

「ICT を活用した次世代 ITS の確立」のうち
「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

パイオニア株式会社

目次

第1章 はじめに	4
1.1. 研究開発の背景	4
1.2. 研究開発の目的	4
1.3. 第1章まとめ	5
第2章 研究開発目標	6
2.1. 社会的波及効果（アウトカム目標）	6
2.2. 技術的達成目標（アウトプット目標）	7
2.3. 第2章まとめ	8
第3章 研究開発体制	9
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	9
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	10
3.3. 研究者一覧	11
3.3.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討	11
3.4. 研究開発実施場所	12
3.5. 第3章まとめ	12
第4章 研究成果の要約	13
4.1. 年次目標	13
4.1.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討	13
4.2. 成果概要	13
4.2.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討に対する成果	13
4.3. 第4章まとめ	14
第5章 研究成果	15
5.1. 研究課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討	15
5.1.1. 研究目的	15
5.1.2. 研究内容	16
5.1.3. 道路特定情報の検討	18
5.1.4. 道路モデルによるシミュレーション	22
5.1.4.1. 道路形状の整理	22
高速道ジャンクション：三叉	23
高速道ジャンクション：四叉	24
高速道ジャンクション：四叉特殊例	25
一般道：立体交差	26
5.1.4.2. 道路モデル	27
高速道ジャンクション：三叉	28
高速道ジャンクション：四叉	30
高速道ジャンクション：四叉特殊例	32
一般道：立体交差	33
5.1.4.3. シミュレーション結果	34
高速道ジャンクション：三叉	38
高速道ジャンクション：四叉	42
高速道ジャンクション：四叉特殊例	46
一般道：立体交差	49
5.1.4.4. 考察	52
5.1.5. 実走行データによるシミュレーション	53
5.1.5.1. 走行データの取得方法	53
5.1.5.2. 走行コース	57
高速道ジャンクション：三叉	57
高速道ジャンクション：四叉	58

一般道：立体交差.....	63
5.1.5.3. シミュレーション結果.....	69
高速道ジャンクション：三叉.....	71
高速道ジャンクション：四叉.....	80
一般道：立体交差.....	98
5.1.5.4. 考察.....	110
5.1.6. 通信フォーマットの検討.....	111
5.1.6.1. 車車間通信メッセージへの付加データ要素.....	111
5.1.6.2. 車車間通信メッセージへの付加データサイズ.....	111
5.1.6.3. 道路不定時の運用方法.....	112
5.2. 第5章まとめ.....	114
5.3. 参考文献.....	115
第6章 研究発表などの成果.....	116
6.1. 研究発表.....	116
6.2. 特許出願.....	116
6.3. 第6章まとめ.....	117
第7章 その他研究開発活動.....	118
7.1. ビジネスプロデューサ会議.....	118
7.1.1. 会議の概要.....	118
7.1.1.1. 位置付け.....	118
7.1.1.2. 期間.....	119
7.1.1.3. 回数.....	119
7.1.1.4. 開催時期.....	119
7.1.1.5. 構成員.....	119
7.1.2. 会議における検討事項と三ヵ年の計画.....	120
7.1.2.1. 知的財産権に関する戦略の検討.....	120
7.1.2.2. 研究開発機関以外における利活用方策の検討.....	121
7.1.3. 平成28年度の会議の開催状況.....	121
7.2. 「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.....	167
7.3. SIP 総1ウ 研究開発運営委員会「技術討論会」.....	191
7.4. 一般公開講演会「情報通信が支える次世代のITS」.....	201
第8章 おわりに.....	201

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）が活動を推進している。2013年には、「世界最先端IT国家創造宣言」を出した。2016年には、その3訂版が出された。該宣言は、言及する範囲が広いが、自動車に関しては、世界で最も安全・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。「自律型自動走行システム」と「協調型自動走行システム」である。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のが、自律型自動走行システム。一方、それに加えて、車外から無線通信を通じて情報を取得し、走行するのが、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、センサ検知範囲より先の情報の取得や、周辺車両と連携協調することで、より安全・安心で円滑な自動走行が実現できると考えられる。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、きわ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研究開発を行う。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。本研究開発は3ヶ年度に渡って実施しており、これまで通信・サービスに関する研究、普及促進に

関する研究を進めてきた。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できると考える。

1.3. 第1章まとめ

自動走行システムは、交通事故の低減や社会問題化している高齢者の運転に対する有効な技術開発テーマとして考えられている。また産業の高度化の事例としても自動車産業に大きな影響を及ぼすと予想されている。

本研究開発の目的は、協調型自動走行システムの実現である。自律型自動走行システムの限界を超える安全・安心で円滑な自動走行を実現するためには、高度化された車車間通信・路車間通信技術を応用した協調型自動走行システムを実現することが必要と考えられる。

第2章 研究開発目標

前章で説明した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3.3.1-1に交通事故死者数の2016年12月までの推移を示す（出典：平成28年中の交通事故死者数について 警察庁交通局）。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、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なら回避された可能性がある。

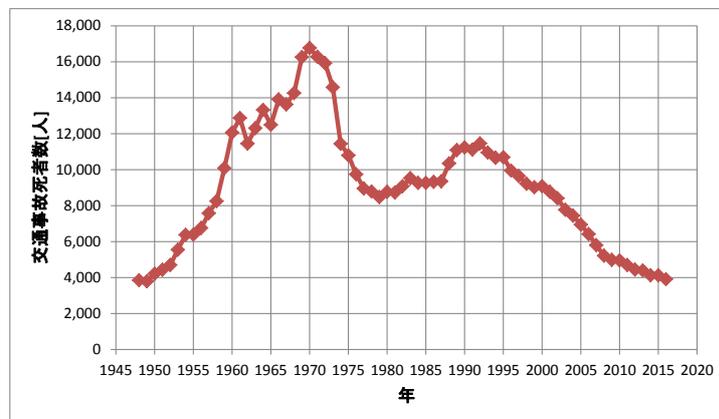


図 3.3.1-1 2016年までの交通事故死者数の推移

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や、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記載されている。これらの実現に向けて、車載センサによる自律型システムとITS通信による協調型システムのそれぞれが発展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、自動運転レベルおよ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記載されている。

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 ※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) ※特定の交通環境下での自動走行(自動走行モード) ※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 ※全ての行程での自動走行	完全自動走行システム	

図 3.3.1-1 自動運転レベル及びそれを実現する自動走行システム・運転支援システムの定義

本研究開発は、上記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”に係わる。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。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の「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やり取り手順の開発を行う。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）とする。

2.3. 第 2 章 まとめ

研究開発目標として、社会的波及効果（アウトカム目標）と技術的達成目標（アウトプット目標）を設定した。社会的波及効果（アウトカム目標）としては、交通事故の発生件数・死者数・負傷者数を劇的に減らし、「交通事故死者 2,500 人以下／年を達成すること」を目指す。それを実現するために、車と車、車と道路インフラが協調する安全運転支援システムによる事故防止の実現を図る。

技術的達成目標（アウトプット目標）としては、「自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術」を研究開発することで、自動運転のレベル 3 に必要な技術を用意することを目指すより安全・安心で円滑な自動走行の実現を目指し、そのための協調型自動走行システムの早期実用化に向けた研究開発を実施する。

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 3.3.1-1 で示す実施体制（出典：SIP 自動走行システム研究開発計画より）の座長 PD にあたる。葛巻清吾プログラムディレクター（以下、「PD」という）は、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 3.3.1-1 で示す「総務省→研究主体」の部位にあたる。

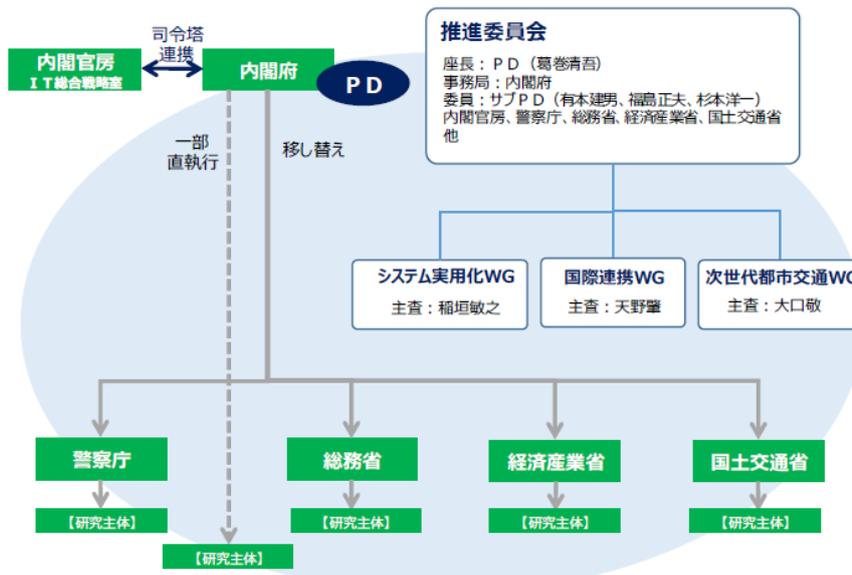


図 3.3.1-1 実施体制

総務省が推進するプロジェクト「ICTを活用した次世代 ITS の確立」は、以下からなる。

- 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

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

本研究開発は、3.1節で示した総務省が推進するプロジェクトの「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」に該当し、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の4研究機関が研究主体である。本プロジェクトの中では、テーマ課題が複数に分かれており、4研究機関が分担し取り組んでいる。研究開発テーマ（課題）と担当研究機関を表 3.3.1-1 に示す。

表 3.3.1-1 研究開発テーマと担当研究機関

課題 a) 車車路車協調システムの通信に関する研究開発	デンソー
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	パナソニック
課題 c) 車車間通信の自動走行への応用課題に関する研究開発	
課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討	パイオニア
課題 c-2) 非一般車両と自動走行車両の混在時における課題抽出	デンソー
課題 d) 自動走行の通信に関する研究開発	
課題 d-1) 分散協調 ITS 通信技術開発	電気通信大学

パイオニア株式会社は、表 3.3.1-1 で示したテーマのうち、課題 c-1) について取り組んだ。以下、パイオニア株式会社の担当するテーマの概要について記載する。

課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討
協調型合流支援の処理を効率化するために合流時の合意形成および継続監視すべき対象車両を事前に選定し絞り込む。

3.3. 研究者一覧

① 研究責任者

氏名 : 矢部 一夫
所属 : 商品統括部 技術開発部 先行開発部
住所 : 埼玉県川越市山田 2 5 - 1
電話 : 049-228-6953 (内線) 4759
FAX : 049-228-6492
E-mail : kazuo_yabe@post.pioneer.co.jp

② 経理責任者

氏名 : 山田 雅也
所属 : 商品統括部 事業戦略部 先行企画部
住所 : 埼玉県川越市山田 2 5 - 1
電話 : 049-227-0623 (内線) 4907
FAX : 049-228-6187
E-mail : masaya_yamada@post.pioneer.co.jp

③ ビジネスプロデューサ

氏名 : 柴崎 裕昭
所属 : 商品統括部 事業戦略部 先行企画部
住所 : 埼玉県川越市山田 2 5 - 1
電話 : 049-227-0623 (内線) 6871
FAX : 049-227-0629
E-mail : hiroaki_shibasaki@post.pioneer.co.jp

3.3.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討

・担当研究者

矢部一夫、榎本 清、松本 令司、高橋 哲也、青木 岳、佐藤 翔太、根上 卓也、岡澤 昌行、原 聡、長沢 秀哉、君塚 和弘、木村 勝己、古山 亮、豊岡 伸明、藤原 稔樹、石川 真生、田中 宗介

3.4. 研究開発実施場所

実施場所：

パイオニア株式会社 川越事業所
首都圏周辺

3.5. 第3章まとめ

本章では、本研究開発の位置付けと実施体制について記載した。本プロジェクトは4つの研究機関が研究主体となり、その中でパイオニア株式会社は、「c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討」を担当した。本プロジェクトは、4研究機関が互いに連携協力する方針で進めてきた。ほぼ3ヶ月に一回のペースで連携会議を開催し、相互理解を深め、実験協力等も行った。さらに、4研究機関の研究内容の相互理解と研鑽のため、技術討論会を実施した。

第4章 研究成果の要約

4.1. 年次目標

研究課題に対する平成 28 年度の年次目標について述べる。

4.1.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討

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

課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討

<年次目標>

既存の 760MHz 帯高度道路交通システムを応用して自動走行の機能を実現する際に影響する要因を検討し課題を明確化する。また、その解決方法を提示する。

<内容>

自動走行車の普及段階で必ず訪れる非自動および自動走行車が混在する期間に着目し、協調型合流支援の処理を効率化するために合流時の合意形成および継続監視すべき対象車両を事前に選定し絞り込む。既存の 760MHz 帯高度道路交通システムを応用して、自動走行車がスムーズな自動走行を実現に寄与するために必要な情報を検討し、その効果を確認する。その上で、車車間通信メッセージへ付加すべき情報を提示する。

4.2. 成果概要

本研究の成果概要について説明する。

4.2.1. c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討に対する成果

<H28 年度実績>

H28 年度実施計画書の年次目標および内容に沿い以下の研究を実施した。

- ・ 複雑な形状の道路を自動走行車が走行する際に、車車間通信で送信する自車位置精度の異なる非自動走行車と自動走行車が混在する場合、自動走行車と関連のある車両を効率的にフィルタリングするために有効な付加情報についての仮説を立てた。付加する情報源として、道路リンク ID、区間 IDなどをあげ、複雑な道路の各分岐地点での情報提供方法も含めた仮説の論理的な実現可能性を道路構造タイプ毎の分類と検証で仮説の一般化を机上検討で行った。
- ・ 次に、仮説の実使用での効果をシミュレーションで確認するために、シミュレーション用実走行データの取得に必要な車両や車載機および高精度 GPS システム、評価用通信機を準備し走行実験を行った。具体的には、9月7日～9日、9月12日～16日、9月23日、11月22日～25日に予め選定した首都圏周辺の複雑な道

路形状をした数ヶ所の自専道および一般道のエリアで、複数台の車両それぞれに車車間通信に対応した車載機と高精度 GPS システムを搭載し、複雑な形状内の道路を走行しながら、車両が取得できる車車間通信送受信データ、普及ナビゲーションレベルの自車位置情報、高精度自車位置情報などの実走行データの収集を行った。

- ・ 走行実験で取得した実走行データを使って、選定した自専道と一般道でシミュレーションを行い、仮説の付加すべき情報の有効性を検証し、その検証結果と車車間通信データセットへの提案を報告書にまとめた。

<実施場所>

パイオニア株式会社 川越事業所
首都圏周辺

4.3. 第 4 章まとめ

課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討として、非自動走行車と自動走行車が混在する環境下で自動走行車が複雑な形状の道路を走行する際に、自車に関連のある車両を効率的にフィルタリングするために有効な付加情報についての仮説を立てた。道路の構造タイプ毎の分類と選定をして特徴的な道路構造のエリアでの机上シミュレーションにより仮説の論理的な実現可能性と一般化検証を行った。また、先に分類した特徴的な道路構造のあるエリアで実走行データを取得し、それを使ったシミュレーションで仮説の実使用での効果確認を行い、その検証結果と現行の車車間通信への提言として報告書にまとめた。

第5章 研究成果

5.1. 研究課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討

研究課題 c-1)に対して実施する研究の目的及び内容について以下で説明する。

5.1.1. 研究目的

本研究は、自動走行システムの実用化のため、実環境上での運用可能な高い信頼性を有する車車間通信技術を確立することを目指して、3年計画で立案された。本報告書はこの3年計画の内、最終年度の成果を報告するものである。本年度の研究においては、特に自動走行車両が複雑な形状の道路を走行中に発生する課題に着目し、このような状況においても適切に情報伝達が可能な車車間通信メッセージセットの最適化を行うことを目的としている。

具体的な研究目的について述べる前に、まず、自動走行システムの実用化を目指すうえで車車間通信技術の果たす役割について説明する。自動走行を実現するにあたっては基本的に車両にカメラやレーザーレンジセンサ等を搭載し、周囲の交通状況をセンシングしながら自律的に走行する。このようなセンサを用いた車両単独での自律走行機能に加えて、車車間通信を利用することで他車両と協調した円滑な車両制御を行うことができると考えられる。例えば、合流や路線変更時においては、車車間通信を用いて車両間で合意を形成し、車速や予想経路等をやりとりすることで円滑かつ安全な制御を実現できる。また、自律センサでは検知することが困難な建物や交差点の影に隠れた車両も760Mhz帯の回折性の高さから事前に検知することができるため、突然現れた車両に対して急な制動を行うといった危険な状況を回避することが可能である。このように、車車間通信によって得られる先読み情報は他車両と協調しながら走行する自動走行システムを実現するうえで有用な情報であるといえる。

しかしながら、公道等の実環境を走行中の自動走行車両に車車間通信システムを適用するにあたっては、幾つかの課題が認識されている。特に、本研究で対象とする複雑な形状の道路を走行中においては、大きく分けて二つの課題が存在する。

一つ目の課題は自車両と関連しない車両の情報も受信してしまうことである。この課題は特に立体交差等の複雑な道路形状を走行中に顕著に問題となる。例えば、交差点と並走する高架による立体交差では、交差点を走行中の車両と高架を走行中の車両は物理的に交差することは無い。しかしながら、このような関係性の道路同士を走行中であっても、間に遮蔽物が無い等、電波の伝搬条件が良好な際には、車車間通信メッセージが到達するため、本来であれば自車両と関連しない車両の情報を受信してしまう可能性がある。協調型の自動走行を行う上では、周囲の車両との情報交換を行う必要があるが、このような自車両と関連しない車両を対象とすることは非効率であり、演算処理の負荷増大につながると考えられる。平成27年度の研究においては、様々な構造の立体交差を対象として実走行試験を行い、車車間通信メッセージの到達状況を評価した。その結果、走行コースとした立体交差において、物理的に交差しない道路間であっても車車間通信メッセージが到達

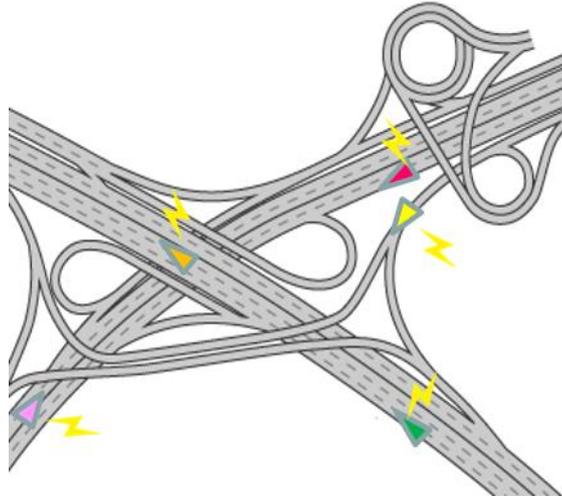
し、本来関連しない車両のデータを受信してしまうことが確認された。そのため、効率的に協調処理を行うためには、自車両と関連する車両を何らかの手段で抽出する必要性があることが示唆された。

二つ目の課題は自動走行機能を持たない非自動走行車両の位置精度の問題である。この課題は自動走行車両が普及する過程で発生すると考えられる。自動走行車両の普及段階においては自動走行車両と非自動走行車両が混在することとなるが、車車間通信の観点から見た両者の違いの一つとして、要求される自車位置の測位精度が異なる点が挙げられる。自動走行車両は自動走行を実現するため、GPSや加速度センサに加えて、カメラ、レーザーレンジセンサ等を用いて、誤差範囲が数 cm オーダーという非常に高い自車位置の測位性能が要求される。対して、非自動走行車両においては、市販のカーナビゲーションの自車位置更新のために測位結果を用いるため、自動走行車両程の位置精度は必要とされず、GPSの測位状況によっては10m程度の誤差が発生する場合も存在する。自動走行車両が非自動走行車両より送信された測位誤差の大きい位置情報を受信した場合、非自動走行車両との衝突余裕時間（Time-To-Collision、以下TTC）に誤差を生じ正確な制動を妨げ危険である。平成26年度に実施した実証実験においては、位置精度の違いがTTCに与える影響を評価するため、測位システムの構成が異なる車両を用意して実走試験を行い、測位システムの構成によって位置精度が異なることが示された。また、平成26年度の実証実験では単純な丁字路での走行実験であったが、平成27年度においては、立体交差等の複雑な形状の道路を走行中の際の測位性能を検証した。その結果から、緩やかに分岐して並走するような道路では走行中の道路を誤る場合が見られた。このように、複雑な形状の道路を走行中の非自動走行車両の位置精度では走行中の道路の特定が困難な場所も見られた。

本年度の研究では、これまでの研究成果より導出された、複雑な道路形状を走行中に生じる課題を受けて、自動走行車両と非自動走行車両が混在する環境下においても、自車と関連ある車両を効率的に抽出する手法について検討し、抽出効果を評価する。

5.1.2. 研究内容

本研究では、複雑な道路形状を走行中に自車と関連ある車両（以下、関連車両）を効率的に抽出する手法について検討し、抽出効果を評価する。抽出効果を評価するうえでは、複雑な道路形状の地点として、特に抽出効果が高いと考えられる高速道のジャンクションや立体交差等を対象とする。例えば、図5.1.2-1のような高速道のジャンクションにおいて、ジャンクション走行中の車両全ての車車間通信メッセージが赤色の自車両に到達するような状況を想定する。この際、関連車両はジャンクションの分岐を左折して自車両が走行中の道路に合流する緑色の車両のみであり、その他の車両を関連車両として協調対象とすることは非効率的である。



出典： http://www.driveplaza.com/traffic/jct_map/5005021.html を元に作成

図 5.1.2-1 高速道ジャンクションでの車車間通信メッセージ到達状況の模式図

このような道路環境において関連車両を抽出するためには、どのような手法が適切かについて考察を行う。まず、現状の車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 で定義されている情報での抽出可否の検討を行う。候補としては、道路区分情報を用いることが考えられる。道路区分を用いることで、例えば高速道路と国道で異なった場合には無関係な車両の排除は可能である。しかしながら、同一の道路区分であった場合には区別できないため、道路区分のみでは正確な抽出が困難である。また、高度情報を使用して、車両間に一定以上の高度差がある場合には無関係な車両であると判断して対象から除外することも考えられる。しかし、非自動走行車両の位置精度では、高度情報の誤差が大きいこと、高速道のランプと側道などの高度差はあるが物理的に接続する道路関係において、関連車両を抽出できない場合が想定される。このような関連車両の抽出が困難な場合においては、走行中の道路を特定する情報（以下、道路特定情報）を交換し、お互いが走行中の道路の接続関係から関連車両であるかの判定をすることが有効であると考えられる。

そこで、本研究では自車と関連ある車両を効率的に抽出するための情報として、道路特定情報を対象として、現状の車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 を拡張し道路特定情報を付加した際の関連車両の抽出効果を評価する。評価を行うにあたっては、まず関連車両の抽出を行う上で道路特定情報に必要な要件を定義し、道路特定情報として適切な手法を選定する。ついで、本研究の評価対象地点とした、高速道のジャンクションや立体交差を道路特定情報によりモデル化し、抽出の有効性を論理検証し仮説を構築する。これら仮説の有効性を実環境で評価するため、実走行データを取得して抽出効果評価のためのシミュレーションを行う。この際、取得する走行データは自動走行車両と非自動走行車両に相当する測位精度のものを取得し、自動/非自動走行車両が混在する環境を模擬してシミュレーションを実施する。最後に、車車間通信メッセージに道路特定情報を格納する際に適切なフォーマットについて検討を行い、仕様拡張に向けた提言とする。

5.1.3. 道路特定情報の検討

本研究では、道路特定情報を用いて自車と関連ある車両を抽出した際の抽出効果を評価する。本項ではこの道路特定情報に必要な要件について述べ、道路特定情報として適切な位置参照方式を選定する。

道路特定情報の要件

- ・ 車車間通信メッセージで送信可能なデータサイズであること
車車間通信で送信可能なデータサイズである必要があり、また可能な限りデータサイズを抑えるのが望ましい。
- ・ 非自動走行車両が特定可能な道路単位であること
本研究においては自動走行車両及び非自動走行車両が混在する状況下を想定している。そのため、非自動走行車両の位置精度で確定できる道路の単位である必要がある。例えば、自動走行車両の位置精度では道路の走行レーンの特定が可能であるため、走行レーンレベルで分割できるが、非自動走行車両では走行レーンの特定は困難であるため本研究では対象としない。
- ・ 一定範囲において道路が一意に識別できること
分割した道路単位に対して、それぞれが重複無く一意に識別できることが保証されている必要があることを意味する。
- ・ 送信側受信側の両方で共通に認識できること
送信側受信側で利用している地図データのベンダーやバージョンが異なった場合においても、両方で共通に参照できる形式をとる必要があることを述べている。

これらの要件を満たす道路特定情報として、道路に対して割り振られた各車両が共通に参照可能な ID（以下、共通 ID）を用いること（Pre-coded 方式）が適切であると考えた。この共通 ID を車両間でやりとりすることで、互いの走行中の道路を簡易に特定することが可能であり、効率的に関連車両を抽出できると考えられる。共通 ID を用いた関連車両の抽出手順を以下に、模式図を図 5.1.3-1 に示す。また、道路特定情報としては、ID を用いず緯度経度および補助的な指標を用いて位置を表現する Dynamic 方式も存在するが、受信側でそれを解読する必要があり、ID を用いる方式と比較すると、処理負荷及びデータサイズともに大きくなる可能性が高く [1]、対象外とした。

関連車両の抽出手順

- ① 送信車両側は自車両で使用している車載機の地図データからマップマッチングを行い、走行中の道路を特定する。
- ② 走行中の道路を示す共通 ID へ変換して、車車間通信メッセージに格納して送信する。
- ③ 車車間通信メッセージを受信した車両は共通 ID を変換し、自車両の車載機で使用している地図データ上での道路を特定する
- ④ 監視対象としている道路を走行している車両を関連車両として抽出する。

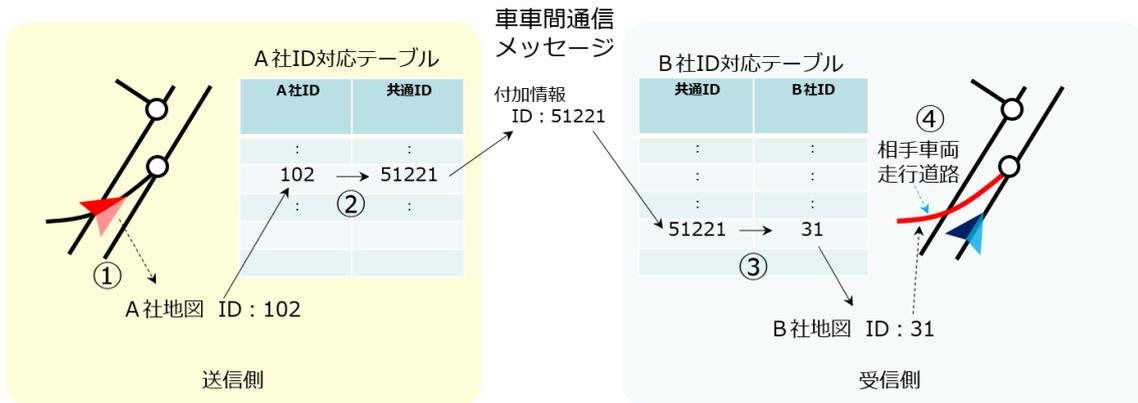


図 5.1.3-1 共通 ID を用いた関連車両の抽出手順の模式図

図 5.1.3-1 に示すように、地図ベンダー各社がそれぞれ自社の地図データから共通 ID に変換する対応テーブルを用意し、通信時にはこの共通 ID で互いの道路を特定することで関連車両を抽出する。この共通 ID として現状国内で利用可能な位置参照方式として、道路リンク ID 方式と区間 ID 方式が挙げられる。これら道路リンク ID 方式と区間 ID 方式を共通 ID として利用する上で、それぞれの特徴を整理するため、評価指標を設定し、各方式の比較を行った。以下に共通 ID の評価指標を示す。

共通 ID の評価指標

・道路の分割粒度

本研究では、自車両と関連するか否かの判定に道路特定情報を用いたい。そのため、車両が物理的に通行可能な形で接続しているかどうかによって道路を分割し、接続していない道路同士を区別できる必要がある。この際、ID で表現されている道路単位の粒度が抽出効果に影響を与えられとされる。例えば、通行可能な形で接続していない本線と側道がデータ上、別の道路として定義されている場合にはそれぞれの道路を走行中の車両が関連するかを判定することができる。対して、本線と側道が一つの道路として表現されている場合には本来関連しない車両も同じ道路にいると判断される。そのため、道路がどの程度の粒度で分割されているかは関連車両の抽出効果を評価する上で重要な要素と考えられる。

- ・道路の網羅性

ID が割り振られている道路の網羅性を示す。主要な幹線道路のみを対象としているものは網羅性が低く、細街路などの細かい道に対しても ID が振られているものは、網羅性が高いといえる。

- ・ID の永続性

新規道路の開通等で地図データが更新された際、以前のバージョンの ID との対応関係が考慮されていることを意味する。ID に永続性があることで、異なるバージョンのデータ間でも使用可能。

上記の評価指標を用いて道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式の比較を行う。

道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式の概要と指標毎の評価を述べる。

道路リンク ID 方式

道路網をノードとリンクによるネットワークとして定義して表現する方式である。ノードとリンクの定義を以下に述べる。

ノード：道路網においてそのほかの道路との交差点や道路の行き止まりを表す点

リンク：ノードとノードの間をつなぐ道路がある場合にその間を繋ぐ線分

現状、日本国内において地図ベンダー間で共通に利用可能な方式として、DRM リンク、VICS リンクが整備されている。

- ・DRM リンク

一般財団法人日本デジタル道路地図協会が提供する「デジタル道路地図データベース」内で定義されている形式である。道路の分割粒度や網羅性に関しては高い。しかしながら、既存の道路に接続する新たな道路ができた際などに ID の変更が発生することが知られている[2]。

- ・VICS リンク

警察や道路管理者が収集した渋滞情報や事故等による臨時規制情報を VICS 情報としてカーナビゲーション等で利用するため、道路ネットワークを一定の単位で区切って、付番したものである。上述の DRM リンクを基として生成されているが、VICS リンクは 1 つ以上の DRM リンク列として定義されているため、DRM リンクと比較して道路の進行方向に対する分割粒度は低い[3]。道路の網羅性に関しては、平成 25 年度の調査においては、国道及び主要地方道に関しては 90%以上網羅されているが、一般都道府県道では全国で 40%と低く DRM リンクには劣る[4]。ID の永続性という観点では、道路や交差点の新設等により変更された ID についても、変更後 3 年間は VICS 情報を提供する仕組みになっており、その間の ID の永続性については、

異なるバージョン間でも活用できるような考慮がされている[5]。

区間 ID 方式

道路の「区間」と「参照点」および「参照点からの距離」をもとに位置を表す方式である。区間及び参照点は以下のように定義される[6]。

区間：道路の一纏めのセグメントや単位

参照点：道路に沿った位置を特定するために道路上に設けられる基準となる点

異なる道路地図間で共通に参照可能な参照点を設定することで、相対的な位置を参照できる方式である。上記の道路リンク手法の ID の永続性に関する課題が考慮されており、地図データ更新時の ID の永続性が保証されている。しかしながら、分割粒度は粗くなっており、大まかな進行方向が判断できる程度に情報量が削減されているため、道路リンク手法と比較すると道路の分割粒度は低い。また、対象道路が主要な幹線道路に限られており、網羅性という観点においても道路リンク ID 方式には劣る。

このように道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の両者を比較すると、それぞれ特徴が異なる。特に道路の分割粒度に関しては、シミュレーションを行う際、抽出結果に影響を与えると想定される。そのため、本項以降においては、道路リンク ID 方式と区間 ID 方式を共通 ID として用いて、それぞれの方式における関連車両の抽出効果を評価する。

5.1.4. 道路モデルによるシミュレーション

本研究では、複雑な道路形状を対象として、道路特定情報を用いて関連車両を抽出する際の効果を評価する。本項では、実走行データでのシミュレーションを行う前に、道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式で対象とする複雑な道路形状の地点をモデル化して、論理検証のためのシミュレーションを行い、事前に抽出効果を確認する。

5.1.4.1. 道路形状の整理

論理検証を行うために道路特定情報による道路をモデル化する。道路をモデル化するにあたっては、対象とする複雑な形状の道路を形状毎に分類し、モデル化する上で整理した。本研究では、高速道のジャンクションや立体交差等の複雑な道路形状の地点を検証対象とするが、高速道のジャンクションに関しては、各高速道路事業者の路線図情報を参照し[7-12]、全国の高速道ジャンクションの道路形状を調査した。調査結果から典型的な形状や特徴的な形状のものを抽出して、論理検証の対象とした。それぞれの分類した形状毎に説明する。

高速道ジャンクション：三叉

一方から二方向に分岐可能な道路が接続した三叉形状のジャンクションである。
図 5.1.4-1 の江北ジャンクション、図 5.1.4-2 の三宅坂ジャンクション等が挙げられる。



図 5.1.4-1 江北ジャンクション



図 5.1.4-2 三宅坂ジャンクション

高速道ジャンクション：四叉

一方から三方向に分岐可能な道路が接続した四叉形状のジャンクションである。具体例としては図 5.1.4-3 の鶴ヶ島ジャンクション、図 5.1.4-4 の三郷ジャンクションを示す。

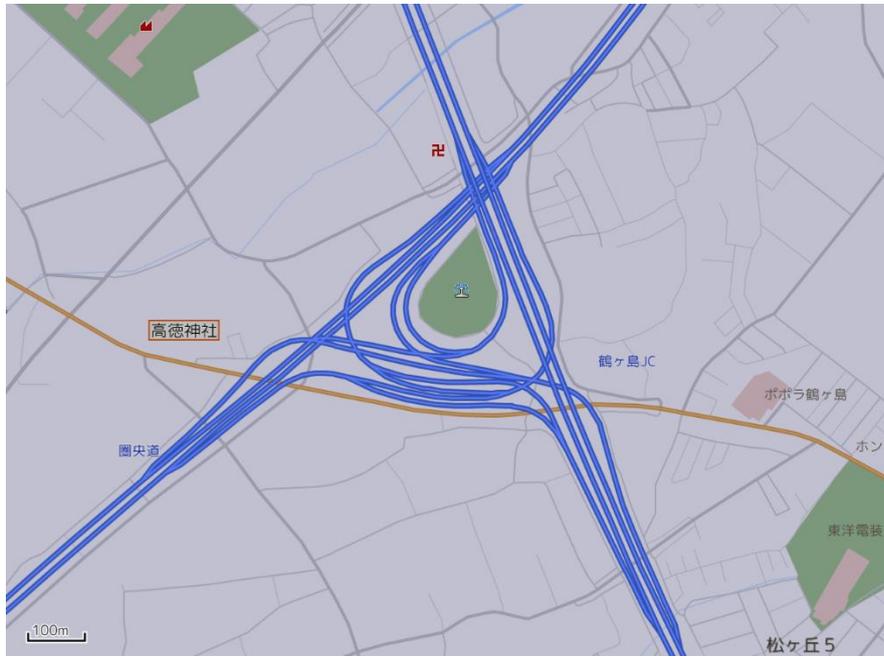


図 5.1.4-3 鶴ヶ島ジャンクション



図 5.1.4-4 三郷ジャンクション

高速道ジャンクション：四叉特殊例

四叉の高速道ジャンクションの中には、図 5.1.4-5 に示す鳥栖ジャンクションのようにジャンクション内でループしており、途中で分岐に抜け出さない限りループ区間を走行し続けることが可能な形状のものも存在する。



図 5.1.4-5 鳥栖ジャンクション

一般道：立体交差

一般道に関しては、様々な形状が存在し、分類が多岐にわたるため、本研究では基本的な立体交差を対象としてモデル化することとした。立体交差の例として、図 5.1.4-6 に東京都練馬区の練馬北町陸橋交差点を示す。

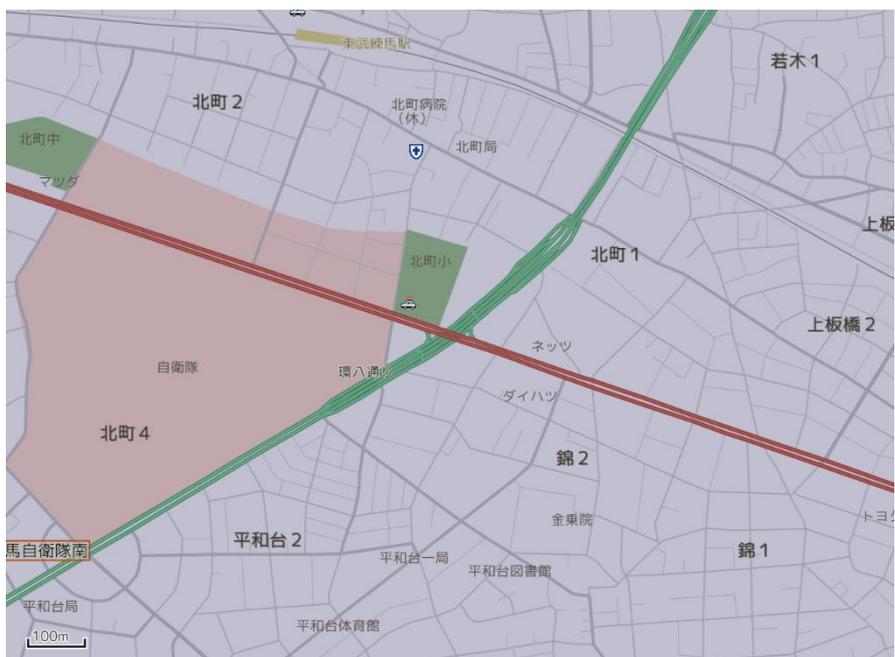


図 5.1.4-6 練馬北町陸橋交差点

本研究においては、このように分類した高速道ジャンクション及び一般道立体交差を、道路識別情報によってモデル化して関連車両の抽出効果を論理検証する。

5.1.4.2. 道路モデル

上述の道路形状の分類結果から、それぞれの形状に対して道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式で道路に対して ID を割り振りモデル化する。道路リンク ID 方式をモデル化する際は、既存のデータベースではメッシュ境界等でノードが振られ、本来の道路の接続関係とは無関係な箇所で道路が分割されるため、論理検証時には不適切であると考えた。そのため、論理検証用の独自の規則によって道路リンクを割り当てた。本研究では道路同士の接続関係から関連車両の抽出を行うことを目的としている。そのため、道路リンクを割り当てる際は、道路間が通行可能な形で接続していない場合は、個別のリンクであると区別されていることが望ましい。そこで、以下のような割り当て規則によってリンクとノードを割り当てた。

- 車線は区別せず一つのリンクとする。
- 上下線は進行方向で区別できるため区別せず一つのリンクとする。
- 上下線において乗り越えられない中央分離帯がある場合は別のリンクとする。
- 通行可能な形で接続していない本線と側道は個別のリンクとする。
- 異なるリンクが交差、合流する地点をノードとする。

なお、区間 ID 方式に関しては、道路の区間 ID テーブル 2016/06/01 版[13]のデータを用いた。以下に道路形状毎にモデル化したものを示す。

高速道ジャンクション：三叉

三叉形状の高速道ジャンクションをそれぞれ道路リンク ID 方式、区間 ID 方式でモデル化する。図 5.1.4-7 に江北ジャンクション、図 5.1.4-8 に三宅坂ジャンクションのモデルを示す。なお、道路リンク方式において割り当てたノードに対して、赤色で示されている番号を付番し、リンクの ID は黒色で示すノード番号を番号の低い方から高い方に連結した番号で示している。区間 ID 方式に関しては、黒色の文字で区間の横に示したものが ID である。また、道路リンク ID 方式によって割り当てたリンクの接続関係を示す模式図を江北ジャンクションのものを図 5.1.4-7 に、三宅坂ジャンクションを図 5.1.4-8 に示す。

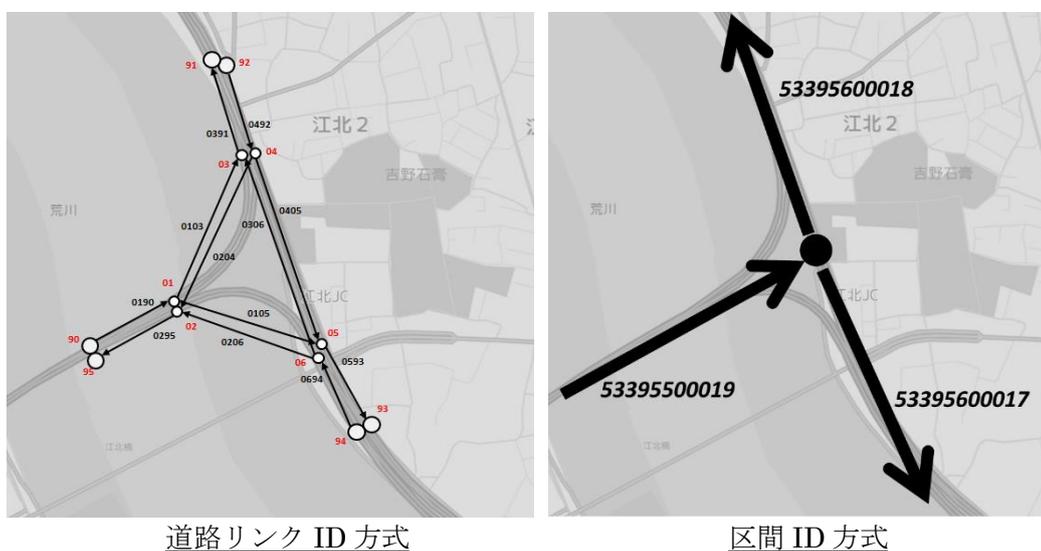


図 5.1.4-7 江北ジャンクション：道路モデル

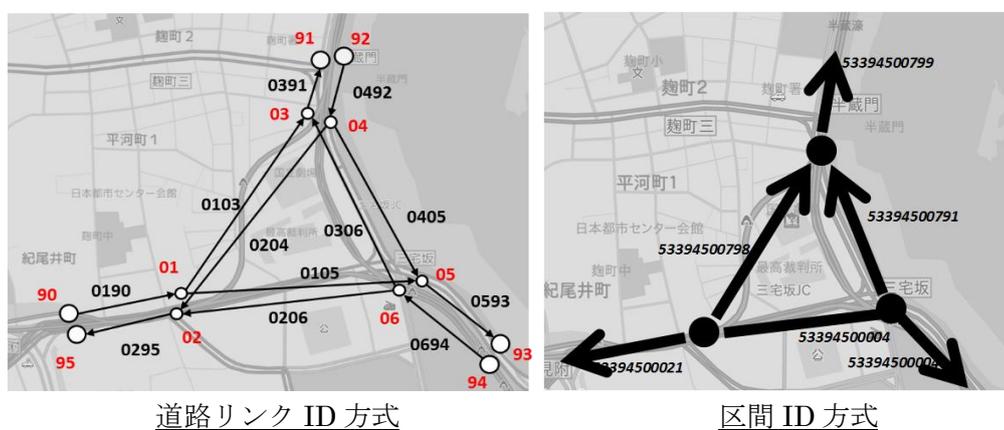


図 5.1.4-8 三宅坂ジャンクション：道路モデル

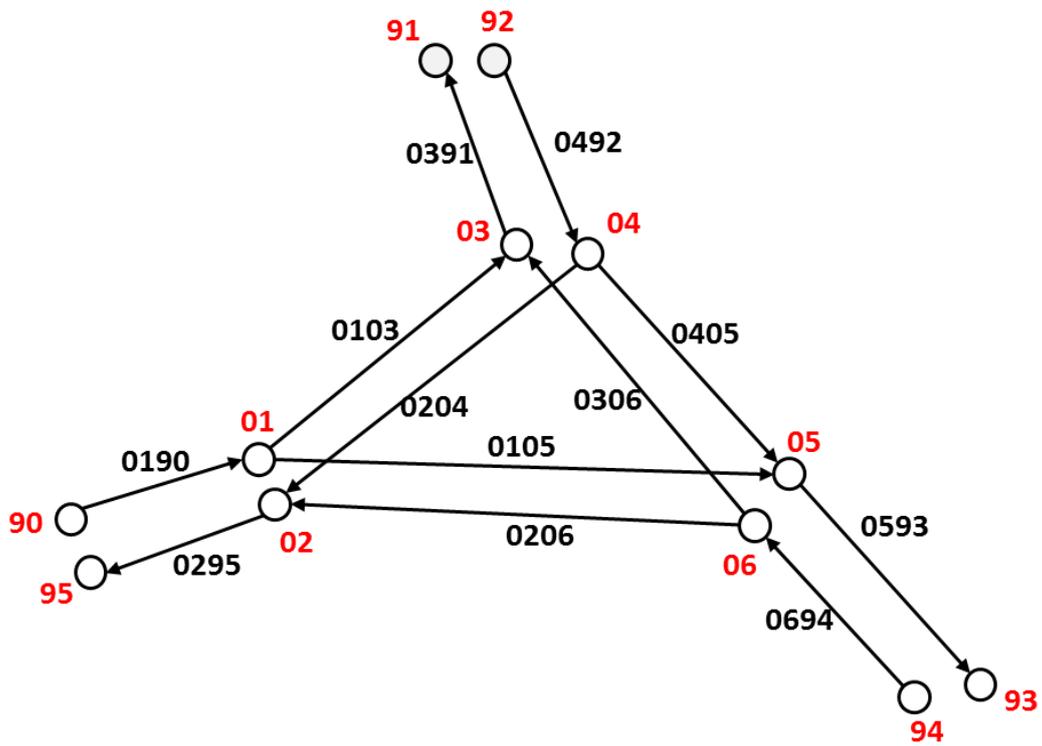


図 5.1.4-9 江北ジャンクション：道路リンク ID 方式による模式図

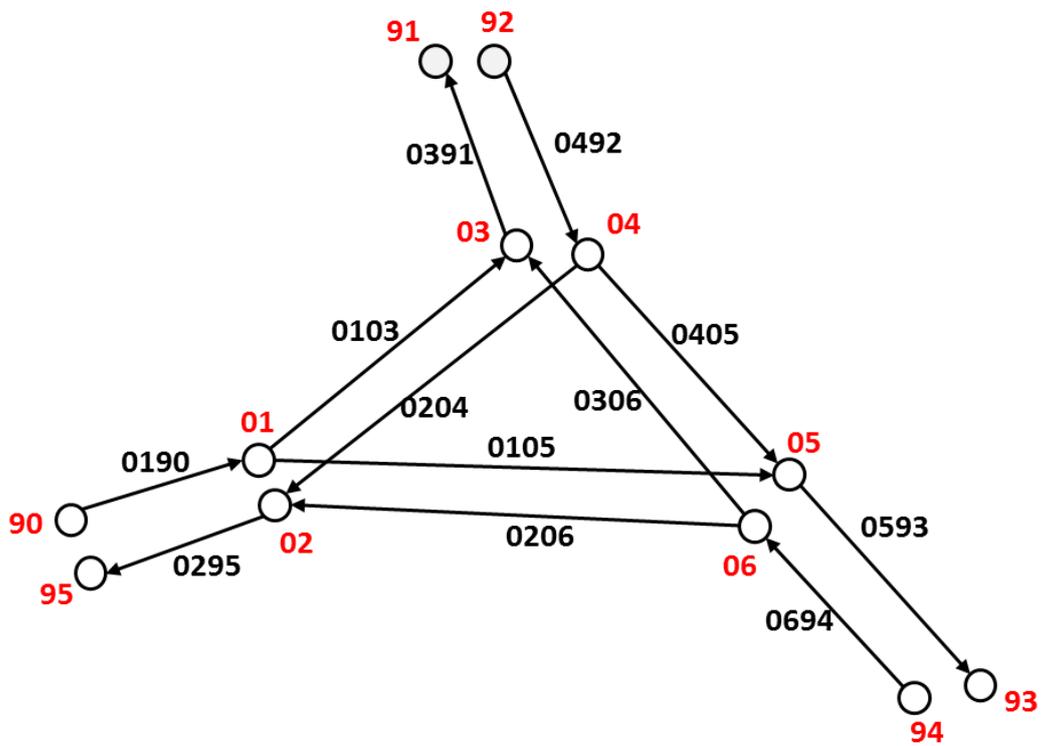


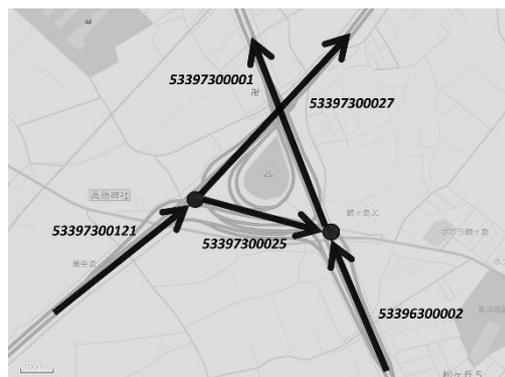
図 5.1.4-10 三宅坂ジャンクション：道路リンク ID 方式による模式図

高速道ジャンクション：四叉

四叉形状の高速道ジャンクションを道路モデルで記述した。図 5.1.4-11 に鶴ヶ島ジャンクション、図 5.1.4-12 に三郷ジャンクションのものを示す。また、道路リンク ID 方式による模式図を鶴ヶ島ジャンクションは図 5.1.4-13 に、三郷ジャンクションを図 5.1.4-14 に示す。

