

平成27年度
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)

信号情報等のリアルタイム活用技術等の開発及び実証

報告書

平成28年3月

一般社団法人 UTMS 協会

目次

1	概要	1
1.1	目的	1
1.2	開発対象システム	1
1.3	スケジュール	2
1.4	実施体制	3
2	実証実験計画	3
2.1	評価内容及び評価方法の検討	4
2.1.1	信号通過支援システム	5
2.1.2	赤信号減速支援システム	5
2.1.3	発進遅れ防止支援システム	6
2.1.4	アイドリングストップ支援システム	6
2.1.5	クルマとの連携による信号制御	7
2.2	アンケート調査	7
3	実証実験実施	9
3.1	神奈川地区	9
3.1.1	車載システムの概要	9
3.1.2	実験路線	11
3.1.3	一般モニター募集	12
3.2	群馬地区	12
3.2.1	評価システム	12
3.2.2	実験路線	15
3.2.3	モニター募集	16
3.3	愛知地区	17
3.3.1	車載システム	17
3.3.2	実験路線	20
3.3.3	モニター募集	21
4	実証実験結果	22
4.1	信号通過支援システム	22
4.1.1	神奈川地区	22
4.1.2	群馬地区	26
4.1.3	愛知地区	31
4.2	赤信号減速支援システム	34
4.2.1	神奈川地区	34
4.2.2	群馬地区	38
4.2.3	愛知地区	43

4.3	発進遅れ防止支援システム	46
4.3.1	神奈川地区	46
4.3.2	愛知地区	50
4.4	アイドリングストップ支援システム	52
4.5	クルマとの連携による信号制御	55
4.6	システム全体の評価	57
4.6.1	神奈川地区	57
4.6.2	群馬地区	59
4.6.3	愛知地区	61
5	HMIガイドラインの策定	63
5.1	HMIの評価	63
5.2	HMIガイドライン検討委員会	63
6	まとめ及び課題	64
6.1	まとめ	64
6.1.1	システムの成立性	64
6.1.2	システムの受容性	64
6.1.3	総括	65
6.2	課題	65
6.2.1	路線信号情報の精度	65
6.2.2	HMI	66

1 概要

1.1 目的

我が国の信号交差点における交通人身事故は、平成 25 年 ITARDA（交通事故総合分析センター）データからの推計で、全国で約 9.7 万件、交差点付近を含めると約 13 万件（全人身事故の 2 割）、交通死亡事故は約 3 割が信号交差点とその付近で発生している。また、交通渋滞と交通事故に正の相関があることはすでに広く知られており、信号交差点付近の交通の流れのスムーズ化により、交通事故の削減が期待できる。

都市部の各交差点の信号機は、交通管制センターが各種センサで収集した交通量のデータ等を基に遠隔制御している。最近、路側に設置された高度化光ビーコンを用いて交通管制センターから路線信号情報（注）を自動車に提供する技術が開発された。

本事業では、この新しい路側インフラ（高度化光ビーコン）から自動車に提供される路線信号情報を活用した信号通過支援システム、赤信号減速支援システム等の技術を開発するとともにその実用性を実証することにより、現在道路交通の大きな課題となっている交通事故、交通渋滞の削減及び燃料消費量削減による環境性能向上に資することを目的とする。

（注）路線信号情報

「路線信号情報」は、情報提供を行う「路線」の最大 16 交差点分のそれぞれのサイクル長、青開始時間、交差点までの距離などを含む情報であり、その路線上に設置された最上流の高度化光ビーコンから、ダウンリンク情報として、高度化光ビーコン対応の車載システムに提供される。

市街地など面的な制御が行われている場合、通常は交通管制センターからの制御指令により、各交差点の信号は制御されるが、重要交差点のように MODERATO 制御のような高度な制御が行われる交差点や感応制御が行われる交差点の場合、交差点の信号制御機がローカルに制御を行うため、サイクル長や青開始時間は、「最小時間」及び「最大時間」により、時間幅を持って提供される。

「路線信号情報」のデータフォーマットの詳細については、別添資料 2「高度化光ビーコン近赤外線式 AMIS 用通信アプリケーション規格「版 1」（抜粋）」参照のこと。

1.2 開発対象システム

この新しく開発された路側インフラが提供する路線信号情報を活用し、

- ・車載システムで受信した路線信号情報と自車の走行データから前方交差点に到達時点の信号灯色を予測し
- ・ドライバーが余裕を持って運転できるよう HMI（Human Machine Interface）装置で適切な情報を提供する

運転支援システムの実用化が期待されている。

本事業では、このような路側インフラと車載システムの協調により路線信号情報をリアルタイムに活用する以下の運転支援システムを開発し、その実用性及びドライバーの受容性、合わせて交通流の円

滑化、安全性の向上等の効果について実証を行う。また、システムの有効性や安全性を高めるためのHMIの開発を行う。

(1)「信号通過支援システム」

前方の交差点を青信号で通過できるような走行アドバイスをを行う。

・システムの効果／狙い

安全が確保された範囲内で、無駄な停止発進を抑制することで燃料消費を抑え、環境性能を向上させる。

(2)「赤信号減速支援システム」

前方交差点に到達する時点で赤信号であることが予想される場合、早めのアクセルオフを提示する。

・システムの効果／狙い

赤信号の見落としを防ぎ、安全性を向上させる。早めの減速により燃料消費を抑え、環境性能を向上させる。

(3)「発進遅れ防止支援システム」

赤信号で停止中に、青になるタイミングを提示する。

・システムの効果／狙い

発進遅れを少なくすることにより、交通流の円滑化、渋滞低減を図る。

(4)「アイドリングストップ支援システム」

路線信号情報を活用したアイドリングストップスマート化の可能性を検証する。

・システムの効果／狙い

短時間のアイドリングストップを防止し、燃料消費を抑える。

(5)「クルマとの連携による信号制御システム」

信号制御に合わせた速度へ車両を誘導すると同時に、アップリンク情報を利用して信号制御タイミングを最適化する。

・システムの効果／狙い

車群をまとめて通過させることにより、交通流の円滑化、渋滞低減を図る。

実証実験では、交通環境の異なる複数の一般道において、3地域各50名以上のモニター参加により各支援システムの体験走行を実施する。実験で得られた各種データ、ドライバーのアンケート調査結果等を基にシステムの成立性、ドライバー受容性等の分析・評価を行う。

また、実証実験によりHMIの評価を行い、信号情報活用システムのためのHMIガイドラインを作成する。

1.3 スケジュール

本事業は、当初、平成26年度を初年度とする4か年で実施することを計画していたが、初年度におけるシステムの開発に引き続き、平成27年度の実証実験実施及び結果の取りまとめを行い事業を完了することとなった。

1.4 実施体制

実施体制は、当協会が実施主体となり全体統括をするとともに、実証実験等を外部に再委託して実施する。

当協会は信号情報について、信号制御機や光ビーコンに関連する規格類の作成・発行を行っており、信号情報や光ビーコン通信などの知識経験が豊富である。また、一般道における路車協調システムの実証実験も数多く実施してきており実証実験のノウハウも有している。こうした点から、当協会が本事業の全体統括を行い、実証実験結果の評価、分析に基づき、各システムについてインフラシステム、車載システムを含めた改善のための検討を行う。

再委託先については、異なるメーカーの検討による様々な車載システムとHMIを用いて検証を行うことが必要であること、地域別に異なる様々な交通環境で実証を行うことが必要であることから3地域での実証実験を行うべくカーメーカー3社に再委託した。

再委託先カーメーカー3社は、実証実験実施担当として、それぞれの地域において実証実験を行う。

当協会は、各地域の実験実施者と協調し、実験実施地域を管轄する県警察の協力を得て事業の効率的な推進に努める。

実施体制を図 1.4-1 に示す。

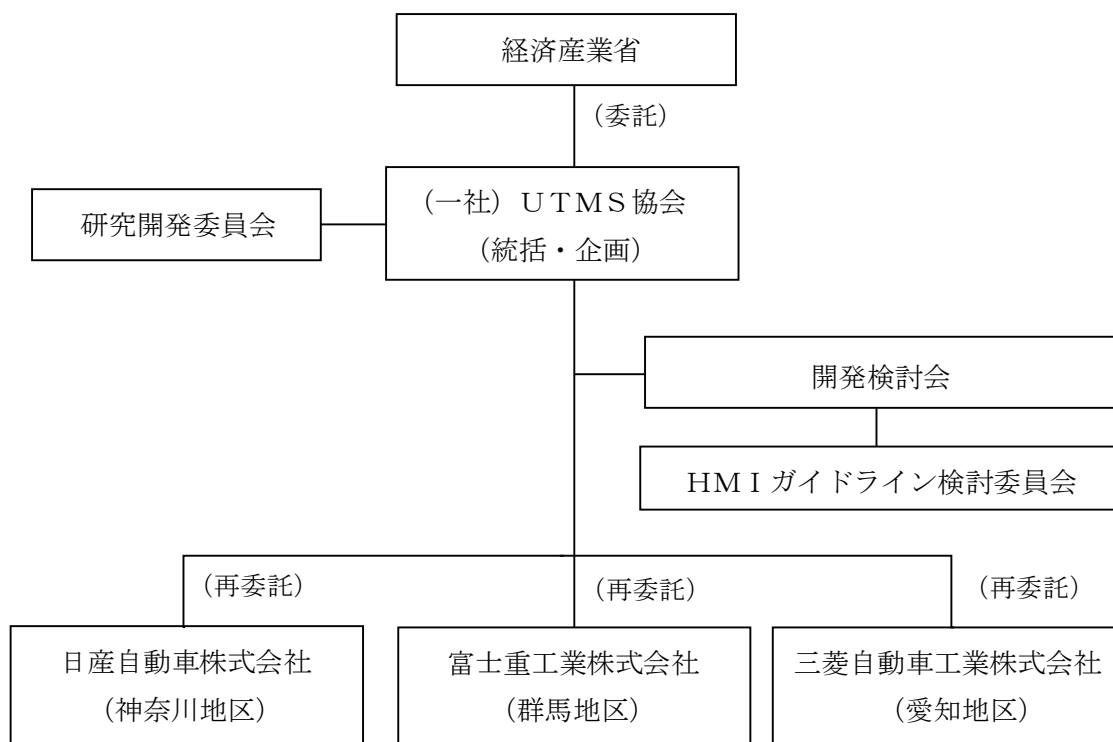


図 1.4-1 体制図

2 実証実験計画

平成 27 年度は、昨年度開発・製作した車載システムを搭載した車両を用いて、多様な交通環境下で各開発対象システムについてその成立性・受容性等を評価するため、一般道における実証実験を行う。

実証実験は、交通状況の違いが支援効果に与える影響を評価するため、交通環境の異なる3地域において行うこととし、昨年度路線選定した道路で行う。

実験にあたっては、

- ・車両のCANデータ及び車載カメラ等による物理データ収集
- ・モニターによるアンケート調査及びインタビュー調査

を実施し、効果算定等評価を行う。

また、実証実験結果を基にHMIの評価を行うとともに、HMIガイドラインの見直しを行う。

モニターは以下の条件を基に50名以上を募集する。

- ・年齢、性別等属性に偏りが無い
- ・1週間に1回以上自動車を運転する
- ・自動車の運転を苦手と感しない
- ・自動車の運転を職業としている者は除く

ただし、「クルマとの連携による信号制御システム」では、バス及びタクシーのドライバーの協力を得ることとしている。

2.1 評価内容及び評価方法の検討

実証実験実施に先立ち、各システムについて、システムの狙い通りの効果が得られるかを評価するため、システムごとに評価内容及び評価方法等を検討し設定する。

表2.1-1に評価内容及び評価方法の概要を示す。

表 2.1-1 評価内容及び方法

評価内容		評価方法
システムの 成立性	システムの効果／狙いが実現できたか	各評価内容について、ドライバーのアンケート、インタビュー調査データ及び車載システムのログデータ、車載カメラ映像データ等を用い、システムの稼働時、非稼働時の違いを比較・評価する
ドライバーの 受容性	システムの機能、動作等についてドライバーの評価は良好であったか	
	HMIの提示方法、タイミング等についてドライバーの評価は良好であったか	
円滑性	システムは交通流の円滑化に寄与できたか	
安全性	システムは交通の安全性向上に寄与できたか システムの稼働により、危険な状況が発生しないか	
環境性能	システムは燃費改善等環境性能向上に寄与できたか	
交通流への影響	システム搭載車の混在が周辺交通流にどのような影響を及ぼすか	

また、データへの誤差要因の影響を少なくするため、実験計画法に基づき実験実施手順を設定する。取得データの処理については、分散分析等統計的手法により結果の有意性を検証する。

なお、複数地区共通で実施するシステムは、各地域の比較ができるようシステムの主目的に関する項目データ及びアンケートの設問等については評価方法を共通化しておく。

2.1.1 信号通過支援システム

(1) システムの成立性

前方交差点を青信号で通過するため、HMIによる提供情報が出力された場合、その結果停車することなく交差点を通過できたかを評価する。

評価には、車両前方カメラの映像、車速データ及び同乗進行役（モデレーター）の記録等のデータを用い、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

(2) ドライバーの受容性

(a) システムの評価（定性的評価）

システムの有用性や改善点等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(b) HMIの評価

HMI表示の分かりやすさ及び表示タイミング等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(c) ドライバーの応答性

HMI表示をドライバーが見落とし又は誤認することがないか、車室内カメラ映像、同乗進行役の記録等のデータを基に評価する。

(3) 交通流の円滑化

青信号交差点に接近し、通過できるタイミングでスムーズな走行をしているか、車両加速度の分布、車速のバラつき度合いを基に評価する。

(4) 安全性への影響

支援時に急減速の有無を車両加速度データを基に評価する。

(5) 環境性能の向上

青信号交差点に接近し、通過できるタイミングで、燃料消費量を計測し、システムの稼働・非稼働時の比較・評価を行う。

(6) 交通流への影響（定性的評価）

HMI起動後に運転操作で、先行車への異常接近や、後続車が異常接近しないか、同乗進行役の記録等を基に評価する。

2.1.2 赤信号減速支援システム

(1) システムの成立性

赤信号減速支援のHMIによる提供情報が出力された場合、支援通り赤信号で停車したか、その際に早めのアクセルオフにより急減速を減らすことができたかを評価する。

評価には、車両前方カメラの映像、車速データ及び同乗進行役の記録等のデータを用い、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

(2) ドライバーの受容性

(a) システムの評価 (定性的評価)

システムの有用性や改善点等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(b) HMI の評価

HMI 表示の分かりやすさ及び表示タイミング等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(c) ドライバーの応答性

HMI 表示をドライバーが見落とし又は誤認することがないか、車室内カメラ映像、同乗進行役の記録等のデータを基に評価する。

(3) 安全性への影響

緩やかな減速が行われたか、アクセルオフしてから停車するまでの時間を算出し、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

(4) 交通流への影響 (定性的評価)

制動を掛けた場合に後続車が異常接近しないか、同乗進行役の記録等を基に評価する。

2.1.3 発進遅れ防止支援システム

(1) システムの成立性

先頭で赤信号停車している場合、信号現示が赤から青に変わってからブレーキスイッチオフに到達するまでの時間を算出し、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

(2) ドライバーの受容性

(a) システムの評価 (定性的評価)

システムの有用性や改善点等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(b) HMI の評価

HMI の表示法及び表示タイミング等について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価する。

(3) 環境性能の向上

先頭で赤信号停車している場合、信号が青に変わってアクセルを踏み始めてから車速 20km/h に到達するまでの時間を算出し、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

(4) 安全性への影響 (定性的評価)

見切り発車等の危険行動の有無を説明員の記録データ等を基に評価する。

2.1.4 アイドリングストップ支援システム

(1) システムの成立性

先頭で赤信号停車し、停車時間が短い場合に、アイドリングストップしなかったかCANデータ等を基に評価する。その際に、停車してから車速が 20km/h に到達するまでの燃料消費量を算出し、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

2.1.5 クルマとの連携による信号制御

(1) システムの成立性

- (a) アップリンク情報の送信で、路側システムが適切に制御できたかを評価する。
- (b) 信号制御システムと信号通過支援システムが同一信号交差点で両立するかを検証するため、信号灯色が、赤→青→黄と変わる時間ズレをログデータ、ビデオデータを基に算出し評価する。

(2) ドライバーの受容性（定性的評価）

システムの有用性や改善点等について、車群先頭対象車ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に分析・評価する。

(3) 交通流の円滑化

- ・バス車群優先制御の対象交差点前後での車群形成状態を路側システム稼働時、非稼働時でモニターし、比較・評価を実施する。
 - 車群台数に応じての青時間の振り分け状況
 - 車群分断が制御以外の要因(左折車/右折車等)でどの程度発生するかの分析も実施する。
- ・バス車群優先制御が導入された路線の旅行時間の統計データについて、システムの稼働時、非稼働時の比較・評価を行う。

2.2 アンケート調査

各システムの機能及びHMIの提示方法等について、ドライバーの受容性を評価するためアンケート及びインタビューによる調査を行う。

アンケートはドライバーによる主観評価で、ユーザビリティに関わる項目について数段階での評価を行う。アンケートの主な項目例は以下の通りで、支援システム毎に評価する。

(1) システムの評価

- ・システムが提供する情報は運転に役立っているか（ありがたいか）。
- ・システムの支援目的どおりに走行できたか。
- ・システムの先進性が感じられるか。
- ・システムの必要性が感じられるか。

・システムが提供する情報は運転に役立つと思いますか？

役立つ [6 5 4 3 2 1] 役立つしない

・システムの支援目的どおりに走行できましたか？

走行できた [6 5 4 3 2 1] 走行できなかった

・システムの先進性が感じられましたか？

感じられる [6 5 4 3 2 1] 感じられない

:

:

図 2.2-1 アンケート例

(2) HMI の評価

HMI はディスプレイ表示や音声ガイド、インジケータのような様々なタイプがあり、その構成はカーメーカー、車種ごとに異なるため、その評価を一律に行うのは適当ではないが、

- ・作動状況の確認
- ・分かりやすい情報伝達
- ・確実な情報伝達
- ・過信・不信の防止
- ・システムの故障に対する対応

等HMI ガイドラインに示す事項については以下のアンケート設問例等により、ドライバー受容性を検証する。

- ・わかりやすさ
- ・納得性（支援が行われた理由を理解（納得）できたか）
- ・安全性
- ・見やすさ（表示情報の視認性）
- ・その他意見、修正点など

検証の結果必要であれば、HMI ガイドラインの見直し等フィードバック作業を行う。

(3) 分析、評価例

分析、評価のためのデータ集計結果イメージを図 2.2-2 に示す。

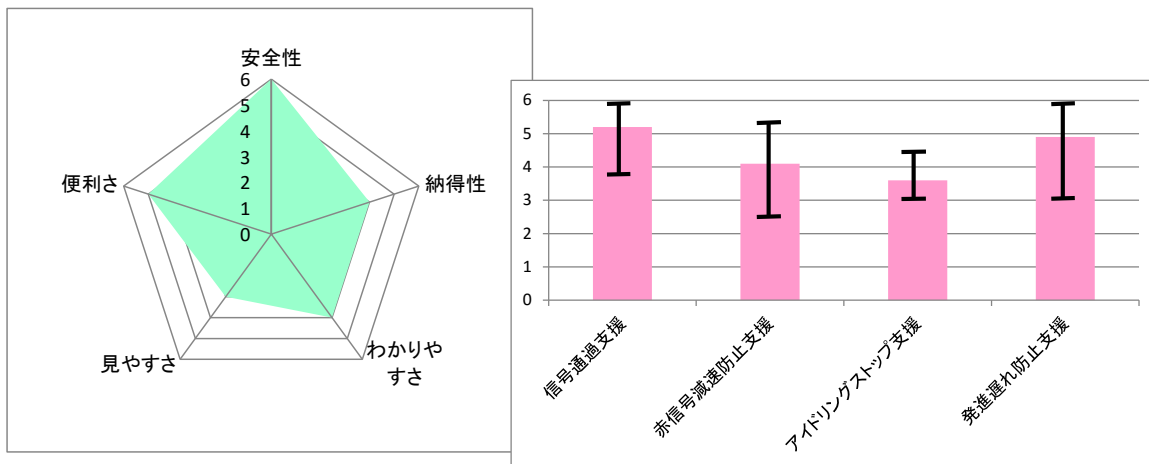


図 2.2-2 データ集計結果イメージ

3 実証実験実施

3.1 神奈川県

3.1.1 車載システムの概要

信号通過支援、赤信号減速支援、発進遅れ防止支援の各支援サービスで、一般モニターによる各支援サービスの体験走行については、前年度開発した実験車用車載システムを基に今回の実証実験に合わせ、追加で車両情報や周辺画像情報などを表示収集する PC ロガーシステムを追加したものを構築した。図 3.1.1-1 に PC ロガーシステムの構成図を示す。その上で、評価車両に前年度開発した実験車用車載システムを実装した。図 3.1.1-2～図 3.1.1-5 に実装状況を示す。社員モニターによる各支援サービスの体験走行については、前年度配備した発話型車載機をそのまま利用した。図 3.1.1-6 に取り付け状況例を示す。

一方、クルマとの連携による信号制御については、前年度通勤用バス車両に実装した業務車用車載システムをそのまま使用した。図 3.1.1-7 に取り付け状況例を示す。

評価車両に実装するシステムは台上試験で機能確認を実施した後、評価車両に実装した。そして評価道路の現地調査を実施後、一般モニター実験のリハーサルを兼ねて総合試験を実施した。

実験用ドライブレコーダ構成図

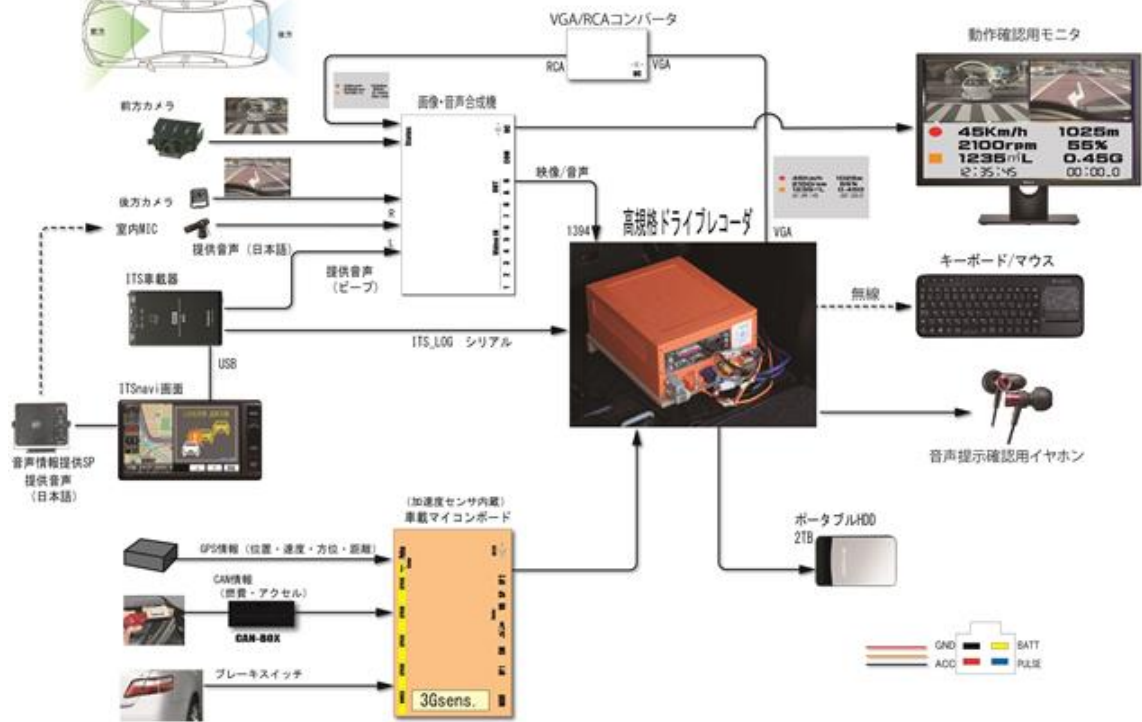


図 3. 1. 1-1 構成図



図 3. 1. 1-2 PC ロガーシステム表示部分



図 3. 1. 1-3 PC ロガーシステム本体部分



図 3. 1. 1-4 PC ロガーシステム計測画面例



図 3. 1. 1-5 実験車用車載システム表示部

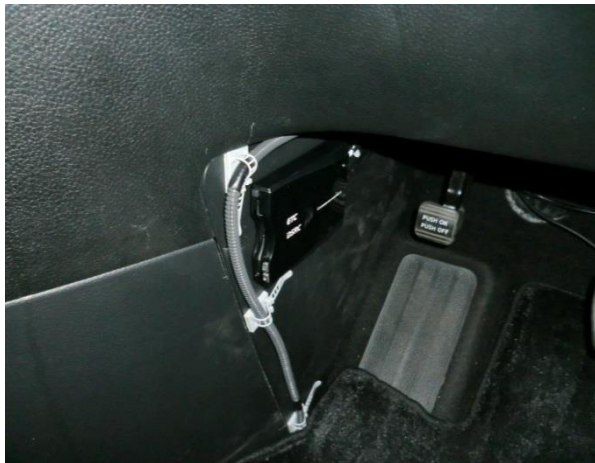


図 3.1.1-6 発話型車載器取り付け状況例



図 3.1.1-7 業務車用车載器取り付け状況例

3.1.2 実験路線

実験路線は、前年度路側システムが配備された以下 2 路線を用いる。図 3.1.2-1 に実験路線図を示す。路線 1 は県道 603 号線である。路線 2 は業務車用车載器を実装した通勤バスが主に利用する路線である。



