

ICT を活用した次世代 ITS の確立

【課題 I】 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発

ウ) 車車間通信・路車間通信の通信プロトコルの開発

平成 27 年度 研究成果報告書

平成 28 年 3 月

パナソニック株式会社

本報告書で使用している地図データは OpenStreetMap に帰属します。また、同タイルは Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 licence (CC BY-SA) に帰属します。

OpenStreetMap: <<http://www.openstreetmap.org>>

CC BY-SA: <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>>

目 次

第1章 はじめに	1
1. 1 研究開発の背景.....	1
1. 2 研究開発の目的.....	1
第2章 研究開発目標	3
2. 1 政策目標（アウトカム目標）	3
2. 2 技術的達成目標（アウトプット目標）	4
第3章 研究開発体制	5
3. 1 SIP 全体開発体制から見た総務省プロジェクトの位置付け.....	5
3. 2 総務省プロジェクトにおける本研究開発の位置付け.....	6
3. 3 研究開発体制	7
第4章 研究成果の要約	8
4. 1 年次目標.....	8
4. 2 成果概要.....	8
4. 2. 1 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究.....	8
4. 2. 2 自動走行システムへの通信情報の活用検討	10
第5章 研究成果	12
5. 1 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究.....	12
5. 1. 1 研究目的.....	12
5. 1. 2 研究内容.....	13
5. 1. 3 複数支援競合時の通知支援決定手法の改良検討	14
5. 1. 3. 1 対象サービス	14
5. 1. 3. 2 改良手法の検討.....	23
5. 1. 4 評価システムの開発	29
5. 1. 4. 1 概要	29
5. 1. 4. 2 機材構成.....	29
5. 1. 4. 3 まとめ	46
5. 1. 5 実証実験.....	47
5. 1. 5. 1 実験手順.....	47

5. 1. 5. 2 実験結果と考察.....	81
5. 1. 6 まとめ.....	94
5. 2 自動走行システムへの通信情報の活用検討	95
5. 2. 1 研究目的.....	95
5. 2. 2 研究内容.....	96
5. 2. 3 先読み情報活用モデルの検討	96
5. 2. 3. 1 自動走行システムにおける無線通信の位置付け	96
5. 2. 3. 2 ユースケース抽出.....	98
5. 2. 3. 3 先読み情報活用モデルと通信要件	107
5. 2. 4 実証実験.....	125
5. 2. 4. 1 実験手順.....	125
5. 2. 4. 2 実験結果と考察.....	172
5. 2. 5 まとめ	226
第6章 おわりに	227

第1章 はじめに

1. 1 研究開発の背景

平成 25 年に閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」では、「2018 年を目処に交通事故死者数を 2,500 人以下とし、2020 年までに世界で最も安全な道路交通社会を実現する。そして、このために車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、2020 年代中には自動走行システムの試用を開始する」とされている。この国家目標を達成し、世界一の道路交通社会が実現することによって得られる価値は社会的にも産業的にも大きく、世界に対するわが国としての貢献に資すると考えられる。

このような国家目標を背景として、総合科学技術・イノベーション会議で創設された「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の自動走行システムに係わる研究開発」の一部として、本研究開発は実施される。

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、各省庁の管轄の下、それぞれ特徴あるプロジェクトが実施される。本研究開発は、総務省の“ICT を活用した次世代 ITS の確立”のテーマの 1 つである“自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発”に該当する。

1. 2 研究開発の目的

自動走行システムは、車載センサで構成される自律型システムが主となって構築されることが想定されるが、より安全・安心な自動走行システムを実現するためには、無線通信を利用した協調型システムの活用が重要になると考えられる。現時点で、この自動走行に用いる無線通信システムは定まっておらず、既存の無線通信システムの適用性についても明確になっていない。

本研究開発は、協調型の自動走行システムに必要な高い信頼性を有する車車間通信・路車間通信技術を確立することを目的とする。また、協調型の安全運転支援システムや自動走行システムを有効に機能させるためには、協調通信システムの普及が重要となるため、その普及を促進させることも目的とする。

本研究開発は、昨年度にはテストコースや公道等において、多数の車両が存在する状況等においても、安全運転支援に必要となる通信性能（通信遅延、通信到達率等）

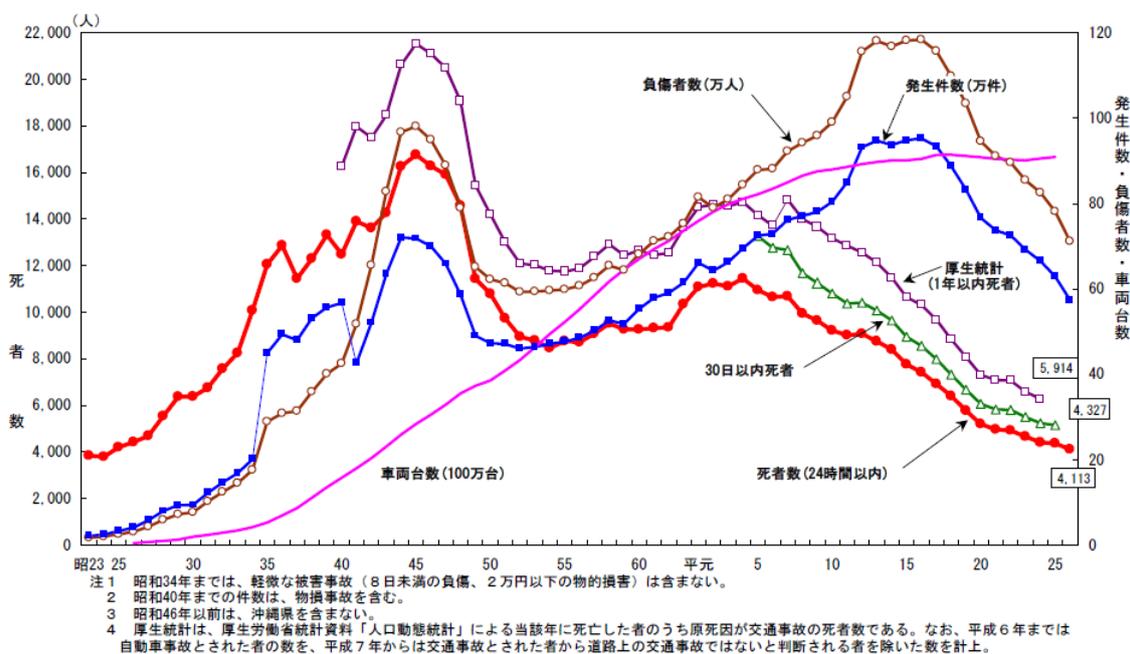
で車車間通信・路車間通信が行えることを検証した。また、通信性能を改善するための技術提案と評価を実施した。また、協調通信システムの普及に向け、サービス競合時の支援方法や、緊急車両との通信を利用したアプリケーションの効果検証、普及価格帯車載システムでの位置精度等の検証を実施した。

本年度は、これら車車間通信・路車間通信を協調型の自動走行システムに適用することを念頭に研究開発を実施する。これまでの安全運転支援よりも高い通信性能が求められることが想定されるため、その適用性や課題の明確化及び性能改善のための技術開発を進める。また、協調型通信システムの普及のための研究活動については、昨年度は基本的な部分までの取組みだったものを進展させ、より現実的・実用的なアウトプットを出すような取組みを実施する。

第2章 研究開発目標

2.1 政策目標（アウトカム目標）

ICTを活用した次世代ITSの確立の基本計画書には、アウトカム目標として「交通事故死者2,500人以下／年を達成する。達成時期については、今後ロードマップを作成し、PDCAを回すことによって明らかにしていく。」と記載されている。この背景としては、2018年交通事故死者数2,500人以下、2020年交通渋滞半減（2010年比）が、政官民で取り組む政府目標として掲げられたことがある。図2.1-1に平成26年までの交通事故の発生件数・死者数・負傷者数の推移を示す。



出典：警察庁交通局「平成26年中の交通死亡事故の特徴および道路交通法違反取締り状況について」

図 2.1-1 交通事故発生件数・死者数・負傷者数の推移

平成26年（2014年）における交通事故の状況としては、発生件数57万3,842件、死者数4,113人、負傷者数71万1,374人であり、対前年でみると減少傾向にはあるが、まだ依然として大きな数字が残っている。政府の目標は、この4,113人の死者数を4割程度減少させることであり、非常に高い目標であるとも言える。

交通事故の実態に関しては、4大事故モード（追突、車線逸脱、交差点、歩行者事故）への対応が不可欠である。特に交差点での事故や歩行者・自転車との事故は、車

単独での対応が難しいため、無線通信により車と車、車と道路インフラが協調する安全運転支援システムによる事故防止効果が期待される。

SIP 自動走行システムプログラムでは、その研究開発計画の中で、2017年までに信号情報や渋滞情報等のインフラ情報を活用した準自動走行システム（レベル 2）、さらに 2020 年代前半を目途に準自動走行システム（レベル 3）、2020 年代後半以降に完全自動走行システムの市場化を目指すと記載されている。これらの実現に向けて、車載センサによる自律型システムと ITS 通信による協調型システムのそれぞれが発展し、それら両方が機能することが必要になると考えられる。

上記システムを実現することにより、社会的波及効果（アウトカム目標）として、「交通事故死者 2,500 人以下／年を達成すること」を設定する。

2. 2 技術的達成目標（アウトプット目標）

ICT を活用した次世代 ITS の確立の基本計画書には、以下の区分により研究開発を実施すると記載されている。

- I. 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発
- II. 歩車間通信技術の開発
- III. インフラレーダーシステム技術の開発

本研究開発は「I. 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発」を担当する。その中での取組みは大きく 2 つに分けられ、1 つは自動走行のための車車路車協調システムの通信・サービスに関する研究、もう 1 つは車車路車協調システムの普及促進に関連する研究である。前者については、既に安全運転支援用に実用化されている 700MHz 帯 ITS 通信をベースに、その自動走行のユースケースに対する適用性や課題について、通信とサービスの両面から明確化する。また、700MHz 帯 ITS 通信の通信性能を改善するための技術開発を行う。後者については、複数の運転支援サービスが競合した場合の支援方法の検討や、非一般車両（緊急車両や公共車両）との通信を利用したアプリケーションの有効性の検証、様々な道路環境における普及価格帯車載システムにおける性能検証等を実施することで、車車路車協調システムの普及につなげる研究を行う。

これらの研究を行うことにより、「自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術」を実現することを技術的達成目標（アウトプット目標）として設定する。

第3章 研究開発体制

3.1 SIP 全体開発体制から見た総務省プロジェクトの位置付け

第107回総合科学技術会議で、安倍総理から日本が世界一を再び目指すためにイノベーションを重視する旨の発言があり、それを受けて SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）と ImPACT（革新的研究開発推進プログラム）が創設された。SIP は、府省・分野の枠を超えた横断型プログラムであり、研究から出口までを見据えた取り組みを推進する。対象課題として、以下の11テーマが選定された。

- ・ 革新的燃焼技術
- ・ 次世代パワーエレクトロニクス
- ・ 革新的構造材料
- ・ エネルギーキャリア
- ・ 次世代海洋資源調査技術
- ・ 自動走行システム
- ・ インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
- ・ レジリエントな防災・減災機能の強化
- ・ 次世代農林水産業創造技術
- ・ 革新的設計生産技術
- ・ 重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保

本研究開発活動は「自動走行システム」に係る研究開発の一部として実施される。「自動走行システム」のプログラムディレクターとして、トヨタ自動車株式会社顧問の渡邊浩之氏が就任された。図 3.1-1 で示す実施体制（出典：SIP 自動走行システム研究開発計画より）の座長 PD にあたる。

自動走行システムの研究開発プログラムは、内閣府が事務局を務め、その下に警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省が役割を分担し、各プロジェクトを推進する。その中で、総務省プロジェクトの位置付けは、ICT を活用した高度な安全運転支援システムの実現に向けた技術の開発である。

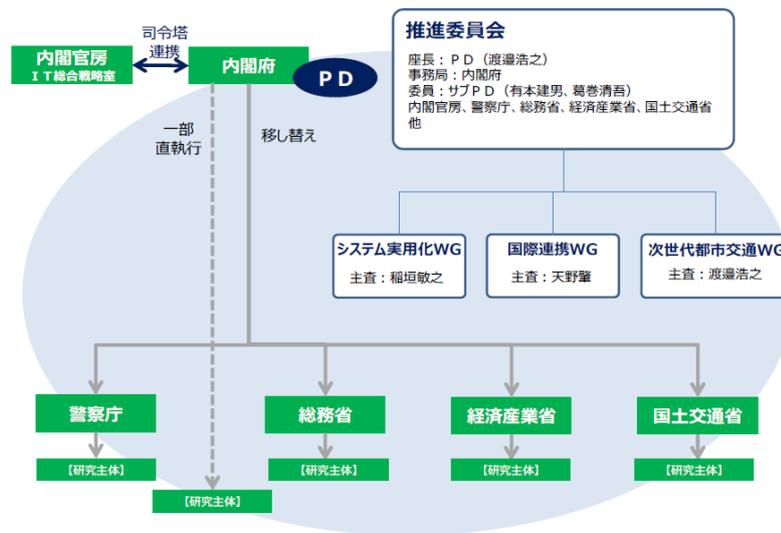


図 3.1-1 実施体制

3. 2 総務省プロジェクトにおける本研究開発の位置付け

総務省では、SIP において取り組むべき課題として決定された「自動走行システム」に関し、ICT を活用した次世代 ITS の確立のため、表 3.2-1 に示す 3 つの研究開発課題を推進している。

表 3.2-1 総務省プロジェクトの課題と体制

ICTを活用した次世代ITSの確立
I. 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発 (代表研究機関: 株式会社デンソー)
II. 歩車間通信技術の開発 (代表研究機関: パナソニックシステムネットワーク株式会社)
III. インフラレーダーシステム技術の開発 (代表研究機関: パナソニックシステムネットワーク株式会社)

株式会社デンソー、パナソニック株式会社、パイオニア株式会社、国立大学法人電気通信大学 (UEC) の 4 機関は、「I. 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発」の研究開発課題に取り組んだ。

3. 3 研究開発体制

本研究開発は、図 3.3-1 に示す体制で推進し、パナソニック株式会社は「課題 b) 車車路車協調システムのサービスに関する研究開発」を担当した。本研究開発においては、共同研究機関相互の情報共有や、学識経験者や有識者から助言を頂く場として、研究開発運営委員会を設置した。また、別途開催されるビジネスプロデューサ会議からは、研究開発内容に関連する市場動向、技術動向、国際標準化動向等を俯瞰的に見た上で、研究開発事業の計画や進捗状況に対する総括を受ける体制とした。

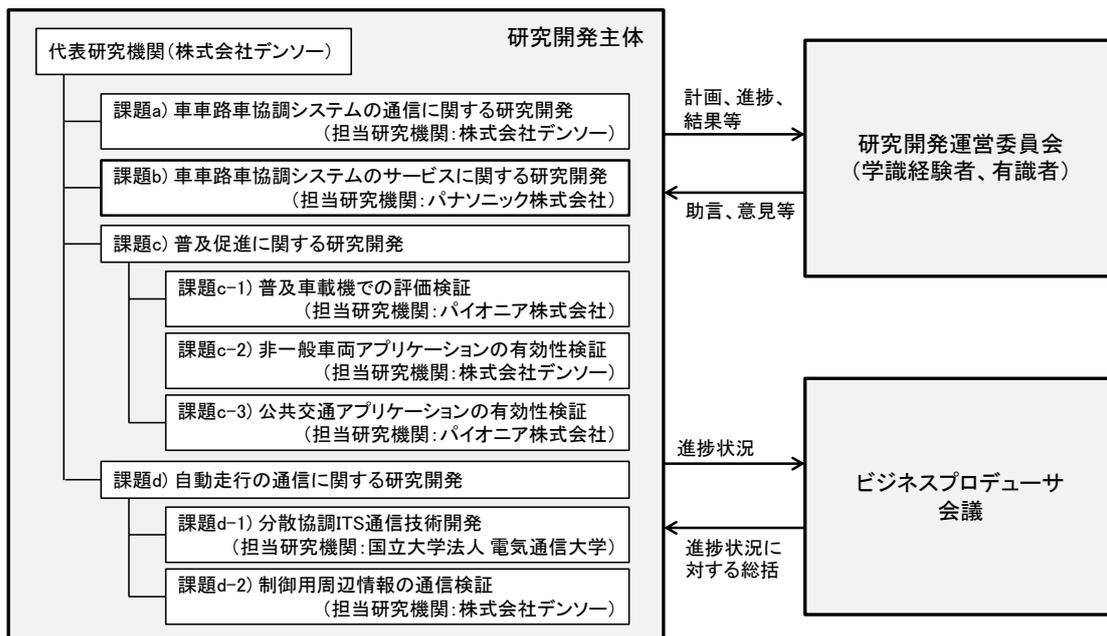


図 3.3-1 研究開発全体の体制

第4章 研究成果の要約

4.1 年次目標

当社が担当した「課題 b) 車車路車協調システムのサービスに関する研究開発」の年次目標は以下のとおりである。

1. 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究

車車路車協調システムにおいて、車車間通信と路車間通信の双方から受信した情報が重複している場合や、複数の支援の競合が発生している場合におけるドライバへの通知方法を決定するロジックに関し、改良検討を行う。また、運転支援結果記録システムについては、データ解析作業の効率化のための改良を行う。これらの改良を実施した車載システムを用いて、テストコース及び公道などの実環境において、ロジックの評価、検証を実施する。

2. 自動走行システムへの通信情報の活用検討

自動走行時に車車間通信や路車間通信で得られる情報を活用する方法について、検討と検証を行う。

4.2 成果概要

4.2.1 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究

昨年度の研究開発において、車車間・路車間通信を利用した複数の運転支援が同時発生した場合、表 4.2-1 に示すように基本的な通知支援決定手法では課題があることを確認した。

表 4.2-1 昨年度の課題

ロジック	概要	課題
A	TTC (Time-To-Collision : 衝突余裕時間) により決定	複数支援の TTC が拮抗する場合、通知内容が頻繁に切り替わることがある
B	サービスの種別ごとに設定した支援優先度 (テーブル) に従い決定	時間的に後に発生する事象が優先的に通知されることがある

今年度の研究開発では、まず上記課題を解決する通知支援決定手法の検討を行った。ドライバにとっては、より運転に大きく影響する事象に関する支援が、安定的に提供されることが望ましいと考えられる。そこで、検討対象のサービスについて、支援の在り方を整

理し、さらにドライバへの影響を踏まえて、影響度レベル区分という指標を新たに定義した。影響度レベル区分の概要と、これに従いサービスを分類した結果を表 4.2-2 に示す。

表 4.2-2 影響度レベル区分

影響度レベル	概要	該当サービス
5 (高)	車両を制御しないと事故につながる可能性がある	・路車信号見落とし防止支援サービス ・衝突系サービス* (注意喚起)
4	事故にはつながらないが、回避する必要がある	・緊急車接近情報提供サービス (注意喚起)
3	想定事象に配慮して走行しなければならない	・衝突系サービス* (情報提供)
2	走行の際にその事象を認知しておくべき	・周辺事象情報提供サービス (注意喚起)
1 (低)	即座に認識する必要がない	・緊急車接近情報提供サービス (存在通知) ・周辺事象情報提供サービス (存在通知)

*：路車右折時衝突防止支援サービス、車車右折時衝突防止支援サービス、車車左折時衝突防止支援サービス、出会い頭衝突防止支援サービス

このように規定した影響度レベル区分を用いて、新たなロジックでは以下に示す手順でサービスに順位付けを行い、ドライバへの影響が大きいサービスを選択する仕様とした。

Step1 影響度レベルの高いサービス群に含まれるサービスを選択

Step2 同一影響度レベル内の競合では、TTC の値が小さいサービスを選択

表 4.2-3 に示すとおり、テストコース及び公道における実証実験を行い、実環境下において、昨年度に検討した二つのロジックと、今年度に検討した新たなロジックで比較・検証を実施した。対象とする支援サービスについては、昨年度に実施した「路車右折時衝突防止支援サービス」、「車車右折時衝突防止支援サービス」、「緊急車接近情報提供サービス」に加え、本年度は「路車信号見落とし防止支援サービス」、「車車左折時衝突防止支援サービス」、「出会い頭衝突防止支援サービス」、「周辺事象情報提供サービス」も対象とした。これらいずれのサービスの組み合わせについても、新たなロジックでは昨年度の課題が解決されることが確認できた。

表 4.2-3 実証実験（サービス競合）の概要

場所	テストコース (JARI 模擬市街路)	公道 (名古屋市内)
日程	2015 年 11 月 10～13 日	2016 年 1 月 19、20 日
項目	以下のサービスの組み合わせ <ul style="list-style-type: none"> ・ 車車右折時衝突防止支援サービス ・ 車車左折時衝突防止支援サービス ・ 出会い頭衝突防止支援サービス ・ 緊急車接近情報提供サービス ・ 周辺事象情報提供サービス 	以下のサービスの組み合わせ <ul style="list-style-type: none"> ・ 路車信号見落とし防止支援サービス ・ 路車右折時衝突防止支援サービス ・ 車車右折時衝突防止支援サービス ・ 緊急車接近情報提供サービス ・ 周辺事象情報提供サービス
車両	・ 評価車両 (9 台)	・ 評価車両 (6 台)

本研究に関する成果の詳細は、「5. 1 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究」に記載している。

4. 2. 2 自動走行システムへの通信情報の活用検討

今年度の研究開発では、自動走行システムにおける無線通信の位置付けを整理したうえで、無線通信の活用が有効であると思われる 11 のユースケースを抽出した。次に、いくつかのユースケースについて先読み情報活用モデルを構築し、通信要件を定めた。さらに、既存の 700MHz 帯 ITS 無線通信を用いた実証実験を行い、ほぼ全ての測定パターンにおいて通信要件を満足することを確認した。

自動走行システムにおける無線通信の位置付けは、自律センサと無線通信の双方の特性を踏まえ、以下のように定めた。

1. 自律センサで得られる情報の信頼性や精度の向上、遅延の低減に活用する。
2. 自律センサでは検知できない段階から、将来その対象との間で発生する事象を予測し、より安全かつ円滑な走行の実現に活用する。

この将来発生する事象を予測するために無線通信を活用する点に重点をおき、自動車工業会から提示された検討結果も参考にしながら、無線通信による先読み情報が自動走行システムの安定性や安全性に寄与するユースケースを抽出した。さらに、その中の 5 つのユースケース（表 4.2-4）について、無線通信を活用した場合の車両の動きを想定した先読み情報活用モデルを検討し、その成立に必要な通信要件を定めた。

これらの先読み情報活用モデルの成立性を確認するため、表 4.2-5 に示すテストコース及び公道にて実証実験を実施した。特に合流シーンに関する公道での検証では、道路構造や制限速度の異なる 7 ヶ所で実験を行い、その多くは通信要件を十分に満足することを確

認した一方で、都市高速などに見られる地下を走る本線に地上から下って合流していくような環境では、車車間通信のみによる合意形成には課題があることを明らかにした。

表 4.2-4 評価対象のユースケース

ユースケース	概要
(1)合流	本線を走行する車両が存在するなかで、合流車線から停車することなく合流する。
(2)車線変更	車線変更先の車線に車両が存在するなかで、車線変更する。
(3)緊急ハザード情報共有	他の車両が検知した事象を通信により共有し、自車両がその事象に到達するまでに回避行動を開始する。
(4)前方検知	前方に停止車両が存在する場合に、追突を回避する。
(5)歩行者横断情報共有	停車する車列の間から歩行者が飛び出すことを予測し、減速・停止などで衝突を回避する。

表 4.2-5 実証実験（自動走行）の概要

場所	テストコース (JARI 模擬市街路)	テストコース (JARI 高速周回路)	公道 (名古屋市、豊田市)
日程	2015年11月9日	2015年12月4～6日	2015年10月20～23日 2016年1月21、22日
項目	<ul style="list-style-type: none"> ・前方検知 ・歩行者横断情報共有 	<ul style="list-style-type: none"> ・合流 ・車線変更 ・緊急ハザード情報共有 	<ul style="list-style-type: none"> ・合流 ・車線変更 ・緊急ハザード情報共有 ・前方検知
車両	評価車両（8台）	評価車両（10台）	評価車両（8台）

本研究に関する成果の詳細は、「5.2 自動走行システムへの通信情報の活用検討」に記載している。

第5章 研究成果

当社が担当した「課題 b) 車車路車協調システムのサービスに関する研究開発」では、以下の2つのテーマについて取り組んだ。

1. 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究
2. 自動走行システムへの通信情報の活用検討

本章では各テーマの研究成果について述べる。

5.1 情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究

5.1.1 研究目的

車車路車協調システムでは、車車間通信・路車間通信を利用した様々な運転支援サービス（アプリケーション）の実現が検討されている。この中には、例えば交差点での右折時衝突防止支援サービスや左折時二輪車巻き込み防止支援サービスのように、1つの支援状況に対して、路上に設置されたセンサで検知した車両の存在情報などが配信される路車間通信を利用したサービスと、互いの位置や速度などを直接的に伝え合う車車間通信を利用したサービスが存在するものがある。これらのサービスが路車間通信のみ、あるいは車車間通信のみの環境下で確実に動作することはもちろんのこと、車車間通信と路車間通信による情報が同時に受信される状況においては、いずれかの情報に基づいた支援のみを通知するなど、ドライバの混乱を招かないような仕組みが必要である。

また、運転支援サービスには、事故を防止するためにドライバに対して注意喚起や情報提供を行うものもあれば、緊急車両の通過支援や交通流の円滑化を図るための情報提供を行うものも考えられており、その目的や支援レベルは幅広い。さらに、ドライバが注意すべき対象が車両であるか、あるいは歩行者や自転車などの交通弱者であるかという差異もある。

将来、多くの車両に車載機が搭載され、多くの交差点に路側機が整備されるようになると、図 5.1.1-1 に示すように自車両を取り巻く様々な事象が支援対象となる。例えば、脇道から飛び出す車両を対象とした出会い頭衝突防止の支援や、工事車両への接近に伴う周辺車両情報提供の支援が発生する。交差点で左折する場合は後続する二輪車を対象とした左折時衝突防止の支援、右折する場合は対向車両や横断歩行者を対象とした右折時衝突防止や右折先歩行者横断見落とし防止の支援が発生する。また、緊急車両の接近を通知する

ための緊急車接近情報提供が発生する可能性もある。

車載機の普及や路側インフラの整備が進み、提供されるサービスが増えるにしたがって、同じタイミングで複数のサービスがドライバーに提供される可能性が高くなる。このような状況においても、ドライバーの混乱を招かない適切な運転支援が行われるべきであり、そのための技術を構築する必要がある。本研究開発では、ドライバーが注意すべき対象を的確に通知する技術の確立を目指す。

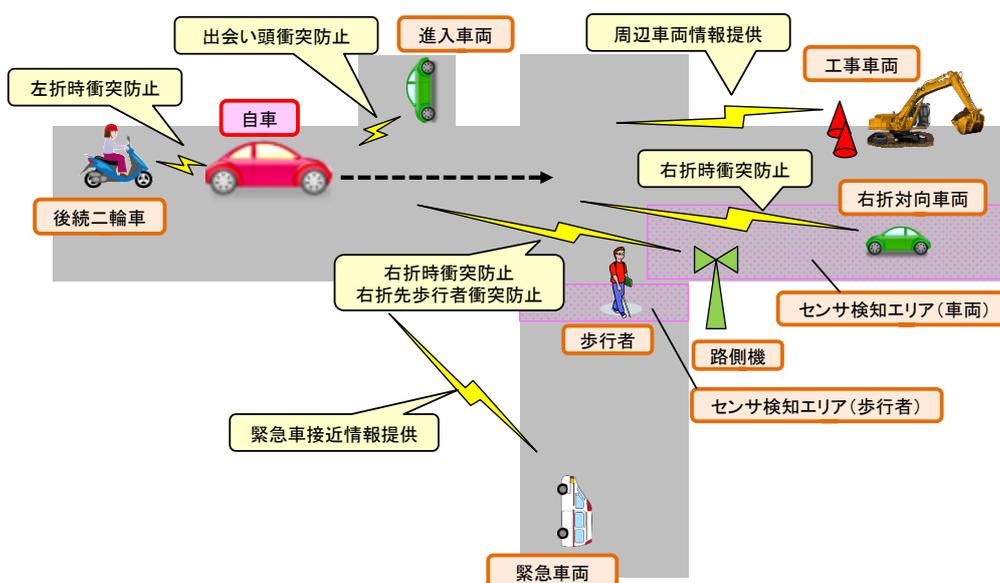


図 5.1.1-1 車両を取り巻く環境と複数支援の競合

5. 1. 2 研究内容

昨年度の研究開発では、車車路車協調システムにおいて情報の重複や支援の競合が発生した場合に、基本的な通知支援決定手法では課題があることを確認した。具体的には、TTCの値が小さいサービスを選択する手法では、競合するサービスのTTCが拮抗する場合には選択される支援が頻繁に切り替わる課題があった。また、予め設定した優先度に基づいてサービスを選択する手法では、時間的に後に発生する事象が先に通知されるといった課題があった。今年度の研究開発では、これらの課題を解決する新たな通知支援決定手法を開発する。具体的には、昨年度の課題を解決するロジックの検討を行い、そのロジックと昨年度に検討したロジックについて比較・検証するためのシステムを開発する。さらに、開発したシステムを使用して、テストコースや公道で実証実験を行い、実際の交通状況において新たなロジックの検証と評価を行う。

5. 1. 3 複数支援競合時の通知支援決定手法の改良検討

5. 1. 3. 1 対象サービス

表 5.1.3.1-1 に示す 7 サービスを検討対象とした。以降の説明では、各サービスの名称を略称で記載する。分類において、“路車”は路車間通信を、“車車”は車車間通信を活用したサービスであることを示す。

表 5.1.3.1-1 検討対象サービス

サービス名称	分類	略称
(1) 信号見落とし防止支援サービス*	路車	信号見落とし防止サービス
(2) 右折時衝突防止支援サービス		路車右折サービス
(3) 右折時衝突防止支援サービス	車車	車車右折サービス
(4) 左折時衝突防止支援サービス*		車車左折サービス
(5) 出会い頭衝突防止支援サービス*		出会い頭サービス
(6) 緊急車両接近情報提供サービス		緊急車サービス
(7) 周辺事象情報提供サービス*		周辺事象サービス

*:今年度に対象として追加したサービス

システムがドライバに支援を提供する際の HMI の在り方について、支援が発生した状況やドライバへの影響の度合いに応じて、表 5.1.3.1-2 に示す 3 つの支援レベルに整理し、各サービスはいずれかの支援レベルで支援を提供するものとした。

表 5.1.3.1-2 支援レベルの考え方

支援レベル	考え方
注意喚起	ドライバが車両を制御しないと事故につながる可能性がある
情報提供	想定事象発生まで余裕がある
存在通知	現時点で走行への影響がない

以降では、各サービスの内容と各支援レベルの発生条件について述べる。各サービスの説明において共通する用語を以下のとおり定義する。

TTC : その事象が発生するまでの時間 (事象発生は各サービスの説明の中で定義する)

Vs : 自車両の速度

Ls : 自車両の衝突予測位置までの距離

TTCs : 自車両が衝突予測位置に到達するまでの時間

Ve : 対向/緊急/出会い頭対象車両/二輪車両の速度

Le : 対向/緊急/出会い頭対象車両/二輪車両の衝突予測位置までの距離

TTCe : 対向/緊急/出会い頭対象車両/二輪車両が衝突予測位置に到達するまでの時間

(1) 信号見落とし防止サービス

自車両が交差点に向かって走行している状況で、当該交差点の停止線到達時に信号灯色が赤であり、かつ停止線で安全に停止できないと判定される場合に、ドライバに信号の存在を通知するサービスである。判定は、路車間通信によって得られる信号情報と道路線形情報、自車両の位置と速度情報を用いる。本サービスは、必須条件を満たした時、注意喚起として支援し、情報提供、存在通知は適用しない。

TTC の定義 : 自車両が現在速度で停止線に到達するまでの時間

TTC の算出式 :

$$TTC = L_n / V_s$$

L_n : 自車両の現在位置から停止線までの距離

表 5.1.3.1-3 信号見落とし防止サービス発生条件

項目	条件
必須	自車両が交差点に接近中 現在速度での停止線到達時の信号灯色=赤 $L_n < \text{安全停止距離}^*$

*安全停止距離 : システム設計減速度(1.8m/s^2)で自車両が停止に要する距離

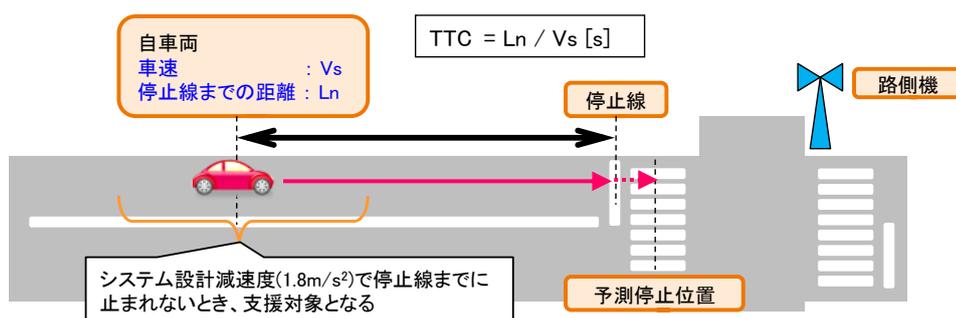


図 5.1.3.1-1 信号見落とし防止サービス

(2) 路車右折サービス

自車両が交差点で右折しようとしている状況において、交差点に接近する対向車両と衝突する危険性がある場合に、ドライバにその旨を通知するサービスである。交差点に設置

された車両検知センサによって対向車両の位置と車速が検知され、路車間通信によってこれらの情報が自車両に伝達される。そして、これらの情報によって互いの位置関係を計算し、衝突の危険性を判定する。本サービスでは、注意喚起と情報提供を適用する。

TTC の定義：対向車両が基点に到達するまでの時間の最小値

TTC の算出式：

$$TTC = Lc / Ve$$

Lc：基点から、車両検知センサが検知した車両までの距離

Ve：車両検知センサが検知した車両の速度

車両検知センサが複数の車両を検知した場合、最小値を TTC とする。

表 5.1.3.1-4 路車右折サービス発生条件

項目	条件
必須	自車両の右ウィンカ On $Vs \leq 25$ [km/h] $Ve \geq 5$ [km/h]
注意喚起	$Vs > 0$ [km/h] $TTC \leq 6$ [秒]
情報提供	$TTC \leq 9$ [秒]

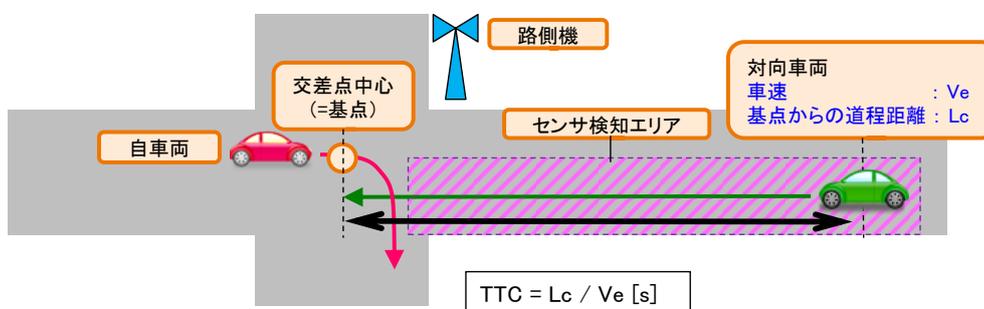


図 5.1.3.1-2 路車右折サービス

(3) 車車右折サービス

自車両が交差点で右折しようとしている状況において、交差点に接近する対向車両と衝突する危険性がある場合に、ドライバーにその旨を通知するサービスである。車車間通信によって対向車両から得た情報により互いの位置関係を計算し、衝突の危険性を判定する。本サービスでは、注意喚起と情報提供を適用する。

TTC の定義：対向車両が衝突予測位置に到達するまでの時間

TTC の算出式：

$$TTC = TTCe = Le / Ve$$

表 5.1.3.1-5 車車右折サービス発生条件

項目	条件
必須	自車両の右ウィンカ On 自車両と対向車両がすれ違い $Vs \leq 25$ [km/h] $Ve \geq 5$ [km/h] $ TTCe - TTCs \leq 6$ [秒]
注意喚起	$Vs > 0$ [km/h] $TTC \leq 6$ [秒]
情報提供	$TTC \leq 9$ [秒]

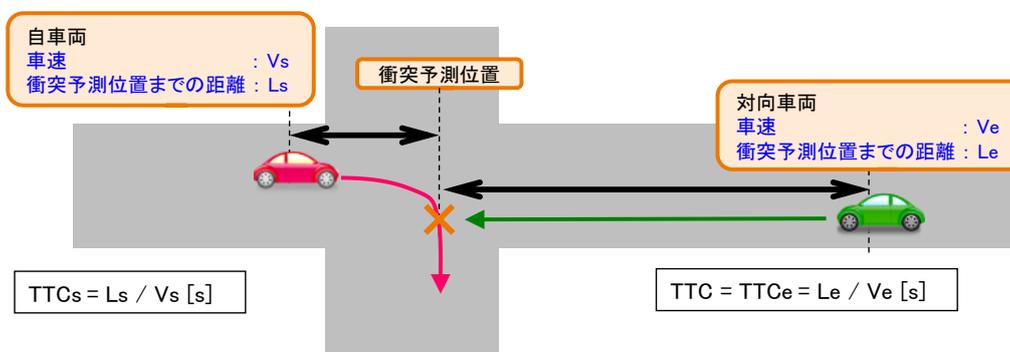


図 5.1.3.1-3 車車右折サービス

(4) 車車左折サービス

自車両が交差点で左折しようとしている状況において、後方から交差点に接近する二輪車両と衝突する危険性がある場合に、ドライバーにその旨を通知するサービスである。車車間通信によって二輪車両から得た情報により互いの位置関係を計算し、衝突の危険性を判定する。本サービスでは、注意喚起と情報提供を適用する。

TTC の定義：二輪車両が自車両に追いつくまでの時間

TTC の算出式：

$$TTC = Lr / (Ve - Vs)$$

Lr：自車両と二輪車両との距離

表 5.1.3.1-6 車車左折サービス発生条件

項目	条件
必須	自車両の左ウィンカ On 二輪車両が自車両の後方から接近中 $V_s \leq 25$ [km/h] $V_e \geq 5$ [km/h]
注意喚起	$V_s > 0$ [km/h] $TTC \leq 6$ [秒]
情報提供	$TTC \leq 9$ [秒]

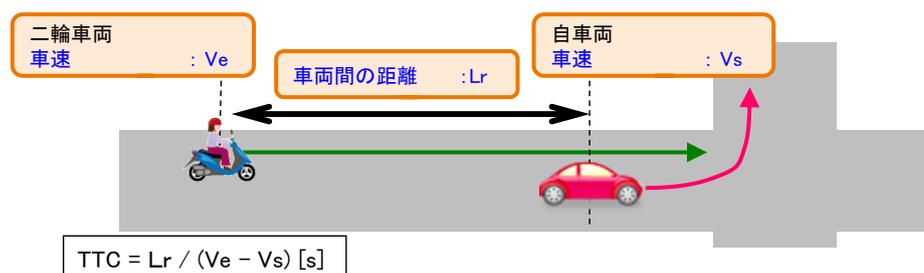


図 5.1.3.1-4 車車左折サービス

(5) 出会い頭サービス

自車両が交差点に接近している状況において、左右方向から交差点に接近する他車両と衝突する危険性がある場合に、ドライバにその旨を通知するサービスである。車車間通信によって他車両から得た情報により互いの位置関係を計算し、衝突する危険性を判定する。本サービスでは、注意喚起と情報提供を適用する。また、他車両の接近方向によってドライバの注意を払うべき方向が異なることを踏まえ、接近方向が異なる出会い頭サービス同士の競合についても考慮する。

TTC の定義：他車両が衝突予測位置に到達するまでの時間

TTC の算出式：

$$TTC = TTC_e = L_e / V_e$$

表 5.1.3.1-7 出会い頭サービス発生条件

項目	条件
必須	自車両と他車両が交差 $V_s \leq 25$ [km/h] $V_e \geq 5$ [km/h] $TTC_e - TTC_s \leq 6$ [秒]
注意喚起	$V_s > 0$ [km/h] $TTC \leq 6$ [秒]
情報提供	$TTC \leq 9$ [秒]

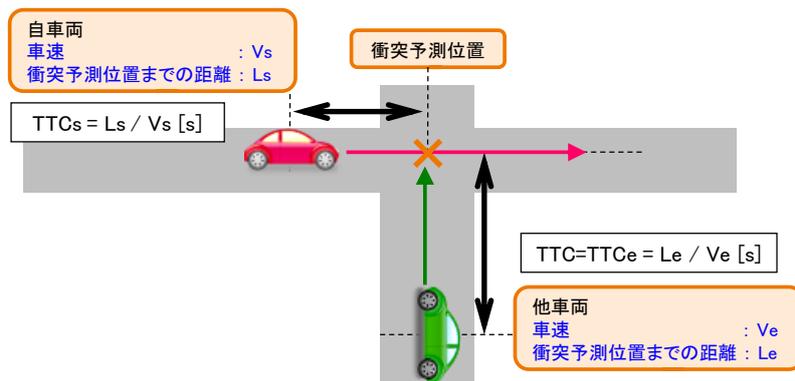


図 5.1.3.1-5 出会い頭サービス

(6) 緊急車サービス

自車両に対し、緊急車両が前後左右の何れかの方向から接近している場合に、ドライバーにその旨を通知するサービスである。車車間通信によって緊急車両から得た情報により互いの位置関係を計算し、緊急車両の接近を判定する。緊急車両の接近方向によって TTC の算出式は異なる。本サービスでは、注意喚起と存在通知を適用する。また、緊急車両の接近方向によってドライバーの注意を払うべき方向が異なることを踏まえ、接近方向が異なる緊急車サービス同士の競合についても考慮する。

<前後方向から接近する場合>

TTC の定義：自車両と緊急車両が遭遇するまでの時間

TTC の算出式：

$$TTCa = Lr / Vr$$

Lr ：自車両と緊急車両間の道程距離

Vr ：自車両と緊急車両の相対速度

$Lr \leq 100$ [m] のとき $TTCb = 10$ 、 $Lr > 100$ [m] のとき $TTCb = \infty$

$$TTC = \min(TTCa, TTCb)$$

<左右方向から接近する場合>

TTC の定義：自車両と緊急車両の衝突予測位置に到達する時間の小さい方

TTC の算出式：

$|TTCe - TTCs| \leq 10$ かつ $TTCs \leq 10$ を満たすとき $TTCa = TTCs$

$Vs = 0$ かつ $TTCe \leq 10$ を満たすとき $TTCa = TTCe$

いずれでもないとき $TTCa = \infty$

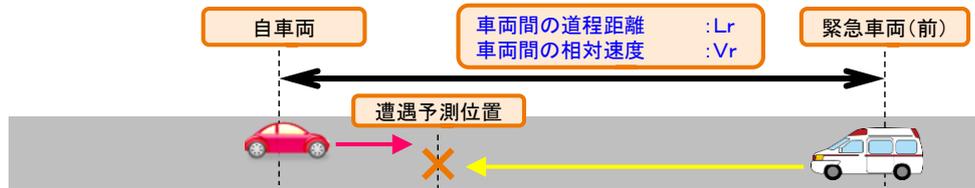
$Lr \leq 100[m]$ のとき $TTCb = 10$ 、 $Lr > 100[m]$ のとき $TTCb = \infty$

Lr ：自車両と緊急車両間の道程距離

$$TTC = \min(TTCa, TTCb)$$

表 5.1.3.1-8 緊急車サービス発生条件

項目	条件
必須	緊急車両の状態が緊急走行中 緊急車両が自車両に接近中
注意喚起	$TTC \leq 10$ [秒]
存在通知	$TTC > 10$ [秒]



<前方から接近する場合>



<後方から接近する場合>

<ul style="list-style-type: none"> • $TTCa = Lr / Vr$ • $Lr \leq 100[m]$ のとき $TTCb = 10$、$Lr > 100[m]$ のとき $TTCb = \infty$ ⇒ $TTC = \min(TTCa, TTCb)$

図 5.1.3.1-6 緊急車サービス (前、後)

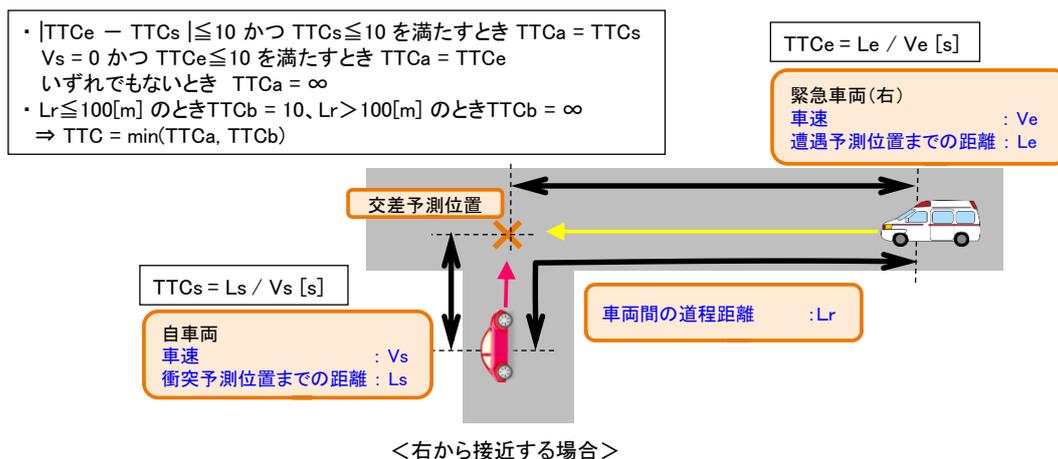


図 5.1.3.1-7 緊急車サービス (右方)

(7) 周辺事象サービス

自車両の進行方向上に、路上作業中などの自車両に影響する状態情報を報知する他車両が存在する場合に、ドライバにその旨を通知するサービスである。車車間通信によって他車両から得た情報により互いの位置関係を計算し、その車両との接近状況を判定する。自車両に影響する状態情報として、路上作業中の他に、乗降中、路上活動中、低速作業中、事故処理中、前方渋滞中、緊急停車中がある。本サービスでは、注意喚起と存在通知を適用する。また、発生事象が異なればドライバの注意を払うべき対象が変わることを踏まえ、周辺事象サービス同士の競合についても考慮する。

TTC の定義：自車両と他車両が遭遇するまでの時間

TTC の算出式：

$$TTC_a = L_r / V_r$$

L_r ：自車両と他車両間の道程距離

V_r ：自車両と他車両の相対速度

$L_r \leq 30[m]$ のとき $TTC_b = 10$ 、 $L_r > 30[m]$ のとき $TTC_b = \infty$

$$TTC = \min(TTC_a, TTC_b)$$

表 5.1.3.1-9 周辺事象サービス発生条件

項目	条件
必須	他車両が状態情報を報知
注意喚起	$TTC \leq 10 (s)$
存在通知	$TTC > 10 (s)$

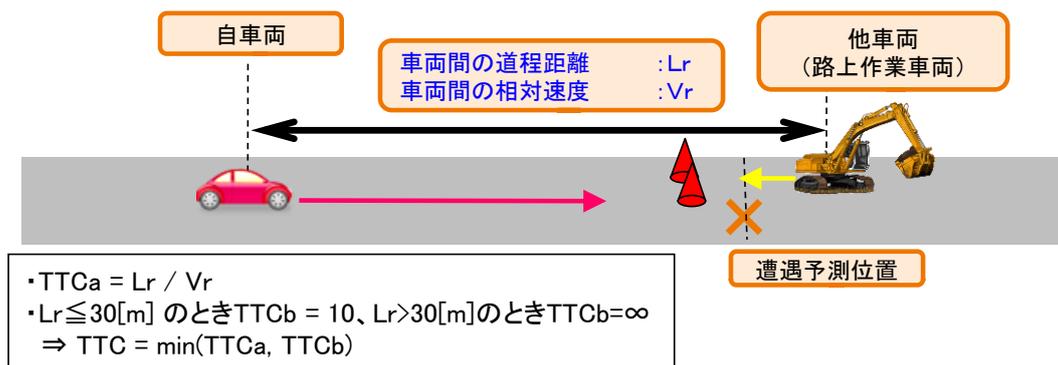


図 5.1.3.1-8 周辺事象サービス

ここまで説明した 7 つの各サービスの支援発生条件を踏まえ、表 5.1.3.1-10 のとおり全てのサービスの組み合わせについて競合の有無を整理した。本研究開発では、この表に基づき、競合が発生する組み合わせでの実証実験を行った。

表 5.1.3.1-10 サービス競合が発生する組み合わせ

○：競合する △：競合するが実験しない ×：競合しない

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
①信号見落とし防止サービス	×	×	×	×	×	○	○
②路車右折サービス	/	×	○	×	△	○	○
③車車右折サービス	/	/	×	×	○	○	○
④車車左折サービス	/	/	/	×	○	○	○
⑤出会い頭サービス	/	/	/	/	○	○	○
⑥緊急車サービス	/	/	/	/	/	○	○
⑦周辺事象サービス	/	/	/	/	/	/	○

②路車右折サービスと⑤出会い頭サービスは、理論的には競合する可能性はあるが、路車右折サービスが提供されている交差点において青信号で右折待ちする車両に対し、交差方向から接近する車両は必然的に赤信号で停車することになる。従って、信号を守ることを前提とすれば出会い頭サービスの支援を行う必要はない。よって、今回の実証実験対象からも除外した。

5. 1. 3. 2 改良手法の検討

ここでは、昨年度の研究開発で提案した手法と課題について述べ、それらの課題に対応した新たな手法を提案する。

(1) 昨年度の提案手法と課題

昨年度の研究開発では、基本的な通知支援決定手法として以下の2つのロジックを提案した。

ロジック A : TTC に基づく手法

サービスの種別に関わらず、TTC の値が小さいものに高い順位を割り当て、ドライバへ通知する。TTC が一致する場合は、それらのサービスの間で優先度に基づき順位を付ける。この優先度は、後述するロジック B で規定しているものと同一である。

ロジック B : 優先度に基づく手法

TTC に関わらず、予めサービスの種類ごとに割り当てた優先度に基づいて順位を付け、ドライバへの通知対象とする。各サービスに関する優先度の割り当ては、表 5.1.3.2-1 に示すとおりで、上位に記載のサービスほど優先度が高い。

表 5.1.3.2-1 各サービスの優先度

サービス	支援レベル	優先度
信号見落とし防止サービス	注意喚起	高 ↑ ↓ 低
路車右折サービス	注意喚起	
車車右折サービス	注意喚起	
車車左折サービス	注意喚起	
出会い頭サービス (左方)	注意喚起	
出会い頭サービス (右方)	注意喚起	
緊急車サービス (後方)	注意喚起	
緊急車サービス (左方)	注意喚起	
緊急車サービス (右方)	注意喚起	
緊急車サービス (前方)	注意喚起	
路車右折サービス	情報提供	
車車右折サービス	情報提供	
車車左折サービス	情報提供	
出会い頭サービス (左方)	情報提供	
出会い頭サービス (右方)	情報提供	
周辺事象サービス	注意喚起	
緊急車サービス・周辺事象サービス	存在通知	

テストコースと公道での実証実験により、これらのロジックを評価し、2つの課題を確認した。以下、それぞれの課題について説明する。

課題 1:

競合するサービスの TTC の値が拮抗する場合、ロジック A では TTC の大小関係の変動の仕方によって通知する支援が頻繁に切り替わることがある。

課題 1 の事例として、昨年度に実施した路車右折サービスと緊急車サービスの競合シーンを示す。図 5.1.3.2-1 に示すように、評価対象車両が交差点の右折待ち位置にて待機中に、緊急車両が後方から接近している。図 5.1.3.2-2、図 5.1.3.2-3 に示すように、緊急車両の接近に伴いその TTC の値が減少し、経過時間 42 秒以降に路車右折サービスの TTC の値と拮抗し、通知する支援が頻繁に切り替わっていることが分かる。



図 5.1.3.2-1 走行経路

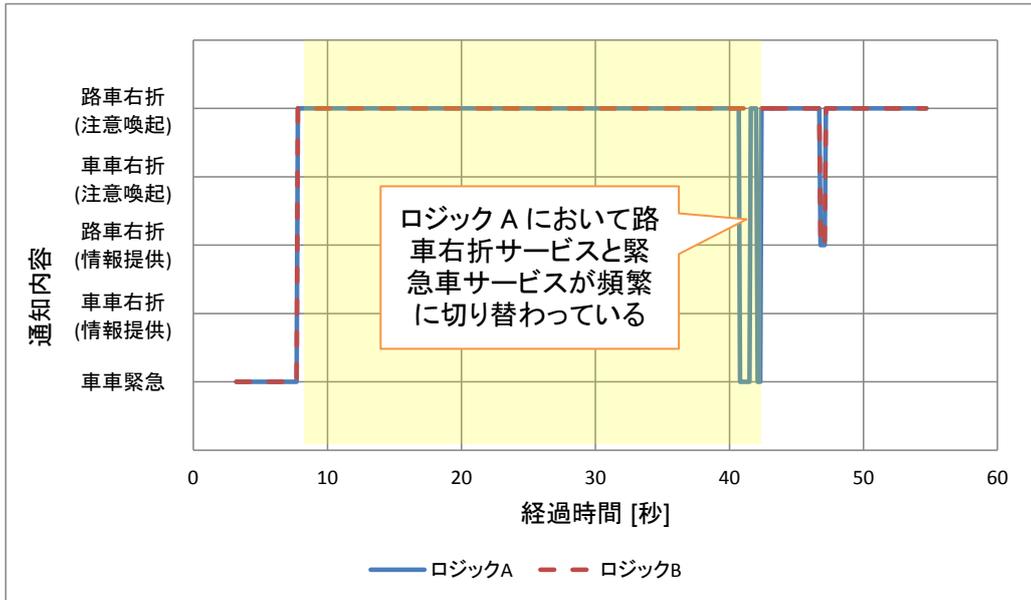


図 5.1.3.2-2 通知内容の遷移（昨年度の実験結果）

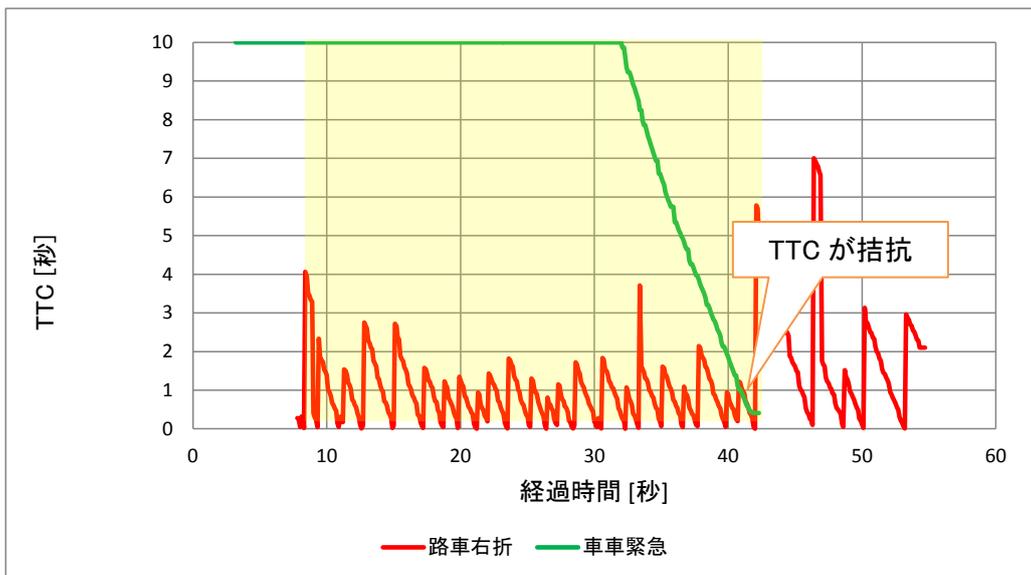


図 5.1.3.2-3 TTC の変化（昨年度の実験結果）

ロジック A については、時間的に先に発生する事象に関する支援を先に通知するという観点では妥当な手法といえる。しかしながら、この事例にみられるように、複数のサービス間で TTC の拮抗する状況は大いに発生する可能性があるため、ドライバの混乱を生じさせることは避ける必要がある。TTC が拮抗する場合には、ドライバにとってより重要性の高いサービスを安定的に通知するべきである。

課題 2 :

ロジック B では、予め定めた優先度に従って通知支援を決定するため、後に発生する事象に関する支援が通知されることがある。

課題 2 の事例として、昨年度に実施した路車右折サービスと緊急車サービスの競合シーンを示す。図 5.1.3.2-4、図 5.1.3.2-5 に示すように、評価対象車両が交差点の右折待ち位置にて待機中に、先に緊急車両が左方から接近し、次に対向車両が接近している。図 5.1.3.2-6、図 5.1.3.2-7 に示すように、ロジック B では、路車右折サービスの優先度が高いことから、緊急車両が評価対象車両の前方を横切る直前であっても、路車右折サービスが選択されている。

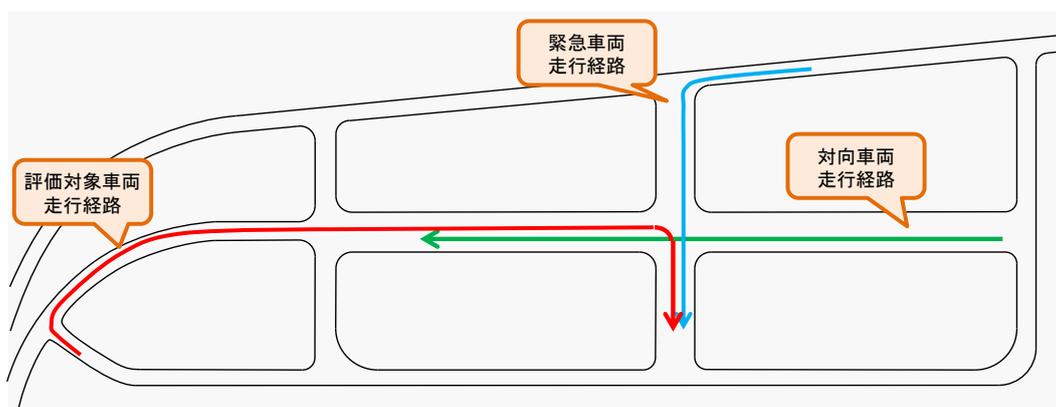


図 5.1.3.2-4 走行経路



図 5.1.3.2-5 測定風景

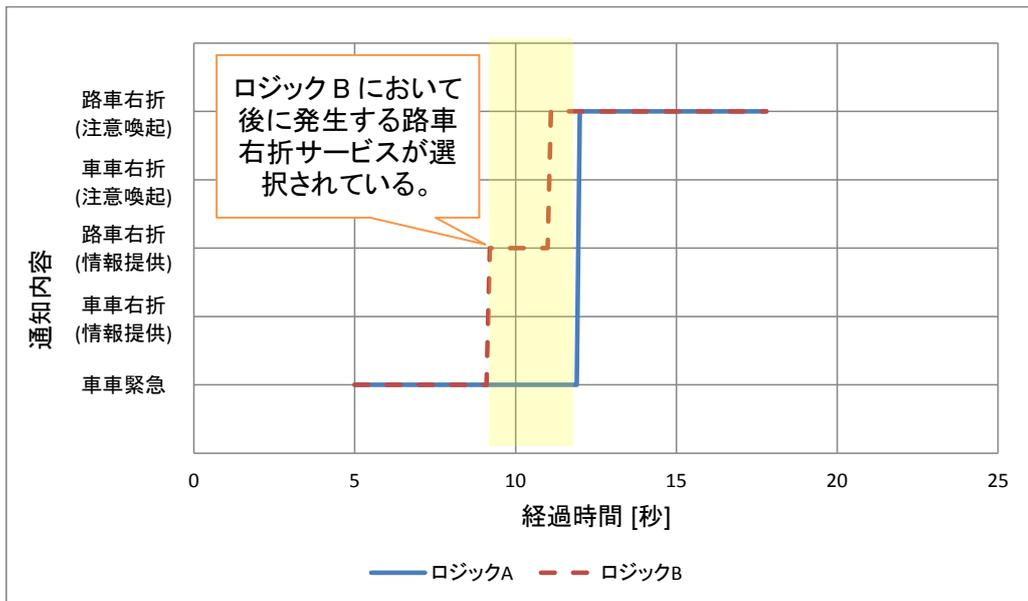


図 5.1.3.2-6 通知内容の遷移（昨年度の実験結果）

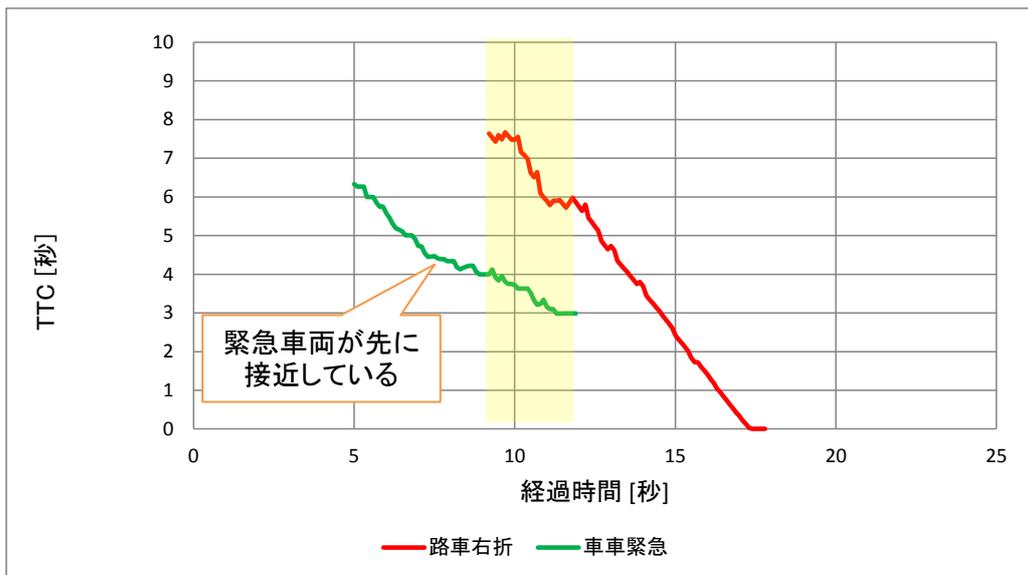


図 5.1.3.2-7 TTC の変化（昨年度の実験結果）

ロジック B については、予め設定した優先度に従いサービスを選択するため、基本的にはドライバーにとってより重要性の高いサービスが選択される。しかし、ドライバーに対する影響が同レベルのサービスの競合時に、時間的に後に発生する事象に関する支援が先に通知されてしまうことがあるため、先に発生する事象へのドライバーの注意を低下させてしまうことが懸念される。上記の例において、緊急車サービスを出会い頭サービスに置き替えて考えると、後に発生する事象に対応した路車右折サービスが選択されることは変わらない

いが、同様に衝突の危険性を通知する出会い頭サービスが機能せず、非常に危険な状況を招くことになる。このように事前に規定したサービスの種別に対する優先度のみに従って選択するのではなく、時間的に先に発生する事象をドライバに通知すべき場合もあり、状況による使い分けが必要である。

