

「次世代公共交通システムの開発に向けた
基本設計」報告書

平成 28 年 3 月

一般社団法人 UTMS 協会

目 次

1. はじめに	1
1.1 目的	1
1.2 位置づけ	1
1.3 全体計画	1
1.4 調査研究の方法	2
1.4.1 調査研究体制	2
1.4.2 基本設計実施概要	2
1.4.3 実施スケジュール	4
2. ニーズ・課題の詳細調査	5
2.1 A R TにおけるP T P S高度化ニーズの把握	5
2.1.1 A R T概要	5
2.1.2 P T P Sへのニーズ	5
2.1.3 車載機開発計画	5
2.2 オリンピック時のP T P S高度化ニーズの把握	6
2.2.1 B R Tの整備	6
2.2.2 P T P Sへのニーズ	6
2.3 バス事業者ニーズの把握	7
2.3.1 ヒアリング実施概要	7
2.3.2 ヒアリング結果	8
2.4 P T P Sシステム課題調査	9
2.4.1 高密度運行時の想定課題	9
2.4.2 課題調査方法	10
2.4.3 熊本県P T P S調査結果	11
2.4.4 東京都P T P S調査結果	20
3. 高度化案詳細検討と機能の選択	26
3.1 高度化案詳細検討	26
3.1.1 700MHz帯路車無線通信を活用したP T P S高度化案	26
3.1.2 信号情報提供によるP T P S高度化	33
3.1.3 隊列走行P T P S	40
3.1.4 走行経路別のバス優先制御	51
3.1.5 P T P S効果確認システム	53
3.1.6 交差点連動によるバス優先制御	57
3.1.7 現示スキップによるバス優先制御	60
3.2 高度化方針	65
3.2.1 要件と要件の優先づけ	65
3.2.2 高度化P T P S導入方針	66

3.3 実現すべき機能の選択	68
4. システム基本設計	69
4.1 システム機能	69
4.1.1 バス優先制御	70
4.1.2 信号交差点走行支援	70
4.1.3 P T P S 効果確認	73
4.3 装置仕様	77
4.3.1 I T S 路側機	77
4.3.2 中央装置	77
4.3.3 信号制御機	78
4.3.4 車載機	78
4.4 インタフェース規格	79
4.4.1 インタフェース概要	79
4.4.2 通信シーケンス	80
5. シミュレーション評価仕様	81
5.1 シミュレーション評価実験の目的	81
5.2 評価対象機能	81
5.3 シミュレーション条件	81
5.3.1 道路ネットワーク条件	81
5.3.2 交通条件	82
5.3.3 制御条件	83
5.3.4 路側装置配置イメージ	84
5.4 評価方法	85
5.4.1 評価ケース	85
5.4.2 評価項目	87
5.5 評価スケジュール案	88

1. はじめに

1.1 目的

2020年には、東京オリンピック・パラリンピックが、その前年にはプレオリンピック・パラリンピックが予定されている。大会開催期間中、会場周辺においては、道路交通の混雑が予想されるため、会場周辺における交通の安全と円滑を確保するためには、公共交通を活用したスマートな交通の実現が必要となってくる。

一方、地方においては、人口減による交通需要の減少から公共交通の廃止が相次いでいるが、超高齢化社会を迎えた我が国では、高齢者の移動手段としての公共交通の活用の在り方についても検討していく必要がある。

公共交通の活用に係る先進的な取り組みについては、東京オリンピック・パラリンピック開催後も、お台場臨海都市において活用されるとともに、それらがベストプラクティスとして地方都市等へ普及していくことが期待されている。

これらを踏まえ、利便性と経済合理性を兼ね備えた、次世代公共交通システムの開発にむけた基本設計を行う。

1.2 位置づけ

本基本設計は、戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）自動走行システムにおいて実施するものである。

1.3 全体計画

次世代公共交通システム開発の全体計画を図 1.3-1 に示す。本年度は、平成 26 年度に実施された調査研究の成果に基づき、基本設計を実施する。平成 28 年度からの 3 ケ年では、本基本設計に基づき実証試験モデルが構築され実証試験が行われる予定である。

平成 26 年度（実施済）	平成 27 年度	平成 28～30 年度（予定）
<p>次世代公共道路交通システムの開発に向けた基本設計に係る調査研究</p> <ul style="list-style-type: none">・公共道路交通の現状調査・PTPSの現状調査（国内、海外）・現状調査結果の分析・対策案の作成	<p>次世代公共交通システムの開発に向けた基本設計</p> <ul style="list-style-type: none">・公共交通に関するニーズ・課題の詳細調査・高度化案に対する実現可能性及び導入効果の検討・実現すべき機能の選択・システム基本設計書作成・シミュレーション評価仕様作成	<p>次世代公共交通システムの開発に向けたモデル実証</p> <ul style="list-style-type: none">・シミュレーション評価実験実施・実証試験モデル構築・実証試験仕様書作成・実証試験実施

図 1.3-1 次世代公共交通システム開発の全体計画

1.4 調査研究の方法

1.4.1 調査研究体制

一般社団法人UTMS協会は、高度情報通信技術を活用した新交通管理システム（UTMS:Universal Traffic Management Systems）に関する調査、研究及び開発により、道路交通のインテリジェント化を推進するとともに、UTMSに関する国内外における標準化を推進することにより、UTMSに関する事業の発展を図り、もって道路交通の安全と円滑の確保及び道路交通と環境の調和を図り、公共の福祉の増進に寄与することを目的としている。

当協会は、研究開発委員会の下、それぞれの作業部会において、開発・研究、実証実験を行っている。現在、40都道府県で運用されている公共車両優先システム（PTPS:Public Transportation Priority Systems）は、公共車両優先システム作業部会により開発されたものである。

当協会において本開発を実施するにあたり、平成26年度に高度交通管制システム分科会内に新たにPTPS高度化検討作業部会を設置した。

1.4.2 基本設計実施概要

本年度の基本設計の実施概要を表1.4.2-1に示す。

表 1.4.2-1 基本設計実施概要

実施項目	概要
1 ニーズ・課題の詳細調査	昨年度の現状調査結果を踏まえ、公共交通に関するニーズ・課題の詳細調査を行う。
(1) ARTにおけるPTPS高度化ニーズの把握	ARTにおけるPTPS高度化ニーズを報告書及びヒアリング等により把握する。
(2) オリンピック時のPTPS高度化ニーズの把握	オリンピック開催時の東京都、警視庁のPTPS高度化ニーズをヒアリング等により把握する。
(3) バス事業者ニーズの把握	現在PTPSを行っているバス事業者のPTPSに対するニーズをヒアリング等により把握する。
(4) PTPSシステム課題調査	PTPSにおける高密度運行時のシステム課題を実際に運用されているシステムを調査し抽出する。
2 高度化案詳細検討と機能の選択	各高度化案に対する実現性及び導入効果を比較検討し、機能を絞り込む。
(1) 高度化案詳細検討	昨年度検討した高度化案に、新たに確認したニーズに対する解決策を追加する。高度化案を比較検討できるように実現性や導入効果等について詳細検討を行う。
(2) 高度化方針	機能の絞り込みを行うため方針を決める。(ニーズの優先付け、機器整備方針等)
(3) 実現すべき機能の選択	複数検討した高度化案から実現すべき機能を選択する。
3 システム基本設計書作成	選択した機能をシステム基本設計書として、分かりやすく、かつ検討もれの無いように記述する。
(1) システム機能	システムが提供すべき機能を詳細化する。
(2) 装置仕様	装置毎の仕様を作成する。
(3) インタフェース規格	装置間のメッセージ仕様を作成する。
4 シミュレーション評価仕様作成	選択した機能の評価の効果を評価するためのシミュレーション評価仕様を作成する。来年度、シミュレーションにより設計内容が妥当であることを机上検証し、さらにより効果が出る条件の確認も行うことを前提とする。

1.4.3 実施スケジュール

本調査研究のスケジュールを図 1.4.3-1 に示す。月 1 回のペースで全体会合を行い、研究内容の検討レビューを行いながら実施した。

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ニーズ詳細調査	ヒアリング実施						
実現すべき機能の選択	高度化案の詳細検討	機能の選択					
システム基本設計			システム機能、装置仕様作成				
			インタフェース規格作成		規格調整		
シミュレーション評価仕様の作成				シミュレーション評価仕様作成			
全体会合		22日	16日	21日	19日	15日	7日

図 1.4.3-1 調査研究スケジュール

2. ニーズ・課題の詳細調査

2.1 ARTにおけるPTPS高度化ニーズの把握

2.1.1 ART概要

SIPでは、「すべての人に優しく、使いやすい移動手段を提供する」ことを基本理念とし、路面電車と比較して遜色のない輸送力と機能を有し、かつ、柔軟性を兼ね備えたバスをベースとした都市交通システム「BRT：Bus Rapid Transit」に対し、自動走行の技術を取り入れることで、市民にとってより魅力的な次世代都市交通システム「ART：Advanced Rapid Transit」の実現を目指している。

参照文献

[1]「<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/wg/kaikaku/dai5/siryou1.pdf>」

2.1.2 PTPSへのニーズ

ARTは公共車両を優先する信号制御システム（PTPS）と連携することで、速達性、定時運行性の向上を行うことを計画している。

参照文献

[1]「http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/jidousoukou_media/3kai/shiryo7-2.pdf」

2.1.3 車載機開発計画

ARTは、搭載した車載機が信号制御システムと無線通信により連携する。車載機は、内閣府から委託される「次世代都市交通システムの速達性・安全性・交通分担率の変革に係る調査」により開発が計画される。そのため、PTPS基本設計は、警察庁、内閣府及び委託業者と連携し、通信インターフェース規格を策定した。

2.2 オリンピック時のP T P S 高度化ニーズの把握

2.2.1 B R T の整備

東京都は、都心から勝どきを経由して臨海副都心に至る地域において、既存の交通不便地域を解消し、オリンピック・パラリンピックを契機に高まる交通需要に速やかに対応することに加え、オリンピック・パラリンピック後も地域の交通需要の変化に対応した運行を実現することを目指し、環状2号線を中心として、都心と臨海副都心とを結ぶB R T の整備を予定している。

参照文献

[1] 「<http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2015/04/DATA/70p4s100.pdf>」

2.2.2 P T P S へのニーズ

このB R T 整備では、時間に正確な運行を行うため、公共車両優先システム（P T P S）の導入が検討されている。また、B R T 導入後には、ピーク時輸送力が4000人/時以上になる区間もあると推定されており、連節バス導入が予定されている。

参照文献

[1] 「<http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2015/04/DATA/70p4s100.pdf>」

2.3 バス事業者ニーズの把握

2.3.1 ヒアリング実施概要

P T P Sを利用しているバス事業者2社に対して、P T P Sに対するニーズについてヒアリングを実施した。ヒアリングを効率的に行うため、事前に主な質問内容をバス事業者に送付した。表2.3-1に質問事項を示す。

表 2.3.1-1 バス事業者への質問事項

分類		質問事項
現状	効果	現状のP T P S制御に対して、効果は感じられますか（ドライバーの感覚、旅行時間等のデータに基づく効果）
	運転	現状のP T P S制御路線において、運転上、なにか特別なことはありますか？（バス運転手への教育、運転上の留意事項等）
旅行時間短縮	正確性	バスに対する利用者のニーズとして、“時刻表通りの運行”を想定しています。このニーズに対して、具体的にどのような対策が行われていますか？御社における考え方を教えてください（時刻表の作成段階、運行状況の把握、時刻表より早すぎる場合の対応）。また、バス業界でまとめた報告書はあるのでしょうか？
	表定速度改善	バスに対する利用者のニーズとして、“表定速度のアップ”を想定しています。このニーズに対して、具体的にどのような対策が行われていますか？また、課題はあるのでしょうか？（例えば、バスドライバーは信号タイミングを覚えて、タイミングを考慮している、P T P Sの導入後、時刻表を見直ししている、自社システムで旅行時間を計測、蓄積、分析している）
	特定バス優先	バス路線に多くのバスが運行している場合、すべてのバスを優先すると全体として効果が少なくなることが想定されます。特定のバスを優先することは意味があるのでしょうか？ どのバスを優先するのがよいのでしょうか？
	バス停後の優先制御	P T P S高度化案では、無線通信を用いることで、交差点上流にバス停がある場合でも、優先制御が可能となります。このような動作をバスドライバーは理解し、バス停を出発することで優先制御の効果が得られると考えますが、有効活用が可能でしょうか？
	課題	信号交差点の通過時において課題と考えていることはありませんか（例：歩行者の横断待ち時間が長い、右折待ちが長い、青信号だが先詰まりで進めないことがある等）
	バス運用	P T P S用バス車載機のID情報に、路線番号が含まれています。バスと運行する路線は固定でしょうか？ 頻繁に変わるのでしょうか？
	バス運転	信号情報を車載機に提供するシステムが開発されています。信号情報を活用することでバスの燃費や乗り心地の改善は可能でしょうか？
	P T P S効果	P T P Sの効果を調べるため、P T P Sの運用を年数日停止させ、その効果を確認するとした場合、ご協力いただけますでしょうか？それとも運用上の支障があり、できないのでしょうか？
	車載機	車載機に対するニーズがあれば教えてください。（価格、耐用年数、保守等）
	その他	バス運転時に信号交差点で注意していることがあれば教えてください。（安全上への配慮等）

2.3.2 ヒアリング結果

ヒアリング結果をまとめたものを表 2.3.2-1 に示す。

表 2.3.2-1 ヒアリング結果まとめ

分類		ヒアリング結果
現 状	効果	効果ありと効果なし（分からない）に分かれる。 バス路線の混雑状況によっても、効果の感じられ方は異なる。
	運転	P T P S 設置に関しては周知されている。 運転上の留意点の周知状況はバス事業者により異なる。
旅 行 時 間 短 縮	正確性	運行管理システムにより、正確性が把握されている。正確性を得るため、時刻表作成時に所要時間調査が行われている。バスベイのない路線では、時間調整が難しいため、通過時間を早めに設定するような対策が取られている。
	表定速度改善	無理な表定速度改善は行わないようにしている。 歩行者信号で車両信号のタイミングを予測しているが、P T P S ではタイミングが分からないためデメリットと感じるドライバーもいる。
	特定バス優先	空港旅客限定路線のように定時性が求められるバスを優先させる。 多客のバスや遅延が発生する車両を優先させる。
	バス停後の優先制御	バス停後の優先制御は実施可能だろうが、P T P S 感応が目に見えてわかることが必要。
課題	路線の交通状況の改善自体が課題である。歩車分離型交差点は事故防止の観点で望ましいが、通過に時間を要するとの意見もある。	
バス運用	バスと運行する路線は固定でない場合が多く、多くのバスに車載機を搭載する必要がある。	
バス運行管理	運行管理システムによりバスの運行状況が把握されている。	
バス運転	信号情報により、信号で停止する回数や時間が少なくなると燃費は良くなると期待されている。	
P T P S 効果	運用開始後の P T P S 制御停止は、難しいとするバス事業者と協力できるバス事業者に分かれた。	
車載機	可搬型の車載機や、耐用年数に関する要望が出された。 また P T P S 感知がわかるような機能の要望があった。	
その他	歩行者、自転車、バイクなどの動向や、左右の安全確認などに留意している。	

2.4 P T P Sシステム課題調査

2.4.1 高密度運行時の想定課題

バス運行本数が多くなるにつれて、P T P S制御が行われるサイクルが増える。青延長制御、又は赤短縮制御が実施された場合、吸収ステップにおいて調整が行われる。吸収ステップの設定方法により、以下の2種類の影響が想定される。

表 2.4.1-1 高密度運行の想定影響

設定 \ 項目	長所	高密度運行の想定影響
共通事項		幹線側従道路側とも優先制御を行う場合、結果的に優先制御がされにくい。
補正を他現示で行う場合	1G側でP T P S制御を行う場合、2G側で補正となるため、サイクル長は変化せずオフセットに影響しない。 1G側の交通流に悪影響を及ぼすことなく、制御が行える。	他現示のスプリットが小さくなりすぎ渋滞を引き起こす、若しくは渋滞がさらに長くなる。
信号制御機の感応補正の場合（次周期のスプリット配分で同期補正を行う）	一定期間では、各現示のスプリットへの影響が小さい。バス運行本数の増加による一般車両への影響は小さい。	オフセットに影響を及ぼす。他現示のスプリットが小さくなり、渋滞が生じる。

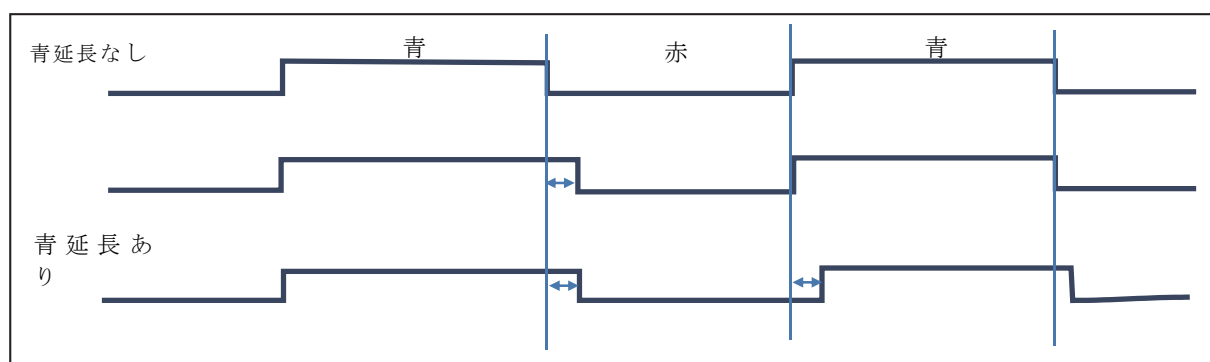


図 2.4.1-1 青延長時の補正方法

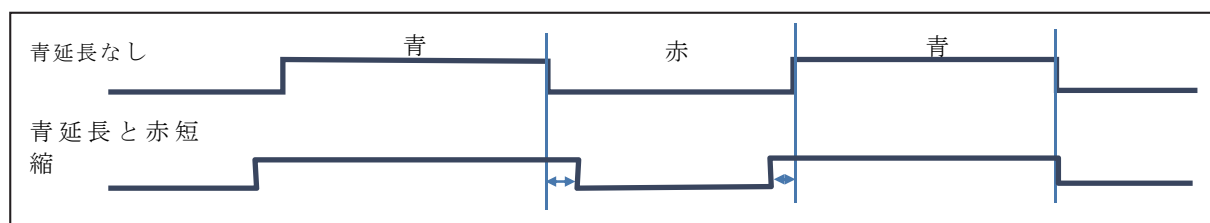


図 2.4.1-2 青延長と赤短縮の同時発生（2G側の青時間が短くなる）

2.4.2 課題調査方法

(1) 調査目的

想定影響が実際に生じるのか検証する。

特定車両のみ優先する方策が高度化案として検討されているが、この方策が有効かどうかを判断する材料とする。

(2) 調査対象選定

昨年度調査研究報告書の「政令市等における朝混雑時1時間あたり片方向30本以上の路線バス高密度運行」の調査結果のうち、比較的運行本数の多いPTPS路線である熊本県PTPS（熊本城電停交差点～通町交差点）及び東京都PTPS（上井草四丁目交差点～荻窪駅前交差点）を対象とする。

(3) 調査方法

管制システムに蓄積されている平日5日分を対象に、下記項目について平均値を算出する。

バス通過台数：光ビーコンまたはバス感知器で検知したバス検知台数（1時間毎）

PTPS制御なし通過：青延長、赤短縮をすることなく交差点を通過できたバス通過台数（1時間毎）

青延長通過：青延長により交差点を通過できたバス通過台数（1時間毎）

赤短縮通過：赤短縮により交差点を通過できたバス通過台数（1時間毎）

青延長時間合計：青延長した時間の合計（1時間毎）

赤短縮時間合計：赤短縮した時間の合計（1時間毎）

スプリット影響（PTPS制御なし）：青延長時間と赤短縮時間の合計値のサイクル長に占める割合

信号制御結果：実現秒から算出したスプリット（%）（1時間毎）

2.4.3 熊本県PTPS調査結果

(1) 対象交差点概要

熊本県のPTPS対象路線のうち、最もバス通行量の多い熊本城電停交差点から通町交差点までの4交差点を対象とした。図2.4.3-1に対象交差点概要を示す。現示はバス優先制御現示がわかるように示し、その他の現示は簡略化している。バス路線は片側3車線で路肩側の1車線がバス専用車線である。

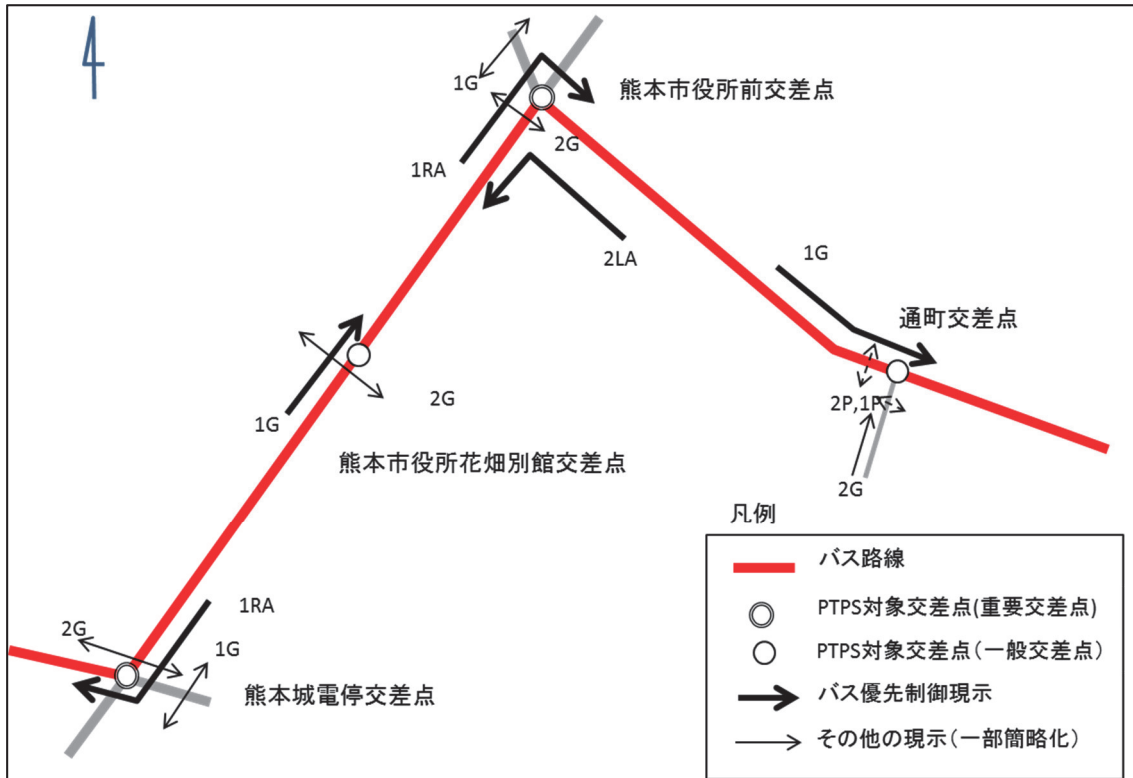


図 2.4.3-1 対象交差点概要

表 2.4.3-1 優先制御設定

交差点名 項目	熊本城電停交差点	熊本市役所花畑 別館交差点	熊本市役所前 交差点	通町交差点
青延長現示		1G	1RA, 2LA 注1	1G
青延長吸収現示		2G	1G	1P、2P 注2
最大青延長秒		4	5	7
赤短縮現示	1G	2G	1G	1P、2P 注2
赤短縮吸収現示	1RA	1G	1RA, 2LA 注1	1G
最大赤短縮秒	15	4	5	7

注1) 1RA と 2LA の共通の変態ステップで赤短縮吸収が行われる。

注2) 歩車分離交差点、歩行者現示で青延長吸収、赤短縮が行われる。

(2) 調査対象日等

調査対象日：2016年1月18日（月）～22日（金）

調査時間帯：6:00～23:00

当該路線では終日PTPS制御が行なわれている

(3) 調査結果

熊本県のPTPSは、制御時間帯が長いため、時間帯毎の変化がわかるように表2.4.3-2に示す4つのグラフにより結果を示す。

表 2.4.3-2 調査結果グラフ説明

グラフ名	説明
優先制御結果グラフ	1時間毎の青延長制御が行われたバス台数、赤短縮が行われたバス台数、青信号で通過できるため制御が行われなかったバス台数の推移を示す。
優先制御実施率グラフ	1時間毎の信号サイクルに対する青延長制御実施率、赤短縮制御実施率、及び両制御が同時に実施された割合の推移を示す。
青延長時間、赤短縮時間グラフ	1時間毎の総青延長時間、総赤短縮時間の推移を示す。
信号現示グラフ	1時間毎の信号現示の割合の推移を示す。

ア 熊本城電停交差点

本交差点における調査結果を図2.4.3-2～図2.4.3-5に示す。バス通過台数は、概ね1時間あたり70台から100台程度で推移しており、そのうち40台から50台が赤短縮制御の対象となり、赤短縮制御実施率は90%前後となっている。信号周期が170秒から180秒であることを考慮すると信号周期毎に2台から3台程度が赤短縮制御対象となることから、この赤短縮制御実施率となる。

高い赤短縮制御実施率であるが、赤信号でバスが接近しないタイミングで赤短縮が実施されない割合が10%程度あることから、有効に制御されていると考える。スプリットへの影響が7%程度あるが、本交差点の交通状況を考慮し、最大赤短縮秒により調整されている。