図 3.1.2-1 実験路線図

一般モニター走行実験実施に先だち、実証実験路線の路側インフラの整備、稼働状況について実験実施に支障がないことを確認した。合わせて実験を安全かつ効率的に実施するため、実験車両等の発着スペースの確保、走行ルートを選定等現地の道路状況確認も行った。また、各システムが使用する路線信号情報について、路側インフラから提供された路線信号情報を基に車載システムで予測した信号現示と当該信号機の実際の現示との時間的ズレについて、車載カメラの映像データ、ログデータ等を基に確認するようにした。

3.1.3 一般モニター募集

信号通過支援システム、赤信号減速支援システム、発進遅れ防止支援システムがドライバーにとってどれだけ受け入れられるか、受容性の評価を行った。そのため、一般モニター被験者を募集し、一般道での実験を行った。被験者は事前に設定した条件を基に30名以上を募集した。

実際の被験者数は36名とした。今回、データ集計では分散分析を行ったが、その際の誤差因子が性別2因子、年齢2因子、時間帯3因子の $2 \times 2 \times 3 = 12$ の分散があり、その整数倍の被験者がいると冗長分の対応が容易になるためである。今回、被験者36名なので、3倍の冗長代を確保したことになる。

表3.1.3-1は被験者一覧表である。

表 3.1.3-1 被験者一覧

被験者 No.	誤差因子			被験者 No.	誤差因子			被験者 No.	誤差因子		
	年齢層	性別	時間帯		年齢層	性別	時間帯		年齢層	性別	時間帯
01	若年	男	AM	13	若年	男	AM	28	若年	男	AM
23	若年	男	PM1	29	若年	男	PM1	35	若年	男	PM1
03	若年	男	PM2	12	若年	男	PM2	36	若年	男	PM2
10	若年	女	AM	22	若年	女	AM	31	若年	女	AM
02	若年	女	PM1	14	若年	女	PM1	26	若年	女	PM1
09	若年	女	PM2	30	若年	女	PM2	33	若年	女	PM2
04	壮年	男	AM	07	壮年	男	AM	19	壮年	男	AM
05	壮年	男	PM1	11	壮年	男	PM1	32	壮年	男	PM1
06	壮年	男	PM2	15	壮年	男	PM2	27	壮年	男	PM2
16	壮年	女	AM	25	壮年	女	AM	34	壮年	女	AM
08	壮年	女	PM1	17	壮年	女	PM1	20	壮年	女	PM1
18	壮年	女	PM2	21	壮年	女	PM2	24	壮年	女	PM2

3.2 群馬地区

3.2.1 評価システム

信号情報のリアルタイム活用技術の実証を行うため、高度化光ビーコンから提供される信号情報を活用した運転支援システムを準備した。

ドライバーへの支援インタフェースとしてモニターとスピーカーを採用し、視覚および聴覚を利用した支援が可能なシステムを開発した。

ハードウェアは、商品化の際にベース車両に追加する専用ユニットを想定した車載機と、この車載機に接続される光ビーコンアンテナおよびGPSアンテナで構成される。

光ビーコンアンテナは、路側設置された光ビーコン下を通過時に、車両プローブ情報をアップリンクすることで、路線信号情報をダウンリンクする。このアップリンク情報を作成するため、車載機にはGPSアンテナを接続しており、信号機に対する自車位置特定用としても用いることができる。

車載機では、光ビーコン受信データを解析し、停止線位置、信号サイクル情報等の必要なデータを取得する。取得された情報から、光ビーコンの下流に設置された信号に到達する際の灯色を予測し、各種支援システムの動作判定を行う。判定の結果、動作させる支援システムに応じて、表示内容を決定し、表示画面作成を行う車載コントローラ上のソフトへの指示を、CAN通信を介して行う。

車載コントローラでは、車載機より指示された内容に応じて、表示内容を作成し、表示デバイス上に

表示する。車載機と車載コントローラの通信周期は、支援タイミングに遅延が生じないように考慮して設定した。



図 3.2.1-1 システム構成図

(1) HMI 支援内容

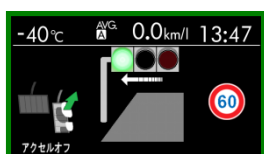
各支援システムの詳細な表示内容、表示される場面を下記に示す。

各システム共通の内容として、画面右側に規制速度アイコン、画面左側にブレーキ、アクセルペダルのアイコンを表示する。

各画面の特有の表示内容詳細を以下に示す。

(a) 信号通過支援システム

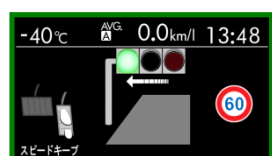
① 減速して通過できる場合



表示内容：信号交差点の手前でアクセルオフして減速すれば、交差点を止まらずに青信号で通過できる場合に表示する。信号機下の矢印は交差点通過時には信号灯色が青色になることを示す。

音 声：「信号を止まらずに通過する為に、アクセルオフを推奨します」

② スピードキープすると通過できる場合

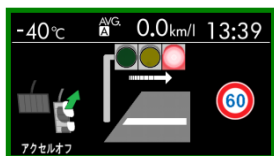


表示内容：現状の速度を維持すれば、そのまま止まらずに信号を通過できる場合に表示する。信号機下の矢印は交差点通過時には信号灯色が青色になることを示す。

音 声：なし

(b) 赤信号減速支援システム

① 赤信号を知らせる場合



表示内容：交差点到達時に赤信号の場合に、スムーズに停止できるよう交差点手前で減速を促す。信号機下の矢印は交差点通過時には信号灯色が赤色になることを示す。

音 声：「スムーズに減速させるために、アクセルオフを推奨します」

(2) モニター調査実施システム

図 3. 2. 1-2 に示す実験システムでモニター調査を行った。

① 前方撮影用カメラ

- ・先行車が自車に与える影響を確認するため。
- ・信号と先行車の状況確認のため。

② ディスプレイ撮影用カメラ

- ・実際の支援内容の確認のため。

③ 後方撮影用カメラ

- ・支援に従った時に後続車に与える影響を確認するため。

④ モニター撮影用カメラ

- ・実際の支援に対してのドライバーの反応を見るため。

⑤ CANデータロガー

- ・車両データを取得して分析に使用するため。

⑥ 進行役

- ・走行コースの案内をするため。
- ・モニターの発言内容を記録するため。
- ・モニターから支援システムについて不明点があった場合に回答するため。

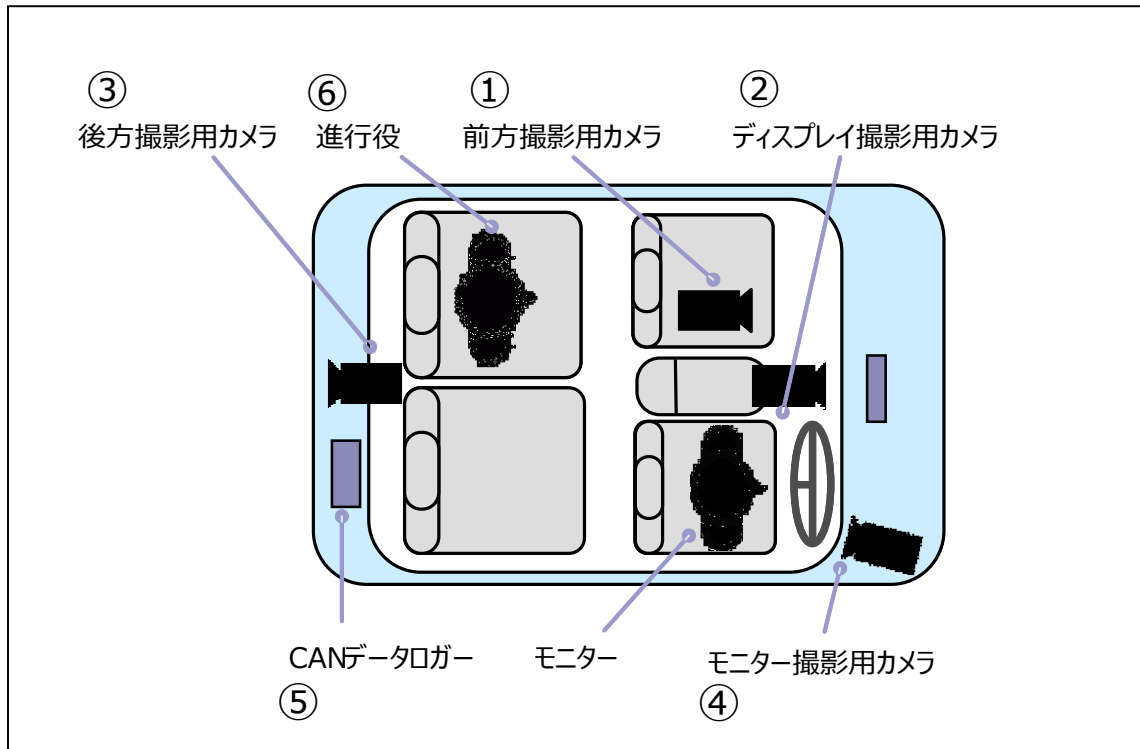


図 3.2.2-1 実験システム

3.2.2 実験路線

群馬地区の実験路線は、北関東自動車道太田桐生インターチェンジに接続する、国道 122 号線の只上交差点から竜舞東交差点までの約 7.1 km で、全線片側 2 車線以上を有し、地方都市の外縁を南北に貫く規制速度 60km/h の路線の区間内を利用する。周辺に点在する民間企業の大型事業所や沿線の大型商業施設の存在によって、交通密度の高い場所と時間があることが見込まれるため、交通密度の差異による支援システムの効果評価に適する路線として選定した。また、他の地区と比較した特徴として、交差点間距離が長く、交差点間走行中に灯色変化が起き、支援される機会が多いと予想される。



図 3. 2. 2-1 群馬地区 実証実験路線

一般国道で実証実験部分の路線長は約 7.1km である。光ビーコンは路線中に 4 箇所設置されており、うち 3 箇所は上下線両方向に設置されている。含まれる交差点数は 16 だが、実証実験区間の端に位置し、北進、南進それぞれ実験区間に入る際の、最初の交差点は支援の対象外となっている。

3.2.3 モニター募集

一般モニター 50 名以上を募集し、信号通過支援システム、赤信号減速支援システムの支援無し・有りの走行を体験してもらい、アンケートにより、支援システムへの受容性の評価を行う。

モニターの募集は、事前に設定した条件に沿って実施した。

表 3. 2. 3-1 モニター属性集計値

性別 年齢	男性		女性		計(人)
	21～41	42～79	21～41	42～79	
9:00～	4	5	5	3	17
13:00～	2	4	3	7	16
16:10～	5	5	4	3	17
計(人)	11	14	12	13	50

後のデータ解析では、支援システムの有効性を示す為に、分散分析を実施する。その誤差因子として、ドライバー年代（若年／壮年）、性別（若年／壮年）・時間帯（午前／午後1／午後2）を設定し、全12種のパターンを網羅するように被験者を集めた。表3.2.3-2は実験に参加した被験者一覧である。

表 3.2.3-2 被験者一覧

被験者 No.	誤差因子			被験者 No.	誤差因子		
	年齢層	性別	時間帯		年齢層	性別	時間帯
2	若年	男性	AM	15	若年	女性	AM
4	若年	男性	AM	21	若年	女性	AM
10	若年	男性	AM	38	若年	女性	AM
27	若年	男性	AM	42	若年	女性	AM
28	若年	男性	PM1	46	若年	女性	AM
47	若年	男性	PM1	5	若年	女性	PM1
17	若年	男性	PM2	16	若年	女性	PM1
20	若年	男性	PM2	19	若年	女性	PM1
37	若年	男性	PM2	1	若年	女性	PM2
48	若年	男性	PM2	9	若年	女性	PM2
50	若年	男性	PM2	31	若年	女性	PM2
7	壮年	男性	AM	45	若年	女性	PM2
12	壮年	男性	AM	24	壮年	女性	AM
18	壮年	男性	AM	35	壮年	女性	AM
41	壮年	男性	AM	34	壮年	女性	AM
43	壮年	男性	AM	3	壮年	女性	PM1
13	壮年	男性	PM1	8	壮年	女性	PM1
25	壮年	男性	PM1	22	壮年	女性	PM1
30	壮年	男性	PM1	32	壮年	女性	PM1
39	壮年	男性	PM1	36	壮年	女性	PM1
6	壮年	男性	PM2	44	壮年	女性	PM1
14	壮年	男性	PM2	49	壮年	女性	PM1
23	壮年	男性	PM2	11	壮年	女性	PM2
33	壮年	男性	PM2	26	壮年	女性	PM2
40	壮年	男性	PM2	29	壮年	女性	PM2

3.3 愛知地区

3.3.1 車載システム

(1) 車載システムの構成

平成26年度に作製した車載システムを搭載した試験車両2台を用いて実証実験を行った。



図 3.3.1-1 車両① (SUV タイプ)



図 3.3.1-2 車両② (コンパクトタイプ)

車載システムの構成を図 3.3.1-3 に示す。

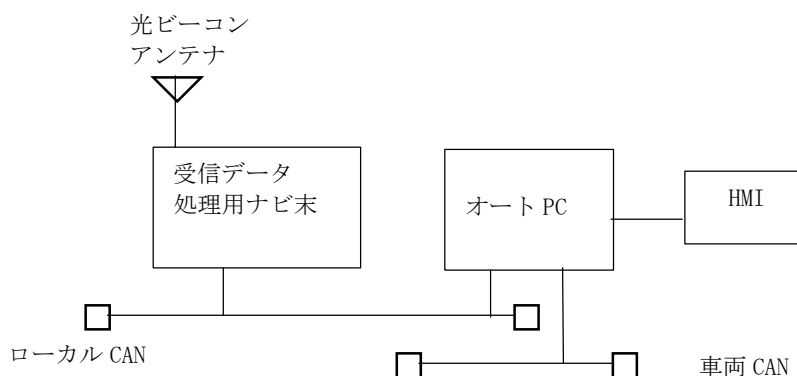


図 3.3.1-3 システム構成図

受信データ処理用ナビ端末は、高度化光ビーコンインフラから配信されるデータを光ビーコンアンテナ経由で受信処理し、ローカルCANに出力する。

オートPCは高度化光ビーコン配信データ、車両CANデータを活用し、次の交差点を青で通過するための推奨速度や赤信号で減速すべきタイミングなどの演算を行い、演算結果をもとに支援要否の判断を行う。支援の必要がある場合、画面・音声コマンドの出力を行う。

評価用データは、車両CANデータ、前方カメラ映像、HMIディスプレイ映像から収集する。実験環境を図 3.3.1-4 に示す。

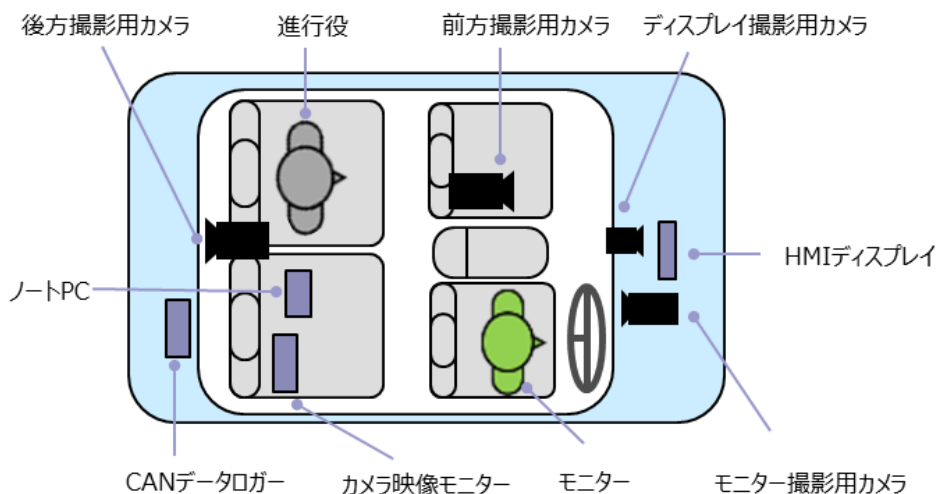


図 3.3.1-4 実験環境

(2) HMI

信号情報活用運転支援システムのHMIは、ドライバーの視線移動が少ないことが望ましい。そのため、将来はヘッドアップディスプレイ等に画像出力することを想定し、本実験で使用する試験車両には、運転席前のダッシュボード上に4インチのディスプレイを設置することとした。



図 3. 3. 1-5 HMI ディスプレイ

HMI ディスプレイの表示内容を図 3. 3. 1-6 に示す。

信号通過支援



推奨速度範囲内



推奨速度より速い

発進遅れ防止支援



残りの赤時間: 大



残りの赤時間: 少

赤信号減速支援



アクセルOFF推奨

図 3. 3. 1-6 HMI ディスプレイの表示内容

3.3.2 実験路線

愛知地区実験路線を図 3.3.2-1 に、路線の詳細を表 3.3.2-1 に示す。

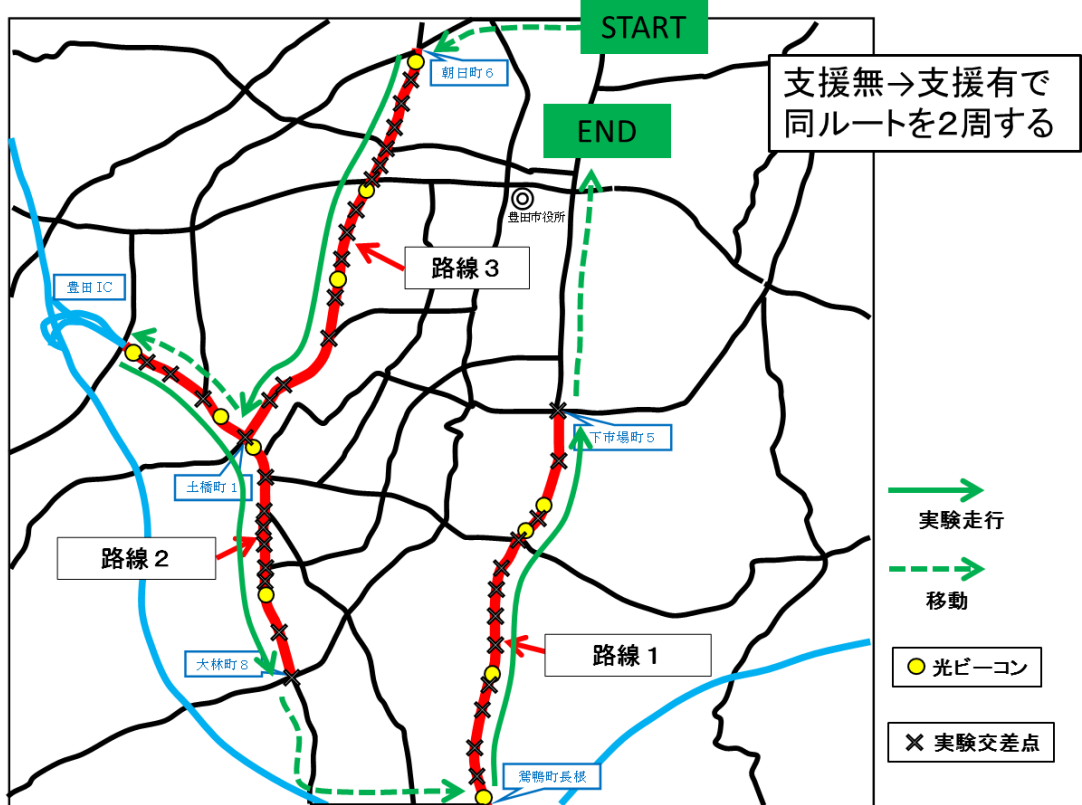


図 3.3.2-1 愛知地区実証実験路線図

表 3.3.2-1 愛知地区実証実験路線一覧

項目	路線 1	路線 2	路線 3
道路名	国道 248 号線	県道 76 号線	豊田市内環状線
実験区間長	約 3.6km	約 3.2km	約 3.9km
区間始点～終点	鷺嶋町長根 ～下市場町 5 丁目	豊田 IC ～大林町 8 丁目	朝日町 6 丁目 ～土橋町 1 丁目
区間内交差点数	12	12	14
感応制御	なし	なし	1 箇所
規制速度	50 km/h	50km/h	50km/h

< 路線の特徴 >

- ・ 路線 1 : 交通の流れが速い路線
- ・ 路線 2 : ストップ&ゴーの割合が高い路線
- ・ 路線 3 : 感応制御の信号が含まれる路線

3.3.3 モニター募集

モニターは事前に設定した条件を満たす 20 代から 60 代までの男女 53 名を選定した。

実験は通勤時間帯を極力さけた時間帯として、午前(9:30-13:00)、午後(14:00-17:30)の 2 時間帯で実施した。

<1 人あたりの実験スケジュール>

- ・同意書等の取り交わし、評価内容説明、事前インタビュー : 20 分
- ・実走行 1 回目 (支援なし) : 60 分
- ・休憩、支援システムの説明 : 20 分
- ・実走行 2 回目 (支援あり) : 60 分
- ・休憩、アンケート : 50 分

モニターの割付けを表 3.3.3-1 に示す。

表 3.3.3-1 モニターの割付け表

モニター No.	時間帯	年齢	性別	モニター No.	時間帯	年齢	性別	モニター No.	時間帯	年齢	性別
1	AM	壮年	男性	21	AM	壮年	男性	41	AM	壮年	女性
2	PM	壮年	男性	22	AM	壮年	男性	42	PM	若年	女性
3	PM	若年	女性	23	PM	壮年	女性	43	PM	壮年	女性
4	AM	壮年	女性	24	AM	壮年	女性	44	AM	若年	女性
5	AM	壮年	男性	25	AM	若年	男性	45	AM	若年	女性
6	PM	壮年	男性	26	PM	若年	男性	46	PM	若年	女性
7	PM	壮年	女性	27	AM	壮年	女性	47	PM	壮年	男性
8	AM	若年	男性	28	AM	壮年	男性	48	AM	壮年	女性
9	AM	壮年	女性	29	PM	若年	男性	49	AM	若年	男性
10	PM	若年	男性	30	PM	若年	男性	50	PM	若年	女性
11	AM	若年	女性	31	AM	若年	男性	51	PM	若年	男性
12	AM	若年	女性	32	AM	壮年	男性	52	AM	若年	女性
13	PM	若年	女性	33	PM	壮年	女性	53	AM	若年	女性
14	AM	若年	女性	34	PM	壮年	男性				
15	AM	若年	男性	35	AM	若年	男性				
16	PM	若年	女性	36	PM	壮年	女性				
17	AM	若年	男性	37	AM	若年	女性				
18	AM	若年	女性	38	AM	壮年	男性				
19	PM	壮年	男性	39	PM	壮年	男性				
20	PM	壮年	女性	40	PM	壮年	男性				

システムの狙い通りの効果が得られるかを評価するため、誤差要因および水準を選定し、システムごとに評価内容及び、評価方法を決定した。誤差要因および、水準を表 3.3.3-2 に示す。

