

## 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 28 年度 研究成果報告書

平成 29 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 社会的波及効果（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 .....                       | 7  |
| 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 ..... | 7  |
| 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 .....      | 8  |
| 3.3 研究開発体制 .....                       | 9  |
| 第4章 研究成果の要約 .....                      | 11 |
| 4.1 年次目標 .....                         | 11 |
| 4.2 成果概要 .....                         | 11 |
| 第5章 研究成果 .....                         | 13 |
| 5.1 研究目的 .....                         | 13 |
| 5.2 研究内容 .....                         | 14 |
| 5.3 先読み情報活用検討 .....                    | 14 |
| 5.3.1 自動走行システムにおける無線通信の位置付け .....      | 14 |
| 5.3.2 合流シーンにおける先読み情報の活用 .....          | 17 |
| 5.3.2.1 合流シーンの定義 .....                 | 17 |
| 5.3.2.2 先読み情報の活用方法とその効果 .....          | 18 |
| 5.3.3 共有すべき先読み情報 .....                 | 20 |
| 5.3.3.1 合流シナリオ .....                   | 20 |
| 5.3.3.2 先読み情報 .....                    | 28 |
| 5.3.4 共有手法 .....                       | 29 |
| 5.3.4.1 車車間通信活用 .....                  | 30 |
| 5.3.4.2 路車間通信活用（合流車両検知） .....          | 35 |
| 5.3.4.3 路車間通信活用（本線車両検知） .....          | 38 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 5.4 実証実験 .....                | 41  |
| 5.4.1 実験概要 .....              | 41  |
| 5.4.2 実験システム .....            | 42  |
| 5.4.2.1 車載システム .....          | 42  |
| 5.4.2.2 路側システム .....          | 50  |
| 5.4.2.3 撮影環境 .....            | 55  |
| 5.4.2.4 評価ツール .....           | 57  |
| 5.4.3 予備実験 .....              | 61  |
| 5.4.3.1 目的 .....              | 61  |
| 5.4.3.2 測定方法 .....            | 62  |
| 5.4.3.3 結果 .....              | 63  |
| 5.4.4 車車間通信活用実験 .....         | 63  |
| 5.4.4.1 実験モデル .....           | 63  |
| 5.4.4.2 測定方法 .....            | 78  |
| 5.4.4.3 実験結果 .....            | 79  |
| 5.4.4.4 考察 .....              | 131 |
| 5.4.5 路車間通信活用実験（合流車両検知） ..... | 132 |
| 5.4.5.1 実験モデル .....           | 132 |
| 5.4.5.2 測定方法 .....            | 138 |
| 5.4.5.3 実験結果 .....            | 140 |
| 5.4.5.4 考察 .....              | 167 |
| 5.4.6 路車間通信活用実験（本線車両検知） ..... | 169 |
| 5.4.6.1 実験モデル .....           | 169 |
| 5.4.6.2 測定方法 .....            | 177 |
| 5.4.6.3 実験結果 .....            | 178 |
| 5.4.6.4 考察 .....              | 209 |
| 5.5 まとめ .....                 | 211 |
| 第6章 研究発表などの成果 .....           | 213 |
| 6.1 研究発表 .....                | 213 |
| 6.1.1 査読付き誌上発表論文 .....        | 213 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 6.1.2 査読付き口頭発表論文..... | 213 |
| 6.1.3 その他の誌上発表.....   | 213 |
| 6.1.4 口頭発表.....       | 213 |
| 6.1.5 報道発表.....       | 213 |
| 6.2 特許出願.....         | 213 |
| 6.2.1 特許取得.....       | 213 |
| 6.2.2 特許出願.....       | 213 |
| 6.3 まとめ.....          | 214 |
| 第7章 その他研究開発活動.....    | 215 |
| 7.1 研究開発運営委員会.....    | 215 |
| 7.2 技術討論会.....        | 216 |
| 7.3 ビジネスプロデューサ会議..... | 218 |
| 第8章 おわりに.....         | 221 |



# 第1章 はじめに

## 1.1 研究開発の背景

現在、自動車産業においては自動走行という大きなイノベーション（創造的破壊）の変化の真っただ中にある。日本国政府は、自動車産業という基幹産業の競争力強化を狙って、この変化の中、日本を自動走行のイノベーションの中心地にするべく取組みを始めている。

具体的には、2001年のIT基本法に基づき設立した高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT総合戦略本部）が活動を推進しており、2013年には「世界最先端IT国家創造宣言」が出された。該宣言は毎年改定も行われており、言及する範囲も大変広いが、自動車に関しては、世界で最も安全で環境に優しく経済的な道路交通社会の実現を目指すことが記載されている。また、自動走行システムの開発・実用化等を推進する方針が示されている。

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

自動走行システムには、2つの考え方がある。車に搭載したセンサやカメラなどの機器だけで周囲の状況を判断して走行する「自律型自動走行システム」と、自律型システムに加えて車外から無線通信を通じて得られる情報も活用しながら走行する「協調型自動走行システム」である。協調型自動走行システムは、通信を活用してセンサの検知範囲より先の情報の取得や、周辺車両との連携協調をすることで、より安全・安心で円滑な自動走行が実現出来ると考えられる。本研究開発は、協調型自動走行システムの実現を目的とし、それに必要となる通信・サービスの技術開発を目指す活動である。

協調型自動走行システムにおいて、無線通信は極めて重要な技術である。日本では、ドライバーへの安全運転支援用システムが2015年に実用化されており、それに用いる車車間・路車間通信として700MHz帯ITS通信が標準化されている。本研究開発では、協調型自

自動走行システムの早期実現という観点で、この 700MHz 帯 ITS 通信を協調型自動走行システムに適用することを念頭に、3 ヶ年度に渡って研究開発を実施している。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・サービスの両面から明確化し、700MHz 帯 ITS 通信の通信性能を改善するための技術開発を行ってきた。また、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ってきた。最終年度となる本年度は、昨年度までの取組みにより明らかになってきた課題への対策や、より具体的で実用化を意識した技術やシステムの検討と提案を行うことを重視し、普及促進よりも協調型自動走行システム実現のための通信・サービスに関する研究開発に注力する。

協調型自動走行システムの実用化に向けては、様々な課題があることが想定され、本研究開発だけではそれら全てをカバーすることは難しい。しかし、本研究開発により、特に協調すべき技術領域における課題の幾つかは解決され、早期実用化に向けた開発を押し進めることが出来ると考える。



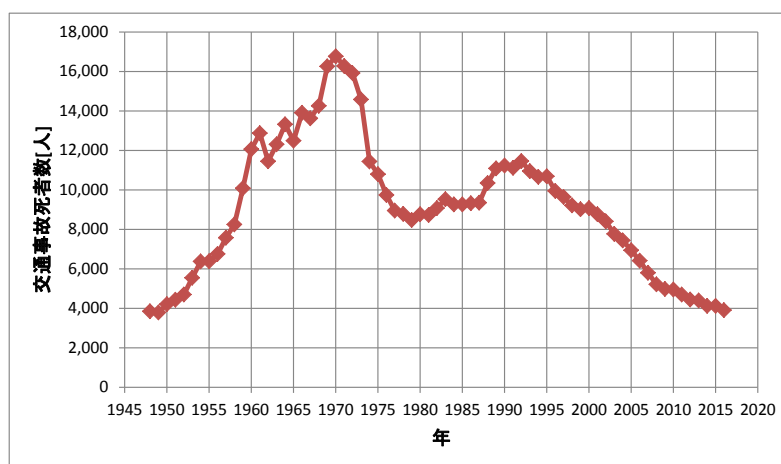
## 第2章 研究開発目標

本研究開発の目標を2つの視点で示す。1つ目は、社会的波及効果（アウトカム目標）、2つ目は技術的達成目標（アウトプット目標）についてである。

### 2.1 社会的波及効果（アウトカム目標）

「第10次交通安全基本計画」（平成28年3月）においては、「2020年までに交通事故死者数を2,500人以下とし、世界一安全な道路交通を実現する」と目標を設定している。

図2.1-1に交通事故死者数の2016年12月までの推移を示す。



出典：警察庁交通局「平成28年中の交通事故死者数について」

図 2.1-1 2016年までの交通事故死者数の推移

2016年の交通事故による死者数は、3,904人で1949年以来の3千人台となった。これは、国家公安委員会委員長のコメントにあるように、国民一人一人を始め、交通ボランティアやマスコミなど関係方面の協力により、交通安全の確保に取り組んできた結果である。ただ、2020年までに交通事故死者数を2,500人以下にするという目標をあと3年で達成するためには、これまで以上の取り組みをしなければならない。万能な対策方法があるわけではないため、あらゆる手立て（悪質・危険な違反の取り締まり、計画的な交通安全施設の整備、地域の交通実態に即した防止対策など）を総動員し、引き続き強い決意をもって取り組まなければならない。死者3人以上の交通事故の発生状況（平成28年12月28日現在）を精査してみると、以下に挙げる事例のように本研究開発で取り組んでいる技術が実用化され、広く普及していれば回避できた可能性のある事案も散見される。

(事例 1)

2月2日 高速道(三重)、死者3人、非常駐車帯に停車中の作業車に衝突、車外で作業中の作業員が死亡した。作業車の存在情報が、通信を使って後続走行車に伝わっていれば回避された可能性がある。

(事例 2)

5月29日 国道(群馬)交差点、死者4人、大型自動二輪と乗用車が出合い頭に衝突。通信を使って先読み情報で危険を予知できていたら回避された可能性がある。

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システム、さらに2020年代前半を目途に準自動走行システム、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して記載されている。これらの実現には、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することが必要と考えられる。本研究開発は協調型システムに関するものであるが、協調型システムと自律型システムの両方が機能することにより、「交通事故死者2,500人以下/年を達成すること」を社会的波及効果(アウトカム目標)としたい。

## 2.2 技術的達成目標(アウトプット目標)

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研究開発計画には、自動運転レベル及びそれを実現する安全運転支援システム、自動走行システムの概要と責任関係が定義されている。

| 自動運転レベル | 概要  | 注(責任関係等)   | 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                     | ドライバー責任  | 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                  | ドライバー責任<br>※監視義務及びいつでも安全運転できる態勢  | 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 | システム責任(自動走行モード中)<br>※特定の交通環境下での自動走行(自動走行モード)<br>※監視義務なし(自動走行モード:システム要請前) |             |          |
| 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       | システム責任<br>※全ての行程での自動走行   | 完全自動走行システム  |          |

図 2.2-2 自動運転レベル及びそれを実現するシステムの定義

本研究開発は、上記の自動走行システム研究開発のうち、総務省の担当する“ICTを活用した次世代ITSの確立”に係わり、その目指す自動運転のレベルは、レベル1からレベル3に渡る。また、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」を担当し、通信技術に関する研究とサービスに関する研究を行う。具体的には、通信技術に関する研究では、安全運転支援システム用に標準化されている700MHz帯ITS通信を協調型自動走行システムへ適用した場合の課題に対応する通信方式の改良や、将来のアプリケーションの拡がりを見据え、更なる性能改善を目指した通信方式の開発に取り組む。サービスに関する研究では、協調型自動走行システムの先読み情報を活用した具体的なユースケースについて検討し、それらを実現する上で必要となる通信で伝達すべき情報の検討や通信を使った情報の共有手法の開発を行う。また、自動走行車両と手動走行車両が混在走行することを想定したユースケースの提案及び検証や、実用化・普及に向けたデータ処理の効率化手法の開発についても取り組む。

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し、自動運転のレベル3に必要な技術を用意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（以下、「PD」という）として、2016年4月よりトヨタ自動車株式会社の葛巻清吾氏が就任された。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）の座長 PD にあたり、研究開発計画の策定や推進を担う。

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 を活用した次世代 ITS の確立である。

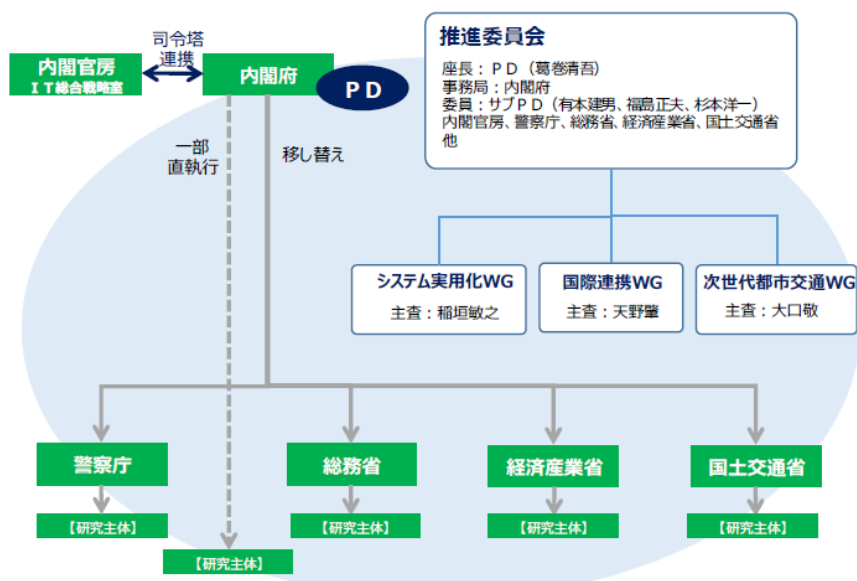


図 3.1-3 実施体制

### 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<br>(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<br>(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<br>(代表研究機関: パナソニック株式会社)        |

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「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、ビジネスの観点から研究開発の方向性と進捗状況について総括を受ける体制とした。

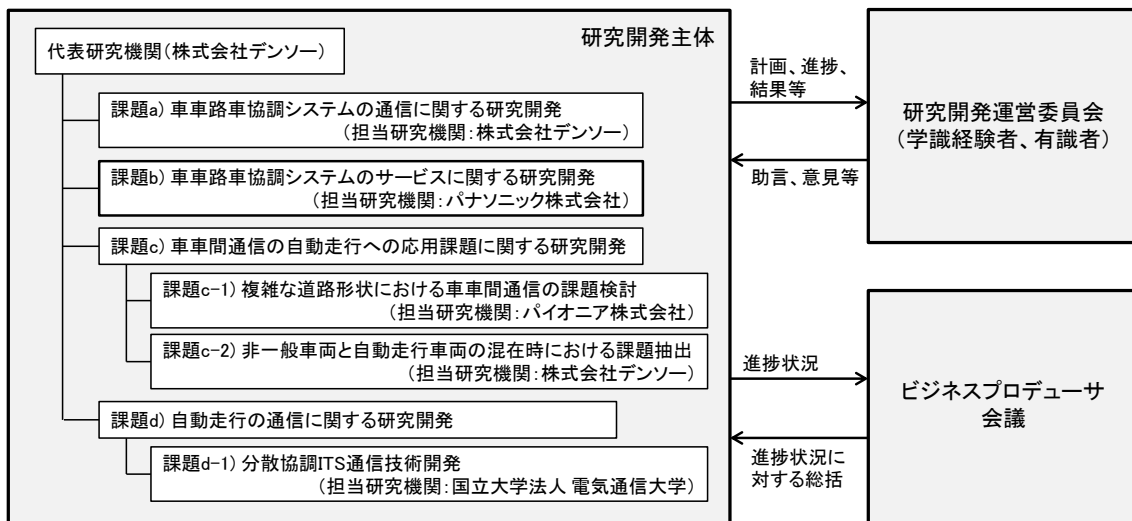


図 3.3-1 研究開発全体の体制

パナソニック株式会社における研究開発の実施体制は、図 3.3-2 のとおりである。

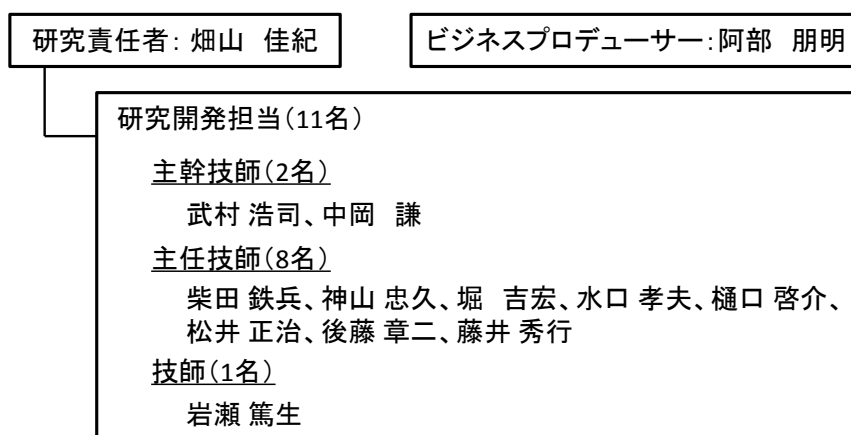


図 3.3-2 研究開発実施体制 (パナソニック)





## 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。

『自動走行に活用するために通信で共有すべき情報（先読み情報）の内容と、通信を用いた先読み情報の共有手法を検討し、これを実装した車載システムを開発して、実証実験により、その妥当性等を検証する。』

また、年次目標達成に向けた具体的な取組み内容は以下のとおりである。

- ・前年度に検討した自動走行時に通信を活用する代表的なユースケースについて、通信で共有すべき先読み情報の内容を検討する。
- ・上記の検討結果を踏まえ、700MHz帯 ITS 無線通信を用いて必要な情報を共有する場合の手法を検討し、情報の生成と送信および受信情報の解析が可能な実験用車載システムを開発する。
- ・テストコースにおいて、上記車載システムを用いた実証実験を行い、複数の車両が存在する中で所望の車両と必要な情報の共有が出来ることや、先読み情報の妥当性を評価する。

### 4.2 成果概要

今年度の研究開発では、早期の実用化が期待されている高速道路における合流のユースケースについて、先読み情報の検討として複数の車両間で共有すべき情報や、路側に設置されたインフラシステムから車両に提供すべき情報の検討を行った。また、それらの先読み情報を活用する手法についても検討し、これを実装した実験システムを開発して、テストコースでの実証実験により妥当性の評価や課題抽出を実施した。

先読み情報の検討においては、まず初めに自動走行システムにおける無線通信の位置付けを、自律型のセンサでは検知できない段階から将来発生する事象を予測し、より安全かつ円滑な自動走行の実現に活用することと定めた。その上で、自律型自動走行において課題となり得る合流シーンを挙げ、それを解決するために通信で共有、提供していくべき情報を抽出した（詳細な成果は5.3に記載）。

次に、700MHz帯 ITS の車車間通信・路車間通信を活用した合流走行を支援するモデル

を検討し、車両間での合意形成や通信情報の合流支援への活用手法の検討を行った。また、これらの検討結果の妥当性を検証するため、実験システムの開発を行い、表 4.2-1 に示すとおりテストコースにて実験を実施した。

表 4.2-1 実証実験の概要

|      |   |
|------|---|
| 目的   | 合流ユースケースを想定した先読み情報と情報共有手法の妥当性評価   |
| 日程   | 2016年11月21日～24日   |
| 場所   | 日本自動車研究所 城里テストセンター 高速周回路、旋回試験場  |
| 実施項目 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車車間通信活用実験</li> <li>・ 路車間通信活用実験（合流車両検知）</li> <li>・ 路車間通信活用実験（本線車両検知）</li> </ul> |
| 内容   | テストコース上に高速道路の合流部を想定した走行経路を構築し、自動走行車両を模擬した車両や一般車両を走行させて、先読み情報の内容、及び情報の共有手法や活用手法の妥当性を検証する。                                |
| 実験規模 | 実験車両：10台、路側機：3台   |

実験では、本線車両の走行速度や合流車両の台数などを変えた幾つかのシチュエーションを想定し、車車間通信を活用する場合と、路側センサで検知した合流車両や本線車両の情報を路車間通信で提供する場合のそれぞれについて評価を行った。結果、車車間通信活用については、本線車両と合流車両の間で適切な合意形成が確立でき、その本線車両が合流車両を安全に合流させるために必要な車間距離を確保する減速行動が取れることを実証した。また、路車間通信活用については、路側インフラから提供される合流車両や本線車両の検知情報をもとに適切な車間確保行動や加速タイミングの調整が行えることが確認できた。その一方で、現実には発生する様々な状況を想定すると、さらなる検討や改善の余地があることも明らかになった（詳細な成果は5.4に記載）。

## 第5章 研究成果

本章では、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」の研究成果について述べる。

### 5.1 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 5.1-1 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には、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 5.1-1 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  |          |

出典：SIP 自動走行システム 研究開発計画（2016年10月20日 内閣府）

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、車線変更などを行う際、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が必要になると考えられている。無線通信により、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路側システムから取得したり、車両同士が互いの行動を事前に共有しておいたりすることで、近い将来の状

況をよりの確に予測することができ、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 研究内容

昨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ユースケースを抽出し、それらについて先読み情報活用モデルを構築し、無線通信に求められる通信距離を定めた。さらに、既存の 700MHz 帯 ITS 車車間通信を用いた基礎的な通信実験をテストコースや各所の公道で実施し、ほとんどの環境では通信距離の要件を満足することを確認した。しかしながら、都市高速で見られるような地上から地下への合流など特殊な道路構造の場合において、車車間通信のみでは実用上不十分と思われる結果も得られた。

そこで、今年度の研究開発では、早期の実現が想定されている高速道路における合流シーンに着目し、複数の車両間で共有すべき情報や、路側に設置されたインフラシステムから車両に提供すべき情報の抽出と、それらの情報を活用する手法について検討し、実証実験による妥当性の評価を行う。

具体的には、初めに昨年度に検討した自動走行システムにおける無線通信の位置付けを踏まえて、自動走行車両が安全かつ円滑な合流走行をするために共有すべき先読み情報を抽出する。次に、車車間通信を活用したシステムと、路車間通信を活用したシステムのそれぞれにおいて、先読み情報を共有して活用する手法を検討する。さらに、これらの検討結果を踏まえた評価システムを開発し、テストコースにおいて評価を行う。

## 5.3 先読み情報活用検討

### 5.3.1 自動走行システムにおける無線通信の位置付け

自動走行車両は、「認知」、「判断+計画」、「操作」を繰り返し行う制御モデルによって実現される。認知とは周辺を把握すること、判断+計画は認知した情報をもとに走行計画を立てること、操作はその計画に沿って走行する（加速・操舵・制動を行う）ことである。

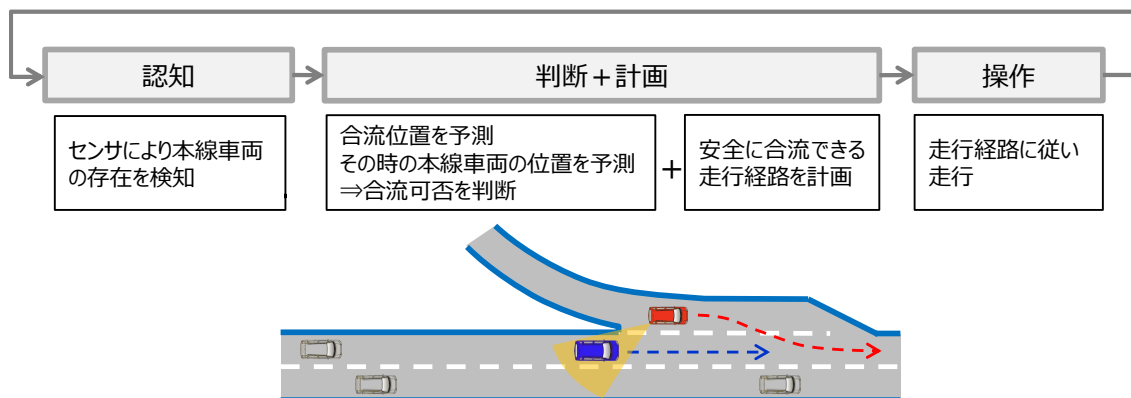


図 5.3.1-1 自動走行システムの制御モデル例

認知の手段としては、カメラやレーダーなどの自律センサや無線通信が用いられる。自律センサから得られる情報だけで走行するシステムは自律型自動走行システムと呼ばれ、これに加えて車車間や路車間で行われる無線通信で得られる情報も利用するシステムは協調型自動走行システムと呼ばれる。

自律センサは、自車周辺の検知領域内に存在する対象物の大きさや動き、対象物との距離などを正確に検知するために装備される。自動走行車両は、装備された複数の自律センサを用いて、周辺の車両や歩行者、障害物の存在、さらに信号や標識が示す情報等も検知しながら、その後の走行計画を決定していく。自律センサは、検知方式によって検知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や動きを認識することはできない。また、「見える位置」にあっても、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把握することは不可能である。例えば、図 5.3.1-2 に示すように、自律センサは車両前方や周囲の検知は可能（黄色の部分）であるが、ビルに遮られて「見えない」エリアに存在する車両の存在や接近を検知することはできない。

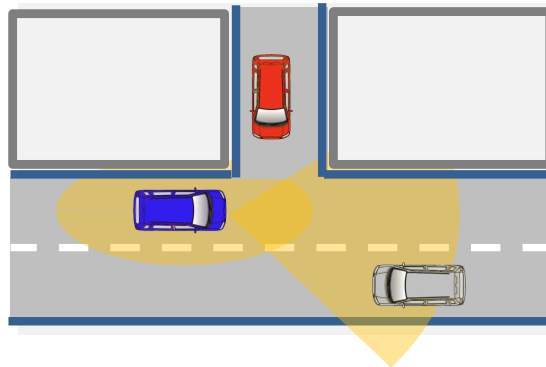


図 5.3.1-2 自律センサの検知範囲（例）

車車間・路車間で行われる無線通信は、一般的には自律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、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。

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、自律センサを補間する役割である。

2 の具体例については、高速道路の合流シーンで説明する。図 5.3.1-3 に、高速道路の合流シーンにおける無線通信の活用例を示す。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を検知してから、合流のための行動をとる。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、合流車両は合流する。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。本図の合流シーンの例のように、無線通信の情報（先読み情報）は、無理なく安全に車両が制御できる状態を作り出すことに、大きな効果を発揮するものと考えられる。

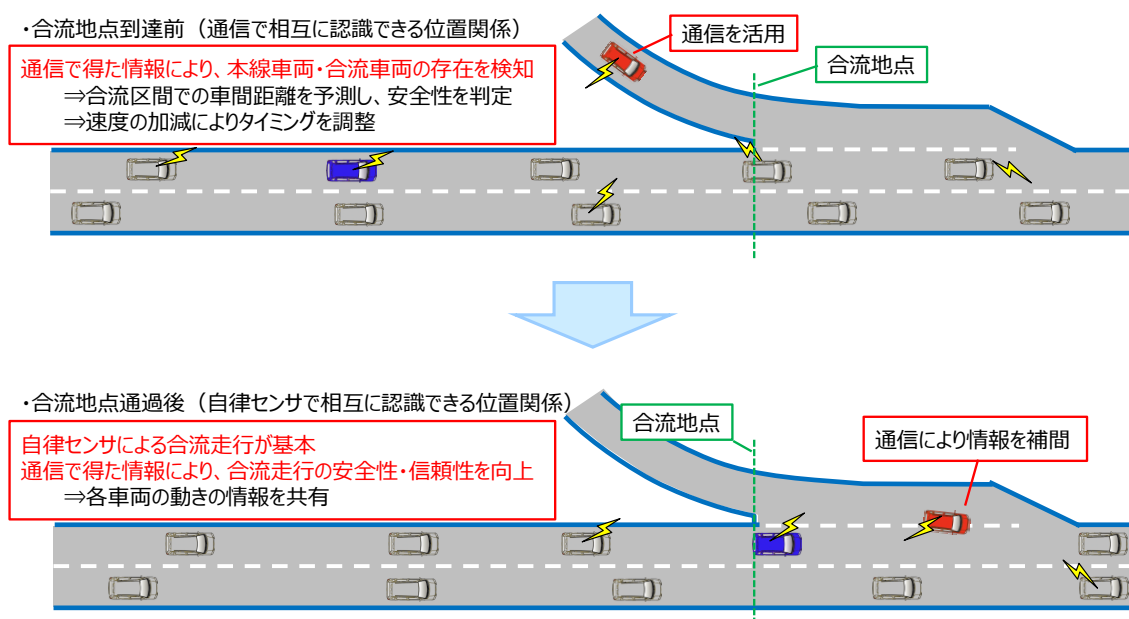


図 5.3.1-3 自動走行システムにおける無線通信の位置付け（高速道路合流時の例）

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 2 つについて検討を行う。

### 5.3.2 合流シーンにおける先読み情報の活用

#### 5.3.2.1 合流シーンの定義

初めに、検討対象とする合流シーンについて定義する。本書では、合流シーンで扱う道路は、異なる道路が接続された道路群で構成されており、接続部分を中心とした上流／下流の一定範囲を含むものとする。異なる道路のうち、主たる道路を本線路、この本線路に接続する従たる道路を合流路と呼ぶ。本線路を走行する車両を本線車両、合流路を走行する車両を合流車両とし、合流車両が加速しながら本線に車線変更できる区間を合流区間と呼ぶ。具体的には図 5.3.2-1 に示す構成とする。

合流エリアは、本線路及び合流路の基点から合流区間終点までを指し、このエリア内で合流走行のための各種制御が行われるものとする。また、本線路及び合流路の車線が複数ある場合、進行方向に対して左側の車線から第1車線、第2車線と呼ぶ。

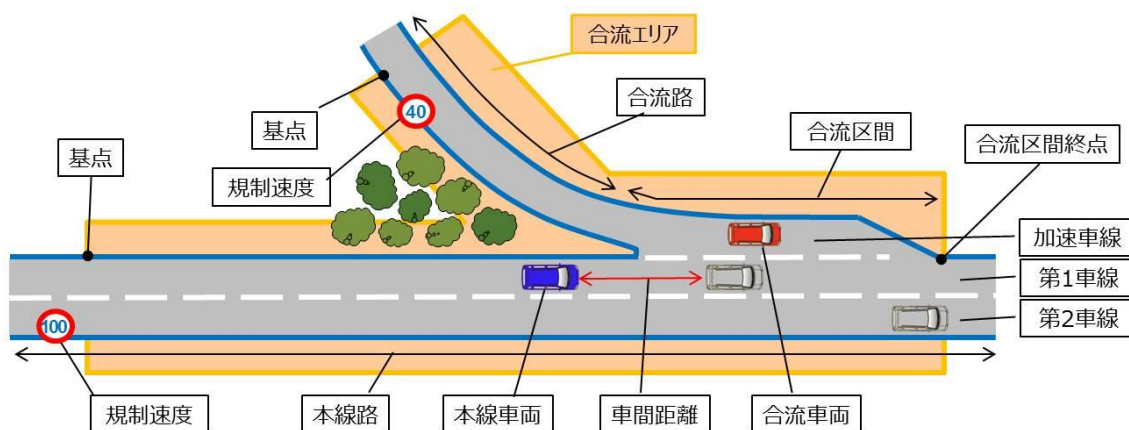


図 5.3.2-1 合流シーンの定義

なお、自動走行車両は法令を順守することから、設定された規制速度以下で走行し、合流車両は合流区間においてのみ加速する。

### 5.3.2.2 先読み情報の活用方法とその効果

自動走行車両の合流が難しくなる状況としては、合流車両が本線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でない場合が挙げられる(図 5.3.2-2)。自律型自動走行では、合流区間という限られた範囲で周辺状況の認識及び合流可否の判断を行って走行しなければならないことから、このような状況においては急な加減速や十分な車間距離が得られない状態での割り込み合流が発生してしまう可能性があり、乗員に不安を与えることとなる。また、本線路の車両密度がより高い場合には、本線に合流できないまま停車に追い込まれてしまう懸念もある。



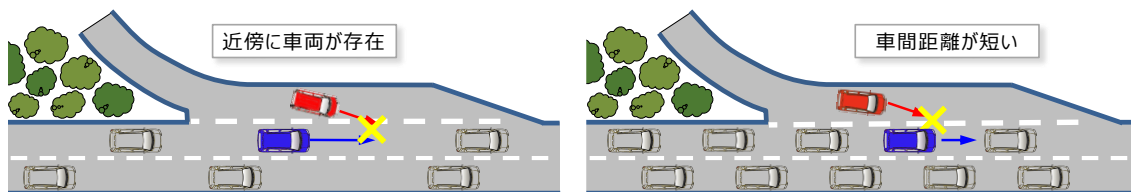


図 5.3.2-2 合流が困難な状況

このような状況でも、無線通信によって得た先読み情報を活用することにより、図 5.3.2-3 に示すように、合流車両の存在や本線路の交通状況を事前に把握し、急な加減速や無理な合流走行の発生を低減する走行計画を構築することができるため、安全で円滑な合流が可能となる。このように、合流シーンにおいて先読み情報を活用することで、合流区間よりも上流で先読み情報を用い、自車両が合流区間に到達するときの状況を予測し、その結果を踏まえて準備をしておくことができる。

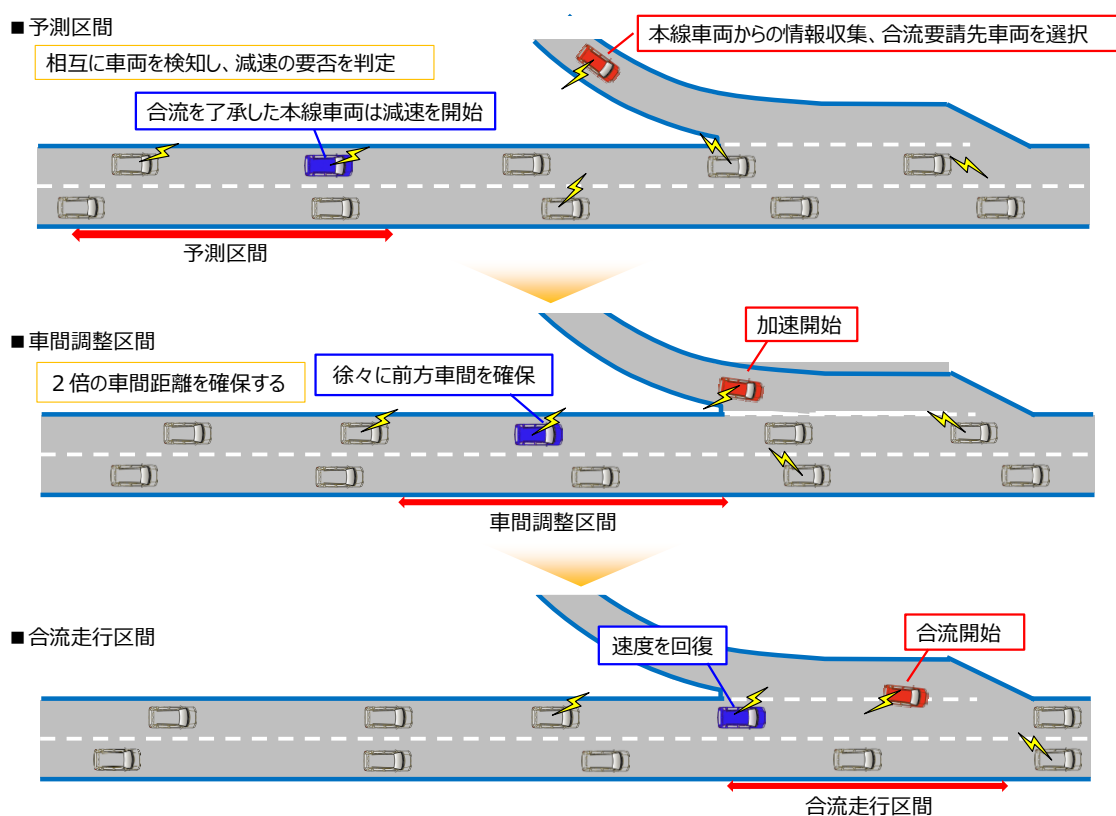


図 5.3.2-3 合流時の車両の動き

### 5.3.3 共有すべき先読み情報

前項までは単純な合流シーンを用いて述べてきたが、現実には曲線路上での合流や、運動性能の異なる車両との合流など、様々な環境が想定される。本項では、想定される環境を合流シナリオとして整理し、各シナリオにおける課題を抽出する。次に、それらの課題の解決に寄与すると考えられる合流支援情報を検討したうえで、無線通信で共有すべき情報を抽出する。なお、本報告書では、合流車両が目標速度に到達したときに、合流先となる本線路を走行する他車両との車間距離が不十分なために合流できない状況を「干渉」と呼ぶ。

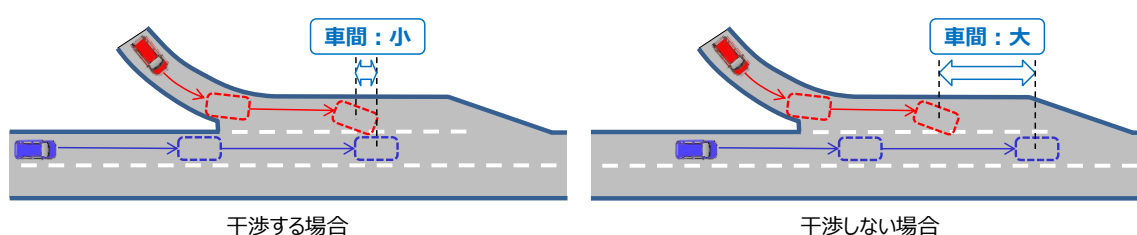


図 5.3.3-1 干渉の定義

#### 5.3.3.1 合流シナリオ

道路構造や車両特性、交通状態などの走行環境に基づいて、想定される合流シナリオを整理する。そして、各シナリオにおける課題と、その課題解決につながる合流支援情報を示す。

##### (1) 道路構造

##### (ア) 合流走行に直接関係しない車線の存在

本線路の車線が複数ある場合でも、合流走行に直接関係する車両は、合流路を走行する車両と、本線路の車線のうち合流路が接続する車線を走行する車両のみである。他の車線を走行する車両も干渉判定の対象としてしまうと、誤った判断によって unnecessary な制御がなされてしまう可能性が高くなる。このような状況が生じる事例としては、図 5.3.3-2～図 5.3.3-4 のようなケースが考えられる。この場合の課題と、課題解決のための合流支援情報を表 5.3.3-1 に示す。

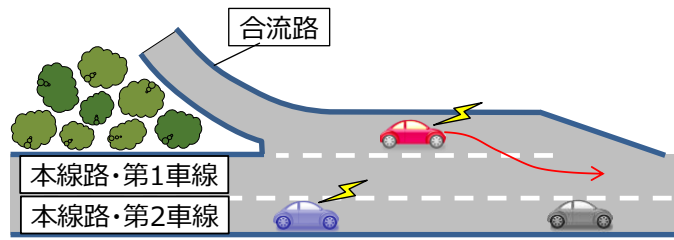


図 5.3.3-2 本線車両が第 2 車線を走行するケース

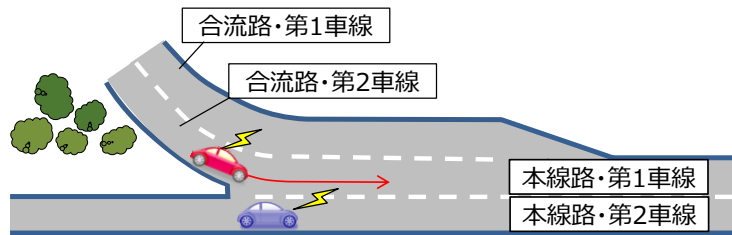


図 5.3.3-3 合流車両が走行する車線が、そのまま本線路の車線となるケース

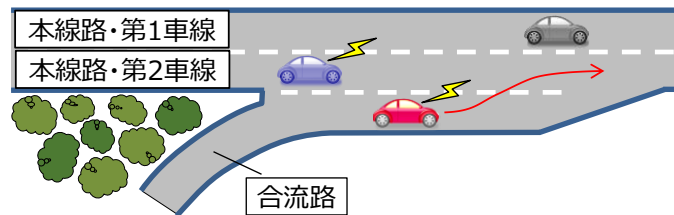


図 5.3.3-4 合流路が、本線路の第 2 車線側から合流するケース

表 5.3.3-1 課題及び合流支援情報（合流走行に直接関係しない車線の存在）

|        |  |
|--------|--|
| シナリオ   | 合流に直接関係しない車線が存在する  |
| 課題     | 合流に直接関係しない車線を走行中の車両と干渉判定を行ってしまうと誤った判断となる   |
| 合流支援情報 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・合流路と本線路の車線レベルの接続関係を示す情報</li> <li>・各車両が走行中の車線を示す情報</li> </ul> |

### (イ) 走行に影響を与える道路の形状

本線路が平坦な直線路でない場合には、計画した速度の維持や加減速ができなくなる可能性がある。これにより合流区間に到達するまでの時間予測にずれが発生すると、干渉の判定精度が下がり、誤判断の発生確率が高まる。このような走行に影響を与える道路形状の例としては、図 5.3.3-5 及び図 5.3.3-6 のようなケースが考えられる。

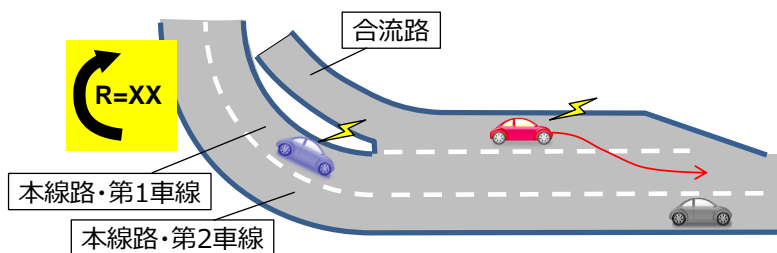


図 5.3.3-5 合流区間直前に小さな曲率のカーブがあるケース

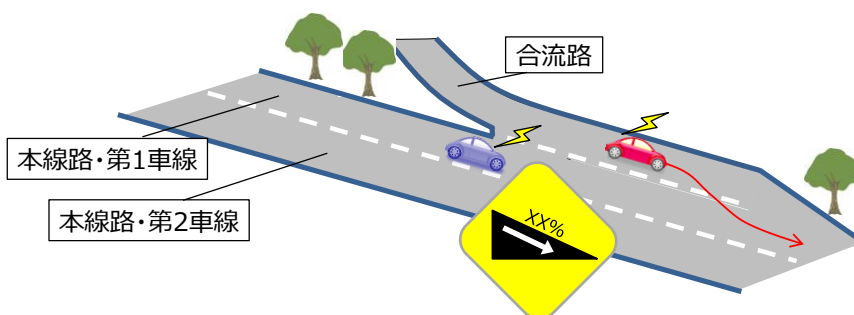


図 5.3.3-6 合流エリアに勾配があるケース

表 5.3.3-2 課題及び合流支援情報（走行に影響を与える道路の形状）

|        |  |
|--------|--|
| シナリオ   | 走行に影響を与える道路形状である                         |
| 課題     | 道路形状の影響で計画通りの走行ができず、合流区間において予測とは異なる状況となる |
| 合流支援情報 | ・合流エリアの道路線形情報（距離、勾配、曲率など）                |

#### （ウ）対象車両の特定が困難な道路

本線路に接続する合流路が連続する場合、合流車両と合流地点との対応を誤ると、正しい予測ができなくなる。そのような状況が生じる事例としては、図 5.3.3-7 及び図 5.3.3-8 が考えられる。特に、複数の道路が交わるジャンクションでは、複数の本線路と複数の合流路が複雑に接続するが、合流シーンでは、それらの道路上を走行する車両から対象となる車両を適切に特定する必要がある。

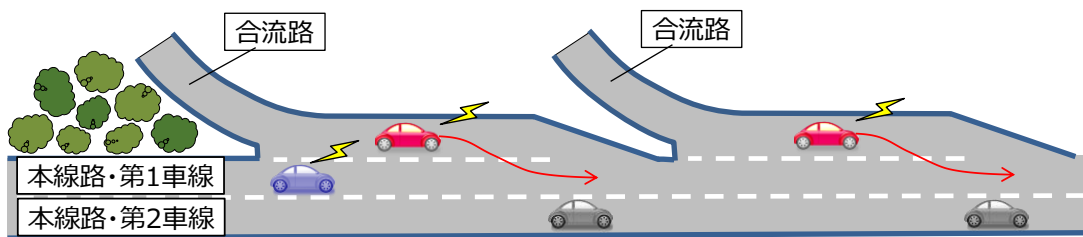


図 5.3.3-7 本線路に連続して合流路が接続するケース

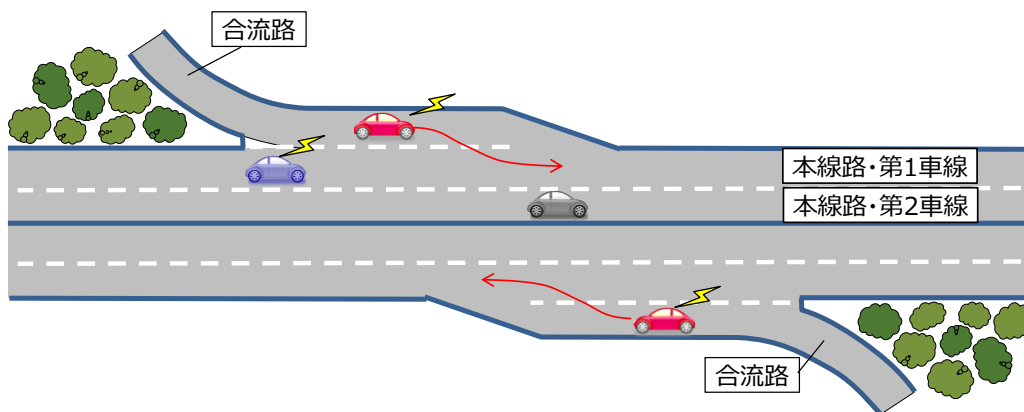


図 5.3.3-8 本線路の上りと下りの双方に合流路が近距離で存在するケース

表 5.3.3-3 課題及び合流支援情報（対象車両の特定が困難な道路）

|        |  |
|--------|--|
| シナリオ   | 複数の本線路や合流路が存在する  |
| 課題     | 本線車両に関係する合流車両の特定が困難となる   |
| 合流支援情報 | <ul style="list-style-type: none"> <li>道路（本線路及び合流路）を一意に識別する情報</li> <li>道路にユニークに振られた ID、または階層構造で示された道路情報によって表現される。</li> </ul> |

## (2) 車両特性

### (ア) 性能

加速性能や制動性能は車両毎に異なる。また、自動走行車両の合流可能な車間距離は、車両の加速・操舵・制動等の性能、センサの検知性能、走行速度、乗員の安全車間に対する感覚など、様々な要因に依存して変わるものである（図 5.3.3-9）。このため、全ての車両に対して一律に同じ条件で相手車両の挙動を予測したり、合流可否を判定したりすることは適切ではない。これらの車両の特性に係る情報を通信で共有することで、より精度の高い予測や判断が可能となる。

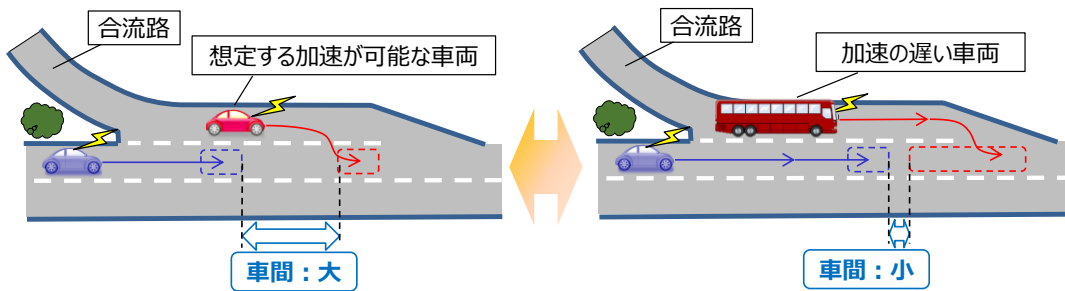


図 5.3.3-9 合流車両の加速が想定よりも遅いケース

表 5.3.3-4 課題及び合流支援情報（性能）

|        |   |
|--------|---|
| シナリオ   | 本線車両と合流車両とで、車両の性能が異なっている  |
| 課題     | 計画通りの走行ができない結果、誤判断となり安全性を確保できない可能性がある   |
| 合流支援情報 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・加速性能</li> <li>・制動性能</li> <li>・合流可能最低車間距離</li> </ul> |

(イ) 車長

図 5.3.3-10 に示すように、合流車両が自車の後方に位置する本線車両の後方を狙って合流すると仮定する。合流車両が自律センサによって後方から接近する本線車両を検知する場合、その対象車両の先頭との距離は比較的容易に検知できても、その車両の長さを早い段階から高精度で検知することは困難な場合がある。この車長の検出精度が低いと合流すべき位置の判断を誤り、合流が出来なくなったり、不安全な合流になったりする可能性がある。当然、車両の接近に伴い自律センサの検知精度は高まるものの、車長の検知結果の変化に応じて走行計画を逐次見直さなければならなくなる。



図 5.3.3-10 本線車両に車長の長い車両が存在するケース

表 5.3.3-5 課題及び合流支援情報（車長）

|        |  |
|--------|--|
| シナリオ   | 様々な長さの車両の存在  |
| 課題     | 対象車両との距離や道路構造、遮蔽物の存在などにより、対象車両の車長を適切に検知できない場合、合流すべき位置の判断を誤り、その対象との車間距離を十分に確保できない可能性がある |
| 合流支援情報 | ・ 車両長  |

### (3) 交通環境

#### (ア) 渋滞

図 5.3.3-11 に示すように、本線路が渋滞している状況では、本線車両の車間距離が著しく短くなるだけでなく、本線車両は加減速を繰り返す走行となるため、自動走行での合流が困難となる場合がある。

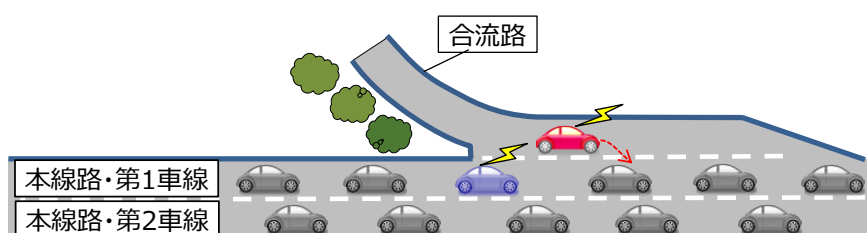


図 5.3.3-11 本線路が渋滞しているケース

表 5.3.3-6 課題及び合流支援情報（渋滞）

|        |                                    |
|--------|------------------------------------|
| シナリオ   | 交通渋滞により、安全に合流できる車間距離がない            |
| 課題     | 合流区間において合流困難と判断した場合、手動運転への切り替えが遅れる |
| 合流支援情報 | ・ 車両密度<br>・ 平均速度                   |

#### (イ) 無線機非搭載車両との混在

図 5.3.3-12 に示すように、無線機を搭載していない車両が存在する場合、それらの車両情報の取得や挙動の予測ができず、正しい干渉判定ができない可能性がある。その場合、合流時に想定外の位置に車両が存在してしまい、合流に失敗することになる。

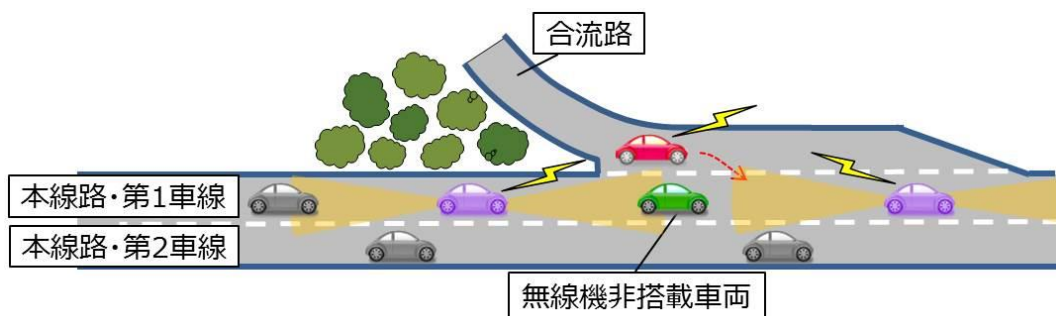


図 5.3.3-12 無線機非搭載車両が存在するケース

表 5.3.3-7 課題及び合流支援情報（無線機非搭載車両との混在）

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| シナリオ   | 無線機非搭載車両が存在する            |
| 課題     | 想定外の車両の存在により、合流走行が失敗する   |
| 合流支援情報 | ・自律センサで検知した前方や後方車両との車間距離 |

(ウ) 特殊な走行制御状態の車両の存在

相手車両が自動走行車両であっても、その制御状態によっては協調した走行ができない可能性がある。例えば、図 5.3.3-13 に示すように、本線車両が隊列を組んで走行している場合、それらの車両が協調して車間を確保する行動に移らなければ、想定していた車間距離が確保されない可能性がある。

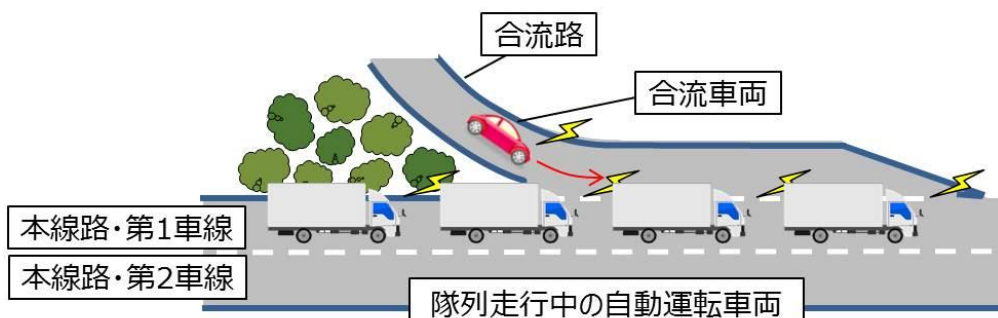


図 5.3.3-13 自動走行車両が隊列走行中のケース



表 5.3.3-8 課題及び合流支援情報（特殊な走行制御状態の車両の存在）

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| シナリオ   | 隊列走行等の特殊な走行状態の車両が存在する          |
| 課題     | 想定していた車間距離が確保されず、合流走行の安全性が低下する |
| 合流支援情報 | ・ 走行制御状態（手動／自動／隊列など）           |

#### （４）外部環境

##### （ア）道路環境の変化

工事や落下物等の影響により、走行する車線や速度を変えざるを得ない場合がある。これにより合流位置の予測や合流位置に到達するまでの時間予測にずれが生じ、計画通りの合流が行えない可能性がある。このような道路環境の変化により、想定した走行が困難となる状況が生じる事例として、図 5.3.3-14 及び図 5.3.3-15 が考えられる。

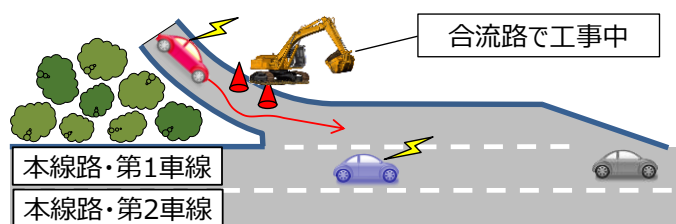


図 5.3.3-14 合流路で工事があり、通常の走行ができないケース

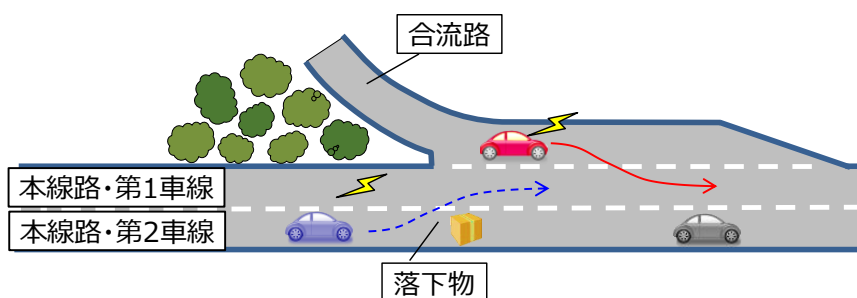


図 5.3.3-15 本線路の合流区間手前に落下物があり、通行できない車線があるケース

表 5.3.3-9 課題及び合流支援情報（道路環境の変化）

|        |  |
|--------|--|
| シナリオ   | 道路環境に変化があり、通常とは異なる走行を強いられる                   |
| 課題     | 計画通りの走行ができない結果、干渉判定において誤判断が発生したり、予測精度が低下する   |
| 合流支援情報 | ・ 工事関連情報（速度規制、車線規制等）<br>・ 落下物情報（落下物の位置、大きさ等） |

## (イ) 天候

路面状況や降雨等の外部環境の変化により、計画する走行が困難となる状況が生じる可能性がある。このように、合流位置の予測や合流位置に到達するまでの時間予測にずれが発生すると、干渉の判定精度が低くなり、誤作動の発生確率を高める。

表 5.3.3-10 課題及び合流支援情報（天候）

|        |                               |
|--------|-------------------------------|
| シナリオ   | 天候や路面状況の変化のため、通常とは異なる走行を強いられる |
| 課題     | 走行計画通りに走行ができない                |
| 合流支援情報 | ・路面状況<br>・降雨、降雪状況             |

### 5.3.3.2 先読み情報

前項で挙げた課題解決につながる合流支援情報を整理し、共有すべき先読み情報を表 5.3.3-11 のとおり抽出した。

各車両が保持する道路情報が異なる場合、車両間で合流判定結果が異なり、協調した走行が期待できない。従って、車両間で道路情報の同一性を保証する必要がある。路車間通信を活用できれば、各車両が路側システムから取得した共通の道路情報を用いることで同一性を担保できる。また、車車間通信を活用することで、各車両が保持する道路情報を相互に共有して同一の道路情報を保持することができる。同一性の確認だけであれば、地図の発行元やリビジョン番号等の地図識別情報を送受するような方法も考えられる。

道路情報以外の情報は、時々刻々と更新されるものや車両毎に異なる情報であるため、無線通信によって周期的に共有されるべきものである。車両属性情報及び走行状態情報は、相手車両の挙動を予測し、その車両との干渉判定に用いるものである。

車車間通信を用いる場合には、相手車両の詳細な情報を共有できるため、精度よく挙動予測が可能である。さらに、各車両が構築した走行計画情報も共有することで、挙動予測の精度が高まることが期待される。合流シーンの場合であれば、各車両が算出した目標合流位置や、その位置に到達するまでの時間情報だけでも干渉判定や挙動予測に役立つ。

一方、路車間通信を用いる場合は、車両の位置や速度の検出はできるものの、車両固有の性能等の情報を検出することは困難である。従って、路側システムから受信した車両の位置と速度情報をもとに、その後の挙動を各車両において個別に予測する必要がある。

表 5.3.3-11 共有すべき先読み情報

| 合流支援情報     |   | 概要 |
|------------|---|----|
| 道路情報       |   |    |
| 道路線形       | 道路構造（距離、勾配、合流位置等）や、道路の接続関係を表現した情報                 |    |
| 道路識別情報     | 道路を一意に識別する情報<br>道路にユニークに振られた ID、または階層構造で表現された道路情報 |    |
| 地図識別情報     | 地図の発行元やバージョンの情報<br>地図の同一性を確認するために用いる              |    |
| 車両属性情報     |   |    |
| 車長         | 車両の長さ   |    |
| 車両種別       | 車両の種別<br>大型自動車、中型自動車、普通自動車、自動二輪車等                 |    |
| 加速性能       | 合流走行時の計画加速度                                       |    |
| 制動性能       | 合流走行時の計画減速度                                       |    |
| 合流可能最低車間距離 | 自車が合流していく際に必要な車間距離                                |    |
| 走行状態情報     |   |    |
| 位置         | 車両の位置座標   |    |
| 速度         | 車両の速度   |    |
| 走行車線区分     | 車両が走行している車線の情報                                    |    |
| 走行計画       | 自動走行車両が構築した走行計画<br>目標合流位置、目標合流位置到達予測時間等           |    |
| 走行制御状態     | 手動／自動／隊列などの走行制御状態                                 |    |
| 交通環境情報     |   |    |
| 前後車両車間距離   | 車両が自律センサにより検知した前方・後方車両との車間距離                      |    |
| 車両密度       | 車両密度情報  |    |
| 平均速度       | 平均速度情報  |    |
| 外部環境情報     |   |    |
| 工事         | 工事に伴う速度規制や車線規制などの情報                               |    |
| 落下物        | 落下物の位置（座標）や大きさ等                                   |    |
| 天候         | 天気、風速、降雨量   |    |
| 路面状況       | 路面状況  |    |

#### 5.3.4 共有手法

合流走行に係る先読み情報を車両間で共有する手法について述べる。合流シーンに

においては、複数の本線車両及び合流車両が、時々刻々と変化する情報を相互に共有することが求められる。そこで、この要件を満たす通信手段である車車間通信を活用した共有手法を検討する。また、昨年度の研究成果において示唆した地下を通る都市高速への地上からの合流のように、車車間通信では十分な通信距離が得られない環境を想定し、路側インフラを用いて車両等を検知し、その存在を路車間通信により共有する手法についても検討する。これについては、路側機に取り付ける車両検知センサの検知対象路が合流路の場合と本線路の場合それぞれについて検討を行う。

尚、合流走行に関係する先読み情報を車両間で共有するために必要となる情報で、車車間通信や路車間通信でやり取りされる情報を「合流関連情報」と呼ぶ。

#### 5.3.4.1 車車間通信活用

##### (1) 前提

車車間通信を用いた先読み情報の共有手段の検討においては、以下を前提とする。

- 各車両は自車両の速度や位置を高精度で取得することができる。
- 各車両は高精度な地図情報と自律センサ等を用いて、少なくとも自車両が走行する車線を認識できる。

##### (2) 先読み情報活用モデル

図 5.3.4-1 に、車車間通信を活用した先読み情報活用モデルを示す。合流エリアに差し掛かった本線車両及び合流車両は、合流地点より十分に上流の地点において車車間通信により周辺の車両の情報を収集し、自車両が合流区間に到達する前に干渉する車両の有無を判定する。そして、干渉する車両が存在する場合は、その車両間で合流の受入れに関する合意形成を確立する。次に、合意形成を確立した本線車両及び合流車両は、各車両が合流区間に到達するまでに干渉を回避するように走行する。本線車両は、規制速度を超えない範囲で速度を調整し、自車両の前方に合流車両が合流できるよう走行計画を構築し、その計画に従い走行する。合流車両は、合意形成を確立した本線車両の前方に合流するように走行計画を構築し、その計画に従い走行する。その後、合意形成を確立した状態の合流車両は、合流区間において相手本線車両の前方に加速しながら合流する。そして、合流を完了した時点で合意形成を解消する。本線車両は、合意形成対象の合流車両が自車の前方に合流した後に、速度を本線路規制速度まで回復して走行する。なお、状況の変化によ

り、途中で干渉を回避する走行を要しないと判断した時点でも合意形成は解消される。

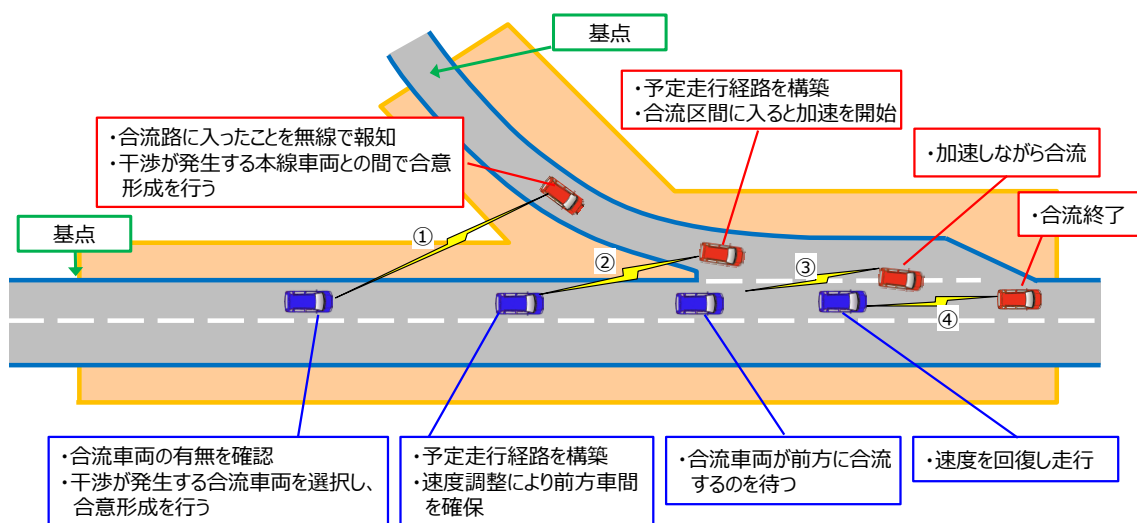


図 5.3.4-1 車車間通信活用モデルにおける車両の挙動

### (3) 共有および活用手法

本モデルの協調型自動走行の機能要件は以下となる。

1. 最適な車両と合意形成を確立できること。
2. 状況の変化に応じて、動的に合意形成対象車両を切替えられること。
3. 本線車両が、合意形成を確立した合流車両の動きを踏まえながら、車間距離を確保できること。

この機能要件を実現する共有手法と活用手法について説明する。先読み情報活用モデルにおいて述べたように、各車両は不特定多数の他車両から自車両と干渉する車両を特定する。従って、ここでは不特定多数の車両と効率的に情報を送受できるマルチキャスト通信が活用できる。一方で、合意形成の対象車両が特定された後は、相手を特定したユニキャスト通信が必要となる。しかしながら、合意形成状態によって通信方式を切替えることは非効率である。また、状況の変化に応じて対象車両を随時切替えていくことも求められる。従って、マルチキャスト通信を基本として、擬似的にユニキャスト通信を実現する手段が有効であると考えられる。この擬似ユニキャスト通信は、通信メッセージの合流関連情報に、相手を特定する情報を含むことで実現できる。

図 5.3.4-2 に概念図を示す。車両 A は、通信メッセージに「車両 B が合意形成対象車両

である」ことを明示し、合流関連情報をマルチキャストで送信する。車両 B は、車両 A から受信したメッセージに「車両 B が合意形成対象である」ことが明示されているため、自車両を対象とした合流関連情報であることを認識し、処理を行う。一方で、車両 B 以外の車両は、自車両を対象としていないことが認識できるため、その通信メッセージに格納された合流関連情報の処理は不要となる。このように、合意形成確立後は、合流関連情報に対象を明示することで相手を特定した擬似ユニキャスト通信が可能となる。対象の識別においては、車車間通信メッセージ仕様における車両 ID を用いることが考えられる。

このマルチキャスト通信を基本とした擬似ユニキャスト通信は周期的に行われ、対象車両から合流関連情報を受信することにより干渉判定を行うことから、状況の変化に応じて即座に合意形成を解除することが可能となる。さらに、情報がマルチキャスト形式で送信されることから、他の車両は合意形成の解除を即座に知ることができるため、新たな他車両との合意形成の確立処理を開始することができる。

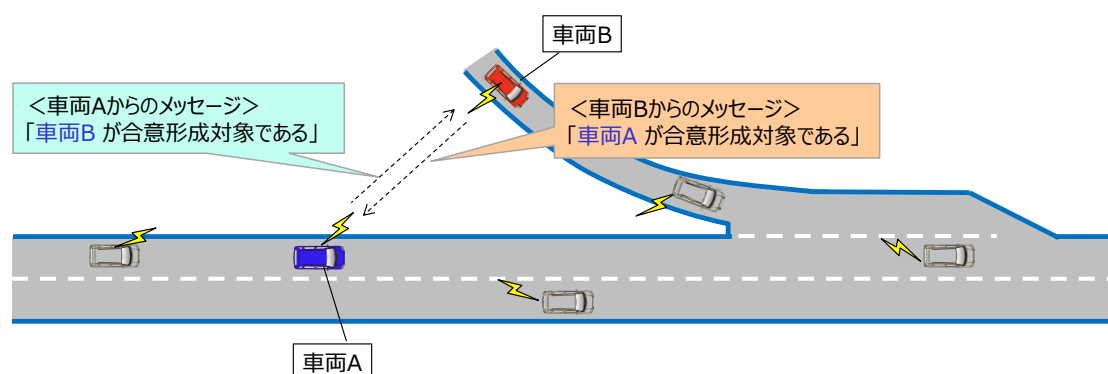


図 5.3.4-2 処理概念図

本線車両及び合流車両が、合流区間起点より上流に位置する状態から合意形成を確立し、合流完了するまでの車車間通信のシーケンスを図 5.3.4-3 に示す。各車両は、100 ミリ秒周期で合流関連情報を含む車車間通信メッセージを送信する。

合流車両は、基点を通過して合流エリア内に入ると、合流受入要請を発行する。合流エリア内に存在する本線車両は、合流受入要請を受けて当該車両との干渉判定を行い、干渉する場合には合流受入受諾を発行し、干渉しない場合は何もしない。合流車両は、本線車両からの合流受入受諾を受けて、その本線車両を合意形成対象として合意形成済通知を発行する。合流車両が複数の本線車両から合流受入受諾を受けた場合には、その中から最も適切な車両を合意形成対象として選択する。本線車両は、自車両を対象とした合意形成済

通知を受信すると、相手の合流車両との干渉判定を行い、干渉する場合は合意形成済通知を発行し、干渉しない場合は同通知を発行しない。この本線車両が合意形成済通知を発行している状態を、合意形成が確立された状態とする。合意形成確立中も周期的に合意形成済通知を送受し、常に最新の位置や速度情報をもとに干渉判定が行われる。合流車両は、対象の本線車両から合意形成済通知を受信した場合、当該車両への合意形成済通知を再度発行する。一方、合意形成済通知以外を受信した場合は、その本線車両と非干渉状態になったと判断し、合流が完了していなければ合流受入要請を再度発行する。合流車両は、合流走行完了時点で合意形成解除通知を発行し、合意形成を解除する。

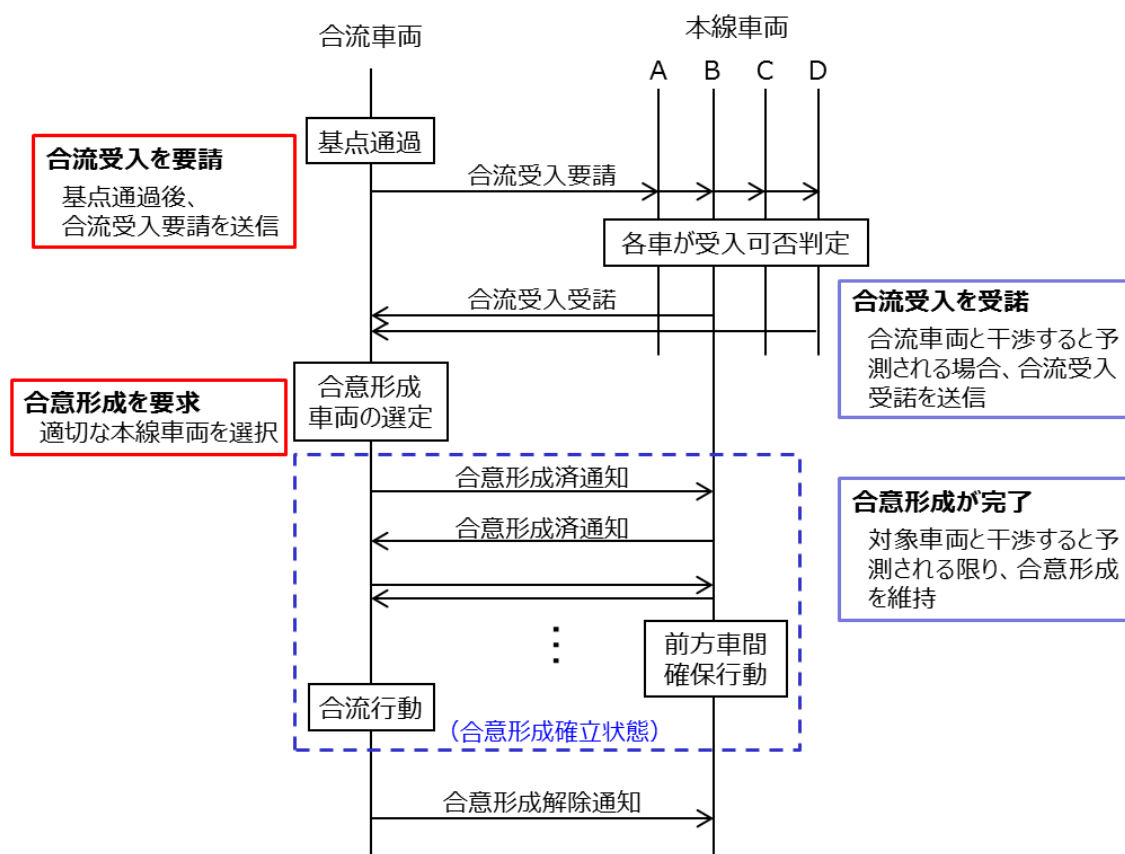


図 5.3.4-3 車車間通信活用手法のシーケンス図

次に、前述の通信シーケンスの考え方により、合意形成の対象車両の切替えが可能であることを、図 5.3.4-4 を用いて説明する。

本図は、2 台の本線車両と、1 台の合流車両が存在し、合流途中において合意形成対象の本線車両が切り替わるケースを示している。前述のシーケンスと同様、まずは本線車両 A と合流車両が合意形成を確立した状態となる。しかし、合流車両が合流を完了する前に、

状況の変化により、本線車両 A は合流車両が非干渉状態になったと判定すると、合意形成解除通知を発行する。これにより、本線車両 A と合流車両の合意形成は解消される。合流車両は、まだ合流を完了していないことから、あらためて合流受入要請を発行し、合流する意思を示す。これにより、新たな状況下において合意形成の確立シーケンスを開始することになる。ここで、本線車両 B と干渉する状態にあれば、本線車両 B と合流車両が合意形成を確立することとなる。このような通信処理シーケンスによって、状況の変化に応じて合意形成対象の車両を適切に切り替えることができる。

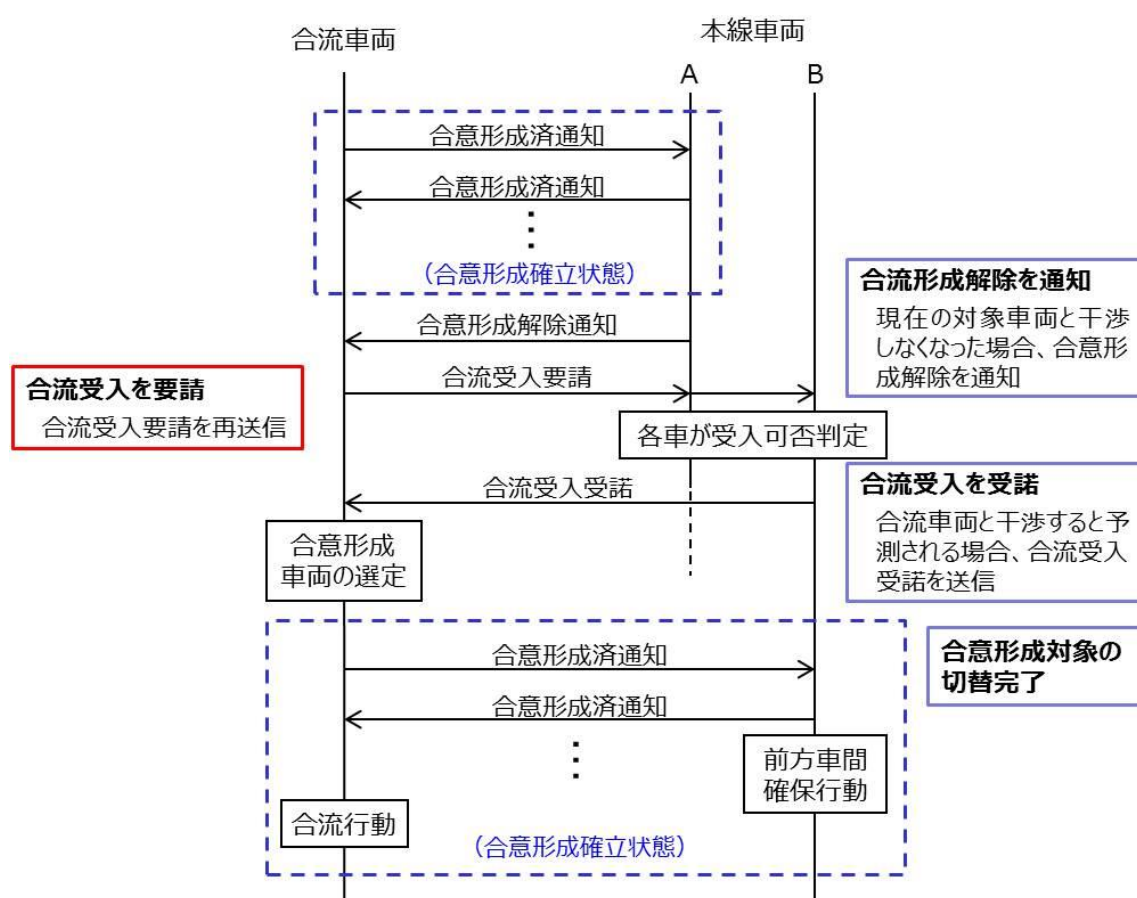


図 5.3.4-4 車車間通信活用手法のシーケンス図 (合意形成対象の切替え)

#### (4) 合流関連情報

車車間通信で送受信される合流関連情報は、5.3.3.2で抽出した先読み情報(表5.3.3-11)と、先読み情報を車両間で共有するために必要となる情報から構成される。車車間通信を用いた先読み情報の共有手法で用いる合流関連情報を表5.3.4-1に示す。



先読み情報のうち、車両で生成することが困難な車両密度や平均速度の情報は除いた。また、各自動走行車両が路車間通信等で別途取得するものと想定される外部環境情報も除外した。合意形成通知種別は、他車両に対する通知内容を示す。合意形成対象車両は、合意形成をしようとしている／合意形成を確立した対象車両の車両 ID を示す。

表 5.3.4-1 合流関連情報（車車間通信を用いた先読み情報共有の場合）

| 合流支援情報     |   | 概要 |
|------------|---|----|
| 道路情報       |   |    |
| 地図識別情報     | 地図種別やバージョンの情報<br>地図の同一性を確認するために用いる                    |    |
| 車両属性情報     |   |    |
| 車長         | 車両の長さ   |    |
| 車両種別       | 車両の種別<br>大型自動車、中型自動車、普通自動車、自動二輪車等                     |    |
| 加速性能       | 合流走行時の計画加速度   |    |
| 制動性能       | 合流走行時の計画減速度   |    |
| 合流可能最低車間距離 | 自車が合流していく際に必要な車間距離                                    |    |
| 走行状態情報     |   |    |
| 位置         | 車両の位置座標   |    |
| 速度         | 車両の速度   |    |
| 走行車線区分     | 車両が走行している車線の情報  |    |
| 走行計画       | 自動走行車両が構築した走行計画<br>目標合流位置、目標合流位置到達予測時間等               |    |
| 走行制御状態     | 手動／自動／隊列などの走行制御状態                                     |    |
| 交通環境情報     |   |    |
| 前後車両車間距離   | 車両が自律センサにより検知した前方・後方車両との車間距離                          |    |
| 合意形成関連情報   |   |    |
| 合意形成通知種別   | 合意形成対象に通知するメッセージの種別<br>合流受入要請／合流受入受諾／合意形成済通知／合意形成解除通知 |    |
| 合意形成対象車両   | 合意形成対象の車両 ID  |    |

#### 5.3.4.2 路車間通信活用（合流車両検知）

##### （1）前提

路車間通信（合流車両検知）を用いた先読み情報の共有手段の検討においては、以下を前提とする。

- 本線車両は、自車両の速度や位置を高精度で取得することができる。
- 本線車両は、高精度な地図情報と自律センサ等を用いて、少なくとも自車両が走行する車線を検知できる。
- 路側システムは、センサにより合流路の車両を検知し、位置・速度等の情報を配信する。
- 合流車両は、自動走行車両に限定しない。

## (2) 先読み情報活用モデル

図 5.3.4-5 に、路車間通信（合流車両検知）を活用した先読み情報活用モデルを示す。

本線車両は、合流地点より十分上流の地点において、路車間通信により合流路の車両情報を収集し、自車両が合流区間に到達する前に干渉する車両の存在の有無を判定する。そして、干渉する車両が存在する場合は、合流車両との干渉を回避するように、規制速度を超えない範囲で速度を調整し、自車両の前方に合流車両が合流できるよう走行計画を構築し、その計画に従い走行する。また、状況の変化により、干渉を回避する走行を要しないと判断した場合には、干渉を考慮しない走行計画を再構築する。

合流車両は、自動走行車両に限定されない一般車両を想定したもので、本モデルの制御対象外となる。従って、本線車両は、合流車両が一般的な合流走行を行うと仮定して干渉判定を行うことになる。

