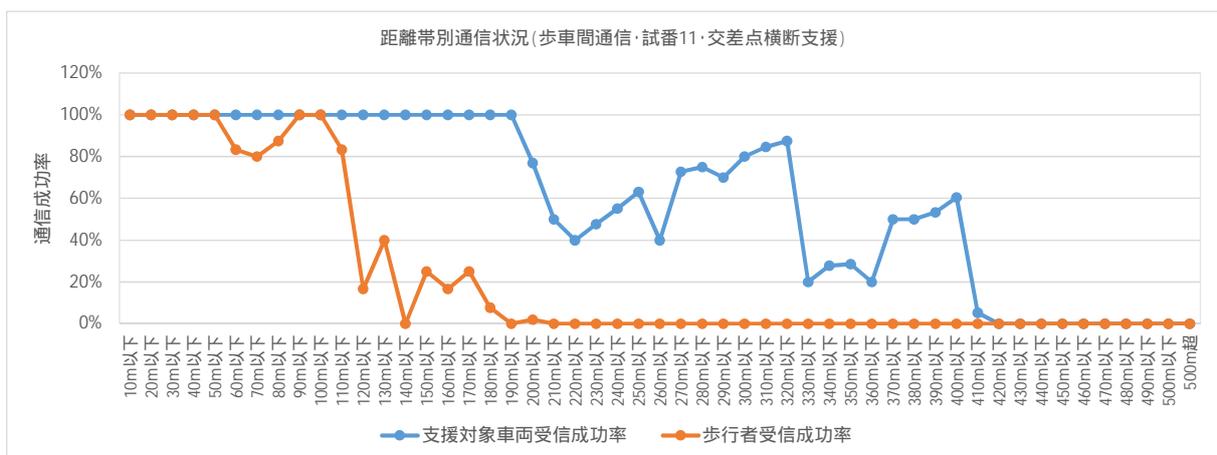


図 9-1-20 試番 11 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-21 試番 12 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

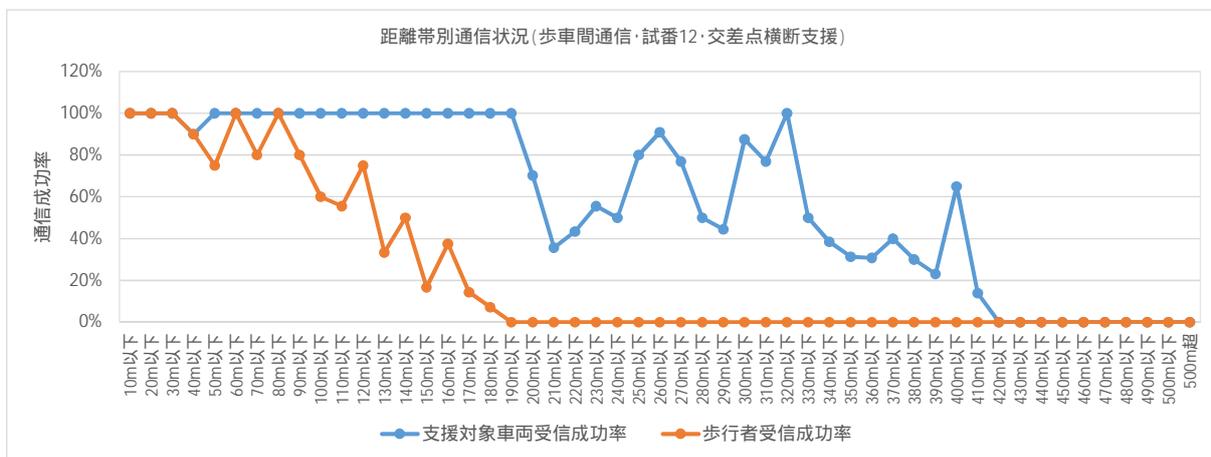


図 9-1-22 試番 12 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-23 試番 13 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

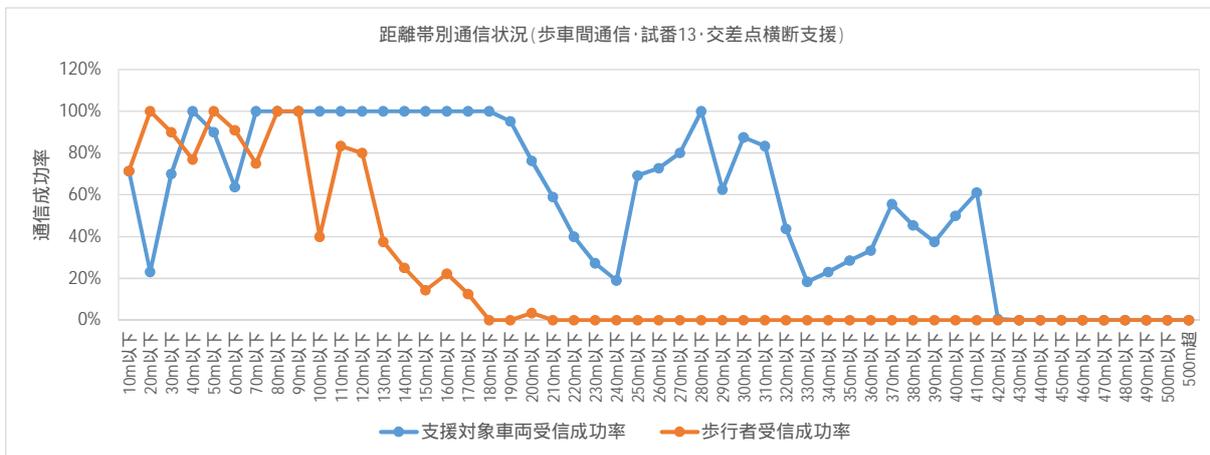


図 9-1-24 試番 13 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-25 試番 14 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

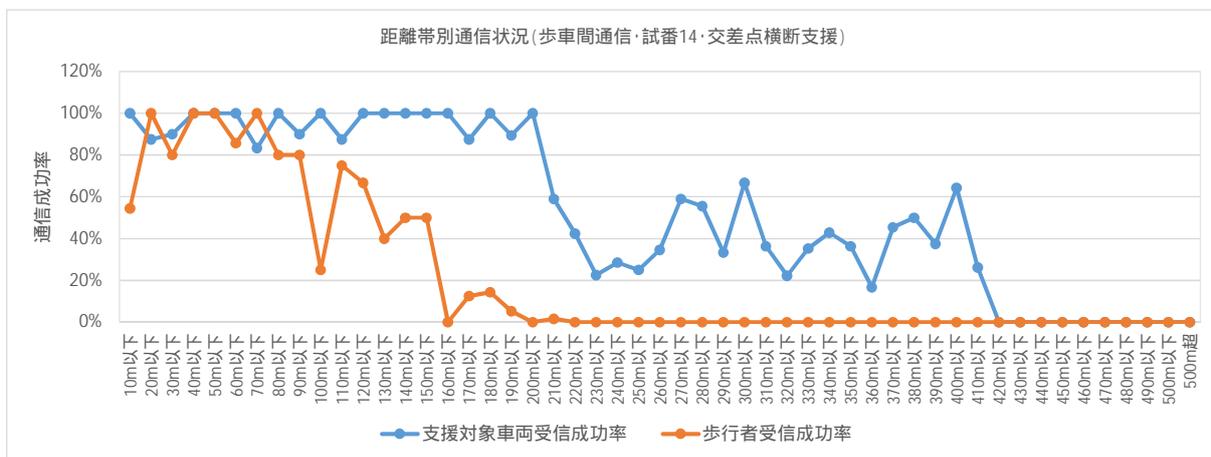


図 9-1-26 試番 14 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ



図 9-1-27 試番 15 車載器、専用歩行者端末間の送受信状況

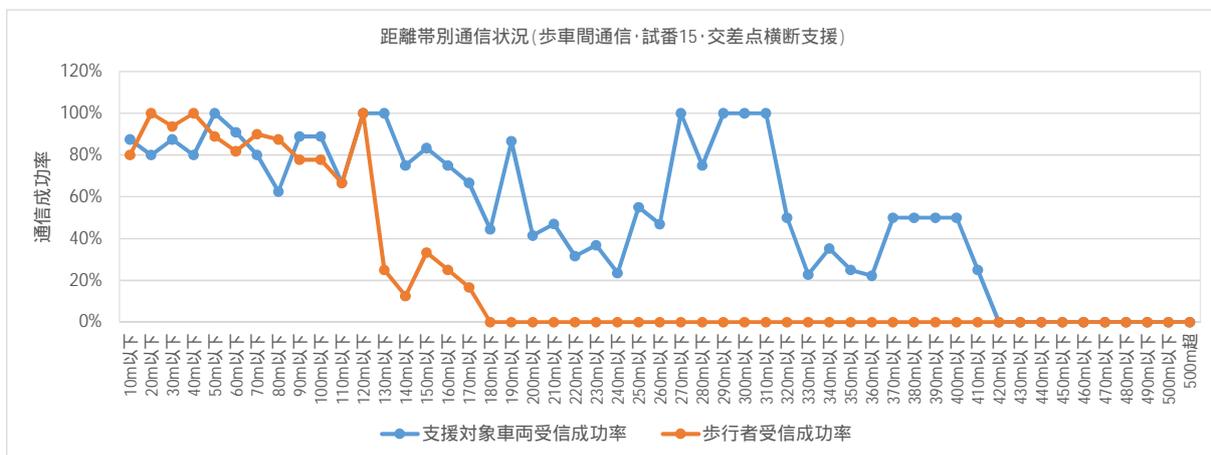


図 9-1-28 試番 15 車載器、専用歩行者端末間の受信距離別グラフ

9.1.5 考察

実験は、高層建物が林立することによるマルチパスの影響を受けやすく、さらに新交通システムの高架が道路の上を通り衛星からの電波が遮断されるような位置検知の条件が厳しい環境下で、場面1（単路で歩行者が右から左に横断する場面）と場面3（信号あり交差点で、歩行者が後方から横断）について実施した。

その結果、位置検知状況については、場面1では、上空が遮られることがないため概ね自車両位置を検知できることが確認されたが、場面3については、支援を行う予定の交差点が、新交通システムの高架下に位置していることから、自車両の位置を検知することができないことが確認され、GPSによる位置検知以外の方法も併用しなければ有効な支援が行われないことが確認された。

一方、車載器と専用歩行者端末間の通信状況については、場面1では高層建物が両者の間に入るような位置関係では通信できない場合が確認されたが、見通しが確保される場所においては、約100mくらいであれば安定した支援に有効な通信が行われることを確認した。また、場面3においても同様であることが確認されたが、位置検知ができない状況であることから、通信が正常でも有効な支援が行われないことを確認した。

9.2 歩車支援（歩行者）

9.2.1 実験概要

実験目的

本調査で開発した「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」及び、「700MHz 帯歩車間通信システム」を活用し、前述の評価法・試験法にて定める歩行者支援の「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するとともに、それら要因の「支援タイミング」に与える影響を把握・分析するために、必要なデータの取得等のための実証実験を行った。

実験概要

以下に、実験の概要として表 9-2-1 に示す。

表 9-2-1 実験概要

ケースの概要	確認する事項
自動車端末 1 台 × 歩行者端末 1 台による下記 2 場面でのテスト ・ 交差点横断 ・ 単路横断	歩行者支援の場面のうち、交差点横断及び単路横断の 2 場面について、試験法、評価法にて定める歩行者支援の「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するために必要なデータ。

9.2.2 実験環境

実験環境については、安全に十分配慮して円滑に実験を進めることを目的として、実験場所、自動車の走行ルートや歩行者の動線、試験要員や安全確認要員の配置場所等を確認するための現地調査を実施した。

また、携帯端末を使った歩車間通信システムの動作に大きく影響する電波状況についての調査を行った。

以下より、その結果について示す。

(1) 実験場所・走行ルート・動線等の現地調査

以下では、現地調査の概要を示す。

調査日時

平成 27 年 12 月 16 日（水）

調査場所

お台場テレコムセンター駅交差点周辺

調査実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施 3 者で分担した体制を整えて実施した。

調査内容

- a. 走行ルート撮影
- b. 高精度 GPS による自動車の走行ルートの位置情報取得
- c. 実証実験対象交差点等の基本情報取得
- d. 待機場所の調査
- e. 実証実験場所の周辺環境の調査

調査結果

調査の結果、自動車の走行ルートや歩行者の動線や、各場面の実験実施場所を決定した（図 9-2-1、図 9-2-2）。



図 9-2-1 自動車の走行ルートと歩行者の動線（場面：交差点横断）



図 9-2-2 自動車の走行ルートと歩行者の動線（場面：単路横断）

また、実験対象予定の交差点、単路の基本情報取得や交通量の調査を行った結果(図 9-2-3、図 9-2-4)、交差点は駅前であるものの、朝夕の通勤時間帯や昼食時以外の時間帯においては、人や車の往来もそれほど多くなく、実験環境として適していることが確認された。

また、単路においては、道路の片側には高層ビルがあるものの、どの時間帯においても、人や車の往来は少なく、実験環境としては最適であることが確認された。

図 9-2-5 に調査時の様子を示す。

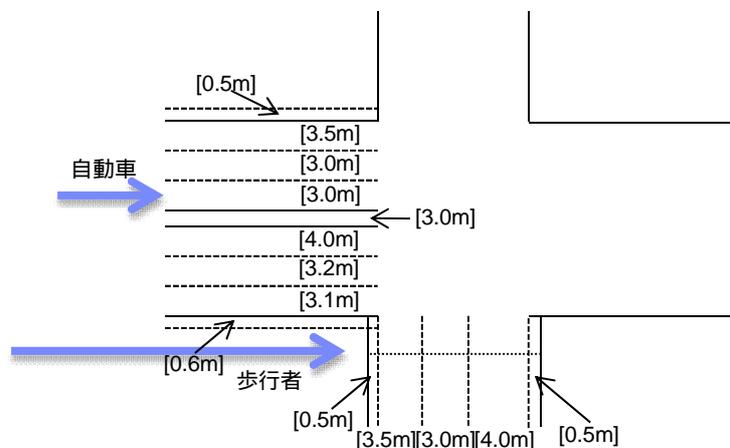


図 9-2-3 交差点の基本情報

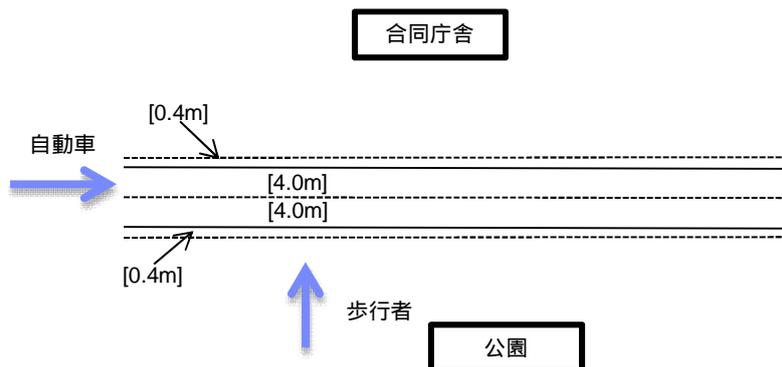
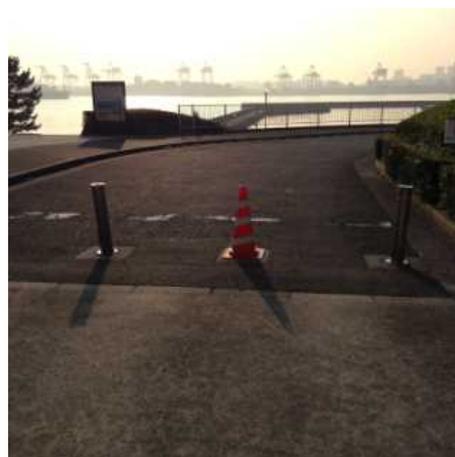


図 9-2-4 単路の基本情報



交差点の実験予定場所



単路の実験予定場所

図 9-2-5 調査時の様子

(2) 実験場所の電波状況

現地調査では、「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」の動作に大きく影響する電波状況の調査も実施した。

【調査地点】

パイロットテストの実施を想定する交差点、および単路で実施した。詳細な場所は図 9-2-1 を参照されたい。

【測定方法】

測定方法は、電波強度を計測可能なスマートフォンアプリを使用し、1 時間程度の時間間隔をあけて、2 回程度、RSRP、RSSI の値を取得した。

【測定結果】

電波調査の結果を表 9-2-2 に示す。

表 9-2-2 電波調査測定結果

調査場所	調査No.	調査時刻	RSRP [dBm]	RSSI [dBm]	判定
交差点		10時10分	-83	-65	良好
		11時05分	-75	-63	良好
		13時10分	-84	-65	良好
単路		10時00分	-90	-69	良好
		14時10分	-89	-69	良好

9.2.3 実験方法

本実験では、試験法・評価法で想定するシナリオ（場面：交差点横断、単路横断）に基づき、「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するための実験データ収集を行った。

具体的な実験シナリオを下記に示す。

実験シナリオ No. 1（場面：交差点横断）

歩行者端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）と自動車端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）による実験である。歩行者は自動車右折方向の後方から横断しようとする（実際には横断しない）。その前方の道路を自動車が通過する。その際に、「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するための実験データを収集する。

実験シナリオ No. 2（場面：単路横断）

歩行者端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）と自動車端末（携帯端末及び専用端末各 1 台）による実験である。歩行者は歩道から自動車進行方向の右側から左側へ横断しようとする（実際には横断しない）。その前方の道路を自動車が通過する。その際

に、「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するための実験データを収集する。

(1) 実験日時・場所

本実験は、お台場のテレコムセンター駅前周辺の公道を使用して行った。表 9-2-3 に実験実施の概要を示す。また、実験場所を図 9-2-6 に示す。

表 9-2-3 実験の実施概要

項目	概要
日時	平成28年 1月13日(水) 11時~16時
場所	お台場のテレコムセンター駅前周辺
天候	快晴
主に使用した 実験機材等	<ul style="list-style-type: none">・ 自動車専用端末 1台、歩行者専用端末 1台・ 自動車用携帯端末 9台、歩行者用携帯端末 9台・ 自動車 1台(ドライバー 1名含む)、歩行者 1名

本実験では、自動車専用端末 1台および自動車用携帯端末 9台、歩行者専用端末 1台および歩行者用携帯端末 9台、自動車 1台(ドライバー 1名含む)、歩行者 1名を用意し実験を行った。また、ランダムテストでは、自動車用携帯端末 9台および歩行者用携帯端末 9台、自動車 2台(ドライバー 2名含む)、歩行者 5名を用意し実験を行った。図 9-2-7 に実験実施の様子を示す。



図 9-2-6 実験場所（お台場のテレコムセンター駅前周辺）



図 9-2-7 ランダムテストの自動車、およびパイロットテストの歩行者専用端末

(2) 実験手順

実験では、No. 1 ~ No. 2 の 2 つの実験シナリオに基づき実験を実施した。以下では、各実験シナリオについて実験方法の概要を示す。

< 実験シナリオ No. 1 (場面：交差点横断) >

歩行者専用端末 1 台および歩行者用携帯端末 1 台、自動車専用端末 1 台および自動車用携帯端末 1 台を使用して、歩行者は自動車右折方向の後方から横断しようとする (実際には横断しない) 場面において、「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するための実験データを収集する。



【準備】

- 歩行者初期位置、歩行者タイミング指示者位置を確認
- 情報提供、注意喚起のタイミングをそれぞれ3.2, 2.4秒前に設定

【手順】

- 歩道上の指定の位置に専用端末、携帯端末を保持した歩行者が静止
- 歩行者タイミング指示者は、自動車が接近してきた際に、歩行者に直進を指示
- 歩行者は、歩行者タイミング指示者の合図のもと、道路に向かい直進。なお、安全管理上、歩行者は直進後、歩道縁の手前で一旦停止
- 同じ手順を5回繰り返す。

【分析・評価】

- アプリ動作確認・HMI確認 (歩行者、自動車)
- 位置測位確認 (システム確認)
- 位置測位データ取得
- 通信状況確認 (歩行者、自動車)
- 通信状況データ取得

図 9-2-8 実験シナリオ No. 1 (場面：交差点横断) の実施手順概要

【実験準備】

実験の準備として、歩行者の静止位置 (道路から 14m 内側の歩道) を設定する。歩車間通信システムでの情報提供、注意喚起のタイミングを、それぞれ衝突予測時間の 3.7 秒前、2.4 秒前に設定する。

【実験手順】

歩車間通信システムの稼働を確認後、専用端末および携帯端末を所持した歩行者が所定の位置に静止する。歩行者の静止状況を確認後、自動車専用端末および自動車用携帯端末を搭載した自動車が歩行者の前方道路を通過する (図 9-2-8)。上記の一連の実験を 5 回程度繰り返す。

【分析・評価】

実験シナリオ No. 1 を通じて、歩行者の前を自動車が通過した際の、歩行者端末・自動車端末のアプリケーション作動確認・HMI 確認を目視で行う。また、歩行者端末・自動車端末において、位置測位ができているか、通信ができているかの確認も目視で行う。

歩行者端末・自動車端末の位置測位データ取得、通信状況データの詳細な取得状況については、実験シナリオ No. 1 を通じて得られたログデータを解析することで分析・評価を行う。

< 実験シナリオ No. 2 (場面：単路横断) >

歩行者専用端末 1 台および歩行者用携帯端末、自動車専用端末 1 台および自動車用携帯端末 1 台を使用し、歩行者は歩道から自動車進行方向の右側から左側へ横断しようとする（実際には横断しない）場面において、「支援タイミング」に影響を与える要因を把握するための実験データを収集する。



図 9-2-9 実験シナリオ No. 2 (場面：単路横断) の実施手順概要

【実験準備】

実験の準備として、歩行者の静止位置（道路から 14m 内側の歩道）を設定する。歩車間通信システムでの情報提供、注意喚起のタイミングを、それぞれ衝突予測時間の 3.7 秒前、2.4 秒前に設定する。

【実験手順】

歩車間通信システムの稼働を確認後、専用端末および携帯端末を所持した歩行者が所定の位置に静止する。歩行者の静止状況を確認後、自動車専用端末および自動車用携帯端末を搭載した自動車が歩行者の前方道路を通過する（図 9-2-9）。上記の一連の実験を 5 回程度繰り返す。

【分析・評価】

実験シナリオ No. 2 を通じて、歩行者の前を自動車が通過した際の、歩行者端末・自動車端末のアプリケーション作動確認・HMI 確認を目視で行う。また、歩行者端

末・自動車端末において、位置測位ができているか、通信ができているかの確認も目視で行う。

歩行者端末・自動車端末の位置測位データ取得、通信状況データの詳細な取得状況については、実験シナリオ No. 2 を通じて得られたログデータを解析することで分析・評価を行う。

実験で使用した高精度GPS

高精度 GPS は、表 9-2-4 に示す機器を用いた。

表 9-2-4 調査に用いた高精度 GPS スペック

機種	Hemisphere A101
データフォーマット	NMEA 0183 NMEA2000
データ出力	最大 20Hz
精度（理想値）	0.6m

本実験における高精度 GPS のデータ出力に関する設定は、10Hz とした。

9.2.4 実験結果と考察

<分析の目的と方法>

(1) 分析の目的

前述のとおり、今年度の公道での実証実験の目的は、実用化を見据えたシステムによる精度の検証である。具体的には、本事業で対象とする歩車間通信システムのアウトプットである「支援」に対して、システムが持つ誤差が及ぼす影響を把握することで、システムが満たすべき技術要件を整理し、本事業で開発する試験法・評価法に資する定量的評価を実施することを目的とする。

(2) 分析の方法

本実験では、開発した「700MHz 帯歩車間通信システム」及び、「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」を用いて、単路横断・交差点横断の各シーンにおいて誤差の検証を行った。

具体的には、表 9-2-5 に示す試番表に基づき実験を実施した。

表 9-2-5 公道での実証実験における試番表

	実験実施時間	実験シナリオ(場面)
試番 11	13:17:47 ~ 13:21:56	No. 1 (交差点横断)
試番 12	13:21:56 ~ 13:27:14	No. 1 (交差点横断)
試番 13	13:27:15 ~ 13:34:27	No. 1 (交差点横断)
試番 14	13:34:28 ~ 13:38:07	No. 1 (交差点横断)
試番 15	13:38:08 ~ 13:42:46	No. 1 (交差点横断)
試番 16	13:42:47 ~ 13:51:32	No. 2 (単路横断)
試番 17	13:51:33 ~ 13:59:01	No. 2 (単路横断)
試番 18	13:59:02 ~ 14:02:28	No. 2 (単路横断)
試番 19	14:02:29 ~ 14:06:10	No. 2 (単路横断)
試番 20	14:06:11 ~ 14:10:30	No. 2 (単路横断)

検証の対象となるシステム誤差は、大別すると GPS による誤差と通信による誤差の 2 種類である。GPS による誤差は、位置の測位誤差と、速度の誤差の 2 種類を対象とする。ただし、GPS の誤差検証には、基準となる位置情報及び、速度情報が必要になるため、内蔵 GPS を用いたシステムを含む「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」のみ検証の対象とした。

通信による誤差は、通信遅延と通信到達距離の 2 種類を対象とする。通信到達距離については、P2P (Peer to Peer) での通信を行う「700MHz 帯歩車間通信システム」のみを対象とした。通信遅延については、両者を対象とした。その上で、それぞれの誤差を踏まえ、「支援」への影響を考察した。

本実験における検証項目を表 9-2-6 に整理する。

表 9-2-6 実験結果（お台場）の検証項目

検証項目		携帯電話ネットワーク利用型 歩車間通信システム	700MHz 帯 歩車間通信システム
GPSによる誤差	位置測位の精度	【分析手法】 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の緯度・経度の比較によって精度を算出 ✓ GPS データを地図上にプロットし、最大誤差となる場所を探索	/
	速度の精度	【分析手法】 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の速度の大きさの比較によって精度を算出 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の速度の向きと比較による精度検証	
通信による誤差	通信に要する時間	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから、内部処理、無線通信等にかかった通信遅延時間を算出	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから、内部処理、無線通信等にかかった通信遅延時間を算出
	通信到達距離	/	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから通信の成功・失敗を抽出し、GPS から算出される端末間の距離に応じた通信成功率を算出
誤差が与える支援への影響		【分析手法】 ✓ 上記 ~ で算出した誤差を“時間[s]”に変換し、「支援」が行われるタイミングに及ぼす影響を評価	

以下より、上記の検証項目に基づき、それぞれの誤差及び、誤差が与える支援への影響を把握・検証した結果を示す。

位置測位の精度に関する分析結果

位置測位の精度に関する分析には、基準となる GPS と測定対象となる GPS がセットで必要となる。本実験においては、「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」についてのみ、内蔵 GPS と高精度 GPS を用いているため、当該システムのみを分析対象とする。

以下より、位置測位の精度に関する測定方法と分析結果について示す。

(1) 測定方法

位置測位の精度に関する分析は、基準となる高精度 GPS の緯度・経度情報及び、測定対象となるスマートフォン内蔵 GPS (以下、スマホ GPS) の緯度・経度の差を距離[m]で比較することによって算出した。

以下には、基準として用いた高精度 GPS の詳細と、測定手順の詳細について示す。

【機器の設置場所】

基準となる車側高精度 GPS は、測定対象自動車の車体上部にマグネットで取り付け、車内に設置した PC にてログを記録する(図 9-2-10)。歩側高精度 GPS は台車に養生テープで取り付け台車に積載した PC にてログを記録した(図 9-2-11)。また、スマートフォンについては、できる限り高精度 GPS の設置場所と同様の場所となるように設置した。



図 9-2-10 お台場における高精度 GPS の設置

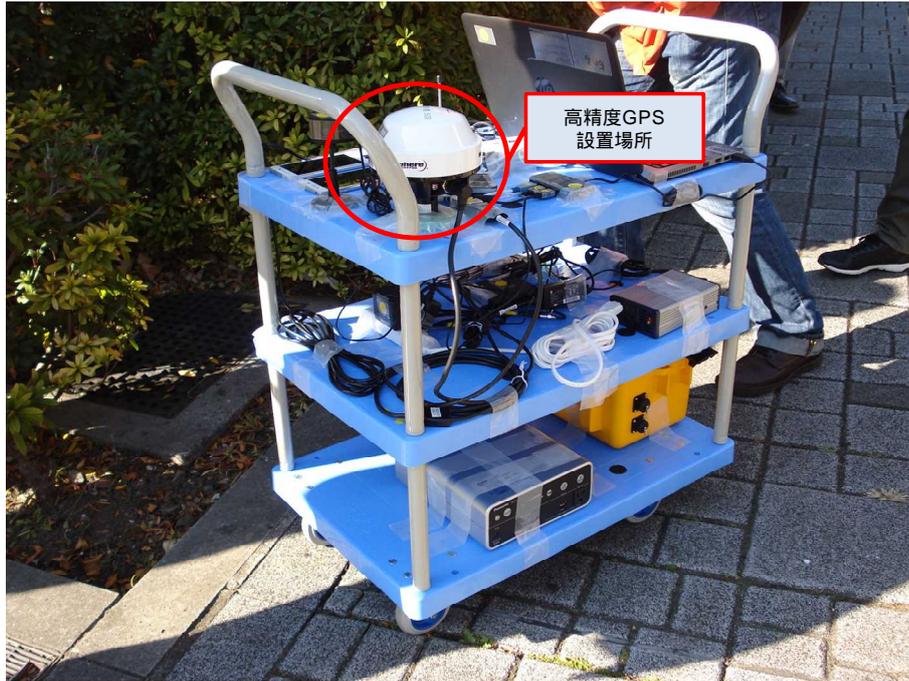


図 9-2-11 お台場における歩行者台車への高精度 GPS の設置

【分析手法】

位置測位の精度に関しては、以下のような分析を行った。

各試番の GPS データ（緯度・経度）の地図上へのプロット
各試番におけるスマホ GPS と高精度 GPS によって得られた緯度・経度を地図上にプロットし、それぞれのズレ（距離）の度合いを分析した。

各試番及び、試験全体の位置測位の誤差の分布
各試番のスマホ GPS と高精度 GPS の緯度・経度のズレ（距離）を位置測位の誤差とし、その頻度について分析した。

位置測位の誤差方向の分析
スマホ GPS と高精度 GPS の緯度・経度のズレ（方向）から、基準となる高精度 GPS と比較した誤差方向について分析した。

なお、位置測位の精度は速度によって異なることが想定されるため、「自動車」と「歩行者」及び、速度が異なる状況となる「移動時（自動車走行時、歩行者歩行時）」と「停止時（自動車停止時、歩行者停止時）」に区分し分析を行った。「移動時」と「停止時」の区別については、高精度 GPS データが出力する速度情報を元に、下記に示す閾値を設定し区分した。

停止：時速 1 km/h 未満、移動：時速 1 km/h 以上

(2) 分析結果

上記の測定方法を元に算出した位置精度に関する分析結果を以下より示す。それぞれの分析項目に対する対応表は、表 9-2-7 のとおり。

分析に用いた試番の区分は、前述の表 9-2-5 に従うものとした。

表 9-2-7 分析項目に対する測定結果の対応表

シナリオ		GPS データの 地図上への プロット	位置測位の 誤差分布	位置測位の 誤差方向の分布
試番 11	交差点	【車側】図 9-2-12 【歩側】図 9-2-40	【車側】図 9-2-13 【歩側】図 9-2-41	
試番 12		【車側】図 9-2-14 【歩側】図 9-2-42	【車側】図 9-2-15 【歩側】図 9-2-43	
試番 13		【車側】図 9-2-16 【歩側】図 9-2-44	【車側】図 9-2-17 【歩側】図 9-2-45	
試番 14		【車側】図 9-2-18 【歩側】図 9-2-46	【車側】図 9-2-19 【歩側】図 9-2-47	
試番 15		【車側】図 9-2-20 【歩側】図 9-2-48	【車側】図 9-2-21 【歩側】図 9-2-49	
試番 11 ~ 15			【車側】図 9-2-24、図 9-2-25 【歩側】図 9-2-52、図 9-2-53	【車側】図 9-2-22、図 9-2-23 【歩側】図 9-2-50、図 9-2-51
試番 16	単路	【車側】図 9-2-26 【歩側】図 9-2-54	【車側】図 9-2-27 【歩側】図 9-2-55	
試番 17		【車側】図 9-2-28 【歩側】図 9-2-56	【車側】図 9-2-29 【歩側】図 9-2-57	
試番 18		【車側】図 9-2-30 【歩側】図 9-2-58	【車側】図 9-2-31 【歩側】図 9-2-59	
試番 19		【車側】図 9-2-32 【歩側】図 9-2-60	【車側】図 9-2-33 【歩側】図 9-2-61	
試番 20		【車側】図 9-2-34 【歩側】図 9-2-62	【車側】図 9-2-35 【歩側】図 9-2-63	
試番 16 ~ 20			【車側】図 9-2-38、図 9-2-39 【歩側】図 9-2-66、図 9-2-67	【車側】図 9-2-36、図 9-2-37 【歩側】図 9-2-64、図 9-2-65

【位置測位の精度：車側スマホ GPS 交差点横断 試番 11～15】



図 9-2-12 【車側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 11

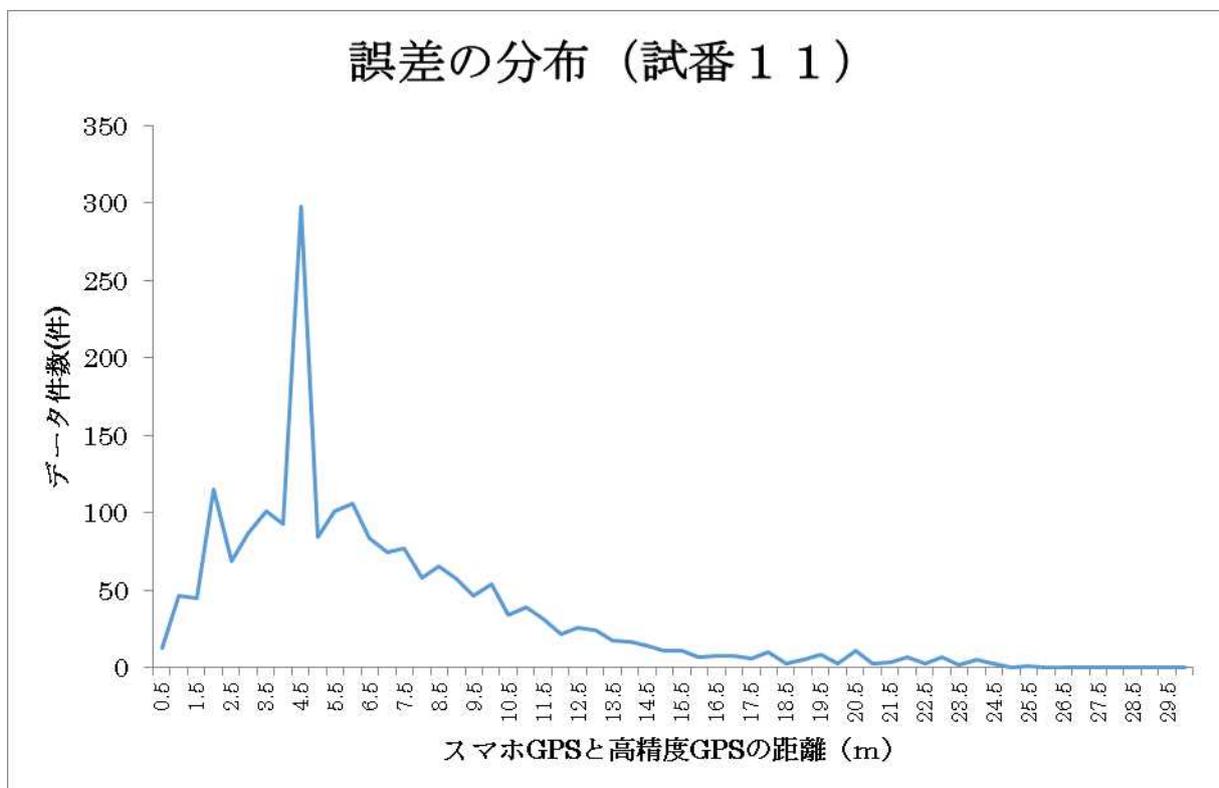


図 9-2-13 【車側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 11

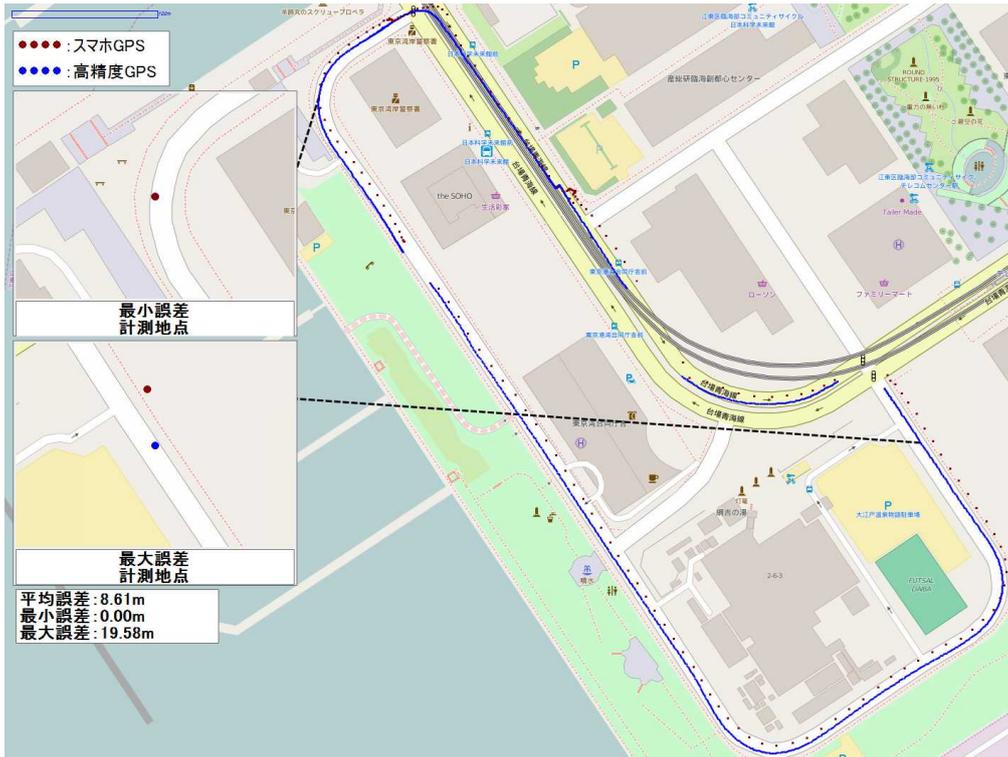


図 9-2-14 【車側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 12

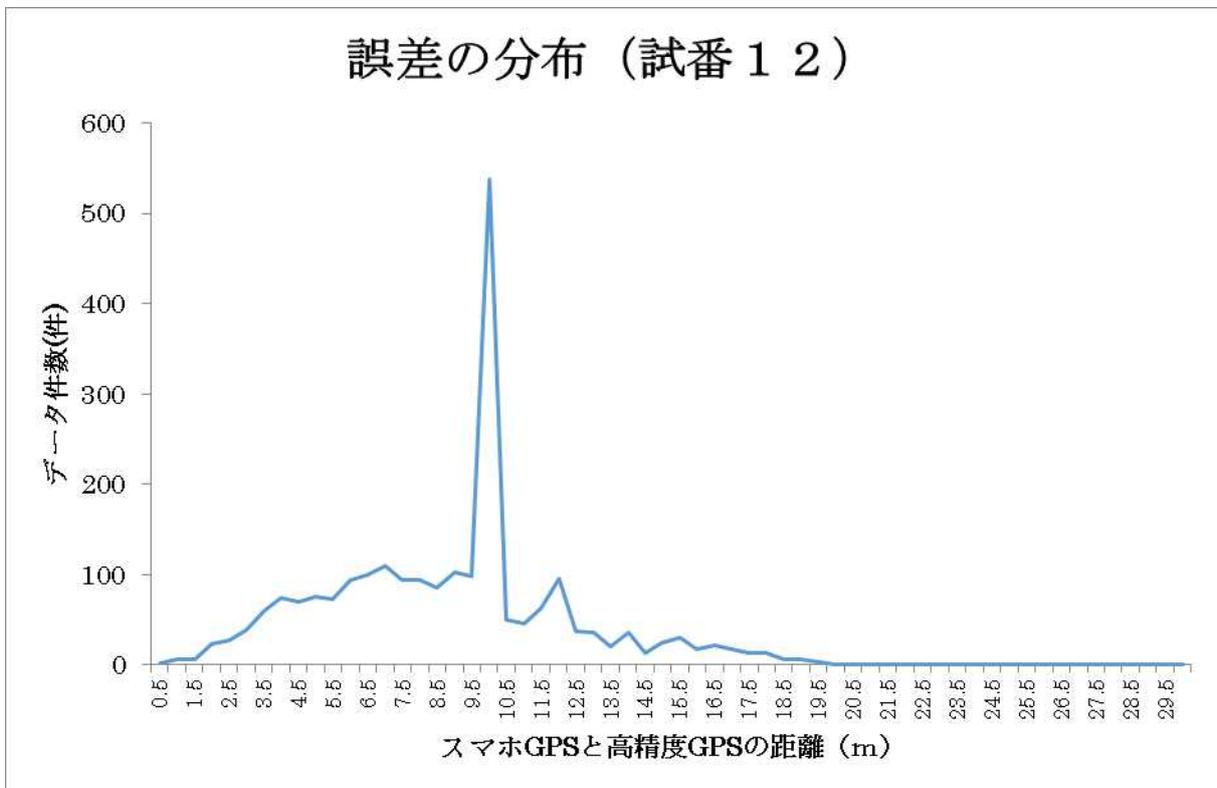


図 9-2-15 【車側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 12

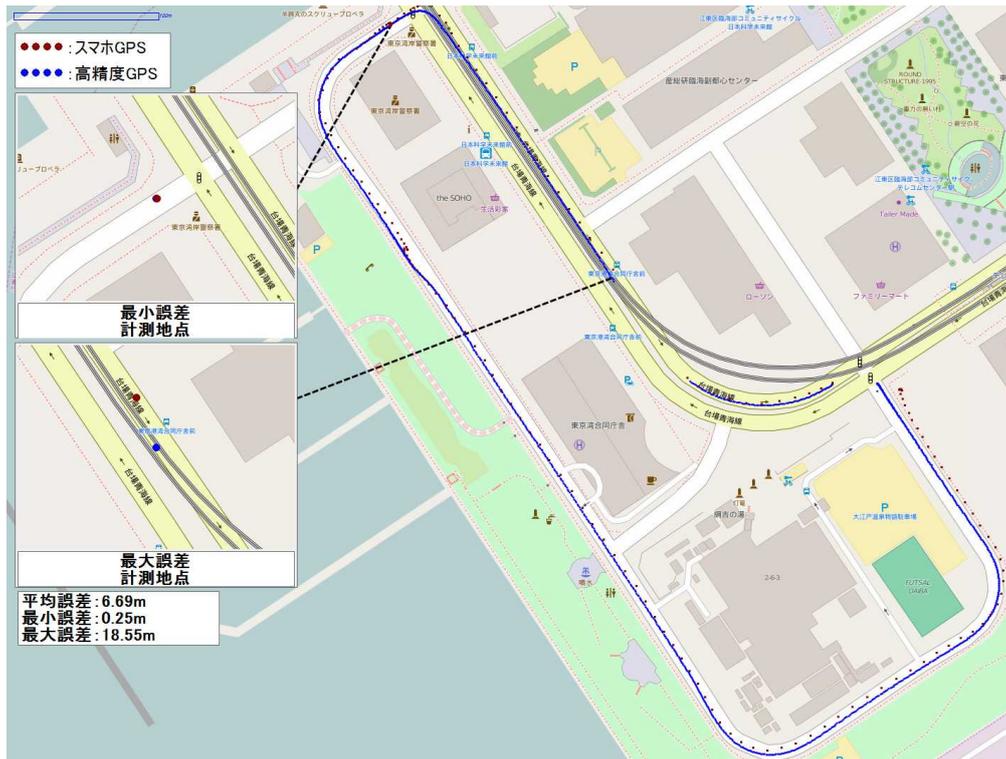


図 9-2-16 【車側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 13

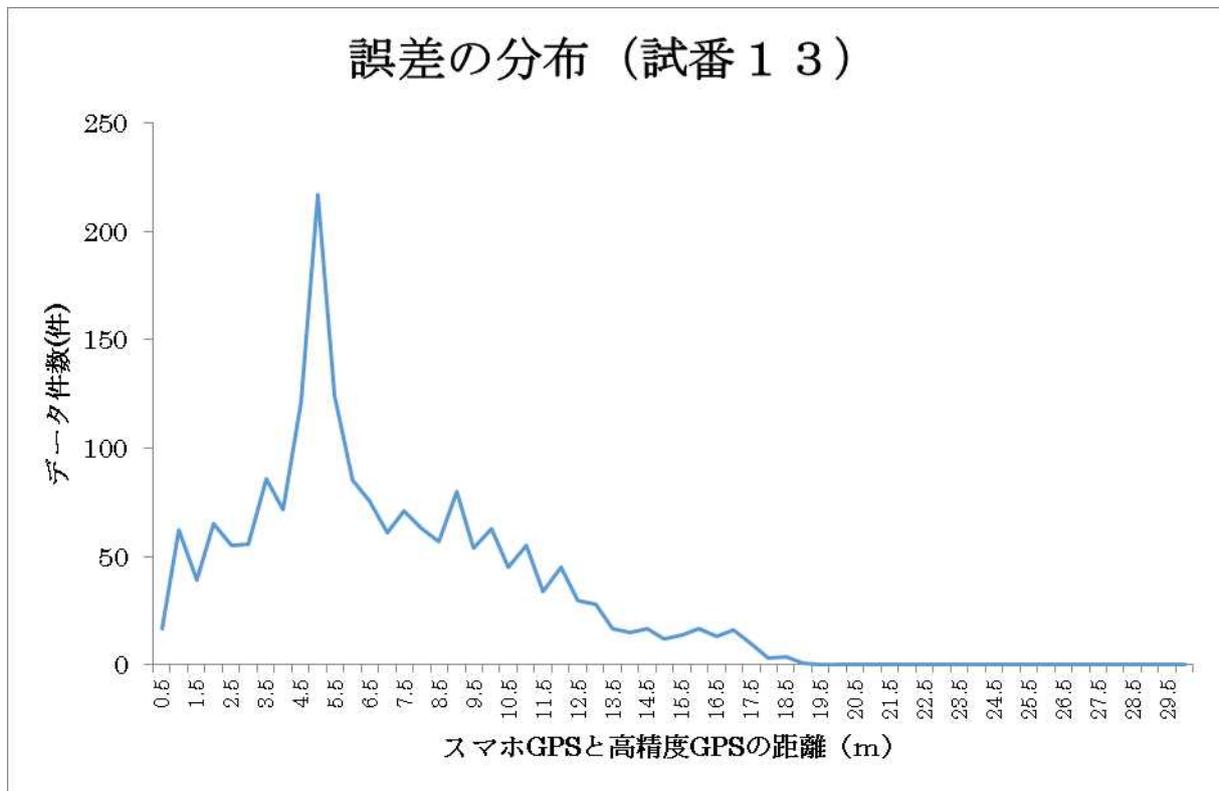


図 9-2-17 【車側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 13

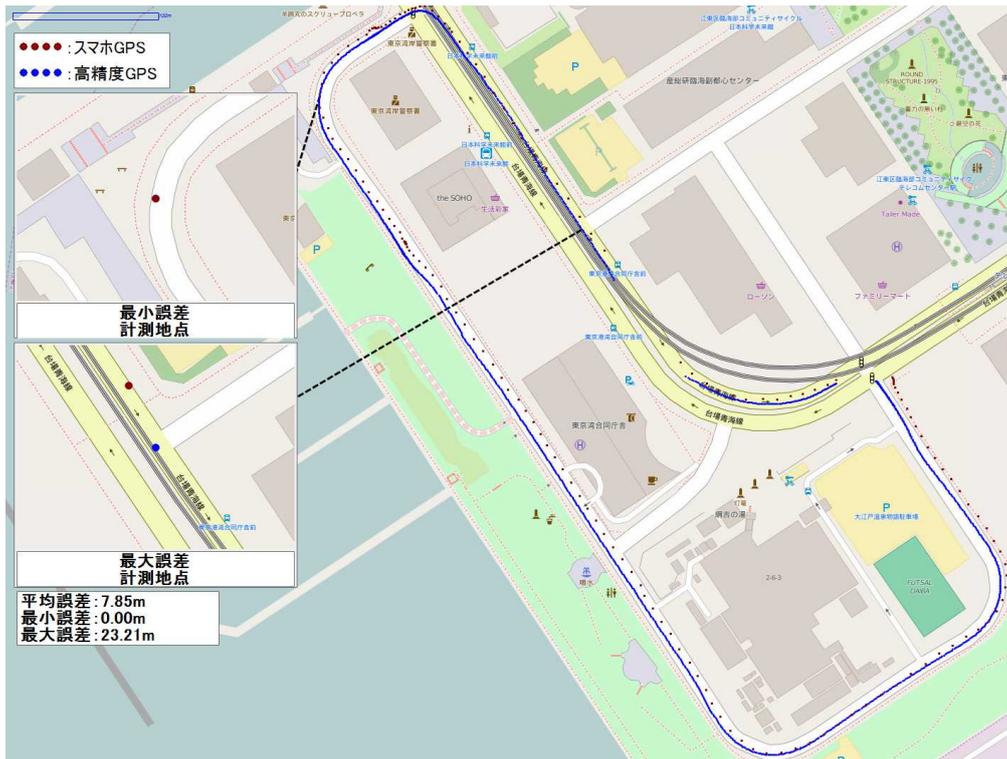


図 9-2-18 【車側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 14

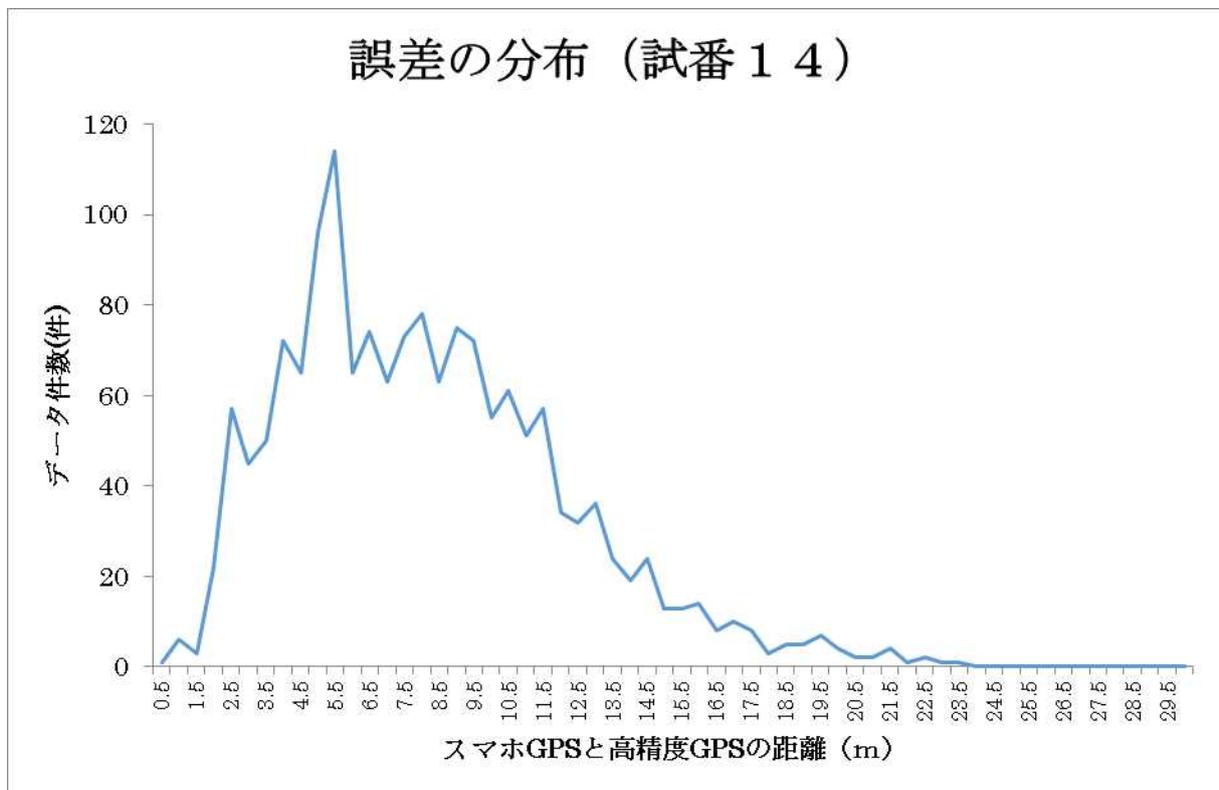


図 9-2-19 【車側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 14

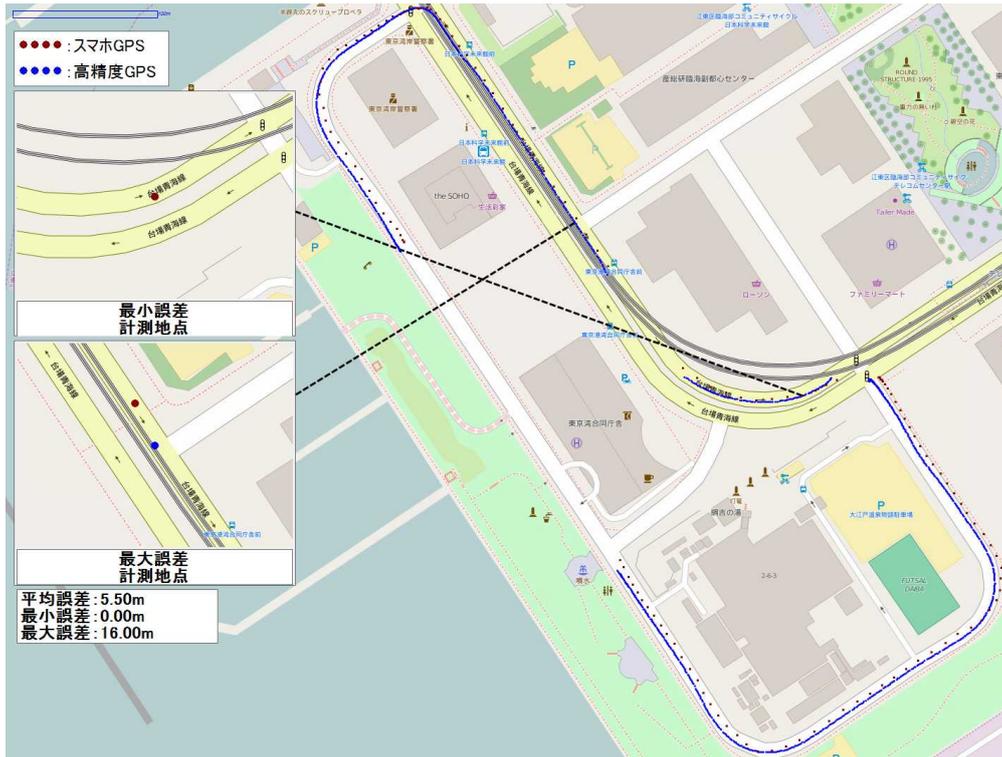


図 9-2-20 【車側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 15

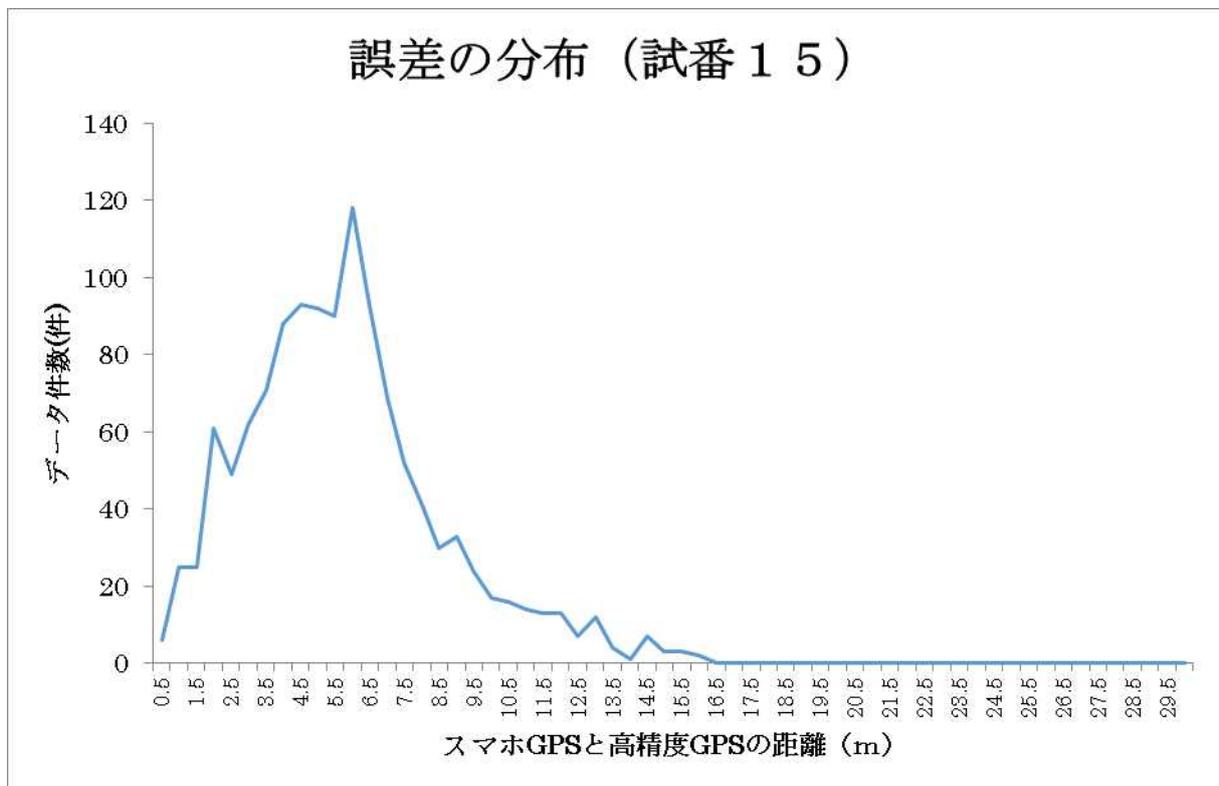


図 9-2-21 【車側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 15

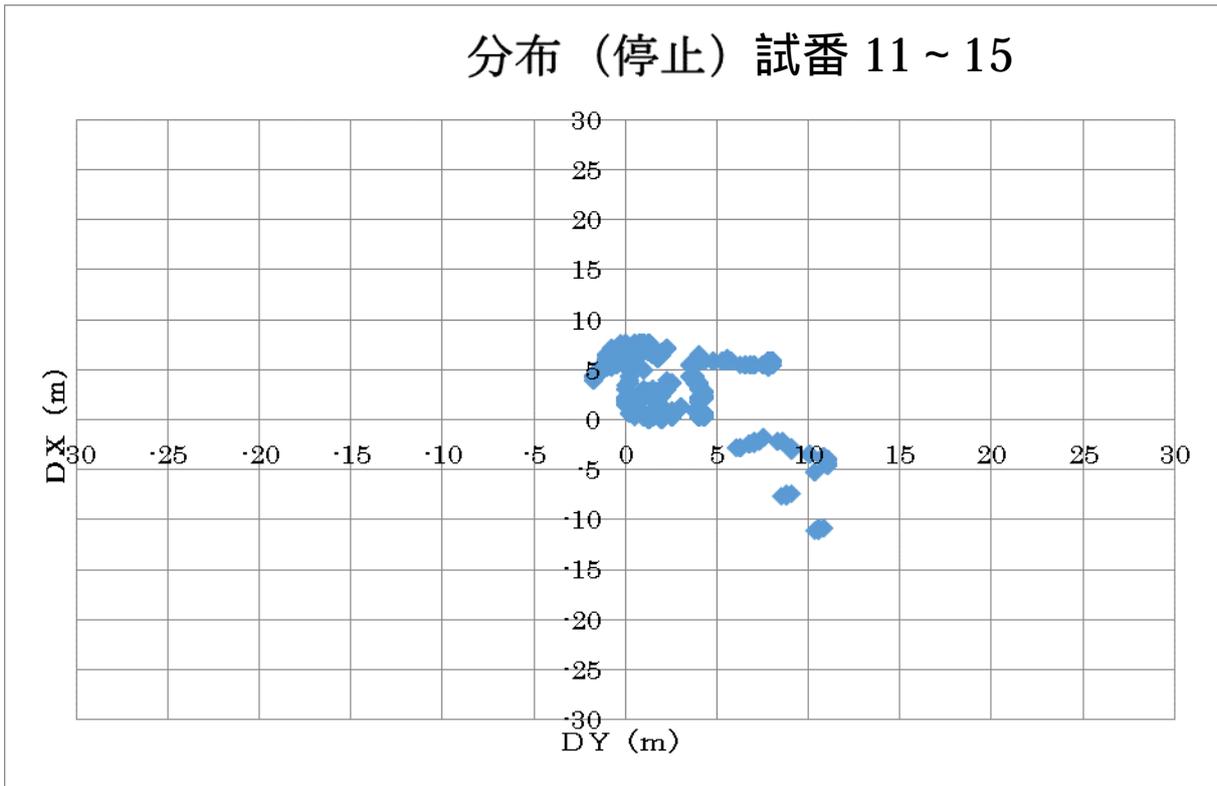


図 9-2-22 【車側・交差点横断全体・停止時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 11 ~ 15

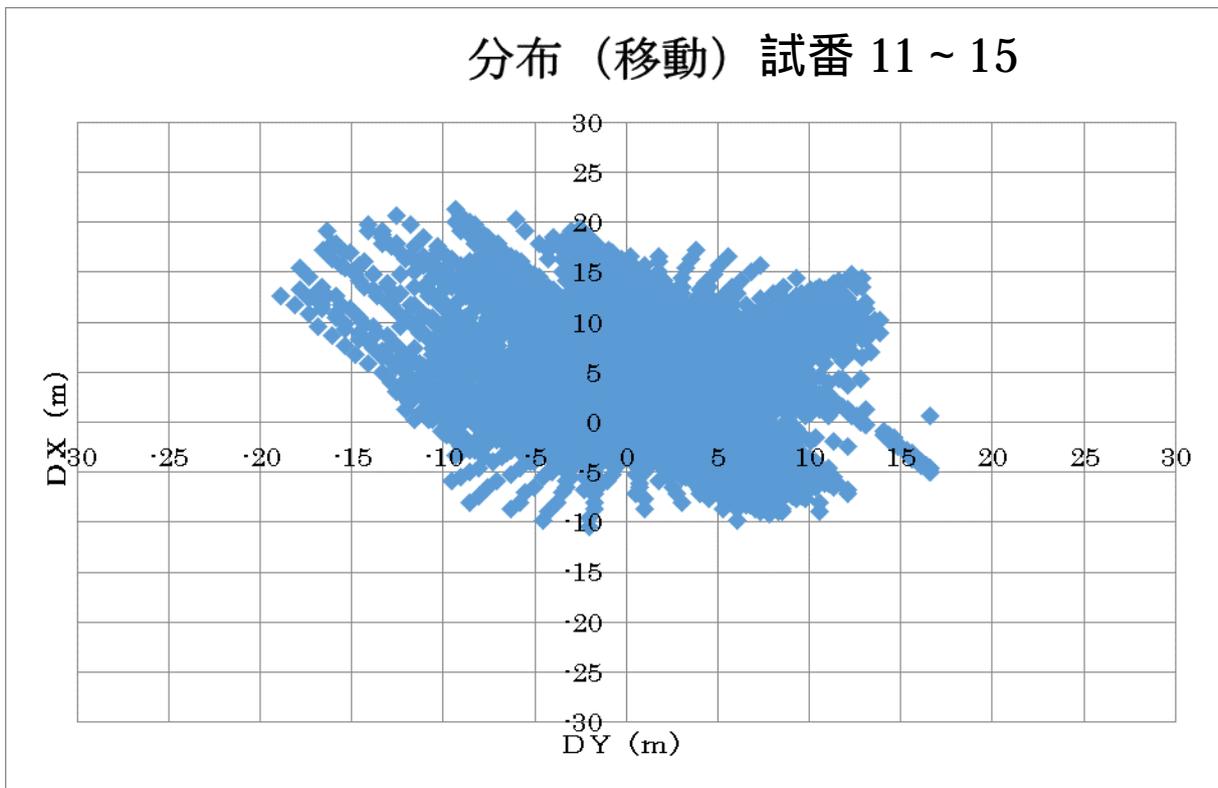


図 9-2-23 【車側・交差点横断全体・移動時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 11 ~ 15