表 3.3.3-2 誤差要因および水準

	要因	第1水準	第2水準
A	ドライバー年代	若年	壮年
B	ドライバー性別	男性	女性
C	時間帯	AM	PM
D	システム	支援なし	支援あり

4 実証実験結果

4.1 信号通過支援システム

4.1.1 神奈川地区

(1) システムの成立性

前方交差点を通過する際、路線信号情報による支援有無で、停車することなく交差点を通過できた数に差があるかを評価する。

【 代用特性 】

各被験者が、対象交差点の内、青信号通過時の情報提示有り無し走行ケースにおける情報提示点(交差点停止線から約 2~3 百 m)から停止線或いは交差点中心通過まで、停車することなく通過できた交差点の割合(以下、「信号交差点通過率」という。)。対象交差点数は 8 か所、被験者数は 36 人である。

【 誤差因子 】

代用特性を測定する際の誤差要因は以下である。誤差因子は表 3.1.3-1 被験者一覧に示したように分散させ、誤差因子が代用特性測定に与える影響を低減させるようにした。

- ・ドライバー(年齢 2 水準・性別 2 水準)
- ・時間帯(10-12 時、13-15 時、15-17 時の 3 水準)

【 実験結果 】

図 4.1.1-1 は支援有り無し時の場合における効果を比較した信号交差点通過率の分布である。青が支援無し、赤が支援有りである。表 4.1.1-1 は信号交差点通過率の解析結果である。平均値ばらつき共、両者の差は殆ど無い。支援無しの場合に比べ、支援有りの場合、信号交差点通過率の高い被験者の頻度が僅かに減った一方、信号交差点通過率の低い被験者が僅かに増えていた。速度超過して走行していた被験者の場合、支援による情報提示により、規制速度まで走行速度を落とすことにより、結果的に数か所先の下流交差点で信号停止する機会が増えたためであると推察される。

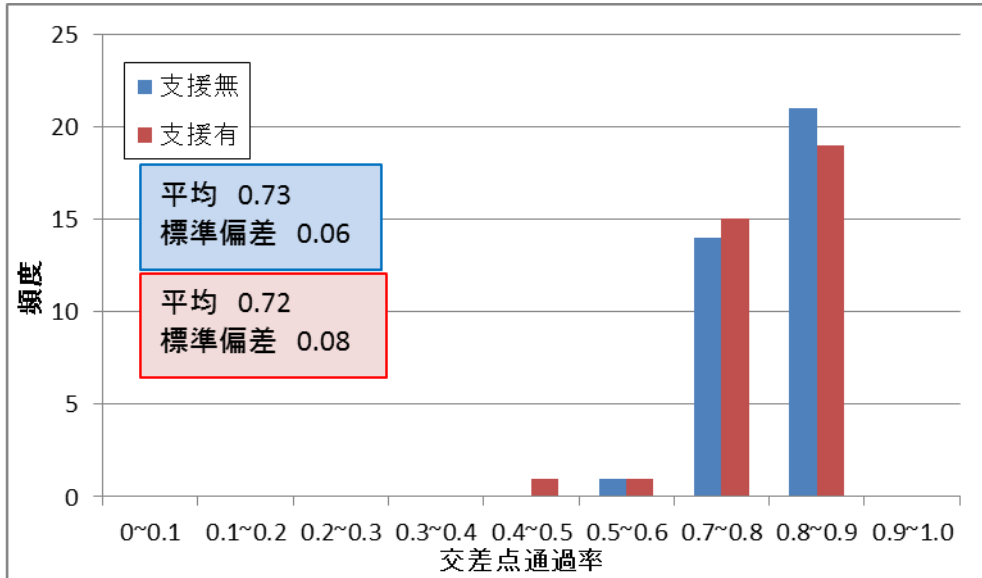


図 4.1.1-1 信号交差点通過率

表 4.1.1-1 信号交差点通過率

	信号交差点通過率 (平均値)
支援無し	72.8%
支援有り	71.6%

支援有り無し時の場合における信号交差点通過率を、誤差要因と共に分析したのが図 4.1.1-2 の要因効果図である。有意水準 5%での検定での有意差は無く、統計的に支援有無で信号交差点通過率に差があるとは言えない。

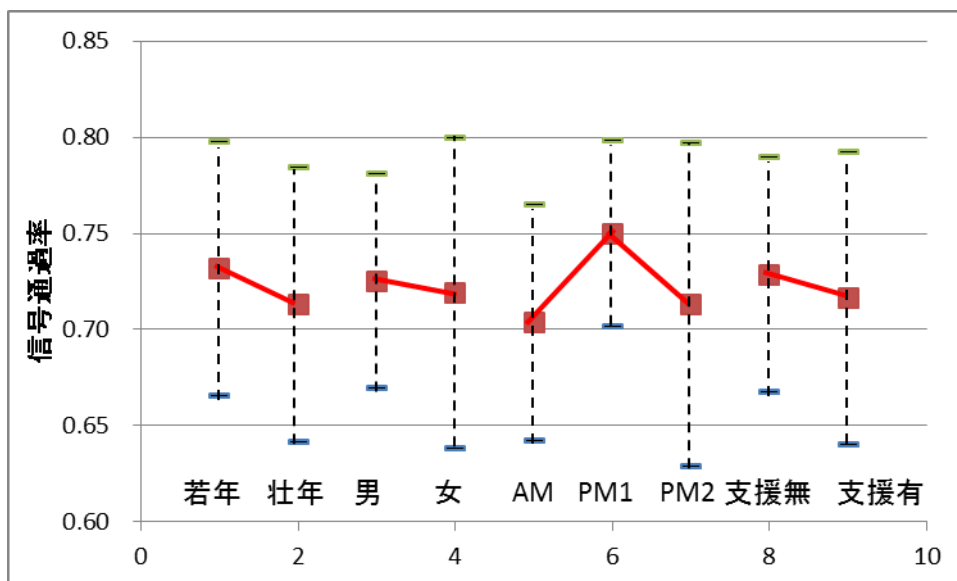


図 4.1.1-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

図 4. 1. 1-3 は支援無し、有りの場合での燃料消費量を比較したものを示す。青が支援無し、赤が支援有りである。両者を比較すると、平均値は殆ど変化しない一方、支援有りの方は、燃料消費量が僅かに減少した被験者が増大した一方、燃料消費量が増えた被験者も居る。従って、アクセルオフによる燃費消費量低減効果があった一方、信号停止の機会が増大したことで、発進加速による燃費消費量増大した被験者も居て、両者ではほぼ相殺されたものと推察される。

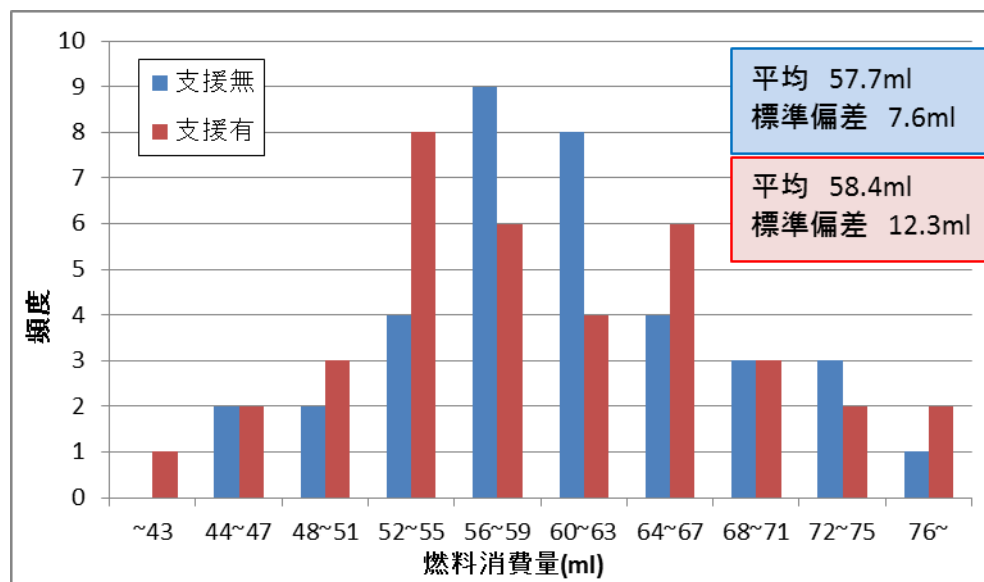


図 4. 1. 1-3 燃料消費量

図 4. 1. 1-4 は、支援有りの場合における信号時間ズレと、信号交差点通過率の関係を示す。両者の間には明確な相関関係は無かった。信号通過支援は、信号時間ズレもある程度見込みながら、信号通過の可能性の高い状況に情報提示しているため、あまり影響しなかったものと推察される。

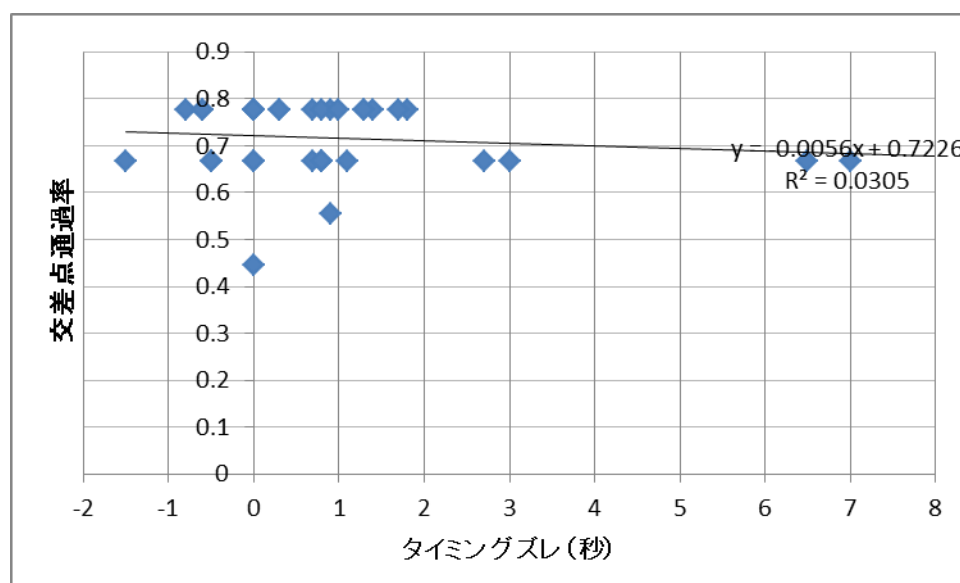


図 4. 1. 1-4 支援有りの場合における信号時間ズレと、信号交差点通過率の関係

(2) ドライバーの受容性

ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に、信号通過支援サービスの有用性や提示メッセージの評価を実施した。

一般モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.1.1-5 に示す。システムの有用性については、凡そ 8 割が環境性について、6 割が便利性、安全性、必要性について肯定的な回答であった。

情報提示については、凡そ 7 割が見やすさ、9 割が聞きやすさ、8 割が判りやすさについて肯定的な回答であった。

また、提示メッセージを一般モニター被験者が見落とし又は誤認することがないか、車室内カメラ映像、同乗進行役の記録等のデータを基に評価した。結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

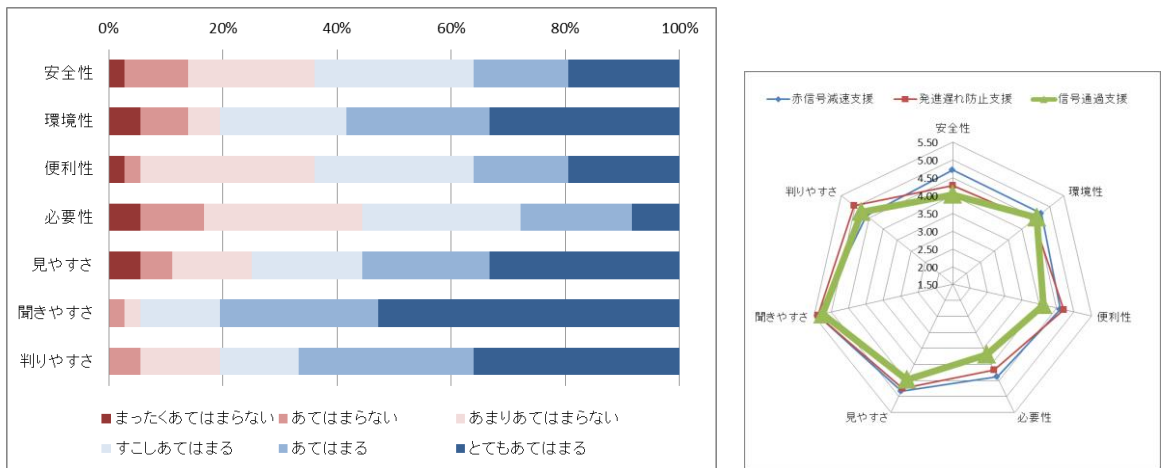


図 4.1.1-5 一般モニター被験者対象アンケート結果

社員モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.1.1-6 に示す。システムの有用性については、凡そ 7 割が便利性、安全性、環境性について、凡そ 4 割が必要性について肯定的な回答であった。

情報提示については、凡そ 7 割が判りやすさについて、凡そ 2 割が聞きやすさについて肯定的な回答であった。

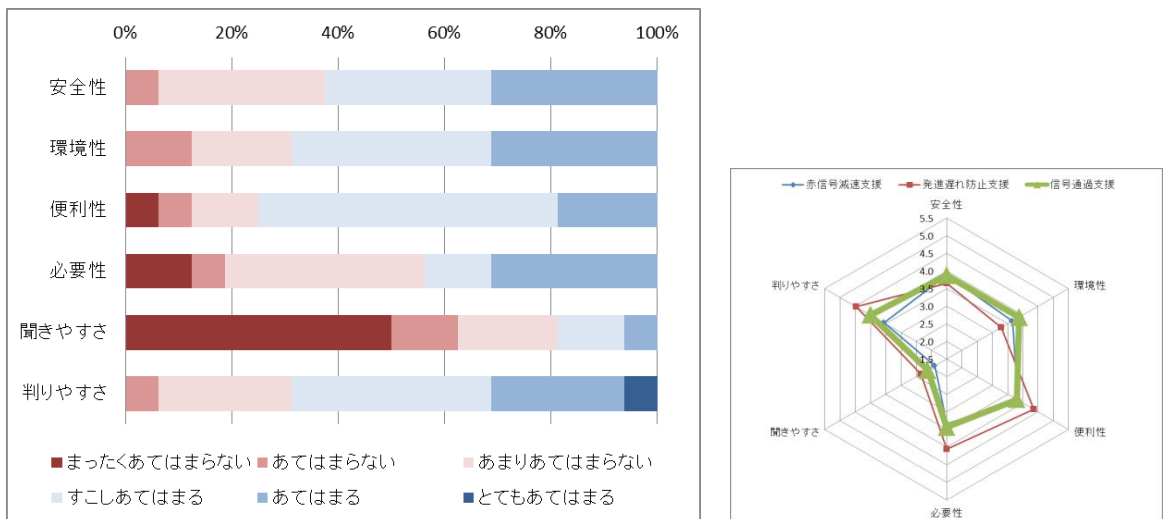


図 4.1.1-6 社員モニター被験者対象アンケート結果

(3) 安全性への影響

支援時に急減速の有無を同乗進行役の記録等のデータを基に評価した結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

(4) 交通流への影響

情報提示後に運転操作で、先行車への異常接近や、後続車が異常接近しないか、同乗進行役の記録等を基に評価した結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

4.1.2 群馬地区

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援無し・有りの走行で、各被験者が対象交差点を停車することなく通過できた率（信号交差点通過率）を求め、統計的な有意差を解析した。対象交差点数は30カ所、被験者数は50人である。

【 誤差因子 】

誤差因子には、ドライバー年代（若年／壮年）・性別・時間帯を設定し、表4.1.2-1で示す水準で分散させて、データを取得した。これら誤差要因と共に、支援無し・有りの分析を実施した。

表 4.1.2-1 統計解析 誤差因子

	要因	第1水準	第2水準	第3水準
A	ドライバー年代	若年	壮年	-
B	ドライバー性別	男性	女性	-
C	時間帯	午前 (AM)	昼 (PM1)	夕 (PM2)
D	支援	無し	有り	-

【 実験結果 】

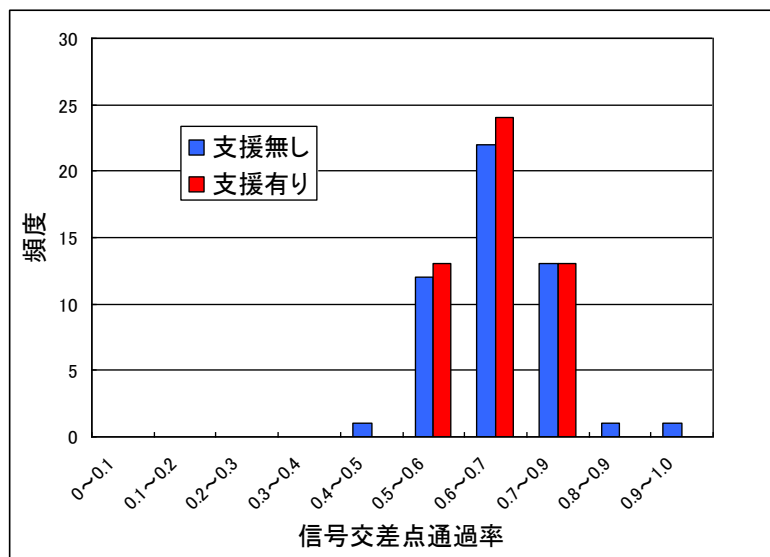


図 4.1.2-1 信号交差点通過率分布

表 4.1.2-2 信号交差点通過率 統計解析

	信号交差点通過率の平均値
支援無し	65.2%
支援有り	63.5%

支援無し・有りでの、信号交差点通過率の分布及び平均値にて、共に支援有りの方が悪化する結果となった。但し、有意水準 5% の検定では、有意な差は認められなく、支援無し・有りによる、信号交差点通過率への影響は無かった。

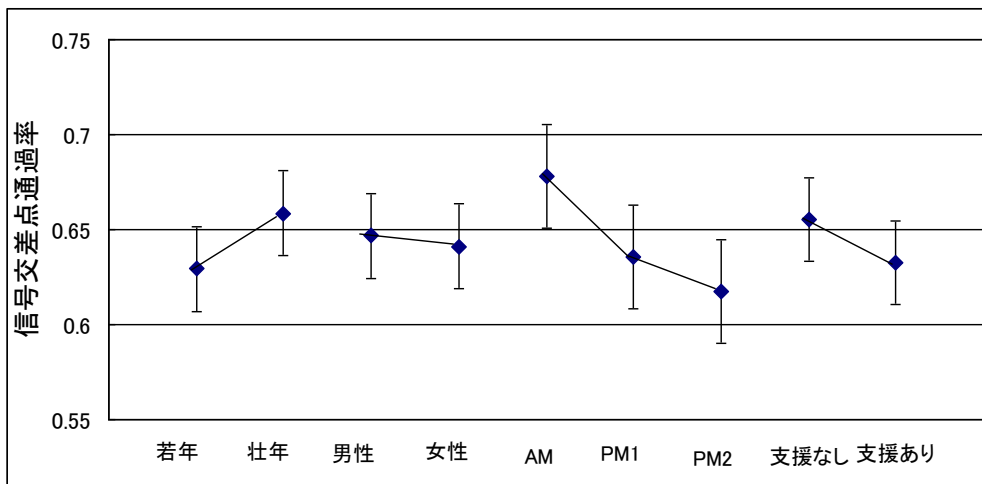


図 4.1.2-2 信号交差点通過率 要因効果図

図 4.1.2-2 に示す要因効果図でも、他の誤差因子の変化に対し、有意な差は見られなかった。誤差因子の中では、時間帯で午前中の信号交差点通過率が他の時間帯に比べ、信号交差点通過率が高かった。朝の通勤時間を過ぎ、一日の中で比較的空いている時間帯のため、信号交差点通過率が高くなったと考えられる。

【参考取得特性】

① 先行車の影響

交差点付近での、渋滞等による先行車の影響の有無で分けた、信号交差点通過率の分布をそれぞれ図 24.1.2-3、図 4.1.2-4 に示した。先行車の影響有りの信号交差点通過率は、無しの場合と比較して、大きくばらついている事が分かる。渋滞による停止や、交差点付近で停止車両が溜まっている状況で、交差点手前で停止しなければならない状況が多かったためと考えられる。

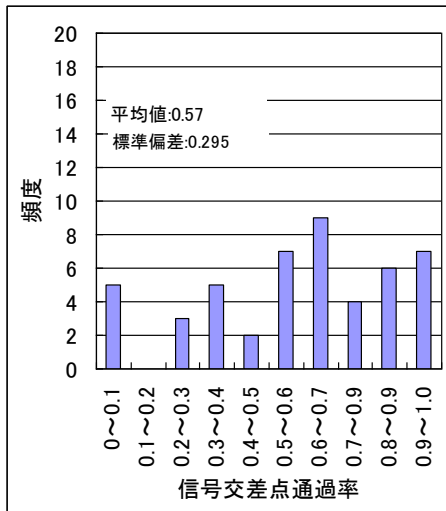


図 4. 1. 2-3 先行車有り

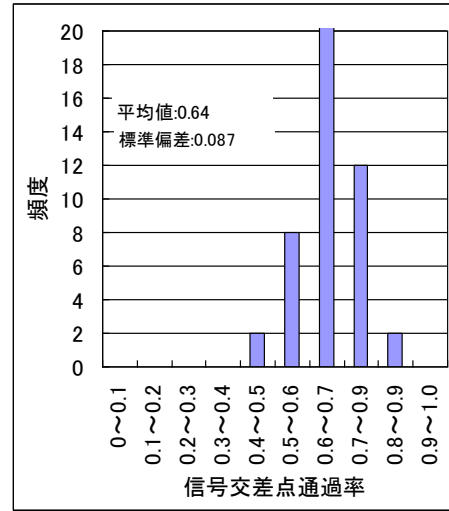


図 4. 1. 2-4 先行車無し

② 交通量が及ぼす影響

支援有り走行時にて、走行時の対象交差点付近の交通量を3段階に分け、各交通量での、ドライバー毎の信号交差点通過率の分布を、図 4. 1. 2-5~7 に示した。

結果、交通量に比例した、信号交差点通過率の変化は殆どみられなかった。道路上に車両が多くなっても、交通自体は流れるように、計画的に信号情報が制御されており、信号交差点通過率に影響を与える、直接的な要因にはならなかったと考えられる。

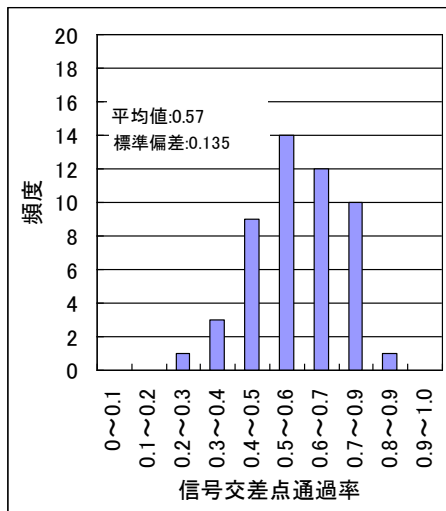


図 4. 1. 2-5 交通量大

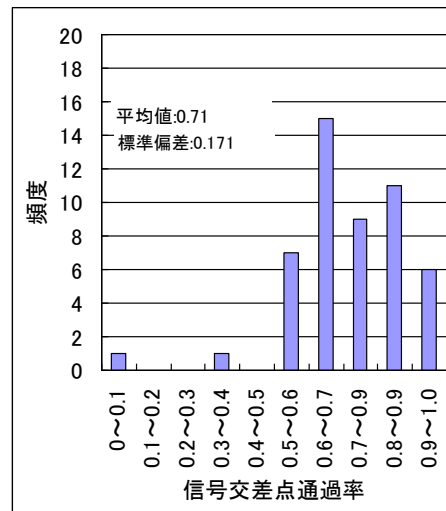


図 4. 1. 2-6 交通量中

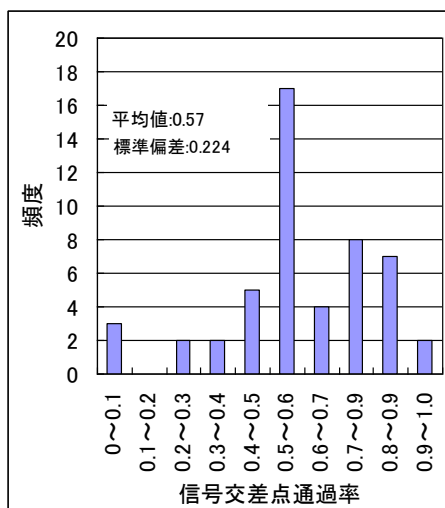


図 4. 1. 2-7 交通量小

③ その他不成立要因

実際に、信号通過支援が発生し支援不成立となった場合の、各要因を分類し表 4. 1. 2-3 に示す。

表 4. 1. 2-3 信号通過支援 支援成立数

減速による通過を推奨(アクセルオフ)	
トータル交差点通過回数	1500回
支援発生回数	25回
表示通り通過	6回
信号ズレ支援不成立	10回
渋滞により停止	3回
支援無視	6回
運転継続の表示(スピードキープ)	
トータル交差点通過回数	1500回
表示発生回数	828回
表示通り通過	639回
信号ズレ支援不成立	47回
渋滞により停止	142回