(2) 改良手法

昨年度に提案したいずれのロジックについても課題が確認されたことを受け、今年度の研究開発では、どちらの課題も解決する新たなロジック C を提案する。

ロジック C：影響度レベル区分に基づく手法

検討対象の各サービスについて、ドライバに与える影響によって、表 5.1.3.2-2 のとおり 5 段階に分類した。ここでの区分は、そのサービスの対象事象が事故につながる可能性を基準に分類した。最も影響度レベルの高いものは、その通知を無視すると事故につながる可能性があるもので、信号見落とし防止サービスや、出会い頭サービスなどの衝突系サービスで、かつ支援レベルが注意喚起のものが相当する。最も低いものは、その事象を認識しなくても走行に影響がないもので、緊急車サービスや周辺事象サービスで、かつ支援レベルが存在通知のものが相当する。

このように規定した影響度レベル区分を用いて、以下の手順で支援を選択する。

Step1 影響度レベルの高いサービス群に含まれるサービスを選択

Step2 同一影響度レベル内の競合では、TTC の値が小さいサービスを選択

この新ロジックは、ドライバに与える影響を踏まえた上で、事象の発生順序も考慮して通知するサービスを選択するものである。

表 5.1.3.2-2 影響度レベル区分

影響度レベル	概要	影響の目安	該当サービス群
5 (高)	車両を制御しないと事故につながる可能性がある	<ul style="list-style-type: none"> 走行に大きく影響する 急な走行経路の変更や速度調整が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 信号見落とし防止サービス 衝突系サービス* (注意喚起)
4	事故にはつながらないが、回避する必要がある	<ul style="list-style-type: none"> 走行に大きく影響する 通常の走行とは異なる行動・操作が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急車サービス(注意喚起)
3	想定事象に配慮して走行しなければならない	<ul style="list-style-type: none"> 走行に影響する 速度調整や走行タイミングの調整が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 衝突系サービス* (情報提供)
2	走行の際にその事象を認知しておくべき	<ul style="list-style-type: none"> ほとんど走行に影響しない 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺事象サービス(注意喚起)
1 (低)	即座に認識する必要がない	<ul style="list-style-type: none"> 走行に影響しない 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急車サービス(存在通知) 周辺事象サービス(存在通知)

*：路車右折サービス、車車右折サービス、車車左折サービス、出会い頭サービス

5. 1. 4 評価システムの開発

5. 1. 4. 1 概要

前項で述べた新たな通知支援決定手法を実装した車載機を開発した。また追加した支援に対応するため、ドライバに支援を通知するためのユーザインタフェースにも改良を行った。実験結果を記録する目的で昨年度開発した運転支援結果記録システムについても機能・操作性の改修を行った。

次項では、これらの要件を満たす評価システムの構成と、各構成要素の機能について説明する。

5. 1. 4. 2 機材構成

(1) 全体構成

評価システムの全体構成を図 5.1.4.2-1 に示す。本システムは、車載機、カーナビゲーションシステム (ナビとも称する) 及び運転支援結果記録システムから構成される。

車載機は昨年度開発したものを使用する。700MHz 帯 ITS 無線通信及び光ビーコン信号受信の機能を持ち、周囲の車載機や路側機と情報をやりとりする。また、GPS アンテナまたはナビから自車両位置情報を取得するとともに、各種センサや CAN 等から車両状態情報を取得し、これらの情報を合わせて通知情報を決定する。今年度、車載機のソフトウェアに改良を加えたが、その内容は後述する。

ナビは昨年度使用したものを継続使用する。GPS 信号と車速信号の入力に対し、内蔵する地図情報やセンサ等を使用して精度良く自車両の位置を推定し、結果を画面上に表示するとともに、車載機にも自車両位置の推定結果を提供する。また、車載機から送られた支援通知内容を、画像や音声でドライバに通知する。今年度、ナビのソフトウェアに改良を加えたが、その内容は後述する。

運転支援結果記録システムは昨年度開発したもので、車載機が出力するログデータ及び車両に搭載したカメラが撮影する車両周辺映像を長時間記録する機能を持つ。今年度の実証実験では、実験項目数や記録時間が増加することから、実験データの解析を短時間で処理するための工夫が必要となる。そこで、今年度はデータ収集作業の簡易化・解析作業の効率化を目的として、運転支援結果記録システムを改修する。

以下、車載機、ナビ及び運転支援結果記録システムについて、今年度に追加・変更した機能を中心に説明する。

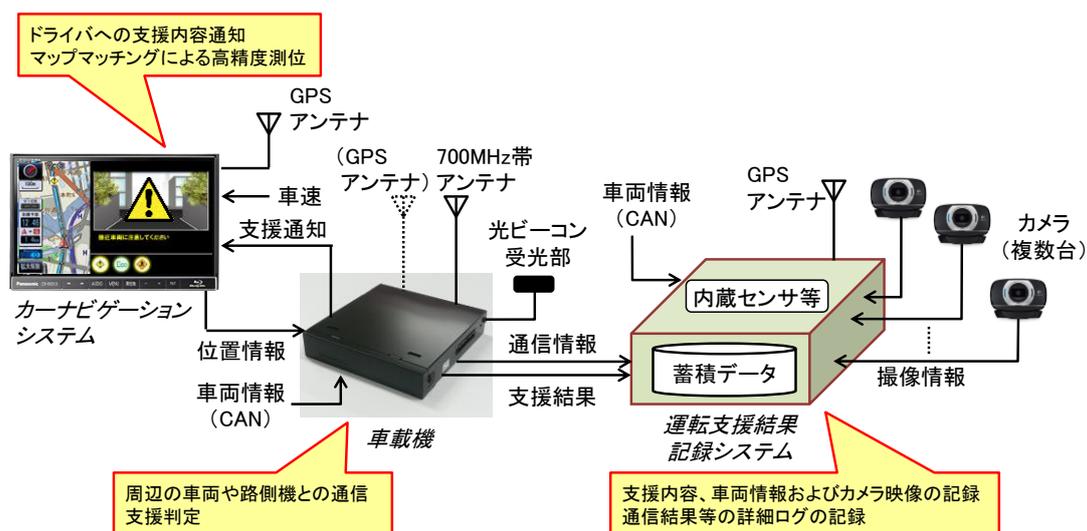


図 5.1.4.2-1 評価システムの全体構成

(2) 車載機

今年度は、車載機のソフトウェアを改良し、提供サービスの追加及び新たな通知支援決定手法の追加を行った。追加したサービスは、以下の4種類である。各サービスの詳細は5.1.3.2項で述べており省略する。

- ・信号見落とし防止サービス
- ・車車左折サービス
- ・出会い頭サービス
- ・周辺事象サービス

通知支援決定手法については、昨年度の実証実験で評価した2つの通知支援決定手法に加えて、新たに提案する1つの通知支援決定手法を実装した。これら3つの通知支援決定手法の詳細は、5.1.3.2項で述べており省略する。実証実験では、車載機の動作設定を変更し、所望の通知支援決定手法を選択して使用する。

車載機が参照する自車両位置情報は、①ナビから取得する、②車載機にGPSアンテナを直接接続して取得する、のどちらかを選択することができる。ナビが出力する位置情報はマップマッチングされており、公道を走行する場合は高精度であるが、登録されていない道路を走行する場合は精度が下がる可能性がある。このため、実証実験では、公道を走行する場合は①を、テストコースのような公道ではない場所を走行する場合は②を使用することとした。

(3) カーナビゲーションシステム

(ア) 画面仕様

今年度は、ナビのソフトウェアを改良し、今年度追加したサービスに対する画面表示及び音声による支援状況通知機能を追加実装した。

支援通知時の画面仕様を図5.1.4.2-2に示す。画面構成に大きな変更はなく、ドライバーへの通知順位が最も高い支援（メイン支援）について、画面右側に大きくアニメーションとテキストで表示するとともに、必要に応じて音声でも通知する。複数の支援が同時発生している場合は、メイン以外の支援については、画面下部のサブ画面に左から順に支援の種類を示すアイコンを表示し、現在の支援発生状況と通知順位を示す。



図 5.1.4.2-2 ナビの画面仕様

図 5.1.4.2-3～図 5.1.4.2-4 に、昨年度に実装した 2 つの支援のナビ表示仕様を示す。なお、今年度は、情報提供時は画面表示のみとし、音声による通知はしないよう変更している。



図 5.1.4.2-3 路車右折サービスの表示仕様

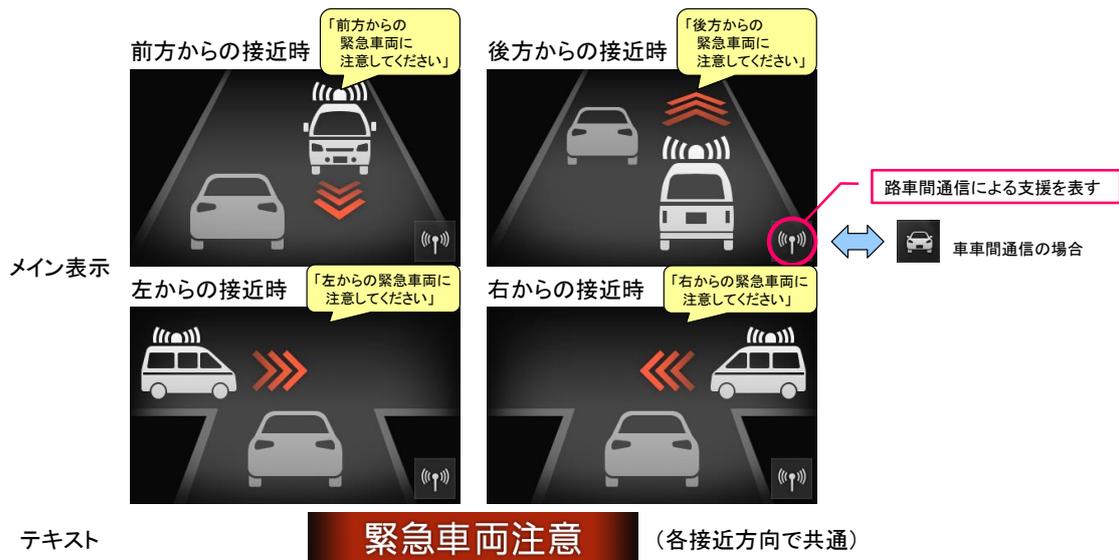


図 5.1.4.2-4 緊急車サービスの表示仕様

今年度に追加実装した支援の表示仕様を図 5.1.4.2-5～図 5.1.4.2-10 に示す。

図 5.1.4.2-5 は信号見落とし防止サービスの表示である。信号見落とし防止サービスは注意喚起のみで、情報提供レベルの支援は無い。



図 5.1.4.2-5 信号見落とし防止サービスの表示仕様

図 5.1.4.2-6 は車車左折サービスの表示仕様である。



図 5.1.4.2-6 車車左折サービスの表示仕様

図 5.1.4.2-7 は、出会い頭サービスの表示仕様である。車両が右方向から接近する場合と、左方向から接近する場合の 2 種類存在する。



図 5.1.4.2-7 出会い頭サービスの表示仕様

図 5.1.4.2-8～図 5.1.4.2-10 は、周辺事象サービスの表示仕様である。周辺事象サービスは、①乗降中（一般）、②低速作業中、③前方渋滞中の 3 種類存在する。支援レベルは、存在通知と注意喚起の 2 種類で、情報提供は無い。存在通知時は、地図画面上の対象車両位置にアイコンのみを表示する。



図 5.1.4.2-8 周辺事象サービス (①乗降中 (一般)) の表示仕様



図 5.1.4.2-9 周辺事象サービス (②低速作業中) の表示仕様



図 5.1.4.2-10 周辺事象サービス (③前方渋滞中) の表示仕様

表 5.1.4.2-1 に、サブ画面に表示するアイコンを示す。「信号見落とし防止サービス (注意喚起)」～「周辺事象サービス (低速作業中) (注意喚起)」までが、今年度に追加実装したものである。

表 5.1.4.2-1 サブアイコンの表示仕様

サブアイコン	支援内容
	路車右折サービス（情報提供）
	路車右折サービス（注意喚起）
	緊急車サービス（各接近方向で共通）
	信号見落とし防止サービス（注意喚起）
	車車左折サービス（情報提供）
	車車左折サービス（注意喚起）
	出会い頭サービス（右方）（情報提供）
	出会い頭サービス（右方）（注意喚起）
	出会い頭サービス（左方）（情報提供）
	出会い頭サービス（左方）（注意喚起）
	周辺事象サービス（乗降中（一般））（注意喚起）
	周辺事象サービス（低速作業中）（注意喚起）
	周辺事象サービス（前方渋滞中）（注意喚起）

(イ) 車載機との通信機能

車載機とナビの間の通信機能は、昨年度と同じ仕様である。車載機とナビの間でやり取りされる情報の一覧を表 5.1.4.2-2、表 5.1.4.2-3 に示す。

表 5.1.4.2-2 ナビから車載機へ送信される情報

種別	名称	内容
制御	接続開始要求	車載機との接続開始を要求する。
	接続終了要求	車載機との接続終了を要求する。
動的情報通知	自車両位置情報通知	マップマッチング後の自車両位置情報を通知する。
	時刻情報通知	時刻情報を通知する。
	車両情報通知	車両情報を通知する。
	道路情報通知	道路施設情報及び道路区分情報を通知する。
	交差点情報通知	進行方向先の交差点情報を通知する。
静的情報通知	車両属性情報通知	車両のサイズや種別等の車両属性情報を通知する。

表 5.1.4.2-3 車載機からナビへ送信される情報

種別	名称	内容
制御	接続開始応答	ナビからの接続開始要求に応答する。
	接続終了応答	ナビからの接続終了要求に応答する。
画面表示	情報画面-メイン表示要求	情報画面-メイン に表示する支援、または表示終了を通知する。
	情報画面-サブ表示要求	情報画面-サブ の各アイコン位置に表示する支援、または表示終了を通知する。
	情報画面-テキスト表示要求	情報画面-メインに表示するテキスト、または表示終了を通知する。
音声再生	音声再生要求	ナビで再生する効果音、音声、及び繰返しパターンを通知する。
地図表示	地図アイコン表示要求	地図画面に表示するアイコン、表示位置、回転角を通知する。

(4) 運転支援結果記録システム

図 5.1.4.2-11 に、運転支援結果記録システムの構成を示す。運転支援結果記録システムは、情報を記録する「ドライブレコーダ部」と、記録した情報を解析する「解析ビューア部」から構成される。

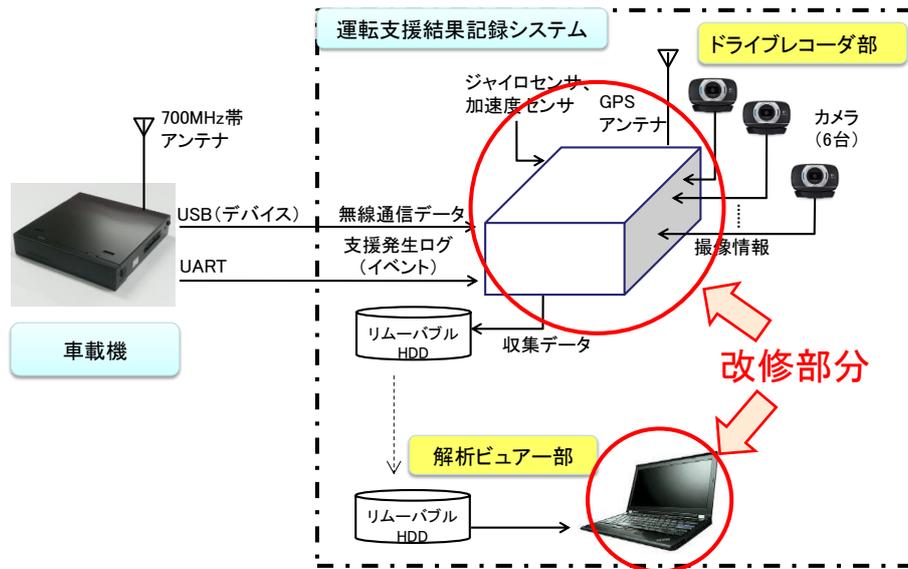
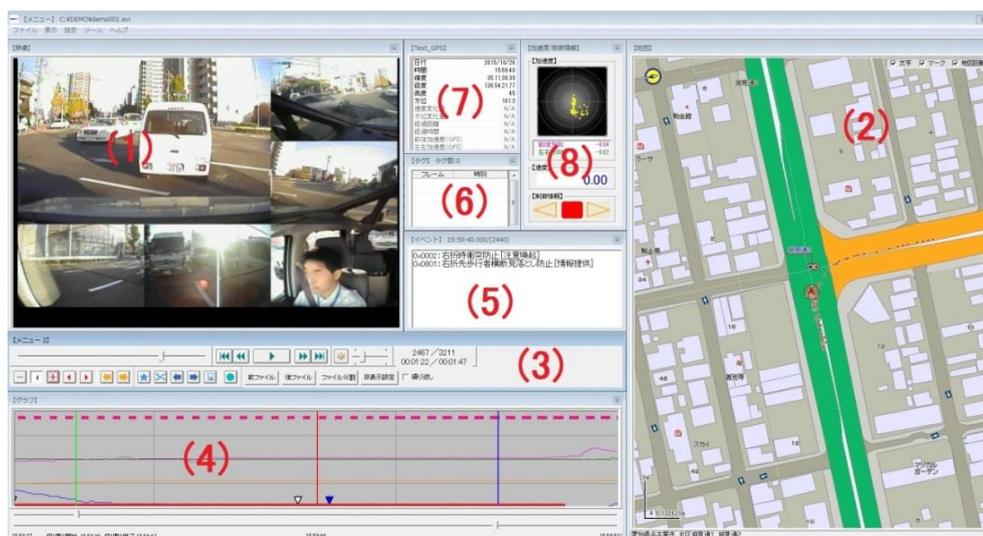


図 5.1.4.2-11 運転支援結果記録システムの構成

ドライブレコーダ部は、車載機が送受信した無線通信データと、GPS やジャイロセンサ、加速度センサ、カメラ等を使って収集した車両状態データをリムーバブル HDD に記録する。解析ビューア部は、リムーバブル HDD に保存されたデータを解析し、結果をモニタ上のグラフや地図上に表示する。

図 5.1.4.2-12 に解析ビューア画面のスクリーンショットを示す。解析ビューアを起動後、収集データのファイルを開くと、図のように映像やグラフ・地図が表示された複数のウィンドウが現れる。



- | | |
|-------------------|---------------------|
| (1) 映像表示ウィンドウ | (5) イベント表示ウィンドウ |
| (2) 地図表示ウィンドウ | (6) タグ表示ウィンドウ |
| (3) 映像再生メニューウィンドウ | (7) GPS 情報表示ウィンドウ |
| (4) グラフ表示ウィンドウ | (8) 加速度/制御情報表示ウィンドウ |

図 5.1.4.2-12 解析ビューアー画面

表 5.1.4.2-4 は、今年度の改修項目をリスト化したものであり、ドライブレコーダ部に対して 5 項目、解析ビューアー一部に対して 7 項目の改修を実施した。

表 5.1.4.2-4 改修項目リスト

項番	項目	内容
ドライブレコーダ部		
1	カメラ映像の入れ替え	映像の合成位置を入れ替え可能とする
2	USB 異常の監視	USB 通信異常時にはブザーで乗員に通知する
3	UART 異常の監視	UART 通信異常時にはブザーで乗員に通知する
4	ログ記録開始／終了制御	スイッチでログ記録を開始／終了する機能を追加する
5	動作の通知	システム起動／停止や記録開始／終了を通知する
解析ビューア部		
6	イベント表示ウインドウ	発生している支援を、常に全て表示する
7	ファイルを跨るデータ表示	ファイルの分割境界を意識せず表示する
8	ファイル切取り	ログファイルの切取り機能を追加する
9	ファイル切取りアプリ	コマンドラインベースで動作する AVI ファイル切取りアプリを新規作成する
10	グラフ上のイベント表示	優先度変化、全イベント終了時に色分け▽を付ける
11	イベント非表示設定	非表示とする支援を変更可能とする
12	デモ機能	繰り返し再生を実行する機能を追加する

項番 1 : カメラ映像の入れ替え

ドライブレコーダ部は、6 台分のカメラ映像を合成して（合成画像は図 5.1.4.2-12 の(1)を参照）、1 つの映像としてログ記録している。今回の改修では、2 つの後方映像（後方左、後方右）を除く 4 つの映像（前方中央、前方右、前方左、ドライバ）の合成位置を任意に入れ替えられるようにする。具体的には、カメラとドライブレコーダとを接続するケーブルの中間に、中継用のピンジャックを追加し、接続を変更することで、合成位置を入れ替え出来るようにする。これにより、重要度の高い映像を大きな画面領域に配置することができ、データ解析が容易となる。

項番 2 : USB 異常の監視

USB 通信を監視し、異常時には乗員に通知する。車載機との USB 通信をタイマーで監視し、一定時間通信がなければ音声案内により異常を通知する（♪音声案内「USB 通信が異常です」）。

項番 3 : UART 異常の監視

UART 通信を監視し、異常時にはブザーで乗員に通知する。車載機との UART 通信をタイマーで監視し一定時間通信がなければ音声案内により異常を通知する（♪音声案内「UART 通信が異常です」）。

項番 4 : ログ記録開始/終了制御

新規にスイッチを追加し、システムの起動/停止とログ記録の開始/終了を制御可能とする。ドライブレコーダにスイッチを 2 個取り付け、スイッチ ON (入) /OFF (切) の組み合わせにより、下記動作を選択して実行できるようにする。

表 5.1.4.2-5 ドライブレコーダ制御スイッチによる動作選択

白スイッチ	黒スイッチ	状態/アクション
OFF	—	システム停止状態
ON	OFF	ログ記録停止中
ON	ON	ログ記録中
OFF→ON	OFF	システム起動
OFF→ON	ON	システムを起動し、ログ記録開始
ON	OFF→ON	ログ記録開始
ON	ON→OFF	ログ記録終了
ON→OFF	OFF	システム終了
ON→OFF	ON	ログ記録を終了し、システム終了



図 5.1.4.2-13 ドライブレコーダ動作制御用スイッチ

項番 5 : 動作の通知

ドライブレコーダの動作状態がわかるようにするため、動作状態の変化を音声案内で通知する。システム起動完了時、ログ記録開始時、ログ記録終了時、システム終了時に、下記の音声案内をする。

- ログ記録終了完了時 ⇒ ♪音声案内「システムを起動しました」
- ログ記録開始時 ⇒ ♪音声案内「記録を開始します」
- ログ記録終了時 ⇒ ♪音声案内「記録を終了します」
- システム終了時 ⇒ ♪音声案内「システムを終了します」

項番6：イベント表示ウインドウ

昨年度のイベント表示ウインドウは、発生した支援をドロップダウンリストで確認する仕様であり、発生した通知順位が最も高い支援（発生支援の種別名称）のみが再生に同期して確認できた。今年度は、発生している支援を同時に確認できるようにするため、表示ウインドウを縦に大きくし、発生している支援を最大で7個常時表示する仕様とする。ウインドウ内では、通知順位の高い順に上から下に並べる。図 5.1.4.2-14 に、イベント表示ウインドウの表示例を示す。表示されている3つの支援の中で、一番上の支援「0x4002：右折時衝突防止[注意喚起]」が最も通知順位が高かったもので、以降、通知順位順に「0x6422：緊急車接近情報提供(右)[注意喚起]」、「0x4002：出会い頭衝突防止(右)[情報提供]」が表示されている。

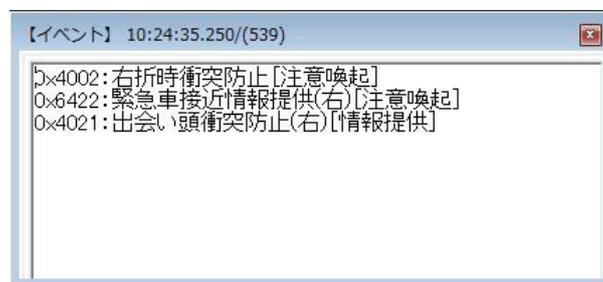


図 5.1.4.2-14 イベント表示ウインドウの表示例

項番7：ファイルを跨るデータの表示

ドライブレコーダは、収集したログを一定時間間隔（例えば5分間隔など）で分割してファイルに保存する。解析ビューアは、保存されたログファイルを読み込むことで解析処理を実行する。昨年度の解析ビューアは、解析ビューアで見ているログの時刻が次のログファイルになる時は、ユーザが新たに次のログファイルを指定して読み込むことで解析対象となる時刻を進めていた。しかし、一度に1つのログファイルしか読み込むことができないため、分割ファイル境界の時刻のログを、時間の流れを見ながら解析することが容易ではなかった。

今年度は、解析ビューアは連続して記録されたログファイルを最大3つ読み込み、ファイル境界でも時間的に連続して画面表示をするよう機能を拡張する。

項番8：ファイル切取り

時間指定でログファイルを切り取る機能を追加する。ログファイルは、AVIファイルと通信ログファイルの2種類あり、解析ビューアが切取り処理するのはAVIファイルのみである。通信ログファイルは、解析ビューアが起動した外部アプリで切取り処理を実行する。

図 5.1.4.2-15 に、解析ビューア上でファイル切取り処理を操作する際の画面を示す。

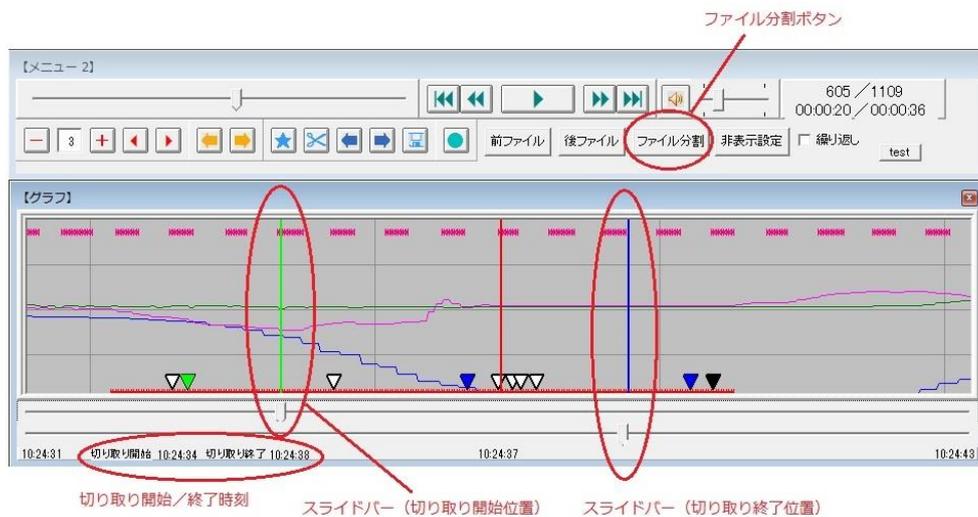


図 5.1.4.2-15 ファイル切取り操作画面

切取り開始/終了時刻は、グラフ表示ウィンドウ上のスライダを操作するか、処理途中で表示されるファイル切取りダイアログに直接時刻を入力することにより指定する。グラフ表示ウィンドウには開始・終了位置に縦棒が表示され、スライダを操作するとウィンドウ下部に指定した時刻が数値で表示される。スライダを設定し、ファイル分割ボタンを押すことにより、ファイル切取りダイアログが表示される（図 5.1.4.2-16）。このダイアログで切取り開始/終了時刻、出力ファイル名を変更することができる。



図 5.1.4.2-16 ファイル切り取りダイアログ

項番 9 : ファイル切り取りアプリ

解析ビューアから操作することなく、コマンドラインから実行でき、ログファイル (AVI ファイル) の切り取りを可能とするアプリを新規作成する。

コマンドラインからの実行コマンドは、下記とする。

> CutCommand.exe <入力フォルダ名> <出力ファイル名>
<切り取り開始時刻> <切り取り終了時刻>

入力フォルダ名は、AVI ファイルを格納したフォルダを指定する。指定したフォルダにある AVI ファイルの中から、<切り取り開始時刻>~<切り取り終了時刻>を含むファイルを検索し、ファイルをマージした後に指定時刻部分を切り取る。これにより、複数ファイルに跨がって開始時刻、終了時刻が指定された場合でも正しく切り取る。

項番 10 : グラフ上のイベント表示

解析時間の短縮や利便性向上のため、グラフ表示ウインドウに表示するイベント表示位置の判定・表示方法を変更する。判定・表示方法は、下記ルールに従うものとする。

- 1) 発生支援の追加 (新たな支援 ID が追加) があった場合には白塗り▽を表示する。
- 2) 発生支援に減少 (支援 ID の消滅) があった場合には青塗り▼を表示する。
- 3) 発生支援に変わりはないが優先度に変更があった場合には緑塗り▼を表示する。
- 4) 発生支援の数が有限個から 0 に変わった場合には黒塗り▼を表示する。
- 5) 表示するイベントマークの優先度は、以下とする。

(優先度 : 高) 白塗り▽ > 青塗り▼ > 緑塗り▼ (優先度 : 低)

- 6) 設定ファイルで非表示とした支援は、グラフ表示対象外とする。

表 5.1.4.2-6 に、グラフ表示例を示す。上記ルールに従って、各表示位置のマークの色が変わる。

表 5.1.4.2-6 イベント位置表示例

時間	受信した支援ID			グラフ上の表示	補足
	優先:高 ←		→ 優先:低		
					変化なし
	0x0001			▽白	追加
	0x0001	0x0002		▽白	追加
	0x0001	0x0002	0x0003	▽白	追加
	0x0003	0x0002	0x0001	▼緑	優先度変更(0x0001、0x0003に変更あり)
	0x0002	0x0001	0x0004	▽白	追加(減少、優先度変更は低優先)
	0x0004	0x0001		▼青	減少(優先度変更は低優先)
	0x0004			▼青	減少
	0x0004	0x0001		▽白	追加
	0x0001			▼青	減少(優先度変更は低優先)
				▼黒	支援ID数が0に変化
					変化なし

図 5.1.4.2-17 は、実測データを解析したイベント位置表示例である。グラフ表示ウィンドウには、発生したイベント時刻の位置に色付けされたマーカ（▽）が表示される。



図 5.1.4.2-17 イベント位置表示例（実測データの解析結果）

項番 11：イベント非表示設定

グラフ表示ウィンドウ上に表示するイベントを、解析ビューア起動中に変更可能とする。イベント毎の表示／非表示の設定は、映像再生メニューウィンドウ上にある非表示設定ボタンを押すと現れるイベント非表示編集ウィンドウ（図 5.1.4.2-18）のチェックボックスによって行う。チェックを外すことにより、表示対象外となる。

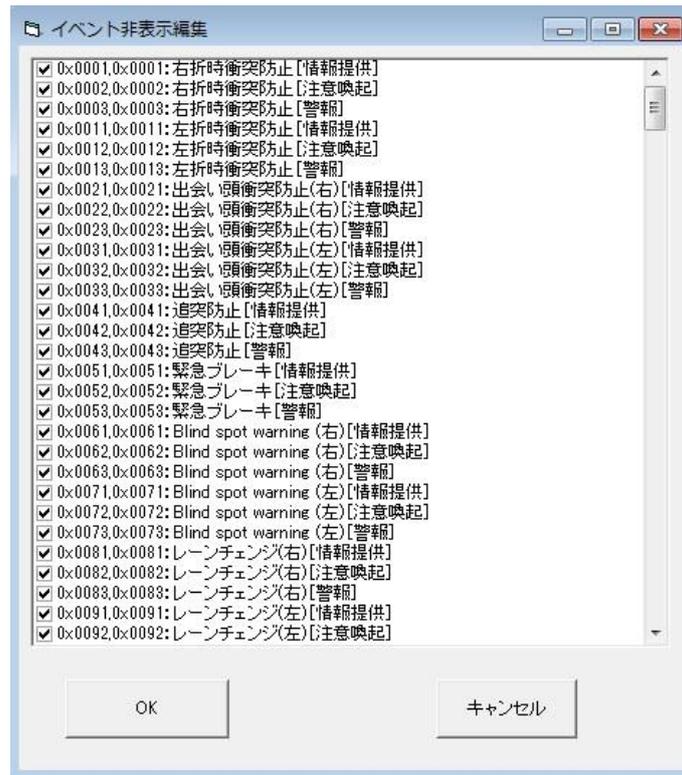


図 5.1.4.2-18 イベント非表示編集ウインドウ

項番 1 2 : デモ機能

再生動作を繰り返し実行する機能（繰り返し再生モード）を追加する。

映像再生メニューウインドウ上にある「繰り返し」にチェックを入れることで有効となる。なお、繰り返し再生は、読み込み済みのログファイル(1～3 個)全体に対して実行する。

5. 1. 4. 3 まとめ

本項では、実証実験によって通知支援決定手法やドライバへの通知方法を検証・評価するための評価システムについて、今年度に新たに追加・変更を行った部分を中心に説明した。評価システムは、ドライバに対して支援内容を通知するためのナビや、支援結果や周囲の映像等を記録するための運転支援結果記録システムから構成され、これらの機器が車載機と連携することで、実証実験の円滑な実施や、実証実験結果の検証作業が効率化される。

5. 1. 5 実証実験

5. 1. 5. 1 実験手順

(1) 概要

目的：異なるサービスが競合するシーンにおいて、今年度新たに提案するロジックによって昨年度に確認した課題が解決されていることを確認する。

実証項目：整理したサービスの組み合わせに従い、表 5.1.5.1-1 に示す 30 の競合シーンについて、実証実験により検証する。

表 5.1.5.1-1 競合シーン

項目	サービス 1	サービス 2	実施場所	
1-1	車車右折サービス	出会い頭サービス (右方)	テストコース	
1-2		緊急車サービス (前方)		
1-3		緊急車サービス (後方)		
1-4		緊急車サービス (右方)		
1-5		周辺事象サービス		
2-1	車車左折サービス	出会い頭サービス (右方)		
2-2		緊急車サービス (前方)		
2-3		緊急車サービス (後方)		
2-4		緊急車サービス (右方)		
2-5		周辺事象サービス		
3-1	出会い頭サービス (右方)	出会い頭サービス (左方)		
3-2		緊急車サービス (前方)		
3-3		緊急車サービス (後方)		
3-4		緊急車サービス (右方)		
3-5		緊急車サービス (左方)		
3-6		周辺事象サービス		
4-1	出会い頭サービス (左方)	緊急車サービス (右方)		
5-1	緊急車サービス (前方)	緊急車サービス (後方)		
5-2		緊急車サービス (右方)		
5-3		周辺事象サービス		
6-1	緊急車サービス (後方)	緊急車サービス (右方)		
6-2		周辺事象サービス		
7-1	緊急車サービス (右方)	緊急車サービス (左方)		
7-2		周辺事象サービス		
8-1	周辺事象サービス	周辺事象サービス		
9-1	路車右折サービス	車車右折サービス		公道
9-2		緊急車サービス		
9-3		周辺事象サービス		
10-1	信号見落とし防止サービス	緊急車サービス		
10-2		周辺事象サービス		

実証実験の実施場所と日程を表 5.1.5.1-2 に示す。

表 5.1.5.1-2 実施場所と日程

分類	実施場所	日程
テストコース	日本自動車研究所（つくば市） 模擬市街路 西コース	2015年11月10～13日
公道	名古屋市市内	2016年1月19、20日

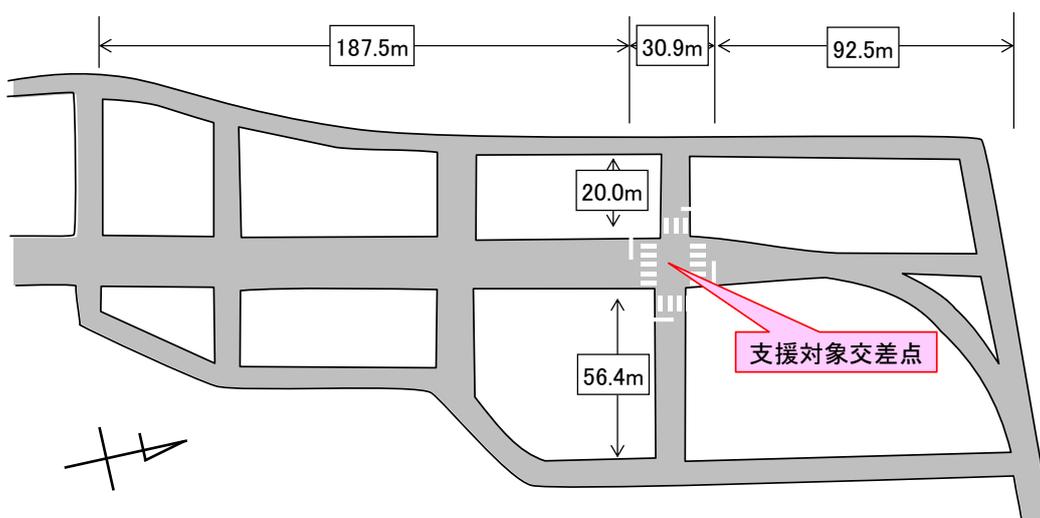


図 5.1.5.1-1 テストコース全体



図 5.1.5.1-2 公道：城見通2 交差点付近

(2) 実験システム

(ア) システム構成

車両に搭載する機材構成として、構成 A～構成 D の 4 種類がある。実証項目、試験環境、及び車両種別等に合わせて適切な構成を選択して実証実験を行う。各構成における搭載機器と配置図を示す。

(a) 構成 A

車両情報及び位置情報をカーナビゲーションシステムから取得して送信データを生成し、各種ログは運転支援結果記録システムに記録する。機材配置を図 5.1.5.1-3 に、機器外観を図 5.1.5.1-4 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、運転支援結果記録システム、カーナビゲーションシステム、ビデオカメラ

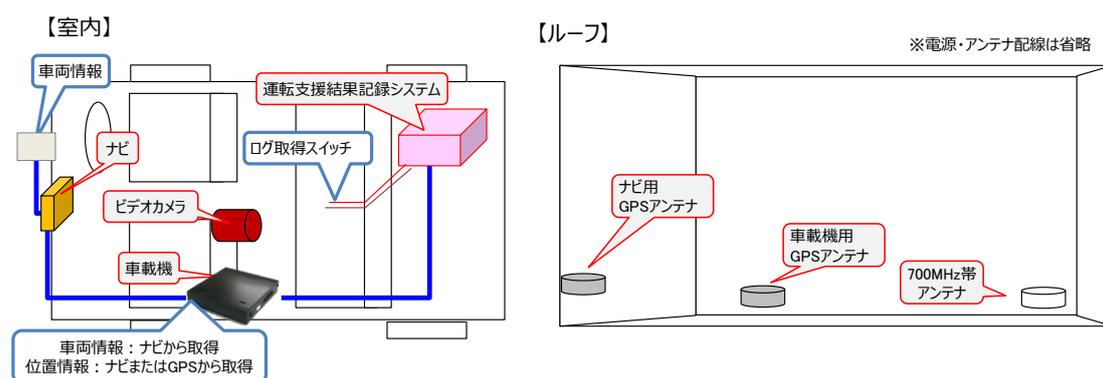


図 5.1.5.1-3 構成 A：機材配置図



700MHz 帯アンテナ

GPS アンテナ

車載機



カーナビゲーションシステム 運転支援結果記録システム

ビデオカメラ

図 5.1.5.1-4 構成 A : 搭載機器

(b) 構成 B

車両情報を車両の CAN から、位置情報を車載機に直結した GPS アンテナから取得して送信データを生成し、各種ログはログ記録用 PC に記録する。スマートフォンを操作することで、車両の状態を一般車両と模擬緊急車両を切り替えることが可能である。機材配置を図 5.1.5.1-5 に、機器外観を図 5.1.5.1-6 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、ログ記録用 PC、スマートフォン（スマホ）、ビデオカメラ

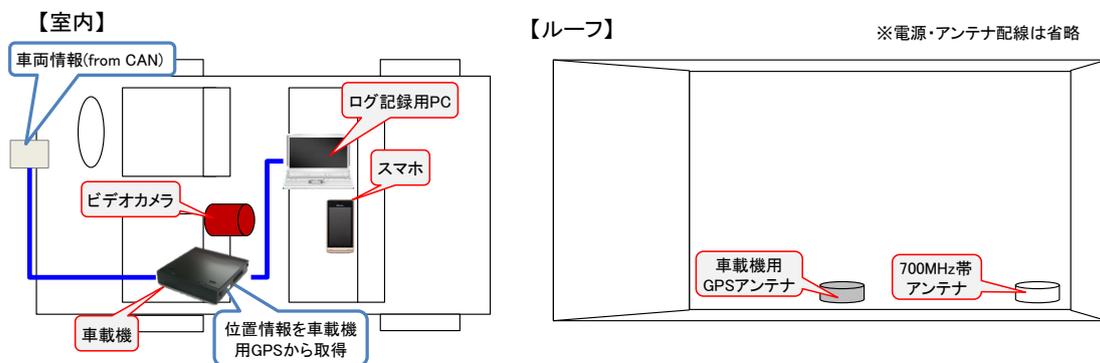


図 5.1.5.1-5 構成 B : 機材配置図



700MHz 帯アンテナ

GPS アンテナ

車載機



ログ記録用 PC とスマホ



ビデオカメラ

図 5.1.5.1-6 構成 B : 搭載機器

(c) 構成 C

車両情報と位置情報をカーナビゲーションシステムから取得して送信データを生成する。各種ログは、ログ記録用 PC に記録する。スマートフォンを操作することで、車両の状態を一般車両と模擬緊急車両とで切り替えることが可能である。機材配置を図 5.1.5.1-7 に、機器外観を図 5.1.5.1-8 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、ログ記録用 PC、スマートフォン、カーナビゲーションシステム、ビデオカメラ

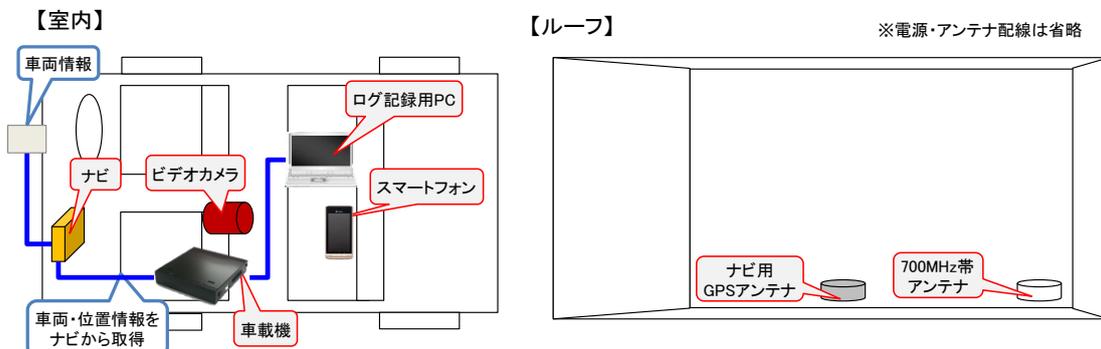


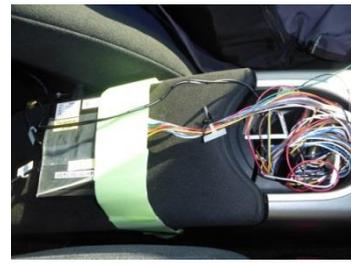
図 5.1.5.1-7 構成 C : 機材配置図



700MHz 帯アンテナ



GPS アンテナ



車載機



カーナビゲーションシステム



ログ記録用 PC とスマホ



ビデオカメラ

図 5.1.5.1-8 構成 C : 搭載機器

(d) 構成 D

バッテリー駆動により送信のみを行う構成である。テストコースでは左折サービスの対象となる二輪車両に搭載し、公道では周辺事象サービスの対象としてキャリーバックに入れて歩道上に設置した。機材配置を図 5.1.5.1-9 に、二輪車両に搭載した様子を図 5.1.5.1-10 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、バッテリー

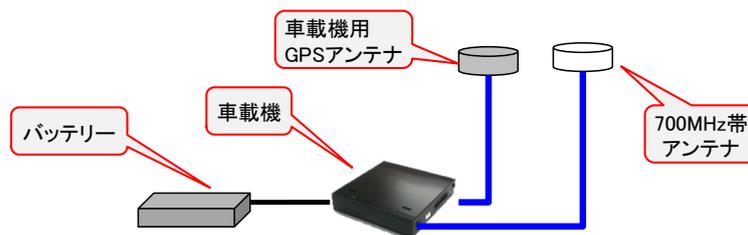


図 5.1.5.1-9 構成 D : 機材構成図



図 5.1.5.1-10 構成 D : 二輪車両搭載時の様子

(イ) 車両

(a) テストコース

表 5.1.5.1-3 に示すとおり、9 台の車両を使用した。車両外観を図 5.1.5.1-11 に示す。

表 5.1.5.1-3 テストコース：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 A	評価対象車両
2	アテンザ	構成 A	評価対象車両
3	レヴォーグ	構成 A	評価対象車両
4	プリウス	構成 B	対向・出会い頭対象車両
5	プリウス	構成 B	模擬緊急・出会い頭対象・対向車両
6	エスクァイア	構成 B	対向・出会い頭対象車両
7	エスクァイア	構成 B	模擬緊急・出会い頭対象・対向車両
8	PCX	構成 D	二輪車両
9	PCX	構成 D	二輪車両



図 5.1.5.1-11 テストコース：実験車両

(b) 公道

表 5.1.5.1-4 に示すとおり、6 台の車両を使用した。周辺事象情報提供車両については、キャリーバッグに車載機を入れたもので当該車両を模擬した。

表 5.1.5.1-4 公道：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 A	評価対象車両
2	アテンザ	構成 A	評価対象車両
3	レヴォーグ	構成 A	評価対象車両
4	プリウス	構成 C	模擬緊急・対向車両
5	プリウス	構成 C	模擬緊急・対向車両
6	プリウス	構成 C	模擬緊急・対向車両
7	(車両非搭載)	構成 D	周辺事象情報提供車両
8	(車両非搭載)	構成 D	周辺事象情報提供車両
9	(車両非搭載)	構成 D	周辺事象情報提供車両



1: ノア



2: アテンザ



3: レヴォーグ



4~6: プリウス

図 5.1.5.1-12 公道：実験車両

(ウ) 撮影機材

実験車両の走行状況や車両遭遇時の位置関係の記録を目的として、図 5.1.5.1-13 に示すようにテストコースにビデオカメラを設置した。各撮影場所における撮影機材の設置状況と撮影画像の例を図 5.1.5.1-14～図 5.1.5.1-16 に示す。撮影 1 は評価対象車両の進入方向から、撮影 2 は評価対象車両の進入路左前方から支援対象交差点を鳥瞰撮影する。撮影 3 は実証項目ごとに位置を変えながら、支援対象交差点を水平方向から撮影する。

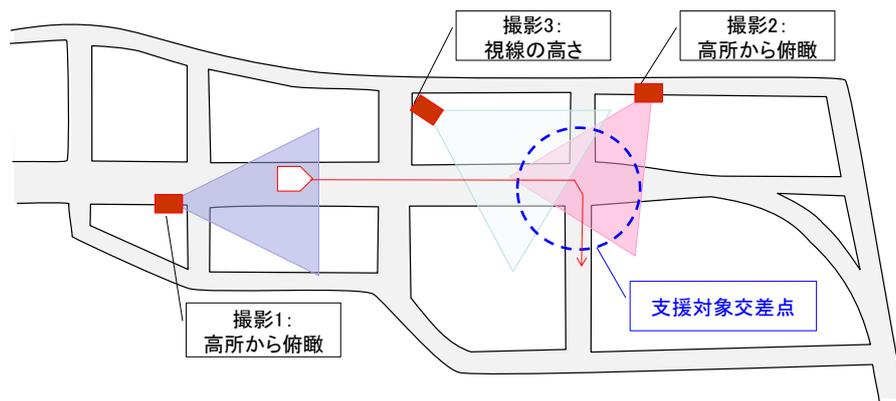


図 5.1.5.1-13 撮影機材配置図



設置状況



撮影画像

図 5.1.5.1-14 テストコース：撮影 1



設置状況



撮影画像

図 5.1.5.1-15 テストコース：撮影 2



設置状況



撮影画像

図 5.1.5.1-16 テストコース：撮影 3

(3) 測定手順

以下の手順で測定する。

Step1 各車両がスタート位置で待機する

Step2 ログの取得を開始する

Step3 各車両が走行シナリオ（後述）に沿って走行する

Step4 所定位置を通過後、ログの取得を停止する

(4) 評価方法

記録したログをもとに、各サービスの TTC の値の変化と各ロジックが決定したドライバに通知する支援内容の推移を比較し、ロジック C の妥当性を検証する。

図 5.1.5.1-17 は、横軸を時間として、ドライバに主として通知した支援種別の推移をプロットしたグラフの例（車車右折サービスと緊急車サービスの競合）である。図 5.1.5.1-18 は、横軸を経過時間として、各サービスの判定処理において算出される TTC の値をプロットしたグラフの例である。これらのグラフにより、ロジック A、B、C の比較を行う。

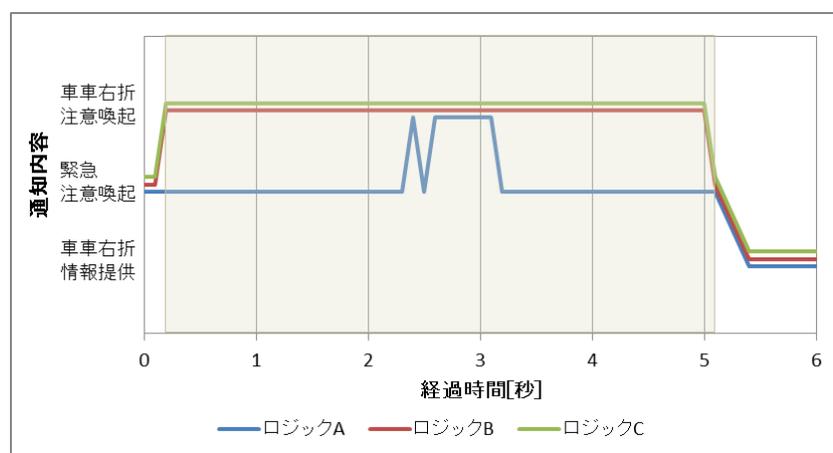


図 5.1.5.1-17 通知支援の比較例

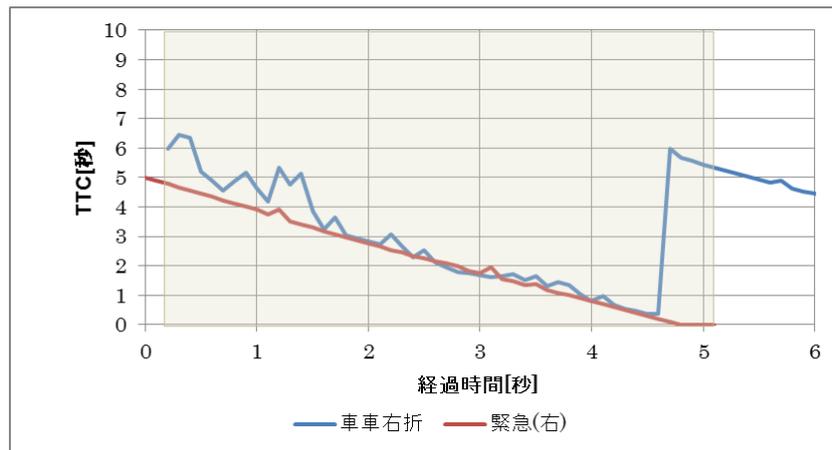


図 5.1.5.1-18 TTC の比較例

(5) 走行シナリオ

表 5.1.5.1-1 に示す各実証項目について、以下で詳細に説明する。

実証 1-1 車車右折サービスと出会い頭サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。対向車両、出会い頭対象車両通過後に右折する。

対向車両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

出会い頭対象車両：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン 1：対向車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 2：出会い頭対象車両、対向車両の順で通過する。

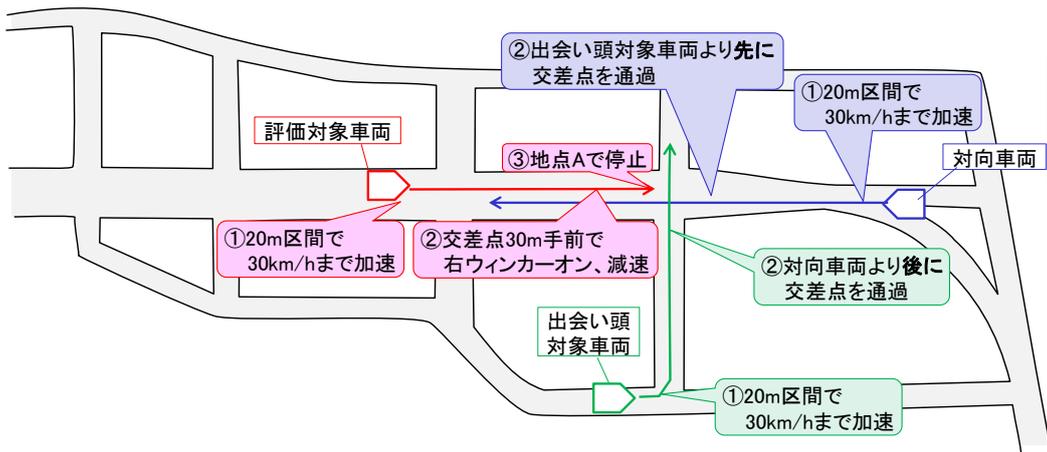


図 5.1.5.1-19 テストコース走行経路 実証 1-1 パターン 1

実証 1-2 車車右折サービスと緊急車サービス（前方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。対向車両、模擬緊急車両通過後に右折する。

対 向 車 両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1：対向車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、対向車両の順で通過する。

パターン 3：模擬緊急車両接近時、対向車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

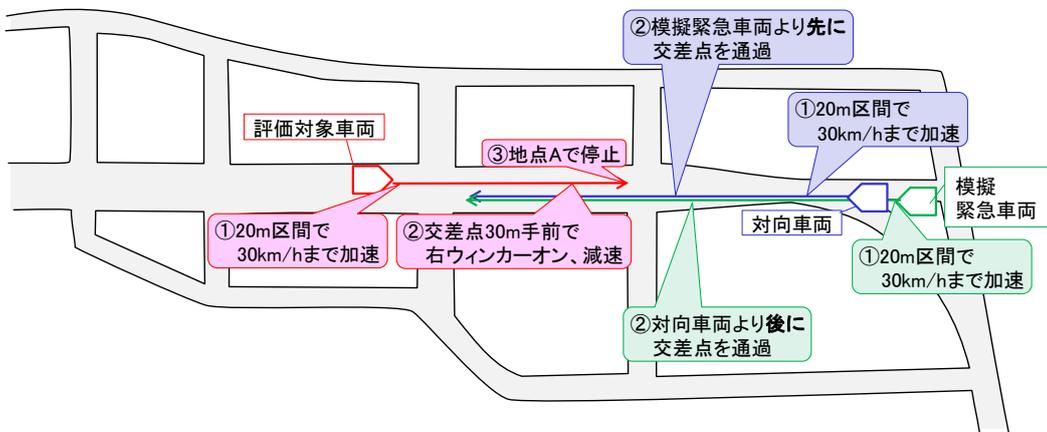


図 5.1.5.1-20 テストコース走行経路 実証 1-2 パターン 1

実証 1-3 車車右折サービスと緊急車サービス（後方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。対向車両、模擬緊急車両通過後に右折する。

対 向 車 両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1：対向車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、対向車両の順で通過する。

パターン 3：模擬緊急車両接近時、対向車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

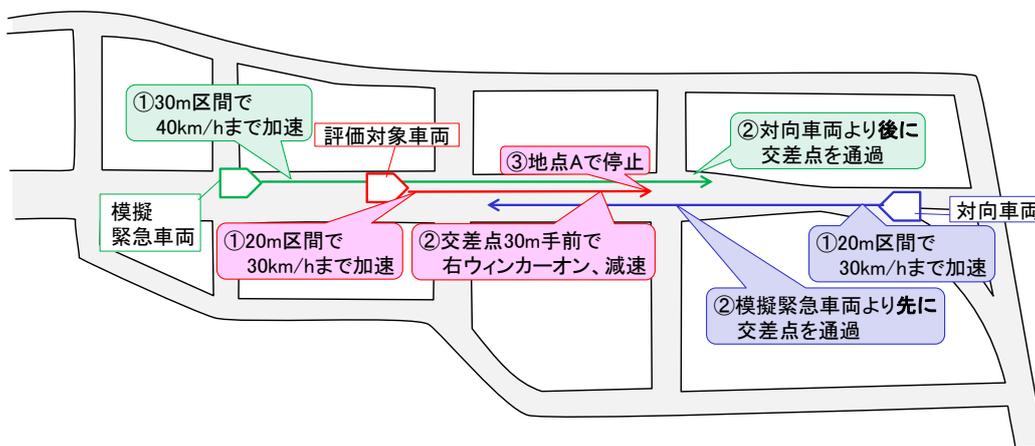


図 5.1.5.1-21 テストコース走行経路 実証 1-3 パターン 1

実証 1-4 車車右折サービスと緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。対向車両、模擬緊急車両通過後に右折する。

対 向 車 両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1：対向車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、対向車両の順で通過する。

パターン 3：模擬緊急車両接近時、対向車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

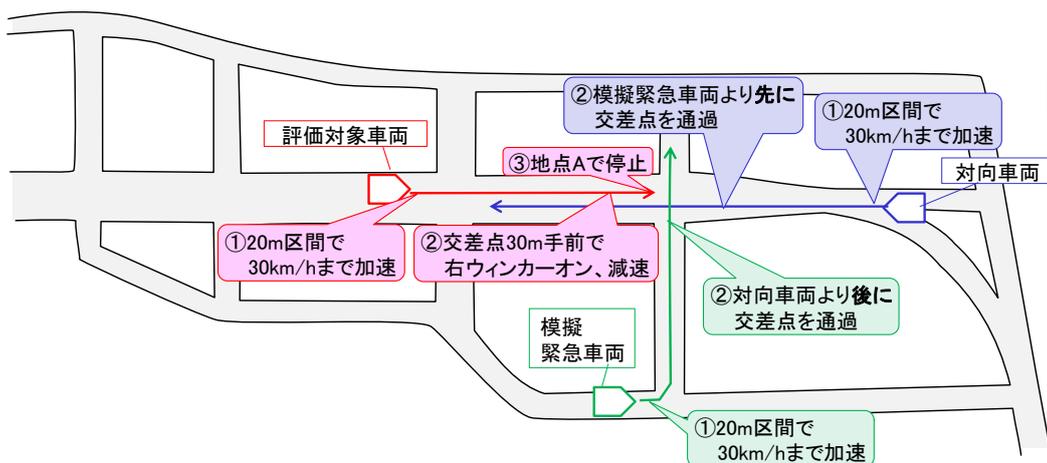


図 5.1.5.1-22 テストコース走行経路 実証 1-4 パターン 1

実証 1-5 車車右折サービスと周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。対向車両通過後に右折する。

対向車両： 前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、対向車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

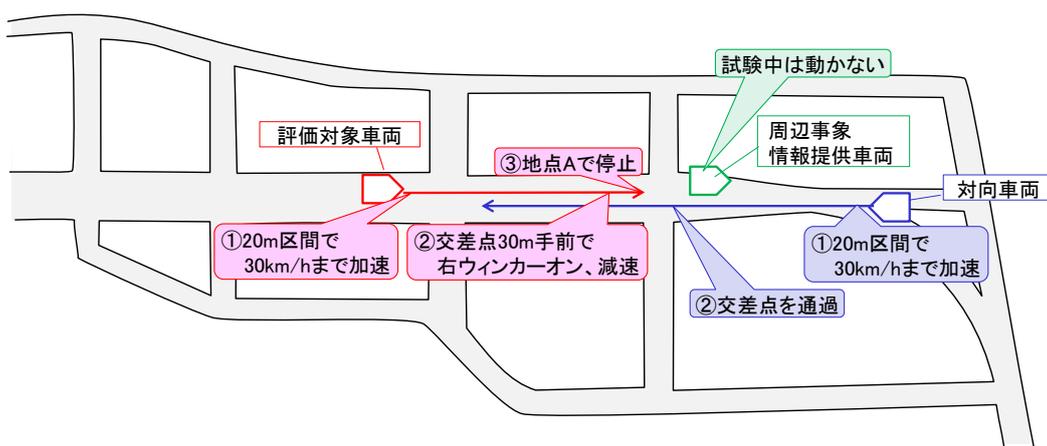


図 5.1.5.1-23 テストコース走行経路 実証 1-5

実証 2-1 車車左折サービスと出会い頭サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。出会い頭対象車両、二輪車両通過後に左折する。

出会い頭対象車両：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

二輪車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン 1：二輪車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 2：出会い頭対象車両、二輪車両の順で通過する。

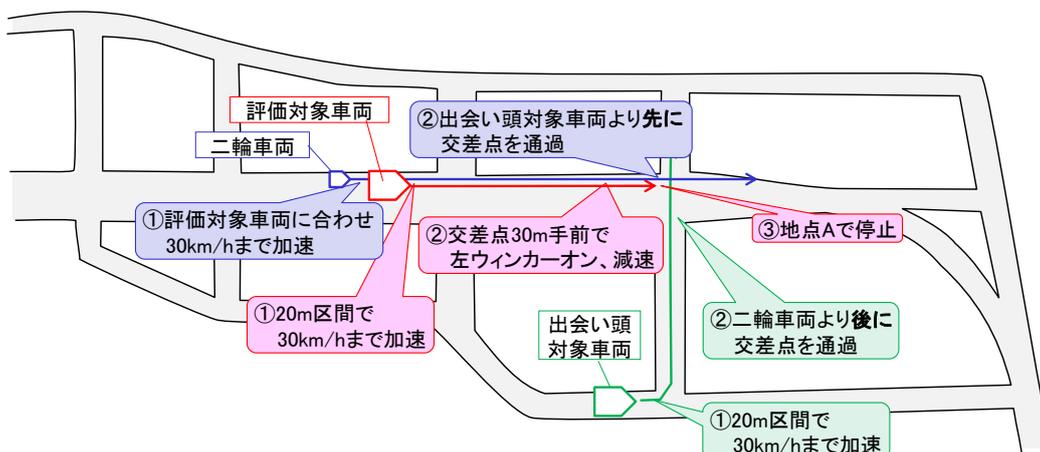


図 5.1.5.1-24 テストコース走行経路 実証 2-1 パターン 1

実証 2-2 車車左折サービスと緊急車サービス（前方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。模擬緊急車両、二輪車両通過後に左折する。

模擬緊急車両：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

二輪車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン 1：二輪車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、二輪車両の順で通過する。

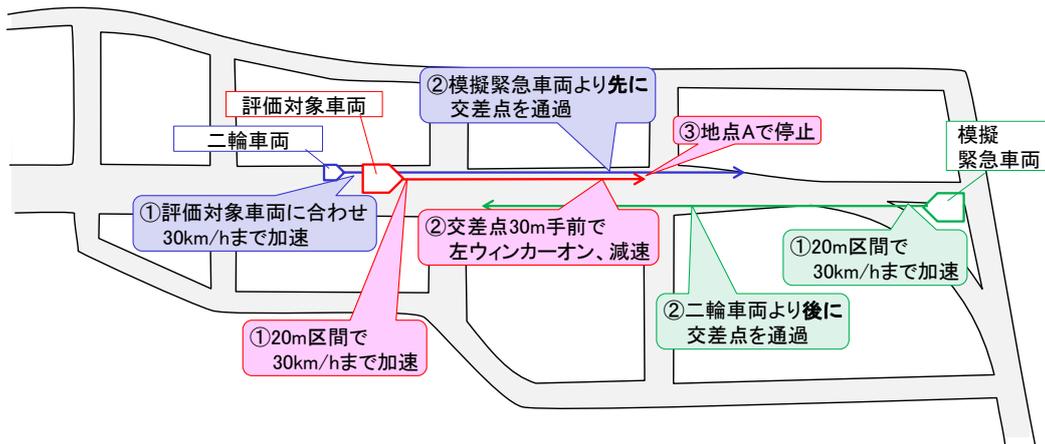


図 5.1.5.1-25 テストコース走行経路 実証 2-2 パターン 1

実証 2-3 車車左折サービスと緊急車サービス（後方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。模擬緊急車両、二輪車両通過後に左折する。

