



2020 年度～2021 年度成果報告書

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第 2 期／

自動運転（システムとサービスの拡張） /

G N S S（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発

2022 年 2 月

コイト電工株式会社

一般社団法人 U T M S 協会

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）」(NEDO 管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。

目次

まえがき

和文要約

英文要約

1. 研究開発概要.....	1
1.1 研究開発の目的.....	1
1.2 本研究開発の位置づけ.....	1
1.3 研究開発の概要.....	2
2. 現状の優先信号制御と課題.....	5
2.1 現状の優先信号制御.....	6
2.2 現状の課題.....	6
2.3 運行管理者向けアンケート.....	7
2.3.1 アンケートの目的.....	7
2.3.2 アンケートの配布先.....	7
2.3.3 アンケートの集計結果.....	8
3. 機能・技術要件の詳細化.....	17
3.1 位置誤差の目標性能.....	17
3.2 計測周期の目標性能.....	17
3.3 測位方式.....	18
3.4 位置補正方式.....	18
3.5 GNSS 測位に影響を与える建造物等の環境条件の定義.....	18
3.5.1 サービス提供エリアの周辺建造物等の条件（マルチパス環境）.....	19
3.5.2 サービス提供エリアの周辺建造物等の条件（測位不可環境）.....	20
3.6 公道による GNSS 受信機の位置誤差の検証.....	20
3.6.1 公道評価の目的.....	20
3.6.2 ルート選定.....	20
3.6.3 公道評価結果.....	22
3.7 GTFS 情報の活用検討.....	23
4. モデルシステムの検証に向けた仕様書案等の策定.....	24
5. 都道府県警察モデルシステムの検証.....	26
5.1 実施方針.....	26
5.2 検証概要.....	26
5.2.1 検証場所.....	27
5.2.2 検証期間.....	27
5.2.3 車載機搭載台数.....	28
5.3 検証内容.....	28

5.3.1	優先制御の動作検証.....	28
5.3.2	GNSS 制御の要件検証.....	28
5.3.3	車両検知から制御までの処理遅延検証.....	29
5.3.4	複数バス通過時のバス優先制御動作検証.....	29
5.3.5	優先制御実施条件の検証.....	30
5.3.6	制御効果検証.....	30
5.4	検証結果.....	32
5.4.1	優先制御の動作検証結果.....	32
5.4.2	GNSS 精度の要件検証結果.....	37
5.4.3	車両検知から制御までの処理遅延検証結果.....	39
5.4.4	複数バス通過時のバス優先制御動作検証結果.....	41
5.4.5	優先制御実施条件の検証結果.....	42
5.4.6	制御効果検証.....	43
5.5	まとめ.....	51
6.	導入コスト試算及び現行システムとの比較.....	53
6.1	導入コスト試算条件.....	53
6.2	導入コスト試算結果.....	55
6.2.1	光ビーコンに対するコスト比率の算出.....	55
6.2.2	ランニングコスト事例について.....	57
7.	東京臨海部実証実験に伴う模擬緊急車両情報の生成と提供.....	59
7.1	実施概要.....	59
7.2	システム構成.....	60
7.3	配信情報に関する仕様.....	61
7.4	模擬緊急車両情報の生成.....	63
7.5	模擬緊急車両情報の配信結果.....	64
7.6	GNSS 位置誤差の検証結果.....	64
7.6.1	位置誤差解析方法.....	65
7.6.2	評価地点.....	65
7.6.3	位置誤差検証結果.....	66
8.	公共車両や緊急車両の位置情報の活用方法の検討.....	68
8.1	GNSS 活用委員会メンバ向けアンケート.....	68
8.1.1	アンケートの目的.....	68
8.1.2	アンケートの配布先.....	68
8.2	アンケートの集計結果.....	68
9.	今後の課題.....	71
9.1	標準仕様化に向けたシステム構成.....	71
9.1.1	システム構成（案）.....	71
9.1.2	システム構成（案）意見照会結果.....	74
9.1.3	標準仕様化における共通課題.....	78

9.2	ランニングコストの低減.....	79
9.3	優先信号制御効果の拡大.....	79
10.	謝辞.....	79
	【別紙】	80

まえがき

本研究開発は、「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発」において、これまでの公共車両優先システム（PTPS）、現場急行支援システム（FAST）に関する知見を参考にしつつ、GNSS（位置情報）等を活用した信号制御に関するシステム要件、各装置に求められる機能・技術要件の詳細化、都道府県警察モデルシステム仕様書案の作成、検証計画の作成、都道府県警察モデルシステム検証及び東京臨海部実証実験に伴う模擬緊急車両情報の生成と提供を行うために実施したものである。

和文要約

本研究開発の目的は、全世界測位システム（GNSS）を使って取得する位置情報と携帯電話網を活用し、自動運転バス等と都道府県警察の交通管制センターを連携させた優先信号制御（以下「GNSS 優先信号制御」という。）を実現するために必要な技術の確立である。

テーマ 1 を一般社団法人 U T M S 協会、テーマ 2 をコイト電工株式会社で分担の上、共同して事業を推進した。

テーマ 1 「GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発

（機能・技術要件の詳細化等の研究開発）」

テーマ 2 「GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発

（都道府県警察モデルシステムの検証等の研究開発）」

2 年の事業期間において、有識者をメンバとした GNSS 活用委員会を通じて、技術的な各種の議論、審議を実施し、承認された成果として下記を得た。

- ・GNSS 優先信号制御におけるシステム要件、各装置に求められる機能・性能要件、機器間インタフェース要件を GNSS 活用委員会における技術的審議を踏まえ次の通り制定した。
「GNSS 優先信号制御技術要件書」、「位置情報収集方法ガイドライン」、「運行監視装置 通信アプリケーション規格」（案）及び「車載機 通信アプリケーション規格」（案）[2020 年度]
- ・「運行管理者向けアンケート票」を作成し、光ビーコンを用いた既存の公共車両優先システム及び現場急行支援システムの現状把握と課題抽出、GNSS 優先信号制御の受容可能性及びニーズ調査を実施した。[2020 年度]
- ・公共車両や緊急車両の位置情報の活用方法及び GNSS 優先信号制御に関わる自動運転バス等の公共車両への信号情報提供の課題抽出と方策を策定する目的で「委員会メンバ向けアンケート票」を作成し、アンケートを実施した。[2020 年度]
- ・「GNSS 優先信号制御」の導入に関するコストについて試算し、光ビーコンを使用する現行システムと比較した「導入コスト試算及び現行システムとの比較表」を作成した。[2021 年度]
- ・S I P 自動運転の別施策である「東京臨海部実証実験の実施」及び「車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」と連携し、自動運転車両や運転者への情報提供を目的とした模擬緊急車両情報の生成及び配信を東京臨海地区にて実施した。[2021 年度]
- ・GNSS 優先信号制御の早期社会実装を前提とし、今後の標準仕様化を念頭に、「都道府県警察モデルシステム仕様書」（案）及び「都道府県警察モデルシステム検証計画」を作成し、別途構築された環境において都道府県警察モデルシステム検証を実施した。
既存の光ビーコンを用いた PTPS 及び FAST に対してその機能・性能において同等以上であることを確認した上で、GNSS の特長及び効果を実証した。[2021 年度]

英文要約

The purpose of this research and development is to establish technology required to enable priority traffic signal control which links automated driving buses with prefectural traffic control centers using location information obtained from the Global Navigation Satellite System (GNSS) and mobile phone communication network (hereafter referred to as the “GNSS priority traffic signal control”).

The project was promoted jointly, with Theme 1 undertaken by the UTMS Society of Japan and Theme 2 by KOITO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

Theme 1 “Research and development on traffic signal control using the GNSS (location information) and other technologies”

(Research and development on the elaboration of functional and technical requirements)

Theme 2 “Research and development on traffic signal control using the GNSS (location information) and other technologies”

(Research and development on the verification of the prefectural police model system)

During the two-year project period, a range of technical discussions and deliberations were held through the GNSS Utilization Committee consisting of experts, and the following were obtained as approved results.

- Based on the technical examination by the GNSS Utilization Committee, system requirements for the GNSS priority traffic signal control, functional and performance requirements needed for each device, and interface requirements between equipment were established as follows.
“Technical requirements for the GNSS priority signal control,” “Guidelines for methods of collecting location information,” “Communication application standards for the operation monitoring unit,” (draft), and “Communication application standards for the on-board equipment” (draft) [in fiscal year 2020].
- By preparing a “questionnaire for operation managers,” the status of the current Public Transportation Priority Systems and Fast Emergency Vehicle Preemption Systems that use infrared beacons was assessed and issues were identified, followed by a survey on the acceptability and needs of the GNSS Priority Signal Control System [Fiscal year 2020].
- A “questionnaire form for committee members” was developed and a survey was conducted to identify issues in, and develop measures for, providing traffic signal information to public transportation vehicles such as automated driving buses involved with methods of utilizing location information of public transportation vehicles and emergency vehicles and the GNSS priority signal control [Fiscal year 2020].
- The cost for introducing the “GNSS priority traffic signal control” was estimated and “Introduction cost estimates and a comparison table with the current system” compared to the current system that uses infrared beacons was prepared. [Fiscal year 2021]
- In collaboration with the “Implementation of FOTs in the Tokyo Waterfront” and “Technical Study and Evaluation of Automated Driving Control Using Lane-specific Probes or the Like” which is another SIP project, simulated emergency vehicle information was generated and distributed in the Tokyo Waterfront

Area aimed at providing information to automated driving vehicles and drivers. [Fiscal year 2021]

1. 研究開発概要

1.1 研究開発の目的

本研究開発は、全世界測位システム (GNSS) を使って取得する位置情報と携帯電話網を活用し、自動運転バス等と都道府県警察の交通管制センターを連携させた優先信号制御（以下「GNSS 優先信号制御」という。）を実現し、リアルタイムな優先信号制御を広範囲で社会実装可能とすることを目的としている。

1.2 本研究開発の位置づけ

GNSS 優先信号制御の実現に向けて、機能・技術要件を詳細化し、別途構築された都道府県警察モデルシステム（以下「モデルシステム」という。）において実地検証を実施した。なお、本開発項目は一般社団法人 U T M S 協会及びコイト電気株式会社の共同受託であり、それぞれテーマを分けているものの密接に連携し実施した。

テーマ 1 では、一般社団法人 U T M S 協会内に警察庁、都道府県警察、車両メーカ、交通インフラメーカ等の参画を得て委員会（以下「GNSS 活用委員会」という。）を設置し、当該協会及びその会員企業がこれまで実施してきた交通管制システム、公共車両の優先制御 (PTPS) と緊急車両の優先制御 (FAST) に関する GNSS 優先信号制御の研究開発、標準化等に関する知見を参考にしつつテーマ 2 で検討する「GNSS 優先信号制御技術要件書」、「位置情報収集方法ガイドライン」、「都道府県警察モデルシステム仕様書」（案）等の内容を議論及び承認した。テーマ 2 では、GNSS 優先信号制御の技術的要件である下記の①～⑥、⑧、⑨の文書を作成し、GNSS 活用委員会に提出した後、⑦、⑩を実施した。

- ① 「GNSS 優先信号制御技術要件書」
- ② 「位置情報収集方法ガイドライン」
- ③ 「運行管理者向けアンケート票」
- ④ 「導入コスト試算及び現行システムとの比較表」
- ⑤ 「都道府県警察モデルシステム仕様書」（案）
- ⑥ 「都道府県警察モデルシステム検証計画」
- ⑦ 「都道府県警察モデルシステムの検証」
- ⑧ 「都道府県警察モデルシステムの検証報告書」
- ⑨ 「委員会メンバ向けアンケート票」
- ⑩ 「東京臨海部実証実験に伴う模擬緊急車両情報の生成と提供」

1.3 研究開発の概要

日本国内における衛星を活用した位置測位システムとしては、GNSS(Global Navigation Satellite System)の一つである GPS (Global Positioning System: アメリカ合衆国により運用されている衛星測位システム) が多用されてきたが、一般的に単独測位方式では位置誤差は 10～20m 程度と位置誤差に課題があった。

その課題解消に向けて日本独自の GNSS である QZSS (Quasi-Zenith Satellite System: 準天頂衛星システム (みちびき)) が GPS を補完する形で 2018 年 11 月より 4 機運用を開始し、測位方式も RTK 方式、DGPS 方式等の普及により位置誤差が改善され、より高精度な測位が期待されている。

これまでの優先信号制御は図 1-1 に示す通り、交差点手前に設置した光ビーコンにより公共車両 (バス)・緊急車両 (消防車・パトカー等) の接近を感知する事で位置を把握するシステムであり、光ビーコン設置に係るコストが課題であった。また、光ビーコンは定点感知となるため光ビーコン通過後の交通環境変化 (例えば交差点手前の渋滞) には対応出来ず赤信号で停車する場合があります、その場合には交差方向の交通に対しては無駄な青時間となり交通流を阻害する場合があった。

GNSS 優先信号制御の目的はバス等の位置把握手段を光ビーコンから、より一般的な GNSS に変更することで、光ビーコン未設置箇所でもサービス展開を可能にすること及びバス等の位置情報を光ビーコンより交差点近くで把握出来ることによる交差点到着予想時刻の誤差低減、つまりは優先信号制御の有効性向上を図ることである。

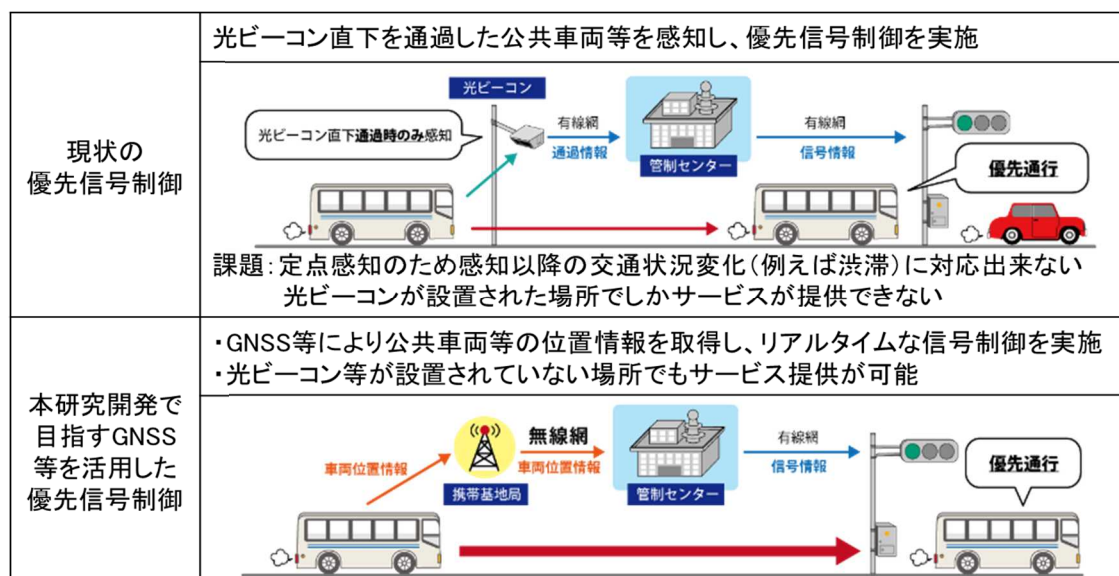


図 1-1 現状の優先信号制御と GNSS 優先信号制御との比較

なお、本研究開発は GNSS 優先信号制御の普及に向けた標準仕様化を目指し表 1-1 に示す工程により 2020～2021 年度の 2 ヶ年で実行した。

表 1-1 研究開発活動概要 (1/3)

事業項目	2020 年度									2021 年度											
	第 2 四半期			第 3 四半期			第 4 四半期			第 1 四半期			第 2 四半期			第 3 四半期			第 4 四半期		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1 「GNSS (位置情報) 等を活用した信号制御等に係る研究開発 (機能・技術要件の詳細化等の研究開発)」 (一般社団法人 UTMS 協会)																					
① 位置情報と携帯電話網を活用した GNSS 優先信号制御に係る機能・技術要件の詳細化																					
② 導入に必要となるコスト試算及び現行システムとの比較検討																					
③ 都道府県警察モデルシステムの仕様書案の作成																					
④ 都道府県警察モデルシステムの検証																					
⑤ 公共車両や緊急車両の位置情報の活用方策の検討																					
⑥ 公共車両の自動運転の実用化に向けた信号情報提供の検討																					
⑦ 統合報告書の作成																					
GNSS 活用委員会の開催				▼	▼	▼	▼	▼	▼			▼				▼		▼	▼	▼	▼

▼は GNSS 活用委員会の開催を示す

表 1-1 研究開発活動概要(2/3)

事業項目	2020 年度									2021 年度								
	第 2 四半期			第 3 四半期			第 4 四半期			第 1 四半期			第 2 四半期			第 3 四半期		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.「GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発（都道府県警察モデルシステムの検証等の研究開発）」（コイト電気株式会社）																		
①「GNSS 優先信号制御技術要件書」の作成																		
・許容誤差の明確化（機器調査）																		
・（実地検証）																		
・（検証まとめ）																		
・補正技術調査／確立（調査）																		
・（実地検証）																		
・（検証まとめ）																		
・信号制御検討（制御方法検討）																		
・（各機器間 I/F 検討）																		
・技術要件書作成																		
②「位置情報収集方法ガイドライン」の作成																		
・ガイドライン検討																		
・ガイドライン作成																		
③「運行管理者向けアンケート票」の作成																		
・アンケート検討																		
・アンケート作成																		
・アンケートまとめ																		
④「導入コスト試算及び現行システムとの比較表」の作成																		
・現行システム試算																		
・新システム試算																		
・普及方案検討																		
・普及方案まとめ																		
・比較表まとめ資料作成																		
⑤「都道府県警察モデルシステム仕様書」（案）の作成																		
・システム仕様検討																		
・各機器間 I/F 仕様作成																		
・システム仕様作成																		
⑥「都道府県警察モデルシステム検証計画」の作成																		
・検証項目検討																		
・検証仕様書作成																		
・検証計画書作成																		
⑦都道府県警察モデルシステムの検証																		
・検証準備（制御エリア事前調査）																		
・GNSS 影響調査																		
・効果測定準備（事前確認）																		
・検証																		
・まとめ																		

表 1－1 研究開発活動概要(3/3)

事業項目	2020 年度									2021 年度								
	第 2 四半期			第 3 四半期			第 4 四半期			第 1 四半期			第 2 四半期			第 3 四半期		
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
⑧「都道府県警察モデルシステムの検証報告書」の作成 ・ 報告書作成																		
⑨「委員会メンバー向けアンケート票」の作成 ・ アンケート検討 ・ アンケート作成 ・ アンケートまとめ																		
⑩東京臨海部実証実験に伴う模擬的な緊急車両情報の生成と提供 ・ 配信情報仕様の確定 ・ 情報収集配信サーバの整備 ・ 模擬緊急車両情報の生成および配信 ・ 原状復帰																		

2. 現状の優先信号制御と課題

2.1 現状の優先信号制御

現状の優先信号制御は、交差点手前に設置された光ビーコン（定点）を用いて、バスの接近を感知し、予め決められた算出速度で設定された交差点到着秒数後に青信号となる制御方法であり、算出速度と実速度がほぼ同じ場合に有効となる。（図 2-1）

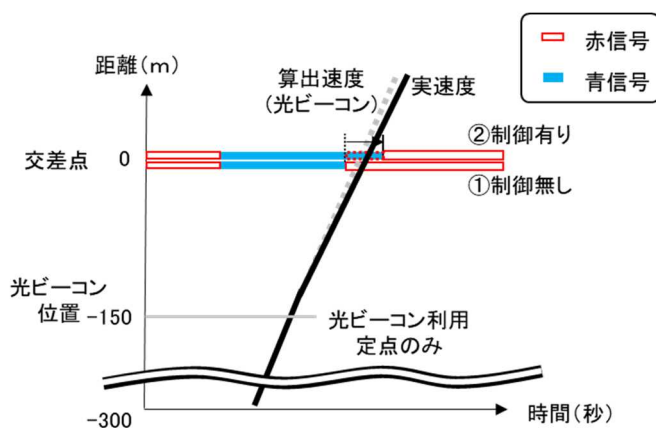


図 2-1 光ビーコンを使用した
優先信号制御の有無比較

2.2 現状の課題

交差点手前で渋滞等の交通状況変化がある場合には、算出速度と実速度の差が大きくなり、交差点を青信号で通過出来ない場合が生じる。

（図 2-2）

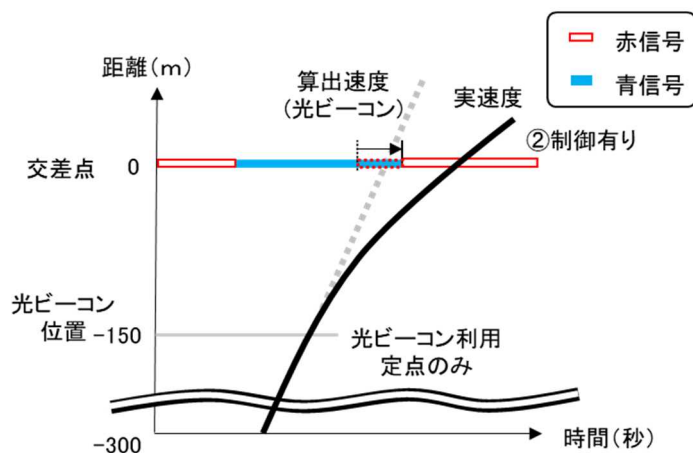


図 2-2 光ビーコンを使用した
優先信号制御の課題

また、光ビーコンによりバス等の位置を把握するシステムであるため、光ビーコンが設置されていない箇所は優先信号制御を実施することが出来ない。

よって、課題をまとめると下記のとおりとなる。

- (1) 交差点手前までの交通状況の把握（実速度の把握）
- (2) 路側インフラ（光ビーコン等）に依存しない位置情報の把握

2.3 運行管理者向けアンケート

2.3.1 アンケートの目的

都道府県警察、日本バス協会及び消防庁の支援を受け、現状把握及び以下の情報収集のために運行管理者向けアンケートを実施した。

- (1) 運行管理者が運用している運行管理システムの運用状況（規模、位置情報の取得方法）
- (2) GNSS 優先信号制御の受容可能性

2.3.2 アンケートの配布先

対象条件により抽出した都道府県警察、バス事業者及び消防本部・局へアンケートを配布した。配布先の条件は表 2-1 のとおり。

表 2-1 運行管理者向けアンケート対象条件と対象数

対象	対象条件	対象数	回収数 [回収率]
都道府県警察	47都道府県 (北海道は函館・旭川・釧路・北見方面本部含む) ①PTPS実施状況 実施:[41件] 未実施:[10件] ②FAST:実施状況 実施:[20件] 未実施:[31件]	51	51
			[100.0%]
バス事業者	全国バス事業者836社のうち以下条件で選定 ①PTPS実施事業者[105件] ②PTPSを実施していない県で乗合バス保有台数が多い事業者 (日本バス協会と調整)[10件]	115	75
			[65.2%]
消防本部・局	全国消防本部・局726箇所のうち、以下条件で選定 ①FAST制御を導入している消防本部・局[29件] ②FAST制御を導入していない人口20万人以上の市にある 消防本部・局(消防庁と調整)[90件] ※地方公共団体の区分のうち、中核市(人口20万人以上)までを対象	119	119
			[100.0%]

2.3.3 アンケートの集計結果

(1) PTPS システム整備状況 ※2020 年度整備計画等を含む。

表 2-2 PTPS システム整備状況 (1/2)

No.	地区	路線名 (起点～終点)	路線長 (KM)	交差点数	制御対象 交差点数	光ビーコン数		導入年度
						方路	ヘッド数	
	全国	合計	922.3	3752	2908	2592	4430	
1	北海道	国道36号線 豊平区月寒中央通10丁目交差点～中央区南4条西3丁目交差点 等	13.5	62	60	20	24	1995～
2	青森県	未整備	—	—	—	—	—	—
3	岩手県	松園バスターミナル～バスターミナル	6.7	32	32	24	36	2002～
4	宮城県	県道仙台泉線 東二番丁定禅寺通交差点～台原二丁目交差点	2.6	16	16	14	23	2004～
5	秋田県	未整備	—	—	—	—	—	—
6	山形県	未整備	—	—	—	—	—	—
7	福島県	国道4号線 卸商団地入口交差点～福島駅前交差点 等	11.9	61	23	15	35	2002～
8	茨城県	未整備	—	—	—	—	—	—
9	栃木県	県道125号線 氏家宇都宮線 宮の橋交差点～下川俣交差点	4.3	17	17	23	32	2004～
10	群馬県	国道17号線 千代田町二丁目交差点～荒牧町北交差点	4.3	17	11	13	20	2004～
11	埼玉県	国道463号線 北浦和駅西口～埼玉大学 等	105.9	411	271	410	420	2003～
12	千葉県	県道稲毛停車場線 JR稲毛駅～穴川十字路 等	18.3	54	33	61	71	1999～
13	東京都	環状8号線 蒲田五丁目～国際線西 等	105.4	523	466	442	896	1999～
14	神奈川県	県道藤沢平塚及び藤沢市道 滝ノ沢不動交差点～JR辻堂駅北口交差点 等	119.5	536	536	496	848	1999～
15	新潟県	国道7号線 明石1丁目交差点～国道113号 万国橋交差点 等	20.2	104	36	48	51	2003～
16	富山県	未整備	—	—	—	—	—	—
17	石川県	金沢市道 川上広見交差点 等	14.4	64	49	39	39	2000～
18	福井県	福井鯖江線 花堂～幾久 等	17.5	97	41	81	124	2002～
19	山梨県	県道6号線 敷島総合文化会館前～甲府駅南口 等	6.5	33	30	40	43	2006～
20	長野県	未整備	—	—	—	—	—	—
21	岐阜県	国道256号線 新岐阜駅前交差点～長良丘1交差点 等	7.1	37	27	24	28	2003～
22	静岡県	国道152号線、国道257号線 中沢町～伝馬町交差点 等	10.4	37	37	36	49	1998～
23	愛知県	県道名古屋多治見線 竜泉寺口交差点～志段味西小学校東 等	18.3	68	44	不明	128	2000～
24	三重県	市道子西八王子線 笹川三丁目～日永三丁目 等	3.4	14	6	7	11	2003～
25	滋賀県	国道422号線、県道石山停留場線 松原町西交差点～大石東6丁目交差点	8.7	13	12	24	29	2005～
26	京都府	京都環状線・下鴨京都停車場線 九条車庫前(九条新町)交差点～京都市役所前(河原町御池)交差点 等	16.1	71	81	107	143	1990～
27	大阪府	府道大阪和泉泉南線 堺東駅前～南陵町 等	46.2	225	225	94	293	2000～
28	兵庫県	本四道(垂水IC～淡路IC)～国道28号線(淡路夢舞台前) 等	136.8	283	283	88	493	2000～
29	奈良県	市内循環外回り 大森町交差点～大仏前交差点～奈良教育大学前交差点～大森町交差点 等	15.5	63	25	25	33	2000～
30	和歌山県	国道42号線・24号線 布引交差点～舟大工町交差点 等	20.0	89	33	15	21	2000～
31	鳥取県	国道53号線 青葉町交差点～鳥取地方裁判所交差点 等	2.1	10	9	9	9	2000～
32	島根県	国道431号線、主要地方道松江停車場線 等	1.6	22	22	21	24	2002～
33	岡山県	国道250号線 上道駅前～古京 等	41.0	160	62	76	126	2000～
34	広島県	国道54号線・県道37号線 総合体育館前交差点～高陽C住区入り口交差点 等	15.5	66	34	27	35	2004～
35	山口県	県道宮野大歳線、山口秋徳線、山口防府線 等	14.5	27	13	30	36	2002～
36	徳島県	国道192号線 上鮎喰橋東詰交差点～元町交差点 等	5.3	26	13	13	13	2003～
37	香川県	国道30号線 寿町交差点～番町交差点 等	4.1	27	10	11	11	2003～

表 2-2 PTPS システム整備状況 (2/2)

No.	地区	路線名 (起点～終点)	路線長 (KM)	交差点数	制御対象 交差点数	光ビーコン数		導入年度
						方路	ヘッド数	
	全国	合計	922.3	3752	2908	2592	4430	
38	愛媛県	国際ホテル前交差点～森松交差点 等	5.7	23	17	27	28	2006～
39	高知県	国道33号線 上町5丁目交差点 ～ 国道32号:JR高知駅前交差点 等	6.5	8	8	14	14	2002～
40	福岡県	国道263号線 早良平尾交差点～昭代1丁目交差点 等	19.8	105	45	45	47	2005～
41	佐賀県	未整備	—	—	—	—	—	—
42	長崎県	国道206号線、国道202号線 大橋交差点～大波止バス停先交差点 等	10.7	65	56	32	32	2000～
43	熊本県	県道28号線(熊本高森線) 桜橋南交差点～健軍交番前交差点 等	19.6	96	77	69	76	2002～
44	大分県	国道10号線 東別府交差点～堀交差点 等	19.7	77	58	25	25	2002～
45	宮崎県	国道10号線 江平五差路 ～ 橋通3丁目交差点(デパート前) 等	2.9	18	9	13	13	2016～
46	鹿児島県	国道3号線 鹿児島北インター入口交差点～加治屋町交差点 等	7.0	34	34	3	3	2002～
47	沖縄県	国道58号線 伊佐交差点～久茂地交差点 等	12.8	61	47	31	48	2000～

(2) FAST システム整備状況 ※2020 年度整備計画等を含む。

表 2-3 FAST システム整備状況 (1/2)

No.	地区	路線名 (起点～終点)	路線長 (KM)	交差点数	制御対象 交差点数	光ビーコン数		導入年度
						方路	ヘッド数	
以	全国	合計	1785.8	7708	4956	2932	6213	
1	北海道	国道36号線 南4条西11丁目交差点～清田2条3丁目交差点 等	122.7	552	471	328	842	2003～
2	青森県	市道 青森自動車道救急車退出路～東バイパス八重田交差点 等	3.1	10	7	8	10	2007～
3	岩手県	未整備	—	—	—	—	—	—
4	宮城県	県道仙台泉線、国道286号線等 仙台泉線上杉木町交差点～郡山交番南側交差点 等	13.0	60	53	81	203	2015～
5	秋田県	未整備	—	—	—	—	—	—
6	山形県	未整備	—	—	—	—	—	—
7	福島県	未整備	—	—	—	—	—	—
8	茨城県	未整備	—	—	—	—	—	—
9	栃木県	未整備	—	—	—	—	—	—
10	群馬県	未整備	—	—	—	—	—	—
11	埼玉県	国道17号線 新大宮バイパス横断(三橋五丁目交差点等) 等	0.0	73	73	不明	不明	2004～
12	千葉県	印西・佐倉地区 国道464号線(鎌苅～軽井沢入口)、296号線(佐倉) 等	113.8	208	197	359	489	2003～
13	東京都	国道246号線 町田つくし野入口～東名入口東 等	1386.1	6190	3588	1581	3153	不明
14	神奈川県	横浜市道 千歳橋交差点～大さん橋入口交差点 等	5.8	37	37	136	204	2011～
15	新潟県	未整備	—	—	—	—	—	—
16	富山県	未整備	—	—	—	—	—	—
17	石川県	県道60号線 広岡交差点～県庁前交差点 等	12.0	55	46	48	208	2002～
18	福井県	未整備	—	—	—	—	—	—
19	山梨県	未整備	—	—	—	—	—	—
20	長野県	県道三才大豆島中御所線 長野赤十字病院前	0.0	1	1	2	3	2017～
21	岐阜県	未整備	—	—	—	—	—	—

表 2-3 FAST システム整備状況 (2/2)

No.	地区	路線名 (起点～終点)	路線長 (KM)	交差点数	制御対象 交差点数	光ビーコン数		導入年度
						方路	ヘッド数	
以	全国	合計	1785.8	7708	4956	2932	6213	
22	静岡県	国道1号線 長沼～南安倍1丁目交差点 等	11.9	68	68	83	161	2005～
23	愛知県	国道1号線～国道23号線 公会堂南東交差点～市民病院東交差点 等	18.1	62	42	不明	195	2006～
24	三重県	国道165号線 明神町～久居インター東	0.5	3	3	3	9	2013～
25	滋賀県	未整備	—	—	—	—	—	—
26	京都府	未整備	—	—	—	—	—	—
27	大阪府	未整備(廃止)	—	—	—	—	—	—
28	兵庫県	国道2号線 三宮～味泥 等	31.8	124	154	56	247	2006～
29	奈良県	未整備	—	—	—	—	—	—
30	和歌山県	未整備	—	—	—	—	—	—
31	鳥取県	未整備	—	—	—	—	—	—
32	島根県	未整備	—	—	—	—	—	—
33	岡山県	国道53号線 旧西署西～原尾島及び番町～十日市 等	36.8	146	99	105	212	2002～
34	広島県	未整備	—	—	—	—	—	—
35	山口県	未整備	—	—	—	—	—	—
36	徳島県	未整備	—	—	—	—	—	—
37	香川県	未整備	—	—	—	—	—	—
38	愛媛県	未整備	—	—	—	—	—	—
39	高知県	未整備	—	—	—	—	—	—
40	福岡県	国道201号線 伊川交差点～仁保団地入口交差点	8.1	27	25	27	30	2008～
41	佐賀県	未整備	—	—	—	—	—	—
42	長崎県	未整備	—	—	—	—	—	—
43	熊本県	国道3号線 近見交差点～迎町交差点 等	22.1	92	92	115	247	2005～
44	大分県	未整備	—	—	—	—	—	—
45	宮崎県	未整備	—	—	—	—	—	—
46	鹿児島県	未整備	—	—	—	—	—	—
47	沖縄県	未整備	—	—	—	—	—	—

(3) 車載機整備状況〔バス事業者/消防本部・局〕

ア 都道府県警察 530 台

イ バス事業者 6,586 台 (アンケート回答 75 件での合計)