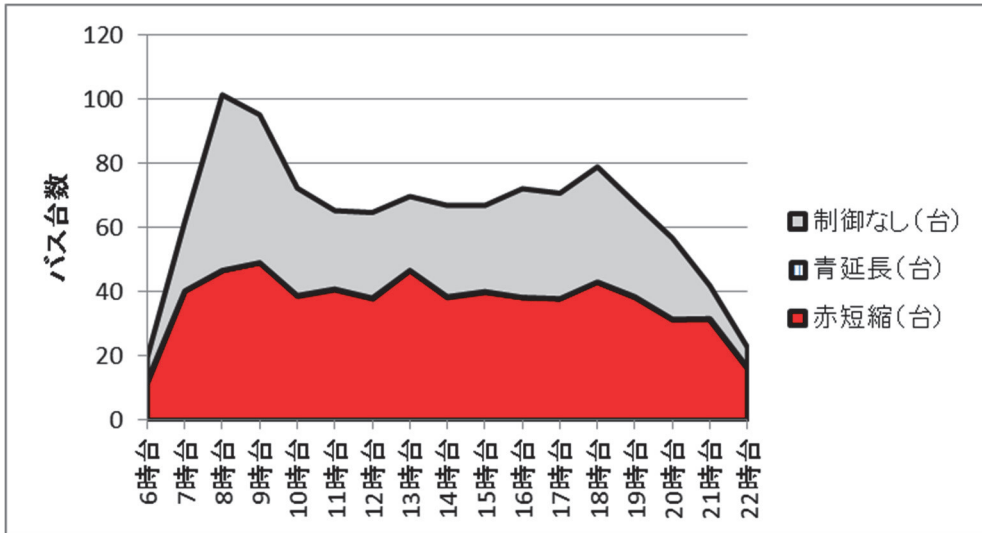


図 2.4.3-2 優先制御結果グラフ_熊本城電停交差点

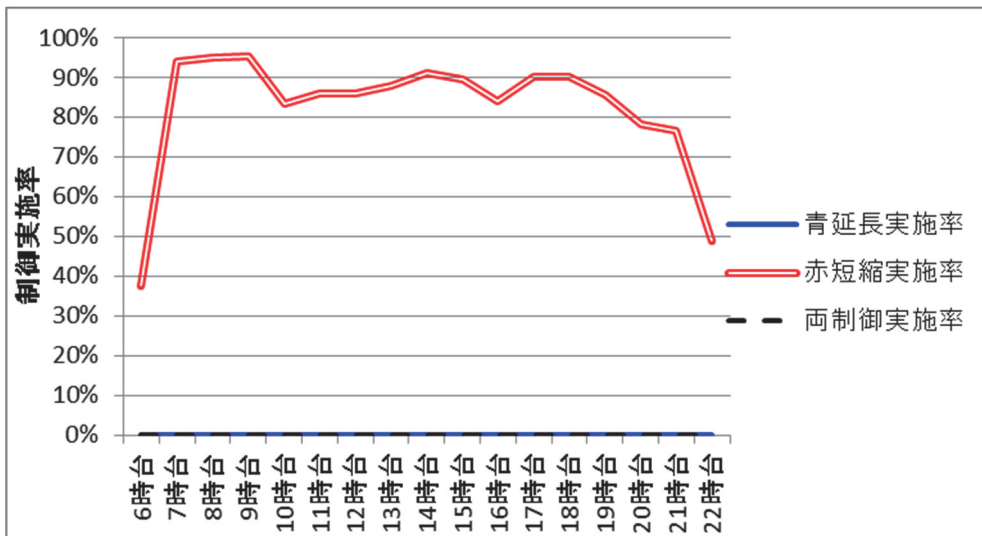


図 2.4.3-3 優先制御実施率グラフ_熊本城電停交差点

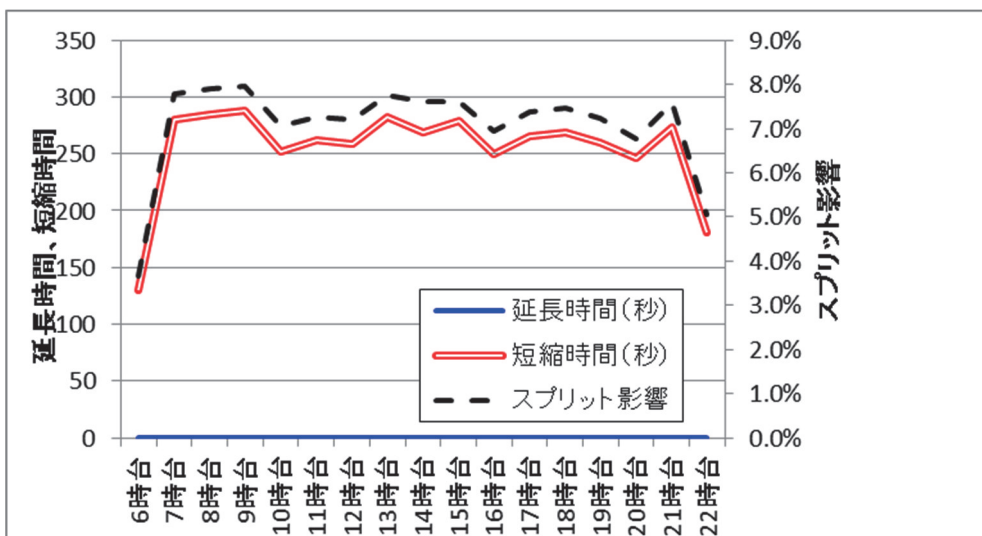


図 2.4.3-4 青延長時間、赤短縮時間グラフ_熊本城電停交差点

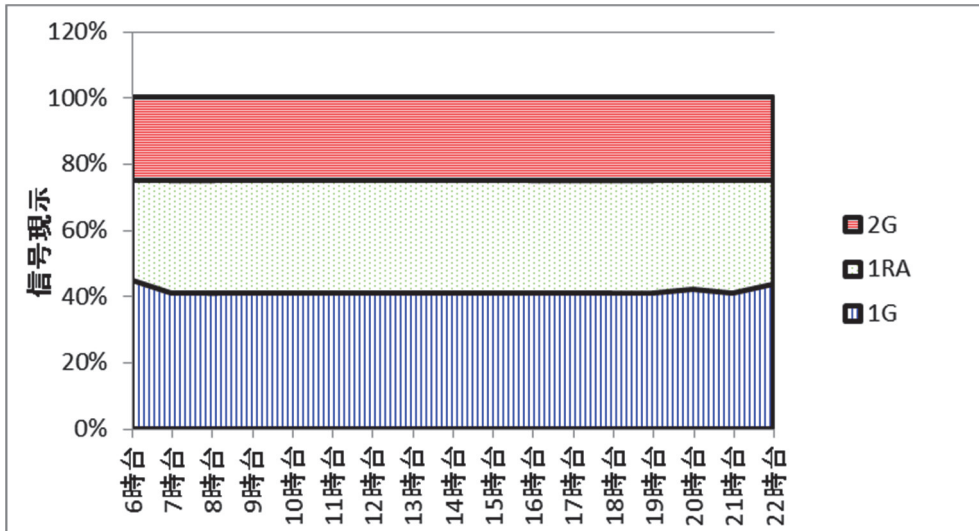


図 2.4.3-5 信号現示グラフ_熊本城電停交差点

イ 熊本市役所花畑町別館交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.3-6～図 2.4.3-9 に示す。バス通過台数は、概ね 1 時間あたり 80 台から 100 台程度で推移しており、そのうち 50 台前後が赤短縮制御の対象となり、赤短縮制御実施率は 90%から 100%に近い値となっている。信号周期が 170 秒から 180 秒であることを考慮すると信号周期毎に 2.5 台から 2.8 台程度が赤短縮制御対象となることから、この赤短縮制御実施率となる。

本交差点の青延長制御実施率は 20%前後あり、P T P S 制御が効果的に実施されている。最大青延長秒は 4 秒と短く、周期における青延長制御受付期間が短いため、バス通過台数が多い場合でも、青延長制御実施率が適切に調整できていると考える。スプリットへの影響は 2.5%と小さいが、本交差点が一般交差点であり、2 G のスプリットが小さく、また横断時間を確保できるよう最大青延長秒、最大赤短縮秒が小さく設定されているためと考えられる。

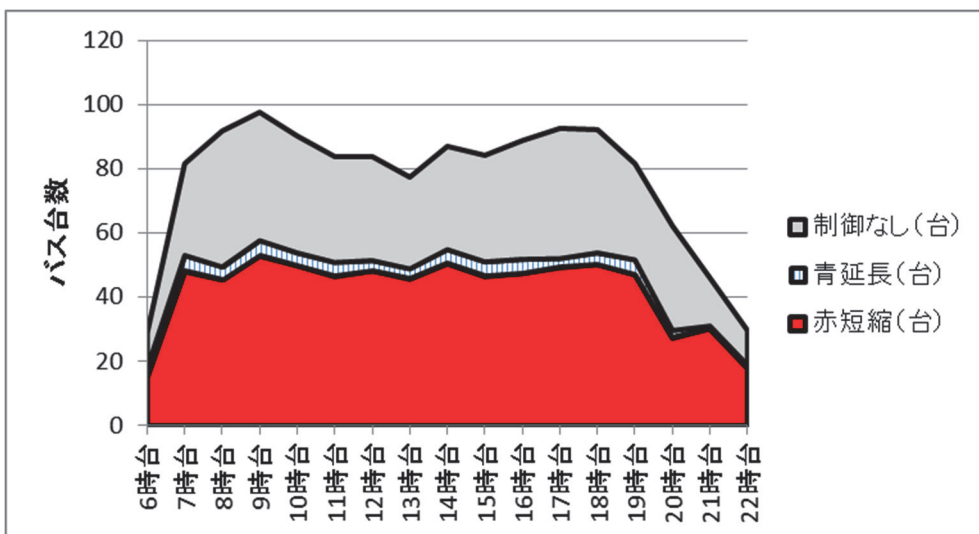


図 2.4.3-6 優先制御結果グラフ_熊本市役所花畑町別館交差点

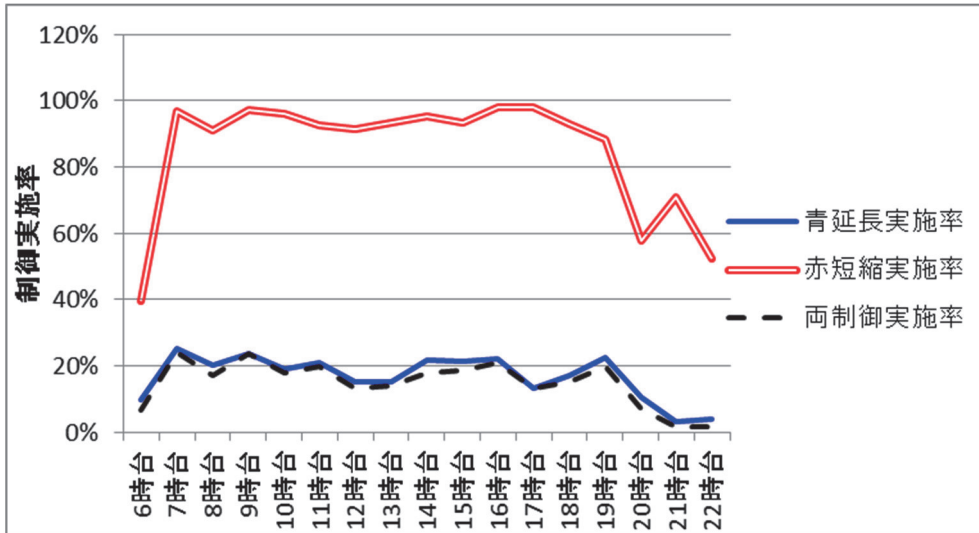


図 2.4.3-7 優先制御実施率グラフ_熊本市役所花畑町別館交差点

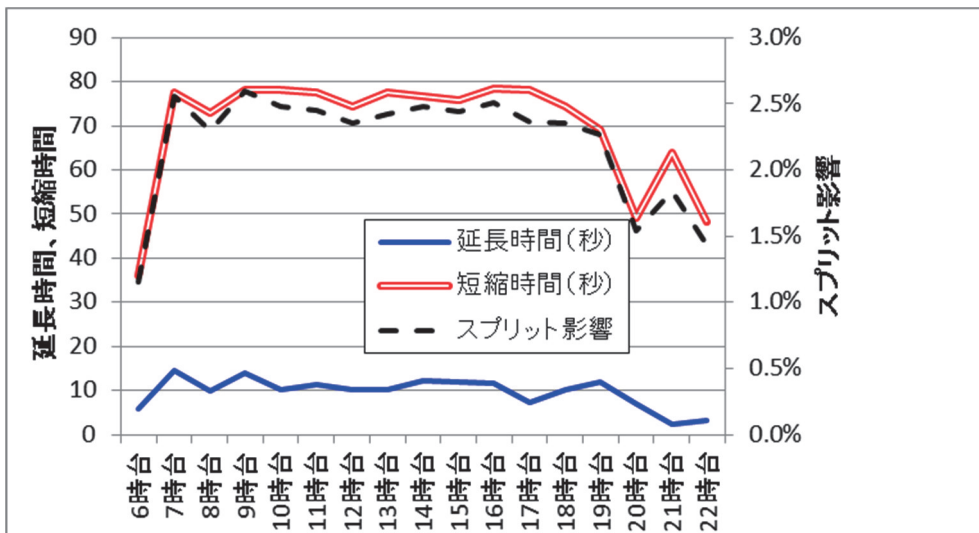


図 2.4.3-8 青延長時間、赤短縮時間グラフ_熊本市役所花畑町別館交差点

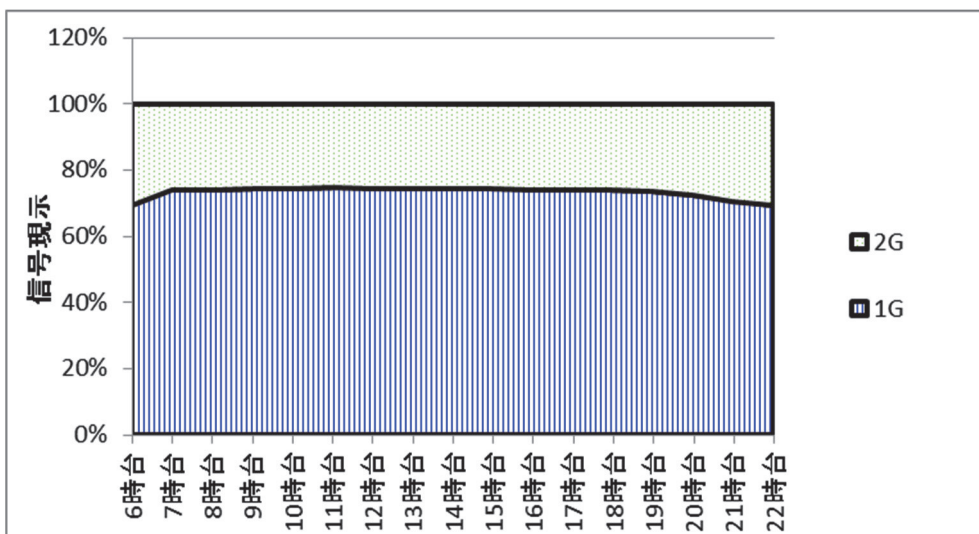


図 2.4.3-9 信号現示グラフ_熊本市役所花畑町別館交差点

ウ 熊本市役所前交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.3-10～図 2.4.3-13 に示す。バス通過台数は、上り方向、下り方向き合わせて概ね 1 時間あたり 280 台から 370 台程度で推移しており、そのうち 20 台から 40 台程度が赤短縮制御の対象となり、赤短縮制御実施率は 60% から 90% 程度となっている。赤短縮は、図 2.4.3-1 の 1RA で通過するバスを感知して行われるが、感知器が交差点に近いので、信号待ちしているバスのうち感知器より上流のバスが感知器を通過するタイミングでは青信号となっているためである。従って、図 2.4.3-10 で制御なしとカウントされているバスでも赤短縮の効果は受けていると推測する。

本交差点の青延長制御実施率は 30% から 60% 前後あり、P T P S 制御が効果的に実施されている。最大青延長秒は 5 秒と短いですが、隣接交差点とのオフセットにより、青延長制御するタイミングでバスが到着する確率が高いためと推測する。

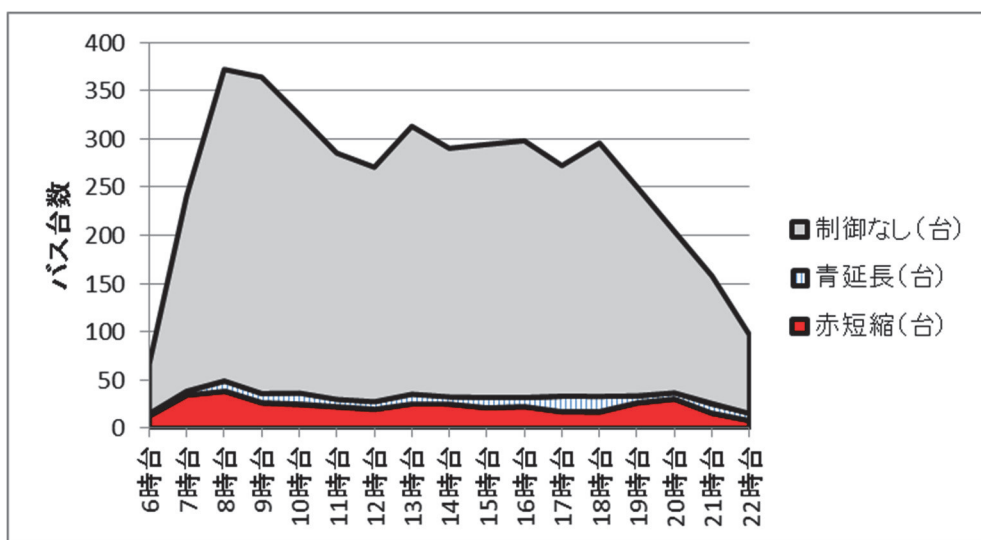


図 2.4.3-10 優先制御結果グラフ_熊本市役所前交差点

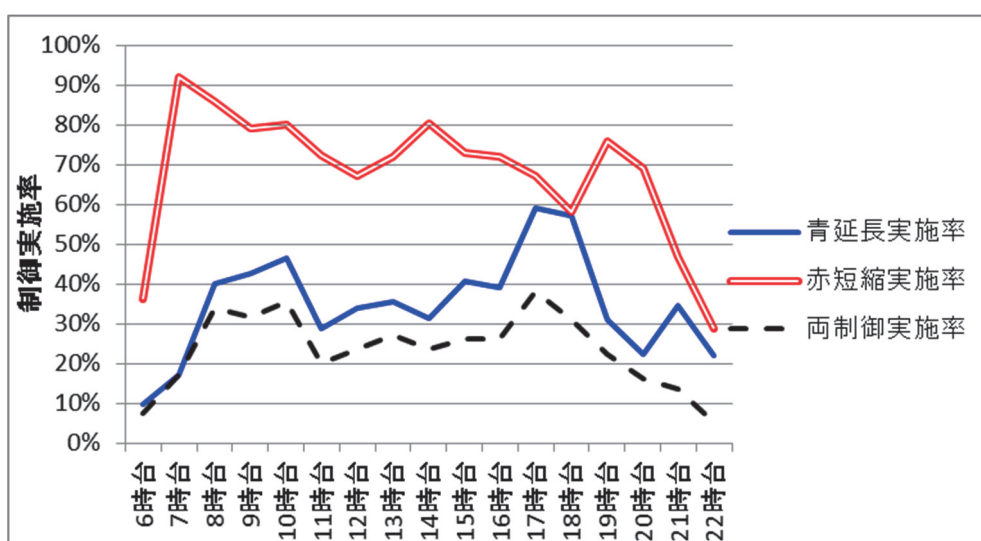


図 2.4.3-11 優先制御実施率グラフ_熊本市役所前交差点

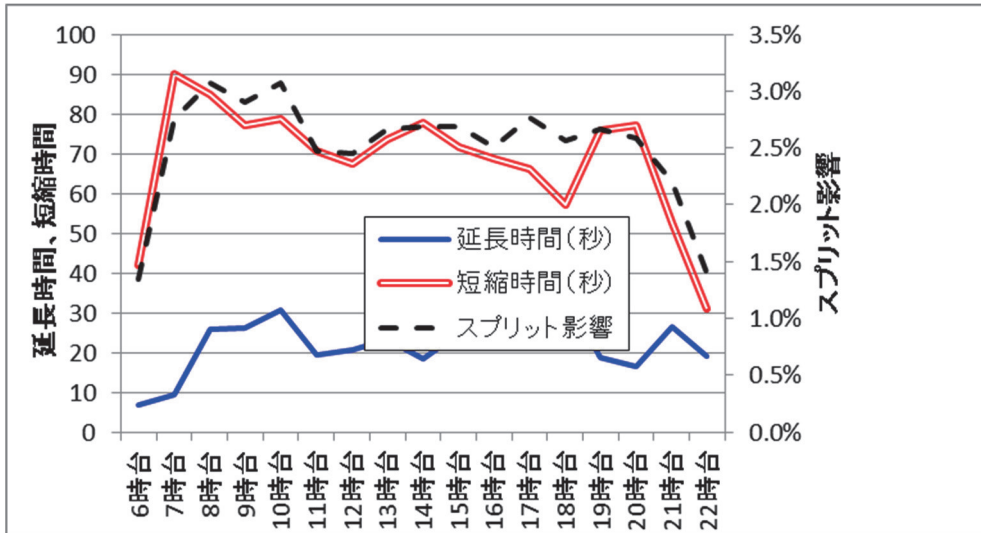


図 2. 4. 3-12 青延長時間、赤短縮時間グラフ_熊本市役所前交差点

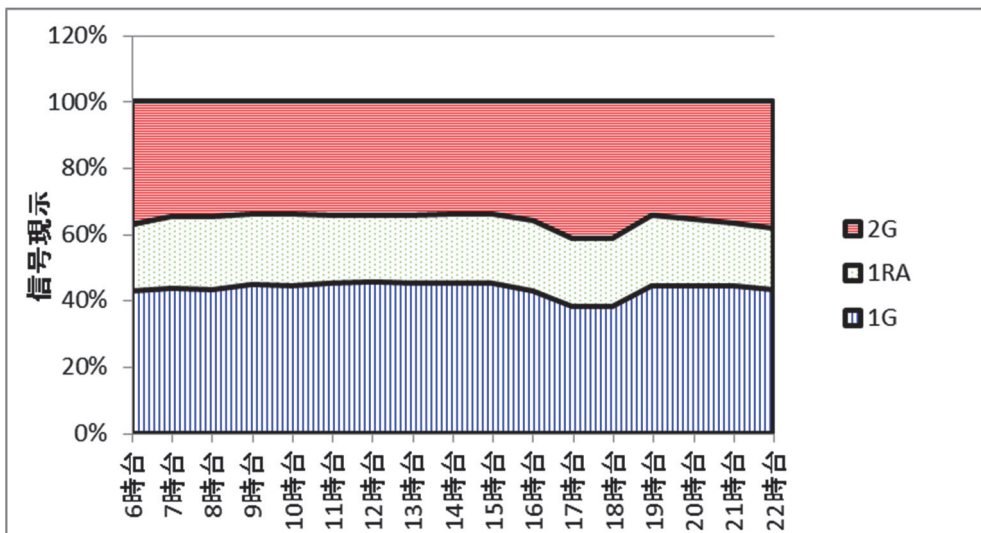


図 2. 4. 3-13 信号現示グラフ_熊本市役所前交差点

エ 通町交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.3-13～図 2.4.3-17 に示す。バス通過台数は、概ね 1 時間あたり 60 台から 80 台程度で推移している。他交差点が感知器によりバス感知が行われるのに対し、本交差点では光ビーコンによりバス検知が行われるため、車載機が搭載されているバスのみ検知対象となり、他交差点に比べて若干バス通過台数が少ない。10 台から 20 台が青延長制御の対象となり、青延長制御実施率は 40% から 60% 程度と高い時間帯がある。上流交差点とのオフセットにより青延長制御するタイミングでバス到着する確率が高いためと推測する。また赤信号で到着する割合は低く、PTPS 制御が効果的に実施されている。

スプリットへの影響は 1.5% から 2% の時間帯が多いが青延長吸収現示と赤短縮現示は、歩行者用現示であり、横断時間を確保できるよう最大青延長秒、最大赤短縮秒が小さく設定されているためと考えられる。最大青延長秒は小さいが、上流交差点とのオフセットの関係で青延長制御が有効に機能している交差点と考える。

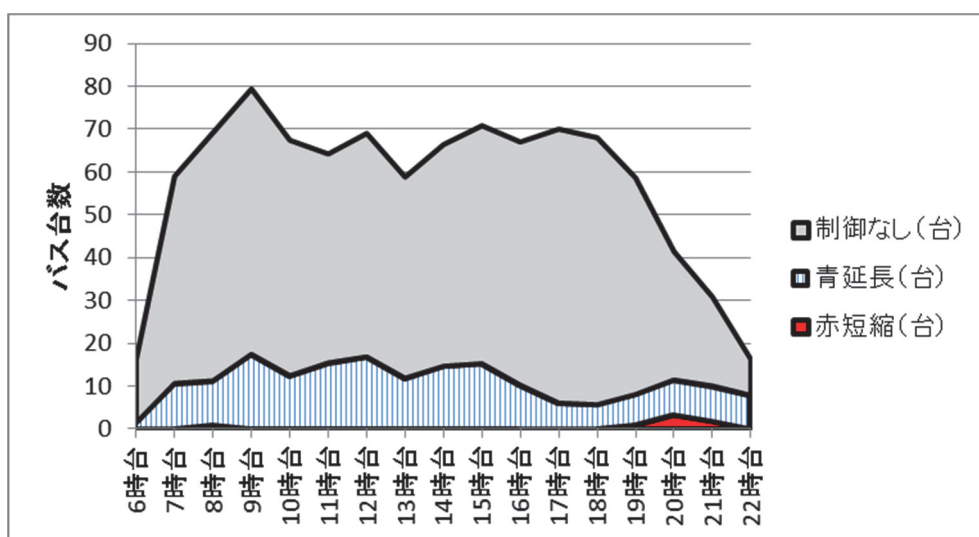


図 2.4.3-13 優先制御結果グラフ_通町交差点

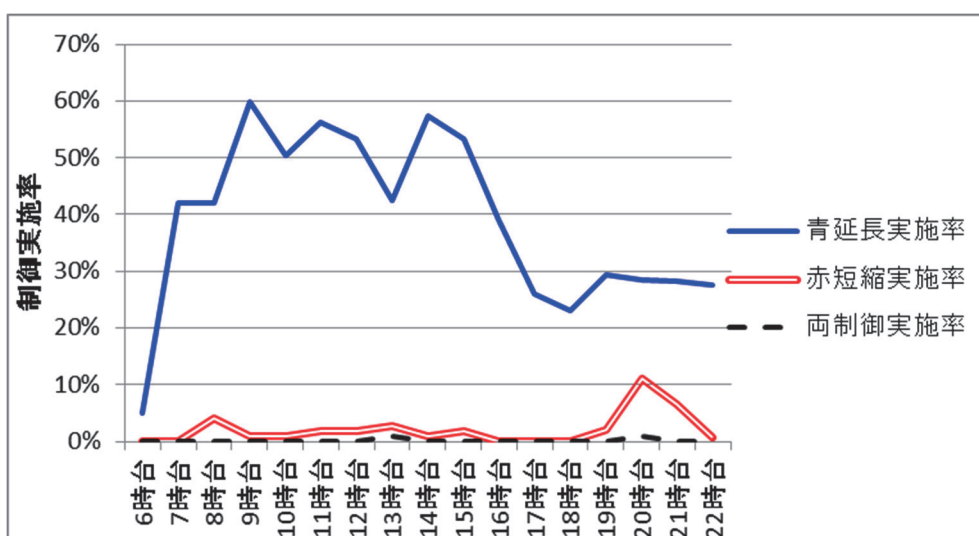


図 2.4.3-14 優先制御実施率グラフ_通町交差点

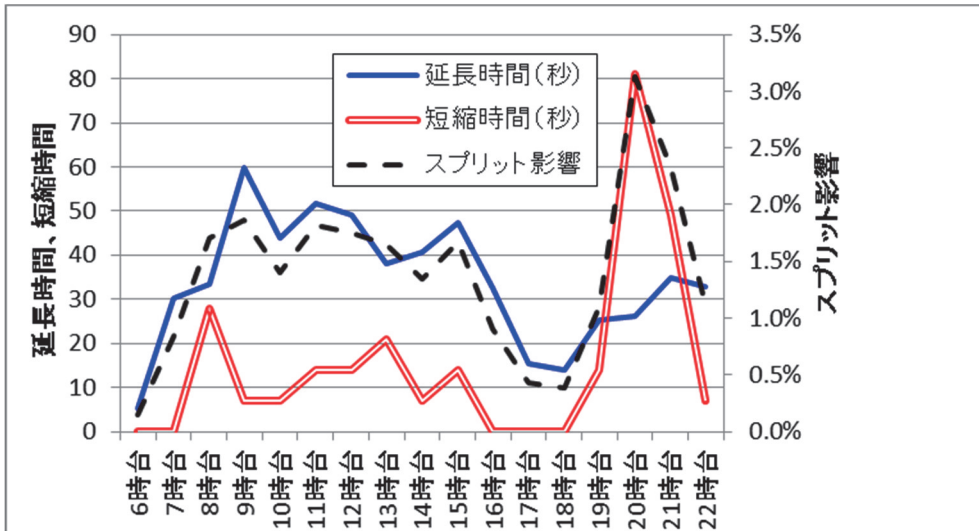


図 2.4.3-15 青延長時間、赤短縮時間グラフ_通町交差点

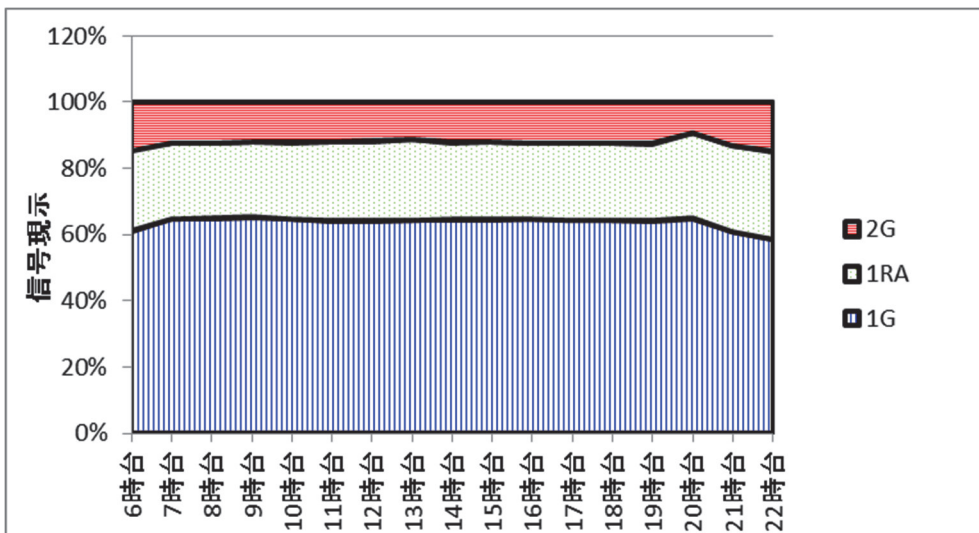


図 2.4.3-16 信号現示グラフ_通町交差点

2.4.4 東京都PTPS調査結果

(1) 対象交差点概要

東京都のPTPS対象路線のうち、上井草四丁目交差点から荻窪駅までの4交差点を調査対象とした。図2.4.4-1に対象交差点概要を示す。図中にバス優先制御現示を示す。