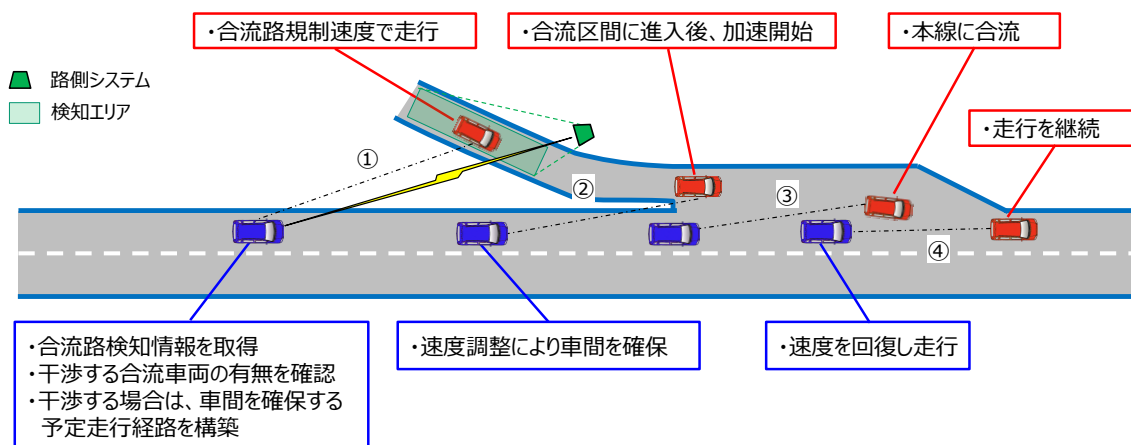


図 5.3.4-5 路車間通信活用（合流車両検知）モデルにおける車両の挙動

## (3) 共有および活用手法

本モデルの協調型自動走行の機能要件は以下となる。

1. 合流路の状況から、車間確保の可否を判断できること。
2. 合流路の状況に応じた車間距離を確保できること。

この機能要件を実現する共有手法と活用手法について説明する。先読み情報活用モデルにおいて述べたように、本線車両は路側システムから取得した合流路の車両検知情報をもとに、自車両と干渉する合流車両の有無を確認する。本モデルでは、複数台の本線車両が存在し、それらの車両が同時に路側システムから情報を取得する必要があるため、不特定多数の車両に対して効率的に情報を配信できるマルチキャスト通信が望ましい。また、この通信を周期的に行うことで、各本線車両は、合流路の状況の変化に応じた判断が可能となる。このように、各本線車両が同一の合流路の車両検知情報を共有し、同一の判断手法を用いることで、各本線車両が協調した安全かつ円滑な合流が実現できる。

図 5.3.4-6 に、路車間通信（合流車両検知）のマルチキャスト送信イメージを示す。路側システムは、センサが検知した合流車両の情報をマルチキャスト送信する。この検知情報には、検知エリア情報が含まれており、自車両が走行している本線路に合流する合流路の検知情報であるかを識別することができるものとする。また、各本線車両は、検知情報に含まれる合流車両の位置及び速度から合流位置を予測し、干渉の有無を判断する。

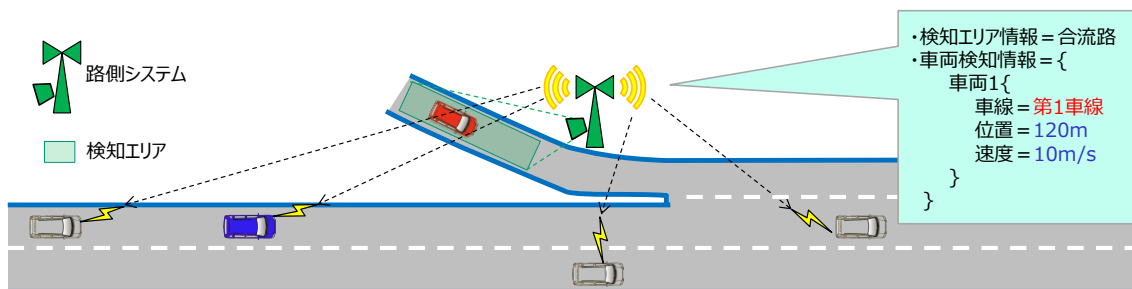


図 5.3.4-6 路車間通信活用（合流車両検知）のマルチキャスト送信イメージ

#### (4) 合流関連情報

路車間通信を用いた先読み情報の共有手法で用いる合流関連情報を表 5.3.4-2 に示す。

5.3.3.2 で抽出した先読み情報のうち、路側システムでは生成が困難な車両属性情報、走行計画及び走行制御状態は除いた。また、位置、速度及び走行車線区分は検知情報として送信される。前後車両車間距離情報は、自動走行車両の自律センサによって検出された前後の車両までの距離に関する情報で、無線機非搭載車両の検出を想定したものであるが、

路側システムは検知エリア内の無線機非搭載車両を含む全ての車両を検出するため、前後車両車間距離情報は車両検知情報の各車両の位置情報の差分から算出される車間距離と同等となる。

表 5.3.4-2 合流関連情報（路車間通信を用いた先読み情報共有の場合）

| 合流支援情報   |                             | 概要 |
|----------|-----------------------------|----|
| 道路情報     |                             |    |
| 道路線形     | 道路構造や道路の接続関係を表現した情報         |    |
| 道路識別情報   | 道路を一意に識別する情報                |    |
| 交通環境情報   |                             |    |
| 車両密度     | 本線路の車両密度情報                  |    |
| 平均速度     | 本線路の平均速度情報                  |    |
| 外部環境情報   |                             |    |
| 工事       | 工事に伴う速度規制や車線規制などの情報         |    |
| 落下物      | 落下物の位置（座標）や大きさ等             |    |
| 天候       | 天気、風速、降雨量                   |    |
| 路面状況     | 路面状況                        |    |
| 検知情報     |                             |    |
| 検知対象道路情報 | 検知対象路、走行車線区分や検知している区間の情報    |    |
| 車両検知情報   | 検知した車両の基本情報（位置、速度、車両長、車両種別） |    |

### 5.3.4.3 路車間通信活用（本線車両検知）

#### （1）前提

路車間通信（本線車両検知）を用いた先読み情報の共有手段の検討においては、以下を前提とする。

- 合流車両は、自車両の速度や位置を高精度で取得することができる。
- 合流車両は、高精度な地図情報と自律センサ等を用いて、少なくとも自車両が走行する車線を検知できる。
- 路側システムは、センサにより本線路の車両を検知し、位置・速度等の情報を配信する。
- 本線車両は、自動走行車両に限定しない。

## (2) 先読み情報活用モデル

図 5.3.4-7 に、路車間通信（本線車両検知）を活用した先読み情報活用モデルを示す。

合流車両は合流路に入ると、路側システムから本線路の車両検知情報を取得し、合流区間に到達する前に、干渉する本線車両の有無を判定する。干渉する場合、本線車両と干渉せずに合流できるように加速開始位置や加速度等を調整した走行計画を構築し、その計画に従い走行する。また、干渉回避走行は必要ないと判断した場合には、干渉を考慮しない走行計画を構築する。干渉せずに合流する走行計画の構築が不可能であると判断した場合は、自動走行による合流走行を中断する。

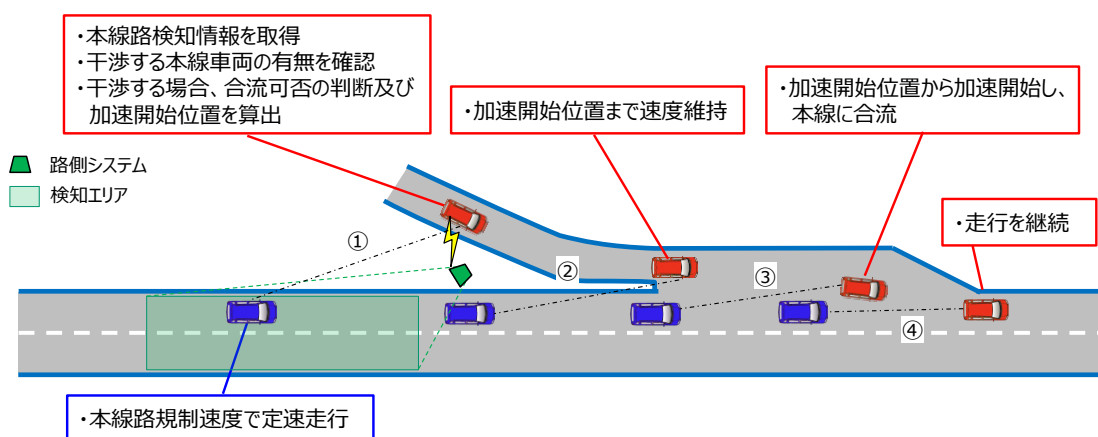


図 5.3.4-7 路車間通信活用（本線車両検知）モデルにおける車両の挙動

ここで、自律型自動走行の合流走行と比較しながら、本モデルにおける合流車両の挙動を示す。図 5.3.4-8 に、自動走行車両が合流時に狙う車間に関し、自律型と協調型での差異を示す。自律型自動走行では、自律センサで検知されたエリアから合流可能な本線車両間を検出しなければならない。道路構造や遮蔽物の存在によっては、後続の本線車両の後方に、合流可能な空間が存在するかどうかを予測することは難しいこともある。従って、現在確認できている車間を選択することになる。協調型自動走行では、より長いエリアを検出することが可能である。従って、本線路のさらに後方の状況を踏まえて、より大きな空間が存在する車間を選択することが可能となる。

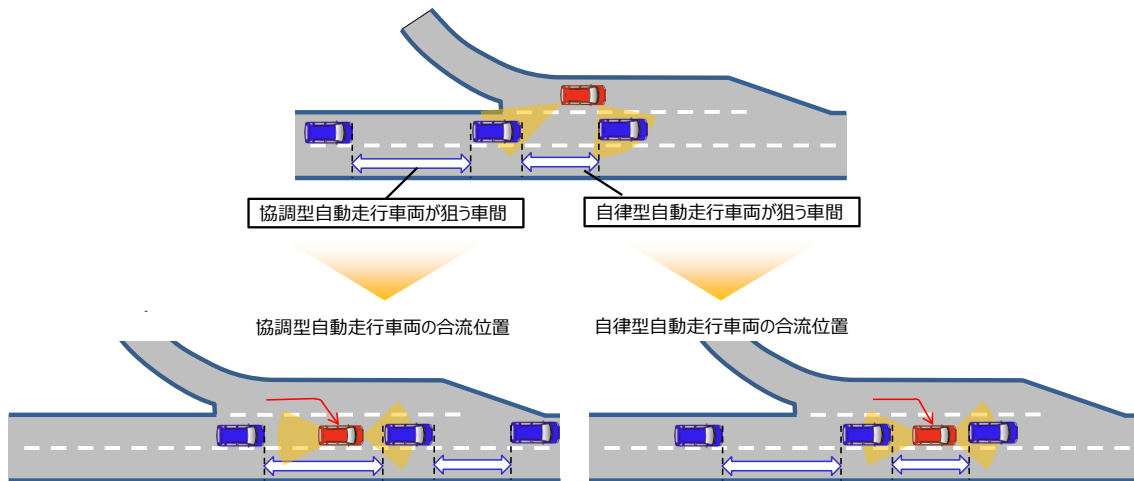


図 5.3.4-8 合流時に自動走行車両が狙う車間

本線車両は、自動走行車両に限定されない一般車両を想定したもので、本モデルの制御対象外となる。従って、合流車両は、本線車両が定速走行を行うと仮定して判定を行う。

### (3) 共有および活用手法

本モデルの協調型自動走行の機能要件は、以下となる。

1. 本線路の状況から、合流可否を判断できること。
2. 本線路の状況に応じた加速開始タイミングを判断できること。

この機能要件を実現する共有手法と活用手法について説明する。先読み情報活用モデルにおいて述べたように、合流車両は、路側システムから取得した本線路の車両検知情報をもとに、自車両と干渉する車両の有無を確認する。本モデルでは、複数台の合流車両が存在し、それらの車両が同時に路側システムから情報を取得する必要があるため、不特定多数の車両に対して効率的に情報を配信できるマルチキャスト通信が望ましい。また、この通信を周期的に行うことで、各合流車両は、本線路の状況の変化に応じた判断が可能となる。このように、各合流車両が同一の本線路の車両検知情報を共有し、同一の判断手法を用いることで、各合流車両が協調した安全かつ円滑な合流が実現できる。

図 5.3.4-9 に、路車間通信（本線車両検知）のマルチキャスト送信イメージを示す。路側システムは、センサが検知した本線車両の情報をマルチキャスト送信する。この検知情報には、検知エリア情報が含まれており、自車両が走行している合流路が接続する本線路の検知情報であるかを識別することができるものとする。また、各合流車両は、検知情報

に含まれる本線車両の位置及び速度から、合流時における本線車両の位置を予測し、干渉の有無を判断する。

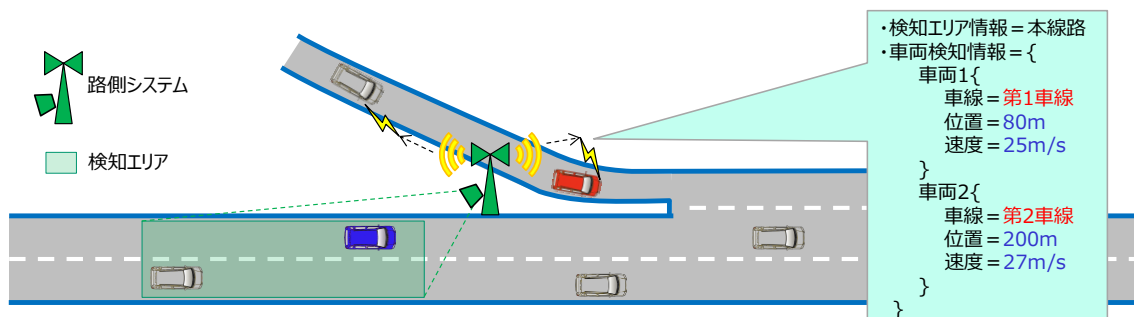


図 5.3.4-9 路車間通信活用（本線車両検知）のマルチキャスト送信イメージ

#### (4) 合流関連情報

本モデルを路車間通信活用（合流車両検知）モデルと比較した場合、路側システムが検知する対象道路が異なるだけで、路側システムが送信すべき情報は合流車両検知の場合と同一となる。従って、本モデルにおける合流関連情報は、表 5.3.4-2 の構造と同一である。

### 5.4 実証実験

5.3で検討した共有すべき先読み情報と共有手法が有効に機能するか検証するため、テストコースで実証実験を行った。

#### 5.4.1 実験概要

目的： 合流ユースケースを想定した先読み情報と共有手法の妥当性評価

日程： 2016年11月21日（月）～ 24日（木）

場所： 日本自動車研究所 城里テストセンター 高速周回路、旋回試験場

実施項目： 1. 車車間通信活用実験

2. 路車間通信活用（合流車両検知）実験

3. 路車間通信活用（本線車両検知）実験

内容： テストコース上に高速道路の合流部を想定した走行経路を構築し、自動走行車両を模擬した車両や一般車両を走行させて、先読み情報の内容、及び情報の共有手法や活用手法の妥当性を検証する。

実験においては、評価内容及び実験環境を考慮し、5.3で述べた先読み情報活用モデルを踏まえた実験システムを構築した。また、今回の実験では実際の自動走行車両は使用せず、車両に搭載した実験システムが発する運転指示に従ってドライバーが運転を行うことで、自動走行を模擬した。そのため、自動走行車両の走行予測で用いる計画減速度や計画加速度を定める目的で、予備実験として自動走行を模擬する車両の性能を測定した。

実験場所の走行経路を図5.4.2-1に示す。本線路は2車線とし、合流路は1車線とした。本線路の規制速度は実験パターンにより60km/hと100km/hの何れかを設定し、合流路の規制速度は40km/hとした。合流車両は、合流路を定速で走行し、合流区間起点を通過後に加速し、合流区間において車線変更を行い本線路の第1車線に合流する走行とした。

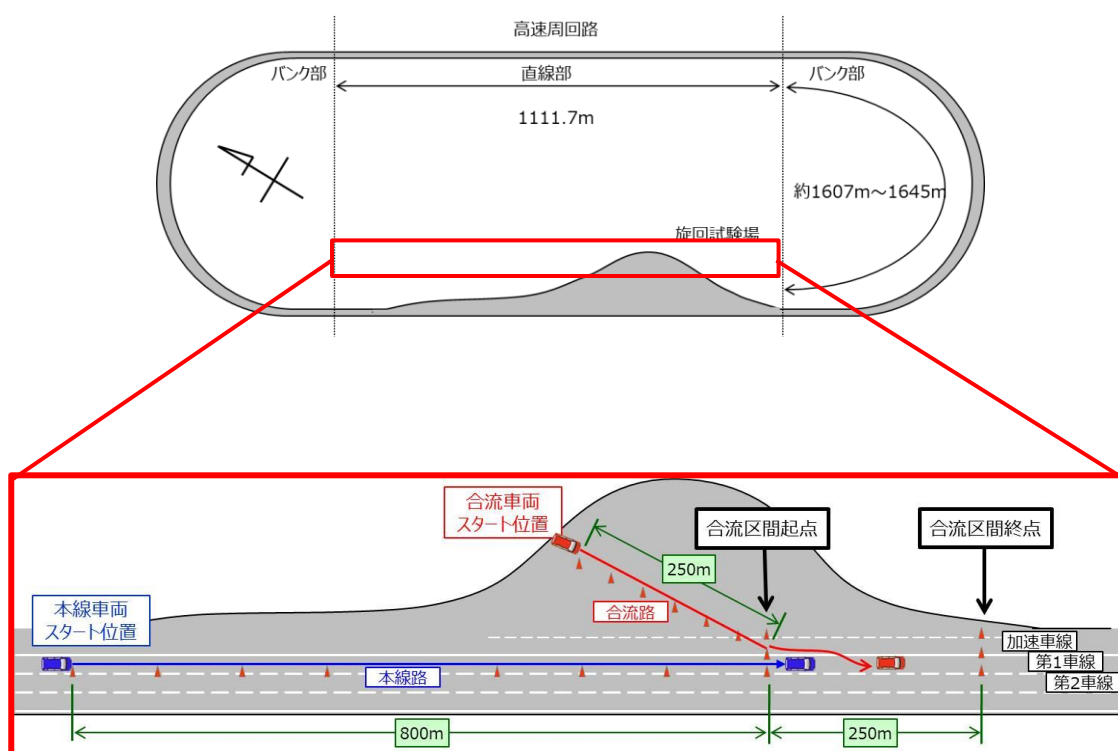


図 5.4.2-1 実験場所（城里テストセンター 高速周回路、旋回試験場）

## 5.4.2 実験システム

本項では、実験で使用した車載システム、路側システム、撮影環境、及び実験で取得したデータの評価に用いたツールについて説明する。

### 5.4.2.1 車載システム

自動走行を模擬する車両に搭載したシステムについて述べる。



### (1) システム構成

図 5.4.2-2 に車載システムの構成、図 5.4.2-3 に車載システムの処理シーケンスを示す。車載システムは車載機と PC から構成される。車載機は、700MHz 帯高度道路交通システム標準規格(ARIB STD-T109)に準拠し、無線通信により他の車載システムや路側システムと 100 ミリ秒周期でメッセージの送受を行う。車載システムが送信するメッセージは自車両の情報と合流関連情報から構成される。自車両の情報のうち、位置情報は車載機に搭載された GNSS モジュールから取得する。速度情報については、CAN から取得可能な車両に搭載する場合には CAN から取得し（構成 A）、取得できない場合には GNSS モジュールから得られる速度情報を利用する（構成 B）。合流関連情報は、USB で接続された PC 上で動作する合流運転指示アプリケーションが生成し、車載機に提供される。車載機は自車両の情報と合流関連情報をもとに送信メッセージを生成して送出する。無線通信で送受信されたメッセージは車載機から PC に渡される。合流運転指示アプリケーションは、そのメッセージに含まれる情報を用いて干渉判定や運転指示などの各種判断を行う。



図 5.4.2-2 車載システム

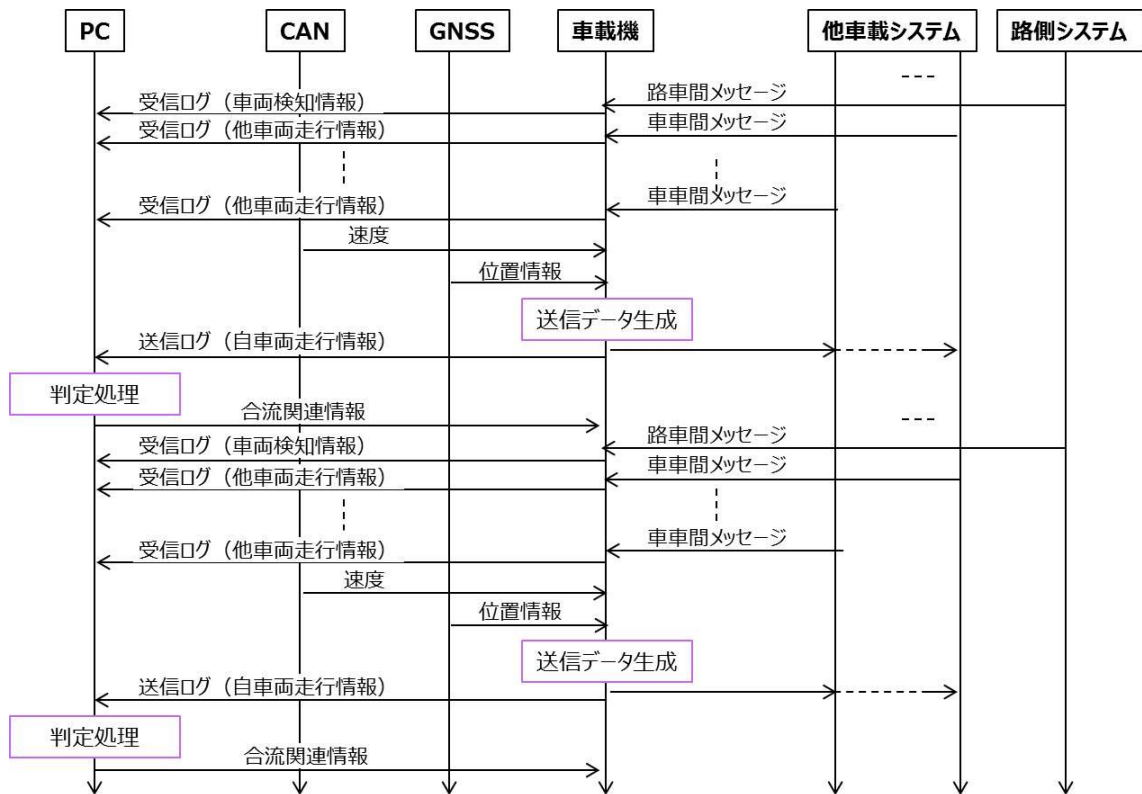


図 5.4.2-3 車載機の処理シーケンス

## (2) 合流運転指示アプリケーション

合流運転指示アプリケーションは、車載機と USB 接続された PC 上で動作するアプリケーションであり、後述する実験モデルに従って合流走行判定を行い、その結果に基づいて生成した合流関連情報を車載機に出力する。さらに判定結果を踏まえた運転指示を画面表示と通知音によりドライバーに通知する。合流走行判定には、車載機から取得した無線通信の送受信ログを用いる。また、アプリケーションが動作中に車載機から取得した全ての情報をファイルに保存するログ記録機能を有する。

合流運転指示アプリケーションは、全実施項目において共通して使用するが、アプリケーション内部で動作する合流走行判定のロジックや運転指示の内容は、実施項目及び車両の役割ごとに異なる。本書では、これらを動作モードと呼び、識別する。実施項目及び車両の役割、動作モードの対応を表 5.4.2-1 に示す。各動作モードの詳細は各実施項目の項で説明し、ここでは各実施項目に共通する部分について述べる。

表 5.4.2-1 アプリケーションの動作モード

| 実施項目                  | 車両の役割 | 動作モード   |
|-----------------------|-------|---------|
| 車車間通信活用実験             | 本線車両  | 車車本線    |
|                       | 合流車両  | 車車合流    |
| 路車間通信活用実験<br>(合流車両検知) | 本線車両  | 路車本線    |
|                       | 合流車両  | (使用しない) |
| 路車間通信活用実験<br>(本線車両検知) | 本線車両  | (使用しない) |
|                       | 合流車両  | 路車合流    |

合流運転指示アプリケーションの操作画面を図 5.4.2-4 に、操作画面内の各表示領域の概要を表 5.4.2-2 に示す。



図 5.4.2-4 合流運転指示アプリケーションの操作画面

表 5.4.2-2 合流運転指示アプリケーションの表示領域

| 表示領域        | 概要  |
|-------------|---|
| ①動作モード      | 設定されている動作モードを表示   |
| ②設定パラメータ    | 合流走行判定に用いるパラメータを表示  |
| ③運転指示       | ドライバへの以下の運転指示内容を表示<br>0. 指示無、1. 車間維持、2. 減速、3. 加速<br>1～3の指示発生時、それぞれ異なる通知音が鳴る |
| ④合流走行判定状態   | 合流走行判定ロジックの状態を表示  |
| ⑤合流情報       | 合流走行に関連する以下の値を表示<br>合意形成対象の車両 ID、合流残秒数[s]、<br>目標合流位置[m]、車間距離調整開始時間[s]       |
| ⑥送信開始/停止ボタン | 合流走行判定およびログ記録の開始/停止制御を行うボタン   |
| ⑦自車両情報      | 自車両の速度[m/s]、加速度[m/s <sup>2</sup> ]を表示                                       |
| ⑧他車両情報      | 車車間通信により受信した他車両の以下の情報を表示<br>車両 ID、位置(緯度・経度)、速度[m/s]、加速度[m/s <sup>2</sup> ]  |
| ⑨路側機情報      | 路車間通信により受信した以下の車両検知情報を表示<br>検知対象車線 ID、位置[m]、速度[m/s]                         |
| ⑩ログ保存       | ログ保存機能の有効/無効の切替を行うチェックボックス<br>チェックを入れると有効となる。                               |

### (3) 実験車両

実験車両への車載システムの配置を図 5.4.2-5 に、車両への設置状況を図 5.4.2-6 に示す。車載機は助手席下に、700MHz 帯アンテナは車両左側中央のルーフ上に、GNSS アンテナは車両左側後部のルーフ上に設置した。PC は後部座席に設置し、後部座席に乗車する作業者が操作を行う。

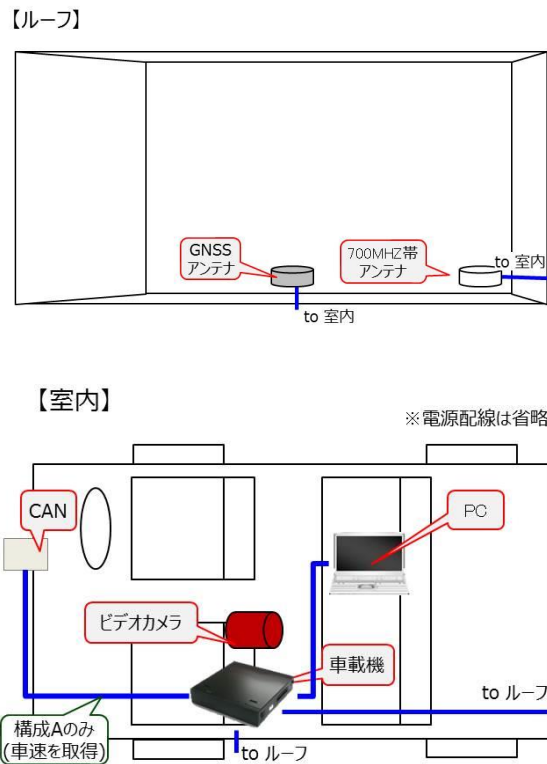


図 5.4.2-5 車載システム設置図



図 5.4.2-6 車載システムの設置状況

実験車両として 10 台の車両を使用した。車両の車種と搭載したシステム構成を表 5.4.2-3 に、車両の外観とアンテナ設置状態を図 5.4.2-7～図 5.4.2-12 に示す。同一車種の車両については、代表する 1 台のみを示す。

表 5.4.2-3 車両とシステム構成

| 車両記号 | 車種     | 構成 |
|------|--------|----|
| 1    | アテンザ   | A  |
| 2    | ノア     | A  |
| 3    | レヴォーグ  | A  |
| 4    | プリウス   | A  |
| 5    | アクア    | B  |
| 6    | アクア    | B  |
| 7    | アクア    | B  |
| 8    | アクア    | B  |
| 9    | エスクァイア | B  |
| 10   | エスクァイア | B  |



図 5.4.2-7 実験車両：車両 1



図 5.4.2-8 実験車両：車両 2



図 5.4.2-9 実験車両：車両 3

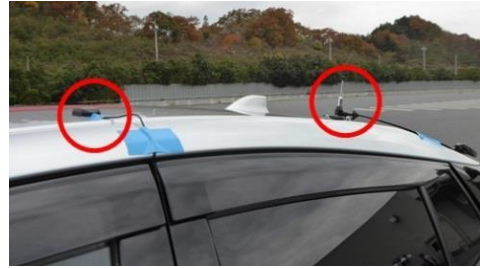


図 5.4.2-10 実験車両：車両 4



図 5.4.2-11 実験車両：車両 6



図 5.4.2-12 実験車両：車両 9

#### 5.4.2.2 路側システム

路車間通信活用実験で使用する路側システムについて述べる。なお、路側システムは、総務省が別途推進している SIP の自動走行システムに関する研究開発課題「Ⅲ. インフラレーダーシステム技術の開発」と連携して構築した。

##### (1) システム構成

路側システムは、図 5.4.2-13 に示すように車両検知センサ、制御装置 (PC) と 700MHz 帯無線機によって構成される。約 5m の高さに設置された車両検知センサで検知した車両の位置と速度情報を制御装置 (PC) で路車間通信情報にセットし、100 ミリ秒周期で無線機から送信する。なお、実験システムを短期間且つ低コストで構築するため、今回の実験用路側システムの 700MHz 帯無線機には車載用無線機を使用した。

路側システムの外観を図 5.4.2-14 に示す。本実験では、3 基の路側システムを用意し、本線路を検知対象とするシステムを 2 基、合流路を検知対象とするシステムを 1 基配置した。

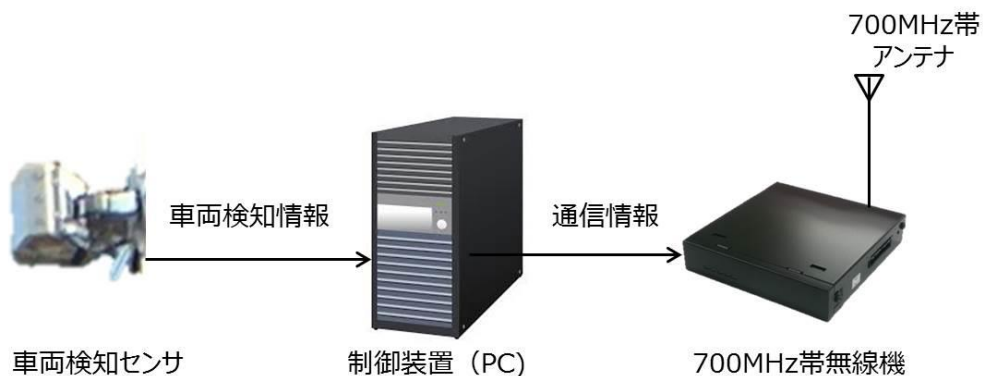


図 5.4.2-13 路側システムの構成



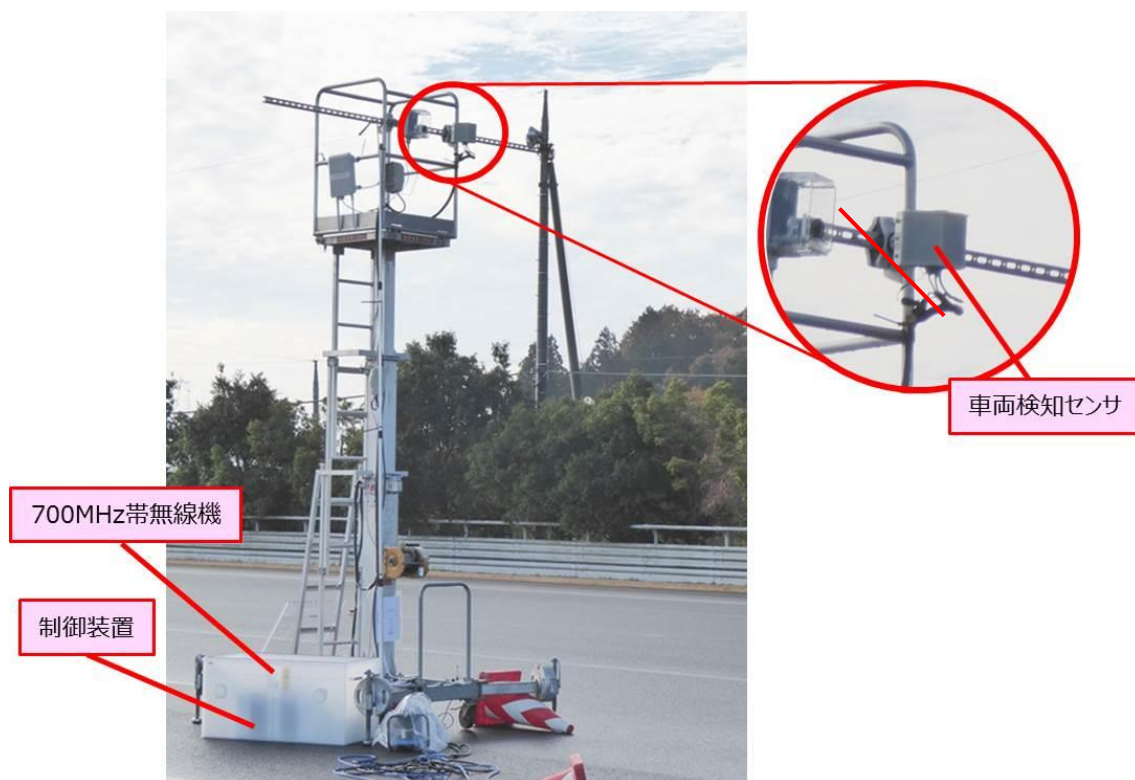


図 5.4.2-14 路側システムの外観

## (2) 車両検知センサ

車両検知センサは、79GHz 帯ミリ波レーダー方式によって車両の位置と速度を検知する。センサの設置高や俯角、パラメータを適宜調整することで、検知範囲を設定することができる。本実験では、以下のように検知範囲を設定した。

本線車両検知時：検知距離=60m、検知幅= 2 車線幅  
 合流車両検知時：検知距離=60m、検知幅= 1 車線幅

本線路及び合流路を検知するときの検知範囲と出力情報を図 5.4.2-15 と図 5.4.2-16 に示す。

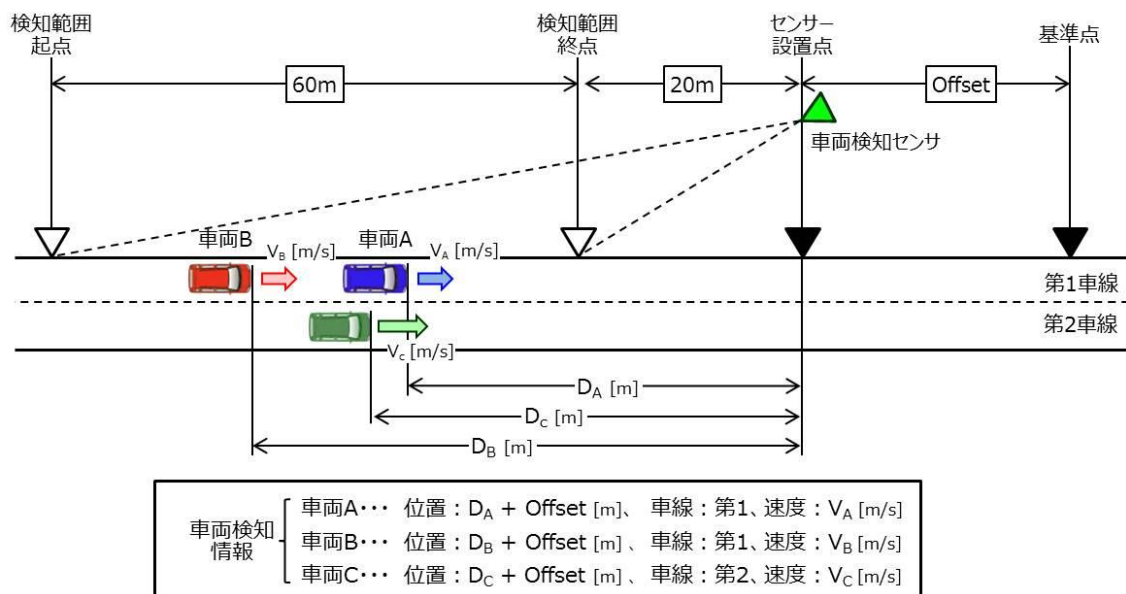


図 5.4.2-15 本線車両検知時の検知範囲と出力情報

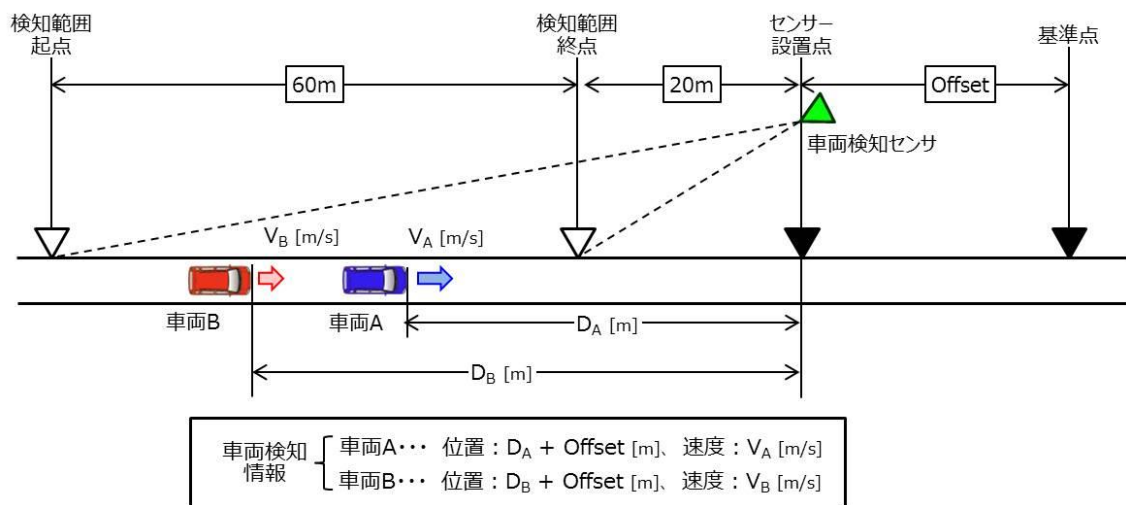


図 5.4.2-16 合流車両検知時の検知範囲と出力情報

### (3) 路側システムの配置

路側システムの配置と本線路及び合流路における検知エリアを図 5.4.2-17 に、路側システムの配置時の景観を図 5.4.2-18~図 5.4.2-20 に示す。本線車両を検知する路側システムは、2 基を用いて合流区間起点から上流 120m の区間を検知するように配置した。合流車両を検知する路側システムは、1 基を用いて合流区間起点の上流 70m~130m の区間を検

知するように配置した。各検知エリアの根拠については、各実施項目において述べる。

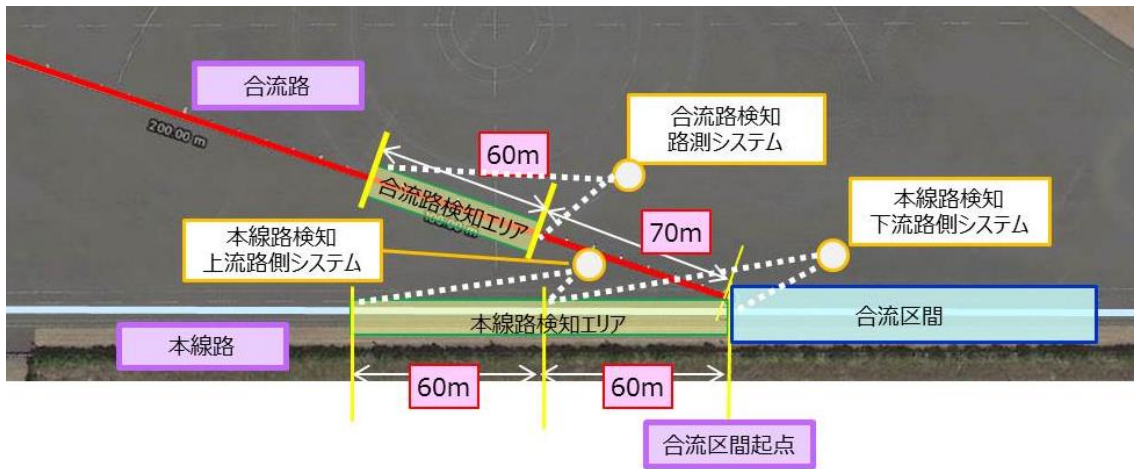


図 5.4.2-17 路側システムの配置と検知エリア



図 5.4.2-18 路側システム配置景観

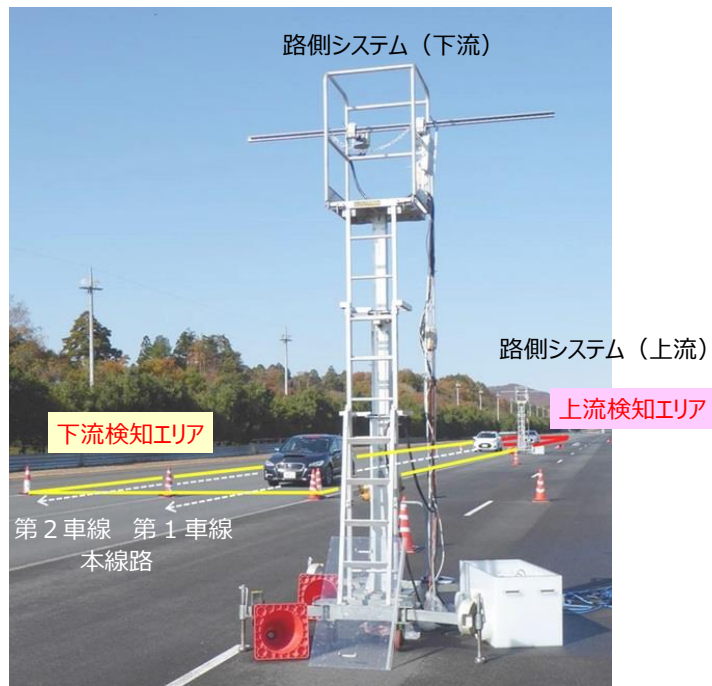


図 5.4.2-19 路側システムと検知エリア（本線路）

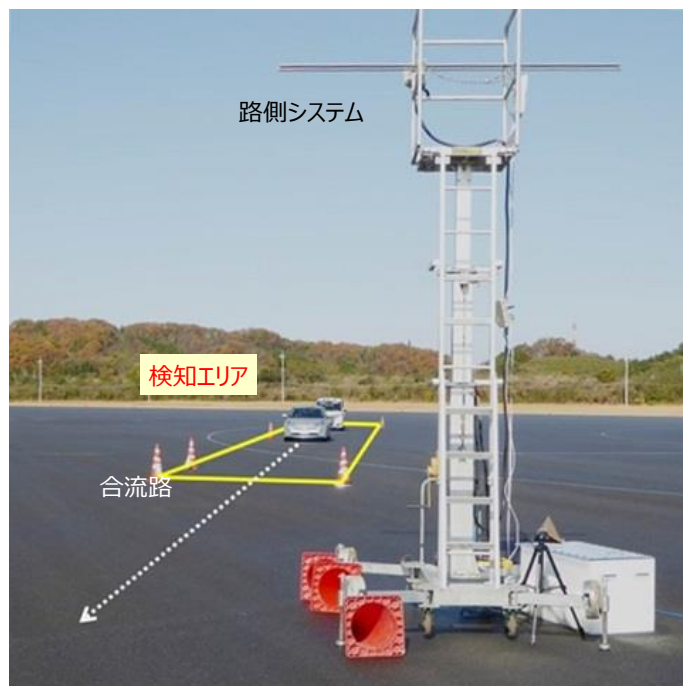


図 5.4.2-20 路側システムと検知エリア（合流路）

### 5.4.2.3 撮影環境

実験車両の走行状況や位置関係を記録するため、図 5.4.2-21 に示すように走行経路周辺に 2 台のビデオカメラを配置した。撮影 1 は合流区間の下流から合流区間を俯瞰撮影し、合流時の車両間の位置関係を確認する。撮影 2 は本線車両の進行方向の左手より合流区間を水平撮影し、車両間の距離を確認する。また、各車両の助手席ヘッドレストにビデオカメラを設置して車両前方方向を撮影することにより、ドライバ視点での車両の位置関係と車間距離を確認する。図 5.4.2-22～図 5.4.2-25 はそれぞれ、撮影 1、2 及び車載カメラの設置状況と撮影アングルを示している。

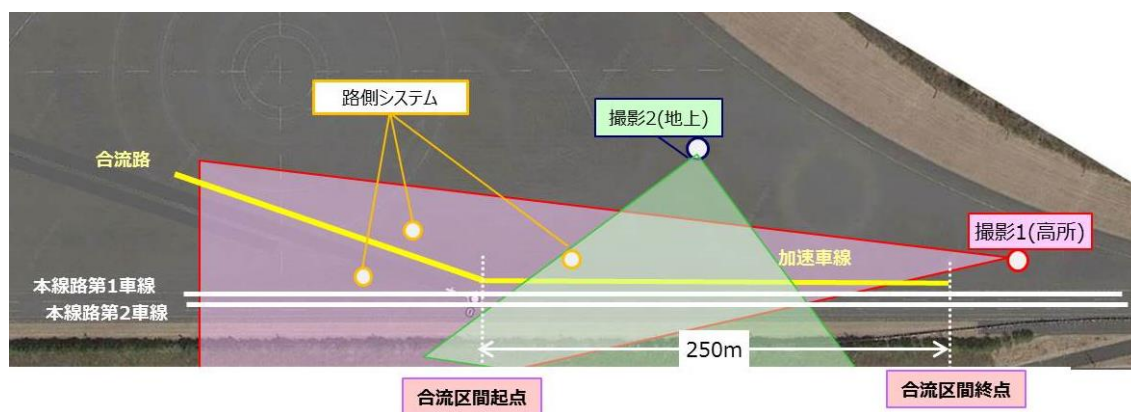


図 5.4.2-21 地上撮影機材の配置



図 5.4.2-22 撮影アングルと機材設置状況：撮影 1（高所）



図 5.4.2-23 撮撮影アングルと機材設置状況：撮影 2（地上）



図 5.4.2-24 車窓撮影アングルと機材設置状況：車両 9（本線路第 1 車線走行）



図 5.4.2-25 車窓撮影アングルと機材設置状況：車両 3（合流路走行）

#### 5.4.2.4 評価ツール

評価ツールは、実験時の車両の走行状況や位置関係を可視化し、実験後にこれらを確認することを目的としたツールである。合流運転指示アプリケーションを用いて実験時に取得したログデータを再生することで、地図上に各車両の位置や路側システムで検知した車両の位置を表示するとともに、各車両の速度や加速度の情報、自車両に対する運転指示の状況を確認することができる。評価ツールの画面を図 5.4.2-26 に、画面内の各表示領域の概要を表 5.4.2-4 に示す。また、地図上に表示されるアイコンの意味を表 5.4.2-5 に示す。評価ツールの画面の左部分 (①~⑩) は合流運転指示アプリケーションと同一であるが、右部分 (⑪~⑮) に車両の位置や路側システムの検知情報に基づいた車両の位置を地図上に表示する。

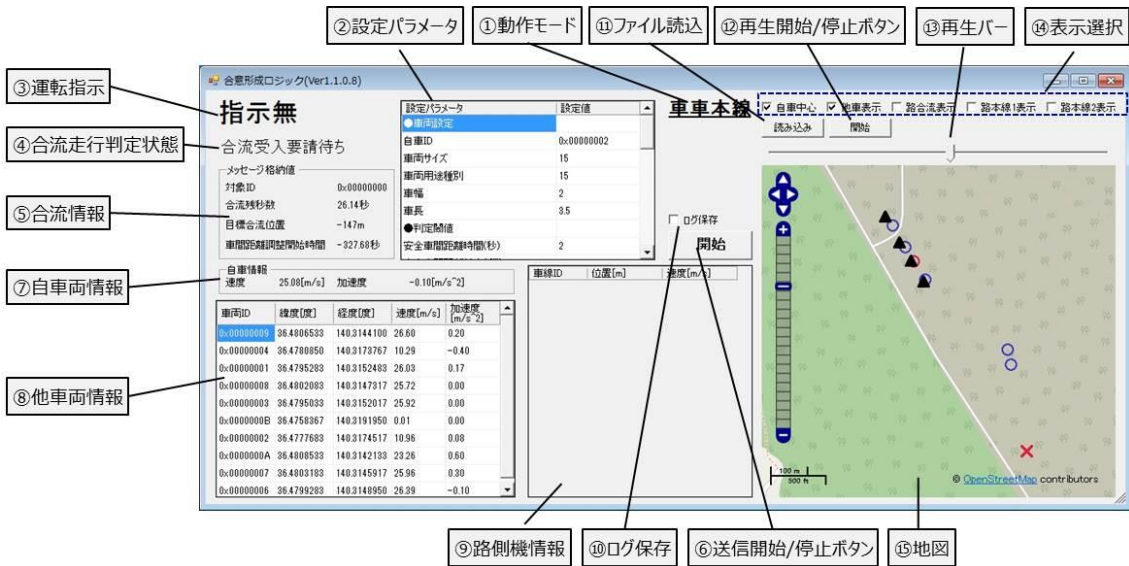


図 5.4.2-26 評価ツール画面

表 5.4.2-4 評価ツールの表示領域

| 表示領域        | 概要  |
|-------------|---|
| ①動作モード      | 設定されている動作モードを表示   |
| ②設定パラメータ    | 合流走行判定に用いるパラメータを表示  |
| ③運転指示       | ドライバへの以下の運転指示内容を表示<br>0. 指示無、1. 車間維持、2. 減速、3. 加速<br>1～3の指示発生時、それぞれ異なる通知音が鳴る |
| ④合流走行判定状態   | 後述する実験モデルで示す状態を表示   |
| ⑤合流情報       | 合流走行に関連する以下の値を表示<br>合意形成対象の車両 ID、合流残秒数[s]、<br>目標合流位置[m]、車間距離調整開始時間[s]       |
| ⑥送信開始/停止ボタン | 読込データを送信する機能及びログ記録の開始/停止制御を行うボタン  |
| ⑦自車両情報      | 自車両の速度[m/s]、加速度[m/s <sup>2</sup> ]を表示                                       |
| ⑧他車両情報      | 車車間通信により受信した他車両の以下の情報を表示<br>車両 ID、位置(緯度・経度)、速度[m/s]、加速度[m/s <sup>2</sup> ]  |
| ⑨路側機情報      | 路車間通信により受信した以下の車両検知情報を表示<br>検知対象車線 ID、位置[m]、速度[m/s]                         |
| ⑩ログ保存       | ログ保存機能の有効/無効の切替を行うチェックボックス<br>(チェックを入れると有効)                                 |
| ⑪ファイル読込     | 合流運転指示アプリケーションで取得したデータファイルの読込を行うボタン   |
| ⑫再生開始/停止ボタン | データの再生の開始/停止制御を行うボタン  |
| ⑬再生バー       | 再生位置(経過時間)の表示と変更を行うバー   |
| ⑭表示選択       | 地図上に表示するアイコン、アイコンの表示位置を選択するチェックボックス(チェックを入れると有効)                            |
| ⑮地図         | 各車両の位置や状態等を地図上に表示   |



表 5.4.2-5 地図上に表示されるアイコン

| アイコン | 対象  | 意味                          |
|------|-----|-----------------------------|
| ○    | 自車両 | 合意形成未確立または路車本線/合流モード時の自車両   |
| ●    |     | 合意形成確立中の車両                  |
| ○    | 他車両 | 自車両との合意形成未確立状態の他車両          |
| ●    |     | 自車両との合意形成確立中の他車両            |
| ▲    |     | 本線路第 2 車線を走行中の他車両           |
| ⊗    |     | 路側システムが検知した本線路第 1 車線を走行中の車両 |
| △    |     | 路側システムが検知した本線路第 2 車線を走行中の車両 |
| ⊗    |     | 路側システムが検知した合流路を走行中の車両       |
| ×    | その他 | 合流区間起点                      |

図 5.4.2-27～図 5.4.2-30 は、合流運転指示アプリケーションの各動作モードで取得したデータを再生したときの画面例である。図中の自車両とは、再生データを取得した合流運転指示アプリケーションが搭載されていた車両自身を示す。なお、路車間通信によって得た車両検知情報に基づいて出力される車両の位置については、路側システムの検知エリア内は車両検知情報から得た位置を、検知エリア通過後はそれまでに得た車両検知情報を使って車載機が推定した位置を表示している。また、図 5.4.2-29 及び図 5.4.2-30 の路車間通信活用実験の画面例では車車間通信によって得られる他車両の位置も合わせて表示しているため、実存する車両よりも多くの他車両アイコンが表示されている。しかし、合流運転指示アプリケーション及び評価アプリケーションでは、サービスが対象としない情報、即ち、車間通信活用実験では路車間通信の検知情報や、路車間通信活用実験では車車間通信の合流支援情報を使用しない。

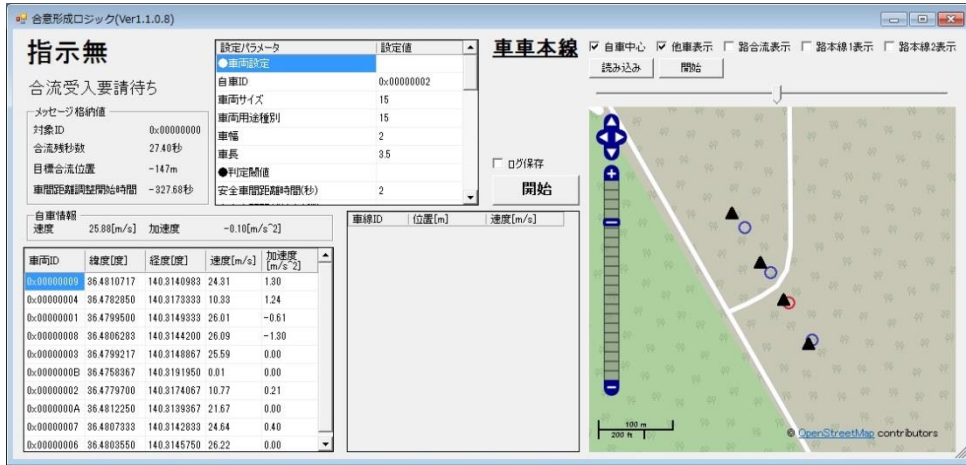


図 5.4.2-27 画面例 1 : 車車間通信活用実験-本線車両-合意形成未確立時

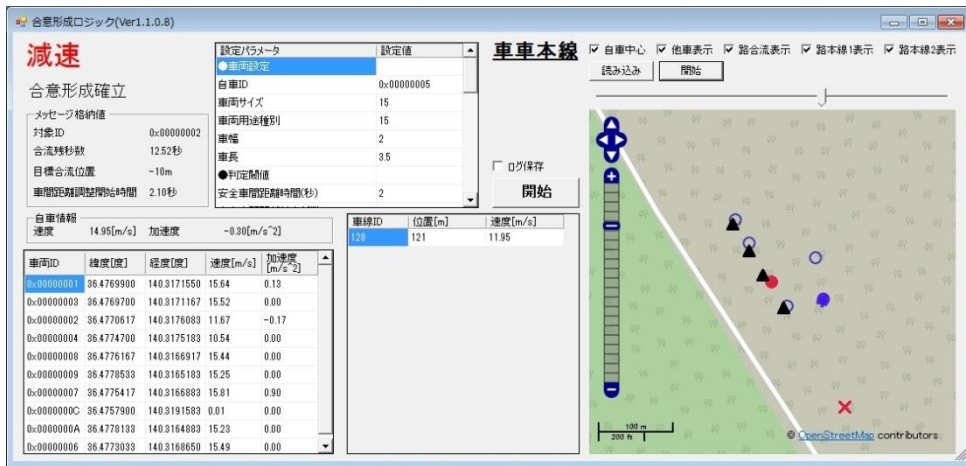


図 5.4.2-28 画面例 2 : 車車間通信活用実験-本線車両-合意形成確立時



図 5.4.2-29 画面例 3 : 路車間通信活用実験(合流車両検知)-本線車両-車間維持発生時



図 5.4.2-30 画面例 4：路車間通信活用実験（本線車両検知）-合流車両-加速指示発生時

### 5.4.3 予備実験

#### 5.4.3.1 目的

先読み情報活用モデルでは、自動走行車両が構築した走行計画に従って走行することを前提として合流時の干渉有無を判定し、干渉すると予測される場合には干渉を回避する新たな走行計画を構築する。この走行計画は、車両の特性や乗員に与える影響、走行環境を考慮した加速度及び減速度を用いて定められる。

実験で使用する車載システムの合流運転指示アプリケーションは、予め設定された計画加速度、計画減速度を用いて判定を行い、画面表示と通知音によりドライバへの運転指示を行う。この指示に従ってドライバが運転することで自動走行を模擬する。しかし、この方法の場合、ドライバごとに異なる技量や日頃からの運転の癖により加減速にバラツキが発生する。そこで通信活用実験では、ドライバの運転操作に起因する加減速のバラツキを可能な限り抑えるため、合流時における合流車両は強めに加速、本線車両が前方車両を確保するための減速はアクセルオフによるエンジンプレーキのみで緩やかに行うことで統一した。予備実験では、このようなルールに従って加速、減速を行った場合の各実験車両の加速度と減速度を測定した。そして、この測定結果の平均値を求め、合流運転指示アプリケーションが予測演算に使用する計画加速度と計画減速度として設定することで、ドライバや車両の特性を踏まえた、より精度の高い干渉判定や加減速の指示が可能となるよう考慮した。

### 5.4.3.2 測定方法

加速度及び減速度の測定では、車両が所定の速度から目標の速度まで加速または減速した時の所要時間を計測し、速度差を所要時間で除した値をもとに計画加速度または計画減速度を算出する。通信活用実験における試験パラメータを踏まえ、本線路規制速度は60km/h、100km/hの2パターンとし、合流路規制速度は40km/hとした。ドライバーは、速度メータが示す値がこれらの指定の速度となるように運転を行う。

#### (1) 加速度

合流車両が合流路規制速度から本線路規制速度まで加速する時の加速度を計測する。具体的には、車両は合流路を40km/hで定速走行し、合流区間起点通過後に加速を開始する。車両が合流区間起点を通過してから、速度メータが示す値が本線路規制速度に達するまでに要した時間を計測する。この時間と速度差から加速度を算出する。計測時間にはドライバーが合流区間起点通過を確認してからアクセルを踏むまでの時間が含まれるため、ドライバーの反応時間を考慮した加速度が得られる。

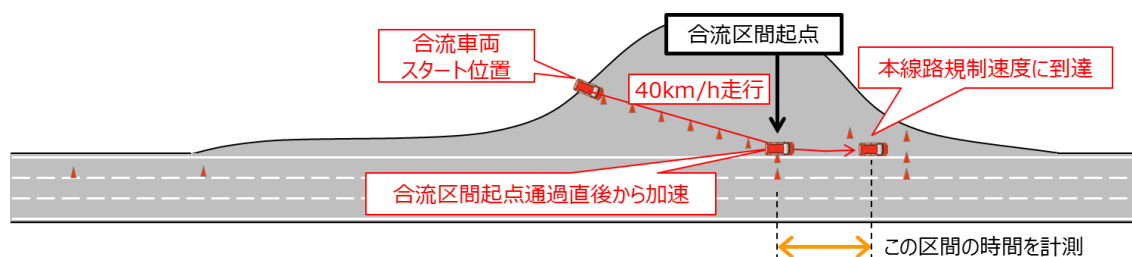


図 5.4.3-1 加速度計測時の走行経路

#### (2) 減速度

本線路規制速度で走行する車両が、アクセルオフにより緩やかに減速した時の減速度を計測する。具体的には、車両は本線路の規制速度となるように定速走行し、指示を受けてアクセルオフを行う。指示を受けてから、速度メータが示す値が本線路規制速度-10km/hに減速するまでに要した時間を計測する。この時間と速度差から減速度を算出する。計測時間には、ドライバーが指示を受けてからアクセルオフを開始するまでの時間が含まれるため、ドライバーの反応時間を考慮した減速度が得られる。

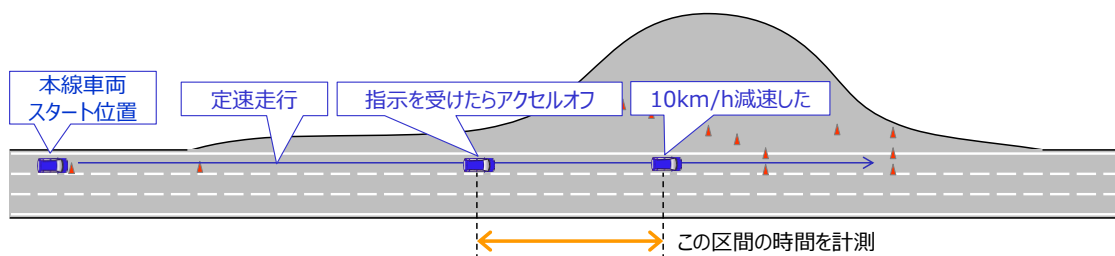


図 5.4.3-2 減速度計測時の走行経路

### 5.4.3.3 結果

以降の通信活用実験では、実験モデルの単純化のため、各車両の計画加速度及び計画減速度を同一の値とし、本測定結果の平均値を採用した。その値を表 5.4.3-1 に示す。

表 5.4.3-1 計画加速度・計画減速度

| 本線路規制速度<br>(km/h) | 計画加速度<br>(m/s <sup>2</sup> ) | 計画減速度<br>(m/s <sup>2</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| 60                | 1.6                          | 0.3                          |
| 100               | 1.6                          | 0.3                          |

### 5.4.4 車車間通信活用実験

#### 5.4.4.1 実験モデル

図 5.4.4-1 に実験モデルを示す。本線車両及び合流車両は、無線機を搭載した協調型の自動走行車両を想定しており、車車間通信を介して相手車両の情報を受信する。合流エリアに進入した本線車両は、本線路を規制速度で走行し、合流区間において合流車両と干渉すると予測される場合、緩やかな減速により車間距離を確保する。合流車両側では干渉予測は行わず、合流路を規制速度で走行し、合流区間起点を通過してから加速して本線路に合流する。合流を開始するタイミングは特に規定せず、合流車両が本線路の規制速度に達した時点では合流が完了しているものとする。

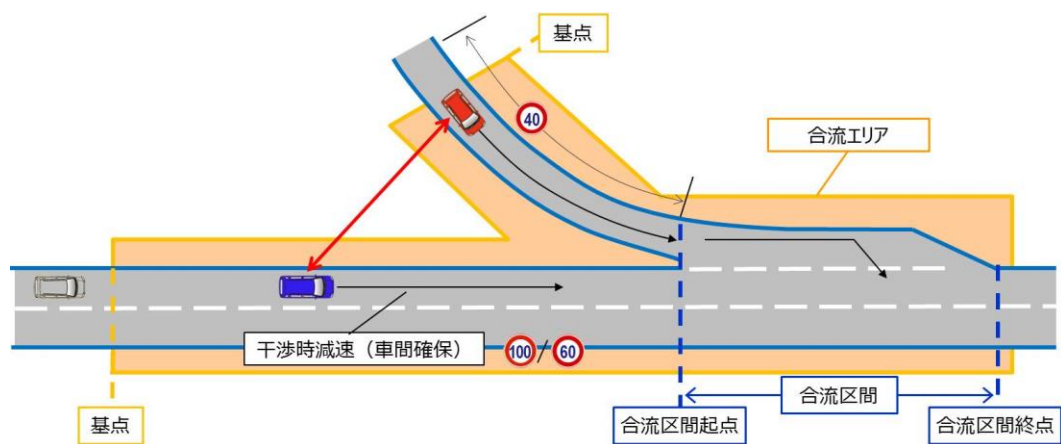


図 5.4.4-1 実験モデル（車車間通信活用実験）

以下、本実験モデルにおける車載システムが行う処理や動作について詳細を説明する。

### （1）干渉判定

干渉条件と干渉判定方法について説明する。図 5.4.4-2 に干渉時及び非干渉時の状態を示す。干渉／非干渉は、合流完了時の本線車両と合流車両の位置で判断する。合流車両の合流完了位置を基準として、その合流可能最低車間距離内に本線車両が位置している場合が干渉状態となる。

本線車両における干渉判定及び減速開始時間の算出手順は以下のとおりである。

- Step1 合流車両の現在の位置と速度、計画加速度から、合流完了までに要する時間（以下、合流完了所要時間 $[T_g]$ と呼ぶ）と、その位置（以下、合流完了予測位置と呼ぶ）を算出する。
- Step2 自車両が現在速度で走行し続けると仮定して、合流完了所要時間経過後の自車両の位置（以下、自車両予測位置と呼ぶ）を算出する。
- Step3 合流完了予測位置と自車両予測位置から算出した車間距離が合流可能最低車間距離以下である時に干渉と判定する。干渉しない場合、ここで判定処理を終了する。干渉する場合、Step4 を行う。
- Step4 車間距離と合流可能最低車間距離から確保すべき距離 $[D]$ を求め、その距離に達するまでの時間（以下、減速所要時間 $[T]$ と呼ぶ）を算出する。減速所要時間の算出方法は後述する。
- Step5 合流完了所要時間から減速所要時間を減じた値を減速開始時間として出力する。

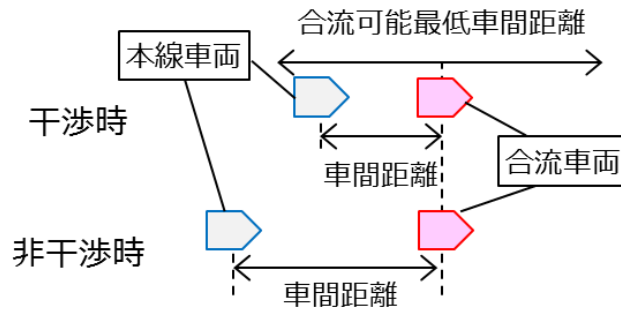


図 5.4.4-2 干渉／非干渉時の状態

次に、減速所要時間の算出方法について説明する。図 5.4.4-3 に確保すべき距離[D]と、確保に要する時間[ $T_r$ ]の関係を示す。確保すべき距離は、定速走行想定での走行距離と、車間確保走行想定での走行距離の差分となり、その関係は下記の式を満たす。

$$D = \frac{1}{2} \alpha \times T_r^2$$

ここで $\alpha$ は計画減速度を示す。また、D は前述の算出手順の Step4 で求まる値である。従って、この式から  $T_r$ が求まる。

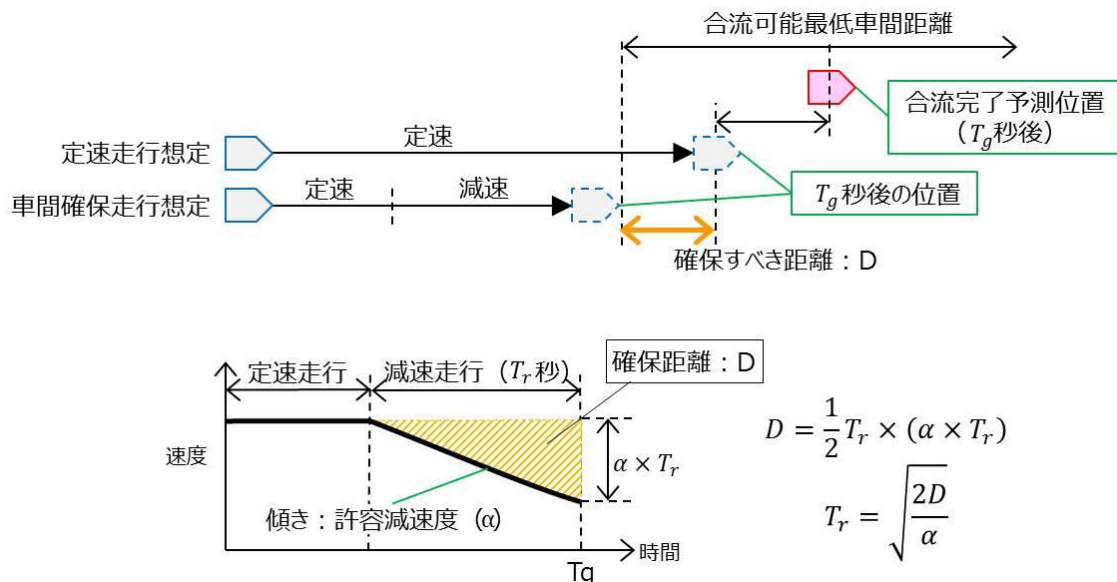


図 5.4.4-3 減速所要時間の算出方法

## (2) 車車間通信シーケンス

車車間通信による合意形成に関わるシーケンスを図 5.4.4-4 に示す。本実験システムの車車間通信シーケンスは、5.3.4.1 (3) をもとに構築したものであるが、差分や補足は以下のとおりである。

- 本線車両及び合流車両は、合流エリア外ではサービスアウト通知を送信する。これにより合意形成の対象外であることを明示する。
- 本線車両は、基点を通過して合流エリア内に入るとサービスイン通知を送信する。これにより合意形成の確立が可能であることを明示する。
- 合意形成済通知以外のメッセージの送信により、合意形成解除通知を代用する。これにより合意形成対象車両の切替に要する処理を簡素化する。
- 合流車両が複数の合流受入受諾を受信した場合に、より前方に位置する本線車両を合意形成相手として選択する。

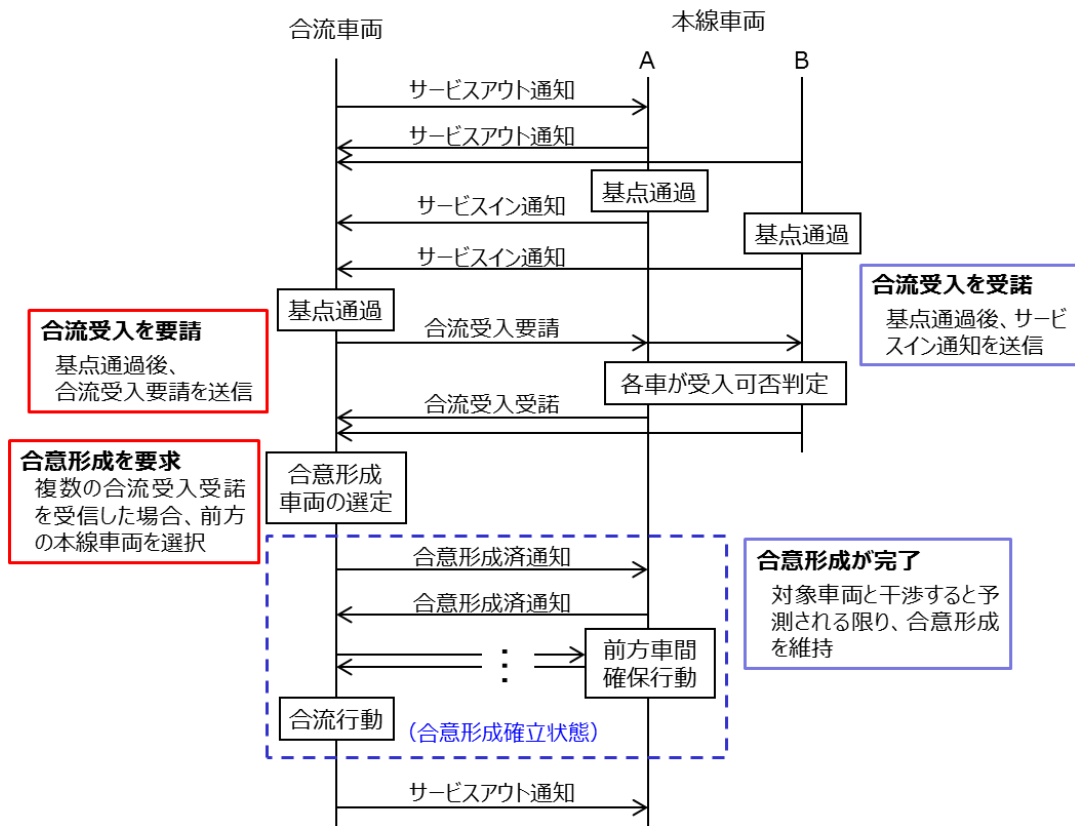


図 5.4.4-4 車車間通信シーケンス



### (3) 状態遷移

本線車両及び合流車両の処理について、状態遷移をもとに説明する。

#### (ア) 本線車両

図 5.4.4-5 は本線車両の状態遷移図を、表 5.4.4-1 は各状態の概要を、表 5.4.4-2 は状態遷移条件を示す。本線車両が合流エリア外に位置する時には「サービスアウト」状態となり、これが初期状態となる。この状態では合流走行に関する判定処理を行わない。自車両が合流エリア外に位置する時がこの状態に該当する。この状態では、送信メッセージによって“サービスアウト通知”を報知する。自車両が基点を通過し、合流エリア内に入ると「合流受入要請待ち」の状態に遷移する。この状態では、自車両が合流エリア内の本線車線を走行しているが、合意形成を確立していない状態である。この状態では、送信メッセージによって“サービスイン通知”を報知しながら、合流車両からの“合流受入要請”の受信を待つ。合流車両からの“合流受入要請”を受信し、その車両と干渉すると判定した場合、「合意形成待ち」の状態に遷移して、“合流受入受諾”を対象の合流車両に送信する。一方、合流区間の通過等により自車両が合流走行に関係しない位置に移動したときは「サービスアウト」に遷移する。「合意形成待ち」状態において、自車両が干渉すると判定した合流車両から“合意形成済通知”を受信すると「合意形成確立」の状態に遷移する。自車両が合流走行に関係しない位置に移動したときは「サービスアウト」に、対象の合流車両から“合意形成済通知”を受信できないときや状況の変化により非干渉状態となったときには「合流受入要請待ち」に遷移する。「合意形成確立」状態では、対象の合流車両との間で干渉が予測される状態が継続していれば“合意形成済通知”を送信して合意形成を維持しつつ、減速開始判定の結果を踏まえてドライバに運転指示を行う。自車両が合流走行に関係しない位置に移動したときは「サービスアウト」に、対象の合流車両から“合意形成済通知”を受信できないときや、状況の変化により非干渉状態となったときには「合流受入要請待ち」に遷移する。これにより、状況の変化に応じて合意形成対象を切替えることが可能となる。

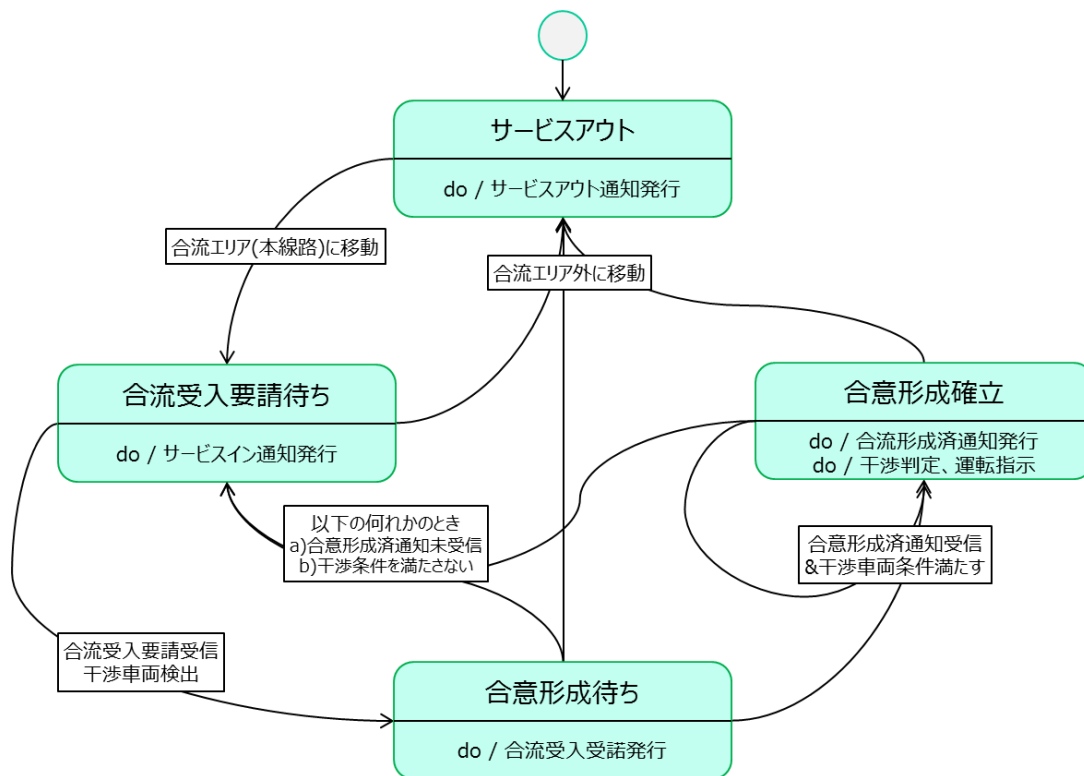


図 5.4.4-5 本線車両の状態遷移図

表 5.4.4-1 本線車両の状態遷移図における各状態の概要

| 状態名      | 概要  |
|----------|---|
| サービスアウト  | 合流走行判定を行わない状態を示す。<br>サービスアウト通知を送信する。      |
| 合流受入要請待ち | 合意形成未確立の状態を示す。<br>サービスイン通知を送信する。          |
| 合意形成待ち   | 対象車両からの合意形成済通知の受信待ち状態を示す。<br>合流受入受諾を送信する。 |
| 合意形成確立   | 対象車両との合意形成を確立した状態を示す。<br>合意形成済通知を送信する。    |

表 5.4.4-2 本線車両の状態遷移表

| 遷移前状態    | 遷移後状態    | 遷移条件                          |
|----------|----------|-------------------------------|
| サービスアウト  | 合流受入要請待ち | 合流エリア内に進入                     |
|          | 合意形成待ち   | (遷移しない)                       |
|          | 合意形成確立   | (遷移しない)                       |
| 合流受入要請待ち | サービスアウト  | 合流エリア外に移動                     |
|          | 合意形成待ち   | 合流受入要請を受信し、その送信元の合流車両と干渉      |
|          | 合意形成確立   | (遷移しない)                       |
| 合意形成待ち   | サービスアウト  | 合流エリア外に移動                     |
|          | 合流受入要請待ち | 自車宛の合意形成済通知未受信、または当該車両とは非干渉   |
|          | 合意形成確立   | 自車宛の合意形成済通知受信、且つその送信元の合流車両と干渉 |
| 合意形成確立   | サービスアウト  | 合流エリア外に移動                     |
|          | 合流受入要請待ち | 自車宛の合意形成済通知未受信、または当該車両とは非干渉   |
|          | 合意形成待ち   | (遷移しない)                       |

(イ) 合流車両

図 5.4.4-6 は合流車両の状態遷移図を、表 5.4.4-3 は各状態の概要を、表 5.4.4-4 は状態遷移条件を示す。合流車両の初期状態は「サービスアウト」となる。この状態では合流走行に関する処理を行わない。自車両が合流エリア外に位置する時がこの状態に該当し、送信メッセージによって“サービスアウト”を報知する。自車両が基点を通過して合流エリア内に進入すると「合流受入受諾待ち」の状態に遷移する。この状態は、自車両が合流エリア内の合流路を走行している状態である。この状態では、送信メッセージによって“合流受入要請”を報知しながら、本線車両からの“合流受入受諾”の受信を待つ。本線車両からの“合流受入受諾”を受信した場合は「合意形成確立」の状態に遷移する。また、自車両が合流を完了した場合は「サービスアウト」の状態に遷移する。「合意形成確立」の状態は、対象の本線車両との合意形成を確立した状態であり、送信メッセージによって“合意形成済通知”を報知する。自車両が合流を完了した場合は「サービスアウト」の状態に遷移する。また、対象の本線車両から“合意形成済通知”を受信できなくなったときは「合流受入受諾待ち」の状態に遷移する。