ウ 消防本部・局 574 台

(4) アンケートまとめ

アンケートの結果をとりまとめると以下の通りとなった。

ア PTPS 制御システム及び FAST 制御システムの導入状況

- ・[質問 1] PTPS 制御システムは全国で 40 システム、FAST 制御システムは全国 16 システム導入されている。既設システムによる制御の運用効果は、導入している都道府県警察の約 63%で効果が得られている。
- ・[質問 4] PTPS を導入している都道府県の 43%で問題があるとの回答がある。これは導入後に交通状況や道路状況及び走行条件に変化があり、優先制御の効果が現れにくくなったためと想定される。

イ 運行管理者による運行管理システムの導入状況

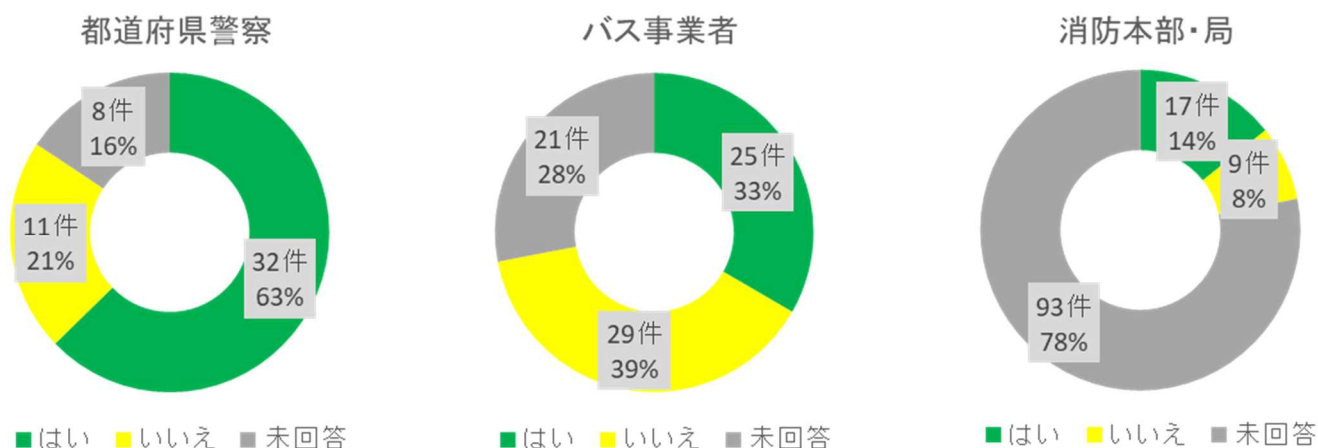
- ・[質問 10、質問 11] バス事業者、消防本部・局それぞれによる運行管理システムの導入状況は、バス事業者が 75%、消防本部・局が 74%と高い導入率であることが分かる。各運行管理者がすでに運用している運行管理システムと連携できれば、運行管理者側におけるランニングコスト等の負担軽減が期待出来る。

ウ GNSS 優先信号制御の受容可能性

- ・[質問 8] アンケートは、システムの規模やイニシャルコスト、ランニングコストが提示されていない状況の本研究開発着手時に実施した。それでもバス事業者が 32%、消防本部・局が 44%導入したいとの回答を得られ、受容可能性は十分にあると推察する。

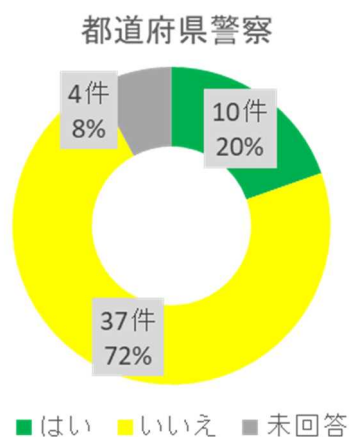
今後はイニシャルコスト、ランニングコストの費用低減を検討しつつ、運行管理者へ本研究開発の結果を再度アピールすることで、さらなる導入ニーズが出てくることが期待できる。

[質問 1] PTPS 制御または FAST 制御の運用効果は得られているか？

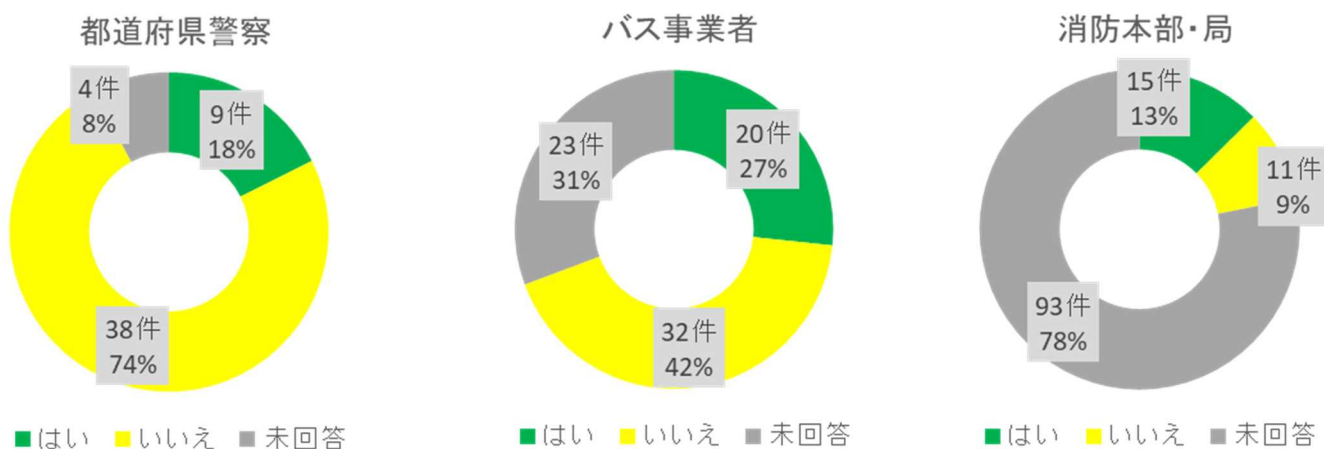


[質問 2] 警交仕規以外に県固有の独自機能（ハード・ソフト）があるか？

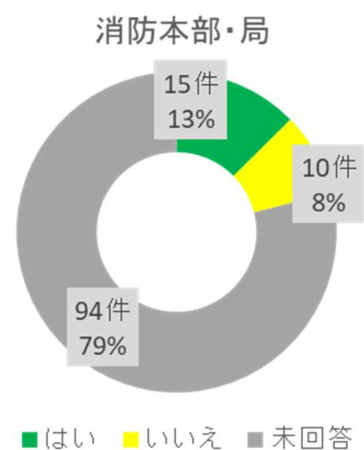
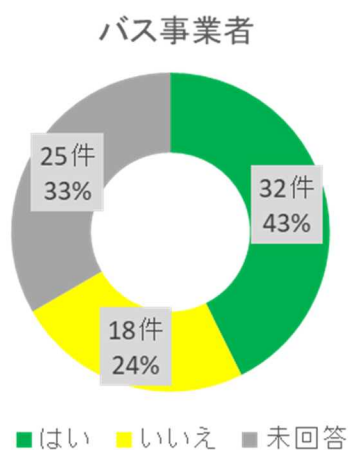
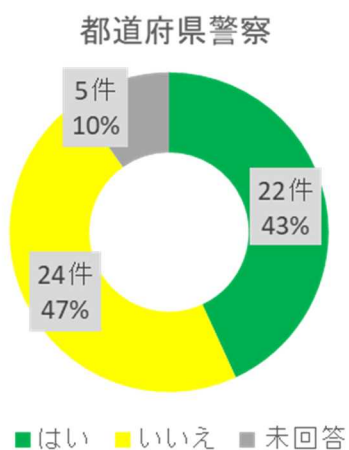
〔都道府県警察のみ〕



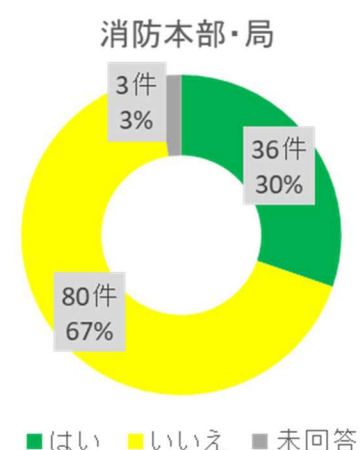
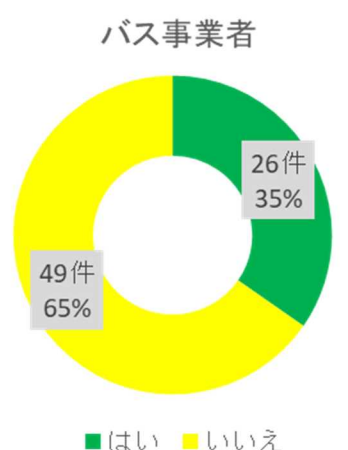
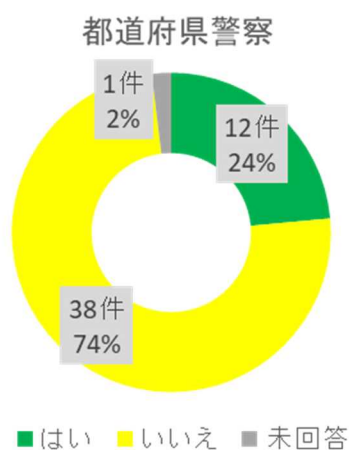
[質問 3] 改善・追加を要望する機能・対象車両等はあるか？



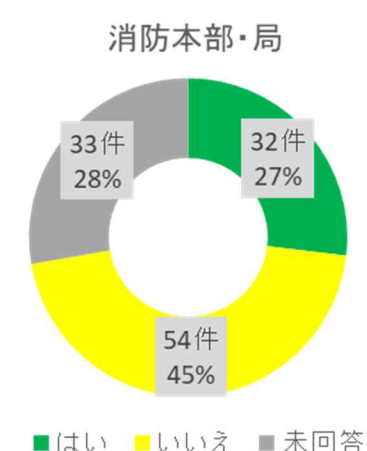
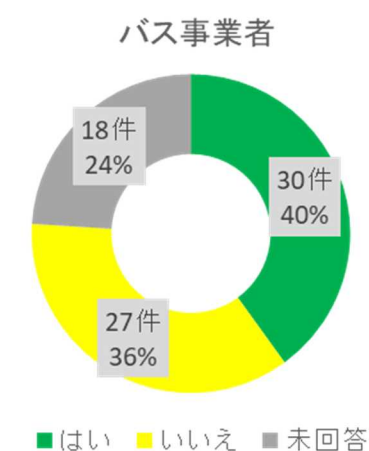
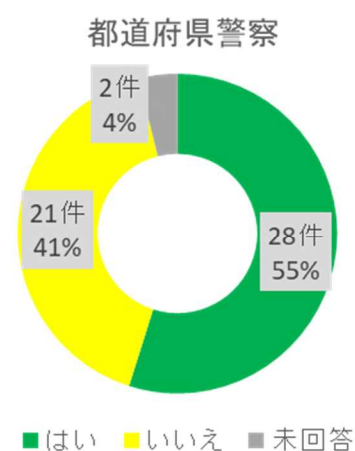
[質問 4] 運用や導入における問題点はあるか？



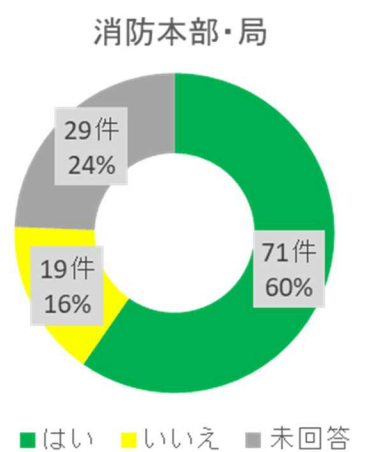
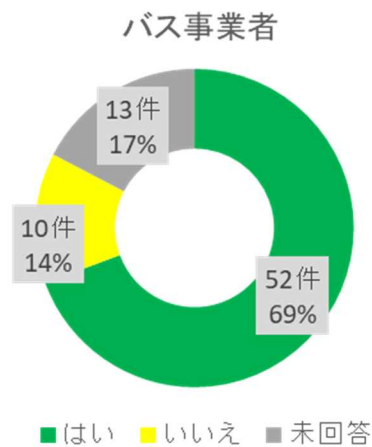
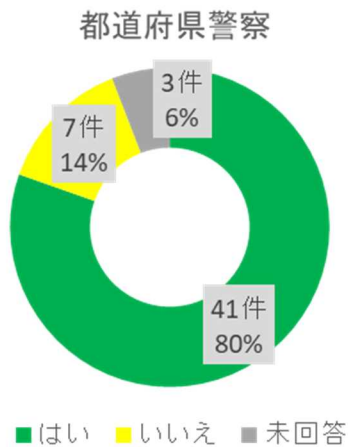
[質問 5] 新たに導入したい PTPS/FAST 路線はあるか？



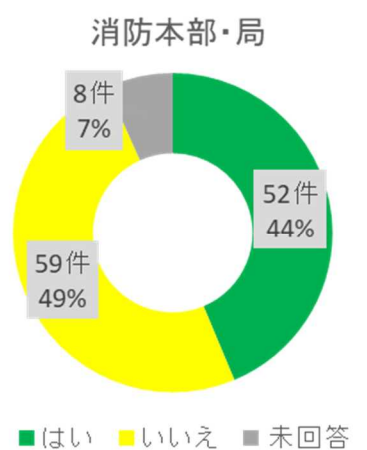
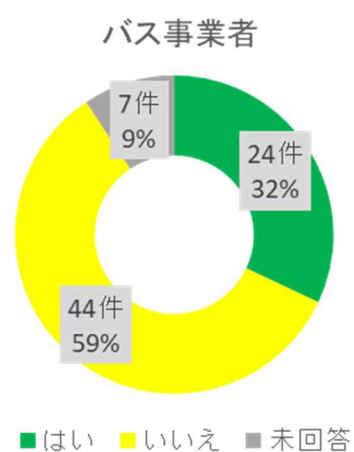
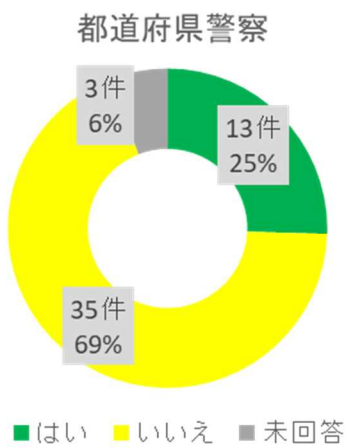
[質問 6] 導入を検討するにあたって路線の選定基準・制約条件はあるか？



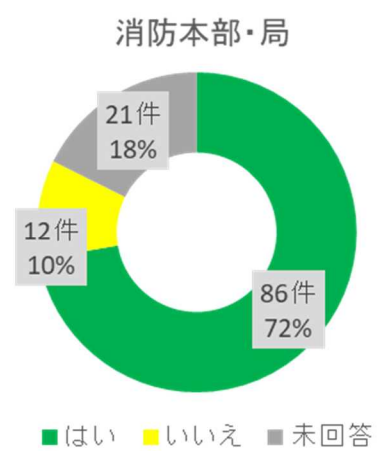
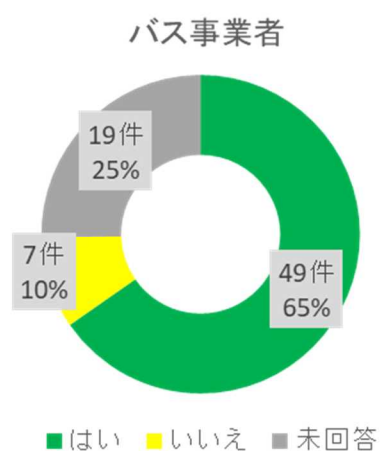
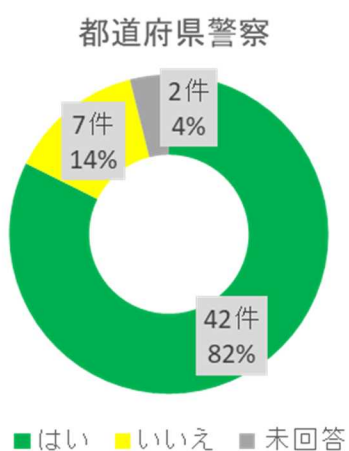
[質問 7] 導入する上での課題・問題点はあるか？



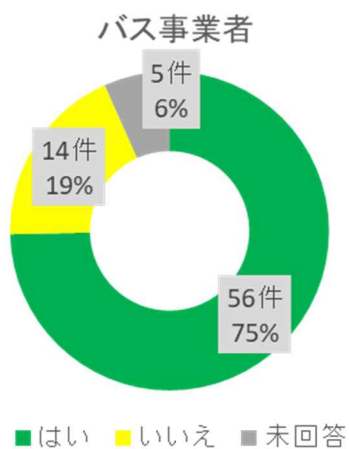
[質問 8] GNSS を活用した優先信号制御を導入したいか？



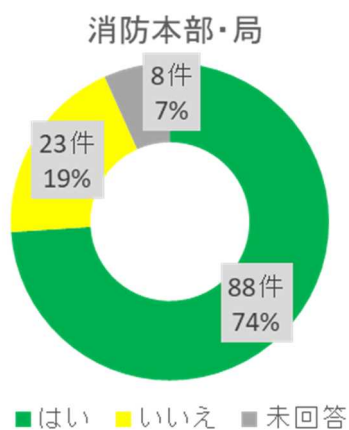
[質問 9] 導入に向けた課題・問題点はあるか？



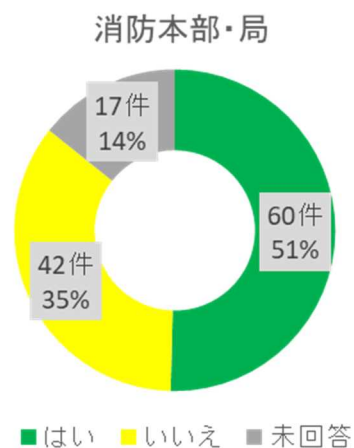
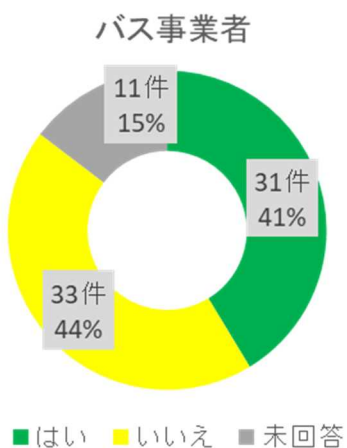
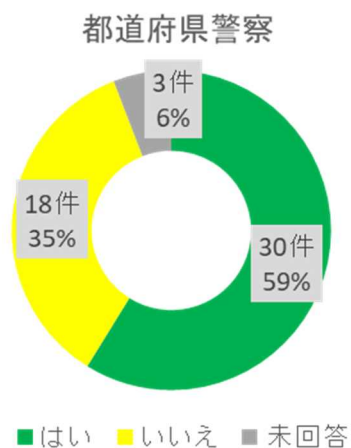
[質問 10] 現在、GNSS 等による位置情報（バスロケ等）を活用した
運行管理システムを導入しているか？〔バス事業者のみ〕



[質問 11] 現在、GNSS 等による位置情報（車両動態管理システム等）を
活用した運行管理システムを導入しているか？
〔消防本部・局のみ〕

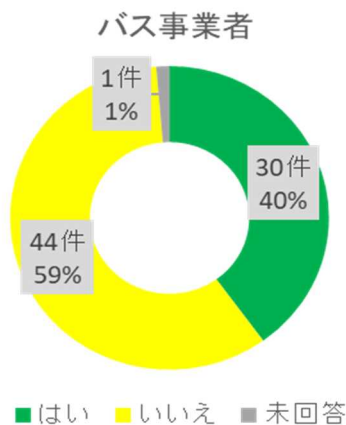


[質問 12] 車両に対して信号情報の提供は必要であるか？



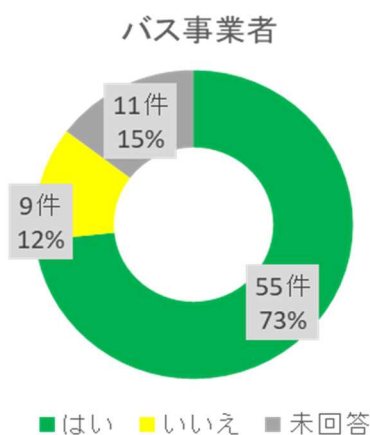
[質問 13] 自動運転バスの導入に関する検討を進めているか？

〔バス事業者のみ〕

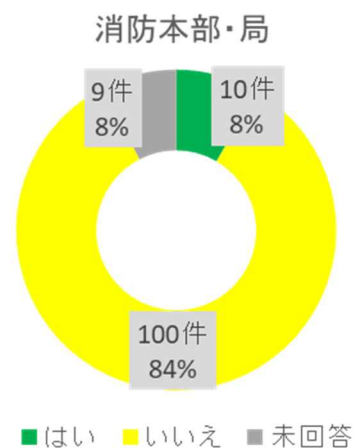
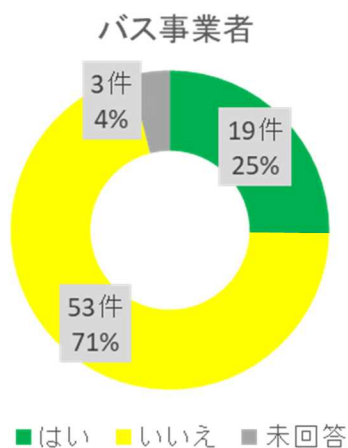
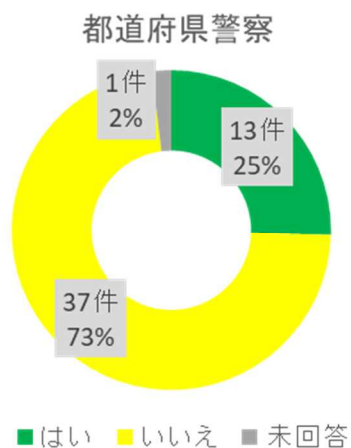


[質問 14] 自動運転バスの導入に向けた課題・問題点はあるか？

〔バス事業者のみ〕



[質問 15] 都道府県警察/バス事業者/消防局本部・局と定期的な打合せを行っているか？



3. 機能・技術要件の詳細化

3.1 位置誤差の目標性能

位置誤差については、交差点到着時間誤差に着目し、「次世代交通システムの開発に向けたモデルシステムを用いた効果検証」報告書（一般社団法人UTMS協会、平成30年3月）より、走行速度50km/hで交差点を通過する際の誤差秒数は以下の通りとなる。（図3-1）

ケース1：位置誤差30mの時、通過時刻の誤差は2.2秒

ケース2：位置誤差10mの時、通過時刻の誤差は0.8秒

ここで、信号制御機の短縮/延長時間の設定秒数は1秒単位であることから、通過時刻誤差を1秒未満に抑えるよう位置誤差を設定することが望ましい。よって位置誤差の性能要件を走行速度50km/hで通過時刻誤差が0.8秒となる10m以下と設定した。

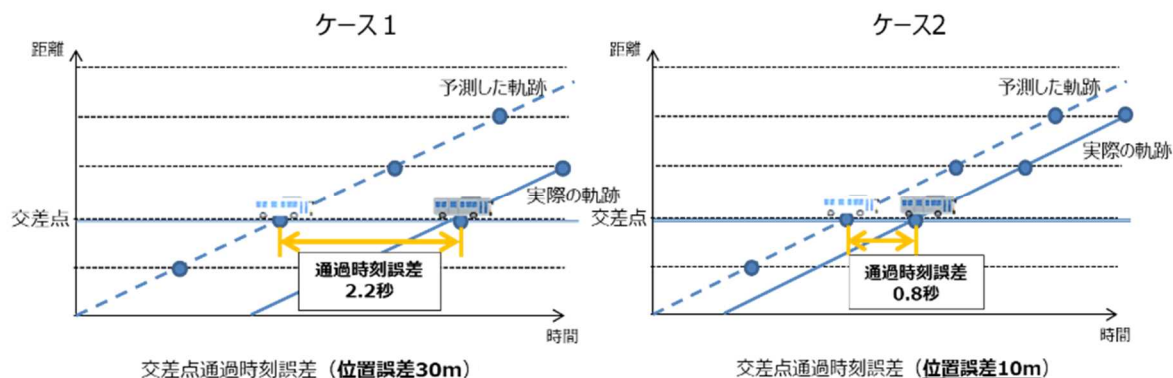


図 3-1 位置誤差の性能要件の根拠（走行速度 50km/h 時）

3.2 計測周期の目標性能

計測周期は、携帯電話網による揺らぎを含めた通信遅延が数百ミリ秒～1秒程度発生すると想定されることと、運行監視装置の処理負荷、データ通信量の影響を考慮して2秒に設定した。

なお、現状の光ビーコンによる優先信号制御では、一般的に交差点手前150mの光ビーコン設置位置でバス等の通過を感知し、これを基に優先信号制御を行っている。一方GNSS優先信号制御では、光ビーコンよりも交差点に近い距離まで実速度を把握出来るため、きめ細かい制御が可能となる。（図3-2）

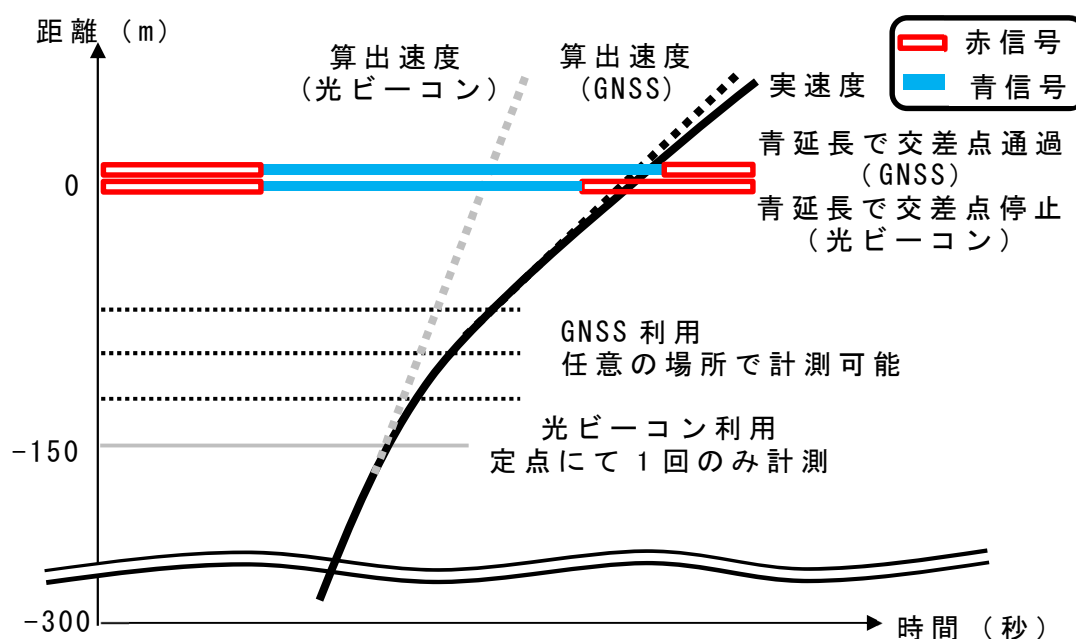


図 3-2 光ビーコン制御と GNSS 制御の差異

3.3 測位方式

測位方式については、一般的に広く利用されている方式の中から、運用路線の外部環境に応じ、基準局を設置しその補正情報について携帯電話網等を介して使用する RTK 方式、又は衛星から配信される補強信号を GNSS 受信機にて受信し測位精度を高める DGPS 方式を採用するものとし、共存も可能な様にどちらか一方以上とした。

3.4 位置補正方式

GNSS 測位精度低下時の位置補正方式は今後の最新技術の導入を踏まえ、任意とした。

3.5 GNSS 測位に影響を与える建造物等の環境条件の定義

図 3-3 に示す通り、GNSS の測位に影響を与える環境として、次の 2 つの名称を定義した。

(1) マルチパス環境

進行方向に対して左右両側に存在するビル等、衛星電波遮蔽物の仰角が 60° 以上の環境。衛星電波がビル等に反射し、直接受信機に到達するよりも伝搬距離が長くなるため位置誤差が大きくなる。

(2) 測位不可環境

衛星電波がトンネル・高架等に遮られて受信ができない環境。測位が一時的に不可能となり、通過後もしばらくの間は精度が低下する。

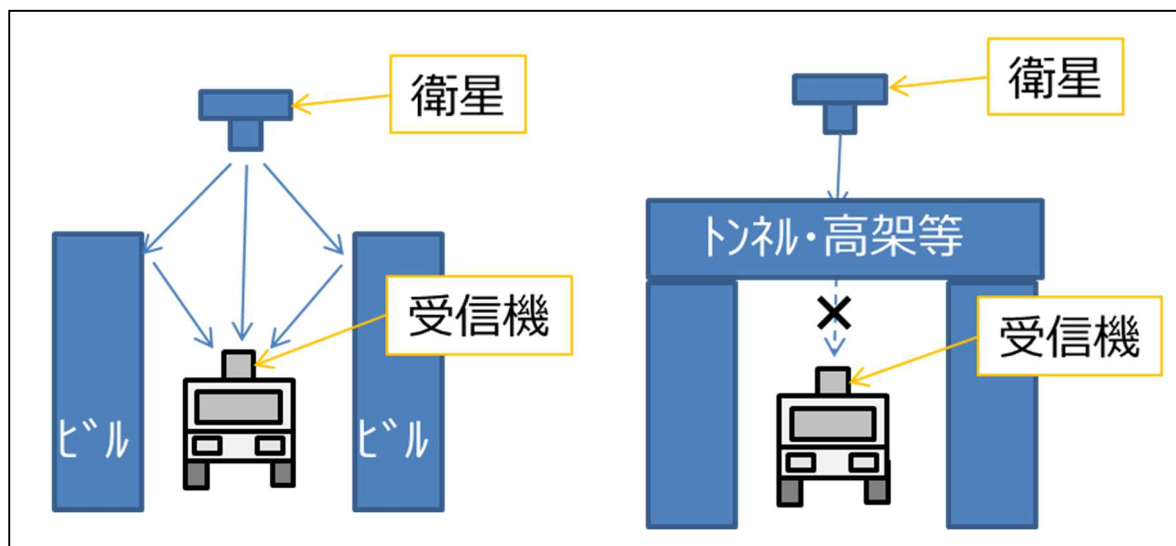


図 3-3 GNSS 測位に影響を与える環境例
(左：マルチパス環境、右：測位不可環境)

3.5.1 サービス提供エリアの周辺建造物等の条件（マルチパス環境）

図 3-4 に示す通り、左右仰角が 60° 以上となる環境（マルチパス環境）を抜け、左右いずれかの仰角が 60° 未満となる領域が 2.5 秒続く区間にサービス提供エリアが無いこと。

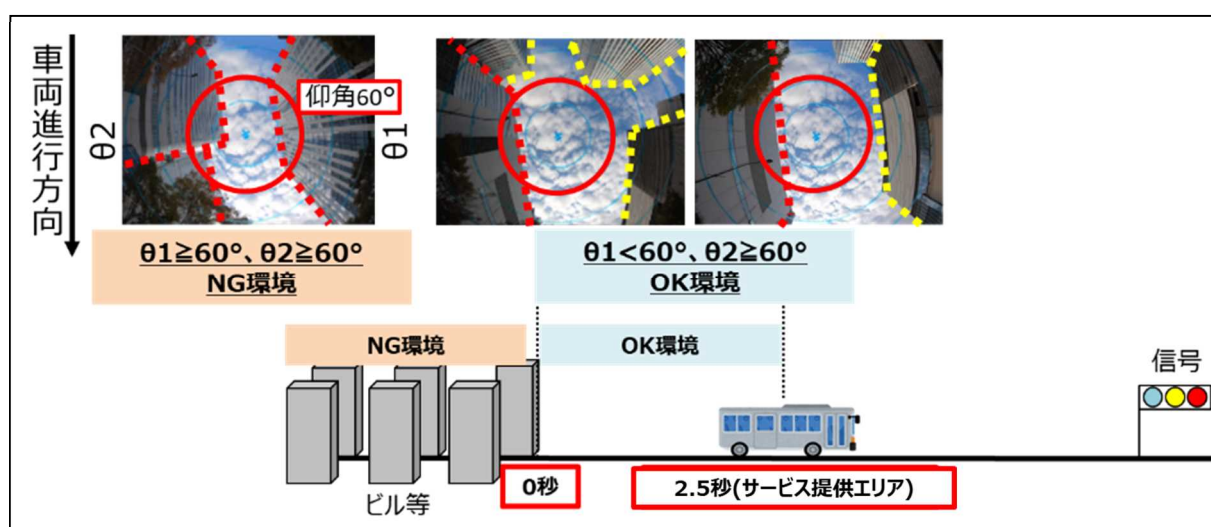


図 3-4 サービス提供エリアの周辺建造物等の影響（マルチパス環境）

3.5.2 サービス提供エリアの周辺建造物等の条件（測位不可環境）

図 3-5 に示す通り GNSS の測位が一時中断する環境（測位不可環境）を抜け、左右いずれかの仰角が 60° 未満となる領域が 4 秒続く区間にサービス提供エリアが無いこと。