まず、減速により交差点を青信号で通過させる支援では、そもそも支援発生条件に入ることが25回(全体の1.7%)と少なく、支援通りの走行が実現できたのは6回(0.4%)とさらに少なかった。信号交差点通過率の向上に直接寄与する機能だったが、支援発生自体が少ない為に、信号交差点通過率向上には繋がらなかった。

次に、現状の速度を維持すれば、そのまま止まらずに信号を通過できる場合に表示する、運転継続(スピードキープ)では、およそ20%の確率で渋滞の影響を受けて、停止せざるをえなくなっていた。この表示の場合は、信号灯色の変り目で、無駄な加減速をする走行が有る場合にのみ効果が期待される。この効果が望めるケースの発生が少ないこと、そして支援不成立になる確率が多いことから、信号交差点通過率を向上させる効果が出なかったと考えられる。

(2) ドライバーの受容性

信号通過支援に関するドライバーのアンケートの集計結果を、図 4. 1. 2-8 に示す。

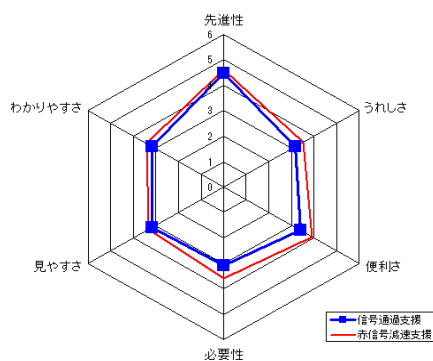
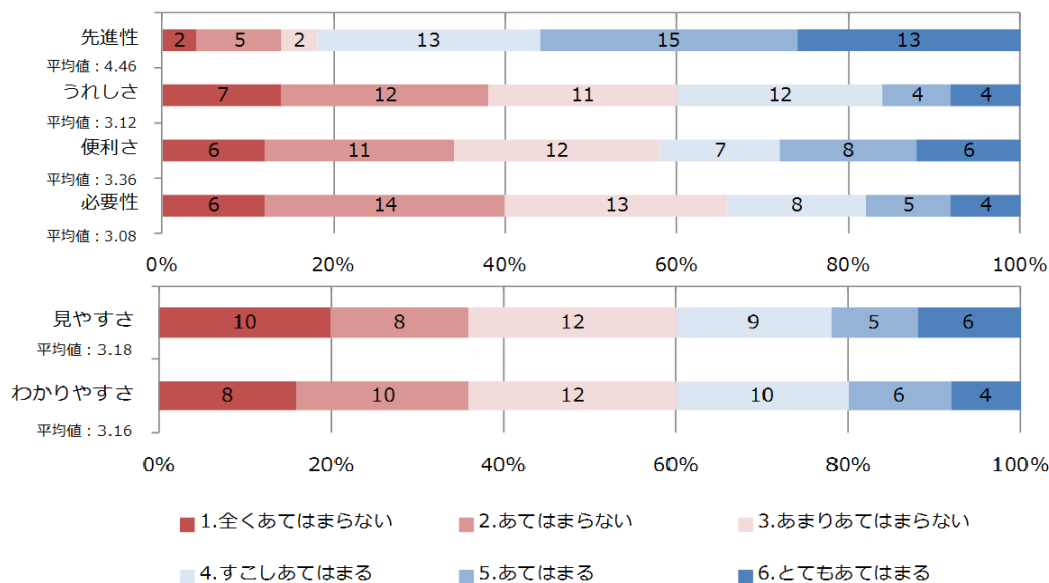


図 4. 1. 2-8 信号通過支援 受容性評価

先進性は、82%のモニターが肯定的に評価した。「渋滞の解消や燃費向上に役立つ」という理由から高評価であった。

必要性・うれしさは、低評価である。特に、信号の変化を予測したアクセルオフや、周りの交通環境に合わせたスピードキープを、普段から心掛けているモニターからは、「いつも自分がやっていることなので、わざわざ言われなくてもよい」と、否定的なコメントが相次いだ。また、通過の為に、減速を促す表示は、「使用すべき場面が分からない」「いきなり減速し始めたら後続車から不審に感じられるかも知れない」など、機能に疑問を感じる意見もあった。

便利さは、否定的な意見が若干多かったものの、スピードキープでは、アクセルやブレーキを操作しなくて、交差点を通過できるという安心感から、肯定的な意見も見られた。

見やすさ・わかりやすさは、60%のモニターが否定的に評価した。特に、「スピードキープ」表示時が分かりにくいと意見が出ている。この表示の時は、現行の速度で交差点を通過できるため、ドライバーへの具体的な走行指示は無く、このまま運転を継続すれば良いと説明していた。これに対し、ある一定のスピードで維持するための運転の「指示」と、誤解するモニターがいたことが、後のインタビュー結果からも見受けられた。特に、参考情報として表示した制限速度アイコンが、推奨速度の指

示として捉えられることも要因である。不要なユースケースを省く、ユーザーが注視する点に内容を絞るなど、検討が必要である。

(3) 安全性・交通流への影響

進行役の記録、及び後方映像から、信号通過支援時の、後続車の明らかな追い越しや急接近、後続車からのクラクションの有無を確認した。結果、該当する状況は発生しなかった。

加えて、モニター意見でも、明らかな追い越し、急接近に遭遇した旨のコメントは無い。その一方で、支援による後続車への影響を懸念するコメントが多くみられた。実際に「アクセルオフ」や「スピードキープ」の表示に従わず、周囲の速度、混雑状況に合わせて運転するモニターがいた。

このことから、実験では、多くのモニターが周囲の交通状況を考慮し、自身の感覚を優先して運転したために、安全性・交通流への影響が無かったと考えられる。これは、安全のため、周囲の交通環境に留意して運転することを説明した上で、走行評価を実施したことも、影響したと考えられる。

4.1.3 愛知地区

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援あり／なしでの信号交差点通過率を求め、統計的に有意差があるかどうかを解析した。対象交差点数は 35 カ所、被験者数は 53 人である。解析結果を図 4.1.3-1、表 4.1.3-1 に示す。

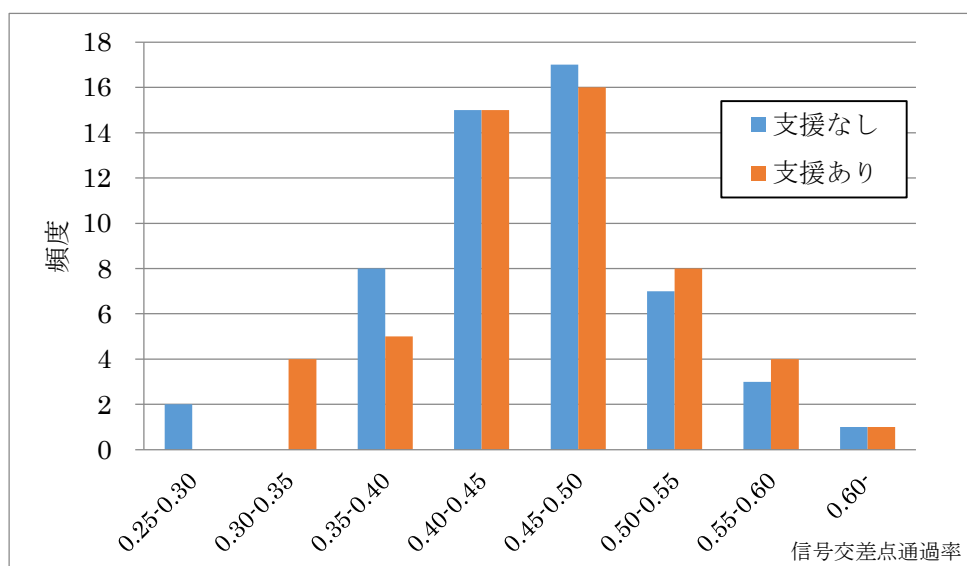


図 4.1.3-1 信号交差点通過率の分布

表 4.1.3-1 信号交差点通過率の平均値

	信号交差点通過率(平均値)
支援なし	44.6%
支援あり	45.1%

信号交差点通過率の分布および平均値では、支援ありの方が、支援なしに比べ微少ではあるが信号交差点通過率が向上しているものの、有意水準 5%での検定を行った結果、有意差はなく、

統計的に支援あり／なしで信号交差点通過率に影響があるとはいえない。

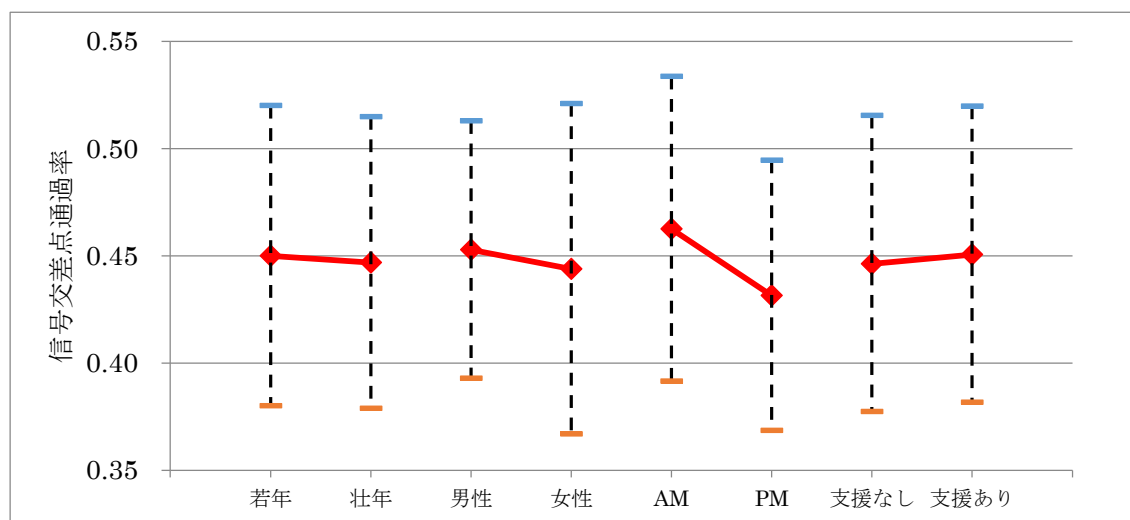


図 4.1.3-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

① ドライバーが支援に従って減速した率 $D2/D1$

D1：減速の支援が出力された回数

D2：減速の支援が出力され、ドライバーが減速(アクセル OFF)し、交差点を通過できた回数

表 4.1.3-2 ドライバーが支援に従って減速した比率

項目	値(回)
D1	586
D2	384
D2/D1	66%

② 交通量（先行車による影響）

先行車が支援に及ぼす影響を調査するため、渋滞や混雑等による先行車の影響で支援通りに走行することができず、その結果、青信号で交差点を通過できなかった事象の発生件数を調査した。

先行車の影響により青信号で交差点通過できなかった回数：20回

③ 車載システムで予測した信号現示と実際の信号現示の時間ズレによる影響

路線信号情報を基に車載システムで予測した信号現示と当該信号機の実際の現示との時間的ズレ（以下、「信号時間のズレ」とする）が支援に及ぼす影響を調査するため、信号時間のズレと信号通過支援が不成立（誤支援や不支援）になった交差点数の関係を解析した。

解析結果を表 4.1.3-3 に示す。

表 4.1.3-3 信号時間ズレと支援不成立の関係

信号時間ズレ(s)	支援不成立数 (件)
0-1.0	0
1.1-2.0	0
2.1-3.0	4
3.1-4.0	1
4.1-5.0	0
5.0以上	5
合計	10

【 考察 】

- ・6割以上のドライバーが支援に従って減速行動を行い、青信号通過となっているものの、実際に減速行動によって、本来は赤信号であった交差点を青信号で通過できた事象は発生しておらず、直接的な支援の効果は見られなかった。これは減速することで信号が赤から青に変わるタイミングで交差点に接近する場合は、今回の対象路線のような幹線道路では信号待ちの車列が交差点上流まで形成されているのが実情であり、車列末尾での停止を余儀なくされることが原因と考えられる。
- ・先行車の影響、信号時間ズレの影響により支援が不成立（誤警報）となる事象が30回発生しており、混雑のピーク時間帯を避け、他地域に比べ路線信号情報の精度が高い路線であるが、このような外乱が安全性・受容性に影響を与えられとされる。

(2) ドライバーの受容性

アンケート調査による受容性評価の解析結果を図 4.1.3-3 に示す。

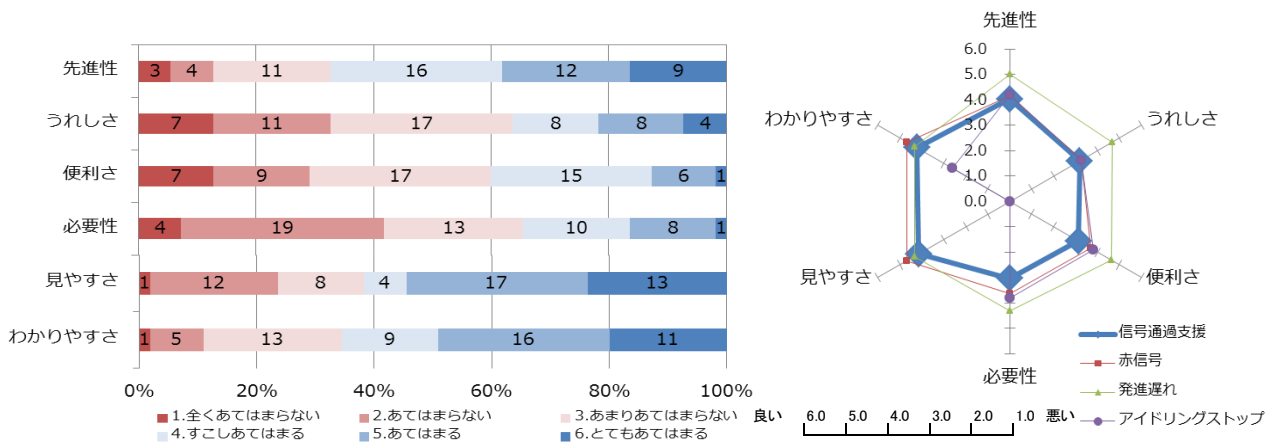


図 4.1.3-3 信号通過支援の受容性評価結果

受容性評価では先進性は評価されたものの、うれしさ、必要性などの受容性は低い評価となっ

た。これは、支援あり／なしで信号交差点通過率に有意差がないことから明確であるように、支援の効果を実感できなかったことや、実勢速度が高い対象路線において支援に従うことで走行速度が低下することに不満を感じたことが要因と考えられる。

一方で、直接的な効果ではないが規制速度を超えると減速を促す支援が表示される機能に対し、規制速度を意識した運転ができると評価したドライバーも一部で見受けられた。

代表的なコメントを以下に示す。

- ・周囲の車がない時に速度の目安となり、法定速度を意識することができる。
- ・支援に従って走行しても、青信号で通過できる印象を受けない。
- ・通常通りの走行速度であれば、青信号で通過できたと思われる。
- ・後続車が増えてきたため、支援に従うことができない場面があった。

4.2 赤信号減速支援システム

4.2.1 神奈川地区

(1) システムの成立性

路線信号情報による支援有無で、赤信号に向けてスムーズに停車したか評価する。

【 代用特性 】

情報提示有り無し走行ケースにおける、支援が提供される場所(信号手前)～停止線間の最大減速度。対象交差点数は1か所、被験者数は36人である。

【 誤差因子 】

代用特性を測定する際の誤差要因は以下である。誤差因子は表 3.1.3-1 被験者一覧に示したように分散させ、誤差因子が代用特性測定に与える影響を低減させるようにした。

- ・ドライバー(年齢2水準・性別2水準)
- ・時間帯(10-12時、13-15時、15-17時の3水準)

【 実験結果 】

図 4.2.1-1 は支援有り無し時の場合における効果を比較した最大減速度の分布である。青が支援無し、赤が支援有りである。表 4.2.1-1 は最大減速度の解析結果である。支援無しの場合に比べ、支援有りの場合、最大減速度の平均値は低下している傾向が確認できる。また、支援無しの場合に比べ、支援有りの場合、高い減速度の被験者の頻度が減った一方、低い減速度の被験者が増え、ばらつきも減っている。

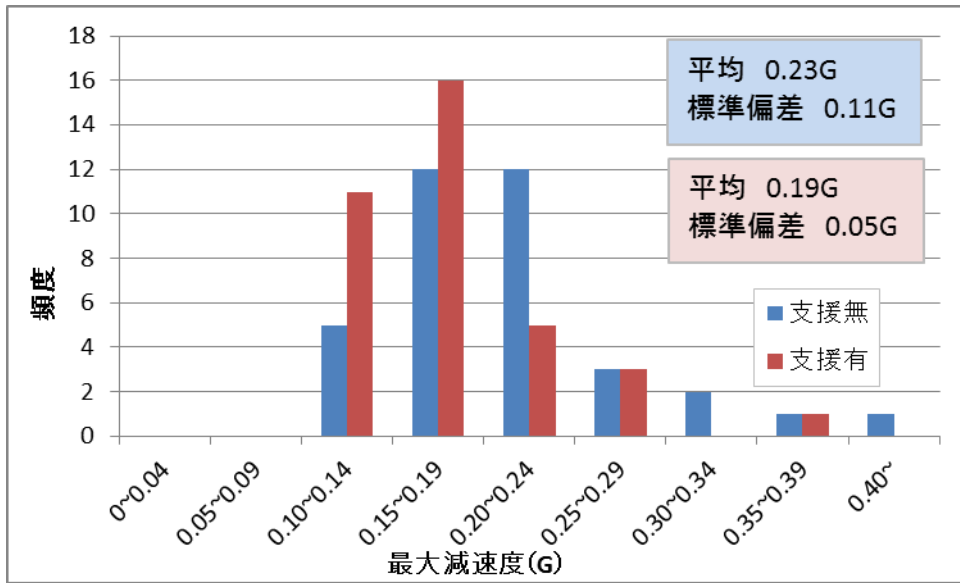


図 4.2.1-1 最大減速度の分布

表 4.2.1-1 最大減速度

	最大減速度 (平均値)
支援無し	0.23G
支援有り	0.19G

支援有り無し時の場合における最大減速度を、誤差要因と共に分析したのが図 4.2.1-2 の要因効果図である。有意水準 5%での検定での有意差は無く、統計的に支援有無で最大減速度に差があるとは言えない。

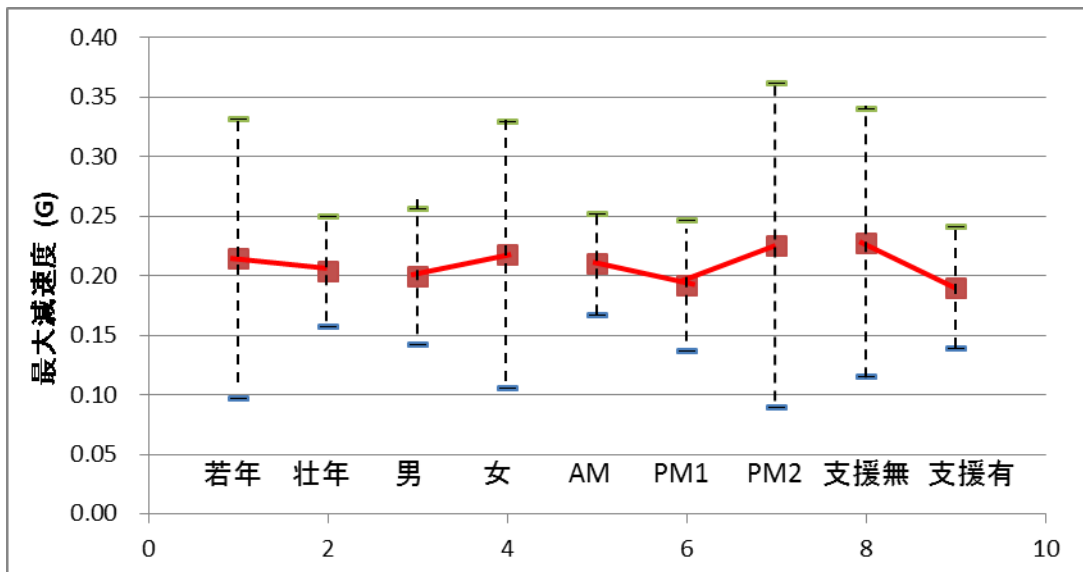


図 4.2.1-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

図 4. 2. 1-3 は支援無し、有りの場合での燃料消費量を比較したものを示す。青が支援無し、赤が支援有りである。両者を比較すると、平均値は殆ど変化しないが、支援有りの方は、燃料消費量が低下した被験者の割合が増加している一方、効果の無い被験者も居る。減速支援によりアクセルオフできる環境かどうかにも影響されたものと推察される。

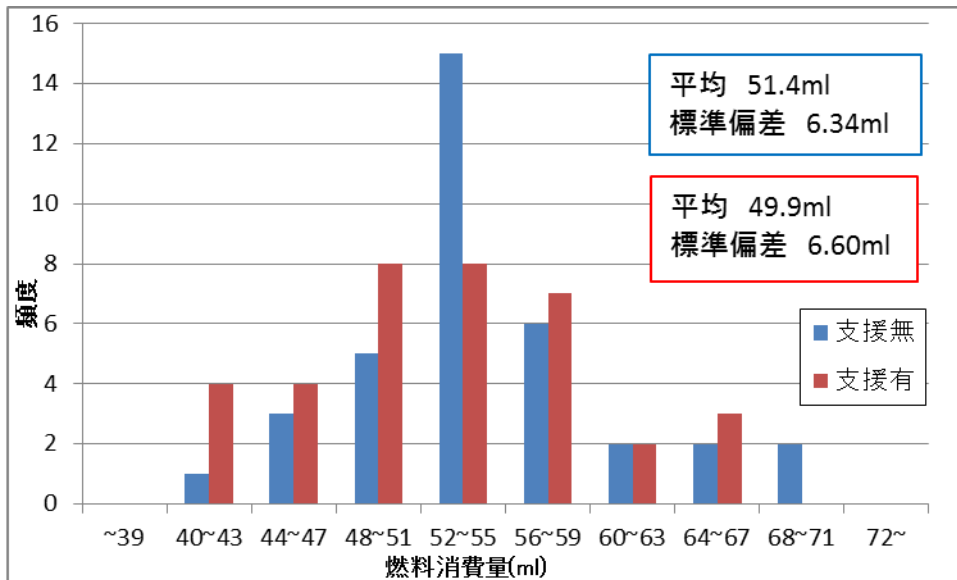


図 4. 2. 1-3 燃料消費量

図 4. 2. 1-4 は、支援有りの場合における信号時間ズレと、最大減速加速度の関係を示す。両者の間には明確な相関関係は無かった。今回の実験環境では、信号時間ズレ幅があまり大きくなかったため、あまり影響しなかったものと推察される。