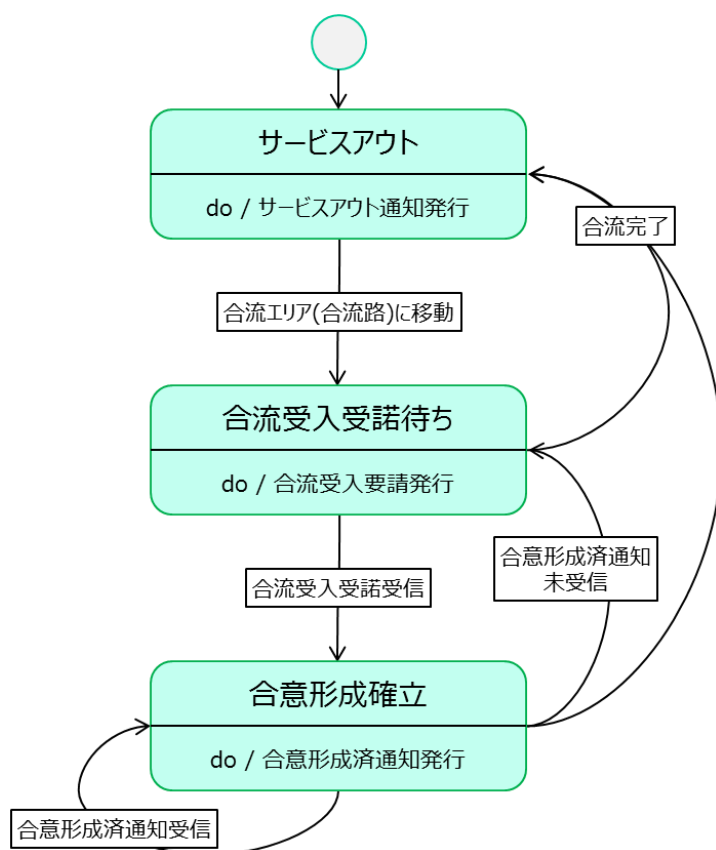


図 5.4.4-6 合流車両の状態遷移図

表 5.4.4-3 合流車両の状態遷移図における各状態の概要

| 状態名      | 概要   |
|----------|--|
| サービスアウト  | 合流走行判定を行わない状態を示す。<br>サービスアウト通知を送信する。       |
| 合流受入受諾待ち | 本線車両からの合流受入受諾通知の受信待ち状態を示す。<br>合流受入要請を送信する。 |
| 合意形成確立   | 対象車両との合意形成を確立した状態を示す。<br>合意形成済通知を送信する。     |

表 5.4.4-4 合流車両の状態遷移表

| 遷移前状態    | 遷移後状態    | 遷移条件                 |
|----------|----------|----------------------|
| サービスアウト  | 合流受入受諾待ち | 合流エリア内に進入            |
|          | 合意形成確立   | (遷移しない)              |
| 合流受入受諾待ち | サービスアウト  | 合流完了                 |
|          | 合意形成確立   | 干渉する本線車両から、合流受入受諾を受信 |
| 合意形成確立   | サービスアウト  | 合流完了                 |
|          | 合流受入受諾待ち | 自車宛の合意形成済通知未受信       |

#### (4) 合流関連情報

前節で検討した先読み情報をもとに、今回の実験のモデルや環境を踏まえた実験用車車間通信メッセージ仕様を定めた。基本的なメッセージ仕様は、ITS 情報通信システム推進会議が発行する実験用車車間通信メッセージガイドライン (ITS FORUM RC-013) に準拠する。そして、ITS FORUM RC-013 で規定された自由領域を活用して、実験で扱う合流支援に必要な情報として、合流関連情報を追加した。表 5.4.4-5 に車車間通信活用実験で用いる合流関連情報の概要を示す。

合流区間起点情報には、合流区間の上流端の位置情報が格納される。本実験では、本線路の第 1 車線と合流路の中心位置の緯度・経度を事前に確認して設定した。走行車線区分は、試験パターンごとに定められた自車両が走行する車線を示す車線 ID が格納される。図 5.4.4-7 に合流区間起点情報が指す位置と走行車線の車線 ID の割当てを示す。合意形成通知種別は、前述の車車間通信シーケンス及び状態遷移で示した本線車両及び合流車両の状態が格納される。また、合意形成対象車両は合意形成の対象となる車両の ID が格納される。合流残秒数及び目標合流位置は、自車両が本線車両である場合は、合意形成対象の合流車両が合流を完了するまでの時間とその時の自車両の位置を、自車両が合流車両である場合は、自車が合流を完了するまでの時間とその時の自車位置を示す。運転指示には、本線車両においてドライバに通知した指示内容が格納され、車間調整開始時間には、本線車両が車間確保のための減速を開始するまでの時間が格納される。運転指示と車間調整開始時間には、合流車両においては無効値が格納される。

表 5.4.4-5 実験用合流関連情報の概要（車車間通信活用実験）

| 項目           | サイズ<br>(bit) | 概要   |
|--------------|--------------|--|
| 合流区間起点情報(緯度) | 32           | 合流区間起点の緯度情報を示す   |
| 合流区間起点情報(経度) | 32           | 合流区間起点の経度情報を示す   |
| 走行車線区分       | 8            | 自車両が走行している車線を示す<br>1：本線第1車線<br>2：本線第2車線<br>128：合流路   |
| 合意形成通知種別     | 8            | 合意形成状態を示す<br>0：サービスアウト通知<br>1：サービスイン通知<br>2：合流受入受諾<br>3：合意形成済通知<br>129：合流受入要請<br>130：合意形成済通知 |
| 合意形成対象車両     | 32           | 合意形成対象の車両 ID を示す   |
| 合流残秒数        | 16           | 自車両が目標合流位置到達に要する時間(秒)を示す   |
| 目標合流位置       | 16           | 合流区間起点からの距離(m)を示す  |
| 運転指示         | 8            | 干渉判定結果に基づく運転指示内容を示す<br>0：指示無<br>1：車間維持<br>2：減速   |
| 車間調整開始時間     | 16           | 減速開始までの時間を示す<br>(合流車両時は無効)   |

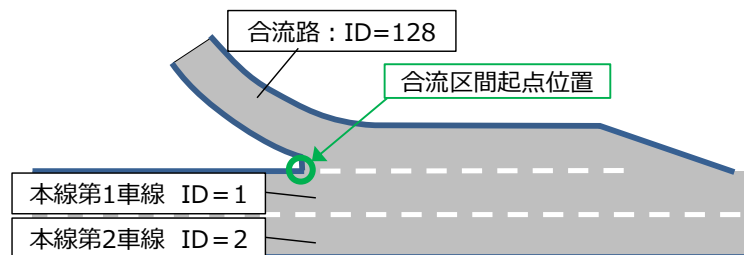


図 5.4.4-7 合流区間起点情報、走行車線区分

表 5.4.4-6 と表 5.4.4-7 は、合流関連情報のうち、状態によって変動する本線車両及び合流車両の格納値を示す。

表 5.4.4-6 本線車両のメッセージ格納値

| 項目           | サービスアウト | 合流受入要請<br>待ち | 合意形成待ち  | 合意形成確立         |
|--------------|---------|--------------|---------|----------------|
| 合意形成<br>通知種別 | 0       | 1            | 2       | 3              |
| 合意形成<br>対象車両 | 無効値     | 無効値          | 対象車両 ID | 対象車両 ID        |
| 合流<br>残秒数    | 無効値     | 無効値          | 無効値     | 目標合流位置<br>到達時間 |
| 目標<br>合流位置   | 無効値     | 無効値          | 無効値     | 目標合流位置         |
| 運転指示         | 0       | 0            | 0       | 1 or 2         |
| 車間調整<br>開始時間 | 無効値     | 無効値          | 無効値     | 減速開始まで<br>の時間  |

表 5.4.4-7 合流車両のメッセージ格納値

| 項目           | サービスアウト | 合流受入受諾<br>待ち   | 合意形成確立         |
|--------------|---------|----------------|----------------|
| 合意形成<br>通知種別 | 0       | 129            | 130            |
| 合意形成<br>対象車両 | 無効値     | 無効値            | 対象車両 ID        |
| 合流<br>残秒数    | 無効値     | 目標合流位置<br>到達時間 | 目標合流位置<br>到達時間 |
| 目標<br>合流位置   | 無効値     | 目標合流位置         | 目標合流位置         |
| 運転指示         | 0       | 0              | 0              |
| 車間調整<br>開始時間 | 無効値     | 無効値            | 無効値            |

#### (5) 合流運転指示アプリケーション

車車間通信活用実験で使用する合流運転指示アプリケーションの画面例と設定項目について説明する。

##### (ア) 画面例

図 5.4.4-8～図 5.4.4-12 は本線車両におけるアプリケーションの画面例である。画面の④合流走行判定状態には、(3)状態遷移の(ア)本線車両で説明した現在の状態が表示される。③運転指示は、合意形成確立状態においてのみ“車間維持”または“減速”のいずれかが表示され、それ以外の状態では“指示無”が表示される。⑤合流情報は、送信メッセージ

にセットした合流関連情報の合意形成対象車両、合流残秒数、目標合流位置、車間調整開始時間が表示される。②設定パラメータでは自車両 ID の他、判定で用いるパラメータ値が確認できる。本実験で用いた判定用パラメータの値については後述する。



図 5.4.4-8 車車本線モード画面：サービスアウト



図 5.4.4-9 車車本線モード画面：合流受入要請待ち





図 5.4.4-10 車車本線モード画面：合意形成待ち



図 5.4.4-11 車車本線モード画面：合意形成確立（車間維持指示）



図 5.4.4-12 車車本線モード画面：合意形成確立（減速指示）

図 5.4.4-13～図 5.4.4-15 は合流車両におけるアプリケーションの画面例である。画面の④合流走行判定状態には、(3)状態遷移の(イ)合流車両で説明した現在の状態が表示されている。③運転指示は、何れの状態においても“指示無”が表示される。⑤合流情報は、送信メッセージにセットした合流関連情報の合意形成対象車両、合流残秒数、目標合流位置、車間調整開始時間が表示される。②設定パラメータでは自車両 ID の他、判定で用いるパラメータ値が確認できる。本実験で用いた値については後述する。



図 5.4.4-13 車車合流モード画面：サービスアウト



図 5.4.4-14 車車合流モード画面：合流受入受諾待ち



図 5.4.4-15 車車合流モード画面：合意形成確立

### (イ) 設定項目

表 5.4.4-8 に、判定に用いた項目とその設定値を示す。干渉判定に用いる合流可能最低車間距離（前方／後方）は、本線へ進入することが可能と判断する合流車両前後の車間時間である。図 5.4.4-16 に示すように両設定値が 1 秒であるとき、前方及び後方 1 秒以下の空間に本線車両が存在する場合に干渉と判定する。車間時間であるため、本線路規制速度によりその距離は決まり、60km/h の場合で前方 16.7m、後方 16.7m、100km/h の場合で前方 27.8m、後方 27.8m となる。本来、この合流可能最低車間距離は自動走行車両の合流能力に依存する値を設定するべきであるが、今回は実験を実施する上で危険がない程度の値として仮置きした。

表 5.4.4-8 干渉判定に用いた項目及び設定値

| 分類       | 項目              | 設定値                   | 概要   |
|----------|-----------------|-----------------------|--|
| 道路<br>情報 | 合流区間起点(緯度)      | 36.475983             | 合流区間起点の緯度情報(度)                             |
|          | 合流区間起点(経度)      | 140.317876            | 合流区間起点の経度情報(度)                             |
|          | 合流区間終点          | 250                   | 合流区間起点からの距離(m)                             |
|          | 本線路基点           | 600                   | 合流区間起点からの距離(m)                             |
|          | 合流路基点           | 200                   | 合流区間起点からの距離(m)                             |
|          | 本線路規制速度         | 16.67<br>または<br>27.78 | 本線路の規制速度(m/s)<br>試験パターンにより、何れかの値を<br>を設定する |
|          | 合流路規制速度         | 11.11                 | 合流路の規制速度(m/s)                              |
| 判定<br>閾値 | 合流可能最低車間距離 (前方) | 1                     | 合流時に必要な前方車両との車間<br>時間(s)                   |
|          | 合流可能最低車間距離 (後方) | 1                     | 合流時に必要な後方車両との車間<br>時間(s)                   |
|          | 計画減速度           | 0.3                   | 減速走行時の想定値(m/s <sup>2</sup> )               |
|          | 計画加速度           | 1.6                   | 合流の加速走行時の想定値(m/s <sup>2</sup> )            |

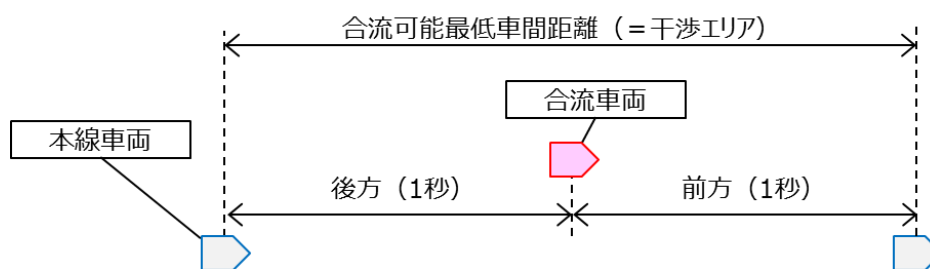


図 5.4.4-16 合流可能最低車間距離

#### 5.4.4.2 測定方法

前項の実験モデルを用いて測定を行った。その詳細について説明する。

##### (1) 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 各車両の合流運転指示アプリケーションの動作を開始する。
- Step3 本線車両が走行を開始し、所定の車間を保持して規制速度で定速走行する。
- Step4 合流車両が走行を開始し、合流路を 40km/h で走行する。
- Step5 本線車両は、合流運転指示アプリケーションの指示に従って走行する。速度維持指示の場合は、前方車両との車間を維持するように走行する。減速指示の場合、アクセルオフを行い走行する。

合流車両は、合流区間起点通過後に加速する。

Step6 各車両は、合流区間終点を通過後、合流運転指示アプリケーションの動作を停止する。

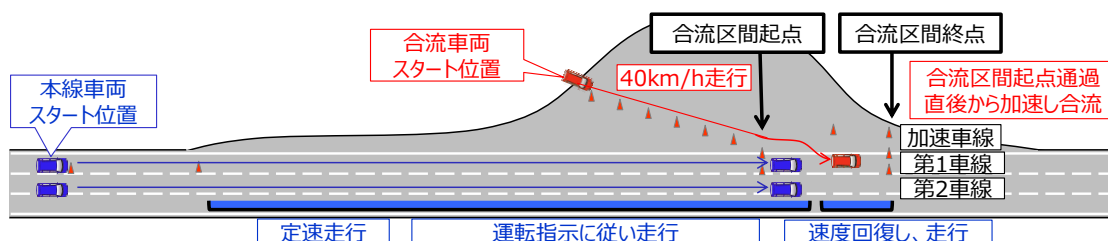


図 5.4.4-17 車車間通信活用実験における走行方法

## (2) 試行パターン

表 5.4.4-9 に示すように、本線路規制速度、各車両の走行台数の組合せにより 4 つの試行パターンを設けた。各試行パターンの試行回数も合わせて記載する。本線路規制速度は、都市高速を想定した 60km/h と都市間高速を想定した 100km/h で実施した。走行車両台数に関しては、何れのパターンにおいても本線車両は複数台とし、合流車両は 1 台または 2 台とした。

表 5.4.4-9 車車間通信活用実験：試行パターン

| 試行パターン | 本線路         |          | 合流路      | 試行回数 |
|--------|-------------|----------|----------|------|
|        | 規制速度 (km/h) | 車両台数 (台) | 車両台数 (台) |      |
| 1      | 60          | 2~4      | 1        | 44   |
| 2      | 100         | 2~4      | 1        | 20   |
| 3      | 60          | 3        | 2        | 14   |
| 4      | 100         | 3        | 2        | 8    |

### 5.4.4.3 実験結果

以下に合流車両の台数や合流タイミング別に代表例を用いて実験の結果を説明する。

### (1) 合流車両が1台の場合

#### (ア) 本線車両間に合流

本線車両と合流車両が合意形成を確立した後、合流車両が本線車列の中間に合流したケースについて説明する。

#### 本線路規制速度 100km/h (試行パターン2)

本線路規制速度を 100km/h に設定した試行について説明する。表 5.4.4-10 に、この試行で使用した車両の ID と走行順序を示す。以降では、走行開始時に本線路を走行する車両 X を本線車両 X、合流路を走行する車両 Y を合流車両 Y と呼ぶ (X、Y は車両の ID)。

表 5.4.4-10 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.4-18 は、各車両の合流区間起点からの距離を示す。横軸は、測定開始からの経過秒数を示す。縦軸は合流区間起点から各車両までの距離を示し、合流区間起点より上流側を正值としている。本実験では、合流路基点を合流区間起点より上流 200m と定めた。合流車両は、開始 4.7 秒に合流路基点を通過してサービスインとなり、合流受入要請を発行する。その後、22.1 秒に合流区間起点を通過している。

本線車両は合流受入要請を受けて、自車両と合流車両との干渉判定を行い、合意形成確立の可否を判断する。この干渉判定では、自車両は現在速度で本線を定速走行、合流車両は現在速度で合流区間起点まで定速走行後、計画加速度で加速すると仮定して、合流車両が本線路規制速度に達した時の自車両と合流車両との車間距離を予測する。この予測車間距離が規定した合流可能最低車間距離以下である場合に干渉する恐れがあると判断する。

図 5.4.4-19 は、合流予測位置における合流車両との予測車間距離の推移を示している。合流予測位置は、合流車両が合流区間起点までは現在速度で定速走行し、合流区間起点通過後に計画加速度で加速して本線路規制速度に達すると予測される位置とする。合流可能最低車間距離は前方を 1 秒(合流車両の前方 27.8m)、後方を 1 秒(合流車両の後方 27.8m)としたため、予測車間距離が-27.8m~27.8m のとき干渉する恐れがあると判定する。図か

ら、合流車両 2 が基点を通過した時点で干渉する恐れがあると判断した本線車両は 8 と 9 である。これらの車両は、合意形成の確立が必要であると判断し、合意形成受入受諾を発行する。今回の実験モデルでは、複数台からの合意形成受入受諾を受け取った場合には前方に位置する車両と合意形成をするように定めた。そのため、上記 2 台の本線車両から合意形成受入受諾を受け取った合流車両 2 は、本線車両 8 を合意形成対象として選択し、この車両に対して合意形成済通知を発行し、図 5.4.4-20 に示すとおり合意形成を確立した。

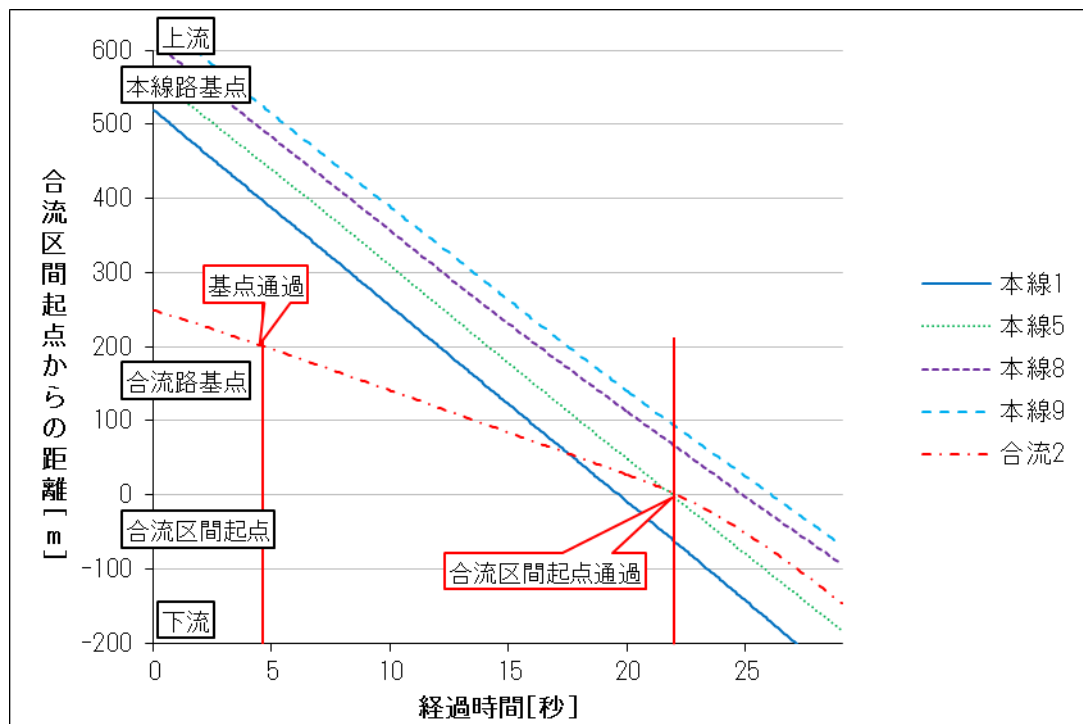


図 5.4.4-18 合流区間起点からの距離

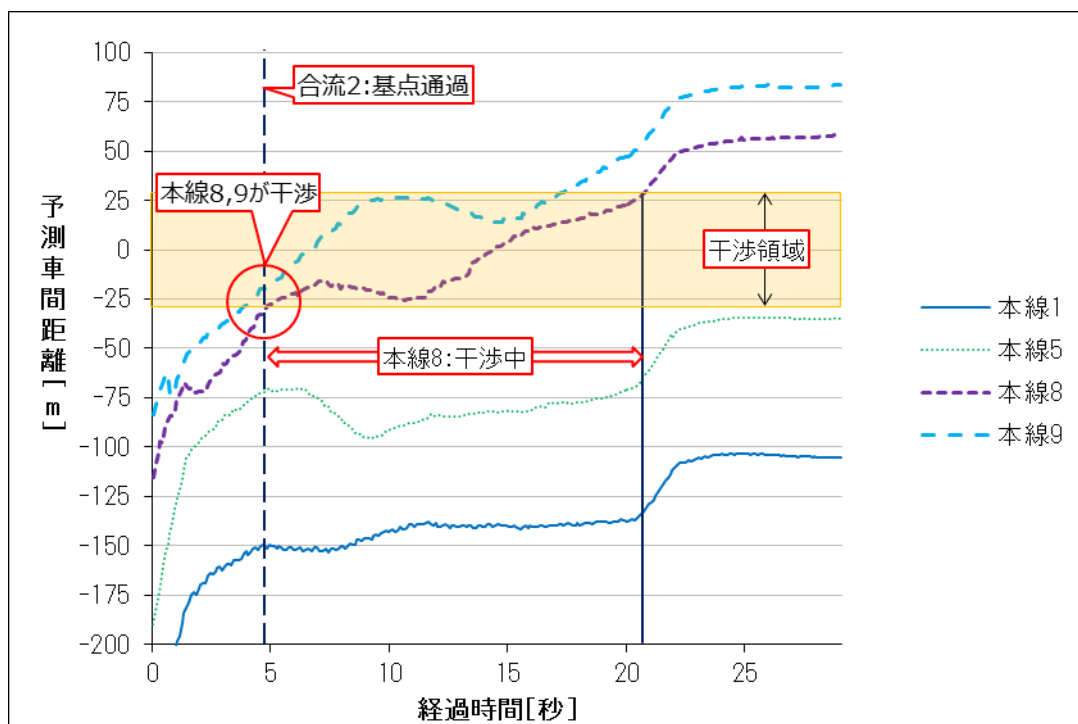


図 5.4.4-19 予測車間距離

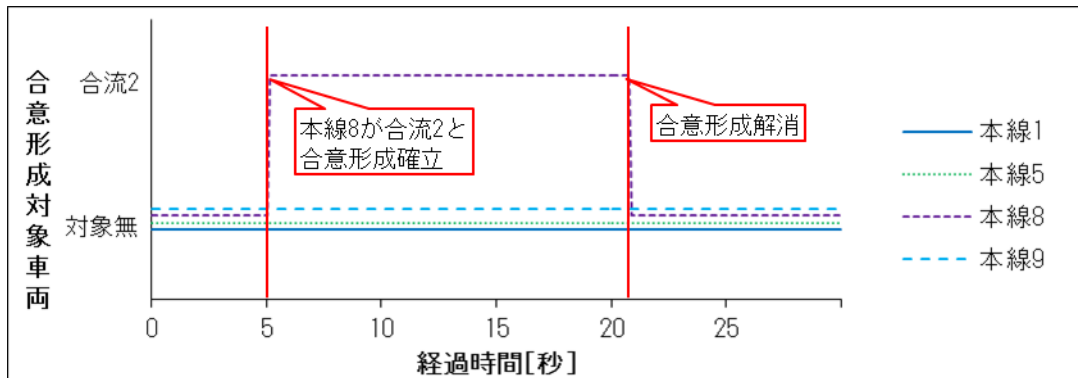


図 5.4.4-20 合意形成対象車両

図 5.4.4-21 に本線車両 8 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。右縦軸は、5.4.4.1 (3) で示した車車本線モードにおけるアプリケーションの状態を示すもので、合意形成確立状態に関しては運転指示別に示している。本図より、本線車両 8 は 5 秒に合流区間起点から上流 480m の位置で合流車両と合意形成を確立し、車間維持指示が発生している。その後 10.1 秒に合流区間起点から上流 353m の位置で減速指示が発生し、14.1 秒に車間維持指示に遷移した後、20.8



秒で合意形成を解消していることがわかる。

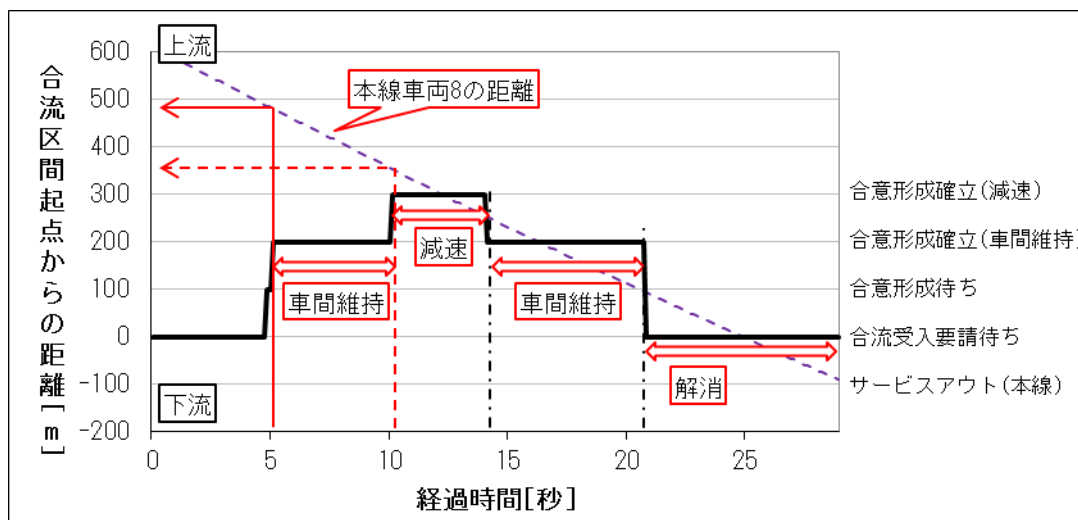


図 5.4.4-21 経過時間に対する車両の位置と状態遷移（本線車両 8）

図 5.4.4-22 及び図 5.4.4-23 に、合意形成確立時及び減速指示発生時の本線車両 8 の車両状態と車両間の位置関係を示す。本図から、実際に本線車両 8 が合流車両 2 と合意形成を確立し、減速指示が発生していることが確認できる。



図 5.4.4-22 車両状態と位置関係（本線車両 8：合意形成確立時）



図 5.4.4-23 車両状態と位置関係（本線車両 8：減速指示発生時）

図 5.4.4-24 に各車両の速度変化を示す。本線車両 8 は、10.1 秒に発生した減速指示を受けて、11.3 秒から速度が低下していることが確認できる。その後方を走行する本線車両 9 も 15 秒あたりから減速をしているが、これは指示によるものではなく、先行する本線車両 8 の減速に追従したことによるものである。

図 5.4.4-25 に先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示す。合流車両については合流区間起点通過以降のみを示している。また、本線 8（仮想）のグラフは、本線車両 8 が減速することなく定速走行を継続したと仮定した場合の車間距離である。本線車両 8 と前方の本線車両 5 との車間距離が、減速開始時に 49m であったのに対し、合流車両が合流区間起点を通過する頃には 70m まで拡大し、その空間に合流車両 2 が合流している。また、本線車両 8 が減速をしなかった場合には、合流車両との車間が設定した前後 1 秒に満たなかったことを表している。今回の実験では、車間確保の減速制御をドライバへの指示で行っているため、計算値よりも広い車間が確保されてしまっているが、合意形成自体は適切な車両間で確立されていたと言える。

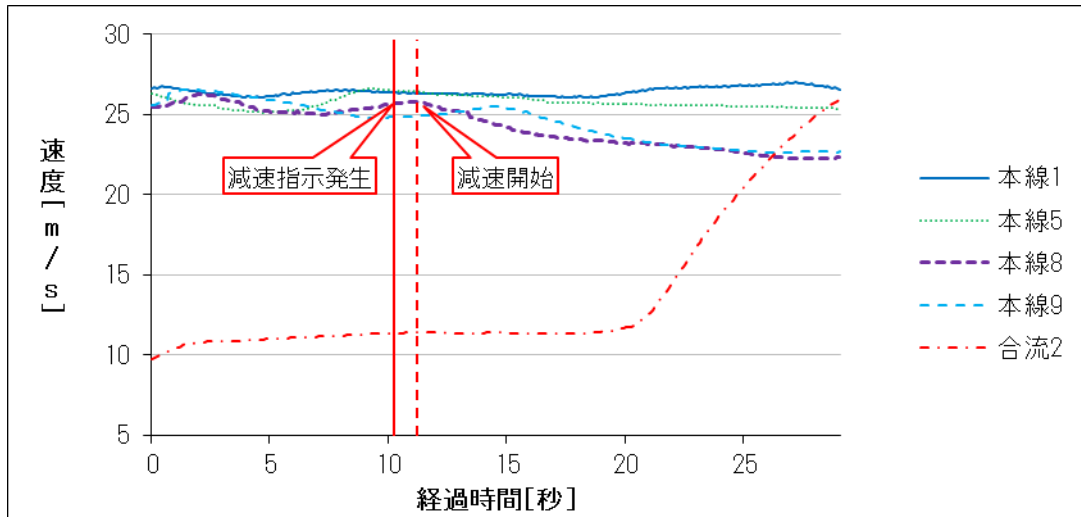


図 5.4.4-24 速度変化

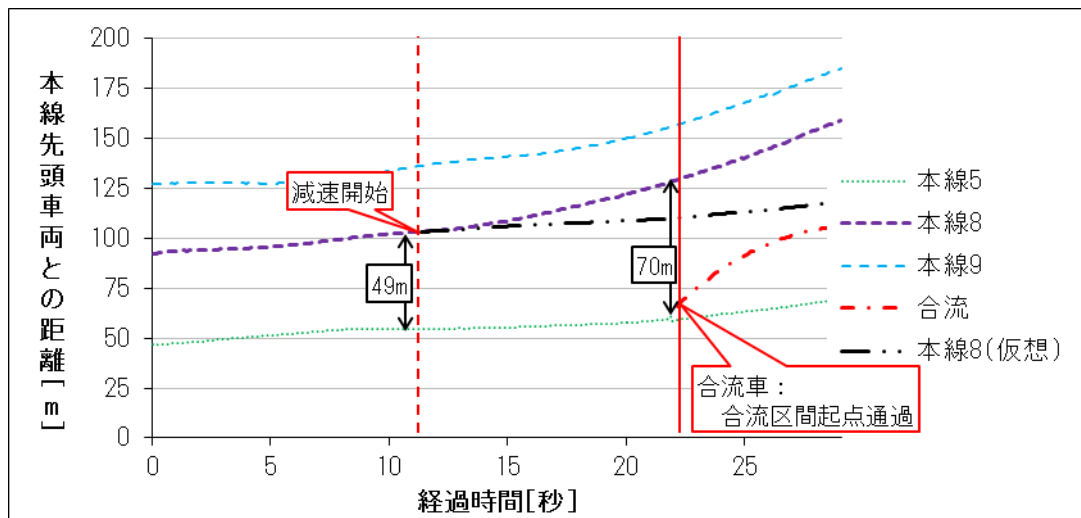


図 5.4.4-25 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-26～図 5.4.4-28 は、本試行時の本線車両 8 の前方映像であり、それぞれ合意形成確立時、減速指示発生時、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時のものである。また、図 5.4.4-29 及び図 5.4.4-30 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時と合流完了時に、合流区間の下流から上流方向を撮影した俯瞰映像、図 5.4.4-31 は、合流完了時に、車両進行方向左側から合流区間を撮影した水平映像である。各映像から、本線車両 8 の減速走行によって、データが示すとおり実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。



図 5.4.4-26 前方映像（本線車両 8：合意形成確立時）



図 5.4.4-27 前方映像（本線車両 8：減速指示発生時）



図 5.4.4-28 前方映像（本線車両 8：合流車両 2 の合流区間起点到達時）

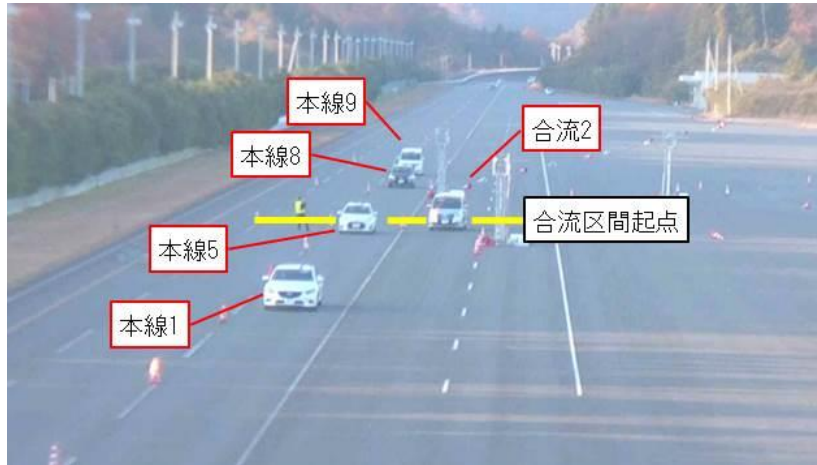


図 5.4.4-29 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-30 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.4-31 進行方向左側からの水平映像（合流車両 2 の合流完了時）

#### 本線路規制速度 60km/h（試行パターン 1）

本線路規制速度を 60km/h に設定した試行について説明する。この試行で使用した車両

の ID と走行順序を表 5.4.4-11 に示す。

表 5.4.4-11 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 3       | 4       |
| 2 台目 | 6       | —       |
| 3 台目 | 7       | —       |
| 4 台目 | 10      | —       |

図 5.4.4-32 は各車両の合流区間起点からの距離を示したもので、合流車両が 4 秒に基点、20.7 秒に合流区間起点を通過していることがわかる。図 5.4.4-33 は合流車両 4 との予測車間距離の推移を示している。合流可能最低車間距離は前方を 1 秒（合流車両の前方 16.7m）、後方を 1 秒（合流車両の後方 16.7m）としたため、規制速度が 60km/h の場合には、予測車間距離が -16.7m～16.7m のとき干渉する恐れがあると判定される。図から、合流車両 4 が基点を通過した時点で干渉する恐れがあると判断した本線車両は 6 であり、この車両から合意形成受入受諾が発行された。

本線車両 6 から合意形成受入受諾を受け取った合流車両 4 は、本線車両 6 に対して合意形成済通知を発行し、図 5.4.4-34 に示すとおり合意形成を確立した。

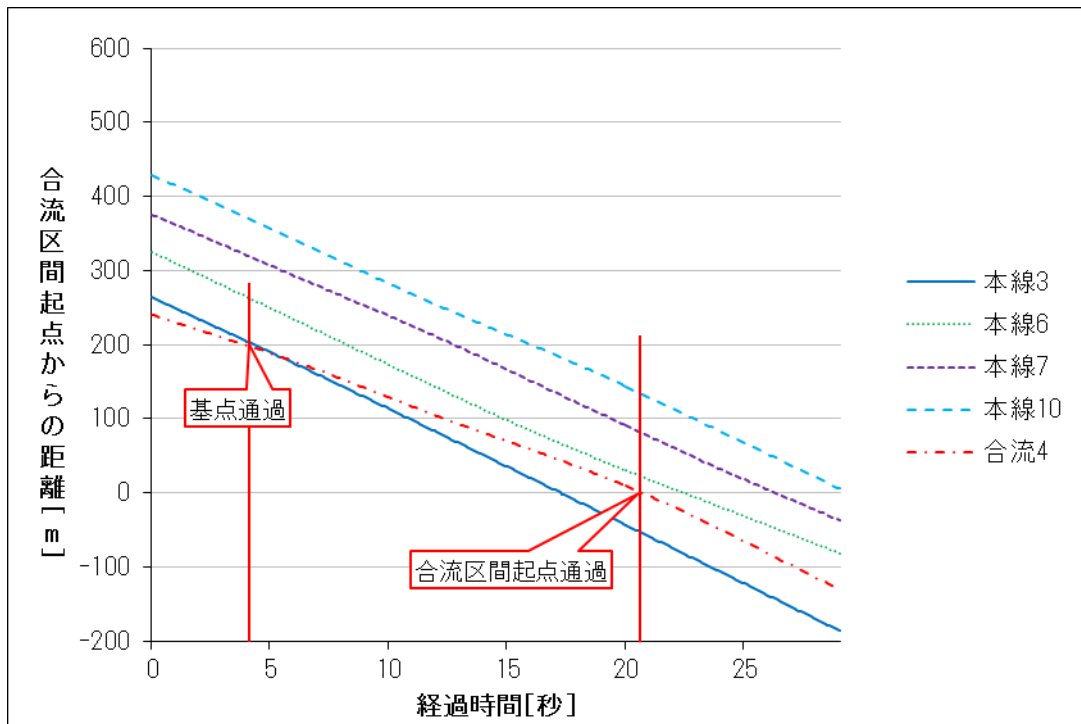


図 5.4.4-32 合流区間起点からの距離

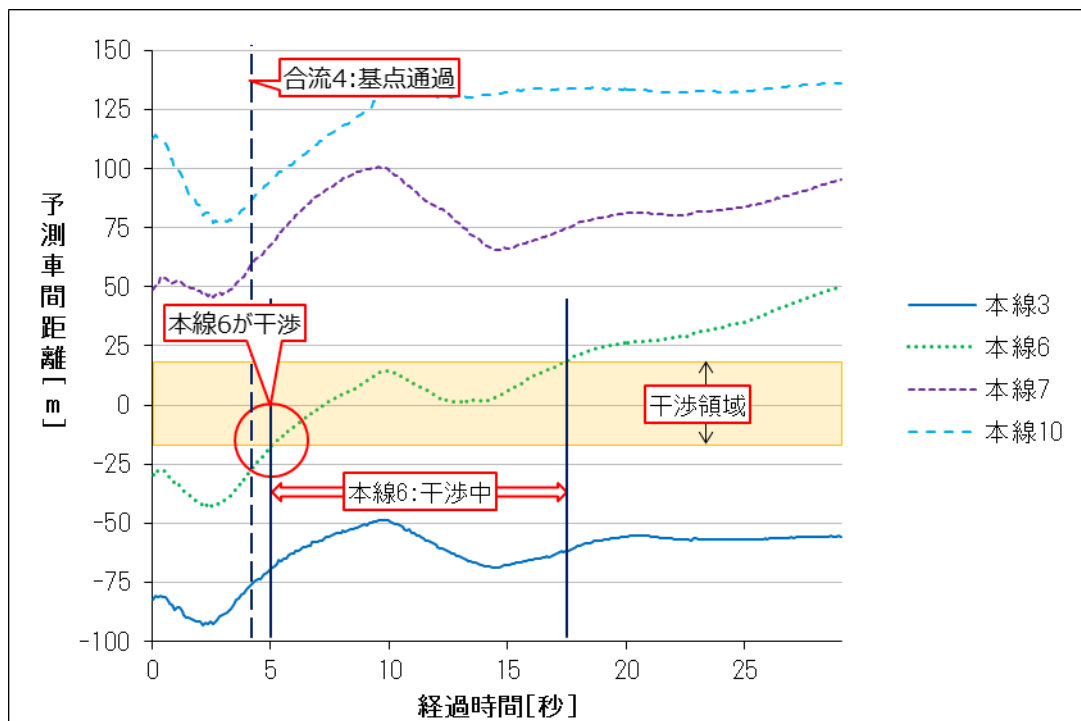


図 5.4.4-33 予測車間距離

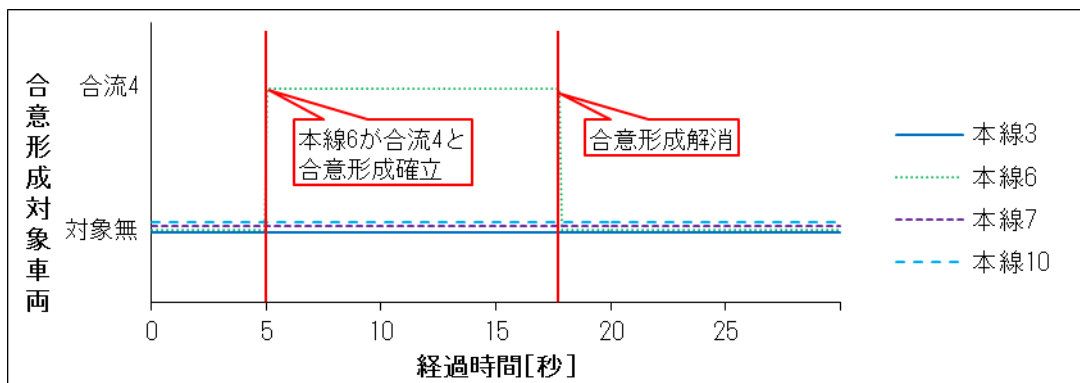


図 5.4.4-34 合意形成対象車両

図 5.4.4-35 に本線車両 6 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。本図より、本線車両 6 は 5 秒に合流区間起点から上流 250m の位置で合流車両と合意形成を確立し、車間維持指示が発生している。その後 11.3 秒に合流区間起点から上流 153m の位置で減速指示が発生した後、17.7 秒で合意形成を解消していることがわかる。

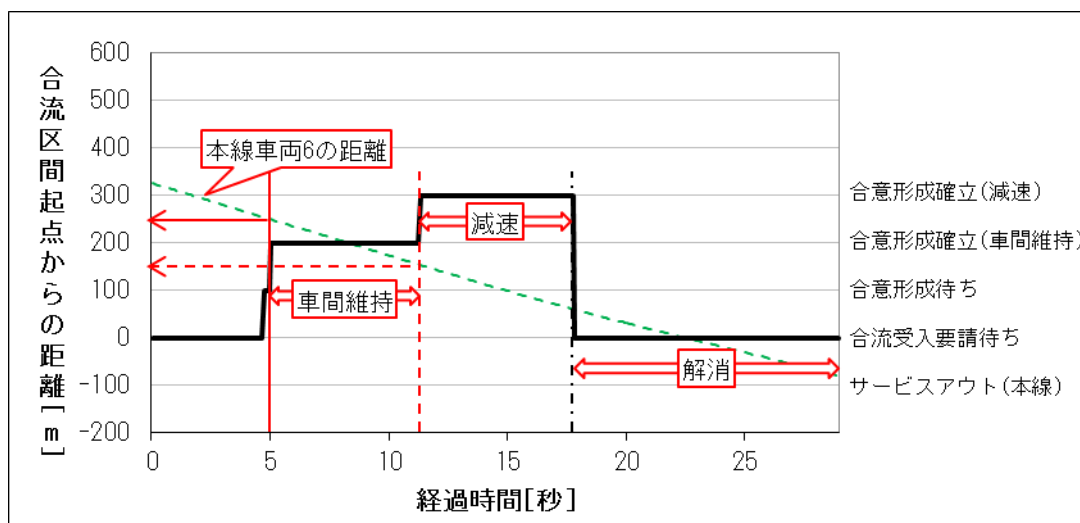


図 5.4.4-35 経過時間に対する車両の位置と状態遷移 (本線車両 6)

図 5.4.4-36 及び図 5.4.4-37 に、合意形成確立時及び減速指示発生時の本線車両 6 の車両状態と車両の位置関係を示す。本図から、実際に本線車両 6 が合流車両 4 と合意形成を確立し、減速指示が発生していることが確認できる。





図 5.4.4-36 車両状態と位置関係（本線車両 6：合意形成確立時）



図 5.4.4-37 車両状態と位置関係（本線車両 6：減速指示発生時）

図 5.4.4-38 に各車両の速度変化を示す。本線車両 6 は、11.3 秒に発生した減速指示を受けて、12 秒から速度が低下していることが確認できる。

図 5.4.4-39 に先頭を走行する本線車両 3 と各車両との車間距離を示す。本線車両 6 と前方の本線車両 3 との車間距離が、減速開始時に 60m であったのに対し、合流車両が合流区間起点を通過する頃には 67m まで拡大し、その空間に合流車両 4 が合流している。また、本線 6（仮想）のグラフが示すとおり、本線車両 6 が減速をしなかった場合には、合流車両との車間が十分に確保されなかったことを表している。従って、本線車両 6 と合流車両 4 が合意形成を確立したことは適切であったと言える。

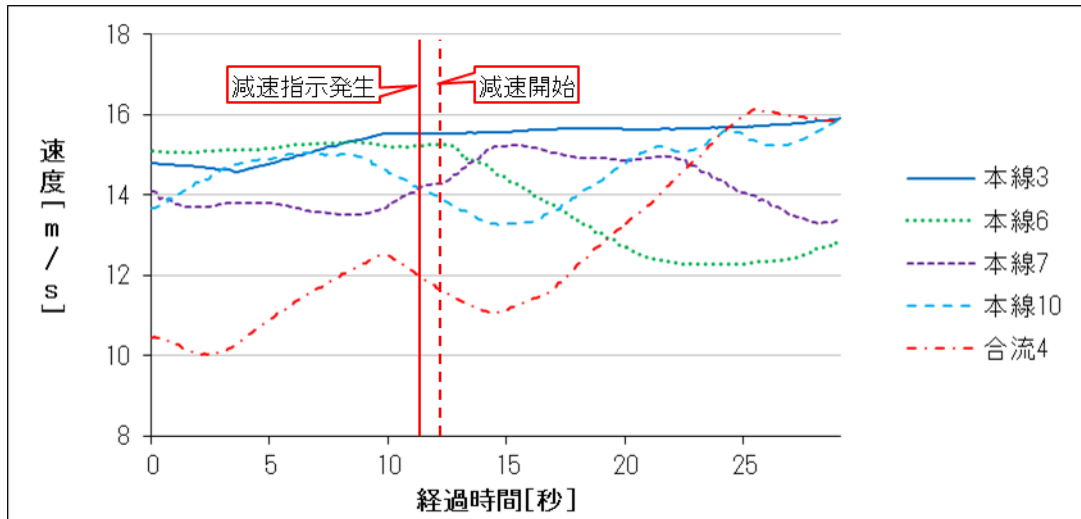


図 5.4.4-38 速度変化

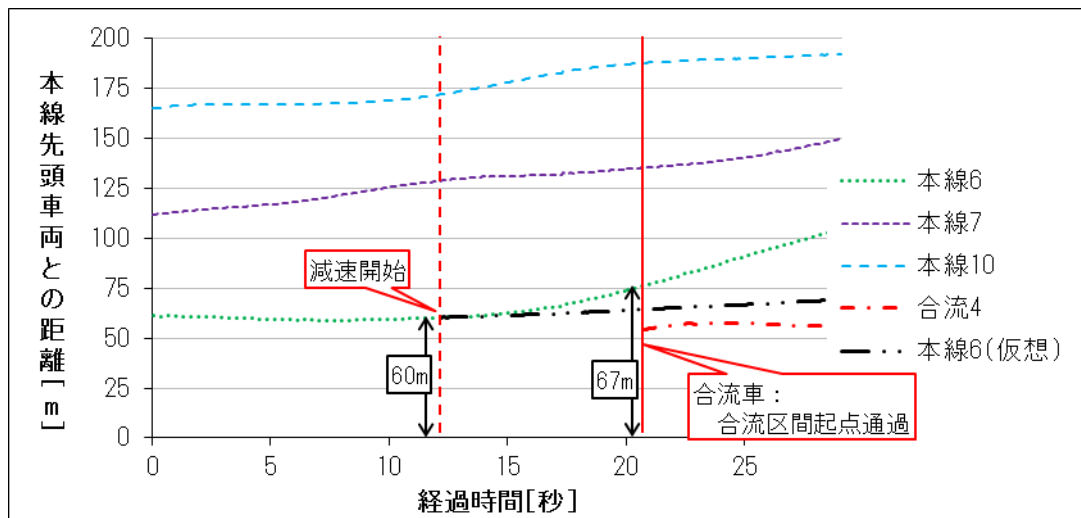


図 5.4.4-39 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-40～図 5.4.4-42 は本線車両 6 の前方映像であり、それぞれ合意形成確立時、減速指示発生時、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時のものである。また図 5.4.4-43 及び図 5.4.4-44 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.4-45 は、合流完了時の水平映像である。各映像から、本線車両 6 の減速走行によって、データが示すとおり実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。



図 5.4.4-40 前方映像（本線車両 6：合意形成確立時）



図 5.4.4-41 前方映像（本線車両 6：減速指示発生時）

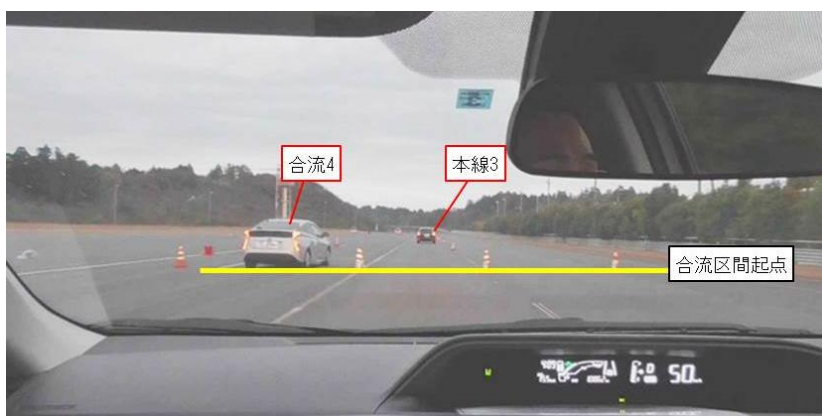


図 5.4.4-42 前方映像（本線車両 6：合流車両 4 の合流区間起点到達時）

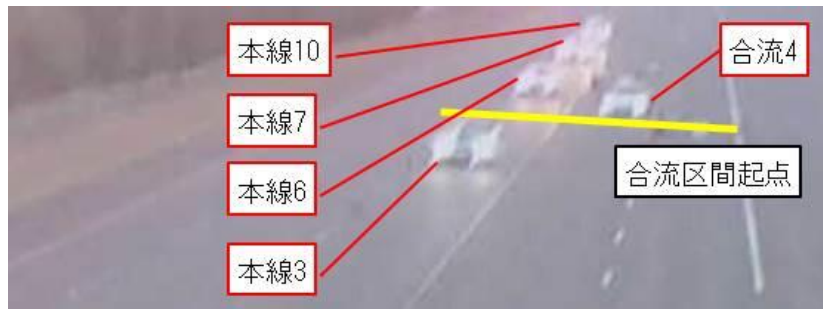


図 5.4.4-43 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-44 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流完了時）



図 5.4.4-45 進行方向左側からの水平映像（合流車両 4 の合流完了時）

#### (イ) 本線車両より前方に合流

試行パターン 2 のうち、合流車両が本線車両の車列の先頭に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-12 に示す。

表 5.4.4-12 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.4-46 は各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両が 11.8 秒に合流区間起点を通過後、本線車両群の前方に合流していることがわかる。図 5.4.4-47 は合流車両との予測車間距離の推移を示し、合流車両 2 が合流路を走行中に干渉する恐れがあると判断した本線車両が存在しないことがわかる。従って、図 5.4.4-48 に示すとおり、全ての本線車両は合流車両と合意形成を確立していない。

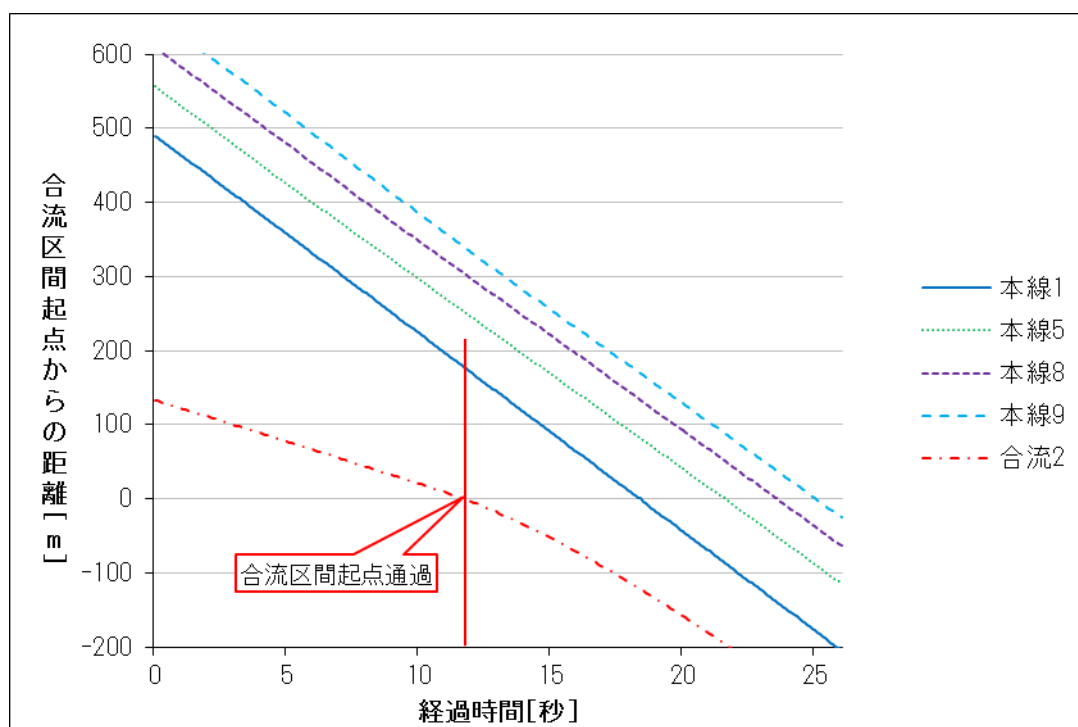


図 5.4.4-46 合流区間起点からの距離

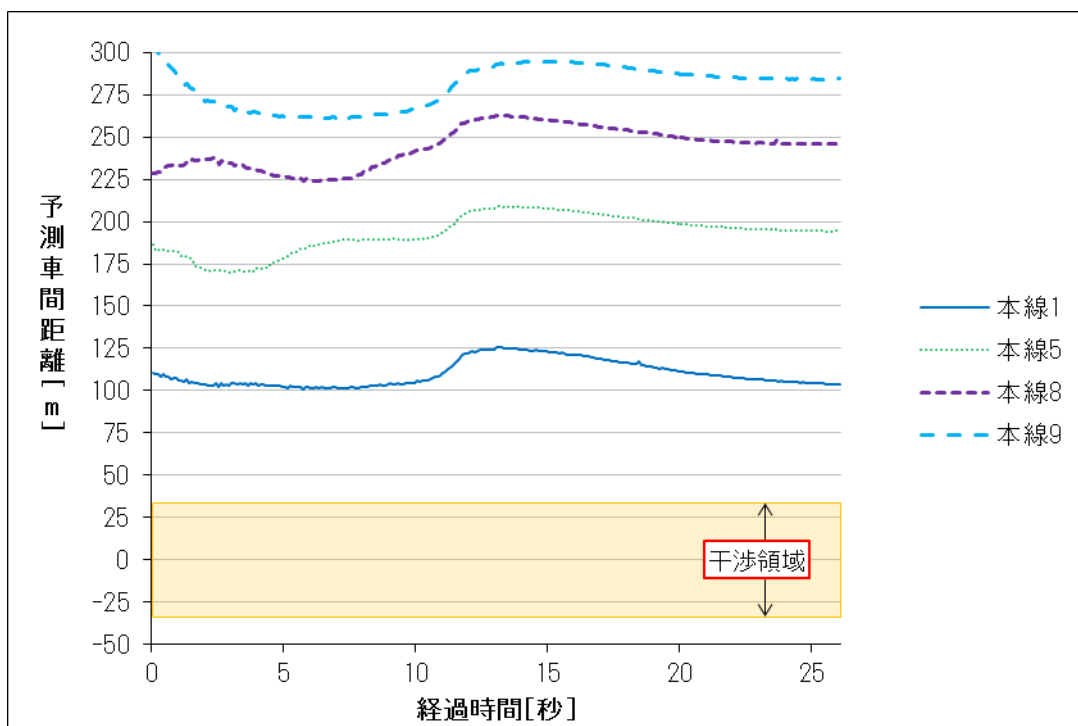


図 5.4.4-47 予測車間距離

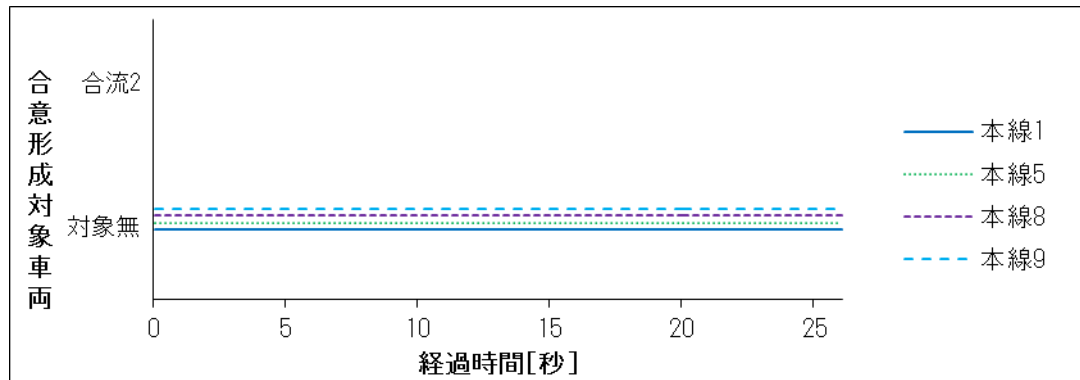


図 5.4.4-48 合意形成対象車両

図 5.4.4-49 に、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の車両の位置関係を示す。合流車両 2 が、先頭の本線車両 1 の前方約 150m に位置しており、本線車両 1 と干渉することなく合流できることが確認できる。これらのことから、このケースで合意形成が確立されなかったことに問題はなかったと言える。



図 5.4.4-49 車両状態と位置関係（本線車両 1：合流車両 2 の合流区間起点到達時）

図 5.4.4-50 及び図 5.4.4-51 は、本線の先頭を走行する本線車両 1 の前方映像であり、それぞれ合流車両 2 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時のものである。また、図 5.4.4-52 及び図 5.4.4-53 は、合流完了時の俯瞰映像及び水平映像である。各映像から、既に合流車両 2 と本線車両 1 の間に十分な車間距離が存在し、減速による車間確保走行が不要であったことが確認できる。



図 5.4.4-50 前方映像（本線車両 1：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-51 前方映像（本線車両 1：合流車両 2 の合流完了時）

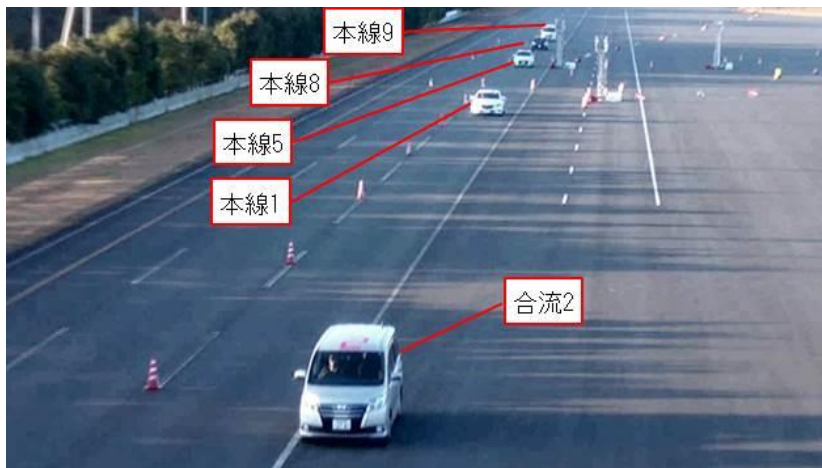


図 5.4.4-52 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.4-53 進行方向左側からの水平映像（合流車両 2 の合流完了時）

#### (ウ) 本線車両より後方に合流

試行パターン 2 のうち、合流車両が本線車両の車列の後方に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-13 に示す。



表 5.4.4-13 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.4-54 は各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両が 1.9 秒に基点、18.5 秒に合流区間起点を通過して、本線車両群の後方に合流していることがわかる。図 5.4.4-55 は合流車両との予測車間距離の推移を示し、合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断した本線車両が存在しないことがわかる。従って、図 5.4.4-55 に示すとおり、全ての本線車両は合流車両と合意形成を確立していない。

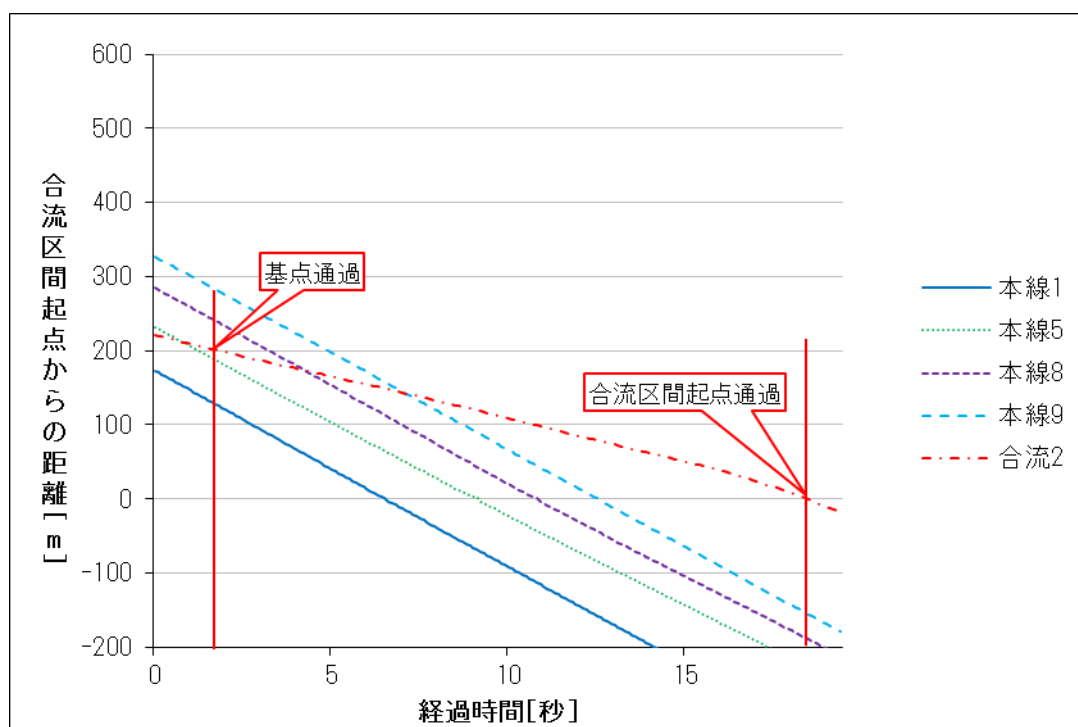


図 5.4.4-54 合流区間起点からの距離

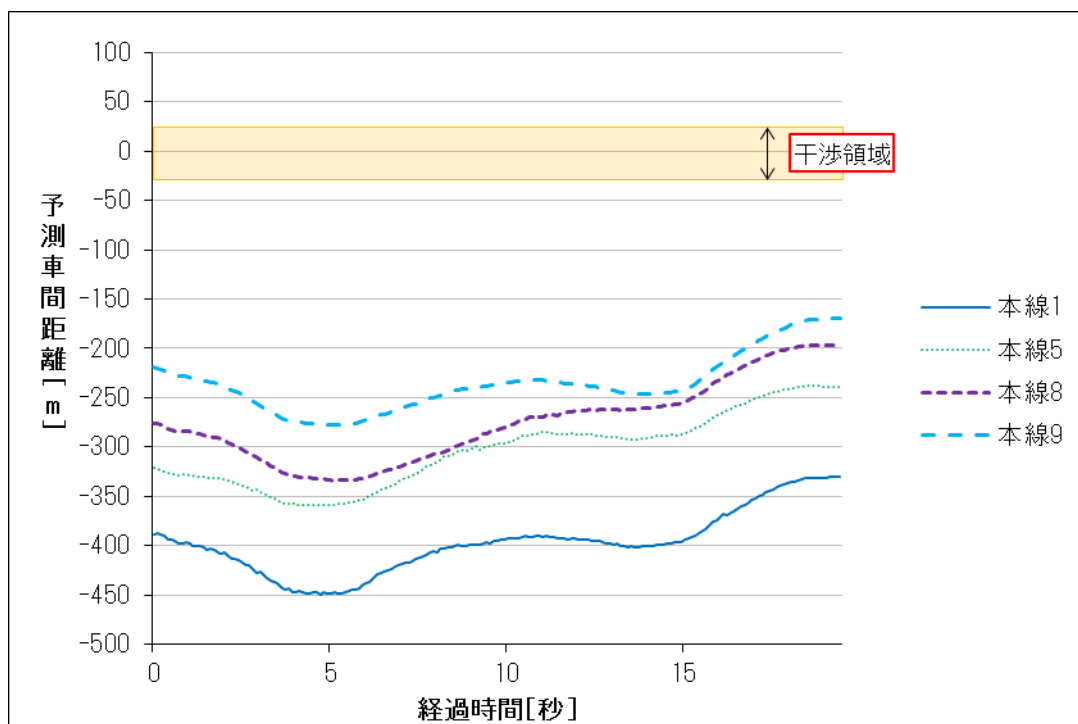


図 5.4.4-55 予測車間距離

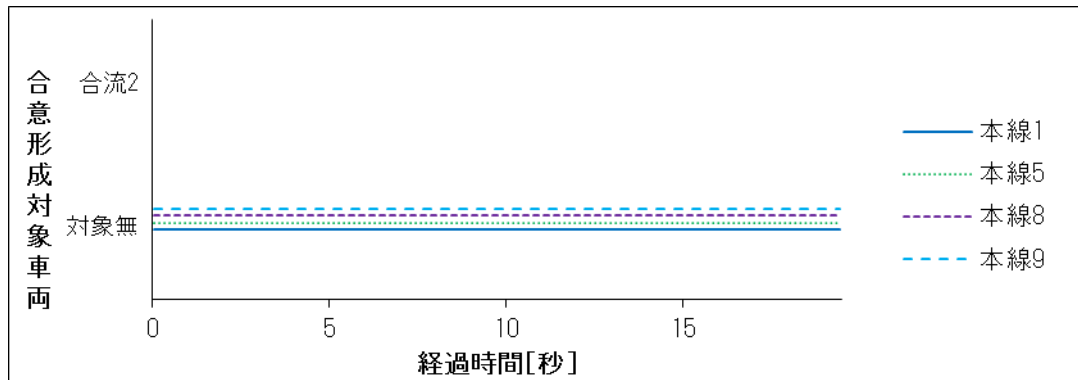


図 5.4.4-56 合意形成対象車両

図 5.4.4-57 に、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の車両の位置関係を示す。既に全ての本線車両が合流区間起点を通過しており、合流車両 2 は、どの車両とも干渉することなく合流できることが確認できる。従って、このケースで合意形成が確立されなかったことは妥当であると言える。



図 5.4.4-57 車両状態と位置関係（本線車両 9：合流車両 2 の合流区間起点到達時）

図 5.4.4-58 及び図 5.4.4-59 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達したときの合流車両 2 の前方映像及び俯瞰映像である。各映像から、本線最後尾の本線車両 9 と十分に車間距離が存在し、干渉することなく合流できる状況であったことが確認できる。



図 5.4.4-58 前方映像（合流車両 2：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-59 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）

**(エ) 十分に開いた本線車両間に合流**

試行パターン 1 のうち、合流車両が、既に十分に車間が開いている本線車両間に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-14 に示す。

表 5.4.4-14 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.4-60 は各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両が 2.7 秒に基点、18.9 秒に合流区間起点を通過して、本線車両 1 と本線車両 5 の間に合流していることがわかる。図 5.4.4-61 は合流車両との予測車間距離の推移を示し、合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断した本線車両が存在しないことがわかる。試行開始の時点から本線車両 1 と合流車両 5 の車間距離が 80m 程度あり、合流車両がその車両間に合流すると予測されたことから干渉しないものと判断された。従って、図 5.4.4-62 に示すとおり、全ての本線車両は合流車両と合意形成を確立していない。

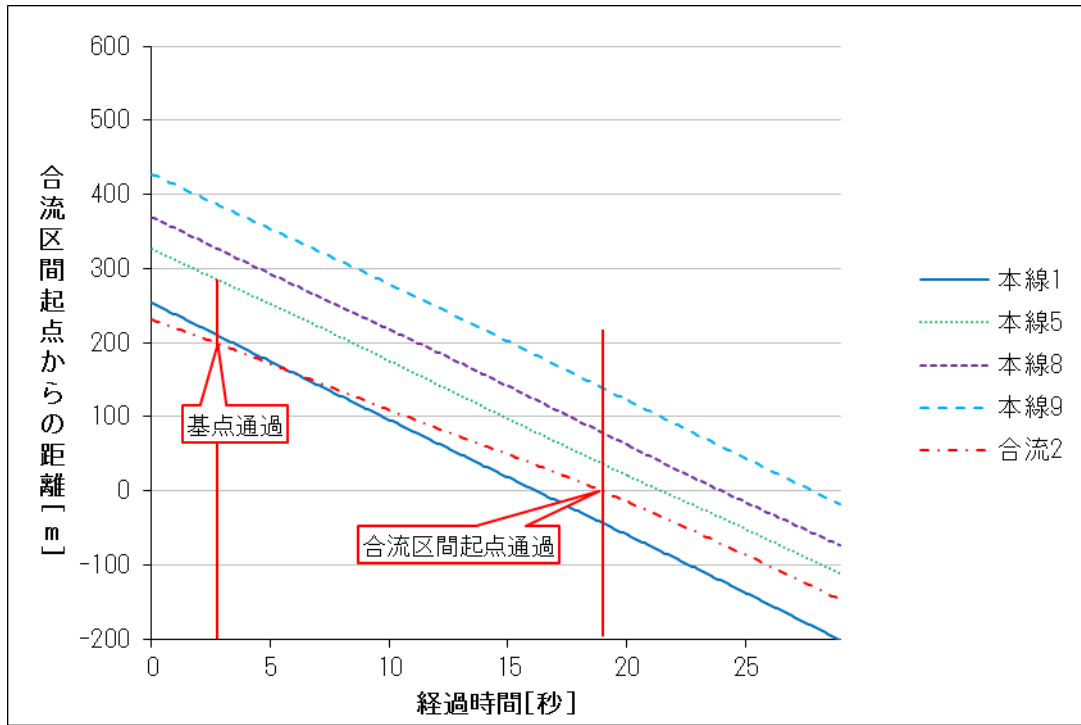


図 5.4.4-60 合流区間起点からの距離

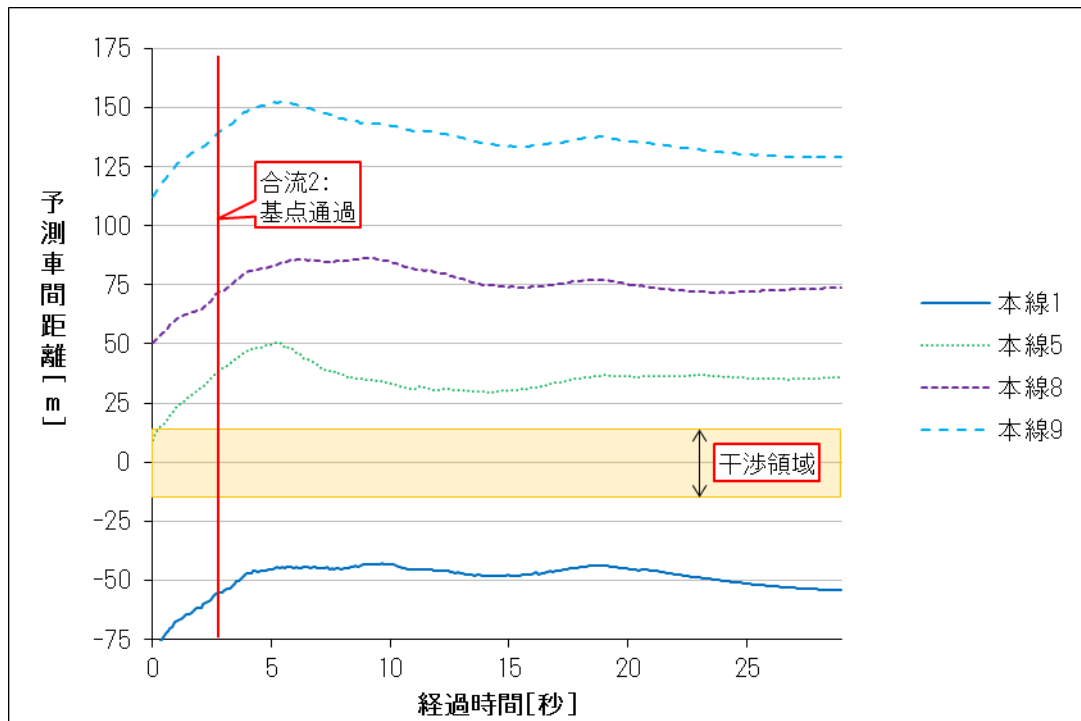


図 5.4.4-61 予測車間距離

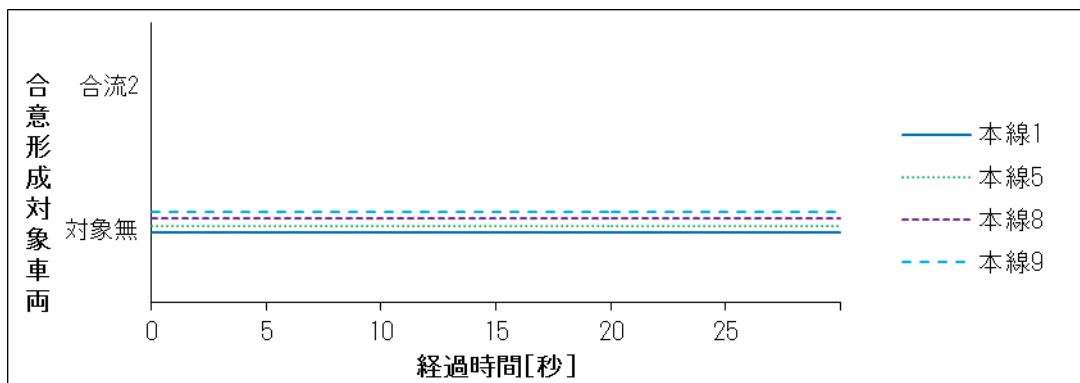


図 5.4.4-62 合意形成対象車両

図 5.4.4-63 に、本線車両 5 が合流区間起点から上流 150m の地点を通過した時の車両の位置関係を示す。本図から、合流車両 2 が合流すると予想される本線車両 1 と本線車両 5 との車間距離は十分に広く、さらに拡大する必要がないことが確認できる。



図 5.4.4-63 車両状態と位置関係（本線車両 5：上流 150m 地点）

図 5.4.4-64 に各車両の速度変化を示す。どの本線車両も、速度調整は行わず定速走行を継続していることが確認できる。

図 5.4.4-65 に先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示す。合流車両 2 は、合流区間起点通過時点において、前方の本線車両 1 との車間距離 42m、後方の本線車両 5 との車間距離 37m を有しており、安全に合流できる車間距離が存在することが確認できる。従って、このケースで合意形成が行われなかったことも正常な判断であると言える。

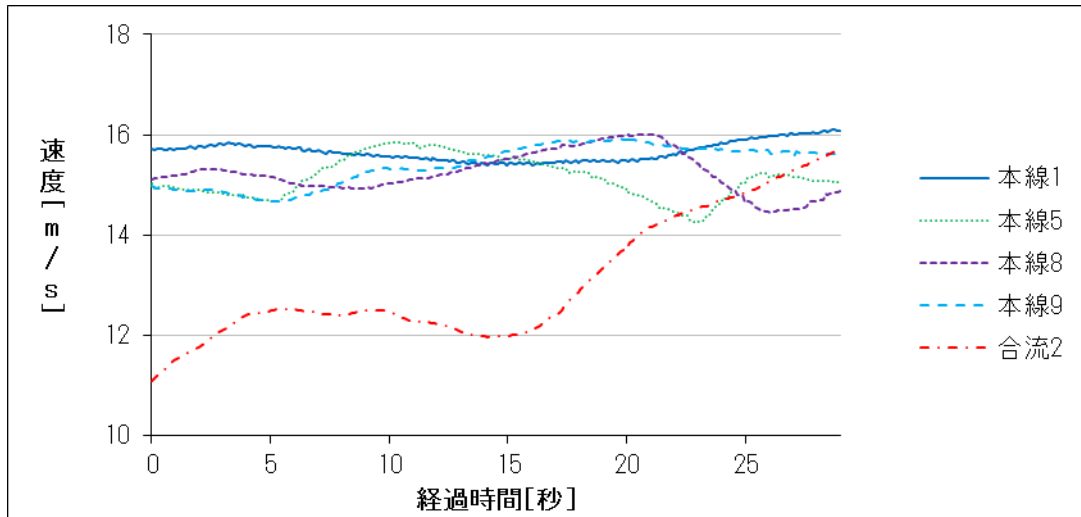


図 5.4.4-64 速度変化

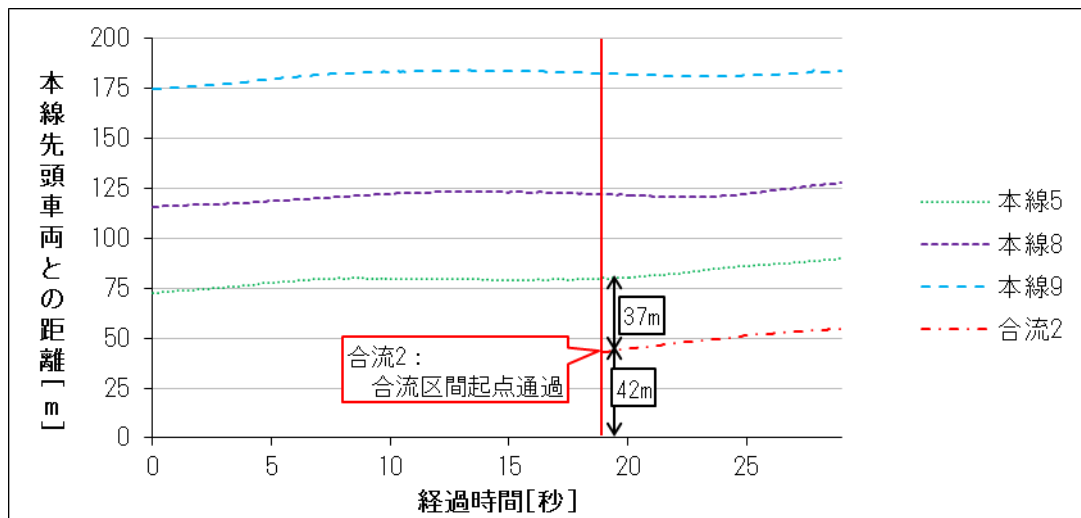


図 5.4.4-65 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-66 及び図 5.4.4-67 は、本線車両 5 が合流区間起点から上流 150m の地点を通過した時、及び合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 5 の前方映像である。また、図 5.4.4-68 及び図 5.4.4-69 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時と合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.4-70 は、合流完了時の水平映像である。各映像から、既に本線車両 1 と本線車両 5 の車間距離が十分に開いていた状態であったことが確認できる。