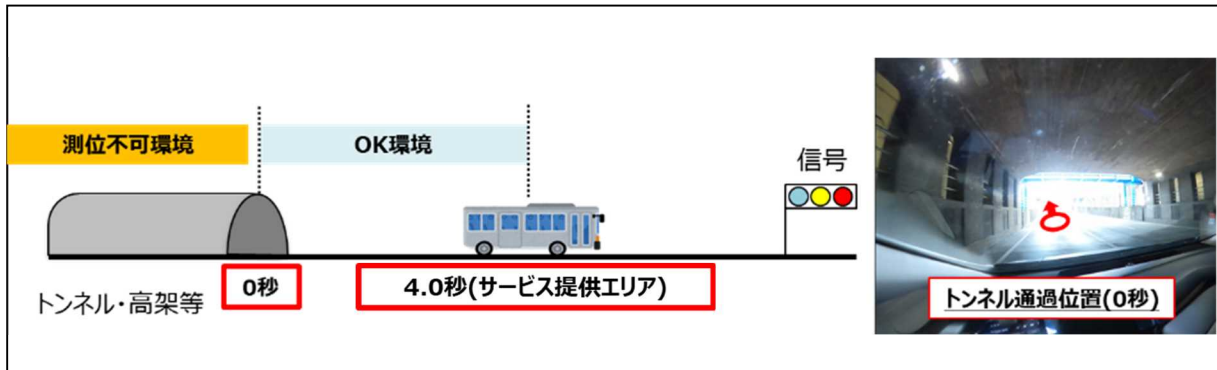


図 3-5 サービス提供エリアの周辺建造物等の影響（測位不可環境）

また、GNSS の測位に影響を与える環境条件として、衛星電波がビル等に反射することで位置誤差が大きくなる要因となるマルチパス環境と、衛星電波がトンネル・高架に遮られて測位が一時的に不可能となり、これらを通過後もしばらくの間、位置誤差が低下する測位不可環境を定義し、マルチパス環境はこの環境通過 2.5 秒後、測位不可環境はこの環境通過 4 秒後より優先信号制御のサービス提供が可能なエリアとした。

（いずれも時速 50km 走行時）

3.6 公道による GNSS 受信機の位置誤差の検証

3.6.1 公道評価の目的

3.1 項で定義した位置誤差の目標性能を、設定した環境条件定義下でも満足するか検証することを目的とした。

3.6.2 ルート選定

マルチパス環境（ビル等）及び測位不可環境（トンネル等）での位置誤差を評価するため、これらの環境が多く存在する「みなとみらい地区（横浜市）」を選定し、以下の環境にて図 3-6 に示す走行ルートで評価を行った。

※オープンスカイは衛星電波を阻害しない環境である。

- ・日時：2020 年 10 月 29 日（木）
- ・時間：10 時～16 時
- ・天候：晴れ
- ・回数：4 回
- ・車両：乗用車（車高が低く、バス・緊急車両よりもビル等の遮蔽影響を受けやすい）

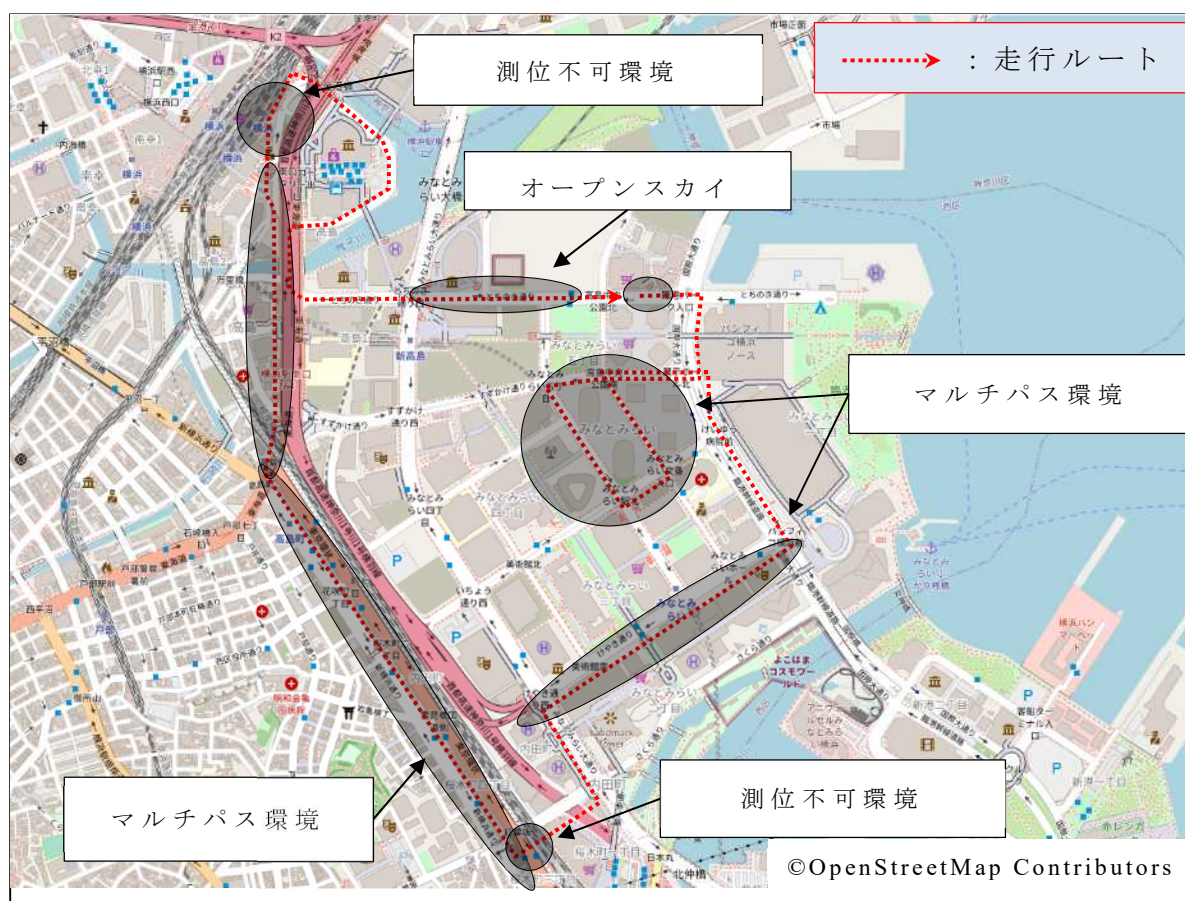


図 3-6 みなとみらい地区の走行ルート

3.6.3 公道評価結果

位置誤差については、図 3-7 に示すように仰角確認用に車両の天井に取り付けたカメラ映像と時刻から得られる実際の位置と、GNSS の測位結果の位置との差を取り算出した。

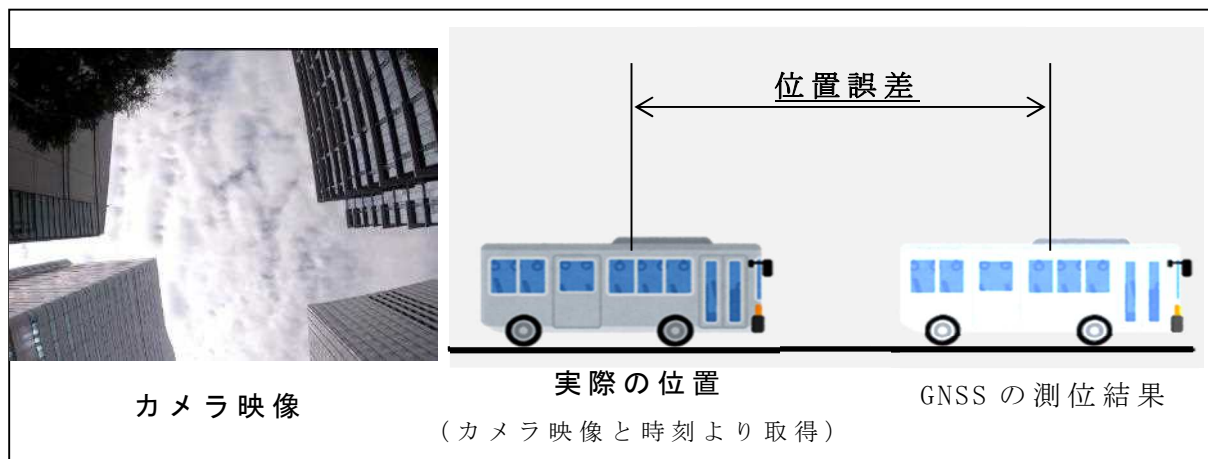


図 3-7 位置誤差算出方法

(1) マルチパス通過後の位置誤差変化

表 3-1 の位置誤差の変化から、3.5.1 項で定義したマルチパス環境通過から 2.5 秒経過時に最も近い 2.4 秒において、位置誤差は最大でも 2.9m となり、位置誤差の目標性能である 10m 以下は実現可能と考える。

表 3-1 マルチパス通過後の位置誤差の変化

		マルチパス通過後時間(秒)に対する距離(m)						
		0.0(秒)	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
測位方式	慣性航法							
RTK+DGPS	有効	1.3(m)	1.0	1.0	1.0	1.2	1.4	1.6
DGPS	有効	3.0	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9

(2) 測位不可環境通過後の位置誤差変化

表 3-2 の位置誤差の変化から、3.5.2 項で定義した測位不可環境通過から 4 秒経過時において、位置誤差は最大でも 6.6m となり、位置誤差の目標性能である 10m 以下は実現可能と考える。

表 3-2 測位不可環境通過後の位置誤差の変化

		測位不可環境通過後時間(秒)に対する距離(m)										
測位方式	慣性航法	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4
RTK+DGPS	有効	12.2	8.6	7.7	7.7	7.2	6.5	5.8	5.4	5.0	3.5	4.0
RTK+DGPS	無効	8.0	6.0	9.0	9.0	8.4	8.2	8.1	7.4	7.0	6.6	6.3
DGPS	有効	9.2	8.4	7.6	6.3	4.9	3.8	3.6	3.1	2.9	2.6	2.5
DGPS	無効	9.0	7.1	5.9	4.9	4.1	3.6	3.7	2.9	2.6	2.2	1.9

3.7 GTFS 情報の活用検討

GTFS: General Transit Feed Specification とは「標準的なバス情報フォーマット」のことであり、バス事業者の保有するバス情報の活用を促進するためのフォーマットについて、今回の研究開発における活用を模索した。

GTFS 情報におけるデータの更新頻度は、30 秒以下であり、位置誤差に対する要求値がない。優先信号制御とは使用目的が異なるため、将来的な活用可能性については検討が必要である。

4. モデルシステムの検証に向けた仕様書案等の策定

GNSS 受信機の性能要件及び環境条件の定義と公道における GNSS 受信機の位置誤差の検証結果を基に、表 4-1 に示す仕様書案等 6 種類の文書を GNSS 活用委員会の承認を得て、成果品として策定した。

各文書の取り扱う領域をシステム構成図内に示す。(図 4-1)

表 4-1 成果品とその概要

成果品	概要
「GNSS 優先信号制御 技術要件書」	GNSS 優先信号制御におけるシステム要件、各装置に求められる機能・性能要件及び各機器間のインタフェース概要を記載
「位置情報収集方法 ガイドライン」	GNSS 優先信号制御で使用する位置情報の収集において、GNSS の概要及び運用時の留意点を記載
「都道府県警察 モデルシステム仕様書」(案)	モデルシステム実証実験のための仕様書で実験に使用する運行監視装置/表示装置/車載機の仕様及び既設管制システムの改修仕様を記載
「運行監視装置通信 アプリケーション規格」(案)	モデルシステムの運行監視装置と既設管制システム間において、情報交換を行う際のインタフェース条件/通信規格の考え方を記載
「車載機通信 アプリケーション規格」(案)	モデルシステムの車載機と運行監視装置間において、情報交換を行う際のインタフェース条件/通信規格の考え方を記載
「都道府県警察 モデルシステム検証計画」	GNSS 優先信号制御システムの動作検証/効果確認/懸念事項(処理遅延/位置誤差)の検証を目的としたモデルシステム実証実験の検証計画を記載

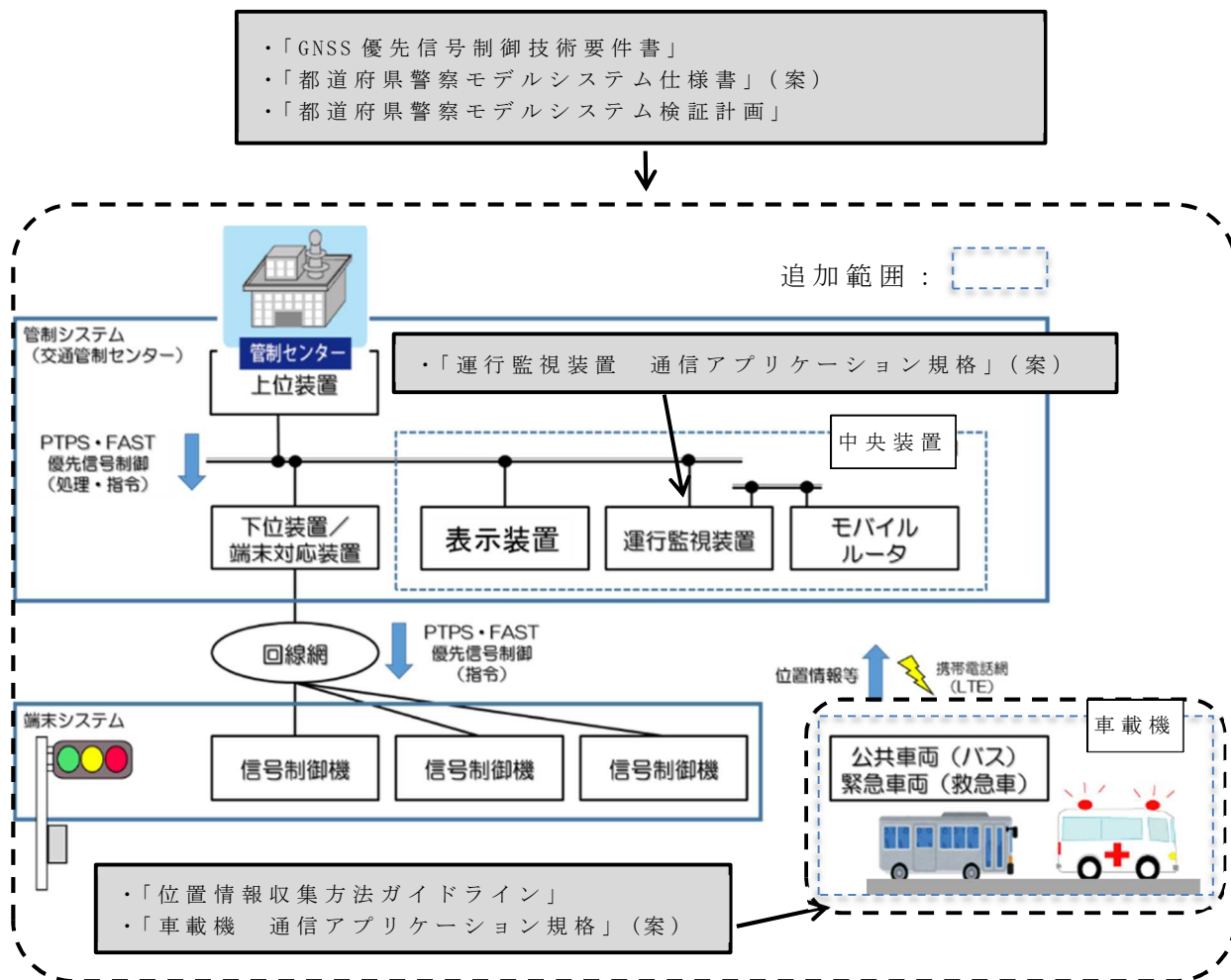


図 4-1 モデルシステムの構成図と各文書が取り扱う領域

5. 都道府県警察モデルシステムの検証

5.1 実施方針

GNSS 優先信号制御を実施した場合の動作検証及び制御効果検証等について、「都道府県警察モデルシステム仕様書（案）」に基づき別途整備された都道府県警察モデルシステムにおいて検証を実施した。

検証路線については既存の光ビーコンを用いた優先信号制御（PTPS 及び FAST）との比較を行うために既存路線から選定した。

既存路線（公道）及び既存管制システムに接続して行う検証のため、安全確保に十分配慮し、既存管制システムへの影響を最小限となる構成で実施した。また、既存の管制システムに対しては、都道府県警察モデルシステムの運行監視装置が判断したタイミングで通知を与え、信号機の優先信号制御は既存の装置により実行（動作）させた。光ビーコンによる PTPS 及び FAST の機器設定秒数及び光ビーコン位置等は、既存から変更しない条件で実施した。

PTPS の評価時間帯は、現状交通に影響を与えない様に現在運用中である朝夕のラッシュ時間帯を外した日中の 9 時～16 時とし、光ビーコンによる PTPS 及び FAST の成果を基準として、同等以上となっていることを確認する目的で実施した。

5.2 検証概要

検証全体の概要を表 5-1 に示す。

表 5-1 検証実施概要

項目	内 容	
検証地区	静岡県静岡市	
実施方針※	GNSS 優先信号制御を実施した場合の動作および、制御効果等をモデルシステムにおいて検証する。 検証路線は既存の光ビーコンを用いた優先信号制御（PTPS 及び FAST）との比較を行うために既存路線から選定する。既存路線（公道）及び既存管制システムに接続して行う検証のため、安全確保に十分配慮し、既存管制システムへの影響を最小限となる構成で実施する。	
対象交差点	PTPS 2 方向 4 交差点（うち新規 1 交差点） 上り方向：簗上、材木町、安倍町、 中町（新規） 下り方向：安倍町	FAST 1 1 交差点（うち新規 2 交差点） 柚木、護国神社南、護国神社入口、常磐町 2 丁目、黒金町西、相川公園北、相川公園南、伊河麻神社北、伊河麻神社西、 江川町（新規）、中町（新規）
検証期間	光ビーコン： 11/29～12/ 3、1/18～1/21 9日間 （GNSS制御の検証日数（9日間）に合わせた期間）	光ビーコン： 11/27～12/ 3、1/17～1/21 12日間
	GNSS： 12/15～12/21、1/11～1/14 9日間 （土・日・祝日は含まず）	GNSS： 12/15～12/21、1/10～1/14 12日間 （土・日・祝日も含む）
検証曜日 時間帯	月～金（平日） 9 時～16 時 （周辺交通への影響を考慮し、交通への影響が少ない 日中の時間帯で実施）	土・日・祝日も含む 24 時間
検証車両台数	バス：3 台 + 実験車：1 台	救急車：3 台

※：「都道府県警察モデルシステム検証計画」より引用

5.2.1 検証場所

検証場所は図 5-1 に示すとおり、JR 静岡駅周辺の静岡県静岡市葵区及び駿河区とし、PTPS は既設 3 交差点（簗上、材木町、安倍町）と新設 1 交差点（中町）の 4 交差点、FAST は既設 9 交差点（柚木、護国神社南、護国神社入口、常磐町 2 丁目、黒金町西、相川公園北、相川公園南、伊河麻神社北、伊河麻神社西）と新設 2 交差点（中町、江川町）の 11 交差点を対象とした。

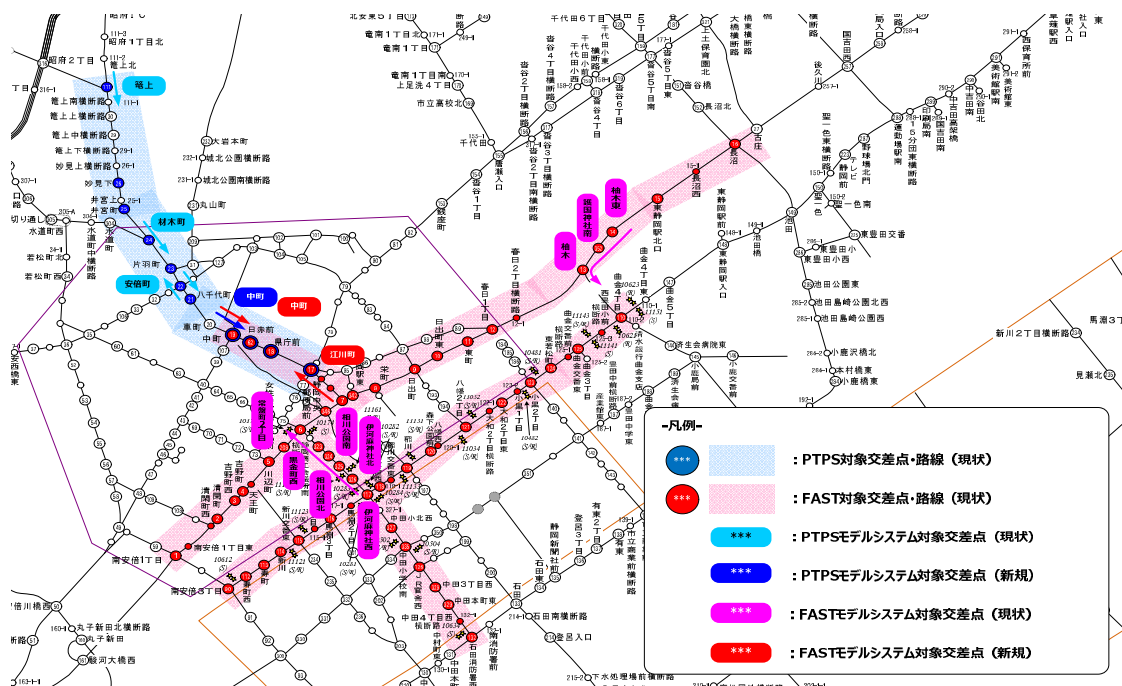


図 5-1 検証実施場所及び交差点

5.2.2 検証期間

検証期間は 1 ヶ月とし、検証期間中の交通量差異を抑えつつ各曜日の影響を平均化する目的から、光ビーコンによる優先信号制御と GNSS による優先信号制御を 1 週間毎、交互に 2 回に分けて検証を実施した。

なお、PTPS については現在の運用実態と合わせて平日のみを実験日とし、周辺交通への影響を考慮し、交通への影響が少ない日中の 9～16 時の時間帯で実施した。

実験期間中のうち、光ビーコン制御期間、GNSS 制御期間に含まれた土日祝日を除いた日数を同一とするため 9 日間の検証を行い、FAST は 12 日間（土日祝日含む）の検証を行った。

5.2.3 車載機搭載台数

車載機は路線バス 3 台、救急車 3 台及び実験車 1 台とし、光ビーコン制御と GNSS 制御の両機能を有した車載機を搭載した。なお、実験車は、路線バスの当該路線走行回数が 1 往復／日程度と想定されるため、実験母数を増やす目的で模擬路線バスの位置づけで導入した。

5.3 検証内容

5.3.1 優先制御の動作検証

(1) PTPS（公共車両優先システム）の動作検証

モデルシステムで構築した運行監視装置にて、バスの走行位置（時刻及び位置情報）と制御対象交差点の信号制御実行情報を比較し、青信号延長及び赤信号短縮動作を検証した。

(2) FAST（現場急行支援システム）の動作検証

モデルシステムで構築した運行監視装置にて、緊急車両の走行位置（時刻及び位置情報）と制御対象交差点の信号制御実行情報を比較し、青信号延長及び赤信号短縮動作を検証した。また、緊急車両の走行位置（時刻及び位置情報）と制御対象区間を比較し、優先制御解除動作を検証した。

5.3.2 GNSS 制御の要件検証

図 5－2 に示すとおり GNSS の測位結果と GNSS 測位時に撮影したカメラ映像と時刻から得られた実際の位置を基に位置誤差を求めた。

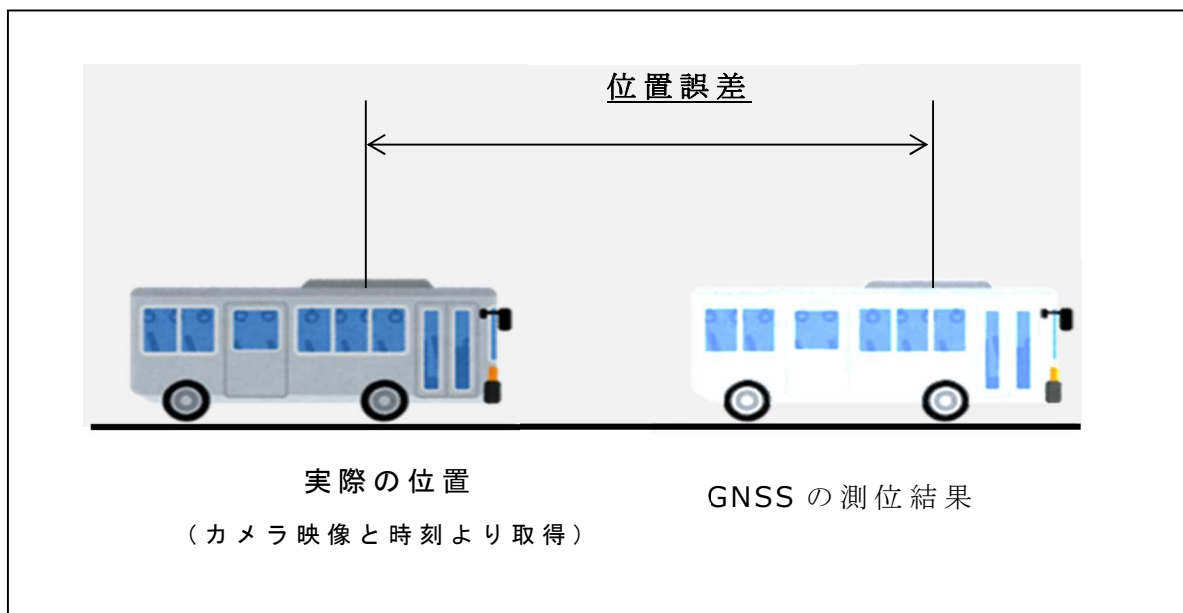


図 5－2 位置誤差の確認方法

5.3.3 車両検知から制御までの処理遅延検証

図 5-3 に示す通り、車載機から送信時刻と GNSS 位置情報を含んだ送信データを運行監視装置に送信する。運行監視装置においてデータの受信時刻と PTPS・FAST 優先制御（処理・指令）開始時の時刻を記録し、これらの差から処理遅延時間を算出した。

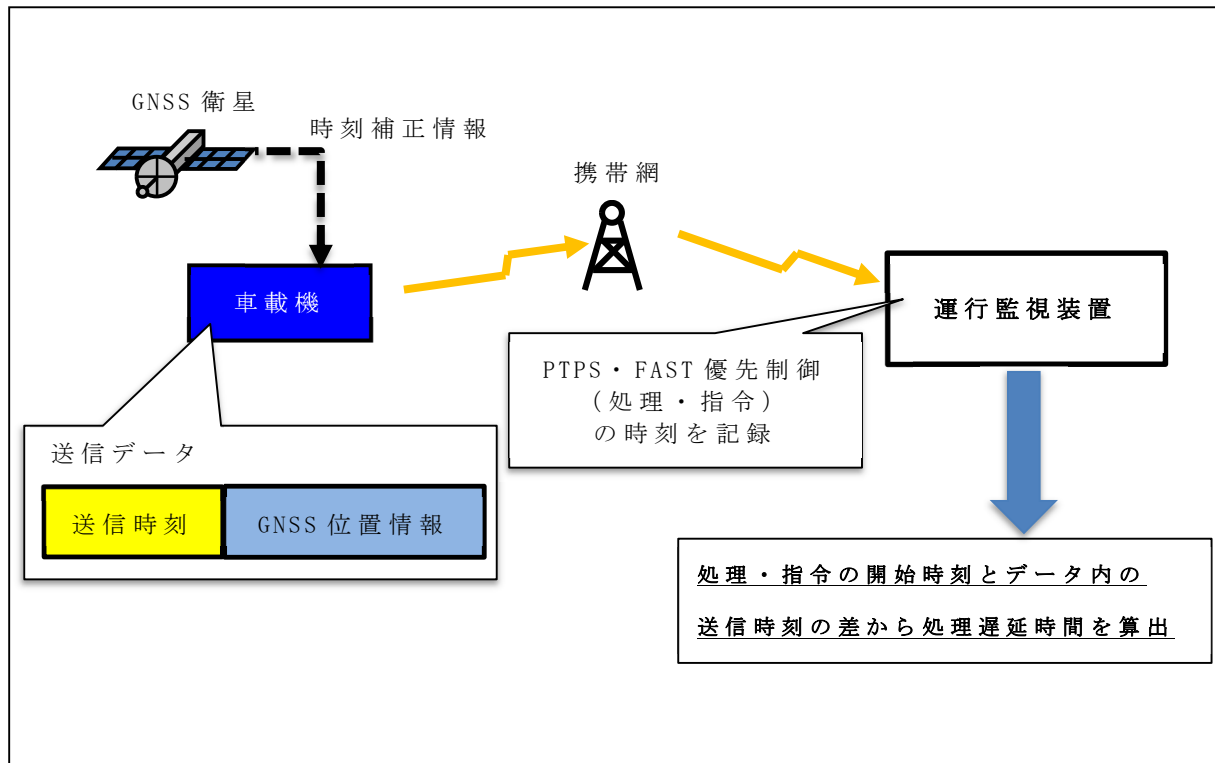


図 5-3 処理遅延時間の算出方法

5.3.4 複数バス通過時のバス優先制御動作検証

(1) PTPS（公共車両優先システム）の検証

モデルシステムで構築した運行監視装置にて、複数バス通過時、バスの走行位置（時刻及び位置情報）及び速度と制御対象交差点の信号制御実行情報を比較し、該当バスが通過又は停止できたかをシミュレーションにて検証した。

また、停止した場合、減速度を評価値とし、急減速とならないことを検証した。

5.3.5 優先制御実施条件の検証

(1) PTPS（公共車両優先システム）の検証

- ア モデルシステムで構築した運行監視装置にて、優先制御対象交差点のバス路線に対して交差方向の渋滞長を計測、バスの走行位置（時刻及び位置情報）と比較し、優先制御の実施有無をシミュレーションにて検証した。
- イ 通信処理遅延時間及びシステム処理遅延時間を考慮し、サービス開始位置及びサービス終了位置を検証した。

5.3.6 制御効果検証

(1) PTPS（公共車両優先システム）の検証

- ア モデルシステムで構築した運行監視装置にて、バスの走行位置（時刻及び位置情報）から該当制御区間内での旅行時間を計測し、優先制御実施時と優先制御非実施時と比較し、制御効果を検証した。
- イ 事前に収集した既設システム（光ビーコン）による優先制御実施時のデータと前記アのデータを比較し、制御効果を検証した。
- ウ 制御区間の渋滞時間帯における停止線通過差異、感知送信時の位置、制御実施率等の効果について、既設システム（光ビーコン）と比較し、日中との交通状況変化による影響を検証した。

(2) FAST（現場急行支援システム）の検証

- ア モデルシステムで構築した運行監視装置にて、緊急車両の走行位置（時刻及び位置情報）から該当制御区間内での旅行時間を計測し、優先制御実施時と優先制御非実施時と比較することで、制御効果を検証した。また、該当制御交差点の交差側の渋滞長を計測し、優先制御実施時と優先制御非実施時と比較することで、制御の影響を検証した。
- イ 事前に収集した既設システム（光ビーコン）による優先制御実施時のデータと前記アのデータを比較し、制御効果を検証した。

ウ モデルシステムで構築した運行監視装置にて、緊急車両の走行位置（時刻及び位置情報）と FAST（現場急行支援システム）の実施状況から、通過支援回数及び通過回数を検証した。

エ モデルシステムで構築した運行監視装置にて、緊急車両の走行位置（時刻及び位置情報）から該当制御区間内での走行速度を計測し、優先制御実施時と優先制御非実施時と比較することで走行速度変化を検証した。

5.4 検証結果

5.4.1 優先制御の動作検証結果

(1) PTPS（公共車両優先システム）の動作検証結果

ア バス通過予測タイミングの検証：GNSS 優先信号制御では、2 秒毎に受信する車両の速度を使用して到着予測を行うことで、通過差異が光ビーコン制御と比較して最大 14 秒、平均で 2.1 秒向上した。（表 5-3）（別紙 1 参照）

イ PTPS 実施状況の検証：光ビーコン制御に比べ、混雑の少ない昼間の時間帯（別紙 2 参照）であり、光ビーコン制御との差異が出づらいつ状況であったが、制御実施率は 5.6 ポイント、青延長実施率が 2.3 ポイント向上した（表 5-3）。

制御実施率の向上に寄与した事例を図 5-4 に示す。

（参考）対象 4 交差点の平均青延長秒数：5.7 秒であった。

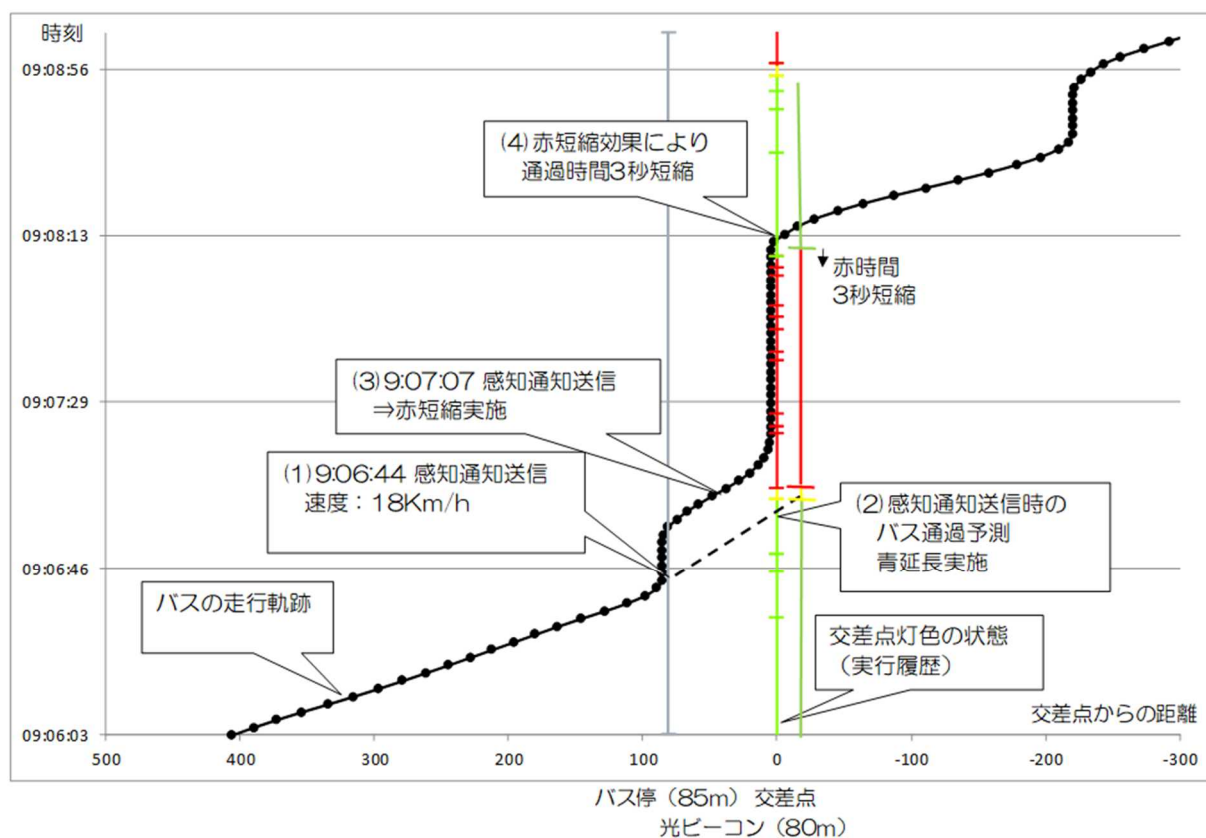


図 5-4 青延長後に赤短縮が追加実施されたバスの走行軌跡事例（安倍町）

図 5-4 では、感知位置とバス停が近い位置にあり、バスの停車位置によってはバス停へ停車前に青延長していた。しかし、GNSS 制御では、バスが交差点を通過していない状況を把握できるため、赤短縮を追加で実行することが出来る。GNSS 制御ではサービス区間内のバス停にも柔軟に対応可能となる。（交差側の青時間が短い場合には赤短縮が出来ないケースもある。）