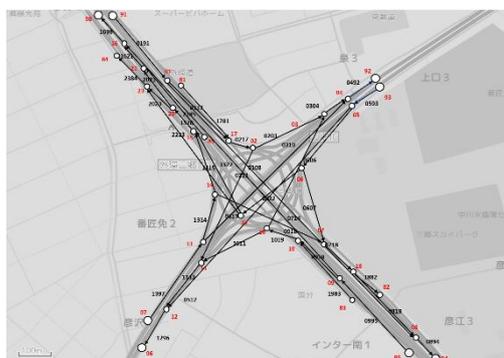


道路リンク ID 方式



区間 ID 方式

図 5.1.4-11 鶴ヶ島ジャンクション：道路モデル



道路リンク ID 方式



区間 ID 方式

図 5.1.4-12 三郷ジャンクション：道路モデル

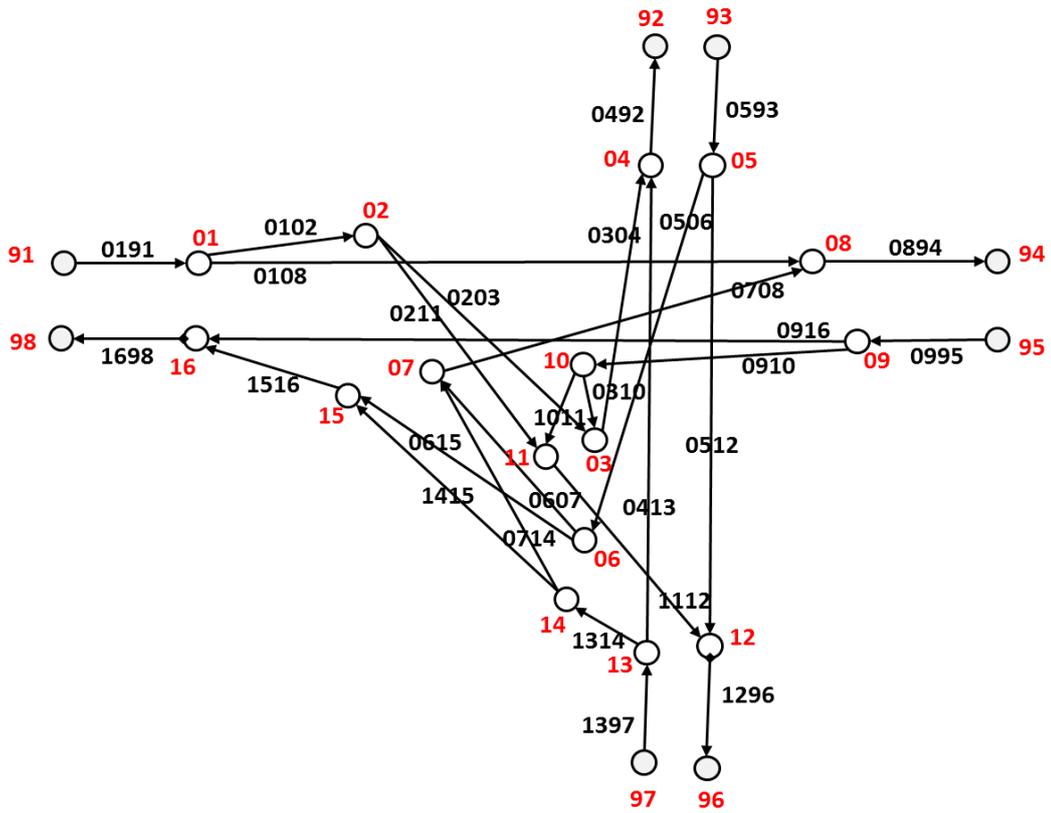


図 5.1.4-13 鶴ヶ島ジャンクションの道路リンク ID 方式：模式図

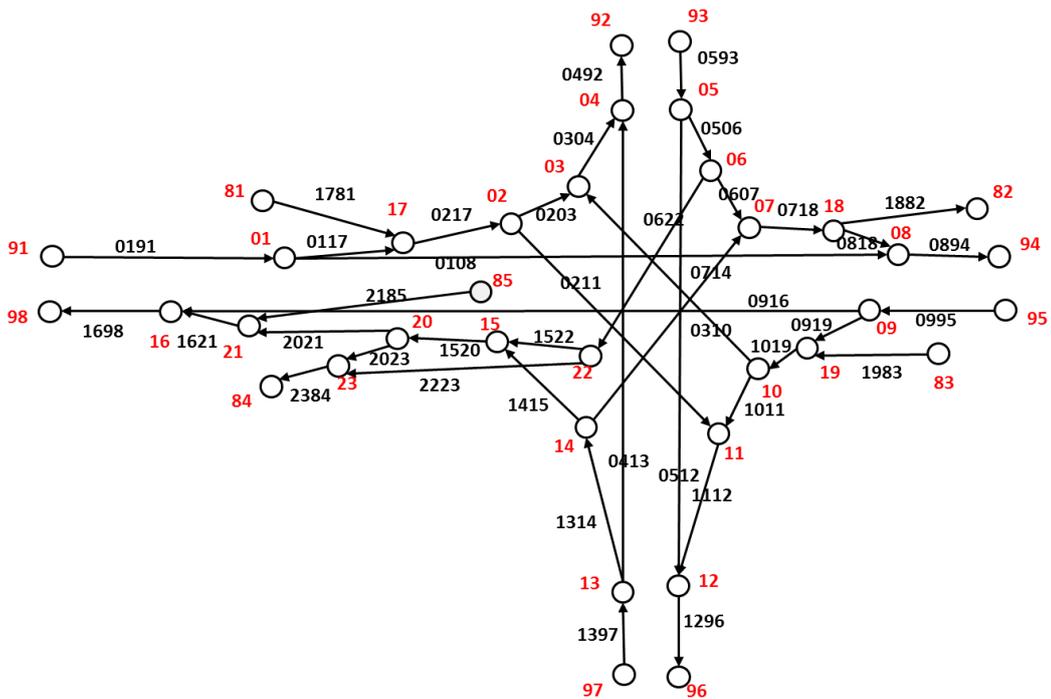


図 5.1.4-14 三郷ジャンクションの道路リンク ID 方式：模式図

高速道ジャンクション：四叉特殊例

四叉形状の高速道ジャンクション内にループが存在する鳥栖ジャンクションをモデル化したものを、図 5.1.4-15 に示す。道路リンク ID 方式による模式図は図 5.1.4-16 の通りである。

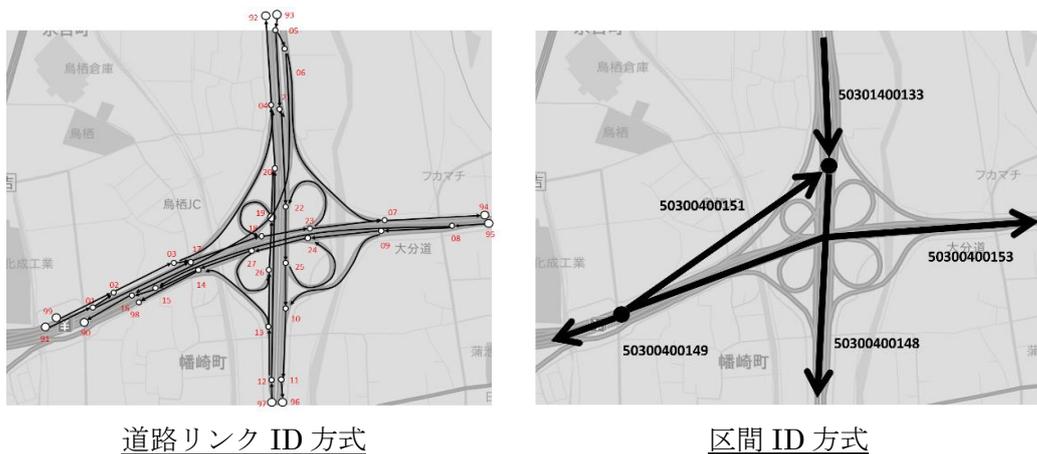


図 5.1.4-15 鳥栖ジャンクション：道路モデル

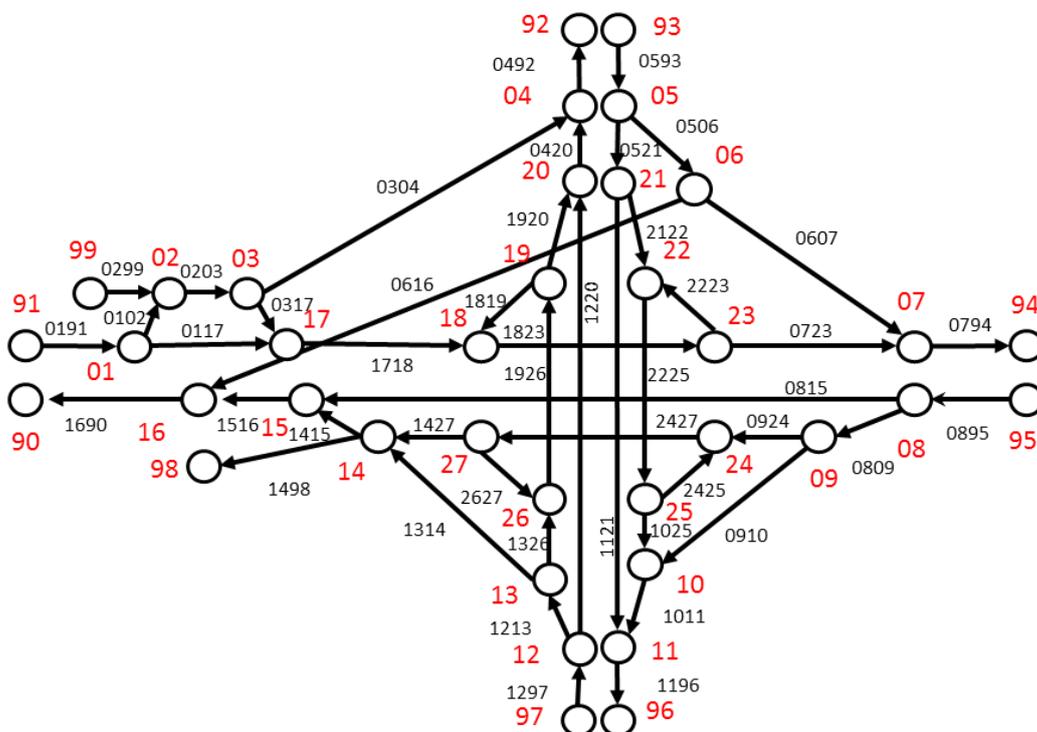


図 5.1.4-16 鳥栖ジャンクション：道路リンク ID 方式による模式図

5.1.4.3. シミュレーション結果

道路リンク ID 方式と区間 ID 方式によって記述された道路モデルを用いて、関連車両の抽出効果を確認するためのシミュレーションを行う。関連車両を抽出する際には、監視対象とする道路を自車位置に応じて選定し、送信車両の走行している道路がこの監視対象となる道路であった場合には関連車両として抽出する。本項で行うシミュレーションでは、前項で生成した道路モデル上に自動走行車両を仮想的に配置して、自車位置によって監視対象となる道路がどのように選定されるかを確認し、道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式による関連車両の抽出効果をそれぞれ評価する。

シミュレーションを行う際は、5.1.3 項で述べた関連車両の抽出手順に則って検証を行う。関連車両を抽出する際には、地図ベンダー各社のデータと共通 ID への変換を行う必要があるが、地図ベンダー各社のデータから共通 ID への変換は、対象とする地図ベンダー各社のデータが多岐に渡ることから本研究では対象としない。また、道路リンク ID 方式を共通 ID として用いる際には、シミュレーション結果に影響を与えると想定される道路の分割粒度に関して、地図ベンダー各社のデータと今回モデル化した道路リンク ID 方式のモデルでは大きな差異は無い。そのため、本研究で行うシミュレーションでは、地図ベンダー各社のデータと道路リンク ID 方式のモデルを同一のものとして取扱い、道路リンク ID 方式によるシミュレーションの際には、地図ベンダー各社のデータと道路リンク ID 方式間での変換処理は省略するものとした。但し、区間 ID 方式による検証の際には、道路リンク ID 方式と比較して道路の分割粒度の面で大きな差が有るため、道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の変換を行い、抽出効果を確認する必要がある。道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の変換の際には、両者の対応関係を示す対応テーブルを用いて変換を行うこととなる。以下に道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応テーブルの生成規則について説明する。

道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応テーブルの生成規則

- ・区間 ID で定義された進行方向に行くことが確定している道路リンクは、この区間 ID と対応するものとする。
- ・区間 ID で定義された進行方向に行くことが定まらない道路リンクは、通過した一つ前の道路リンクと対応する区間 ID の値と対応することとする。
- ・高速道の入り口は合流先の道路リンクが接続している基の道路リンクと同じ区間 ID の値と対応する。
- ・ジャンクション内のループ等で進入する方向によっては、上述の規則で区間 ID の値が定まらない道路リンクは特定不能として、必ず監視対象とする。

この規則によって生成した道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応テーブルの例として、鶴ヶ島ジャンクションのものを以下に示す。道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応テーブルを表 5.1.4-1、区間 ID 方式と道路リンク ID 方式の対応テーブルを表 5.1.4-2

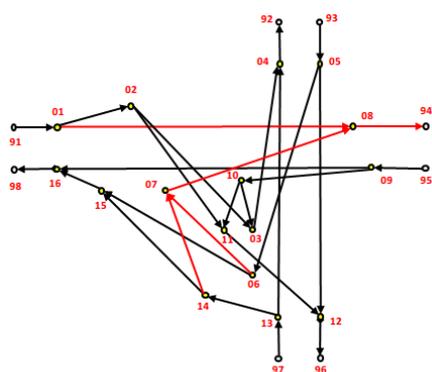
に示す。また、図 5.1.4-18 は、このテーブルに基づいた道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応関係を道路モデル上で示したものである。それぞれ赤色に塗られた ID が両者で対応する ID となっている。

表 5.1.4-1 道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応テーブル

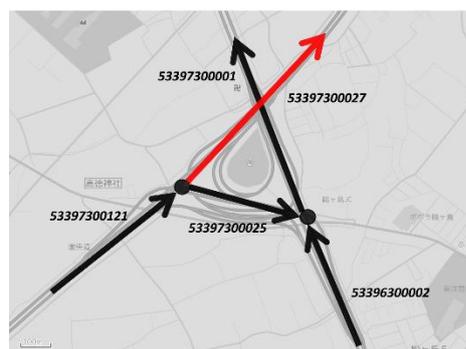
リンクID	区間ID	向き	リンクID	区間ID	向き
0102	53397300025	+	0708	53397300027	+
0108	53397300027	+	0714	53397300027	+
0191	53397300121	+	0894	53397300027	+
0203	53397300001	+	0910	53397300025	+
0211	53396300002	-	0916	53397300121	-
0304	53397300001	+	0995	53397300027	-
0310	53397300001	+	1011	53396300002	-
0413	53397300001	+	1112	53396300002	-
0492	53397300001	+	1296	53396300002	-
0506	53397300025	-	1314	53397300025	-
0512	53396300002	-	1397	53396300002	+
0593	53397300001	-	1415	53397300121	-
0607	53397300027	+	1516	53397300121	-
0615	53397300121	-	1698	53397300121	-

表 5.1.4-2 区間 ID 方式と道路リンク ID 方式の対応テーブル

区間ID	向き	対応する道路リンク				
53397300025	+	0102	0910			
53397300025	-	0506	1314			
53397300027	+	0108	0607	0708	0714	0894
53397300027	-	0995				
53397300121	+	0191				
53397300121	-	0615	0916	1415	1516	1698
53397300001	+	0203	0304	0310	0413	0492
53397300001	-	0593				
53396300002	+	1397				
53396300002	-	0211	0512	1011	1112	1296



道路リンク ID 方式



区間 ID 方式

図 5.1.4-18 道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の対応関係

関連車両の抽出は、相手車両が走行中であると特定した道路が監視対象としている道路であるかを判断することで行う。この際の監視対象とする道路の選定方法について述べる。監視対象とする道路を選定する上では、まず、どのような車両を関連車両とすべきかについて検討する必要がある。

自動走行車が安全に走行するためには、車車間通信により車両を発見した際に、自車両が安全に停車でき、且つ相手車両も十分に停車できる時間が確保できていれば十分であると考えられる。そのため、本研究では、それ以上の時間的距離の離れた場所にいる車両は関連車両とせず、監視対象から除くこととした。高速道における走行速度を100km/hと設定した際、急減速でない加速度-0.3gで減速した場合に停止までにかかる時間は約10秒である。そのため、まず、自車位置の10秒前方までの範囲に注目し、さらに、その範囲内に同様に到達する相手車両も関連車両となる可能性があるため、倍の20秒前方までに存在する車両を関連車両とした。車両の後方に関しては、自車両の後方を走行中の車両が、走行中に停車できる範囲まで監視すれば十分であるとして、前述の演算結果から車両後方に対して10秒以内で到達できる位置に存在する車両を関連車両とした。また、一般道に関しては、走行速度60km/hで同様の計算を行い、急減速でない加速度-0.3gで減速した場合の停止までの時間は約6秒であったため、車両前方は12秒以内、車両後方は6秒以内に到達できる位置に存在する車両を関連車両とした。

監視対象とする道路を選定する上では、上述の時間分で到達可能な道路を監視対象とすれば、関連車両を十分に抽出できると考えた。よって、本研究における監視対象道路の選定基準を以下の様に設定した。

監視対象道路の選定基準

・高速道

車両前方：自車位置から20秒以内の到達可能な道路リンク

車両後方：自車位置から10秒以内の到達可能な道路リンク

・一般道

車両前方：自車位置から12秒以内の到達可能な道路リンク

車両後方：自車位置から6秒以内の到達可能な道路リンク

シミュレーションを実施する際は、各道路に対して適切な走行速度を設定し、道路の長さで除することで道路の通過時間を求め、上述の選定基準により監視対象道路を選定した。例として、鶴ヶ島ジャンクションにおいて、自車位置が図示された位置の存在する場合の監視対象となる道路を赤色で塗りつぶしたものを図5.1.4-19に示す。

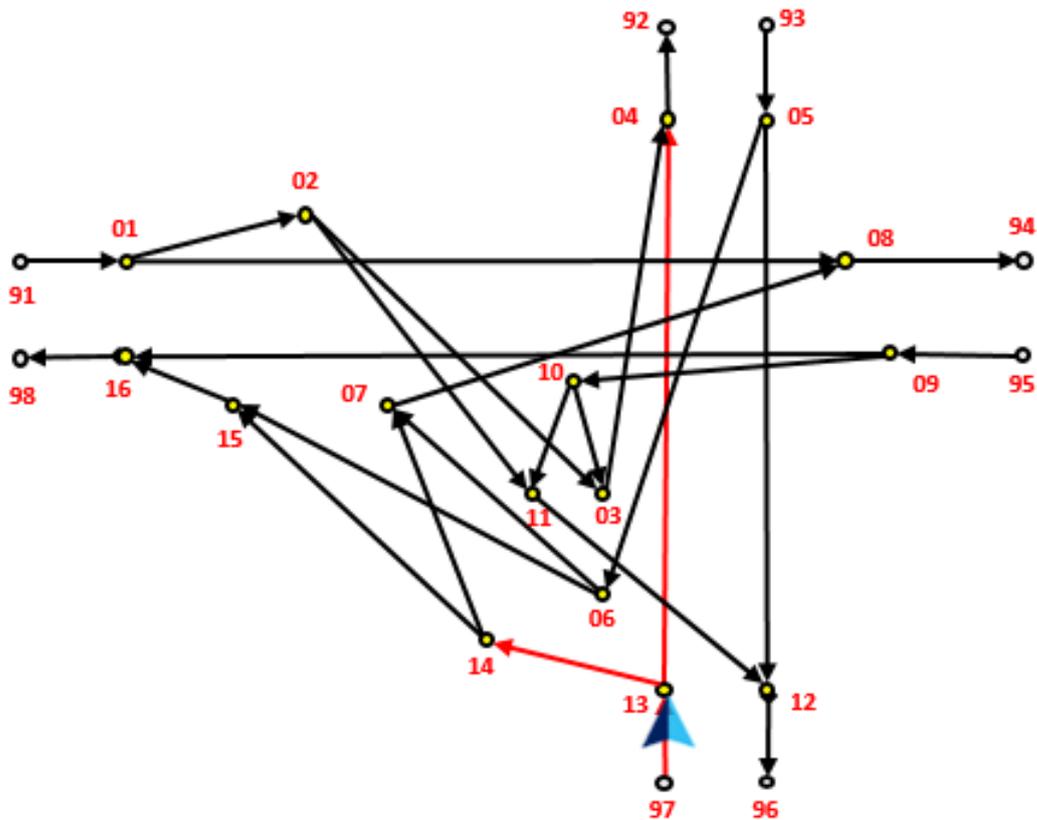


図 5.1.4-19 選定された監視対象道路例

道路モデルによるシミュレーションを行う際には、関連車両の抽出効果を評価する尺度としては、対象地点に存在する全道路リンクの中から、どれだけの道路リンクを抽出できたかを示す値を除去率と定義し、この除去率により抽出効果を評価する。除去率の算出式を示す。

$$\text{除去率} = \text{監視対象道路リンクの数} / \text{走行コースの道路リンクの総数}$$

道路形状毎のシミュレーション結果を示す。

高速道ジャンクション：三叉

三叉形状のジャンクションにおけるシミュレーション結果を示す。

江北ジャンクション

江北ジャンクションでのシミュレーション結果を示す。シミュレーション時には図 5.1.4-20 で示す経路を走行するとして、表 5.1.4-3 に示す条件を用いてシミュレーションを行った。道路リンク ID 方式のシミュレーション結果を表 5.1.4-4 に示す。○は監視対象となる道路リンクを示す。全体の道路リンク数で除することで除去率を算出している。また、区間 ID 方式によるシミュレーション結果を表 5.1.4-5 に示す。監視対象区間 ID の列の○は自車位置毎の監視対象とする区間 ID を意味している。監視対象道路リンクの列の○は道路リンク ID 方式時の監視対象となった道路リンクであることを意味し、●は区間 ID 方式で送信したことで余計に監視対象とすることとなった道路リンクであることを意味する。これら記号の定義は以降の結果でも同様である。図 5.1.4-21 には自車位置毎の除去率を道路リンク ID 方式と区間 ID 方式に分けてプロットしたものを示す。

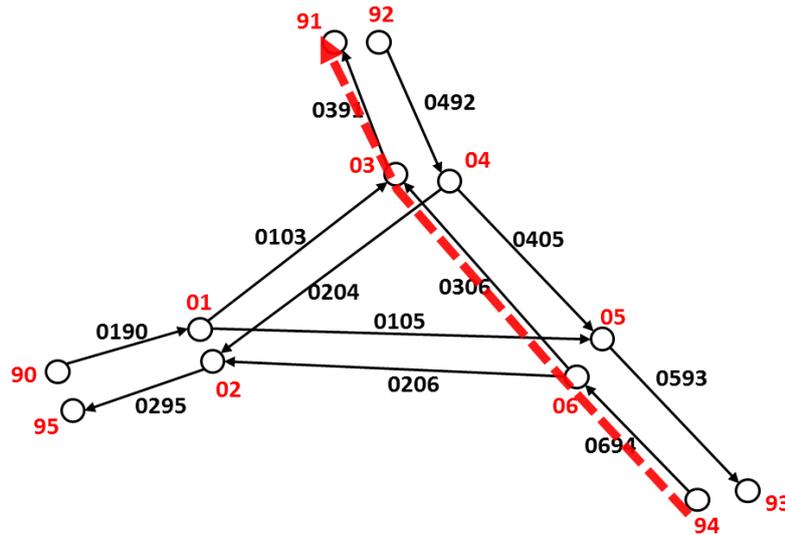


図 5.1.4-20 江北ジャンクション：仮想走行経路

表 5.1.4-3 江北ジャンクション：シミュレーション条件

リンクID	リンク情報			区間IDとの対応	
	距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]	区間ID	向き
0103	479	60	28.74	53395600018	+
0105	643	60	38.58	53395600017	+
0190	1000	60	60.00	53395600019	+
0204	487	60	29.22	53395500019	-
0206	583	60	34.98	53395500019	-
0295	1000	60	60.00	53395500019	-
0306	589	60	35.34	53395600018	+
0391	1000	60	60.00	53395600018	+
0405	655	60	39.30	53395600017	+
0492	1000	60	60.00	53395600018	-
0593	1000	60	60.00	53395600017	+
0694	1000	60	60.00	53395600017	-

表 5.1.4-4 江北ジャンクション：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID										除去率		
	0103	0105	0190	0204	0206	0295	0306	0391	0405	0492		0593	0694
1 0694												○	91.67%
2 0694 分岐前					○		○					○	75.00%
3 0306 分岐後							○					○	83.33%
4 0306 合流前	○						○	○					75.00%
5 0391 合流後	○						○	○					75.00%
6 0391							○						91.67%

表 5.1.4-5 江北ジャンクション：区間 ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象区間ID						監視対象道路リンクID										除去率			
	53395600017		53395600018		53395500019		0103	0105	0190	0204	0206	0295	0306	0391	0405	0492		0593	0694	
	+	-	+	-	+	-														
1 0694		○																	○	91.67%
2 0694 分岐前		○	○			○	●			●	○	●	○	●					○	41.67%
3 0306 分岐後		○	○				●					○	○	●					○	66.67%
4 0306 合流前			○				○						○	○						75.00%
5 0391 合流後			○				○						○	○						75.00%
6 0391			○				●					●	○							75.00%

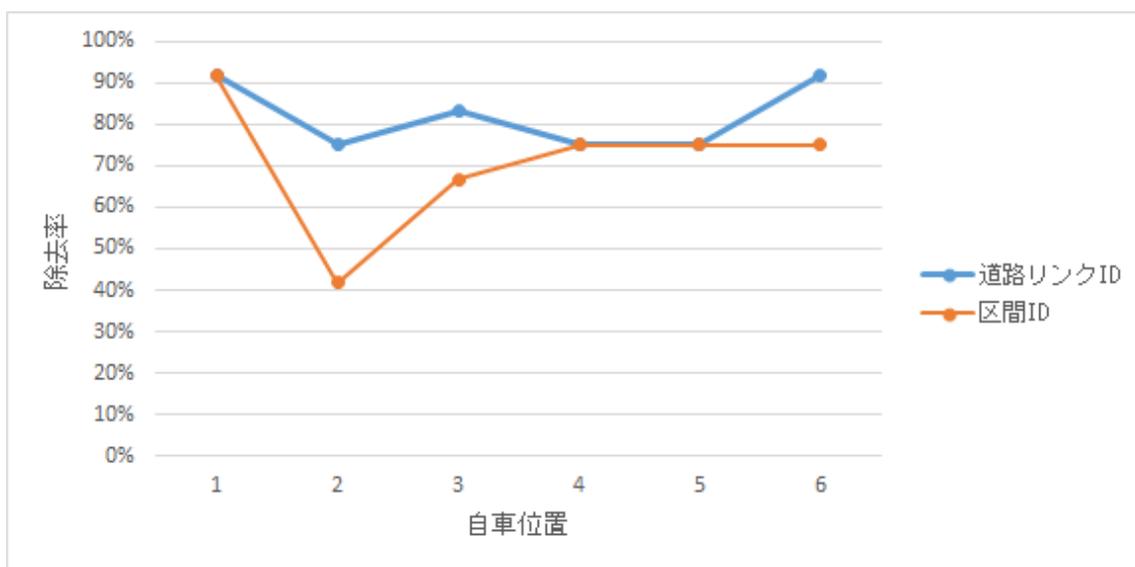


図 5.1.4-21 江北ジャンクション：自車位置毎の除去率

三宅坂ジャンクション

三宅坂ジャンクションでのシミュレーション結果を示す。走行経路を図 5.1.4-22 に、シミュレーション条件を表 5.1.4-6 に示す。道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果を表 5.1.4-7 に、区間 ID 方式のシミュレーション結果を表 5.1.4-8 に記載した。自車位置毎の除去率を図 5.1.4-23 にプロットした。

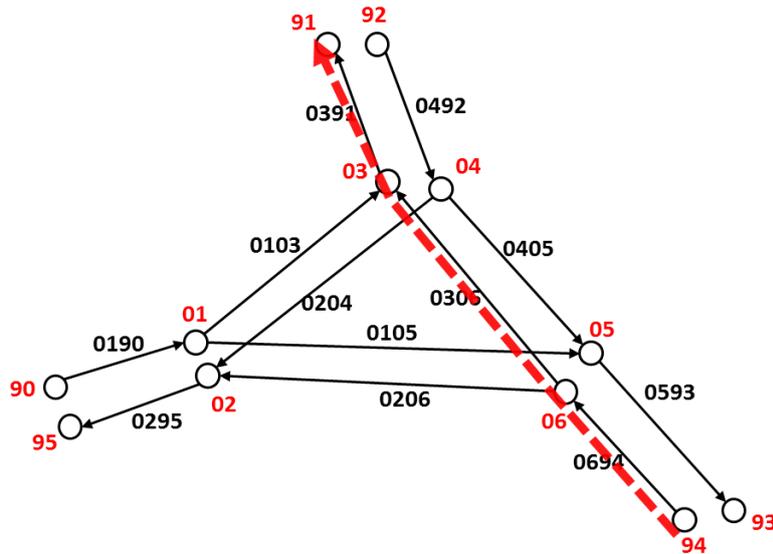


図 5.1.4-22 三宅坂ジャンクション：仮想走行経路

表 5.1.4-6 三宅坂ジャンクション：シミュレーション条件

リンクID	リンク情報			区間IDとの対応	
	距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]	区間ID	向き
0103	716	40	64.44	53394500798	+
0105	600	40	54.00	53394500004	+
0190	1000	50	72.00	53394500021	-
0204	700	40	63.00	53394500798	-
0206	821	40	73.89	53394500004	-
0295	1000	50	72.00	53394500021	+
0306	810	40	72.90	53394500791	+
0391	1000	50	72.00	53394500799	+
0405	555	40	49.95	53394500791	-
0492	1000	50	72.00	53394500799	-
0593	1000	50	72.00	53394500004	+
0694	1000	50	72.00	53394500004	-

表 5.1.4-7 三宅坂ジャンクション：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID											除去率	
	0103	0105	0190	0204	0206	0295	0306	0391	0405	0492	0593		0694
1 0694												○	91.67%
2 0694 分岐前					○		○					○	75.00%
3 0306 分岐後												○	83.33%
4 0306 合流前	○						○	○					75.00%
5 0391 合流後	○						○	○					75.00%
6 0391								○					91.67%

表 5.1.4-8 三宅坂ジャンクション：区間 ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象区間ID										監視対象道路リンクID											除去率		
	53394500004		53394500021		53394500791		53394500798		53394500799		0103	0105	0190	0204	0206	0295	0306	0391	0405	0492	0593		0694	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-														
1 0694		○													●								○	83.33%
2 0694 分岐前		○			○									○									○	75.00%
3 0306 分岐後		○			○																		○	83.33%
4 0306 合流前					○		○		○		○							○	○					75.00%
5 0391 合流後					○		○		○		○							○	○					75.00%
6 0391									○									○						91.67%

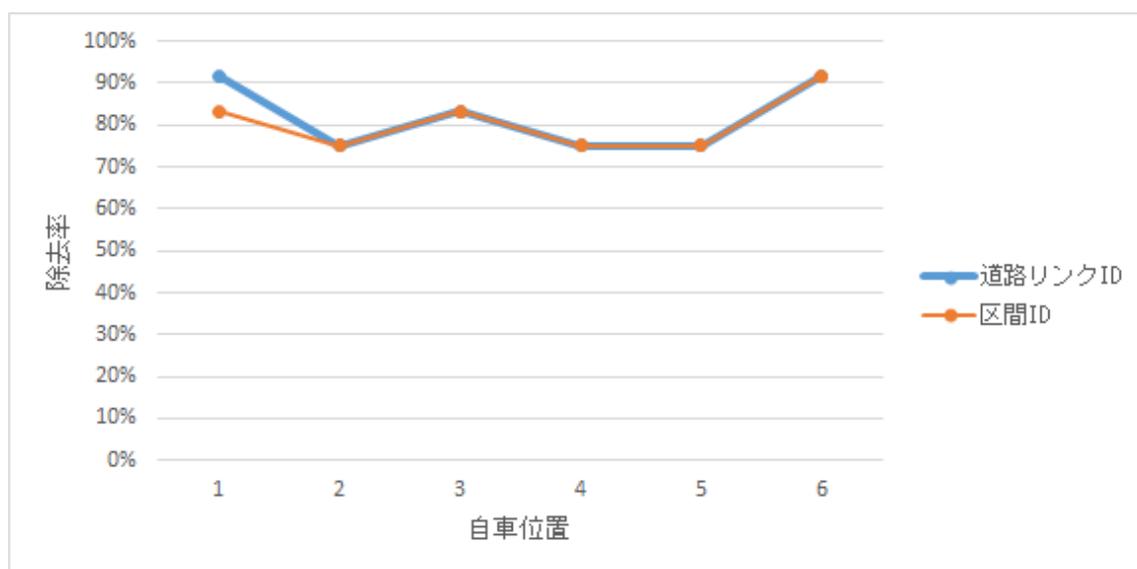


図 5.1.4-23 三宅坂ジャンクション：自車位置毎の除去率

高速道ジャンクション：四叉

四叉形状の高速道ジャンクションのシミュレーション結果を以下に示す。

鶴ヶ島ジャンクション

鶴ヶ島ジャンクションにおいて、図 5.1.4-24 のような経路を走行した際のシミュレーション結果を示す。シミュレーションの際使用した条件は表 5.1.4-9 のとおりである。道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果を表 5.1.4-10、区間 ID 方式による結果を表 5.1.4-11 に、両者の自車位置毎の除去率をプロットしたものを図 5.1.4-25 に示す。

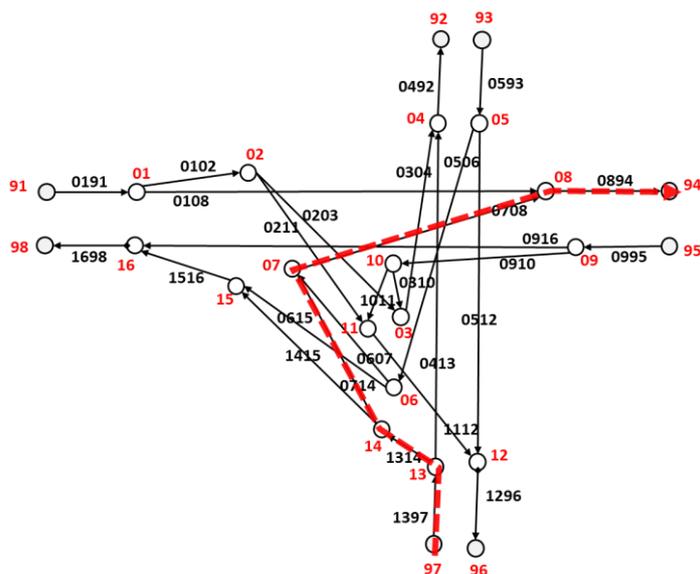


図 5.1.4-24 鶴ヶ島ジャンクション：仮想走行経路

表 5.1.4-9 鶴ヶ島ジャンクション：シミュレーション条件

リンクID	リンク情報			区間IDとの対応	
	距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]	区間ID	向き
0102	331	50	23.83	53397300025	+
0108	780	80	35.10	53397300027	+
0191	1000	80	45.00	53397300121	+
0203	312	50	22.46	53397300001	+
0211	466	50	33.55	53396300002	-
0304	361	50	25.99	53397300001	+
0310	317	40	28.53	53397300001	+
0413	840	100	30.24	53397300001	+
0492	1000	100	36.00	53397300001	+
0506	503	50	36.22	53397300025	-
0512	924	100	33.26	53396300002	-
0593	1000	100	36.00	53397300001	-
0607	268	50	19.30	53397300027	+
0615	311	50	22.39	53397300121	-
0708	476	50	34.27	53397300027	+
0714	406	50	29.23	53397300027	+
0894	1000	80	45.00	53397300027	+
0910	133	50	9.58	53397300025	+
0916	753	80	33.89	53397300121	-
0995	1000	80	45.00	53397300027	-
1011	523	50	37.66	53396300002	-
1112	484	50	34.85	53396300002	-
1296	1000	100	36.00	53396300002	-
1314	307	50	22.10	53397300025	-
1397	1000	100	36.00	53396300002	+
1415	443	50	31.90	53397300121	-
1516	298	50	21.46	53397300121	-
1698	1000	80	45.00	53397300121	-

表 5.1.4-10 鶴ヶ島ジャンクション：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																除去率												
	0102	0108	0191	0203	0211	0304	0310	0413	0492	0506	0512	0593	0607	0615	0708	0714		0894	0910	0916	0995	1011	1112	1296	1314	1397	1415	1516	1698
1 1397																									○				96.43%
2 1397 分岐前								○																○	○				89.29%
3 1314 分岐後																								○	○				92.86%
4 1314 分岐前																								○	○		○		89.29%
5 0714 分岐後																								○					92.86%
6 0714 合流前												○			○	○													89.29%
7 0708 合流後												○			○	○													89.29%
8 0708 合流前		○													○	○													89.29%
9 0894 合流後		○													○	○													89.29%
10 0894															○														96.43%

表 5.1.4-11 鶴ヶ島ジャンクション：区間 ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象区間ID										除去率	
	53397300025		53397300027		53397300121		53397300001		53397300002			
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
1 1397											○	
2 1397 分岐前		○						○			○	
3 1314 分岐後		○									○	
4 1314 分岐前		○	○				○					
5 0714 分岐後		○	○									
6 0714 合流前			○									
7 0708 合流後			○									
8 0708 合流前			○									
9 0894 合流後			○									
10 0894			○									

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																除去率												
	0102	0108	0191	0203	0211	0304	0310	0413	0492	0506	0512	0593	0607	0615	0708	0714		0894	0910	0916	0995	1011	1112	1296	1314	1397	1415	1516	1698
1 1397																										○			96.43%
2 1397 分岐前				●		●	●	○	●	●															○	○			71.43%
3 1314 分岐後																									○	○			89.29%
4 1314 分岐前	●								●	●			●	●	●	○	●								○	○		●	57.14%
5 0714 分岐後	●								●	●			●	●	●	○	●								○				75.00%
6 0714 合流前	●												○		○	○	●												82.14%
7 0708 合流後	●												○		○	○	●												82.14%
8 0708 合流前	○												●		○	○	○												82.14%
9 0894 合流後	○												●		○	○	○												82.14%
10 0894	●												●		●	○	○												82.14%

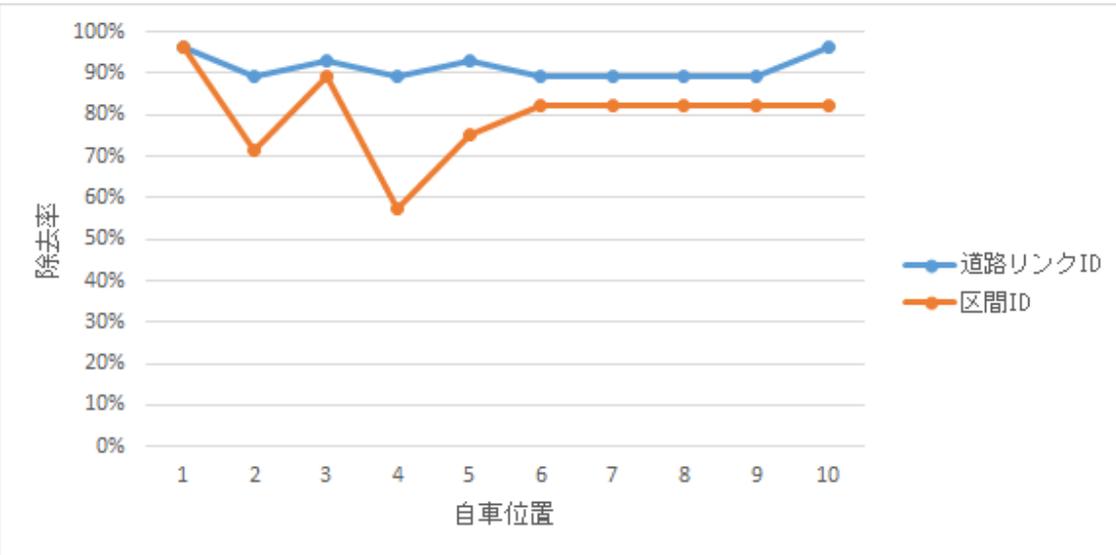


図 5.1.4-25 鶴ヶ島ジャンクション：自車位置毎の除去率

表 5.1.4-13 三郷ジャンクション：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自転車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID														除去率			
	1112	1296	1314	1396	1415	1520	1522	1621	1698	1781	1882	1983	2021	2023		2185	2223	2384
1 0593																		97.56%
2 0593 分岐前																		92.68%
3 0506 分岐後																		90.24%
4 0506 分岐前																		87.80%
5 0622																		90.24%
6 0622 分岐前																		90.24%
7 1522																		90.24%
8 1522 合流前																		87.80%
9 1520																		80.49%
10 1520 分岐前																		85.37%
11 2021																		90.24%
12 2021 合流前																		92.68%
13 1621																		92.68%
14 1621 合流前																		92.68%
15 1698																		97.56%

表 5.1.4-14 三郷ジャンクション：区間 ID 方式によるシミュレーション結果

自転車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																	除去率									
	0714	0718	0818	0894	0819	0985	1011	1019	1112	1296	1314	1396	1415	1520	1522	1621	1698		1781	1882	1983	2021	2023	2185	2223	2384	
1 0593																											95.12%
2 0593 分岐前																											82.93%
3 0506 分岐後	●	●	●	●	●								●	●	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	48.78%
4 0506 分岐前	●	●	●	●	●								●	●	○	●	●		●		●	●	●	○	●	●	48.78%
5 0622													●	●	○	●	●				●	●	●	○	●	●	65.85%
6 0622 分岐前													●	●	○	●	●				●	●	●	○	●	●	65.85%
7 1522													○	○	○	●	●				○	○	○	○	○	○	70.73%
8 1522 合流前													○	○	○	○	●				○	○	○	○	○	○	70.73%
9 1520													○	○	○	○	●				○	○	○	○	○	○	70.73%
10 1520 分岐前													○	○	○	○	●				○	○	○	○	○	○	70.73%
11 2021													○	○	○	○	●				○	○	○	○	○	○	70.73%
12 2021 合流前													○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	70.73%
13 1621													○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	70.73%
14 1621 合流前													○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	70.73%
15 1698													○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	70.73%