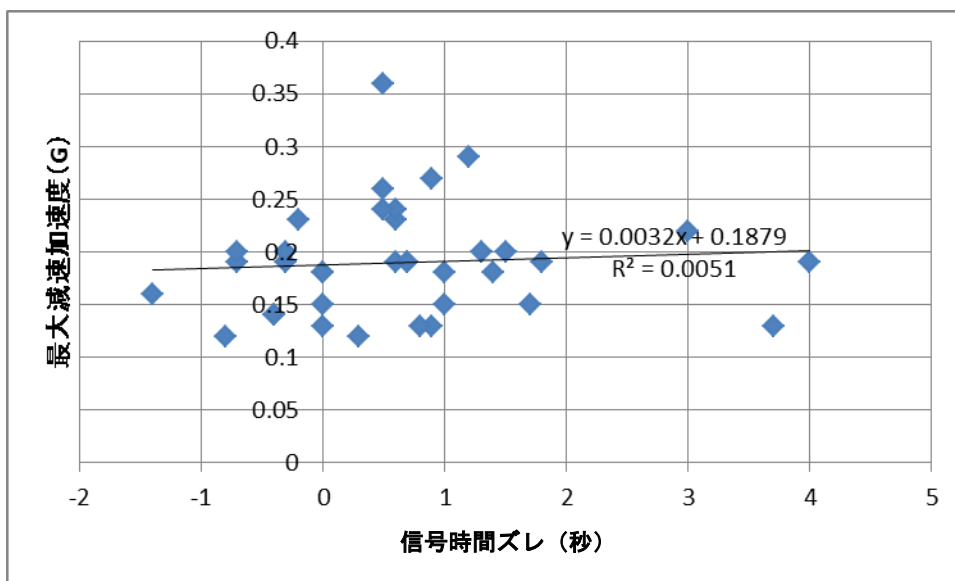


図 4. 2. 1-4 支援有りの場合における信号時間ズレと、最大減速加速度の関係

(2) ドライバーの受容性

ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に、赤信号減速支援サービスの有用性や提示メッセージの評価を実施した。

一般モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.2.1-5 に示す。システムの有用性については、凡そ 8 割が便利性、安全性、環境性について、7 割が必要性について肯定的な回答であった。安全性、環境性、必要性は 1 位である。情報提示については、凡そ 9 割が見易さについて、10 割が聞きやすさについて、8 割が判りやすさについて肯定的な回答であった。

また、提示メッセージを一般モニター被験者が見落とし又は誤認することがないか、車室内カメラ映像、同乗進行役の記録等のデータを基に評価した。結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

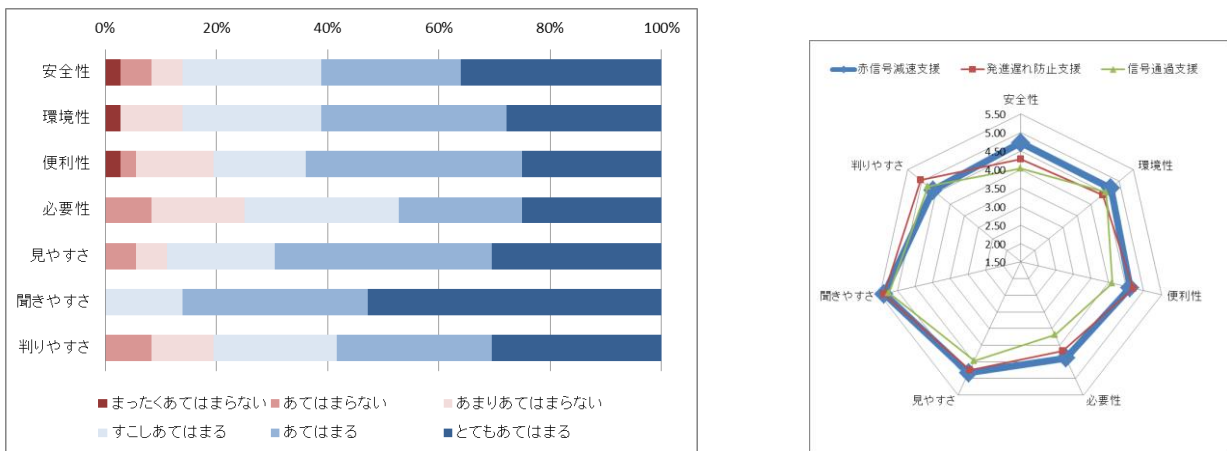


図 4.2.1-5 一般モニター被験者対象アンケート結果

社員モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.2.1-6 に示す。システムの有用性については、凡そ 7 割が便利性、安全性について、凡そ 6 割が環境性について、凡そ 4 割が必要性について肯定的な回答であった。

情報提示については、凡そ 5 割が判りやすさについて、凡そ 2 割が聞きやすさについて肯定的な回答であった。

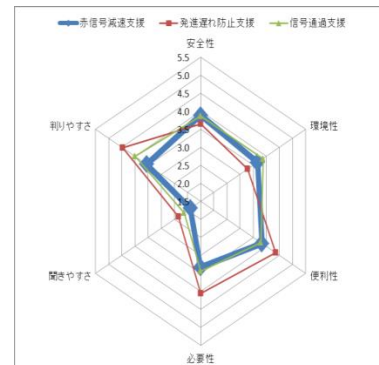
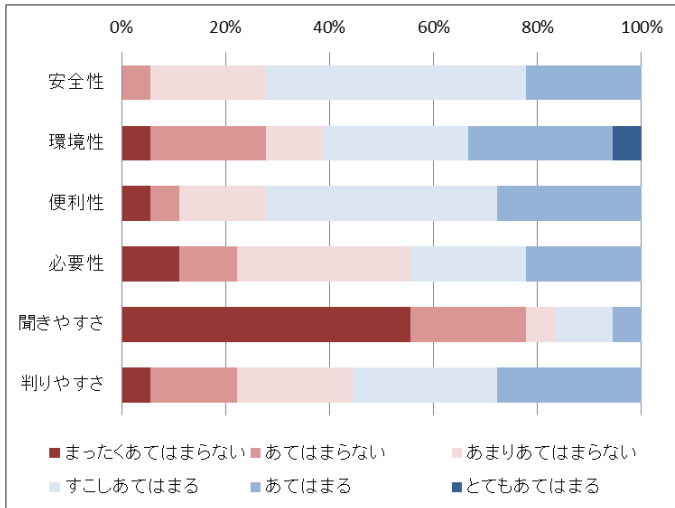


図 4.2.1-6 社員モニター被験者対象アンケート結果

(3) 安全性への影響

支援時に急減速の有無を同乗進行役の記録等のデータを基に評価した結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

(4) 交通流への影響

情報提示後に運転操作で、先行車への異常接近や、後続車が異常接近しないか、同乗進行役の記録等を基に評価した結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

4.2.2 群馬地区

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援無し・有りの走行で、赤信号で停止した場合の最大減速度を求め、統計的な有意差を解析した。尚、渋滞の影響で停止したケースとの混同を避けるため、映像データにて赤信号で停止した走行であることを確認した上で、最大減速度を抽出している。対象交差点数は 35 か所、被験者数は 53 人である。

【 誤差因子 】

誤差因子は、信号通過支援と同様に、ドライバー年代（若年／壮年）・性別・時間帯を設定し、表 4.2.2-1 で示す水準で分散させて、データを取得した。これら誤差要因と共に、支援無し・有りの分析を実施した。

表 4.2.2-1 統計解析 誤差因子

	要 因	第 1 水準	第 2 水準	第 3 水準
A	ドライバー年代	若 年	壮 年	-
B	ドライバー性別	男 性	女 性	-
C	時間帯	午前 (AM)	昼 (PM1)	夕 (PM2)
D	支援	無し	有り	-

【実験結果】

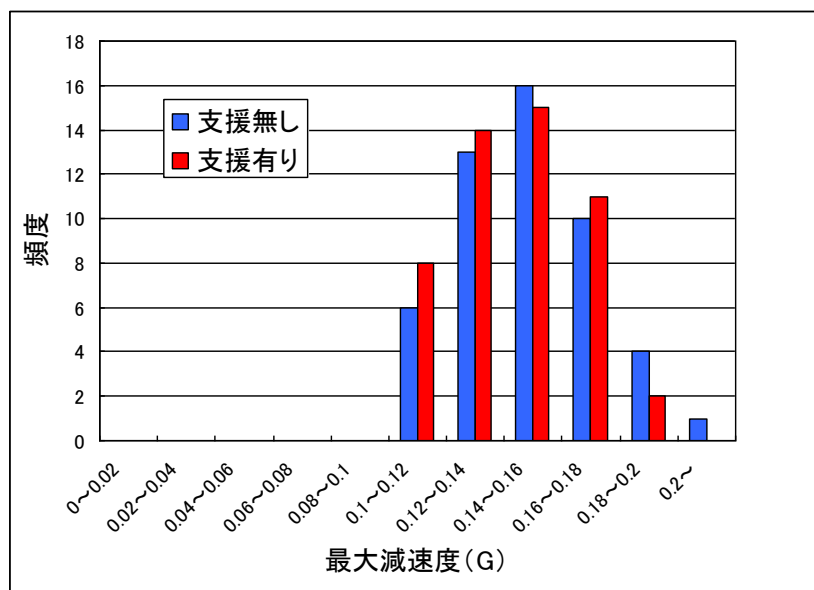


図 4.2.2-1 最大減速度分布

表 4.2.2-2 最大減速度 統計解析

	最大減速度の平均値
支援無し	0.149G
支援有り	0.145G

支援無し・有りでの、最大減速度の分布及び平均値にて、共に支援有りの方が減少する結果となった。ただし、有意水準 5% の検定では、有意な差は認められなく、支援無し・有りによる、最大減速度への影響は無かった。

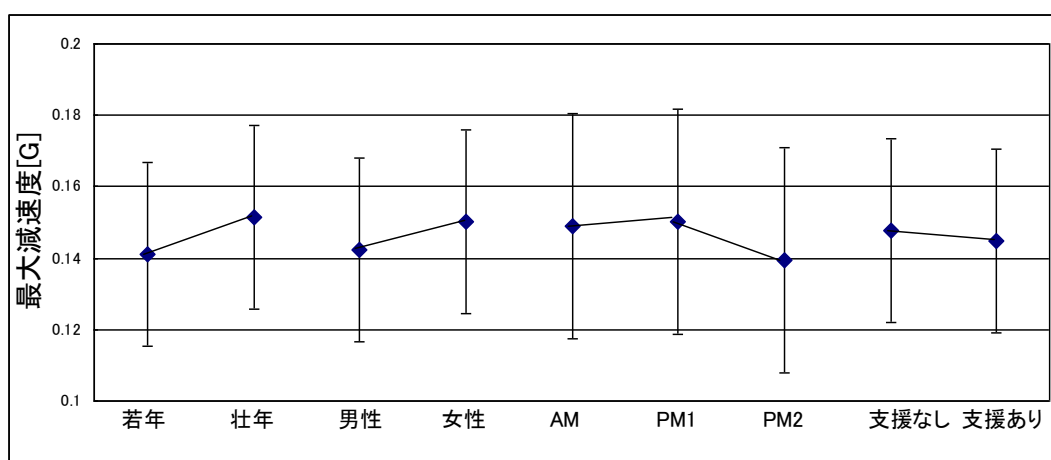


図 4.2.2-2 最大減速度 要因効果図

図 4. 2. 2-2 に示す要因効果図でも、他の誤差因子の変化に対し、有意な差は見られなかった。誤差因子の中では、若年、及び男性のドライバーの最大減速度が低くなる結果となった。

【 参考取得特性 】

① 先行車の影響

交差点付近での、渋滞等による先行車の影響の有無で分けた、最大減速度の分布をそれぞれ図 4. 2. 2-3、図 4. 2. 2-4 に示した。

結果、先行車の影響が有る方は、無しに比べてデータのレンジは広がったが、分布には大きな変化が見られなかった。

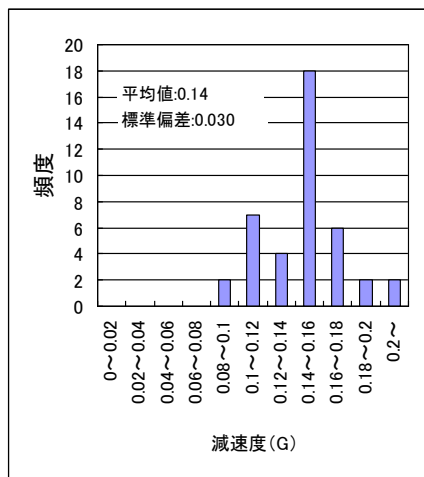


図 4. 2. 2-3 先行車有り

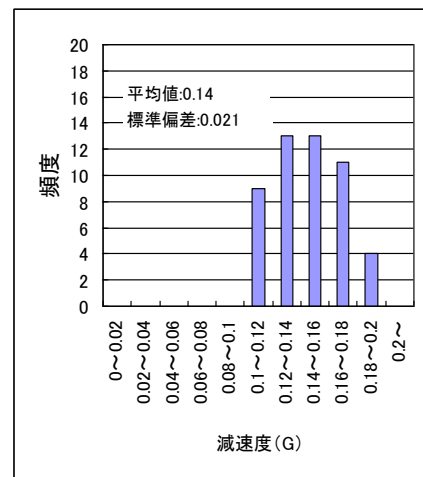


図 4. 2. 2-4 先行車無し

② 交通量が及ぼす影響

支援有り走行時にて、走行時の対象交差点付近の交通量を 3 段階に分け、各交通量での、ドライバー毎の信号交差点通過率の分布を、図 4. 2. 2-5~7 に示した。結果、交通量に比例し、減速度の平均値に変化があるものの、最大減速度の分布には大きな違いがみられなかった。

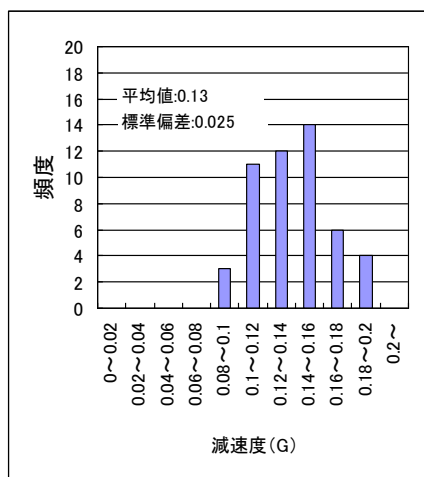


図 4. 2. 2-5 交通量大

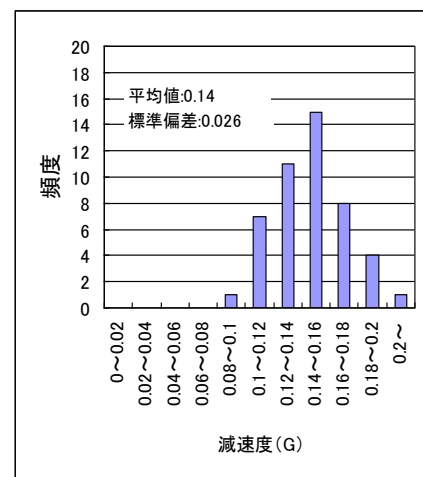


図 4. 2. 2-6 交通量中

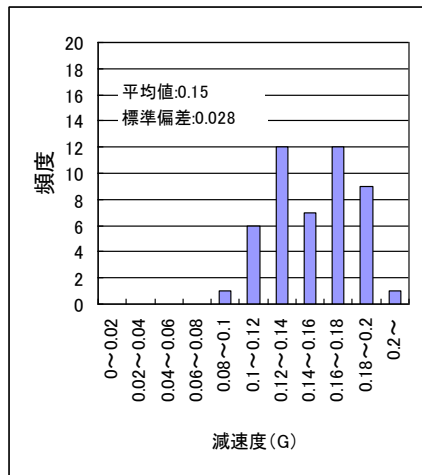


図 4. 2. 2-7 交通量小

③ その他不成立要因

先行車の影響、交通量が及ぼす影響による、最大減速度の変化を確認したが、大きな違いが見られなかった。これは、赤信号減速支援でアクセルオフを推奨して、ドライバーが従ったとしても、最終的にはブレーキで停止し、最大減速度がこのブレーキの仕方に依存するケースがあったと考えられる。

一例として、図 4. 2. 2-8 に、支援有りでのある走行の減速度を示す。この走行では、赤信号減速支援に対し、ドライバーは支援通りにアクセルオフを実施している。その後、交差点での停止に向け、ブレーキを踏み緩やかな停止が実現できており、このブレーキ中に最大減速度 0.19G が発生している。一方で、このドライバーの支援無し時の停止時減速度は 0.13G~0.18G であった。

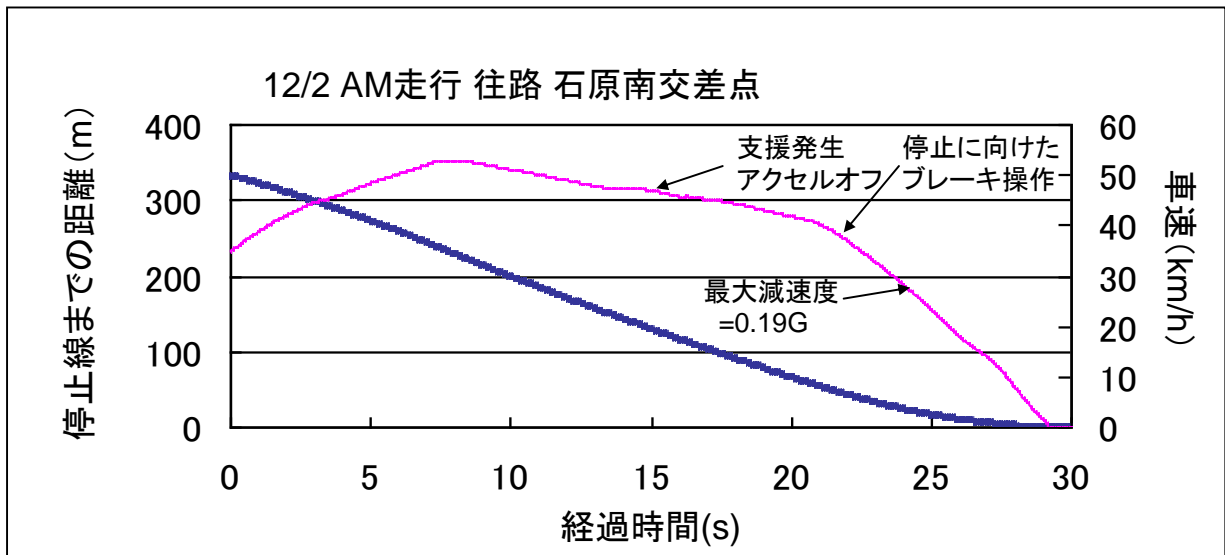


図 4. 2. 2-8 支援有り時の最大減速度 発生タイミング

(2) ドライバーの受容性

赤信号減速支援に関するドライバーのアンケートの集計結果を、図 4. 2. 2-9 に示す。

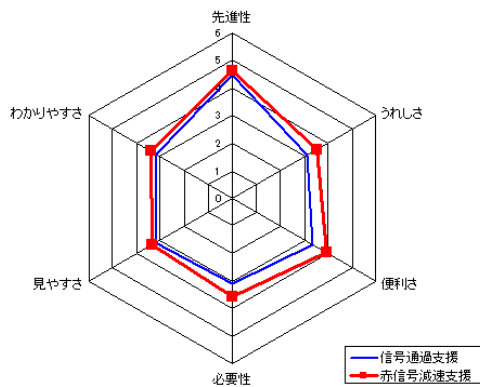
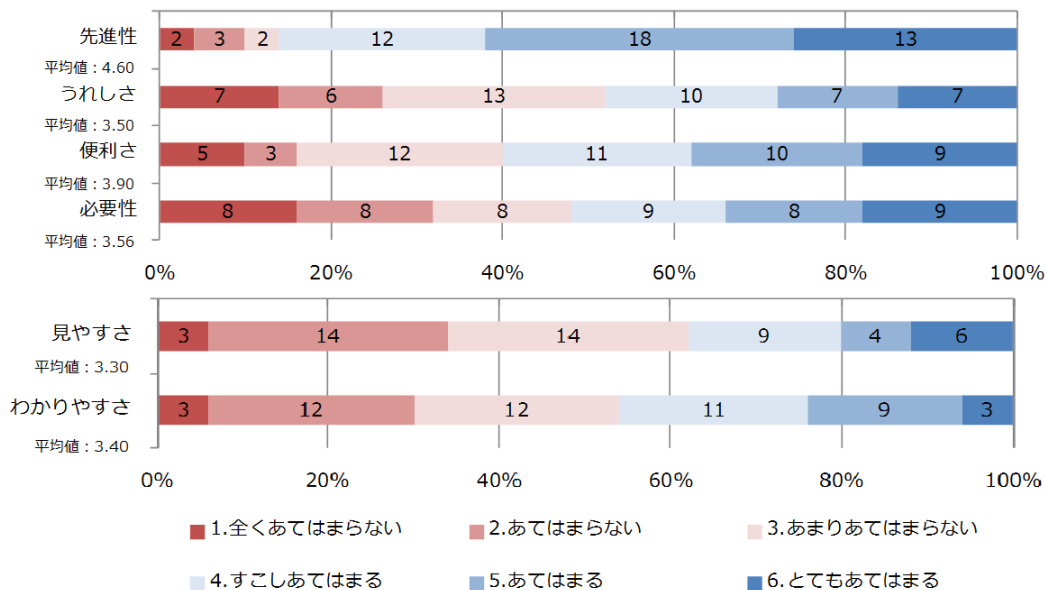


図 4. 2. 2-9 赤信号減速支援 受容性評価

先進性・便利さは、それぞれ86%、60%のモニターが肯定的に評価した。「止まるための心構えができる」など、安全面での肯定的な意見が全体的に多かった。特にカーブで前方の信号が見えにくい場面や、前に大型車がいる場面に、好意的なコメントが多かった。

必要性・うれしさは、意見が半分に分かれている。信号が黄色へ変わる時や、歩行者信号が点滅した時など、これから信号が赤になると想定できる場合は、自分の感覚に頼り加速して通過しようとするモニターが多い。これはモニター意見にも表れており、「信号直前だと急ブレーキになってしまう」「自分ならここは通過したい」といった自身の運転感覚との差異の指摘があった。

見やすさ・分かりやすさは、否定的な意見が半数を超えた。特に、減速を促すための「アクセルオフ」について、「聞き慣れない」「専門用語的」といった親しみにくい印象を持つ声が多く上がった。事前説明や走行後のインタビューでは、違和感は無いが、いざ運転中に表示や音声を聞くと、「アクセル＝踏む」といったイメージが瞬時に出来てしまい、混乱するモニターもいた。

また、支援システム間の比較では、赤信号減速支援が、信号通過支援に比べ、全体的に高い評価となった。見通しの悪い道路や、トラックなど大型車に視界を塞がれる場合の、運転の手掛かりとし

て、安全性向上につながると認識された事が、評価を上げたと考えられる。

(3) 安全性・交通流への影響

信号通過支援と同様に、明らかな追い越しや急接近等の、周辺の交通に与える影響は発生しなかった。

モニター意見では、赤信号減速支援が表示された際、「交通の流れに乗っているのに、ここで減速したくない」とコメントする場面が複数見られ、中には一度表示の指示に従って減速するも、後続車への影響を懸念して信号直前で加速し、通過しようとするモニターもいた。

このことから、赤信号でスムーズに止まる事よりも、後続車への迷惑を恐れて走行したため、安全性・交通流への影響が無かったと考えられる。

4.2.3 愛知地区

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援あり／なしでの赤信号停止時における支援開始位置～停止線までの最大減速度を求め、統計的に有意差があるかどうかを解析した。対象交差点数は 30 か所、被験者数は 50 人である。支援あり／なしでの最大減速度の分布を図 4.2.3-1 に、最大減速度の平均値を表 4.2.3-1 に示す。