また、検証においては周囲交通に影響与えない様に日中の時間帯で評価をしたことから、朝夕のラッシュ時間帯における評価をシミュレーションで実施した。

シミュレーションは時間帯の他に表 5-2 に示すパラメータを変更して実施した。なお、作成した道路ネットワークイメージを図 5-5 に示し、結果を表 5-4 に示す。

表 5-2 シミュレーションパラメータ

項目	実交差点	シミュレーション
対象交差点	中町（バス専用レーンなし）	
実施時間帯	9:00～16:00（昼間）	7:00～9:00（朝混雑時）
流入交通量	—	現地の感知器データ使用
バスの走行間隔	1,560 秒（26 分）／1 台	45 秒／1 台（※）

※最低 1 サイクル 90 秒に対して、青延長、赤短縮の 2 回が動作確認出来るタイミングとした

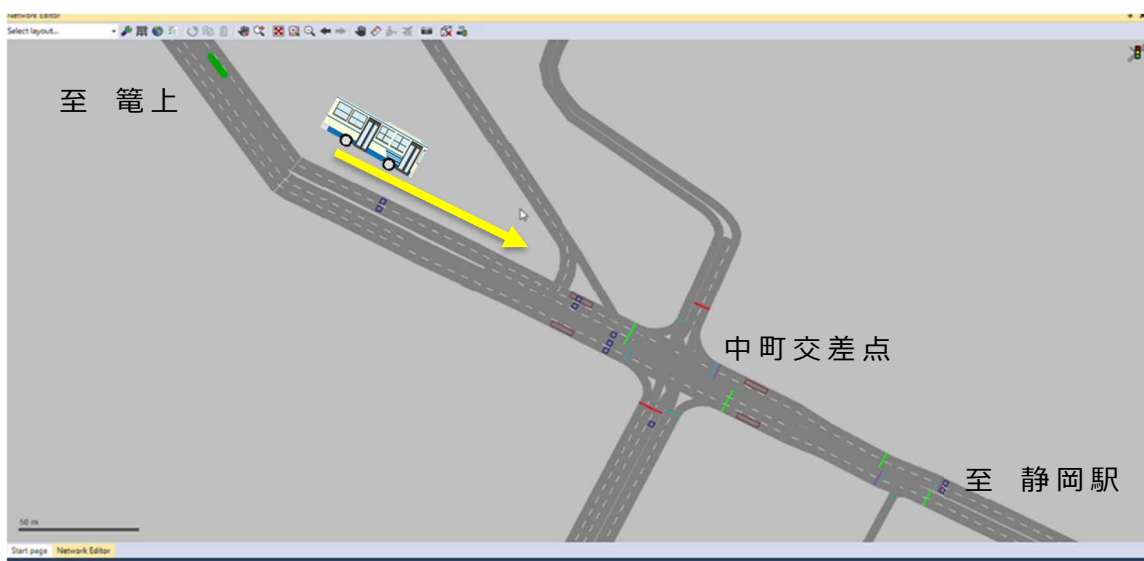


図 5-5 道路ネットワークイメージ

ウ シミュレーション検証

- ・バス通過予測タイミングの検証：GNSS 優先信号制御では、2 秒毎に受信する車両の速度を使用して到着予測を行うことで通過差異が光ビーコン制御と比較し最大 78.9 秒、平均で 74.7 秒向上した。（表 5-4）
- ・PTPS 実施状況の検証：朝の混雑した状況においては、光ビーコン制御と比較して制御実施率が 4.5 ポイント向上し、青延長実施時にバスが通過できなかった回数は 88.9 ポイント減少した。（表 5-4）

エ 実地検証及びシミュレーション検証の結果まとめ

- ・当初想定したとおり、停止線通過差異の減少により青延長効果を高めることが確認できた。
- ・GNSS 制御は、日中の時間帯より、朝夕の混雑時間帯の方が青延長実施時にバスが通過できなかった回数が大幅に削減され、光ビーコン制御と比較してバスの交差点通過時刻の減少効果が顕著に現れるものとする。

表 5-3 バス通過予測タイミングの検証結果

	計測回数	停止線通過差異(秒)			感知送信時の位置 (m)			PTPS制御実施状況									
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	制御 実施回数	制御 実施率	青延長 回数	青延長 実施率	青延長 秒数	赤短縮 回数	赤短縮 秒数	青時間内 通過回数	青延長時 非通過回数	青延長時 非通過率
光 ビーコン 制御	539	21.0	105.0	0.0	—	—	—	140	26.0%	67	12.4%	77	73	49	325	6	9.0%
GNSS 制御	592	18.9	91.0	0.0	82.7	131.9	2.6	187	31.6%	87	14.7%	100	100	67	346	7	8.0%
比較結果	—	-2.1	-14.0	0.0	—	—	—	—	5.6	—	2.3	—	—	—	—	1	-1.0

表 5-4 シミュレーションによる朝のラッシュ時間帯における検証結果

	計測回数	停止線通過差異(秒)			感知送信時の位置 (m)			PTPS制御実施状況								
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	制御 実施回数	制御 実施率	青延長 回数	青延長 実施率	青延長 秒数	赤短縮 回数	赤短縮 秒数	青延長時 非通過回数	青延長時 非通過率
光 ビーコン 制御	133	88.1	202.6	1.3	—	—	—	32	24.1%	10	7.5%	35	22	142	10	100.0%
GNSS 制御	140	13.4	123.7	2.2	3.5	7.5	2.2	40	28.6%	9	6.4%	34	31	156	1	11.1%
比較結果	—	-74.7	-78.9	0.9	—	—	—	—	4.5	—	-1.1	—	—	—	-9	-88.9

(2) FAST（現場急行支援システム）の動作検証結果

ア 緊急車両通過予測タイミングの検証：FAST 制御の青延長は、到着予測を行わず、光ビーコン制御と同等の方式であるため、停止線通過時刻差異に向上は見られなかったが、平均経過秒数は 2.1 秒短縮した。（表 5-5）（別紙 7 参照）

イ FAST 実施状況の検証：光ビーコン制御と比較して GNSS 制御は、GNSS の位置情報を使うことで、救急車の交差点通過をより詳細に把握できるため、救急車が通過した後の無駄な青時間の削減が図れた。平均経過秒数の短縮に寄与した事例を図 5-6 に示す。

表 5-5 緊急車両通過予測タイミングの検証結果

	計測回数	停止線通過時刻差異(秒)			FAST制御実施状況							
		平均値	最大値	最小値	実施回数	制御実施率	青延長回数	青延長秒数	平均経過秒数	赤短縮回数	赤短縮秒数	青時間内通過回数
光ビーコン制御	180	7.1	46.3	0.0	42	23.3%	35	232	5.0	12	24	149
GNSS制御	165	14.4	66.5	0.1	40	24.2%	33	276	2.9	8	50	108
比較結果	—	7.3	20.2	0.0	—	0.9	—	—	-2.1	—	—	—

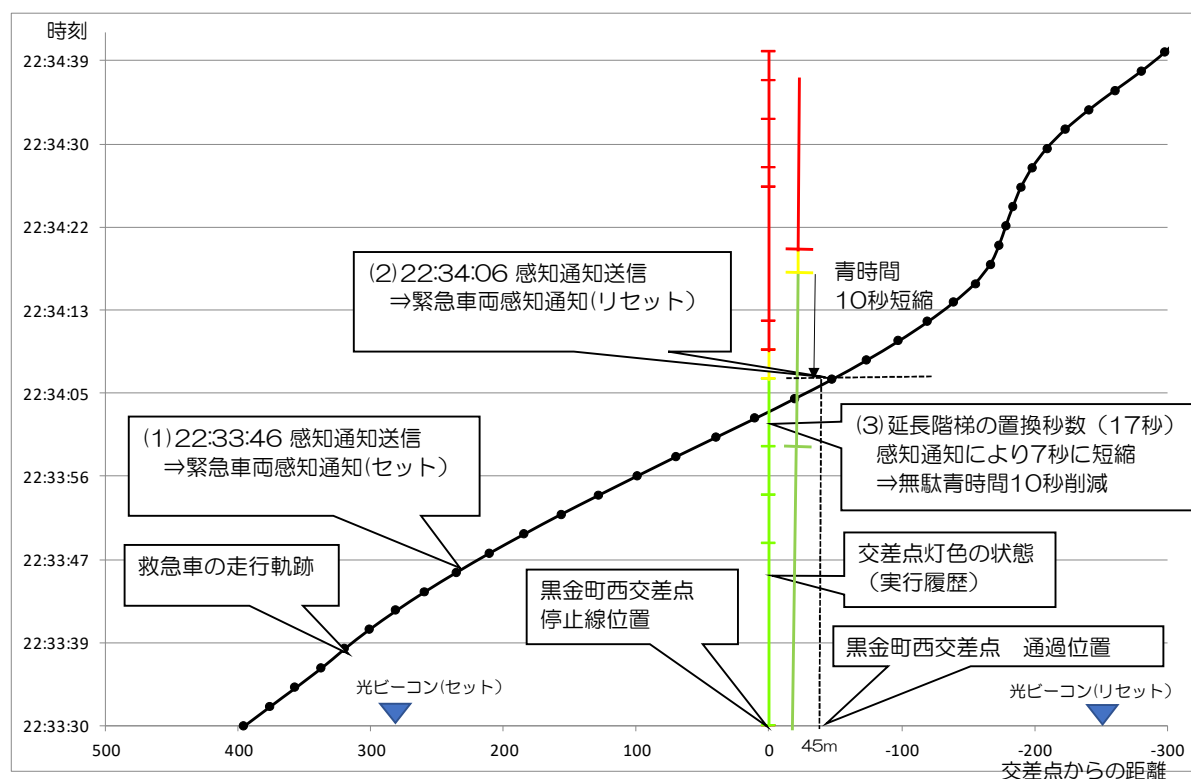


図 5-6 救急車の走行軌跡と無駄な青時間の削減グラフ

- ・黒金町西交差点は、光ビーコン制御では、最大延長時間（17 秒）まで、青が延長される。
- ・GNSS 制御では、救急車の交差点通過タイミングを把握できるため交差点通過後に優先信号制御のリセット（解除動作）を追加実行出来ることから、無駄な青時間（10 秒）が短縮できた。

5.4.2 GNSS 精度の要件検証結果

- (1) GNSS 精度の要件確認：PTPS 検証路線内は位置誤差の目標性能である 10m 以下を満たしている事を確認できた。
- (2) 検証路線外とした江川町はマルチパスの影響を受け、最大値が 20m（発生率 3.3%）であった。（表 5-6）（別紙 3 参照）

表 5-6 位置誤差の検証結果

位置誤差(m)	安倍町	籠上	材木町	中町
平均値	1.58	2.74	2.39	2.49
最大値	4.95	5.12	4.84	4.89
最小値	0.16	0.99	0.63	0.63
位置誤差(m)	日赤前	日赤前～江川町間	江川町	誤差 10m 以上 発生率 日赤前～江川町間 → 1.1 % (1 回) 江川町 → 3.3 % (3 回)
平均値	2.59	3.19	3.23	
最大値	9.71	11.57	20.00	
最小値	0.42	1.44	0.50	

日赤前交差点と江川町交差点の上空を撮影したカメラ画像を図 5-7、図 5-8 に示す。

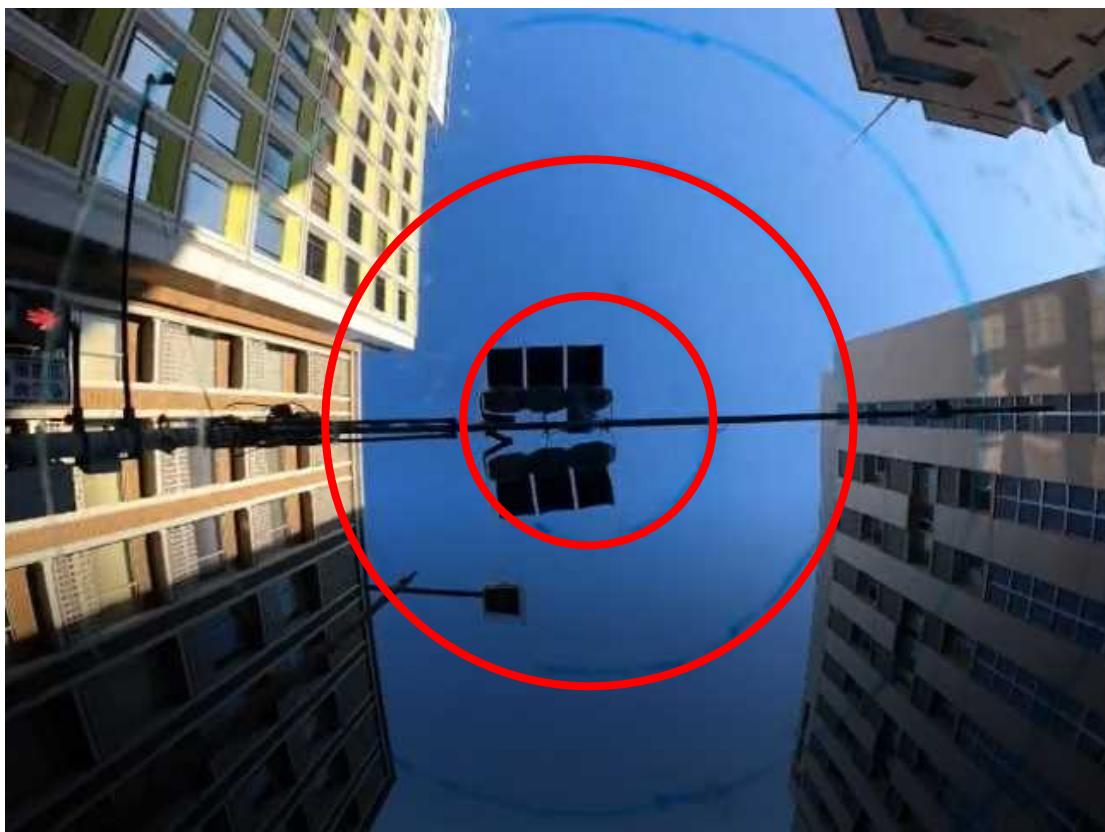


図 5-7 日赤前交差点

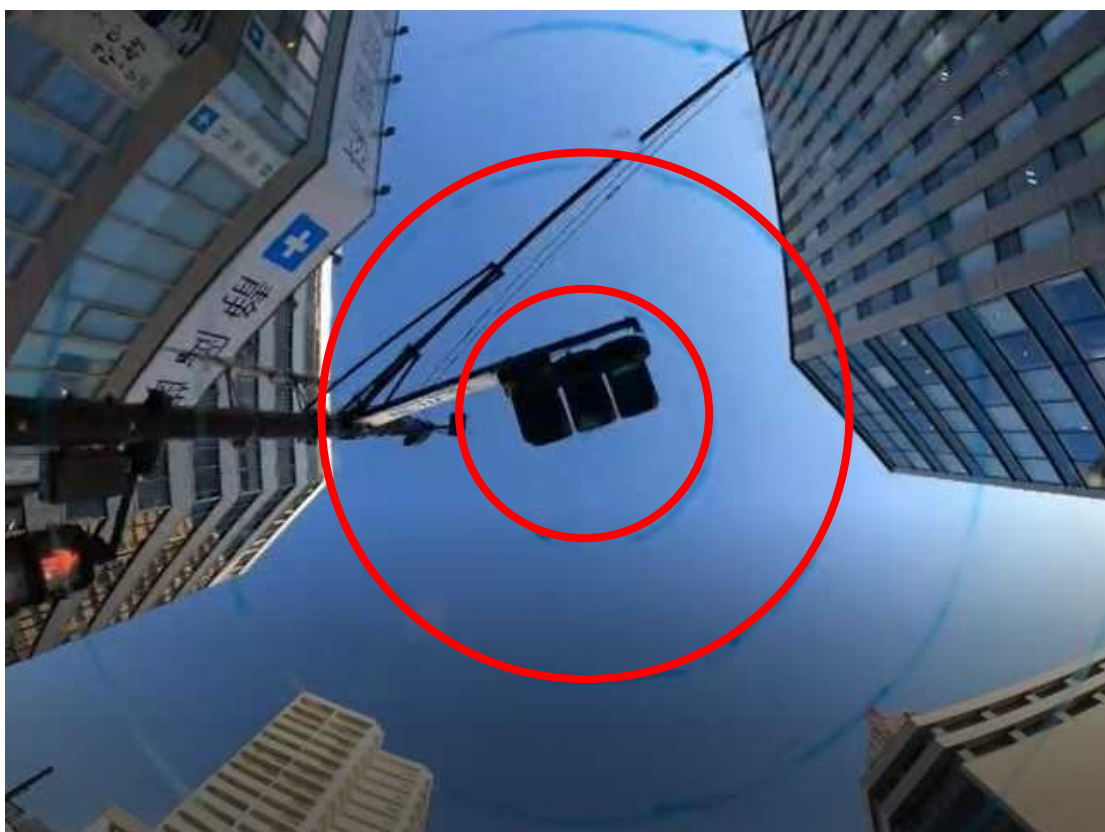


図 5-8 江川町交差点

外側赤円の内側：仰角 60 度以上を示し、両側に建物等あればマルチパス環境となる。
内側赤円の内側は仰角 75 度以上を示す。

5.4.3 車両検知から制御までの処理遅延検証結果

PTPS 制御において、車載機～信号機までの処理・通信遅延時間は、最大 960msec、中央値 281msec となり、位置誤差目標値の根拠である 1 秒未満の条件を満たし妥当な値であることが確認できた。(表 5-7、図 5-9) (別紙 4 参照)

表 5-7 処理遅延時間の検証結果

単位：msec

ア～イ区間				イ～ウ区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値	計測回数	中央値	最大値	最小値
78	147	825	61	78	33	42	24

ウ～エ区間				エ～オ区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値	計測回数	中央値	最大値	最小値
78	78	134	22	78	19	20	17

ア～オ区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値
78	281	960	166

※区間のア～オの位置を図 5-9 に示す

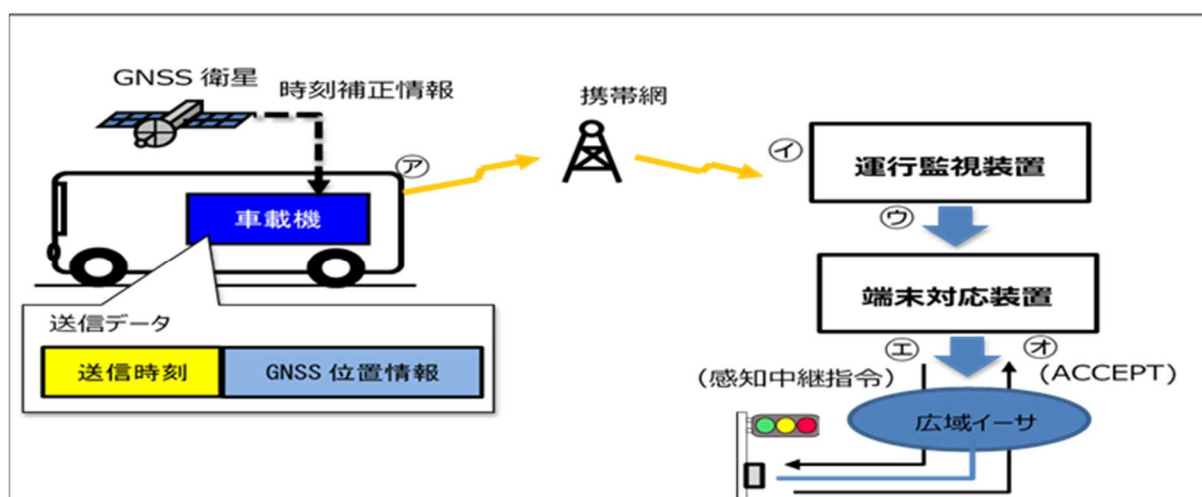


図 5-9 処理遅延時間検証関係図

FAST 制御において、車載機～信号機までの処理・通信遅延時間は、最大 1340msec、中央値 1006msec となったが、端末対応装置のディレイタイマ※（中町：30 秒、江川町：7 秒）処理に 1 秒未満の誤差を含んでおり、それを差し引いた値としている。また、判定値も位置誤差目標値の根拠である 1 秒＋ディレイタイマ処理誤差 1 秒の合計 2 秒未満の条件を満たし妥当な値であることが確認できた。（表 5－8、図 5－10）（別紙 12 参照）

※ディレイタイマは制御対象交差点とセットビーコン位置の距離により到着時間を調整するために導入されている。（固有機能）

表 5－8 処理遅延時間の検証結果

単位：msec

㉗～㉙区間				㉙～㉚区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値	計測回数	中央値	最大値	最小値
35	155	299	67	35	40	48	20

㉚～㉛区間				㉛～㉜区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値	計測回数	中央値	最大値	最小値
13	30912	31072	30160	35	2	19	1
22	7694	8049	7149				

上段：中町

下段：江川町

※区間の㉗～㉜の位置を図 5－10 に示す
㉙～㉜区間の値は、ディレイタイマを差し引いた値

㉗～㉜区間			
計測回数	中央値	最大値	最小値
35	1006	1340	390

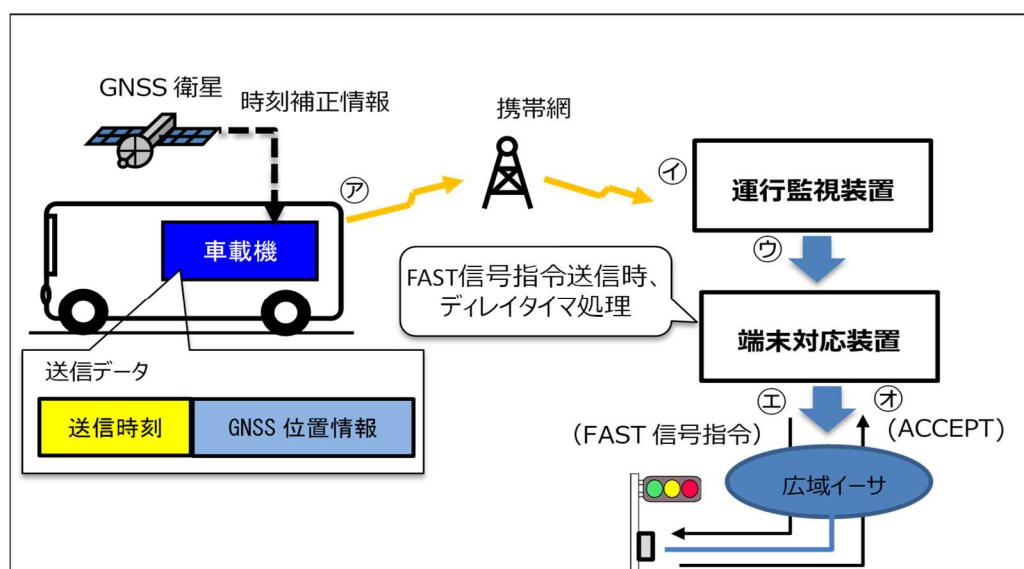


図 5－10 処理遅延時間検証関係図

5.4.4 複数バス通過時のバス優先制御動作検証結果

1台目のバスで青延長したが、2台目のバスは青延長時間内に間に合わず、停止したシミュレーション事例を図5-11に示す。

シミュレーションパラメータは表5-9に示し、2台目のバスの停止前の速度と減速度を表5-10に示す。

表5-9 シミュレーションパラメータ

項目	シミュレーション
対象交差点	中町
流入交通量	現地感知器データ(7:00~9:00)
バスの走行間隔	2台/1分
連続するバスの間隔	3秒

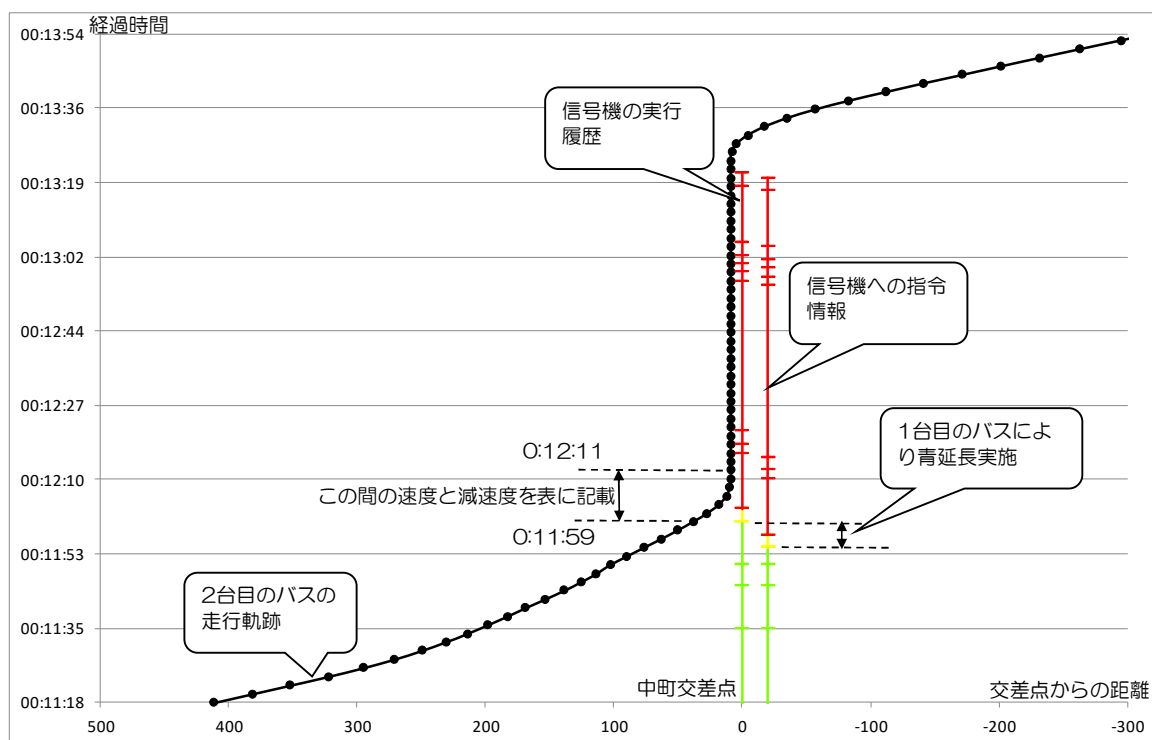


図5-11 複数バス通過時の2台目バス走行軌跡

表 5-10 2 台目バス停止前（12 秒分）の速度と減速度

経過時間	0:11:59	0:12:01	0:12:03	0:12:05	0:12:07	0:12:09	0:12:11
速度 (Km/h)	22	20	16	11	5	1	0
減速度 (m/s^2)	0.14	0.28	0.56	0.69	0.83	0.56	0.14

2 台目のバスが停止した際の最大減速度は $0.83m/s^2$ (※1)で、停車した状況を確認した。

※1 減速速度／時間： $(11km/h - 5km/h) \times 1000m \div 3600 \text{ 秒} \div 2 \text{ 秒}$

5.4.5 優先制御実施条件の検証結果

検証期間中に優先制御実施条件に合致する条件はなかった。そのため、現地交通量（7～9 時）を適用し、表 5-11 の通りパラメータを変更して交通流シミュレーションにより検証した。シミュレーションイメージを図 5-12 に、結果を表 5-12 に示す。

表 5-11 シミュレーションパラメータ

項目	シミュレーション
対象交差点	中町
流入交通量	7:00～9:00 の 現地感知器データ
バスの走行間隔	1 台／45 秒※
渋滞判定値	100m 以上は制御せず

※最低 1 サイクル 90 秒に対して、青延長、赤短縮の 2 回が動作確認出来るタイミングとした



図 5-12 シミュレーションイメージ

表 5-12 交差側渋滞長と青延長/赤短縮の実施回数

経過時間	04500	04730	05000	05230	05500	05730	1:0000	1:0230	1:0500	1:0730	1:1000	1:1230
交差側渋滞長 (m)			100m未満				110		230			
青延長/赤短縮回数			4回						0回			

交差側の渋滞長が渋滞判定値(100m)を超えた時間(1:00:00)から、青延長／赤短縮制御が実施されていないため、運行監視装置での優先制御の実施条件の判定が正しく行われたものとする。

5.4.6 制御効果検証

(1) PTPS（公共車両優先システム）の制御効果検証結果

実証実験の路線内には GNSS 制御未実施の交差点（6 交差点）も含まれているため、単純に光ビーコン制御と GNSS 制御での路線旅行時間を比較するだけではなく、交差点毎の評価を中心に実施し、路線旅行時間は GNSS 制御対象交差点（籠上、材木町、安倍町）の積み上げで評価した。

ア 交差点通過時間（竈上、材木町、安倍町）

GNSS 制御では、2 秒毎に受信する車両の実速度を使用して到着予測を行ったことで、制御実施率及び青時間内通過率が向上したこと等により、光ビーコン制御と比較し交差点通過時間が平均で 2.1 秒（6.7%）、最大値で 16.3 秒（18.6%）減少した。（表 5－13）（別紙 5 参照）

イ 交差点通過時間（中町）

GNSS 制御のみで検証した中町では、PTPS の実施条件（サイクル：130 秒以上、青延長・赤短縮受付時間内でのバス感知：サイクルの 17.9%）に合致するバス車両の走行が少なく、制御実施率が低くなり（8.7%）、改善効果が見られなかった。

（表 5－14）

考察としては、中町交差点（実証実験用に新規制御追加）の青延長・赤短縮秒数の設定は、現状の交差側の交通状況に影響を与えない範囲で設定したため、他の交差点（安倍町）に比べ、制御受付時間（青延長、赤短縮の受付時間の合計）が短くなり、制御実施率が低い結果になったと考えられる。

（別紙 6 参照）

表 5－14 PTPS の制御効果検証結果（中町）

		計測回数	制御実施回数	制御実施率	交差点通過時間（秒）		
					中町		
					平均値	最大値	最小値
制御なし		137	—	—	48.7	115.3	15.8
GNSS 制御		150	13	8.7%	52.5	125.1	15.9
比較結果	秒	—	—	—	3.8	9.8	0.1
	%	—	—	—	7.3	7.8	0.6

表 5-15 交差点による制御実施率の差異

交差点名	計測回数	制御 実施回数	制御実施率
安倍町	158	72	45.6%
中町	150	13	8.7%

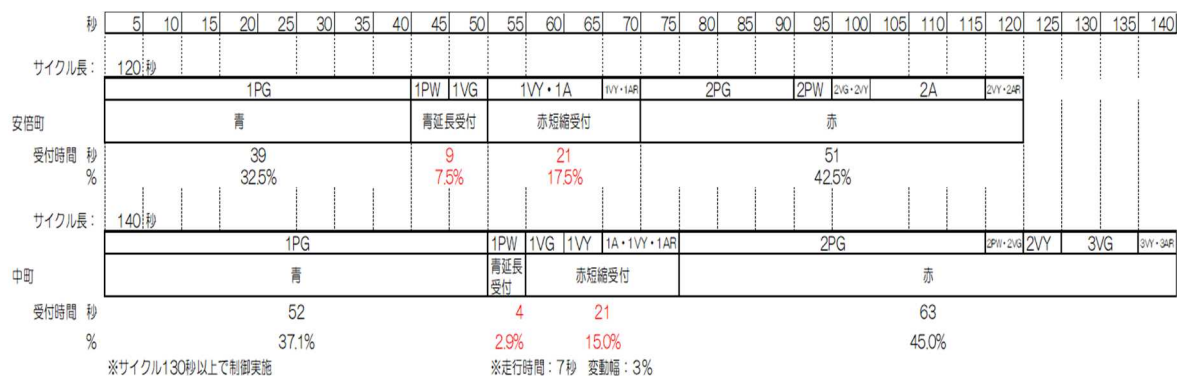


図 5-13 青延長/赤短縮受付秒数とサイクル長

表 5-15、図 5-13 より、中町の青延長受付秒数と赤短縮受付秒数を足したサイクル長に対する割合（17.9%）を安倍町の割合（25%）と同程度にすることで制御実施率の向上が期待できる。