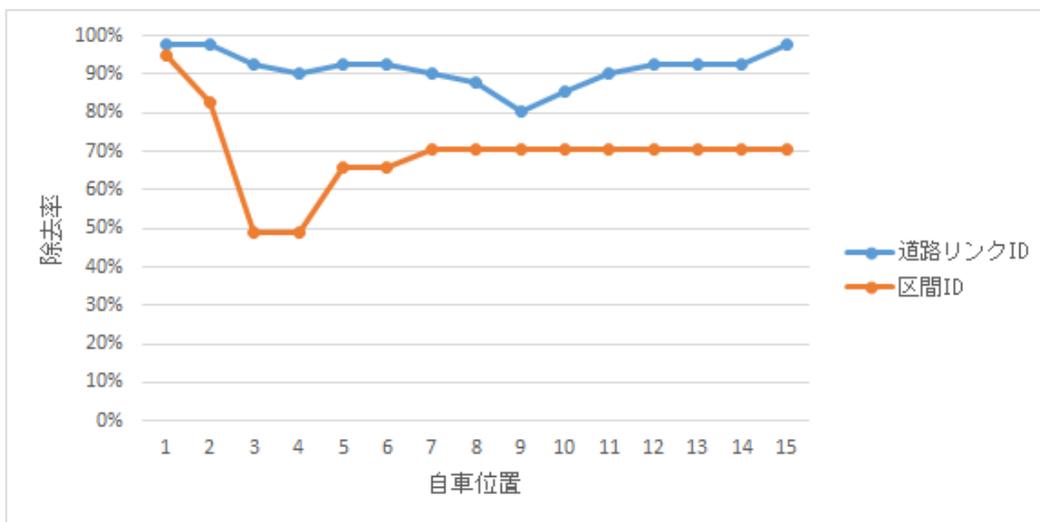


図 5.1.4-27 三郷ジャンクション：自転車位置毎の除去率

高速道ジャンクション：四叉特殊例

四叉形状の高速道ジャンクションの中で特殊な形状である鳥栖ジャンクションのシミュレーション結果を示す。

鳥栖ジャンクション

走行経路及びシミュレーション条件は図 5.1.4-28、表 5.1.4-15 のとおりである。道路リンク方式によるシミュレーション結果を表 5.1.4-16 に、区間 ID 方式によるシミュレーション結果は表 5.1.4-17 に示す。▲の記号は対応する区間 ID が特定不能であった道路リンクを示しており、強制的に監視対象として除去率を算出した。図 5.1.4-29 には自転車位置毎の除去率をプロットした図を示す。

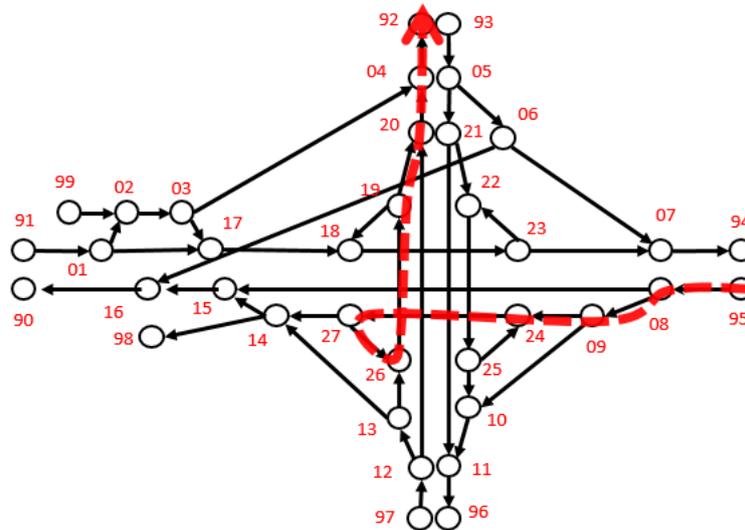


図 5.1.4-28 鳥栖ジャンクション：仮想走行経路

表 5.1.4-15 鳥栖ジャンクション：シミュレーション条件

リンクID	リンク情報			区間IDとの対応		リンクID	リンク情報			区間IDとの対応	
	距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]	区間ID	向き		距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]	区間ID	向き
0102	75	80	3.38	50300400149	-	1121	742	80	33.39	50300400148	+
0117	315	80	14.18	50300400149	-	1196	1000	80	45.00	50300400148	+
0191	1000	80	45.00	50300400149	-	1213	298	80	13.41	50300400148	-
0203	190	80	8.55	50300400149	-	1220	699	80	31.46	50301400133	-
0299	1000	40	90.00	50300400149	-	1297	1000	80	45.00	50300400148	-
0304	515	40	46.35	50301400133	-	1314	265	40	23.85	50300400149	+
0317	53	80	2.39	50300400149	-	1326	160	40	14.40	50300400148	-
0420	223	80	10.04	50301400133	-	1415	154	40	13.86	50300400149	+
0492	1000	80	45.00	50301400133	-	1427	161	40	14.49	50300400149	+
0506	310	80	13.95	50300400151	-	1498	1000	40	90.00	50300400149	+
0521	423	80	19.04	50301400133	+	1516	323	80	14.54	50300400149	+
0593	1000	80	45.00	50301400133	+	1690	1000	80	45.00	50300400149	+
0607	640	40	57.60	50300400153	+	1718	210	80	9.45	50300400149	-
0616	1207	80	54.32	50300400149	+	1819	234	40	21.06	特定不能	
0723	236	80	10.62	50300400153	+	1823	156	40	14.04	特定不能	
0794	1000	80	45.00	50300400153	+	1920	104	40	9.36	50301400133	-
0809	228	80	10.26	50300400153	-	1926	140	40	12.60	特定不能	
0815	945	80	42.53	50300400149	+	2122	323	40	29.07	50301400133	+
0895	1000	80	45.00	50300400153	-	2223	264	40	23.76	特定不能	
0910	407	40	36.63	50300400148	+	2225	158	40	14.22	特定不能	
0924	229	40	20.61	50300400153	-	2425	308	40	27.72	特定不能	
1011	96	40	8.64	50300400148	+	2427	170	40	15.30	特定不能	
1025	165	40	14.85	50300400148	+	2627	228	40	20.52	特定不能	

表 5.1.4-16 鳥栖ジャンクション：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																						
	0102	0117	0191	0203	0299	0304	0317	0420	0492	0506	0521	0593	0607	0616	0723	0794	0809	0815	0895	0910	0924	1011	1025
1 0895 分岐前																	○	○					
2 0809 分岐後																	○		○		○	○	
3 0809 分岐前																	○			○	○		
4 0924 分岐後																	○				○	○	
5 0924 合流前																					○	○	
6 2427 合流後																						○	
7 2427 分岐前																							
8 2627 分岐後																							
9 2627 合流前																							
10 1926 合流後																							
11 1926 分岐前						○		○	○														
12 1920 分岐後						○		○	○														
13 1920 合流前						○		○	○														
14 0420 合流後						○		○	○														
15 0420 合流前						○		○	○														
16 0492 合流後						○		○	○														
17 0492								○															

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																除去率							
	1121	1196	1213	1220	1297	1314	1326	1415	1427	1498	1516	1690	1718	1819	1823	1920		1926	2122	2223	2225	2425	2427	2627
1 0895 分岐前																								89.13%
2 0809 分岐後																								91.30%
3 0809 分岐前																								93.48%
4 0924 分岐後																								95.65%
5 0924 合流前									○													○	○	89.13%
6 2427 合流後									○													○	○	89.13%
7 2427 分岐前						○		○	○														○	86.96%
8 2627 分岐後																							○	95.65%
9 2627 合流前			○			○	○							○		○	○						○	84.78%
10 1926 合流後							○							○		○	○						○	89.13%
11 1926 分岐前				○										○		○	○							84.78%
12 1920 分岐後				○												○	○							86.96%
13 1920 合流前				○												○	○							86.96%
14 0420 合流後				○												○	○							86.96%
15 0420 合流前				○																				93.48%
16 0492 合流後																								93.48%
17 0492																								97.83%

表 5.1.4-17 鳥栖ジャンクション：区間 ID 方式によるシミュレーション結果

自転車位置 道路リンクID	監視対象区間ID										監視対象道路リンクID																			
	50300400148		50300400149		50300400151		50300400153		50301400133		0102	0117	0191	0203	0299	0304	0317	0420	0492	0506	0521	0593	0607	0616	0723	0794	0809	0815	0895	0910
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-																				
1 0895 分岐前	○		○							○														●			○	○	○	○
2 0809 分岐後	○									○																	○	○	○	○
3 0809 分岐前	○									○																	○	○	○	○
4 0924 分岐後										○																				
5 0924 合流前			○							○														●			●	●	●	●
6 2427 合流後			○							○														●			●	●	●	●
7 2427 分岐前			○							○														●			●	●	●	●
8 2627 分岐後																														
9 2627 合流前		○	○													●		●	●					●			●			
10 1926 合流後		○														●		●	●											
11 1926 分岐前																○		○	○											
12 1920 分岐後																○		○	○											
13 1920 合流前																○		○	○											
14 0420 合流後																○		○	○											
15 0420 合流前																○		○	○											
16 0492 合流後																○		○	○											
17 0492																●		●	○											

自転車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																除去率											
	0924	1011	1025	1121	1196	1213	1220	1297	1314	1326	1415	1427	1498	1516	1690	1718		1819	1823	1920	1926	2122	2223	2225	2425	2427	2627	
1 0895 分岐前	○	●	●	●	●				●		●	●	●	●	●		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	43.48%
2 0809 分岐後	○	●	●	●	●												▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	60.87%
3 0809 分岐前	○	●	●	●	●												▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	60.87%
4 0924 分岐後	○																▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	71.74%
5 0924 合流前	○								●		●	○	●	●	●		▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	54.35%	
6 2427 合流後	○								●		●	○	●	●	●		▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	54.35%	
7 2427 分岐前									○		○	○	○	●	●		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	60.87%
8 2627 分岐後																	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	78.26%
9 2627 合流前						○	●	●	●	○	●	●	●	●	●		○	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	43.48%	
10 1926 合流後						●	●	●		○							○	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	60.87%
11 1926 分岐前						○											○	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
12 1920 分岐後						○											▲	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
13 1920 合流前						○											▲	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
14 0420 合流後						○											▲	▲	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
15 0420 合流前						●											▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
16 0492 合流後						●											▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%
17 0492						●											▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	67.39%

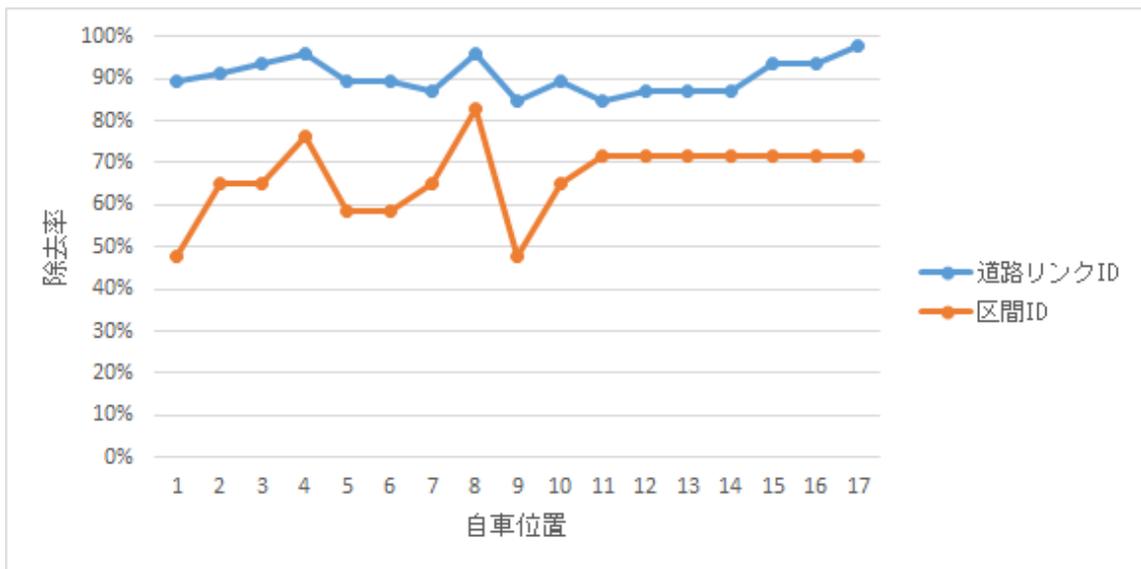


図 5.1.4-29 鳥栖ジャンクション：自転車位置毎の除去率

一般道：立体交差

一般道の立体交差でのシミュレーション結果を示す。

練馬北町陸橋交差点

走行経路及びシミュレーション条件を図 5.1.4-30、表 5.1.4-18 に示す。また、表 5.1.4-19 に道路リンク方式によるシミュレーション結果を、自車位置毎の除去率をプロットしたものを図 5.1.4-31 に示す。

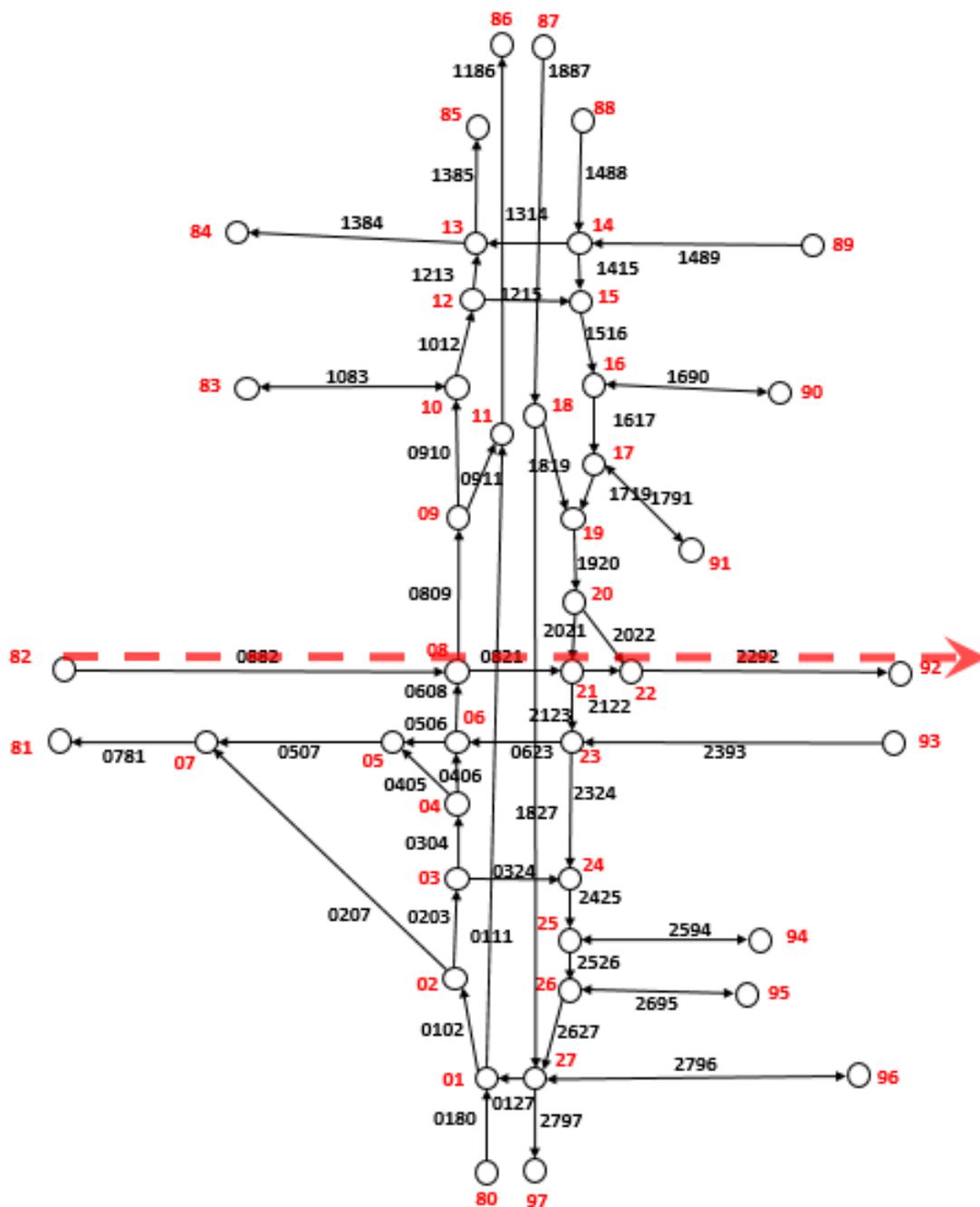


図 5.1.4-30 練馬北町陸橋交差点：仮想走行経路

表 5.1.4-18 練馬北町陸橋交差点：シミュレーション条件

リンクID	リンク情報			リンクID	リンク情報		
	距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]		距離 [m]	設定速度 [km/h]	通過時間 [sec]
0102	141	60	8.46	1385	1000	60	60.00
0111	494	60	29.64	1415	19	60	1.14
0127	15	60	0.90	1488	1000	60	60.00
0180	1000	60	60.00	1489	1000	20	180.00
0203	53	60	3.18	1516	82	60	4.92
0207	87	60	5.22	1617	18	60	1.08
0304	37	60	2.22	1690	1000	20	180.00
0324	24	60	1.44	1719	63	60	3.78
0405	24	60	1.44	1791	1000	60	60.00
0406	25	60	1.50	1819	98	60	5.88
0506	29	60	1.74	1827	495	60	29.70
0507	60	60	3.60	1887	1000	60	60.00
0608	13	60	0.78	1920	95	60	5.70
0623	27	60	1.62	2021	25	60	1.50
0781	1000	60	60.00	2022	26	60	1.56
0809	160	60	9.60	2122	24	60	1.44
0821	25	60	1.50	2123	15	60	0.90
0882	1000	60	60.00	2292	1000	60	60.00
0910	40	60	2.40	2324	80	60	4.80
0911	66	60	3.96	2393	1000	60	60.00
1012	87	60	5.22	2425	22	60	1.32
1083	1000	20	180.00	2526	49	60	2.94
1186	1000	60	60.00	2594	1000	60	60.00
1213	16	60	0.96	2627	118	60	7.08
1215	24	60	1.44	2695	1000	60	60.00
1314	23	60	1.38	2796	1000	60	60.00
1384	1000	20	180.00	2797	1000	60	60.00

表 5.1.4-19 練馬北町陸橋交差点：道路リンク ID 方式によるシミュレーション結果

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																									
	0102	0111	0127	0180	0208	0207	0304	0324	0405	0406	0506	0507	0608	0623	0781	0809	0821	0882	0910	1012	1083	1186	1213	1215	1314	1384
1 0882																										
2 0882 08の12秒手前																										
3 0882 08の6秒手前					○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
4 0882 08直前	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
5 0821 21直前	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
6 2122 22直前					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
7 2292 22通過2秒後										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
8 2292 22通過4秒後																				○						
9 2292 22通過6秒後																					○					
10 2293																										

自車位置 道路リンクID	監視対象道路リンクID																				除去率							
	1385	1415	1488	1489	1516	1617	1690	1719	1791	1819	1827	1887	1920	2021	2022	2122	2123	2292	2324	2393		2425	2526	2594	2627	2695	2796	2797
1 0882																												98.15%
2 0882 08の12秒手前																												92.59%
3 0882 08の6秒手前																												77.78%
4 0882 08直前								○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		40.74%
5 0821 21直前								○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		40.74%
6 2122 22直前								○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		46.30%
7 2292 22通過2秒後																												72.22%
8 2292 22通過4秒後																												87.04%
9 2292 22通過6秒後																												94.44%
10 2293																												98.15%

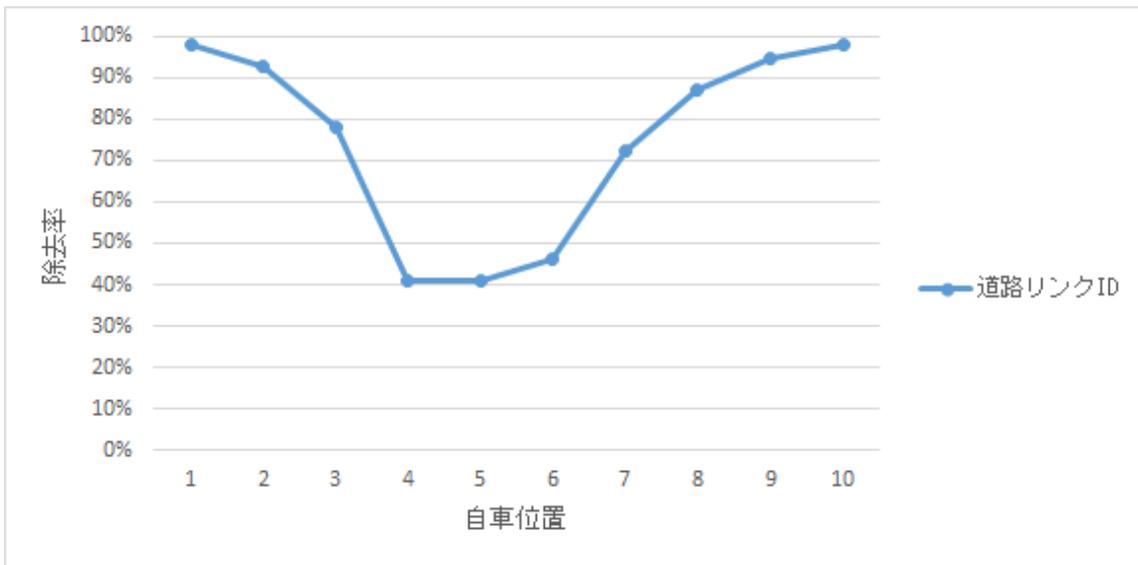


図 5.1.4-31 練馬北町陸橋交差点：自転車位置毎の除去率

5.1.4.4. 考察

分類した複雑な道路形状を道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式によって記述した道路モデルを用いた論理検証シミュレーション結果についての考察を行う。

まず、道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の除去率を比較すると、殆どの地点で区間 ID 方式の除去率が低い値を示した。これは、道路の分割粒度が区間 ID 方式の方が粗いためであり、監視対象の区間に対応する道路リンクが多数となる場合には除去率が低下する。但し、区間と道路リンクの対応関係が一对一となる地点では区間 ID 方式での除去率は道路リンクと同等であることが確認できた。

また、江北ジャンクションと三宅坂ジャンクション、鶴ヶ島ジャンクションと三郷ジャンクションなど、道路モデルが同じジャンクションでも区間 ID 方式での表現が異なる場合があり、より多くの区間で表現されているジャンクションの方が除去率が高くなることが確認できた。

次に、自車位置による影響を見ると、分岐や合流の前に自車位置が存在する場合には除去率が低下する傾向が見られた。分岐前では、分岐方向が決定されておらず、分岐先の候補となる道路を監視する必要があること、合流前では、これから合流する本線道路を監視対象とする必要があることから、それぞれ監視対象となる道路数が増加するためである。

最後に道路形状の違いが除去率に与える影響について考察する。鳥栖ジャンクションの結果では四叉ジャンクション内にループが存在するため、ループを走行中の車両は区間 ID 方式においては進行方向が特定不能となる道路があり、その道路を走行している車両は常に監視対象となるため全体的に除去率は低くなっている。

一般道の立体交差の一例とした練馬 北町陸橋の道路リンク ID 方式による除去率を見ると、交差点の中心付近を走行中の自車位置 4~6 では除去率が 40%台となり、高速道ジャンクションでの結果と比較して大きく低下している。一般道においては、高架等により物理的に交差しない道路を走行している車両は除去できることが確認できた。ただし、交差点付近では交差点に進入してくる車両が監視対象となるため監視対象とする車両が増え、高速道路ジャンクションでの結果に比べ除去率が大きく低下する傾向があることを確認できた。

道路モデルを用いてシミュレーションを行い、関連車両の抽出効果を除去率という観点で評価した。これらの結果より、道路特定情報の方式、走行中の地点、道路形状によって除去率に違いがあるものの、監視対象とすべき車両を抽出しつつ、不要なもののある程度除去できることが確認できた。次項では、これらの結果を踏まえて、実走行データによるシミュレーションを行い、実環境での抽出効果を評価する。

5.1.5. 実走行データによるシミュレーション

道路モデルによるシミュレーションによって確認した関連車両の抽出効果を実走行データにおいて確認するため、対象としたコースにおいて走行データを取得してシミュレーションを行う。

5.1.5.1. 走行データの取得方法

走行データの取得方法について以下に述べる。本研究においては、自動走行車両と非自動走行車両が混在する際の状況を想定してシミュレーションを行う。そのため、自動走行車両と非自動走行車両に相当する測位精度の走行軌跡データをそれぞれ取得する必要がある。そこで、走行軌跡データ取得の際には自動走行車両と非自動走行車両に相当する位置精度の測位システムを用意してデータ取得を行う。以下にそれぞれの測位構成を示す。

自動走行車両相当の測位システム：RTK-GPS+自律航法

非自動走行車両相当の測位システム：GPS+自律航法+マップマッチング

自動走行車両相当の測位システムとしては、RTK-GPSによる測位結果を利用し、障害物等によりRTK-GPSによる測位が困難な箇所においてはジャイロセンサ及び加速度センサによる自律航法で補間する構成とした。RTK-GPSによる測位では誤差数cm以下の高精度な測位が可能であるそのため、自動走行車両相当の走行データと位置づけることは妥当であると考えた。また、非自動走行車両相当の測位構成システムとしては、通常のGPSを基に自律航法により算出された位置情報から地図上にマップマッチングを行うシステムを用いた。これは、普及している据え置き型のカーナビゲーション相当の測位システム構成となっており、非自動走行車両の測位データとして適当であると考えられる。走行データ取得用車両として図5.1.5-1に示すエスティマHVを3台用いて走行データを取得した。測定機材としては、以下の構成のものを用意した。

- ・ RTK-GPS
- ・ 評価用車載機 Type I : GPS+自律航法+マップマッチング
- ・ 評価用車載機 Type II : GPS+自律航法
- ・ 評価用車載機 Type III : GPSのみ

自動走行車両相当の走行データを生成するため、RTK-GPSによる軌跡と評価用車載機Type IIの自律航法時のセンサデータを用いて補間を行った。また、非自動走行車両相当の走行データは評価用車載機Type Iのものを使用した。なお、評価用車載機Type IIIに関しては走行コースのGPS受信状況を測定するために設置している。測定機材の接続図と設置時の写真をそれぞれ図5.1.5-2、図5.1.5-3に示す。



図 5.1.5-1 走行データ取得用車両

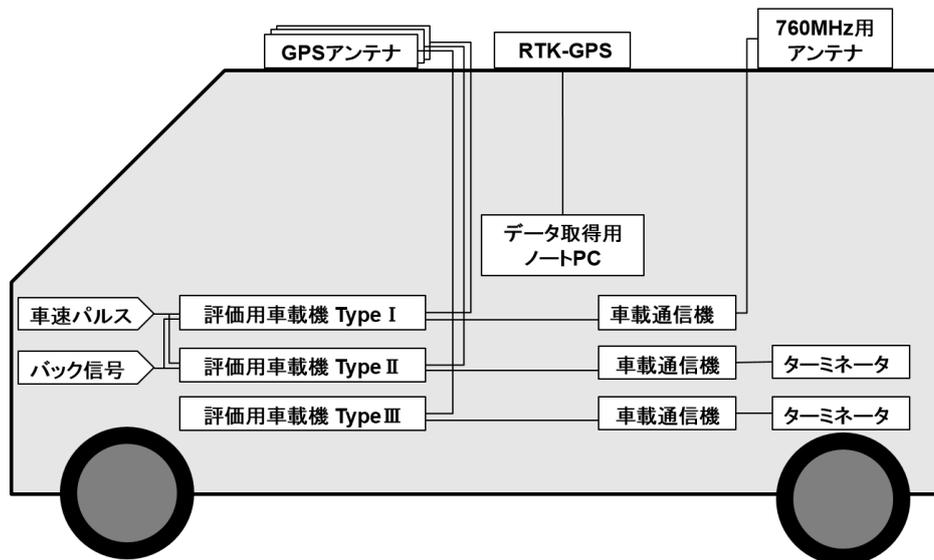


図 5.1.5-2 測定機材接続図



評価用車載機



GPS アンテナ



760MHz アンテナ



RTK-GPS

図 5.1.5-3 測定機材写真

また、使用した機材の仕様を以下の表に示す。

表 5.1.5-1 RTK-GPS 仕様

項目	仕様
型式	GR-2100GGDM, GR-3 GGD, GB-3 GGD
受信周波数	GPS:L1/L2 GLONASS :L1/L2
受信方式	GPS: C/A コード, P コード GLONASS:C/A コード, P コード
測位手法	ネットワーク型 (VRS 方式)
測位間隔	10Hz
精度	リアルタイムキネマティック時: 水平 2 周波 ± (10mm+1.0ppm×D)m. s. e. 垂直 2 周波 ± (15mm+1.0ppm×D)m. s. e.

表 5.1.5-2 評価用車載機仕様

項目	仕様
電源電圧	10.8 ~ 15.1V 定格 14.4±0.1V
温度	-10 ~ +60℃ 定格 20 ±2℃
湿度	95%RH (at 45℃) 定格 65 ±5%RH
取付角度	0° ~ 上向き 30° 定格 0°
質量	2.45kg (±0.10kg)

表 5.1.5-3 評価用車載機の測位部仕様

項目	仕様
受信周波数	1575.42MHz (L1 帯)
受信方式	C/A コード
チャンネル数	12 マルチチャンネル受信方式
測位方式	オールインビュー測位
測位間隔	1Hz
センサ類	加速度センサ (1 軸)、ジャイロセンサ (1 軸)、 車速パルス

表 5.1.5-4 車載通信機仕様

項目	仕様					
中心周波数	760MHz					
占有周波数帯幅	9MHz 以下					
空中線電力	10mW/MHz 以下					
空中線電力の偏差	±50%以内					
変調精度	-24dB 以下					
変調方式	BPSK/OFDM		QPSK/OFDM		16QAM/OFDM	
符号化率	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
通信速度	3Mbps	4.5Mbps	6Mbps	9Mbps	12Mbps	18Mbps
受信感度	-85dBm 以下	-84dBm 以下	-82dBm 以下	-80dBm 以下	-77dBm 以下	-73dBm 以下
受信最大入力電力	-20dBm 以上					
アクセス方式	路車間：時分割同報通信、車車間：CSMA/CA					
電源電圧	12V					
消費電力	24W 以下					
外形寸法	136mmx100.8mmx30mm					
外部インターフェース	USB					

表 5.1.5-5 760MHz 用アンテナ仕様

項目	仕様
型式	接地式ホイップアンテナ
使用周波数	674MHz/720MHz/792.5MHz
入力インピーダンス	公称 50Ω
VSWR	使用周波数帯域内で 2.0 以下
絶対利得	公称 2.15dB
指向性	垂直偏波 水平面内公称無指向性
給電部接栓	SMA-J 型
質量	約 0.3g
設置方法	マグネット式

5.1.5.2. 走行コース

5.1.4 項で分類した道路形状毎に走行データを取得できるようコースを選定した。なお、走行対象箇所としては、高速道ジャンクション：三叉の三宅坂ジャンクション、四叉特殊例の鳥栖ジャンクションは対象外とし、一般道：立体交差として赤坂見附交差点を追加した。以下、走行コースを道路形状毎に紹介する。白色プロットは走行した地点を示す。

高速道ジャンクション：三叉

江北ジャンクション

江北ジャンクションでの走行コースの一覧を図 5.1.5-4 に示す。

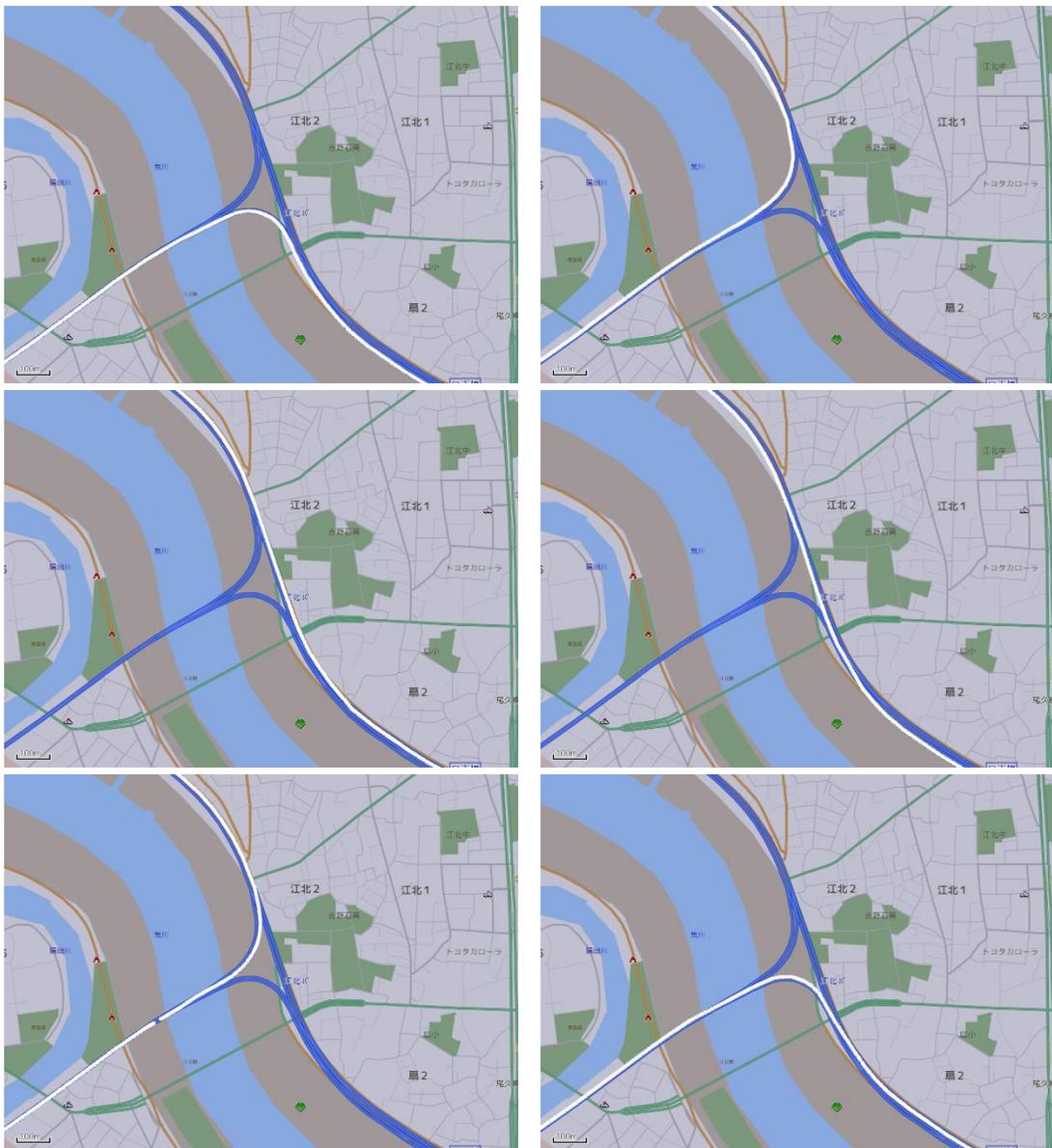
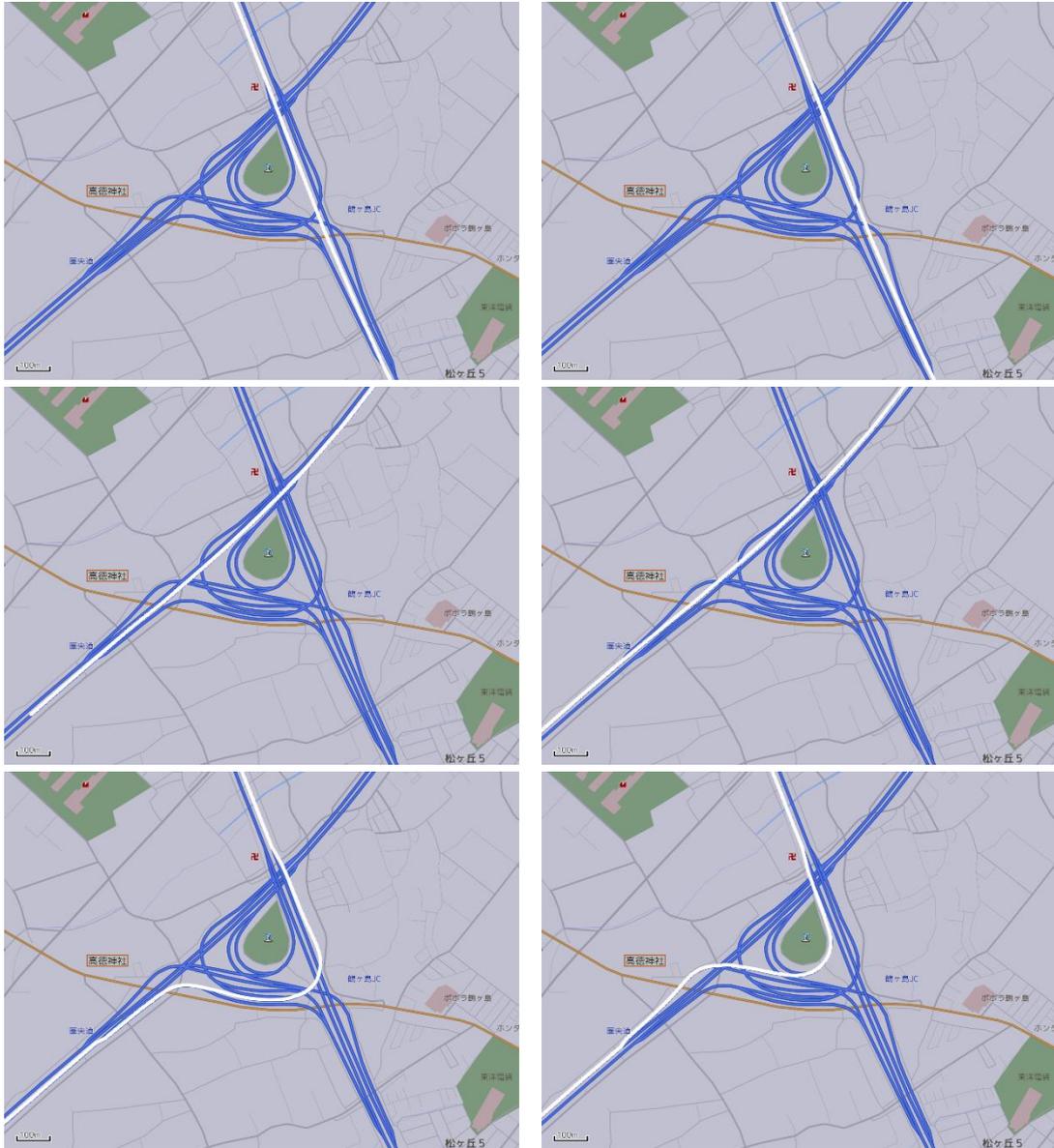


図 5.1.5-4 江北ジャンクション：走行コース一覧

高速道ジャンクション：四叉

鶴ヶ島ジャンクション

鶴ヶ島ジャンクションでの走行コースの一覧を図 5.1.5-5 に示す。



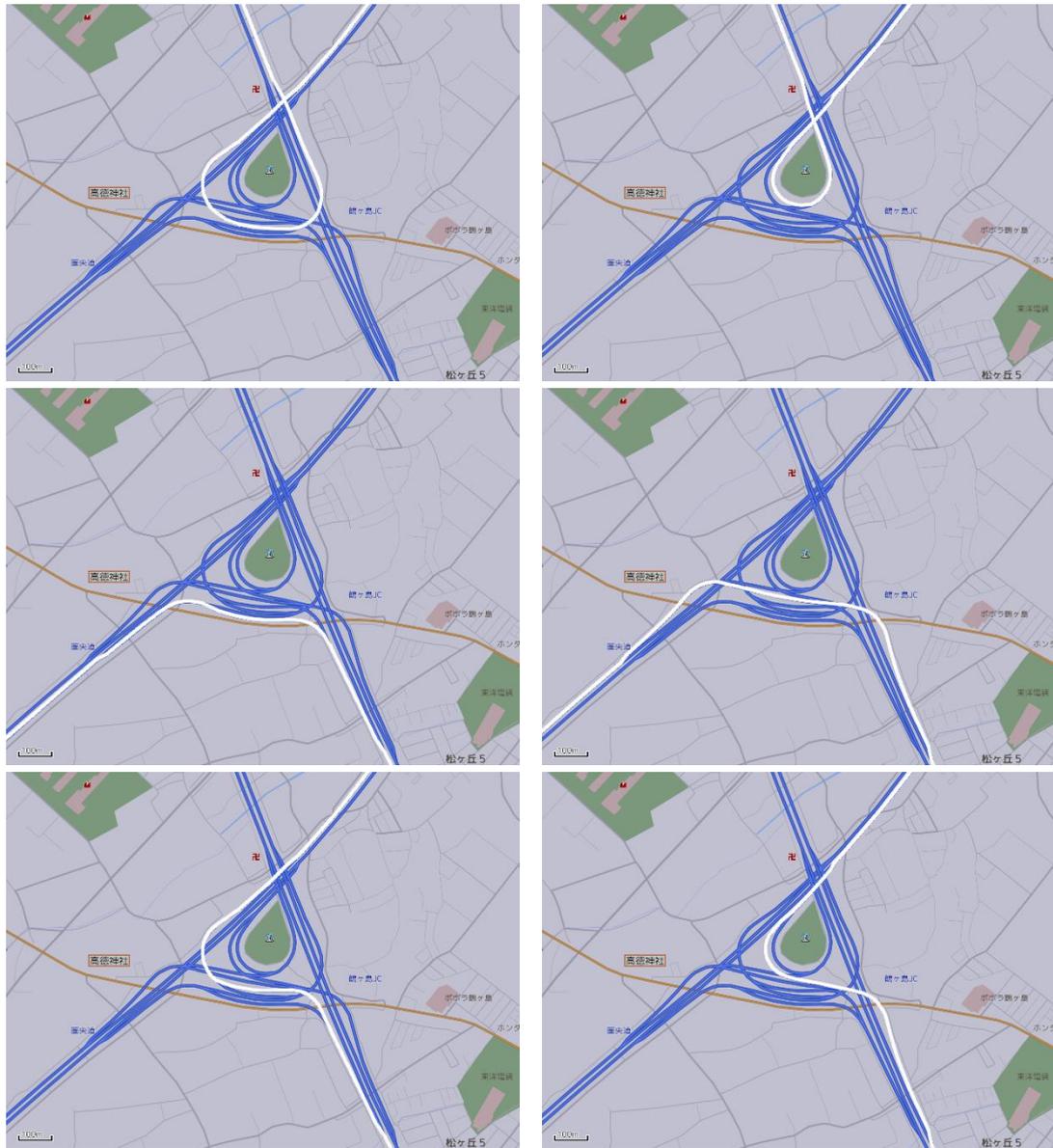
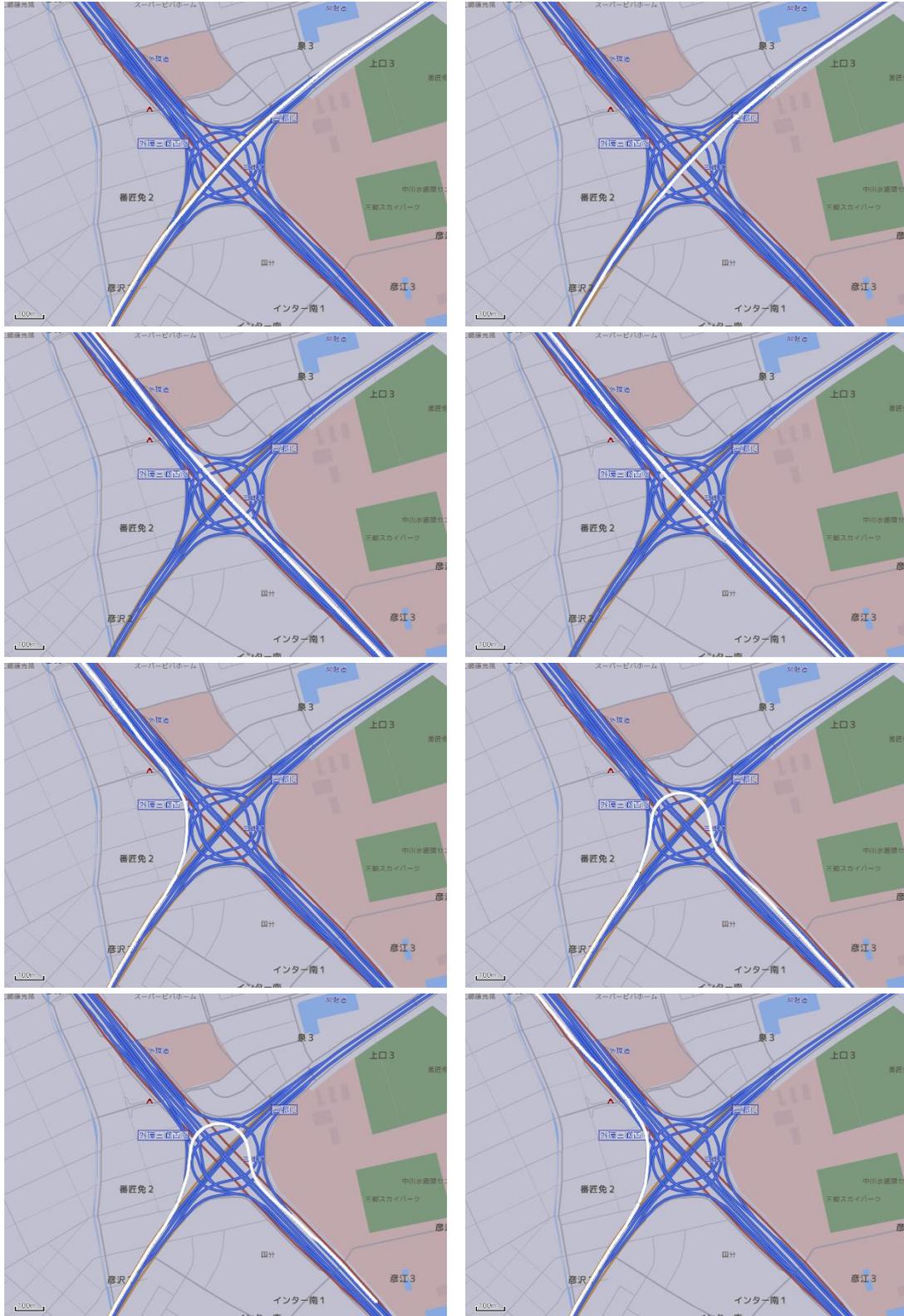
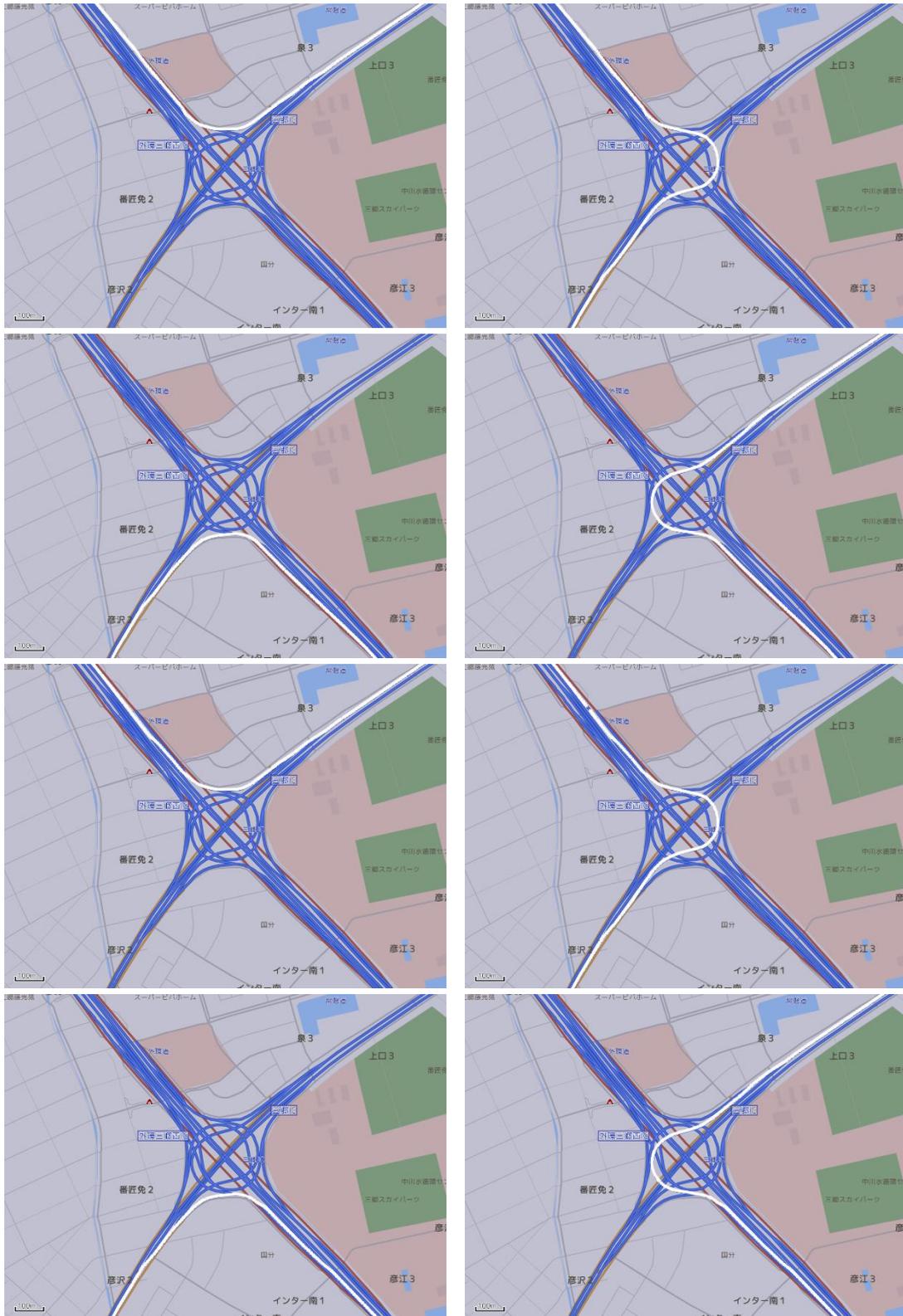