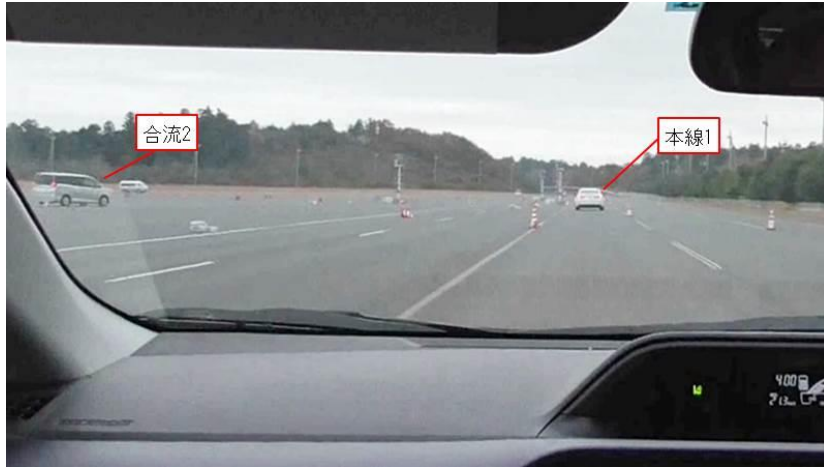


図 5.4.4-66 前方映像（本線車両 5：本線車両 5 の上流 150m 地点）

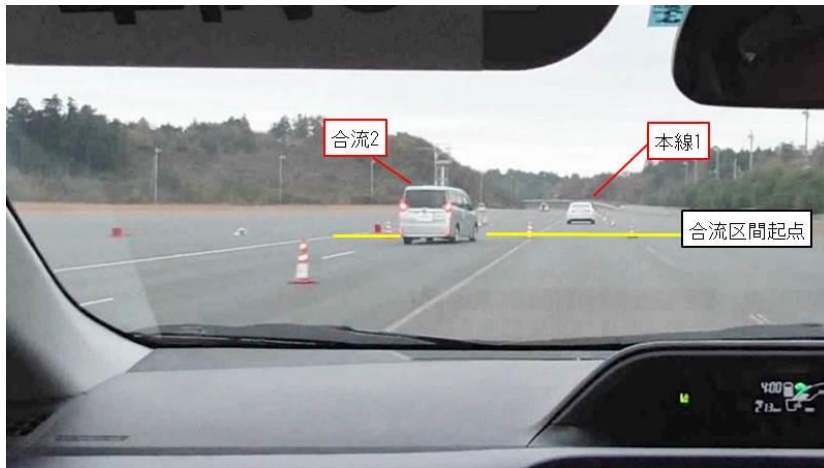


図 5.4.4-67 前方映像（本線車両 5：合流車両 2 の合流区間起点到達時）

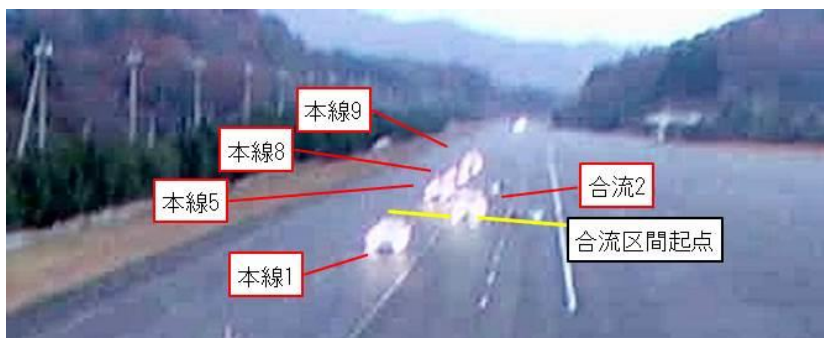


図 5.4.4-68 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）



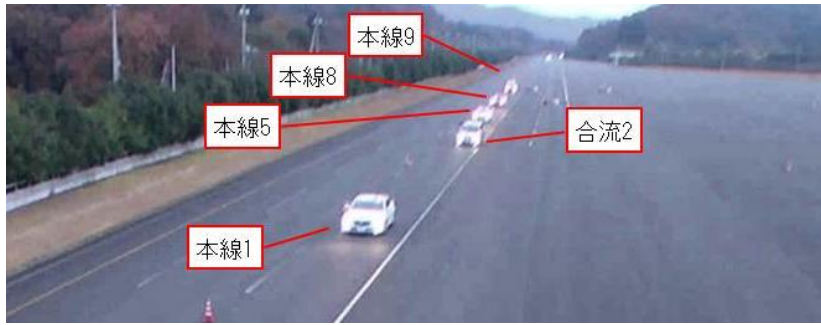


図 5.4.4-69 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.4-70 進行方向左側からの水平映像（合流車両 2 の合流完了時）

(オ) 本線車両間に合流（合意形成車両切替わり）

試行パターン 1 のうち、合流車両と合意形成を確立した本線車両が切替わったケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-15 に示す。

表 5.4.4-15 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 | 合流車両 |
|------|------|------|
| 1 台目 | 3    | 4    |
| 2 台目 | 6    | —    |
| 3 台目 | 7    | —    |
| 4 台目 | 10   | —    |

図 5.4.4-71 は、各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両 4 が、0.2 秒に基点、18.5 秒に合流区間起点を通過していることがわかる。図 5.4.4-72 は合流車両との予測車間距離の推移を示し、合流車両 4 が基点を通過した時点で干渉する恐れがあると判断した本線車両は 7 である。従って、図 5.4.4-73 に示すとおり、これらの車両間で合意形成を確立している。その後、各車両の位置関係や速度などの状況変化により、合流車両 4 と本線車両 7 との予測車間距離が合流可能最低車間距離より開き、干渉する恐れがなくなったとして 8.1 秒に合意形成を解消する。一方で、本線車両 7 の前方を走行する本線車両 6 との予

測車間距離が合流可能最低車間距離より小さくなり、干渉する恐れがあると判定され、8.7秒に合意形成を確立している。従って、図 5.4.4-73 に示すとおり、合意形成の対象車両が本線車両 7 から本線車両 6 に切替わった。

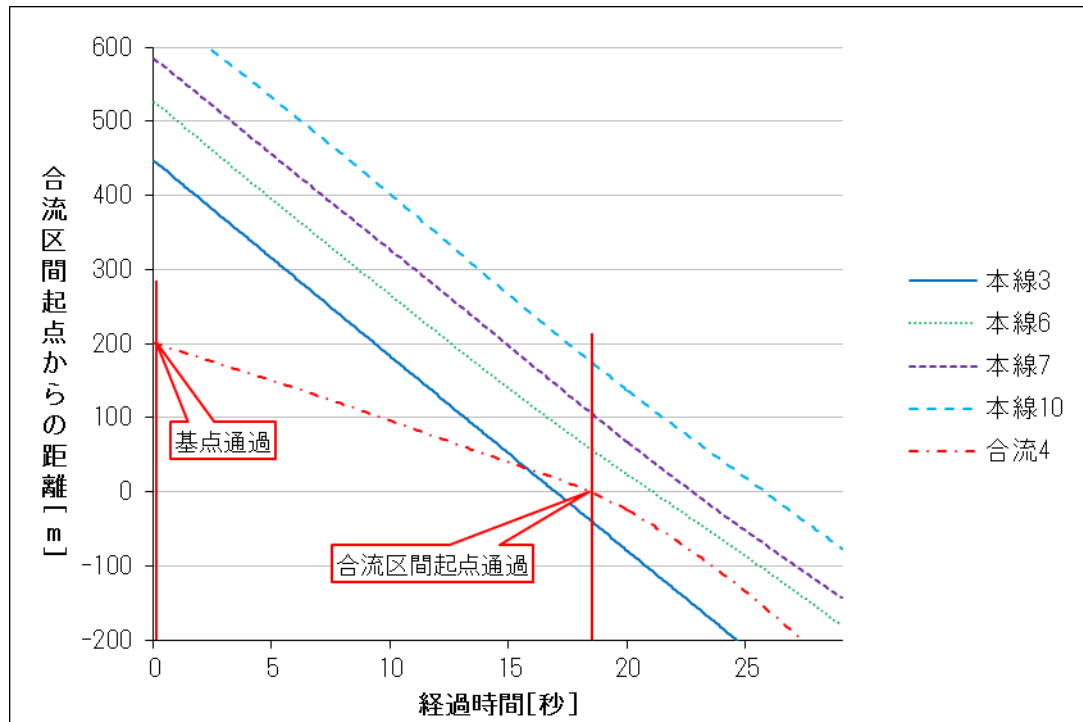


図 5.4.4-71 合流区間起点からの距離

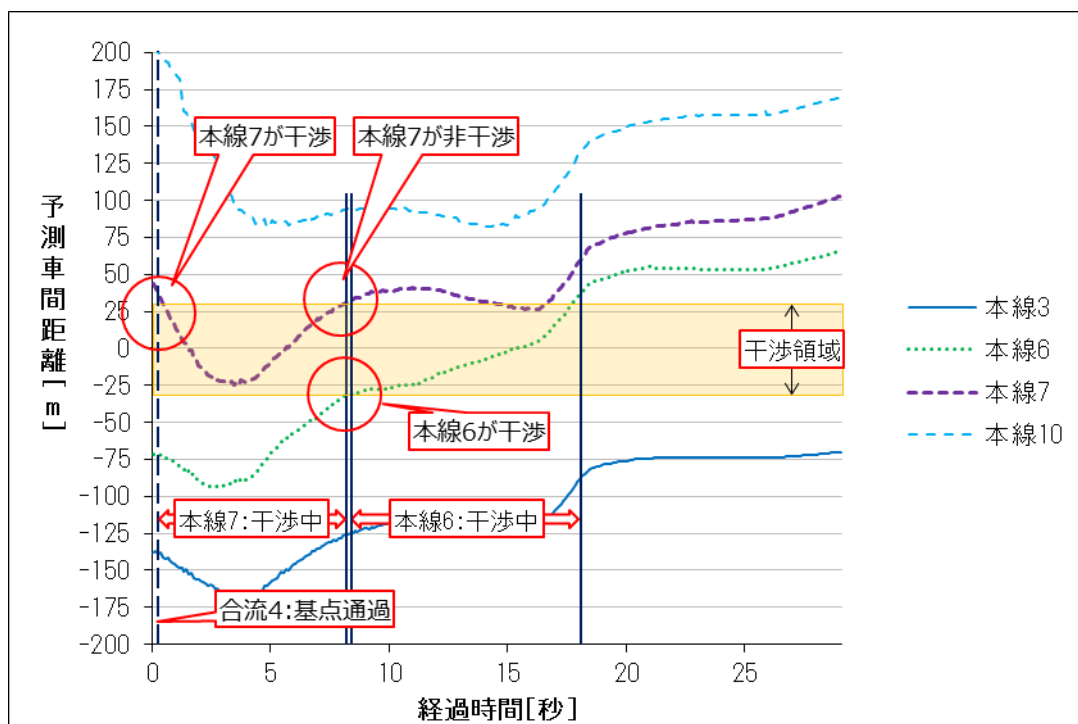


図 5.4.4-72 予測車間距離

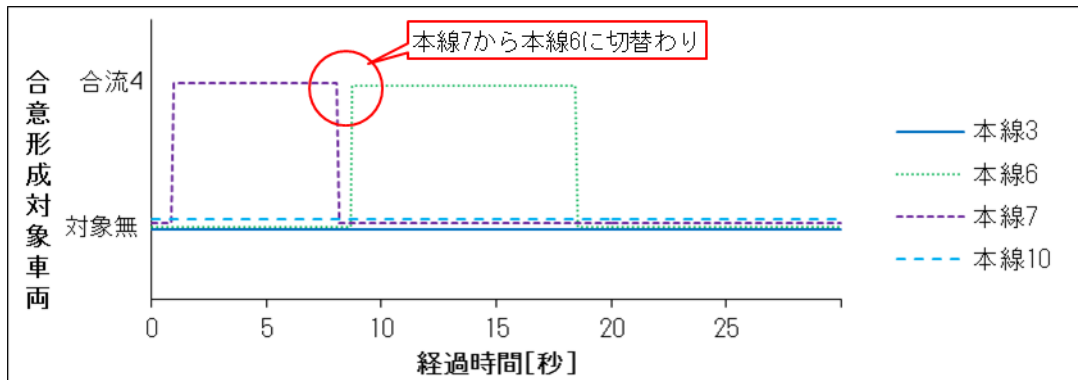


図 5.4.4-73 合意形成対象車両

図 5.4.4-74 に、本線車両 7 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。本図より、本線車両 7 は 0.9 秒に合流区間起点から上流 562m の位置で合流車両と合意形成を確立し、車間維持指示が発生している。その後 8.1 秒に、合流区間起点から上流 374m の位置で合意形成を解消していることがわかる。図 5.4.4-75 に、本線車両 6 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。本図より、本線車両 6 は 8.7 秒に合流区

間起点から上流 298m の位置で合流車両と合意形成を確立した後、直ちに減速指示が発生し、17.8 秒に合流区間起点から上流 72m の位置で車間維持指示に遷移した後、18.5 秒で合意形成を解消していることがわかる。

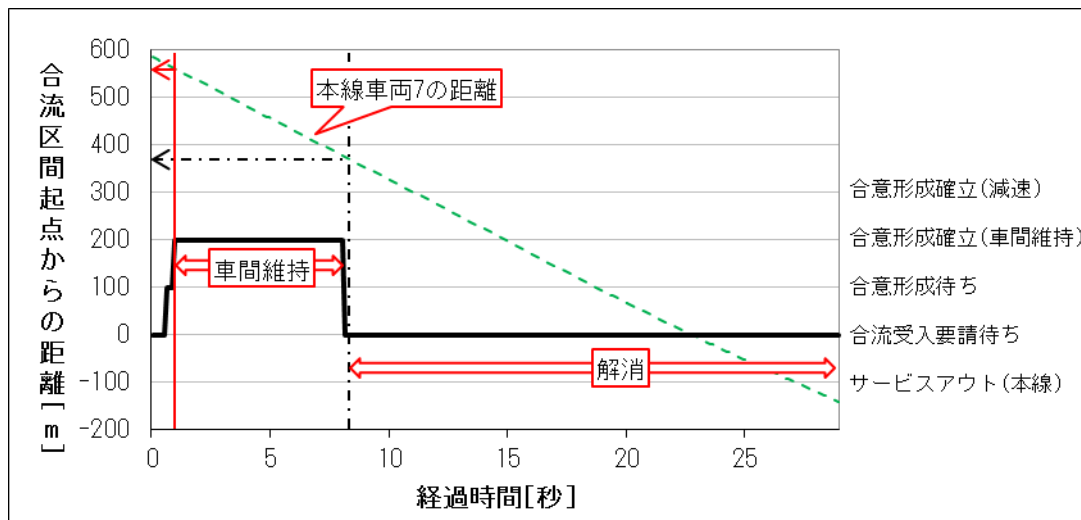


図 5.4.4-74 経過時間に対する車両の位置と状態遷移（本線車両 7）

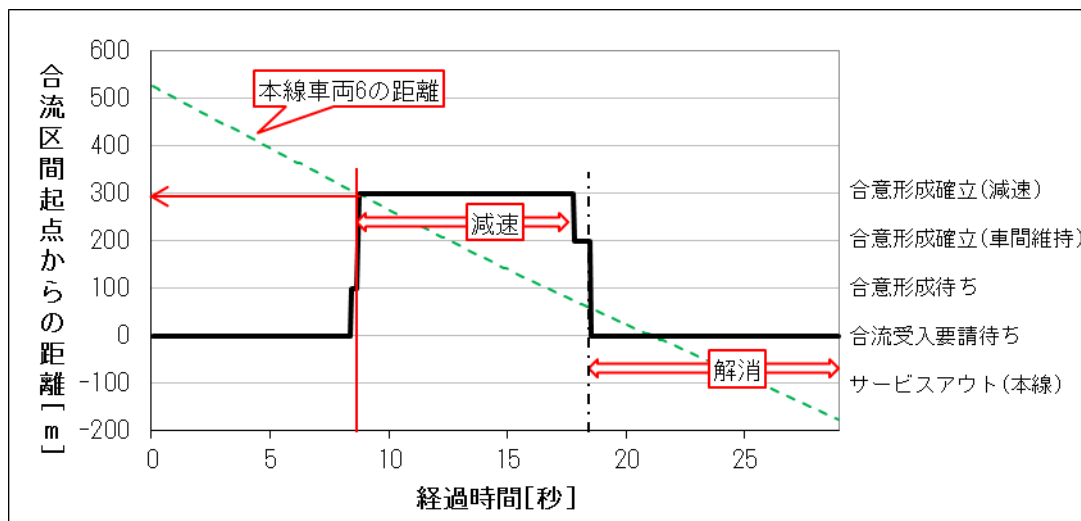


図 5.4.4-75 経過時間に対する車両の位置と状態遷移（本線車両 6）

図 5.4.4-76 及び図 5.4.4-77 に、本線車両 7 及び本線車両 6 が合意形成を確立した時の車両の位置関係を示す。本図から、合流車両 4 が、合意形成の対象車両を本線車両 7 から本線車両 6 に切り替えていることが確認できる。



図 5.4.4-76 車両状態と位置関係（本線車両 7：合意形成確立時）



図 5.4.4-77 車両状態と位置関係（本線車両 6：合意形成確立時）

図 5.4.4-78 に各車両の速度変化を示す。合流車両 4 の速度は、4 秒時点の 9.91m/s から 8.7 秒時点の 10.88m/s まで加速している。これにより合流完了予測時間が 2 秒程度早まり、結果として、干渉すると予測される本線車両が切り替わった。また、本線車両 6 は 8.7 秒に発生した減速指示を受けて、11.2 秒から速度が低下していることが確認できる。

図 5.4.4-79 に先頭を走行する本線車両 3 と各車両との車間距離を示す。本線車両 6 と前方の本線車両 3 との車間距離が、減速開始時に 83m であったのに対し、合流車両が合流区間起点を通過する頃には 97m まで拡大し、その空間に合流車両 4 が合流している。また、本線車両 6 が減速をしなかった場合には車間が 13m になると予測され、合流車両 4

との車間が不十分になっていたことを表している。これらのことから、状況の変化に応じて合意形成対象が適切に切替わっていく仕組みについても、正常に機能していたことが確認された。

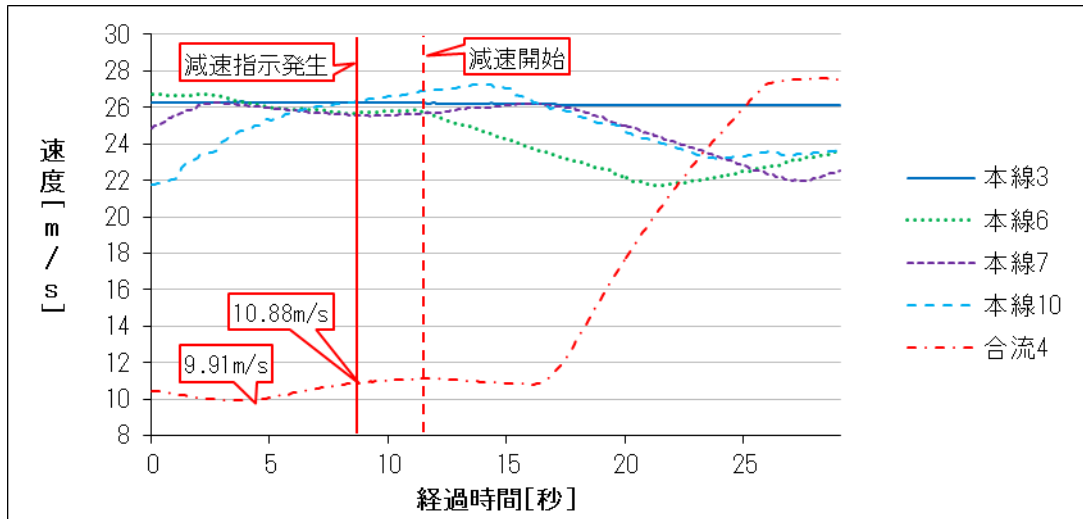


図 5.4.4-78 速度変化

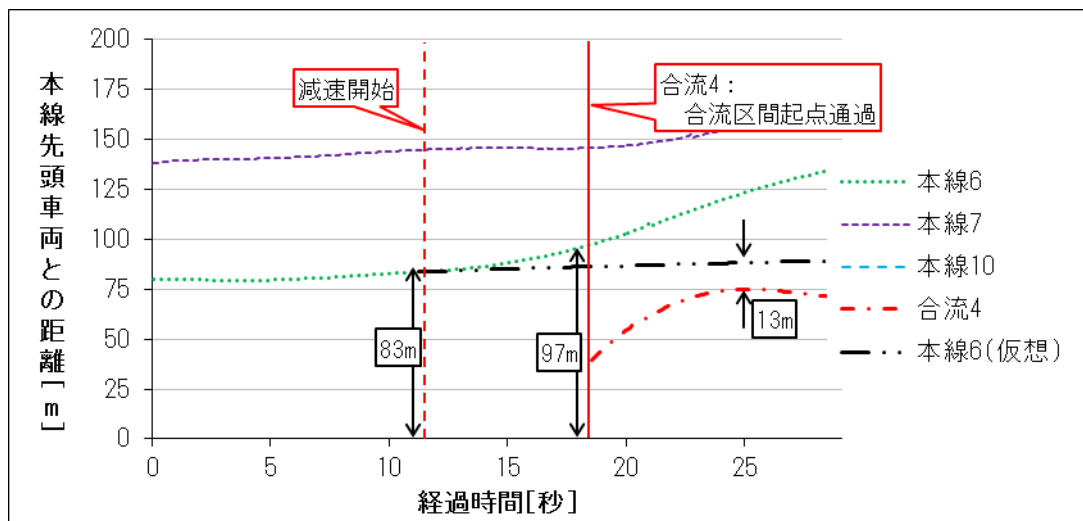


図 5.4.4-79 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-80 及び図 5.4.4-81 は、本線車両 6 の合意形成確立時、及び合流車両 4 が合流区間起点に到達した時の本線車両 6 の前方映像である。各映像から、本線車両 6 の減速走行によって、データが示すとおり実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。

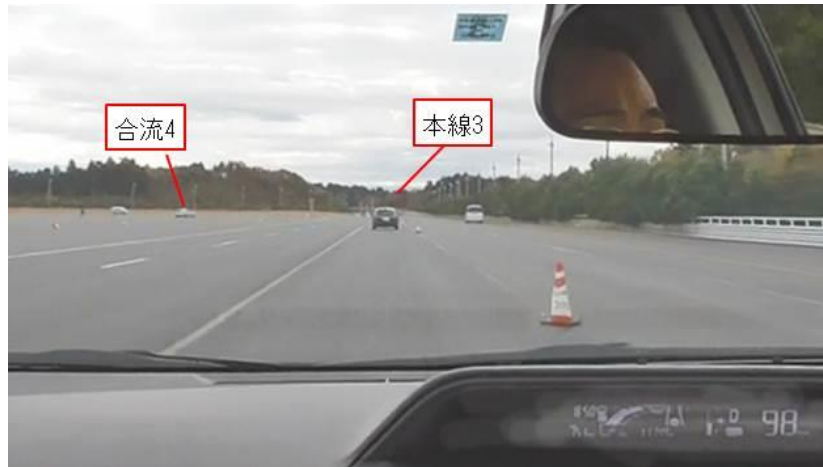


図 5.4.4-80 前方映像（本線車両 6：合意形成確立時）

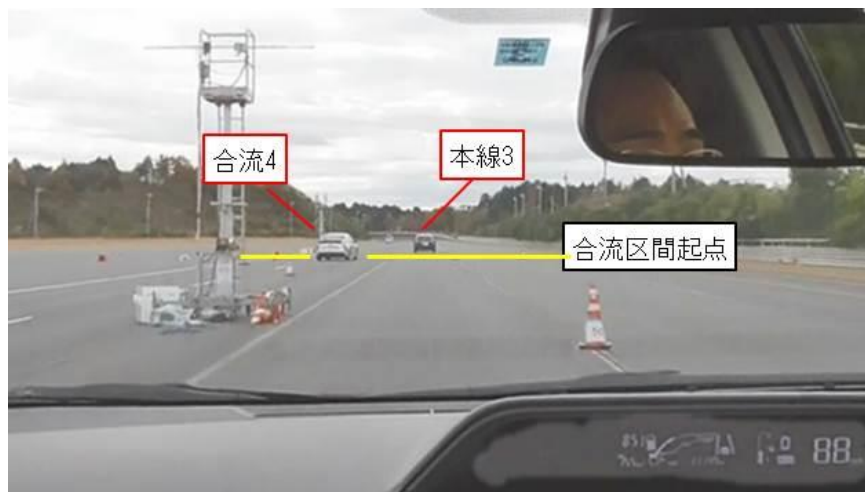


図 5.4.4-81 前方映像（本線車両 6：合流車両 4 の合流区間起点到達時）

## （2）合流車両が 2 台の場合

### （ア）本線車両間に合流（合意形成車両の切替わりがない場合）

試行パターン 4 のうち、2 台の合流車両が、各々本線車両と合意形成を確立した後、本線車両間に合流したケースである。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-16 に示す。

表 5.4.4-16 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 | 合流車両 |
|------|------|------|
| 1 台目 | 3    | 4    |
| 2 台目 | 6    | 10   |
| 3 台目 | 7    | —    |

図 5.4.4-82 は各車両の合流区間起点からの距離を示し、各合流車両が基点及び合流区間起点を通過した時間は、合流車両 4 では 2.9 秒及び 20.9 秒、合流車両 10 では 4.8 秒及び 24.5 秒であったことがわかる。図 5.4.4-83 は合流車両 4、図 5.4.4-84 は合流車両 10 との予測車間距離の推移を示し、本線車両 6 が合流車両 4 と、本線車両 7 が合流車両 10 と干渉する恐れがあると判断している。従って、図 5.4.4-85 に示すとおり本線車両 6 は合流車両 4 と、本線車両 7 は合流車両 10 と合意形成を確立した。

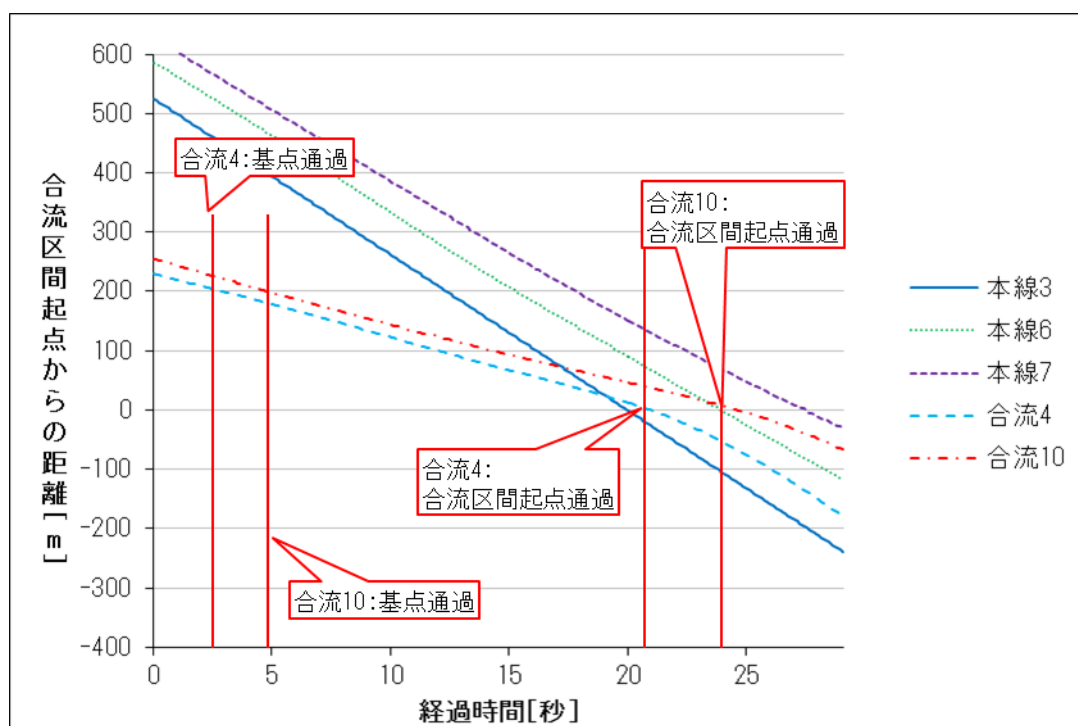


図 5.4.4-82 合流区間起点からの距離



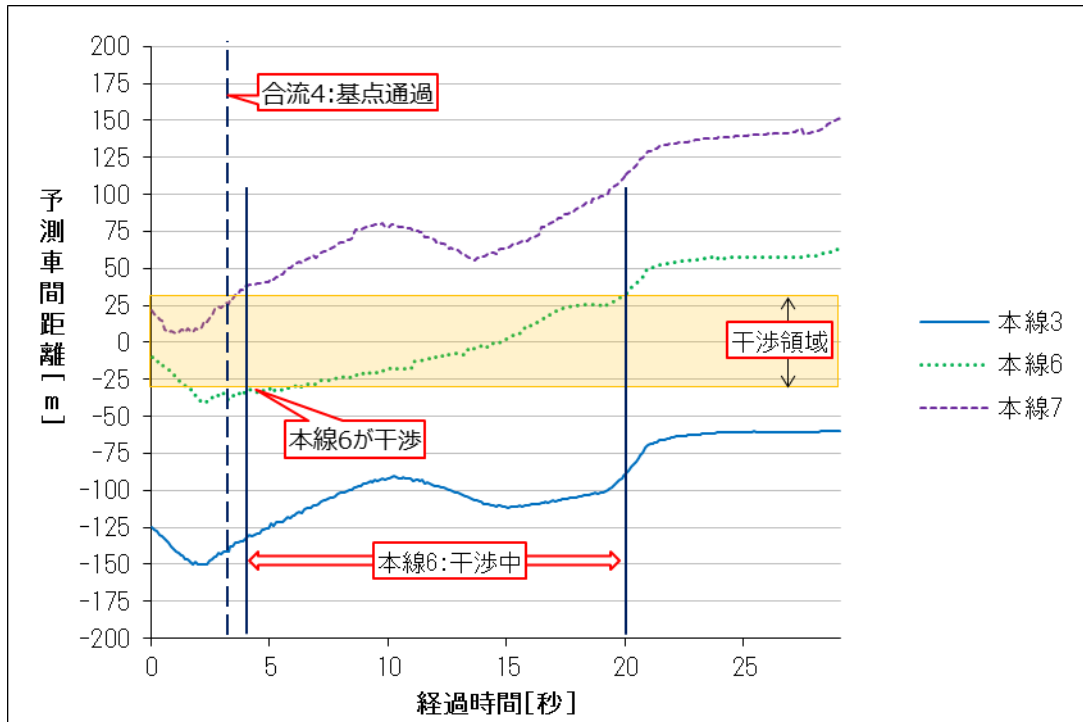


図 5.4.4-83 合流車両 4 との予測車間距離

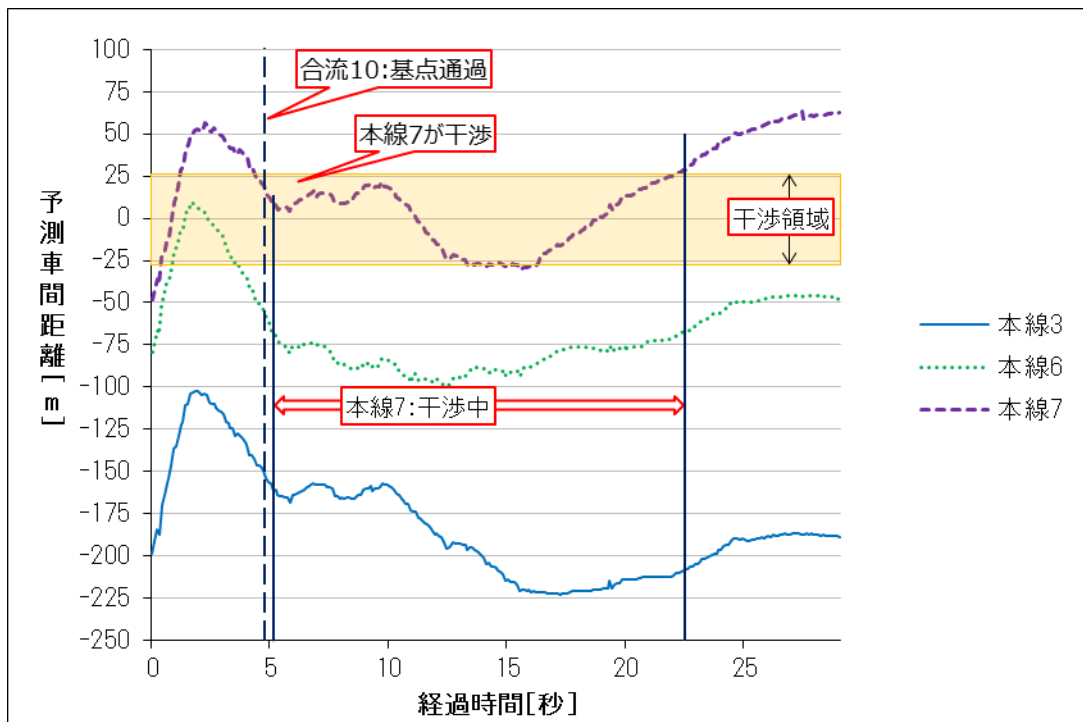


図 5.4.4-84 合流車両 10 との予測車間距離

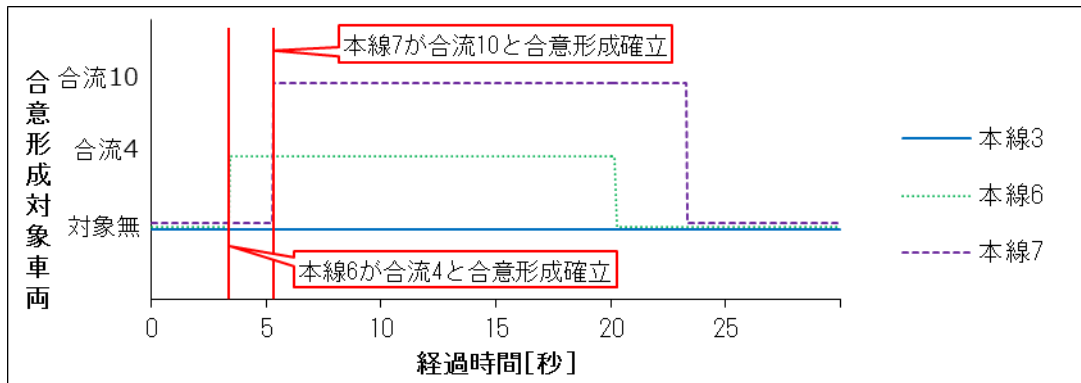


図 5.4.4-85 合意形成対象車両

図 5.4.4-86 及び図 5.4.4-87 に、本線車両 6 及び本線車両 7 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。これらの図より、本線車両 6 は 3.4 秒に合流区間起点から上流 501m の位置で車間維持指示が発生し、9.1 秒に合流区間起点から上流 355m の位置で減速指示が発生後、20.2 秒で合意形成を解消していることがわかる。また、本線車両 7 は 5.3 秒に合流区間起点から上流 497m の位置で車間維持指示が発生し、12.5 秒に合流区間起点から上流 324m の位置で減速指示が発生後、23.2 秒で合意形成を解消していることがわかる。

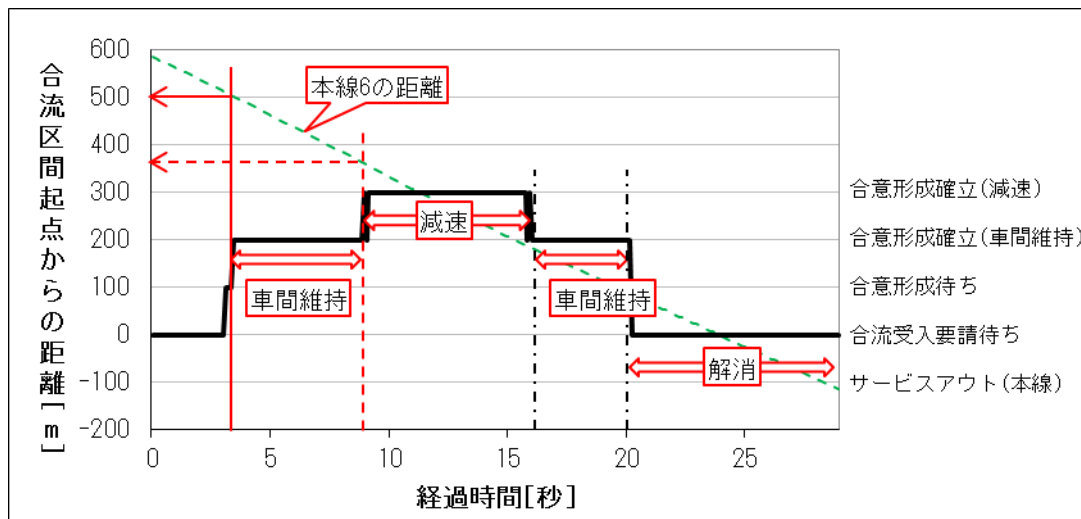


図 5.4.4-86 経過時間に対する車両の位置と状態遷移 (本線車両 6)

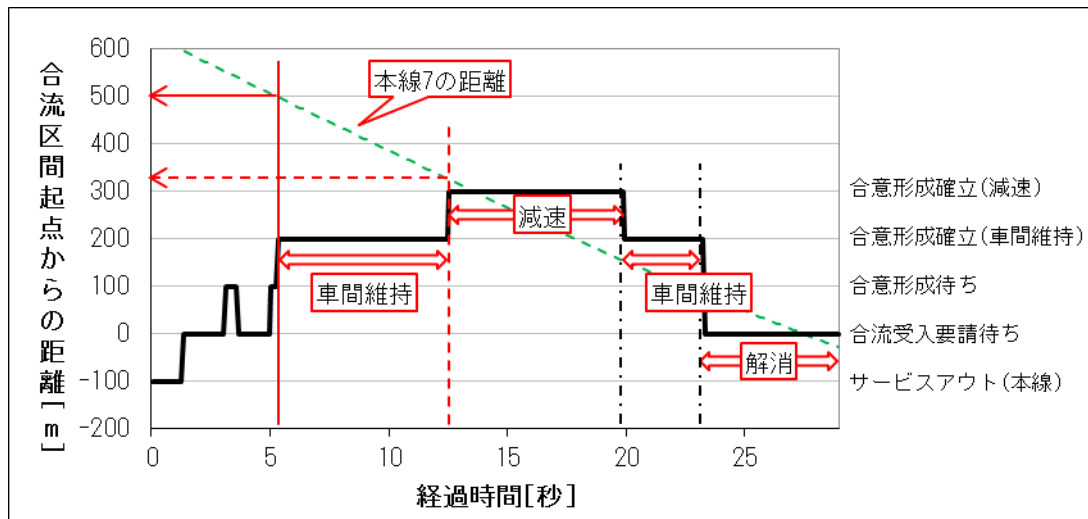


図 5.4.4-87 経過時間に対する車両の位置と状態遷移（本線車両 7）

図 5.4.4-88 に各車両の速度変化を示す。本線車両 6 は 9.1 秒に発生した減速指示を受けて、9.9 秒から速度が低下していることが確認できる。また、本線車両 7 は 12.5 秒に発生した減速指示を受けて、13.7 秒から速度が低下していることが確認できる。

図 5.4.4-89 に、先頭を走行する本線車両 3 と各車両との車間距離を示す。本線車両 6 と前方の本線車両 3 との車間距離が、減速開始時に 71m であったのに対し、合流車両 4 が合流区間起点を通過する頃には 94m まで拡大し、その空間に合流車両 4 が合流している。また、本線車両 7 と前方の本線車両 6 との車間距離は、減速開始時に 57m であったのに対し、合流車両 10 が合流区間起点を通過する頃には 72m まで拡大し、その空間に合流車両 10 が合流している。また、本線車両 6 及び本線車両 7 が減速をしなかった場合には、合流車両 4 及び合流車両 10 との車間が不十分になっていたことを表している。これらのことから、本線車両 6 と合流車両 4、本線車両 7 と合流車両 10 がそれぞれ合意形成を確立したことは適切であったと言える。

しかしながら、本試行では図 5.4.4-88 が示すように、後続の合流車両と合意形成を確立した本線車両 7 の速度が 18m/s (64.8km/h) まで低下している。これは、減速している本線車両 6 との車間距離を本線車両 7 が確保するためには、さらに速度を落とさざるを得なかったことによるものである。このように複数の本線車両が車間距離を詰めて走行している状態で、複数の合流車両を安全に受け入れようとすると本線車両の速度を著しく低下させる可能性があることを示す結果である。

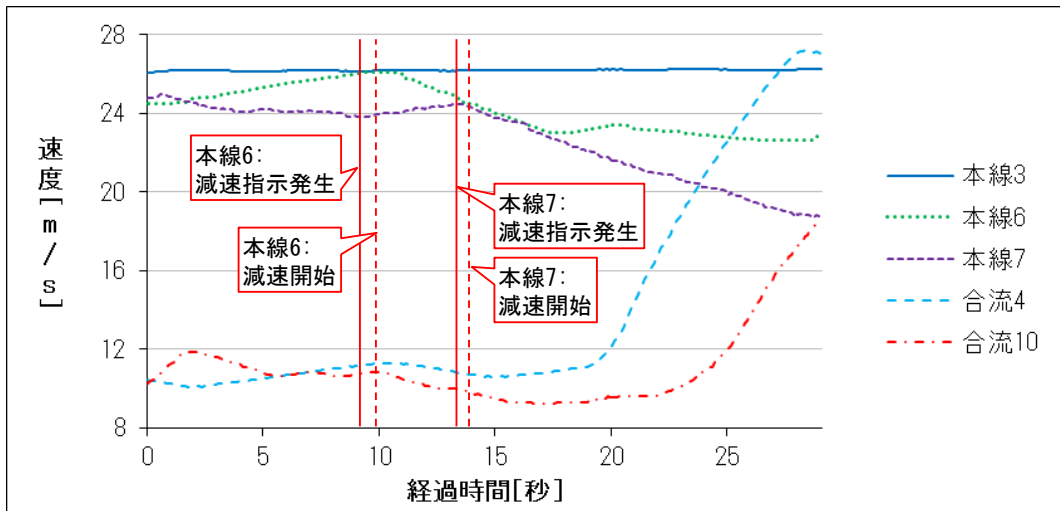


図 5.4.4-88 速度変化

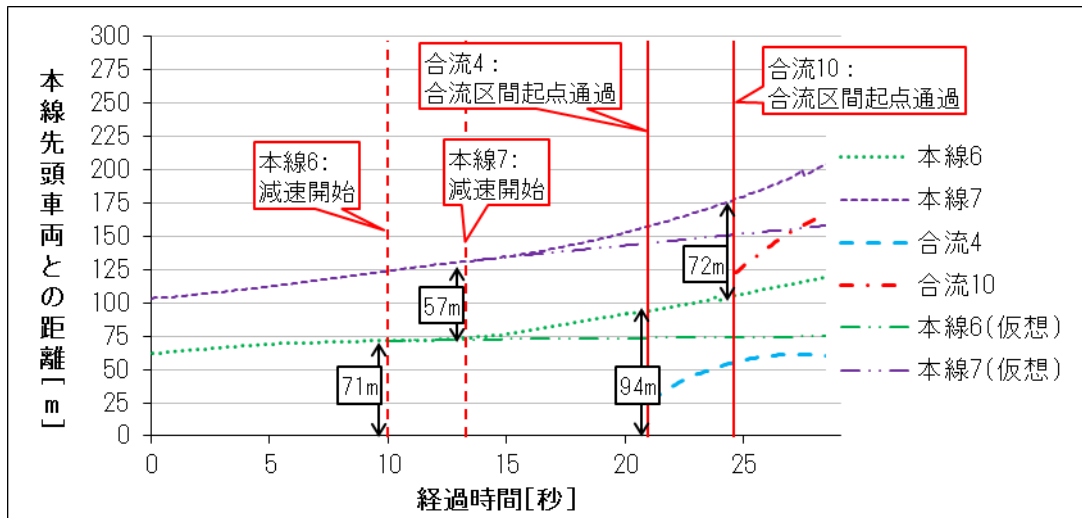


図 5.4.4-89 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-90～図 5.4.4-92 は、それぞれ減速指示発生時、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時、合流車両 4 の合流完了時の本線車両 6 の前方映像である。また図 5.4.4-93 及び図 5.4.4-94 は合流車両 4 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.4-95 は合流完了時の水平映像である。

各映像から、本線車両 6 の減速走行によって、実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。



図 5.4.4-90 前方映像（本線車両 6：本線車両 6 の減速指示発生時）



図 5.4.4-91 前方映像（本線車両 6：合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-92 前方映像（本線車両 6：合流車両 4 の合流完了時）

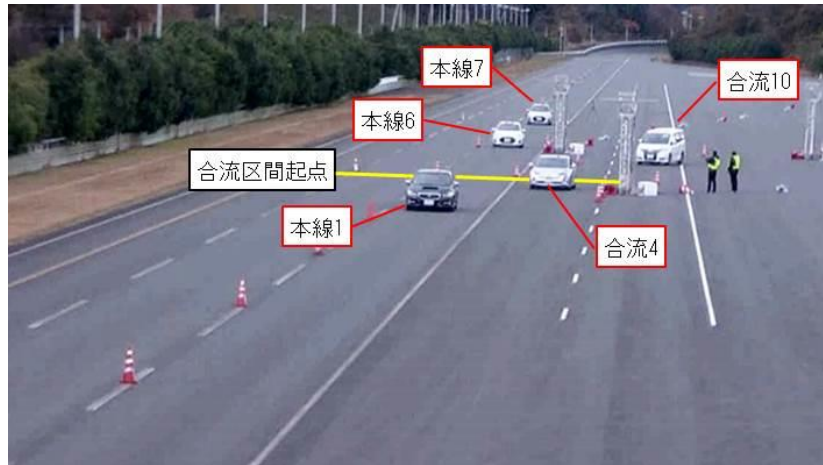


図 5.4.4-93 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）

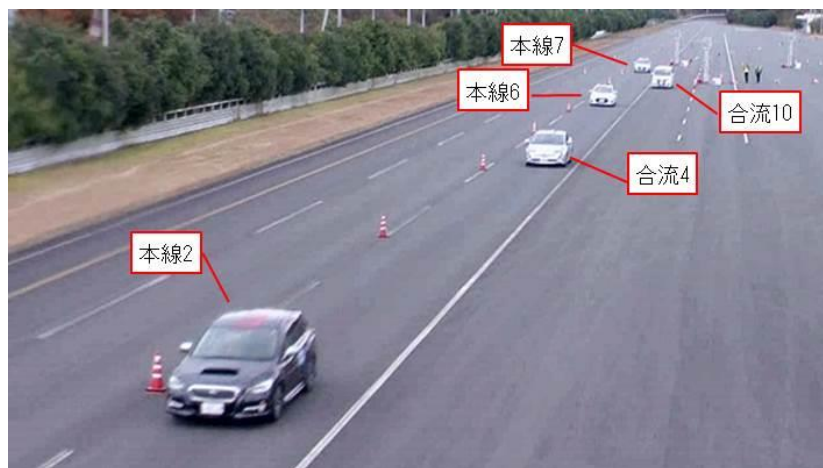


図 5.4.4-94 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流完了時）



図 5.4.4-95 進行方向左側からの水平映像（合流車両 4 の合流完了時）

図 5.4.4-96～図 5.4.4-98 は、それぞれ減速指示発生時、合流車両 10 が合流区間起点に到達した時、合流車両 10 の合流完了時の本線車両 7 の前方映像である。また図 5.4.4-99 及び図 5.4.4-100 は合流車両 10 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.4-101 は合流完了時の水平映像である。

各映像から、本線車両 7 の減速走行によって、実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。



図 5.4.4-96 前方映像（本線車両 7：本線車両 7 の減速指示発生時）



図 5.4.4-97 前方映像（本線車両 7：合流車両 10 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-98 前方映像（本線車両 7：合流車両 10 の合流完了時）

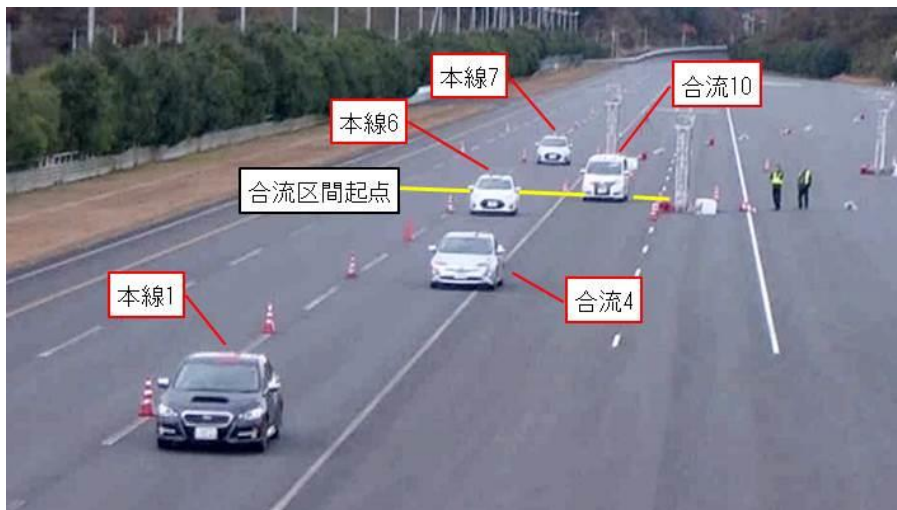


図 5.4.4-99 下流側からの俯瞰映像（合流車両 10 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-100 下流側からの俯瞰映像（合流車両 10 の合流完了時）





図 5.4.4-101 進行方向左側からの水平映像（合流車両 10 の合流完了時）

(イ) 本線車両間に合流（合意形成車両の切替わりが発生した場合）

試行パターン 4 のうち、本線車両及び合流車両の動きに応じて、合意形成を確立する車両の組合せを変えながら、2 台の合流車両が本線車両間に合流したケースである。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.4-17 に示す。

表 5.4.4-17 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 | 合流車両 |
|------|------|------|
| 1 台目 | 1    | 2    |
| 2 台目 | 5    | 8    |
| 3 台目 | 9    | —    |

図 5.4.4-102 は各車両の合流区間起点からの距離を示す。各合流車両が基点及び合流区間起点を通過した時間は、合流車両 2 では 1.7 秒及び 19.0 秒、合流車両 8 では 4.7 秒及び 22.8 秒であったことがわかる。図 5.4.4-103 は合流車両 2、図 5.4.4-104 は合流車両 8 との予測車間距離の推移を示したものである。本線車両 5 と 9 が、基点を通過した合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断し、前方に位置する本線車両 5 が合意形成を確立している。その後、19.5 秒に本線車両 1 が合流区間起点付近に位置する合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断している。また、本線車両 9 が 8.8 秒に一瞬、更に 14.1 秒以降に合流車両 8 と干渉する恐れがあると判断している。その後、23.1 秒に本線車両 5 が合流区間起点を通過した後の合流車両 8 と干渉する恐れがあると判断している。従って、図 5.4.4-105 に示すとおり、合流車両 2 が合意形成を確立した本線車両は 5 から 1 に切替わり、合流車両 8 が合意形成を確立した本線車両は 9 から 5 に切替わった。

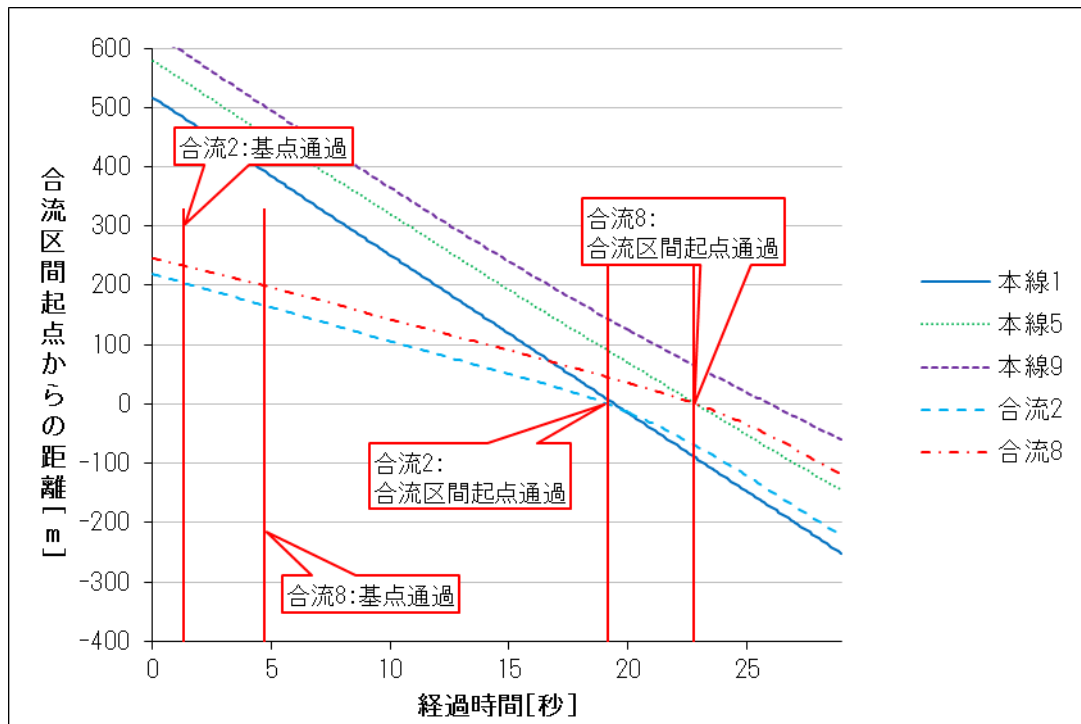


図 5.4.4-102 合流区間起点からの距離

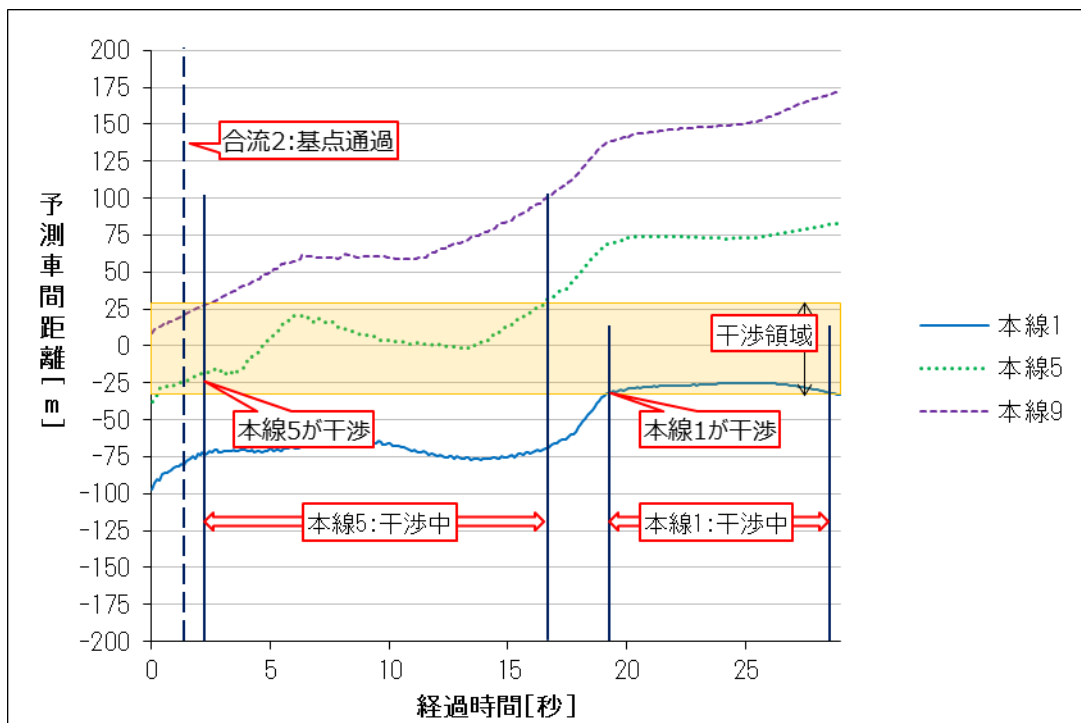


図 5.4.4-103 合流車両 2 との予測車間距離

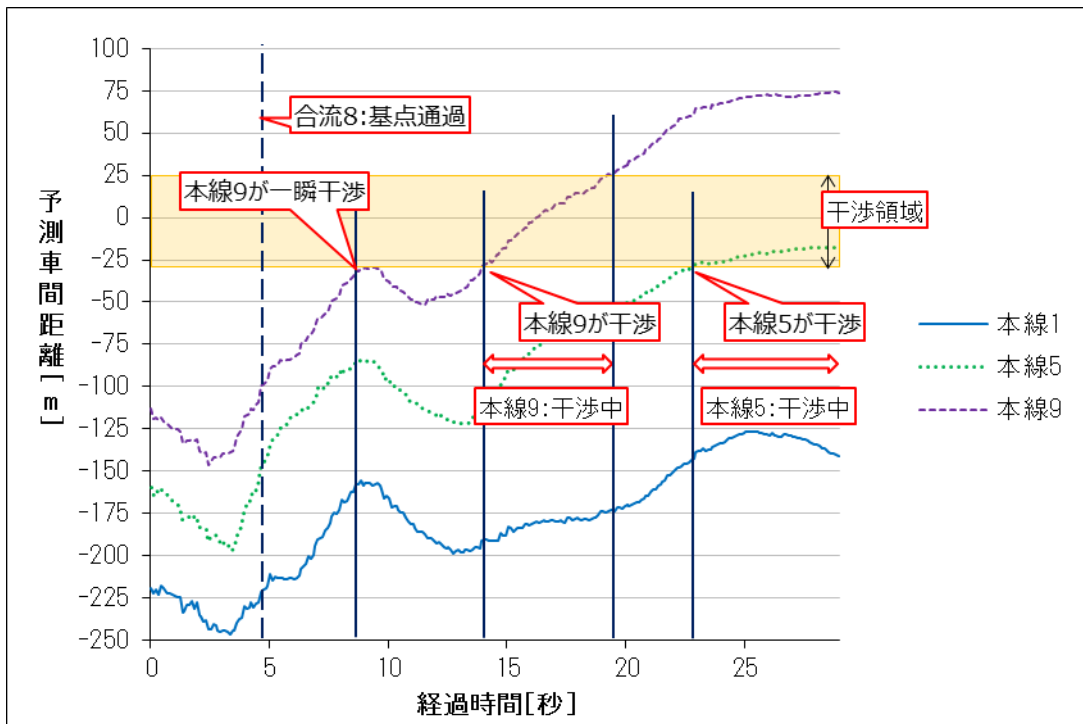


図 5.4.4-104 合流車両 8 との予測車間距離

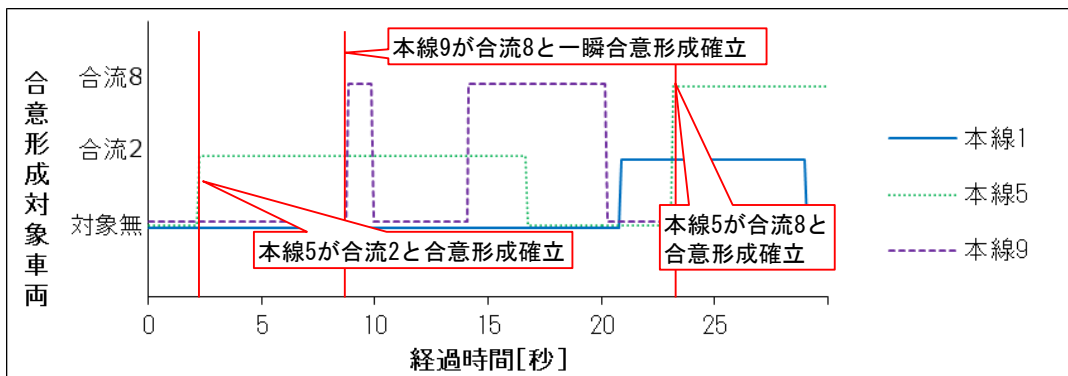


図 5.4.4-105 合意形成対象車両

図 5.4.4-106 に本線車両 5 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションの状態遷移を示す。本図より、本線車両 5 は 2.2 秒に合流区間起点から上流 520m の位置で合流車両 2 と合意形成を確立し、車間維持指示が発生している。その後 12.4 秒に合流区間起点から上流 257m の位置で減速指示が発生した後、16.7 秒で合意形成を解消している。更に 23.1 秒に合流区間起点から下流 6.9m の位置で合流車両 8 と合意形成を確立した後、減速指示が発生したことがわかる。

図 5.4.4-107 に本線車両 9 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運

転指示アプリケーションの状態遷移を示す。本図より、本線車両 9 は 8.8 秒に合流区間起点から上流 400m の位置で合流車両 8 と合意形成を確立し、車間維持指示の後、減速指示が一瞬だけ発生している。その後一旦合意形成を解消した後、再び 14.1 秒に合流区間起点から上流 261m の位置で合流車両 8 と合意形成を確立し、減速指示が発生している。

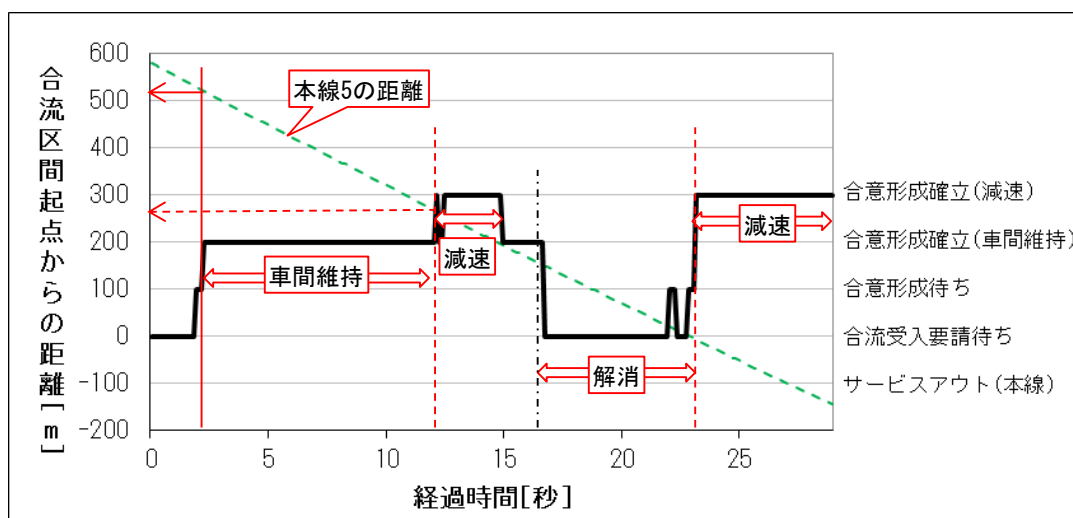


図 5.4.4-106 経過時間に対する車両の位置と状態遷移 (本線車両 5)

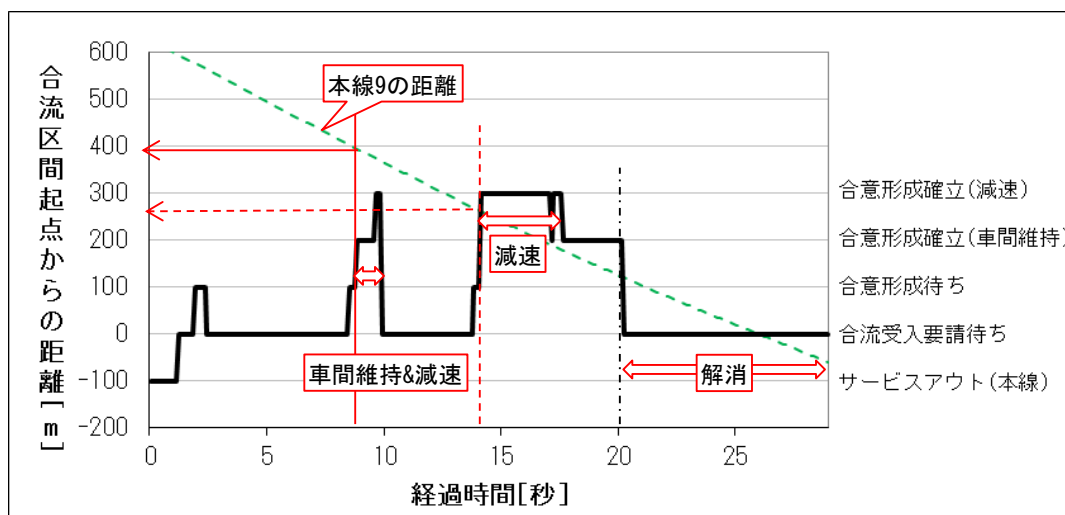


図 5.4.4-107 経過時間に対する車両の位置と状態遷移 (本線車両 9)

図 5.4.4-108 に各車両の速度変化を示す。本線車両 5 は、12.4 秒に発生した減速指示を受けて 13.6 秒から速度が低下し、本線車両 9 は、9.6 秒に発生した減速指示を受けて 10.4 秒から速度が低下していることが確認できる。また、各合流車両は、合流区間起点から加速すべきところを、実際にはその数秒前(距離に換算しておよそ 50m)から加速している。

このため、各合流車両が合流区間起点に到達する頃に、既に合意形成を確立していた本線車両から、その前方の本線車両に切替わることとなった。さらに、合流車両 8 の速度は、合流時に本線路規制速度に達していないが、これは、合流車両 2 に対する車間確保のために減速した本線車両 5 に接近したためである。

図 5.4.4-109 に先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示す。本線車両 5 と前方の本線車両 1 との車間距離が、減速開始時には 71m であったのに対し、合流車両 2 が合流区間起点を通過する頃には 82m まで拡大し、その空間に合流車両 2 が合流している。また、本線車両 9 と前方の本線車両 5 との車間距離は、減速開始時には 45m であったのに対し、合流車両 8 が合流区間起点を通過する頃には 62m まで拡大し、その空間に合流車両 8 が合流している。本線車両 9 が減速しなかった場合には、合流車両 8 との車間が不十分になっていたことがわかる。

結果として、合流車両 2 が本線車両 5 の前方に、合流車両 8 が本線車両 9 の前方に合流したことから、最初に本線車両 5 が合流車両 2 と、本線車両 9 が合流車両 8 と合意形成を確立したことは適切であったと言える。しかしながら、本線車両 5 は、合流区間起点に接近した時点で、後続の合流車両 8 と合意形成をしている。これは、合流車両 2 との干渉回避のために減速走行をした結果、後続する合流車両 8 の干渉範囲に入ってしまったためである。合流車両間の車間距離に対し、確保すべき合流可能最低車間距離が長くなると、本線車両が次々に合流車両を受け入れてしまう可能性があることを示した結果と言える。

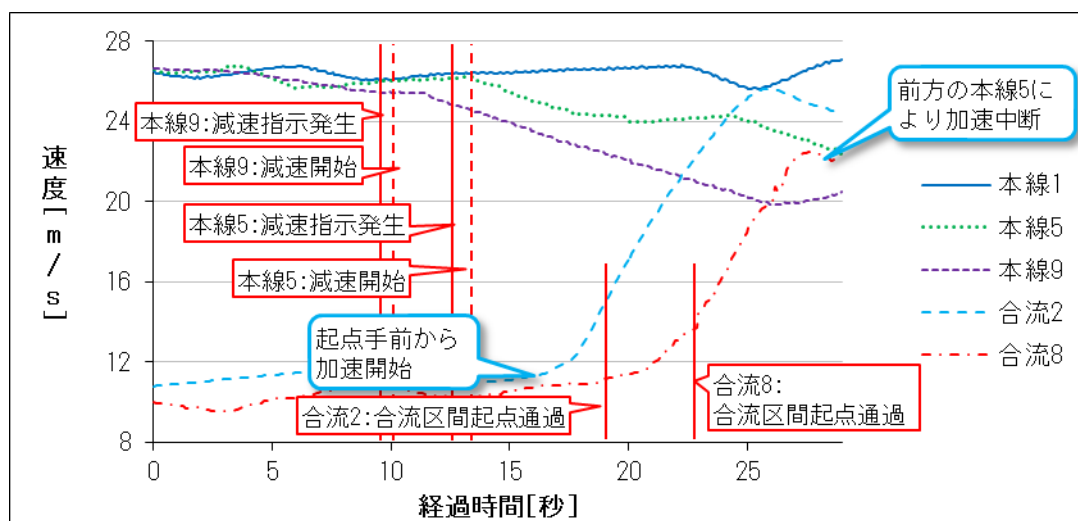


図 5.4.4-108 速度変化

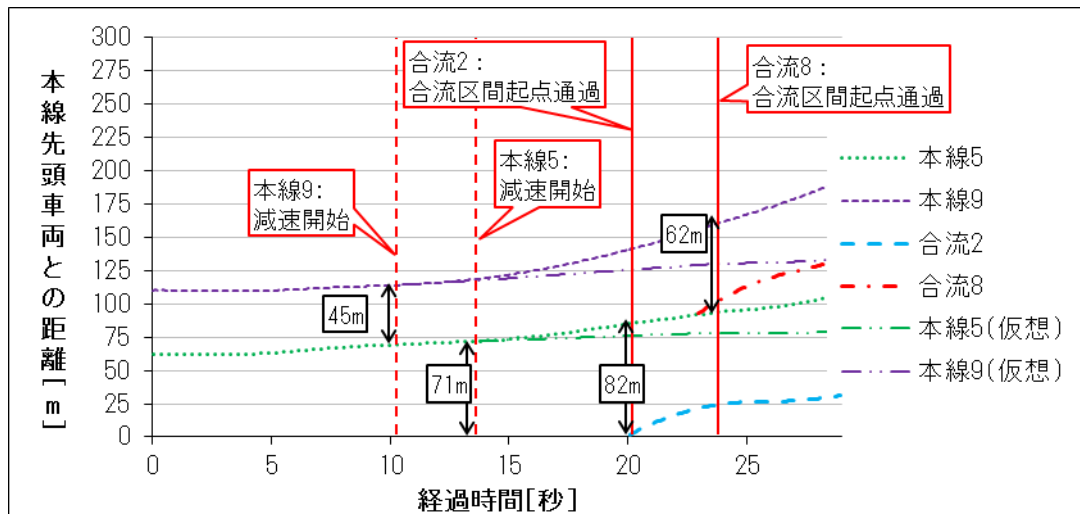


図 5.4.4-109 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.4-110～図 5.4.4-113 は、それぞれ合流車両 2 との合意形成確立後の減速指示発生時、合意形成解消時、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時、及び合流車両 8 が合流区間起点に到達した時の本線車両 5 の前方映像である。また、図 5.4.4-114～図 5.4.4-116 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時、合流車両 8 が合流区間起点に到達した時、及び合流車両 2 の合流完了時の俯瞰映像である。本線車両 5 の減速走行によって、合流車両 2 が安全に合流できる車間距離が確保できていることがわかる。しかし、本線車両 5 と合流車両 8 とがほぼ同時に合流区間起点に到達しており、かつ本線車両 5 が 20m/s にまで減速していることを考慮すれば、本線車両 5 と合流車両 8 が干渉する状況となっていることが窺える。



図 5.4.4-110 前方映像 (本線車両 5 : 本線車両 5 の減速指示発生時)



図 5.4.4-111 前方映像（本線車両 5：本線車両 5 の合意形成解消時）

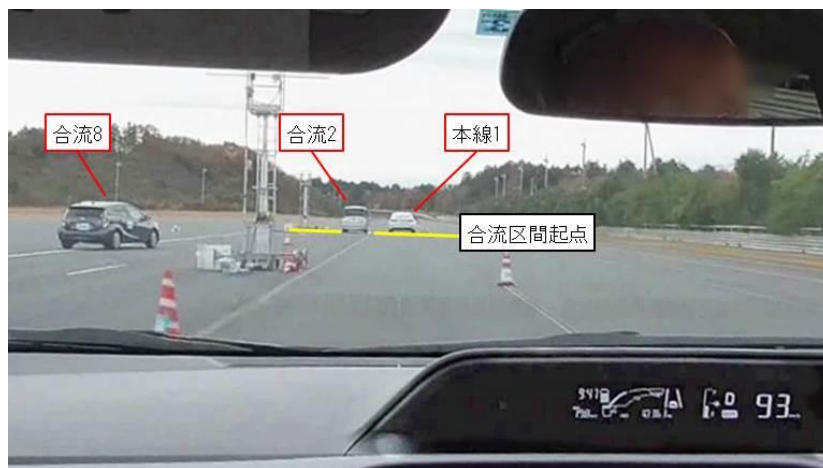


図 5.4.4-112 前方映像（本線車両 5：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.4-113 前方映像（本線車両 5：合流車両 8 の合流区間起点到達時）

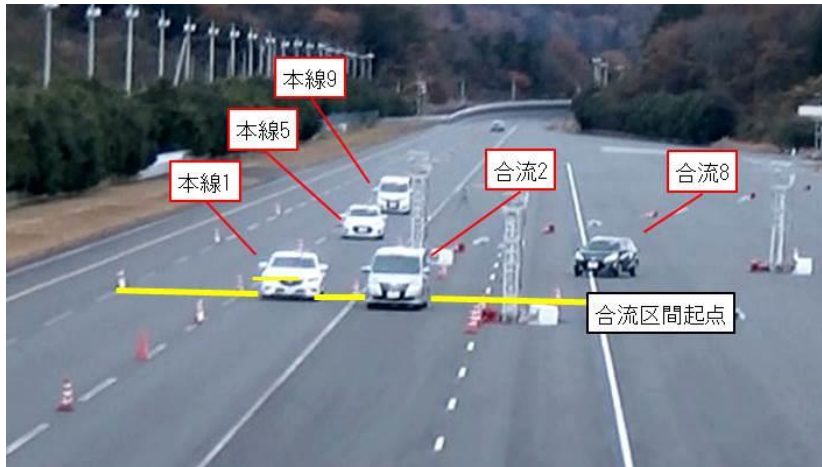


図 5.4.4-114 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）

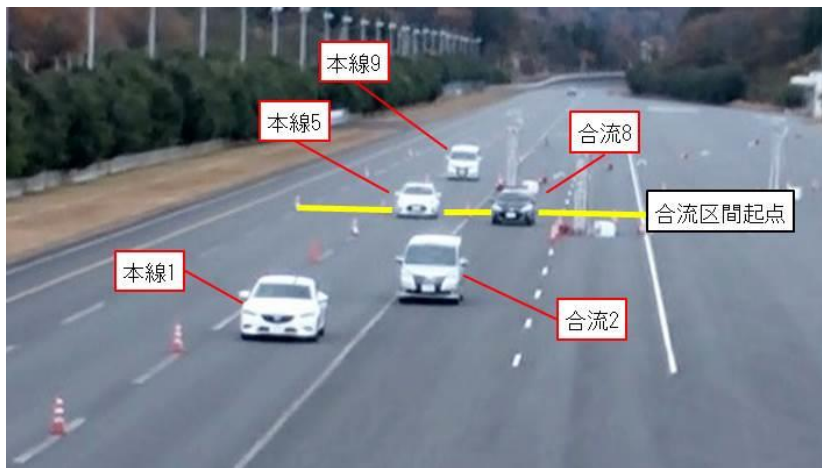


図 5.4.4-115 下流側からの俯瞰映像（合流車両 8 の合流区間起点到達時）

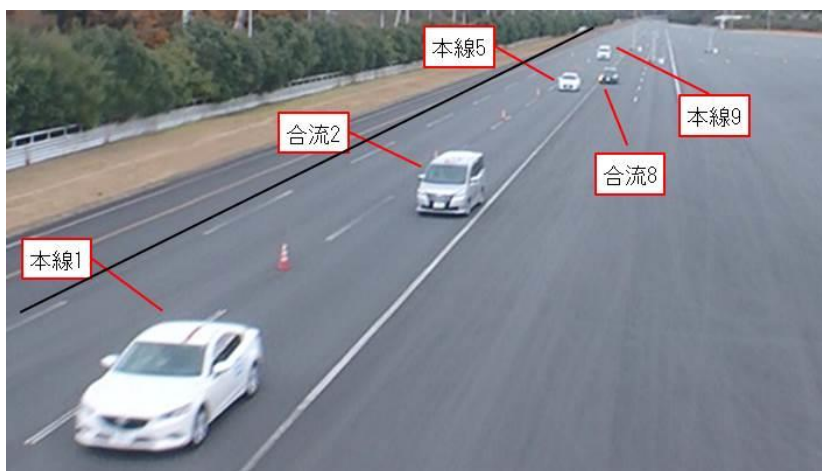


図 5.4.4-116 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



#### 5.4.4.4 考察

結果に示したように、今回の実験では車速や車間距離、遭遇するタイミングが異なるいくつかの環境下で、本線車両と合流車両が適切に合意形成を確立できること、状況の変化に応じて動的に合意形成対象を切替えられることが確認できた。また、合意形成を確立した本線車両が緩やかな減速を行うことで、合流車両が安全に合流するために必要な車間距離を確保できることを実証した。その一方で、現実には発生する様々な状況を想定すると、さらなる検討や改善の余地があることも明らかになった。ここでは、その内容について考察する。

今回の実験モデルでは、合流車両が複数の本線車両と干渉する場合に先頭車両を選択する方法を用いた。この方法以外にも、最も接近する車両を選択する方法や干渉する可能性のある最後尾の車両を選択する方法も考えられる。今回採用した先頭車両を選択する手法では、本線車両が合流車両を受け入れるために減速して確保する車間距離も長くなり、後続の本線車両も含めて減速することになるので交通流への影響は大きくなる。一方、本線優先という考え方で最後尾の車両を選択する手法では、本線の交通流への影響は軽減されるが、合流車両が多数存在する状況では合流路側の交通流を阻害する恐れがある。また、今回の実験モデルでは安全に合流できることを重視し、合流可能最低車間距離を前後ともに1秒分として干渉判定を行った。そのため、合流予測位置に到達する時点で合流車両よりも1秒前方に位置する本線車両も干渉する相手として判定されてしまい、感覚的にはやり過ぎすべき本線車両を減速させ、その前方に合流するといった違和感のある走行になるケースも多々発生した。通常、本線車両の車速は合流車両の車速よりも速いため、合流後に合流車両前方の車間は開いていく場合が多い。そこで合流可能最低車間距離を前方は短く、後方は長く設定するという対応が考えられる。さらに、合流車両も協調型自動走行車両である場合には、合流予測位置に到達する時点で自車より後方となる本線車両と合意形成を行いつつ、前方に位置する本線車両との車間を取るために加速するタイミングを遅らせるといったことも可能となるであろう。このような干渉判定の範囲や合意形成対象の選択については、さらに最適な手法を検討、検証していく必要がある。

車間確保時の走行方法についても、本実験では計画減速度に従って減速すれば、合流予測位置で必要な車間が確保できるタイミングで減速指示を出す処理となっていたため、状況によって本線車両の速度が低下しすぎるケースがあった。これを避けるためには、車間確保のために行う減速時の速度の下限値を設定し、それを割り込まないような制御を行う

べきである。そのためには、より上流で合意形成が確立できることが望ましい。そして、状況の変化等で合意形成が遅れた場合にも、無理に所定の安全車間を確保するような制御は避け、一時的に車間距離が詰まることも許容して緩やかに対応していくことが協調型自動走行車両の制御として望まれるところである。このような対応も通信によって合流車両が進入してくることが事前に分かっているために取れるものと考えられる。

また、本実験では基本的な実証を行うため、干渉判定の結果をもとに合流車両と本線車両が1対1で合意形成を確立するようにし、干渉のない状態になれば合意形成を解除するようにした。この考え方は非常にシンプルであり、状況変化への対応力も高い仕組みであると思われる。ただ、本線を走行する合意形成された1台だけが合流車両の受入対応を行っても、それが他車両の動きによって阻害されてしまっただけでは意味がない。例えば、減速して確保したスペースに本線上の隣の車線から車線変更されてしまうような事態である。これを避けるためには、1対多での合意形成を行うことで周辺車両が連携して合流支援を実施する、或いは1対1での合意形成状態を通信情報によって周辺車両も確認し、対応を阻害しないような行動を取ることも必要になると考えられる。同様に、合意形成を解除するタイミングについても検討の余地がある。

ここで挙げたような手法面の課題や協調型自動走行車両の取るべき対応については、様々な道路構造や交通密度、機能や性能が異なる車両の混在などの複雑な交通環境も想定したシミュレーションや実証実験を通じて、今後も検討と検証を進めていく必要がある。

#### 5.4.5 路車間通信活用実験（合流車両検知）

##### 5.4.5.1 実験モデル

図 5.4.5-1 に実験モデルを示す。本線車両は、無線機を搭載した自動走行車両を想定しており、路車間通信を介して路側インフラから受信した合流路の車両検知情報をもとに干渉を回避するように走行する。具体的には、基点を通過して合流エリアに進入した本線車両は、試行パターンによって定められる本線路の規制速度を目安に走行する。走行中に受信した合流路の車両検知情報をもとに予測を行った結果、現在速度で走行を続けると合流区間において合流車両と干渉すると判定された場合は、緩やかな減速によって前方に合流車両を安全に進入させるための車間距離を確保する。一方、合流車両は無線通信機能や自動走行機能の有無を問わない車両であるが、本実験では合流路を規制速度で走行し、合流区間起点を通過してから加速を行って本線路に合流するものとした。