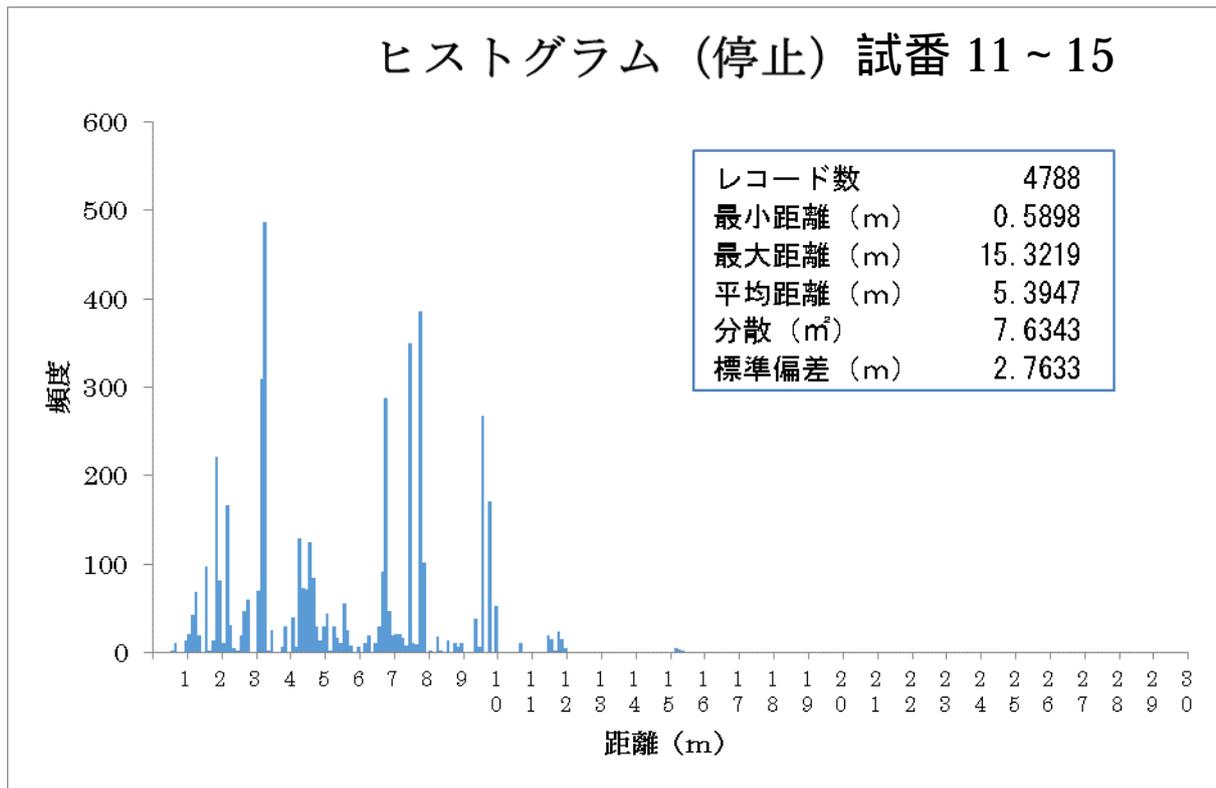


図 9-2-24 【車側・交差点横断全体・停止時】位置測位の誤差分布 試番 11 ~ 15

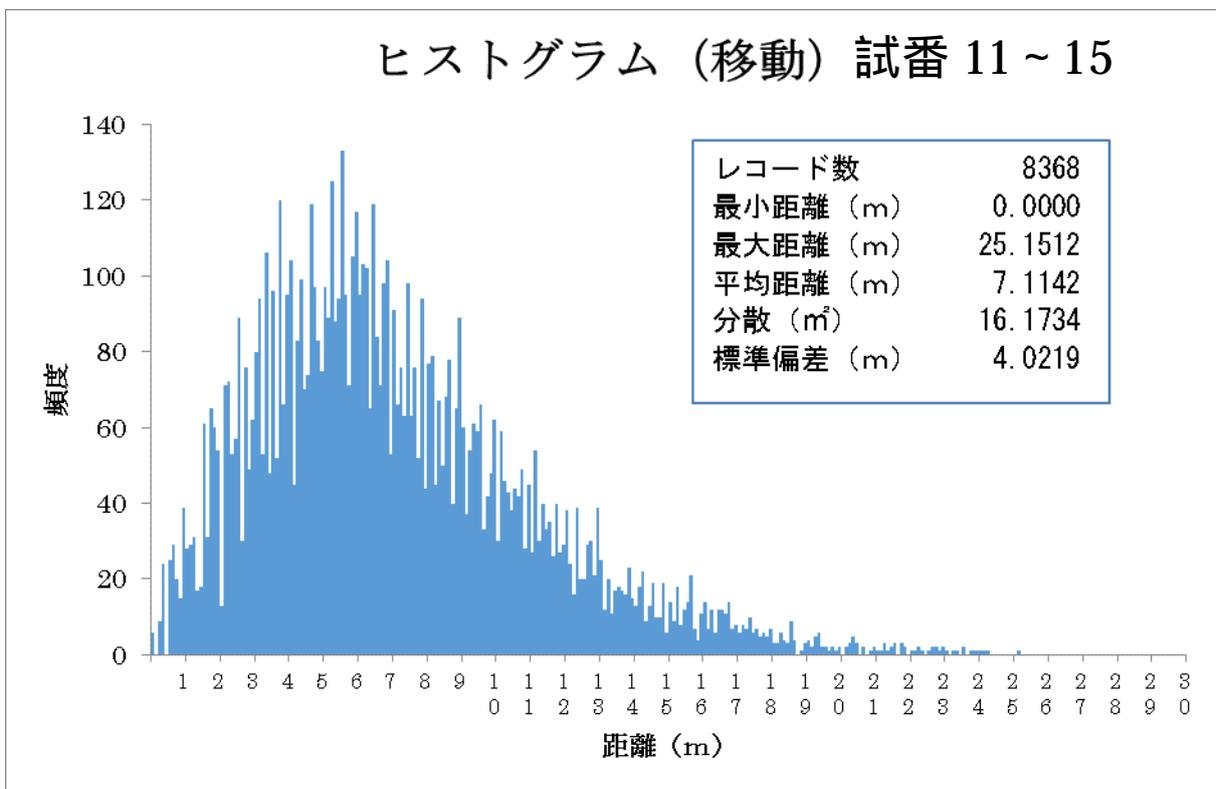


図 9-2-25 【車側・交差点横断全体・移動時】位置測位の誤差分布 試番 11 ~ 15

【位置測位の精度：車側スマホ GPS 単路横断 試番 16～20】

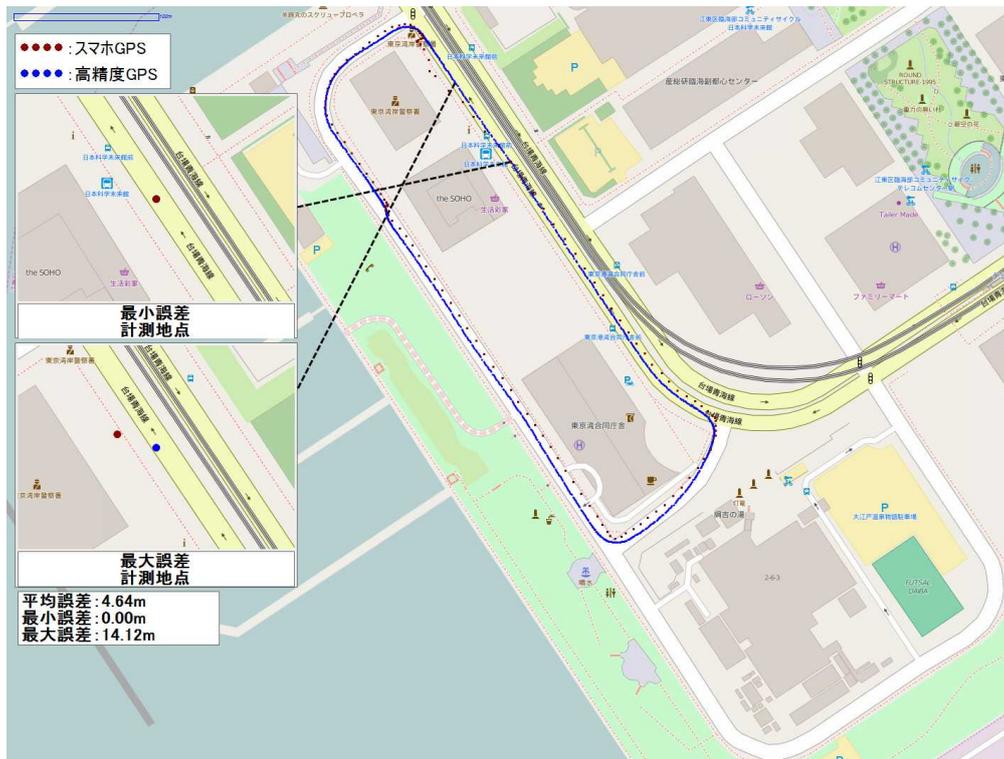


図 9-2-26 【車側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 16

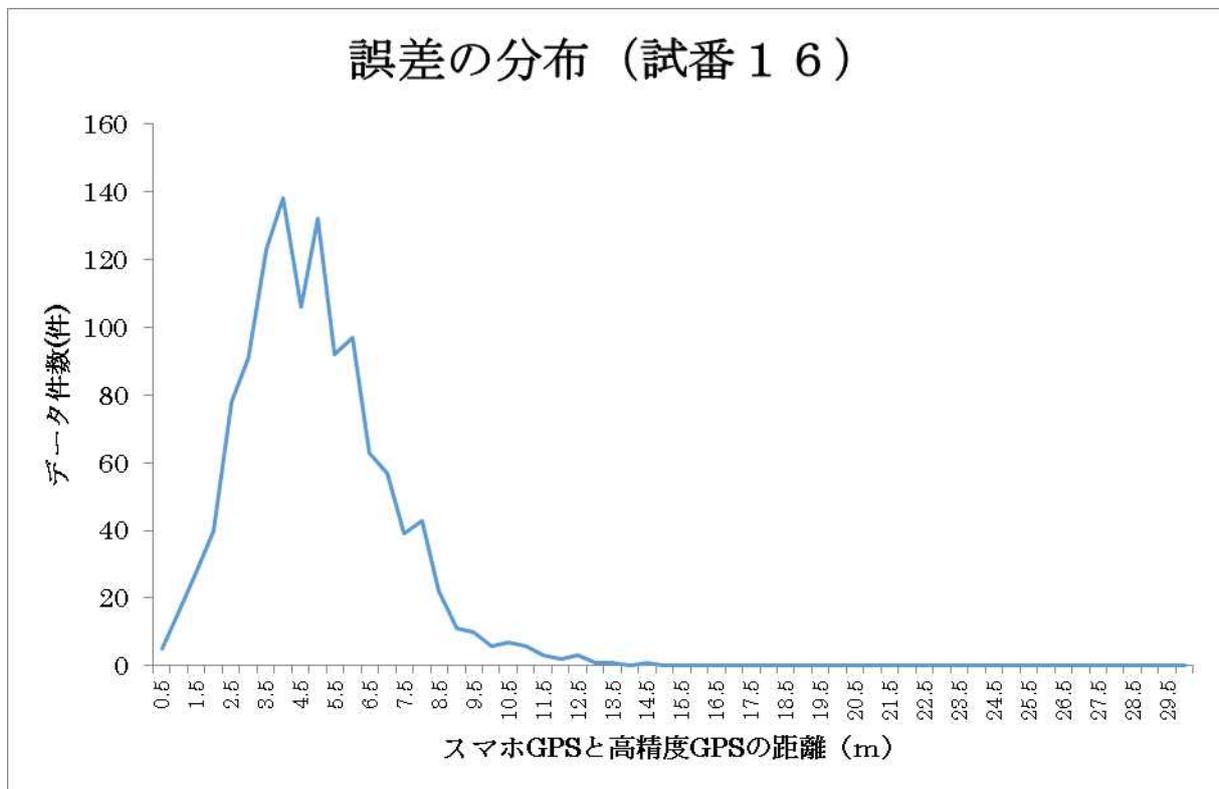


図 9-2-27 【車側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 16

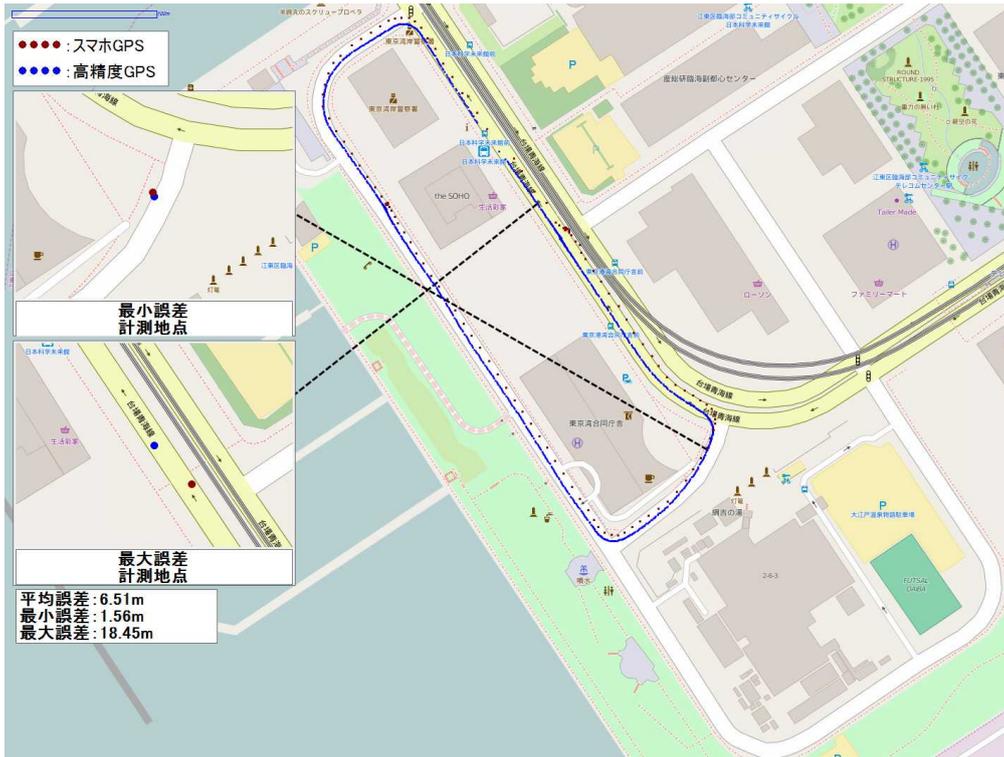


図 9-2-28 【車側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 17

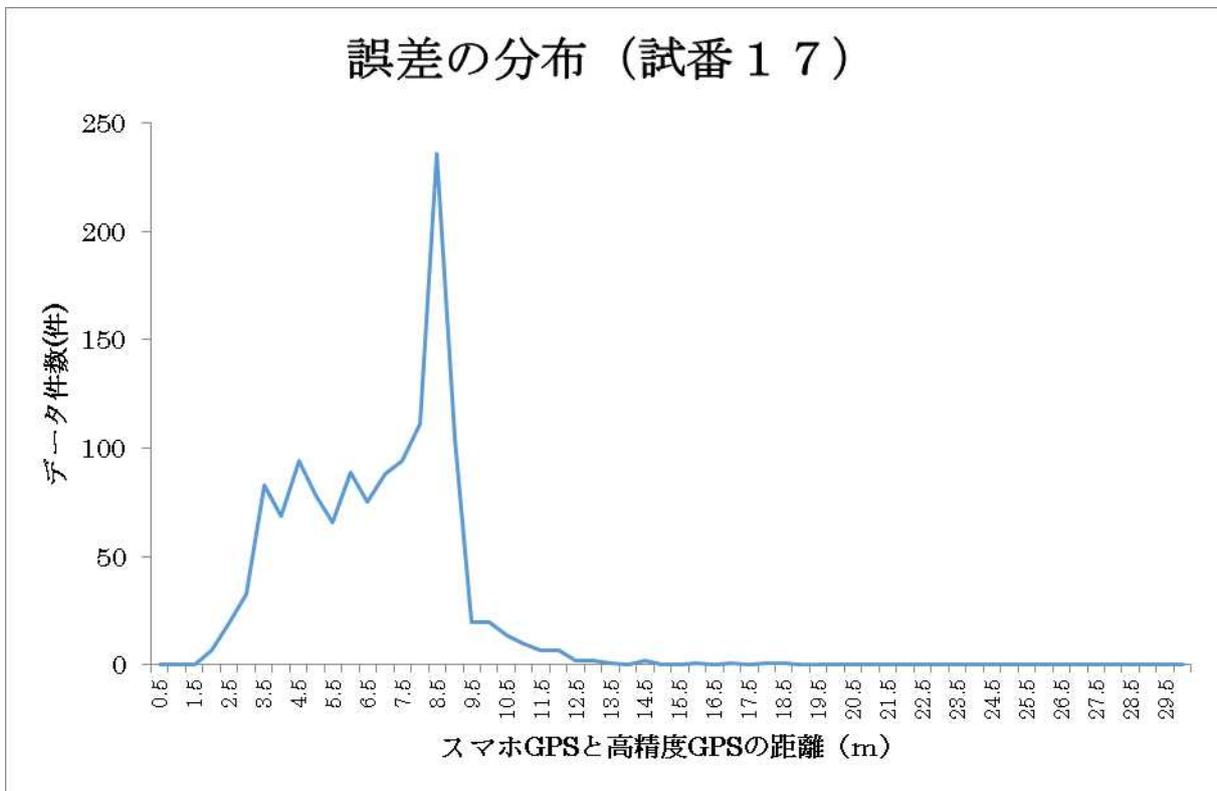


図 9-2-29 【車側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 17

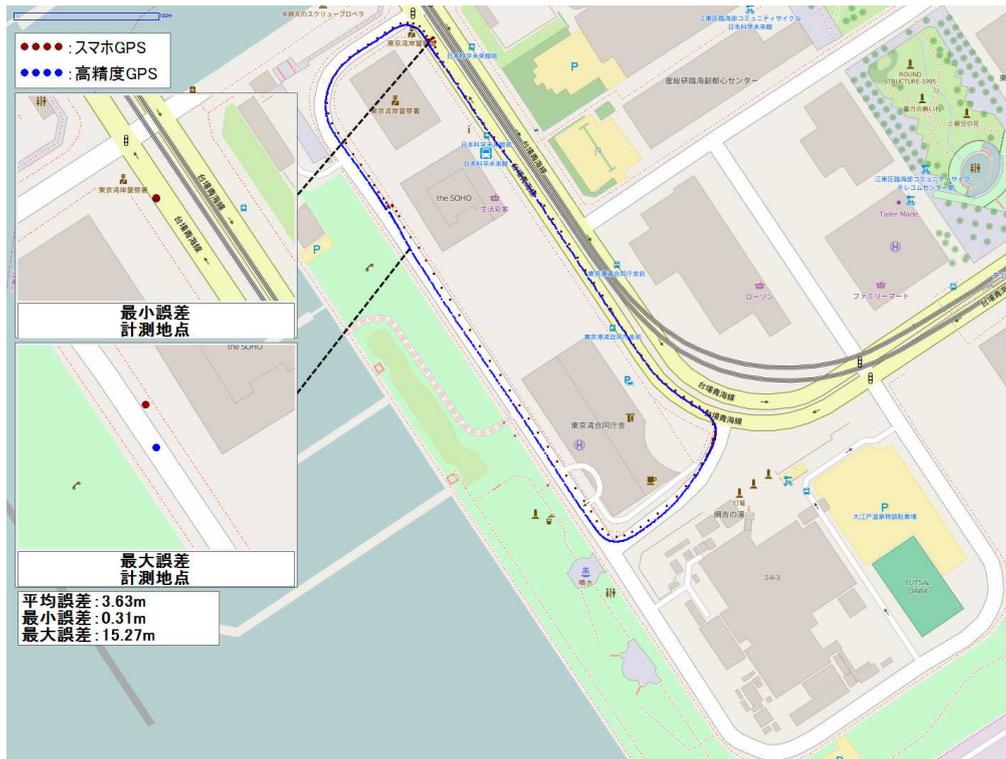


図 9-2-30 【車側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 18

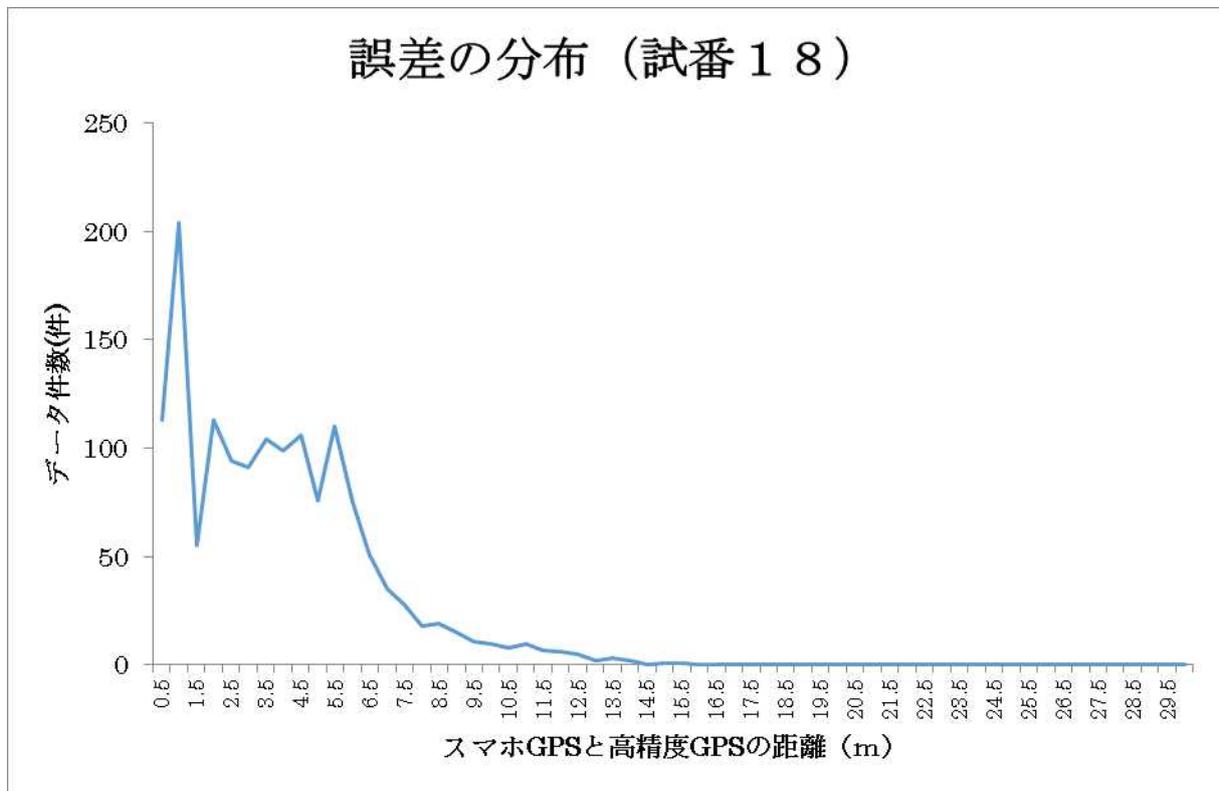


図 9-2-31 【車側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 18

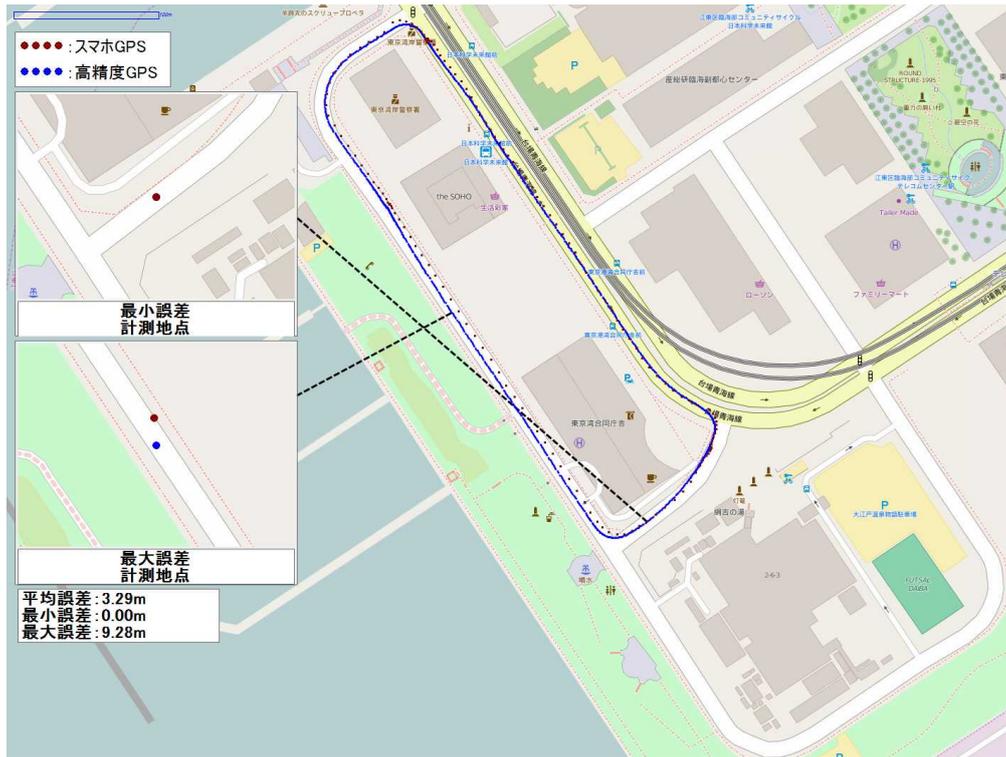


図 9-2-32 【車側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 19

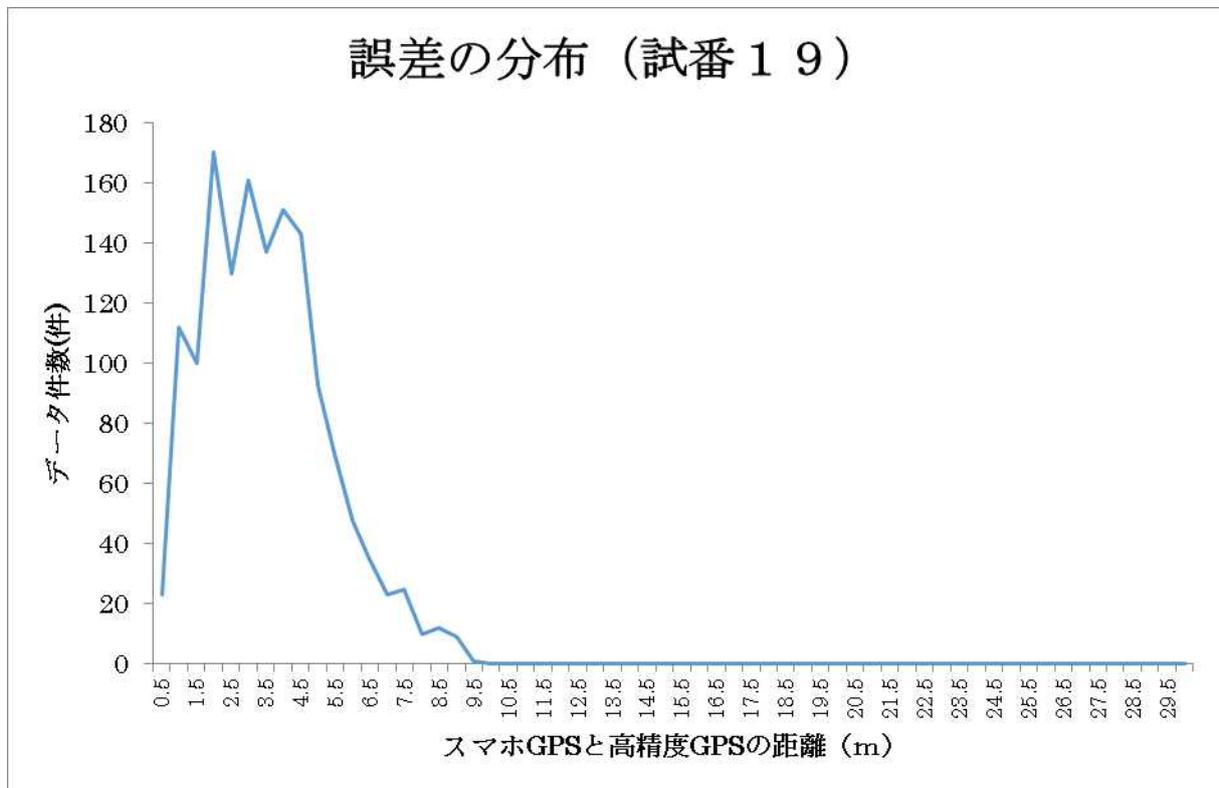


図 9-2-33 【車側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 19

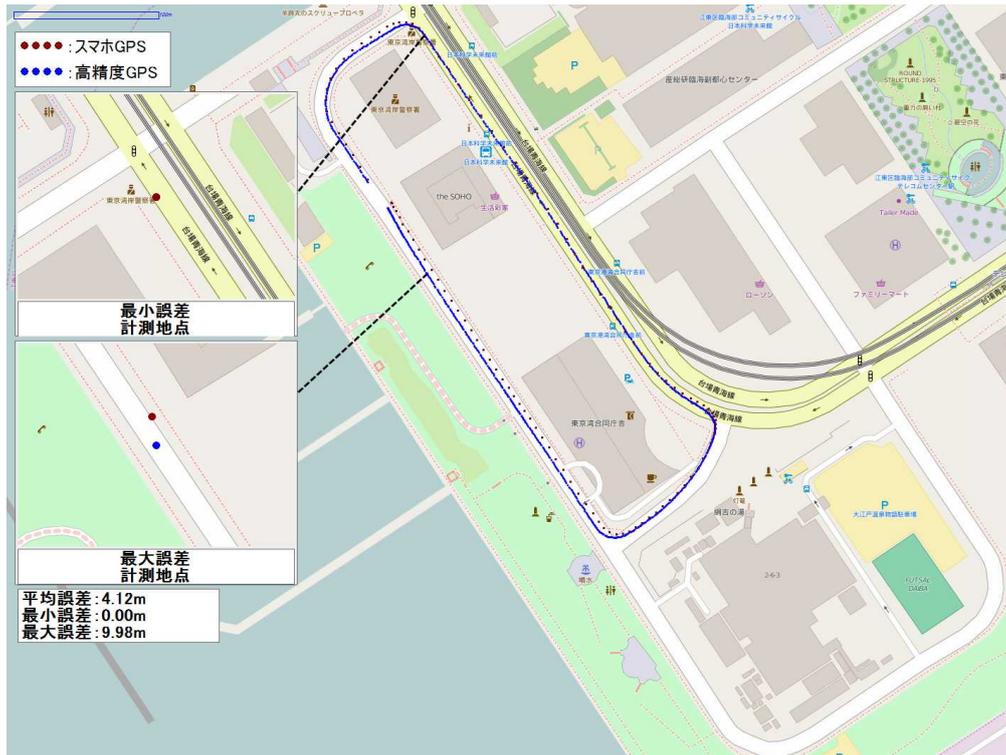


図 9-2-34 【車側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 20

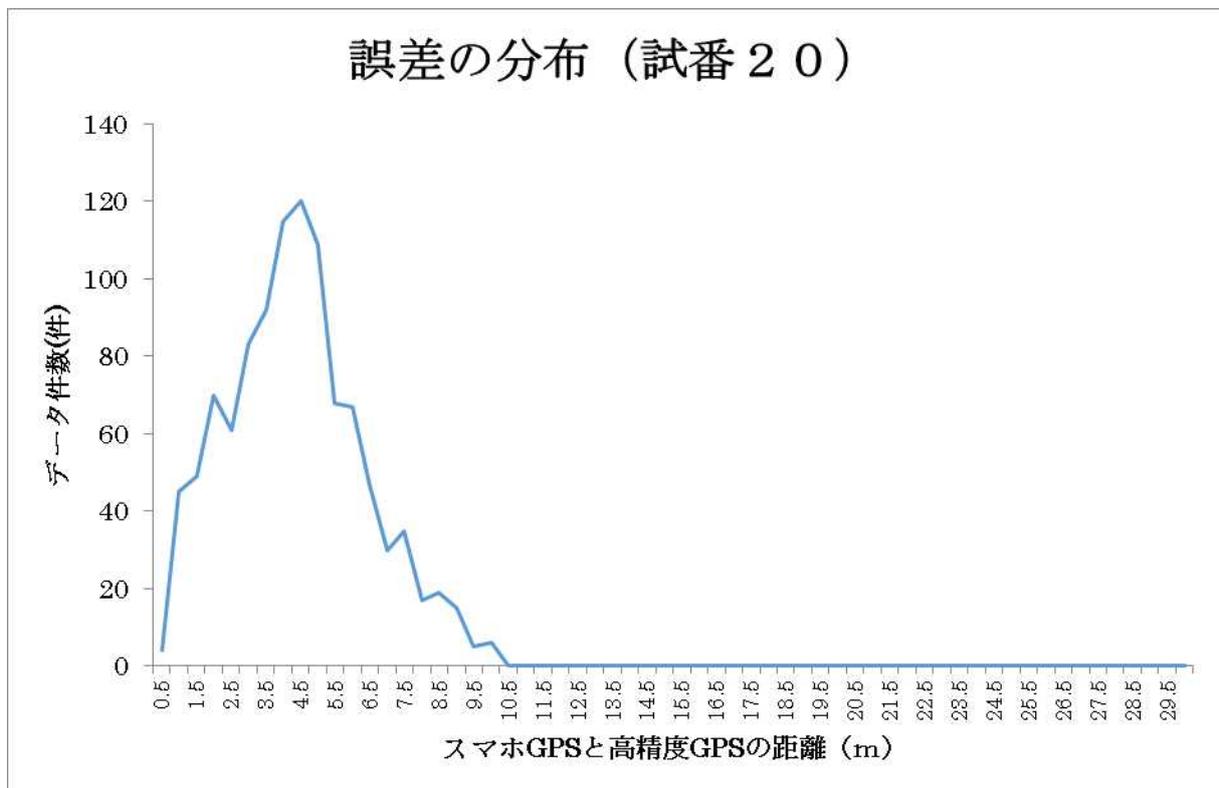


図 9-2-35 【車側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 20

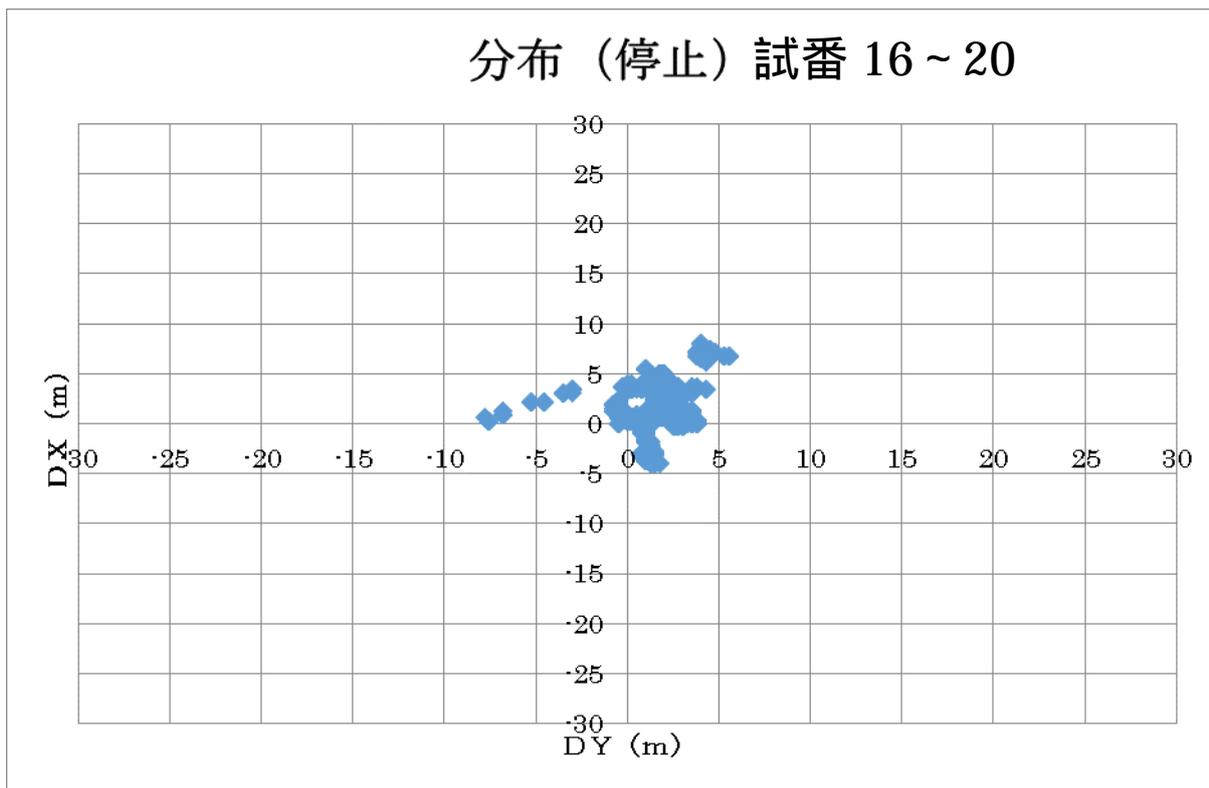


図 9-2-36 【車側・単路横断全体・停止時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 16 ~ 20

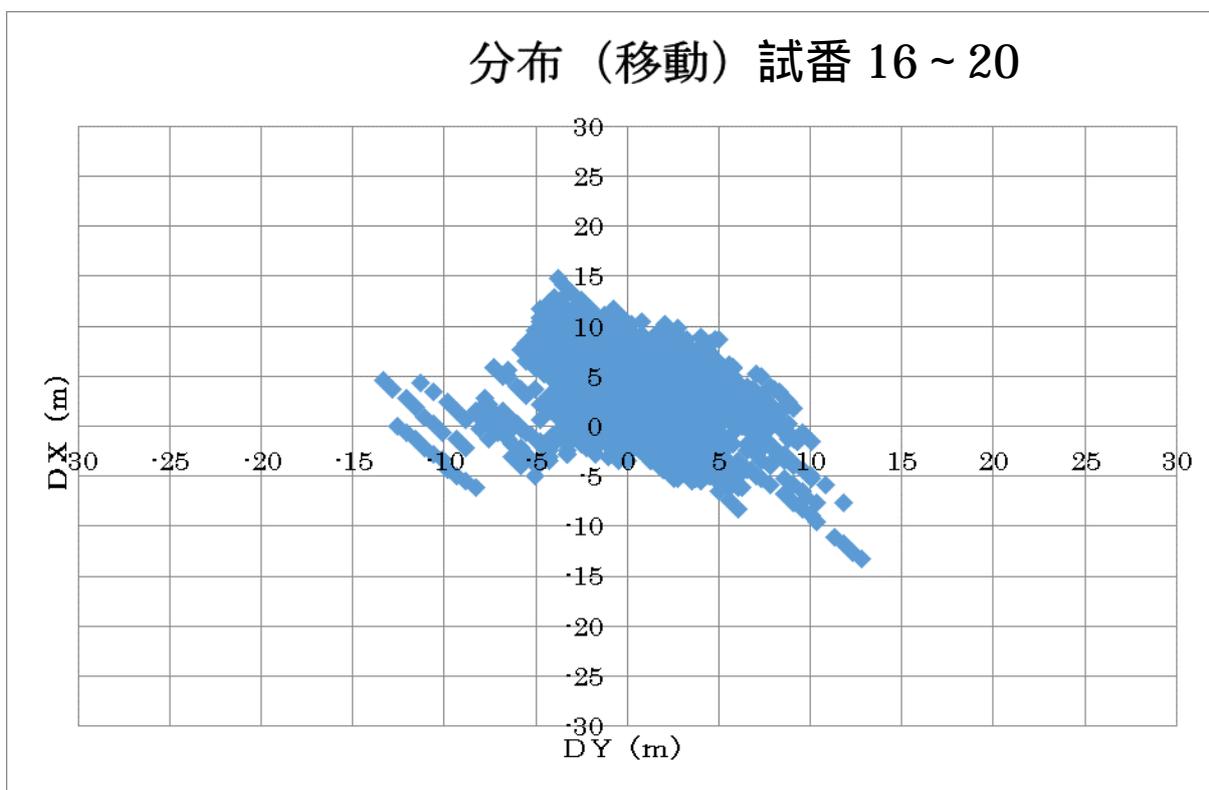


図 9-2-37 【車側・交差点横断全体・移動時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 16 ~ 20

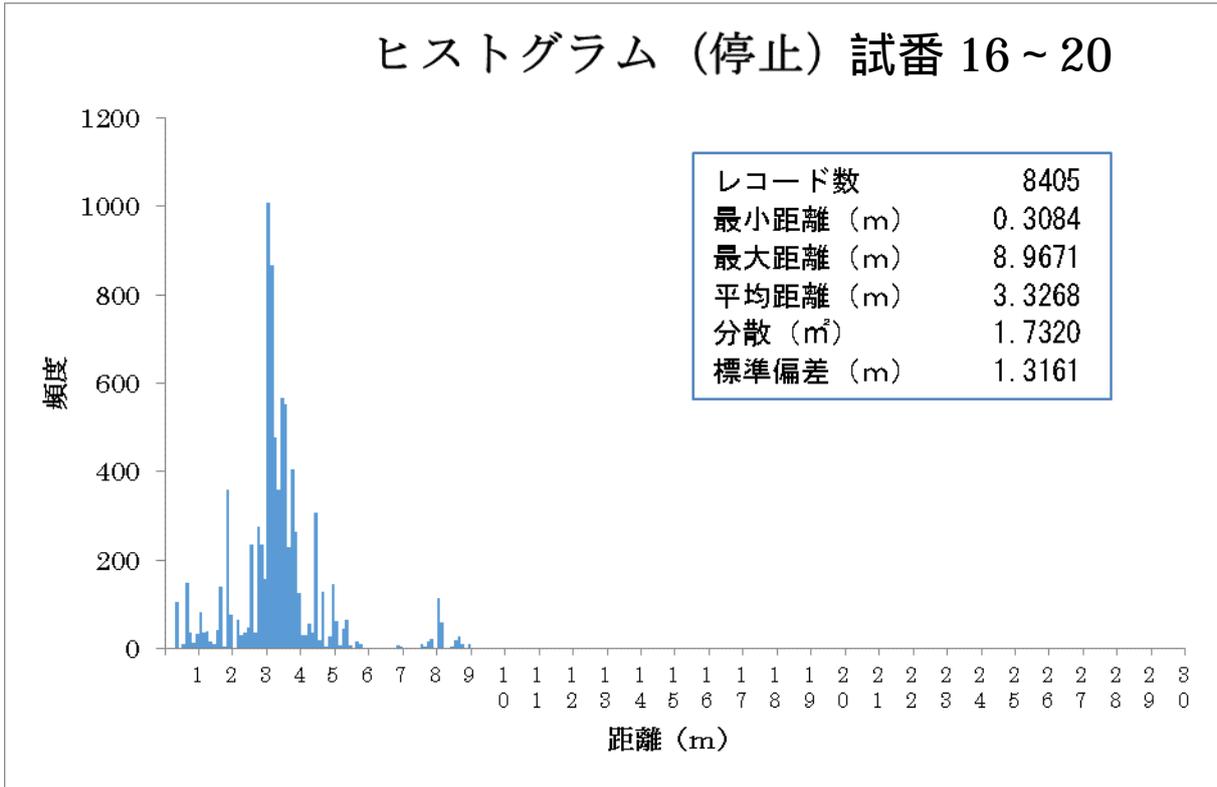


図 9-2-38 【車側・交差点横断全体・停止時】位置測位の誤差分布 試番 16 ~ 20

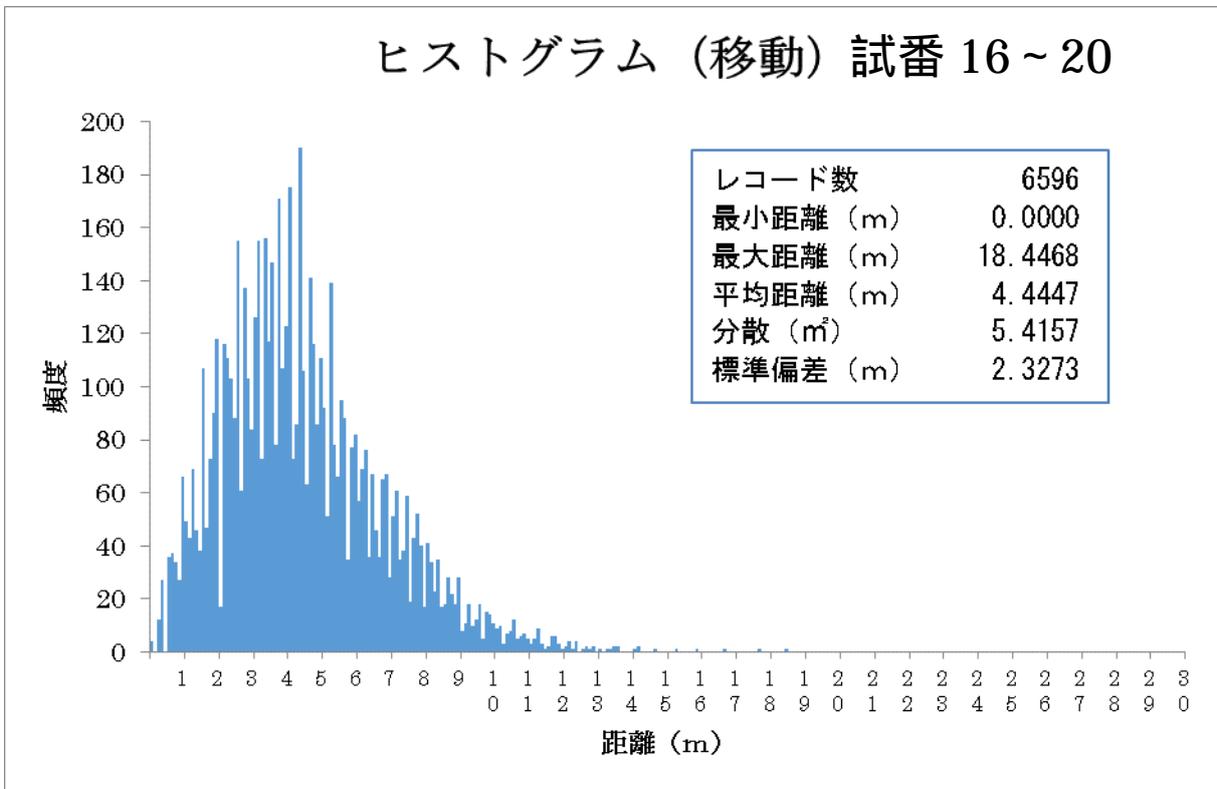


図 9-2-39 【車側・交差点横断全体・移動時】位置測位の誤差分布 試番 16 ~ 20

【位置測位の精度：歩側スマホ GPS 交差点横断 試番 11 ~ 15】

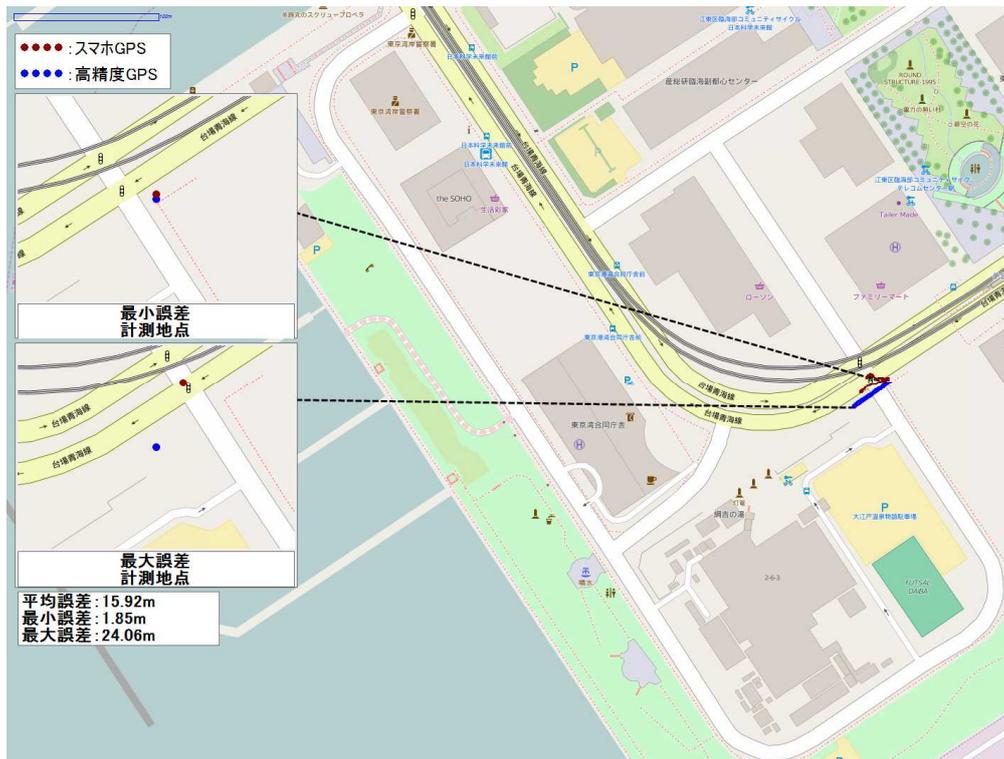


図 9-2-40 【歩側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 11

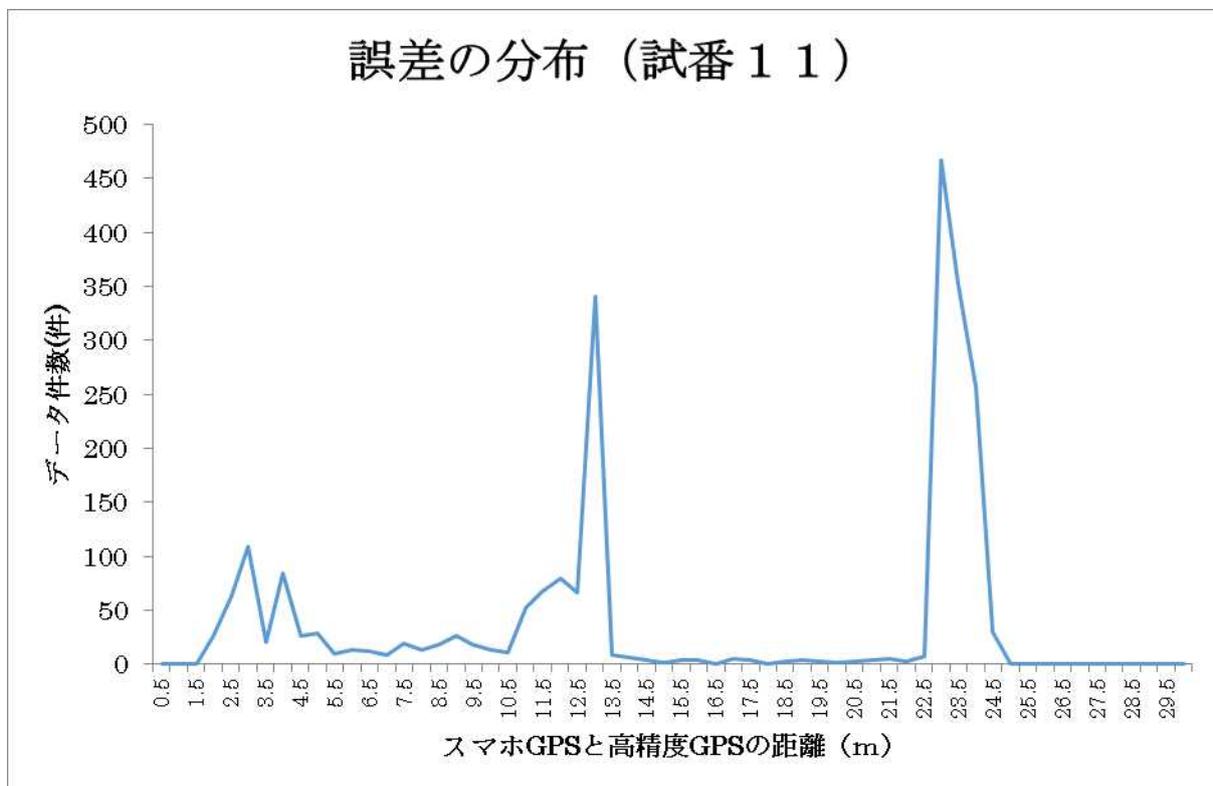


図 9-2-41 【歩側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 11

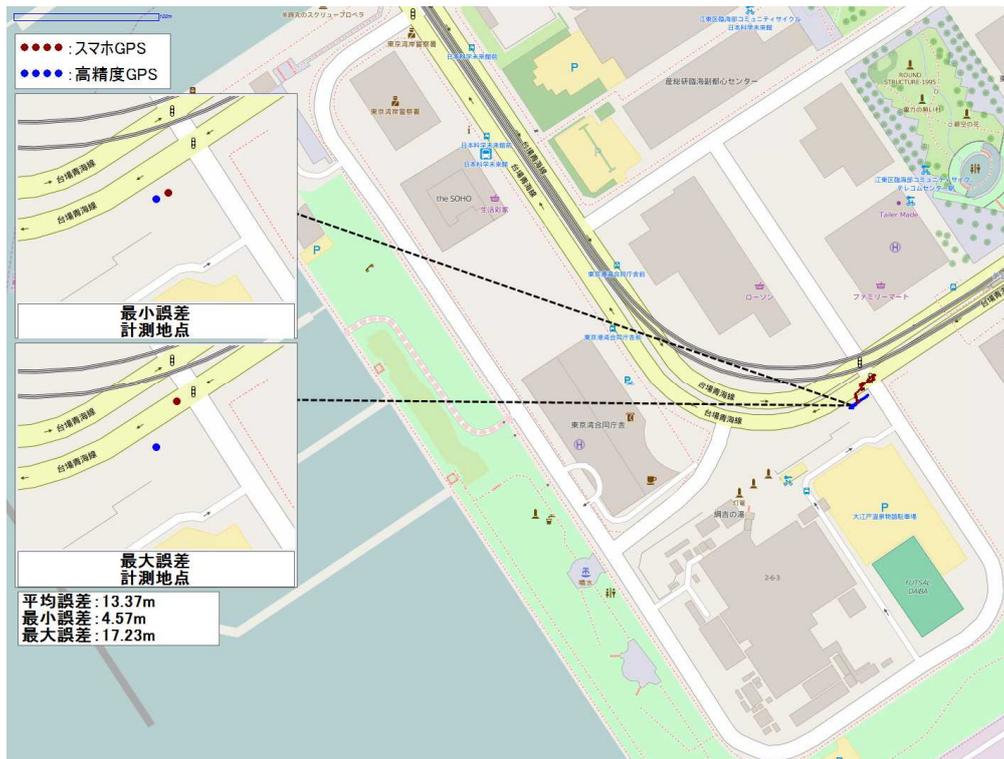


図 9-2-42 【歩側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 12

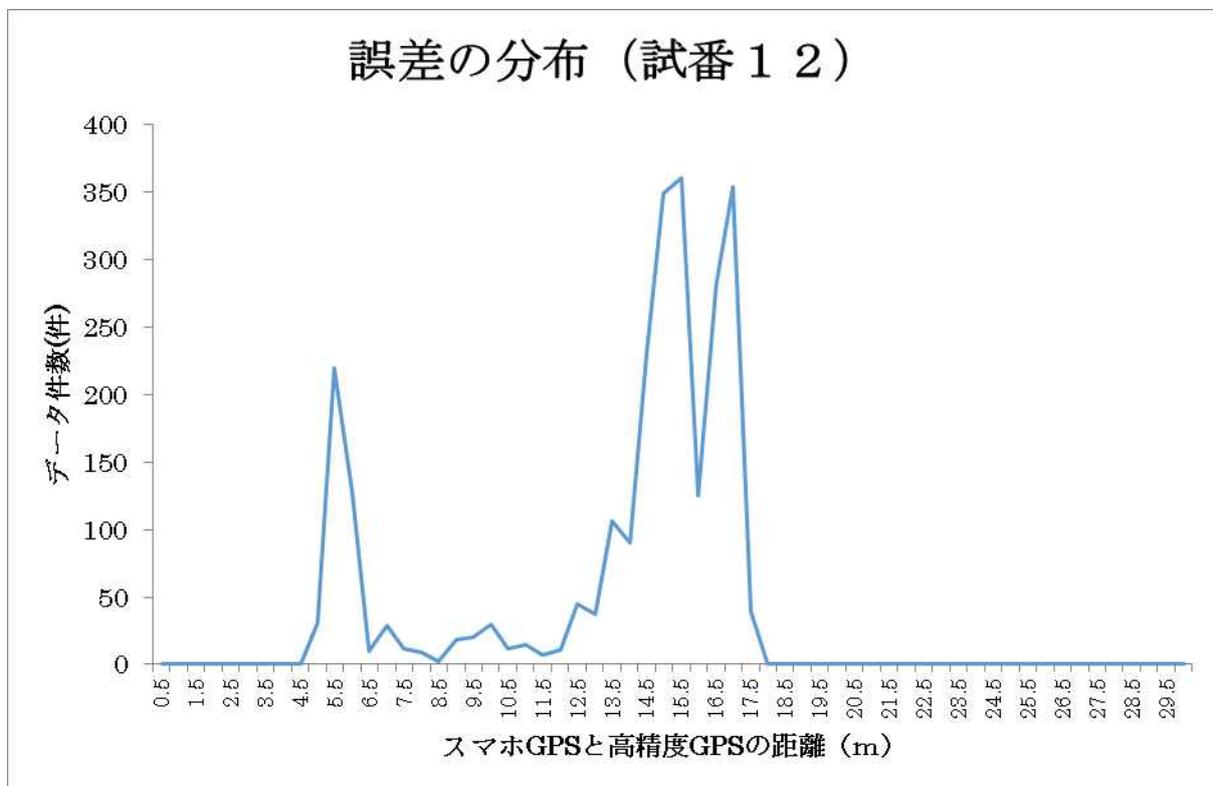


図 9-2-43 【歩側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 12

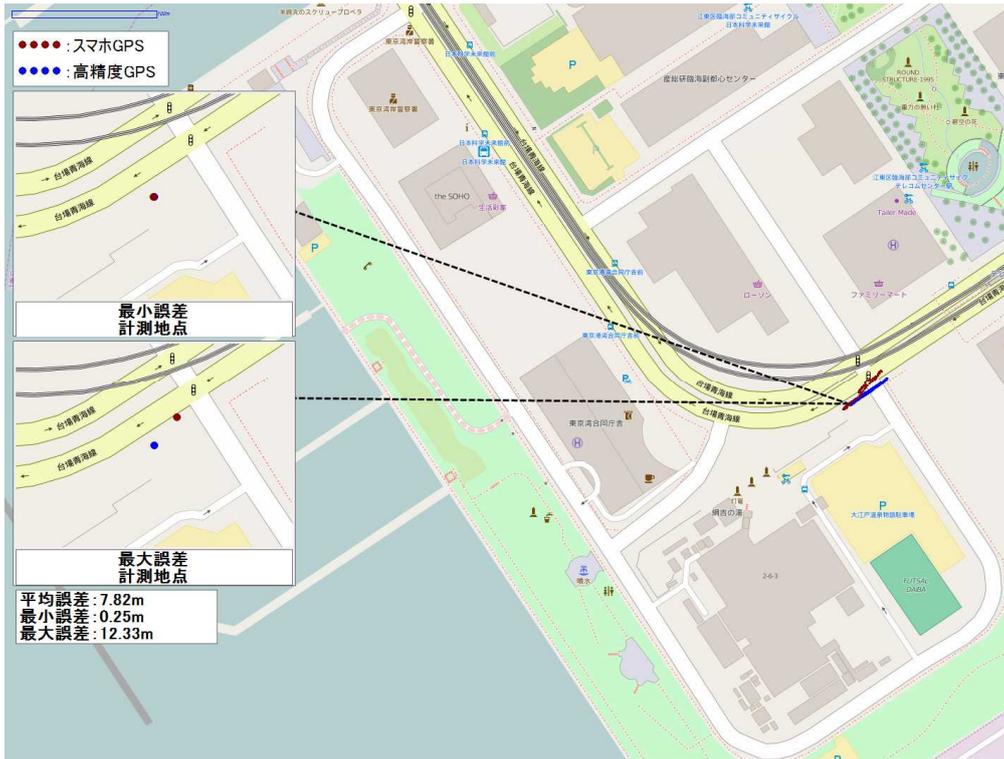


図 9-2-44 【歩側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 13

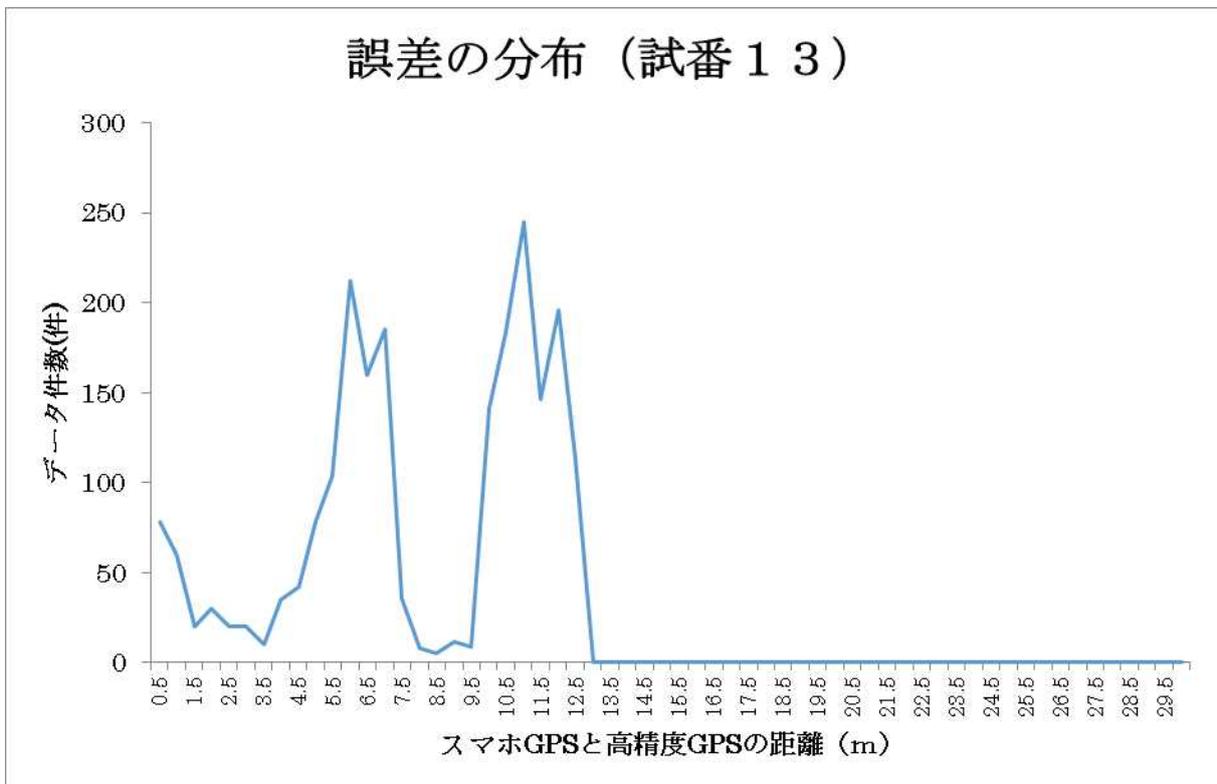


図 9-2-45 【歩側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 13

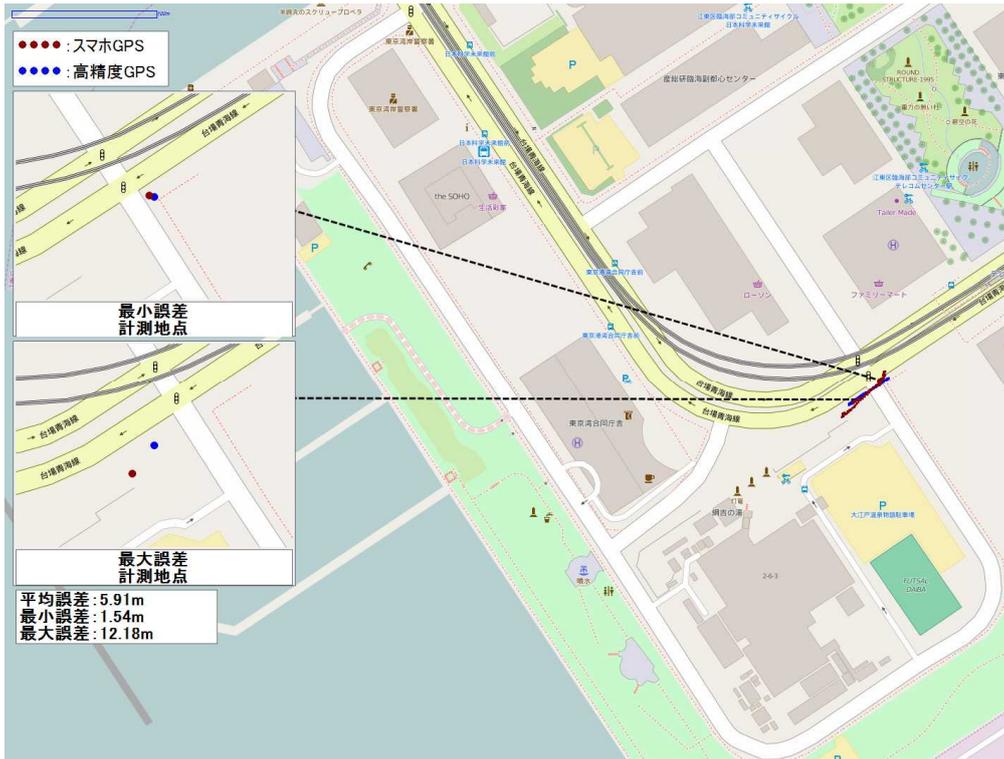


図 9-2-46 【歩側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 14

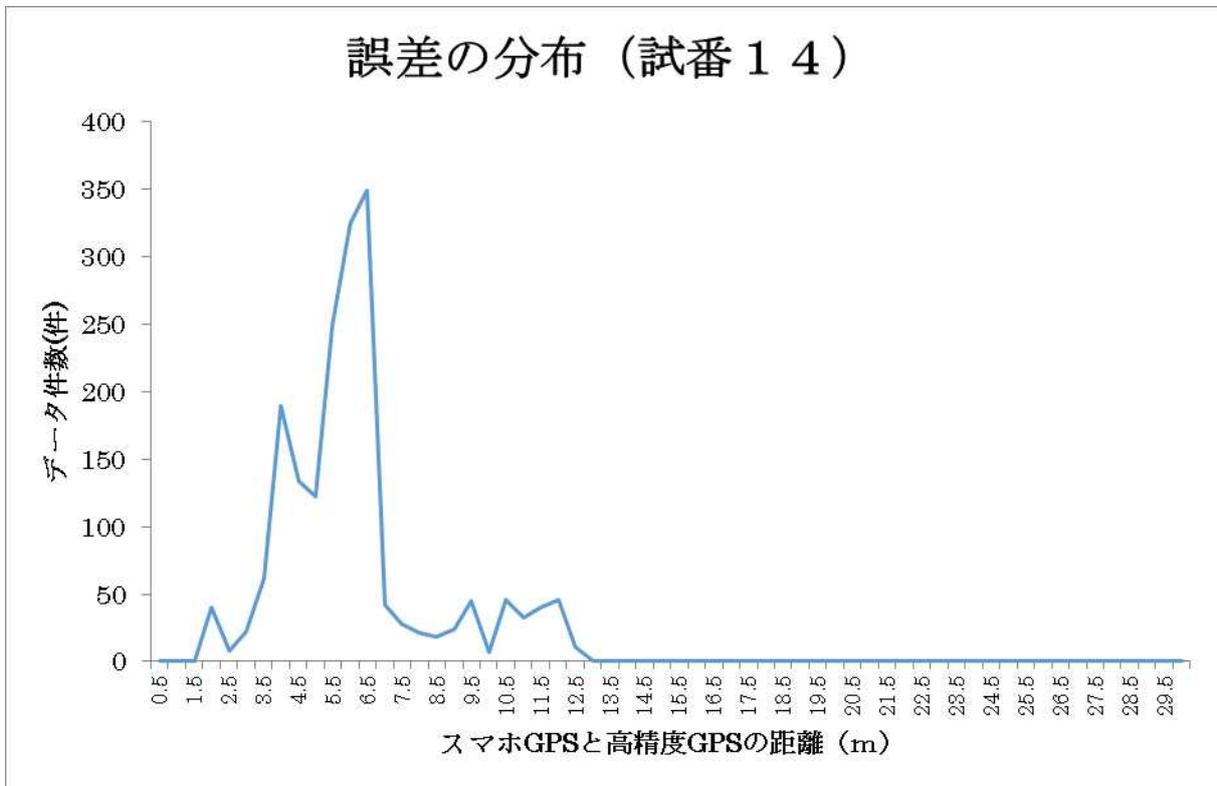


図 9-2-47 【歩側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 14

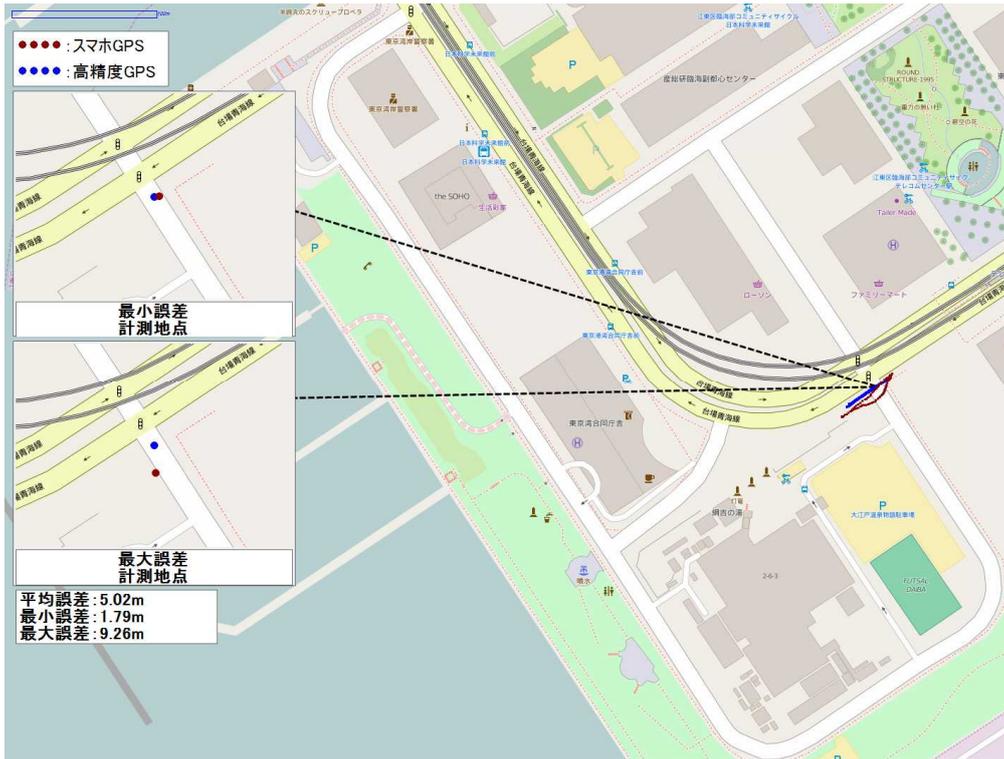


図 9-2-48 【歩側・交差点】GPS データの地図上へのプロット 試番 15

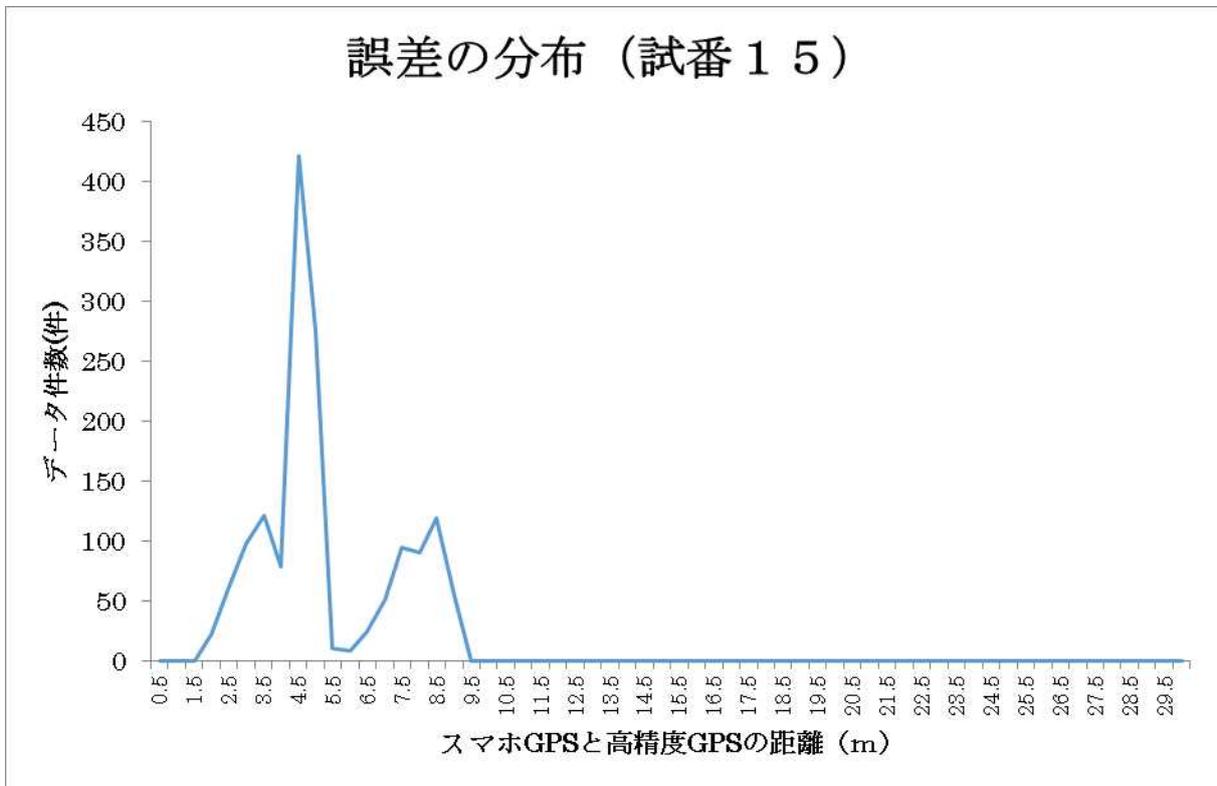


図 9-2-49 【歩側・交差点】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 15

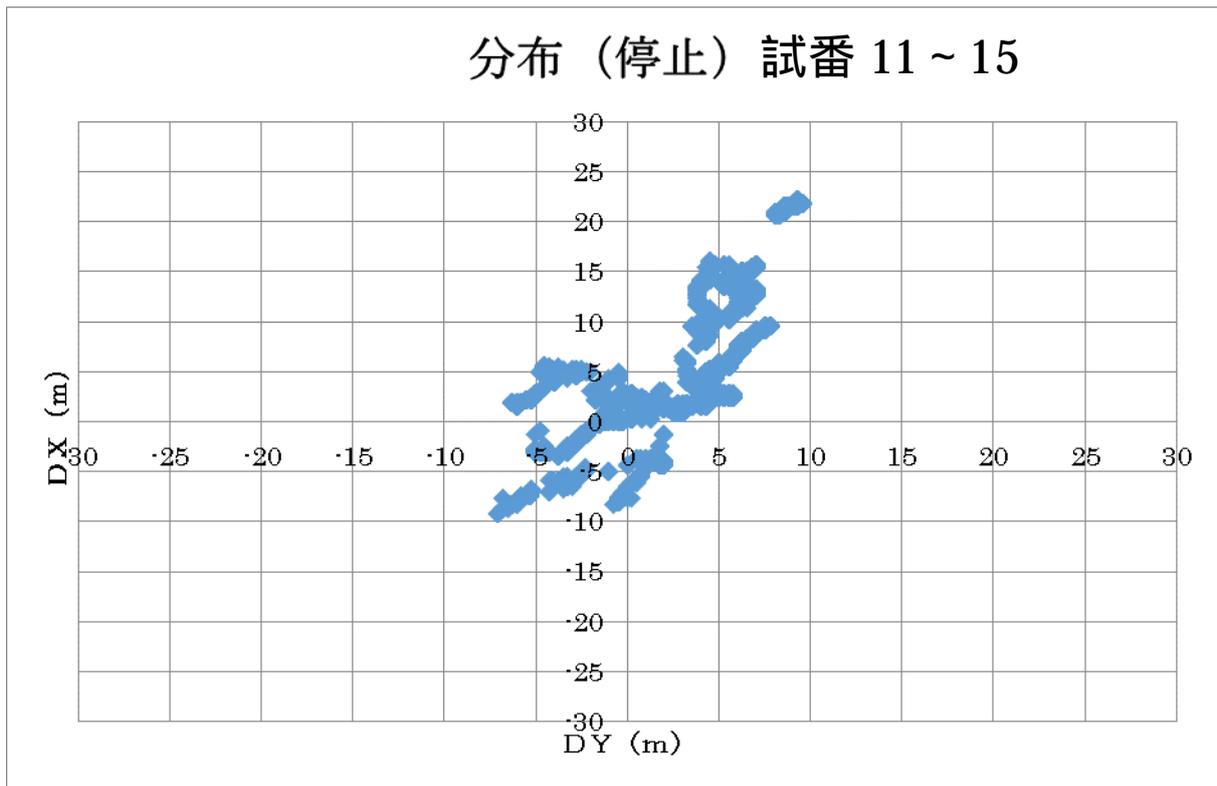


図 9-2-50 【歩側・単路横断全体・停止時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 11 ~ 15

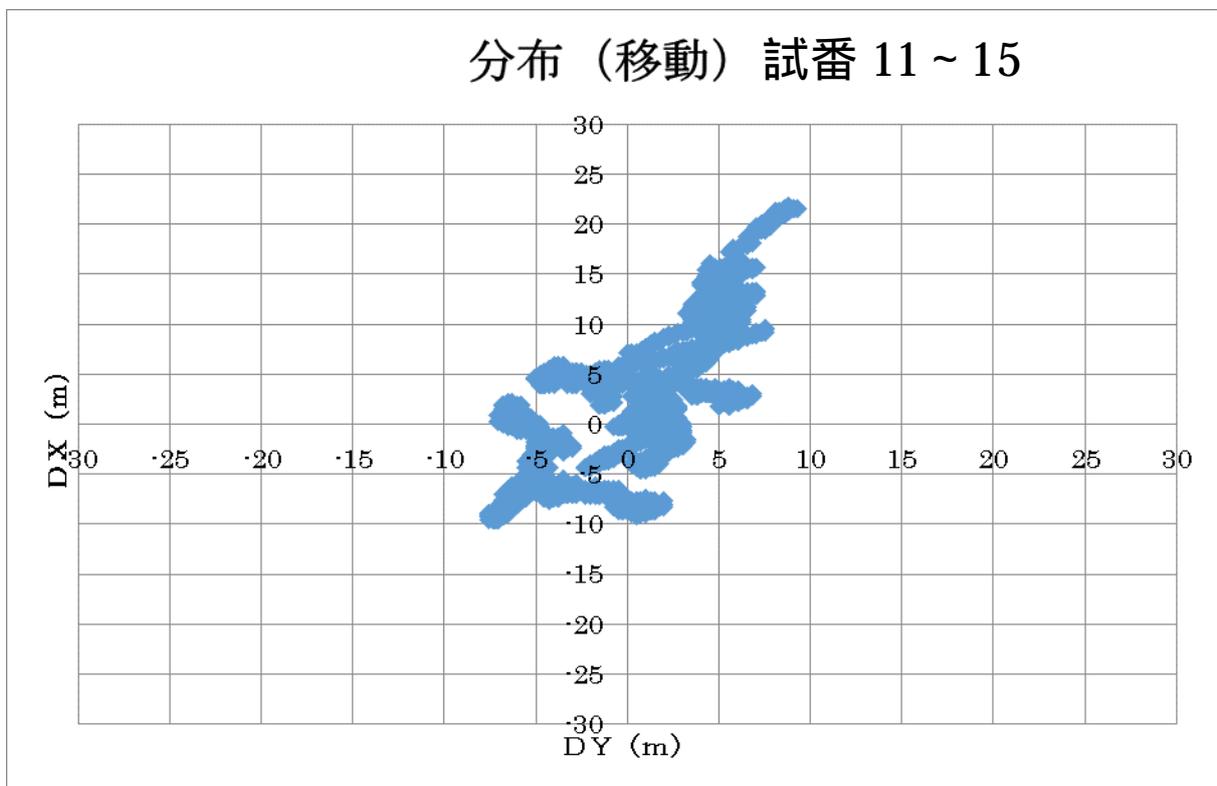


図 9-2-51 【歩側・単路横断全体・移動時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 11 ~ 15