ウ 路線旅行時間（竈上、材木町、安倍町）

GNSS 制御対象交差点の積み上げとして評価し、表 5-13 に示す通り、光ビーコン制御と比較して、GNSS 制御では平均値で 8.1 秒（8.6%）、最大値で 10.5 秒（4.5%）減少した。

表 5-13 PTPS の制御効果検証結果（簗上、材木町、安倍町）

		計測 回数	交差点通過時間（秒）																			路線旅行時間(上り) 簗上、材木町、安倍町積上げ		
			簗上				材木町				安倍町（上り）				安倍町（下り）				集計					
			回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御		539	136	24.3	70.5	8.3	67	49.9	87.1	16.5	68	28.4	93.4	7.7	131	34.0	104.1	7.7	34.1	104.1	7.7	102.6	245.5	33.3
GNSS 制御		592	152	23.9	63.3	8.8	152	41.9	87.8	16.9	150	28.7	87.4	8.0	138	33.6	84.4	9.5	32.0	87.8	8.0	94.4	235.0	34.4
比較結果	秒	—	—	-0.4	-7.2	0.5	—	-8.0	0.7	0.4	—	0.3	-6.0	0.3	—	-0.4	-19.7	1.8	-2.1	-16.3	0.3	-8.1	-10.5	1.1
	%	—	—	-1.7	-11.4	5.7	—	-19.1	0.8	2.4	—	1.0	-6.9	3.8	—	-1.2	-23.4	18.9	-6.7	-18.6	3.8	-8.6	-4.5	3.2

(2) FAST（現場急行支援システム）の制御効果検証結果

ア FAST 実施交差点：全 9 交差点（中町、江川町除く）

光ビーコン制御と比較して、走行速度の差異が 2.7km/h、交差点通過時間の差異は 1 秒以下の 0.9 秒であった。FAST 制御の青延長では、到着予測を行わず光ビーコン制御と同等の方式としているためと考えられる。

GNSS 制御による効果は光ビーコン制御と同等と判断出来る。（表 5-18、表 5-19）（別紙 8、9 参照）

イ FAST 実施交差点：中町・江川町

GNSS 制御のみで検証した中町、江川町では、計測回数が少ないことが影響して制御実施回数が 3 回（6.4%）に留まり、交差点通過時間の比較検証に有効なデータとならなかった。（表 5-20、表 5-21）（別紙 10、11 参照）

ウ GNSS 精度の要件確認：中町

GNSS 位置誤差の性能要件に対する優先信号制御への影響をシミュレーションにて確認した。シミュレーションパラメータを表 5-16 に示し、結果を表 5-17 に示す。位置誤差 30m の場合、ルートから外れるケースが多いため（図 5-14）FAST 制御回数が位置誤差最大 10m と比較し 3 回から 1 回に減少した。

表 5-16 シミュレーションパラメータ

項目	シミュレーション
対象交差点	中町
計測回数	120 回（1 分間隔 2 時間）
救急車の走行間隔	1 台／1 分
位置誤差	最大 30m※（ルートから外れる） 最大 10m（ルート上）
救急車走行パターン	・ 赤信号で停止しない ・ 仮想の専用レーンを走行

※プローブ情報の車両の位置精度 測位クラス（Cクラス）測位誤差（約 30 m）「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 5」」より引用



図 5-14 位置誤差 30m 時の走行軌跡

表 5-17 感知通知回数と FAST 制御回数

位置誤差	計測回数	感知通知回数	FAST制御回数
30m	120	5	1
10m	120	21	3

表 5-18 FAST の制御効果検証結果（走行速度）（1/2）

	計測回数	走行速度 (Km/h)														
		護国神社入口			護国神社南			柚木			伊河麻神社西			伊河麻神社北		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御	180	70.4	70.4	70.4	67.6	67.6	67.6	37.7	46.7	25.8	34.0	42.2	28.3	33.1	48.0	20.3
GNSS制御	165	52.5	68.0	38.1	47.5	59.6	31.7	46.0	62.9	30.8	26.8	29.8	24.2	31.2	39.7	20.1
比較結果		-17.9	-2.4	-32.3	-20.1	-8.0	-35.9	8.3	16.2	5.0	-7.1	-12.4	-4.1	-1.9	-8.3	-0.2

表 5-18 FAST の制御効果検証結果（走行速度）（2/2）

	計測回数	走行速度 (Km/h)														
		相川公園南			相川公園北			黒金町西			常磐町2 丁目			集計		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御	180	42.7	58.3	16.4	44.0	65.6	7.3	43.2	61.9	23.4	25.5	47.3	8.7	38.5	70.4	7.3
GNSS制御	165	36.5	61.5	12.5	41.6	57.9	16.0	39.3	54.8	10.6	28.1	39.3	18.0	35.8	68.0	10.6
比較結果		-6.2	3.2	-3.9	-2.4	-7.7	8.8	-3.9	-7.1	-12.8	2.6	-8.0	9.2	-2.7	-2.4	3.3

表 5－19 FAST の制御効果検証結果（交差点通過時間）（1/2）

	計測回数	交差点通過時間（秒）														
		護国神社入口			護国神社南			柚木			伊河麻神社西			伊河麻神社北		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御	180	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	22.1	30.9	17.1	22.9	26.7	17.9	20.0	30.3	13.0
GNSS制御	165	19.7	25.9	14.5	20.9	30.1	16.0	15.7	25.9	12.7	28.3	31.2	25.3	20.6	30.6	15.5
比較結果		5.7	11.9	0.5	6.8	16.0	1.9	-6.4	-5.0	-4.4	5.5	4.5	7.4	0.6	0.3	2.5

表 5－19 FAST の制御効果検証結果（交差点通過時間）（2/2）

	計測回数	交差点通過時間（秒）														
		相川公園南			相川公園北			黒金町西			常磐町2丁目			集計		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御	180	11.0	26.6	7.5	10.6	57.3	6.4	8.2	14.3	5.4	24.3	38.2	13.3	15.2	57.3	5.4
GNSS制御	165	12.8	34.9	7.1	11.4	26.0	7.2	8.5	14.8	6.1	23.3	35.0	15.3	16.1	35.0	6.1
比較結果		1.8	8.3	-0.4	0.8	-31.3	0.8	0.3	0.5	0.7	-1.0	-3.2	2.0	0.9	-22.3	0.7

表 5-20 FAST の制御効果検証結果（走行速度）中町・江川町

	計測回数	制御 実施回数	走行速度 (Km/h)								
			中町			江川町			集計		
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
制御なし	27	—	27.1	36.8	17.0	28.9	42.0	10.6	27.2	42.0	10.6
GNSS制御	47	3	27.0	40.7	14.1	23.9	46.7	3.8	25.1	46.7	3.8
比較結果	—	—	-0.1	3.8	-3.0	-5.0	4.8	-6.8	-2.1	4.8	-6.8

表 5-21 FAST の制御効果検証結果（交差点通過時間）中町・江川町

	計測回数	制御 実施回数	交差点通過時間（秒）								
			中町			江川町			集計		
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
制御なし	27	—	26.0	39.4	18.2	13.9	25.5	9.0	18.1	39.4	9.0
GNSS制御	47	3	25.8	47.7	16.5	15.5	23.4	7.9	19.1	47.7	7.9
比較結果			-0.2	8.3	-1.7	1.6	-2.1	-1.1	1.0	8.3	-1.1

5.5 まとめ

(1) PTPS 制御効果についてのまとめ

ア 2 秒毎に受信する車両の速度を使用して到着予測を行うことで光ビーコン制御と比較して路線旅行時間の平均値は 8.1 秒、最大値で 10.5 秒減少した。（表 5-15）光ビーコン制御の定点感知と比較して、位置情報を活用した効果が得られた。

イ GNSS 制御では、バス停等の影響により、青延長時間内に通過出来なかったバスに対しては光ビーコン制御と異なり、赤短縮を追加実行することができるため、交差点近くにバス停がある場合でも交差点通過時間が短縮でき、光ビーコン制御と比較してバス路線旅行時間の短縮につながる。（図 5-4）

ウ GNSS 制御では、当初想定したとおり停止線通過差異の減少により青延長による優先信号制御効果を光ビーコン制御より高められることが確認できた。(表 5-3)

特に朝の混雑時間帯では光ビーコン制御と比較し、バスの交差点通過時間の短縮効果が得られた。(表 5-4)

(2) FAST 制御効果についてのまとめ

ア 2 秒毎に受信する位置情報により、救急車の交差点通過を把握することで、無駄な青延長を打ち切り、光ビーコン制御と比較して交差側の交通への影響が少なくできると考えられる。

また、交差側への影響が少なくできるため光ビーコン制御と比較して青延長秒数を長く設定でき、救急車の青時間内通過回数の向上が期待できる。(表 5-5、図 5-6)

イ 制御効果検証の優先信号制御なしとの比較は計測回数が制御なしは 27 回、GNSS 制御で 47 回と検証母数の少ないことが影響して有効なデータを得るに至らなかったため、より長期にわたる検証期間を設ける必要がある。(表 5-20、表 5-21)

6. 導入コスト試算及び現行システムとの比較

6.1 導入コスト試算条件

導入コスト試算は、光ビーコンシステム（現行）と都道府県警察モデルシステム構成における GNSS システム（新規）での比較を行った。なお、試算条件（車載機台数等）については、今後の社会実装時を見越して全国都道府県単位の平均数概算を採用した。

- (1) 現行・新規のシステム構成及び処理規模の上限値（試算条件）は、図 6-1 及び図 6-2 のとおりとした。
- (2) PTPS・FAST 導入有無に関わらず必要となる項目（標準のハード・ソフト等）は試算対象外とし、PTPS・FAST を新たに導入するために必要な項目で試算を実施した。
- (3) バス事業者・消防の車載機は 1 台あたりとして試算した。
- (4) ランニングコストはライフサイクルで試算を行い、使用期間は 10 年とした。

※使用期間：国税庁 HP「耐用年数の適用等に関する取扱通達」より、設備の種類「電気通信用機器」として 10 年を設定した。

- (5) 比較項目は表 6-1～表 6-3 とした。

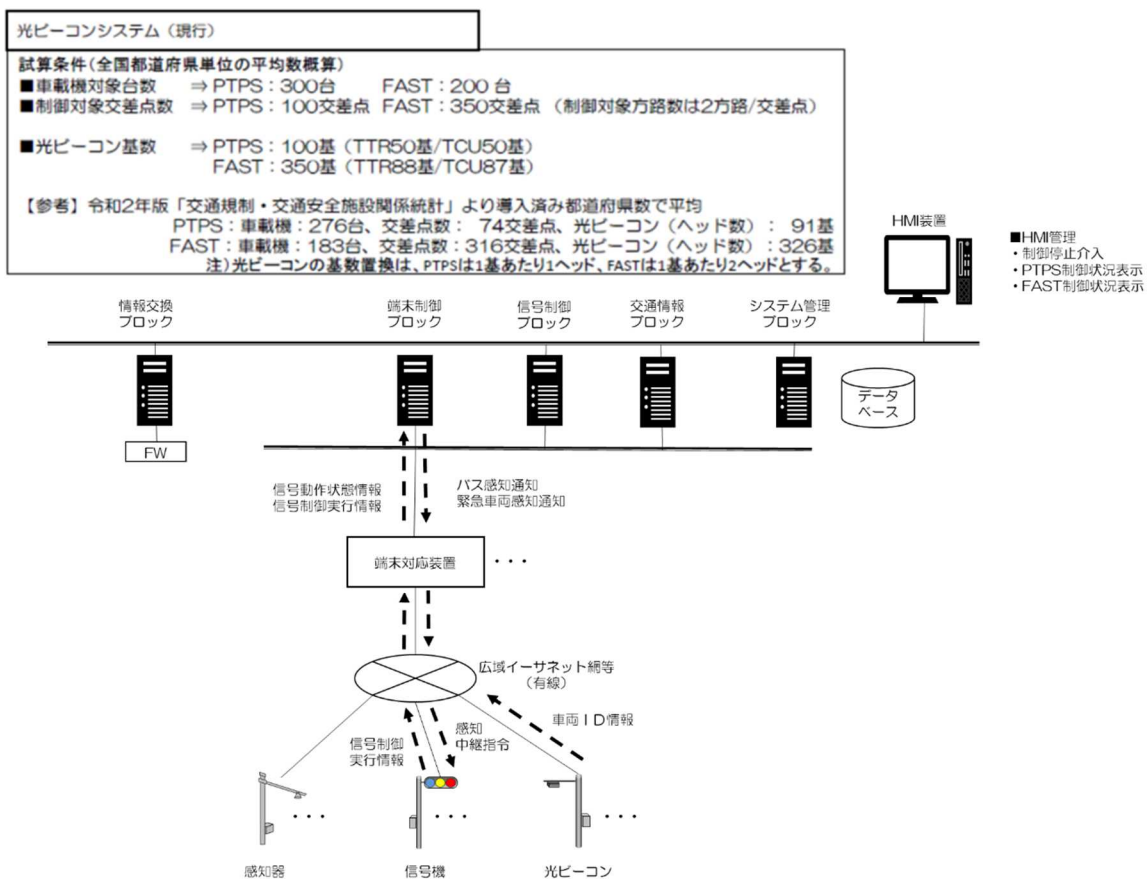


図 6-1 光ビーコンシステム（現行）

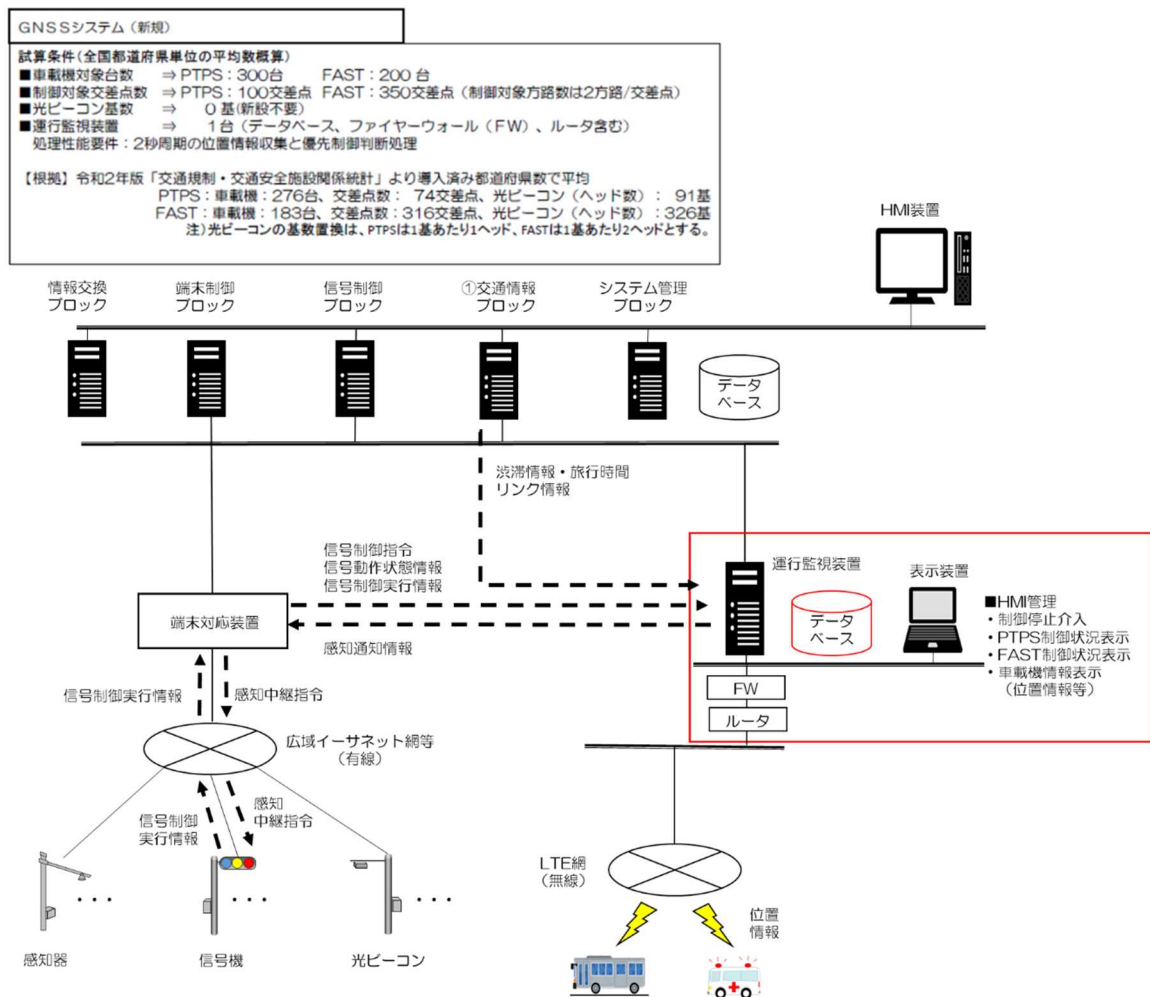


図 6-2 GNSSシステム（新規）

6.2 導入コスト試算結果

6.2.1 光ビーコンに対するコスト比率の算出

制定された「GNSS 優先信号制御技術要件書」及び「都道府県警察モデルシステム仕様書（案）」に基づき、GNSS 優先信号制御システムの導入に関する導入コスト試算（交通管制センター側及び運用管理者（バス事業者・各消防局）側）を実施した。

導入コスト試算は GNSS 活用委員会に参画している交通インフラメーカーに対して依頼し下記の試算結果を得た。

GNSS 優先信号制御システムでは、交通管制センターと公衆無線回線との接続が必要となるため、セキュリティ対策としてファイヤーウォールを追加した構成により試算をしている。なお、試算結果は光ビーコン（現行）を 100%とした比率を記載している。

表 6-1 都道府県警察モデルシステムにおける導入コスト比較結果

No.	項目	PTPS			FAST			試算項目詳細	
		光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)	光ビーコン ④	GNSS ⑤	差 ⑥(⑤-④)		
1	イニシャル	A社	100%	20%	△ 80%	100%	17%	△ 83%	それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・上位装置(ソフト・定数・工事費・諸経費等) ・端末対応装置(ハード・ソフト・定数・工事費・諸経費等) ・運行監視装置等(ハード・ソフト・定数・工事費・諸経費等) ・信号制御機(調整など・工事費・諸経費等) ・光ビーコン(ハード・調整・材料・工事費(柱・ケーブル)・諸経費等)
		B社	100%			100%			
		C社	100%	45%	△ 55%	100%	26%	△ 74%	
		D社	100%	19%	△ 81%	100%	9%	△ 91%	
		E社	100%			100%			
		F社	100%	109%	9%	100%	94%	△ 6%	
2	ランニング	A社	100%	4%	△ 96%	100%	3%	△ 97%	それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・通信代(端末対応装置～光ビーコン・ルーター・キャリア(車載機通信用)) ・電気代(上位装置・端末対応装置・運行監視装置等・光ビーコン) ・保守費(上位装置・端末対応装置・運行監視装置等・信号制御機・光ビーコン)
		B社	100%			100%			
		C社	100%			100%			
		D社	100%			100%			
		E社	100%			100%			
		F社	100%			100%			
3	合計	A社	100%	15%	△ 85%	100%	13%	△ 87%	
		B社	100%			100%			
		C社	100%			100%			
		D社	100%			100%			
		E社	100%			100%			
		F社	100%			100%			

「※一部見積不可を含む項目については、一律見積不可と扱い斜線で表記」

都道府県警察において、イニシャルコストについては、PTPS のみ一部でコストアップとの試算がなされたが、全体としては GNSS の採用により、光ビーコンの交差点ごとの設置が不要となることから大幅なコスト削減効果が見込まれる結果となった。

ランニングコストについても同様に光ビーコンと交通管制センター間の通信費が不要となることから大幅なコスト削減効果が見込まれる結果となった。

イニシャルとランニングコストの合計では GNSS では光ビーコンと比較して 85%以上の削減効果が期待できる結果となった。

表 6-2 バス事業者における導入コスト比較結果

No.	項目(対象はPTPS)	PTPS			FAST			試算項目詳細
		光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)	光ビーコン ④	GNSS ⑤	差 ⑥(⑤-④)	
1	イニシャル	A社	100%	101%	1%			それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・車載機(車載機・工事費(諸経費含む))
		B社	100%					
		C社	100%					
		D社	100%					
		E社	100%					
		F社	100%					
2	ランニング	A社	100%	1933%	1,833%			それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・通信代(GNSSのみ車載機～キャリア(センター通信用)が発生) ・電気代(車載機) ・保守費(車載機)
		B社	100%					
		C社	100%					
		D社	100%					
		E社	100%					
		F社	100%					
3	合計	A社	100%	312%	212%			
		B社	100%					
		C社	100%					
		D社	100%					
		E社	100%					
		F社	100%					

「※一部見積不可を含む項目については、一律見積不可と扱い斜線で表記」

バス事業者では車載機がコスト比較の対象となる。イニシャルコストは光ビーコンに対して、GNSS では 1% のコストアップにとどまるものの、ランニングコストについてはこれまで光ビーコンでは不要であった通信費用として、公衆無線回線契約に関する費用が追加となるため、1,833% のコスト増となり、合計では 212% 増の結果となった。

表 6-3 各消防局における導入コスト比較結果

No.	項目(対象はFAST)	PTPS			FAST			試算項目詳細
		光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(①-②)	光ビーコン ④	GNSS ⑤	差 ⑥(④-⑤)	
1	イニシャル	A社			100%	101%	1%	それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・車載機(車載機・工事費(諸経費含む))
		B社			100%			
		C社			100%			
		D社			100%			
		E社			100%			
		F社			100%			
2	ランニング	A社			100%	1933%	1,833%	それぞれ下記試算項目を合計し、光ビーコン(現行)を100%とした比率を記載 ・通信代(GNSSのみ車載機～キャブ(センター通信用)が発生) ・電気代(車載機) ・保守費(車載機)
		B社			100%			
		C社			100%			
		D社			100%			
		E社			100%			
		F社			100%			
3	合計	A社			100%	246%	146%	
		B社			100%			
		C社			100%			
		D社			100%			
		E社			100%			
		F社			100%			

「※一部見積不可を含む項目については、一律見積不可と扱い斜線で表記」

各消防局においても車載機がコスト比較の対象となる。

イニシャルコストはバス事業者と同様に 1% のコスト増にとどまるものの、ランニングコストでは 1,833% のコスト増、合計では 146% 増の結果となった。

6.2.2 ランニングコスト事例について

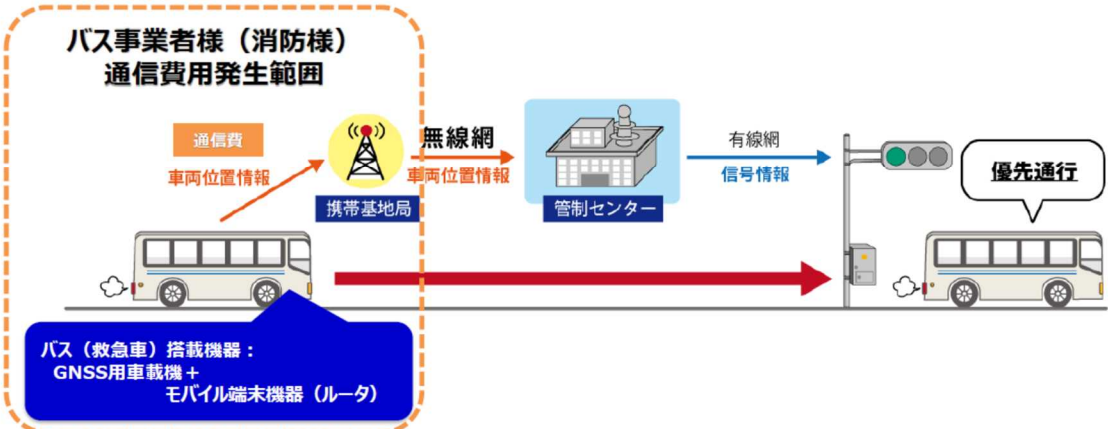
導入コスト試算結果は光ビーコン(現行)を 100% とした比率で算出したところ、バス事業者及び各消防局のランニングコストについては 1,833% の結果となった。

これに対して GNSS 活用委員会における審議過程において、「光ビーコンにおけるランニングコストは、これまで不要であった通信費が増えることとなっていることから、比率だけではなく、金額の事例を示した方が良いのではないか。」との意見があり GNSS 活用委員会において通信費のみ実際の費用を事例で追加することとした。

その事例を参考として図 6-3 に示す。

導入コスト試算 GNSS車載機搭載に伴う通信費について

1.通信費用発生範囲



2.通信費用（GNSS車載機1台あたり）

通信費用細目	費用	備考
契約事務手数料	約3,000円	回線開通初期費用
モバイル端末機器購入（ルータ）	約25,000円	
モバイル回線（7GBプラン）	約2,000円/月	回線開通後の月額使用料

※導入コスト試算における通信費用は、回線開通時の初期費用を含む

図 6－3 GNSS車載機搭載に伴う通信費について

7. 東京臨海部実証実験に伴う模擬緊急車両情報の生成と提供

7.1 実施概要

別途実施される SIP 自動運転における「東京臨海部実証実験」において、2021 年度の実施事項の一つに協調型自動運転、高度運転支援システムのための交通環境情報の実用化（構築・配信）の推進がある。その実施内容は、多様な広域交通環境情報（信号情報、車線別渋滞情報、降雨情報、事故情報、緊急車両位置情報等）の構築・収集、V2N による配信の仕組み、仕様の確認、実用化に向けた検証等である。（図 7-1）

事業 A：データの変換、車両への出力

事業 B：交通環境情報データの生成・集約

事業 C：データの管理・配信

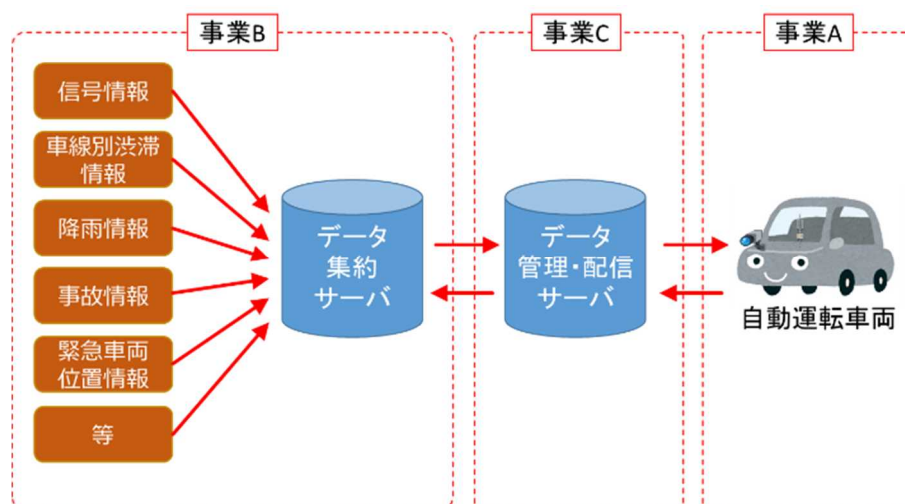


図 7-1 東京臨海部実証実験フレームワーク

本研究開発では、事業 B の施策「車線別プローブ情報等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」において、自動運転車両や運転者への情報提供を目的とした模擬緊急車両位置情報の生成及び提供を行った。併せて、東京臨海部実証実験の枠組みとは別に、GNSS の測位に影響を与えるビル群が林立する環境及びゆりかもめの高架等に遮られて衛星電波の受信が安定しない環境下での GNSS 位置誤差について検証を行った。

検証の流れは以下のとおりである。

- (1) 模擬緊急車両位置情報の生成及び配信のための情報収集配信サーバの配置と整備
- (2) 配信情報に関する仕様（更新周期、メッセージセット、プロトコル含む各種 I/F 等）について、東京臨海部実証実験実施主体事業者と協議の上決定
- (3) 東京臨海副都心地区における模擬緊急車両の位置情報の生成及び配信の実施
- (4) ビル群や高架下区間といった GNSS 衛星受信が不安定な環境を含む GNSS 位置誤差の検証
- (5) 検証終了後の原状復帰

7.2 システム構成

模擬緊急車両位置情報の生成のために GNSS 受信機並びにモデルシステムの車載機を搭載した模擬緊急車両を用意し、LTE 携帯電話ネットワークを通じて運行監視装置へ情報を収集した。運行監視装置の情報収集配信サーバには、事業 B のデータ集約サーバへ情報を配信するためのソフトウェアを追加して対応した。情報配信に関する仕様については、優先信号制御用途の「車載機通信アプリケーション規格(案)」に基づき東京臨海部実証実験実施主体事業者と連携して決定した。

(図 7-2)

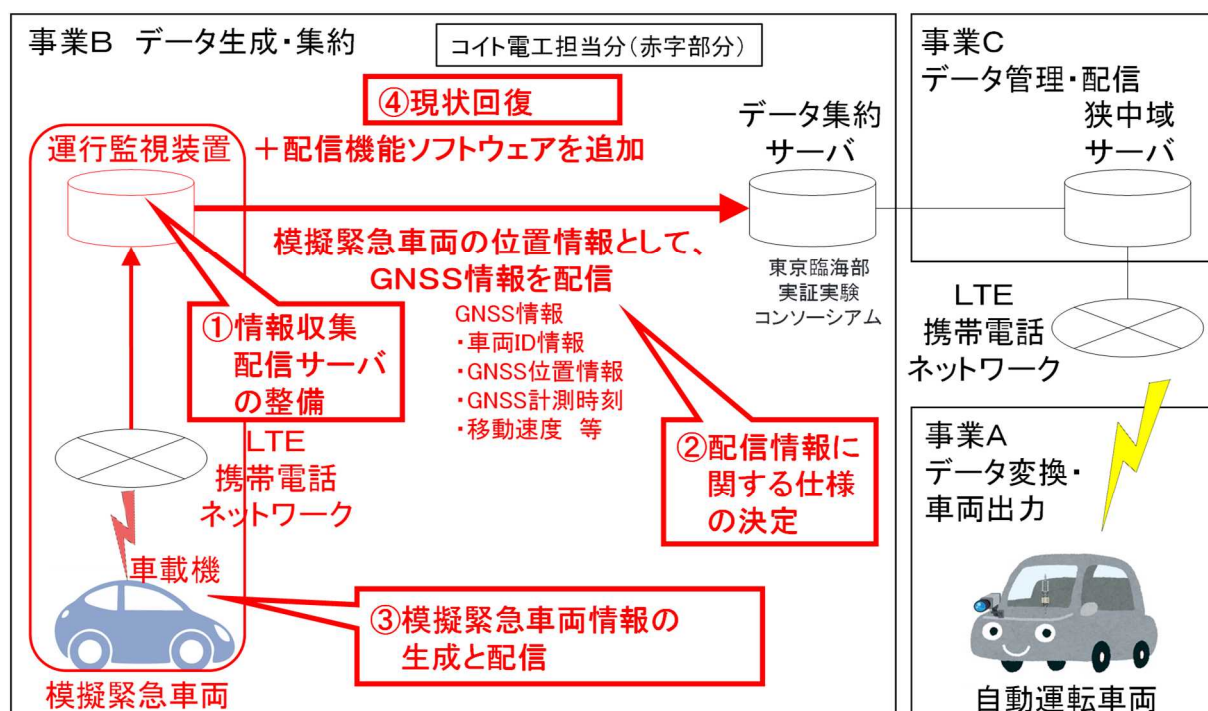


図 7-2 実施範囲のシステム構成

7.3 配信情報に関する仕様

配信情報に関する仕様（更新周期、メッセージセット、プロトコル含む各種 I/F 等）は、表 7-1 及び表 7-2 の通りとした。

表 7-1 配信情報仕様

項 目	規 格
通信制御手順	UDP
送信周期	2 秒 毎
GNSS 連続情報格納数	最大 20 個（100ms）

表 7-2 情報部データフォーマット

項 目			Byte
車 載 機 時 刻 （BCD）	年 （西 暦 下 2 桁）		1
	月		1
	日		1
	時		1
	分		1
	秒		1
	ミ リ 秒		2
車 両 ID 情 報			5
予 備			1
運 行 状 態			1
GNSS 連 続 情 報 数			1
最 新 位 置 情 報	緯 度 （ 10^{-7} 度）		4
	経 度 （ 10^{-7} 度）		4
GNSS 連 続 情 報 1	GNSS 計 測 時 刻 （BCD）	時	1
		分	1
		秒	1
		ミ リ 秒	2
	予 備		1
	緯 度 （ 10^{-7} 度）		4
	経 度 （ 10^{-7} 度）		4
	移 動 速 度 （km/h）		1
	予 備		1
	海 抜 高 度 （0.1m）		2
	ジ オ イ ド 高 度 （0.1m）		2
	HDOP 値 （ 10^{-2} 度）		2
	衛 星 測 位 数		1
	測 位 状 態		1
⋮			
GNSS 連 続 情 報 20	最 新 位 置 情 報		24

7.4 模擬緊急車両情報の生成

緊急車両位置情報の生成には、救急車に近いサイズの車両を2台模擬緊急車両として用意し、GNSS受信機及び優先信号制御用途に開発した車載機を搭載した。なお、車両には実証実験時に、実験参加車両やその運転者から識別可能なように目印として、車両上部にカラーボックス（黄色及び青色）を積み、車両の側面と前方にSIP用ステッカーを貼った。（図7-3）



図 7-3 模擬緊急車両

情報の収集及び事業Bのデータ集約サーバへの配信にあたっては、運行監視装置を流用し、配信機能のソフトウェアを付加した「情報収集配信サーバ」を配備し、模擬緊急車両の車載機からLTE（閉域網）を通じて情報を収集し、データ集約サーバへはビジネスイーサ（閉域網）を通じて、情報を配信した。（図7-4）