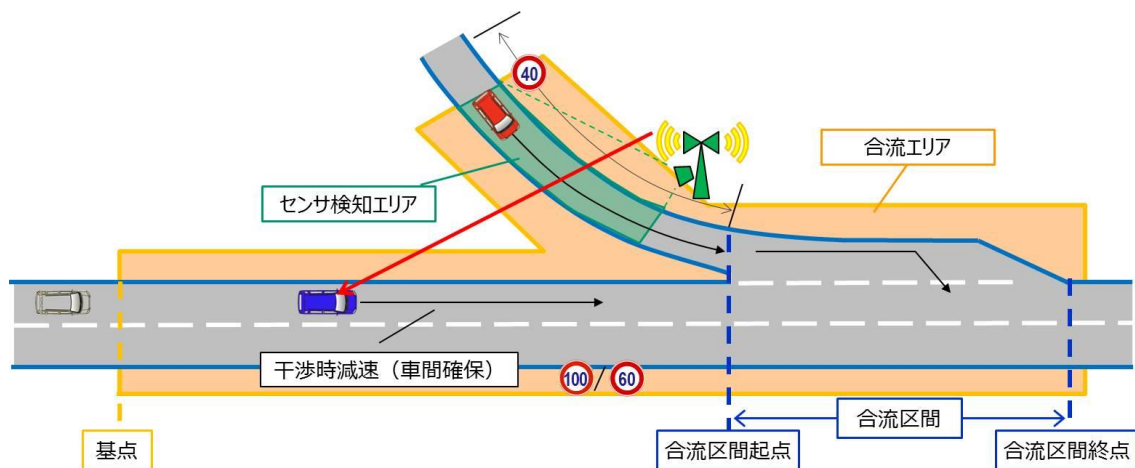


図 5.4.5-1 実験モデル（路車間通信活用実験（合流車両検知））

以下、本実験モデルにおける車載システムが行う処理や動作について詳細を説明する。

### （1）干渉判定

本線車両が行う干渉判定は、車車間通信活用実験と同様に、本線車両と合流車両の位置により行う（5.4.4.1（1）参照）。車車間通信活用実験と異なる点は、合流車両の合流完了位置や合流完了所要時間の算出において、路側システムから取得した車両検知情報の位置、速度情報を用いる点である。また、合流車両が車両検知エリアを通過し、検知情報が得られなくなった後も、走行モデルに従って走行すると仮定して、合流車両の位置や速度を推定し続け、干渉判定を継続する。

### （2）路車間通信シーケンス

本実験では、路側システムが送信する車両検知情報を本線車両が受信して利用する。本線車両は、基点を通過し合流エリア内に入ると干渉判定を開始する。

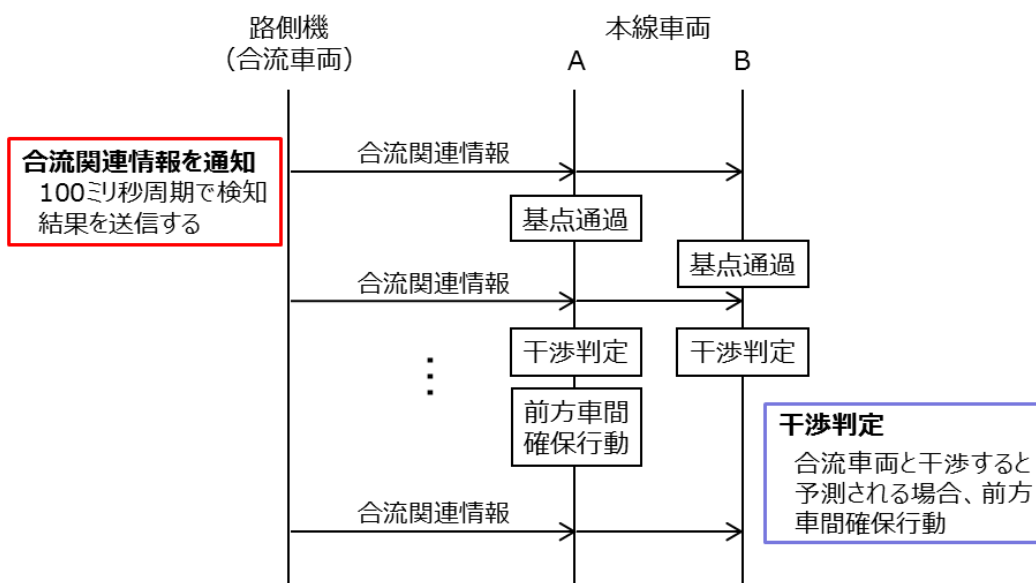


図 5.4.5-2 路車間通信シーケンス

### (3) 状態遷移

図 5.4.5-3 は本線車両の状態遷移図を、表 5.4.5-1 は各状態の概要を、

表 5.4.5-2 は状態遷移条件を示す。自車両が合流エリア外に位置する時には「サービスアウト」状態となり、これが初期状態となる。この状態では合流走行に関する判定処理を行わない。自車両が基点を通過して合流エリア内に入ると、「車間調整」の状態に遷移する。この状態では、自車両が無線通信によって路側システムから合流車両情報を取得し、合流時に合流車両と干渉すると判断した場合、ドライバに運転指示を行う。自車両が合流エリア外に移動した時は、「サービスアウト」に遷移する。

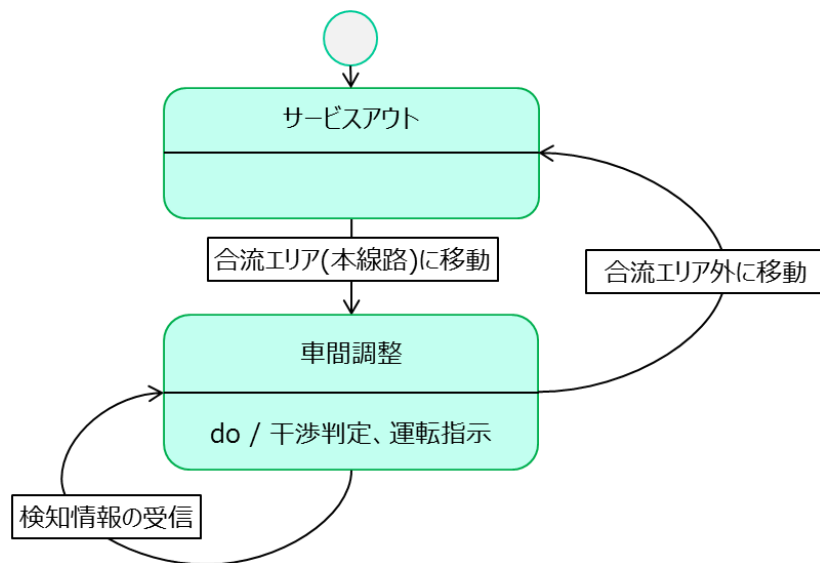


図 5.4.5-3 本線車両の状態遷移図

表 5.4.5-1 本線車両の状態遷移図における各状態の概要

| 状態名     | 概要                |
|---------|-------------------|
| サービスアウト | 合流走行判定を行わない状態を示す。 |
| 車間調整    | 合流走行判定を行う状態を示す。   |

表 5.4.5-2 本線車両の状態遷移図における状態遷移条件

| 遷移前状態   | 遷移後状態   | 遷移条件      |
|---------|---------|-----------|
| サービスアウト | 車間調整    | 合流エリア内に移動 |
| 車間調整    | サービスアウト | 合流エリア外に移動 |

#### (4) 合流関連情報

これまでに述べた実験モデルを踏まえて、路側システムが送信すべき情報を実験用路車間通信メッセージ仕様として定めた。実験システムで説明したように、路車間通信活用実験では車載用無線機を使用したため、路車間通信活用実験（合流車両検知）で用いる合流関連情報は、表 5.4.5-3 に示すように 100 バイトに収まるように簡素化した。

合流区間起点情報は、車車間通信活用実験と同様に本線路の第 1 車線と合流路の中心位置の緯度・経度を事前に確認して設定した。合流区間距離は、合流区間起点から合流区間終点までの長さを示し、今回の実験環境では 250m となる。検知対象路は、路側システムが検知している対象の道路で、本モデルでは合流路を表す“1”が格納される。本線車線 ID は、合流路が接続する本線路の車線 ID を示し、合流車線 ID は合流路の車線 ID を示

す。車両検知情報数は、路側システムが検知した合流車両の台数を示し、続いて検知台数分の車両情報が格納される。車両情報は、検知した車両が存在する車線 ID（本実験では合流車線 ID と同値）と、その車両の位置、速度から構成される。車両の位置は、合流区間起点からの距離で示される。

表 5.4.5-3 合流関連情報の概要（路車間通信活用実験（合流車両検知））

| 項目           | サイズ<br>(bit) | 概要                                |                                  |
|--------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 合流区間起点情報(緯度) | 32           | 合流区間起点の緯度情報を示す                    |                                  |
| 合流区間起点情報(経度) | 32           | 合流区間起点の経度情報を示す                    |                                  |
| 合流区間距離       | 16           | 合流区間起点から合流区間終点までの長さ(m)を示す<br>250m |                                  |
| 検知対象路        | 8            | 検知対象路を示す<br>1：合流                  |                                  |
| 本線車線 ID      | 8            | 合流される本線車線の ID を示す<br>1：第 1 車線     |                                  |
| 合流車線 ID      | 8            | 合流する合流車線の ID を示す<br>128：合流路       |                                  |
| 車両検知情報数      | 8            | 検知した車両数                           |                                  |
| 車両情報         | 検知車線 ID      | 8                                 | 検知した車両が存在する車線の ID を示す<br>128：合流路 |
|              | 検知車両位置       | 16                                | 合流区間起点からの距離(m)を示す                |
|              | 検知車両速度       | 16                                | 検知した車両の速度(m/s)を示す                |

### (5) 合流運転指示アプリケーション

路車間通信活用実験（合流車両検知）で使用する路車本線モードの合流運転指示アプリケーションの画面例と設定項目について説明する。

#### (ア) 画面例

図 5.4.5-4～図 5.4.5-6 はアプリケーションの画面例である。画面の④合流走行判定状態には、(3)状態遷移で説明した現在の状態が表示される。③運転指示は、「車間調整」の状態においてのみ“車間維持”または“減速”の何れかが、それ以外の状態では“指示無”が表示される。⑤合流情報は、本アプリケーションが行った干渉判定の結果として、合流残秒数、目標合流位置、車間調整開始時間が表示される。②設定パラメータでは、自車両 ID の他、判定で用いるパラメータ値が確認できる。本実験で用いた値については後述する。⑨路側機情報には、路車間通信により受信した車両検知情報（検知対象車線 ID、位置、速

度)が表示される。図 5.4.5-5 及び図 5.4.5-6 に示すように、車間調整状態においてのみ、路側機が検知した合流路 (車線 ID=128) を走行する 2 台の合流車両車を確認することができる。



図 5.4.5-4 路車本線モード画面：サービスアウト



図 5.4.5-5 路車本線モード画面：車間調整 (車間維持指示)

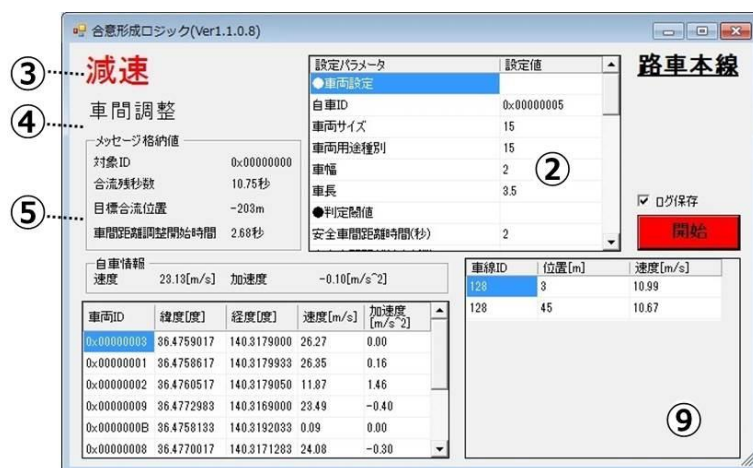


図 5.4.5-6 路車本線モード画面：車間調整（減速指示）

### (イ) 設定項目

判定に用いた項目とその設定値は、車車間通信活用実験で用いたものを適用した（5.4.4.1（5）（イ）参照）。一部の試行においては、安全上の理由により合流可能最低車間距離（前方／後方）を変更した。

### (6) 車両検知エリア

本実験で使用した路側システムの車両検知エリアについて説明する。合流車両は、合流路を 40km/h で走行し、合流区間起点から加速して本線路に合流する。合流可能最低車間距離を前後合わせて 2 秒としたことから、本線車両は計画減速度 ( $0.3\text{m/s}^2$ ) で前方車両との車間距離を最大で 2 秒分拡大する必要がある。この車間距離の確保に必要な時間は、本線車両速度が 60km/h の場合でおよそ 14 秒、100km/h の場合で 19 秒となる。合流車両が合流完了時よりこの時間を遡った時点での位置は、それぞれ合流区間起点の上流 128m 及び 95m に相当する。よって、路側システム 1 基で安定して検知できる距離が 60m であったため、合流路検知エリアを合流区間起点上流 70m~130m までの範囲となるように設置した。

## 5.4.5.2 測定方法

前項の実験モデルを用いて測定を行った。その詳細について説明する。

### (1) 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 各車両の合流運転指示アプリケーションの動作を開始する。
- Step3 本線車両が走行を開始し、所定の車間を保って規制速度で定速走行する。
- Step4 合流車両が走行を開始し、合流路を 40km/h で走行する。
- Step5 本線車両は、合流運転指示アプリケーションの指示に従い走行する。速度維持指示の場合は、前方車両との車間を維持するように走行し、減速指示の場合はアクセルオフを行う。  
合流車両は、合流区間起点通過後に加速する。
- Step6 各車両は、合流区間終点を通過後、合流運転指示アプリケーションの動作を停止する。

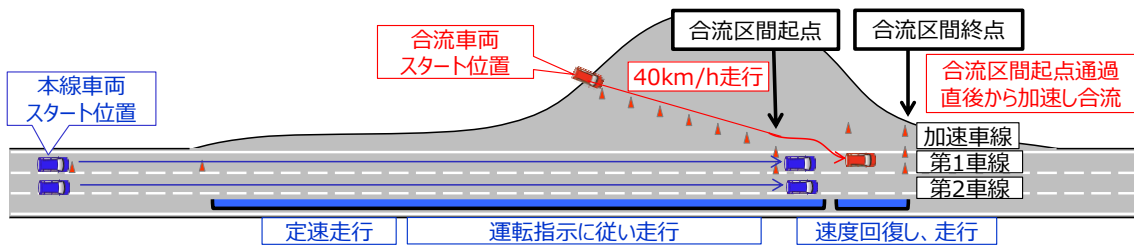


図 5.4.5-7 路車間通信活用実験（合流車両検知）における走行方法

## (2) 試行パターン

表 5.4.5-4 に示すように、本線路規制速度、各車両の走行台数の組み合わせにより 4 つの試行パターンを設けた。各試行パターンの試行回数も合わせて記載する。車車間通信活用実験と同様に、本線路の規制速度は 60km/h と 100km/h を設定した。走行車両台数に関しては、何れのパターンにおいても本線車両は複数台とし、合流車両は 1 台または 2 台とした。

表 5.4.5-4 路車間通信活用実験（合流車両検知）：試行パターンと試行回数

| 試行パターン | 本線路         |          | 合流路      | 試行回数 |
|--------|-------------|----------|----------|------|
|        | 規制速度 (km/h) | 車両台数 (台) | 車両台数 (台) |      |
| 1      | 60          | 2~4      | 1        | 19   |
| 2      | 100         | 4        | 1        | 12   |
| 3      | 60          | 3        | 2        | 6    |
| 4      | 100         | 3        | 2        | 6    |

### 5.4.5.3 実験結果

以下に各試行パターンでの代表例を用いて実験の結果を説明する。

#### (1) 合流車両が1台の場合

##### (ア) 本線車両間に合流

試行パターン2のうち、合流車両が本線車列の中間に合流したケースについて説明する。

この試行で使用した車両のIDと走行順序を表5.4.5-5に示す。

表 5.4.5-5 走行車両のIDと走行順序

| 順序  | 本線車両ID | 合流車両ID |
|-----|--------|--------|
| 1台目 | 1      | 2      |
| 2台目 | 5      | —      |
| 3台目 | 8      | —      |
| 4台目 | 9      | —      |

図 5.4.5-8 は、各車両の合流区間起点からの距離を示す。合流路の車両検知エリアは、合流区間の上流 130m~70m の区間である。開始 3.8 秒後に検知エリアに進入した合流車両 2 が検出され、9.2 秒に通過したことがわかる。通過後の合流車両 2 の位置は、本線車両が推定したものである。図 5.4.5-9 は、合流車両 2 との予測車間距離の推移を示し、合流可能最低車間距離（前方：1 秒、後方：1 秒）に基づき、本線車両 8 が合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断している。図 5.4.5-10 に、各車両の運転指示の遷移を示す。本図より、本線車両 8 だけが実際に運転指示が発生していることが確認できる。

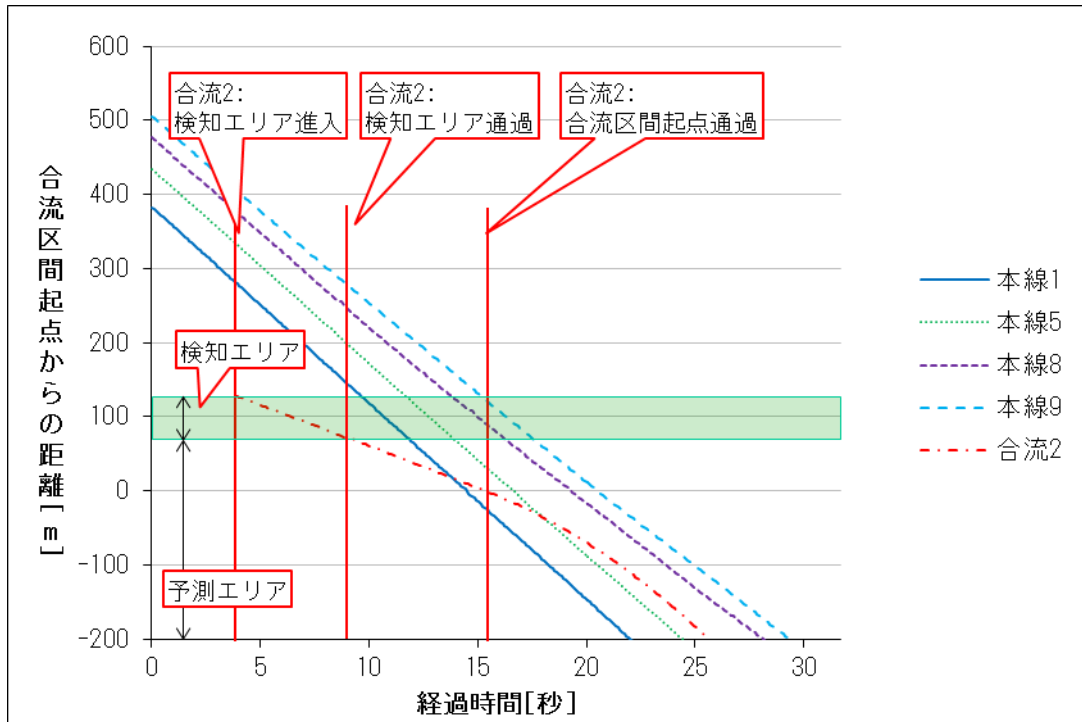


図 5.4.5-8 合流区間起点からの距離

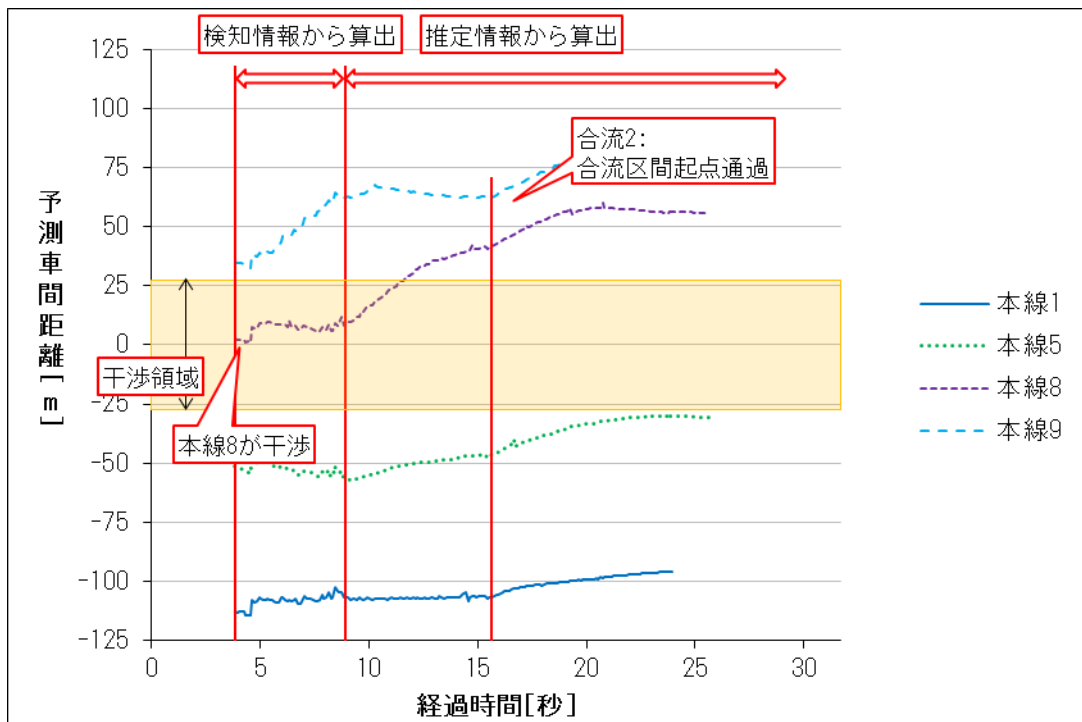


図 5.4.5-9 予測車間距離

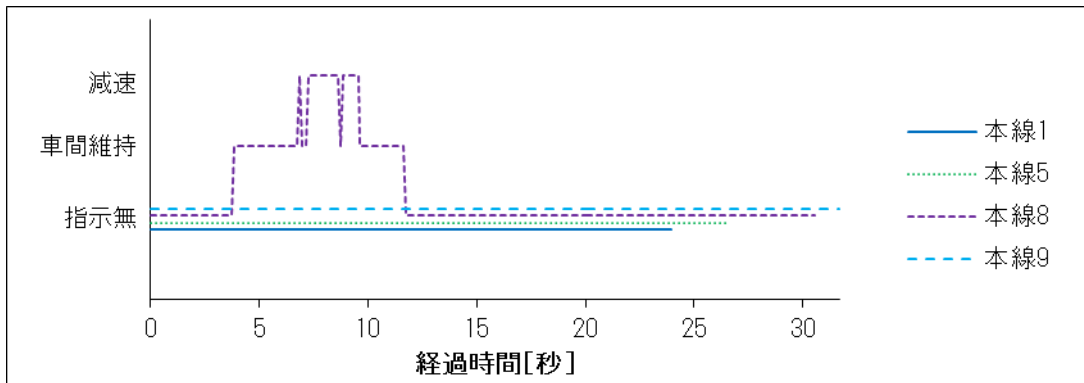


図 5.4.5-10 各車両の運転指示遷移

図 5.4.5-11 に、本線車両 8 の合流区間起点からの距離と、この車両に搭載された合流運転指示アプリケーションによる運転指示の遷移を示す。右縦軸は、5.4.5.1 (5) (ア) 画面例で示した運転指示を表す。本図より、本線車両 8 は、3.8 秒に合流区間起点から上流 378m の位置で車間維持指示が発生し、7.2 秒に合流区間起点から上流 291m の位置で減速指示が発生していることがわかる。

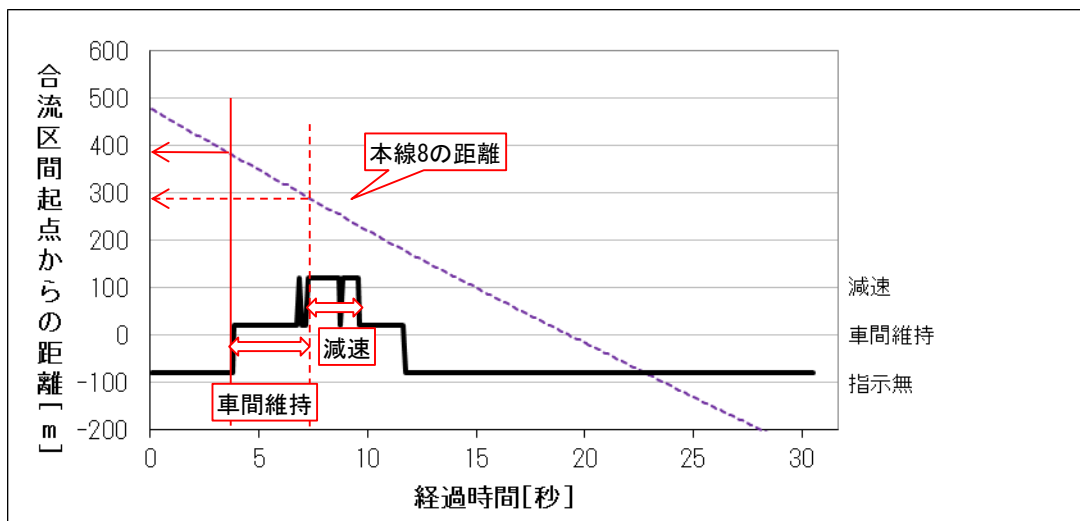


図 5.4.5-11 経過時間に対する車両の位置と運転指示の遷移 (本線車両 8)

図 5.4.5-12 に各車両の速度変化を示す。本線車両 8 は、7.2 秒に発生した減速指示を受けて、8.6 秒から速度が低下していることが確認できる。また、その後続の本線車両 9 も 15 秒あたりから減速をしているが、これは指示によるものではなく、先行する本線車両 8 の減速に追従したことによるものである。

図 5.4.5-13 は、先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示したグラフで、合

流車両については合流区間起点通過以降のみを示している。また、本線 8（仮想）のグラフは、本線車両 8 が減速することなく走行を継続したと仮定した場合の車間距離である。本線車両 8 と前方を走行する本線車両 5 との車間距離が、減速開始時には 47m であったのに対し、合流車両 2 が合流区間起点を通過する頃には 59m まで拡大し、その空間に合流車両 2 が合流している。さらに、合流車両 2 が合流を完了した時点での本線車両 8 との車間距離は 48m であるが、本線車両 8 が減速をしなかった場合には、その車間距離はおよそ 18m と推定され、設定した合流可能最低車間距離（前方：27.8m）以下であったことから、本線車両 8 が車間調整を行ったことは適切であったと言える。

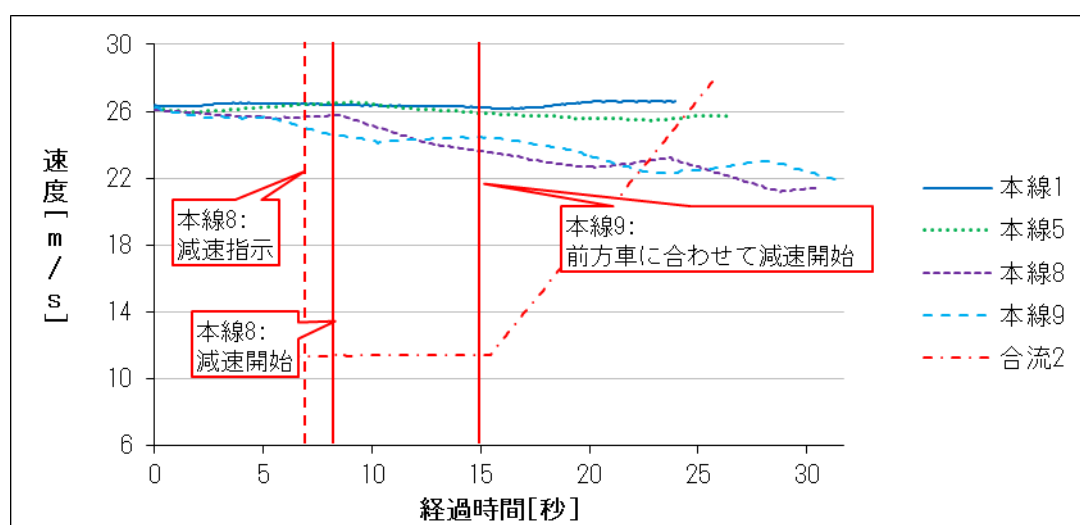


図 5.4.5-12 速度変化

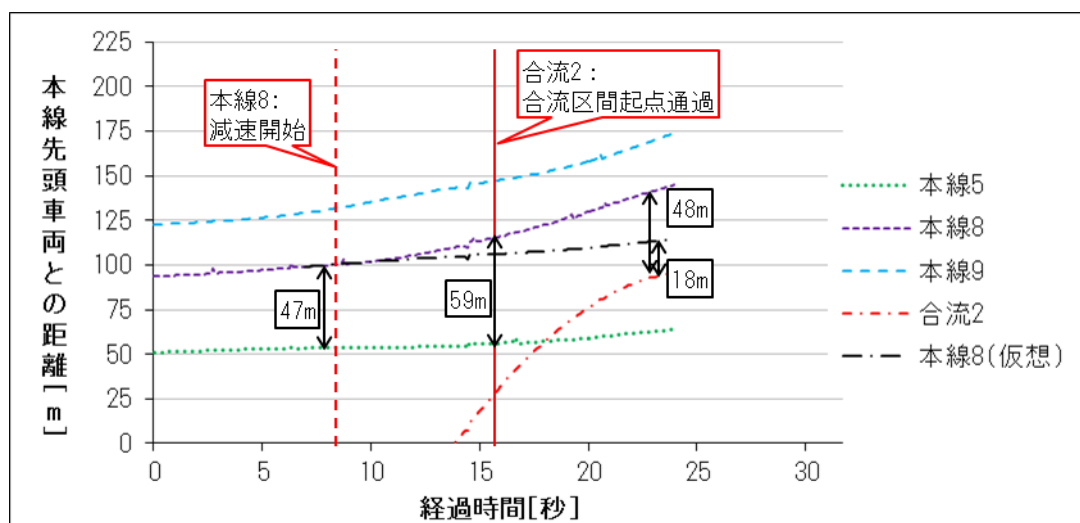


図 5.4.5-13 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.5-14 及び図 5.4.5-15 は、それぞれ減速指示発生時と合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 8 の前方映像である。また、図 5.4.5-16 及び図 5.4.5-17 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時、及び合流完了時の俯瞰映像である。各映像から、本線車両 8 の減速走行によって、実際に前方車両との車間が確保できていることが確認できる。



図 5.4.5-14 前方映像（本線車両 8：減速指示発生時）

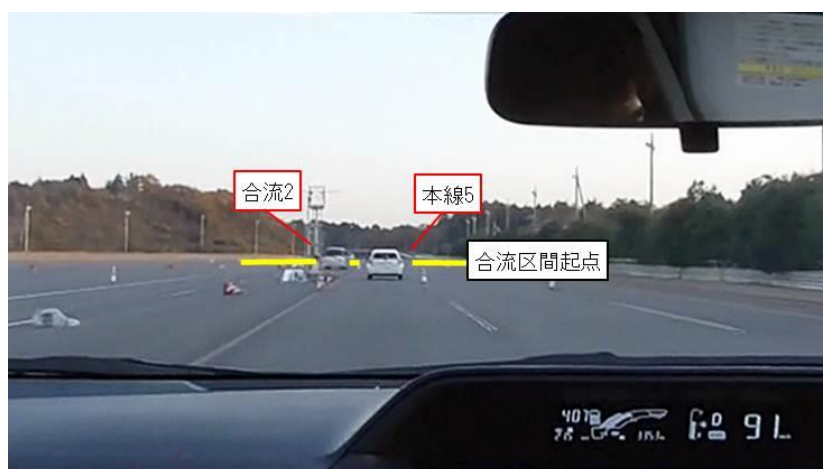


図 5.4.5-15 前方映像（本線車両 8：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.5-16 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.5-17 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）

#### （イ）本線車両より前方に合流

試行パターン 1 のうち、合流車両が本線車列の先頭に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.5-6 に示す。本試行では、天候および路面状況から安全を考慮して、合流可能最低車間距離（前方／後方）をともに 2 秒に設定した。

表 5.4.5-6 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 3       | 4       |
| 2 台目 | 6       | —       |

図 5.4.5-18 は各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両 4 が開始 6.0～10.0 秒において検知され、その後の 16.3 秒で合流区間起点を通過すると推定されていることがわかる。図 5.4.5-19 は合流車両との予測車間距離の推移を示し、合流可能最低車間距離（前方：2 秒、後方：2 秒）に基づき、本線車両 3 が合流車両 4 と干渉する恐れがあると判断している。従って、図 5.4.5-20 に示すように、本線車両 3 においてのみ運転指示が発生していることが確認できる。

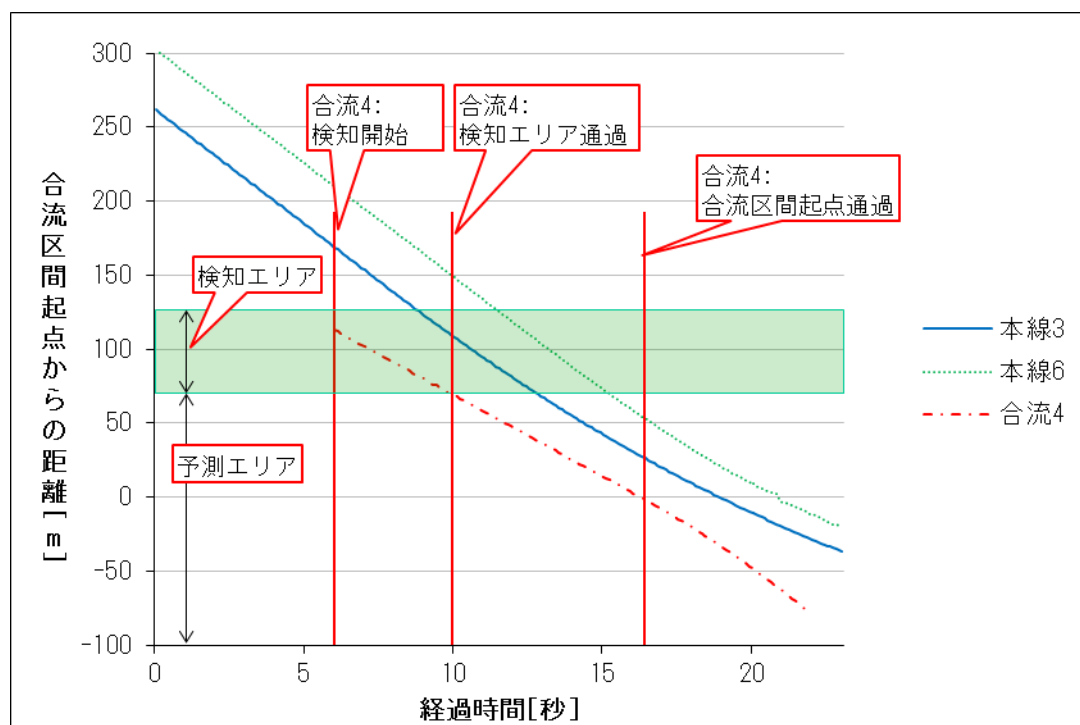


図 5.4.5-18 合流区間起点からの距離



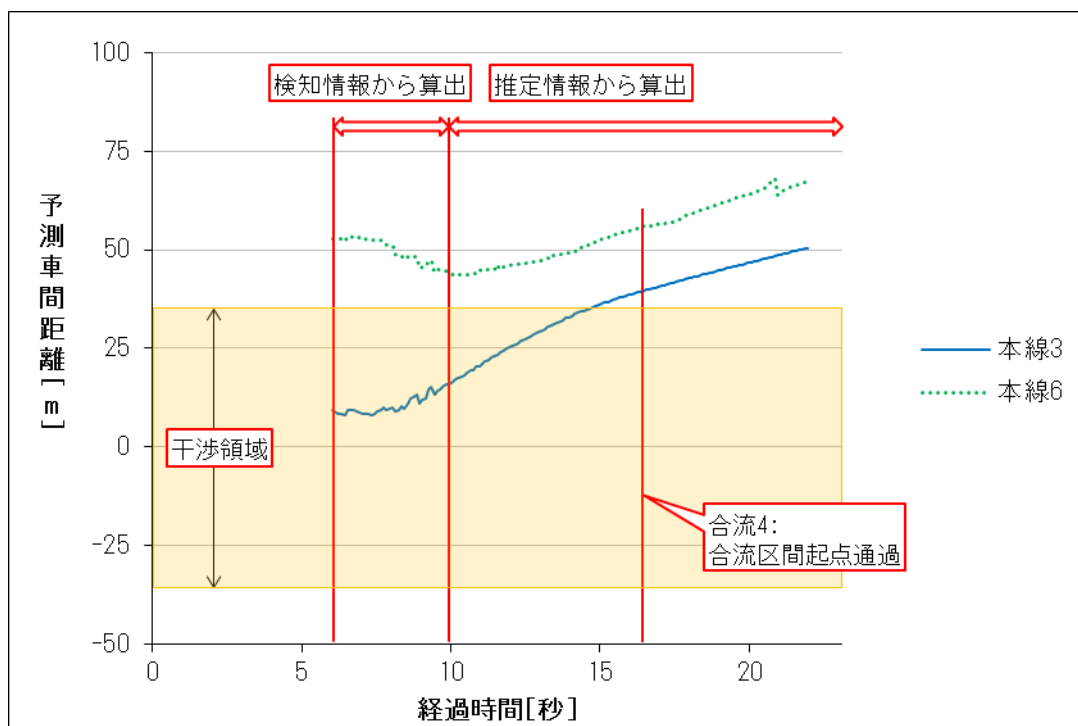


図 5.4.5-19 予測車間距離

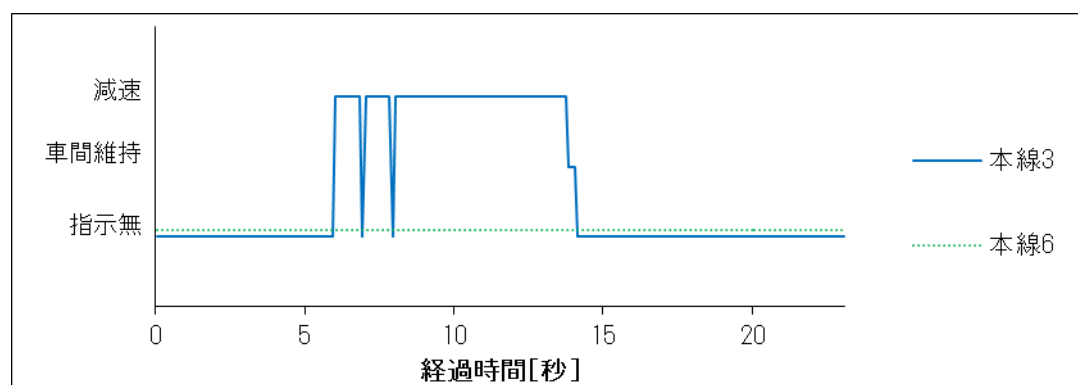


図 5.4.5-20 各車両の運転指示の遷移

図 5.4.5-21 に、本線車両 3 の合流区間起点からの距離と、この本線車両に対する運転指示の遷移を示す。本図より、本線車両 3 は、6.0 秒に合流区間起点から上流 169m の位置で減速指示が発生し、13.8 秒に合流区間起点から上流 57m の位置で車間維持に遷移後、指示無となっていることがわかる。

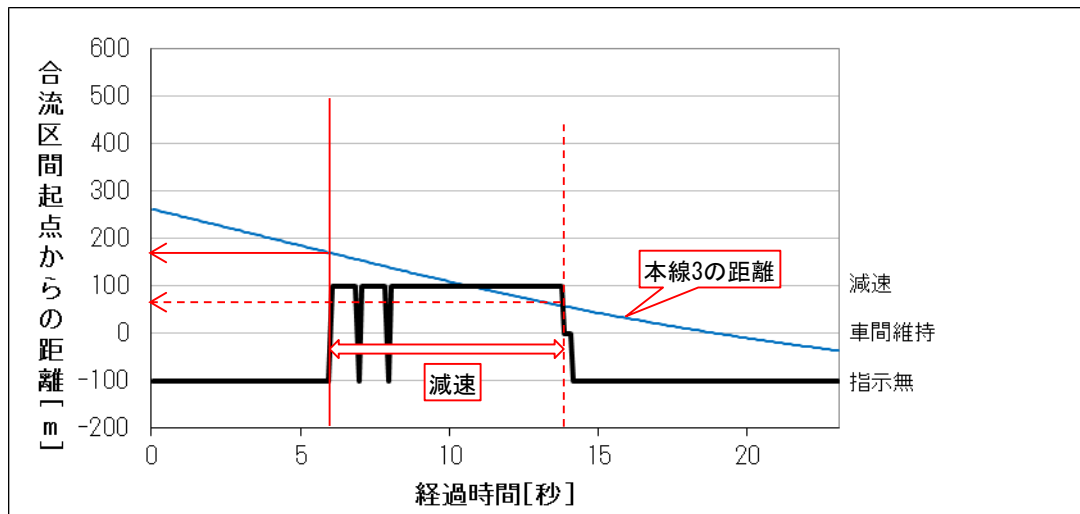


図 5.4.5-21 経過時間に対する車両の位置と運転指示の遷移（本線車両 3）

図 5.4.5-22 に各車両の速度変化を示す。本線車両 3 は、6.0 秒に発生した減速指示を受けて、7.6 秒から速度が低下していることが確認できる。また、その後方の本線車両 6 の減速は、本線車両 3 の減速に追従したることによるものである。

図 5.4.5-23 に本線車両 3 と各車両との車間距離を示す。本線の先頭を走行する本線車両 3 が減速したことにより、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時点での車間距離は 27m に、合流完了時点では 50m に達しており、設定した合流可能最低車間距離 2 秒以上の車間距離が確保できたことが確認できる。本試行では安全上の理由により設定値を変更したが、本線車両 3 はその設定値に応じて適切に車間調整を行ったと言える。

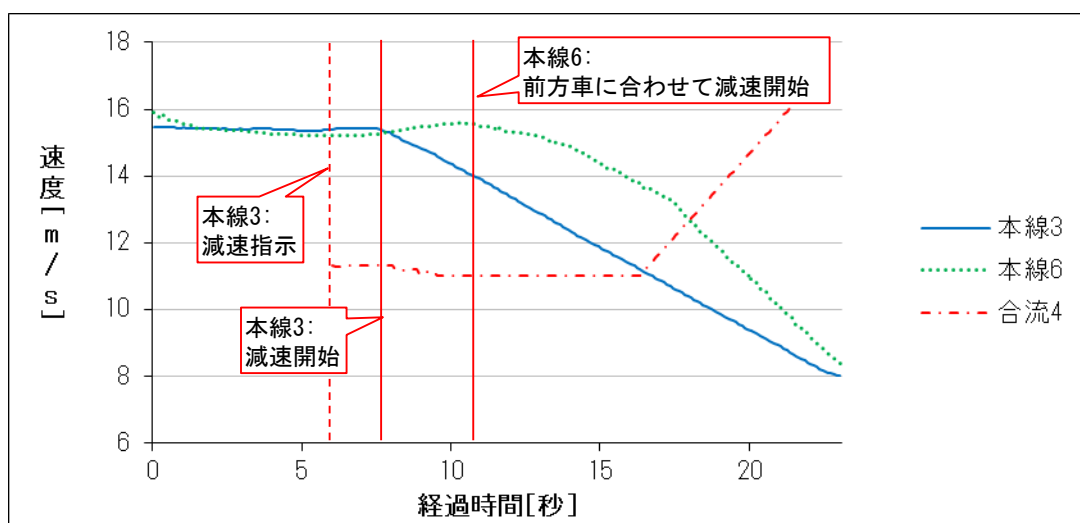


図 5.4.5-22 速度変化

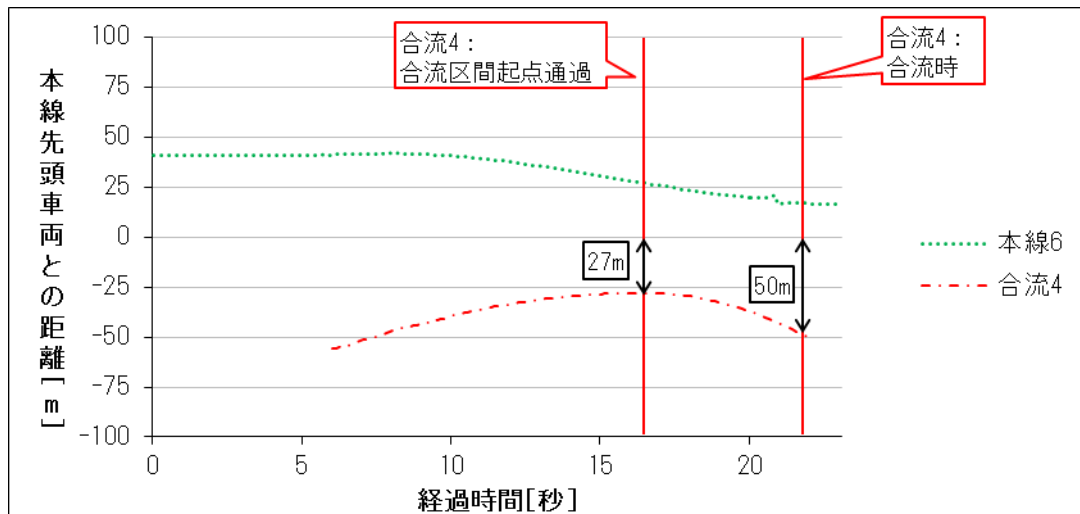


図 5.4.5-23 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.5-24 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時の本線車両 3 の前方映像である。また、図 5.4.5-25 及び図 5.4.5-26 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時、及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.5-27 は合流車両 4 の合流完了時の水平映像である。各映像から、本線車両 3 の減速走行によって、実際に合流車両 4 との車間が確保できていたことが確認できる。



図 5.4.5-24 前方映像（本線車両 3：合流車両 4 の合流区間起点到達時）

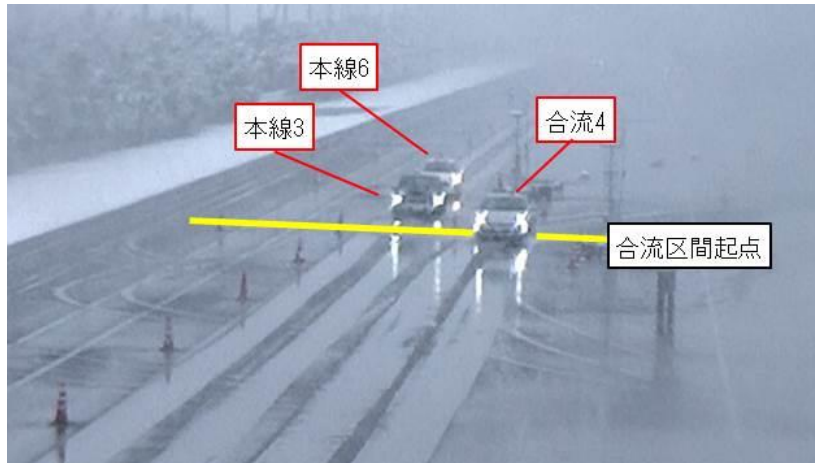


図 5.4.5-25 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.5-26 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流完了時）



図 5.4.5-27 進行方向左側からの水平映像（合流車両 4 の合流完了時）

(ウ) 本線車両より後方に合流（指示無）

試行パターン 1 のうち、合流車両が本線車列の後方に合流したケースについて説明する。

この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.5-7 に示す。

表 5.4.5-7 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 3       | 4       |
| 2 台目 | 6       | —       |
| 3 台目 | 7       | —       |
| 4 台目 | 10      | —       |

図 5.4.5-28 は、各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両 4 は開始 5.4～11.0 秒において検知され、その後 17.6 秒で合流区間起点を通過すると推定されていることがわかる。図 5.4.5-29 は、合流車両 4 との予測車間距離の推移を示し、どの本線車両も合流車両 4 と干渉する恐れがあると判断していない。従って、図 5.4.5-30 に示すように、全ての本線車両において運転指示が発生していないことが確認できる。

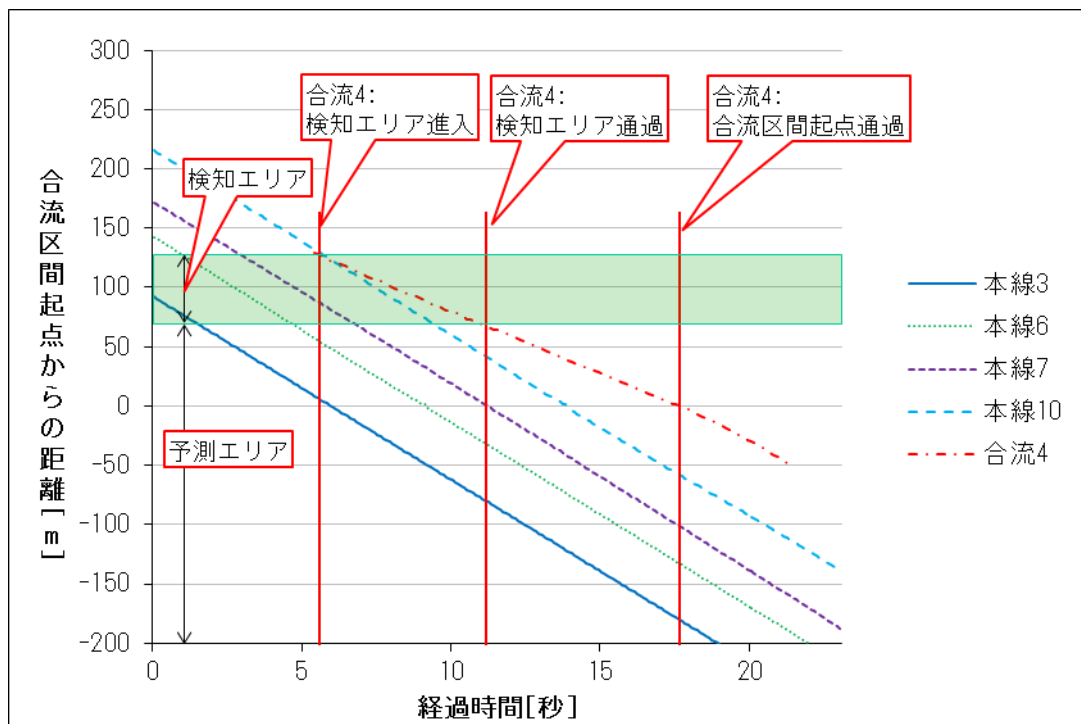


図 5.4.5-28 合流区間起点からの距離

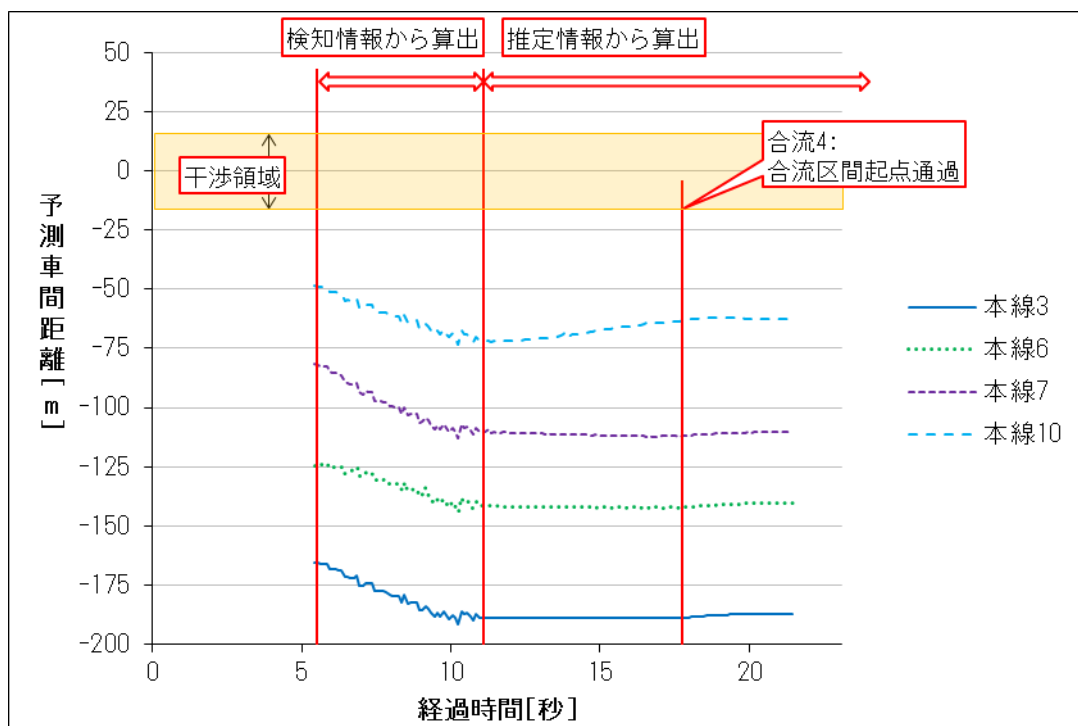


図 5.4.5-29 予測車間距離

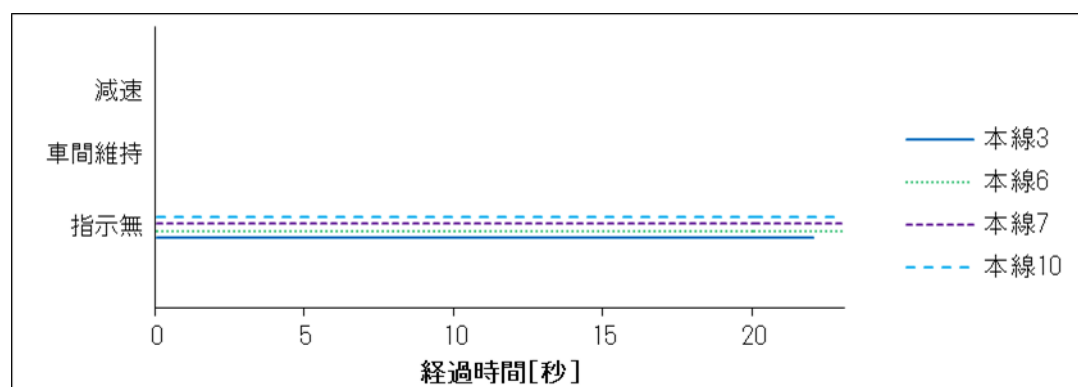


図 5.4.5-30 各車両の運転指示の遷移

図 5.4.5-31 に各車両の速度変化を示す。どの本線車両も定速走行を継続したことが確認できる。

図 5.4.5-32 に、先頭を走行する本線車両 3 と各車両との車間距離を示す。合流車両 4 が合流区間起点を通過した時点で、合流車両 4 は本線車両 10 の後方 58m に位置しており、本線車群が合流車両 4 の前方を走行していたことがわかる。従って、各本線車両が車間確保を不要と判断したことは適切であったと言える。

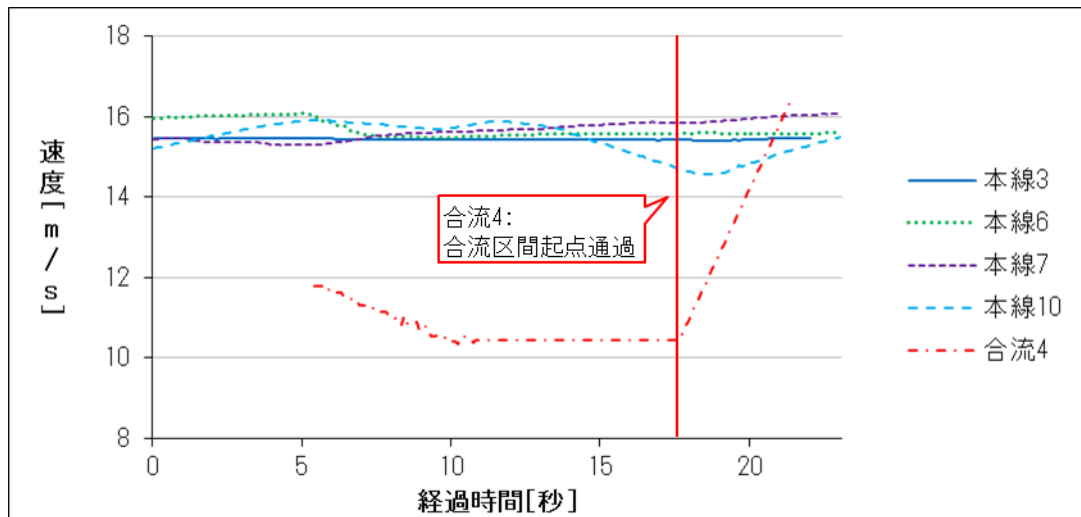


図 5.4.5-31 速度変化

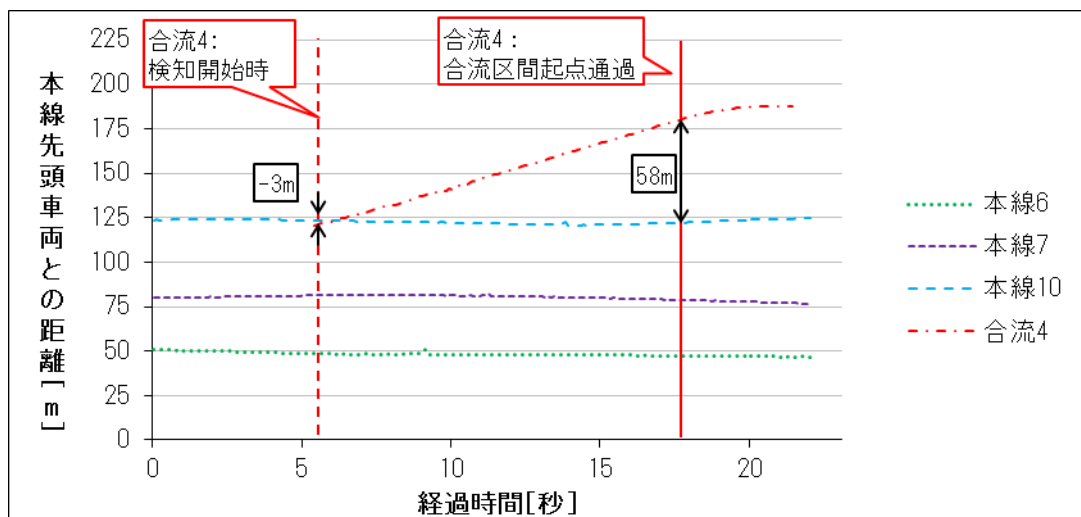


図 5.4.5-32 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.5-33 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時の合流車両 4 の前方映像である。また図 5.4.5-34 及び図 5.4.5-35 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.5-36 は合流完了時の水平映像である。各映像から、合流車両が合流区間に到達した時点で既に全ての本線車両は前方を走行しており、本線車両が車間を確保する必要がなかったことが確認できる。



図 5.4.5-33 前方映像（合流車両 4：合流車両 4 の合流区間起点到達時）

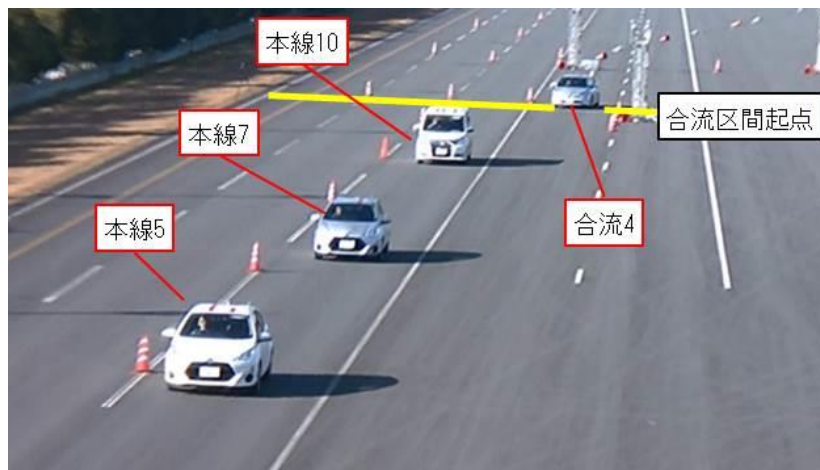


図 5.4.5-34 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）

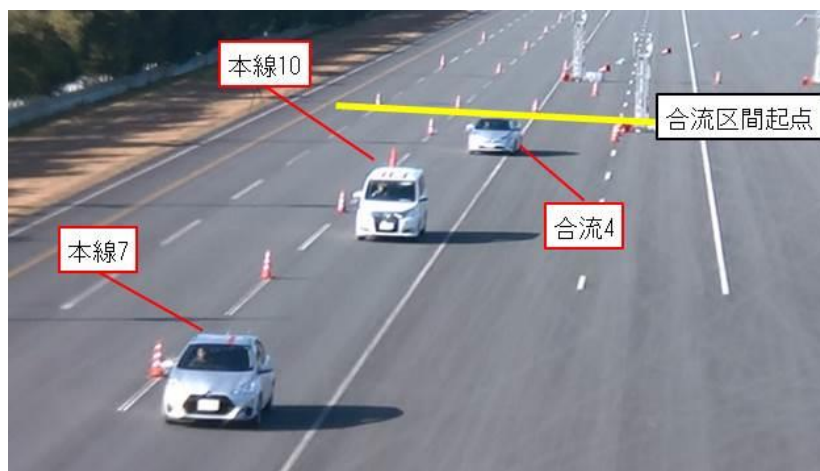


図 5.4.5-35 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流完了時）





図 5.4.5-36 進行方向左側からの水平映像（合流車両 4 の合流完了時）

**(エ) 本線車両間に合流（指示無）**

試行パターン 1 のうち、本線車両に運転指示が発生することなく、合流車両が本線車列の車間に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.5-8 に示す。

表 5.4.5-8 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.5-37 は、各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両 2 が、開始 6.6～12.3 秒に検知され、その後 18.6 秒で合流区間起点を通過すると推定されていることがわかる。図 5.4.5-38 は合流車両 2 との予測車間距離の推移を示し、どの本線車両も合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断していない。従って、図 5.4.5-39 に示すように、全ての本線車両において運転指示が発生していないことが確認できる。

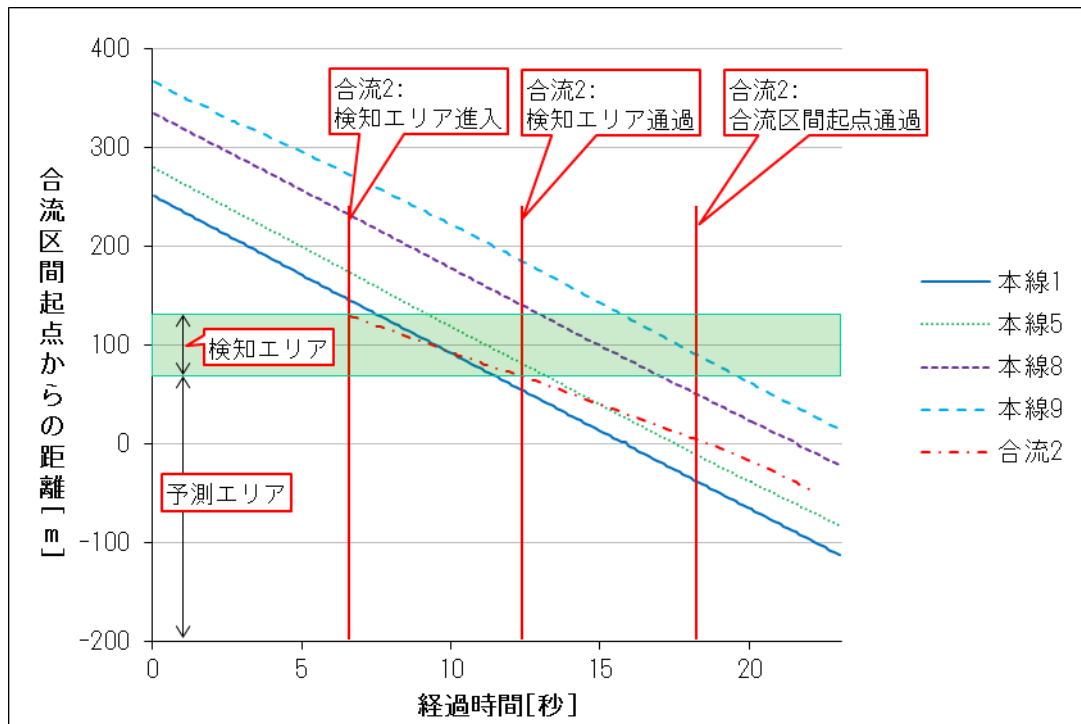


図 5.4.5-37 合流区間起点からの距離

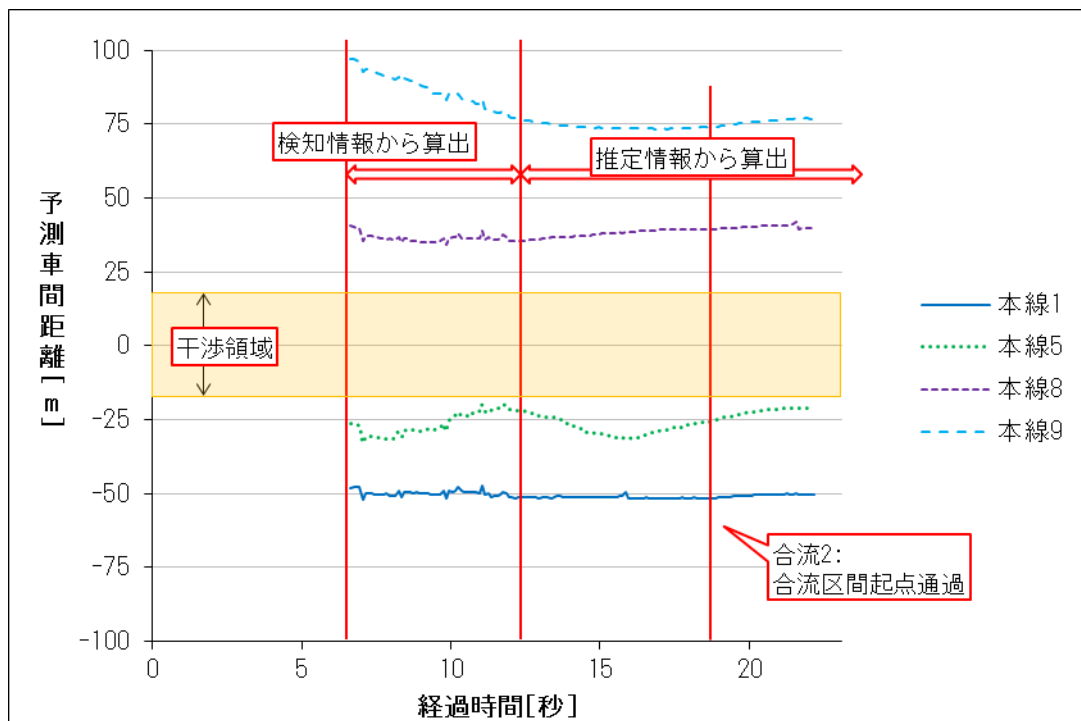


図 5.4.5-38 予測車間距離

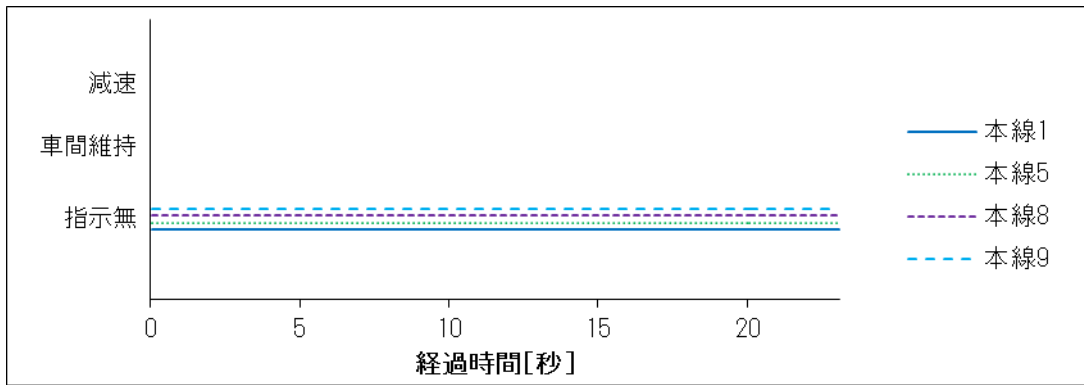


図 5.4.5-39 各車両の運転指示の遷移

図 5.4.5-40 に各車両の速度変化を示す。本図より、どの本線車両も定速走行を継続したことが確認できる。

図 5.4.5-41 に先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示す。本線車両 5 と本線車両 8 の車間距離が測定開始時点でおおよそ 60m あり、十分に車間が開いていたことがわかる。合流車両 2 は、その車間中央付近に合流するタイミングで走行しており、合流区間起点を通過する時点では、前方の本線車両 5 との車間距離はおおよそ 20m、後方の本線車両 8 との車間距離は 44m となり、本線車両が車間を確保する必要がなかったことが確認できる。このように、合流車両が本線車両間に合流するケースであっても、本線車両は安全に合流できる空間の存在と合流タイミングを考慮しながら、適切に車間確保の要否が判断できていたと言える。

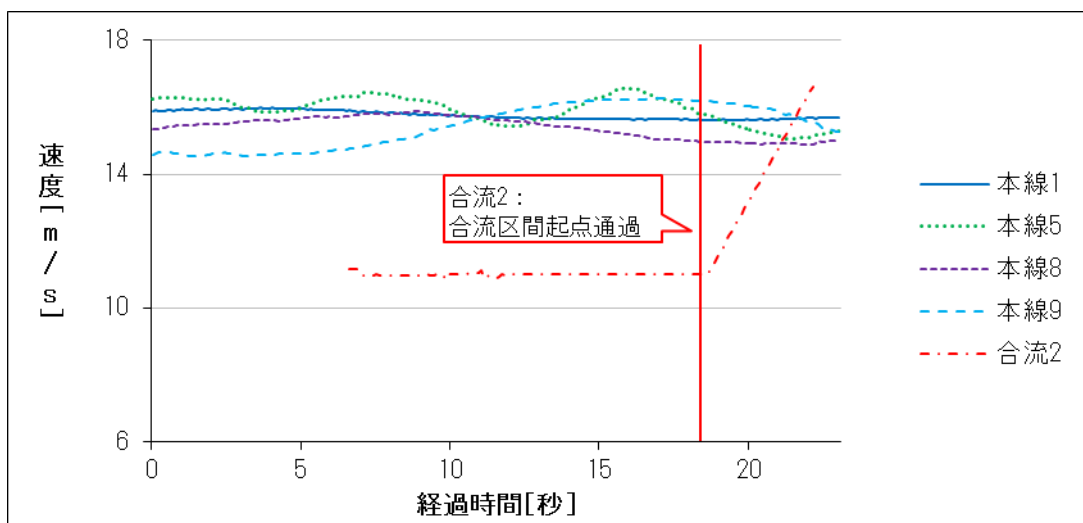


図 5.4.5-40 速度変化

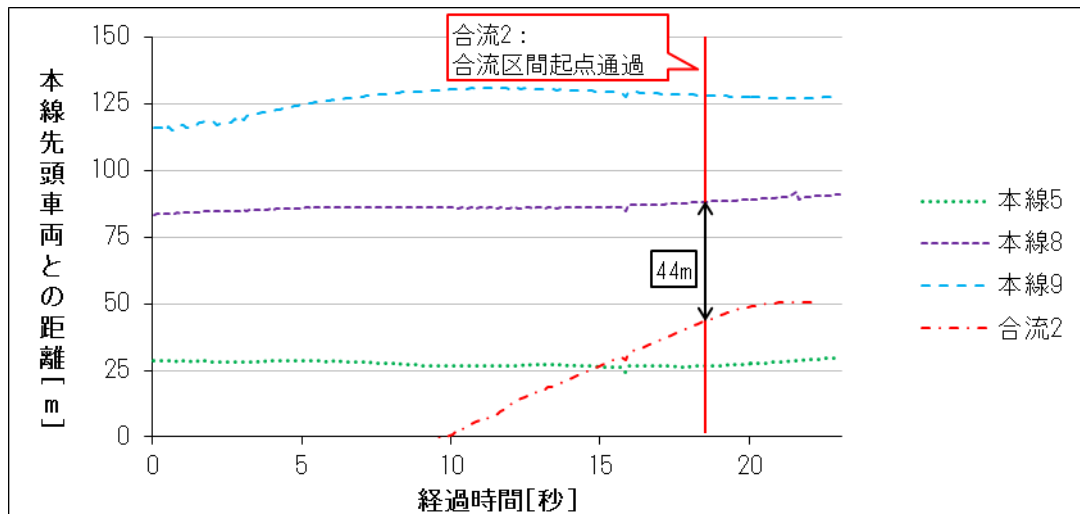


図 5.4.5-41 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.5-42 及び図 5.4.5-43 は、本線車両 8 が合流区間起点の上流 200m 地点に到達した時と合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 8 の前方映像である。また、図 5.4.5-44~図 5.4.5-46 は、本線車両 8 が合流区間起点の上流 200m 地点に到達した時、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時、及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.5-47 は合流車両 2 の合流完了時の水平映像である。各映像から、本線車両 8 が合流区間起点の上流 200m 地点に到達した時点で、前方の本線車両 5 との車間距離がおよそ 60m であること、合流車両 2 がその車間中央付近に合流していることがわかる。本線車両が合流区間の上流に位置する時点で既に安全に合流できるだけの車間距離が存在し、本線車両が車間を確保する必要がなかったことが確認できる。



図 5.4.5-42 前方映像（本線車両 8：合流車両 8 の合流区間起点上流 200m 地点到達時）

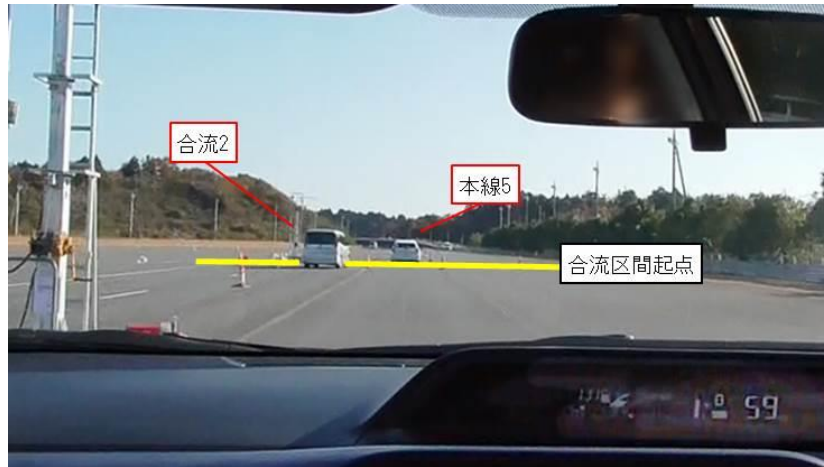


図 5.4.5-43 前方映像（本線車両 8：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.5-44 下流側からの俯瞰映像（本線車両 8 の合流区間起点上流 200m 地点到達時）

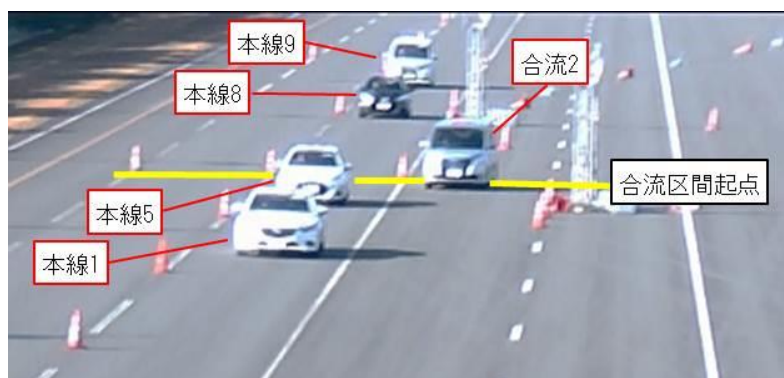


図 5.4.5-45 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）

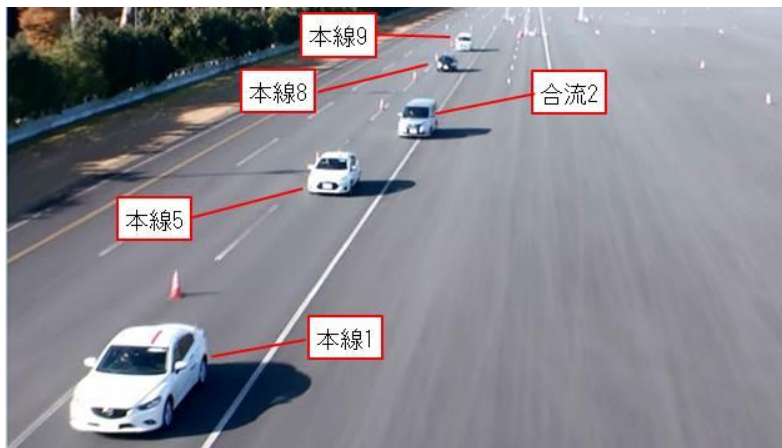


図 5.4.5-46 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.5-47 進行方向左側からの水平映像（合流車両 2 の合流完了時）

## （2）合流車両が 2 台の場合

### （ア）本線車両間に合流

試行パターン 4 のうち、2 台の合流車両が本線車列の車間に合流したケースについて説明する。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.5-9 に示す。

表 5.4.5-9 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | 8       |
| 3 台目 | 9       | —       |

図 5.4.5-48 は、各車両の合流区間起点からの距離を示し、合流車両 2 は開始 2.6～8.2 秒において検知され、その後 14.9 秒で合流区間起点を通過すると推定され、合流車両 8 は 6.2～12.2 秒において検知され、その後 19.1 秒で合流区間起点を通過すると推定されて

いることがわかる。図 5.4.5-49 及び図 5.4.5-50 は、合流車両 2 及び合流車両 8 との予測車  
間距離の推移を示している。本線車両 5 が合流車両 2 と干渉する恐れがあると判断し、本  
線車両 9 が合流車両 8 と干渉すると判断していることがわかる。従って、図 5.4.5-51 に示  
すように、各車両が干渉すると判断しているタイミングにおいて、運転指示が発生してい  
ることが確認できる。