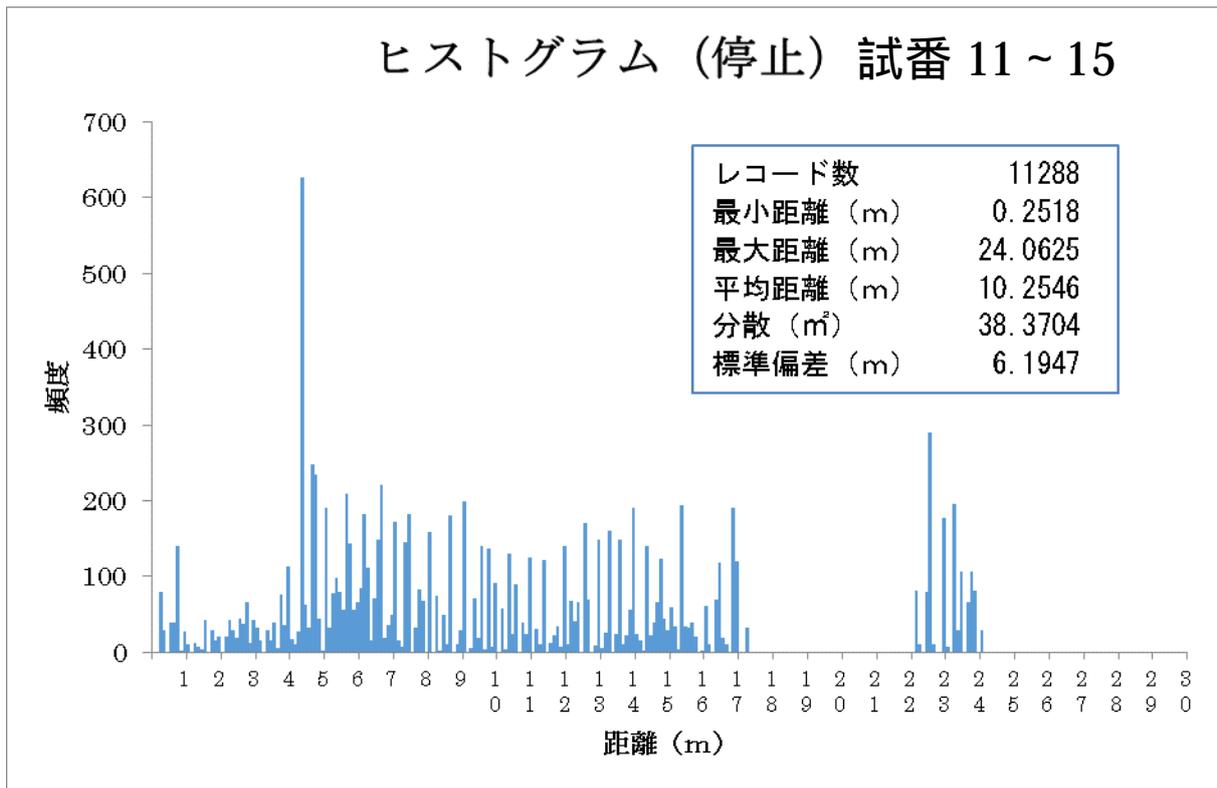


図 9-2-52 【歩側・交差点横断全体・停止時】位置測位の誤差分布 試番 11 ~ 15

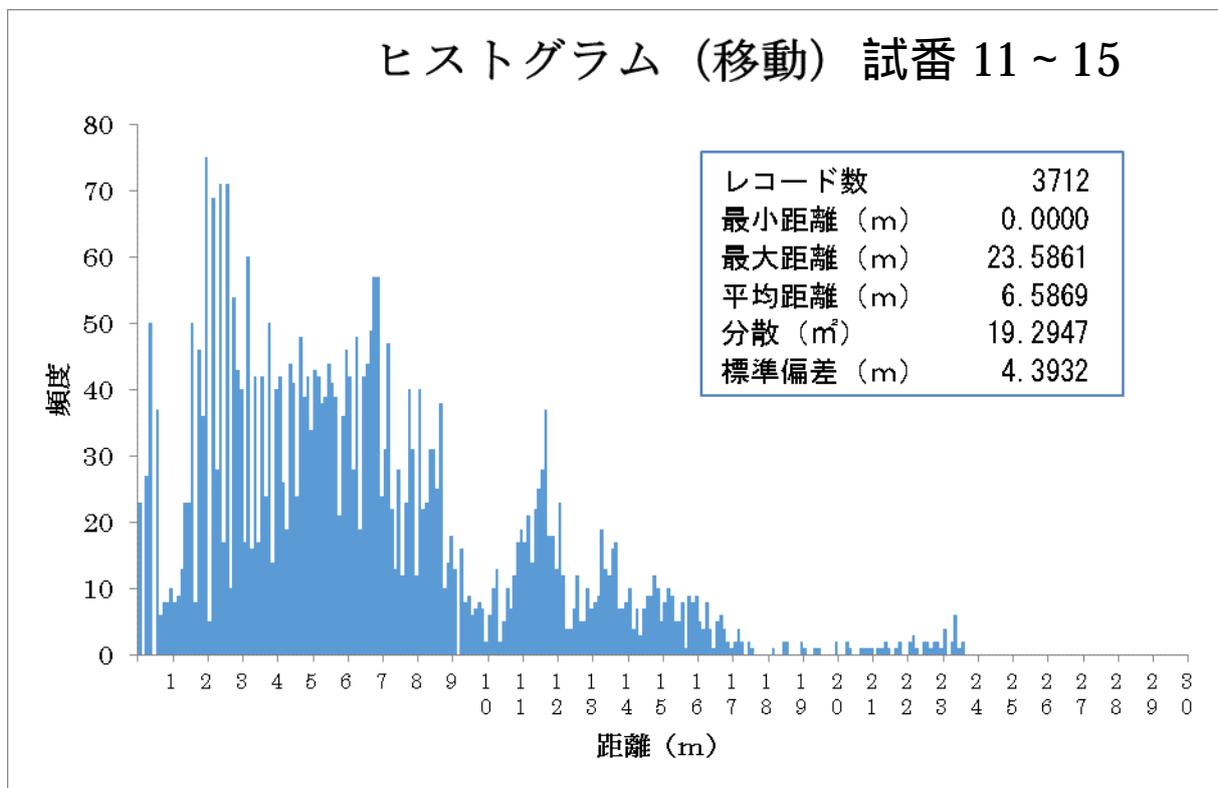


図 9-2-53 【歩側・交差点横断全体・移動時】位置測位の誤差分布 試番 11 ~ 15

【位置測位の精度：歩側スマホGPS 単路横断 試番 16～20】

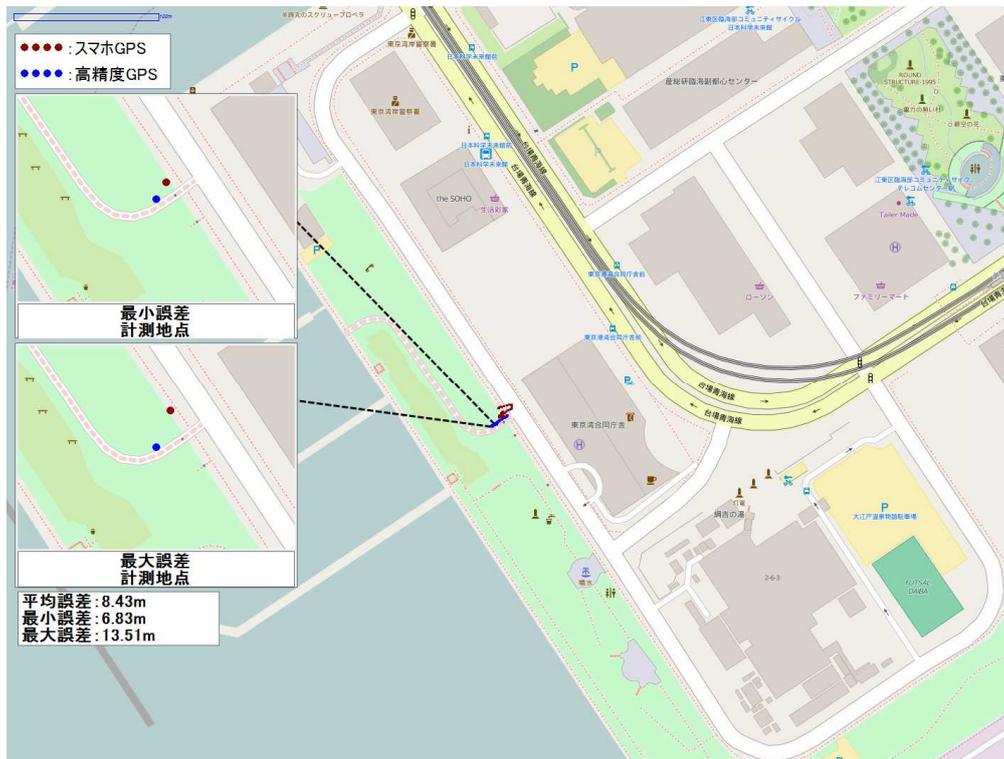


図 9-2-54 【歩側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 16

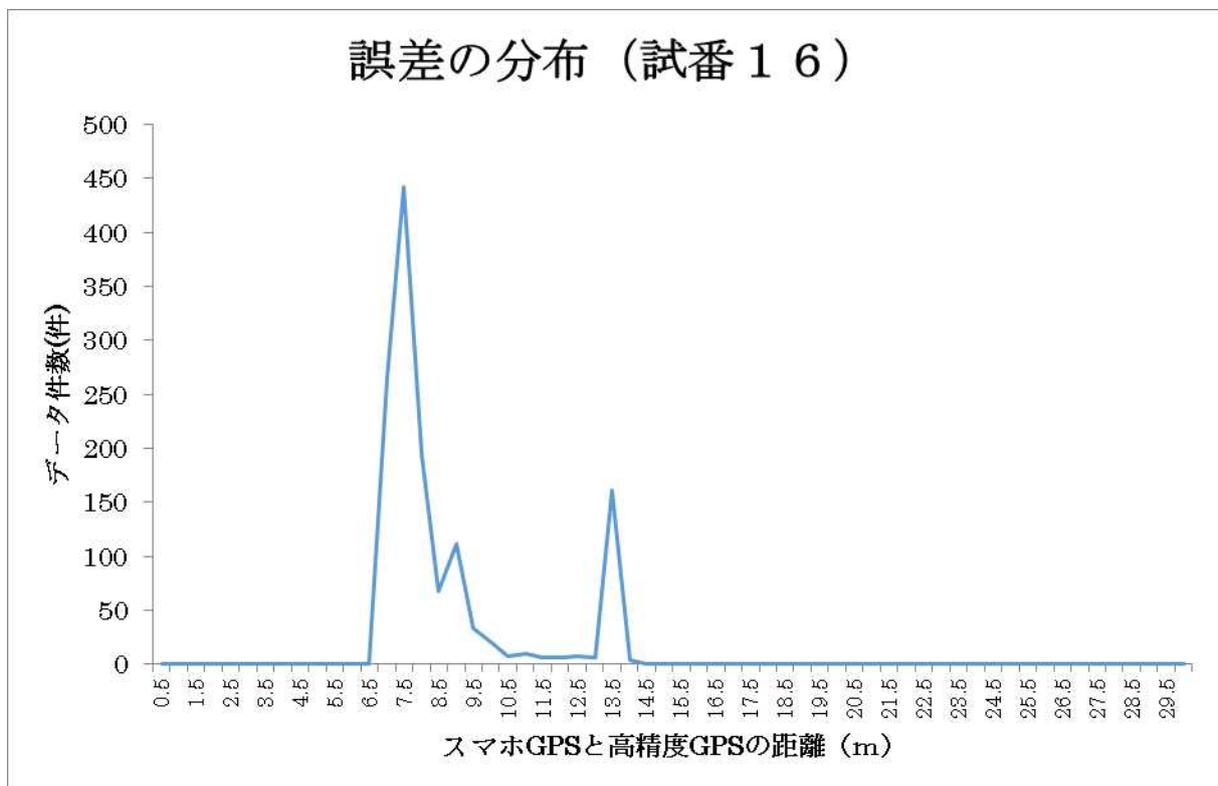


図 9-2-55 【歩側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 16

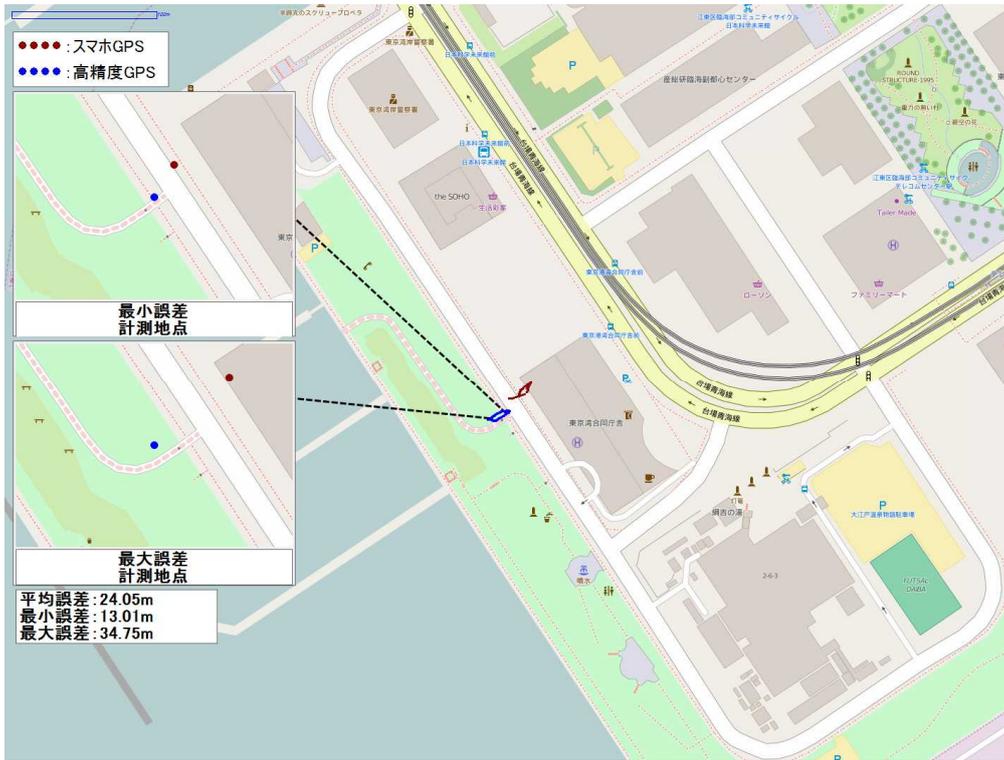


図 9-2-56 【歩側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 17

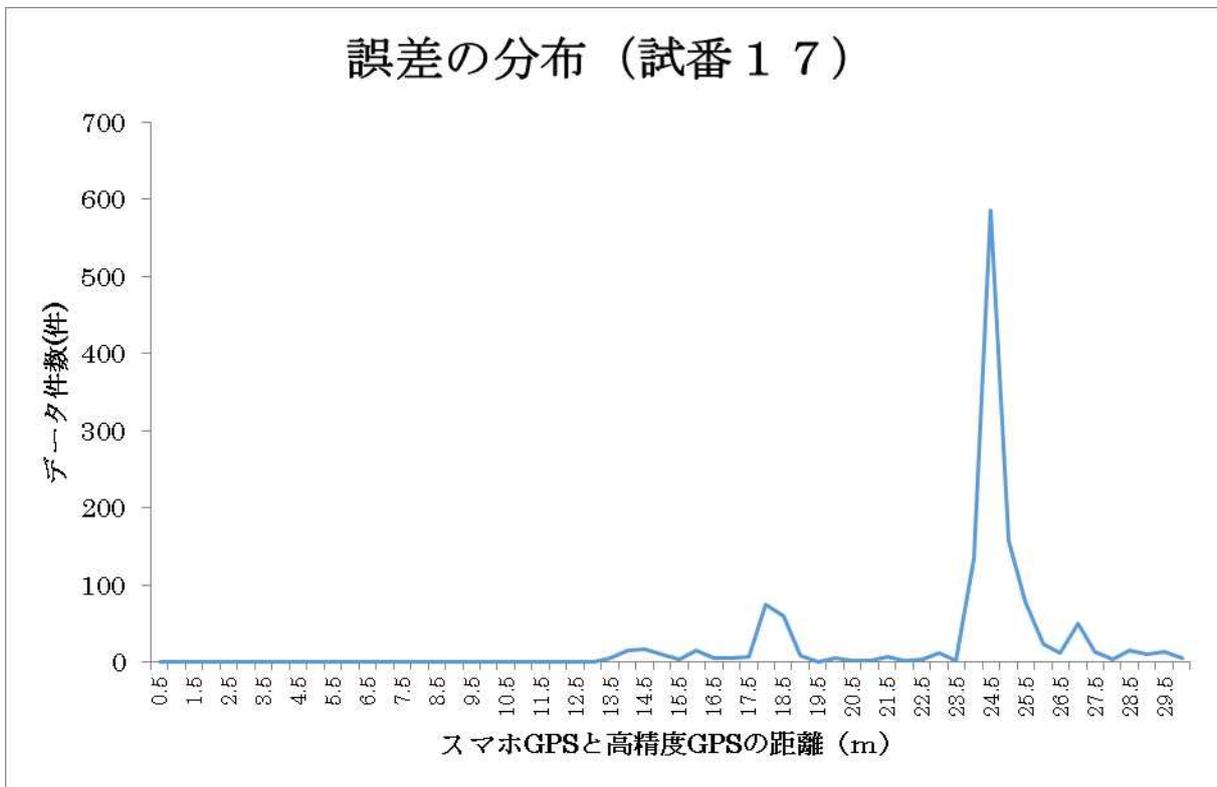


図 9-2-57 【歩側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 17

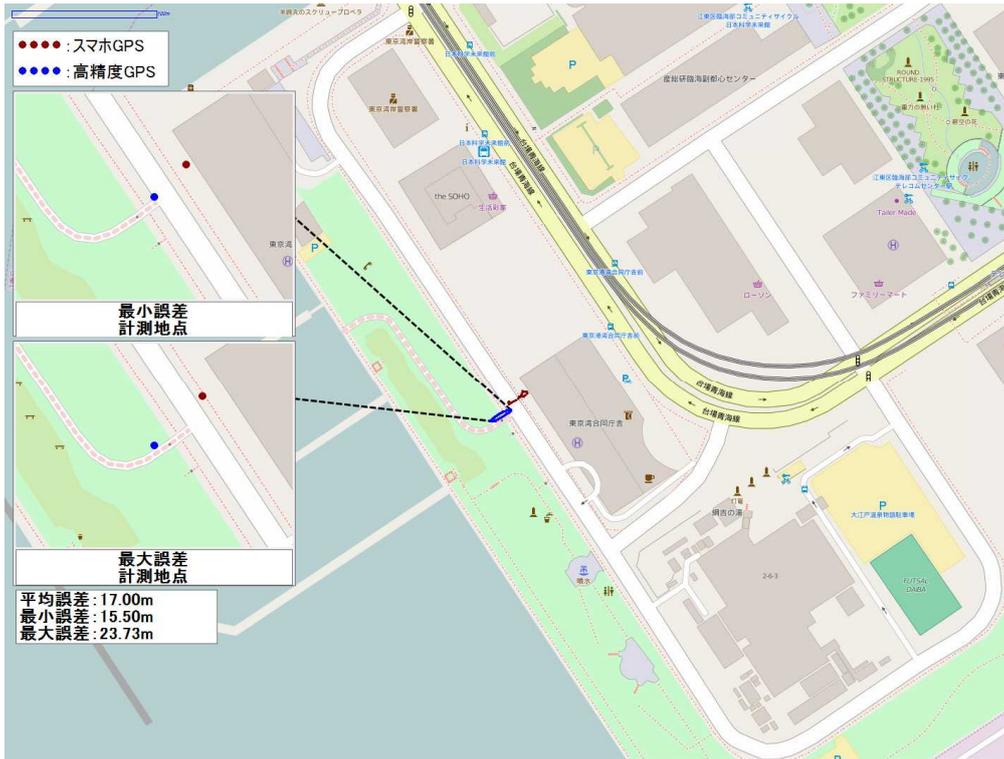


図 9-2-58 【歩側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 18

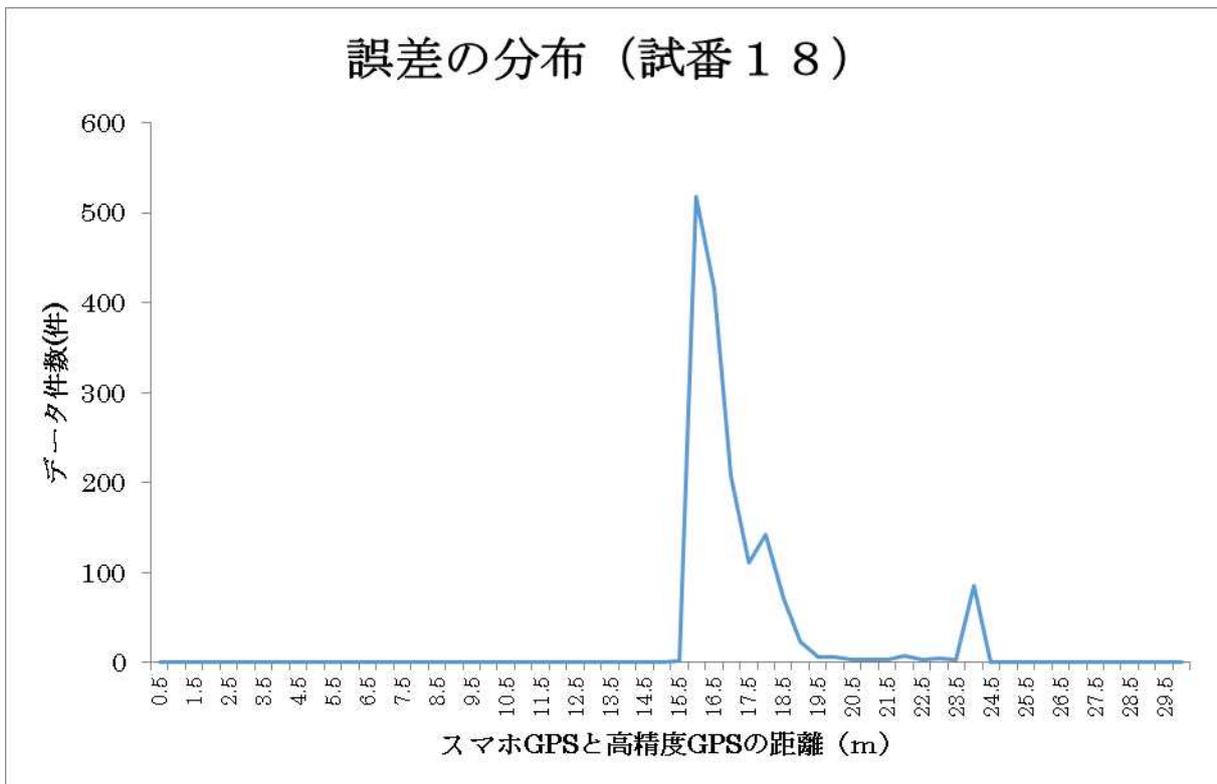


図 9-2-59 【歩側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 18

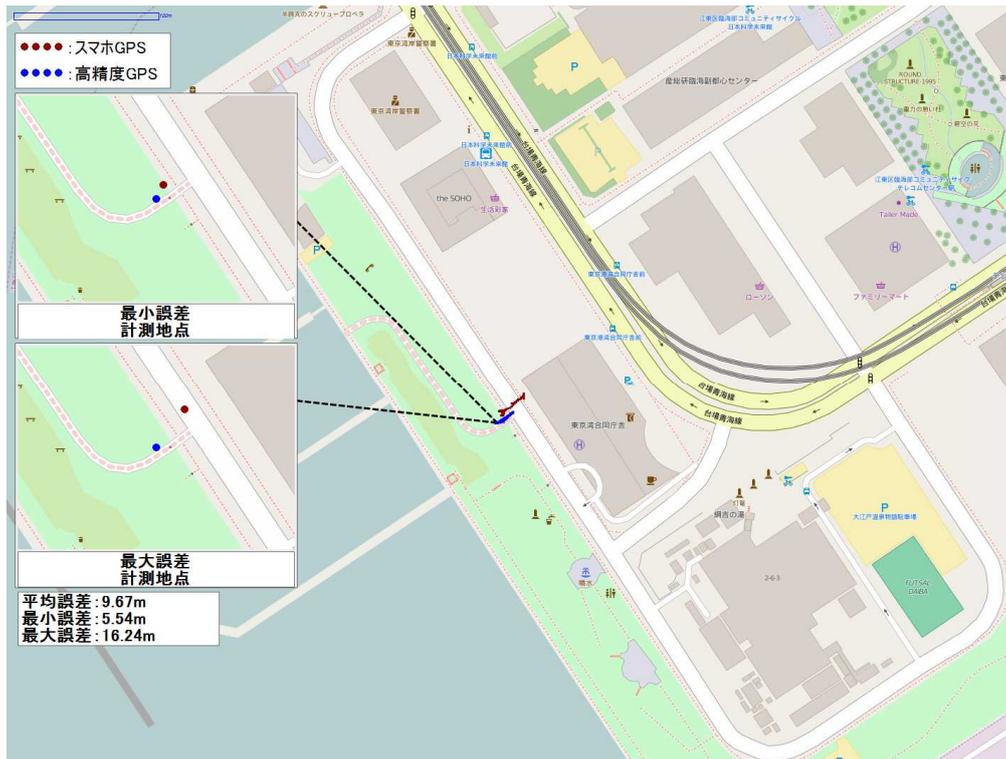


図 9-2-60 【歩側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 19

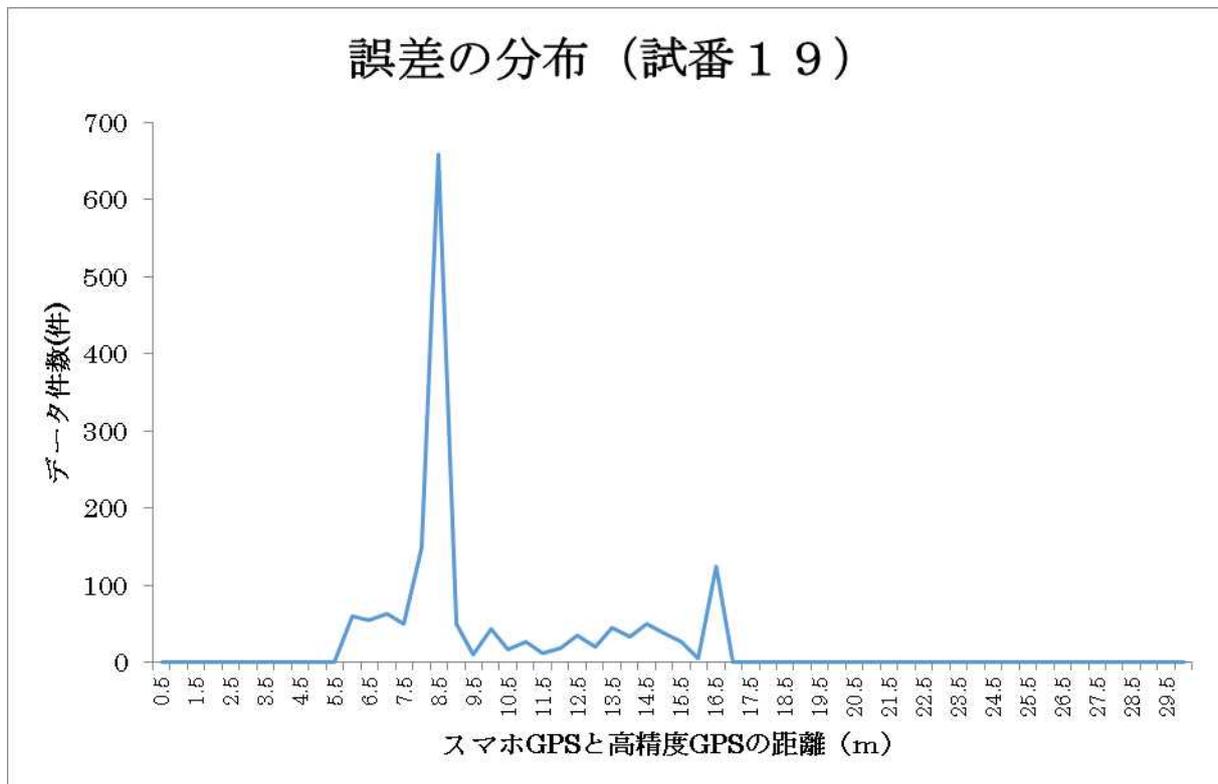


図 9-2-61 【歩側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 19

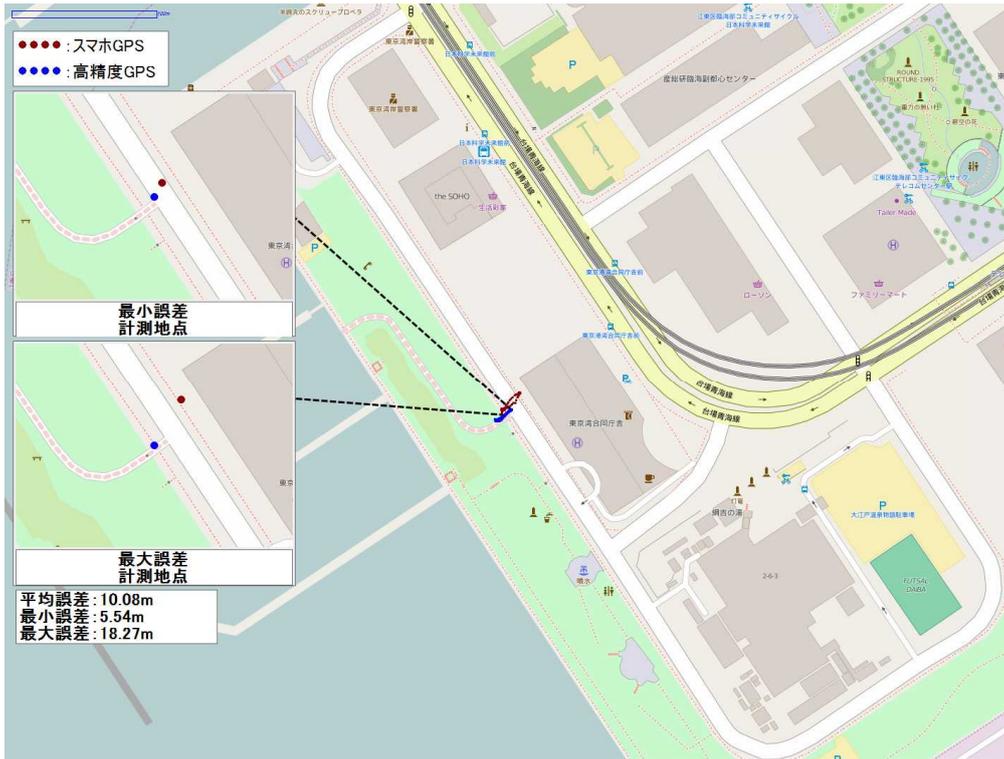


図 9-2-62 【歩側・単路】GPS データの地図上へのプロット 試番 20

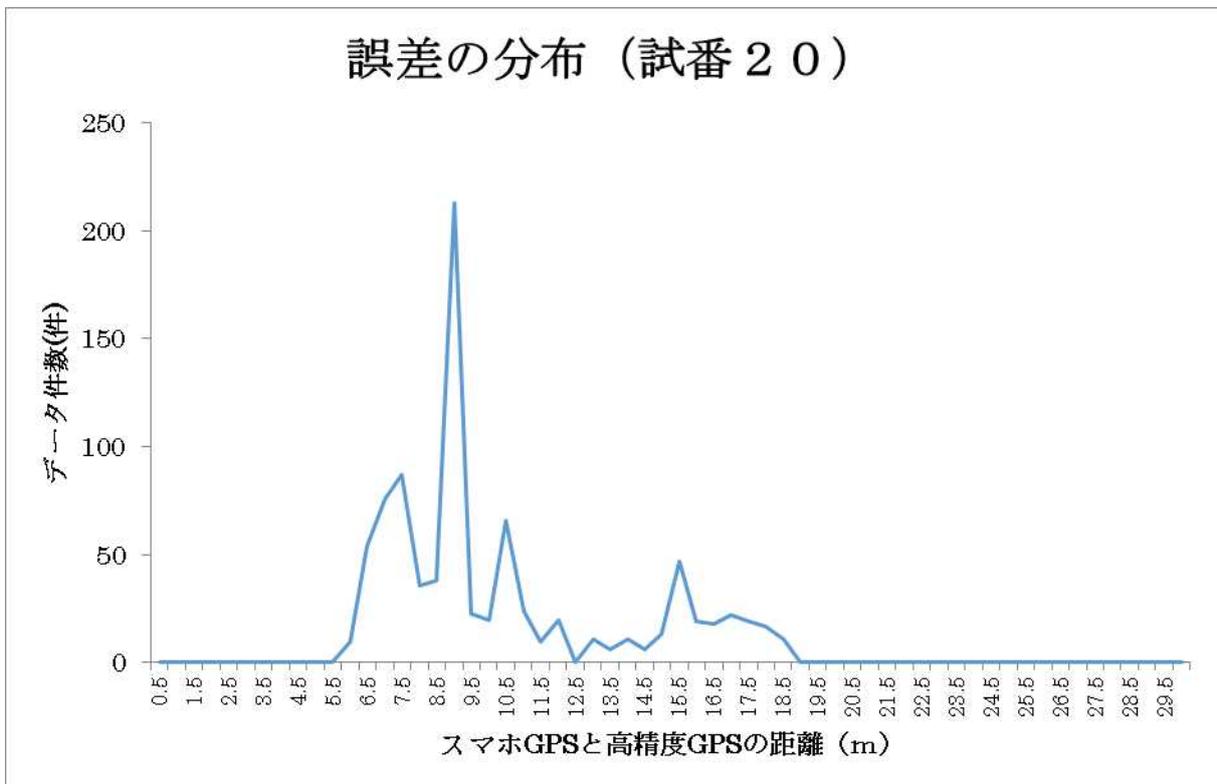


図 9-2-63 【歩側・単路】スマホ GPS の位置測位の誤差分布 試番 20

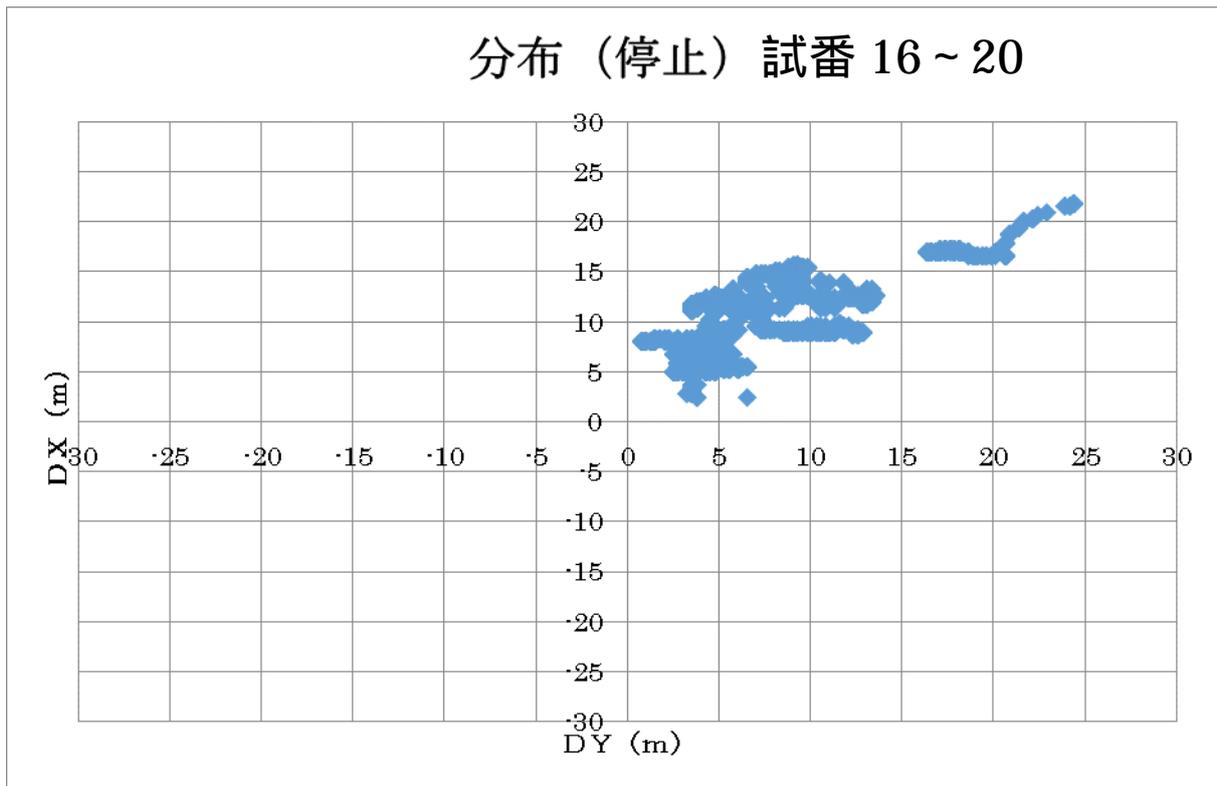


図 9-2-64 【歩側・単路横断全体・停止時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 16 ~ 20

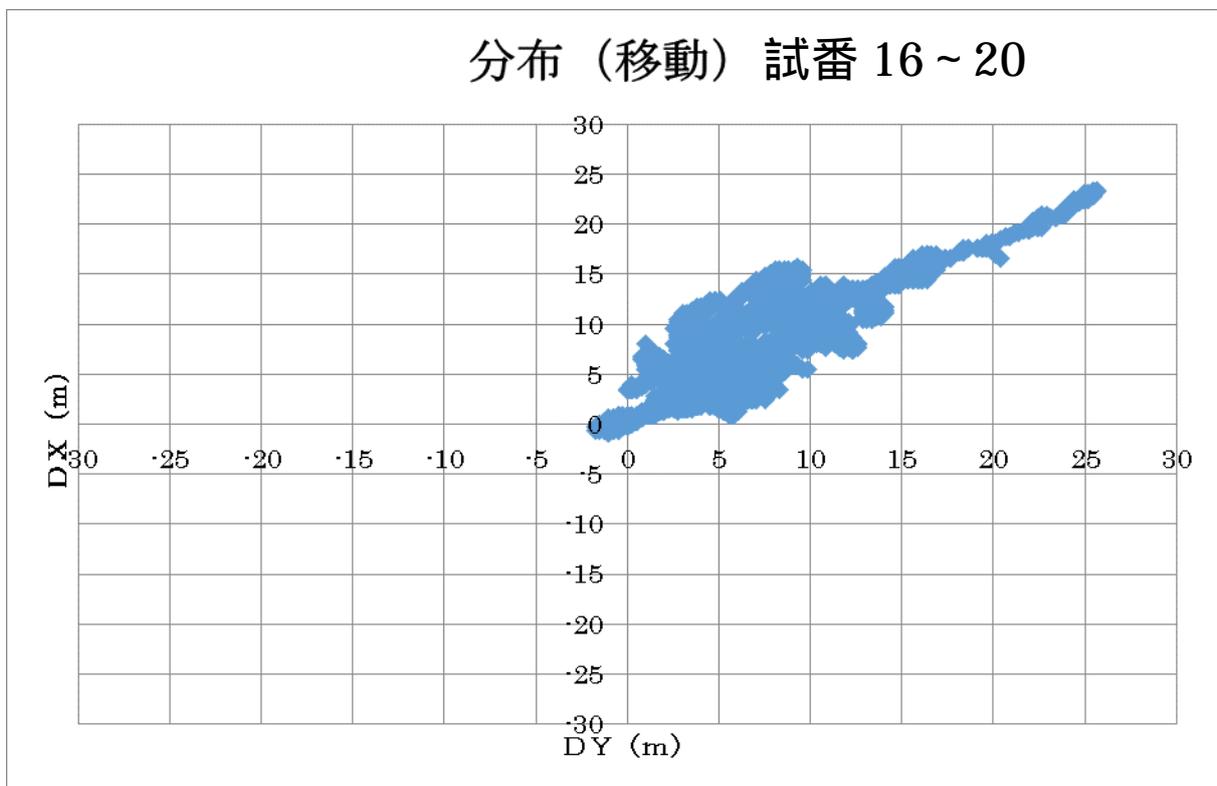


図 9-2-65 【歩側・単路横断全体・移動時】高精度 GPS から見た誤差方向の分布
試番 16 ~ 20

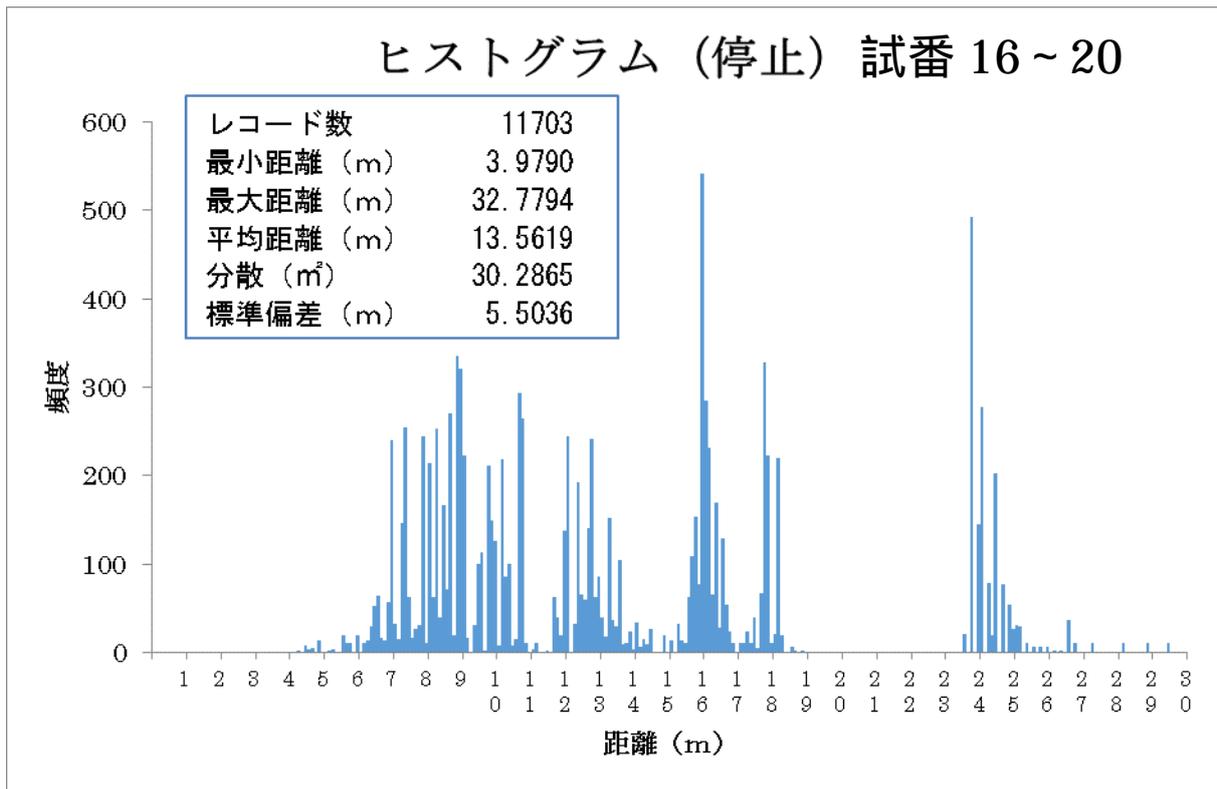


図 9-2-66 【歩側・単路横断全体・停止時】位置測位の誤差分布 試番 16 ~ 20

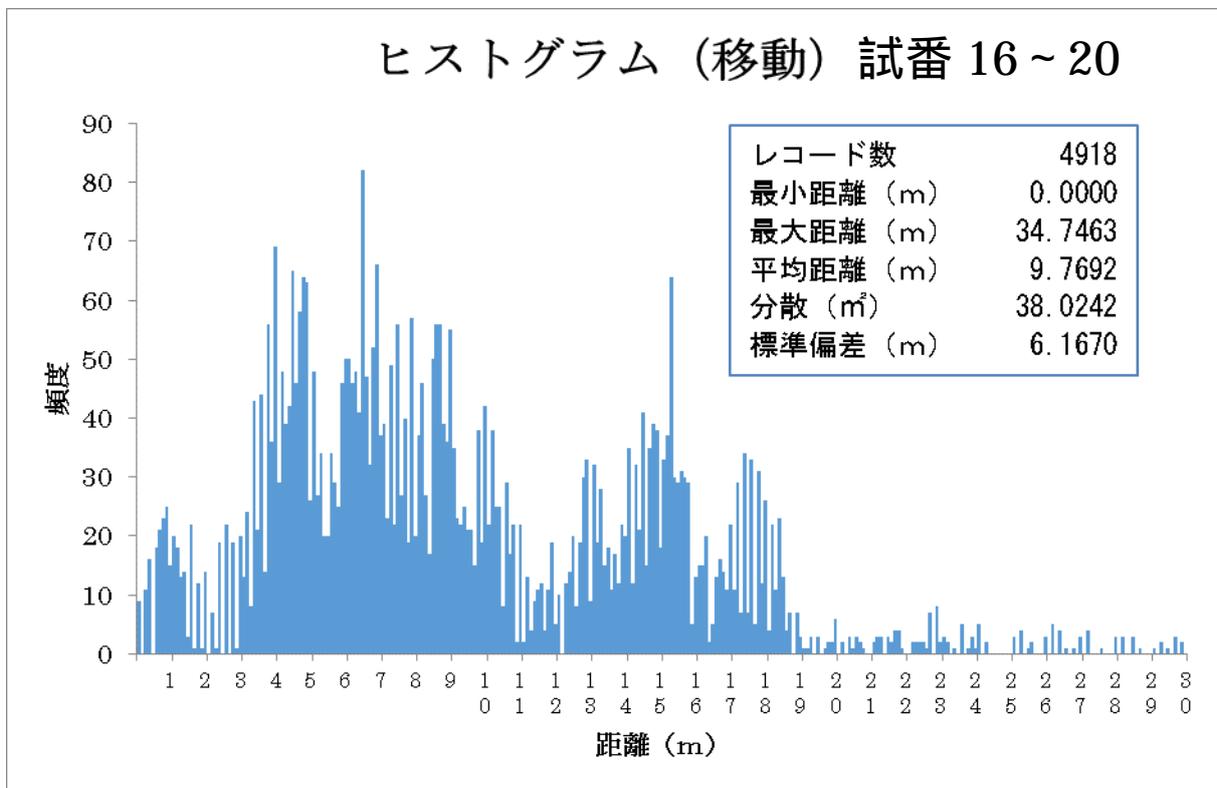


図 9-2-67 【歩側・単路横断全体・移動時】位置測位の誤差分布 試番 16 ~ 20

以上を踏まえ、位置測位の誤差を整理した結果を表 9-2-8 及び、図 9-2-68 に示す。

表 9-2-8 位置測位の誤差分析結果

車 / 歩	シナリオ	移動 / 停止	最小値[m]	最大値 [m]	平均値 [m]	標準偏差[m]
車側	交差点	停止時	0.59	15.32	5.40	2.76
車側	単路	停止時	0.31	8.97	3.33	1.32
歩側	交差点	停止時	0.25	24.06	10.25	6.19
歩側	単路	停止時	3.98	32.78	13.56	5.50
車側	交差点	移動時	0.00	25.15	7.11	4.02
車側	単路	移動時	0.00	18.45	4.44	2.33
歩側	交差点	移動時	0.00	23.59	6.59	4.39
歩側	単路	移動時	0.00	34.75	9.77	6.17

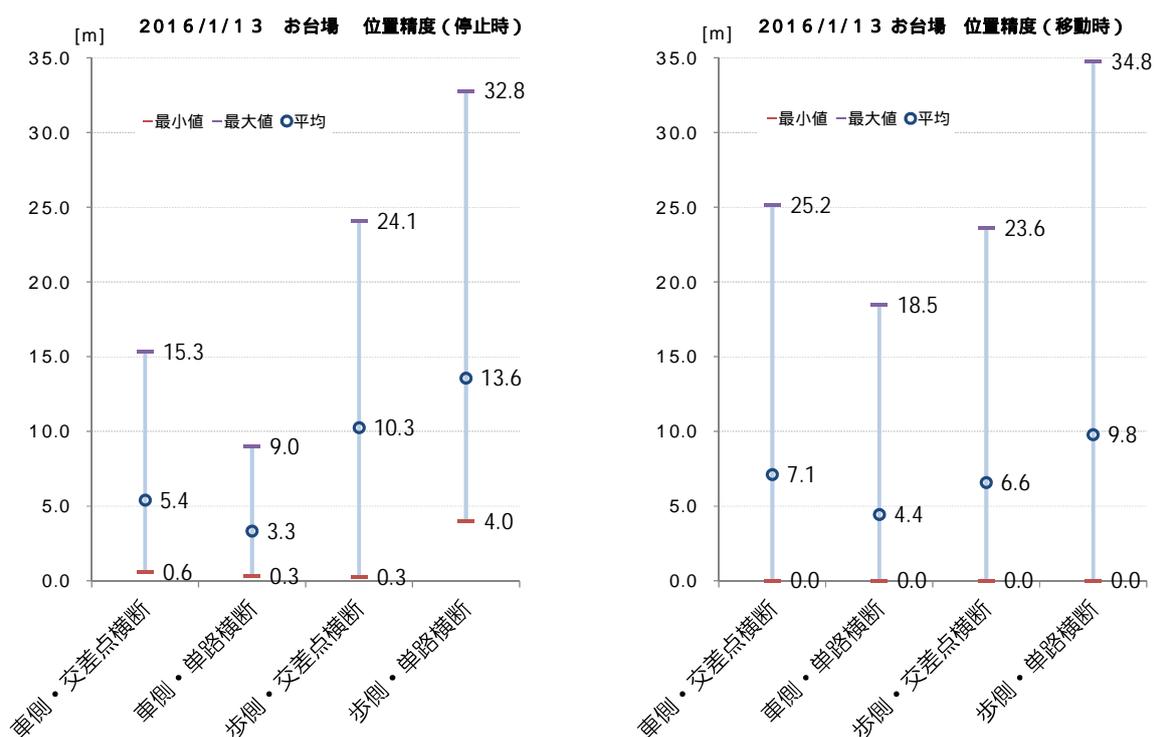


図 9-2-68 位置測位の誤差分析結果

停止時の位置測位の誤差の分布では、自動車側の最大誤差が 15.3m 程度、平均誤差が 3 ~ 5 m 程度となったが、歩行者側の最大誤差が 32.8m 程度、平均誤差が 10 ~ 14m 程度となっており、自動車側よりも歩行者側がより誤差が大きくなるという結果であった。他方、移動時の位置測位の誤差の分布では、自動車側の最大誤差が 25.2m、平均誤差が 4 ~ 7 m 程度であり、歩行者側の最大誤差が 34.8m 及び、平均誤差が 6

～10m 程度であった。

移動・停止の視点から分析結果を見てみると、歩行者側については、移動時のほうが停止時よりも平均誤差は良くなる傾向が見られている。しかし、自動車側については、移動時よりも停止時の平均誤差のほうが良くなる傾向が見られている。これは、自動車の走行ルート上に、高架下となる部分が含まれていたことや、高層ビル等に囲まれた領域が含まれていたことなどが要因となっている可能性が示唆される。

自動車側と歩行者側で分析結果を見てみると、平均誤差では自動車側のほうが歩行者側よりやや小さい結果となった。これは、GPS のアンテナを設置した高さが自動車の方が高く、歩行者のほうが低かったため GPS 情報の受信に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

速度の精度に関する分析結果

速度の精度に関する分析は、位置測位の精度に関する分析と同様に、速度の基準となる GPS と、測定対象となる GPS がセットが必要であることから、「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」におけるスマホ GPS のみを分析対象とする。以下より、速度の精度に関する測定方法と分析結果について示す。

(1) 測定方法

速度の精度に関する分析は、基準となる高精度 GPS の速度情報及び、測定対象となるスマホ GPS の速度の差を分析した。ここで対象とする速度とは、向きを含むものであり、その大きさと向き（方角）の情報が存在している。そのため、速度の精度に対する分析についても、大きさの差（ $V_{\text{スマホGPS}} - V_{\text{高精度GPS}}$ ）と向きの差（ $\Delta\theta_{\text{スマホGPS-高精度GPS}}$ ）の両者を分析対象とする（図 9-2-69）。

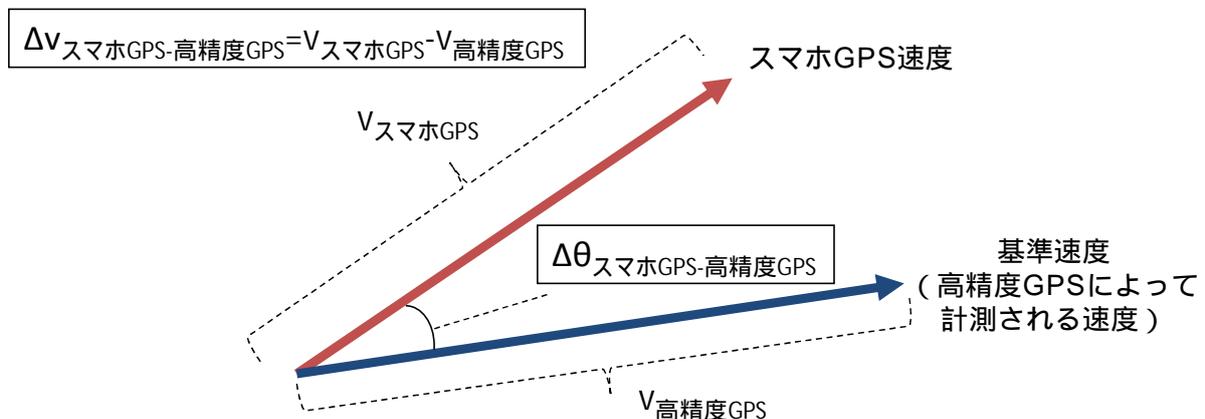


図 9-2-69 速度の差の計算方法イメージ

基準となる高精度 GPS は、位置測位の精度に記述したものと同様である。速度の精度に関しては、以下のような分析を行った。

速度（大きさ、方向）の誤差の分布図

高精度 GPS から出力される速度（大きさ、向き）の情報と、スマホ GPS から得られる速度（大きさ、向き）の情報を、X成分・Y成分の平面直交座標系に変換し、それぞれの成分における誤差[± km/h]の分布を分析

速度（大きさ）の差の頻度（ヒストグラム）

高精度 GPS から出力される速度(大きさ)[± km/h]の情報と、スマホ GPS から得られる速度（大きさ）の情報の差を算出し、その頻度を分析

速度（大きさ）の差の絶対値のヒストグラム

上記によって得られた速度（大きさ）の差の絶対値を算出し、その頻度を分析

速度（向き）の差の頻度（ヒストグラム）

高精度 GPS から出力される速度（向き）[± deg]と、スマホ GPS から出力される速度（向き）[± deg]の差を算出し、その頻度を分析

速度（向き）の差の絶対値のヒストグラム

上記によって得られた速度（向き）の差の絶対値を算出し、その頻度を分析

なお、位置測位の精度と同様に、速度の精度についても、その速度によって誤差が異なることが想定されるため、「自動車」と「歩行者」に区分し分析を行った。

（２）分析結果

上記の測定方法を元に算出した速度の精度に関する分析結果を以下より示す。それぞれの分析項目に対する対応表は、表 9-2-9 のとおり。

表 9-2-9 分析項目に対する測定結果の対応表

	速度(大きさ、方向)の誤差	速度（大きさ）の差の頻度	速度（大きさ）の差の絶対値の頻度	速度（向き）の差の頻度	速度（向き）の差の絶対値の頻度
自動車	図 9-2-70	図 9-2-71	図 9-2-72	図 9-2-73	図 9-2-74
歩行者	図 9-2-75	図 9-2-76	図 9-2-77	図 9-2-78	図 9-2-79

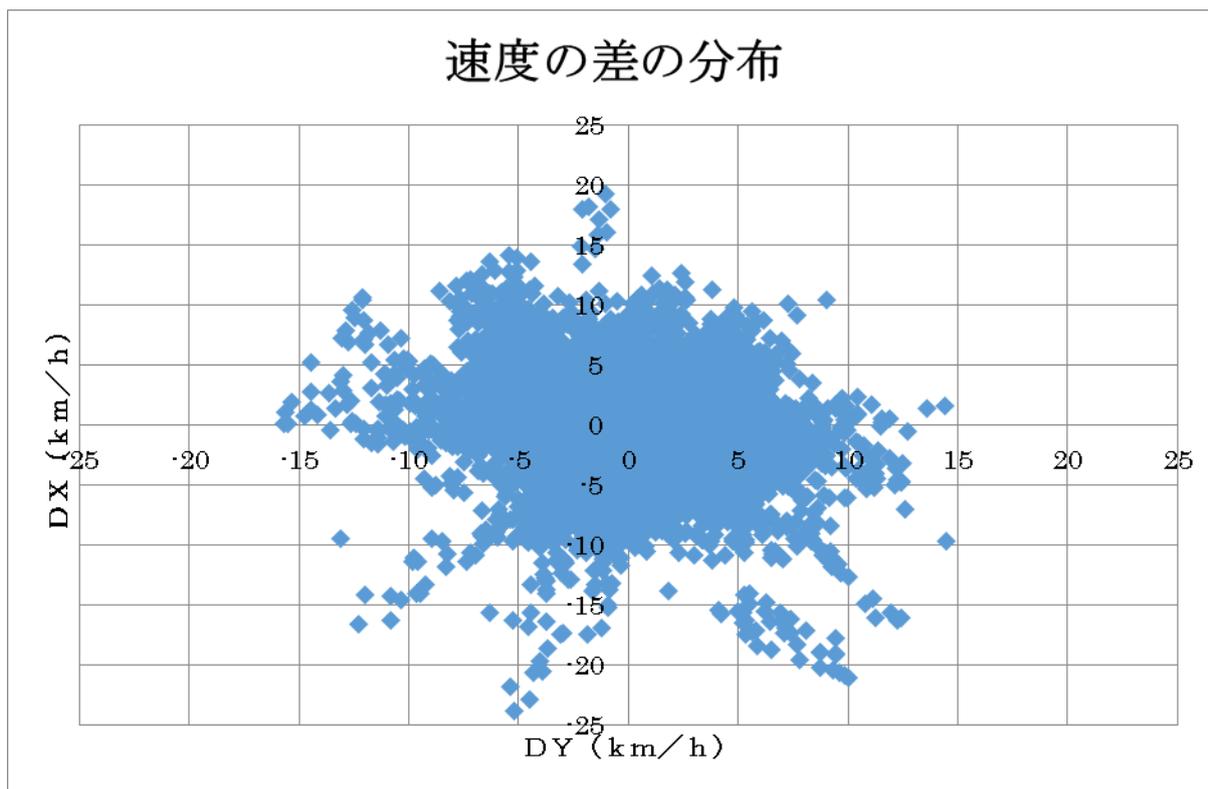


図 9-2-70 【車側・試験全体】速度の誤差の分布図

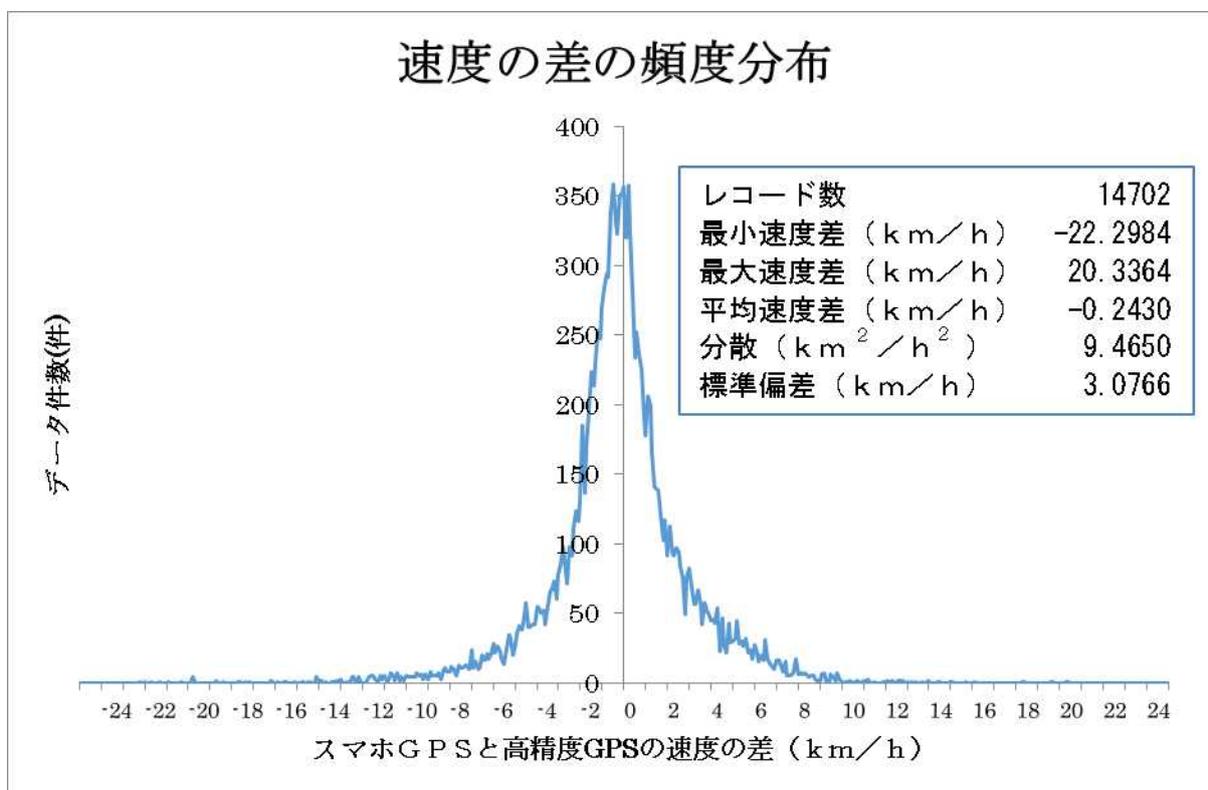


図 9-2-71 【車側・試験全体】速度の誤差の頻度分布

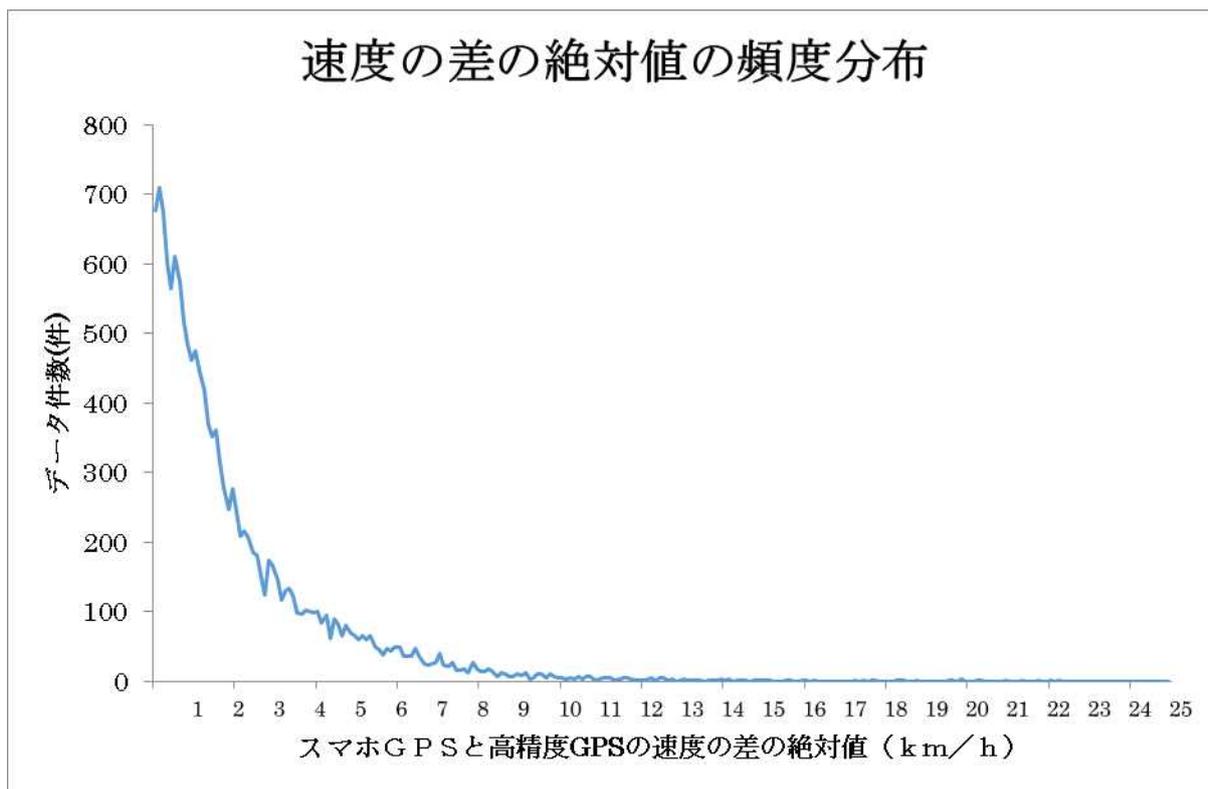


図 9-2-72 【車側・試験全体】速度の誤差の絶対値の頻度分布

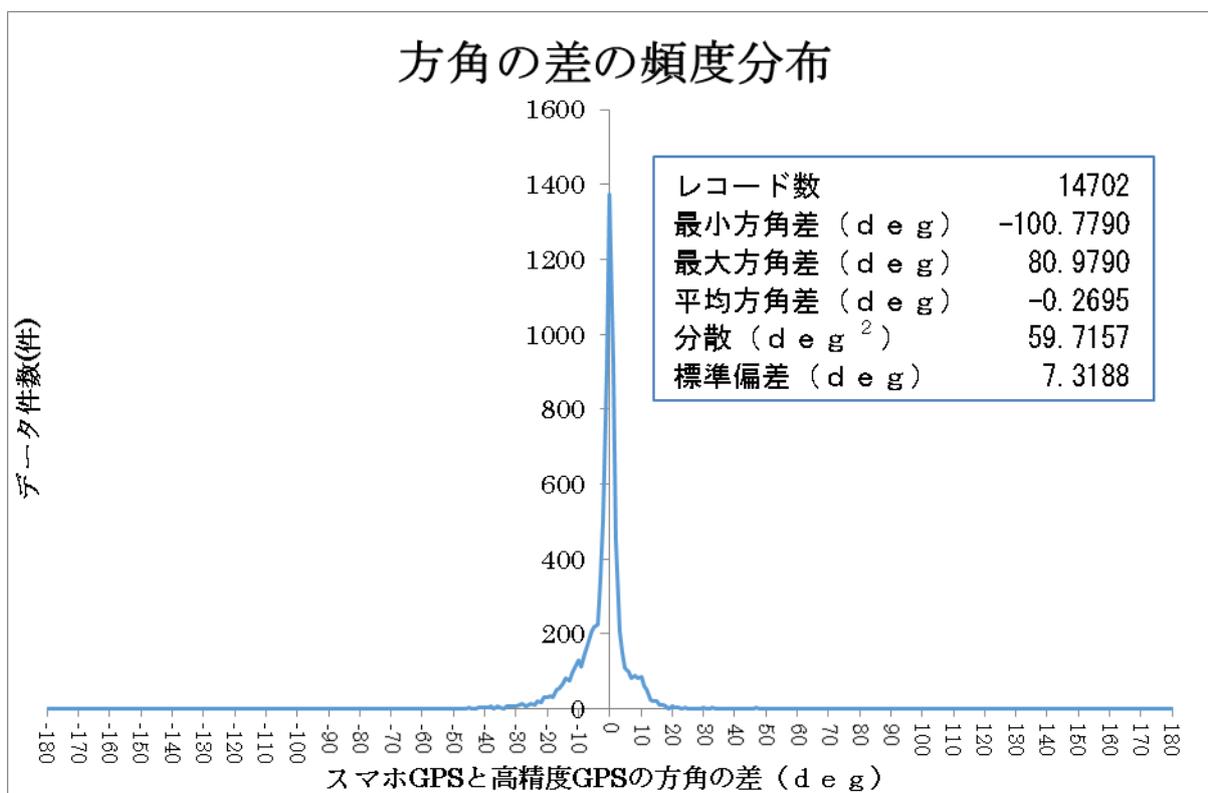


図 9-2-73 【車側・試験全体】速度の方角の誤差の頻度分布

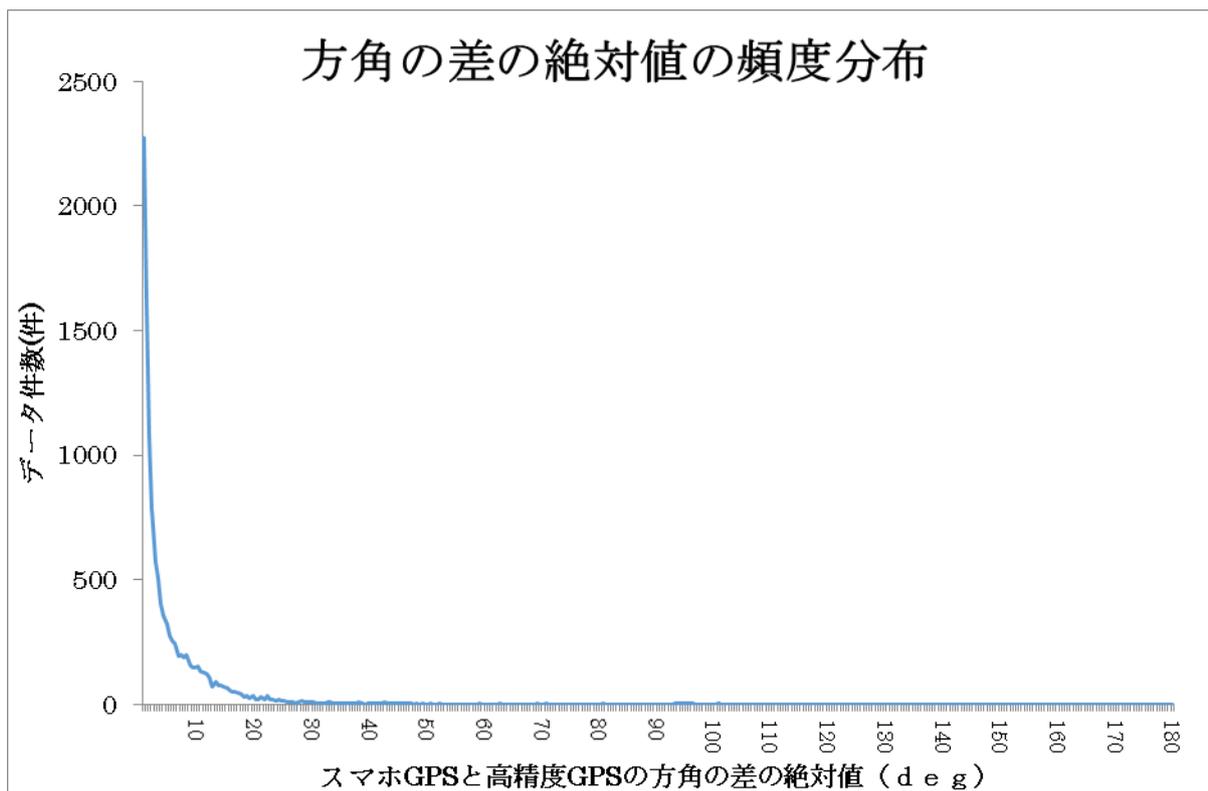


図 9-2-74 【車側・試験全体】速度の方角の誤差の絶対値の頻度分布

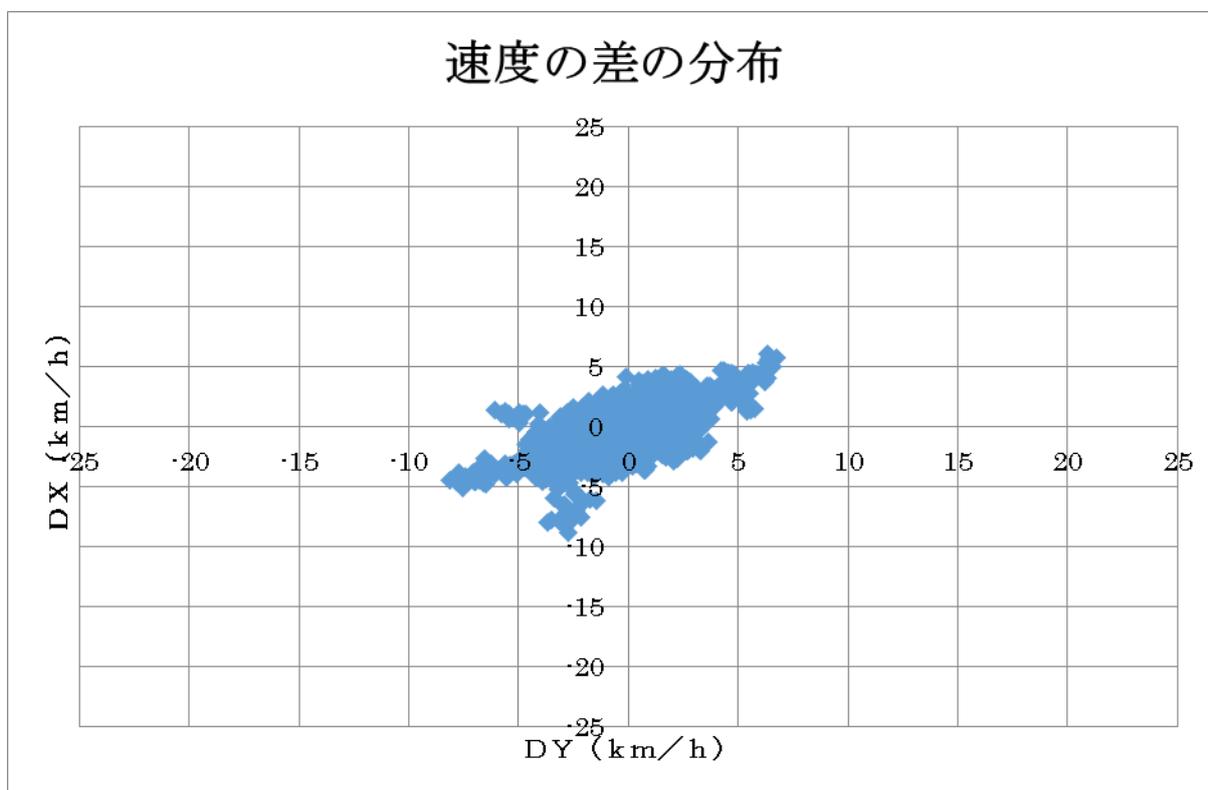


図 9-2-75 【歩側・試験全体】速度の誤差の分布図

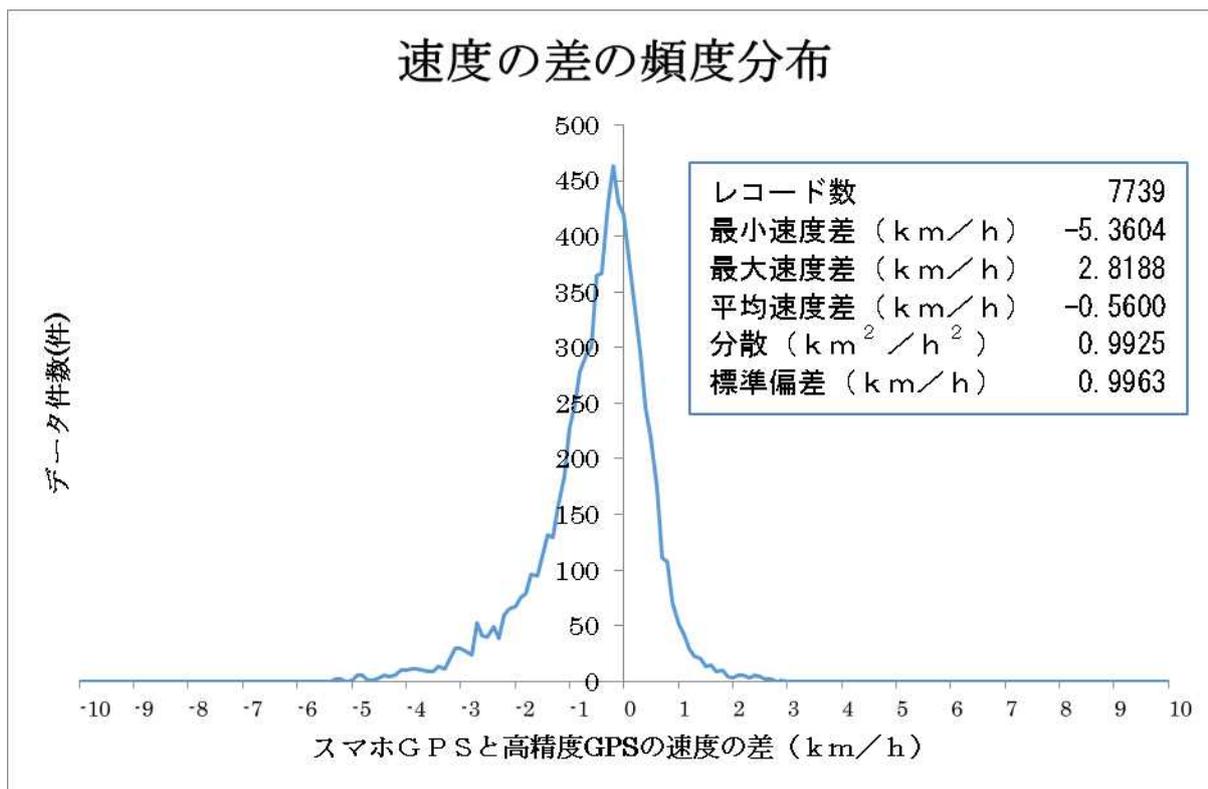


図 9-2-76 【歩側・試験全体】速度の誤差の頻度分布

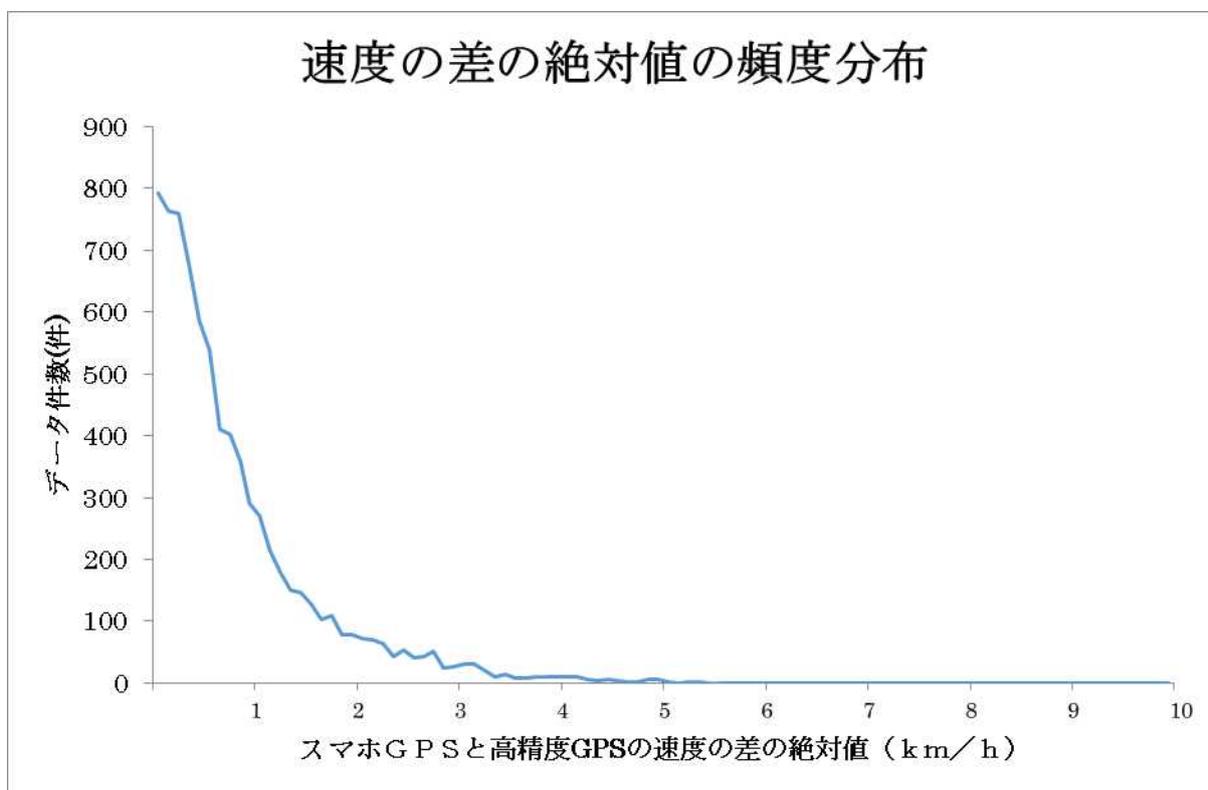


図 9-2-77 【歩側・試験全体】速度の誤差の絶対値の頻度分布

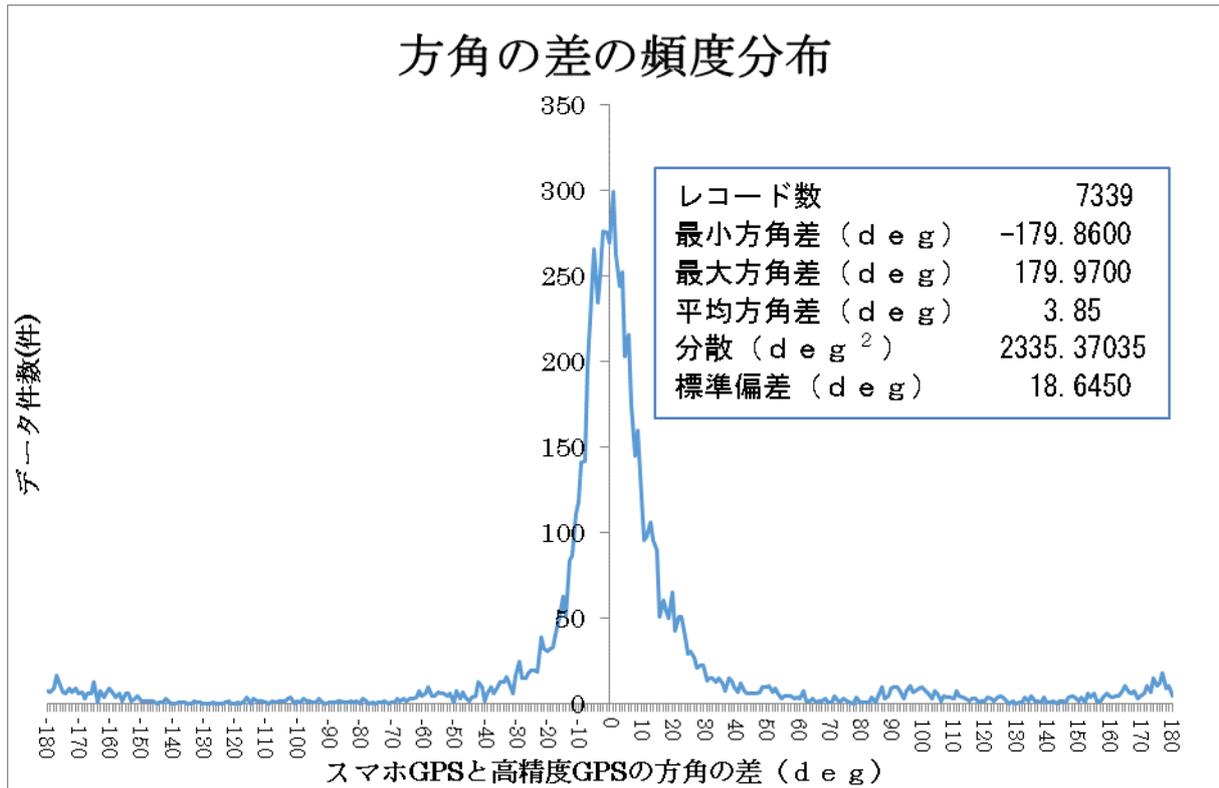


図 9-2-78 【歩側・試験全体】速度の方角の誤差の頻度分布図

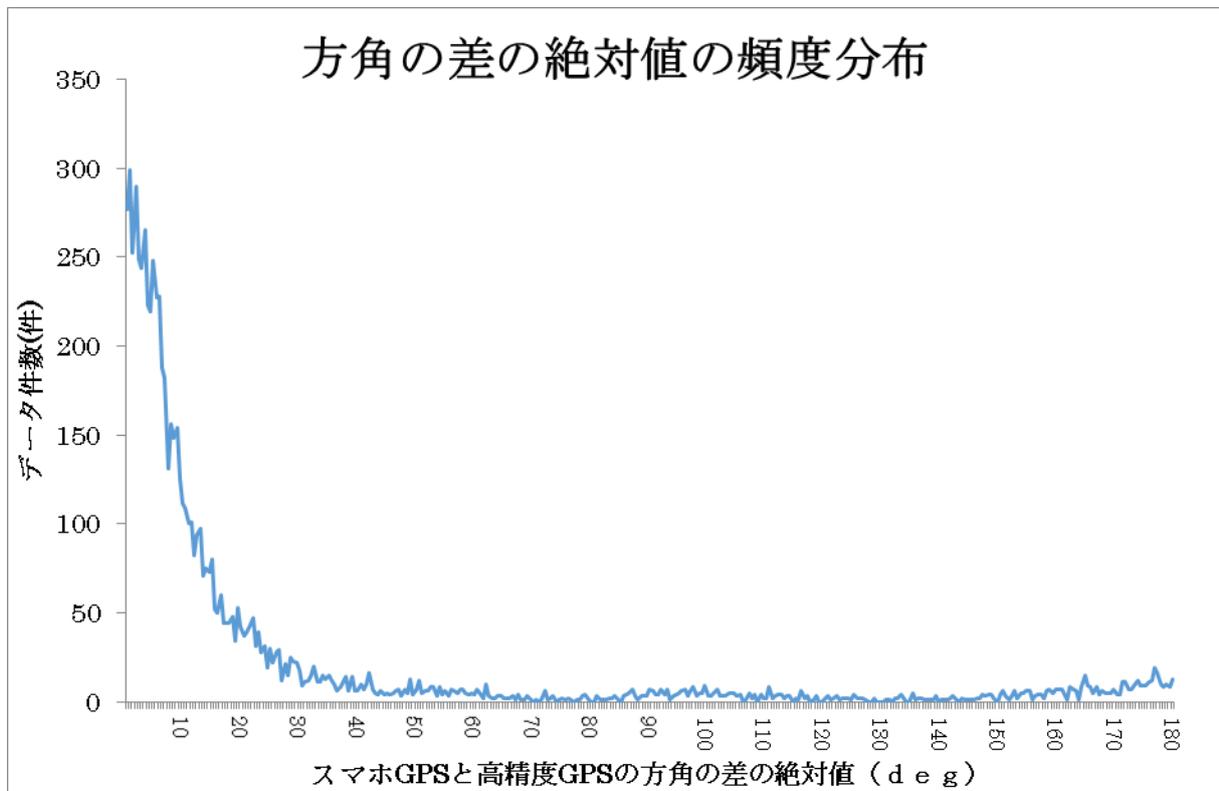


図 9-2-79 【歩側・試験全体】速度の方角の誤差の絶対値の頻度分布図

以上を踏まえ、速度の誤差を整理した結果を表 9-2-10、表 9-2-11 及び、図 9-2-80 に示す。

表 9-2-10 速度（大きさ）の精度に関する分析結果

車 / 歩	負側最大誤差	正側最大誤差	誤差の平均値	標準偏差
	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]
車側	-22.3	20.3	-0.2	3.1
	-6.2	5.6	-0.07	0.9
歩側	-5.4	2.8	-0.6	0.9
	-1.5	0.8	-0.16	0.3

表 9-2-11 速度（向き）の精度に関する分析結果

車 / 歩	負側最大誤差	正側最大誤差	誤差の平均値	標準偏差
	[deg]	[deg]	[deg]	[deg]
車側	-100.8	81.0	-0.3	7.3
歩側	-179.9	180.0	3.9	18.6

