

令和 5 年度

無人自動運転等の CASE 対応に向けた実証・支援事業

（自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス

研究開発・社会実証プロジェクト（テーマ 3））

報告書

令和 6 年 3 月



テーマ 3 令和 5 年度コンソーシアム

豊田通商株式会社（幹事会社）

先進モビリティ株式会社、

日本工営株式会社

みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

目次

1. 事業概要	8
1.1. 事業目的	8
1.2. 実施体制	9
1.3. 実施スケジュール	10
2. 事業モデル検討と事業性分析	12
2.1. 事業モデル検討	12
2.1.1. 有用性の高い現実的な事業モデル構築のための検討	12
2.2. 事業性分析	21
2.2.1. インフラ支援を見据えた事業性分析	21
2.3. 事業モデルの実用化促進	24
2.3.1. 事業者による受容性評価	24
2.3.1.1. 実施目的と検証事項	24
2.3.1.2. 実施条件	24
2.3.1.3. 実施結果	26
2.3.2. テーマ3内外の取り組み結果を踏まえた事業モデル等の修正	34
3. 走行環境、運行条件の整理、評価	36
3.1. ODD の設定	36
3.1.1. 大型車の特性を踏まえた ODD の検証	36
3.1.1.1. 導入ステップの検討	36
3.1.1.2. ODD のアップデート	37
3.1.2. リスク回避策案の有効性検証	39
3.1.2.1. 中継エリアに関わるリスク回避策案の検証	39
3.1.2.2. 合流支援に係るリスク回避策案の検証	41
3.1.2.3. 先読み情報活用によるリスク回避策案の検証	108
3.1.2.4. 緊急退避と緊急退避後の対応に係るリスク回避策案の検証	166
3.1.2.5. 外向き HMI の自動運転ランプに関する受容性評価	232
3.1.2.6. 付録	236
3.2. 運行管理システムのコンセプト検討	247
3.2.1. 中継管制システムの要件検討	248
3.2.1.1. 背景および前提条件	248
3.2.1.2. 発着管制に必要なシステム構成前提条件	252
3.2.1.3. 発着管制システム全体の状態遷移	253
3.2.1.4. 発着管制システム運用フロー	254
3.2.1.5. 今後の課題について	255
3.2.2. 運行監視システムの要件検討	255
3.2.2.1. 運行監視システムコンセプト検討	255
3.2.2.2. 運行監視システムの試作開発	275

3.2.2.3. 運行監視システムの試作評価（テストコース）	291
3.2.2.4. 運行監視システムの試作評価（公道）	300
3.2.2.5. 他事業（物流 MaaS）との連携について	311
3.2.2.6. まとめ&来期以降の取組方針について	313
3.2.3. まとめ&今後の検討方針について	314
4. 車両・システムの開発	315
4.1. レベル 4/ODD 評価用車両・システムの開発	315
4.1.1. ユースケース対応アルゴリズム（標準動作手順）の具現化	315
4.1.1.1. MRM の拡張	315
4.1.1.2. 試験結果	315
4.1.2. 路肩停止距離制御	318
4.1.2.1. 試験結果	318
4.1.3. 車両システム仕様検討（リスク回避を実現するための検討）	320
4.1.3.1. インフラ連携に係る机上検討	320
4.1.3.2. 合流制御アルゴリズム	321
4.1.3.3. レーンチェンジの判定	334
4.1.3.4. MRM モデル	336
4.1.3.5. シミュレーション	338
4.1.3.6. 合流シナリオ	342
4.1.3.7. 走行環境	342
4.1.3.8. シミュレーション結果および考察	346
4.1.3.9. インフラ協調の有無の比較及び通信遅延の影響による評価	353
4.1.3.10. 各交通量における合流制御アルゴリズムの評価	358
4.2. 路車間通信実施のための車載機改造・開発	360
4.2.1. 実証実験用車載通信機器のシステム構成	360
4.2.1.1. 実験機材の仕様について	360
4.2.2. まとめ	362
5. 関連調査及び社会受容性の醸成	363
5.1. 海外動向調査	363
5.1.1. 各国政府のビジョンや推進状況	363
5.1.2. 自動運転 L4トラック開発事業者の動向	364
5.2. 国内関連法令整理	365
5.3. 社会受容性の醸成	368
6. まとめ	370
7. 委員会運営	373
7.1. テーマ 3 分科会	373
7.2. 個別検討 WG	373
7.2.1. 幹事会	373

7.2.2. 走行環境・運行条件検討 WG	373
7.2.3. 走行環境・運行条件検討 SWG	374
7.2.4. 交通総研コンソーシアム定例会	379
8. 経済産業省担当課との連携・報告等	381

用語の定義

本書に記載されている自動運転に関わる用語は、JASO TP18004:2018 自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義（原著 SAE J3016_202104, ISO/SAE PAS 22736:2021）を基本とする。

本事業での固有の用語定義は以下の通り。

本書で使用する用語	本書での定義
自動運転 L4 トラック	L4 トラック。JASO TP18004:2018 で規定されている自動運転レベル分類で定義されたレベル 4 の機能を有するトラック。
車内保安要員	自動運転 L4 トラックにおいて、自動運転の機能限界及び車両外からの支援等といった未整備事項及び想定外の事象等に対応する目的で、運転席またはキャブ内に乗車する運転員。
中継エリア	有人から無人、または、無人から有人に運行を切り替えるために使用するエリア。
発着駐車ます	発地駐車ます及び着地駐車ますの少なくとも 1 つ以上の駐車ます。
ユースケース	自動運転 L4 トラック自体のふるまい及び自動運転 L4 トラックが運行の際に遭遇が想定される事象。
自車異常	自動運転 L4 トラック自体の故障。車両本体の故障及び自動運転システム（センサ、コンピュータ及び通信機能等）の故障を含む。
自車外異常	自動運転 L4 トラックの運行に影響する可能性がある自車異常以外の異常事象。悪天候、渋滞、事故及び落下物等を含む。
合流支援	中継エリアから自動運転 L4 トラックが高速道路本線に進入する際の合流を支援する方策、または、自動運転 L4 トラックが高速道路本線走行中にインターチェンジやサービスエリア、パーキングエリアとの合流部を通過する際に、本線に進入する他の交通参加者の合流を支援する方策。
自車合流	インターチェンジ及び中継エリア等から高速道路本線に進入する場面。
他車合流	インターチェンジ、サービスエリア及びパーキングエリアとの合流部を通過する際に本線に進入する他の交通参加者が存在する場面。

先読み情報	自動運転 L4 トラックがこれから進行する経路上の様々な事象に関する情報。気象情報、速度規制情報、渋滞情報、事故情報及び落下物情報等を含む。
L4 トラック運行管理システム	自動運転 L4 トラックの受注予約、運行開始・解除及び運行状態をモニタリングし適切に監視及び支援するための仕組み。
運行監視システム	運行管理システムの内、自動運転 L4 トラックの運行状態をモニタリングし、適切に監視及び支援する仕組みまたは機能。
外向き HMI	自動運転 L4 トラックが自動運転車であることを他の交通参加者に認知されることを支援する表示及び灯火等。
AD ランプ	自動運転ランプ。自動運転中に点灯する表示灯。
AD システム	自動運転システム。
レスキューコール	自車異常及び自車外異常等により自動運転 L4 トラックが走行継続不能と考えられる際の自動運転 L4 トラックがレスキュー（救援）の要求の通信による発報。または、車両状態及び走行状態に関わる情報の通信による発報。

本書に記載されている略語は以下の通り。

略語	正式名称	意味
HMI	Human Machine Interface	人間と機械の間の伝達を行う、機器やコンピュータプログラム、表示等のインタフェースの総称。
VMS	Variable Message Sign	道路における情報（渋滞、交通事故、気象等）を提供する目的で設置される可変式の表示板。道路情報板の他、情報板、道路情報掲示板及び道路情報表示装置等と呼ばれる。
DS	Driving Simulator	ドライビングシミュレータ。
HDT	Heavy Duty Truck	大型トラック。
L4T	Automated Driving Level4 Truck	自動運転 L4 トラック。
PC	Passenger Car	乗用車。
GNSS	Global Navigation Satellite System	衛星測位システム。
GPS	Global Positioning System	アメリカ合衆国によって運用される衛星測位システム。
AD	Automated Driving	自動運転。
ODD	Operational Design Domain	運行設計領域。設計上、各自動運転システムが作動する前提となる

		走行環境条件。
DDT	Dynamic Driving Task	動的な運転タスク。
FACC	Full Adaptive Cruise Control	全車速域・車間距離制御装置。
LKA	Lane Keep Assist	車線維持支援機能
SA	Service Area	サービスエリア。
PA	Parking Area	パーキングエリア。
IC	Interchange	インターチェンジ。
JCT	Junction	ジャンクション。
RTK-	Real Time Kinematic -	相対測位。GPS の位置測定の精度を向上させる手法。
MRM	Minimum Risk Maneuver	緊急退避挙動。システムが DDT 継続困難と判断した際、速やかに制動をかけ、走行を停止する挙動。
EDSS	Emergency Driving Stop System	ドライバー異常時対応システム。
ITS	Intelligent Transport Systems	高度道路交通システム。
DSRC	Dedicated Short-Range Communications	専用境域通信。
ETC	Electronic Toll Collection	電子料金収受システム。ETC2.0 は電子料金収受に加え、多様な運転支援、物流の生産性向上及び高速道路の一時退出といったサービスが提供可能。
V2X	Vehicle to Everything	車両対他装置及びインフラ等との（通信）。
I2V	Infrastructure to Vehicle	インフラから車両への路車間（通信）。
TTC	Time To Collision	衝突余裕時間。

1. 事業概要

1.1. 事業目的

世界的な脱炭素の潮流の中で、我が国においても、省エネルギーの一層の加速を通じて世界に貢献することが求められている。特に、運輸部門については、その中でもエネルギー消費の大部分を占める自動車分野において、自動運転等の先進モビリティサービスの早期の社会実装を通じて環境負荷を低減することが望まれている。

自動運転等の先進モビリティサービスは、少子高齢化や都市部への人口集中をはじめとした我が国の社会構造の変化によって顕在化する様々な社会課題に対し、移動の自由の確保・地域活性化・交通事故削減・移動の効率化・人材不足解消などで貢献し、同時に、生活利便性の向上や産業競争力の強化により我が国全体の経済的価値の向上に寄与するものである。

また、物流分野においては、輸送効率の低下やトラックドライバー不足等の社会課題が顕在化する中、近年の EC 市場の更なる拡大等に伴って物流需要の増大が見込まれており、加えて中高年層運転者に依存している現状において、喫緊の課題とされる物流の担い手不足解消や物流効率の向上に向けて、その対応策の一つとして、自動走行技術を用いた幹線輸送への関心が大きい。

本プロジェクトは、以下図 1.1 に示す経済産業省・国土交通省の自動走行ビジネス検討会で示された方向性に基づき、自動運転プロジェクトとして設定された 4 つのテーマの実現のうち、「高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化」に向け、過年度までの後続車無人隊列走行実証の成果を活用しつつ、車両技術として実現するだけでなく、必要な事業環境の整備を行うため、事業モデル検討及び事業性分析、走行環境・運行条件の整理と評価、関連する取り組み（海外動向調査、国内関連法令調査、インフラや制度整備に資する要件の整理、等）の推進、そして、それらの全体調和を通じ、2025 年度以降での高速道路における自動運転 L4 トラックの実現に取り組むことを目的としており、これに従ったプロジェクトを実施する。

自動運転を活用した新しい基幹物流システムの構築に向けて

- 物流の担い手不足解消や物流効率の向上に向け、**2025年度以降の高速道路におけるレベル4自動運転トラックの実現及び2026年度以降の自動走行技術を用いた幹線輸送の実用化・社会実装を目標とする。**
- 「RoAD to the L4」のテーマ3において、大型車メーカー各社および物流事業者をはじめとする関係者が、一堂に会し、①**インフラ・制度整備**、②**車両／システム開発**、③**走行環境・運行条件**、④**事業モデルの検討**を開始。

「RoAD to the L4」のテーマ3工程表

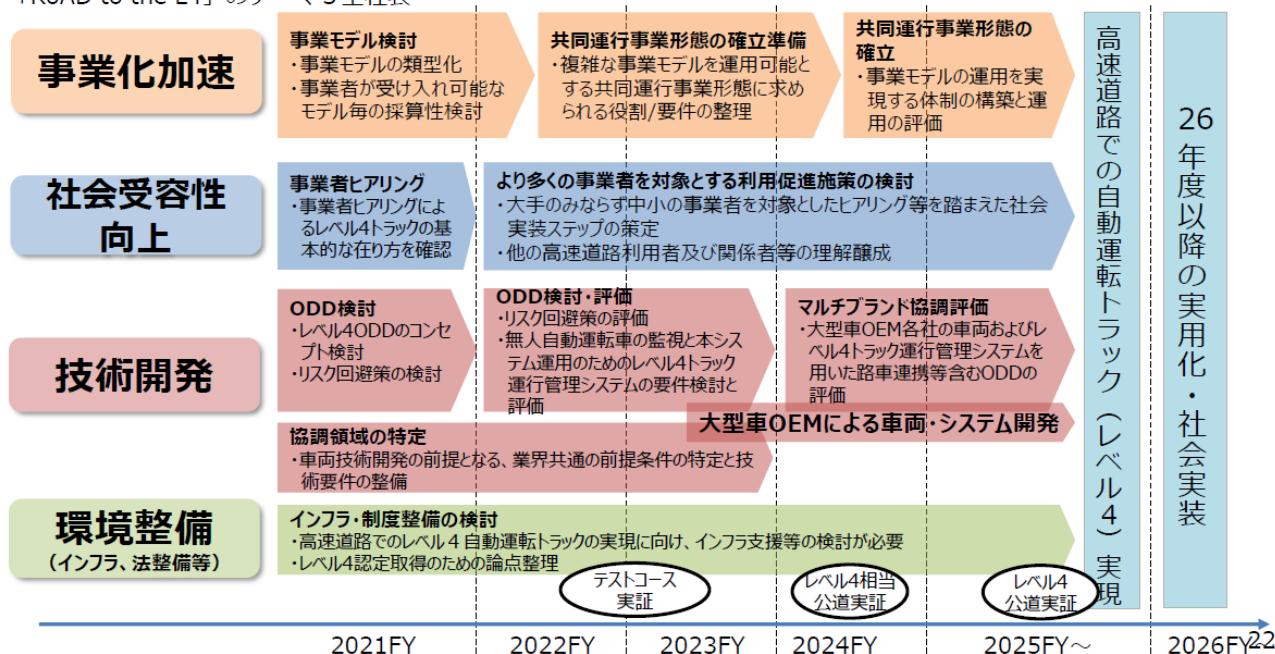


図 1.1 自動運転を活用した新しい基幹物流システムの構築に向けて

出典：自動走行ビジネス検討会報告書 version 6.0

1.2. 実施体制

以下図 1.2 に示すように本プロジェクトは、豊田通商株式会社（以後、豊田通商）を幹事機関とし、いすゞ自動車株式会社（以後、いすゞ自動車）、日野自動車株式会社（以後、日野自動車）、三菱ふそうトラック・バス株式会社（以後、三菱ふそう）、UD トラック株式会社（以後、UD トラック）、先進モビリティ株式会社（以後、先進モビリティ）、みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社（以後、みずほ R&T）、日本工営株式会社（以後、日本工営）、佐川急便株式会社（以後、佐川急便）、西濃運輸株式会社（以後、西濃運輸）、日本通運株式会社（以後、日本通運）、日本郵便株式会社（以後、日本郵便）、福山通運株式会社（以後、福山通運）、ヤマト運輸株式会社（以後、ヤマト運輸）と共同で提案するもので、豊田通商が全体を統括し、コンソーシアムを組んで推進することとした。

14 の機関（うちトラックの隊列走行の社会実装に向けた実証参加機関は 12）がコンソーシアムを組むことにより、後続車無人隊列走行実証の成果も効率的に活用し、開発および実証の実施や事業全体の運営・管理においても効率的かつ効果的に実施した。

また、本プロジェクトにおける実施内容の各項目は、高い研究開発能力や知見を持つ機関を主体として取り組むことを基本としたが、各項目相互に深く関連し連携が必要であることから、参加する全機関とのコンソーシアム形式として一体として実施し、連携して全体調和を図りつつ、成果の最大化に留意した。

プロジェクトの推進に関しては、効率性・事業性や課題解決性を意識し、経済産業省並びに「無人自動運転等の先進 MaaS 実装加速化のための総合的な調査検討・調整プロジェクト」受託機関（以降、コーディネート機関）と協議し、外部有識者や関連事業者、国土交通省、警察庁等の関係省庁を含め、コーディネート機関にて設置・運営されるプロジェクト推進委員会に参加し、事業推進計画や推進状況の確認や助言をいただきながら、必要に応じて実施体制や実施計画を柔軟に見直し、自動運転テーマ 1～2 及びテーマ 4 間の連携及び整合の確保を行い、戦略的・機動的にプロジェクトを推進した。

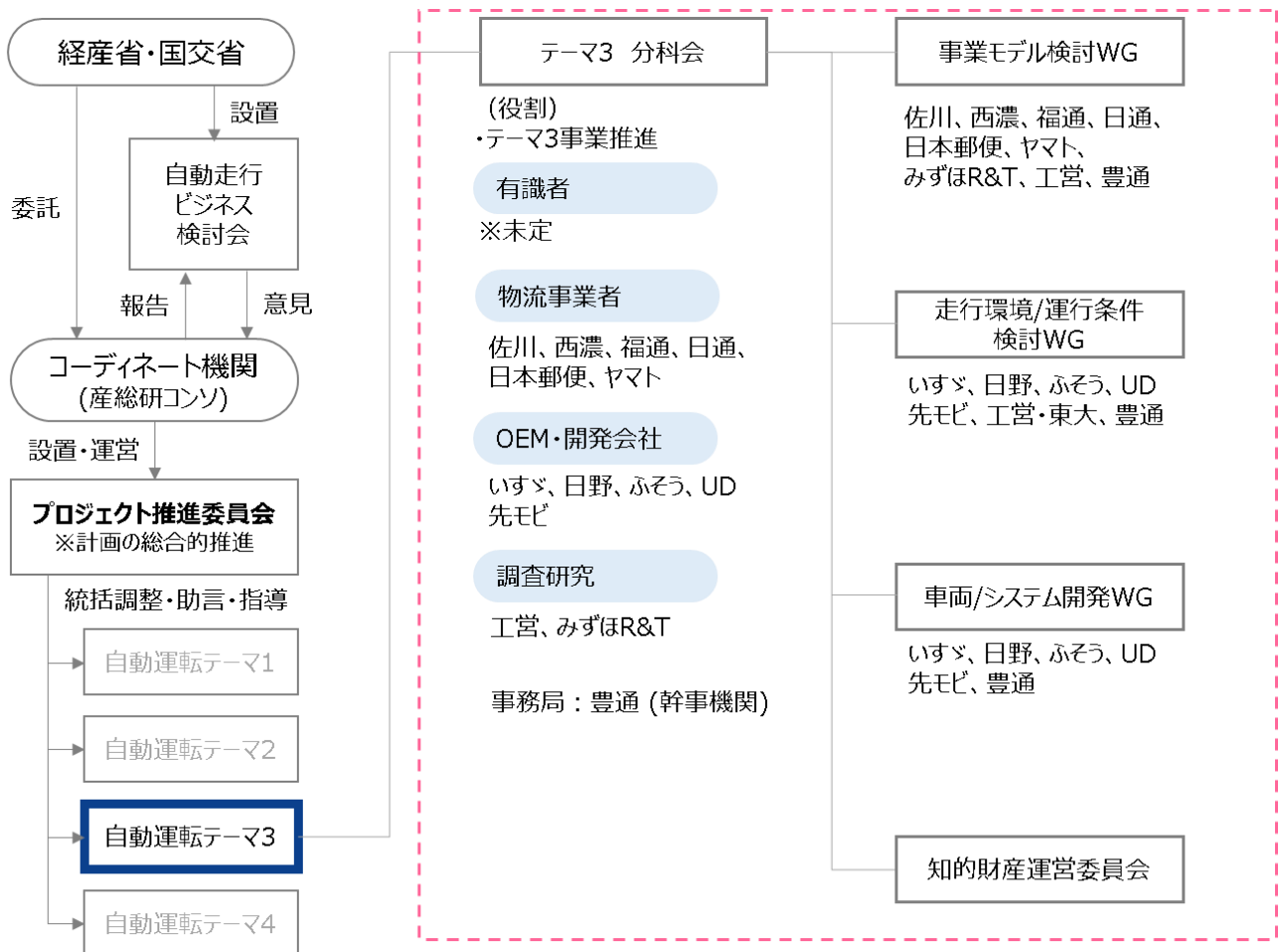


図 1.2 プロジェクト概要

1.3. 実施スケジュール

本年度の各実施項目におけるスケジュールを以下図 1.3 に示す。

令和 5 年度（2023年度）		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
1. 事業モデル検討 と事業性分析	1-1. 事業モデル検討			有用性の高い現実的な事業モデル検討								報告書作成				
	1-2. 事業性分析			事業採算性試算（WG検討含む）									報告書作成			
	1-3. 事業モデルの実 用化促進			テーマ3内外の取り組み結果を踏まえた事業モデルの修正												
								受容性評価検討		受容性評価試験		報告書作成				
2. 走行環境、運 行条件の整理、評 価	2-1. ODDの設定	2.1.1. 大型車の特性を踏まえたODDの検証														
		リスク回避策選定の検討											報告書作成			
		2.1.2. リスク回避策案の有効性検証													報告書作成	
		①中継エリアに関わるリスク回避策案の検証														
		中継エリアの設計ガイドライン作成														
		運行監視システムとの連携動作										報告書作成				
		②合流支援に係るリスク回避策案の検証														
		シミュレーションによる受容性・交通流への影響検証														
		③先読み情報活用によるリスク回避策案の検証								実車による評価		報告書作成				
		路側等の先読み情報活用によるリスク回避策案検討										報告書作成				
		④緊急回避とその後の対応に関わるリスク回避策案の検証														
		縮退運転による減速のリスク回避策案の検討														
		2.1.3. ODD に応じた安全性確保に係る車両システム検証														
	安全性評価手法検証															
	車両関連法規との照合															
	2.1.4. マルチブランド協調走行の実証評価															

図 1.3 実施スケジュール

2. 事業モデル検討と事業性分析

2.1. 事業モデル検討

レベル4を前提として事業モデルを検討した。

2.1.1. 有用性の高い現実的な事業モデル構築のための検討

高速道路を走行する自動運転 L4 トラックを使った物流システムにおける有用性の高い現実的な事業モデルについて検討を行った。

走行モデル（車両単体の動き）から事業モデル（車両・人・荷物の新たな動き）への転換に向けた検討において、トラック運送は「チャーター便」「特別積合せ（定期便）」の割合など、個社毎に業務形態が異なっており、L4 車両を使った事業モデルのゴールイメージは一つではなく、またゴールイメージ達成に向けた課題も様々である。

現時点では、L4 車両の活用イメージが描きやすい定時・定路線型（≠デマンド型）である「特別積合せ（定期便）」中心に検討を行い、「特別積合せ（定期便）」のおおよそのゴールイメージからバックキャストし、黎明期・普及期・拡大期を想定した。

ゴールイメージは以下の通りである。

- 長距離運行（関東～九州、東北～関西等）を自動運転で走行することや、高速道路直結の施設等に加え、物流事業者の発拠点から着拠点まで一般道も含めた自動運転により省人化・無人化すること
 - 将来的な走行可能範囲の拡大と複雑な条件下での走行を期待
 - 関東～関西間の運行を L4 車両での自動運転に置き換えることは通過点

また、ゴールイメージに向けたステップを、図 2.1 に示す。

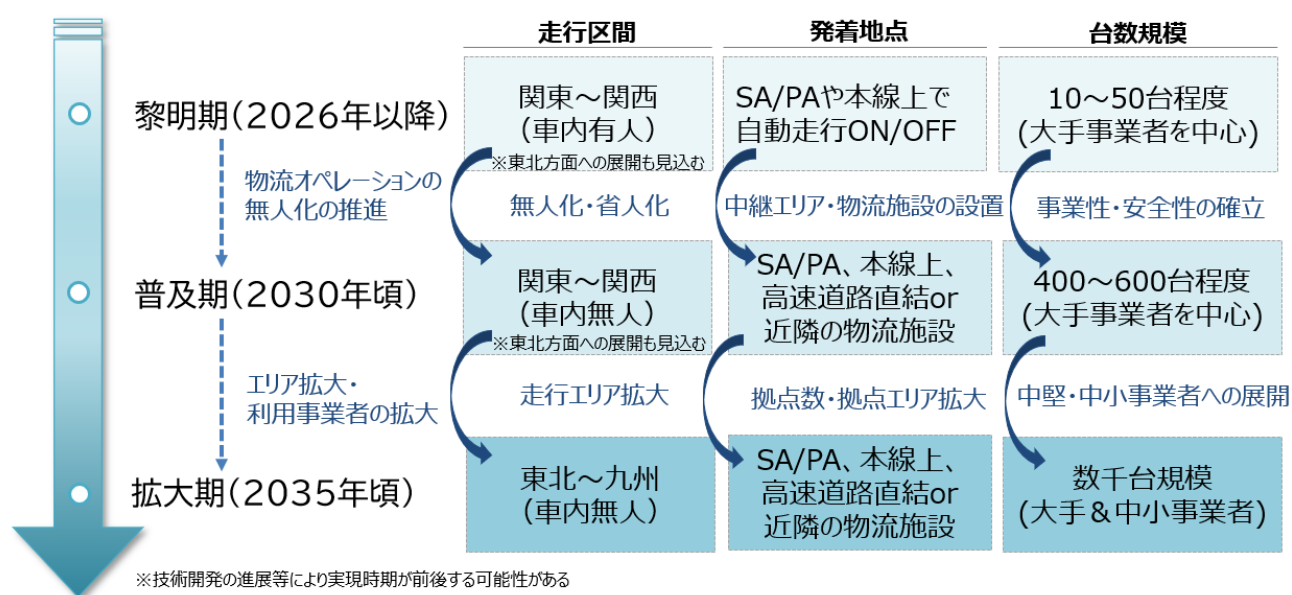


図 2.1 ゴールイメージに向けたステップ

黎明期は、図 2.2 に示す通り、車内有人の自動運転 L4 トラックで関東～関西の高速道路上の設定区間、もしくは高速直結の発着可能な SA/PA 間を、外部支援を受けながら走行することを想定している。



図 2.2 黎明期のイメージ

また、普及期は、図 2.3 に示す通り、車内無人の自動運転 L4 トラックで関東～関西の高速道路上や近隣の物流施設間等を、外部支援を受けながら走行することを想定している。



主な特徴

- 走行区間は関東～関西
- 関東以北・関西以西への区間拡大も想定
- 高速での想定巡行速度 70km/h以上
- 自動運転開始・解除は高速道路直結or近隣の物流施設で行われ、当該施設までは運転者が運転し、当該施設で運転者が乗降
- 当該施設の駐車マスからの発進、本線走行及び目的地の施設内駐車マスへの到着までをシステム(自動運行装置)が全ての運転操作を行う自動走行(レベル4・車内無人)
 - 全区間の必要な箇所では協調型インフラが整備。支援情報や高精度地図情報、自車による検知情報を基に車両が判断し、障害回避をしながら走行
 - 特定自動運行中は特定自動運行主任者が運行監視システム(遠隔監視装置)の作動状態を監視する(必須)
- システムなどの異常時は、MRM作動により路肩への安全退避と同時に運行監視システム(遠隔監視装置)にて状況確認後、現場措置業務実施者による「駆けつけレスキュー」等を行う

図 2.3 普及期のイメージ

一方で、ゴールイメージの実現に向けては、物流事業者のみの判断だけでは決められない検討課題があり、実現のためには、関係省庁含めた幅広いステークホルダーとの協議や認識合わせが必要な状況である。物流事業者として表 2-1 に示す通り、6つのテーマについて現時点で検討すべき課題を整理した。それぞれの課題に対して具体的なアクションを起こす必要がある。

表 2-1 検討課題・概要

テーマ	内容
I・採算性	自動運転 L4 トラックの導入コスト及び運用コスト、また導入による効果を確認し、物流事業として投資対効果があるのか、収支が成立するのか検証するとともに、バランスするために必要な取り組みを検討する
II・運用	自動運転 L4 トラックを活用した物流オペレーションのあり方を定義し、実現に向けて検討、検証する
III・車両	物流サービスで活用できる L4 トラックを定義し、その実現に向け、大型車 OEM を中心にステークホルダーと協議、連携する
IV・SA/PA・高速道路直結 or 近隣の物流施設（中継エリア）	自動運転 L4 トラックを活用した物流オペレーションにおける外部施設に対する要望を整理し、その実現に向け関係者と協議する
V・法制度	法制度における物流事業者としての責任を明確化する
VI・社会受容性	他の道路利用者のみならず、社会全体に対し、自動運転 L4 トラックの活用についての理解醸成を進める

I・採算性については、自動運転 L4 トラック導入による費用対効果を明確にする必要があり、具体的には、表 2-2 に示すアクションが必要である。

表 2-2 採算性に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	導入に必要な費用・コストの具体化が必要	【車両のインシヤルコスト、ランニングコスト】 車両開発の継続、推進（見通しが分かり次第、車両価格の明示）	大型車 OEM
		【施設利用料やシステム利用料等、車両以外に係るコスト】 - 物流事業者による自動運転 L4 トラックの使い方のさらなる具体化 - 物流事業者目線で「車両」以外に必要な要件を整理し、ステークホルダーに要望として伝える	物流事業者
2	導入による効果（人件費削減や運送効率向上等）の具体化が必要	- 物流事業者による L4 トラックの使い方のさらなる具体化 - L4 トラックや試験車両等、実車を用いた検証を推進し、導入の効果（人件費削減効果、運行効率向上、ドライバーの働き方改善等）を確認する	物流事業者 大型車 OEM

Ⅱ・運用については、自動運転 L4 トラックを活用するための事業モデル（車両・コンテナ、ドライバー等の動き）を具体化するとともに、自動運転 L4 トラックにおける運行管理の方法・体制を整える必要があり、具体的には、表 2-3 に示すアクションが必要である。

表 2-3 運用に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	稼働率を意識したコンテナ・車両の動きの具体化が必要	- 物流事業者による L4 トラックの使い方のさらなる具体化 - 自社内のオペレーションの変更や自動化した場合に新たに具備すべき機能（システムや機材等）の導入	物流事業者
2	新たな／効率的なドライバーの動きの具体化が必要		
3	外部施設等での手順・オペレーションの具体化が必要	外部施設等を整備するディベロッパや高速道路管理者である NEXCO 各社との議論を進める	物流事業者 ディベロッパ NEXCO 各社
4	チャーター便等、現時点で L4 トラックの活用イメージが湧かない運行や荷物に対応した事業モデルが必要	今後の技術開発の進捗状況を踏まえ、L4 トラックの活用の見通しや可能性を検討する	物流事業者 大型車 OEM
5	運行管理者が運行状況を把握できることが必要 ▶ 車両位置の特定、追跡 ▶ 到着見込み時間や遅延見込み時間を把握	車両・運行管理システム・運行管理者の 3 者間で、やり取りを行う必要がある情報の内容や要件（精度や頻度等）を整理する	大型車 OEM SIer 物流事業者
6	運行管理者が異常発生時における判断ができることが必要 ▶ 運行管理者が異常発生時に車両・荷物・周辺環境等の情報を把握できる ▶ 異常発生から状況終了までの間、運行管理者と現場間でコミュニケーションを行える	- どのような異常が、どのくらいの頻度で発生するのか、実車を使った検証を進め、データを積み重ねる（今年度から検証を開始） - 異常発生後の対応（現場への急行措置やレッカー移動）を実行する体制を確立する - 異常発生時の状況の情報を基に、対応方法を判断する体制を明確化する	物流事業者 大型車 OEM SIer NEXCO 各社

Ⅲ・車両については、ビジネスで活用できる車両及び自動運転 L4 トラックが実現する時期をより具体化する必要があり、具体的には、表 2-4 に示すアクションが必要である。

表 2-4 車両に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	走行時の安全性が確保された車両が必要	技術実証等を踏まえ、走行の安全性が確保されていることを明示する	大型車 OEM
2	車速の確保・維持が可能な車両が必要 （定時性関連）	- 物流のリードタイム内に収まるのか、実車を使った検証を進める（今年度から検証を開始） - 検証の結果、車線変更等が必要な場合、大型車 OEM に対し、機能開発の要望を伝える	大型車 OEM 物流事業者
3	将来的に、高速道路近隣の物流施設と高速道路間の一般道路も走行可能な車両が必要	実際に物流事業者が走行を希望する一般道路を確認し、技術的に走行可能なのか、見通しについて確認する	物流事業者 大型車 OEM
4	セキュリティが確保された車両が必要	積荷を含め、車両のセキュリティ確保の手段について、大型車 OEM や車体メーカーとの議論を進める	物流事業者 大型車 OEM 車体メーカー
5	自動運転 L4 トラックが実現する時期を具体化することが必要	ビジネスで使える自動運転 L4 トラックを社会実装するために、車両開発の継続、推進に加え、事業モデルの確立等、車両以外の対応も進める	大型車 OEM 物流事業者 （テーマ 3）

IV・SA/PA・高速道路直結 or 近隣の物流施設については、SA/PA、物流施設内での車両・荷物・ドライバーの動きの定義が必要であり、具体的には、表 2-5 表 2-3 に示すアクションが必要である。

表 2-5 SA/PA・高速道路直結 or 近隣の物流施設に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	車両の動線の設計が必要	- 物流事業者による L4 トラックの使い方のさらなる具体化 - 高速道路に直結または近接した物流拠点等、必要な既存施設の改修や物流の共同輸配送拠点等の荷物の積み下ろしを行う施設の整備に必要な新たな土地の確保や機能拡張の可能性についての議論を進める - 近隣物流施設においては、既存運用の見直しや必要に応じた改修などを検討する	物流事業者 大型車 OEM ディベロッパー NEXCO 各社 関係省庁
2	車両の停車・発車スペースに関する検討が必要		
3	荷物の積替えスペースに関する検討が必要		
4	ドライバーの待機/送迎スペースに関する検討が必要		

V・法制度については、物流事業者の責任範囲について認識するとともに、自動運転 L4 トラックを活用した場合における現行基準への適合等が必要であり、具体的には、表 2-6 に示すアクションが必要である。

表 2-6 法制度に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	事故発生時の物流事業者の責任範囲の明確化が必要	事故発生時の物流事業者の責任範囲についての現時点の解釈を確認する	物流事業者 関係省庁
2	特定自動運行許可制度への適合が必要	特定自動運行許可制度で定める安全確保措置や体制等の具体的な内容について検討する	物流事業者
3	ドライバーの扱い、運行管理に関する解釈の確認が必要	改善基準告示や貨物自動車運送事業法について、L4 トラック活用時における労働時間や運行管理の解釈について確認する	物流事業者 関係省庁
4	SA/PA 等の高速道路内における積替えに関する解釈の確認が必要	将来的な SA/PA 等での積替えについて、現時点での可能性や解釈を確認する	物流事業者 関係省庁

VI・社会受容性については、他の交通利用者の理解醸成が必要であり、具体的には、表 2-7 に示すアクションが必要である。

表 2-7 運用に絡む必要なアクション

No.	課題	必要なアクション（当面）	主な検討主体・関係者
1	自動運転 L4 トラックの走行について、他の交通利用者の理解醸成が必要である	テーマ 3 の取組意義や内容を、積極的に対外発信し、高速道路における他の交通利用者のみならず、社会全体での認知度向上や理解醸成を促進させる。	テーマ 3

2.2. 事業性分析

2.2.1. インフラ支援を見据えた事業性分析

前提条件や仮定を置きながら物流事業者の事業採算性の試算を行った。

物流事業者は、ドライバー不足へ対応するために車内無人で走行することに大きな期待をしており、車内無人で走行できる事業モデル B 及び事業モデル C のうち、複数の荷物を物流ターミナル等の拠点でまとめ、共同で幹線輸送を行うパターンを対象に試算した。

自動運転 L4 トラックの価格は現在未定であり、既存のトラックよりも高額となることが想定される。黎明期や普及期では、価格の高さから中堅・中小の物流事業者が自動運転 L4 トラックを所有できない可能性もあり、物流業界における中堅・中小の物流事業者の割合が 9 割以上を占めることを踏まえると、価格の高さは自動運転 L4 トラックの普及・活用という観点では障壁となりうる。そのため、共同で幹線輸送を行う機能、例えば共同運行会社の設置等の対応が期待される。

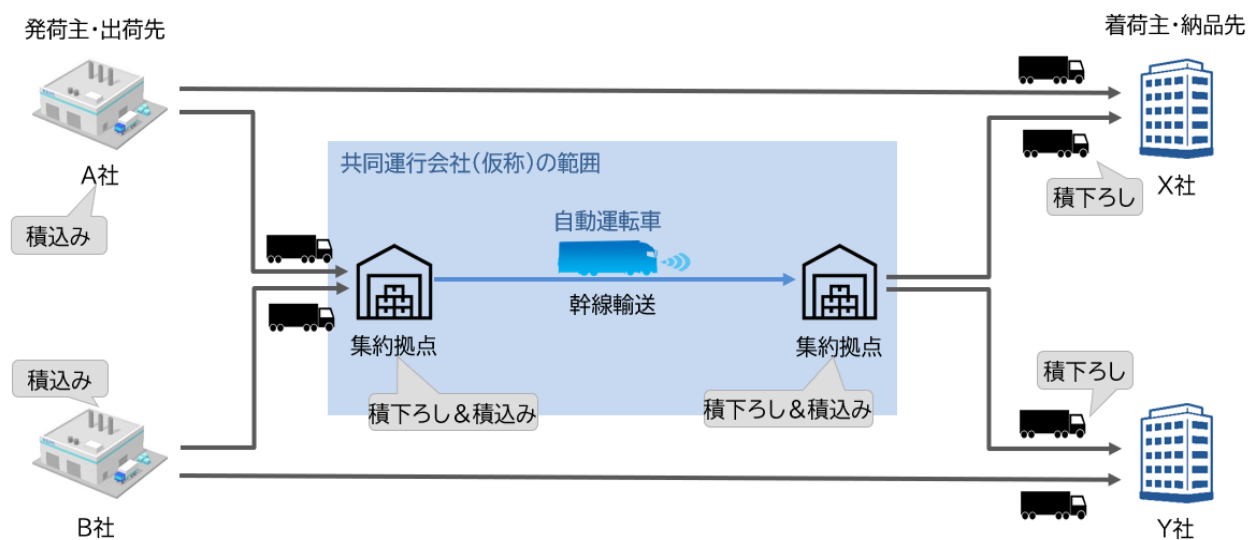


図 2.4 幹線輸送の共同運行

今回の試算では、関東～関西間（関東～中部・中部～関西を含む）の運行を共同で実施するために、共同運行会社に委託することを想定した。

以下に、試算の前提を示す。

＜試算の前提＞

- 東京・愛知・大阪近郊の物流拠点で荷物を集約し、自動運転 L4 トラックを活用し、関東～関西間（関東～中部・中部～関西を含む）を共同で幹線輸送を行うこと。
- トラック運送事業における一般貨物及び特別積合せ事業者数：
全日本トラック協会の公表資料「日本のトラック輸送産業現状と課題 2023（令和 5 年 3 月）」より 58,000 社と仮定。
- 幹線輸送の割合：
国土交通省「物流生産性向上に資する幹線輸送の効率化方策の手引き（令和 3 年 7 月）」より、幹線輸送の乗務員数は、全トラック乗務員数の約 20% ということで、一般貨物及び特別積合せ事業者における幹線輸送の割合を 20% と仮定。共同で幹線輸送を行うことにより、PL（損益計算書）の運送費のうち、人件費（10% 減）、燃料油脂費（20% 減）、修繕費（20% 減）、減価償却費（20% 減）、道路使用料（20% 減）が影響を受けると仮定。なお全日本トラック協会の一般貨物運送事業損益明細表（平均値・令和 3 年度）を活用。
- 関東～関西間（関東～中部・中部～関西を含む）の幹線輸送の割合
国土交通省「新しい物流システムに対応した高速道路インフラの活用に関する検討会（平成 30 年度）」より、東名・名神（新東名・新名神を含む）の走行トンキロベースの割合が 48% であることから、48% と仮定。
- 関東～関西間（関東～中部・中部～関西を含む）の幹線輸送のうち共同運行の割合
国土交通省「新しい物流システムに対応した高速道路インフラの活用に関する検討会（平成 30 年度）」より、新東名（御殿場～浜松いなさ間）の大型車交通量が 27,100 台である。大型車には大型バス等も含まれていることを考慮し大型トラックの利用は 20,000 台とし、そのうちの 2,000 台である 10% が自動運転 L4 トラックを活用し共同で幹線輸送すると仮定

以上の条件から、自動運転 L4 トラックを活用し、関東～関西間（関東～中部・中部～関西を含む）を共同で幹線輸送を行うと 2,784 社（58,000 社×0.48×0.1）に影響があることが想定される。また、共同で幹線輸送を行うと、1 社あたり約 2237 万円の費用が軽減される可能性がある。共同運行を行うための自動運転 L4 トラックの購入やシステム開発等の導入費用及びサービスの運用費用を含めた年間コストが、各社の費用軽減分約 623 億円（2784 社×2237 万円）よりも抑えられれば、各社がメリットを得られることとなる。

一方で、共同輸配送が進まない理由としては、「配送条件の面でパートナーが見つからない」「潜在的なパートナーとのマッチング機会がない」「希望地域にパートナーが存在しない」「共同配送に馴染まない・他社に開示したくない」等の課題があり、自動運転 L4 トラックを活用し共同で幹線輸送を行う場合には、例えば共同運行会社に備車として荷物を預けてもらえるパートナーを見つける必要がある。表 2-8 に記載した共同運行会社のメリットとデメリットの内容含めて共同運行、また共同運行会社のビジネスモデルについても、継続した検討が必要である。

表 2-8 共同運行会社の主なメリット/デメリット

	メリット	デメリット
共同運行 会社	・ 幹線輸送における輸送効率の向上 ・ 協調領域（幹線輸送）の進展 ・ 貨物情報の集約・デジタル化への対応 （公的機関の方が対応しやすい）	・ ドライバーレス化や ODD 等、車両技術の進展速度に大きく影響を受ける ・ ドライバーレス化への対応と取り扱う荷物が集まるまでは、自動運転対応と保安要員の人件費双方がコストとして計上され、利益率が悪化する恐れ ・ 集約拠点となる物流拠点の確保の難しさ
物流 事業者	・ 2024 年問題等ドライバー不足への対応 ・ 幹線輸送に必要な車両や配送拠点を手放すことで、アセットライتنا経営が可能 ・ 幹線輸送以外のサービスにリソースを投入でき、地域の支線配送等の特定領域における競争優位性をもつことが出来る可能性	・ 委託（備車）によるコスト負担発生。利益率悪化を回避する為に運賃引上げが必要となる可能性
自動車 メーカー	・ まとまった台数の導入が期待できる ・ 連携しやすいため、導入後の走行データの活用がしやすい	・ 共同運行会社（仮称）向けの車両開発に偏る可能性
道路 管理者	・ 連携しやすいため、自動運転 L4トラックの運行を把握しやすい ・ 緊急対応の連携が取りやすい	・ （現時点では確認されない）

2.3. 事業モデルの実用化促進

2.3.1. 事業者による受容性評価

2.3.1.1. 実施目的と検証事項

事業モデルの実用化促進のために、物流事業者と連携し、車両を用いて事業モデルの内容に即して高速道路を走行した際の受容性評価を行い、事業上の課題や対策案を検討した。

車両を用いた検討を開始するにあたり、今年度は、取り組みやすい条件で実施することとし、表 2-9 に掲げた実施目的と検証事項を設定した。

表 2-9 実施目的と検証事項

実施目的	自動運転 L4 トラックを用いた運用を具体化し、現在の物流サービスレベルとの比較等から、事業性を検証するために、現在市販されている自動運転レベル 1 または自動運転レベル 2 の走行が可能な大型トラックを使用し、現在想定されている自動運転レベル 4 の走行を模擬する
検証事項	- 自動運転 L4 トラックを用いた運行に係る時間の定量的データを把握する - 発着地点を結ぶ全体の運行時間、および、自動運転区間の走行時間を把握 - まずは今後の検討のため、取り組みやすい条件でデータを取得 - 自動運転区間の走行中に発生するイレギュラー事項を確認する - 自動運転区間外におけるドライバーの動きを検討する

2.3.1.2. 実施条件

車両を用いて、自動運転レベル 4 を模擬し走行するにあたり、受容性評価に協力可能な物流事業者と走行時期、走行時間、走行区間、使用車両、車両挙動条件、走行実施する気象条件並びに荷物の有無について協議し、決定した。走行条件の詳細を表 2-10 に示す。

表 2-10 走行条件

項目	内容
走行日時・時間	2023 年 10 月、11 月 - 夜間帯（現在の運行と同じ時間帯を想定）
実施主体	物流事業者 3 社
走行区間	関東一中部、関東一関西 往復 （現在の運行と同じ運行ルートを想定）
使用車両	- 自動運転レベル 1or2 の安全運転支援システムを搭載した 10t トラック（市販車両） - 使用台数は 1 台
車両挙動条件	- ACC を 80km/h に設定（平均巡行速度 70km/h 以上を目標に走行） - 基本的に、第一走行車線を走行 - 状況に応じた走行条件を設定 ① 車速低下の場合： 前方車両により自車が 60km/h 以下の状態が 1 分以上継続する場合、追い越しを実施。ただし、前方車両が特殊車両の場合、速やかに追い越しを実施 ② 車線規制の場合： 速やかに車線変更を実施、車線規制解除後は第一走行車線に移動 ③ 路上障害物の場合： 速やかに車線変更を実施、通過後は第一走行車線に移動 ④ 分合流部走行時： 第二走行車線に移動せず、第一走行車線を走行する ⑤ SA/PA 通過時： 第二走行車線に移動せず、第一走行車線を走行する ⑥ JCT 通過時： 経路上第二車線に移動する必要がある場合は第二車線に移動、通過後、速やかに第一走行車線に移動 ⑦ 渋滞の場合： 前方車両に追従した状態で第一車線を走行し続ける ⑧ 通行止めの場合： 実験を中止する
気象条件	- 試験車両の ACC 及び LKA が正常に動作する限り、悪天候時（雨天等）においても実施 - ただし、暴風雨等、走行自体に危険性が生じる場合は、取り止め・延期の判断を行う
荷物の有無	荷物を載せる事業者、載せない事業者の両方存在

2.3.1.3. 実施結果

物流事業者 3 社において、ACC を 80km/h に設定して、高速道路の第一走行車線を走行し、合流部では車線変更回避せずに車速で調整する等の走行条件で、関東ー関西、関東ー中部間を 1 往復走行した。

ACC 及び LKA の稼働率は 9 割を超えた走行も確認できており、いくつかドライバーの介入が必要なイベントは確認されたものの、全体的に大きな障壁等なく、関東ー関西、関東ー中部を走行した。今回の走行条件であれば、自動運転レベル 1 及び自動運転レベル 2 でも、自動運転レベル 4 に近い走行が可能と推察される。

また、事業性の観点からは、通常のドライバー走行と比べ、走行時間が追加で約 20～50 分要したケースもあれば、ほぼ同等で走行できたケースもあった。理由として、工事及びそれに伴う車速規制や渋滞、低速車両との遭遇等、走行当日の走行環境の違いが影響したと推察される。

工事や JCT の合流・分岐といった予め把握することが可能な事象と故障車や他車合流など発生有無やタイミングが予測困難な事象と 2 パターン想定されるが、全体的には、表 2-11 に示す通り、予め把握することが可能な事象の遭遇回数の方が多い傾向である。

表 2-11 ドライバー介入を要した事象と回数

		A 社		B 社		C 社	
時期		10 月下旬（平日）		11 月上旬（平日）		11 月中旬（平日）	
走行区間		東京～大阪（往復）		東京～愛知（往復）		東京～愛知（往復）	
走行環境		晴天 夜間		晴天 夜間 東名リニューアル工事			
ドライバー介入を要した回数		【下り】 9 回	【上り】 1 8 回	【下り】 1 9 回	【上り】 1 3 回	【下り】 9 回	【上り】 9 回
内 訳	工事回避	1 回	7 回	5 回	5 回	2 回	5 回
	障害物回避 （作業車・故障車・三角コーン）	0 回	0 回	7 回	1 回	1 回	0 回
	他車合流	0 回	0 回	3 回	2 回	0 回	1 回
	JCT 合流・分岐	4 回	7 回	4 回	2 回	4 回	1 回
	車線増加・減少	4 回	4 回	2 回	1 回	2 回	1 回
	低速車回避	0 回	0 回	0 回	2 回	0 回	1 回

なお、今回の走行において、事業性の検討及び自動運転レベル4の実現に向けて、いくつか特徴的な事象を確認している。以下の事業の対応については、今後、物流事業者及び大型車メーカーと協議し、対応を進める。

(1) 工事による車線規制

図 2.5 のように、工事により車線規制されている場合、後続車を確認しながら、第2及び第3走行車線への車線変更が求められる。



図 2.5 車線規制に伴う車線変更

図 2.6 のように、車線規制終了地点の判断が難しい局面もある。



図 2.6 車線規制終了地点

(2) 障害物等の回避

図 2.7、図 2.8、図 2.9 のように、路肩に故障車や作業車が停車していたり、また工事用のパイロンが自車走行車線に設置していたりする場合、車線をはみ出している停車車両や車線内のパイロンを避けるために、車線右寄りを走行することが求められる。



図 2.7 トンネル内の路肩に故障車が停車



図 2.8 車線内に設置されたパイロン



図 2.9 車線内に設置されたパイロンを動かす作業員

(3)路面の凹凸

図 2.10 のように、路面の凹凸を視認できたならば、ドライバーとしては積荷への影響を考慮し、他車線への車線変更等の回避行動を行うため、可能であれば、自動運転 L4 トラックとしても、回避行動を行うことが求められる。



図 2.10 路面の凹凸

(4)他車合流

図 2.11 のように、合流する車両が直前まで見えなかったことから、車間距離が短く、衝突回避のために、急減速が必要であった。自動運転車である自車と他車がお互いを認識し、交通の安全を確保することが必要である。



図 2.11 合流車両

(5)SA/PA（中継エリア）のランプ部の停車車両

図 2.12 のように、複数車両が車線をはみ出す形で停車しており、例えば、車両を避けながらランプ部を走行することが求められる。



図 2.12 浜松 SA（下り）のランプ部

(6) 実勢速度と制限速度の乖離

図 2.13 のように、工事に伴う 50km/h の速度規制が行われていたが、第 2 走行車線の実勢速度は 80km/h 程度であり、多数のトラックが自車を追い越した。また、第 1 走行車線規制の予告看板に伴い、第 2 走行車線への車線変更を試みたが、車速差があり、車線変更に約 2 分を要した。

後続車と車速差を認識した上での車線変更が求められる。



図 2.13 実勢速度と制限速度の乖離がある中での車線変更

(7) 白線のかすれ等の走行環境への対応

図 2.14、図 2.15 のように、大きく左側に車線逸脱し、ドライバーのマニュアル操作で車線内に復帰した。自動運転レベル 4 の場合は、GPS 等の他のセンサ情報も活用するため、問題ないと想定されるものの、目的地に向けて車線逸脱のない走行が求められる。



図 2.14 LKA 作動時における車線逸脱



図 2.15 LKA 作動時における IC 出口方向への走行

2.3.2. テーマ3内外の取り組み結果を踏まえた事業モデル等の修正

受容性評価を含むテーマ3内外の取組結果を踏まえた事業モデル等の修正として、自動運転 L4 トラックがドライバーのような走行ができないことを前提に、物流事業者において自動運転 L4 トラックをどのように事業に組み込むか検討を進めている。

過年度までに整理した5つの走行モデルは、各物流事業者が期待する自動運転 L4 トラックの具体的な動かし方であるため、走行モデル自体の修正や変更の必要性は生じていない。

一方で、物流事業者の事業性検討においては、各走行モデルにおける運行の安全性や定時性等の運行の品質が重要な観点であり、ひいては、自動運転システム（ADS）の信頼性や可用性が影響する。

物流事業者の事業性の観点からは、自動運転システム（ADS）がどのくらいの頻度や回数で停止し（→信頼性）、自動運転レベル4の再走行までにどのくらいの復旧時間を要して（→可用性）、運行時間をどのくらいに見込むのか、事業性を考える上で明確化する必要がある。

図2.16に示す通り、自動運転システム（ADS）の一定時間あたりの合計走行時間をいかに長くし、合計停止時間をいかに短くできるかが、運行の品質であり、物流事業者の事業性に大きく影響を与えることになる。

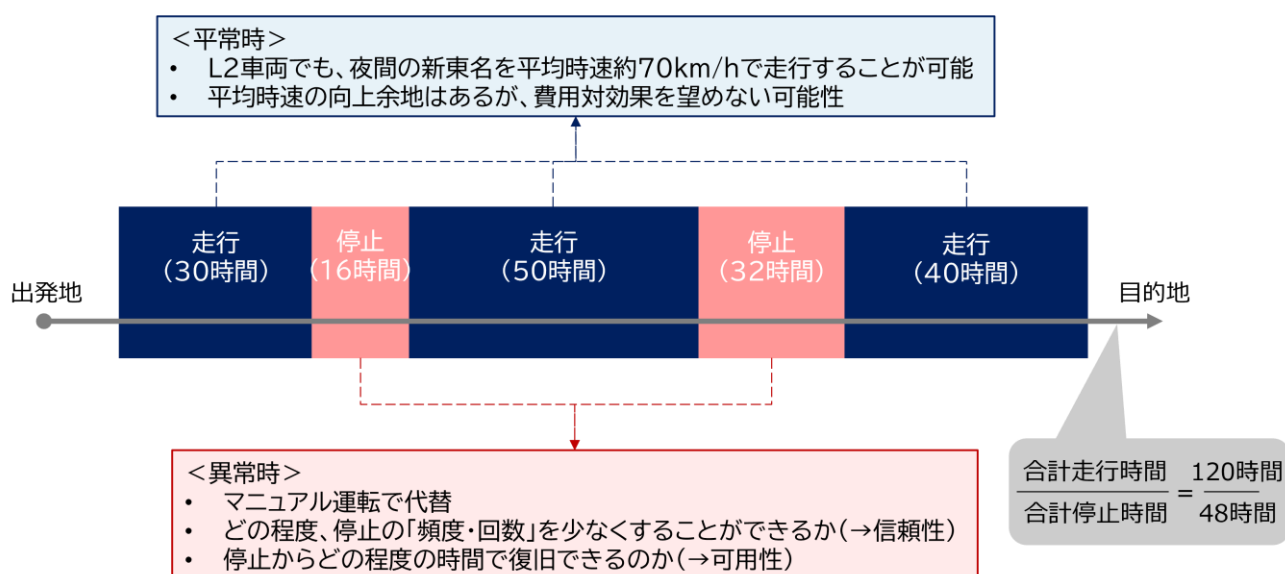


図 2.16 自動運転システム（ADS）の信頼性・可用性のイメージ

事業モデル検討の観点は、「定時性」「安全性」「物流量」「採算性」の4つがあり、特に「定時性」「安全性」には、自動運転システム（ADS）を含む車両技術レベルが大きく関係する。また、車両技術レベルも道路インフラや法整備の影響を受けることになる。

図2.17の通り、事業性、車両開発、インフラ関連、法整備の検討を同時に進める必要あり、事業モデルのさらなる検討のためには、今後、特に事業性と車両技術について仮定を置きつつ検証を進め、データの積み上げを行うことが必要不可欠である。

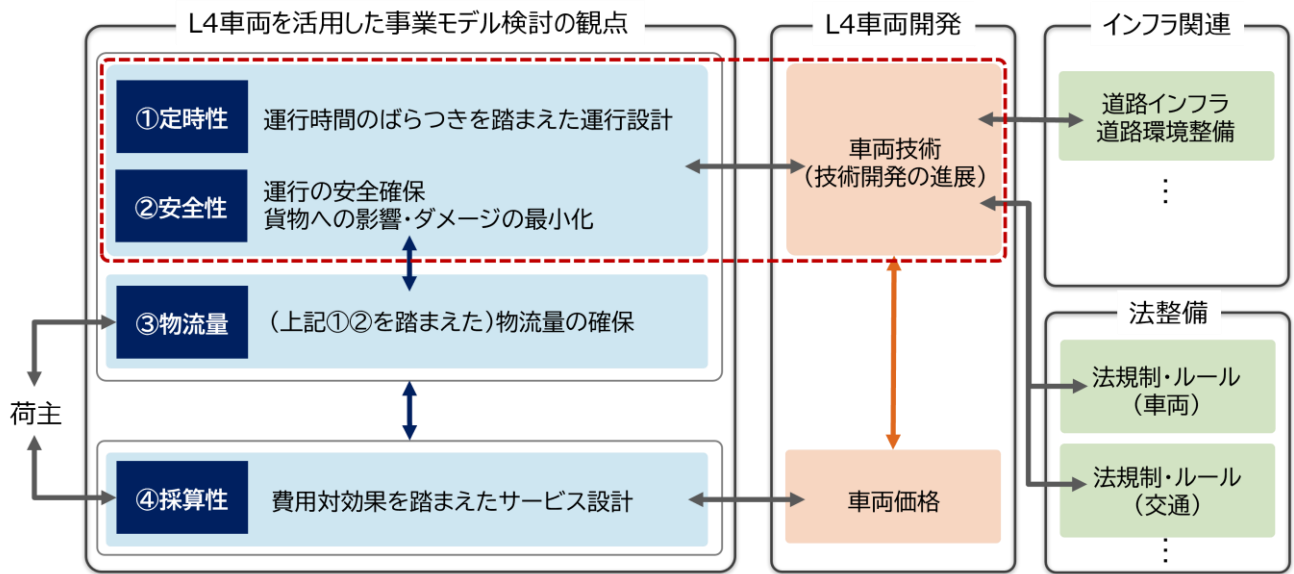


図 2.17 事業モデル検討の観点と関係性

3. 走行環境、運行条件の整理、評価

3.1. ODD の設定

3.1.1. 大型車の特性を踏まえた ODD の検証

3.1.1.1. 導入ステップの検討

以下図 3.1 に示すように 2022 年度までに、技術開発、事業性、社会受容性、外部支援及び制度整備の進捗に応じた自動運転 L4 トラックによる幹線輸送の社会実装の実装ステップと普及シナリオを一旦策定した。

一方で事業性の検討及び外部支援等のインフラ及び制度整備に関し、現実的な実装検討が進められてきたことから、今年度は現実的な検討の結果を踏まえ、以下 2 つの時期における検討状況を踏まえた現実に則したステップ策を提案した。

- ・ステップ 1：黎明期（2026 年頃）実装する現実的な自動運転 L4 トラック幹線輸送
関東～関西間において外部支援などのインフラが実装される沼津～浜松間にて、無人化に必要な中継エリアを必要としない車内有人の非運転幹線輸送と、沼津～浜松間以外の区間を自動運転レベル 2 以上の有人による運転を組み合わせることにより、自動化支援技術の組み合わせによる関東～関西間の部分自動運転化を実現する。
- ・ステップ 2：普及期／成熟期を見据えた将来的な自動運転 L4 トラック幹線輸送
中継エリア及びの沼津～浜松間以外の区間での外部支援などのインフラの整備状況に応じた無人幹線輸送の実現と区間や台数等を拡大する。

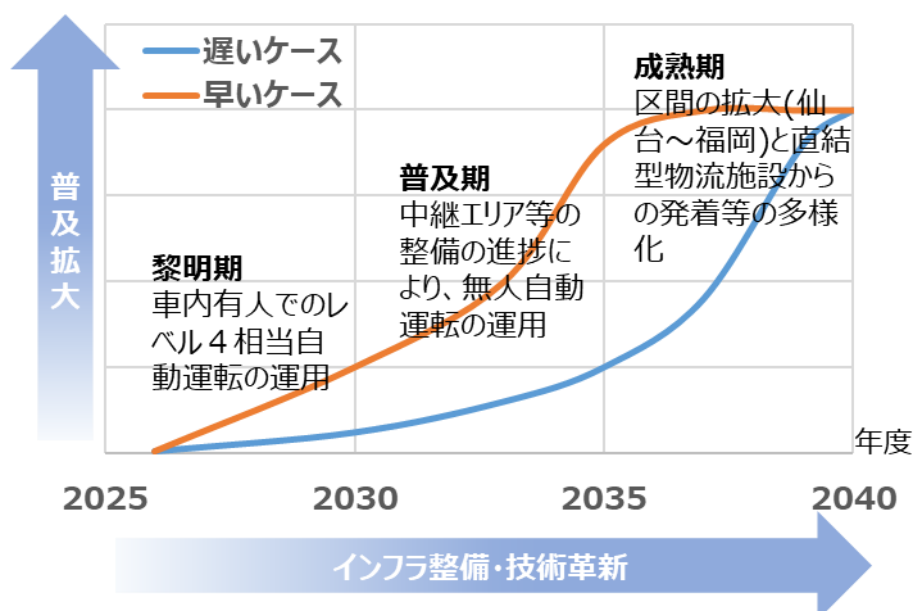


図 3.1 高速道路での自動運転 L4 トラックの普及イメージ

3.1.1.2. ODD のアップデート

テーマ 3 としての ODD は 2021 年度に一旦取りまとめ、2022 年度にそれまでの検討を踏まえて更新を行った。今年度は、さらに現実的な導入ステップを基に、事業者が想定する事業モデル及びリスク回避策の検討結果および想定する走行区間に基づき、自動運転 L4 トラックの ODD をアップデートした。

アップデートに当たって、実証実験および段階的な社会実装を想定し、①から④の四つの時間軸で記述した。すなわち、①2024 年度マルチブランド協調走行実証（MB 実証）、②黎明期（有人）、③普及期（無人）、④成熟期（無人）である。このうち、①と②については一旦最終版の位置づけとし、③と④の無人化時については、引き続き検討と議論が必要との判断から、仮置きとの位置づけとした。

アップデートした ODD の概要を以下図 3.2 に示す。

・ 想定走行区間

①MB 実証及び②黎明期（有人）では、デジタル全国総合整備計画・アーリーハーベストプロジェクト・自動運転支援道として整備が予定されている新東名高速道路の駿河湾沼津 SA～浜松 SA 間を対象として想定する。その後、③普及期（無人）では関東～関西圏、④成熟期（無人）においては東北～九州圏とし、対象区間の拡張を想定する。

・ 発着エリア

① MB 実証及び②黎明期（有人）では、走行中の手動・自動切換え（自動運転の開始・終了）を想定するが、併せて自動運転の始点または終点となるサービスエリア（SA）やパーキングエリア（PA）において、停止状態での手動・自動切換えの可能性もあることとした。また、③、④の無人化時には、運転者の乗降場所となる中継エリアが必須であることとした。

・ 車線（基本）

①から④全てにおいて、自動運転 L4 トラックの優先レーンとして設定される、第 1 走行車線を走行するものとした。しかしながら、必要に応じ、第 2 走行車線（または第 3 走行車線）の一時的な走行を否定するものではない。

・ 車線数（片側）

想定する走行区間に順じて 3 車線または 2 車線とする。ただし、これまで実施してきたリスク回避策の検討は、基本的に 3 車線区間を想定してきており、また 2024 年度、2025 年度で計画中の MB 実証においても 3 車線区間でのみの実施となっていることから、2 車線区間への範囲拡張時にはリスク回避策が有効に機能するかの検討や、必要に応じて走行実証により検証することが必要と考える。

- ・ 走行時間帯

①MB 実証は昼間から開始することを想定する。実運行においては夜間の必要性が高いとの認識から昼間/夜間両方を想定する。

- ・ 天候

天候は、①から④全てにおいて、晴れ/曇り/小雨、とした。自動運転車の走行環境は車両自体の走行限界（例えば、積雪深さや最大風速）と、自動運転機能を支える自律系及びインフラ系センサの機能限界（例えば、降雨量や降雪量、濃霧等）によって決まる。

前者は、道路の規制（例えば、通行止め）が一つの目安になると考えられるが、後者は、使用しているセンサやシステム構成によっても異なり、一概に決定することは困難である。また前者・後者ともに、「安全運行」の観点から、どれだけの余裕代を設定するかも検討課題である。