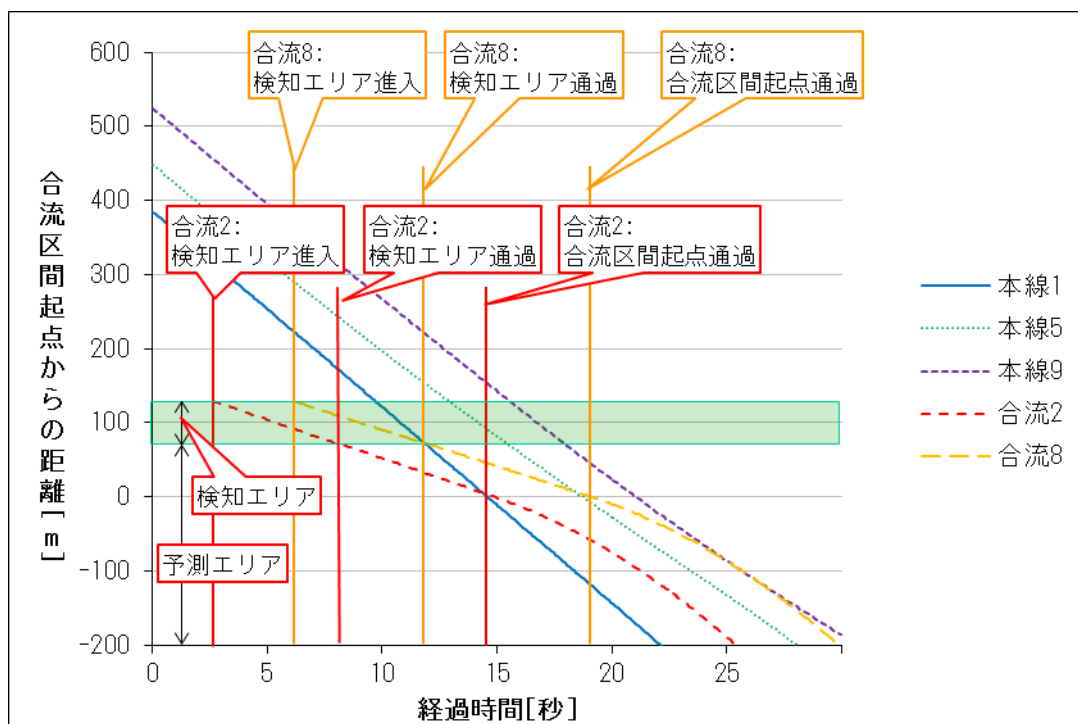


図 5.4.5-48 合流区間起点からの距離

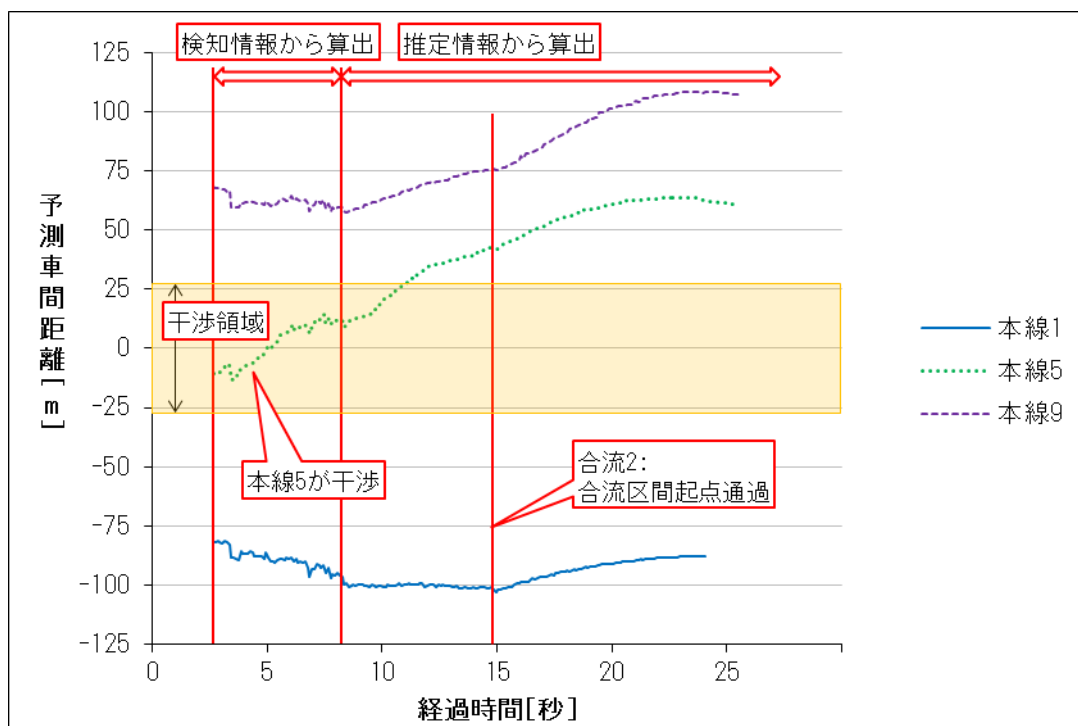


図 5.4.5-49 合流車両 2 に対する予測車間距離

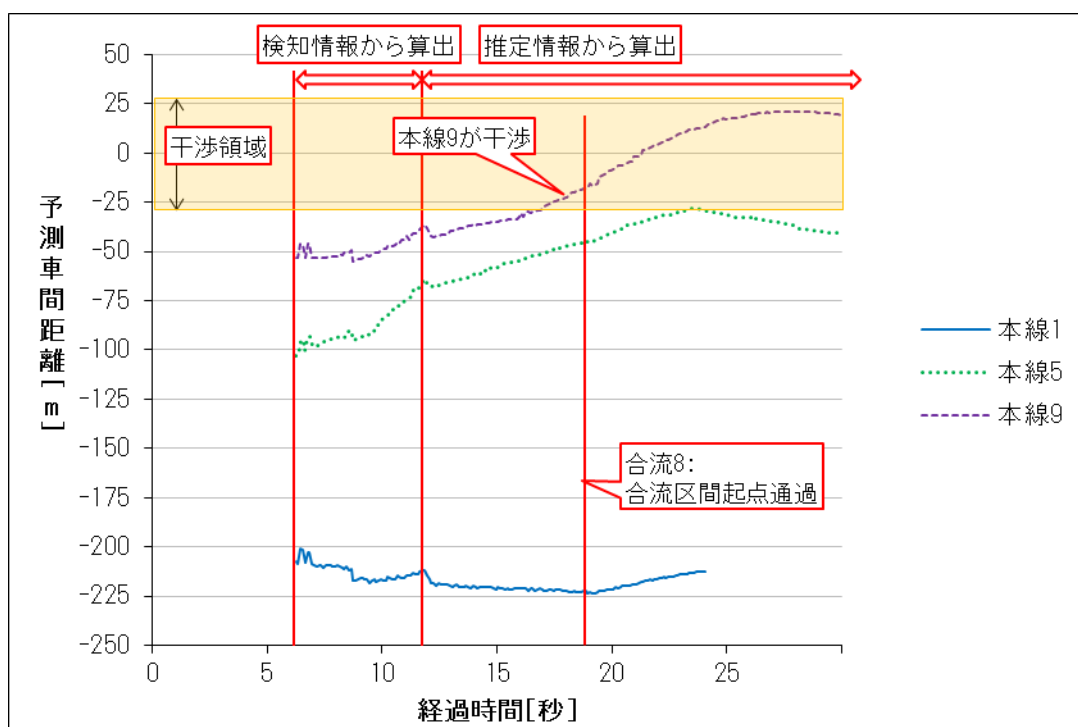


図 5.4.5-50 合流車両 8 に対する予測車間距離



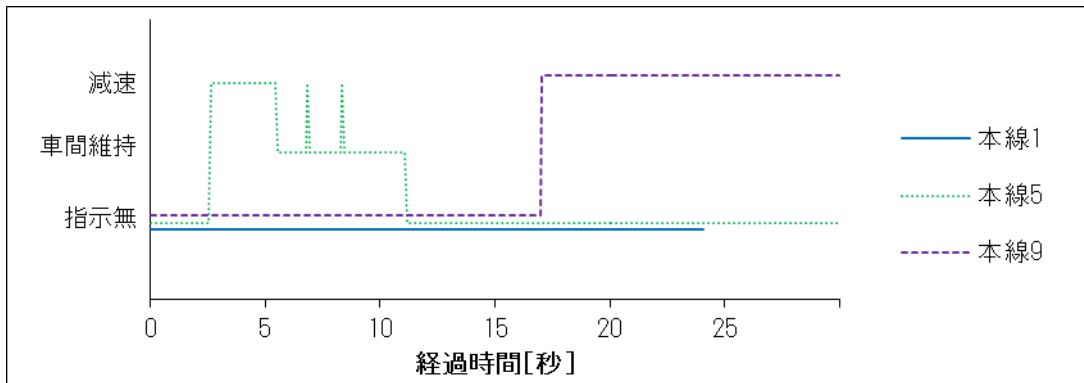


図 5.4.5-51 各車両の運転指示の遷移

図 5.4.5-52 及び図 5.4.5-53 に、本線車両 5 及び本線車両 9 の合流区間起点からの距離と、運転指示の遷移を示す。本図より、本線車両 5 は、2.6 秒に合流区間起点から上流 380m の位置で減速指示が発生し、5.5 秒に合流区間起点から上流 306m の位置で車間維持指示に切替っている。また本線車両 9 は、17.0 秒に合流区間起点から上流 93m の位置で減速指示が発生している。

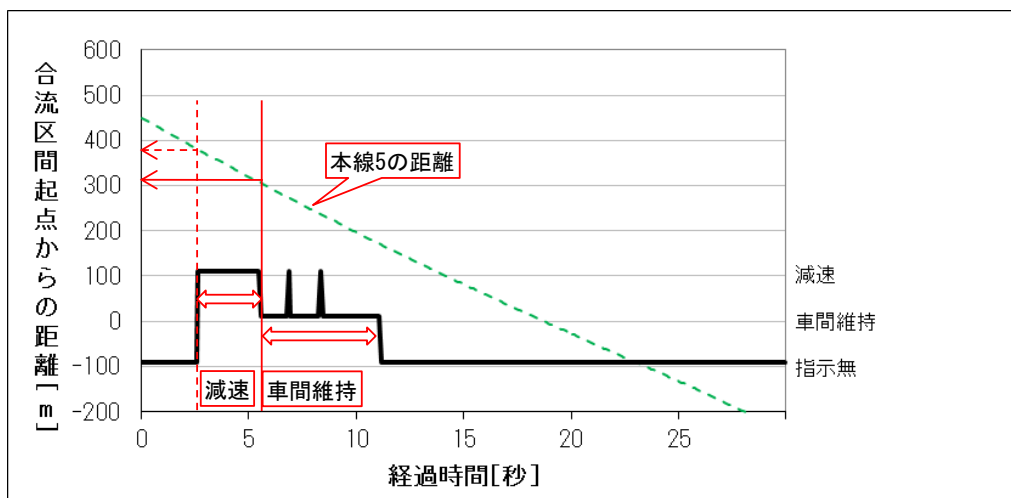


図 5.4.5-52 経過時間に対する車両の位置と運転指示の遷移 (本線車両 5)

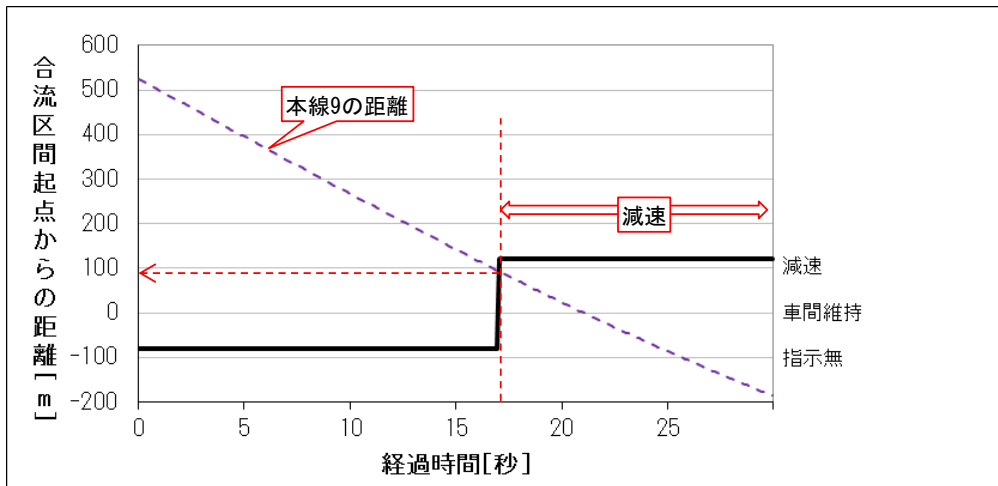


図 5.4.5-53 経過時間に対する車両の位置と運転指示の遷移（本線車両 9）

図 5.4.5-54 に各車両の速度変化を示す。本線車両 5 は、2.6 秒に発生した減速指示を受けて減速している。また、本線車両 9 は、前方を走行する本線車両 5 の減速に応じておよそ 9.0 秒で減速を開始し、17.0 秒に発生した減速指示により、さらに 70km/h まで低下していることが確認できる。

図 5.4.5-55 に先頭を走行する本線車両 1 と各車両との車間距離を示す。本線車両 1 と本線車両 5 の車間距離は、本線車両 5 が減速を開始する前では 64m であったのに対し、合流車両 2 が合流区間起点に到達する頃には 93m にまで拡大し、その空間に合流車両 2 が合流している。また、本線車両 5 が減速をしなかった場合には、合流車両との車間が不十分になっていたことを表している。これらのことから、本線車両 5 が車間調整を行ったことは妥当であると言える。

本線車両 9 は、前方車両の減速に追従して減速した結果、測定開始時は本線車両 9 の後方に合流車両 8 が合流する予測であったものが、合流区間起点に接近した 23.6 秒の時点において合流車両 8 と干渉する恐れがあると判断され減速指示が発生した。結果的には、本線車両 9 の前方に合流車両 8 が合流したが、その車間距離は不十分であり、かつ本線車両 9 の速度も著しく低下することとなってしまった。

本試行のように、複数の本線車両が連続的に合流車両と干渉する状況においては、合流の直前で干渉すると判断されてしまうことや、速度低下による交通流への影響が懸念されるなど課題がある。

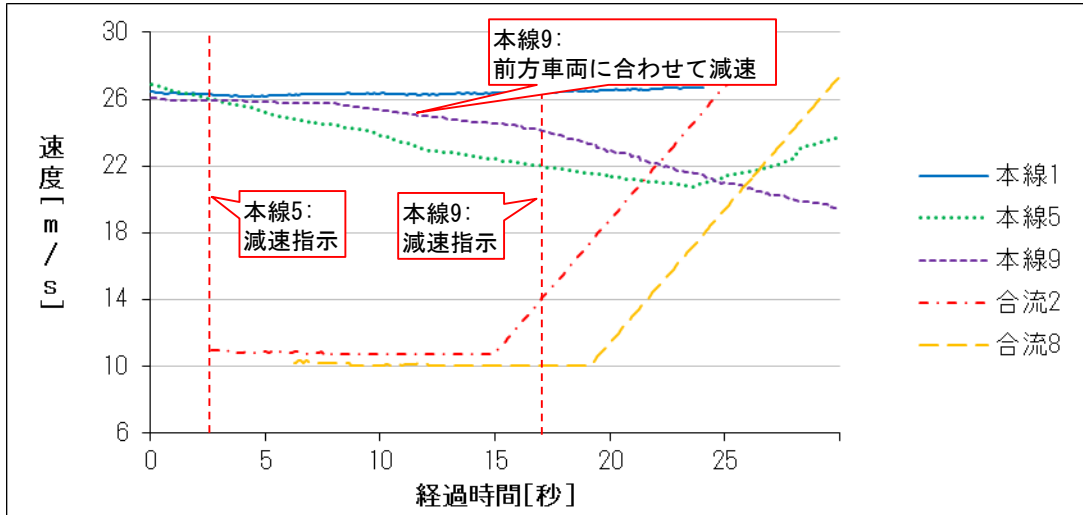


図 5.4.5-54 速度変化

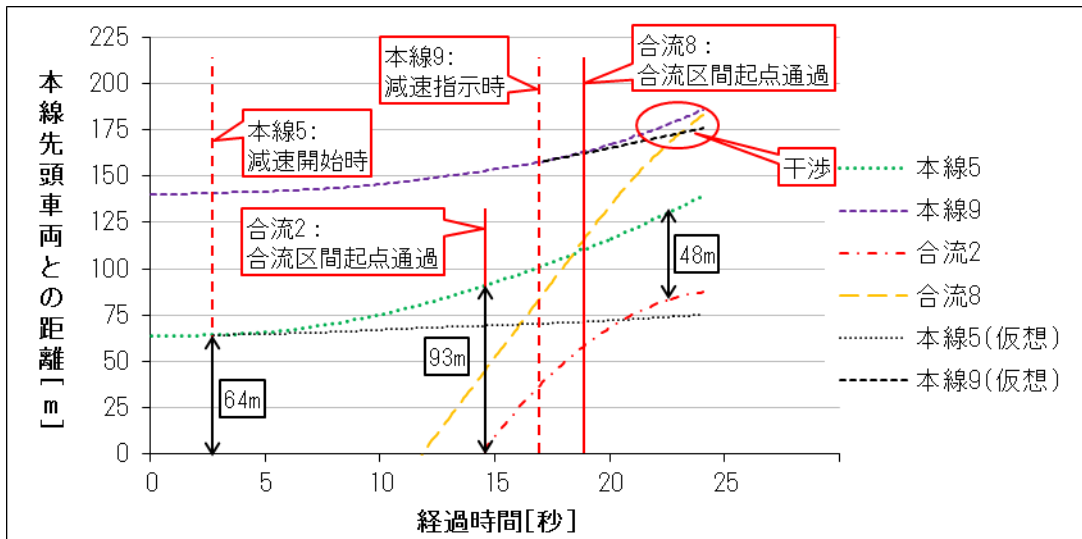


図 5.4.5-55 本線先頭車両との車間距離

図 5.4.5-56 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 5 の前方映像である。前方車両との車間距離が確保され、その空間に合流車両 2 が合流していることがわかる。

図 5.4.5-57 は、合流車両 8 が合流区間起点に到達した時の本線車両 9 の前方映像である。また図 5.4.5-58 及び図 5.4.5-59 は、合流車両 8 が合流区間起点に到達した時と合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.5-60 は合流完了時の水平映像である。本線車両 9 とその前方の本線車両 5 との車間距離は、両車両が減速しているために合流区間起点付近では広がっていないことがわかる。その後、本線車両 9 がさらに減速し、本線車両 5 が合流車両 2 を受入

後に加速したことにより車間距離が確保され、そこに合流車両 8 が合流したことが確認できる。



図 5.4.5-56 前方映像（本線車両 5：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.5-57 前方映像（本線車両 9：合流車両 8 の合流区間起点到達時）

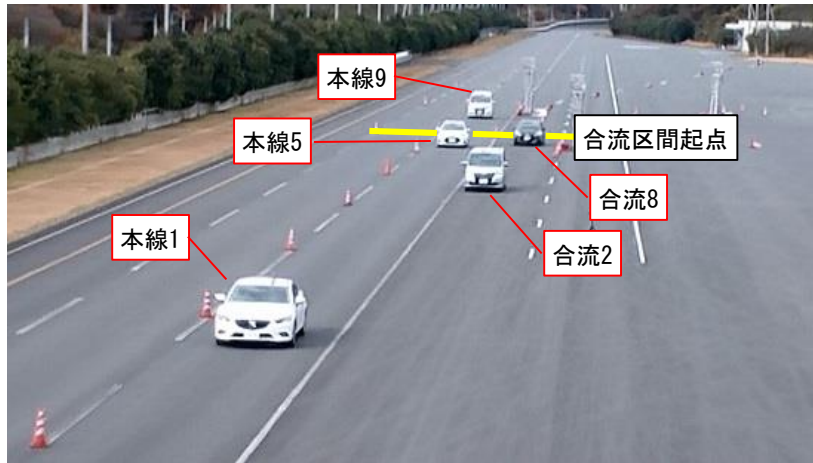


図 5.4.5-58 下流側からの俯瞰映像（合流車両 8 の合流区間起点到達時）

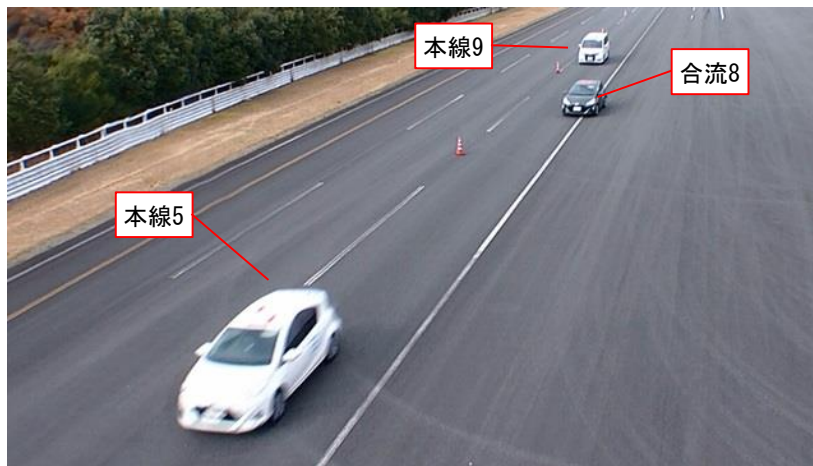


図 5.4.5-59 下流側からの俯瞰映像（合流車両 8 の合流完了時）



図 5.4.5-60 進行方向左側からの水平映像（合流車両 8 の合流完了時）

#### 5.4.5.4 考察

実験結果に示したように、本線車両と合流車両が遭遇するタイミングが異なるいくつかの環境下で、路側機から受信した合流路の車両検知情報をもとに本線車両が干渉判定を行い、車間確保の要否を適切に判定できることが確認できた。また、その判定結果に従って

本線車両が減速制御を行うことで、合流車両がスムーズに本線に進入できる車間距離を確保できることを実証した。

路車間通信活用（合流車両検知）モデルは、車車間通信活用モデルと同様に、本線を走行する自動走行車両が緩やかに減速するもので、合流車両の受け入れにおいて安全性の向上と交通流への影響の低減が期待できる。さらに、路側インフラが合流車両の存在を検知して本線車両に情報提供するため、本線を走行する協調型自動走行車両は、合流車両側の無線通信機の搭載有無や自動走行機能の有無、本線路と合流路間の通信環境とは無関係に有効な先読み情報を得ることができる。よって、車車間通信活用モデルと比べ、無線通信機や協調型自動走行車両の普及率が低い段階でも、路車間通信活用（合流車両検知）モデルは効果が得られやすいと言える。

一方で、合流車両の動きの予測が難しいという点では課題がある。検知される合流車両はそれぞれ加速などの性能が異なる。また、同種の車両であっても人が運転している場合は加速や合流の仕方も運転者によって様々である。さらに、カーブや起伏の多い合流路では速度も安定しないことから、合流車両の動きの予測は更に難しくなる。この課題に対し、合流車両の動きを広範囲に渡って把握するために検知エリアを長くすることは考えられる。例えば、検知エリアの下流端を合流区間起点付近まで設けることで、合流車両の動きを遭遇する直前まで正しく把握することが可能になり、当然ながら予測の精度も向上する。また、検知エリアを合流路の上流方向に広げられれば、本線車両は早い段階で合流車両の存在を認知することができるため、余裕をもって車間確保等の対応を行うことができる。具体的には、今回の実験でも検知エリアとした合流区間起点の 100～120m 手前あたりが目安になると考えられるが、合流路は曲線路となっていることも多いため、路側センサの検知能力も考慮して、各々の地点に合わせた最適な検知エリアを決めていくことが重要となる。

また近年、自律センサや無線通信を用いて前方車両に自動で追従する ACC（Adaptive Cruise Control）や CACC（Cooperative ACC）機能の市販車両への搭載が進んでいる。さらに、自動走行車両による隊列走行の研究も行われており、今後は短い車間距離を安全に保ちながら走行する車両が増えていくと予想される。たとえこのような状況になっても、合流車両が途中で停車してしまうことなく、本線に進入できるようにしていかなければならない。交通全体の安全性を考慮すれば、何台もの車両が短い車間距離で隊列走行を行う車両群は、合流エリアに入る度に合流車両が来ても安全に合流できるよう一時的に隊列の

車間距離を長くするといった対応が求められることになるであろう。このような場合でも協調型システムであれば、路側システムからの情報によって合流車両の位置を適切に把握し、必要な車両間のみ車間距離を広げて、その他の車両間の車間距離は維持したり、隊列の中間に割り込まれないよう全体を一つの塊として加減速の制御をしたりすることが可能となる。逆に、事前に合流車両が存在しないことを認識できていれば、車間距離を確保する減速自体が不要と判断でき、隊列走行の車間を変化させることなく効率的な走行を継続できる。今後は、このような機能を有する実験車両を用いた具体的な応用実験が行われていくことも期待される。

#### 5.4.6 路車間通信活用実験（本線車両検知）

##### 5.4.6.1 実験モデル

図 5.4.6-1 に実験モデルを示す。合流車両は、無線機を搭載した協調型の自動走行車両を想定しており、路車間通信を介して路側インフラから受信した本線路の車両検知情報をもとに、本線車両と干渉しないタイミングで合流ができるよう制御する。具体的には、基点を通過して合流エリアに進入した合流車両は、合流路を設定した規制速度（40km/h）を目安に走行し、合流区間起点通過後に加速しながら合流するが、このとき本線車両と干渉すると予測される場合には、合流区間での加速開始タイミングを調整することで、合流可能な本線車間を狙って合流する。この加速タイミングの調整だけでは合流できないと予測された場合は、合流不可と判断する。一方、本線車両は無線通信機能や自動走行機能の有無を問わない車両であるが、本実験では本線路を規制速度で定速走行するものとした。

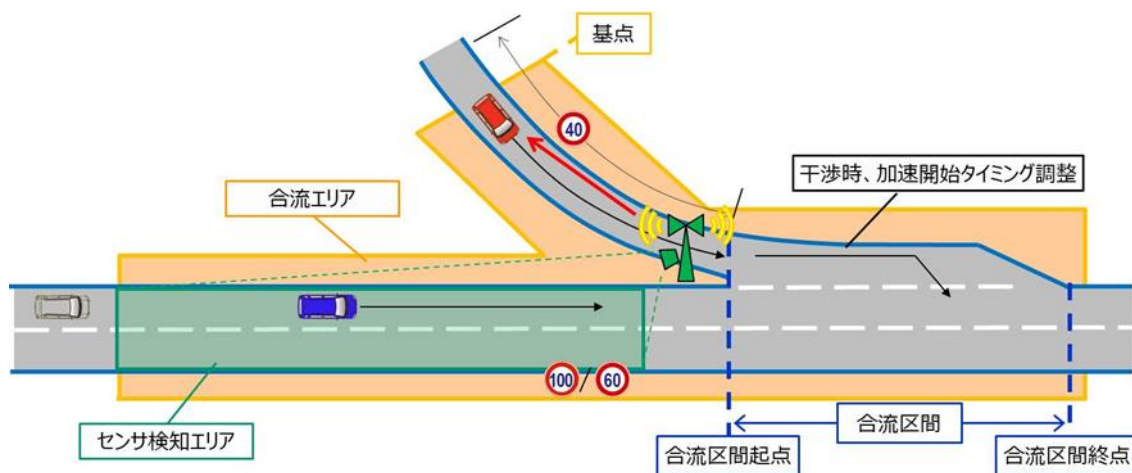


図 5.4.6-1 実験モデル（路車間通信活用実験（本線車両検知））

以下、本実験モデルにおける車載システムが行う処理や動作について詳細を説明する。

### (1) 合流可否判定

合流車両が合流区間内において加速開始タイミングを調整することで、本線車両と干渉することなく合流できるかを判定する。加速開始タイミングを合流区間起点直後とすると、本線車列の前方に合流することになるが、そのタイミングを遅らせることで後方に合流することができる。この調整により、合流車両は本線車両との干渉が避けられる本線車両間を狙って加速し、合流する。調整できる範囲は、合流区間の長さ、本線路及び合流路の規制速度、計画加速度によって決まる。

合流可否の判定方法及び加速開始タイミングの算出手順は以下のとおりである。

- Step1** 合流車両の現在の位置と速度、計画加速度から、合流区間起点を通過した時点から加速したと仮定した場合の合流完了までに要する時間（以下、合流完了所要時間と呼ぶ）と、その位置（以下、合流完了予測位置と呼ぶ）を算出する。また、加速調整時間の初期値として0を設定する。以降、本線の先頭車両から順にStep2~5を繰り返す。
- Step2** 本線車両が現在速度で走行し続けると仮定して、合流完了所要時間経過後の本線車両の位置（以下、本線車両予測位置と呼ぶ）を算出する。
- Step3** 合流完了予測位置と本線車両予測位置から算出した車間距離が合流可能最低車間距離以下である時に干渉と判定し、Step4を行う。干渉しない場合で、合流車両が本線車両の後方に位置する場合はStep5を行い、合流車両が本線車両の前方に位置する場合は繰り返し処理を抜けてStep6を行う。
- Step4** 車間距離と合流可能最低車間距離から調整距離[D]を求め、その距離に達するまでの時間(以下、調整時間と呼ぶ)を算出する。加速調整時間に調整時間を加えた値を新たな加速調整時間として設定する。合流完了所要時間に調整時間を加えた値を新たな合流完了所要時間として設定する。さらに、調整した場合の合流完了予測位置を算出する。これらの算出方法は後述する。
- Step5** 後続の本線車両が存在する場合、その車両を対象としてStep2に戻る。そうでない場合、Step6を行う。
- Step6** 合流完了予測位置が合流区間終点より下流に位置する場合、“合流不可”と判定する。そうでない場合、“合流可”と判定し、さらに加速調整時間を出力す



る。

次に Step4 における調整時間及び合流完了予測位置の算出方法について説明する。図 5.4.6-2 は、ある本線車両に対し、加速調整時間  $T_{c1}$  において干渉し、調整時間経過後の加速調整時間  $T_{c2}$  において非干渉となる車両の位置関係を示している。本線車両及び合流車両が現在速度で定速走行したと仮定したときに、加速調整時間  $T_{c1}$  の状態から加速調整時間  $T_{c2}$  の状態に変わるまでの所要時間は、調整距離[D]を本線車両と合流車両の相対速度で除した値となる。この値が調整時間となる。

$$\text{調整時間} = \frac{D}{V_h - V_g}$$

この調整時間を用いて、加速調整時間及び合流完了所要時間を更新する。また、合流完了予測位置は、調整時間× $V_g$  で得られる値を加算することで更新する。

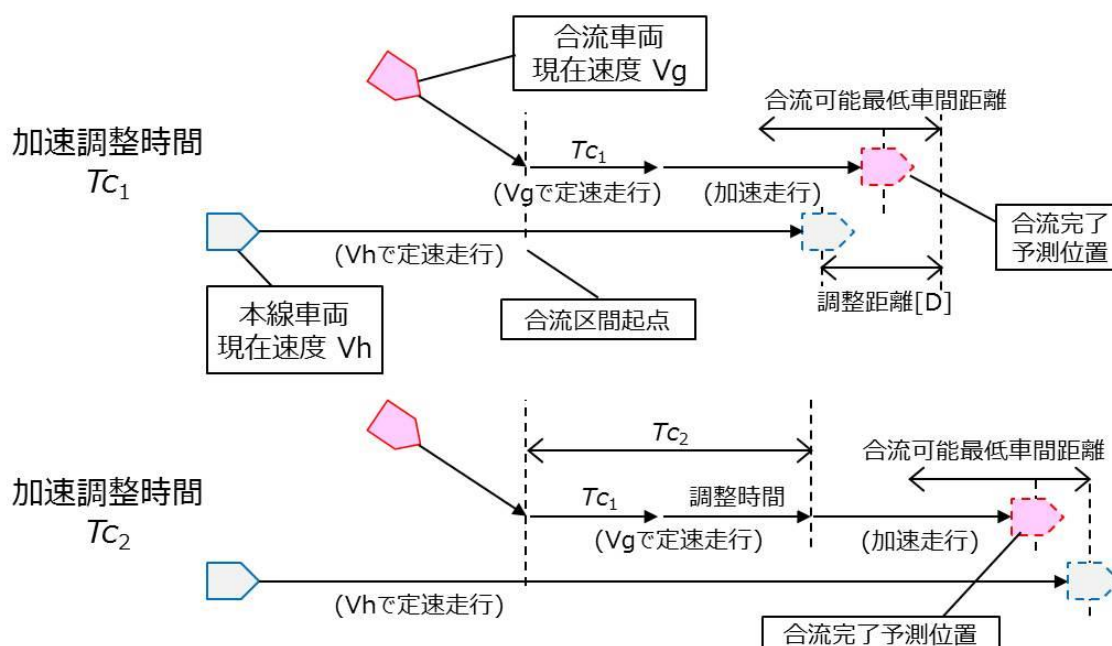


図 5.4.6-2 加速調整時間の算出方法

Step3 で行う判定では、本線車両の位置の予測や、加速調整時間の算出において、路側システムから取得した車両検知情報の位置、速度情報を用いる。また、本線車両が車両検知エリアを通過し、検知情報が得られなくなった後も、走行モデルに従って走行すると仮定して、本線車両の位置や速度を推定し続け、合流可否判定を継続する。

## (2) 路車間通信シーケンス

本実験では、路側システムが報知する車両検知情報を合流車両が受信して利用する。合流車両は、基点を通過し合流エリア内に入ると合流可否判定を行う。

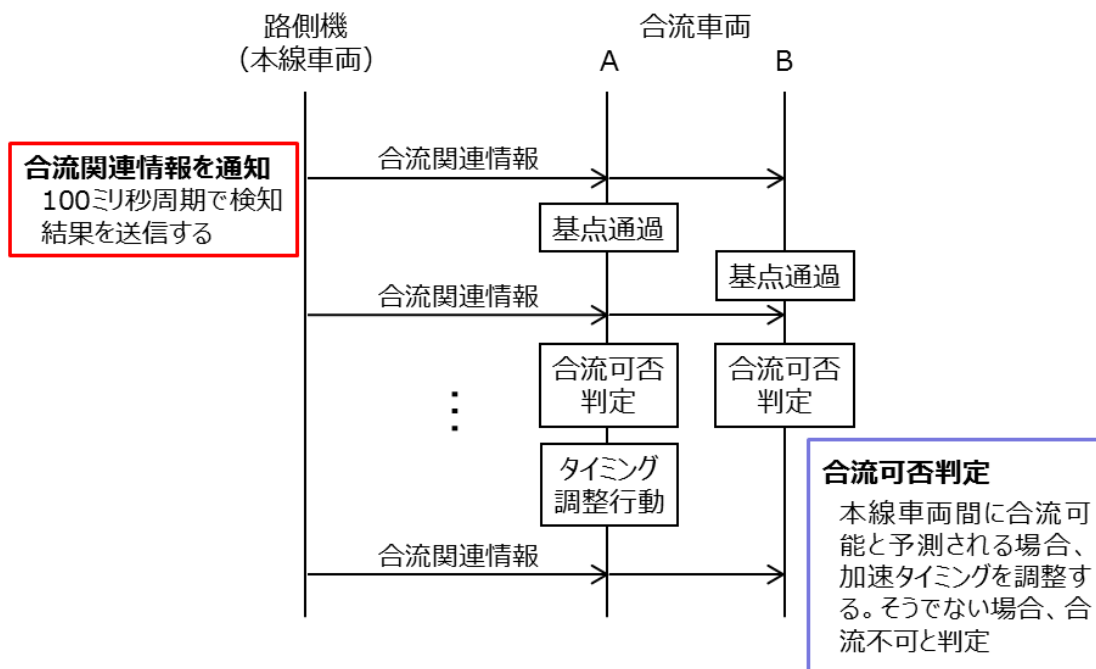


図 5.4.6-3 路車間通信シーケンス (本線車両検知)

## (3) 状態遷移

図 5.4.6-4 は合流車両の状態遷移図を、表 5.4.6-1 は各状態の概要を、表 5.4.6-2 は状態遷移条件を示す。自車両が合流エリア外に位置する時には「サービスアウト」状態となり、これが初期状態となる。この状態では合流走行に関する判定処理を行わない。自車両が基点を通過し合流エリア内に入ると、「合流タイミング調整」の状態に遷移する。この状態では、合流可否判定の結果が合流可能である場合に、合流可能なタイミングでドライバに加速指示を行う。自車両が合流を完了すると、「サービスアウト」に遷移する。

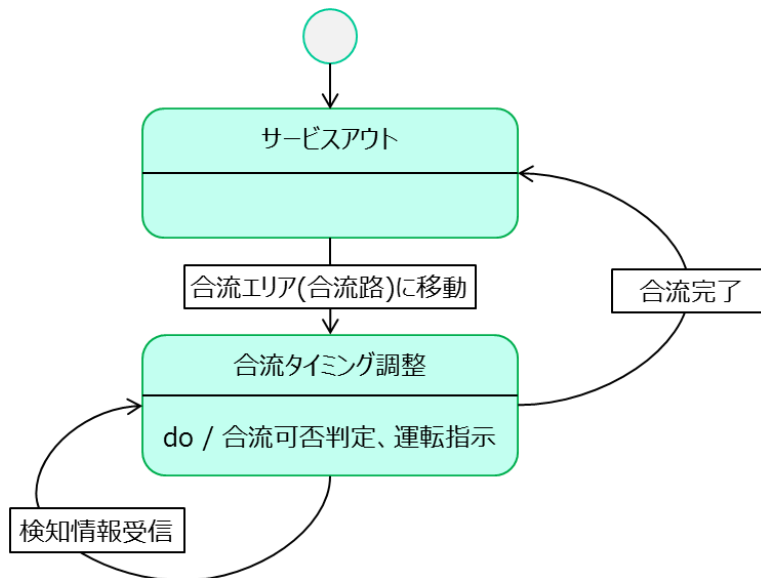


図 5.4.6-4 合流車両の状態遷移図

表 5.4.6-1 合流車両の状態遷移図における各状態の概要

| 状態名       | 概要                |
|-----------|-------------------|
| サービスアウト   | 合流走行判定を行わない状態を示す。 |
| 合流タイミング調整 | 合流走行判定を行う状態を示す。   |

表 5.4.6-2 合流車両の状態遷移図における状態遷移条件

| 遷移前状態     | 遷移後状態     | 遷移条件      |
|-----------|-----------|-----------|
| サービスアウト   | 合流タイミング調整 | 合流エリア内に移動 |
| 合流タイミング調整 | サービスアウト   | 合流完了      |

#### (4) 合流関連情報

本実験において路車間通信メッセージで送信する合流関連情報の概要を表 5.4.6-3 に示す。本表のように、情報の構造は路車間通信活用実験（合流車両検知）と同一であるが、検知対象路や検知車線 ID など、合流関連情報に設定される値が異なる。

表 5.4.6-3 合流関連情報の概要（路車間通信活用実験（本線車両検知））

| 項目           |         | サイズ<br>(bit) | 概要  |
|--------------|---------|--------------|---|
| 合流区間起点情報(緯度) |         | 32           | 合流区間起点の緯度情報を示す                                |
| 合流区間起点情報(経度) |         | 32           | 合流区間起点の経度情報を示す                                |
| 合流区間距離       |         | 16           | 合流区間起点から合流区間終点までの長さ(m)を示す<br>250m             |
| 検知対象路        |         | 8            | 検知対象路を示す<br>0：本線                              |
| 本線車線 ID      |         | 8            | 合流される本線車線の ID を示す<br>1：第 1 車線                 |
| 合流車線 ID      |         | 8            | 合流する合流車線の ID を示す<br>128：合流路                   |
| 車両検知情報数      |         | 8            | 検知した車両数                                       |
| 車両情報         | 検知車線 ID | 8            | 検知した車両が存在する車線の ID を示す<br>1：第 1 車線<br>2：第 2 車線 |
|              | 検知車両位置  | 16           | 合流区間起点からの距離(m)を示す                             |
|              | 検知車両速度  | 16           | 検知した車両の速度(m/s)を示す                             |

### (5) 合流運転指示アプリケーション

路車間通信活用実験（本線車両検知）で使用する路車合流モードの合流運転指示アプリケーションの画面例と設定項目について説明する。

#### (ア) 画面例

図 5.4.6-5～図 5.4.6-9 はアプリケーションの画面例である。画面の④合流走行判定状態には、(3)状態遷移で説明した現在の状態が表示される。③運転指示は、「合流タイミング調整」の状態においてのみ、“車速維持”、“加速”または“合流不可”のいずれかが、それ以外の状態では“指示無”が表示される。⑤合流情報は、本アプリケーションが行った合流可否判定結果として、合流残秒数、目標合流位置、車間調整開始時間が表示される。②設定パラメータでは自車両の車両 ID の他、判定で用いるパラメータ値が確認できる。本実験で用いた値については後述する。⑨路側機情報には、路車間通信により受信した車両検知情報（検知対象車線 ID、位置、速度）が表示される。



図 5.4.6-5 路車合流モード画面：サービスアウト

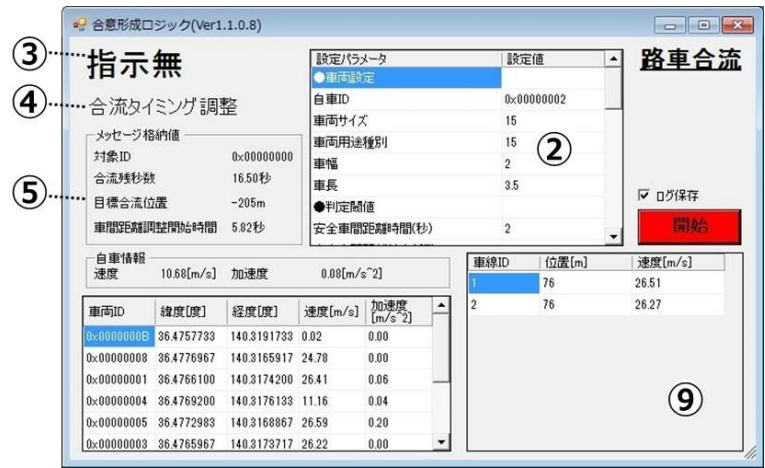


図 5.4.6-6 路車合流モード画面：合流タイミング調整（指示無）



図 5.4.6-7 路車合流モード画面：合流タイミング調整（速度維持指示）



図 5.4.6-8 路車合流モード画面：合流タイミン調整（加速指示）



図 5.4.6-9 路車合流モード画面：合流タイミン調整（合流不可）

## (イ) 設定項目

本実験では、合流可能最低車両距離の値を試行内容に応じて変更した。それ以外の項目については、車車間通信活用実験で用いたものを適用した（5.4.4.1（5）（イ）参照）。

## (6) 車両検知エリア

本実験で使用した路側システムの車両検知エリアについて説明する。合流車両は、合流路を 40km/h で走行し、合流区間起点通過以降に加速して本線路に合流する。このとき、合流車両が最短で合流するのは、合流区間起点通過直後に加速した場合であり、最長で合流するのは合流区間終点で合流する場合である。計画加速度で加速すると、この二つの場合の合流完了までの所要時間と合流完了位置は表 5.4.6-4 に示すとおりとなる。合流完了位置は、合流区間起点からの距離を示し、下流側を正值としている。ここでは、

合流区間長を 250m、計画加速度を 1.6m/s<sup>2</sup>として算出した。

表 5.4.6-4 合流完了までの所要時間と合流位置

| 走行パターン        | 本線規制速度<br>(km/h) | 所要時間<br>(秒) | 合流完了位置<br>(m) |
|---------------|------------------|-------------|---------------|
| 合流区間起点通過直後に加速 | 60               | 3.5         | 48            |
|               | 100              | 10.0        | 202           |
| 合流区間の最後に合流完了  | 60               | 21.6        | 250           |
|               | 100              | 14.0        | 250           |

合流車両は、加速を開始する前に各本線車両との干渉判定を行い、合流可否を判断する。つまり、合流完了の時点から合流走行に要する時間を遡った時点での本線車両の位置と速度の情報が必要となる。そして、合流完了時点で干渉すると予測される本線車両の位置は、本線規制速度が 60km/h においては合流区間起点の上流 110m～10m となり、100km/h においては 87m～157m となる。今回の実験では、これらの値を踏まえつつ、本線車両が合流区間起点に近づいた時に正確な位置を把握できるよう合流区間起点の上流 0m～120mを検知エリアとして設定し、2 基の路側システムを用いて検知を行うこととした。

#### 5.4.6.2 測定方法

前項の実験モデルを用いて測定を行った。その詳細について説明する。

##### (1) 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 合流車両の合流運転指示アプリケーションの動作を開始する。

Step3 本線車両が走行を開始し、所定の車間を保って規制速度で定速走行する。

Step4 合流車両が走行を開始し、合流路を 40km/h で走行する。

Step5 本線車両は、車間・速度を維持したまま走行を継続する。

合流車両は、合流区間起点通過後に発生する合流運転指示アプリケーションの加速指示を受けて加速する。加速指示がない場合は、40km/h のまま定速走行する。

Step6 合流車両は、合流区間終点を通過後、合流運転指示アプリケーションの動作を

停止する。

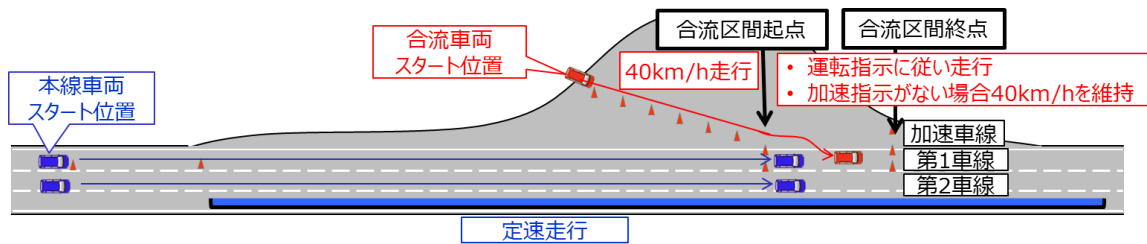


図 5.4.6-10 路車間通信活用実験（本線車両検知）における走行方法

## (2) 試行パターン

表 5.4.6-5 に示すように、本線路規制速度、各車両の走行台数の組み合わせにより 4 つの試行パターンを設けた。各試行パターンの試行回数も合わせて記載する。車車間通信活用実験と同様に、本線路の規制速度は 60km/h と 100km/h を設定した。走行車両台数に関しては、何れのパターンにおいても本線車両は複数台とし、合流車両は 1 台または 2 台とした。

表 5.4.6-5 路車間通信活用実験（本線車両検知）：試行パターンと試行回数

| 試行パターン | 本線路         |          | 合流路      | 試行回数 |
|--------|-------------|----------|----------|------|
|        | 規制速度 (km/h) | 車両台数 (台) | 車両台数 (台) |      |
| 1      | 60          | 2~4      | 1        | 13   |
| 2      | 100         | 4        | 1        | 18   |
| 3      | 60          | 3        | 2        | 6    |
| 4      | 100         | 3        | 2        | 6    |

### 5.4.6.3 実験結果

以下に各試行パターンでの代表例を用いて実験の結果を説明する。

#### (1) 合流車両が 1 台の場合

##### (ア) 本線車両間に合流（本線車両 2 台）

試行パターン 2 のうち、合流車両が本線車列の中間に合流したケースについて説明する。



本試行では、天候および路面状況から安全を考慮して、合流可能最低車間距離（前方／後方）はそれぞれ 0.2 秒（3.3m）、3.0 秒（50m）を設定した。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.6-6 に示す。

表 5.4.6-6 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 3       | 4       |
| 2 台目 | 6       | —       |

図 5.4.6-11 は、各車両の合流区間起点からの距離を示す。本線路の車両検知エリアは、合流区間起点の上流 120m～0m である。開始 5.0 秒後に検知エリアに進入した本線車両 3 が検出され、11.1 秒に通過したことがわかる。通過後の本線車両 3 の位置は、この検知結果をもとに合流車両が推定したものである。同様に、本線車両 6 は 11.7～17.2 秒に検知されている。また、合流車両 4 は、9.0 秒に合流区間起点に到達している。

図 5.4.6-12 は、合流車両 2 との予測車間距離の推移を示している。この予測車間距離は、合流車両が合流区間起点通過後に即座に計画加速度で加速すると仮定したときの合流完了位置と、その時点での本線車両との車間距離を示している。また、合流車両の現在位置が合流区間起点の下流にある場合、合流車両がその位置から即座に計画加速度で加速すると仮定したときの合流完了位置と、その時点での本線車両との車間距離を示している。合流可能最低車間距離に基づき、合流車両 4 は 5.0～13.4 秒において本線車両 3 と干渉する恐れがあると判定している。

図 5.4.6-13 は、合流車両が合流可能と判断している本線の車両位置を示している。合流車両 4 は、5.0～13.4 秒において本線車両 3 と干渉すると予測しているため、加速タイミングを調整することでその後方（本線車両 6 の前方）に合流できると判断している。合流車両 4 は、9 秒に合流区間起点に到達していることから、合流路を走行している時に既に合流可能な車間を選択できていることがわかる。

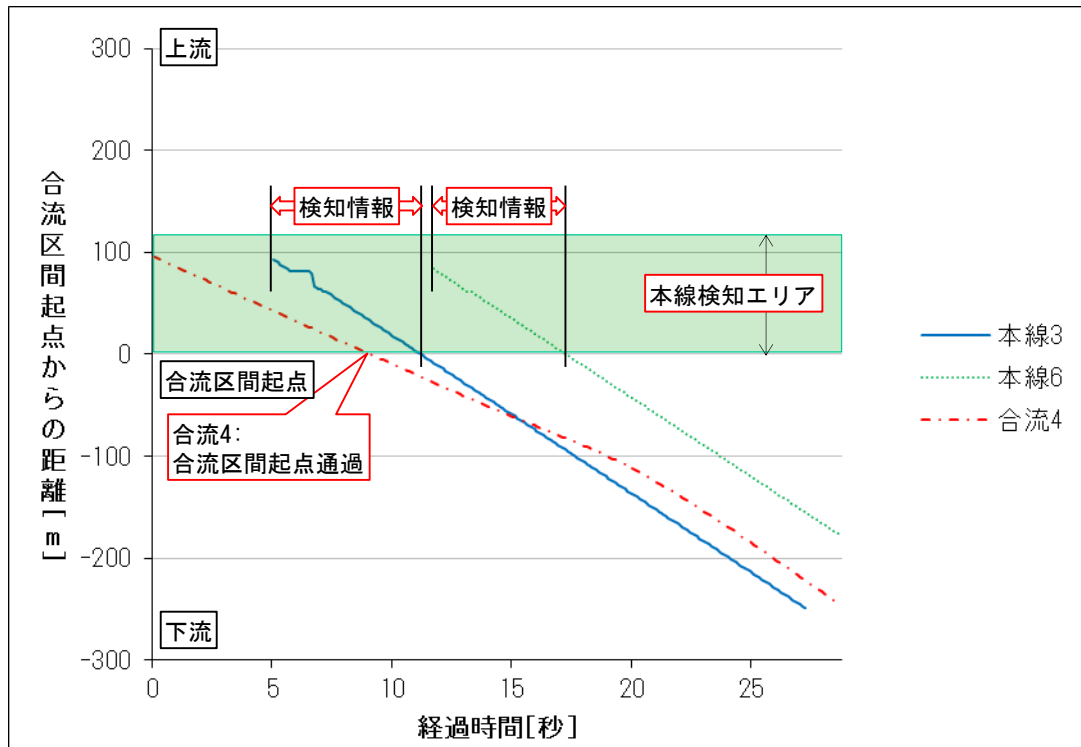


図 5.4.6-11 合流区間起点からの距離

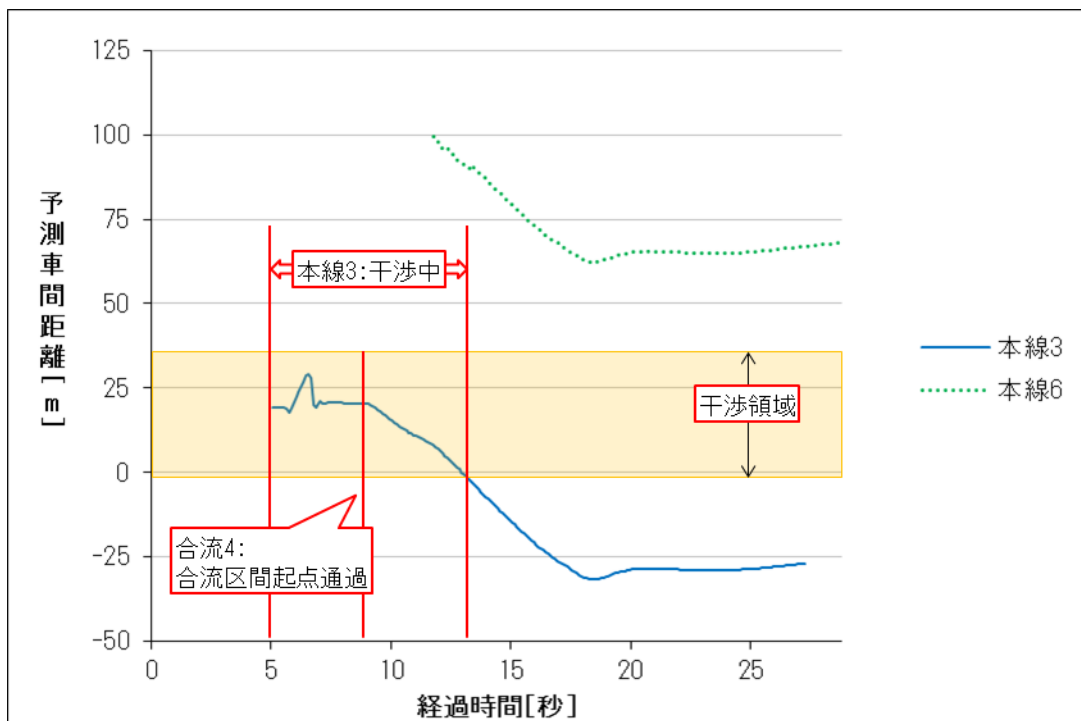


図 5.4.6-12 予測車間距離

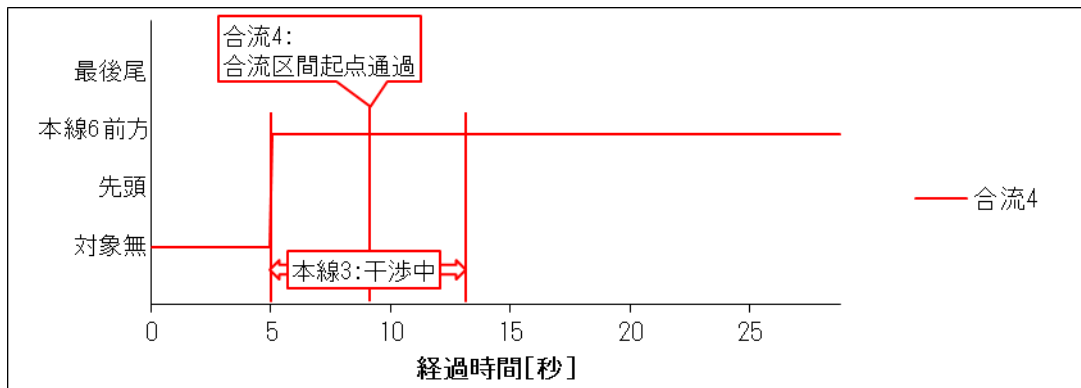


図 5.4.6-13 合流目標車両位置 (合流車両 4)

図 5.4.6-14 に合流車両 4 の運転指示の遷移を示す。本図より、合流車両 4 は 9.0 秒に合流区間起点を通過してから 13.4 秒に至るまで速度維持の指示が発生し、その後、加速指示に切替わっており、本線車両 3 の後方に合流するように指示が発生していることが確認できる。

図 5.4.6-15 に各車両の速度変化を示す。2 台の本線車両が同じ速度で定速走行しており、測定開始時点からの車間距離が維持されたことが読み取れる。また、合流車両 4 は、13.4 秒に発生した加速指示以降に加速を開始していることがわかる。

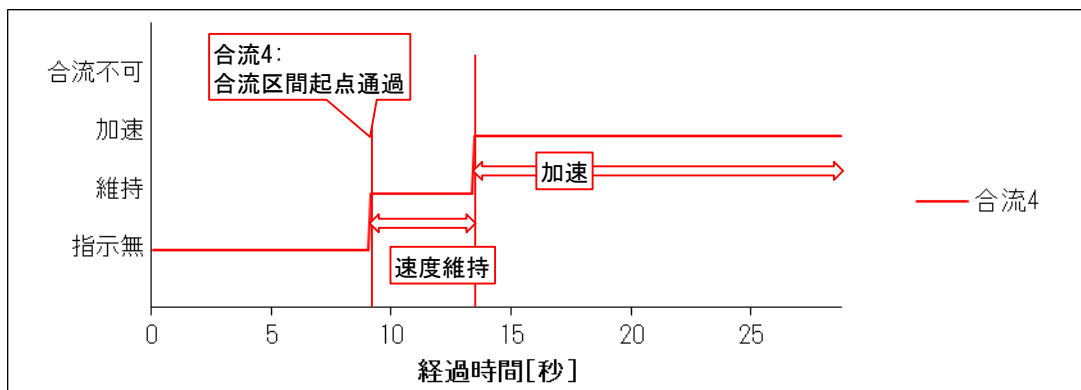


図 5.4.6-14 経過時間に対する運転指示の遷移 (合流車両 4)

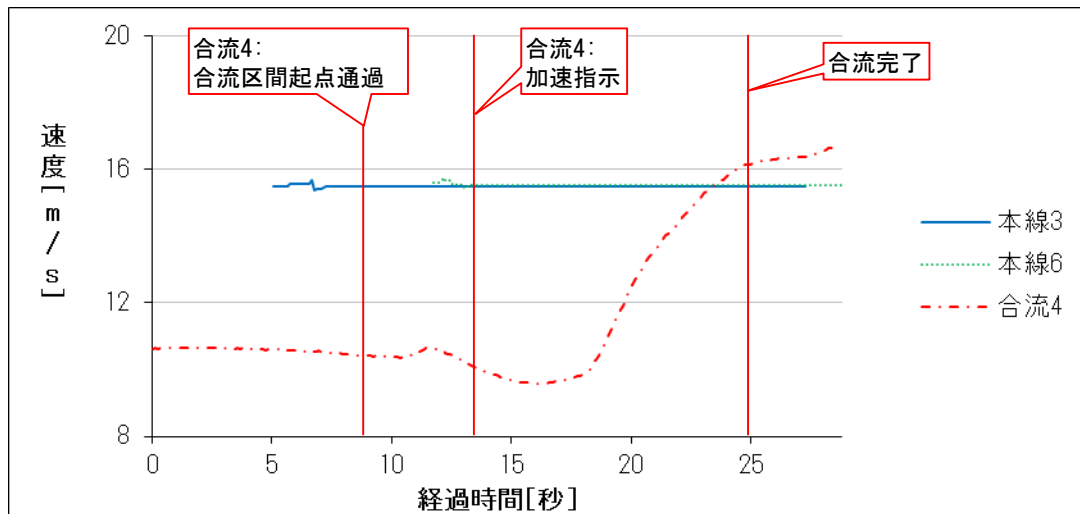


図 5.4.6-15 速度変化

図 5.4.6-16 は、図 5.4.6-11 のグラフに、合流車両 4 が合流区間起点から直ちに加速したと仮定した場合の位置を追加 (図中の「合流 4 (仮想)」) したものである。また、図 5.4.6-17 はその「合流 4 (仮想)」との各車両との車間距離を示す。合流車両 4 が加速タイミングの調整を行わなかった場合、合流車両 4 は本線車両 3 の前方 32m の位置に合流することが示されており、合流可能最低車間距離 (後方: 50m) が確保できなくなることが予想される。一方、加速タイミングの調整をしたことにより、合流車両 4 は、本線車両 3 と本線車両 6 との間に合流し、前方の本線車両 3 との車間距離は 29m、後方の本線車両 6 との車間距離は 65m と、前後に十分な車間距離を確保した状態で、安全に合流できていることが確認できる。これらのことから、合流車両 4 が設定値に応じて適切に加速タイミングを調整できたと言える。

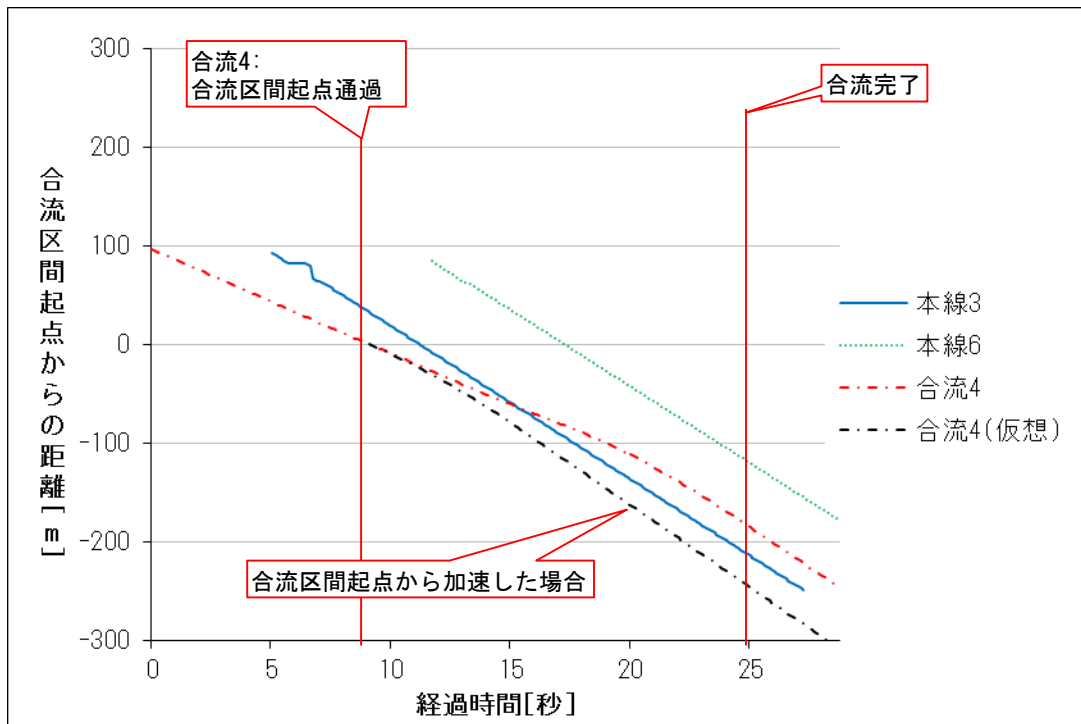


図 5.4.6-16 合流区間起点からの距離（合流区間起点から加速した場合）

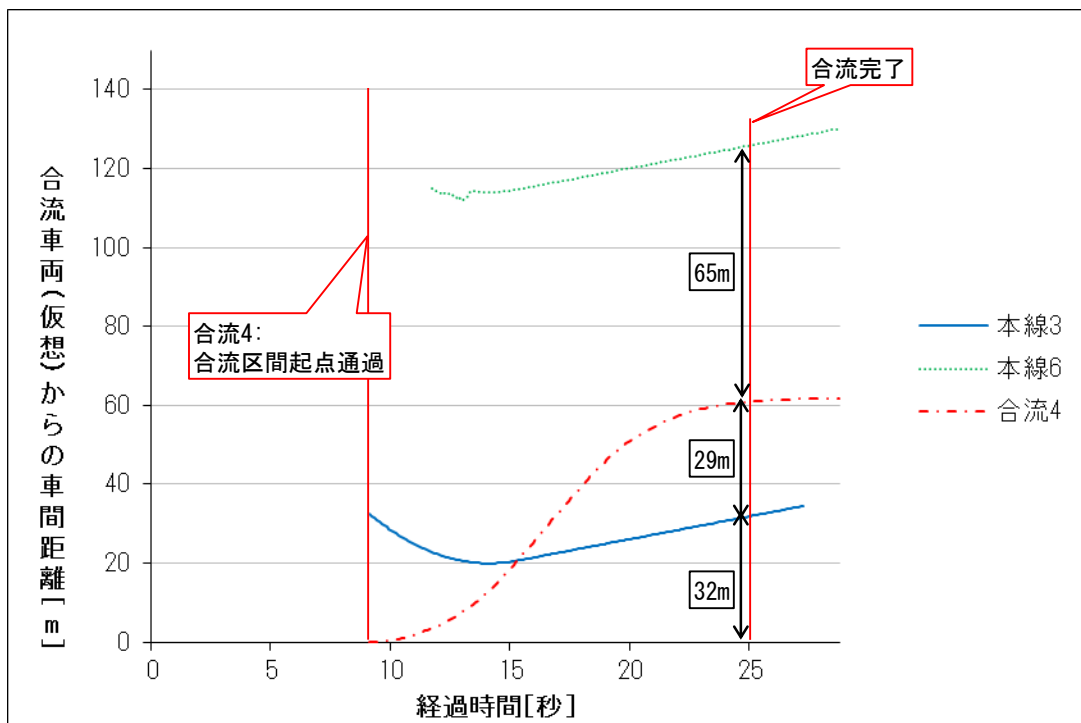


図 5.4.6-17 合流車両（仮想）からの車間距離

図 5.4.6-18 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時の本線車両 3 の前方映像である。合流車両 4 が本線車両 3 の前方に位置しているが、車間距離が短く、そのまま合流車両 4 が合流すると、さらに車間距離が接近することが窺える。図 5.4.6-19 は、合流車両 4 が加速を開始した時の合流車両 4 の前方映像である。この時点で、本線車両 3 は合流車両 4 のわずかに前方に位置し、ここから合流車両 4 が加速することで、その後方に合流できることがわかる。また、図 5.4.6-20～図 5.4.6-22 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時、加速開始時及び合流完了時の、合流区間の下流から上流方向を撮影した映像である。各映像から、合流車両 4 が加速タイミング調整により、本線車両の車間距離を認識しながら、合流できていることが確認できる。



図 5.4.6-18 前方映像（本線車両 3：合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-19 前方映像（合流車両 4：合流車両 4 の加速開始時）

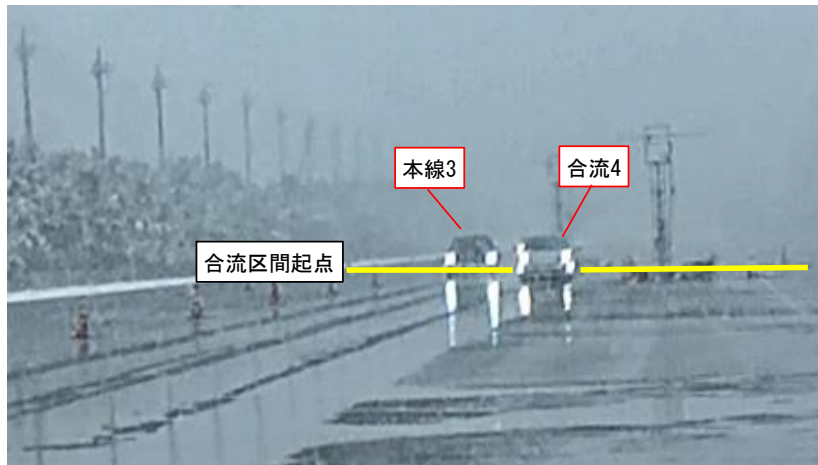


図 5.4.6-20 下流側からの映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-21 下流側からの映像（合流車両 4 の加速開始時）



図 5.4.6-22 下流側からの映像（合流車両 4 の合流完了時）

(イ) 本線車両間に合流（本線車両 4 台）

試行パターン 1 のうち、合流車両が本線車列の中間に合流したケースについて説明する。本試行では、合流可能最低車間距離（前方／後方）としてそれぞれ 0.2 秒（5.6m）、1.0 秒（27.8m）を設定した。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.6-7 に示す。

表 5.4.6-7 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.6-23 は各車両の合流区間起点からの距離を示す。各本線車両が 5.6～21.8 秒において車両検知エリアを通過し、合流車両 2 が 14.4 秒に合流区間起点を通過していることがわかる。

図 5.4.6-24 は合流車両 2 との予測車間距離の推移を示している。合流車両 2 は、自車両と干渉する恐れがある本線車両は無く、本線車両 5 が検知された 10.7 秒以降においては、自車両の合流完了時に本線車両 5 と 8 に位置すると予測している。従って、図 5.4.6-25 に示すように、合流車両 2 は、自身が合流区間起点に到達するよりも前に、本線車両 5 と 8 の車間を合流位置として選択していることがわかる。



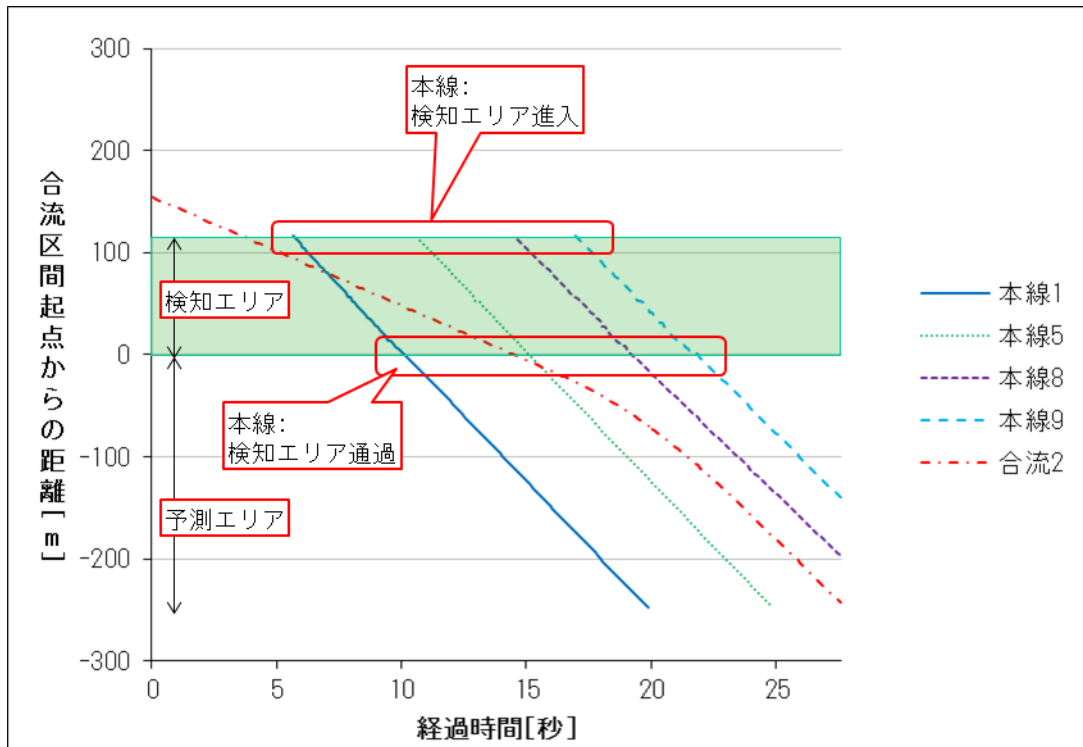


図 5.4.6-23 合流区間起点からの距離

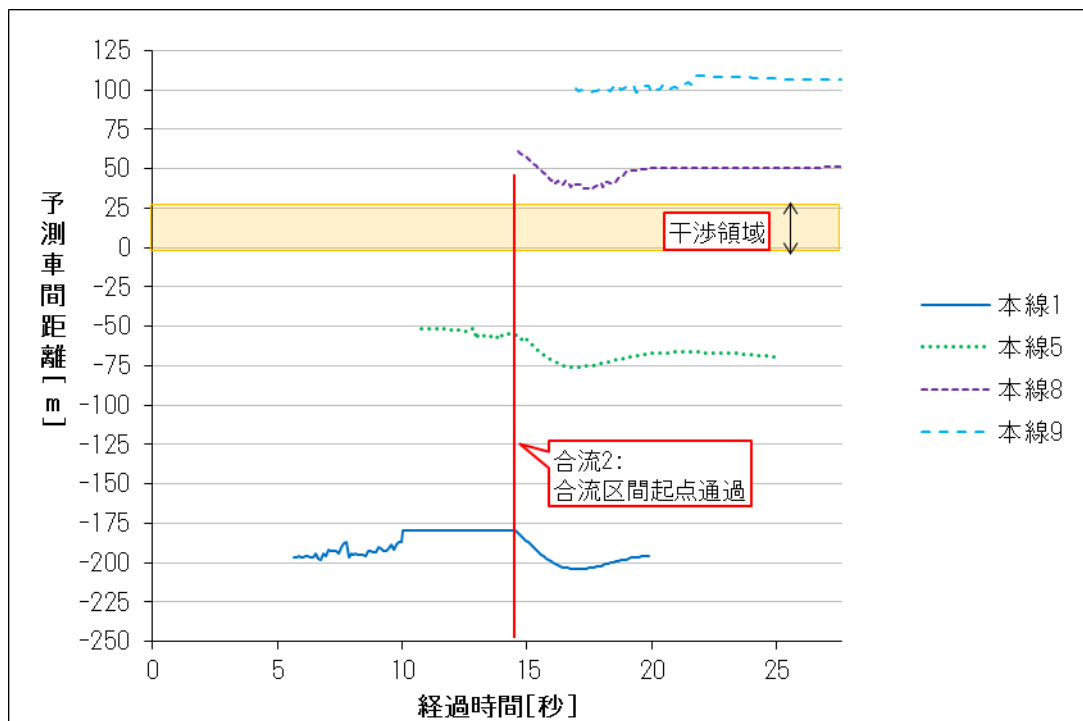


図 5.4.6-24 予測車間距離

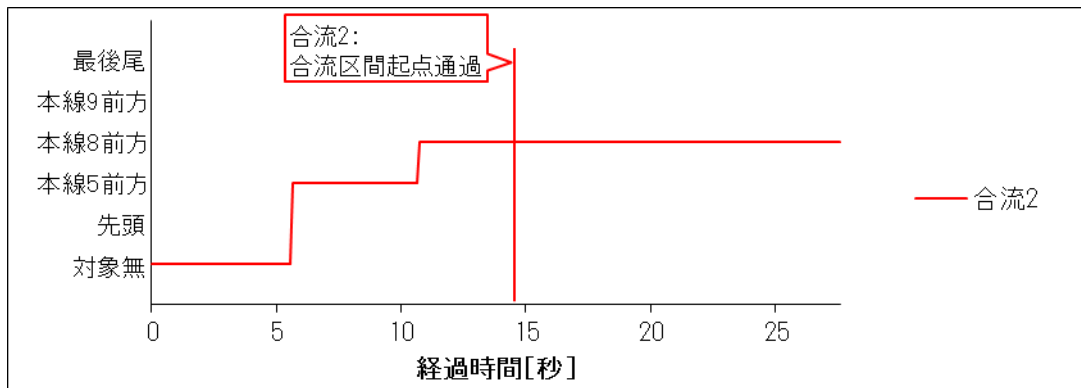


図 5.4.6-25 合流目標車両位置 (合流車両 2)

図 5.4.6-26 に合流車両 2 の運転指示の遷移を示す。本図より、合流車両 2 は合流区間起点を通過した 14.4 秒時点において加速指示が発生していることが確認できる。

図 5.4.6-27 に各車両の速度変化を示す。4 台の本線車両は概ね定速で走行している。また、合流車両 2 は合流区間起点通過直後に加速指示を受けて加速を開始していることがわかる。

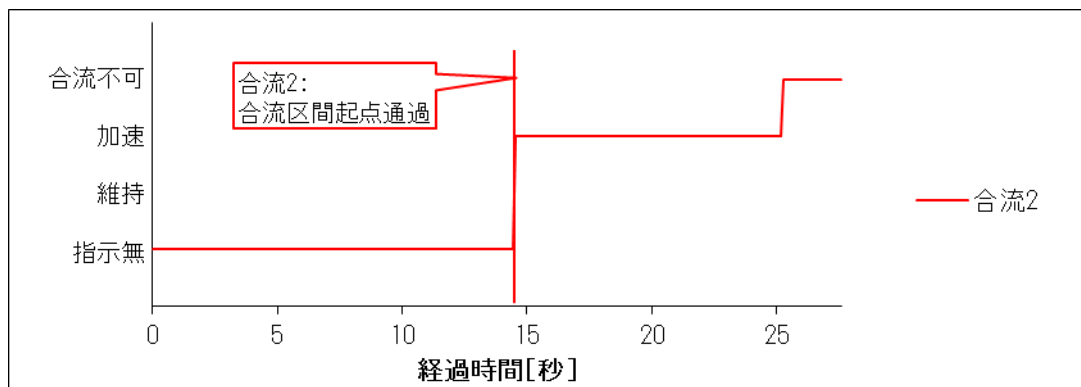


図 5.4.6-26 経過時間に対する運転指示の遷移 (合流車両 2)

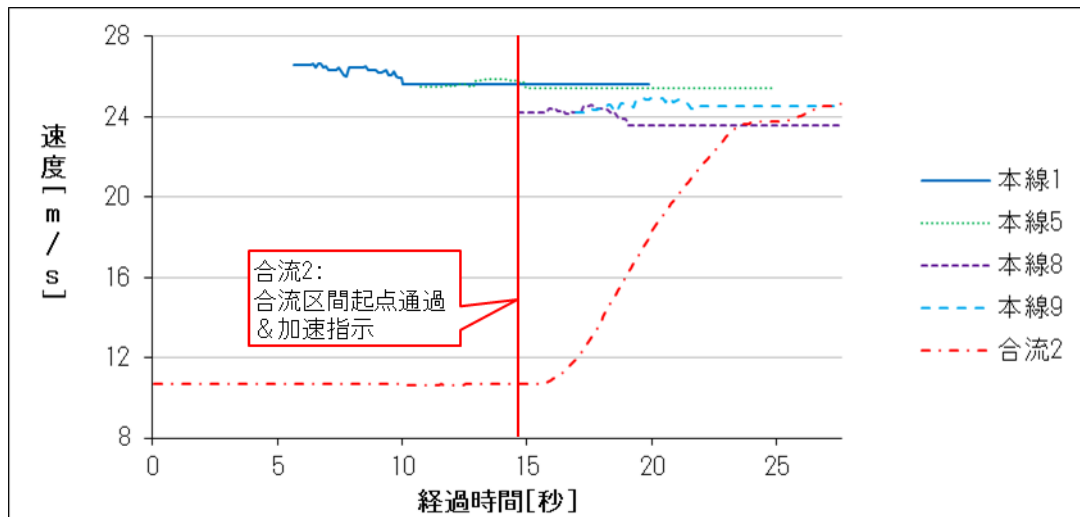


図 5.4.6-27 速度変化

図 5.4.6-28 に本線車両 5 との車間距離を示す。本線車両 5 が前方に位置するとき正值を取る。合流車両 2 が合流区間起点に到達した時点では、合流車両 2 は本線車両 5 の 15m 前方に位置し、本線車両 5 と後続の本線車両 8 との車間距離はおよそ 100m である。また、合流車両 2 が合流を完了した時点においては、前方の本線車両 5 に対しては 70m、後方の本線車両 8 に対しては 45m の車間距離がある。従って、合流車両 2 が本線車両 5 と 8 の車両間を選択し、合流区間起点到達時に加速指示が発生したことは適切であったと言える。

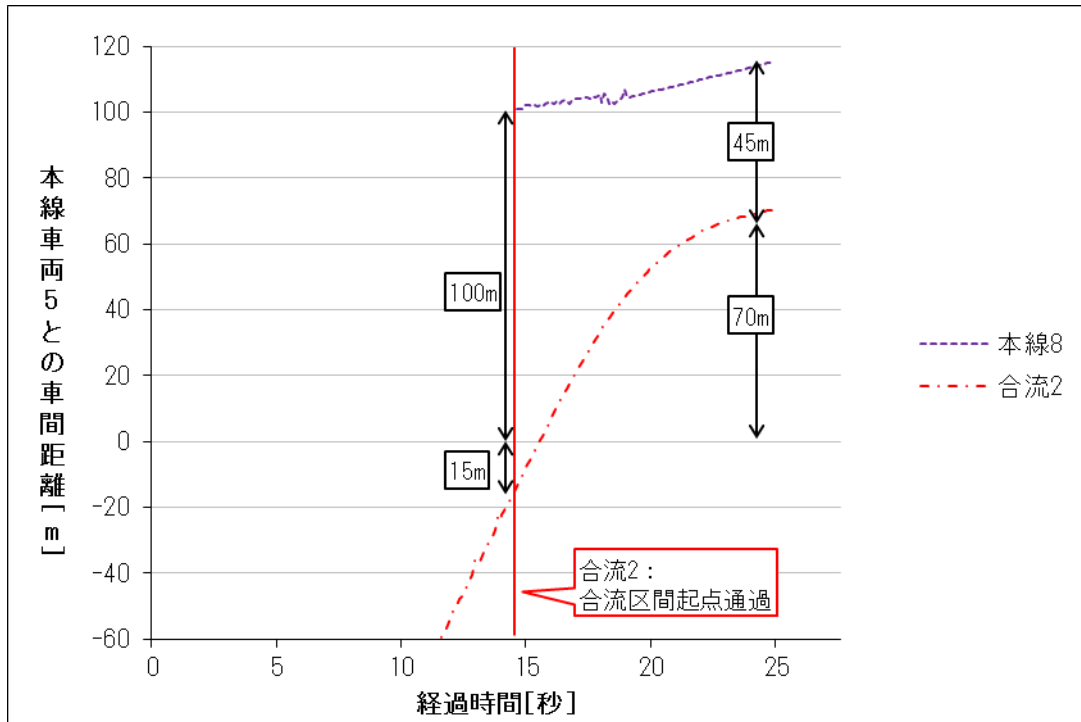


図 5.4.6-28 合流区間起点からの距離（合流区間起点から加速した場合）

図 5.4.6-29 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 5 の前方映像である。合流車両 2 が本線車両 5 の前方に位置していることがわかる。図 5.4.6-30 及び図 5.4.6-31 は、合流車両 2 が合流完了した時の合流車両 2 及び本線車両 8 の前方映像である。また、図 5.4.6-32 及び図 5.4.6-33 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.6-34 は合流車両 2 の合流完了時の水平映像である。各映像から、合流車両 2 が本線車両 5 と 8 の間に合流できていることがわかる。



図 5.4.6-29 前方映像（本線車両 5：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-30 前方映像（合流車両 2：合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.6-31 前方映像（本線車両 8：合流車両 2 の合流完了時）