模擬緊急車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

二輪車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3つのパターンを設定する。

パターン 1：二輪車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、二輪車両の順で通過する。

パターン 3：模擬緊急車両接近時、二輪車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

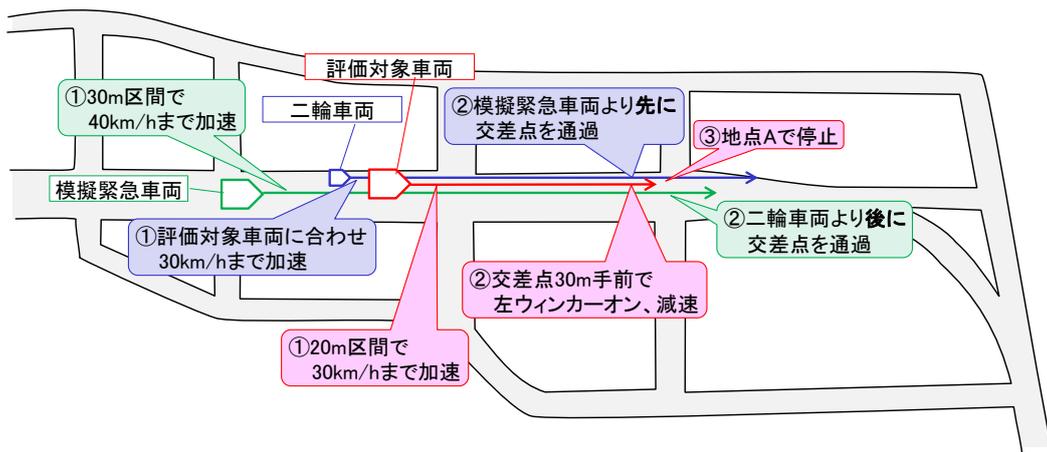


図 5.1.5.1-26 テストコース走行経路 実証 2-3 パターン 1

実証 2-4 車車左折サービスと緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。模擬緊急車両、二輪車両通過後に左折する。

模擬緊急車両：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

二輪車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン 1：二輪車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2：模擬緊急車両、二輪車両の順で通過する。

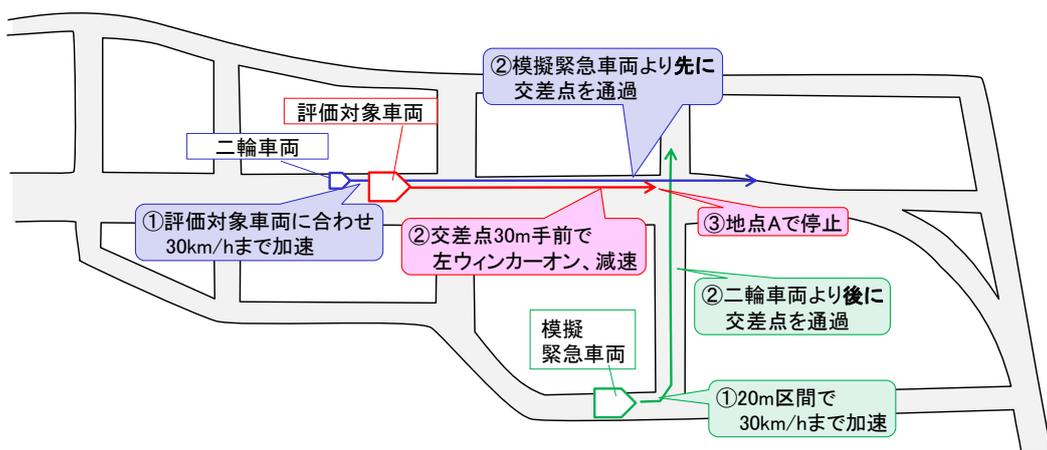


図 5.1.5.1-27 テストコース走行経路 実証 2-4 パターン 1

実証 2-5 車車左折サービスと周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。二輪車両通過後に左折する。

二輪車両：後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両：交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、二輪車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

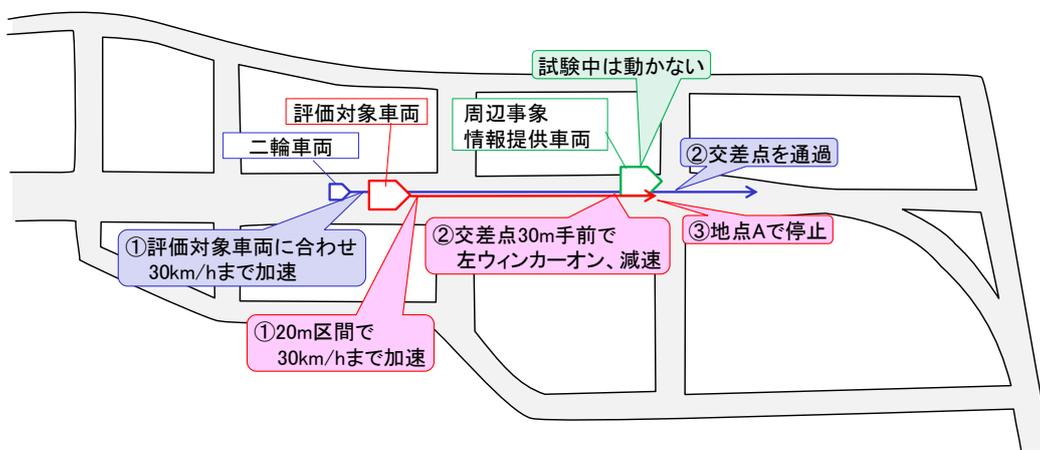


図 5.1.5.1-28 テストコース走行経路 実証 2-5

実証 3-1 出会い頭サービス（右方）と出会い頭サービス（左方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。出会い頭対象車両（右方）と出会い頭対象車両（左方）通過後に直進する。

出会い頭対象車両（右方）：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

出会い頭対象車両（左方）：左から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2つのパターンを設定する。

パターン 1：出会い頭対象車両（右方）、出会い頭対象車両（左方）の順で通過する。

パターン 2：出会い頭対象車両（左方）、出会い頭対象車両（右方）の順で通過する。

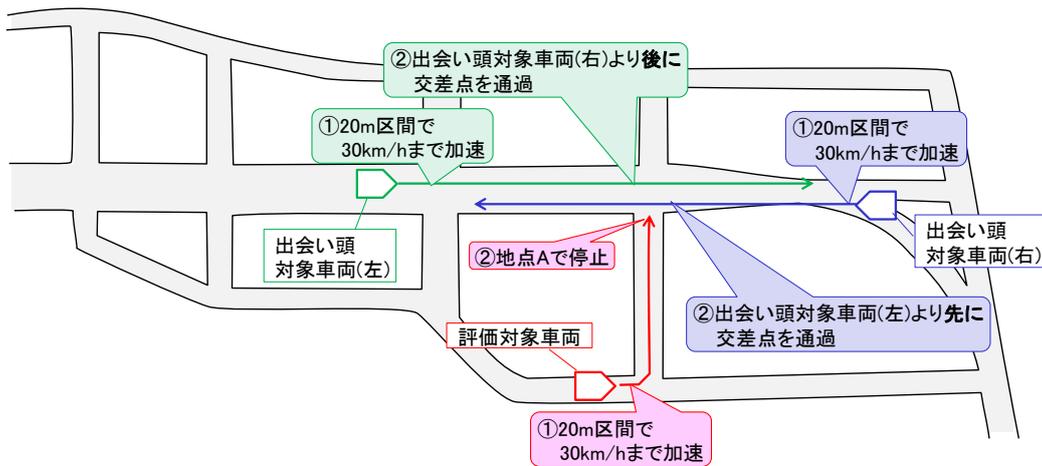


図 5.1.5.1-29 テストコース走行経路 実証 3-1 パターン 1

実証 3-2 出会い頭サービス（右方）と緊急車サービス（前方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両と模擬緊急車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両： 前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1： 出会い頭対象車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 3： 模擬緊急車両接近時、出会い頭対象車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

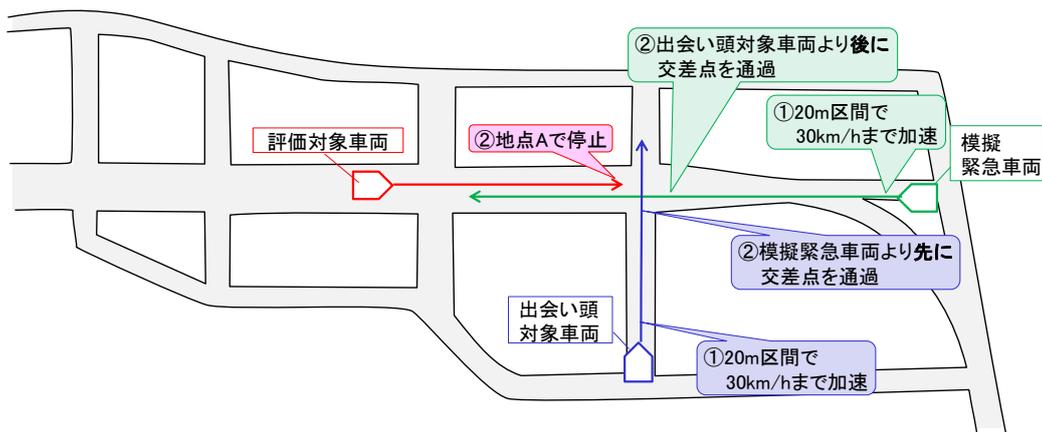


図 5.1.5.1-30 テストコース走行経路 実証 3-2 パターン 1

実証 3-3 出会い頭サービス (右方) と緊急車サービス (後方) の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両と模擬緊急車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両： 後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3つのパターンを設定する。

パターン 1： 出会い頭対象車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 3： 模擬緊急車両接近時、出会い頭対象車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

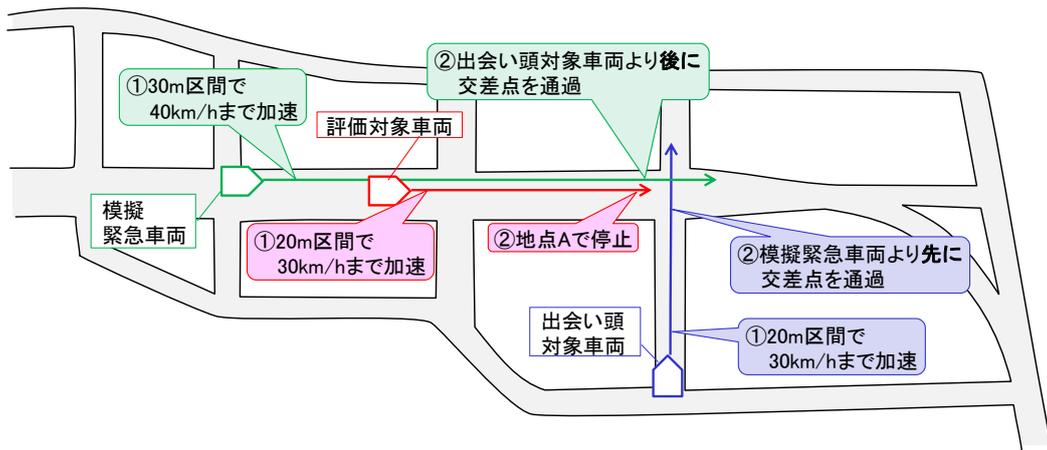


図 5.1.5.1-31 テストコース走行経路 実証 3-3 パターン 1

実証 3-4 出会い頭サービス（右方）と緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両と模擬緊急車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3つのパターンを設定する。

パターン 1： 出会い頭対象車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 3： 模擬緊急車両接近時、出会い頭対象車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

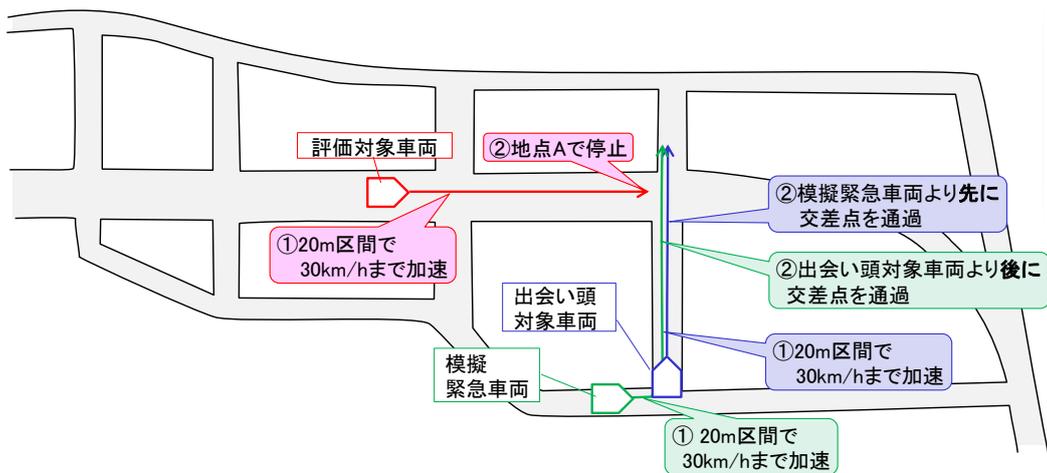


図 5.1.5.1-32 テストコース走行経路 実証 3-4 パターン 1

実証 3-5 出会い頭サービス（右方）と緊急車サービス（左方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両と模擬緊急車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両： 左から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1： 出会い頭対象車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 3： 模擬緊急車両接近時、出会い頭対象車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

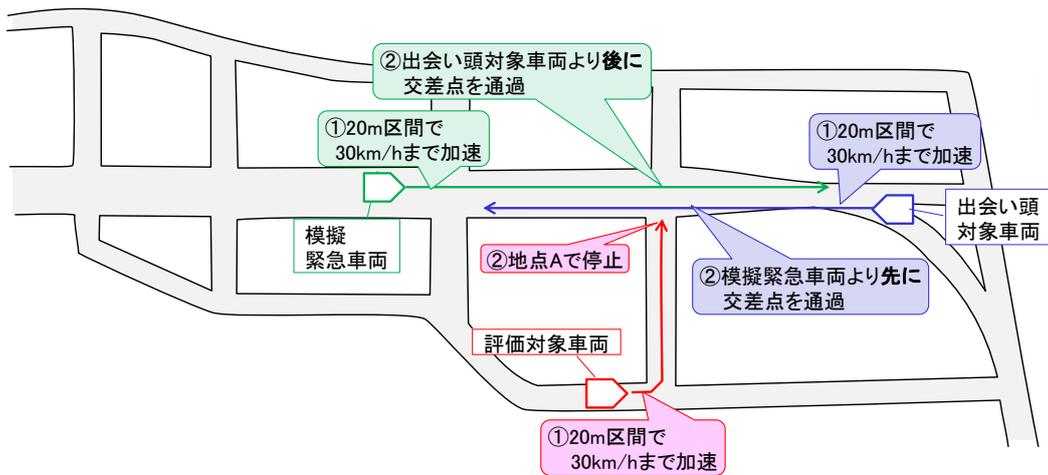


図 5.1.5.1-33 テストコース走行経路 実証 3-5 パターン 1

実証 3-6 出会い頭サービス（右方）と周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、出会い頭対象車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

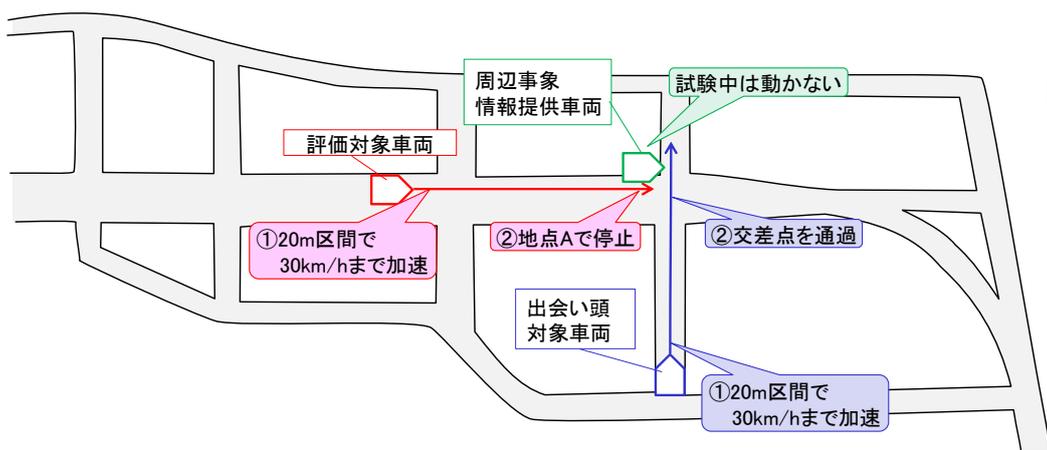


図 5.1.5.1-34 テストコース走行経路 実証 3-6

実証 4-1 出会い頭サービス（左方）と緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。出会い頭対象車両と模擬緊急車両通過後に直進する。

出会い頭対象車両： 左から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 3 つのパターンを設定する。

パターン 1： 出会い頭対象車両、模擬緊急車両の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両、出会い頭対象車両の順で通過する。

パターン 3： 模擬緊急車両接近時、出会い頭対象車両と評価対象車両は支援対象交差点手前で一旦停止する。

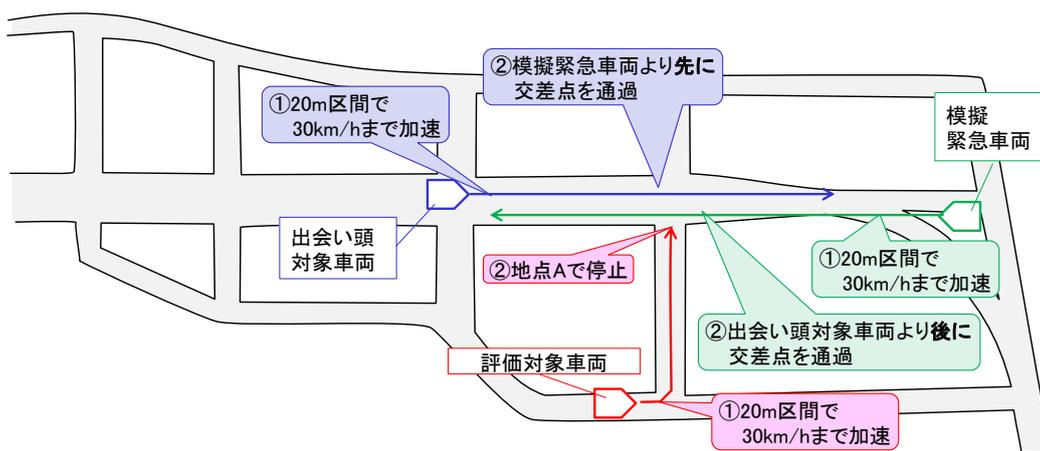


図 5.1.5.1-35 テストコース走行経路 実証 4-1 パターン 1

実証 5-1 緊急車サービス（前方）と緊急車サービス（後方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両（前）と模擬緊急車両（後）通過後に直進する。

模擬緊急車両（前）： 前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両（後）： 後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン1：模擬緊急車両（前）、模擬緊急車両（後）の順で通過する。

パターン2：模擬緊急車両（後）、模擬緊急車両（前）の順で通過する。

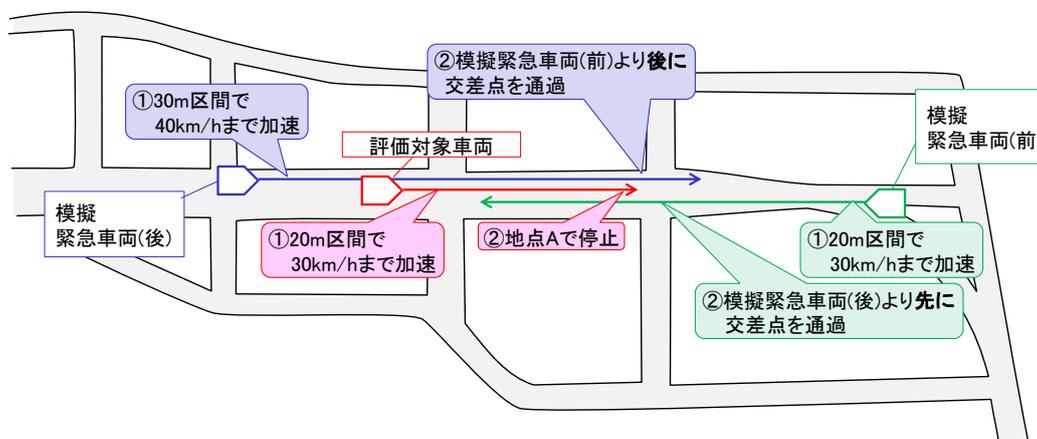


図 5.1.5.1-36 テストコース走行経路 実証 5-1 パターン 1

実証 5-2 緊急車サービス（前方）と緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両：交差点に接近する。模擬緊急車両（前）と模擬緊急車両（右）通過後に直進する。

模擬緊急車両（前）：前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両（右）：右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2つのパターンを設定する。

パターン1：模擬緊急車両（前）、模擬緊急車両（右）の順で通過する。

パターン2：模擬緊急車両（右）、模擬緊急車両（前）の順で通過する。

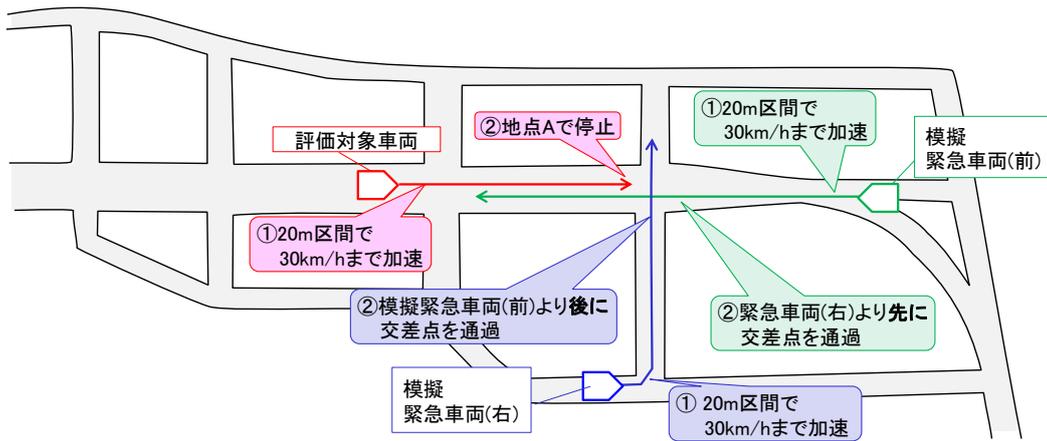


図 5.1.5.1-37 テストコース走行経路 実証 5-2 パターン 1

実証 5-3 緊急車サービス（前方）と周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両通過後に直進する。

模擬緊急車両： 前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、模擬緊急車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

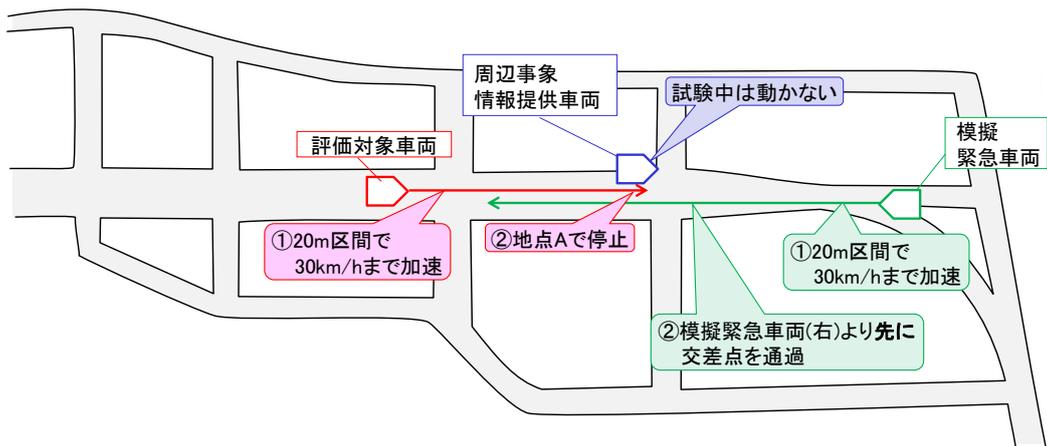


図 5.1.5.1-38 テストコース走行経路 実証 5-3

実証 6-1 緊急車サービス（後方）と緊急車サービス（右方）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両（後）と模擬緊急車両（右）通過後に直進する。

模擬緊急車両（後）： 後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両（右）： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2 つのパターンを設定する。

パターン 1： 模擬緊急車両（後）、模擬緊急車両（右）の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両（右）、模擬緊急車両（後）の順で通過する。

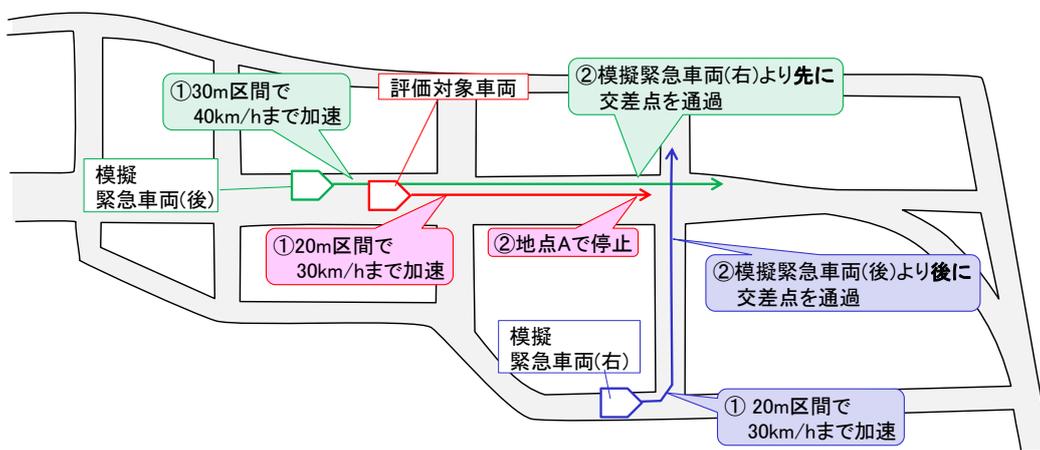


図 5.1.5.1-39 テストコース走行経路 実証 6-1 パターン 1

実証 6-2 緊急車サービス（後方）と周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両通過後に直進する。

模擬緊急車両： 後方から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、模擬緊急車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

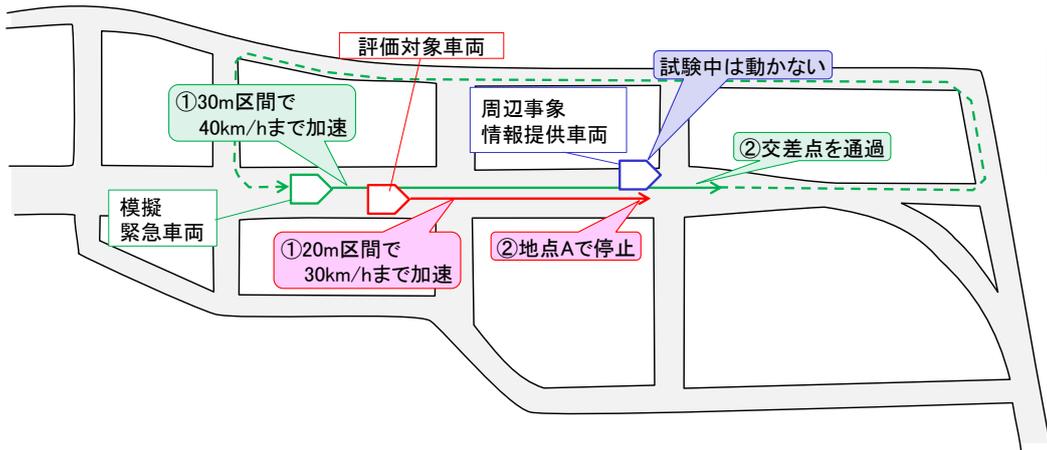


図 5.1.5.1-40 テストコース走行経路 実証 6-2

実証 7-1 緊急車サービス (右方) と緊急車サービス (左方) の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両 (右) と模擬緊急車両 (左) 通過後に直進する。

模擬緊急車両 (右)： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

模擬緊急車両 (左)： 左から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序により 2つのパターンを設定する。

パターン 1： 模擬緊急車両 (右)、模擬緊急車両 (左) の順で通過する。

パターン 2： 模擬緊急車両 (左)、模擬緊急車両 (右) の順で通過する。

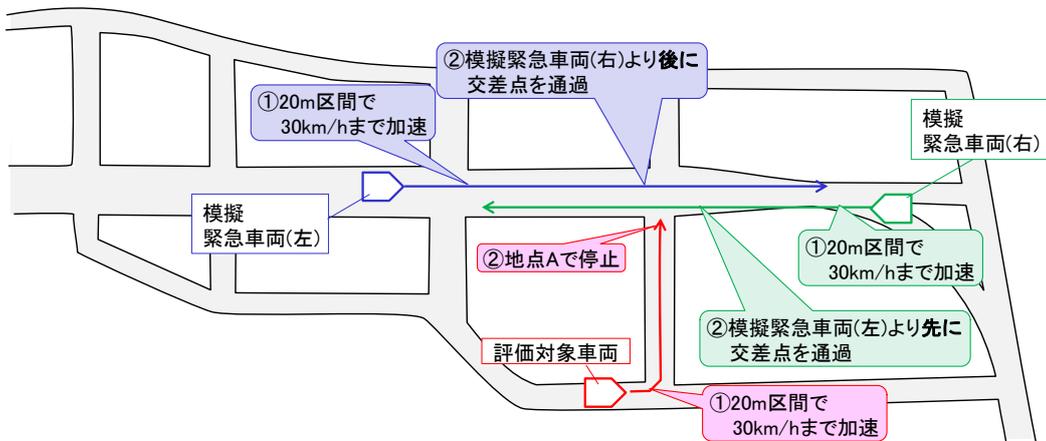


図 5.1.5.1-41 テストコース走行経路 実証 7-1 パターン 1

実証 7-2 緊急車サービス（右方）と周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。模擬緊急車両通過後に直進する。

模擬緊急車両： 右から交差点に接近し、交差点を直進する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、模擬緊急車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

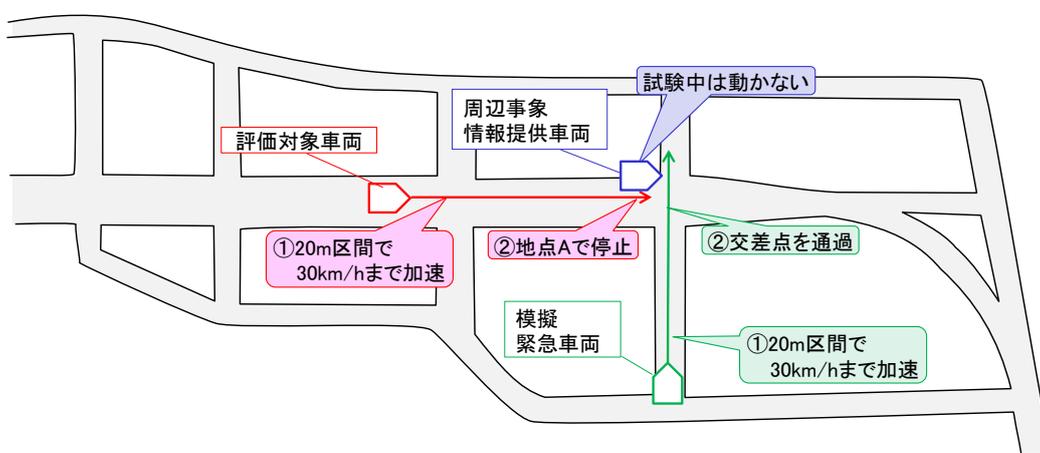


図 5.1.5.1-42 テストコース走行経路 実証 7-2

実証 8-1 周辺事象サービス（遅）と周辺事象サービス（止）の競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。周辺事象情報提供車両横を直進する。

周辺事象情報提供車両（遅）： 交差点手前から低速走行し、周辺事象情報提供車両（止）の後で停車する。

周辺事象情報提供車両（止）： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、評価対象車両が周辺事象情報提供車両の横を通過するパターンのみである。

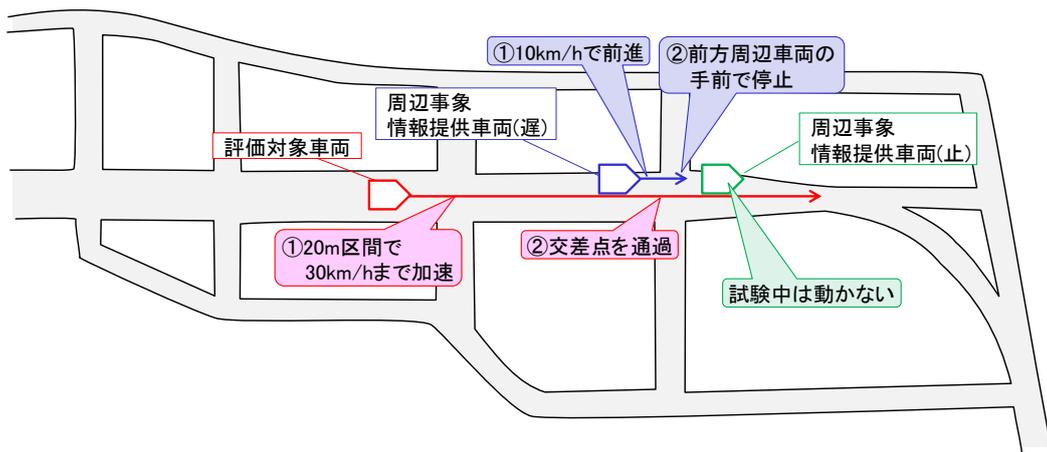


図 5.1.5.1-43 テストコース走行経路 実証 8-1

実証 9-1 路車右折サービスと車車右折サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点を右折する。

対向車両： 前方から交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

各車両が交差点を通過する順序は、対向車両が先に交差点を通過した後、評価対象車両が通過するパターンのみである。

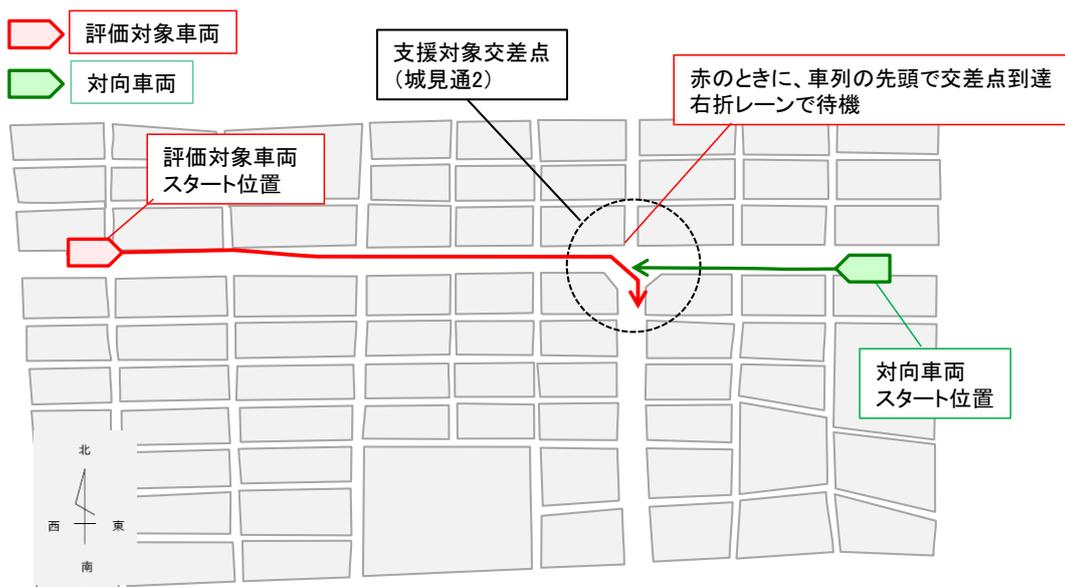


図 5.1.5.1-44 テストコース走行経路 実証 9-1

実証 9-2 路車右折サービスと緊急車サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点を右折する。

模擬緊急車両： 評価対象車両が右折待ちの時に交差点に接近し、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

模擬緊急車両が接近する方向により、3つのパターンを設定する。

パターン1：東から接近する（前方から接近）。

パターン2：南から接近する（右方向から接近）。

パターン3：西から接近する（後方から接近）。

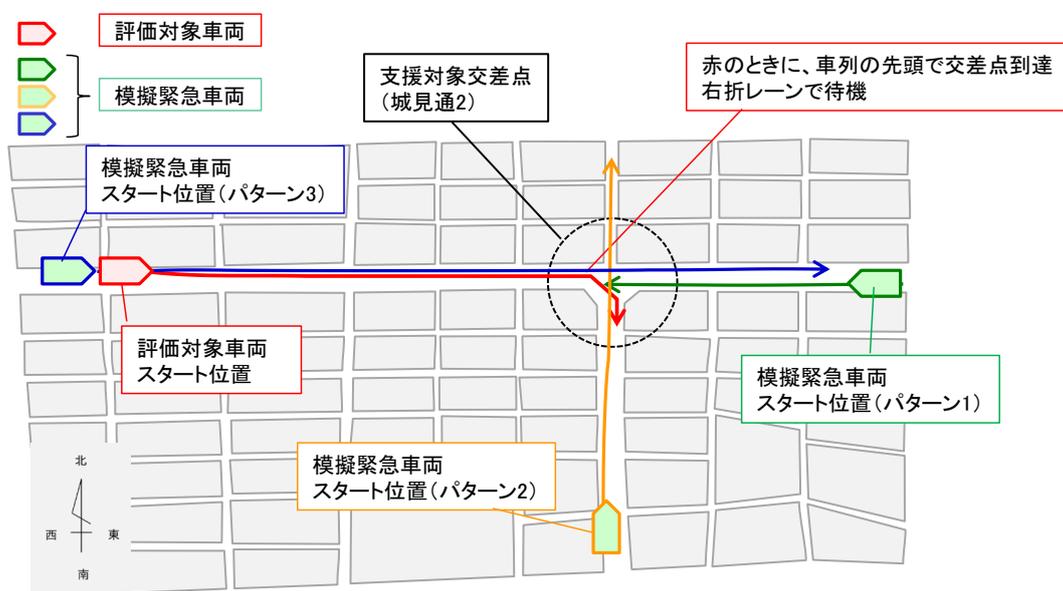


図 5.1.5.1-45 テストコース走行経路 実証 9-2

実証 9-3 路車右折サービスと周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点を右折する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

※道路上の固定位置情報を送信する車載機を交差点付近の歩道に配置

(b) 走行パターン

周辺事象情報提供車両の配置により、3つのパターンを設定する。

パターン1：支援対象交差点の西側に配置する。

パターン2：支援対象交差点の東側に配置する。

パターン3：支援対象交差点の南側に配置する。

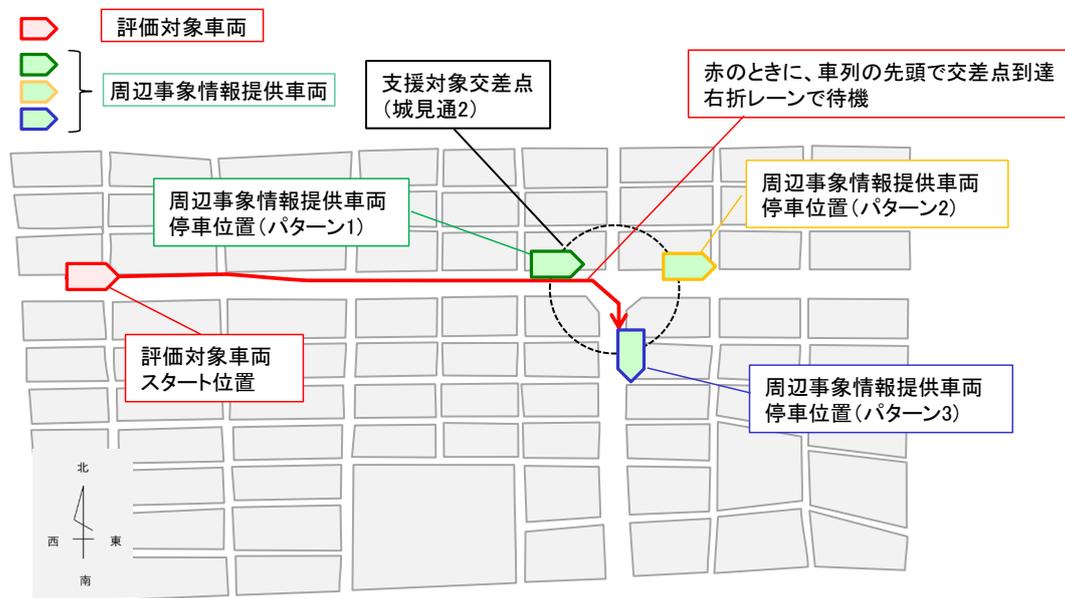


図 5.1.5.1-46 テストコース走行経路 実証 9-3

実証 10-1 路車信号見落とし防止サービスと緊急車サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。

模擬緊急車両： 評価対象車両が赤信号で停止するタイミングに合わせて交差点に接近する。その後、交差点を直進する。

(b) 走行パターン

模擬緊急車両が接近する方向により、3つのパターンを設定する。

パターン1：東から接近する（前方から接近）。

パターン2：南から接近する（右方向から接近）。

パターン3：西から接近する（後方から接近）。

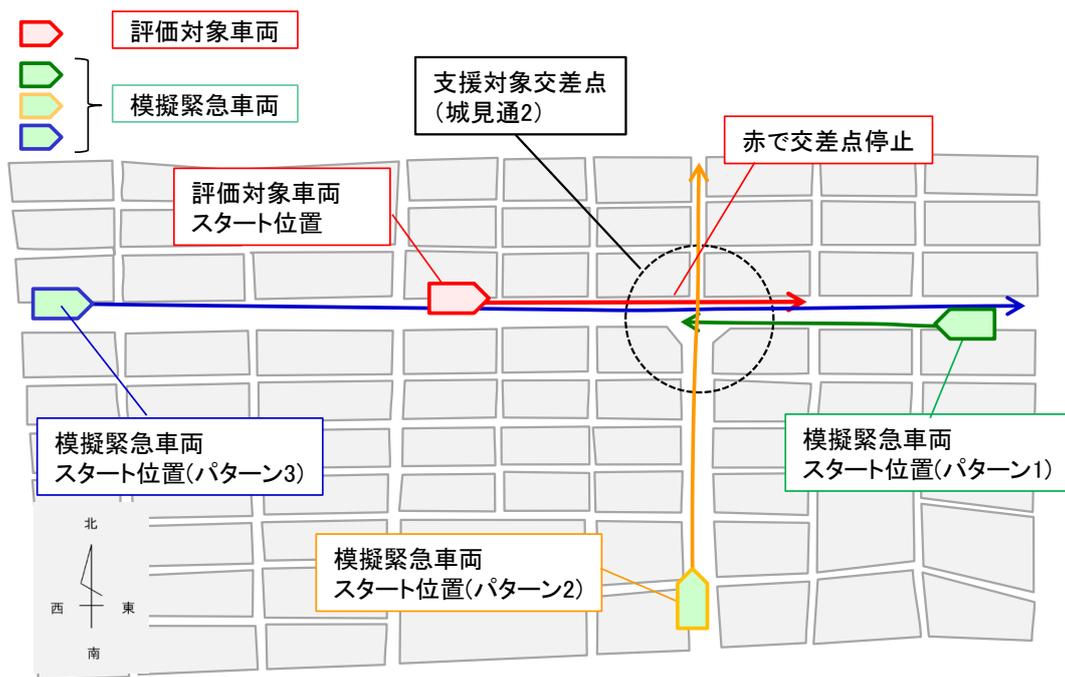


図 5.1.5.1-47 テストコース走行経路 実証 10-1

実証 10-2 路車信号見落とし防止サービスと周辺事象サービスの競合

(a) 走行経路

評価対象車両： 交差点に接近する。

周辺事象情報提供車両： 交差点付近に停車し、試験中は動かない。

※道路上の固定位置情報を送信する車載機を交差点付近の歩道に配置

(b) 走行パターン

周辺事象情報提供車両の配置により、2つのパターンを設定する。

3つのパターンを設定する。

パターン1： 支援対象交差点の西側に配置する。

パターン2： 支援対象交差点の東側に配置する。

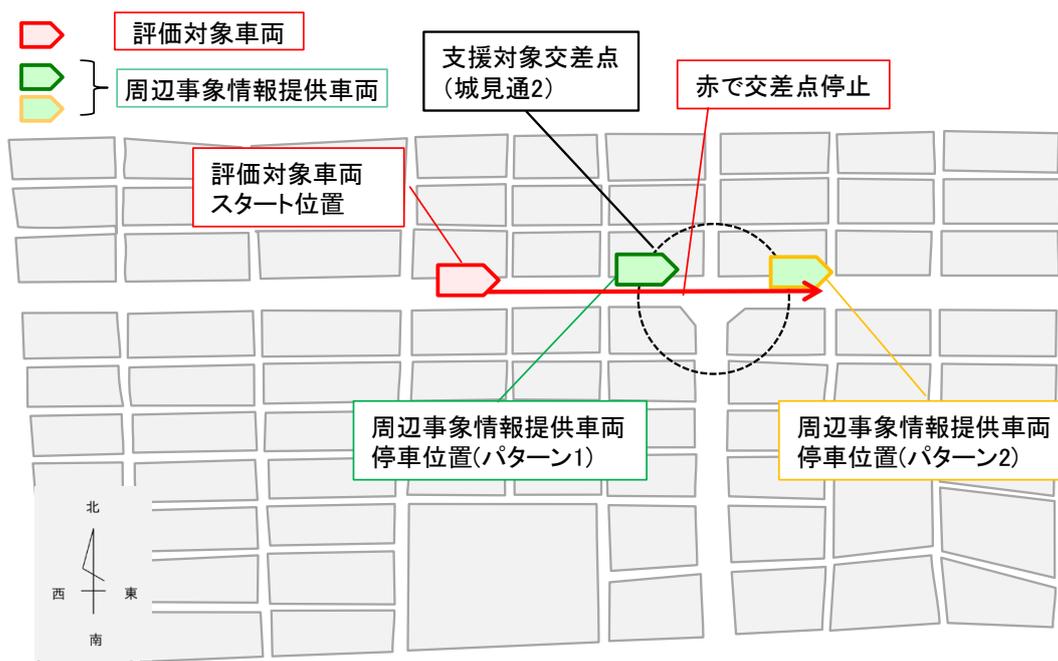


図 5.1.5.1-48 テストコース走行経路 実証 10-2

5. 1. 5. 2 実験結果と考察

(1) 課題 1 への対応

昨年度に確認した課題 1 への対応結果について説明する。

図 5.1.5.2-1～図 5.1.5.2-6 は、テストコースで実施した実証 2-2 の実験結果である。図 5.1.5.2-1 に示すように、経過時間 3～4 秒の 1 秒間に、ロジック A において通知内容が頻繁に入れ替わる現象が発生した。この時の TTC の変化を図 5.1.5.2-2 に、経過時間 3～4 秒の TTC の変化の拡大図を図 5.1.5.2-3 に示す。わずか 1 秒間に、車車左折サービスと緊急車サービスの TTC の値の大小関係が入れ替わっていることが確認できる。一方、図 5.1.5.2-1 に示すようにロジック C では通知内容が頻繁に入れ替わっていないことから、課題 1 を解決できていることがわかる。

この事例では、図 5.1.5.2-4 に示すように評価対象車両が交差点に接近し、後方から二輪車が、前方から模擬緊急車両が接近する。評価対象車両は、経過時間 0～3 秒では交差点に向かって走行し、経過時間 3 秒以降は交差点の停止線で停止している。車車左折サービスに関しては、支援発生条件において評価対象車両の速度が 0km/h である場合は情報提供、0km/h より大きい場合は注意喚起としたことから、経過時間 3 秒を境に注意喚起から情報

提供に切り替わっている。一方、緊急車サービスについては、TTC が所定値以下であるか、評価対象車両と模擬緊急車両との距離が所定距離以下のどちらかを満たす場合に注意喚起となるため、評価対象車両の速度が 0km/h になる 3 秒を超えても注意喚起を継続する。

ロジック A は TTC の値の小さいサービスを選択することから、TTC の値の変化に応じて通知内容が頻繁に入れ替わっている。

ロジック B は、優先度に従って通知内容が選択されることから、3 秒までは優先度の高い車車左折サービス（注意喚起）が、それ以降は緊急車サービス（注意喚起）が選択されており、通知内容が頻繁に入れ替わる現象は発生していない。

ロジック C は、影響度レベル区分に従って通知内容が選択されることから、3 秒までは影響度レベル区分の高いサービス群に含まれる車車左折サービス（注意喚起）が、それ以降は緊急車サービス（注意喚起）が選択され、通知内容が頻繁に入れ替わる現象は発生していない。評価対象車両が走行している状態では衝突危険性の高い車車左折サービスが選択され、評価対象車両が停止している状態では衝突危険性が低下することにより、緊急車サービスが選択されるようになり、評価対象車両の状況に応じて適切な支援が選択されていると言える。

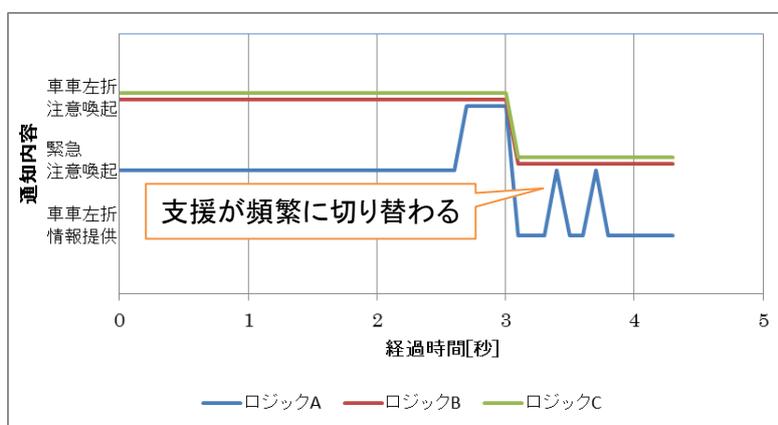


図 5.1.5.2-1 通知内容の遷移 (テストコース 実証 2-2)

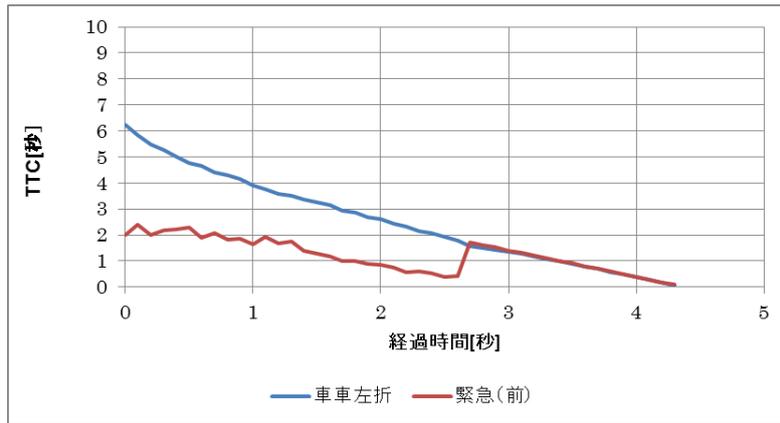


図 5.1.5.2-2 TTC の変化 (テストコース 実証 2-2)

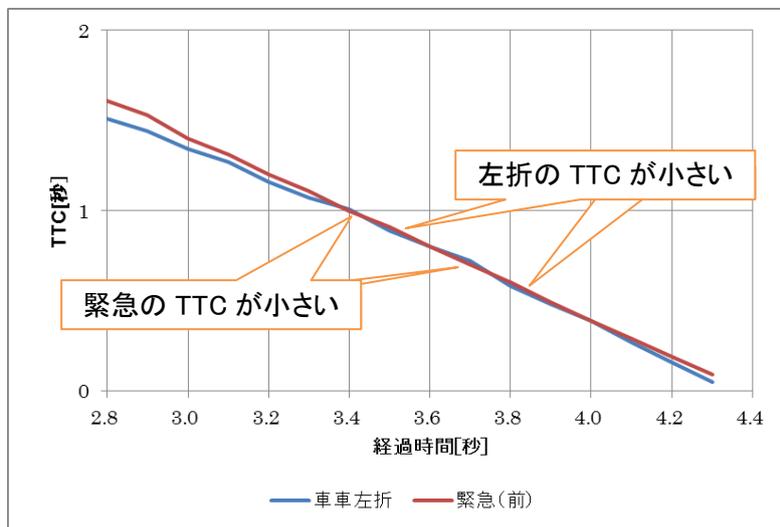


図 5.1.5.2-3 TTC の変化 (拡大) (テストコース 実証 2-2)



図 5.1.5.2-4 各車両の動き (テストコース 実証 2-2)



図 5.1.5.2-5 競合終了時の各車両の位置 (テストコース 実証 2-2)



図 5.1.5.2-6 評価対象車両内から見た様子 (テストコース 実証 2-2)

(2) 課題 2 への対応

昨年度に確認した課題 2 への対応結果について説明する。

図 5.1.5.2-7～図 5.1.5.2-11 は、テストコースで実施した 実証 2-1 の実験結果である。経過時間 2.6～6.1 秒に車車左折サービスと出会い頭サービスの競合が発生し、ロジック B では経過時間 3.8～6.0 秒において、時間的に先に影響が出る車車出会い頭サービスではなく、後に影響が出る車車左折サービスが選択されており、課題 2 が発生していることが確認できる。一方、ロジック C では先に発生する出会い頭サービスが選択されていることから課題 2 を解決できていることがわかる。

この事例では、図 5.1.5.2-9～図 5.1.5.2-11 に示すように評価対象車両が交差点に接近し、後方から二輪車が、右方から車両が接近する。評価対象車両は、全時間帯において交差点に向かって走行している。出会い頭サービスに関しては、支援発生条件において評価対象車両の速度が 0km/h であるか、TTC が 6 秒超 9 秒以下である場合は情報提供、0km/h より大きく且つ TTC が 6 秒以下である場合は注意喚起としたことから、経過時間 0.2 秒を境に情報提供から注意喚起に遷移し、経過時間 6.1 秒において右から接近してきた車両が交差点を通過したため、支援が終了している。一方、車車左折サービスについても同様に、評価対象車両の速度が 0km/h であるか、TTC が 6 秒超 9 秒以下である場合は情報提供、0km/h より大きく且つ TTC が 6 秒以下である場合は注意喚起としたことから、経過時間 2.6～3.6 秒では TTC が 6 秒超 9 秒以下であるため情報提供となり、経過時間 3.6 秒以降は評価対象車両の速度が 0km/h であるために情報提供となる。

ロジック A では、TTC の値が小さいサービスを選択することから、経過時間 6.1 秒までは TTC の値が小さい車車出会い頭サービスが選択され、事象発生順にドライバに支援が通知される。

ロジック B では、優先度に従って通知内容が選択されるため、競合が発生する経過時間 2.6～3.6 秒では車車左折サービス（情報提供）よりも優先度の高い出会い頭サービス（注意喚起）が選択され、車車左折サービス（注意喚起）と出会い頭サービス（注意喚起）が競合する経過時間 3.6 秒以降は、優先度の高い車車左折サービス（注意喚起）が選択されている。図 5.1.5.2-10 に示すように、実際には右方から接近する車両のほうが先に交差点に到達しているが、後に接近する二輪車を対象とした車車左折サービスが選択されてしまったことになる。

ロジック C では、経過時間 2.6～3.6 秒には影響度レベル区分の高いサービス群に含ま

れる出会い頭サービス（注意喚起）が選択される。経過時間 3.6 秒以降は、競合する車車左折サービス（注意喚起）と出会い頭サービス（注意喚起）が同一の影響度レベル区分に含まれているため、TTC の値が小さい出会い頭サービス（注意喚起）が選択されている。同レベルの事象が発生する順序どおりに支援できており、ドライバーに対してより適切な通知支援決定手法であると言える。

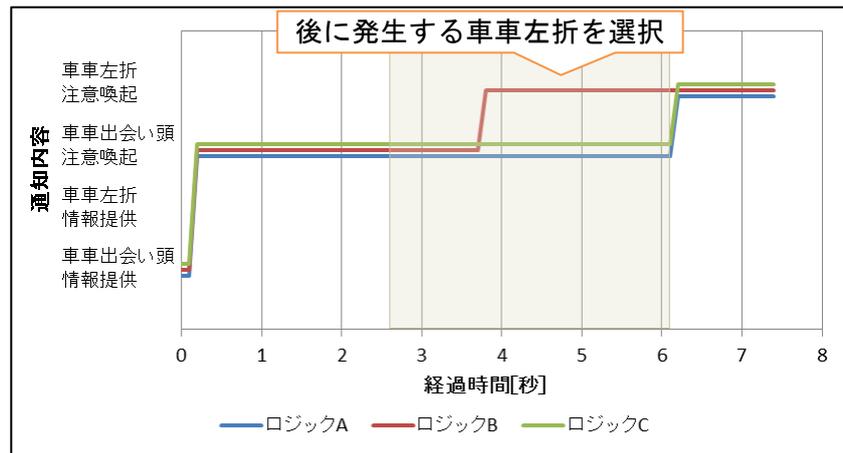


図 5.1.5.2-7 通知内容の遷移（テストコース 実証 2-1）

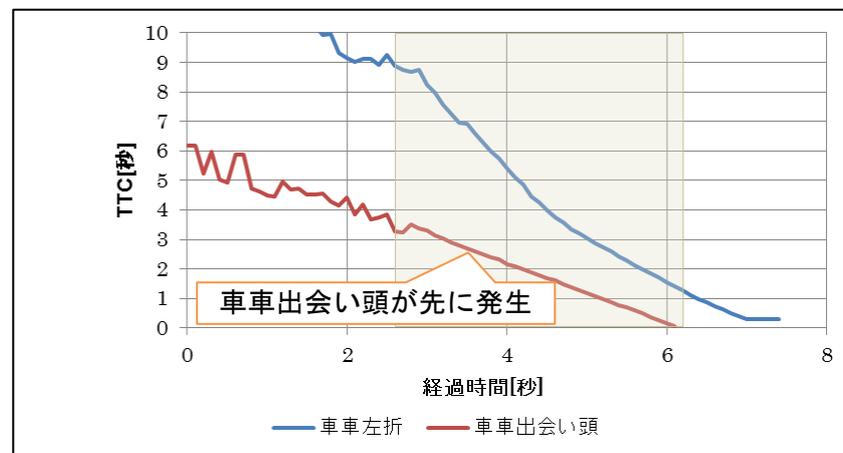


図 5.1.5.2-8 TTC の変化（テストコース 実証 2-1）

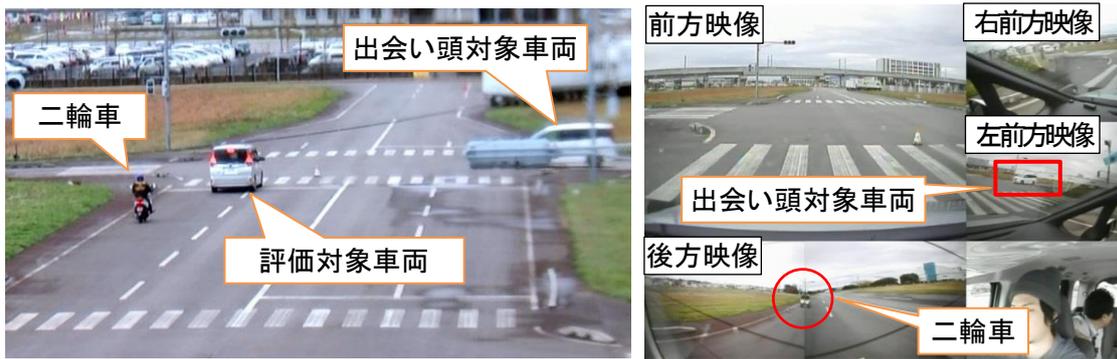


図 5.1.5.2-9 各車両の動き (実証 2-1 経過時間 3.6 秒)



図 5.1.5.2-10 各車両の動き (実証 2-1 経過時間 6.1 秒)



図 5.1.5.2-11 各車両の動き (実証 2-1 経過時間 7.0 秒)

(3) その他の実証項目

本項では、(1)と(2)で説明した実験結果に加えて、他の代表的な実証項目の対応結果について説明する。

(ア) 実証 1-1 車車右折サービスと出会い頭サービス（右方）の競合

実証 1-1 の結果として、通知内容の遷移と TTC の変化を図 5.1.5.2-12、図 5.1.5.2-13 に示す。ロジック B では、経過時間 4.8~5.2 秒で、先に発生する車車出会い頭サービスではなく、車車右折サービスが選択されており、課題 2 の現象が発生している。ロジック A では、TTC 値の比較により出会い頭サービスが選択されている。また、ロジック C では、車車右折サービスと出会い頭サービスが同一の影響度レベル区分に含まれているため、TTC 値の比較により出会い頭サービスが選択されている。ドライバーに対し同程度の影響を与えうるサービスの競合時には、先に発生するサービスを選択することから、適切な通知支援決定手法であると言える。

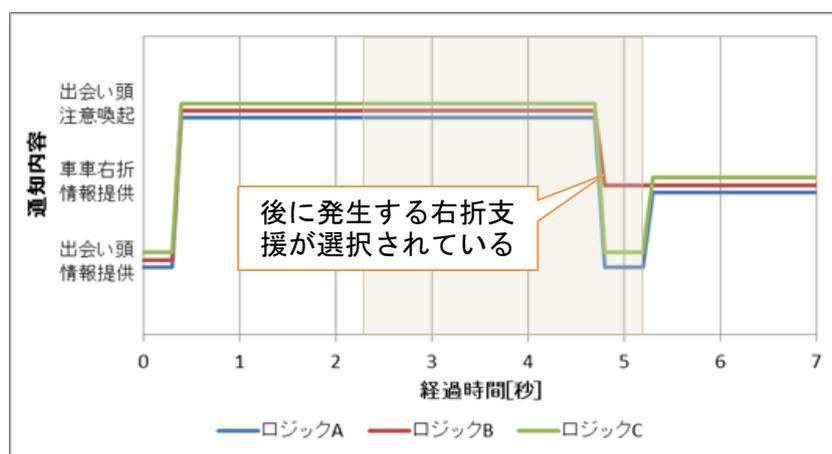


図 5.1.5.2-12 通知内容の遷移（テストコース 実証 1-1）

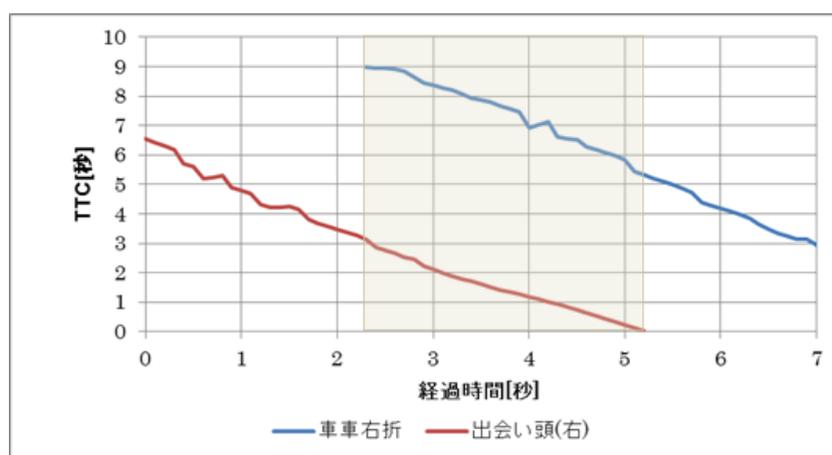


図 5.1.5.2-13 TTC の変化（テストコース 実証 1-1）

(イ) 実証 1-4 車車右折サービスと緊急車サービス (右方) の競合

実証 1-4 の結果として、得られた通知内容の遷移と TTC の変化を図 5.1.5.2-14、図 5.1.5.2-15 に示す。ロジック A では、車車右折サービスと緊急車サービスの TTC が拮抗しているため通知内容が頻繁に切り替わっている。ロジック B、C では TTC 値の変化の影響を受けず、ドライバにとってより影響が高いと考えられる車車右折サービスが一貫して選択されていることがわかる。