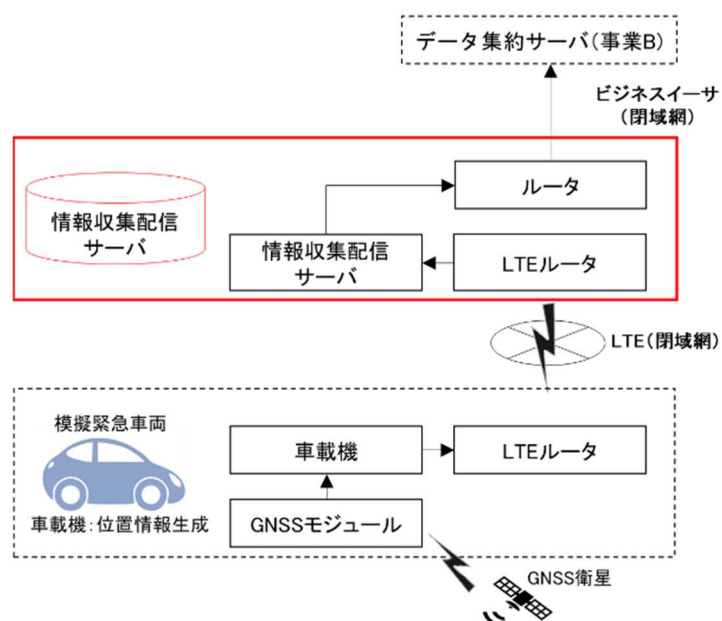


図 7-4 情報収集配信サーバの配備

7.5 模擬緊急車両情報の配信結果

東京臨海部実証実験を実施している東京臨海副都心地区に 5 種類の走行ルートを設定し、模擬緊急車両を走行させ、その位置情報の配信を実施した。位置情報が実験に参加した自動運転車両まで配信・活用されたことは、自動運転車両に搭載された 3D 地図に紐付いた確認画面（ダイナミックマップビューワー）にて確認した。

- ・ 日時：2022 年 1 月 10 日～14 日、17 日～21 日 計 10 日間
- ・ 時間：10 時～16 時
- ・ 場所：東京臨海副都心地区の A～E の 5 ルート（図 7-5）

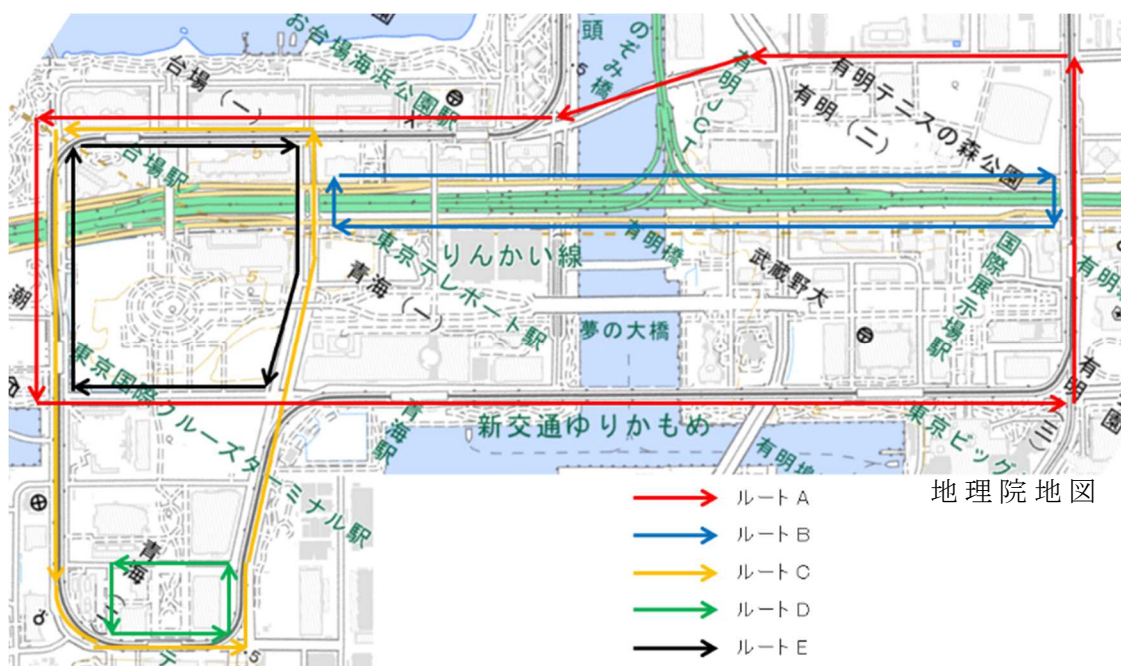


図 7-5 走行ルート

7.6 GNSS 位置誤差の検証結果

東京臨海部実証実験の枠組みの中の模擬緊急車両位置情報の生成及び配信の検証とは別に、GNSS 位置誤差の追加検証として、優先信号制御の適用地域の拡大につなげるため、ゆりかもめの高架下やビル群が林立し、GNSS 衛星電波の受信が安定しない環境である東京臨海副都心地区において検証を行った。

7.6.1 位置誤差解析方法

位置誤差の解析にあたっては、実証実験用に用意した車に2台のカメラを設置し、前方及び上空をそれぞれ撮影し、映像から評価地点通過時の時刻を求め、GNSS受信機で取得した同時刻の位置情報（緯度・経度）を基に、真値との比較により位置誤差を算出した。（図7-6）

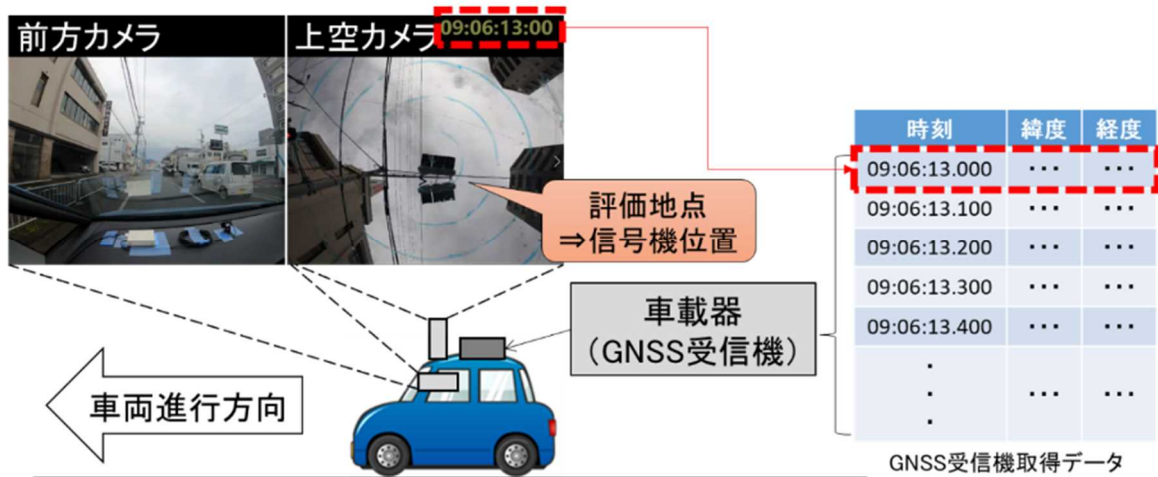


図7-6 位置誤差解析方法の概要

7.6.2 評価地点

評価地点は、東京臨海副都心地区に設定した5種類の走行ルート上の19地点に設定した。（図7-7及び表7-3）

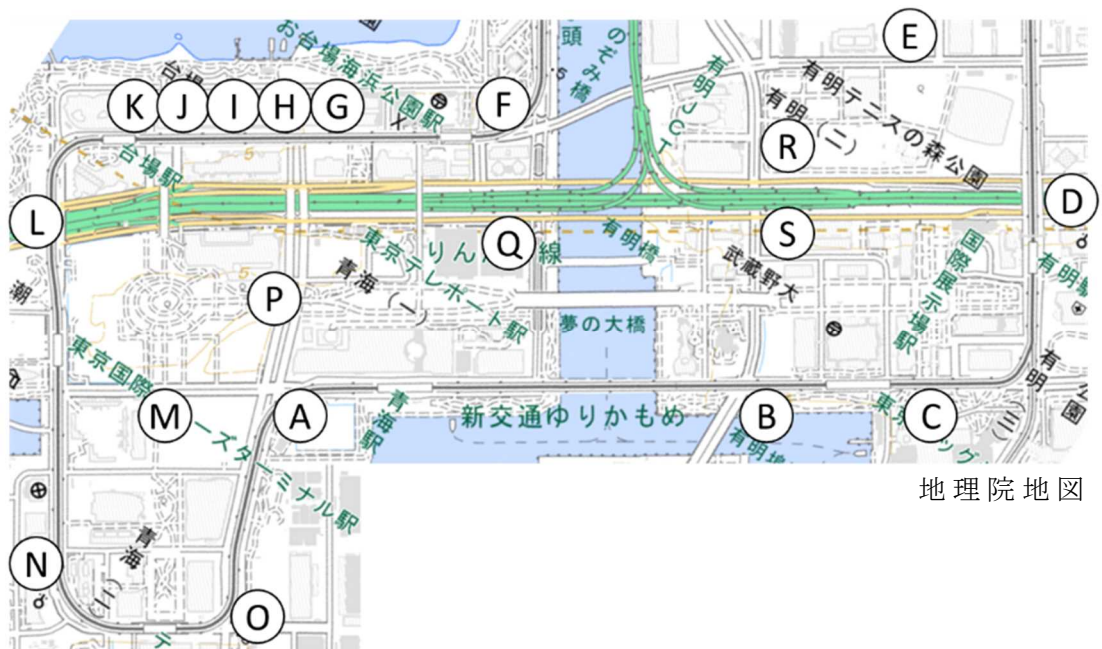


図7-7 評価地点

表 7-3 評価地点名

A	青海一丁目	K	台場駅前第一（西側）
B	フェリーふ頭入口	L	潮風公園北
C	東京ビッグサイト正門	M	青海一丁目西
D	有明中央橋南	N	東京港湾合同庁舎前
E	有明コロシウム（西）	O	テレコムセンター前
F	海浜公園入口	P	テレポート駅前
G	トレードビア前 表示板	Q	有明橋西
H	台場	R	有明二丁目（北側）
I	フジテレビ北側 電光表示板	S	有明二丁目（南側）
J	台場駅前第二（東側）	—	—

7.6.3 位置誤差検証結果

位置誤差の評価結果は、表 7-4 の通りとなった。静岡市で計測した PTPS 実証実験の路線は、オープンスカイ環境であるため想定通り位置誤差が最大値 10m 以下であったのに対して、東京臨海副都心地区は、ビルが隣接する地点やゆりかもめ高架下等のマルチパスが懸念される環境が多く存在し、最大値が 10m を超える場合があり、最小値と最大値の差異が大きい箇所が多く見られた。

路線選定時においては、マルチパス環境の影響を受けやすい区間における対策等に関する配慮が必要と考えられる。

表 7-4 評価結果 単位：m

評価地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
平均値	2.41	2.07	2.49	2.90	1.98	2.14	3.22	5.29	8.37	5.09
最大値	4.73	3.51	3.87	5.30	4.67	4.60	5.27	9.92	17.67	14.10
最小値	0.59	0.57	0.38	0.97	0.16	0.16	0.19	1.41	1.12	0.92

評価地点	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
平均値	2.35	1.27	2.18	3.20	2.41	2.55	2.23	2.56	1.92
最大値	5.23	2.19	3.62	20.81	5.36	8.28	3.47	3.79	2.19
最小値	0.82	0.34	0.50	0.45	0.70	0.25	0.39	0.13	1.56

また、東京臨海副都心地区では 2 台の車両を用いて位置情報の配信を行った。位置誤差評価として 2 台が同一ルートを走行した L～S の区間において車載機の誤差を評価した結果は、表 7-5 及び表 7-6 の通りとなり、大きな誤差は見受けられなかった。

但し、評価地点 N のみ車両 1 が最大値 2.97m、車両 2 が最大値 20.81m と大きな差異が発生していた。最大値計測時のデータ解析を実施したところ、この原因は信号待ち停車による位置誤差が大きいことが影響している。

表 7-5 車両別評価結果（車両 1） 単位：m

評価地点	L	M	N	O	P	Q	R	S
平均値	1.13	2.32	1.90	2.75	2.39	3.47	3.79	1.91
最大値	1.96	3.56	2.97	5.36	6.97	3.47	3.79	1.91
最小値	0.63	1.56	0.85	0.70	0.28	3.47	3.79	1.91

表 7-6 車両別評価結果（車両 2） 単位：m

評価地点	L	M	N	O	P	Q	R	S
平均値	1.41	2.04	4.47	1.99	2.79	0.99	1.33	1.94
最大値	2.19	3.62	20.81	4.89	8.28	2.08	2.19	2.19
最小値	0.34	0.50	0.45	0.77	0.25	0.39	0.13	1.56

8. 公共車両や緊急車両の位置情報の活用方法の検討

8.1 GNSS 活用委員会メンバ向けアンケート

公共車両や緊急車両の位置情報（リアルタイム情報及び蓄積情報）の活用方法について、GNSS 活用委員会メンバを対象とするアンケートを実施しユースケースを抽出した。

8.1.1 アンケートの目的

本研究開発成果をさらに活用すべく、公共車両や緊急車両の位置情報の活用方法及び GNSS 優先信号制御に関わる自動運転バス等の公共車両への信号情報提供の課題抽出・方策策定を目的として実施した。

8.1.2 アンケートの配布先

アンケートの配布先は本研究開発における知見を持つ GNSS 活用委員会メンバとし、GNSS 活用委員会において配布した。

8.2 アンケートの集計結果

アンケートに対して、2 件の回答を得た。集計結果を表 8-1 と図 8-1 に示す。

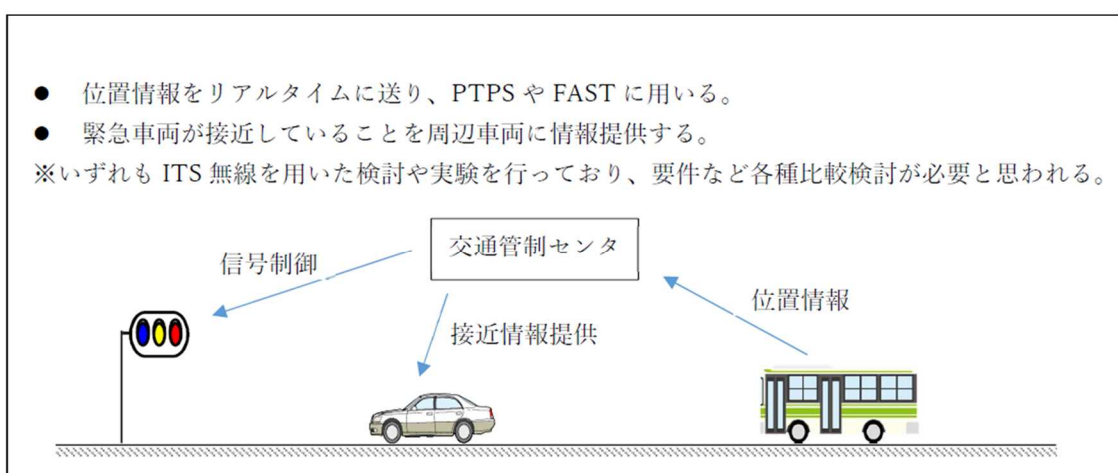
表 8-1 GNSS 活用委員会メンバ向けアンケート集計結果

回答者	設問 1	設問 2
	公共車両や緊急車両の位置情報を活用したユースケースを記載ください。	自動運転バス等の公共車両に対する信号情報提供における課題と対策案を記載ください。
A	GNSS の活用により、バス優先の精度が高くなることを前提として、バス位置情報とバス停の時刻表から、該当バスの特定区域での遅延レベルを決定し、それぞれのレベルにあった信号制御を実施する。 例) 遅延レベル：低 →優先制御なし 遅延レベル：中 →主要交差点のみで優先制御実施 遅延レベル：大 →制御可能な全ての交差点で優先制御を実施	課題： バスが自動運転化されたとしても運転手は必要であり、手動介入する場面がある。その場合、運転手がどこでどのように手動介入すれば良いか判断が困難になると考えられる。 対策案： 自動運転でどのように動くのか（交差点内挙動など）一目で分かる HMI が運転席にあると、運転手が自動運転に任せて良いのか、手動介入した方が良いのか判断しやすくなる。
B	・位置情報をリアルタイムに送り、PTPS や FAST に用いる。 ・緊急車両が接近していることを周辺車両に情報提供する。 ※いずれも ITS 無線を用いた検討や実験を行っており、要件など各種比較検討が必要と思われる。図 8-1 参照	課題： 感応により信号情報提供の残秒数が変化してしまう。 対策案： PTPS／FAST 対象交差点における信号情報提供はリアルタイム性の高い通信手段を用いる。

GNSS活用委員会メンバー向けアンケート票

2020年12月8日

1. 公共車両や緊急車両の位置情報を活用したユースケースを記載ください。
 (事例を別紙に示します。事例と同様に簡易な図・フロー等を用いて
 イメージ共有が容易となる様に記載頂けると幸いです。
 また、回答欄が不足の場合には拡大もしくは別紙として頂いても構いません。)



2. 自動運転バス等の公共車両に対する信号情報提供における課題と対策案を記載ください。
 (例)課題:手動運転バスの運転者に対する安全運転を妨げないHMI
 対策案:安全なHMIシステムについては、大学等の研究機関と協業し検討する

課題	対応案
感応により信号情報提供の残秒数が変化してしまう	PTPS/FAST対象交差点における信号情報提供はリアルタイム性の高い通信手段を用いる

図 8-1 GNSS 活用委員会メンバ向けアンケート回答

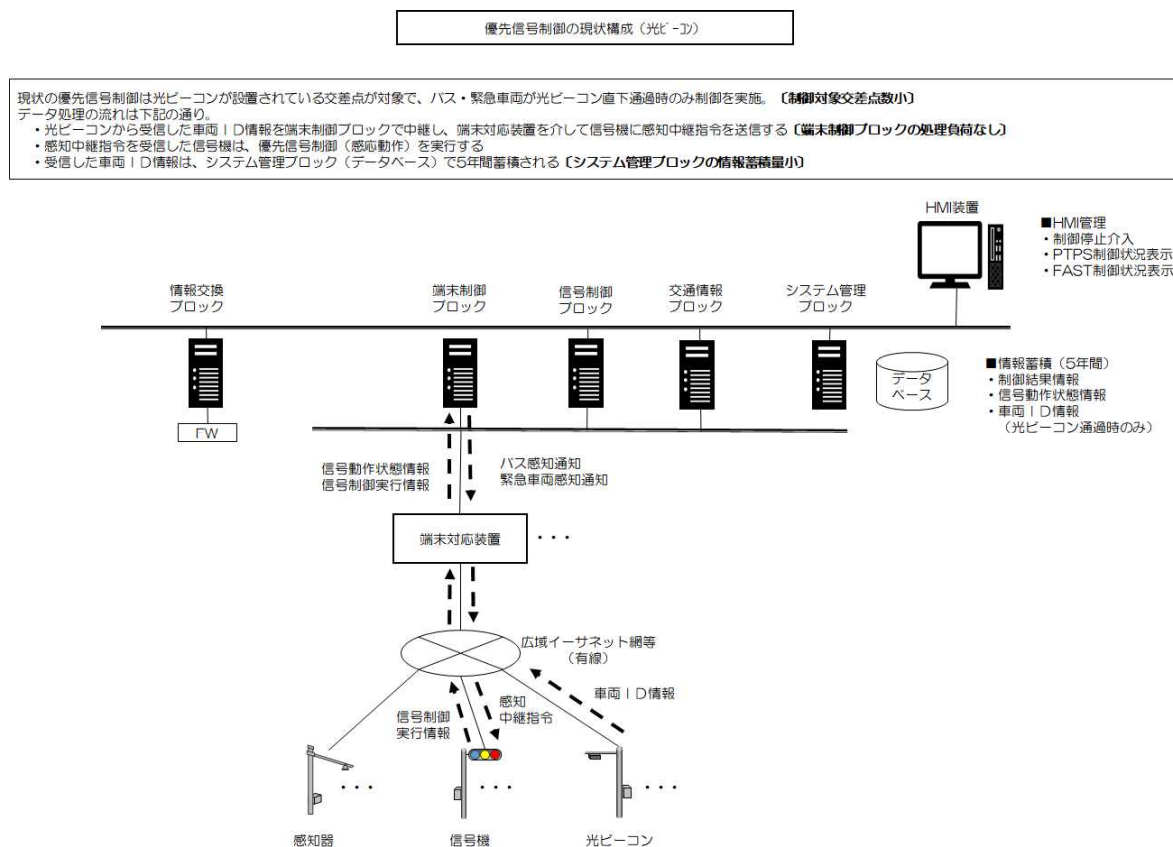
9. 今後の課題

9.1 標準仕様化に向けたシステム構成

本研究開発における都道府県警察モデルシステムでは、既存路線（公道）及び既存管制システムに接続して行う検証のため、既存管制システムへの影響を最小限となる構成で実証実験を実施したが、標準仕様化に向けた最適なシステム構成（案）についても別途検討を実施した。

9.1.1 システム構成（案）

システム構成については、現状の光ビーコン構成（図 9-1）と比較し、都道府県警察モデルシステムにて実証実験を実施した既存管制システムへの影響を最小限とした案 1（図 9-2）、既存の上位装置へ機能を集約した案 3（図 9-3）及びそれらの中間となる案 2（図 9-4）の 3 種類を提案し、GNSS 活用委員会にて審議を行った。



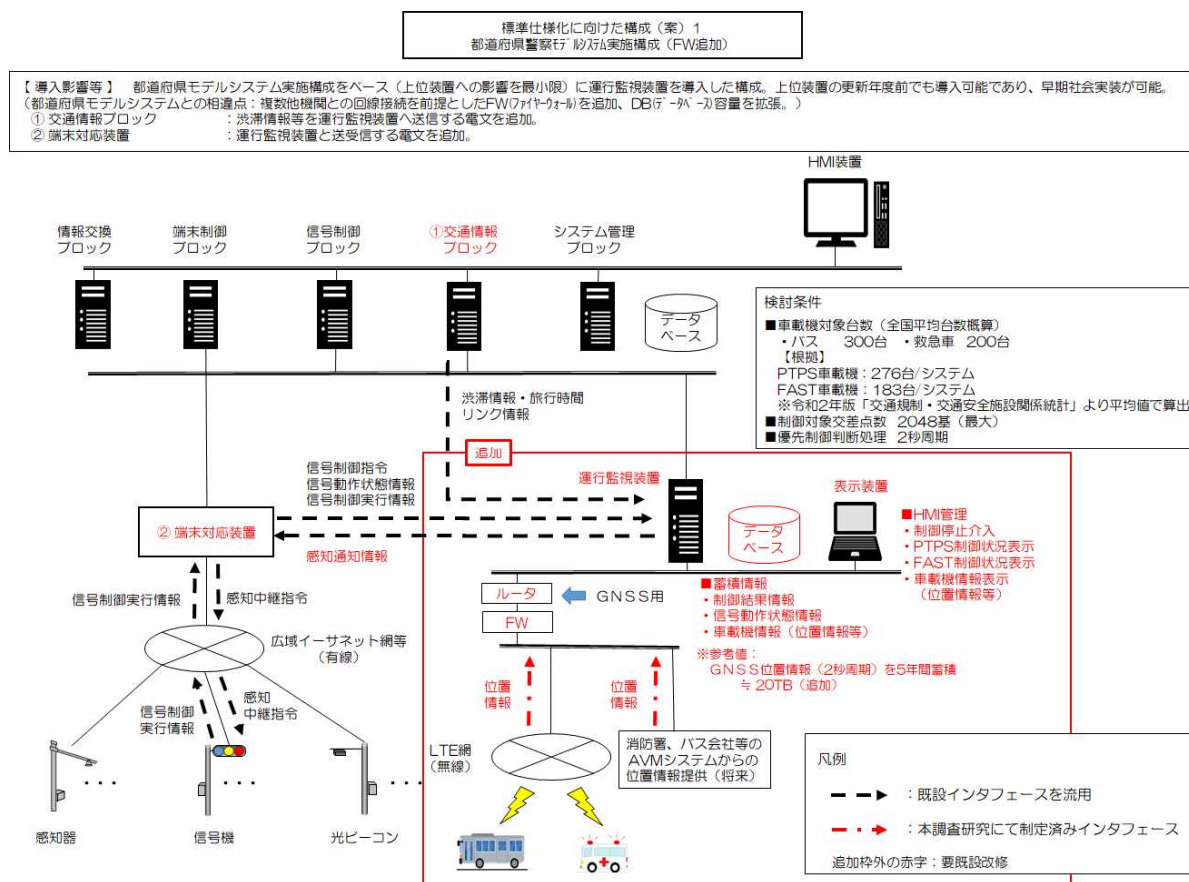


図 9-2 都道府県警察モデルシステム実施構成（案）1

標準仕様化に向けた構成（案）2
都道府県警察モデルシステム構成
（端末対応装置、HMI装置への機能等集約）

【導入影響等】 都道府県モデルシステム実施構成をベース（上位装置への影響最小限）に運行監視装置を導入した構成。上位装置の更新年度前でも導入可能であり、早期社会実装が可能。
（構成案1との相違点：端末装置に運行監視部として集約、HMI装置に管理機能を集約）
① 交通情報ブロック：渋滞情報等を運行監視部へ送信する電文を追加。
② 端末対応装置：運行監視部と送受信する電文を追加。

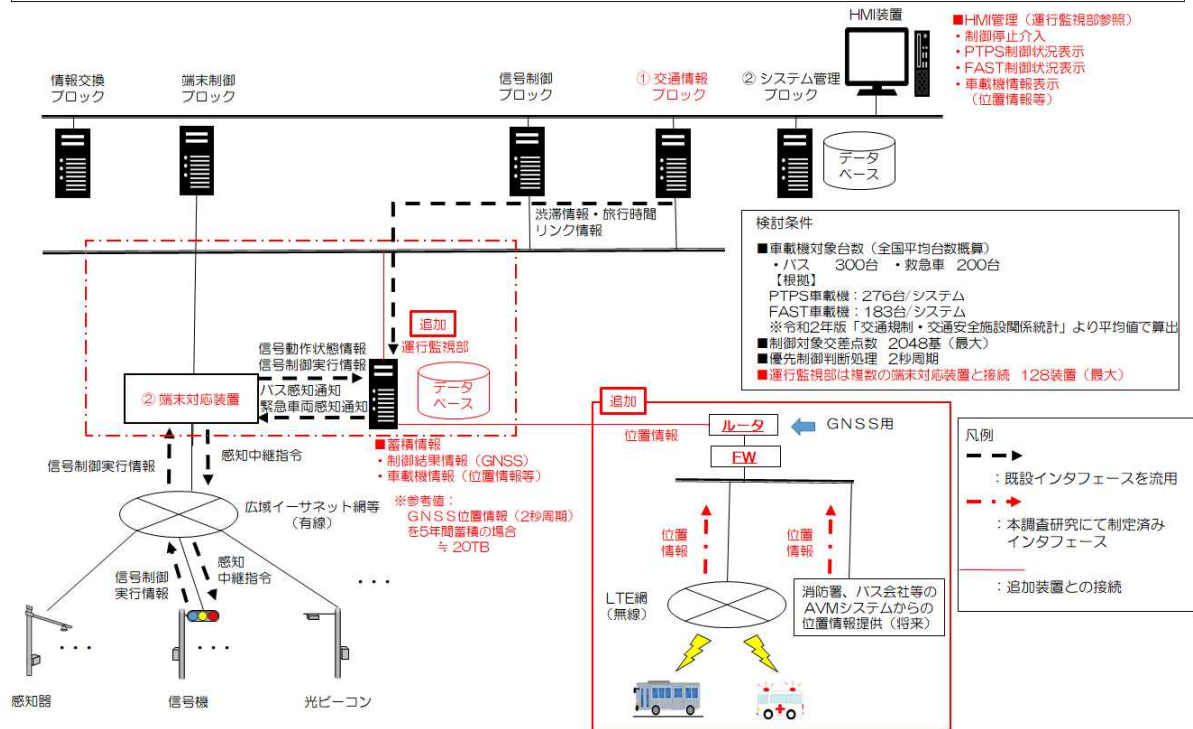


図 9-3 都道府県警察モデルシステム実施構成
端末対応装置及びHMI装置への機能等集約（案）2

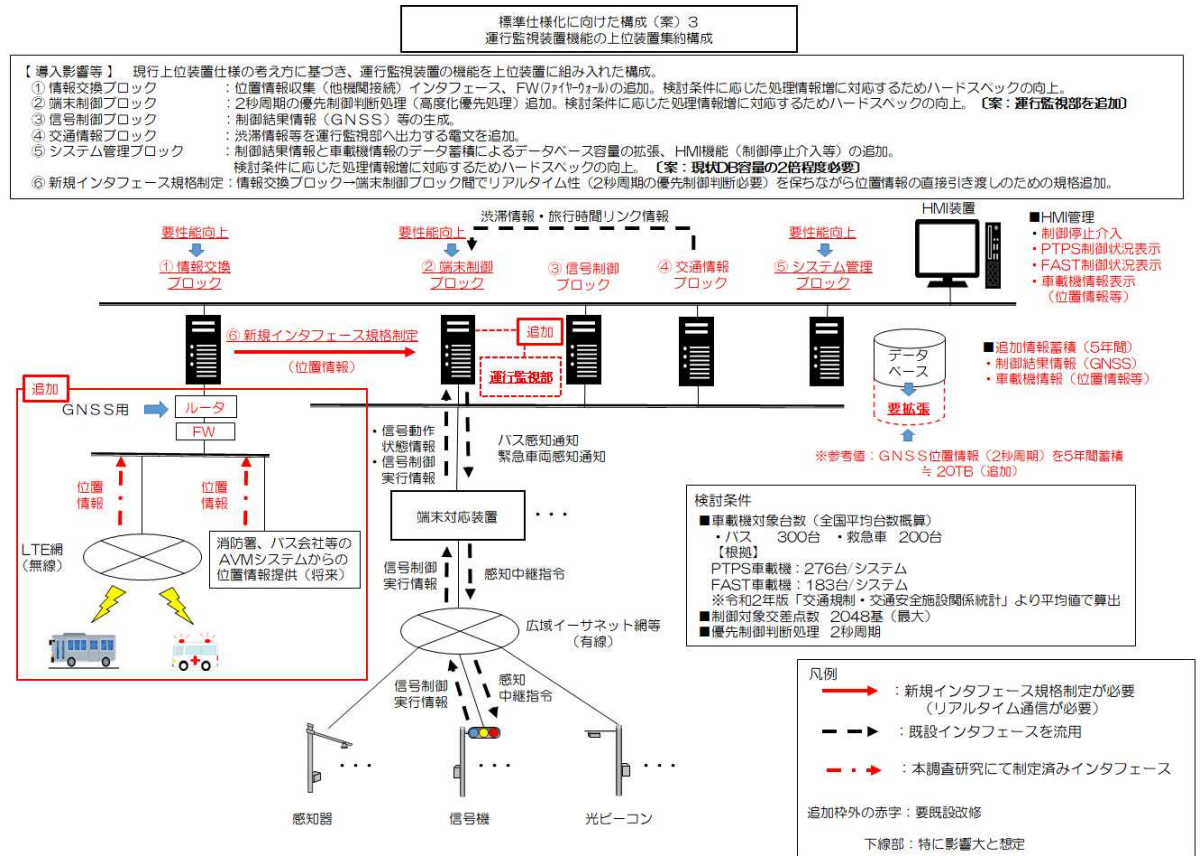


図 9-4 運行監視装置機能の上位装置集約構成（案）3

9.1.2 システム構成（案）意見照会結果

GNSS 活用委員会メンバである交通インフラメーカ各社に上記のシステム構成（案）について意見照会を実施し、下記の構成比較表 9-1 にまとめた。また、追加構成（案）として 2 種類の提案があった。（図 9-5 及び図 9-6）

なお、本研究開発終了後は別スキームの委員会等において、提案された構成案を基に標準仕様化に向けて検討される予定である。

表 9-1 システム構成（案）に対するメリット・デメリット

構成	デメリット	メリット	比較
案 1： 都道府県警察モデルシステム実施構成（FW 追加）	・ 買取（20 年程度）となり、機器管理（設備管理）が煩雑になる	・ 独立した装置で導入が容易、かつ上位装置側における開発を要しない	△
案 2： 都道府県警察モデルシステム構成（端末対応装置、HMI 装置への機能等集約）	・ 買取（20 年程度）となり、機器管理（設備管理）が煩雑かつ、端末対応装置と同時更新を要する ・ 機能追加できないなどシステム構築に支障が出る懸念がある	—	×
案 3： 運行監視装置機能の上位装置集約構成	・ 情報交換ブロックにおける性能不足が懸念される ・ スペック向上に伴うコストアップ懸念	・ 現行の中央装置における仕様に最も即している	○
案 4： 運行監視装置機能の上位装置集約構成（専用 DB）	・ 情報交換ブロックにおける性能不足が懸念される	・ 専用 DB にする場合、ブロック DB の性能向上など必要なく、他のシステムへの影響が少ない	○
案 5： 運行監視装置機能の上位装置集約構成（運行管理ブロック）	・ コスト的には案 1、案 3 より、多少高くなる可能性あり	・ 交通情報ブロック配下であれば、管制システム仕様からも外れない ・ 開発影響が少なく安易に設計できる	◎