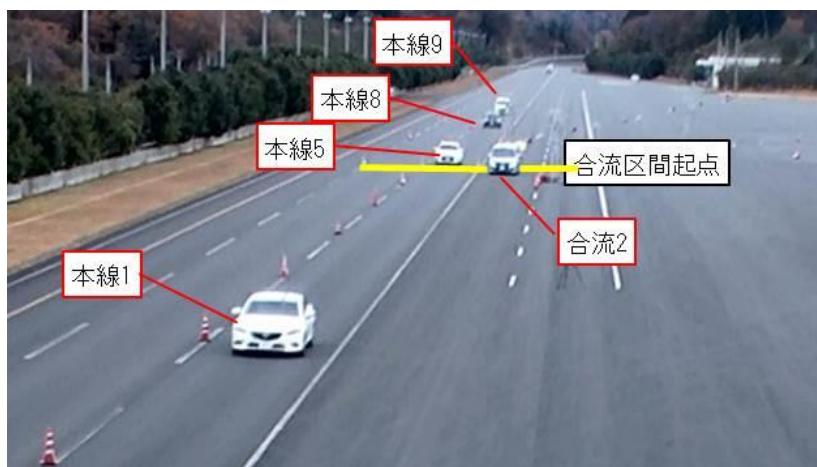


図 5.4.6-32 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点到達時）

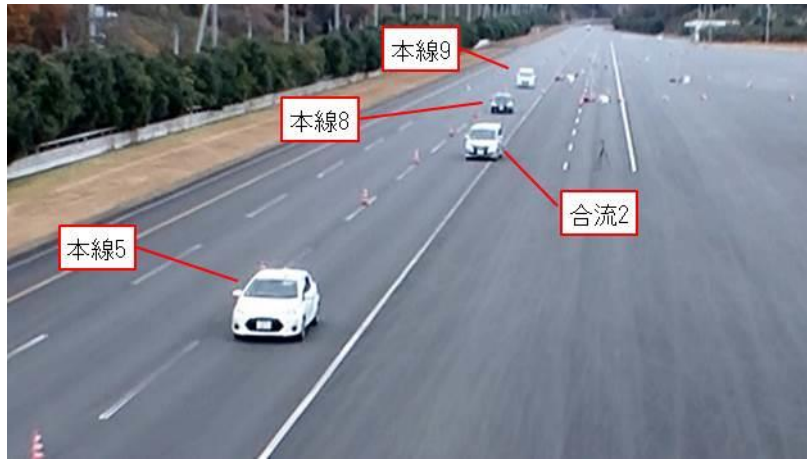


図 5.4.6-33 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流完了時）



図 5.4.6-34 進行方向左側からの水平映像（合流車両 2 の合流完了時）

(ウ) 本線車両間に合流（合流できない）

試行パターン 1 のうち、合流車両が合流不可と判断したケースについて説明する。本試行では、合流車両が本線車両間に合流できないと判断できることを確認するため、合流可能最低車間距離（前方／後方）としてそれぞれ 0.2 秒（5.6m）、2.0 秒（55.6m）と長めの値を設定した。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.6-8 に示す。

表 5.4.6-8 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 1       | 2       |
| 2 台目 | 5       | —       |
| 3 台目 | 8       | —       |
| 4 台目 | 9       | —       |

図 5.4.6-35 は各車両の合流区間起点からの距離を示す。各本線車両が 3.9～14.3 秒において車両検知エリアを通過し、合流車両 2 が 7.4 秒に合流区間起点を通過していることが

わかる。

図 5.4.6-36 は合流車両 2 との予測車間距離の推移を示している。合流可能最低車間距離を長くしたことから、合流車両 2 は 6.3~20.6 秒において何れかの本線車両と干渉すると予測している。従って、図 5.4.6-37 に示すように、合流車両 2 は常に検知された本線車両の後方に合流するように、合流する位置を選択している。

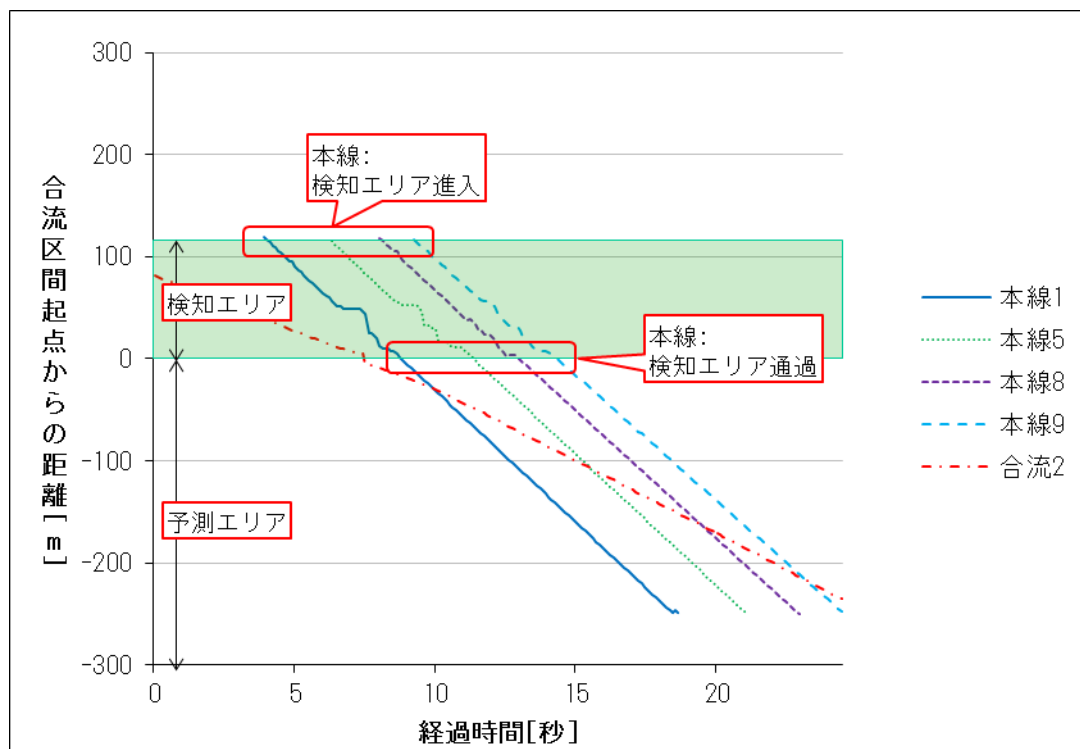


図 5.4.6-35 合流区間起点からの距離

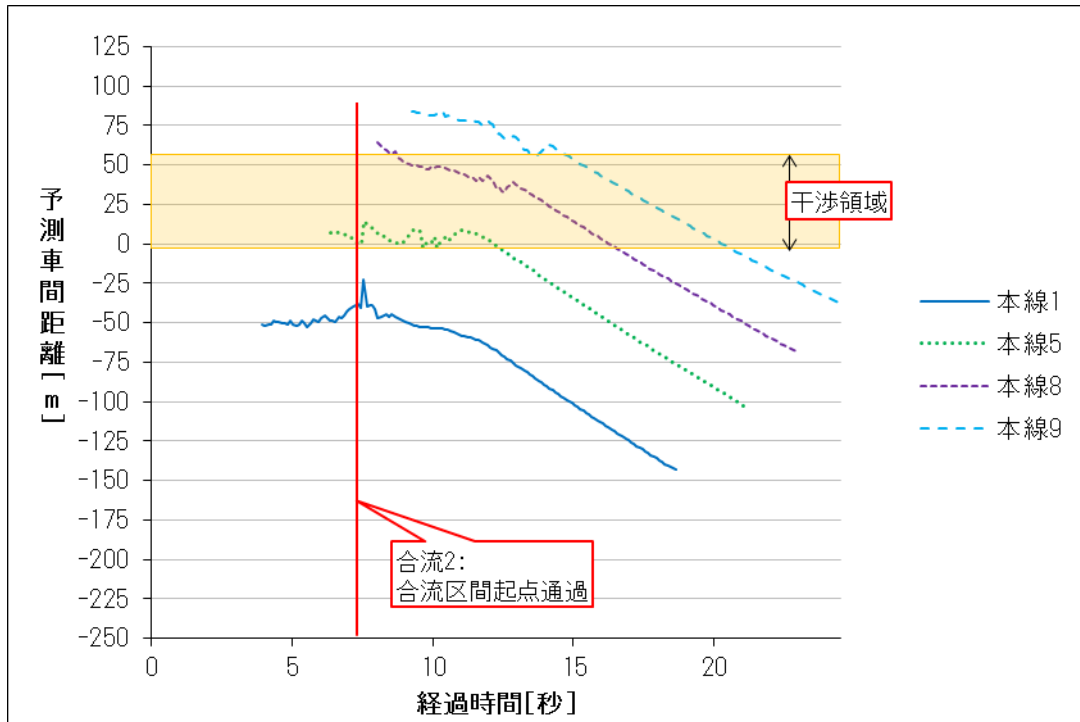


図 5.4.6-36 予測車間距離

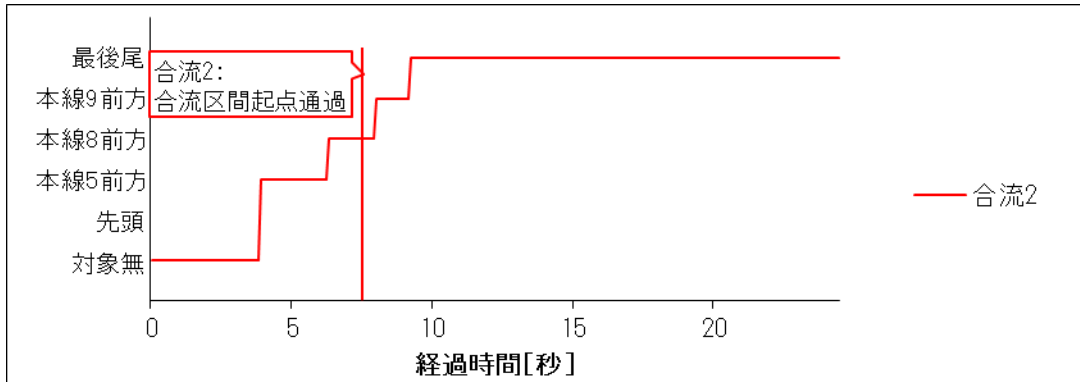


図 5.4.6-37 合流目標車両位置（合流車両 2）

図 5.4.6-38 に合流車両 2 の運転指示の遷移を示す。本図より、合流車両 2 は合流区間起点を通過した 7.4 秒の時点で一時的に速度維持指示が発生するものの、8.0 秒以降においては合流不可と判断していることがわかる。

図 5.4.6-39 に各車両の速度変化を示す。合流車両 2 は加速指示が発生しなかったため、合流区間起点通過後も加速することなく走行を継続したことが確認できる。



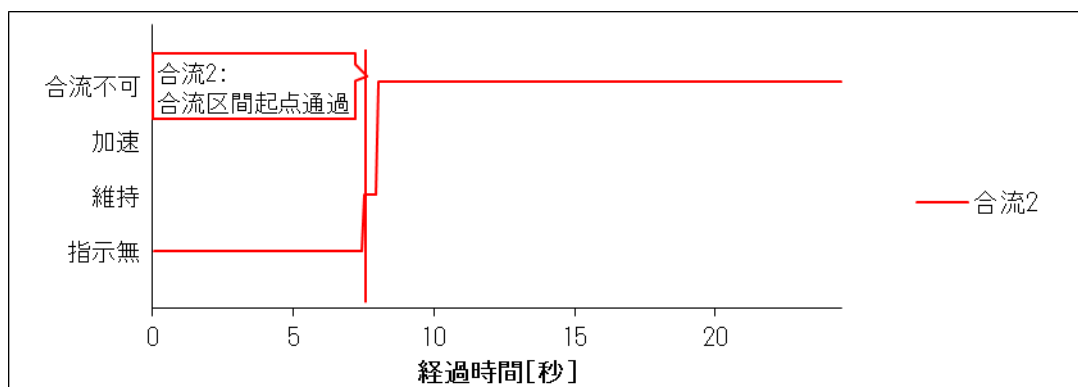


図 5.4.6-38 経過時間に対する運転指示の遷移（合流車両 2）

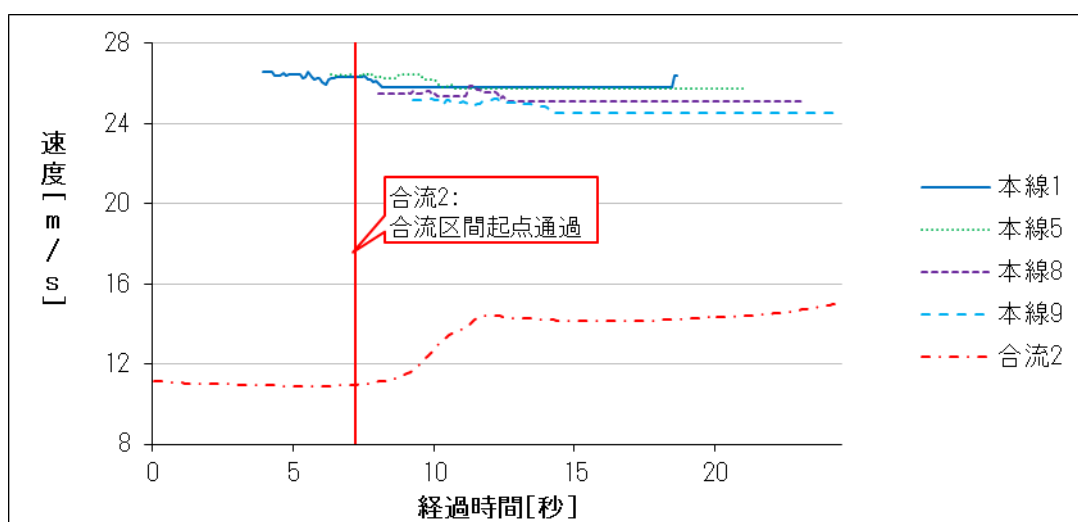


図 5.4.6-39 速度変化

図 5.4.6-40 に示すように、合流車両 2 が合流区間起点から加速した場合、合流車両 2 は本線車両 5 の前方 28m に合流することとなり、合流可能最低車間距離（後方：55.6m）以下となることが示されている。また、本線車両間の車間距離は何れも合流可能最低車間距離以下であることがわかる。これらのことから、合流車両 2 が検知された本線車列の各車間距離を把握し、合流不可と判断したことは適切であったと言える。

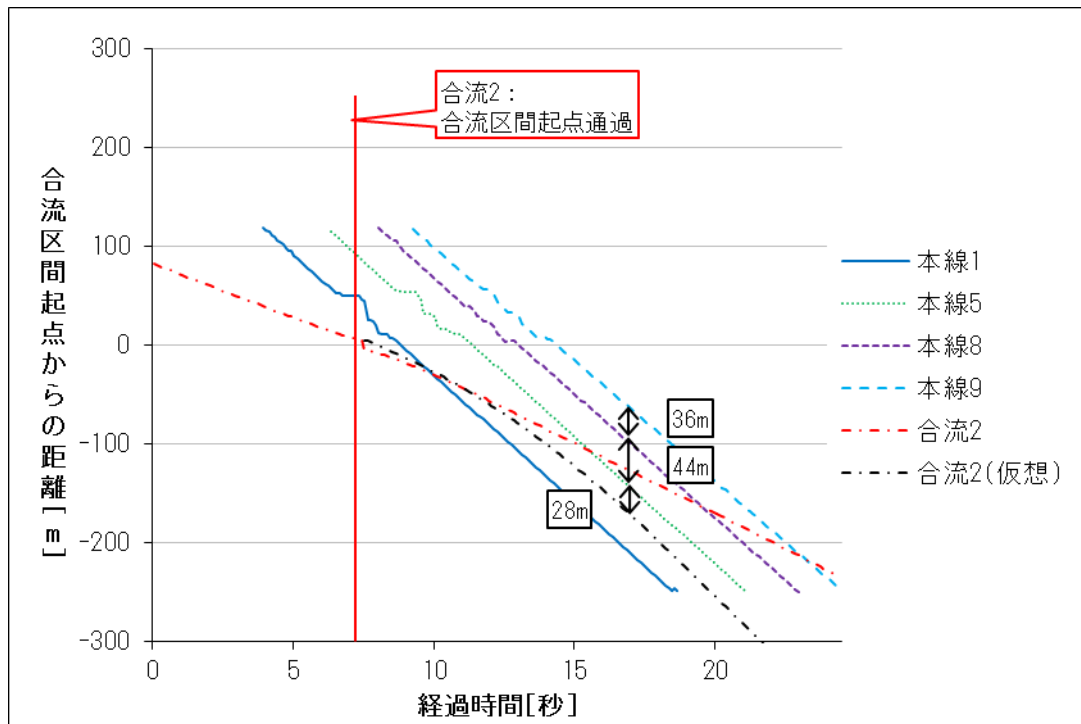


図 5.4.6-40 合流区間起点からの距離（合流区間起点から加速した場合）

図 5.4.6-41 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時の本線車両 1 の前方映像である。合流車両 2 が本線車両 1 の前方に位置するが、その車間距離が短いことがわかる。図 5.4.6-42 及び図 5.4.6-43 は、合流車両 2 が合流区間起点を通過してから 7 秒後及び 12 秒後の合流車両 2 の前方映像である。本線路には本線車両が走行しており、合流可能最低車間距離以上の車間距離が無いことが確認できる。図 5.4.6-44、図 5.4.6-45 及び図 5.4.6-46 は、合流車両 2 が合流区間起点に到達した時、合流区間起点を通過してから 7 秒後及び 12 秒後の俯瞰映像である。各映像から、合流車両 2 が合流区間起点から終点までを走行中に、合流可能最低車間距離以上の車間が存在しなかったことが確認できる。

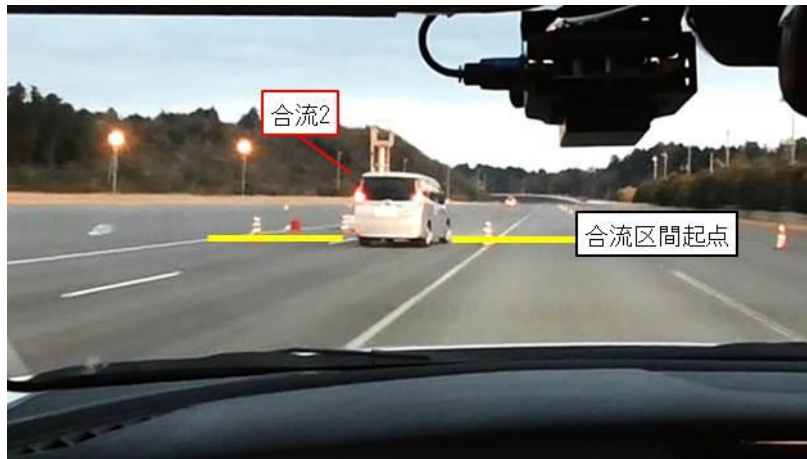


図 5.4.6-41 前方映像（本線車両 1：合流車両 2 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-42 前方映像（合流車両 2：合流車両 2 の合流区間起点通過 7 秒後）



図 5.4.6-43 前方映像（合流車両 2：合流車両 2 の合流区間起点通過 12 秒後）



図 5.4.6-44 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点通過時）



図 5.4.6-45 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点通過 7 秒後）



図 5.4.6-46 下流側からの俯瞰映像（合流車両 2 の合流区間起点通過 12 秒後）

## (2) 合流車両が 2 台の場合

### (ア) 本線車両間に合流

試行パターン 4 のうち、合流車両が本線車列の中間に合流したケースについて説明する。本試行では、合流可能最低車間距離（前方／後方）としてそれぞれ 0.2 秒（5.6m）、1.0 秒（27.8m）を設定した。この試行で使用した車両の ID と走行順序を表 5.4.6-9 に示す。

表 5.4.6-9 走行車両の ID と走行順序

| 順序   | 本線車両 ID | 合流車両 ID |
|------|---------|---------|
| 1 台目 | 3       | 4       |
| 2 台目 | 6       | 10      |
| 3 台目 | 7       | —       |

図 5.4.6-47 は各車両の合流区間起点からの距離を示す。各本線車両が 4.7～19.8 秒において車両検知エリアを通過し、合流車両 4 が 11.7 秒に、合流車両 10 が 16.0 秒に合流区間起点を通過していることがわかる。

図 5.4.6-48 及び図 5.4.6-49 は合流車両 4 及び合流車両 10 との予測車間距離の推移を示している。合流車両 4 は 11.4 秒に一瞬だけ本線車両 6 と、合流車両 10 は 14.9～16.9 秒において本線車両 7 と干渉する恐れがあると判定している。従って、図 5.4.6-50 に示すように、合流車両 4 は、本線車両 6 が検知された 10.1 秒以降においてその後方に合流できると予測し、本線車両 7 が検知された 14.9 秒以降においてもその判断は変わっていない。また、合流車両 10 は、常に検知された本線車両の最後尾を選択しており、最終的に本線車両 7 の後方に合流できると予測している。

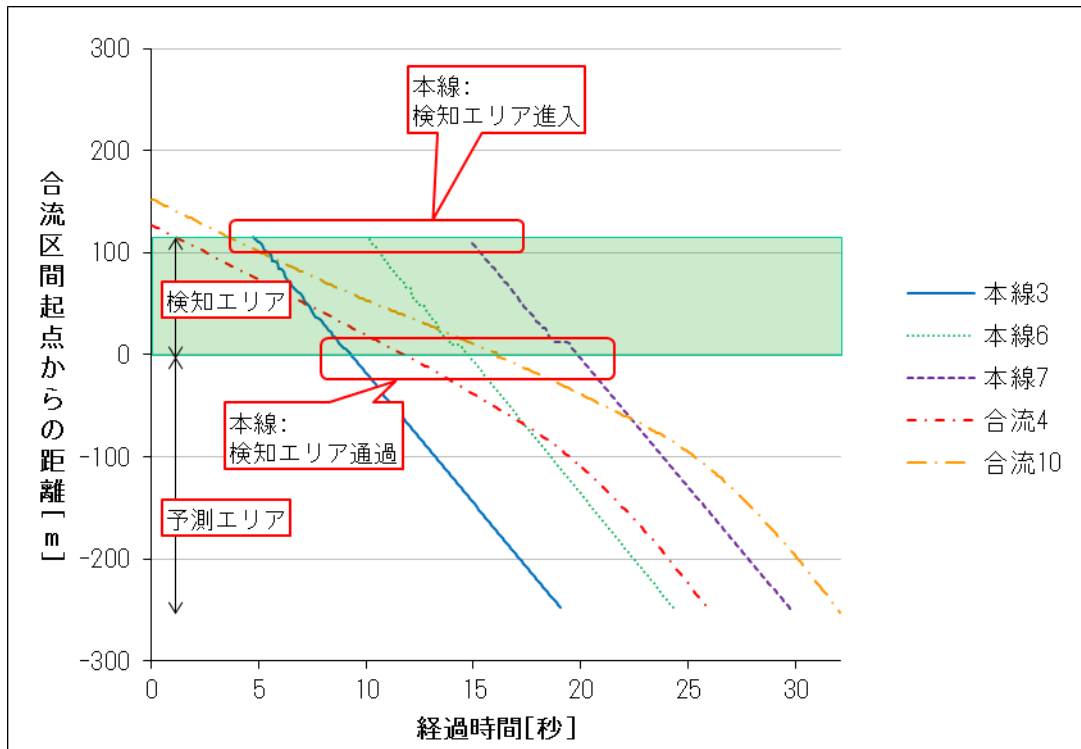


図 5.4.6-47 合流区間起点からの距離

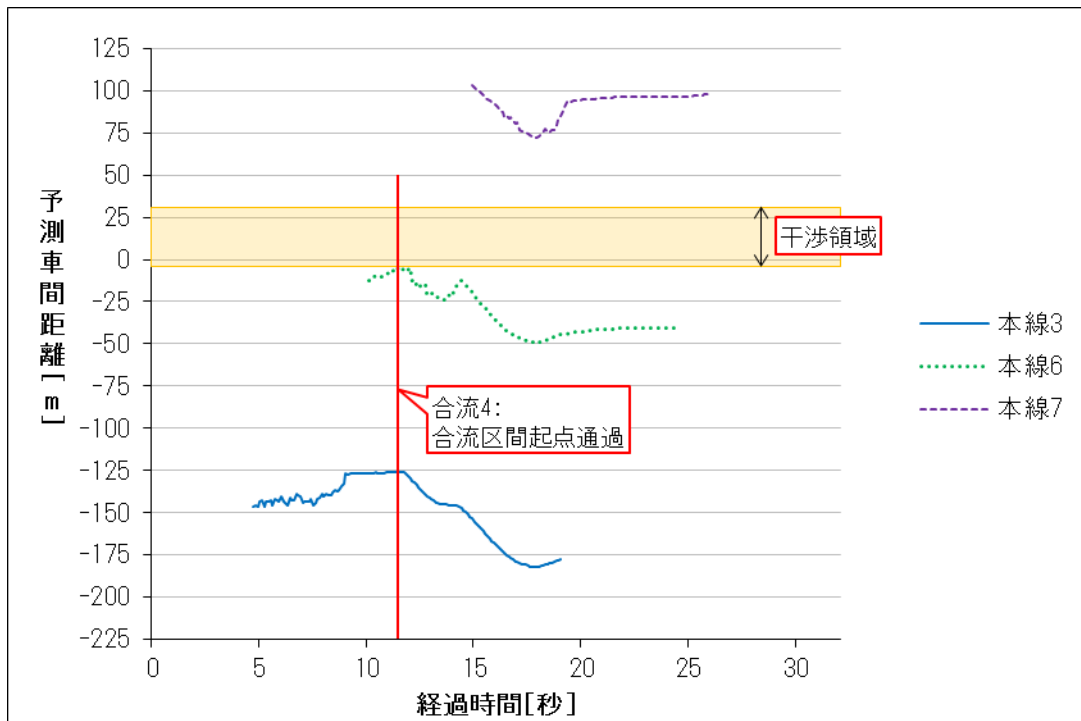


図 5.4.6-48 合流車両 4 との予測車間距離

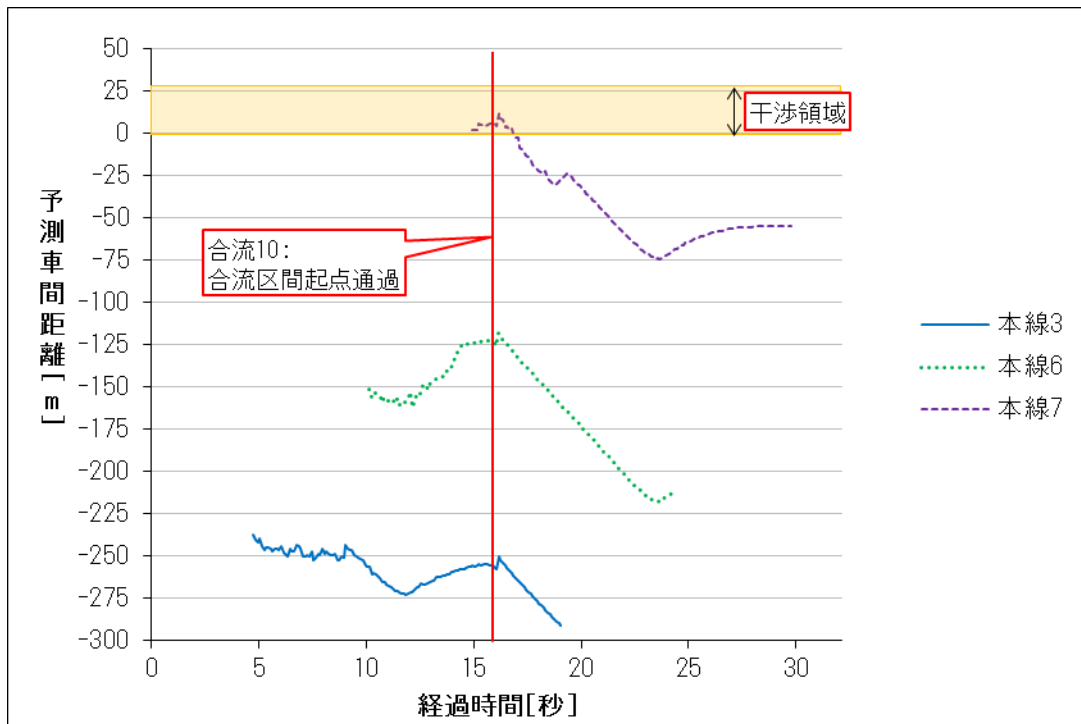


図 5.4.6-49 合流車両 10 との予測車間距離

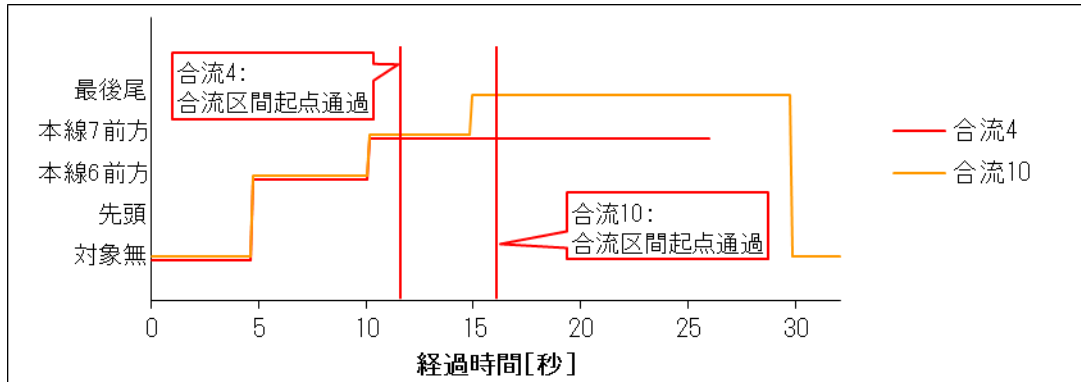


図 5.4.6-50 合流目標車両位置（合流車両 4、合流車両 10）

図 5.4.6-51 に、合流車両 4 及び合流車両 10 の運転指示の遷移を示す。本図より、合流車両 4 は、16.7 秒に合流区間起点を通過した直後に一瞬だけ速度維持となった後、直ちに加速指示が発生していることがわかる。また本線車両 10 は、合流区間起点を通過した後、本線車両 7 との干渉を避けるため 1.0 秒間速度維持が発生して、加速指示に切替わっていることがわかる。

図 5.4.6-52 に各車両の速度変化を示す。合流車両 4 は合流区間起点通過後の加速指示を

受け、合流車両 10 は 17.1 秒に発生した加速指示を受けて加速を開始していることがわかる。

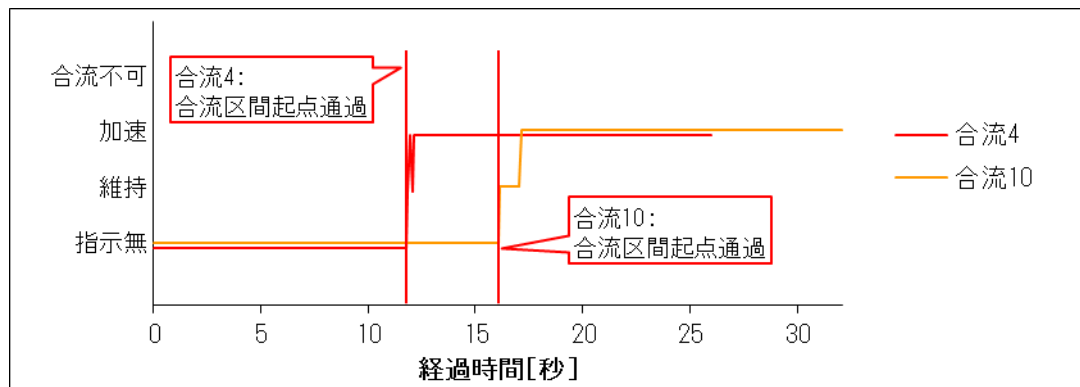


図 5.4.6-51 経過時間に対する運転指示の遷移（合流車両 4、合流車両 10）

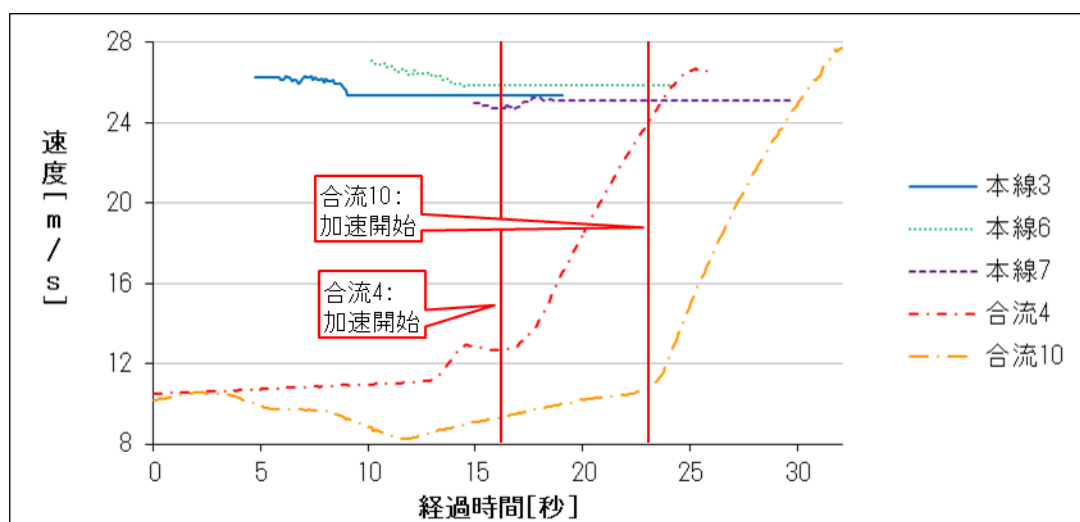


図 5.4.6-52 速度変化

図 5.4.6-53 に示すように、合流車両 4 が合流区間起点から加速した場合、合流車両 4 は本線車両 6 の目前に合流することとなり、合流可能最低車間距離を確保できないことが示されている。合流車両 4 が加速車線において加速開始タイミングをわずかに遅らせたことで、より安全な本線車両 6 と 7 の間に合流できたことがわかる。



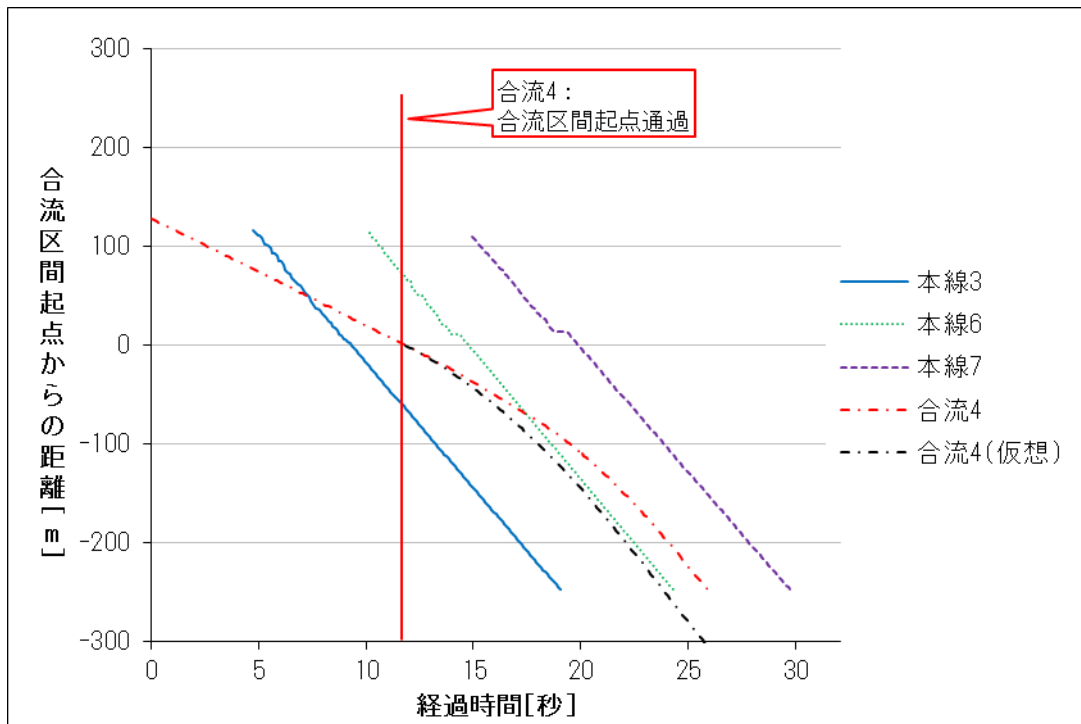


図 5.4.6-53 合流区間起点からの距離（合流車両 4 が合流区間起点から加速した場合）

合流車両 10 においても同様で、図 5.4.6-54 に示すように、合流車両 10 が合流区間起点から加速した場合、合流車両 10 は本線車両 7 の 15m 前方に位置し、合流可能最低車間距離（後方）1.0 秒（27.8m）以下となることが予測される。しかし、合流車両 10 が加速開始タイミングを調整したことにより、より安全な本線車両 7 の後方に合流できていることがわかる。これらのことから、合流車両 4 及び 10 が加速タイミングを調整したことは適切であったと言える。

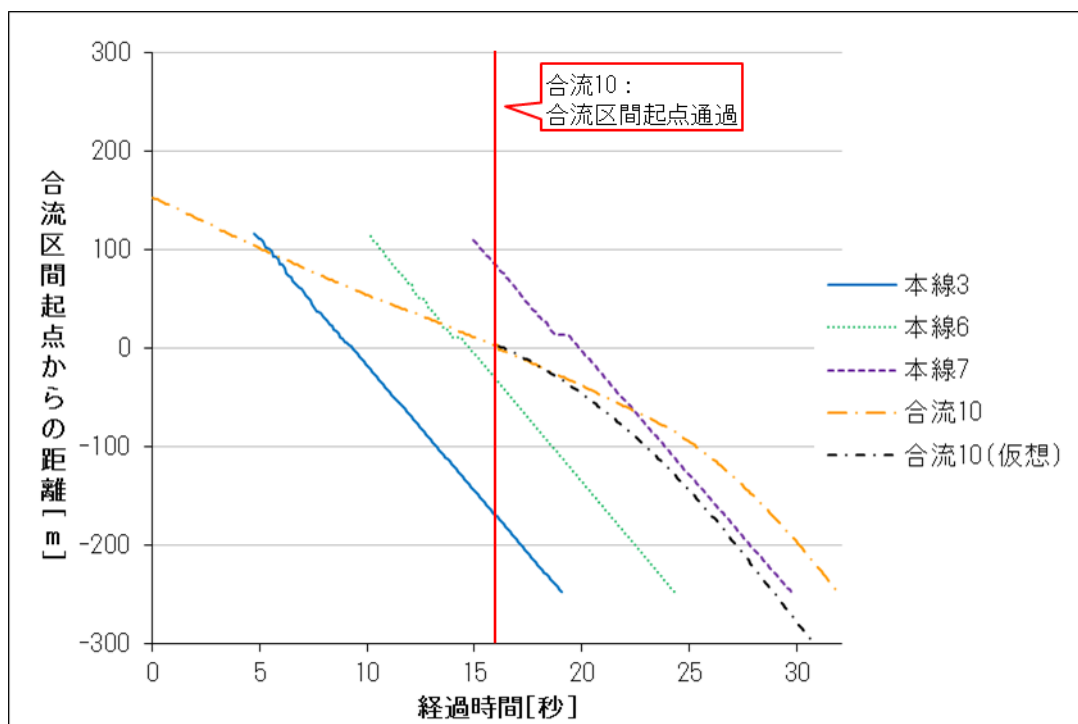


図 5.4.6-54 合流区間起点からの距離（合流車両 10 が合流区間起点から加速した場合）

図 5.4.6-55 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時の本線車両 6 の前方映像である。合流車両 4 が本線車両 6 の前方に位置していることがわかる。この時点の車間距離はおよそ 50m であるが、本線車両 6 の速度がおよそ 100km/h で、合流車両の速度がおよそ 40km/h であることから、合流完了時においては車間距離が著しく接近することが予想される。図 5.4.6-56 及び図 5.4.6-57 は、合流車両 4 の加速開始時及び合流完了時の合流車両 4 の前方映像である。合流車両 4 は加速開始時に本線車両 6 の後方に位置し、その後方に合流しようとしていることがわかる。また図 5.4.6-58~図 5.4.6-60 は、合流車両 4 が合流区間起点に到達した時、加速開始時及び合流完了時の俯瞰映像である。各映像から、合流車両 4 の加速タイミング調整によって、本線車両の車間距離を認識しながら、合流できていることが確認できる。



図 5.4.6-55 前方映像（本線車両 6：合流車両 4 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-56 前方映像（合流車両 4：合流車両 4 の加速開始時）



図 5.4.6-57 前方映像（合流車両 4：合流車両 4 の合流完了時）

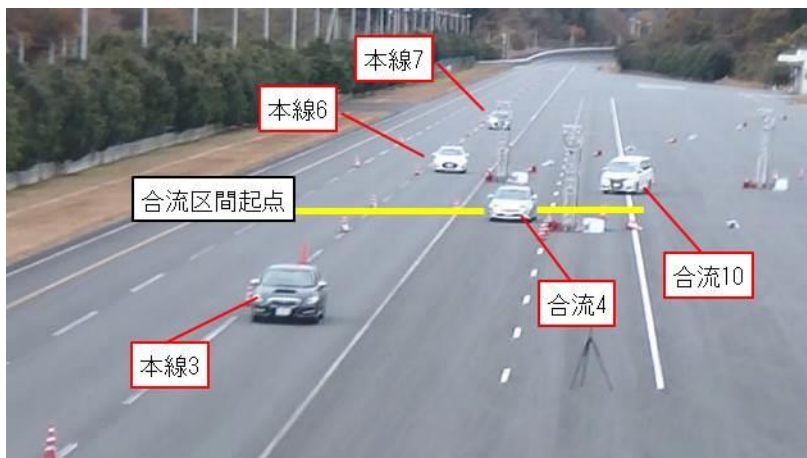


図 5.4.6-58 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流区間起点到達時）

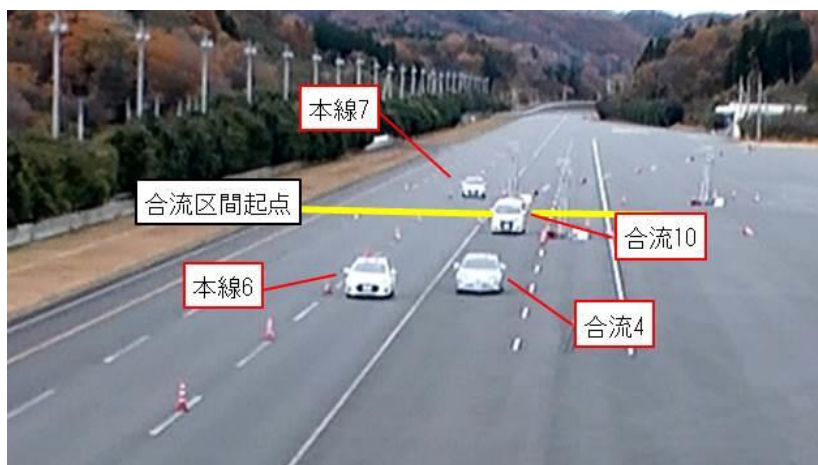


図 5.4.6-59 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の加速開始時）

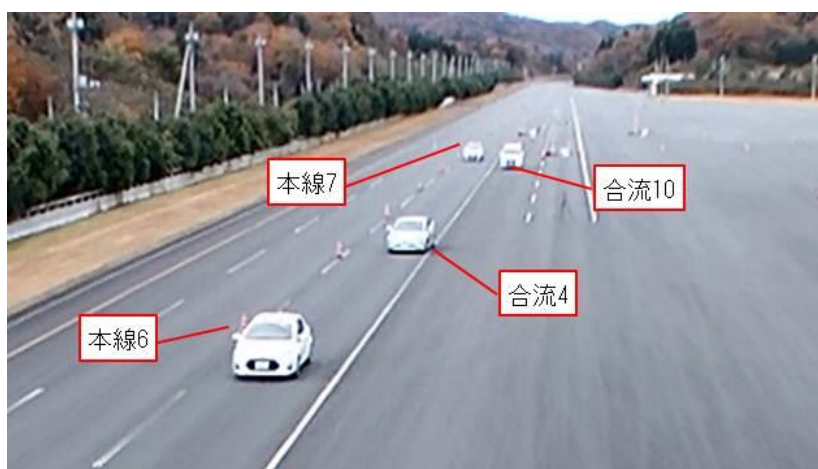


図 5.4.6-60 下流側からの俯瞰映像（合流車両 4 の合流完了時）

図 5.4.6-61 は、合流車両 10 が合流区間起点に到達した時の本線車両 7 の前方映像である。合流車両 10 が本線車両 7 の前方に位置していることがわかる。図 5.4.6-62 及び図 5.4.6-63 は、合流車両 10 の加速開始時及び合流完了時の合流車両 10 の前方映像である。合流車両 4 と同様に、合流車両 10 も加速タイミング調整によって、本線車両 7 の後方を狙って合流していることがわかる。図 5.4.6-64~図 5.4.6-66 は、合流車両 10 が合流区間起点に到達した時、加速開始時及び合流完了時の俯瞰映像、図 5.4.6-67 は合流車両 10 の合流完了時の水平映像である。各映像から、合流車両 10 が加速タイミング調整によって、本線車両の車間距離を認識しながら、合流できていることが確認できる。



図 5.4.6-61 前方映像（本線車両 7：合流車両 10 の合流区間起点到達時）



図 5.4.6-62 前方映像（本線車両 10：合流車両 10 の加速開始時）

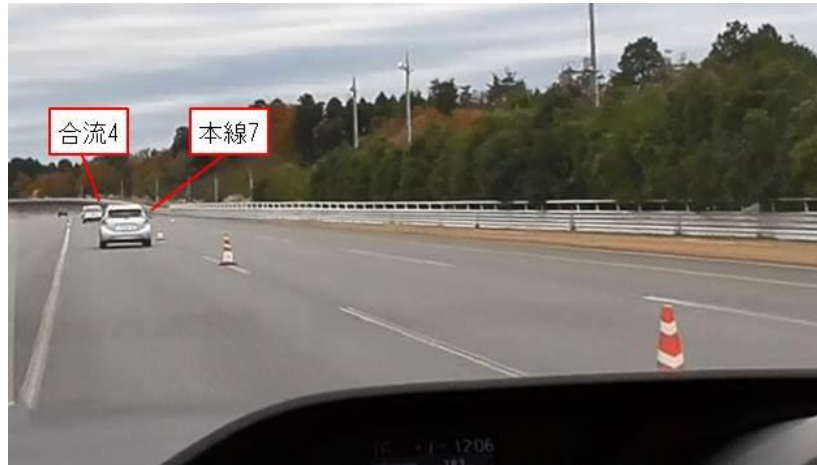


図 5.4.6-63 前方映像（本線車両 10：合流車両 10 の合流完了時）

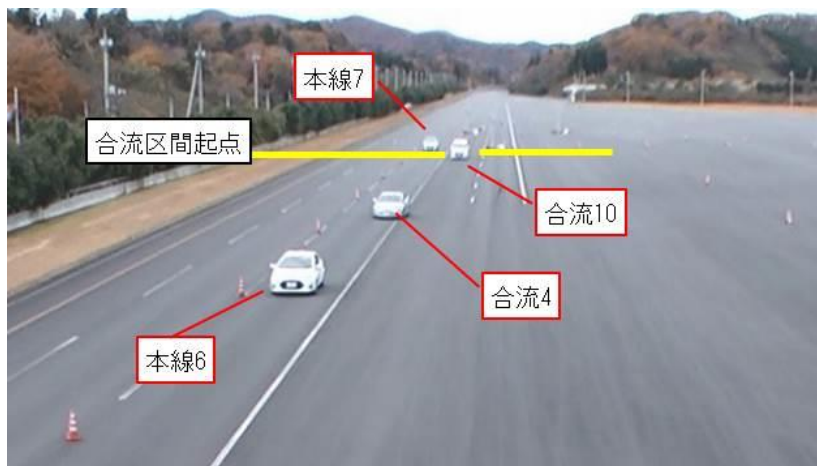


図 5.4.6-64 下流側からの俯瞰映像（合流車両 10 の合流区間起点到達時）

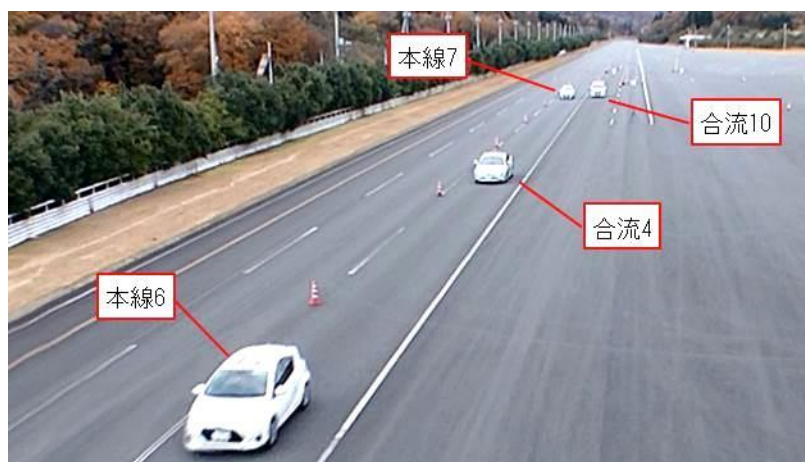


図 5.4.6-65 下流側からの俯瞰映像（合流車両 10 の加速開始時）



図 5.4.6-66 下流側からの俯瞰映像（合流車両 10 の合流完了時）



図 5.4.6-67 進行方向左側からの水平映像（合流車両 10 の合流完了時）

#### 5.4.6.4 考察

実験結果に示したように、車速や車間距離、本線車両と合流車両の遭遇するタイミングが異なるいくつかの環境下で、路側機から受信した本線路の車両検知情報をもとに、合流車両が合流可否の判断や合流に適した本線車両のスペースを選択できることを確認した。また、選択した本線車両のスペースに合わせて加速タイミングを調整し、合流できることを実証した。

路車間通信活用（本線車両検知）モデルは、車車間通信活用モデルや路車間通信活用（合流車両検知）モデルとは異なり、合流路を走行する自動走行車両が、限られたタイミングの中で安全に合流できる車間距離のある本線スペースを事前に把握し、そこに進入できるよう加速タイミング等を調整するものである。これにより、自律センサで本線の状況を検知してから合流位置や加速のタイミング、加速量を判断するのに比べ、より安全かつ確実に合流走行を行えるようになるものと期待できる。また、路車間通信活用（合流車両検知）モデルと同様に、路側インフラが本線車両の存在を検知して合流車両に情報提供することから、無線通信機や協調型自動走行車両の普及率が低い段階においても、その効果が得ら

れやすい。さらに、合流車両が車間距離のあるスペースを選択して合流することは、合流車両を受け入れる本線車両側の安全性や安定性の向上にも寄与する。狭いスペースに合流車両が進入しようとする、後続の本線車両は合流車両との距離を保つために急な制動や操舵を行う恐れがあるが、それを回避できるためである。

今回の実験モデルでは、合流車両が本線車両の車列から合流可能なスペースを有する車両間を選択するとき、本線車列の先頭車両から後方に向かって順に車間距離を算出し、最初に検出した合流可能な空間を選ぶようにした。この別の方法としては、確認できる車両間隔の中で、最も広いスペースを有する車両間を選択することが考えられる。この方法の場合、より安全な合流走行は期待できるが、合流車両が連続している場合に他の合流車両も同じスペースを選択する可能性が高くなるため、結果として競合状態となってしまう可能性がある。これを避ける方法としては、後続の合流車両の存在有無によって判断方法を変えることや、自車が合流しようとしているスペースを通信で後続車に知らせておくことなどが考えられる。

また、通常は合流路に比べて本線路の方が速い速度で流れている。今回の実験では、合流区間起点を下流端とする 120m の区間を本線路の検知エリアとしたが、より早い段階で合流車両が進入すべきスペースを見極められるようにするには、さらに上流側が検知できた方がよい。一方で、実際の合流環境では、特に本線を走行する車両が自動走行車でない一般の車両であった場合、車線変更によって合流車両を受け入れてくれるケースも多い。このように合流区間起点付近では本線車両が車線を変える動きも多くなるため、あまり上流を検知し過ぎても合流区間に到達したときの状況は大きく変わってしまっていることもあり得る。

ここで述べた合流スペースの選択方法や検知エリアについては、実際の高速道路等の合流環境における車両の行動分析等も行った上で、最適解を導き出していく必要があると考えられる。



## 5.5 まとめ

今年度の研究開発では、早期の実用化が期待されている高速道路における合流のユースケースについて、先読み情報の検討即ち複数の車両間で共有すべき情報や路側に設置されたインフラシステムから車両に提供すべき情報の検討を行った。また、それらの先読み情報を活用する手法についても検討し、これを実装した実験システムを開発して、テストコースでの実証実験により妥当性の評価や課題抽出を実施した。

先読み情報の検討においては、まず初めに自動走行システムにおける無線通信の位置付けを、自律型のセンサでは検知できない段階から将来発生する事象を予測し、より安全かつ円滑な自動走行の実現に活用することと定めた。これに従って、車車間通信・路車間通信を活用して合流走行を支援するモデルを検討し、さらにこのモデルを実現するために必要となる具体的な通信情報、車両間での合意形成や通信情報の合流支援への活用手法案の検討を行った。

これらの検討結果の妥当性を検証するため、実験システムの開発を行い、テストコースにて実験を実施した。本線車両の走行速度や合流車両の台数などを変えたいくつかのシチュエーションを想定し、車車間通信を活用する場合と、路車間通信を用いて路側センサで検知した合流車両や本線車両の情報を提供する場合のそれぞれについて評価を行った。その結果、車車間通信活用については、本線車両と合流車両の間に適切な合意形成が確立でき、その本線車両が合流車両を安全に合流させるために必要な車間距離を確保する減速行動が取れることを実証した。また、路車間通信活用については、路側インフラから提供される合流車両や本線車両の検知情報をもとに適切な車間確保行動や加速タイミングの調整が行えることが確認できた。

一方、実証実験の結果から、現実には発生する様々な状況を想定すると、さらなる検討や改善の余地があることも明らかになった。具体的には、車両間の干渉判定や合意形成対象の選択、得られた情報を活用して取る対応行動等について、自動走行車両の乗員や周辺を走行する車両の受容性、車両個々の性能、交通流全体への影響なども考慮した、より最適な方法の検討と検証を進めていく必要がある。さらに、通信による先読み情報を利用して行う予測の精度を上げていくためには、直接関係する車両だけが1対1で対応していくのではなく、その周辺を走行する車両も通信で状況を確認しながら、その対応を阻害しないような行動を取るべきであろう。また、今回の検討や実証では、各車両は交通法規を順守していることを前提として行ったが、自動走行車と非自動走行車が混在する限り、現実

は規制速度を超過して走行している車両なども存在することになる。例えば、路側センサーで本線車両を検知した結果として、そのような交通法規を逸脱する情報が得られた場合に、自動走行車両としてどう対処するのかといったことも検討していく必要がある。このような自動走行車両が取るべき対応や行動についてのガイドライン等も策定されていくことが期待される。

## 第6章 研究発表などの成果

### 6.1 研究発表

#### 6.1.1 査読付き誌上発表論文

今年度の取組みにおいては、発表なし（実績0件）。

#### 6.1.2 査読付き口頭発表論文

今年度の取組みにおいては、発表なし（実績0件）。

#### 6.1.3 その他の誌上発表

今年度の取組みにおいては、発表なし（実績0件）。

#### 6.1.4 口頭発表

今年度の取組みにおいては、発表なし（実績0件）。

#### 6.1.5 報道発表

今年度の取組みにおいては、発表なし（実績0件）。

### 6.2 特許出願

#### 6.2.1 特許取得

今年度の取組みにおいては、特許取得はなし（実績0件）。

#### 6.2.2 特許出願

本件の取組みに関する以下の特許を出願した（実績2件）。

1) 【出願国】米国

【発明の名称】VEHICLE CONTROL DEVICE

【出願日】平成28年9月16日

【出願番号】15/267.159

【出願人】パナソニック株式会社

2) 【出願国】日本国

【発明の名称】車両制御方法および車両制御装置

【出願日】平成28年11月10日

【出願番号】特願2016-219914

【出願人】パナソニック株式会社

### 6.3 まとめ

研究発表ならびに特許出願の実績を、表 6.3-1 にまとめる。

表 6.3-2 研究発表・特許出願実績

|                            | 平成26年度<br>実績 | 平成27年度<br>実績 | 平成28年度<br>実績 | 三カ年の<br>実績 |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 査読付き誌上发表<br>論文数<br>(うち海外分) | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| 査読付き口頭発表<br>論文数<br>(うち海外分) | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| その他誌上发表数<br>(うち海外分)        | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| 口頭発表数<br>(うち海外分)           | 1件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 1件<br>(0件) |
| 特許出願数<br>(うち海外分)           | 0件<br>(0件)   | 1件<br>(0件)   | 2件<br>(1件)   | 3件<br>(1件) |
| 特許取得数<br>(うち海外分)           | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| 国際標準提案数<br>(うち海外分)         | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| 受賞数<br>(うち海外分)             | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件) |
| 報道発表数<br>(うち海外分)           | 1件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 1件<br>(0件) |
| 報道掲載数<br>(うち海外分)           | 1件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 0件<br>(0件)   | 1件<br>(0件) |

## 第7章 その他研究開発活動

### 7.1 研究開発運営委員会

本研究開発の推進にあたっては、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、今年度も計3回の会議を開催した。本委員会の構成員と開催結果を以下に示す。なお、各会議の議事録については付録1-1～1-3を参照のこと。

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  
研究開発運営委員会 委員名簿

| 氏名      | 所属                    |
|---------|-----------------------|
| (委員長)   |                       |
| 須田 義大   | 東京大学                  |
| (委員)    |                       |
| 山里 敬也   | 名古屋大学                 |
| 藤原 章正   | 広島大学                  |
| 末木 隆    | トヨタ自動車株式会社            |
| 山本 康典   | マツダ株式会社               |
| (オブザーバ) |                       |
| 中村 裕治   | 総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 |
| 増子 喬紀   | 総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 |
| 佐竹 紘彰   | 総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 |
| 北城 崇史   | 総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 |

#### 【開催結果】

##### 第1回 研究開発運営委員会

日時：平成28年6月28日（火）16:00～18:00

場所：AP品川アネックス会議室 B1F Q会議室

議事：1) 委員長 ご挨拶

2) 運営委員会の開催について

3) 平成28年度の研究開発内容について報告

4) その他

## 第2回 研究開発運営委員会

日 時：平成 28 年 11 月 24 日（木） 11:00～12:30

場 所：TKP 新橋汐留ビジネスセンター3F 304 会議室

- 議 事： 1) 研究開発のスケジュール  
2) 研究開発の中間報告  
3) その他

## 第3回 研究開発運営委員会

日 時：平成 29 年 3 月 23 日（木） 10:00～12:00

場 所：AP 品川会議室 10F E 会議室

- 議 事： 1) 平成 28 年度 研究開発実施結果  
2) 平成 28 年度 研究成果の最終報告  
3) その他

## 7.2 技術討論会

本研究開発の最終年度となる今年度は、研究開発運営委員会への3年間の総括的な研究開発結果の報告、各研究機関メンバ間での成果の相互理解・連携強化などを目的として、研究開発運営委員会メンバのみならず、各機関の実務担当者も参加する形で技術討論会を開催した。なお、本討論会の議事録については付録2を参照のこと。

### 技術討論会

日 時：平成 29 年 3 月 6 日（月） 13:00～16:30

場 所：AP 東京丸の内 A+B+C 会議室

- 内 容： 1) 委員長、総務省ご挨拶  
2) 総 1 ウ 共同研究の実施計画、進捗について  
3) 技術課題について発表、討議
- ①自動走行システムへの通信情報の活用検討（パナソニック）
  - ②非自動走行車両の混在下での干渉可能性のある車両の  
効果的抽出の検討（パイオニア）
  - ③自動走行システムに向けた分散協調 ITS 通信技術の研究（電通大）

④700MHz 帯 ITS 通信の普及促進と自動走行への活用に向けた取組み  
(デンソー)

- 4) テーマ別パネル、展示品説明
- 5) 委員長、ITS 情報通信システム推進会議、総務省 ご講評

本討論会にて、当社が行った技術課題発表の概要は以下のとおりである。

【タイトル】 自動走行システムへの通信情報の活用検討

【発表者】 畑山 佳紀

【概要】 本研究では、車車間・路車間通信の情報を運転支援や自動走行に活用する際の技術課題に取り組んできた。発表では、取組みの全体概要を紹介するとともに、合流シーンにおいて自動走行車両間で行う事前の合意形成や、通信情報を利用した合流受入／本線進入準備等の手法案と、検証実験の結果について報告する。



図 7.2-1 技術討論会の様子

### 7.3 ビジネスプロデューサ会議

研究開発を進めるにあたり、ビジネスの観点から研究開発の方向性を検討するとともに、政策目標として設定しているアウトカム目標の達成に向けた取組み、及びその進捗状況について総括することを目的としてビジネスプロデューサ会議を設置し、今年度も計3回の会議が行われた。本会議の構成員と開催結果を以下に示す。なお、各会議の議事録については付録3-1～3-3を参照のこと。

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  
ビジネスプロデューサ会議 構成員名簿

| 氏名              | 所属          |
|-----------------|-------------|
| (総合ビジネスプロデューサー) |             |
| 杉浦 孝明           | 株式会社三菱総合研究所 |
| (ビジネスプロデューサー)   |             |
| 伊藤 敏之           | 株式会社デンソー    |
| 阿部 朋明           | パナソニック株式会社  |
| 柴崎 裕昭           | パイオニア株式会社   |
| 藤井 威生           | 電気通信大学      |
| (代表研究責任者)       |             |
| 難波 秀彰           | 株式会社デンソー    |

#### 【開催結果】

##### 第1回会議

日時：平成28年6月17日（金）16:00～17:30

場所：TKP 新橋カンファレンスセンター F 会議室

- 議事：1) 平成28年度実験計画  
2) 平成28年度ビジネスプロデューサ会議の進め方  
3) その他

##### 第2回会議

日時：平成28年11月14日（月）18:00～20:00

場所：三菱総合研究所 会議室

- 議事：1) 知的財産権に関する戦略検討について



- 2) プロジェクトの成果と今後の課題について
- 3) BP 会議の成果とりまとめの方向性について
- 4) その他

### 第3回会議

日 時：平成 29 年 2 月 15 日（水） 10:00～12:00

場 所：TKP 新橋カンファレンスセンター E 会議室

議 事：1) 米国の車載器義務化に係る情報提供について

- 2) プロジェクトの成果と今後の課題について



## 第8章 おわりに

本年度の研究開発では、車車間通信や路車間通信で得られる情報を先読み情報として利用する協調型自動走行システムに関し、通信で共有、提供すべき具体的な情報内容や、その情報を予測や走行計画に活用する手法の検討を行った。また、これらの検討結果を踏まえた実験システムを開発し、テストコースにおいて基本的な実証実験を行い、その妥当性を確認するとともに課題や改善点についても明らかにした。残念ながら、自律型の自動走行車両を用いた実験は実施できなかったため、自動走行車の能力を反映した効果検証にまでは至らなかった。今後、更に踏み込んだ検証や実証が行われていく中で、今回の研究成果が参考になれば幸いである。

本研究開発の推進にあたり、研究開発運営委員会において適切なお助言やご指導を頂いた須田義大委員長並びに委員の方々、自動走行のユースケースの検討において貴重な情報をご提供頂いた自動車工業会の関係者の方々には厚く感謝の意を表したい。また、総合ビジネスプロデューサとしてビジネスプロデューサ会議のとりまとめにご尽力いただいた杉浦孝明氏とビジネスプロデューサ各位にも感謝を申し上げる。さらに、本研究開発を進める上で、終始適切なお指導とご協力をいただいた総務省総合通信基盤局電波部移動通信課の方々に厚く御礼を申し上げる。最後に、本研究開発課題の代表研究責任者として尽力された難波秀彰氏と、株式会社デンソー、パイオニア株式会社、国立大学法人電気通信大学の関係者の皆様に深く感謝する。

## 【参考文献】

- [1] 『SIP 自動走行システム 研究開発計画』(2016) 内閣府.
- [2] 『自動運転ーシステム構成と要素技術ー』保坂明夫・青木啓二・津川定之(2015) 森北出版.
- [3] 『700MHz 帯高度道路交通システム 標準規格 ARIB STD-T109 1.2 版』(2013) 電波産業会.
- [4] 『700MHz 帯高度道路交通システム 拡張機能ガイドライン ITS FORUM RC-010 1.0 版』(2012) ITS 情報通信システム推進会議.
- [5] 『700MHz 帯高度道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 1.0 版』(2014) ITS 情報通信システム推進会議.
- [6] 『道路構造令』昭和 45 年政令 320 号.





## 【参考資料】

資料 1-1 第 1 回 研究開発運営委員会 議事録

資料 1-2 第 2 回 研究開発運営委員会 議事録

資料 1-3 第 3 回 研究開発運営委員会 議事録

資料 2 研究開発運営委員会 技術討論会 議事録

資料 3-1 第一回 ビジネスプロデューサ会議 議事録

資料 3-2 第二回 ビジネスプロデューサ会議 議事録

資料 3-3 第三回 ビジネスプロデューサ会議 議事録





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  
第 1 回 研究開発運営委員会 議事録

日時：2016 年 6 月 28 日(火) 16:00～18:00

場所：AP 品川アネックス B1F Q 会議室

出席者(敬称略)：

委員長：須田義大(東京大学)

委員：山里敬也(名古屋大学)、末木隆(トヨタ)、山本康典(マツダ)

代表研究責任者：難波秀彰(デンソー)

研究員：小林顕二・伊神章公(デンソー)、畑山佳紀・武村浩司(パナソニック)、

矢部一夫・柴崎裕昭(パイオニア)、山尾泰・石橋功至(電気通信大学)

総合ビジネスプロデューサ：田中清一[代理出席](三菱総合研究所)

事務局：吉田克典・川合健夫・小野学(デンソー)

配布資料：

資料 0 議事次第

資料 1 研究開発運営委員会 委員名簿

資料 2 平成 28 年度 研究開発スケジュール(案)

資料 3 平成 28 年度 課題 I の研究開発内容(代表研究責任者)

資料 4 平成 28 年度 研究開発内容(各研究機関)

資料 4-1 デンソー、 資料 4-2 パナソニック、

資料 4-3 パイオニア、 資料 4-4 電気通信大学

資料 5 総合ビジネスプロデューサ会議資料(三菱総合研究所)

資料 6 技術討論会についての提案

別紙 第 1 回研究開発運営委員会 出席者名簿

別紙 第 1 回研究開発運営委員会 座席表

議事内容：

1. 委員長、委員挨拶

委員長、委員から本運営委員会の開催にあたり挨拶が行われた。

## 2. 運営委員会の開催について

事務局より資料 2 を用いて平成 28 年度のスケジュールについて説明が行われた。須田委員長より、ITS 世界会議やシンポジウム等で成果を発信していくようにコメントがあった。

## 3. 研究開発内容について報告

代表研究責任者より資料 3 を用いて平成 28 年度の研究開発全体として説明が行われた。その中で、本運営委員会より先に開催された SIP 総 1 施策連絡調整会議及び SIP システム実用化 WG にて説明した際に受けたコメントが報告された。続いて、各研究機関より資料 4(4-1～4-4)を用いて各課題に対する平成 28 年度の取組み内容、計画について説明が行われ、以下の質疑が行われた。また、総合ビジネスプロデューサより資料 5 を用いて平成 28 年度の進め方について説明が行われ、以下の質疑が行われた。

### 〈デンソー 課題 a、c-2〉

山里委員：過度なトラフィックに対し送信頻度を可変にするとあるが、それを実現するためには今の通信トラフィックを把握する必要がある。どのように把握するつもりか？

研究員：欧米の方では既に検討されていて、その中の 1 つとして、CSMA で動いていることを利用してキャリアセンスしている時間や数を計測して把握することが挙げられる。

山里委員：通信容量の拡大で変調多値化を検討するということだが、多値化すると SNR が厳しくなってきたりパケット到達率が悪くなるのではないかと。どう評価するつもりか？

研究員：単純に QPSK を 16QAM にする訳ではなく、少し変わった方式を検討している。多値化すると通信エリアは狭くなるが、逆にエリアを限定しても情報量を多くしたい場合にはそれが有効になるのではないかと考えている。

山里委員：ダイナミックに変えていくことを考えているのか？

研究員：ダイナミックというよりは併用するイメージ。既存の無線機に対しては変わらず、それが理解できる無線機に対しては情報量が多くなることを目指している。

山本委員：通信品質の安定化ということで、台数が多くなってもパケット到達率を低下さ

せないということだが、どこに目標を置いていて、この手法だと出来るという見込みがあるのか？

研究員：まだ見込みまでは十分立てられていない状況ではある。大規模交差点のシミュレーション結果を詳しく見てみると相当トラフィックが高くパケットの衝突も多く発生していることが判ってきた。帯域 10MHz の中での通信としては過度な状態であり、全体のパフォーマンスが落ちてしまっていると考えており、これを上げるためにトラフィックを抑えることが必要だと考えている。目標値としては、運転支援の積算パケット到達率 95%というのを満足出来るようにしたいと考えている。また協調型合流支援のように高い品質が要求されるものに関しては、送信タイミング予約も合わせることで要件 99%を満足出来るようにしたいと考えている。

山本委員：全体のシステムで考えた場合、大規模交差点のシーンでは既にトラフィックが高い状態だとしたら、これに歩行者(歩車間通信)が入ってきた場合の成立性を問われたらどうなのか？

研究員：これ以上通信トラフィックが上がるとなると、それを抑制するようなことをしないと全体としてのパフォーマンスが得られないと考える。もし歩行者用の端末が出てきたとしても、それらに対しても通信トラフィックを抑制するようなことが必要になると考える。

山本委員：自動運転だと自律センサを搭載していることが前提となる。通信の活用含めてどうしていけばよいのかについては大きな議論事項であるが、その辺りが見えてくるとシステムをどう構成していくかについて、落ち着くところに落ち着くのではないかと思われる。

研究員：この検討自体、かなり普及した状態を前提としているので、これからの普及度にも依ると思われる。

須田委員長：表の中で連続パケットロスの位置が変なところにあるが、何か意味があるのか？

研究員：通信の品質を確保するという中ではあるが、通信によって周囲車両の位置や動きを把握するといった使い方に対して、パケットが連続してロスしてしまうと車両の動きが予知出来ないことが問題になると考えている。

山里委員：品質の安定化の全体としては、パケットのロスがまばらにポツポツと発生する

イメージで、下の枠の部分はその中で連続的にそれが発生することを想定しているのではないか？

研究員：そのイメージ。1 つおきに届けば、まだその情報をつなげていけばある程度なら車の動きを予測できるが、連続的に落ちてしまうとその間に急旋回したり急ブレーキを掛けた場合など予測出来なくなってしまう。

須田委員長：大きな課題項目の中に小項目としてあるイメージか？

研究員：その通り。

山里委員：上側がランダム誤り、下側がバースト誤りとして理解した。

須田委員長：下の脚注に記載があるが、これだけだと何を意味しているか理解出来ない。

研究員：これについては、セキュリティの件が関連していると考えている。なぜ 250byte 必要なのかについては自工会 UC では理由が書かれていないが、おそらくは欧米で使用されているセキュリティのヘッダサイズを想定してのことだと思われる。アプリケーションのデータサイズが 100byte 程度の想定なので、2.5 倍のサイズがセキュリティヘッダとして付加される。現状の 700MHz 帯 ITS では通信とセキュリティのヘッダ合わせて 87byte であり、現時点で送信時間制限をいっぱいいっぱいまで使っているため、これ以上増やすことが難しいのが現状。

研究員：メッセージサイズはそのままでも、ヘッダサイズが増えるからより厳しくなるということ。メッセージサイズの拡大と書いてあるのに、なぜヘッダサイズが効いてくるのかが理解を難しくしているのでは？

研究員：メッセージサイズではなく、ヘッダを含めたデータサイズと記載すべきだった。

末木委員：変調の多値化について、近いところのデータサイズを増やすということだが、これはブロードキャストを考えているのか？

研究員：その通り。

末木委員：周囲車両の近い、遠いでどういった制御がされるのか？

研究員：ブロードキャストなので特に制御はしない想定。

末木委員：周囲車両に応じて何か変えるものではないということか？

研究員：そのように考えている。方式を少し変えることになるので、既存の通信機に対してはちゃんと受信出来るように送信する必要があると考えている。

研究員：合流支援の場合にはユニキャストがあるのではないか？

研究員：通信の中でユニキャストする方法の他に、メッセージの中に含まれる ID を利用してアプリレベルでユニキャストする方法も考えられる。適用するのはおそらく後者になると考えている。

#### 〈パナソニック 課題 b〉

山里委員：合意形成を取る車両は本線を走行する車両の中の 1 台を想定しているのか？

研究員：ある合流車両に対して、前方の車間距離空けてスペースを確保する車両として 1 台を想定している。

山里委員：後ろの車が少しスピードを落とすことを想定しているということか？

研究員：タイミング的には、合流ポイントに同時というより少し後ろになる予定の車両と合意形成することを想定している。

山里委員：前に進むというのは想定していないのか？

研究員：自車両の後ろのスペースを空けても、そのスペースが確保される保障がないので、自車両の前のスペースを空けることが実用性の高い方法だと考えている。

山里委員：通信で合意形成する相手を特定するのは出来るということが前提なのか？

研究員：課題 a の質疑にもあったように、ブロードキャストの中で相手を指定する情報も一部持たせることを考えている。

山本委員：今のようなユニキャストの機能も設けるといことと、もしこのような制御をやろうとすると、メッセージセットの中身に今までとは変わったものが必要になってくるということか？

研究員：そのように考えている。とりあえずは、RC-013 で規定されている自由領域を使って何とか出来ないか検討する予定。将来的にこれが標準になっていけば、新しいメッセージセットの構造として含まれていくのではと考えている。

末木委員：車線レベルの位置情報であったり、ダイナミックマップに関わる話になるのか？

研究員：ダイナミックマップの検討状況を知ることが出来ていない。

末木委員：これはそのような情報を通信で送り合うということになるのか？

研究員：地図そのものを送り合うのではなく、道路や車線を一意に識別可能な ID が割当てられることを想定しており、それを送り合うイメージ。それを通信により共有して利用するため、一意に定まる状態になっていないと意味をなさないと考

える。

末木委員：どれくらいのデータ量になるのかなどはまだこれからなのか？

研究員：そういう状況である。

代表研究責任者：ダイナミックマップを検討する地図構造化 TF との打合せで、我々からある程度要求を出していく必要があり、地図に関するデータに関しての分担を明確にする必要がある。

研究員：ナビ地図でも、道路の接続情報はノードとリンクで表現されている。これを道路レベルではなく車線レベルで実現することが自動走行には必要だと考えられるため、そういった情報の表現は検討されているものと想定している。それを通信で共有して使うためには、一意に定まる共通のものである必要がある。

代表研究責任者：地図を検討している方達に要求していくこととしては、そういった地図の情報は一意に定まるものにして欲しいという点。リアルタイム性が必要になるものについては通信でやり取りするので、その情報がどう通信に載るか、またどういったタイミングでやり取りされるかは我々で考える、というようなことを伝える必要がある。

須田委員長：かなり制御の方まで踏み込んできている印象であり、インフラにも影響するように思われる。インフラ系の方が SIP にはあまり参加していないことが実用化に向けての懸念である。

須田委員長：こういった合流シーンでは、本線側車両が隣の車線にレーンチェンジというのも考えられる。右側の車線に余裕があれば、減速して合流車両を入れるより自然な動きという印象だが。

研究員：車線が空いていればそういう対応は十分考えられる。

山里委員：ただ今の検討では、合意形成した車両以外は、レーンを変えずにそのまま進むという前提になっているのではないかと？

研究員：合意形成した車両の後続車両は減速の影響を受けて減速することになるかもしれないが、基本はその通り。

山里委員：そういった情報をその周辺車両で共有する必要はないのか？

研究員：そういう面では、ブロードキャストで送っていることがうまく活用出来る可能性がある。自分宛の情報ではないが、この車両とこの車両とがこのタイミングで合流しようとしているということを周囲車両は知ることが出来る。そのタイミ

ングでそのスペースに入ろうとしてはいけないということも判断することが出来る可能性があるため、そのようなことも検討していく必要がある。

山里委員：例えば、合意形成して減速し始めると、またブロードキャストで通知するということになるのか？

研究員：複雑なことまで考慮し出すと、合意形成した後で状況が変化し、別の車両と合意形成し直す必要が出てきたり、最悪は自動走行での合流が難しい状況になる可能性も考えられる。また別の車に合流スペースに急に割り込まれることもあるかもしれない。検討する状況が多岐に渡る。

山里委員：通信で合意形成した車だけではなくて、周囲車両はその通信を受信することで合意形成されたことを知っていることが前提になるのか？

研究員：その通り。知ることは出来るので、その合意に協力して動くことが出来ない訳ではない。

山里委員：その確認はするつもりはないのか？

研究員：情報を受信出来ているかは実証で確認出来る。例えば追越し車線側を走行している車両に対し、合流ポイント付近に割り込みをしないようにドライバーに通知するようなことは可能になるかもしれない。

須田委員長：考慮しないといけないことがたくさんあるとは思いますが、検討をスタートさせないことには実現していかないなので、基本の部分から始めていくことは理解した。

研究員：先ほど指摘のあった、車線変更して合流をアシストするケースでは、今度は合流車両と合意した本線側の車両が車線変更するために、追越し車線を走行中の後続の車両と合意形成をするというように、検討範囲が広がっていくことになる。

須田委員長：それに加えて、車線変更が禁止されている場所では、そういった規制情報も入手し、それも含めて動作を考える必要が出てくる。いろいろなところと調整しながら進める必要がある。

代表研究責任者：我々としてはこの検討の成果を誰に受け渡せば良いのか？地図を検討されている方達ではないと思われる。

研究員：検討し出すと様々なことが考えられるが、時間も限られる中で検討内容を計画する必要があり、まずは基本となるケースをしっかりと検討していきたいと考えている。その後は、その検討を拡張していく必要はあると思う。

山本委員：来年度の実証実験の時に、これが入るという前提なのか？

研究員：大規模実証実験については、我々のところには声が掛かっておらず、そこに入ることは今のところ無いと思われる。

須田委員長：来年度、再来年度の実証実験は TF 等で検討されていると思われるが、こちら側から提案しないとアイテムとして入らないのではないのか。

代表研究責任者：我々の関連するところでは、ダイナミックマップの中の先読み情報の活用部分に車車間・路車間通信が位置付けられている模様。

末木委員：これは何の妥当性を評価するのか？

研究員：このような基本的なケースにおいて、実際に通信を使って情報を共有し、本線側車両が減速して合流スペースの確保が可能かを確かめる。実際に自動走行は出来ないため、ドライバーに対して車間距離を空けるような指示を HMI に出すことを予定している。必要となるタイミングで車間距離が確保されていれば、このやり方が妥当だと評価出来ると考えている。

末木委員：通信で相互にやることを考えた場合は、本線側は自動運転車両というのが前提か？

研究員：それが前提となる。

末木委員：手動運転車両が間に存在する場合も考えるのか？

研究員：いろいろ難しい部分もあると思うが、合流車両としては、本線側の車両の中から自動走行車両を見つけて、選択して通信していくことも考えられる。ただ、手動運転車両の割合を考えると、協調合流の実現が難しいことも考えられる。

須田委員長：いろいろな機関と連携をとって進めて欲しい。この検討が今年度で終了するのであれば、自動走行にうまく引き継がれるようにしていく必要がある。

末木委員：この1年で白黒がつくような話ではないように思われるが。

研究員：基本のケースについての検討で、まだ検討の入り口だと位置付けられる。

末木委員：実際に通信を使って合流をしようとした時に、この検討結果が残っているというイメージか。

研究員：実際に車両の制御と連携して進めるような段階になった時に、今回の検討の成果が基礎的なものの情報として活用されることを期待している。

須田委員長：今回の成果が、カーメカや自動走行の制御を検討する人達に活用してもらえるようにする必要がある。



### 〈パイオニア 課題 c-1〉

山本委員：複雑な立体交差等で車車間通信の安全運転支援に問題が生じることはイメージ出来るが、自動運転になった場合でも同様に問題になるのか？

研究員：自動運転車両が周辺車両の位置を知るために車車間通信を使うことを想定しており、今の通信メッセージだけでは、どのような状態かを確実に伝達するには不足していると考えている。そのことについては、自動走行車両であっても手動走行車両であっても変わらない。