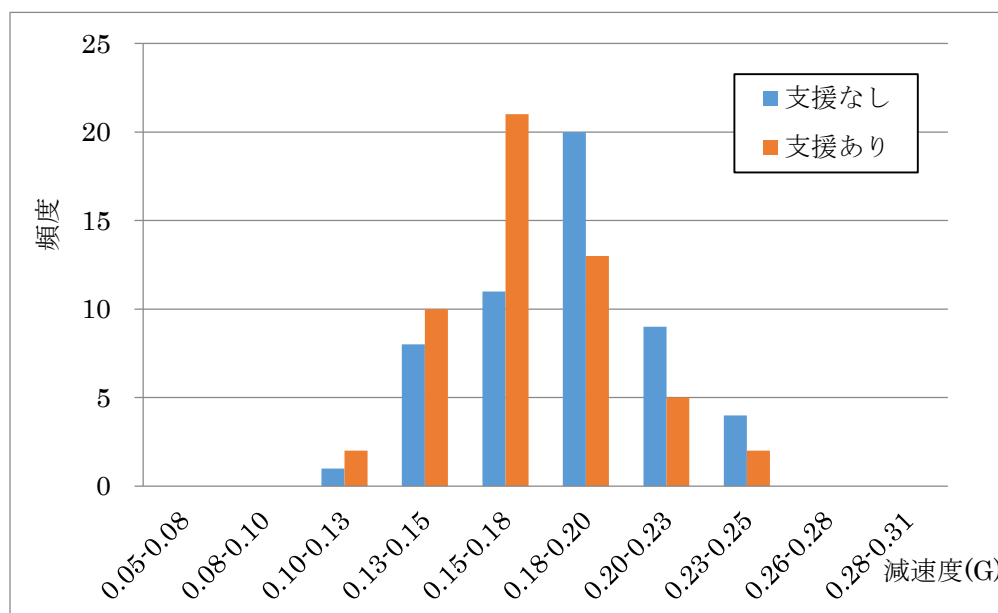


図 4.2.3-1 最大減速度の分布

表 4.2.3-1 最大減速度の平均値

	最大減速度の平均値 (G)
支援なし	0.18
支援あり	0.17

図 4.2.3-1 および、表 4.2.3-1 では分布および平均値において支援ありの方が、支援なしに比べ最大減速度が小さくなっているが、有意水準 5%での検定を行った結果、有意差はなく、統計的

に支援あり／なしで最大減速度に影響があるとはいえない。

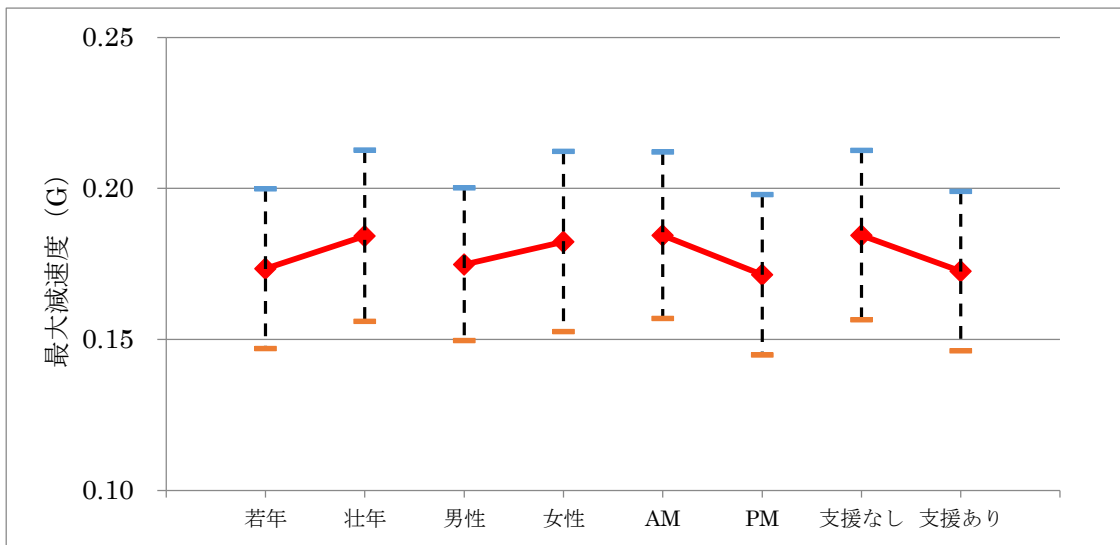


図 4.2.3-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

- ① 支援によりアクセル ON→アクセル OFF となった比率 A'/A

表 4.2.3-2 アクセル ON→アクセル OFF となった比率

項目	値
A	531
A'	441
A'/A	83%

- ② 交通量（先行車による影響）

先行車が支援に及ぼす影響を調査するため、渋滞などによる先行車の影響で、支援通りに走行することができなかった事象の発生件数を調査した。

先行車の影響により支援通りに走行できなかった回数：22 回

- ③ 車載システムで予測した信号現示と実際の信号現示の時間ズレによる影響

信号時間ズレが支援精度に及ぼす影響を調査するため、信号時間ズレと赤信号減速支援が不成立（誤支援や不支援）になった交差点数の関係を解析した。

解析結果を表 4.2.3-3 に示す。

表 4.2.3-3 信号時間ズレと支援不成立の関係

信号時間ズレ(s)	支援不成立数 (件)
0-1.0	0
1.1-2.0	1
2.1-3.0	5
3.1-4.0	3
4.1-5.0	1
5.0以上	12
合計	22

【 考察 】

- ・支援あり／なしにおいて最大減速度に統計的な有意差は見られなかったものの、減速度分布、平均の最大減速度共に、支援ありの方が小さくなる傾向にあることから、微小ながらもシステムの効果があった可能性が考えられる。
- ・支援に従って減速行動を取ったドライバーが 8 割以上となり、交差点上流から減速行動を取ることが最大減速度の低下に繋がっていると考えられる。
- ・先行車の影響、信号時間ズレの影響により支援が不成立（誤警報）となる事象が 44 回発生しており、信号通過支援と同様に混雑のピーク時間帯を避け、他地域に比べ路線信号情報の精度が高い路線であるが、このような外乱が安全性・受容性に影響を与えると考えられる。

(2) ドライバーの受容性

アンケート調査による受容性評価の解析結果を図 4.2.3-3 に示す。

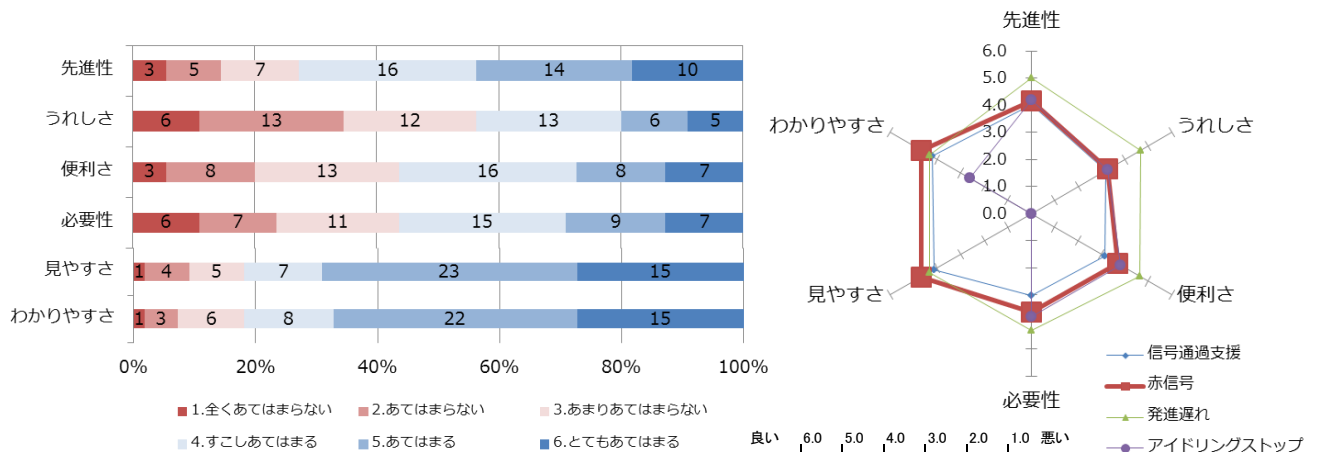


図 4.2.3-3 赤信号減速支援の受容性評価

受容性評価では便利さ・必要性の評価が高い。これは事前に前方の信号現示が赤であることを把握できることや減速への備えができることがドライバーに評価されたことが要因と考えられる。一方で、信号までの距離がある場合の支援に対し減速行動を躊躇うドライバーもいた。

代表的なコメントを以下に示す。

- ・事前に減速の準備ができ、急ブレーキが少なくなる。
- ・黄色信号での通過がなくなり、安全運転ができる。
- ・支援のタイミングが早い。

4.3 発進遅れ防止支援システム

4.3.1 神奈川地区

(1) システムの成立性

先頭で赤信号停車している場合、信号が青になってから、遅れなく発進できたかを支援の有無で評価する。

【 代用特性 】

情報提示有り無し走行ケースにおける、信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間。対象交差点数は1か所、被験者数は36人である。

【 誤差因子 】

代用特性を測定する際の誤差要因は以下である。誤差因子は表 3.1.3-1 被験者一覧に示したように分散させ、誤差因子が代用特性測定に与える影響を低減させるようにした。

- ・ドライバー(年齢2水準・性別2水準)
- ・時間帯(10-12時、13-15時、15-17時の3水準)

【 実験結果 】

図 4.3.1-1 は支援有り無し時の場合における効果を比較した、信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間の分布である。青が支援無し、赤が支援有りである。表 4.3.1-1 は信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間の解析結果である。平均値は両者に殆ど差は無い。ばらつきは支援無しの場合に比べ、支援有りの場合、僅かに少ない。支援無しの場合に比べ、支援有りの場合、幾分ブレーキオフするまでの時間の減った被験者の頻度が増えているのが判る。

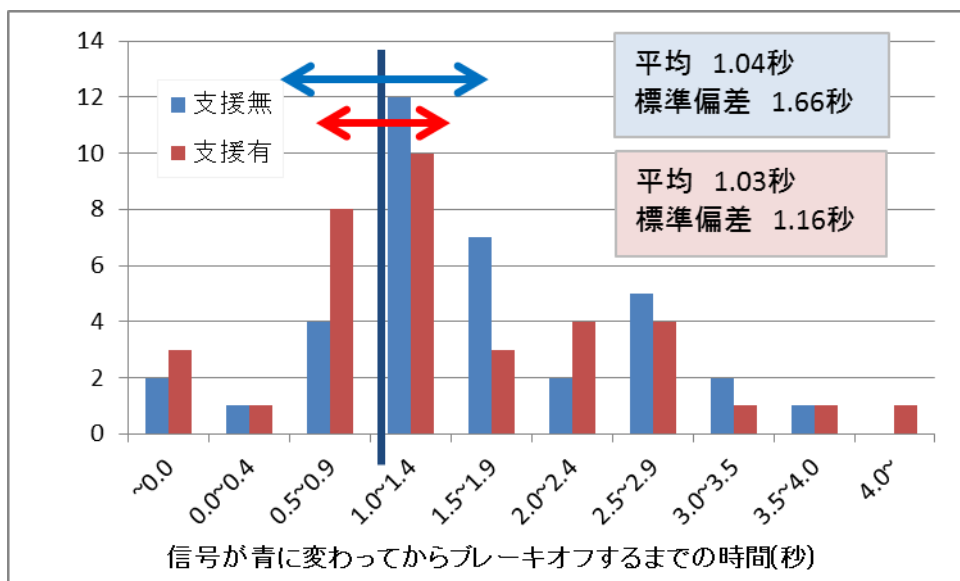


図 4.3.1-1 信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間

表 4.3.1-1 信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間

	信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間（平均値）
支援無し	1.04 秒
支援有り	1.03 秒

支援有り無し時の場合における発進遅れ時間を、誤差要因と共に分析したのが図 4.3.1-2 の要因効果図である。有意水準 5%での検定での有意差は無く、統計的に支援有無で最大減速度に差があるとは言えない。

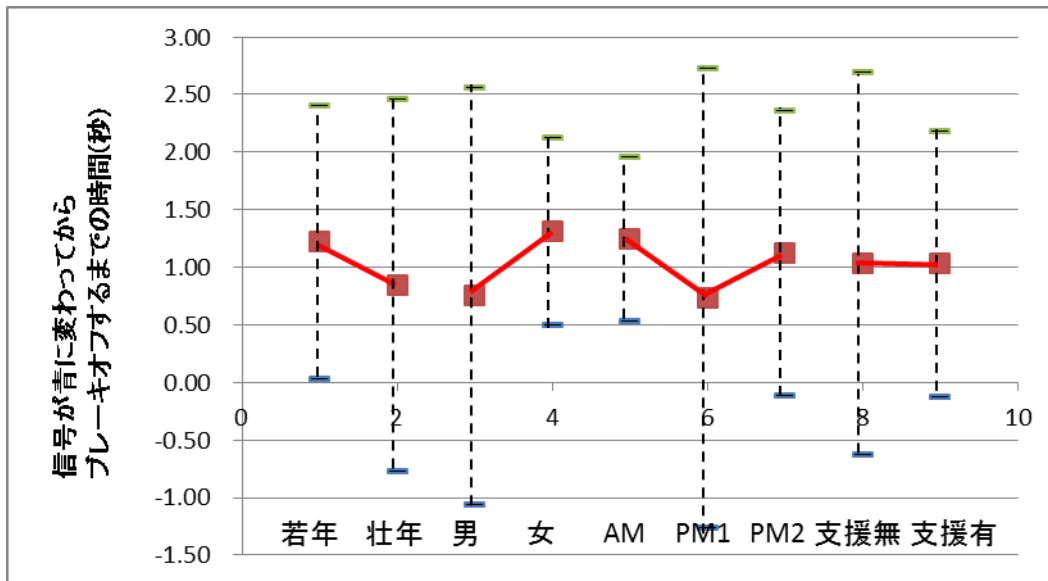


図 4.3.1-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

図 4.3.1-3 は支援無し有りの場合での燃料消費量を比較したものを示す。青が支援無し、赤が支援有りである。両者を比較すると、平均値は殆ど変化しないが、支援有りの方は、ばらつきが減って、燃料消費量が平均より多い被験者の割合が減少している。ふんわりアクセルの情報提示の効果が出ているものと推察される。

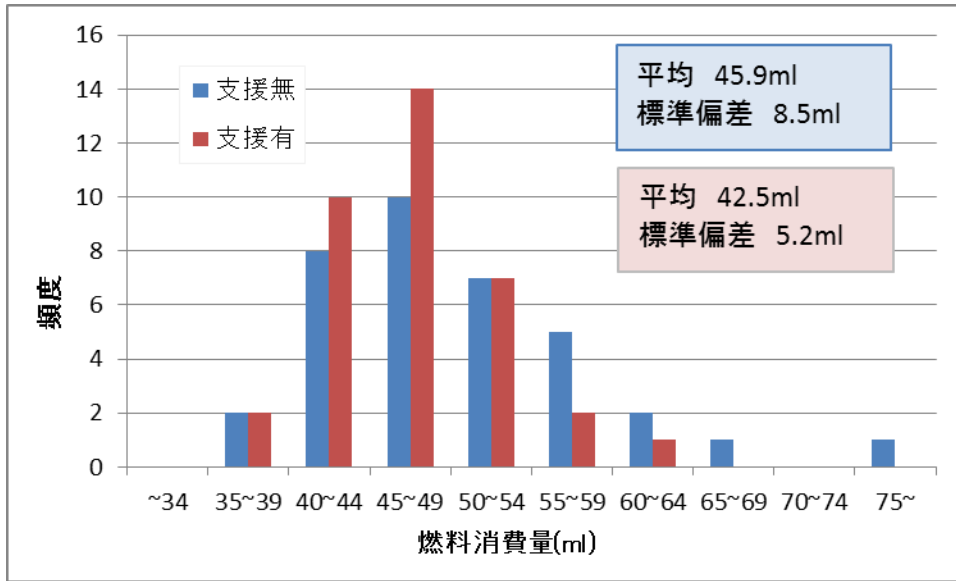


図 4. 3. 1-3 燃料消費量

図 4. 3. 1-4 は、支援有りの場合における信号時間ズレと、ブレーキオフするまでの時間の関係を示す。両者にはあまり明確な相関関係は無かった。今回の実験環境では、信号時間ズレ幅があまり大きくなかったため、あまり影響しなかったものと推察される。

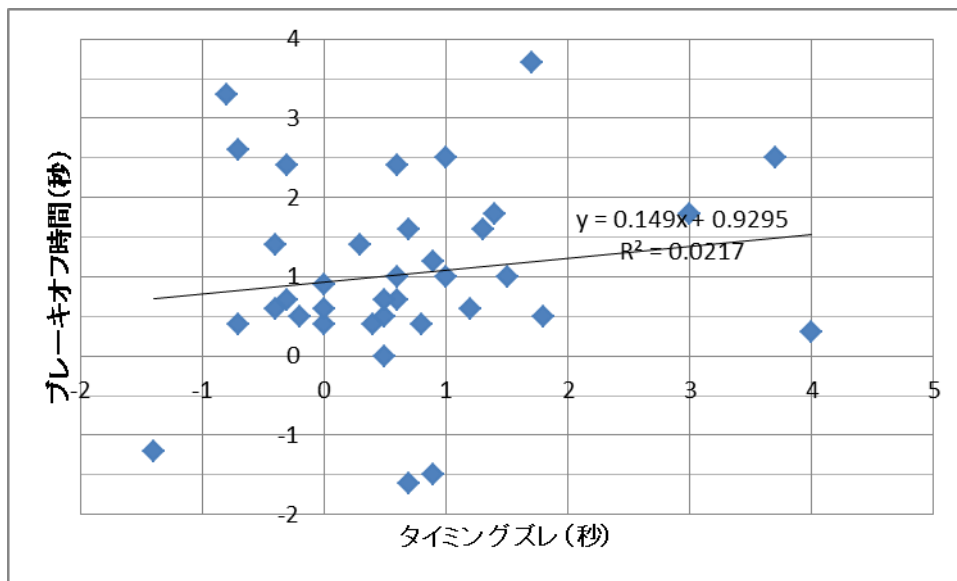


図 4. 3. 1-4 支援有りの場合における信号時間ズレと、ブレーキオフ時間の関係

(2) ドライバーの受容性

ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に、発進遅れ防止支援サービスの有用性や提示メッセージの評価を実施した。

一般モニター被験者を対象に調査した結果を図 4. 3. 1-5 に示す。システムの有用性については、凡そ 8 割が便利性的について、凡そ 7 割が安全性、環境性、必要性について肯定的な回答であった。

情報提示については、凡そ8割が見やすさについて、凡そ10割が聞きやすさについて、凡そ9割が判りやすさについて、肯定的な回答であった。判りやすさは1位である。

また、提示メッセージを一般モニター被験者が見落とし又は誤認することがないか、車室内カメラ映像、同乗進行役の記録等のデータを基に評価した。結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

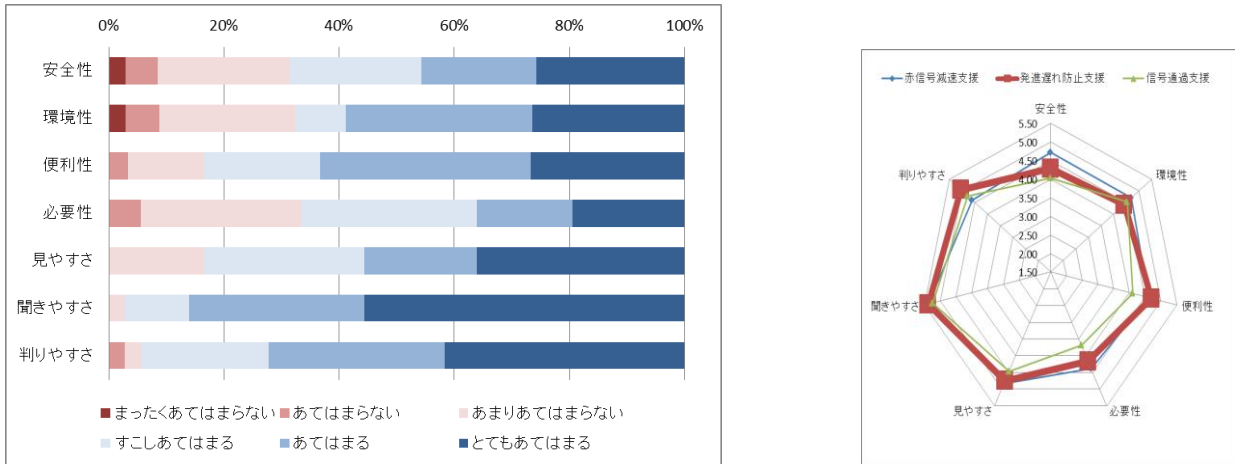


図 4.3.1-5 一般モニター被験者対象アンケート結果

社員モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.3.1-6 に示す。システムの有用性については、凡そ7割が便利性について、凡そ5割が安全性と環境性について、凡そ6割が必要性について肯定的回答であった。長期モニターである社員モニター被験者は、本支援の便利性、必要性を最も高く評価している。

情報提示については、凡そ8割が判りやすさについて、凡そ3割が聞きやすさについて肯定的回答であった。本支援の判りやすさも一番高く評価している。

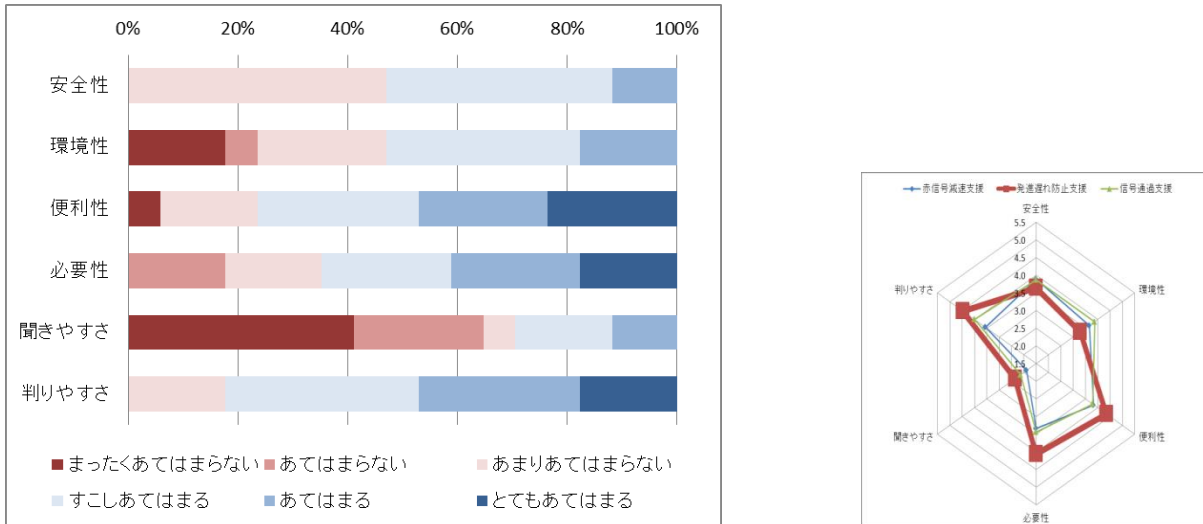


図 4.3.1-6 社員モニター被験者対象アンケート結果

(3) 安全性への影響

同乗進行役の記録等のデータを基に評価した結果、支援時に急減速の有無は無かったが、一部の被験者で情報提示された際、ブレーキを一時解除する被験者が観測された。その被験者に対するインタビューによると、実験で緊張してブレーキを解除してしまったということである。長期モニター被験

者からはそのような意見は無かった。

(4) 交通流への影響

情報提示後に運転操作で、先行車への異常接近や、後続車が異常接近しないか、同乗進行役の記録等を基に評価した結果、特に問題となる挙動は観測されなかった。

4.3.2 愛知地区

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援あり／なしで信号現示が赤から青に変わってからブレーキ OFF するまでの時間を求め、統計解析により有意差があるかどうかを解析した。ただし、先行車による影響を排除するため、解析対象とするのは先頭停車時のみとする。対象交差点数は 35 か所、被験者数は 53 人である。