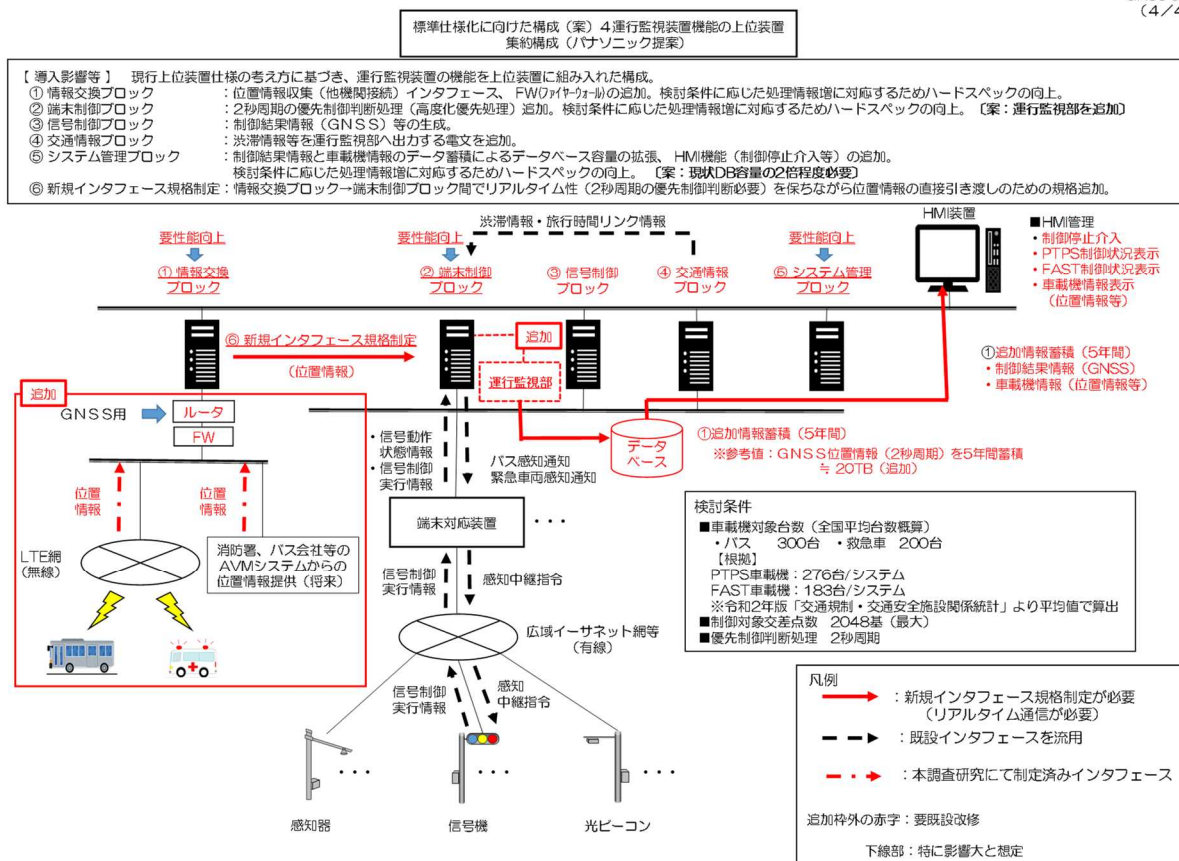


図 9-5 運行監視装置機能の上位装置集約構成(案)4

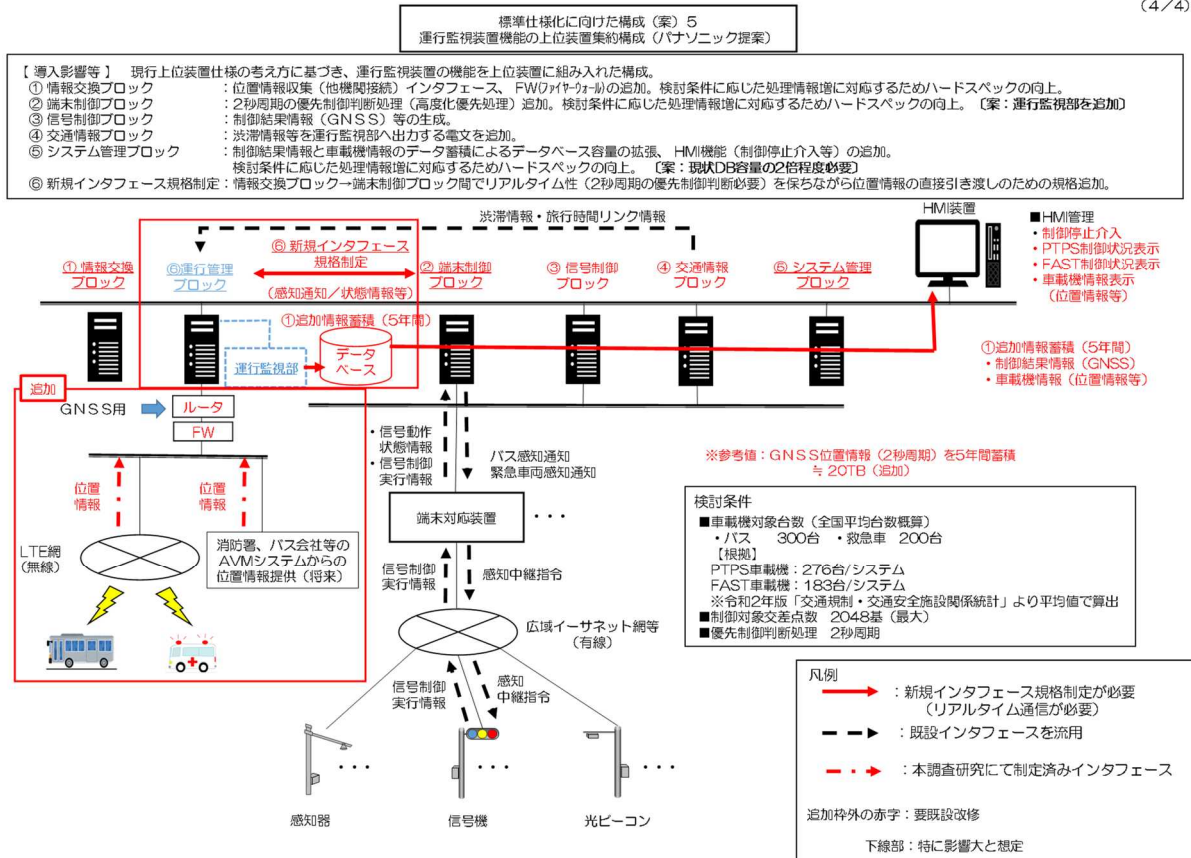


図 9-6 運行監視装置機能の上位装置集約構成（案）5

9.1.3 標準仕様化における共通課題

上記の審議結果を受け、本研究開発以降の標準仕様化に向けたシステム構成検討における共通課題を表 9-2 にまとめた。

表 9-2 標準仕様化における共通課題

課題	検討項目
効率的かつ、コストダウンを目的とした構成検討	・ シンプルかつ詳細な構成検討 ・ GNSS 位置情報等の用途、蓄積期間、蓄積場所等に係る検討 ・ 制御停止介入機能等の要否及び運行監視部の HMI 機能の集約に係る検討
通信規格等の制定に向けた検討	・ 追加インタフェース等に伴う規格制定の検討 ・ GNSS 位置情報等メッセージの効率的かつ適切な送達経路の検討 ・ 端末感応における GNSS 用の制御結果の要否に係る検討 ・ セキュリティを踏まえた回線の選定の検討
既存システム、回線等を活用したシステム連携（コストダウン）に向けた検討	・ 既存のバスロケ※¹や AVM※²等のシステムや回線併用（連携）に向けた検討
精度向上等に係る検討	・ 補正技術（ジャイロ等）併用による位置誤差に係る検討 ・ 既存の光ビーコン併用（現行同等性能）による優先制御の検討
そのほか	・ 車両 ID 等の管理方針

※1 バスロケーションシステム：バスの位置情報を運行管理者が把握するとともに、バスの運行状況の情報を提供するシステム

※2 AVM：Automatic Vehicle Monitoring：位置情報を活用した車両動態管理システム。ここでは主に消防用途を指す

9.2 ランニングコストの低減

導入コスト試算結果において、運行管理者側（バス事業者及び各消防局）より、新たな費用負担となる車載機の通信費用（ランニングコスト）が社会実装における課題となることが本研究開発において明らかとなった。表 9-2 のとおり引き続き検討が必要である。

9.3 優先信号制御効果の拡大

GNSS 車載機の位置情報を活用することにより、緊急車両の走行ルートが常に把握出来るため、制御対象交差点の見直し等が容易になる。

10. 謝辞

本研究開発実施にあたり、多大なるご指導頂きました警察庁関係者様、GNSS 活用委員会に参画いただき、各種審議、知見の提供を頂きました交通インフラメーカー様、自動車メーカー様、GNSS 活用メーカー様、公共自動車関係企業様、行政機関様の各関係者様におかれましてはこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

【別紙】

別紙1 停止線通過差異及びPTPS実施状況

		計測回数	停止線通過差異(秒)			感知送信時の位置 (m)			PTPS制御実施状況									
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	制御 実施回数	制御 実施率	青延長 回数	青延長 実施率	青延長 秒数	赤短縮 回数	赤短縮 秒数	青時間内 通過回数	青延長時 非通過回数	青延長時 非通過率
光 ビーコン 制御	11月29日	51	16.2	84.9	0.3	—	—	—	10	19.6%	4	7.8%	21	6	26	34	0	—
	11月30日	48	30.0	81.9	0.1	—	—	—	16	33.3%	3	6.3%	41	13	69	25	0	—
	12月1日	56	21.6	83.1	0.2	—	—	—	14	25.0%	6	10.7%	66	8	51	31	1	16.7%
	12月2日	52	23.9	93.8	0.1	—	—	—	21	40.4%	13	25.0%	144	8	46	32	1	7.7%
	12月3日	62	25.1	105.0	0.1	—	—	—	18	29.0%	6	9.7%	66	12	73	33	1	16.7%
	1月18日	65	18.6	94.8	0.0	—	—	—	16	24.6%	9	13.8%	90	7	51	33	0	—
	1月19日	68	16.0	86.5	0.0	—	—	—	12	17.6%	8	11.8%	95	4	16	47	0	—
	1月20日	66	19.9	81.8	0.0	—	—	—	17	25.8%	10	15.2%	98	7	53	44	1	10.0%
	1月21日	71	17.0	67.8	0.1	—	—	—	16	22.5%	8	11.3%	70	8	58	46	2	25.0%
	集計	539	21.0	105.0	0.0	—	—	—	140	26.0%	67	12.4%	77	73	49	325	6	9.0%
GNSS 制御	12月15日	67	14.4	72.1	0.3	82.0	123.4	22.6	22	32.8%	11	16.4%	109	11	75	40	0	—
	12月16日	70	26.4	66.5	0.0	86.5	102.7	71.2	25	35.7%	8	11.4%	95	17	91	36	2	25.0%
	12月17日	65	15.1	67.6	0.0	78.3	127.7	25.1	16	24.6%	8	12.3%	79	8	43	38	2	25.0%
	12月20日	56	22.2	91.0	0.2	60.6	118.0	2.6	22	39.3%	10	17.9%	116	12	89	31	0	—
	12月21日	66	18.1	60.8	0.0	81.8	86.9	74.4	18	27.3%	8	12.1%	80	10	64	36	0	—
	1月11日	65	18.6	66.7	0.0	88.2	127.5	15.4	19	29.2%	10	15.4%	112	9	48	41	2	20.0%
	1月12日	67	14.4	67.8	0.2	86.6	131.6	11.2	18	26.9%	10	14.9%	97	8	47	41	0	—
	1月13日	70	24.5	75.4	0.1	91.8	130.0	14.4	27	38.6%	11	15.7%	96	16	96	42	1	9.1%
	1月14日	66	16.3	75.2	0.1	88.8	131.9	15.2	20	30.3%	11	16.7%	119	9	52	41	0	—
	集計	592	18.9	91.0	0.0	82.7	131.9	2.6	187	31.6%	87	14.7%	100	100	67	346	7	8.0%
比較結果		—	-2.1	-14.0	0.0	—	—	—	—	5.6	—	2.3	—	—	—	—	1	-1.0

別紙2 実験時間帯（9:00～16:00）のPTPS路線渋滞発生状況

	日付	竈上		材木町		安倍町（上り）		中町		安倍町（下り）	
		渋滞発生 時間 (分)	最大 渋滞長 (m)	渋滞発生 時間 (分)	最大 渋滞長 (m)	渋滞発生 時間 (分)	最大 渋滞長 (m)	渋滞発生 時間 (分)	最大 渋滞長 (m)	渋滞発生 時間 (分)	最大 渋滞長 (m)
光 ビーコン 制御	11月29日	0.0	0	2.5	440	25.0	240	0.0	0	0.0	0
	11月30日	0.0	0	0.0	0	2.5	60	0.0	0	0.0	0
	12月1日	0.0	0	7.5	440	0.0	0	0.0	0	0.0	0
	12月2日	0.0	0	2.5	440	0.0	0	2.5	130	0.0	0
	12月3日	0.0	0	0.0	0	20.0	80	0.0	0	0.0	0
	1月18日	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
	1月19日	0.0	0	0.0	0	2.5	60	2.5	240	0.0	0
	1月20日	0.0	0	5.0	440	5.0	60	0.0	0	0.0	0
	1月21日	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
	集計※1	0.0	0	4.4	440	11.0	240	2.5	240	0.0	0
GNSS 制御	12月15日	0.0	0	0.0	0	7.5	60	0.0	0	0.0	0
	12月16日	0.0	0	0.0	0	2.5	60	0.0	0	0.0	0
	12月17日	0.0	0	0.0	0	0.0	0	10.0	240	0.0	0
	12月20日	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
	12月21日	0.0	0	0.0	0	1.0	60	0.0	0	0.0	0
	1月11日	0.0	0	2.5	440	22.5	80	5.0	240	0.0	0
	1月12日	0.0	0	0.0	0	2.5	60	12.5	240	0.0	0
	1月13日	0.0	0	0.0	0	5.0	60	0.0	0	0.0	0
	1月14日	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.0	130	0.0	0
	集計※1	0.0	0	2.5	440	6.8	80	8.1	240	0.0	0

※1 集計欄の渋滞発生時間：渋滞発生時間／渋滞発生日数 最大渋滞長：集計日内の最大渋滞長

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (1/9)

■ 日程：12/7 (N=10)、天候：曇り

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/7	1	1.5829	2.7580	2.0406	2.1228	1.8409	2.7086	3.0733	9:00~9:29
	2	0.8649	1.9410	2.5243	2.3332	2.6343	2.2143	2.0273	9:32~10:08
	3	1.0741	2.1502	1.1933	2.4829	1.7862	2.6292	1.8063	10:09~10:41
	4	1.9548	2.5912	1.8113	2.6206	3.9862	3.5113	19.9996	10:42~11:30
	5	1.5542	3.6275	1.9502	3.4203	2.5474	3.7784	2.7515	11:31~12:02
	6	1.4950	1.5914	2.4278	3.7388	2.8194	2.5562	1.6443	12:04~12:34
	7	1.2158	0.9866	2.8951	1.8987	1.4017	2.9522	1.0572	12:35~13:05
	8	1.2195	2.8827	3.2278	2.1376	2.7678	2.8082	3.2445	14:15~14:50
	9	4.9530	2.5261	2.7334	1.2342	9.7099	2.3021	0.5024	14:52~15:24
	10	2.6801	4.7277	2.7318	3.5241	3.5369	3.1743	2.4297	15:25~15:59

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (2/9)

■ 日程：12/8 (N=10)、天候：曇りのち晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/8	1	1.1152	2.6952	1.9914	3.1983	2.6034	2.3942	1.7479	9:14~9:49
	2	3.1054	2.5755	1.7298	2.2000	1.7454	1.6983	1.8063	9:53~10:23
	3	1.7837	2.4092	2.9353	2.2705	2.4426	3.6522	2.7019	10:25~10:57
	4	2.5982	3.0527	2.5912	2.3979	3.9407	3.0439	9.9605	10:59~11:34
	5	1.3017	3.5139	2.7252	3.9589	4.1534	3.6399	6.4849	11:36~12:09
	6	1.8212	1.6055	2.4865	3.0704	2.9961	2.4371	0.9912	12:10~12:41
	7	2.9810	2.4054	2.5895	0.8491	0.8906	1.4890	2.0027	12:44~13:15
	8	2.2883	2.9199	2.3543	1.1933	1.3291	2.6309	2.6785	14:15~14:51
	9	3.8504	3.1257	3.1054	2.5332	2.4937	2.6717	2.3810	14:53~15:21
	10	2.3866	4.8464	4.1728	3.3565	3.1025	3.7700	4.2994	15:24~15:54

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (3/9)

■ 日程：12/9 (N=11)、天候：晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/9	1	0.9682	1.7194	2.0161	1.4522	1.8772	1.9223	11.5032	9:09~9:47
	2	1.6250	4.2552	2.8178	2.9045	2.6869	2.8370	2.0778	9:48~10:17
	3	1.4738	3.5560	2.6919	2.4185	3.3105	2.8098	2.1207	10:19~10:50
	4	1.6167	3.5648	2.3099	3.8081	3.4124	3.1257	3.3376	10:52~11:21
	5	1.3953	3.2887	1.9640	3.3511	3.5850	4.2414	3.1054	11:23~11:56
	6	1.4272	2.9353	3.3497	1.8987	3.2222	3.0320	2.4974	11:58~12:29
	7	2.8842	4.1793	3.9212	3.6013	3.2584	3.1941	1.8700	12:31~13:03
	8	0.9253	2.4937	2.4241	4.7420	4.4448	2.6309	2.4092	13:48~14:20
	9	1.4303	1.5308	2.1228	1.5425	1.1071	2.3923	0.8491	14:22~15:56
	10	1.0741	2.3753	2.5615	1.6929	1.6223	1.8310	1.0400	14:58~15:29
	11	0.1644	2.2385	1.5542	2.9138	2.9750	2.6120	1.3559	15:30~16:06

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (4/9)

■ 日程：12/10 (N=10)、天候：曇り

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/10	1	1.6553	2.5082	1.9959	1.8063	2.5189	2.0843	0.6976	9:06~9:38
	2	2.6258	2.2665	1.7557	1.4240	1.8603	3.3322	4.3203	9:41~10:15
	3	1.9914	3.7304	3.3685	3.2054	2.5527	1.8555	2.5755	10:17~10:49
	4	1.5542	2.5332	1.4145	2.8764	2.8858	3.9952	5.5665	10:50~11:24
	5	0.9912	2.2745	1.3017	1.8820	1.4272	11.5716	1.0699	11:25~11:59
	6	1.9686	2.9353	2.0778	3.5598	2.2506	3.0439	2.1313	12:52~13:21
	7	1.8013	2.5509	2.3060	2.3467	4.9421	8.4306	1.1627	13:23~13:57
	8	0.7943	2.2264	2.8082	1.6278	2.1271	3.8399	3.1885	13:58~14:32
	9	0.4028	2.5650	0.8167	2.2546	2.9871	2.9384	1.4429	14:33~15:09
	10	0.6976	2.8701	1.8162	2.5509	1.8187	1.8360	1.0572	15:11~15:49

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (5/9)

■ 日程：12/13 (N=9)、天候：晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/13	1	2.1143	2.5964	2.4701	2.1565	0.8906	3.2639	0.7595	9:04~9:36
	2	2.2305	2.8889	2.6016	0.8384	1.7761	3.0201	4.9476	9:37~10:09
	3	1.9617	3.4869	2.7613	2.5597	3.0439	3.9281	4.6392	10:10~10:41
	4	1.0313	2.0886	1.7710	1.6278	2.1015	3.6891	6.6176	10:43~11:19
	5	無効データ							11:20~11:52
	6	2.3543	2.3810	3.7676	2.6480	3.6399	1.6553	1.1071	11:53~12:35
	7	1.7659	2.6952	2.3979	3.0409	2.1979	2.8654	2.4297	12:36~13:10
	8	0.2685	2.5964	2.5171	2.0116	0.9494	3.0645	1.3426	14:17~14:52
	9	1.7710	3.2250	2.6548	3.0394	1.5071	2.3979	3.5534	14:54~15:24
	10	0.7354	2.4956	1.6167	1.7194	2.2903	2.9476	1.2083	15:25~16:00

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (6/9)

■ 日程：12/14 (N=10)、天候：雨のち晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/14	1	1.9223	1.4829	2.6034	0.6297	0.5536	2.5755	1.8844	9:03~9:34
	2	1.4398	2.9029	1.9363	2.2784	1.9410	3.1011	3.4190	9:35~10:09
	3	0.8701	1.5999	2.4315	1.3888	2.3639	2.9780	2.3274	10:10~10:44
	4	2.3254	2.5895	1.3888	1.6223	2.4956	3.3992	3.9372	10:45~11:34
	5	1.6769	1.9823	1.6823	2.3409	2.4683	2.5912	2.2305	11:35~12:09
	6	0.9682	3.0982	2.5860	1.7761	1.9176	2.1502	1.6139	12:10~12:41
	7	1.2451	3.8328	2.9292	4.0701	3.6866	3.9974	5.8967	12:44~13:20
	8	1.5542	2.6514	3.5483	1.9778	2.2646	2.7905	1.1781	14:14~14:47
	9	1.3626	2.3040	0.7943	1.2158	0.8276	2.3677	3.4817	14:48~15:32
	10	1.8748	3.2096	2.8951	2.8827	3.6324	3.5862	7.5948	15:33~16:07

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (7/9)

■ 日程：12/15 (N=10)、天候：晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/15	1	0.7104	1.5999	2.4167	2.0516	1.6223	2.5650	1.5942	9:02~9:34
	2	1.6498	2.9719	1.9959	2.7202	1.4460	2.5755	1.6849	9:36~10:08
	3	1.5130	3.3051	2.1015	2.1690	3.5496	4.8594	3.2417	10:09~10:41
	4	0.4246	2.6343	2.3370	2.9415	3.1757	3.6013	4.4234	10:42~11:19
	5	1.7608	2.3677	1.9316	2.2923	1.8286	2.9461	2.8544	11:20~11:59
	6	1.0313	3.1242	2.8098	1.9316	1.6388	2.6818	2.0250	12:00~12:36
	7	1.5599	3.1913	2.9292	3.4071	3.2625	2.9091	1.2414	12:37~13:07
	8	1.9663	2.7792	2.0734	1.2595	1.6742	2.4829	2.1752	14:11~14:44
	9	0.3289	2.2061	1.5772	2.7449	5.1772	2.5296	4.7249	14:45~15:19
	10	1.9246	2.6785	3.1587	3.7122	4.2382	3.3618	3.4018	15:20~15:55

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (8/9)

■ 日程：12/16 (N=11)、天候：晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/16	1	1.1471	3.4452	3.0967	3.5610	2.7905	3.5572	2.3060	9:02~9:33
	2	0.7230	2.8496	1.6929	1.6223	1.1353	1.4366	1.2807	9:34~10:06
	3	2.0669	2.8194	3.6088	3.6976	2.4901	4.3536	4.2784	10:07~10:38
	4	3.3605	4.1327	3.8540	4.8908	4.2456	5.7747	7.3818	10:40~11:11
	5	3.1572	4.1599	3.8493	3.1025	3.2334	4.4305	3.4907	11:13~11:46
	6	2.2041	5.1186	4.8389	3.8923	3.6695	5.3232	2.8638	11:48~12:17
	7	0.4841	3.1429	4.2019	3.2625	2.2824	3.1127	3.0051	12:18~12:45
	8	1.7298	4.3794	4.4316	4.0910	3.2955	5.1911	4.1815	13:37~14:07
	9	1.3920	1.8844	0.6439	0.6976	0.6153	2.1228	2.7986	14:09~14:37
	10	0.5112	1.0866	0.6297	1.7194	0.4246	3.1444	7.9150	14:39~15:14
	11	1.6388	2.7185	2.2765	3.0498	2.1502	5.6004	3.2722	15:15~15:46

別紙3 G N S S精度の要件確認結果 (9/9)

■ 日程：12/17 (N=9)、天候：曇りのち晴れ

単位：m

日程	周回	静岡モデルシステム				マルチパス環境			時間帯
		安倍町	籠上	材木町	中町	日赤前	日赤前～ 江川町間	江川町	
12/17	1	1.0047	2.3332	2.2264	1.5686	1.6661	2.4792	3.4058	9:04~9:38
	2	1.4584	1.9959	1.4335	2.6751	1.5971	2.0886	1.9456	9:41~10:11
	3	1.1781	2.1649	1.5715	2.6717	2.1649	3.4005	11.1588	10:13~10:46
	4	0.8438	3.3912	2.6275	3.3939	4.8315	6.5705	4.4040	10:48~11:24
	5	無効データ							11:25~12:04
	6	0.4841	3.1927	0.9866	2.0494	1.0047	1.8724	1.5800	12:35~13:19
	7	0.3149	1.4829	2.8194	3.9004	3.9235	2.4092	3.5522	13:21~13:56
	8	1.7912	3.4177	1.4398	1.2008	1.9982	4.1250	2.0317	14:10~14:46
	9	2.1649	1.9800	1.1392	0.8753	2.5755	2.5064	0.9494	14:48~15:30
	10	0.8056	1.8555	2.2586	3.4972	3.9566	2.2486	3.0645	15:35~16:09

別紙4 処理遅延・通信遅延時間の計測結果

【計測位置】

- ㊦ GNSS 車載器機が位置情報等を送信した時刻（電文内のタイムスタンプ）
- ㊧ 運行監視装置に接続した LAN アナライザデータで位置情報等を受信した時刻
- ㊨ 運行監視装置（サーバ）が位置情報等を処理した時刻（サーバのログ）
- ㊩ 端末対応装置に接続した LAN アナライザデータで信号機に対して制御（感知中継指令）を送信した時刻
- ㊪ 端末対応装置に接続した LAN アナライザデータで制御（感知中継指令）に対し、信号機からの Accept を受信した時刻

PTPS

No	日付	㊦車載器 送信時刻	㊧区間 (㊦-㊧) [msec]	㊨LTEルータ 受信時刻	㊨区間 (㊨-㊧) [msec]	㊩運行監視装置 処理時刻	㊩区間 (㊩-㊨) [msec]	㊪感知中継 指令送信時刻 (Publication)	㊪区間 (㊪-㊩) [msec]	㊫感知中継 指令受信時刻 (Accept)	㊫区間 (㊫-㊪) [msec]
1	2021/12/16	09:10:32.780	459	09:10:33.239	28	09:10:33.267	109	09:10:33.376	19	09:10:33.395	615
2	2021/12/16	09:11:06.781	221	09:11:07.002	30	09:11:07.032	96	09:11:07.128	18	09:11:07.146	365
3	2021/12/16	09:23:22.015	182	09:23:22.197	24	09:23:22.221	123	09:23:22.344	19	09:23:22.363	348
4	2021/12/16	09:24:06.015	183	09:24:06.198	40	09:24:06.238	77	09:24:06.315	19	09:24:06.334	319
5	2021/12/16	09:28:46.253	92	09:28:46.345	39	09:28:46.384	35	09:28:46.419	17	09:28:46.436	183
6	2021/12/16	10:01:12.272	522	10:01:12.794	25	10:01:12.819	134	10:01:12.953	19	10:01:12.972	700
7	2021/12/16	10:01:40.272	64	10:01:40.336	39	10:01:40.375	58	10:01:40.433	19	10:01:40.452	180
8	2021/12/16	10:24:58.815	176	10:24:58.991	39	10:24:59.030	45	10:24:59.075	18	10:24:59.093	278
9	2021/12/16	10:30:32.291	140	10:30:32.431	25	10:30:32.456	77	10:30:32.533	19	10:30:32.552	261
10	2021/12/16	10:31:50.291	78	10:31:50.369	34	10:31:50.403	83	10:31:50.486	19	10:31:50.505	214
11	2021/12/16	10:53:28.044	230	10:53:28.274	26	10:53:28.300	84	10:53:28.384	19	10:53:28.403	359
12	2021/12/16	10:54:38.045	153	10:54:38.198	41	10:54:38.239	91	10:54:38.330	19	10:54:38.349	304
13	2021/12/16	11:05:48.313	284	11:05:48.597	27	11:05:48.624	108	11:05:48.732	19	11:05:48.751	438
14	2021/12/16	11:06:56.314	119	11:06:56.433	35	11:06:56.468	57	11:06:56.525	19	11:06:56.544	230
15	2021/12/16	12:12:42.357	68	12:12:42.425	32	12:12:42.457	54	12:12:42.511	18	12:12:42.529	172
16	2021/12/16	12:13:02.357	95	12:13:02.452	35	12:13:02.487	103	12:13:02.590	19	12:13:02.609	252
17	2021/12/16	12:41:18.375	456	12:41:18.831	25	12:41:18.856	99	12:41:18.955	19	12:41:18.974	599
18	2021/12/16	12:41:38.375	89	12:41:38.464	34	12:41:38.498	69	12:41:38.567	19	12:41:38.586	211
19	2021/12/16	13:11:21.922	109	13:11:22.031	41	13:11:22.072	50	13:11:22.122	19	13:11:22.141	219
20	2021/12/16	14:03:19.785	176	14:03:19.961	36	14:03:19.997	111	14:03:20.108	18	14:03:20.126	341
21	2021/12/16	14:32:39.804	314	14:32:40.118	28	14:32:40.146	115	14:32:40.261	19	14:32:40.280	476
22	2021/12/16	14:33:37.805	233	14:33:38.038	33	14:33:38.071	41	14:33:38.112	18	14:33:38.130	325
23	2021/12/16	14:39:10.162	88	14:39:10.250	38	14:39:10.288	41	14:39:10.329	19	14:39:10.348	186
24	2021/12/16	14:39:16.162	114	14:39:16.276	26	14:39:16.302	89	14:39:16.391	19	14:39:16.410	248
25	2021/12/16	14:40:16.163	75	14:40:16.238	29	14:40:16.267	45	14:40:16.312	19	14:40:16.331	168
26	2021/12/16	15:07:01.826	209	15:07:02.035	38	15:07:02.073	75	15:07:02.148	17	15:07:02.165	339
27	2021/12/16	15:42:21.849	188	15:42:22.037	32	15:42:22.069	49	15:42:22.118	20	15:42:22.138	289
28	2021/12/17	09:23:49.991	207	09:23:50.198	35	09:23:50.233	84	09:23:50.317	19	09:23:50.336	345
29	2021/12/17	09:34:22.172	79	09:34:22.251	32	09:34:22.283	51	09:34:22.334	18	09:34:22.352	180
30	2021/12/17	10:06:38.191	105	10:06:38.296	36	10:06:38.332	48	10:06:38.380	19	10:06:38.399	208
31	2021/12/17	10:24:22.272	63	10:24:22.335	32	10:24:22.367	90	10:24:22.457	19	10:24:22.476	204
32	2021/12/17	10:24:32.272	80	10:24:32.352	29	10:24:32.381	89	10:24:32.470	18	10:24:32.488	216
33	2021/12/17	10:24:40.272	74	10:24:40.346	28	10:24:40.374	69	10:24:40.443	19	10:24:40.462	190
34	2021/12/17	10:40:38.213	173	10:40:38.386	28	10:40:38.414	104	10:40:38.518	19	10:40:38.537	324
35	2021/12/17	10:41:08.213	94	10:41:08.307	35	10:41:08.342	90	10:41:08.432	18	10:41:08.450	237
36	2021/12/17	10:52:36.021	67	10:52:36.088	30	10:52:36.118	101	10:52:36.219	18	10:52:36.237	216
37	2021/12/17	10:54:06.021	171	10:54:06.192	30	10:54:06.222	76	10:54:06.298	19	10:54:06.317	296
38	2021/12/17	11:17:06.237	95	11:17:06.332	41	11:17:06.373	57	11:17:06.430	18	11:17:06.448	211
39	2021/12/17	11:56:56.263	75	11:56:56.338	35	11:56:56.373	58	11:56:56.431	20	11:56:56.451	188
40	2021/12/17	11:57:02.263	88	11:57:02.351	31	11:57:02.382	114	11:57:02.496	19	11:57:02.515	252
41	2021/12/17	13:06:02.853	147	13:06:03.000	38	13:06:03.038	38	13:06:03.076	18	13:06:03.094	241
42	2021/12/17	13:06:12.853	227	13:06:13.080	29	13:06:13.109	75	13:06:13.184	18	13:06:13.202	349
43	2021/12/17	13:06:34.853	147	13:06:35.000	24	13:06:35.024	83	13:06:35.107	19	13:06:35.126	273
44	2021/12/17	13:13:28.150	123	13:13:28.273	40	13:13:28.313	60	13:13:28.373	19	13:13:28.392	242
45	2021/12/17	13:50:36.174	738	13:50:36.912	26	13:50:36.938	44	13:50:36.982	19	13:50:37.001	827
46	2021/12/17	13:51:40.175	106	13:51:40.281	41	13:51:40.322	130	13:51:40.452	18	13:51:40.470	295
47	2021/12/17	14:35:06.896	98	14:35:06.994	39	14:35:07.033	89	14:35:07.122	19	14:35:07.141	245
48	2021/12/17	14:40:34.207	150	14:40:34.357	24	14:40:34.381	63	14:40:34.444	18	14:40:34.462	255
49	2021/12/17	14:41:34.207	147	14:41:34.354	40	14:41:34.394	120	14:41:34.514	18	14:41:34.532	325
50	2021/12/17	15:20:30.233	61	15:20:30.294	34	15:20:30.328	53	15:20:30.381	18	15:20:30.399	166
51	2021/12/17	15:20:36.233	77	15:20:36.310	25	15:20:36.335	62	15:20:36.397	19	15:20:36.416	183
52	2021/12/17	15:21:38.233	93	15:21:38.326	41	15:21:38.367	55	15:21:38.422	19	15:21:38.441	208
53	2021/12/21	09:08:50.467	75	09:08:50.542	36	09:08:50.578	86	09:08:50.664	19	09:08:50.683	216
54	2021/12/21	09:23:06.176	182	09:23:06.358	30	09:23:06.388	55	09:23:06.443	18	09:23:06.461	285
55	2021/12/21	09:23:38.176	173	09:23:38.349	33	09:23:38.382	98	09:23:38.480	18	09:23:38.498	322
56	2021/12/21	09:33:32.158	121	09:33:32.279	27	09:33:32.306	132	09:33:32.438	19	09:33:32.457	299
57	2021/12/21	09:33:58.158	202	09:33:58.360	37	09:33:58.397	111	09:33:58.508	19	09:33:58.527	369
58	2021/12/21	10:09:07.816	138	10:09:07.954	30	10:09:07.984	112	10:09:08.096	18	10:09:08.114	298
59	2021/12/21	10:09:35.816	138	10:09:35.954	41	10:09:35.995	85	10:09:36.080	20	10:09:36.100	284
60	2021/12/21	10:21:00.500	98	10:21:00.598	36	10:21:00.634	96	10:21:00.730	20	10:21:00.750	250
61	2021/12/21	10:21:20.501	96	10:21:20.597	32	10:21:20.629	111	10:21:20.740	18	10:21:20.758	257
62	2021/12/21	10:22:12.501	252	10:22:12.753	30	10:22:12.783	106	10:22:12.889	20	10:22:12.909	408
63	2021/12/21	10:44:47.838	119	10:44:47.957	41	10:44:47.998	71	10:44:48.069	19	10:44:48.088	250
64	2021/12/21	10:44:55.838	442	10:44:56.280	29	10:44:56.309	56	10:44:56.365	19	10:44:56.384	546
65	2021/12/21	10:46:29.839	195	10:46:30.034	25	10:46:30.059	125	10:46:30.184	19	10:46:30.203	364
66	2021/12/21	10:52:44.205	78	10:52:44.283	26	10:52:44.309	49	10:52:44.358	18	10:52:44.376	171
67	2021/12/21	10:54:04.206	145	10:54:04.351	28	10:54:04.379	54	10:54:04.433	18	10:54:04.451	245
68	2021/12/21	11:25:25.864	736	11:25:26.600	24	11:25:26.624	66	11:25:26.690	17	11:25:26.707	843
69	2021/12/21	11:26:49.865	825	11:26:50.690	39	11:26:50.729	78	11:26:50.807	18	11:26:50.825	960
70	2021/12/21	13:06:34.776	213	13:06:34.989	41	13:06:35.030	22	13:06:35.052	19	13:06:35.071	295
71	2021/12/21	13:22:37.155	718	13:22:37.873	25	13:22:37.898	58	13:22:37.956	18	13:22:37.974	819
72	2021/12/21	13:23:13.156	233	13:23:13.389	37	13:23:13.426	51	13:23:13.477	18	13:23:13.495	339
73	2021/12/21	13:58:25.178	217	13:58:25.395	35	13:58:25.430	131	13:58:25.561	18	13:58:25.579	401
74	2021/12/21	14:34:22.818	172	14:34:22.990	41	14:34:23.031	91	14:34:23.122	19	14:34:23.141	323
75	2021/12/21	14:34:27.202	89	14:34:27.291	42	14:34:27.333	42	14:34:27.375	18	14:34:27.393	191
76	2021/12/21	15:08:49.224	175	15:08:49.399	35	15:08:49.434	50	15:08:49.484	18	15:08:49.502	278
77	2021/12/21	15:44:21.247	151	15:44:21.398	41	15:44:21.439	82	15:44:21.521	19	15:44:21.540	293
78	2021/12/21	16:00:28.860	213	16:00:29.073	38	16:00:29.111	76	16:00:29.187	19	16:00:29.206	346