山本委員：例えば、p.4のようなシーンでどれが自動走行車でどう問題になるのか？

研究員：赤色が自動走行車両だとすると、この車が将来的にどの車と干渉する可能性があるかをいち早く知るために車車間通信を用いることを想定している。この例では、将来的に干渉する可能性があるのは青色と緑色の車だけである。これを車車間通信を使って知るために、どういう情報を送れば、干渉しない車と干渉する車を選別出来るかということを検証したいと考えている。

須田委員長：先ほどのレーン情報の話と似ているように思われるが。

研究員：ダイナミックマップになるとレーン情報まで入ってくると思われるが、ナビ地図レベルであれば道路毎のリンク ID があるのでそれを利用することを想定している。

須田委員長：これはダイナミックマップとは関係するのか、しないのか？

研究員：関係するといえば関係するが、混在する期間は必ずあると考える。データとしては載せることは可能なので、ダイナミックマップを含めた形の検討になる。ただ、全ての車両がダイナミックマップを持っていないと出来ないのではなく、持っていない場合についても検討したいと考えている。普及が進む過程で混在する期間は必ず存在すると考えている。

須田委員長：課題 b との違いは、課題 b では自動走行車両の世界を想定しているのに対し、課題 c-1 ではもう少し手前の安全運転支援の車両と自動走行車両が混在している状況を想定しているということか？

研究員：その通り。また、課題 b では合意形成するところから始まるが、課題 c-1 では合意形成する相手を絞り込む、それも比較的簡単に行えないかということを検証する予定である。そのための材料としてダイナミックマップを積んでいないと

出来ないのか、ナビ地図レベルでも何か出来ないかということを検討していく。

末木委員：地図の交錯する情報などをいっしょに送るというイメージなのか？

研究員：今の RC-013 の中でも交差点情報というのが存在しているが、実際には使われていない模様。そこにどういった情報を載せるのか、それを使っているいろいろ検討出来ると思われるので、シミュレーションしようと考えている。

須田委員長：資料にあるようなインターチェンジは実例があるのか？

研究員：これは横浜横須賀道路と横浜新道の交わる新保土ヶ谷インターチェンジ。

須田委員長：実験することを考えるとタイミング合わせなどが難しいのではないかと？

研究員：実際はデータを取得した後にシミュレーションで実施する予定。

末木委員：こういった複雑な道路構造で通信自体は成立するのか？

研究員：通信は出来ることを前提とする。これまでの実験でも以外なほど通信が届く印象を持っており、多重構造となっている場所でも電波は届くことを確認している。

#### 〈電気通信大学 課題 d-1〉

山里委員：d-1-1 において、これは通信成功率のエリアマップを互いに配信し合うことをイメージしているのか？

研究員：基本的にはデータベースに共通の情報を置くということだが、そのデータベースがクラウドみたいなものなのか、分散データベースなのか、2つの可能性があると考えている。車両毎にどの場所のエリアマップが必要かが変わってくる。そういう意味では、分散データベースの可能性はあると考えている。

山里委員：車両がどれくらい混雑しているかによって、通信成功確率は変わってくると思われる。ダイナミックなデータになるのではないかと？

研究員：その通り。

山里委員：時間で変わってくるデータを相互にやり取りするというイメージか？

研究員：その通り。例えば車両密度が比較的低く通信品質が良い状況では、多くの車両で中継してもよいが、車両台数が多い状況では、近くの車両を選んで中継した方がよい場合も出てくるだろうと考えている。

山里委員：d-1-2 について、指向性アンテナを試作したということで、今年度はさらに半値角を狭くしていこうと考えているようだが、汎用性についてはどうか？この場所においては、建物の反射の影響で半値角を狭くすべきかもしれないが、こ

れとは違う場所、例えば広い交差点等ではそういう影響が出てこないのでは  
ないか？

研究員：基本的に到来角度が道路に対して大きくなるというのは、距離が近い場合なので、  
その場合、利得が下がってもあまり大きな影響はないと考える。それについてはシミュレーションで確認する予定。今は、シミュレータにアンテナの指向性  
を入れて、それでどうなるかを見ている状態。その結果を見て、必要な半値角  
のアンテナを試作する予定である。

山里委員：d-1-3 について、課題 a において変調方式の多値化の話があったが、それにも  
そのまま使えるのか？

研究員：その取組みと近い話になると思われる。こちらとしては UEP(不均一誤り保護)の  
ような Hierarchical modulation のようなものに対して、LDPC 符号を再設計  
してしまうことも考えている。距離が近い相手には高速伝送、遠い相手には低  
速伝送となるような変調というのは向いていると考えており、昨年度検討して  
きた信号符号の取組みで、多値化して伝送レートを上げられるところは上げる  
ようにすることが必要だとは感じていたため、その部分も含めて検討したい。  
LDPC 符号の設計をするにも、そこを取組みないとただ設計しただけになって  
しまい、面白くないと思っている。LDPC としてまず取り組むのは、  
IEEE802.11n や 802.11ac など現行で使われている LDPC をまず持ってきて性  
能をみて、その上で変調を変えた場合にどうなるかというのを見る予定。課題  
a のデンスーとも議論して進めていけるとよいと考えている。

山里委員：実験は想定していないのか？

研究員：今はシミュレーションのみを想定している。物理層の実装が出来る日本の会社が  
どんどん減っている。

山里委員：次の通信方式として検討するのであれば、実験まで出来ると良いと思われる。  
何か疑似的に送ることなど方法はあるような気がするが。

研究員：可能ならやりたいが、マンパワー的に厳しい状況である。

代表研究責任者：いつも連携は取って進めるようにしている。実験となると実験局免許の  
取得が必要になるが、既に実用局がいろいろな場所を走行していることもある  
ためなかなか難しいと思われる。

須田委員長：自動走行用の新しい通信方式の提案ということなので、最後のアウトプット

がそういう形になるように説明をお願いしたい。ハードウェアとしてこういう提案、プロトコルとしてこういう提案、それらを実証するためのアプローチとして、この部分は実験で確認、この部分はシミュレーションで確認というように整理してあるとよい。個別の研究の位置付けを明確にし、それを1つの図にまとめるようにして欲しい。

#### 〈総合ビジネスプロデューサ〉

須田委員長：今の説明は、今年度新たに取組む内容についての説明という理解でよいか？

総合 BP：その通り。

代表研究責任者：知財権に関する検討については、総務省殿が最初に入れられていた文言であり、会合の場では、「個社の戦略に関わることであり、集まって議論すべき内容か」など議論になった。これについては総務省殿にも確認していく。リスクについては、ビジネスプロデューサ会議の中の議論で、ETC の例では権利化されてきた時にどうなるかを想定した議論を行い結果をオープンにしたとのことで、リスクを意識した議論をしていくことになった。また自動走行となると、我々総務省プロジェクトだけでなく他省庁のプロジェクトの知財についても関連してくるため、普及ということを意識すると、そういったところと連携するなり特許プールを設けるなどの提言をしていく必要があるという議論があった。

須田委員長：特許については、2 年ほど前に自動運転に関して特許庁が特許調査を実施している。その時は自分が座長も務めた。その時から、また状況が変化してきている。昨年は安全運転支援に特化した調査を実施したと聞いている。

総合 BP：そういった情報も含めて、俯瞰した形で整理して情報共有し、議論を進めていければと考えている。

須田委員長：ビジネスプロデューサ会議には総務省殿は参加しているか？

代表研究責任者：参加されていない。資料の p.3 にある検討事項の 7 項目は、総務省殿からの本プロジェクトの公募に対する提案内容に含める必要があるものの中にビジネスプロデューサの設置があり、そこで検討する項目として挙げられているもの。知財権の戦略については、その必要性含めて総務省殿に相談する。

#### 4. その他

事務局より、資料 6 を用いて平成 28 年度技術討論会についての提案があり、以下の質疑が行われた。

須田委員長：最終年度の報告ということで、成果を国際会議等でアピールするようなことを考えているのか？ 自動走行ということなので、自動走行に関係しているカーメーカーに向けてアピールする必要はないか？

末木委員：成果については SIP のシステム実用化 WG 等（自動車メーカーの集まり）で共有していると考えている。

研究員：この技術討論会では 3 年分まとめたものの成果報告になるのか？

事務局：基本的には I T S 情報通信推進会議(ITS Forum)に渡していく部分をしっかり伝えることにはなるが、3 年間の総括としての成果報告となるため、3 年間で取組んだことは含めるようにして欲しい。報告に力を入れる部分と入れない部分が出てくるのは問題ない。

須田委員長：総務省殿の成果報告会である一般公開講演会も同じような時期に予定されているが、総 1 の課題 I として成果をアピールしたいということか？

事務局：我々の成果のアウトプット先として考えている I T S 情報通信推進会議(ITS Forum)に対し、成果を見せていくことが技術討論会開催の目的の 1 つと考えている。

事務局：本日の議論を踏まえて、技術討論会を具体的にどのような会にしていくか検討し、次回運営委員会にて再度提案する。

代表研究責任者より、7/7 に予定されているダイナミックマップ関連の地図構造化 TF との意見交換会に対して、会合の結果次第では、今後本プロジェクトメンバーで対応が必要となることも想定されるため、終了後に受託者側で会合を開き結果の展開を行い、運営委員へはメールで状況を展開することとしたいという発言があった。

次回会合：11 月頃を予定（日程は別途調整）

以上

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  
第 2 回 研究開発運営委員会 議事録

日時：2016 年 11 月 24 日(木) 11:30～12:30

場所：TKP 新橋汐留ビジネスセンター 3F 304 会議室

出席者(敬称略)：

委員長：須田義大(東京大学)

委員：藤原章正(広島大学)、山里敬也(名古屋大学)、末木隆(トヨタ)、  
山本康典(マツダ)

代表研究責任者：難波秀彰(デンソー)

研究員：澤田学・小野学(デンソー)、畑山佳紀・武村浩司(パナソニック)、  
矢部一夫・柴崎裕昭(パイオニア)、藤井威生・石橋功至(電気通信大学)

総合ビジネスプロデューサ：杉浦孝明(三菱総合研究所)

事務局：川合健夫・吉田克典・伊神章公(デンソー)

配布資料：

資料 0 議事次第

資料 1 第 1 回研究開発運営委員会 議事録

資料 2 平成 28 年度 研究開発スケジュール

資料 3 平成 28 年度 研究開発内容(各研究機関)

資料 3-1 デンソー、 資料 3-2 パナソニック、

資料 3-3 パイオニア、 資料 3-4 電気通信大学

資料 4 平成 28 年度 課題 I の研究開発内容(代表研究責任者)

資料 5 総合ビジネスプロデューサ会議資料(三菱総合研究所)

資料 6 平成 28 年度 研究開発運営委員会 技術討論会について

別紙 第 2 回 研究開発運営委員会 座席表

別紙 第 2 回 研究開発運営委員会 出席者名簿

議事内容：

1. 研究開発のスケジュール

事務局より資料 2 を用いて平成 28 年度のスケジュールとして、第 1 回運営委員会以

降に行われた SIP システム実用化 WG との連携会議や Workshop 等での成果発表及び今後の予定について説明が行われた。

## 2. 平成 28 年度研究開発内容について

各研究機関より資料 3(3-1~3-4)を用いて各課題に対する取組み状況について説明が行われ、以下の質疑が行われた。その後、代表研究責任者より資料 4 を用いて平成 28 年度の研究開発成果のアウトプット先及び各研究課題成果の自動運転に向けた適用イメージについて説明が行われた。また、総合ビジネスプロデューサより資料 5 を用いてビジネスプロデューサ会議として各研究成果の取りまとめ及びそれらを踏まえ作成する提言の方向性について説明が行われ、以下の質疑が行われた。

### 〈デンソー 課題 a、c-2〉

末木委員：資料 p.3 で技術の適用先として通常走行車両の送信のみに適用する理由は？

研究員：合流車両には比較的高い頻度の通信と高い通信品質が要求されている。それ以外の通常走行車両は ITS Connect の通常の通信を行っている車両を想定しており、それら車両に対し制御を適用し通信頻度を下げることによって、合流車両側の通信品質がどれくらい確保出来るかをシミュレーションで確かめようとしている。また通常走行車両に対してどれくらい通信頻度が低下するかも確かめる。

末木委員：合流車両は 100ms 周期で送信し、通常走行車両はそれよりも間引いて送信しているということか？それにより合流車両側の通信品質 99%を満たせるということか？

研究員：その通り。通常走行車両の送信頻度を抑えることで、それらから送信されるパケットとのパケット衝突を減らし、通信品質を高めることが出来ると考えている。

末木委員：通常走行車両の通信品質は低下するということか？

研究員：そのようになる。どちらを優先とするかについては、よく検討・議論する必要があると思われる。仮に合流車両側を 99%満足するように制御した場合に、周囲車両がどれだけ送信頻度が低下するかを確認中。

末木委員：通常走行車両の送信頻度が低下することに問題ないのか？

研究員：合流と関係ない本線車両側の通信品質が低下することに対しては、基準が無いため一概に言うことは出来ない。一般道の安全運転支援と同等レベルと仮定する

と、積算パケット到達率 95%が基準となる。合流車両側は 99%を積算なしで達成することを目標としており、要求されている通信品質には差がある。

末木委員：これは合流車両の受信か？

研究員：合流では合流車両と本線車両が交互に通信するため、送受信に該当。合流サービスに入る時は、送信を間引くモードに入らないように動作する想定。合流通信のシーケンスとして最初は合流車両側から合意形成のためのパケットが送信されるので、それに続いて合流のための通信が行われる想定。

末木委員：合流支援の行われる本線走行車両の送信頻度が可変するということか？

研究員：合流とは関係なく本線走行車両は通信トラフィック等により送信頻度が変化する。合流レーンなど合流に関係する車両は、送信頻度が固定となる。

末木委員：資料 p.4 で 1 階層と 2 階層を切替えるのはどういった条件で行うのか？

研究員：スイッチする必要はなく、新しく階層変調に対応した機器は常に階層変調で送信可能。ITS Connect のメッセージは第 1 階層に載せるため、現行の通信機でも普通に受信可能。階層変調に対応した通信機であれば、第 2 階層に載せたメッセージをも受信可能。階層変調は、これら 2 つのメッセージをセットにして送信する方式。

末木委員：第 2 階層目に対応した通信機は常に第 2 階層も受信可能ということか？

研究員：SNR が低い場所では受信出来ないが、所要の SNR を満足出来る場所では受信可能。

末木委員：その境目というのは、通信品質が確保出来るところということか？

研究員：その通り。それがどれくらいまで可能かをシミュレーションや実機で確認する予定である。

山本委員：資料 p.3 の送信頻度可変に欧米の規格を採用した場合ということだが、700MHz 帯特有の課題は何があるのか？

研究員：欧米の 5.9GHz 帯と日本の 700MHz 帯を比較して考える。あるエリア内にある密度以上の車両が入ってくると通信品質が低下するのは両方に共通するが、700MHz と 5.9GHz とでは通信エリアに差があるため、全体としてのキャパシティには違いが出てくる。今回、5.9GHz 帯で使用している欧米の標準方式を 700MHz 帯で適用した場合にどのような影響が出るかは、やってみないとわからないところがあるためシミュレーションで確認しようとしている。



山本委員：通常走行車両と合流車両で送信頻度を可変にしたり固定にしたりしているが、個々の車両がそれをどうやって判定するのか？

研究員：サービスという観点になると思うが、これから合流する車両はそのことを車両自身が判っている前提であり、合流レーンやその周辺の車両はサービスが実施される想定。自工会のユースケースでは合流車両が自律センサで本線側の車両を特定することが想定されているので、その車両を相手に通信するイメージ。

山本委員：自律センサや地図を使って、車両自身が判定して送信頻度を可変にするか固定にするかを決めるということか？

研究員：サービス開始のトリガはそのように想定している。

山本委員：資料 p.6 に自動走行車両にマイクを搭載するとあるが、マイクを付ける必要があるという想定で実施しているのか？

研究員：マイクについては実際にはなかなか難しいと思われるが、カメラで赤色灯を認識するだけでは緊急走行中かどうかを判定するのは難しいと考えられるため、センサのみで認識する場合には、サイレン音も含めて判定する必要があると考えている。ただ、そこを深掘りするつもりはなく、今回はマイクでこの範囲を認識出来るという簡易的な設定をし、シミュレーションを実施する予定。

#### 〈パナソニック 課題 b〉

須田委員長：協調合流支援として車車間通信と路車間通信を2重に実施するような想定になっている。どういうように組み合わせるのが疑問。どういうことをやろうとしているかを整理した方がよい。最終的にはどうするつもりか？

研究員：インフラの精度が上がり、配備が進むのであれば、そのエリアでは路車間を優先すべきと思われる。これまでの安全運転支援でも、路車間通信に対応した交差点における運転支援サービスについては、車車間通信よりも路車間通信を優先して使用するという考え方がある。今回の合流についても同じようなことが言えると思われる。

須田委員長：本線車両を支援するのか、合流車両を支援するのかについても整理が必要と思われる。

研究員：自工会の考えも聴きながら整理していきたい。

末木委員：資料 p.5 のロジック①では、合流車両側には情報が来ないのか？

研究員：その通り。

末木委員：資料 p.9 の評価指針の「余裕をもって減速可能」とは、どのくらいの範囲なのか？

研究員：0.2G 程度の減速度を基本とし、車間が保てるくらいの区間が取れることを「余裕をもって減速可能」としている。

末木委員：車間確保成功率というのは、具体的には何を示すのか？

研究員：まず確保すべき車間を 2 秒車間と設定している。その中で合流車両が入るためには、前車との距離は多少短くとも可とするが、後車との距離は確保するという考え方から、前方に最低 0.4 秒、後方に 2 秒のトータル 2.4 秒の車間を確保し、その中に合流車が合流していくような設定をしている。

山本委員：車間確保について、0.2G までの減速度というのは理解出来る。資料 p.8 の測定方法に記載があるようにビデオ撮影するのであれば、交通流への影響が見てとれるととても参考になると思われる。

研究員：実験ではいろいろ車両台数のパターンを変えて実施しているが、合流車両が複数入ってくるケースでは、本線の交通流に影響を与えるかどうかも見えてくると思われるので、そういったことも含めて考察していきたい。

#### 〈パイオニア 課題 c-1〉

須田委員長：自車両がどのリンク ID の道路を走行しているかはどうやって判るのか？

研究員：自動走行車両であれば、高精度な地図や測位により、現在どの道路を走行しているのかを把握している前提。

代表研究責任者：評価はどういう形になるか？リンク ID 等を送信することで、衝突する危険性がある車両かどうかを判定して、危険性の低い車両を処理から削ぎ落とすことをすると思われるが、効果を定量化出来るのか？

研究員：例えば資料 p.5 で示すと、半径 500m 以内から通信が届くとした場合、その中の道路上に存在する車両の台数に対して、ウォッチする必要がある車両を赤と緑の点で示した車両に絞ることが出来るようになるため、その台数分、効率的な処理を実現出来るということになると考えている。当然のことながら交通状況によっては、台数が増えたり減ったりすると思われるが、今の仮定としては車速と車間のデータから効率を評価する予定である。

末木委員：資料 p.3 の走行道路特定情報として、共通性や永続性が求められるとあるが、それを満足する道路リンク ID とは具体的に何を想定しているのか？

研究員：現時点では、DRM リンクを想定して検討している。ほぼ全ての道路にリンク ID が割り振られており、今後新しく出来る道路に対しても新たな番号が割り振られるため既存の道路に対しても影響がないので、これが使用出来るのではないかと考えている。

末木委員：その情報を各車両が保持することが前提なのか？

研究員：これをベースに各車両のナビゲーション地図のリンク ID と対応させる想定。

末木委員：ナビを持っていない車両では、この支援は成しえないということか？

研究員：その通り。ナビゲーションシステムと車車間通信との両方を搭載している車両を前提としている。

山本委員：自動運転車両として考えた場合、こういった解決方法もあれば、他の方法もおそらくあるのではないかとと思われる。それらも含めてまとめる時には解るようにまとめて欲しい。

代表研究責任者：この課題は、全ての車両が自動運転車両になるまでの間を想定して取り組んでいる。

研究員：自動走行車両が普及する手前には、手動走行車両と混在して走行する時期が必ずあるので、そこに着目して取り組んでいる。

末木委員：ナビゲーション用地図の道路リンクと、最近検討されている自動運転用の高精度な地図の道路リンクが存在することになると思うが、それらをどう変換するか、どう共存させるかといった議論があり、標準化されるべきものだと思う。そういったものと併せて検討されると良いと思うが。

研究員：そこまでは検討出来ていないが、普及が進んできた時点で内容を変えていくこともありうると思われる。

#### 〈電気通信大学 課題 d-1〉

代表研究責任者：10 月に開催された ITS 世界会議の中で、LTE-Direct と IEEE802.11p との性能比較の発表があった。LTE の方が性能が良いという内容だったが、適用している誤り訂正符号の性能差のようにも思われる。LTE の誤り訂正符号を 802.11p に導入することも考えられるが、性能差についてどのように考える

か？

研究員：直接的な比較は難しいが、802.11p に LDPC 符号を適用することで性能は大きく改善すると考えられる。

研究員：それに含めて LTE は基地局で端末の送信タイミング等が制御されているため特性は良くなる。LTE-Direct の車車間通信で実現出来るかはまだ検討中と思われる。

総合 BP：電波環境データベースというのは、送信と受信の 2 点の位置をキー情報として、通信成功率や受信電界強度をデータベース化するという事か？

研究員：現在はそうように考えている。データ量が膨大になる可能性があるので、如何に簡易化しかつ信頼度を確保するかについて検討している。

総合 BP：車両が一時停止しているような状況であれば、どの車両と中継通信するかに対しそのようなデータベースは有効だと思われるが、一方で合流シーンのように互いの車両が動く状況では、周囲の建物との相対関係も変化するため、最適な中継相手も変わってしまうのではないか？

研究員：実際に活用する段階では予測を入れる必要があると考えている。予測を含めて中継相手を選択する必要があると思われる。現在はそのベースのマップを作成するところに集中しているため、そういった効果はまだわからない。

#### 〈課題全体〉

須田委員長：説明の中で時系列というのがあったが、どう表現するのがよいか？

研究員：時系列についても解るように図の修正を検討したい。

須田委員長：自動運転が普及した状態と、それに至るまでの移行期など、どこをターゲットにしているかが解るようにして欲しい。

#### 〈総合ビジネスプロデューサ〉

山里委員：海外の動向についてはこの中に入れたいのか？台湾で 760MHz 帯を使ったサービスが始まりそうだとことを聞いているが、北米や欧州以外で採用しそうな国があるのかなどトピックとして入ってくると良いと思われる。

総合 BP：昨年までは北米の動向調査を実施していたので、そういうことも踏まえて日本としてどういったことが必要なのかといったことをまとめていきたいと考えて

いる。

須田委員長：研究開発側のまとめとビジネスプロデューサ会議のまとめが整合するようにして欲しい。

総合 BP：ビジネスプロデューサ会議には難波代表研究責任者にも出席してもらっており、今回の研究開発の成果も含めて議論している。ビジネスプロデューサ会議は第三者的な立場で、研究開発とプラスαの部分についてもまとめるということなので、研究成果も踏まえた上でまとめていきたいと考えている。

須田委員長：今回の研究開発の成果があって、それをこのように使っていくとか、まだ不足している部分がどこかといった内容になるのか？

総合 BP：そういったイメージ。今の研究開発も重要な部分を担っていると思うが、それだけで十分かというところではないと思われる。また技術的な研究開発以外にも必要になる要素は多いと思われるため、そういった内容もまとめたいと考えている。

### 3. その他

事務局より資料6を用いて平成28年度の技術討論会(拡大研究開発運営委員会)の構成について説明が行われた。日程については2月下旬頃を目安とし、別途メール等で調整する。

以上

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  
第 3 回 研究開発運営委員会 議事録

日時：2016 年 3 月 23 日(木) 10:00～12:00

場所：AP 品川会議室 10F E 会議室

出席者(敬称略)：

委員長：須田義大(東京大学)

委員：藤原章正(広島大学)、山本康典(マツダ)

代表研究責任者：難波秀彰(デンソー)

研究員：澤田学・小野学(デンソー)、畑山佳紀・武村浩司(パナソニック)、  
矢部一夫・柴崎裕昭(パイオニア)

総合ビジネスプロデューサー：杉浦孝明・田中清一(三菱総合研究所)

オブザーバ：北城崇史(総務省)

事務局：川合健夫・吉田克典・伊神章公(デンソー)

配布資料：

資料 0 第 3 回研究開発運営委員会 議事次第

資料 1 第 2 回研究開発運営委員会 議事録

資料 2 研究開発運営委員会 技術討論会 議事録

資料 3 平成 28 年度 研究開発スケジュール

資料 4 平成 28 年度 研究開発内容 (各研究機関)

資料 4-1 デンソー、 資料 4-2 パナソニック、

資料 4-3 パイオニア、 資料 4-4 電気通信大学

資料 5 総合ビジネスプロデューサー会議資料 (三菱総合研究所)

資料 6 3 年間の研究開発の成果

別紙 第 3 回 研究開発運営委員会 出席者名簿

別紙 第 3 回 研究開発運営委員会 座席表

議事内容：

0. 議事録の確認

事前送付した議事録、資料 1、資料 2 に対し確認が行われ、特に異議なく承認された。

## 1. 平成 28 年度研究開発実施結果

事務局より資料 3 を用いて、平成 28 年度の研究開発スケジュールについて振り返り、説明が行われた。また今後のスケジュールとして、総務省北城様より、本研究開発の終了評価会が 6 月頃に開催される予定であることが伝えられた。

## 2. 平成 28 年度研究成果の最終報告

### ・各研究機関からの研究成果の報告

各研究機関より資料 4(4-1～4-4)を用いて各課題に対する研究成果について説明が行われ、以下の質疑が行われた。なお、課題 d-1 については、難波代表研究責任者が代理で説明をおこなった。

### 〈デンソー 課題 a、c-2〉

山本委員：資料 p.3 で近い距離ではデータサイズを増加出来るということだが、近い距離をどのように考えて決めたのか？

研究員：現状の通信機との通信への影響ができるだけ無いことと、自工会殿の暫定要件であるデータサイズを満たすことを考慮し、パラメータを調整して決定した。

山本委員：課題 c-2 のシミュレーションでは、距離によって停まれたか、停まれなかったかを見ていると思われるが、送信する情報として位置情報だけでよいのか、それ以外に必要な情報として何があるか？

研究員：緊急車両の位置が判れば停止できることを想定してシミュレーションを実施した。他に送信する情報としては、どのように待避すべきかなど目標があった方が良くかもしれないと考えている。ただし、それについての検討は出来ていない。

須田委員長：資料 p.3 で特許は出願しているのか？

研究員：ベースとなる技術は、既にデジタル放送等で使われている。今回は、車車間通信で使うことを考慮し、パラメータ調整等をおこなっている。

須田委員長：資料 p.4 のグラフの結論はどう理解すればよいのか？

研究員：左右のグラフは、左が従来通信、右が階層変調を適用した通信でのシミュレーション結果である。階層変調は比較的近距离しか通信が出来ない、つまりマー

ジンが少ないため、全体的に特性としては低い。送信頻度可変機能は、通信が混み合った場合に送信頻度を下げるように調整し通信トラフィックを下げる機能である。送信タイミング予約機能は、合流の通信をそれ以外の通信と比較して優先的に時間を確保し、送信する機能である。2つのシミュレーション結果を比較すると、送信タイミング予約機能の方が特性は良くなっている。

須田委員長：送信タイミング予約機能を適用すれば良いと理解すればよいか？

研究員：合流の通信品質を向上させるという目的に対しては送信タイミング予約が良いと思われる。ただし、課題も若干はあるため、合流車以外の通信への影響と合わせてトータルで判断していく必要があると思われる。

須田委員長：階層変調がある場合のグラフは、合意形成期において極端に悪い値の結果に見えるが、どう考えるのか？

研究員：グラフは下限が90%からしか描いていないため悪く見えている。90%でも10回に1回、通信が失敗するという程度であり、2回送信出来れば、合意形成出来る確率は上がってくる。自工会殿から戴いた暫定要件ではパケット到達率が99%以上となっているため、それに対しては送信タイミング予約機能を使わないと改善出来ない結果となっている。ただ、パケット到達率90%で本当に使えないのかについては、よく検討する必要があると思っている。

藤原委員：到達率90%を2回送信するという事か？

研究員：合意形成期では時間的に2回送信するチャンスがある。ただし、2回で良いのか、1回で送りきらないといけないかについては要件次第となる。

藤原委員：合意形成期はその品質でも構わないが、アクションを起こす時点では高い品質が必要という考え方もあるのか？

研究員：そう考えることも出来ると思われる。合意形成が成立しなければ、通常の合流を行うロジックになる。自工会殿から戴いている資料では、最終的には自律センサで確認して合流を行うとされているため、どの期間の通信品質がどの程度求められるかについては、使い方や考え方によって変わってくると思われる。

### 〈パナソニック 課題 b〉

山本委員：資料 p.6、7 で送信するメッセージを決めた上で実験を行ったということだが、実験をおこなってみて、メッセージ情報毎の要不要や妥当性についてはどうだ



ったのか？

研究員：検討段階でこういう情報があると良いと考えられるものを挙げたものが資料 p.6、7 にまとめたものである。実際に実験では、一部の情報（車両性能や前後方車間距離等）は使用していない。目標合流位置や目標合流位置到達予想時間については、実際に実験を行ってみた結果、合意形成した車両との間は良いが、合流シーンでの車両が複数台となる場合には、その後続車両においても協調合流の通信を受信し、自車両が今後どう動くことになるのかが判る方がよいのではないかと考えている。自車両が今後どのように動くのかといった情報を入れて送信した方が、予測の精度をより上げられるのではないかと、実際に実験を行ってみて考えるようになった。

山本委員：代表的な実験事例の紹介があり、その中で通信を使ったとしてもいろいろ問題が見えてきており、一時的に車間を詰めることなど記載されているが、通信を使うということから考えると、交通全体がコントロール出来ていて、自律センサだけでは渋滞等を考慮出来ないが、通信を使うことでそういう状態もコントロール出来ることが理想だと思われる。今回の結果だけを見ると、議論しているところが自律センサで議論しているところをロバストにするくらいにしか見えない。そういう点についての議論はないのか？例えば、そういうことを実現するためには、「単独の1台ずつでは困難である」というような話があってもよいと思われるが。

研究員：通信を使って理想的な交通を実現するということについては、そこまで踏み込んだ検討は出来ていない。ただ、交通が飽和してしまっている状態では、やりようが無いと思われる。そういった状況、例えば、本線が高い車両密度の状態に合流車両が割り込んできた場合には、自律センサだけでは自車両の安全のためだけに車間を何とか確保しようとする動きをしてしまうことが考えられる。そういった場合に、通信を使うことで合流車両が入ってくることが予め予測出来れば、瞬間的には車間が詰まるのを許容するなど、急激に交通流に影響を与えることが無いように、緩やかに対応することが出来るようになるのではないかと考えている。

藤原委員：なかなか難しい検討だと思われる。システム論的に言うと、環境条件が予めわかっているから反応するというをやらざるを得ないけれども、生物学的に

はそうでない行動を頻繁に起こしている中で成立している。この内容の研究でこれはこれで良いと思うが、別途、生物学的な研究も必要となるように思われる。

研究員：例えば、本線の状態を検知して、それを合流車両に伝え、それに合わせて合流させる場合に、合流車両はどの範囲の走行まで行ってよいのかという観点があり、速度超過などルールを違反することは出来ないと思われる。実交通では、本線車両が制限速度を守っているとは限らないため、そういう中で合流する自動走行車両はどう動いていけばよいのかという問題が生じる。そういったことも考えていく場が必要だと感じている。

須田委員長：実際には、自律センサやインフラ協調だけでは対応出来ないケースが発生するため、制度を作っていく必要がある。そういう制度について議論する場が必要だと思われる。

#### 〈パイオニア 課題 c-1〉

山本委員：メッセージに付加すべき情報の検討ということだったが、今回のシミュレーションと最終的に Step3 で記載されていた結論との関係性について説明して欲しい。

研究員：付加情報に求められる要件を満たす候補として、現時点では道路リンク ID や DRM リンクしか無いと考えている。それらのデータを表現するのに必要な bit 数からデータサイズを見積っている。

山本委員：今回のシミュレーションの結果が、机上検討で事前に想定したものと比較して「こうでなければならない」というような結果が出た、ということではないのか？

研究員：こうしないといけないということは特にない。こういった情報を付加して送信することで、自動走行車両が自分に関係する車両を効率的に抽出出来ることがなかった。抽出する効率については、今回の資料で示した除去率で表現した。

研究員：非自動運転車両は自車位置の精度が低い場合があり、複雑な道路構造をしている場所を走行する場合に自車両が走行していない側の道路情報を送信してしまうことがある。そういう場合への対応として、可能性のある複数の道路情報を格納して送信する方法を検討した。その方法により抽出漏れを防ぐことが出来る

と考えている。

代表研究責任者：自動走行に使用する高精細な地図の作成が盛んに行われているが、道路のリンクレベルだけでなくレーンの情報など詳細なデータが扱われている。今回の研究の観点で、そういった地図に対して何かコメントすることはないか？

研究員：新しく作られているダイナミックマップの状況についても確認してみたが、今の地図情報、例えば道路リンク ID や区間 ID といった情報は再利用され、そこに組み込まれることが想定されている。継続的に道路リンク ID や区間 ID も整備され、ダイナミックマップに盛り込んでいくような進め方をしていると思われる。

須田委員長：道路に関して議論した WG においても、現在のカーナビで使用している地図情報の延長上に位置付けて高精度なダイナミックマップを作っていると葛巻 PD から発言があった。

研究員：ダイナミックマップも道路リンクの粒度の情報を持つことになると思われるため、我々の行った検討成果についても継続的な活用が期待できる。

須田委員長：実走行シミュレーションというのはどういうことなのか？実走行とシミュレーションの関係性はどうなっているのか？

研究員：シミュレーションでは、自動走行車両は自車両の位置を精度良く認識しているという前提を置いており、それを表現するために RTK-GPS を用いて正確な測位を行ったデータを実際に取得し、それをを用いている。一方で、周辺車両となる非自動走行車両は現在のカーナビレベルの精度という前提を置いており、それを表現するために GPS とマップマッチングを組合せて測位を行ったデータを実際に取得し、それをを用いてシミュレーションを実施している。場所によって、非自動走行車両が自車両の位置を間違えて認識しやすい部分について、実走行で取得したデータを用いることでより現実的なシミュレーションを実施出来ていると考えている。

須田委員長：他車両をシミュレーション上で表現するのに実走行データを用いたということか？いろいろな場所を走行して測位データを集めて、そのデータを使ってシミュレーションを実施したということか？

研究員：その通り。

須田委員長：赤坂見附のシミュレーションについて、現実には首都高が上に走っているはず

だが、一般道と高速道路が影響し合うようなこともあるのではないか？

研究員：その部分についてはシミュレーションを実施していない。自車両の位置を正しく測位するには厳しい環境であると思われる。

須田委員長：データの取得やシミュレーションは行っていないが、同じやり方で実施可能と考えればよいか？

研究員：同じやり方で可能。机上での検討の結果では、同様に効果があることがわかっている。

藤原委員：道路リンク ID や区間 ID は空間的な情報でそれをやり取りしている。それを時間軸で考えると、その時に走行している道路リンクや区間の ID になると思うが、時間的に $+Δt$  や $-Δt$  など、少し先の区間を扱うことは検討したか？

研究員：今回のシミュレーションでは、前方 20 秒、後方 10 秒の道路リンク ID、区間 ID を扱っている。

藤原委員：ということは、時間的に前後を含んだリアルタイムな道路 ID を使っているということか？

研究員：その通り。

総合 BP：走行している道路の情報を送ることで、道路と道路との接続状態がわかっているならば、交錯する可能性のある車両だけをフィルタリング出来るということだと思いが、進行方向も見ているなら、処理負荷を下げる以外に他への応用も考えられる。例えば、道路の逆走は社会的問題になっていることもあり、予見出来ないような走行をしている車両や逆走している車両を検知して警告するような使い方も出来るのではないかと思われる。

研究員：逆走についても議論はしたが、抽出する率が高くなってしまう可能性がある。逆走している車両自体がそれを認識出来るのであれば、そういった情報を付加して送信することも考えられる。

総合 BP：逆走自体はレアケースなのかもしれないが、重大事故を引き起こす可能性が高いため、そういった応用が出来ると、この技術もさらに有効になると思われる。

#### 〈電気通信大学 課題 d-1〉

代表研究責任者：学会で先生方御欠席ですので、代表研究責任者より概要を説明させていただきます。細かな質問事項等あれば、後日メールにて改めて回答させていただきます。

だきます。

須田委員長：技術討論会の場でもお伝えしましたが、それぞれの研究で、スループット、パケット到達率、配信遅延など、同じような評価を別の指標で行っているように思われる。指標の統一もしくは指標間の関係性を示すことで、研究成果の理解がより進むと思われる。

・ビジネスプロデューサ会議の成果報告

総合ビジネスプロデューサより資料5を用いてビジネスプロデューサ会議の成果について説明が行われ、以下の質疑が行われた。

須田委員長：資料 p.4 で、北米では2019年に義務化するということか？

総合 BP：NHTSA の目論見としては2019年に義務化することになっている。

須田委員長：義務化100%ということは、既存の車両にも搭載することか？

総合 BP：新しく生産される車両に対しての搭載義務化になる。FMVSS は自動車の安全基準である。

須田委員長：既存の車両に搭載されないのであれば、100%搭載は現実的に難しいのではないか？

総合 BP：その通り100%は難しい。アメリカでは車検制度がないため、既存車両に対してレギュレーションで何かするのは難しい。NHTSA が所管している FMVSS は乗用車に対するものだが、FMCSA という商用車を管理している DOT 内の別組織があり、バス、トラックに関しては既存車両に対するレギュレーションがある。実際に行うかは別にして、そういった車両に対しては法律的な縛りを掛けることは可能。

須田委員長：車車間通信については、100%とは言わないまでも高い搭載率にならないと効果が出てこないと言われている。

総合 BP：後付けの機器についても検討したいということが記載されている。法的には新しく製造される車両に対してのみ適用されると思われる。

須田委員長：使用する通信として5Gは入らないのか？

総合 BP：この文書の中では5.9GHzのDSRCが規定されているが、要件を満たせるのであれば他の手段についても否定しないということが明示されている。LTEや5G

の利用について配慮がされているものと思われる。

須田委員長：ITS Connect は今後どうなっていくと予想されるか？

総合 BP：ITS Connect に限った話ではないが、通信を自動運転に適用する場合、またドライバーへの情報提供や警告に適用する場合があるが、アメリカのやり方から学ぶとすると、地域実証等により、数多くのドライバーを使ったドライバークリニック等を実施している。そういったことが日本でも必要になると思われる。ドライバーが、このサービスを許容するのか、されないのか、どうであれば許容するのかを調査することは重要と思われる。また、地域によって道路構造やその周辺の構造物も大きく異なることから、電波の伝わり方も異なってくると推測される。安全システムとして使っていく上では、いろいろな地域での実証を実施していくことが必要と思われる。

須田委員長：交差点でのサービスは今後増えることが予想されるのか？

総務省：交差点の路側機設置については、警察が決めていくことではあるが、現在、路路間通信の検討が進んでおり、それが実用化されれば、路側機の整備が進む可能性がある。

須田委員長：資料 p.5 の提言 4 の研究開発の支援に記載されている内容については、SIP やポスト SIP など体制を作っていく必要性がいろいろなところで言われている。通信については、他の SIP テーマとの親和性の問題もあるため、それをどうしていけばよいかという課題がある。

総合 BP：今回の検討は自工会殿から戴いたユースケースを前提としていると思われるが、それもある種の前提であって、実際の実環境でどうなのか、そこでの通信特性がどうで、サービスとしてどう機能するかは一体不可分の関係にあるものと考ええる。研究としてはそれぞれ独立で成立するが、そういったことを全体で俯瞰出来るような組織があると良いと思われる。

・代表研究責任者からの総括報告

代表研究責任者より資料 6 を用いて、3 年間の研究開発の成果について説明が行われ、以下の質疑が行われた。

須田委員長：報道発表は行っていないのか？

代表研究責任者：報道発表は初年度の名古屋での実証実験時の 1 件のみであった。

総務省：特許出願数については、3 月 31 日時点の数か？

代表研究責任者：3 月末までの予定分も数に入っている。

### 3. 総括

須田委員長、総務省北城様より、3 年間を総括したご挨拶を戴いた。

以上

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  
研究開発運営委員会「技術討論会」議事録

日 時：平成 29 年 3 月 6 日（月）13:00-16:30

場 所：AP 東京丸の内 A・B・C 会議室

参加者(敬称略)：

委員長：須田義大（東京大学）

委 員：藤原章正（広島大学）、山里敬也（名古屋大学）、  
末木隆（トヨタ自動車）、山田秀行[代理]（マツダ）

特別委員（ITS 情報通信システム推進会議）：

小花貞夫（高度化専門委員会 委員長）

浜口雅春（高度化専門委員会 無線方式検討 TG 主査）

瀬川倉三（事務局（社）電波産業会 研究開発本部）

末木隆（700MHz 帯 ITS 実用化専門委員会 委員長）

オブザーバ：増子喬紀（総務省 移動通信課 課長補佐）

代表研究責任者：難波秀彰（デンソー）

研究員：

デンソー：

澤田学、伊吹明彦、川合健夫、小野学、今井謙一郎、平山泰弘、吉永諭史、  
神谷有志、小林顕二、吉田克典、伊神章公

パナソニック：

畑山佳紀、阿部朋明、武村浩司、柴田鉄兵、岩瀬篤生

パイオニア：

矢部一夫、柴崎裕昭、松本令司、青木岳、佐藤翔太、高橋哲也

電気通信大学：

山尾泰、藤井威生、石橋功至、鶴見俊介、片桐啓太、レ ティエン チエン、  
尾形駿、大比良和哉

総合ビジネスプロデューサ：

三菱総合研究所：杉浦孝明、田中清一、田中則行



## 0. 開会

司会(デンソー 川合)より、本技術討論会の位置付けについて説明がなされた。

## 1. 委員長、総務省ご挨拶

須田委員長、総務省増子課長補佐より本技術討論会の開催にあたり挨拶が行われた。

## 2. 総 1 ウ 共同研究の実施計画、進捗について

難波代表研究責任者より、本研究開発全体としての位置付け、3年間の取組み研究課題、成果の適用イメージについて紹介がなされた。

## 3. 技術課題について発表、討議

受託 4 機関の各研究責任者より、3年間の取組み内容と成果について発表がなされ、活発な討議が行われた。発表概要、討議内容を以下に示す。

### ①自動走行システムへの通信情報の活用検討 (パナソニック 畑山)

#### 〈発表概要〉

- ・ 普及促進に向けた「情報重複/支援競合時の対応手法に関する研究」と通信応用に向けた「自動走行システムへの通信情報の活用検討」の2つのテーマに取り組んできた。
- ・ 通信が自動走行の高性能化やユーザ受容性の向上に寄与すると考えられる、協調型自動走行のユースケースについて検討し、特に合流について実証実験を行った。
- ・ 昨年度、実際の合流地点で通信が成立するか公道実験を実施した結果、一般的な道路環境では成立するものの、都市高速のような複雑な道路環境においては成立が難しい(合意形成をするための期間の確保が難しい)ことを確認し、路車間通信の活用も検討に含めることにした。
- ・ 路車間通信、車車間通信の合流支援モデルとして、車車間通信と合流車両の情報を本線車両へ通知する路車間通信モデルと本線車両の情報を合流車両へ通知する路車間通信モデルの二つのモデルについて検討し、車車間通信の合意形成シーケンス、車車間通信での送信情報、路車間通信での送信情報について検討を行った。
- ・ 検討した通信シーケンス、送信情報を用いてテストコースにて手動走行による合

流支援の実証実験を行い、車車間通信や路車間通信を活用した合流支援の実現性について確認した。合流、受入車両の台数が多い場合に、交通流への影響が生じる等の課題についても抽出した。

#### 〈討議内容〉

須田委員長：車車間通信を用いた支援と、路車間通信を用いた支援の2種類について取り組んでいるが、それらをどう切り分けて考えているか？条件についても車両台数を変えて実験しているが、うまく合流出来ないことはなかったのか？

畑山研究員：昨年度の結果として車車間通信だけでは難しいことがわかったため、今年度は路車間通信も含めて検討を行った。合流車両側の情報を本線車両へ伝えるモデルと、本線車両側の情報を合流車両へ伝えるモデルの2つについて検討したが、それぞれメリット、デメリットがある。実験した結果、合流車両が1台の場合はいくが、複数台になった場合に交通流への影響や、予測が合わなくなった場合への対処などの課題が見えてきた。

須田委員長：路車間通信を用いる支援には、本線側が車載機を搭載しているモデルと合流側が車載機を搭載しているモデルがあるが、どちらの方がうまく合流支援出来るのか？

柴田研究員：基本的にどちらも支援は成功する。合流側が車載機を搭載しているモデルでは、本線側の車両密度が高い場合は、合流車両がなんとかして合流するしかない。本線側にスペースがあれば、合流車両はそこを狙って合流することが出来る。

浜口特別委員：通信シーケンスを机上で検討した上で、実証実験をしているが、通信シーケンスや支援のモデルに対して実証実験によってわかったこととして何があるのか？

畑山研究員：事前に検討して決めた通信のシーケンスや送信情報に基づいて実験を行った結果、想定通りうまく合流支援が出来ることを確認した。

浜口特別委員：実験では距離や車両台数などパラメータを決めて実施しているが、事前にこのようなパラメータで実験すれば、通信シーケンス等の妥当性が確認出来るという見積りのもと実施したということか？

畑山研究員：その通り。

浜口特別委員：協調型のユースケースとしていくつか挙げていたが、実証実験を行ったの

は合流支援のみということか？

畑山研究員：実車で実験を行ったのは合流支援のみ。それ以外の4つのユースケースに対しては、モデル検証を昨年度実施した。

小花特別委員：基本的な考え方として、通信システムに異常があっても自律システムで合流するのが前提であり、車車間通信があるとなお良くなり、さらに路車間通信もあるとなお良くなるという位置付けになると思われる。車車間通信だけでは難しいということで路車間通信も含めて検討したということだが、その境界点というのはどこにあるのか？例えば、合流レーンと本線が並行に走る距離がどのくらいであれば車車間通信で出来る、出来ないなどの評価はしているのか？

畑山研究員：明確な閾値については検証出来ていない。地下の高速道路へ合流する場合には車車間通信では難しいということや、車載機の普及が進む前には路車間通信も必要になるだろうという考えから路車間通信についても取り組んできた。

小花特別委員：実験の映像では、合流車両と本線車両とが直接見通しの取れる条件で行っているようなので、路車間通信は必要ないのではないかと。車車間通信でも、合流車線と本線車線があれくらい同じ高さで見通しの取れる条件、つまり電波が良く届く条件というのは実際の合流環境ではなかなか無いのではないかと？

畑山研究員：実際の合流環境もいろいろな条件があり、その場所毎の条件に依存すると思われる。公道での実験は難しいためテストコースで実験しており、実際の合流地点の道路環境を再現出来ているかといえは出来ていない部分もある。

## ②非自動走行車両の混在下での干渉可能性のある車両の効率的抽出の検討(パイオニア 矢部)

### 〈発表概要〉

- ・ 平成 26 年度は普及車載機での評価検証を行い、自車位置情報の誤差が運転支援に影響を与える大きな要因となることがわかった。
- ・ 平成 27 年度は複雑な道路環境においてさらに検証を進めた結果、立体交差や緩やかに分岐する構造の道路において運転支援に問題が生じる可能性があることが明らかになった。また、公共交通アプリケーションの有効性検証として、路線バスやタクシーとの車車間通信による運転支援サービスについて基礎評価を実施した。

- ・ 平成 28 年度は、自動運転車両が周辺車両の状況を事前に認知する上で、自車両に関係のある車両を効率的に抽出することを重要視し、そのために車車間通信メッセージへ付加すべき情報について検討を行った。
- ・ 付加する情報として、道路リンク ID(車両の走行している道路情報)と区間 ID(車両の進行方面情報)を候補とし、高速道路等のジャンクションにおけるシミュレーションを実施し、監視対象リンクをどれだけ絞り込めたかを示す除去率により評価した。
- ・ 評価の結果、道路リンク ID を付加する方が高い除去率が得られることが確認出来た。元になる情報のバージョンが車両によって異なる場合等の残課題についても抽出した。

#### 〈討議内容〉

浜口特別委員：情報を追加したということで送るデータ量が増えていると思うが、通信の観点での効率というのはどうなっているか？

矢部研究員：自由領域を使っているので、基本的な送信メッセージフォーマットのサイズ範囲内で収まっている。

浜口特別委員：除去率という評価をしているが、処理の観点でより高い処理能力が必要であるといったような評価をしているか？

矢部研究員：受信する自動走行車両に処理をあまりさせないようにするために、監視が必要な車両を先に絞り込むということを念頭に検討を実施した。道路リンク情報等によって、必要な車両を絞り込む処理自体には、高い処理能力は必要ないと考えている。

浜口特別委員：除去率が高ければ、その分、処理を低減出来ると考えればよいのか？

矢部研究員：そう考えてよい。

小花特別委員：他の車両を認識するためということだが、何のために認識するのか？合流が目的であれば理解できるが、目的は何か？

矢部研究員：昨年度の実験によって、複雑な道路形状をしている場所では、電波が届くことで、かなりの台数と通信することになることが判っている。それら車両 1 台 1 台を監視するとなると、処理負荷が大きくなることが考えられる。自分の車両が現在また今後走行する道路上の車両だけに対象を絞り込んでおくことで、処理負荷を低減出来ると考えて取組んだ。

小花特別委員：自動運転とは直接的には関係なく、700MHz 帯通信では、このような場所を走行した場合に、交差している道路などいろいろな場所から電波が届き、車車間通信の中でどのデータを見ればよいか判らなくなるので、フィルタリングを掛けるために、道路リンク ID 等を活用すると理解すればよいか？

矢部研究員：その通り。

小花特別委員：700MHz 帯を使うから余計なところまで届いてしまうのではないか。関係ない道路や車線の車両から電波が届いても、無駄になってしまう。合流支援を行う場合は、100ms 以下の間隔で送信することも検討されており、インターチェンジ等の場所では電波が大量に飛び交うことになる。車両を識別することはよいが、電波自体が減るわけではないので、電波の時点で容量を超えてしまうことが懸念されるが、そういう点での評価はしているのか？

矢部研究員：その部分については評価をしていない。

小花特別委員：ぜひ評価して欲しい。

末木委員・特別委員：シミュレーションをする際の交通流のモデルはどれくらいのものなのか？また、実際に除去する際には、届いている全ての車両と通信した上で絞り込みを行い、以降不要と判断したデータは捨てる等の処理を受信側で行うという理解でよいか？

矢部研究員：処理の理解はその通り。車両の台数は今回設定をしていない。通常の制限速度で走行していることを仮定しているが、車両の台数よりも、リンク上を走行している車両が存在していることを仮定して計算を行っている。リンクの数により評価している。

末木委員・特別委員：除去率というのは、どうやって求めているか？

矢部研究員：除去したリンク数÷通信範囲の全リンク数で求めている。

増子課長補佐：走行しているリンク中の位置を道のり距離で表すことも考えられるがどうか？また、送信側で可能性のある道路リンク ID を複数送信しているが、受信側で場所によって可能性を含めた処理をすることも考えられるがどうか？

矢部研究員：受信側で処理する方法については、位置情報からマッチングを行う必要があるため、それを全台数に対して行うと処理負荷が高くなると思われ、送信側で走行している道路リンクの情報を付加する方法の方が効率的だと考えて

いる。道のり距離については、区間 ID の始点と終点があるので表現自体は出来るが、自車両に関係する車両のみを絞り込む目的に対しては、道路リンク ID 等を送信することで十分だと考えている。

### ③自動走行システムに向けた分散協調 ITS 通信技術の研究(電気通信大学 山尾)

#### 〈発表概要〉

- ・ 現在の車車間通信に比べて、高信頼かつ低遅延な無線通信を実現するための研究開発として、4つの観点で取組みを実施した。
- ・ 多次元分散協調による高信頼車車間通信の研究においては、車両の位置や移動方向から中継車両を選択し、時空間ブロック符号に基づく分散協調マルチホップ伝送により、通信品質の向上及び中継パケット数が低減することをシミュレーションにより確認した。また、通信特性が悪い位置関係を予め把握するための無線環境データベースについて、路車間通信、車車間通信の実測結果を用いて構築した。
- ・ 複数路側中継器による棲分け型協調中継システムの研究においては、交差点に路側中継器を設置し、その中継器に、セクタ化受信、ペイロード合成中継、棲分け中継の機能を持たせることで、通信品質が向上することをシミュレーションで確認した。また、セクタ化のためのセクタアンテナを試作し、空間分離度についても評価を実施した。
- ・ 高信頼・低遅延車車間通信を実現する誤り訂正符号技術の研究においては、階層型変調技術を導入することで、後方互換性を維持しつつ送信データサイズを増大し、さらに追加階層の符号に格子符号を用いることで通信距離を確保することをシミュレーションにより確認した。また車群内で互いの送信データを協調して基地局へ送信することで、フェージングに対しても安定した通信品質を得られることをシミュレーションにより確認した。
- ・ 既存のシステムに複数路側中継器による棲分け型協調中継システムを導入した場合の効果として、路側中継と車車間通信の変調方式の 16QAM 化により、通信品質の改善及び情報伝達遅延の低減効果をシミュレーションにより確認した。

#### 〈討議内容〉

浜口特別委員：分散協調システムの評価で、車両台数を変化させて実施しているか？

藤井研究員：今回は車両密度を変化させて評価している。資料に掲載しているのはその一

例である。密度が低い場合は効果が小さいが、ある程度の密度があれば発表資料 p.5 のような効果が得られる。

小花特別委員：電波環境のデータベース化というのは、こういった使い方をする想定なのか？

山尾研究員：車車間通信の電波の伝搬環境が悪い場所は、街の中にいくつか存在する。こういったデータベースにより予め伝搬環境が悪い場所を把握出来れば、車車間通信の中継であったり、路側中継器を使うことで通信品質を向上出来ると考えている。

藤井研究員：自動走行に車車間通信を使う場合、車両が居ないのか、電波が届いていないのかが判るということが重要だと考えている。このようなデータベースを構築することで、電波が届きにくい交差点等において、それが判るようになると思われる。

小花特別委員：車が定常的に混むような場所など、時間帯や日付によって状況が変化するのではないかと考えているか？

藤井研究員：现阶段では電界強度のみなので、混雑の状況はデータベースには入っていない。受信したデータから何台の車両から受信しているかも把握可能なので、そういったデータも使用していくことで時間による変化も考慮出来る可能性がある。

須田委員長：p.6 や p.7 の RSSI マップの緑色で塗られた場所は、かなり離れているが電波が届いていると見るのか？

山尾研究員：緑色の部分は電力的には低い場所を示している。

須田委員長：電力は低いが届いているということか？

山尾研究員：受信に必要な電力の閾値が記載されていないが、700MHz 帯 ITS 通信の閾値が-80dBm 付近であり、それ以下は受信出来ないということになる。

藤井研究員：路車間通信の RSSI マップはスペクトルアナライザを用いて測定したデータであるため、パケットとノイズの判別が出来ていない。一方で、車車間通信の RSSI マップはパケットの受信データを用いているため、最低でも 1 パケットは受信していることを意味している。ただし、どれくらいの確率で届いているかの分析が終わっていないため、緑で塗られた場所では、10 個のパケットのうちたまたま 1 個受信出来ただけかもしれない。黄色や赤色で塗られ

た場所での信頼度は高い。

#### ④700MHz 帯 ITS 通信の普及促進と自動走行への活用に向けた取組み(デンソー 澤田)

##### 〈発表概要〉

- 3年間で、普及促進に関連したテーマと自動走行に関連したテーマに取り組んできた。
- 車両集中交差点における700MHz帯ITS通信の特性評価においては、横須賀、名古屋、神戸で最大100台規模の車載機を使い公道実験を実施し、普及時を想定した通信特性を評価した。77台の車載機が集中した場合においても、路車間通信、車車間通信ともに要件を満足することを確認した。
- 700MHz帯ITS通信の自動走行ユースケース適用時の課題抽出と対策技術の開発・評価においては、自工会殿から入力して戴いた協調型合流支援のユースケースに700MHz帯ITS通信を適当した場合の課題として、通信容量の拡大と通信品質の向上の2つを抽出し、それらに対し階層変調技術、送信頻度可変機能、送信タイミング予約機能を適用することで、一部条件を除き要件を満足することをシミュレーションにより確認した。
- 緊急車両アプリによる緊急車両到着時間短縮効果の検証においては、名古屋市の救急車に車載機を搭載しデータを取得するとともに、ドライビングシミュレータを用いて緊急車両遭遇時のドライバー行動データを取得しモデル化を行い、そのモデルを交通流シミュレータに組込むことで、緊急車両の目的地までの到着時間が周辺車両のアプリ搭載率によってどれくらい短縮されるかを定量化した。
- 非一般車両遭遇時の通信ユースケースの検討と成立性検証においては、自動走行車両が緊急車両、路面電車と遭遇した場合における通信を用いたユースケース案について検討した。名古屋市の救急車や路側機を活用したデータ収集や、広島路面電車に車載機を搭載した通信実験を実施し、また交差点での緊急車両の側方接近時における通信利用時の待避成功率を検証することで、ユースケースの成立性や有効性を確認した。

##### 〈討議内容〉

山里委員：送信データサイズ拡大のところで、16QAMを重畳するということだが、実際のパケットフォーマットはどのようなものを想定しているか？



澤田研究員：基本的に 700MHz 帯の ITS Connect で使われているフォーマットと同じものを重畳する側にも準備する方向で考えている。

山里委員：完全な後方互換が取れていると考えればよいか？

澤田研究員：その通り。

小花特別委員：帯域を拡張するために 2 階層の変調を使うのは良いアイデアだと思うが、それによってどれくらい増えたと言えるのか？これまでの ARIB STD-T109 では、どれくらいの台数であれば大丈夫という検討した上で、規格が決まっていると思うが、今後自動運転の通信を入れると、より通信負荷は高まると思われる。それぐらいの混み具合になった時に、余裕があるのか、それともまだ工夫が必要なのか？

澤田研究員：今回の階層変調技術は、通信のキャパシティとして増える技術ではなく、送信している電波の形式としては従来とほぼ同じであるため、通信可能な台数は変わらない。ただ、比較的近距離の相手とやり取り出来るデータサイズを増やすことが出来る技術である。

小花特別委員：混んでいる状況において、使える・使えないという評価はどうやっているのか？

澤田研究員：通信品質の向上のための対策の検討で、階層変調技術も導入した条件でシミュレーションを実施している。今までのデータ(第 1 階層)については、1dB 程度しか特性劣化しないため、通信特性としてはほとんど変わらない。一方で、追加した第 2 階層のデータについては、何もしないとパケット到達率は 90%程度になる。送信頻度やタイミング予約機能を入れることで、少しずつ特性が改善する結果が得られている。ただ、そういった機能追加により、周辺の車両の送信頻度が減ることにもなるため、バランスについても考える必要があると思われる。

小花特別委員：高速道路での合流については、そういった技術で対応可能なのかもしれないが、将来的に一般道の車線変更にもその通信を使うとした場合、大丈夫なのか？

澤田研究員：通信台数という点では、一般道では過密な状態が起こりうるため、通信品質を維持するという観点では、より厳しい条件であると考えます。階層変調技術は比較的近距離の相手との通信を想定したものであり、第 2 階層のデータは

現在の見積りで 100m くらいは通信出来ると考えている。レーンチェンジの時に、どれくらいの距離で通信し始める必要があるかにもよるが、一般道の方が車速は低くなるため、それくらいの距離の通信でも活用出来る場所があるのではないかと考えている。一般道への適用は、今回の研究では十分な検討が出来ていないため、今後検討していくべき課題と考えている。

藤原委員：緊急車両のシミュレーションをどう設定しているか？車線数はパラメータとして変化させた上で、待避車両が右もしくは左の車線へ避けて、真ん中の車線を空けるようなシミュレーションを実施しているのか？

澤田研究員：今回の研究では、細かい回避方法のロジックまで突き詰められていない。この交差点での側方接近のシミュレーションでは、緊急車両が交差点に進入する前に、自動走行車両が交差点手前で減速し停止出来るかどうかを評価している。

藤原委員：車線数の変化は考えていないのか？

澤田研究員：まだ基本的な道路条件でしかシミュレーションを実施出来ない。

浜口特別委員：興味深い結果が出ており、ITS 情報通信システム推進会議のタスクグループで成果を活用出来ればと考えている。p.8 の評価には、時間の概念が入っているのか？いろいろな機能が追加されると、時間によって通信のシーケンスやプロトコル上の動きがあると思われるが、合意形成期の 400ms であったり、それ以降の 2s であったり、そういった時間に対する検証は行っているのか？

澤田研究員：基本的にプロトコルを入れ込んでシミュレーションを実施している。車載機の処理遅延時間などは入れ込んでいない。合意形成期 400ms など、それぞれの期間に対して評価を行っている。

末木委員・特別委員：p.8 の送信タイミング予約というのは、路車間通信で行っているように時間同期した上で、送信タイミングスロットを指定して送信するという機能だと思うが、それを車車間通信に適用しているということか？

澤田研究員：その通り。

末木委員・特別委員：そうすると、車載機は時間同期する必要があるということか？

澤田研究員：路車間通信と同じようなプロセスで予約することを考えている。時間についても同期を行う。同期精度の影響等についてはまだ十分検証が出来ていな

い。

末木委員・特別委員：送信頻度可変機能については、北米や欧州で議論されている自律分散型の制御を入れるということで、先ほど質問した送信タイミング予約機能とあわせて、両方ともシミュレーションで検証したということか？

澤田研究員：シミュレーションのみでしか評価を実施していない。

末木委員・特別委員：階層変調技術の方は実機で検証したというものか？

澤田研究員：機器としては試作したが、屋外で電波を出した実験は行っておらず、実験室の中で測定している。

#### 4. テーマ別パネル、展示品説明

受託4機関の研究内容及びビジネスプロデューサ会議での議論状況等について各機関がパネル展示を行い、運営委員、特別委員に対し説明を実施した。また研究員や研究補助員、ビジネスプロデューサの間でも、お互いの研究内容について情報共有や意見交換を実施した。

#### 5. 委員長、ITS 情報通信システム推進会議、総務省ご講評

須田委員長、ITS 情報通信システム推進会議高度化専門委員会小花委員長、総務省増子課長補佐より本技術討論会についての講評を戴いた。

〈須田委員長より〉

個々には有益な研究が行われていると思われるが、全体像がまだ解りにくい印象を受けている。自動運転に向けて通信がどういった位置付けになっているのか、また、通信の評価軸が個々に異なっている(高品質、低遅延、信頼性、大容量など)ため、そういったマップの中でどこを狙ってどういった技術が重要になってくるかがより明確に伝わるようになると良いと思われる。アプリケーションや普及に向けた検討も実施したということで、実用的には重要だと思われる。実用化していく観点で、さらに検討を進めると良いと思われる。

〈ITS 情報通信システム推進会議高度化専門委員会 小花委員長より〉

3年間でいろいろ成果が出てきた印象を受けた。全体として個々の技術が有機的に結びつくようになるとなお良かったと思われる。ITS 情報通信システム推進会議は標準化を行

う会議体であるので、そこへ繋げていけるとよいが、現時点での成果がすぐ標準化出来るレベルにはまだ達しておらず、まだ解決すべき事があるように思われる。今回の成果のインプットや、検討の継続を行って欲しい。

〈総務省 増子課長補佐より〉

今回の研究成果は、来年度以降、SIP や ITS 情報通信システム推進会議等が連携して新しい通信規格について検討を行う際のベースになると考えている。バックグラウンドの異なるいろいろな業界の方の連携・議論が、この自動走行だけでなく ITC 利活用に対しても必要になってくると思われる。そういった中で、先頭を走っているのがこの分野であり、この分野で連携を取っていけることが重要と考えている。今年度でこの研究開発は終了するが、来年以降も連携・議論を続けるようにして欲しい。

以上

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  
平成 28 年度 第 1 回 ビジネスプロデューサ会議  
議事録

1. 開催概要

- ・ 日 時：2016 年 6 月 17 日 16:00～17:30
- ・ 場 所：TKP 新橋カンファレンスセンター F 会議室
- ・ 出席者：(順不同)

総合ビジネスプロデューサ： 杉浦（三菱総研）  
ビジネスプロデューサ： 伊藤（デンソー）、阿部（パナソニック）、  
柴崎（パイオニア）、藤井（電気通信大）  
代表研究責任者： 難波（デンソー）  
事務局： 加藤、鯉渕、田中（三菱総研）

2. 議事概要

(1) 平成 28 年度実験計画

1) 今年度の計画概要

- 代表研究責任者から、平成 28 年の研究開発計画の概要についての紹介が行われた。
- 5 月に総務省から内閣府に対して説明した資料である。
- 今年度は、自動走行に向けた実験用のガイドライン作成につながる研究を実施したい。
- ITS FORUM の専門委員会に提示できるような成果を取りまとめたい。

2) 議論

- グローバルな標準化の動向との関係はどうなるのか。(阿部)  
→ ITU-R の WRC19 において ITS 通信割り当ての議論される予定だが、総務省は、日本が電波の割り当てや方式に関してリードするため、先行して検討していきたいとの意向がある。3GPP でも 5G に向け 2019 年にリリース 15 が出されることになっているが、まだ具体的なものとはなっていない(難波)
- 国レベルでは、通信の新しい分野はないかもしれないが、完成車メーカーでは様々な議論が行われていると思われる。また、自律型で走る場合にどの場面で通信を利用

するかという議論もある。あるユースケース、場面を想定して検証すると考えてよいか。(杉浦)

→ 自工会が提示しているユースケースに従って検討を始めている。しかし、自律型自動運転を実施する際、通信は利用可能であれば利用するというスタンスで有り、通信に頼った自動走行を目指しているわけではない。(難波)

- 説明資料として、昨年までに明らかになったこと、今後、どのような検討が必要なのかを整理した方がよい。(杉浦)

- 今年度は 3 年目である。そのために、各社の成果の方向性を一つにまとめていくことを考えた方がよい。例えば、来年度、成果の提案先の具体化など。(伊藤)

- できること、できないことの整理も有効である。実環境では利用できない(通信できない)ということも成果である。技術面での検討を続けても、ビジネスとしては成立しない可能性もある。将来は実現できるかもしれないが、今はやるべきではない、というような整理もあり得る。(伊藤)

→ 通信で実現できることを明確にする研究を行いたい。高精細な地図を使う時の通信、HMI(乗っている人や周囲への)の検討等も課題となり得る。(難波)

- 全体が分かるようなまとめができるといいのではないか。実施している研究は、自動運転に向けての充分条件ではないが、必要条件ではあるだろう。そうした視点も入れて研究テーマの 1(通信品質)、2(先読み情報)、3(新通信方式)の総括がなされるとよい。全体の SIP、自動運転の全体像を見た場合の位置づけ、できたもの、できないものをまとめるという作業も必要ではないか。(杉浦)

- 実際の研究担当者も参加して、まとめ方を検討するというのも一つのやり方ではないか。(杉浦)

## (2) 平成 28 年度ビジネスプロデューサ会議の進め方

### 1) ビジネスプロデューサ会議の進め方(案)説明

- 事務局から今年度のビジネスプロデューサ会議の進め方について説明があった。

### 2) 議論

[知財]

- 知財に関わる戦略を検討するためには、知財マップを作る必要がある。しかし、研究開発マップに基づいた研究を行っているわけでもないので、ここで知財マップを

作るのは困難であろう。それよりも、リスクをどう考えるのか。例えば、99%の通信というのが適切なのか、自動運転を実現するためのリスクはどうか等、ビジネスとしては、リスクに関わる検討の方が重要なのではないか。(阿部)

→ リスクについては、非常に重要な視点であり、考慮したいところである。(杉浦)

- 5.8GHz の路車間通信システムの検討では、『これだけの専門家の知見をこれだけ集めた議論した結果』ということ自体がよりどころとなった。(阿部)

- ビジネス上、国ごとにばらばらなシステムになり、それぞれに開発投資を行っていくのは厳しい。また、性能評価について同様である。(阿部)

- 総務省と各社の契約において、知財が発生する場合には、総務省に報告することになっている。他方、自動運転に関連する知財として、総務省の事業だけではなく、他省庁で行っている事業から得られる知財もあるはずである。そうしたものを利用する枠組みとして、特許プールの活用のような提言をするということもあり得る。(難波)

- ビジネスプロデューサ会議で議論すべき対象は、研究開発で出てきた知財ではないのでは。関連知財として、情報共有することは非常に有意義である。(杉浦)

#### [技術動向]

- 技術動向として、周波数共用などの話、信頼性の話が紹介して欲しい。日本でも無線 LAN と DSRC の周波数について話題になっている。(藤井)

→無線 LAN については、世界の流れの中では基本的に認める方向に見える。米国は 5.8GHz は問題ないと言うが、それが日本国内に入ってくると問題が生じる。(難波)

→欧州のパッシブ DSRC においてはもっと大きな問題になる。世界でまとまっているわけではないと思う。(阿部)

→そうしたことがあると、リスクを誰がとってくれるかということになる。リスクが担保されないのであれば、自動運転には使えないということになる。(藤井)

#### [全体]

- 運営委員会としては、事業 3 年目に『イベントの開催』が必要である。昨年行った拡大討論会は評判がよかったことも踏まえ、今後、成果をインプットする先(ITS フォーラム等)を対象とした報告会の開催等、検討する。(難波)
  - 今後の実用化、展開のことを考慮すると、特定団体・特定組織を対象とした報告会ではなく、幅広い参加者を集め、幅広く報告すべきではないか。(杉浦)
- このグループとしてのまとめ方を考えたい。次回は、研究者を集めて実施してはどうか。(杉浦)

(3) その他

- 次回のビジネスプロデューサ会議は 11 月上旬を目途としたい。
- 開催日等は、別途調整する。

以上



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  
平成 28 年度 第 2 回 ビジネスプロデューサ会議  
議事録

1. 開催概要

- ・ 日 時：2016 年 11 月 14 日 18:00～22:00
- ・ 場 所：三菱総合研究所 会議室
- ・ 出席者：(順不同、敬称略)

総合ビジネスプロデューサ： 杉浦（三菱総研）

ビジネスプロデューサ： 伊藤（デンソー）、阿部（パナソニック）、  
柴崎（パイオニア）、藤井（電気通信大）

代表研究責任者： 難波（デンソー）

事務局： 加藤、田中（三菱総研）

2. 議事概要

(1) 知的財産権に関する戦略検討について

1) 知的財産権に関する戦略検討の説明

- 自動運転、車車間通信、路車間通信というキーワードで知的財産の発行状況を調査し、その結果を報告した。

2) 議論

- 本日の資料は、発行日基準で整理しているが、出願日基準で整理した方が良いのではないか。そして、SIP が始まったことによる影響の分析を行った方が良いのではないか。(阿部)
- 日本の特許庁に申請した海外メーカーがあまり居ない。日本を市場として見ていないという化可能性もある。日本メーカーが海外に何をもっていくか検討が必要かもしれない。(伊藤)
- 自動運転というキーワードがいつ頃から出現したか、調べられないか。(伊藤)
  - 自動運転というキーワードは、必ずしも自動車の自動運転に限らないため、調査は困難な可能性がある。(三菱総研)
- 規格化されたものに対して、知的財産がどのように関わっているか調べられないか。

(阿部)

→ 全ての案件について、具体的な中身までレビューしきれてはいない。ただし、案件のなかには、「ARIB 標準規格では・・・」といった記述も見られた。具体的な規格名をもとに、案件抽出を行い、分析を行うことは可能だと想定される。(三菱総研)

- SIPに参加している企業は、SIPに係る契約書のなかで知的財産の条項が記載されているはずであり、同契約書に関連する内容に関わらないような分析が望ましい。今、「自動運転、車車間通信、路車間通信」というキーワードの知的財産の現状を、各社での検討の参考にしていただくということで留めておくのはどうか。(杉浦)
- 知的財産の発行件数の減少が気になる。(難波)
- リーマンショックの影響があるのではないか。(伊藤)
- 確かに、リーマンショック後、これらのキーワード以外の件数(全体の件数)も減少傾向が見られる。その可能性は高い。(藤井)

## (2) プロジェクトの成果と今後の課題について

### 1) プロジェクト成果と今後の課題の説明

- プロジェクトの成果と課題について、各社の研究者にインタビュー調査を実施し、その結果を説明した。

### 2) 議論

- 資料中に「全体」という言葉がでてくる。ここでいう全体とは何か。(阿部)
  - 十分に吟味して「全体」という単語を利用できていない。しかし、自動運転と通信技術、という趣旨で利用した。(三菱総研)
- 現在、4社で議論しつつ、4社の関係(技術)の鳥瞰図の作成を試みている。事務局においても、とりまとめたイメージ図の作成をお願いしたい。(難波)
- 「今起きている交通事故を減らすために自動運転を行う」ということを目的として設定した際、個々の技術の役割や課題の解消というアプローチになるのではないか。何を「全体」とみるかが重要となる。(阿部)
- 様々なところで様々な技術の議論がなされているが、自動運転に関連した地図とメディアとの間にリンクが見られないと感じている。人工衛星、地上は、DSRC、5G等、通信の全体アーキテクチャーがあっても良いと考える。(難波)

- 現状の交通規制ありきで検討を行うことも重要であるが、自動運転によりルールを変える必要も生じるであろう。(阿部)
- 自動運転のレベルや、その場面も様々である。現状、それが曖昧である。(杉浦)
- 現状は、自動車工業会が出したユースケースを元に研究開発を行っている。(難波)
- 通信していない自動車が混在するような時期は、将来、想定される。技術的な検証は良いと思うが、普及した際、例えば見えにくい合流部に通信していない自動車がいても想定される。そのときにはどのように対処するかといった検討も必要なのではないか。(杉浦)
- 完成車メーカによると、合流は自律で可能だが、車両本体価格を考えると、通信利用の方が良いといていた。(難波)

### (3) BP 会議の成果とりまとめの方向性について

#### 1) BP 会議の成果のとりまとめの方向性の説明

- 成果のとりまとめの方向性として、事務局案として、全体関係図の作成、研究開始当初からの環境変化とそれらへの対応事項、ビジネス化に向けた課題、総務省他への提言をとりまとめることを説明。

#### 2) 議論

- IT 戦略会議において、交通事故削減を目標として掲げた際、技術の活用をとりまとめていた。起点をここにしたとりまとめの方が良いのではないか。(阿部)
- 当初は普及が目的であったが、途中から自動運転に対してどのような貢献ができるかが課題として掲げられている。オリンピックが決まり、大規模な実験が行われることとなり、地図を使うための通信技術の検討も必要となった。確かに、大きな環境変化とそれに対応する課題もある。また、自動運転になると新たに生じる交通事故も考慮する必要がある。(難波)
- 今、目の前で起きている交通事故はこのように減らせる、というアプローチの方が良いのではないか。そして、カバーできないものは何かを明確にすべきであろう。例えば、今の技術の延長線上で、高齢者が起こした交通事故が防止できるか等、整理した方が良い。(阿部)
- 今の技術項目毎に、進捗、利用場面を整理し、出来ているところを整理した方が良い。(杉浦)

- 提言について、技術的なところも重要であるが、国として企業を支援すべきところを明確にしたい。国として、自動運転の場面等に係る全体的な地図がないと、各社も技術開発がしにくい。例えば、ITS Connect はレベル 1 のサポートである。本技術を適用可能な場面はどこか、国がリードし、定義付けしていても良いのではないか。また、Active Safety の対歩行者サービスは、既に競争領域になっている。通信を使わないといけないものについては、国がリードしても良いのではないか。こういったことを、提言としてとりまとめていってはどうか。(杉浦)
- 研究開発を行っている通信技術が次の自動運転に活かせるという絵が描けると良い。普及に向けたロードマップが描けるのが良い。(柴崎)
- 次年度以降につなげる方向性を明確にすること。(難波)

(4) その他

- 次回のビジネスプロデューサ会議は 2 月中旬を目途としたい。
- 開催日等は、別途調整する。

以上

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  
平成 28 年度 第 3 回 ビジネスプロデューサ会議  
議事録

1. 開催概要

- 日 時：2017 年 2 月 15 日（水）10:00～12:00
- 場 所：TKP 新橋カンファレンスセンター E 会議室
- 出席者：（順不同、敬称略）

総合ビジネスプロデューサ： 杉浦（三菱総研）  
ビジネスプロデューサ： 伊藤（デンソー）、阿部（パナソニック）、  
柴崎（パイオニア）、藤井（電気通信大）  
代表研究責任者： 難波（デンソー）  
事務局： 加藤、田中（三菱総研）

2. 議事概要

(1) 米国の車載器義務化に係る情報提供について

- DSRC 以外の通信について、何か規定はあるか。（藤井）  
→ 特に規定されていない。（三菱総研）
- NPRM には、発行時点が 0 年目とした%が掲載されている。この%の分母は、製造した車両か。  
→ その通りである。（三菱総研）
- 通信について、自動運転に関する記載はないか。（難波）  
→ 特に記載されていない。NHTSA は、アプリケーションには言及しないとしていた。（三菱総研）
- 日本の規格との比較は行われているのか。（阿部）
- 出来ること、出来る見込みのあるものが記載されている印象である。後は、テスト条件に関することになるのだろう。日本の規格は、車両に積み込んだ状態でのテストを想定していない。（伊藤）
- 車載器の搭載義務は、誰に対して行うものか。（難波）  
→ 製造者に対して義務づけを行うものである。（三菱総研）

- 精度要件は、目的による。それが日本と一緒にどうか気になる。現状の日本は、安全運転支援が目的となっている。米国で義務化されたとしても、日本もすぐに合わせるものではないのではないか。(柴崎)
- 米国の自動車メーカ等から、日本への輸入における障害、非関税障壁になると言われられないように、日本国内制度も対応しないといけないだろう。(阿部)
- 国は義務化を目標とした。従って性能を規定した。日本では車車間通信を実現している。性能はアプリケーションにより異なるので、規定する内容も異なるだろう。(杉浦)
- 送信方向について。上方向は対象としていないのか。(阿部)
  - 日本では、道路構造令で道路の勾配が決まっている。なお、恐らく、記載内容で勾配も充分に対応できる。(杉浦)
- コストの話。これは、完成車メーカの仕入価格が試算されているのか。
  - その通りである。(三菱総研)

## (2) プロジェクトの成果と今後の課題について

- ニュージーランド交通局との意見交換をしたことがあった。その際、ニュージーランドの固有事情ではあるが、ニュージーランドは中古の輸入車が非常に多いとのこと。仮に、700MHz の車載器を搭載した車両がニュージーランドに輸入された場合、現状の電波に干渉する可能性があるとのこと。国内規定ではあるが、相手国の事情も考慮しなければいけない可能性もある。(阿部)
- ここでのとりまとめは、ビジネスプロデューサ会議の成果である。V2V や V2I のマーケットが魅力的なものだということをアピールするべきではないか。(難波)
- 米国では、少なくとも、車載器が搭載されるまでのストーリーをとりまとめている。他方、我が国では、以前として縦割りになっているのではないか。国として、とりまとめて言って欲しい。(難波)
- 今後、大量のビックデータが集まってくる。それを、次の安全技術の開発に活用できるという環境づくりも必要ではないか。例えば、予測に使えないだろうか。そういった内容も成果としてアピールできないだろうか。(難波)
- 米国では、少なくとも搭載まで規定した。日本では、依然として、行政機関が縦割りになっている。国として、車車間通信を管理できるような体制になって欲しい。

(阿部)

- 資料中、米国と日本の帯域の融合について記載がある。しかし、今更、帯域の話を議論しても仕方が無い。実環境下でのデータ収集という観点でいうと、我が国では、ITS-Connect がサービス提供を開始している。この経験を活かし、次のアプリケーション開発に活かしていくという方向性は望ましい。(杉浦)
- 車車間通信、路車間通信の普及が進むと、大量のビックデータがサーバーに蓄積される。それを次の安全運転支援に活用可能である、ということも必要ではないか。予測に使うことができないか、ある特定地域は事故が起きる可能性が高い等がわかるような分析はできないか。(難波)
- 周波数に依存しないアプリケーションを開発すべき、と提案してはどうか。(阿部)
- 通信を安全運転支援や自動運転に利用する際、開発段階から自動車メーカーとの連携が重要である。このような環境づくりの必要性をアピールできないか。(藤井)
- 通信ありきで自動運転を議論するのはおかしい。通信の役割をもう少し明確にできないだろうか。(難波)
- ビジネスプロデューサ会議は、非常に有意義であった。研究開発を行っていく中、ビジネスプロデューサ会議における市場分析の結果等、非常に参考になる情報も多かった。各テーマで個別に開催するのではなく、ワーキンググループ等に格上げすべきではないか。そのような提案が必要ではないか。(難波)

以上