図 5.1.5-5 鶴ヶ島ジャンクション：走行コース一覧

三郷ジャンクション

三郷ジャンクションでの走行コースの一覧を図 5.1.5-6 に示す。





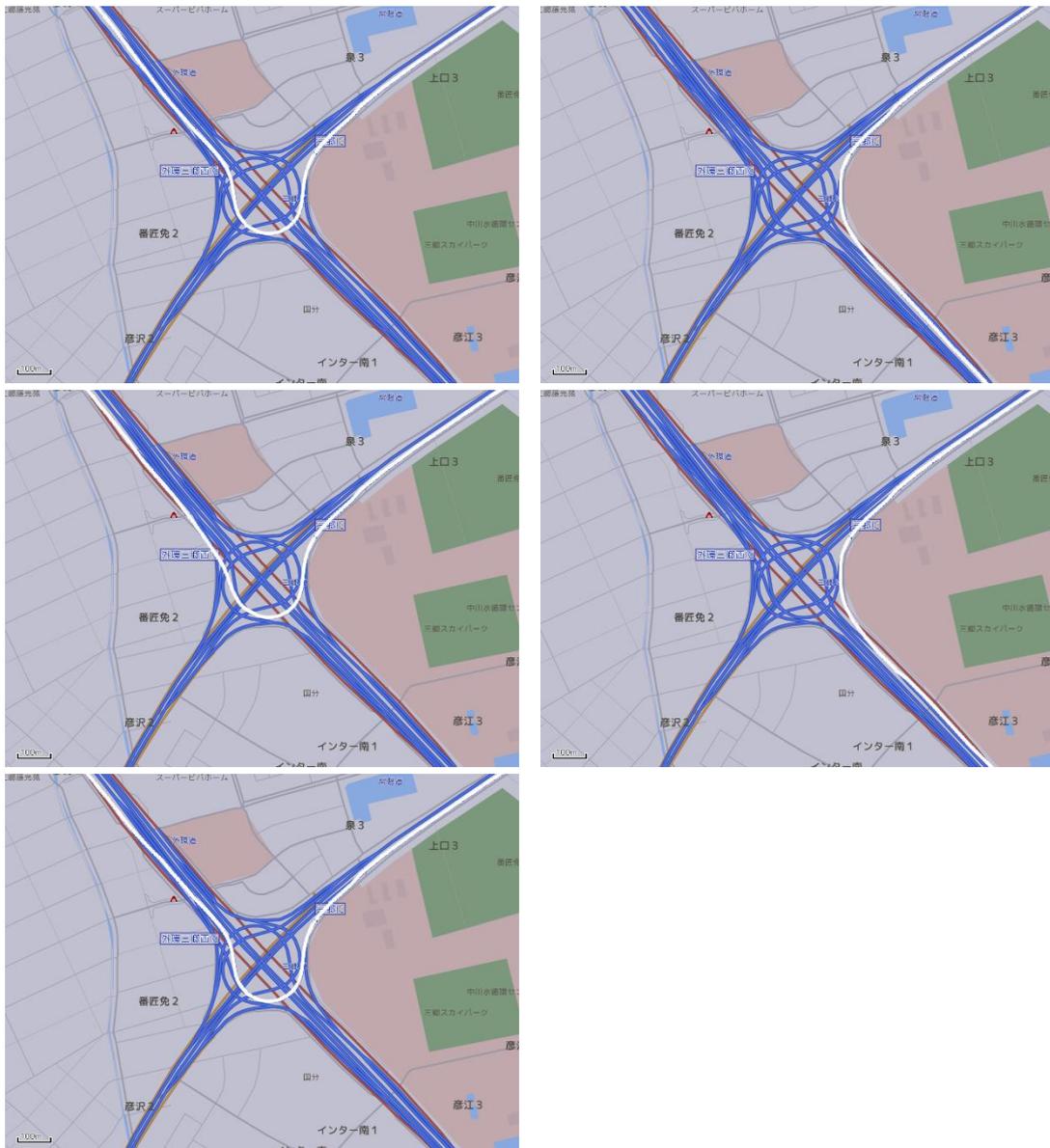
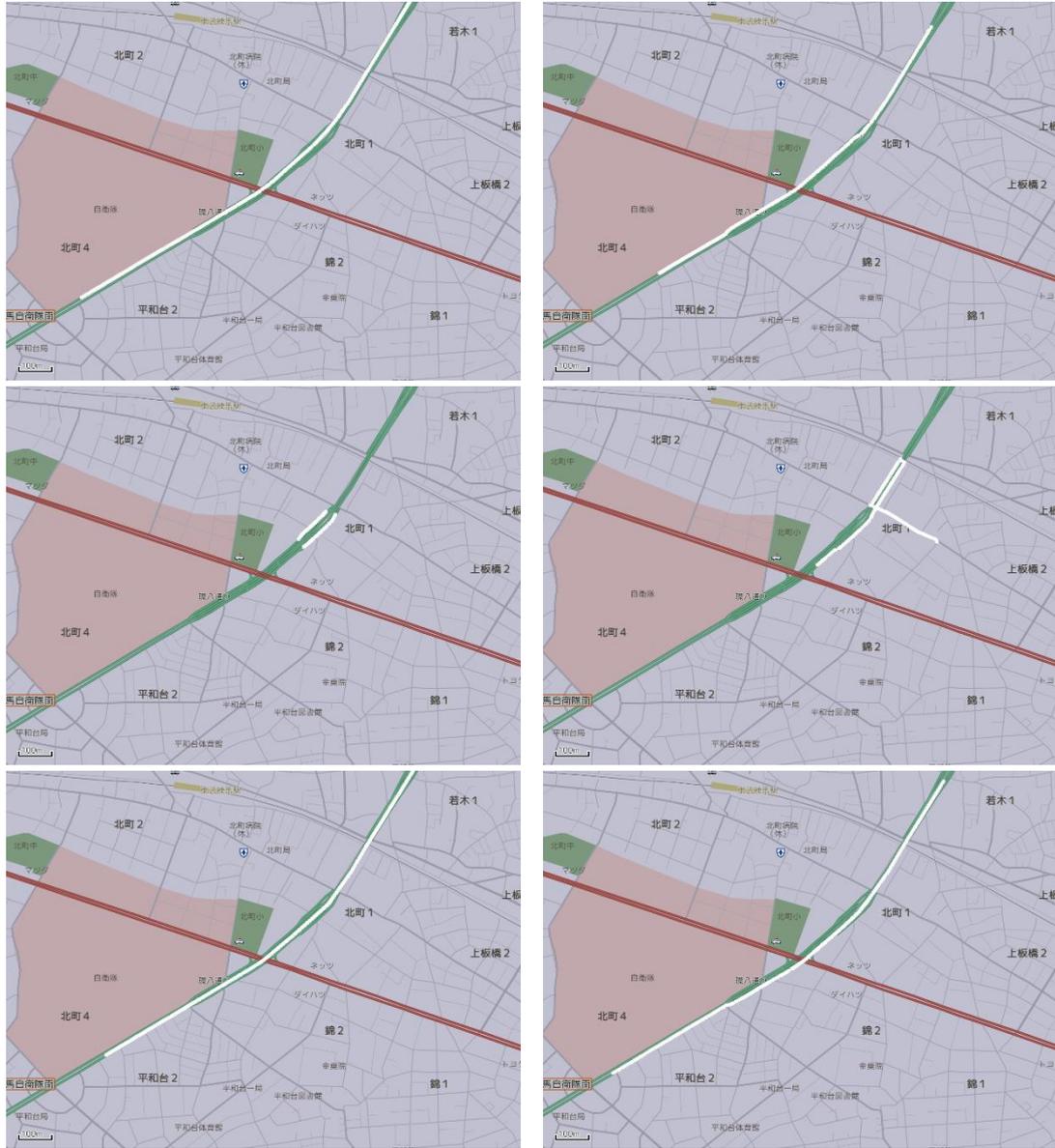


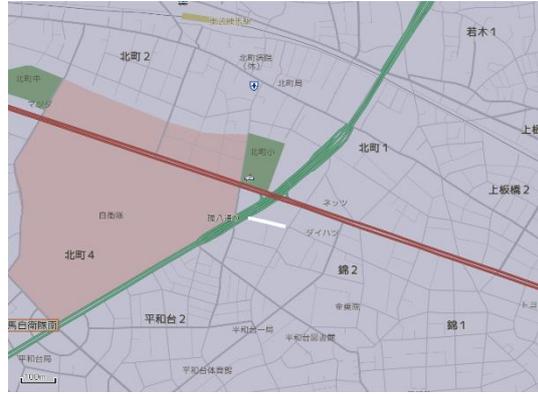
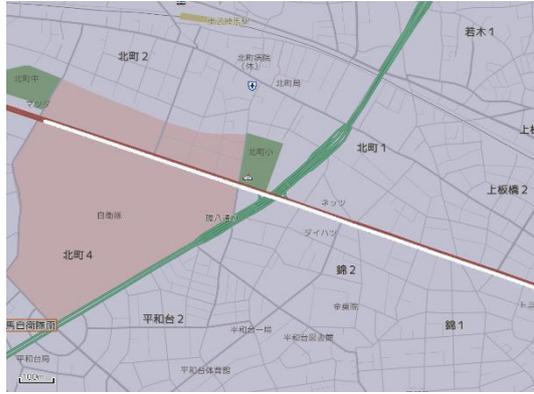
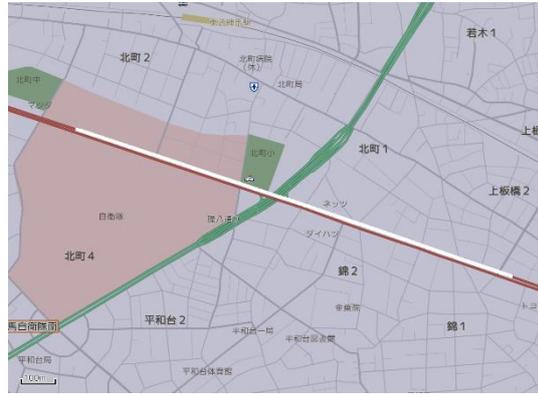
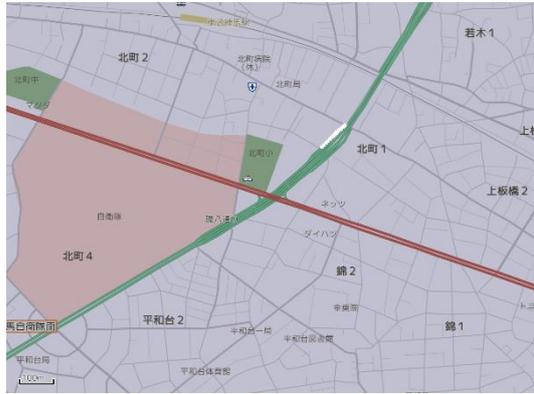
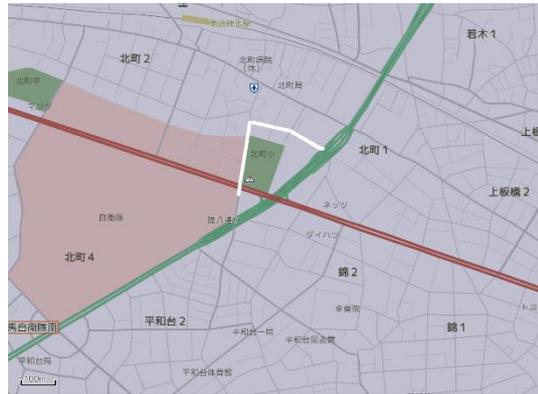
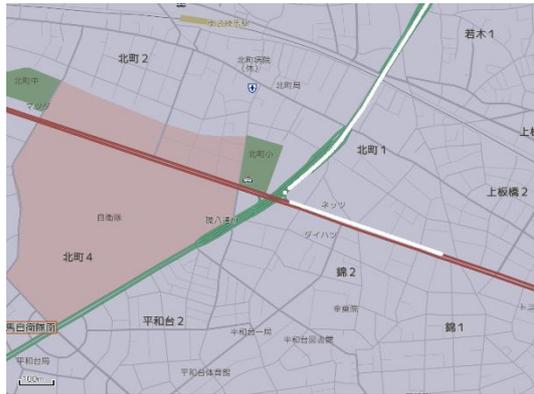
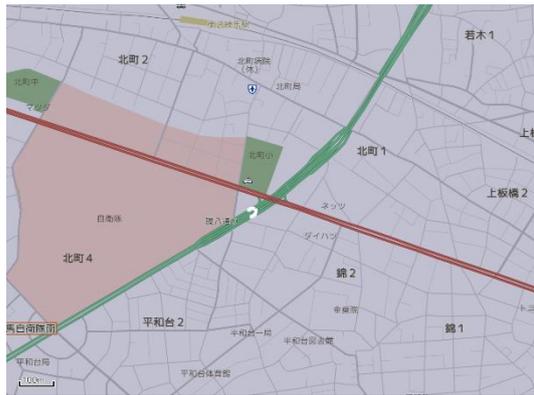
図 5.1.5-6 三郷ジャンクション：走行コース一覧

一般道：立体交差

練馬北町陸橋交差点

練馬北町陸橋交差点での走行コースの一覧を図 5.1.5-7 に示す。





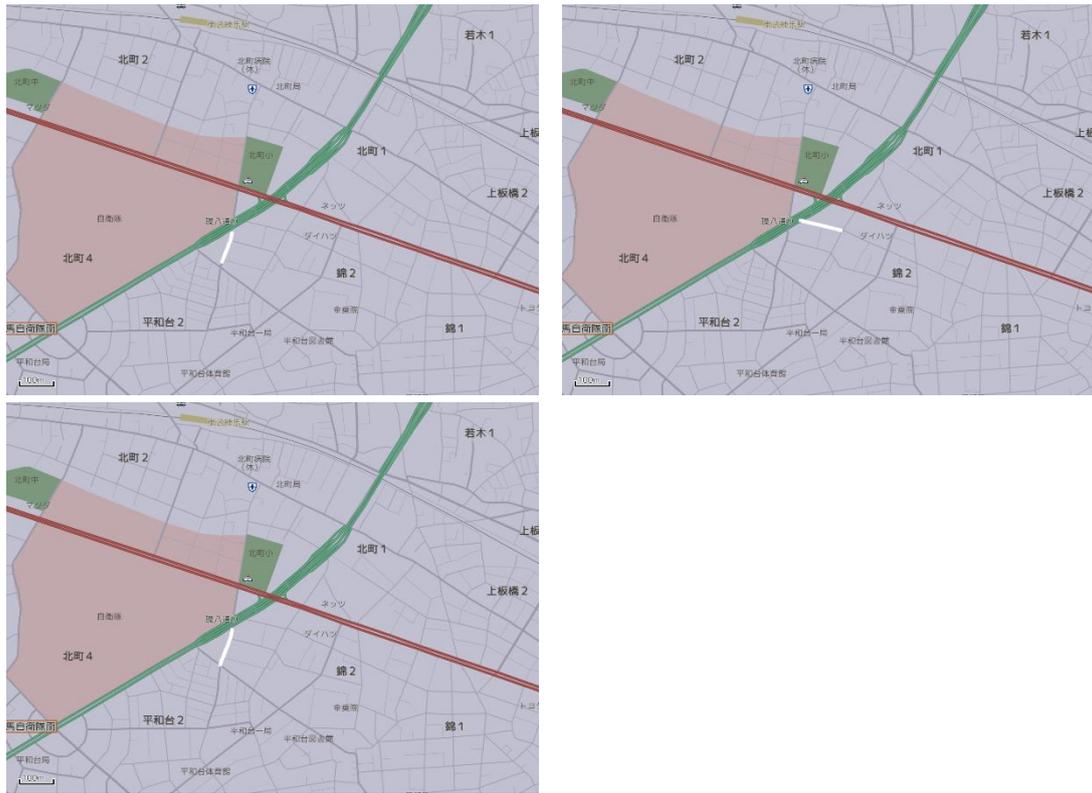


図 5.1.5-7 練馬北町陸橋交差点：走行コース一覧

赤坂見附交差点

赤坂見附交差点での走行コースの一覧を図 5.1.5-8 に示す。



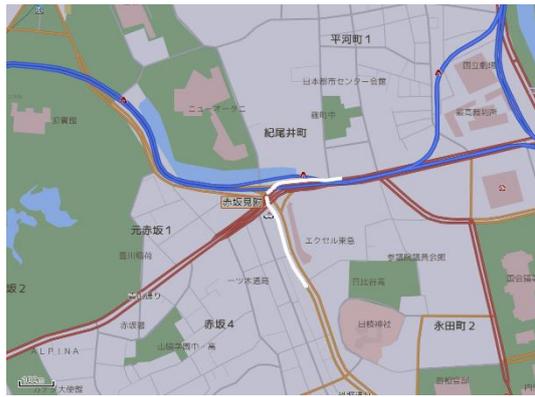




図 5.1.5-8 赤坂見附交差点：走行コース一覧

5.1.5.3. シミュレーション結果

実走行データを用いて道路特定情報による関連車両の抽出効果を評価するためのシミュレーションを行う。シミュレーションを行う際には、対象コースを走行中の自動走行車両が、周囲を走行中の非自動走行車両の中から関連する車両を抽出する状況を模擬する。そこで、前項で取得した自動走行車両相当の測位システムで取得した走行データを自動走行車両として走行させて、非自動走行車両相当の測位システムで取得した走行データを周囲に配置した場合に自動走行車両の位置に応じて関連車両がどのように抽出されるかを確認する。周囲に車両を配置する上では、実際の交通状況を模擬するため、走行データを各道路に設定した速度に準じた車間を開けるよう間引いた上で、各道路の走行レーン数分を乗じた車両数が、その道路上に存在するものとした。例えば、設定速度が 100km/h である場合には、車間を 100m 空けて配置し、その道路のレーン数が 3 車線であった場合はその数の 3 倍の車両がその道路に存在する。

使用する道路モデルとしては、道路リンク ID 方式に関しては、インクリメント・ピー株式会社製のカーナビゲーション用地図データを用いて、区間 ID 方式に関しては 5.1.4 項と同様のモデルを用いた。

監視対象とする道路の選定基準は 5.1.4.3 項で述べたものと同様に高速道では前方 20 秒、後方 10 秒、一般道では前方 12 秒、後方 6 秒の範囲で自車位置から到達可能な道路リンクとした。抽出効果を評価する際には、除去率という尺度を用いるが、論理検証の場合とは異なり、監視対象とした道路リンクの数では無く、監視対象とした道路リンクに存在した関連車両の台数を分子にして算出する。分母としては、車車間通信メッセージが到達する範囲を自車位置から半径 500m の範囲であると仮に設定し、その範囲に含まれる車両の台数を用いた。実データによるシミュレーション時の除去率の算出式を示す。

$$\text{除去率} = \frac{\text{抽出手法により関連車両とした車両の数}}{\text{自車両より半径 500m 以内に存在する車両の総数}}$$

また、前年度の研究成果から、非自動走行車両は並走する分岐等のマップマッチングの難易度の高い地点では、走行中の道路の特定を誤ることがわかっている。誤った道路の情報を送信した場合には、本来存在する車両をシステムが検知できておらず、関連車両の見逃しが発生するため危険である。このような状況を防ぐためには、単一の道路特定情報だけでなく、現在走行している可能性の道路の候補が複数ある場合は、複数の道路情報を格納して送信することが関連車両の見逃しを抑止する上では有効であると考えた。そこで、本シミュレーションにおいては、単一の道路特定情報を送信する場合と複数候補を送信する場合で別個にシミュレーションを行い、抽出効果を比較する。抽出効果を比較する際には、実際に関連車両として抽出すべき車両を正解として、どの程度関連車両として抽出できたかを示す再現率という指標と、抽出手法によって関連車両として抽出されたものの中に、どの程度実際の正解が含まれているかを示す適合率という指標を用いた。

再現率 = 抽出手法により関連車両とした車両の中で実際の関連車両の数 /
実際の関連車両の数

適合率 = 抽出手法により関連車両とした車両の中で実際に関連車両であった数 /
抽出手法により関連車両とした車両の数

実際の関連車両の数に関しては、周囲の非自動走行車両が本来走行中の道路に正しくマップマッチングされるよう走行データに修正を加えた正解軌跡のデータを作成し、その正解軌跡によってシミュレーションを行った際の関連車両の数を用いた。関連車両の抽出手法を評価する際には、上述の通り、関連車両の見逃しが発生する状況は危険であるため、抽出手法の要件として、関連車両の見逃しが無い状況、つまり再現率が100%である必要がある。また、適合率が悪化すると不必要な車両を関連車両としていることになるため、処理負荷を軽減する観点から、適合率も高い値を示すことが望ましい。

シミュレーション結果を示すにあたって、関連車両の抽出結果を図5.1.5-9の様に、地図上に車両をプロットして図示する。ここで、自動走行車両を模擬した車両の自車位置を白色の点で示している。また、周囲の非自動走行車両の中で監視対象として選定された車両を赤色の点で、選定されなかった車両を水色の点で示す。なお、視認性の観点から、地図上にプロットされている点は5m間隔で車両を配置しているが、除去率及び再現率/適合率の算出時には、上述の通り、実際の交通状況を模擬した配置の値を用いている。以降の抽出結果の図においても同様に措置をとっている。



図 5.1.5-9 関連車両の抽出結果例

高速道ジャンクション：三叉

三叉形状の高速道ジャンクションにおける実走行データによるシミュレーション結果を示す。

江北ジャンクション

江北ジャンクションにおけるシミュレーション結果を示す。図 5.1.5-10 の走行経路を自動走行車両が走行したと想定して、周囲の非自動走行車両の中から関連車両を抽出するシミュレーションを実施した。正解軌跡を用いた関連車両の抽出結果を地図上にプロットしたものを図 5.1.5-11 に、実走行データによる抽出結果を単一の道路リンク ID を送信した際の結果は図 5.1.5-12、複数の道路リンク ID の場合を図 5.1.5-13、区間 ID においても単一の ID を送信した時のものを図 5.1.5-14 に、複数の ID を送信した場合のものを図 5.1.5-15 に示す。算出した除去率の結果を道路リンク ID 方式と区間 ID 方式の両者を自車位置毎にプロットしたものを図 5.1.5-16 に示し、単一 ID の送信時と複数 ID 送信時の比較を行う。また、道路リンク ID 方式の再現率/適合率を自車位置毎にプロットしたものを図 5.1.5-17 に、区間 ID 方式の結果は図 5.1.5-18 に示す。

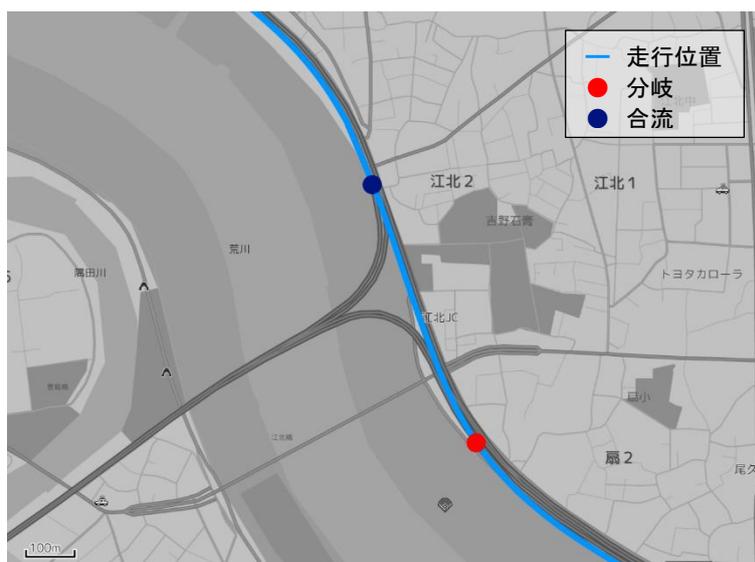
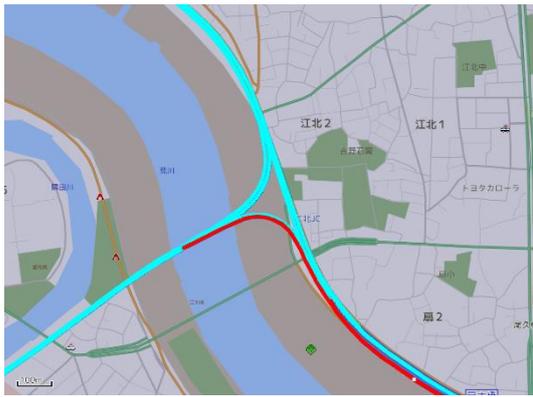
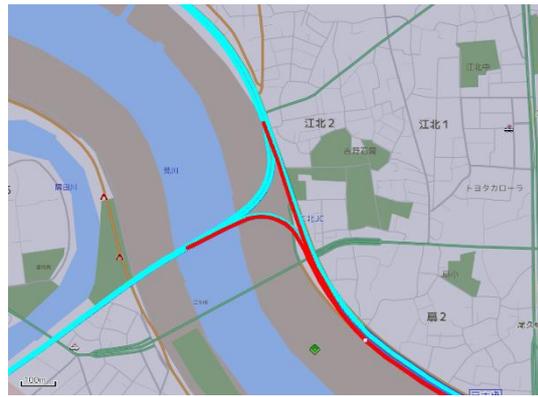


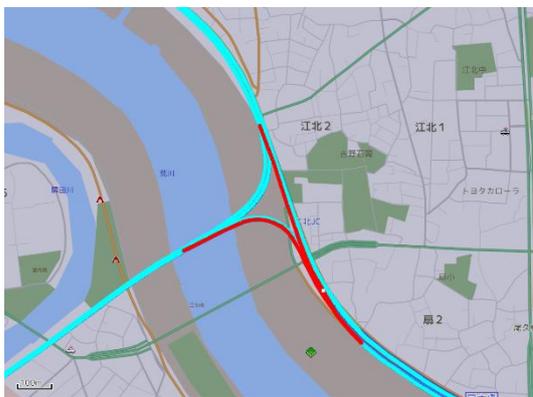
図 5.1.5-10 江北ジャンクション:自動走行車両の走行経路



自車位置:9



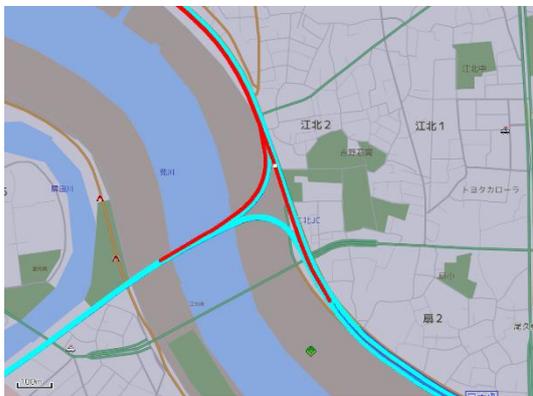
自車位置:12



自車位置:15



自車位置:18

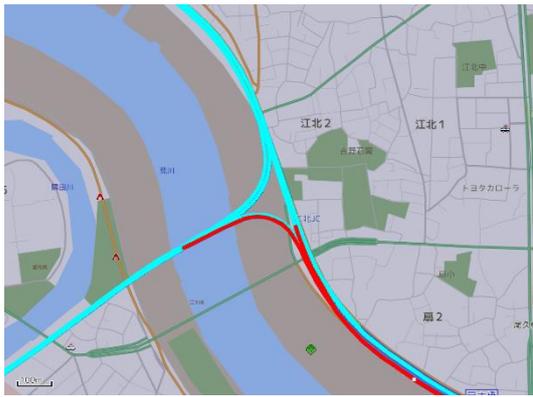


自車位置:21

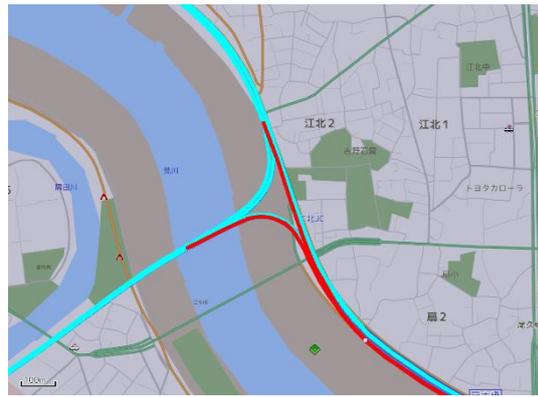


自車位置:26

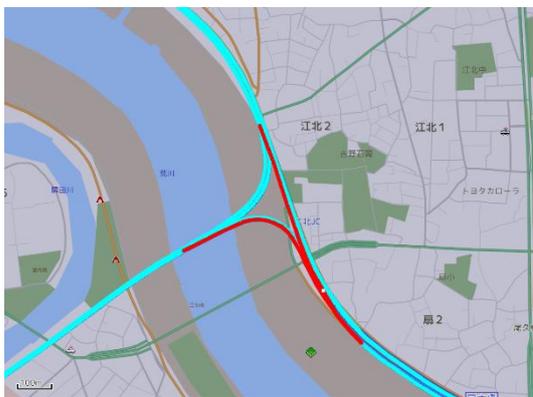
図 5.1.5-11 江北ジャンクション:正解軌跡による抽出結果



自車位置:9



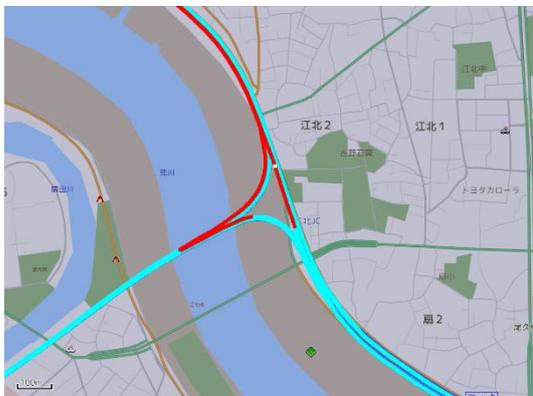
自車位置:12



自車位置:15



自車位置:18

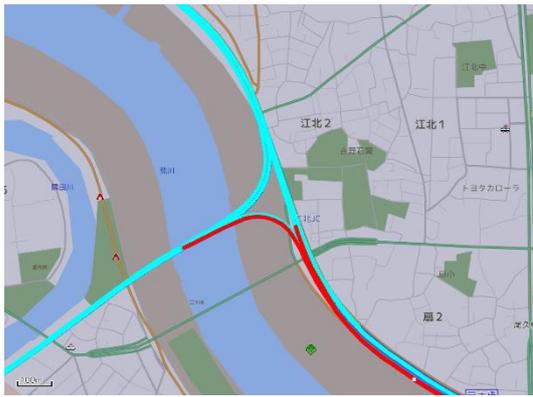


自車位置:21

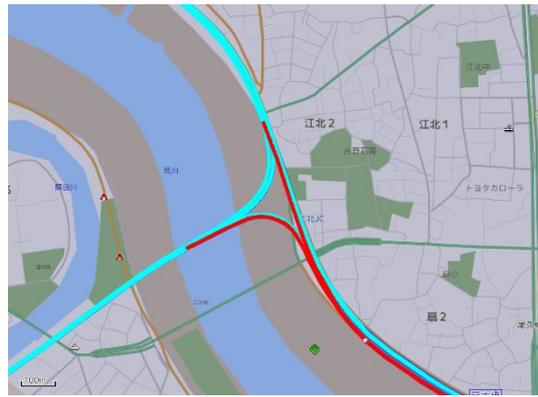


自車位置:26

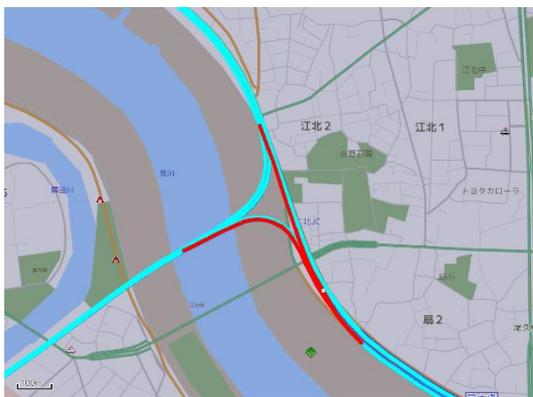
図 5.1.5-12 江北ジャンクション:単一道路リンク ID 送信時の抽出結果



自車位置:9



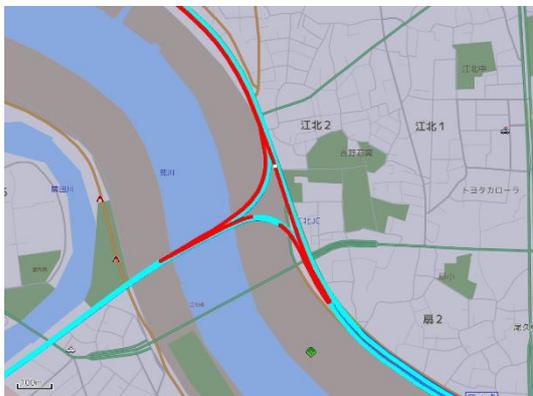
自車位置:12



自車位置:15



自車位置:18

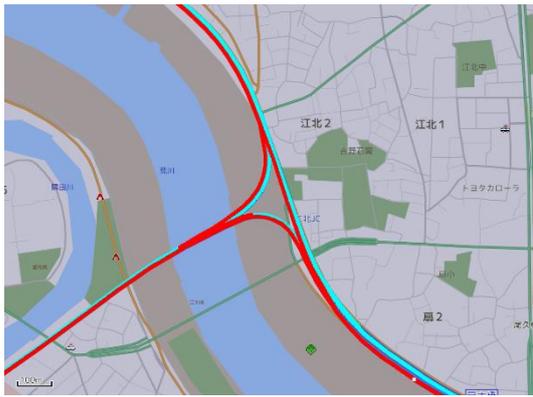


自車位置:21

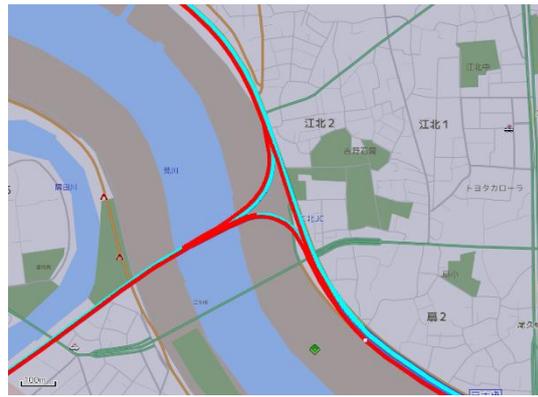


自車位置:26

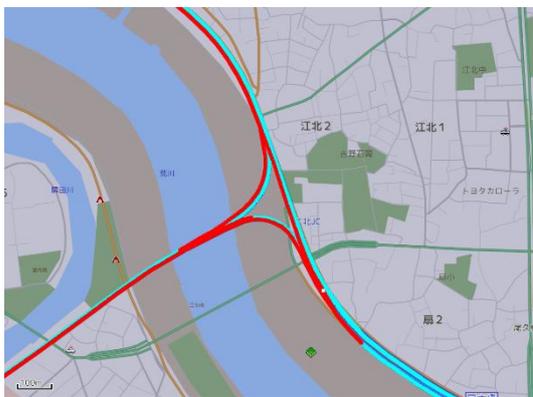
図 5.1.5-13 江北ジャンクション:複数道路リンク ID 送信時の抽出結果