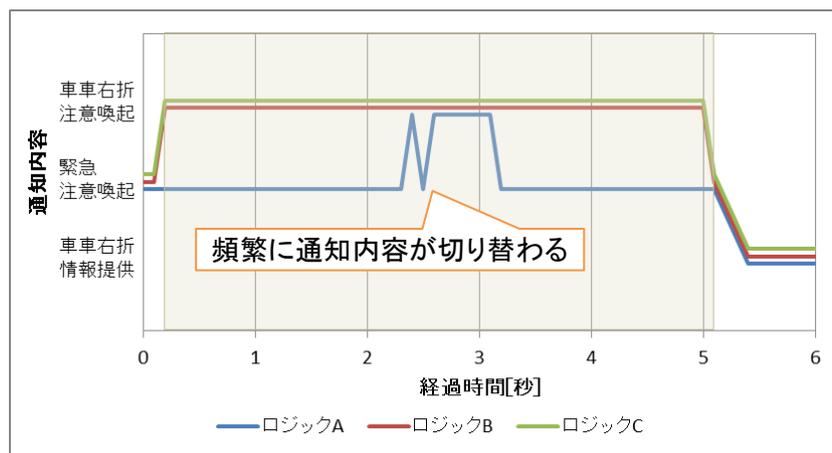


図 5.1.5.2-14 通知内容の遷移 (テストコース 実証 1-4)

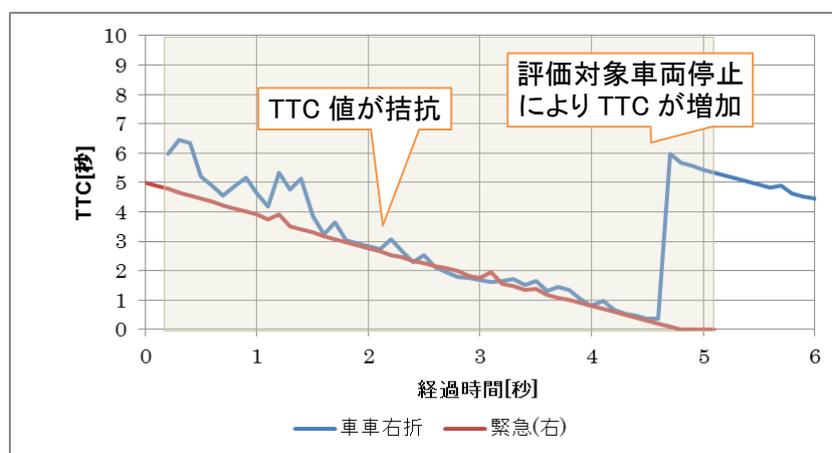


図 5.1.5.2-15 TTC の変化 (テストコース 実証 1-4)

(ウ) 実証 1-5 車車右折サービスと周辺事象サービスの競合

実証 1-5 の結果として、得られた通知内容の遷移と TTC の変化を図 5.1.5.2-16、図 5.1.5.2-17 に示す。ロジック A では、車車右折サービスと周辺事象サービスの TTC が拮抗しているため通知内容が頻繁に切り替わっている。ロジック B、C では、競合が発生し

ている経過時間 3.3 秒以降は、周辺事象サービスは選択されず、一貫して車車右折サービスが選択されており、ドライバに安定的に支援通知できていることがわかる。車車右折サービスにおいて注意喚起と情報提供で支援レベルが頻繁に入れ替わっているが、これは TTC の値が注意喚起と情報提供の発生条件の閾値である 6 秒前後の値となったためである。

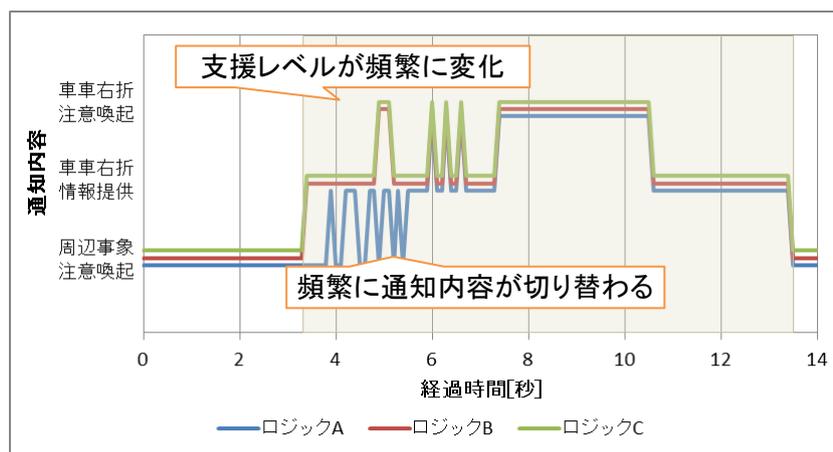


図 5.1.5.2-16 通知内容の遷移 (テストコース 実証 1-5)

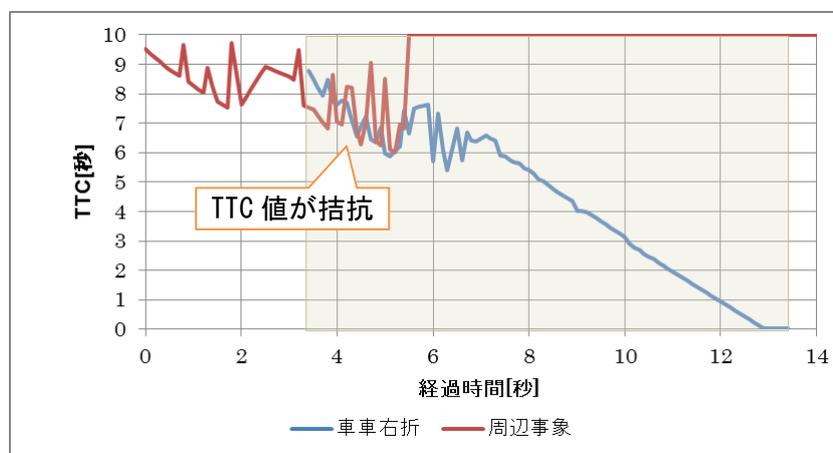


図 5.1.5.2-17 TTC の変化 (テストコース 実証 1-5)

(エ) 実証 9-2 路車右折サービスと緊急車サービスの競合

実証 9-2 の結果として、得られた通知内容の遷移と TTC の変化を図 5.1.5.2-18、図 5.1.5.2-19 に示す。評価対象車両は、経過時間 2.6 秒までは交差点に向かって走行し、それ以降は交差点の右折待ち位置にて停車している。路車右折サービスに関しては、この交差点では複数の対向車両が連続して流入していることから、TTC の値が 0~3 秒の間を推

移することとなり、経過時間 0~12 秒で支援発生条件を満たしている。経過時間 2.6 秒を超えると評価対象車両の速度が 0km/h になることから支援レベルは注意喚起から情報提供に変わっている。緊急車サービスに関しては、経過時間 2.7~11.5 秒において TTC 値が 10 秒以下となり注意喚起の発生条件を満たしている。路車右折サービスと緊急車サービスの競合は経過時間 2.7~11.5 秒で発生している。ロジック A では、経過時間 2.7~10.2 秒で TTC の値が小さい路車右折サービスが選択され、経過時間 11.5 秒以降では緊急車サービスの TTC が路車右折サービスのそれを下回るため、こちらが選択される。一方で、競合期間中、ロジック B では優先度により、ロジック C では影響度レベル区分により緊急車サービスが選択されている。評価対象車両が停止している状態では、ドライバにとってより影響の大きい事象は模擬緊急車両の接近と考えられることから、ロジック B、C はドライバにとって適切な通知支援決定手法であると言える。

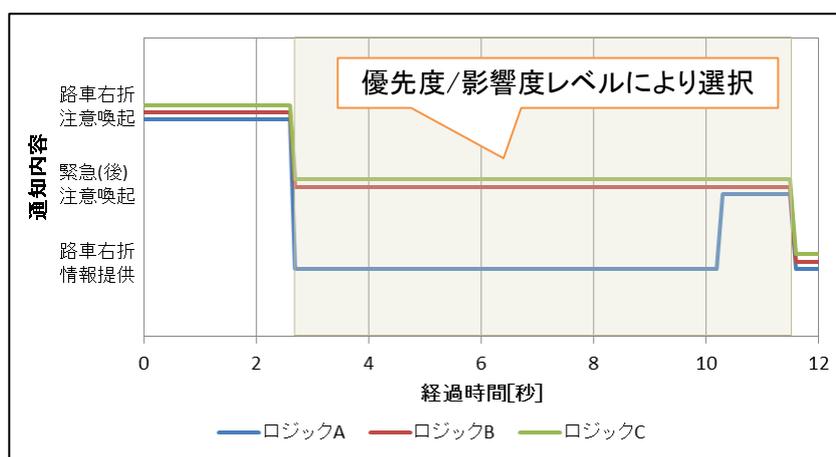


図 5.1.5.2-18 通知内容の遷移 (公道 実証 9-2)

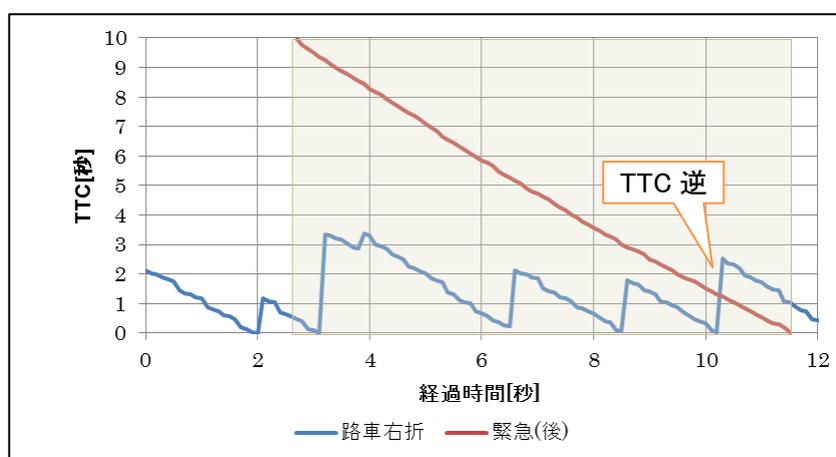


図 5.1.5.2-19 TTC の変化 (公道 実証 9-2)



図 5.1.5.2-20 評価対象車両車内からの様子（公道 実証 9-2）



図 5.1.5.2-21 模擬緊急車両車内からの様子（公道 実証 9-2）

（オ）実証 10-2 信号見落とし防止サービスと周辺事象サービスの競合

実証 10-2 の結果として、得られた通知内容の遷移と TTC の変化を図 5.1.5.2-22、図 5.1.5.2-23 に示す。評価対象車両は、経過時間 0～8 秒で交差点に向かって走行している。路車信号見落とし防止サービスは経過時間 1.9～7.1 秒で、周辺事象サービスは経過時間 0～7.2 秒で支援が発生している。両サービスの競合は経過時間 1.9～7.1 秒で発生しており、ロジック A では、競合期間中は常に周辺事象サービスの TTC の値が下回っていることから周辺事象サービスが選択されている。一方で、ロジック B では優先度により、ロジック C では影響度レベル区分により路車信号見落とし防止サービスが選択されている。ドライバーにとっては、信号見落としによる事故の影響が大きいと考えられることから、ロジック B、C はドライバーにとって適切な通知支援決定手法であると言える。

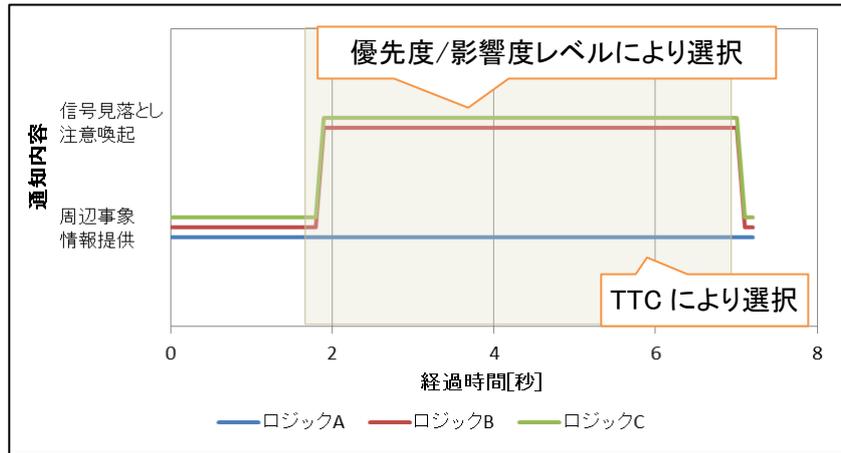


図 5.1.5.2-22 通知内容の遷移 (公道 実証 10-2)

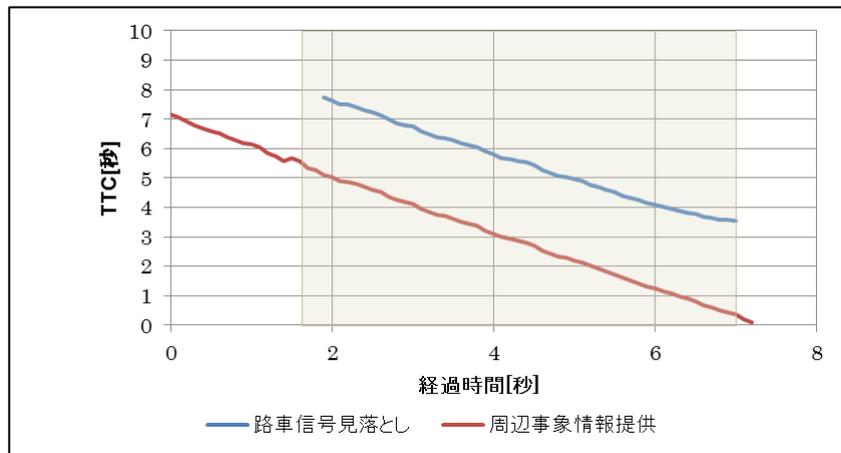


図 5.1.5.2-23 TTC の変化 (公道 実証 10-2)



図 5.1.5.2-24 評価対象車両車内からの様子 (公道 実証 10-2)

5. 1. 6 まとめ

本研究開発は、車車路車協調システムにおいて情報の重複やサービスの競合が発生した場合に、ドライバが注意すべき対象を的確に提示する技術の確立を目指すものである。昨年度の実験において、ロジック A と B では、以下の課題があることを確認した。

ロジック A：TTC の値が小さいサービスを選択する

⇒複数サービスの TTC の値が拮抗する場合、選択されるサービスが頻繁に切り替わる（課題 1）

ロジック B：予め設定したサービスの優先順位に従い選択する

⇒先に発生する事象に対応するサービスが選択されなくなる（課題 2）

今年度の実験では、上記の課題を解決するロジックを改良検討し、新たにロジック C を提案した。新ロジック C では、検討対象の各サービスについて、そのサービスの対象事象が事故につながるかどうかを基準に 5 段階の影響度レベルに分類し、以下の手順でドライバに提示するサービスを選択するようにした。

Step1 影響度レベルの高いサービス群に含まれるサービスを選択

Step2 同一影響度レベル内の競合では、TTC の値が小さいサービスを選択

また、データ解析作業の効率化を目的として運転支援結果記録システムについて 12 項目の改良を行い、上記ロジックを実装した実験用車載システムを開発した。そして、既に実用化されている、あるいは実用化が想定されている 7 つのサービスについて競合の可能性のある組み合わせを抽出し、テストコース及び公道において実証実験を実施した。その結果、新ロジック C により、ドライバに与える影響を踏まえながら、事象の発生順序も考慮したドライバへの適切な支援通知ができることを確認した。

今後、車車路車協調システムの普及に伴い、複数のサービスが同時に発生する状況は増加すると考えられる。各サービスのあり方やドライバへの影響、通知方法に関する考え方は、メーカーによって考え方が異なる可能性はあるものの、今回提案した情報重複/支援競合時の対応手法をベースにすることで、複数のサービスが競合した状況でも、ドライバにとって受容性の高い安全運転支援システムの実現に繋がるものとする。

5. 2 自動走行システムへの通信情報の活用検討

5. 2. 1 研究目的

昨今、自動走行システムの研究開発が盛んであり、表 5.2.1-1 のように規定された自動走行レベルのうち、レベル 2 ないし 3 にあたる機能は順次実用化されている。例えば、車両に搭載されたカメラやレーダーなどのセンサ（以下、自律センサ）を用いた自動走行システムでは、前方の状況を検知して前方車両に追従走行するシステムや衝突を防止するシステム、車線を検知して車線からの逸脱を防止するシステムなどがある。さらには、前方だけではなく自車両の周辺の状況を把握することで、高速道路での合流や車線変更などを実現するシステムも試験走行が始められている状況である。このような自動走行システムは、主として自律センサで構成される自律型システムである。

表 5.2.1-1 自動走行レベル

自動運転レベル	概要	左記を実現するシステム	
レベル 1	加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	安全運転支援システム	
レベル 2	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	準自動走行システム	自動走行システム
レベル 3	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態		
レベル 4	加速・操舵・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態	完全自動走行システム	

出展：SIP 自動走行システム 研究開発計画（2015年5月21日 総務省）

一方で、自動走行システムにおいて、検知対象との衝突回避や合流や車線変更などを行う際に急激な車両の制御を抑制し、緩やかな加速・操舵・制動による質の高い走行を実現するためには、無線通信を利用した協調型システムの活用が重要になると考えられている。自律センサでは検知が難しい見通しの悪いエリアの情報を無線通信により取得し、近い将来の状況を予測するための先読み情報として活用することで、自動走行システムの安定性・安全性を向上させることが可能となる。

本研究開発の目的は、自動走行システムにおける無線通信の具体的な活用方法を検討し、その実現性に関する基礎的な検証を行うことである。

5. 2. 2 研究内容

今年度の研究開発では、自動走行システムにおいて無線通信を活用する方法を検討していくため、まずは自動走行システムにおける無線通信の位置付けについて検討する。この位置付けに関する検討結果を踏まえた上で、無線通信で得た情報を先読み情報として活用することで、自動走行の精度や安全性が高まるようなユースケースを抽出する。さらに、代表的なユースケースについては、無線通信で情報を取得できる場合の自動走行車両の走行モデル（先読み情報活用モデル）について仮説を立て、その仮説の実現において必要となる通信性能を通信要件として定める。最後に、既に実用化されている 700MHz 帯 ITS 無線通信を用いてテストコースや公道で通信性能を確認する実証実験を行い、先読み情報活用モデルの成立性について検証・評価を行う。

5. 2. 3 先読み情報活用モデルの検討

5. 2. 3. 1 自動走行システムにおける無線通信の位置付け

無線通信を用いた先読み情報活用モデルを検討するにあたり、まずは自律センサと無線通信の特性をもとに、自動走行システムにおける無線通信の位置付けについて整理した。

自動走行車両に搭載される自律センサは、検知可能なエリア内の対象物の大きさや動き、対象物との距離などを正確に判定するために装備される。この装備された複数のセンサを用いて周辺の車両や歩行者、障害物等を検知し、それらとの衝突を回避するように、その後の走行経路（予定走行経路）を決定する。センサの種類によって検知可能な範囲や条件などは異なるものの、例えばカメラに映らない、レーダー波が届かないといったような「見えない位置」にある対象物の存在を自律センサのみで正確に認識することはできない。また、対象物の動きに変化があったことを事後に検知することはできるが、変化が現れる前に次の動きを自律センサだけで知ることは不可能である。

車車間・路車間で行われる無線通信は、一般的には自律型センサの検知エリアよりも広範なエリアに存在する対象と通信が可能であり、自律センサでは見えない対象とも情報を共有して互いの存在を認識することができる。また、自身の現在の情報だけでなく、将来の行動に関する情報なども共有することで、自律センサのみの場合よりも早い段階で周辺状況の変化を予測することができるようになる。その一方で、無線であるが故に安定的な通信環境が必ずしも保証されているわけではないため、必要な情報が途絶えることを想定しておかなければならない。また、送られてくる情報の生成者は相手であり、その確かさ

を受取り側で完全に保証することも困難である。従って、無線通信で得られる情報だけで自動走行時の各種判断を行うことは危険である。

これらの自律センサと無線通信の特性を踏まえて、自動走行システムにおける無線通信の位置付けを以下のとおり定めた。

1. 自律センサで得られる情報の信頼性や精度の向上、遅延の低減に活用する。
2. 自律センサでは検知できない段階から、将来その対象との間で発生する事象を予測し、より安全かつ円滑な走行の実現に活用する。

1 は、具体的には対象物の速度や加減速度などの情報を無線通信により正確かつリアルタイムに把握することで、自律センサを補間していくといった役割である。2 の具体例については、高速道路での合流シーンで説明する。無線通信を活用しない場合には、合流車両が合流地点に近づき、本線の混雑状況や本線を走行する車両の速度を検知してから、合流のための行動をとることになる。本線車両側は、合流車両の存在とウィンカ状態などの合流に向けた行動を検知した後に、それを受け入れるために必要な行動をとる。その本線車両側の動きを検知しながら、合流車両は合流していくことになる。道路の構造や混雑状況次第では、これらを限られた時間内で交通流を妨げることなく安全に実施することが難しい場合もあり、合流できないまま停車に追い込まれるといった状況に陥るケースも否定できない。また、無理な加減速や安全な車間が確保できていない状態での合流が行われれば、乗員に危険を感じさせてしまうことも懸念される。無線通信により合流車両が合流地点に到達するまでに本線車両と合流車両との間で互いの走行状況に関する情報が共有できれば、双方が合流地点で発生する状況を予測し、事前に速度調整等による車間確保や合流タイミングの調整を行うことができる（図 5.2.3.1-1）。この合流シーンの例のように、無理なく安全に車両が制御できる状態を作り出しておくといったことに、無線通信の情報（先読み情報）は大きな効果を発揮するものと考えられる。

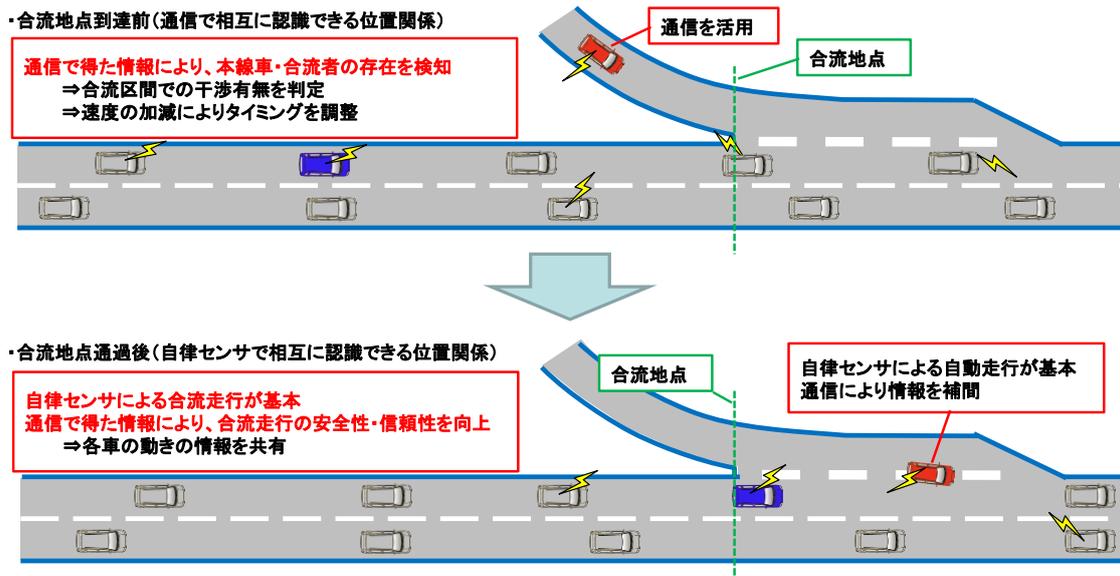


図 5.2.3.1-1 自動走行システムにおける無線通信の位置付け（高速道路合流時の例）

本研究開発では、ここで挙げた自動走行システムにおける無線通信の位置付けのうち、2 の将来発生する事象を予測するために活用することに着目して、ユースケースの検討と先読み情報活用モデルの検討を行うこととした。

5. 2. 3. 2 ユースケース抽出

上で述べた無線通信の位置付けに基づき、自動車工業会の検討結果を参考にしながら、無線通信活用のユースケースを抽出した。抽出にあたっては、思考の範囲が偏らないように、一般道や高速道路走行時だけでなく、駐車シーンや踏切シーン、（準）公共車両走行シーン、山道走行シーン、工事シーンなど、幅広いシーンを想定して検討し、実用性や効果が高いと考えられる 11 のユースケースを抽出した（表 5.2.3.2-1）。以下、各ユースケースについて次の観点で説明する。

- 自律センサのみを使用した自動走行システムにおける課題
- 無線通信の活用により期待される効果
- 無線通信による交換が必要な情報

表 5.2.3.2-1 抽出したユースケース

ユースケース	概要
(1)合流	本線を走行する車両が存在するなかで、合流車線から停車することなく合流する。
(2)車線変更	車線変更先の車線に車両が存在するなかで、車線変更する。
(3)緊急ハザード情報共有	他の車両が検知した事象を通信により共有し、自車両がその事象に到達するまでに回避行動を開始する。
(4)前方検知	前方に停止車両が存在する場合に、追突を回避する。
(5)歩行者横断情報共有	停車する車列の間から歩行者が飛び出すことを予測し、減速・停止などで衝突を回避する。
(6)緊急車両回避	緊急車両の接近を検知し、緊急車両の走行経路に応じて回避行動をとる。
(7)右折待ち	交差点で右折待ちする車両は対向車両の存在を検知し、安全に右折する。
(8)出会い頭	異なる方向から進入する車両が存在する場合に、2台の車両の走行優先順位を決めて安全に交差点を通過する。
(9)前方工事回避	前方の車線に工事区間が存在する場合、片側交互通行や車線変更によって回避する。
(10)狭路への進入	狭路へ進入する前に、狭路を走行中の車両が狭路から出るのを待ってから進入する。
(11)狭路でのすれ違い	狭路上ですれ違いをする場合、一方の車両が待避所で待機することにより円滑にすれ違う。

(1) 合流

合流シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-2 に、合流シーンのイメージを図 5.2.3.2-1 に示す。本線車両と合流車両が、無線通信により位置や速度等を共有し、合流地点までの動きを互いに予測する。本線車両は合流地点に到達するまでに緩やかに速度を調整して合流車両受入のための空間（車間距離）を確保し、合流車両は安全かつ円滑に合流することができる。

表 5.2.3.2-2 合流の課題・効果・必要情報

課題	本線道路の車間が短い場合に、合流が困難 本線車両と合流車両が双方の動きを共有できずに、衝突する可能性がある
効果	安全かつ円滑な合流
必要情報	[本線車両] 位置・速度・加速度・進行方向、合流地点までの距離 [合流車両] 位置・速度・加速度・進行方向、合流地点までの距離

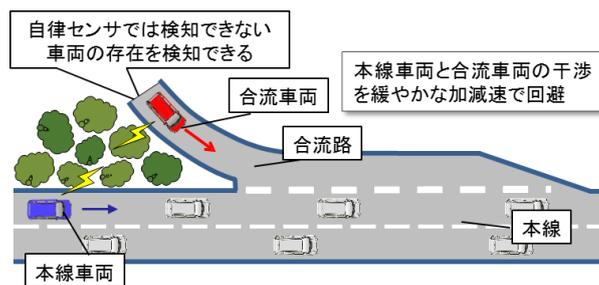


図 5.2.3.2-1 合流のイメージ

(2) 車線変更

車線変更シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-3 に、車線変更シーンのイメージを図 5.2.3.2-2 に示す。車線変更車両と車線変更先車両が、無線通信により走行状況情報を共有する。車線変更先車両は緩やかに減速して空間（前方との車間距離）を事前に確保し、車線変更車両はその空間を利用して安全かつ円滑に車線変更を行うことができる。

表 5.2.3.2-3 車線変更の課題・効果・必要情報

課題	車線変更先の車間距離が短い場合、車線変更が困難
効果	安全かつ円滑な車線変更
必要情報	[車線変更車両] 位置・速度・加速度・進行方向、行動予定 [車線変更先車両] 位置・速度・加速度・進行方向、行動予定

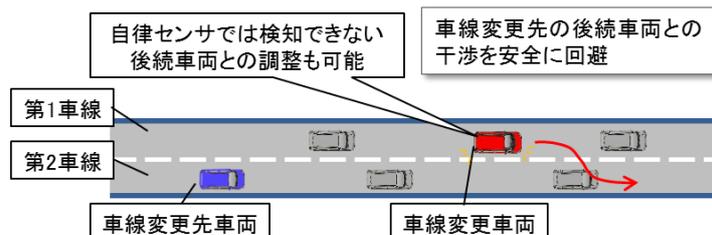


図 5.2.3.2-2 車線変更のイメージ

(3) 緊急ハザード情報共有

緊急ハザード情報共有シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-4 に、緊急ハザード情報共有シーンのイメージを図 5.2.3.2-3 に示す。カメラや赤外線センサ等を搭載した車両は、走行に影響を与えうる落下物等の存在を検知すると、それを緊急ハザード情報として無線通信により周辺車両に報知する。後続車

両は、受信した緊急ハザード情報により落下物等の存在を認識し、その地点に到達する前に回避行動をとることで、より安全かつ円滑に走行を継続することができる。

表 5.2.3.2-4 緊急ハザード情報共有の課題・効果・必要情報

課題	突然現れた事象への対応が困難
効果	走行の障害となる対象の安全かつ円滑な回避
必要情報	[前方車両] 位置・速度・進行方向、緊急ハザード情報

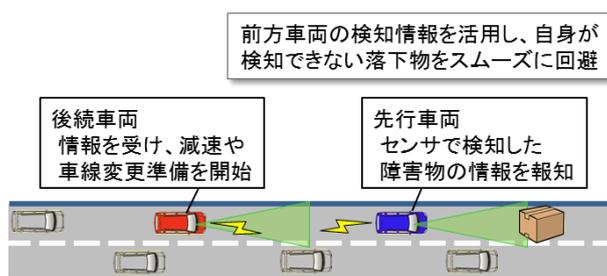


図 5.2.3.2-3 緊急ハザード情報共有のイメージ

(4) 前方検知

前方検知シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-5 に、前方検知シーンのイメージを図 5.2.3.2-4 に示す。路上停車中の車両は、無線通信によって“停車中”の情報を報知する。後続車両は、前方車両の停車を認識し、その車両との衝突を回避する。見通しの悪い道路では、後続車両自体が自律センサで検知するよりも早い段階で無線通信によって前方停車を認識し、より安全かつ円滑な回避行動をとることができる。

表 5.2.3.2-5 前方検知の課題・効果・必要情報

課題	見通しの悪い道路では前方の状況把握が遅れるため、前方障害物の回避に急制動が必要
効果	前方停車の安全かつ円滑な回避
必要情報	[停止車両] 位置・速度・進行方向、走行状態情報

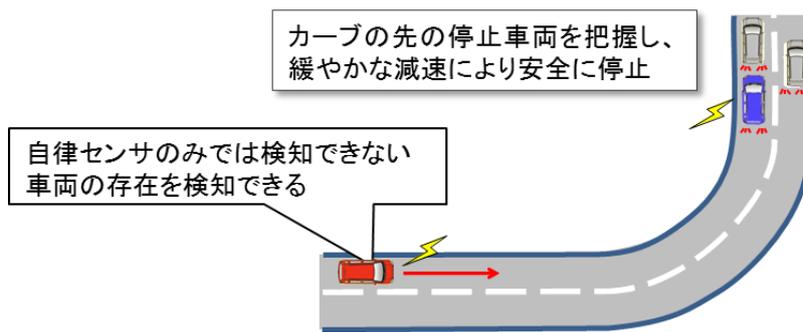


図 5.2.3.2-4 前方検知のイメージ

(5) 歩行者横断情報共有

歩行者横断情報共有シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-6 に、歩行者横断情報共有シーンのイメージを図 5.2.3.2-5 に示す。車両は、その車両の前を横切る歩行者を自律センサにより検知し、無線通信により歩行者横断情報として周辺車両に報知する。周辺車両は、受信した歩行者横断情報により、歩行者飛出しを予測し、事前に減速・停止行動を開始して安全かつ円滑に衝突を回避することができる。

表 5.2.3.2-6 歩行者横断情報共有の課題・効果・必要情報

課題	死角からの歩行者等の飛出しへの対応が困難
効果	より早い段階での回避走行が可能
必要情報	[歩行者] 位置・速度・進行方向

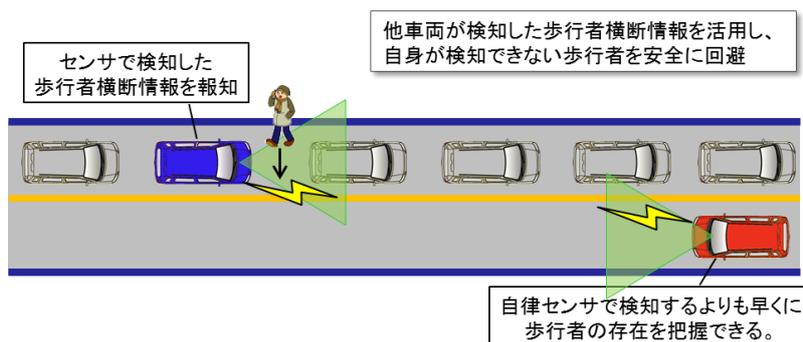


図 5.2.3.2-5 歩行者横断情報共有のイメージ

(6) 緊急車両回避

緊急車両回避シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情

報を表 5.2.3.2-7 に、緊急車両回避シーンのイメージを図 5.2.3.2-6 に示す。緊急車両に遭遇した場合、一般車両は緊急車両を優先するために路肩への退避や一時停止等の回避行動をとる必要がある。無線通信を活用することで、自律センサで検知するよりも早い段階で確実に緊急車両の接近やその方向を認識し、速やかな回避行動が可能となることから、結果として緊急車両を早く通過させることができる。

表 5.2.3.2-7 緊急車両回避の課題・効果・必要情報

課題	緊急車両の接近やその方向の認識遅れによる回避行動の遅延
効果	緊急車両の目的地到達時間の短縮
必要情報	[一般車両] 位置・速度・進行方向 [緊急車両] 位置・速度・進行方向、車両状態、走行予定経路

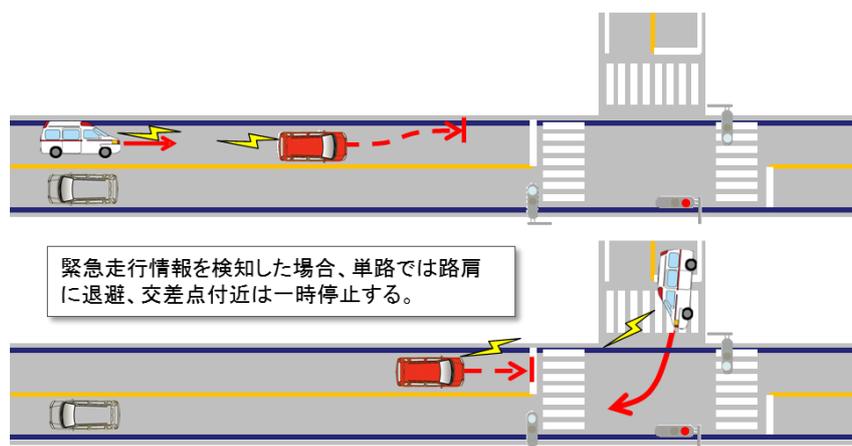


図 5.2.3.2-6 緊急車両回避のイメージ

(7) 右折待ち

右折待ちシーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-8 に、右折待ちシーンのイメージを図 5.2.3.2-7 に示す。信号交差点で右折する場合、自律センサにより対向車が存在しないことを確認する。対向の右折待ち車両が存在する場合、他の車両で隠れた位置を走行する車両等、自律センサでは対向車両の接近を十分に検知できない可能性があり、対向車両が存在するのに右折することや、対向車両が存在しないのに右折しないことが考えられる。路側機や対向車両から無線通信によって得た情報をもとに、対向車両の接近を検知し、衝突を回避して安全に右折することができる。

表 5.2.3.2-8 右折待ちの課題・効果・必要情報

課題	対向車線の状況を十分に把握できないことによる対向車両との衝突
効果	右折走行時の安全性向上
必要情報	[対向車両] 位置・速度・進行方向 [路側機] 道路線形情報、信号情報、車両検知情報

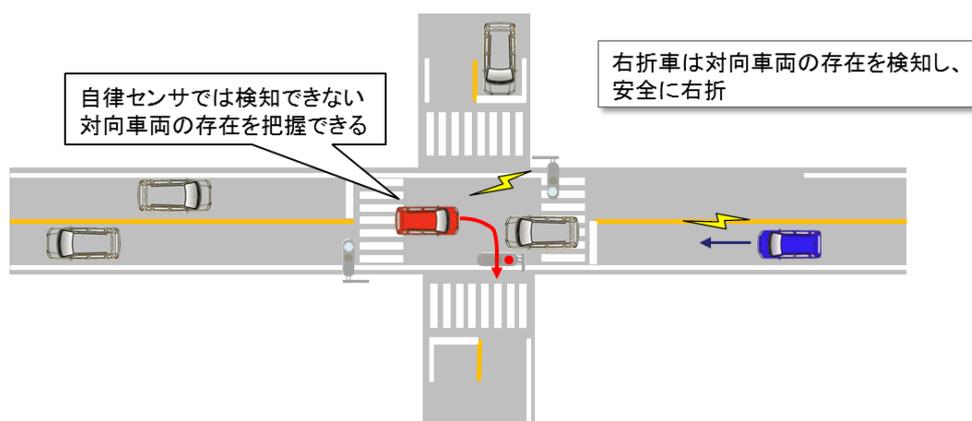


図 5.2.3.2-7 右折待ちのイメージ

(8) 出会い頭

出会い頭シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-9 に、出会い頭シーンのイメージを図 5.2.3.2-8 に示す。見通しの悪い交差点において、交差する方路から車両が進入してきた場合、相手車両を自律センサで検知する前に無線通信により認識することで、遭遇を予測した安全な走行ができる。また、自律センサにより検知した相手車両の動きを予測しながら交差点を通過する状況において、遭遇した2台の車両が安全を確保するために、相手車両の交差点通過を待つ動作をしてしまうと、どちらも停止することになる。このとき、無線通信により位置関係を事前に共有し、両者の間で走行優先順位を決定することで、安全かつ円滑に交差点を通過することができる。

表 5.2.3.2-9 出会い頭の課題・効果・必要情報

課題	互いの存在を検知できないことによる衝突の可能性 譲り合いによる走行遅延
効果	安全かつ円滑な交差点通過
必要情報	[車両] 位置・速度・進行方向、交差点通過優先度

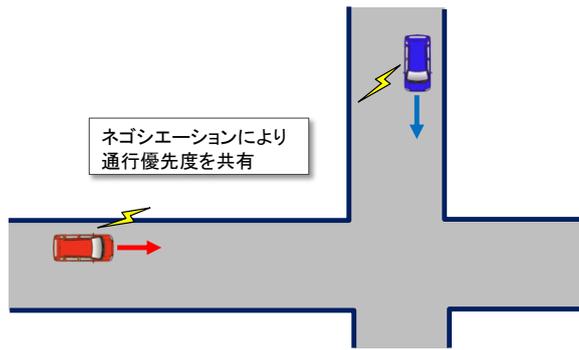


図 5.2.3.2-8 出会い頭のイメージ

(9) 前方工事回避

前方工事回避シーンにおける課題、無線通信の活用期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-10 に、前方工事回避シーンのイメージを図 5.2.3.2-9 に示す。工事エリアに遭遇した場合、走行できるエリアや周辺の車両の状況を自律センサで検知しながら、工事エリアを回避して走行する。ところが、工事によって走行先に車線減少や片側交互通行等の規制がなされていると、円滑な走行が困難になることが予想される。ここで、路側機等が工事に関する情報を配信することで、その情報を取得した自動走行車両は、自車両の進路上の工事区間を検知し、安全に工事区間を通過することができる。工事情報に道路線形情報や信号情報などの詳細情報が含まれていれば、より安全な走行が可能となる。

表 5.2.3.2-10 前方工事回避の課題・効果・必要情報

課題	工事区間の認識遅れによる走行遅延
効果	円滑な工事区間の回避
必要情報	[路側機] 道路線形情報、信号情報



図 5.2.3.2-9 前方工事回避のイメージ

(10) 狭路への進入

狭路への進入シーンにおける課題、無線通信の活用により期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-11 に、狭路への進入シーンのイメージを図 5.2.3.2-10 に示す。他の車両が存在する狭路への進入時、自律センサのみによる自動走行車両は、狭路への進入後に他の車両の存在を検知することになる。無線通信により事前に狭路内の車両の存在を検知することができれば、狭路内の車両が流出するのを待って自車両が進入することにより、円滑な走行が可能となる。

表 5.2.3.2-11 狭路への進入の課題・効果・必要情報

課題	狭路での対向車両との遭遇時に、対応が困難
効果	狭路での対向車両との遭遇を回避
必要情報	[車両] 位置・速度・方位角

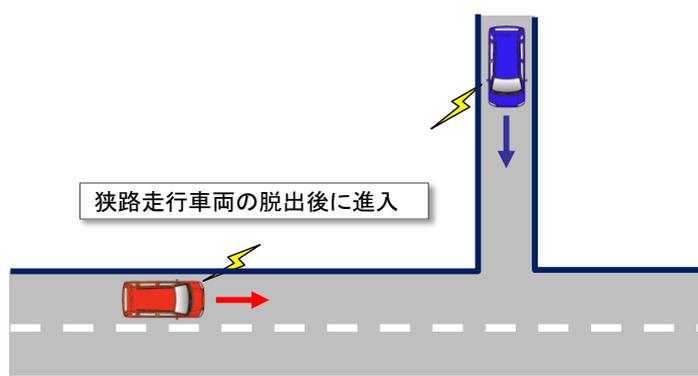


図 5.2.3.2-10 狭路への進入のイメージ

(11) 狭路でのすれ違い

狭路でのすれ違いシーンにおける課題、無線通信の活用により期待される効果、交換が必要な情報を表 5.2.3.2-12 に、狭路でのすれ違いシーンのイメージを図 5.2.3.2-11 に示す。待避所がある幅員の狭い道路において車両がすれ違う場合、自律センサのみによる自動走行車両は、自律センサによって相手車両を検知した後に、すれ違いの必要性に気づき、待避所へ移動しなければならない。無線通信により互いの位置や速度を共有することで、事前に遭遇することを予測し、一方の車両が待避所で待機し、すれ違うことで円滑な走行が可能となる。

表 5.2.3.2-12 狭路でのすれ違いの課題・効果・必要情報

課題	幅員の狭い道路でのすれ違い走行が困難
効果	待避所を活用し、円滑なすれ違いが可能
必要情報	[車両] 位置・速度・方位角、すれ違い地点

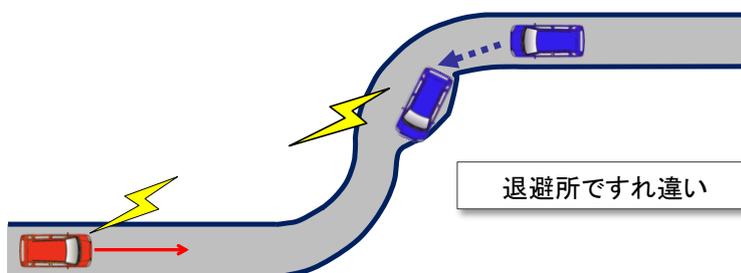


図 5.2.3.2-11 狭路でのすれ違いのイメージ

5. 2. 3. 3 先読み情報活用モデルと通信要件

前項で検討した 11 のユースケースのうち、(1)合流、(2)車線変更、(3)緊急ハザード情報共有、(4)前方検知、(5)歩行者横断情報共有の 5 つのユースケースについて、車両の動き（走行経路、速度、加減速度、車間距離等）の条件を仮定して、無線通信により得られる車両状態を先読み情報として活用するモデルを構築し、その成立に必要な通信要件を定める。

(1) 合流

自動走行車両が合流時において走行困難となる状況として、合流車両が本線道路に進入する際に本線車両が近くに存在している場合や、本線車両の車間距離が短く、合流するための空間が十分に確保できない場合が挙げられる（図 5.2.3.3-1）。今回構築した先読み情報活用モデルでは、無線通信により得られた情報をもとに、本線車両が車間を確保することで、安全で円滑な合流を実現する。

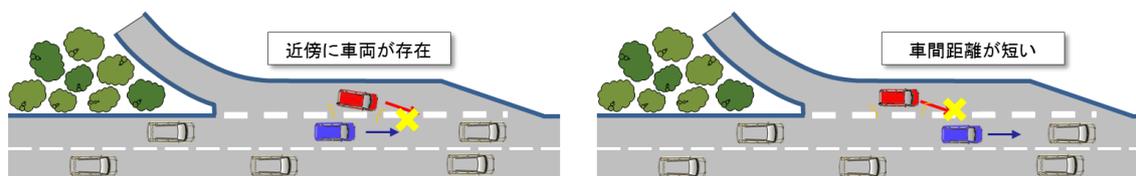


図 5.2.3.3-1 合流が困難な状況

(ア) 用語

図 5.2.3.3-2 に示すように、本線を走行する車両を本線車両、合流する車両を合流車両、本線に接続する道路を合流路、合流車両が加速し本線に進入する区間を合流区間とする。また、合流車両が、合流路を通過後に 0.2G の加速度で加速し、本線の規制速度に到達した地点を合流地点とする。車間距離とは本線車両における前方車両との距離を指し、約 2 秒間に進む距離を安全車間距離とする。ここでは、表 5.2.3.3-1 に示す値を用いる。合流車両から安全車間距離以内に本線車両が存在するために合流できない事象を干渉と呼ぶ。

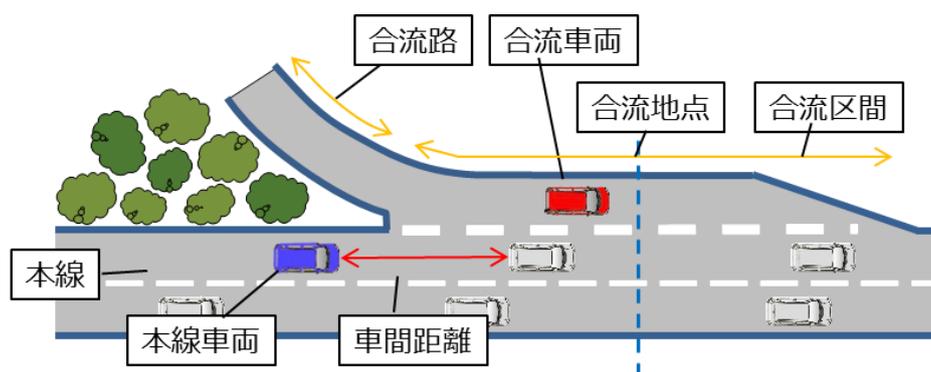


図 5.2.3.3-2 合流に関する用語

表 5.2.3.3-1 安全車間距離

速度[km/h]	安全車間距離[m]
60	30
80	40
100	50

(イ) 前提条件

本線車両は、規制速度を上限として走行し、 $-0.2G \sim 0.2G$ の加減速を行えるものとする。また、車間距離は安全車間距離以上を保つものとする。合流車両は、合流路では 40km/h で走行し、合流区間に入った直後から加速をして、本線の規制速度に到達した時点で本線に進入するものとする。このときの加速度は 0.2G までとする。

(ウ) 処理の考え方

合流車両が合流地点に到達する時点で本線車両と干渉する状況を回避する。本線車両は、合流車両を受け入れるために、緩やかな減速により合流地点に到達する時点で 2 台分の安全車間距離（安全車間距離の 2 倍）を確保するものとする。本線車両は、この安全車間距

離の確保に要する距離を遡った地点において、本線車両と合流車両の間で合意形成が行われていなければならない。

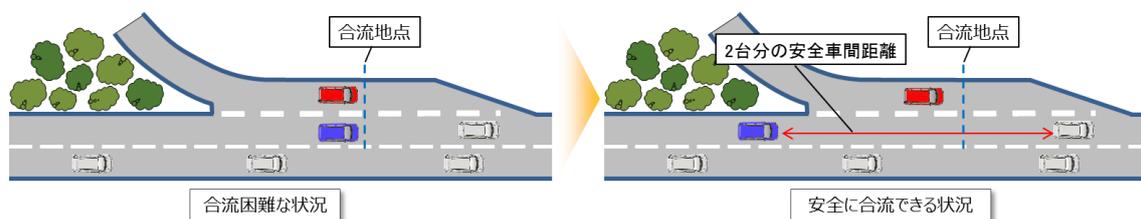


図 5.2.3.3-3 先読み情報を活用した合流の考え方

前述の前提条件、考え方を踏まえて、合流を以下の 3 つの区間に分ける。

- 1) ネゴシエーション区間
本線車両と合流車両が合流について合意形成する。
- 2) 合流調整区間
合意形成した本線車両が、合流車両を受け入れるために、緩やかな加減速により 2 台分の安全車間距離を確保する。
- 3) 合流区間
合流車両が、合意形成した本線車両の前に合流する。

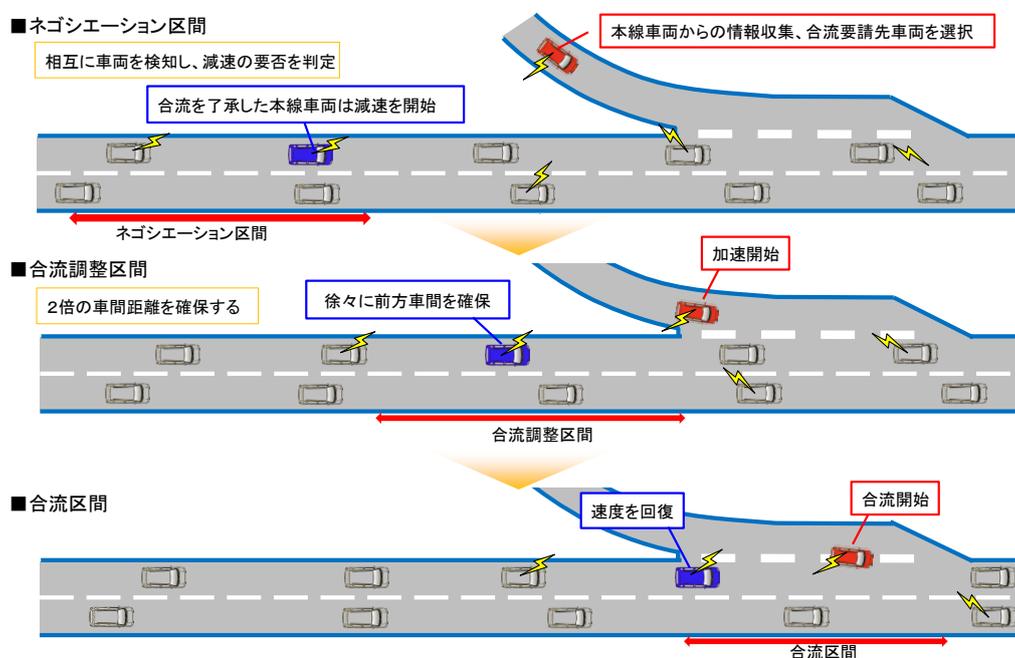


図 5.2.3.3-4 合流の考え方

(a) ネゴシエーション区間

本線車両と合流車両の間のネゴシエーションの流れについて、図 5.2.3.3-5 を用いて説明する。ネゴシエーション区間では、本線車両と合流車両が干渉の有無を判定し、干渉する車両間において合意形成を行う。

本線車両と合流車両は 100 ミリ秒周期で車車間通信メッセージを送信しており、両車両の間で無線通信による情報交換が可能になった時点でネゴシエーションを開始する。合流車両は、合流路の形状や自車両の速度情報から自車両の合流区間到達時刻を予測する。また、本線車両から受信したメッセージに含まれる位置・速度情報から本線車両の合流区間到達時刻も予測し、自車と干渉する本線車両の有無を判定する。干渉する車両が存在する場合、その車両に対して合流受入を要請する。干渉する本線車両が複数存在する場合は、合流車両が合流区間到達時にその後方で且つ最も近い位置に存在すると予測される本線車両を選定する。本線車両は、合流受入要請を受けて、自車両の状況や周囲の環境を考慮しながら合流受入の可否を判定し、その結果を応答する。応答を受けた合流車両は、自車両と本線車両の最新の情報を踏まえながら合流予定経路を作成し、合流予定時刻や本線に進入する地点、合流時の速度等を決定し、本線車両に通知する。本線車両は、受信した合流車両の詳細な合流予定経路をもとに、自車両の走行経路の作成を経て合流可否を判定し、その結果を合流車両に通知する。本線車両が合流に合意し、本線車両と合流車両が走行可能な合流走行経路を共有することで、ネゴシエーションは完了する。以上の流れから、ネゴシエーションでは無線通信による 2 往復のメッセージ交換を要するものとした。また、各車両における処理は複雑になることを想定し、余裕をみて 200 ミリ秒程度を要するものと仮定した。

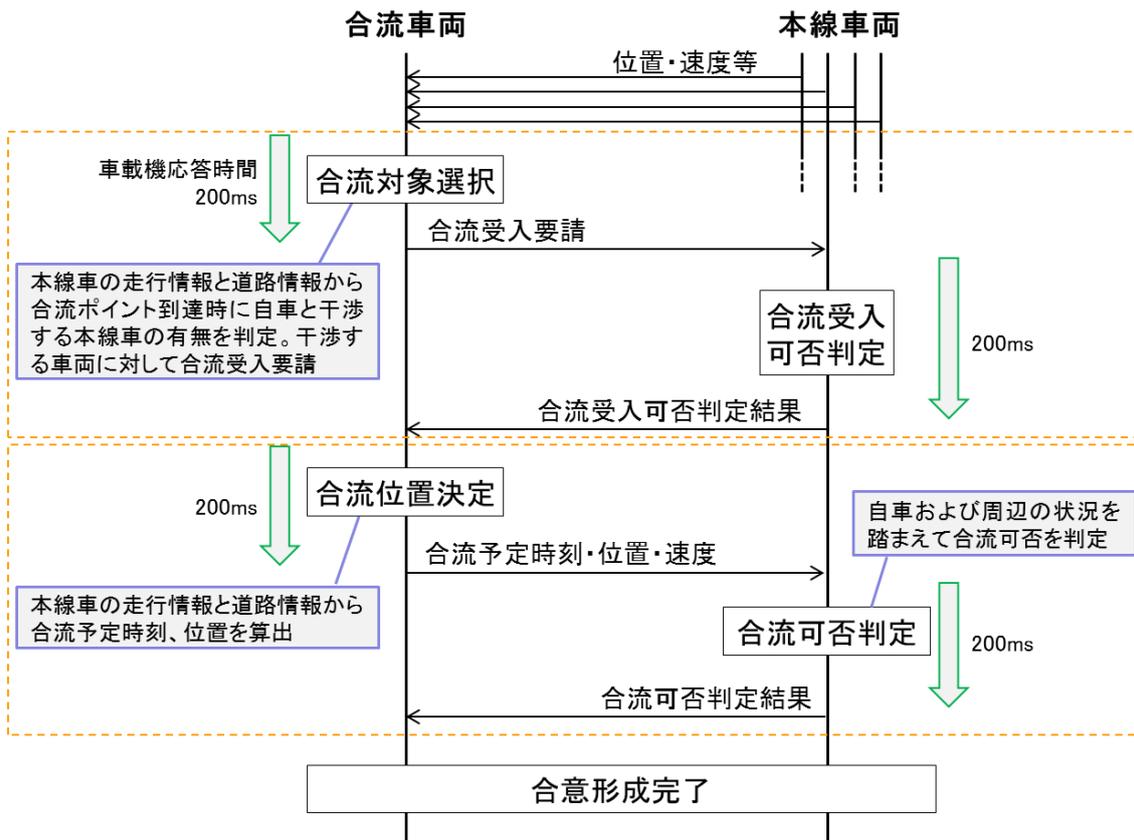


図 5.2.3.3-5 ネゴシエーションの処理例

(b) 合流調整区間

合流調整区間において、本線車両は、合流車両を受け入れるために緩やかな加減速を行い、前方車両との車間距離を広げる。図 5.2.3.3-6、図 5.2.3.3-7 に示すように、本線車両は減速後に加速し、合流地点到達時には速度を回復して、安全車間距離の 2 倍を確保する。このときの減速度と加速度の最大値は同値とする。これらの条件から、合流調整区間の距離は、本線車両の速度、減速度、加速度、安全車間距離によって決まり、図 5.2.3.3-8 に示す算出式により求まる。

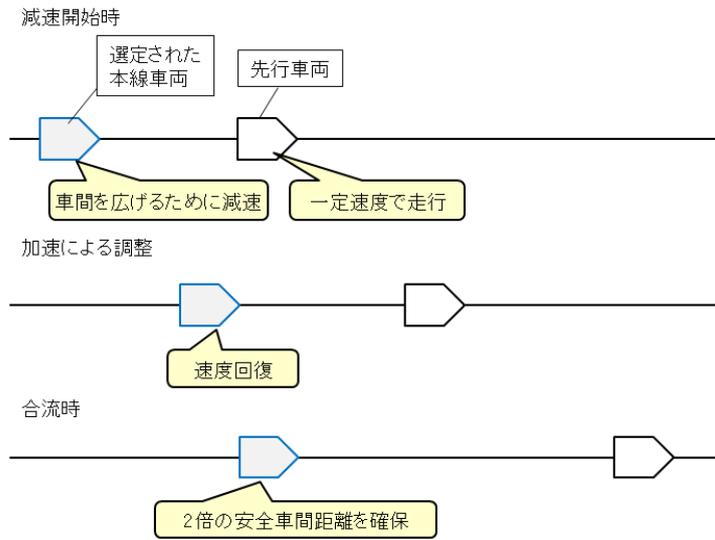


図 5.2.3.3-6 合流時の本線車両の動き

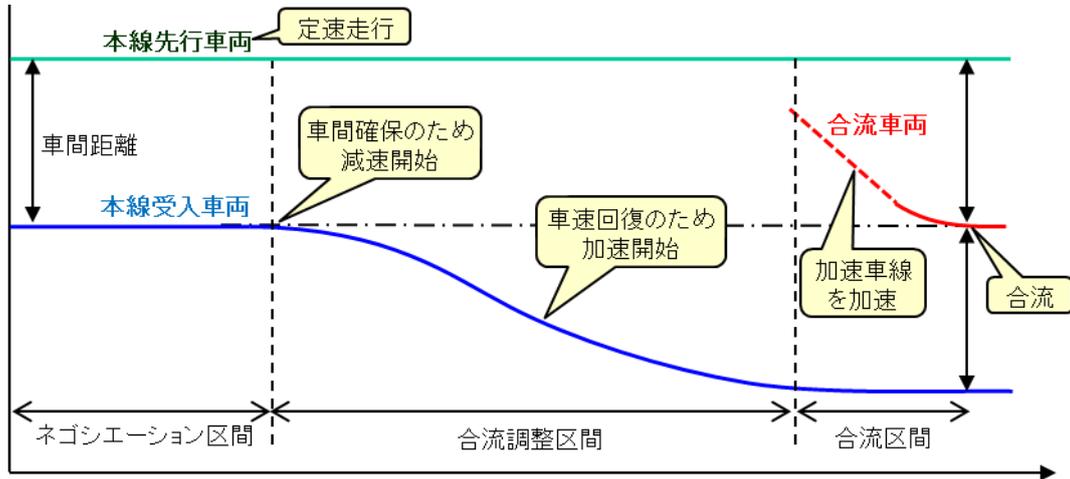


図 5.2.3.3-7 合流時の各車両の動きと車間距離の関係

<p>[前提] 本線車両速度:V_1 減速後の車両速度:V_2 減速度:α_1 加速度:α_2 ($\alpha_1 = -\alpha_2$) 安全車間距離:D</p>	<p>[導出] $\alpha_1 = -\alpha_2$であるから、 減速に要する時間:t_1と加速に要する時間:t_2は、 $t_1 = t_2$を満たす。 また、$V_2 = V_1 + \alpha_1 t_1 = V_1 - \alpha_2 t_1$ 先行車両の走行距離$D_1 = V_1(t_1 + t_2)$ 本線車両の走行距離$D_2 = V_1 t_1 + \alpha_1 t_1^2 / 2 + V_2 t_2 + \alpha_2 t_2^2 / 2 \dots \textcircled{1}$ $D = D_1 - D_2$より、減速に要する時間(=加速に要する時間) $t_1 = t_2 = \sqrt{D / \alpha} \dots \textcircled{2}$</p> <p>①、②式より後続車の走行距離が求まる。</p>
--	--

図 5.2.3.3-8 合流調整区間距離算出式

(c) 合流区間

合流区間において、合流車両は、所定の加速度で加速した後に選定した本線車両の前に合流する。本線車両は、合流車両が合流した後に、その後方を走行する。

(エ) 通信要件

本線車両が合流調整区間に入る前にネゴシエーションを完了する必要があることから、通信要件は以下となる。

本線車両が合流調整区間の上流地点に到達するまでに、本線車両と合流車両間で、2往復以上の通信が行われること

本モデルでは、減速度と加速度は同値として合流調整区間の距離を試算した。実証実験に際して、本線車両速度は60~100km/h、減速度は0.05~0.2Gの範囲を想定したときの合流調整区間距離の試算結果を表5.2.3.3-2に示す。

表 5.2.3.3-2 合流調整区間距離

本線車両速度 [km/h]	安全車間距離 [m]	設計減速度 [G]	合流調整区間距離 [m]
60	30	0.05	260
		0.1	180
		0.2	130
80	40	0.05	400
		0.1	280
		0.2	200
100	50	0.05	560
		0.1	400
		0.2	280

(2) 車線変更

自動走行車両が車線変更時において走行困難となりうる状況として、車線変更先の車間距離が短く、車線変更を行うための空間が十分に確保できない場合が挙げられる。今回構築した先読み情報活用モデルでは、無線通信により得た情報をもとに、車線変更先の車両が車間を確保することで、安全で円滑な車線変更を実現する。