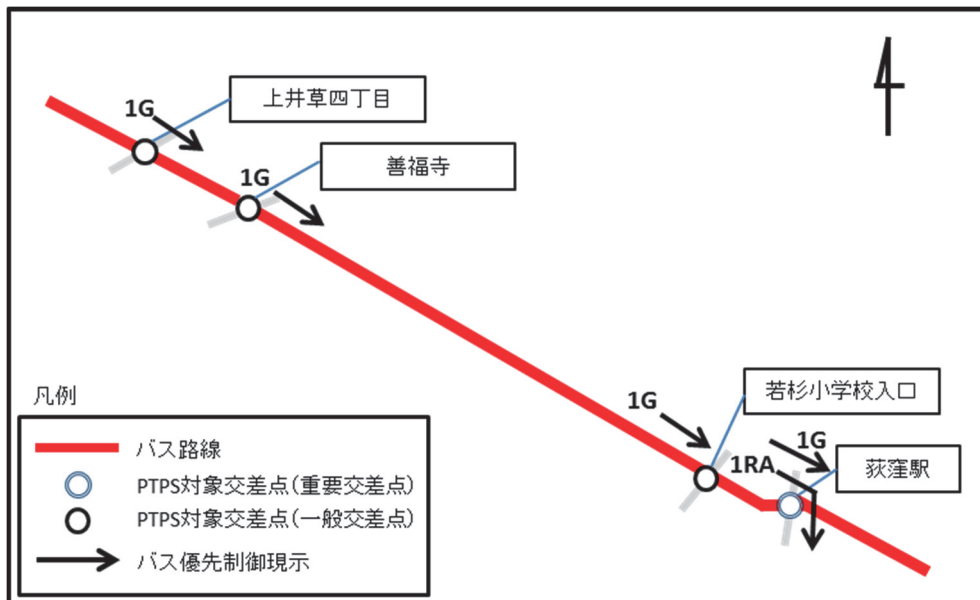


図 2.4.4-1 対象交差点概要

表 2.4.4-1 優先制御設定

交差点名 項目	上井草四丁目	善福寺	若杉小学校入口	荻窪駅前
青延長現示	1G	1G	1G	
青延長吸収現示	1G	1G	1G	
最大青延長秒	15	15	12	
赤短縮現示				1G
赤短縮吸収現示				1RA
最大赤短縮秒				10

(2) 調査対象日等

調査対象日：2016年2月12日(金)、2月15(月)～18日(木)

調査時間帯：6:00～23:00

当該路線では6:00～23:00の時間帯でPTPS制御が行われている。

(3) 調査結果

調査対象路線における P T P S 制御の実行結果を、表 2.4.4-2 に示す時間帯毎のグラフにより示す。

表 2.4.4-2 調査結果グラフ

グラフ名	説明
優先制御結果グラフ	1 時間毎の青延長制御が行われたバス台数、赤短縮が行われたバス台数、青信号で通過できるため制御が行われなかったバス台数の推移を示す。
優先制御実施率グラフ	1 時間毎の信号サイクルに対する青延長制御実施率、赤短縮制御実施率の推移を示す。
青延長時間、赤短縮時間 グラフ	1 時間毎の総青延長時間、総赤短縮時間の推移を示す。

ア 上井草四丁目交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.4-2～図 2.4.4-4 に示す。日中のバス通過台数は1時間あたり10台前後で推移しており、そのうち青延長制御の対象は1～3台となっており、青延長制御実施率は数%～10%で推移している。スプリットへの影響は1%未満であり他現示に悪影響を与える事なく制御されている。

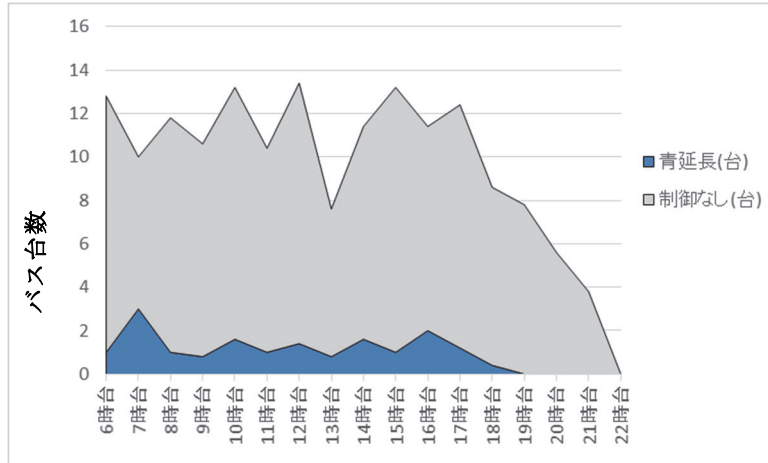


図 2.4.4-2 青延長時間グラフ_上井草四丁目交差点

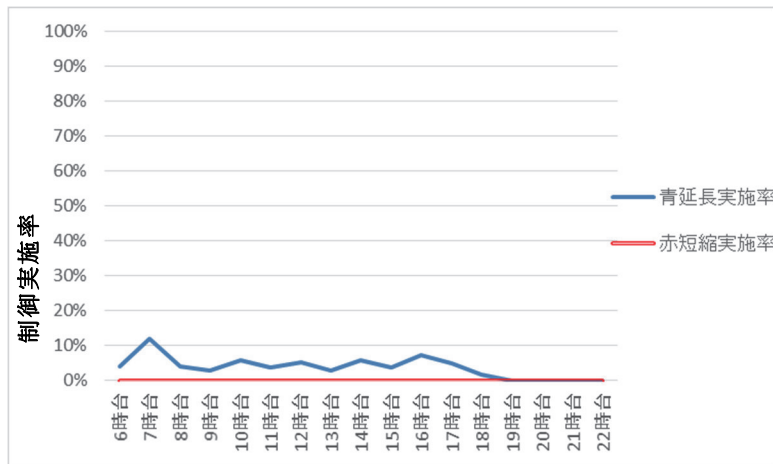


図 2.4.4-3 優先制御実施率グラフ_上井草四丁目交差点

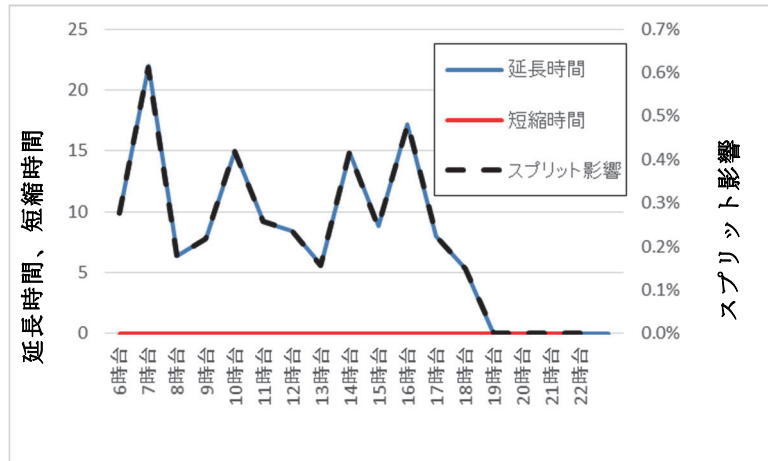


図 2.4.4-4 青延長時間、赤短縮時間グラフ_上井草四丁目交差点

イ 善福寺交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.4-5～図 2.4.4-7 に示す。日中のバス通過台数は1時間あたり8～16台で推移しており、そのうち青延長制御の対象は1～4台となっており、青延長制御実施率は数%～13%で推移している。スプリットへの影響は1%未満であり他現示に悪影響を与える事なく制御されている。

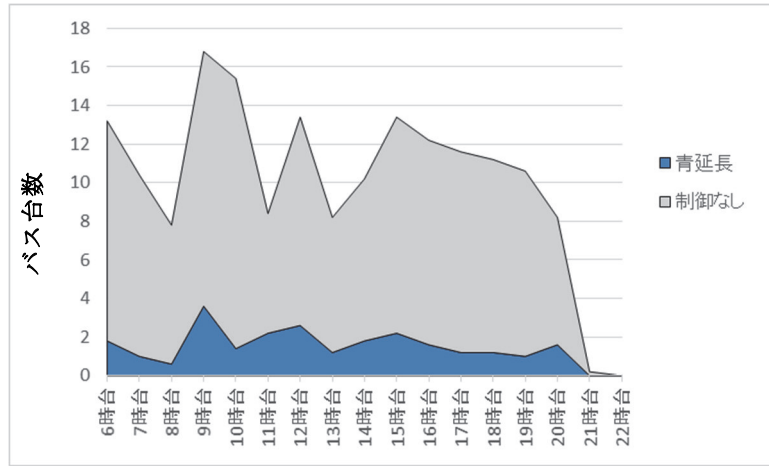


図 2.4.4-5 青延長時間グラフ_善福寺交差点

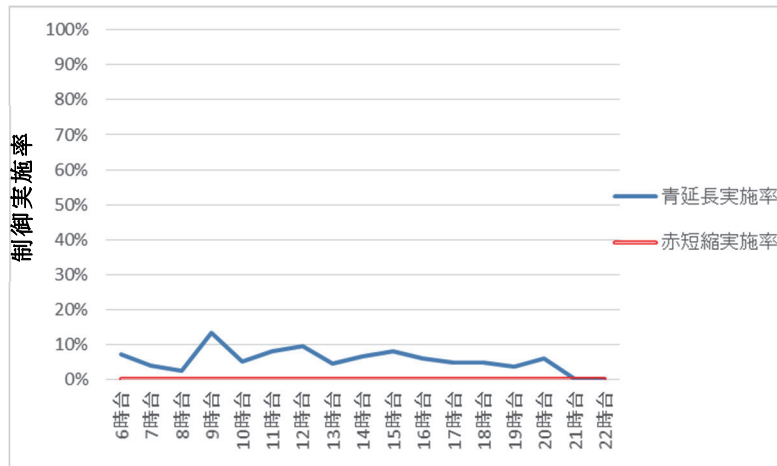


図 2.4.4-6 優先制御実施率グラフ_善福寺交差点

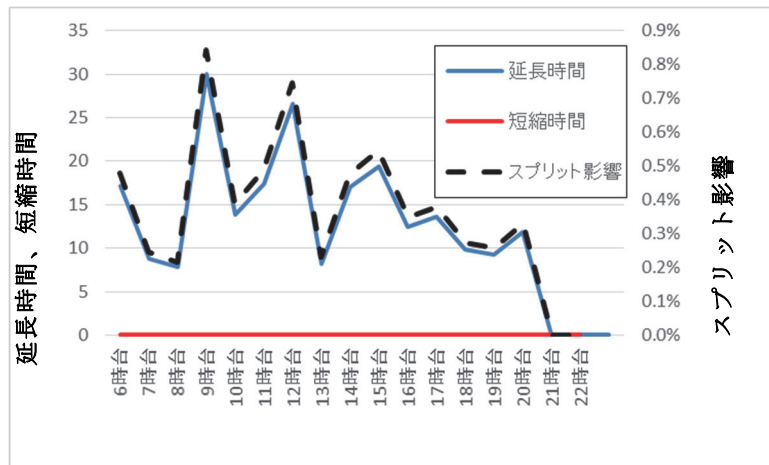


図 2.4.4-7 優先制御実施率グラフ_善福寺交差点

ウ 若杉小学校入口交差点

本交差点における調査結果を図 2.4.4-8～図 2.4.4-10 に示す。日中のバス通過台数は1時間あたり 30 台以上で推移しており、そのうち青延長制御の対象は1～4 台となっており、青延長制御実施率は数%～13%で推移している。スプリットへの影響は1%未満であり他現示に悪影響を与える事なく制御されている。

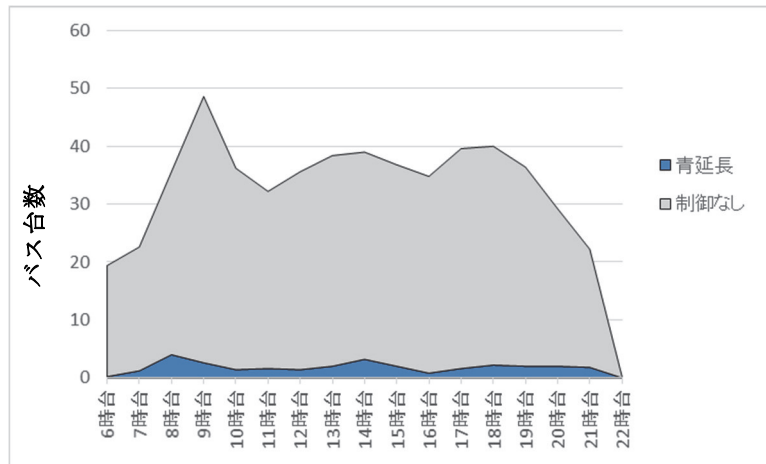


図 2.4.4-8 青延長時間グラフ_若杉小学校入口交差点

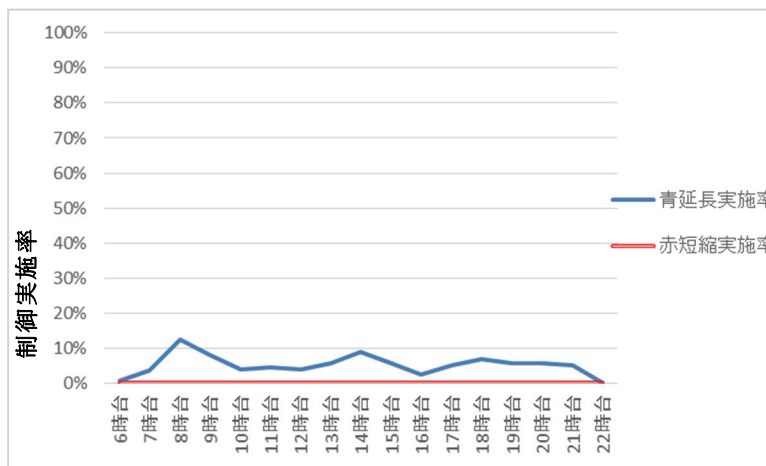


図 2.4.4-9 優先制御実施率グラフ_若杉小学校入口交差点

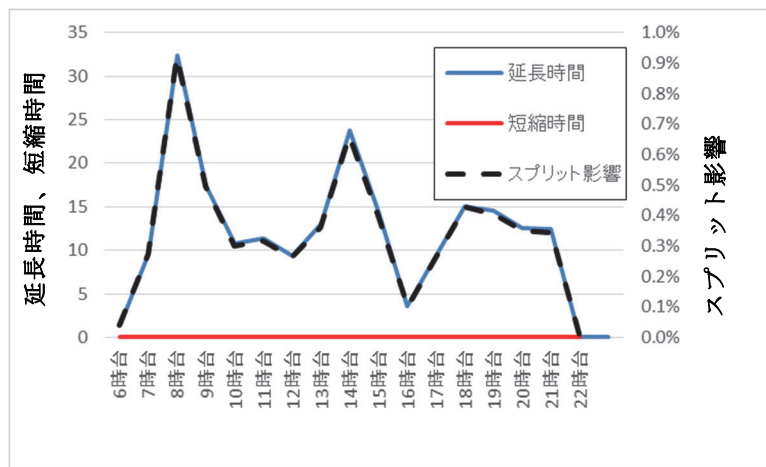


図 2.4.4-10 青延長時間、赤短縮時間グラフ_若杉小学校入口交差点

エ 荻窪駅前交差点

荻窪駅前交差点では赤時間短縮を実施している。バス路線が右折になっており、

赤時間短縮吸収現示を右折矢とすることで、実質的には右折時間を延長している。交差点における調査結果を図 2.4.4-11～図 2.4.4-13 に示す。日中のバス通過台数は1時間あたり 25～35 台で推移しており、そのうち赤短縮制御の対象は 15 台前後となっており、赤短縮制御実施率は 40%～57%で推移している。スプリットへの影響は 3～5%となっており、本交差点の交通状況を考慮した最大赤短縮秒で有効に制御されている。

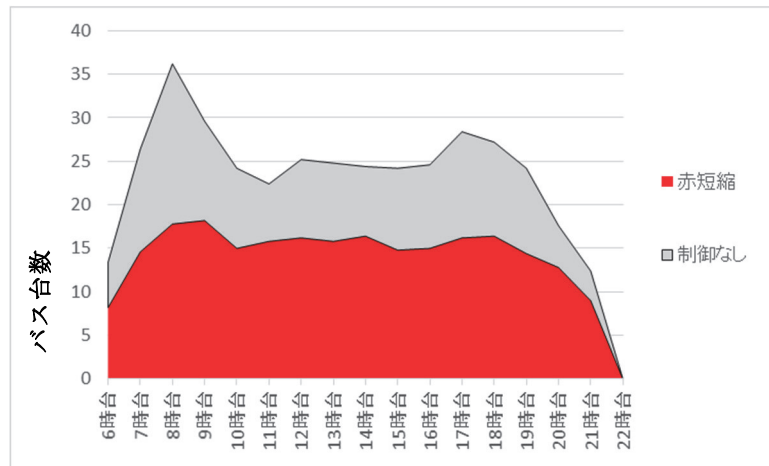


図 2.4.4-11 赤短縮時間グラフ_荻窪駅前交差点

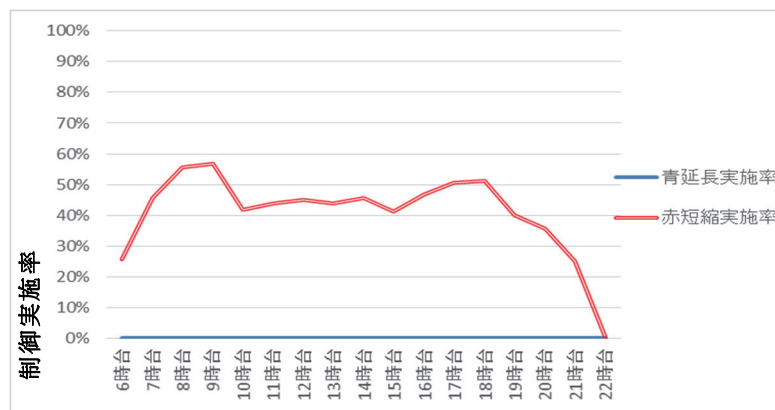


図 2.4.4-12 優先制御実施率グラフ_荻窪駅前交差点

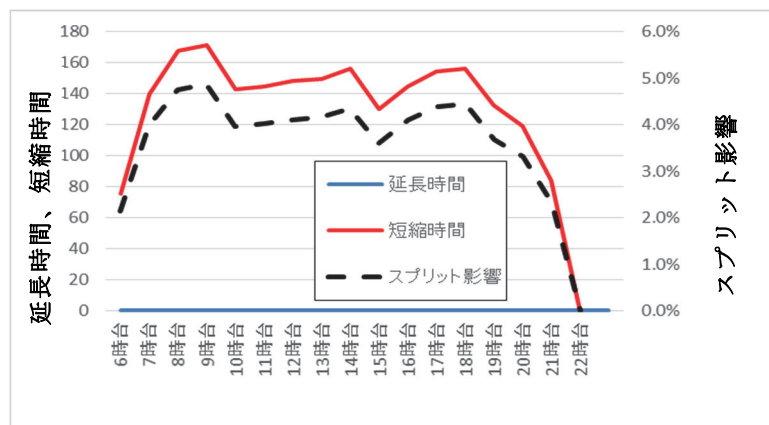


図 2.4.4-13 青延長時間、赤短縮時間グラフ_荻窪駅前交差点

3. 高度化案詳細検討と機能の選択

3.1 高度化案詳細検討

3.1.1 700MHz 帯路車無線通信を活用した P T P S 高度化案

(1) 目的

従来のバス優先制御システムでは、交差点上流に設置された光ビーコンで収集したアップリンク情報を用いてバスの交差点到着タイミングを推定しているが、設計速度を用いて停止線通過タイミングを予測しているため、実勢速度との差により、無駄青が生じる問題があった。この課題を解決することを目的として、700MHz 帯無線通信の活用により、従来の P T P S 制御を高度化する。

(2) 概要

制御対象交差点に向かって走行する専用車載機を搭載したバスから 700MHz 帯無線で発信されるリアルタイム車両情報（以下、車車間通信情報）を I T S 路側機で受信する。

バスから受信した車車間通信情報に含まれる位置等の情報から推定されるバス到着タイミングに基づいて、交差点での優先制御実施有無、実施する動作（青時間延長／赤時間短縮）を判定し、信号制御を行う。

(3) 機能

- ・バスから 700MHz 帯無線により車車間通信情報を発信する。
- ・バスから発信された車車間通信情報を I T S 路側機が受信し、端末対応装置もしくは信号制御機にバス感知信号を送信することにより、信号制御機が P T P S 制御を実施する。

(4) システム概念図

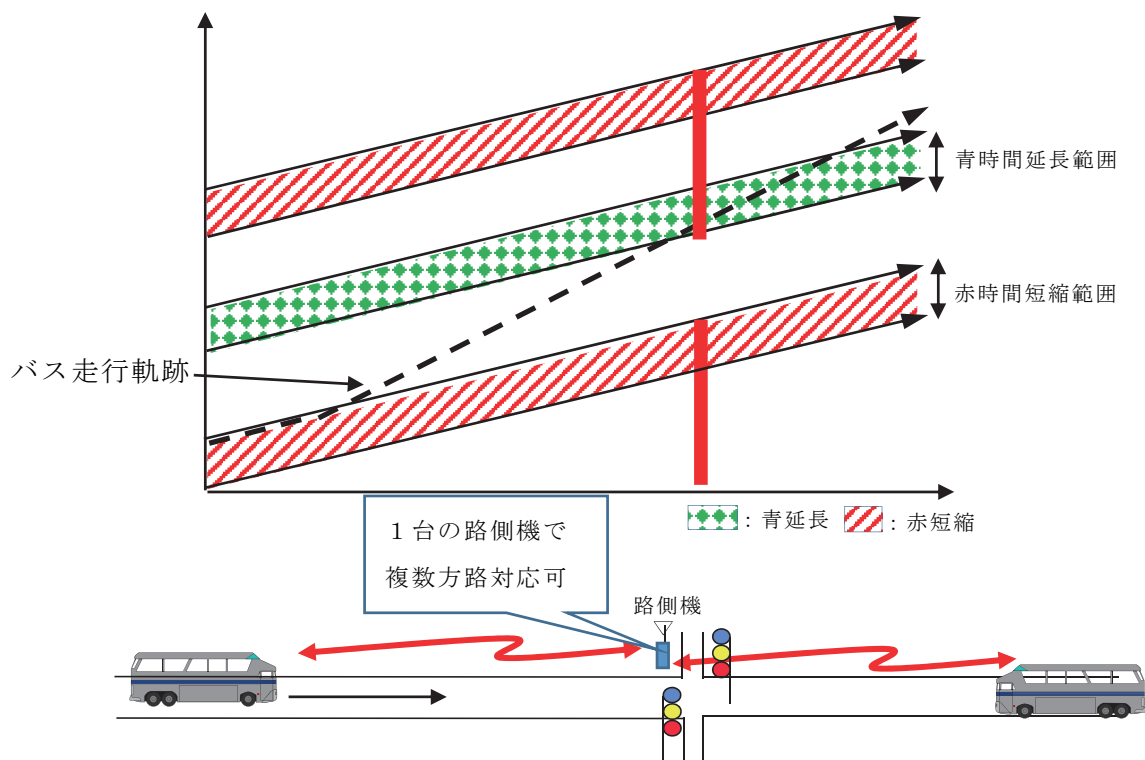


図 3.1.1-1 システム概念図 (バス優先感応制御)

(5) システム実現上の前提条件

ア 導入場所

- ・バス走行路線に含まれる交差点

イ 車載機等の条件

- ・700MHz帯無線通信に対応していること

(6) システムの特徴

- ・700MHz帯無線を用いることにより、1台の無線機で全ての流入路について、車載機を搭載したバスとの通信が可能。
- ・バスの交差点通過タイミングを正確に検知することにより、バス進行方向の青時間延長・赤時間短縮を適切に実施できる。
- ・上流にバス停がある交差点や橋梁、高架道路上など、光ビーコンが設置困難な場所でもPTPS制御が可能。

(7) 詳細検討内容

ア システム構成

700MHz 帯無線を用いた P T P S 制御のシステム構成図を下図に示す。

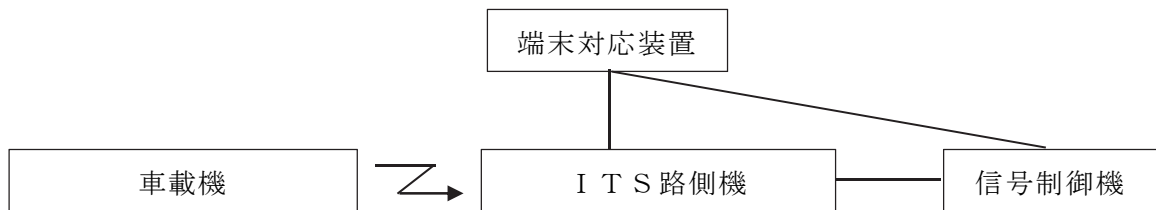


図 3.1.1-2 システム構成図

P T P S 制御に関わる各装置の主要機能を以下に示す。

- ・ 車載機 : 車車間通信メッセージをブロードキャストで送信する。
- ・ I T S 路側機 : 車載機から車車間通信メッセージを受信し、端末対応装置に車両情報を送信、もしくは信号制御機にバス感知信号を送信する。
- ・ 信号制御機 : 端末対応装置からのバス優先制御指令もしくは信号制御機のバス優先制御機能に基づいて P T P S 制御を実施する。

I T S 路側機－端末対応装置間の通信インターフェースは「高度化光ビーコン P T P S D A T E X - A S N メッセージ規格」に準ずる。メッセージ詳細については、今後の検討課題とする。