集計	平均	190	平均	33	平均	78	平均	19	平均	320
	最大	825	最大	42	最大	134	最大	20	最大	960
	最小	61	最小	24	最小	22	最小	17	最小	166
	最大-最小	764	最大-最小	18	最大-最小	112	最大-最小	3	最大-最小	794

別紙5 交差点通過時間(簗上、材木町、安倍町)

		計測 日付	計測 回数	交差点通過時間（秒）																			路線旅行時間(上り) 簗上、材木町、安倍町横上げ		
				簗上				材木町				安倍町（上り）				安倍町（下り）				集計			平均値	最大値	最小値
				回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	回数	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値			
光 ビーコン 制御		11月29日	51	12	16.2	62.7	10.3	13	48.03	81.3	20.2	13	38	91.9	9.4	13	21.6	62.81	9.3	31.0	91.9	9.3	102.2	235.9	39.9
		11月30日	48	12	22.7	58.1	9.8	12	53.49	85.1	20.2	12	35.7	78.8	8.5	12	47.2	78.21	9.09	39.8	85.1	8.5	111.9	222.0	38.5
		12月1日	56	14	27	60.6	9.8	14	55.15	80.7	19	14	23	76.81	8.6	14	34.5	69.81	10.1	34.9	80.7	8.6	105.1	218.1	37.4
		12月2日	52	13	20.6	70.5	10	12	64.16	83.7	22.1	13	24.2	78.1	8.5	14	36.4	104.1	9.1	36.3	104.1	8.5	109.0	232.3	40.6
		12月3日	62	16	24.8	62.7	10	16	51.41	84.7	19.5	16	42.8	85	8.3	14	31.7	103.1	9.4	37.7	103.1	8.3	119.0	232.4	37.8
		1月18日	66	17	33.8	65.0	9.6	17	44.6	87.1	16.5	17	33.2	93.4	8.5	15	25.5	74.2	10.1	34.3	93.4	8.5	111.5	245.5	34.6
		1月19日	67	17	25.0	61.7	8.3	17	42.0	84.1	17.3	17	16.4	70.9	7.7	16	33.6	81.8	7.7	29.3	84.1	7.7	83.5	216.7	33.3
		1月20日	66	17	23.2	60.0	9.6	16	47.7	78.9	17.2	17	15.0	65.4	8.2	16	41.9	82.8	9.8	32.0	82.8	8.2	85.9	204.3	35.0
		1月21日	71	18	25.5	60.2	9.9	18	42.3	77.1	17.7	18	27.1	78.2	8.6	17	33.4	80.7	10.2	32.1	80.7	8.6	94.9	215.5	36.2
		集計	539	136	24.3	70.5	8.3	135	49.9	87.1	16.5	137	28.4	93.4	7.7	131	34.0	104.1	7.7	34.1	104.1	7.7	102.6	245.5	33.3
GNSS 制御		12月15日	67	17	23.3	62.8	8.8	17	44.1	81.2	22.2	17	35.1	87.4	9.7	16	20.0	77.7	11.0	30.6	87.4	8.8	102.5	231.4	40.7
		12月16日	70	18	23.6	58.4	9.9	18	34.4	75.8	18.1	18	18.0	71.7	9.1	16	36.0	76.0	9.5	28.0	76.0	9.1	76.0	205.9	37.1
		12月17日	65	17	18.7	61.7	10.8	17	16.0	77.6	18.8	17	27.6	80.4	9.5	14	34.0	83.2	10.8	24.1	83.2	9.5	62.3	219.7	39.1
		12月20日	56	14	14.1	47.4	9.0	14	50.9	83.5	18.3	14	35.3	83.7	9.3	14	43.0	84.0	10.4	35.8	84.0	9.0	100.3	214.6	36.6
		12月21日	66	17	25.3	59.4	10.7	17	45.8	77.6	18.9	17	26.2	78.0	9.2	15	34.0	80.0	9.9	32.8	80.0	9.2	97.3	215.0	38.8
		1月11日	65	17	26.5	60.2	10.1	17	41.1	82.9	18.2	16	30.2	73.9	9.2	15	38.3	80.7	11.1	34.0	82.9	9.2	97.8	217.0	37.5
		1月12日	67	17	32.4	63.3	9.9	17	54.5	87.8	17.5	17	29.7	83.9	9.1	16	27.5	72.0	10.5	36.0	87.8	9.1	116.7	235.0	36.5
		1月13日	70	18	18.0	62.6	9.2	18	49.5	84.7	16.9	18	29.2	87.4	8.3	16	43.0	74.6	9.7	34.9	87.4	8.3	96.7	234.7	34.4
		1月14日	66	17	33.3	62.2	10.1	17	40.4	79.0	18.0	16	26.8	75.5	8.0	16	26.4	84.4	10.5	31.7	84.4	8.0	100.4	216.7	36.1
		集計	592	152	23.9	63.3	8.8	152	41.9	87.8	16.9	150	28.7	87.4	8.0	138	33.6	84.4	9.5	32.0	87.8	8.0	94.4	235.0	34.4
比較結果	秒	—	—	—	-0.4	-7.2	0.5	—	-8.0	0.7	0.4	—	0.3	-6.0	0.3	—	-0.4	-19.7	1.8	-2.1	-16.3	0.3	-8.1	-10.5	1.1
	%	—	—	—	-1.7	-11.4	5.7	—	-19.1	0.8	2.4	—	1.0	-6.9	3.8	—	-1.2	-23.4	18.9	-6.7	-18.6	3.8	-8.6	-4.5	3.2

別紙6 交差点通過時間(中町)

		計測 日付	計測 回数	制御 実施 回数	制御 実施 率	交差点通過時間（秒）		
						中町		
						平均値	最大値	最小値
制御 なし		11月29日	13	—	—	47.3	104.6	18.3
		11月30日	12	—	—	70.8	106.3	19
		12月1日	14	—	—	53.4	105.4	19
		12月2日	13	—	—	35.5	70.9	18.3
		12月3日	16	—	—	39.8	107.8	17.1
		1月18日	17	—	—	50.9	96.3	17.7
		1月19日	17	—	—	57.3	115.3	21.6
		1月20日	17	—	—	41.3	110.2	16.0
		1月21日	18	—	—	41.6	101.4	15.8
		集計	137	—	—	48.7	115.3	15.8
GNSS 制御		12月15日	17	0	—	59.3	117.8	17.3
		12月16日	17	1	5.9%	56.4	105.8	18.0
		12月17日	17	1	5.9%	55.7	120.3	15.9
		12月20日	14	2	14.3%	41.6	92.9	18.5
		12月21日	16	0	—	52.1	118.2	18.0
		1月11日	17	3	17.6%	40.4	86.6	16.6
		1月12日	17	3	17.6%	64.3	125.1	16.7
		1月13日	17	2	11.8%	44.9	110.2	16.0
		1月14日	18	1	5.6%	57.8	117.7	18.5
		集計	150	13	8.7%	52.5	125.1	15.9
比較結果	秒	—	—	—	—	3.8	9.8	0.1
	%	—	—	—	—	7.3	7.8	0.6

別紙7 停止線通過時刻差異及びFAST制御実施状況

		計測回数	停止線通過時刻差異(秒)			FAST制御実施状況							
			平均値	最大値	最小値	実施回数	制御 実施率	青延長 回数	青延長 秒数	平均 経過秒数	赤短縮 回数	赤短縮 秒数	青時間内 通過回数
光 ビーコン 制御	11月27日	26	4.4	19	0.2	4	15.4%	3	23	9	1	2	19
	11月28日	30	7.4	33.9	0.1	7	23.3%	6	52	8	1	4	15
	11月29日	20	7.9	46.3	0.0	4	20.0%	3	8	3	1	2	11
	11月30日	14	5.3	44.8	0.1	3	21.4%	3	22	5	0	0	12
	12月1日	20	8.6	34.5	0.3	5	25.0%	4	20	6.5	1	5	10
	12月2日	8	8.3	40	0.3	0	—	0	0	-	0	0	4
	12月3日	23	9.6	33.7	0.2	9	39.1%	7	41	3.5	2	8	8
	1月17日	5	3.3	6.7	2.0	0	—	0	0	-	0	0	0
	1月18日	11	13.2	36.2	0.1	1	9.1%	1	3	1.0	2	0	0
	1月19日	10	10.6	30.9	0.2	4	40.0%	3	23	2.0	4	3	62
	1月20日	10	4.7	13.2	0.3	2	20.0%	2	11	5.0	0	0	5
	1月21日	3	1.6	2.8	0.6	3	100.0%	3	29	7.3	0	0	3
	集計	180	7.1	46.3	0.0	42	23.3%	35	232	5.0	12	24	149
GNSS制御	12月15日	15	12.9	66.5	1.2	3	20.0%	3	15	2.5	0	0	11
	12月16日	25	9.3	25.7	0.3	11	44.0%	9	110	3	2	9	16
	12月17日	10	10.7	31.3	2.1	0	—	0	0	—	0	0	7
	12月18日	20	13.3	45.7	0.2	5	25.0%	5	47	3	0	0	11
	12月19日	21	8.3	43.5	0.1	3	14.3%	2	12	5	1	11	14
	12月20日	18	10.2	25.2	0.2	8	44.4%	7	57	3.5	1	6	11
	12月21日	0	26.6	36.9	10.5	0	—	0	0	—	0	0	1
	1月10日	11	20.2	36.1	0.1	2	18.2%	1	2	—	2	15	8
	1月11日	10	12.2	21.2	0.8	2	20.0%	1	2	2	1	7	3
	1月12日	10	13.2	18.4	0.2	1	10.0%	1	6	—	0	0	5
	1月13日	21	19.9	34.6	0.7	5	23.8%	4	25	1	1	2	18
	1月14日	4	15.8	24.6	1.4	0	—	0	0	—	0	0	3
	集計	165	14.4	66.5	0.1	40	24.2%	33	276	2.9	8	50	108
比較結果		—	7.3	20.2	0.0	—	0.9	—	—	-2.1	—	—	—

別紙8 走行速度 全9交差点

	計測 日付	計測回数	走行速度 (Km/h)																													
			護国神社入口			護国神社南			柚木			伊河麻神社西			伊河麻神社北			相川公園南			相川公園北			黒金町西			常盤町2丁目			集計		
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
光 ビーコン 制御	11月27日	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11月28日	30	70.4	70.4	70.4	67.6	67.6	67.6	46.7	46.7	46.7	35.3	35.3	35.3	32.2	43.7	24.2	40.9	54.6	27.8	38.1	65.6	7.3	43.6	57.5	30.4	11.4	14.3	8.7	42.9	70.4	7.3
	11月29日	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11月30日	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月1日	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月2日	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月3日	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月17日	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月18日	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月19日	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月20日	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月21日	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	集計	180	70.4	70.4	70.4	67.6	67.6	67.6	37.7	46.7	25.8	34.0	42.2	28.3	33.1	48.0	20.3	42.7	58.3	16.4	44.0	65.6	7.3	43.2	61.9	23.4	25.5	47.3	8.7	38.5	70.4	7.3
GNSS制御	12月15日	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月16日	25	42.7	53.8	38.1	43.3	59.6	31.7	56.3	62.9	49.3	-	-	-	29.1	34.2	24.0	49.1	54.9	43.2	45.4	47.4	43.4	39.6	46.4	32.8	26.0	27.1	24.8	41.4	62.9	24.0
	12月17日	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月18日	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月19日	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12月20日	18	62.3	68.0	56.7	51.7	55.4	47.9	35.8	40.7	30.8	-	-	-	30.7	37.3	21.1	36.1	56.0	20.9	41.8	57.9	25.7	38.8	49.9	27.6	23.6	28.9	18.2	40.1	68.0	18.2
	12月21日	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月10日	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月11日	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月12日	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月13日	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1月14日	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	集計	165	52.5	68.0	38.1	47.5	59.6	31.7	46.0	62.9	30.8	26.8	29.8	24.2	31.2	39.7	20.1	36.5	61.5	12.5	41.6	57.9	16.0	39.3	54.8	10.6	28.1	39.3	18.0	35.8	68.0	10.6
比較結果			-17.9	-2.4	-32.3	-20.1	-8.0	-35.9	8.3	16.2	5.0	-7.1	-12.4	-4.1	-1.9	-8.3	-0.2	-6.2	3.2	-3.9	-2.4	-7.7	8.8	-3.9	-7.1	-12.8	2.6	-8.0	9.2	-2.7	-2.4	3.3

別紙9 交差点通過時間 全9交差点

	計測 日付	計測回数	交差点通過時間（秒）																														
			護国神社入口			護国神社南			柚木			伊河麻神社西			伊河麻神社北			相川公園南			相川公園北			黒金町西			常盤町2丁目			集計			
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	
光 ビーコン 制御	11月27日	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.3	26.3	26.3	20.7	23.9	16.9	10.4	13.7	7.6	9.4	10.5	7.9	8.1	10.5	6.1	25.0	26.7	22.9	16.6	26.7	6.1	
	11月28日	30	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	17.1	17.1	17.1	21.4	21.4	21.4	20.1	25.4	14.1	11.5	15.7	8.0	18.3	57.3	6.4	8.1	11.0	5.8	21.0	26.9	16.4	16.2	57.3	5.8	
	11月29日	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.9	17.9	17.9	17.7	19.0	15.3	9.3	10.9	8.4	11.1	14.2	8.0	8.9	13.5	6.8	26.0	28.6	23.0	15.2	28.6	6.8	
	11月30日	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.5	20.9	17.4	11.4	12.4	10.4	8.5	8.7	8.3	7.1	7.8	6.4	21.8	26.9	13.3	13.7	26.9	6.4	
	12月1日	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.7	26.7	26.7	20.2	27.7	17.3	12.7	16.1	8.1	11.6	16.9	7.4	8.5	12.8	6.5	25.5	32.3	22.8	17.5	32.3	6.5	
	12月2日	8	—	—	—	—	—	—	23.6	25.4	21.7	—	—	—	15.6	15.6	15.6	7.5	7.5	7.5	6.9	6.9	6.9	5.9	5.9	5.9	19.3	23.2	15.4	13.1	25.4	5.9	
	12月3日	23	—	—	—	—	—	—	25.7	30.9	20.5	18.5	18.5	18.5	20.9	30.3	13.0	15.9	26.6	10.2	14.1	18.1	7.3	10.2	14.3	5.4	25.0	32.3	18.5	18.6	32.3	5.4	
	1月17日	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21.2	21.2	21.2	10.4	10.4	10.4	9.2	9.2	9.2	8.0	8.0	8.0	25.7	25.7	25.7	14.9	25.7	8.0	
	1月18日	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26.5	26.5	26.5	20.0	20.2	19.8	9.2	9.2	9.1	9.0	9.0	8.9	7.9	8.1	7.6	26.2	26.5	25.9	16.4	26.5	7.6	
	1月19日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.6	21.6	17.5	9.7	10.7	8.7	9.7	11.0	8.3	10.9	14.3	7.4	31.9	38.2	25.5	16.3	38.2	7.4	
	1月20日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24.6	25.4	23.8	15.2	16.7	13.6	10.8	12.6	8.9	7.4	7.8	6.9	19.9	22.9	16.8	15.5	25.4	6.9	
	1月21日	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.1	9.1	9.1	8.3	8.3	8.3	7.5	7.5	7.5	—	—	—	—	8.3	9.1	7.5
	集計	180	14.0	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	22.1	30.9	17.1	22.9	26.7	17.9	20.0	30.3	13.0	11.0	26.6	7.5	10.6	57.3	6.4	8.2	14.3	5.4	24.3	38.2	13.3	15.2	57.3	5.4	
GNSS制御	12月15日	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.6	15.7	15.5	8.4	10.5	7.1	7.8	8.3	7.3	9.3	12.5	6.2	25.6	29.8	22.0	13.3	29.8	6.2	
	12月16日	25	23.5	25.9	18.3	23.3	30.1	16.0	8.6	16.2	12.7	—	—	—	21.8	25.7	18.0	9.0	10.1	8.0	9.2	9.6	8.8	8.7	10.2	7.2	24.3	25.4	23.2	16.1	30.1	7.2	
	12月17日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25.6	26.2	25.0	23.8	34.9	12.8	17.5	26.0	8.9	11.3	14.8	7.7	22.0	24.2	19.7	20.0	34.9	7.7	
	12月18日	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.4	22.4	16.6	13.3	15.2	10.9	14.5	18.9	10.2	10.3	11.6	8.5	19.6	22.4	16.0	15.4	22.4	8.5	
	12月19日	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31.2	31.2	31.2	21.7	24.9	18.0	14.2	19.0	9.9	12.6	24.6	8.0	7.9	12.4	6.2	29.6	35.0	22.4	19.5	35.0	6.2	
	12月20日	18	16.0	17.4	14.5	18.6	19.9	17.2	22.8	25.9	19.6	—	—	—	21.3	29.2	16.5	14.2	20.9	7.8	11.7	16.2	7.2	9.4	12.1	6.7	28.1	34.5	21.8	17.8	34.5	6.7	
	12月21日	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1月10日	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28.5	28.5	28.5	24.5	30.6	18.4	12.5	16.7	8.2	8.7	9.8	7.5	7.0	7.8	6.2	19.9	20.9	19.0	16.9	30.6	6.2	
	1月11日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18.9	18.9	18.9	12.7	13.9	11.6	10.3	12.1	8.4	7.5	8.4	6.6	21.6	21.7	21.5	14.2	21.7	6.6	
	1月12日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.6	26.3	20.8	15.6	15.6	15.5	10.5	12.5	8.4	7.0	7.2	6.7	20.0	20.3	19.6	15.3	26.3	6.7	
	1月13日	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25.3	25.3	25.3	16.8	17.7	16.1	8.5	9.0	7.8	8.0	8.5	7.4	6.7	7.2	6.1	22.3	32.7	15.3	14.6	32.7	6.1	
	1月14日	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.0	17.0	17.0	8.9	8.9	8.9	14.6	14.6	14.6	—	—	—	—	—	—	—	13.5	17.0	8.9
	集計	165	19.7	25.9	14.5	20.9	30.1	16.0	15.7	25.9	12.7	28.3	31.2	25.3	20.6	30.6	15.5	12.8	34.9	7.1	11.4	26.0	7.2	8.5	14.8	6.1	23.3	35.0	15.3	16.1	35.0	6.1	
比較結果			5.7	11.9	0.5	6.8	16.0	1.9	-6.4	-5.0	-4.4	5.5	4.5	7.4	0.6	0.3	2.5	1.8	8.3	-0.4	0.8	-31.3	0.8	0.3	0.5	0.7	-1.0	-3.2	2.0	0.9	-22.3	0.7	

別紙10 走行速度 中町・江川町

	計測 日付	計測回数	制御 実施回数	走行速度 (Km/h)								
				中町			江川町			集計		
				平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
制御 なし	11月27日	2	—	-	-	-	30.4	30.5	30.3	30.4	30.5	30.3
	11月28日	4	—	36.8	36.8	36.8	22.4	24.6	20.3	29.6	36.8	20.3
	11月29日	2	—	25.1	25.1	25.1	37.3	37.3	37.3	31.2	37.3	25.1
	11月30日	1	—	26.7	26.7	26.7	-	-	-	26.7	26.7	26.7
	12月1日	5	—	22.0	27.0	17.0	30.7	41.0	24.5	26.4	41.0	17.0
	12月2日	4	—	30.2	36.0	26.3	42.0	42.0	42.0	36.1	42.0	26.3
	12月3日	3	—	-	-	-	29.5	36.2	20.7	29.5	36.2	20.7
	1月17日	—	—	-	-	-	-	-	-	—	—	—
	1月18日	3	—	-	-	-	16.8	22.1	12.5	16.8	22.1	12.5
	1月19日	1	—	-	-	-	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	1月20日	1	—	21.7	21.7	21.7	-	-	-	21.7	21.7	21.7
	1月21日	1	—	-	-	-	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1	40.1
	集計	27	—	27.1	36.8	17.0	28.9	42.0	10.6	27.2	42.0	10.6
GNSS制御	12月15日	4	—	-	-	-	22.8	28.2	19.6	22.8	28.2	19.6
	12月16日	6	1	30.5	30.5	30.5	27.9	44.5	16.3	29.2	44.5	16.3
	12月17日	1	—	-	-	-	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2
	12月18日	8	—	25.0	35.5	14.1	24.0	46.7	4.7	24.5	46.7	4.7
	12月19日	4	1	30.4	34.7	26.1	28.7	41.0	16.5	29.6	41.0	16.5
	12月20日	5	—	28.9	28.9	28.9	29.6	42.9	21.3	29.2	42.9	21.3
	12月21日	8	—	29.3	40.7	22.3	22.3	22.9	21.8	25.8	40.7	21.8
	1月10日	1	—	-	-	-	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
	1月11日	5	1	25.5	25.5	25.5	26.9	34.2	22.0	26.2	34.2	22.0
	1月12日	2	—	23.8	23.8	23.8	3.8	3.8	3.8	13.8	23.8	3.8
	1月13日	2	—	22.7	22.7	22.7	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.7
	1月14日	1	—	-	-	-	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7
	集計	47	3	27.0	40.7	14.1	23.9	46.7	3.8	25.1	46.7	3.8
比較結果		—	—	-0.1	3.8	-3.0	-5.0	4.8	-6.8	-2.1	4.8	-6.8

別紙11 交差点通過時間 2交差点（中町、江川町）

	計測 日付	計測回数	制御 実施回数	交差点通過時間（秒）								
				中町			江川町			集計		
				平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
制御 なし	11月27日	2	—	—	—	—	12.2	12.2	12.1	12.2	12.2	12.1
	11月28日	4	—	18.2	18.2	18.2	17.0	18.2	15.0	17.6	18.2	15.0
	11月29日	2	—	26.7	26.7	26.7	9.9	9.9	9.9	18.3	26.7	9.9
	11月30日	1	—	25.1	25.1	25.1	—	—	—	25.1	25.1	25.1
	12月1日	5	—	32.0	39.4	24.8	13.0	15.1	9.0	22.5	39.4	9.0
	12月2日	4	—	23.0	25.5	18.6	23.6	25.5	18.7	23.3	25.5	18.6
	12月3日	3	—	—	—	—	13.0	17.8	10.2	13.0	17.8	10.2
	1月17日	—	—	—	—	—	-	-	-	—	—	—
	1月18日	3	—	—	—	—	16.8	22.1	12.5	16.8	22.1	12.5
	1月19日	1	—	—	—	—	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	1月20日	1	—	30.9	30.9	30.9	-	-	-	30.9	30.9	30.9
	1月21日	1	—	-	-	-	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
	集計	27	—	26.0	39.4	18.2	13.9	25.5	9.0	18.1	39.4	9.0
GNSS制御	12月15日	4	—	—	—	—	16.0	18.8	13.1	16.0	18.8	13.1
	12月16日	6	1	21.9	21.9	21.9	15.0	22.7	8.3	18.4	22.7	8.3
	12月17日	1	—	—	—	—	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
	12月18日	8	—	31.0	47.7	18.9	15.0	22.7	7.9	23.0	47.7	7.9
	12月19日	4	1	22.5	25.7	19.3	15.7	22.4	9.0	19.1	25.7	9.0
	12月20日	5	—	23.2	23.2	23.2	13.5	17.3	8.6	18.4	23.2	8.6
	12月21日	8	—	23.9	30.1	16.5	16.5	16.9	16.1	20.2	30.1	16.1
	1月10日	1	—	-	-	-	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
	1月11日	5	1	26.3	26.3	26.3	14.1	16.8	10.8	20.2	26.3	10.8
	1月12日	2	—	28.2	28.2	28.2	14.4	14.4	14.4	21.3	28.2	14.4
	1月13日	2	—	29.5	29.5	29.5	16.1	16.1	16.1	22.8	29.5	16.1
	1月14日	1	—	-	-	-	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
	集計	47	3	25.8	47.7	16.5	15.5	23.4	7.9	19.1	47.7	7.9
比較結果				-0.2	8.3	-1.7	1.6	-2.1	-1.1	1.0	8.3	-1.1

別紙12 静岡GNSS 通信時間・処理時間 計測結果（FAST）

【計測位置】

- ㊦ GNSS 車載器機が位置情報等を送信した時刻（電文内のタイムスタンプ）
- ㊧ 運行監視装置に接続した LAN アナライザデータで位置情報等を受信した時刻
- ㊨ 運行監視装置(サーバ)が位置情報等処理した時刻(サーバのログ)
- ㊩ 端末対応装置に接続した LAN アナライザデータで信号機に対して制御(感知中継指令)を送信した時刻
- ㊪ 端末対応装置に接続した LAN アナライザデータで制御(感知中継指令)に対し、信号機からの Acceptを受信した時刻

No	日付	㊦車載器 送信時刻	区間 (㊧-㊦) [msec]	㊧LTEルータ 受信時刻	区間 (㊨-㊧) [msec]	㊨運行監視装置 処理時刻	区間 (㊩-㊨) [msec]	㊩FAST信号 指令送信時刻 (Publication)	区間 (㊪-㊩) [msec]	㊪FAST信号 指令受信時刻 (Accept)	区間 (㊫-㊪) [msec]
1	2021/12/15	22:16:08.152	141	22:16:08.293	40	22:16:08.333	31016	22:16:39.349	18ms	22:16:39.367	1215
2	2021/12/16	11:34:32.176	104	11:34:32.280	36	11:34:32.316	30965	11:35:03.281	18ms	11:35:03.299	1123
3	2021/12/18	02:42:48.155	126	02:42:48.281	33	02:42:48.314	30646	02:43:18.960	18ms	02:43:18.978	823
4	2021/12/18	12:54:58.144	213	12:54:58.357	23	12:54:58.380	30476	12:55:28.856	18ms	12:55:28.874	730
5	2021/12/18	15:38:49.652	215	15:38:49.867	40	15:38:49.907	30911	15:39:20.818	17ms	15:39:20.835	1183
6	2021/12/19	03:55:36.145	143	03:55:36.288	41	03:55:36.329	30421	03:56:06.750	18ms	03:56:06.768	623
7	2021/12/19	22:02:10.153	218	22:02:10.371	29	22:02:10.400	30160	22:02:40.560	17ms	22:02:40.577	424
8	2021/12/20	20:32:38.149	219	20:32:38.368	31	20:32:38.399	30980	20:33:09.379	19ms	20:33:09.398	1249
9	2021/12/21	03:20:28.163	279	03:20:28.442	38	03:20:28.480	30893	03:20:59.373	19ms	03:20:59.392	1229
10	2021/12/21	05:26:50.134	218	05:26:50.352	40	05:26:50.392	30938	05:27:21.330	19ms	05:27:21.349	1215
11	2021/12/21	07:08:49.986	209	07:08:50.195	41	07:08:50.236	31072	07:09:21.308	18ms	07:09:21.326	1340
12	2021/12/21	07:39:54.163	192	07:39:54.355	38	07:39:54.393	30912	07:40:25.305	18ms	07:40:25.323	1160
13	2021/12/21	16:12:54.167	202	16:12:54.369	27	16:12:54.396	30920	16:13:25.316	19ms	16:13:25.335	1168
14	2021/12/16	01:40:40.161	110	01:40:40.271	40	01:40:40.311	7985	01:40:48.296	1ms	01:40:48.297	1136
15	2021/12/16	16:57:44.229	72	16:57:44.301	25	16:57:44.326	7896	16:57:52.222	1ms	16:57:52.223	994
16	2021/12/16	18:11:14.152	67	18:11:14.219	41	18:11:14.260	7936	18:11:22.196	2ms	18:11:22.198	1046
17	2021/12/16	19:23:42.191	177	19:23:42.368	40	19:23:42.408	7778	19:23:50.186	2ms	19:23:50.188	997
18	2021/12/16	19:52:31.147	181	19:52:31.328	40	19:52:31.368	7800	19:52:39.168	1ms	19:52:39.169	1022
19	2021/12/16	22:51:54.159	83	22:51:54.242	42	22:51:54.284	7880	22:52:02.164	1ms	22:52:02.165	1006
20	2021/12/17	22:21:10.143	235	22:21:10.378	23	22:21:10.401	7609	22:21:18.010	1ms	22:21:18.011	868
21	2021/12/18	05:24:01.363	182	05:24:01.545	40	05:24:01.585	7391	05:24:08.976	1ms	05:24:08.977	614
22	2021/12/18	11:20:12.136	155	11:20:12.291	28	11:20:12.319	7558	11:20:19.877	1ms	11:20:19.878	742
23	2021/12/18	13:08:16.150	140	13:08:16.290	21	13:08:16.311	7567	13:08:23.878	1ms	13:08:23.879	729
24	2021/12/18	20:08:14.250	146	20:08:14.396	29	20:08:14.425	7432	20:08:21.857	2ms	20:08:21.859	609
25	2021/12/18	22:34:00.146	157	22:34:00.303	20	22:34:00.323	7504	22:34:07.827	2ms	22:34:07.829	683
26	2021/12/19	07:56:49.965	97	07:56:50.062	42	07:56:50.104	7610	07:56:57.714	1ms	07:56:57.715	750
27	2021/12/19	12:15:20.034	96	12:15:20.130	40	12:15:20.170	7471	12:15:27.641	1ms	12:15:27.642	608
28	2021/12/19	14:50:09.473	88	14:50:09.561	41	14:50:09.602	8017	14:50:17.619	2ms	14:50:17.621	1148
29	2021/12/20	04:12:46.030	166	04:12:46.196	47	04:12:46.243	7252	04:12:53.495	1ms	04:12:53.496	466
30	2021/12/20	04:51:02.156	200	04:51:02.356	40	04:51:02.396	7149	04:51:09.545	1ms	04:51:09.546	390
31	2021/12/20	07:10:53.895	142	07:10:54.037	40	07:10:54.077	7417	07:11:01.494	2ms	07:11:01.496	601
32	2021/12/20	19:21:34.164	299	19:21:34.463	48	19:21:34.511	7943	19:21:42.454	1ms	19:21:42.455	1291
33	2021/12/21	06:47:34.140	91	06:47:34.231	40	06:47:34.271	8049	06:47:42.320	2ms	06:47:42.322	1182
34	2021/12/21	08:27:58.155	100	08:27:58.255	43	08:27:58.298	8016	08:28:06.314	2ms	08:28:06.316	1161
35	2021/12/21	12:17:14.134	80	12:17:14.214	21	12:17:14.235	8000	12:17:22.235	1ms	12:17:22.236	1102

	平均	158	平均	36	平均	16273	平均	8ms	平均	932
	中央値	155	中央値	40	中央値	7985	中央値	2ms	中央値	1006
	最大	299	最大	48	最大	31072	最大	19ms	最大	1340
	最小	67	最小	20	最小	7149	最小	1ms	最小	390
	最大-最小	232	最大-最小	28	最大-最小	23923	最大-最小	18ms	最大-最小	950

平均	30793
中央値	30912
最大	31072
最小	30160
最大-最小	912
平均	7694
中央値	7694
最大	8049
最小	7149
最大-最小	900