(ア) 用語

図 5.2.3.3-9 は、第 1 車線の車両が第 2 車線に車線変更を行う状況を示しており、車線変更を行う車両を車線変更車両、車線変更を受け入れる車両を車線変更先車両とする。車間距離と安全車間距離は、合流の場合と同じとする。車線変更車両が車線変更を完了する地点を車線変更完了地点とし、ここに到達した時点で安全車間距離よりも近い位置に車線変更先車両が存在する事象を干渉と呼ぶ。

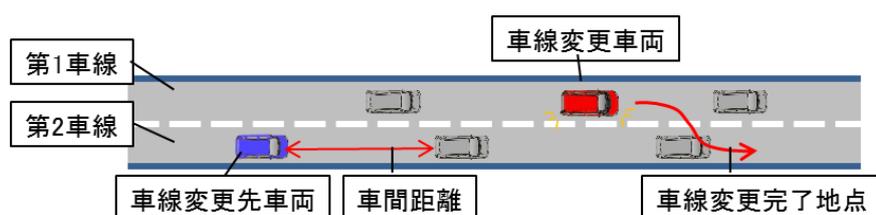


図 5.2.3.3-9 車線変更時の用語

(イ) 前提条件

各車両は、規制速度を上限として走行し、 $0.2G$ までの加減速を行えるものとする。また、車間距離は安全車間距離以上を保つものとする。車線変更車両の速度よりも車線変更先車両の速度が高く、車線変更先車両が車線変更車両を次々と追い抜いていく状況を想定する。車線変更車両は、加速しながら車線を変更し、車線変更完了時点で第 2 車線の車群速度に達して前後の車間距離が安全車間距離となるように走行する。

(ウ) 処理の考え方

図 5.2.3.3-10 に示すように、車線変更先車両が車線変更車両を認識後、車線変更を受け入れるために、車線変更車両の位置に到達するまでに緩やかな加減速により 2 台分の安全車間距離を確保するものとする。車線変更先車両が、この安全車間距離の確保に要する距離を遡った地点において、車線変更車両と車線変更先車両の間で車線変更の合意形成が行われていなければならない。

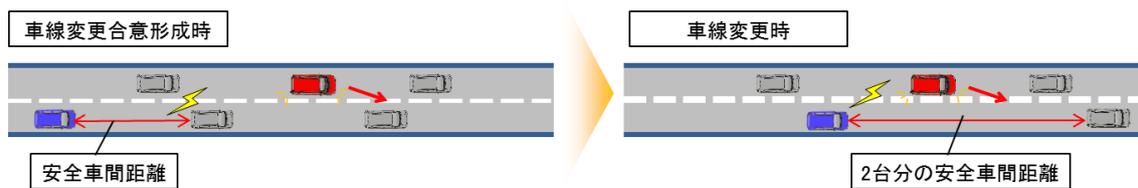


図 5.2.3.3-10 先読み情報を活用した車線変更の考え方

前述の前提条件、考え方を踏まえて、合流と同様に以下の 3 つの区間に分ける。

1) ネゴシエーション区間

車線変更車両が車線変更完了地点到達時の状況を予測し、車線変更受入可能な車線変更先車両を選定する。

2) 車線変更調整区間

ネゴシエーション区間において選定された車線変更先車両が、車線変更車両を受け入れるために、緩やかな加減速により自車前方に 2 台分の安全車間距離を確保する。

3) 車線変更区間

車線変更車両が、所定の加速度で加速した後に選定した車線変更先車両の前に車線変更する。

(a) ネゴシエーション区間

車線変更車両と車線変更先車両の間の処理の流れについて、図 5.2.3.3-11 を用いて説明する。ネゴシエーション区間では、車線変更車両と車線変更先車両が干渉の有無を判定し、干渉する車両間で合意形成を行う。車線変更における合意形成の考え方は合流と同様であり、無線通信による 2 往復のメッセージ交換を要し、各車両における処理についても 200 ミリ秒程度を要するものと仮定した。

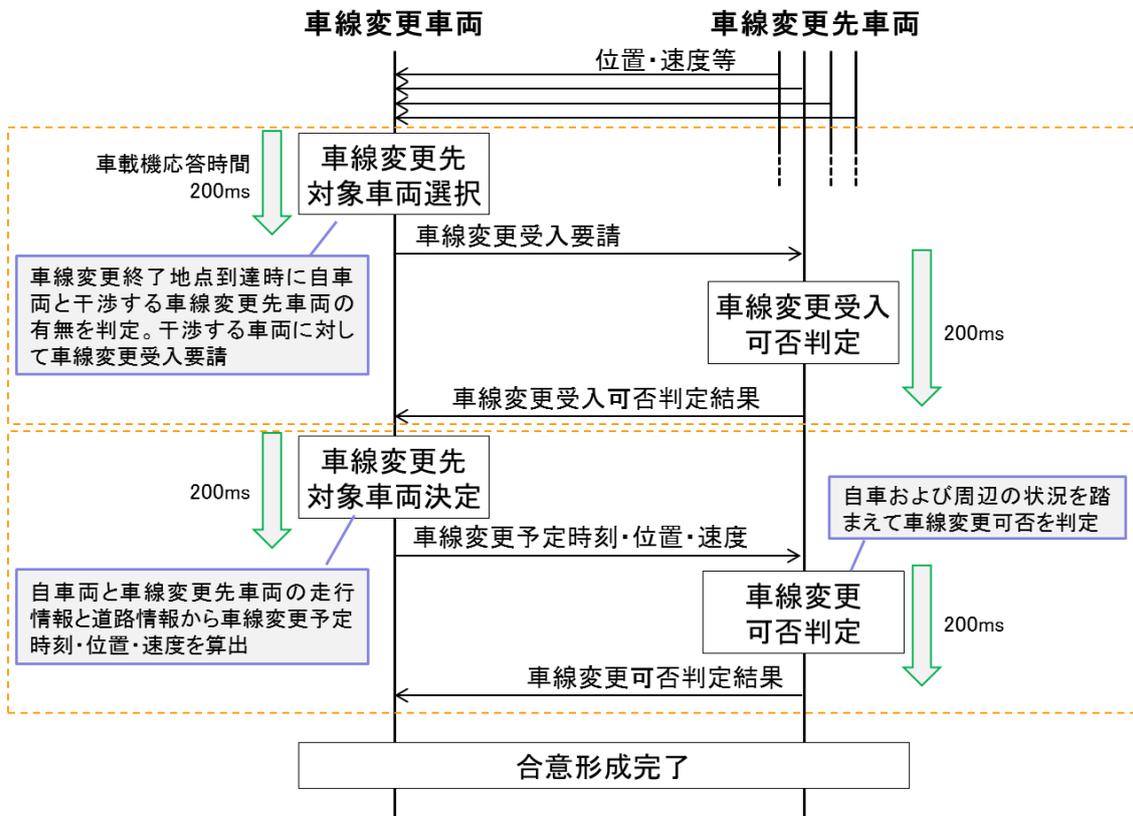


図 5.2.3.3-11 車線変更での処理例

(b) 車線変更調整区間

車線変更調整区間において、車線変更先車両は、車線変更車両を受け入れるために緩やかな加減速を行い、前方車両との車間距離を広げる。図 5.2.3.3-12、図 5.2.3.3-13 に示すように、車線変更車両が確保された空間に加速しながら円滑に進入するためには、車線変更先車両が減速を開始する時点で、車線変更車両との間に一定以上の距離が必要となり、これを初期車間距離と定義する。この初期車間距離は、車線変更車両と車線変更先車両の速度、加減速度と安全車間距離によって決まり、図 5.2.3.3-14 に示す算出式により求まる。

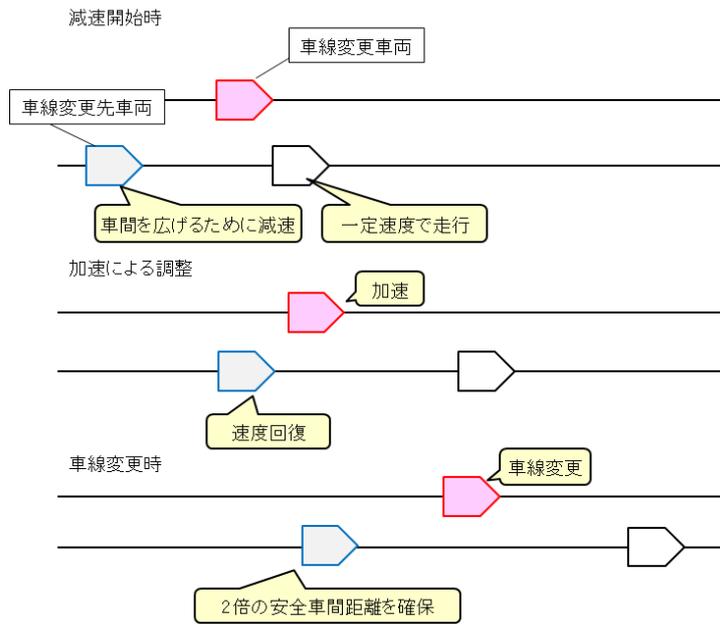


図 5.2.3.3-12 車線変更時の各車の動き

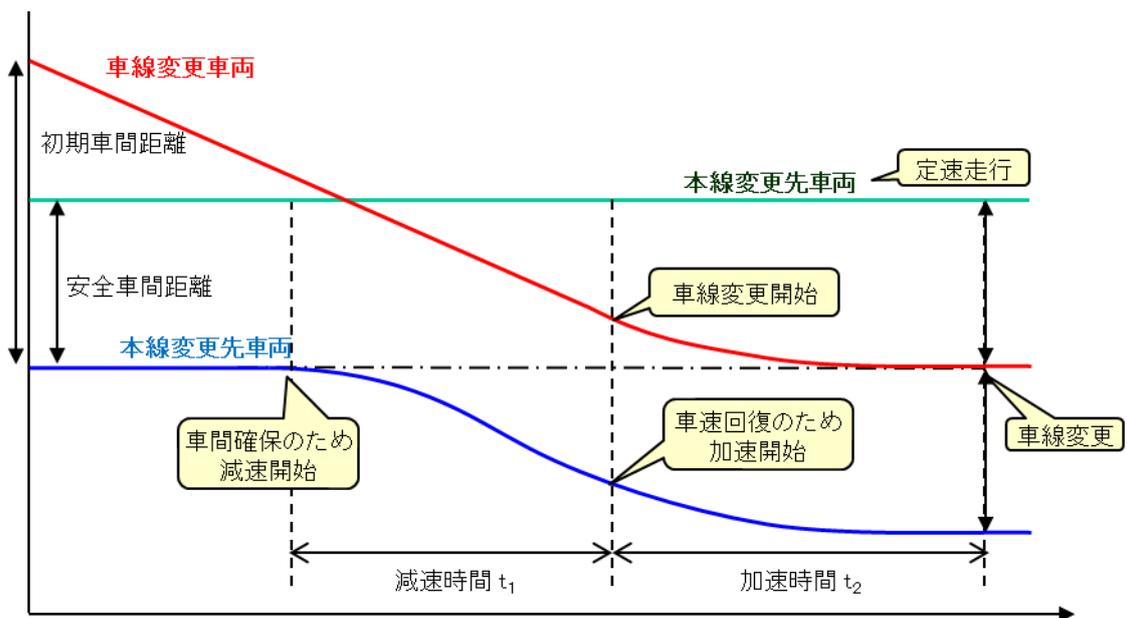


図 5.2.3.3-13 車線変更時の各車の位置関係

<p>[前提]</p> <p>車線変更車両速度:V_0 加速度:α_0 車線変更先車両速度:V_1 減速後の車両速度:V_2 減速度:α_1 加速度:α_2 $(\alpha_1 = -\alpha_2 = -\alpha_0)$ 安全車間距離:D</p>	<p>[導出]</p> <p>$\alpha_1 = -\alpha_2$であるから、 減速に要する時間t_1と加速に要する時間t_2は、 $t_1 = t_2$を満たす。 また、$V_2 = V_1 + \alpha_1 t_1 = V_1 - \alpha_2 t_1$ 先行車両の走行距離$D_1 = V_1(t_1 + t_2)$ 車線変更先車両の走行距離$D_2 = V_1 t_1 + \alpha_1 t_1^2 / 2 + V_2 t_2 + \alpha_2 t_2^2 / 2 \dots \textcircled{1}$ $D = D_1 - D_2$より、減速に要する時間(=加速に要する時間) $t_1 = t_2 = \sqrt{(D / \alpha)}$ 車間確保に要する時間$t = 2t_1$</p> <p>この間、車線変更車両は加速度α_0でV_0からV_1に加速する 車線変更車両の加速時間$t_0 = (V_1 - V_0) / \alpha_0$ 車線変更車両の走行距離$D_0 = V_0(t_1 + t_2) + \alpha_0 t_0^2 / 2 \dots \textcircled{2}$</p> <p>従って、初期車間距離$X$は、$\textcircled{1}$、$\textcircled{2}$式より以下で算出できる $X = D_2 + D - D_0$</p>
--	--

図 5.2.3.3-14 初期車間距離算出式

(c) 車線変更区間

車線変更区間において、車線変更車両は、所定の加速度で加速した後に選定した車線変更先車両の前に車線変更する。

(エ) 通信要件

車線変更先車両が車線変更調整区間に入る前にネゴシエーションを完了する必要があることから、通信要件は以下となる。

車線変更先車両が車線変更調整区間の上流地点に到達するまでに、車線変更車両と車線変更先車両の間で、2 往復以上の通信が行われること

本モデルでは、車線変更車両と車線変更先車両の減速度と加速度は同値として初期車間距離を試算した。車線変更車両速度を 60~80km/h、車線変更先車両速度を 80~100km/h、減速度を 0.05~0.2G の範囲で想定したときの初期車間距離の試算結果は、表 5.2.3.3-3 に示すとおりである。

表 5.2.3.3-3 初期車間距離

車線変更車両速度 [km/h]	車線変更先車両速度 [km/h]	安全車間距離 [m]	設計減速度 [G]	初期車間距離 [m]
60	80	40	0.05	69
			0.1	55
			0.2	42
60	100	50	0.05	99
			0.1	96
			0.2	81
80	100	50	0.05	81
			0.1	64
			0.2	48

(3) 緊急ハザード情報共有

自動走行車両は、予定していた走行経路上に障害物を検知した場合、その障害物を回避するよう経路を再構築し走行する。障害物に到達するまでの時間が長ければ、障害物の検知や経路の再構築の処理にかけられる時間は長くなり、障害物回避方法の選択肢も増え、より安全で円滑な走行が可能となる。しかし、この時間が短いと、急制動による回避方法しか選択できず、後続車両による追突の懸念がある。例えば、自動走行車両が追従走行している状況において、前方車両が障害物を検知して車線変更によりその障害物を回避した場合、後続の自動走行車両は、突如現れた障害物に短時間で対応する必要がある。このような場合に、先行する車両が検知した情報（緊急ハザード情報）を後続車両に通知して、後続車両が自車の自律センサで検知する前に回避行動を準備・開始することで、より安全で円滑に障害物を回避することが期待される。

(ア) 用語

図 5.2.3.3-15 に示すように、先行車両が搭載する自律センサが前方の障害物を検知し、回避の可否を判定できる距離を検知距離と呼ぶ。車間距離と安全車間距離は合流のものと同じとする。

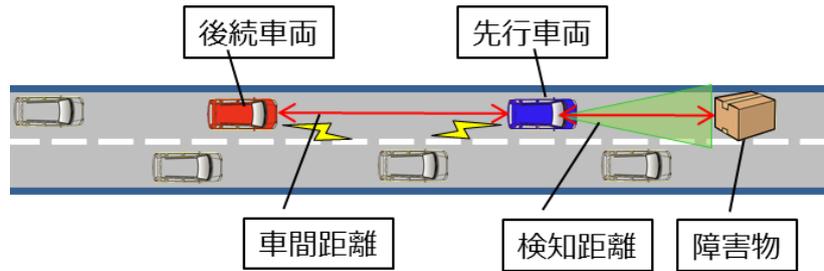


図 5.2.3.3-15 緊急ハザード情報共有の用語

(イ) 前提条件

後続車両は、先行車両に追従して走行しており、先行車両と後続車両の相対速度は 0km/h、車間距離は安全車間距離を維持しているものとする。自律センサによる落下物の検知距離は 70m と仮定し、先行車両は落下物の検知後、車車間通信により緊急ハザード情報を周辺車両に報知するとともに、速やかに車線変更を行うものとする。

(ウ) 処理の考え方

緊急ハザード情報共有における処理の考え方を図 5.2.3.3-16 に示す。先行車両は、落下物の検知後、車車間通信により緊急ハザード情報として周辺車両に報知する。後続の通信を活用した自動走行車両は、安全車間距離を確保した状態で前方車両と等速で追従走行しており、前方車両からの緊急ハザード情報を受けてその事象を認知するものとする。一方で、自律センサのみを利用する自動走行車両は、前方車両の車線変更後に自車両のセンサにより前方の事象を認知するものとし、自動走行車両がこの事象を認知できるタイミングの差異が、事象の回避に割くことができる時間の差異という形で効果となって表れる。

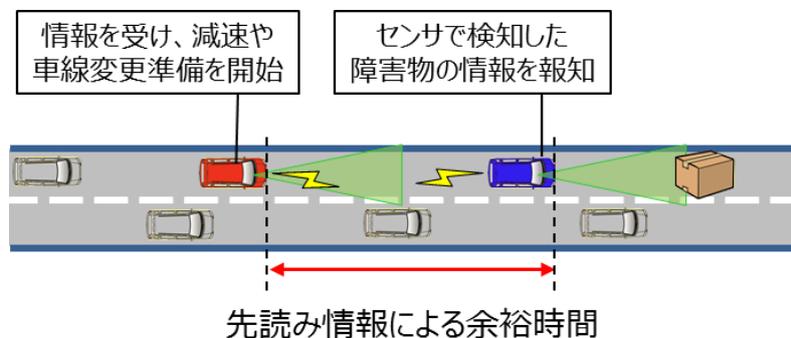


図 5.2.3.3-16 緊急ハザード情報共有の考え方

(エ) 通信要件

後続車両は、前方車両と等速で、安全車間距離を保って追従走行している状態で通信できる必要があることから、通信要件は以下となる。

所定の速度、車間距離を保って走行する車両間で通信できること

今回の実証実験では、自動走行車両が専道を走行していることを想定し、以下の条件における通信性能を確認する。

表 5.2.3.3-4 緊急ハザード情報共有の走行条件

先行車両速度 [km/h]	後続車両速度 [km/h]	安全車間距離 [m]
60	60	30
80	80	40
100	100	50

(4) 前方検知

自動走行車両は、進路上に停止車両を検知すると、その車両への追突を回避するために制動などの制御を行う。この停止車両をより早い段階で検知できれば、緩やかな制動により追突を回避できる。急カーブなどの見通しの悪い道路においては、自律センサによる前方の停止車両の検知が遅れる可能性がある。このような場合に、前方の停止車両からの情報（停止情報）を先読み情報として活用し、より早い段階で回避行動を開始することで、緩やかな減速により衝突回避できることが期待される。

(ア) 用語

図 5.2.3.3-17 に示すように、曲線部の先で停止している車両を停止車両、停止車両の後方を接近する車両を後続車両、後続車両が自律センサで停止車両を検知できる位置を検知位置、検知できる最長距離を検知限界距離と呼ぶ。検知限界距離は、道路形状によって決まる前方の停止車両を見通せる位置と、自律センサの検知距離の小さい方の値となる。曲線部の半径を曲線半径と呼ぶ。

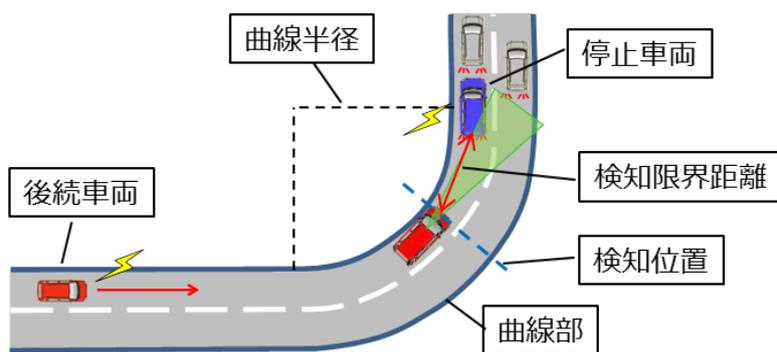


図 5.2.3.3-17 前方検知の用語

(イ) 前提条件

停止車両は、曲線部を 90 度分走行した先の位置に存在するものとし、車車間通信により停車中であること（停車情報）を周辺車両に報知する。後続車両は、停止車両からの停車情報を受けて減速し、停止車両の手前で停止する。

(ウ) 処理の考え方

前方検知における処理の考え方を図 5.2.3.3-18 に示す。無線通信を利用する場合、自動走行車両は、前方の停止車両からの停車情報を受けて減速し、停止車両の手前で停止する。一方で、自律型のみによる自動走行車両は、自車両のセンサによって前方の停止車両を検知した時点から減速し、停止車両の手前で停止する。自動走行車両が前方の停止車両を認知できるタイミングの差異が、減速を開始するタイミングの差異や許容される減速度の差異という形で効果となって表れる。

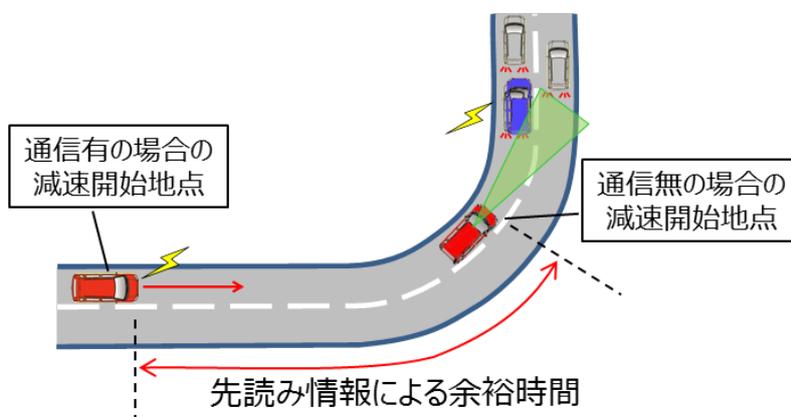


図 5.2.3.3-18 前方検知の考え方

(エ) 通信要件

停止車両と後続車両が見通しの悪い位置にあり、後続車両が所定の速度で接近している状態で通信できる必要があることから、通信要件は以下となる。

見通し外環境において停止車両に対し所定の速度で接近する車両が、停止車両と所定の距離以上で通信できること

今回の実証実験では、走行車両が 0.1G で減速し、停止車両の手前で安全に停止することを想定し、以下の条件における通信性能を確認する。

表 5.2.3.3-5 前方検知の走行条件

走行車両速度 [km/h]	設計減速度 [G]	通信距離 [m]
40	0.1	63
60		142

(5) 歩行者横断情報共有

自動走行車両は、歩行者を検知した場合、歩行者との衝突を回避するように走行する。例えば、車両の影からの歩行者飛出しを検知した場合は、急制動により停止する回避行動をとることが想定される。このような場合に、他の車両が検知・配信する情報（歩行者横断情報）を先読み情報として利用し、より早い段階で回避行動をとることで、より安全で円滑に歩行者との衝突を回避できることが期待される。

(ア) 用語

図 5.2.3.3-19 に示すように、車群の横を走行する車両を走行車両、車群を横切ってから道路を横断しようとする歩行者を横断歩行者、横断歩行者を自律センサで検知する車両を検知車両とする。

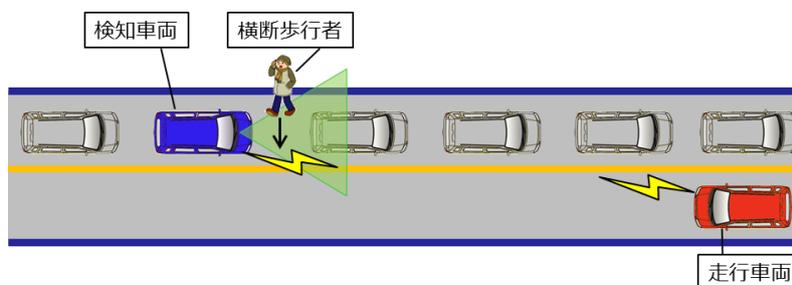


図 5.2.3.3-19 歩行者横断の用語

(イ) 前提条件

走行車両は、規制速度を上限として走行する。検知車両は停止しており、自律センサにより前方の状況を監視し、横断歩行者が検知車両の前方に入ると、歩行者横断情報として車車間通信により報知する。検知車両は、自車両の車幅より内側にいる歩行者を検知できるものとする。走行車両は、検知車両に向かって走行し、検知車両からの歩行者横断情報を受けて減速する。

(ウ) 処理の考え方

歩行者横断情報共有における処理の考え方を図 5.2.3.3-20 に示す。通信を活用した自動走行車両は、検知車両からの歩行者横断情報を受けてその事象を認知するものとする。従って、自律センサが検知する前に、歩行者横断を予測できる。一方で、自律センサのみを利用した自動走行車両は、歩行者が車群を横切った後に認知できる。自動走行車両がこの事象を認知できるタイミングの差異が、事象の回避にかけられる時間の差異という形で効果となって表れる。

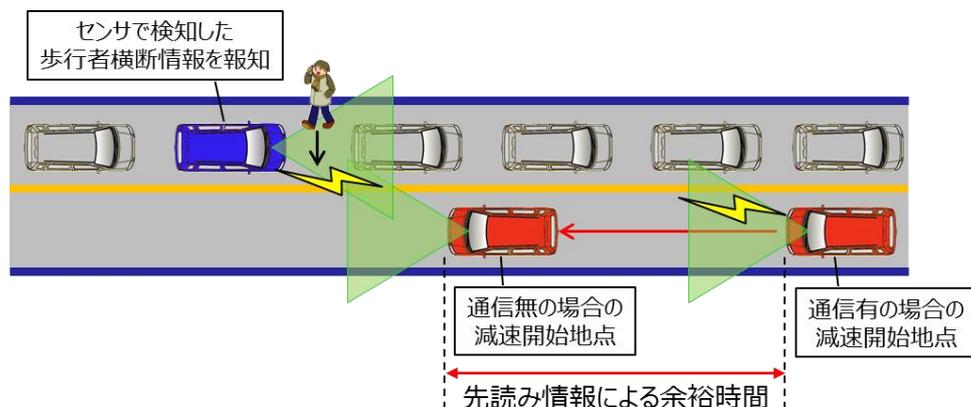


図 5.2.3.3-20 同じタイミングで走行した場合の検知位置の差異

(エ) 通信要件

車両速度と設計減速度 0.2G における停止距離の関係を図 5.2.3.3-21 に示す。停止距離は、無線通信により歩行者横断情報を受けて、停止の可否を判定後、設計減速度で減速し停止するまでに要する距離である。ここでは判定処理に 400 ミリ秒を要するものと仮定した。本検討では、設計減速度 0.2G における停止距離を通信要件として定める。

検知車両とその車両に接近する車両間で、設計減速度 0.2G における停止距離において通信できること

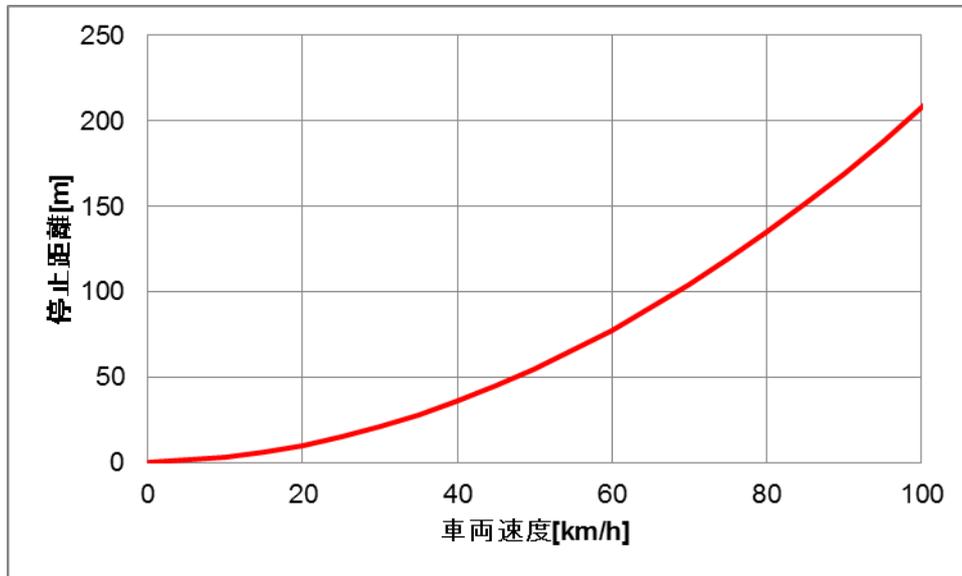


図 5.2.3.3-21 車両速度と制動距離の関係（設計減速度 0.2G）

5. 2. 4 実証実験

5. 2. 4. 1 実験手順

(1) 概要

目的：700MHz 帯 ITS 無線通信が、先読み情報活用モデルの通信要件を満たすことを検証する。

実証項目：以下の 5 つのユースケースについて検証した。

実証 1 合流

実証 2 車線変更

実証 3 緊急ハザード情報共有

実証 4 前方検知

実証 5 歩行者横断情報共有

場所・日程：表 5.2.4.1-1 に実証実験を実施した場所と日程を示す。

表 5.2.4.1-1 実証実験

分類	場所	日程	実証項目
JARI①	日本自動車研究所（つくば市） 模擬市街路西コース	2015年11月9日	実証4 実証5
JARI②	日本自動車研究所（城里町） 高速周回路、旋回試験場	2015年12月4～6日	実証1 実証2 実証3
東海環状	東海環状自動車道 豊田東IC～豊田藤岡IC	①2015年10月20、21日 ②2016年1月22日	実証1 実証2 実証3
名高速	名古屋高速 東海線（東海新宝～錦橋） 東山線（吹上西～高針）	①2015年10月22、23日 ②2016年1月21日	実証1 実証3 実証4

※IC：インターチェンジ

図 5.2.4.1-1 に JARI①を行った模擬市街路西コースの見取り図を示す。コース北東部のカーブ路を使用して実証4を、コース中央部の直線路を使用して実証5を実施する。

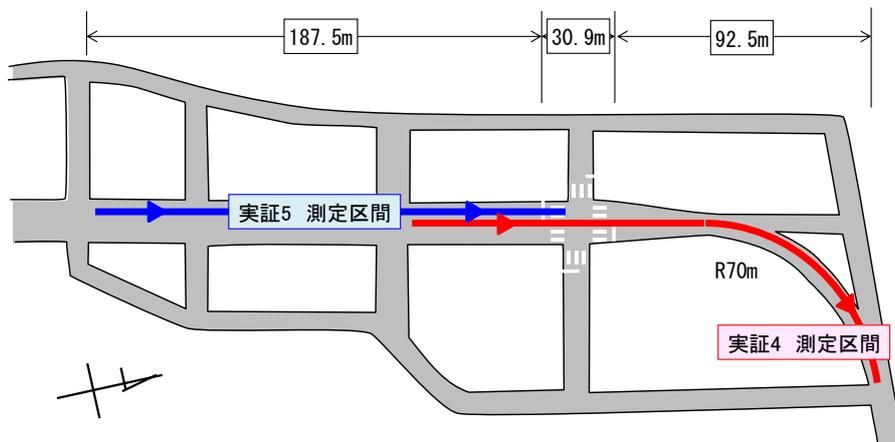


図 5.2.4.1-1 日本自動車研究所（つくば市）模擬市街路西コース

図 5.2.4.1-2 に JARI②を行ったテストコースの見取り図を示す。旋回試験場側直線部で、実証1を、反対側の直線部を使用して実証2、3を実施する。

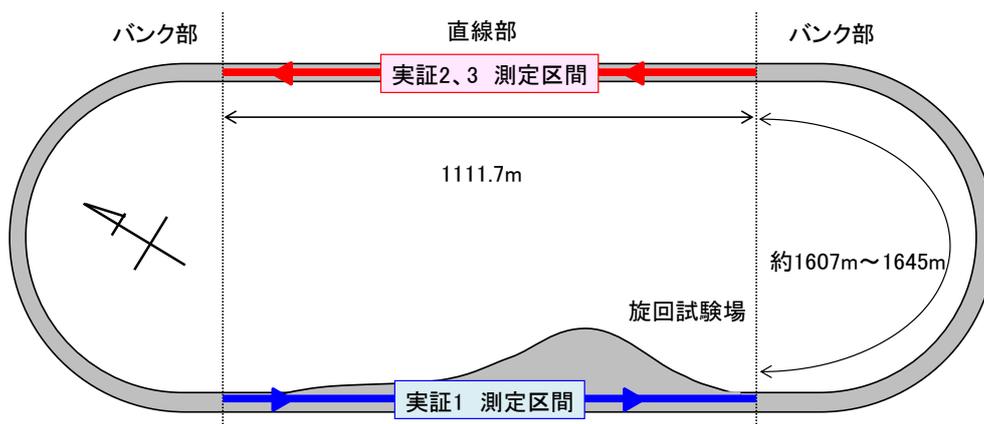


図 5.2.4.1-2 日本自動車研究所（城里町）テストコース

図 5.2.4.1-3 に東海環状を行った走行区間を示す。豊田東 IC（伊勢湾岸自動車道）～豊田藤岡 IC（東海環状自動車道）の 18.5km の区間を使用して、実証 1,2,3 を実施する。

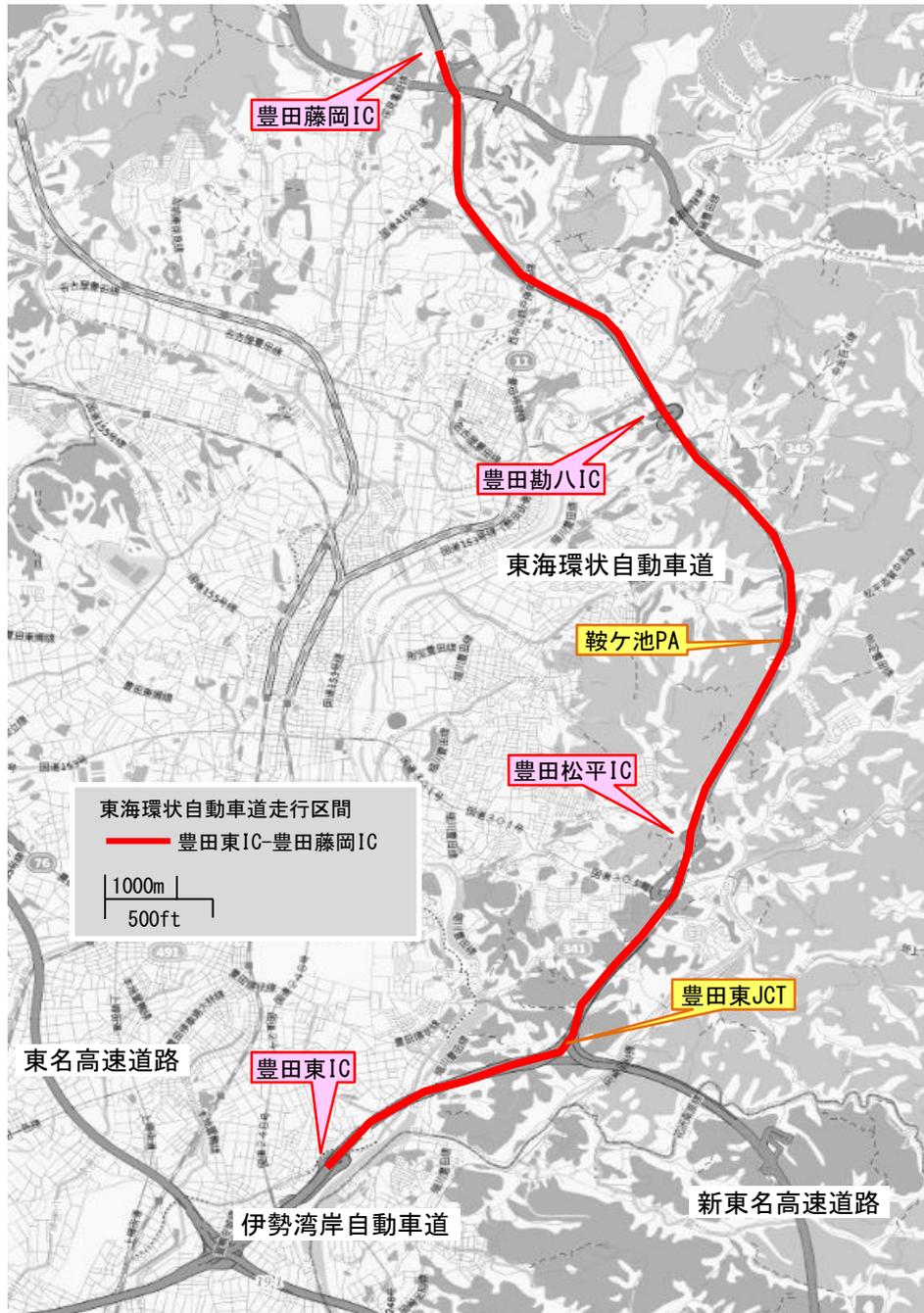


図 5.2.4.1-3 東海環状自動車道 走行区間

図 5.2.4.1-4 に名高速を行った走行区間を示す。名古屋高速道路東海線（東海新宝－錦橋）の 10.9km の区間、名古屋高速道路東山線（高針－吹上西）の 7.2km の区間を使用する。高架構造の東海線では実証 1、3、4 を、半地下あるいはトンネル構造の東山線では実証 1 を実施する。

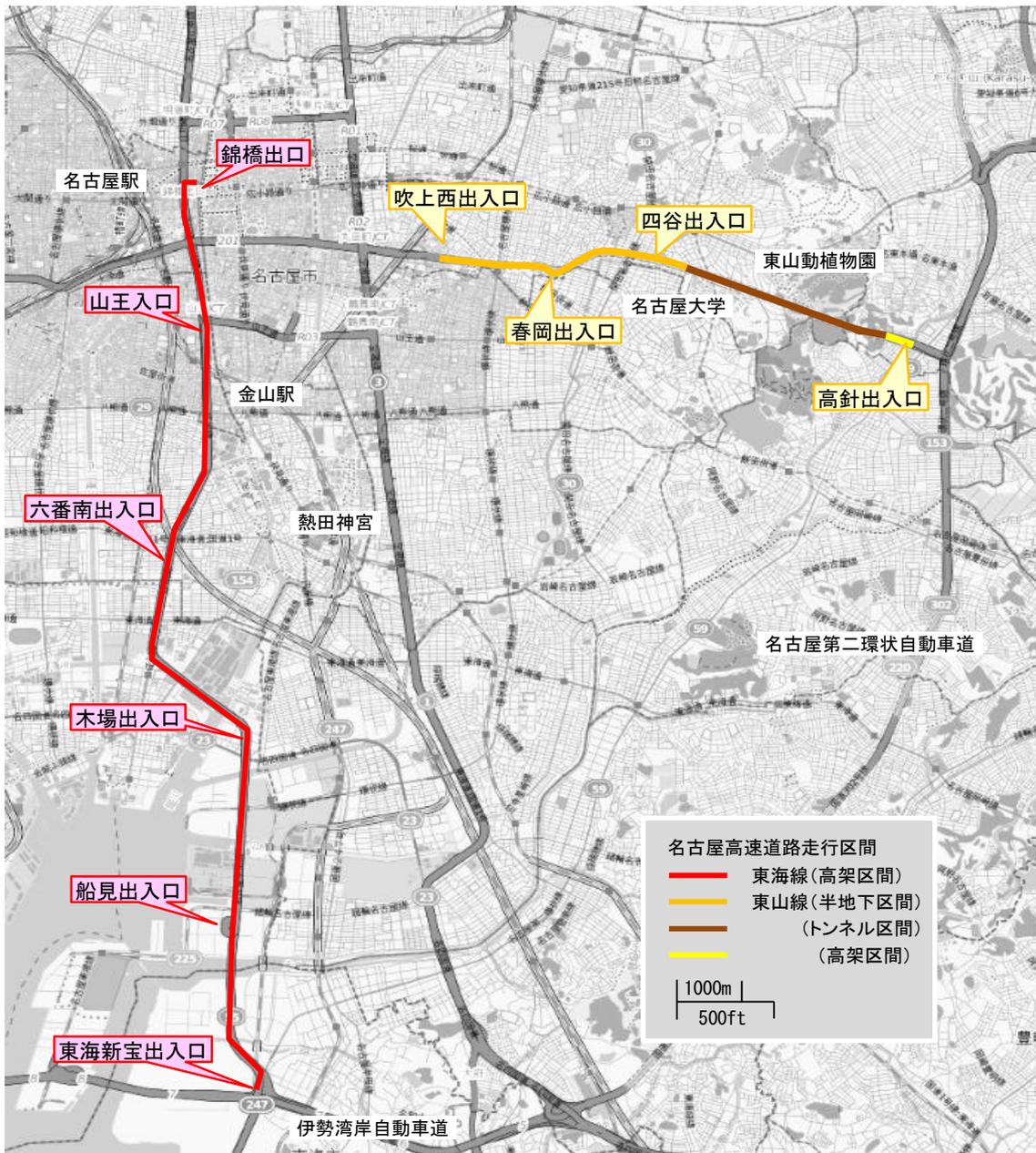


図 5.2.4.1-4 名古屋高速 走行区間

(2) 実験システム

車両に搭載する機材構成は、構成 A～構成 F の 6 種類ある。実証項目、試験環境、及び車両種別等に合わせて適切な構成を選択して実証実験を行った。各構成における搭載機器と配置図を以下に示す。

(ア) 構成 A

運転支援結果記録システムを用いた構成となる。車両情報及び位置情報はカーナビゲー

ションシステムから取得する。機材配置を図 5.2.4.1-5 に、機器外観を図 5.2.4.1-6 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、運転支援結果記録システム、カーナビゲーションシステム、ビデオカメラ

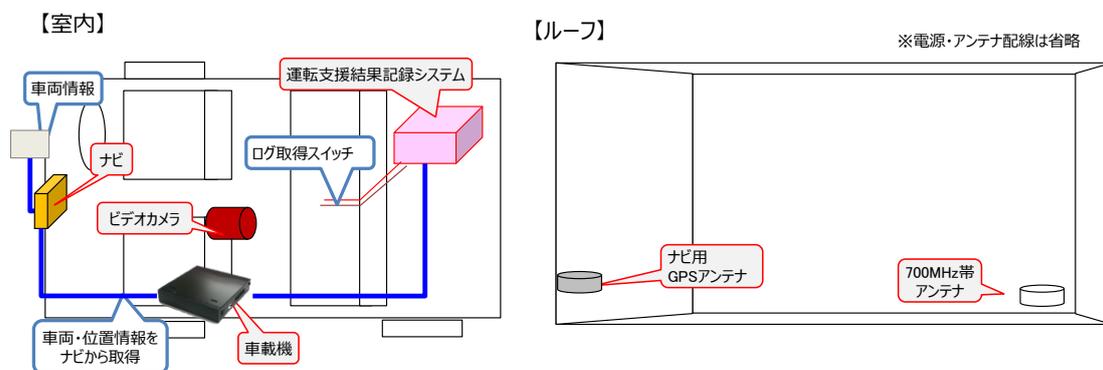


図 5.2.4.1-5 構成 A：機材配置図



カーナビゲーションシステム 運転支援結果記録システム ビデオカメラ

図 5.2.4.1-6 構成 A：搭載機器

(イ) 構成 B

構成 A からカーナビゲーションシステムを除いた構成となる。車両情報を車両の CAN から、位置情報を車載機に直結した GPS アンテナから取得する。機材配置を図 5.2.4.1-7

に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、運転支援結果記録システム、ビデオカメラ

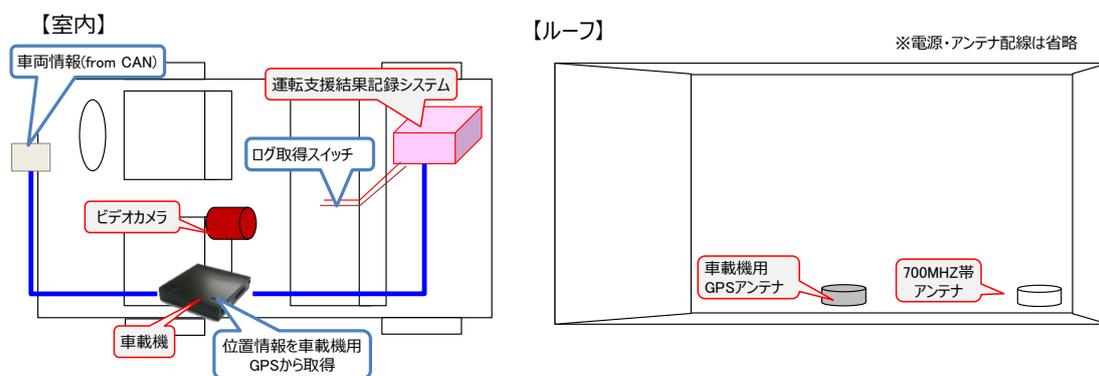


図 5.2.4.1-7 構成 B：機材配置図

(ウ) 構成 C

構成 A の運転支援結果記録システムの代わりにログ記録用 PC を使用した構成となる。機材配置を図 5.2.4.1-8 に、機器外観を図 5.2.4.1-9 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、カーナビゲーションシステム、ログ記録用 PC、ビデオカメラ

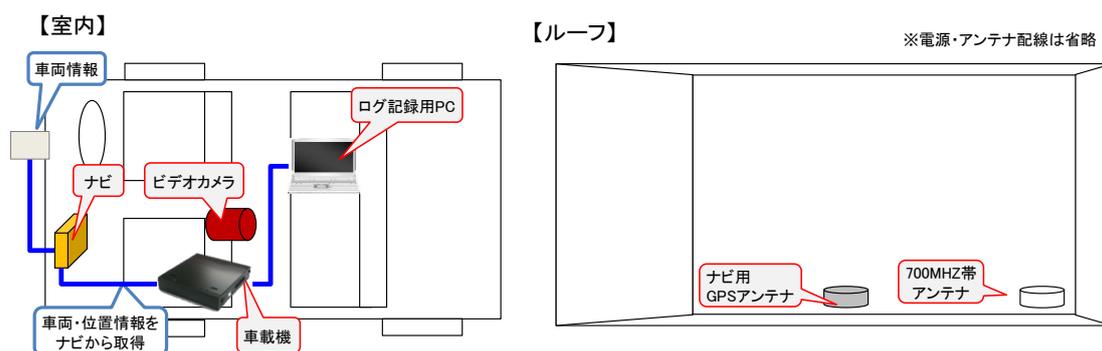


図 5.2.4.1-8 構成 C：機材配置図



700MHz 帯アンテナ



GPS アンテナ



車載機



カーナビゲーションシステム



ログ記録用 PC



ビデオカメラ

図 5.2.4.1-9 構成 C : 搭載機器

(エ) 構成 D

構成 B の運転支援結果記録システムの代わりにログ記録用 PC を使用した構成となる。機材配置を図 5.2.4.1-10 に示す。

搭載機器：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、ログ記録用 PC、ビデオカメラ

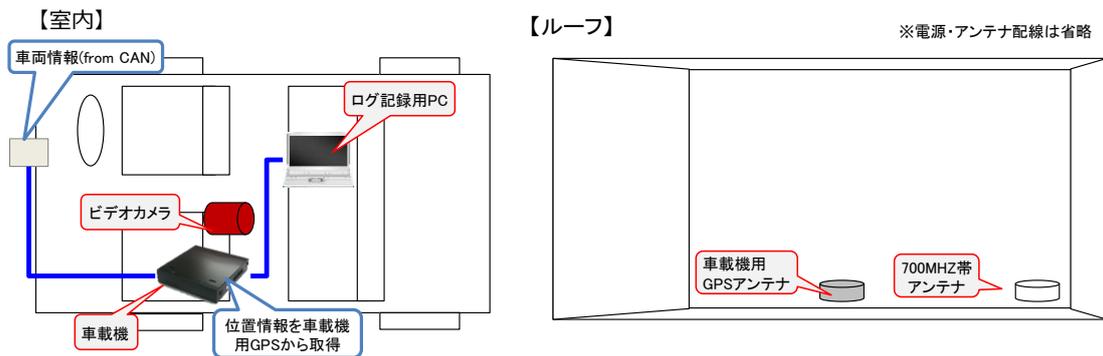


図 5.2.4.1-10 構成 D : 機器配置図

(オ) 構成 E

車両情報を使用しないときの構成となる。図 5.2.4.1-11 に機材配置を示す。

搭載設備：車載機、GPS アンテナ、700MHz 帯アンテナ、ログ記録用 PC、
ビデオカメラ

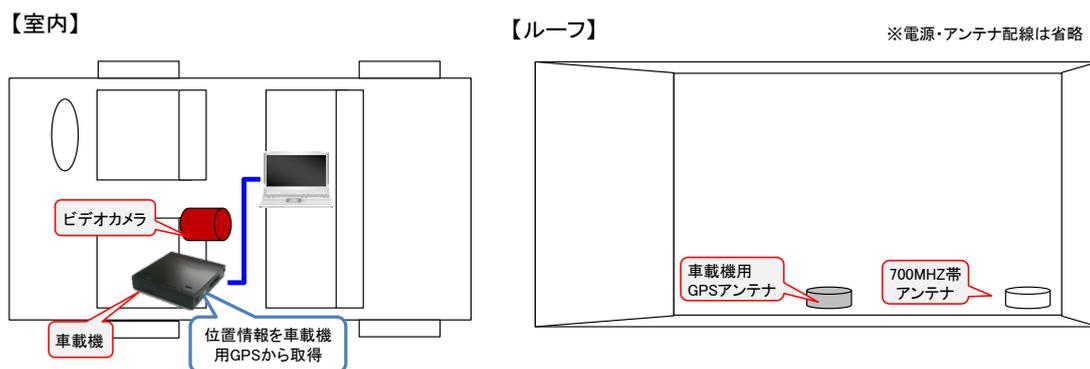


図 5.2.4.1-11 構成 E：機器配置図

(カ) 構成 F

構成 E の機材を 5 組用いて車両 5 台分を模擬する構成となる。機材配置を図 5.2.4.1-12 に、機器外観を図 5.2.4.1-13 に示す。図 5.2.4.1-13(a)に示すように、アンテナ間の相互干渉を避けるため、一定の間隔をあけて 700MHz 帯アンテナと GPS アンテナをルーフ上に配置した。

搭載設備：構成 E の機材を 5 組

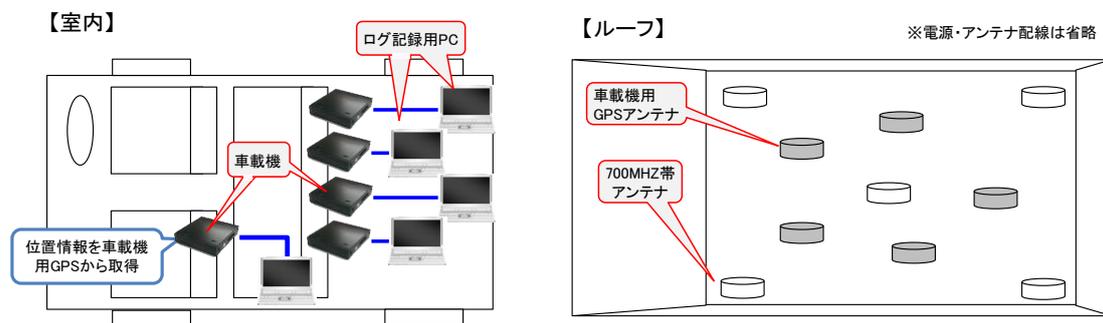


図 5.2.4.1-12 構成 F：機器配置図



(a) ルーフ上



(b) 車内

図 5.2.4.1-13 構成 F における機材配置の様子

(3) 実証1 合流

(ア) 環境

(a) JARI②

実験車両

本実験においては、表 5.2.4.1-2 に示すとおり 10 台の車両を使用した。5 台は本線車両、残りの 5 台は合流車両として使用した。

表 5.2.4.1-2 実証1-JARI②：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 B	本線車両
2	アテンザ	構成 B	合流車両
3	レヴォーグ	構成 B	本線車両
4	プリウス	構成 D	合流車両
5	プリウス	構成 D	本線車両
6	プリウス	構成 D	合流車両
7	プリウス	構成 D	本線車両
8	アクア	構成 D	合流車両
9	アクア	構成 D	本線車両
10	アクア	構成 D	合流車両



1: ノア



2: アテンザ



3: レヴォーグ



4~7: プリウス



8~10: アクア

図 5.2.4.1-14 実証1-JARI②：実験車両

走行経路

本線車両と合流車両の走行経路を図 5.2.4.1-15 に、本線車両スタート地点、合流車両スタート地点、及び合流地点の様子を図 5.2.4.1-16～図 5.2.4.1-18 に示す。図 5.2.4.1-15 の青矢印は本線車両の走行経路を、赤矢印は合流車両の走行経路を示す。本線車両は、No.1、3、5、7、9 の順で高速周回路の第 2 車線を隊列走行する。スタート位置で隊列を組んで待機し、走行開始の指示を受けて、隊列を維持しながら走行を開始する。所定の速度まで加速後、合流地点を通過するまで一定速度で走行する。

一方、合流車両は、No.2、4、6、8、10 の順で隊列走行する。旋回試験場内の合流車両スタート位置で隊列を組んで待機し、指示を受けて走行を開始し、S 字を描くようにして走行する。その後、合流地点までに本線車両と同一速度に加速して合流し、高速周回路の第 1 車線を走行する。

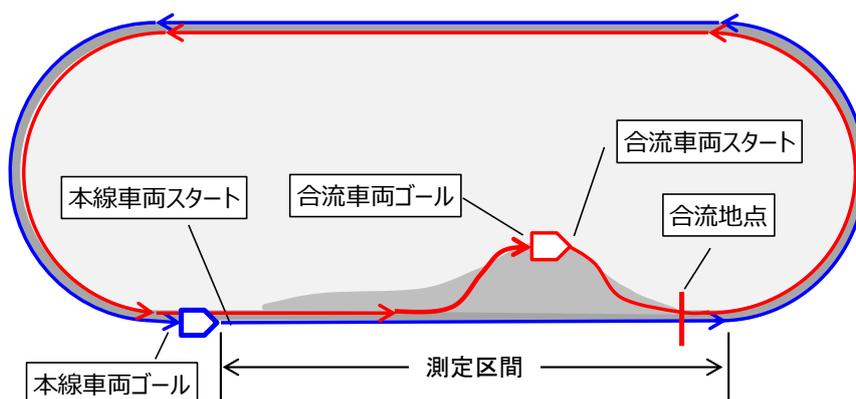


図 5.2.4.1-15 実証 1-JARI②：走行経路



図 5.2.4.1-16 実証 1-JARI②：本線車両スタート位置付近



図 5.2.4.1-17 実証 1-JARI②：合流車両スタート位置付近

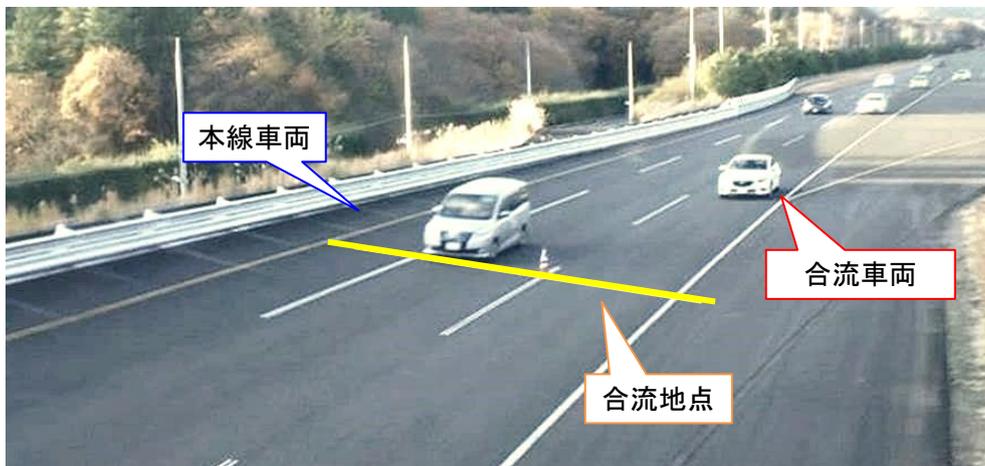


図 5.2.4.1-18 実証 1-JARI②：合流地点付近

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step1 全車両がスタート位置で待機する
- Step2 通信ログの取得を開始する
- Step3 本線車両が走行を開始する
- Step4 合流車両が走行を開始する
- Step5 経路に沿って走行しスタート位置に戻る
- Step6 通信ログの取得を停止する

走行パターン

都市間高速と都市高速での合流を想定し、本線車両の速度として 60km/h、80km/h、100km/h の 3 パターンを設定した。

撮影機材

実験車両の走行状況や車両遭遇時の位置関係の記録を目的として、図 5.2.4.1-19 に示すようにビデオカメラを設置した。各撮影場所における撮影機材の設置機材と撮影画像を図 5.2.4.1-20～図 5.2.4.1-22 に示す。撮影 1 は合流地点上流から、撮影 2 は合流地点下流から鳥瞰撮影した。撮影 3 は合流地点を水平方向から撮影した。

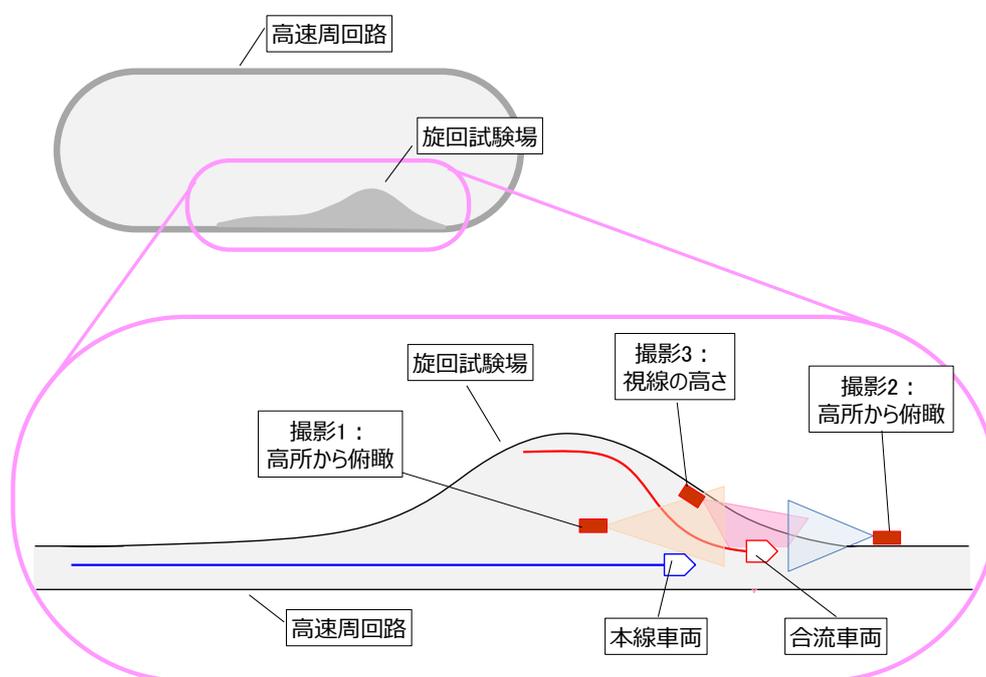


図 5.2.4.1-19 実証 1-JARI② : 撮影機材配置図



機材



撮影画像

図 5.2.4.1-20 実証 1-JARI② : 撮影機材と撮影画像 (撮影 1)



機材



撮影画像

図 5.2.4.1-21 実証 1-JARI② : 撮影機材と撮影画像 (撮影 2)



図 5.2.4.1-22 実証 1-JARI② : 撮影画像 (撮影 3)

(b) 東海環状

実験車両

日程①では、表 5.2.4.1-3 に示すとおり 10 台の車両を使用した。6 台は本線車両、残りの 4 台は合流車両として使用した。車両外観を図 5.2.4.1-23 に示す。識別記号 1～3 の車両は、実証 1-JARI②の車両と同一である。

表 5.2.4.1-3 実証 1－東海環状－日程①：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 A	本線車両
2	アテンザ	構成 A	本線車両
3	レヴォーグ	構成 A	本線車両
4	アクア	構成 C	本線車両
5	アクア	構成 C	本線車両
6	カローラフィールダー	構成 E	合流車両
7	カローラフィールダー	構成 E	合流車両
8	ウイッシュ	構成 E	本線車両
9	エスクァイア	構成 E	合流車両
10	ノア	構成 E	合流車両



4,5: アクア



6,7: カローラフィールダー



8: ウイッシュ



9: エスクァイア



10: ノア

図 5.2.4.1-23 実証 1－東海環状－日程①：実験車両

日程②では、表 5.2.4.1-4 に示すとおり 8 台の車両を使用した。4 台は本線車両、残りの

4台は合流車両として使用した。車両外観を図5.2.4.1-24に示す。識別記号1～3の車両は、実証1-JARI②の車両と同一である。

表 5.2.4.1-4 実証1ー東海環状ー日程②：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 C	本線車両
2	アテンザ	構成 C	合流車両
3	レヴォーグ	構成 C	本線車両
4	プリウス	構成 C	合流車両
5	プリウス	構成 C	本線車両
6	プリウス	構成 C	合流車両
7	ステップワゴン	構成 E	本線車両
8	ステップワゴン	構成 E	合流車両



4~6: プリウス

7,8: ステップワゴン

図 5.2.4.1-24 実証1ー東海環状ー日程②：実験車両

走行経路

東海環状自動車道の豊田松平 IC（内回り）と豊田勘八 IC（外回り）で測定した。各地点の走行経路と合流地点の様子を図5.2.4.1-25～図5.2.4.1-28に示す。豊田松平 IC での合流においては、本線車両は、1つ手前の豊田東 IC より隊列で走行し、豊田松平 IC を通過する。合流車両は、本線車両の接近に合わせて隊列を組んで走行を開始し、豊田松平 IC から高速道路に入る。豊田勘八 IC での合流においては、本線車両は、1つ手前の豊田藤岡 IC より隊列で走行し、豊田勘八 IC を通過する。合流車両は、本線車両の接近に合わせて隊列を組んで走行を開始し、豊田勘八 IC から高速道路に入る。各車群の並び順は以下とした。

日程① 本線車両 No.1、4、5、2、3、8 合流車両 No.9、6、7、10

日程② 本線車両 No.1、3、5、7

合流車両 No.2、4、6、8

豊田松平 IC 内回りの合流路は、図 5.2.4.1-25、図 5.2.4.1-26 に示すとおり本線下を横切る形で左回りの螺旋形状をとって、本線に左側から合流する構造となっている。