I T S 路側機－信号制御機のインターフェースは「P 1 形インターフェース規格」に準ずる。

車載機から送信される車車間通信メッセージの自由アプリデータ領域に格納される P T P S 優先要求データの構成案を表 3.1.1-1 に示す。

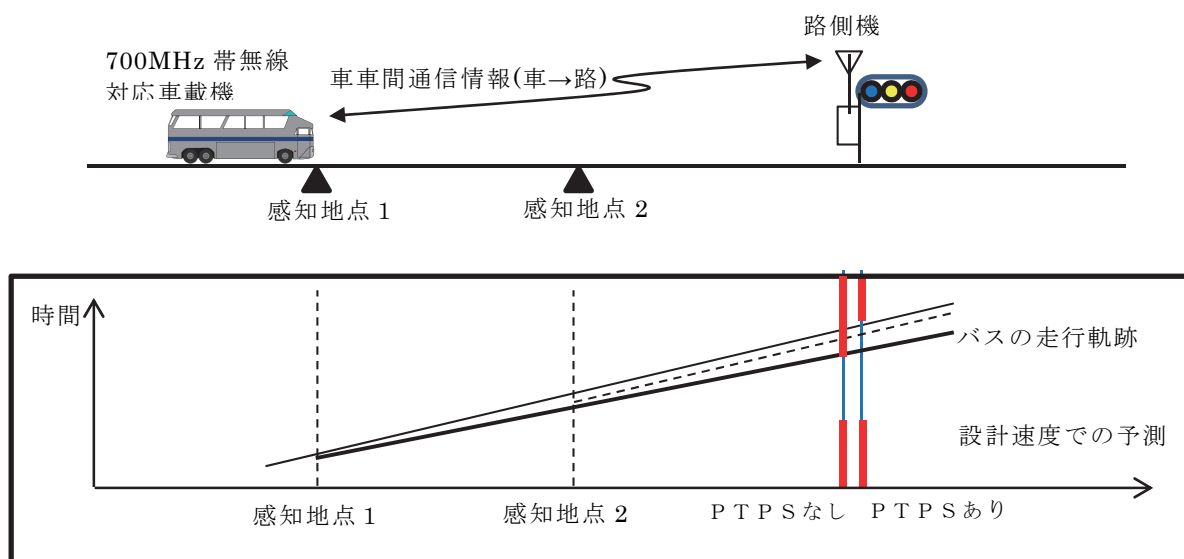
表 3.1.1-1 P T P S 優先要求データ（自由アプリデータ領域）の構成案

項目	データ長	定義		値	備考
アプリケーション ID	1byte	P T P S 優先要求データに割り当てられた識別 ID		固定	
バージョン番号	1byte	本メッセージのバージョンを識別する番号		1	
キー情報	5byte (40bit)				—
特定車種情報	bin(8)	PP-1	P T P S 車種情報	固定	車両ごとに固定 (光学式車両感知器 近赤外線式 P T P S 用通信アプリケーション 規格「版 1」ア ップリンク情報 実 データ部 サブシ ステムキー (P T P S) 情報 参照)
ユーザ ID					
都道府県コード	bin(6)	PI-1	都道府県のコード	固定	
バス事業所番号	bin(10)	PI-2	事業所の番号	固定	
系統番号					
普通／急行識別コード	bin(3)	A-3	普通／急行識別	固定	
系統番号	bin(13)	A-13	個別系統番号	固定	
固定車両 ID	5byte (40bit)				—
自動生成識別フラグ	bin(1)	C-3	0:車両 ID の提供依頼なし	0	車両ごとに固定 (光学式車両感知器 固定車両 ID コード 体系規格「版 1」バ スの固定車両 ID 参照)
車両 ID 識別フラグ	bin(1)	C-3	1:固定 ID 車両	1	
業種コード	bin(6)	A-6	15:バス (公営) 16:バス (私営)	固定	
特殊	bin(1)	C-3	0:未使用	0	
都道府県コード	bin(6)	A-6	1~47:JIS 都道府県コード	固定	
業種固有コード					
事業者コード	bin(5)	A-5	都道府県内の事業者コード	固定	
営業所コード	bin(5)	A-5	各事業者内の営業所コード	固定	
車両固定番号	bin(15)	A-15	事業者ごとの対象車両の管理番号	固定	
運行状態	bin(1)	A-1	0:回送 1:営業中	規定値 (可変)	営業中の車両を対象に優先する。
優先要求	bin(1)	A-1	0:要求なし 1:要求あり	規定値 (可変)	遅れていないバスを優先しないために用いることを想定する。
予備	bin(6)	A-6		0	

イ P T P S 制御の実施方法

路側機は 100ms 毎に車載機より車車間通信情報を受信し、所定のバス感知地点にバスが到達した時点でバス感知信号を生成し、バス優先制御判定（青延長、赤短縮）を実施する。バスの感知地点は複数設定可能とする。

地点 1 で実勢速度、地点 2 で設計速度により優先制御判定を実施することにより、従来方式と比較して、優先制御が成功するケース、無駄青時間が低減されるケースの増加が期待される。



- ・ 光ビーコンによる P T P S は、感知地点 1 において設計速度で到着予測し、最大青延長で通過可能な場合は延長する。→設計速度にマージンを持たせるため無駄青が出る。
- ・ P T P S 高度化案は、感知地点 1 において実勢速度で青延長判断し、その後、感知地点 2 で再度、青延長判断することで無駄青の少ない青延長が行える。

図 3. 1. 1-3 P T P S 制御の実施イメージ

ウ 仮想ビーコン位置の設計基準

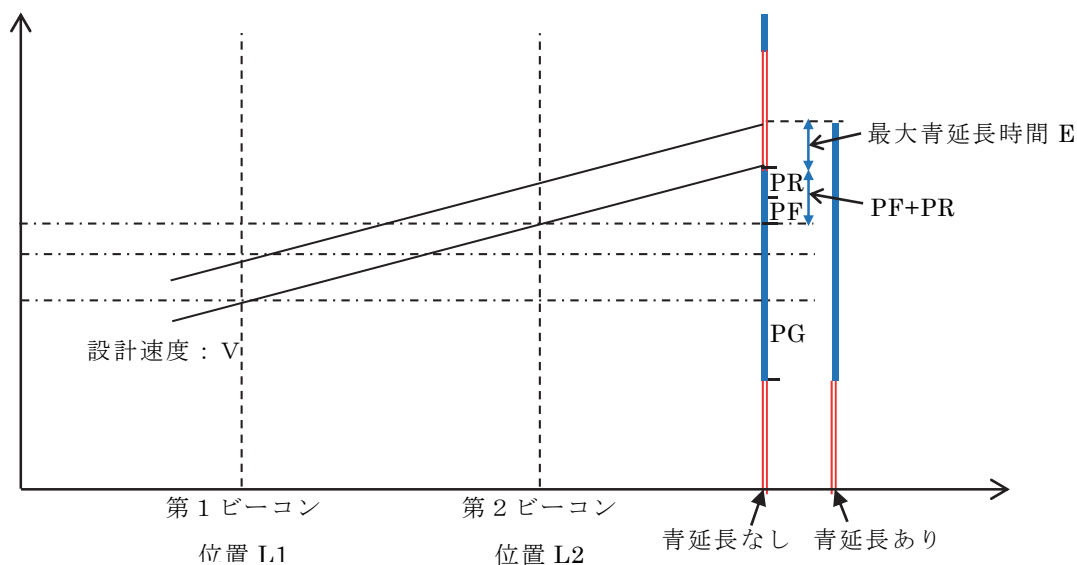


図 3.1.1-4 仮想ビーコン位置の設計基準 (PG 感応の場合)

仮想ビーコン位置は、各ビーコン位置における最大青延長時間に応じて、以下の式により、設計される。

$$L = (G + T + E) \times V$$

ここで、L：交差点停止線から仮想ビーコンまでの距離 (m)

G：感応階梯後の青時間 (秒)

(PG 感応の場合：G = PF + PR)

(PR 感応の場合：G = 0)

T：路側機で車々間情報を受信後、信号機が優先制御を受け付けるまでの処理遅延時間 (秒)

E：最大青延長時間 (秒)

V：設計速度 (m/秒)

E を調整定数として設定することにより、リンク長が短いために第 1 ビーコンでの延長幅をとれない場合、第 2 ビーコンの延長幅が確保できる位置に設計することができる。逆に、速度変化が大きい路線では、第 2 ビーコンでの延長幅を小さくすることを許容して、できるだけ停止線近くに設計するという運用が可能となる。

なお、PR 感応において、PR 時間が短く、かつ延長幅を大きく設定する必要がある場合は、感応階梯の開始前に感応を受け付けることを検討することが望ましい。

エ 車両位置情報の誤差の影響

GNSS (Global Navigation Satellite System) 位置誤差の影響により、予測したバスの交差点到着タイミングと実際の到着タイミングがずれることにより、バスが交差点を通過できない、もしくはバス通過後に無駄青時間が発生する課題がある。

対策として、本優先制御に用いる車載機の位置精度を実走行することにより検証し、その結果に応じて青延長秒数に余裕を持たせることで、バスが交差点を通過できないケースに対応することが考えられる。

オ 主従道路にバスが同時に流入した場合の優先度決定方法

現行の信号制御機の仕様に合わせて、青延長方向を優先する。

3.1.2 信号情報提供によるPTPS高度化

(1) 目的

バス事業者は安全で快適な輸送の実現と燃料消費量の削減と地球環境保全への貢献を目標にエコドライブを推進している。また、車内事故を防止するため、急発進、急ブレーキ、急ハンドルに注意するゆとり運転を励行している。一方、バスドライバーは歩行者灯器の点滅により信号のタイミングを推測しており、車両青かつ歩行者赤のタイミングを延長する際には青延長制御が有効に活かされない場合がある。加えて、バスの定時運行を支援するためPTPSが導入されているが、バスに実装されているPTPS車載機は専ら要求信号を送信するために使用されているという現状がある。そこで本高度化案は、道路インフラ側から快適かつ安全な輸送を支援するための情報の提供を行い、ドライバーのエコドライブ及びゆとり運転を支援するものである。

(2) 概要

専用車載機を搭載したバスが通信領域を通過した際に、インフラ側から前方信号の情報及びPTPSの制御情報を提供する。車載機はその情報を受信し、エコドライブやゆとり運転を支援するサービス（①信号通過支援、②赤信号減速支援、③アイドリングストップ支援、④発進遅れ防止支援）をドライバーに適切なタイミングで提供する。

(3) 機能

インフラ側と車載機側で必要な機能を以下に示す。

- ・インフラ側：路車間通信装置から前方信号の情報及びPTPSの制御情報を送信する。
- ・車載機側：インフラ側から前方信号の情報及びPTPSの制御情報を受信し、その情報を適切な形でドライバーに通知する。

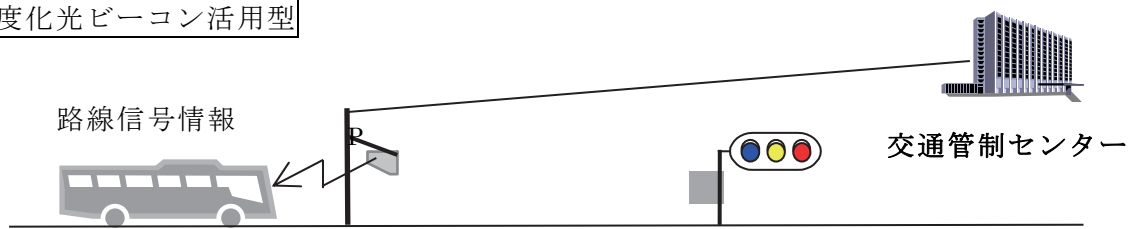
(4) システム構成・概念図

システムの構成要素としては次のとおりである。

- ・情報提供装置（交通管制センターの中央装置等）
- ・路車間通信装置（高度化光ビーコンもしくは700MHz帯路側無線装置）
- ・PTPS高度化対応車載機

通信メディアにより2つ形態があるため、図3.1.2-1に構成図を示す。

高度化光ビーコン活用型



700MHz帯路側無線活用型

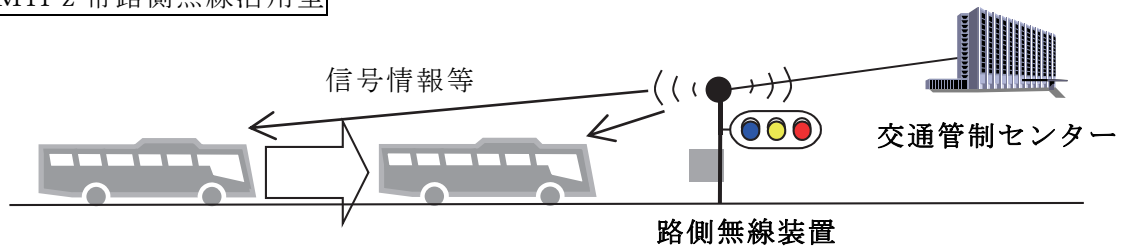


図 3.1.2-1 システム概念図

(5) システム実現上の前提条件

システム機能が実現できる高度化車載機が開発される必要がある。

(6) システムの特徴（長所）

バスのドライバーは信号情報を受け、エコドライブ及びゆとり運転が可能となる。

(7) 詳細検討内容

ア 情報提供方針

交差点種別によりインフラ機器の整備方針やPTPS制御の実施有無等が異なるため、交差点種別によるPTPS制御の情報提供方針を示す。以下に状況をまとめる。

(ア) 重要交差点

DSSS (Driving Safety Support Systems) 対応信号制御機及び700MHz帯路側無線装置の整備がされる方針である。高度化PTPS制御が実施され、リアルタイムに信号情報が更新される頻度が高い。よって、700MHz帯無線通信活用し、リアルタイムにDSSS対応信号制御機の「信号情報」を提供する。重要交差点は700MHz帯無線活用型のシステム形態となる。

- ・信号情報 : DSSSの「信号情報」
- ・その他 : PTPSサービス情報

(イ) 一般交差点

一般的に、PTPS制御の実施頻度が少なく、信号情報のリアルタイムな更新頻度が低い。そのため高度化光ビーコンによるスポット通信で路線信号情報を提供する。

- ・信号情報 : 路

線信号情報

- ・その他 : なし

なお、PTPS適用路線によっては、一般交差点においてもPTPS制御の実施頻度が高い場合がある。そうした場合は、(ア)重要交差点と同様の提供形態が望ましい。

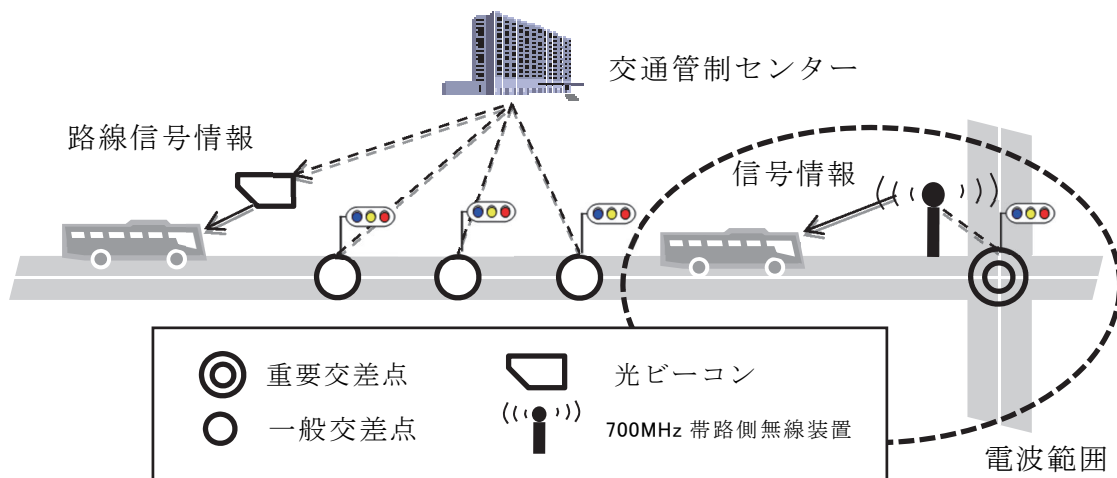


図 3.1.2-2 情報提供方針の概念図

イ 700MHz 帯無線活用型の情報提供項目

車載機がバスドライバーへの情報提供等によりエコドライブやゆとり運転を支援することを目的とし、前方信号に関する情報とPTPS制御に関する情報を車載機に通知するものとする。提供される情報を以下に示す。

表 3.1.2-1 提供情報とその構成

情報内容	概要	共用区分 (共用元情報)
道路線形情報	交差点座標、流入方路情報等	共用 (D S S S)
サービス支援情報	サービス方路情報、サービス情報等	共用 (D S S S)
信号情報	前方信号の青残秒数、赤残秒数等	共用 (D S S S)
PTPSサービス情報	PTPSのサービス状況を示す情報	新規追加

信号情報はD S S Sの「信号情報」を共用する。これによりリアルタイムに信号情報が配信され、前方信号の状況が把握可能となる。PTPSサービス情報は、サービス状況を示す情報を格納し、車載機側に提供するものである。車載機側ではサービス有無の判定や青延長の予測計算に使用する。これらは静的な情報又は時間帯等に応じ

て変更される準静的な情報として、ITS路側機に入力され、車載機へ配信されるものとする。

表 3.1.2-2 P T P S サービス情報とその構成

情報項目	概要	備考
対象流入路	P T P S 対象流入路	
制御時間帯	P T P S 制御時間帯	現在実施の時間帯、又は次時間帯を格納
制御方式種別	P T P S 制御方式種別	制御種別を格納
路側設定情報データ長	路側設定情報データ長を格納する	
路側設定情報	流入路単位で以下の情報を格納する	流入路は最大4つ
第1仮想ビーコン位置	第1仮想ビーコンの停止線から道程距離	
第1走行時間	第1仮想ビーコン通過時に停止線到着時刻を推定するための走行時間	単位：秒
第2仮想ビーコン位置	第2仮想ビーコンの停止線から距離	
第2走行時間	第2仮想ビーコン通過時に停止線到着時刻を推定するための走行時間	単位：秒
最大青延長時間	当該流入路に対する最大青延長時間	
最大赤短縮時間	当該流入路に対する最大赤短縮時間	

注1) 車載機で利用しない情報項目は、規格を制定する段階で削除する予定。

各情報項目について解説が必要な項目について追記する。

・制御時間帯

複数の制御時間帯がある場合、現在実施中の時間帯又は次時間帯を格納する。少なくとも、対象制御時間帯の5分前にはその時間帯がセットされ、終了後も少なくとも5分は前の時間がセットされる。

(例) 7:00~10:00 と 16:00~19:00 を制御時間帯とする場合は少なくとも次の時間帯では情報を提供する。

提供時間帯 6:55~10:05 開始 7:00 終了 10:00

提供時間帯 15:55~19:05 開始 16:00 終了 19:00

・制御方式種別

P T P S 制御の方式により路側設定情報及び路側設定情報データ長が変更される。現在、「700MHz 路車無線通信装置を活用したP T P S 高度化」で検討している制御方式を「01 (H)」と定め、更なる高度化が検討される際は、方式種別を設定し、その情報項目を規定する必要がある。

・最大青延長時間・最大赤短縮時間

使用用途の例を以下に記載する。

青・最大残秒数 - 青・最小残秒数 = 最大青延長時間
青延長なしと車載機で判断する。

ウ 700MHz 帯無線活用型のシステム構成

情報提供に関するシステム構成図を図に示す。

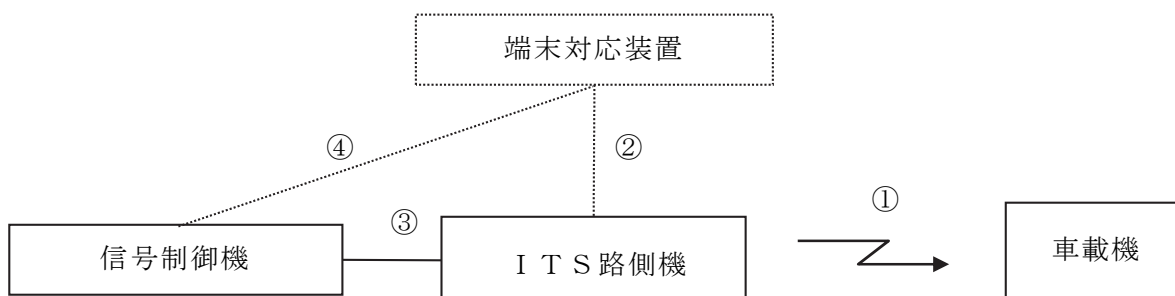


図 3.1.2-3 システム構成図

情報提供に係わる各装置の主要機能を以下に示す。

・信号制御機

P T P S 制御を実施する。リアルタイムに青、赤の残秒数を通知するために、I T S 路側機に対して「信号情報」を通知する。

・I T S 路側機

700MHz 帯路側無線装置を指すものであり、「道路線形情報」「サービス支援情報」が設定され、信号制御機より「D S S S 信号情報」を受信すると、車載機に対して「信号情報」を送信する。さらに、本装置に設定された情報をもとにし、「P T P S サービス情報」を車載機に配信する。

・車載機

「信号情報」を受信し、前方信号の残秒数を把握する。付加情報をもとに路側装置での通過支援状況を推計する。

エ 700MHz帯無線活用型の通信アプリケーション規格

各装置間で参照する通信アプリケーション規格について表 3.1.2-3 に示す。現在、UTMS 協会では、各種規格が検討されているが、ここでは本項の検討の基礎となった通信アプリケーションの規格名称で記載する。インタフェースについては極力変更しないものとして検討を行った。情報提供の高度化で情報項目の変更・追加を行う部分は「1」の「ITS 路側機－車載機間」となった。

表 3.1.2-3 通信アプリケーション規格

番号	規格名称	版数	備考
1	ITS 路側機 無線式 DSSS 用 通信アプリケーション規格 (案)	－	文献 [1] 新規追加の項目有り
2	ITS 路側機 普及版 DSSS 用 DATEX-ASN メッセージ規格 (案)	－	文献 [1] 別添 4
3	路車協調型 DSSS 用交通信号制御機 通信アプリケーション規格	版 2	S10 形インタフェース規格
4	交通信号制御機 DATEX-ASN メッセージ規格	版 4	UD 形インタフェース規格 S9 形インタフェース規格

ITS 路側機－車載機間の通信アプリケーションである「ITS 路側機 無線式 DSSS 用通信アプリケーション規格」に追加する「PTPS サービス情報」について、表 3.1.2-4 に情報項目とデータサイズを記載した。データサイズの合計 (最大) は、52 バイトである。

表 3.1.2-4 P T P S サービス情報とその構成

情報項目	サイズ	備考
対象流入路 (# 1)	1 B	対象流入路の方路 I D を格納する
～	～	
対象流入路 (# 4)	1 B	
制御時間帯 (開始)	3 B	制御開始の時、分、秒を格納する
制御時間帯 (終了)	3 B	制御終了の時、分、秒を格納する
制御方式種別	1 B	01(H) で固定
路側設定情報データ長	1 B	
路側設定情報	—	流入路 4 つで、最大 4 0 B である
第 1 仮想ビーコン位置 (1)	2 B	単位：メートル、流入路 1
第 1 走行時間 (1)	2 B	単位：秒、流入路 1
第 2 仮想ビーコン位置 (1)	2 B	単位：メートル、流入路 1
第 2 走行時間 (1)	2 B	単位：秒、流入路 1
最大青延長時間 (1)	1 B	単位：秒
最大赤短縮時間 (1)	1 B	単位：秒
～	～	
第 1 仮想ビーコン位置 (4)	2 B	単位：メートル、流入路 4
第 1 走行時間 (4)	2 B	単位：秒、流入路 4
第 2 仮想ビーコン位置 (4)	2 B	単位：メートル、流入路 4
第 2 走行時間 (4)	2 B	単位：秒、流入路 4
最大青延長時間 (4)	1 B	単位：秒
最大赤短縮時間 (4)	1 B	単位：秒

参照文献

[1] (一社) UTMS 協会編, S I P (警 3) 「電波を活用した安全運転支援システム (D S S S) 開発に向けた調査研究報告書 (2015 年 3 月)

[2] 「<http://www.utms.or.jp/index.html>」

3.1.3 隊列走行 P T P S

(1) 路線バス高密度運行路線の現状と課題

政令市・中核市の中心部では、幹線道路に郊外から路線バスの複数の系統が集中しているケースが多く、朝夕の混雑時には多数の路線バスが高密度に運行される区間が存在している。

表 3.1.3-1 は 2008 年に全国の政令市・中核市・特別区の路線バスの時刻表を調査したものであるが、朝の混雑時には、83 もの市・特別区において 1 時間当たり片方向 30 本以上（平均運行間隔 2 分以下）の路線バス高密度運行区間が存在している。その内、30 市・特別区では同 60 本以上（同 1 分以下）、内 15 市区では同 90 本以上（同 40 秒以下）の路線バス高密度運行区間が存在している。（各市・特別区別の路線バス高密度運行区間および運行本数については、昨年度報告書を参照のこと）

表 3.1.3-1 路線バス高密度運行区間のある都市

運行密度	対象都市	本数計
30～59 本/時・片方向	53 市区 札幌・福島・船橋・江東区・中野区 足立区・横浜・藤沢・新潟・富山・長野 大阪・高槻・神戸・奈良・和歌山・松江・呉 下関・徳島・北九州・久留米・大分	2629 本/時・片方向
60～89 本/時・片方向	15 市区 旭川・盛岡・秋田・郡山・さいたま 目黒区・杉並区・北区・八王子・町田 平塚・厚木・静岡・名古屋・京都	1027 本/時・片方向
90～ 本/時・片方向	15 市区 仙台・水戸・宇都宮・渋谷区・川崎 金沢・岐阜・岡山・広島・福岡・長崎 佐世保・熊本・宮崎・鹿児島	1766 本/時・片方向
計	83 市区	5422 本・時・片方向

このような路線バス高密度運行区間では、路線バスの運行本数及び利用者が多いため、路線バスの速達性・定時性の向上を図るため、路線バスが渋滞に巻き込まれないようバスレーンが導入されている区間が多い。しかしながら、バスレーンが導入されていても、交通信号での停止、バス停での乗降時間増加等により、速達性・定時性の低下を招いている。乗降時間増加の要因として、高密度運行による団子運転の発生が考えられる。

ア 団子運転の発生メカニズムと影響

図 3.1.3-1 に示すように、信号待ちや、停留所での乗客の乗降等による運行間隔のバラツキが混雑車両の偏在を発生させ、混雑車両を先頭にした団子運転が発生し、後続車両も含めた速達性・定時性の低下を招いている。

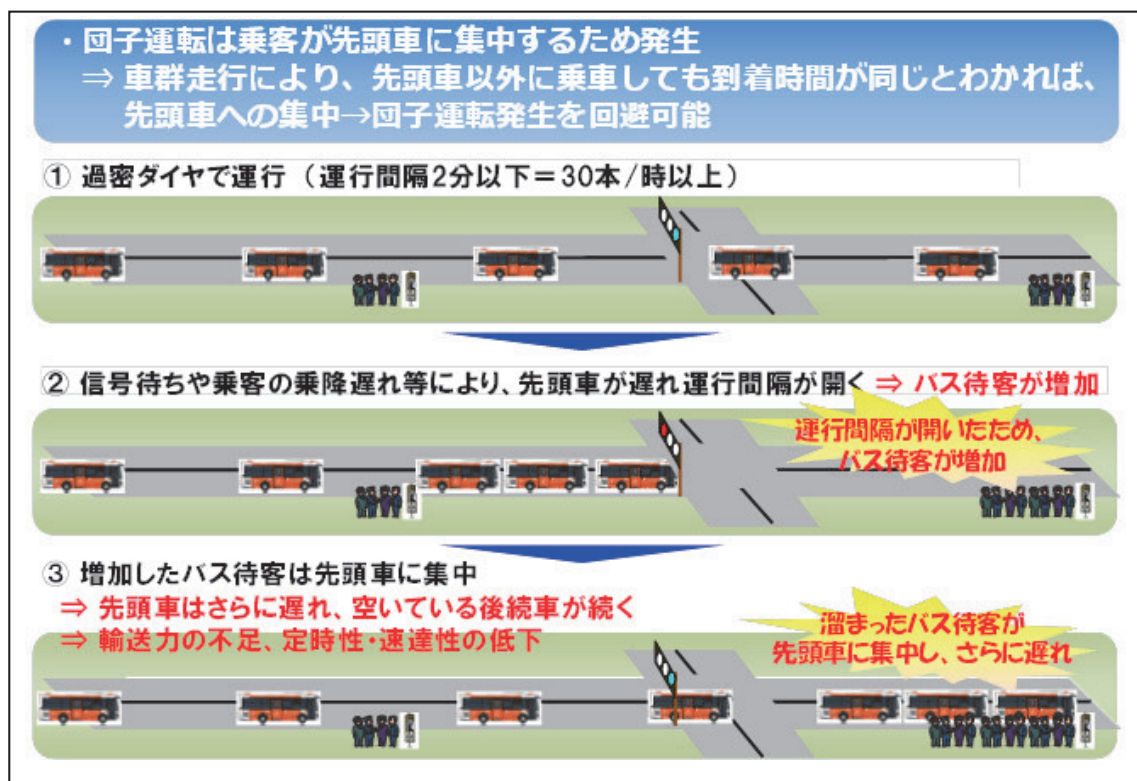


図 3.1.3-1 団子運転の発生メカニズム

(2) 隊列走行 — 路線バス高密度運行区間における速達性・定時性向上策

路線バス高密度運行区間は、当然ながら路線バスの利用者が多い区間であり、速達性・定時性の向上を図ることで、より大きな社会的な便益が期待される。その実現のためには、団子運転による速達性・定時性の低下を防ぐことが重要である。また、路線バスの信号待ちを極力、減少させることが可能となれば速達性・定時性への効果は大きい。