これらは競争領域とも考えられるので、協調領域として決める部分と、競争領域として個々の事業者や自動運転車両メーカーに任せる部分についても更なる議論が必要である。

- ・ 路面

路面は、乾燥/湿潤とした。意図としては、少なくとも現時点では、白線が視認できないような積雪状態は ODD 外と考えた。一方で路面についても前述の天候と近いところがあり、引き続きの検討と議論が必要である。

さらには、夜間と湿潤の組み合わせでは、白線が検知しにくくなるといった事象もあり、事前の運行可否判断が難しいのではないかと考えられるケースもある。運行を開始してからの MRM の可能性を極力低減する観点からも検討が必要な部分である。

- ・ インフラ支援

インフラ支援は、①から④全てにおいて、想定する走行区間の全域において、合流支援と先読み情報支援が必要とした。その他にも、運行監視を実現するための通信環境等も不可欠である。

	①MB実証	②黎明期（有人）	③普及期（無人）	④成熟期（無人）
想定走行区間	駿河湾沼津SA～浜松SA（新東名）	←	関東～関西圏	東北～九州圏
発着エリア	走行中の手動・自動切換え、またはSA/PA	←	中継エリア	←
車線（基本）	第1車線（優先レーン）	←	←	←
車線数（片側）	3	←	3 or 2	←
走行時間帯	昼間	昼間/夜間	←	←
天候	晴れ/曇り/小雨	←	←	←
路面	乾燥/湿潤	←	←	←
インフラ支援	合流/先読み情報	←	←	←

図 3.2 ODD の概要

3.1.2. リスク回避策案の有効性検証

3.1.2.1. 中継エリアに関わるリスク回避策案の検証

(1) 発着駐車ます

① 24 年度マルチブランド実証時の模擬中継エリア（発着駐車ます）設定の考え方
24 年度のマルチブランド実証時点では、自動運転車用の中継エリアは整備されていないので、SA/PA 内の既存の駐車ますの一部をマルチブランド実証用の模擬中継エリア（発着駐車ます）として、実証期間のみ占有利用する。

24 年度のマルチブランド実証では、発着駐車ますで、ドライバー運転から $L2+\alpha$ の自動運転へ、または、 $L2+\alpha$ の自動運転からドライバー運転への運転モードの切り替えを行う。

24 年度のマルチブランド実証実験は、実証に使用する車両が $L2+\alpha$ の自動運転レベルであり、以下の限定した条件の下、特定自動運行主任者が同乗の上、安全運行に配慮して実施する必要がある。

- ・ 24 年度の発地駐車エリアに求める条件
発地後、ランプ部まで単純なルートで到達でき、歩行者が居ない環境
- ・ 24 年度の着地駐車エリアに求める条件
本線からランプに分流後、単純なルートで到達でき、歩行者が居ない環境

② 24 年度マルチブランド実証実験時の模擬中継エリア（発着駐車ます）設置場所
マルチブランド実証実験で計画されている合流支援の実施個所を考慮し、自動発着実証実験を行う場所を NEXCO 中日本と相談の上、決定した。具体的な SA/PA を以下に示す。

< 浜松 SA 上り：発地駐車ます（自車合流と他車合流の支援有） >

ドライバー運転で発地駐車ますに駐車し、L2+ α の自動運転に切り替えて発進

< 駿河湾沼津 SA 上り：着地駐車ます >

L2+ α の自動運転で着地駐車ますに駐車し、ドライバー運転に切り替えて発進

< 駿河湾沼津 SA 下り：発地駐車ます（自車合流の支援有） >

ドライバー運転で発地駐車ますに駐車し、L2+ α の自動運転に切り替えて発進

< 遠州森町 PA 下り：発着駐車ます（自車合流の支援有） >

L2+ α の自動運転で着地駐車ますに駐車し、L2+ α の自動運転で発進

< 浜松 SA 下り：着地駐車ます >

L2+ α の自動運転で着地駐車ますに駐車し、ドライバー運転に切り替えて発進

③ 25 年度以降用の SA 内中継エリア（発着駐車ます）の考え方

黎明期の実運用を想定し、発着駐車ますの予約制および有人無人の切替えのみならず荷物の積み替えも考慮し、25 年度末以降の SA 内中継エリアを一般車エリアとは分離して設置することを NEXCO 中日本にて検討中である。SA 内中継エリアは既存 SA 内のエリアを活用し、かつ、自動運転 L4 トラック以外にもダブル連結トラック用の予約ます、荷物の積み替えスペースとしても使用することを想定している。

検討中の 25 年度以降の SA 内中継エリアは、完成予定が 25 年度末想定であること、また、設置させる場所が、SA 内の奥でランプから離れており、SA 内の歩行者が存在するエリアを走行する必要があるため、25 年度のマルチブランド実証走行時には、利用できない可能性がある。25 年度のマルチブランド実証実験時に 25 年度以降の SA 内中継エリアを利用できない場合は、24 年度マルチブランド実証実験に使用した発着駐車ますを利用予定である。

④ 25 年度以降用の SA 内中継エリアの設置場所

24 年度マルチブランド実証実験で利用した SA 内に設置を検討中。具体的な SA を以下に示す。

- ・ 浜松 SA 上り
- ・ 駿河湾沼津 SA 上り
- ・ 駿河湾沼津 SA 下り
- ・ 浜松 SA 下り

⑤ 24 年度マルチブランド実証実験で想定している評価項目等

- ・ 発着駐車ますへの発着
- ・ SA/PA 内での法規および環境に合わせた走行
- ・ SA/PA 内走行時の他車両との関係におけるリスクの確認

実証実験により得られた知見から、L4 トラックに求められる機能・性能の確認

⑥ 25 年度実証に向けた要検討課題

検討中の 25 年度以降の SA 内中継エリアは、完成が 25 年度末予定であること、また、設置させる場所が、SA 内の奥でランプから離れており、SA 内の歩行者が存在するエリアを走行する必要があるため、25 年度のマルチブランド実証走行時には、利用できない可能性がある。

25 年度のマルチブランド実証実験時に 25 年度以降の SA 内中継エリアを利用できない場合は、24 年度マルチブランド実証実験に使用した発着駐車ますを利用予定である。

3.1.2.2. 合流支援に係るリスク回避策案の検証

高速道路の合流部の走行は、合流車両の検出、自車両と合流車両の相対関係（速度、位置）から、合流点を予測し、安全に合流ができるか判断する必要があり、高度な認知、判断技術が必要である。

また、乗用車のような機敏な動きができない大型車の特性により、合流車との車間距離調整、速度調整に時間がかかる。円滑な交通とする為には、大型車をできるだけ一定速度で走行させる事が望ましい。

昨年度には、合流部において想定されるリスクと、これらリスクの回避策（合流支援）についてまとめた。今年度は合流部における合流支援の有効性について、路車間通信を活用した合流支援策の実証検討と交通流ミクロシミュレーションを活用し、路車間通信による合流支援策と優先レーン化における影響について検証した。また、ドライビングシミュレータを用いて、合流時を含む自動運転 L4 トラック周辺の一般車両運転者との親和性について検証した。

合流支援の検討対象は、合流部（他車交流、自車合流）、事故、工事渋滞等における合流支援（他車交流、自車合流）である。

(1) 路車間通信を活用した合流支援実証実験の検討

合流部手前において車両の自律センサでは検知できない本線上流路側に設置されたセンサにより検知された本線上を走行する車両を「先読み情報」として I2V 通信により自動運転車両へ配信するシステムを活用し、事前に最適な車両制御を施すことにより、合流部での円滑な合流制御を実現することが期待できる。本システムを高速道路上に設置するための前提条件との車両制御コンセプト案について検討した。

① 自車合流*

路車間通信を活用した自車合流の合流支援実証実験案として DAY2 システムを適用した実証計画を検討した。

I. 路側機器設置レイアウト（DAY2 システム）のコンセプト

a) 合流支援情報提供システム（DAY2 システム）の概要

以下図 3.3 に示すように合流支援情報提供システム（DAY2 システム）は、高速道路等の合流部において、車両検知センサと合流部の一定区間の個々の車両の位置、走行速度、車長等を 0.1 秒間隔などで複数回検知して、連結路上に設置した情報提供施設より、本線の交通状況を合流車に提供する。合流車（自動運転車）はその情報をもとに、適切な車間（ギャップ）の有無により合流可否を判断し、事前に連結路での速度を調整し、自律運転支援システムおよびドライバーが安全を確認したうえで、合流を実施するものである。

b) システムの構成

以下表 3-1 に示すように合流支援情報提供システム（DAY2 システム）は、合流部上流側の本線に設置する「①車両検知センサ」により、本線合流部の上流側の交通状況を 0.1 秒間隔などで複数回検知し、「②路側処理装置」が検知した車両情報を情報提供フォーマットへ変換する。その後、「③情報提供施設」を通じて情報提供し、「④車載器」で受信した情報をもとに自動制御を行うシステムから構成される。

* 合流支援情報提供システム仕様書原案 Ver 0.1、令和 5 年 2 月、国土交通省 国土技術政策総合研究所

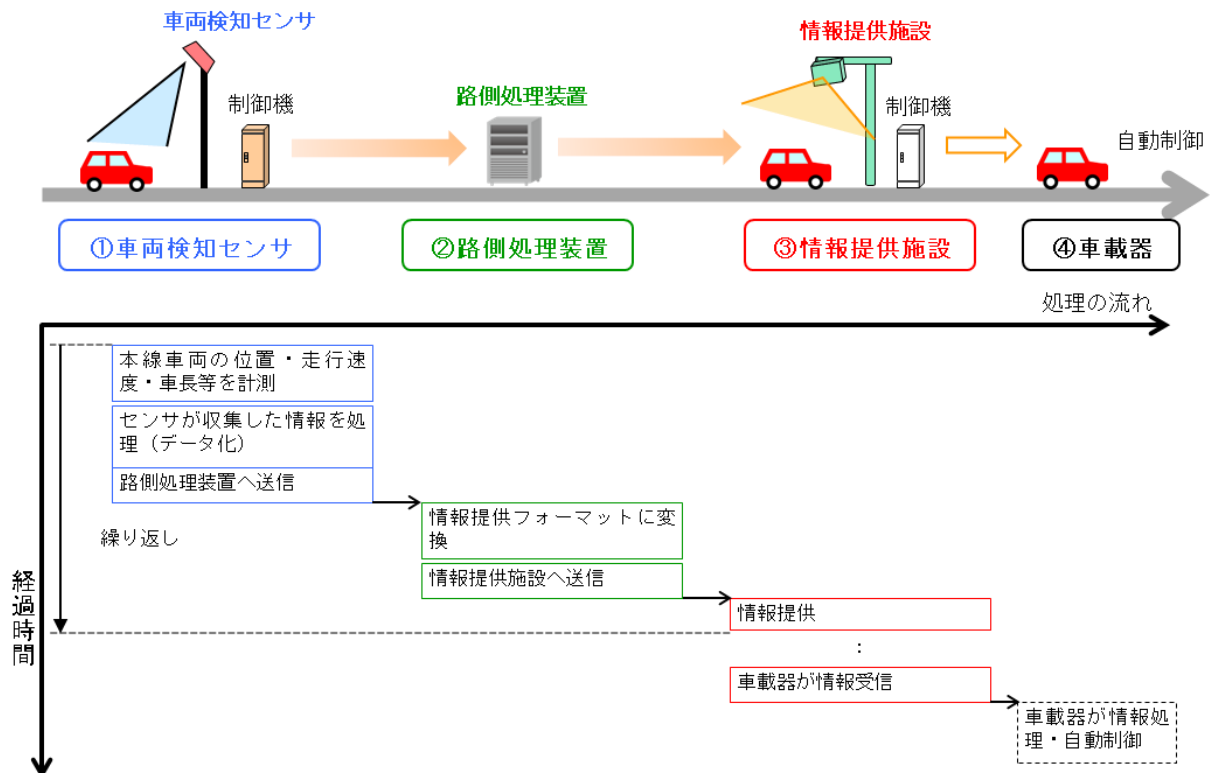


図 3.3 合流支援情報提供システム（DAY2 システム）の情報処理の流れ

表 3-1 合流支援情報提供システム（DAY2 システム）

項目	説明
① 車両検知センサ	車両検知センサは、合流部上流側の本線の検知区間内の車両の位置、速度、車長等を計測するものである。センサに併設される制御機にて検知した情報を処理（データ化）して、路側処理装置へ送信する。
② 路側処理装置	路側処理装置は、制御機から受信した情報をもとに、情報提供フォーマットに変換し、情報提供施設へ送信する。
③ 情報提供施設	情報提供施設は、路側処理装置にて生成した情報を受信し、連結路上で連続的に情報を提供する。
④ 車載器	車載器は、情報提供施設を通じて提供された情報を受信・処理したうえで、自動運転車の自動制御を行う。

c) 自車合流時における支援領域

以下図 3.4 に示すように自車合流時における合流支援情報提供システムを活用して事前の速度調整を支援する合流開始起点までの上流区間を「協調型支援領域」、合流開始起点から本線合流を完了するまでの区間を「自律型合流制御領域」と定義する。

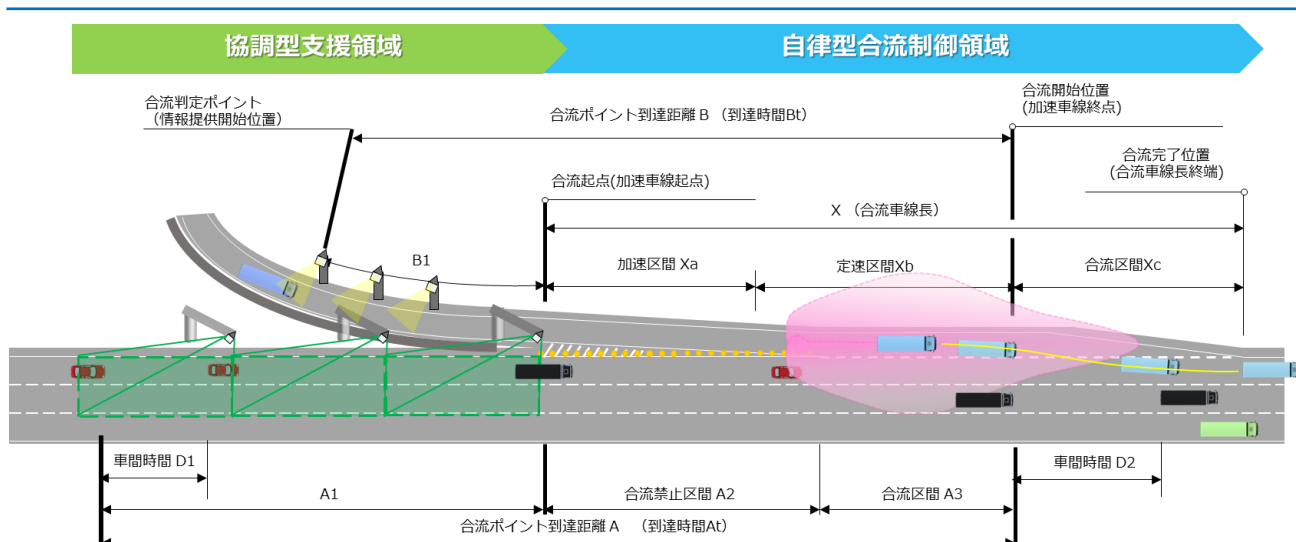


図 3.4 自車合流における合流支援情報提供システムの支援範囲

d) 車両検知センサ検知区間及び情報提供施設提供区間

自車合流での車両検知センサ検知区間及び情報提供施設提供区間について以下図 3.5 に示す。

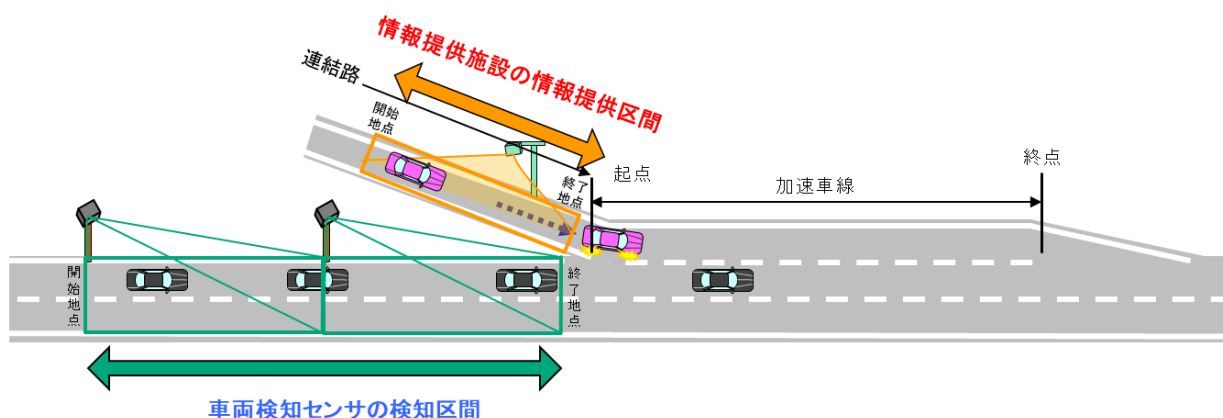


図 3.5 車両検知センサ検知区間及び情報提供施設提供区間

車両検知センサ検知区間及び情報提供施設提供区間については以下図 3.6、表 3-2 及び表 3-3 に示した手順により検討する。

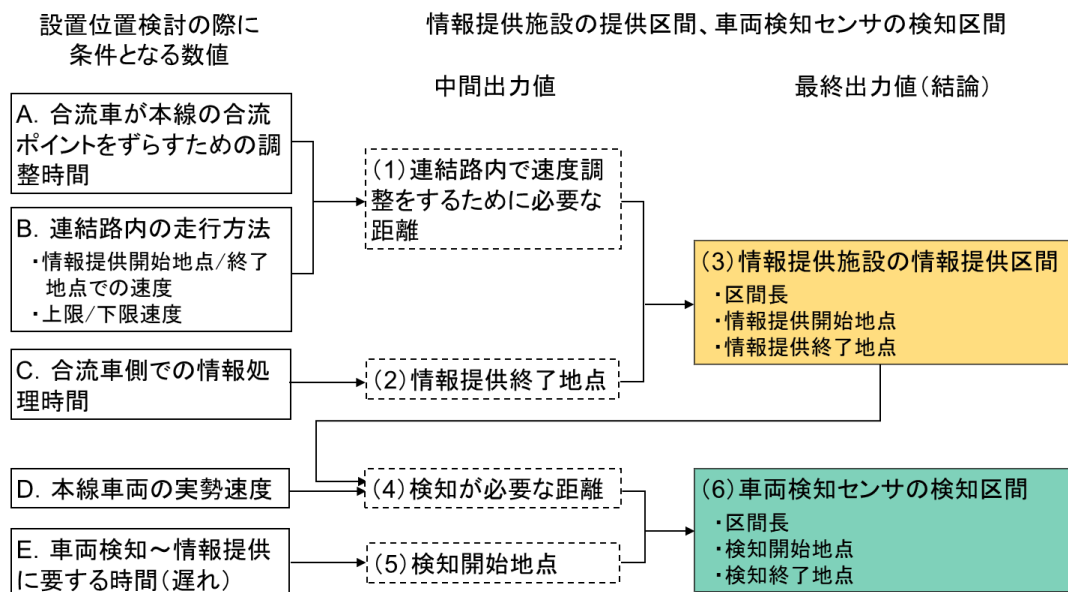


図 3.6 車両検知センサの検知区間と情報提供施設の提供区間の検討手順

表 3-2 車両検知センサの検知区間と情報提供施設の提供区間（出力値）

出力値		説明
(1)	連結路内で速度調整をするために必要な距離	合流車が本線の合流ポイントをずらして合流するためには連結路内で速度調整し、合流にいたるまでの時間を調整する必要がある。この速度調整のために合流車が連結路内で走行する区間の距離を(1)と定義する。
(2)	情報提供終了地点	情報提供施設から情報を受けた合流車はその情報を処理し速度調整を行うが、情報を受けてから速度調整が行われるまでに一定の遅れ時間があることが想定される。遅れ時間の影響により、連結路の終点付近では、合流車が情報を受けても連結路内での速度調整に活用できない区間が存在する。この区間を考慮し、連結路内での情報提供が有効な区間の最下流地点を(2)と定義する。
(3)	情報提供施設の提供区間 ・区間長 ・情報提供開始地点 ・情報提供終了地点	情報提供施設で情報提供する区間の長さおよび提供開始地点、提供終了地点である。(1)より提供区間が決定する。(2)より(1)の最下流地点が決定する。これらをもとに、情報提供施設の提供区間、情報提供開始地点、情報提供終了地点が決定する。
(4)	検知が必要な距離	(3)の提供区間において、合流車が活用する情報に対応する本線の交通状況の検知区間である。

(5)	検知開始地点	車両検知センサが本線の交通状況を検知してから情報提供施設から情報提供されるまでに一定の遅れ時間があることが想定される。遅れ時間の影響により、検知終了地点付近で検知し生成された情報は、連結路内での情報提供が間に合わなくなる。このため検知区間は、この遅れ時間に対応する分上流側から本線交通状況を検知する必要がある。以上を考慮した検知開始地点を(5)と定義する。
(6)	車両検知センサの検知区間	車両検知センサで検知する区間の長さおよび検知開始地点、検知終了地点である。(4)より検知区間が定まる。(5)より(4)の最上流地点が定まる。これらをもとに、車両検知センサの検知区間、検知開始地点、検知終了地点が定まる。

表 3-3 条件となる数値

(車両検知センサの検知区間と情報提供施設の提供区間の検討時)

条件となる数値		説明
A	合流車が本線の合流ポイントをずらすための調整時間	情報提供を受けた合流車が、本線車列内の合流ポイントをずらすために必要な調整時間である (例．車間時間 2 秒程度が連続する本線交通において、合流車が本線上の一つ後ろのギャップに合流する場合は、車頭時間に相当する時間が必要)。 合流車は、合流車線起点までに達する時間を調整してこの時間を確保する。
B	連結路内での走行方法	合流車の連結路内での走行方法(速度)である。合流車は、連結路内で走行速度を変えることにより、Aに記載した調整時間を確保する必要がある。情報提供が必要な区間は、以下の条件により決定される。 ・ 情報提供開始地点での走行速度(初速) ・ 情報提供終了地点での走行速度(終速) ・ 提供区間内での上限速度、下限速度 ※規制速度を基本とする。
C	合流車側での情報処理時間	合流支援情報を提供された合流車が、当該情報を制御に活用するまでに要する処理時間(遅れ)である。
D	本線車両の実勢速度	エラー! 参照元が見つかりません。(4) 検知が必要な距離を設定する際に、本線車両の実勢速度を

		考慮する。実勢速度が高いほど、より上流側から本線車両を検知する必要がある。なお、実道路環境において、走行速度の変動がある中で、適切な速度を設定する必要がある。
E	車両検知～情報提供に要する時間（遅れ）	車両検知センサが本線車両を検知し、情報提供施設から合流車に合流支援情報を提供するまでに必要な時間（遅れ）である。なおこの時間の中に、センサ内部での処理時間、複数センサを用いる際の統合処理時間も含まれる。

II. 車両制御コンセプト

以下図 3.7 に示すように合流車が本線の合流ポイントをずらすための調整時間（調整しろ）は、合流車が情報提供を受けてからの連絡路内での走行を、最速で走行した時と、最遅で走行した時の時間差により確保することができる。

最速と最遅で走行をする際に、走行時間が異なり、この差分が調整可能な時間（調整しろ）を確保することで、本線の車列内における合流ポイントをずらすことが出来る。

情報提供を受けてからの調整時間制御手法は、連絡路内での加減速制御のみに限らず、合流起点通過後の加速タイミングを遅らせる等、様々な手法があり、社会実装時には一つの手法に制限されるものではない。

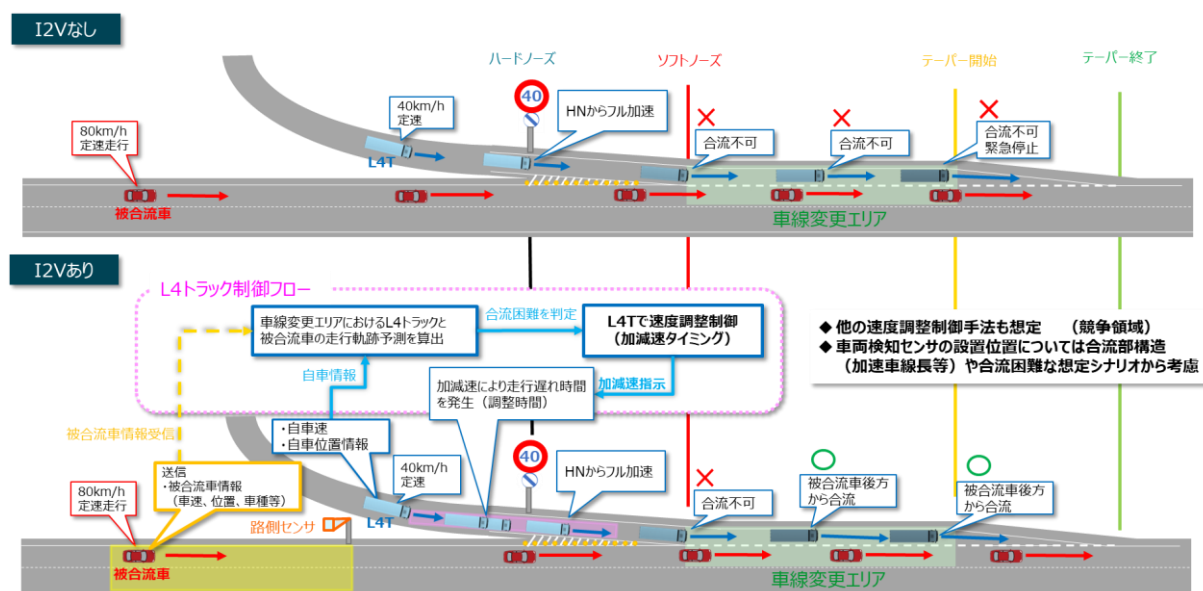


図 3.7 自車合流支援路車情報提供有無による車両制御コンセプト案（一例）

② 他車合流*

路車間通信を活用した他車合流の合流支援実証実験案は、これまで検討されてきていないため、DAY1 システムを活用した他車合流支援システムを検討した。

I. 路側機器設置レイアウトのコンセプト

a) 合流支援情報提供システム（DAY1 システム）の概要

以下図 3.8 に示すように合流支援情報提供システム（DAY1 システム）は、高速道路等の合流部において、車両検知センサ設置断面における通過車両の通過台数、通過時刻、走行速度、車長等 を検知して、連絡路上に設置した情報提供施設より、連絡路車両が車両検知センサの設置位置から合流部まで等速度で走行するとの仮定のもとで算定された合流部に到達する時間（到達計算時刻）等を被合流車に提供する。被合流車（自動運転車）はその情報をもとに、適切な車間（ギャップ）の有無により合流可否を判断し、事前に前方車両との車間距離の調整または速度調整し、自律運転支援システムおよびドライバーが安全を確認したうえで、合流を実施するものである。

b) システムの構成

以下に表 3-4 に示すように、合流支援情報提供システム（DAY1 システム）は、合流部連絡路に設置する「①車両検知センサ」により、センサ設置断面の交通状況を検知し、「②路側処理装置」が検知した車両情報を情報提供フォーマットへ変換する。その後「③情報提供施設（「ITS スポット」）を通じて情報提供し、「④車載器」で受信した情報をもとに自動制御を行うシステムから構成される。

* 国土交通 省国土技術政策総合研究所：次世代の協調 ITS の実用化に向けた技術開発に関する共同研究報告書, 国総研資料, 第 1245 号, 2023.

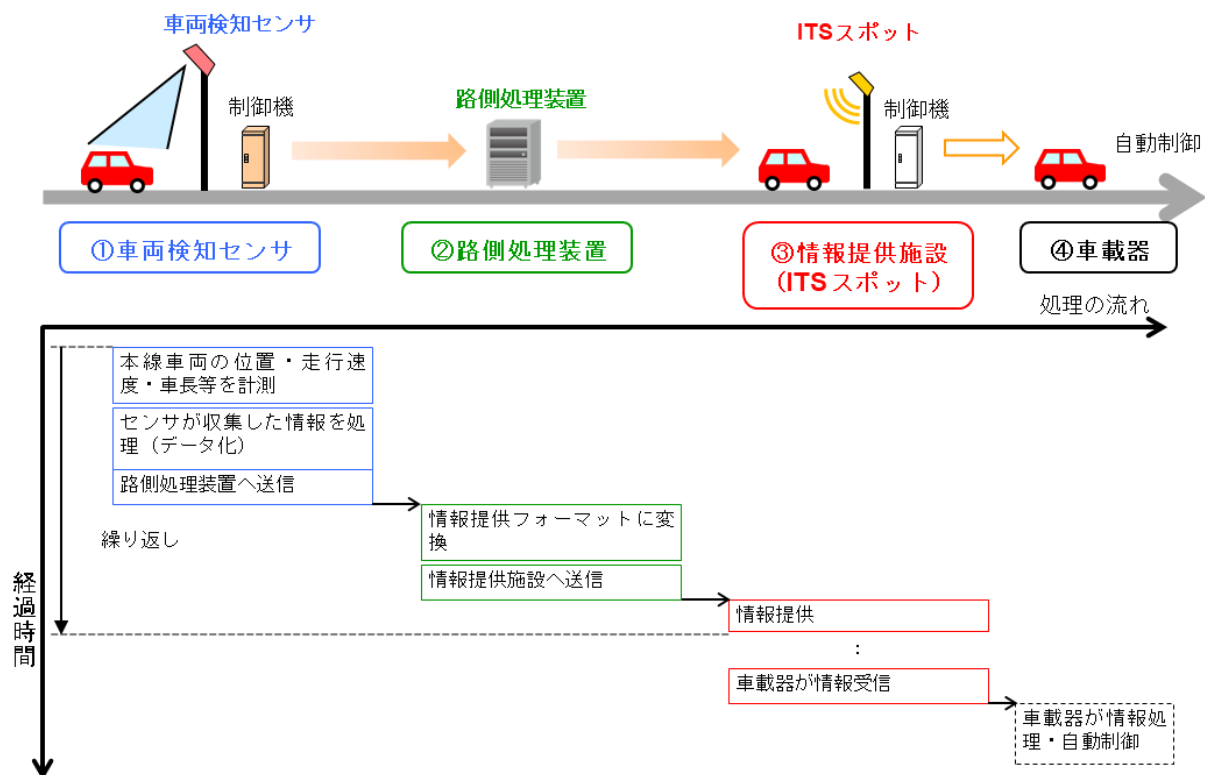


図 3.8 合流支援情報提供システム（DAY1 システム）の情報処理の流れ

表 3-4 合流支援情報提供システム（DAY1 システム）

項目		説明
①	車両検知センサ	車両検知センサは、連絡路の通過車両の通過台数、通過時刻、速度、車長等を計測するものである。センサに併設される制御機にて検知した情報を処理（データ化）して、路側処理装置へ送信する。
②	路側処理装置	路側処理装置は、制御機から受信した情報をもとに、連絡路車両の合流部到達時刻を計算し、情報提供フォーマットに変換し、情報提供施設へ送信する。なお、合流部到達時間（ t ）は、検知断面から合流部起点までの距離と検知断面で検知された速度、ならびに道路構造等による固定オフセット値等（システムを導入する箇所により）をもとに計算する。
③	情報提供施設	情報提供施設は、路側処理装置にて生成した情報を受信し、合流部本線上流上でスポット的に情報を提供する。
④	車載器	車載器は、情報提供施設を通じて提供された情報を受信・処理したうえで、自動運転車の自動制御を行う。

c) 他車合流時における支援領域

以下図 3.9 に示すように他車合流時における合流支援情報提供システムを活用して事前の速度調整を支援する合流開始起点までの上流区間を「協調型支援領域」、合流車が合流開始起点から本線合流を完了するまでの区間を「自律型合流制御領域」と定義する。

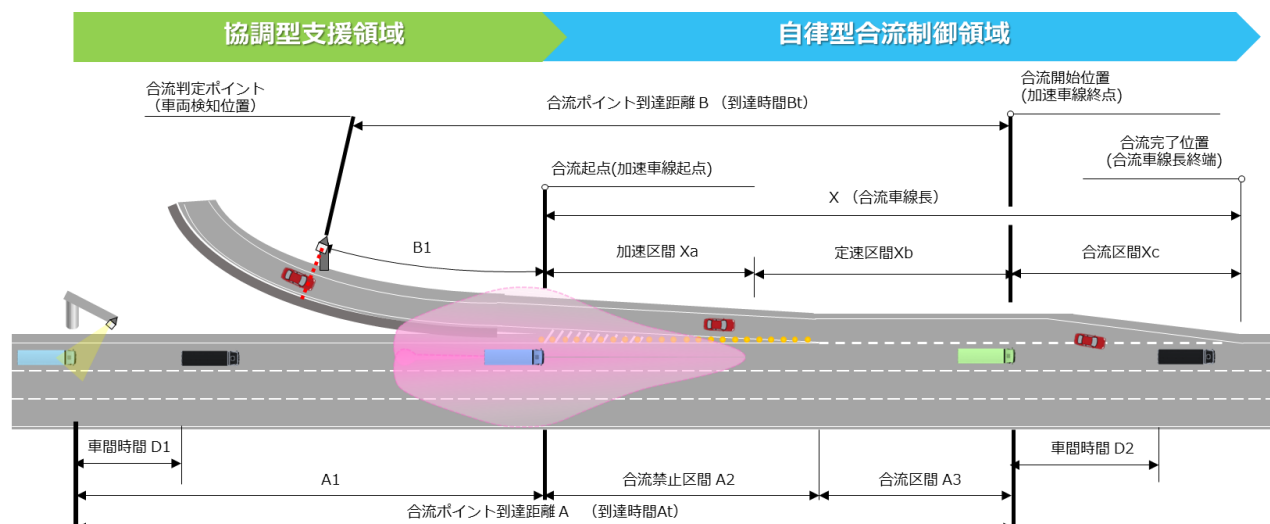


図 3.9 他車合流における合流支援情報提供システムの支援範囲

d) 車両検知センサのスポット検知位置及び情報提供施設スポット提供位置

他車合流での車両検知センサの検知位置及び情報提供施設の提供位置について以下図 3.10 に示す。車両検知センサを通過して検知した車両情報は、過去に通過した数秒～数十秒分も含めまとめて提供される。

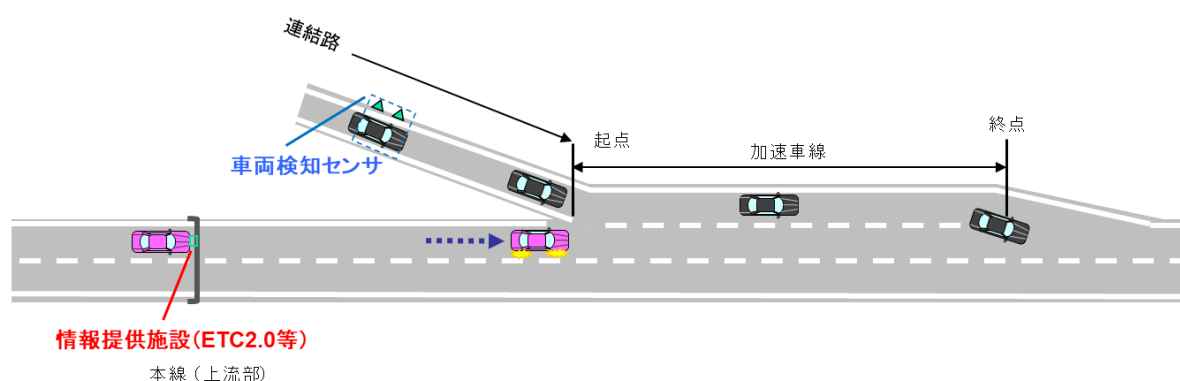


図 3.10 他車合流支援情報提供システム（DAY1 システム）のイメージ

他車合流の車両検知センサの検知位置と情報提供施設の提供位置について以下図 3.11、表 3-5 及び表 3-6 の手順により検討する。

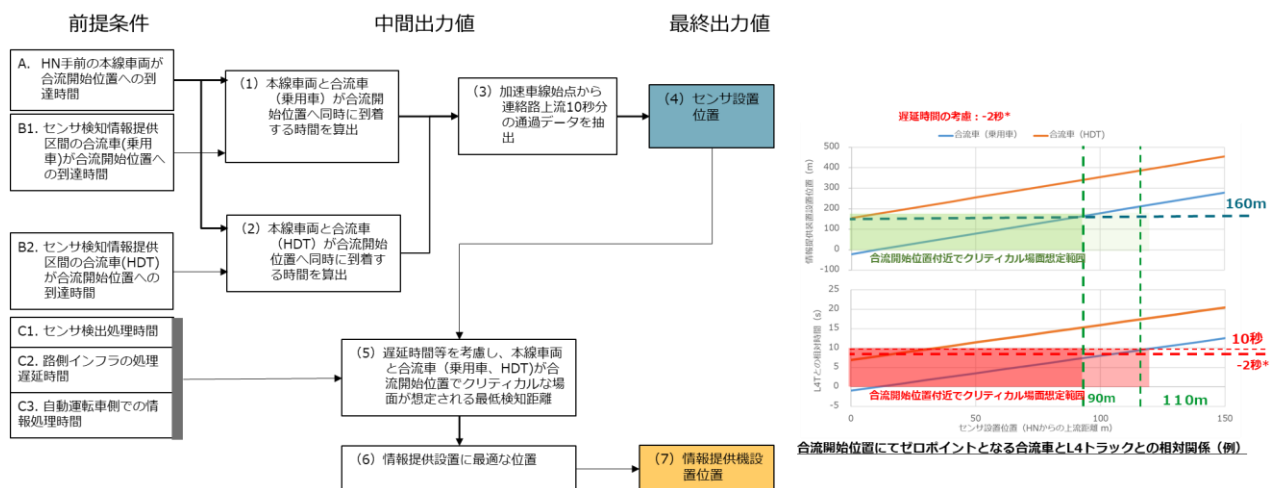


図 3.11 車両検知センサの検知位置と情報提供施設の提供位置の検討手順

表 3-5 車両検知センサの検知区間と情報提供施設の提供区間（出力値）

出力値	説明
(1) 加速車線終点までの相対到達時間 ・本線車両（自動運転） ・合流車（乗用車）	本線車両（自動運転）と合流車（乗用車）が加速車線終点（合流限界位置）までの相対到達時間（本線車両の車頭が加速車線終点到達時に合流車の車頭が並んだ場合を 0 とする）を算出する。
(2) 合流開始位置までの相対到達時間 ・本線車両（自動運転） ・合流車（大型トラック）	本線車両（自動運転）と合流車（大型トラック）が加速車線終点（合流限界位置）までの相対到達時間（本線車両の車頭が加速車線終点到達時に合流車の車頭が並んだ場合を 0 とする）を算出する。
(3) 合流開始位置から連絡路上流の過去 10 秒分の通過データ抽出	(1)、(2) の過去 10 秒分までの相対到達時間を抽出し、本線車両との相対時間 10 秒時の (1) または (2) の最大値を (4) と決定する。
(4) センサ設置位置	(3) で決定したセンサ設置位置を定義する。
(5) 最低検知距離	センサ検出処理時間等を考慮し、本線車両と合流車（乗用車、大型トラック）が合流開始位置でクリティカルな場面が想定される最低検知距離を決定する。
(6) 情報提供システムの最適な設置位置	本線車両が最適な距離で受信できるよう情報提供システムの設置位置を決定する。(5) で決定した車両検知センサ設置位置から、情報提供装置の設置距離を定義することが出来る。
(7) 情報提供機の設置位置	(6) で決定した値を情報提供機の設置位置と定義する。

表 3-6 条件となる数値

(車両検知センサ検知位置及び情報提供施設提供位置の検討時)

条件となる数値		説明
A	L4トラックが合流開始位置までの到達時間	情報提供を受けたL4トラックが、現在の走行速度を定速走行することを前提に、情報提供を受けた位置から加速車線終点までの推定到達時間を算出する。 到達時間(秒) = 加速車線終点までの距離(m) ÷ 自車速度(m/s)
B1	合流車(乗用車)が合流開始位置までの到達時間	車両検知センサにより検知された合流車(乗用車)が、検知した走行速度を加速車線起点まで定速走行し、加速車線起点から事前定義した加速度の定数にて定加速した時、加速車線終点までの推定到達時間を算出する。 到達時間(秒) = 加速車線起点までの距離(m) ÷ 検知した速度(m/s)
B2	合流車(大型トラック)が合流開始位置までの到達時間	車両検知センサにより検知された合流車(大型トラック)が、現在の走行速度を加速車線起点まで定速走行し、加速車線起点から事前定義した加速度の定数にて定加速した時、加速車線終点までの推定到達時間を算出する。 到達時間(秒) = 加速車線終点までの距離(m) ÷ 検知した速度(m/s)
C1	車両検知センサ処理時間	車両検知センサが、車両検知から合流支援情報として確定するまでに要する処理時間である。
C2	路側インフラシステムの処理遅延時間	車両検知センサが合流車両を検知し、情報提供施設から本線車両に合流支援情報を提供するまでに必要な時間(遅れ)である。
C3	L4トラック側での情報処理時間	合流支援情報を提供された合流車が、当該情報を制御に活用するまでに要する処理時間(遅れ)である。

道路条件による想定走行プロファイルから設置条件手順の一例を示す。

< 道路前提条件 >

連絡路制限速度：40km/h

本線最高速度：100km/h

加速車線長（起点～終点） X_a+X_b ：390m

< 車両前提条件 >

自動運転 L4 トラック

最高速度：80km/h

加速度：0.04G (0.392m/s^2)

緩減速度：0.1G (0.98m/s^2)

合流車（乗用車 PC）

最高速度：100km/h

加速度：0.2G (1.96m/s^2)

緩減速度：0.15G (1.47m/s^2)

合流車（大型トラック HDT）

最高速度：80km/h

加速度：0.04G (0.392m/s^2)

緩減速度：0.1G (0.98m/s^2)

< 計算式 >

車両検知位置 B1：40km/h (11.1m/s) $\times 10$ 秒分

$\div$ （合流起点から）110m

以下図 3.12 に示すように車両前提条件から走行プロファイル図を作成し、合流車（大型トラック）が加速車線起点通過時の本線走行中の L4 トラックは 160m 上流を走行するため、情報提供装置は 160m 以上本線上流に設置されることが望ましい。

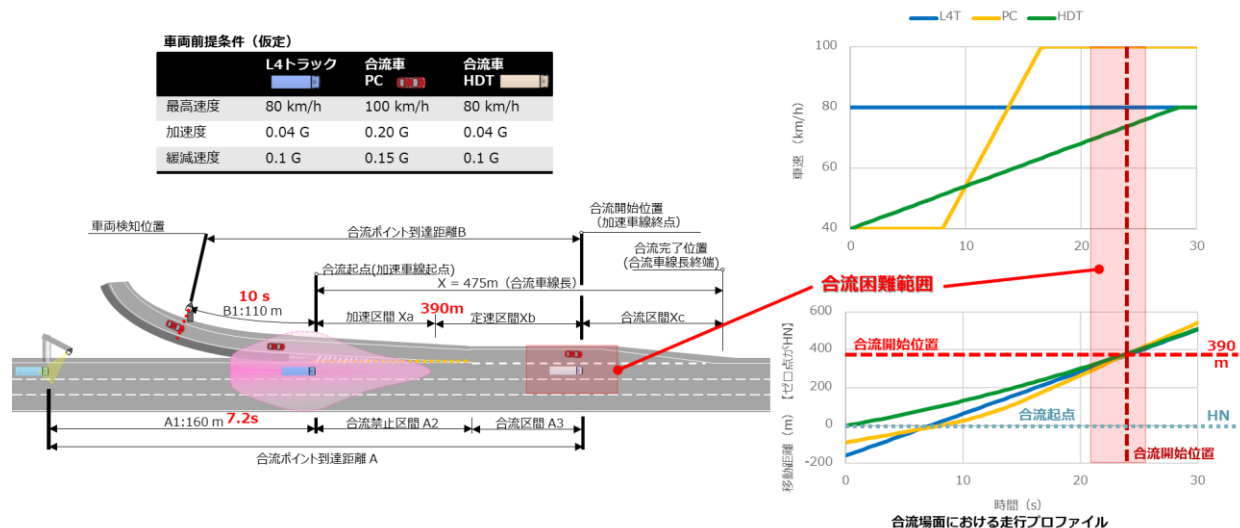


図 3.12 他車合流の道路条件・想定走行プロファイル

II. 車両制御コンセプト

以下図 3.13 に示すように本線車両が合流車の合流開始ポイントへの接近を回避するため、情報提供を受けてから合流車との接近が予測される場合において、本線車両が事前に予め設定した速度まで緩減速することで合流車両が円滑に合流することができる。

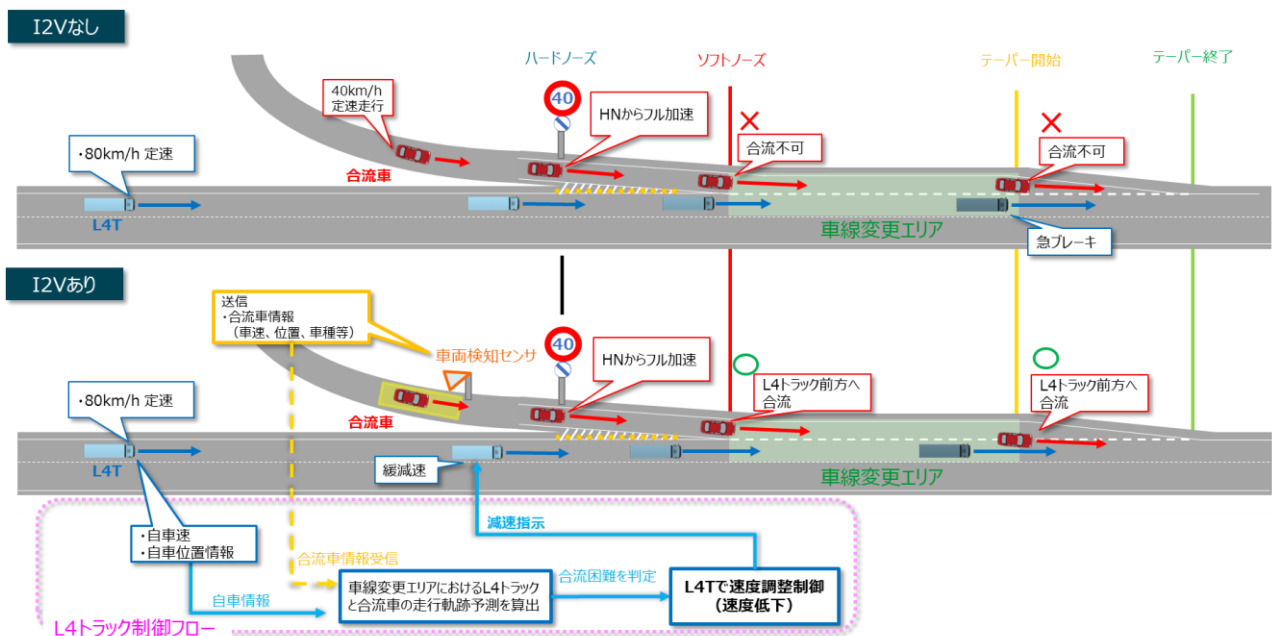


図 3.13 他車合流支援システムによる車両制御手順コンセプト案（一例）

協調型他車合流支援の有無により想定される制御シナリオと走行プロファイルを比較する。以下図 3.14 に示す各前提条件により、合流車の車線変更余裕時間を確保し、本線車両も十分な車間距離を確保することができると予測される。

車両前提条件（仮定）

	L4トラック	被合流車 PC	被合流車 HDT
最高速度	80 km/h	100 km/h	80 km/h
加速度	0.04 G	0.20 G	0.04 G
緩減速度	0.1 G	0.15 G	0.1 G

合流支援別のL4トラック車両前提条件（仮定）

	一般HDT	自律AD制御のみ	I2V支援制御あり
最高速度		80 km/h	
他車合流対応最低速度	-	-10km/h	
設定車間時間	-	2秒 (44.4m (80km/h))	
加速度		0.04 G	
緩減速度（合流車対応）		0.1 G	
緩減速度（I2V制御）		-	0.05 G

I2V制御予測値

- ➡ 他車合流車の車線変更余裕空間の確保（車間時間約3秒）
- ➡ 合流開始位置での車間距離確保（設定車間時間2秒=44m以上を確保）

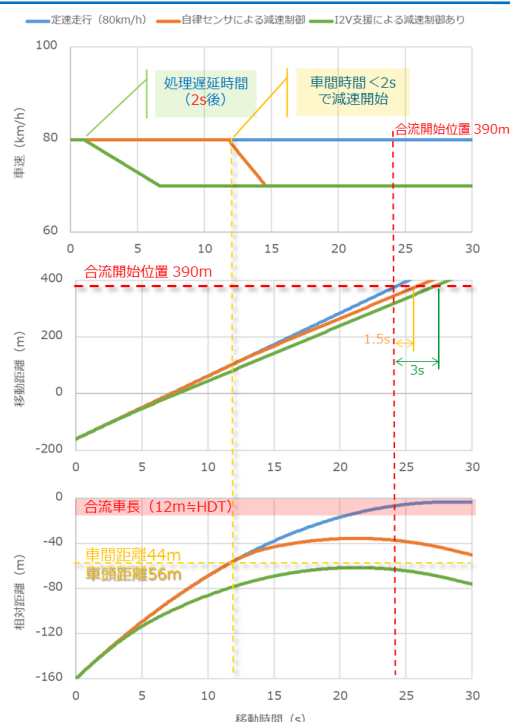


図 3.14 他車合流支援想定制御シナリオ例と想定制御プロファイル

(2) ミクロシミュレーションによる検証

① 影響分析の目的

昨年度より合流支援の有効性を検証するツールとして、自動運転 L4 トラックが実交通環境へ導入されるときに、周辺の一般車両への安全性の影響と周辺交通流への影響について実交通流を再現可能な仮想交通流シミュレータを活用している。

今年度はシミュレーションに用いる標準的な自動運転 L4 トラックの自律制御を定義するため、車線変更時間違いによる検証を実施し、ここで定義された自動運転 L4 トラックを標準として、合流支援の有効性を検証した。インフラ支援策として、I2V 通信利用型制御（自車合流、他車合流）と第 1 車線を車線優先化した場合における合流時の交通流への影響を検証した。

② 自動運転 L4 トラックの設定

ミクロシミュレーションでの効果検証をするに当たり、自動運転 L4 トラックの制御が一般運転者の運転するトラックとの車両振舞いの違いについて定義する必要がある。

まずは、ミクロシミュレーションにて使用される標準となる自動運転 L4 トラックの自動運転制御システムを定義するにあたり、車線変更開始タイミングや横移動速度等の横方向制御について定義した。以下図 3.15 に示すような UN-R79 ACSF カテゴリーC にて定義された作動要件を前提とした。

I. 標準自動運転システム機能の違い

UN-R79 ACSF カテゴリーC では、国際基準に従った高速道路上における運転

者のウィンカー操作等を起点とする運転者意思反映型自動車線変更の要件を整備している。カテゴリ-C の要件は以下に示す通り。

- ・ 臨界距離

臨海距離は以下式 (3-1) で示される。車線変更操作開始時に、目的とする車線の接近車両が、車線変更操作開始から 0.4 秒後に、2 台の車両間の距離が車線変更車両が 1 秒で走行する距離を決して下回らないようにするために、 3m/s^2 より高いレベルで減速しなければならない場合に、状況は臨界であるとみなされる。

$$S_{critical} = (v_{rear} - v_{ACSF}) \times t_B + (v_{rear} - v_{ACSF})^2 / (2 \times a) + v_{ACSF} \times t_G \quad (3-1)$$

v_{rear} は、接近車両の実速度又は 130km/h のいずれか低い方の値

v_{ACSF} は、ACSF 車両の実速度

$a = 3\text{m/s}^2$ (接近車両の減速度)

$t_B = 0.4\text{s}$ (車線変更操作開始後に接近車両の減速が開始する時間)

$t_G = 1\text{s}$ (接近車両の減速後の車両間の残りの間隔)

- ・ 最小距離及び最低作動速度

最低作動速度 V_{smin} (ACSF カテゴリ-C にて車線変更操作を実施することが容認されている最低速度) は、最小距離 S_{rear} 等によって以下式 (3-2) で示される。

$$V_{Smin} = a * (t_B - t_G) + v_{app} - \sqrt{a^2 * (t_B - t_G)^2 - 2 * a * (v_{app} * t_G - S_{rear})} \quad (3-2)$$

S_{rear} は、車両メーカーが申告した最小距離 [m] である (55m 以上)

$V_{app} = 36.1 \text{ m/s}$ (接近車両の速度は 130 km/h 、すなわち 36.1 m/s)

$a = 3 \text{ m/s}^2$ (接近車両の減速度)

$t_B = 0.4 \text{ s}$ (車線変更操作開始後に接近車両の減速が開始する時間)

$t_G = 1 \text{ s}$ (接近車両の減速後における車両間の残りの間隔)

$V_{smin}[\text{m/s}]$ は、その結果として生じるカテゴリ-C の ACSF の最低始動速度

合流時は加速途中であるため、ACSF カテゴリ-C の設定 (車線変更手順開始タイミング、車線変更操作時間) と加速車線長により、車線変更開始点と車線変更操作開始時の速度が可変する。交通流ミクロシミュレーションで 2 種類のパターン設定を行い、交通流への影響 (合流不可等) を確認した。

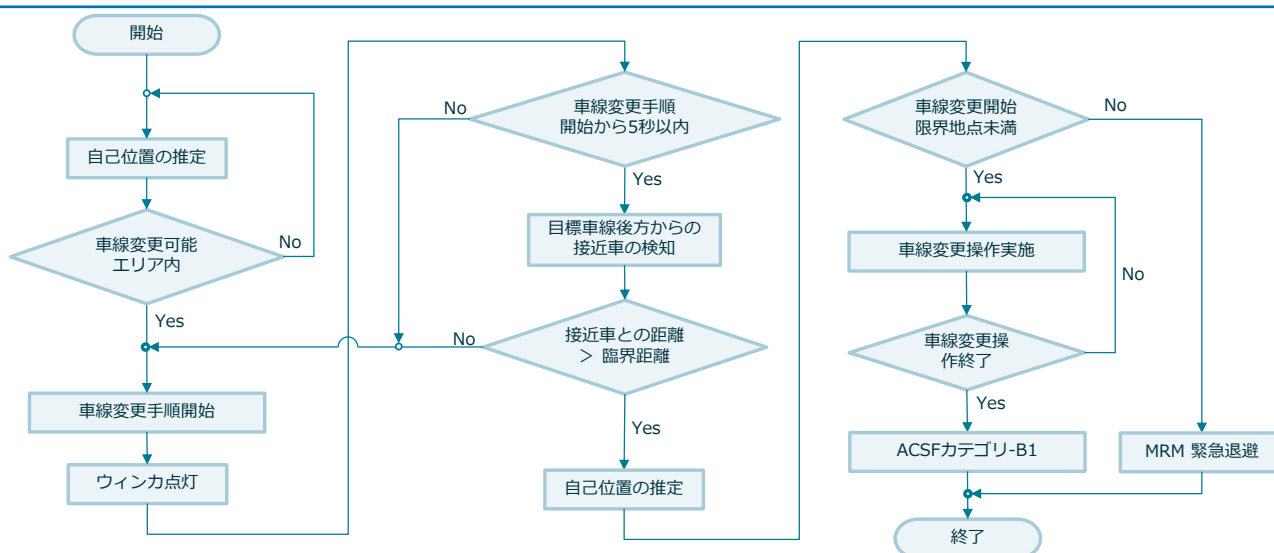


図 3.15 合流時の車線変更フローチャート

・パターン 1

以下図 3.16 に示すように 2.5 秒間ウィンカー点灯後に 7.5 秒（車線変更操作時間 5.5 秒+車線中央復帰時間 2.0 秒）かけて車線変更を行う。

・パターン 2

4.0 秒間ウィンカー点灯後に 15 秒（車線変更操作時間 11.0 秒+車線中央復帰時間 4.0 秒）かけて車線変更を行う。

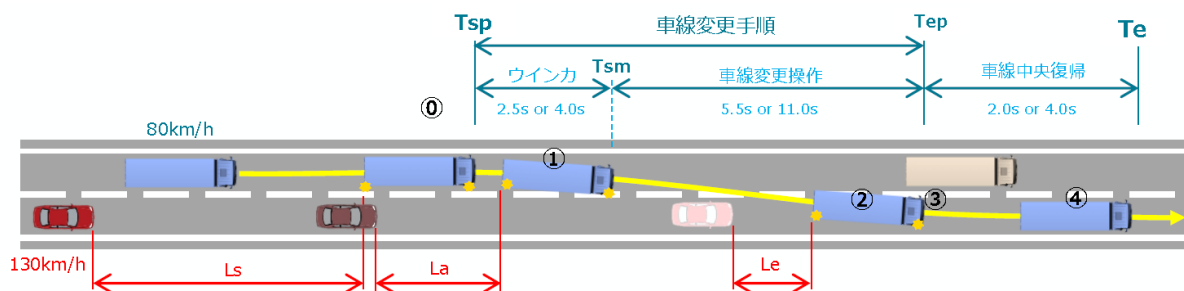


図 3.16 車線変更イメージ

II. I2V 通信協調制御

I2V 通信を活用した協調制御による安全性と交通流への影響を確認した。

a) 自車合流

・要件定義

以下図 3.17 に示すように自動運転 L4 トラックが本線へ合流する自車合流において、協調型支援領域と自律型合流制御領域を分けて、合流支援に係る要件を定義した。

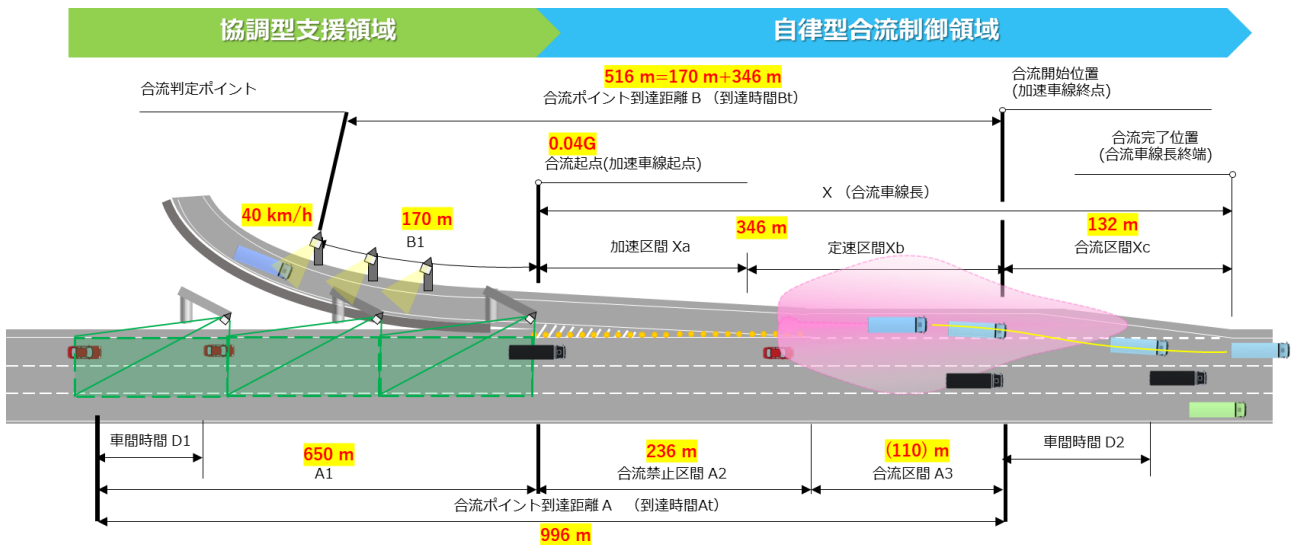


図 3.17 自車合流支援に係る要件定義図（浜松浜北 IC 上り）

< 要件定義 >

A：本線走行車両の合流ポイントまでの到達距離

At：本線走行車両の合流ポイントまでの到達時間

A1：ハードノーズから本線上流側までの本線車両検知可能距離

A2：合流禁止区間長（ハードノーズーソフトノーズ間）

A3：合流可能区間長

B：自動運転 L4 トラックが合流ポイントまでの最大到達距離

B1：受信開始位置からハードノーズまでの距離

D1：本線走行車両の前走車両との車間時間（路車間センサ検知区間）

D2：本線走行車両の前走車両との車間時間（合流ポイント）

X：合流車線長

Xa：合流車両の加速区間長

Xb：合流車両の低速走行区間長

Xc：テーパー終端までに合流が完了するために必要な区間長

・ I2V 通信協調車両制御構造の設定

ミクロシミュレーションにおける I2V 通信協調型制御による検証用の車両制御方式について説明する。以下図 3.18 に示すように自動運転 L4 トラックが本線を走行する被合流車両と合流区間において合流が困難と判断した場合にハードノーズ到達以前に加減速制御により到達時間を遅らせる車両制御ロジックを定義した。

自動運転 L4 トラックは本線へ向かう連絡路を走行中に I2V 通信情報を受信する。I2V 通信協調型制御による自車合流の車両制御方式はこれに限らず、加速開始タイミングを遅らせるなど様々な手法も考えられる。

< 前提条件 >

浜松浜北 IC 上りでの要件

- ・ 自動運転 L4 トラック連絡路から本線へ合流
- ・ 制御区間：連絡路内（受信からハードノーズまで）
- ・ 受信開始位置（ハードノーズ手前 170m の連絡路 =B1）
- ・ 自動運転 L4 トラック到達予測時間：B=516m $B_t = 37.6$ 秒
（連絡路走行時 40kmph の場合）
- ・ $A < \text{到達予想距離 (Max996m)} - \text{L4T 車長 (12m)}$ 、
 $A_t (\text{秒}) = A \div V (\text{m/s})$: $V = \text{被験車両速度}$
- ・ $T_a = -1.5$ 秒、 $T_b = 1.0$ 秒
（ T_a 、 T_b ：協調型合流制御を要する仮の到達時間差閾値）

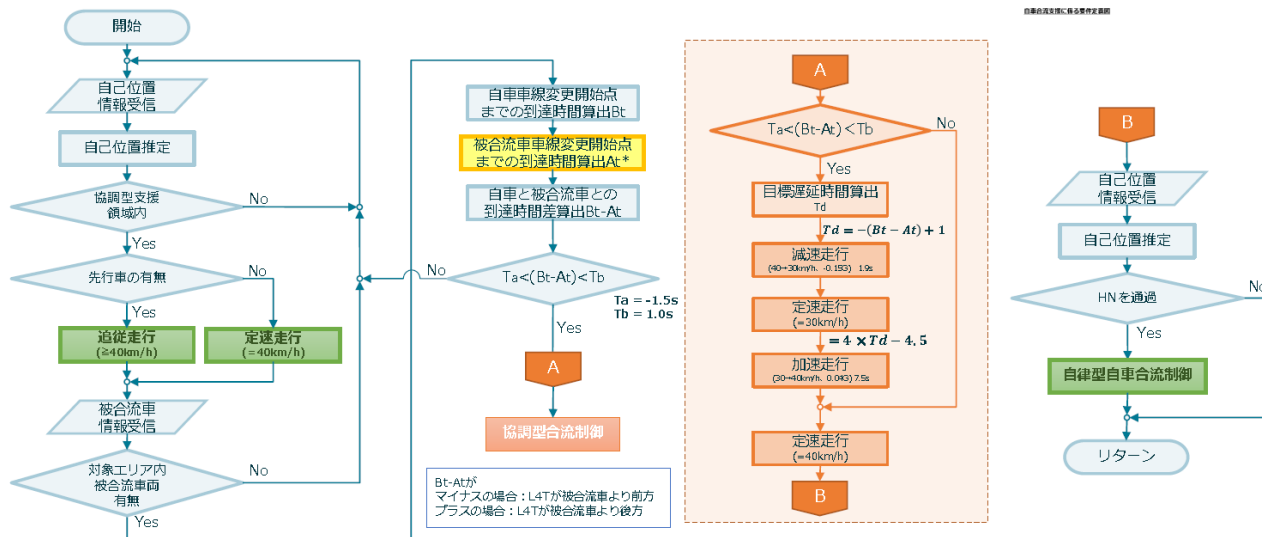


図 3.18 自車合流時の協調型車両制御フローチャート

b) 他車合流

・要件定義

以下図 3.19 に示すように自動運転 L4 トラックが本線上を走行し合流部へ進入する他車合流において、協調型支援領域と自律型合流制御領域を分けて、合流支援に係る要件を定義した。