ブレーキ OFF までの時間の分布を図 4.3.2-1 に、ブレーキ OFF までの時間の平均値を表 4.3.2-1 に示す。

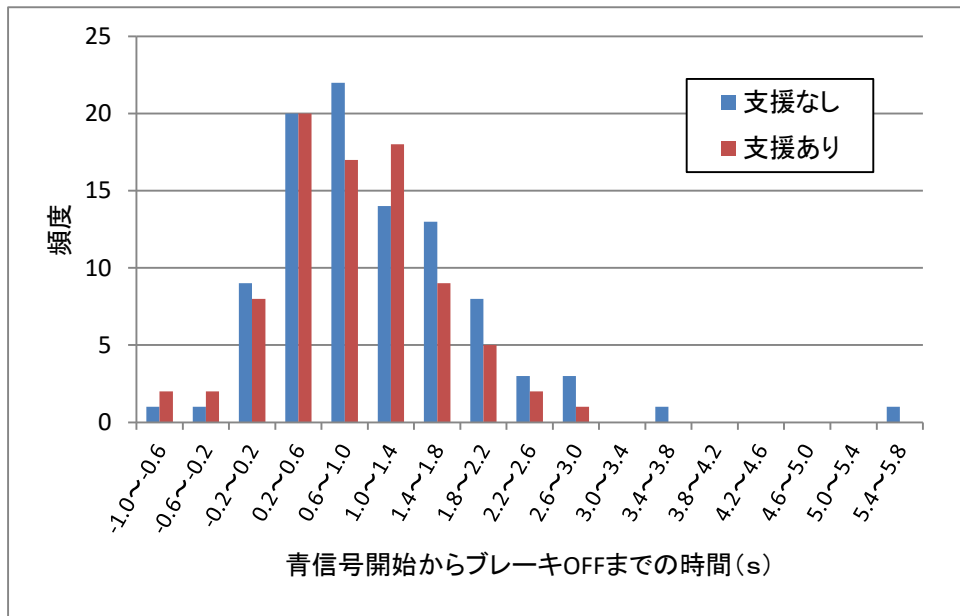


図 4.3.2-1 赤信号から青信号になってからブレーキ OFF するまでの時間分布

表 4.3.2-1 ブレーキ OFF までの平均時間

	ブレーキ OFF までの時間の平均値 (s)
支援なし	1.03
支援あり	0.83

支援なしで発生した、信号見落としと思われる 3 秒以上の発進遅れが支援ありでは発生しておらず、平均の時間も短縮されている。

有意水準 5%での検定を行った結果、支援あり／なしで、ブレーキ OFF するまでの時間には有意差があり、支援ありの方が、ブレーキ OFF するまでの時間が短縮されているといえる。

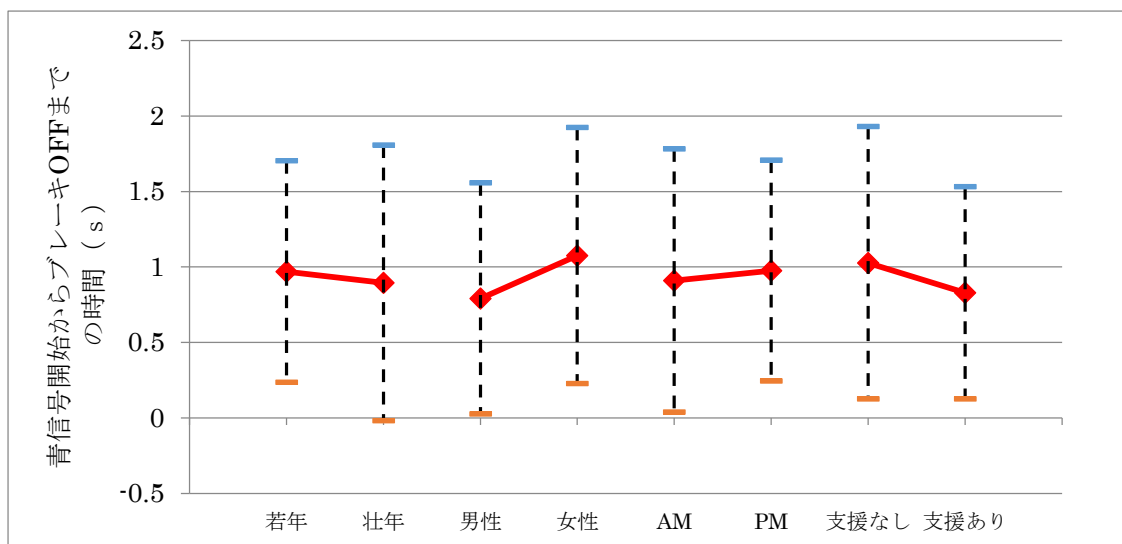


図 4.3.2-2 要因効果図

【 参考取得特性 】

① 車載システムで予測した信号現示と実際の信号現示の時間ズレによる影響

信号時間ズレが支援精度に及ぼす影響を調査するため、信号時間ズレと発進遅れ防止支援が不成立（支援タイミングのズレ、誤支援や不支援）になった交差点数の関係を解析した。

解析結果を表 4.3.2-2 に示す。

表 4.3.2-2 信号時間ズレと支援不成立の関係

信号時間ズレ(s)	支援不成立数 (件)
0-1.0	0
1.1-2.0	1
2.1-3.0	1
3.1-4.0	12
4.1-5.0	10
5.0 以上	29
合計	53

【 考察 】

- ・ 支援あり／なしで青信号に変わってからブレーキ OFF までの時間に有意差があり、支援の効果で発進がスムーズに行えるようになると考えられる。
- ・ 青信号に変わる前にブレーキ OFF となった件数、およびその内、赤信号の残り時間の平均、最大値を表 4.3.2-3 に示す。

発生件数、赤信号の残り時間共に増加し、残り時間については 0.2 秒程度の差ではあるが、見切り発車を誘発しないよう HMI 等を工夫する必要がある。

- ・信号時間ズレの影響により支援が不成立（支援タイミングズレ、誤警報）となる事象が53回発生しており、特に3秒以上の信号時間ズレでは支援タイミングズレが明確となった。一方、3秒以内で発生した2回の支援タイミングズレについてはHMI等の工夫で対処が可能と考えられる。

表 4.3.2-3 ブレーキ OFF と赤信号残り時間の関係

	支援なし	支援あり
発生回数(回)	5	7
赤信号残り時間(平均)	0.23	0.43
赤信号残り時間(最大)	0.7	0.9

(2) ドライバーの受容性

アンケート調査による受容性評価の解析結果を図 4.5.3-3 に示す。

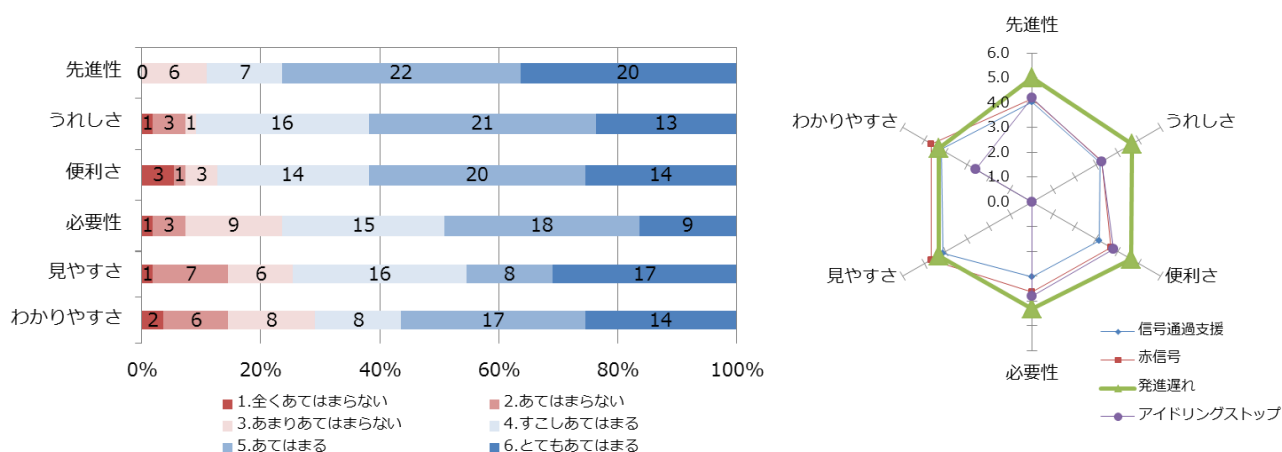


図 4.3.2-3 発進遅れ防止支援の受容性評価

受容性評価では、全ての評価項目で高評価となり最も受容性の高い支援であった。先行車の影響で信号が目視できない場合や、赤信号時間が長い場合などに、発進の準備ができることや、待ち時間の目安がわかることが高評価の要因であると考えられる。また、安全性や利便性向上だけではなく安心感という運転時の気持ちにもたらすポジティブな影響が確認された。一方で、残り時間を秒数で表示することや、信号待ち車列前方での停止時のみを支援対象としたことに対して信号待ち車列の後方でも支援を要望するコメントが多く聞かれた。

代表的なコメントを以下に示す。

- ・前方の視界が遮られている時に、信号を確かめられる。
- ・子供を乗せて運転する際にも安心できる。
- ・停止位置が交差点から遠いと支援が出ない。
- ・秒数でのカウントの方がよい。

4.4 アイドリングストップ支援システム

本システムは愛知地区で実施した。

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

支援あり／なしで先頭で赤信号停車し、短時間(5秒以内)で青信号に替わり発進する際の燃料消費量に差があるかを評価する。対象交差点数は35か所、被験者数は53人である。

なお、支援なしであっても、車両状態(エアコン作動、ブレーキペダルの踏力不足等)によりアイドリングストップが作動しないなど、支援あり／なしの状態とアイドリングストップ有無が一致しないため、アイドリングストップが作動しなかった事象を支援あり、アイドリングストップが作動した事象を支援なしと置き換えて燃料消費量に差があるかを評価する。赤信号から青信号への切替り時間と燃料消費量との関係を図4.4-1、図4.4-2に示す。

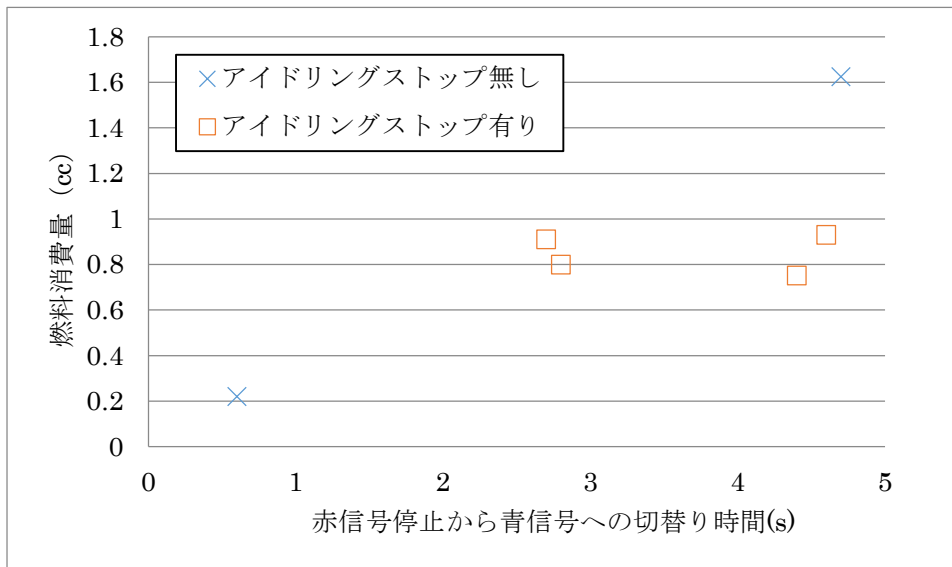


図 4. 4-1 燃料消費量の比較 (車両①)

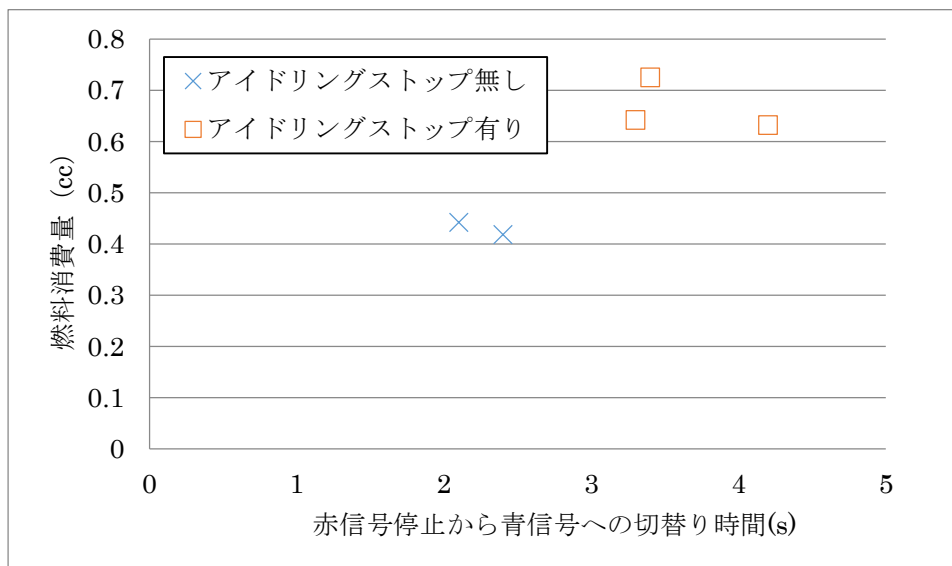


図 4. 4-2 燃料消費量の比較 (車両②)

表 4.4-1 対象区間での平均燃料消費量

車 両	対象区間での 平均燃料消費量(cc)
車両① (SUV タイプ)	992
車両② (コンパクトタイプ)	544

図 4.4-1、図 4.4-2 より、車両②においては、サンプルが少なく、赤信号停止から青信号への切替り時間に偏りがあることから、明確な差を見出すことはできない。一方で車両①においては、サンプル数が少ないものの、停止時間が 4～5 秒の間では、アイドリングストップ有りの方が、すなわち支援なしの方が、燃料消費量が少ない。しかし、その差は 0.6cc 程度であり、表 4.4-1 に示すように同車が対象区間を走行する際の平均燃料消費量 992cc に対し 0.06%程度であり、差があるとはいえない。

また、今回の走行試験でアイドリングストップ支援が作動した回数は 4 回であり全通行交差点回数(1855 回)に対する支援の発生割合は 0.2%と少なく、効果、発生頻度を考慮するとアイドリングストップ支援の成立性は非常に低いといえる。

【 参考取得特性 】

① 車載システムで予測した信号現示と実際の信号現示の時間ズレによる影響

信号時間ズレが支援精度に及ぼす影響を調査するため、信号時間ズレとアイドリングストップ支援が不成立（赤信号から青信号までが 5 秒以内でアイドリングストップが作動）になった交差点数の関係を解析した。

解析結果を表 4.4-2 に示す。

表 4.4-2 信号時間ズレと支援不成立の関係

信号時間ズレ(s)	支援不成立数 (件)
0-1.0	2
1.1-2.0	1
2.1-3.0	1
3.1-4.0	1
4.1-5.0	0
5.0 以上	0

信号時間ズレが原因で、赤信号の残り時間が 5 秒以上であると誤認識することでアイドリングストップが作動している。

(2) ドライバーの受容性

アンケート調査による受容性評価の解析結果を図 4.4-3 に示す。

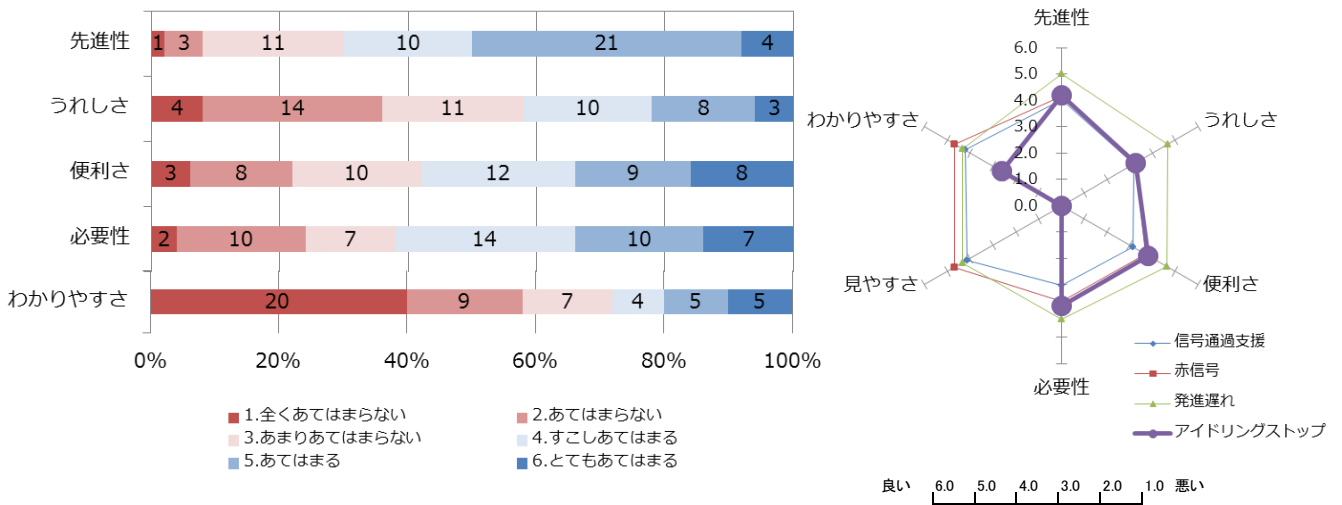


図 4.4-3 アイドリングストップ支援の受容性評価

受容性評価では、うれしさが低い評価となった。これは支援の発生回数が全走行で 4 回のみであったため、支援を実感できないドライバーが大半であったことが要因と考えられる。一方で、便利さや必要性の項目は一定の評価となり、短時間のアイドリングストップに伴う発進時のもたつき等を解消するシステムとしての受容性は高いと考えられる。

代表的なコメントを以下に示す。

- ・短時間停止時に、もたつくことなく発進できる。
- ・支援を実感できない。
- ・支援が働いていないと感じる。

4.5 クルマとの連携による信号制御

本システムは神奈川地区で実施した。

(1) システムの成立性

【 代用特性 】

制御有り無し走行ケースにおける、対象路線内の旅行時間。対象路線は、図 3.1.2-1 実験路線図の路線 2 である。

【 誤差因子 】

代用特性を測定する際の誤差要因は以下である。誤差因子が代用特性測定に与える影響を低減させるようにする。

- ・時間帯(10-16 時の昼間、16-18 時の夕方)

【 実験結果 】

図 4.5-1 は対象路線下り方向の昼間時(10:00~16:00)の制御有り無し時の場合における制

御対象区間を通行する際の所要時間を示す。図 4.5-2 は対象路線上り方向の昼間時の制御有り無し時の場合における制御対象区間を通行する際の所要時間を示す。青が制御無し、赤が制御有りである。

本路線は、2015 年 4 月以降は、クルマとの連携による信号制御を実施している。従って、制御無しのデータは、2014 年 12 月に計測したデータを使用した。グラフで青が 2014 年 12 月に計測したデータ、赤が 2015 年 12 月に計測したデータである。左から最小値、最大値、平均値、標準偏差を示す。平均で凡そ 15~16%で 30 秒程度、区間を走行する所要時間が減少したことが確認できた。

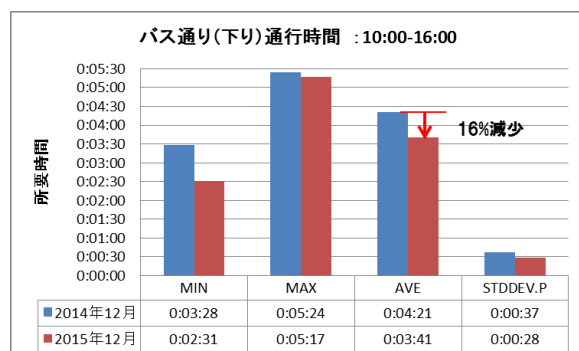


図 4.5-1 バス通り（下り）昼間所要時間
（青：制御無し 赤：制御有り）

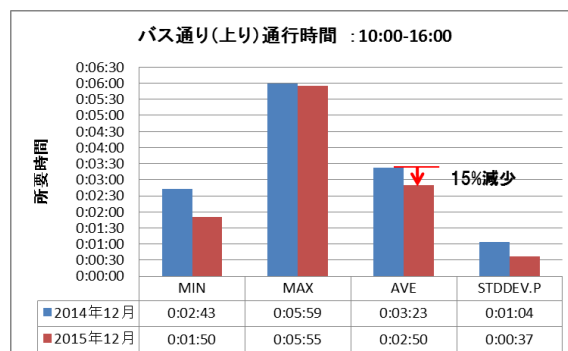


図 4.5-2 バス通り（上り）昼間所要時間
（青：制御無し 赤：制御有り）

図 4.5-3 は対象路線下り方向の夕刻時（16:00~18:00）の制御有り無し時の場合における制御対象区間を通行する際の所要時間である。図 4.5-4 は対象路線上り方向の夕刻時の制御有り無し時の場合における制御対象区間を通行する際の所要時間である。青が制御無し、赤が制御有りである。左から順に最小値、最大値、平均値、標準偏差を示す。平均で下り方向が凡そ 21%で 1 分、上り方向が凡そ 39%で 2 分 20 秒程度、区間を走行する所要時間が減少したことが確認できた。

この時間帯は夕方の通勤時間帯に掛かることから、渋滞発生してしまうと車群形成ができなくなるため本制御の効果が無くなることが予想されたが、渋滞発生までには至っていなかったものと推察される。

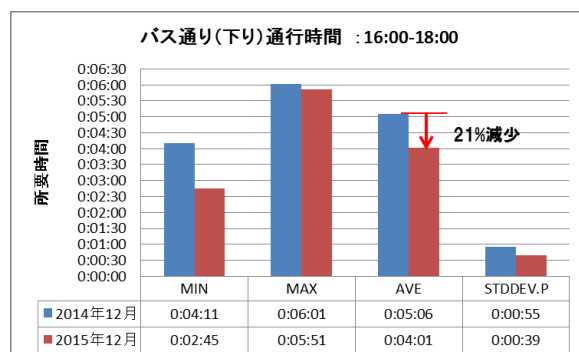


図 4.5-3 バス通り（下り）夕刻所要時間
（青：制御無し 赤：制御有り）

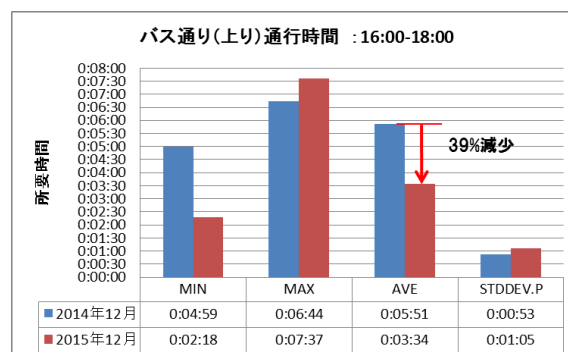


図 4.5-4 バス通り（上り）夕刻所要時間
（青：制御無し 赤：制御有り）

(2) ドライバーの受容性

車群先頭対象車となる、通勤バスを運行するドライバー34名に対してアンケートを実施した。図4.5-5は対象路線下り方向の昼間時（9:30～16:00）の制御実施後の制御対象区間を通行する際の所要時間の変化の印象のヒストグラムを示す。図4.5-6は対象路線上り方向の昼間時（9:30～16:00）の制御実施後の制御対象区間を通行する際の所要時間の変化の印象のヒストグラムを示す。このアンケート結果でも定量調査結果と同様、昼間時は0～2分早くなったとする回答が多いことが判った。

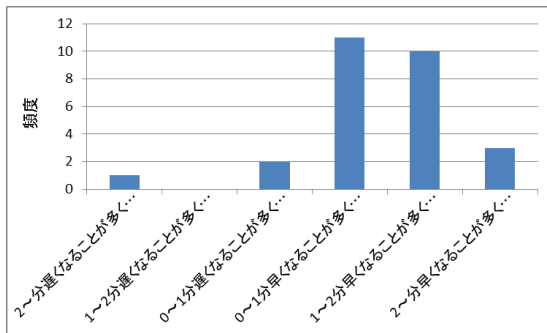


図 4.5-5 バス通り（下り）昼間所要時間

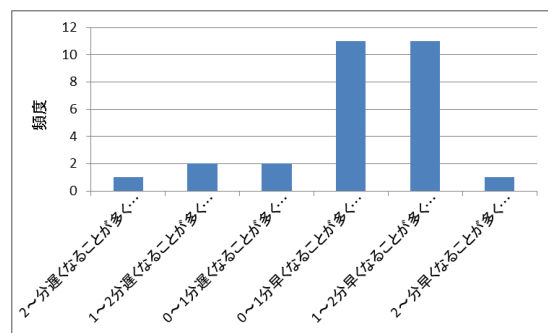


図 4.5-6 バス通り（上り）昼間所要時間

図4.5-7は対象路線下り方向の退勤時（17:00～20:00）の制御実施後の制御対象区間を通行する際の所要時間の変化の印象のヒストグラムを示す。図4.5-8は対象路線上り方向の退勤時（17:00～20:00）の制御実施後の制御対象区間を通行する際の所要時間の変化の印象のヒストグラムを示す。このアンケート結果でも定量調査結果と同様、退勤時は0～2分早くなったとする回答が多いことが判った。