団子運転の発生、信号待ちの時間ロス減少の実現手段として、事業者による隊列走行が考えられる。

ア 隊列走行による想定効果

(ア) 団子運転の発生防止

図 3.1.3-1 に示したように、団子運転の発生要因は先行車への乗客の集中である。先行車への乗客の集中を防ぐためには、利用者に、後続車に乗車しても先行車とほぼ同時に目的バス停に到着できるという安心感を与えることが必要である。隊列走行に

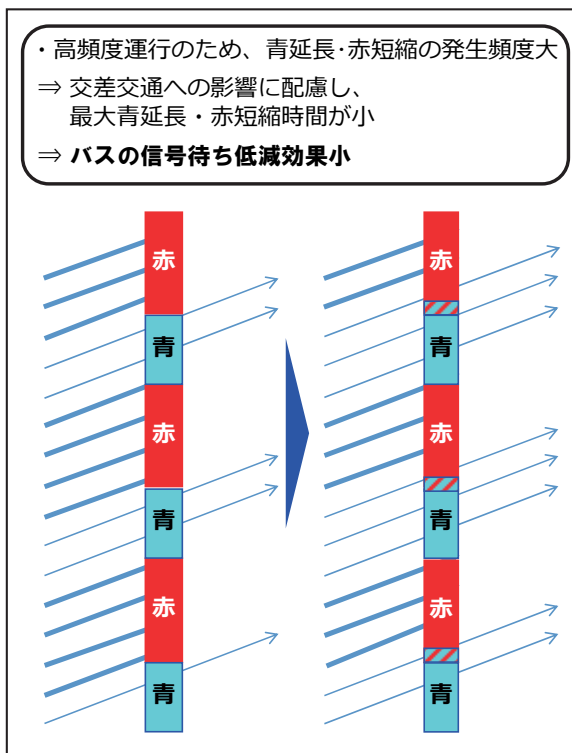
より、鉄道の列車と同様に、隊列を構成するどの車両に乗車しても、目的バス停に同時に到着できるという安心感を与えることが期待される。

(イ) 隊列走行による信号待ちの低減

路線バス高密度運行路線に P T P S を導入した場合、図 3.1.3-2 に示すように路線バスから絶えず優先要求（青延長あるいは赤短縮の要求）を受けるため、多くの周期で青延長サービスまたは赤短縮サービスが実施される。そのため、交差交通側のスプリットに与える影響を考慮し、最大青延長時間、最大赤短縮時間を小さくする対策が取られている。

隊列走行により隊列間の運行間隔を確保することで、優先要求を受ける機会が減少するため、交差交通のスプリットに与える影響が小さくなり、最大青延長時間、最小赤短縮時間を大きくし、路線バスの信号待ち時間の減少、速達性・定時性の向上が期待できる。

(高頻度運行路線における P T P S)



(隊列走行による改善可能性)

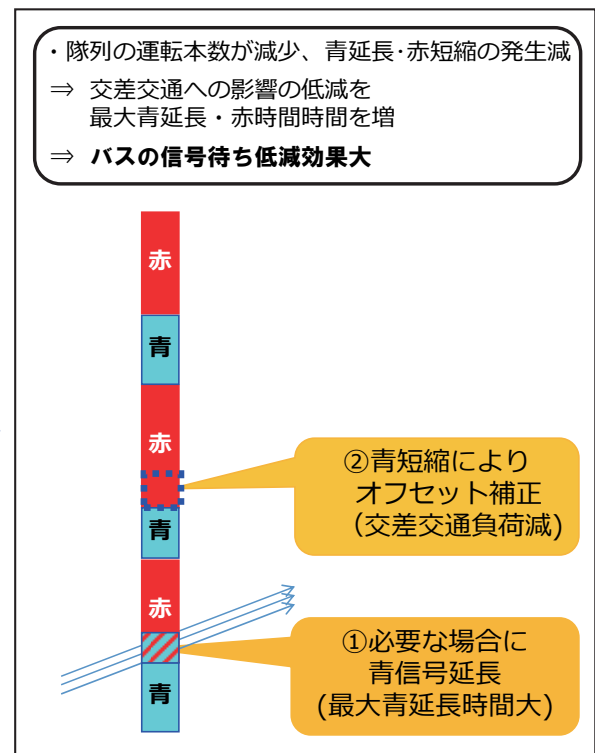


図 3.1.3-2 路線バス高密度運行路線の P T P S 概念図

(3) 隊列走行に対応した P T P S

速達性・定時性の向上を図るためには、隊列を維持し団子運転の発生を防ぐことが必要である。隊列を維持するためには、隊列を構成する車両のバス停からの発進タイミングの同期化や、隊列を維持した交差点通過等が必要となるが、本検討では、隊列を維持した交差点通過を支援するための P T P S を対象とする。

また、隊列走行を支援するための P T P S 方式を検討するに当たっては、「700MHz 路車無線通信装置を活用した P T P S 高度化」の信号制御方式の拡張として検討する必要がある。

700MHz 路車無線通信により得られる情報に基づき、隊列を維持した交差点通過を支援する方式を検討するものとする。

ア 隊列長

隊列を維持した交差点通過を支援するためには、隊列の途中で赤信号により分断されることがないように、隊列長への配慮が必要となる。表 3.1.3-1 に示すような政令市や中核市の多頻度運行路線において必要となる輸送力を確保するためには、表 3.1.3-2 に示すような隊列走行が必要となり、その隊列長に対応した信号通過時間差の拡大に配慮することが必要となる。

表 3.1.3-2 隊列パターンに応じた隊列長と通過時間差の例

隊列構成	隊列定員	輸送力 注1	必要バス停長	走行時隊列長	単車バス1台との隊列長差	単車バス1台との通過時間差
単車バス1台	80人	1,920人/h・d	12.0m	11.0m	+0.0m	+0.0秒
連節バス1台	130人	3,120人/h・d	19.0m	18.0m	+7.0m	+0.6秒
単車バス2台	160人	3,840人/h・d	26.0m	42.0m	+31.0m	+2.8秒
連節バス1台+単車バス1台	210人	5,040人/h・d	33.0m	49.0m	+38.0m	+3.4秒
単車バス3台	240人	5,760人/h・d	40.0m	73.0m	+62.0m	+5.6秒
連節バス2台	260人	6,240人/h・d	40.0m	56.0m	+45.0m	+4.1秒
連節バス1台+単車バス2台	290人	6,960人/h・d	47.0m	80.0m	+69.0m	+5.6秒
連節バス2台+単車バス1台	340人	8,160人/h・d	53.0m	87.0m	+76.0m	+6.8秒
連節バス3台	390人	9,360人/h・d	61.0m	94.0m	+83.0m	+7.5秒

注1) ここでは、隊列の運行本数を、時間当り(h)、片方向(d)当り、24本(運行間隔2.5分)とした。

注2) 前提条件として、走行速度40km/h、単車バス車長11m、連節バス車長18m、車間時間1.8秒とした。

イ 青延長時の対応

隊列としての青信号通過を支援する際に発生しうるケースを表 3.1.3-3 にまとめる。

表 3.1.3-3 青信号延長のケース

延長の場合	a	b	c	d	e	f
先頭車	○	○	○	△	△	×
2 台目以降	○	△	×	△	×	×

凡例：○：青延長なしで通過、△青延長で通過

×：青延長しても通過不可

上記のケースの内、ケース c（先頭車が青延長なしで通過可、2 台目以降が青延長でも通過不可）及びケース e（先頭車が青延長により信号通過、2 台目以降は青延長でも通過不可）のケースで、赤信号により隊列が分断されることになる。ただし、ケース c は、PTPS の最大青延長時間が 10 秒程度あることから、表 3.1.3-2 に示す通過時間差との比較により、現実が発生する確率は極めて少ないと考えられる。

隊列走行に対応した PTPS としては、特にケース e（先頭車が青延長により信号通過、2 台目以降は青延長でも通過不可）への対応が重要となる。また、ケース f（先頭車も 2 台目以降も、青延長しても通過不可）は、隊列ごと通過不可となるため、極力このケースの発生を減少させる、少なくとも増加させない配慮が必要である。

ウ 赤短縮時の対応

次に赤短縮に当り、隊列としての赤信号短縮を支援する際に発生しうるケースを表 3.1.3-4 にまとめる。

表 3.1.3-4 赤信号短縮のケース

短縮の場合	g	h	i	j	k	l
先頭車	○	△	×	△	×	×
2 台目以降	○	○	○	△	△	×

凡例：○：赤短縮なしで通過、△赤短縮で通過

×：赤短縮しても通過不可

上記のうち、ケース i（先頭車は赤短縮しても通過不可、2 台目以降は赤短縮なしで通過可）及びケース k（先頭車は赤短縮しても通過不可、2 台目以降は赤短縮で通過可）においては、隊列走行の円滑な走行に影響を与えることになる。ただし、ケース i は、最大赤短縮時間が 10 秒程度であることと、表 3.1.3-2 に示す通過時間差との比較により、現実が発生する確率は極めて少ないと考えられる。

両ケースとも、先頭車に対し P T P S の最大赤短縮時間を適用しているため発生自体は止むを得ないが、2 台目以降の車両における信号残情報の運転手への表示に対する配慮が必要となる。

先頭車が信号残時間情報に基づき減速支援中にも関わらず、2 台目以降の車両に信号通過可能との表示が行われれば、最悪、先頭車への追突を招き、製造物責任発生の恐れもある。路側の責任、車載機側の責任、運転手の責任を明確にすることが課題である。

ただし、C A C C により隊列走行を支援している場合には、先頭車への追従走行機能を優先させる、あるいは、先頭車両の減速支援情報を後続車にも共有する等の対策が可能となる。

ウ 隊列走行支援のための P T P S の対応

隊列走行を P T P S により支援するためには、青信号通過時のケース e（先頭車が青延長により信号通過、2 台目以降は青延長でも通過不可）への対応、及びケース f（隊列ごと信号通過できず）への配慮が必要となるが、その対応方法としては、通常の P T P S も含め、下記 3 つのパターンが考えられる。

① 通常の P T P S

ケース e への対応が不可能なため、隊列が信号で分断される頻度が高くなる。延長受付時間は変わらず、ケース f（隊列ごと信号通過できず）の発生頻度には影響が出ない。

② 隊列の最後尾車両だけが優先要求

ケース e による隊列分断のケースが減少するものの、青延長の受付時間が減少するため、ケース f（隊列ごと信号通過できず）の発生頻度が増えることが予想される。

なお、先頭車が隊列長を発信し、路側で最後尾車両の位置を推定して青延長時間を考慮する方式も同等の機能は可能となる。ただし、車載側で最後尾車両だけ優先要求を発信する方が、路側の機能変更は不要となる。

③ 隊列先頭車両から発信される隊列長情報により青延長時間を決定（最大青延長時間を増加）

ケース e による隊列分断の確率が減少するだけでなく、最大青延長時間が増加（青延長受付時間を維持）するため、ケース f（隊列ごと信号通過できず）のケースの発生頻度は①と同等（②より減少）となり、バスの速達性・定時性向上に最も有効なパターンとなる。

上記3パターンにおける、ケースeへの対応の概念図を図3.1.3-3に示す。

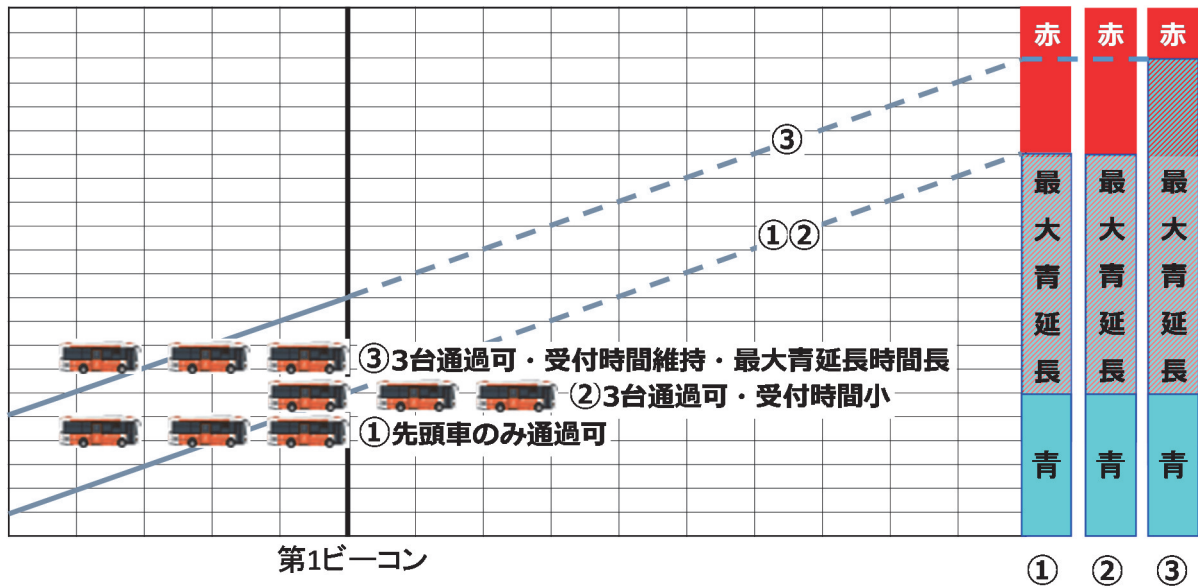


図 3.1.3-3 隊列走行対応 P T P S の 3 パターン

上記3パターンの比較を表3.1.3-4に示す。

表 3.1.3-4 隊列走行対応 3 パターンの比較

		車載側	路側	メリット/デメリット
①	通常の P T P S	・通常の P T P S と同じ	・通常の P T P S と同じ	<ul style="list-style-type: none"> × 隊列の分断が増加 ○ 隊列ごと通過不可の増加なし (延長受付時間を維持) ○ 交差一般交通への影響の増加なし
②	最後尾車のみ優先要求	・隊列走行を認識、最後尾車両のみ優先要求	・通常の P T P S と同じ	<ul style="list-style-type: none"> ○ 隊列の分断が減少 × 隊列ごと通過不可が増加 (延長受付時間が減少) ○ 交差一般交通への影響への増加なし
③	隊列長を考慮し青信号延長	・隊列走行を認識、先頭車から隊列長を発信	・隊列長に合わせ延長時間を決定 (最大青延長時間を増加)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 隊列の分断が減少 ○ 隊列ごと通過不可の増加なし (延長受付時間を維持) × 交差一般交通への影響が増加 (最大青延長時間が増加)

(4) 隊列走行対応 P T P S の各パターン詳細

ア 通常の P T P S

このパターンにおいては、通常の P T P S と同様に各車両が優先要求を発信し、路側も各車両に対して、最大延長時間の範囲内で優先を実施することになり、路側、車側とも、通常の P T P S と同じ仕様となる。

ただし、図 3.1.3-4 に示すように、ケース e（先頭車が青延長により信号通過、2台目以降は信号通過できず）において隊列が分断され、図 3.1.3-2 に示すような団子運転が発生する懸念がある。受付時間は変わらないためケース f（隊列ごと通過できず）の発生頻度の影響はない。

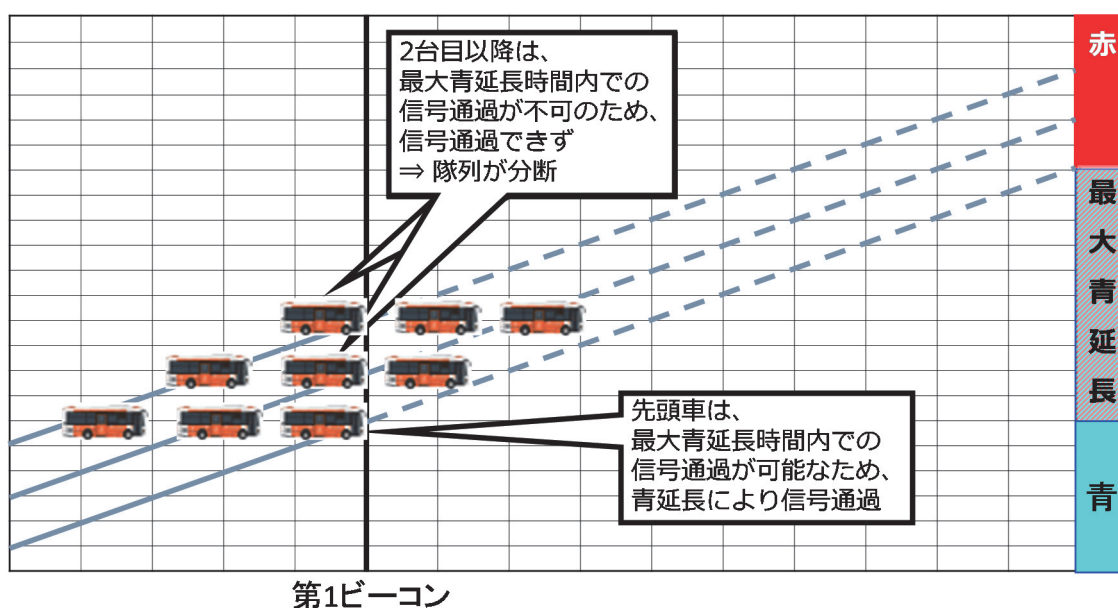


図 3.1.3-4 通常 P T P S による隊列分断

イ 最後尾車両のみ優先要求

このパターンでは、車載側が C A C C により、隊列を形成して走行していることを認識し、最後尾車両のみ優先要求を発信するものである。図 3.1.3-5 にシステム概念図を示す。

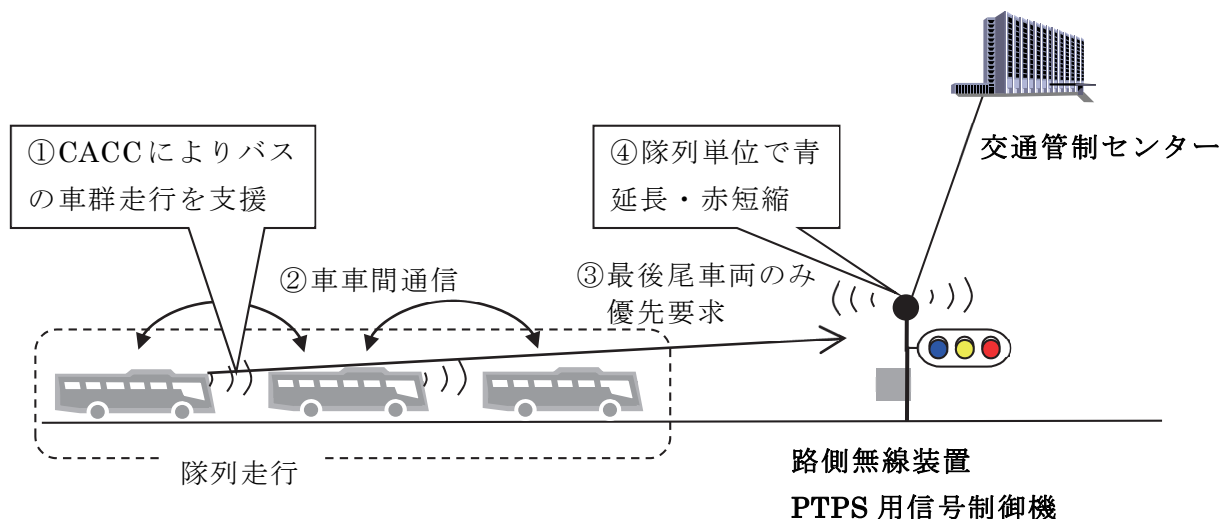


図 3.1.3-5 車車間通信による隊列情報生成と最後尾車両のみの優先要求

このパターンにおいては、図 3.1.3-6 に示すように、ケース e（先頭車が青延長により信号通過、2 台目以降は信号通過できず）による隊列の分断は減少するが、青延長受付時間の減少が発生し、ケース f（隊列ごと信号通過できず）の発生頻度が増加することが予想される。

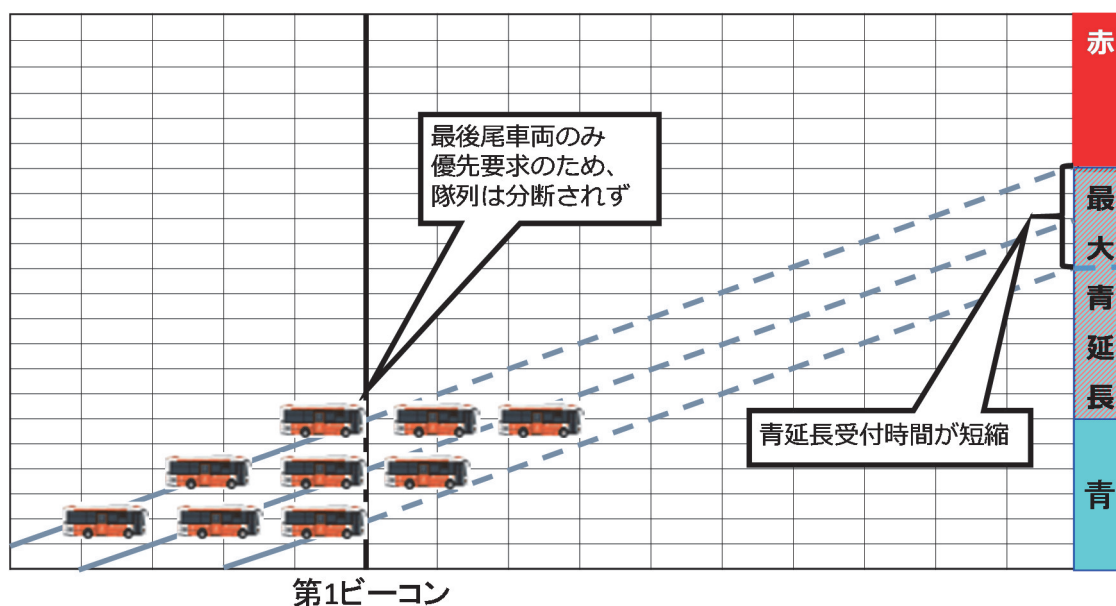


図 3.1.3-10 パターン②による隊列維持と青延長受付時間の減少

(ア) 赤短縮要求時の対応

このパターンにおいては、赤短縮要求時への配慮が必要となる。表 3.1.3-4 に示す、ケース h（先頭車が赤短縮により通過可、2 台目以降が赤短縮なしで通過可）及びケース i（先頭車、2 台目以降とも、赤短縮により通過可）に対応するためには、後続車だけから優先要求するのではなく、全車から優先要求することが必要となる。

ただし、ケース h 及びケース i の発生頻度は決して高くなく、また、対応した際の効果も表 3.1.3-2 に示した通過時間差から、それほど大きくない。赤短縮時も最後尾車両のみの優先要求を継続することも考えられる。

当初、検討していた、先頭車が隊列長を発信し、路側で最後尾車両の位置を推定し青延長時間を考慮する方式では、上記の赤短縮時の対応が不要となるというメリットがある。ただし、上記に示したように、ケース h 及びケース i への対応の重要性はさほど高くなく、車載側で「最後尾車両からのみの優先要求」を「全車両からの優先要求」に変更することも可能であるため、このメリットはさほど大きくないと考えられる。

ウ 隊列長を考慮した青信号延長

このパターンでは、パターン②と同様に車載側が CACC により隊列走行を認識するが、パターン②と異なり、先頭車から路側に隊列長を発信し、青延長時に路側が隊列長を考慮した延長青時間の追加を行う。図 3.1.3-7 にその概念図を示す。

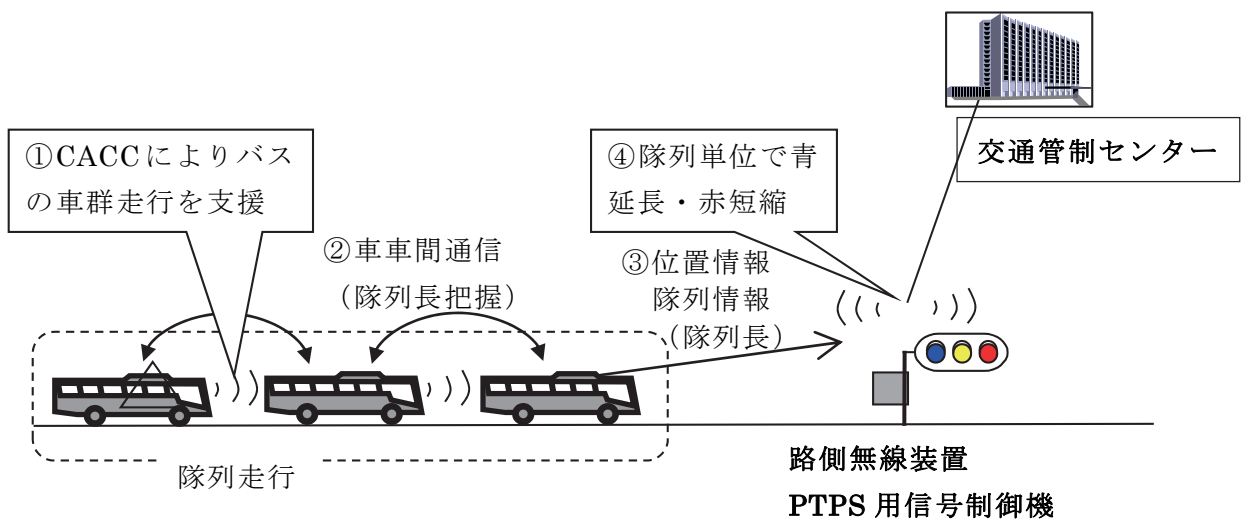


図 3.1.3-7 車車間通信による隊列情報生成と先頭車からの隊列長発信

このパターンにおいては、図 3.1.3-8 に示すように、ケース e (先頭車が青延長により信号通過、2 台目以降は信号通過できず) の隊列の分断は減少するだけでなく、最大青延長時間の増加、青延長受付時間の維持により、ケース f (隊列ごと信号通過できず) の減少が期待される。