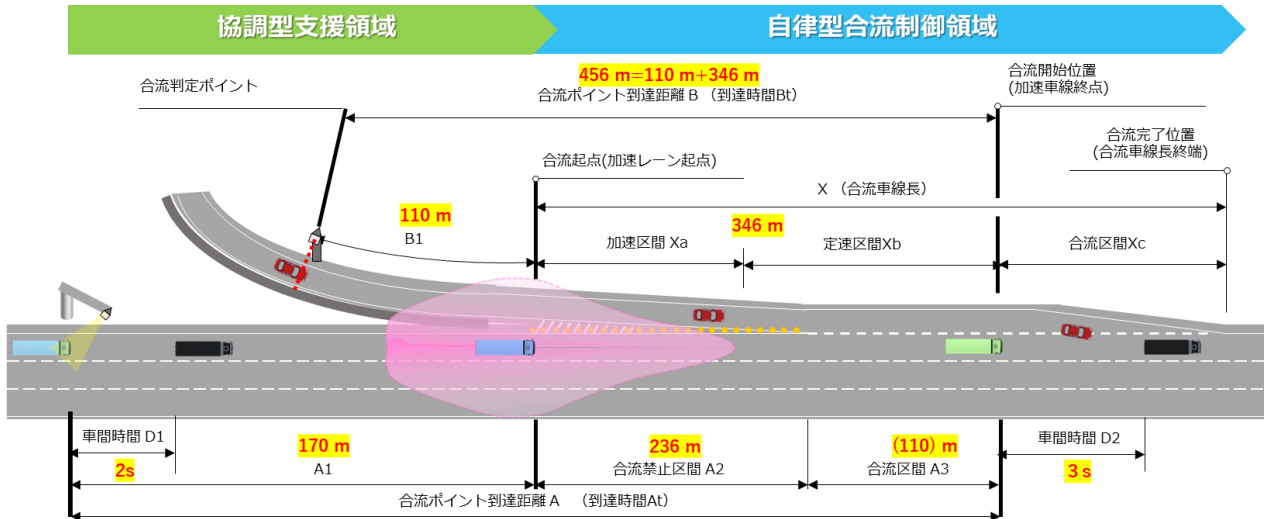


図 3.19 他車合流支援に係る要件定義図

< 要件定義 >

A : 本線走行車両の合流ポイントまでの到達距離

At : 本線走行車両の合流ポイントまでの到達時間

A1 : ハードノーゾから本線上流側までの本線車両検知可能距離

A2 : 合流禁止区間長 (ハードノーゾーソフトノーゾ間)

A3 : 合流可能区間長

B : 自動運転 L4 トラックが合流ポイントまでの最大到達距離

B1 : 受信開始位置からハードノーゾまでの距離

D1 : 本線走行車両の前走車両との車間時間 (路車間センサ検知区間)

D2 : 本線走行車両の前走車両との車間時間 (合流ポイント)

X : 合流車線長

Xa : 合流車両の加速区間長

Xb : 合流車両の低速走行区間長

Xc : テーパー終端までに合流が完了するために必要な区間長

・ I2V 通信協調型車両制御構造の設定

マイクロシミュレーションにて I2V 通信協調型制御による検証用の車両制御方式について説明する。以下図 3.20 に示すように本線を走行する被合流車両と自動運転 L4 トラックが合流区間において合流が困難と判断した場合、ハードノーズ到達以前に緩減速を行う車両制御ロジックと定義した。

自動運転 L4 トラックが本線へ向かう連絡路を走行中に I2V 通信情報を受信する。I2V 通信協調型制御による他車合流の車両制御方式はこれに限らず、事前に第 2 車線へ車線変更するなど様々な手法も考えられる。

< 前提条件 >

- ・ 自動運転 L4 トラックは本線第 1 車線を走行中に合流部へ接近
- ・ 制御区間：本線 HN 手前（受信から HN まで）
- ・ 受信開始位置（HN 手前 170m の本線上）
- ・ 自動運転 L4 トラック到達予測時間 A_t 秒（80km/h 時）
- ・ 検知範囲：HN 手前 110m から過去 10 秒分の通過車両情報（自動運転 L4 トラック受信開始時）
- ・ B_t 条件：検知時の車速で HN まで定速、
HN から乗用車の場合 0.2G、大型車の場合 0.04G として加速、
乗用車は 120km/h、大型車は 80km/h を最大目標速度として走行
- ・ $T_a = -1.5$ 秒、 $T_b = 1.0$ 秒
（ T_a 、 T_b ：協調型合流制御を要する仮の到達時間差閾値）

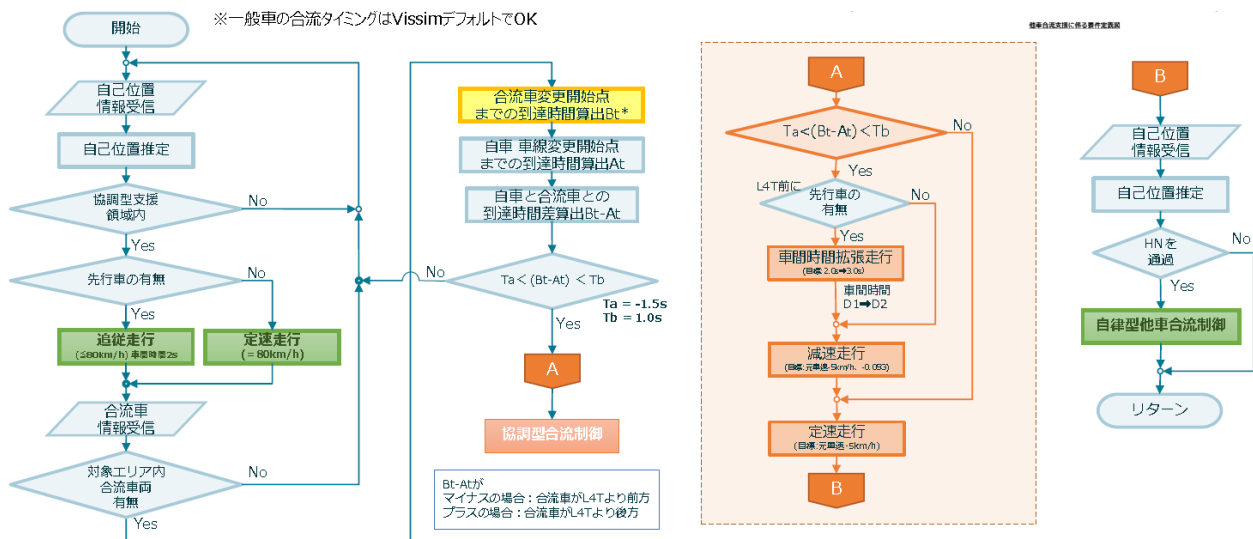


図 3.20 他車合流時の協調型車両制御フローチャート

③ 自動運転 L4 トラックの設定

I. 車線優先化

自動運転普及過程において、一般車両との混在交通下では、自動運転車両は一般運転者とのコミュニケーションが困難な場面が想定され、特に合流部においては、安全面や周辺交通環境への影響へのリスクが予想される。そこで自動運転車両が一般交通社会へ受入れられる間において、第 1 走行車線を自動運転 L4 トラックの車線優先として運用した場合の安全性は周辺交通環境への影響分析を行った。

道路交通法第二十条の二には、路線バス等優先通行帯の考え方が以下の通り示されており、本業務ではこの考え方を自動運転 L4 トラックに適用した場合を想定した。

第 1 走行車線を車線優先化することにより当該車線から第 2、第 3 走行車線に一般車両が移動し、自動運転 L4 トラックが第 1 走行車線を走行しやすい環境とした。なお、自動運転 L4 トラックは第 1 走行車線のみを走行するものとした。

実際に車線優先化されたと仮定した場合、車線優先の認知度や車線優先の遵守率等によって第 1 走行車線交通量の減少率は異なることが想定される。本業務では、第 1 走行車線交通量の減少率を 3 パターン設定し、社会受容性の違いも踏まえて効果を分析した。

道路運送法第九条第一項に規定する一般乗合旅客自動車運送事業者による同法第五条第一項第三号に規定する路線定期運行の用に供する自動車その他の政令で定める自動車（以下この条において「路線バス等」という。）の優先通行帯であることが道路標識等により表示されている車両通行帯が設けられている道路においては、自動車（路線バス等を除く。以下この条において同じ。）は、路線バス等が後方から接近してきた場合に当該道路における交通の混雑のため当該車両通行帯から出ることができないこととなるときは、当該車両通行帯を通行してはならず、また、当該車両通行帯を通行している場合において、後方から路線バス等が接近してきたときは、その正常な運行に支障を及ぼさないように、すみやかに当該車両通行帯の外に出なければならない。ただし、この法律の他の規定により通行すべきこととされている道路の部分が当該車両通行帯であるとき、又は道路の状況その他の事情によりやむを得ないときは、この限りでない。（道路交通法第二十条の二 路線バス等優先通行帯）

II. 自動運転 L4 トラックの混入率

自動運転 L4 トラックの発生頻度は、本線上を 60 秒に 1 台と 30 秒に 1 台、浜松浜北 IC から流入を 450 秒に 1 台と 225 秒に 1 台の 2 パターンで検討した。シミュレーションの分析時間が 1 時間であるため、シミュレーション上で発生する自動運転 L4 トラックの台数は、それぞれ 68 (60+8) 台と 136 (120+16) 台となる。

シミュレーションの流入交通量は、2,055 台であるため自動運転 L4 トラック

の混入率は、流入前が 2.9% (60/2,055) と 5.8% (120/2,055)、流入後が 3.3% (68/2,055) と 6.6% (136/2,055) となる。

III. 車線優先化の影響による車線別想定走行台数

以下図 3.21 及び図 3.22 に示すように前提条件に基づき、優先レーン導入後の第 1 走行車線の交通量を想定 A では現行から-10%、想定 B では-50%、想定 C では-67%とした。

< 前提条件 >

- ・ 想定 A
浜松浜北 IC の流出台数は現行から変更せず
IC 流出後の本線交通量を調整目標
- ・ 想定 B
自動運転 L4 トラックは一般車と置き換え
流入交通量を変化させないため
第 1 走行車線に最低 120 台の一般車を確保
- ・ 想定 C
大型車から優先して自動運転 L4 トラックに置き換え
大型車が 0 台になった場合は小型車を置き換え

		ベースシナリオ			
		現行	想定A	想定B	想定C
小型	第一直進	199.4	179.5	99.7	66.5
	IC流出	98.6	98.6	98.6	98.6
	第二	699.0	709.0	748.9	765.5
	追越	762.0	772.0	811.9	828.5
大型	第一	167.4	150.7	83.7	55.8
	IC流出	2.6	2.6	2.6	2.6
	第二	104.0	112.4	145.9	159.8
	追越	22.0	30.4	63.9	77.8
L4T	第一	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0
第一一般車合計		366.8	330.2	183.4	122.3

図 3.21 自動運転 L4 トラック導入前の交通量

		現行			想定A			想定B			想定C		
		ベース	60台	120台	ベース	60台	120台	ベース	60台	120台	ベース	60台	120台
小型	第一直進	199.4	199.4	199.4	179.5	179.5	179.5	99.7	99.7	63.4	66.5	62.3	2.3
	IC流出	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6
	第二	699.0	699.0	699.0	709.0	709.0	709.0	748.9	748.9	748.9	765.5	765.5	765.5
	追越	762.0	762.0	762.0	772.0	772.0	772.0	811.9	811.9	811.9	828.5	828.5	828.5
大型	第一	167.4	107.4	47.4	150.7	90.7	30.7	83.7	23.7	0.0	55.8	0.0	0.0
	IC流出	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
	第二	104.0	104.0	104.0	112.4	112.4	112.4	145.9	145.9	145.9	159.8	159.8	159.8
	追越	22.0	22.0	22.0	30.4	30.4	30.4	63.9	63.9	63.9	77.8	77.8	77.8
L4T	第一	0.0	60.0	120.0	0.0	60.0	120.0	0.0	60.0	120.0	0.0	60.0	120.0
合計		2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0	2,055.0

図 3.22 自動運転 L4 トラック導入後の交通量

④ 分析結果

ランダムシードを変えて各パターン 100 回シミュレーションを行い、交通流及び安全面に関する指標の平均値を計測した。交通量や希望速度分布の設定は同一だが、車両の発生タイミングや希望速度の割当てはランダムシードによって変化するため、統計的な評価が可能となる。

I. 標準自動運転システム機能の違い

a) 交通流

以下図 3.23 に示すように合流部の平均速度については、標準自動運転システム機能による違いはほとんど見られなかった。

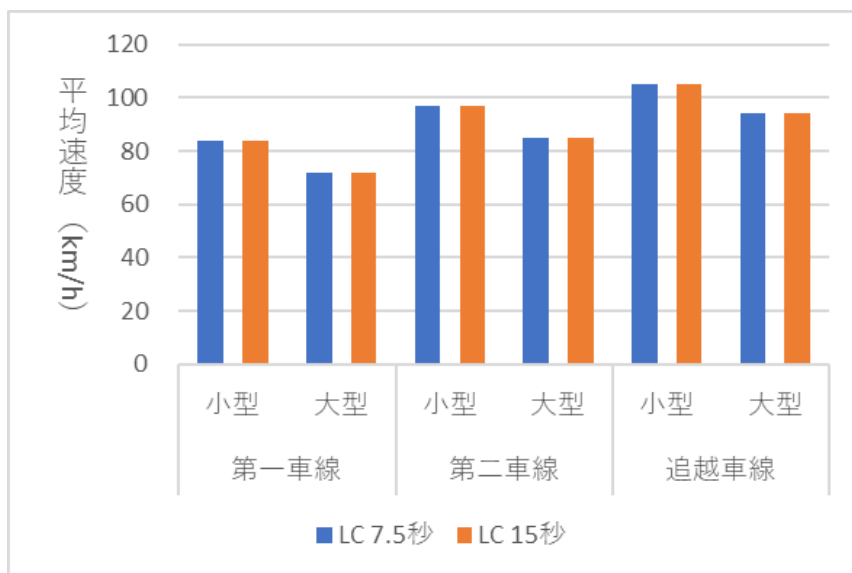


図 3.23 標準自動運転システム 平均速度

b) 安全面

以下図 3.24 に示すように急減速時間及び回数については、車線変更時間の長い方がいずれも大きくなっており、第 1 車線だけでなく第 2 車線及び追越車線への影響も見られる。

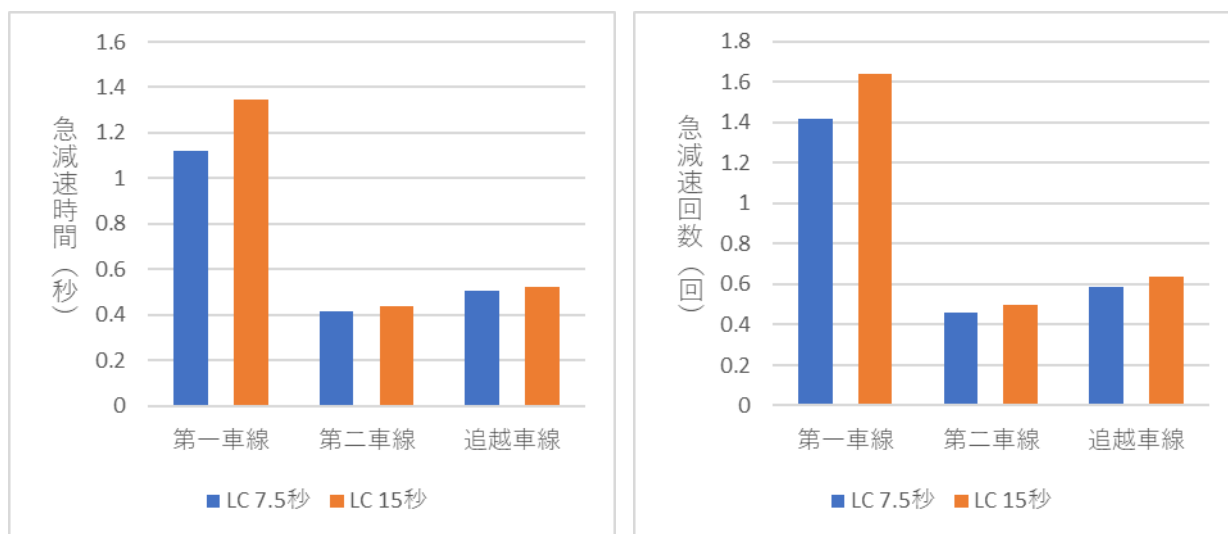


図 3.24 標準自動運転システム 急減速時間と急減速回数

以下図 3.25 に示すように速度低下回数も同様に車線変更時間の長い方がいずれも大きくなっている。

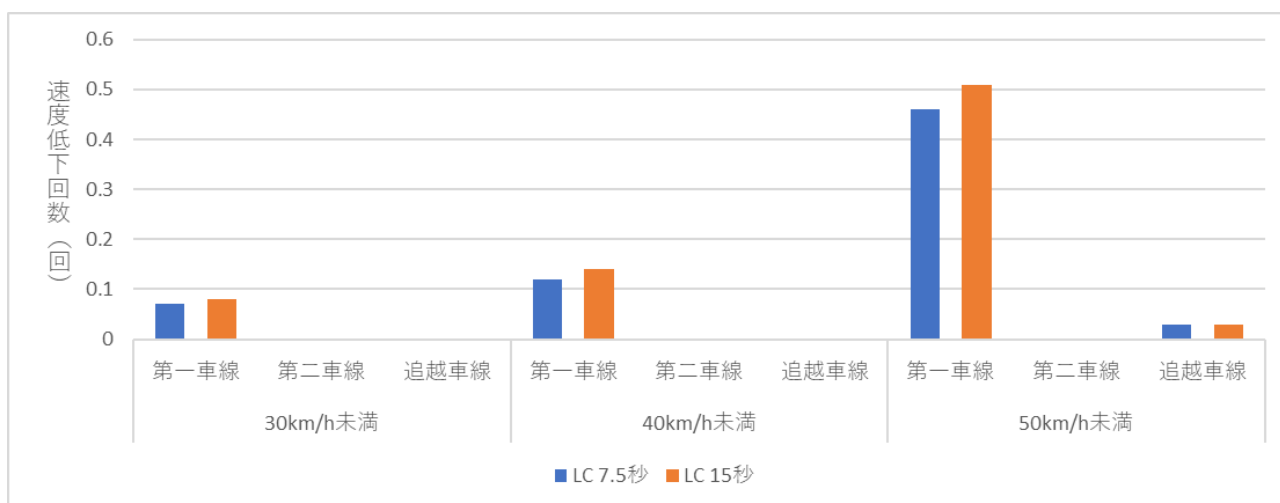


図 3.25 標準自動運転システム 速度低下回数

一方で以下図 3.26 に示すように MRM の発生回数は車線変更時間の短い方が大きくなっており、2 倍以上の差が発生した。特に車線変更時間の短い方の MRM 発生確率は 42.3%と、半数近くの車両が車線変更に失敗するという結果になった。

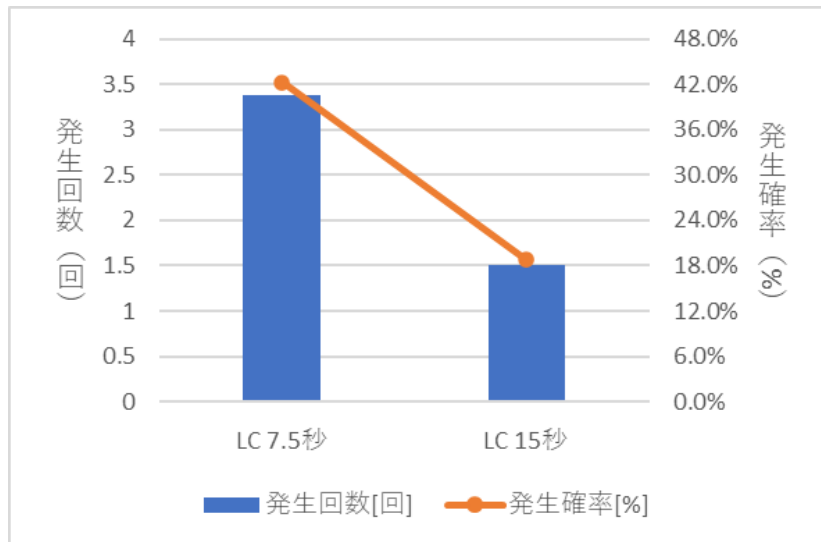


図 3.26 標準自動運転システム MRM 発生回数と発生確率

II. 自車合流

a) 交通流

以下図 3.27 に示すように合流部の平均速度については、協調制御有無による違いは全く見られなかった。

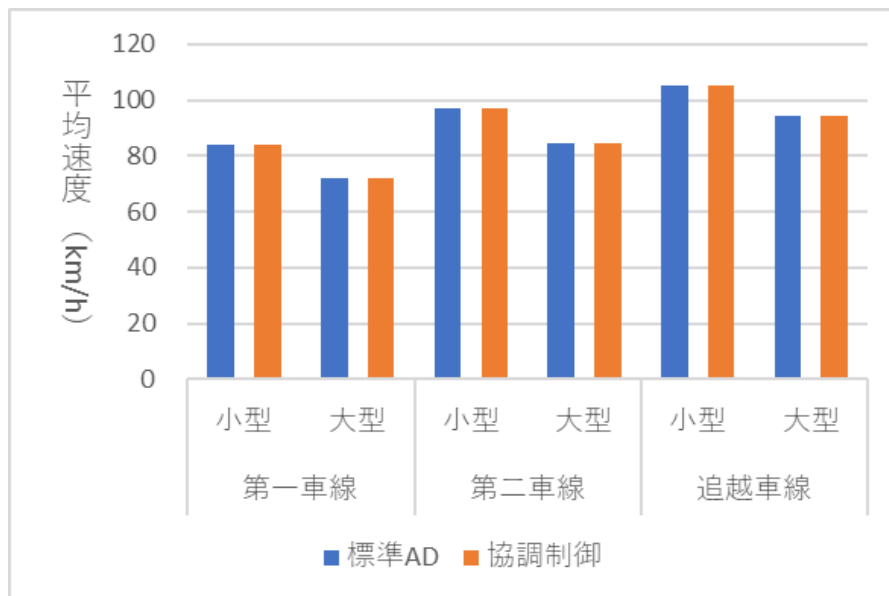


図 3.27 自車合流 平均速度

b) 安全面

以下図 3.28 に示すように急減速時間及び回数については、協調制御を入れることで発生が抑えられている。第 1 車線だけでなく、僅かではあるが第 2 車線及び追越車線への影響も見られる。

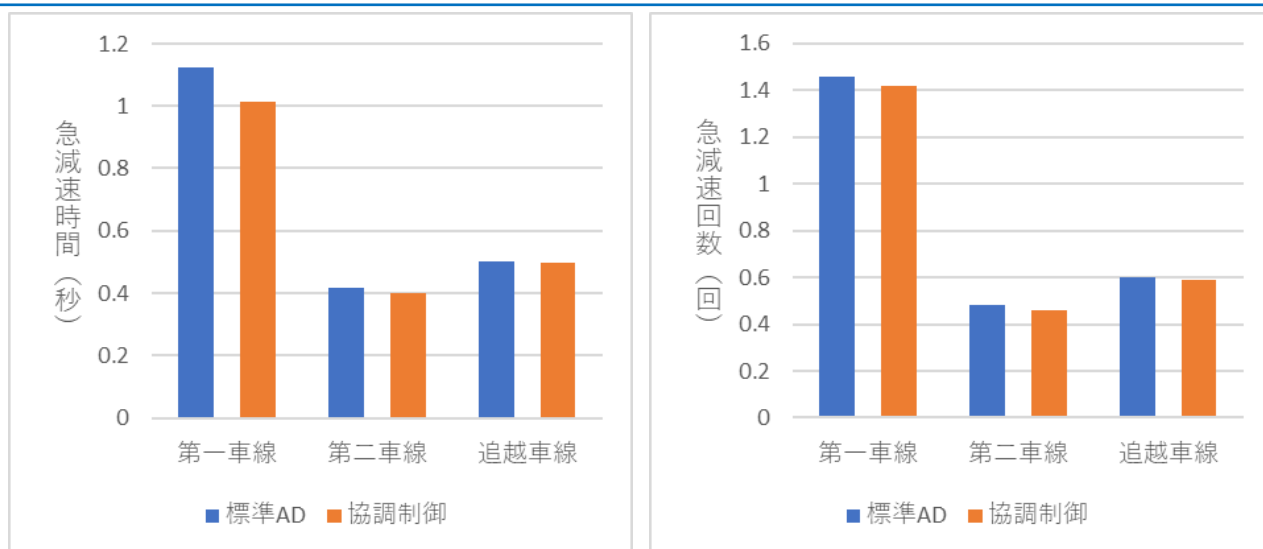


図 3.28 自車合流 急減速時間と急減速回数

以下図 3.29 に示すように速度低下回数も同様に協調制御によって抑制されている。

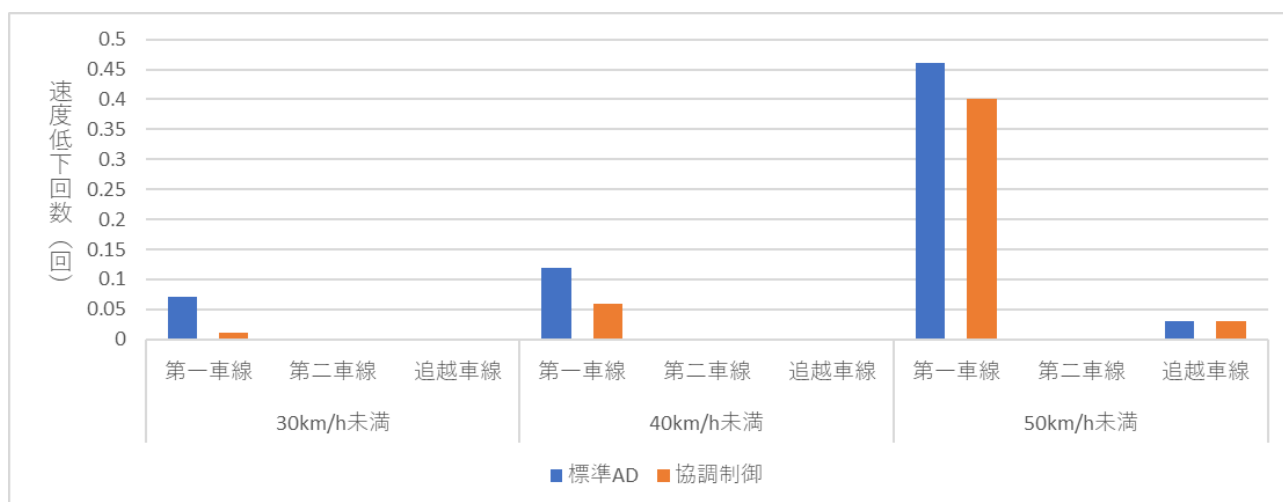


図 3.29 自車合流 速度低下回数

以下図 3.30 に示すように MRM 発生回数についても協調制御を入れることで抑制されており、安全に合流できる確率が高まっていることがいえる。

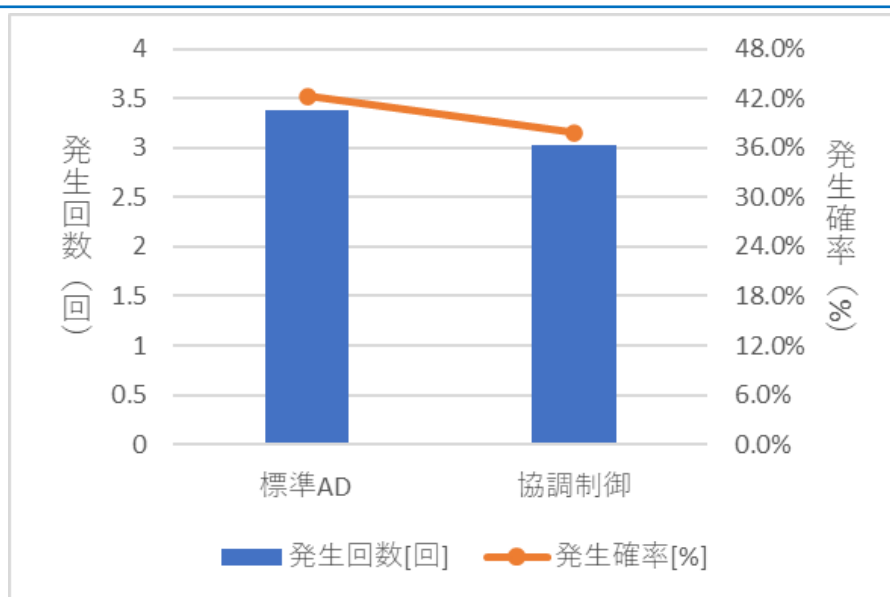


図 3.30 自車合流 MRM 発生回数と発生確率

III. 他車合流

a) 交通流

以下図 3.31 に示すように合流部の平均速度については、協調制御による違いはなかったが、自動運転 L4 トラックの導入による平均速度の若干の増加が全車線に共通してみられた。

置換対象の第一車線を走行する大型車の平均希望速度が 74.25km/h に対して、自動運転 L4 トラックは 80km/h のため全体的に平均速度が増加したと考えられる。

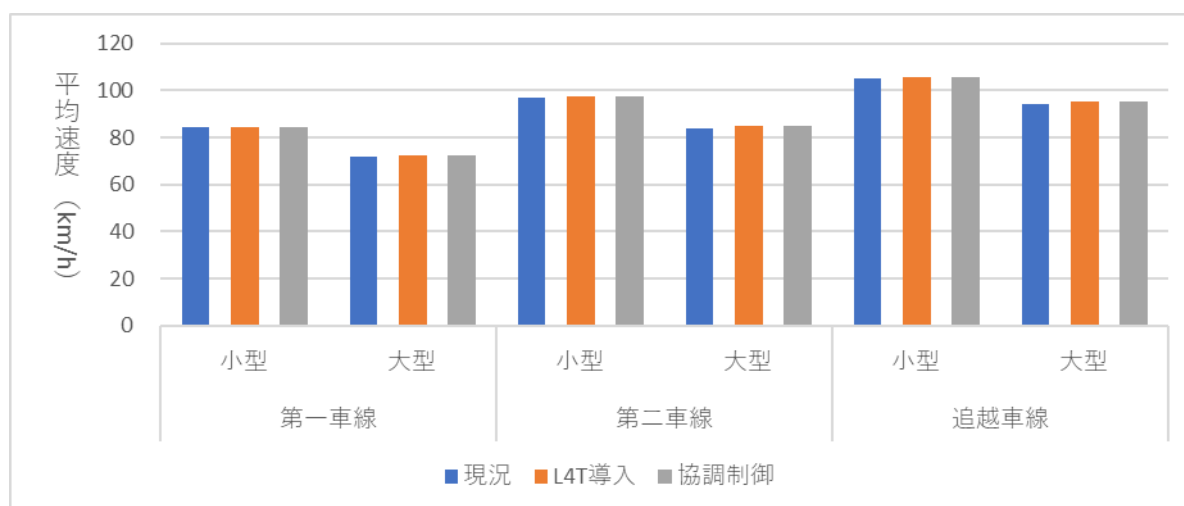


図 3.31 他車合流 平均速度

b) 安全面

以下図 3.32 に示すように自動運転 L4 トラック導入で全車線の急減速時間が増加し、協調システム導入で加速車線はさらに増加した。急減速回数は加速

車線ではほぼ横ばいだが、加速車線以外では自動運転 L4 トラック導入で増加している。

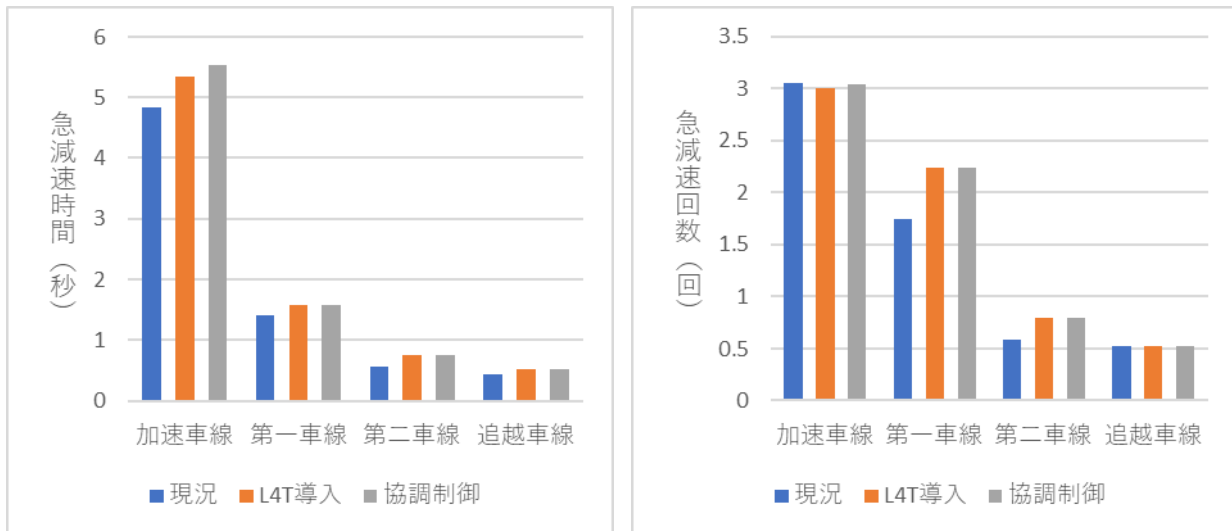


図 3.32 他車合流 急減速時間と急減速回数

以下図 3.33 に示すように速度低下回数は加速車線及び第 1 車線ともに自動運転 L4 トラック導入で増加し、協調システム導入でさらに微増した。第 2 車線及び追越車線には影響が見られなかった。

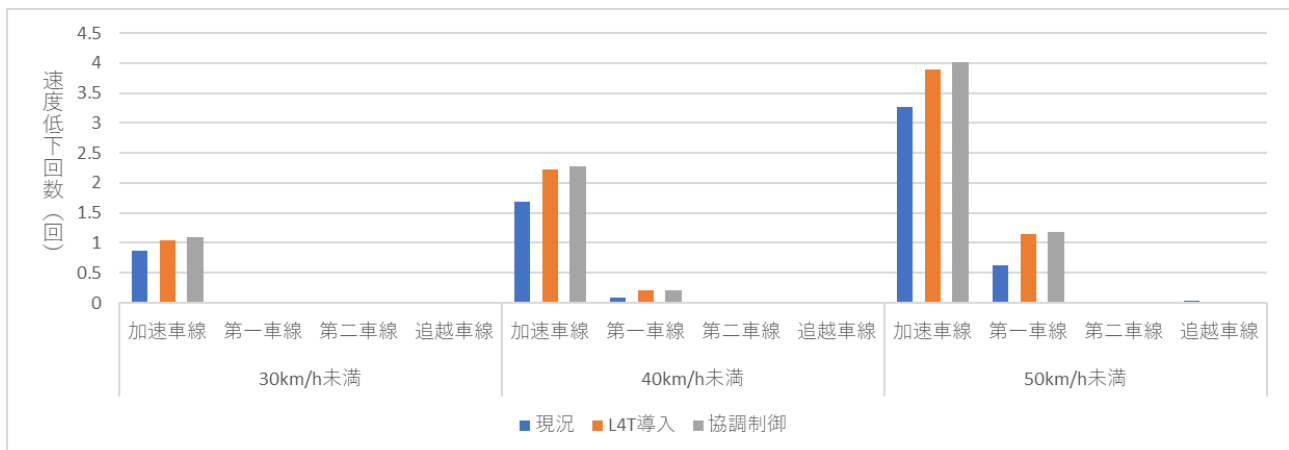


図 3.33 他車合流 速度低下回数

IV. 車線優先化

a) 交通流

車線優先化の設定により、第1車線の交通量を現行から-10%、想定Bでは-50%、想定Cでは-67%を目指したが、現行からの交通量増減率はこれらの目標値よりも小さくなった。大型車は第1車線が減った分が第2車線及び追越車線に流れているが、小型車は第1車線だけでなく第2車線も交通量が減少し、追越車線に多く流れている。

		現行			想定A		想定B		想定C	
		ベース	60台	120台	60台	120台	60台	120台	60台	120台
小型	第一	376	388	374	374	360	270	249	183	144
	第二	628	633	631	614	652	595	581	558	561
	追越	652	634	644	637	603	746	750	878	867
大型	第一	201	151	116	135	91	84	58	46	46
	第二	81	72	55	68	61	111	111	139	139
	追越	17	12	8	13	7	22	24	36	34
L4T	第一	0	60	120	60	120	60	120	60	120
合計		1,955	1,950	1,948	1,901	1,894	1,888	1,893	1,900	1,911

図 3.34 自動運転 L4 トラック導入後の交通量（IC 流出除く）

	想定A		想定B		想定C	
	60台	120台	60台	120台	60台	120台
第一	-6%	-8%	-34%	-37%	-58%	-61%
第二	-3%	4%	0%	1%	-1%	2%
追越	1%	-6%	19%	19%	41%	38%

図 3.35 現行からの交通量増減率

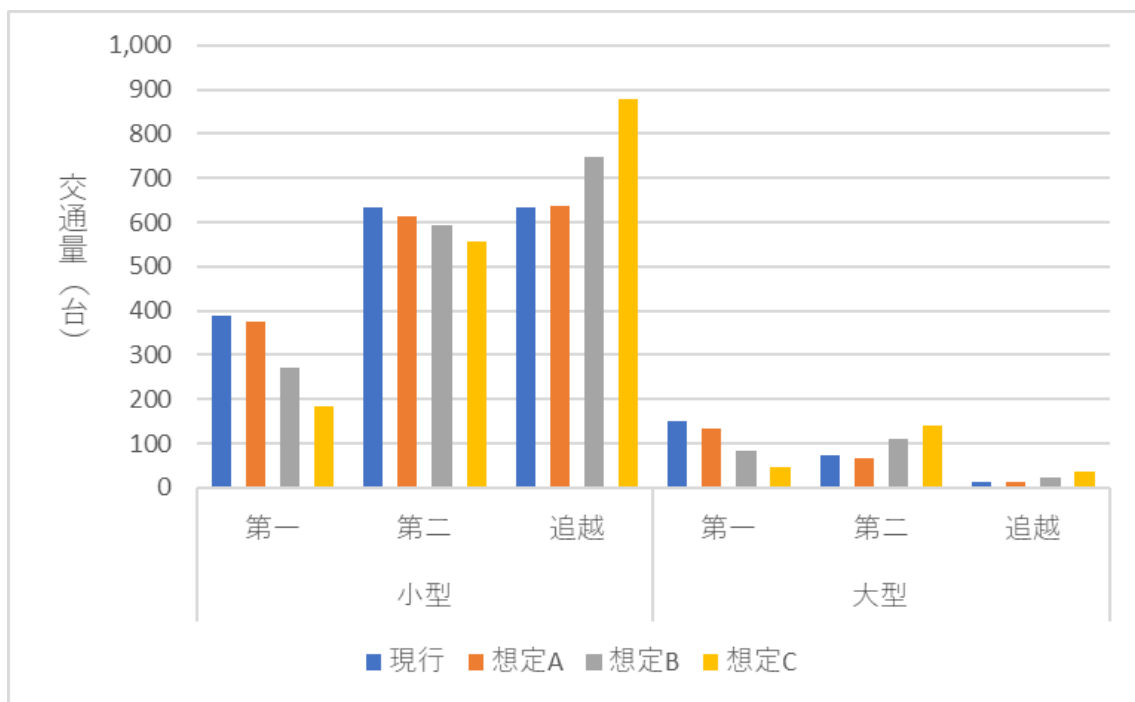


図 3.36 自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時の交通量

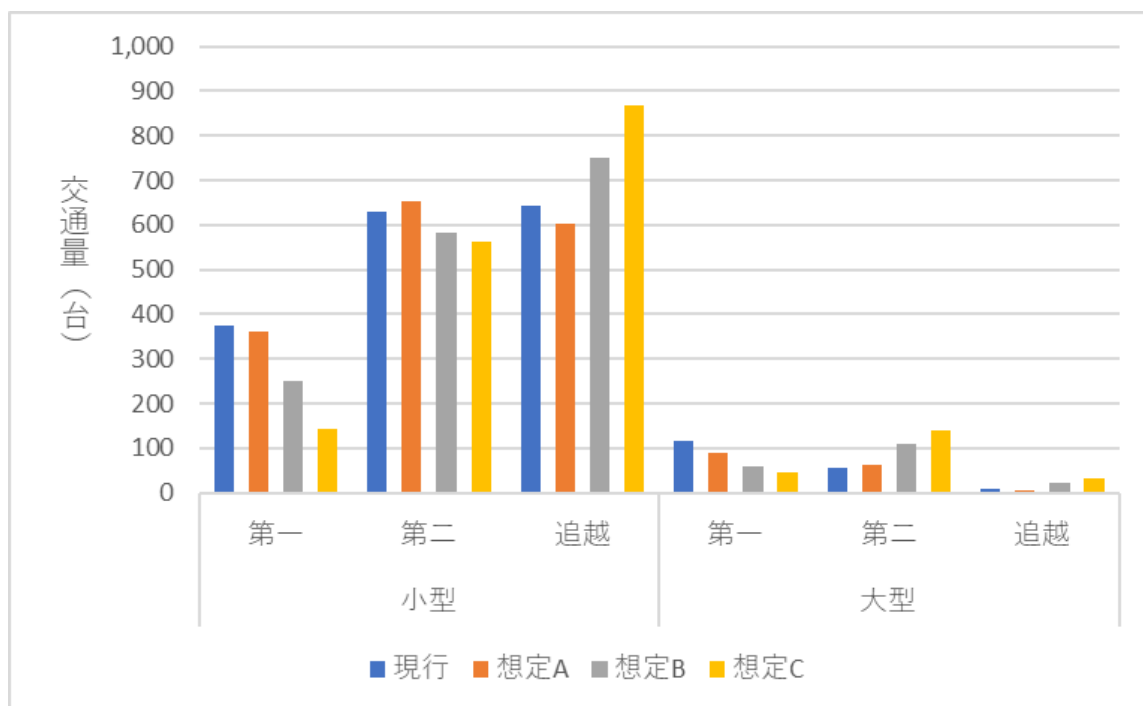


図 3.37 自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時の交通量

車線優先を設定しない場合は、自動運転 L4 トラックの導入によって合流部の僅かな平均速度の増加が全車線に共通してみられた。

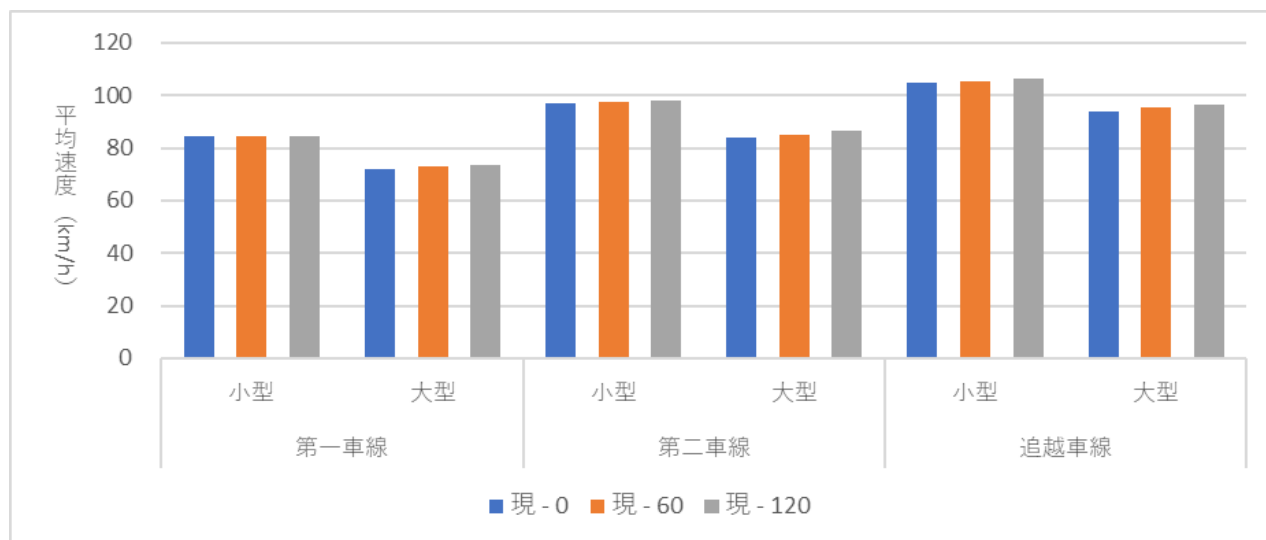


図 3.38 自動運転 L4 トラックの導入台数と平均速度

一方車線優先の設定で第 1 車線の交通量を下げること、第 1 車線の大型車の平均速度が増加した。一方で第 2 車線及び追越車線の平均速度は車種問わず減少している。

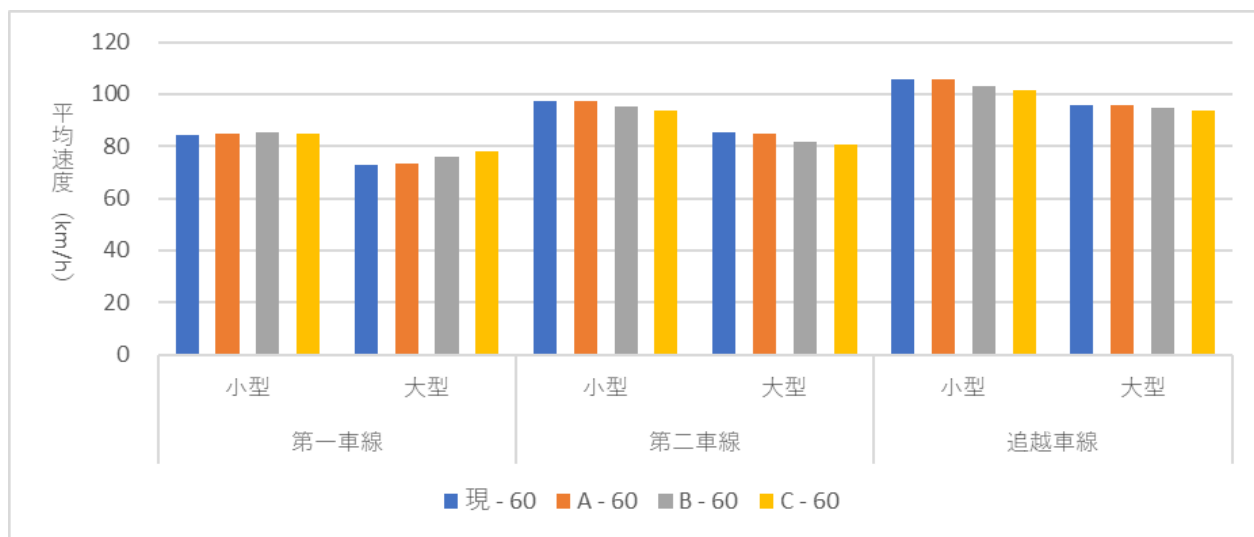


図 3.39 自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時の平均速度

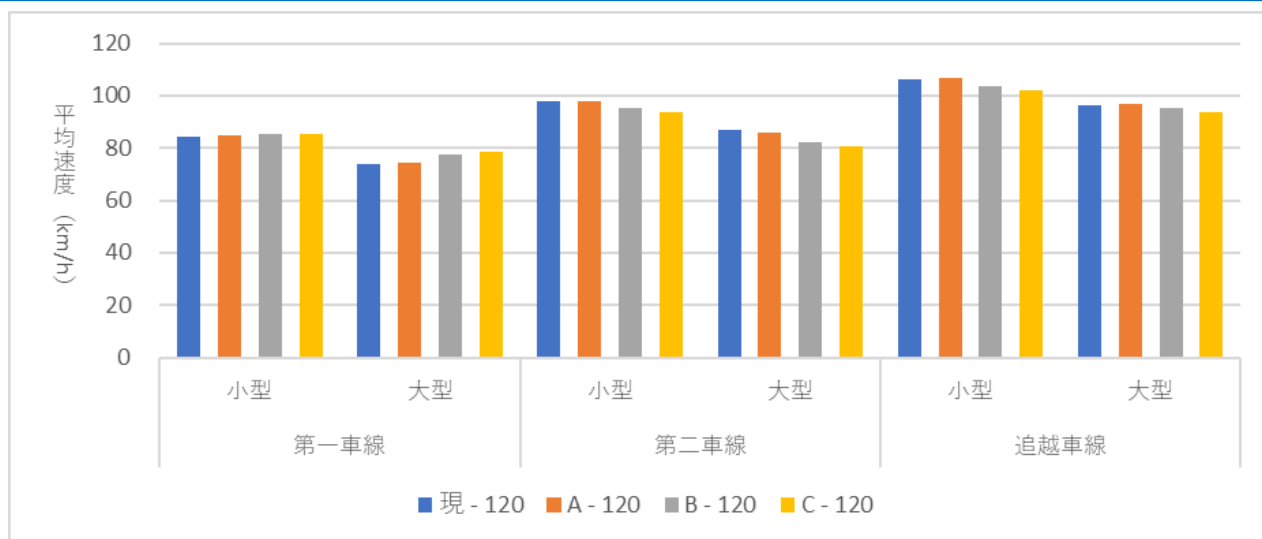


図 3.40 自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時の平均速度

b) 安全面

車線優先を設定しない場合は、自動運転 L4 トラックの導入によって加速車線と第 1 車線の急減速の発生が増加した。

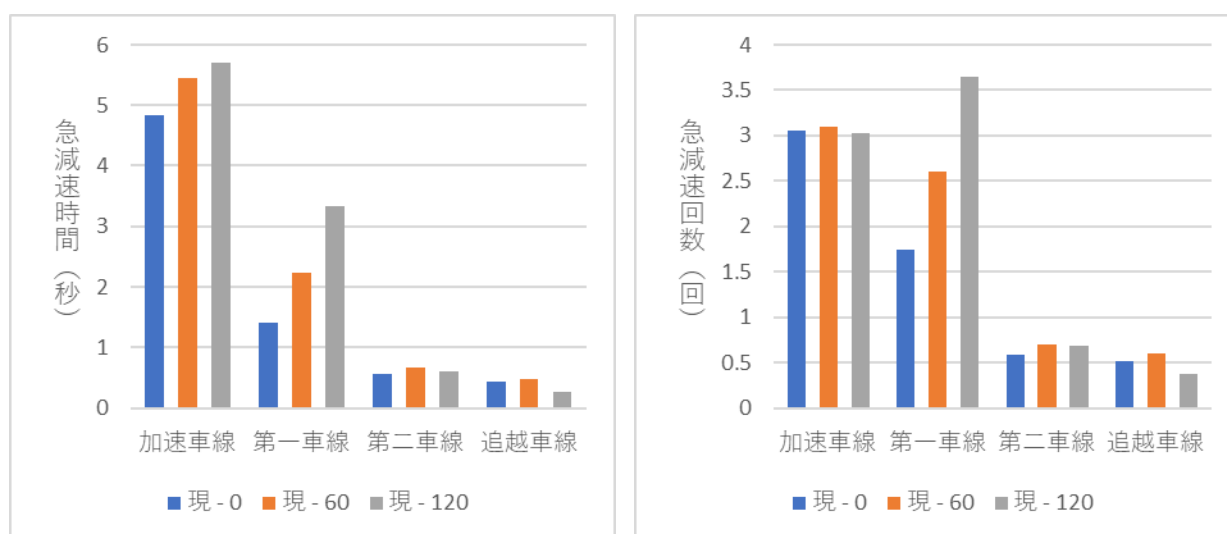


図 3.41 自動運転 L4 トラック置換台数と急減速

自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時に、車線優先を設定して第 1 車線の交通量を下げることによって、加速車線の急減速の発生が大きく減少した。一方で第 2 車線、追越車線は増加傾向にあるが、全車線の合計値は減少している。

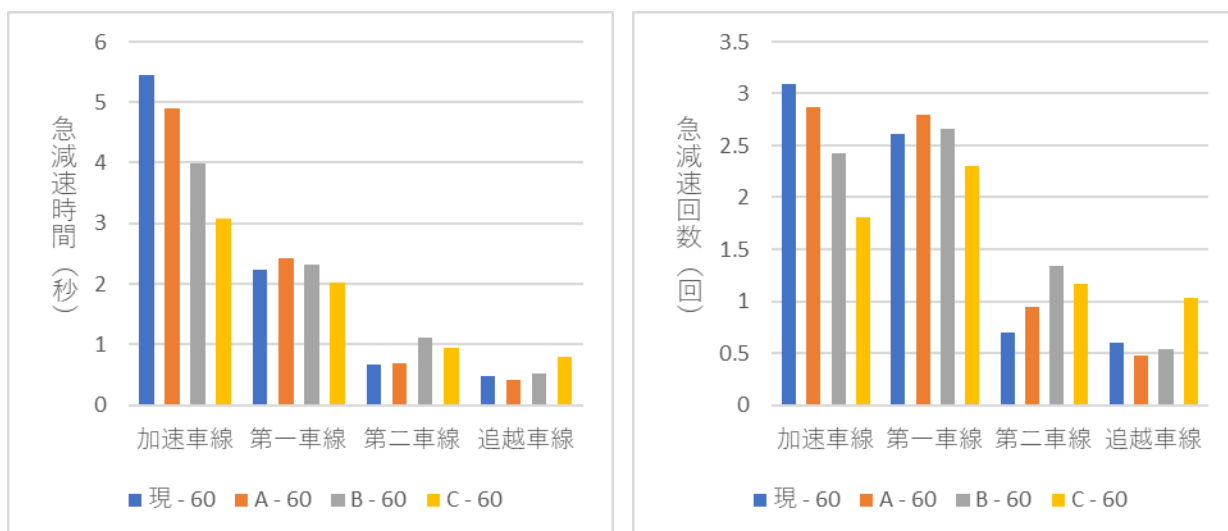


図 3.42 自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時の優先レーンと急減速

自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時も同様の結果がみられたが、第 1 車線においても急減速の発生も大きく減少した。

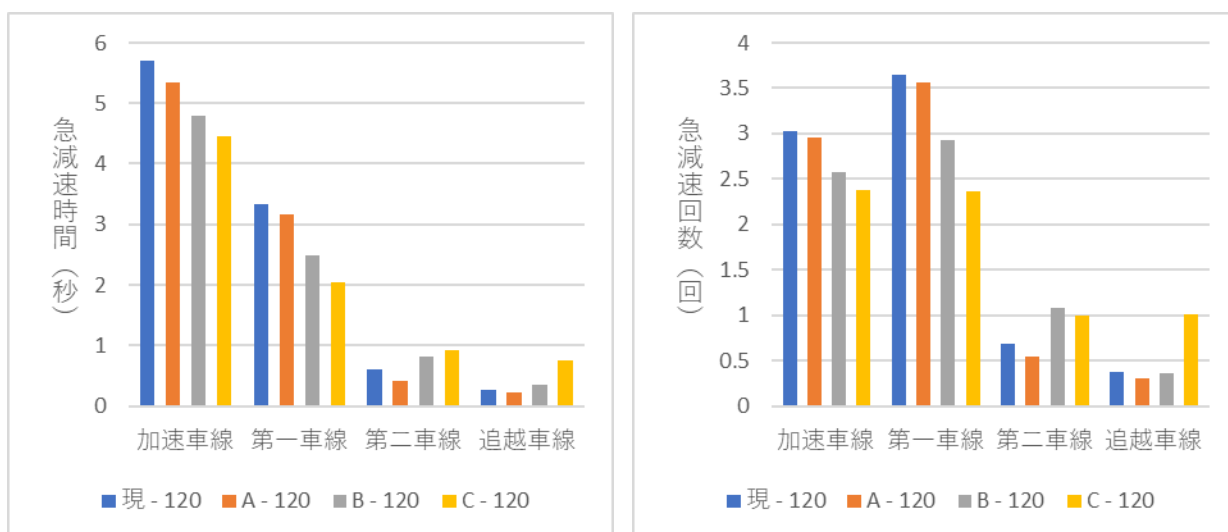


図 3.43 自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時の優先レーンと急減速

車線優先を設定しない場合は、自動運転 L4 トラックの導入によって第 1 車線の速度低下回数が増加しており、特に 50km/h 未満となる回数は大きく変化した。

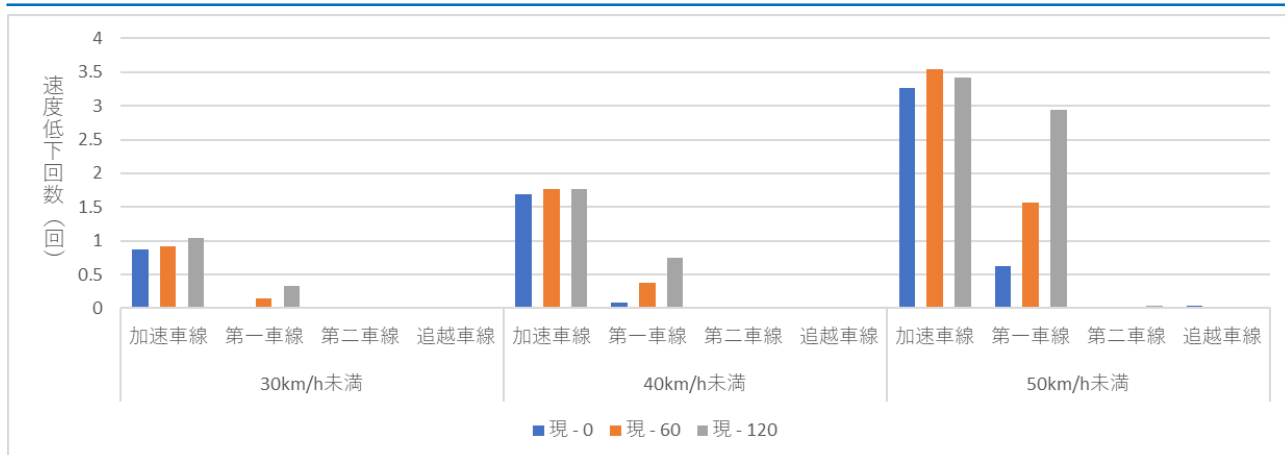


図 3.44 自動運転 L4 トラック置換台数と速度低下回数

自動運転 L4 トラック導入時に優先レーンの設定によって第 1 車線の交通量を下げることで、加速車線及び第 1 車線の速度低下回数は大きく減少した。

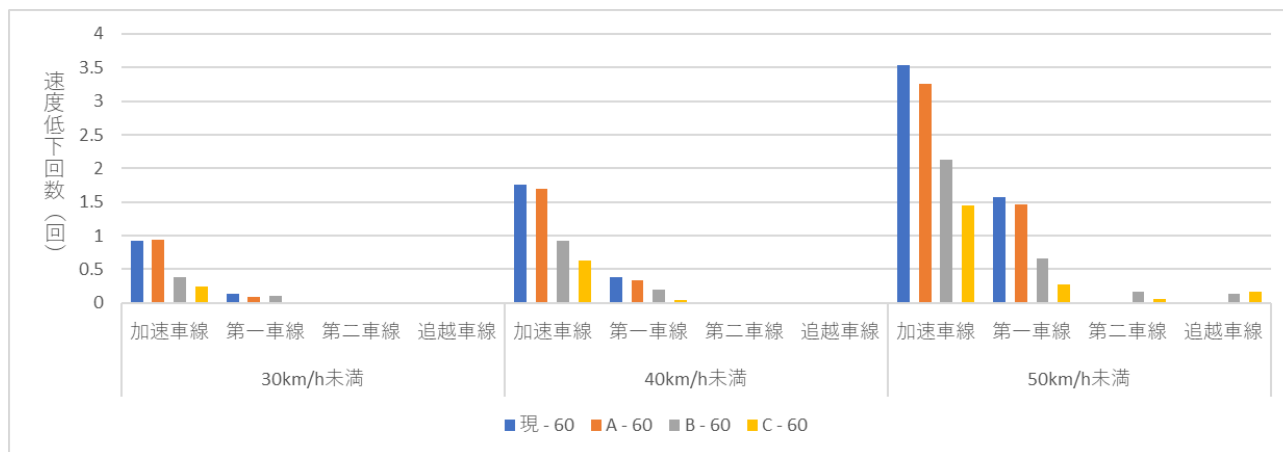


図 3.45 自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時の車線優先と速度低下回数

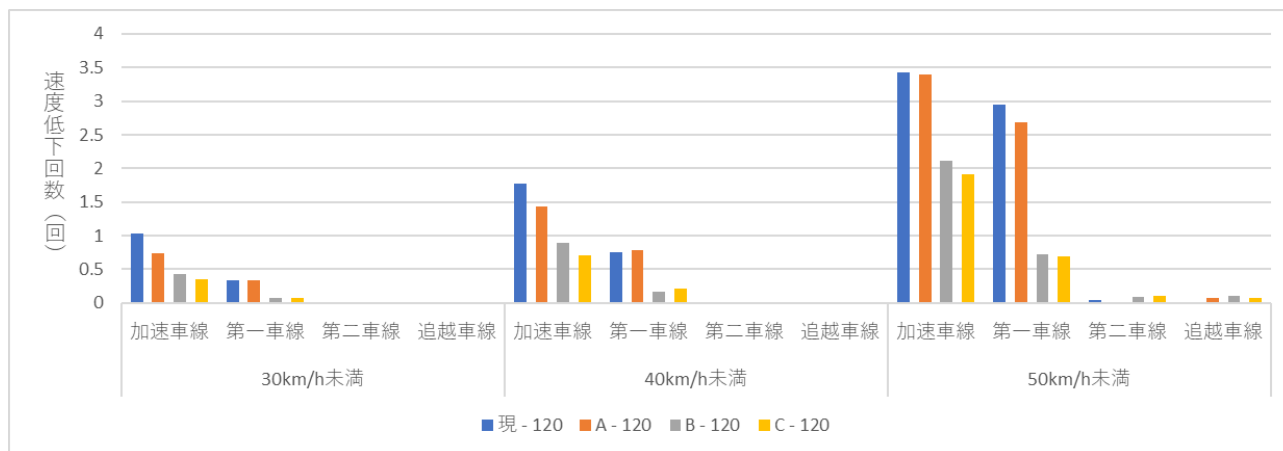


図 3.46 自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時の車線優先と速度低下回数

MRM 発生回数は自動運転 L4 トラック置換台数に比例して増加したが、置換台数による発生確率への影響は見られなかった。

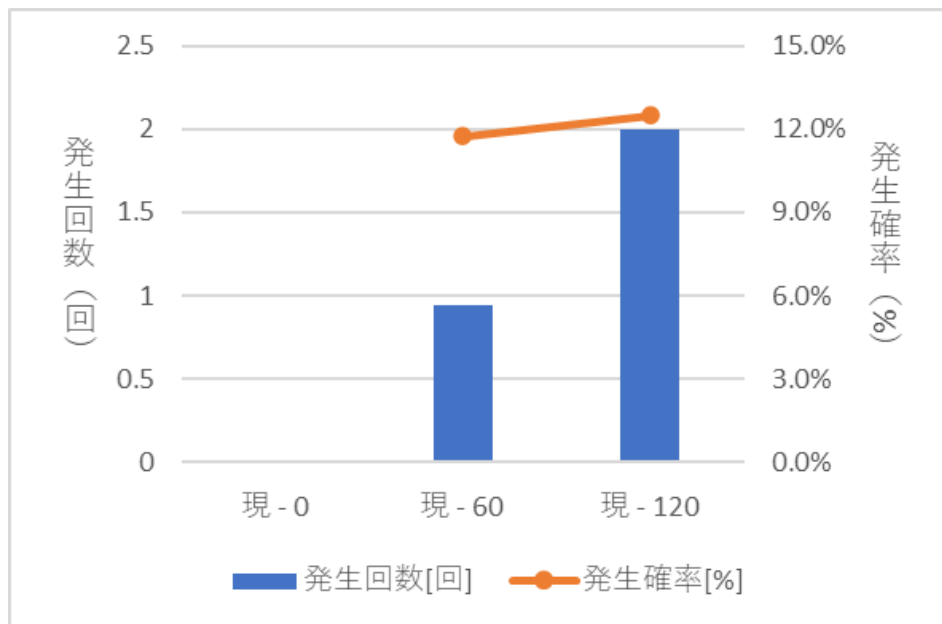


図 3.47 自動運転 L4 トラック置換台数と MRM

車線優先を設定することで MRM の発生確率は減少しており、特に想定 C においては半分程度の発生確率となっている。

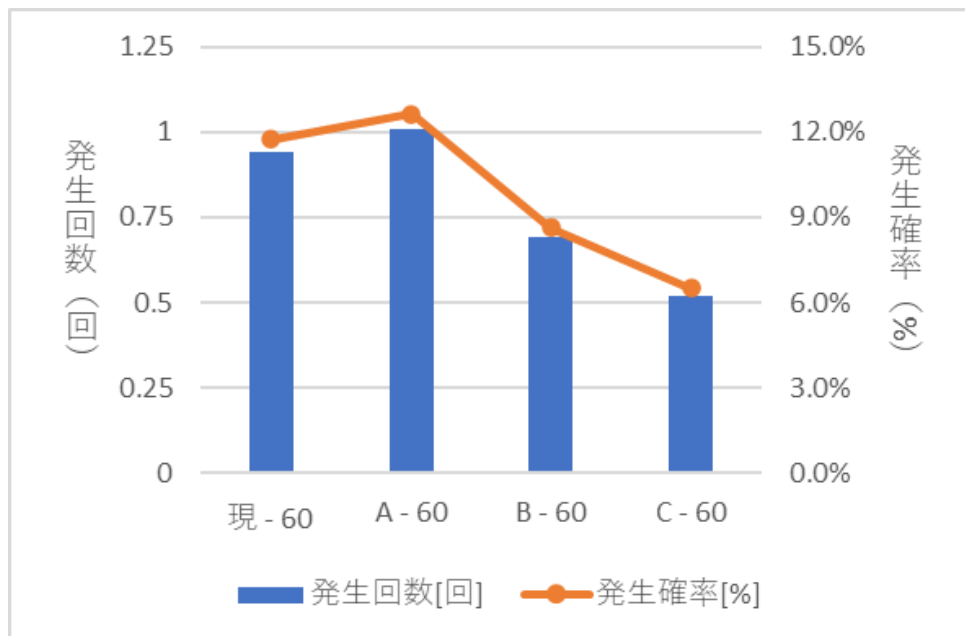


図 3.48 自動運転 L4 トラック本線 60 台置換時の車線優先と MRM

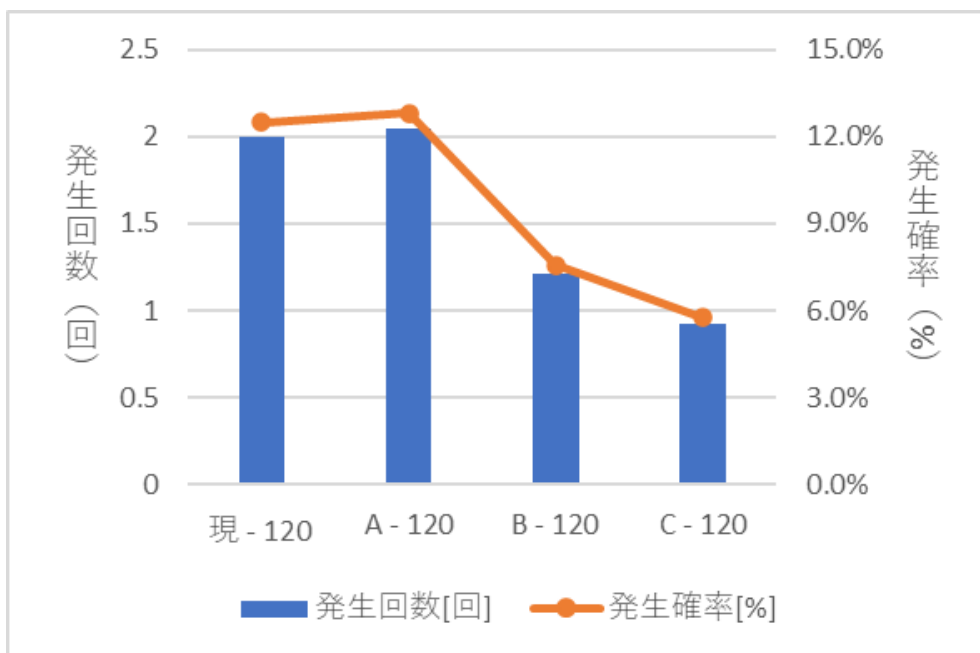


図 3.49 自動運転 L4 トラック本線 120 台置換時の車線優先と MRM

⑤ 考察

I. 標準自動運転システム機能の違い

パターン 1 (車線変更時間 7.5 秒)、パターン 2 (車線変更時間 15 秒) の違いによって MRM の発生確率が大きく異なる原因を考察する。車線変更の実行可否は、操作開始判断時 (T_{sm}) に後続車との車間距離が臨界距離を満たすかによって決まる。この臨界距離の計算自体には標準自動運転システムの違いによるパラメータが含まれていないため、主に T_{sm} のタイミングでの自動運転 L4 トラックの速度と後続車との距離によって決まる。