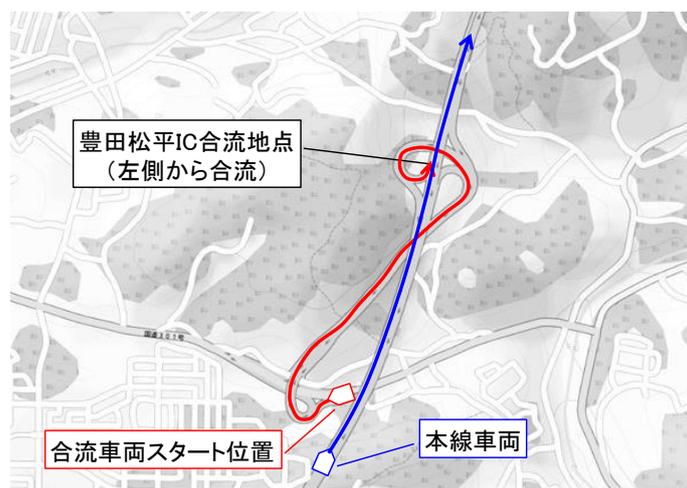


図 5.2.4.1-25 実証 1－東海環状：走行経路（豊田松平 IC 内回り合流）

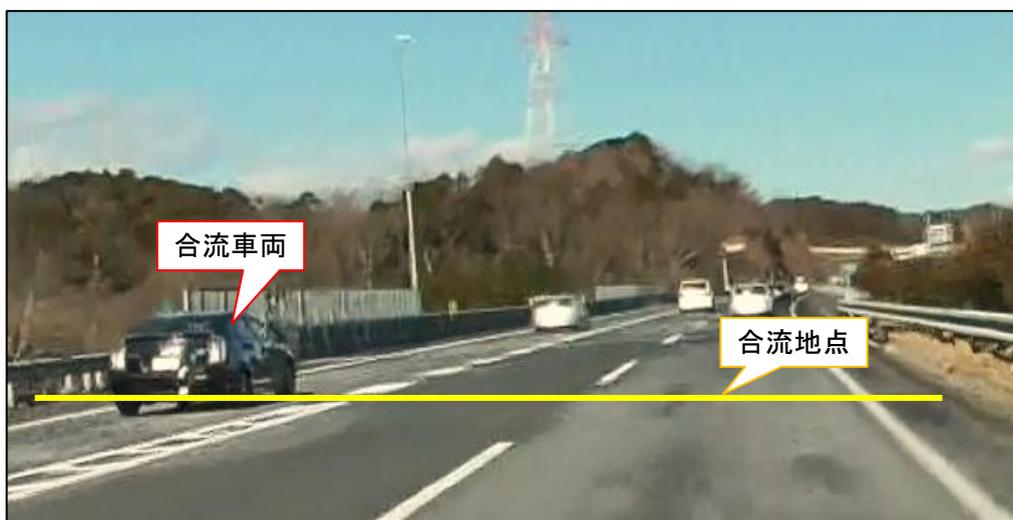


図 5.2.4.1-26 実証 1－東海環状：合流地点（豊田松平 IC）

豊田勘八 IC 外回りの合流路は、図 5.2.4.1-27、図 5.2.4.1-28 に示すとおり本線上を横切り、左側から合流する構造となっている。

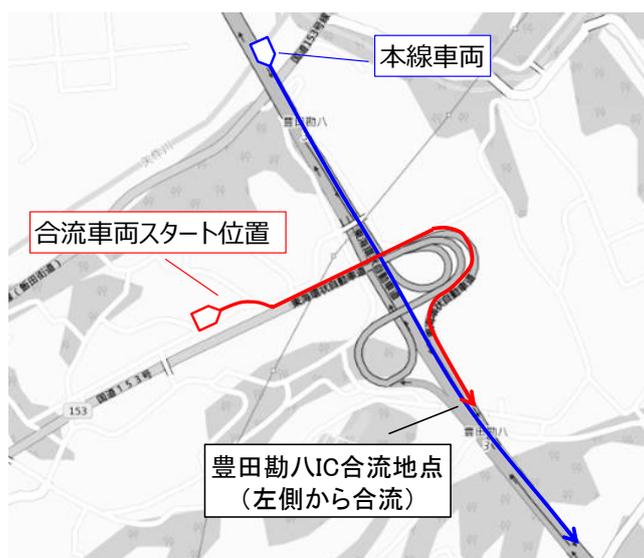


図 5.2.4.1-27 実証 1－東海環状：走行経路（豊田勘八 IC 外回り合流）



図 5.2.4.1-28 実証 1－東海環状：合流地点（豊田勘八 IC）

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 評価対象車両の通信ログの取得を開始する
- Step 2 本線車両が走行を開始する
- Step 3 合流車両が走行を開始する
- Step 4 合流地点通過後、通信ログ取得を停止する

走行パターン

都市間高速における規制速度を踏まえて、本線車両の速度として 80km/h、100km/h の 2 パターンを設定した。合流車両は、合流路をおよそ 40km/h で走行し、合流地点手前か

ら加速し合流地点を通過した。

(c) 名高速

実験車両

日程①では、表 5.2.4.1-5 に示すとおり 10 台の車両を使用した。6 台は本線車両、残りの 4 台は合流車両として使用した。使用車両は実証 1－東海環状－日程①と同一である。

表 5.2.4.1-5 実証 1－名高速－日程①：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 A	本線車両
2	アテンザ	構成 A	本線車両
3	レヴォーグ	構成 A	本線車両
4	アクア	構成 C	本線車両
5	アクア	構成 C	本線車両
6	カローラフィールダー	構成 E	合流車両
7	カローラフィールダー	構成 E	合流車両
8	ウイッシュ	構成 E	本線車両
9	エスクァイア	構成 E	合流車両
10	ノア	構成 E	合流車両

日程②では、表 5.2.4.1-6 に示すとおり 8 台の車両を使用した。6 台は本線車両、残りの 2 台は合流車両として使用した。使用車両は実証 1－東海環状－日程②と同一である。

表 5.2.4.1-6 実証 1－名高速－日程②：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 C	本線車両
2	アテンザ	構成 C	本線車両
3	レヴォーグ	構成 C	本線車両
4	プリウス	構成 C	本線車両
5	プリウス	構成 C	合流車両
6	プリウス	構成 C	合流車両
7	ステップワゴン	構成 E	本線車両
8	ステップワゴン	構成 E	本線車両

経路

名古屋高速の船見入口、六番南入口、木場入口、春岡入口、四谷入口で測定した。各地点の走行経路と合流地点の様子を図 5.2.4.1-29～図 5.2.4.1-38 に示す。各地点とも、本線車両は、測定地点の手前の入口より高速道路に入り、隊列を組んで走行する。合流車両は、本線車両の接近に合わせて測定地点の入口より高速道路に入る。隊列の順序は表 5.2.4.1-7 に示すとおりである。

表 5.2.4.1-7 隊列の順序

日程	地点	本線	合流
①	船見	1,4,5,2,3,8	6,9,10,7
	六番南	1,4,5,2,3,8	6,9,10,7
	木場	1,4,5,2,3,8	6,9,10,7
	春岡	1,4,5	6,9
		2,3,8	10,7
	四谷	1,4,5	6,9
2,3,8		10,7	
②	船見	1,3,7	5
	六番南	2,4,8	6
	木場	1,3,7	5

船見入口は、図 5.2.4.1-29、図 5.2.4.1-30 に示すとおり、合流路が螺旋形状をとっており、本線に左側から接続する構造となっている。



図 5.2.4.1-29 実証 1 名高速：走行経路（船見 IC 上り線合流）

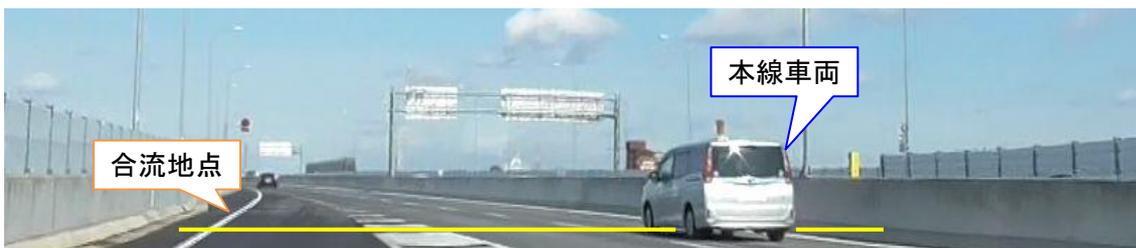


図 5.2.4.1-30 実証 1 名高速：合流地点（船見入口）

六番南入口は、図 5.2.4.1-31、図 5.2.4.1-32 に示すとおり、合流路は地上から直進しながら高度を上げ、右側から本線に接続する構造となっている。



図 5.2.4.1-31 実証 1-名高速：走行経路（六番南入口）



図 5.2.4.1-32 実証 1-名高速：合流地点（六番南入口）

木場入口は、図 5.2.4.1-33、図 5.2.4.1-34 に示すとおり、合流路は地上から直進しながら高度を上げ、左側から本線に接続する構造となっている。

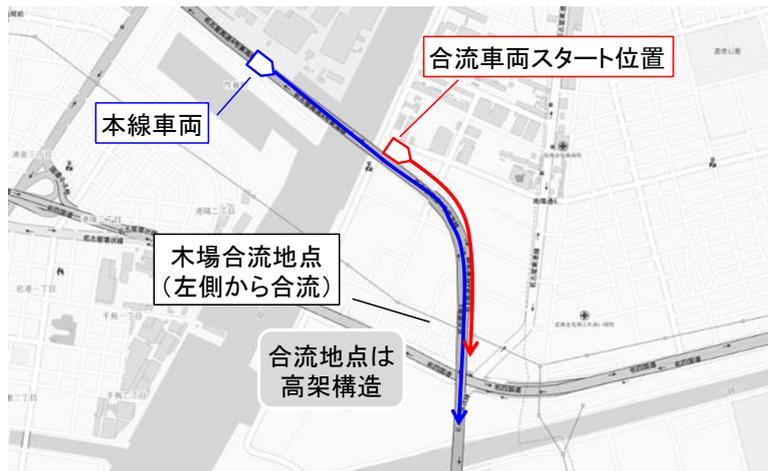


図 5.2.4.1-33 実証 1 名高速：走行経路（木場入口）



図 5.2.4.1-34 実証 1 名高速：合流地点（木場入口）

春岡入口は、図 5.2.4.1-35、図 5.2.4.1-36 に示すとおり、合流路が右側から本線に接続しており、合流地点付近は半地下構造（部分的に空が見える空間が存在する）となっている。



図 5.2.4.1-35 実証 1 名高速：走行経路（春岡入口）



図 5.2.4.1-36 実証 1 名高速：合流地点（春岡入口）

四谷入口は、春岡入口と同様の構造となっている。



図 5.2.4.1-37 実証 1 名高速：走行経路（四谷入口）



図 5.2.4.1-38 実証 1 名高速：合流地点（四谷入口）

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 評価対象車両の通信ログの取得を開始する
- Step 2 本線車両が走行を開始する
- Step 3 合流車両が走行を開始する
- Step 4 合流地点通過後、通信ログの取得を停止する

走行パターン

都市高速であることから、本線車両の速度は 60km/h とした。合流車両はおよそ 40km/h で合流路を走行し、合流地点手前から 60km/h まで加速し、合流地点を通過する。

(イ) 評価方法

各測定において取得したデータから有効データを抽出する。次に有効データからパケット到達率と往復回数を算出する。本線車両の合流地点までの距離に対するパケット到達率と往復回数の推移により評価する。

いずれの測定においても、干渉の関係にある本線車両と合流車両の組み合わせを抽出し、それらの車両間の通信ログを有効データとした。実証実験では、干渉の定義として、本線車両が合流地点に到達した時点でその前後 50m 以内に合流車両が存在することとしている。この 50m は、100km/h で走行する車両が 2 秒で進む距離に相当する。本実証では、干渉を定義する本線車両と合流車両の間の距離として、本線車両速度に関わらず 50m を採用した。図 5.2.4.1-39 は、JARI②の本線車両速度 100km/h における合流地点と干渉エリアを示しており、黄色矢印の区間が干渉エリアとなる。この写真では、本線車両①に対し合流車両①が干渉しており、合流車両②は干渉していない。従って、本線車両①と合流車両①の組み合わせのデータが有効データとなる。

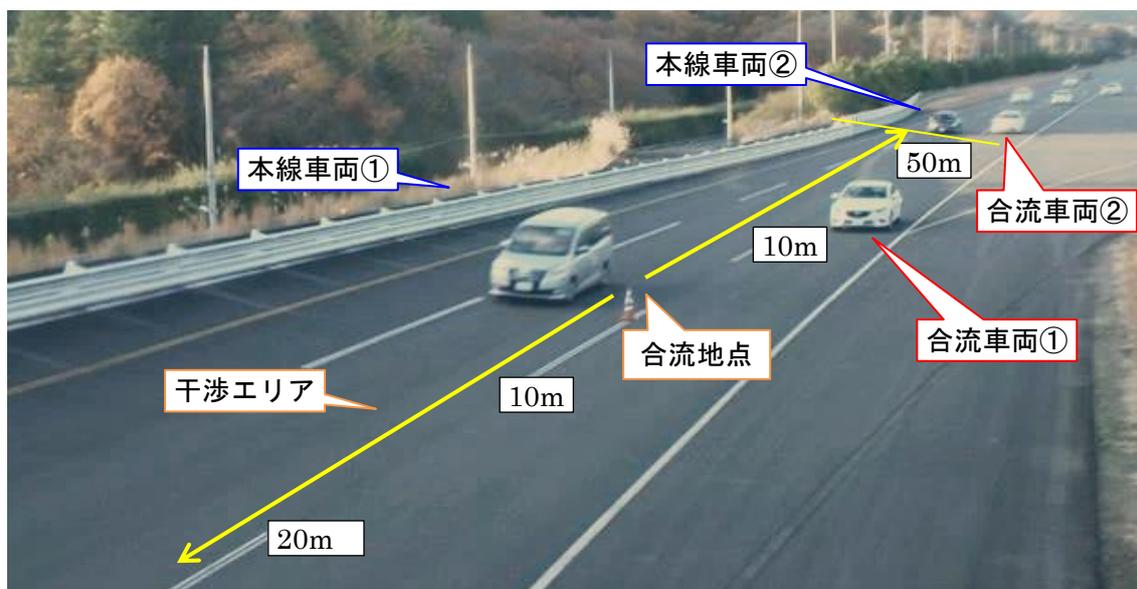


図 5.2.4.1-39 合流における干渉

集計した有効データからパケット到達率を求める。パケット到達率は、有効データにおいて合流車両が送信したパケット数に対し本線車両で受信したパケット数の割合である。合流地点を基準 (0m) として 10m 区間で全有効データからパケット到達率を求めた。パケット到達率のグラフの例を図 5.2.4.1-40 に示す。横軸の距離は本線車両の合流地点までの

距離を示している。

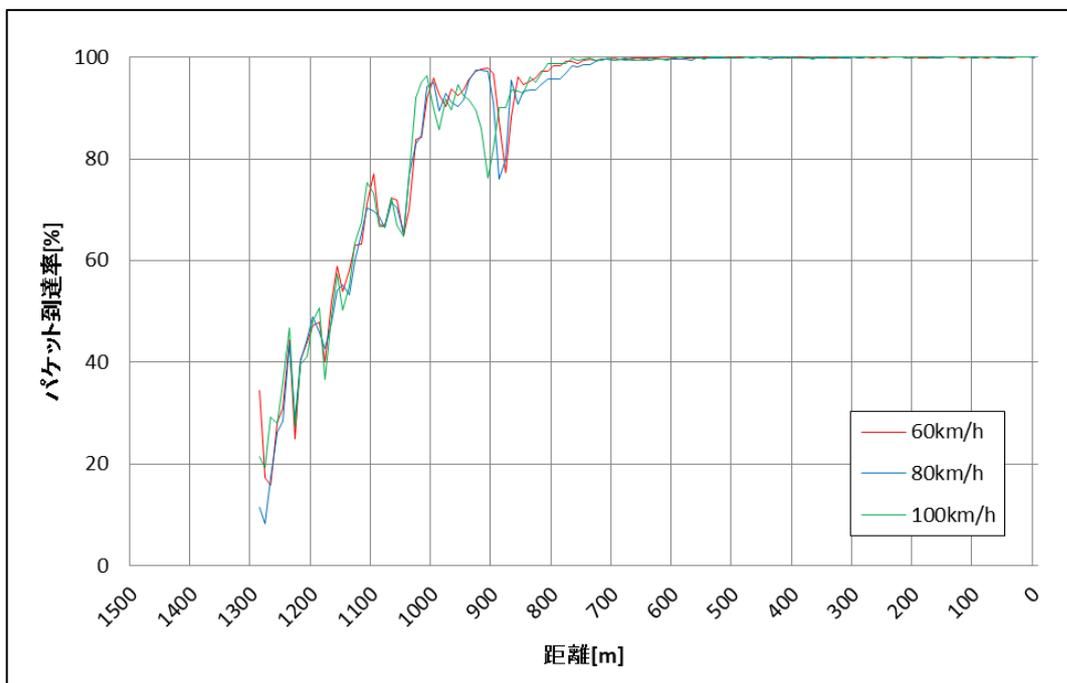


図 5.2.4.1-40 パケット到達率の例（実証 1-JARI②）

往復回数の考え方を図 5.2.4.1-41 に示す。この図は、本線車両と合流車両間のパケットの流れを矢印で示しており、相手車両にパケットが到達したときは実線で、そうでないときは破線で示している。また、ネゴシエーション処理の判定結果を含むパケットを赤色で、そうでないパケットを黒色で示している。各車両は、常時 100 ミリ秒周期でパケットを送信しており、相手からの判定結果を含むパケットを受信した場合は、ネゴシエーション処理を行い、その結果を送信する。このネゴシエーション処理には 200 ミリ秒を要すると仮定している。このように、判定結果を含むパケットが合流車両から本線車両に送信され、次に本線車両から合流車両に送信されることを 1 往復として数える。図で示すように、1 往復目のようなパケット到達率が 100% である場合は、1 回の往復にかかる時間は 400 ミリ秒程度であるが、2 往復目のようなパケット到達率が低下した場合は、その時間は増大する。

今回の実証実験では、合流車両が合流路に進入後に、本線車両からのパケットを受信した時点の時点として、往復回数を数えた。

往復回数のグラフの例を図 5.2.4.1-42 に示す。横軸は本線車両から合流地点までの距離を、縦軸は往復回数を示す。グラフ中の赤線は、全試行のうちで、合流地点到達時の往復

回数が最大となった試行の遷移を、青線は最小となった試行の推移を示す。緑線は全試行の平均である。

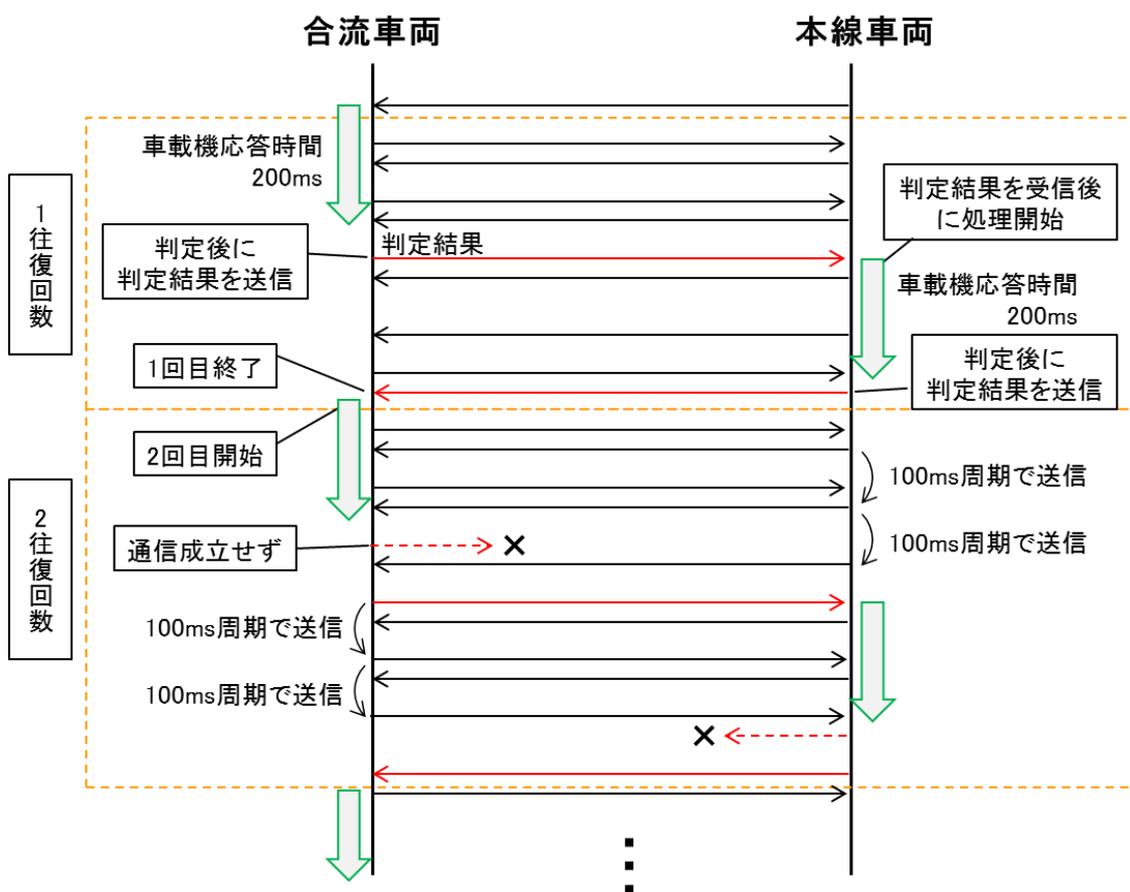


図 5.2.4.1-41 ネゴシエーションにおける往復回数の考え方

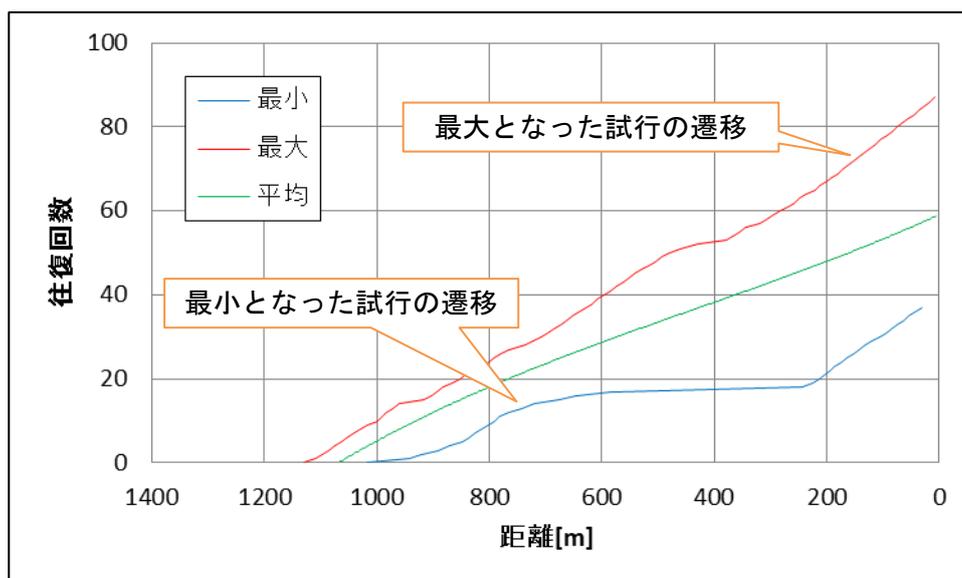


図 5.2.4.1-42 往復回数の例（実証 1－東海環状－豊田松平 IC 80km/h）

(4) 実証 2 車線変更

(ア) 環境

(a) JARI②

実験車両

本実証実験では、表 5.2.4.1-8 に示すとおり、10 台の車両を使用した。5 台は車線変更車両、残りの 5 台は車線変更先車両として使用する。使用車両は実証 1－JARI②と同一である。

表 5.2.4.1-8 実証 2-JARI②：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 B	車線変更先車両
2	アテンザ	構成 B	車線変更車両
3	レヴォーグ	構成 B	車線変更先車両
4	プリウス	構成 D	車線変更車両
5	プリウス	構成 D	車線変更先車両
6	プリウス	構成 D	車線変更車両
7	プリウス	構成 D	車線変更先車両
8	アクア	構成 D	車線変更車両
9	アクア	構成 D	車線変更先車両
10	アクア	構成 D	車線変更車両

走行経路

車線変更車両と車線変更先車両の走行経路を図 5.2.4.1-43 に示す。車線変更車両は巡回試験場内をスタートし、高速周回路の第 1 車線を No.2、4、6、8、10 の順で隊列走行する。車線変更先車両は高速周回路の第 2 車線を No.1、3、5、7、9 の順で隊列走行する。

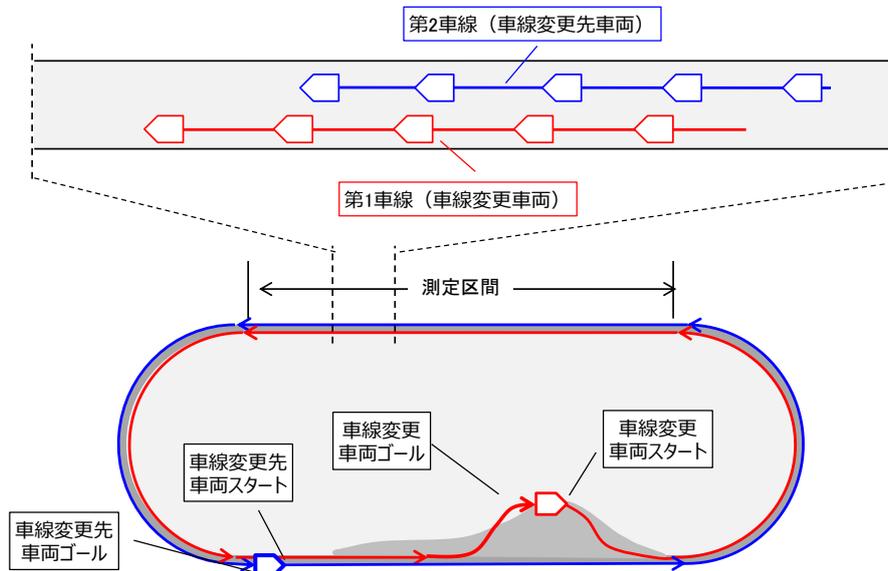


図 5.2.4.1-43 実証 2-JARI②：走行経路

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

Step1 全車両がスタート位置で待機する

Step2 通信ログの取得を開始する

Step3 車線変更先車両が走行を開始する

Step4 車線変更車両が走行を開始する

Step5 経路に沿って走行しスタート位置に戻る

Step6 通信ログの取得を停止する

走行パターン

都市間高速と都市高速での車線変更を想定し、表 5.2.4.1-9 に示すとおり 3 つのパターンを設定した。車線変更先車両は、測定区間到達時に車線変更車両の最後尾車両より後方を走行し、測定区間を抜けるまでに車線変更車両を追い抜く。

表 5.2.4.1-9 走行パターン

パターン	車線変更車両速度 [km/h]	車線変更先車両速度 [km/h]
1	60	80
2	60	100
3	80	100

(b) 東海環状

実験車両

本実証実験では、表 5.2.4.1-10 に示すとおり、6 台の車両を使用した。4 台は車線変更車両、残りの 2 台は車線変更先車両として使用する。使用車両は実証 1-東海環状の一部の車両と同一である。

表 5.2.4.1-10 実証 2－東海環状：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 A	車線変更車両
2	アテンザ	構成 A	車線変更車両
3	レヴォーグ	構成 A	車線変更先車両
4	アクア	構成 C	車線変更車両
5	アクア	構成 C	車線変更車両
8	ウイッシュ	構成 E	車線変更先車両

走行経路

東海環状自動車道の豊田東 IC～豊田藤岡 IC 間（内回りおよび外回り）で測定した。走行経路を図 5.2.4.1-44、図 5.2.4.1-45 に示す。内回りでは、豊田勘八 IC から豊田藤岡 IC までの区間で、外回りでは、豊田松平 IC 南の五ヶ丘トンネルを抜けてから豊田東 IC までの区間で測定を行った。

車線変更車両の 4 台が No.1、4、5、2 の順で走行車線を隊列走行する。その後方から車線変更先車両の 2 台が No.3、8 の順で隊列走行し、車線変更車両を追い抜く。

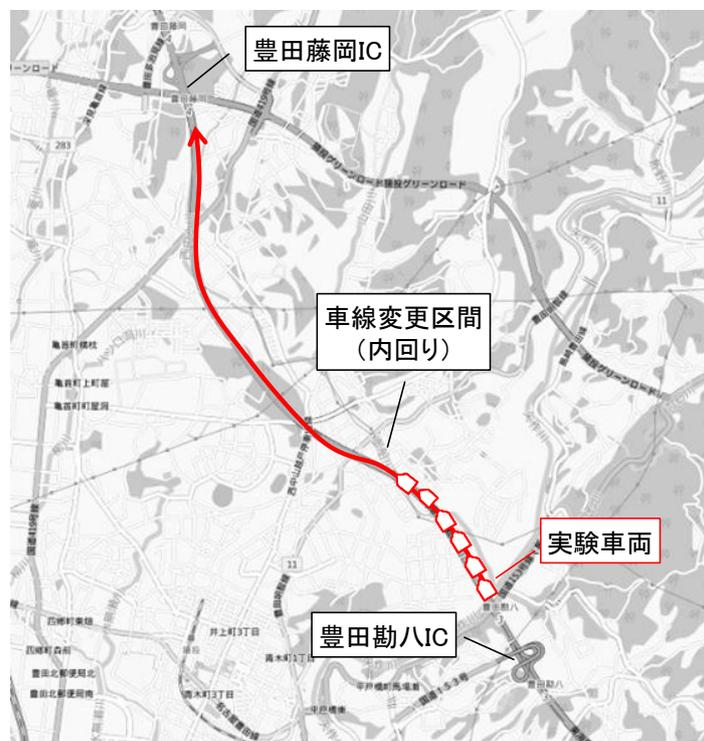


図 5.2.4.1-44 実証 2－東海環状：走行経路（内回り）

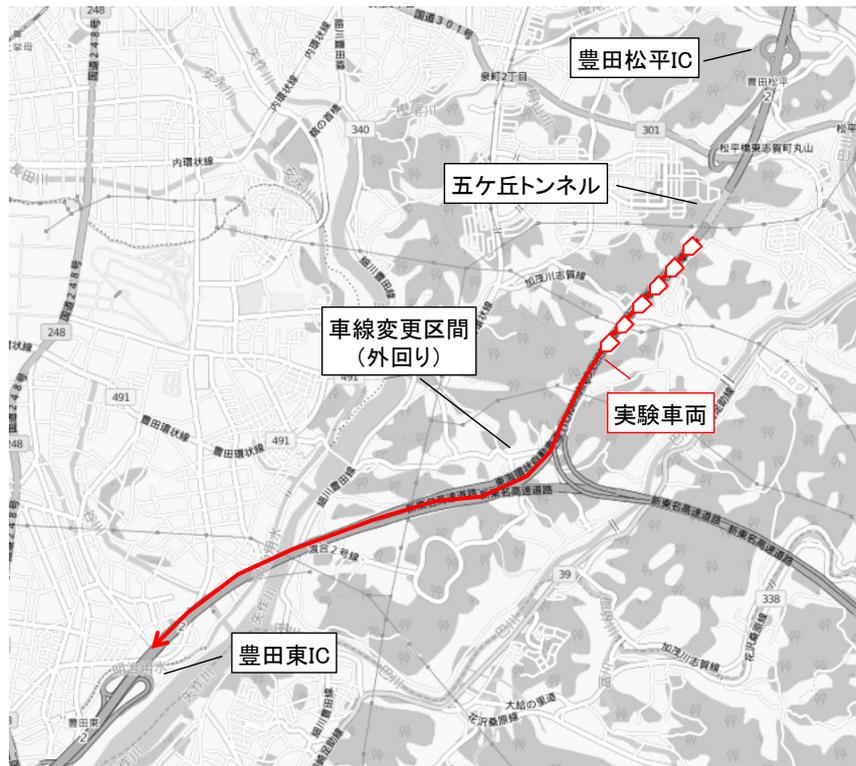


図 5.2.4.1-45 実証 2—東海環状：走行経路（外回り）

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 評価対象車両の通信ログの取得を開始する
- Step 2 車線変更車両が走行を開始する
- Step 3 車線変更先車両が走行を開始する
- Step 4 測定区間通過後、通信ログ取得を停止する

走行パターン

都市間高速の規制速度を踏まえ、車線変更車両の速度を 80km/h に、車線変更先車両の速度を 100km/h に設定した。車線変更先車両は、測定区間到達時に車線変更車両の最後尾車両より後方を走行し、測定区間を抜けるまでに車線変更車両を追い抜く。

(イ) 評価方法

各測定において取得したデータから有効データを抽出する。次に有効データからパケッ

ト到達率を算出し、その推移により評価する。いずれの測定においても、車線変更車両と車線変更先車両の組み合わせの通信ログを有効データとした。パケット到達率は、有効データにおいて車線変更車両が送信したパケット数に対し、車線変更先車両が受信したパケット数の割合で、横軸は車線変更車両と車線変更先車両の車間距離とした。

(5) 実証3 緊急ハザード情報共有

(ア) 環境

(a) JARI②

実験車両

実証2-JARI②と同一車両を使用し、役割は車線変更先車両を第1グループ、車線変更車両を第2グループと読み替える。

走行経路

実証2-JARI②と同一である。

測定手順

実証2-JARI②と同一である。

走行パターン

本実証実験では、都市間高速と都市高速を想定し、表5.2.4.1-11に示すとおり3つのパターンを設定した。表5.2.4.1-11のいずれかのパターンに従って、グループごとに測定区間を隊列走行する。

表 5.2.4.1-11 走行パターン

パターン	車両速度 [km/h]	車間距離 [m]
1	60	30
2	80	40
3	100	50

(b) 東海環状

実験車両

実証 1－東海環状－日程①と同一の車両を使用し、役割は本線車両を第 1 グループ、合流車両を第 2 グループと読み替える。

走行経路

図 5.2.4.1-46 に示すように、内回りでは豊田松平 IC から鞍ヶ池 PA までの区間で、外回りでは鞍ヶ池 PA から豊田松平 IC までの区間で測定を行った。第 1 グループでは No.1、4、5、2、3、8 の順で、第 2 グループでは No.9、6、7、10 の順で隊列走行する。

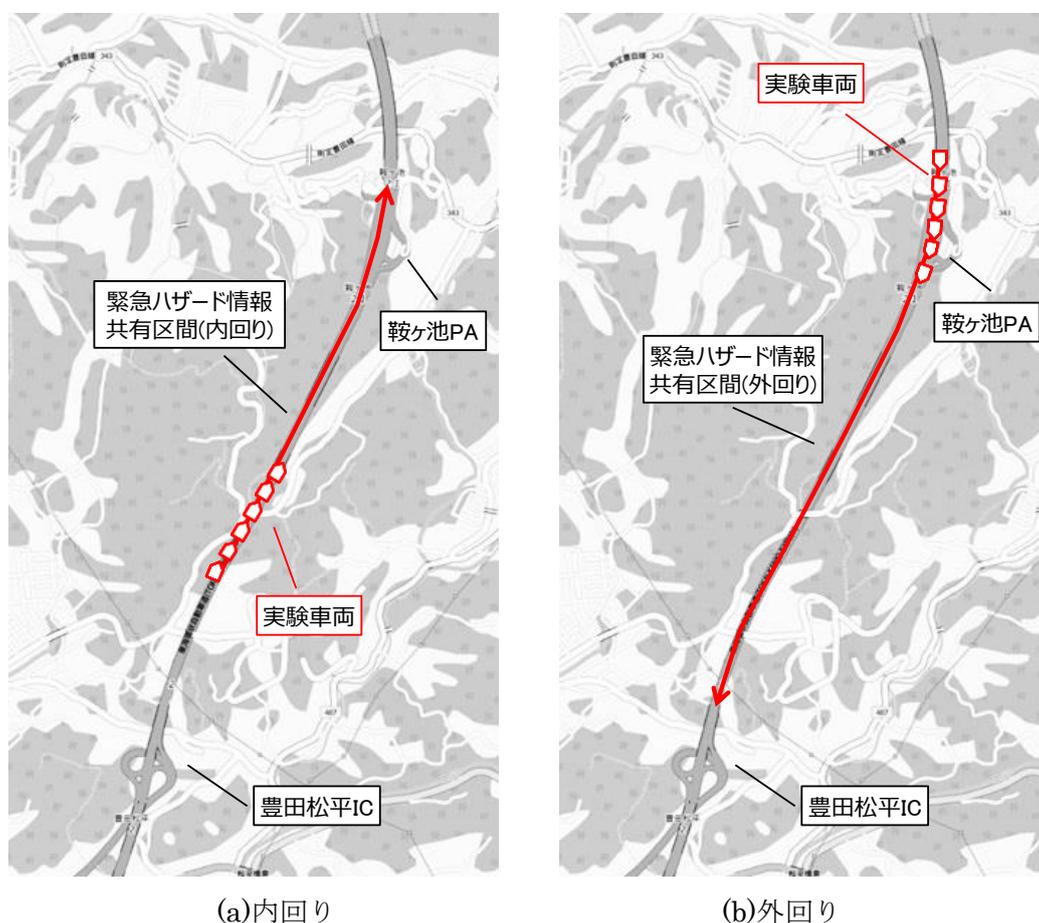


図 5.2.4.1-46 実証 3－東海環状：走行経路

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

Step 1 評価対象車両の通信ログの取得を開始する

Step 2 走行を開始する

Step 3 測定区間通過後、通信ログ取得を停止する

走行パターン

都市間高速の規制速度を踏まえ、第 1 グループの速度を 100km/h に、第 2 グループの速度を 80km/h に設定した。

(c) 名高速

実験車両

実証 1-名高速-日程①における本線車両を第 1 グループに、合流車両を第 2 グループに読み替える。

走行経路

名古屋高速の東海線で測定した。走行経路を図 5.2.4.1-47 に示す。上りでは船見入口から尾頭橋出口までの区間で、下りでは六番南入口から船見出口までの区間で測定を行った。第 1 グループは No.1、4、5、2、3、8 の順で、第 2 グループは No.6、9、10、7 の順で隊列走行する。

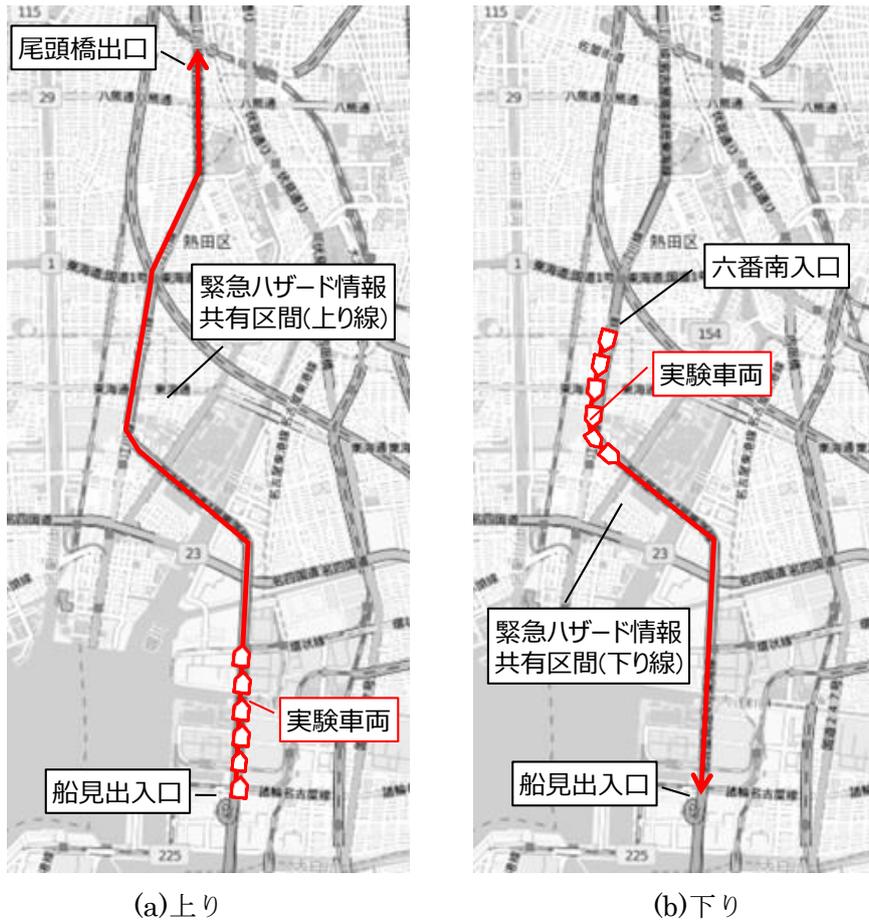


図 5.2.4.1-47 実証 3 一車線高速：走行経路（上り線）

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 評価対象車両の通信ログの取得を開始する
- Step 2 走行を開始する
- Step 3 測定区間通過後、通信ログ取得を停止する

走行パターン

都市高速の規制速度を踏まえ、各グループの速度を 60km/h に設定した。

(イ) 評価方法

各測定において取得したデータから有効データを抽出する。次に有効データからパケット到達率を算出し、その推移により評価する。いずれの測定においても、隊列走行する車

両において、1台の車両とその車両に後続する1台の車両との間の通信ログを有効データとした。パケット到達率の求め方は、車線変更と同様である。

(6) 実証4 前方検知

(ア) 環境

(a) JARI①

実験車両

本実証実験では、表 5.2.4.1-12 に示すとおり 7 台の車両を使用した。5 台は走行車両、2 台は停止車両として使用した。走行車両は停止車両情報を受信する役割を、停止車両は停止情報を送信する役割を担う。車両外観を図 5.2.4.1-48 に示す。識別記号 1～3 の車両は、実証 1-JARI②の車両と同一である。

表 5.2.4.1-12 実証 4-JARI①：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 B	走行車両
2	アテンザ	構成 B	走行車両
3	レヴォーグ	構成 B	走行車両
4	プリウス	構成 D	走行車両
5	プリウス	構成 F	停止車両
6	エスクァイア	構成 E	走行車両
7	エスクァイア	搭載なし	停止車両



4,5: プリウス

6,7: エスクァイア

図 5.2.4.1-48 実証 4-JARI①：実験車両

走行経路

走行経路を図 5.2.4.1-49 に示す。走行車両は、1 台ずつ順番にスタートし、カーブ先に位置する停止車両の左側を通り抜けた後、スタート位置に戻る。

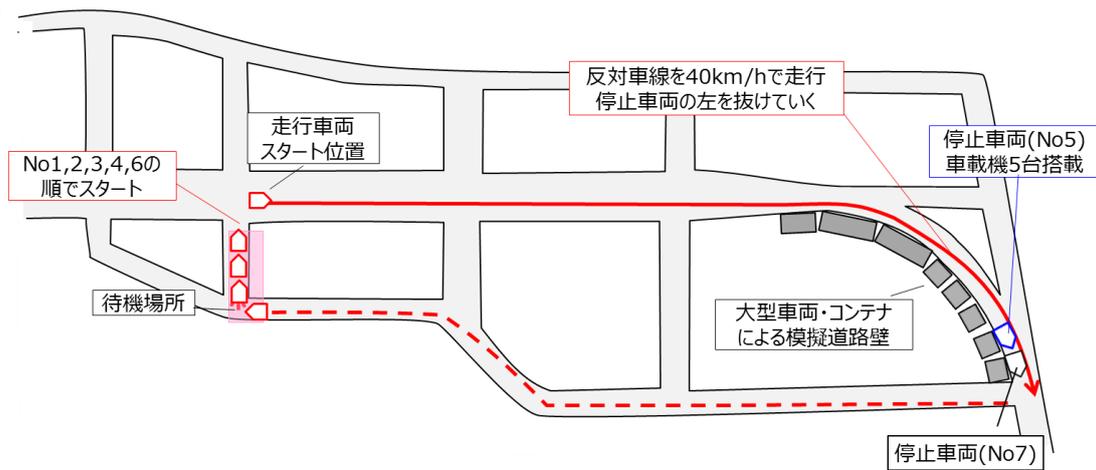


図 5.2.4.1-49 実証 4-JARI①：走行経路



停止車両横を通過

模擬道路壁

カーブに差し掛かる走行車両

停止車両横から走行車両を望む

図 5.2.4.1-50 実証 4-JARI①：測定環境

測定手順

走行車両ごとに、以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 走行車両のログの取得を開始する
- Step 2 走行車両が走行を開始する

Step 3 走行車両は、停止車両の左側を通過後、右折してスタート位置に戻る

Step 4 走行車両のログの取得を停止する

走行パターン

走行車両の速度を 40km/h に設定した。

撮影機材

各車両の走行状況を記録することを目的として、図 5.2.4.1-51 に示すようにビデオカメラを配置した。

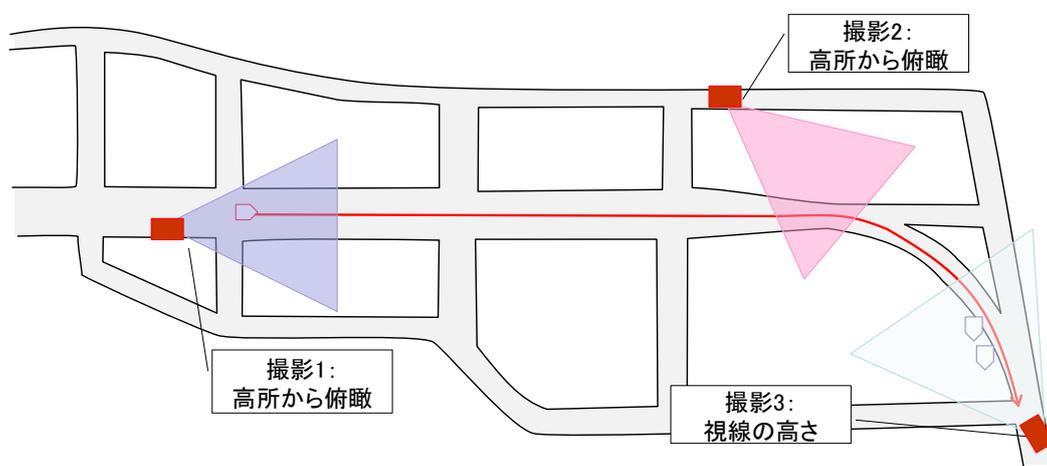


図 5.2.4.1-51 実証 4-JARI①：撮影機材配置

各撮影場所からの画像を図 5.2.4.1-52～図 5.2.4.1-54 に示す。撮影 1 は走行車両の経路全体を、撮影 2 はカーブ区間を鳥瞰撮影した。撮影 3 は停止車両の前方から撮影した。



図 5.2.4.1-52 実証 4-JARI①：撮影画像（撮影 1）



図 5.2.4.1-53 実証 4-JARI①：撮影画像（撮影 2）



図 5.2.4.1-54 実証 4-JARI①：撮影画像（撮影 3）

(b) 名高速

実験車両

実証 1—名高速—日程①の本線車両を走行車両として使用する。なお、実証 4—JARI①で設定した停止車両は特別に設けず、先行して走行する走行車両がその役割を担う。

走行経路

名古屋高速環状線の錦橋出口付近で測定した。走行経路を図 5.2.4.1-55 に示す。走行車両の 6 台が No.1、4、5、2、3、8 の順で隊列走行する。

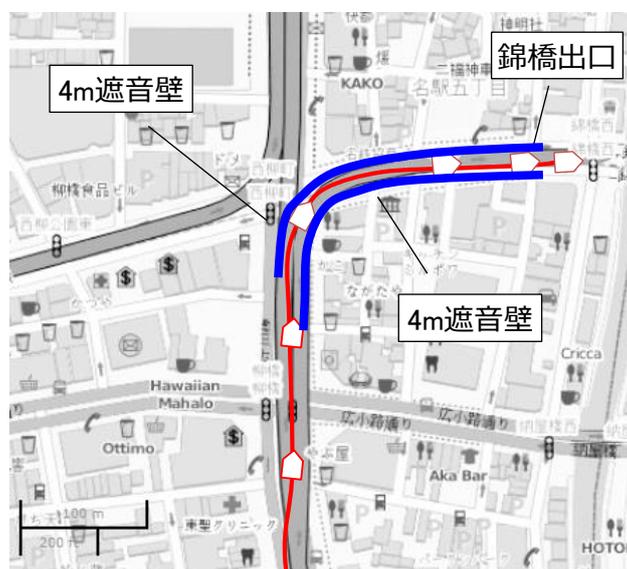


図 5.2.4.1-55 実証 4—名高速：走行経路

測定手順

以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 走行車両の通信ログの取得を開始する
- Step 2 走行を開始する
- Step 3 測定区間通過後、通信ログ取得を停止する

走行パターン

走行車両は錦橋出口までは 60km/h で走行し、流出路では規制速度(30km/h)に従った。

(イ) 評価方法

各測定において取得したデータから有効データを抽出する。次に有効データからパケット到達率を算出し、その推移により評価する。JARI①の測定では、停止車両と走行車両との間の通信ログを有効データとした。名高速の測定では、隊列走行する車両において、1台の車両とその車両に後続する1台の車両の通信ログを有効データとした。パケット到達率の求め方は、車線変更と同様である。

(7) 実証5 歩行者横断情報共有

(ア) 環境

(a) JARI①

実験車両

本実証実験では、表 5.2.4.1-13 に示すとおり、8 台の車両を使用した。5 台は走行車両を、1 台は検知車両を、残りの 2 台は一般車両を担当した。走行車両は、歩行者横断情報を受信する役割を、検知車両は歩行者横断情報を送信する役割を、一般車両は検知車両の前方に停止する無線機非搭載車両の役割を担う。識別記号 10 の車両外観を図 5.2.4.1-56 に示す。識別記号 1～7 の車両は、実証 4-JARI①の車両と同一である。

表 5.2.4.1-13 実証 5-JARI①：実験車両と役割

識別記号	車種	構成	役割
1	ノア	構成 B	走行車両
2	アテンザ	構成 B	走行車両
3	レヴォーグ	構成 B	走行車両
4	プリウス	構成 D	走行車両
5	プリウス	構成 F	検知車両
6	エスクァイア	構成 D	走行車両
7	エスクァイア	無線機なし	一般車両
10	ハイエース グランドキャビン	無線機なし	一般車両



10: ハイエース グランドキャビン

図 5.2.4.1-56 実証 5-JARI① : 実験車両

走行経路

走行経路を図 5.2.4.1-57 に示す。走行車両は、1 台ずつ順番にスタートし、交差点手前に位置する検知車両 No.5 の左側を通過後、交差点を左折し、スタート位置に戻る。

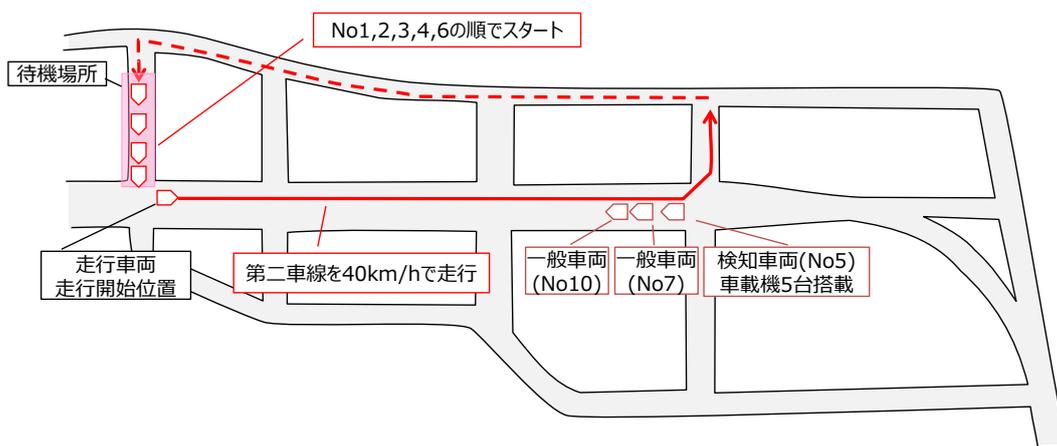


図 5.2.4.1-57 実証 5-JARI① : 走行経路



検知車両横を通過（前方から）



検知車両横を通過（横から）



検知車両横を通過（斜め後方から）



検知車両横を通過（後方から）

図 5.2.4.1-58 実証 5-JARI①：測定環境

測定手順

走行車両ごとに、以下の手順で通信ログを取得する。

- Step 1 走行車両のログの取得を開始する
- Step 2 走行車両が走行を開始する
- Step 3 走行車両は、検知車両横を通過後、右折してスタート位置に戻る
- Step 4 走行車両のログの取得を停止する

走行パターン

走行車両の速度を 40km/h に設定した。

撮影機材

各車両の走行状況を記録することを目的として、図 5.2.4.1-59 に示すようにビデオカメラを配置した。各撮影場所からの画像を図 5.2.4.1-60~図 5.2.4.1-62 に示す。撮影 1 は検知車両の前方から、撮影 2 は検知車両の右後方から鳥瞰撮影し、撮影 3 は検知車両の左前方から撮影した。

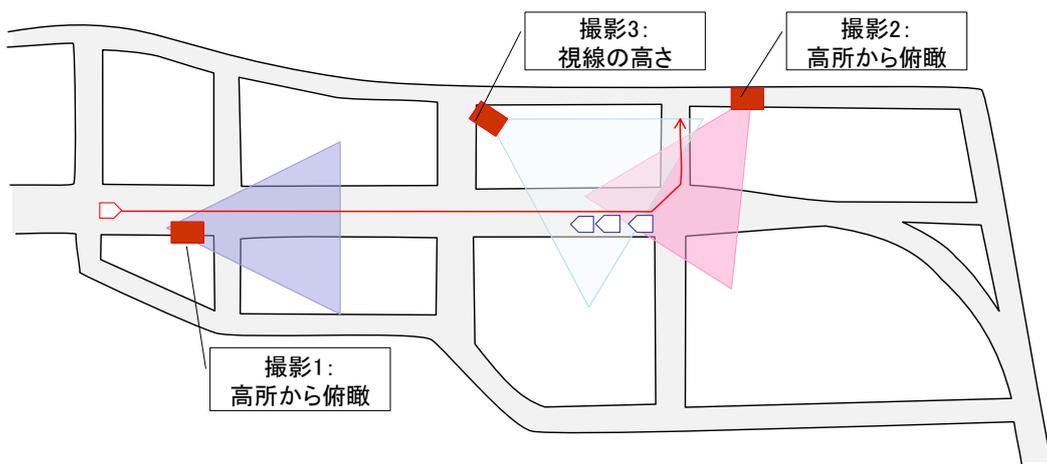


図 5.2.4.1-59 実証 5-JARI① : 撮影機材配置



図 5.2.4.1-60 実証 5-JARI① : 撮影画像 (撮影 1)



図 5.2.4.1-61 実証 5-JARI① : 撮影画像 (撮影 2)



図 5.2.4.1-62 実証 5-JARI①：撮影画像（撮影 3）

(イ) 評価方法

各測定において取得したデータから有効データを抽出する。次に有効データからパケット到達率を算出し、その推移により評価する。検知車両と走行車両間の通信ログを有効データとした。パケット到達率の求め方は、車線変更と同様である。

5. 2. 4. 2 実験結果と考察

(1) 実証 1 合流

(ア) 結果

(a) JARI②

図 5.2.4.2-1 に車両の走行経路を、図 5.2.4.2-2 に各車両のスタート位置の様子を示す。本線車両のスタート位置は合流地点から上流 1300m の地点であるが、本線車両と合流車両のスタート位置の関係は見通しの良い状態（Line-of-Sight : LOS）にある。

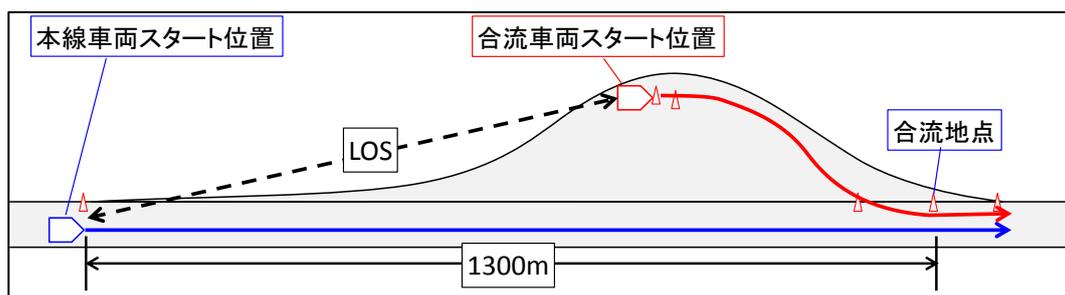


図 5.2.4.2-1 合流-経路図（JARI②）



図 5.2.4.2-2 実験風景 (JARI②)

本線車両速度ごとの有効データ数を表 5.2.4.2-1 に示す。

表 5.2.4.2-1 有効データ数 (JARI②)

本線車両速度 [km/h]	有効データ数
60	217
80	209
100	162

本線車両速度 60km/h の場合

本線車両速度を 60km/h とした場合の本線車両から合流地点までの距離と、合流車両から本線車両へのパケット到達率の関係を図 5.2.4.2-3 に示す。ネゴシエーション区間は、合流車両の走行開始後に本線車両がパケットを受信し始めた時点の本線車両位置、すなわち合流地点上流 730m 地点から、設計減速度 0.05G で合流地点上流 260m 地点まで、設計減速度 0.1G で合流地点上流 180m 地点までとなる。いずれの設計減速度においても、ネゴシエーション区間におけるパケット到達率は 99.3%以上であった。

本線車両位置と往復回数を図 5.2.4.2-4 に、本線車両がネゴシエーション区間の下流端に達するまでの往復回数を表 5.2.4.2-2 に示す。全試行のうち最小の場合でも往復回数が設計減速度 0.05G で 39 回、0.1G で 47 回となり、通信要件である 2 回以上を満たしていることが確認された。

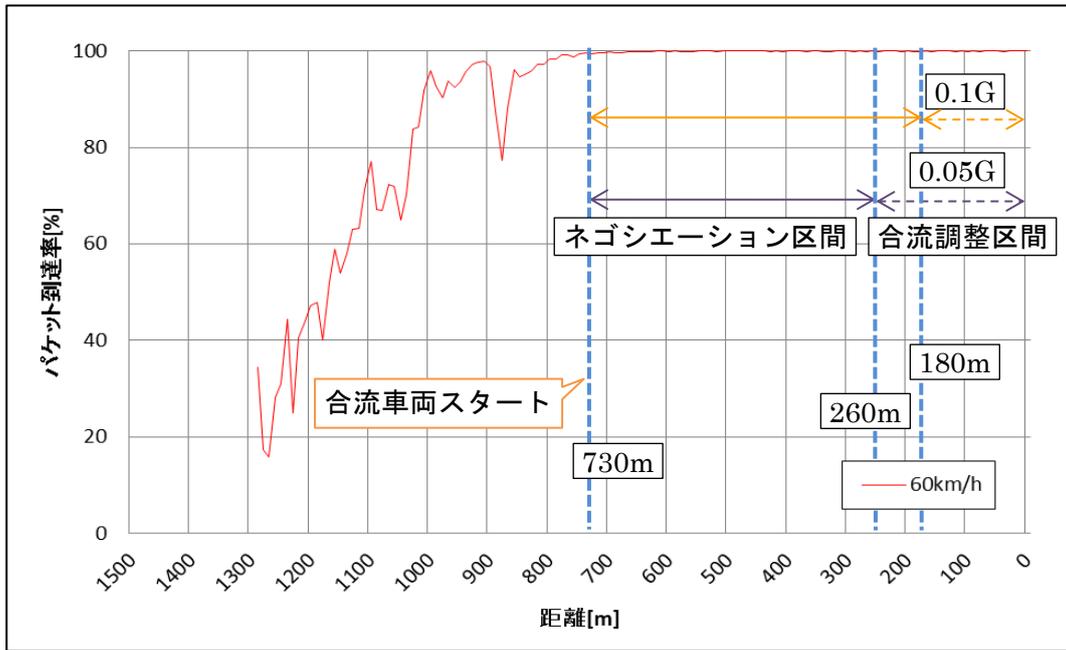


図 5.2.4.2-3 パケット到達率 (60km/h JARI②)

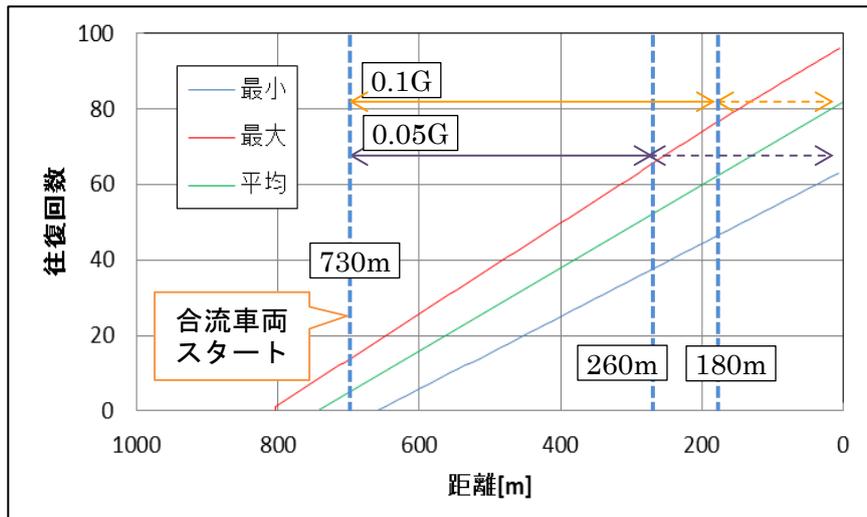


図 5.2.4.2-4 本線車両位置と往復回数 (60km/h JARI②)

表 5.2.4.2-2 往復回数 (60km/h JARI②)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	39	67	54.0
0.1G	47	77	62.8

本線車両速度 80km/h の場合

本線車両速度を 80km/h とした場合の本線車両から合流地点までの距離と、合流車両か

ら本線車両へのパケット到達率の関係を図 5.2.4.2-5 に示す。ネゴシエーション区間は、合流車両の走行開始後に本線車両がパケットを受信し始めた時点の本線車両位置、すなわち合流地点上流 940m 地点から、設計減速度 0.05G で合流地点上流 400m 地点まで、設計減速度 0.1G で合流地点上流 280m 地点までとなる。上流 940m から 700m 地点までのパケット到達率は 75.9%~99.6%、700m 以降は 99.3%以上であった。

本線車両位置と往復回数の関係を図 5.2.4.2-6 に、本線車両がネゴシエーション区間の下流端に達するまでの往復回数を表 5.2.4.2-3 に示す。全試行のうち最小の場合でも往復回数が設計減速度 0.05G で 21 回、0.1G で 31 回となり、通信要件である 2 回以上を満たしていることが確認された。