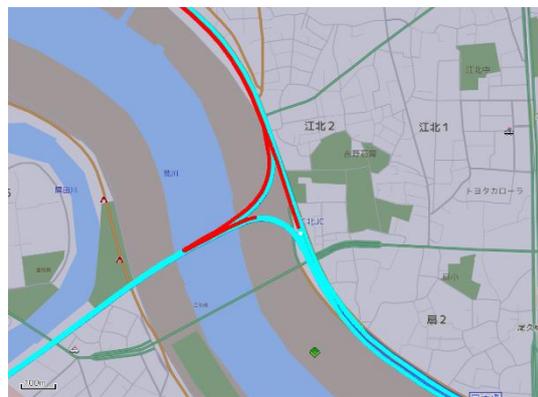
自車位置:9



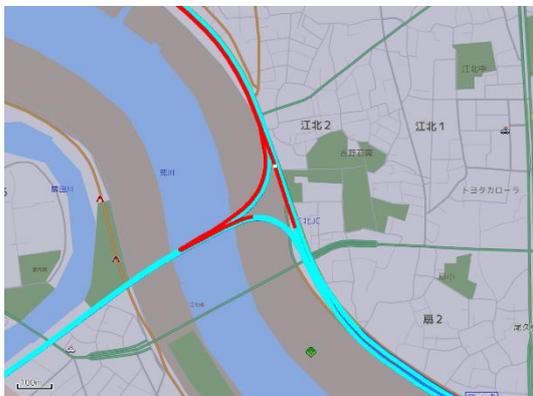
自車位置:12



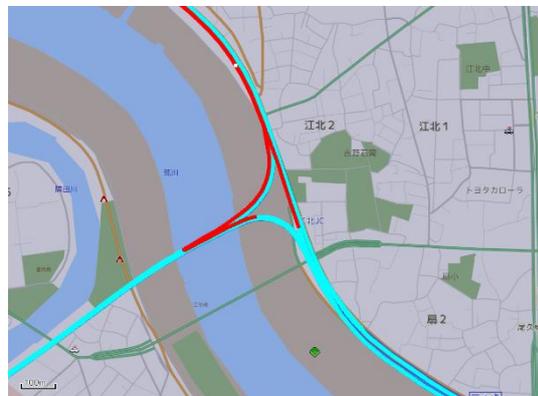
自車位置:15



自車位置:18

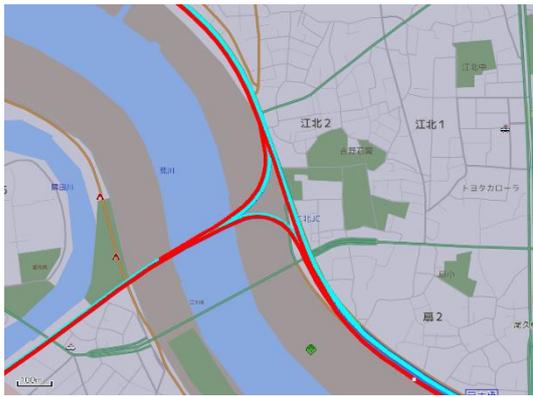


自車位置:21

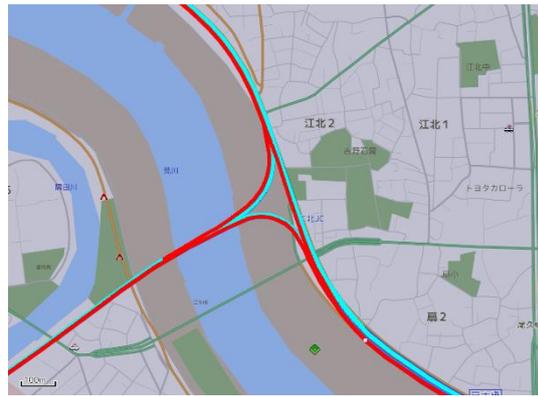


自車位置:26

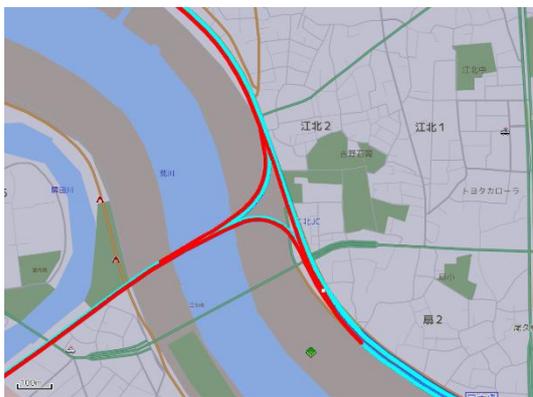
図 5.1.5-14 江北ジャンクション:単一区間 ID 送信時の抽出結果



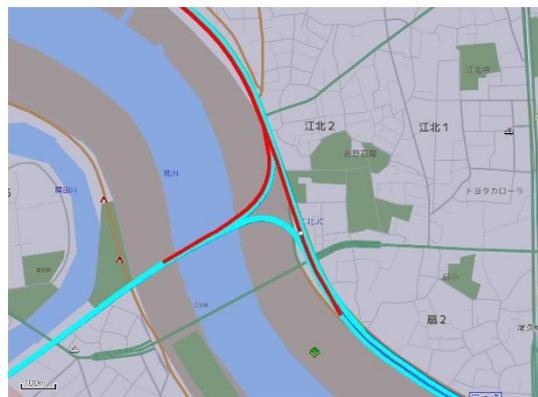
自車位置:9



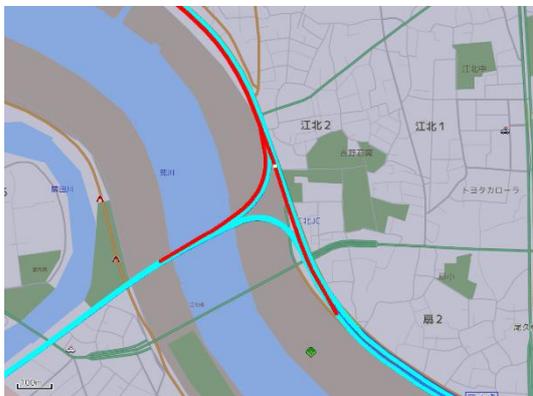
自車位置:12



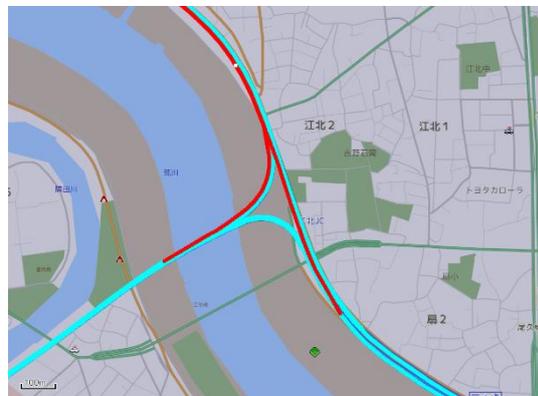
自車位置:15



自車位置:18

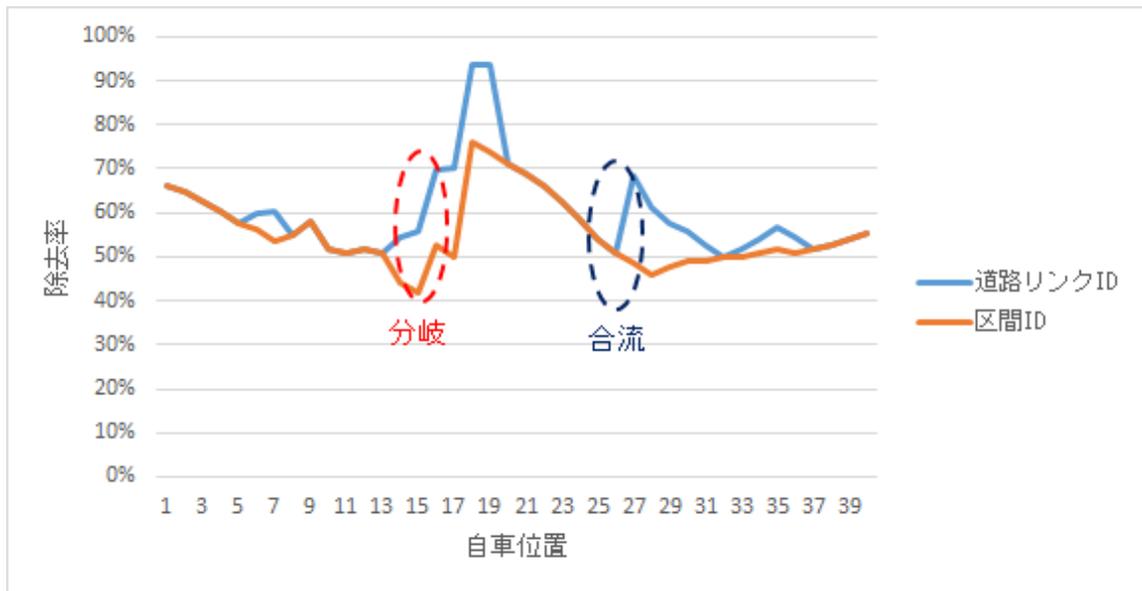


自車位置:21

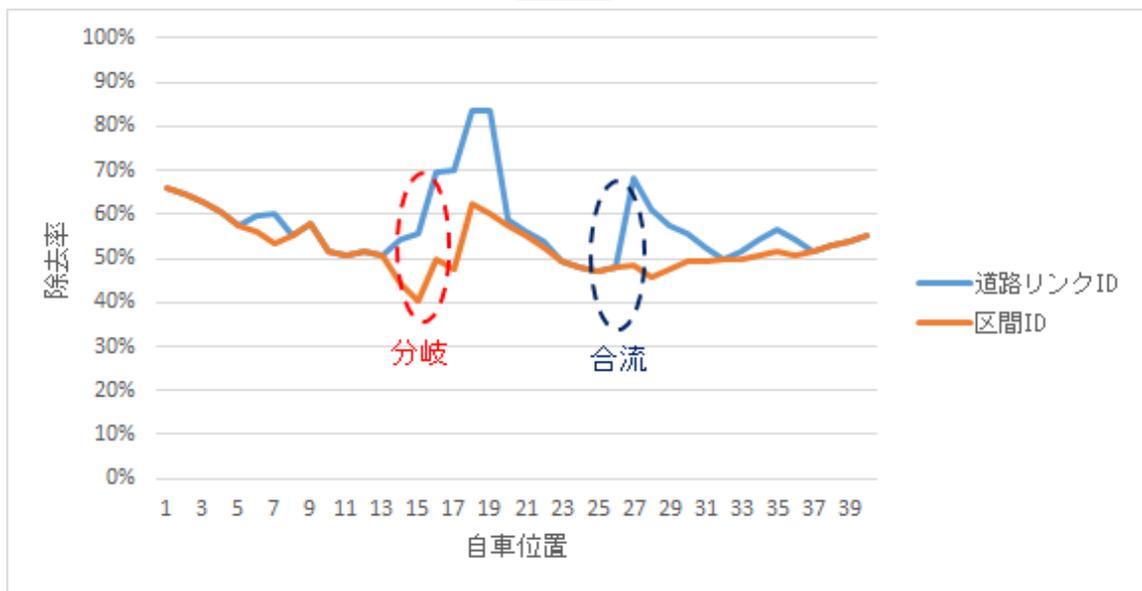


自車位置:26

図 5.1.5-15 江北ジャンクション:複数区間 ID 送信時の抽出結果

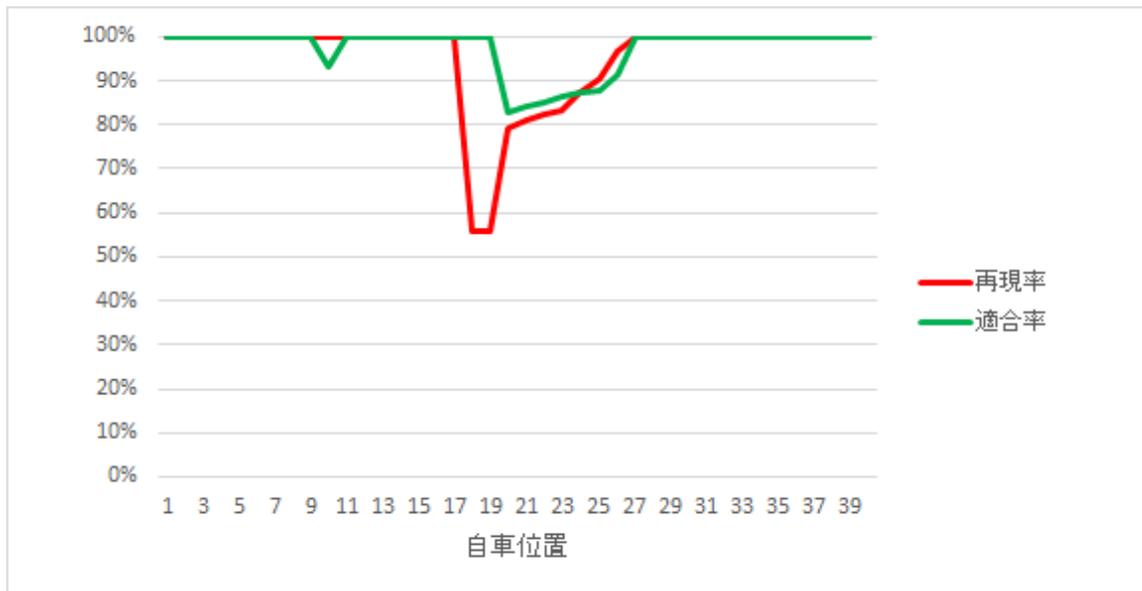


単一 ID

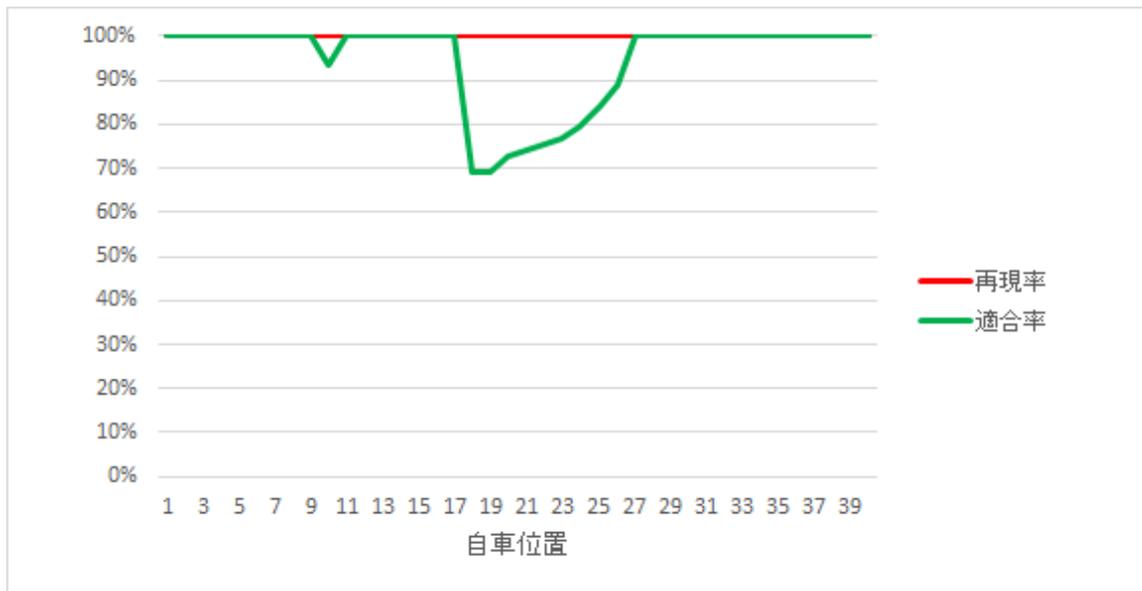


複数 ID

図 5.1.5-16 江北ジャンクション:除去率

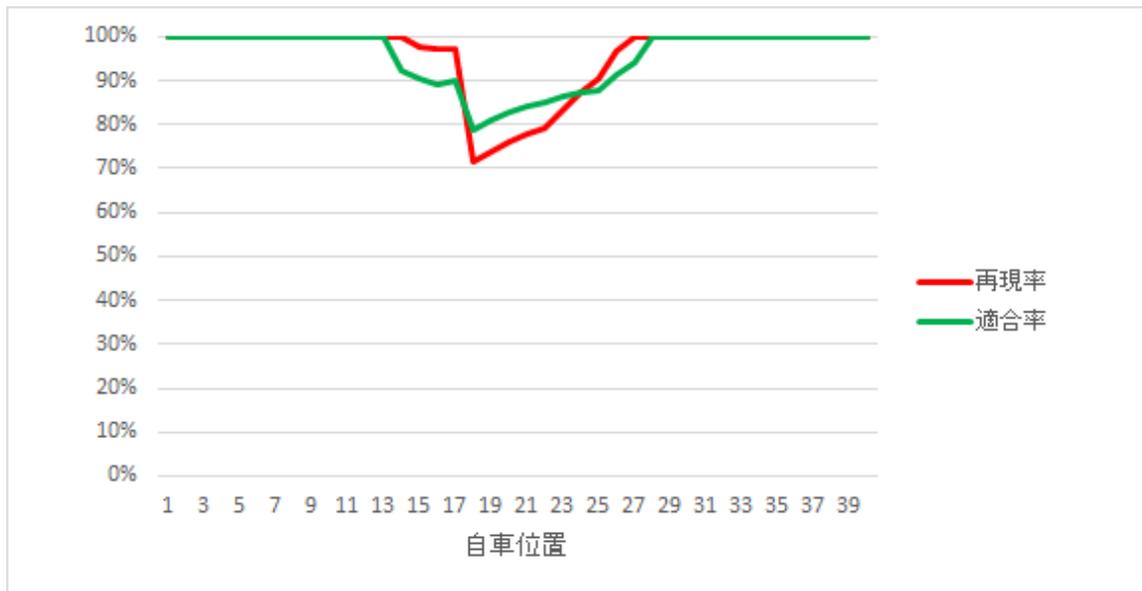


単一道路リンク ID

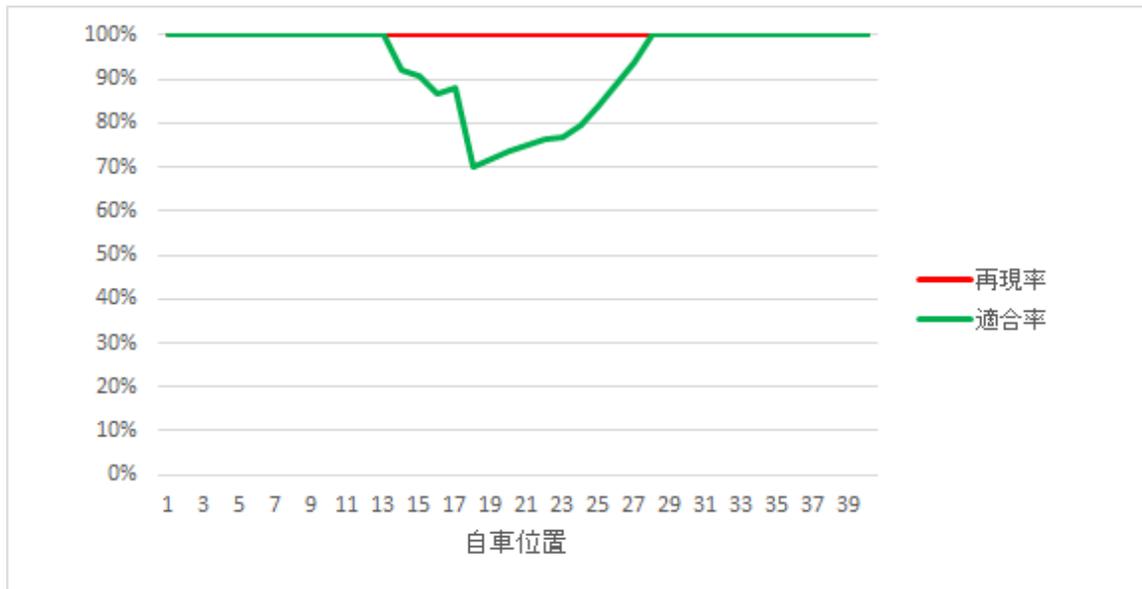


複数道路リンク ID

図 5.1.5-17 江北ジャンクション:道路リンク ID 方式の再現率/適合率



単一区間 ID



複数区間 ID

図 5.1.5-18 江北ジャンクション:区間 ID 方式の再現率/適合率

高速道ジャンクション：四叉

四叉形状の高速道ジャンクションにおける実走行データによるシミュレーション結果を示す。

鶴ヶ島ジャンクション

鶴ヶ島ジャンクションで、図 5.1.5-19 の走行経路を自動走行車両が走行したと想定して、関連車両の抽出を行った。正解軌跡による抽出結果を図 5.1.5-20 に、実走行データによる抽出結果を単一の道路リンク ID 送信時の結果を図 5.1.5-21、複数の場合を図 5.1.5-22、単一の区間 ID 送信時のものを図 5.1.5-23 に、複数の区間 ID 送信時のものを図 5.1.5-24 に示す。自車位置毎の除去率の結果を図 5.1.5-25 に示す。再現率／適合率に関しては、道路リンク ID 方式の結果を図 5.1.5-26 に、区間 ID 方式の結果を図 5.1.5-27 に示す。

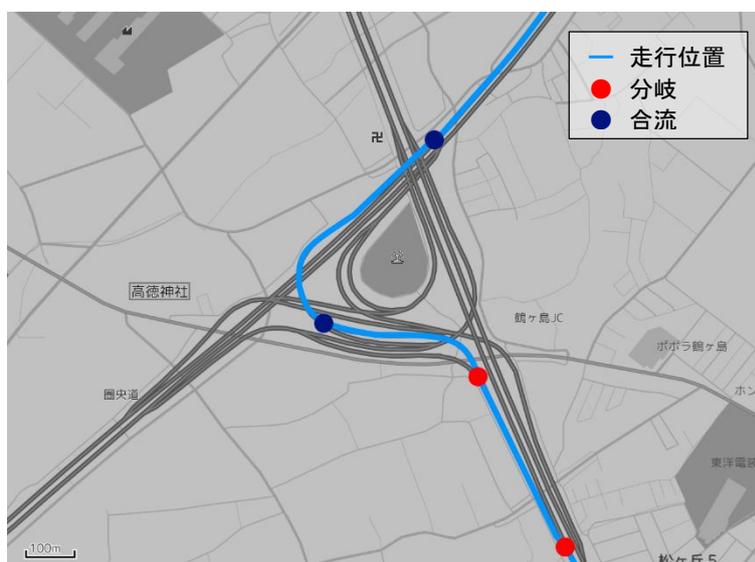
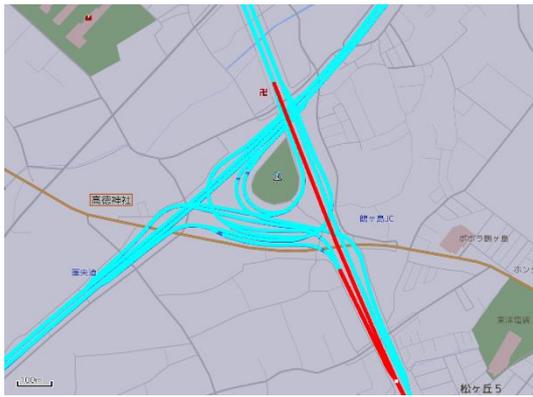
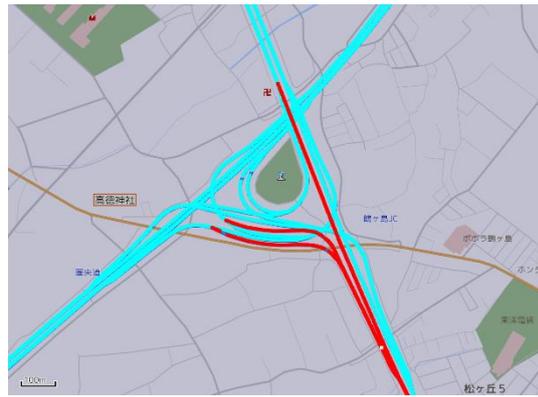


図 5.1.5-19 鶴ヶ島ジャンクション:自動走行車両の走行経路



自車位置:10



自車位置:12



自車位置:14



自車位置:16

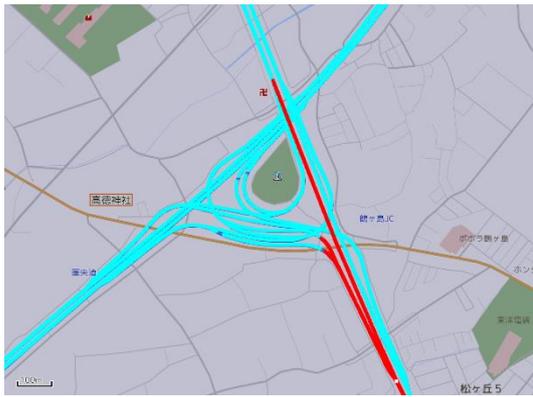


自車位置:18

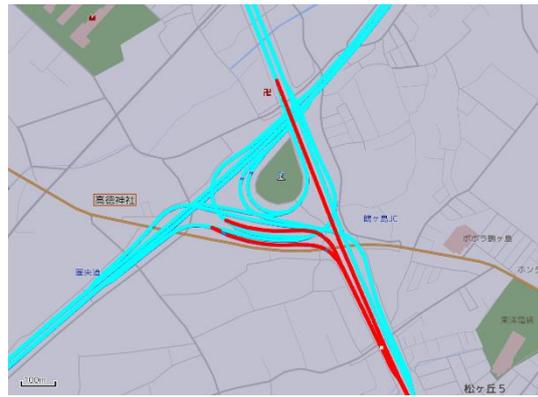


自車位置:20

図 5.1.5-20 鶴ヶ島ジャンクション:正解軌跡による抽出結果



自車位置:10



自車位置:12



自車位置:14



自車位置:16

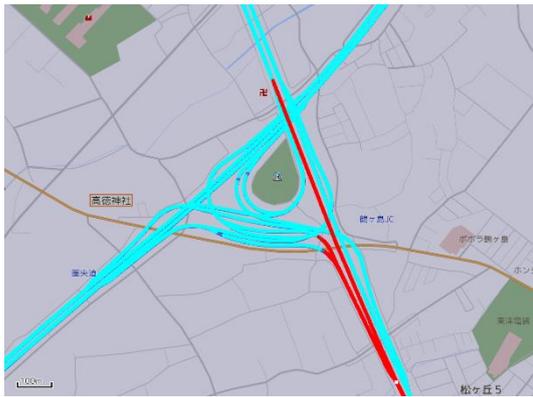


自車位置:18

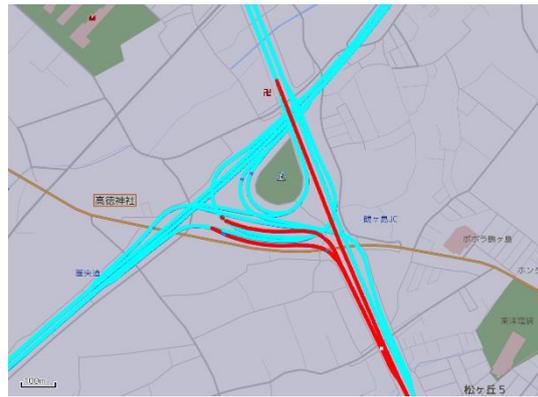


自車位置:20

図 5.1.5-21 鶴ヶ島ジャンクション:単一道路リンク ID 送信時の抽出結果



自転車位置:10



自転車位置:12



自転車位置:14



自転車位置:16



自転車位置:18



自転車位置:20

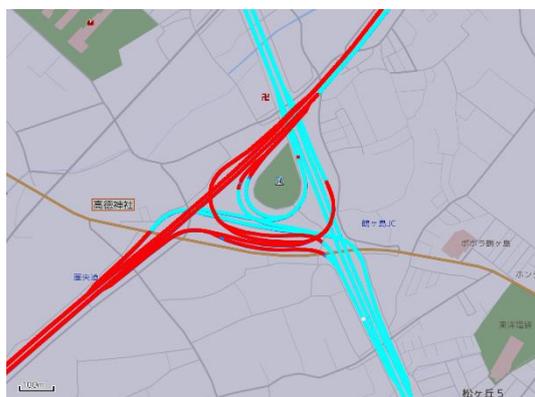
図 5.1.5-22 鶴ヶ島ジャンクション:複数道路リンク ID 送信時の抽出結果



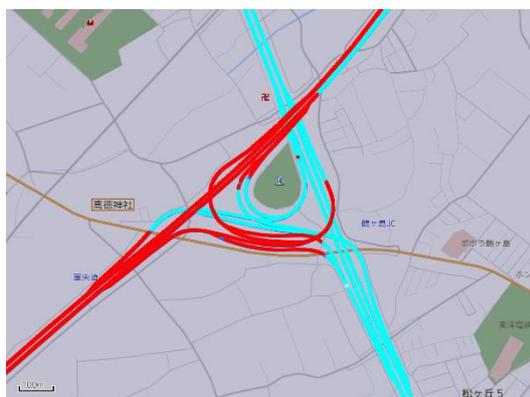
自車位置:10



自車位置:12



自車位置:14



自車位置:16

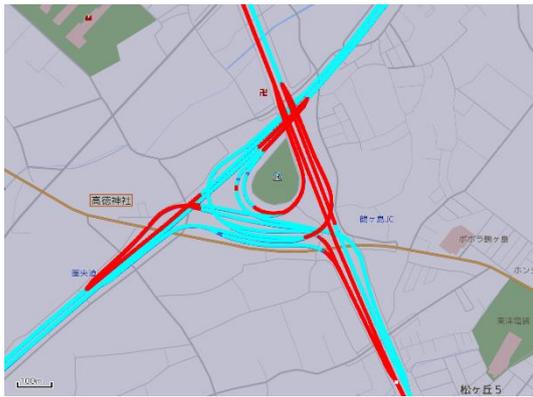


自車位置:18

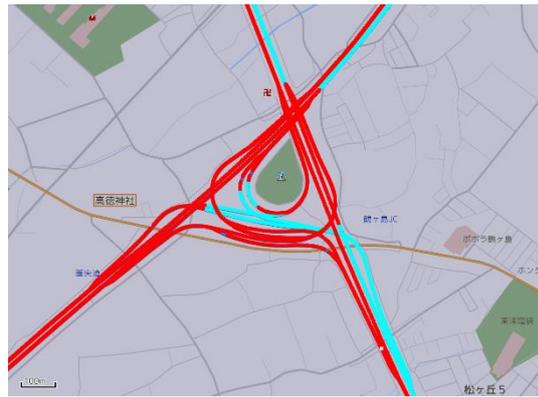


自車位置:20

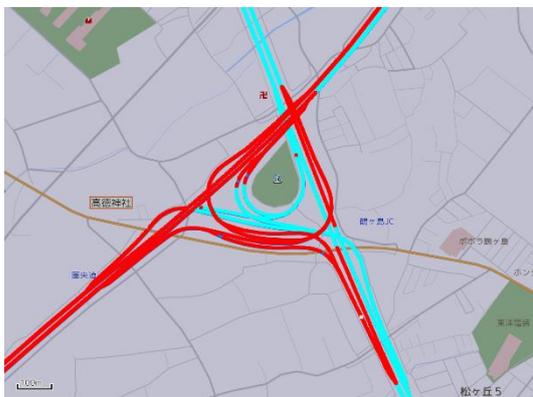
図 5.1.5-23 鶴ヶ島ジャンクション:単一区間 ID 送信時の抽出結果



自車位置:10



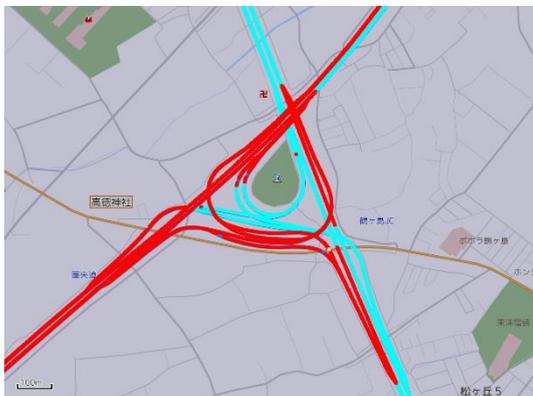
自車位置:12



自車位置:14



自車位置:16

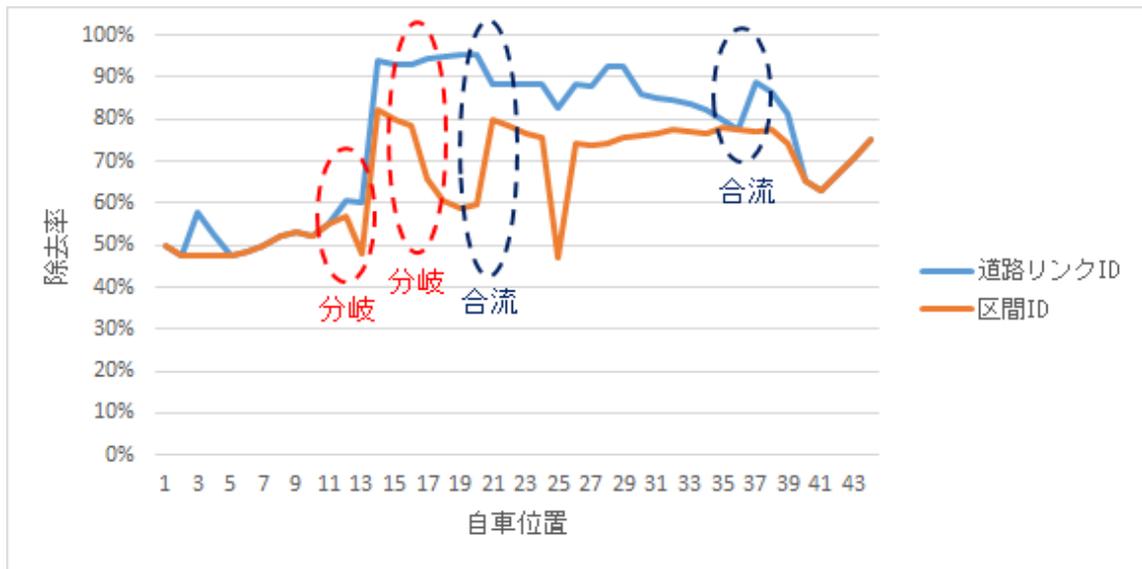


自車位置:18

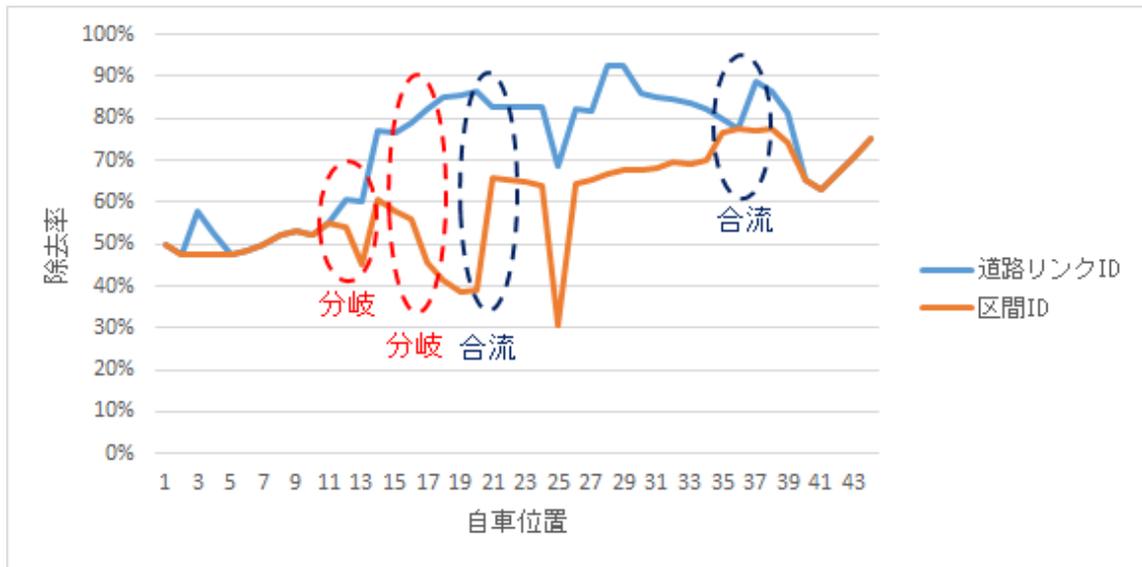


自車位置:20

図 5.1.5-24 鶴ヶ島ジャンクション:複数区間 ID 送信時の抽出結果

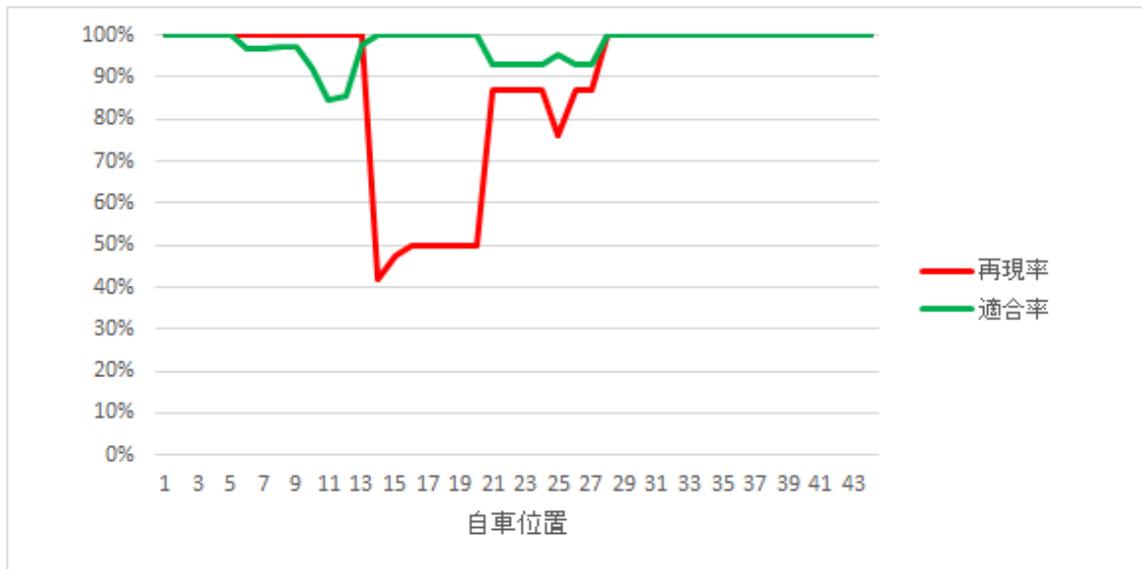


単一 ID

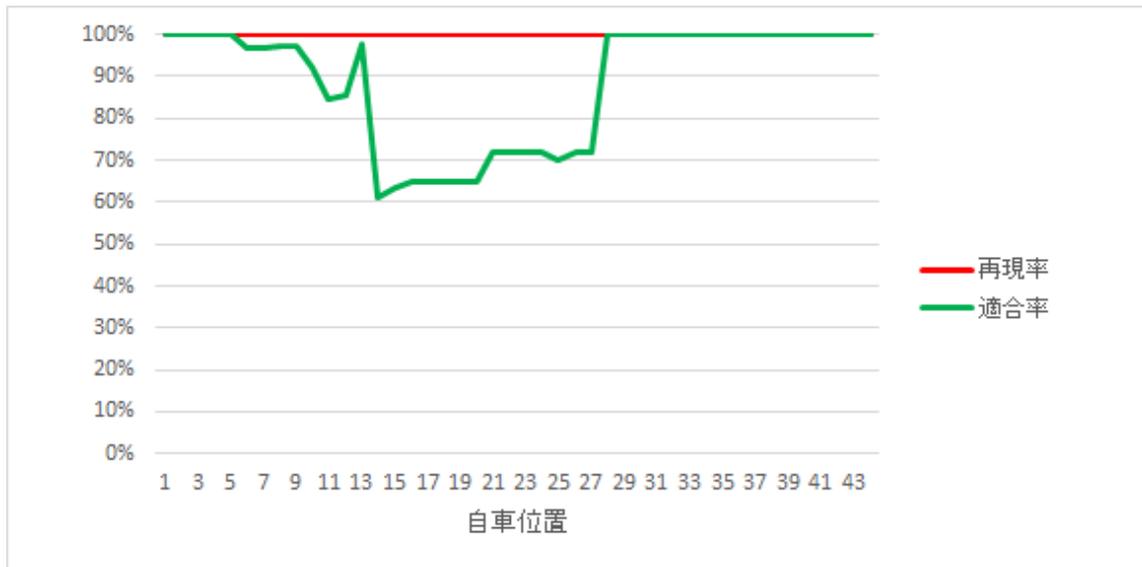


複数 ID

図 5.1.5-25 鶴ヶ島ジャンクション:除去率

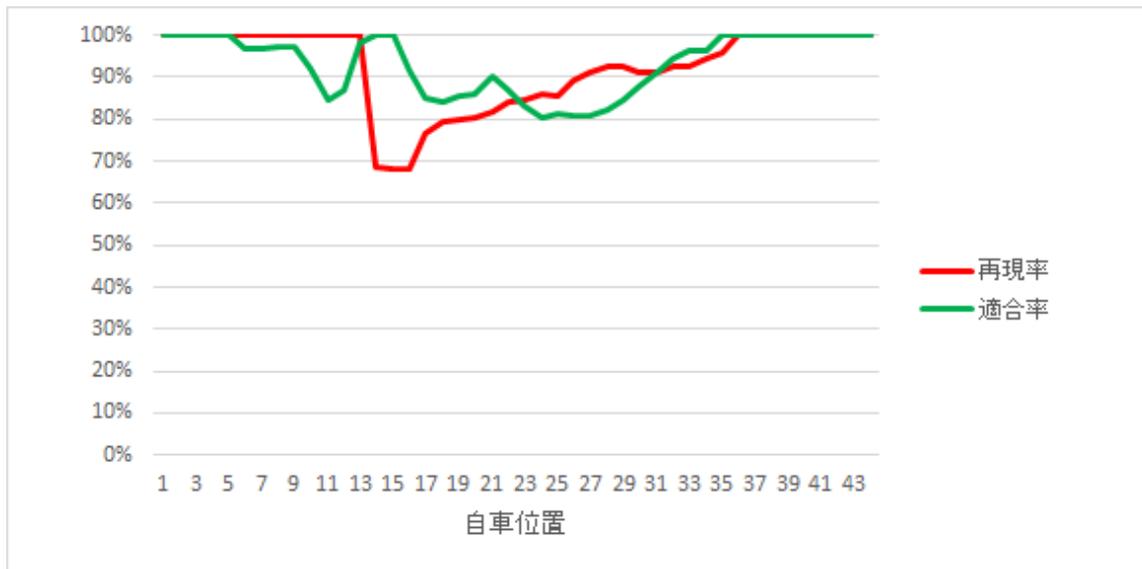


単一道路リンク ID

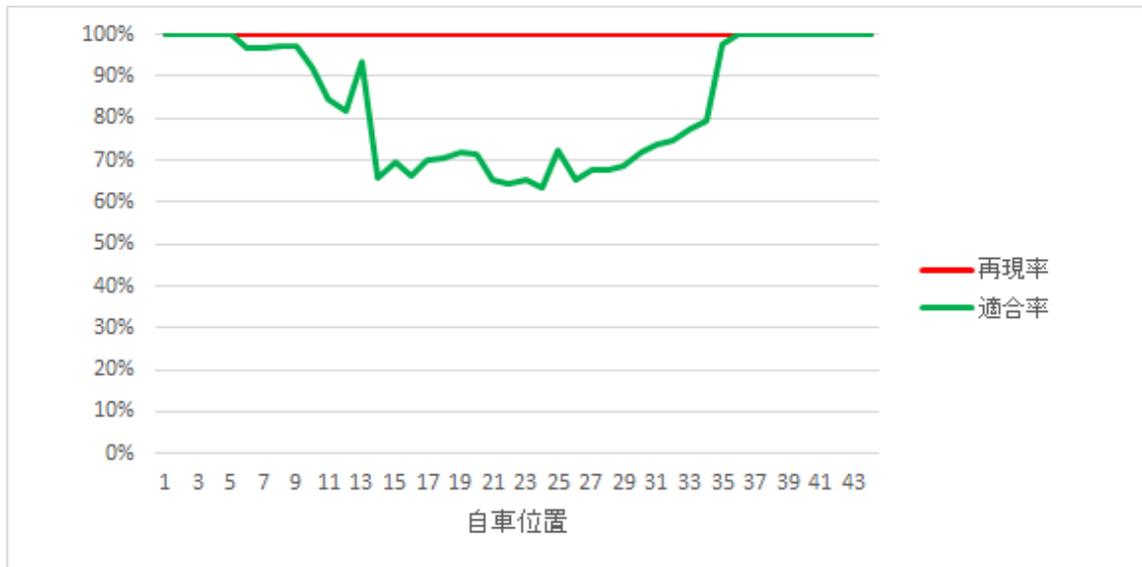


複数道路リンク ID

図 5.1.5-26 鶴ヶ島ジャンクション:道路リンク ID 方式の再現率/適合率



単一区間 ID



複数区間 ID

図 5.1.5-27 鶴ヶ島ジャンクション:区間 ID 方式の再現率/適合率

三郷ジャンクション

三郷ジャンクションでのシミュレーションにおいては、図 5.1.5-28 で示した経路を走行すると想定して、関連車両の抽出を行った。正解軌跡による抽出結果を図 5.1.5-29 に、実走行データによる抽出結果を単一の道路リンク ID 送信時の結果を図 5.1.5-30、複数の場合を図 5.1.5-31、単一の区間 ID 送信時のものを図 5.1.5-32 に、複数の区間 ID 送信時のものを図 5.1.5-33 に示す。自車位置毎の除去率の結果は図 5.1.5-34 に示す。再現率／適合率の結果については、道路リンク ID 方式は図 5.1.5-35 に、区間 ID 方式は図 5.1.5-36 に示す。