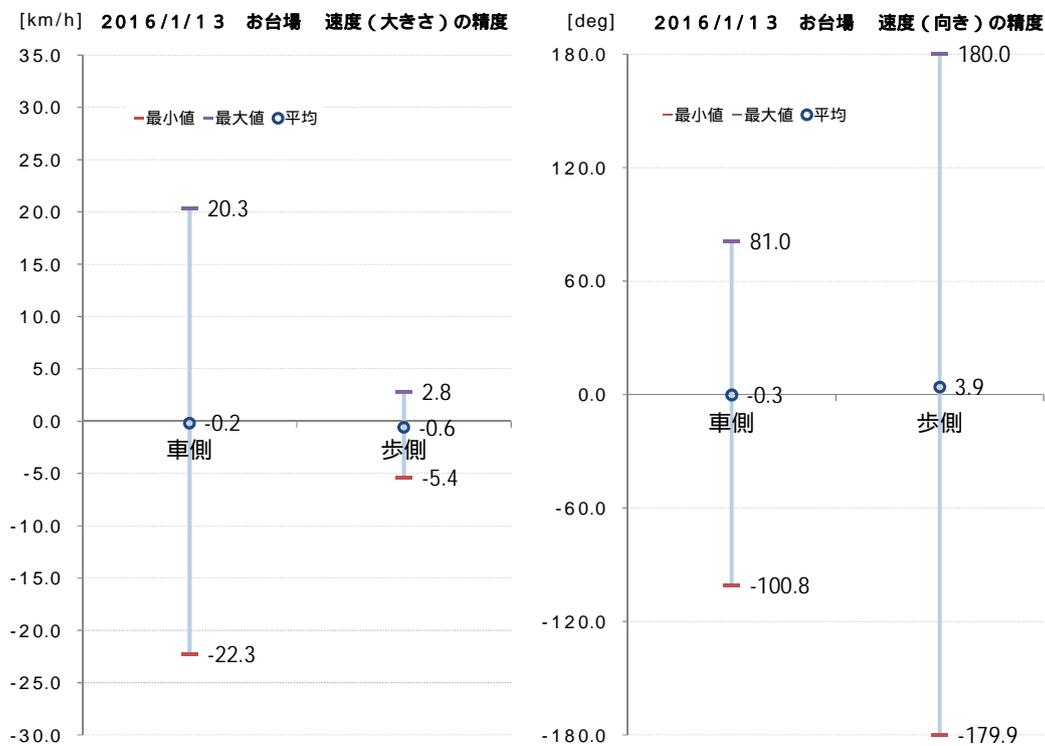


図 9-2-80 速度の精度に関する分析結果
（左図：速度（大きさ）、右図：速度（向き））

速度の誤差については、前述のとおり高精度 GPS を基準の速度とし、スマホ GPS の速度との大きさ[km/h]の差と、向き[deg]の差について分析を行った。速度の大きさの誤差については、自動車側では-22.3[km/h] ~ 20.3[km/h]の誤差が発生しており、平均は-0.2[km/h]程度であった。他方、歩行者側では、-5.4[km/h] ~ 2.8[km/h]の誤差が発生しており、平均は-0.6[km/h]であった。大きさの値だけでみると、自動車側のほうが歩行者側よりも大きくなった。これは走行速度が違うことから、速度が速い自動車側の誤差が大きくなったとみられる。また、想定速度（自動車 50km/h、歩行者 5 km/h）を考慮すると、歩行者側についてはそれを上回る誤差が発生している。

向きに関する誤差を見ると、自動車側では-100.8[deg] ~ 81.0[deg]、歩行者側では-179.9[deg] ~ 180[deg]となった。両者ともに 90[deg]を上回っており、最大の誤差を考えると向いている方向が直角にずれてしまう可能性も考えられる。頻度を見ると、自動車側は-10[deg] ~ 10[deg]、歩行者側は-30[deg] ~ 30[deg]程度に多くは収まっている。ただし、自動車と歩行者が衝突するか否かを計算するうえでは、向きも重要なパラメータとなり、計算の仕方によっては位置精度の誤差よりも大きな誤差が発生する可能性があり（本当は衝突するはずだったのに、しないと判定されてしまう等）、位置精度の誤差同様に大幅な改善が求められる。

通信に要する時間に関する分析結果

通信に要する時間に関しては、「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」及び、「760MHz 帯歩車間通信システム」の二つの端末について分析を行う。

また、本分析においては、システムの処理時間を含む、自分の位置情報を取得してから支援が行われるまでの時間を「通信に要する時間」として定義し、分析を行った。

それぞれのシステムは仕組みが異なるため単純に比較することはできない。

「携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム」では、サーバー集約型の仕組みであることから、サーバーで支援に関わる計算が行われる。したがって、自分の位置情報をサーバーに送信すると、サーバーから支援の情報が帰ってくるという仕組みである。他方、「700MHz 帯歩車間通信システム」では、支援に関わる計算を自らの端末上で行う端末集約型の仕組みである。したがって、相手（自動車又は歩行者）の情報を自身の端末が受け取ると、その情報を元に支援に関する計算が行われ支援を表示する仕組みである。

以下より、それぞれの通信方式における通信に要する時間に関する測定方法と分析結果について示す。

<携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムにおける通信に要する時間>

携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムは、サーバー集約型の仕組みであることから、自分の位置情報をサーバーに送信することでサーバーから支援の情報が帰ってくるという仕組みであり、そのプロセスには通信の“送信”、“受信”の両方が含まれる。自分の位置情報を取得してから支援が行われるまでの時間（往復時間）を整理した概念図を図 9-2-81 に示す。

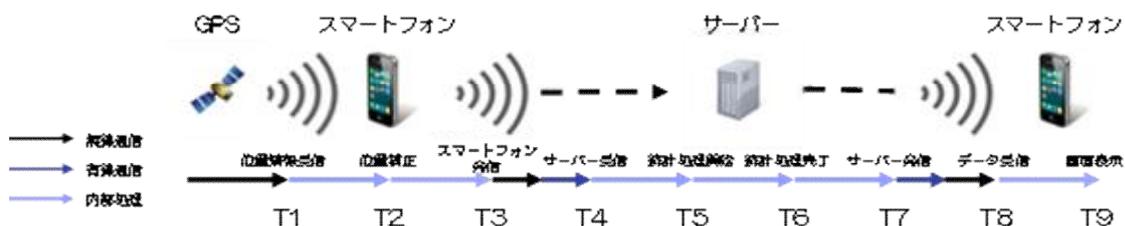


図 9-2-81 携帯電話ネットワーク利用型システムにおける支援までの概念図

携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムにおいては、スマートフォンが自位置の情報を取得し処理し始めた時間（T1）からサーバーに向けて情報を発信する（T3）までの時間はスマートフォン上での内部処理に要する時間である。また、スマートフォンがサーバーに情報を発信した時間（T3）からサーバーが情報を受け取る時間（T4）は、スマートフォンとサーバー間での通信に要する時間であると整理できる。同じように、サーバーがスマートフォンの情報を受け取って（T4）からスマートフォンに再度情報を発信する（T7）までの時間は内部処理に要する時間であり、サーバー

がスマートフォンに情報を発信して(T7)から、スマートフォンが情報を受け取るまで(T8)の時間は通信に要する時間であり、スマートフォンが情報を受け取ってから(T8)支援が表示されるまで(T9)の時間は内部処理に要する時間である。

これらを踏まえ、以下より携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムにおける通信に要する時間の測定方法及び、分析結果について示す。

(1) 測定方法

上述のように示したそれぞれの時間(T1~T9)は、各処理に応じて出力されるログファイルに記録されているタイムスタンプの差から時間を測定する。本調査において構築したシステムにおいては、ログファイルとして、スマートフォンが自位置の情報を取得し処理し始めた時間(T1)及び、スマートフォンがサーバーに向けて情報を発信する時間(T3)、スマートフォンがサーバーからデータを受信した時間(T8)、スマートフォンが受信したデータを処理し支援を開始した時間(T9)を出力しており、それぞれの時間の差をとることで、送信から受信までの往復時間に含まれる内部処理や通信時間等の通信に要する時間を分析した。

対象となるログファイルは、歩行者側1端末分及び自動車側1端末分のデータを用いた。

自分に位置情報を取得して(T1)から支援を表示するまで(T9)の時間
(T_{1 9})

自分に位置情報を取得して(T1)からスマートフォンからサーバーに情報を発信するまで(T3)の時間(T_{1 3})

スマートフォンからサーバーに情報を発信して(T3)からサーバーからの情報をスマートフォンが受信するまで(T8)の時間(T_{3 8})

サーバーからの情報をスマートフォンが受信して(T8)から支援を表示するまで(T9)の時間(T_{3 8 9})

上記の4つの時間に関する時系列(HH/MM/SS)データと、頻度を分析

(2) 測定結果

$T_{1 \rightarrow 3}$ 、 $T_{3 \rightarrow 8}$ 、 $T_{8 \rightarrow 9}$ 、 $T_{1 \rightarrow 9}$ に関する分析結果を示す。それぞれの分析項目に対する対応表は、表 9-2-12 のとおり。

表 9-2-12 通信に要する時間に関する分析結果の対応表
【携帯電話ネットワーク利用型】

	$\Delta T_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta T_{3 \rightarrow 8}$	$\Delta T_{8 \rightarrow 9}$	全体 $\Delta T_{1 \rightarrow 9}$	左記の 4 つの時 間の頻度
自動車	図 9-2-83	図 9-2-84	図 9-2-85	図 9-2-82	図 9-2-90
歩行者	図 9-2-87	図 9-2-88	図 9-2-89	図 9-2-86	図 9-2-91

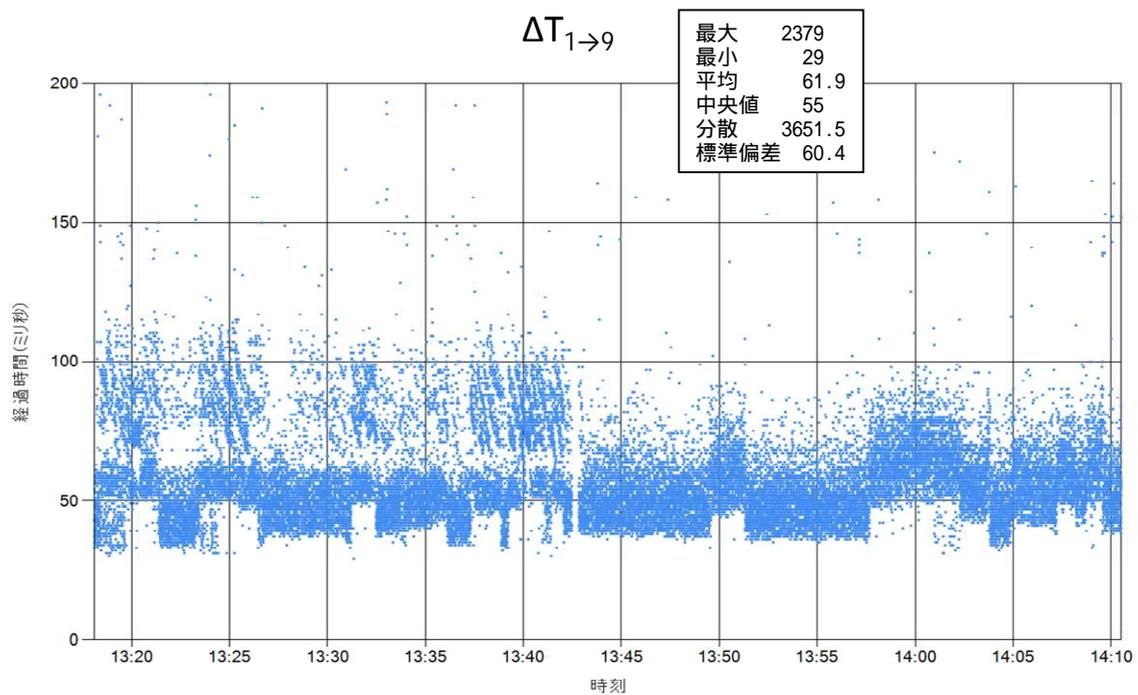


図 9-2-82 【車側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの
通信に要する時間（全体 $T_{1 \rightarrow 9}$ ）

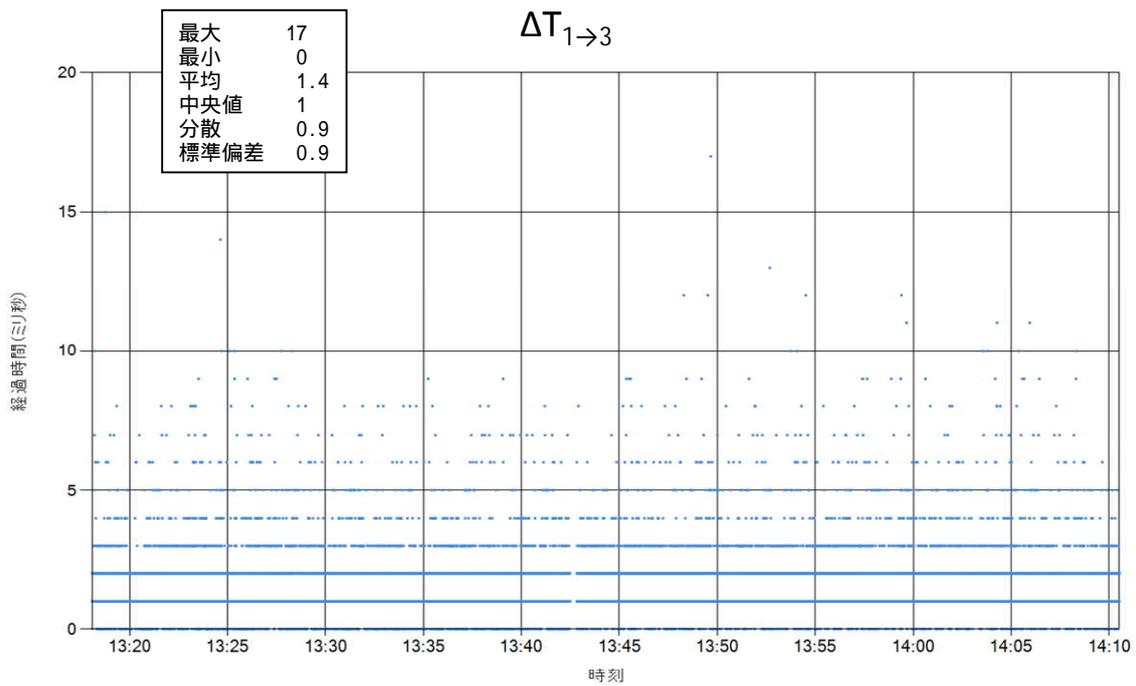


図 9-2-83 【車側・試験全体】 携帯電話ネットワーク利用型システムの
通信に要する時間 ($T_{1 \rightarrow 3}$)

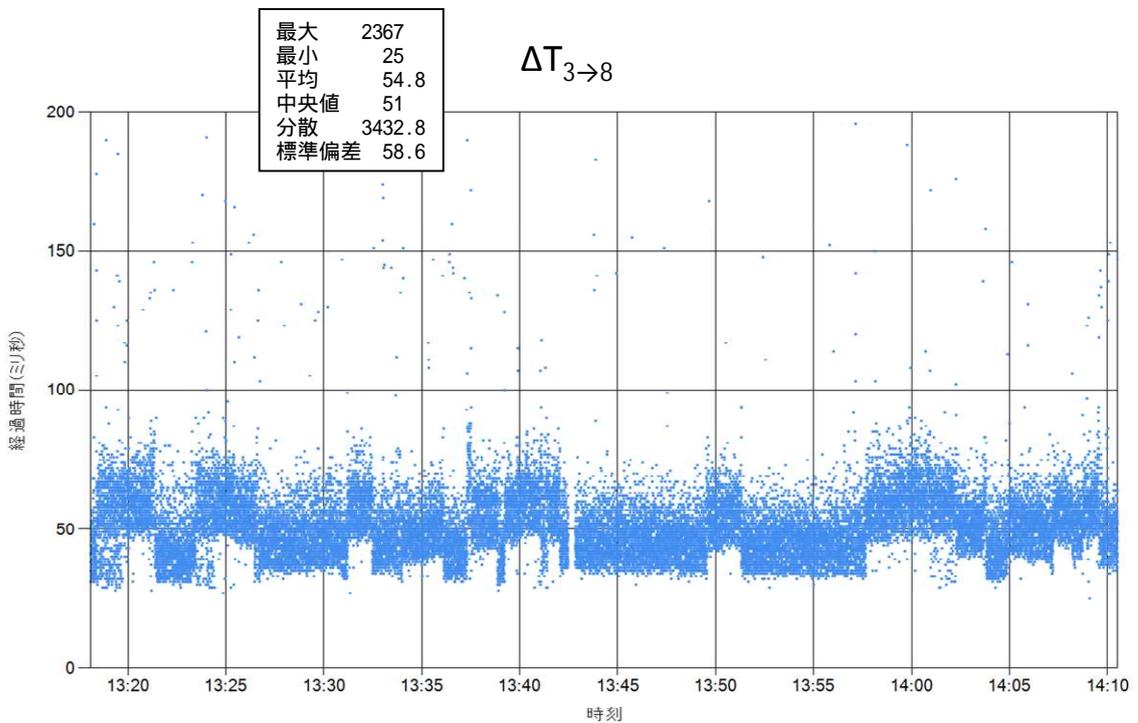


図 9-2-84 【車側・試験全体】 携帯電話ネットワーク利用型システムの
通信に要する時間 ($T_{3 \rightarrow 8}$)

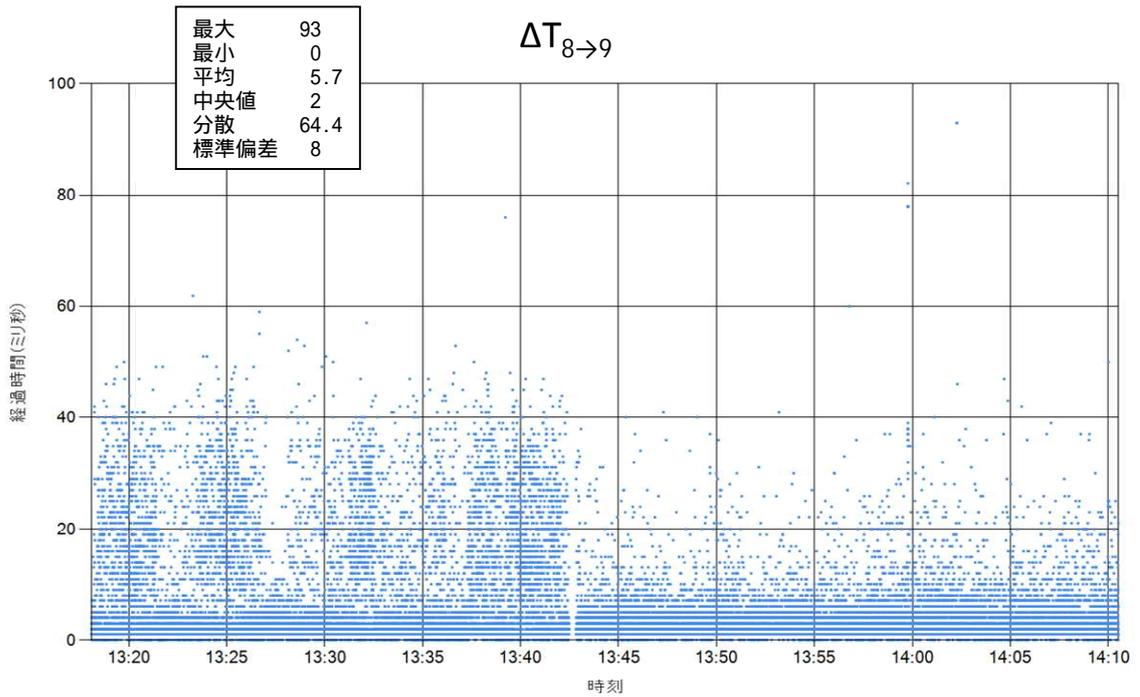


図 9-2-85 【車側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの
通信に要する時間 ($T_{8 \rightarrow 9}$)

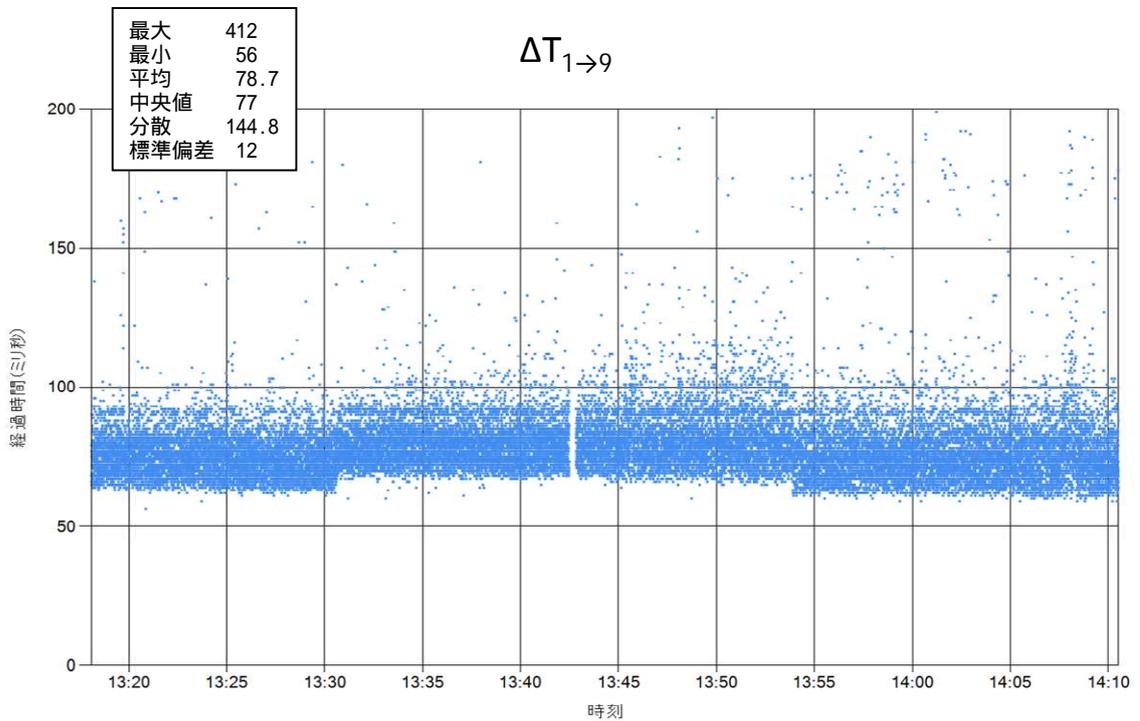


図 9-2-86 【歩側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの
通信に要する時間 (全体 $T_{1 \rightarrow 9}$)

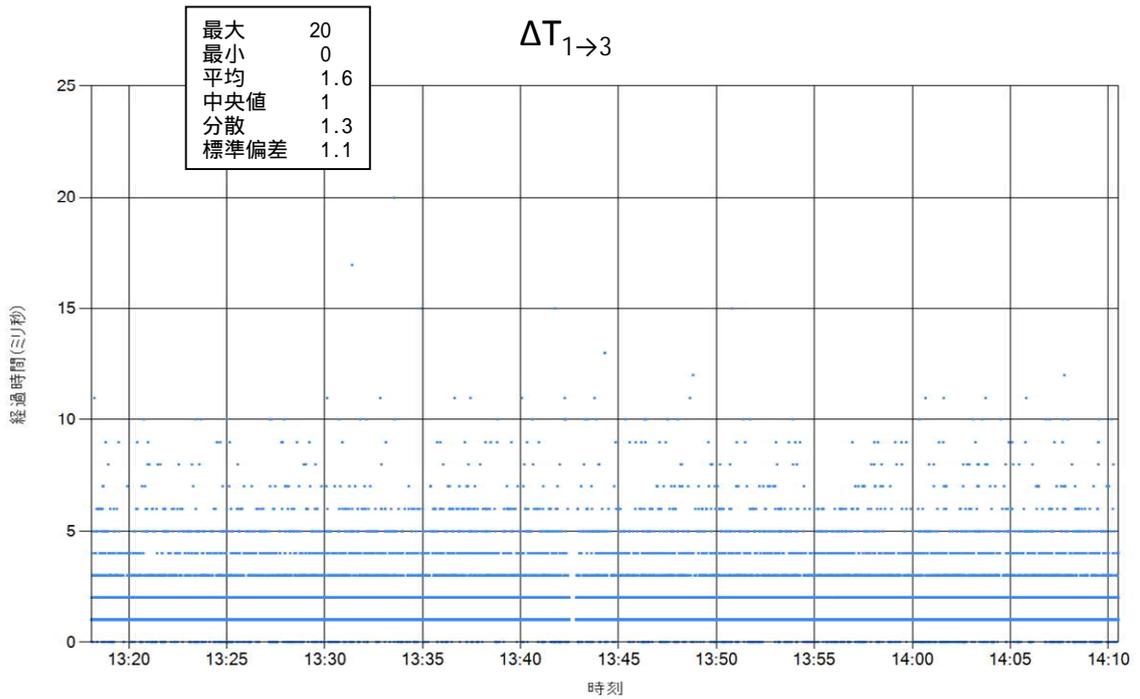


図 9-2-87 【歩側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの通信に要する時間 ($T_{1 \rightarrow 3}$)

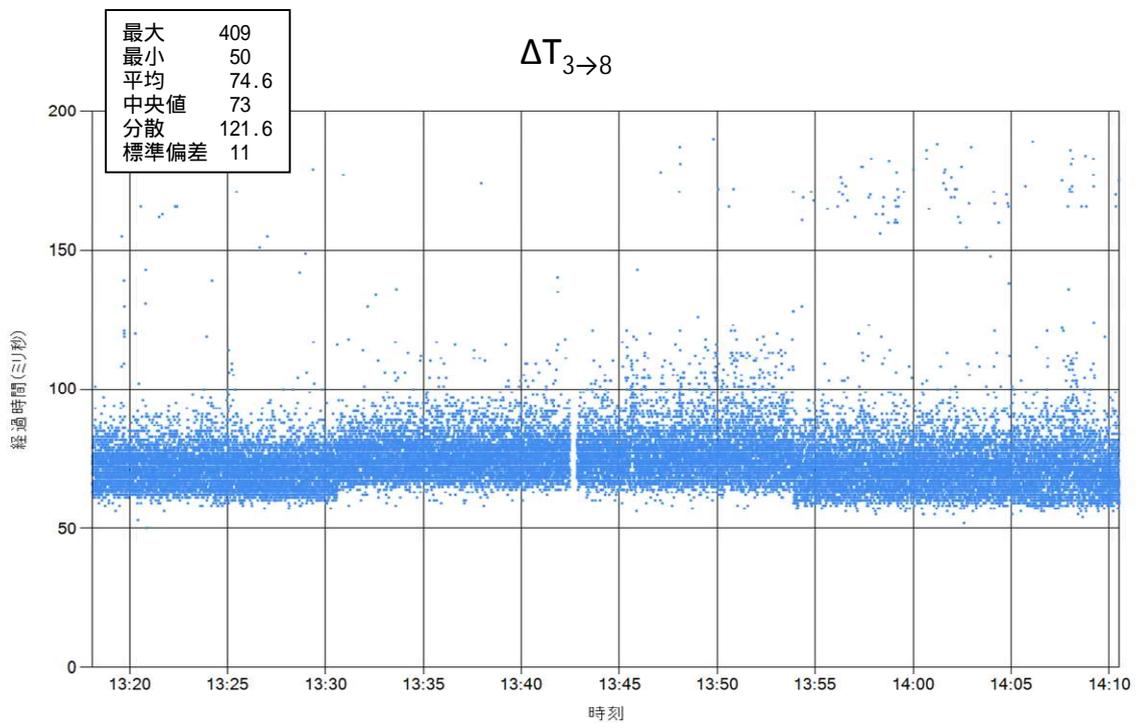


図 9-2-88 【歩側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの通信に要する時間 ($T_{3 \rightarrow 8}$)

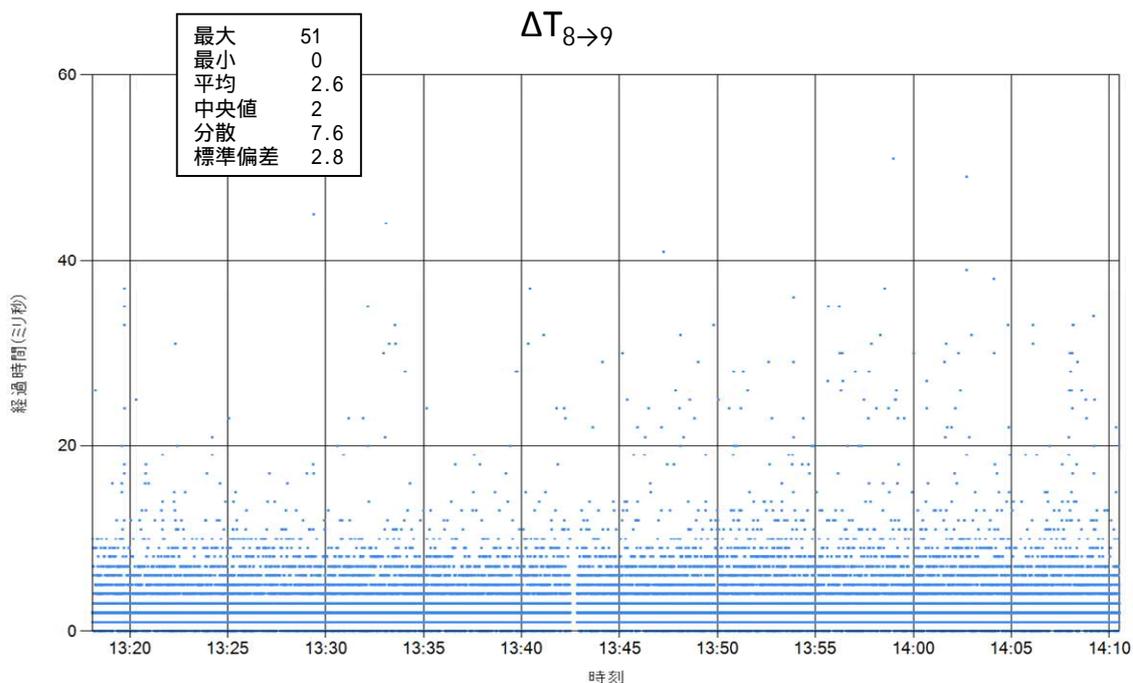


図 9-2-89 【歩側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの通信に要する時間 ($T_{8 \rightarrow 9}$)

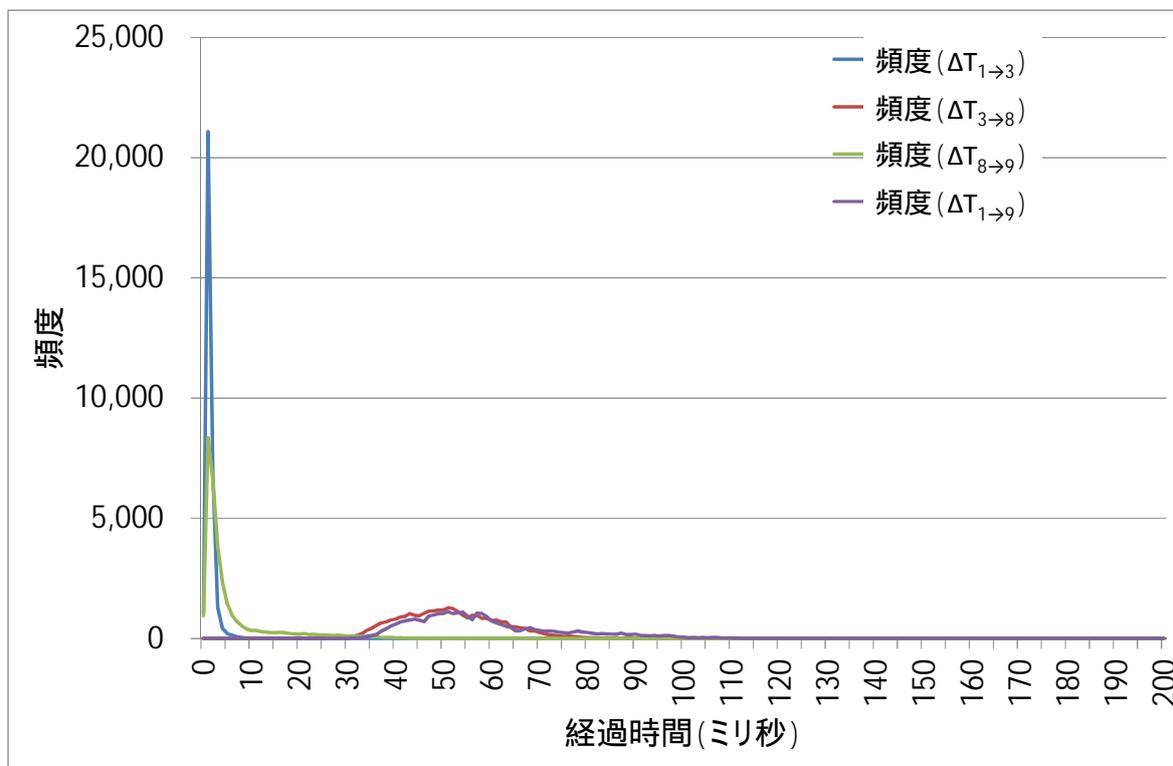


図 9-2-90 【車側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの通信に要する時間の頻度分布 (車側)

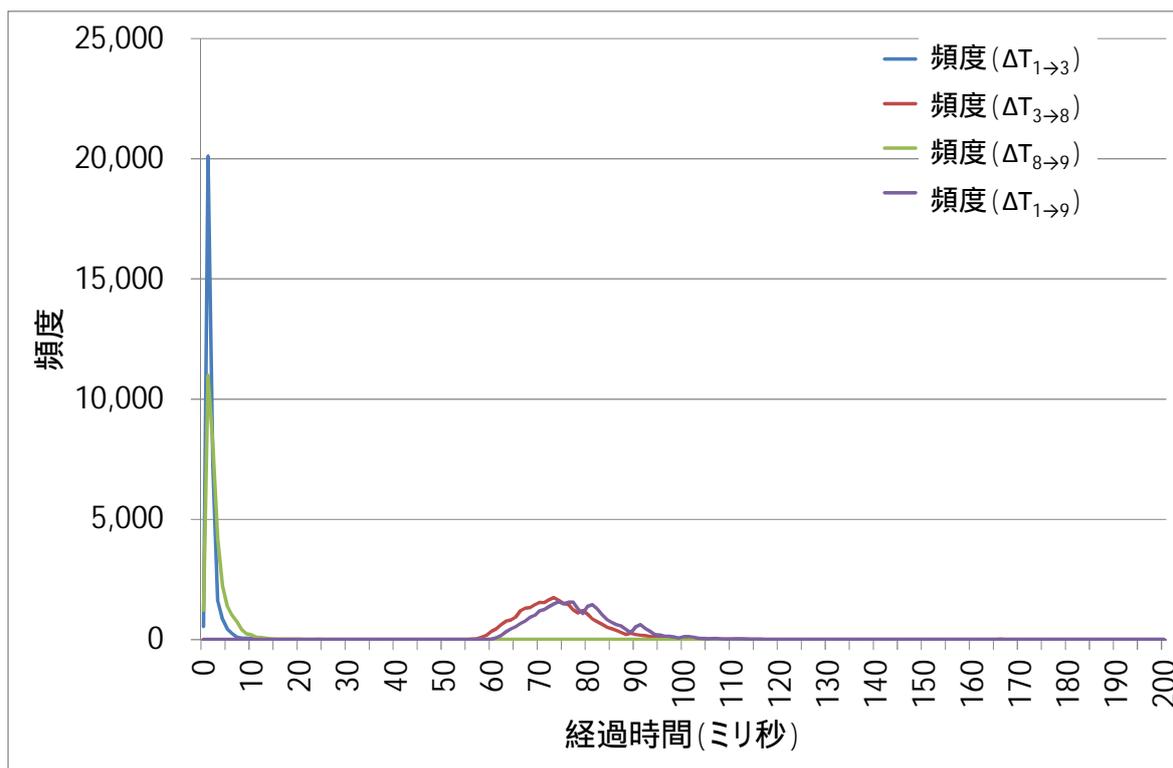


図 9-2-91 【歩側・試験全体】携帯電話ネットワーク利用型システムの通信に要する時間の頻度分布（歩側）

以上を踏まえ、通信に要する時間を整理すると表 9-2-13 のとおり。

表 9-2-13 通信に要する時間の統計解析結果
【携帯電話ネットワーク利用型】

		$\Delta T_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta T_{3 \rightarrow 8}$	$\Delta T_{8 \rightarrow 9}$	全体 $\Delta T_{1 \rightarrow 9}$
車側	最小値[ms]	0	25	0	29
	最大値[ms]	17	2,367	93	2,379
	平均値[ms]	1.4	54.8	5.7	61.9
	標準偏差[ms]	0.9	58.6	8	60.4
歩側	最小値[ms]	0	50	0	56
	最大値[ms]	20	409	51	412
	平均値[ms]	1.6	74.6	2.6	78.7
	標準偏差[ms]	1.1	11	2.8	12

車両側スマートフォンでは、 T_{13} は平均 1.4ms、 T_{38} は平均 54.8ms、 T_{89} は平均 5.7ms となり、それらの全体 T_{19} は平均 60.4ms となった。他方、歩行者側スマートフォンでは、 T_{13} は平均 1.6ms、 T_{38} は平均 74.6ms、 T_{89} は平均 2.6ms となり、それらの全体 T_{19} は平均 78.7ms となった。両者ともに平均は 100ms を下回っており、自端末の送受信に関わる時間は非常に少なかったといえる。ただし、最大値をみると、車両側スマートフォンでは 2.3s の遅れが見られているところもあり、万が一大きな通信遅延が発生した場合の対策についても検討する必要があるといえる。

< 760MHz 帯歩車間通信システムにおける通信に要する時間 >

760MHz 帯歩車間通信システムにおいては、携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムと異なり、自端末上で支援に関する計算を行う。そのため、通信としては相手となる自動車の情報を“受信”することのみ含まれる。相手の位置情報を取得してから支援が行われるまでの時間を整理した概念図を図 9-2-92 に示す。

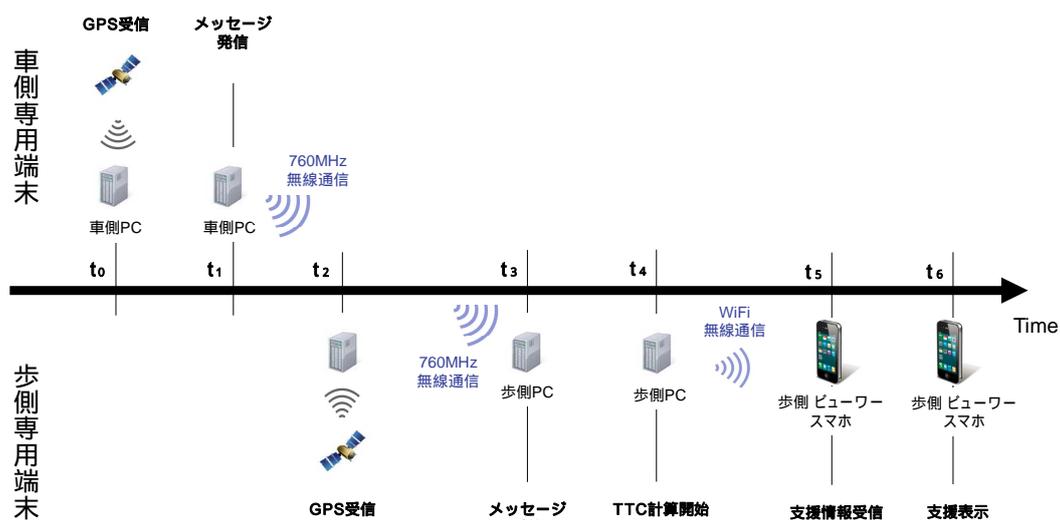


図 9-2-92 専用端末における通信時間の整理

支援全体を考えると、相手側の情報が生成されてから (t_0)、自端末までに情報が発信されるまで (t_1) の時間は“車側”での内部処理に要する時間である。相手から情報が発信され (t_1)、自端末で情報を受信するまで (t_3) の時間は、700Mhz 帯の通信に要する時間である。その後、相手側の情報を受信してから (t_3) 支援に関する情報が計算されるまで (t_4) の時間は内部処理の時間である。 t_2 は、支援に関する情報を計算するための自位置を測定した時間である。

また、本事業において構築したシステムでは、歩行者側の携帯性を高めるため支援の情報を無線機と接続された PC 上で表示するのではなく、支援情報を表示するためのスマートフォン上に表示する。その間の通信は、有線接続ではなく Wi-Fi 通信を用

いた。そのため、支援が行われるまでには、端末上（PC）で支援に関する情報が計算されて（t4）から、支援を表示するスマートフォンで受信する（t6）までの支援表示までの必要な時間がある。

これらを踏まえ、以下より 760MHz 歩車間通信システムにおける通信に要する時間の測定方法及び、分析結果について示す。

（１）測定方法

上述のように示したそれぞれの時間（t0～t6）は、携帯電話ネットワーク利用型における測定と同様に、各処理に応じて出力されるログファイルに記録されているタイムスタンプの差から時間を測定する。本調査において構築したシステムにおいては、ログファイルとして、相手（自動車側）が位置情報を含む情報を生成した時間（t0）及び、相手が自端末に情報を発信した時間（t1）、自端末が相手側の情報を受信した時間（t3）、支援に関する情報が計算されるまでの時間（t4）を記録しており、それぞれの時間の差をとることで、内部処理や通信に要する時間を分析した。

対象となるログファイルは、歩行者側 1 端末分のデータを用いた。

相手（自動車側）が位置情報を含む情報を生成して（t0）から支援に関する情報が計算する（t4）までの時間（ t _{0 4} ）
相手（自動車側）が位置情報を含む情報を生成して（t0）から相手が自端末に情報を発信する（t1）までの時間（ t _{0 1} ）
相手が自端末に情報を発信して（t1）から自端末が相手側の情報を受信する（t3）までの時間（ t _{1 3} ）
自端末が相手側の情報を受信して（t3）から支援に関する情報が計算する（t4）までの時間（ t _{3 4} ）
上記の 4 つの時間に関する時系列（HH/MM/SS）データと、通信順別（通し番号）データ、頻度を分析

（２）測定結果

t_{0 1}、 t_{1 3}、 t_{3 4}、 t_{0 4}に関する分析結果を示す。それぞれの分析項目に対する対応表は、表 9-2-14 のとおり。

表 9-2-14 通信に要する時間に関する分析結果の対応表【700MHz 帯】

	$\Delta t_{0 \rightarrow 1}$	$\Delta t_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta t_{3 \rightarrow 4}$	全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$	左記の 4 つの時 間の頻度
歩行者	図 9-2-95 図 9-2-96	図 9-2-97 図 9-2-98	図 9-2-99 図 9-2-100	図 9-2-93 図 9-2-94	図 9-2-101

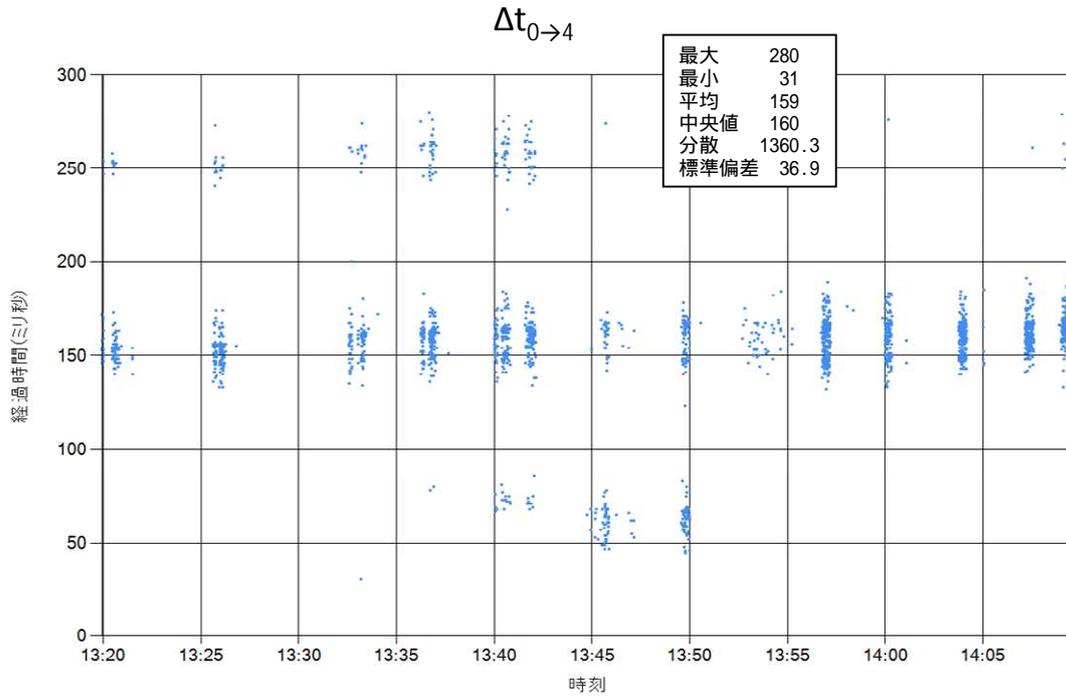


図 9-2-93 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間
 (全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$) 通信時刻別整理

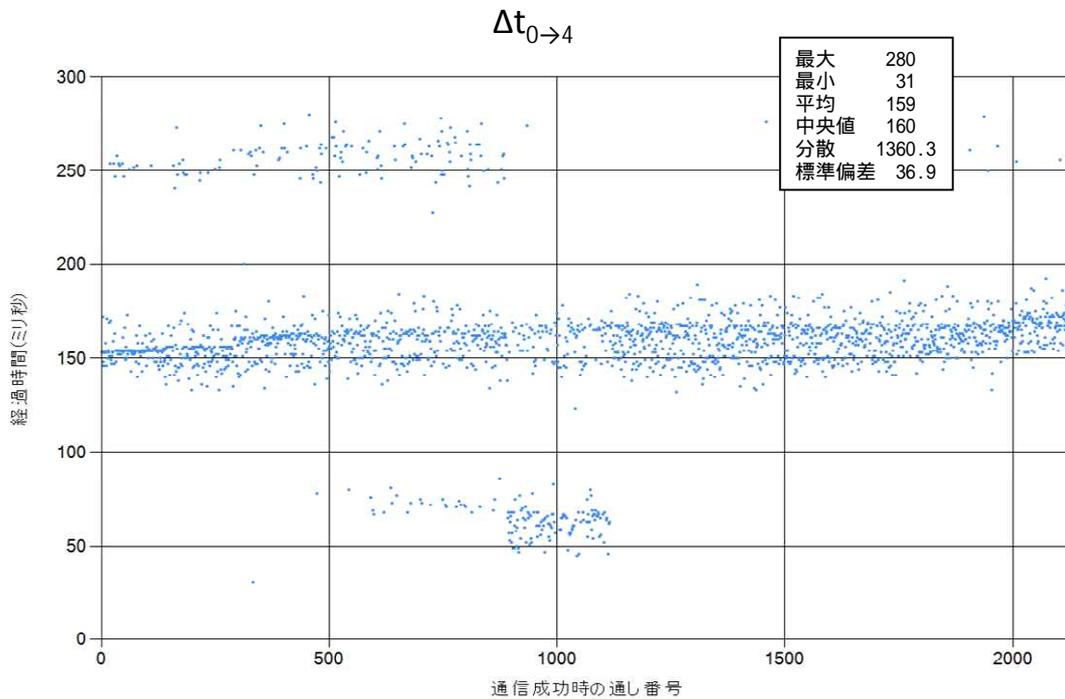


図 9-2-94 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間
 (全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$) 通信順別整理

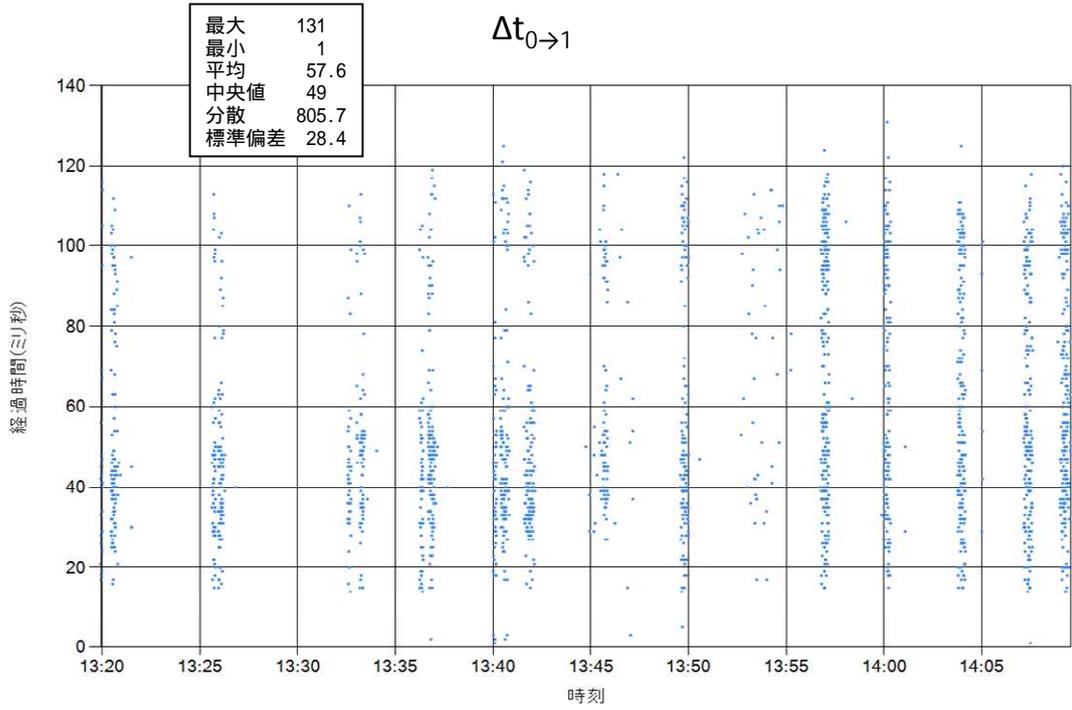


図 9-2-95 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{0 \rightarrow 1}$) 通信時刻別整理

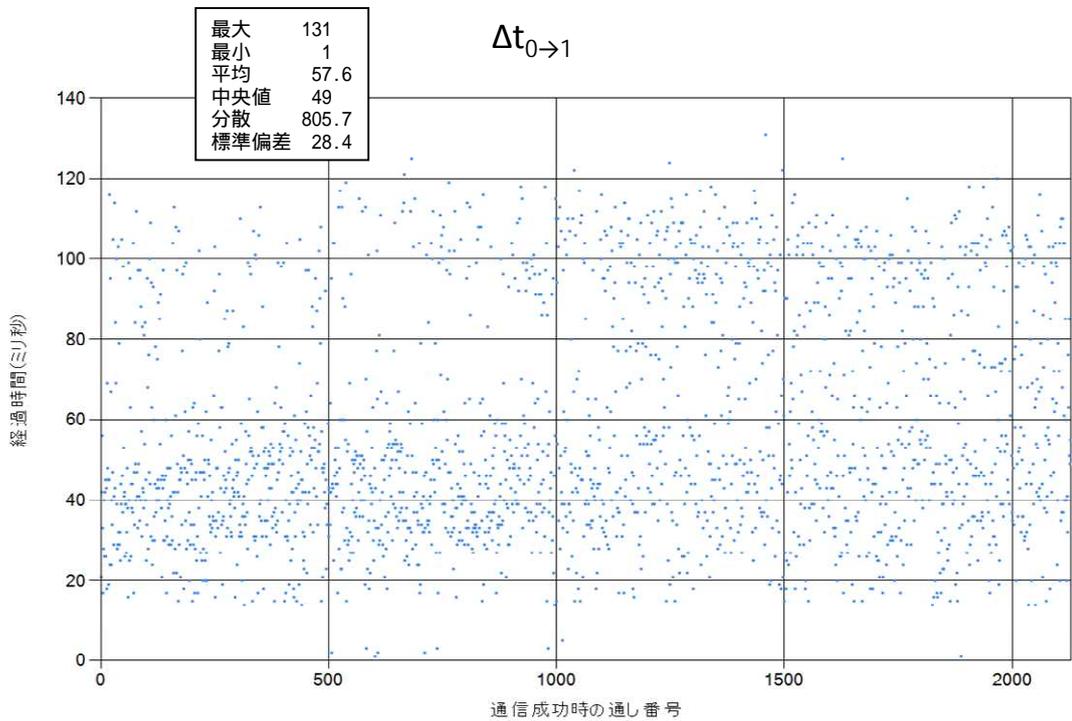


図 9-2-96 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{0 \rightarrow 1}$) 通信順別整理

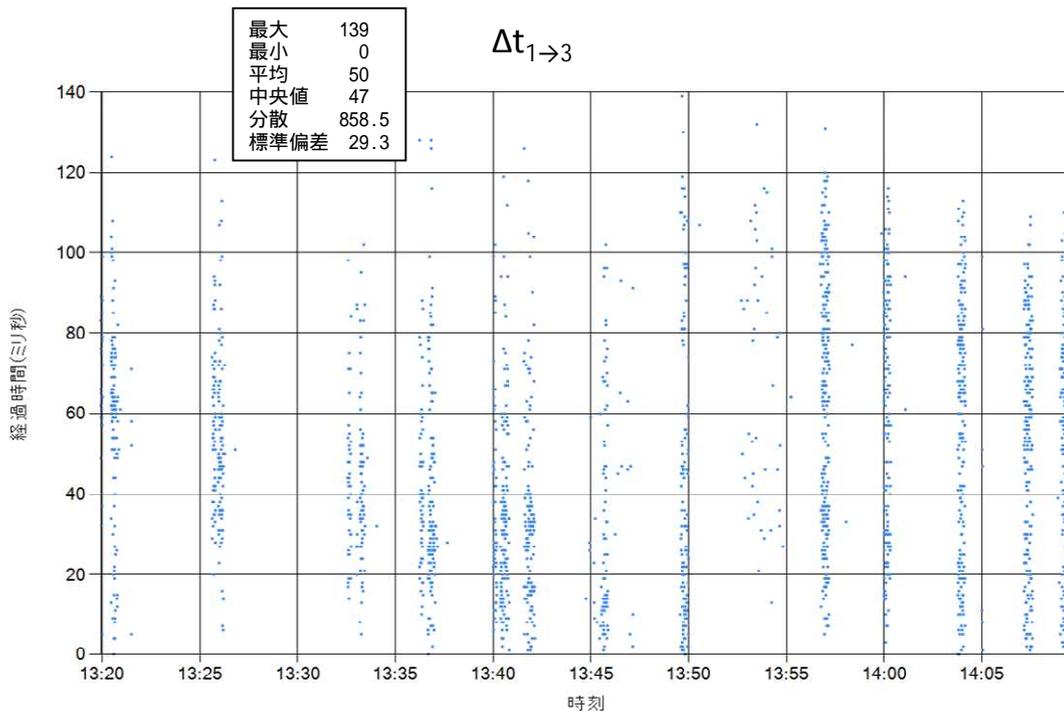


図 9-2-97 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{1 \rightarrow 3}$) 通信時刻別整理

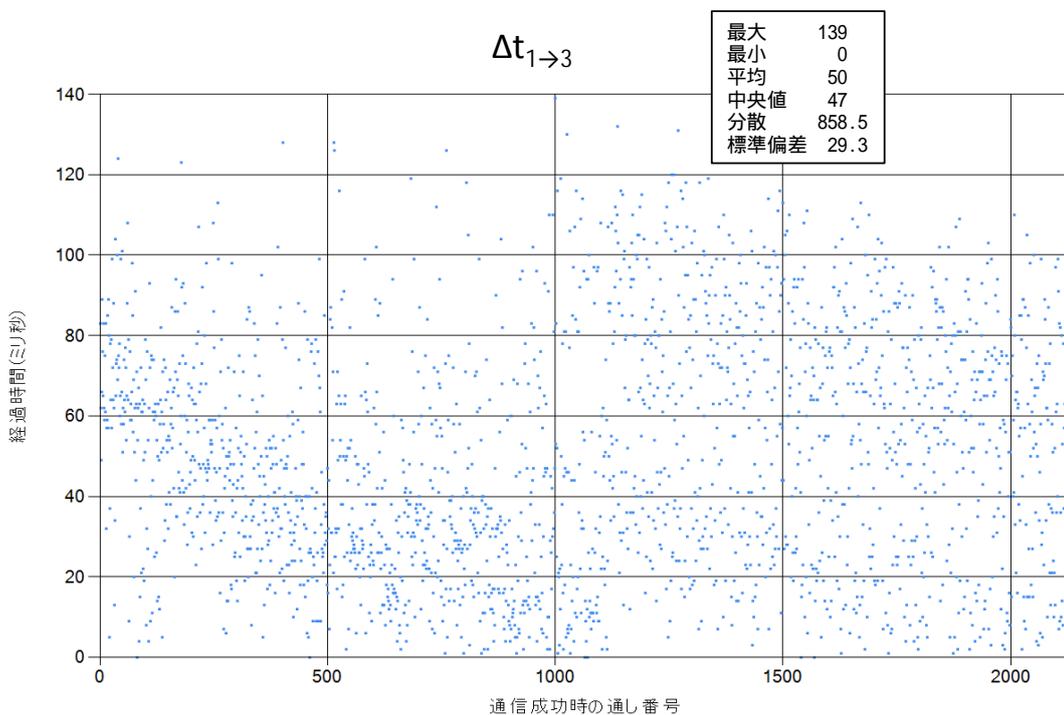


図 9-2-98 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{1 \rightarrow 3}$) 通信順別整理

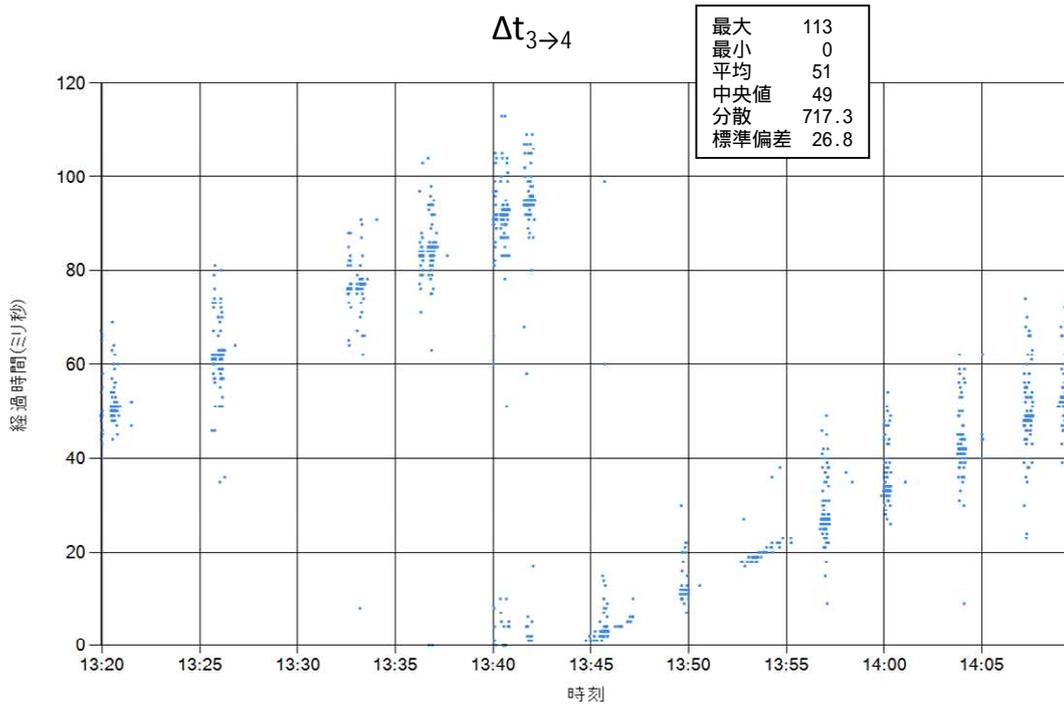


図 9-2-99 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{3 \rightarrow 4}$) 通信時刻別整理

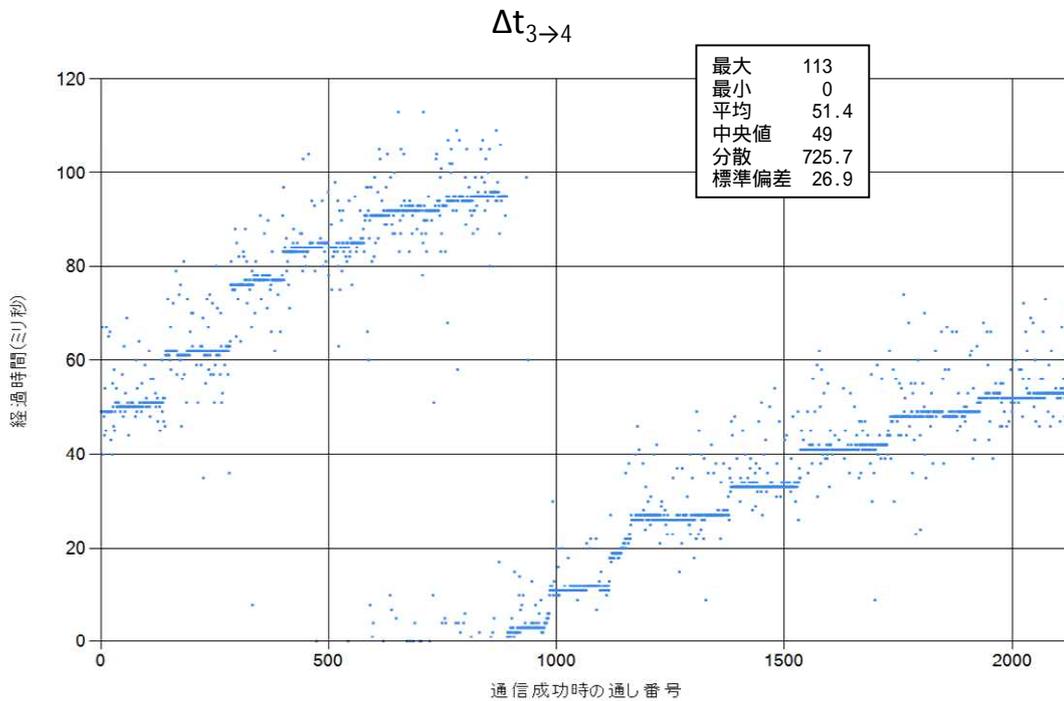


図 9-2-100 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間 ($\Delta t_{3 \rightarrow 4}$) 通信順別整理

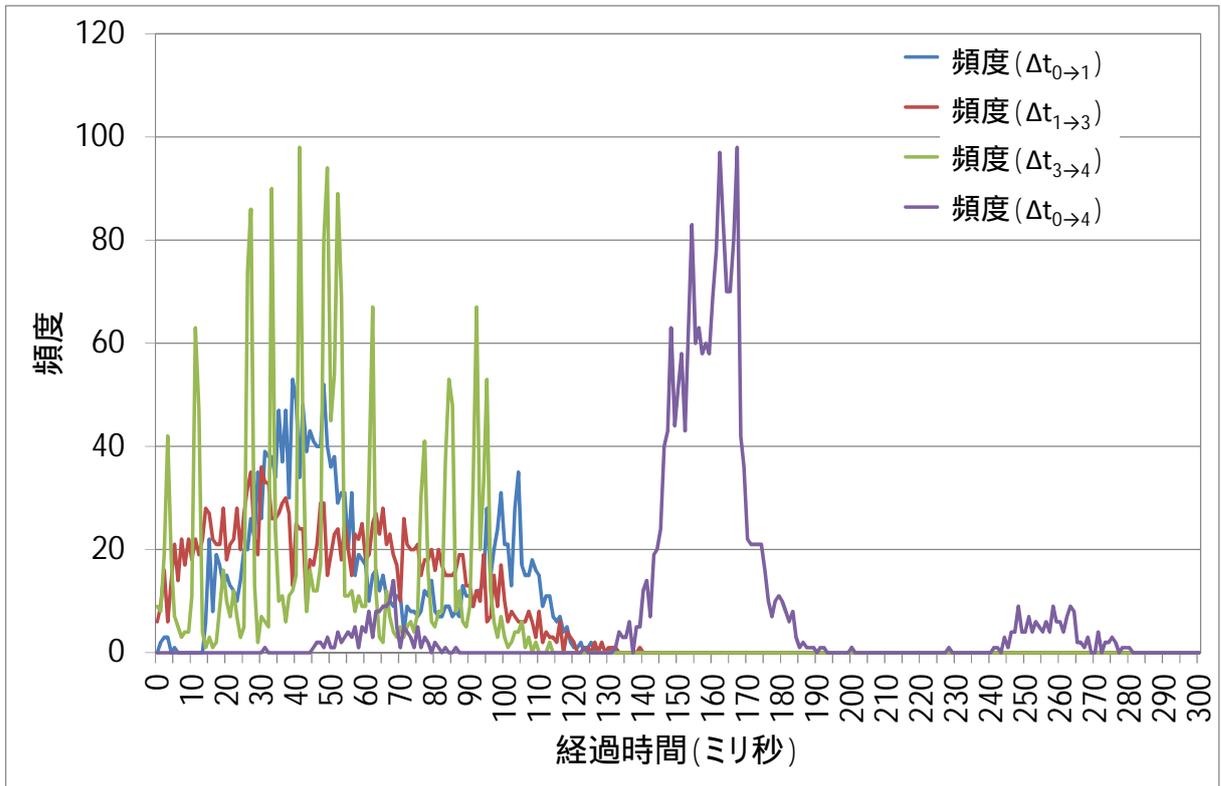


図 9-2-101 試験全体：歩行者側 700MHz 帯通信システムの通信に要する時間の頻度分布

以上を踏まえ、700MHz 帯歩車間通信システムにおける通信に要する時間を整理すると表 9-2-15 のとおり。

表 9-2-15 通信に要する時間の統計解析結果
【700MHz 帯】

		$\Delta t_{0 \rightarrow 1}$	$\Delta t_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta t_{3 \rightarrow 4}$	全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$
歩側	最小値[ms]	1	0	0	31
	最大値[ms]	131	139	113	280
	平均値[ms]	57.6	50	51	159
	標準偏差[ms]	28.4	29.3	26.8	36.9

700MHz 帯歩車間通信システムでは、 $\Delta t_{0 \rightarrow 1}$ は平均 57.6ms、 $\Delta t_{1 \rightarrow 3}$ は平均 50ms、 $\Delta t_{3 \rightarrow 4}$ は平均 51ms となり、それらの全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$ は平均 159ms となった。 $t_{0 \rightarrow 1}$ 、 $t_{1 \rightarrow 3}$ 、 $t_{3 \rightarrow 4}$ のそれぞれにかかる時間は、最小・最大・平均・偏差ともに同様の傾向

を示している。これは、通信に要する時間というよりも“周期”という概念が重要となる。“周期”とは、一定の間隔の間に同じ事象が繰り返されることをさし、いくつかのモジュールには周期が組み込まれている。

一つは、700MHz帯通信の通信周期であり、これはARIB-T109「700MHz帯高度道路交通システム 標準規格」に100msと規定されている。また、本事業において開発した簡易HMI装置では、PC側の処理負荷を低減するため100ms周期で支援に関する情報を計算する計算周期を設けている。そのため、それらの周期毎に周期起因（周期のかみ合わせによる）の待ち時間が発生する（図9-2-102）。

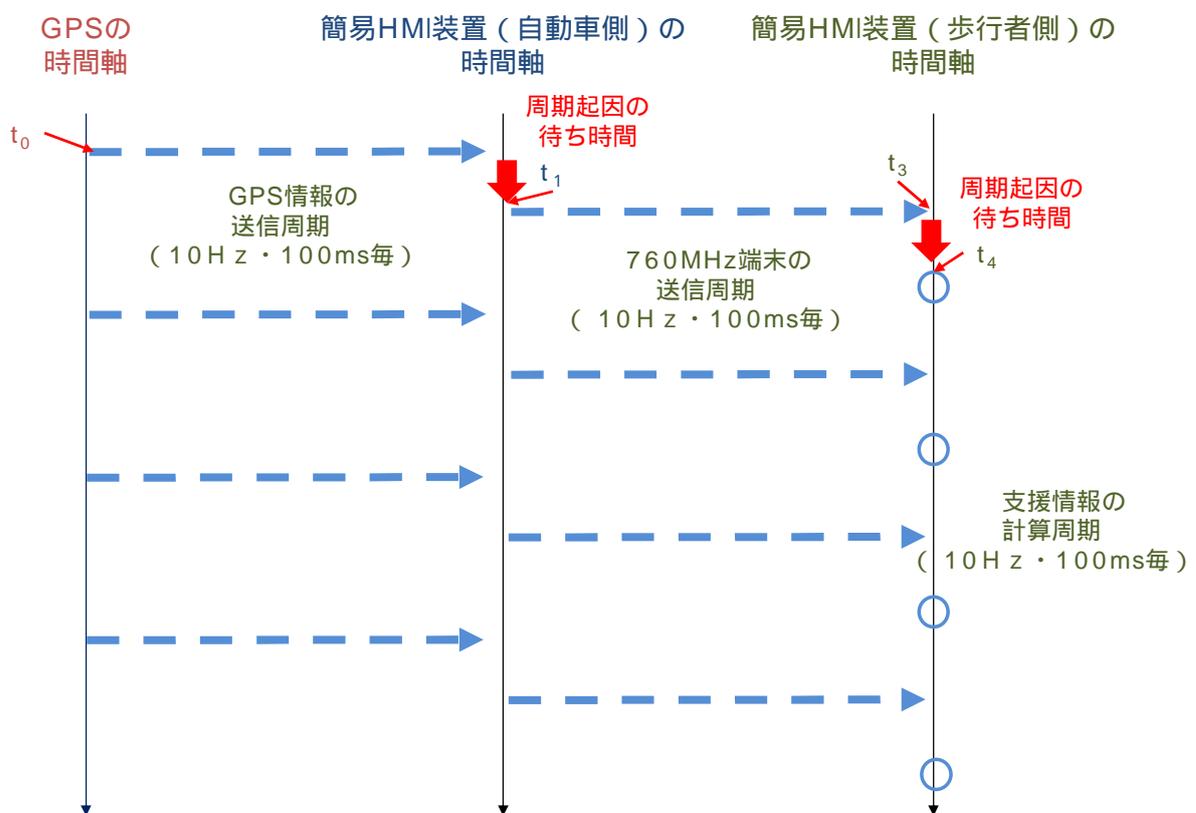


図9-2-102 本事業で開発した700MHz帯の“周期”の関係

それぞれは、100msという周期に依存したものであり、最小で0ms、最大で100msの待ち時間が発生する可能性がある。それぞれの時間における通信遅延の要因を考えると、大きく「通信に要する時間」と「計算に要する時間」の2つに区分できる。また、それぞれは通信時間と通信周期、計算時間と計算周期による時間に区別できる。各通信時間と、それぞれによる影響を整理すると表9-2-16のようになる。そのため、それらの“周期”をより高頻度にすることによって、より早い通信時間を実現する可能性がある。また、最大値をみても280ms程度に収まっており、大きな通信遅延はあまり発生していない点も特徴であると考えられる。

表 9-2-16 各時間における遅延要因【700MHz 帯】

通信遅延の要因		本実証実験での測定対象		
		$\Delta t_{0 \rightarrow 1}$	$\Delta t_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta t_{3 \rightarrow 4}$
通信に要 する時間	通信時間 (通信時間、送信処理、 受信処理等)	○	○	
	通信周期 (760MHz 帯、GPS 等)	○		
計算に要 する時間	計算時間 (TTC 計算等)			
	計算周期 (計算負荷回避処理等)			○

通信到達距離に関する分析結果

通信到達距離に関する分析は、P2P において送信と受信の関係が成立する「700MHz 帯歩車間通信システム」のみを分析対象とする。

以下より、通信到達距離に関する測定方法と分析結果について示す。

(1) 測定方法

通信到達距離の分析に当たっては、保存した通信に関するログデータから、通信の成功・失敗と歩行者側端末と自動車側端末の距離を算出することによって分析する。通信(受信)の成功・失敗は、自動車側・歩行者側の発信する情報(メッセージ)それぞれに通し番号を付けており、その通し番号の付いたメッセージが相手側で受信できていたかどうかによって判断する。判断した結果は、自動車側と歩行者側におけるそれぞれの GPS 情報を用いてお互いの距離を算出することで、通信到達距離を分析する。

対象となるログファイルは、自動車側 1 端末分と、歩行者側 1 端末分のデータを用いた。分析項目は、下記に示すとおりである。

自動車側端末と歩行者側端末の位置情報と、自動車側端末での受信成功・失敗情報の地図上へのプロット

自動車側端末と歩行者側端末の距離とそれぞれの端末における受信成功率

それぞれの状況は、外部環境によって異なることが想定されることから、位置測位の精度と同様に、表に示す試番ごとに分析を行った。

(2) 測定結果

700MHz 帯通信の通信到達距離に関する分析結果を示す。それぞれの分析項目に対する対応表は、表 9-2-17 のとおり。

表 9-2-17 通信到達距離に関する分析結果の対応表

シナリオ		自動車側端末の受信状況	各端末の受信成功率
試番 11	交差点	図 9-2-103	図 9-2-104
試番 12		図 9-2-105	図 9-2-106
試番 13		図 9-2-107	図 9-2-108
試番 14		図 9-2-109	図 9-2-110
試番 15		図 9-2-111	図 9-2-112
試番 16	単路	図 9-2-113	図 9-2-114
試番 17		図 9-2-115	図 9-2-116
試番 18		図 9-2-117	図 9-2-118
試番 19		図 9-2-119	図 9-2-120
試番 20		図 9-2-121	図 9-2-122
全体			図 9-2-123