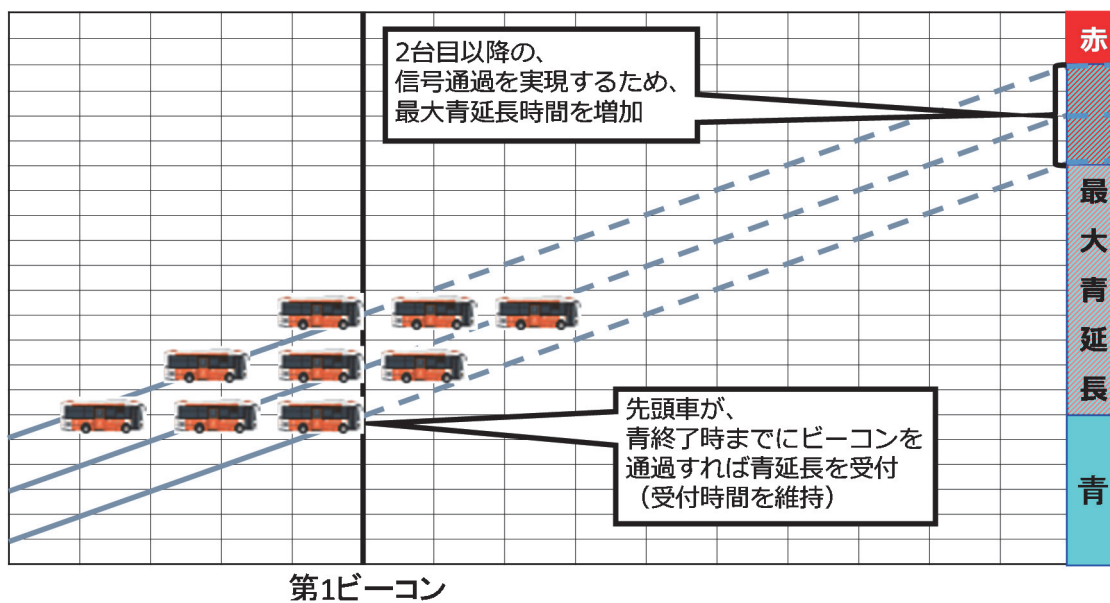


図 3.1.3-12 パターン③による隊列維持と最大青延長時間の増加

なお、当パターンにおいては、路側の制御が複雑となるため、パターン②（後続車両のみ優先要求）において、あらかじめ隊列走行による表 3.1.3-2 に示した通過時間の拡大や、図 3.1.3-2 に示した交差交通への影響現象を加味し、最大延長時間を長く設定することで同等の機能を代替することは可能となる。

3.1.4 走行経路別のバス優先制御

(1) 目的

従来のバス優先制御システムでは、交差点の特定の流出方向が優先制御の対象となっており、流出方向の異なる複数の路線が混在する場合に、状況に応じた優先制御を実施することが困難であった。この課題を解決することを目的として、700MHz帯無線の活用により、走行経路別のバス優先制御を実施するものである。

(2) 概要

制御対象交差点に向かって走行するバスから700MHz帯無線で発信されるリアルタイム車両情報をITS路側機で受信する。

バスから受信した車両情報に含まれる位置、速度等の情報から推定されるバス到着タイミングに基づいて、交差点での優先制御の実施有無、実施する動作（青時間延長／赤時間短縮）を判定する。また、バスから受信した車両情報に含まれる走行経路、または路線番号等の情報に基づいて、交差点での流出方向を判定し、優先制御の対象となる現示を決定する。

(3) 機能

- ・バスから700MHz帯無線により車両情報を発信する。
- ・バスから発信された車両情報を路側無線装置が受信し交通管制センターに送信する。
- ・交通管制センターで、優先制御の実施有無、実施する動作、対象現示を決定する。
- ・交通管制センターからの指令に基づいて、信号制御機がバス優先制御を実施する。

(4) システム概念図

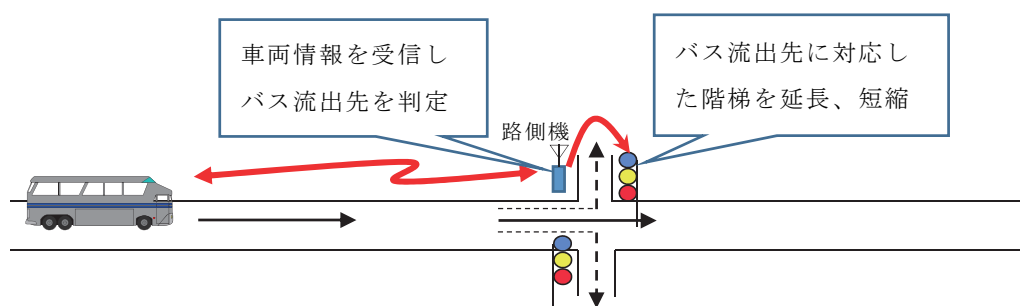


図 3.1.4-1 システム概念図（走行経路別のバス優先制御）

(5) システム実現上の前提条件

ア 導入場所

- ・流出方向の異なるバスが流入する交差点

イ 車載機等の条件

- ・700MHz帯無線通信に対応していること

- ・運行毎に走行経路、または路線番号等の情報を設定できること

(6) システムの特徴

- ・700MHz 帯無線を用いることにより、1 台の無線装置で全ての流入路について、バスとの通信が可能。
- ・橋上等の光ビーコンが設置困難な場所であってもサービスの実施が可能。
- ・流入したバスの流出方向に応じて、優先制御する方向を動的に決定できる。

(7) 詳細検討内容

ア バス流出方向の判定方法

判定方式として、以下の方式が想定される。

方式① 車載機から走行経路を識別可能な情報（路線番号等）を送信する

- ・メリット : インフラ側での流出方向の判定が単純
- ・デメリット : 車載機側で車車間通信メッセージの自由領域に走行経路に関する情報の設定が必要

方式② 車載機からアップされた車両 ID に対応する走行経路をインフラ側で判定する

- ・メリット : 車載機の車車間通信メッセージに情報追加が不要
- ・デメリット : 車両 ID とバスの走行経路の対応情報を、バス運行管理者から受信、管理する必要がある

方式③ 路側に設置した画像センサーでバスの行先表示を読み取り、走行経路をインフラ側で判定する

- ・メリット : 車載機の車車間通信メッセージに情報追加が不要
- ・デメリット : センサーの設置コストが高価

イ 右折レーンの混雑軽減策

バス走行経路の右折レーンにおいて多くの右折待ち車両が滞留している場合、バス優先制御により右折青時間を延長しても、バスが交差点を通過できない課題がある。対策としては、本優先制御では右折待ち車両の多い右折レーンを優先制御対象外とし、該当の右折レーンでは右折感応制御を実施することにより、右折待ち車両を事前に低減しておくことが有効である。

(8) 課題

ア バス感応現示の登録

信号制御機で登録可能な感応現示の最大数は 2 現示であり、その制約を考慮して感応現示を設定する必要がある。

3.1.5 P T P S 効果確認システム

(1) 目的

これまでP T P S制御は、該当路線における旅行時間や停止回数を指標として効果確認を行っており、その都度現地調査を行う必要があった。本システムは、車載機から収集したプローブ情報等を活用してP T P S制御の効果を分析することを目的としている。

(2) 概要

P T P S制御によって実行した優先信号制御時間と対象公共車両の対象信号交差点通過の時間を比較することによりP T P S制御の効果の有無を確認する。

交差点通過の定義は、対象公共車両が対象交差点の流入側停止線を通過した状態とし、効果ありとしてカウントする事象は以下のとおりとする。

ア 青延長したことにより対象交差点を通過できた場合

(ア) P T P S制御により延長した青時間に、対象公共車両が対象交差点を通過

(イ) P T P S制御により影響を受けた黄時間に、対象公共車両が対象交差点を通過

イ 赤短縮したことにより対象交差点を通過できた場合

(ア) 赤時間に対象交差点で停止していた対象公共車両がP T P S制御により停止時間が短縮され対象交差点を通過

(イ) 対象公共車両が停止せずに対象交差点を通過

図 3.1.5-1 に効果確認のイメージを示す。

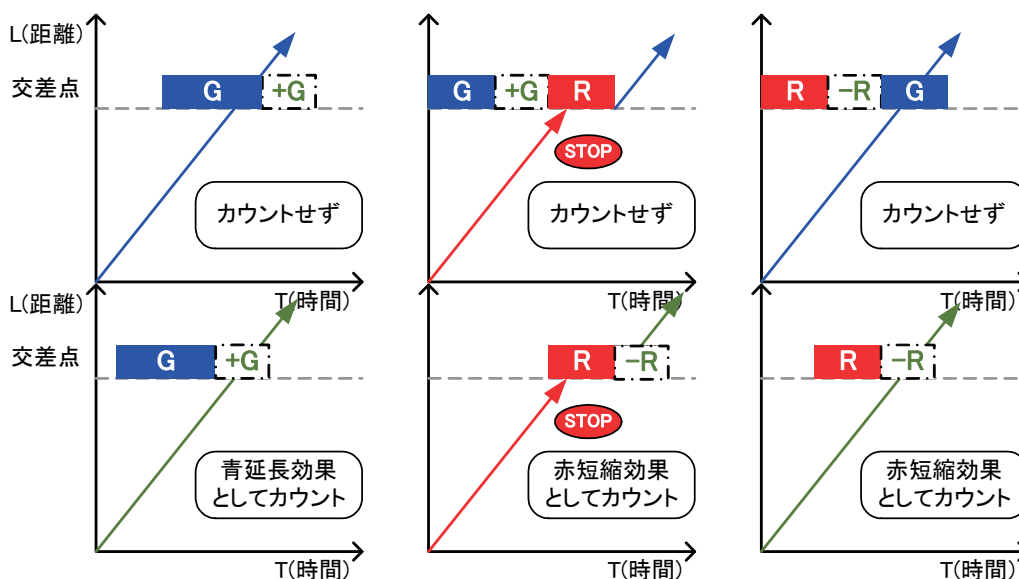


図 3.1.5-1 青延長・赤短縮による効果確認イメージ

(3) 機能

本システムは、以下の機能を有する。

ア 「信号制御実行情報」を把握・蓄積する機能

イ 対象公共車両の「プローブ情報」を把握・蓄積する機能

ウ ア と イ のそれぞれをタイムスタンプで同期をとり比較し、PTPS制御の「効果の有無を判定」する機能

(4) システム構成

システム構成の一例を図 3.1.5-2 に示す。

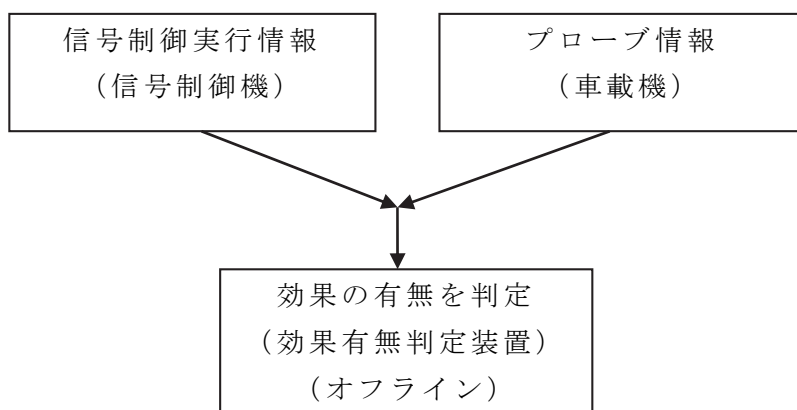


図 3.1.5-2 PTPS 効果確認システム構成図

(5) システム概念図

システムの概念図を図 3.1.5-3 に示す。

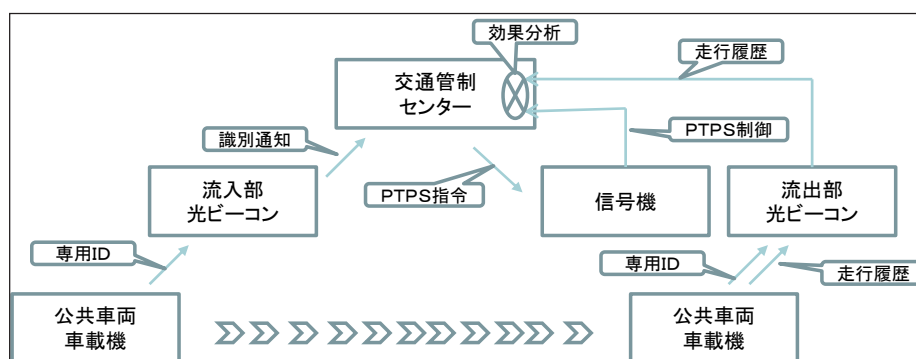


図 3.1.5-3 PTPS 効果確認システム概念図

システムの一連の動作（フロー）の一例を以下に示す。

- ア 対象公共車両は、流入部光ビーコンに固定車両 I D をアップリンク
- イ 固定車両 I D を受信した流入部光ビーコンは、交通管制センターに車両情報を送信
- ウ 交通管制センターは、対象交差点の信号機に P T P S 制御指令を送信（「信号制御実行情報」を蓄積）
- エ 対象交差点の信号機は、指令に従い信号制御を実行
- オ 対象公共車両は、対象交差点を通過
- カ 対象公共車両は、流出部光ビーコンに固定車両 I D とプローブ情報をアップリンク
- キ 固定車両 I D を受信した流出部光ビーコンは、交通管制センターに車両情報を送信
- ク 「効果有無判定装置」は、「信号制御実行情報」のサイクル開始時間、感応実行種別、スプリット感応変動値、実行階梯の秒数を確認し、「プローブ情報」と比較をすることで、効果の有無を判定

青延長、赤短縮の判定のイメージ図を以下に示す。



図 3.1.5-4 効果判定イメージ(青延長)

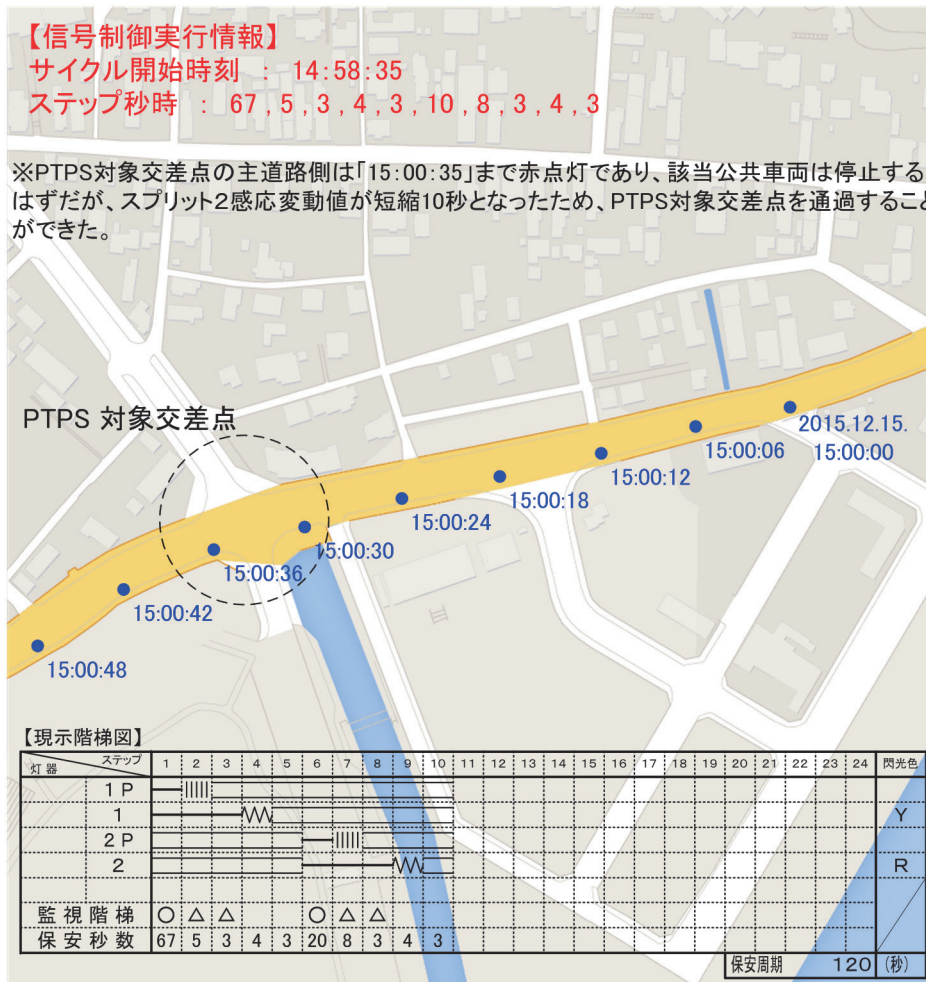


図 3.1.5 効果判定イメージ(赤短縮)

なお、700MHz 帯車車間通信情報、タコグラフデータなどの活用も考慮する。

(6) システム実現上の前提条件

現時点における既存システムの組合せにおいては、リアルタイムでの効果の判定はできないため、オフラインでの効果の判定となる。

また、該当交差点においては、他の感応機能の実行がないこととする。

(7) システムの特長

交通管理者は、オフラインでの分析により、PTPS制御の効果の有無を把握でき、より高度で効率的なPTPS制御（成功率の改善や無駄青時間の削減など）の調整・運用が可能となる。

(8) 今後の検討課題

効果が得られなかった場合の原因として、対象公共車両の進行方向前方の渋滞状況や路上駐車違反車の存在、道路工事等の規制、事故、荒天時のマイカー送迎混雑、乗客の乗降時間、等々が考えられるが、これらの現象を把握するためのしくみ（ドライブレコーダを活用するなど）が必要であると考えられる。

3.1.6 交差点連動によるバス優先制御

(1) 目的

バス運行路線において、路線内の渋滞を軽減することにより、バスの遅延の緩和を行う。

(2) 概要

各路線区間に点在した感知器の感知情報、将来的には、プローブ情報から、中央装置にて渋滞情報を作成する。路線の進入側に設置した路側機（光ビーコン等）より、バスの通過情報を取得し、バスの（ダイヤに対する）遅れ時間、進行方向の渋滞情報から、制御実施有無、及び優先方向（上り・下り／主・従）を決定する。

決定した優先方向（上り・下り）に対して、渋滞発生区間に関わる交差点全体で、先出しオフセットの適用や下流側交差点のスプリット配分を多くすることで、渋滞を軽減し、バスの遅延を緩和する。

感知器による路線全体の交通状況把握による優先制御であるため、バス専用レーンやバス優先レーンの無い路線を対象とする。

(3) 機能

本案で必要となる機能を以下に記載する。

ア 中央装置

- ・ 感知器情報、プローブ情報から渋滞情報を作成できる機能（既存機能）
- ・ バスの通過情報やバス進行方向に対する渋滞情報から、設定路線内での「遅れ」に関する指標が作成でき、優先方向を決定する機能
- ・ 決定した優先方向に対して、渋滞を軽減するためのオフセット決定やスプリット調整を行う機能

イ 端末装置

- ・ 既存の装置で対応可能

(4) システム構成

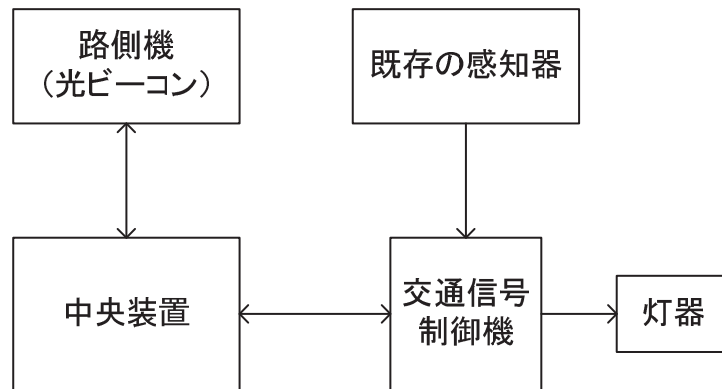


図 3.1.6-1 システム構成

(5) システム概念図

図 3.1.6-2 に複数の交差点を示し、バス運行路線を矢印で示す。バス運行路線の渋滞情報を元に各交差点のオフセット決定やスプリット調整を行う。

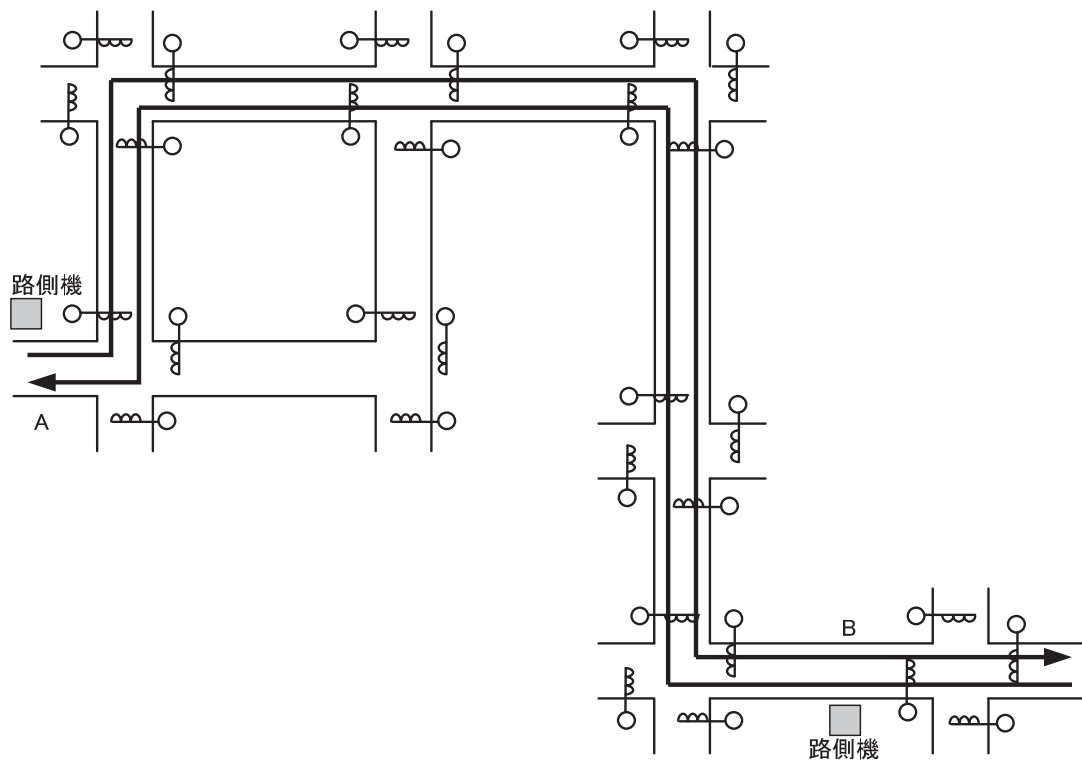


図 3.1.6-2 システム概念図

(6) システム実現上の前提条件

- ア 渋滞情報については、既存の感知器でバス運行路線上の情報に不足がある場合は感知器の増設を行う。
- イ 渋滞情報に対する対象交差点の選定、オフセット決定やスプリット調整に関する機能は中央装置の改修を行い、機能を追加する。

(7) システムの特徴

- ア バス運行路線区間全体で、渋滞を軽減させることによりバス優先制御が効果的に行われるようにする。
- イ 既設管制システムに対する設備追加や機能追加が少ない。

(8) 今後の検討課題

- ア バスの遅延、遅延回復の判定方法
- イ 非優先方向の交通に与える以下の影響の考慮
 - ・スプリットの調整による従方向のスプリット配分の減少
 - ・オフセットの調整による対向方向のスルーバンドの悪化
 - ・オフセット調整後のオフセット追従動作による一時的な系統の崩れ
- ウ 昨年度の報告書において、警交仕規に示す機能以外の県独自の機能やシステムがあり、本案と類似、同一の可能性もある。これらの機能やシステムとの比較検討を行う必要がある。
平成 26 年度報告書・表 2.2.1-6
 - ・バス進行方向の渋滞時にボトルネック交差点のパラメータ変更
 - ・系統方向別優先制御機能
 - ・最適到達時間制御機能
 - ・渋滞している場合、進行方向への自動優先制御
- エ ウに関して、特許権の調査

3.1.7 現示スキップによるバス優先制御

(1) 目的

従来のバス優先制御は、アップリンク情報からの推定を元に信号制御を行っているため、バス感知から交差点までの状況変化に対して十分に対応できていない。

本高度化案は、バスの交差点流入出を検出することで確実にバスの通過を捉え、かつ、信号変化をダイナミックに行うことで、状況を問わず、バスを交差点で停止させずに通過させる制御を行うことを目的とする。

(2) 概要

交差点流入出路に設けた感知器の感知情報により、バスの交差点到着までにその進行方向の青信号をできる限り早く表示し、交差点通過までその灯色を保持する。

(3) 機能

本案で必要となる機能を以下に記載する。

- ア 感知器：バスを感知してその車両 ID を判別し、感知信号を外部に送信する機能
- イ 交通信号制御機：感知信号を受け、バスの交差点到着までに該当方向の青信号を表示し、交差点通過までその灯色を保持する機能

(4) システム構成

図 3.1.7-1 にシステム構成を記載する。

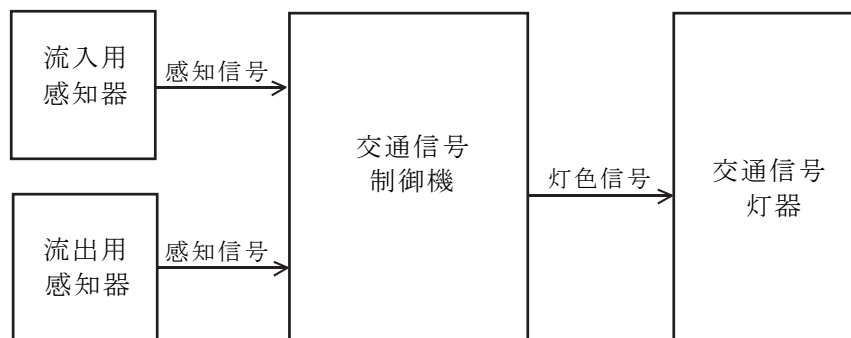


図 3.1.7-1 システム構成

(5) システム概念図

ア 運用交差点および運用現示の例

運用交差点は、図 3.1.7-2 の構成とする。流入側感知器から交差点まで制限速度で 15 秒の距離とする。バス運行路線は流入側感知器方向から交差点に向かい右折するものとし、流出路に流出側感知器を設置する。

運用現示は図 3.1.7-3 とし、バス通過時は 6 ステップの灯色を出力するものとする。

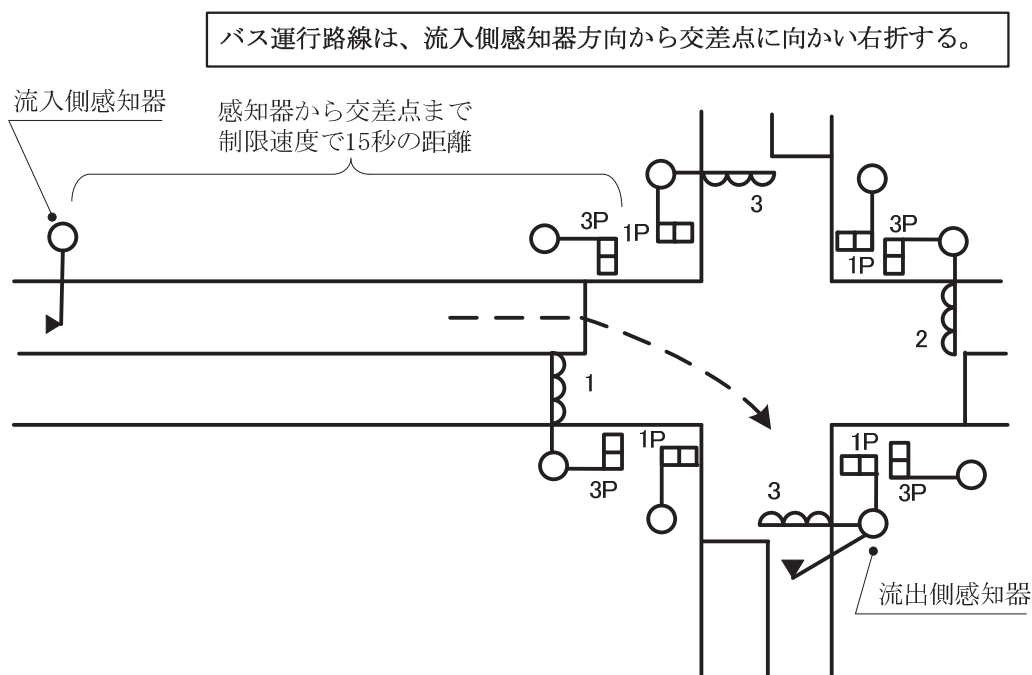


図 3.1.7-2 システム概念図

ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
灯器	1P	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	1	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	2	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	3P	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	3	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