図 5.1.5-28 三郷ジャンクション:自動走行車両の走行経路



自車位置:15



自車位置:18



自車位置:21



自車位置:24



自車位置:27



自車位置:30

図 5.1.5-29 三郷ジャンクション:正解軌跡による抽出結果



自転車位置:15



自転車位置:18



自転車位置:21



自転車位置:24



自転車位置:27



自転車位置:30

図 5.1.5-30 三郷ジャンクション:単一道路リンク ID 送信時の抽出結果



自車位置:15



自車位置:18



自車位置:21



自車位置:24



自車位置:27



自車位置:30

図 5.1.5-31 三郷ジャンクション:複数道路リンク ID 送信時の抽出結果



自車位置:15



自車位置:18



自車位置:21



自車位置:24



自車位置:27



自車位置:30

図 5.1.5-32 三郷ジャンクション:単一区間 ID 送信時の抽出結果



自車位置:15



自車位置:18



自車位置:21



自車位置:24

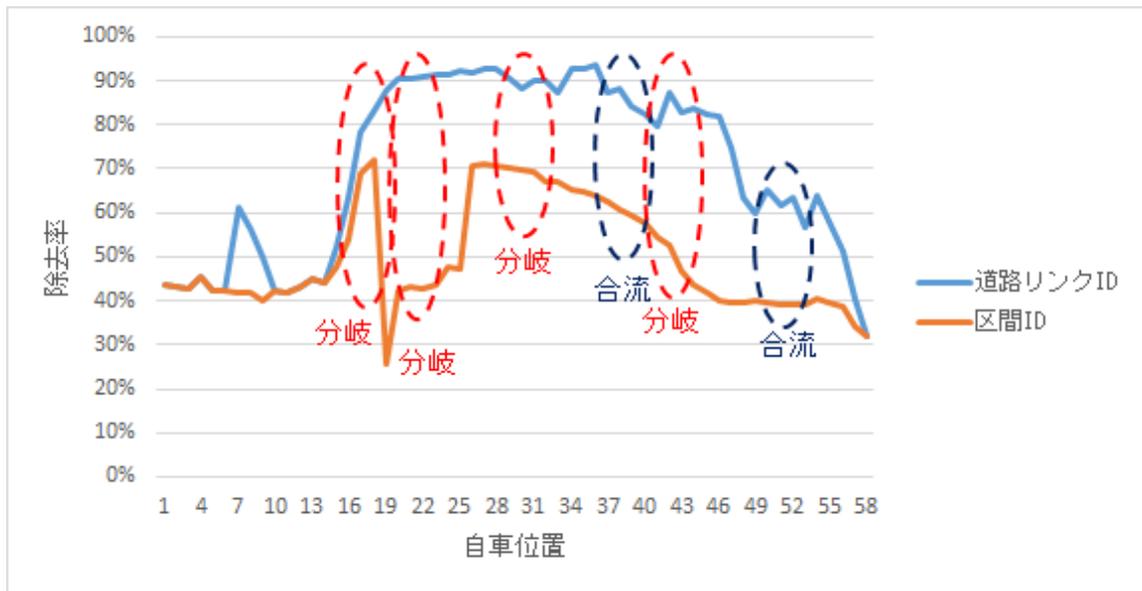


自車位置:27

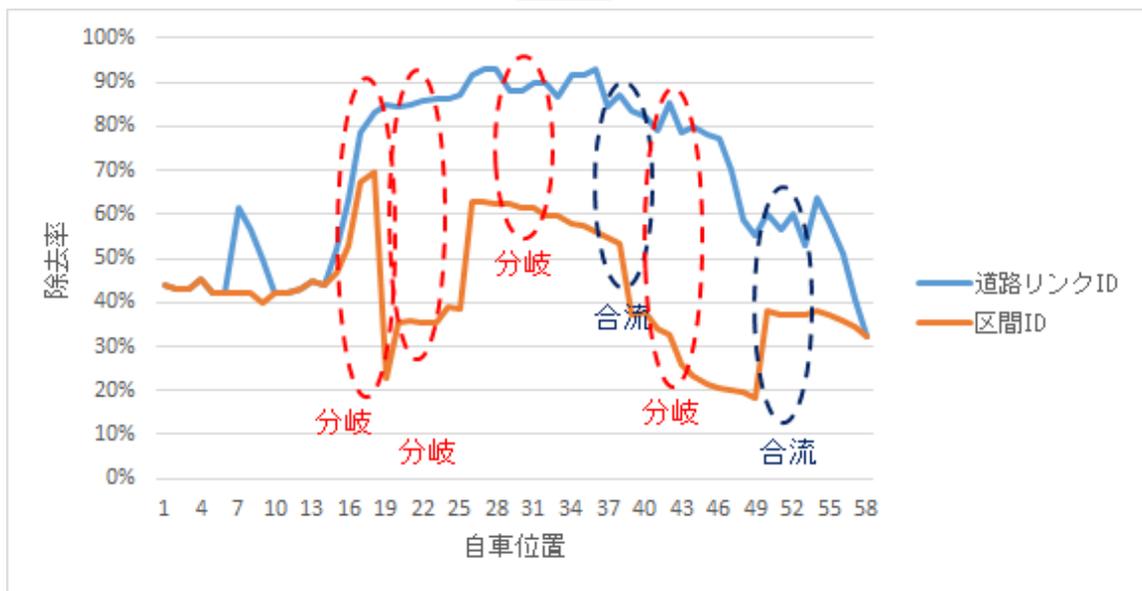


自車位置:30

図 5.1.5-33 三郷ジャンクション:複数区間 ID 送信時の抽出結果

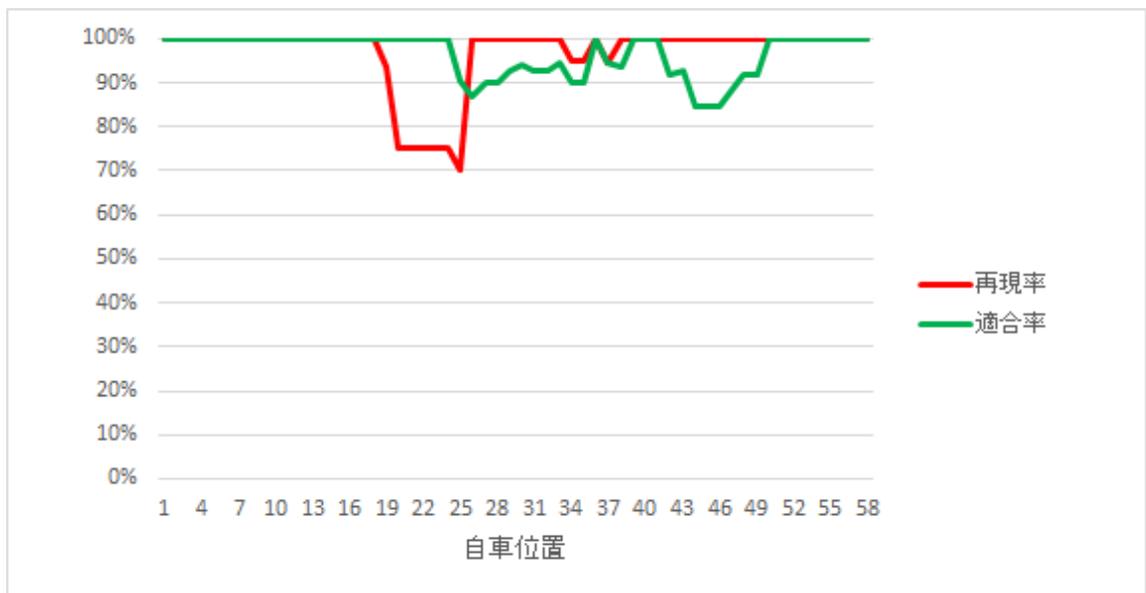


単一 ID

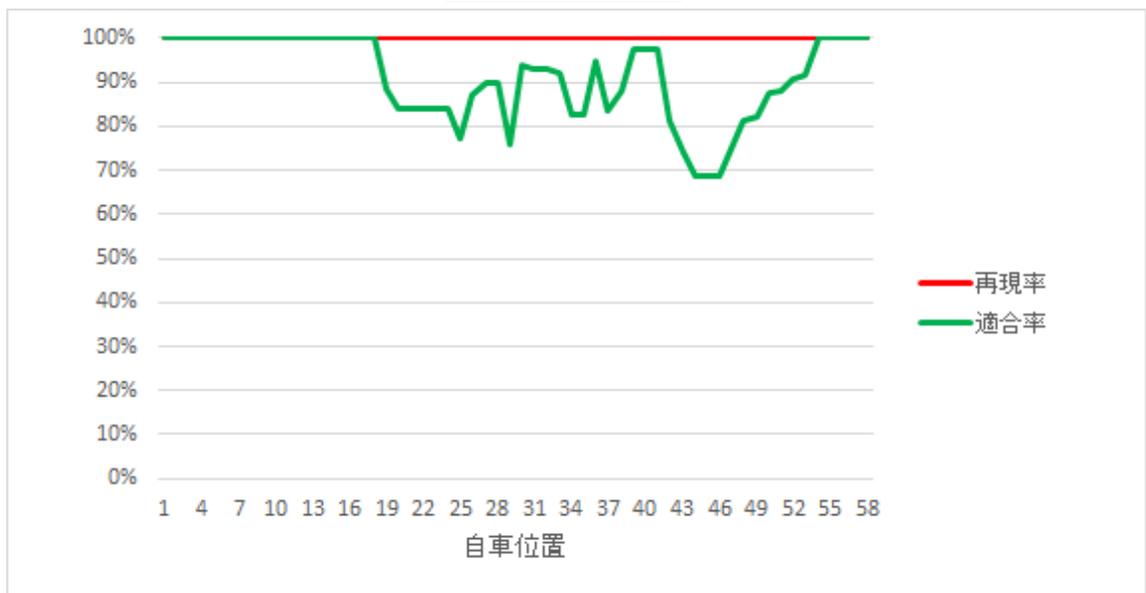


複数 ID

図 5.1.5-34 三郷ジャンクション:除去率

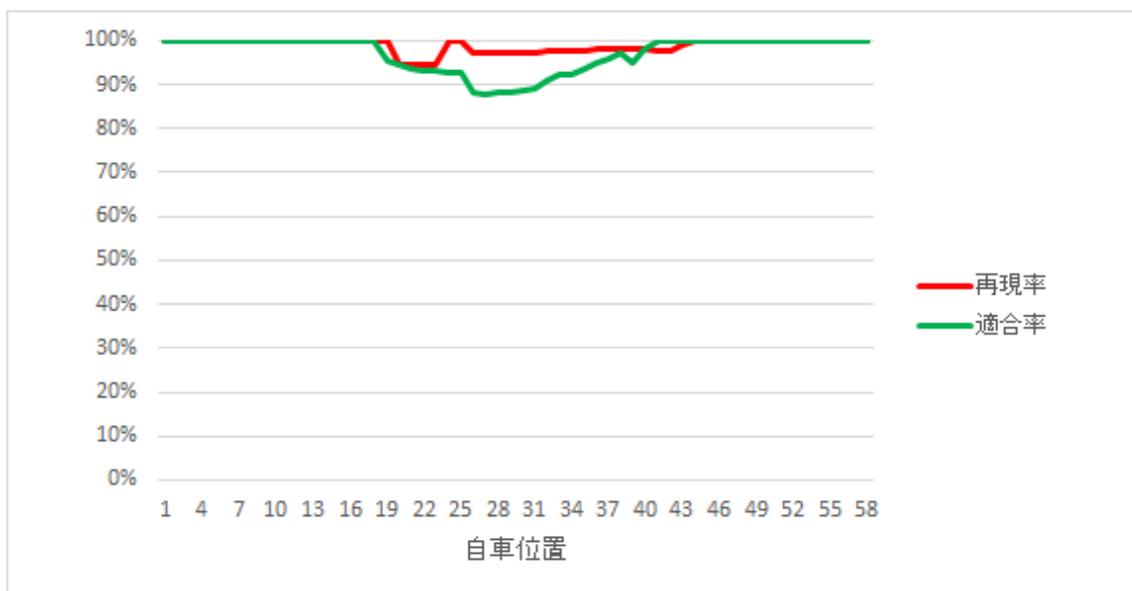


単一道路リンク ID

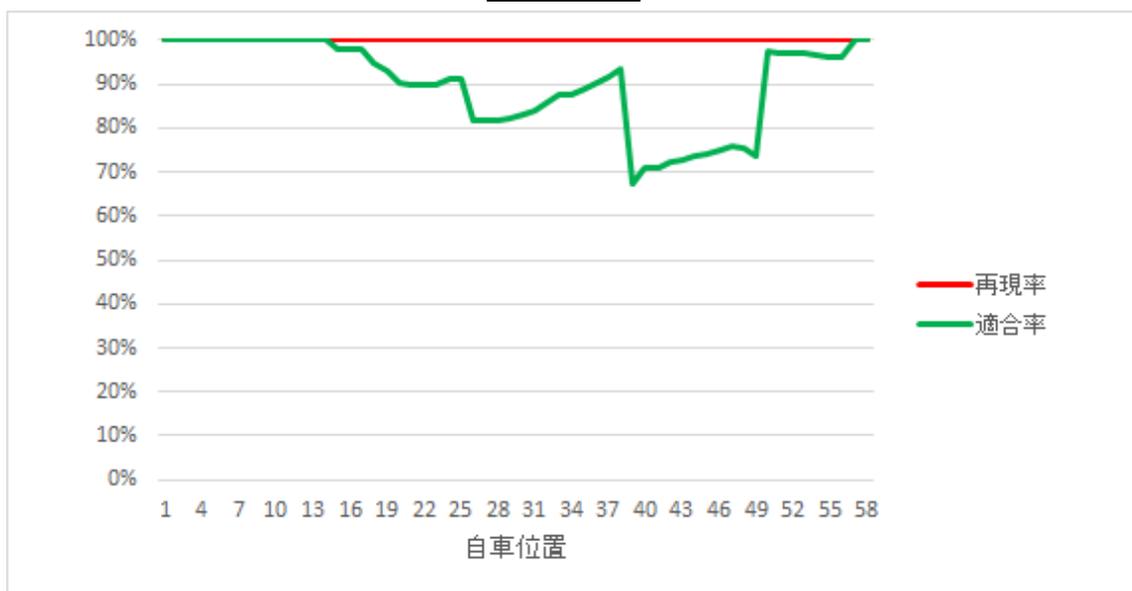


複数道路リンク ID

図 5.1.5-35 三郷ジャンクション:道路リンク ID 方式の再現率/適合率



単一区間 ID



複数区間 ID

図 5.1.5-36 三郷ジャンクション:区間 ID 方式の再現率/適合率

一般道：立体交差

一般道立体交差における実走行データによる関連車両の抽出シミュレーションを実施した。なお、一般道立体交差では、区間 ID 方式でのシミュレーションは行なわない。

練馬北町陸橋交差点

練馬北町陸橋交差点でのシミュレーションにおいては、図 5.1.5-37 で示した経路を走行すると想定して、関連車両の抽出を行った。正解軌跡による抽出結果を図 5.1.5-38 に、実走行データによる抽出結果を単一の道路リンク ID 送信時の結果を図 5.1.5-39、複数の場合を図 5.1.5-40 に示す。自車位置毎の除去率の結果は図 5.1.5-41 に、再現率/適合率の結果を図 5.1.5-42 に示す。

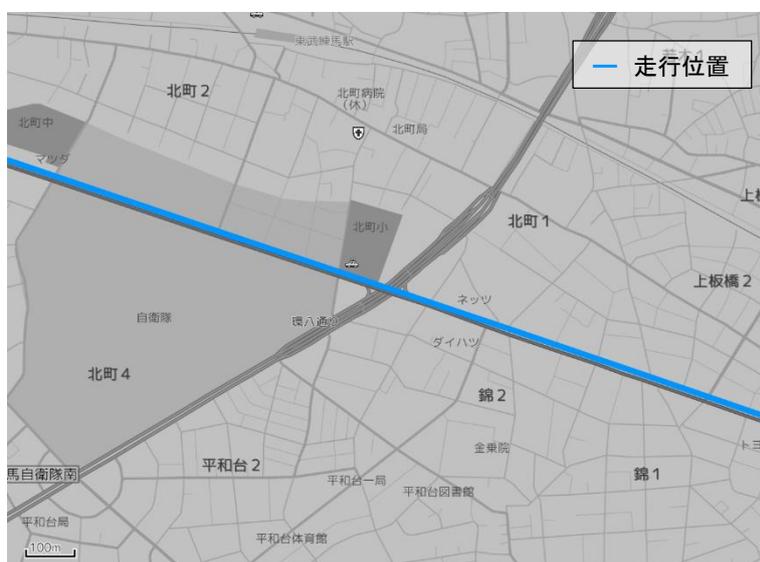
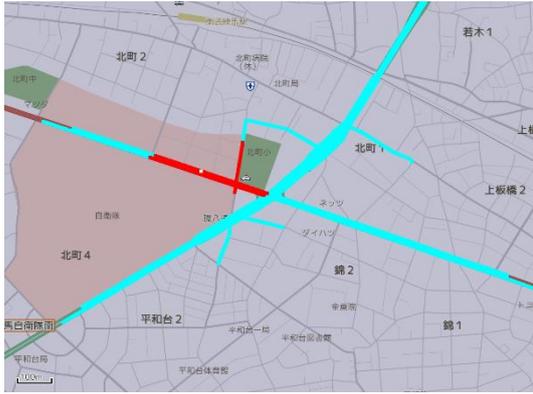
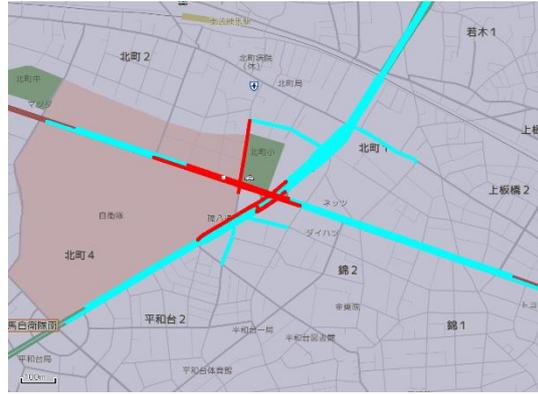


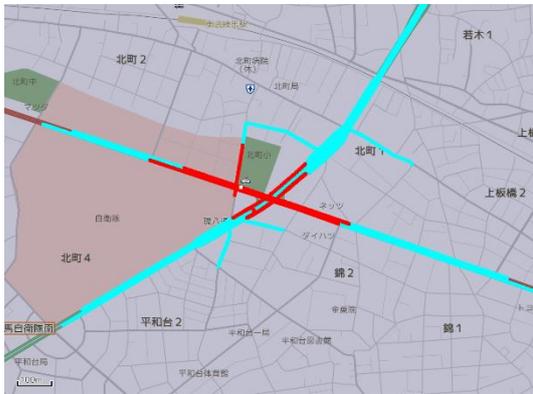
図 5.1.5-37 練馬北町陸橋交差点:自動走行車両の走行経路



自転車位置:6



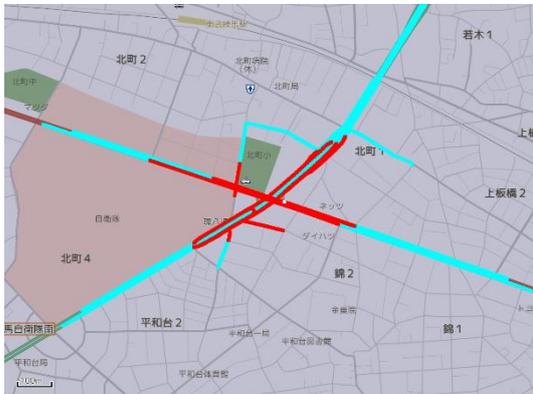
自転車位置:7



自転車位置:8



自転車位置:9

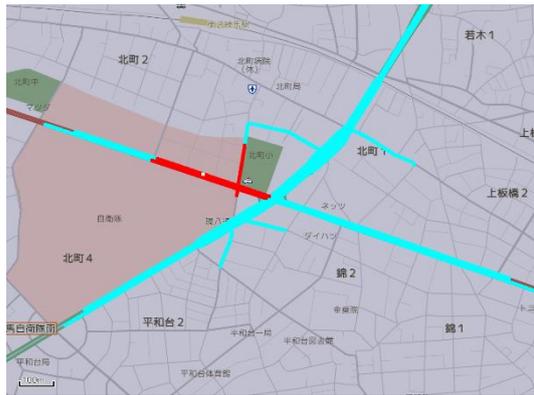


自転車位置:10

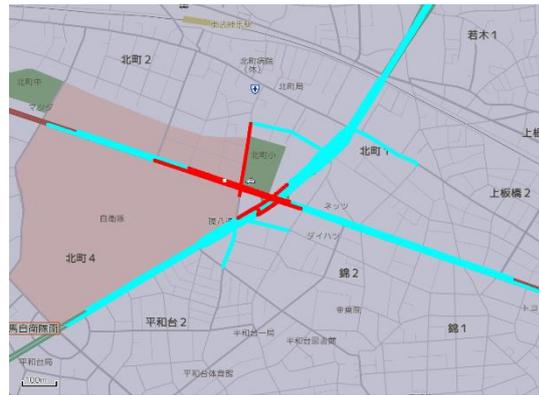


自転車位置:11

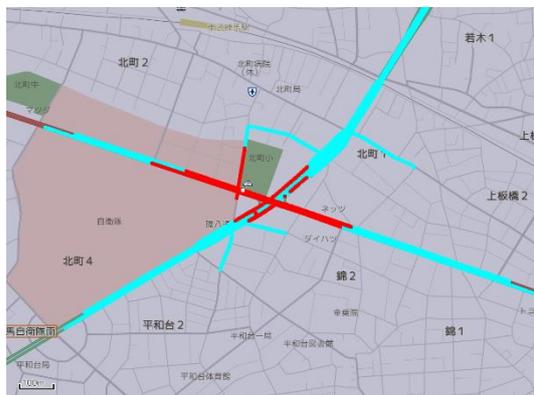
図 5.1.5-38 練馬北町陸橋交差点:正解軌跡による抽出結果



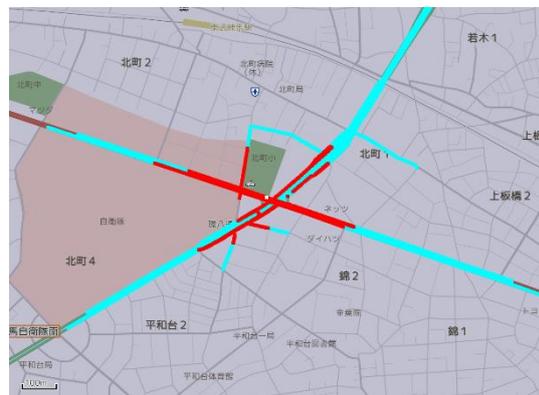
自転車位置:6



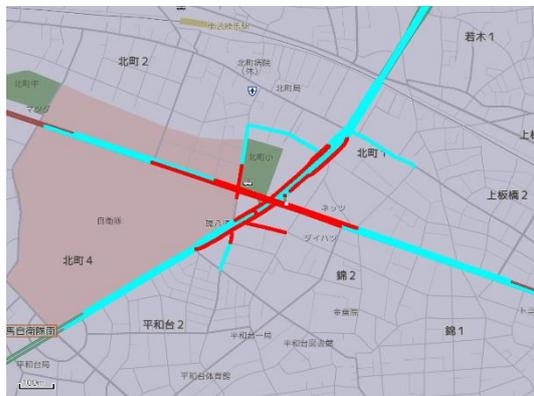
自転車位置:7



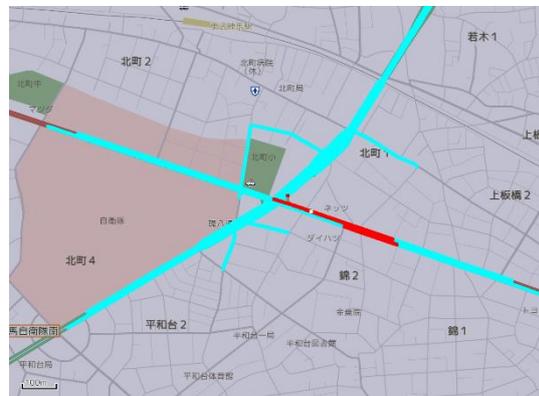
自転車位置:8



自転車位置:9

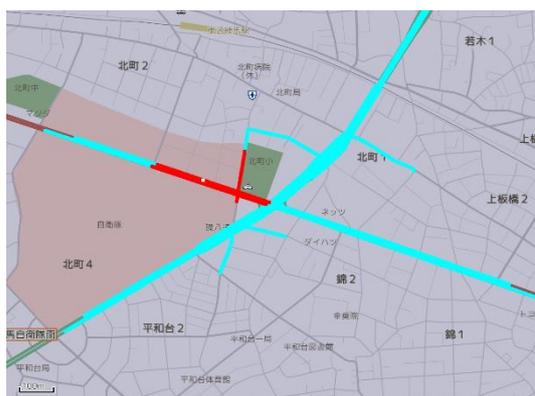


自転車位置:10

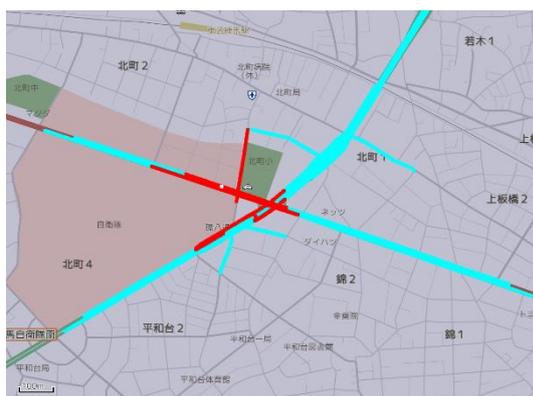


自転車位置:11

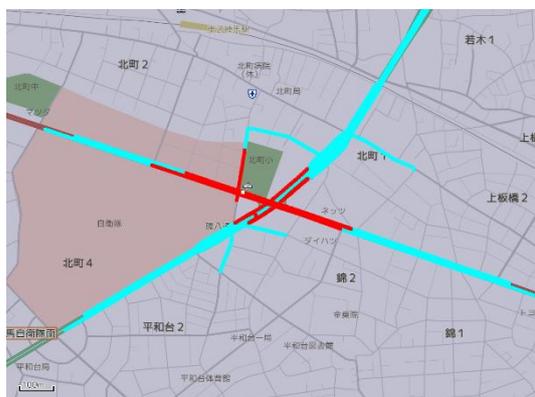
図 5.1.5-39 練馬北町陸橋交差点:単一道路リンク ID 送信時の抽出結果



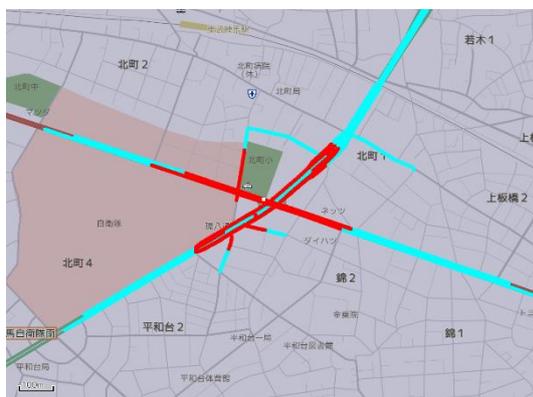
自転車位置:6



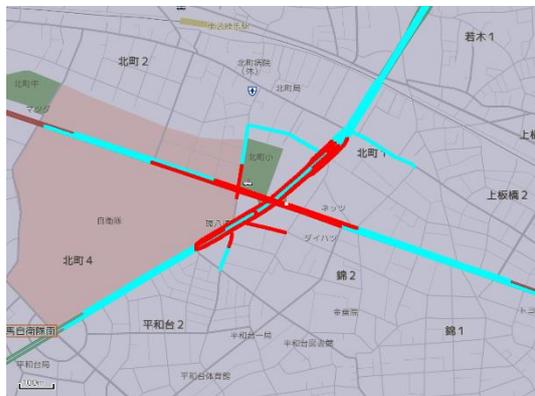
自転車位置:7



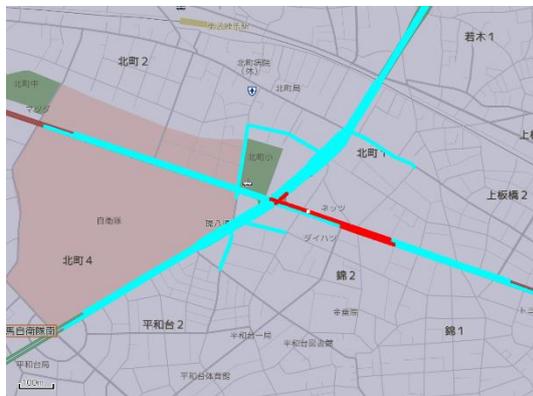
自転車位置:8



自転車位置:9

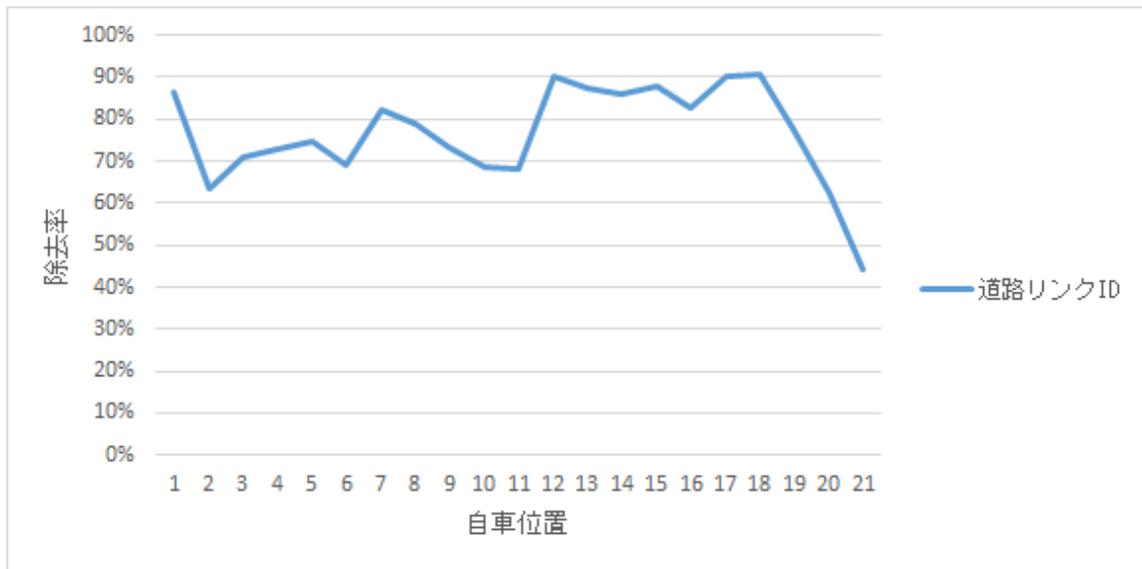


自転車位置:10

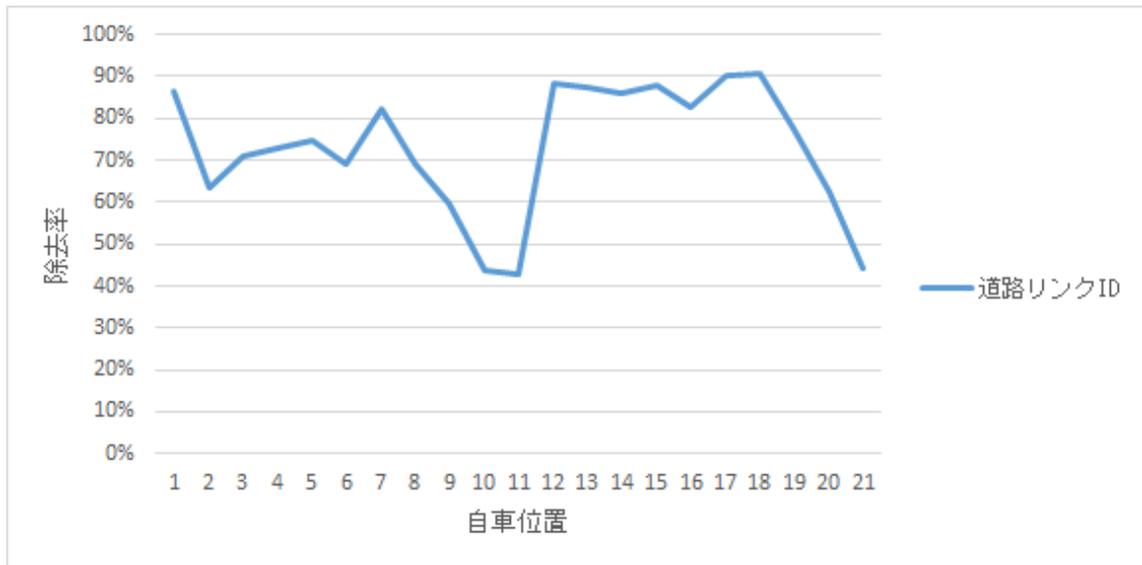


自転車位置:11

図 5.1.5-40 練馬北町陸橋交差点:複数道路リンク ID 送信時の抽出結果

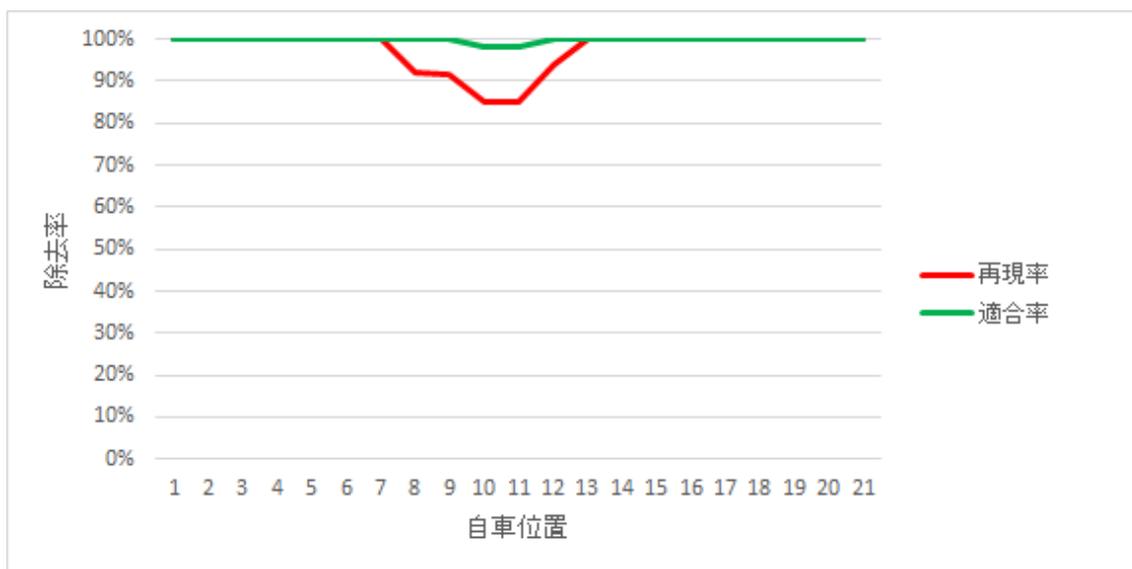


単一 ID

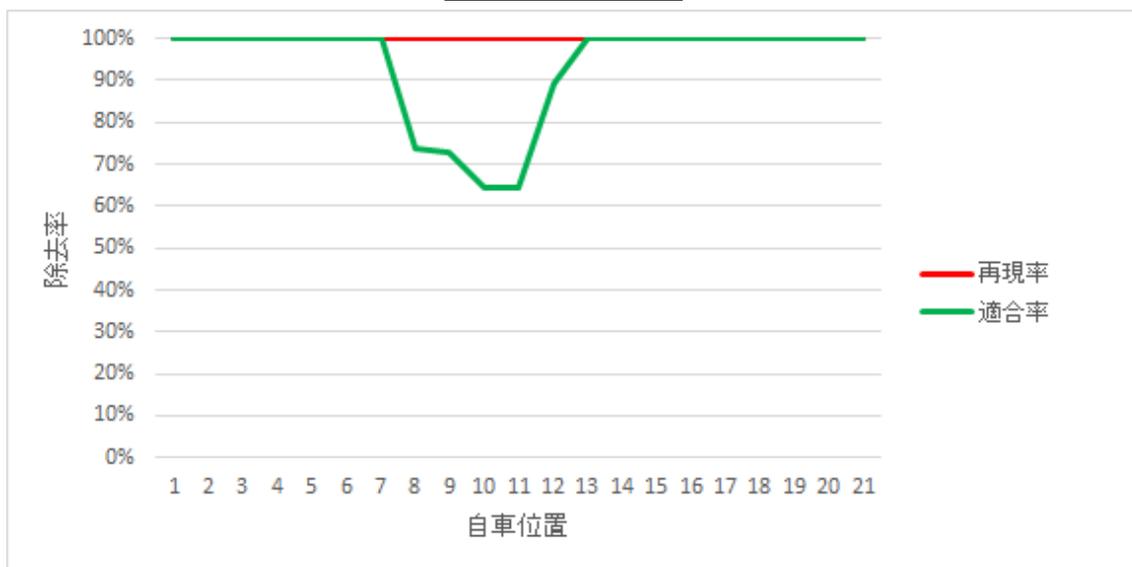


複数 ID

図 5.1.5-41 練馬北町陸橋交差点:除去率



単一道路リンク ID



複数道路リンク ID

図 5.1.5-42 練馬北町陸橋交差点:道路リンク ID 方式の再現率/適合率

赤坂見附交差点

赤坂見附交差点でのシミュレーション結果を示す。図 5.1.5-43 で示した経路を走行すると想定して、関連車両の抽出を行った。正解軌跡による抽出結果を図 5.1.5-44 に、実走行データによる抽出結果を単一の道路リンク ID 送信時の結果を図 5.1.5-45、複数の場合を図 5.1.5-46 に示す。自車位置毎の除去率の結果は図 5.1.5-47 に、再現率/適合率の結果を図 5.1.5-48 に示す。

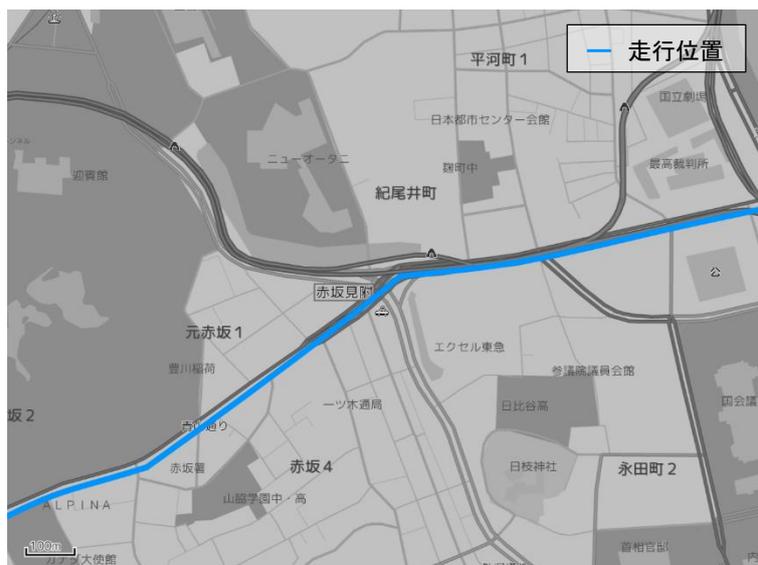
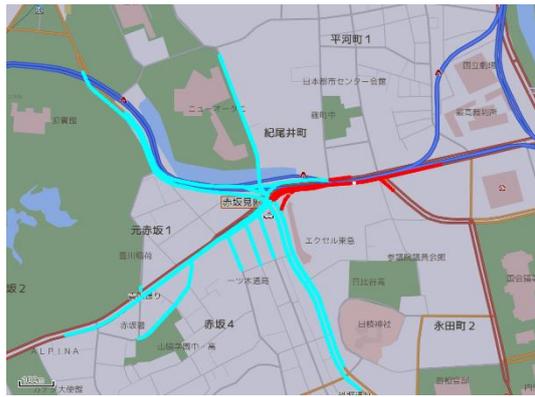
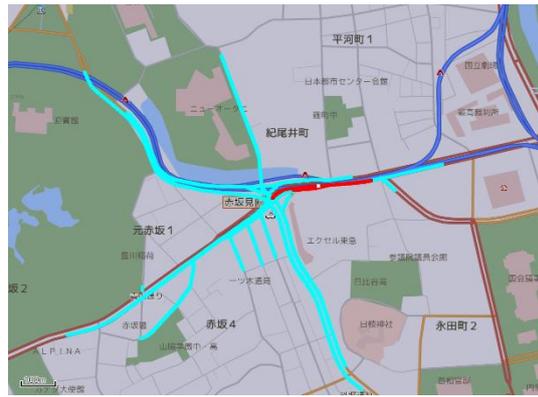


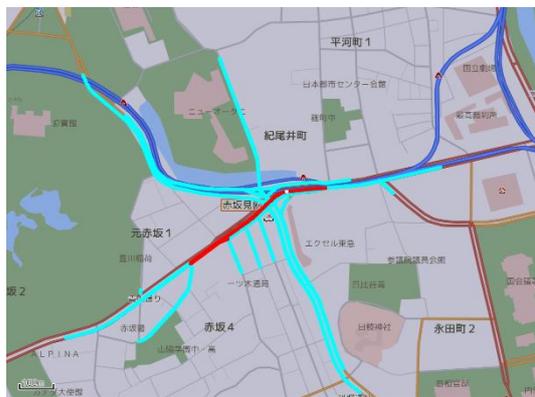
図 5.1.5-43 赤坂見附交差点:自動走行車両の走行経路



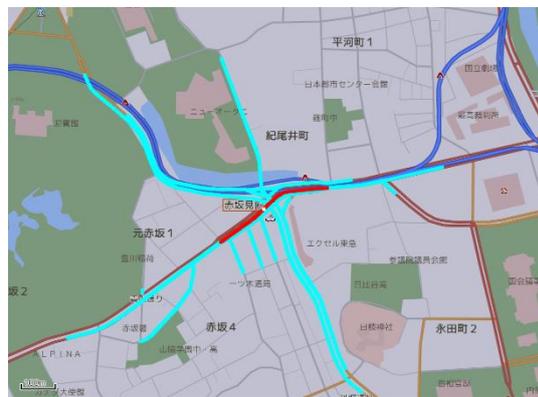
自転車位置:4



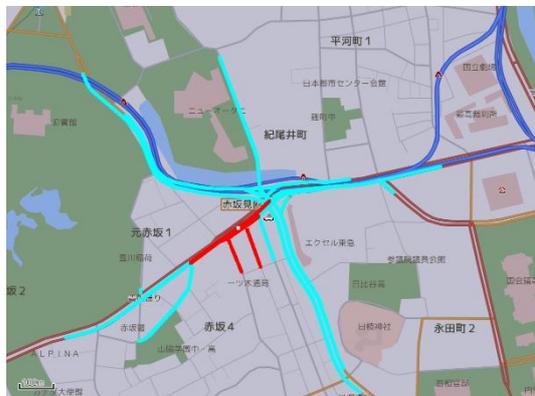
自転車位置:6



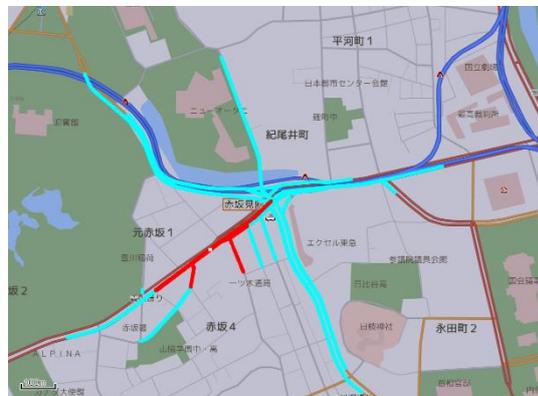
自転車位置:8



自転車位置:10

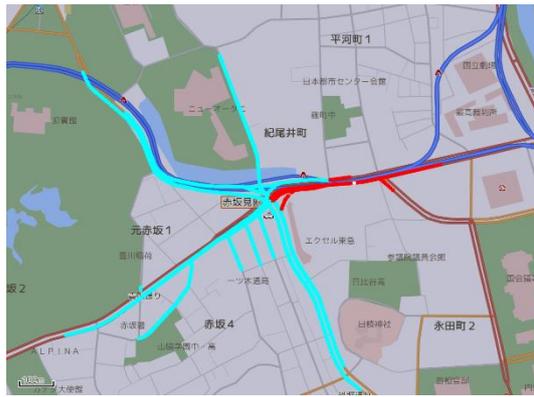


自転車位置:12



自転車位置:14

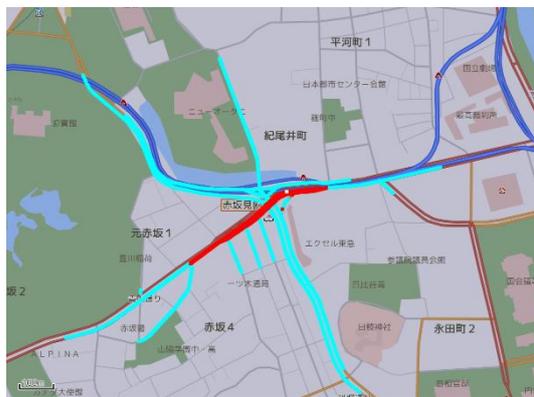
図 5.1.5-44 赤坂見附交差点:正解軌跡による抽出結果



自転車位置:4



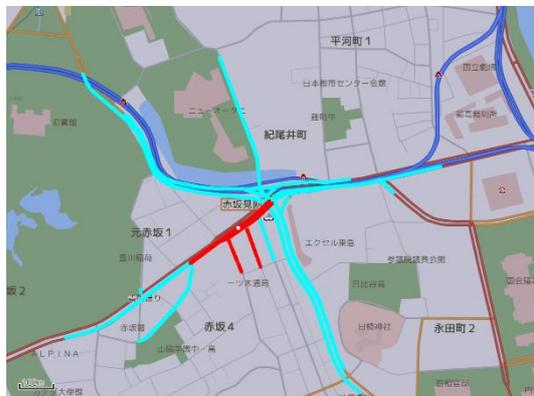
自転車位置:6



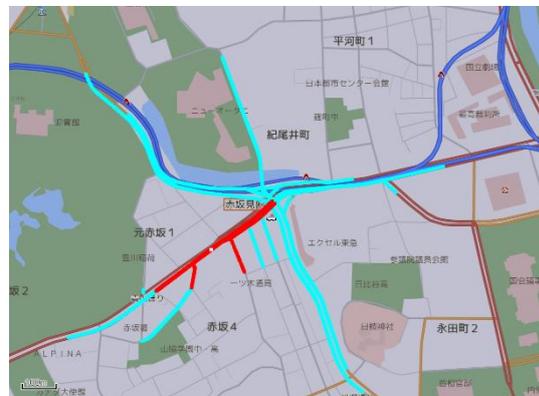
自転車位置:8



自転車位置:10

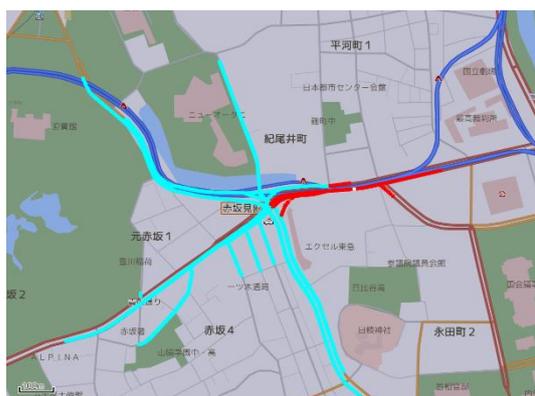


自転車位置:12

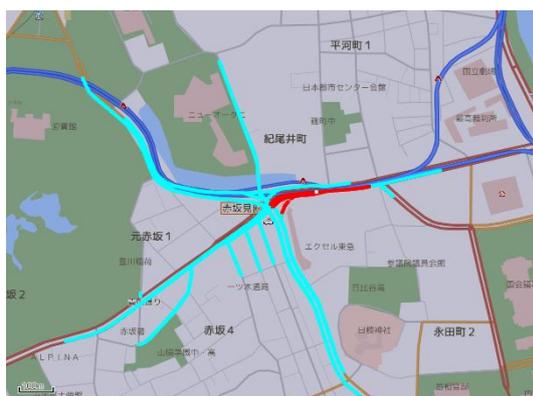


自転車位置:14

図 5.1.5-45 赤坂見附交差点:単一道路リンク ID 送信時の抽出結果



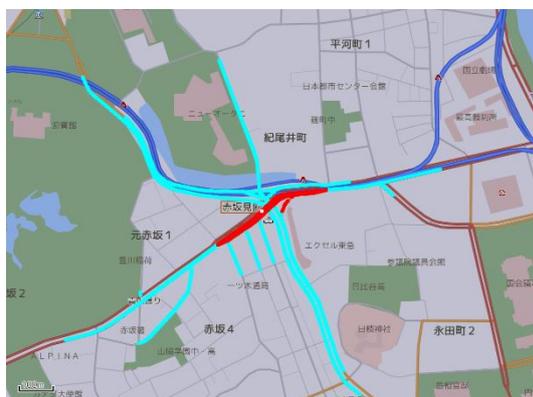
自転車位置:4



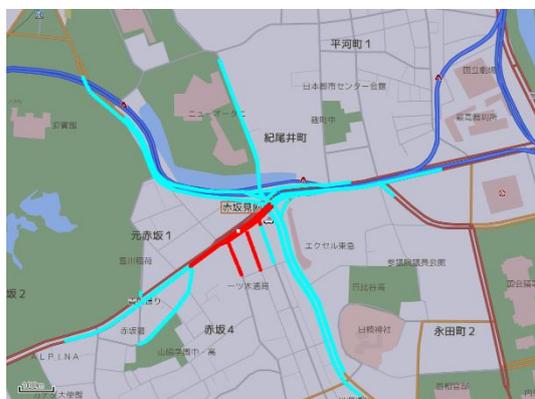
自転車位置:6



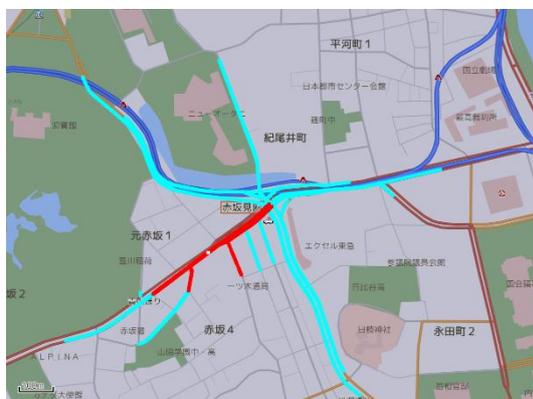
自転車位置:8



自転車位置:10

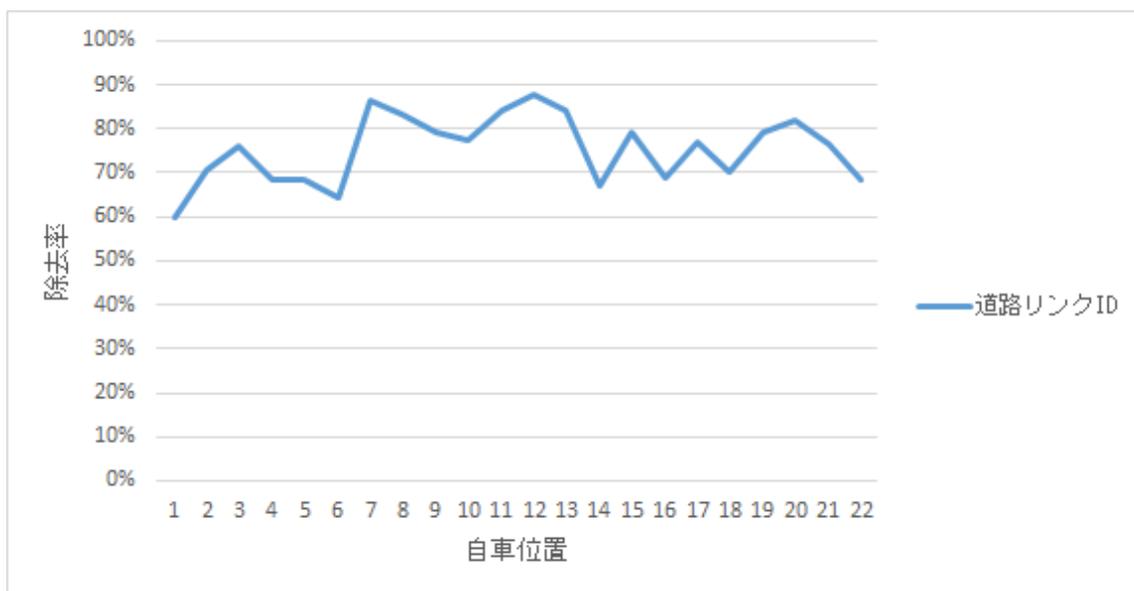


自転車位置:12

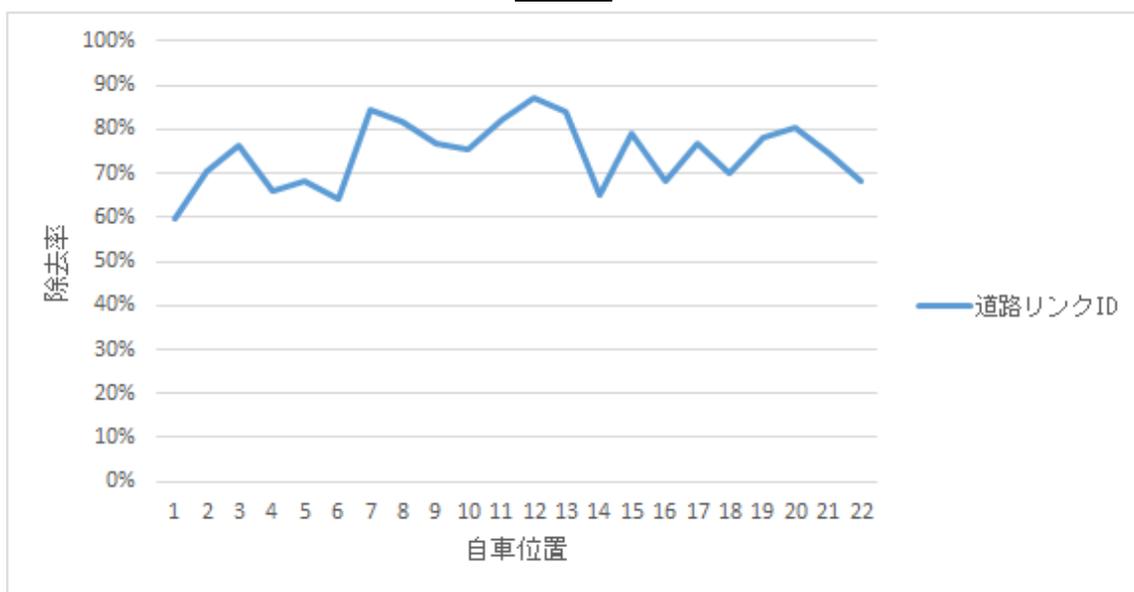


自転車位置:14

図 5.1.5-46 赤坂見附交差点:複数道路リンク ID 送信時の抽出結果

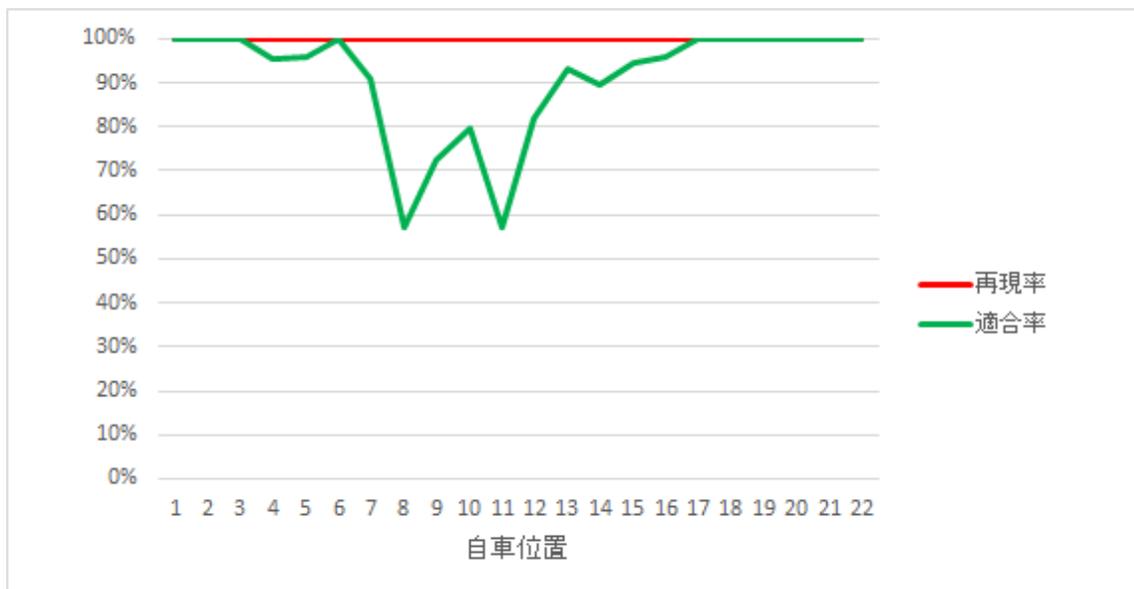


単一 ID



複数 ID

図 5.1.5-47 赤坂見附交差点:除去率



単一道路リンク ID



複数道路リンク ID

図 5.1.5-48 赤坂見附交差点:道路リンク ID 方式の再現率/適合率

5.1.5.4. 考察

実走行データによるシミュレーション結果について考察を行う。

除去率については、道路モデルを利用したシミュレーション同様、全体的に道路リンク ID 方式の除去率が高いことが確認できた。ジャンクションに進入する手前および通過後において除去率が 50%程度まで減少している箇所がみられるが、直線区間において、対向車線側を走行している車両を監視対象から除外できていることを示している。