車線変更時間の違いによってタイミングは大きく異なり、パターン 1 の場合 T_{sm} は合流部の中央に位置するが、パターン 2 の場合 T_{sm} はソフトノーズ通過後すぐに位置する。このとき自動運転 L4 トラックの速度は加速時間の長いパターン 1 の方が速いため、必要な臨界距離は小さくなる。



図 3.50 パターン 1 車線変更操作タイミング



図 3.51 パターン 2 車線変更操作タイミング

しかしこの後の状況を確認すると、パターン 1 では後続の合流車両が自動運転 L4 トラックよりも先に車線変更し、その後本線上で加速して接近しているため、臨界距離の条件を満たせず車線変更を開始できなかった。一方パターン 2 では後続の合流車両がソフトノーズに到達する前に自動運転 L4 トラック車線変更を開始しているため、本現象を回避できている。

特に自動運転 L4 トラックは加速が遅いため、ソフトノーズ到達前に後続の合流車両との車間距離が詰まり、先に後続車が車線変更して自動運転 L4 トラックの車線変更を阻害するといった事象が発生しやすくなっている。実際にあるランダムシードでは、合流を試行した 8 台中 5 台で MRM が発生することがあったが、そのうち 4 台は本現象が原因で MRM が発生したこともあった。



図 3.52 パターン 1 操作開始判断時 (Tsm) の状況



図 3.53 パターン 2 操作開始判断時 (Tsm) の状況

そこで本現象を回避するためにパターン 1 のウィンカーの点灯時間を 2.5 秒から 4.5 秒に 2 秒間延長したパターン 3 と、パターン 1 と同様の制御だが後続の合流車両が協調車線変更を行うように行動変容させたパターン 4 の評価を行った。



図 3.54 パターン 3 車線変更操作タイミング



図 3.55 パターン 4 車線変更操作タイミング

パターン 3 においては、操作開始判断のタイミングは変化しないため効果はほぼなかったものの、ウィンカーを点灯する時間が延長されたことで、元々協調行動を取る意思があった車両が自動運転 L4 トラックの車線変更したい状況を認知しやすくなり、協調行動をとり MRM が回避される状況が確認できた。

一方パターン 4 においては、大きな阻害要因となっていた後続車に対して直接行動変容を促したことによって、ウィンカー点灯中に後続車が協調車線変更して MRM の発生回数は大きく減少したが、ソフトノーズ到達後すぐに操作開始判断を行うパターン 2 に比べると依然として発生回数が多かった。

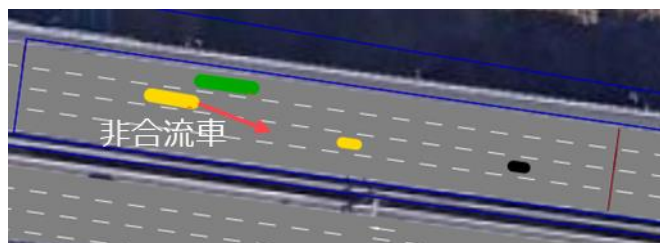


図 3.56 パターン 3 本線車両の協調車線変更

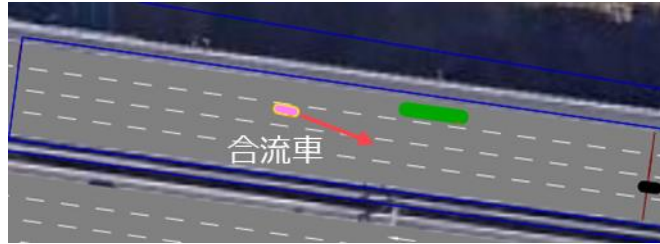


図 3.57 パターン 4 合流車両の協調車線変更

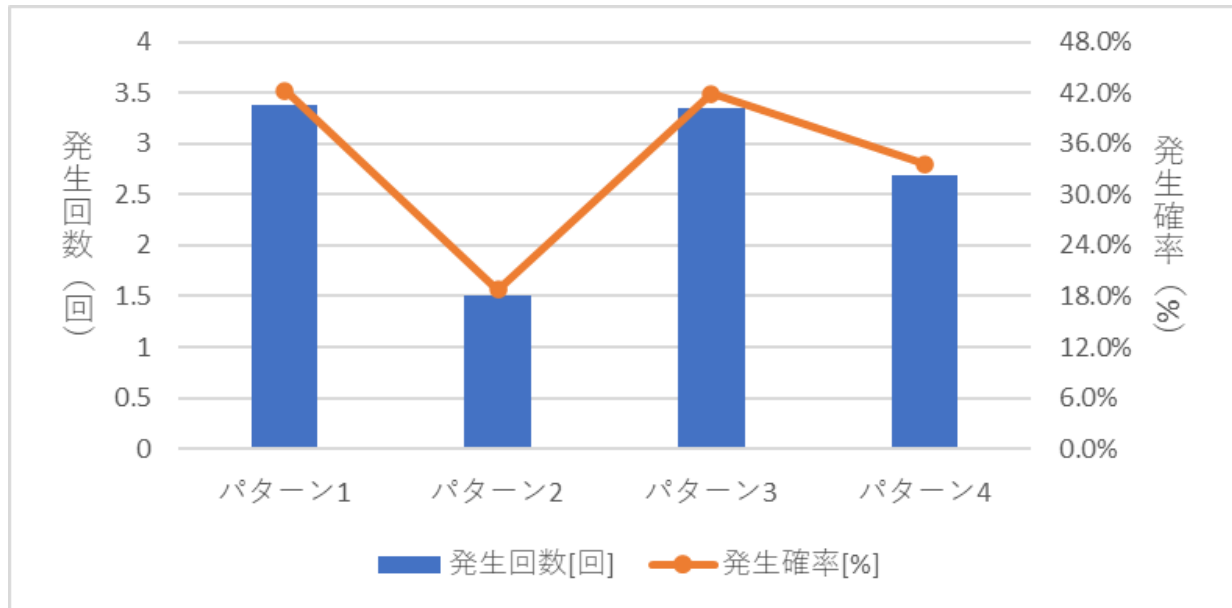


図 3.58 標準自動運転システム改 MRM 発生回数と発生確率

自動運転 L4 トラックが合流するためには、後続車が減速または加速を控えて臨界距離の条件を満たすか、車線変更して第 1 車線からいなくなる必要がある。前者は臨界距離と人間の合流ギャップに乖離があるため、運転者は譲っているつもりでも臨界距離を満たせず右後方を並走し続ける可能性がある。一方後者は第 2 車線が空いている必要があり、また車線変更によって新たなリスクが発生する可能性があるため対策を検討する必要がある。

II. 自車合流

協調制御の導入によって、MRM の発生回数が減り、また急減速や速度低下の回数も抑えられる結果となった。自動運転 L4 トラックの合流台数は増えているので、それに伴い急減速も増加すると思われたが実際には減少した。その要因として、L4 トラックが本線を走行する目標車両の必ず後方に合流できるように協調制御を行ったため、目標車両が自動運転 L4 トラックに対して急減速する状況が回避できたと考えられる。

一方でランダムシードが同じ条件下での発生回数を比較すると、協調制御の導入によって MRM 発生回数が増加しているものと減少しているケースの両方が

みられたため、協調制御による MRM の回避要因と発生要因を分析した。

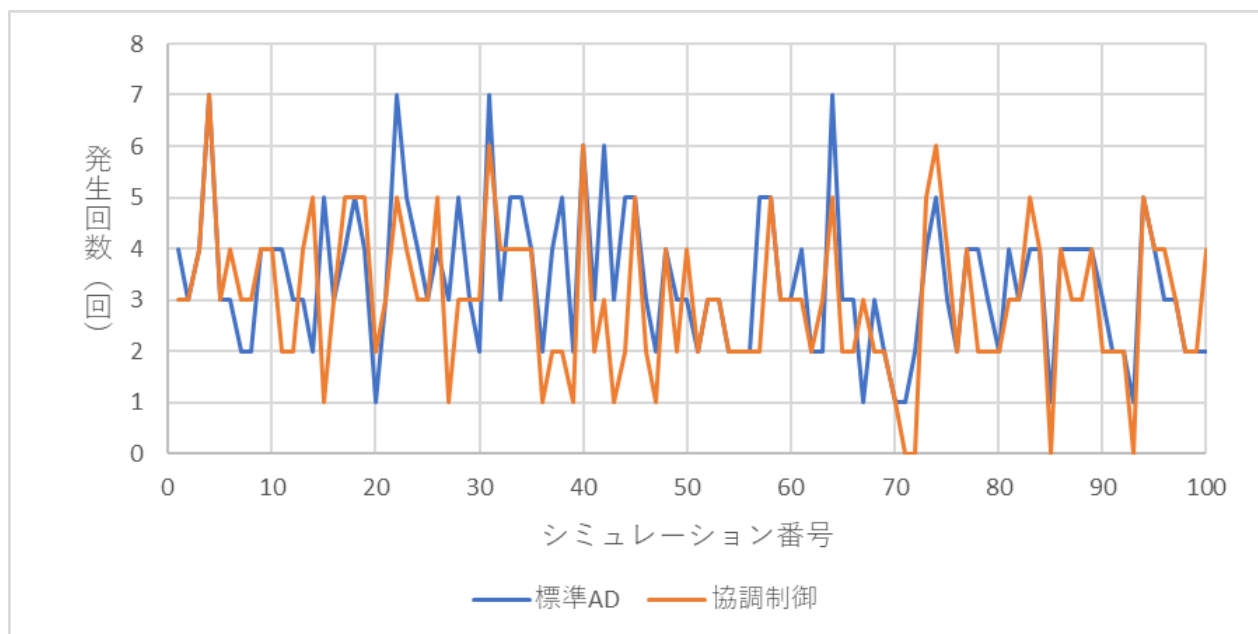


図 3.59 自車合流 シミュレーション番号と MRM 発生回数

a) MRM 回避要因

協調制御によって MRM を回避したシミュレーションを確認すると、自動運転 L4 トラックが合流判定ポイントを通過した時点で、到着予想時刻が最も近い本線車両 A の到着予想時刻 A_t は 38.15 秒、自動運転 L4 トラックの予想到着時刻 B_t は 37.54 秒だった。つまり本来は自動運転 L4 トラックが先に目標地点に到達する予定で、合流開始位置到達時には本線車両 A との車間距離が不足するため合流できないという状況だった。

① L4Tが先にSNIに到達するが、本線車両の方が速いためL4Tに接近



② L4Tのすぐ後ろを本線車両が並走するため、車線変更できずMRM発生



図 3.60 自車合流 標準 AD システム (MRM 発生)

ここに協調制御が介入して自動運転 L4 トラックが減速することで、合流開始位置到着時には本線車両 A の後方を走行しており、また本線車両 B との車間距離も十分に確保できていたため車線変更を開始することが出来た。

① L4Tと本線車両は同時にSNに到達、本線車両が速いため車間が広がる



② 本線車両がL4Tを追い抜き、後続車との車間距離を確保



図 3.61 自車合流 協調制御システム (MRM 回避)

b) MRM 発生要因

協調制御によって MRM が発生したシミュレーションを確認すると、自動運転 L4 トラックが合流判定ポイントを通過した時点で、到着予想時刻が最も近い本線車両 A の到着予想時刻 A_t は 36.87 秒、自動運転 L4 トラックの予想到着時刻 B_t は 37.54 秒だったが、本線車両の先行に位置する本線車両 B の A_t は 39.59 秒だった。

その後本線車両 A が本線車両 B を追い越すため、合流開始位置到達時には本線車両 A と本線車両 B の位置関係が逆転するが、本来は自動運転 L4 トラックが 2 台のちょうど真ん中付近に位置しており合流できる状況であった。

③ 判定ポイント通過時、本線車両Aは本線車両Bの後方に位置



図 3.62 自車合流 合流判定ポイント通過時の本線の状況

① 本線車両Aは本線車両Bを追い越して、L4Tの前方を走行



② 後続の本線車両Bとの車間距離が十分のため、車線変更を開始



図 3.63 自車合流 標準 AD システム (MRM 回避)

ここで協調制御が介入して自動運転 L4 トラックが減速することで、合流開始位置到達時には後続の本線車両 B との車間距離が短くなってしまい、臨界距離の条件を満たせず MRM が発生した。

① L4Tと本線車両は同時にSNに到達、本線車両が速いため車間が広がる



② 本線車両がL4Tを追い抜き、後続車との車間距離を確保



図 3.64 自車合流 協調制御システム (MRM 発生)

このように協調制御は必ずしも MRM の回避に繋がるわけではなく、場合によっては減速によって本線車両とは別の後続車両との車間距離が短くなってしまうことがある。そのため例えば以下のような制御内容の変更によって改善される可能性が考えられる。

- ・ 合流開始位置到達時 2 台との車間距離が両立できるよう協調制御を行う
(協調対象車両を 1 台ではなく 2 台とする)
- ・ 制御目標を修正するフィードバック制御を行う
(合流判定ポイント通過時に加え定期的に本線車両の走行状況を取得)
- ・ 後続車両が通信機器を備えている場合協調行動させる指示を行う
(後続車両に自動運転 L4 トラックが前方に合流する可能性を伝える)

III. 他車合流

協調制御の導入によって、加速車線や第一車線での急減速や速度低下回数が増加した原因を考察する。ランダムシードが同じ条件下での急減速時間を比較すると、グラフがほぼ一致することから協調制御の導入による効果がほとんどないことが分かる。

協調制御の導入による効果がほとんどないことは本線の交通密度に対して IC 流入路の交通密度が大きいいため、他車合流の際は自動運転 L4 トラックと同じタイミングで合流部に進入する合流車両が少なく、協調制御自体が介入する回数が少なかったからだと考えられる。なお自車合流の際は自動運転 L4 トラックと同じタイミングで合流部に進入する本線車両が多くいた。

協調制御が介入した際には、急減速時間が増加しているものと減少しているケースの両方がみられたため、協調制御による急減速回避要因と急減速発生要因を分析した。

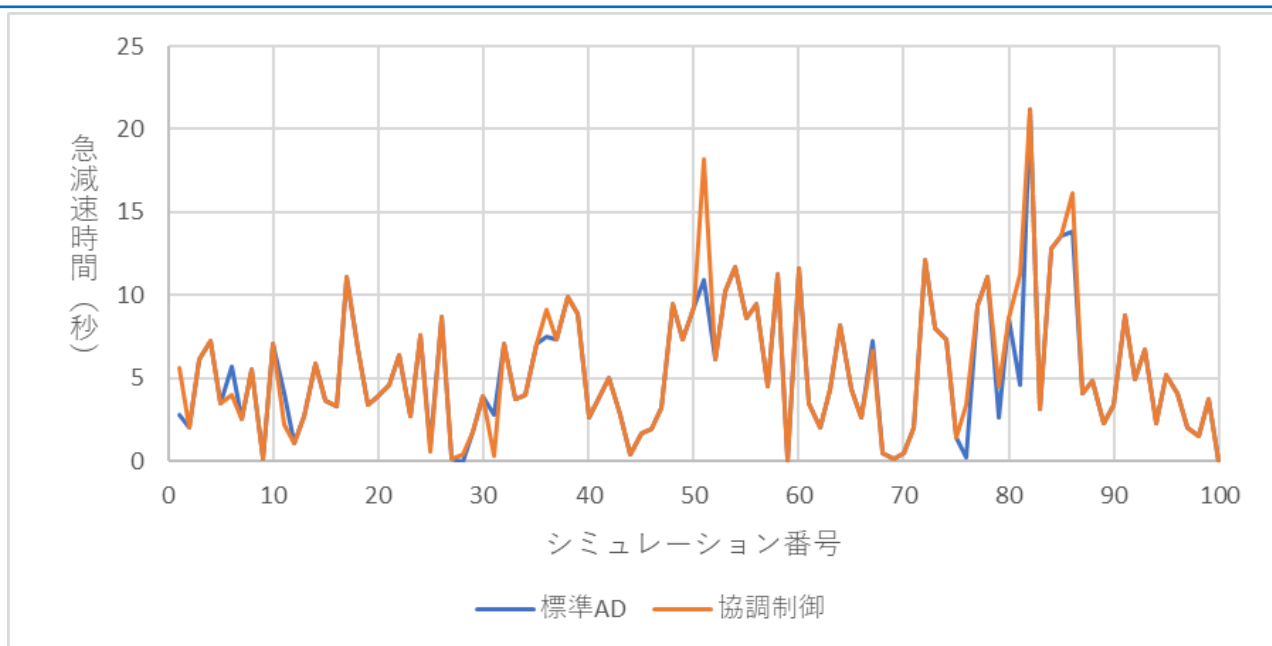


図 3.65 他車合流 シミュレーション番号と急減速時間

a) 急減速回避要因

協調制御によって急減速が回避されたシミュレーションを確認すると、まず標準自動運転システムのみの場合、合流車両の後方から協調行動をしない本線車両が接近して合流車両を追い越し、合流車両は急減速して本線車両の後方に合流するというシーンであった。



図 3.66 他車合流 標準自動運転システム（急減速発生）

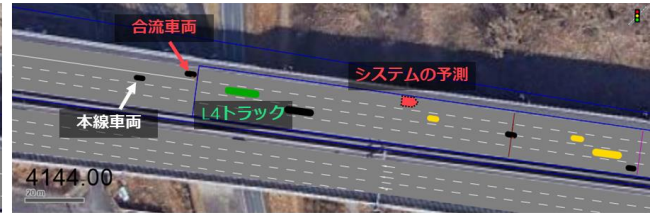
一方協調制御を入れた場合、自動運転 L4 トラックが合流判定ポイントを通過した時点で、自動運転 L4 トラックの予想到着時刻 A_t は 23.32 秒、合流車両の到着予想時刻 B_t は 21.94 秒で合流車両が先に合流部に到達する予測であり、この予測自体は外れていた。

その後自動運転 L4 トラックは 75km/h に減速して速度維持をするが、一方合流車両は目標速度 80.7km/h に到達し合流のために緩減速を開始する。後続の本線車両も自動運転 L4 トラックとの車間距離を確保して合流車両の後方を並走するが、その後テーパー端が近づくにつれて車線変更時の許容減速度が大きくなり、合流を開始することが出来た。

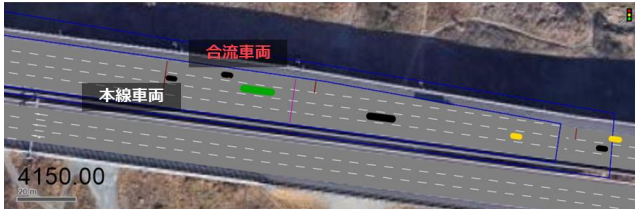
① L4Tは75km/hまで減速を開始 (At: 23.32、Bt: 21.97)



② 合流車両は80.70km/hでSNに到達、合流のため速度調整



③ 本線車両はL4Tとの車間距離を維持して、合流車両の後方を並走



④ テーパー端が近づき許容減速度が増加、合流車両は間に合流



図 3.67 他車合流 協調制御システムによる急減速回避

b) 急減速発生要因

協調制御によって急減速が発生したシミュレーションを確認すると、まず標準自動運転システムのみの場合、合流車両は自動運転 L4 トラックの後続車両の後方に問題なく合流できるシーンであった。ソフトノーズ到達時には合流車両の真横に合流ギャップがあり、合流車両が緩減速することでそのまま合流することができた。

① 合流車両は89.59km/hでSN到達、合流のため速度調整



② 合流車両は後続車両の後方に合流



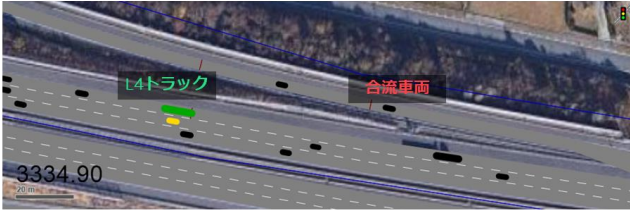
図 3.68 他車合流 標準自動運転システム（急減速未発生）

一方協調制御を入れた場合、自動運転 L4 トラックが合流判定ポイントを通過した時点で、自動運転 L4 トラックの予想到着時刻 At は 22.32 秒、合流車両の到着予想時刻 Bt は 21.87 秒で合流車両が先に合流部に到達する予測だった。

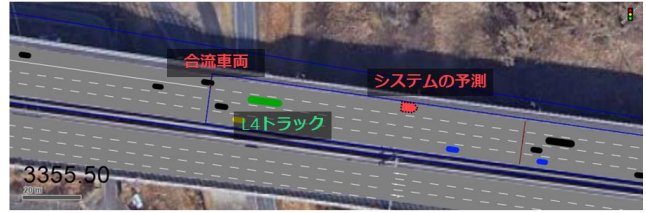
その後自動運転 L4 トラックは減速して前方の車間距離をさらに拡張しようとするが、協調制御システムの予測よりも合流車両の加速が遅く、ソフトノーズ到達時には自動運転 L4 トラックの後方に合流車両が位置していた。

同様に合流車両は緩減速をするが自動運転 L4 トラックの速度が小さく、そのまま暫く並走してしまい、テーパー端付近に近づいて合流車両は急減速、ようやく後続の本線車両の後方に合流することができた。

① L4Tは判断ポイントを80km/hで通過 (At: 23.32、Bt: 21.97)



② 合流車両は89.59km/hでSN到達、合流のため速度調整



③ 合流車両は低速のL4Tに接近、そのまま暫く並走



④ テーバー端付近で合流車両は急減速、後続車両の後方に合流

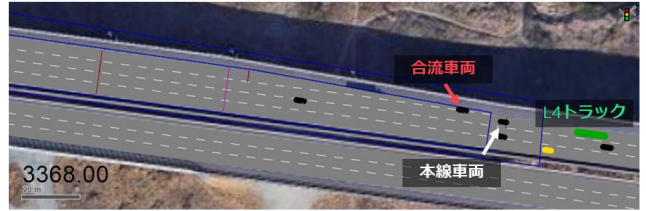


図 3.69 他車合流 協調制御による急減速発生

自車合流の場合、本線車両は加減速せずに一定の速度で走行する状況が多いため、予想到着時刻の精度が高く協調制御によって交錯を回避できることが多い。一方他車合流の場合、合流車両の加速度と目標速度を一律に仮定して予想到着時刻を計算しているため、予測と実際の加速状況が一致しない状況が発生しやすい。

実際に交通シミュレーションで用いた一般車の希望加速度関数をみると、運転者によって大きくバラつきが設定されている。例えば小型車は 80km/h の中央値が 1.18m/s^2 (0.12G) で計算に用いた 0.2G よりもかなり小さく、大型車は 60km/h の中央値が 0.79m/s^2 (0.08G) で 0.04G よりも大きいことが分かる。

	40 km/h 希望加速度[m/s ²]			60 km/h 希望加速度[m/s ²]			80 km/h 希望加速度[m/s ²]		
	Median	Min	Max	Median	Min	Max	Median	Min	Max
Car	1.70	1.03	3.50	1.31	0.82	2.92	1.18	0.64	2.29
HGV	1.52	0.53	2.35	0.79	0.25	1.31	0.52	0.15	0.90
L4T	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39

図 3.70 希望加速度関数

このように協調制御は必ずしも合流車両との交錯の回避に繋がるわけではなく、場合によっては本来合流を意図していた合流ギャップとの位置関係が一致しなくなったり、あるいは自動運転 L4 トラックの減速により合流車両と本線車両との相対速度が大きくなったりすることがある。そのため例えば以下のような制御内容の変更によって改善される可能性が考えられる。

- ・制御目標を修正するフィードバック制御を行う
(合流判定ポイント通過時に加え定期的に合流車両の走行状況を取得)
- ・合流車両が通信機器を備えている場合積極的に加速させる指示を行う
(合流車両に自動運転 L4 トラックが減速して譲る意思を伝える)
- ・後続車両が通信機器を備えている場合協調行動させる指示を行う
(後続車両に自動運転 L4 トラック後方に合流車両が到達する可能性を伝える)

IV. 車線優先化

車線優先化の設定による第 1 車線の交通量減少を想定して 3 パターンのシミュレーションを行ったが、想定よりもシミュレーション結果の交通量は減少しなかった。

各車線への流入交通量を減少させると同時に、第 2 車線及び追越車線を走行する運転者は優先レーンを遵守して第 1 車線を避けて走行している人と、車線優先を無視しているが追越のために第 2 車線及び追越車線を走行している人が混在するようなより現実に近い設定にしていた。

そのため特に IC 流出後に第 1 車線が空くと、後者の優先無視タイプの運転者は第 1 車線に戻ることがあり、想定よりも減少幅が小さい結果となった。また追越車線の交通量が増えている原因として、優先レーンを遵守した低速車両が第 2 車線に留まってしまうことで、その低速車両を追い越そうとする車両が増えるからだと考えられる。

自動運転 L4 トラックの流入台数を増加させることによって、一般車には協調減速や協調車線変更の意思を持つ運転者が混在しているが、MRM の発生回数や一般車の急減速は増加する傾向にあった。

MRM の発生回数や一般車の急減速は増加する理由は、本線上の自動運転 L4 トラックが協調行動を取らないため合流車両が合流できずに急減速するためである。

また、MRM の発生回数や一般車の急減速は増加する理由は、本線上の自動運転 L4 トラックは急減速した低速車両が合流してきてその車両に対して本線車両が急減速するといった状況が増えているためでもある。

車線優先を設定することによって、第 1 車線の利用率が低下し、合流車両と本線車両が交錯する確率が減少するため、MRM や急減速を回避することができる。その一方で第 2 車線、追越車線側は平均速度の低下や交通量の増加が懸念される。

(3) ドライビングシミュレーションによる自動運転 L4 トラック車線変更及び合流検証

① 目的

本検証は、自動運転 L4 トラックの合流と車線変更が周辺の一般車両つまりドライバへの安全性や受容性に与える影響を明確にすることを目的としている。明確化にはある程度のドライバのデータ数が必要となることから、実験の再現性と安全性の確保の観点から、ドライビングシミュレータにより検討シチュエーションを再現して必要なデータ数を確保した。

② 実験環境

新東名高速道路の駿河湾沼津 SA 下りを想定した合流部を備えた全長 7.0km の実験環境を構築した。以下図 3.71 に示すように合流部は、駿河湾沼津 SA 下りを参考に、流入区間 120m、並走区間 275m、すり付け区間 100m とした。

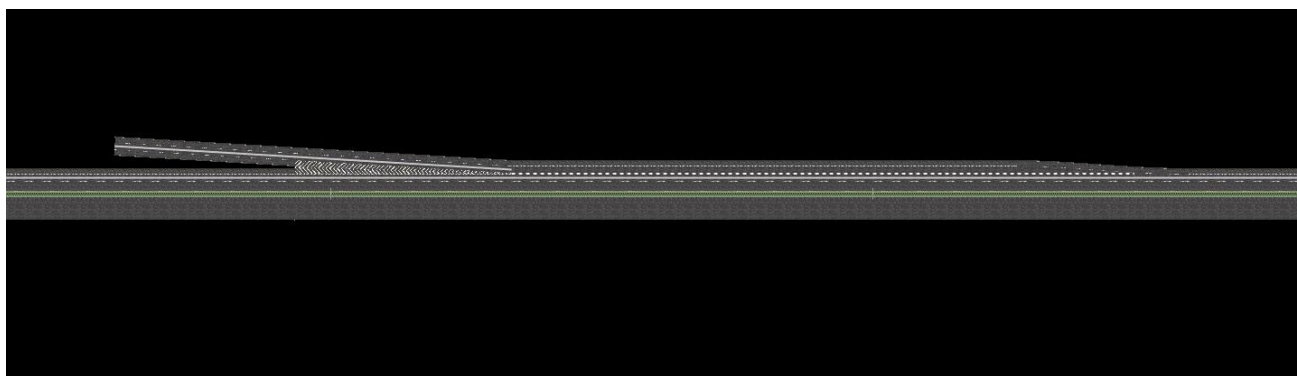


図 3.71 実験環境

③ 検討シチュエーション

本検証で想定したシチュエーションとしては、以下の 2 シチュエーションで L4 トラックが走行した際に頻繁に起こり得る場面を想定した。

- ・自動運転 L4 トラックの先行車が低速の場合の追い越し
- ・自動運転 L4 トラックの本線合流

一般ドライバーである実験参加者に後続車である自車をドライビングシミュレータで走行してもらい、運転挙動を計測した。

I. 自動運転 L4 トラックの先行車が低速の場合の追い越し
本シチュエーション及び条件を以下図に示す。

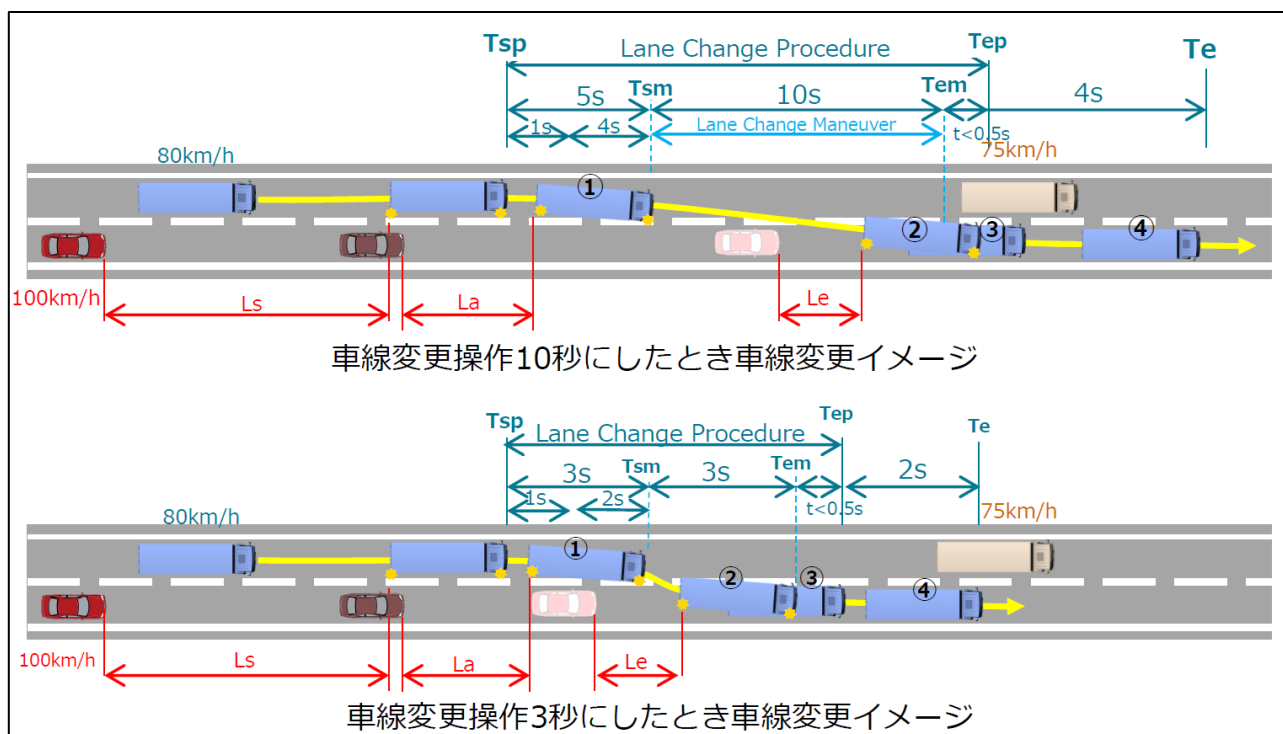


図 3.72 追い越しシチュエーション

環境条件		昼
		第1車線上に低速(75km/h)
車線数		2
最高制限速度		100km/h (自車)
L4T車	初期状態	第1車線走行
	車速	80km/h定速
被験車両	初期状態	第2車線走行
	マニュアル	TTC=x秒になったときL4T車が車線変更を開始

図 3.73 追越シチュエーション条件

自動運転 L4 トラックは本線を 80km/h で走行しており、先行車が 75km/h で走行しているため、追い越しが生じる。自動運転 L4 トラックが追越車線に車線変更して追い越す際の追越車線を走行していた後続車となる自車との位置関係から、車線変更タイミングを自動運転 L4 トラックと自車との TTC で閾値を設定した。

閾値は、 $TTC1 > TTC2$ となったときに L4 トラックが車線変更するためのウィン

カーを点灯させる。TTC1[s]とTTC2[s]は、以下式(3-3)で示される。

$$TTC1 = \frac{D_{rear} - D_{acsf}}{V_{rear} - V_{acsf}}$$
$$TTC2 = \frac{(V_{rear} - V_{acsf}) \cdot t_B + \frac{(V_{rear} - V_{acsf})^2}{2a} + V_{acsf} \cdot t_G + (V_{rear} - V_{axsf}) \cdot t_W}{V_{rear} - V_{acsf}} \quad (3-3)$$

V_{rear} : 自車速度 [m/s]

V_{acsf} : トラック速度 [m/s]=22.2[m/s] (80km/h)

D_{rear} : 自車位置 [m]

D_{acsf} : トラック位置 [m]

$t_B=0.4$

$a=3$

$t_G=1$

t_W =ウィンカー時間 (3[s]or5[s])

車線変更に必要な挙動として、自動運転 L4 トラックのウィンカー点灯時間と点灯後の車線変更時間を下記の 2 パターン用意した。

- $t_W=5$ の場合

ウィンカーを点灯させる時間は 4[s]、車線変更時間は 15[s]

- $t_W=3$ の場合

ウィンカーを点灯させる時間は 2.5[s]、車線変更時間は 7.5[s]

II. 自動運転 L4 トラックの本線合流

本シチュエーション及び条件を以下図に示す。

$$\begin{aligned} D1 &= (-0.0069 \times V_{rear}^2 + 0.7163 \times V_{rear} - 5.5525) \times V_{rear} + 12 \\ D2 &= (-0.0117 \times V_{rear}^2 + 1.1797 \times V_{rear} - 12.688) \times V_{rear} + 12 \end{aligned} \quad (3-4)$$

V_{rear} : 自車速度 [m/s]

トラック全長 12[m]

D1 の条件は、自動運転 L4 トラックが HM を通過してから 136m の地点からウィンカーが点灯し、4[s]間点灯した後、加速車線から本線に 15[s]かけて車線変更して本線へ合流する。

D2 の条件は、自動運転 L4 トラックが HM を通過してから 288m の地点からウィンカーが点灯し、2.5[s]間点灯した後、加速車線から本線に 7.5[s]かけて車線変更して本線へ合流する。

要約すると、D1 は、加速度車線の走行が短く、車線変更の指示が長め、D2 は、加速度車線の走行が長く、車線変更の指示が短めとなる。

④ 実験条件

車線変更 2 条件、本線合流 2 条件の計 4 条件に加えて、実験試行回数による熟練度を加味して、4 条件を 2 回走行する。さらに、条件が発動しないダミー走行を 2 パターン用意して、一人当たりが試行する走行回数を 10 回とした。順序効果を低減するために、実験参加者間で走行順をランダムにして実験を実施した。シナリオ番号は、以下の通り。

- 1 : ダミーシナリオ (シナリオ 3, 4, 5, 6 のダミー) : 車線変更
- 2 : ダミーシナリオ (シナリオ 7, 8, 9, 10 のダミー) : 合流
- 3 : $t_W=5$ 、ウィンカー 4s、車線変更 15s : 車線変更
- 4 : $t_W=5$ 、ウィンカー 4s、車線変更 15s : 車線変更
- 5 : $t_W=3$ 、ウィンカー 2.5s、車線変更 7.5s : 車線変更
- 6 : $t_W=3$ 、ウィンカー 2.5s、車線変更 7.5s : 車線変更
- 7 : HN136m、ウィンカー 4s、車線変更 15s : 合流
- 8 : HN136m、ウィンカー 4s、車線変更 15s : 合流
- 9 : HN288m、ウィンカー 2.5s、車線変更 7.5s : 合流
- 10 : HN288m、ウィンカー 2.5s、車線変更 7.5s : 合流

自動運転 L4 トラックの車線変更ならびに本線合流を確実に発生させるために、実験開始前に実験参加者には次を教示した。

- ・ 普段通りの高速道路走行
- ・ 100km/h 前後での走行
- ・ スタート位置の車線を基本維持して走行
(先行車が低速や危険が伴い回避する必要がある場合、車線変更可能)
- ・ 似たシチュエーションでも前回の走行から予測して走行しない

実験参加者は、以下図に示す通り普通自動車免許所持者で普段から高速道路を利用している健常者の 20～70 歳代の 40 名（男性 19 名、女性 21 名、平均年齢 45 歳）で走行実験を実施した。



図 3.76 走行実験風景

⑤ 評価項目

取得した走行データからの評価項目は以下の通り。実験の際は主観評価として、走行毎にアンケート用紙への回答をお願いした（10 回走行のため 10 回アンケート回答）。アンケートは、7 段階尺度とした。ただし、実験中のトラックが自動運転 L4 トラックだとは実験実施中及びアンケート回答時には開示していないため、単にトラックの挙動に対しての回答となっている。

- ・ 自車の行動変化（追い越し・アクセルオフ・ブレーキ・車線変更）の分類分け（自動運転 L4 トラックの挙動（車線変更・本線合流）に対して）
- ・ 実験参加者が行動変化を起こしたときの L4 トラックと自車との TTC
- ・ 行動変化があったときの自車車速とその前後 3 [s]の自車車速（高速道路走行の円滑走行が自動運転 L4 トラックの挙動で損なわれないか）
- ・ アンケート項目
 - ・ 今の走行は、危険を感じず、安全に走行できましたか
 - ・ 今の走行で、運転行動をどうするか判断に迷われた程度
 - ・ 上の質問で運転行動に対して余裕を持って対応できたか程度
 - ・ 今の走行で、イライラした程度

⑥ 実験結果

評価対象とするデータは、各シチュエーションを 2 回走行していることから、2 回目の走行データを用いてまとめる。

I. 自動運転 L4 トラックの先行車が低速の場合の追い越し

a) 行動変化（回避）パターン

自動運転 L4 トラックが指示長めまたは指示短めで車線変更してきた際の後続車である自車の行動変化を以下図に示す。

シナリオ 3 及びシナリオ 4 の指示が長めだと 6 名が、自動運転 L4 トラックが車線変更する前つまりウィンカーが点灯している 4[s]間で追い越しを図った。

アンケート記入欄にもコメントがあったが、ウィンカーを出してから車線変更まで時間があり、自車との車間からトラックが車線変更を躊躇していると思い、加速して追い越したとある。

シナリオ 5 及びシナリオ 6 の指示短めは、ウィンカーを点灯してから 2.5 [s]で車線変更を開始するため、追い越しを図ったのは 1 名のみで、ウィンカーの点灯時間の差は 1.5[s]しかないが、追い越しを判断するのに十分な時間であることが分かった。

アクセルオフとブレーキのシナリオ 3 及びシナリオ 4 の指示が長めの場合は、ほぼ同数となり、これは実験参加者がアクセルオフで減速するかブレーキで減速するかの運転行動の特性によるものと考察する。シナリオ 5 及びシナリオ 6 の指示短めの場合は、アクセルオフによるある程度余裕がある減速で

はなく、ブレーキによる減速の方が多くなる結果となった。

シナリオ	追い越し	アクセルオフ	ブレーキ
3,4(指示長め)	6名	16名	18名
5,6(指示短め)	1名	12名	27名

図 3.77 自動運転 L4 トラック車線変更による自車行動変化 (N=40)

b) TTC

追い越した実験参加者に関しては TTC がないため、それ以外のアクセルオフとブレーキによる行動変化を行った瞬間の自動運転 L4 トラックと自車との TTC を以下図に示す。図中数字が平均値となる。

指示長めと指示短めでの TTC は、実験参加者がウィンカーに気が付いてから行動変化を起こすまでの時間も含まれるため、指示長めの方が TTC の値が大きくなる傾向となる。

アクセルオフに関しては、この傾向と逆となり、シナリオ 5 及びシナリオ 6 で 1 名の実験参加者が予測してかなり早い段階で行動変化を起こしたため(図中標準偏差も高い)、TTC の値が高めとなった。

ブレーキに関しては傾向通り、シナリオ 5 及びシナリオ 6 の方が TTC の値が低く、シナリオ 3 及びシナリオ 4 との差は 1.3[s]となり、この 1.3[s]は、自車 100km/h と教示していることから 36[m]の差となる。

自車 100km/h とすると、シナリオ 3 及びシナリオ 4 は、TTC=10.3 [s]前(車間距離 57m)になったらウィンカー点灯、シナリオ 5 及びシナリオ 6 は、TTC8.3[s]前(車間距離 46m)になったらウィンカーを点灯となり、比較すると距離 11[m]の差から、特にウィンカーの点灯時間の差で 3 倍強の 36[m]の余裕を得ることができた。

アクセルオフとブレーキの行動変化にいて、シナリオ 3 及びシナリオ 4 とシナリオ 5 及びシナリオ 6 とで有意差検定 (t 検定) を行ったが、共に有意な差はなかった。

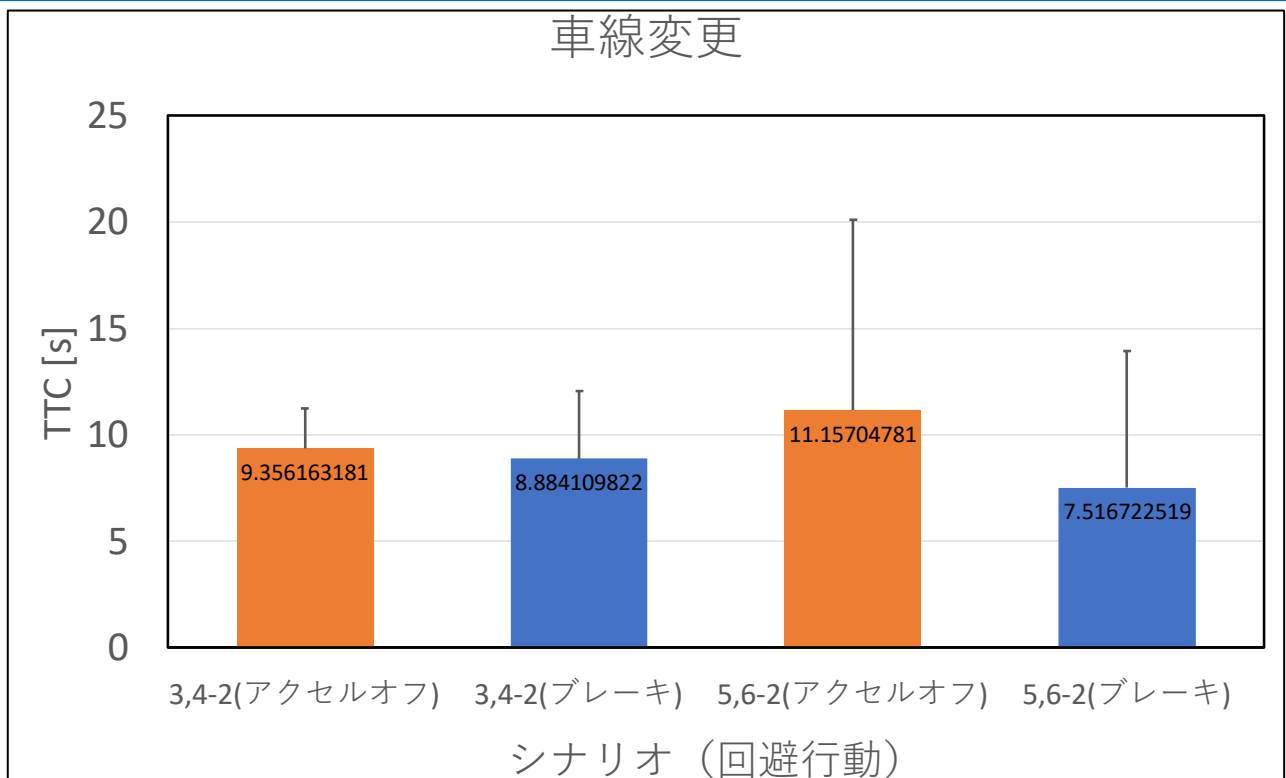


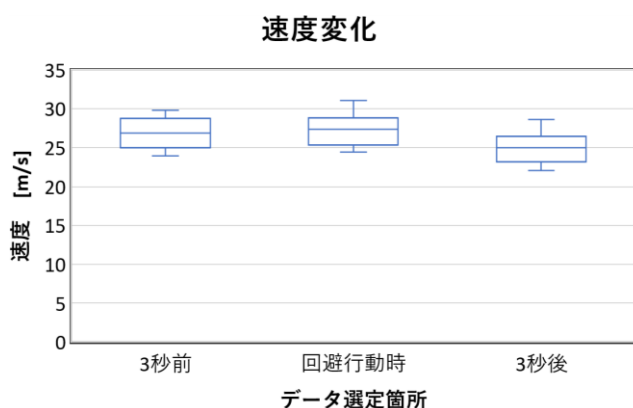
図 3.78 自動運転 L4 トラック車線変更による行動変化（回避行動）別 TTC

c) 自車車速

自動運転 L4 トラックの車線変更に伴う自車の運転変化による車速変化は、高速道路での円滑な交通流を考える上で影響がない方が好ましい。そこで、運転行動変化の前後速度をまとめたものをアクセルオフ及びブレーキを以下図に示す。

アクセルオフに関しては、行動変化後を見ると 100km/h から 90km/h と 1 割減程度の減速で抑えられている。一方、ブレーキは、シナリオ 3 及びシナリオ 4 では約 80km/h、シナリオ 5 及びシナリオ 6 では約 70km/h と 2、3 割の速度低下となり、これが自車の後続車へ数珠つなぎに影響を与える可能性がある減速度と言える。

(a) シナリオ 3 及びシナリオ 4



(b) シナリオ 5 及びシナリオ 6

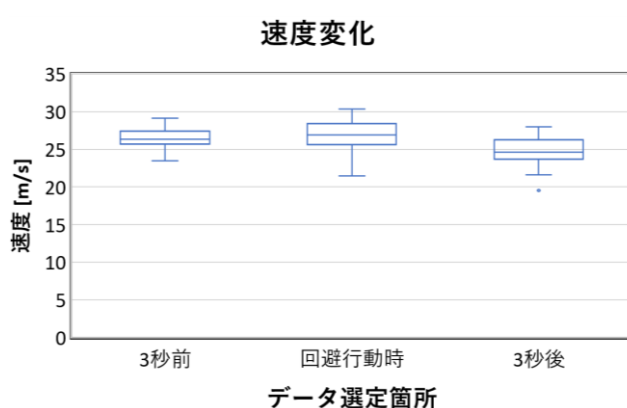
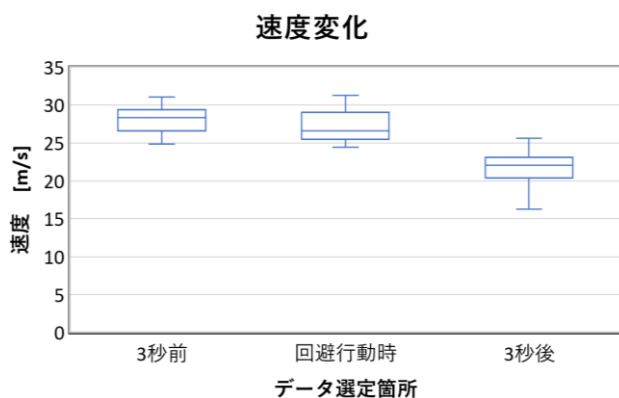


図 3.79 自動運転 L4 トラック車線変更によるアクセルオフ時の速度変化

(a) シナリオ 3 及びシナリオ 4



(b) シナリオ 5 及びシナリオ 6

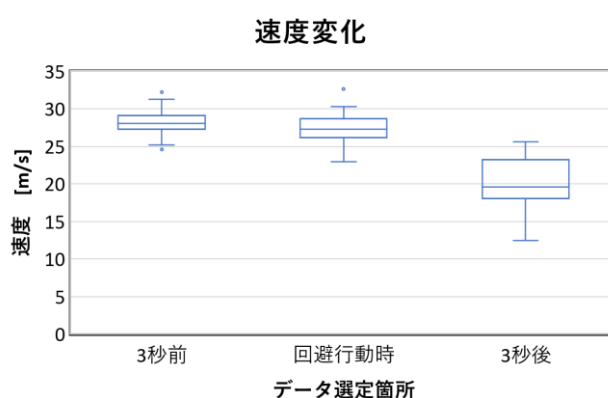


図 3.80 自動運転 L4 トラック車線変更によるブレーキ時の速度変化

d) 主観評価

評価は、7 段階尺度で行い、1 が危険や迷った、余裕がない、7 が安全、迷いなし、余裕があった評価となり、2 から 6 はどの程度の度合かを示す。自動運転 L4 トラックの車線変更に対する質問を以下図に示す。全ての質問に対し指示が長めのシナリオ 3 及びシナリオ 4 の方が僅差ではあるが良い傾向となった。

	シナリオ3,4(指示長め)	シナリオ5,6(指示短め)
A)	4.48	4.15
B)	4.5	4.43
C)	5.18	4.75
D)	4.83	4.58

図 3.81 自動運転 L4 トラック車線変更へのアンケート調査

e) 考察

自動運転 L4 トラックの車線変更において、指示長めの場合、追い越しが 6 名、指示短めの場合はブレーキ操作が 27 名となった。

前者は安全上、追い越しが難しいタイミングを調整、後者は、高速道路の交通流を考慮するとブレーキ操作は抑えたいため、今回設定した閾値の TTC2 のパラメータをシナリオ 3 およびシナリオ 4 とシナリオ 5 及びシナリオ 6 との間に最適解がある可能性を示せた。

II. 自動運転 L4 トラックの本線合流

a) 行動変化（回避）パターン

シナリオ 7 及びシナリオ 8 は、HN から 136m 地点でウィンカーが点灯するため、加速度車線走行距離が短めで、ウィンカー 4[s]、車線変更 15[s]と指示が長めで、シナリオ 9 及びシナリオ 10 は、HN から 288m 地点でウィンカーが点灯するため、加速度車線走行距離が長めで、ウィンカー 2.5[s]、車線変更 7.5[s]と指示が短めとなる。

自動運転 L4 トラックの加速度車線走行距離短めで指示長めと加速度車線走行距離長めで指示短めでの本線合流してきた際の後続車である自車の行動変化を以下図に示す。

追い越しに関しては、1 名もいないことで、今回設定した合流タイミングの閾値は、安全な設定であると言える。同時に、ブレーキも少ないことから自動運転 L4 トラックは、後続車への影響が少ない状態で合流ができています。アクセルオフと自車が追越車線への車線変更を行った人数がほぼ同数なことから、この運転行動は自動運転 L4 トラックの合流タイミングよりは、個人の運転行動の判断に起因したものと言える。

シナリオ	追い越し	アクセルオフ	ブレーキ	車線変更
7,8(距離短め, 指示長め)	0名	19名	3名	18名
9,10(距離長め, 指示短め)	0名	19名	2名	19名

図 3.82 自動運転 L4 トラック本線合流による自車行動変化 (N=40)

b) TTC

追い越した実験参加者に関しては TTC がないため、それ以外のアクセルオフとブレーキ、車線変更による行動変化を行った瞬間の自動運転 L4 トラックと自車との TTC を以下図に示す。図中数字が平均値となる。

自動運転 L4 トラックが HN を通過するタイミングは、自車が 100km/h の場合、シナリオ 7 及びシナリオ 8 が HN 手前約 263m の本線上を自車が通過した時、シナリオ 9 及びシナリオ 10 が HN 手前約 320m の本線上を自車が通過した

時で、シナリオ 9 及びシナリオ 10 の方が合流トラックを早く視認できる。

そのため、運転行動変化も早めとなり、シナリオ 7 及びシナリオ 8 に比べてシナリオ 9 及びシナリオ 10 は、どの運転行動（回避行動）においても 2.9[s] から 3.9[s]TTC に余裕がある。

運転行動（回避行動）が行われたときのトラックの速度は、シナリオ 7 及びシナリオ 8 は 50.2km/h、シナリオ 9 及びシナリオ 10 は 53.9km/h と大きな差はなく、自動運転 L4 トラックと自車との相対速度が 50km/h 前後の時に運転行動（回避行動）変化が生じたことになる。

アクセルオフ、ブレーキ及び車線変更の行動変化において、シナリオ 7 及びシナリオ 8 とシナリオ 9 及びシナリオ 10 とで有意差検定（t 検定）を行い、アクセルオフと車線変更で有意な差 ($p < 0.01$) がある結果となった。

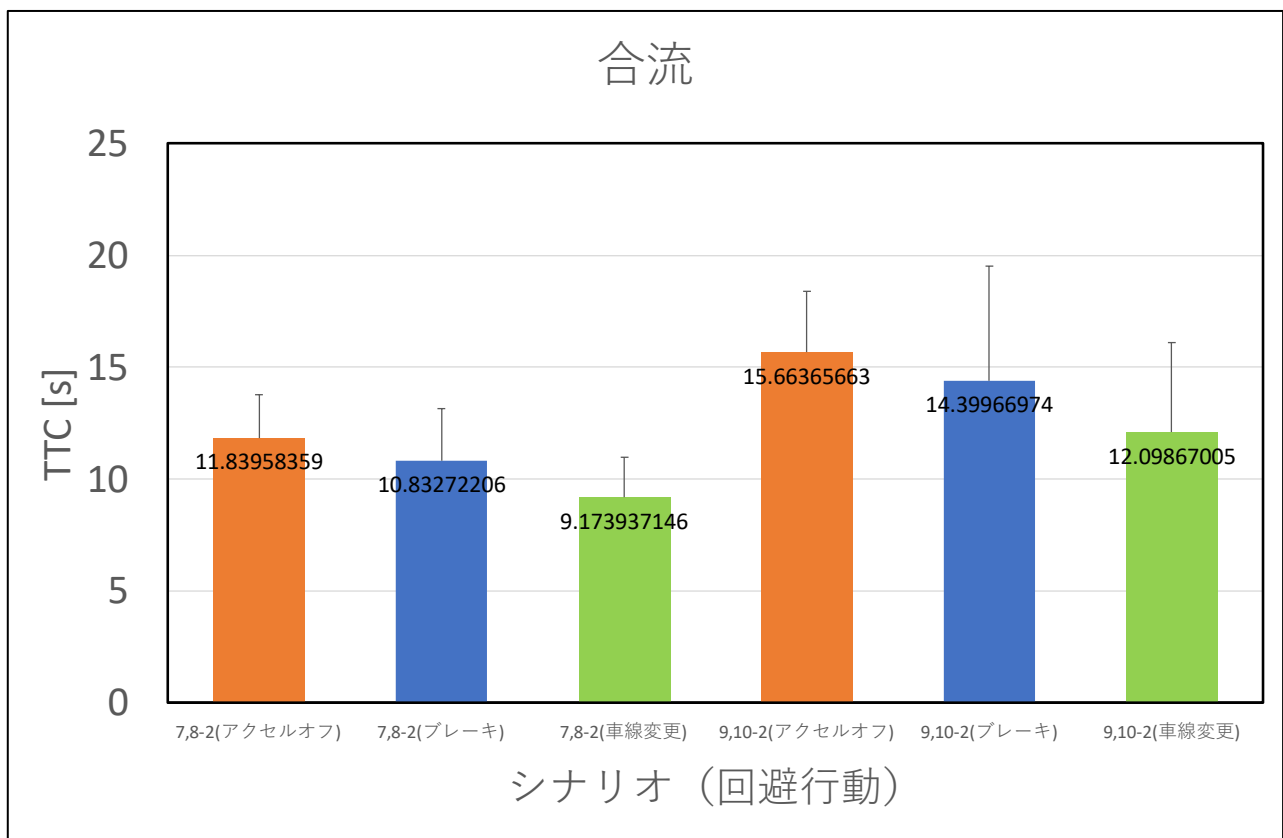


図 3.83 自動運転 L4 トラック本線合流による行動変化（回避行動）別 TTC

c) 自車車速

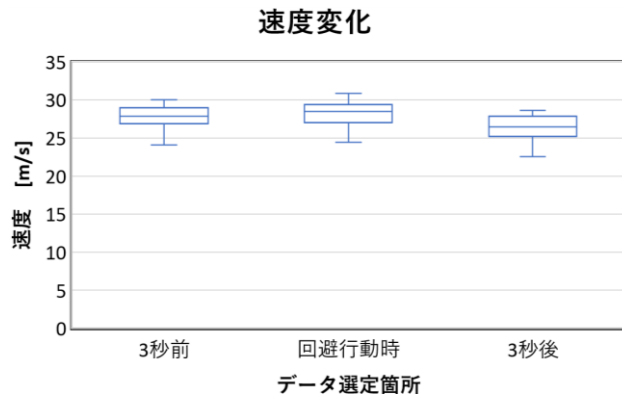
運転行動変化（アクセルオフ、ブレーキ及び車線変更）の前後速度をまとめたものを以下図に示す。アクセルオフに関しては、行動変化後を見ると 100km/h から 90km/h と 1 割減程度の減速で抑えられている。

ブレーキは、自動運転 L4 トラックの車線変更と比べると減速しても 80km/h 以上は維持できている。合流の加速度車線を走行している自動運転 L4 トラックが車線変更してくることが分かっている分、急な減速にならなかったと思

われる。

車線変更は、追越車線の走行に伴い、速度が増加しており、今回設定した自動運転 L4 トラックの本線合流の条件は、交通流の妨げにならないスムーズな合流と言える。

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8



(b) シナリオ 9 及びシナリオ 10

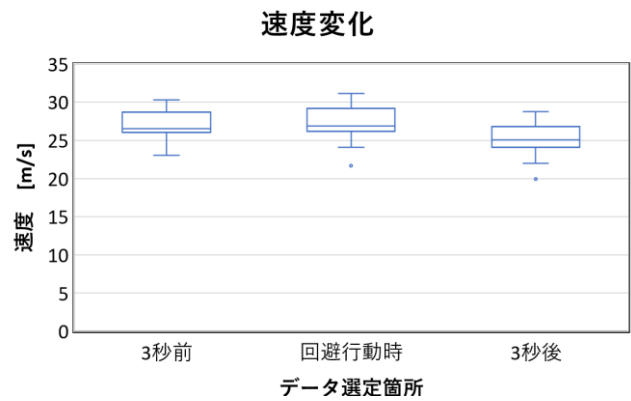
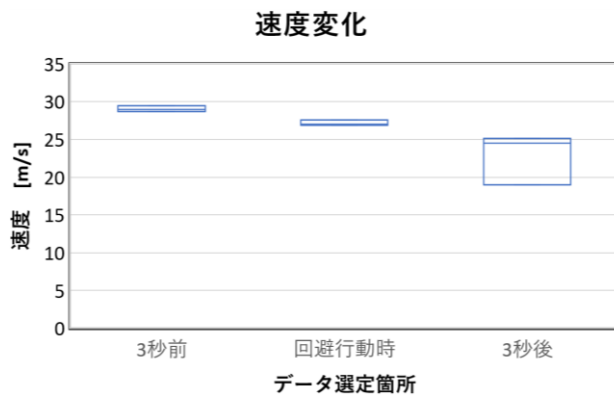