図 3.1.7-3 運用現示例

イ 流入側感知器の感知後の現示例（2ステップ）

流入側感知器の感知後、15秒経過までに6ステップまで歩進し保持する。

（PF、Yに関しては、交差点として、安全上確保すべき時間を確保する。PRに関しては、設置地点により、安全を考慮した上で、スキップ、最短時間での歩進を行う可能性もある。）

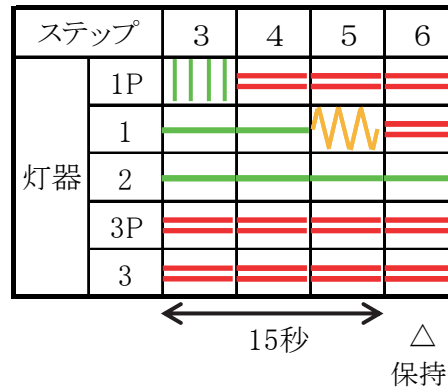


図 3.1.7-4 流入側感知時（2ステップ）の現示例

ウ 流入側感知器の感知後の現示例（10ステップ）

流入側感知器の感知後、15秒経過までに6ステップまで歩進し保持する。

（PF、Y、Rに関しては、交差点として、安全上確保すべき時間を確保する。PRに関しては、設置地点により、安全を考慮した上で、スキップ、最短時間での歩進を行う可能性もある。）

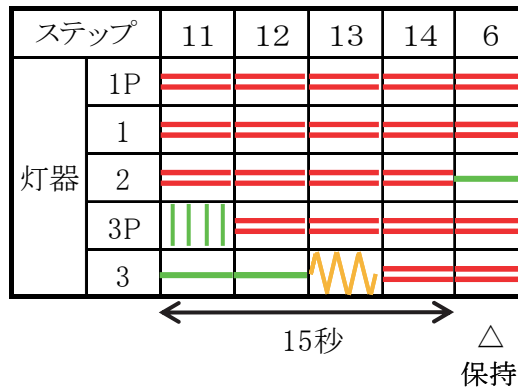


図 3.1.7-5 流入側感知時（10ステップ）の現示例

エ 流出側感知器の感知後の現示例

流出側感知器の感知後、保持を解除してエンドステップ（14ステップ）まで歩進する。

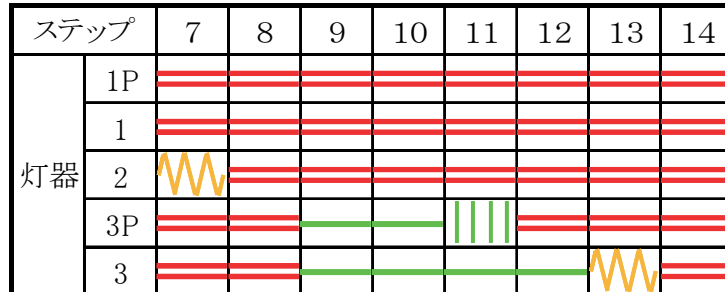


図 3.1.7-6 流出側感知後の現示例

(6) システム実現上の前提条件

- ア 流入出路に感知器を設置できること
- イ 信号制御 LSI の改造が可能であること

(7) システムの特徴

バスが交差点に到着するまでに、バス進行方向の青灯色を出力しておくことが可能である。

(8) 課題

ア 感知器のバス不感知等の対策

流出側感知器においてバス不感知があった場合、保持されている現示が解除されず、他交通のための青信号が表示されず交通流に大きな影響を与える。現示保持時間の最大時間を設け、バス不感知時は最大時間で現示保持が解除されるようにすることで影響を小さくできる。

(9) 今後について

本方式の実現性、本制御を導入した際に与える影響等を検討した。

ア 実現性

本高度化案は、列車連動信号機／踏切信号機等で、実現している制御である。集中制御エリアにおいても、現示の早出し、保持を行う直前に保安動作に移行し、制御を行うことで実現している実績がある。

現示早出しを行う際は階梯を飛ばす、現示の保持を行う際は監視時間を超えた階梯保持を行うことがあるので、遠隔動作のままでは、中央装置の改修が必要になると考えられる。このため、現状では、保安動作として、現示の早出し、保持を行っている。

しかし、列車に対し高い優先度が与えられている前提での制御であり、バスに対し列車と同等の優先度を与えることはできないことについて十分な検討が必要である。

イ 導入を考慮した際の影響

集中制御エリアでは、現示の早出し、保持を行うことで、系統が大きく乱れるため、一般車に対して影響が大きいと考えられる。

現示の早出し、保持を行うため、同一方向のバスがサイクルごとに来た場合、非優先側に青信号が表示されなくなり、一般車に対しての影響が大きくなる。

バス最優先の制御となるため、制御の恩恵を受けるバスは、定時性が確保でき、利便性は大きく向上することになるが、導入する場合は、一般車に与える影響を十分に考慮する必要がある。

上記ア、イの検討結果を踏まえ、他交通への影響が大きいことから、高度化機能案としては採用しないこととした。

3.2 高度化方針

3.2.1 要件と要件の優先づけ

昨年度調査結果や今年度のヒアリング及び検討結果をもとに、PTPS高度化における要件と要件の優先レベルを表3.2.1-1のように整理した。

なおNo.9の隊列走行に関しては、隊列走行のためのバス停が確保でき、隊列走行により乗客の乗降時間が短縮できることが前提である。

表 3.2.1-1 P T P S 高度化の要件と優先づけ

No	要件	優先レベル
1	無線通信のメリットを生かし、優先制御の性能を改善すること。	MUST
2	1台で複数の流入路をカバーし、機器費、工事費等を削減すること。	MUST
3	システム構築費用が少ないこと（既存機器の改修費用が小さいこと）。	MUST
	PTPSの適用範囲を広げること。	
4	バス停のある流入路	MUST
5	光ビーコンを設置できない流入路（橋、高架道路等）	MUST
6	車載機において青信号で交差点を通過できるか判断できること。	MUST
7	信号情報を提供し、エコドライブやゆとり運転を支援すること。	WANT
8	優先制御の効果を把握できる機能を有すること。	WANT
9	隊列走行するバスに対して、隊列のまま交差点を通過できるよう優先制御すること。	WANT

3.2.2 高度化PTPS導入方針

(1) システム構成パターン

高度化PTPSのシステム構成パターンとして以下の4パターンが考えられる。

各案ともメリット/デメリットがあり、現段階では定性的な評価を行ったが、定量的な比較ができないため、どのパターンがよいかは言及できない。また、デメリットに対して、政策的な支援策で解決することで評価が変わる可能性がある。

表 3.2.2-1 システム構成によるメリット/デメリット比較

パターン	インフラ		バス			評価	
	光ビーコン		700MHz 無線機	現車載 機	700MHz 車載機		マルチ通信 車載機
	旧	新					
1	○	—	—	○	—	—	M：新たな投資が不要 D：サービス向上が期待できない
2	○	—	○	○	○	—	M：インフラ側の投資最小 D：バス側の整備負担が大きい。
3	—	—	○	—	○	—	M：バス側の整備負担小。 光ビーコン設置条件の制約がなくなる。(柱、橋上、地下埋等) D：インフラ側で既存資産が活用できない。
4	(○)	○	○	—	—	○	M：サービス内容の充実化 D：バス側の整備負担大、車載機の開発費大

注1) 光ビーコンの“旧”とは、従来方式でバスからのアップリンクだけに用いられる場合を指す。

高度化ビーコンを設置しても、使い方として従来と同じであれば、“旧”とする。

光ビーコンの“新”とは、路線信号情報、プローブ情報等の従来の光ビーコンにない機能を使うことを指す。

注2) マルチ通信車載機とは、高度化ビーコンと700MHz帯無線路側機の両方と通信可能であり、両者を融合した車載機アプリケーションを有する車載機を指す。一般車両への700MHz帯車載機の普及が進み、ハードウェアコストが低下した場合、このタイプの車載機の実用化が期待できる。

(2) 導入路線とバス運用を考慮した推奨するシステム構成パターン

バス会社の車載機整備の観点から、推奨するシステム構成パターンを表 3.2.2-2 に示す。できる限り、車載機整備費用の安い構成を推奨する。バス会社において、700MHz 帯無線通信を活用する新設路線において、運行するバスを限定できる場合は運行するバスへの 700MHz 帯車載機の整備でよいが、限定できない場合はすべてのバスに車載機を整備することが必要となる。また、既存の P T P S 路線がある場合は、従来の車載機に追加して 700MHz 車載機の整備が必要となり、バス会社の負担が懸念される。安価なマルチ通信車載機が開発できるかどうかが普及のキーとなる。

表 3.2.2-2 推奨するシステム構成パターン

対象路線とバスの 関係 導入路線	限定できる	限定できない
新設路線 既存 P T P S 路線なし	パターン 3 を推奨	パターン 3 を推奨
新設路線 既存 P T P S 路線あり	パターン 3 を推奨	パターン 2 を推奨 安価な車載機が開発できれば、 パターン 4 を推奨
既存路線の高度化	パターン 2 を推奨、 安価な車載機が開発できれば、 パターン 4 を推奨	パターン 2 を推奨、 安価な車載機が開発できれば、 パターン 4 を推奨

(3) 重要交差点以外での 700MHz 帯無線機の整備

光ビーコンより 700MHz 帯無線機が安価な場合(通信によりカバーできる範囲が広く、複数の光ビーコンを 1 台の無線機でカバーできるため)、光ビーコンの設置条件が厳しく最適な位置に設置できない場合(建柱できない橋上、地下埋等)、パターン 3 によりバス側の車載機整備費用を低くできる場合は、重要交差点以外であっても 700MHz 帯無線機の整備を推奨する。

3.3 実現すべき機能の選択

表 3.2.1-1 において整理された要件は、3.1 項の各高度化案により実現される。両者の関係を表 3.3-1 に示す。

要件、及びシステム実現に向けた技術課題の解決の観点から、以下の機能を優先して実現すべき機能として選択する。

- ・ 700MHz 帯活用優先制御
- ・ 信号情報提供による P T P S 高度化
- ・ P T P S 効果確認システム

表 3.3-1 高度化案による要件の実現

No	機能 要件	700MHz 帯活用 優先制 御	信号情報 提供によ る P T P S 高度化	隊列走 行 P T P S	走行経 路別バ ス優先	P T P S 効果 確認シ ステム	交差点 連動バ ス優先
1	無線通信のメリットを生かし、優先制御の性能を改善すること。	◎	—	—	○	—	○
2	1 台で複数の流入路をカバーし、機器費、工事費等を削減すること。	○	○	○	○	○	○
3	システム構築費用が少ないこと（既存機器の改修費用が小さいこと）。	○	○	○	○	○	○
	P T P S の適用範囲を広げること。						
4	バス停のある流入路	◎	—	○	—	—	—
5	光ビーコンを設置できない流入路（橋、高架道路等）	◎	○	○	—	—	○
6	車載機において青信号で交差点を通過できるか判断できること。	—	◎	○	—	—	—
7	信号情報を提供し、エコドライブやゆとり運転を支援すること。	—	◎	—	—	—	—
8	優先制御の効果を把握できる機能を有すること。	—	—	—	—	◎	—
9	車群走行するバスに対して、車群のまま交差点を通過できるよう優先制御すること。	○	○	◎	—	—	—

注) ◎は、各要件を主に実現する高度化案であることを示す。

4. システム基本設計

ここでは、高度化案を実用化するために実証試験モデルにより実証試験が行われることを前提とした基本設計について記述する。実証試験モデルは警視庁の交通管制センター及び路側に整備されることが計画されている。ここでは、以下の条件を考慮する以外は、主に外部要件に関わる仕様について記述する。

- ・ 警視庁における信号制御機は、中央装置によりリアルタイムに制御される。
信号制御機は、一部の感応制御を除き青時間等を制御しない。

4.1 システム機能

「3.3 実現すべき機能の選択」において選択した機能に関し、システム機能の観点から表 4.1-1 に示すように整理した。

表 4.1-1 システム機能一覧

機能名	説明
バス優先制御	<ul style="list-style-type: none">・ 車載機から受信する優先要求に基づき、バス優先制御が行えること。・ 複数の仮想ビーコン位置により、青延長制御、赤短縮制御が行えること。・ 仮想ビーコン位置は 700MHz 帯無線機の通信範囲において、任意に設定できること。・ 仮想ビーコン位置から停止線までの到着時間は、上流側の仮想ビーコンでは平均的な実勢速度を用い、下流側の仮想ビーコンではバスの走行速度低下を想定しマージンを持たせた設計速度を用いて算出した値を用いること。・ バス停から停止線までの距離が一定以上であれば、流入路にバス停があってもバス優先制御が行えること。
信号交差点走行支援	<ul style="list-style-type: none">・ インフラから受信する信号情報、サービス情報と自車位置から、バス優先制御を予測し、予測情報に基づき、交差点走行支援を行うこと。・ 下流交差点が通過可能か判断し、状況に応じてドライバーに情報提供を行うこと（信号通過支援、赤信号加速抑制支援、赤信号減速支援）。
P T P S 効果確認	<ul style="list-style-type: none">・ 管制システムにおいて、バス優先制御の成功・失敗を判定し、制御効果を確認できること。・ 車載機において、バス優先制御の成功を判定し、ドライバーに通知できること。

4.1.1 バス優先制御

「3.1.1 700MHz 路車無線通信を活用した P T P S 高度化」に記載されているバス優先制御機能を実現すること。

ここでは、流入路にバス停がある場合のバス優先制御について補足する。図 4.1.1-1 にバス停と仮想ビーコン位置の関係を示す。仮想ビーコン位置は、バスがある程度加速した位置とすることで、仮想ビーコン位置から停止線までの走行時間が安定することが期待できる。

光ビーコンによる P T P S では流入路にバス停がある場合、当該交差点において制御を行うことは困難であったが、このように 700MHz 路車無線通信を活用することで、バス停を有する交差点においても優先制御が可能となる。

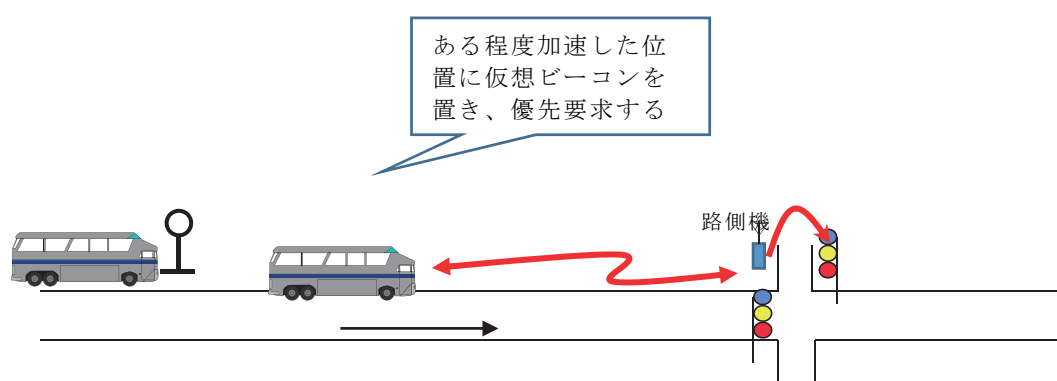


図 4.1.1-1 バス停と仮想ビーコン位置の関係

4.1.2 信号交差点走行支援

「3.1.2 信号情報提供による P T P S 高度化」に記載されている 700MHz 帯路側無線活用型を実現すること。

信号交差点走行支援は、交差点への接近タイミング、及び上流での発進位置に応じて 4 つの支援が考えられる。ここでは、ドライバーへの支援内容について補足するが、具体的な H M I は車載機の開発時に決定されるものとする。

(1) 青信号から赤信号に変化するタイミングでの信号通過支援

信号が青から赤に変わるタイミングを想定する。P T P S 制御により青信号が延長され、バスは減速することなく信号を通過することができる。

バスは制動距離が長いので、黄信号になった場合は直ちに減速することが望ましい。そのため、一部のバスドライバーは、歩行者用信号が赤信号に変わるタイミングで車両用信号の青信号の残り時間を予測している。P T P S 制御では、歩行者用信号が赤信号に変化後、車両用信号が赤信号に変化する時間が変わる場合があるため、この予測が行えない交差点がある。ドライバーが安心して交差点を通過できるよう信号情報を用いて、ドライバー支援が行われることが望ましい。

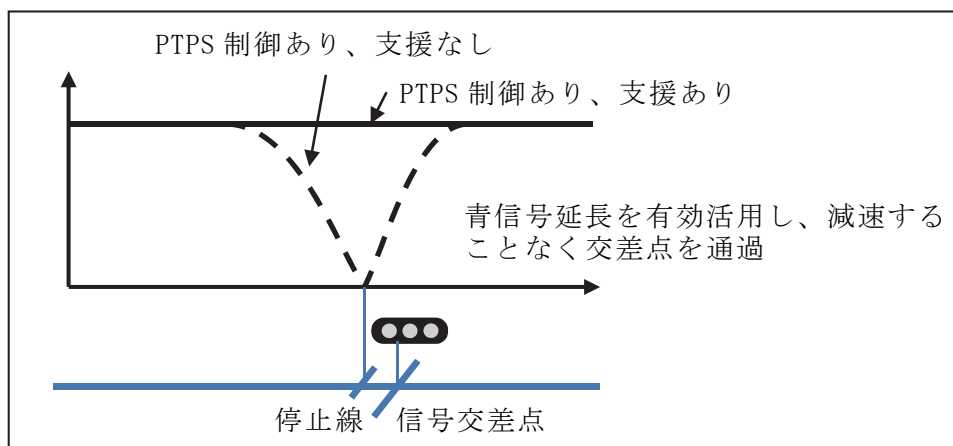


図 4.1.2-1 バスへの信号通過支援の動作例 1

(2) 赤信号から青信号に変化するタイミングでの信号通過支援

信号が赤から青に変わるタイミングを想定する。信号通過支援情報により、バスは一般の車両より早めに減速を行い、さらに青信号が早く出ること、交差点手前から加速する動作が期待される。

PTPS制御においては、信号交差点に向けて走行中、仮想ビーコン位置を通過時にPTPS制御により赤信号が短縮される。仮想ビーコン位置より上流では、赤信号により停止すると判断し、それに応じた推奨速度を提供した場合、仮想ビーコン位置を通過後に、赤信号短縮により青開始タイミングが早くなることから、より早い推奨速度が必要となるケースが考えられる。推奨速度が短時間で変化しないように配慮されることが望ましい。

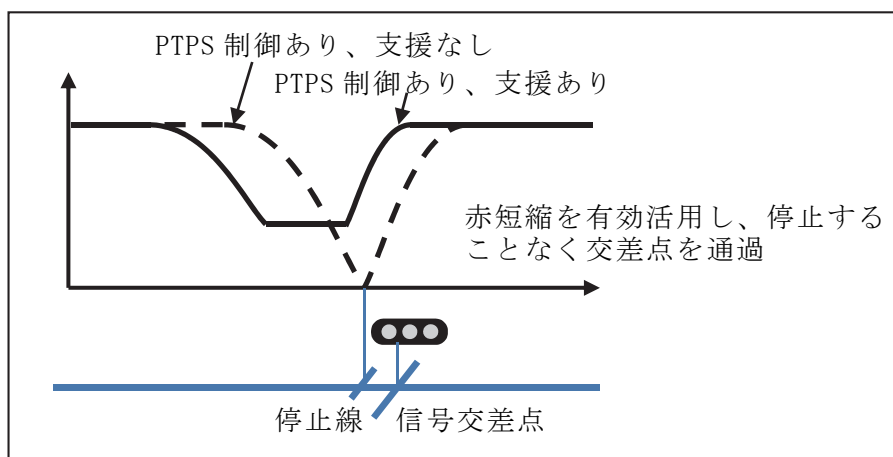


図 4.1.2-2 バスへの信号通過支援の動作例 2

(3) 赤信号加速抑制支援

信号交差点に向けて加速中、停止線到達時に信号が赤になることが予想される場合に不要な加速を抑制するような走行支援情報（アクセル踏み込み量低減等）を提供する。バスに対する本支援は、一般車両に対する支援方法と同じ考え方でよい。バスの場合は、バス停での停車があるため、本支援が有効に活用される頻度が多いと考える。

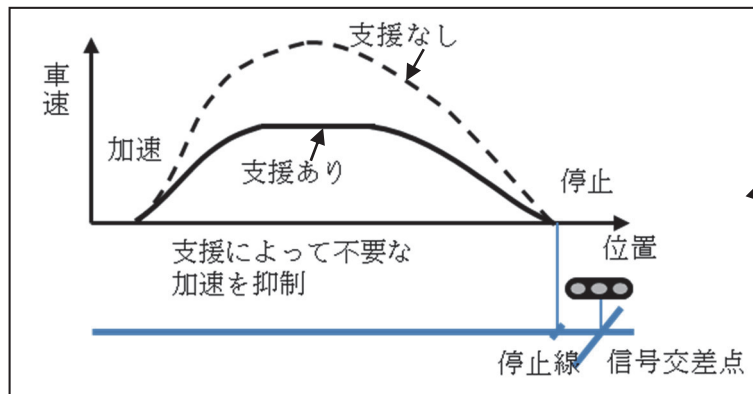


図 4.1.2-3 赤信号加速抑制支援の動作例

(4) 赤信号減速支援

信号交差点に向けて走行中、停止線到達時に信号が赤になることが予想される場合に緩やかで早めの減速を開始できるような走行支援情報（アクセルオフ等）を提供する。バスに対する本支援は、一般車両に対する支援方法と同じ考え方でよい。

赤信号減速支援は、他の支援に比べ、停止線からより遠く離れた位置で支援を開始する必要があり、700MHz 帯の通信距離が制約となる可能性があるため、支援実現の適否の検討が必要である。なお赤信号減速支援の実現が困難である場合であっても、類似する支援である信号見落とし防止支援については実現することが望ましい。

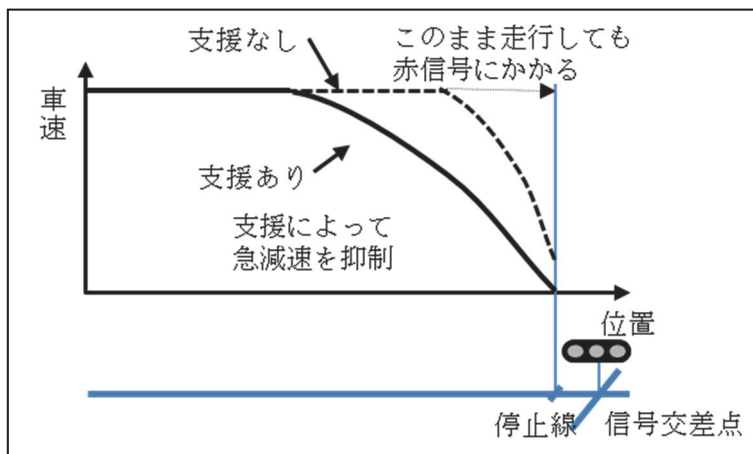


図 4.1.2-4 赤信号減速支援の動作例

4.1.3 P T P S 効果確認

管制システムにおいて「3.1.5 P T P S 効果確認システム」に記載されている機能を実現すること。なお費用対効果の観点から、光ビーコンによる走行履歴収集は実現せず、I T S 路側機により交差点通過を判定する方式とする。

車載機において、効果確認を行う方法について以下に示す。交差点通過時に当該交差点でP T P S 制御の効果があつたかどうかを信号情報と、停止線通過タイミングから判定する。

(1) 青延長による通過判定

青延長時間中に通過した場合に、P T P S 効果ありと判定する。短縮した旅行時間は、次の赤信号時間分となる。

図 4.1.3-1 に青信号が延長され、バスが通過できた例を示す。この図では、300m 位置に停止線があり、バスが左から右に走行する。”当初”は、バスが通過しない場合の信号タイミングを示す。”第1通過後”、”第2通過後”は、それぞれ第1仮想ビーコン通過後の信号タイミングと第2仮想ビーコン通過後の信号タイミングを示し、青信号が延長されていることが分かる。

表 4.1.3-1 に停止線付近の信号情報を示す。

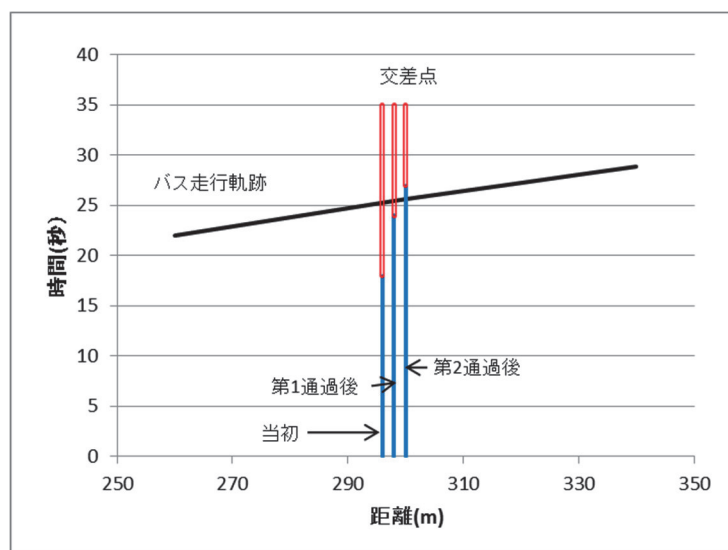


図 4.1.3-1 青信号が延長され、通過できた例

表 4.1.3-1 停止線付近の信号情報

距離(m)	時間(秒)	車両灯器情報		備考
		最小残秒数 (秒)	最大残秒数 (秒)	
290	24.7	2.3	3.3	
300	25.6	1.4	2.4	
310	26.5	0.5	1.5	
320	27.3	55	65	赤残秒数

ア 停止線通過タイミング算出

道路線形情報と自車位置情報から停止線通過タイミングを算出する。GNSS位置誤差を考慮し、停止線より下流位置で判定する必要がある。

本例では、26.5秒が停止線通過タイミングとなる。

イ 赤信号変化タイミング算出

青信号から赤信号への変化タイミングを算出する。変化タイミングは最少残秒数を用いる。

この例では、24.7秒 + 2.3秒 = 27.0秒を赤信号変化タイミングとする。

ウ 青延長時間中の通過判定

青延長時間を算出する。

青延長開始タイミング = 赤信号変化タイミング - (最大青延長時間 - (最大残秒数 - 最少残秒数))

$$= 27.0 - (10.0 - (2.4 - 1.4)) = 18.0$$

ここで、最大青延長時間は、PTPSサービス情報において10秒を受信しているものとする。

青延長開始タイミングから赤信号変化タイミングの間に停止線を通過しているため、PTPS青延長効果ありとする。

次の赤の最少残秒数の55秒を旅行時間短縮効果とする。

(2) 赤短縮による通過判定

赤短縮時間中に通過した場合に、P T P S 効果ありと判定する。短縮された旅行時間は、短縮された赤信号時間分となる。

図 4.1.3-2 に青信号が延長され、バスが通過できた例を示す。表 4.1.3-2 に停止線付近の信号情報を示す。

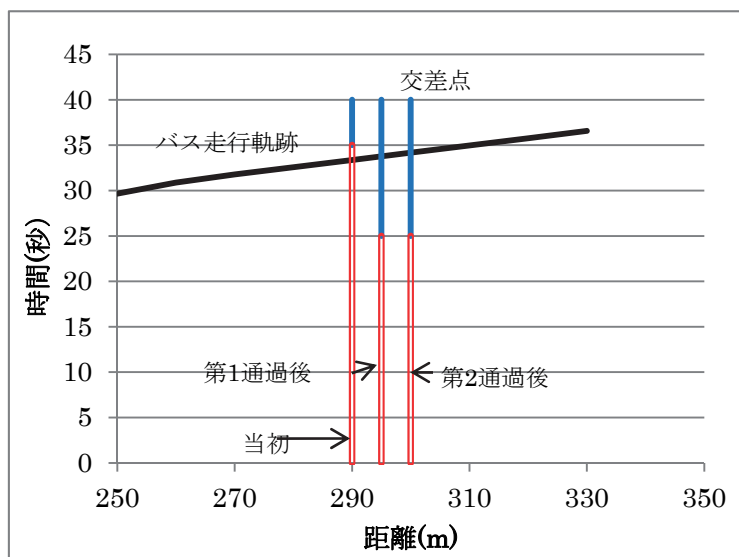


図 4.1.3-2 赤信号が短縮後に通過した例

表 4.1.3-2 停止線付近の信号情報

距離(m)	時間(秒)	車両灯器情報		備考
		最小残秒数(秒)	最大残秒数(秒)	
190	12.6	12.4	22.4	第2仮想ビーコンより上流
200	13.6	11.4	21.4	第2仮想ビーコン通過
210	14.7	10.3	20.3	
220	16.5	8.5	18.5	
230	18.9	6.1	16.1	
231	19.8	5.2	5.2	(交差側黄色)
240	27.9	(青残秒数)	(青残秒数)	