単一 ID 送信時の結果を見ると、再現率が 100%になっていない場所があることがわかる。例えば、鶴ヶ島ジャンクションの図 5.1.5-26、図 5.1.5-27 の自車位置 13 付近等がそうである。これは、緩やかに分岐する地点において、送信側の非自動走行車両が走行している道路の特定を誤ったために、実際に走行している道路とは異なる道路特定情報を送信した結果、本来監視対象となるべき関連車両を見逃していることを意味する。同地点において、複数 ID を送信した際の再現率を見ると、道路リンク ID 方式及び区間 ID 方式どちらにおいても再現率は 100%となっており、関連車両の見逃しを抑止できていると言える。適合率に関しては悪化が見られるが、これは、本来監視対象でない道路を走行している車両が、監視対象となる道路を走行している（可能性がある）という情報を送信したことにより、関連車両として抽出されるためである。しかし、この複数 ID 送信時の除去率を見ると、先述の例の地点においても、道路リンク ID 方式で 60%程度、区間 ID 方式で 45%程度となっており、一定量の処理負荷の軽減効果は得られるものと考えられる。

非自動走行車両の位置精度では道路の特定が困難な地点においても、複数 ID を送信することで、周囲の非自動走行車両の見逃しを抑止でき、且つ効率的に関連車両の抽出が行えていることを確認できた。

5.1.6. 通信フォーマットの検討

これまでの項での検討により、道路特定情報による関連車両の抽出が効果的であることが確認できた。本項では、この道路特定情報を表現する上で必要な情報量について整理し、車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 への格納可否についての検討を行う。また、走行中の道路の特定が困難な場合での運用方法を提示し、実環境においても利用可能であることを示す。

5.1.6.1. 車車間通信メッセージへの付加データ要素

車車間通信メッセージへ付加すべきデータ要素について述べる。前項のシミュレーションにより、走行中の道路を一意に特定できない場合に、複数候補の道路識別情報を格納することの有効性を示した。そのため、道路特定情報として複数の候補を格納可能とする格納データ要素を示す。共通 ID のバージョン情報等は、後述するデータのバージョンが ID の永続性の保証期間外の場合への対処により、不要となる。以上より、車車間通信メッセージに格納すべきデータ要素は、以下となる。

- ・道路特定情報数
- ・道路特定情報（上記道路特定情報数の個数分格納する）

5.1.6.2. 車車間通信メッセージへの付加データサイズ

本研究では共通に利用可能な道路特定情報として、道路リンク ID、区間 ID を候補とした。本項では、それぞれの方式の共通 ID を表現する上で必要な情報量について、道路リンク ID としては VICS リンク番号を対象として述べる。車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 において、この道路特定情報を格納する領域として自由領域を対象とした。

まず、これらの道路特定情報は、2次メッシュコードと、そのメッシュ内 ID として定義されている点で共通な構造を持っている。以下では、それぞれについて必要なデータサイズについて検討する。

2次メッシュのコードを表現するのに必要な情報量については、国内での1次メッシュの南北の最小値は30、最大値は68であるため、最大値と最小値の差は38である。この範囲を表現するためには最低6bit必要である。1次メッシュの東西も同様に国内では、最小値は22、最大値は48で両者の差は26であるため、最低5bitで表現できる。同一1次メッシュ内の2次メッシュは8×8の64の領域に分割されているため、64の範囲を表現できる6bitを確保する必要がある。よって2次メッシュコードを表現するためには、これらを加算して計17bitを要することが分かる。メッシュ内 ID の範囲に関しては各方式によって異なるが VICS リンクのメッシュ内 ID は12bitで表現できる[14]。区間 ID は5桁の十進数で表現されるため、17bitで表現可能である。このメッシュ内 ID に進行方向の正順、逆順を区別するための1bitを追加すると一意に道路を特定できる ID を得ることができる。道路特定情報毎の情報量を示した表を表 5.1.6-1 に示す。

表 5.1.6-1 道路特定情報毎の情報量

	2次メッシュコード	メッシュ内 ID	進行方向	計
VICS リンク番号	17bit	12bit	1bit	30bit
区間 ID		17bit		35bit

車車間通信メッセージガイドライン ITS FORUM RC-013 では自由領域にデータを格納する際に、個別アプリデータ長を定義するが、そのデータ長から格納道路特定情報数を得ることが可能であるため、省略することを前提とする。道路特定情報の最大格納数を 2 と仮定しても、区間 ID の場合は 70bit となり、自由領域に格納可能である。

VICS リンクに関しては、一つのリンクの進行方向に対する長さが本研究で定義した道路リンクと比較して長い傾向にあるが、リンクの始点からの距離を追加して格納することで、相手車両側で VICS リンク中のどの辺りに位置しているかが判断できるため、より細かい粒度の道路リンクに分割して関連車両の抽出が可能であると考えられる。そのため、VICS リンクを使用する際には、車車間メッセージにリンクの始点からの自車両のいる距離を追加することも効果的であると考えられる。

また、本研究の用途においての道路特定情報は、車車間通信の到達範囲で一意となればよいため、2次メッシュコードすべてを送らず、上位 bit の情報を省略することで、データサイズを圧縮できる可能性がある。但し、区間 ID は 2次メッシュ境界でノードが配置されないため、遠方の 2次メッシュコードを持つ区間 ID が近辺に存在する可能性があるため、上記方法での圧縮はできない。

5.1.6.3. 道路不定時の運用方法

実用上においては、車両が走行中の道路を特定が困難な場合が存在する。そのような際には、道路特定情報を不定として送信し、受信車両は常にこれらの車両を監視対象であると判断し、関連車両の見逃しを抑止する。想定される道路特定情報が不定となる場合を以下に述べる。

- ・道路特定情報が多数となる場合

候補となる道路が複数存在する際に、複数の道路識別情報を格納することの有効性に関しては上述したが、道路環境によって候補となる道路が一定数以上存在し、確度の高い道路が絞りきれない際には、道路特定情報を不定として送信し、該当車両を監視対象として残すことが有効である。

- ・位置精度が著しく悪化している場合

非自動走行車両においては、GPS の受信状況によって位置精度が著しく悪化する場合がある。GPS の受信状況から得られる誤差範囲が閾値以上の場合、道路特定情報を不定とする必要があるが、さらに送信される位置情報そのものの信頼性が低いため、このような車両の情報を受信した自動走行車両は周囲に危険な車両が存在する可能性に留意し、自律センサによる検出で補間するものとする。

- ・データのバージョンが ID の永続性の保証期間外の場合

道路特定情報として利用する共通 ID のデータの更新時において、新規に道路ができた場合などに、既存の道路に対してもこれまでの道路に割り振られていた ID が変更され、データのバージョン間で同一路の ID が異なる場合がある。この際、以前使用していた ID はその後のデータでは一定期間欠番にすることで、期間内であれば同一の ID に対して異なる道路を指してしまう状況は回避できる。そのため、送信側のバージョンが古く受信側のデータでは欠番となっている ID の場合は強制的に監視対象として扱い、また、送信側のバージョンが新しく受信側が古い場合も、受信側で対応のとれない ID は強制的に監視対象とすることで、関連車両の見逃しを防ぐことができる。しかしながら、送信側のデータが ID の欠番期間より以前のバージョンのデータであった場合は、誤った道路を示すことが想定されるため、送信側でデータのバージョン番号から事前に判断し、道路特定情報を不定として送信することが必要である。

このように、本研究で研究対象とした道路特定情報による関連車両の抽出手法は、非自動走行車両が走行中の道路を特定できない場合においても、上記の適切な運用を行うことで、実環境においても利用可能な手段であることが示せた。

5.2. 第5章まとめ

本研究では関連車両を効率的に抽出するための情報として、道路特定情報（車両が走行している道路を特定するための情報）を車車間通信メッセージに付加した際の関連車両の抽出効果を評価した。

評価を行うにあたっては、まず関連車両の抽出を行う上で道路特定情報に必要な要件を定義し、道路特定情報として適切な方式を選定した。

ついで、高速道のジャンクションや立体交差の典型例について道路モデルを作成し、理想的な条件下においての抽出効果をシミュレーションにて確認した後に、実走行データを取得してシミュレーションを行い、実環境下での抽出効果を評価した。緩やかに分岐している箇所など非自動走行車両の位置精度では、走行中の道路が一意に特定することが難しい場所があることが昨年度の研究結果からも確認できているが、このような場所では、送信する道路特定情報を最も確からしい一つに絞るのではなく、可能性のある複数の道路特定情報を送信することで、見逃しを抑止でき且つ効率的に関連車両の抽出が行えることを確認した。

以上により、実環境においても、道路特定情報を利用することで関連する車両を見落とさずに抽出しつつ、関連のない車両を程度良く効率的に除去することができることを確認した。

最後に、車車間通信メッセージに道路特定情報を格納する際に適切なフォーマットについて検討を行った。

本研究で検討した道路特定情報は現行の車車間通信メッセージの枠組みを変えることなく、自由領域を使用することで利用可能なものである。

本研究で対象とした道路特定情報は、自動走行用の地図データとして検討されているダイナミックマップでも対象となっており[15]、今後の自動走行用の車車間通信メッセージの策定にあたっては、基本情報として盛り込まれることを期待する。

5.3. 参考文献

- [1] 中條覚, 柴崎亮介, “レーンレベルの位置参照方式具体化へ向けて,” 2015.
- [2] 平城正隆, “道路情報の流通基盤の動向,” ITS Japan 次世代デジタル道路情報委員会, 2011.
- [3] 小出勝亮, 宮崎要, 堀口亮太, 赤羽弘和, “VICS 情報とプローブ情報の融合手法の研究,” 2004.
- [4] 公益財団法人 日本交通管理技術協会, “VICS リンク及び交通規制データの作成・流通の効率化に関する調査研究,” 2013.
- [5] 一般財団法人 道路交通情報通信システムセンター, “よくあるご質問,” [オンライン]. Available: http://www.vics.or.jp/faq/faq_other.html
- [6] 日本デジタル道路地図協会, “道路の区間 ID テーブル標準 Ver.1.2,” 2015
- [7] NEXCO 東日本, “JCT 標識マップ,” [オンライン]. Available: http://www.driveplaza.com/traffic/jct_map/
- [8] NEXCO 中日本, “標識ナビまっふ,” [オンライン]. Available: http://www.nexco.co.jp/navi/jct_map/
- [9] NEXCO 西日本, “JCT 案内図,” [オンライン]. Available: http://www.w-nexco.co.jp/search/jct_map/
- [10] 首都高速道路, “JCT・複雑なルート案内,” [オンライン]. Available: <http://www.shutoko.jp/use/network/jct/>
- [11] 名古屋高速道路, “名古屋高速道路路線図,” [オンライン]. Available: <http://www.nagoya-expressway.or.jp/guide/rosenzu/index.html>
- [12] 阪神高速道路, “路線網図,” [オンライン]. Available: <http://www.hanshin-exp.co.jp/drivers/douro/route/index.html#rosen>
- [13] 一般財団法人 日本デジタル道路地図協会, “道路の区間 ID テーブル 2016/06/01 版,” [オンライン]. Available: <http://www.drm.jp/etc/roadsection.html>.
- [14] 一般財団法人 日本自動車研究所, “協調システムのデータ辞書 (案) Ver.3,” 2014.
- [15] ダイナミックマップ構築検討コンソーシアム, “地図データ作成要領 (案) Ver.1.0 2016/3/4 版,” 2016.

第6章 研究発表などの成果

6.1. 研究発表

- ・ 査読付き誌上発表論文数
実績 0件
- ・ 査読付き口頭発表論文数
実績 0件
- ・ その他の誌上発表数
実績 0件
- ・ 口頭発表数
実績 0件

6.2. 特許出願

- ・ 特許取得数
実績 0件
- ・ 特許出願数
実績 0件

6.3. 第6章まとめ

	平成 28 年度 実績*	バイオニア(株)	他 研究機関
特許取得数 (うち海外分)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
特許出願数 (うち海外分)	11 件 (1 件)	0 件 (0 件)	11 件 (1 件)
査読付き誌上発表 論文数 (うち海外分)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)
査読付き口頭発表 論文数 (うち海外分)	6 件 (6 件)	0 件 (0 件)	6 件 (6 件)
その他誌上発表数 (うち海外分)	2 件 (0 件)	0 件 (0 件)	2 件 (0 件)
口頭発表数 (うち海外分)	19 件 (3 件)	0 件 (0 件)	19 件 (3 件)
報道発表数 (うち海外分)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

*共同研究全体の目標・実績を示す。

第7章 その他研究開発活動

7.1. ビジネスプロデューサ会議

7.1.1. 会議の概要

ビジネスプロデューサ会議の位置付け・役割、実施期間、開催回数、構成員について、以下に示す。

7.1.1.1. 位置付け

会議の位置付けは、以下のとおりである。

【ビジネスプロデューサ会議の位置付け】
研究開発内容に関連する市場動向、技術動向、国際標準化動向等を俯瞰的に見た上で、事業計画や事業進捗状況に対する総括を行う。

なお、研究開発体制は下図に示すとおりである。

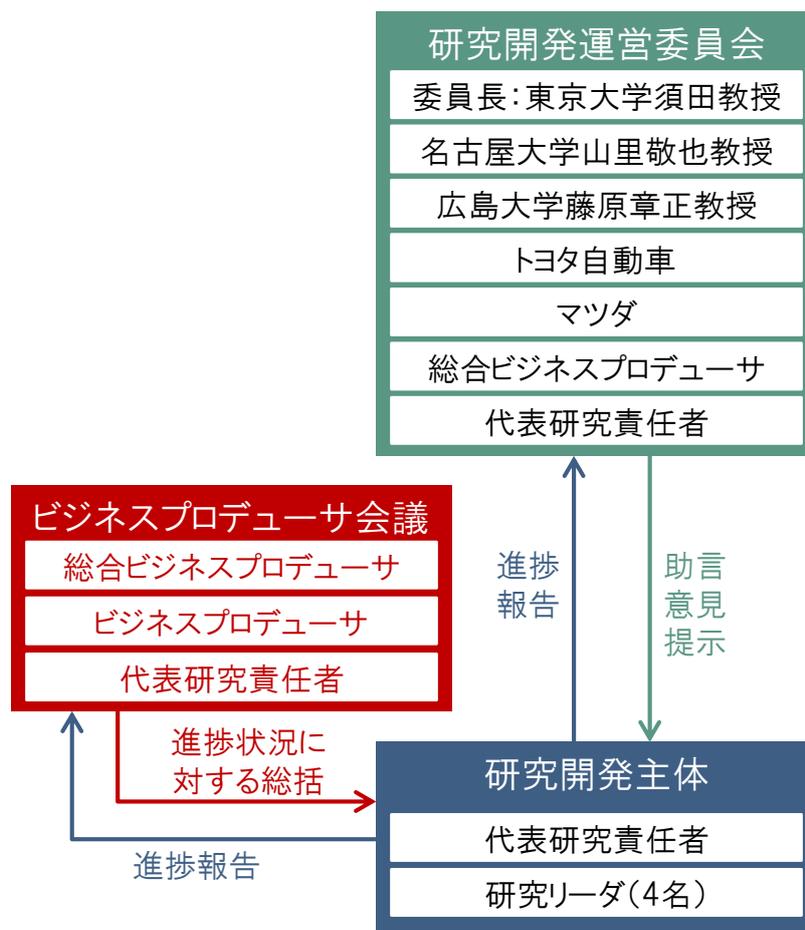


図 7.1.1-1 研究開発体制

7.1.1.2. 期間

会議の開催期間は、研究開発期間に合わせ、平成 26 年度から平成 28 年度までの三カ年とした。

7.1.1.3. 回数

会議開催回数は、毎年 3 回実施し、三カ年で計 9 回とした。

7.1.1.4. 開催時期

会議の開催時期は、概ね研究開発運営委員会の開催前のタイミングで適宜開催した。

7.1.1.5. 構成員

会議の構成員は、以下に示すとおりである。

表 7.1.1-1 ビジネスプロデューサ会議の構成員

立場	所属	氏名
総合ビジネスプロデューサ (外部機関)	株式会社三菱総合研究所	杉浦 孝明
ビジネスプロデューサ (各研究機関より研究開発 に直接携わっていない者)	株式会社デンソー	伊藤 敏之
	パナソニック株式会社	阿部 朋明
	株式会社パイオニア	柴崎 裕昭
	国立大学法人電気通信大学	藤井 威生
代表研究責任者	株式会社デンソー	難波 秀彰

7.1.2. 会議における検討事項と三ヵ年の計画

三ヵ年に亘るビジネスプロデューサ会議では、下表に示す①～⑦の7項目について検討・総括を実施することを予定している。なお、各項目の実施時期については、平成26年度に②・③・⑤・⑦、平成27年度に①・②・⑤・⑦、平成28年度に④・⑤・⑥・⑦を実施した。

表 7.1.2-1 検討・総括事項と実施時期

検討・総括事項	実施時期		
	平成26年度	平成27年度	平成28年度
①市場動向調査※1		○	
②技術動向調査※1、※2	○	○	
③国際標準化に関する戦略の検討	○		
④知的財産権に関する戦略の検討			○
⑤研究開発計画・取り組みの進捗状況に対する総括（改善意見の提示等）	○	○	○
⑥研究開発機関以外における利活用方策の検討			○
⑦取り組みの進捗状況説明資料のオーソライズ（概要版・詳細版）	○	○	○

※1：①市場動向調査、及び②技術動向調査については、日本国内に限らず適宜海外動向も把握する。

※2：②技術動向調査は、平成26年度は北米における5.9GHzを活用した車車間・路車間通信の研究開発動向等を中心に調査し、平成27年度は、通信技術全般に係る動向を調査することを予定。

なお、本年度に実施した④知的財産権に関する戦略の検討及び⑥研究開発機関以外における利活用の検討については、以下に示す内容について調査検討を実施した。

7.1.2.1. 知的財産権に関する戦略の検討

現状における、車車間通信や路車間通信に関わる知財の申請状況／取得状況について情報収集を行い、分野の類型化と当該分野における出願件数、経年的な傾向等について分析を行った。分析結果に基づき、今後の技術開発の方向性について検討を行った。

7.1.2.2. 研究開発機関以外における利活用方策の検討

これまでの研究開発の成果に関するビジネスプロデューサ会議の視点での議論にあたり、研究開発の内容等について各社の研究担当者の意見を踏まえ、取りまとめを行った。それを踏まえて、研究開発機関以外における利活用も含め、今後の研究開発成果の利活用や研究開発の深度化の方向性を検討した。

7.1.3. 平成 28 年度の会議の開催状況

平成 28 年度のビジネスプロデューサ会議は、以下に示す日程及び次第で開催した。

表 7.1.3-1 平成 27 年度のビジネスプロデューサ会議の開催状況

回	開催日	議題
第 1 回会議	平成 28 年 6 月 17 日 (木)	1) 平成 28 年度の実験計画 2) 今年度のビジネスプロデューサ会議の進め方
第 2 回会議	平成 28 年 11 月 14 日 (月)	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
第 3 回会議	平成 29 年 2 月 15 日 (水)	1) BP 会議の成果とりまとめについて

なお、関連する研究開発運営委員会は、以下に示す日程で開催した。

表 7.1.3-2 平成 27 年度の研究開発運営委員会の開催状況

回	開催日
第 1 回会議	平成 28 年 6 月 28 日 (水)
第 2 回会議	平成 28 年 11 月 23 日 (水)
技術討論会	平成 29 年 3 月 6 日 (月)

ビジネスプロデューサ会議運営支援業務

報告書

平成 29 年 2 月 28 日

 株式会社三菱総合研究所

目次

1. 業務概要	2
1.1 背景	2
1.2 目的	2
2. ビジネスプロデューサ会議の概要	3
2.1 会議の概要	3
2.2 会議における検討事項と三ヵ年の計画	5
2.3 平成 28 年度の会議の開催状況	6
3. 知的財産権に関する戦略の検討	7
3.1 自動運転・路車間通信・車車間通信に関わる知的財産の概況	7
3.2 特許の出願数の推移	9
3.3 車車間通信に関わる知的財産の概要調査	11
3.4 車車間通信に関わる知的財産の内容分野	12
3.5 車車間通信に関わる特許の応用先	14
3.6 出願年ごとの通信技術の内訳	15
3.7 出願年ごとの応用技術の内訳	16
3.8 車車間通信に関わる特許出願者の傾向	18
4. 技術動向調査	19
4.1 車車間通信機器の搭載に関する NPRM の公表	19
4.2 NRPM 文書構成	21
4.3 NPRM の内容例	22
4.4 規則（案）の記載項目	23
4.5 規則案における記載	24
4.6 送信要件（サマリー）	25
5. 研究開発機関以外における利活用方策の検討	27
5.1 プロジェクトの成果と今後の課題	27
5.1.1 通信システムと直接関連する研究開発	29
5.1.2 アプリケーション視点からの研究開発	30
5.2 今後の課題	31
5.3 利活用の方向性等	34
5.3.1 今後の方向性（提言）	34

6. おわりに	36
7. ビジネスプロデューサ会議における議論	37
7.1 第1回会議	37
7.2 第2回会議	40
7.3 第3回会議	42

1. 業務概要

1.1 背景

総務省では、内閣府の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）自動走行システム研究開発計画のうち「ICTを活用した次世代 ITS の確立」を担当している。

「ICTを活用した次世代 ITS の確立」には、下記 3 つのサブプロジェクトがある。

- 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

上記のうち、テーマ I について、株式会社デンソーを代表研究者とし、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の 4 社の共同で受託し、研究開発を進めている。なお、研究開発では下記の課題への対応を実施している。

課題 a) 車車路車協調システムの通信に関する研究開発

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

課題 c) 車車間通信の自動走行への応用課題に関する研究開発

課題 c-1) 複雑な道路形状における車車間通信の課題検討

課題 c-2) 非一般車両と自動走行車両の混在時における課題抽出

課題 d) 自動走行の通信に関する研究開発

課題 d-1) 分散協調 ITS 通信技術開発

1.2 目的

本業務では、上記背景にて示した研究開発を進めるにあたり、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り組み、及びその進捗状況について総括する「ビジネスプロデューサ会議」の運営を支援することを目的とする。

2. ビジネスプロデューサ会議の概要

2.1 会議の概要

ビジネスプロデューサ会議の位置付け・役割、実施期間、開催回数、構成員について、以下に示す。

(1) 位置付け

会議の位置付けは、以下のとおりである。

【ビジネスプロデューサ会議の位置付け】

研究開発内容に関連する市場動向、技術動向、国際標準化動向等を俯瞰的に見た上で、事業計画や事業進捗状況に対する総括を行う。

なお、研究開発体制は下図に示すとおりである。

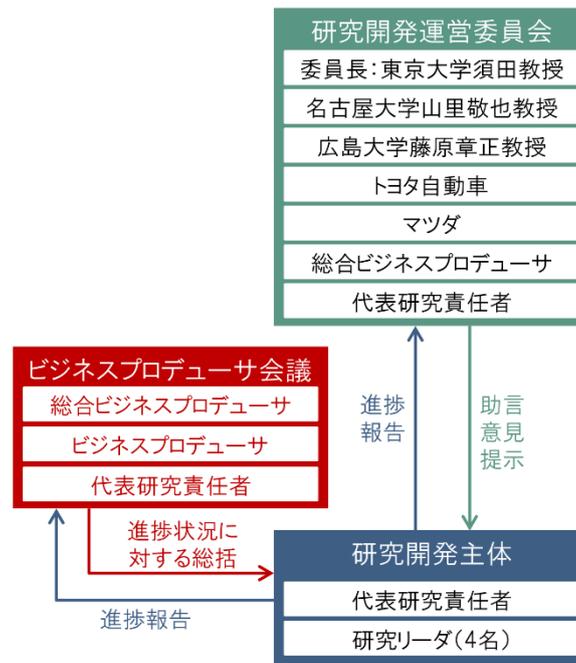


図 2-1 研究開発体制

(2) 期間

会議の開催期間は、研究開発期間に合わせ、平成 26 年度から平成 28 年度までの三カ年とした。

(3) 回数

会議開催回数は、毎年 3 回実施し、三カ年で計 9 回とした。

(4) 開催時期

会議の開催時期は、概ね研究開発運営委員会の開催前のタイミングで適宜開催した。

(5) 構成員

会議の構成員は、以下に示すとおりである。

表 2-1 ビジネスプロデューサ会議の構成員

立場	所属	氏名
総合ビジネスプロデューサ (外部機関)	株式会社三菱総合研究所	杉浦 孝明
ビジネスプロデューサ (各研究機関より研究開発 に直接携わっていない者)	株式会社デンソー	伊藤 敏之
	パナソニック株式会社	阿部 朋明
	株式会社パイオニア	柴崎 裕昭
	国立大学法人電気通信大学	藤井 威生
代表研究責任者	株式会社デンソー	難波 秀彰

2.2 会議における検討事項と三カ年の計画

三カ年に亘るビジネスプロデューサ会議では、下表に示す①～⑦の7項目について検討・総括を実施することを予定している。なお、各項目の実施時期については、平成26年度に②・③・⑤・⑦、平成27年度に①・②・⑤・⑦、平成28年度に④・⑤・⑥・⑦を実施した。

表 2-2 検討・総括事項と実施時期

検討・総括事項	実施時期		
	平成26年度	平成27年度	平成28年度
①市場動向調査 ^{※1}		○	
②技術動向調査 ^{※1、※2}	○	○	
③国際標準化に関する戦略の検討	○		
④知的財産権に関する戦略の検討			○
⑤研究開発計画・取り組みの進捗状況に対する総括（改善意見の提示等）	○	○	○
⑥研究開発機関以外における利活用方策の検討			○
⑦取り組みの進捗状況説明資料のオーソライズ（概要版・詳細版）	○	○	○

※1：①市場動向調査、及び②技術動向調査については、日本国内に限らず適宜海外動向も把握する。

※2：②技術動向調査は、平成26年度は北米における5.9GHzを活用した車車間・路車間通信の研究開発動向等を中心に調査し、平成27年度は、通信技術全般に係る動向を調査することを予定。

なお、本年度に実施した④知的財産権に関する戦略の検討及び⑥研究開発機関以外における利活用の検討については、以下に示す内容について調査検討を実施した。

(1) 知的財産権に関する戦略の検討

現状における、車車間通信や路車間通信に関わる知財の申請状況／取得状況について情報収集を行い、分野の類型化と当該分野における出願件数、経年的な傾向等について分析を行った。分析結果に基づき、今後の技術開発の方向性について検討を行った。

(2) 研究開発機関以外における利活用方策の検討

これまでの研究開発の成果に関するビジネスプロデューサ会議の視点での議論にあたり、研究開発の内容等について各社の研究担当者の意見を踏まえ、取りまとめを行った。

それを踏まえて、研究開発機関以外における利活用も含め、今後の研究開発成果の利活用や研究開発の深度化の方向性を検討した。

2.3 平成 28 年度の会議の開催状況

平成 28 年度のビジネスプロデューサ会議は、以下に示す日程及び次第で開催した。

表 2-3 平成 27 年度のビジネスプロデューサ会議の開催状況

回	開催日	議題
第 1 回会議	平成 28 年 6 月 17 日 (木)	1) 平成 28 年度の実験計画 2) 今年度のビジネスプロデューサ会議の進め方
第 2 回会議	平成 28 年 11 月 14 日 (月)	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
第 3 回会議	平成 29 年 2 月 15 日 (水)	1) BP 会議の成果とりまとめについて

なお、関連する研究開発運営委員会は、以下に示す日程で開催した。

表 2-4 平成 27 年度の研究開発運営委員会の開催状況

回	開催日
第 1 回会議	平成 28 年 6 月 28 日 (水)
第 2 回会議	平成 28 年 11 月 23 日 (水)
技術討論会	平成 29 年 3 月 6 日 (月)

3. 知的財産権に関する戦略の検討

3.1 自動運転・路車間通信・車車間通信に関わる知的財産の概況

車車間通信や路車間通信に関わる知財の申請状況／取得状況について情報収集を行うため、特許情報の調査を行った。

対象とした特許情報は、特許庁ホームページから「種別」、「検索項目」、「検索キーワード」に条件を付け、検索した結果を利用した。

検索の条件および抽出された件数は、「車車間通信」または「車々間通信」（以下、「車車間通信」とする）が 668 件、「路車間通信」が 559 件であった。

これらに対して、「自動運転」または「自動走行」または「隊列走行」（以下、「自動運転等」とする）といったキーワードを含めた条件を追加すると、「車車間通信」または「車々間通信」が 26 件、「路車間通信」が 16 件であった。

表 3-1 検索条件及び検索結果の件数

項目		検索条件	抽出件数
対象とする種別		公開特許公報 特許公報	-
キーワード	対象検索項目	要約	-
	検索キーワード	車車間通信 or 車々間通信	668 件
		路車間通信	559 件
		車車間通信 or 車々間通信 And 自動運転 or 自動走行 or 隊列走行	26 件
	路車間通信 And 自動運転 or 自動走行 or 隊列走行	16 件	

The screenshot shows the search interface of the Japanese Patent Office. It includes sections for '種別' (Type) with checkboxes for various patent types, 'J-GLOBAL検索' (J-GLOBAL Search) with checkboxes for document types, and a 'キーワード' (Keyword) section with a search box containing '車車間通信 車々間通信' and a search button.

図 3-1 検索画面例

参考 URL：特許庁 Web ページ
(https://www7.j-platpat.inpit.go.jp/tkk/tokujitsu/tkk/TKKT_GM201_Top.action)

なお、特許出願から登録までの流れは、図 3-2 のとおりである。公開特許公報の発行は、

3.2 特許の出願数の推移

(1) 特許の出願数の推移（車車間通信、路車間通信）

「車車間通信」に係る特許（検索件数は668件）について、出願件数の推移をみると（図3-3）、2006年から2009年間の4年間に於いて年間50件超の出願となっている。また、「路車間通信」に係る特許（検索件数は559件）について、出願件数の推移をみると（図3-4）、1999年から2001年の3年間、50件超の出願が為された後、2006年以降、再び増加している。

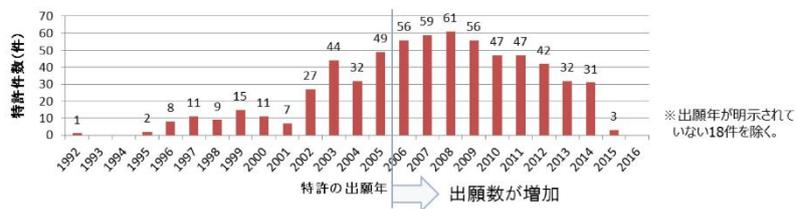


図 3-3 出願件数の推移（車車間通信）



図 3-4 出願件数の推移（路車間通信）

(2) 特許の出願数の推移（自動運転+車車間通信・路車間通信）

「車車間通信」に係る特許（検索件数は668件）のうち、追加キーワードとして「自動運転等」とした特許について（検索件数は26件）、その推移をみると（図3-5）、1996年～1998年は4件ずつ出願され、以降は減少している。

同様に、「路車間通信」に係る特許（検索件数は559件）のうち、追加キーワードとして「自動運転等」とした特許について（検索件数は16件）、その推移をみると（図3-6）、「車車間通信」の出願件数が増加した1996年から2001年の間に特許の出願件数が集中しており、2002年以降は、2006年に1件出願されたのみとなっている。

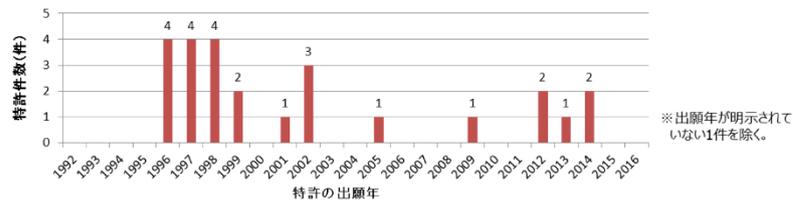


図 3-5 出願件数の推移（自動運転+車車間通信）

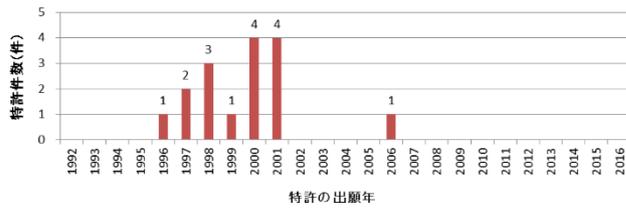


図 3-6 出願件数の推移（自動運転+路車間通信）

3.3 車車間通信に関わる知的財産の概要調査

「車車間通信」に関する特許のうち、出願日が2010年以降のもの（202件）で、かつ特許概要を参照して、車車間通信に直接関係しない特許を除外した194件を対象に、特許情報に記載されている3項目（発明の名称、課題、解決手段）を分析し、「通信技術」、「通信技術を用いた応用技術」（以下、応用技術とする。）に分類した。

出願件数の推移をみると、通信技術は2010年をピークに、応用技術は2011年をピークに、出願件数が減少している。

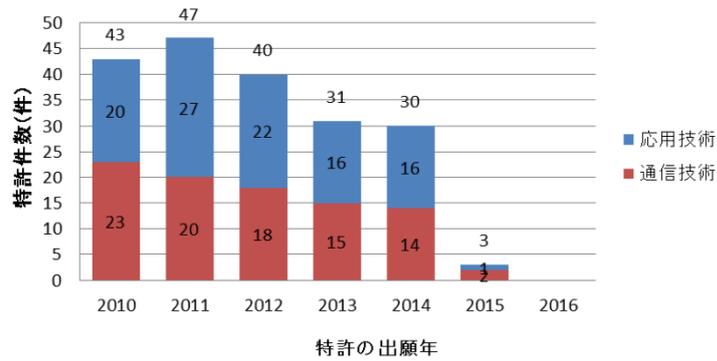


図 3-7 出願件数の推移（技術種別）

表 3-2 特許の分類

通信技術		セキュリティ対策
		通信確実性向上
		通信伝達性向上
		通信混雑回避
		その他
通信技術を用いた応用技術	アプリケーション	運転支援
		車両制御
		駐車支援
		その他
		明示されていない
	車車間通信の利用区分	受信
		送信
	車車間通信の利用目的	周辺車両状況の把握
		緊急車両状況の把握
		外部情報の把握
		障害物状況の把握
		自車両状況の把握
		交通状況の把握
		自車両状況の提供
		ドライバ状況の提供
		外部情報の送信
		交通状況の提供
その他		
情報の提供先	自車両	
	自車両のドライバ	
	周辺車両	
	明示されていない	

3.4 車車間通信に関わる知的財産の内容分野

前項で分類した特許の内容でみると（図 3-8）、通信技術は 92 件 47%、応用技術 102 件 53%となっている。

なお、ここで整理している 194 件の特許出願について、自動運転に関する記載がある（要約の「概要」項、「解決手段」項）特許は、わずか 5 件であった。

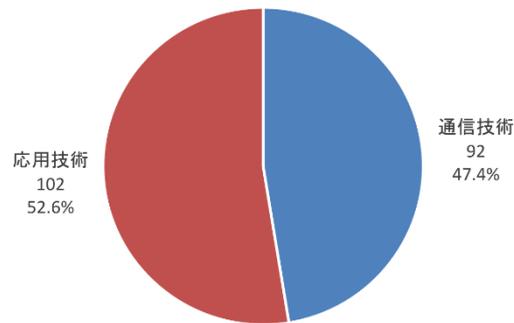


図 3-8 特許の分類別件数

応用技術の内訳をみると、「運転支援のための技術」が最も多く、44 件 43%となっている。ついで、「車両制御」（18 件、18%）となっている。また、応用技術について、車車間通信の利用区分をみると（図 3-10）、「受信」87 件 85%、「送信」10 件 10%、送受信 5 件 5%となっている。

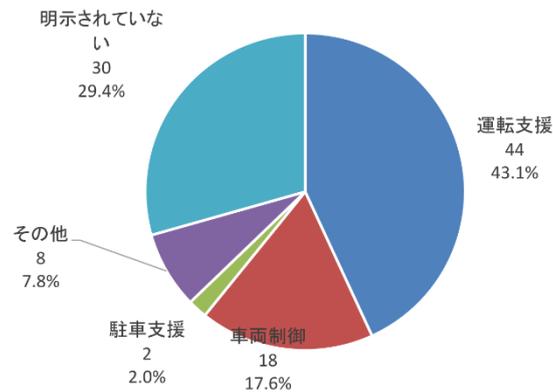


図 3-9 応用技術（図 3-8 左側）のアプリケーション

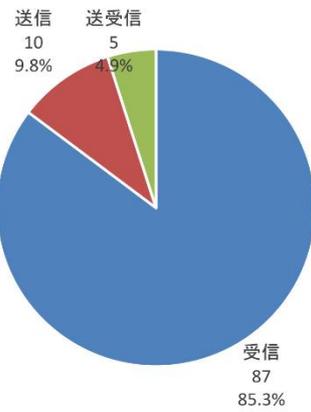


図 3-10 応用技術（図 3-8 左側）の車車間通信の利用区分

他方、通信技術の内訳をみると（図 3-11）、「通信混雑回避のための技術」が最も多く 28 件 30%となっている。ついで、「通信確実性向上」（26 件、28%）、「セキュリティ対策」（14 件、15%）となっている。

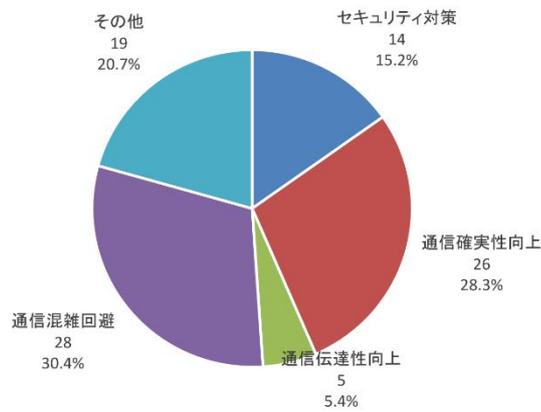


図 3-11 通信技術（図 3-8 右側）の内訳

3.5 車車間通信に関わる特許の応用先

3.4 節において整理した応用技術に関する特許（102 件）について、当該技術を利用する場面をみると（図 3-12～図 3-13）、最も多い特許は、車車間通信において受信側として利用する場面（図 3-12）では、「周辺車両状況の把握」が最も多く（84 件）、ついで「外部情報の把握」（5 件）、「障害物状況の把握」（3 件）となっている。