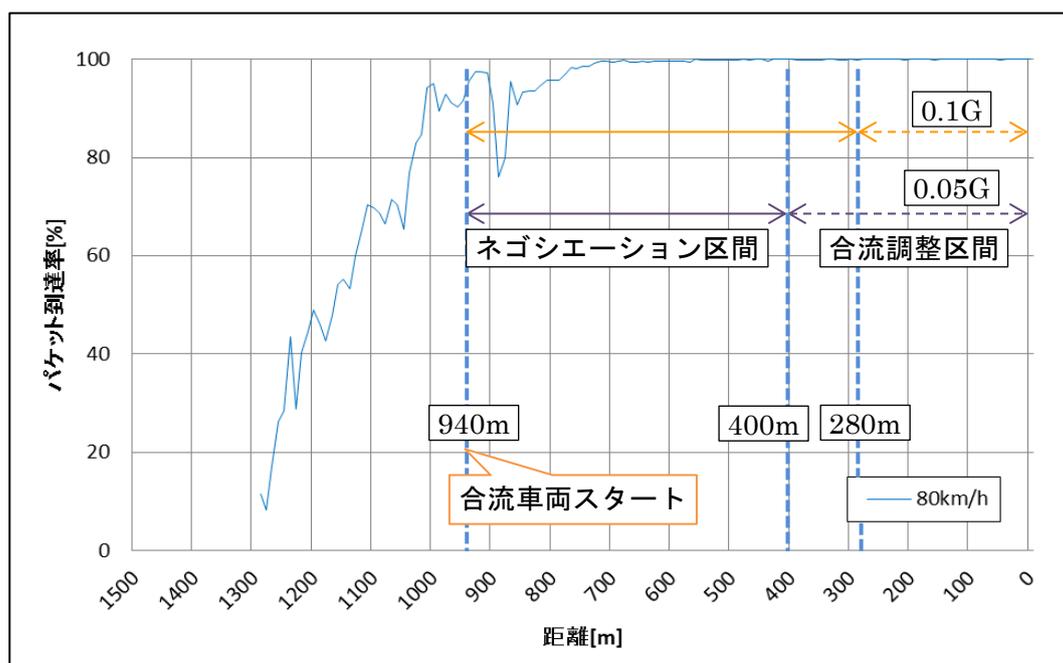


図 5.2.4.2-5 パケット到達率（合流→本線 80km/h JARI②）

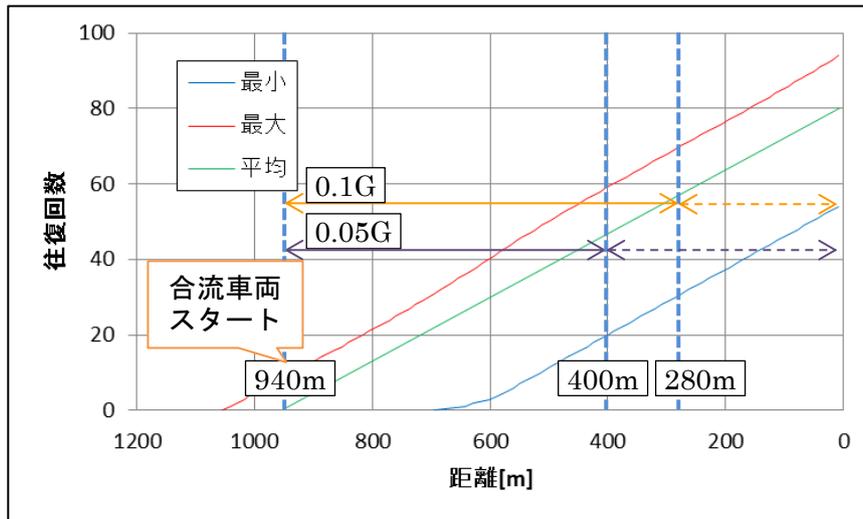


図 5.2.4.2-6 本線車両位置と往復回数 (80km/h JARI②)

表 5.2.4.2-3 往復回数 (80km/h JARI②)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	21	60	47.2
0.1G	31	70	57.5

本線車両速度 100km/h の場合

本線車両速度を 100km/h とした場合の本線車両位置から合流地点までの距離と、合流車両から本線車両へのパケット到達率の関係を図 5.2.4.2-7 に示す。ネゴシエーション区間は、合流車両の走行開始後に本線車両がパケットを受信し始めた時点の本線車両位置、すなわち合流地点上流 1100m 地点から、設計減速度 0.05G で合流地点上流 560m 地点まで、設計減速度 0.1G で合流地点上流 400m 地点までとなる。上流 1100m から 700m 地点までのパケット到達率は 64.7%~99.8%、700m 以降は 99.3%以上であった。

本線車両位置と往復回数の関係を図 5.2.4.2-8 に、本線車両がネゴシエーション区間の下流端に達するまでの往復回数を表 5.2.4.2-4 に示す。全試行のうち最小の場合でも往復回数が設計減速度 0.05G で 11 回、0.1G で 22 回であり、通信要件である 2 回以上を満たしていることが確認された。

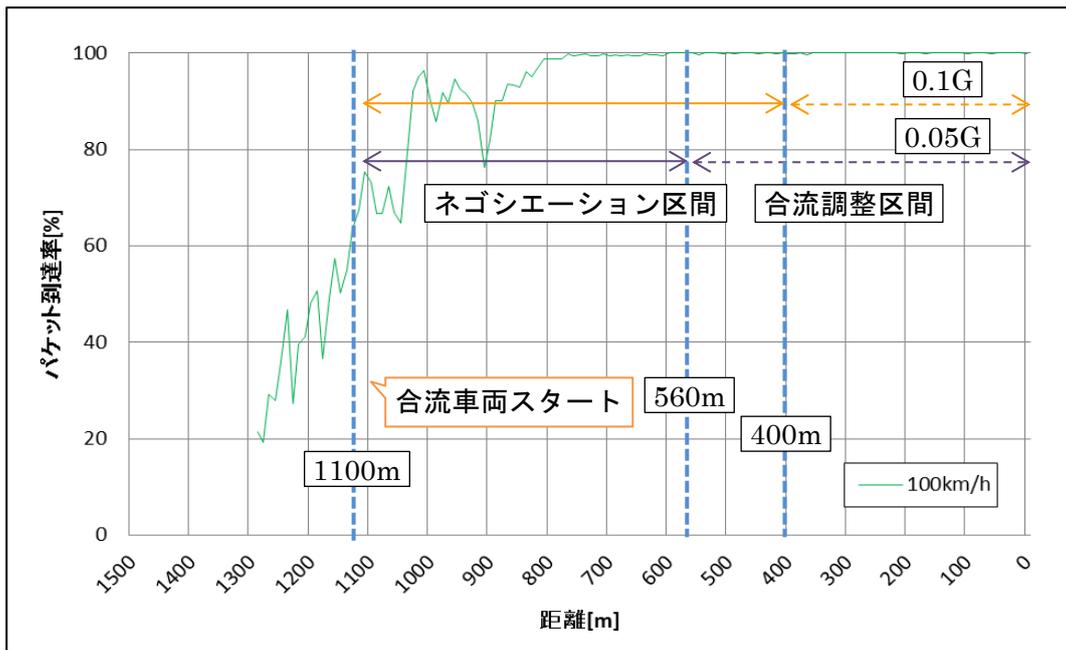


図 5.2.4.2-7 パケット到達率（合流→本線 100km/h JARI②）

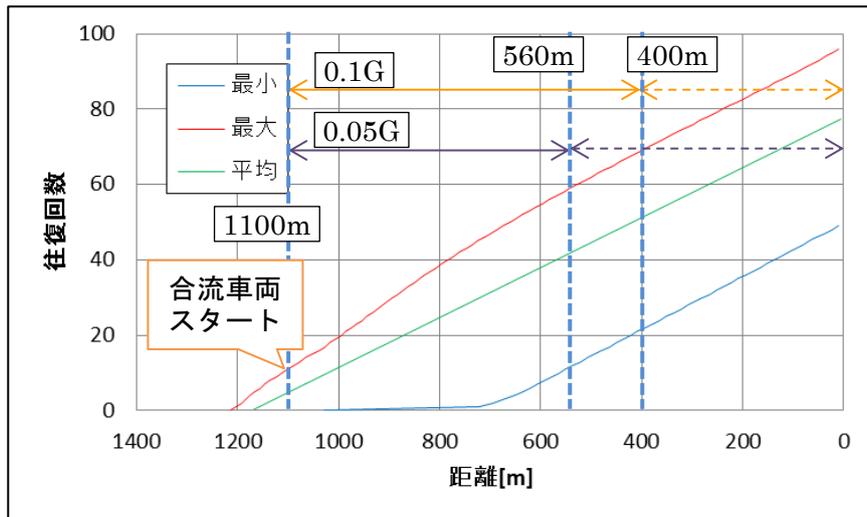


図 5.2.4.2-8 往復回数（100km/h JARI②）

表 5.2.4.2-4 往復回数（100km/h JARI②）

減速度	最小	最大	平均
0.05G	11	58	40.4
0.1G	22	70	51.5

(b) 東海環状

1) 豊田松平 IC (内回り) での合流

豊田松平 IC (内回り) の道路形状と周囲の環境について、図 5.2.4.2-9～図 5.2.4.2-11 を用いて説明する。合流路は地点①において、本線の高架下を通過し、旋回しながら高度を上げ本線に接続する。地点②～③においては、本線と合流路の間に存在する山により両者間の見通しが遮られる状態となる。



図 5.2.4.2-9 合流地点経路図 (東海環状：豊田松平 IC)



合流路

本線路

図 5.2.4.2-10 本線・合流路の様子（東海環状：豊田松平 IC）



図 5.2.4.2-11 合流地点（東海環状：豊田松平 IC）

実験で取得した本線車両速度ごとの有効データ数は表 5.2.4.2-5 のとおりである。

表 5.2.4.2-5 有効データ数（東海環状：豊田松平 IC）

本線車両速度 [km/h]	有効データ数
80	65
100	10

本線車両速度 80km/h の場合

本線車両速度を 80km/h とした場合の合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-12 に、本線車両と合流車両の位置関係を図 5.2.4.2-13 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-14 と表 5.2.4.2-6 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 1200m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 400m 地点（地点 A）、設計減速度 0.1G では合流地点上流 280m 地点（地点 B）となる。

図 5.2.4.2-13 に示すように、本線車両が合流地点の上流 1000m に位置しているとき、合流車両は本線の高架下手前（地点①）に位置している。また、本線車両が 900m に位置しているとき、合流車両は高架下に位置する。本線車両が合流地点上流 900m に至るまでは、見通しの良い環境であることから、本線車両と合流車両が接近するにつれてパケット到達率は上昇している。しかし、合流車両が地点①を通過するとパケット到達率の上昇は止まる。その後、本線車両が上流 600m 地点に至ると、合流車両は地点②に達し、本線車両と合流車両との間に山によって遮られた結果、パケット到達率が著しく低下している。さらに接近し、本線車両が地点 B を通過する辺りになると、本線車両と合流車両の間の山が切れ、急激にパケット到達率が上昇しており、上流 300m 地点で 23.6%であったものが、上流 200m 地点では 90.3%を超え、上流 150m 地点以降は 98.2%以上となっている。いずれの設計減速度についてもネゴシエーション区間におけるパケット到達率は 70%を超えることはなかったが、ネゴシエーション区間の距離が十分に長いため、全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 15 回、0.1G で 17 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

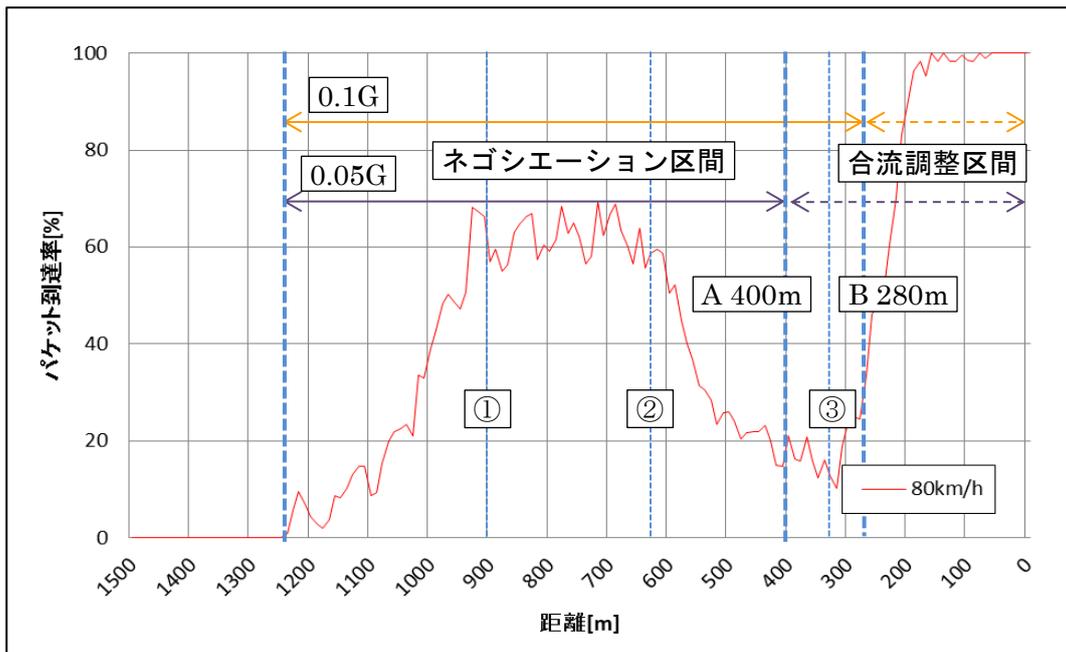


図 5.2.4.2-12 パケット到達率（合流→本線 80km/h 東海環状：豊田松平 IC）

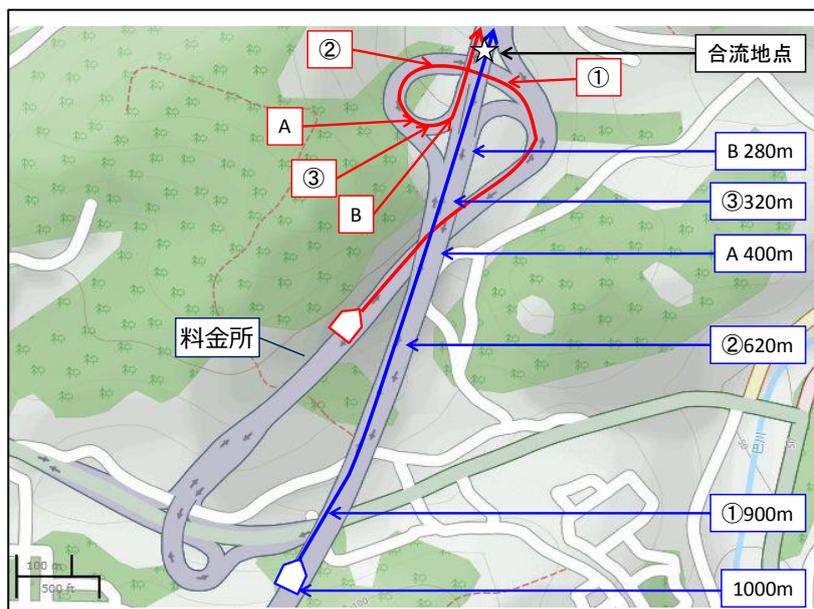


図 5.2.4.2-13 本線車両と合流車両の位置関係（80km/h 東海環状：豊田松平 IC）

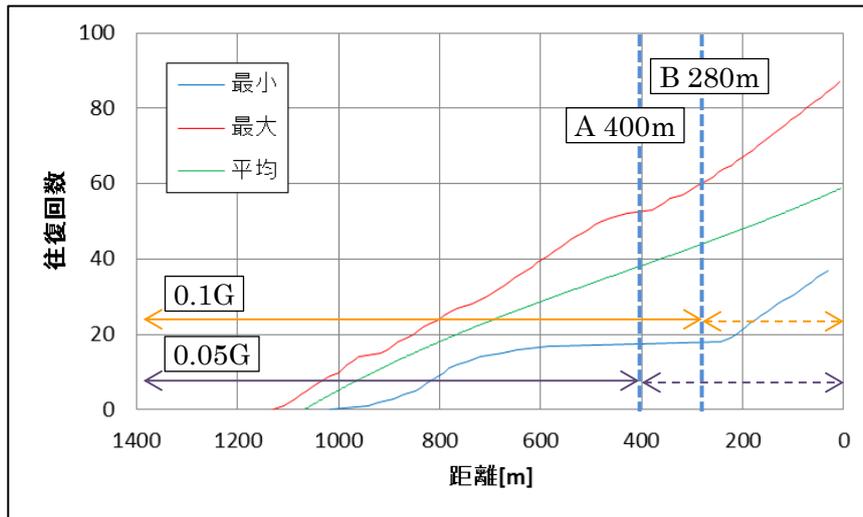


図 5.2.4.2-14 往復回数 (80km/h 東海環状：豊田松平 IC)

表 5.2.4.2-6 往復回数 (80km/h 東海環状：豊田松平 IC)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	15	53	38.7
0.1G	17	62	43.1

本線車両速度 100km/h の場合

本線車両速度を 100km/h とした場合の合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-15 に、本線車両と合流車両の位置関係を図 5.2.4.2-16 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-17 と表 5.2.4.2-7 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 1200m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G で合流地点上流 560m 地点 (地点 A)、設計減速度 0.1G で合流地点上流 400m 地点 (地点 B) となる。パケット到達率の変化は本線車両速度 80km/h の結果と同様の傾向を示しており、一度上昇した到達率が一旦下降し、両車が再度見通せるようになる上流 350m 地点付近から急激に改善している。いずれの設計減速度についてもネゴシエーション区間におけるパケット到達率は 67%を超えることはないが、ネゴシエーション区間の距離が十分に長いため、全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G、0.1G とともに 10 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

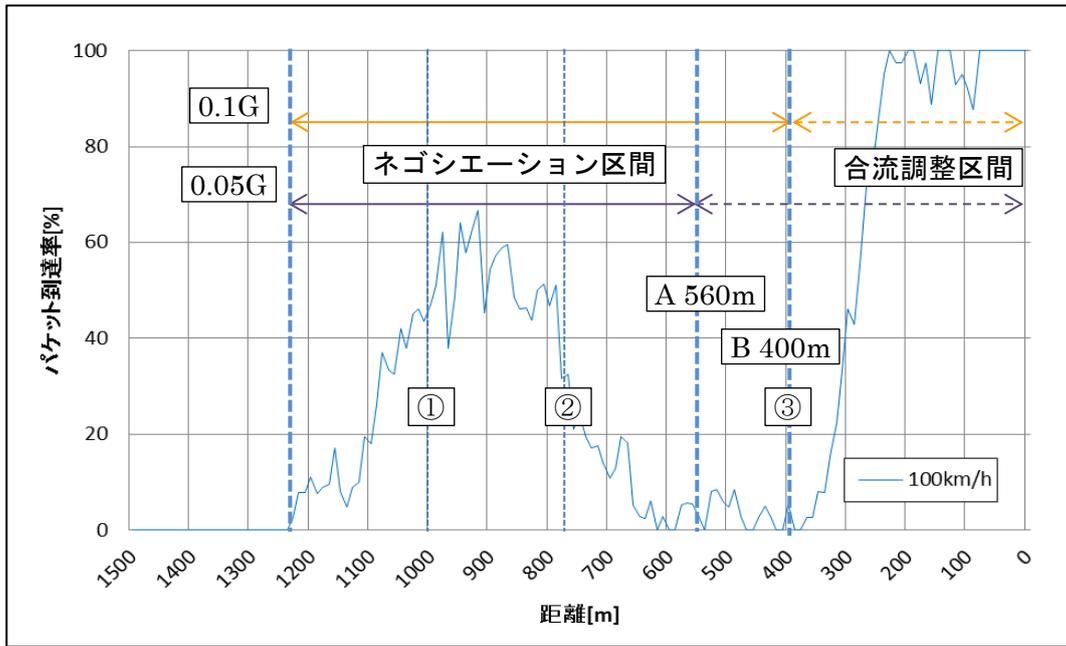


図 5.2.4.2-15 パケット到達率（合流→本線 100km/h 東海環状：豊田松平 IC）

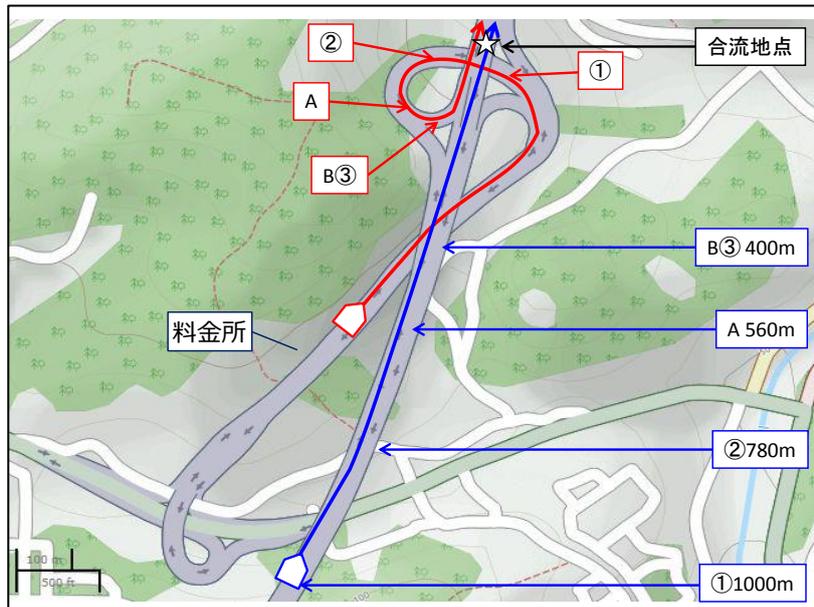


図 5.2.4.2-16 本線車両と合流車両の位置関係（100km/h 東海環状：豊田松平 IC）

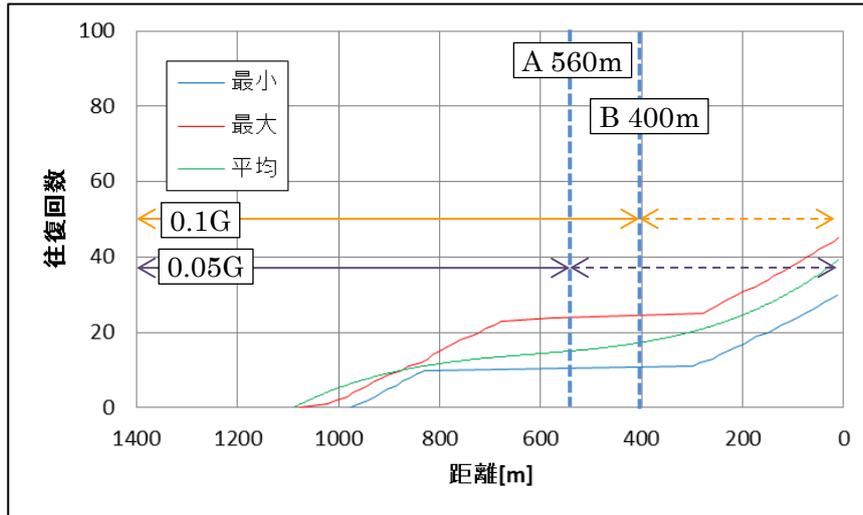


図 5.2.4.2-17 往復回数 (100km/h 東海環状：豊田松平 IC)

表 5.2.4.2-7 往復回数 (100km/h 東海環状：豊田松平 IC)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	10	25	16.8
0.1G	10	25	17.3

2) 豊田勘八 IC (外回り) での合流

豊田勘八 IC (外回り) の道路形状と周囲の環境について、図 5.2.4.2-18～図 5.2.4.2-21 を用いて説明する。合流路は地点①で本線の上を横切り、旋回しながら高度を下げ本線に接続する。地点②付近では、内側の合流路が遮蔽壁となり、見通しが悪くなっている。



図 5.2.4.2-18 合流地点経路図（東海環状：豊田勘八 IC）



図 5.2.4.2-19 合流路の様子（東海環状：豊田勘八 IC）



図 5.2.4.2-20 本線の様子（東海環状：豊田勘八 IC）



図 5.2.4.2-21 合流地点（東海環状：豊田勘八 IC）

実験で取得した本線車両速度ごとの有効データ数は表 5.2.4.2-8 のとおりである。

表 5.2.4.2-8 有効データ数（東海環状）

本線車両速度 [km/h]	有効データ数
80	24
100	15

本線車両速度 80km/h の場合

本線車両速度を 80km/h とした場合の合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-22 に、本線車両と合流車両の位置関係を図 5.2.4.2-23 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-24 と表 5.2.4.2-9 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 1350m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 400m 地点（地点 A）、設計減速度 0.1G では合流地点上流 280m 地点（地点 B）となる。図 5.2.4.2-23 に示すように、本線車両が合流地点の上流 1100m に位置しているとき、合流車両が本線上（地点①）を横切る形となるため、パケット到達率は 63.2%まで上昇しているが、合流車両が地

点②付近を走行している間は本線車両と合流車両の見通しが悪くなるため、パケット到達率は低下している。地点A及びBにおいては、本線と合流路が並走しており見通しも良く、本線車両と合流車両の直線距離も 200m 程度に縮まっていることから、地点 A 以降のパケット到達率は 94.7%以上となっている。ネゴシエーション区間におけるパケット到達率は、上流 500m 地点までは 70%を超えることはなかったが、区間の終端に近づくにつれ上昇しており、80%~100%で推移している。ネゴシエーション区間の距離が十分に長いこともあり、全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 24 回、0.1G で 34 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

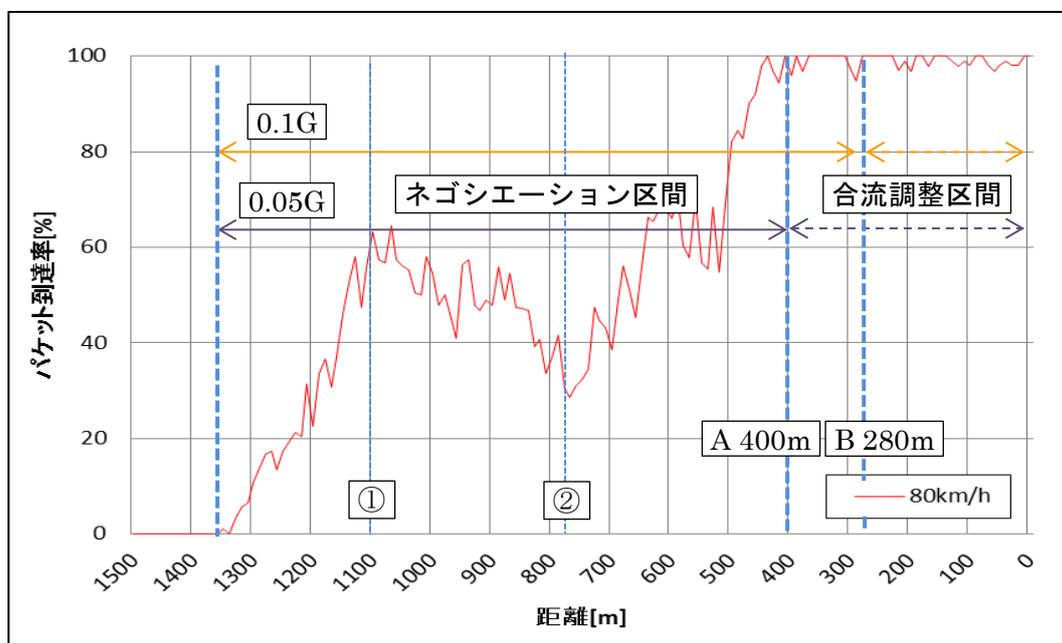


図 5.2.4.2-22 パケット到達率（合流→本線 80km/h 東海環状：豊田勘八 IC）

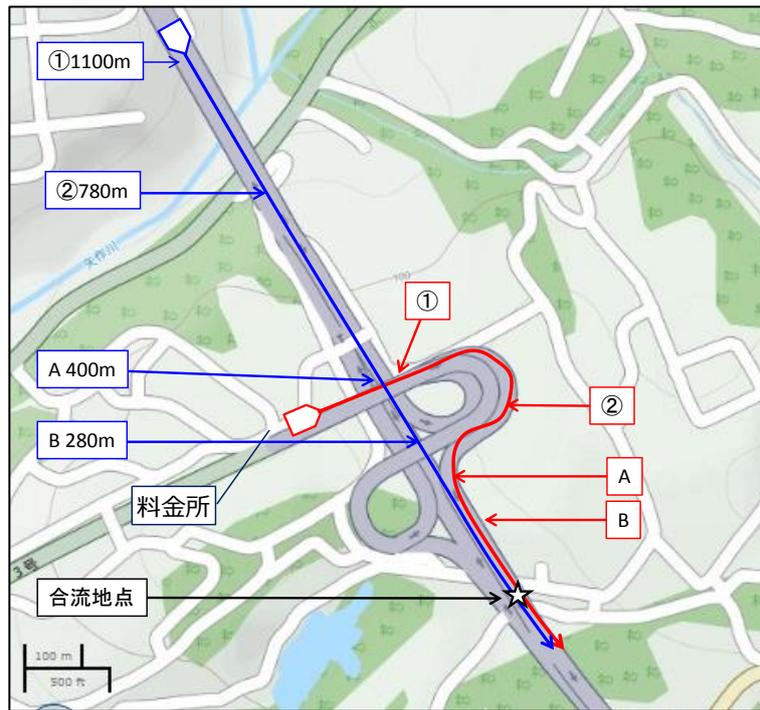


図 5.2.4.2-23 本線車両と合流車両の位置関係(80km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

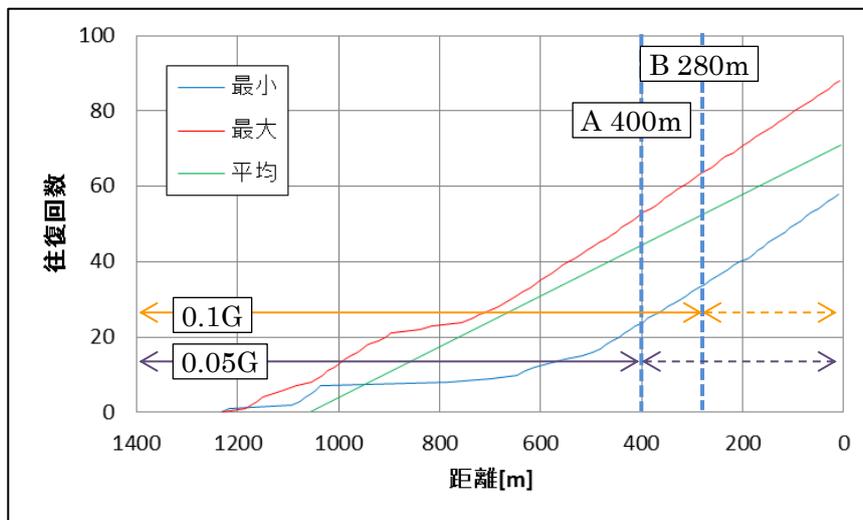


図 5.2.4.2-24 往復回数 (80km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

表 5.2.4.2-9 往復回数 (80km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	24	53	41.8
0.1G	34	64	52.3

本線車両速度 100km/h の場合

本線車両速度を 100km/h とした場合の合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-25 に、本線車両と合流車両の位置関係を図 5.2.4.2-26 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-27 と表 5.2.4.2-10 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 1400m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 560m 地点(地点 A)、設計減速度 0.1G では合流地点上流 400m 地点(地点 B)となる。パケット到達率の変化は本線車両速度 80km/h の結果と同様の傾向を示しているものの、変動の幅は大きくなっている。しかし、ネゴシエーション区間の距離が十分に長いため、全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 13 回、0.1G で 20 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

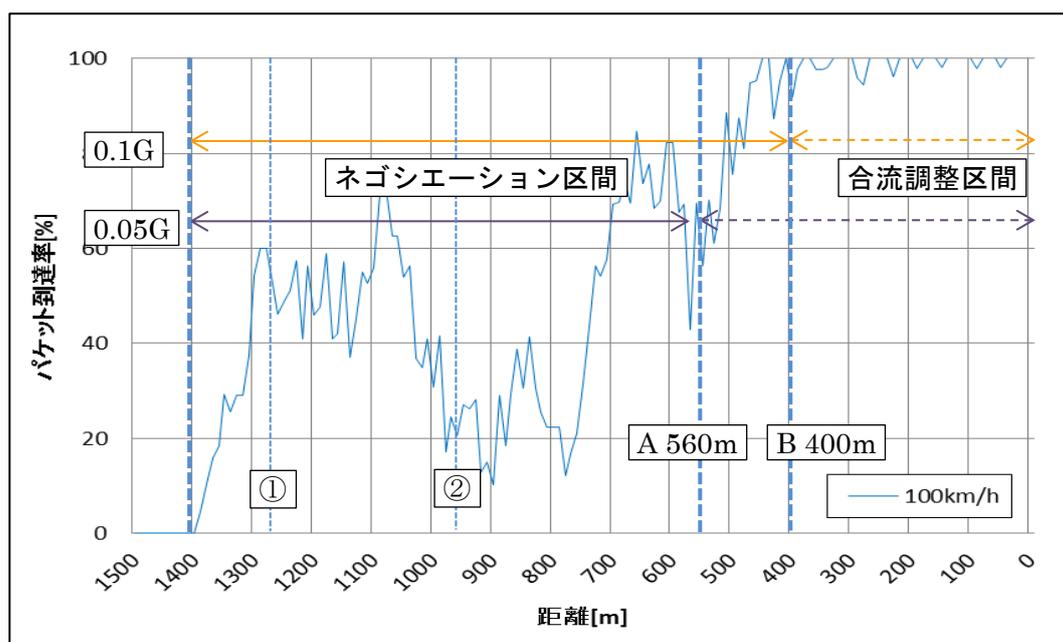


図 5.2.4.2-25 パケット到達率 (合流→本線 100km/h 東海環状：豊田勘八 IC)

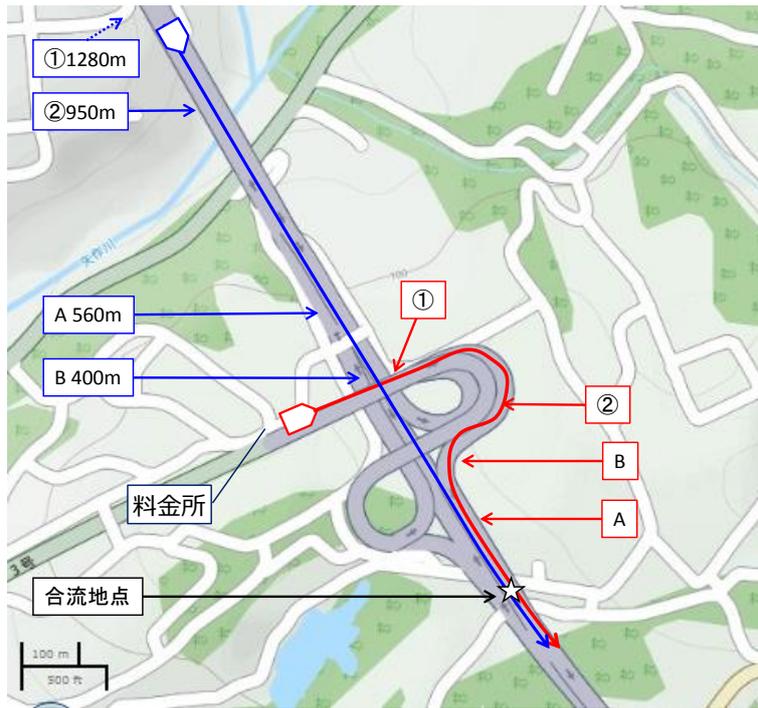


図 5.2.4.2-26 本線車両と合流車両の位置関係(100km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

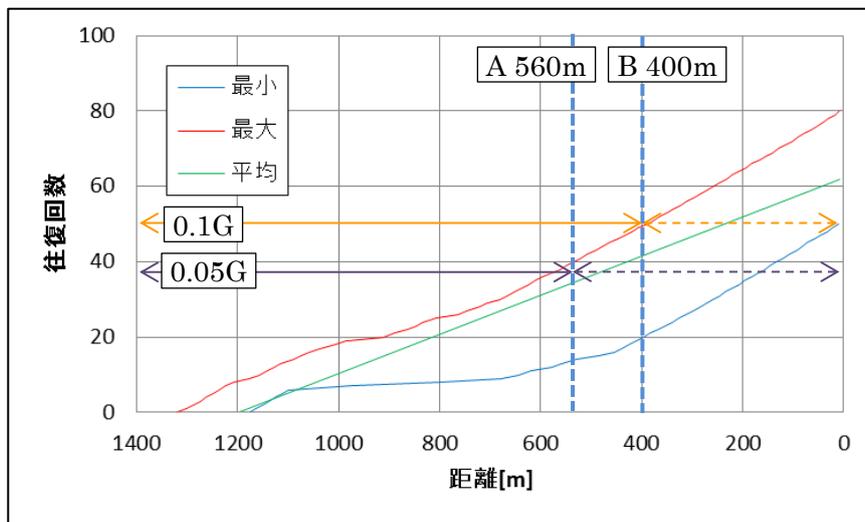


図 5.2.4.2-27 往復回数(100km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

表 5.2.4.2-10 往復回数(100km/h 東海環状:豊田勘八 IC)

減速度	最小	最大	平均
0.05G	13	41	33.3
0.1G	20	52	40.2

(c) 名高速

名古屋高速の実験で取得した各合流地点、各本線車両速度での有効データ数を表 5.2.4.2-11 に示す。以下、これらのデータから得られた結果について、合流地点ごとに述べる。

表 5.2.4.2-11 有効データ数 (名高速)

合流地点	本線車両速度 [km/h]	有効データ数
船見	60	66
六番南		34
木場		32
春岡		46
四谷		41

1) 船見

船見の道路形状と周囲の環境を図 5.2.4.2-28～図 5.2.4.2-30 に示す。合流路は地点①を通過後、左回りに旋回しながら高度を上げ本線に左から接続する。本線及び合流路の両脇には遮音壁があり、常に見通しが悪い位置関係となる。

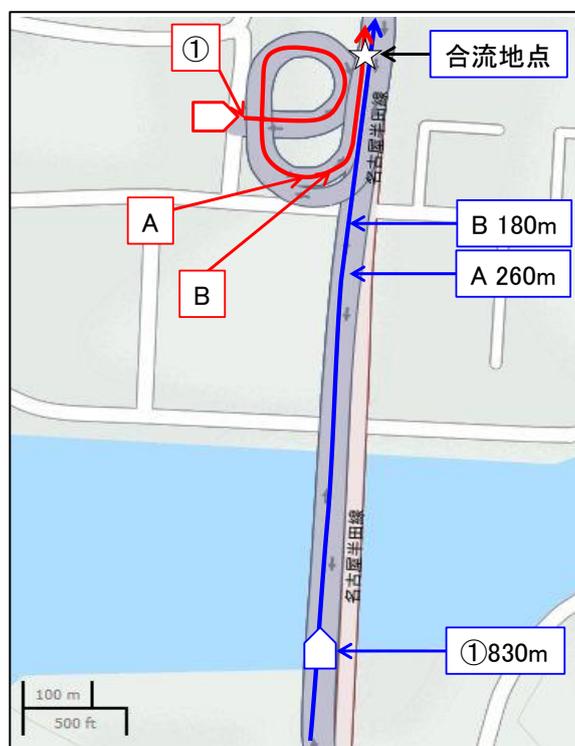


図 5.2.4.2-28 合流地点経路図と位置関係 (名高速：船見)

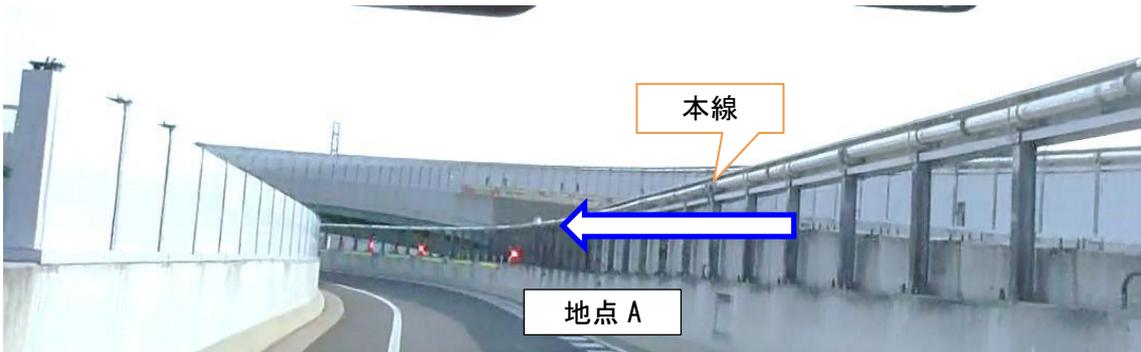


図 5.2.4.2-29 合流路の様子 (名高速：船見)



図 5.2.4.2-30 合流地点 (名高速：船見)

合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-31 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-32 と表 5.2.4.2-12 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車

両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 1000m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 260m 地点（地点 A）、設計減速度 0.1G では合流地点上流 180m 地点（地点 B）となる。

合流車両は、本線車両が合流地点上流 1000m を通過する前後に走行を開始する。合流車両が地点①を通過する頃、本線車両は合流地点上流 830m を走行している。この時点では高低差があり、かつ本線との間に壁となる合流路もあるため、見通しは悪くパケット到達率は 20%以下である。その後、本線に近づくにつれて高低差がなくなり、本線からの見通しも良くなるにつれてパケット到達率は急激に上昇しており、上流 700m 地点で 64%に達しており、以降 70%~100%で推移している。ネゴシエーション区間の距離が十分に長いため、全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 41 回、0.1G で 50 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

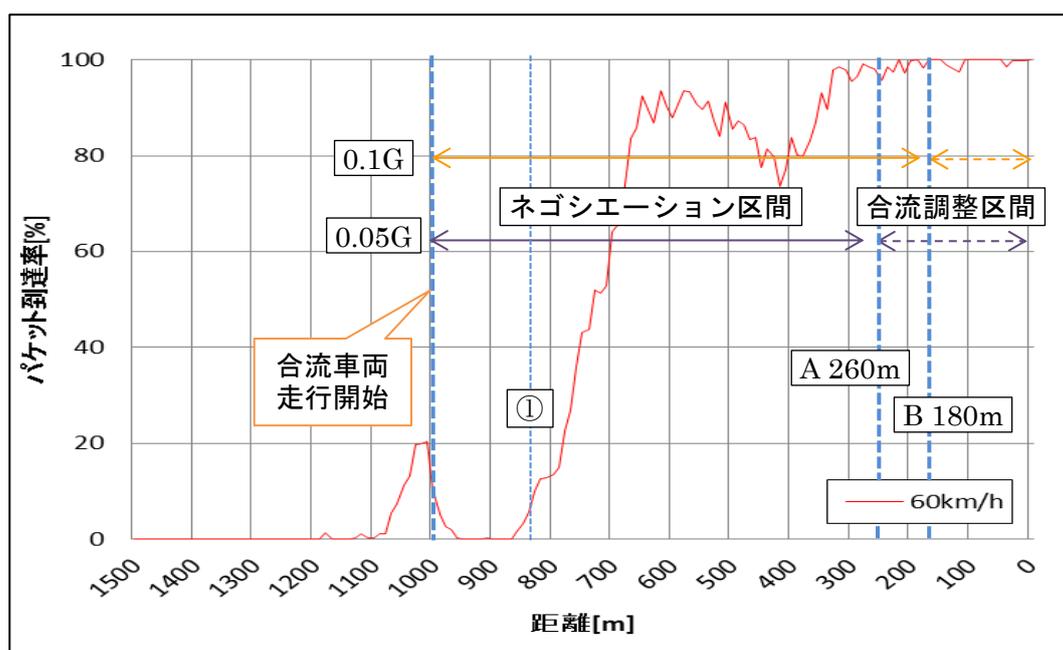


図 5.2.4.2-31 パケット到達率（合流→本線 名高速：船見）

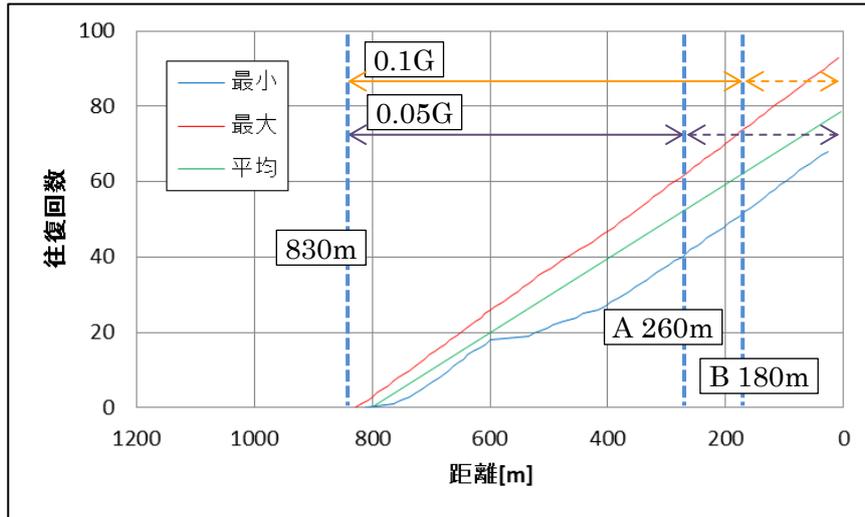


図 5.2.4.2-32 往復回数（名高速：船見）

表 5.2.4.2-12 往復回数（名高速：船見）

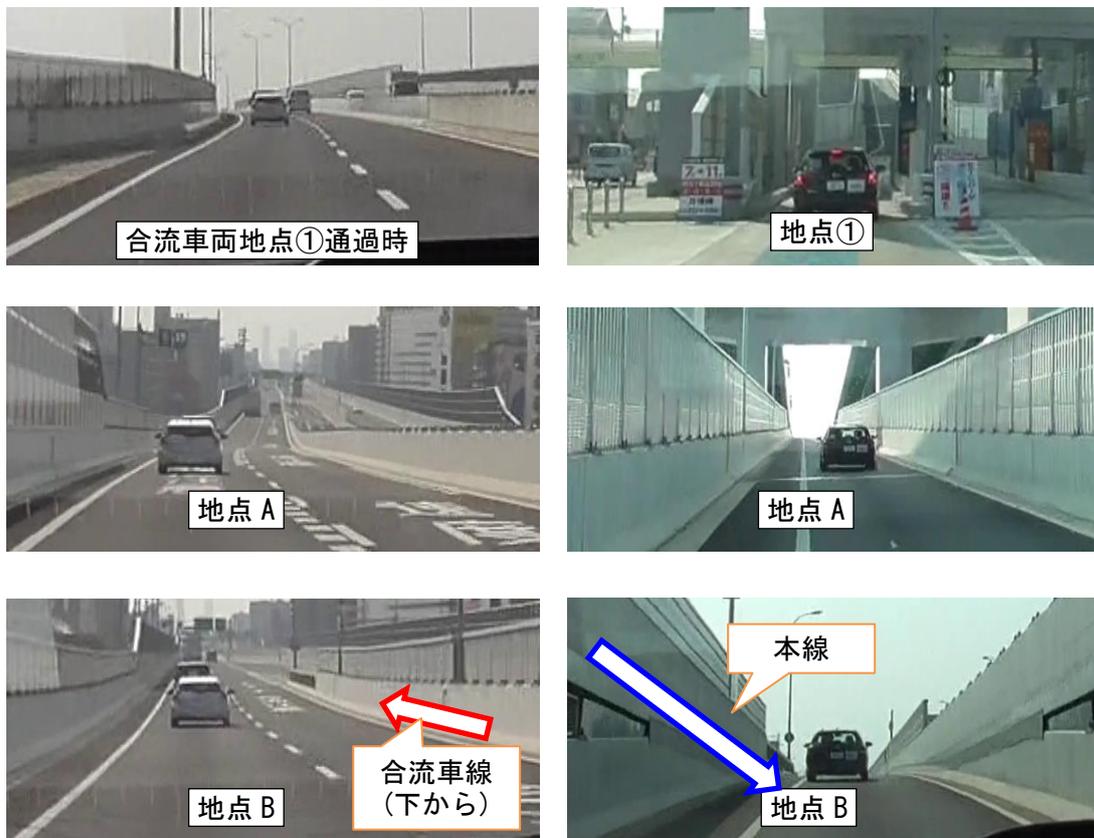
減速度	最小	最大	平均
0.05G	41	64	53.3
0.1G	50	73	62.4

2) 六番南

六番南の道路形状と周囲の環境を図 5.2.4.2-33～図 5.2.4.2-35 に示す。合流路は地点①を通過後、直進しながら高度を上げて本線道路に右から接続する。本線車両と合流車両の間に高低差があり、また本線道路の路面に遮られる形となるため、両車は見通しが悪い位置関係となる。



図 5.2.4.2-33 合流地点経路図と位置関係 (名高速：六番南)



本線 合流路
 図 5.2.4.2-34 本線・合流路の様子 (名高速：六番南)



図 5.2.4.2-35 合流地点（名高速：六番南）

六番南での合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-36 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-37 と表 5.2.4.2-13 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 800m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 260m 地点（地点 A）、設計減速度 0.1G では合流地点上流 180m 地点（地点 B）となる。本線車両が合流地点上流 800m を通過する頃に合流車両は地点①を通過する。本線と合流路は見通しが悪い位置関係にあるが、ネゴシエーション区間におけるパケット到達率は 73.1%~100%で推移している。全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 35 回、0.1G で 44 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

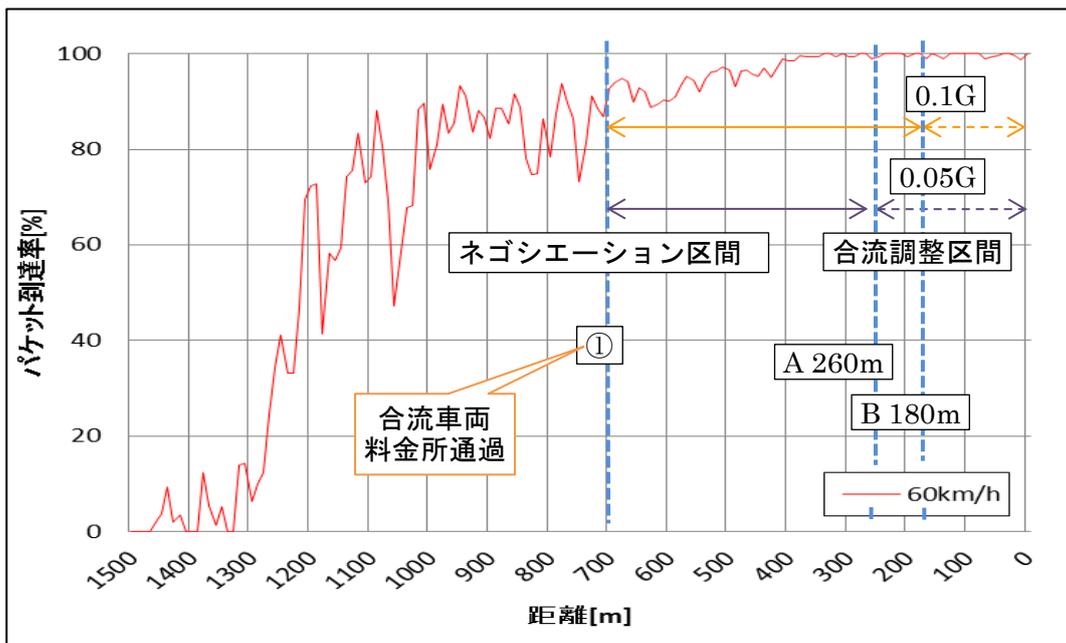


図 5.2.4.2-36 パケット到達率（合流→本線 名高速：六番南）

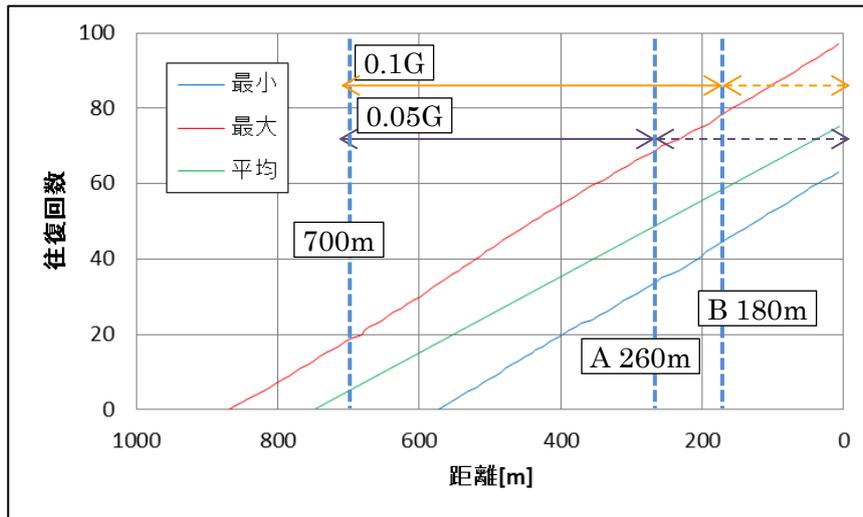


図 5.2.4.2-37 往復回数（名高速：六番南）

表 5.2.4.2-13 往復回数（名高速：六番南）

減速度	最小	最大	平均
0.05G	35	70	50.1
0.1G	44	78	58.5

3) 木場

木場の道路形状と周囲の環境を図 5.2.4.2-38～図 5.2.4.2-40 に示す。合流路は地点①を通過後、本線に沿って高度を上げ本線に左から接続する。本線車両と合流車両の間には高低差があり、また本線道路の路面に遮られる形となるため、両車は見通しが悪い位置関係となる。

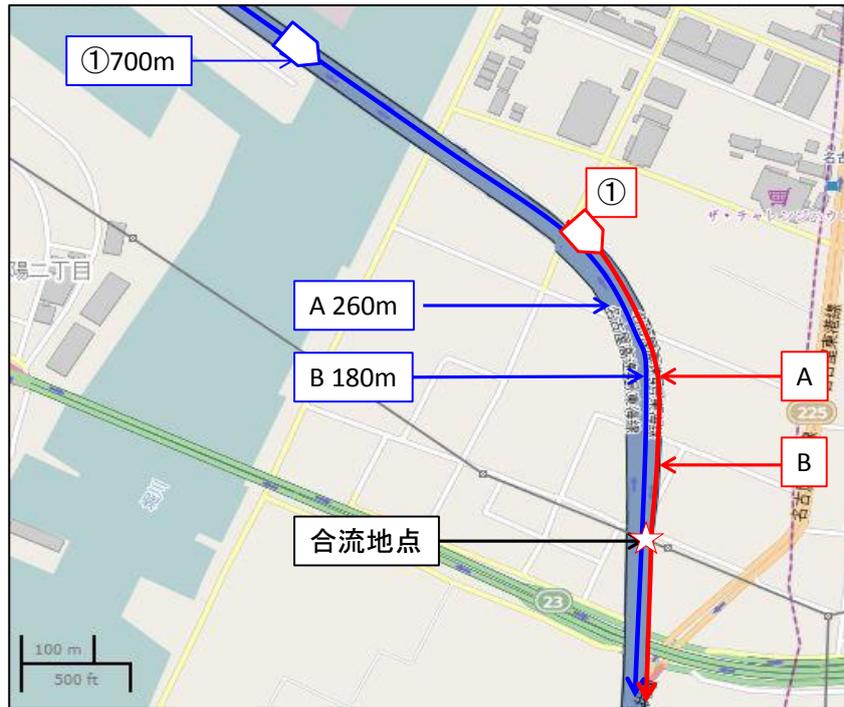


図 5.2.4.2-38 合流地点経路図と位置関係（名高速：木場）



合流路

本線路

図 5.2.4.2-39 本線・合流路の様子（名高速：木場）

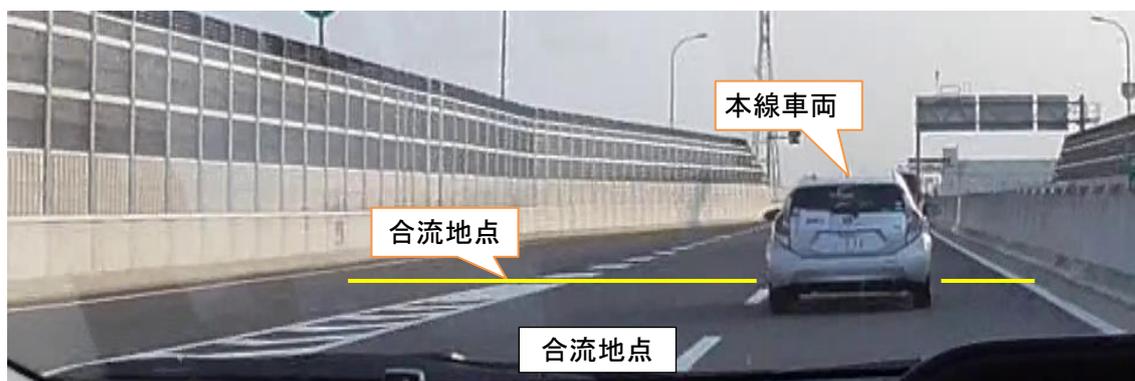


図 5.2.4.2-40 合流地点（名高速：木場）

木場での合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-41 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-42 と表 5.2.4.2-14 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 700m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 260m 地点（地点

A)、設計減速度 0.1G では合流地点上流 180m 地点 (地点 B) となる。

本線車両が合流地点上流 700m を通過する頃に合流車両は地点①を通過する。本線と合流路は見通しが悪い位置関係にあり、地点①でのパケット到達率は 38.0% である。しかし、合流車両が進むに従いパケット到達率は上昇し、上流 600m~180m の区間では 93.8%~100% で推移している。全試行のうち最小の場合でも往復回数は設計減速度 0.05G で 10 回、0.1G で 19 回となり、通信要件である 2 回以上を満たすことが確認された。

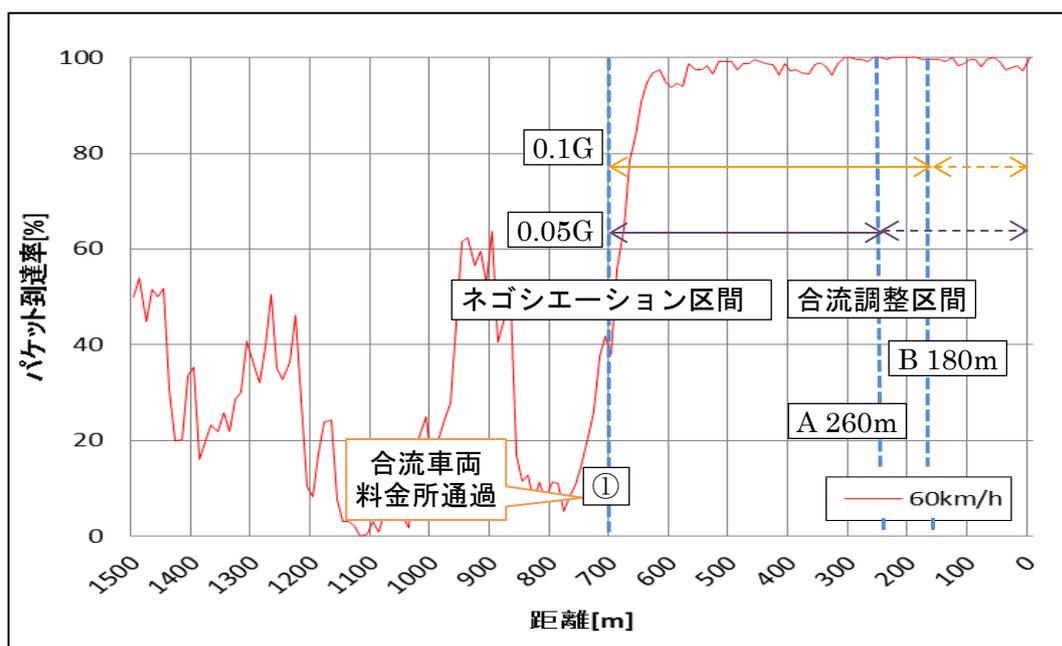


図 5.2.4.2-41 パケット到達率 (合流→本線 名高速：木場)

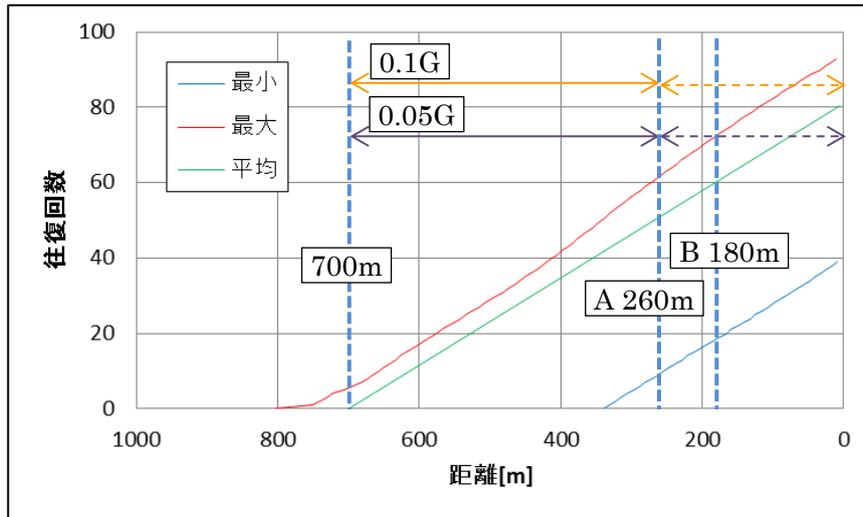


図 5.2.4.2-42 往復回数（名高速：木場）

表 5.2.4.2-14 往復回数（名高速：木場）

減速度	最小	最大	平均
0.05G	10	62	51.0
0.1G	19	73	60.9

4) 春岡

春岡の道路形状と周囲の環境を図 5.2.4.2-43～図 5.2.4.2-45 に示す。合流路は地点①を通過後、直進しながら高度を下げて地下に入り、本線道路に右から接続する。本線と合流路の間には途中まで道路壁があるため見通しが悪い位置関係となる。

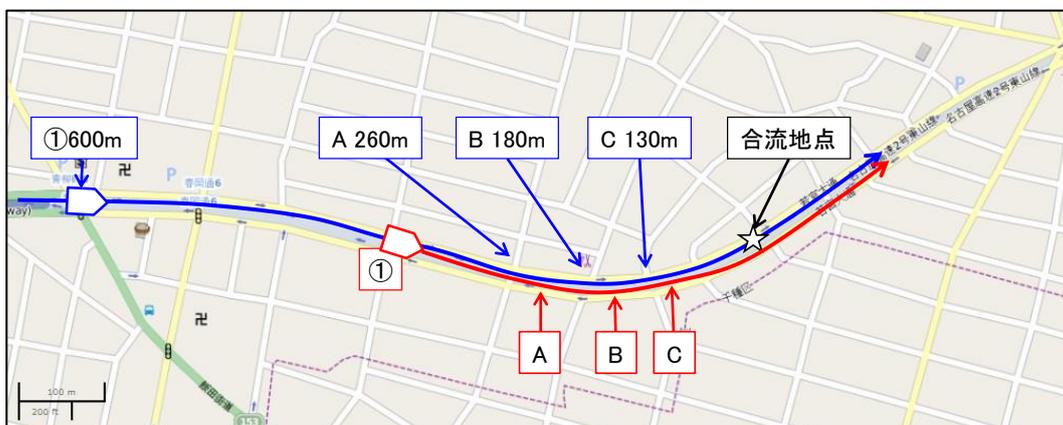
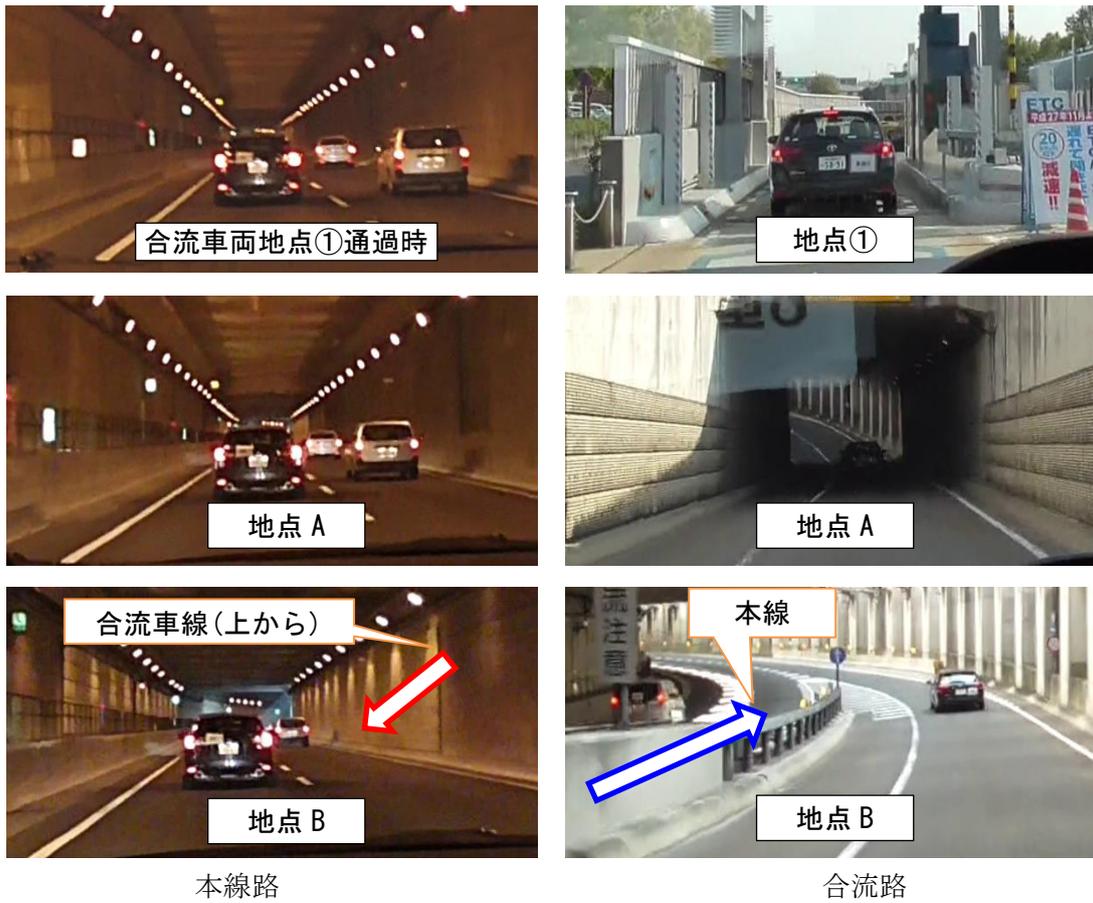