図 9-2-103 【車側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 11

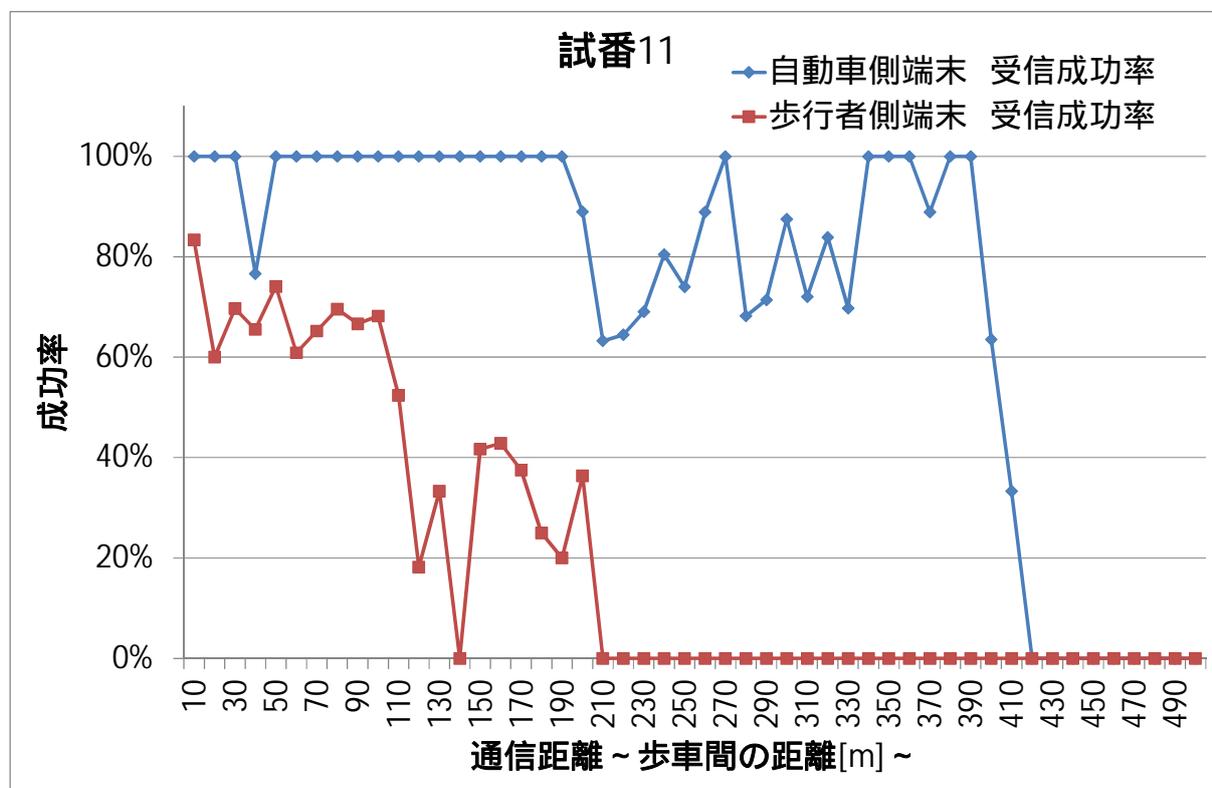


図 9-2-104 【車側・歩側・交差点】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 11



図 9-2-105 【車側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 12

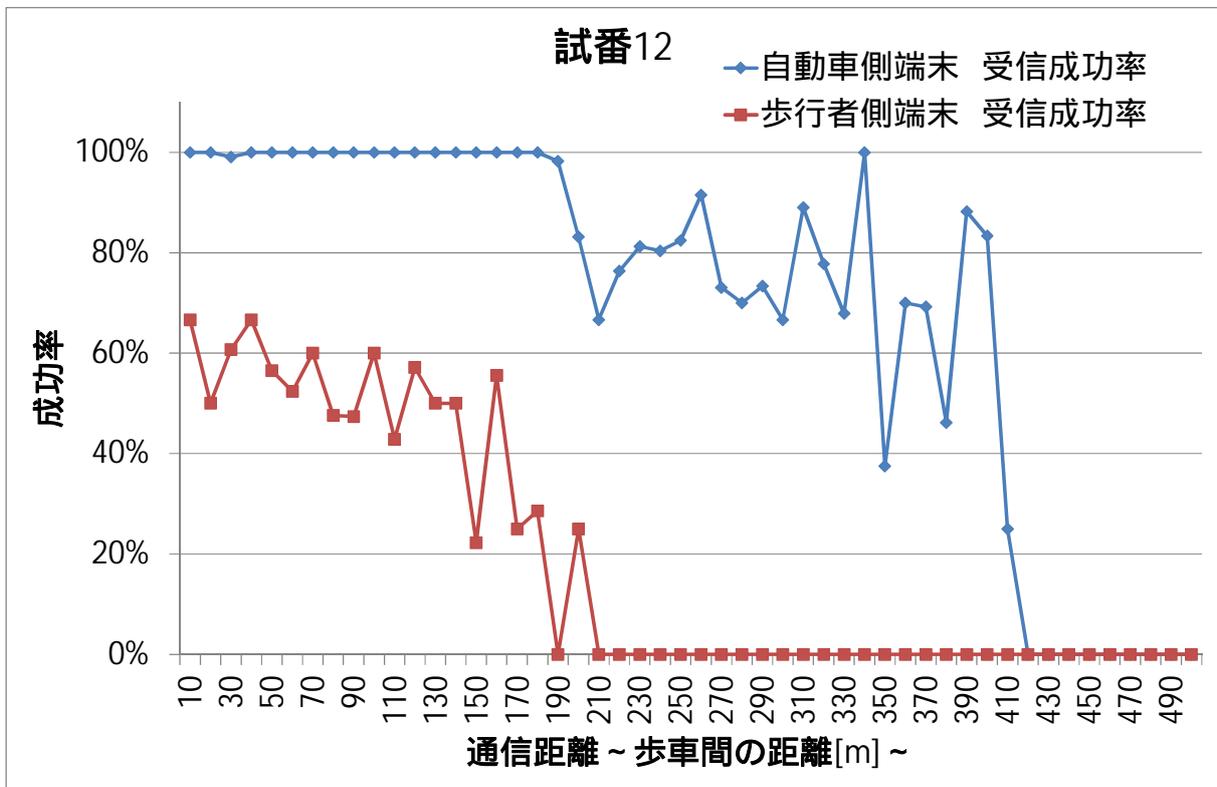


図 9-2-106 【車側・歩側・交差点】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 12



図 9-2-107 【車側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 13

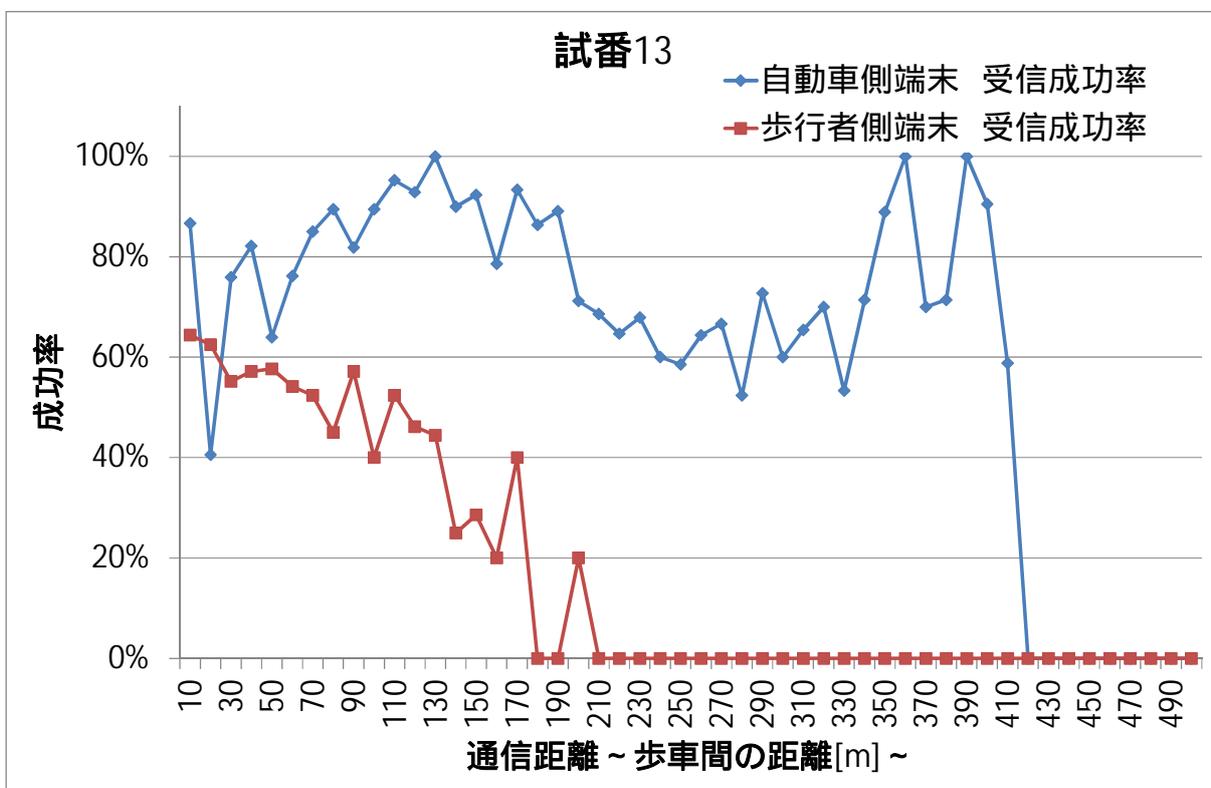


図 9-2-108 【車側・歩側・交差点】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 13



図 9-2-109 【車側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 14

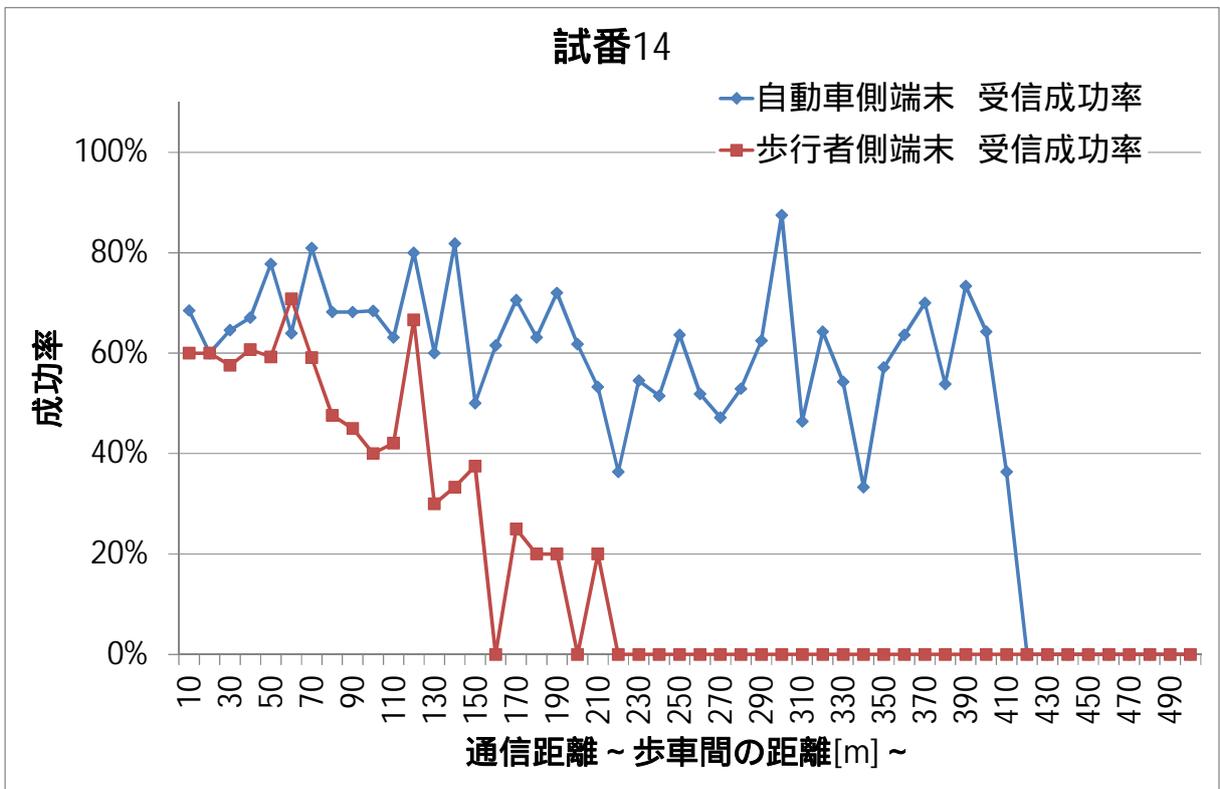


図 9-2-110 【車側・歩側・交差点】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 14



図 9-2-111 【車側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 15

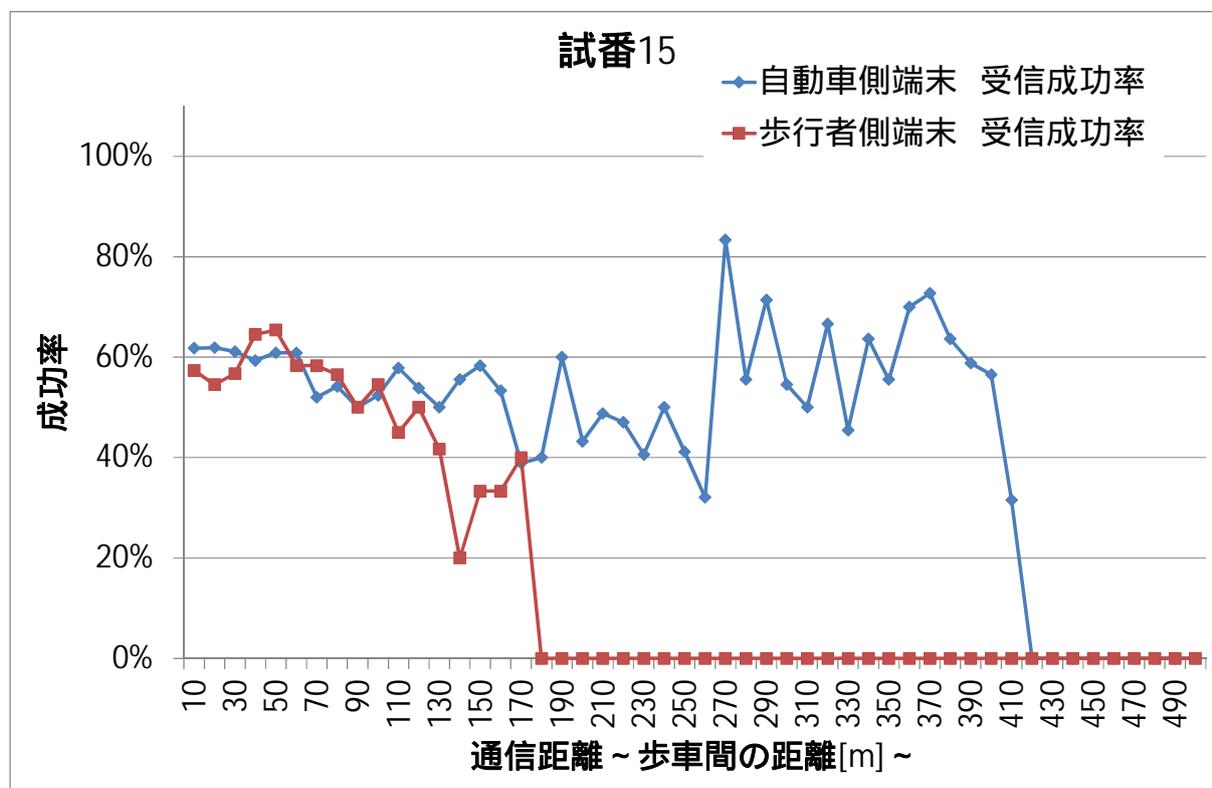


図 9-2-112 【車側・歩側・交差点】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 15



図 9-2-113 【歩側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 16

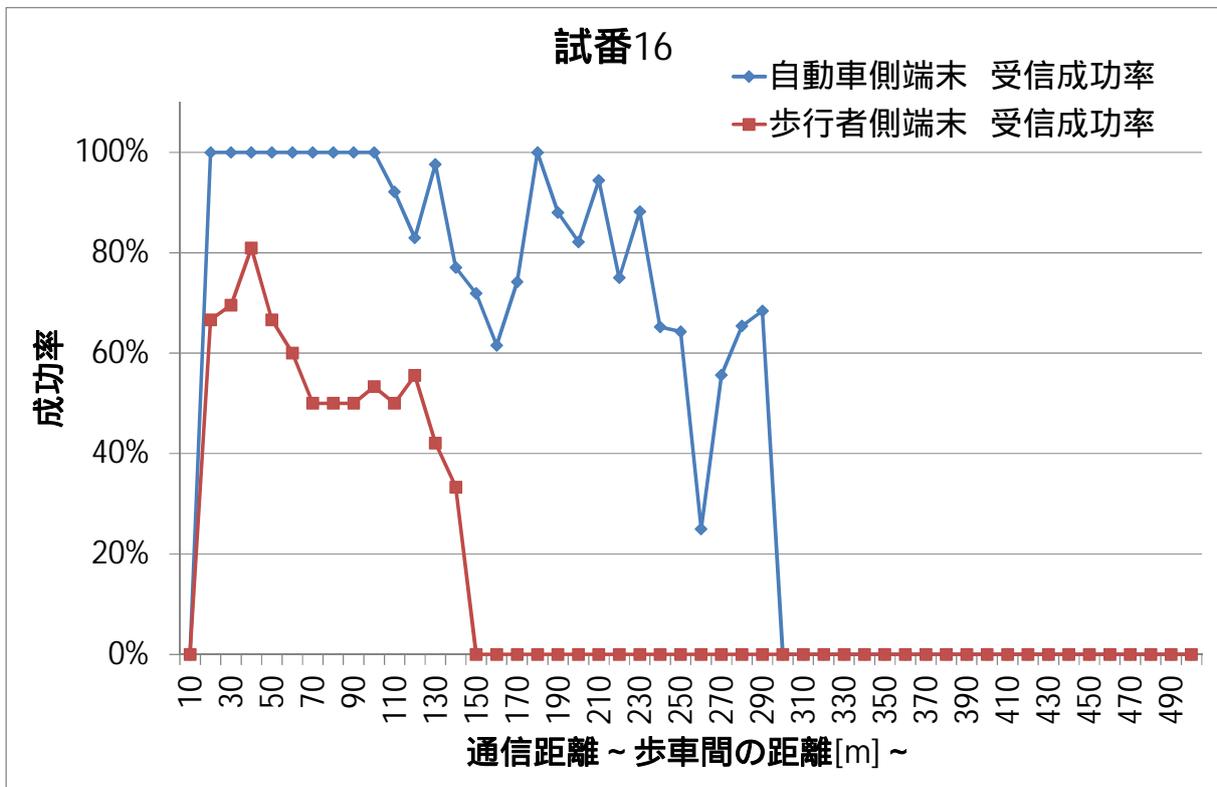


図 9-2-114 【車側・歩側・単路】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 16



図 9-2-115 【歩側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 17

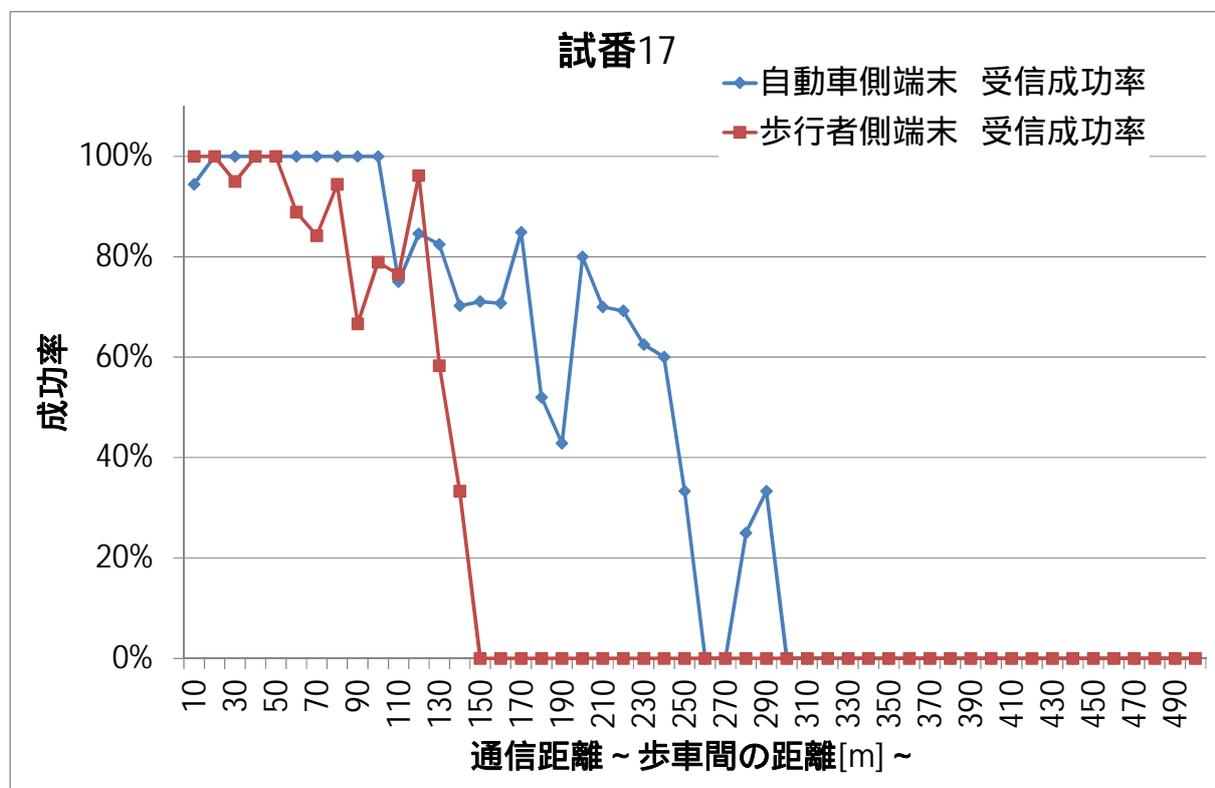


図 9-2-116 【車側・歩側・単路】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 17



図 9-2-117 【歩側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 18

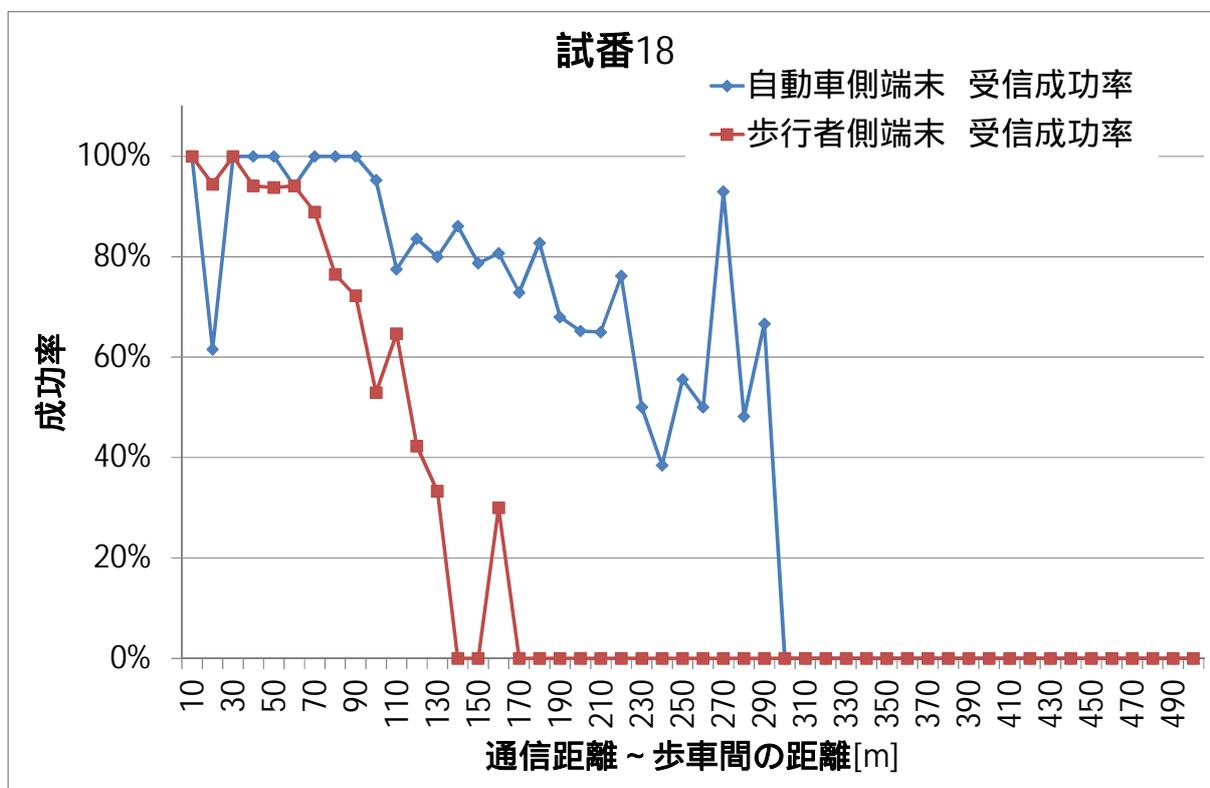


図 9-2-118 【車側・歩側・単路】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 18



図 9-2-119 【歩側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 19

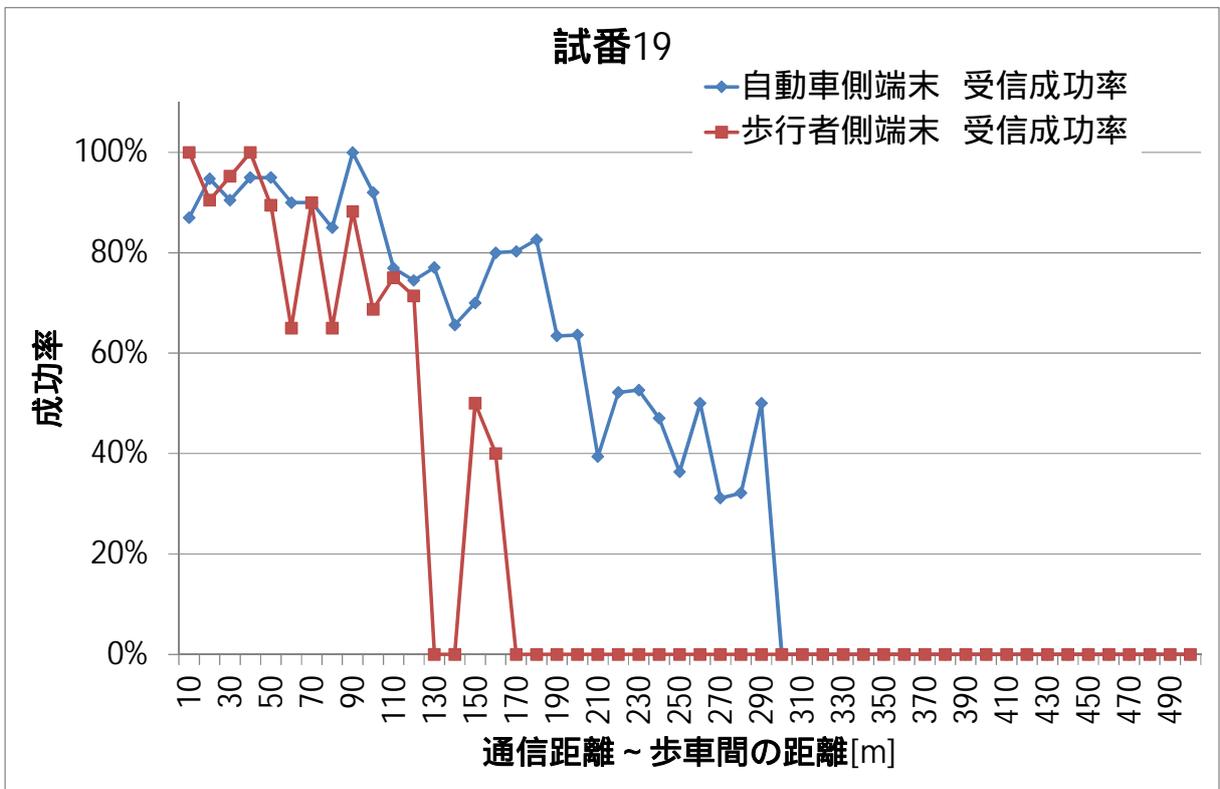


図 9-2-120 【車側・歩側・単路】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 19



図 9-2-121 【歩側・交差点】700MHz 帯通信の受信状況 試番 20

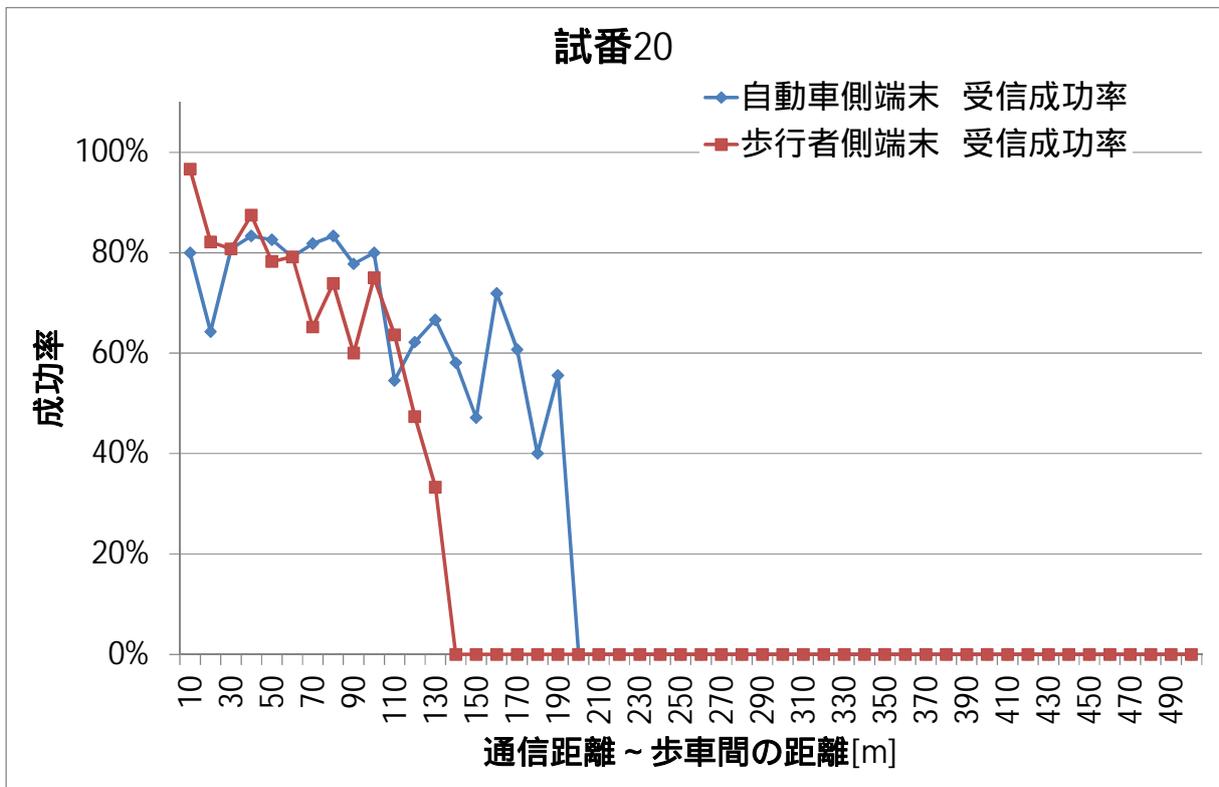


図 9-2-122 【車側・歩側・単路】700MHz 帯通信の距離別受信成功率 試番 20

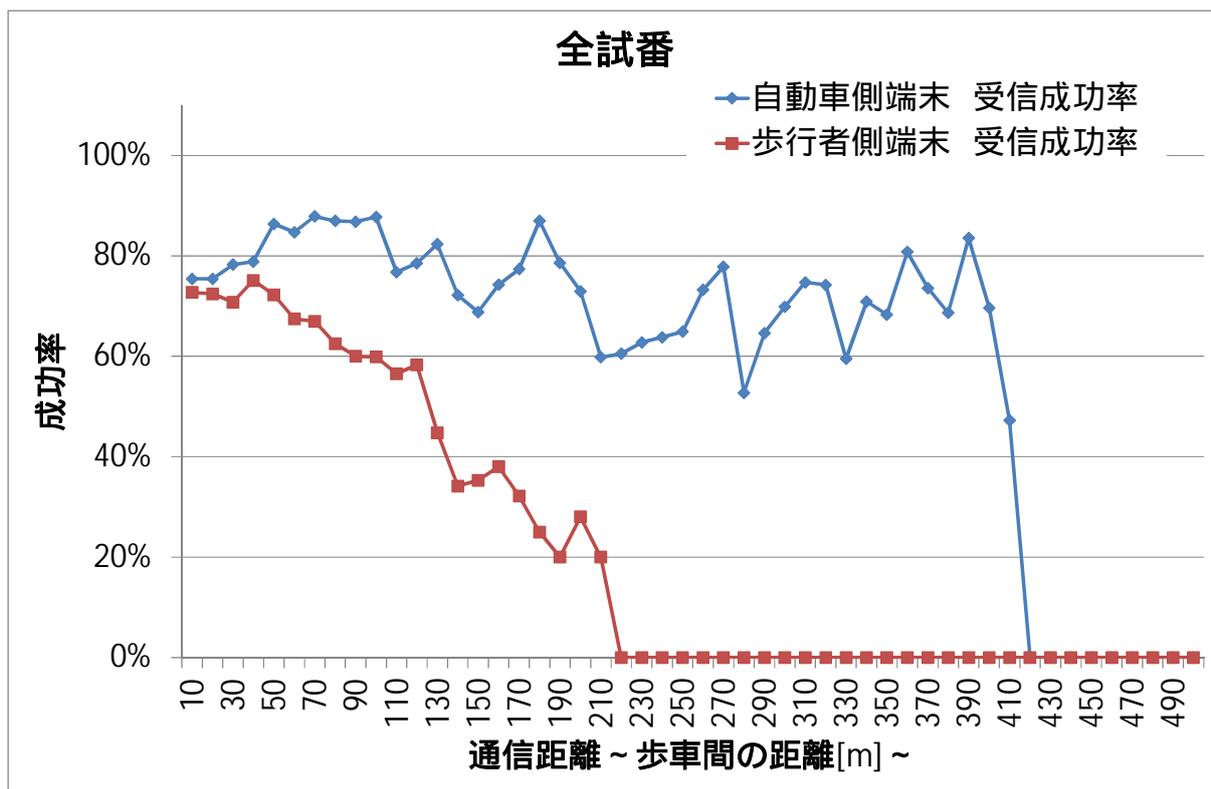


図 9-2-123 全試番を通した 700MHz 帯通信システムの距離別受信成功率

実験を実施した場所は、自動車側端末と歩行者側端末の通信の間に、高層ビルや線路等がある状況であり、高低差はないものの見通しの悪い状況であった。

ただ、そのような外部環境であっても、自動車側端末は約 410m、歩行者側端末は約 210m までは通信できていることが確認された。両者の差は、自動車の場合は屋根上に設置していたことから高さを保てていた一方で、歩行者側端末ではアンテナが台車の上（高さ 1 m 程度）に設置されていたためと考えられる。

システム誤差が及ぼす支援への影響に関する分析結果

本節では、ここまで分析した「位置測位の精度」、「速度の精度」、「通信に要する時間」、及び「通信到達距離」の結果を元に、支援への影響について考察する。

以下に、分析方法と分析結果について示す。

(1) 分析方法

支援に対する影響については、～までの結果が与える支援への影響を、支援タイミングの算出に対する影響〔s〕で評価することによって考察する。

元々、“時間”という単位になっている「通信に要する時間」に関しては、そのまま支援に対して影響を与えることが考えられる。それ以外の分析項目については、“時間”の単位に変換することで同じように影響を評価する。

“時間”の単位への変換は、支援に関する情報をどのように計算するかによって判断した。その計算手法は様々な手法が考えられるが、本分析においては、TTC (Time To Collision：衝突予測時間) に基づき、図 9-2-124 の計算式を参考にした。

$$\text{衝突予測時間 (TTC) [s]} = \frac{\text{衝突予測地点までの距離[m]}}{\text{衝突予測地点までの速度[m/s]}}$$

図 9-2-124 衝突予測時間 (TTC) の簡易的な計算式

“距離”[m]を“時間”[s]に変換するには、固定した想定速度を代入することによって変換が可能である。また、“速度”[m/s]を“時間”[s]に変換するには、固定した距離[m]を代入することによって変換することが可能である。

他方、通信到達距離は、ある距離における受信成功率（確率）である。そこで、ある距離での受信成功率を算出し、通信が受信できないことによって発生する時間の期待値を算出することによって“時間”[s]に変換する。

それぞれにおける計算手法を下記に示す。

< 位置測位の精度 >

位置測位の精度については、衝突予測地点までの速度[m/s]を想定することによって、“時間”[s]に変換することが可能である。本事業においては、自動車側 50km/h、歩行者側 5 km/h の想定速度を設定しており、それらのデータを用いることとする。

したがって、図 9-2-125 の計算式によって、位置測位の精度による支援への影響を算出した。

$$\text{支援への影響[s]} = \frac{\text{位置測位の精度[m]}}{\text{想定速度[m/s]}}$$

図 9-2-125 位置測位の精度による支援への影響の計算式

< 速度の精度 >

速度の精度については、衝突予測地点までの距離[m]を想定することによって、“時間”に変換することが可能である（ただし、ここでは速度（大きさ）のみを分析対象とする）。衝突予測地点までの距離を、支援パラメータ（3.7s）×想定速度（50km/h or 5 km/h）とすると、図 9-2-126 のような計算式によって支援への影響を算出した。ただし、衝突予測地点に向かって走行していることを想定しているため、想定速度[m/s]+ 速度の精度[m/s] > 0 の条件に限る。想定速度[m/s]+ 速度の精度[m/s] ≤ 0 となる場合は、衝突予測地点まで向かっているにもかかわらず向かっていないと判断されてしまう場合であり、計算からは除外する。

想定速度[m/s]+ 速度の精度[m/s] > 0 の場合

$$\begin{aligned} \text{支援への影響[s]} &= \left| \frac{\text{支援パラメータ} \times \text{想定速度[m]}}{\text{想定速度[m/s]}} - \frac{\text{支援パラメータ} \times \text{想定速度[m]}}{\text{想定速度[m/s]} + \text{速度の精度[m/s]}} \right| \\ &= \left| \text{支援パラメータ[s]} \times \left[1 - \frac{\text{想定速度[m/s]}}{\text{想定速度[m/s]} + \text{速度の精度[m/s]}} \right] \right| \end{aligned}$$

図 9-2-126 速度の精度による支援への影響の計算式

< 通信到達距離 >

通信到達距離については、通信を失敗することによって余分にかかってしまう時間によって、支援への影響を評価する。これは、760MHz の通信周期に依存する。本事業で開発したシステムにおいては、通信は 100ms 毎に行われている。そのため、通信を失敗するということは、次に通信が行われる 100ms 後まで、相手側端末の情報が受信できないことを意味する。したがって、受信成功率は確率であることから図 9-2-127 の式から期待値を算出することで分析した。

$$\begin{aligned} \text{Delay}(p, \delta t) &= \delta t * (1 - p) + 2\delta t * (1 - p)^2 + 3\delta t * (1 - p)^3 + \dots \\ &= [\delta t * (1 - p)] / [p^2] \end{aligned}$$

図 9-2-127 通信到達距離による支援への影響の計算式

ここで $\text{Delay}(p, \delta t)$ は通信を失敗することによって余分にかかってしまう時間の期待値、 p は受信成功率、 δt は通信周期である。

本分析では、より距離が必要となる自動車側に必要な距離を用いた。具体的には、想定速度 (50km/h) × 支援パラメータ (3.7s) = 51.4m における受信成功率を計算に用いた。

(2) 分析結果

位置測位の精度が支援に与える影響の評価

位置測位の精度の結果は、表 9-2-18 のとおりであった。

表 9-2-18 位置測位の精度に関する分析結果【再掲】

車 / 歩	シナリオ	移動 / 停止	最小値 [m]	最大値 [m]	平均値 [m]	標準偏差 [m]
車側	交差点	停止時	0.59	15.32	5.40	2.76
車側	単路	停止時	0.31	8.97	3.33	1.32
歩側	交差点	停止時	0.25	24.06	10.25	6.19
歩側	単路	停止時	3.98	32.78	13.56	5.50
車側	交差点	移動時	0.00	25.15	7.11	4.02
車側	単路	移動時	0.00	18.45	4.44	2.33
歩側	交差点	移動時	0.00	23.59	6.59	4.39
歩側	単路	移動時	0.00	34.75	9.77	6.17

上記それぞれの分析結果を図 9-2-125 に示した計算式によって、“時間”[s]に変換すると表 9-2-19 のとおりとなる。

表 9-2-19 位置測位の精度による支援への影響

【赤字は 1.0s を上回っている項目】

車 / 歩	シナリオ	移動 / 停止	最小値 [m]→[s]	最大値 [m]→[s]	平均値 [m]→[s]
車側	交差点	停止時	0.0	1.1	0.4
車側	単路	停止時	0.0	0.6	0.2
歩側	交差点	停止時	0.2	17.3	7.4
歩側	単路	停止時	2.9	23.6	9.8
車側	交差点	移動時	0.0	1.8	0.5
車側	単路	移動時	0.0	1.3	0.3
歩側	交差点	移動時	0.0	17.0	4.7
歩側	単路	移動時	0.0	25.0	7.0

情報提供・注意喚起・警報といった支援を考える際には、数秒オーダーでの誤差が発生した場合、適切な支援の実施が難しことが想定される。分析結果の平均を見ると、自動車側は 1.0s を下回っているが、歩行者側は約 5.0s 以上となっている。これは、3.7s を大きく上回っており、支援を行うには非常に厳しい環境であるといえる。最大値を見ると、さらに大きな影響が推定されており、特に歩行者側の位置測位の精度において大幅な改善が求められるといえる。

速度の精度が支援に与える影響の評価

速度の精度の結果（速度（大きさ））は、表 9-2-20 のとおりであった。

表 9-2-20 速度（大きさ）の精度に関する分析結果【再掲】

車 / 歩	負側最大誤差	正側最大誤差	誤差の平均値	標準偏差
	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]	[km/h] [m/s]
車側	-22.3	20.3	-0.2	3.1
	-6.2	5.6	-0.07	0.9
歩側	-5.4	2.8	-0.6	0.9
	-1.5	0.8	-0.16	0.3

上記それぞれの分析結果を、図 9-2-126 に示した計算式によって、“時間”[s]に変換すると表 9-2-21 のとおりとなる。

表 9-2-21 速度（大きさ）の精度による支援への影響

【赤字は 1.0s を上回っている項目】

車 / 歩	負側最大誤差 [m/s]→[s]	正側最大誤差 [m/s]→[s]	誤差の平均値 [m/s]→[s]
車側	3.0	1.1	0.0
歩側	(測定不可)	1.4	0.5

分析結果の平均を見ると、自動車側・歩行者側ともに 1.0s を下回っているが、最大誤差を見ると、1.0s を上回る場合もみられる。また、歩行者側では想定速度を上回る誤差を計測している場合もみられた。

通信に要する時間が支援に与える影響の評価

通信に要する時間は、表 9-2-22、表 9-2-23 のとおりであり、これがそのまま支援の遅れとして影響を与える。

表 9-2-22 通信に要する時間の統計解析結果【再掲】
【携帯電話ネットワーク】

		$\Delta T_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta T_{3 \rightarrow 8}$	$\Delta T_{8 \rightarrow 9}$	全体 $\Delta T_{1 \rightarrow 9}$
車側	最小値[ms]	0	25	0	29
	最大値[ms]	17	2,367	93	2,379
	平均値[ms]	1.4	54.8	5.7	61.9
	標準偏差[ms]	0.9	58.6	8	60.4
歩側	最小値[ms]	0	50	0	56
	最大値[ms]	20	409	51	412
	平均値[ms]	1.6	74.6	2.6	78.7
	標準偏差[ms]	1.1	11	2.8	12

表 9-2-23 通信に要する時間の統計解析結果【再掲】
【760MHz】

		$\Delta t_{0 \rightarrow 1}$	$\Delta t_{1 \rightarrow 3}$	$\Delta t_{3 \rightarrow 4}$	全体 $\Delta t_{0 \rightarrow 4}$
歩側	最小値[ms]	1	0	0	31
	最大値[ms]	131	139	113	280
	平均値[ms]	57.6	50	51	159
	標準偏差[ms]	28.4	29.3	26.8	36.9

通信到達距離が支援に与える影響の評価

通信到達距離が支援に与える影響は、前述のとおり 51.4m での受信成功率を用いて評価した。自動車側の 51.4m の受信成功率は約 80%程度であり、歩行者側の 51.4m での受信成功率は約 75%であった。したがって、それらの確率を元に、通信が失敗することによって発生する遅れの期待値を算出すると下記のとおりとなった。

【自動車側端末が歩行者側端末の情報を受け取るまでに発生する遅延】

$$\text{Delay}(0.85, 100) = [100 * 0.15] / [(0.85)^2] = 20.76 \text{ [ms]}$$

【歩行者側端末が自動車側端末の情報を受け取るまでに発生する遅延】

$$\text{Delay}(0.75, 100) = [100 * 0.25] / [(0.75)^2] = 44.44 \text{ [ms]}$$

それぞれ、0.1s 以内に収まっており、 ~ までの支援に与える影響と比べて、それほど影響は少ないといえる。しかし、受信成功率は環境によって変化することが予想されることから 760MHz の通信に影響を与えるような環境で利用する場合（近くに大きな建物がある、大量の通信が行われている等）は留意が必要である。

9.2.5 結論

本実証実験の目的は、実用化を見据えたシステムの精度の検証であった。そのため、高層ビルが多い等、GPS 環境及び、通信環境の厳しい環境である東京都（港区台場テレコムセンター前周辺）にて実験を実施した。

システムの精度は、実験によって得られたデータを利用し、表 9-2-24 に示す検証項目について分析を行った。

表 9-2-24 実験結果（お台場）の検証項目（再掲）

検証項目		携帯電話ネットワーク利用型 歩車間通信システム	700MHz 帯 歩車間通信システム
GPS による誤差	位置測位の精度	【分析手法】 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の緯度・経度の比較によって精度を算出 ✓ GPS データを地図上にプロットし、最大誤差となる場所を探索	/
	速度の差 (移動時のみ)	【分析手法】 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の速度の大きさの比較によって精度を算出 ✓ スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の速度の向き の比較による精度検証	
通信による誤差	通信に要する時間	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから、内部処理、無線通信等にかかった通信遅延時間を算出	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから、内部処理、無線通信等にかかった通信遅延時間を算出
	通信到達距離	/	【分析手法】 ✓ 通信ログデータから通信の成功・失敗を抽出し、GPS から算出される端末間の距離に応じた通信成功率を算出
誤差が与える支援への影響		【分析手法】 ✓ 上記 ~ で算出した誤差を“時間” [s]に変換し、「支援」が行われるタイミングに及ぼす影響を評価	

～ の検証項目における、分析結果を表 9-2-25 に整理した。

表 9-2-25 実証実験（お台場）の分析結果まとめ

検証項目		携帯電話ネットワーク利用型 歩車間通信システム	700MHz 帯 歩車間通信システム
GPSによる誤差	位置測位の精度	【自動車側】 平均：3.3～7.1m 最大：25.2m 【歩行者側】 平均：6.6～13.6m 最大：34.8m	/
	速度の差 (移動時のみ)	【自動車側】 平均：-0.2km/h 最大：-22.3km/h 平均：-0.3deg 最大：-100.8deg 【歩行者側】 平均：-0.6km/h 最大：-5.4km/h 平均：3.9deg 最大：180deg	
通信による誤差	通信に要する時間 (注)	【自動車側】 平均：61.9ms 最大：2,379ms 【歩行者側】 平均：78.7ms 最大：412ms	【歩行者側】 平均：159ms 最大：280ms
	通信到達距離	/	【自動車側受信】 最大：410m 【歩行者側受信】 最大：210m

(注) 通信だけでなく、PC やスマートフォン等での内部処理も含む

位置測位の精度に関する結果では、スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の測位位置の平均誤差を見ると、自動車側に設置した内蔵 GPS の誤差は最も良くて 3.3m 程度、悪くて 7.1m 程度となった。他方、歩行者側に設置した内蔵 GPS の誤差は最も良くて 6.6m、悪くて 13.6m となった。さらに、最大の誤差を見てみると、自動車側は 25.2m、歩行者側では 34.8m の誤差がある地点もあり、平均の 3 倍以上の誤差が発生している場合もみられている。以下には、代表的なものとして、移動時における位置測位の誤差の頻度分布を示す(図 9-2-128、図 9-2-129)。

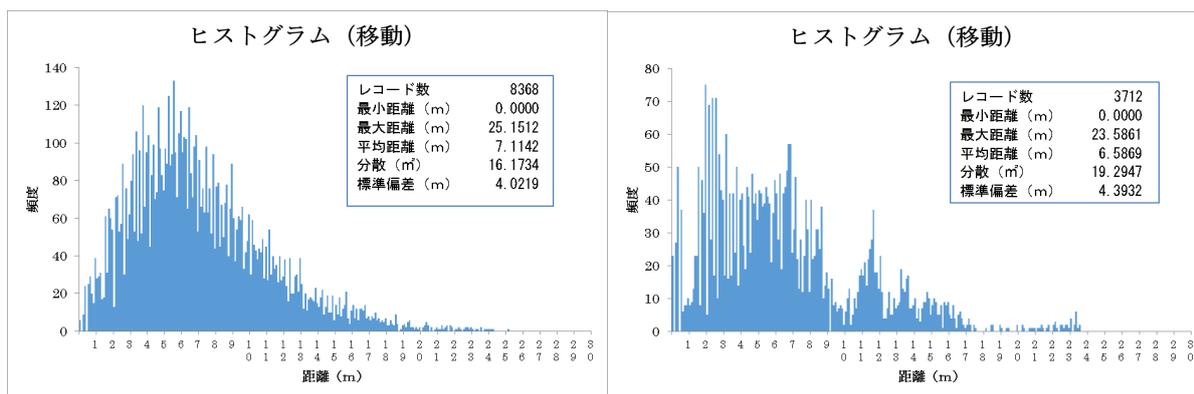


図 9-2-128 交差点のシナリオにおける位置測位の精度に関する頻度分布
(左図：自動車側、右図：歩行者側)(再掲)

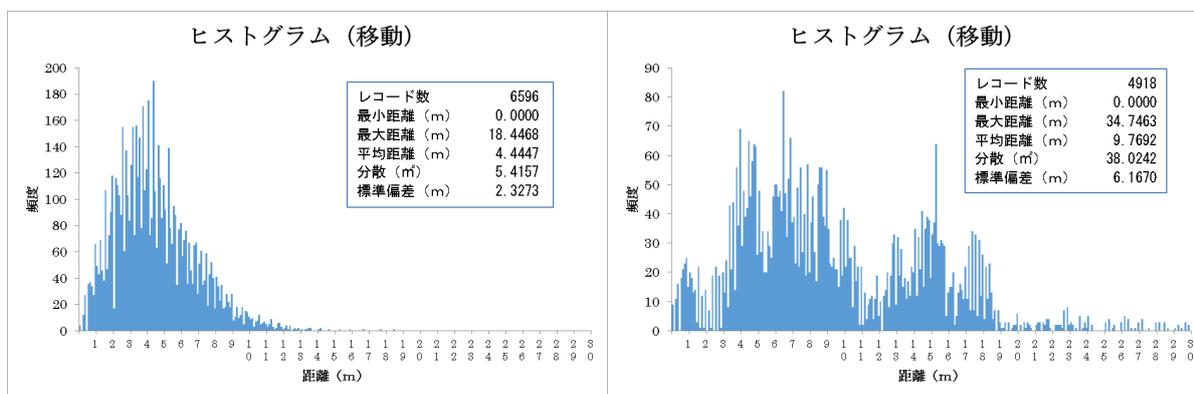


図 9-2-129 単路のシナリオにおける位置測位の精度に関する頻度分布
(左図：自動車側、右図：歩行者側)(再掲)

速度の差に関する結果では、位置測位の精度と同様に、スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS で測定した速度の差を見ると、自動車側に設置した GPS の差が平均で -0.2km/h、最大で -22.3km/h となった。歩行者側に設置した GPS の差は、平均で -0.6km/h、最大で -5.4km/h となった。想定した自動車の速度が 50km/h、歩行者の速度が 5km/h であったことを考慮すると、想定に対して、平均では自動車側で 0.4%、歩行者側で 12%であるが、最大でみると自動車側が 44.6%、歩行者側が 108%のズレが発生している。以下には、代表的なものとして、速度の差の頻度分布を示す(図 9-2-130)。

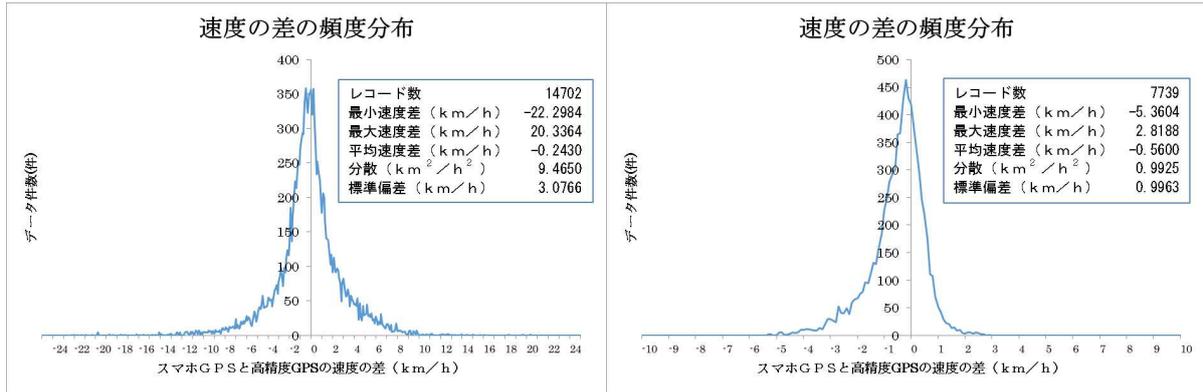


図 9-2-130 スマートフォン内蔵 GPS と高精度 GPS の速度の差に関する頻度分布 (左図：自動車側、右図：歩行者側)(再掲)

通信に要する時間に関する結果では、携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムについては、スマートフォンにおいて自分の位置情報を受信してから支援が表示されるまでの時間の平均時間を見ると、自動車側では 61.9ms、歩行者側では 78.7ms となった。最大では、自動車側では 2,379ms、歩行者側では 412ms と平均の 5 倍以上の時間を要している場合もあった。

700MHz 帯歩車間通信システムについては、相手となる自動車側の端末が位置情報を受信してから、自端末となる歩行者側の端末で支援に関する情報を生成するまでの時間の平均時間を見ると、平均で 159ms、最大で 280ms となった。

以下には、代表的なものとして、通信に要する時間の分布を示す (図 9-2-131、図 9-2-132)。

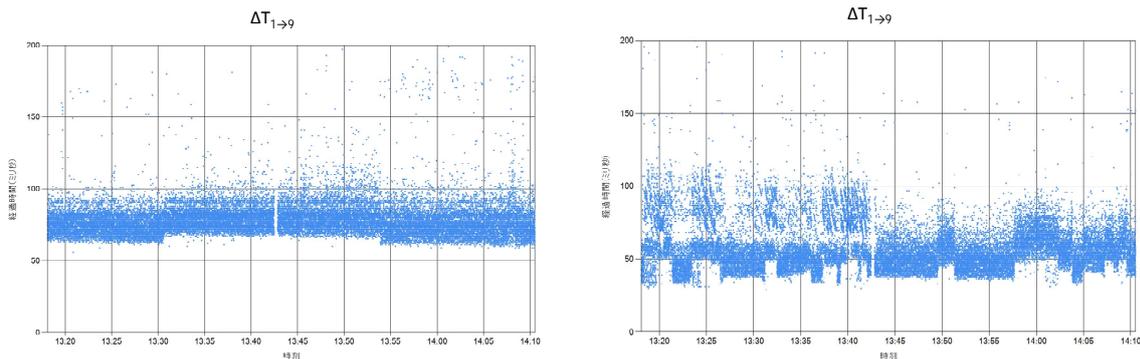


図 9-2-131 通信に要する時間の分布【携帯電話ネットワーク】(再掲) (左図：自動車側、右図：歩行者側)

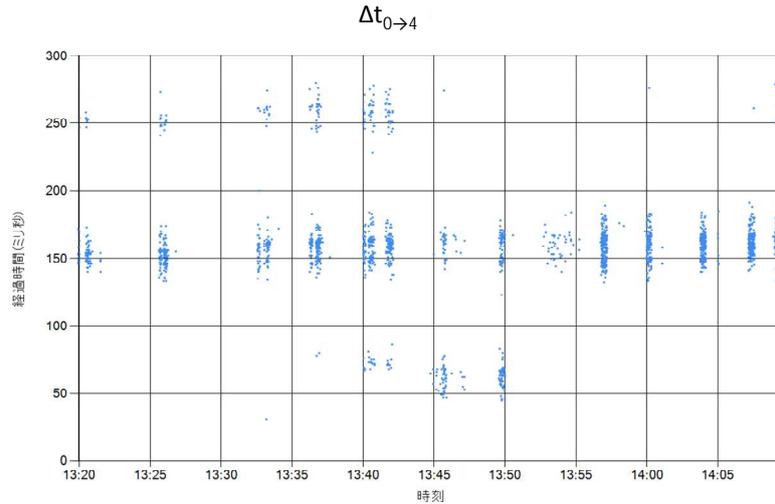


図 9-2-132 通信に要する時間の分布【700MHz 帯】(再掲)
(歩行者側)

通信到達距離に関する結果では、歩行者側の情報が自動車で受信できた距離と、自動車側の情報が歩行者で受信できた距離を見てみると、自動車側の受信では 410m、歩行者側の受信では 210m の受信ができていることが確認できた(図 9-2-133)。

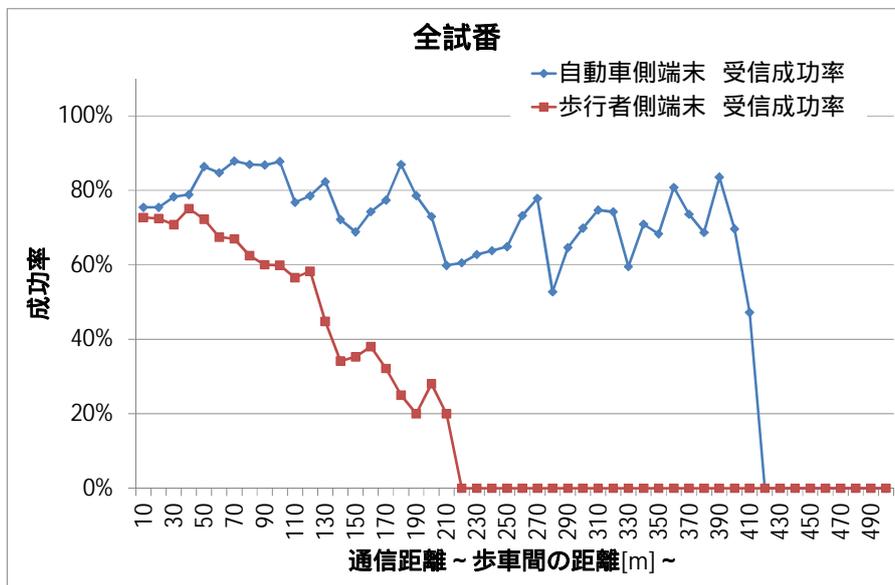


図 9-2-133 通信到達距離【700MHz 帯】(再掲)

上述の結果をもとに、システム誤差が支援に及ぼす影響を、支援に関する計算結果[s]のズレととらえて見ると、下記の表 9-2-26 のとおりとなる。

表 9-2-26 実証実験結果をもとにした支援への影響の整理
【赤字は 1.0s を上回っている項目】

検証項目	携帯電話ネットワーク利用型 歩車間通信システム	700MHz 帯 歩車間通信システム
誤差が与える支援への影響	<p>【自動車側】</p> <p>< 位置測位の誤差 > 平均：0.2s ~ 0.4s 最大：1.8s</p> <p>< 速度の誤差 > 平均：0.02s 最大：3.5s</p> <p>< 通信に要する時間 > 平均：0.06s 最大：2.4s</p> <p>【歩行者側】</p> <p>< 位置測位の誤差 > 平均：4.8s ~ 9.9s 最大：25.2s</p> <p>< 速度の差 > 平均：0.5s 最大：(計測不可)</p> <p>< 通信に要する時間 > 平均：0.08s 最大：0.4s</p>	<p>【歩行者側】</p> <p>< 位置測位の誤差 > (本実験では測定していないが、考え方は左記と同様)</p> <p>< 速度の誤差 > (本実験では測定していないが、考え方は左記と同様)</p> <p>< 通信に要する時間 > 平均：0.2s 最大：0.3s</p> <p>< 通信到達距離 > 0.044s</p>

位置測位の誤差や 速度の誤差等の GPS の精度に関する影響は、最大を見ると 1.0s 以上のオーダーになっている。特に、歩行者側でその影響度が大きく、位置測位の誤差だけで 10s 前後、支援に影響を与えるほか、最悪の場合速度が正しく計算されない場合もある。そのため、まずは影響度の高い位置測位の精度から向上していく対策が求められる。

他方、通信に要する時間を見ると、平均では 1.0s 以下のオーダーであるが、携帯電話ネットワーク利用型の場合、最大で 2s 以上の影響がある。そのため、通信の安定性を支援の安定性ととらえると、現状は 700MHz 帯通信のほうが安定性は高い。

支援となる情報提供・注意喚起・警報を考えると、警報では非常に切迫した状況であることから、最低でも 0.1s オーダーまで影響を抑える必要がある。そのためには、現状からは、GPS の大幅な改善が必要となるほか、通信に要する時間も可能な限り少なくしていく必要があると考えられる。

9.3 車車支援

9.3.1 実験概要

実験は、昨年度に引き続き、通信環境の違いによる車車間通信の状況を把握することを目的に、製作した実験車両（支援対象車両、情報対象車両）の2台を使用し、選定された4場面のうち図9-3-1に示す2場面についてパイロットテストを実施し、通信状況を調査した。



場面1：出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する

場面3：右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する

図9-3-1 実施場面

9.3.2 現地調査

公道での実証実験実施にあたり、安全に十分配慮して円滑に実験を進めることを目的として、自動車の走行ルートや速度、進行方向、タイミング等、試験要員や安全確認要員の配置場所等を確認するための現地調査を実施した。

(1) 調査日時

平成27年12月16日（水）

(2) 調査場所

お台場テレコムセンター駅交差点周辺（東京都江東区青海2丁目5-8）

(3) 調査実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施3者で分担した体制を整えて実施した。

(4) 調査内容

- 自動車走行ルートの確認と撮影
- 各ルートGPSトレース情報取得
- 試験要員や安全確認要員の配置位置、並びに待機場所の調査
- 実証実験場所の周辺環境の調査

(5) 調査結果

調査の結果、図 9-3-2、図 9-3-3 に示すとおり自動車の走行ルートや歩行者の動線、及び各場面の実験実施場所を決定した。調査時の様子を、図 9-3-4 に示す。



図 9-3-2 自動車の走行ルートと該当道路基本情報
(場面1 減速支援)



図 9-3-4 調査時の様子

9.3.3 実験方法

現地調査の結果に基づき、実験計画書を作成し、実証実験を実施した。

(1) 実験日時

平成 28 年 1 月 13 日 (水)

(2) 実験場所

お台場テレコムセンター駅交差点周辺 (東京都江東区青海 2 丁目 5 - 8)

(3) 実験実施体制

独立行政法人交通安全環境研究所の職員を総括として、国土交通省事業実施 3 者で連携し、体制を整えて実施した。

(4) 実験手順

場面 1 の実験手順を図 9-3-5 に、場面 3 の実験方法を図 9-3-6 に示す。



- 手順 1 支援提供車両と情報提供車両は待機場所で待機する。
- 手順 2 車上連絡員①より全連絡員に対して、『試番〇開始』と開始時刻を連絡する。
- 手順 3 地上連絡員①より地上連絡員②に対して、『支援提供車両出発』を連絡し、支援提供車両に出発を指示する。
- 手順 4 地上連絡員③より地上連絡員②に対して、『支援提供車両通過』を連絡する。
- 手順 5 地上連絡員②より地上連絡員③に対して、『情報提供車両出発』を連絡し、情報提供車両に出発を指示する。
- 手順 6 地上連絡員④より全連絡員に対して、『試番〇終了』を連絡する。
- 手順 7 支援提供車両と情報提供車両は待機場所へ移動する。
- 手順 8 車上連絡員①より全連絡員に対して、試験結果を報告する。
- 手順 9 手順 1 から手順 8 を 5 回実施する。

図 9-3-5 場面 1 (減速支援)の実験手順

- 手順 1 支援提供車両と情報提供車両は待機場所で待機する。
- 手順 2 車上連絡員①より全連絡員に対して、『試番〇開始』と開始時刻を連絡する。
- 手順 3 地上連絡員①より地上連絡員②に対して、『支援提供車両出発』を連絡し、支援提供車両車に出発を指示する。
- 手順 4 地上連絡員③より地上連絡員②に対して、『支援提供車両通過』を連絡する。
- 手順 5 地上連絡員②より地上連絡員③に対して、『情報提供車両出発』を連絡し、情報提供車両車に出発を指示する。
- 手順 6 地上連絡員④より全連絡員に対して、『試番〇終了』を連絡する。
- 手順 7 支援提供車両と情報提供車両は待機場所へ移動する。
- 手順 8 車上連絡員①より全連絡員に対して、試験結果を報告する。
- 手順 9 手順 1 から手順 8 を 5 回実施する。



図 9-3-6 場面 3 (右折支援)の実験手順

実験では、各場面において、情報対象車両と支援対象車両との通信到達距離を測定した。図 9-3-7 から図 9-3-8 に実験の様子を示す。



図 9-3-7 場面 1 (減速支援)の様子



図 9-3-8 場面 3 (右折支援)の様子

9.3.4 実験結果

場面 1 (減速支援) と場面 3 (右折支援) における車車間通信の状況について示す。

(1) 場面 1 : 減速支援

場面 1 (減速支援) における支援対象車両 (1 当) 車載器と情報対象車両車載器間の通信の送受信状況と、受信距離別グラフを試番別に図 9-3-9 から図 9-3-30 に示す。



図 9-3-9 試番 6 車載器間の送受信状況

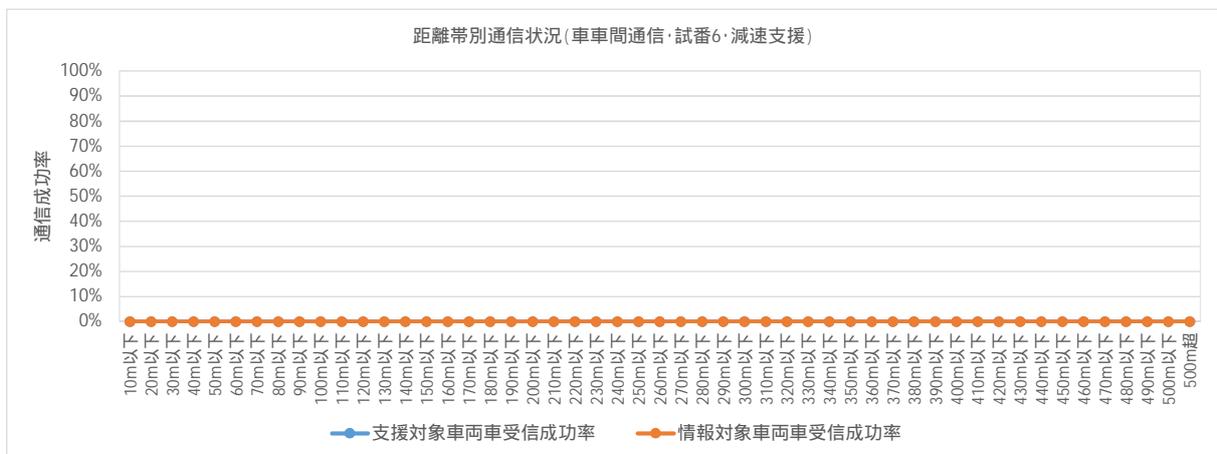


図 9-3-10 試番 6 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-11 試番 7 車載器間の送受信状況

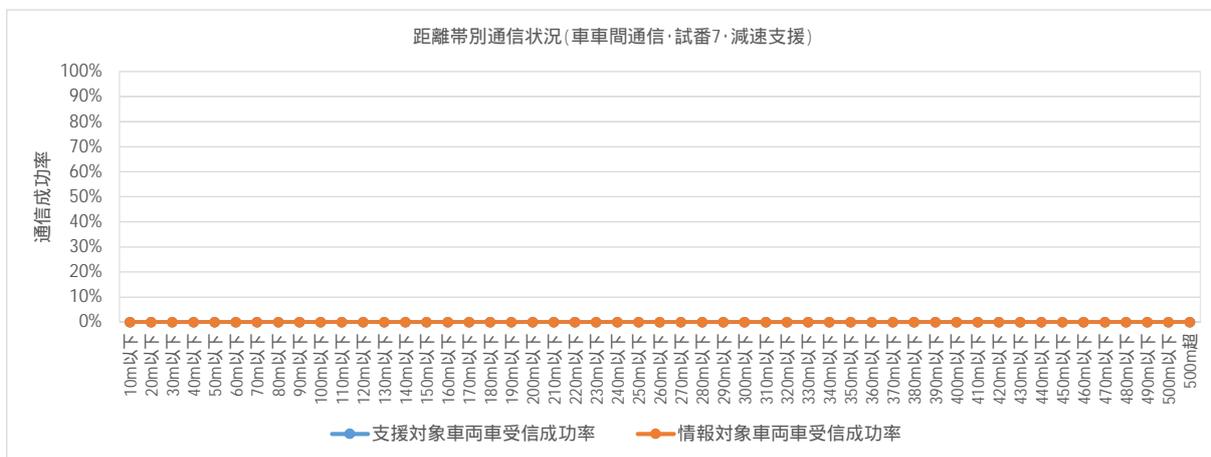


図 9-3-12 試番 7 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-13 試番 8 車載器間の送受信状況

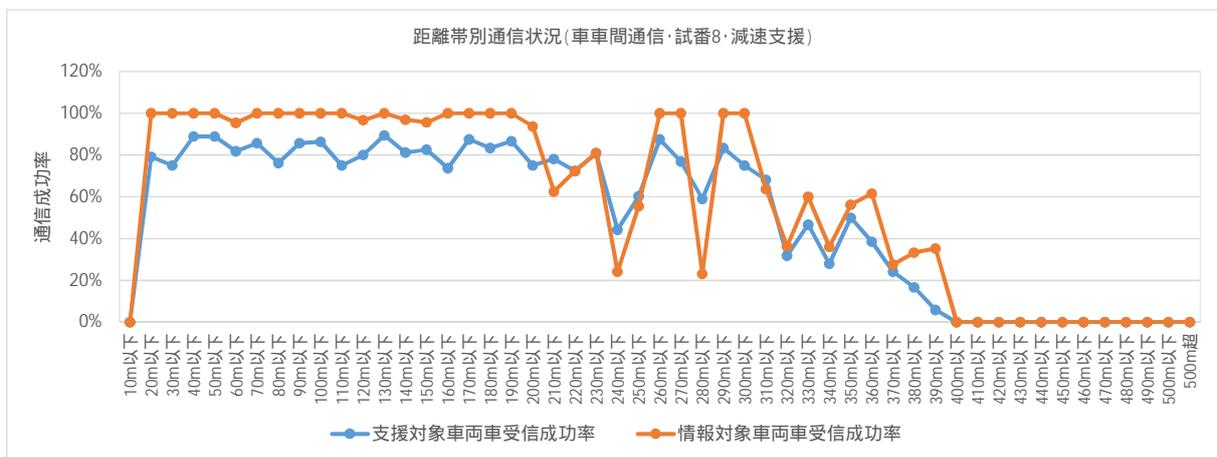


図 9-3-14 試番 8 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-15 試番 9 車載器間の送受信状況

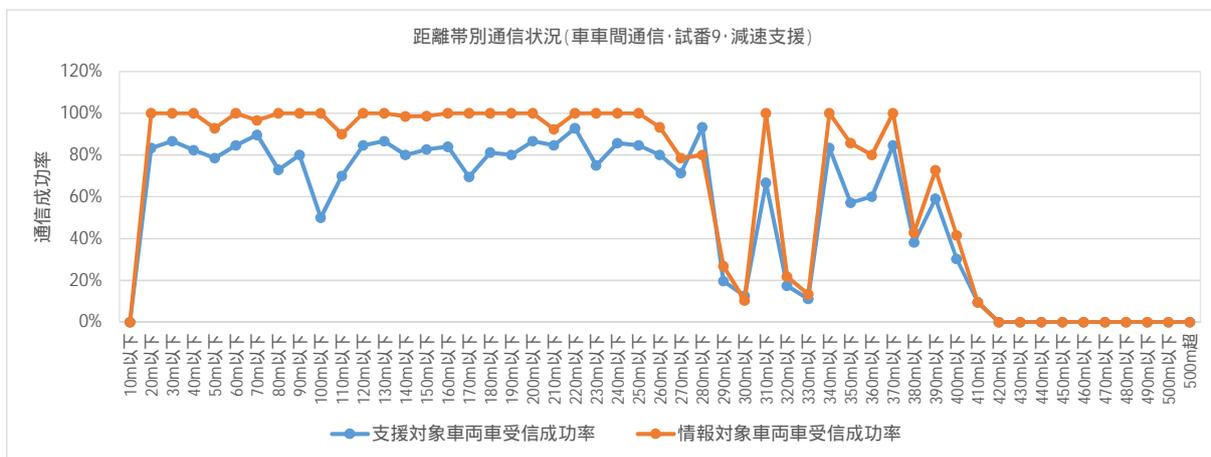


図 9-3-16 試番 9 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-17 試番 10 車載器間の送受信状況

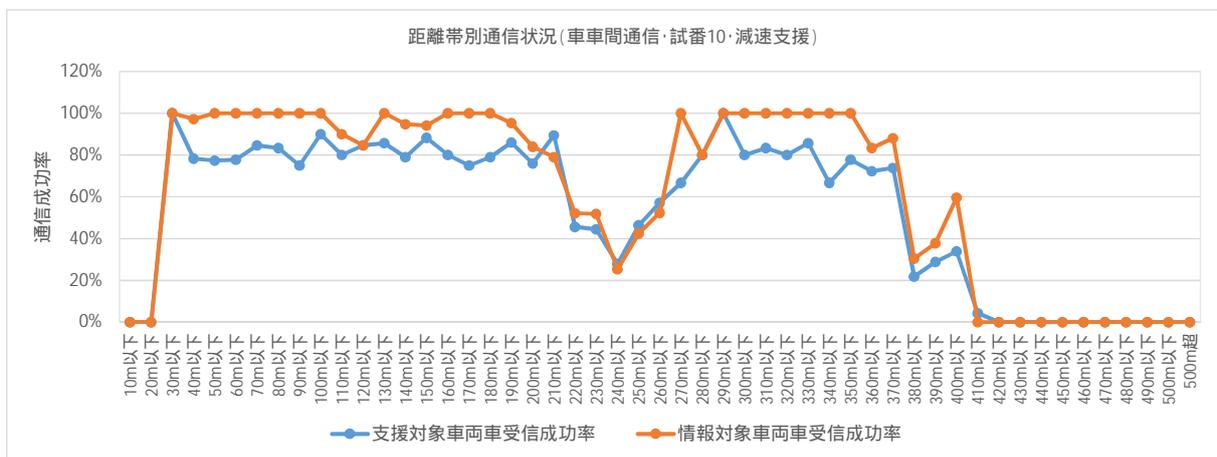


図 9-3-18 試番 10 車載器間の受信距離別グラフ

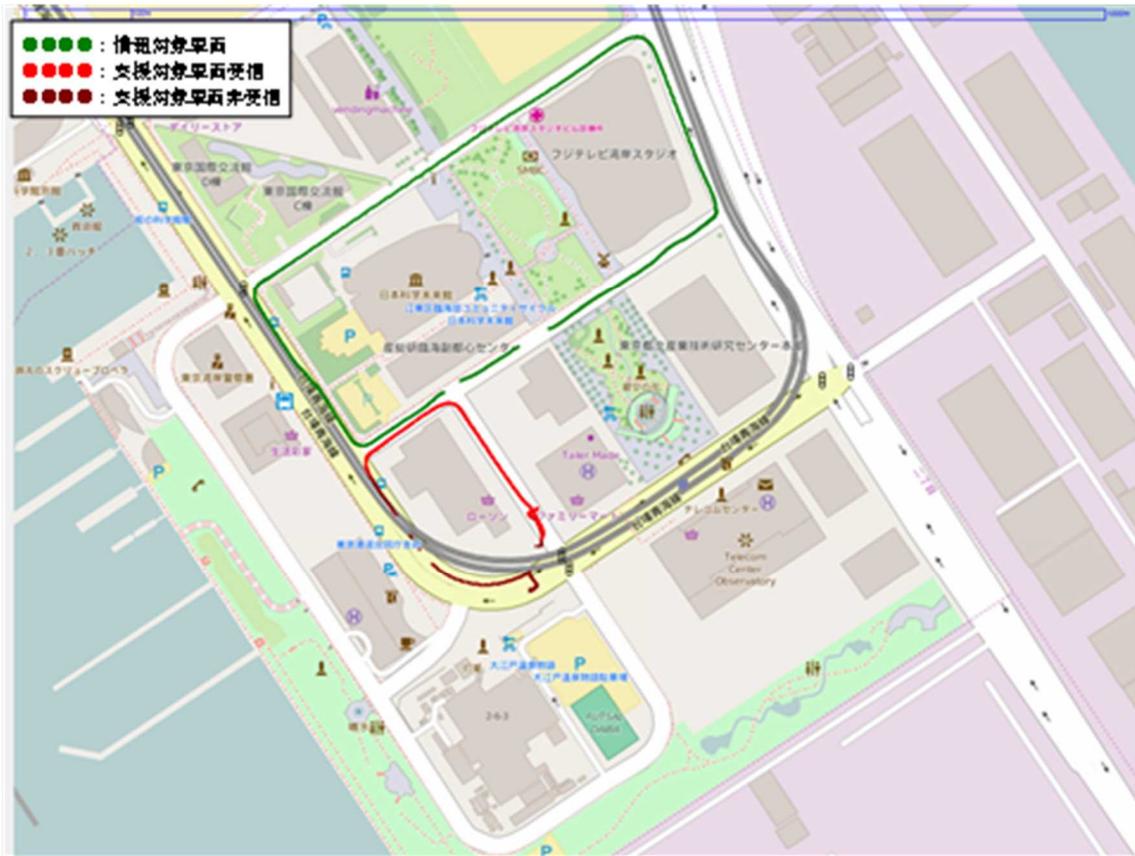


図 9-3-19 試番 21 車載器間の送受信状況

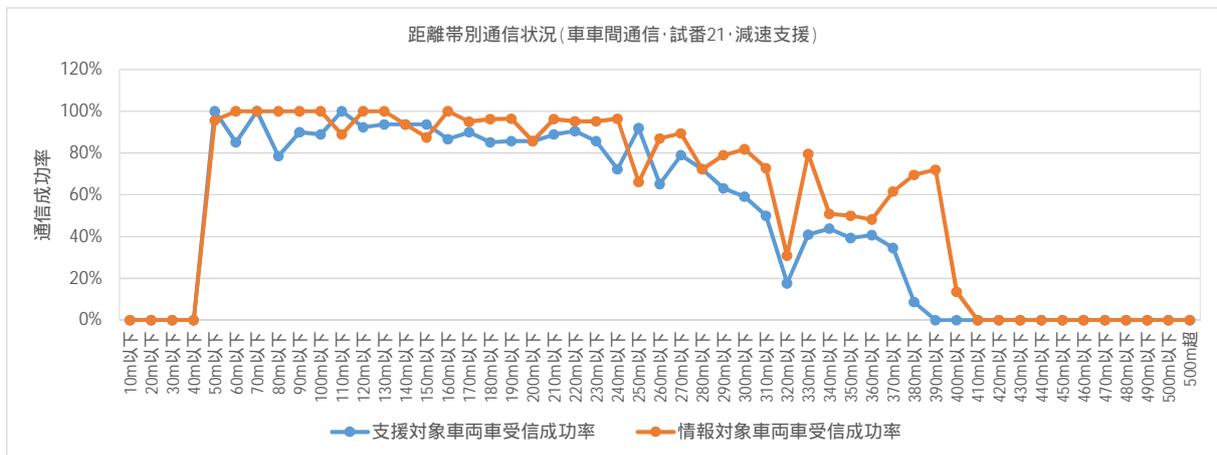


図 9-3-20 試番 21 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-21 試番 22 車載器間の送受信状況

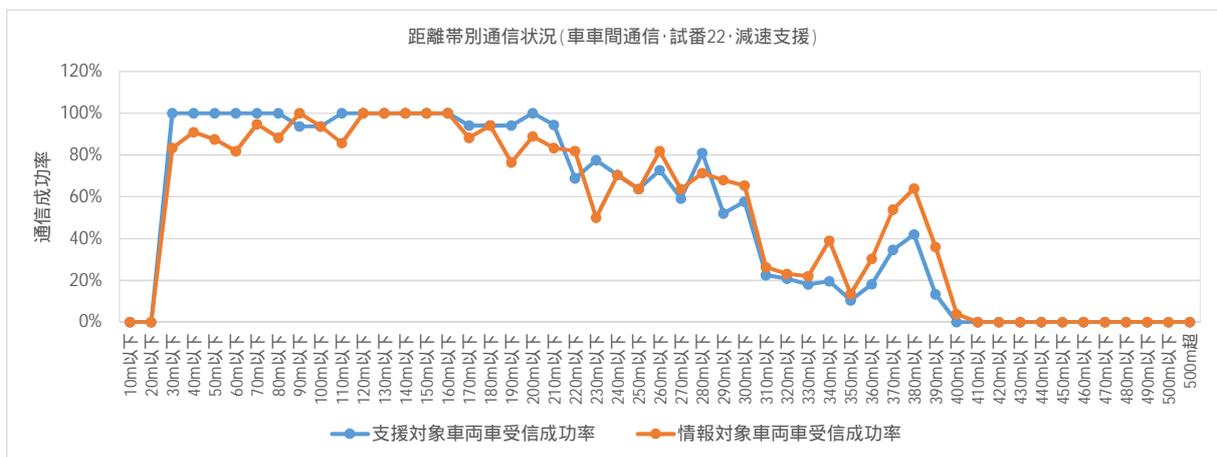


図 9-3-22 試番 22 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-23 試番 23 車載器間の送受信状況

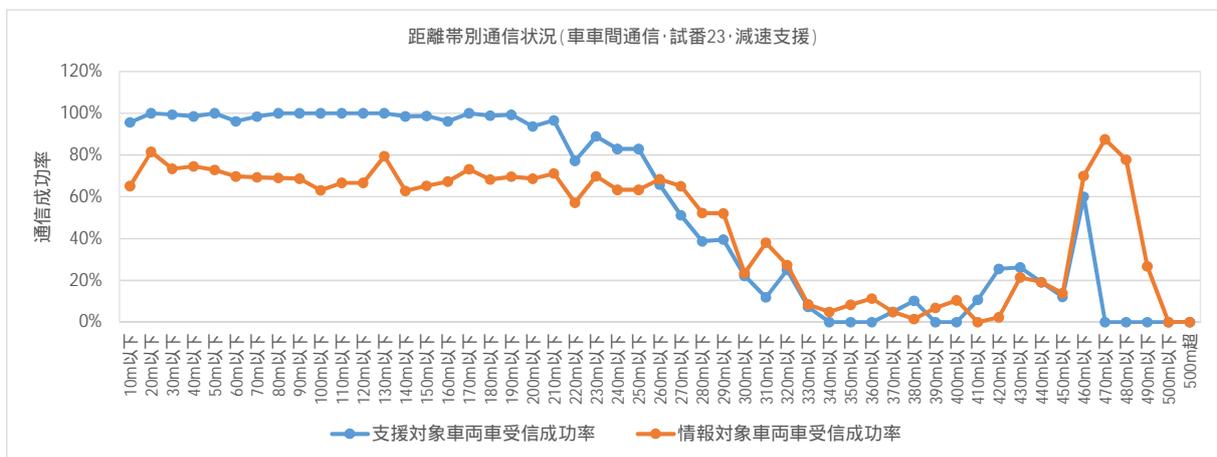


図 9-3-24 試番 23 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-25 試番 24 車載器間の送受信状況