車車間通信において送信側として利用する場面（図 3-13）では、「自車両状況の提供」（10 件）が多く、その他は 1 件ずつであった。

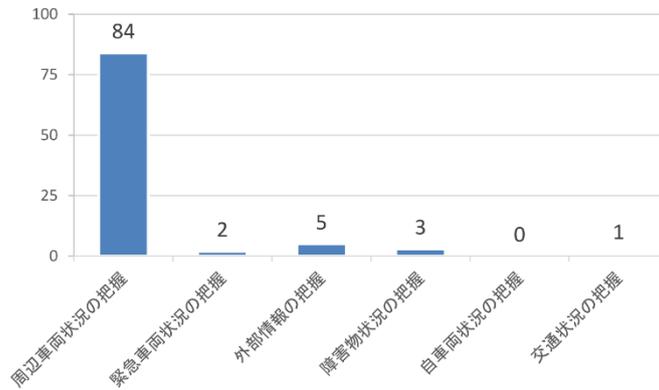


図 3-12 応用技術の内訳のうち受信に利用する際

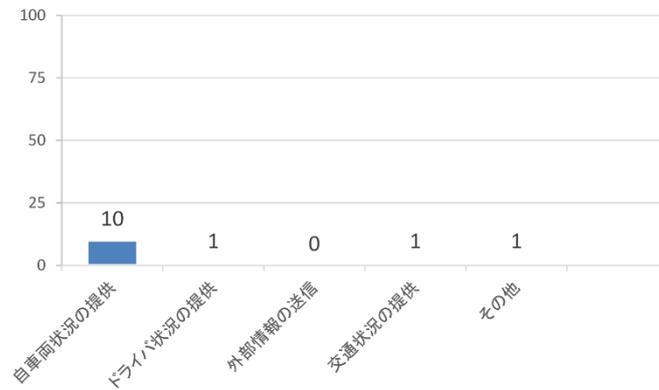


図 3-13 応用技術の内訳のうち送信に利用する際

3.6 出願年ごとの通信技術の内訳

3.4節において整理した通信技術に関する特許(92件)について、通信技術の適用先を出願年ごとにみると(図3-14)、「セキュリティ対策」は2013年がピークになっている。「通信確実性向上」は2010年、2011年、2014年と同程度の出願数があった。「通信混雑回避」は2010年、2011年、2012年と出願数が多い。いずれも、2015年、2016年の出願数は少なくなっている。



図 3-14 通信技術の適用先別にみた出願数の推移

3.7 出願年ごとの応用技術の内訳

3.4 節において整理した応用技術に関する特許（102 件）について、利用場面別にみた出願件数をみると（図 3-15）、受信に利用する技術について、出願数が最も多い「周辺車両状況の把握」は、2010 年から 2014 年において、10 件以上の出願があったものの、2015 年以降、減少している。送信に利用する技術も同様の傾向にあり、送信に利用する技術のうち、出願数が最も多い「自車両状況の提供」は、2010 年から 2013 年まで数件ずつ出願されているものの、2014 年以降、出願数が 0 となっている。

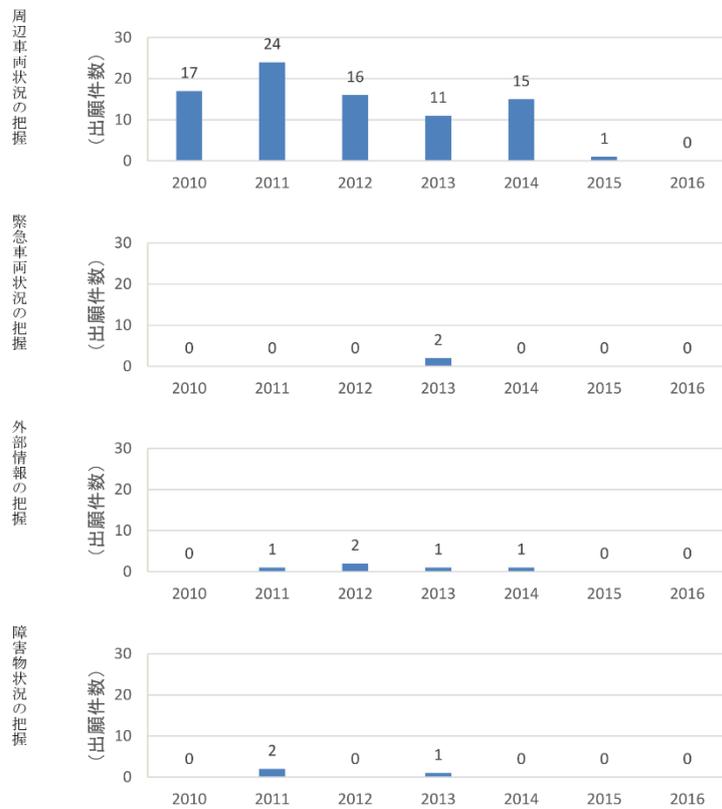


図 3-15 応用技術（受信）の出願件数の推移

自転車状況の把握

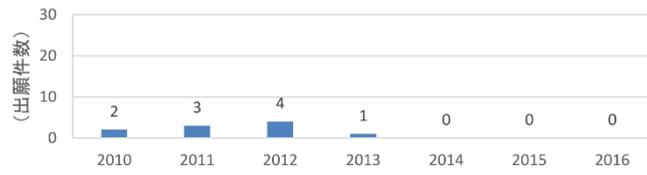


交通状況の把握

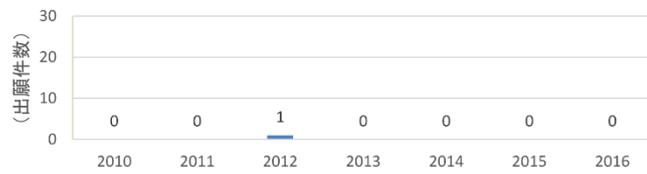


図 3-16 応用技術（受信）の出願件数の推移（続き）

自転車状況の提供



ドライバ状況の提供



外部情報の送信



交通状況の提供



図 3-17 応用技術（送信）の出願件数の推移

3.8 車車間通信に関わる特許出願者の傾向

車車間通信に関わる特許出願者名でみると（表 3-3）、デンソーが最も多く（43 件）、次いでトヨタ自動車（27 件）、三菱電機（12 件）、三洋電機（11 件）、トヨタ IT 開発センター（11 件）となっている。上位を占めているのは、自動車メーカ、自動車部品メーカが多いことがわかる。

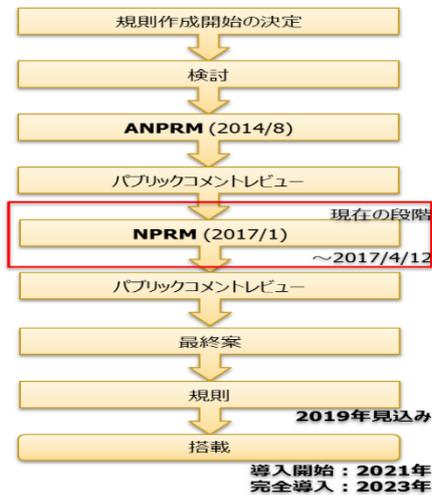
表 3-3 特許の出願者と件数

企業名	出願件数
株式会社デンソー	43
トヨタ自動車株式会社（連名含む）	27
三菱電機株式会社	12
三洋電機株式会社(連名含む)	11
株式会社トヨタ IT 開発センター（連名含む）	11
三菱自動車工業株式会社	9
日産自動車株式会社	6
スズキ株式会社	6
ダイハツ工業株式会社	6
マツダ株式会社	5
本田技研工業株式会社	4
日本電気株式会社	4
いすゞ自動車株式会社	4
パナソニック株式会社	3
株式会社東芝	3
アイシン・エイ・ダブリュ株式会社	3
ダイムラー・アクチェングゼルシャフト	3
沖電気工業株式会社	2
住友電気工業株式会社	2
株式会社日立製作所	2
株式会社日本自動車部品総合研究所 他	2
バイオニア株式会社（連名含む）	2
株式会社パドシーディング	2
株式会社フジクラ	2
パナソニック IP マネジメント株式会社	2
株式会社豊田中央研究所	2
以下、出願件数が 1 件の企業	
日立情報通信エンジニアリング株式会社、富士重工業株式会社、クラリオン株式会社、三菱重工業株式会社、株式会社国際電気通信基礎技術研究所、国立大学法人 名古屋工業大学株式会社日立国際電気、株式会社ミックウェア、日本発条株式会社、ルネサスエレクトロニクス株式会社、株式会社小糸製作所、株式会社日立ソリューションズ、NEC プラットフォーム株式会社、株式会社 JVC ケンウッド、株式会社オートネットワーク技術研究所 他	

4. 技術動向調査

4.1 車車間通信機器の搭載に関する NPRM の公表

2014年8月、NHTSA¹は、新車（小型車）への車車間通信機器の搭載を義務づける規則（FMVSS 150）案の策定に向けた ANPRM（Advanced Notice of Proposed Rulemaking）を公示し、コメント募集を行った。その後、2016年1月、寄せられたコメントを受けた NPRM（Notice of Proposed Rulemaking）案が OIRA（Office of Information and Regulatory Affairs）に提出され、審議が行われた。1年の審議を経た NPRM は、2017年1月12日付で公表された。なお、当初は2016年内に公表されることが予定されていたが、数度にわたり延期されている。



■ANPRM（Advanced Notice of Proposed Rulemaking）

法案提案の事前公告。社会的に大きな影響を与えるような重要な規則を作成する際に、草案などを事前に公表する仕組み。通常、ANPRM には規則等を作成する理由および目的などが記載され、これに対してコメントを募集する。寄せられたコメント等を踏まえ、法案を検討する。

■NPRM（Notice of Proposed Rulemaking）

法案提案の公告。規則の提案の公表であり、コメントを募集する。ANPRM を提示してコメントを募集した場合には、収集されたコメント等を踏まえた、より具体的な条文案が公開される。

¹ National Highway Traffic Safety Administration、米国運輸省道路交通安全局、自動車の安全性に関する調査の実施、情報の公開、安全規格の制定等を行っている。

NPRMはWebで公開され、同ページにおいてコメントの投稿も可能である。コメントの投稿の締め切りは4月12日となっている。

2017年2月13日現在で、34件のコメントが投稿されている。現在のところ、個人名もしくは匿名による投稿で、特定の組織としての投稿は見当たらない。

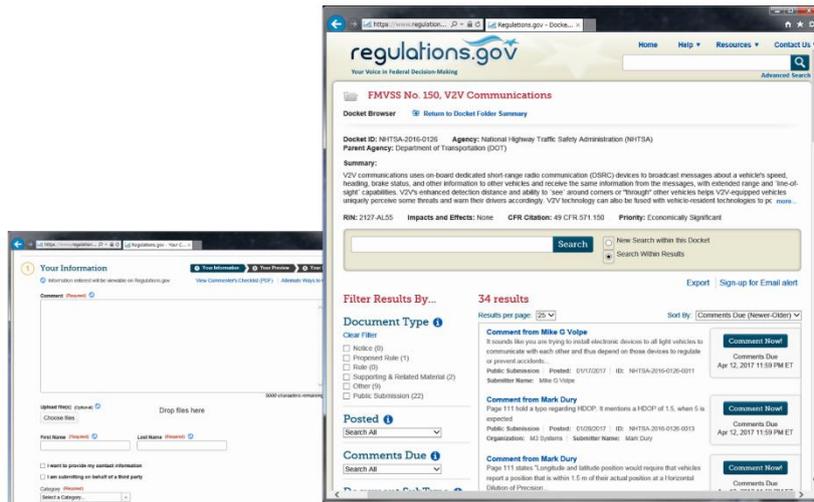


図 4-1 車車間通信機器の搭載に関する NPRM の公表ホームページ

4.2 NRPM 文書構成

NPRM として公表された文書は、約 400 頁となっている。NPRM の中では、V2V 通信および機器、プライバシー・セキュリティ、機器認証、コスト・ベネフィット、実装のタイミング、関連法令などに関する記述、最終である 11 章に FMVSS²の文案が提示されている。

表 4-1 NPRM の目次

I.	Executive Summary
II.	Background
III.	Proposal to regulate V2V Communications
IV.	Public Acceptance, Privacy and Security
V.	Device Authorization
VI.	What is the agency's legal authority to regulate V2V devices, and how is this proposal consistent with that authority?
VII.	Estimated Costs and Benefits
VIII.	Proposed implementation timing
IX.	Public Participation
X.	Regulatory Notices and Analyses
XI.	Proposed Regulatory Text

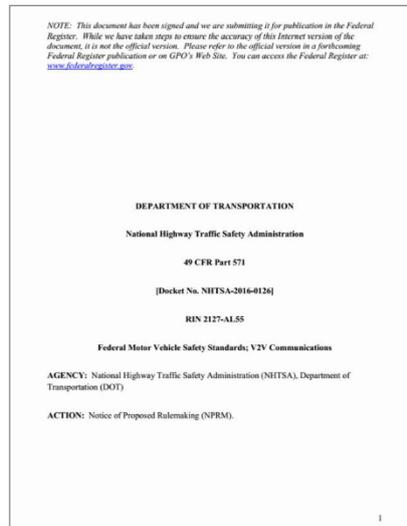


図 4-2 公表された NPRM の表紙

² Federal Motor-Vehicle Safety Standard、米国連邦自動車安全基準

4.3 NPRM の内容例

規則の発行は 2019 年を想定している。その後、段階的に 2021 年より導入し、2023 年には完全実施を見込むものとしている。

NPRM の中では、前段に提案内容の説明を行い、後段では V2V 通信デバイスやアプリケーションに対するコメントを求めている。コメントを求める内容は、次の通りとなっている。

- ユーザーが現に保有する車両に搭載する Aftermarket Devices
- DSRC 以外の代替通信システム
- 今後のアクション（セーフティアプリケーション、技術動向）
- 認証にかかわる PKI の代替案
等

NPRM では、車載機器の重量、コストの見積もりも提示している。(表 4-2)

表 4-2 車載器の重量及びコストの見積もり

Component	Costs (2012 \$)	One radio		Two radios	
		Weight (lbs)	Costs (2014 \$)	Weight (lbs)	Costs (2014 \$)
DSRC Transmitter/Receiver	70	0.55	72.31	0.65	134.29
DSRC Antenna	5	0.22	5.17	0.44	10.33
Electronic Control Unit	45	0.55	46.49	0.55	46.49
GPS	14	-	14.46	-	14.46
GPS Antenna	4	0.22	4.13	0.22	4.13
Wiring	9	1.20	9.30	1.20	9.30
Displays	4.79	0.17	4.95	0.17	4.95
HSM	-	0.00	4.65	0.00	4.65
For 2 Apps	-	0.00	1.32	0.00	1.32
Total	151.79	2.91	162.77	3.23	229.91

Component	Consumer cost One radio(\$)	Consumer cost Two radios(\$)
DSRC Transmitter/Receiver	109.19	202.78
DSRC Antenna	7.80	15.60
Electronic Control Unit	70.19	70.17
GPS	21.84	21.84
GPS Antenna	6.24	6.24
Wiring	14.04	14.04
Displays	7.47	7.47
HSM	7.02	7.02
For 2 Apps	2.00	2.00
Total	245.79	347.18

資料) NPRM の Table VII-1 Estimated component unit weight and Cost to OEMs 及び Table VII-2 Estimated component consumer unit Cost (2014, \$)より作成

4.4 規則（案）の記載項目

NPRM の規則（案）の記載は、「XI. Proposed Regulatory Text」（NPRM の 368 頁）から記載されている。具体的な記載内容（項目）は、次の通りである。

PART 571 – FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS
 ・ Standard No. 150; V2V communications

S1	Scope	スコープ（V2V 通信機能の動作要件を規定）
S2	Purpose	目的（新車両における BSM の送受信を可能とする）
S3	Application	適用（重量 1 万ポンド以下の車両）
S4	Definitions	定義
S5	Requirements	要件
	S5.1 Content	メッセージ内容
	S5.2 Initialization time	初期送信時間（2 秒以下）
	S5.3 Transmitting the BSM	BSM 送信要件
	S5.4 Signing the BSM	BSM 署名（未記載）
	S5.5 Congestion Mitigation	混雑緩和
	S5.6 Detecting misbehavior	誤動作検出
	S5.7 Indicating a malfunction	誤動作表示
	S5.8 (Reserved)	未記載（Security Credentials Management System）
	S5.9 Communicating about and obtaining software and security updates	アップデート
	S5.10 (Reserved)	未記載（Hardware protection）
	S5.11 Consumer Privacy Statement	プライバシー
S6	Test Conditions	テスト条件
S7	Test Procedures	テスト方法
S8	Phase-in schedule	段階的導入
S9	Interoperable technology	相互運用可能な技術（要件を満たすことができるなら DSRC 以外の利用も許容）

4.5 規則案における記載

規則（案）では、段階的導入を提示している。具体的には、「規則制定から2年後の9月1日以降に生産される車両に適合」、「翌年9月1日まででは50%に適合」、「翌年は75%」としており、3年目に100%を要求している。

プロトコルスタックは、IEEE802.11p、IEEE1609 シリーズで SAE J2735 の Basic Safety Message を送信することとしている。また、メッセージには、Certificate、Signature を含む形式を要求している。

表 4-3 「Table VIII-1 Proposed Lead Time and Phase-In Schedule」 (導入手順)

Time period	of vehicles
1 year after final rule	0%
2 years after final rule	0%
3 years after final rule	50%
4 years after final rule	75%
5 years after final rule	100%

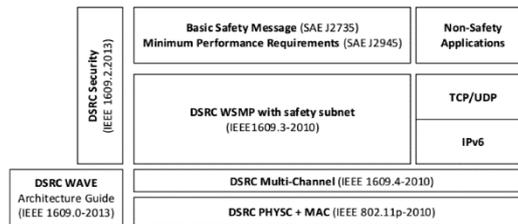


図 4-3 「Figure III-6 DSRC Protocol Stack」 (プロトコルスタック)

表 4-4 「Table III-4 Basic Safety Message Key Components」

Certificate	Message Content	Signature	Timestamp
Pseudonym Certificate <ul style="list-style-type: none"> Public Key Signature of the Pseudonym Certificate Authority Validity Period <ul style="list-style-type: none"> Says when certificate effective and when expires. 	(i.e., the speed, heading, location, etc. information that supports the safety applications)	Produced from the following steps : <ul style="list-style-type: none"> Compute hash of the Message Content and Timestamp. Use your <u>private key</u> to create an encoded string of numbers. The encoded string of numbers is your <u>signature</u>. 	(i.e., when the information is transmitted.)

4.6 送信要件（サマリー）

DSRCによる送信要件は、以下のように示されている。

DSRC以外の通信について、「要件を満たすのであれば認める」という表現になっており、DSRC以外の通信を否定しているものではない。しかし、具体的なシステム等は示されていない。

表 4-5 「Table III-1—Summary of BSM Transmission Requirements」

要件	Requirement	Proposal	Relationship to standards
送信方向（水平方向）	・最低 300m ・360 度	Range (longitudinal & lateral)	Minimum 300m; 360 degrees around vehicle SAE J2945/1
送信方向（垂直方向）	・+10 度 ～-6 度	Range (Elevation)	At elevation angle of +10 degrees and -6 degrees SAE J2945/1
信頼性	・PER10%未満	Reliability	Packet Error Rate <10% SAE J2945/1
BSM 送信チャンネル	・172ch	BSM Radio Channel	All BSM transmissions and receptions on 172 (safety-critical communications) SAE J2945/1
データレート	・6Mbps	Data Rate	6 Mbps SAE J2945/1 (one of the bitrates included in 802.11)
送信周期	・毎秒 10 回 （非混雑環境）	Transmission Frequency	10 times per second under non-congested conditions SAE J2945/1
送信タイミング	・0～5ms でランダムに調整	Staggering Transmission Time	Random transmission of BSMs every 100 +/-ms between 0 and 5 ms SAE J2945/1

表 4-6 「Table III-3—Summary of BSM Content Requirements」 (メッセージ内容)

要件	Requirement	Proposal	Applicable standards
メッセージ メッセージ ID : 2	Message Packaging	Message ID—(2) for BSMMessage Count—sequence NoTemp ID—random No. from specific device	SAE J2735
時刻 (UTC タイム) ±1ms 以内	Time	Use UTC standard to set time	SAE J2735, J2945/1
位置 (経度、緯度) 誤差 1.5m 以内	Position (Longitude & Latitude)	Longitude and Latitude within 1.5m of actual position at HDOP <5 and 1 sigma absolute error	SAE J2735, J2945/1
位置 (高度) 誤差 3m 以内	Position (Elevation)	3m (10 feet) (more difficult to calculate than lat/long)	SAE 2735, J2945/1
速度 誤差 1km/h 以内	Movement (Speed)	Accurate within 0.28 m/s (1 kph)	SAE J2735, J2945/1
方位 誤差 2 度以内 (12.5m/s 超) 誤差 3 度以内 (12.5m/s 以下)	Movement (Heading)	Speed >12.5 m/s accuracy within 2 degree—Speed >12.5 m/s within 3 degrees	SAE J2735, J2945/1
加速 誤差 0.3 m/s ² (水平方向) 誤差 1 m/s ² (垂直方向)	Movement (Acceleration)	Longitudinal & Lateral accuracy 0.3 m/s ² —Vertical accuracy 1 m/s ²	SAE J2735, J2945/1
ヨーレート 誤差 0.5 度/s	Movement (Yaw rate)	Accuracy within 0.5 degrees per second	SAE J2735, J2945/1
トランスミッション位置 前進、後進、ニュートラル	Vehicle Motion Indicator (Transmission)	Report if vehicle is in forward or reverse gear, or neutral	SAE J2735, J2945/1
ステアリング舵角 誤差 5 度以内	Vehicle Motion Indicator (Steering Wheel Angle)	Report the direction of steering wheel angle within 5 degrees of actual	SAE J2735, J2945/1
車両サイズ (車長、車幅) 誤差 0.2m 以内	Vehicle Size	Vehicle length and width within 0.2m tolerance	SAE J2735, J2945/1
除外データ項目 車両や所有者を特定する情報は 含まない	Excluded Data Elements: No data elements directly or, as a practical matter, linkable to a specific individual or vehicle (including but not limited to VIN string, Owner code, Temporary ID, Vehicle Type)	Mandate that these optional data element cannot be populated for device in privately owned light vehicles	SAE J2735, J2945/1
経路 23 点以上 300m 以上	Path History	Provides concise representation of vehicles recent movements with accuracy of min 23 points and required to be transmitted with BSM	SAE J2735, J2945/1
予測 Prediction	Path Prediction	Perpendicular Distance—1M; Radius error—2%; Transmission Time 4s	SAE J2735, J2945/1

5. 研究開発機関以外における利活用方策の検討

5.1 プロジェクトの成果と今後の課題

これまでの研究開発の成果に関するビジネスプロデューサ会議の視点での議論にあたり、研究開発の内容等について各社の研究担当者の意見を踏まえ、取りまとめを行った。

本会議において、これまでの研究開発の成果に関するビジネスプロデューサ会議の視点でのとりまとめ等に関して議論いただくにあたっての議論資料を作成するため、研究開発の内容等について各社の研究担当者にお話を伺った

■お伺いした内容

- ・研究の目標、目的
- ・目標／目的に対する成果
- ・成果の助けとなった事項や制約となった事項
- ・今後の課題
- ・総務省、SIP への要望

- 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。
- 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。
- 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。
- 全体が分かるようなまとめができるというのではない。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。

参考：平成28年度第一回ビジネスプロデューサ会議（2016年6月17日）議事（一部抜粋）

実施した研究開発の概要は下表のとおりである。

表 5-1 実施した研究開発

研究課題	概要
a) 車路車間システムの通信に関する研究開発	
特定エリアにおける車両集中時の通信特性	高通信トラフィック状況の評価 走行状態の影響要因
実環境下における通信特性	普及率による通信特性への影響 ユースケースの適用評価、対応策の検討
b) 車路車間システムのサービスに関する研究開発	
情報重合/支援競合時の対応手法	サービス競合時に適切な案内を提供する方法の検討 運転支援の記録、評価システムの開発
自動走行システムへの通信情報の活用	通信で共有すべき先読み情報と共有手法の検討、検証
c) 普及促進に関する研究開発	
普及車載機の検討	普及型車載器の評価（精度、情報量の影響）、高度化の可能性評価 複雑な道路形状での車車間通信の課題の検討
非一般車両アプリの有効性	緊急車両アプリの検証、救急車実運用データ収集 非一般車両と自動運転車両の混在時の成立性の検証、課題の検討
公共交通アプリの有効性	公共交通車両からの情報による運転支援サービス評価
d) 自動走行の通信に関する研究開発	
分散協調技術	分散協調型車車間ネットワークの基本性能と有効性の検証
協調中継技術	複数の路側中継器による効果、影響の評価
誤り訂正符号化技術	符号化、複合法の検討、評価
通信プロトコルへの適用	既存のプロトコルへの適用の検討、効果分析

5.1.1 通信システムと直接関連する研究開発

通信システムと直接関連する研究開発として以下を実施。

a) 車車路車間システムの通信に関する研究開発

- 現在の通信システムの評価を実施し、その改善方策等について研究

d) 自動走行の通信に関する研究開発

- 通信プロトコルの改善として、分散協調によるパラメータの最適化、中継機の活用、現行プロトコルの改善などについて研究

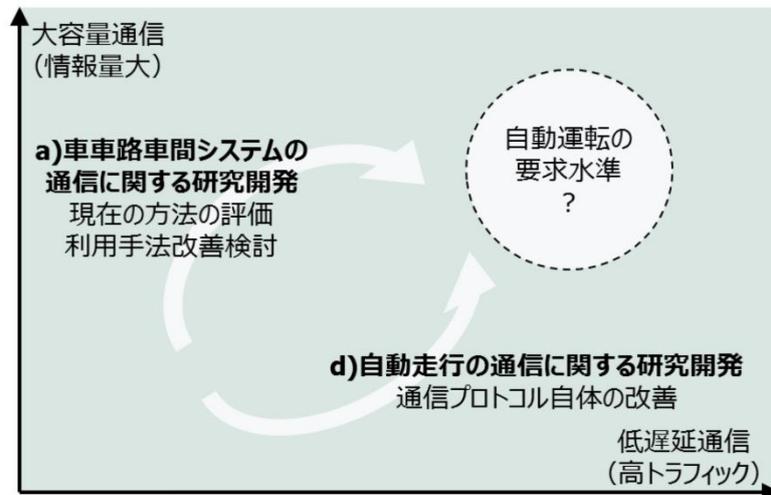


図 5-1 通信システムに関する研究開発

5.1.2 アプリケーション視点からの研究開発

実際のアプリケーションに近い視点からの研究開発として以下を実施。

b) 車車路車間システムのサービスに関する研究開発

- ドライバーへの適切な情報提供、ユースケースによる通信の情報の利用に関する研究

c) 普及促進に関する研究開発

- 一般車両向けの普及車載機を前提とする利用に関する研究
- 救急車、公共交通車両関連のアプリの有効性、自動走行の混在に関する研究

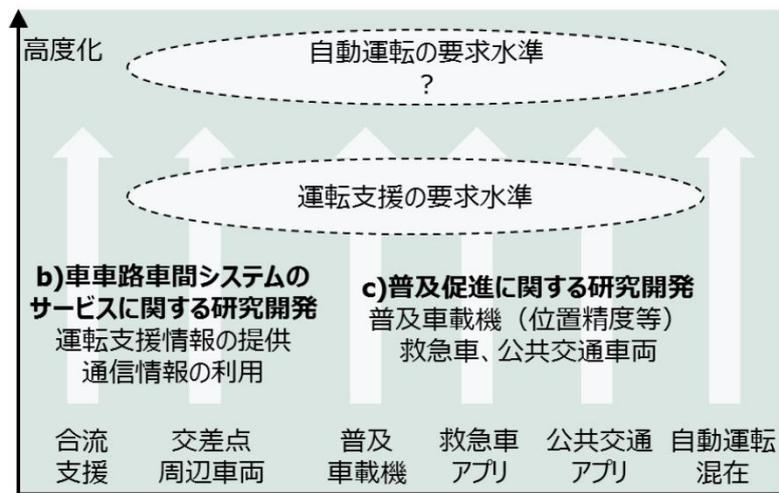


図 5-2 アプリケーション視点からの研究開発

5.2 今後の課題

各社の研究担当者から頂いた様々なご意見について、以下の視点で整理した。

- (1) 全体のアーキテクチャに関する課題
 - ・車車間、路車間、歩車間等を含む、全体の役割分担等をどうすべきか。
- (2) 通信要件に関する課題
 - ・自動運転において通信に求められる要件をどう考えるか。
- (3) 通信の利用方法、帯域に関する課題
 - ・通信帯域の不足にむけてどうするか。
- (4) システムの普及に関する課題
 - ・車車間通信は全ての車両に装着されるべきだが、そうなるか。
 - ・また、そうなるまでどう考えるか。
- (5) 他方面との協力に関する課題
 - ・総務省のみならず、他の主体との連携をどう実施していくか。

(1) 全体のアーキテクチャに関する課題

- 現在の研究は 700MHz 前提で研究が行われているが、路車間通信、歩車間通信等が普及したときに通信が成立するのか、また、現在のデータ量が要件を満たせるか等、全体を統括している主体がない。
- 700MHz の範囲でテーマ毎の検討はできるが、それが自動運転システム全体として見たときに、システムとして成立するのか等全体的な検討が必要である。
- 自動運転において車車間通信を何に使用するかということが、通信する情報量を見積もるうえで問題になる。
- 通信のみで自動運転をするとどうなるかという視点で研究したが、結論として通信だけの自動運転は無理である。

(2) 通信要件に関する課題

- 通信システムは、利用者側が必要とする要件に従って開発するのが一般的だが、自動運転における通信に関して、自動車会社がイニシアティブを取っているわけではない。通信業界がプロモーターとして動かないといけない状態になっている。
- 自律センサでここまでできるが、ここからは通信が必要ということが明らかになれば、より研究が進むと考える。
- 2025 年の自動運転車に無線機が搭載されていても、先読み情報だけのやり取りで自動運転のための情報はやり取りしていない可能性もある。
- 現在は通信だけで自動走行にどのように活用するかを検討しているが、本来は自律系のセンサを補完するための通信である。そのため 700MHz 帯を使用した V2X 通信のサービスにおける実モデルに基づいて検証する必要がある。
- 自律系、通信の融合を考えて、どこまでが自律系、どこまでが通信かを考える必要がある。現状では自律系センサの能力が各メーカーによって異なるため、通信の要件が定まら

ない。

- 自動車メーカーは自律システムでの自動運転を検討しており、自動運転に対して通信はどの部分で何をやるかが明確になっていない。現在の検討は、自工会のユースケースの範囲で断片的に研究した。今回の研究によって課題が全て解決され自動運転が可能とはならない。

(3) 通信の利用方法、帯域に関する課題

- 路車と車車が 10MHz 域の同バンドを使用していることは、普及が進めば課題となる。しかし、路側機の数が増えれば車車間通信を行わなくても路車間通信で支援を行えるようになる。都会では路車メイン、地方では車車間メインと場所によって棲み分けけるという方法もある。
- 9割通信が普及したことを想定すると、帯域は不足すると考える。
- 帯域が不足したら柔軟に増やすことができる仕組みが理想であるが、帯域が不足していることを証明することが難しい。
- 人間が無線機を持つようになり、歩車通信間が行われるようになると完全に不足する。
- 自動運転においては、自車の情報を送ることと、自車の自律センサで捉えた他車の情報を送信することがある。そうすると現在使用が想定されている、760MHz の 1Ch では帯域が不足する。そうすると本質的には周波数を増やすことが必要となる。
- 次のステップではマルチチャンネルのアクセスをどうするかが議論となる。
- 利用する周波数帯により特性が大きく異なるため、周波数に関する政策が決まらないと、無線通信での技術的課題もはっきりしない部分が多い。

(4) システムの普及に関する課題

- 自工会から出てきた技術的要件を通信システムが満たすとしても、無線機の普及率が低いことから、そもそもの前提条件を満たすことができない。通信が本当に役に立つ普及状態になるのか、という問題がある。
- 初めから自動運転車のみが存在する訳ではなく、通常の車がいる環境、運転支援装置を搭載する車がいる環境、車車間通信の運転支援装置を搭載する車がいる環境などの過渡期が存在する。
- 現在の V2X による安全運転支援システムの延長に自動運転がある。安全運転支援システムの車車間通信でやり取りされる情報を活用して自動運転で何が出来るか、というアプローチもある。

(5) 他方面との協力に関する課題

- 700MHz の車車間通信という範囲での研究は行えたが、自動運転システムと考えたときに、路車間通信との連携などについては検討できていない。
- 全ての自動車に車載機が搭載されないと、車車間通信だけの合流支援はできないため、現実的には路車間通信が必要になる。合流支援を車車間通信だけでなく、路車間通信も

含めて検討することになると、総務省だけでなく国交省の協力が必要になる。

- 全ての自動車に車載機が搭載された前提で検討を行っているが、そうなるためには機能のレベルは違うが販売が開始された 700MHz 車載機の搭載義務化や普及促進など別の視点での国の取り組みも必要になる。
- 一般道での自動運転における制御においては、信号機の情報をはじめ様々な情報を取得することが有効である。そのためには省庁間の協力が必要となる。

5.3 利活用の方向性等

整理を踏まえて、研究開発機関以外における利活用も含め、今後の研究開発成果の利活用や研究開発の深度化の方向性を検討した。

5.3.1 今後の方向性（提言）

我が国では、自動車交通事故のうち、車両相互間における事故は、平成26年度では事故件数ベースで47%、死亡事故件数ベースで24%に上る。さらに、対人事故は、同年度において、事故件数ベースで9.8%、死亡事故件数ベースで36%となる。()

これまでの研究成果を鑑みると、これらの痛ましい交通事故を削減するための手段として、通信技術を活用した安全運転支援および通信技術を活用した自動運転は、非常に大きな効果を発揮すると想定される。今後、安全支援及び自動運転の分野において、通信技術の活用を促進していくため、次のような提言をとりまとめた。

提言1：通信技術の活用場面の明確化

車両相互の事故や対人事故は、通信技術が貢献可能な事故として期待される。他方、これらの事故をゼロにするためには、必ずしも通信技術のみ（車車間通信、路車間通信）で防ぐことができな事故ではなく、現在、並行して研究開発が進められている自律型センサの活用も必要不可欠であると想定される。

今後、車車間通信や路車間通信における技術開発を円滑に進めていくためには、各事故場面における通信技術及び自律型センサの役割分担の明確化を行っていくことが必要である。

提言2：車載器搭載の支援

車両相互の事故や対人事故に対して、通信技術を活用した効果的なアプリケーション開発が行われたとしても、走行している車両に車載器が搭載されていなければ、その効果は十分に発現しない。そのため、車載器の普及促進は重要となる。

今後、車載器の普及促進を図っていくためには、行政による車載器の搭載を支援するような方策（例えば、車載器搭載に対する補助や米国のような義務化等の制度）が必要である。また、ドライバが車載器の搭載に対して魅力を感じるようなアプリケーションの実現も重要である。こうした新たなアプリケーションの実現のために、路側機が必要な場合には、既存路側機の使用・独自路側機の設置等を推進できるような環境づくりを行っていくことが必要である。

提言3：実環境下におけるデータを活用

我が国では、世界に先駆け、通信を利用したサービスとして、「ITS-Connect」が提供されている。今後、同サービスの普及拡大が進むことにより、ドライバの理解促進も進むとともに、実環境下でのデータの蓄積による新たなアプリケーション開発が期待される。

通信の信頼性や確実性は、周辺環境（交通環境、気象・天候、道路構造・周辺構造物・地

形等の環境)に相当程度、影響を受ける。このため、様々な環境でのサービス実現性の確認等が可能となる研究開発等が行える体制構築を行っていくことが必要である。さらには、より適切な利用方法をドライバに理解してもらうためにも、車載器搭載の普及支援を行うとともに、実環境下での効果検証等を行っていくことが必要である。

提言 4：研究開発の支援が必要

車両相互の事故や対人事故は、それぞれ複雑な条件が複雑に関係し、発生してしまうものである。このような事故を防止するための技術開発は、完成車メーカーや通信機器メーカー、アプリケーションベンダー等が、個々に研究開発を進めていくのではなく、交通事故防止に関わる様々な関係者が一体となり、推進することが重要だと考える。

そのため、今後の研究開発推進にあつては、引き続き、安全運転支援及び自動運転の実現に向けた関係者を一堂に会した研究開発体制の構築が必要である。

また、安全運転支援や自動運転は、様々な最先端の技術を束ね、活用していくことに実現できる技術である。このような技術を束ね、総合的に研究開発可能となるような人材育成が必要である。

表 5-2 類型別交通事故件数（平成 26 年度）

事故類型	交通事故件数合計（件数）		死亡事故件数合計（件数）		
人対車両	56,491	9.8%	1,444	36.0%	
車両相互	正面衝突	12,563	2.2%	384	9.6%
	追突	207,485	36.2%	227	5.7%
	出会い頭衝突	140,766	24.5%	543	13.5%
	左折時衝突	25,957	4.5%	52	1.3%
	右折時衝突	46,295	8.1%	200	5.0%
	追越時衝突	8,915	1.6%	41	1.0%
	すれ違い時衝突	5,879	1.0%	18	0.4%
	その他	50,227	8.8%	110	2.7%
小計	498,087	46.5%	1,575	28.2%	
車両単独	19,204	3.3%	961	23.9%	
その他	60	0.0%	33	0.8%	
合計	573,842	100.0%	4,013	100.0%	

資料) ITARDA 資料により作成

6. おわりに

ビジネスプロデューサ会議は、3カ年、合計9回開催された。このような新たな取り組みを行った結果、海外情報の収集・分析や知財に関する情報収集等、従来の研究開発ではできなかった情報収集を行うことができたとともに、ビジネスとして、研究開発を活かす方向性について議論を行う等、非常に有効な会議が開催できたと考えている。

今後は、研究テーマ毎にこのような会議を設置・開催するのではなく、より広い研究範囲をカバーし、研究間の連携を図るような取組を支援する組織として、ワーキンググループに格上げする等、研究支援に積極的に活かすための組織としていくことが望ましい。

7. ビジネスプロデューサ会議における議論

本年度に開催したビジネスプロデューサ会議における議論内容について以下に示す。

7.1 第1回会議

平成 28 年 6 月 17 日（木）に開催した第 1 回会議では、研究開発主体からの事業全体概要の紹介に対する今後の研究開発を進める上での留意点、ビジネスプロデューサ会議の今後の進め方について、議論を行った。

議論の概要は、以下に示すとおりである。

(1) 平成 28 年度実験計画

1) 今年度の計画概要

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。
 - 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。
- 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。
 - 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。
- 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。
- 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 1 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。
- 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。
 - 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。
- 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。

- 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。

(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を行った。

2) 議論

[知財]

- 知財に関す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。
 - 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

[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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。

[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。

- 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。
- 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。

7.2 第2回会議

平成28年11月14日(月)に開催した第2回会議では、車車間通信・路車間通信に係る知的財産の現状整理結果と、プロジェクトの成果・今後の課題、ビジネスプロデューサ会議の成果のとりまとめの方向性について、事務局から報告を行い、その内容に対する議論を行った。

議論の概要は、以下に示すとおりである。

(1) 知的財産権に関する戦略検討について

- 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。
- 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可能性もある。日本メーカーが海外に何をもっていか検討が必要かもしれない。
- 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。
 - 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。
- 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。
 - 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。
- 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させていただくということで留めておくのはどうか。
- 知的財産の発行件数の減少が気になる。
- リーマンショックの影響があるのではないか。
- 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。

(2) プロジェクトの成果と今後の課題について

- 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。
 - 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。
- 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。
- 「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。

- 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があっても良いと考える。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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ることも想定される。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。
- 完成車メーカーによると、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。

(3)BP 会議の成果とりまとめの方向性について

- 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。起点をここにしたりまとめの方が良いのではないかな。
- 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。
- 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な。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な等、整理した方が良い。
- 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。
- 提言について。技術的などことも重要であるが、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、定義付けていっても良いのではないかな。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な。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。
- 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。
- 次年度以降につなげる方向性を明確にすること。

7.3 第3回会議

平成29年2月15日(水)に開催した第3回会議では、米国における車載器義務化に関わる動向に関する現状報告とともに、ビジネスプロデューサ会議としてのとりまとめに関する方向性について議論を行った。

議論の概要は、以下に示すとおりである。

(1) 米国の車載器義務化に係る情報提供について

主な質問は、次の通りである。

- DSRC 以外の通信について、何か規定はあるか。
- 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。
- 通信について、自動運転に関する記載はないか。
- 日本の規格との比較は行われているのか。
- 車載器の搭載義務は、誰に対して行うものか。
- 送信方向について。上方向は対象としていないのか。
- コストの話。これは、完成車メーカーの仕入価格が試算されているのか。

その他、次のような意見があった。

- 米国では、車両に搭載することが前提となった議論を行っている想定される。
- 現状の日本は、安全運転支援。米国で義務化されたからといって、すぐに、日本もそれに従うものではないだろう。

(2) プロジェクトの成果と今後の課題について

- 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できないか。
- 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。
- 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。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。
- 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。
- 今更、帯域の話も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。

- 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。
- ビジネスプロデューサ会議は、非常に有意義であった。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。

7.2. 「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

本研究領域の実施にあたり、当該領域における技術展望や市場環境、リアルタイムの国際競争力分析等、広範な知見・見識を有する専門家や有識者からの助言は不可欠である。また、本研究開発は複数の研究機関が参加するため、共同提案機関が可能な範囲で評価すべき項目を把握し、研究員同士の情報共有を図るだけでなく、異なる規格の相互接続性を実現させるための要素技術間の調整、成果のとりまとめ等を円滑にすすめ、最大限の研究成果を結実させる、第三者の公平かつ冷静な評価や偏りのない指導を頂く必要があると考えている。

本共同研究では、学識経験者、有識者が参画する委員会を設置し、総合的な研究協力体制を構築した。

委員構成（委員長以外は五十音順）

委員長 須田 義大（東京大学 教授）

委員 末木 隆（トヨタ自動車株式会社 室長）

藤原 章正（広島大学 研究科長）

山里 敬也（名古屋大学 教授）

山本 康典（マツダ株式会社 研究長）

実施状況

第一回 6月28日 16時～18時 AP品川アネックス会議室

各社の実証計画を説明しご意見を頂いた。

第二回 11月24日 11時～12時30分 TKP新橋汐留ビジネスセンター会議室

各社の実施状況と今後の予定を説明しご意見を頂いた。

第三回 3月23日 10時～12時 AP品川会議室

今期の各社の実証結果を報告し、質疑および今後に向けて等のご意見を頂いた。

なお、参考に議事録を掲載する。

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
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(デンソー)、伊神章公(デンソー)、畑山佳紀(パナソニック)、武村浩司(パナソニック)、

矢部一夫(パイオニア)、柴崎裕昭(パイオニア)、山尾泰(電気通信大学)、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(デンソー)、川合健夫(デンソー)、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ーより資料 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はあるが、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？

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かと。

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の部分に車車間・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ったイメージなのか？

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、それを使っている検出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良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、そこを取組まない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、その必要性を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カ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 年間の中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) 11:00～12:30

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)

オブザーバー：北城崇史(総務省)

代表研究責任者：難波秀彰(デンソー)

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

総合ビジネスプロデューサー：杉浦孝明(三菱総合研究所)

事務局：川合健夫(デンソー)、吉田克典(デンソー)、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ー会議資料(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、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 帯特有の課題は何かあるのか？

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 帯で使っ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定ということか？

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：協都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、設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ことか？

研究員：現在はそのように考えている。データ量が膨大になる可能性があるため、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うが、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と？

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ないのか？台湾で 760MHz 帯を使ったサービスが始まり そうだという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：2017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)

オブザーバー：北城崇史(総務省)

代表研究責任者：難波秀彰(デンソー)

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

総合ビジネスプロデューサー：杉浦孝明(三菱総合研究所)、田中清一(三菱総合研究所)

事務局：川合健夫(デンソー)、吉田克典(デンソー)、伊神章公(デンソー)

配布資料：

資料0 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 技術討論会 議事録

資料3 平成28年度 研究開発のスケジュール

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 座席表

別紙 第3回 研究開発運営委員会 出席者名簿

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いか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、左が従来の通信、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のか？

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。自工会殿から載っている資料では、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の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点については、そこまで踏み込んだ検討は出来ない。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の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の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う。

〈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ぬ」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わかった。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と？

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のか？

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うが、進行方向も見ているならば、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いう可能性がある。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。

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 年に義務化ということになっている。

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ということか？

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、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する。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

7.3. SIP 総 1 ウ 研究開発運営委員会「技術討論会」

4 研究機関の研究内容の相互理解と研鑽および若手研究員の人材育成のため、技術討論会を実施した。本年度は研究開発受託最終年度のため発表は、それぞれの研究機関の研究責任者が行った。

実施状況

3月6日 13時～16時30分 AP 東京丸の内会議室

なお、参考に議事録を掲載する。

SIP 総 1 ウ
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：2017年3月6日(月) 13:00～16:30

場所：AP 東京丸の内 A・B・C 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(トヨタ自動車)、山田秀行[代理](マツダ)

特別委員：小花貞夫(ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 委員長)

浜口雅春(ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討 TG 主査)

瀬川倉三(ITS 情報通信システム推進会議 事務局 (社)電波産業会 研究開発本部)

末木隆(ITS 情報通信システム推進会議 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、吉永論史、
神谷有志、小林顕二、吉田克典、伊神章公

研究員(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

研究員(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

研究員(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ー(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、合流車両の情報を本線車両へ通知するモデルと本線車両の情報を合流車両へ通知するモデルの2種類について検討し、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台の場合はいくつかうまくいくが、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ば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すが、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 台を監視するとすると、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は、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が判らなくなるので、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つの観点で取り組みを実施した。
- ・ 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、ど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はないか？
どうやって扱うことを考えているか？

藤井研究員：現段階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み込むことで、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、広島市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が、実際の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、比較的近距离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える。階層変調技術は比較的近距离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ていない。

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、来年度以降も連携・議論を続けるようにして欲しい。

以上

7.4. 一般公開講演会「情報通信が支える次世代のITS」

総務省がこれまで取り組んできたITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）関係の制度整備や今年度の委託研究等の成果を広く紹介するとともに、今後のITSを支える情報通信技術に関する最新の取組動向についてアピールすることを目的として、昨年度に引き続き、講演会「情報通信が支える次世代のITS」が開催された。会場では関連機器展示も行われ、当社もパネル展示や車載機展示等を実施した。

実施状況

3月15日 13時30分～18時30分 日経ホール

当社展示内容

- ・当社の今年度の研究概要を示した説明パネル
- ・仮説で検討した付加情報を使った机上シミュレーションおよび実走行データでのシミュレーション結果を基にしたPCデモを行った。

第8章 おわりに

本研究を遂行するにあたり、多大な御指導と御協力を頂きました関係省庁、運営委員会諸先生方、関連委員会、各社の皆様に、格別の謝意を表します。