図 3.84 自動運転 L4 トラック本線合流によるアクセルオフ時の速度変化

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8



(b) シナリオ 9 及びシナリオ 10

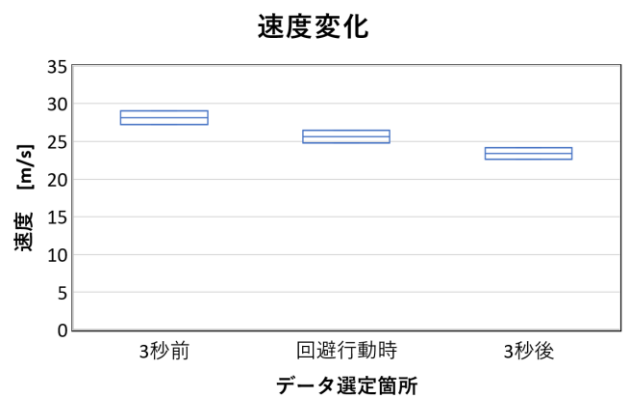
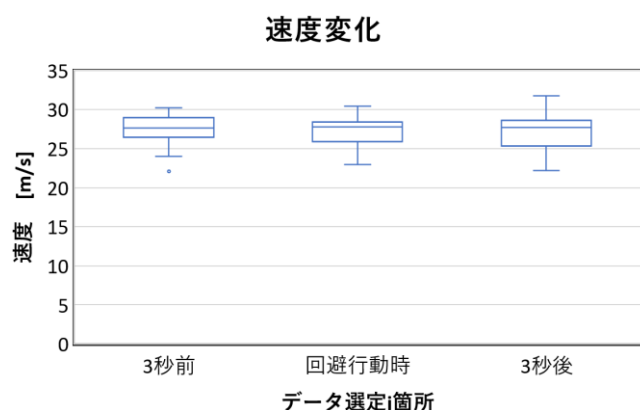


図 3.85 自動運転 L4 トラック本線合流によるブレーキ時の速度変化

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8



(b) シナリオ 9 及びシナリオ 10

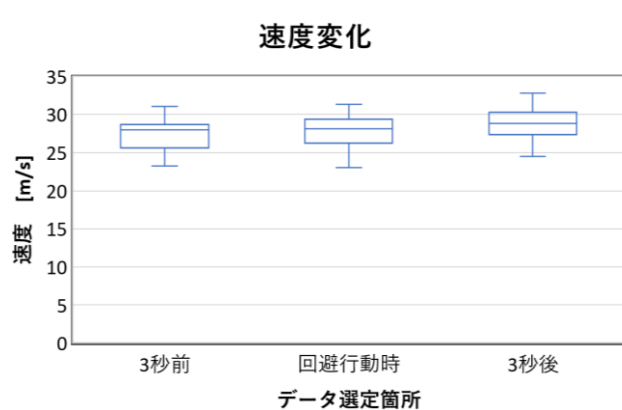


図 3.86 自動運転 L4 トラック本線合流による車線変更時の速度変化

d) 主観評価

自動運転 L4 トラックの本線合流に対する質問を以下図に示す。全ての質問に対して距離長めで指示短めのシナリオ 9 及びシナリオ 10 の方が良い傾向となった。早めにトラックを視認できることから、A) の安全への寄与が高く、運転行動も迷いなく行動できたことになり、これは TTC の結果とも合致する。

	シナリオ7,8 (距離短め, 指示長め)	シナリオ9,10 (距離長め, 指示短め)
A)	5.23	5.9
B)	5.15	5.75
C)	5.65	6.25
D)	5.73	6.13

図 3.87 自動運転 L4 トラック本線合流へのアンケート調査

e) 考察

自動運転 L4 トラックの本線合流において、今回設定した閾値で、追い越しも生じずにスムーズに合流が実施できるパラメータ設定と言える。シナリオ 7 及びシナリオ 8 とシナリオ 9 及びシナリオ 10 とを詳しく比較すると、TTC の余裕、車速の変化、アンケートからも加速度車線を長めに走行して指示短めのシナリオ 9 及びシナリオ 10 の方が総合的に自動運転 L4 トラックの合流としては適していると言える。

⑦ 大型自動車免許所持者による検討

大型自動車免許所持者は、普通自動車免許所持者より絶対数が少ないため、実験参加者として N 数を確保するのが難しいが、自動運転 L4 トラックの特に合流に関しては、高速道路走行において今回対象としている後続車として普通車より大型車に遭遇する可能性の方が高いことから、検討を行った。

実験参加者は5名（男性4名、女性1名、平均年齢49歳）の大型自動車免許所持者による自車をトラックとして普通自動車免許保持者による実験と同様の内容を、トラック型ドライビングシミュレータを用いて実施した。

実験参加者には、トラックだが100km/hで走行可能と教示を追加した。

I. 自動運転 L4 トラック車線変更による自車行動変化（回避）パターン

今回、トラックで100km/hが出せると教示していたが、以下図に示すように追い越しを図ったのは0名となった。シナリオ5及びシナリオ6の指示短めではブレーキ操作が多く、トラックは、アクセルオフによる減速が期待できないため、ブレーキによる減速が主となることから、ブレーキ操作が多かったと考察する。

シナリオ	追い越し	アクセルオフ	ブレーキ
3,4(指示長め)	0名	2名	3名
5,6(指示短め)	0名	1名	4名

図 3.88 自動運転 L4 トラック車線変更による自車行動変化（N=5）

II. 自動運転 L4 トラック車線変更による自車との TTC

以下図に示すように、5名分のため個人の影響が出やすい結果にはなっているが、普通自動車免許保持者の場合と比較するとシナリオ3及びシナリオ4のブレーキを除き、TTCが短めである。

行動変化が遅いとも捉えられるが、大型免許所有者を加味すると行動の遅れよりは行動余裕とも言え、シナリオ3及びシナリオ4のブレーキのTTCが高めなことから安全寄りの運転であることが分かる。

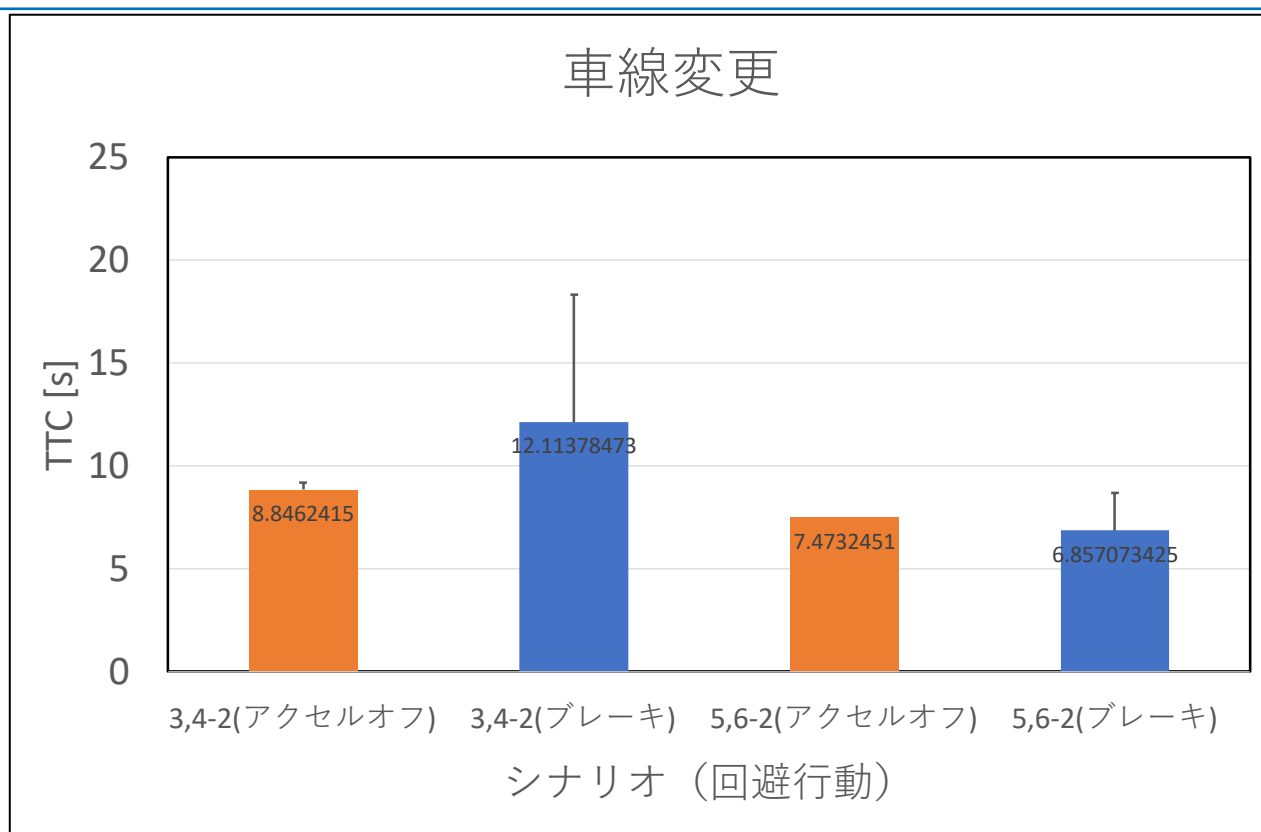


図 3.89 自動運転 L4 トラック車線変更による自車行動変化 (回避行動) 別 TTC

III. 自動運転 L4 トラック車線変更による自車車速

以下図に示すようにシナリオ 5 及びシナリオ 6 に関して、図 3. x と同様にブレーキ操作にバラつきが見られ、自動運転 L4 トラックの車線変更のタイミングとしては、急さが伺える。

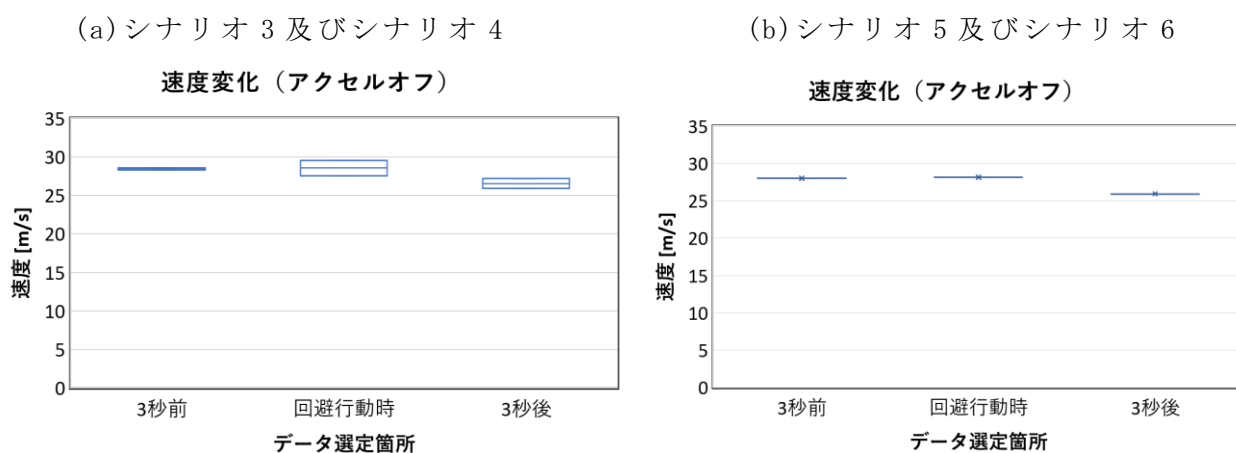
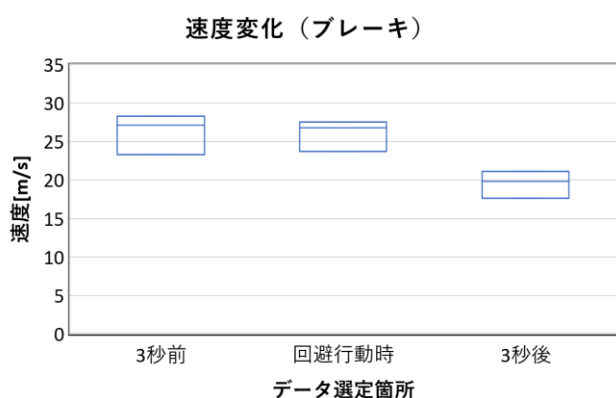


図 3.90 自動運転 L4 トラック車線変更によるアクセルオフ時の自車速度変化

(a) シナリオ 3 及びシナリオ 4



(b) シナリオ 5 及びシナリオ 6

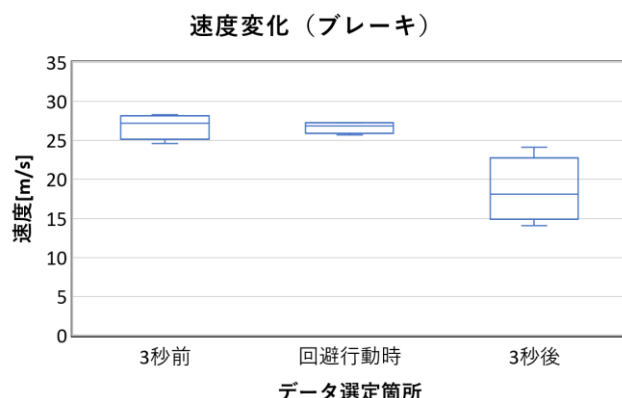


図 3.91 自動運転 L4 トラック車線変更によるブレーキ時の自車速度変化

IV. 自動運転 L4 トラック車線変更による自車による主観評価

以下図に示すように全ての項目に対して、安心・安全よりの回答となり、実験結果の TTC も十分安全な値の裏付けとなる。

	シナリオ3,4(指示長め)	シナリオ5,6(指示短め)
A)	6.6	6.2
B)	6.6	6.4
C)	6.6	6.6
D)	6.8	6.6

図 3.92 自動運転 L4 トラック車線変更へのアンケート調査（自車トラック）

V. 自動運転 L4 トラック本線合流による自車行動変化（回避）パターン

以下図に示すようにシナリオ 7 及びシナリオ 8 においてブレーキが 3 名おり、N 数から考えると普通自動車免許保持者の行動と比べてブレーキでの操作の頻度が高く、車線変更と同じように、自車がトラックのため、減速するのにアクセルオフよりブレーキを用いたと思われる。

シナリオ	追い越し	アクセルオフ	ブレーキ	車線変更
7,8(距離短め, 指示長め)	0名	1名	3名	1名
9,10(距離長め, 指示短め)	0名	3名	0名	2名

図 3.93 自動運転 L4 トラック本線合流に伴う自車行動変化（N=5）

VI. 自動運転 L4 トラック本線合流による自車との TTC

以下図に示すようにブレーキ以外は、普通自動車免許保持者の場合の TTC と似た TTC となっているが、ブレーキに関しては早めの操作となり、車両がトラックによる考慮の可能性がある。

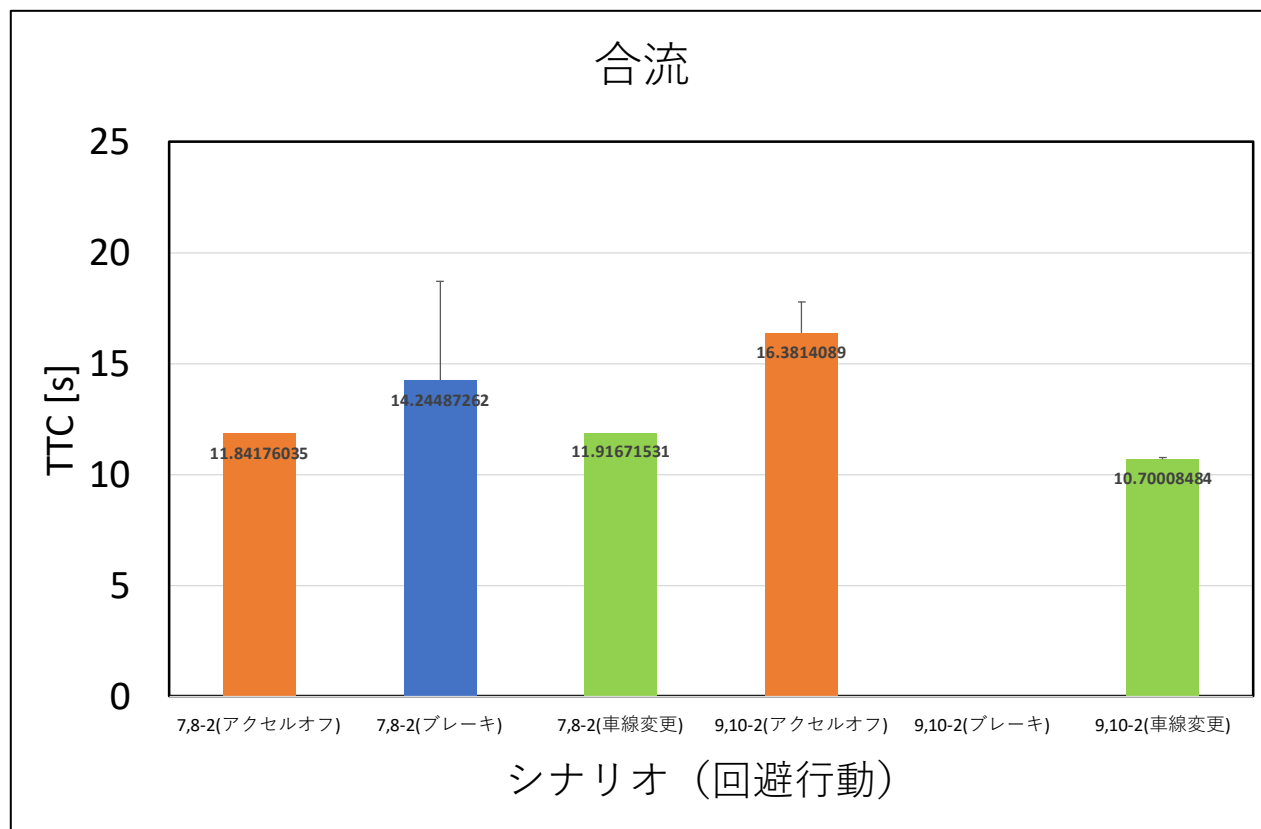
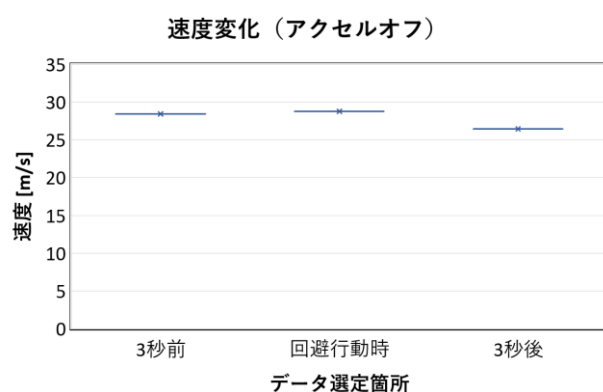


図 3.94 自動運転 L4 トラック本線合流による自車行動変化 (回避行動) 別 TTC

VII. 自動運転 L4 トラック本線合流による自車車速

以下図に示すように行動変化 (回避行動) 時の自車 (トラック) の速度変化は、普通自動車免許保持者の場合と同様の傾向となった。

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8



(b) シナリオ 9 及びシナリオ 10

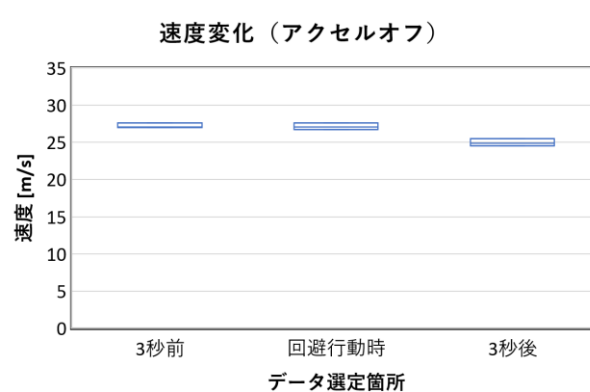


図 3.95 自動運転 L4 トラック本線合流によるアクセルオフ時の自車速度変化

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8

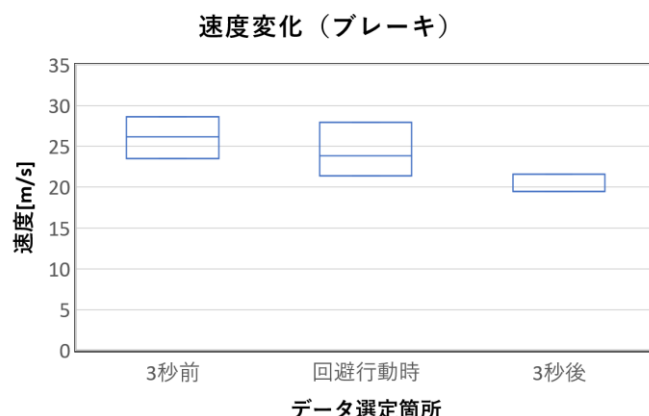
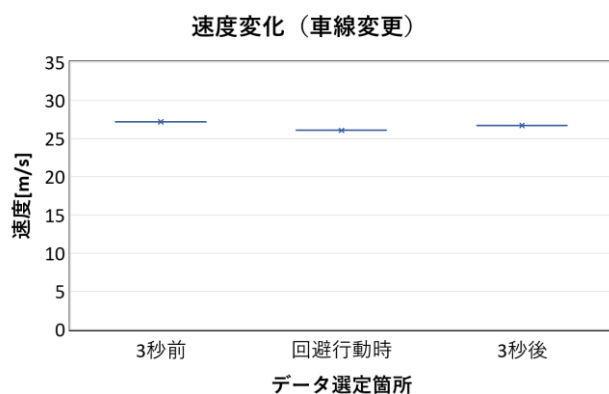


図 3.96 自動運転 L4 トラック本線合流によるブレーキ時の自車速度変化

(a) シナリオ 7 及びシナリオ 8



(b) シナリオ 9 及びシナリオ 10

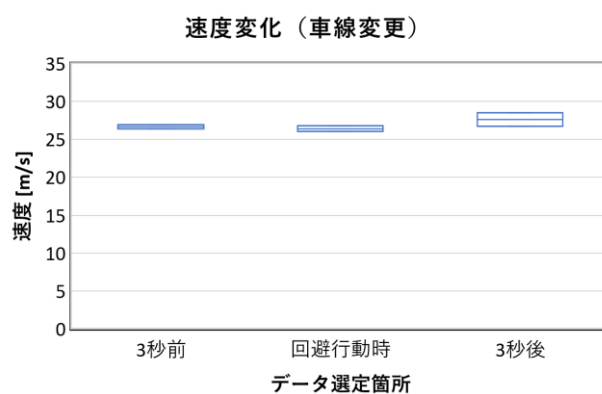


図 3.97 自動運転 L4 トラック本線合流による車線変更時の自車速度変化

VIII. 自車による主観評価

以下図に示すように回答は、安心・安全よりの回答となった。質問 B) の値が僅かに低く、C) で評価に開きがあった。B) は、「運転行動をどうするか判断に迷われた程度」で、C) の質問は、「運転行動に対して余裕を持って対応できたか」であり、ブレーキ操作が 0 名だったのが、アンケート結果から原因の一端が確認できた。

	シナリオ7,8 (距離短め, 指示長め)	シナリオ9,10 (距離長め, 指示短め)
A)	6.4	6
B)	6.2	5.8
C)	6.6	6
D)	6.6	6.4

図 3.98 自動運転 L4 トラック本線合流へのアンケート調査（自車トラック）

IX. 考察

大型自動車免許保持者による実験では、N 数が少ないため参考値となるが、自車トラックの場合、アクセルオフによる減速が期待できないため、ブレーキによる減速が主となることから、ブレーキ操作が車線変更、本線合流ともに多かったと思われる。

⑧ まとめ

本検討では、自動運転 L4 トラックの車線変更と本線合流の 2 つの頻度が高いシチュエーションについて、安全性と高速道路の円滑な交通流維持の観点から、自車の行動変化（アクセルオフ・ブレーキ・車線変更・追い越し）の分類と自動運転 L4 トラックと自車との TTC、自車の車速変化を、ドライビングシミュレータを用いて評価した。

その結果、車線変更のシチュエーションにおいては、今回閾値である TTC2 を 2 通り設定したが、実験からこの 2 通りの間のパラメータ設定が最適であることが示唆された。この証明に関しては、今後課題として継続して実験を実施していくことが必要である。

本線合流のシチュエーションも 2 通りの閾値を設定したが、こちらは 2 通りとも安全に合流可能な閾値だった。詳しく見ると、合流の加速度車線を走行する L4 トラックを早めに視認できると TTC の結果からも余裕を持った運転行動選択と実行ができていた。

高速道路の合流において、本線走行の後続車として普通車より大型車に遭遇する可能性の方が高いことから、大型自動車免許所持者による自車をトラックにした検討も行い、N 数が少ないため参考値となるが、普通自動車免許所持者の結果と比べてブレーキ操作が多く、これは、トラック車両特有なものであるため、今後、ブレーキ操作を極力減らす L4 トラックの車線変更と合流タイミングのパラメータ設定を検討する必要がある。

(4) 今後の課題

① 路車間通信を活用した合流支援システムの実証実験

今年度は路側装置の設置条件について検討した。他共同研究体と連携し、情報提供システムを活用した合流支援策の車両実証に参画し、路車協調型合流支援策の有効性を検証する。

② ミクロシミュレーションの残課題

今年度は、自動運転 L4 トラックの合流時の車線変更に関する評価用自律制御の設定、路車協調型合流支援と車線優先化による交通流への影響と安全性寄与の効果を検証した。

路車協調型合流支援では、他車合流において受信した合流車の予測加速度の設定値と実加速度にギャップがあり、協調制御により周辺車両の急減速事象が発生してしまった。今後、最適な設定値とするための対策を検討する。また、加速車線長の

違いや道路側構造の対策案も引き続き検証する。

③ 合流時における自動操舵と車間距離

今年度実施したドライビングシミュレーションや交通流ミクロシミュレーションでは、UN-R79 カテゴリーC に準拠した合流時の自動操舵における周辺車両への影響を検証したが、本線上の車線変更と合流時の車線変更では周辺車両の運転行動に違いが見受けられた。

また自車合流時に、本線後方からの接近車両と相対速度が小さくなった際、一般運転者の合流では比較的狭い空間距離でも車線変更する場面は多くあり、合流できない事象が発生してしまう恐れがある。合流できない事象が発生してしまう恐れがあるため、自動運転における余裕空間距離を協調領域として定義すべきか議論が必要である。

例えば、合流できない事象が発生してしまう場面としては以下の 2 つの条件がそろった際が挙げられる。

- ・ 本線上の被合流車が協調行動を行う
(合流できる余裕空間距離を確保するために減速するなど)
- ・ 必要な余裕空間距離の設定 > 協調行動した被合流車の余裕空間距離
(自動運転車が接近車両との相対速度が小さい状況)

3.1.2.3. 先読み情報活用によるリスク回避策案の検証

(1) 路線の先読み情報活用

昨年度は、先読み情報を活用したリスク回避策の実現性を検討すると共に、自動運転 L4 トラックがとるべき挙動について検討した。2023 年度は、必要とされる先読み情報の入手方法とその利用可能性を検討し、さらに先読み情報に基づいた自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動を検討する。

以下図は、昨年度に検討した、必要とされる先読み情報と期待するレベルを整理したものである。ここで非突発事象は、交通規制や工事などの予め計画されている（或いは確定している）事象、突発事象は、事故や落下物のような突発的に発生する事象である。

情報の種類		情報の要件	情報に対する期待値（要求事項）		
			検出性／正確性	即時性	空間解像度
交通規制	非突発事象	位置、通行止め、車線規制、規制解除情報	確定	適切な タイミング	車線
規制速度	非突発事象	位置、規制速度、規制解除情報	確定	適切な タイミング	NA
工事情報	非突発事象	位置、車線規制、規制解除情報	確定	適切な タイミング	車線
渋滞情報	非突発／突発事象	位置、車線、渋滞末尾（長さ）	確定/可能性	急ぎ tbd 分以内	車線
気象情報	非突発／突発事象	悪天候による規制、路面状況、天候の急変	確定/可能性	急ぎ tbd 分以内	NA
停止車両	突発事象	位置、車線、車種、等	可能性	緊急 tbd 秒以内	車線
落下物	突発事象	位置、車線、落下物の大きさ	可能性	緊急 tbd 秒以内	車線
事故情報	突発事象	位置、通行止め、通行可能車線、速度規制、等	可能性	緊急 tbd 秒以内	車線
逆走車	突発事象	逆走車の位置、車線、車種	可能性	緊急 tbd 秒以内	車線

図 3.99 必要とされる先読み情報と期待レベル

これらの情報の入手可能性について、現在の高速道路で提供されている先読み情報の流れと、提供フォーマットを調査した。先読み情報は以下の特徴を持つ。概要を以下図に示す。

- ・提供された先読み情報は、以下の3種類の経路で配信される
（NEXCO 管制システムに集約された後）
 - ・ NEXCO 管制システム ➡ ETC2.0 路側機 ➡ ETC2.0 車載器
 - ・ NEXCO 管制システム ➡ JARTIC ➡ VICS センター ➡ VICS 対応カーナビ
 - ・ NEXCO 管制システム ➡ JARTIC ➡ テレマシステム（第3者提供）
➡ 携帯回線 ➡ テレマ対応車載器
- ・データの遅延はデータを入力してから10分程度
（若干の短縮は可能、大幅な改善には NEXCO システムの改修が必要）
- ・警察が発信する規制情報は NEXCO を経由しないで直接 JARTIC に提供
（速度規制の情報は道路掲示板のみでデータでは車両に提供していない）
- ・事象の位置情報は以下の通り
（カーナビなどでは車線情報が表示されない場合あり）
 - ・前後方向はキロポストで表示
 - ・左右方向は3車線まで表示
- ・渋滞情報は、2 km ピッチで設置されている車両検知器で車線毎に検出
- ・事故や落下物などの突発情報は、目撃者からの通報により検知
通報後監視カメラなどで確認し、確定情報として発信
監視カメラの設置は道路上（新東名高速道路では約1 km おきに設置）
事象の発生から発信までに遅れが発生

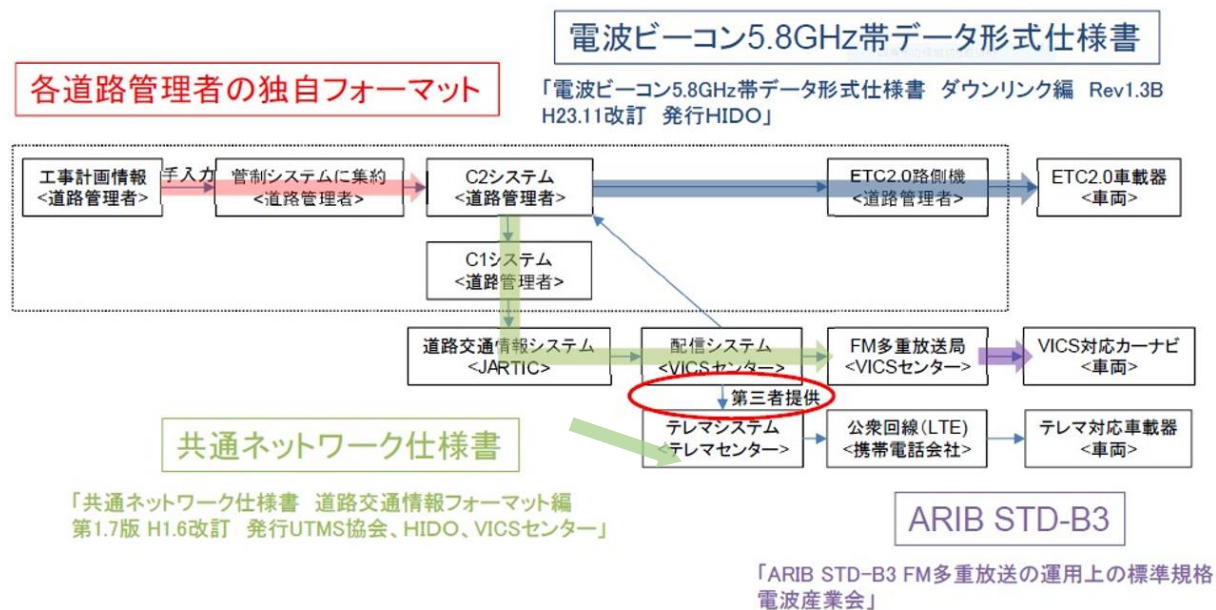


図 3.100 既存の先読み情報提供の流れとフォーマット（国総研資料）

VICS センターから提供される情報は、カーナビへの提供を目的としているため“文字情報”と“画像情報”であり、自動運転車での活用には不向きである。テレマセンタースタから提供される情報は、民間のシステムから携帯回線を介して特定の利用者に向けて提供されており、一般の自動運転車が広く活用するためには不向きである。

以上の調査結果より、現在提供されている情報の内、一般の自動運転車が先読み情報として利用できる情報は ETC2.0 のみであることが分かった。ETC2.0 のデータは「電波ビーコン 5.8GHz 帯データ形式仕様書」で定義されており、これが L4 トラックのリスク回避制御に利用できるかを検討した。

(2) ETC2.0 で提供される先読み情報に関する検討

現在 ETC2.0 で提供されている先読み情報について、自動運転 L4 トラックでの利用可能性を検討した。予め計画されている交通規制や工事などの非突発事象の情報と、通報などにより取得する事故や落下物などの突発事象の情報は、NEXCO の交通管制システムに集約され、以下図のフローにより、適切な場所とタイミングで発信される。以下図に先読み情報提供のイメージを示す。

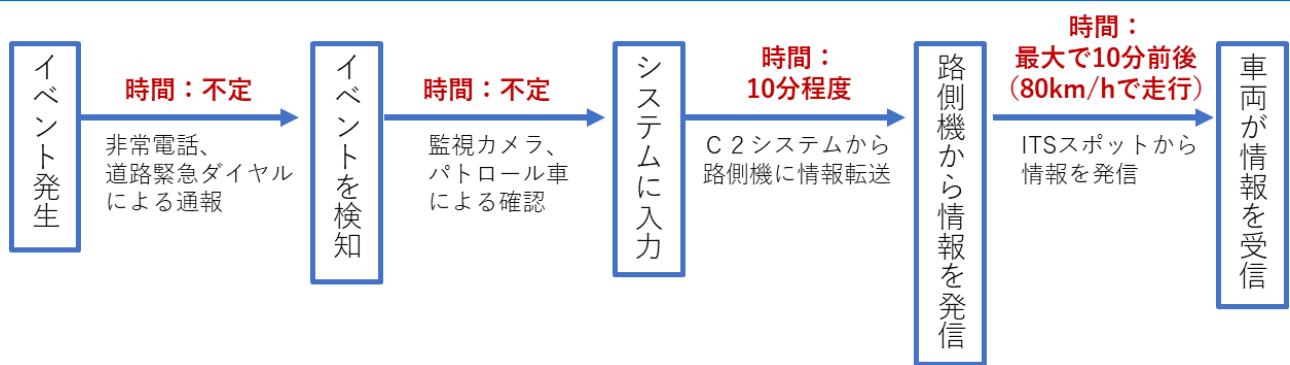


図 3.102 ETC2.0 における情報の流れと所用時間（イメージ）

以上のことから、可能性情報でも構わないので、短時間での情報提供が期待されている突発事象の先読み情報（表 1）を ETC2.0 で提供することは、少なくともイベントの発生直後においては、検出性、即時性の面で課題があることが分かる。

そこでテーマ 3 では、NEXCO 中日本の共同実証プロジェクト「高速道路の自動運転時代に向けた路車協調実証実験」に昨年度から参画し、車両プローブを利用した先読み情報の利用可能性を検討している。

プローブ情報を利用した先読み情報では、以下の 3 つの処理を行うことで、非突発事象の先読み情報の検出性、即時性を向上させることが期待できる。

- ・複数台の車両情報をプローブ情報として通信で路側のシステムに伝達
（車両情報は時刻、位置、車速及び方位角等）
- ・渋滞や事故などの路上障害を検出
（プローブ情報を路側システムでリアルタイムに分析することで検出）
- ・検出結果を先読み情報として発信

① 車両プローブ情報を利用した先読み情報のユースケース

本プロジェクトでは、ITS 無線（760MHz）搭載車両（プローブ車両）からデータを収集し、これを路側システムでリアルタイムに分析して、通行可能車線の判別と、事故や渋滞、落下物などの交通障害を推定／確認、これを ITS 無線で配信する一連のプロセスを検証する。本プロジェクトでテーマ 3 が実証するユースケースを以下図に示す。

これらのユースケースは、車両から車両情報を路側システムに送る上りのユースケースと、路側システムで推定／確認した路上障害情報を高速道路の車両に配信する下りのユースケースとから構成される。上りのユースケース及び下りのユースケースの情報の流れによる、先読み情報提供のイメージを以下図に示す。

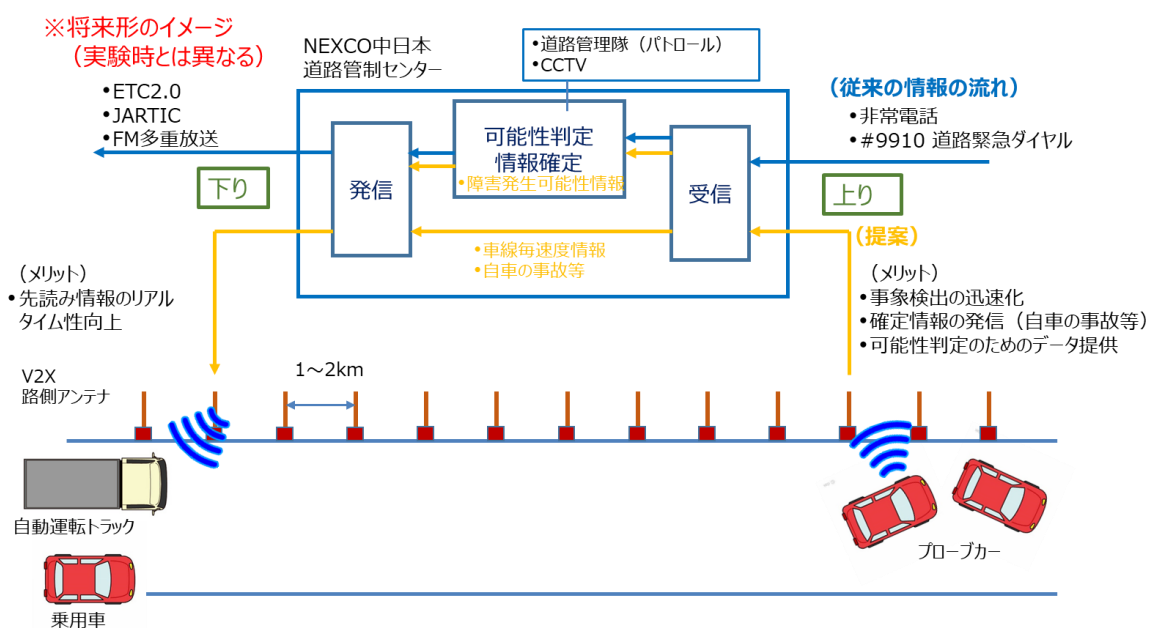


図 3.105 車両プローブ情報による先読み情報提供のイメージ

② 上りのユースケース (プローブ情報の要件)

事故、停止車両、落下物、渋滞、逆走車、天候の急変などの突発事象を判定する方法は、下記の2つの手法に分類され、これらに必要なプローブ情報も異なる。

< 自車判定 >

プローブ車両が交通障害の当事者の場合、自らの車両状態を判定し、それをプローブ情報として路側システムに通信する。路側システムは、これを確定情報として配信する。

< インフラ判定 >

交通障害を避けるために、プローブ車両がその挙動を変更した際に、この挙動をプローブ情報として路側システムに通信する。路側システムは、複数のプローブ車両の挙動を分析し、交通障害の場所や、通行可能性を推定し、可能性情報として配信する。その後、監視カメラなどにより交通障害が確認し、これを確定確定として配信する。

上記の2種類の判定方法に必要なプローブ情報と、その要件案を以下表に示す。

プローブ情報には共通して、車両 ID、車両位置、車速などの観測データが含まれる。

これらの観測データは、先行する車線の交通状況を伝えると共に、その他のプローブ情報を補って、交通状況の判定に使用される。プローブ情報は、現在、必ずしも実現していないものを含むため、将来の実現可能性も併せて記載した。

表 3-7 プローブ情報の要件（案） 自転車判定：上りのユースケース

判定事象	判定に必要な情報	情報の要件	実現可能性
観測データ (常に送信)	車両 ID、時刻、位置、車速、 前後加速度、方位角	1 秒周期（仮）	実現済み
	走行車線	1 秒周期（仮）	現状では困難
事故（発生時に送信）	自転車の事故発生フラグ、発生時刻、位置、自力走行の可否	できるだけ早く、正確に	緊急通報機能などを元に送信できる可能性あり
故障車（発生時に送信）	自転車の故障発生フラグ、発生時刻、位置、自力走行の可否	できるだけ早く、正確に	自己診断機能などを元に送信できる可能性あり
逆走車（発生時に送信）	自転車の逆走発生フラグ、発生時刻、位置、速度、進行方向	できるだけ早く、正確に	ナビゲーション情報などを元に発信できる可能性あり

出展：NEXCO 中日本プロジェクト

表 3-8 プローブ情報の要件案（案） インフラ判定：上りのユースケース

判定事象	判定に必要な情報	情報の要件	実現可能性
渋滞 (右記の観測データにより渋滞を判定する)	車両 ID、時刻、位置、車速、 前後加速度、方位角	1 秒周期（仮）	実現済み
	車間距離	1 秒周期（仮）	送信できる可能性あり
	走行車線	1 秒周期（仮）	現状では困難
路上障害 (事故、停止車両、落下物など)	渋滞と同じ観測データ	同上	同上
	方向指示器作動	できるだけ早く、正確に	送信できる可能性あり
	操舵角	できるだけ早く、正確に	送信できる可能性あり
雨／ 路面凍結	車両 ID、時刻、位置、車速、 前後加速度、方位角	1 秒周期（仮）	実現済み
	ワイパーの作動（段階別）	できるだけ早く、正確に	送信できる可能性あり
	ライト点灯状態		送信できる可能性あり
	ABS、TRC 作動情報		送信できる可能性あり
	ブレーキの作動		送信できる可能性あり

出展：NEXCO 中日本プロジェクト

③ 下りのユースケース（提供される先読み情報の要件）

路側システムは、上りのユースケースで収集したプローブ情報を分析し、高速道路の交通状況を推定または確認し、下りのユースケースで先読み情報として配信する。

自車で判定された情報は、確定情報として即座に配信する。インフラ判定の情報は、路側システムで分析し、路上障害が認められる場合には、可能性情報としてこれを配信する。その後、監視カメラなどで確認した後に、確定情報を再度配信する。自動運転 L4 トラックが期待する突発事象の先読み情報の要件を以下表に示す。

表 3-9 提供される先読み情報の要件（下りのユースケース）

事象	提供情報	提供時期 送信/更新周期	通知分解能 進行/横方向
観測データ	先行する区間の最低速度	1 秒周期（仮）	地点／車線
路上障害（事故、停止車両、落下物など）	障害事象、発生時刻、位置、車両情報、通行可能車線、など	事象発生時 1 秒／10 秒	地点／車線 通行可能車線
渋滞	渋滞原因、発生時刻、発生位置／末尾、予測情報（延伸/短縮）	事象発生時 1 秒／10 秒	地点／車線
路面状態（ μ ）	事象位置、事象内容、他	常時 10 秒／1 時間	1 km／全車線
降雨／強風	事象位置、発生内容、他	事象発生時 10 秒／1 分	1 km／全車線

出展：NEXCO 中日本プロジェクト

④ 実証実験の計画概要

NEXCO 中日本プロジェクトでは、これまでに検討したプローブ情報による先読み情報の実現性を検証する為に、新東名高速道路の未供用区間を使った実証実験を計画しており、テーマ 3 はこの実証実験への参加を予定している。以下に実証実験の概要を示す。実証区間の見取り図、提供情報（下り）詳細及び先読み情報の受信確認の概要を以下図に示す。現時点では、詳細な実験計画は未策定である。

＜実験日程＞2024 年度、上旬

＜実証区間＞新東名高速道、新御殿場 IC 付近の未共用部（開通前）

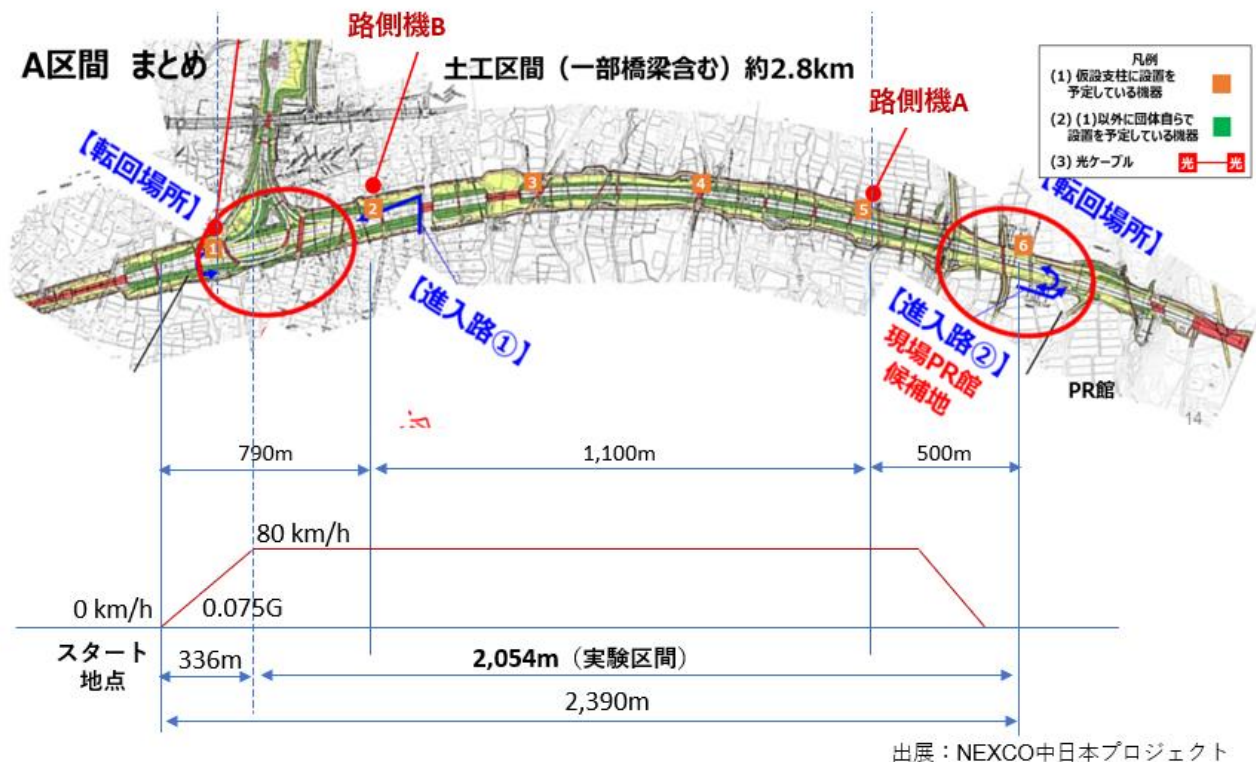


図 3.106 実証区間の見取り図（新東名高速道路、新御殿場 IC 付近の未共用部）

< 実験の目的 >

ITS 無線のプローブ情報による先読み情報が、自動運転 L4 トラックのリスク回避に活用できるかを例えば以下の項目を確認し検証する。

- ・ 先読み情報受信状況
- ・ 先読み情報受信後の車両挙動

< 検証項目詳細 >

- ・ 先読み情報受信状況
 - ・ 情報遅延（上り＋下りのユースケース）
 - 事象が発生してから車両が情報を受信するまでの時間
 - ・ 情報の送信周期と更新頻度（下りのユースケース）
- ・ 先読み情報を受信後の車両挙動
 - ・ リスク回避挙動の選択
 - ・ リスク回避挙動の成立性
 - テストコースでの実験結果を反映する。

<実験シナリオ>

・先読み情報の受信確認

- ・路側機 A の近くで、プローブ車が車両情報を発信
- ・路側機 B の近くに自動運転 L4 トラックを停車させて先読み情報を受信
下記の内容を確認

・確認内容

- ・プローブ車両
事象発生時の発信時刻
- ・路側システム
プローブ受信時刻、先読み情報発信時刻、情報の送信周期と更新周期
- ・自動運転 L4 トラック
先読み情報の受信時刻、情報の内容

提供情報 (下り情報)	状態情報	データ更新時刻、区間位置情報(路線名、路線方向、始点終点位置(KP、座標、車線))、区間平均速度、区間最低速度、規制速度 →実証実験での区間長は500m(仮値)
	事象情報	事象種別、事象番号、データ種別(可能性、確定)、発生時刻、始点終点位置(路線名、路線方向、位置(KP、座標、車線))、対象車両情報(速度、進行方位、車種) 規制情報(規制種別、始点終点位置(KP、座標、車線)、期間)

図 3.107 提供情報（下り）詳細

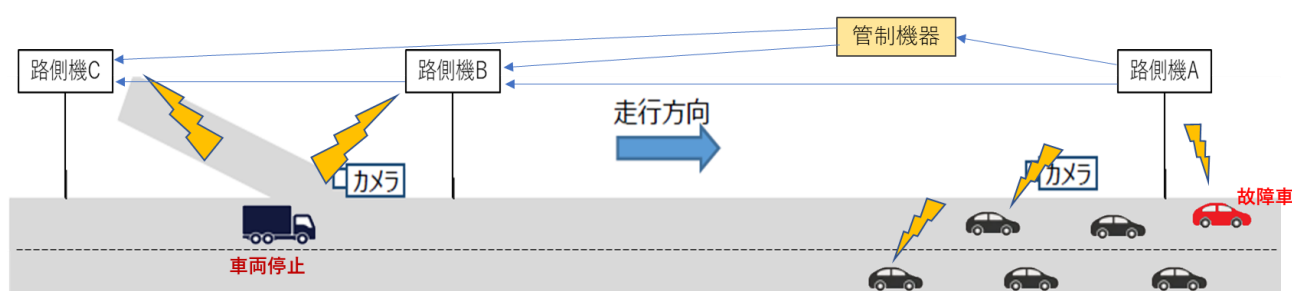


図 3.108 先読み情報の受信確認の概要（停車車両で受信確認）

- ・先読み情報受信後の車両挙動の確認

- ・先読み情報の受信をトリガにしてリスク回避挙動を実施
(第1走行車線に自動運転L4トラックを走行させる)
- ・先読み情報の内容と、リスク回避挙動の成立性を確認

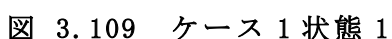
実証実験で実施を検討している自動運転L4トラックのリスク回避挙動案を以下表に示す。これらのケース1～4は、自動運転L4トラックが受信する先読み情報の種類と、情報を受信した後に想定される挙動を網羅するように選択した。

表 3-10 先読み情報受信後のリスク回避挙動（案）

	発生事象／判定	先読み情報（下り）	L4トラックの挙動
ケース1	第1車線の車速が低下	観測データ	第1→2車線に車線変更→減速通過
ケース2	事故／自車判定	事故発生（確定）	減速→先行車に追従して停止
ケース3	通行止／インフラ判定	路上障害（可能性）	減速→先行車に追従して停止
ケース4	前方でゲリラ豪雨	ワイパー作動など	減速→豪雨個所を通過

以下に、これらのリスク回避挙動の実験シナリオを、プローブ情報（上りのユースケース）と先読み情報（下りのユースケース）の流れと併せて時系列で解説する。

- ・複数のプローブ車が路側機 A 付近で情報を配信
(自動運転 L4 トラックが 80 km/h で第 1 車線を走行中)
配信情報：第 1 車線の車速低下
(以下図参照)



- 図 3.110 ケース 1 状態 2

- 図 3.111 ケース 1 状態 3

- ・自動運転 L4 トラックが更に減速して、速度低下個所を通過
(以下図参照)

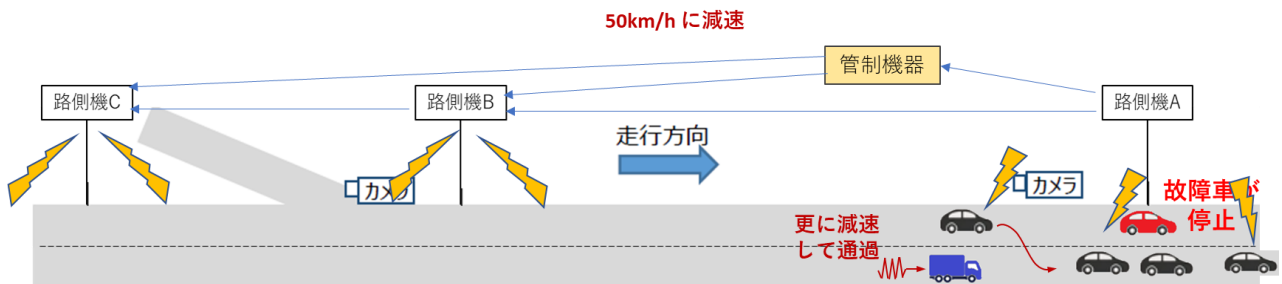


図 3.112 ケース 1 状態 4

< ケース 2 (自車判定により認知) > 事故により全車線通行止め

- ・プローブ車が路側機 A 付近で情報を配信
(自動運転 L4 トラックが 80 km/h で第 1 車線を走行中)
配信情報：自車の事故発生
(以下図参照)



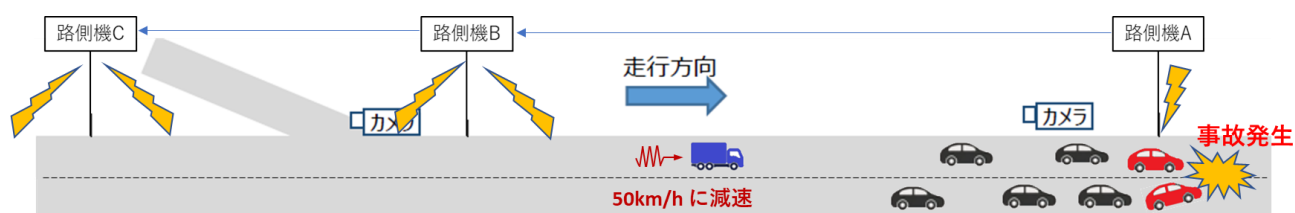
図 3.113 ケース 2 状態 1

- ・自動運転 L4 トラックが路側機 B の近くで情報を受信
受信情報：xx キロポスト付近で事故
(以下図参照)



図 3.114 ケース 2 状態 2

- ・自動運転 L4 トラックが事故発生個所の約 1 km 手前で、50 km/h に減速
(以下図参照)



- ・自動運転 L4 トラックが事故発生個所の手前で、先行車に追従して減速停止
(以下図参照)



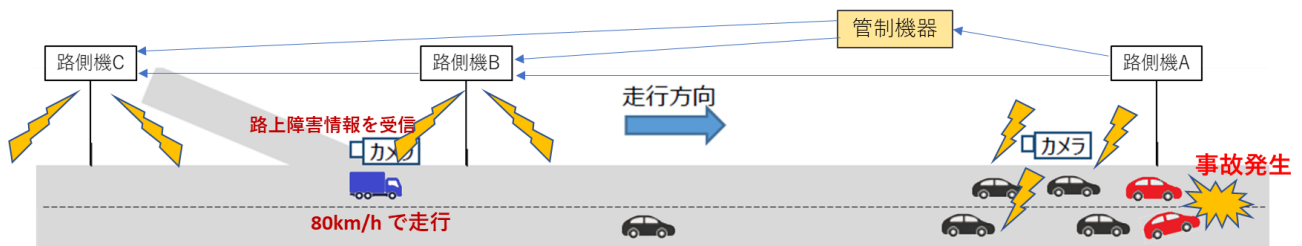
< ケース 3 (インフラ判定により認知) > 路上障害より全車線通行止め

- ・プローブ車が路側機 A 付近で情報を配信
(自動運転 L4 トラックが 80 km/h で第 1 車線を走行中)
配信情報：車速の低下
(以下図参照)

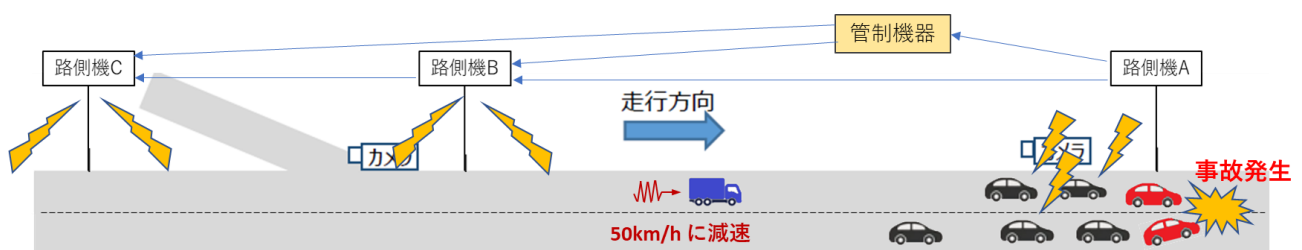


< ケース 3 (インフラ判定により認知) > 路上障害より全車線通行止め

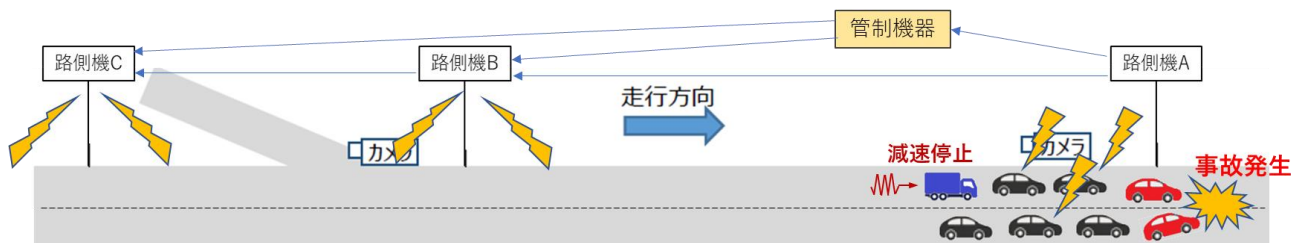
- ・自動運転 L4 トラックが路側機 B の近くで、情報を受信
受信情報：xx キロポスト付近で路上障害
(以下図参照)



- ・自動運転 L4 トラックが事故発生個所の約 1 km 手前で、50 km/h に減速
(以下図参照)



- ・自動運転 L4 トラックが事故発生個所の手前で、先行車に追従して減速停止
(以下図参照)



- < ケース 4 (インフラ判定により認知) > 前方でゲリラ豪雨
- ・プローブ車が路側機 A 付近で、情報を配信
(自動運転 L4 トラックが 80 km/h で第 1 車線を走行中)
配信情報：豪雨を想定した車両挙動 (ワイパー作動など)
(以下図参照)



図 3.121 ケース 4 状態 1

- ・ 自動運転 L4 トラックが路側機 B の付近で、情報を受信
受信情報：xx キロポスト付近で豪雨
(以下図参照)

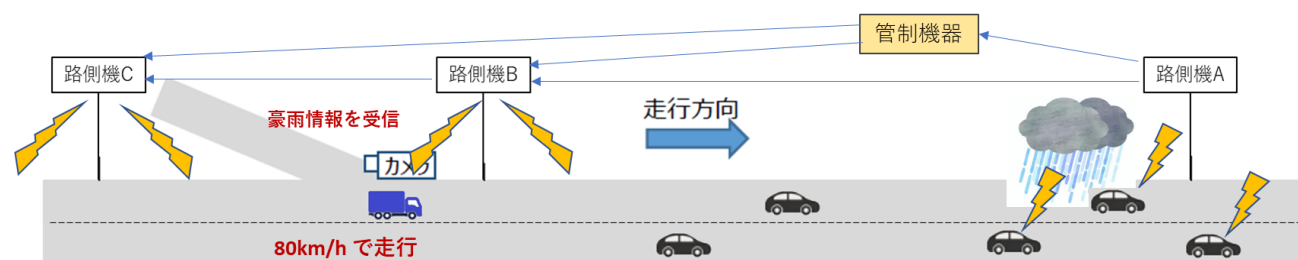


図 3.122 ケース 4 状態 2

- ・ 自動運転 L4 トラックが豪雨個所の約 1 km 手前で、50 km/h に減速
(以下図参照)

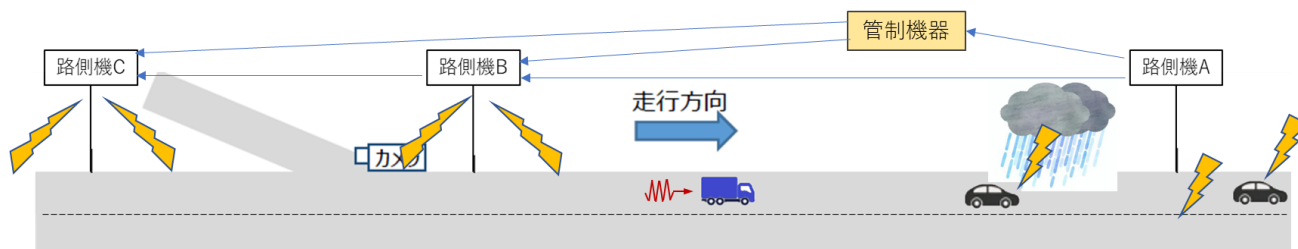


図 3.123 ケース 4 状態 3

- ・ 自動運転 L4 トラックが更に減速して豪雨個所を通過
(以下図参照)

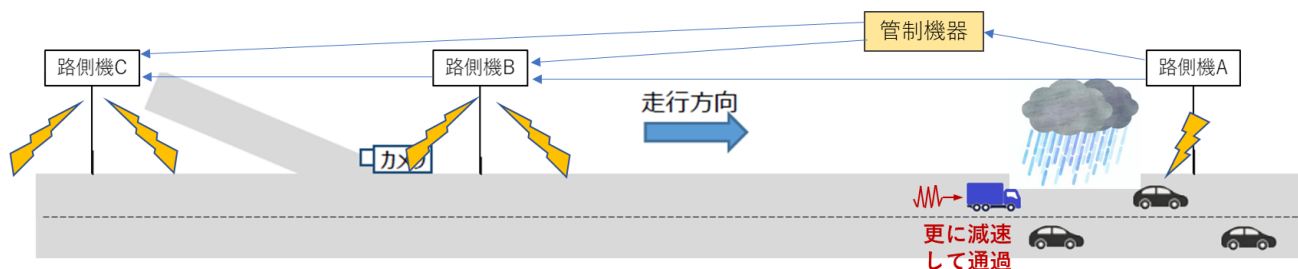


図 3.124 ケース 4 状態 4

(4) 実車によるリスク回避挙動の検討

先読み情報を受信した後のリスク回避挙動について、標準評価車両を用いて検討した。検討したリスク回避挙動及び実車評価のポイントを以下表に示す。

表 3-11 リスク回避挙動及び実車評価のポイント

リスク回避挙動	実車評価のポイント
車線変更	目標車線の後方車間距離と横移動速度の受容性
減速停止	後続車の車間距離と減速度の受容性

① 実車評価の目的

- ・先読み情報を受信した後の車両挙動をモデル化
- ・モデル化した車両挙動の妥当性と受容性を評価
- ・UN-R79 ACSF Category C の車線変更挙動を実車で確認

② UN-R79 ACSF Category C で規定される車線変更挙動の考察

UN-R79 ACSF Category C は、現在、車線変更挙動を規定した唯一の基準である。そこで今回は、本基準を参照してその妥当性と受容性を評価する。

注目するポイントは、車線変更にかかる時間と距離、安全に車線変更するために必要な、目標車線後方の車間距離である。UN-R79 ACSF Category C の規定に基づく車線変更の手順を以下図に示す。