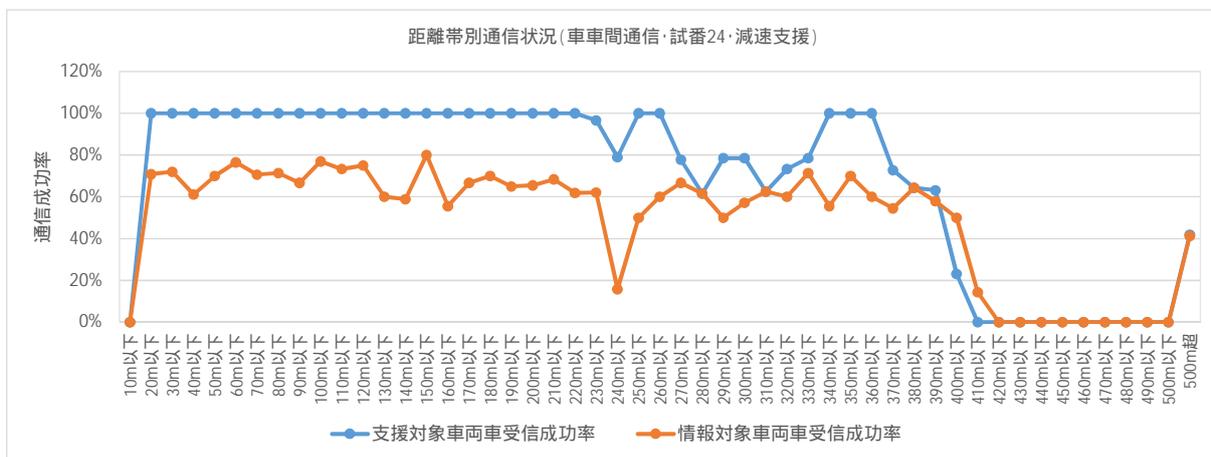


図 9-3-26 試番 24 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-27 試番 25 車載器間の送受信状況

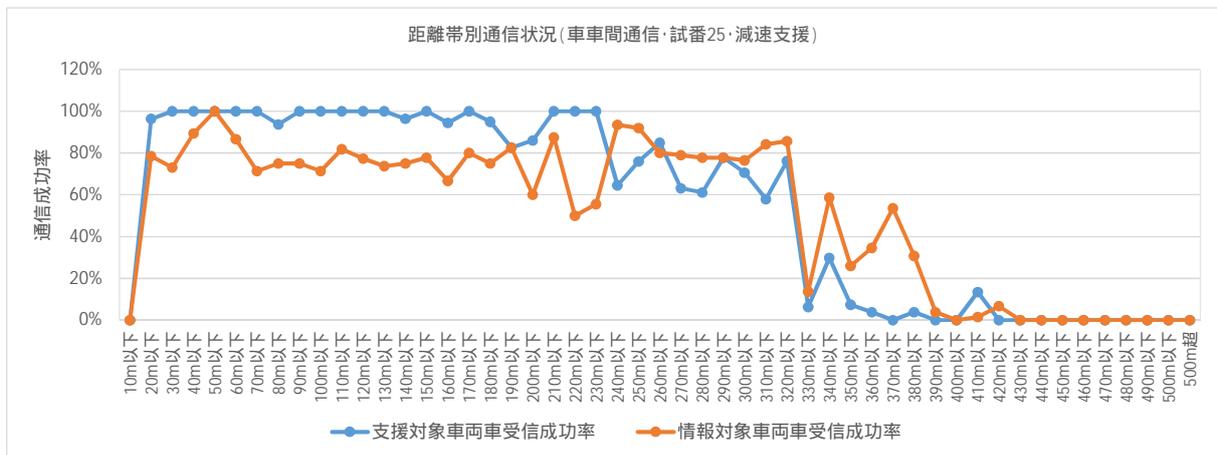


図 9-3-28 試番 25 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-29 試番 26 車載器間の送受信状況

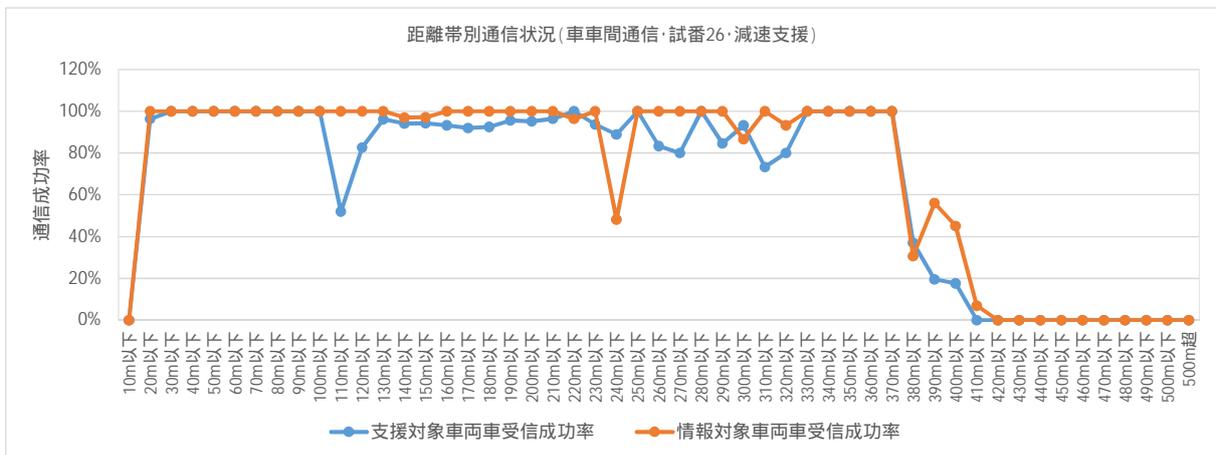


図 9-3-30 試番 26 車載器間の受信距離別グラフ

(2) 場面 3 : 右折支援

場面 3 (右折支援) における支援対象車両 (1 当) 車載器と情報対象車両車載器間の通信の送受信状況と、受信距離別グラフを試番別に図 9-3-31 から図 9-3-40 に示す。



図 9-3-31 試番 1 車載器間の送受信状況

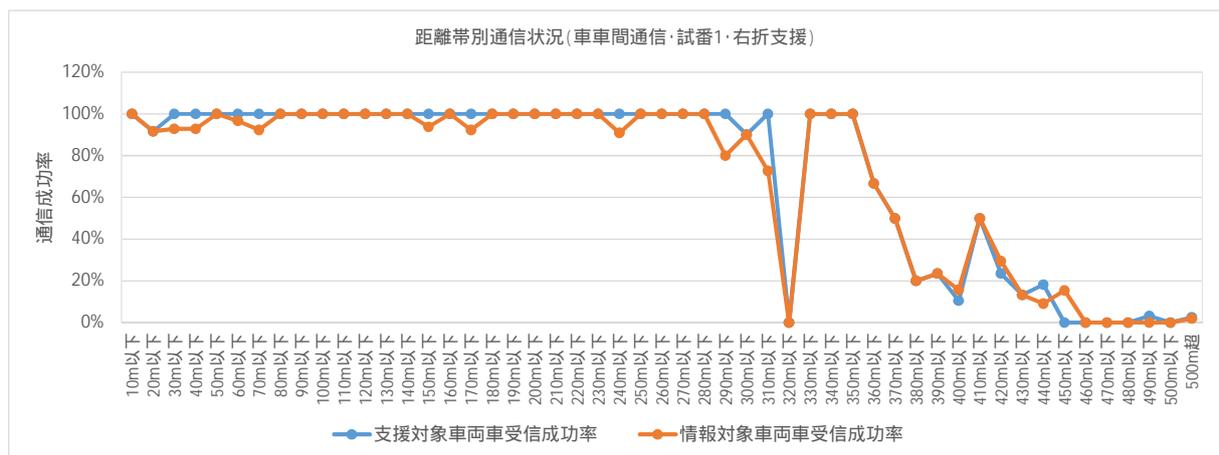


図 9-3-32 試番 1 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-33 試番 2 車載器間の送受信状況

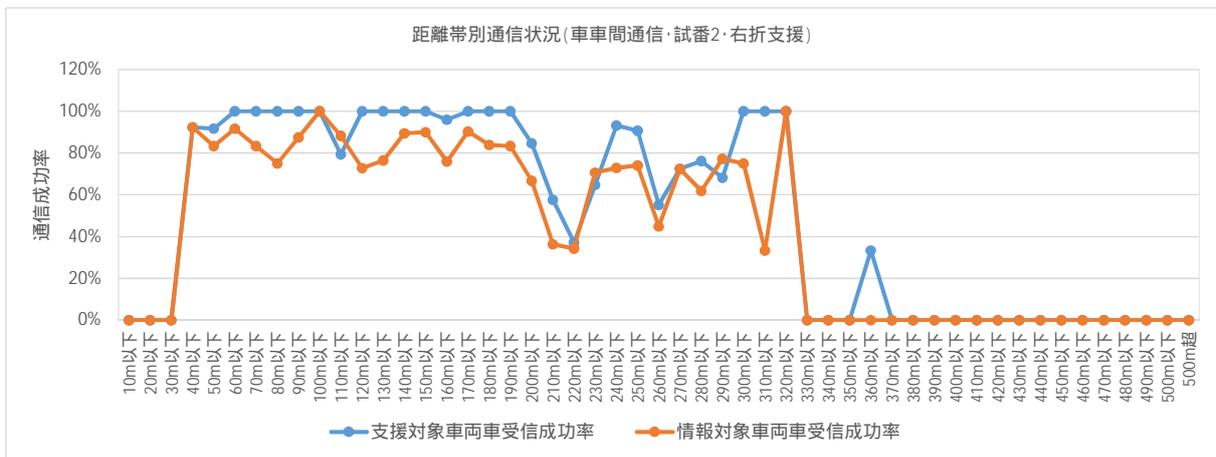


図 9-3-34 試番 2 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-35 試番 3 車載器間の送受信状況

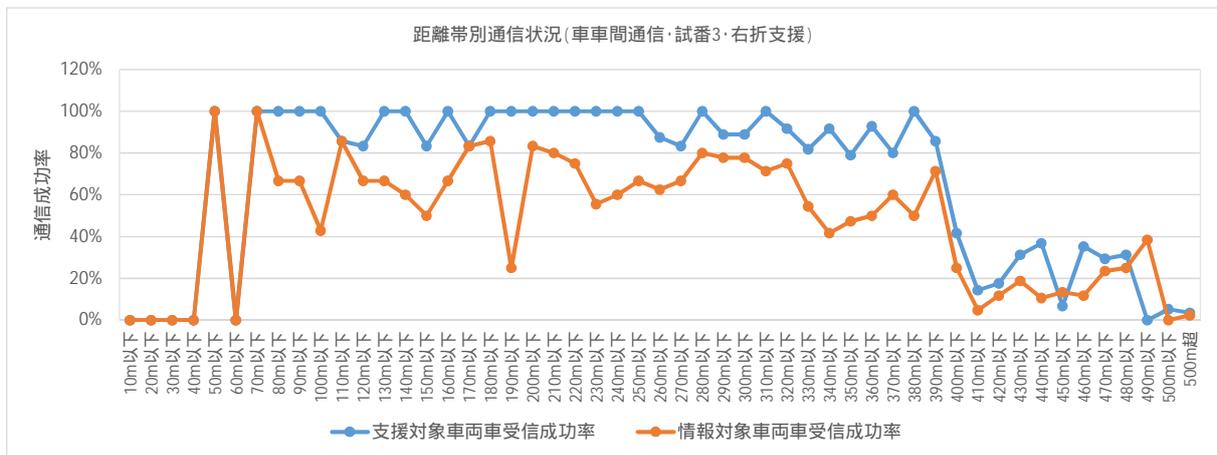


図 9-3-36 試番 3 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-37 試番 4 車載器間の送受信状況

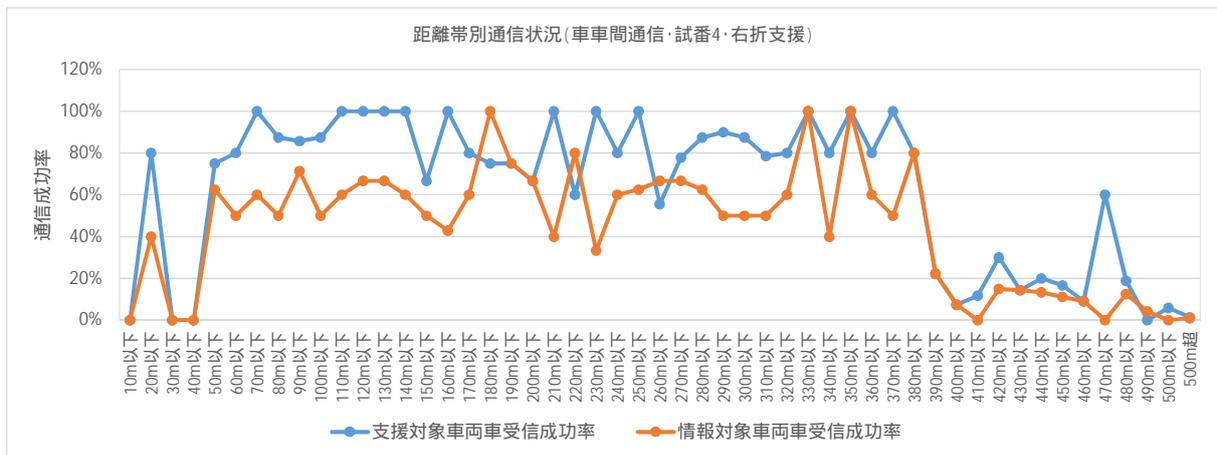


図 9-3-38 試番 4 車載器間の受信距離別グラフ



図 9-3-39 試番 5 車載器間の送受信状況

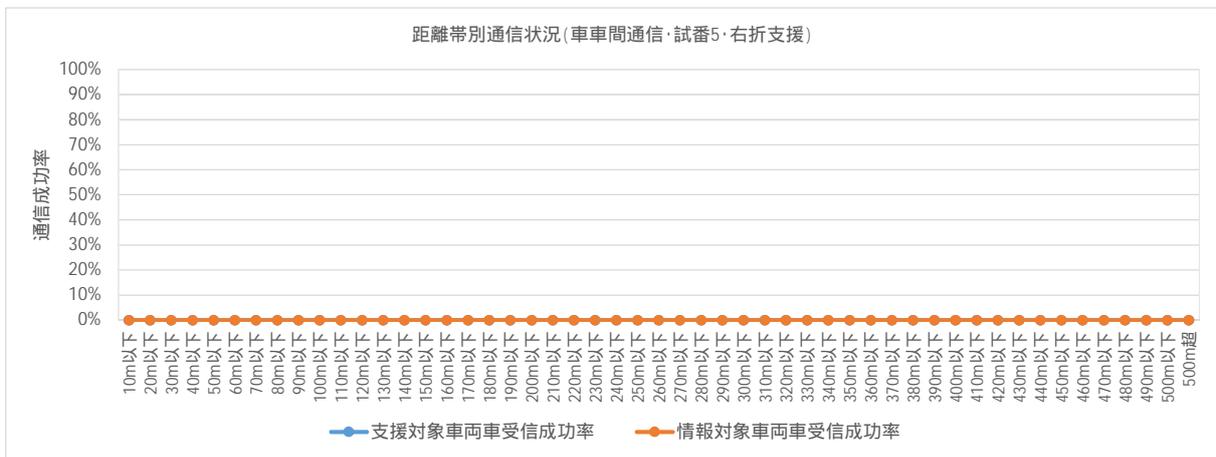


図 9-3-40 試番 5 車載器間の受信距離別グラフ

9.3.5 考察

実験は、高層建物が林立することによるマルチパスの影響を受けやすく、さらに新交通システムの高架が道路の上を通り衛星からの電波が遮断されるような位置検知の条件が厳しい環境下で、場面1（出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する場面）と場面3（右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供する場面）について実施した。

その結果、位置検知状況については、場面1では、対象とした交差点が高層建物の谷間にあたることから、適切に位置を検知できたケースは11試行中3試行程度であり、位置計測がなされても設定されたコースの道路上以外の位置を検知するといったマルチパスの影響とみられるケースも発生した。

場面3については、新交通システムの高架下を通行し、支援を行う予定の交差点も新交通システムの高架下であったことから、当該交差点に進行中、或いは当該交差点右折時（効果超過を右折待ちしている時など）に、自車両の位置を検知することができないケースが見られ、支援対象車両側も新交通システムの高架下を通行していたため、設定されたコースの道路上以外の位置を検知するといったマルチパスの影響とみられるケースが散見された。従って、GPSによる位置検知以外の方法も併用しなければ有効な支援が行われないことが確認された。

一方、車載器間の通信状況については、場面1、場面3ともに高層建物が両者の間に入るような位置関係では通信できない場合が確認されたが、対象交差点近傍の約100mくらいであれば安定した支援に有効な通信が行われることを確認した。しかし、位置検知ができない状況もあることから、通信が正常でも有効な支援が行われないことを確認した。

10. C-ACCの高度化を目指した通信仕様に関する検討

10.1 はじめに

10.1.1 活動の背景、目的、検討項目

C-ACC(Cooperative Adaptive Cruise Control)は、ACC*に加えて車車間通信によって他車の加減速情報を共有することで、より精密な車間距離制御を行うシステムである。C-ACCでは、ACCより短い車間距離での走行や、制御の遅れによるハンチング(車間の変動)の少ない安定した走行が可能となる。

2013年2月には、国内大型車メーカー4社が、産業総合研究所つくばセンター(茨城県つくば市)のテストコースで、大型トラックの実験車両4台を公開し、2013年10月には、国内乗用車メーカー3社が、首都高速でITS世界会議(東京)のショーケース走行を行うなど、研究開発・実証実験が着実に進められ、2015年には、国内乗用車メーカーから、市販が開始された。しかしながら、C-ACCの普及促進には、複数のメーカーの車両間で相互接続するために必要な技術的要件や配慮すべき事項等を明らかにし、設計する際に参照できる共通のガイドラインが必要である。

* ACC(Adaptive Cruise Control): 車両の前方に搭載したレーダを用いて、前方を走行する車両との車間距離を一定に保ち、必要に応じてドライバーへの警告を行うシステム

10.1.2 今年度の検討項目

今年度は、ガイドラインで規定すべき項目(位置・方位角情報、制御情報)の精度と評価方法に関する検討及び検証実験を実施する。

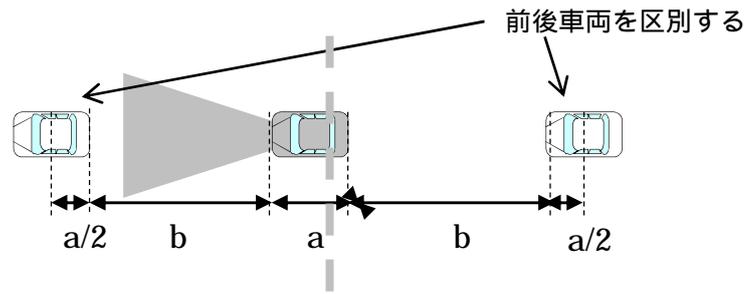
10.2 位置情報(位置精度・方位角)の検討

10.2.1 位置情報(位置精度・方位角)の要件検討

車車間通信では周辺の全ての車両からの情報を受信するため、受信した通信データがACCの追従対象先行車から送信された情報か否かを判別する(通信先行車を特定する)必要がある。この通信先行車特定に使用する位置情報の満たすべき要件を整理した。以下に概要を記す。

10.2.1.1 位置精度・信頼度の要件検討

図10-1に示すように、自律センサと通信により取得した速度情報の時系列を比較することで通信先行車を特定する。その際、可能な限り自車前方に存在する車両のみを比較処理対象とすることで、誤認識(先行車以外の通信データを先行車のものと誤判定する)を可能な限り減らすことが必要となるため、下記の要件を定める。



a : 車長、b : 車間距離
 先行車後端と後続車中心の距離：
 $a/2 + b + a + b$

図 10-1 位置情報による対象車両の絞り込み

60[km/h]、車間時間 1[s]で車長 5[m]の車両が追従走行することを想定すると、自律センサで検知した車両から後続車の距離は 40.8[m]となる。ここで、先行車が自車前方に存在することを相対位置情報に基づいて判断するためには、相対位置の誤差はこの距離の半分以上、すなわち $40.8/2 = 20$ [m]以内である必要がある。

一方、相対位置の誤差は独立した絶対位置誤差の重ね合わせとなることから、これに対応する絶対位置誤差は $20/\sqrt{2} = 14$ [m]となる。

したがって、通信先行車特定ロジックは誤差が 14[m]以下であることが示されている場合のみ対象とする通信データを比較処理の対象とすることが望ましいため、位置情報の信頼度(RC-013で定義されている位置取得情報)が 15[m]クラス(上記の 14[m]に最も近い信頼度クラス)以下である通信データを C-ACC の制御対象とする。

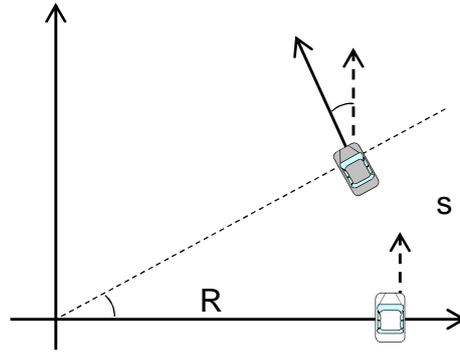
上記の制約を設けることで誤認識を減らすことが可能となるが、位置情報の信頼度が 15[m]クラスに満たないデータを送信する先行車を制御対象から除外するため、C-ACC の作動頻度を低下させることになる。

そこで、商品性の観点から「C-ACC の追従対象となる位置情報の信頼度クラスが 15[m]以上となる割合が場所率 80%以上」という最低要件を設定する。

また、誤差が大きいのに関わらず上記の信頼度クラスが良好となる、すなわち位置精度が低い(存在位置が正確にわからない)通信車両が C-ACC の追従対象となる割合は十分小さくならないため、「C-ACC の追従対象となる 15[m]以上の信頼度クラスに対しては誤差が 15[m]以下、その他の信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合が 95% (2) 以上」という要件を設定する。

10.2.1.2 方位角精度・信頼度の要件検討

前述の通信先行車特定処理では、前方に存在していると同時に自車と同一走路方向に向かって走行する周辺車両のみ比較処理対象とすることで誤認識を可能な限り減らす必要がある。その際に、図 10-2 に示すように相対方位角情報に基づいて対象車両を選択するため、方位角の精度・信頼度について下記の要件を定める。



$$=180s/ R$$

$$R=280[m], s=83.3[m]$$

図 10-2 追従候補車両選択の考え方

通信先行車特定ロジックでは、自車の走行道路および直交する道路を走行する通信車両を想定し、自車に対する相対方位角が ± 45 度の範囲の車両を同一走路方向に向かって走行する追従対象候補車両として選択する。

一方、自車前方でカーブ走行中の通信車両は追従対象候補車両として選択されなければならない。そこで、対象とする条件をカーブ $R=280[m]$ (東名大井松田付近)、車間距離 $=83.3[m]$ (100[km/h]で車間時間 3[s]) とすると、自車との相対方位角が約 17度の車両を追従対象候補として選択する必要がある。このときに許容される相対方位角の誤差は $45-17=28$ 度、相対誤差が絶対誤差の重ね合わせであることから、許容される絶対方位角の誤差は $28/2=20$ 度となる。

したがって、通信先行車ロジックでは、方位角の誤差が 20 度以下であると示されている場合を比較対象とすることとし、位置情報と同様に「C-ACC の追従対象となる方位角の信頼度クラスが 20 度以上となる割合が場所率 80%以上」「C-ACC の追従対象となる 20 度以上の信頼度クラスに対しては誤差が 20 度以下、その他の信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合が 95% (2) 以上」という最低要件を設定する。

10.2.2 位置情報 (位置精度・方位角) の評価基準・評価方法検討

位置情報を使って車両を特定するための性能・信頼度を評価する基準の整理を行った。以下に概要を記す。

10.2.2.1 評価コースの検討

トンネル、ビル街、オープンスカイをカバーした自専道のコースにて、信頼度クラスの割合を測定し、一定割合以上の作動率が確保できるか否かを評価するため、図 10-3 に示す評価コースを設定した。



図 10-3 評価コース

10.2.2.2 評価基準の検討

設定した評価コースにおいて 10.2.1 で設定した要件が満たされることを基準とする。

(1)位置の信頼度クラス

- ・ 信頼度クラスが 15m 以上となる割合が場所率 80%以上
- ・ 15[m]以上の信頼度クラスに対しては誤差が 15[m]以下、
- ・ その他の信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合が 95%以上

(2)方位角情報の信頼度クラス

- ・ 信頼度クラスが 20 度以上となる割合が場所率 80%以上
- ・ 20 度以上の信頼度クラスに対しては誤差が 20 度以下、
- ・ その他の信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合が 95%以上

10.2.2.3 評価方法の検討

位置情報を使って車両を特定するための性能・信頼度を評価する方法の整理を行った。以下に概要を記す。

(1)真値の計測

走行車線を固定し、真値を 1 回計測して基準とする。

(人の運転による車線内での位置バラつきなどは許容)

(2)誤差の計測

各社より、同一車線走行時の測位データを提供し、図 10-4 のように計測データと軌跡との離隔距離を算出する。この軌跡との離隔距離は真値に対する横方向

の誤差を近似した値となるため、以下の式により近似的に位置誤差を算出する。

$$\text{真値との誤差} = \sqrt{2} \times \text{軌跡からの距離 (横方向誤差)}$$

ここでは、過去の実験結果より、全体的に進行方向誤差 < 横方向誤差という関係が成り立つことがわかっているため、上記の近似式を用いることとした。



図 10-4 離隔距離のイメージ

10.2.3 位置情報（位置精度・方位角）の検証

10.2.3.1 検証実験の概要

POS/LV 及びレーザ測定装置を搭載した車両により、真値を取得し走行軌跡の座標を生成する。また、各社の車両が測定車両と同一車線を走行した走行軌跡と比較・分析を行う。

10.2.3.2 データ比較の方法

真値と各社の走行軌跡との離隔距離を統計的に比較し、比較結果を表に取り纏める。その際には、車線の違い等による異常値を除去するものとする。

10.2.3.3 位置精度・信頼度の検証結果

位置情報の評価を行った。以下に概要を記す。

(1) 15m 以上の信頼度クラスの割合（基準案：80%以上）を、表 10-1 に示す。

表 10-1 15m 以上の信頼度クラスの割合

	1 周目	2 周目
A 社	94.2%	94.2%
B 社	87.4%	91.3%
C 社	90.5%	93.6%
D 社	92.7%	88.7%

(2) 15[m]以上の信頼度クラスに対しては誤差が 15[m]以下、その他の信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合（基準案：95%以上）を、表 10-2 に示す。

表 10-2 所定の信頼度以下の誤差となった割合

	1 周目	2 周目
A 社	98.8%	98.4%
B 社	98.1%	97.5%
C 社	98.0%	97.3%
D 社	99.8%	98.2%

参考：データの集計方法

データの集計方法を、図 10-5 に示す。

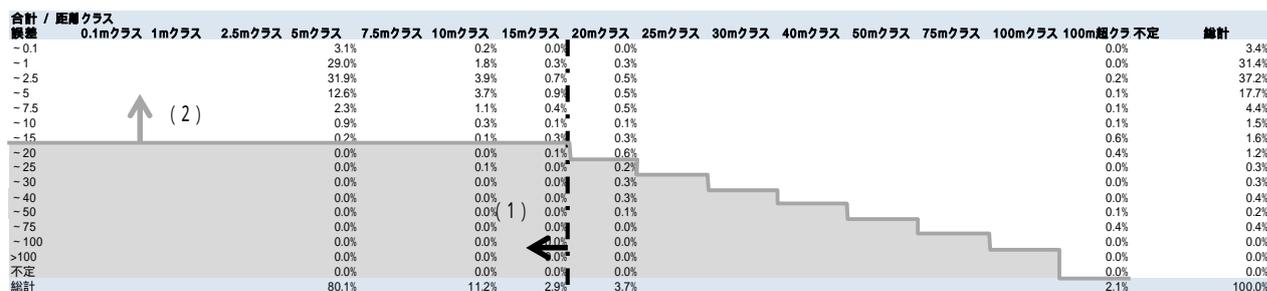


図 10-5 信頼度と誤差の集計

10.2.3.4 方位角精度・信頼度の検証結果

方位角の評価を行った。以下に概要を記す。

(1) 20 度以上の信頼度クラスの割合（基準案：80%以上）を、表 10-3 に示す。

表 10-3 20 度以上の信頼度クラスの割合

	1 周目	2 周目
A 社	98.7%	98.4%
B 社		
C 社		
D 社		

(2) 20 度以上の信頼度クラスに対しては誤差が 20 度以下、その他信頼度クラスに対しては誤差が設定された信頼度以下となる割合（基準案：95%）を、表 10-4 に示す。

表 10-4 所定の信頼度以下の誤差となった割合

	1 周目	2 周目
A 社	100.0%	99.9%
B 社		
C 社		
D 社		

参考：データの集計方法

データの集計方法を、図 10-6 に示す。

合計 / 距離[m] 誤差	クラス							総計
	0.5度クラス	1度クラス	5度クラス	10度クラス	20度クラス	30度クラス	30度超クラス	
~0.5			55.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	55.6%
~1			29.8%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	30.3%
~5			11.1%	0.6%	0.6%	0.8%	0.2%	13.3%
~10		↑ (2)	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.7%
~20			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
~30			0.0%	0.0%	(1)	0.0%	0.0%	0.0%
>30			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
不定			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
総計			96.5%	1.1%	1.2%	1.0%	0.3%	100.0%

図 10-6 信頼度と誤差の集計

10.2.3.5 位置情報（位置精度・方位角）の検証結果の考察

今回検討した位置情報の精度と信頼度の基準が、C-ACC の相互接続に必要な要件として妥当であることが確認できた。また、今回実証実験を行った評価方法により、メーカーによらず共通の基準に従って評価を実施できることを確認した。

10.3 車両情報（速度・加速度）の検討

10.3.1 車両情報（速度・加速度）の要件検討の考え方

C-ACC では、他社の車両からの情報を用いて追従対象車両を認識し、これに対して加減速制御を行うため、送受信するデータの許容精度が重要となる。

特に、C-ACC で使用する車両情報（速度・加速度）の精度が不十分な場合、下記の問題が生じることが懸念される。

(A) 追従対象とする通信先行車を特定（認識）できなくなる

(B) 渋滞緩和効果が得られなくなる

そこで、以下の考え方で車両情報（速度・加速度）の要件を検討する。

(1) 実現性のある車両情報（速度・加速度）の満たすべき基準を設定する。

(2) (1)で定めた基準を満たしていれば(A)(B)について問題ないことを確認することで、(1)の基準の妥当性を確認する。

上記の確認を行う際には、道のりに対する加速度を使用するため、速度を微分した

値を加速度とする。また上記の加速度に対し、以下に示すローパスフィルタ(2013年のITS世界会議のC-ACCデモでメーカー間共通で使用したもの)を適用する。

$$a_f(t) = (1 - k) * a_{in}(t) + k * a_f(t - \Delta t)$$

$$k = \exp(-2\pi f \Delta t)$$

$a_f(t)$: フィルタ処理結果, $a_{in}(t)$: 車速微分により求めた加速度,

Δt : 演算周期, $f = 0.4$: カットオフ周波数

以下、10.3.2で車両情報の基準(1)とその評価方法について、10.3.3で基準の妥当性確認方法(2)について述べる。

10.3.2 車両情報(速度・加速度)の評価基準・評価方法の検討

過去の知見より、タイヤ径のばらつきを考慮した誤差の範囲として、速度・加速度の誤差の範囲は±5%以下を基準とする。

確認方法としては、距離が既知の直線路を走行し、速度積分値と走行距離の差分を誤差としたときに上記の基準を満たすか否かを確認することとする。

10.3.3 車両情報(速度・加速度)の評価基準の妥当性検証

10.3.3.1 認識機能の確認方法

図10-7、図10-8のように、高速道路で周囲の交通流の変化に合わせて走行するシーンを模擬した加減速パターンで走行する先行車に対して、通信先行車特定が正常に行われることを確認する。

- ・ 90km/h 100km/h、0.02Gの加減速を繰り返す
- × 誤差-5%, 0%, +5%で計測

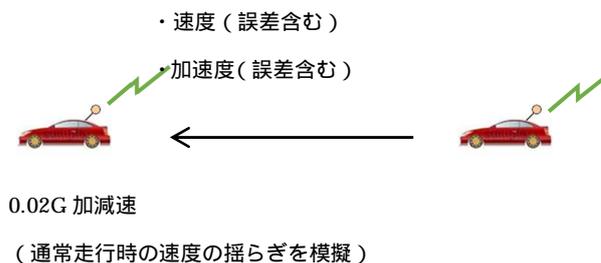


図 10-7 認識機能確認走行パターン

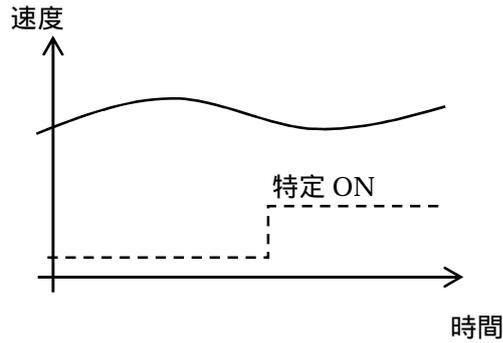


図 10-8 認識機能確認時の速度パターンと認識結果

10.3.3.2 渋滞緩和効果の確認方法

C-ACC の渋滞緩和効果を示す指標として、以下の二つが挙げられる。

(1) ショックウェーブの減衰

- ・ 高速道路のサグ部などで渋滞の発生要因となる先行車の減速に対する後続車の速度変動量の比率（増幅率）により表される。

$$K = V2 / V1$$

（ V1：先行車の速度変化量、 V2：後続車の速度変化量 ）

(2) 速度回復の早期化

- ・ 渋滞解消時の速度回復の早さを、加速時に後続車が先行車と同一速度に達するまでの遅れ時間や、もしくは先行車がある車速に達した時点の車間距離により表される。

これらの効果をそれぞれ以下の走行パターンにより確認する。

(1) 増幅率の計測

- ・ サグ渋滞およびその直前での減速を模擬し、以下のパターンで計測する

約 70km/h	50km/h, 約 0.15 ~ 0.2G 減速
約 40km/h	20km/h, 約 0.15 ~ 0.2G 減速

(2) 加速遅れの計測

- ・ 渋滞解消時の加速を模擬し、以下のパターンで計測する。

20km/h	80km/h, 約 0.1G 加速
--------	-------------------

いずれのパターンも、誤差-5%、0%、+5%の場合について計測を行う。

また、同じ走行パターンに対して人が追従した場合と ACC で追従走行した場合についても計測を行い、効果確認の際の比較対象とする。

計測するデータは先行車と後続車の速度・加速度・車間距離とする（図 10-9 から図 10-11）。

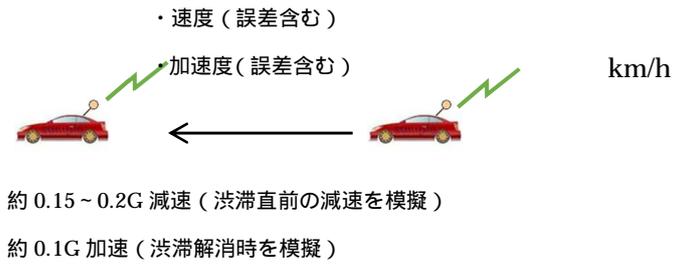


図 10-9 渋滞緩和効果の確認方法

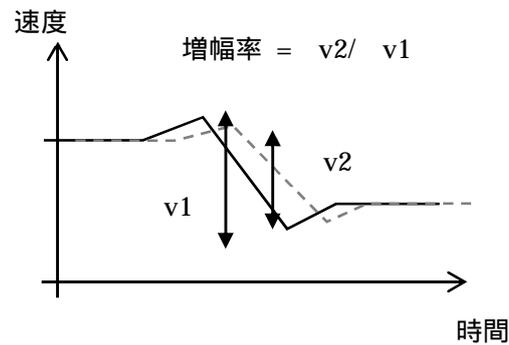


図 10-10 増幅率のイメージ

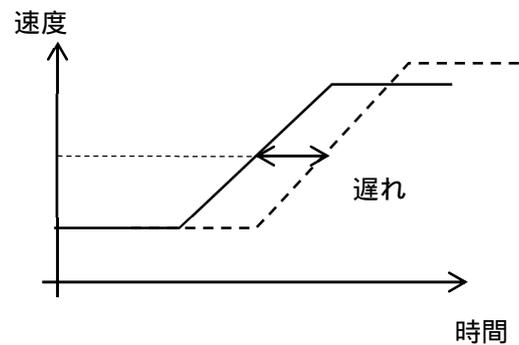


図 10-11 加速遅れのイメージ

10.3.4 計測方法の検証

城里 TC にて 10.3.3.1 の方法により誤差を計測した結果は表 10-5 のとおり。

表 10-5 誤差計測結果

	誤差 [%]
A 社	0.8
B 社	2.6
C 社	-1.9
D 社	-2.2

4 社全ての車両が十分な余裕を持って基準を満たすことができた。

また、渋滞緩和効果を示す指標として検討した上記の走行パターンでの走行・計測を行い、今回の手法による計測と性能比較が可能であることを確認した。

今後、今回の結果を踏まえた定量的な性能比較と基準の妥当性検証を実施する。

10.4 ガイドラインの検討

複数のメーカーの車両間で相互接続するために必要な技術的要件や配慮すべき事項としてガイドラインに記載すべき項目の整理を行った。以下に概要を記す。

(1) ガイドラインの目次案

- ・ C-ACC のコンセプト
- ・ 自由領域のメッセージセット
- ・ C-ACC 用データ入力ガイドライン
 - 位置情報・信頼度（考え方・精度・評価方法）
 - 方位角情報・信頼度（考え方・精度・評価方法）
 - 速度情報（考え方・精度・評価方法）
 - 加速度情報（考え方・精度・評価方法）

10.5 まとめ

C-ACC の制御に使用する位置・速度・加速度の満たすべき要件（ガイドライン案）を検討した。位置情報については要件への適合性と実車での計測方法を確認し、速度・加速度については制御性能確認パターンを仮決めし、これに対する誤差の影響を確認する方法を実車にて確認した。

11. まとめ

11.1 成果

11.1.1 評価法・試験法の成果

平成27年度に選定した場面を対象に歩車間通信システム及び車車間通信システムにて交通事故を予防するための安全運転支援システムの「情報提供」、「注意喚起」、「警報」を対象として、下記に示す項目に関して評価法を検討・開発した。

また、それらの項目に対する試験法について、試験方法、条件及び道路条件を中心に検討を行った。

< 歩車間通信システム・自動車ドライバの場合 >

- ・適用範囲
- ・用語の定義
- ・支援の作動タイミング
- ・支援の終了タイミング
- ・ヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）
- ・位置精度
- ・通信遅延
- ・オーバーライド
- ・多数の歩行者が存在する場所

< 歩車間通信システム・歩行者の場合 >

昨年度開発した評価法・試験法に基づき、交差点横断及び単路横断の2場面について、歩車間通信システムにより交通事故を予防するための評価法・試験法の再検討を行った。

具体的には、歩車間通信システムでの支援手法は、歩行者支援の場合は、情報提供・注意喚起・警報に分類され、ドライバの場合は、情報提供・注意喚起・警報・制御に分類されるが、今年度調査では、特にその歩行者支援の情報提供・注意喚起・警報に注目して、現状の技術レベルで理想的な環境を想定した上で、支援の考え方を再整理した。さらに、評価法・試験法のフレームの全般を再検討した。

以下に評価法にて定めた項目を示す。

< 歩車間通信システム（歩行者支援）の場合 >

- ・適用範囲の規定
- ・定義の規定
- ・情報提供・注意喚起・警報の支援開始タイミングの規定
- ・情報提供・注意喚起・警報の支援終了タイミングの規定
- ・不要支援の規定
- ・衝突予測時間の精度に関する規定
- ・オーバーライドの規定

- ・ バッテリー特性の規定
- ・ 多数の端末が存在する場合の規定

< 車車間通信システムの場合 >

車車間通信を利用した運転支援システムの開発は、システムで規定すべき項目ならびにその評価方法、すなわち「一般要件（評価法）」を決定する必要がある。一般要件は、「自動車間および歩行者との事故の削減」を達成し、システムの実用化・普及に配慮したものでなくてはならない。また、既存あるいは現在開発中の技術指針・ガイドライン等との整合性に配慮することも重要である。昨年度の検討においては、この背景のものとガイドラインの骨子が検討されており、支援の要素は、情報提供・注意喚起を対象にしていた。

本年度は、この骨子をもとに支援の要素に警報を追加し、位置測位の誤差が 10cm 以下になることを想定してガイドラインの各要素の再構築を行い、実験による検証を行った。ガイドラインの開発手法としては、まずガイドライン骨子を見直し、検証項目を策定し、その後実験計画の策定を行った。

< 車車間通信システムの場合 >

- ・ 適用範囲
- ・ 定義
- ・ 情報提供・注意喚起・警報の支援開始タイミングの規定
- ・ 情報提供・注意喚起・警報の支援終了タイミングの規定
- ・ 不要支援の規定
- ・ HMI の規定
- ・ 衝突予測時間の精度に関する規定
- ・ オーバーライドの規定
- ・ 多数の他車両が存在する場合の規定

11.1.2 ドライビングシミュレータ実験の成果

歩車間通信（ドライバ側）

ドライビングシミュレータを用いて、歩車間通信システムの支援タイミングについて検討を行った。支援場面は、平成 26 年度調査において選定した 6 場面のうち、

- (a) 左側からの飛び出しによる単路直進支援（左から横断）
- (b) 右側からの飛び出しによる単路直進支援（右から横断）
- (c) 交差点における右折時に前方からの歩行者の横断に対する右折支援
- (d) 右折時に後方からの歩行者の横断に対する右折支援

を対象とした。

また、歩車間通信システムは、現状の GPS による位置測位には誤差を有することが明確であることから、位置測位の誤差がない場合とある場合について実験を行った。なお、位置測位の誤差がある場合の誤差については、前年度に実証実験を行った結果の平均で半径 5.5m の誤差を有する場合を想定して実験を行った。

実験は、ドライビングシミュレータ上に構築した歩車間通信システムにおいて、作動タイミングの設定がドライバに与える影響について行い、表 11-1 に示す位置測位の誤差がない場合と想定して、各実験条件において有効な支援システムの作動タイミングを情報提供・注意喚起・警報のそれぞれにおいて求めた。また、表 11-2 に示すように、位置測位の誤差がある場合を想定し、位置測位の誤差がない場合と比較した際の影響の有無についてまとめた。

表 11-1 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がない場合)

	情報提供	注意喚起	警報
単路直進支援（左から横断）	TTC=5.1[s]	TTC=4.0[s]	TTC=2.0[s]
単路直進支援（右から横断）	TTC=5.1[s]	TTC=4.0[s]	TTC=2.0[s]
右折支援（前方から横断）	TTI=3.2[s]	TTI=3.2[s]	TTI=1.4 or 2.0[s]
右折支援（後方から横断）	TTI=3.7 or 5.1[s]	TTI=3.2[s]	TTI=2.0[s]

表 11-2 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がある場合)

	情報提供	注意喚起	警報
単路直進支援（左から横断）	あり	あり	あり
単路直進支援（右から横断）	あり	あり	なし
右折支援（前方から横断）	あり	なし	あり
右折支援（後方から横断）	あり	なし	あり

車車間通信

ドライビングシミュレータを用いて、車車間通信システムの支援タイミングについて検討を行った。支援場面は、平成 26 年度調査において選定した 5 場面のうち、

- (a) 減速支援
- (b) 発進待機支援
- (c) 右折支援
- (d) 左折支援

の 4 場面を対象とした。

また、車車間通信システムは、現状の GPS による位置測位には誤差を有することが明確であることから、位置測位の誤差がない場合とある場合について実験を行っ

た。なお、位置測位の誤差がある場合の誤差については、前年度に実証実験を行った結果の平均で半径 5.5m の誤差を有する場合を想定して実験を行った。

実験は、ドライビングシミュレータ上に構築した車車間通信システムにおいて、作動タイミングの設定がドライバに与える影響について行い、表 11-3 に示す位置測位の誤差がない場合と想定して、各実験条件において有効な支援システムの作動タイミングを情報提供・注意喚起・警報のそれぞれにおいて求めた。また、表 11-4 に示すように、位置測位の誤差がある場合を想定し、位置測位の誤差がない場合と比較した際の影響の有無についてまとめた。

表 11-3 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がない場合)

	情報提供	注意喚起	警報
減速停止支援	TTI=5.1[s]	TTI=4.0[s]	TTI=4.0[s]
発進待機支援	TTI=5.1[s]	TTI=2.8[s]	TTI=2.0[s]
右折支援	TTI=5.1[s]	TTI=3.2[s]	TTI=2.0[s]
左折支援	TTC=3.7[s]	TTC=3.2[s]	TTC=2.0[s]

表 11-4 実験結果より得られた有効な支援タイミング
(位置測位の誤差がある場合)

	情報提供	注意喚起	警報
減速停止支援	あり	あり	あり
発進待機支援	あり	なし	なし
右折支援	あり	あり	あり
左折支援	あり	なし	あり

11.1.3 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム開発の成果

携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムでは、スマートフォンに搭載されている通常の GPS からの位置情報の取得に加えて、スマートフォン端末外部の高精度 GPS から位置情報を取得可能な仕組み(プロトタイプ)を開発した(図 11-1)。

また、直接通信利用型歩車間通信システムでは、760MHz 無線通信機を使用した通信機能を有し、高精度 GPS から位置情報を取得可能な仕組み(プロトタイプ)を開発した(図 11-2)。

開発したシステムについて、公道での実証実験、テストコースでの実証実験を実施し、動作検証を行った。結果の概要は以下のとおり。

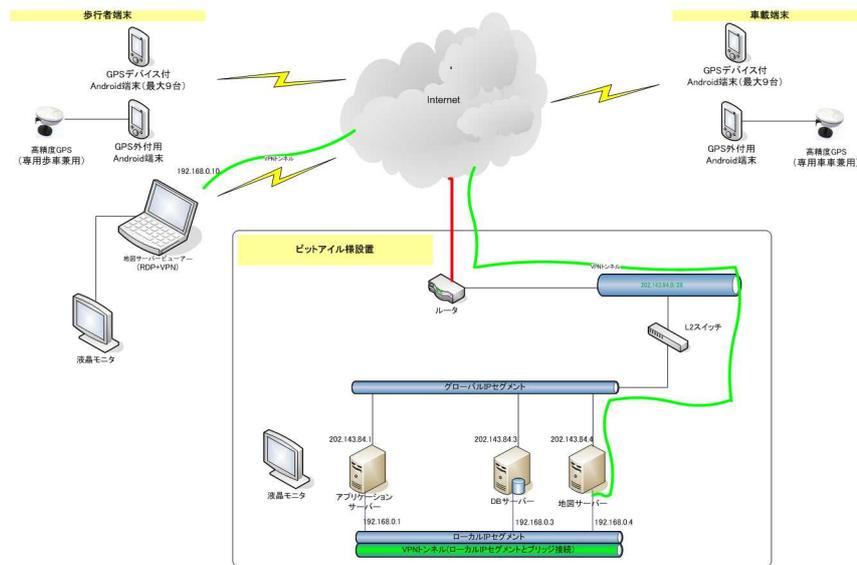


図 11-1 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システム構成（再掲）

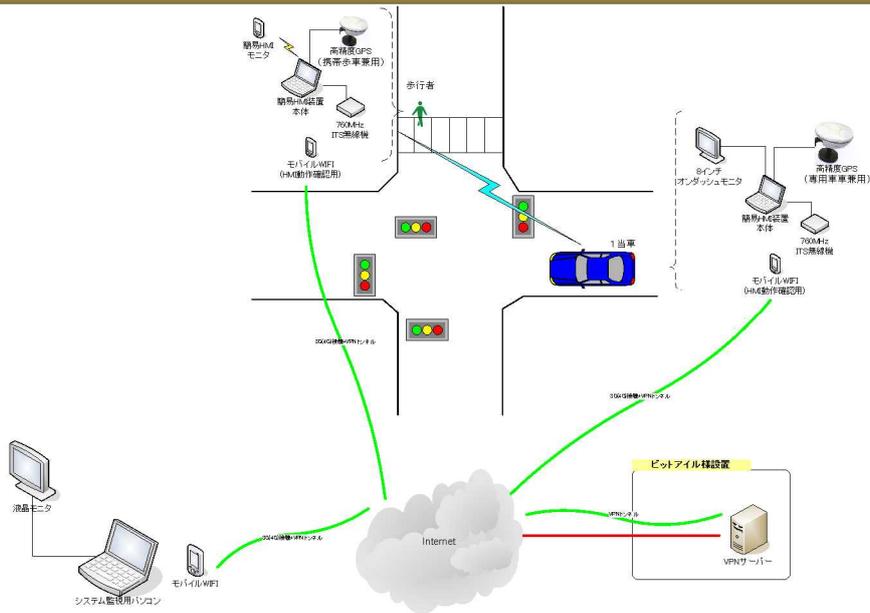


図 11-2 直接通信型歩車間通信システム構成（再掲）

< 処理負荷 >

直接通信型、携帯電話ネットワーク型の歩車間通信のそれぞれについて、システムの設計・構築を行い、車両端末、歩行者端末での支援機能等を検証したが、システムの処理負荷については特段問題は発生しなかった。

<通信状況>

直接通信型、携帯電話ネットワーク型の歩車間通信のそれぞれについて、車両端末と歩行者端末間での通信状況を検証したが、通信の状況については特段問題は発生しなかった。

<実証実験でのデータ獲得>

公道およびテストコースでの実証実験においては、開発したシステム(直接通信型、携帯電話ネットワーク型)を用いることで、当初計画していた車両端末と歩行者端末の基本的データを滞りなく取得することに成功した。

11.1.4 実験車両製作の成果

開発した評価法・試験法の有効性を確認するための実証実験で使用する実験車両2台を製作した。製作した実験車両には、携帯歩車の受託者より提供された自動車用簡易 HMI 装置、700MHz 帯車載無線機2台、高精度 GPS 受信機を搭載した。

11.1.5 実証実験用ダミー車両製作の成果

テストコースでの実証実験において、安全運転支援システムの「警報」による運転支援を対象とした実験に対し、実験の安全確保の観点からダミー車両を製作した。製作されたダミー車両は、被験者が運転する実験車両等の位置、速度を基に、予め設定されたタイミングで対象交差点等に自走することで、安全に実証実験が実施できた。

11.1.6 公道での実証実験の成果

(1)歩車間通信(ドライバ)の成果

高層建物が林立することにより通信や位置検知への影響を受けやすい環境下において、実証実験を実施した。

実験の結果、高層建物が間に入るような状況では、通信ができないことが確認されたが、見通しが確保できれば約 100m 程度までは通信が行われることが確認できた。一方、高層建物の近くを走行するような場所では、マルチパスの影響を受け誤差が拡大する傾向や、新交通システムの高架下を走行するような場所においては、位置検知が全く行われなくなることが確認された。このような場所においては、GPS による単独測位だけでは、有効な支援を得ることができないことから、何らかの対策が必須と考えられる。そのため、「第 12 章 付属資料」の 12.5.でそのための一提案を示す。

(2)歩車間通信(歩行者)の成果

公道での実証実験は、平成 26 年度事業を踏まえつつ、次の 2 つの想定のもと、歩車間通信システムを検証することを目的に実施した。

昨年度より実用化を視野に入れ、厳しい環境を想定する

昨年度の位置精度に関する課題を踏まえ、3～5年後の実用化が見込まれる精度を持ったGPSを利用する

実証実験では、位置精度、速度精度、および通信遅延に関して、実車両を用いた公道での走行試験により、その性能等を確認した。なお、実証実験の場所は、東京都(港区台場)であり、実用化を視野に入れ、通信環境、GPS測位環境ともに厳しい環境とした。

位置測位の精度に関する結果は、スマートフォン内蔵GPSと高精度GPSの測位位置の平均誤差を見ると、車両側に設置した内蔵GPSの誤差は最も良くて3.3m程度、悪くて7.1m程度となった。他方、歩行者側に設置した内蔵GPSの誤差は最も良くて6.6m、悪くて13.6mとなった。さらに、最大の誤差を見てみると、自動車側は25.2m、歩行者側では34.8mの誤差がある地点もあり、平均の3倍以上の誤差が発生している場合もみられている。

速度の差に関する結果は、位置測位の精度と同様に、スマートフォン内蔵GPSと高精度GPSで測定した速度の差を見ると、車両側に設置したGPSの差が平均で-0.2km/h、最大で-22.3km/hとなった。歩行者側に設置したGPSの差は、平均で-0.6km/h、最大で-5.4km/hとなった。想定した自動車の速度が50km/h、歩行者の速度が5km/hであったことを考慮すると、想定に対して、平均では自動車側で0.4%、歩行者側で12%であるが、最大でみると自動車側が44.6%、歩行者側が108%のズレが発生している。

通信に要する時間に関する結果は、携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信システムについては、スマートフォンにおいて自分の位置情報を受信してから支援が表示されるまでの時間の平均時間を見ると、車両側では61.9ms、歩行者側では78.7msとなった。最大では、自動車側では2,379ms、歩行者側では412msと平均の5倍以上の時間を要している場合もあった。

700MHz帯歩車間通信システムについては、相手となる車両側の端末が位置情報を受信してから、自端末となる歩行者側の端末で支援に関する情報を生成するまでの時間の平均時間を見ると、平均で159ms、最大で280msとなった。

通信到達距離に関する結果は、歩行者側の情報が車両で受信できた距離と、自動車側の情報が歩行者で受信できた距離を見てみると、自動車側の受信では410m、歩行者側の受信では210mの受信ができていることが確認できた。

(3)車車間通信の成果

2台の自動車を用いて、車車間通信システムを想定した通信機にて公道での実証実験を実施した。実施した環境は、高層建物による通信や位置検知への影響を受けやすい環境下において実施した。

実験の結果、高層建物が間に入るような状況では、多くの実験条件では通信成功率

が低下することが確認された。本実験条件において、もっとも通信成功率が高い条件では 280m 程度まで 90%以上の通信成功率を確保できていた。しかし、他の実験条件をみると、通信成功率は走行環境に大きく依存しており、支援対象車両の成功率が高い場合に情報対象車両の成功率が低くなってしまいう結果もみられた。実験条件によっては、支援対象車両と情報対象車両との距離によらず、通信成功率が 60%程度にとどまっている結果もみられた。

高層建物の環境下にて走行する場合は、GPS はマルチパスなどにより、受信率が低下するとともに陸橋など障害物により位置測位できないことがある。このような場合には、車両側にて地図情報を保持して、GPS が受信不可能な場合においてもジャイロ計等により位置測位を推定することで自動車の走行位置を推定することが考えられる。このようなシステムを用いることで高層建物の環境下においても位置測位の精度が維持されるものと考えられる。

11.1.7 試験コースでの実証実験の成果

(1)歩車間通信（ドライバ）の成果

DS 実験で得られたパラメータの有効性を確認することを目的として、歩車間通信により事故削減効果が見込まれる 6 場面のうち、単路での横断と交差点での横断の 2 場面を対象に、衛星測位による位置誤差がない理想的な環境を想定し、テストコースにおいて実験参加者による実験を実施し、実験参加者による実走行から得られた主観的評価と、各実験機器から得られたデータによる客観的評価を実施した。

その結果、表 11-5 に示すように、実験を実施した両方の場面かつ全ての支援において、ドライビングシミュレータ実験の結果とほぼ同じ結果となり、支援に有効なパラメータであることが確認された。

表 11-5 実験結果より得られた有効な支援タイミング

	情報提供	注意喚起	警報
単路直進支援（右から横断）	TTC=5.1[s]	TTC=3.2 or 4.0[s]	TTC=2.0[s]
右折支援（後方から横断）	TTI=5.1[s]	TTI=2.4 or 3.2[s]	TTI=2.0[s]

(2)歩車間通信（歩行者）の成果

テストコースでの実証実験では、平成 26 年度実施『携帯電話ネットワーク利用型動作検証技術に関する調査』で選定された、歩車間通信システムで事故削減効果が見込まれる 6 場面のうち、「a.単路において歩行者が右から左へ横断する場合の支援」、「c.信号機なし交差点において歩行者が後方から横断する場合の支援」の 2 場面を対象に、自動車と歩行者の測位誤差が無いこと（位置誤差が 10cm 程度）を想定した場合の、支援の有効性の確認及び、支援タイミングのパラメータの設定を目的として実施した。

実証実験場所は、日本自動車研究所の模擬市街路とし、被験者 10 名程度による被験者実験を実施した。また、本実験では「歩行者への」「情報提供」、「注意喚起」、「警報」に関する作動タイミングについて検証した。

情報提供の支援タイミングは、被験者の主観評価結果として、交差点横断、単路横断の各場面ともに、5.1 秒前、6.1 秒前の支援であっても、「適切だった」と回答した割合は 50%程度にとどまっている。また、支援タイミングが 3.7 秒前の場合を見ると、交差点横断では「少し遅かった」との評価が 53.3%と多い。上記の結果を勘案すると、多くの歩行者の安全性を重視すれば、5.1 秒前～6.5 秒前の間のタイミングで支援することがより妥当な支援と想定される（表 11-6）。

表 11-6 歩行者支援（情報提供）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	5.1秒前～6.5秒前の間のタイミングで支援することがより妥当と推察される。

注意喚起の支援タイミングは、被験者の主観評価結果を見ると、交差点横断では、支援タイミングが 1.6 秒前、2.4 秒前、3.2 秒前について、「少し遅かった」「遅かった」との回答は、それぞれ 100.0%、60.0%、46.7%となった。この結果から、交差点横断での支援（注意喚起）のタイミングは、3.2 秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

また、単路横断では、支援タイミングが 2.4 秒前、3.2 秒前、4.0 秒前について「遅かった」との回答はなかった。しかし、「少し遅かった」との回答は、それぞれ 46.2%、15.4%、30.8%となった。さらに、各タイミングでの「適切だった」との回答に着目すると、それぞれ 38.5%、69.2%、46.2%となった。この結果から、単路横断での支援（注意喚起）のタイミングは、3.2 秒前の前後が適切と推察される（表 11-7）。

表 11-7 歩行者支援（注意喚起）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	交差点横断： 3.2秒前よりもっと前とすると必要があると推察される。 単路横断： 3.2秒前の前後が適切ではないかと推察される。

警報の支援タイミングは、被験者の主観評価結果を見ると、交差点横断では、支援タイミングが 0.8 秒前、1.4 秒前、2.0 秒前について「遅かった」との回答は、それぞれ 93.3%、73.3%、46.7%となった。この結果から、交差点横断での支援（警報）のタイミングは、2.0 秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

また、単路横断では、支援タイミングが0.8秒前、1.4秒前、2.0秒前について「遅かった」との回答は、それぞれ69.2%、46.2%、30.8%となった。この結果から交差点横断での支援（警報）のタイミングは、2.0秒前よりもっと前であることが必要と推察される。

さらに、被験者の危険回避を行うまでの被験者の反応時間に着目すると、交差点横断では、90%以上の被験者の反応時間より大きくなる時間は、2.7秒となるため、仮に9割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも2.7秒前に行う必要があると推察される。単路横断では、90%以上の被験者の反応時間より大きくなる時間は、3.3秒となるため、仮に9割以上の歩行者が安全に歩行を停止することを考えると、支援（警報）を少なくとも3.3秒前に行う必要があると推察される（表11-8）。

表 11-8 歩行者支援（警報）の検証結果概要

検討の観点	検討結果
支援タイミング	2.0秒前よりもっと前であることが必要と推察される。
被験者の反応時間	交差点横断： 90%以上の被験者の反応時間より大きくなる時間は2.7秒。支援（警報）を少なくとも2.7秒前に行う必要があると推察される。 単路横断： 90%以上の被験者の反応時間より大きくなる時間は3.3秒。支援（警報）を少なくとも3.3秒前に行う必要があると推察される。

(3)車車間通信の成果

本実験では、自動車に車車間通信システムを搭載し、テストコース（模擬市街路）において一般の実験参加者を対象にして、情報提供・注意喚起・警報に対する主観的評価を行った。11名の実験参加者に対して、2つの支援対象場面（出会い頭事故を防止するために支援対象車両に情報を提供、右折時の事故を防止するために支援対象車両に情報を提供）ごとに、情報提供、注意喚起、警報の支援を行い、各支援実施後に主観的評価を行った。

表11-9は、それぞれの実験条件において有効な支援システムの作動タイミングを情報提供・注意喚起・警報のそれぞれにおいて求めた結果である。歩車間通信システムの場合と同様にドライビングシミュレータ実験の結果とほぼ同じ結果となり、支援に有効なパラメータと考えられる。

表 11-9 実験結果より得られた有効な支援タイミング

	情報提供	注意喚起	警報
減速停止支援	TTI=5.1 or 6.5[s]	TTI=3.2 or 4.0[s]	TTI=2.0[s]
右折支援	TTI=5.1[s]	TTI=3.2[s]	TTI=2.0[s]

11.1.8 C-ACC の高度化を目指した通信仕様に関する検討の成果

C-ACC の制御に使用する位置・速度・加速度の満たすべき要件(ガイドライン案)を検討した。位置情報については要件への適合性と実車での計測方法を確認し、速度・加速度については制御性能確認パターンを仮決めし、これに対する誤差の影響を確認する方法を実車にて確認した。

12 . 付属資料

12.1 参考文献

- (1) 警視庁、統計、“平成 26 年中の交通事故の発生状況”、(2015) pp.2、25
- (2) 交通事故総合分析センター、ITARDA、“出会い頭事故発生の特徴と要因分析”、(2011) pp6
- (3) 国土交通省、自動車局、技術政策課、“通信利用型運転支援システムのガイドライン”、(2011) pp7-9
- (4) 日本道路協会、道路構造令の解説と運用、丸善出版株式会社、pp.178、179

12.4. GNSS受信機の測位精度検証

12.4.1 検証概要・目的

テストコースでの実証実験で利用した2種類のGNSS受信機について、測位精度の検証を実施した。表12-1、表12-2に示す2種のGNSS受信機を用いて、静止および移動時の動作試験を行い、その測位精度を検証するとともに、10cm程度の測位精度を有することを確認した。また、試験期間中に観測できる衛星および衛星配置から見積もられる精度に関して理論値の面から推定した。

(1) iMAR社 iTraceRT-M200A (2周波GNSS+IMU受信機)

表12-1 iMAR社 iTraceRT-M200A GNSS受信機

iTraceRT-M200A	外観	
主な仕様		
角速度	レンジ：±450 /s 精度：0.25°/s (INSのみ、GNSS補正なし) 6°/h (INSのみ、5分間のRTK-GNSS測位後)	
加速度	レンジ：±10g 精度：16mg (INSのみ、GNSS補正なし) 0.1mg (INSのみ、5分間のRTK-GNSS測位後)	
姿勢	0.04°RP、0.25°Y (INS/RTK-GNSS) 0.1°RP、0.4°Y (RTK-GNSS補正が切れてから10秒後)	
衛星受信信号	2周波GPS、GLONASS信号 標準対応	
出力レート	1, 5, 10, 20, 50, 100, 200Hz (NMEAに限り最大20Hz)	
出力データ	リアルタイムデータ：独自フォーマット ASCIIデータ：NMEA 0183 Ver.2.1,2.2,2.3 (出力のみ)	
入出力IF	Ethernetポート、USBポート、RS232Cポート、CANポート、 ODOメータ入力 (RS422)	
測位精度 (水平/高)	±2cm / 5cm +2ppm (INS/RTK-GNSS) ±2m / 0.4m (RTK-GNSS補正が切れてから10秒後) ±2cm / 5cm (後処理解析)	
アンテナ数	1RFポート (標準)	
電気仕様	入力電圧：11~34VDC、消費電力：5~6W	
物理仕様	大きさ：100×90×62mm (突起物含まず)、0.450kg	

(2) JAVAD 社 DELTA G3T (2 周波 GNSS 受信機)

表 12-2 JAVAD GNSS 社 DELTA-G3T GNSS 受信機

DELTA-G3T	外観 
主な仕様	
衛星受信信号	2 周波 GPS、GLONASS 信号 標準対応
出力レート	1 , 5 , 10 , 20 , 50 , 100Hz
出力データ	リアルタイムデータ : RTCM, SC104 Ver.2.2,2.3,3.0 (入出力) ASCII データ : NMEA 0183 Ver.2.1,2.2,2.3,3.0 (出力のみ)
測位精度 (RMS)	単独測位 : 2m 以下 DGPS (水平) : 0.5m 以下 (リアルタイム)、0.25m 以下 (後処理) スタティック (水平) : 0.3 cm + 0.5ppm×基線長 スタティック (鉛直) : 0.5 cm + 0.5ppm×基線長 RTK (水平) : 1.0 cm + 1.0ppm×基線長 RTK (鉛直) : 1.5 cm + 1.5ppm×基線長
入出力 IF	RS232 x2 ポート USB x1 ポート Ethernet x1 ポート
アンテナ数	1RF ポート (標準)
電気仕様	入力電圧 : 4.5 ~ 35VDC、消費電力 : 3.4W
物理仕様	大きさ : 109x35x141 mm (突起物含まず)、401 g

12.4.2 検証方法

12.4.2.1 回転台中心位置計測観測

1月29日の準備期間を使用して、図12-1に示す回転台の中心にGNSS^{*1}アンテナを設置し、長時間のGNSS定点観測^{*2}を行い、基準点となる点を国土地理院の電子基準点^{*3}との後処理解析^{*4}による相対測位^{*5}で求め、検証で使用するための座標の測定を行った。図12-2には、事前観測作業時のアンテナ設置の様子を示す。

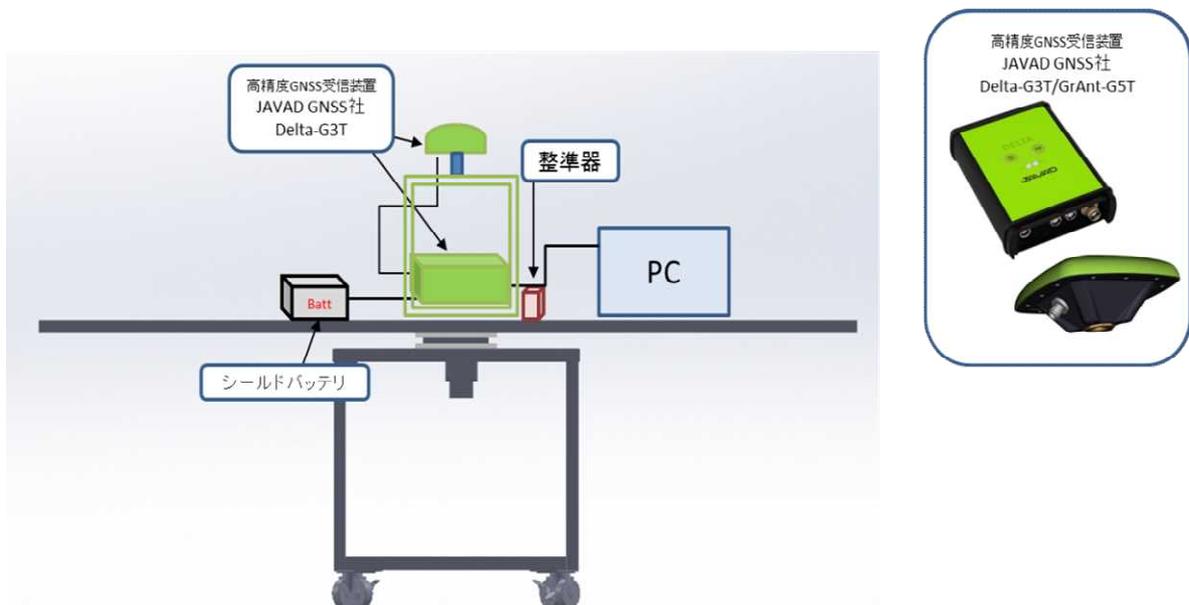


図 12-1 事前観測作業時のシステム構成図

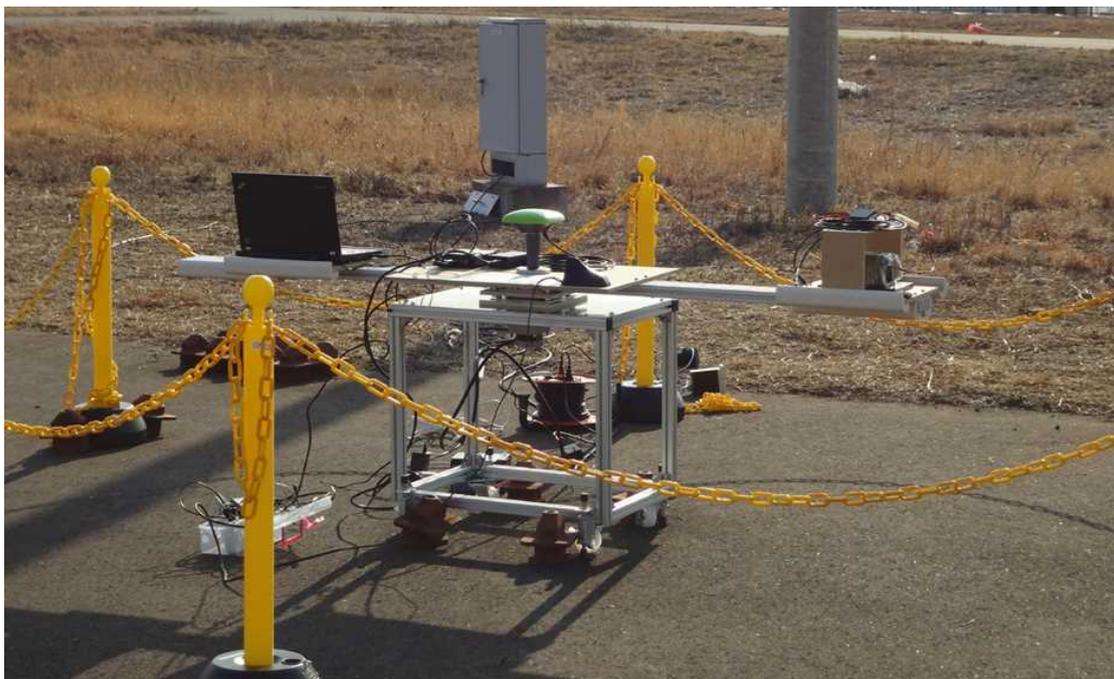


図 12-2 事前観測作業時のアンテナ設置

(1) 観測概要

以下では、観測概要を示す。

- A) 実施時間 2016/1/29 11:25:00 ~ 12:35:00
 01h10m00s
- B) 使用機器 JAVAD DELTA-G3T JAVAD GrAnt-G3T
- C) 解析ソフト JAVAD GNSS 社製 Justin version 1.102.136.1
 RTKLIB 2.4.2 p11
- D) 基準点 電子基準点 つくば1・守谷・阿見・石下

理論値 (計算結果)

- ・使用解析ソフト Justin version 1.102.136.1
- ・使用衛星システム GPS、GLONASS
- ・使用軌道暦 精密暦 (最終暦) *⁶
- ・最低仰角 *⁷ 15 度
- ・緯度 36 度 04 分 49.83228 秒
- ・経度 140 度 04 分 29.11406 秒
- ・楕円体高 65.7289 m
- ・南北方向の標準偏差 0.0003 m
- ・東西方向の標準偏差 0.0003 m
- ・上下方向の標準偏差 0.0004 m

観測結果

- ・使用解析ソフト RTKLIB 2.4.2 p11
- ・使用衛星システム GPS、GLONASS
- ・使用軌道暦 精密暦 (最終暦) *⁶
- ・緯度 36 度 04 分 49.83237 秒
- ・経度 140 度 04 分 29.11409 秒
- ・最低仰角 *⁷ 15 度
- ・楕円体高 65.7282 m
- ・南北方向の標準偏差 0.0006 m
- ・東西方向の標準偏差 0.0006 m
- ・上下方向の標準偏差 0.0009 m

上記の解析の結果、基準となる回転中心の座標を以下とする。

- ・緯度 36 度 04 分 49.83228 秒
- ・経度 140 度 04 分 29.11406 秒
- ・楕円体高 65.7289 m

12.4.2.2 精度検証観測作業

精度評価検証として移動状態および静止状態の測地精度評価をテストコース内の図 12-3 に示す場所で行った。



日本自動車研究所「模擬市街路貸出, 受託試験」リーフレットに加筆

図 12-3 試験実施場所

静止状態の精度評価は、中央台座の中心（回転台の回転中心）に IMAR M200A と JAVAD Delta-G3T を設置して、定点における基準点の座標との差分を評価する。図 12-4 には静止評価時のシステム構成を示す。

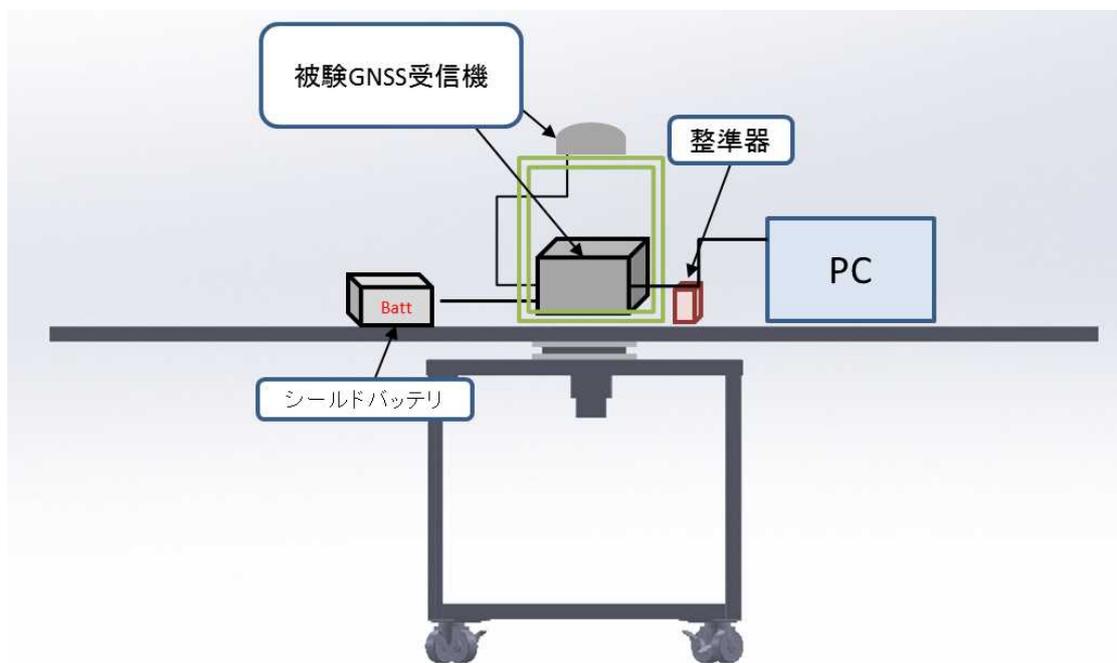


図 12-4 静止評価時のシステム構成

移動状態の測位精度評価のシステム構成図を図 12-5 に示す。VRS^{*8}-RTK^{*9}-GNSS 測位を使用して、被験体となる GNSS 受信機を、外側の台座に固定し、1 分間に 5 回転の速度で 10 分間回転台が動作させ、設置された半径距離と移動体受信機で測位された位置及び中心座標から算出した半径距離を比較し、その測位精度の検証を行った。

測位精度は、衛星の配置に関連するため、衛星配置の異なる時間帯（午前・午後）で観測を実施した。実際の回転台の設置状況を図 12-6 に示す。

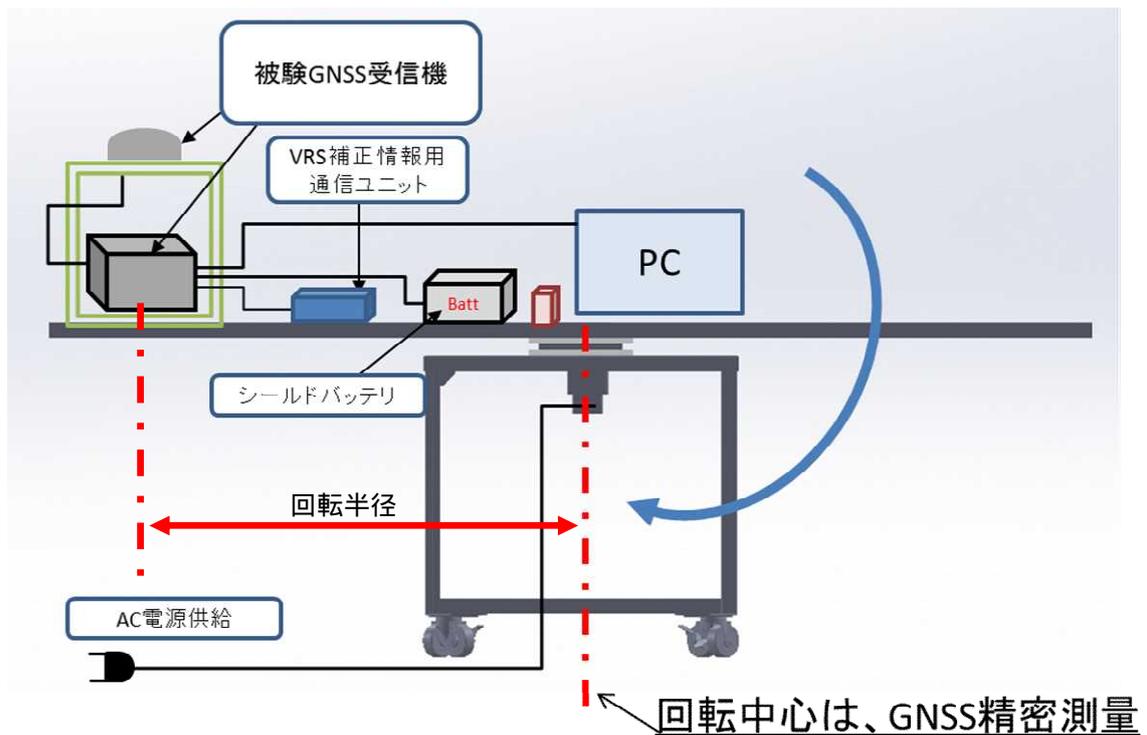


図 12-5 回転台使用時のシステム構成



図 12-6 実際の回転台の設置状況

12.4.3 理論的見地からの精度

12.4.3.1 GNSS 測位の誤差について

GNSS 測位の誤差要因となる代表的なものは以下のものがある。

- ・ 衛星クロック： GNSS 衛星自身の Cs (セシウム) もしくは Rb (ルビジウム) 原子時計の周波数の出力に誤差が生じるために受信時間と出力時間の差を受信機で求める際、位置計算時に誤差を生じる。
- ・ 軌道誤差： 各衛星から出力されるエフェメリス (衛星クロックの誤差、赤道と交差する点、地軸に対する傾き等) は 2 時間ごとの更新であり、これらから計算された衛星の位置と実際の位置には多少の差がある。イメージを図 12-7 に示す。
この原因としては摂動と呼ばれる現象があり、地球の重力が一定でないこと、地球大気による抵抗、月と太陽の引力、太陽輻射圧が大きな要因となる。