図 5.2.4.2-43 合流地点経路図と位置関係（名高速：春岡）



本線路

合流路

図 5.2.4.2-44 本線・合流路の様子 (名高速：春岡)

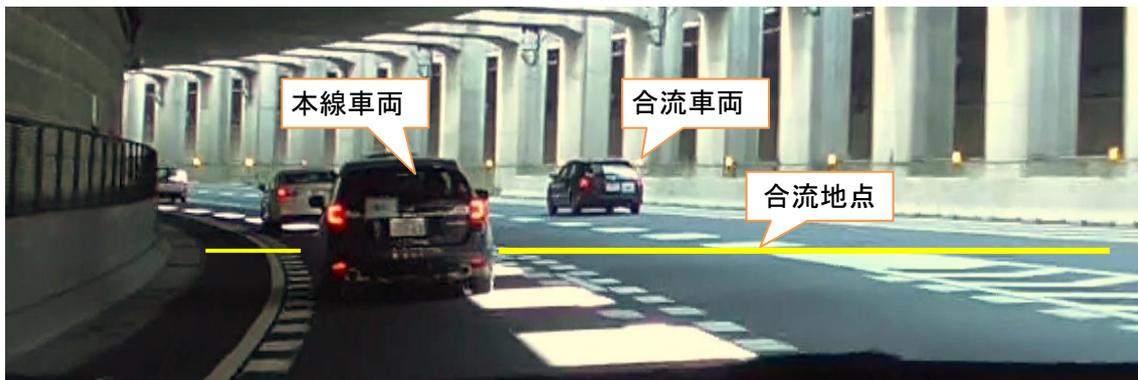


図 5.2.4.2-45 合流地点の様子 (名高速：春岡)

春岡での合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-46 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-47 と表 5.2.4.2-15 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 600m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 260m 地点 (地点

A)、設計減速度 0.1G では合流地点上流 180m 地点 (地点 B) となる。

本線車両が合流地点上流 600m を通過する頃に合流車両は地点①を通過する。ネゴシエーション区間の大半は本線と合流路の見通しが非常に悪い位置関係にあるため、上流 600m~300m におけるパケット到達率は 40%以下となり、地点 A で 71.3%、地点 B でようやく 95.6%に達している。また、往復回数についても設計減速度が 0.05G では最小回数 0、平均で 1.8 となり、通信要件である 2 回以上を満たしていない。また、設計減速度 0.1G においても最小回数が 1 であることから通信要件を満たさない場合がある。設計減速度 0.2G を許容することで、往復回数 2 以上を満たすことができるようになる。

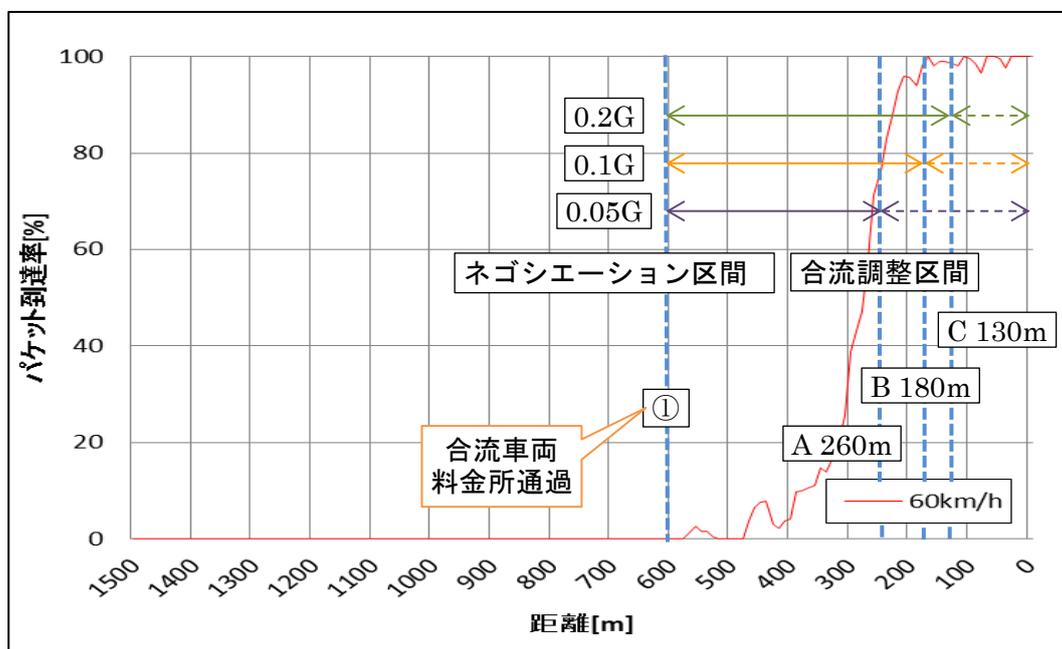


図 5.2.4.2-46 パケット到達率 (合流→本線 名高速：春岡)

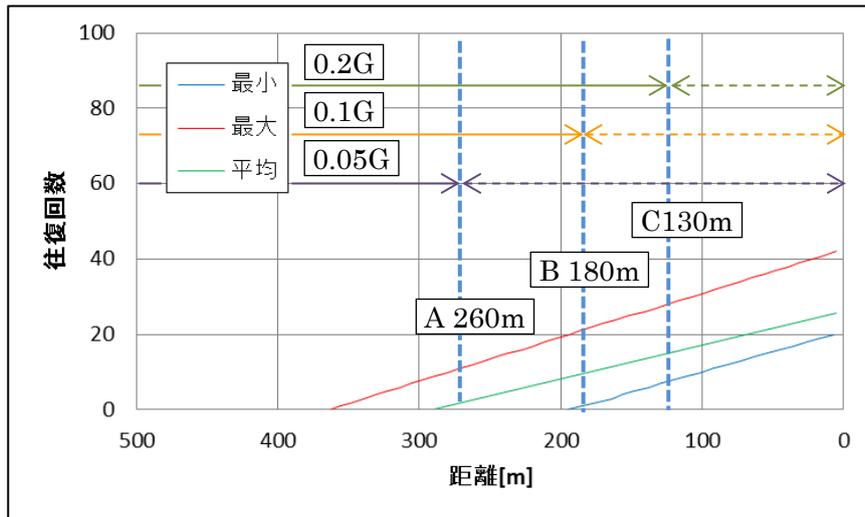


図 5.2.4.2-47 往復回数（名高速：春岡）

表 5.2.4.2-15 往復回数（名高速：春岡）

減速度	最小	最大	平均
0.05G	0	13	1.8
0.1G	1	22	8.3
0.2G	4	28	13.7

5) 四谷

四谷の道路形状と周囲の環境を図 5.2.4.2-48～図 5.2.4.2-50 に示す。この地点は、春岡と同様の構造となっており、合流路は地点①を通過後、直進しながら高度を下げて地下に入り、本線道路に右から接続する。本線と合流路の間には途中まで道路壁があるため見通しが悪い位置関係となる。

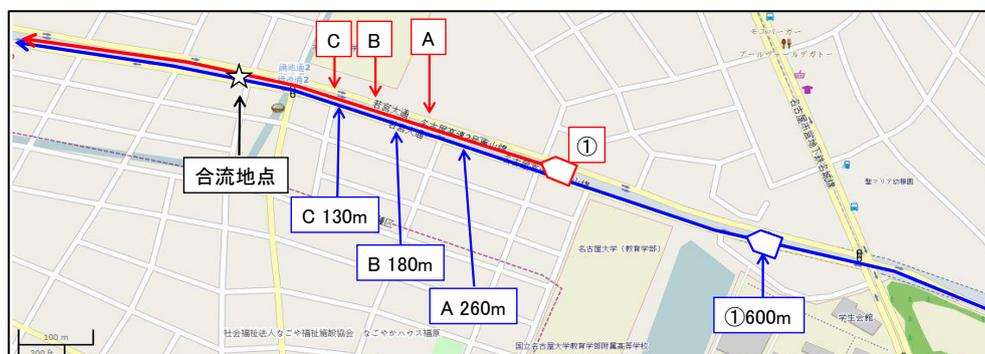
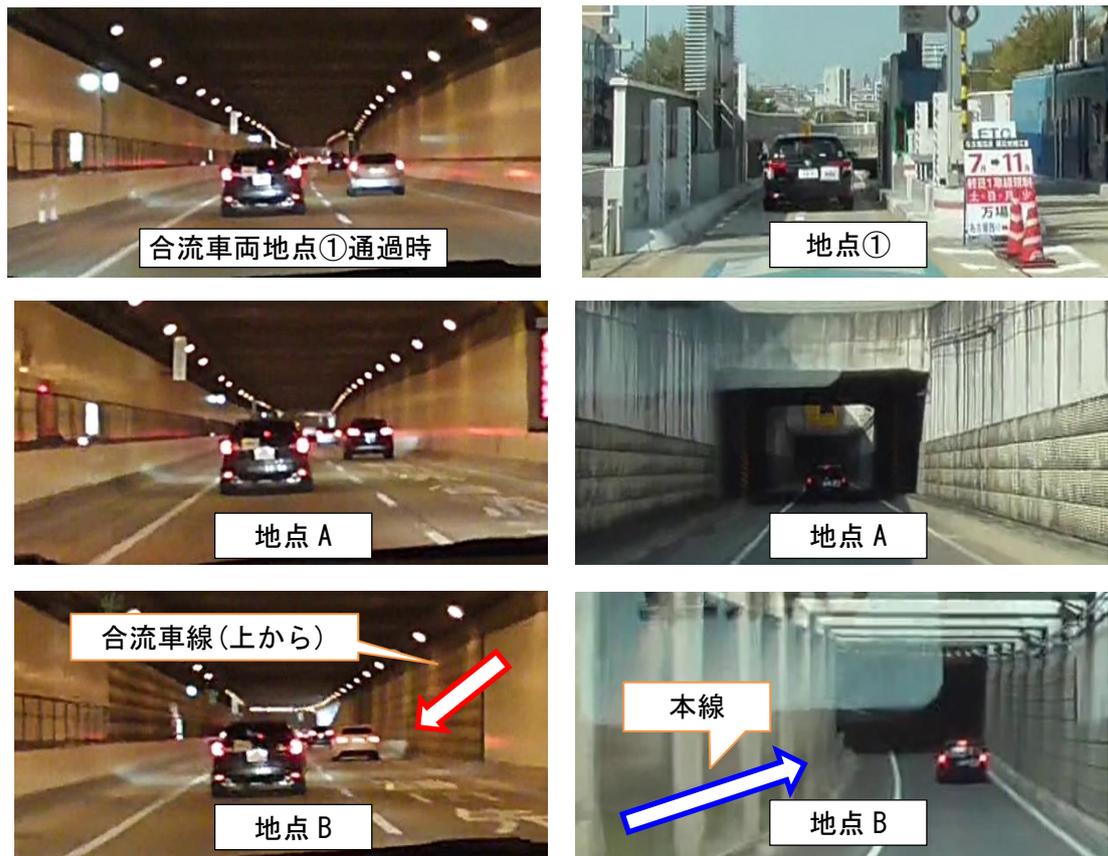


図 5.2.4.2-48 合流地点経路図と位置関係（名高速：四谷）



本線路 合流路
 図 5.2.4.2-49 合流経路の様子 (名高速：四谷)



図 5.2.4.2-50 合流地点の様子 (名高速：四谷)

四谷での合流車両から本線車両へのパケット到達率の結果を図 5.2.4.2-51 に、往復回数に関する結果を図 5.2.4.2-52 と表 5.2.4.2-16 に示す。ネゴシエーション区間の開始位置は、合流車両が料金所を通過した時点の本線車両の位置とし、この場合は合流地点上流 600m 地点付近となる。また終了位置は、設計減速度 0.05G では合流地点上流 260m 地点 (地点

A)、設計減速度 0.1G では合流地点上流 180m 地点 (地点 B) となる。

本線車両が合流地点上流 600m を通過する頃に合流車両は地点①を通過する。ネゴシエーション区間の大半は本線と合流路の見通しが非常に悪い位置関係にあるため、上流 600m～300m におけるパケット到達率は 40%以下となり、地点 A でも 81.2%、地点 B でようやく 96.9%に達している。また、往復回数についても設計減速度が 0.05G では最小回数 0、平均で 1.6 となり、通信要件である 2 回以上を満たしていないが、設計減速度 0.1G であれば最小回数は 3 であり、辛うじて通信要件を満たす結果となった。

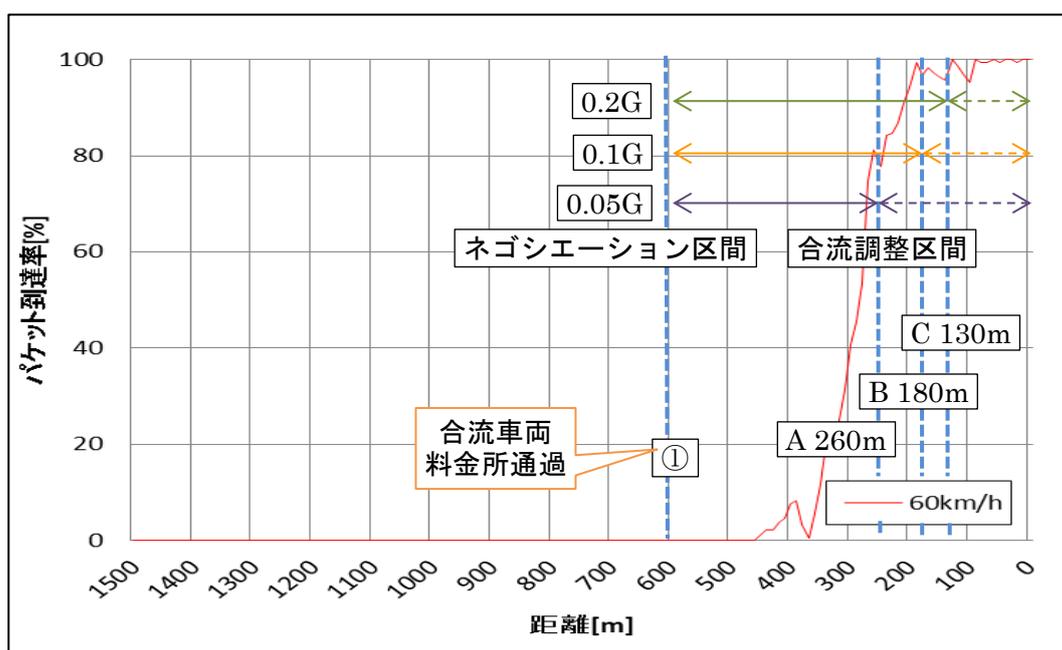


図 5.2.4.2-51 パケット到達率 (合流→本線 名高速：四谷)

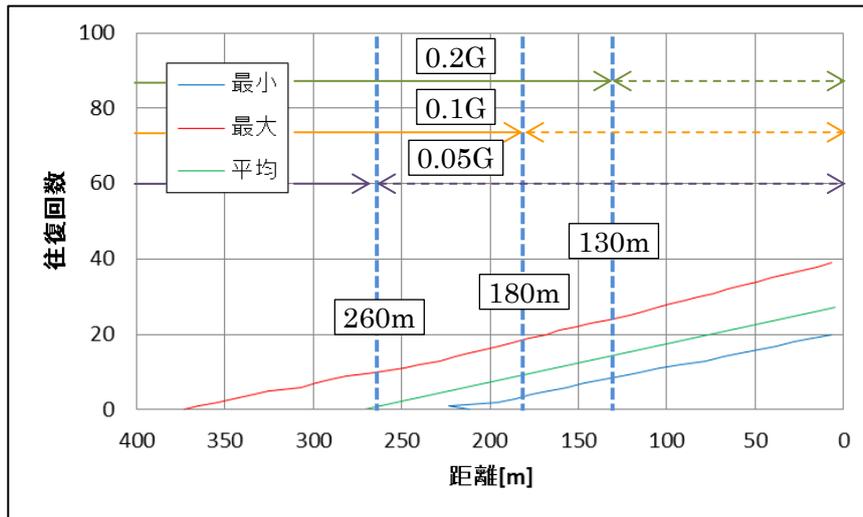


図 5.2.4.2-52 往復回数（名高速：四谷）

表 5.2.4.2-16 往復回数（名高速：四谷）

減速度	最小	最大	平均
0.05G	0	11	1.6
0.1G	3	19	8.7
0.2G	9	25	14.4

(イ) 考察

合流シーンに関する実証実験は、道路構造が異なる複数の環境で検証を行うため、テストコースの他に都市間高速（東海環状自動車道）で 2ヶ所、都市高速（名古屋高速）で 5ヶ所の計 7ヶ所で実施した。その結果、ほとんどの環境においては、道路形状の影響によって本線車両と合流車両間のパケット到達率が低下することがあるものの、今回検討した先読み情報活用モデルでのネゴシエーション成立のための往復回数の要件である 2 回以上を余裕をもって満たすことが確認できた。よって、自専道の多くの合流環境では、車車間通信を用いた先読み情報を活用することで、自動走行時に乗員に不安を与えないような合流が実現できるものと考えられる。

その一方で、名古屋高速の 2ヶ所のように本線が地下を通り、地上から地下へ合流していくような道路環境では、設計減速度が 0.05G や 0.1G では通信要件が十分に満たせない場合があることも分かった。今回の実験は、本線車両が制限速度以下で走行していることを前提としたものである。自動走行車両が制限速度に従って走行することになるのか、周辺車群の速度に合わせて走行することになるのか現時点では不明であるが、周辺車群の速度に合わせて走行する、或いは自動走行車両の普及に従い制限速度自体が引き上げられた

場合、当然ながら合流調整区間は長くなるため、さらに上流の位置でネゴシエーションを完了しなければならなくなる。そうなれば今回の実験で余裕を持って通信要件を満たすことができなかつたような合流地点では、車車間通信のみでのネゴシエーションは困難になる可能性が高い。このような場所では、車車間通信情報を中継する路側インフラを設置することで、比較的簡易に通信環境を改善できる可能性はある。また、本線や合流路の状況を路上のセンサで検知し、その情報を路車間通信で車両に提供するような自動走行用先読み情報提供インフラを設置することも考えられる。後者のような路側インフラは、無線通信機能を有さない車両が多数存在する状況下で有効に機能することが期待される。

(2) 実証 2 車線変更

(ア) 結果

(a) JARI②

実験で取得したパターン毎の有効データ数を表 5.2.4.2-17 に示す。これらのデータから得られた車線変更車両から車線変更先車両までの距離とパケット到達率との関係は、図 5.2.4.2-53 のようになる。横軸の車間距離は、車線変更車両が車線変更先車両の前方に存在する場合を正值とし、横に並んだ状態が 0 となる。

表 5.2.4.2-17 有効データ数 (JARI②)

パターン	車線変更車両速度 [km/h]	車線変更先車両速度 [km/h]	有効データ数
1	60	80	730
2	60	100	745
3	80	100	770

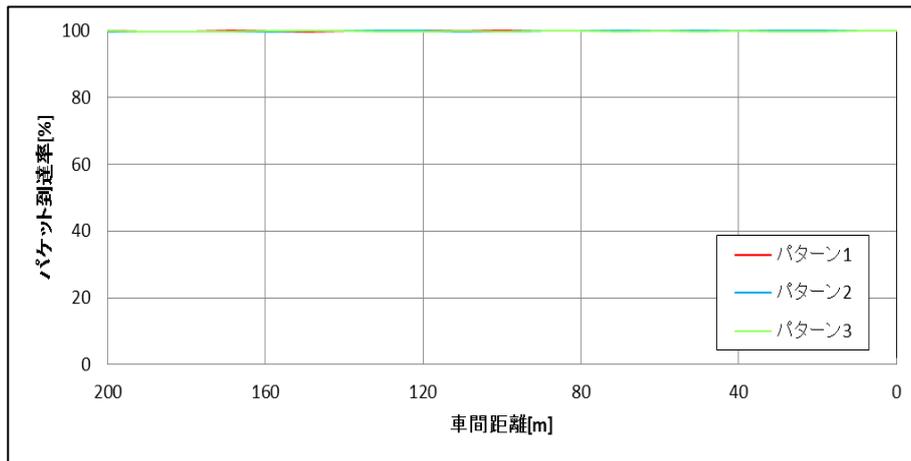


図 5.2.4.2-53 パケット到達率

車線変更に関する先読み情報活用モデルの検討において、表 5.2.4.2-18 に示す車両速度及び設計減速度の条件において通信距離が得られることを通信要件と定めた。図 5.2.4.2-53 に示したとおり、各パターンとも車線変更車両と車線変更先車両との距離 0～200m のパケット到達率は概ね 100%であり、合流実験の結果を踏まえれば、ネゴシエーション区間での合意形成に必要な往復回数 2 回という通信要件は確実に満たしていると判断できる。図 5.2.4.2-54、図 5.2.4.2-55 に示すように、車線変更における車両の位置関係は合流時と比べて見通しが良く、通信距離への要求も短いことから、無線通信の条件としてはそれほど厳しくないものと考えられる。

表 5.2.4.2-18 車線変更における通信要件

車線変更車両速度 [km/h]	車線変更先車両速度 [km/h]	設計減速度 [G]	通信距離 [m]
60	80	0.05	69
		0.1	55
		0.2	42
60	100	0.05	99
		0.1	96
		0.2	81
80	100	0.05	81
		0.1	64
		0.2	48

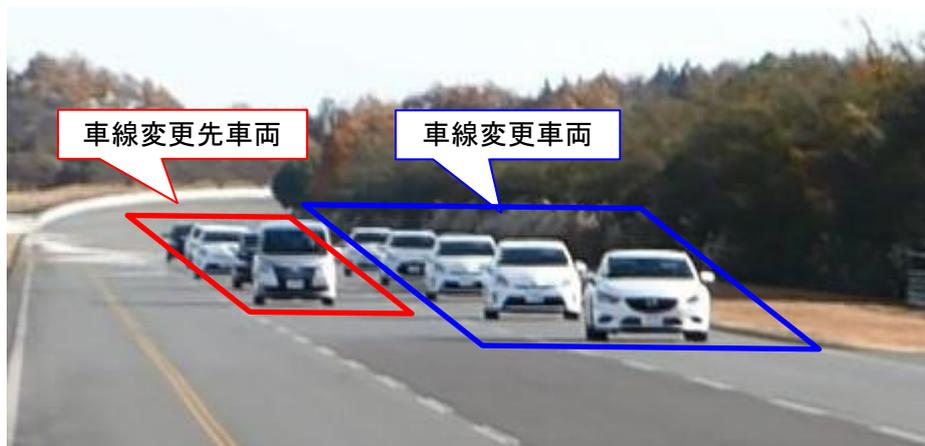


図 5.2.4.2-54 車線変更実験の測定風景(JARI②)



図 5.2.4.2-55 車線変更車両からの様子(JARI②)

(b) 東海環状

各走行経路の有効データ数を表 5.2.4.2-19 に示す。これらのデータから得られた車線変更車両から車線変更先車両までの距離とパケット到達率との関係は、図 5.2.4.2-56、図 5.2.4.2-57 のようになる。JARI②の実験結果と同様に、両結果とも車線変更車両と車線変更先車両との距離 0~200m のパケット到達率は概ね 100%であり、ネゴシエーション区間での合意形成に必要な往復回数 2 回という通信要件は確実に満たしていると判断できる。図 5.2.4.2-58 に示すように、車線変更における車両の位置関係は公道環境であってもテストコースとあまり差がなく、無線通信の条件としてはそれほど厳しくないものと考えられる。

表 5.2.4.2-19 有効データ数（東海環状）

走行経路	車線変更車両速度 [km/h]	車線変更先車両速度 [km/h]	有効データ数
豊田勘八→豊田藤岡 (内回り)	80	100	45
豊田松平→豊田東 (外周り)	80	100	60

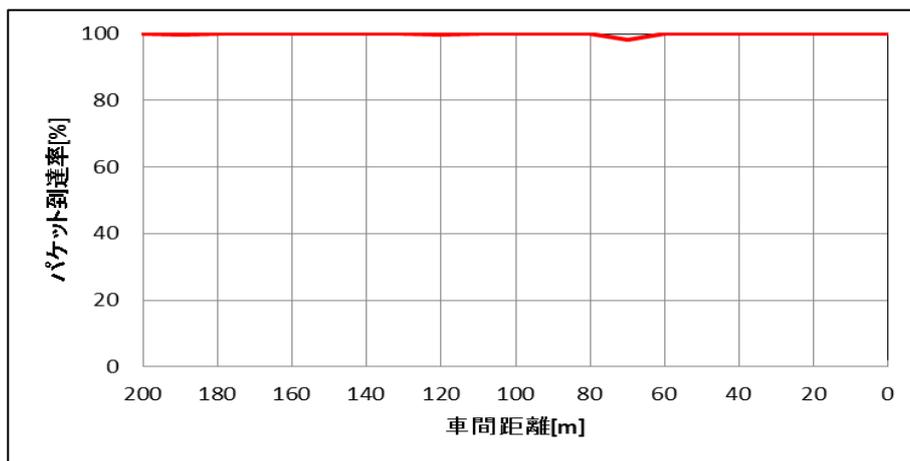


図 5.2.4.2-56 パケット到達率（東海環状：豊田勘八-豊田藤岡内回り）

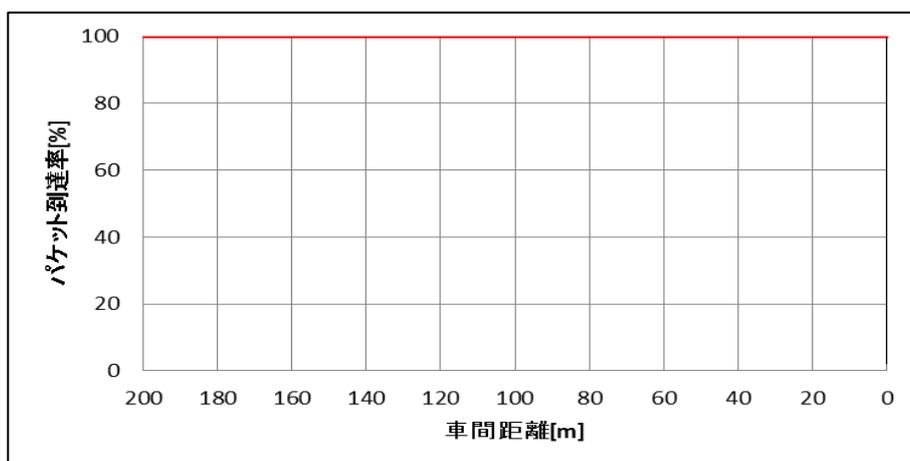


図 5.2.4.2-57 パケット到達率（東海環状：豊田松平-豊田東外回り）

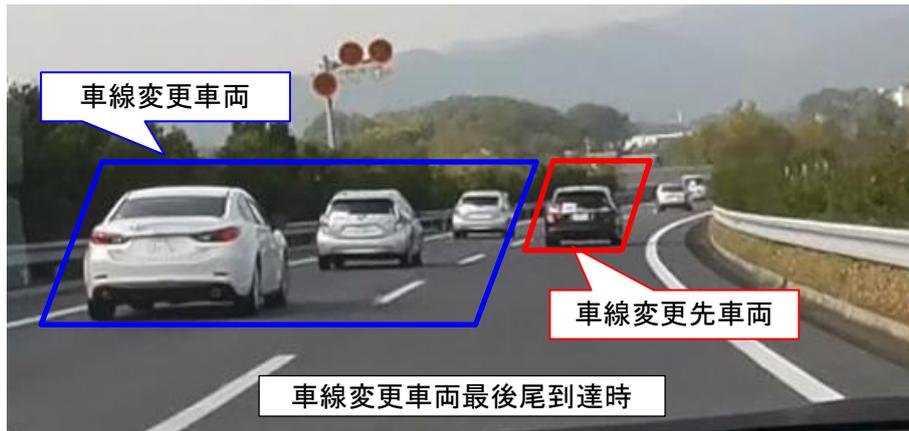


図 5.2.4.2-58 車線変更先車両からの様子（東海環状）

(イ) 考察

今回のテストコースと公道での実証実験では、車線変更の先読み情報活用モデルにて規定した通信要件を満たすことが確認できた。車線変更では、車線変更車両と車線変更先車両が同一の道路を同一方向に走行しているケースが多いため、一般的には合流の場合と比較して無線通信の条件としては厳しくはない。しかしながら、多くの路線が合流・分岐されている都市高速などでは、短い区間で複数の車線変更を繰り返さなければならないこともあるため、複数の合意形成を同時並行で進めることが求められる可能性がある。今後は、このようなケースも想定した具体的な先読み情報の内容や合意形成手法の検討をしておく必要がある。

(3) 実証 3 緊急ハザード情報共有

(ア) 結果

(a) JARI②

実験で取得した走行速度の異なるパターンごとの有効データ数を表 5.2.4.2-20 に示す。これらのデータから得られた先行車両と後続車両間の距離とパケット到達率の関係は、図 5.2.4.2-59 のようになる。緊急ハザード情報共有の先読み情報活用モデルにおける通信要件は、情報提供元となる先行車両と情報を受け取る後続車両との車間距離で通信が確実にできることである。表 5.2.4.2-20 で示す車間距離に対し、結果では距離 190m までのパケット到達率が概ね 100%となっていることから、十分に通信要件を満足していると言える。図 5.2.4.2-60 に示すように、緊急ハザード情報共有における車両の位置関係は見通しが良

く、通信距離への要求も短いことから、走行速度や他車両の存在もほとんど影響しないものと考えられる。

表 5.2.4.2-20 有効データ数 (JARI②)

パターン	車両速度[km/h]	車間距離[m]	有効データ数
1	60	30	730
2	80	40	745
3	100	50	770

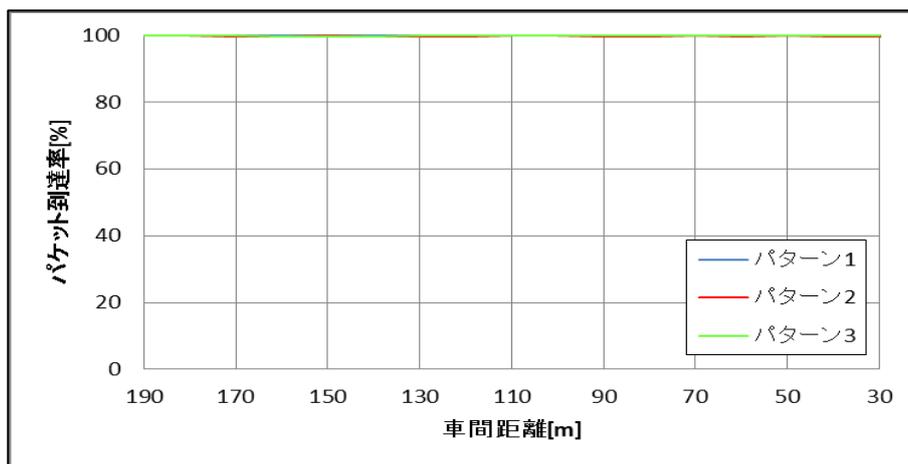


図 5.2.4.2-59 パケット到達率 (JARI②)

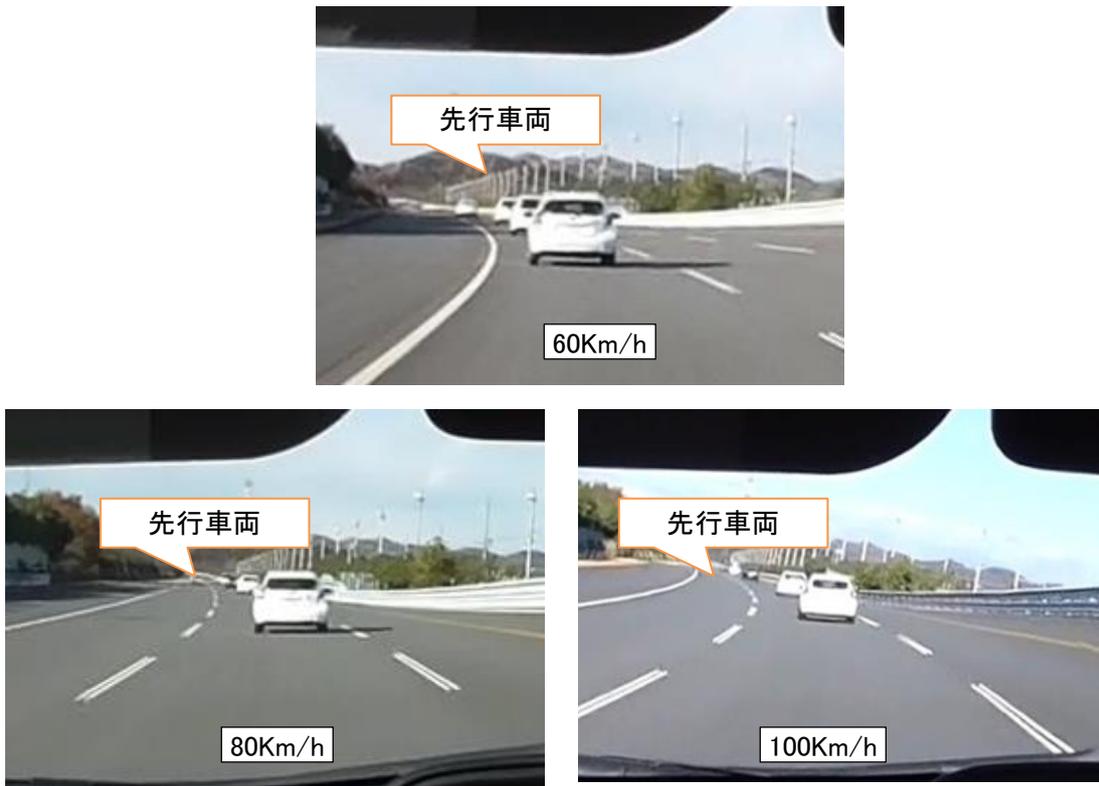


図 5.2.4.2-60 最後尾車両からの様子 (JARI②)

(b) 東海環状

実験で取得した各経路での有効データ数を表 5.2.4.2-21 に示す。これらのデータから得られた先行車両と後続車両間の車間距離とパケット到達率の関係は、図 5.2.4.2-61、図 5.2.4.2-62 のとおりである。いずれの走行経路、車両速度においても、必要な車間距離を大幅に上回る距離から 90%以上のパケット到達率が達成できており、通信要件を十分満足することが確認できた。図 5.2.4.2-63 に示すように、緊急ハザード情報共有における車両の位置関係は見通しが良く、要件となる通信距離も短いことから、通信性能面での問題は特にないものと考えられる。

表 5.2.4.2-21 有効データ数 (東海環状)

走行経路	車両速度[km/h]	車間距離[m]	有効データ数
豊田勘八→豊田藤岡 (内回り)	80	40	24
	100	50	60
豊田松平→豊田東 (外回り)	80	40	30
	100	50	73

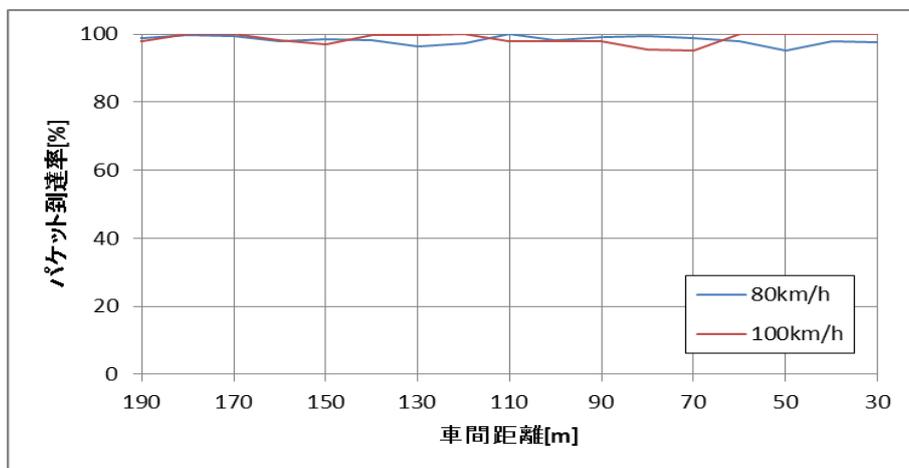


図 5.2.4.2-61 パケット到達率（豊田勘八-豊田藤岡：内回り）

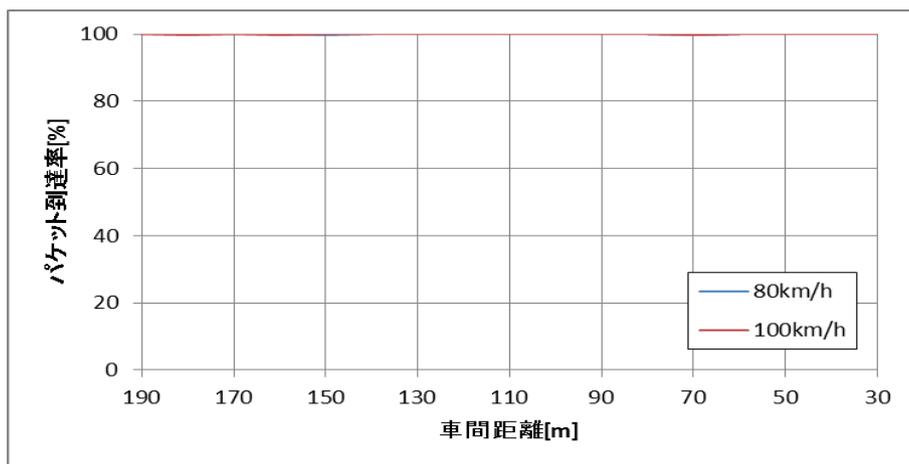


図 5.2.4.2-62 パケット到達率（豊田松平-豊田東：外回り）



図 5.2.4.2-63 測定風景（東海環状）

(c) 名高速

各経路での有効データ数を表 5.2.4.2-22 に示す。これらのデータから得られた先行車両と後続車両間の車間距離とパケット到達率の関係は、図 5.2.4.2-64、図 5.2.4.2-65 のとおりである。いずれの走行経路においても、必要な車間距離を大幅に上回る距離から 90%以上のパケット到達率が達成できており、通信要件を十分満足することが確認できた。図 5.2.4.2-66 に示すように、緊急ハザード情報共有における車両の位置関係は見通しが良く、要件となる通信距離も短いことから、走行速度や他車両の存在もほとんど影響しないものと考えられる。

表 5.2.4.2-22 有効データ数 (名高速)

走行経路	車両速度[km/h]	車間距離[m]	有効データ数
船見→尾頭橋	60	30	143
山王→船見	60	30	68

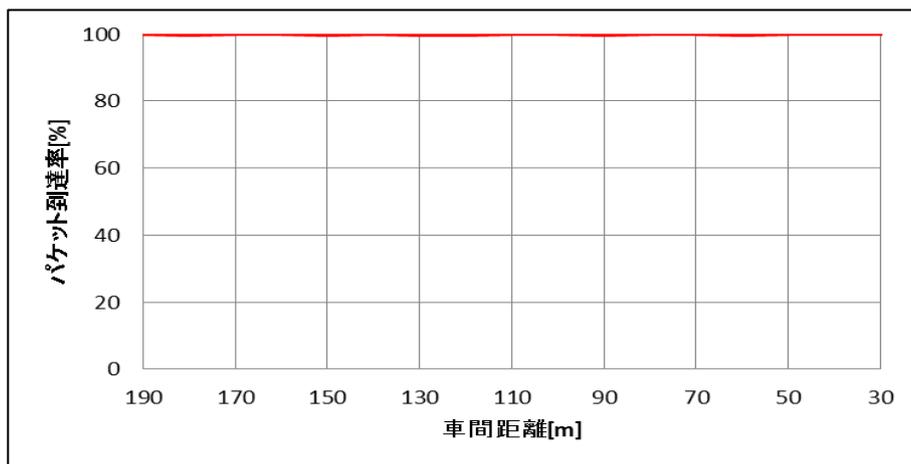


図 5.2.4.2-64 パケット到達率 (船見→尾頭橋)

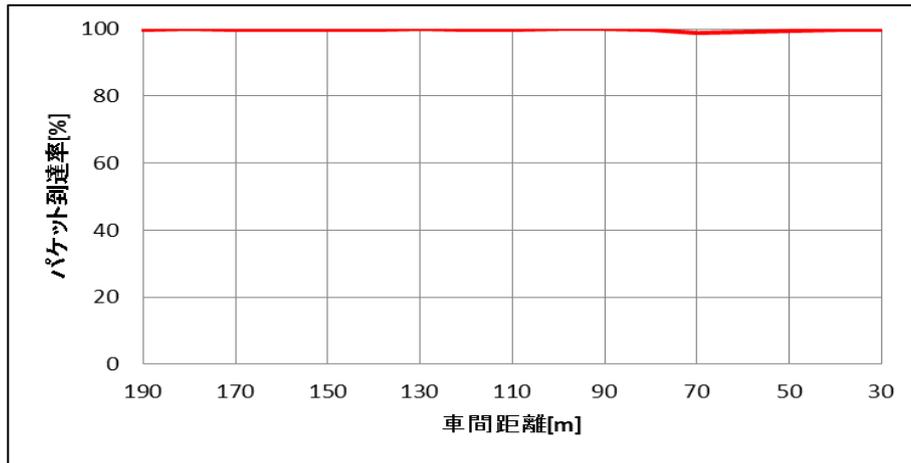


図 5.2.4.2-65 パケット到達率（山王→船見）



図 5.2.4.2-66 測定風景

(イ) 考察

先行車両が検知した落下物等の障害物の情報を後続車両に通知する緊急ハザード情報共有に関する通信実験をテストコースと公道で実施した。その結果、いずれの環境、走行速度においても、通信要件を満たすことが確認できた。緊急ハザード情報共有では、後続車両が先行車両に追従走行している状況を想定しているため、要件となる通信距離は車間

距離相当であり、通信を遮る物体もないことから、通信性能面で問題になることはないと考えられる。また、複数台後方の車両に通知することも想定する場合には、通信距離が長くなるためパケット到達率は低下する可能性はあるが、一方で情報を受けてから回避制御を行うまでの時間の余裕は増えることになるため、ハザードを回避するという点では問題にはならないと予想される。むしろ、緊急ハザード情報共有においては、自律センサで検知した情報を無線通信で送出するまでの時間や、無線通信で取得した情報をもとに回避に必要な車両制御や他車両とのネゴシエーションを開始するまでの時間を短くすることが重要であると考えられる。

(4) 実証4 前方検知

(ア) 結果

(a) JARI①

JARI での実験で取得した前方検知の有効データ数を表 5.2.4.2-23 に示す。これらのデータから得られた前方停止車両から後方走行車両までの距離とパケット到達率の関係は図 5.2.4.2-67 のようになる。前方検知の先読み情報活用モデルにおける通信要件は、見通しの悪い環境において、前方の停止車両に接近する後続車両がゆとりをもって停車できる距離で、両車両間の通信性能が十分に得られることである。測定開始地点から車間 250m の区間ではパケット到達率が 90%以上、車間 250m から 0m の区間ではパケット到達率は概ね 100%であり、この通信要件を満たしていると言える。図 5.2.4.2-68、図 5.2.4.2-69 に示すように、地点①からの右曲りの曲線路において、走行車両の進行方向の右側のみに模擬道路壁を配置しているため、走行開始位置から地点②（停止車両からの距離 44m の位置）までは、走行車両と停止車両は見通しの悪い位置関係にある。しかし、実験結果では全区間を通してパケット到達率は高く、模擬道路壁による通信性能への影響は確認されなかった。

表 5.2.4.2-23 有効データ数 (JARI①)

車両速度[km/h]	通信距離[m]	有効データ数
40	63	900

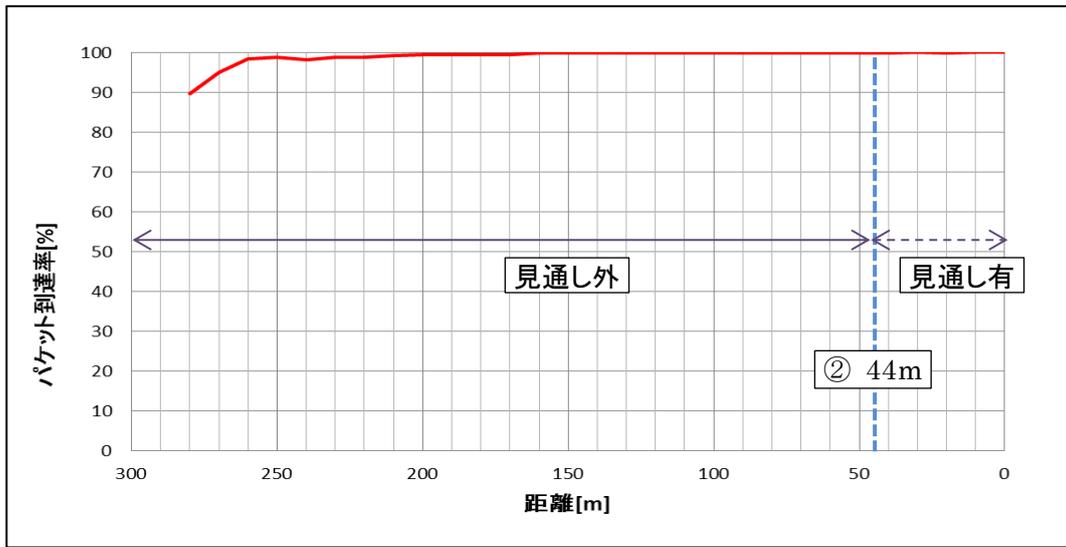


図 5.2.4.2-67 パケット到達率 (JARI①)

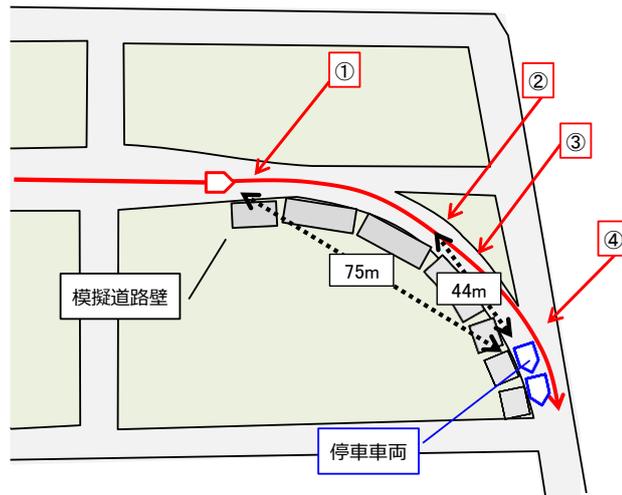


図 5.2.4.2-68 車両の位置関係 (JARI①)



走行の様子

走行車両前方映像

図 5.2.4.2-69 測定風景 (JARI①)

(b) 名高速

名高速での実験で取得した前方検知の有効データ数を表 5.2.4.2-24 に示す。これらのデータから得られた前方車両から後方車両までの距離とパケット到達率との関係は図 5.2.4.2-70 のようになる。実験場所が都市高速上であることから、前方車両を停止させておくことができないため、両車両とも走行させた状態で測定を実施した。凡例の速度は相対速度であり、後方車両から前方車両の速度を減じた値である。図 5.2.4.2-71、図 5.2.4.2-72 に示すように、測定を実施した錦橋出口付近は半径の小さい右曲りの曲線路となっており、防音壁によって見通しの悪い位置関係となるが、実験結果では0~300mの車間距離で95%以上のパケット到達率が達成できており、前方検知の要件を十分に満たしていることが確

認できた。

表 5.2.4.2-24 有効データ数 (名高速)

車両速度[km/h]	通信距離[m]	有効データ数
60	142m	24

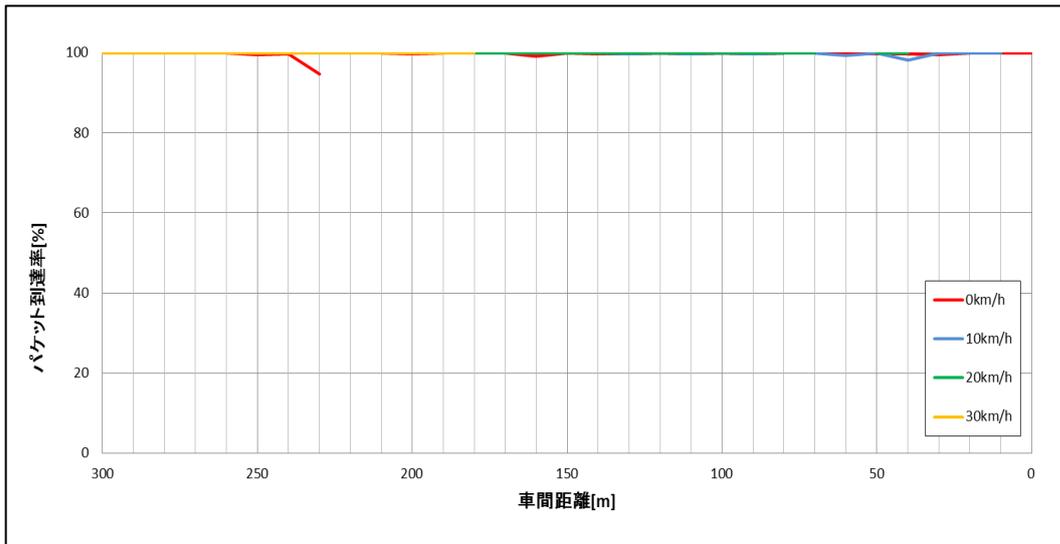


図 5.2.4.2-70 相対速度別パケット到達率 (名高速)

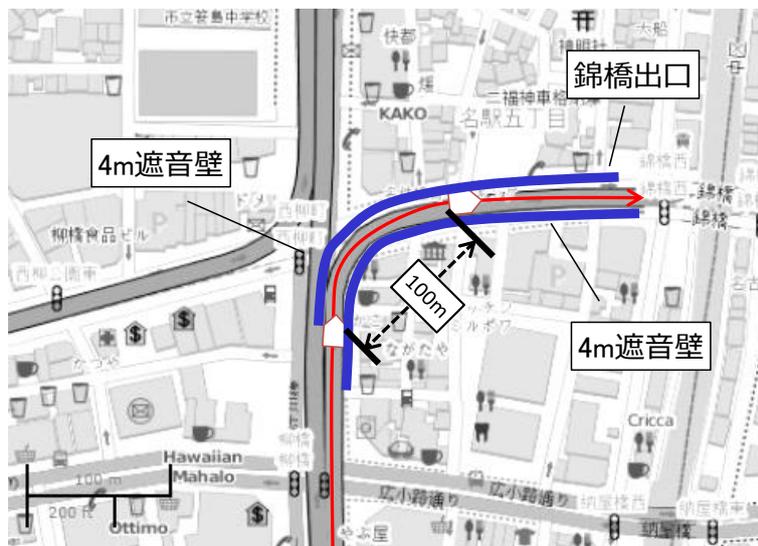


図 5.2.4.2-71 走行経路図 (名高速)

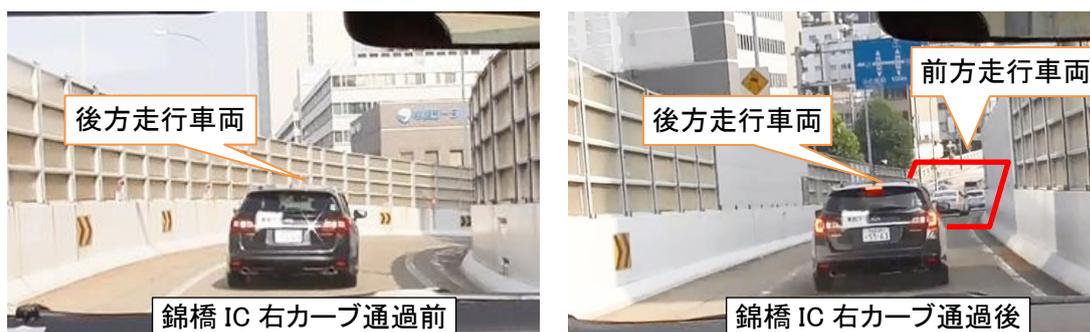


図 5.2.4.2-72 後方走行車両後方からの風景（名高速）

(イ) 考察

見通しの悪い曲線路などで、前方の停止車両からの情報を後方から接近する車両に通知する前方検知に関する通信実験をテストコースと公道で実施した。その結果、今回の実験環境では、いずれも両車が 200～300m ほど離れている状態から高いパケット到達率が達成されており、通信要件を満たしていることが確認できた。300m は 100km/h からでも緩やかな減速で停止できる距離であり、通信性能面の問題は特になくとも考えられる。

図 5.2.4.2-73 に示すように、防音壁等が設置された見通しの悪い曲線路において、自動走行車両が前方の停止車両を自律センサで検知できる位置を、内側の防音壁等により視界が遮られなくなる視認可能となる位置と仮定する。そして、自律センサで検知できる位置から前方の停止車両の直後までの道程距離を検知限界道程距離とする。表 5.2.4.2-25 は、道路構造令に示されている道路の設計速度に対する曲線半径の下限値と、路側帯を含めた車線幅を 4m とした場合の検知限界道程距離、及びその道程距離で設計速度から停車するために必要となる減速度を計算し、まとめたものである。この表が示すように、自律センサのみで前方の停止車両を検知するだけでは、設計速度が高くなるほど、かなり急激な減速を求められる可能性があることが分かる。また、ここで示した曲線半径の下限値は道路構造令で一般的な下限値として示されているものであり、やむをえない場合として、この 80%程度の半径も示されており、さらに検知限界道程距離が短くなり、安全に停車することが困難になることもありえる。当然ながら、危険な曲線路には見通し確保のための対策が施されていたり、自動走行車両自体がそのような場所であることを地図情報等で事前に把握して予め減速をしたりするものと予想されるが、乗員に不安を与えない減速度で安全に停車するためには、無線通信による先読み情報を有効活用することが望ましいと考える。

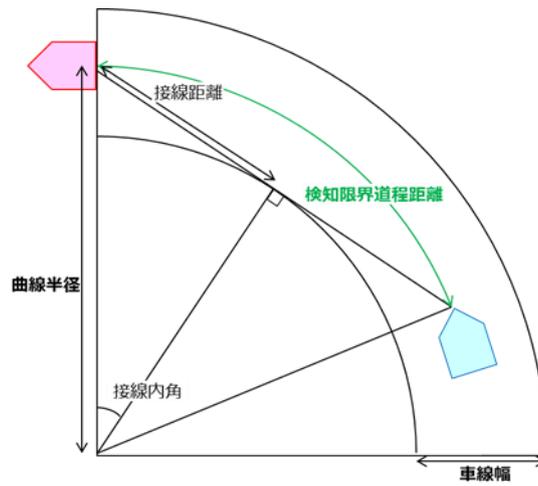


図 5.2.4.2-73 曲線路での視認距離

表 5.2.4.2-25 設計速度と減速度

設計速度 [km/h]	曲線半径下限 [m]	検知限界道程距離 [m]	減速度 [G]
120	710	141.23	0.38
100	460	113.78	0.32
80	280	88.91	0.26
60	150	65.31	0.20
50	100	53.53	0.17
40	60	41.78	0.14
30	30	30.10	0.11
20	15	22.05	0.07

(5) 実証 5 歩行者横断情報共有

(ア) 結果

(a) JARI①

JARI の模擬市街路の実験で取得した歩行者横断情報共有の有効データ数を表 5.2.4.2-26 に示す。これらのデータから算出した歩行者検知車両から対向車線の接近車両までの距離とパケット到達率の関係は図 5.2.4.2-74 のようになる。歩行者横断情報共有の先読み情報活用モデルにおける通信要件は、歩行者を検知した車両に接近する車両が設計減速度 0.2G の停止距離以上で通信できることである。図 5.2.4.2-74 に示すとおり、測定した 0~200m の距離においてパケット到達率は概ね 100%となっており、これは図 5.2.3.3-21 で示した大半の車両速度を満足するものである。図 5.2.4.2-75 に示すように、歩行者横断における車両の位置関係での見通しは良く、通信への影響はほとんどないと言える。

表 5.2.4.2-26 有効データ数 (歩行者横断情報共有)

車両速度[km/h]	有効データ数
40	930

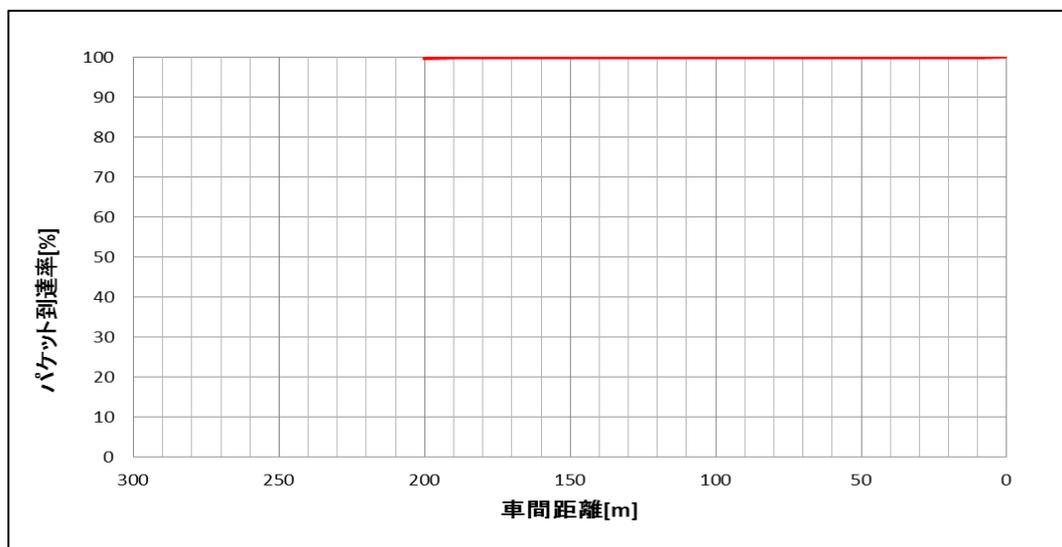


図 5.2.4.2-74 パケット到達率 (歩行者横断情報共有)



図 5.2.4.2-75 測定風景（歩行者横断情報共有）

（イ）考察

自律センサで検知した横断歩行者の存在を対向から接近する車両に通知する歩行者横断情報共有に関する通信実験をテストコースで実施した結果、通信要件を十分満たすことが確認できた。

停車している対向車列の間から横断してくる歩行者を自律センサのみで検知して衝突を回避する技術の実現は難しいものと予想される。無線通信の先読み情報だけで急制動を行うことの是非については議論の余地があると思われるが、歩行者横断検知に関する先読み情報の共有によって時間の余裕が創出され、減速による警戒動作の開始や、衝突回避のための急制動、急ハンドルの抑制が可能となれば、歩行者との衝突回避だけでなく、後続車両の追突事故なども防ぐことが期待できる。今回の実験結果では、通信性能面では余裕があることが確認されたため、今後は先読み情報と自律センサを融合して自動走行制御に活用していく検討が進むことを期待する。

5. 2. 5 まとめ

本研究開発では、自動走行システムにおける無線通信の位置付けを整理したうえで、無線通信による先読み情報を活用することで自動走行システムの精度や安全性の向上が期待できる 11 のユースケースを抽出した。次に、その中の 5 つのユースケースについて先読み情報活用モデルを構築し、通信要件を定めた。さらに、既存の 700MHz 帯 ITS 無線通信を用いた実証実験を行い、ほぼ全ての測定パターンにおいて通信要件を満足することを確認した。

自動走行システムにおける無線通信の位置付けは、自律センサと無線通信の双方の特性を踏まえ、以下のように定めた。

1. 自律センサで得られる情報の信頼性や精度の向上、遅延の低減に活用する。
2. 自律センサでは検知できない段階から、将来その対象との間で発生する事象を予測し、より安全かつ円滑な走行の実現に活用する。

2 の将来発生する事象を予測するために無線通信を活用する点に重点をおき、自動車工業会から提示された検討結果も参考にしながら、無線通信による先読み情報が自動走行システムの安定性や安全性に寄与するユースケースと、無線通信を活用した場合の車両の動きを想定した先読み情報活用モデルを検討し、その成立に必要な通信要件を定めた。

これらの先読み情報活用モデルの成立性を確認するため、表 5.2.4.1-1 に示すテストコース及び公道にて実証実験を実施した。特に合流シーンに関する公道での検証では、道路構造や制限速度の異なる 7 ヶ所で実験を行い、その多くは通信要件を十分に満足することを確認した一方で、都市高速などに見られる地下を走る本線に地上から下って合流していくような場所では、車車間通信のみによる合意形成には課題があることを明らかにした。

無線通信を活用した自動走行システムの実現に向けては、各ユースケースにおいて車両間で共有すべき情報の精査や合意形成手法の確立、複数の自動走行車両が存在する環境や自動走行車両と非自動走行車両が混在する環境を想定したモデル構築、ダイナミックマップとの連携など検討すべき課題は沢山ある。現状では、自動走行車両に搭載される自律センサの能力や自動走行に関する共通ルールなど不透明な部分は多々あるが、今年度検討した先読み情報活用モデルのさらなる具体化と、その実現に必要な技術課題に引き続き取り組んでいく。

第6章 おわりに

本年度の研究開発では、二つの課題に取り組んだ。一つは自動走行システムへの応用が期待される車車間通信・路車間通信の普及促進の取組みとして、車車路車協調システムで実現される運転支援サービスにおいて、複数のサービスが同時発生した場合に運転者に混乱を与えることなく適切に支援する技術の開発である。昨年度に明らかとなった課題にも対応できる通知支援決定手法を検討し、実証評価を行って、その手法が適切であることを確認した。

もう一つは、自動走行システムへの無線通信の活用に関する研究である。本研究では、まず自律センサを使用した自動走行に対して無線通信が有意に機能するユースケースを抽出した。そして代表的なユースケースについて、無線通信で得た情報を先読み情報として活用するモデルを提案し、公道等での通信実験を通してその実現性や課題を明らかにした。来年度はこの結果を踏まえ、具体的な先読み情報の内容の検討や活用時の課題に取り組んでいく計画である。