ア 赤信号短縮時間算出

赤信号短縮時間は、最大残秒数の変化から判断する。

230m 位置では、 $18.9 + 16.1 = 35.0$ のタイミングで青信号に変化する予定である。

231m 位置では、 $19.8 + 5.2 = 25.0$ のタイミングで青信号に変化する予定である。

この結果から、赤信号が 10 秒短縮されたことが判定できる。

4.2 システム構成

図 4.2-1 にシステム構成図を示す。

中央装置は、既存システムに改修が加えられることを想定する。

信号制御機、I T S 路側機及び車載機は実証試験モデル用に新設されることを想定する。

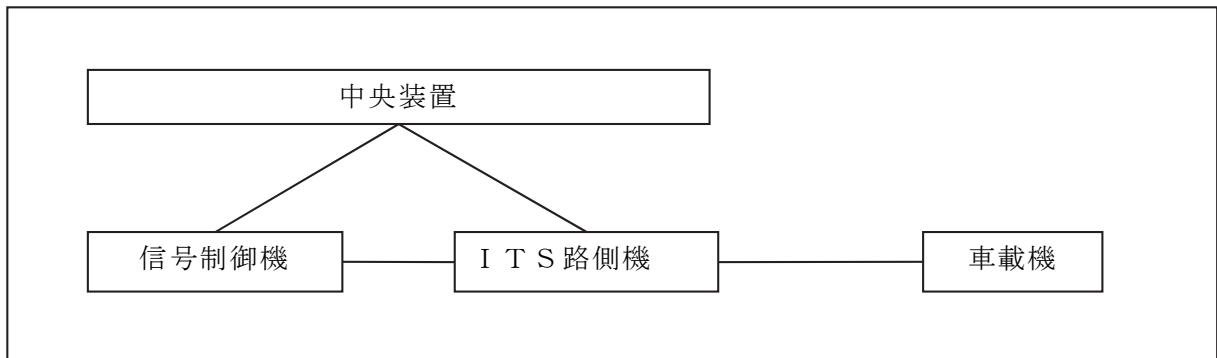


図 4.2-1 システム構成図

4.3 装置仕様

4.3.1 ITS路側機

(1) PTPSサービス情報登録

PTPSサービス情報を中央装置から登録できること。

(2) PTPSサービス情報提供

登録されたPTPSサービス情報を、少なくとも1秒毎に路から車に対して提供すること。

(3) 信号情報提供機能

信号制御機から100msec毎に受信する信号情報に基づき、路から車に対して信号情報を提供すること。

バス優先制御時に青延長により最小青時間が更新された場合、更新された最少青時間が即座に信号情報に反映されること

(4) 仮想ビーコン通過判定機能

車載機からの進行方向、位置情報から仮想ビーコン位置通過を判定し、リアルタイムに中央装置に対して、仮想ビーコン通過を通知できること。

PTPS効果確認用に仮想ビーコンを設定できること。

流出側の交差点に対して優先要求ができるように仮想ビーコンを設定できること。

4.3.2 中央装置

(1) PTPSサービス情報登録

PTPS実施時間帯等の準静的な情報が変化した場合、ITS路側機にPTPSサービス情報を登録すること。実施時間帯の少なくとも5分前から情報を登録すること。

(2) バス優先制御機能

ITS路側機から受信した仮想ビーコン通過通知を受信し、バス優先制御が実施できること。

仮想ビーコン位置は各流入路2地点を設定できること。

(3) 記録機能

仮想ビーコン通過通知を履歴として記録できること。

(4) PTPS効果確認機能

記録されているPTPS化効果確認用仮想ビーコン通過通知、及び現示秒数履歴から、PTPS効果確認を行なうこと。

4.3.3 信号制御機

(1) 信号制御機能

上位装置から指令される信号制御情報に従って、信号灯器を制御すること。

(2) 信号情報提供機能

信号情報を 100msec 毎に I T S 路側機に提供できること。

4.3.4 車載機

(1) P T P S 優先要求

100msec 毎に P T P S 優先要求を位置情報と共に送信すること。

(2) 信号交差点走行支援

I T S 路側機から受信した信号情報、P T P S サービス情報、及び自車位置等を用いて、停止線通過時の信号情報を推定し、ドライバーに対して信号交差点走行支援を行うこと。

(3) P T P S 効果確認

バス優先制御の成功を判定し、ドライバーに通知すること。

4.4 インタフェース規格

4.4.1 インタフェース概要

図 4.4.1-1 に実証試験モデルにおいて追加されるインタフェースを示す。各インタフェースの概要を表 4.4.1-1 に示す。

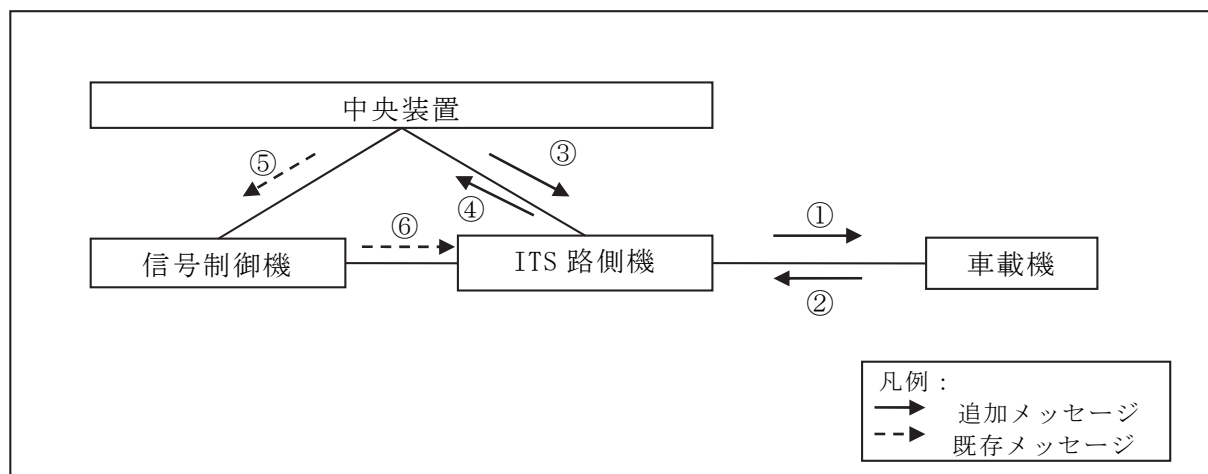


図 4.4.1-1 インタフェース規定範囲

表 4.4.1-1 インタフェース概要

	概要	区分
①	P T P S サービス情報を新たに規定する。詳細は「3.1.2 信号情報提供による P T P S 高度化」を参照のこと。	新規追加
	道路線形情報、サービス支援情報、信号情報は、I T S 路側機無線式 D S S S 用通信アプリケーション規格(案)を採用する。	既存
②	P T P S 優先要求を新たに追加する。詳細は、[3.1.1 700MHz 路車無線通信を活用した P T P S 高度化]を参照のこと。	新規追加
	時刻情報、位置情報、車両状態情報等は、「700MHz 帯道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン」を採用する。	既存
③	P T P S サービス情報を登録するためのメッセージが必要。中央装置が特殊であるため、現段階では、詳細なメッセージは規定しない。	新規追加
④	仮想ビーコン通過を通知するためのメッセージが必要。中央装置が特殊であるため、現段階では、詳細なメッセージは規定しない。	新規追加
⑤	中央装置からリアルタイムに送られる信号制御指令。実証試験モデルにおける特殊性はないため、既存規格を採用する。	既存
⑥	信号制御機から I T S 路側機に送信される信号情報。実証試験モデルにおける特殊性はないため、既存規格を採用する。路車協調型 D S S S 用交通信号制御機通信アプリケーション規格	既存

4.4.2 通信シーケンス

図 4.4.2-1 及び図 4.4.2-2 に、本システムにおける主な通信シーケンスを示す。

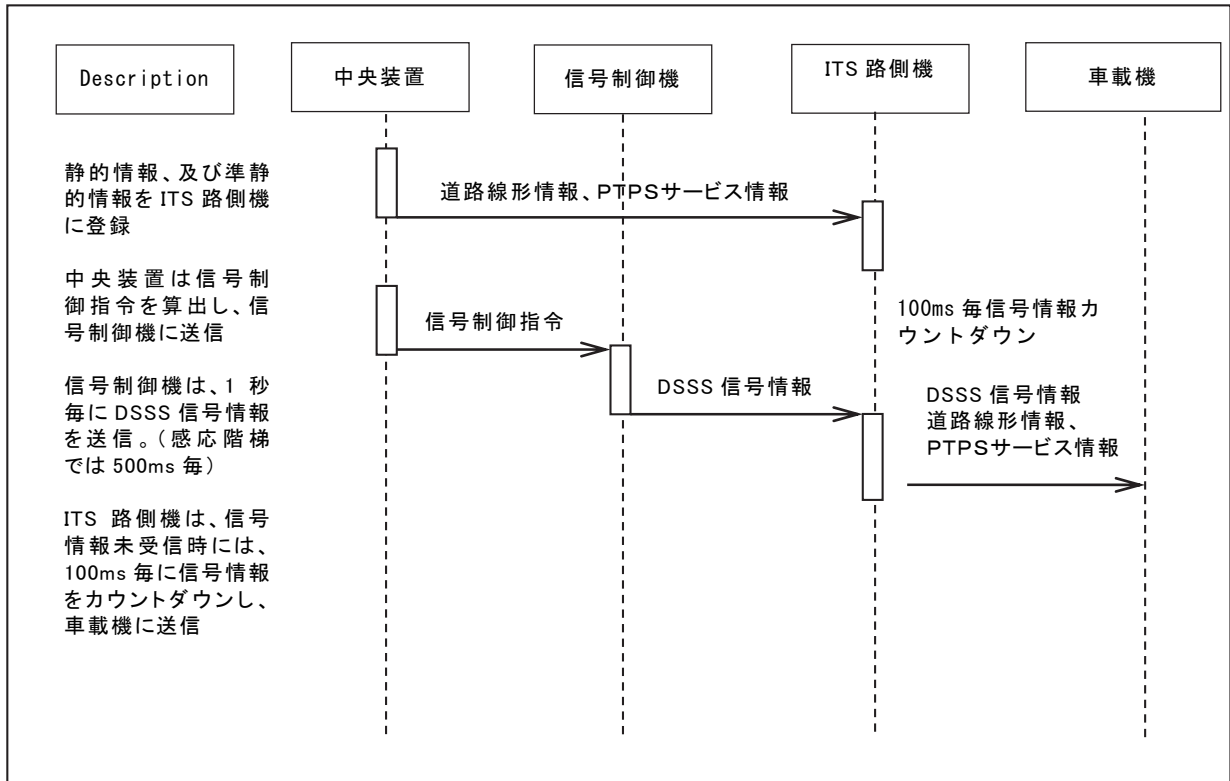


図 4.4.2-1 DSSS 信号情報、PTPS サービス情報に関する通信シーケンス

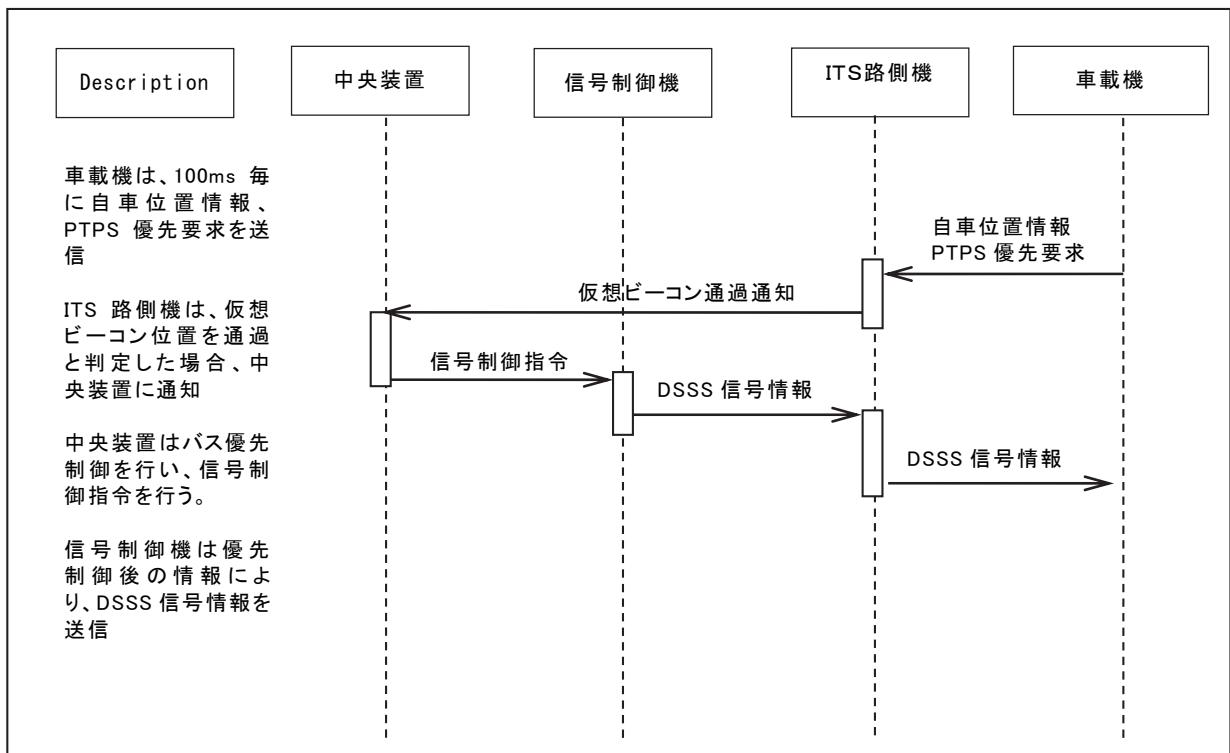


図 4.4.2-2 PTPS 優先要求、DSSS 信号情報に関する通信シーケンス

5. シミュレーション評価仕様

5.1 シミュレーション評価実験の目的

平成 27 年度に実施した「次世代公共交通システムの開発に向けた基本設計」が妥当であることを交通流マイクロシミュレーターにより確認する。平成 28 年度に実証試験モデルを構築し、実験が行われる予定であるが、以下の位置づけでシミュレーション評価実験を行う。

- ・ 実証試験モデルでの実験前に、机上において効果を事前確認すること
- ・ 実証試験モデルでは実験できない、様々な条件で効果を確認すること
- ・ 実証試験モデルで実現されない機能を評価すること

5.2 評価対象機能

現在検討中の高度化案のうち、以下の 3 機能を基本機能として必須の評価対象機能とする。

- ① 700MHz 帯無線を活用した P T P S 高度化
- ② 信号情報提供による P T P S 高度化
- ③ P T P S 効果確認システム

以下の 3 機能については、必要に応じて実施対象を選択する。

- ④ 隊列走行 P T P S
- ⑤ 走行経路別バス優先制御
- ⑥ 交差点連動によるバス優先制御

5.3 シミュレーション条件

5.3.1 道路ネットワーク条件

道路ネットワークは、シミュレーション作業量を考慮し、実証試験モデル路線、仮想路線の 2 種類を対象とする。表 5.3.1-1 に道路ネットワーク条件を示す。

表 5.3.1-1 道路ネットワーク条件

項目	条件	備考
評価ネットワーク数	2種類（実証試験モデル路線、仮想路線）	
車線数	実証試験モデル路線：路線に依存 仮想路線：2車線	
バスベイ	実証試験モデル路線：路線に依存 仮想路線：あり	
バスレーン	実証試験モデル路線：路線に依存 仮想路線：なし／専用レーン	
バス路線	実証試験モデル路線：路線に依存 仮想路線：幹線のみ／幹線＋重要交差点での右折	
交差点数	実証試験モデル路線：整備数 仮想路線：重要交差点2、一般交差点8	

5.3.2 交通条件

実証試験モデル路線の交通量は、管制システムで収集されている交通量の平均値とする。仮想路線の交通条件を表 4.3.2-1 に示す。交通状況や走行速度による効果の違いを比較できるようにする。

表 5.3.2-1 仮想路線の交通条件

項目	条件	備考
交通量	重要交差点の流入路が、閑散／混雑／渋滞となるよう変化させること。	
走行速度	各車両の走行速度は、ばらつきを持たせること。	
大型車混入率	5%程度の大型車混入率とすること。	
分岐率	重要交差点で右折するバス路線を除き、直進 100%とすること	
バス走行頻度	高密度運行の影響が把握できるよう、5種類程度実施すること。	交通量等は代表的な条件で実施すること

5.3.3 制御条件

表 5.3.3-1 に制御条件を示す。PTPS 制御の種類、及び情報提供機能の有無を制御条件とする。PTPS 効果確認システムは、3.1.5 項の考え方に従って評価を実施することとする。

表 5.3.3-1 制御条件

項目	条件	備考
既存PTPS制御	<ul style="list-style-type: none"> ・光ビーコン位置でバス検知 ・設計速度により停止線到着予測 	設計速度2種類で、優先制御の成功率、効果を調べる。
高度化PTPS制御	<ul style="list-style-type: none"> ・地点1、地点2によりバス検知 ・実勢速度、設計速度により停止線到着予測 ・GNSS精度を考慮し、位置精度に誤差を与えられること 	設計速度2種類で、優先制御の成功率、効果を調べる。 GNSS精度の影響を調べる。
信号情報提供	<ul style="list-style-type: none"> ・信号情報提供機能と車載機機能を模擬 ・バスドライバー運転方法を模擬 歩行者灯器点滅→赤タイミングで減速 信号情報提供で上記、減速改善 信号情報提供で、減速度の低下（早めの減速） 	バスドライバー運転方法模擬が容易に実現できるかは、要調査。

5.3.4 路側装置配置イメージ

図 5.3.4-1、図 5.3.4-2 に既存 P T P S 制御と高度化 P T P S 制御における光ビーコンと 700MHz 無線路側機の配置イメージを示す。

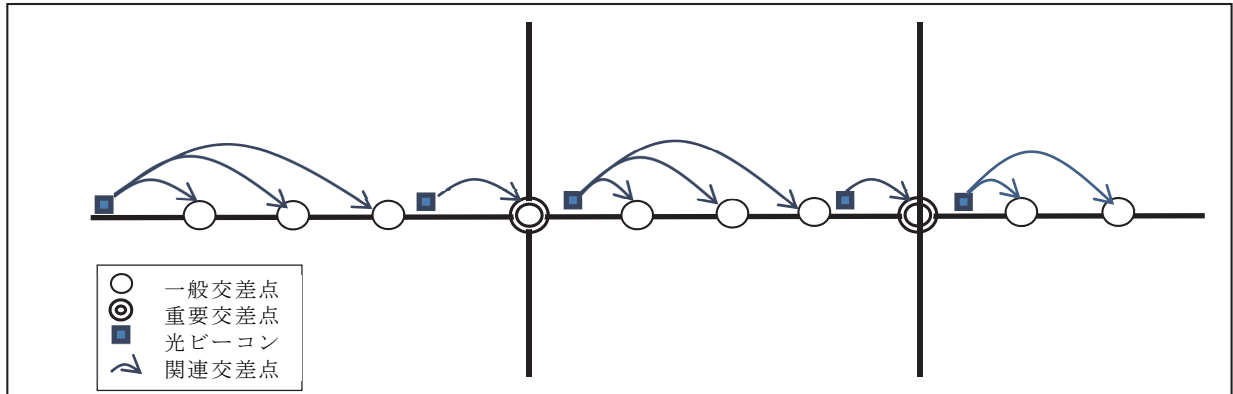


図 5.3.4-1 既存 P T P S 制御

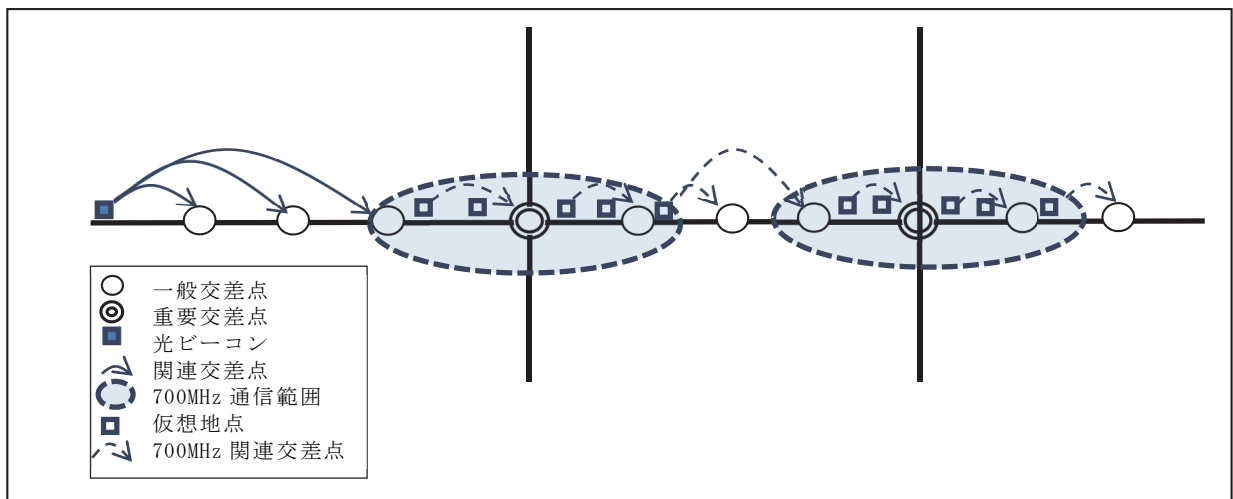


図 5.3.4-2 高度化 P T P S 制御

5.4 評価方法

5.4.1 評価ケース

表 5.4.1-1 から表 5.4.1-4 に評価ケースを示す。各表における**イタリック文字**は、高度化基本機能比較のケースとの相違点を示す。

表 5.4.1-1 基本機能比較等

			高度化基本機能比較						青延長限度秒比較					
ケース番号			1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
道路ネットワーク			バスレーン 専用あり						バスレーン 専用あり					
			バス停 なし						バス停 なし					
交通条件	交通量	閑散	○			○			○			○		
		混雑		○			○			○			○	
		渋滞			○			○			○			○
	バス走行頻度	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
制御条件	既存 PTPS		○	○	○				○	○	○			
	高度化 PTPS					○	○	○				○	○	○
	設計速度		中	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中
	延長限度秒		+10	+10	+10	+10	+10	+10	<i>+20</i>	<i>+20</i>	<i>+20</i>	<i>+20</i>	<i>+20</i>	<i>+20</i>
	GNSS 誤差 (m)		/	/	/	+10	+10	+10	/	/	/	+10	+10	+10
	情報提供													

表 5.4.1-2 パラメータ等の影響分析

			設計速度影響分析						GNSS 影響分析					
ケース番号			3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6
道路ネットワーク			バスレーン 専用あり						バスレーン 専用あり					
			バス停 なし						バス停 なし					
交通条件	交通量	閑散							○			○		
		混雑	○	○	○	○	○	○		○			○	
		渋滞									○			○
	バス走行頻度	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
制御条件	既存 PTPS		○	○	○									
	高度化 PTPS					○	○	○	<i>○</i>	<i>○</i>	<i>○</i>	○	○	○
	設計速度		<i>低</i>	<i>中</i>	<i>高</i>	<i>低</i>	<i>中</i>	<i>高</i>	中	中	中	中	中	中
	延長限度秒		+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
	GNSS 誤差 (m)		/	/	/	0	0	0	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>±30</i>	<i>±30</i>	<i>±30</i>
			/	/	/									

表 5.4.1-3 高度化機能評価

			情報提供効果分析						バス停に対する効果確認					
ケース番号			5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6
道路ネットワーク			バスレーン 専用あり						バスレーン 専用あり					
			バス停 なし						バス停 あり					
交通条件	交通量	閑散												
		混雑	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
渋滞														
	バス走行頻度		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
制御条件	既存 PTPS		○	○	○				○	○	○			
	高度化 PTPS					○	○	○				○	○	○
	設計速度		中	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中
	延長限度秒		+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
	GNSS 誤差 (m)		/	/	/	±10	±10	±10	/	/	/	±10	±10	±10
	情報提供					○	○	○						

表 5.4.1-4 その他影響

			高密度影響分析						バスレーン 効果比較					
ケース番号			7-1	7-2	7-3	7-4	7-5		8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6
道路ネットワーク			バスレーン 専用あり						バスレーン 専用なし					
			バス停 なし						バス停 なし					
交通条件	交通量	閑散							○			○		
		混雑	○	○	○	○	○			○			○	
渋滞										○			○	
	バス走行頻度		1	2	3	4	5		3	3	3	3	3	3
制御条件	既存 PTPS								○	○	○			
	高度化 PTPS		○	○	○	○	○					○	○	○
	設計速度		中	中	中	中	中		中	中	中	中	中	中
	延長限度秒		+10	+10	+10	+10	+10		+10	+10	+10	+10	+10	+10
	GNSS 誤差 (m)		±10	±10	±10	±10	±10		/	/	/	±10	±10	±10
	情報提供													

5.4.2 評価項目

表 5.4.2-1 に評価項目一覧を示す。

表 5.4.2-1 評価項目一覧

評価項目	内容
旅行時間	起点から終点までの旅行時間（シミュレータ出力） 以下の区分で集計する。 幹線上り／下り／従道路、バス／一般車両
遅れ時間	信号交差点における遅れ時間（シミュレータ出力） 以下の区分で集計する。 交差点単位、流入路別 バス／一般車両
停止回数	信号交差点における停止回数（シミュレータ出力） 以下の区分で集計する。 交差点単位、流入路別 バス／一般車両
優先制御成功率	優先制御時に優先要求したバスが通過できた割合
無駄青時間	優先制御時に優先要求したバスが通過した後に表示される青時間
スプリット	1G, 1RA, 2G, 2RA 等現示毎のスプリット(%)を算出し比較する。

5.5 評価スケジュール案

シミュレーション評価のスケジュール案を表 5.5-1 に示す。実証試験モデル構築完了前に評価を完了することが望ましい。

内閣府で実施されている「次世代都市交通システムの速達性・安全性・交通分担率の变革に係る調査」において実施されているシミュレーションと連携し、交通量等のデータを共有し、効率化と条件の共通化を行うことが望ましいと考える。

表 5.5-1 評価スケジュール表

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
シミュレーション環境構築	→						
基本機能評価		シミュレーション実施	再シミュレーション				
		→	▲ 報告				
データ収集		→					
実証試験モデル路線評価			シミュレーション実施		再シミュレーション		
			→	▲ 報告			
その他評価			シミュレーション実施		再シミュレーション		
			→	▲ 報告			
結果まとめ						報告書作成	▲ 報告