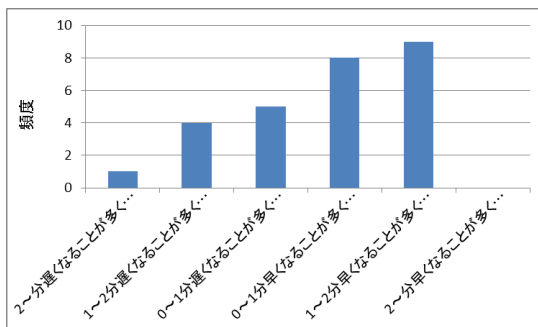


図 4.5-7 バス通り（下り）夕方所要時間

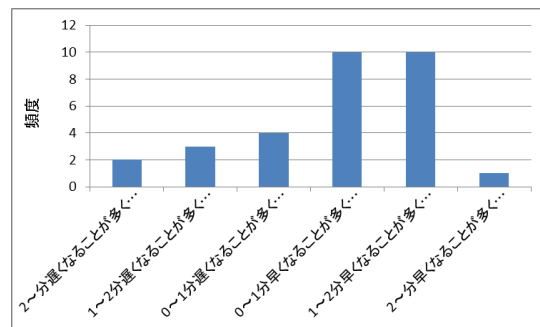


図 4.5-8 バス通り（上り）夕方所要時間

4.6 システム全体の評価

4.6.1 神奈川地区

(1) システム全体の評価

本システム全体の印象や利用意欲、購入意欲について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価した。

一般モニター被験者を対象に調査した結果を図4.6.1-1に示す。凡そ9割が全体的な印象につい

て、8割が利用意欲について、4割が購入意欲について肯定的な回答であった。

社員モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.6.1-2 に示す。凡そ6割が全体的な印象について、7割が利用意欲について肯定的な回答であったが、購入意向については製品コスト積み上げ式で提示した価格では高すぎて肯定的な回答者は居なかった。

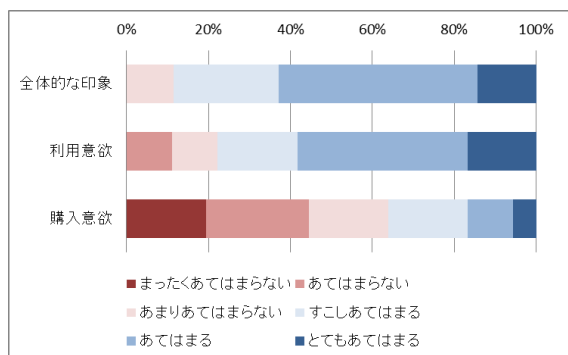


図 4.6.1-1 一般モニター被験者アンケート結果

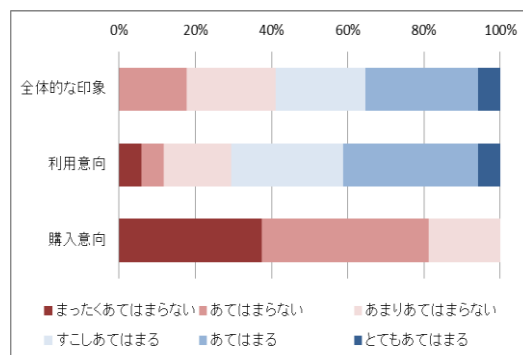


図 4.6.1-2 社員モニター被験者アンケート結果

(2) 値ごろ価格

お客様バリューからのボトムアップとしての価格である値ごろ価格について、ドライバーのアンケート及びインタビュー結果を基に評価した。

一般モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.6.1-3 に示す。凡そ2割が5千円以下、3割が1万円以下であり、従って全体の5割が1万円以下であった。

社員モニター被験者を対象に調査した結果を図 4.6.1-4 に示す。凡そ6割が5千円以下と回答した。

これらの価格は、製品コストよりはるかに低価格であり、製品コストをいかに抑えるかは普及させる上での大きな課題の一つになることが判る。

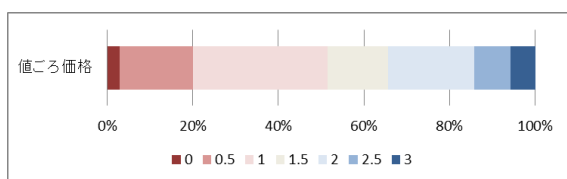


図 4.6.1-3 一般モニター被験者アンケート結果

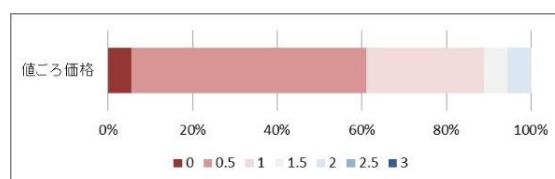


図 4.6.1-4 社員モニター被験者アンケート結果

4.6.2 群馬地区

(1) 燃費改善効果

信号通過支援、及び赤信号減速支援のどちらも、無駄な加減速を抑えることで、燃料消費量削減の効果を見込んでいる。この改善効果を確認するための、各走行の平均燃料消費量の比較を図 4.6.2-1 に示す。

結果、支援無し・有りによる違いは殆ど見られなく、平均燃料消費量は 1.3%悪化した。

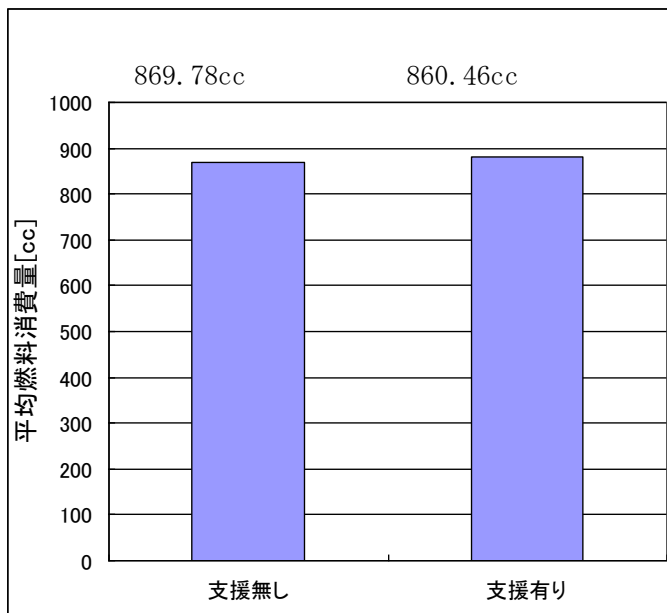


図 4.6.2-1 支援無し・有りの平均燃費消費量の比較

次に、各ドライバーの燃費改善率の分布を図 4.6.2-2 に示す。±20%の範囲でデータがばらついており、支援による違いは無いものと考えられる。

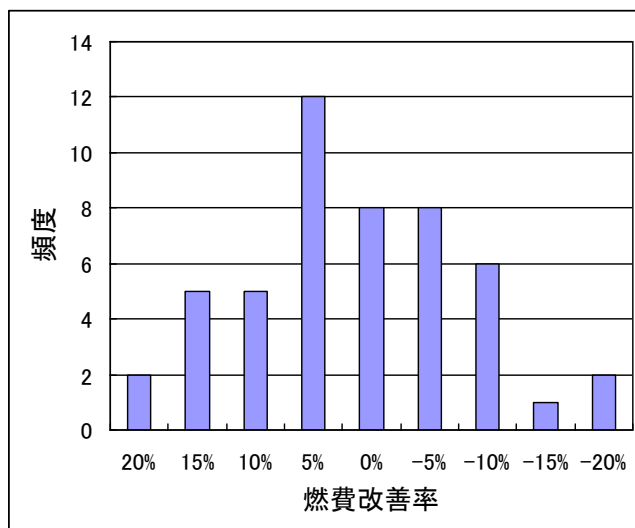


図 4.6.2-2 支援による燃料消費量改善率の分布

(2) ドライバーの評価

システム全体に対する評価の、ドライバーのアンケートの集計結果を、図 4.6.2-3 に示す。

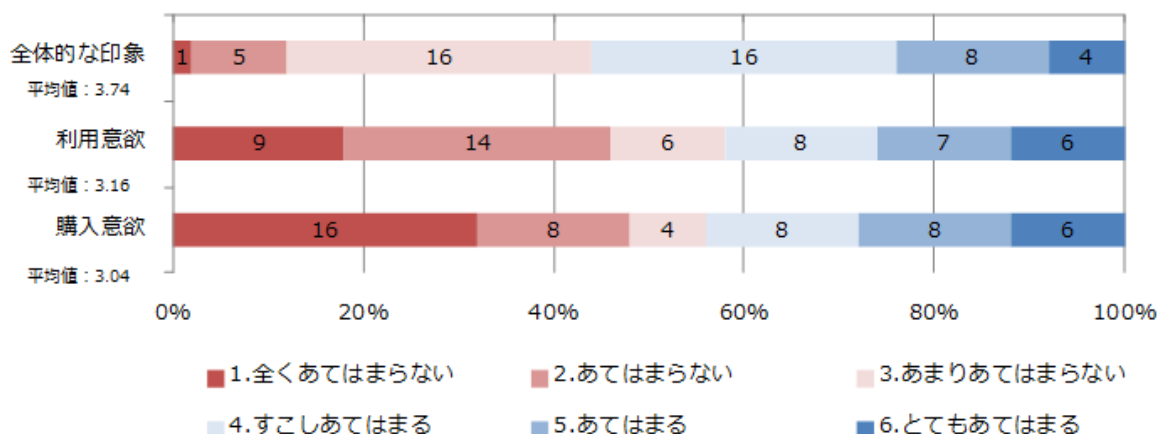


図 4. 6. 2-3 システム全体評価

全体的な印象では、56%のモニターが本システムを肯定的に評価した。

利用意欲、購入意欲は、半数以上が否定的で、「全くあてはまらない」の割合が高い結果となった。否定的なモニターからは、「信号予測の精度が上がれば、高評価をつける」、「システムのコンセプトは理解できるが、利用/購入に関しては今後の完成度次第」と、信号時間ズレを課題として挙げる意見が多かった。実際に、信号時間ズレで、支援タイミングの違和感や、支援不成立の発生を経験し、困惑したという意見が、74%のモニターからが出ている。

(3) その他代表意見

進行役記録・インタビューの結果から、その他の代表意見を抽出した。

(a) 周辺交通環境

58%のモニターが、周りの交通環境に合わせた支援になっていないと指摘した。本実験での支援システムは、自車の速度・位置から割り出しており、周辺の交通状況を加味しきれていない。例えば、信号通過支援中に、渋滞のためにやむを得ず減速せざるを得ない場合がある。また、赤信号減速支援では、交差点手前で既に停止車両が溜まっていると、システムの想定より早めにブレーキをかけなければならない。

また、信号の変化を予測したシステムのため、支援に従うことで、周辺の車が違和感を持つことを懸念し、指示に従いにくいという意見も多く出ていた。

(b) 近接する交差点

32%のモニターが、信号が近接する交差点の手前で、どちらの信号に対応した支援情報であるか、混乱すると指摘した。

今回の試験コースでは、交差点間距離が70mと短い箇所があった。こうした場面では、システム定義上、近接し支援実施までの距離が確保できないものとし、支援実施の対象から外すことになっている。そのため、上記のケースでは、必ず手前の信号と紐づけて、注意を払えばよい。しかし、運転車が見える角度から、奥側の信号しか見ないケースや、現場でとっさの判断を迫られた為に、混乱を招いたと考えられる。信号が連なる箇所の表示方法を、検討する必要がある。

(c) 信号が視界から遮られる状況

30%のモニターが、大型車による視界の遮蔽や、カーブでの見通しの悪さのため、信号が見えに

くい場面に遭遇し、安全面の効果を体感できたと指摘した。

一方で、今回の試験コースは比較的直線コースが多く、見通しが良く、信号が確認できる場合は、煩わしいと指摘するドライバーもいた。

(d) 通知タイミング

60%のモニターが、赤信号減速支援の指示タイミングが適切とした一方、20%のモニターが、判断に迷った結果、支援に従わずに通過を選んだと述べた。

本システムでは、現示灯色が青でも、到達時に赤に変化し止まるべきケースでは、減速を促す。これに対し、表示を参考にして一旦は減速しても、青信号しか確認できない後続車への影響を懸念し、再び加速して通過しようとしたモニターもいた。

4.6.3 愛知地区

(1) ドライバーの評価

システム全体に対するアンケート結果を図 4.6.3-1 に示す。

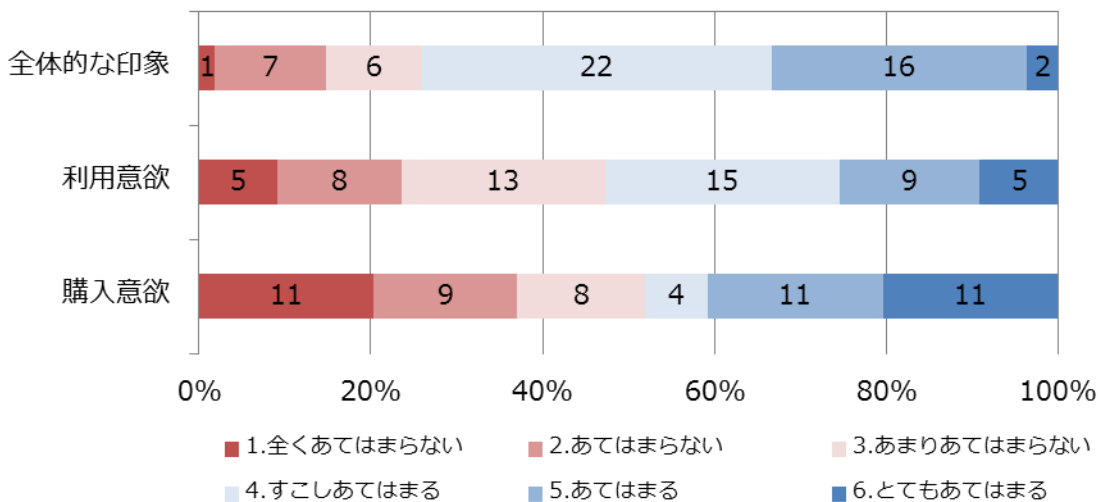


図 4.6.3-1 システム全体の評価

全体的な印象に関しては7割以上のモニターが肯定的であったが、利用意欲は5割強、購入意欲は5割以下であり、購入意欲に関しては否定的な評価の方が高い結果となった。これは、渋滞による支援の不成立や誤支援、信号時間ズレによる誤支援や不支援が影響していると考えられる。

(2) その他の評価項目

(a) 交通流への影響

同乗者の観察では今回の実証実験で先行車への異常接近や、後続車の異常接近・無理な追い越しなど、周辺の交通に危険が生じるような事象は観察されなかった。

ただし、実勢速度で走行する周辺の車両と規制速度付近で走行する試験車両との速度差があり、

特に、交差点までの距離が長い単路区間ではこの速度差が増大することで、後続車が減速や、追い越しを行うなど、周辺の交通に少なからず影響を与えた可能性があると考えられる。

今回の実験路線は片側 2 車線以上であったが、1 車線の路線では、追い越しができないため交通流への影響が大きくなる可能性が考えられる。

また、後続車に煽られた(1 名)、後続車が気になる(18 名)と感じたなど約 35%のドライバーが交通流への影響を懸念していた。

(b) 無効信号の影響

今回の実験では無効信号(押しボタン式・車両感知式)の作動による誤支援が 5 回発生した。具体的には、無効信号の下流の信号に対する赤信号減速支援が直前の無効信号の現示(青)に対する誤支援となったり、無効信号が赤になった際に、無効信号の下流の現示(青)に対する信号通過支援が誤支援となる事象が発生した。

現状では、無効信号の路線信号情報が配信されていないため、車載器側で無効信号の存在を把握できるような路線信号情報が必要である。

無効信号により誤支援となった際のドライバーの代表的なコメントを以下に示す。

- ・非対応の信号は認識できるようにしないと危険である。
- ・誤支援があった。(無効信号の下流の信号に対する赤信号減速支援が作動)
- ・場合によっては危険であると感じた。

(c) 路線信号情報の有効時間、有効サイクルの期限切れの影響

今回の実験では、表 4.6.3-1 に示すように全通行交差点回数(1855 回)の内、有効時間切れが 79 回、有効サイクル終了が 739 回発生した。

また、信号時間ズレにより支援が不成立となった事象において、有効時間または有効サイクルのいずれか一方でも終了となっていた確率は 75.3%であり、有効時間切れ、有効サイクル終了の信号情報では信号時間ズレの発生割合が高い。

そのため、有効時間切れや有効サイクル終了時には支援を実施しないことで、信号時間ズレによる誤支援・不支援を削減できるが、全体の支援機会は 6 割程度に低下し、効果や受容性の低下に繋がると考えられる。

表 4.6.3-1 有効時間、有効サイクルの終了回数

事象	回数 (回) (全数 : 1855)
有効時間切れ	79
有効サイクル終了	739

5 HMIガイドラインの策定

5.1 HMIの評価

信号情報のリアルタイム活用システムは、ドライバーにとって新しい支援サービスであり、システムの機能検証、ドライバーの受容性評価にHMIの提供の仕方が大きな影響を持つと考えられる。そのため本年度実施する実証実験で得られる、HMIに関するインタビュー及びアンケート結果を様々な角度から分析、評価し、システムの改善に資するとともに、信号情報のリアルタイム活用システムのためのHMIガイドラインとして必要な見直しを行うこととした。

今回の実証実験に参加したモニターの意見・感想では、HMIの情報提供について概ね肯定的な回答であったが、一部の地域、システムについては、制限速度表示を推奨速度と誤解したり、「アクセルオフ」の表現が親しみにくいなど、見やすさ、分かりやすさについて否定的な回答もあった。

また、神奈川地区の社員モニター用のHMIは、音声表示だけであるが、分かりやすさについては約7割が、聞きやすさについては約2割が肯定的な回答であった。

5.2 HMIガイドライン検討委員会

前項で述べた実証実験結果に基づく実験用HMIガイドラインの見直し検討を含め、本システムの実用化を見据え実験用HMIガイドラインを普遍性の高いものとするための検討が重要と考える。そのため、実験実施担当者に加えHMIに詳しい外部の専門家等の協力を得て信号情報のリアルタイム活用システムHMIガイドライン検討委員会を立ち上げ、ガイドラインの有効性、信頼性の向上を目的とする検討を行った。

検討委員会は2回にわたり、前年度策定した「実験用HMIガイドライン」をベースに

- ・ 分かりやすい情報伝達
- ・ 過信・不信の防止
- ・ 不安全行動の誘発防止

等について検討を加え、「信号情報のリアルタイム活用システムHMIガイドライン」を策定した。

別添1 「HMIガイドライン検討委員会名簿」

別添2 「信号情報のリアルタイム活用システムHMIガイドライン」

6 まとめ及び課題

6.1 まとめ

6.1.1 システムの成立性

(1) 信号通過支援システム

各地域とも支援の有無による信号交差点通過率については、統計的に有意な差は見られなかった。これは主に支援機会が多くなかったためと考えられる。また、先行車や後続車など周りの交通環境の影響も見られた。

安全性、交通流への影響はなかった。

(2) 赤信号減速支援システム

赤信号で停車するまでの最大減速度を支援の有無で比較した。各地域とも支援ありで最大減速度の平均値の減少が見られたが、統計的な有意差はなかった。これは、モニターの一部に減速することによって後続車に悪影響を与えることに対する気遣いがあり、減速指示に従わなかったことも一因として考えられる。

安全性、交通流への影響はなかった。

(3) 発進遅れ防止支援システム

信号が青に変わってからブレーキオフするまでの時間を支援の有無で比較した。平均値は神奈川、愛知両地域とも支援ありで減少したが、統計的には神奈川は有意差なし、愛知は有意差ありであった。両者の違いは、2つの地域の交通環境の違いと考えらる。

(4) アイドリングストップ支援システム

先頭で赤信号停車し、短時間（5秒以内）で青信号に変わり発進する際の燃料消費量を支援の有無で比較した。今回の実験では、支援対象回数が極端に少なく（1855回中4回）、統計的分析に必要なデータ数を得ることができなかった。また、停車中の燃料消費量は支援の有無にかかわらず数cc程度で、サービス対象区間の燃料消費量の1%未満であった。従って、本システムの成立性は相当に低いと推定される。

(5) クルマと信号の連携制御

実験対象路線の旅行時間を路線信号制御の有無で比較した。旅行時間は、信号制御ありの場合がなしの場合に比べて、平均で15～16%、約30秒減少した。

従って、本実験環境における本システムの有効性が確認できた。

6.1.2 システムの受容性

(1) 信号通過支援システム

肯定的評価が6割～8割あった。一方、支援サービスが実感できなかったとの感想もあった。

(2) 赤信号減速支援システム

肯定的評価が6割～8割あった。特に障害物等で前方信号が見えない場合に信号情報を受信できると安心であるとの感想があった。

(3) 発進遅れ防止支援システム

肯定的評価が7割～8割あった。

(4) アイドリングストップ支援システム

支援サービスを実感できないとの感想があった。

(5) クルマと信号の連携制御

システム実験に参加したバスの運転手の感想でも、旅行時間が1～2分短縮されたと感じた人が多かった。

(6) 全体的な印象

神奈川地区ではおよそ9割、群馬地区では6割弱、愛知地区では7割強のモニターが肯定的に評価した。

6.1.3 総括

以上、各地域で実施した実証実験において、「信号通過支援システム」、「赤信号減速支援システム」及び「アイドリングストップ支援システム」については、顕著な有効性を確認することが出来なかった。これについては、様々な要因が考えられるが、主なものとして以下のことがあげられる。

- (1) 実験は一般の車両が走行する公道で実施したため、システムが想定した有効な支援シーンの発生する頻度が少なかった。また、有効な支援シーンであっても、先行車や後続車の影響などにより、支援に従った走行ができない場合があった。
- (2) 光ビーコンから提供される路線信号情報に時間幅があり、実際の信号現示タイミングとのズレがあること及び信号情報の有効期限が短く期限切れになる場合があること。

一方、「発進遅れ防止支援」、「クルマとの連携による信号制御」においては、一定の有効性が確認できた。また、モニターに対するアンケート調査等でもこれらのシステムについて期待感が示された。

なお、路線信号情報を利用した先行実証実験としては、栃木県で実施された次のものがある。これは、主に燃料消費量の改善に焦点をあてたものとなっている。

ITS World congress 2015 ボルドー

Session title: TS31 Pilot projects for ITS

Paper ID: AP ITS-2133

Paper title: Effectiveness evaluation of Traffic Signal Prediction Systems

6.2 課題

実験結果から、本システムについて今後の課題及びその対策として以下のことがあげられる。

6.2.1 路線信号情報の精度

路線信号情報は、「1.1」の注で述べたように、重要交差点などにおいては、青信号開始時間、サイクル長が最小値及び最大値で示され、その時間幅が比較的大きいため、路線信号情報から予測される信号灯色と実際の信号灯色との間にタイミングのズレが生ずる。また、重要交差点においては、有効期限が1サイクル分しかないなど、データの有効期限が短いため、サービス途中で有効期限切れが発生する

ことがある。

今回の実験においては、時間幅で提供された場合には、その推定値としては、中央値を用いている。また、昨年度の事前調査により、有効期限切れの場合でも、データが有効であることが多いことがわかっており、サンプル数を確保するため、有効期限切れの場合も統計処理に含めている。

これらについては、交通流の混雑度等を感知しながら動的制御を行っている交通管制システムとの兼ね合いもあるが、灯色時間情報を変動幅の少ないものにする、赤及び黄色信号の時間情報を加える等できるだけ車載機側で処理しやすい情報を提供できるよう検討することが望まれる。変動幅が少ない場合は、当面、今回実施したように最大・最小の中央値を時間情報とすることも考えられる。

また、情報の有効期限切れを少なくするため、一定の距離間隔ごとに光ビーコンあるいは別な通信メディアを用いて、路線信号情報をリフレッシュする情報提供を行うことも有効であると考えられる。

6.2.2 HMI

支援情報を提供するHMIについては概ね良好な結果が得られているが、一部のシステムでは分かりにくい、あるいは誤解を生じやすいものもあった。システムをより効果のあるものとするため、HMIのさらなる工夫が望まれる。

また、走行中の周囲の状況、特に先行車及び後続車の状況を車載センサで検知し、路線信号情報と加味して支援情報を提供することで、システムの有効性を向上させることが可能と考えられる。