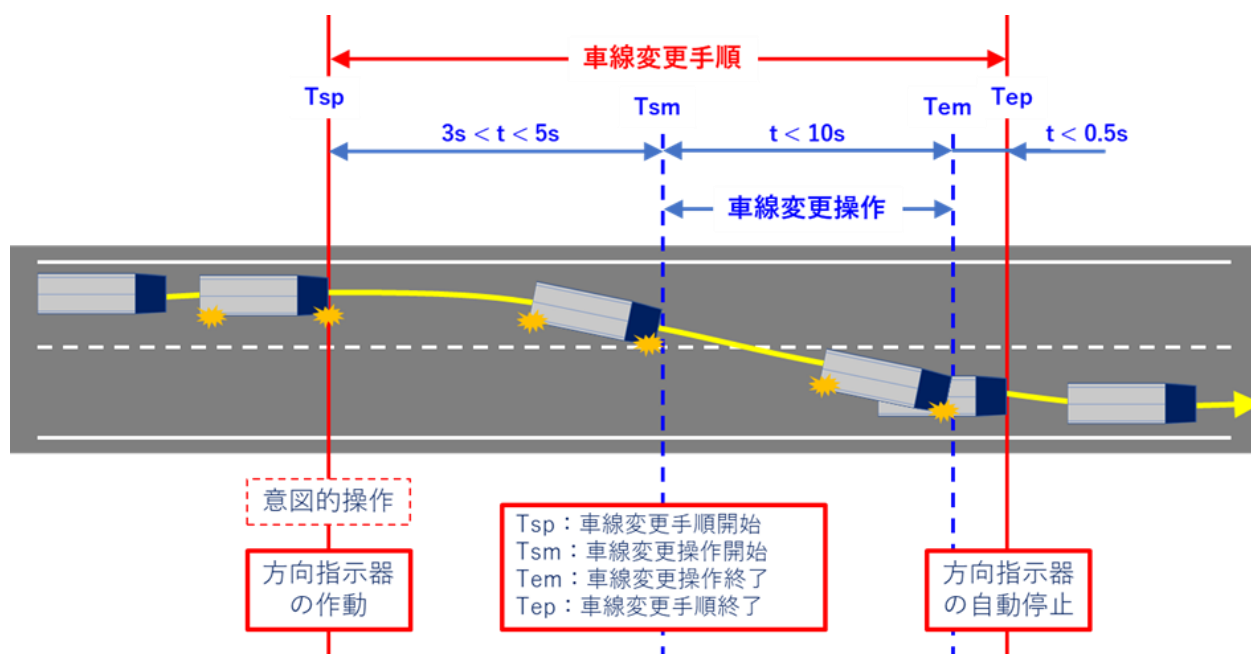


図 3.125 ACSF Category C に基づく車線変更手順

車線変更手順の開始から終了は、以下のように規定されている。

- ・ 車線変更手順開始タイミング (Tsp) :
右方向指示器の作動開始
- ・ 車線変更操作開始タイミング (Tsm) :
- ・ 車両の右先端が、第 1 車線と第 2 車線の区画線を横切るタイミング
Tsp から Tsm の時間は、3 秒より大きく 5 秒より小さいと規定
- ・ 車線変更操作終了タイミング (Tem) :
車両の左後端が、第 1 車線と第 2 車線の区画線を横切るタイミング
大型トラック (N3) の場合、Tsm から Tem の時間は 10 秒未満と規定
- ・ 車線変更手順終了タイミング (Tep) :
方向指示器の作動停止
Tem から Tep の時間は、0.5 秒未満と規定

次に、自動運転 L4 トラックが車線変更するために必要な、目標車線後方の車間距離について考察する。UN-R79 ACSF Category C では、目標車線後方の車間距離に関連する値を臨界距離と呼び、以下式 (3-5) で規定している。

$$S_{critical} = (v_{rear} - v_{ACSF}) \times t_B + (v_{rear} - v_{ACSF})^2 / (2 \times a) + v_{ACSF} \times t_G \quad (3-5)$$

S _{critical}	: 臨界距離
V _{rear}	: 接近車両の実速度、または 130 km/h の何れか低い方の値
v _{ACSF}	: 自動運転 L4 トラックの実速度
a	: 3 m/s ² (車線変更先車線の接近車両の減速度)
t _B	: 0.4s (車線変更操作開始後に接近車両の減速が開始する時間)
t _G	: 1s (接近車両が減速後の、車両間の残りの間隔)

臨界距離の意味は、以下のように定義される。

「車線変更操作開始時に、目的とする車線の接近車両が、車線変更操作開始から 0.4 秒後に、2 台の車両間の距離が車線変更車両が 1 秒で走行する距離を決して下回らないようにするために、3 m/s² より高いレベルで減速しなければならない場合に状況は臨界であるとみなし、車線変更操作開始時において、臨界状態となる接近車両との距離を臨界距離と呼ぶ。」

自動運転 L4 トラックが車線変更するために必要な安全後方距離 (目標車線後方の車間距離) を、臨界距離に車線変更手順開始から車線変更操作開始までに、後方車両が接近する距離を加えた距離と定義した。

自動運転 L4 トラックが 80 km/h で走行中、車線変更の目標車線の後方から 120 km/h で接近車両がある場合の、臨界距離と安全後方距離を以下図に示す。

- ・ 自動運転 L4 トラックの車速: 80 km/h
- ・ 後方接近車の車速 : 120 km/h
- ・ 車線変更操作開始 : +3 秒、+5 秒

車速 km/h	臨界距離 m	安全後方距離	
		+3s (m)	+5s (m)
90.0	39.9	64.9	81.6
85.0	43.3	72.4	91.9
80.0	47.2	80.6	102.8
75.0	51.9	89.4	114.4
70.0	57.2	98.8	126.6
65.0	63.1	108.9	139.5
60.0	69.6	119.6	153.0
55.0	76.8	131.0	167.1
50.0	84.7	143.0	181.9

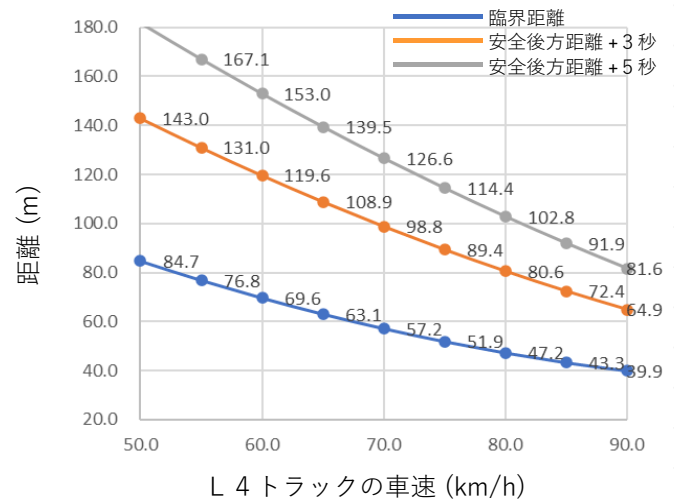


図 3.126 臨界距離と安全後方距離（後方接近車 120 km/h）

自動運転 L4 トラックの車速が 80 km/h の場合、120 km/h で接近する後方車両が ACSF Category C の規定に従って 3m/s^2 で減速する場合の安全後方距離は、約 80～100m であることが分かる。 3m/s^2 の減速度は、後方接近車にとってかなりの急ブレーキになるため、以下図に示すように接近車の減速度をパラメータとして安全後方距離を計算した。

- ・ 自動運転 L4 トラックの車速: 80 km/h
- ・ 後方接近車の車速 : 120 km/h
- ・ 車線変更操作開始 : +3 秒
- ・ 接近車の減速度 : 1m/s^2 、 2m/s^2 、 3m/s^2

車速 km/h	後方接近車の減速度		
	3ms ²	2ms ²	1ms ²
90.0	64.9	70.7	88.1
85.0	72.4	80.3	103.9
80.0	80.6	90.9	121.7
75.0	89.4	102.4	141.5
70.0	98.8	114.9	163.1
65.0	108.9	128.4	186.7
60.0	119.6	142.8	212.2
55.0	131.0	158.2	239.7
50.0	143.0	174.5	269.0

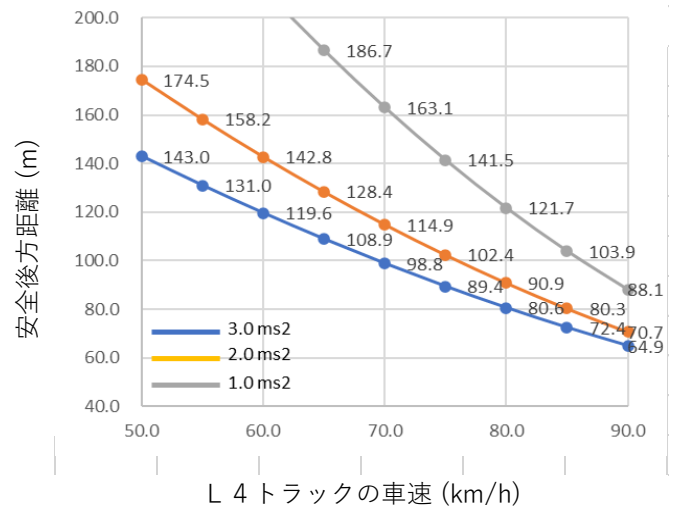


図 3.127 安全後方距離（後方接近車 120 km/h）

自動運転 L4 トラックの車速が 80 km/h の場合、120 km/h で接近する後方車両の減速度を 1～3m/s² とすると、安全後方距離は、約 80～120m になる。

③ 実車評価実験の概要

<試験車両> 標準評価車両（先進モビリティ）

<試験場所> 産総研つくば北コース、高速周回路

<試験方法>

- ・ 想定する車両挙動を試験車単独で実施
（周囲から観察すると共にデータを収録）
- ・ 想定した車両挙動の成立性と、受容性（妥当性）をパネル評価
（試験車後方に配置された観測車両から評価）

④ 実車評価実験の結果（車線変更）

I. 車線変更時間の評価

評価方法を以下図に示す。

・ Step1

自動運転 L4 トラックが第 1 車線を 80km/h で走行。第 2 車線を観測車が 80km/h で追従する。

・ Step2

自動運転 L4 トラックがケース 1～4 のパターンで車線変更し、これを後ろの車両から観察し、受容性をパネル評価する。



車線変更の様子

	車線変更時間	横移動速度	車線変更距離
ケース1	12 s	0.31 m/s	266.4 m
ケース2	10 s	0.38 m/s	222.2 m
ケース3	8 s	0.47 m/s	177.6 m
ケース4	6 s	0.63 m/s	133.3 m

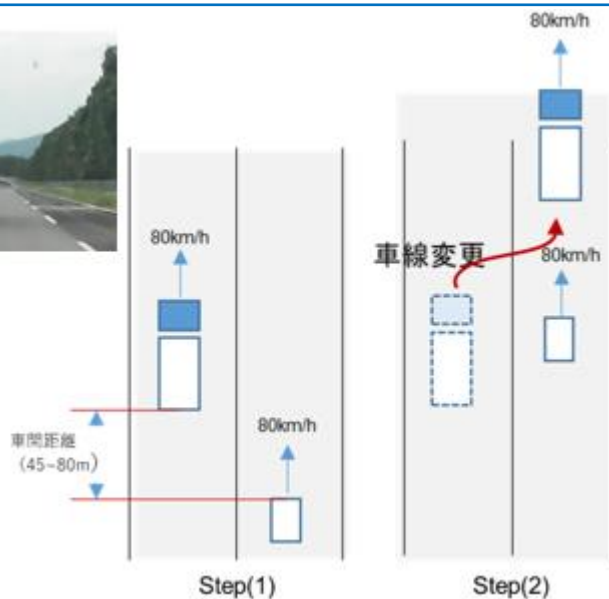


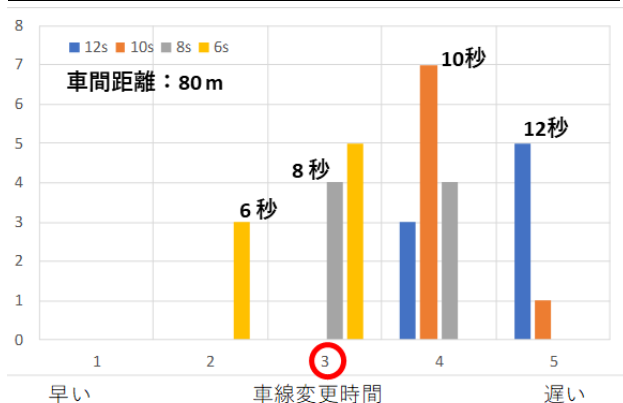
図 3.128 車線変更時間の評価方法

第2車線を走行した観測車からのパネル評価の結果を以下図に示す。

- ・車間距離が短いほど、車線変更時間は遅く感じられる
- ・何れの車間距離でも、車線変更時間8秒の受容性が高い
- ・車線変更時間6秒は早く感じられる傾向がある
(車線変更時間6秒をベストとする回答もあり)

観測車の車間距離： 80m

車線変更時間 (s)	評点 (1:早~5:遅)
12.0	4.6
10.0	4.1
8.0	3.5
6.0	2.6



観測車の車間距離： 45m

車線変更時間 (s)	評点 (1:早~5:遅)
12.0	4.9
10.0	4.0
8.0	3.1
6.0	2.5

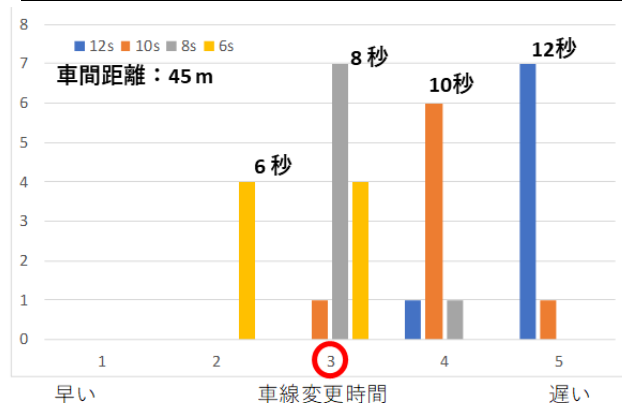


図 3.129 車線変更時間のパネル評価結果

II. 後方接近車の車間距離の評価

評価方法を以下図に示す。

• Step1

自動運転 L4 トラックが第 1 車線を 80 km/h で走行。同一車線を目標車が一定の車間距離（パラメータ X1）で追従する。

• Step2

第 2 車線を観測車が決められた速度（パラメータ X2）で目標車に接近し、目標車を観測車が追い抜いた瞬間に目標車からの合図で自動運転 L4 トラックが車線変更を開始する。車線変更時間は、最も受容性が高かった 8 秒で実施する。

• Step3

観測車は減速しながら、前に割り込んでくる自動運転 L4 トラックに追従し、受容性をパネル評価する。

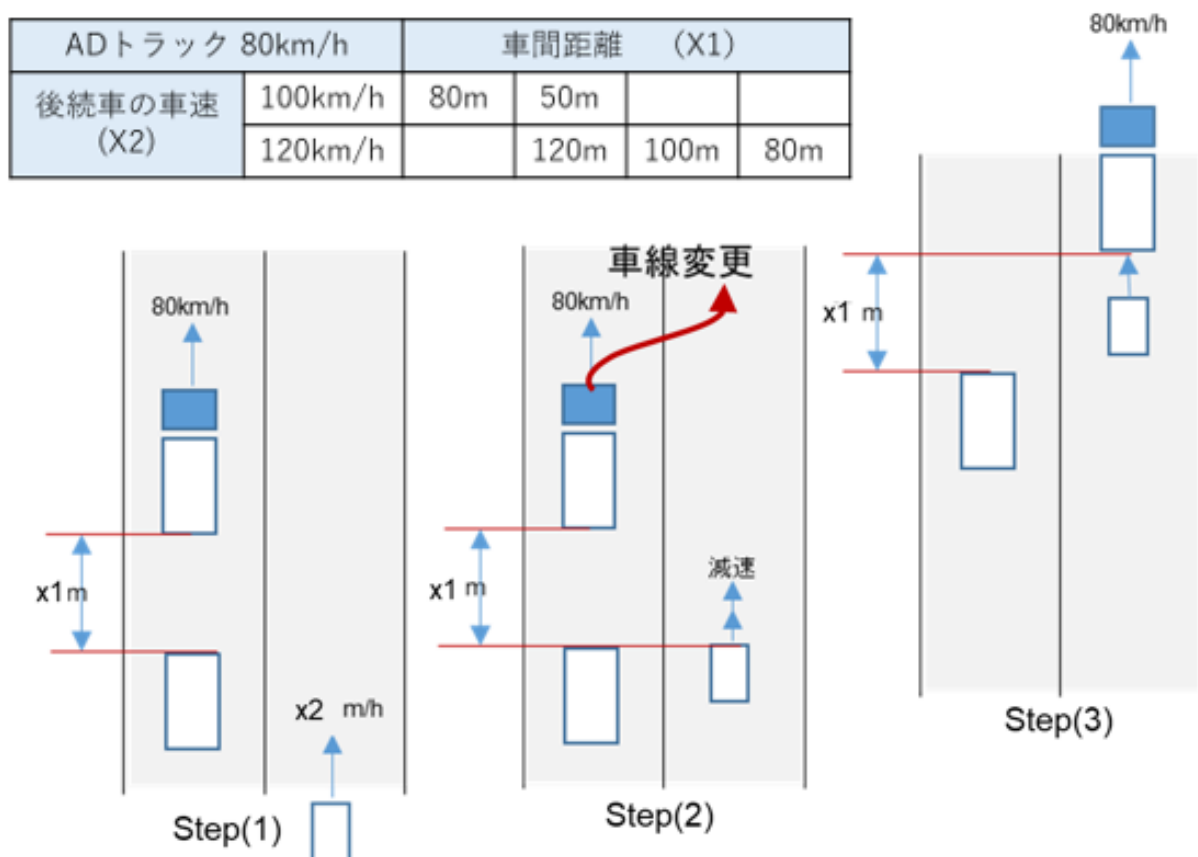


図 3.130 後方接近車の車間距離の評価方法

第 2 車線を走行した観測車からのパネル評価の結果を以下図示す。

- ・観測車の车速が 100 km/h の時、車間距離 80m の受容性が高い
- ・観測車の车速が 120 km/h の時、車間距離 100～120m の受容性が高い
- ・TTC が 10 秒より小さくなると車間距離が近いと感じる傾向がある。

観測車の速度： 100.0 km/h

V. gap (m)	TTC (s)	評点 (1:近～5:遠)
80.0	14.4	3.3
50.0	9.0	2.1

観測車の速度： 120.0 km/h

V. gap (m)	TTC (s)	評点 (1:近～5:遠)
120.0	10.8	3.4
100.0	9.0	2.8
80.0	7.2	2.1

※ TTC は、減速開始時の車間距離を基に計算

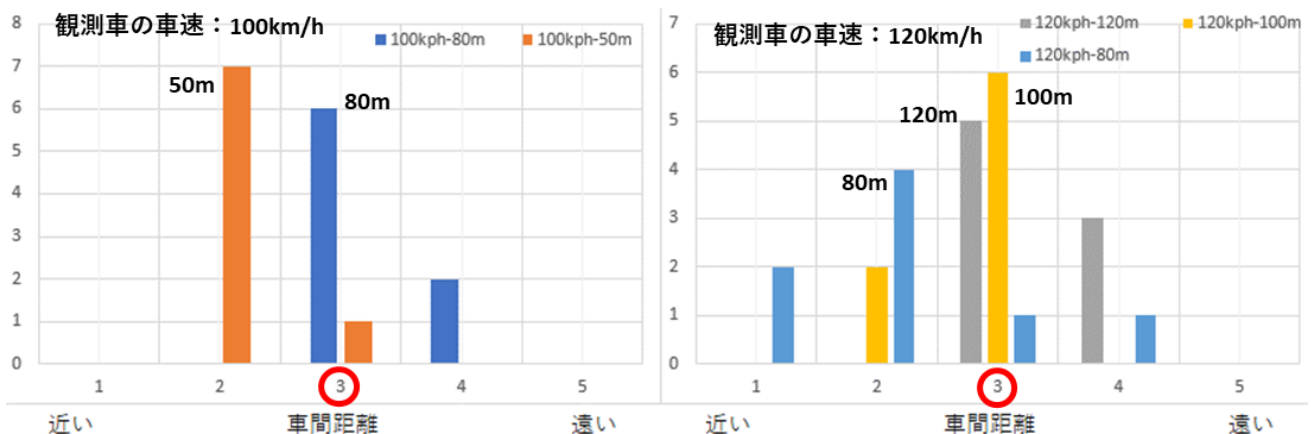


図 3.131 後方接近車の車間距離のパネル評価結果（車線変更）

以上の結果は、ACSF Category C の考察で述べた“安全後方距離”の推奨値である 80～120m を裏付けるものであり、この基準に基づいた車線変更挙動が妥当であることが、実車評価実験により確認できた。

III. 自動運転 L4 トラックの減速度の評価

評価方法を以下図に示す。

・ Step1

自動運転 L4 トラックが第 1 車線を 80 km/h で走行。同一車線を観測車が一定の車間距離で追従する。

・ Step2

自動運転 L4 トラックが指定された減速度で減速／停止する。観測車がこれに追従しながら減速／停止し、受容性をパネル評価する。

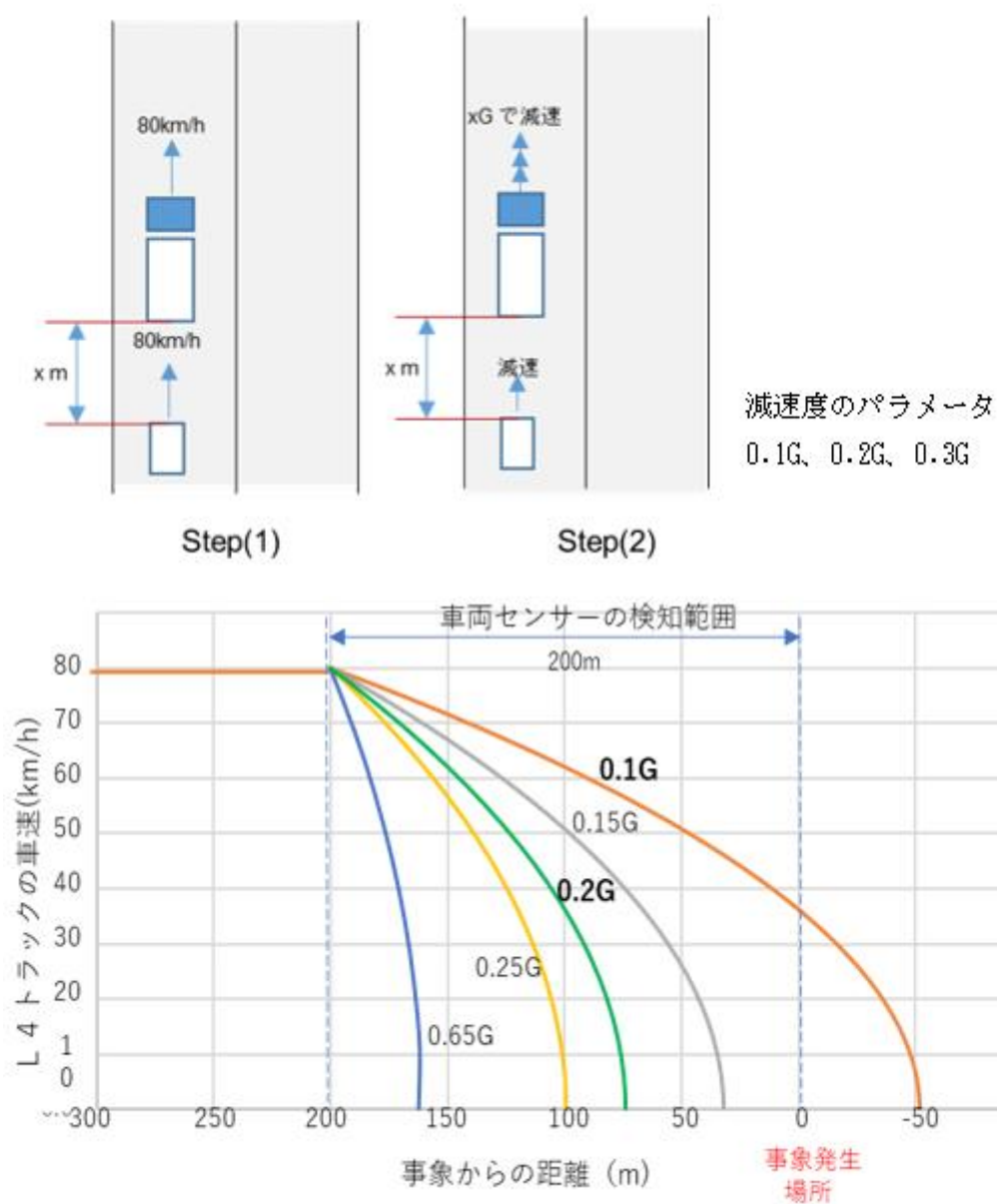


図 3.132 自動運転 L4 トラックの減速度の評価方法

後続車からのパネル評価の結果を以下図に示す。パネル評価の結果の概要は以下の通り。

- ・ 先行車が 0.2G 以上で制動した場合 45m の車間距離は近い評価
- ・ 車間距離 45m の場合追従先行車が 0.2G 以上で減速だと急減速評価
- ・ 先行車が急減速の場合 45m の車間距離だと短い評価

観測車の車間距離： 45m

減速度(G)	評点 (1:近~5:遠い)
0.1	3
0.2	2.5
0.3	1.5

観測車の車間距離： 45m

減速度(G)	評点 (1:低~5:高)
0.1	3.1
0.2	3.6
0.3	3.6

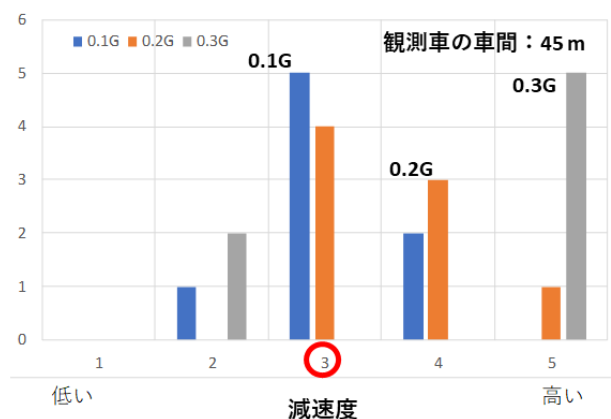
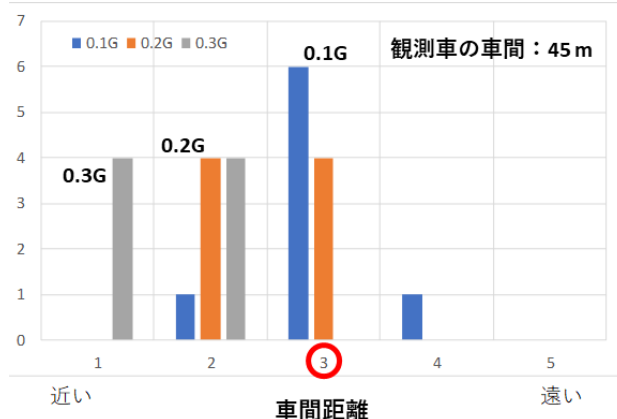


図 3.133 後方接近車の車間距離と減速度のパネル評価結果（減速停止）

(5) ミクロシミュレーションによるリスク回避挙動の検討

自動運転 L4 トラックが先読み情報を受信した後のリスク回避挙動を交通流ミクロシミュレーションにより検討した。使用したツールは、令和 4 年度に合流支援の検討で使用した PTV Vissim*である。Vissim の使用に当たって、設定条件や現状再現は、令和 4 年度の検討結果をベースとした為、これらの詳細は付録に記載した。

① ミクロシミュレーションの目的

- ・自動運転 L4 トラックが実施するリスク回避挙動（車線変更）の成立性を確認（先読み情報を受信後）
- ・リスク回避挙動が周囲の交通流に与える影響を確認

② 自動運転 L4 トラックの設定

I. 追従モデル

Vissim の追従モデルは、先行車両との相対速度 dv と車間距離 dx を入力として 4 つの走行モード（自由走行、アプローチ、追従、ブレーキ）を切り替えながら走行する Wiedemann の追従モデルをベースに設計されている。

* PTV Planung Transport Verkehr GmbH, “PTV Vissim 2023 User Manual,” Karlsruhe, Germany, 2022.

Zeidler Verena. (2018). Evaluierung und Weiterentwicklung der Simulation autonomen Fahrverhaltens mit der Software PTV Vissim. Karlsruhe Institute of Technology.

- ・自由走行

自らの希望速度に向けて加速し、それを維持しようとする状態であり、先行車に影響されない。

- ・アプローチ

低速で走行する先行車に速度を調整する状態であり、安全距離に到達するまでに速度差がなくなるように減速する。

- ・追従

意識的な減速や加速をせずに先行車に追従しようとする状態であり、安全距離付近を一定に保とうとするが実際には速度振動をしながら追従する。

- ・ブレーキ

先行車との距離が安全距離を下回ったときに、中～高程度の減速を行う状態であり、先行車の急減速や別の車両の割り込みによって発生する。

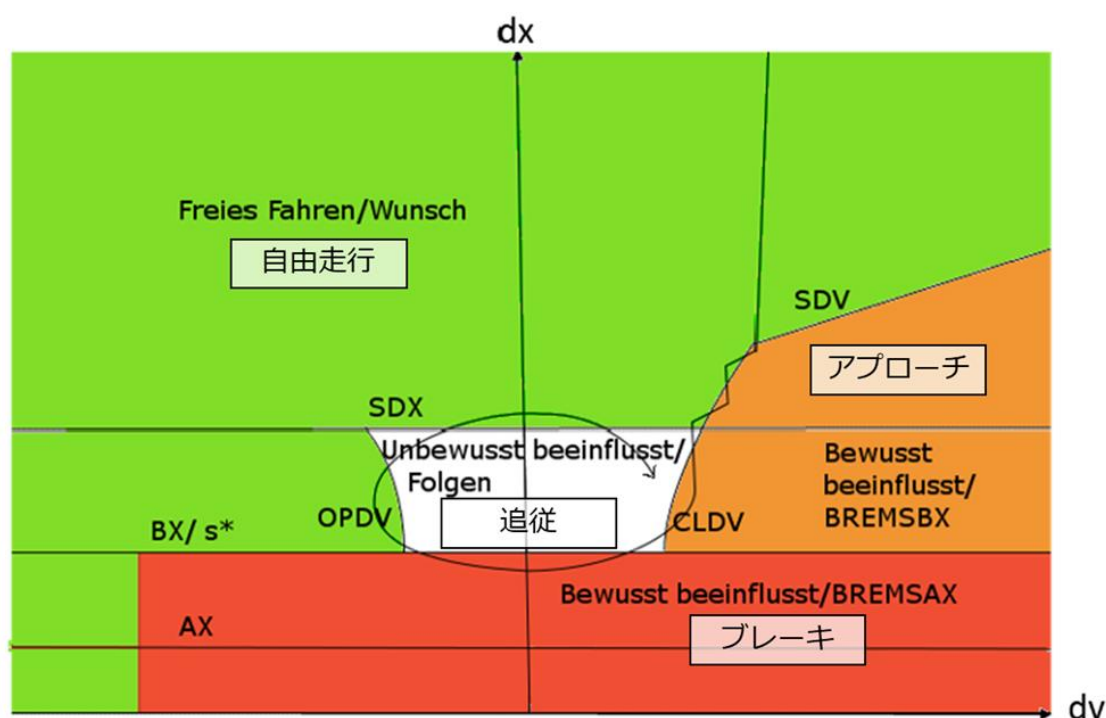


図 3.134 Wiedemann 99 の追従モデル概念図

ここで、安全距離 BX は停止距離 $CC0[m]$ 及び車頭時間 $CC1[s]$ と自車速度 $V[m/s]$ によって、以下式 (3-6) で示される。

$$BX = CC0 + CC1 * V \quad (3-6)$$

本実験では Wiedemann の追従モデルをベースとし、追従モデルで最も重要な安全距離を決める 2 つのパラメータとして $CC0=1.5m$ 、 $CC1=2.0s$ を設定した。

II. 加速・減速・停止

加速・減速・停止に関する相互作用状態と設定値を以下図に示す。

分類	相互作用状態	Wiedemann モデルとの対応	説明	設定値 [m/s ²]
加速	Free	自由走行	自由走行時に希望速度に到達するための加速	0.392
	Follow	追従	先行車を追従走行している際の無意識的な速度振動	0.25
減速	Free	自由走行	自由走行時に希望速度が低下したときの減速	-0.98
	Break BX	アプローチ	車間距離が安全距離以上で、安全距離を保つための減速	
	Break AX	ブレーキ	車間距離が安全距離以下で、衝突を回避するための急制動	最大-7.0~-8.0
	Follow	追従	先行車を追従走行している際の無意識的な速度振動	-0.25
	Braek LC		隣接車線の後続の車間に車線変更するための緩減速	最大-4.0~-1.0
	Brake on curve		曲率の大きいカーブを安全に走行するための減速	未使用
	Brake cooperative		隣接車線他車両の車線変更を補助する協調減速	未使用
	Pass		左側車線で隣接車線の車両を追い越さないように緩減速	-1.0
停止	Close up		停止車両や信号機、停止線等の静止物に接近して停止	-0.98
	Brake ZX		車線変更が出来ずに交差点や合流部に接近したときの減速	-2.45

図 3.135 相互作用状態と設定値

・ 加速

自由走行時に希望速度に向かって加速する時に使用される加速度には 0.04G (0.392m/s²) を設定し、先行車を追従するために使用される加速度及び減速度には Vissim のデフォルト値の ±0.25m/s² を設定した。

・ 減速

減速に関連する他車両との相互作用状態としては 8 種類あり、シナリオ 2、3 で自由走行時に希望速度が低下したときに使用される減速度には -0.1G (-0.98m/s²) を設定し、安全距離を下回ってブレーキモードに入ったときに使われる技術的に出力可能な最大減速度は -7.0~-8.0m/s² と車両によってバラつきを設定した。

また安全距離を保つためのアプローチモードでの減速度を直接設定することはできないが、安全距離到達 8 秒前から減速を始める設定となっている。カーブでの減速や協調減速については該当するシーンがないため使用されない。

・ 停止

シナリオ 2 で停止車両に近づくときに使用される減速度には -0.1G (-0.98m/s²) を設定し、シナリオ 1 で車線変更が出来ずに車線封鎖区間に接近する際の減速度は -2.45m/s² を設定した。

ただし実際には徐々に減速度が大きくなっていき、停止直前には緩やかに止まれるように補正が入っており、また先行車の停止時の減速挙動によって必要な減速度が変化するため、通常停車時の減速度の最大値は設定値よりも 1~2 割程大きくなる。なお本挙動は一般車も共通で -3.0m/s² を超える急減速の発

生要因となっている。停止時の減速挙動に関するグラフを以下図に示す。

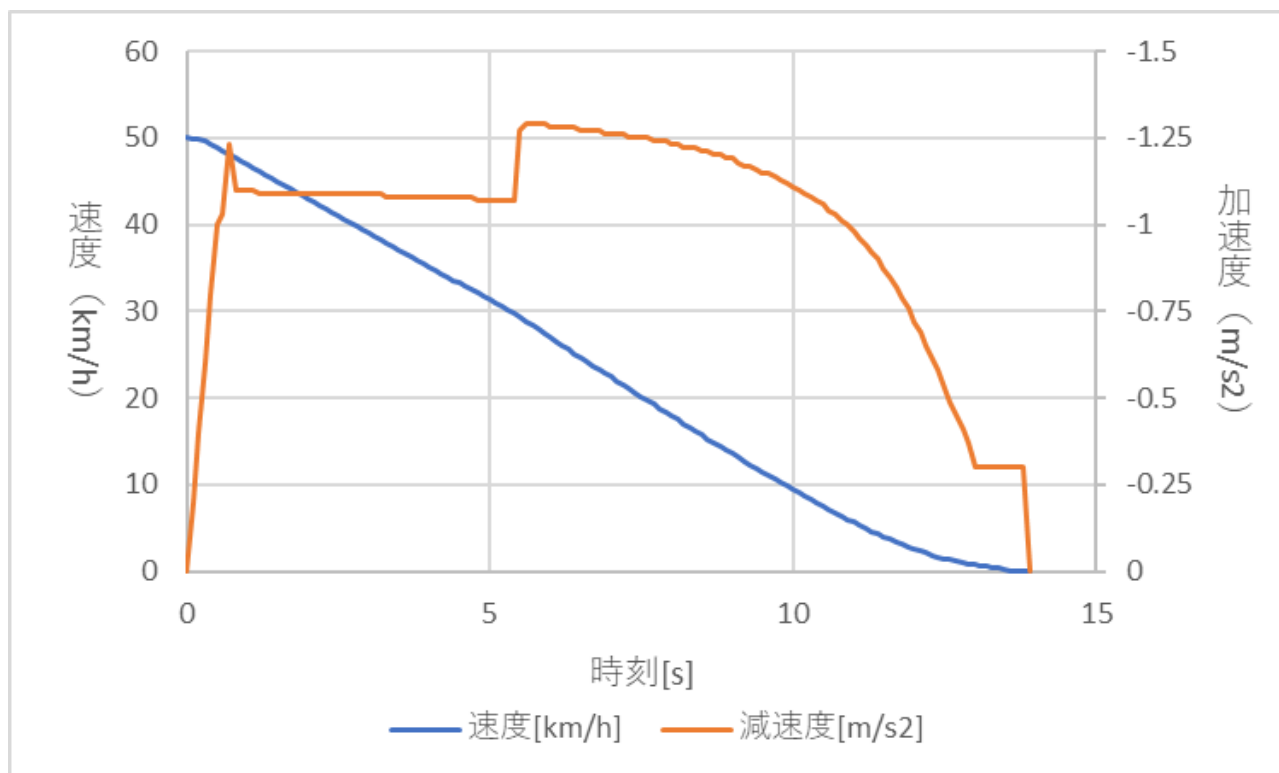


図 3.136 停車時の減速挙動

③ シナリオ設定

I. 自動運転 L4 トラックの生成

シナリオ 1～3 に共通して、令和 4 年度業務のモデルにおいて浜松浜北 IC の流出及び流入を省略した単路のみの道路モデルを用いて検証を行った。

L4 トラックの発生台数は、共通してシミュレーション開始後 710 秒から 980 秒まで 30 秒間隔で合計 10 台を設定しており、一般車への置き換えはなく交通量は純増している。

II. シナリオ 1（路上障害により第 1 車線が閉鎖）

シナリオ 1 は、路上障害（イベント）により第 1 走行車線が閉鎖され、車線変更により回避する場合を想定した。

イベントは、シミュレーション開始 900 秒後に、本線車両発生場所から 4km 地点で発生するものとした。一般車に対しては 4km 地点から上流 200m で速度規制情報 50km/h（希望速度 48～58km/h）を与え、車線封鎖情報を認知して車線変更を試みる設定とした。また 4km 地点から下流 200m 地点までは第一車線を封鎖し、路上障害への脇見あるいは慎重な運転を想定して希望速度を 25～30km/h まで低下させた。

交通容量に対して現行の交通量が小さく、渋滞の延伸による情報受信時の渋滞末尾までの距離への影響が見られなかったため、交通量を+75%（1.75 倍）、

+100% (2.00 倍) したケースで分析を行った。

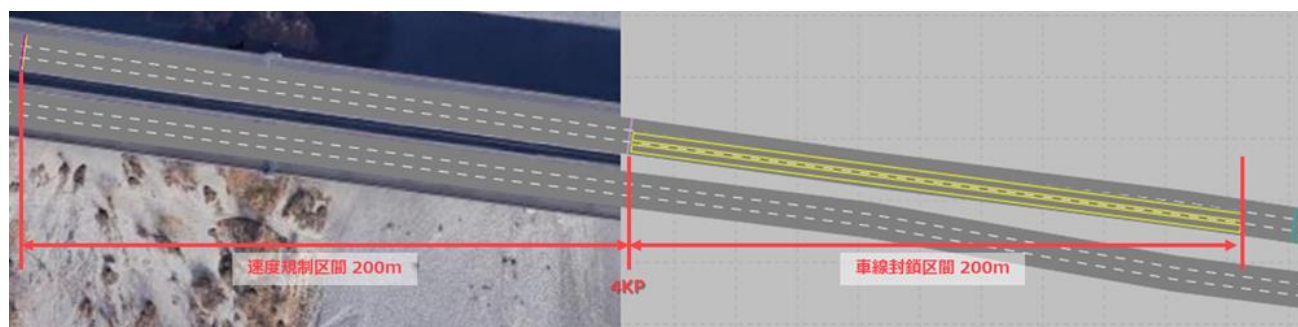


図 3.137 シナリオ 1 路上障害の設定

III. シナリオ 2 (事故などにより全車線が閉鎖)

シナリオ 2 は、交通事故等 (イベント) により 3 車線全てが通行止めになり、先行車両に追従して減少・停止する場合を想定した。

イベントは、シミュレーション開始 900 秒後に、本線車両発生場所から 4km 地点で発生するものとした。一般車に対しては特に車線閉鎖情報は与えずに、4km 地点で急に全車線通行止めとなるような設定にした。

交通容量に対して現行の交通量が小さく、渋滞の延伸による情報受信時の渋滞末尾までの距離への影響が見られなかったため、交通量を+75% (1.75 倍)、+100% (2.00 倍) したケースで分析を行った。



図 3.138 シナリオ 2 路上障害の設定

IV. シナリオ 3 (工事などにより全車線が速度規制)

シナリオ 3 は、工事等 (イベント) により 3 車線全てが 50km/h に速度規制され、減速した状態で規制区間を通過する場合を想定した。

イベントは、シミュレーション開始 900 秒後に、本線車両発生場所から 4km 地点で発生するものとした。一般車に対しては 4km 地点で速度規制情報 50km/h (希望速度 48~58km/h) を与え、そこから減速を始める設定とした。

現行の交通量では、渋滞の延伸による情報受信時の渋滞末尾までの距離への影響が見られなかったため、交通量を+100% (2.00 倍)、+200% (3.00 倍) したケースで分析を行った。



図 3.139 シナリオ 3 路上障害の設定

V. I2V 通信協調制御

a) I2V 通信により入手する先読み情報

以下図に示すようにシナリオ 1 及びシナリオ 2 においては、イベント発生場所から上流にいる自動運転 L4 トラックに対して、情報遅延を考慮してイベント発生後から T 秒後に先読み情報を発信することとした。

自動運転 L4 トラックが 80km/h で走行しているとすると、情報遅延が 10 秒のとき情報受信位置は 444.4m～4.444.0m まで等間隔に並ぶこととなる。なおシミュレーションの都合上 T 秒後以降に本線 0km 地点に流入してくる車両もいるため、T 秒後から 30 秒間隔でさらに情報を発信し続けることで、流入後すぐに情報を取得できるようにした。

以下図に示すようにシナリオ 3 においては、イベント発生場所から Xkm 手前を通過する L4 トラックに対して、当該場所を通過するタイミングで先読み情報を発信することとした。

つまり自動運転 L4 トラックの速度が一定だとすると、受信位置は固定で、車両によって受信タイミングが 30 秒毎にずれることとなる。なおイベント発生前に受信位置をすでに通過している車両に対しては、先読み情報は発信されない。

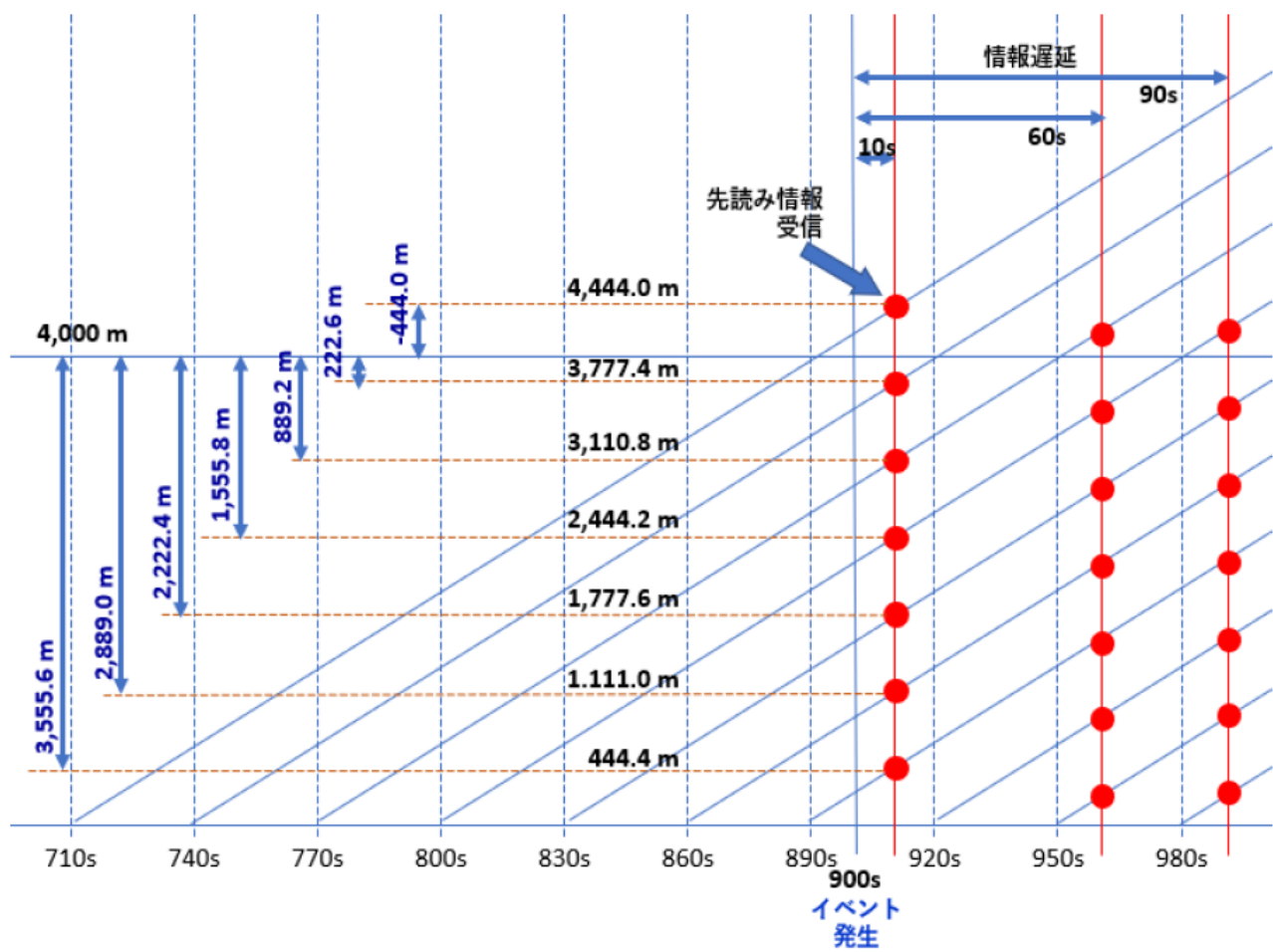


図 3.140 シナリオ 1 及びシナリオ 2 先読み情報の受信タイミングと受信位置

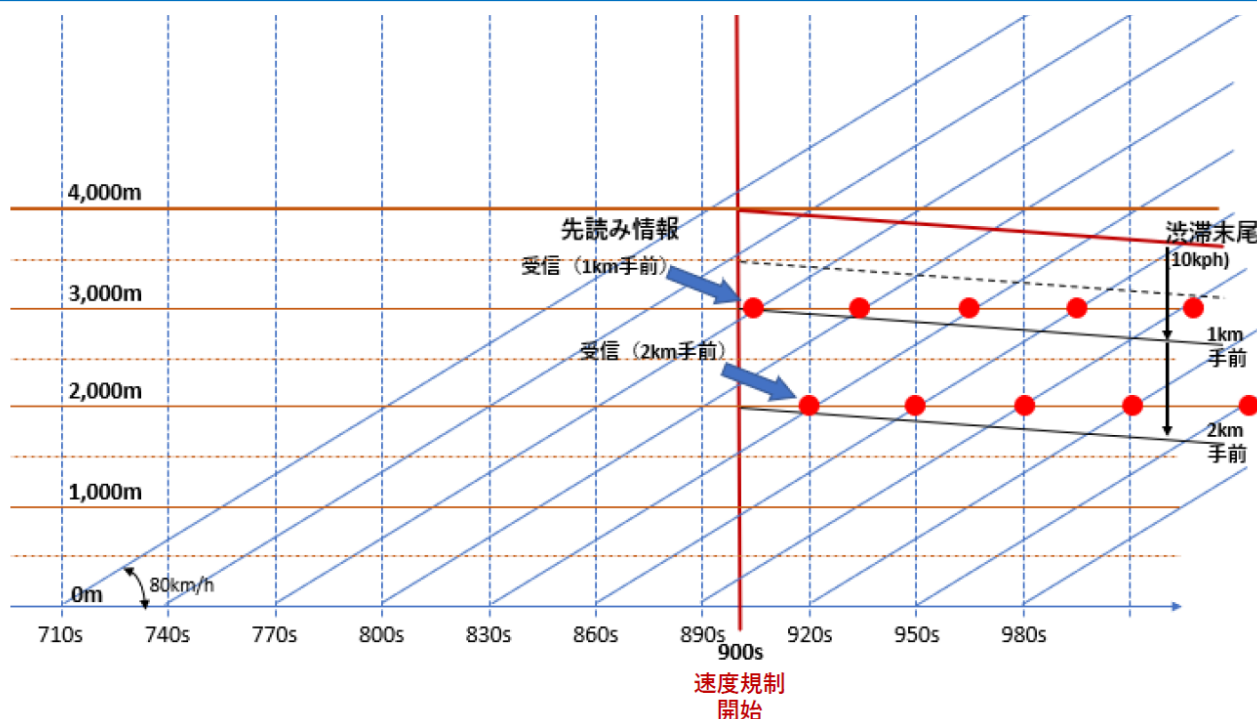


図 3.141 シナリオ 3 先読み情報の受信タイミングと受信位置

b) 先読み情報入手後の自動運転 L4 トラックの挙動

シナリオ 1 においては、先読み情報入手後、直ちに第 1 走行車線から第 2 走行車線への車線変更を試みる。先読み情報を入力していない場合は、渋滞末尾から 200m の地点で渋滞を認識して同様に車線変更を試みた。

他車両との車間維持や封鎖区間への進入防止のための減速挙動は、Vissim 内部モデルに従い計算した。渋滞は車両走行速度が 40km/h 以下かつ前方車両との車間距離が 20m 以下の場合と定義した。

また、車線変更できず車線減少箇所付近に滞留した自動運転 L4 トラックは、周辺車両への継続的な影響を排除するため、イベント発生場所から上流 10m 以内で停止した場合にネットワーク上から削除した。

シナリオ 2 においては、先読み情報入手後、直ちに減速度-0.1G で 80km/h から 50km/h に減速し、その後は前方車両に追従して Vissim 内部モデルに従い減速、停止を行う。

先読み情報を入力していない場合は、渋滞末尾から 200m の地点で同様に回避挙動を実施した。渋滞の定義はシナリオ 1 と同様とした。

シナリオ 3 においては、先読み情報入手後、直ちに減速度-0.1G で 80km/h から 50km/h に減速し、そのまま規制区間を通過するまで走行する。先読み情報を入力していない場合は、渋滞末尾から 200m の地点で、同様に回避行動を実施した。渋滞の定義はシナリオ 1 と同様とした。

VI. 車線変更

a) UN-R79 ACSF Category C

車線変更の車両挙動は、合流支援の検討と同様に UN-R79 ACSF Category C の規定に従ってモデル化した。詳細は合流支援の章を参照方。但し、臨界距離の定義を下記のように変更した。

b) 自動運転 L4 トラックの車線変更モデル

合流支援と同様の手順で車線変更を行うが、以下式 (3-7) に示すように ACSF の臨界距離に対して、自動運転 L4 トラックが横移動を開始してから車線を跨ぐまで (T1) に詰まる後続車との車間距離を加えたものを臨界距離とした。

$$S'_{critical} = S_{critical} + (V_{rear} - V_{ACSF}) * T1 \quad (3-7)$$

このとき車線変更時間によって T1 の値が変わり、車線変更時に必要な臨界距離が変化するため以図に示すように 2 パターンの設定を行った。パラメータの説明は以下の通り。車線変更フロー及び車線変更イメージを以下図に示す。

T0: 車線変更手順開始から横移動開始するまで

T1: 横移動開始から白線をこえるまで

T2: 白線を超えて白線を跨ぎ終えるまで

T3: 白線を跨ぎ終えてから車線中央に戻るまで

車線変更時間 (T1~T3) [s]	横移動速度V [m/s]	T0 (min) [s]	T0 (max) [s]	T1 [s]	T2 [s]	T3 [s]
6.0	0.625	2.0	4.0	1.0	4.0	1.0
10.0	0.375	1.3	3.3	1.67	6.67	1.67

図 3.142 車線変更パターン

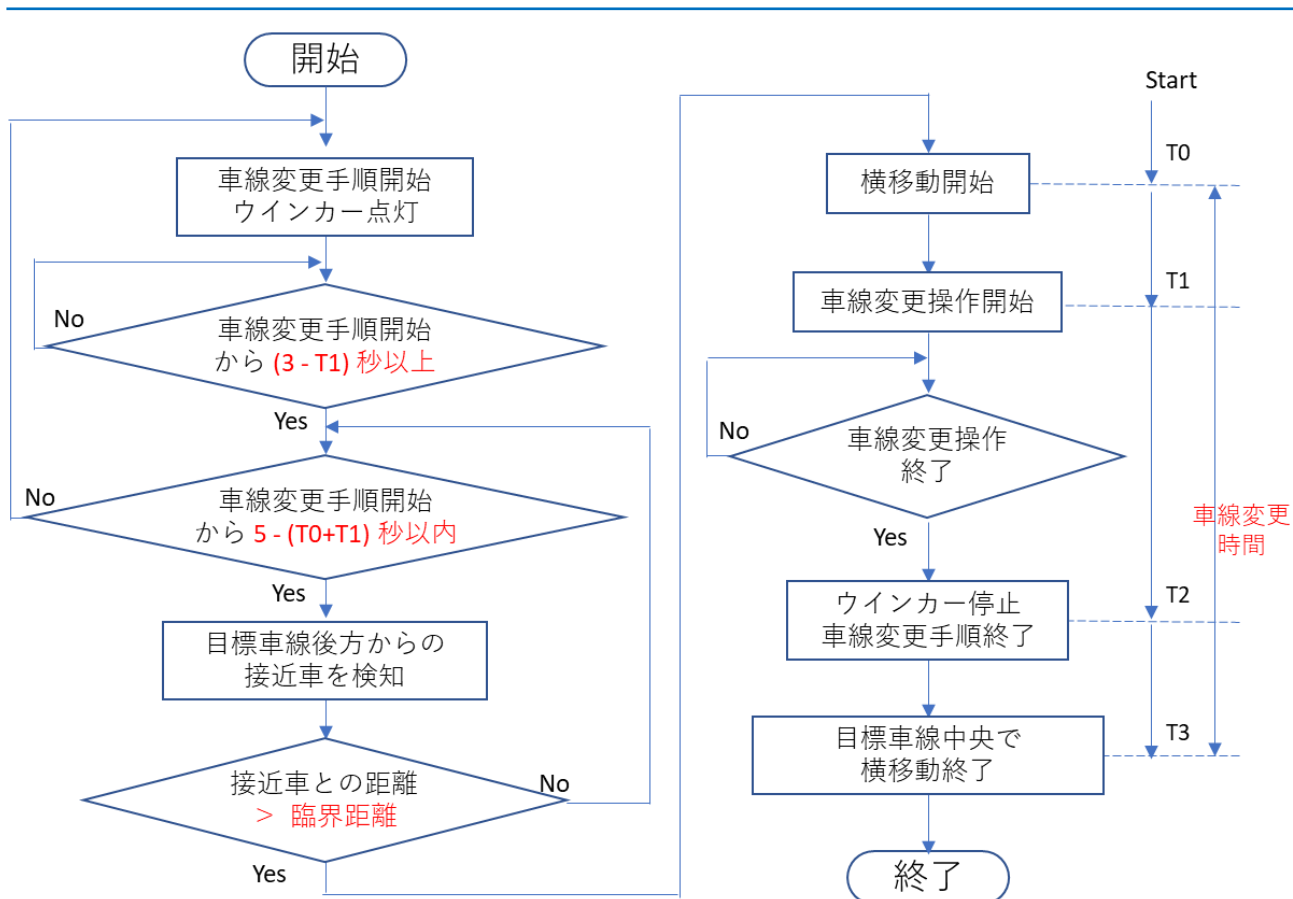


図 3.143 車線変更フロー

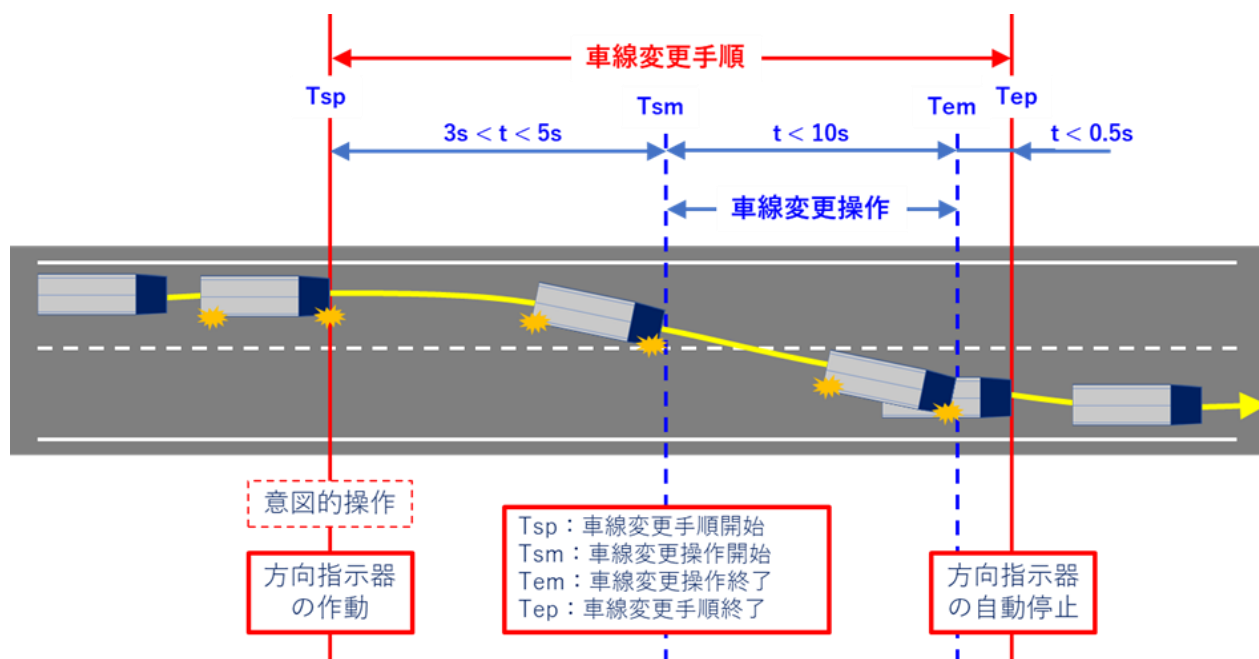


図 3.144 車線変更イメージ

低速での車線変更時にはタイムステップ Δt 間の前後方向の移動量 dx に対して横方向の移動量 dy が大きくなり非現実的な挙動となるため、横方向に移動できる最小速度を 1.0km/h と定義し、車両角度の計算式を以下式(3-8)及び式(3-9)のように補正した。

$$\theta = \begin{cases} \text{atan}\left(\frac{dy}{dx}\right) & \text{if } V_x \geq 1.0 \\ 0 & \text{if } V_x < 1.0 \end{cases} \quad (3-8)$$

$$dx = V_x \Delta t + \frac{1}{2} a_x \Delta t^2, dy = V_y * \Delta t \quad (3-9)$$

④ 分析結果

ランダムシードを変えて各パターン 100 回シミュレーションを行い、イベントによる交通流の変化や L4 トラックの挙動が周辺交通に与える影響の平均値を計測した。

I. シナリオ 1（路上障害により第 1 車線が閉鎖）

a) イベントによる交通流の変化

以下図に示すように渋滞長及び渋滞延伸速度は交通量に依存して増加し、L4 トラックの挙動による差異は見られなかった。

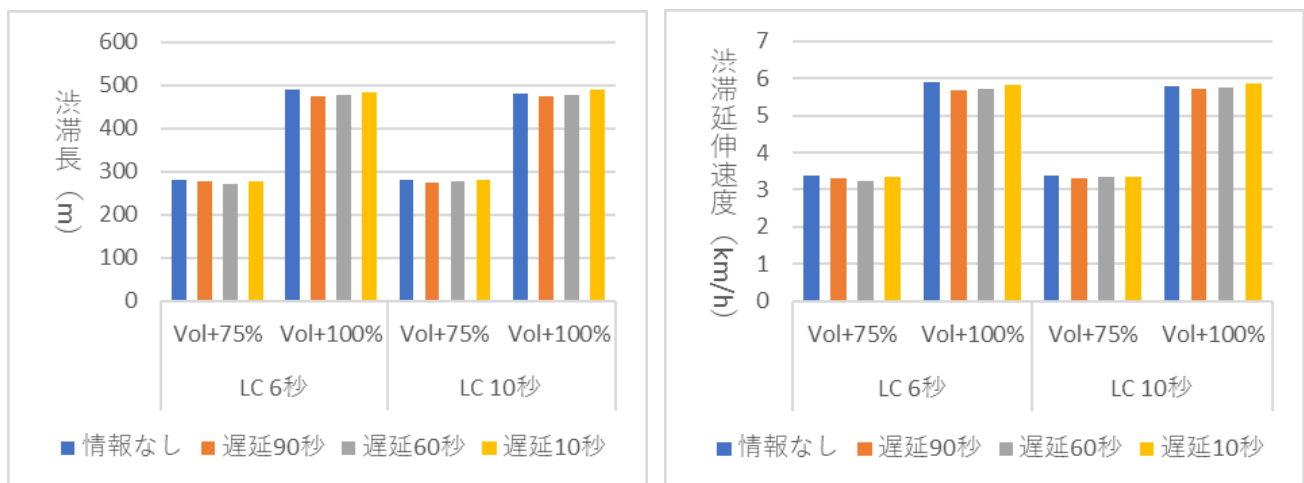


図 3.145 シナリオ 1 渋滞長及び渋滞延伸速度

b) 交通流と車線変更の成立性

交通量と車線変更秒数の組み合わせの各パターンにおいて、先読み情報を入力したときの自動運転 L4 トラックから渋滞末尾までの距離でクラス分けを行った上で、車線変更に失敗した回数及び成功した回数を計測した結果を、以下図に示す。