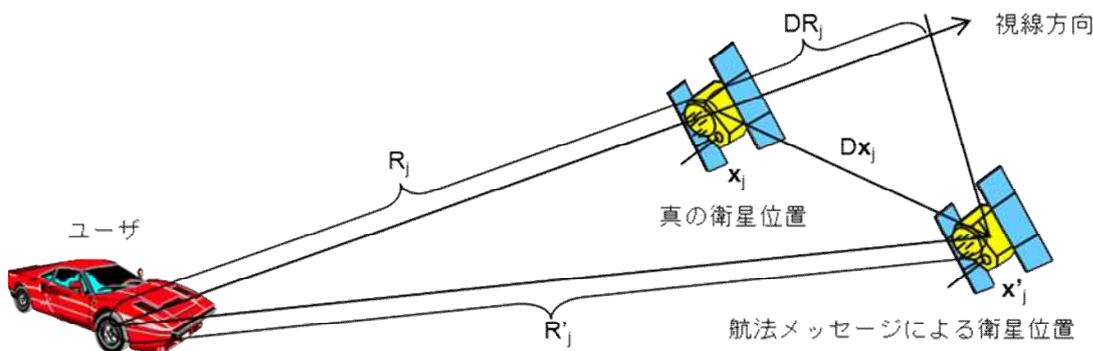


図 12-7 衛星位置の誤差による誤差のイメージ

- ・ 電離層遅延： 地球の地表面から 250 ~ 400km 離れた場所に、空気中の分子や原子が電離した電離層がある。電離層を電波が通過する際に屈折することにより、実際の衛星-受信機間の距離より長い距離が観測されてしまう。このことによる誤差は、周波数により異なる為、衛星其々の遅延量を求める必要がある。衛星からの情報による補正で、最大 50% ほどの誤差の排除が可能になっているが、太陽活動が活発な時期には太陽風が電離層に与える影響が大きくなる為、補正しきれない誤差が生じる場合がある。
- ・ 対流圏遅延： 地球の地表面から 7 km ほど離れた場所に対流圏があり電波が対流層を通過する際に遅延が生じる。しかし、電離層の影響に比べ、比較的測位に与える影響は少ない。乾燥大気の影響は固定的である。気象条件による遅延量の差は湿潤大気による湿度と気圧で遅延量が決まる。電波が通過する距離に対する依存度が大きい。

- ・マルチパス： 図 12-8 のように直接波以外に反射波があると、相関波形を崩して測距誤差が生じる。L1 C/A では約 300m もより遅れた反射波は影響しない。
 相関器の工夫によりマルチパス誤差を抑える技術が各受信機メーカーに採用されている。搬送波位相への影響は小さい。
 対策として、反射波の少ない場所を選ぶことが肝要である。
- ・受信機雑音： 受信機依存で生じる誤差、受信機の稼働時の温度や製造時に許容値内ではあるが排除しきれない誤差など、受信機の個体ごとに異なる。

単独測位の測位精度では、上記誤差要因が測距誤差として含まれる。誤差要因イメージを図 12-8 に示す。

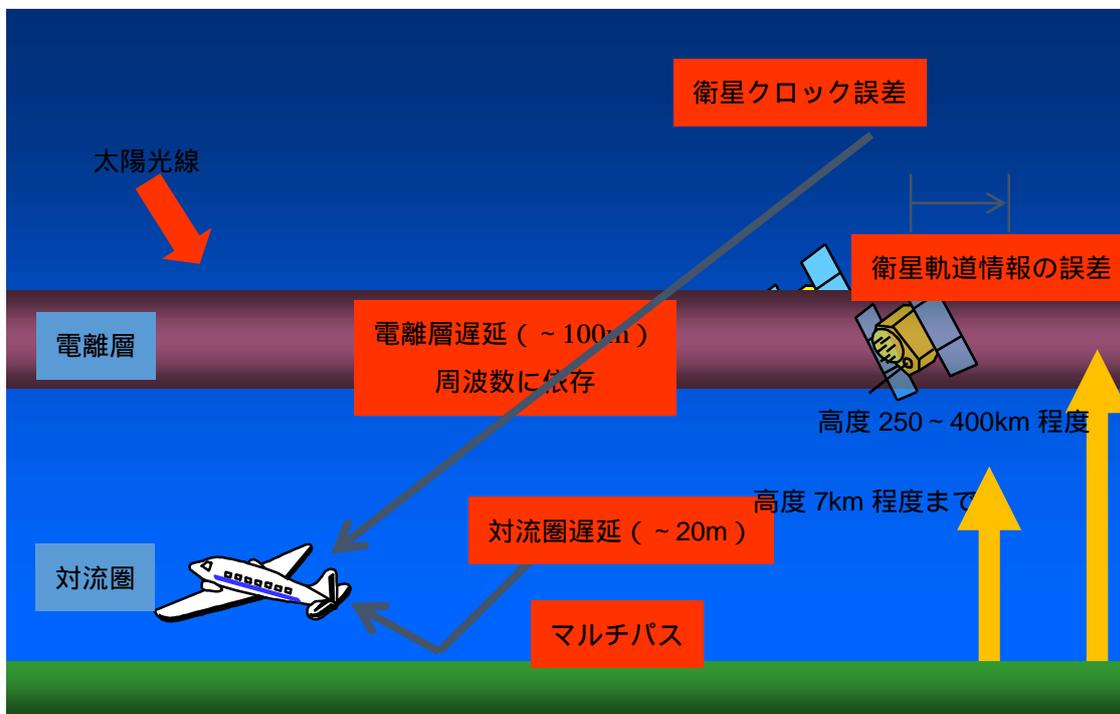


図 12-8 GNSS 測位の誤差要因

本試験では、VRS 方式による RTK 搬送波測位を採用しており、基地局と移動局の相対測位となる。相対測位では、同じ衛星を同時に捕捉して観測している為、以下の誤差要因は、排除される。

- ・軌道誤差： 基準局と移動局があまり離れていない場合は微小である。
- ・衛星クロック： 共通の衛星を観測している為、クロックの誤差は同一である。
- ・電離層遅延： 概ね 10km ほどで電離層の状態が変化する為、基準局と移動局が 10km 以上離れていない場合は微小である。

但し、太陽活動が活発な場合は除く。

- ・対流圏遅延： 高度依存性が大きい為、基準局と移動局の高度に差がなければ微小である。

マルチパスは環境異存、また受信機雑音は受信機依存の誤差要因の為、これらによる影響は排除できない。

12.4.3.2 測位精度指数 DOP について

GNSS の測位精度の指標として、DOP (Dilution of Precision : 精度劣化指数) *¹⁰ が一般的に使用される。

位置精度劣化指数 PDOP に測距精度を乗算することで位置精度、水平精度劣化指数 HDOP に測距精度を乗算することで水平位置精度、垂直精度劣化指数 VDOP に測距精度を乗算することで垂直精度をある程度見積もることができる。DOP の値が小さい程精度が良くなりやすい。

- ・ 水平方向の測位精度 = HDOP × 測距精度
- ・ 垂直方向の測位精度 = VDOP × 測距精度
- ・ 3次元位置の測位精度 = PDOP × 測距精度

上空の衛星が一定方向に固まって配置されている場合すなわち幾何学的配置が悪い場合には DOP の値は、その反対方向へ誤差が大きくなる傾向が見られ、逆に上空に満遍なく衛星が観測されている場合(幾何学的配置が良い)には DOP の値が小さくなり、誤差が小さくなる。

12.4.3.3 GNSS+IMU ハイブリッドシステムの精度について

移動車両 1 台と歩行者には、GNSS+IMU 受信機である IMAR M200A を搭載した。

この理由は、交差点など実験各所に設置したコンテナなどの影響で GNSS 衛星信号の遮断があった場合にも高精度が維持できることである。

GNSS 信号が遮断し、GNSS 測位が精度劣化し、または測位が維持できなくなった場合においても IMU による推定測位で高精度測位を維持できる。以下に別途行った IMAR 200A の性能検証試験の測位結果例を示す。走行場所は、お台場付近でコースを 2 周走行している。図 12-11 は、IMU を使用しない GNSS(GPS+GLONASS) RTK のみの場合の走行軌跡とその時の捕捉衛星数と測位状態を示す。

図 12-9 および、図 12-10 中の赤枠で示した場所は、周囲にビルや鉄道の高架などがあり、GNSS 信号が遮断している場所やマルチパス影響が多い場所で、図 12-9 の IMU を使用しない場合の走行軌跡は RTK 測位が大きくばらついていることがわかる。その時の捕捉衛星数は、図 12-11 で示す紫色折れ線で示しているが、市街地走行のため、捕捉衛星数は、0 ~ 13 個の間で増減を繰り返し、不安定な中を走行しているこ

とがわかる。図 12-10 は、同じルートを GNSS+IMU のハイブリッドモードで走行した時の走行軌跡である。図 12-9 で測位誤差が大きくなった部分を GNSS+IMU モードで補完し高精度な測位を維持できていることがわかる。今回の実証試験では、試験コース内にコンテナが設置され、歩行者や車両がその脇を移動する実験内容が多く含まれている。そのため GNSS 受信機に比べ GNSS+IMU 受信機のほうが影響は少ないと思われる。



図 12-9 GNSS-RTK 時の走行軌跡 (IMU は使用しない)



図 12-10 GNSS+IMU の走行軌跡

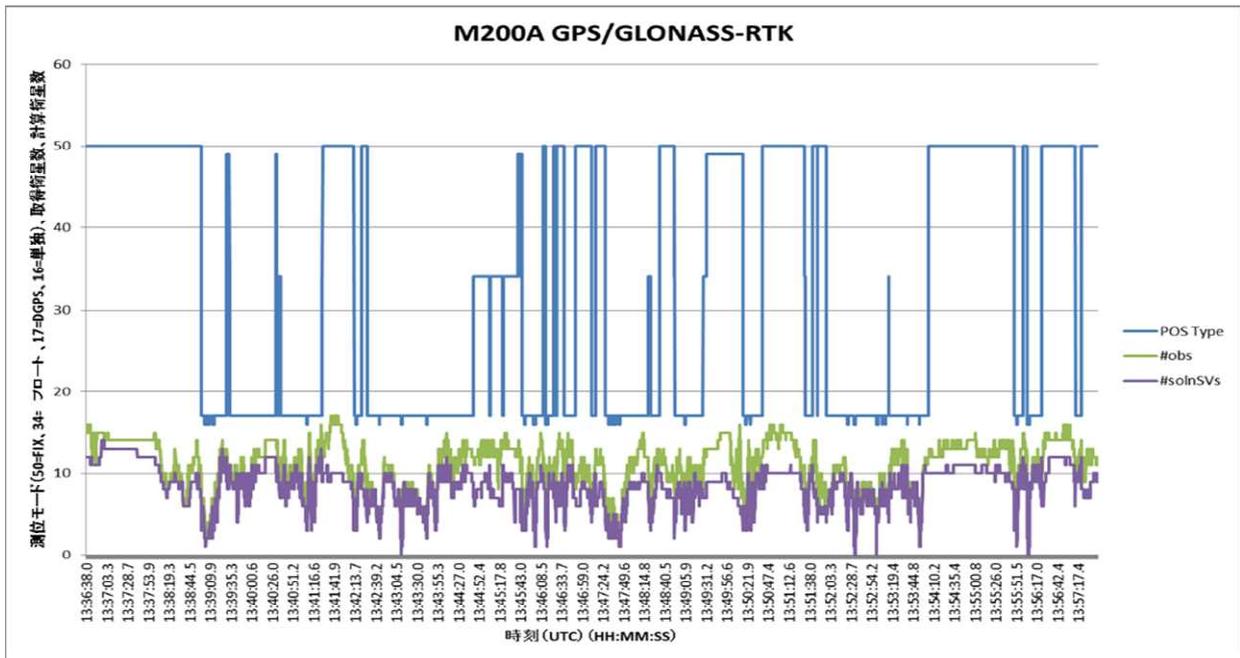
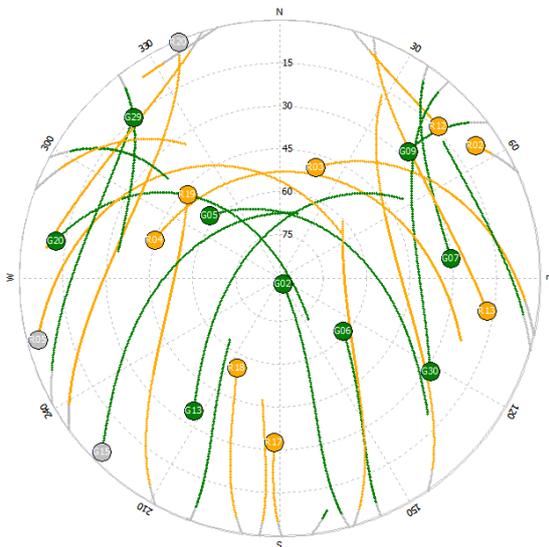


図 12-11 GNSS RTK モードの走行軌跡と捕捉衛星数および測位状態

図 12-11 中の青色のグラフは、測位状態を示し、左側の値の 50 が RTK FIX 状態でその他の値が下がっている部分は FLOAT 状態や単独測位状態となっている。グラフが示すように走行中 RTK 状態は、連続して維持できていないことがわかる。

12.4.3.4 実験期間中の現地の観測状況予測



観測予想時間帯	
1/29	9:00:00 ~ 12:59:30
	2h59m30sec
衛星システム	
GPS	32 機
GLONASS	24 機
衛星取得最低仰角	5°
使用ソフト	
RTKLIB version 2.4.2 p11	

図 12-12 衛星の飛来予測 (1月29日 午前)

衛星の飛来予測を図 12-12 に示す。GPS 衛星は、軌道半径が約 26,560 km で周回周期は 0.5 恒星日 (約 11 時間 58 分) であり、短期間 (実験期間) においては、毎日の時間毎の衛星数とその配置はほぼ同じである。

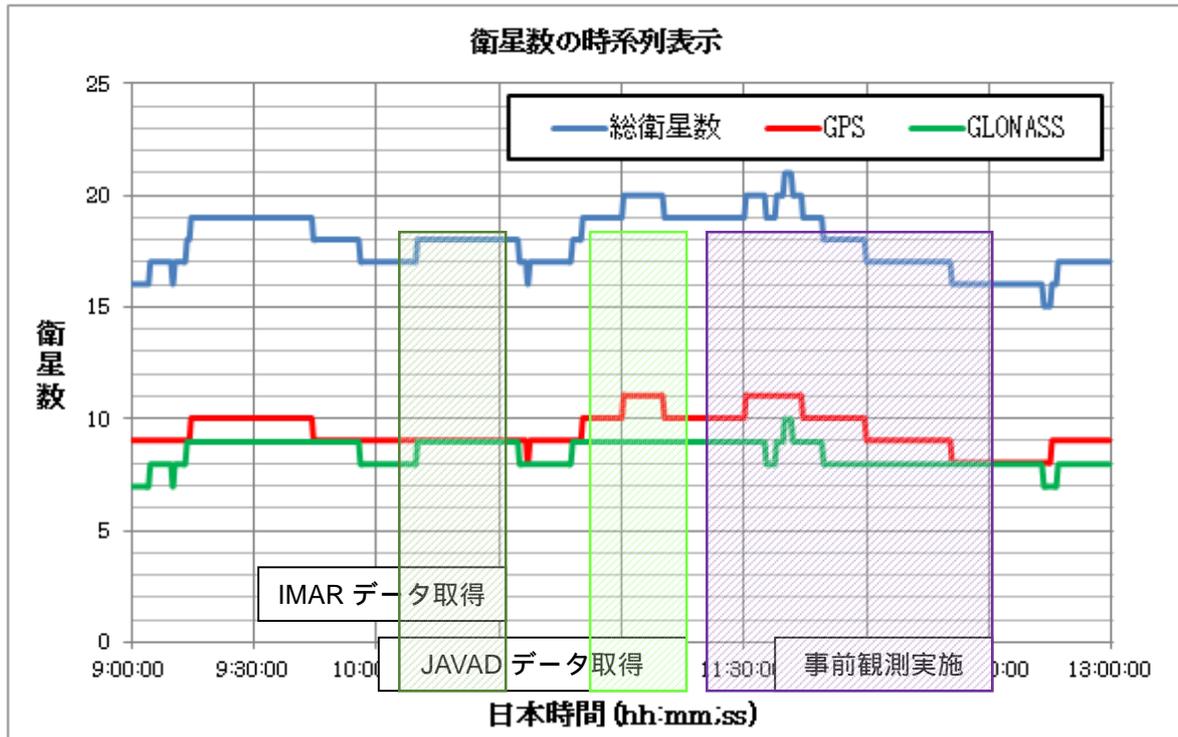


図 12-13 衛星数の時間的な変化の予測 (1月29日 午前)

衛星数の時間的な変化は図 12-13 に示す。計測を行う全時間帯 GPS と GLONASS を合計した衛星数は 16 衛星を超えており、良好な結果が得られると思われる。

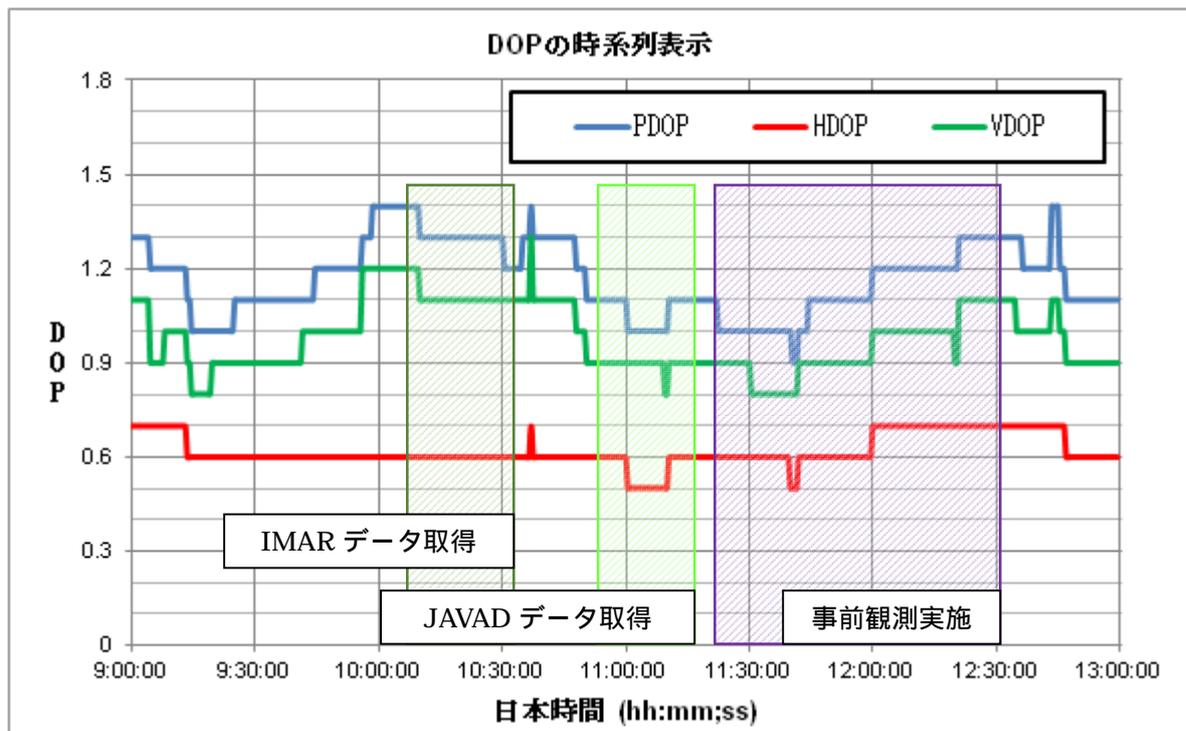
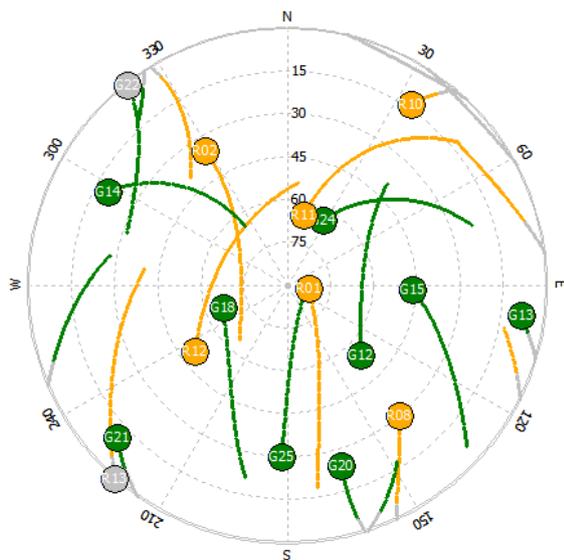


図 12-14 DOP の時間的な変化の予測 (1月29日 午前)

DOP の時間的な変化は図 12-14 に示す。計測を行う全時間帯 HDOP は 1 を下回り HDOP の値も最大で 1.5 程度である。



観測予想時間帯	
1/29	15:00:00 ~ 16:59:30
	1h59m30sec
衛星システム	
GPS	32 機
GLONASS	24 機
衛星取得最低仰角	5°
使用ソフト	
RTKLIB version 2.4.2 p11	

図 12-15 衛星の飛来予測（1月29日 午後）

実験期間中の午後の衛星の飛来予測を図 12-15 に示す。午前中の衛星配置は上空に満遍なく配置されていたが、午後の衛星配置は南東から北西に延びるような形で配置されている。このような場合は、北東から南西に対して誤差が生じやすくなる。

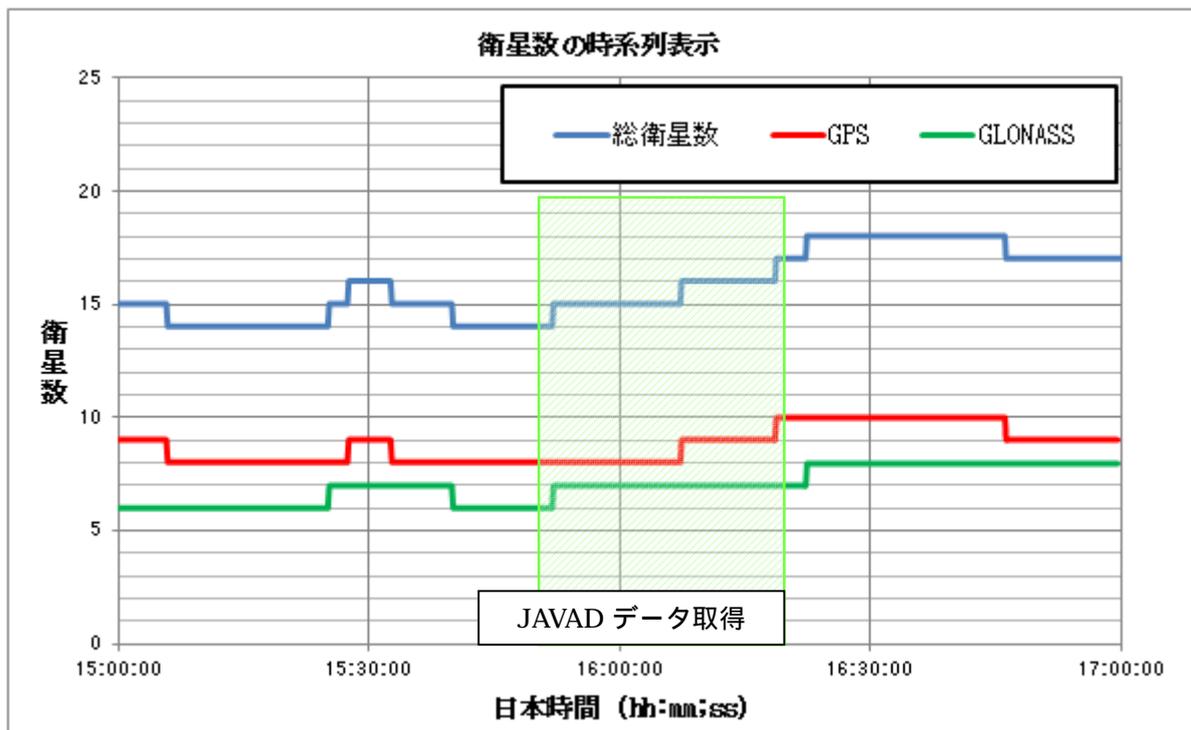


図 12-16 衛星数の時間的な変化の予測（1月29日 午後）

衛星数の時間的な変化は図 12-16 に示す。計測を行う全時間帯 GPS と GLONASS を合計した衛星数はほぼ 16 衛星を超えており、良好な結果が得られると思われる。

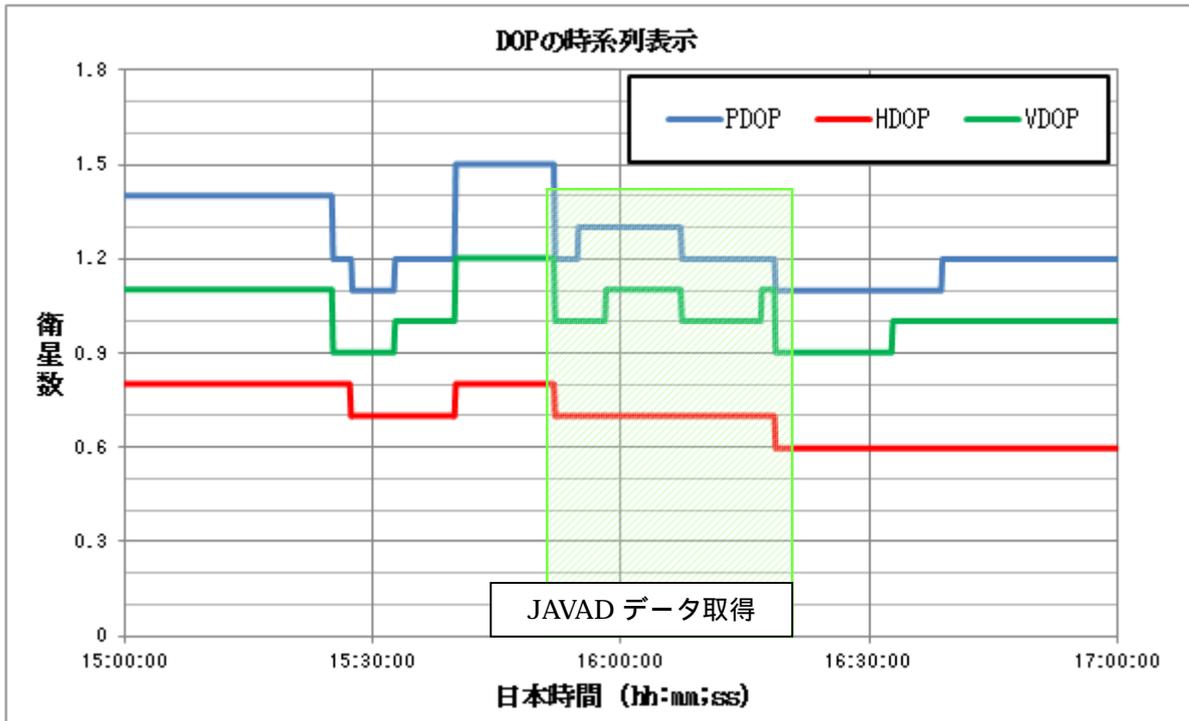


図 12-17 DOP の時間的な変化の予測 (1 月 29 日 午後)

DOP の時間的な変化は図 12-17 に示す。計測を行う全時間帯 HDOP は 1 を下回り HDOP の値も最大で 1.5 程度である。

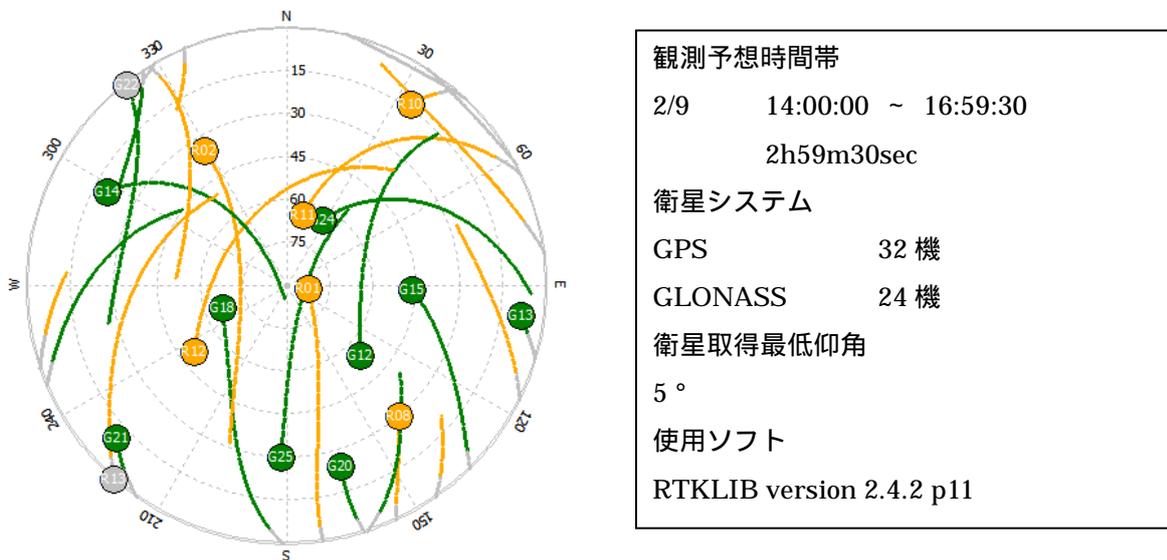


図 12-18 衛星の飛来予測 (2 月 9 日 午後)

最終日の実験期間中の午後の飛来予測を図 12-18 に示す。図 12-14 と比較すると開始時間が 1 時間早いため多少の違いは見られるが、概ね配置状況は同じである。そのため、衛星の偏りが少々見られている。

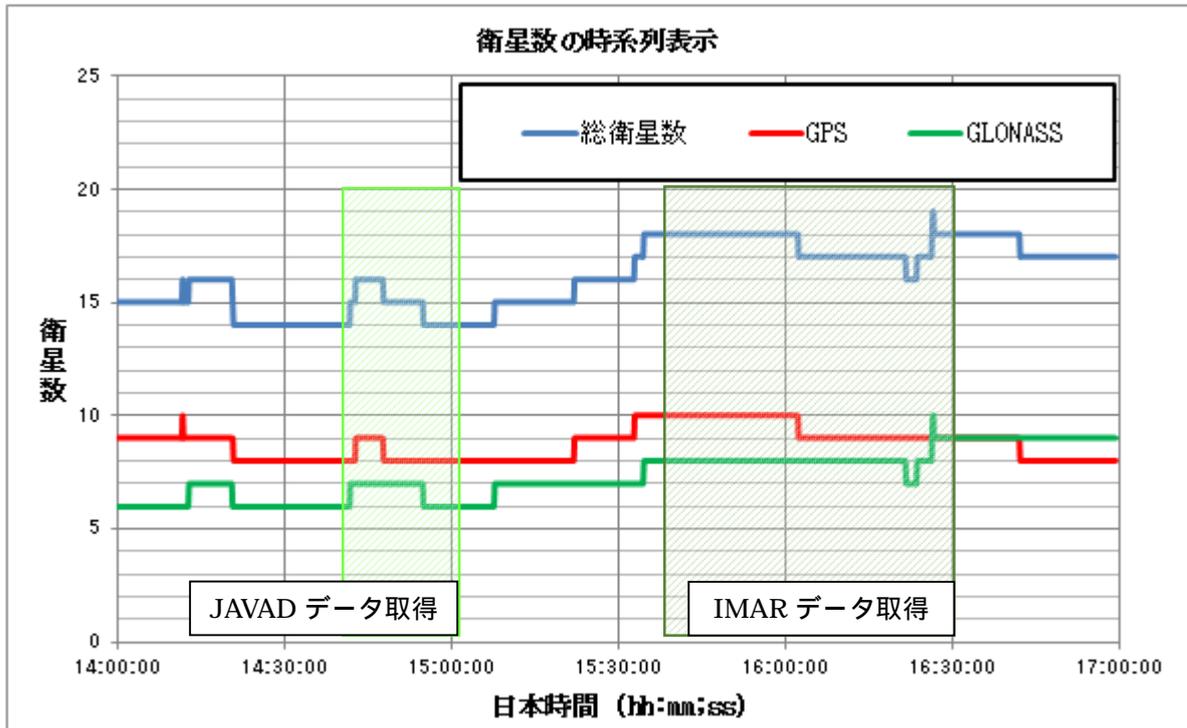


図 12-19 衛星数の時間的な変化の予測（2月9日 午後）

衛星数の時間的な変化は図 12-19 に示す。計測を行う全時間帯 GPS と GLONASS を合計した衛星数はほぼ 15 衛星を超えており、良好な結果が得られると思われる。

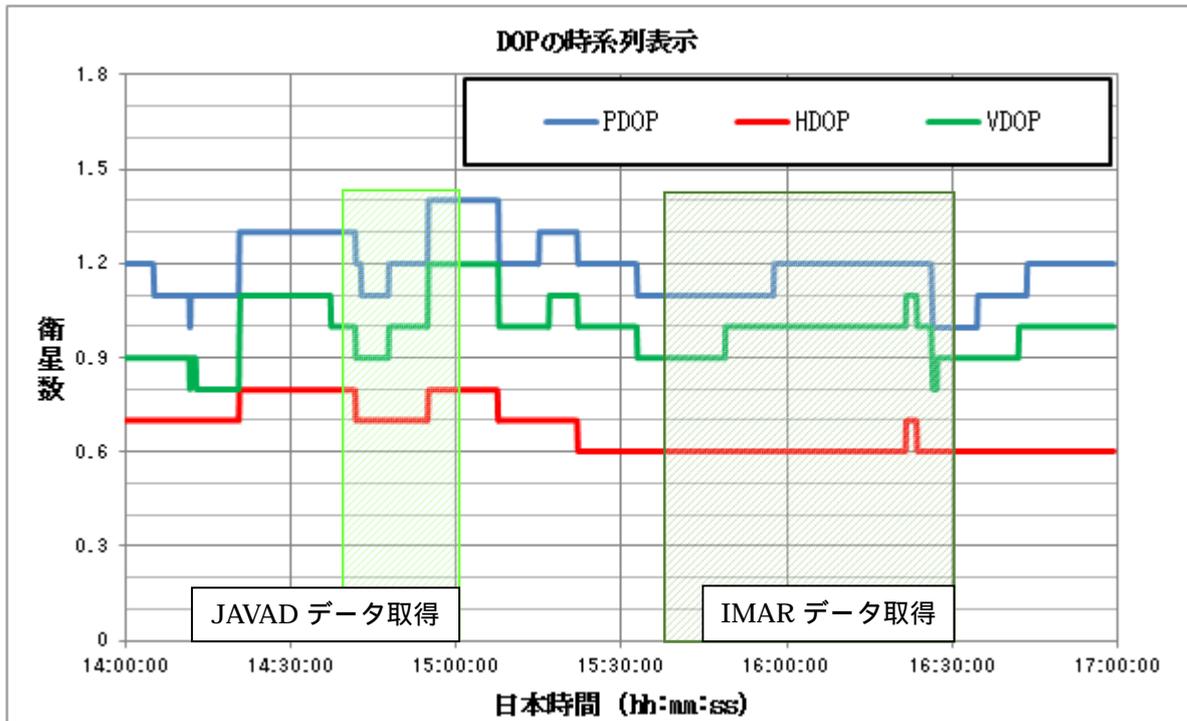


図 12-20 DOP の時間的な変化の予測（2月9日 午後）

DOP の時間的な変化は図 12-20 に示す。計測を行う全時間帯 HDOP は 1 を下回り HDOP の値も最大で 1.5 程度である。

12.4.3.5 実験期間中の現地の実際の観測状況

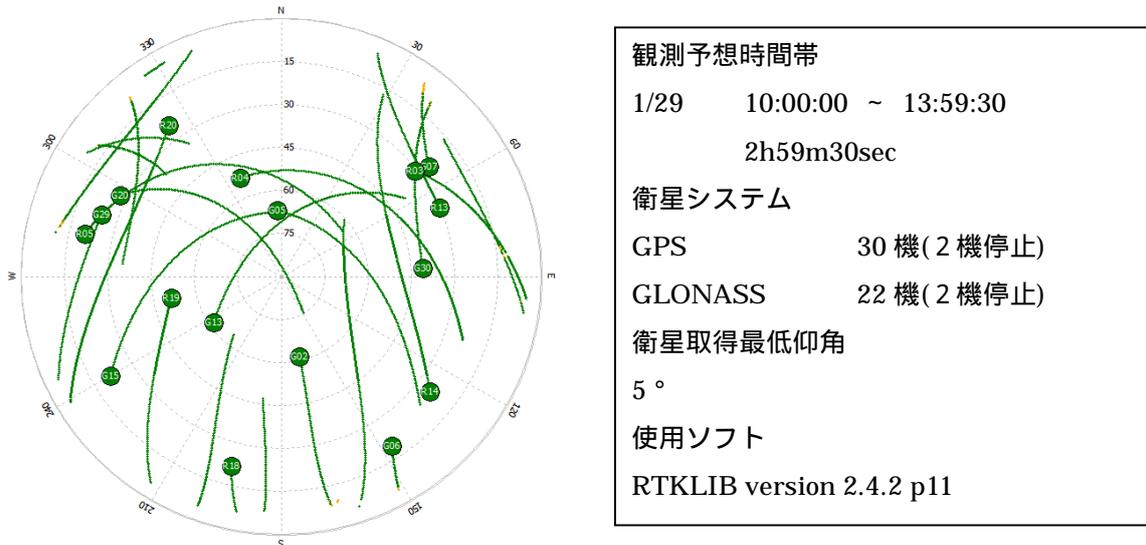


図 12-21 実際の衛星の飛来状況 (1月29日 午前)

精度検証実験期間中に実際に飛来していた衛星の軌跡を図 12-21 に示す。実験期間中 GPS は 2 衛星が寿命により運用停止していた為、全 30 機。GLONASS の 1 機は運用停止、1 機は定期メンテナンス中で停止していたため全 22 機が稼働していた。

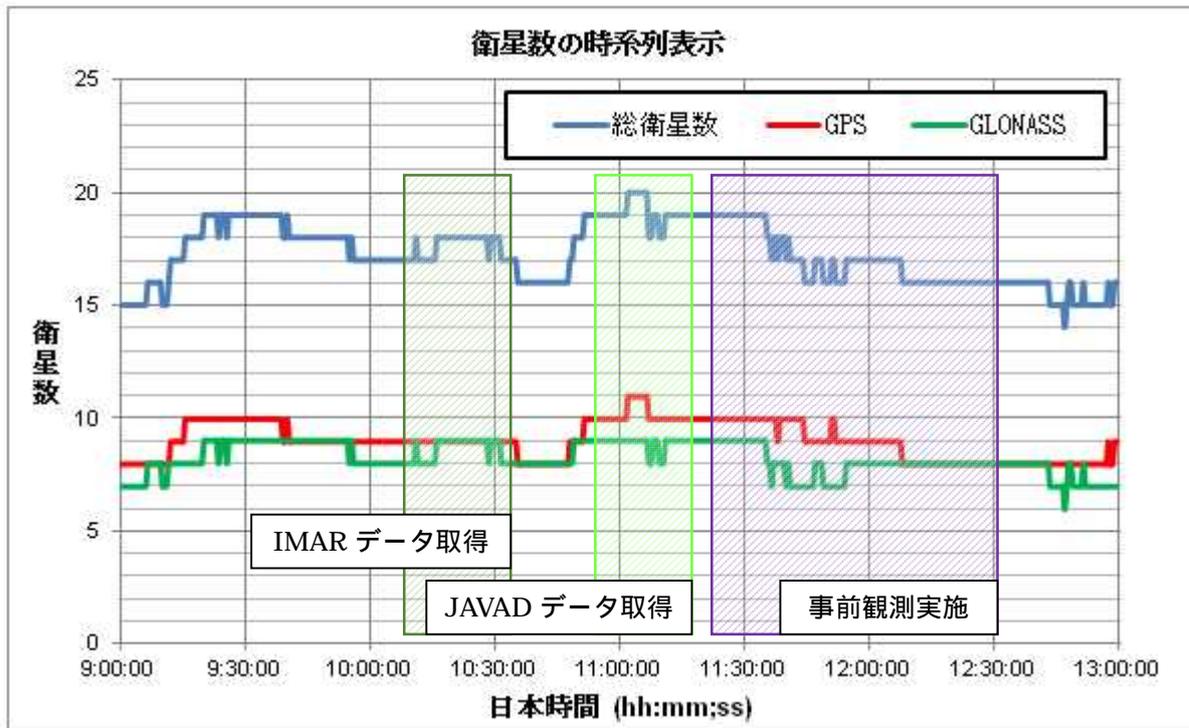


図 12-22 衛星数の時間的な変化 (1月29日 午前)

予測では、16 衛星を下回る時間帯は、12 時以降のみであったが、実際に観測されたものとは相違があった (図 12-22)。これは稼働停止している衛星の影響によるものである。

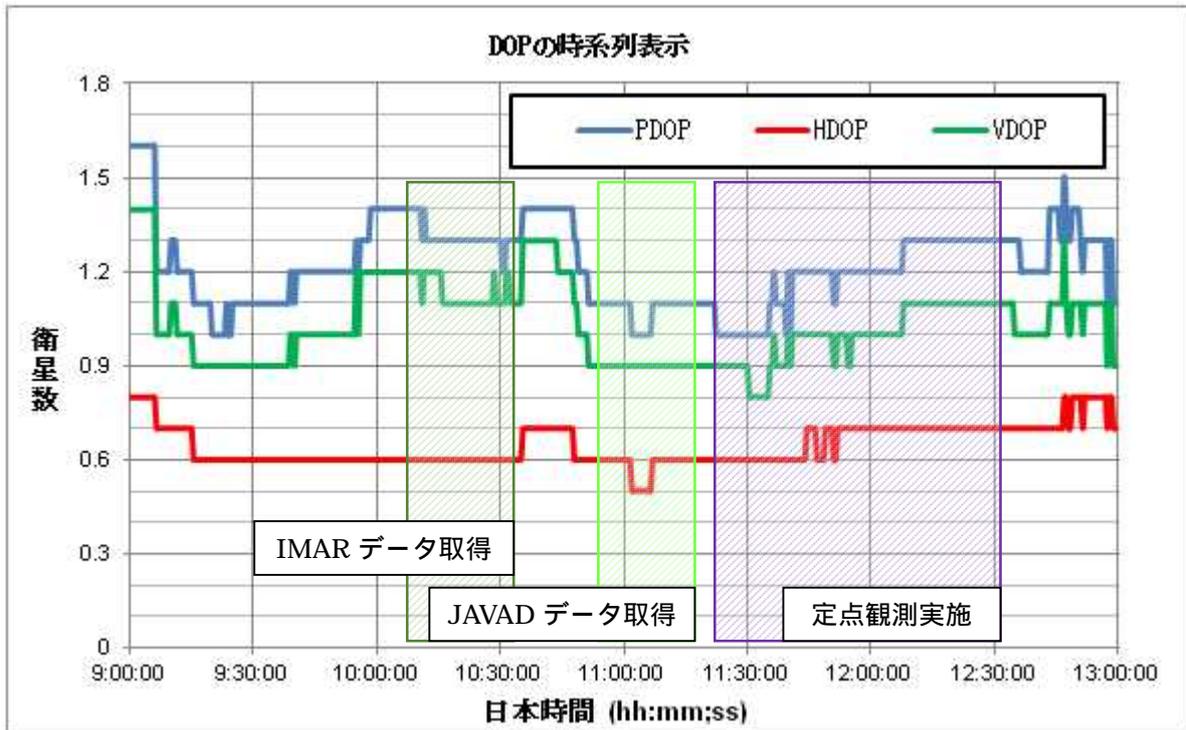
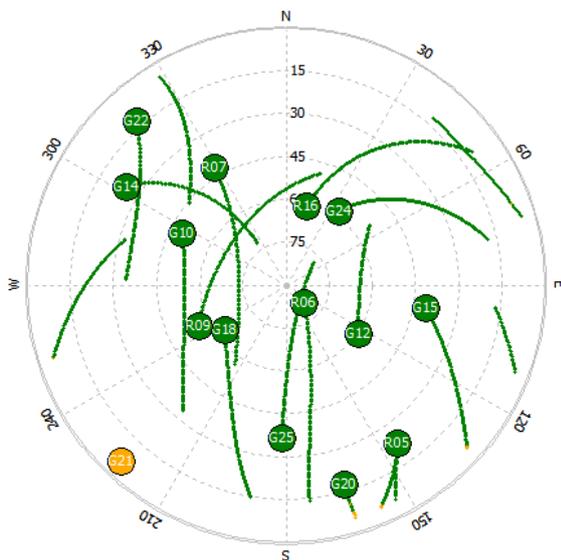


図 12-23 DOP の時間的な変化 (1 月 29 日 午前)

予測よりも各 DOP の値の変動は大きいものの、全時間帯で HDOP は 1 を下回り、PDOP に関しても 1.5 以下に収まっている (図 12-23)。



観測予想時間帯	
1/29	15:00:00 ~ 16:59:30
	1h59m30sec
衛星システム	
GPS	30 機(2 機停止)
GLONASS	23 機(1 機停止)
衛星取得最低仰角	
	5 °
使用ソフト	
	RTKLIB version 2.4.2 p11

図 12-24 実際の衛星の飛来状況 (1 月 29 日 午後)

精度検証実験期間中に実際に飛来していた衛星の軌跡を図 12-24 に示す。実験期間中 GPS は 2 衛星が寿命により運用停止していたため、全 30 機。GLONASS の 1 機は運用停止、1 機は定期メンテナンス中で停止していたため全 22 機が稼働していた。

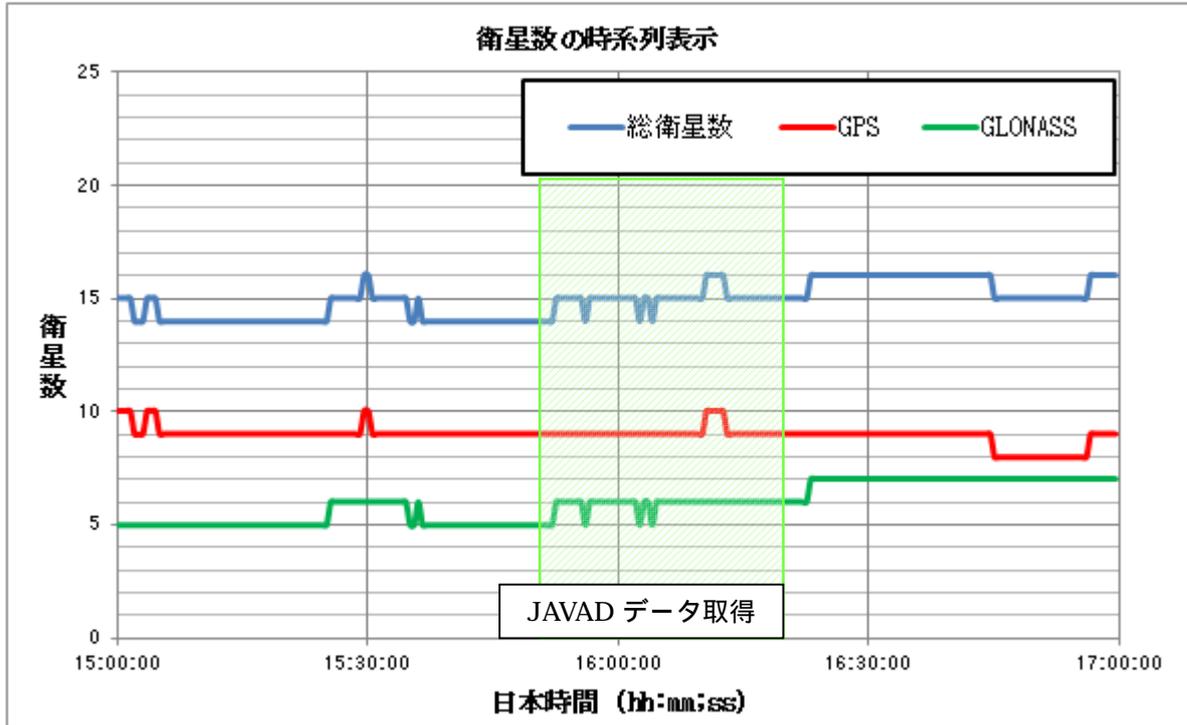


図 12-25 衛星数の時間的な変化 (1月29日 午後)

予測では、試験中は 16 衛星を下回る時間帯はなかったが、実際に観測されたものとは相違があった (図 12-25)。これは稼働停止している衛星の影響によるものである。

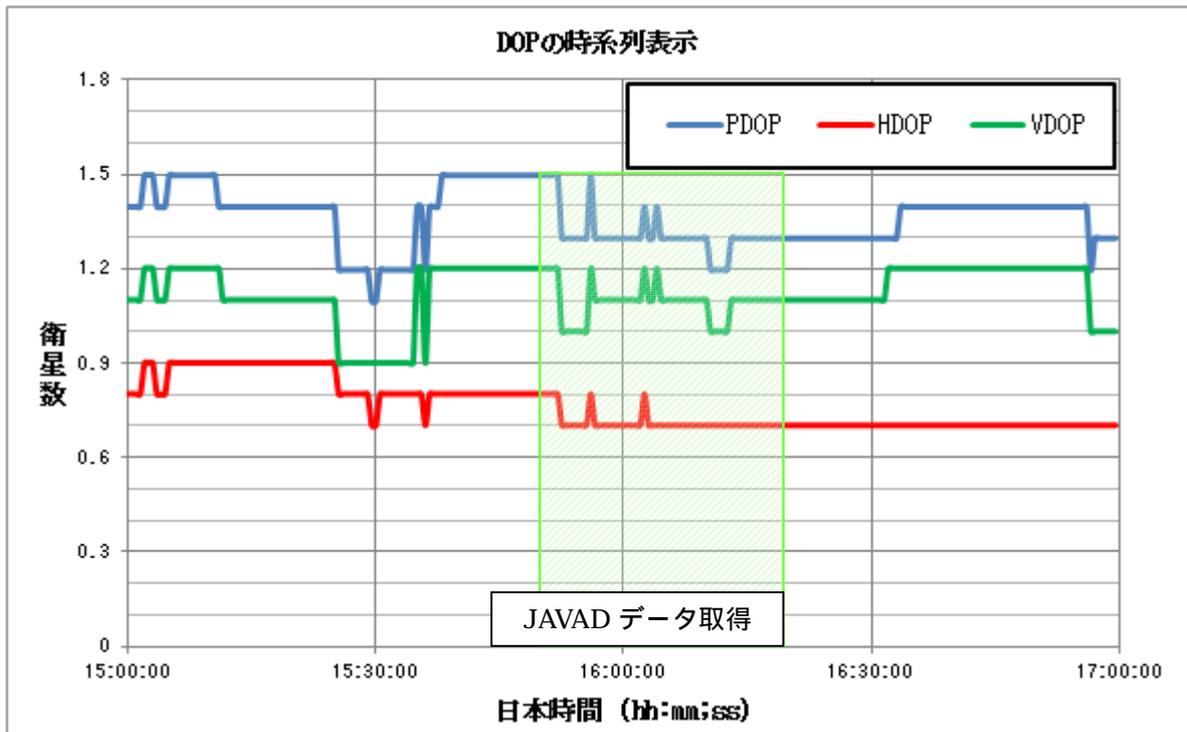


図 12-26 DOP の時間的な変化 (1月29日 午後)

予測よりも各 DOP の値の変動は大きいものの、全時間帯で HDOP は 1 を下回り、

PDOP に関しても 1.5 以下に収まっている (図 12-26)

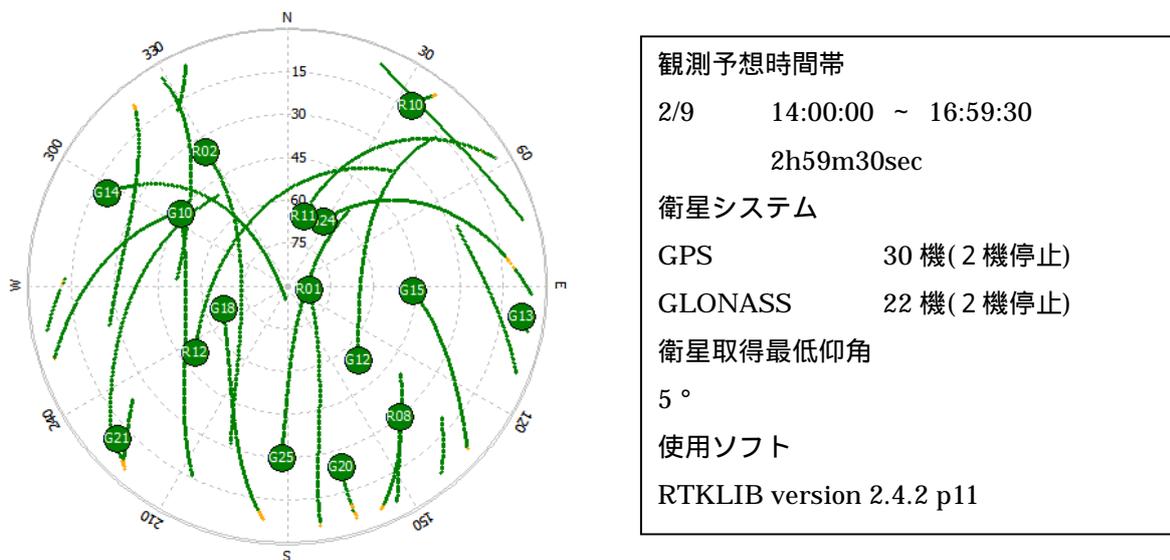


図 12-27 実際の衛星の飛来状況 (2 月 9 日 午後)

精度検証実験期間中に実際に飛来していた衛星の軌跡を図 12-27 に示す。実験期間中 GPS は 2 衛星が寿命により運用停止していたため、全 30 機。GLONASS の 1 機は運用停止していたため全 23 機が稼働していた。

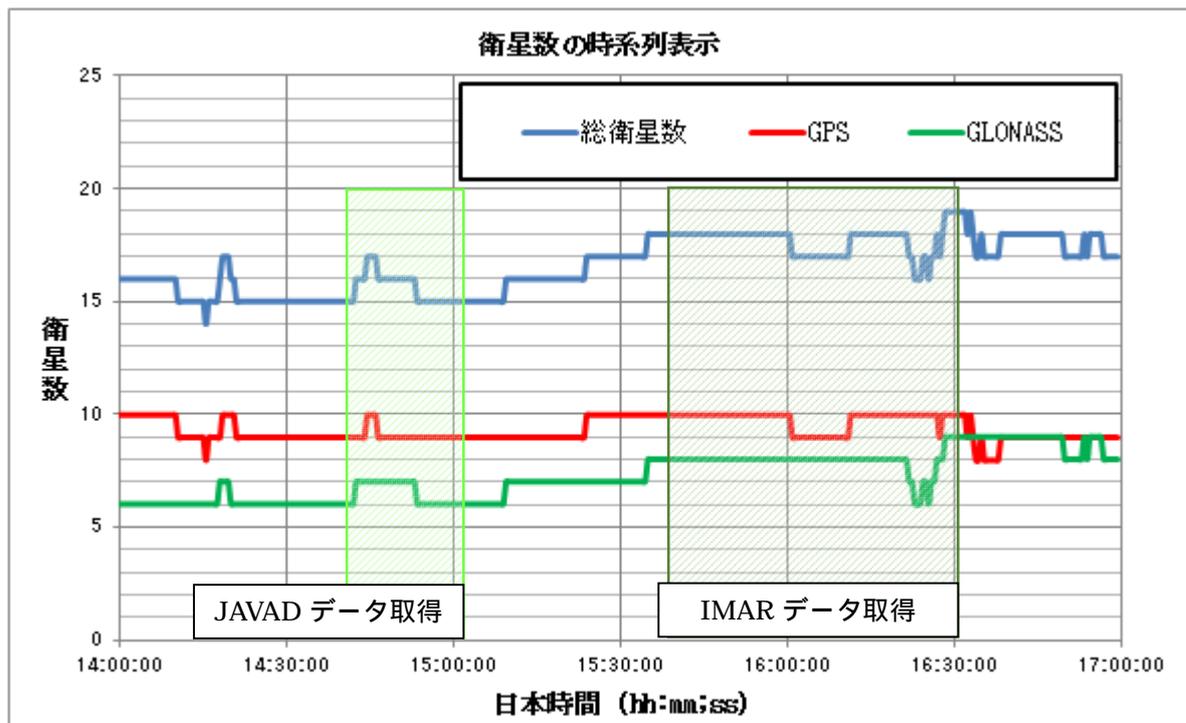


図 12-28 衛星数の時間的な変化 (2 月 9 日 午後)

予測では、衛星数が大きく変化する時間帯はなかったが、観測されたものでは、IMAR の静止観測時の終了時間付近に GLONASS の衛星数に大きな変動があった (図 12-28)

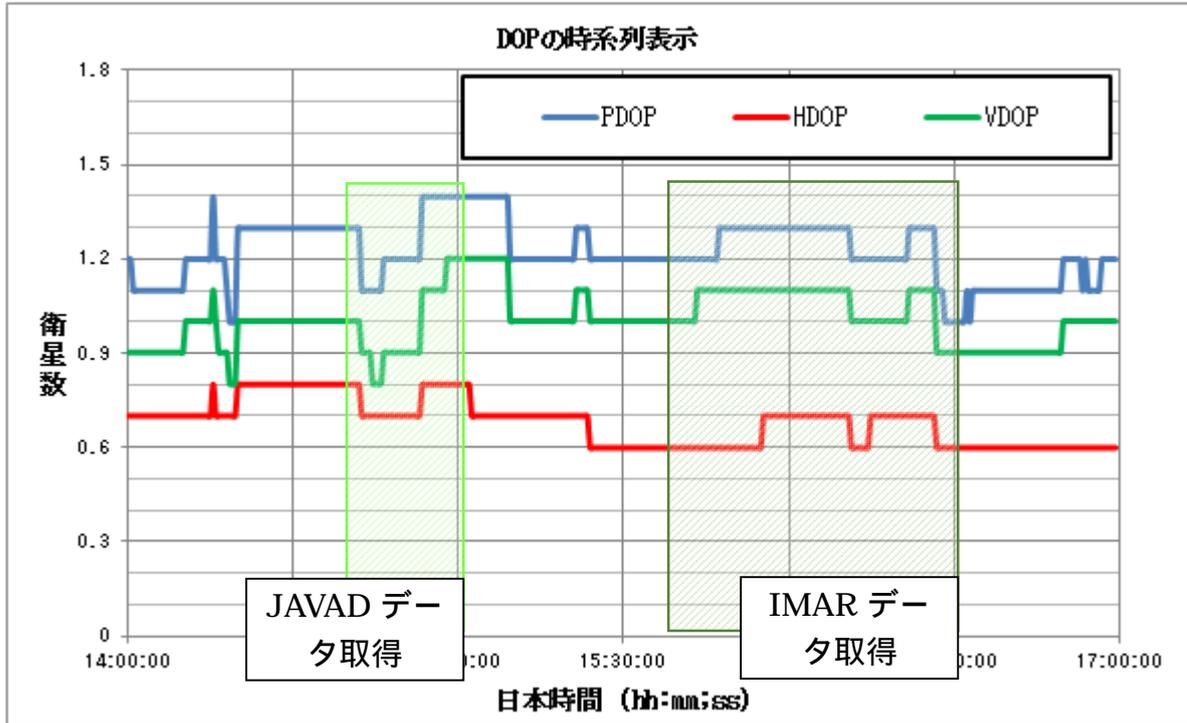


図 12-29 DOP の時間的な変化 (2 月 9 日 午後)

各 DOP の値の変動は大きいですが、全時間帯で HDOP は 1 を下回り、PDOP も 1.4 以下に収まっている(図 12-29)。しかし衛星数の変動が DOP の値にも影響している。

精度検証期間中における、衛星数および DOP の値に関しては、多少の変動はあるものの、十分な結果が得られる観測状態だった。実証実験を行っている際の、衛星数と DOP の変化を 5 日ごとのグラフとして図 12-30 ~ 図 12-33 に示す。

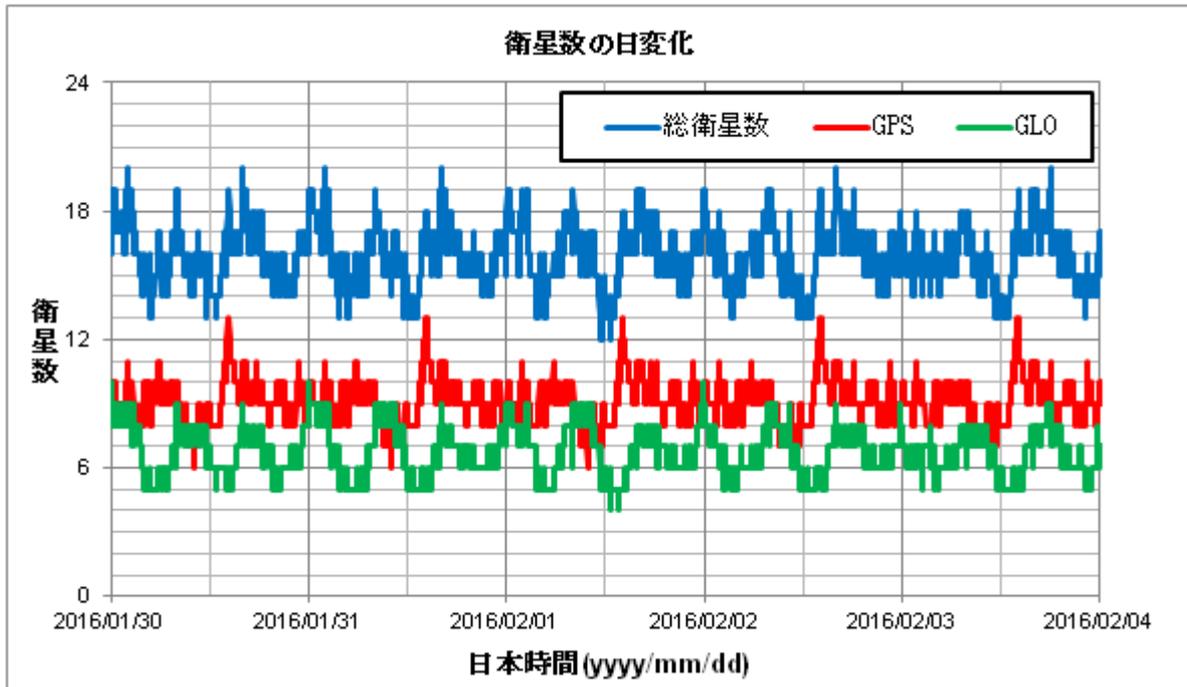


図 12-30 衛星数の日変化 (1 月 30 日 ~ 2 月 4 日)

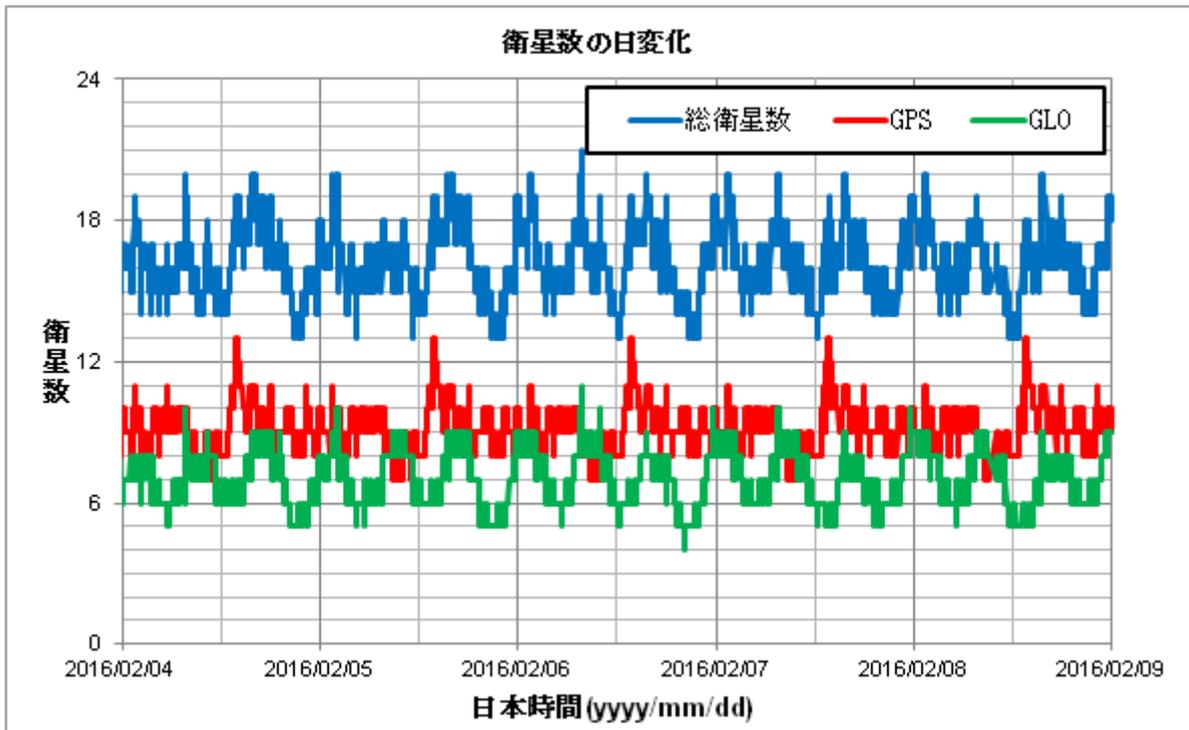


図 12-31 衛星数の日変化 (2 月 4 日 ~ 2 月 9 日)

2 月 1 日の正午頃に最低 12 衛星の時間帯があるがそれ以外は、13 衛星以上が観測できている。衛星数が少なくなる時間帯は正午頃と夜 22 時頃に集中している。

GLONASS のメンテナンスも 2 月 1 日に終了したため、GLONASS の総衛星数は 21 衛星になっている。

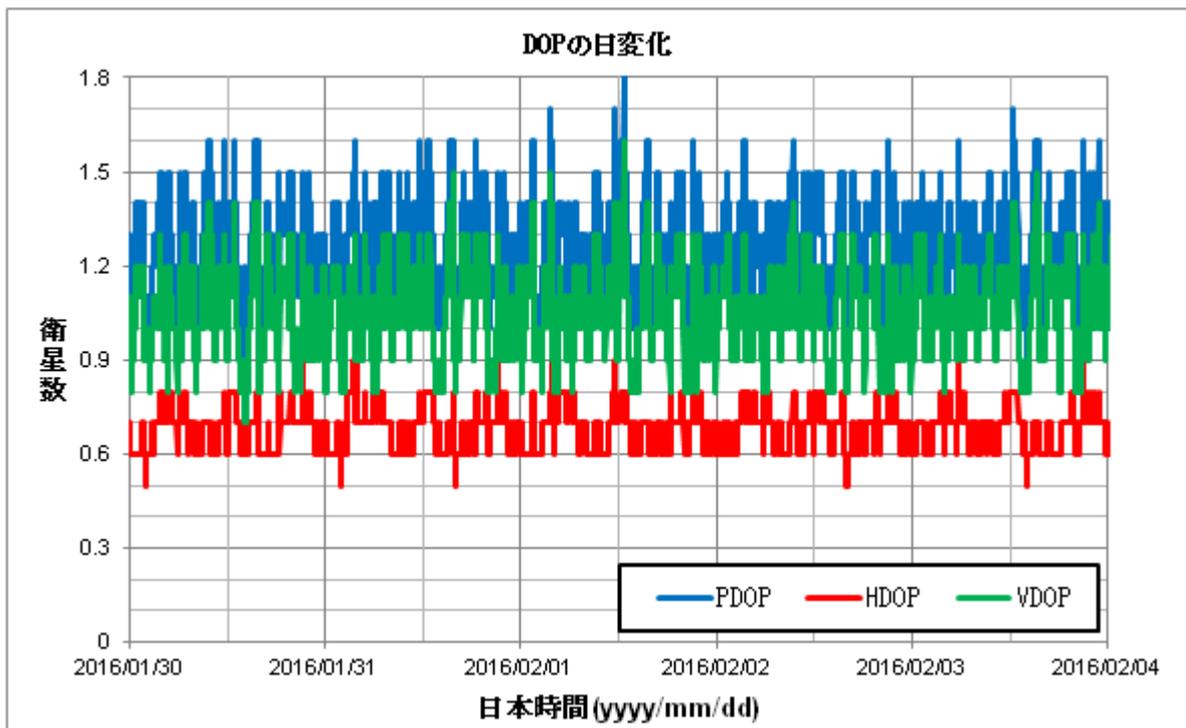


図 12-32 DOP の日変化 (1 月 30 日 ~ 2 月 4 日)

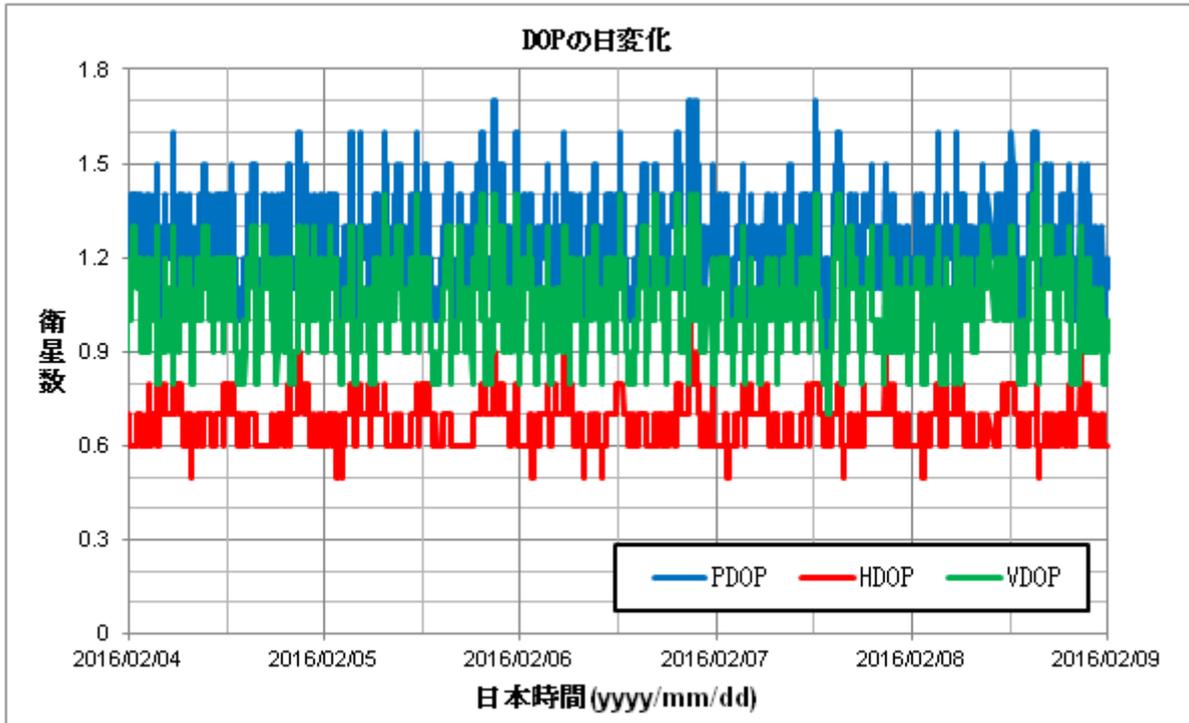


図 12-33 DOP の日変化 (2 月 4 日 ~ 2 月 9 日)

衛星が減少した 2 月 1 日の正午頃の時間帯に HDOP に大きな変動は見られないが PDOP の値が上昇し、1.8 になっており、それ以外の時間帯では 1.7 以下になっている。HDOP は 1 以上になっている時間帯は見られないため、実験期間中においては所望の精度が見込めると思われる。

12.4.4 検証結果

12.4.4.1 定点評価

検証手法で示した方法で、アンテナ及び受信機を固定し、VRS-RTK GNSS 測位をした状態で 20 分間データを取得し、事前観測作業で取得した中心位置を原点として、そこからの差分をグラフに記載した (図 12-34 ~ 図 12-37)。また、基準座標は以下の通りである。

基準座標 (事前観測試験概要 (回転中心点座標の精密測量値))