0-200m の区分のデータは、イベント発生時にすでに当該区間にいたか、あるいは先読み情報を入力できずに当該区間に進入した車両の結果を表す。なお車

線変更確率については成功÷（失敗＋成功）にて求めたが、条件によっては母数が不足しており参考値として取り扱う必要がある。

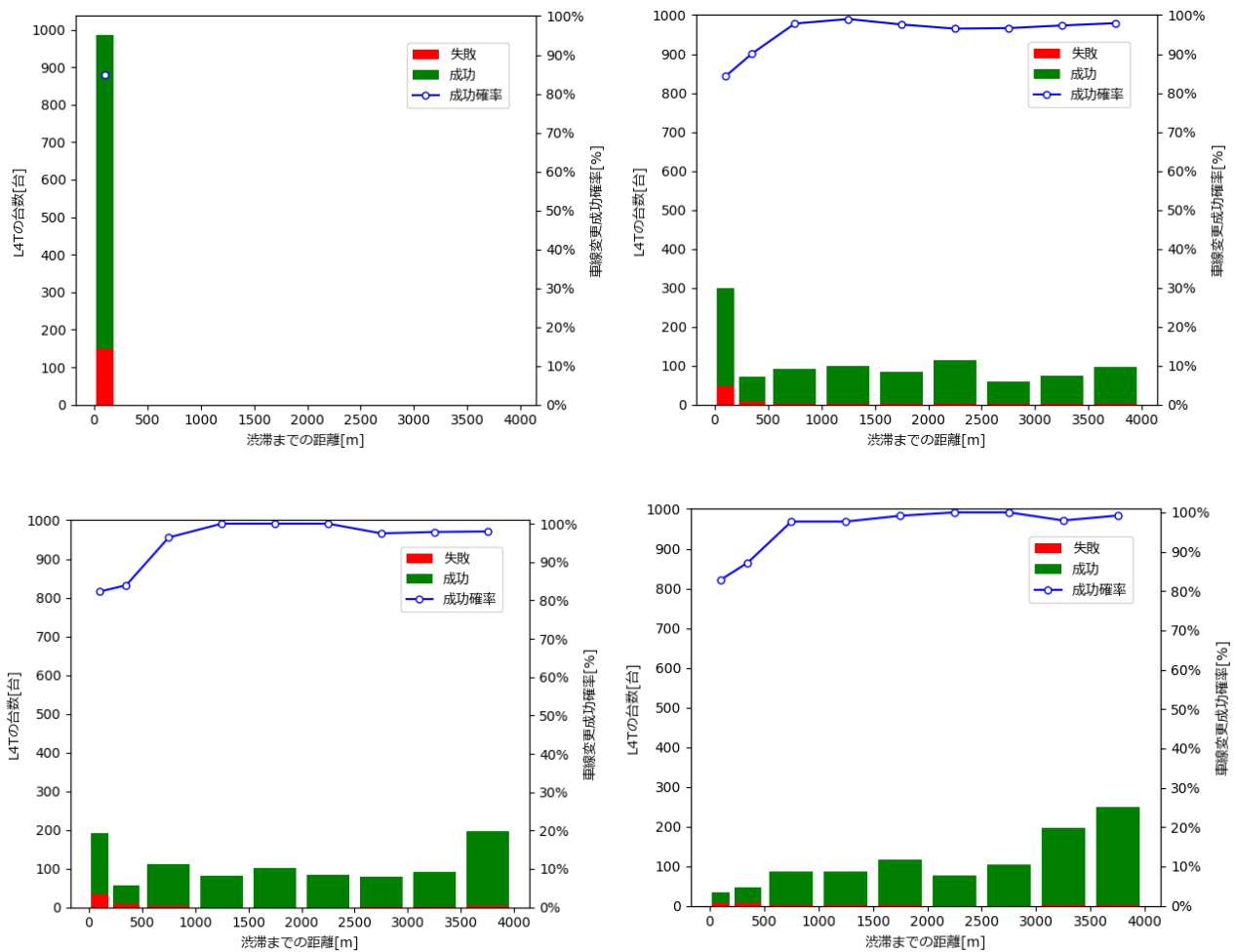


図 3.146 交通量+75%・車線変更 6 秒での車線変更成功可否

左上：先読み情報なし、右上：情報遅延 90 秒、左下：情報遅延 60 秒、右下：情報遅延 10 秒

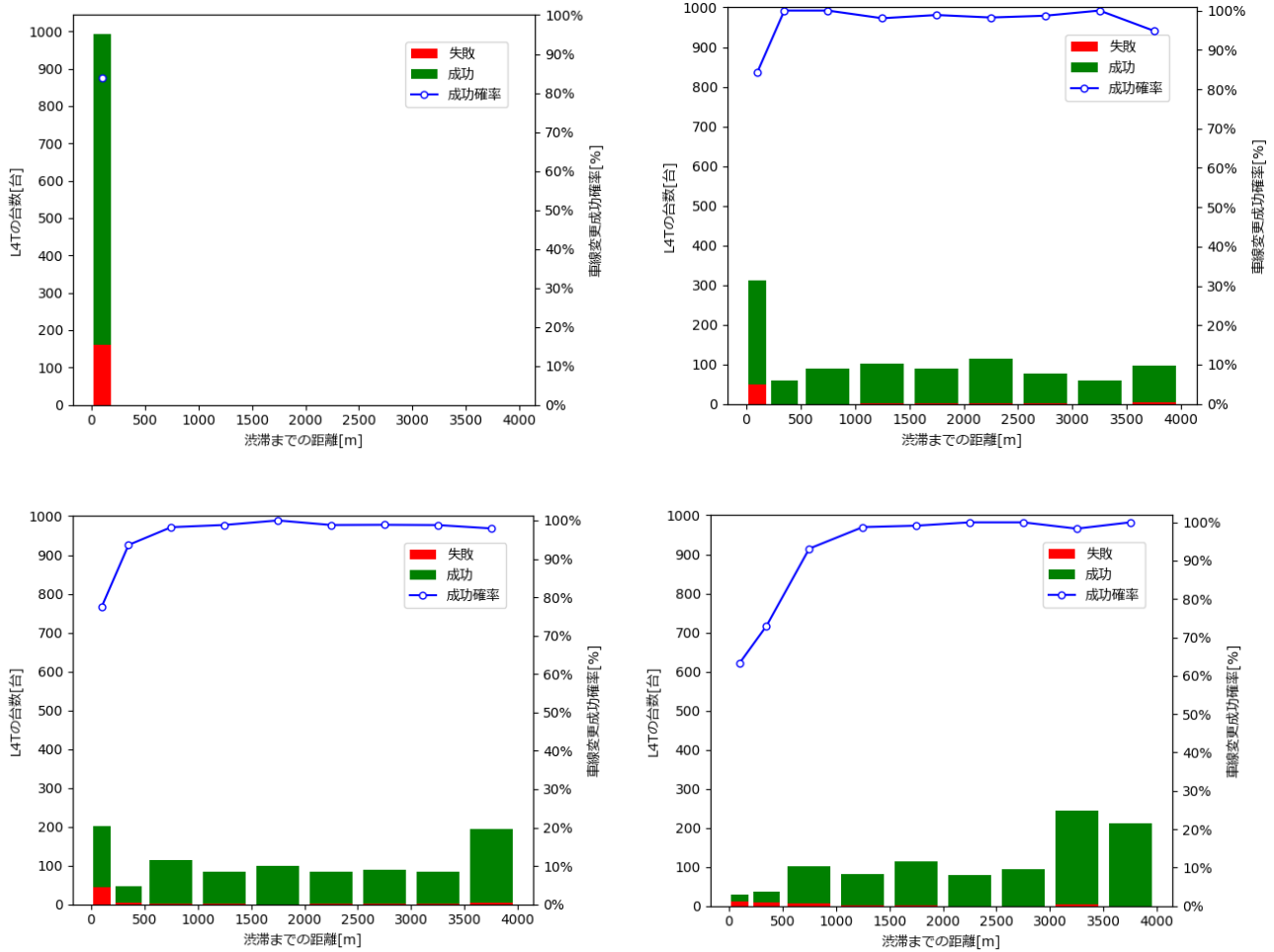


図 3.147 交通量+100%・車線変更 6 秒での車線変更成功可否

左上：先読み情報なし、右上：情報遅延 90 秒、左下：情報遅延 60 秒、右下：情報遅延 10 秒

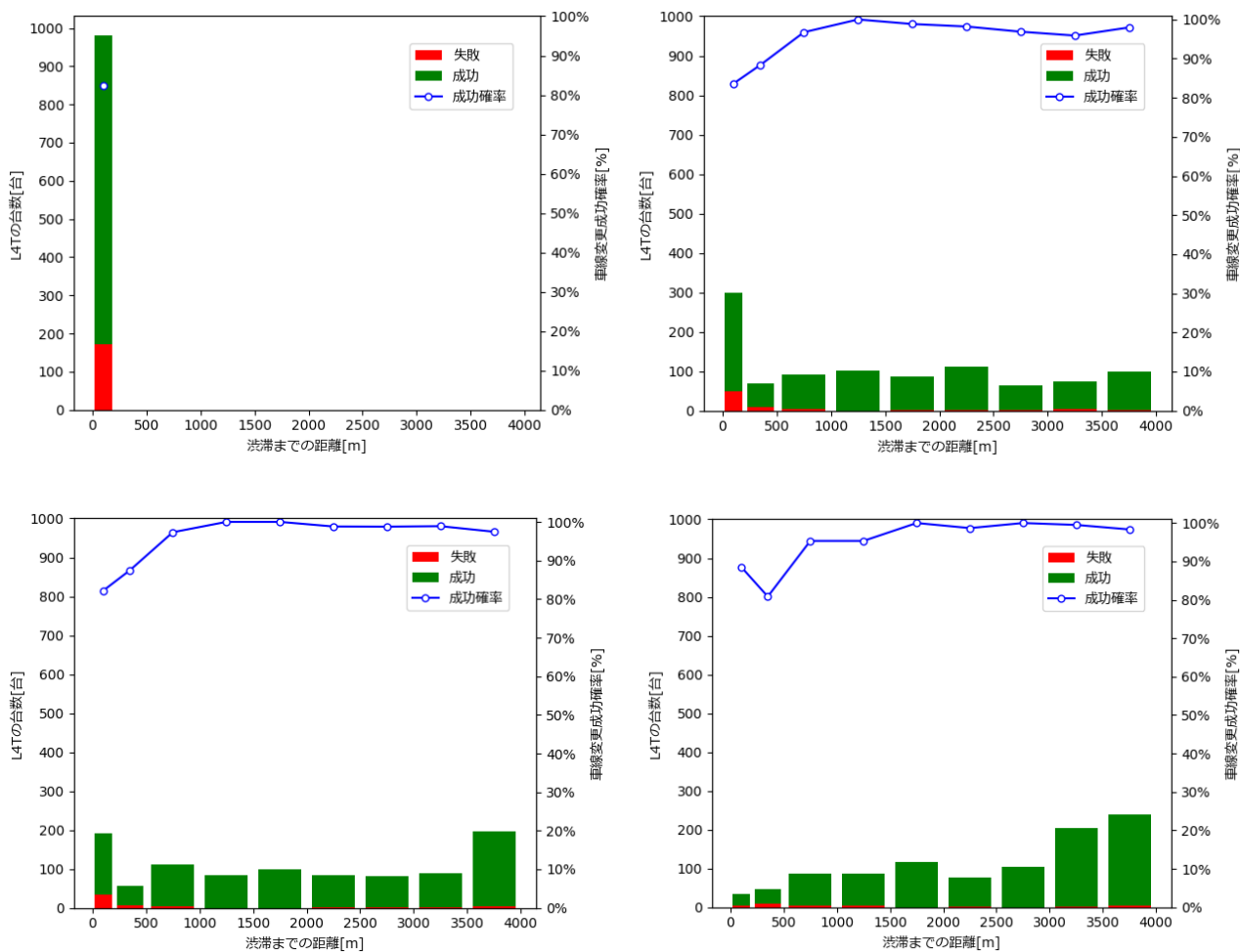


図 3.148 交通量+75%・車線変更 10 秒での車線変更成功可否

左上：先読み情報なし、右上：情報遅延 90 秒、左下：情報遅延 60 秒、右下：情報遅延 10 秒

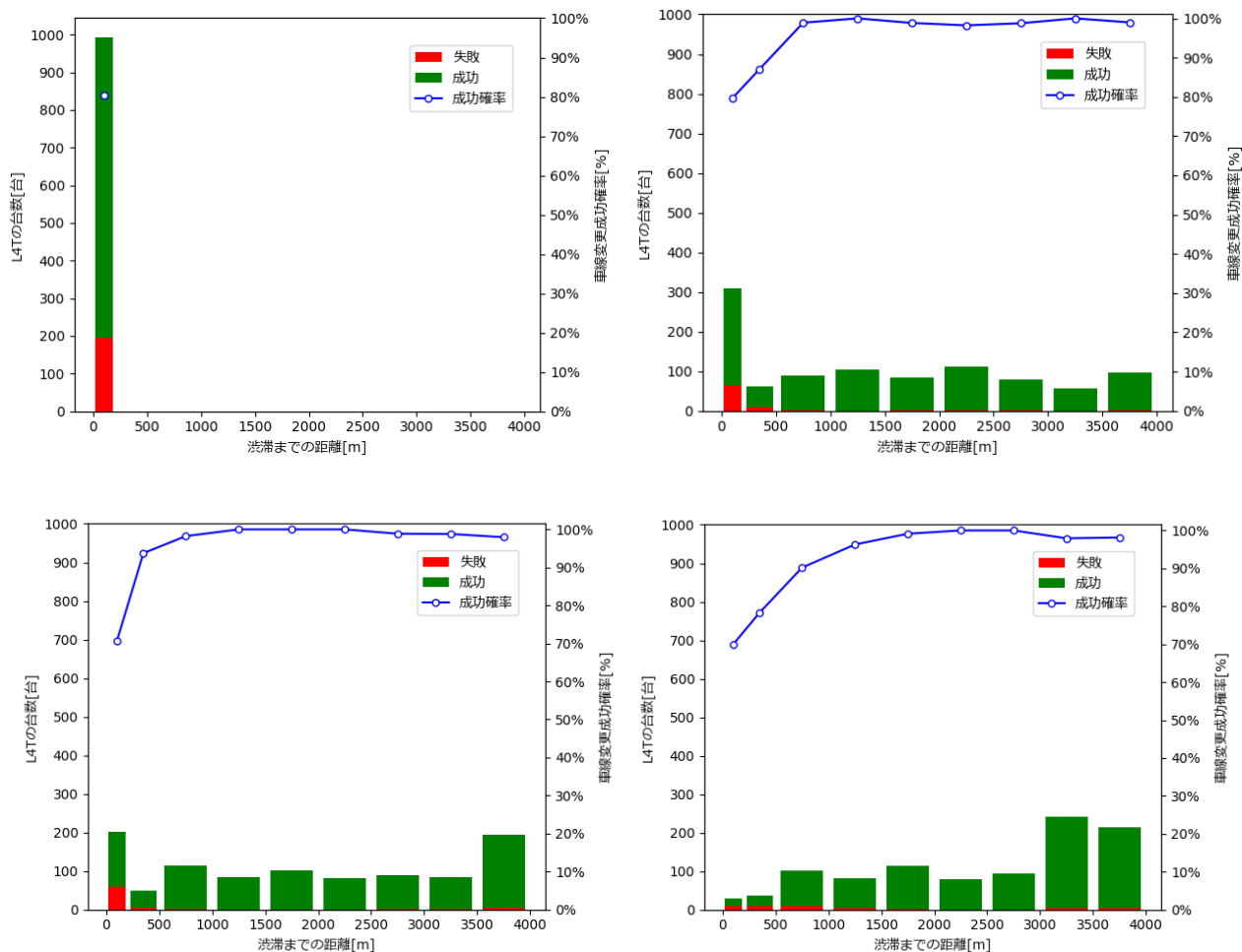


図 3.149 交通量+100%・車線変更 10 秒での車線変更成功可否

左上：先読み情報なし、右上：情報遅延 90 秒、左下：情報遅延 60 秒、右下：情報遅延 10 秒

以下図に示すように渋滞までの距離で区分せずに車線変更成功確率を求めると、先読み情報を受信する際の情報遅延が短くなるにつれて、成功確率が高まる結果となった。また車線変更時間が短い方が僅かに成功確率も高くなっている。

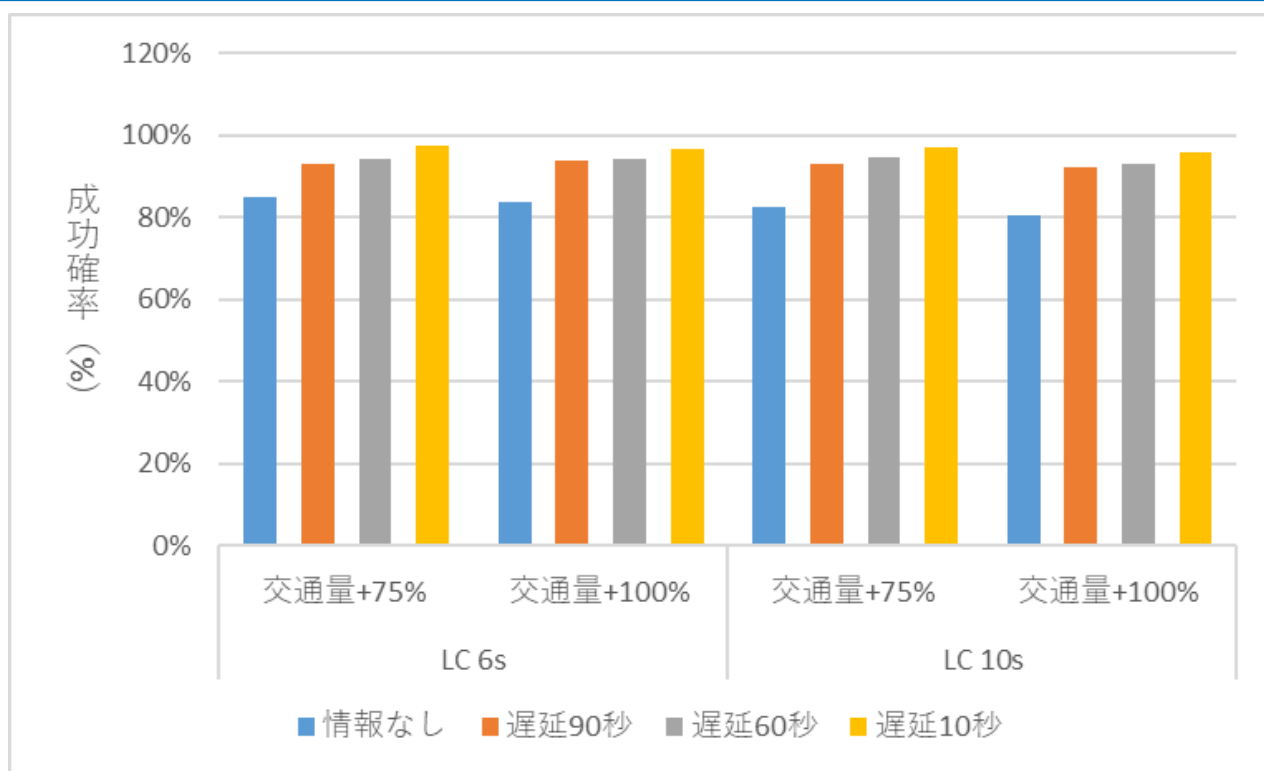


図 3.150 車線変更成功率

c) 自動運転 L4 トラックの挙動が周辺交通に与える影響

自動運転 L4 トラックの挙動が周辺交通に与える影響に関するグラフを以下図に示す。

先読み情報を受信して自動運転 L4 トラックの挙動が変化することで、急減速の発生が第二車線及び追越車線で僅かに減少した。第一車線においては元々少なく、特に影響は見られなかった。車線変更時間による傾向は同じだが、急減速の総数は車線変更時間の長い方が大きくなっている。

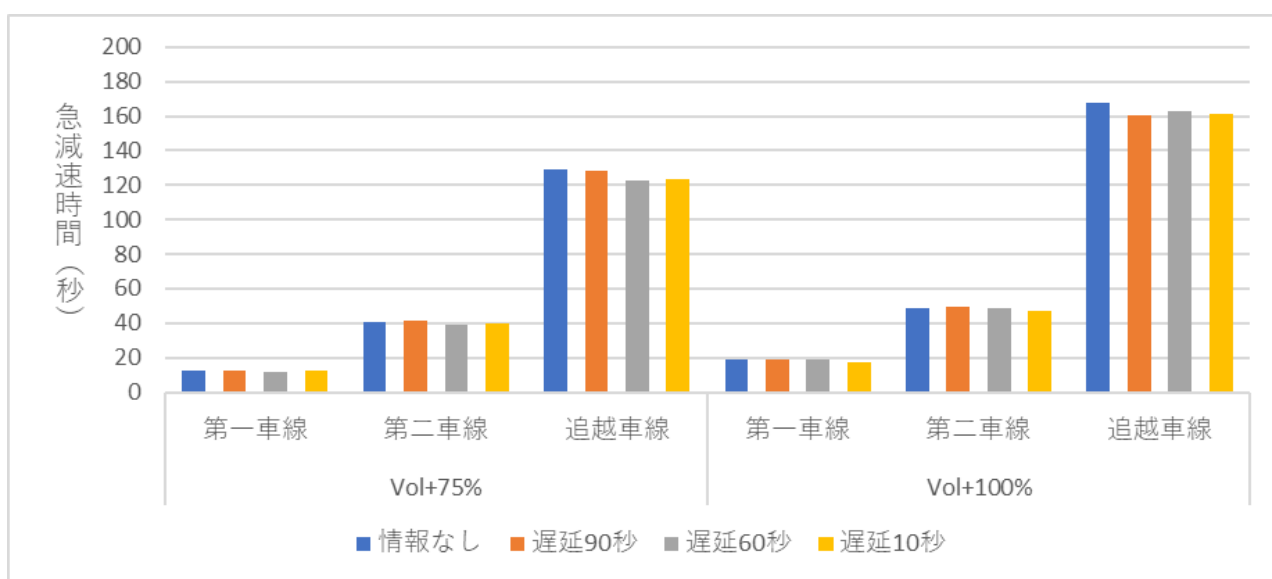


図 3.151 シナリオ 1・車線変更時間 6 秒での急減速時間

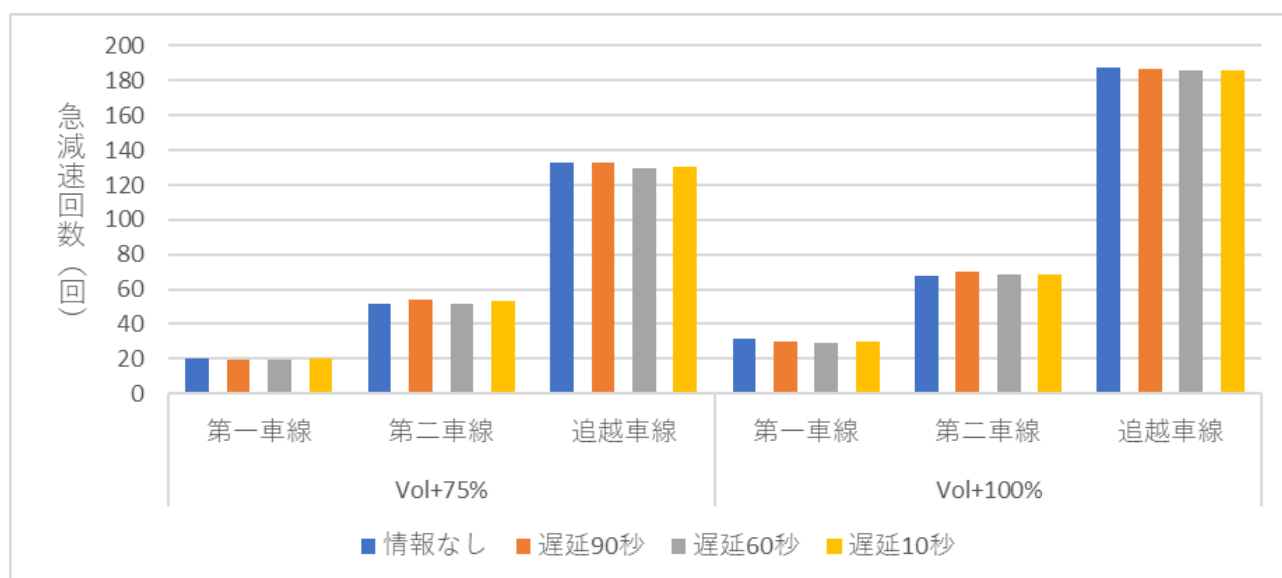


図 3.152 シナリオ 1・車線変更時間 10 秒での急減速回数

以下図に示すように一般車の車線変更回数については、自動運転 L4 トラックの挙動の違いによる影響がほとんど見られなかった。

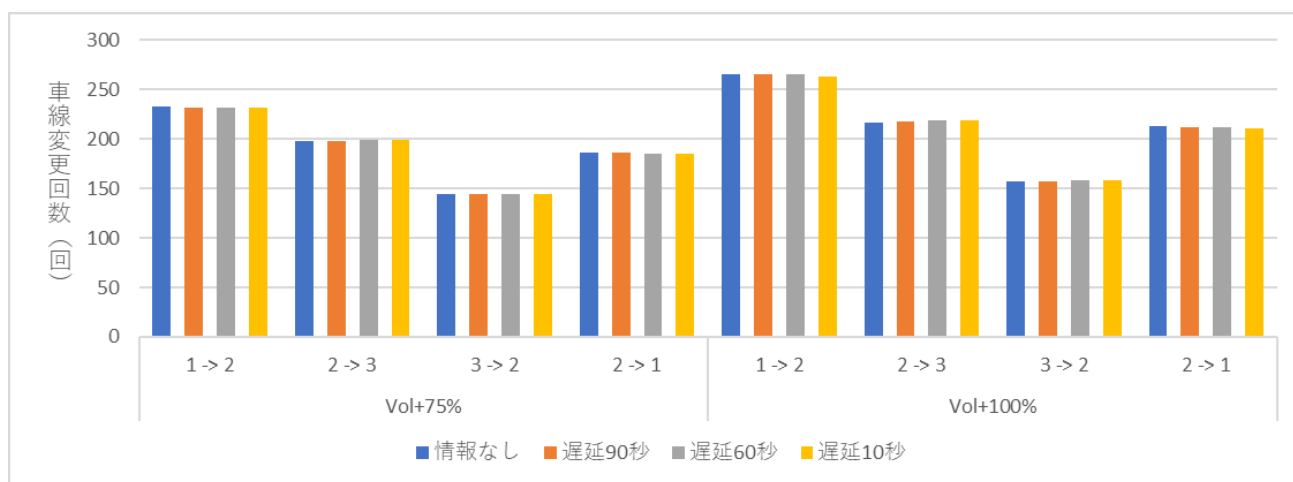


図 3.153 シナリオ 1・車線変更時間 6 秒での一般車の車線変更回数

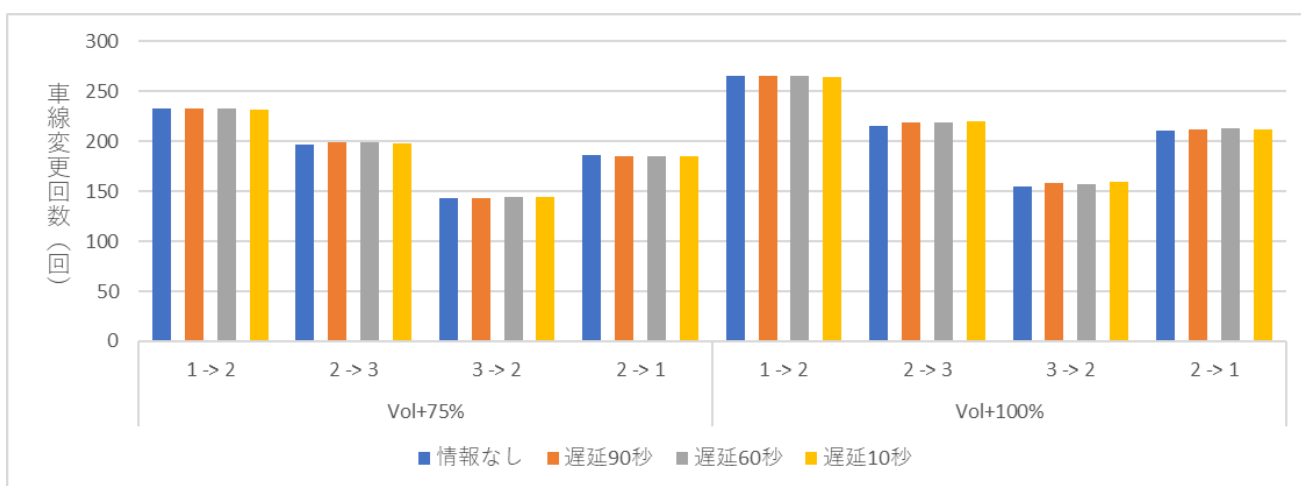


図 3.154 シナリオ 1・車線変更時間 10 秒での一般車の車線変更回数

II. シナリオ 2(事故などにより全車線が閉鎖)

a) イベントによる交通流の変化

渋滞長及び渋滞延伸速度は交通量に依存して増加し、自動運転 L4 トラックの挙動による差異は見られなかった。

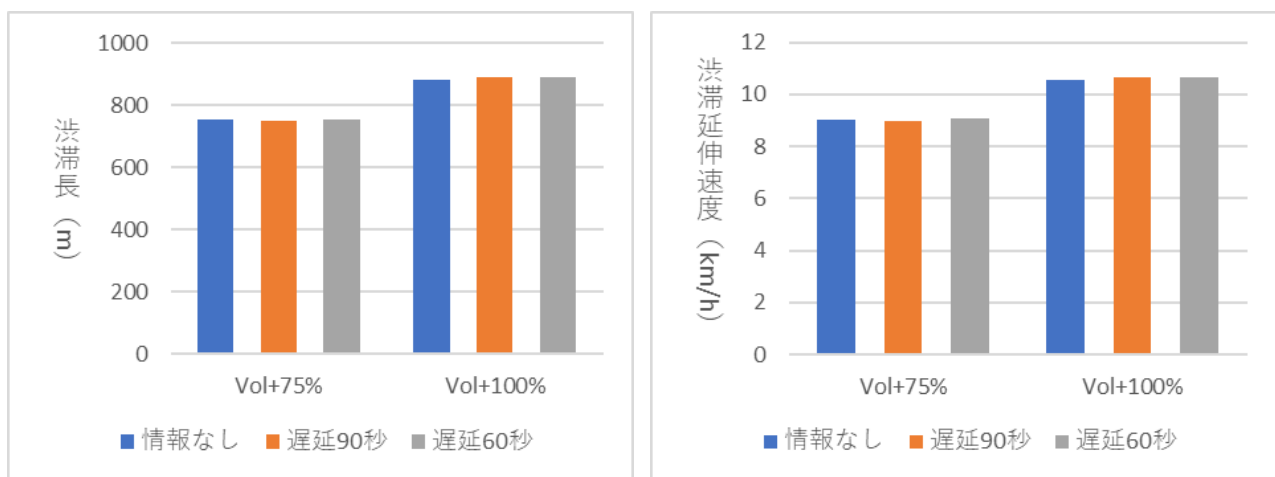


図 3.155 シナリオ 2 での渋滞長及び渋滞延伸速度

b) 自動運転 L4 トラックの挙動が周辺交通に与える影響

先読み情報を受信して自動運転 L4 トラックの挙動が変化することで、特に第 2 車線の急減速の発生が減少した。第 1 車線及び追越車線についても僅かに変化しているようにも見えるが交通量によってその傾向が一致していない。

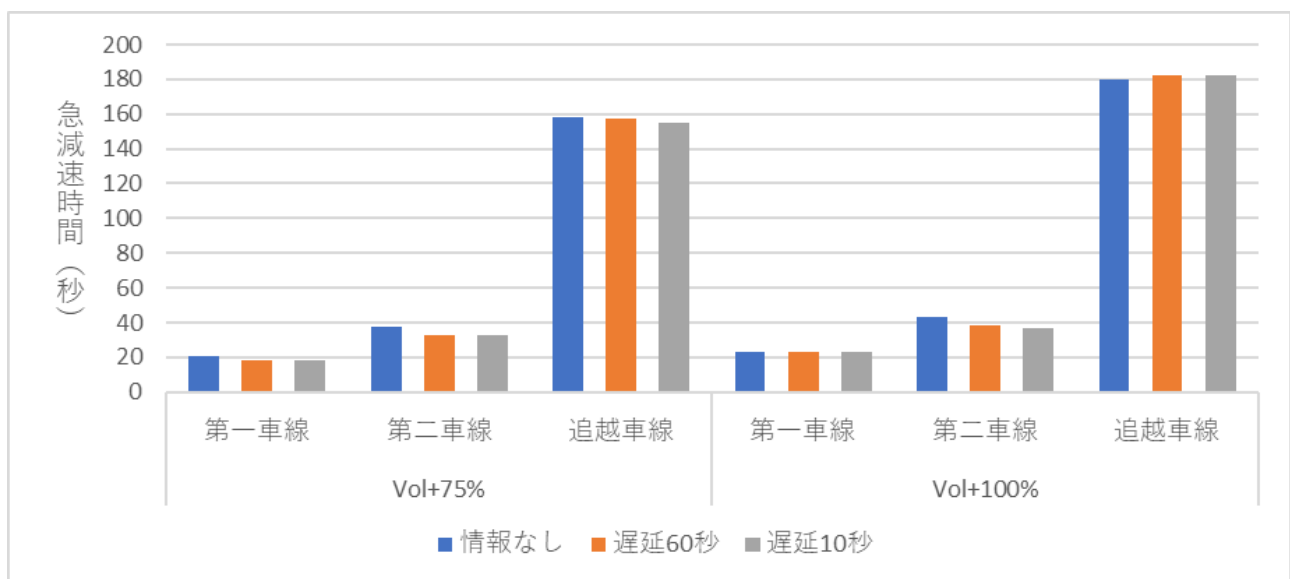


図 3.156 シナリオ 2 での急減速時間

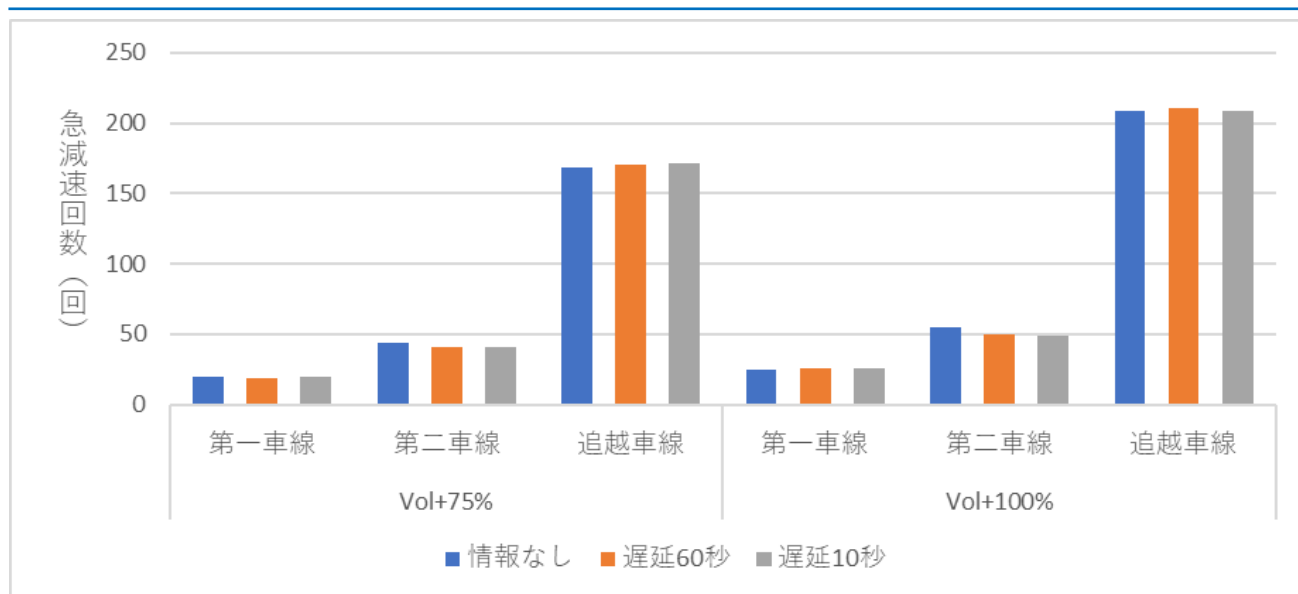


図 3.157 シナリオ 2 での急減速回数

一般車の車線変更回数は全体的に大きく増加した。特に第 2 車線と追越車線を行き来する車両の数への影響が多い。総数は第 1 車線と第 2 車線を行き来する車両の数が多く、走行車線から追越車線側への行きの総数と、追越車線から走行車線側への戻りの総数がほぼ一致する。

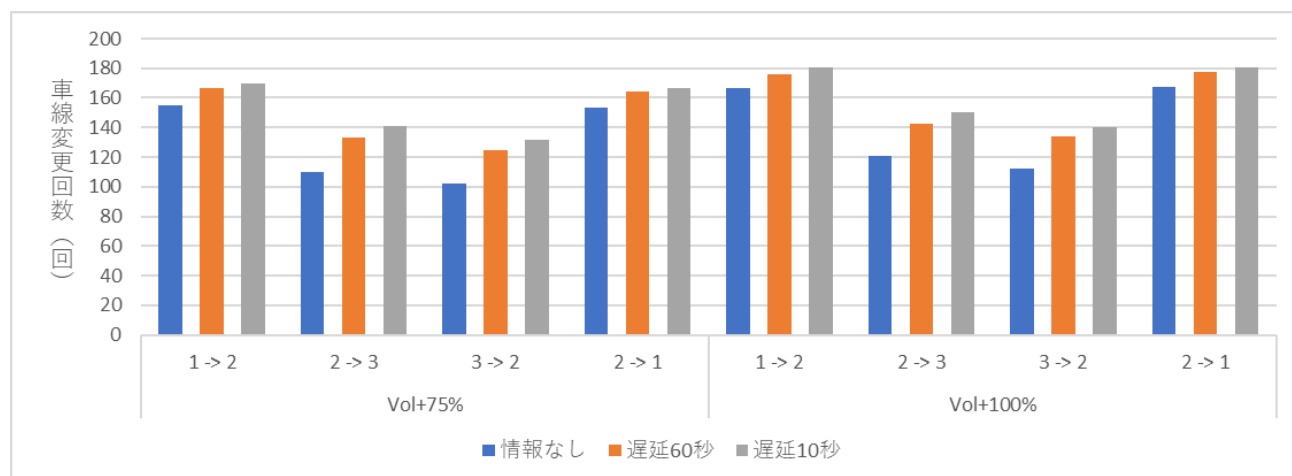


図 3.158 シナリオ 2 での一般車の車線変更回数

III. シナリオ 3(工事などにより全車線が速度規制)

a) イベントによる交通流の変化

イベントによる渋滞はシナリオ 1 及びシナリオ 2 と比較すると非常に限定的で、交通量+200%にしてようやく渋滞を観測できた。毎回発生するものではなく、同条件で 100 回繰り返す中で 400m 以上に延伸するものもあれば、全く発生しないこともあった。

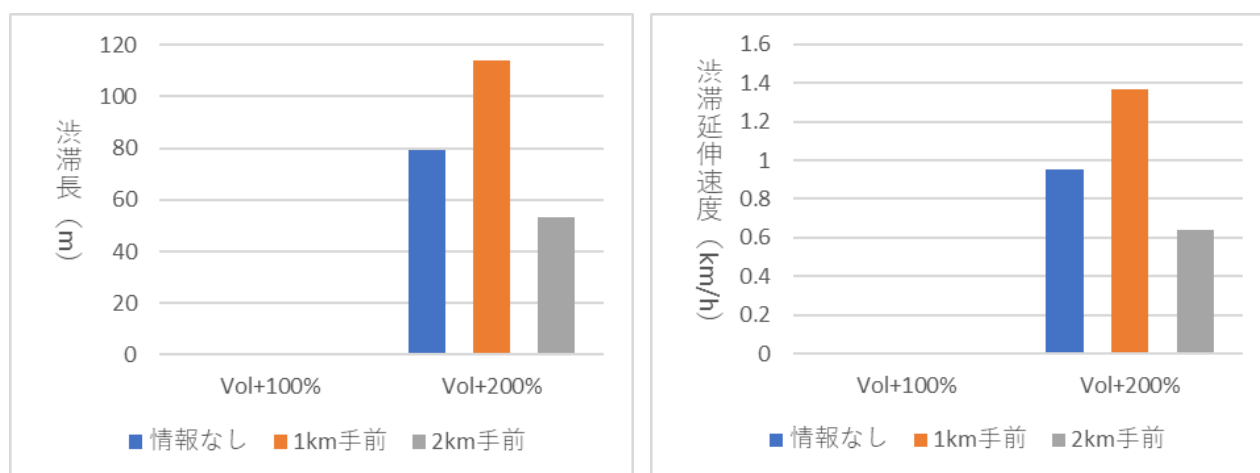


図 3.159 シナリオ 3 での渋滞長及び渋滞延伸速度

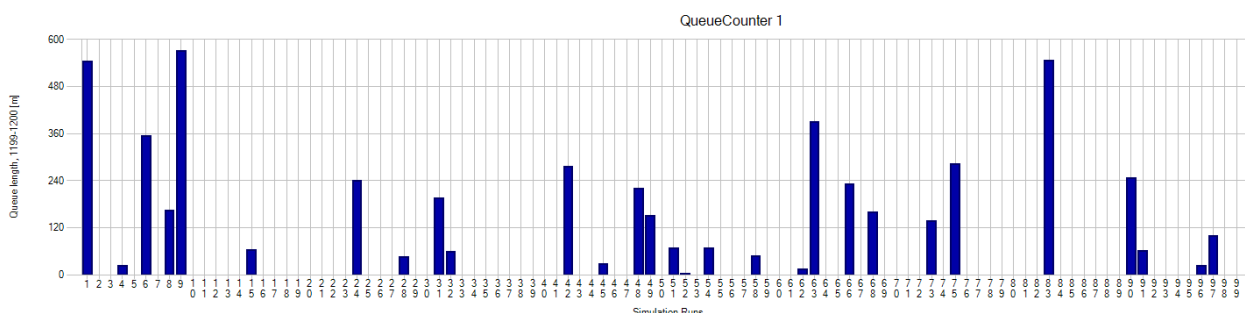


図 3.160 シナリオ 3 でのシミュレーション番号と渋滞長のばらつき

b) 自動運転 L4 トラックの挙動が周辺交通に与える影響

イベント発生場所から 2km 手前地点においては、先読み情報を受信して行動変容する自動運転 L4 トラックがいなかったため、「情報なし」「1km 手前で情報受信」「2km 手前で情報受信」のいずれのケースも平均速度に大きな変化はなかった。

一方イベント発生場所から 1km 手前地点では、2km 手前で先読み情報を受信した場合、自動運転 L4 トラックがイベント発生場所まで減速して走行するため、平均速度の減少が全車線で見られた。その傾向は交通量+200%の方でより顕著にみられた。

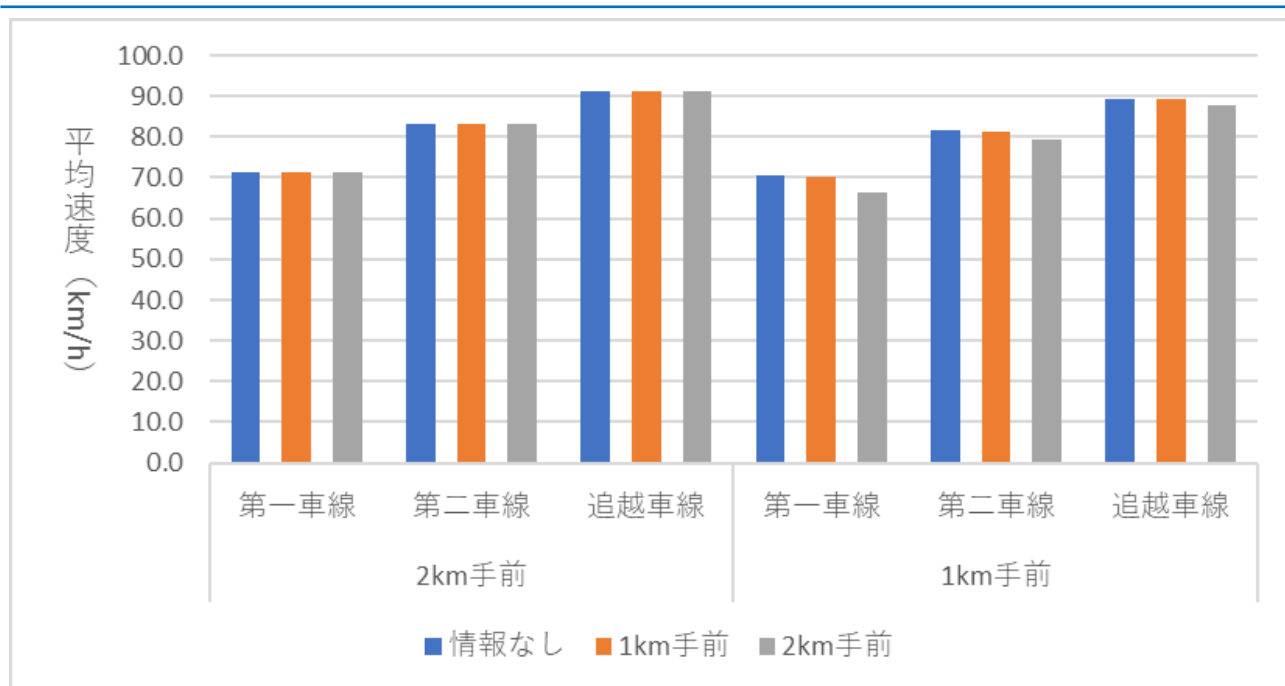


図 3.161 シナリオ 3・交通流+100%での平均速度（全車種）

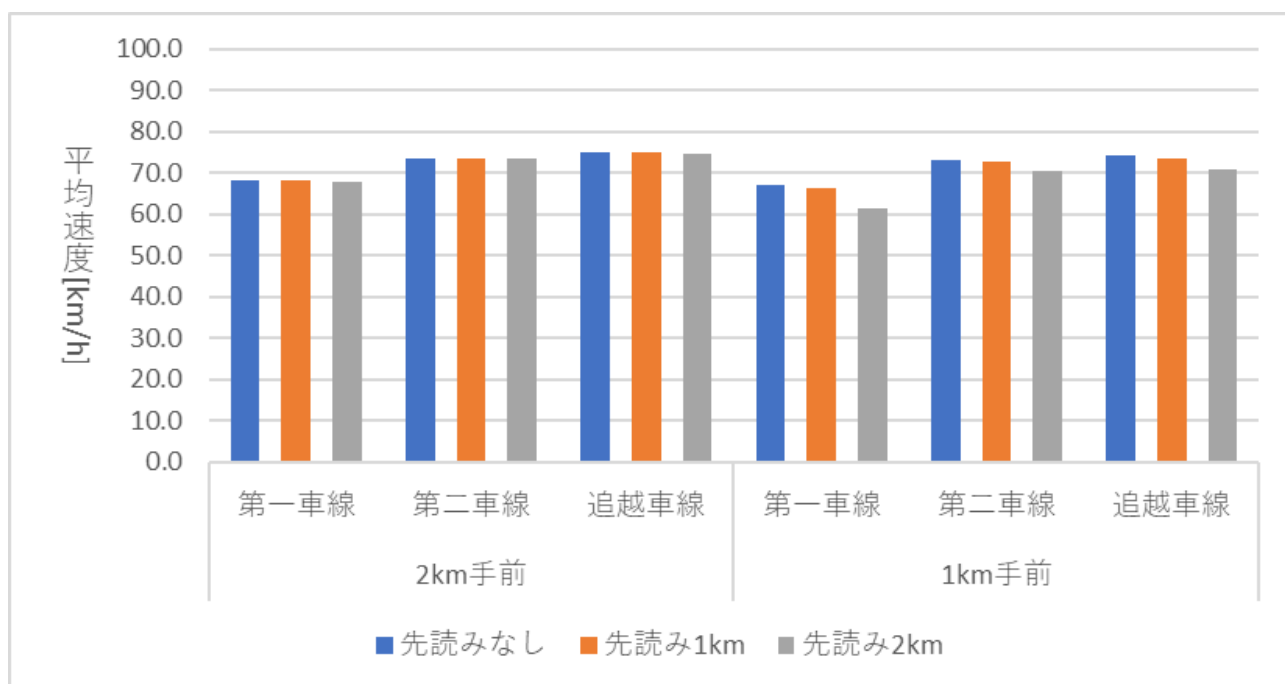


図 3.162 シナリオ 3・交通流+200%での平均速度（全車種）

先読み情報の受信による自動運転 L4 トラックの挙動の変化によって、第 2 車線及び追越車線の急減速の発生が減少した。第 1 車線については元々急減速が少なく、影響も見られなかった。

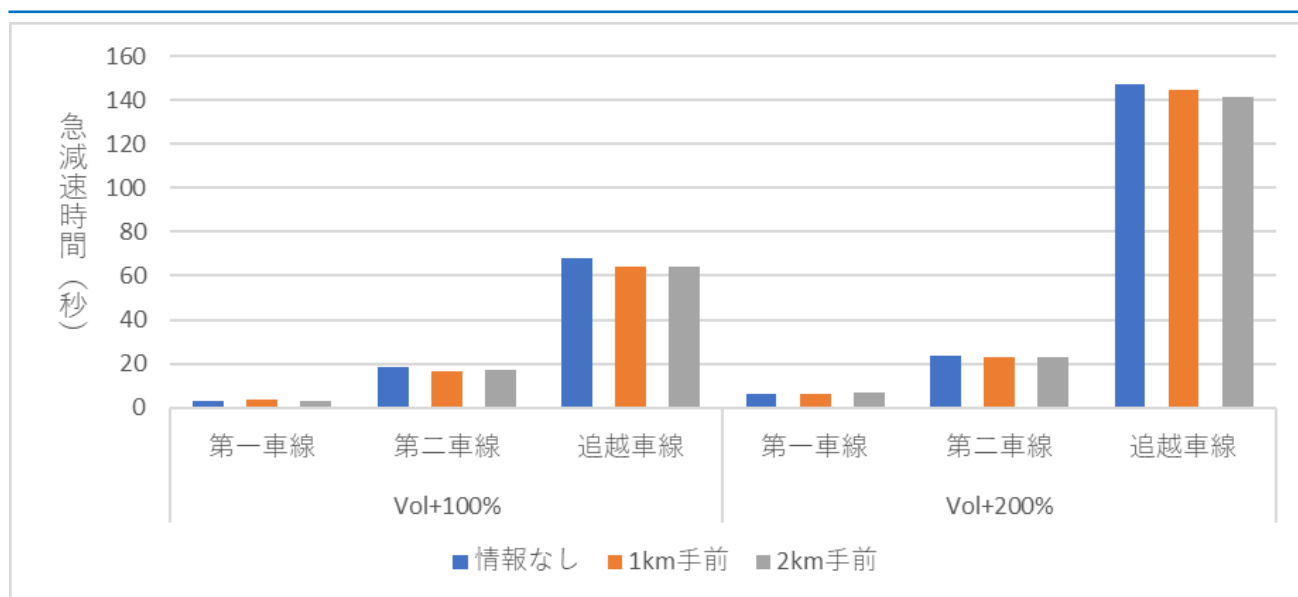


図 3.163 シナリオ 3 での急減速時間

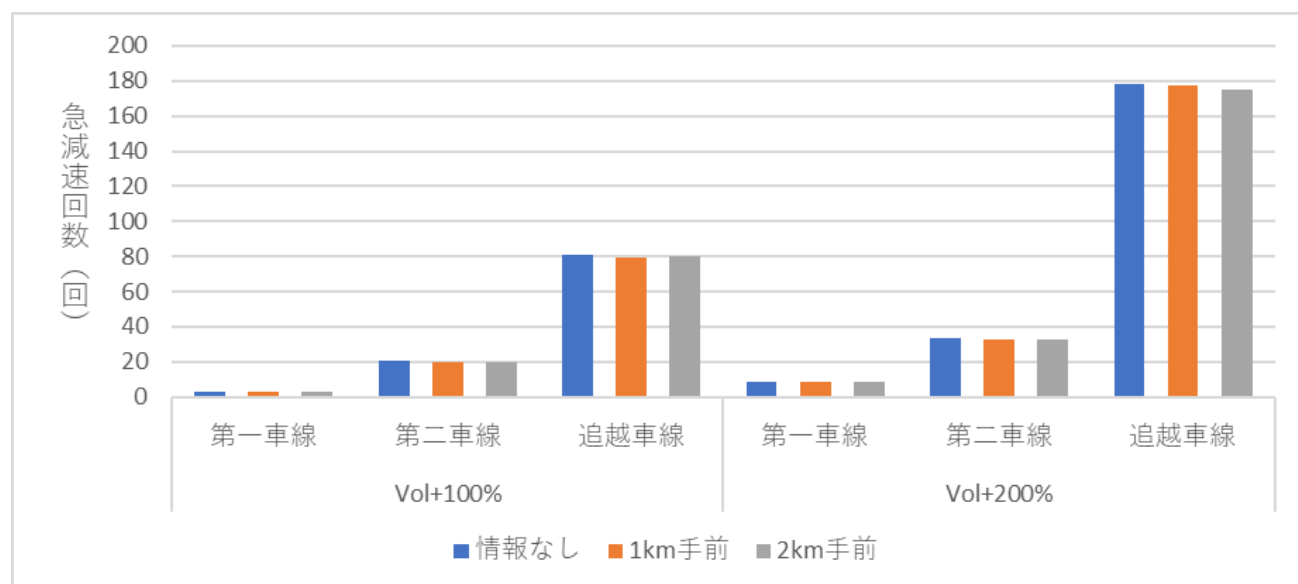


図 3.164 シナリオ 3 での急減速回数

一般車の車線変更回数は、シナリオ 2 に比べると増加幅が小さいものの全体的に増加した。総数は第 1 車線から第 2 車線へ移動する車両が多く、走行車線から追越車線側への行きの総数が戻りの総数よりも多い結果となった。

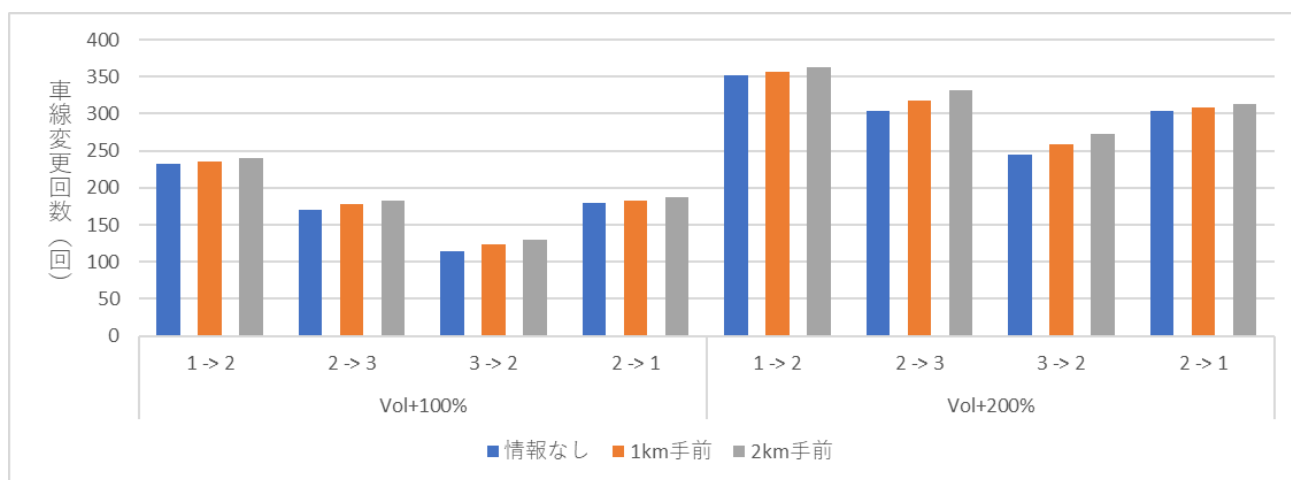


図 3.165 シナリオ 3 一般車の車線変更回数

⑤ 考察

I. シナリオ 1 (路上障害により第 1 車線が閉鎖)

先読み情報の情報遅延が短い方が車線変更の成功確率が高まる結果となっており、より早く情報を伝達することの重要性が確認できた。また成功確率が 100% になったパターンはなかったが、概ね渋滞末尾から 1km 以上上流で受信できた場合は 100%に近い確率で成功していることがわかる。

一方で交通量+100%、車線変更 6 秒の場合で顕著だが、渋滞末尾から 200m 以内に絞って比較すると、情報遅延が小さいほど成功確率が低くなっている。この原因についてはいくつかの理由が考えられる。

a) 情報遅延が小さい場合の母数が足りていないため精度が低い

特に交通量+100%、車線変更 6 秒、情報遅延 10 秒、渋滞末尾までの距離 200m 以内のケースを抜粋すると、失敗 11 台、成功 19 台と母数が少なく、統計的には信用できない数値になっている。

b) 渋滞末尾までの距離が小さい車両の割合が多い

イベント開始後 0-10 秒内に先読み情報なしで車線変更を試みた台数はどのパターンも同じ数だが、イベント開始時にはすでに渋滞末尾から 200m 未満にいた可能性があり、より厳しい条件で車線変更を試みた可能性がある。

一方で 10 秒後以降に先読み情報なしで車線変更を試みた車両は、すべての車両が渋滞末尾からの距離が 200m になったタイミングで車線変更を試みているため、情報遅延が小さい方が 200m 未満にいた車両の割合が高くなっている。

c) イベント発生直後等、交通状況による車線変更の難易度に偏りがある

発生直後は周辺にいる第 1 車線の車両が自動運転 L4 トラックと同じ場所で車線変更するため、第 2 車線が混雑して車線変更がし難い可能性がある。

一方渋滞が形成された後は、自動運転 L4 トラックは渋滞末尾から 200m、一

般車はイベント発生場所から 200m と自動運転 L4 トラックの車線変更を試みるタイミングがより上流部になっている。

成功確率が小さかった交通量+100%、車線変更 6 秒、情報遅延 10 秒、渋滞末尾までの距離 200m 以内について、細かく渋滞末尾までの距離を見ると、成功したケースは渋滞末尾までの距離が広く分布しているのに対して、失敗したケースはほとんどが 200m となっており、上記の渋滞末尾までの距離が小さい車両の割合が多いことが原因ではないことが分かる。

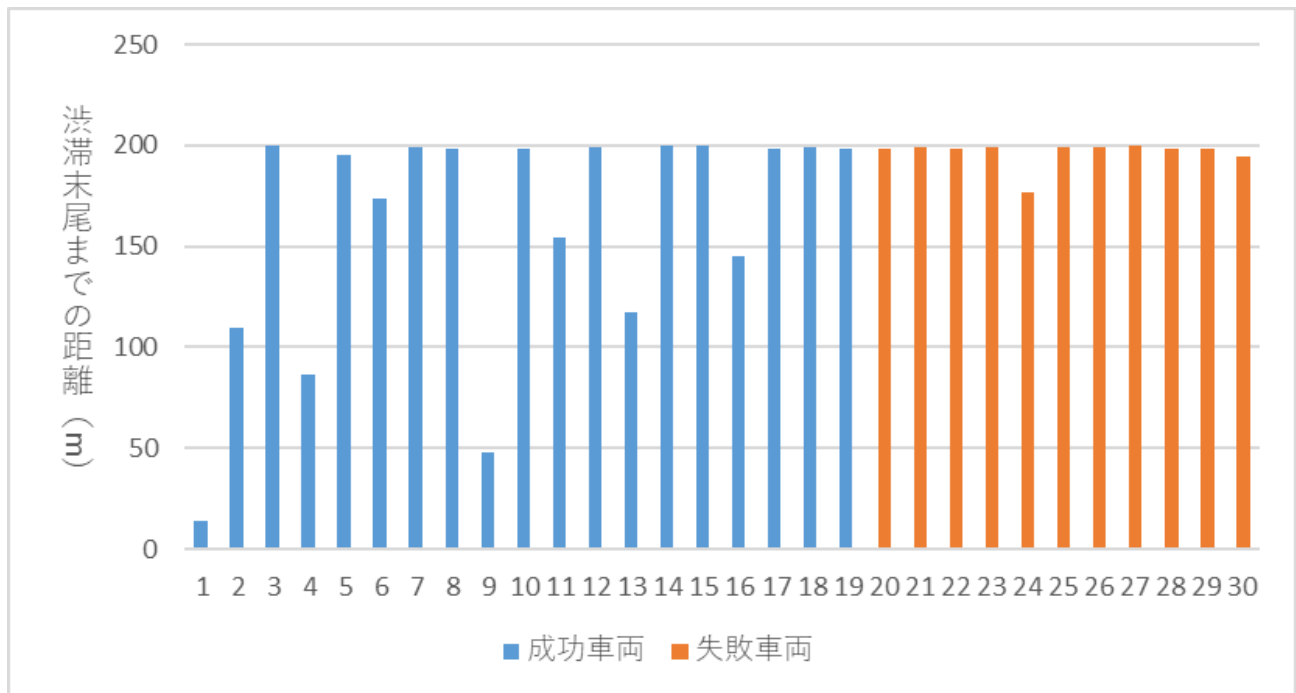


図 3.166 渋滞末尾までの距離

(車線変更 6 秒、交通量+100%、情報遅延 10 秒、渋滞距離 200m 以内を抜粋)

車両番号毎に成功確率を比較してみると、先読み情報なしの場合の車両番号 1 番 (710 秒後流入) や 10 番 (980 秒後発生) の成功確率が比較的小さいが、2～9 番の成功率は大きい。

これらの車両は周辺の交通状況が混雑していなかったのか、元々車線変更し易い状況にあり、先読み情報なしの場合は全て 200m 以内の成功例として計上されるが、情報遅延 10 秒の場合は大半が 200m 以上の成功例として計上されるため、200m 以内の成功確率は情報遅延が小さい方が悪い結果となっている。

一方で、先読み情報を受信することによって車両番号によらず成功確率は増加しており、車両番号が大きい (情報受信後、渋滞末尾までの距離が長い) ほど効果はより大きいことが分かる。

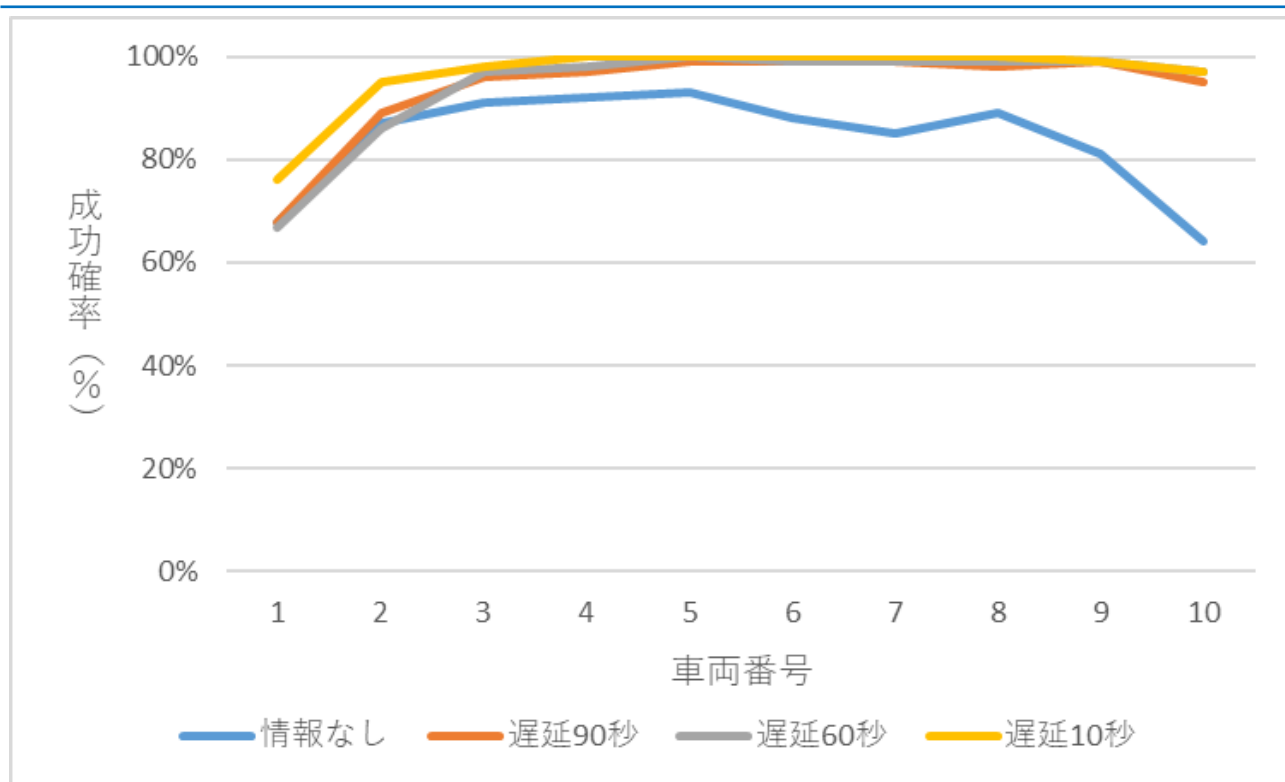


図 3.167 車両番号毎の車線変更成功確率
(車線変更 6 秒、交通量+100%を抜粋)

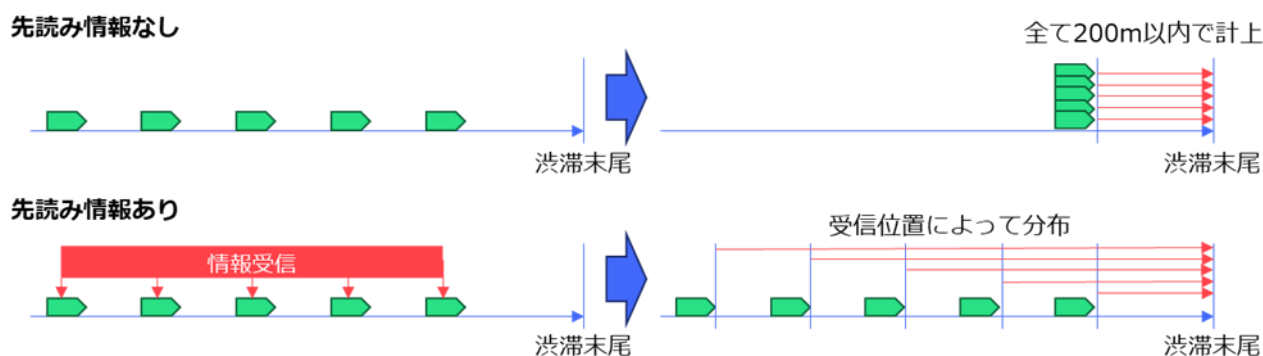


図 3.168 先読み情報の有無による渋滞末尾までの距離

また中には先読み情報を受信することで本来成功していたはずの車線変更に失敗した例もあった。先読み情報なしで成功した例を確認すると、自動運転 L4 トラックは渋滞末尾を検知した後にウィンカーを点灯し始めたが、追越車線を走行していた本線車両 C が第 2 車線に戻った後、第 2 車線を走行していた本線車両 A が自動運転 L4 トラックのウィンカーを認知して協調車線変更を開始した。本線車両 A がいなくなったことで臨界距離の条件を満たし、自動運転 L4 トラックは車線変更を開始することができた。