- ・緯度 36 度 04 分 49.83228 秒
- ・経度 140 度 04 分 29.11406 秒
- ・楕円体高 65.7289 m

(1) iMAR iTraceRT-M200A 定点評価

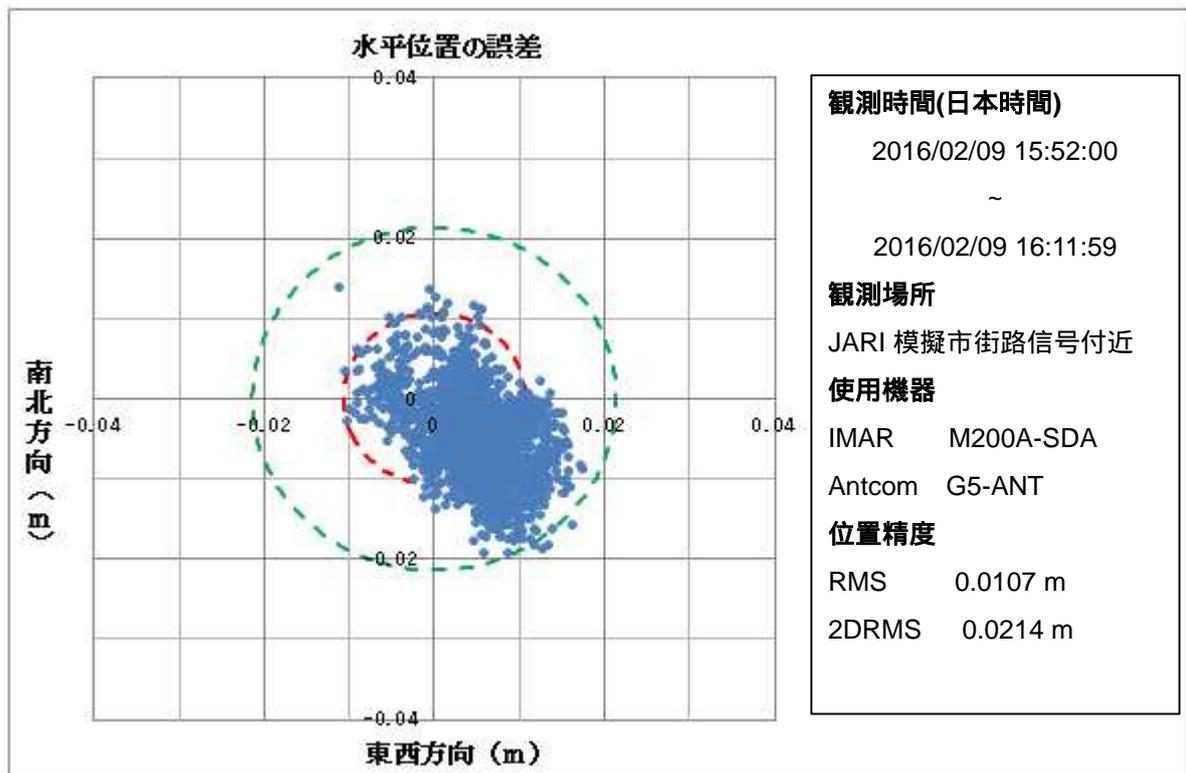


図 12-34 iMAR iTraceRT-M200A 水平位置定点評価

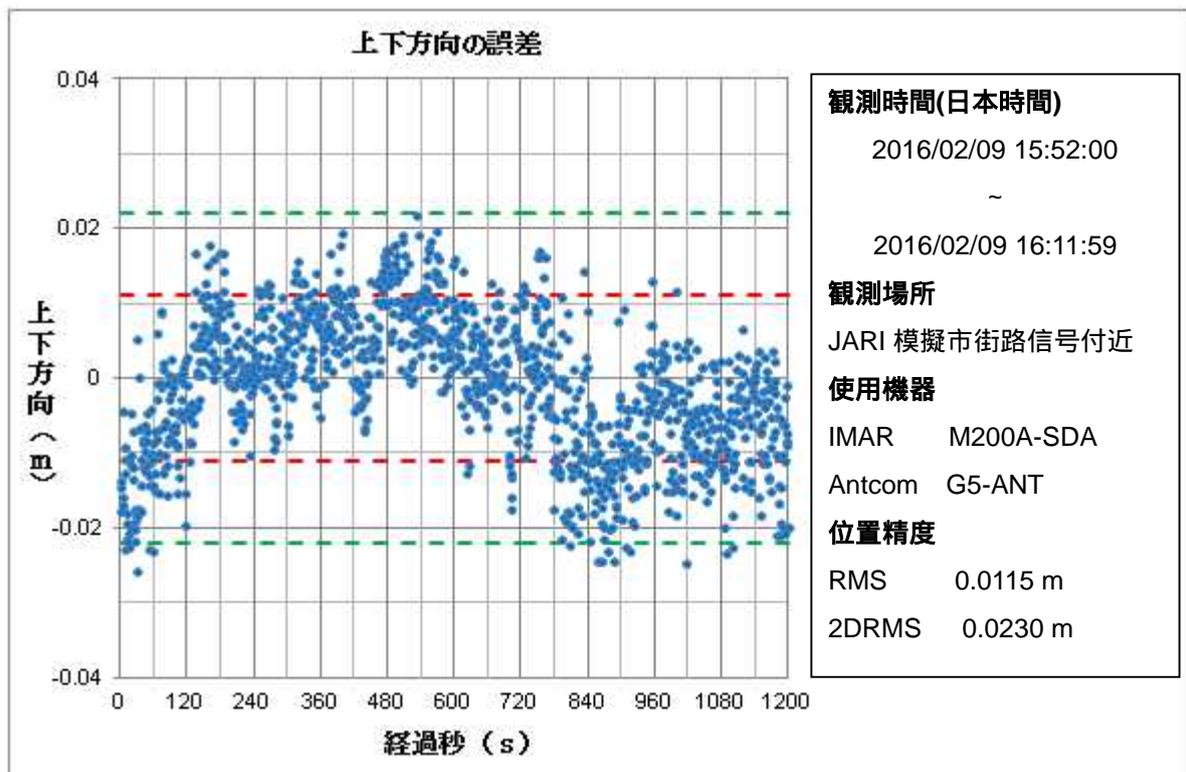


図 12-35 iMAR iTraceRT-M200A 垂直位置定点評価

(2) Delta-G3T 定点評価

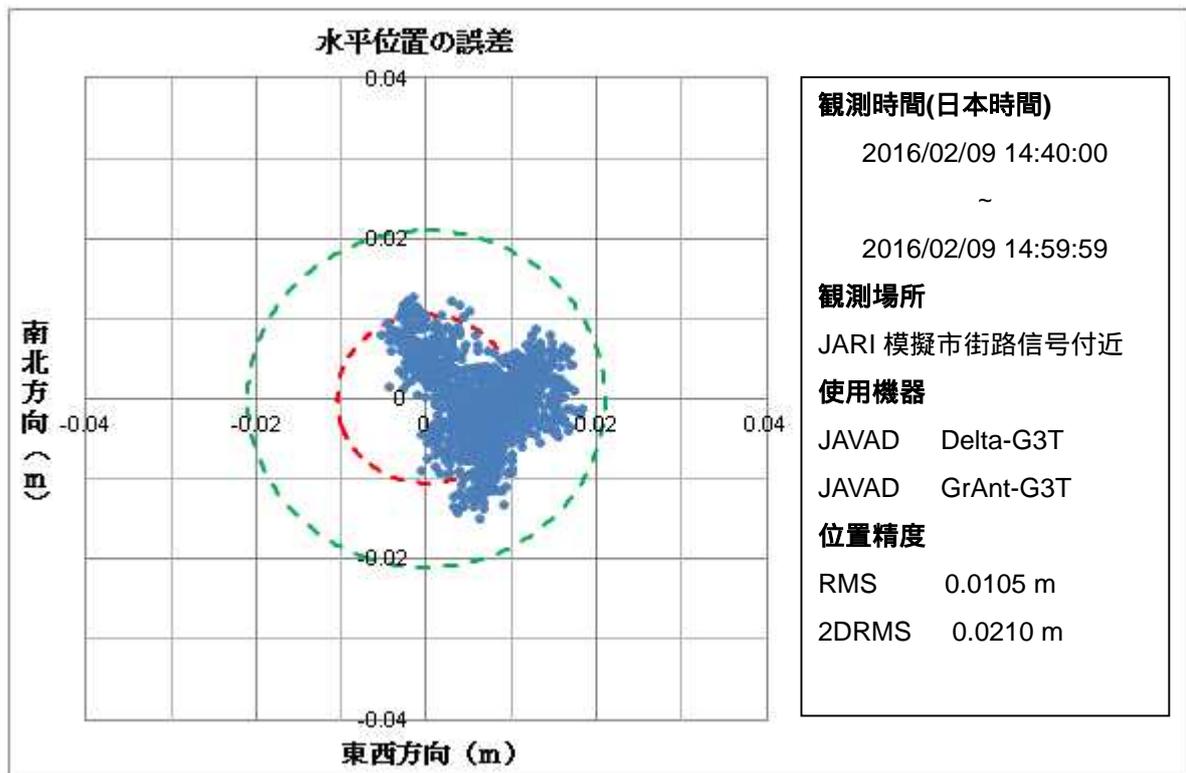


図 12-36 JAVAD Delta-G3T 水平位置定点評価

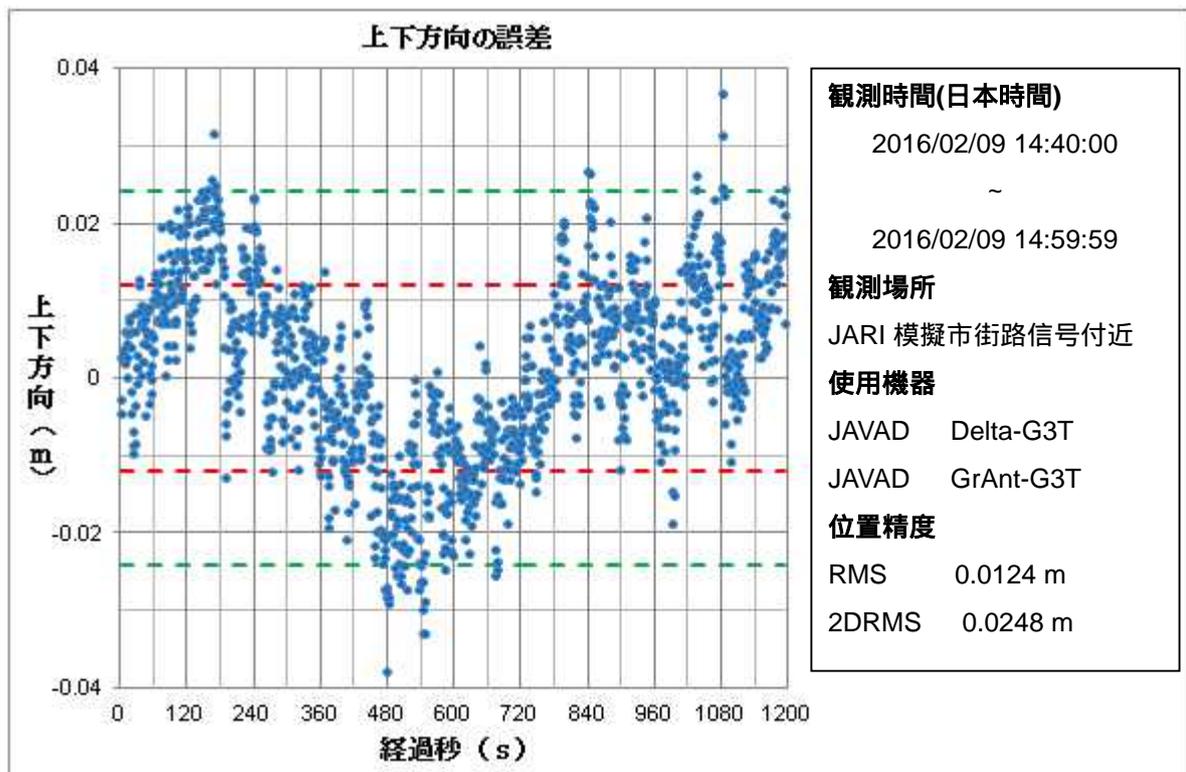


図 12-37 JAVAD Delta-G3T 垂直位置定点評価

12.4.4.2 移動時の位置の動き

移動時の計測は、0.1 秒ごとに計測結果を取得した為、横軸の表記を秒ではなくエポックとして表記しています。1 エポック 0.1 秒で合計 6000 エポックのデータを評価対象として、グラフに記載した（図 12-38～図 12-45）。

実験手法の項で述べたように縦軸の値は、上記の基準半径と計測された移動体の位置と中心座標の距離との差分を計算し、誤差を表示する。また、基準座標は以下の通りである。

基準座標 （事前観測試験概要（回転中心点座標の精密測量値））

- ・緯度 36 度 04 分 49.83228 秒
- ・経度 140 度 04 分 29.11406 秒
- ・楕円体高 65.7289 m

(1) iMAR iTraceRT-M200A 移動時の評価

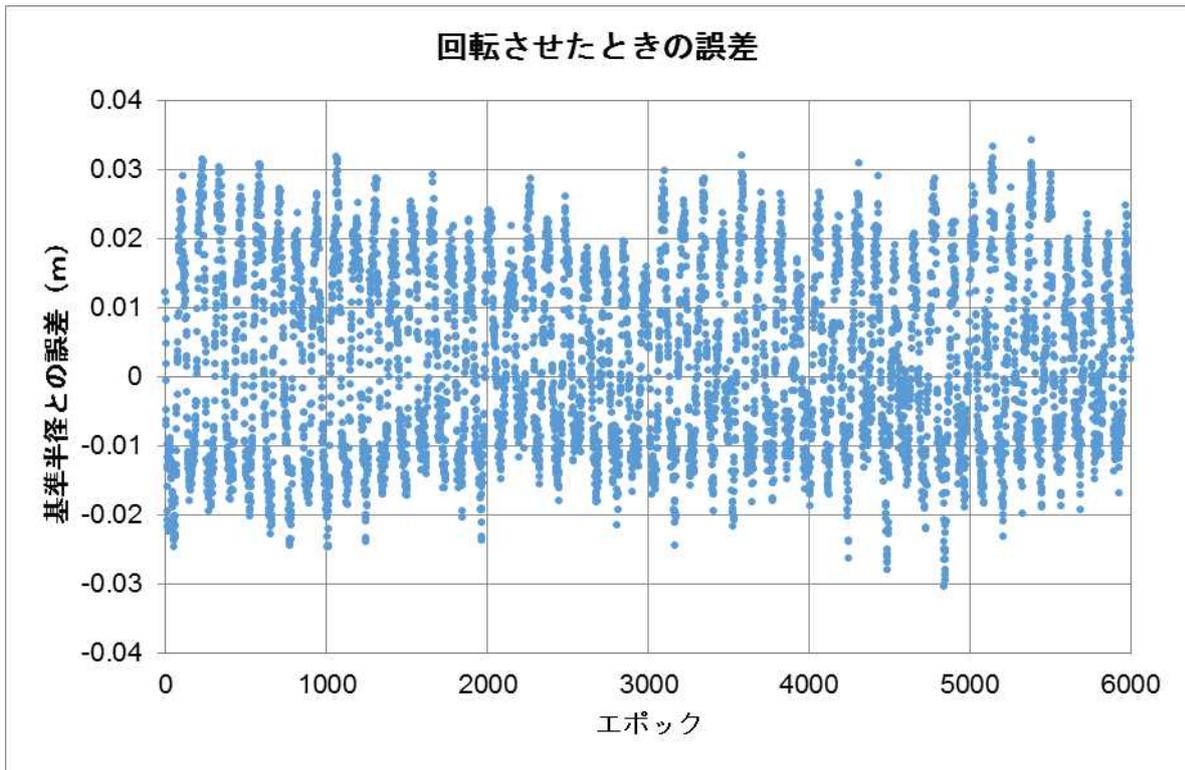


図 12-38 iMAR iTraceRT-M200A を回転させたときの基準半径との差分 (1月29日 午前)

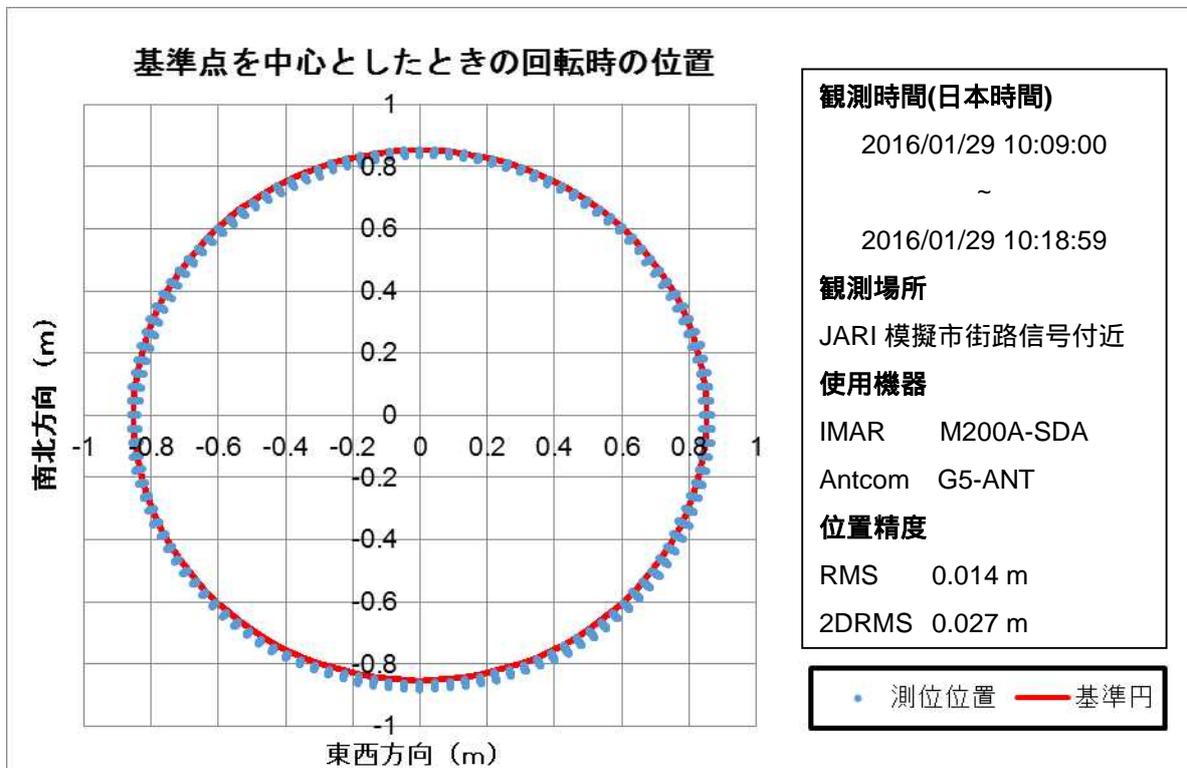


図 12-39 iMAR iTraceRT-M200A を回転させたときの基準円との差分 (1月29日午前)

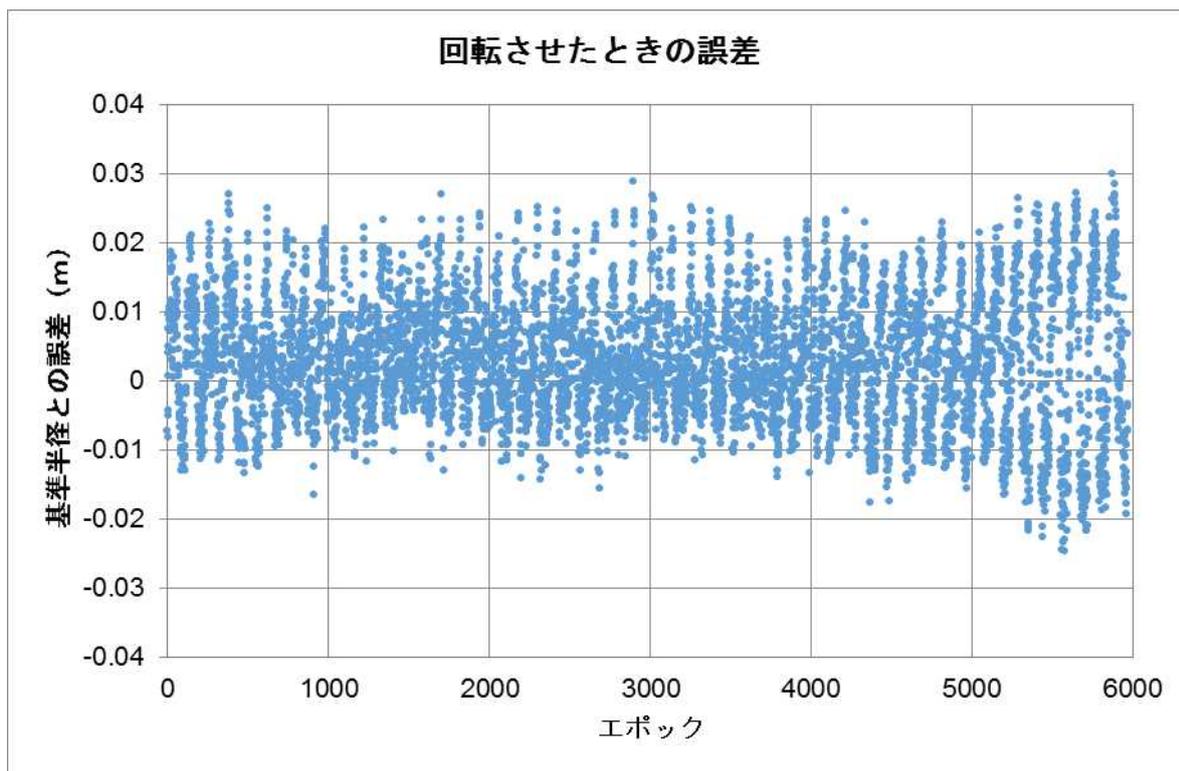


図 12-40 iMAR iTraceRT-M200A を回転させたときの基準半径との差分
(2月9日 午後)

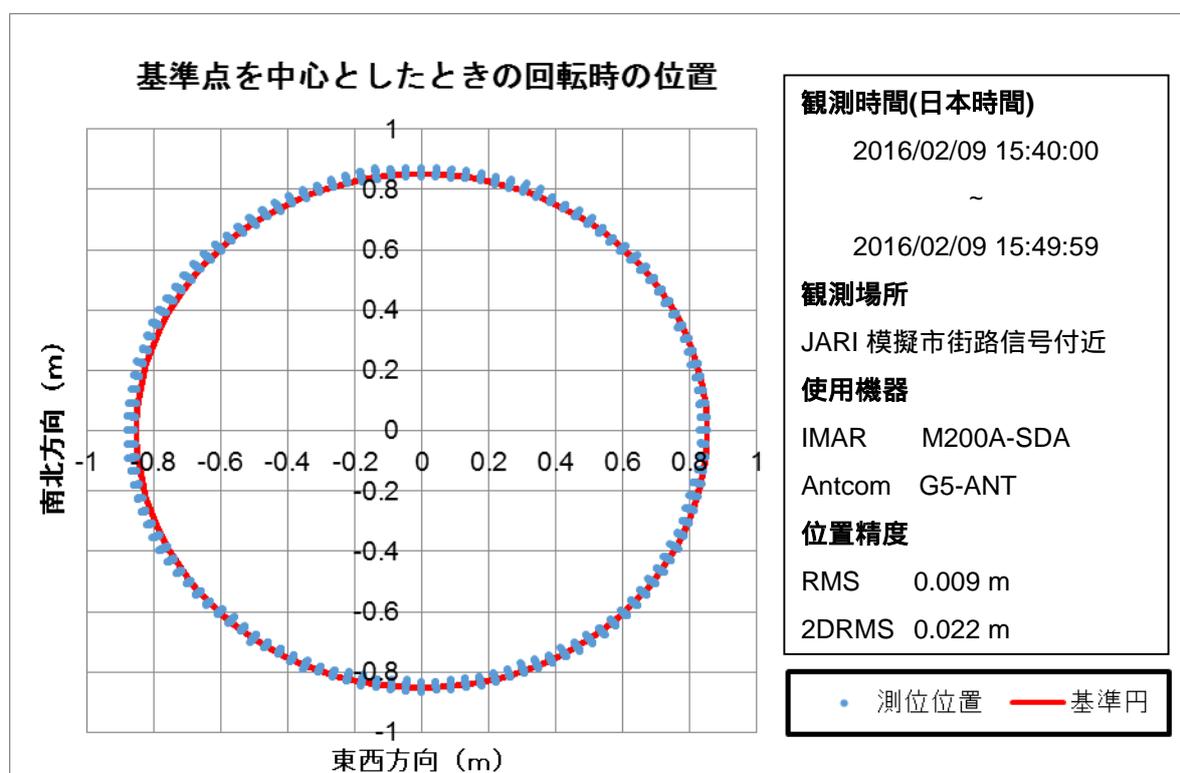


図 12-41 iMAR iTraceRT-M200A を回転させたときの基準円との差分 (2月9日 午後)

(2) JAVAD Delta-G3T 移動時の評価

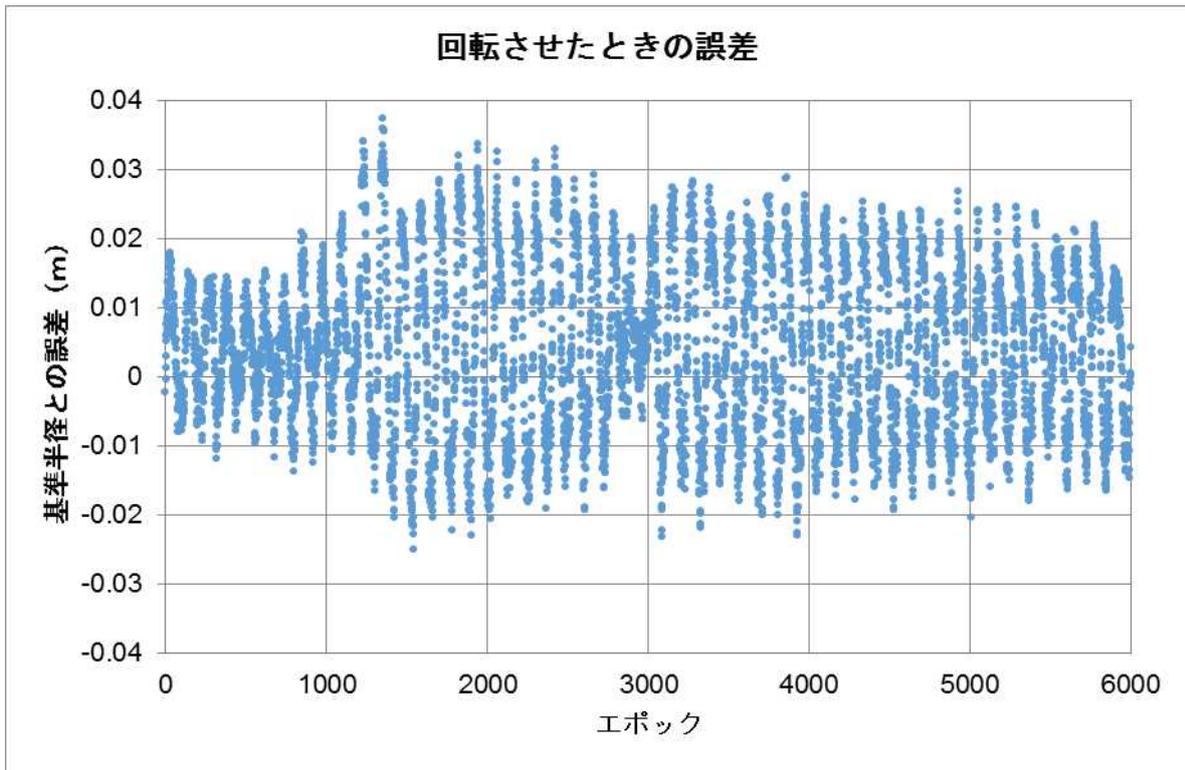


図 12-42 JAVAD Delta-G3T を回転させたときの基準半径との差分(1月29日 午前)

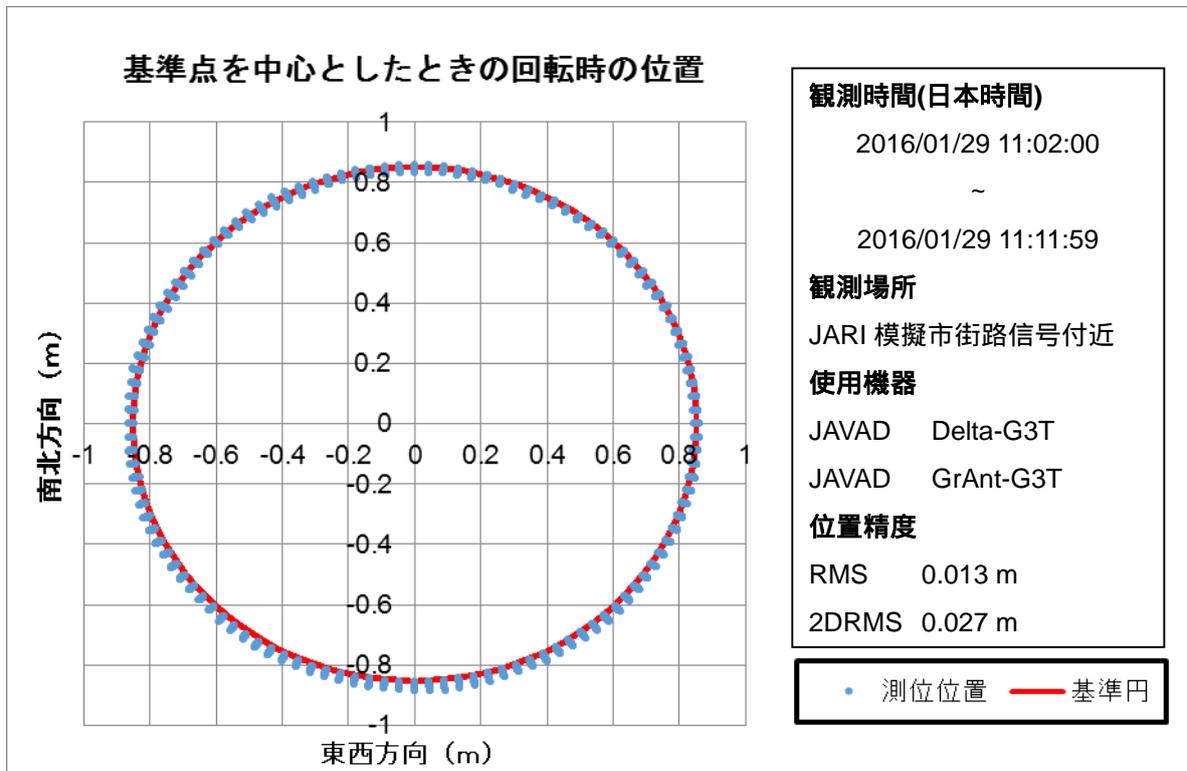


図 12-43 JAVAD Delta-G3T を回転させたときの基準円との差分 (1月29日 午前)

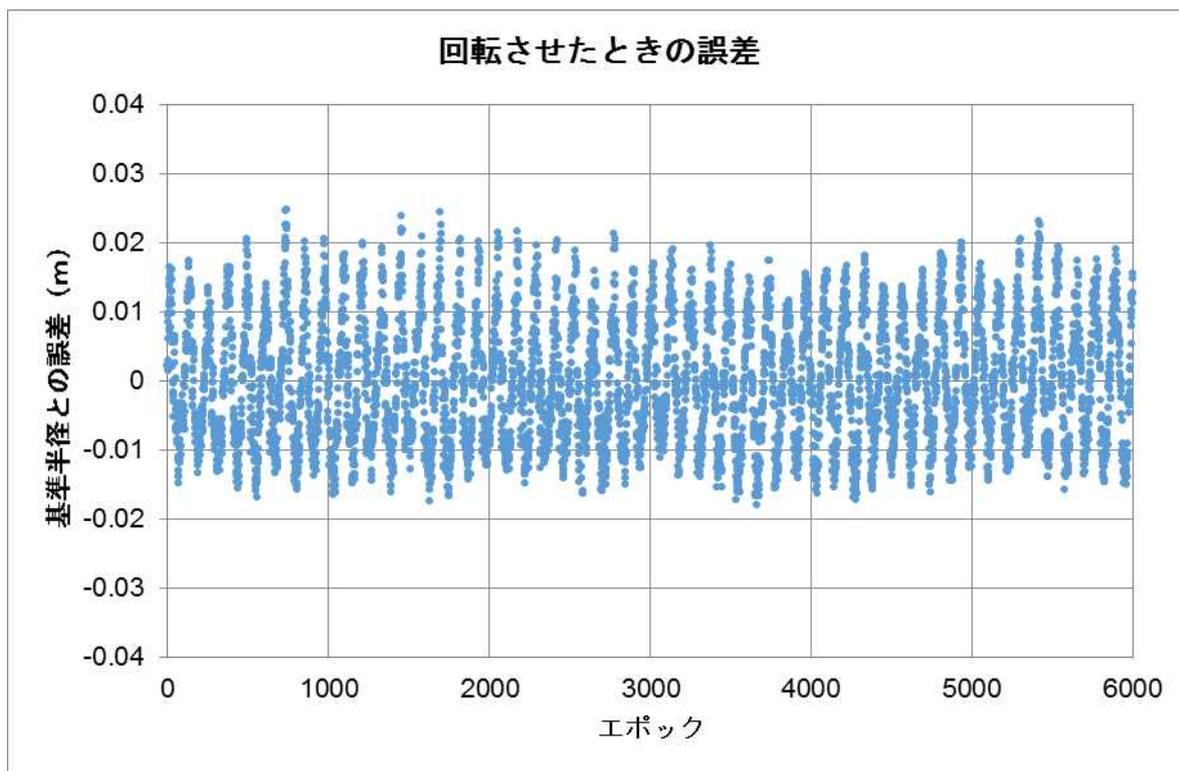


図 12-44 JAVAD Delta-G3T を回転させたときの基準半径との差分(1月29日 午後)

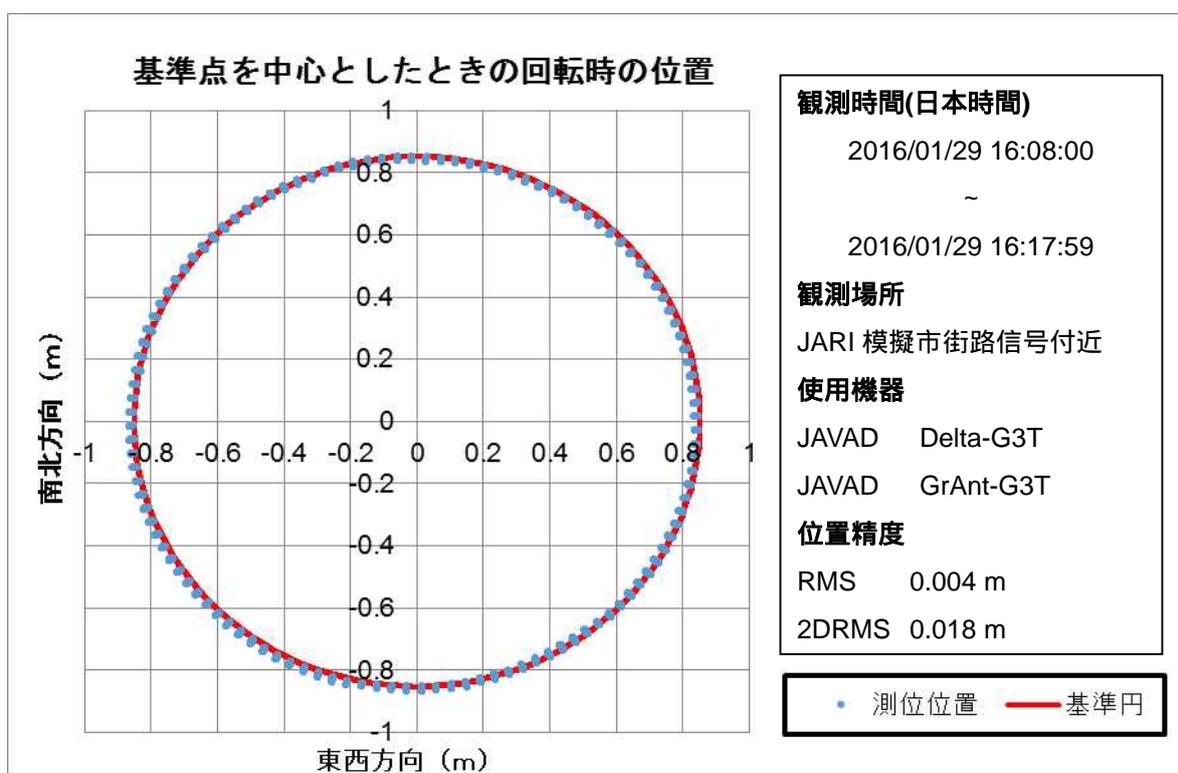


図 12-45 JAVAD Delta-G3T を回転させたときの基準円との差分(1月29日 午後)

12.4.5 考察

12.4.5.1 定点評価について

(1) iMAR iTraceRT-M200A の定点評価結果について

iMAR iTraceRT-M200A の定点評価の結果は水平位置の RMS 0.0107m 2 DRMS 0.0214m と垂直位置の RMS 0.0115m 2 DRMS 0.0230m である。観測時の DOP の値は HDOP が 0.7、VDOP が 1.0 であるので、それぞれの測距精度を乗算すると、水平精度の見込みは 0.014m、垂直精度の見込みは 0.05m である。垂直方向の精度は、おおよそ水平方向の 1.5 倍から 2 倍程度であるので、得られた測位結果は良好である。

周辺に信号を大きく遮るような障害物がなかったことで HDOP および VDOP の値が低い値であったことに加え、観測期間中常に 15 衛星以上の衛星が移り変わることなく観測できていることを確認した。結果、試験中の車両および歩行車に搭載された iMAR iTraceRT-M200A 受信機の測位精度は、上記で得られた精度結果と同様の高精度 (2cmRMS 以内) で測位されていると考えられる。

図 12-46 に観測時の衛星配置と図 12-34 のプロット部の拡大図を示す。赤枠で囲った高仰角にある衛星が南西から北東に固まっている。このような衛星配置による影響で南東方向に伸びるようなプロット傾向になっている。

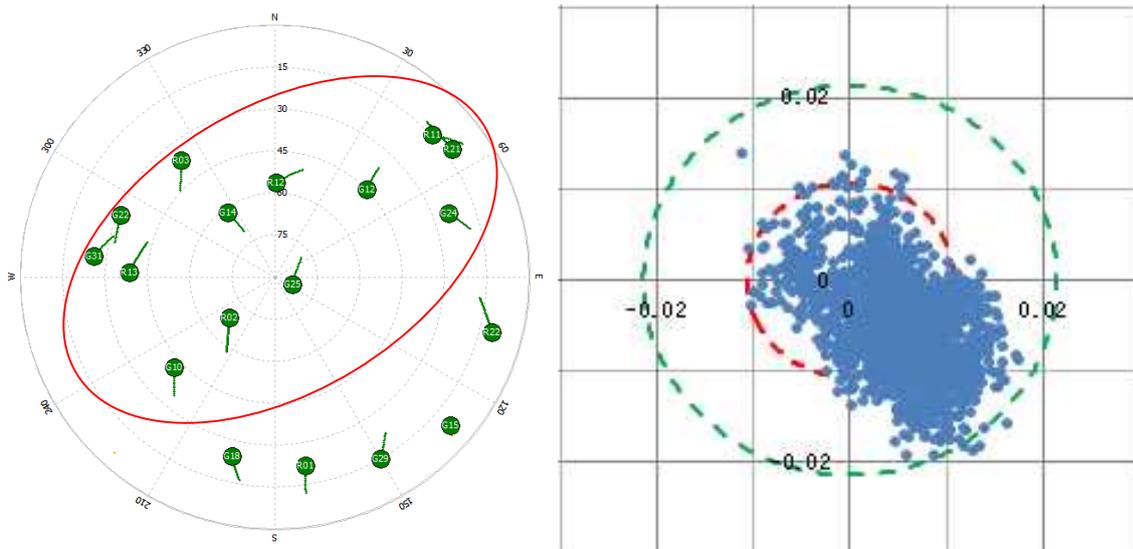


図 12-46 iMAR iTraceRT-M200A 定点評価時の衛星配置

(2) JAVAD Delta-G3T の定点評価結果について

JAVAD Delta-G3T の定点評価の結果は水平位置の RMS 0.0105m 2 DRMS 0.210m と垂直位置の RMS 0.0124m 2 DRMS 0.248m である。観測時の DOP の値は HDOP が最大 0.8、VDOP が最大 1.2 であるので、それぞれの測距精度を乗算すると、水平精度の見込みは 0.008m、垂直精度の見込みは 0.018m である。垂直方向の精度は、おおよそ水平方向の 1.5 倍から 2 倍程度であるので、水平精度は機器の性能限界付近の値である為に見込みよりは劣化しているが得られた測位結果は良好である。

良好な結果が得られた要因としては、周辺に信号を大きく遮るような障害物がなかったこと、HDOP および VDOP の値が低い値であったことに加え、観測期間中常に 16 衛星以上の衛星が移り変わることなく観測できたためである。結果、試験中の車両に搭載された JAVAD Delta-G3T 受信機の測位精度は、上記で得られた精度結果と同様の高精度 (2cmRMS 以内) で測位されていると考えられる

図 12-47 に観測時の衛星配置と図 12-36 のプロット部の拡大図を示す。赤枠で囲った高仰角にある衛星が南西から北東に固まっている。但し、iMAR の場合と異なる部分がこの衛星配置にはあり、黄枠で示した衛星が測位に使用可能な仰角にある為、iMAR の結果に比べて、南東方向にのびるように生じている誤差の範囲が若干ではあるが小さくなっている。

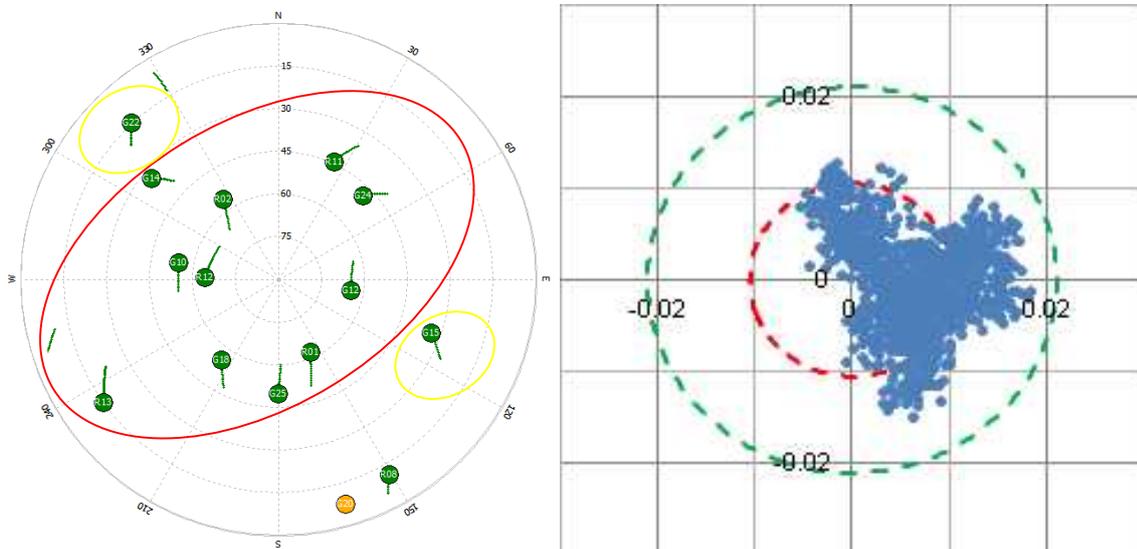


図 12-47 JAVAD Delta-G3T 定点評価時の衛星配置

12.4.5.2 移動時の位置の動きについて

(1) iMAR iTraceRT-M200A の移動時の結果について

2月9日午後のデータに比べて、1月29日午前データのほうがRMSの値が大きくなっている。また、図12-38と図12-40を見比べた場合においても誤差の大きさの違いが見取れる。

午前データのデータについては、数多く高い仰角に衛星が配置され、誤差は少ないと考えられたが、実際は南側に衛星が少なく、北側は衛星システムの都合上の問題もあり、図12-48のように南北方向の誤差が大きくなっている。

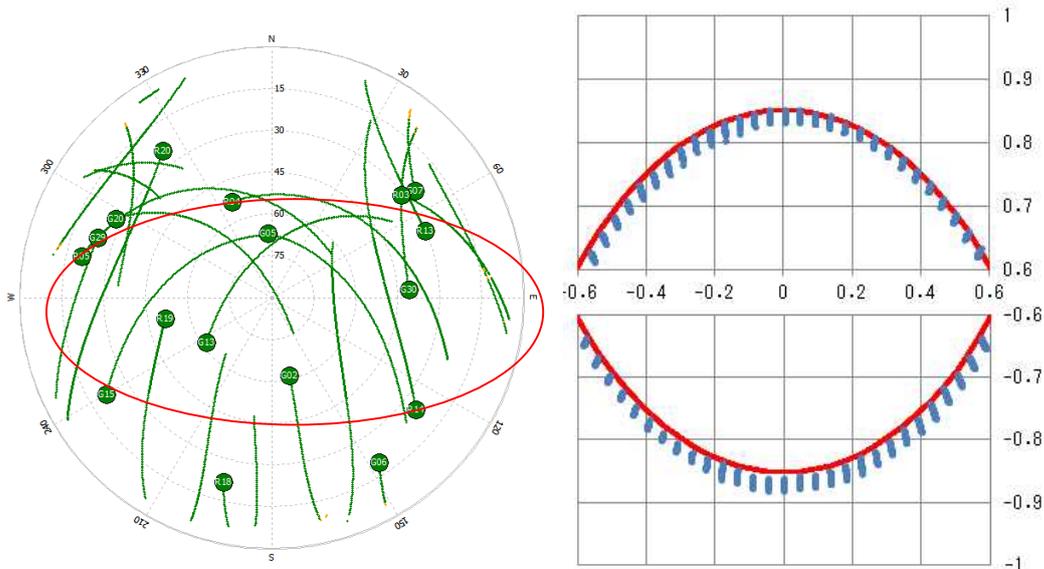


図 12-48 iMAR iTraceRT-M200A 回転時の衛星配置と南北方向の拡大図

午後のデータは、静止観測で見られていた衛星配置と若干異なり、南北に衛星が配置されているため、東西方向の誤差が大きくなっている(図12-49)。このように、衛星配置による誤差が結果に与える影響が支配的ではあるが、どちらとも誤差は4cm未満に収まっている。

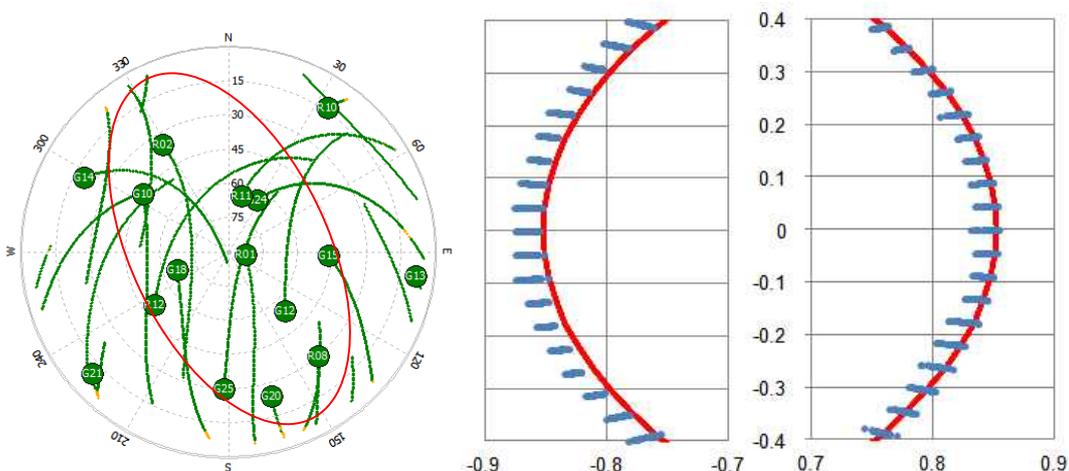


図 12-49 iMAR iTraceRT-M200A 回転時の衛星配置と東西方向の拡大図

(2) JAVAD Delta-G3T の移動時の結果について

JAVAD の結果についても 2 月 9 日午後のデータに比べて、1 月 29 日午前のデータのほうが RMS の値が大きくなっている。また、図 12-42 と図 12-44 を見比べた場合においても誤差の大きさの違いが見て取れる。

午前のデータについては、DOP の変化と赤枠で囲った時間の図 12-42 の拡大図を図 12-50 に示す。衛星の切り替わり起きたために、誤差が一時的に大きくなっていることがわかる。その後の誤差量は iMAR と似通った値になっている。

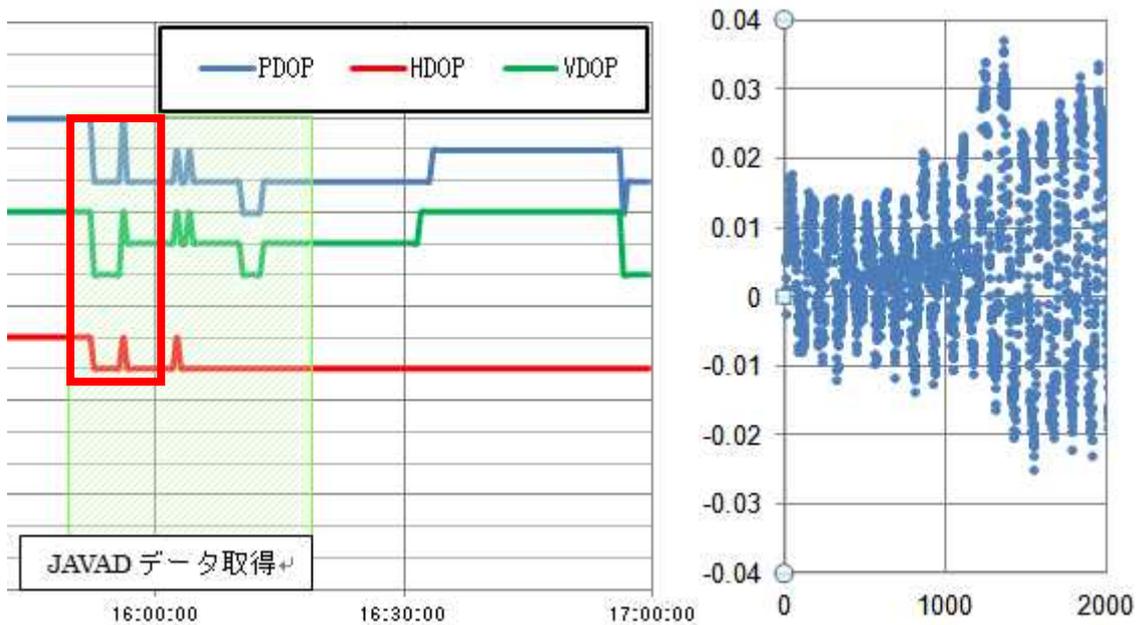


図 12-50 JAVAD Delta-G3T 回転時の DOP の変化とその時間の誤差の拡大図

午後のデータの衛星配置と南西方向の拡大図を図 12-51 に示す。衛星の位置は図 12-49 より南西および北東に衛星がないため、iMAR と同じく、衛星配置による誤差が結果に与える影響が支配的ではあるが、どちらとも誤差は 4 cm 未満に収まっている。

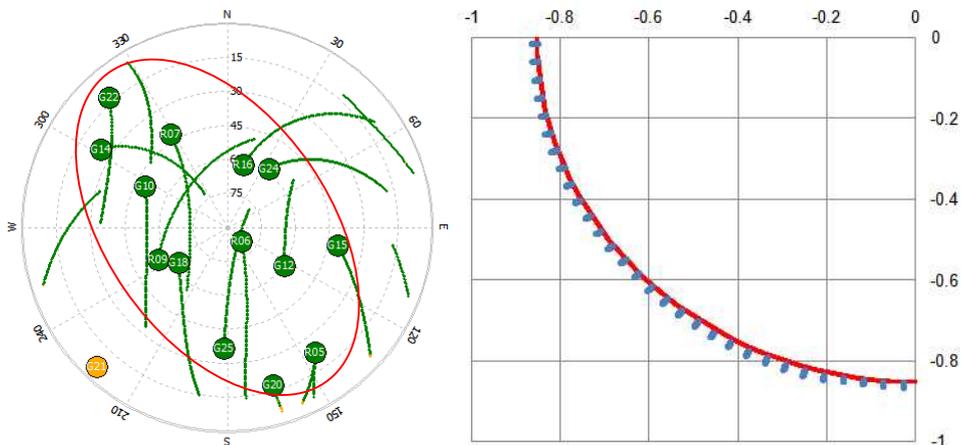


図 12-51 iMAR iTraceRT-M200A 回転時の衛星配置と東西方向の拡大図

12.4.6 語彙説明

- * 1 GPS(米国)および GLONASS(露国)、Galileo(欧州)、Beidou(中国)、QZSS(日本)などの衛星を使用する測位システムの総称の頭文字(Global Navigation Satellite System)
本報告書では、受信機が GPS および GLONASS を使用しているためそれを指す。GPS は全 32 機が 20180km 地球上空を 11 時間 58 分 2 秒に周回、GLONASS は全 24 機が 19130km 地球上空を 11 時間 15 分 40 秒で同様に周回している。
GPS および GLONASS は予告なしにメンテナンスのために停止する場合もある。常時、全衛星が確実に観測できることは保障されていない。
- * 2 アンテナと受信機を固定された 1 点に設置し、連続的な観測を行うこと。
生データ(衛星-受信機間の波の数、衛星の信号発射時間と受信機が受信した時間により衛星と受信機間の距離の計測、ドップラー周波数の計測、GNSS 信号の受信信号強度)を記録し、後述の後処理解析により、未知点の座標を求める。
通常データ取得に関しては、30 秒間隔で生データを取得する。
- * 3 国土地理院が全国に設置した約 1300 点の GNSS 連続観測点。
点の座標は国土地理院により管理され、公共測量等の測量作業時に使用可能。国土地理院のウェブサイト上で、30 秒間隔の生データの配信を行っている。
- * 4 GNSS 受信機(未地点)により観測された生データと基準点(本試験では電子基準点)で観測された生データをソフトウェアにより相対測位を行い、精密な位置の計算を行う。
受信機で行う処理に比べ、使用する計算機の性能、GNSS 衛星の精密な軌道情報の使用等の利点があり、公称精度 1 cm 未満の精度で座標を計算することが可能
- * 5 基準局で観測した GNSS の生データと、未地点で観測した生データの差から、求めたい未地点の座標値を収束演算(最小二乗法)により追い込み、基準局から移動局への基線ベクトル(方向とベクトルの大きさ)を求める。
- * 6 世界に存在する GPS および GLONASS の連続観測点より得られた衛星が実際に通過していた軌道情報。軌道の精度は 1 日 4 回更新される長速報暦で 10cm 程度、約 1 日遅れで使用できる速報暦で 5 cm 程度、2 週間後に使用できる最終暦で約 5 cm 以下である。
精密解析を行う場合は、最終暦を使用して解析を行い精度の向上を図る。

- * 7 アンテナの水平面を0度とした場合の、アンテナ中央から衛星を見上げた際の角度を仰角と呼ぶ。最低仰角の設定は測位に使用する衛星は通常5度であるが、精密測定を行う場合は、15度が推奨されている。最低仰角を高く設定すると見える衛星が少なくなってしまうが、3章で述べるマルチパス信号の排除に役立つ。
- * 8 VRS(Virtual Reference Station 仮想基準点)の略称。受信機の単独測位により計算された位置情報を基に、近傍の国土地理院の電子基準点を検索し、それらをネットワーク化し、誤差モデルを作成する。モデルを元に受信機の近傍に仮想的な基準点を作成し、その基準点と未知点との間でRTK-GNSS測位を行う(図12-52)。

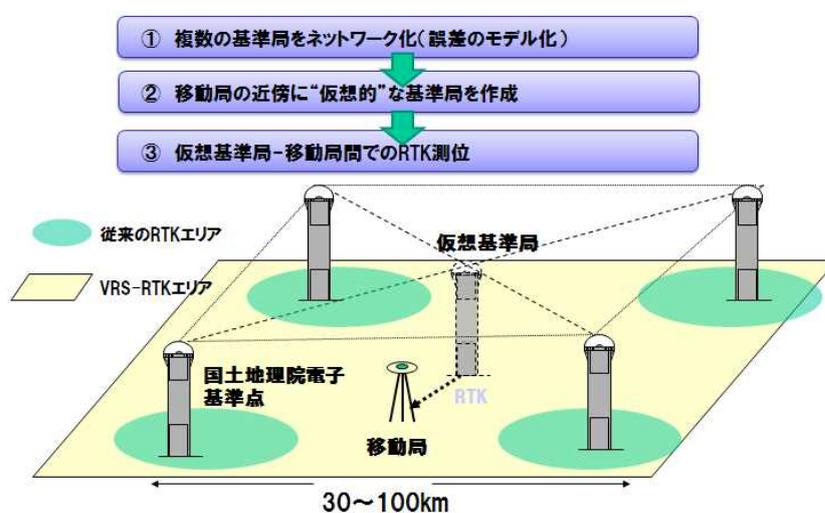


図 12-52 VRS の概念説明

- * 9 RTK(Real Time Kinematic)の略称。リアルタイム(実時間)でキネマティック(動的)に測位を行うことを意味する。
 測位精度は、GNSS 衛星の受信環境および衛星配置、衛星数、受信機の製造メーカーによって多少の違いは有るが、真値に対して概ね水平方向で1 ~ 2 cm + 基地局までの距離 × 0.5 ~ 2.0 ppm、高さ方向で2 cm ~ 5 cm + 基地局までの距離 × 1.0 ~ 2.0 ppm である。
 RTK-GNSS により位置を求めるためには、基本的には基準局用の2周波GNSS 受信機と、移動局用の2周波GNSS 受信機、そしてデータ伝送システムが必要となる。
 位置を求めるだけであれば、基準局と移動局に共通して見えている衛星が5衛星以上あればよい、高精度に位置を求める為には、できる限り多くの基準局で取得したGNSSの観測データを遅延なく移動局へ伝送し、移動局のGNSS受信機が取得した観測データと同じ時刻で照らし合わせ、前述した相対測位を

行う必要がある。

- * 10 DOP とは、観測できている衛星の幾何学的な配置から計算される指数であり、無単位量である。

図 12-53 に示す行列式の対角成分から、其々以下のように DOP の値が求められる。

$$PDOP = (C_{11} + C_{22} + C_{33})^{0.5} \quad HDOP = (C_{11} + C_{22})^{0.5} \quad VDOP = C_{33}^{0.5}$$

通常、HDOP が 1 を下回る環境であれば、良好な環境といえる。

$$\underbrace{\begin{bmatrix} -\sin AZ_1 \cdot \cos EL_1 & -\cos AZ_1 \cdot \cos EL_1 & -\sin EL_1 & 1 \\ -\sin AZ_2 \cdot \cos EL_2 & -\cos AZ_2 \cdot \cos EL_2 & -\sin EL_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\sin AZ_N \cdot \cos EL_N & -\cos AZ_N \cdot \cos EL_N & -\sin EL_N & 1 \end{bmatrix}}_G$$

$$(G^T G)^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} & a \\ 0 & 0 & b & C_{44} \end{bmatrix}$$

衛星の幾何学的配置を表す行列

AZ_N : N番の衛星の方位角
EL_N : N番の衛星の仰角

衛星の配置による影響は (G^TG)⁻¹ の対角成分から計算

図 12-53 DOP の計算方法

12.5. 支援情報の精度向上方法に関する提案

平成 26 年度調査において、衛星測位における位置誤差の現状把握を実施し、平成 27 年度調査において、位置誤差のない理想的な環境で運転支援の有効性を検証したが、実際に位置誤差のない環境が実現するには、まだ時間が必要な状況である。そのため、現状の位置精度において支援の精度を向上させる対策が必要となるが、その一例として、鉄道分野で検討が進められている GNSS 検定システムを自動車へ応用し、支援の精度を向上させる方法の一つとして、提案するものである。

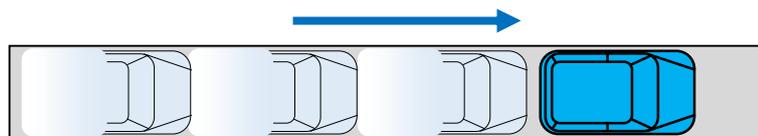
12.5.1 GNSS検定システムの概要

GNSS 検定システムには、車両の前後に離隔を取り設置した 2 台の GNSS 受信機と、走行経路の情報を記録した路線データベースを用いることを特徴とする。

GNSS の検定は、2 台の GNSS 受信機から得られた測位値(位置情報と速度ベクトル情報)、GNSS 受信機の設置離隔(既知の値)、および路線データベース(走行区間の緯度・経度・方位等をあらかじめ記録する)を用いて、次の方法で行う。

(1) トレース検定(図 12-1 参照)

2 台の GNSS 受信機の位置情報がデータベース上を連続的にトレースし、絶対位置の誤差が少ないことを検定する。

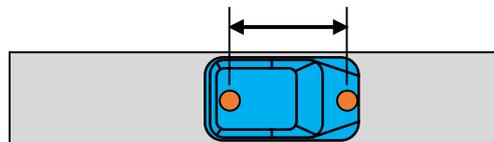


路線データベースをトレース

図 12-1 トレース

(2) 設置離隔検定(図 12-2 参照)

2 台の GNSS 受信機の位置情報から離隔を算出し、算出離隔が GNSS アンテナの設置離隔に等しく、位置情報の相対誤差が少ないことを検定する。

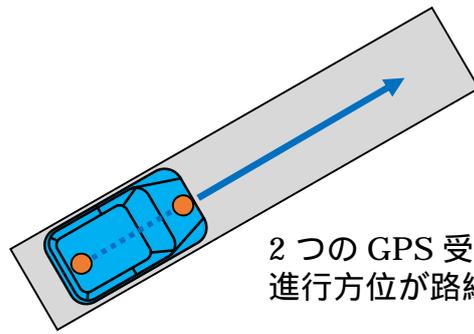


2 つの GPS 受信機の位置情報が設置離隔と一致

図 12-2 設置離隔

(3) 方位検定(図 12-3 参照)

2 台の GNSS 受信機の位置情報を結ぶ直線は車両の進行方位を示す。進行方位がデータベースの方位に等しく、位置情報の相対誤差が少ないことを検定する。また、2 台の GNSS 受信機の速度ベクトルがデータベースの方位に等しく、速度ベクトルの誤差が少ないことを検定する。



2つのGPS受信機の位置情報から得られる
進行方位が路線データベースの方位と一致

図 12-3 方位

以上の3つの検定条件が全て合格となった場合、GNSS情報は高精度状態であると判断する。

なお、GNSS検定システムを自動車向けに適用するにあたり、2台のGNSS受信機の設置離隔および自動車の挙動を踏まえた上で、各検定パラメータを検討し自動車向けの値を設定した。

この検定に合格した位置情報については、高精度状態の情報であることが明確なため、補正処理等をせずに、運転支援の判定に使用することが可能となる。

この方法を用いて、公道ならびに試験コースにて、実験を実施したので、その結果を以下に示す。

12.5.2 実験車両への機器設置

GNSS検定システムの実験を実施するために、図12-4のようにGNSSアンテナを設置した。また、図12-5にGNSSアンテナ設置状況、図12-6に制御装置設置状況の写真を示す。

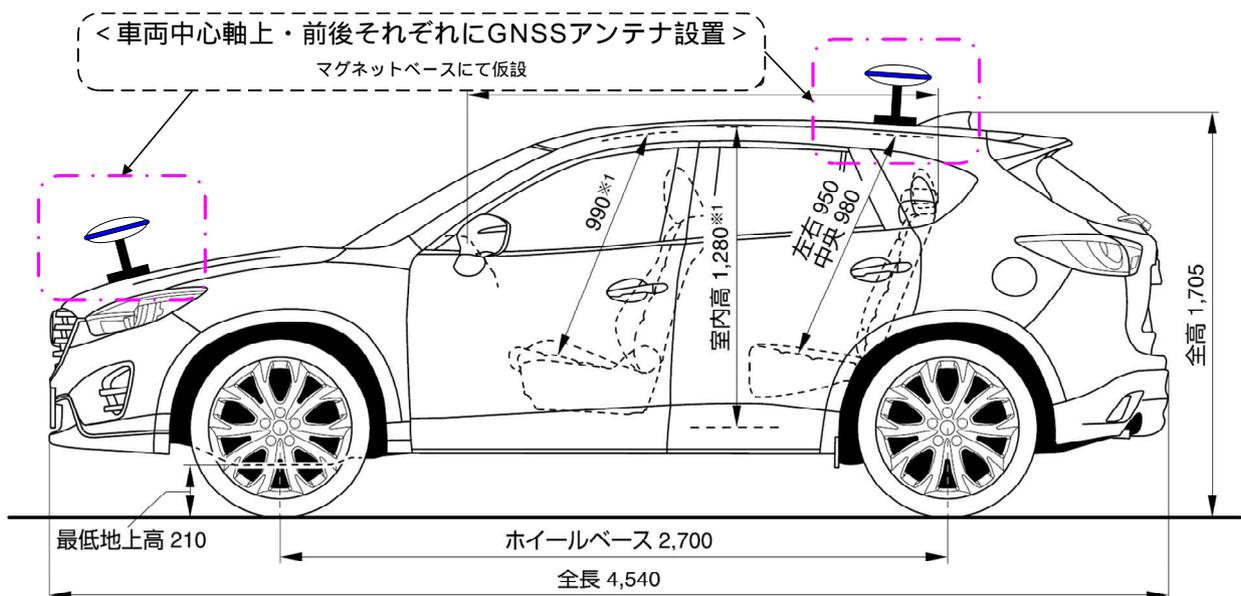


図 12-4 GNSS アンテナ設置状況



図 12-5 GNSS アンテナ設置写真



図 12-6 制御装置設置写真

12.5.3 実験結果

(1)公道での実験結果

テレコムセンター周辺市街路において、GNSS 検定システムの実証実験を実施した。

本実験の実施環境は、走行経路周辺にビル・高架橋などが隣接しており、GNSS 衛星からの電波遮断または反射によるマルチパスなどによる影響が生じ、測位精度が低下することが予測される。このような環境において、GNSS 検定システムにより、誤差の大きな GNSS 情報を除外し、高精度な GNSS 情報のみを使用可能と判定することが可能か検証した。

データベーストレースの例を図 12-7 に、GNSS 位置情報の誤差が大きくなった場合のトレース例を図 12-8 に示す。

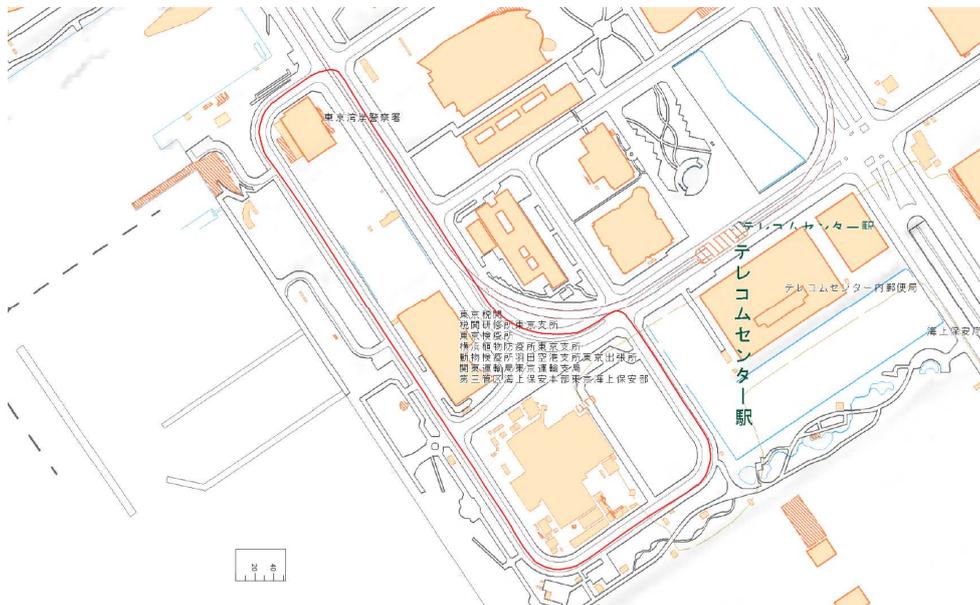


図 12-7 データベーストレース

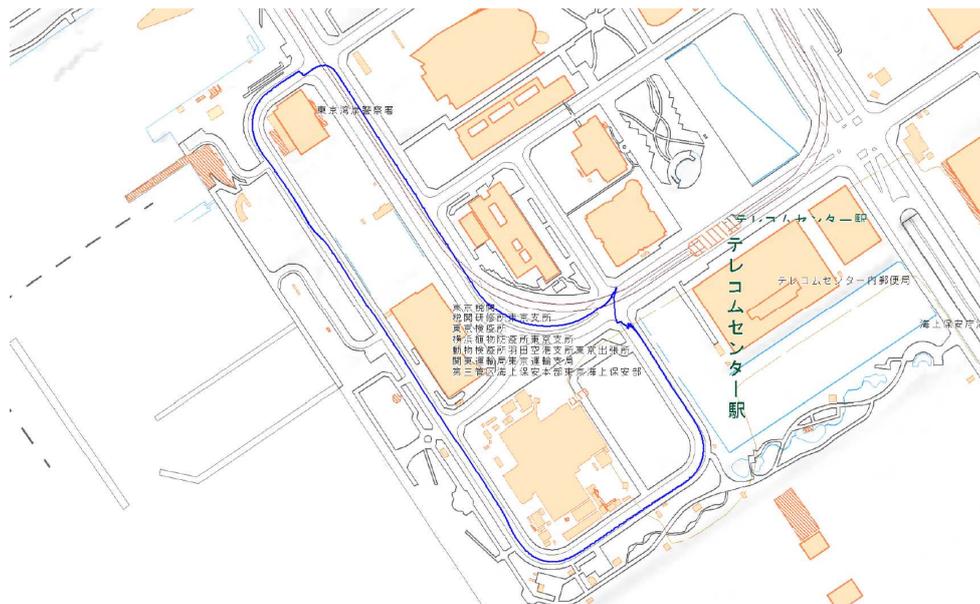


図 12-8 GNSS 位置情報（生データ）トレース

図 12-8 に示す走行では、ゆりかもめの高架下に沿って走行する区間があり、高架による衛星からの電波遮断などの影響により位置情報に誤差を生ずる箇所を確認した。

位置情報の誤差が大きい東京湾岸警察署前交差点付近とテレコム駅前交差点付近では GNSS 検定システムにより検定不合格と判定された。当該箇所での GNSS 位置情報と、GNSS 検定の可否結果を図 12-9～図 12-10 に示す。

なお、図 12-9～図 12-10 において、線種の分類は以下の通りである。

- ・ 青色実線：GNSS 検定結果が合格
- ・ ピンク色実線：GNSS 検定結果が不合格
- ・ 赤色点線：データベーストレース

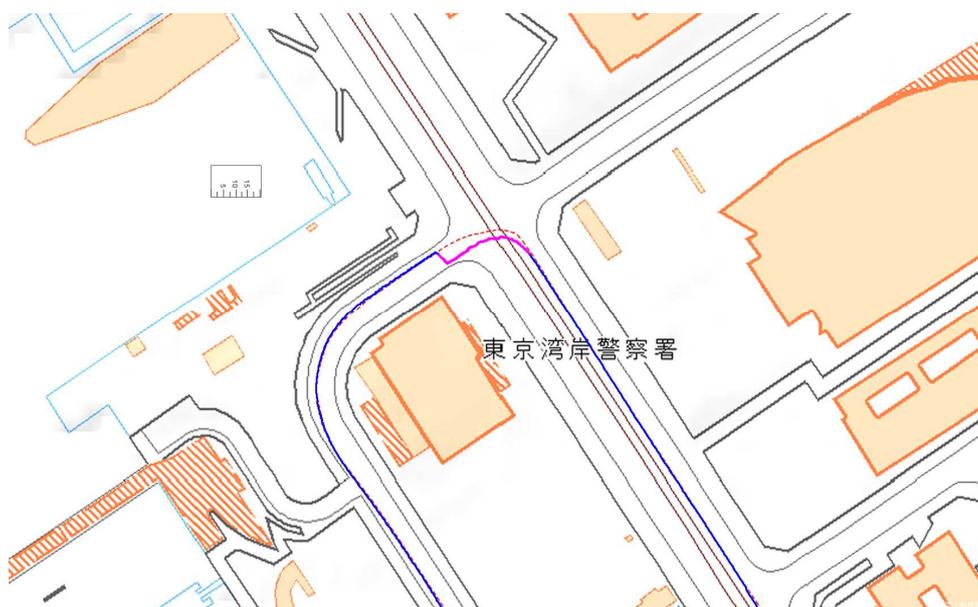


図 12-9 GNSS 位置情報トレース・検定結果 < 湾岸署前 >

東京湾岸警察署交差点付近では、交差点進入手前から GNSS 位置情報が迷走し、交差点右折完了までの間、本来の走行経路を示すデータベーストレース(赤色点線で表記)から外れた。データベーストレースと GNSS 位置情報のずれは 3.1～4.6m となった。

このとき、車両の前後に設置した 2 台の GNSS 受信機を結ぶ直線は本来の進行方向と異なる方向を示すため、GNSS 検定システムの方位検定(図 12-3 参照)が不合格となる。このため、GNSS 検定結果は不合格(ピンク色実線で表記)となった。

交差点右折完了後、直線区間を走行時は、GNSS 位置情報と本来の走行経路を示すデータベーストレースが一致しており、GNSS 検定合格(青色実線で表記)に復帰している。

なお、この事象では、誤差を生じた GNSS 位置情報は道路上に留まっているため、単体の GNSS 受信機による GNSS 情報のみでは、測位精度の低下を判定することは困難である。

しかしながら、このような事象でも、GNSS 検定システムでは、測位精度が低下している箇所と高精度な状態となっている箇所が判別可能であり、有用であることを確認できたと考える。

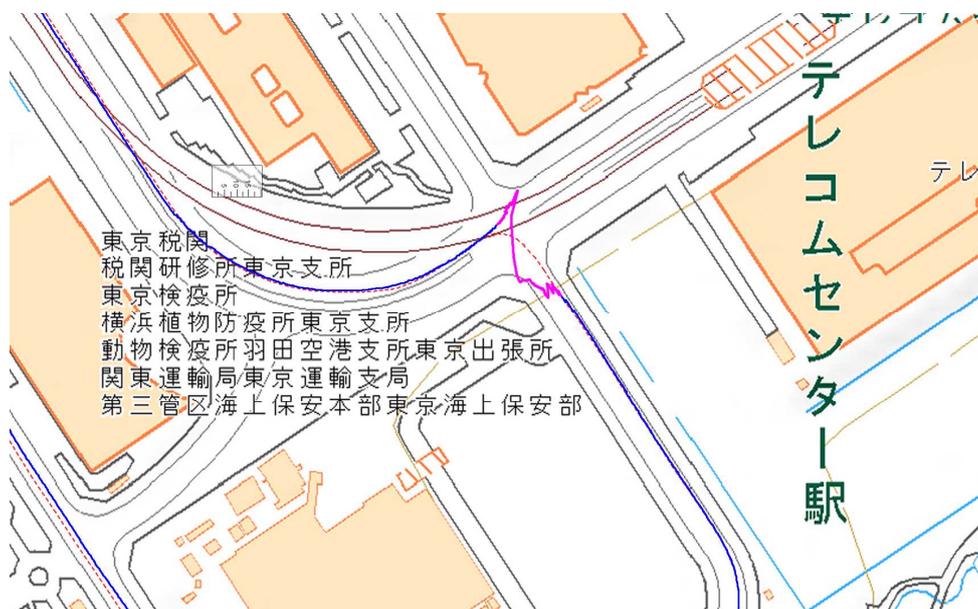


図 12-10 GNSS 位置情報トレース・検定結果<テレコム駅前>

テレコム駅前交差点付近では、交差点右折中に GNSS 位置情報が迷走し、本来の走行経路を示すデータベーストレース(赤色点線で表記)から外れている。

これにより、GNSS 検定のトレース検定(図 12-1 参照)が不合格(ピンク色実線で表記)と判定された。

また、GNSS 位置情報が迷走している間、車両前後に設置した GNSS 受信機の位置情報から算出した離隔および進行方位にも誤差を生じており、GNSS 検定の設置離隔検定(図 12-2 参照)および方位検定(図 12-3 参照)も不合格と判定された。

なお、交差点右折完了後、直線区間を走行時は、GNSS 位置情報と本来の走行経路を示すデータベーストレースが一致しており、GNSS 検定合格(青色実線で表記)に復帰している。

図 12-9～図 12-10 に示す結果より、高架の影響等、衛星からの電波が遮断されるような場所においては、GNSS 検定方式を使用しても運転支援に使用可能な情報の出力は難しいことが確認されたが、その影響等により、誤差の大きくなった GNSS 情報を除外し、高精度な GNSS 情報のみを使用することは可能であることを確認した。

(2)試験コースでの実験結果

試験コースにおいて、GNSS 検定システムの実証実験を実施した。

本実験実施時には、実験車両の運転者を外部の被験者としており、異なる運転者が運転する車両でも、GNSS 検定システムが安定稼働することを検証した。

なお、実験に際して、模擬市街路の走行経路に応じたデータベースを作成した。デ

データベースのトレース(地図上表示)を図 12-11 に示す。

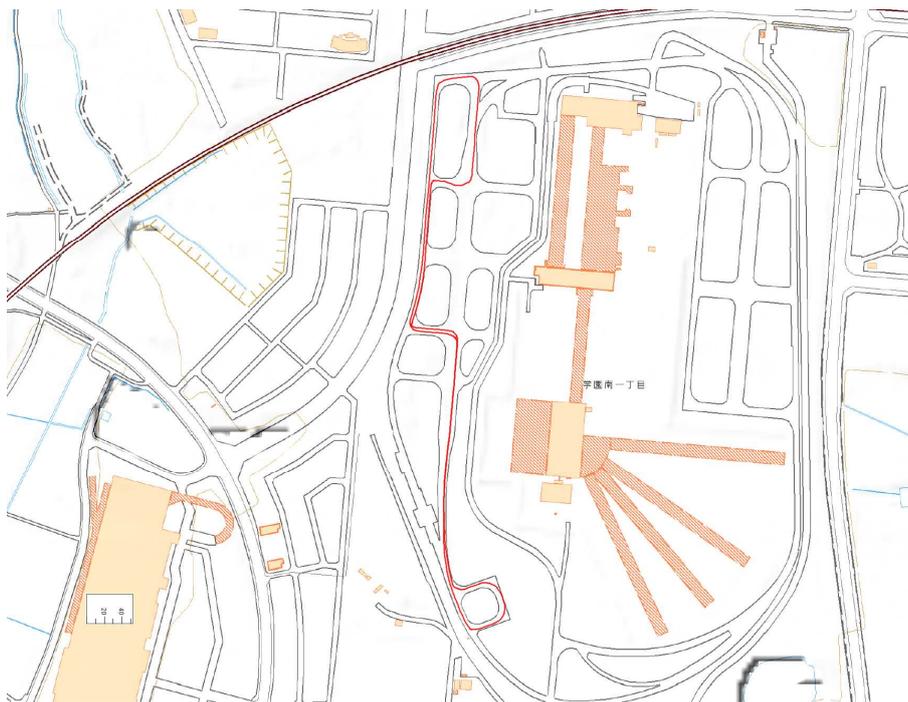


図 12-11 データベーストレース

本実験を実施した模擬市街路は、周囲に高い建造物などが無く、衛星からの電波遮断や反射(マルチパス)などの影響は極めて少ない環境であった。

走行時に取得した、前側 GNSS 受信機(ボンネット上)の GNSS 位置情報(生データ)のうち、1 走行分のトレースを図 12-12 に示す。

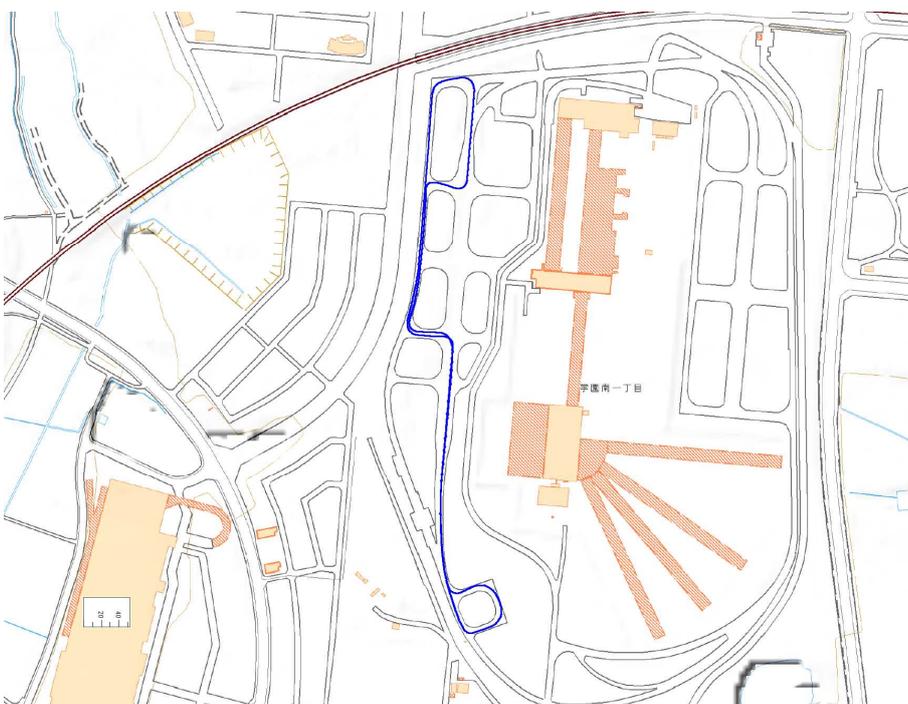


図 12-12 GNSS 位置情報(生データ)トレース

図 12-12 の通り、試験環境においては GNSS 位置情報の誤差も小さく、GNSS 位置情報がデータベーストレースから外れる事象は発生しなかった。

実験を実施した 2 日間の合計 72 走行において、GNSS 位置情報は安定しており、GNSS 検定は全て合格となった。

以上より、GNSS 検定システムは正常に動作しており、安定稼働可能であることを確認した。

12.5.4 考察

テレコムセンター周辺で実施した公道実証実験では、高架橋や周囲の建造物による衛星からの電波遮断や反射(マルチパス)などの影響により位置情報に誤差を生じた際に、GNSS 検定システムにより誤差の大きくなった GNSS 情報を除外し、高精度な GNSS 情報のみを使用することが可能となることを確認した。

GNSS 検定システムにより、検定不合格と判定された事象には、単体の GNSS 受信機のみでは測位精度の低下を判定することは困難な事象も含まれており、GNSS 検定システムが有効であることを確認できた。

一方、試験コースで実施した実証実験では、合計 72 走行において、GNSS 検定システムは正常動作しており、GNSS 検定システムが安定稼働可能であることを確認した。

以上の結果より、鉄道の列車制御向けに開発した GNSS 検定システムは自動車向けに適用可能であり、歩車間・車車間通信を実現する際に必要となる、自車の測位精度向上に対し有効な手段であることを確認した。

12.5.5 今後の展開

本実験で使用した GNSS 検定システムは鉄道向けのシステムを基としているため、データベースは、予め定められた走行経路に対応した連続的な位置情報として記録した。

一方、実際の自動車の走行は、鉄道の走行とは異なり、交差点などの分岐点での進路変更が多く発生するため、多様な経路を走行することとなる。現在のデータベースの構成では、このような多様な経路に対応することが難しいため、自動車向け GNSS 検定システムの評価を深度化する場合には、データベースを再検討する必要がある。