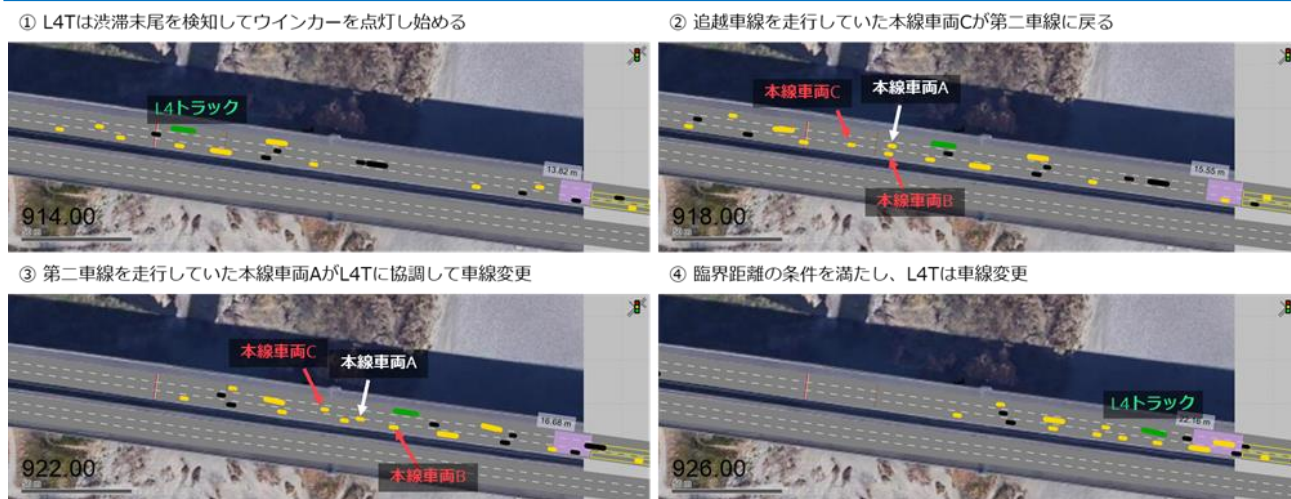


図 3.169 先読み情報なしでの車線変更成功シーン

一方先読み情報を入手した場合、早くから自動運転 L4 トラックがウィンカーを点灯していたため、本線車両 A がウィンカーを認知して協調車線変更を開始した。その後追越車線を走行していた本線車両 C だけでなく本線車両 B も空いた第 2 車線に戻ったため、本線車両 B との車間距離が臨界距離の条件を満たせず、車線変更に失敗した。

この例では先読み情報の有無に関わらず本線車両 A は協調車線変更を行ったが、そのタイミングによって本線車両 B の行動が変わってしまった特殊な例である。

渋滞末尾までの距離が十分に長い場合は、その後第 2 車線が空いて車線変更できる機会が訪れる可能性があるが、渋滞末尾までの距離が短い場合は一度車線変更失敗すると二度目の機会は生じない（80km/h の場合、約 9 秒で 200m を通過）。また先読み情報の情報遅延が小さいと渋滞末尾までの距離が短いケースの母数自体が非常に少ないため、このような特殊な例の影響がより顕著に出やすくなっている。

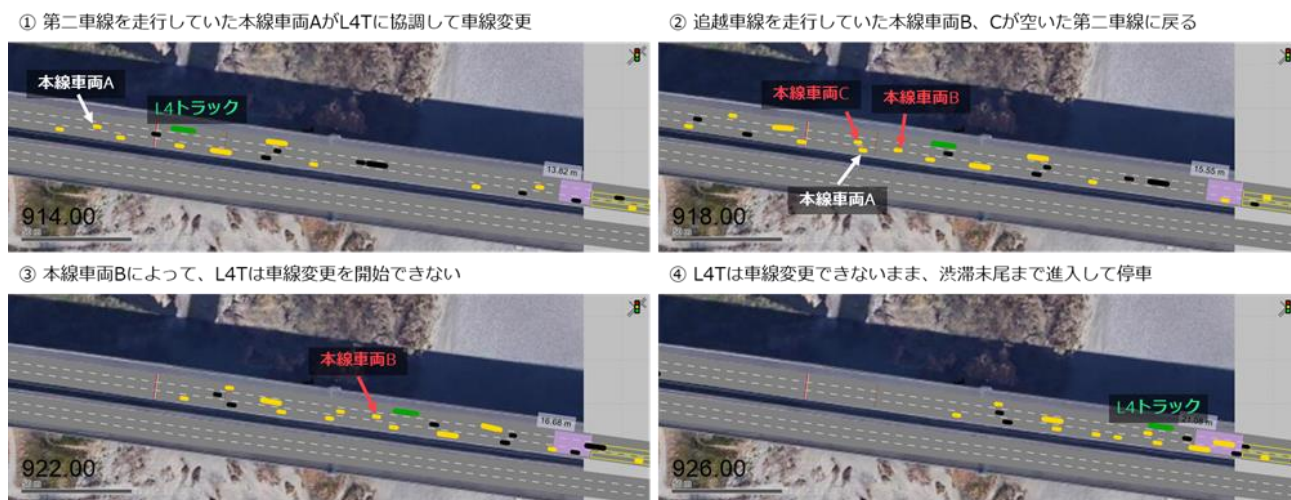


図 3.170 先読み情報受信による車線変更失敗シーン

II. シナリオ 2（事故などにより全車線が閉鎖）

急減速は先読み情報の受信によって第 2 車線にて僅かに減少がみられたが、まず急減速の発生要因を考察する。Vissim 内部モデルで述べた通り、減速に関連する相互作用状態が 8 種類あり、今回のシナリオで -3.0m/s^2 を超える急減速の原因となったのは Close up 及び Break AX である。

a) Close up による急減速の発生と回避要因

渋滞末尾の停止車両に続いて停止する際に Close up 状態に移行するが、立ち上りと停止直前の補正が入っているため、この時の減速度の最大値は設定値よりも 1~2 割程大きくなる。

小型車には中央値 -2.75m/s^2 、最大 3.0m/s^2 、最小 -2.55m/s^2 が設定されており、特に割り込み等の危険事象がなくても高頻度で -3.0m/s^2 を超える急減速が計測される。

先読み情報がなかった時に第 1 車線を 74.05km/h で走行中の小型車 A は、大型車 C の後続で停止できるように Close up 状態に移行して減速を開始し、そのまま減速度が 3.0m/s^2 を超えるようなシーンが観測された。

このとき小型車 B の走行速度が 73.53km/h と速く、小型車 A は小型車 B には反応していない。



図 3.171 Close up による急減速の発生

一方先読み情報を受信した場合、第 1 車線の低速で走行する自動運転 L4 トラックを避けて、第 2 車線や追越車線を走行する車両が増加する。同様のシーンで大型車 C は第 2 車線を走行しており、後続の小型車 B は既に減速を開始して 68.70km/h と低速で走行していた。

そのため小型車 A は小型車 B を追い越さないように Pass 状態に移行して事前に緩減速 (-1.0m/s^2) を開始しており、そのまま Close up 状態へ移行するため、すぐに減速度が立ち上がり、また下流に大きく減速している車両もいなかったため、減速度の最大値は 3.0m/s^2 を超えなかった。

① 小型車Aは小型車Bを追い越さないように緩減速



② 緩減速後、小型車Aは渋滞末尾で停止するように減速を開始



図 3.172 Close up による急減速の回避

b) Break AX による急減速の発生と回避要因

Break AX とは Vissim 内部モデルで述べたブレーキモードであり、車間距離が安全距離を下回ったときに衝突を回避するための急減速を行う。先行車の急減速や別の車両の割り込みによって発生する危険な状態である。

先読み情報がなかった時に追越車線を走行している小型車 A の前方に大型車 B が車線変更して割り込んできた。この割り込みによって小型車 A の車間距離が安全距離を下回り、Break AX 状態に移行して急制動を行った。

その後続の小型車 C も小型車 A が急減速を行ったことで車間距離が安全距離を下回り、立て続けに急制動を行う玉突き事故のヒヤリハットが生じた。その後、後続の 2 台は第 2 車線へと移動し危険を回避した。

① 大型車Bが小型車Aの前方に車線変更して割り込む



② 小型車Aは安全距離を下回り、急減速して衝突を回避



③ 小型車Cも安全距離を下回り、急減速して衝突を回避



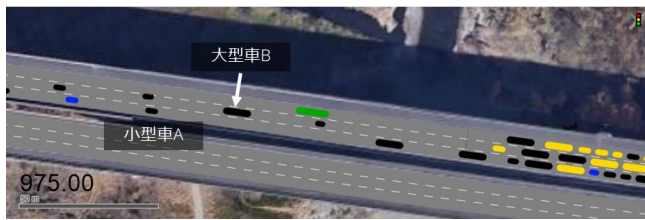
④ 小型車Cの後続2台は空いた第二車線へ車線変更



図 3.173 Break AX による急減速の発生

一方先読み情報を受信した場合、追越車線が混雑していたため大型車 B は第 2 走行車線を走行しており、小型車 A の前方には十分余裕があった。小型車 A は渋滞末尾で停止できるように減速を開始し、そのまま急減速することなく渋滞末尾で停止することができた。

① 小型車Aは渋滞末尾で停止できるように減速を開始



② そのまま急減速することなく渋滞末尾で停止

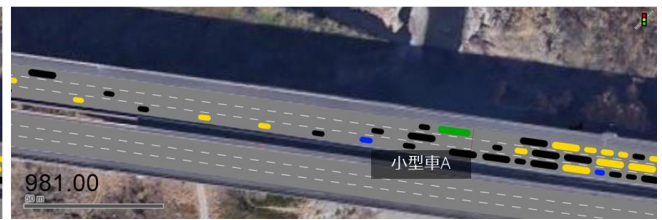


図 3.174 Break AX による急減速の回避

c) 車線変更の増加要因と急減速への影響

先読み情報を早く受信することで車線変更回数の総量が増加した。これは第一車線を時速 50km/h で走行する自動運転 L4 トラックを追い越すために一般車が第 2 車線へと車線変更し、さらにその車両を追い越すために追越車線への車線変更も増加したと考えられる。

車線変更が増加することで間に割り込む車両が増え、Break AX による急減速の発生回数が増加すると考えられるが急減速と車線変更の発生回数は比例していなかった。

これは自動運転 L4 トラックの追い越しは渋滞末尾ではなく、上流部で発生しているからだと考えられる。渋滞末尾付近では前が詰まっていることもあり、また先読み情報の取得有無によらず自動運転 L4 トラックは 50km/h に減速しているので追越側への車線変更の数は変化していない可能性がある。

一方で先読み情報を取得した場合は、自動運転 L4 トラック付近の第 2 車線及び追越車線の交通密度が高くなり、渋滞末尾付近ではどちらかという第 1 車線への車線変更が増えている可能性が高く、その場合交通密度が低い第 1 車線では急減速が発生しにくい。

① 50km/hに減速したL4トラックを追い越すために第二車線及び追越車線へ車線変更する車両が増える



② L4トラック付近の第二車線及び追越車線の交通密度が大きい状態で渋滞末尾に接近していく



③ 追越車線側の渋滞長が長くなり、渋滞末尾付近で空いている第一、第二車線への車線変更が増える



図 3.175 自動運転 L4 トラックの追越と第一車線への復帰

III. シナリオ 3（工事などにより全車線が速度規制）

急減速は先読み情報の受信によって第二車線及び追越車線にて僅かに減少がみられたが、Vissim 内部モデルの相互作用状態のうち、今回のシナリオで-3.0m/s²を超える急減速の原因となったのは Break BX である。速度規制区間に到達した車両は先行車がいなければ Free（自由走行）で減速するが、このときの減速度は小型車-2.55~-3.0m/s²、大型車-1.05~-1.5m/s² であり、特に補正はなく減速度-3.0m/s²を超えることはない。

a) Break BX による急減速の発生と回避要因

Break BX とは Vissim 内部モデルで述べたアプローチモードであり、低速で走行する先行車に接近する際に、速度を調整して安全距離に到達するまでに速度差がなくなるように減速する挙動となる。自由走行から追従に移るまでの移行状態であり本来危険な状態ではない。

先読み情報がなかった時に第 1 車線を走行中の大型車 A は、小型車 B が先に速度規制区間に入って減速したため、安全距離を保つために Break BX 状態に移行して減速を開始するが、小型車 B の減速度が-2.75m/s² と大きく徐々に相対速度が大きくなり急減速して速度を調整した。

① 小型車Bが速度規制区間に入り、減速を開始



② 大型車Aも減速するも、小型車Bとの相対速度が大きくなり急減速



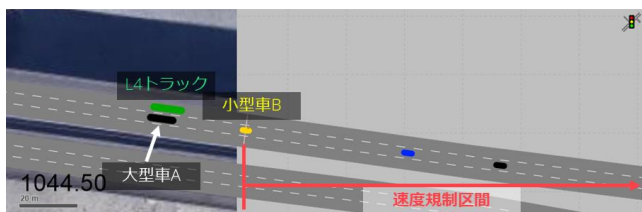
図 3.176 Break AX による急減速の発生

一方先読み情報を受信した場合、自動運転 L4 トラックが第一車線を 50km/h で走行していたため、大型車 A 及び小型車は自動運転 L4 トラックを避けて第 2 車線を走行していた。

小型車 B が速度規制区間に入ると、速度が落ちたことで第 2 車線を走行してよい条件（自由走行時間以内に他車を追い越さない）を満たせなくなり、第 1 車線に車線変更した。大型車 A の先行車がいなくなったため、Break BX から Free に移行し、希望減速度 1.32m/s^2 で減速して規制速度となるよう速度を調整した。

このように自動運転 L4 トラック付近を走行していた車両は、低速で走行する自動運転 L4 トラックの前方が空いているため回避して急減速を避けることができることがある。

① 小型車Bが速度規制区間に入り、減速を開始



② 小型車Bは第一車線に車線変更したため、大型車Aの先行車がいなくなる



図 3.177 Break AX による急減速の回避

b) 車線変更の増加要因と急減速への影響

先読み情報を早く受信することで車線変更回数の総量が増加した。これはシナリオ 2 と同様の理由で、第一車線を時速 50km/h で走行する自動運転 L4 トラックを追い越す車両が増えたからだと考えられる。

車線変更が増加することで間に割り込む車両が増え、その後規制区間に到達した車両がすぐに減速して後続車の急減速を誘発する可能性があるため、急減速の発生回数が増加すると考えられるが急減速と車線変更の発生回数は比例していなかった。

これは自動運転 L4 トラックの追い越しは規制区間近辺ではなく、上流部で発生しているからだと考えられる。規制区間に到達した車両は希望速度が 50km/h 程度まで減少するため、自動運転 L4 トラックとの速度差がなくなり、追い越しをする動機がなくなる。

第2車線及び追越車線を走行する条件が満たせなくなり、走行車線側に戻る行動が増えるため、結果的に規制区間での急減速の発生が減少した可能性がある。

(6) 今後の課題

今年度は、高速道路で自動運転 L4 トラックが利用できる先読み情報の入手先と、現在提供されている先読み情報の利用可能性の検討を行った。更に、先読み情報を受信した後のリスク回避挙動をテストコースで確認し、実際の交通環境における自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動の成立性と、周囲の交通流に与える影響をマイクロシミュレーションにより調査した。

今後は、マルチブランド実証実験により、これまでの検討結果を検証すると共に、安全で効率的な自動運転 L4 トラックの運用に資する先読み情報支援の在り方と、これに基づいた自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動を提案する。

① 先読み情報を利用したリスク回避につなげるシステム開発

- ・ 突発事象に対する先読み情報の検討
NEXCO 中日本実証実験⇒プローブ情報の利用可能性の検討（2024 年度）
- ・ 非突発事象に対する先読み情報の検討
マルチブランド実証実験⇒ETC2.0 情報の利用可能性の検討（2024・2025 年度）
- ・ 先読み情報支援の在り方検討
実証実験に基づく先読み情報の要件整理（2025 年度）
新たな先読み情報支援に関する提案（2025 年度）

② 先読み情報を利用して自動運転 L4 トラックがとるべき運転動作

- ・ 自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動の検証
実証車両におけるリスク回避挙動の作りこみ（2024 年度）
マルチブランド実証によるリスク回避挙動の成立性確認（2024・2025 年度）
- ・ 自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動の影響確認
マイクロシミュレーションによる検討（2024 年度）
マルチブランド実証による影響確認（2025 年度）
- ・ 自動運転 L4 トラックのリスク回避挙動の在り方検討
リスク回避挙動の標準化（2025 年度）

3.1.2.4. 緊急退避と緊急退避後の対応に係るリスク回避策案の検証

(1) はじめに

① 本報告の位置づけ

自動運転車両に異常、故障が発生した場合の対応（緊急退避とその後）の考え方については令和4年度の報告書の中で整理した。

本年度は、緊急退避時の車両挙動について、その要素となる減速量、減速度、路肩移動時の速度、路肩移動時の横移動速度について、後続する大型車の視点での受容性の評価、ACCで追従時の車両挙動の影響調査及び、黎明期において自動運転L4トラックに保安要員が乗車している時に、緊急退避（MRM）が作動した時を想定した受容性の評価を実施した。

緊急停止時の三角表示板の代わりとなる停止表示灯（紫灯）について試作品の視認性、受容性について、ランプの設置位置、ランプの仕様を変え受容性の評価を行った。

大手物流事業者のプロドライバーによる自車異常発生時の緊急退避挙動及び先行車両が路肩退避した場合の回避挙動を計測し、物流事業者（ドライバー含む）の方々に緊急退避の挙動（MRM）と停止後（MRC）の停止表示等について受容性評価を実施した。

② 本年度の実験概要及び仕様

本年度の緊急退避（MRM）の実験について、共通な部分を以下にまとめた。MRM作動を模擬するシステムは昨年度同様に先進モビリティのシステムを用いて実験評価を実施した。MRM挙動模擬システムのシステム概要を以下図に示す。

- ・実験車両：テーマ3標準評価車両（先進モビリティ殿所有）

HN プロフィア

MRM 模擬車両車番 : FW1AH-107640

M0 : つくば 100 は 4198

追従車車番 : FW1AH-107763

N0 : つくば 100 は 418

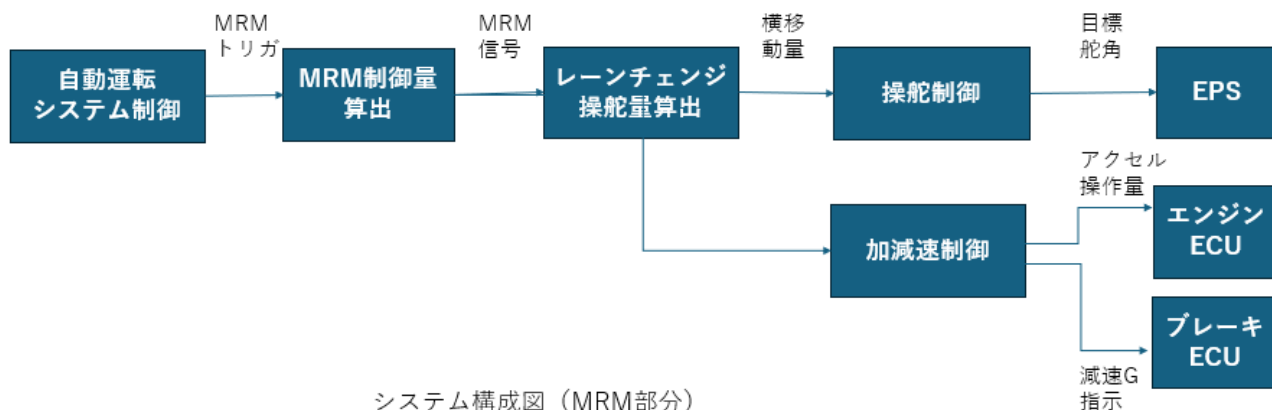


図 3.178 MRM 実験車システム概要図

MRM の挙動を左右するパラメータは、本線上での減速開始速度、終了速度、減速度、及び車線変更を開始する速度、車線変更中の横移動速度及び路肩内の減速度である。以下図に示すように実験では MRM の挙動を左右するパラメータを可変とした。

MRM 減速プロフィール

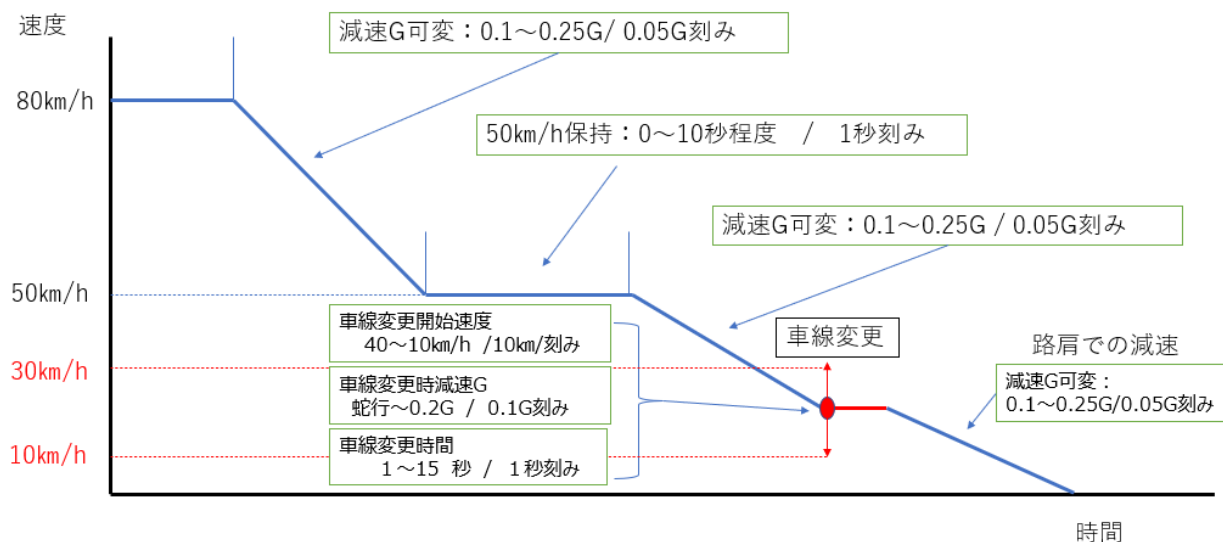


図 3.179 MRM 制御パラメータ概要図

I. パラメータの選定の考え方

MRM の作動域は、道交法上の最低速度及び第 6 期 ASV 推進検討会のドライバー異常時対応システム 発展型（路肩等退避型） 高速道路版 基本設計書（以下、

路肩退避型 EDSS と表記) を参照して検討中であり、今後関係省庁と協議の上ガイドライン作成の予定である。

II. 現在検討している MRM 仕様概要

- ・ MRM 作動速度は 50 km/h～10 km/h
(上限速度は、高速道路走行時の最低車速 50 km/h を想定)
(下限速度は、路肩退避型 EDSS の路肩移動時の速度)
- ・ 減速度は 0.25 以下 G
(路肩退避型 EDSS の制御仕様)
- ・ 路肩移動時の速度は 0.25m/s～0.63m/s
(上限速度は、ACSF カテゴリーC の速度)
(下限速度は、路肩退避型 EDSS の路肩移動時の速度)

尚、本年度までの MRM の実験結果(テストコース)より、横移動速度 0.57m/s の受容性が高い結果となっており、実験ではこの数値で実施した。

III. 実験場所

以下図 3.180 に示す産総研つくば事業所北 4 サイトの 1 周 3.8km のオーバーコースのホームストレート側で実施した。

産総研コース看板より

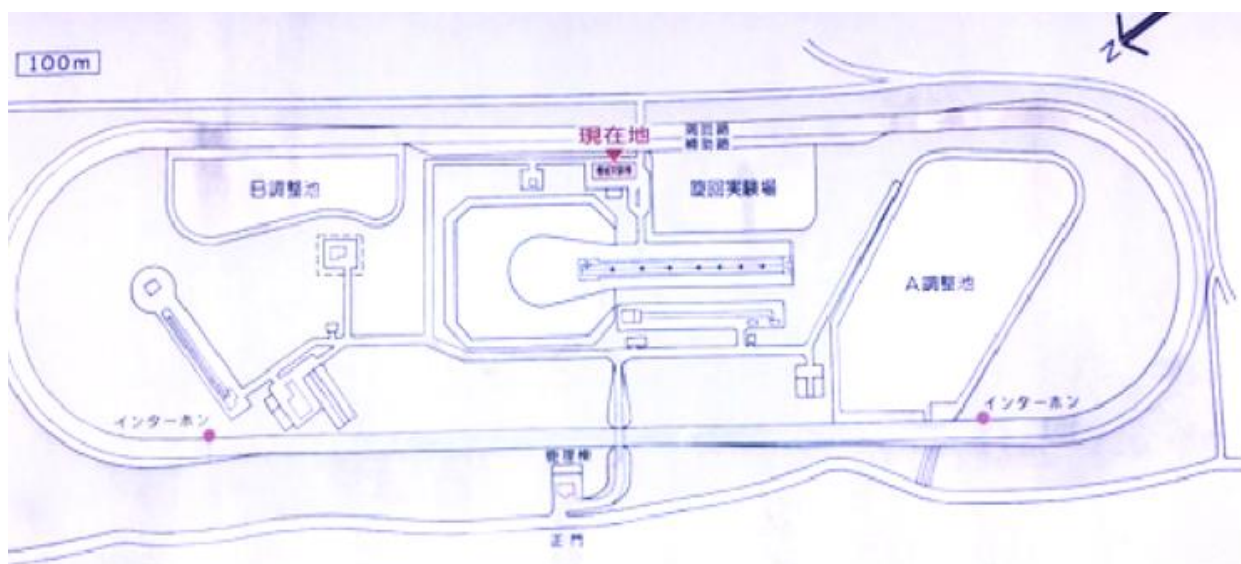


図 3.180 産総研北サイトコース概要図

IV. データ計測及びデータ解析

データ計測は、先進モビリティ殿所有のテーマ3標準評価車両に搭載されている計測・制御システムで実施し、データ解析も先進モビリティ殿が実施した。

(2) 後続車両視点（マニュアル運転）での MRM 作動時の受容性評価

① 目的

追従走行中、先行する自動運転車両に異常が発生して緊急退避した場合を想定し、先行車の緊急退避の車両挙動（MRM）を、後続車両乗員からの視点（安全に安心して対応できる）で受容性を評価した。

受容性評価の視点として走行車線での減速終了車速及び減速度、路肩移動開始時の速度、路肩移動時の横移動速度が追従車両からの視点で、感覚的、体感的に受容できるか評価する。車線内停止のケースも同様に評価した。

② 実施法（シナリオ）

周回路の直線部を 80 km/h、車間距離 60m（2.8 秒相当）マニュアル運転で追従走行する。突然自動運転を想定した先行車に異常が発生したと想定し MRM が作動する。追従車両は、車線内停止するか路肩まで緊急退避させる。

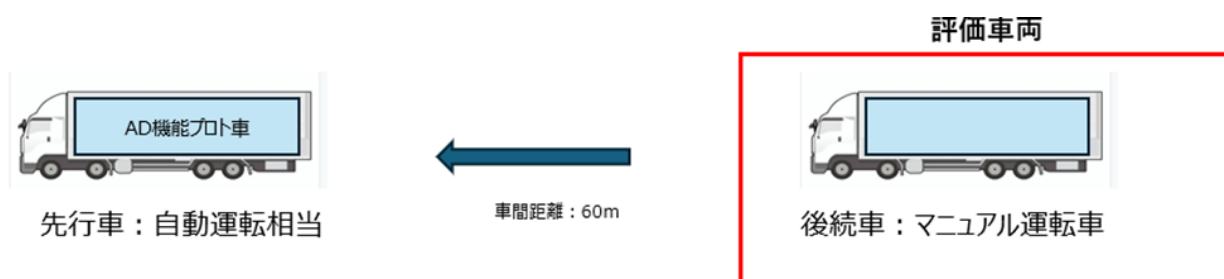


図 3.181 実験概要図

③ MRM 仕様

路肩停止の MRM の仕様は、昨年度までの検討経緯を踏まえ以下図に示す仕様を選定した。

仕様	速度 (km/h)	減速度 (G)	横移動速度 (m/s)
1	80→50	0.15	0.57
2	80→30	0.15	0.57
3	80→10	0.25	0.25

図 3.182 MRM 実験仕様路肩停止

車線内停止の MRM 仕様を以下図に示す。

仕様	速度 (km/h)	減速度(G)	備考
1	80→0	0.15	
2	80→0	0.25	EDSS上限値

図 3.183 MRM 実験仕様車線内停止

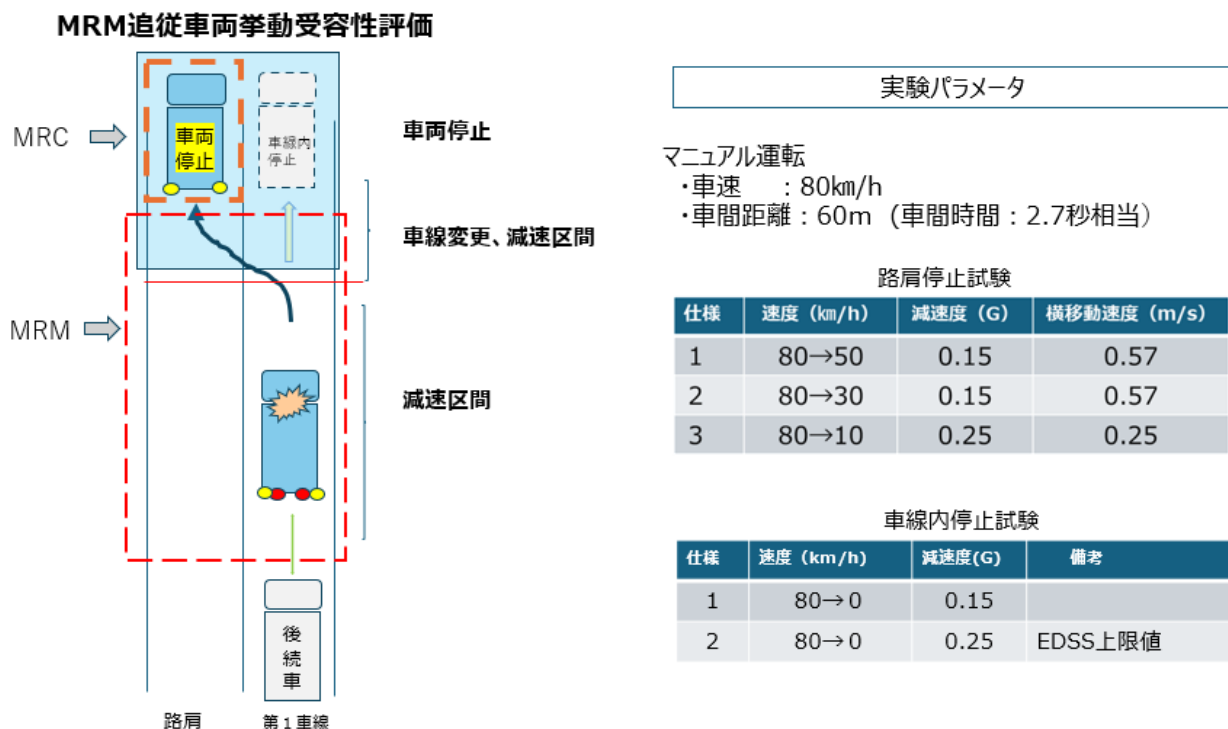


図 3.184 MRM 実験全体概要図

④ 評価と評価パネラー

評価パネラーは、テーマ3のOEMメンバーで実施した。評価は後続車両の助手席に着座し、アンケート形式で実施した。追従車両試験でのアンケート内容を以下に示す。

追従車両視点

- 路肩退避 …… 良いと思われるものにチェック☑をいれてください

仕様① 速度 : 80km/h⇒50km/h、減速度 : 0.15G、横移動速度 : 0.57m/s

仕様② 速度 : 80km/h⇒30km/h、減速度 : 0.15G、横移動速度 : 0.57m/s

仕様③ 速度 : 80km/h⇒10km/h、減速度 : 0.25G、横移動速度 : 0.25m/s

制御仕様に関するご感想やコメントをご記入願います (減速幅、減速度、横移動速度等)

- 車線内停止 …… 良いと思われるものにチェック☑をいれてください

仕様① 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.15G

仕様② 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.25G

ご感想やコメントをご記入願います。

- 外向き HMI …… 最も良いと思われるものにチェック☑をいれてください

仕様① リアコンビランプ間のみに設置 減光なし(877cd)

仕様② リアコンビランプ間のみに設置 減光仕様(530cd)

仕様③ リアコンビランプ間+車高灯左右に設置 減光なし(877cd)

仕様④ リアコンビランプ間+車高灯左右に設置 減光仕様(530cd)

ご感想やコメントを記入願います

⑤ 結果

・路肩退避の仕様

仕様 1：速度：80km/h⇒50km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

仕様 2：速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

仕様 3：速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

被検者 9 名の回答結果のまとめと各被検者のコメントを以下に示す。

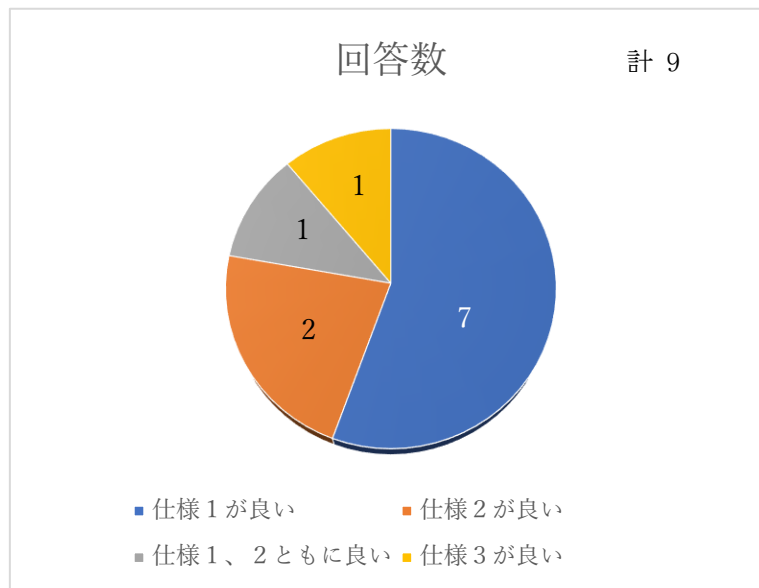


図 3.185 路肩退避型のアンケート集計結果

まとめ

- ・受容性視点の評価で被験者 9 名中、実験仕様 1 及び実験仕様 2 が良い回答は 9 名中 8 名と大多数であった。
- ・主な意見をまとめると、今回の実験仕様では、後続車両乗員視点では MRM 車両の減速後の速度が 50 km/h、減速度 0.15G、横移動速度 0.57m/s が評価が高い。一方、50 km/h で路肩に安全に進入できるかの懸念も示された。減速度 0.15G は受容性が高いが、0.25G は必要なケースも想定されるものの減速度が高くリスクの懸念も示された。横移動速度 0.57m/s は違和感ないが、0.25m/s は遅すぎの評価であった。
- ・一方、異常時のシステム的な視点から、できるだけ車線内で減速し、ゆっくり路肩に寄せるのが良いのではないかの指摘があった。

各被検者のコメント

被検者 A（仕様 1 が良いと回答）

- ・路肩移動の時に左に膨らむ
- ・条件①でも路肩移動はゆっくりという感じ
- ・条件によって白線に平行に停止しない
- ・車速の早い①が最も美しく停止していた

被検者 B（仕様 1、仕様 2 ともが良いと回答）

- ・①②共に良い
- ・③は急減速の印象

被検者 C（仕様 1 が良いと回答）

- ・異常を認識させる意味ではハザード+減速が有効、その後は自車の前から早くいなくなって欲しい
- ・30km/h まで減速すると下げ過ぎ
- ・車高灯のハザード、ブレーキ灯は有効

被検者 D（仕様 1 が良いと回答）

- ・後続車としては 50km/h だと余裕あるが、退避が必要な時に 50km/h で路肩に進入することができるか？

被検者 E（仕様 3 が良いと回答）

- ・どこが異常なのかが不定なので、ステアリング系にも不具合があることを考え、できるだけ車線内で減速し、ゆっくり路肩に寄るのが良いと思う
- ・路肩を走る二輪車にも配慮したい
- ・条件②が路肩寄せとしては一番きれい

被検者 F（仕様 1 が良いと回答）

- ・0.15G は追従車も違和感ない
- ・横移動速度 0.57m/s も違和感ない
- ・0.25G は状況により必要な場面も想定されるが、横速度 0.25m/s は遅すぎ
- ・路肩走行は異常事態なので問題なし

被検者 G（仕様 2 が良いと回答）

- ・①は緊急感が無い、普通に止まっている感じ、横移動速度は良い
- ・10km/h まで落とすと異常であることが分かる
- ・0.25G の減速は気を抜いていると危ない、0.25m/s は遅すぎる(危ない)

被検者 H（仕様 2 が良いと回答）

- ・②は異常が起こった事、停止しようとしていることが分かりやすい、後続車も安全
- ・③は危ない

被検者 I（仕様 1 が良いと回答）

- ・②は遅い

・車線内停止の仕様

仕様① 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.15G

仕様② 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.25G

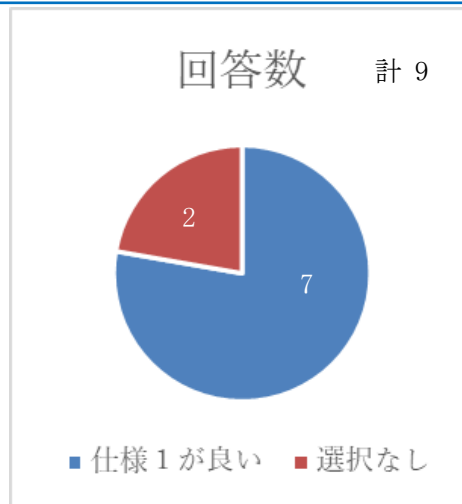


図 3.186 車線内停止アンケート集計結果

条件 1 の減速度：0.15G の受容性が高い。

条件 2 の減速度 0.25G は恐怖感や車間距離がつまり過ぎ、2 次被害の可能性を感じるコメントが示された。

被検者 A（仕様 1 が良いと回答）

- ・ 0.25G の減速は恐怖感あり

被検者 B（仕様 1 が良いと回答）

- ・ 良い

被検者 E（仕様 1 が良いと回答）

- ・ 標準ルールとして考えるのであれば、車線内で減速できる幅を持たせて 50km/h 以下まで減速し路肩に寄せるとしたい

被検者 G

- ・ 本線で普通に止まると、周囲からは何が起きているか分からない
外向き HMI とセットが必要、今の停止表示灯では止まってから出ないと点灯しない

被検者 H（仕様 1 が良いと回答）

- ・ ②は車間が詰まり過ぎる、二次被害の可能性を感じる

① 結論

後続車両乗員の視点では、MRM 車両の減速時の速度が 50 km/h、減速度 0.15G、横移動速度が 0.57m/s が好評である一方、50 km/h で路肩に安全に進入できるかの懸念も示された。

② 考察

今回の実験は、自車異常が発生しても車両制御が可能な前提での実験で、MRM 時の制御が後続車両へ及ぼす影響を後続車両の乗員視点での受容性として評価した。本実験は、MRM の仕様として考えられる上限の仕様 1（速度：80km/h⇒50km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s）と最も厳しい下限の仕様 3（速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s）及びその中間の仕様 2（速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s）で実施した。

追従走行時の後続車両の乗員視点では、前方の異常発生車両は可能な限り早く路肩へ移動し（仕様 1）、走路上の障害にならないことが望まれる結果となった。しかしながら、異常の発生状況次第では厳しい状況（仕様 3）となる可能もある事を認識しておく必要がある。

後続車両の安全対応としては、追従時の十分な車間距離を確保した走行や、異常発生による MRM 発動を後続車両に知らせる仕組みが必要と考える。

一方、実際の高速道路では路肩側にはガードレールや防音壁等があるが、本実験テストコース上の実験であり、路肩の構造物の再現はしていない自動運転 L4 トラックが高速道路上で異常が発生した場合、路肩を確実に認識し、安全に素早く路肩内に停止できることが必要になる。しかしながら、実際の高速道路上での実験も難しい現状があり今後の課題である。

(1) 保安要員視点での MRM 挙動等の受容性評価

① 目的

自動運転 L4 トラックが社会実装されていく黎明期は、運転に関与しない保安要員が乗車している可能性が高い。現時点では自動運転 L4 トラックが MRM を発動すると停止するまで自動的に制御され、保安要員の運転への介入はない前提としている。本実験では、走行中に突然 MRM が作動した時の保安要員視点での受容性を評価した。

受容性評価の視点

運転に関与しない保安要員が、これから MRM が発動することを認識できるか、MRM 作動中の減速及び減速度、路肩移動開始時の速度、路肩移動時の横移動速度等についての体感評価。

② 実施法（シナリオ）

- ・ 周回路の直線部を 80 km/h で走行中、当然、先行車に異常が発生したと想定。
- ・ 保安要員に緊急停止制御開始の通知（車内 HMI）
- ・ MRM 作動
- ・ 路肩まで緊急退避させる。

③ 実験仕様及び条件

・車内 HMI 仕様について

保安要員向け HMI の要求仕様について表 5 に示す。

今回は機能確認を目的とする為、注意喚起音、音声ガイド、HMI 画面描画のシンプルなものとした。

HMI の試作については先進モビリティ殿が実施した。



図 3.187 MRM 実験車両の HMI

テーマ3 標準評価車両 自車異常によるMRM時の室内HMI仕様概要（案）

	モニター表示		警報音＊	音声	備考
	イベント	ステータス			
平時	表示なし	表示なし	なし	なし	MRM機能限定とする
MRM開始前			ビッピッピ仕様①		
	システム異常（赤）	緊急制動開始		緊急停止します	MRM開始 3 秒前
MRM作動中			ビッピッピ仕様②		
	システム異常（赤）	緊急制動中		緊急停止します	
MRC （車両停止後）			ビッピッピ仕様③		
	システム異常（赤）	停止制御中		緊急停止しました	
					保安要員が解除想定

＊ 警報音の仕様

- ・警報音の周波数は 1500Hz～2500Hz程度 吹鳴中に休止時間を入れる（ビッピッピ）
- ・MRM中 停止時でメリハリつける、停止中は警告音の音量・音程・テンポを下げる

図 3.188 車内 HMI 要求仕様

・ MRM 制御仕様（振る舞い）

受容性を評価した時の MRM 制御仕様及び、MRM 車両の実際の動きの例を以下図に示す。

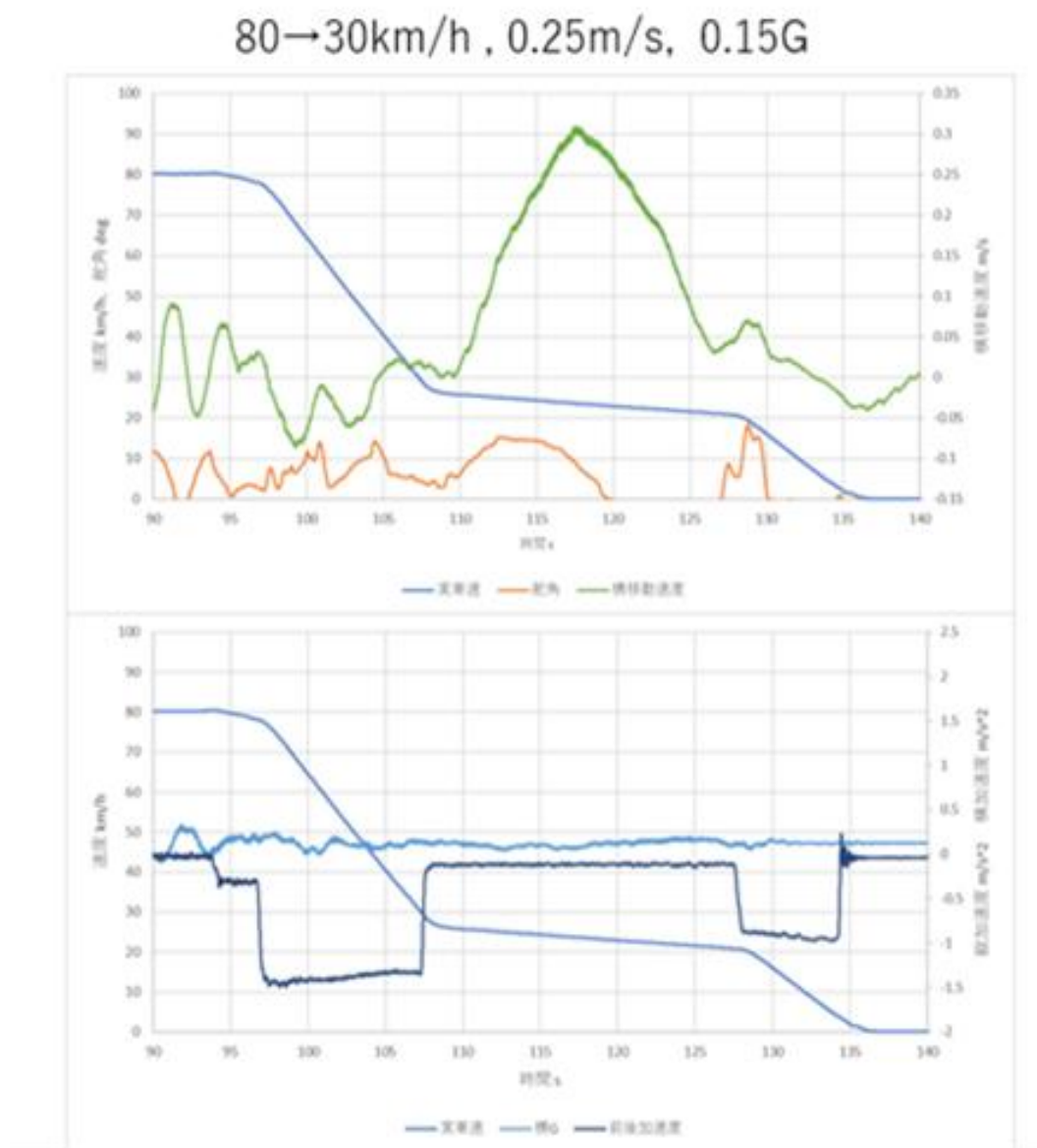


図 3.189 MRM 車両の挙動（例）

仕様	速度 (km/h)	減速度 (G)	横移動速度 (m/s)
1	80→50	0.15	0.57
2	80→30	0.15	0.57
3	80→10	0.25	0.25

図 3.190 MRM 実験仕様路肩停止

仕様	速度 (km/h)	減速度(G)	備考
1	80→0	0.15	
2	80→0	0.25	EDSS上限値

図 3.191 MRM 実験仕様 車線内停止

④ 受容性評価

- ・MRM の受容性について以下の内容で保安要員に対してアンケートを実施した。
評価パネラーは、テーマ 3 の OEM メンバーで保安要員を想定し助手席で評価した。

(2)保安要員視点

- 路肩退避 ……良いと思われるものにチェック☑をいれてください

☐条件① 速度：80km/h⇒50km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

☐条件② 速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

☐条件③ 速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

体験に関するご感想やコメントを記入願います

- 車線内停止 ……良いと思われるものにチェック☑をいれてください

☐条件① 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.15G

☐条件② 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.25 G

体感に関するご感想やコメントをご記入願います。

- 車内 HMI…MRM 発動⇒車両停止の周知方法として該当するものにチェック☑をいれてください

☐十分である ☐まあまあである ☐ふつう ☐すこし不十分 ☐不十分

ご感想や具体的な改善要望等コメントありましたらご記入願います

(注意喚起音、音声、モニタ表示等)

MRM 評価全体を通し、お気づきの点等ありましたらご記入願います。
物流事業者殿に確認していただく仕様についてコメントをお願いします。

⑤ 結果

I. 路肩退避

MRM 仕様

仕様 1：速度：80km/h⇒50km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

仕様 2：速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

仕様 3：速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

被検者 9 名の回答結果のまとめと各被検者のコメントを以下に示す。

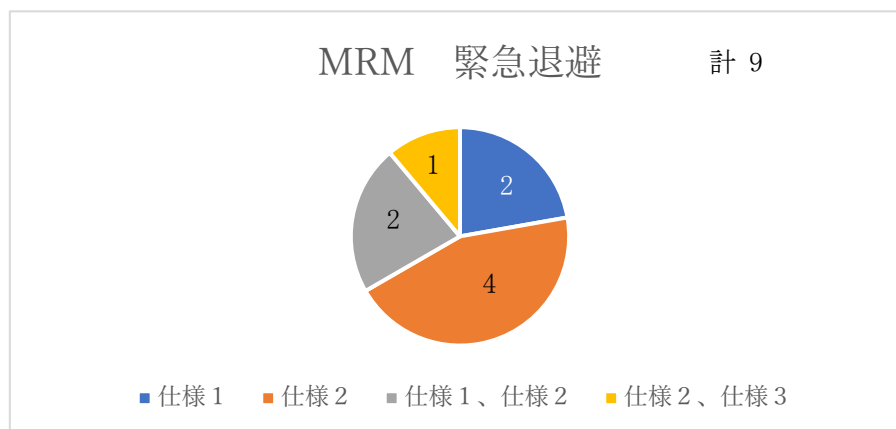


図 3.192 MRM 緊急退避アンケート集計結果

まとめ

- ・受容性の視点で、被験者 9 名中、実験仕様 1 及び実験仕様 2 が良い回答は 9 名中 8 名と大多数であった。仕様 3 が良い回答はなかった。
- ・主な意見をまとめると、保安要員の視点では 50 km/h から路肩へ移動し減速するのは、速すぎる印象と実際の路肩幅で可能かの懸念の声があった。
- ・横移動速度 0.57m/s は高評価で、0.25m/s は遅いという評価であった。

-
- ・路肩内では減速度を上げてても良いのでの意見もあり。
 - ・仕様 3 は減速が強すぎ、低速車線での走行が長すぎの意見があった。

各被検者のコメント

被検者 A（仕様 1 及び仕様 2 同じと回答）

- ・いずれの条件も車線内で平行に移動問題ない
- ・③は NG、減速 G 強すぎ且つ低速本線走行が長すぎ
- ・①か②は後続車目線で

被検者 B（仕様 2 とともに良いと回答）

- ・試験環境では①でも良いが、実際の路肩幅 (3m) を考えると①は不安有
- ・路肩に進入したら減速度を上げててもいいのではないか (停止距離の短縮)

被検者 C（仕様 1 及び仕様 2 が良いと回答）

- ・早く停止することを目的とするとレーンチェンジ時にブレーキ抜くのに違和感有。(雪、バースト時などはジャークの少ない操作なら良い)
- ・路肩に入ってからブレーキ停止まで短くて良い ①+路肩は G 挙げてても良い (路肩が短い回場合など)
- ・車両の故障状態により停止までのパターンは異なっても良いのでは (センサ系とバーストで異なっても良い)

被検者 D（仕様 1 が良いと回答）

- ・法定最低車速 50km/h→その後 0.25G がベストではないか
法定最低車速 50km/h まで 0.15G→路肩へ移動、路肩内 0.25G 減速が良い

被検者 E（仕様 2 及び仕様 3 が良いと回答）

- ・条件②の方が減速は良いが、どのタイミングで避けてくれるか予測しづらい

被検者 F（仕様 2 が良いと回答）

- ・③はなしだが、減速度を落とすと良いかもしれない
- ・50km/h から減速度を維持したまま車線変更するとよいのではないか。

被検者 G（仕様 2 が良いと回答）

- ・①路肩を 50km/h で走るのは危ない、横移動速度は良い
- ・減速度 0.25G は緊急度がドライバー (保安員) に伝わりやすい、横移動速度 0.25m/s は遅すぎる

被検者 H（仕様 2 が良いと回答）

- ・早く路肩に入って追突のリスクを回避した方が良い
- ・十分な路肩スペース (走行距離) が必要だが、二次災害の可能性を下げた方が良い

被検者 I（仕様 1 が良いと回答）

- ・①は安心感あり

Ⅱ. 車線内停止

MRM 仕様

仕様 1 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.15G

仕様 2 速度：80km/h⇒0km/h、減速度：0.25G

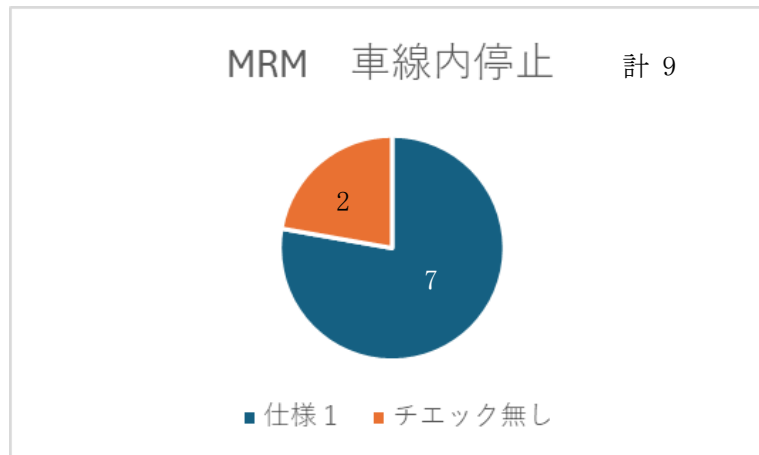


図 3.193 MRM 車線内停止アンケート集計結果

まとめ

- ・車線内停止については、大部分が減速度 0.15G の方が良いと回答
- ・MRM 車の 0.25G での車線内停止は、減速度が強すぎ、後続車両が避け切れるか、追突の懸念も示された。
- ・積荷の影響を懸念する声もあった。

主な意見

- ・②はない
- ・路肩が無いエリアでの対応イメージ
- ・自動運転車にとっては早く止めるべきだと思うが、後続車にとっては(またはもっと後ろの車両にとっても)0.25G では強い気がする
- ・後続車は 0.25G だと避けることが難しいと思う
- ・0.25G は周辺、自車ともに厳しい
- ・0.25G は積荷の影響がありそう

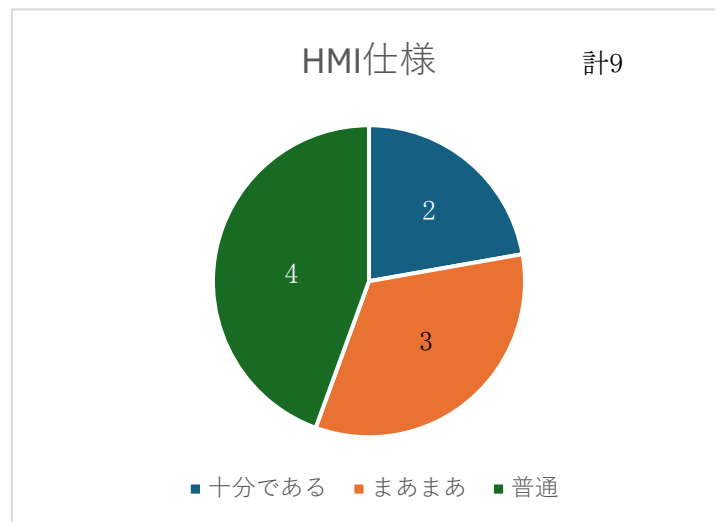


図 3.194 車内 HMI アンケート集計結果

まとめ

- ・ MHI の評価については、否定的なコメントはなく受容されていた。
- ・ 今回の仕様は、基本的なシンプルなものとしたが、基本機能は十分と推測する。
- ・ 以下に示す意見は、今後作り込みの時の課題である。

主な意見

- ・ シンプルな方が良い
- ・ 今日のもので十分では
- ・ 表示と音よい
- ・ 音はもう少し大きい方が良い
- ・ 他に提供情報無ければ、もう少し大きめの文字でも良い
- ・ 車両停止後もキャンセルされるまでブザー等は継続して欲しい
- ・ 路肩・車線内停止が分かると良い
- ・ もっとインパクトのある画像が良い
- ・ 音量をもっと大

(4) ACC 追従走行時、先行車の MRM 仕様による追従車両の影響調査

I. 目的

実際の高速道路走行時は、マニュアル運転車も想定されるが、ACC での走行も多いと想定しておく必要がある。

自動運転 L4 トラックが自車異常により MRM を作動した場合、ACC で走行中の後続車両の挙動に及ぼす影響調査した。

II. はじめに

実験車両とデータ計測

- ・ACC 車として使用した車両は、テーマ 3 の標準評車両（先進モビリティ所有）である。先行車の検出、判定及び ACC 制御については先進モビリティ独自のものがあり、市販化しているものではない。
- ・ACC については、世の中に普及しているが、その性能（車両挙動）については各社各様である。
以上の状況を踏まえ、本実験の評価は細部の定量的解析ではなく、定性的な傾向を探るものとした。
- ・データ計測は設備借用の関係上、時間が限られている中で実施しており、各パラメータで広く計測する事を優先しデータ計測は 1 回とした。
- ・実験データの解析は先進モビリティ殿が実施した。

評価の視点

- ・MRM 制御仕様（減速量、減速度、路肩移動時の速度、横移動速度等）が後続 ACC 車両の車両挙動に及ぼす影響
- ・ACC の設定車間距離による後続車両の影響（減速度、車間距離）

III. 実施法（シナリオ）

- ・車速 80 km/h、ACC で追従走行（車間時間を可変して走行）
- ・先行車が MRM を作動
- ・追従車両（ACC）が減速制御し車間距離、速度を調整
- ・先行車が路肩停止
- ・後続車両（ACC）が再加速、もしくは、ドライバーの回避行動



図 3.195 MRM 実験概要



図 3.196 MRM 車両の様子（路肩移動）

④ 実験条件

実験概要及び実験条件を以下に示す。

MRM の仕様

減速量：80→50 km/h 80→30 km/h の 2 水準*

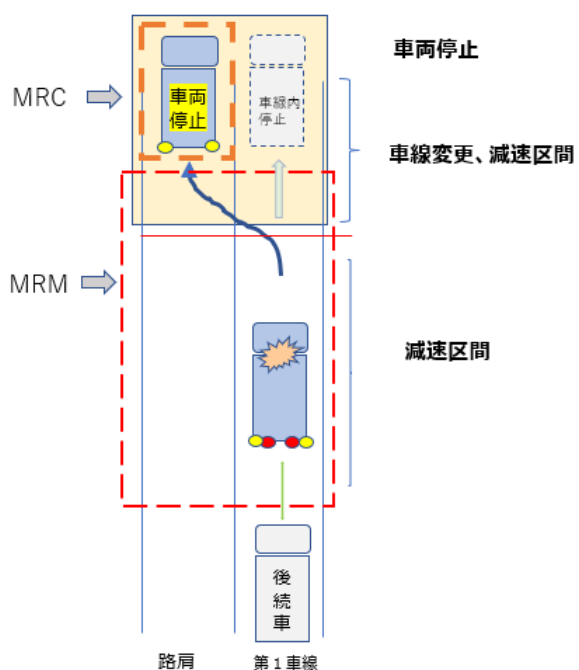
減速度：0.15G 0.25G の 2 水準

横移動速度：0.25m/s 0.57m/s の 2 水準

*減速量 10 km/h も検討したが、システム上惰行走行として
いる為、操舵が入ると速度維持ができず割愛した。

ACC の車間時間：1.8 秒 2.4 秒 3.0 秒の 3 水準

先行車MRM作動時の追従車両(ACC)の挙動評価



実験パラメータ

・試験条件
車速 : 80km/h

路肩停止試験

項目	水準	値
ACC 車間時間 (s)	3	1.8 2.4 3.0
MRM 減速度 (G)	2	0.15 0.25
車線変更時速度* (km/h)	3	10 30 50
横移動速度 (m/s)	2	0.25 0.57

*車線変更時速度は、本線上での減速後の速度と同じ

図 3.197 MRM 実験概要図

ID	車間時間(S)	速度(km/h)	減速度(G)	横移動速度(m/s)	ID
1	1.8	80→50	0.15	0.25	1.8 ;50;0.15;0.25
2	1.8	80→50	0.15	0.57	1.8 ;50;0.15;0.57
3	1.8	80→50	0.25	0.25	1.8 ;50;0.25;0.25
4	1.8	80→50	0.25	0.57	1.8 ;50;0.25;0.57
5	1.8	80→30	0.15	0.25	1.8 ;30;0.15;0.25
6	1.8	80→30	0.15	0.57	1.8 ;30;0.15;0.57
7	1.8	80→30	0.25	0.25	1.8 ;30;0.25;0.25
8	1.8	80→30	0.25	0.57	1.8 ;30;0.25;0.57
9	2.4	80→50	0.15	0.25	1.8 ;50;0.15;0.25
10	2.4	80→50	0.25	0.57	1.8 ;50;0.15;0.57
11	2.4	80→50	0.25	0.25	1.8 ;50;0.25;0.25
12	2.4	80→50	0.25	0.57	1.8 ;50;0.25;0.57
13	2.4	80→30	0.15	0.25	1.8 ;30;0.15;0.25
14	2.4	80→30	0.15	0.57	1.8 ;30;0.15;0.57
15	2.4	80→30	0.15	0.25	1.8 ;30;0.25;0.25
16	2.4	80→30	0.25	0.57	1.8 ;30;0.25;0.57
17	3	80→50	0.15	0.25	1.8 ;50;0.15;0.25
18	3	80→50	0.25	0.57	1.8 ;50;0.15;0.57
19	3	80→50	0.25	0.25	1.8 ;50;0.25;0.25
20	3	80→50	0.25	0.57	1.8 ;50;0.25;0.57
21	3	80→30	0.15	0.25	1.8 ;30;0.15;0.25
22	3	80→30	0.15	0.57	1.8 ;30;0.15;0.57
23	3	80→30	0.15	0.25	1.8 ;30;0.25;0.25
24	3	80→30	0.25	0.57	1.8 ;30;0.25;0.57

図 3.198 実験仕様一覧

⑤ 結果

自動運転 L4 トラックを想定した先行車の MRM 仕様が、後続車として ACC で追従している車両挙動に及ぼす影響を解析した結果を以下に示す。

データ解析・整理の視点

- 各条件における全実験データ（数値）を並べ、MRM の仕様が ACC で走行する追従車両の挙動に影響する要因を俯瞰した。
- MRM 作動車両の挙動に対して後続車両（ACC）の車両挙動の影響として、速度、発生減速度、車間距離の視点で解析した。
具体的には、先行車が MRM 作動中における追従車両の平均減速度、最小車間距離、最小車間距離時の速度、及び一つの指標として最小差車間距離とその時の速度を乗じた値を安全指標として示して評価した。
- 追従車両（ACC）の挙動として、調整する減速度（G）が低く、結果として先行車との車間距離が大きい程、先行車に対しての安全性が保たれる、また、調整後の車速が高い程、後続する車両に安全な方向となる。
- 安全指数は、先行車に対しては車間距離が大きい程、後続車両に対しては速度が高い程、相対速度差が少なくなり安全な方向となる。
- 解析 1 では、グラフは各 MRM 仕様時に追従車両で計測した減速度、最小車間距離、最小車間距離時の速度の全計測データを棒グラフで示した。
それぞれの計測値の上位と下位の 5 ケースを比較し後続車への影響が大きい要因を探る。
- 解析は減速中のケースと MRM 車が路肩に移動し再加速するケースで行った。
尚、グラフ上のデータ ID は以下である。
例（1.8 ;50;0.15;0.25）＝（車間時間；減速車速；減速度；横移動速）
- 解析 2 では、MRM 車両の減速度（G）と減速量（ Δ km/h）の影響を時系列データをグラフ化し傾向を俯瞰した。

解析 1

・減速度

各実験仕様における追従車両の減速度（平均値）を以下に示す。

平均G

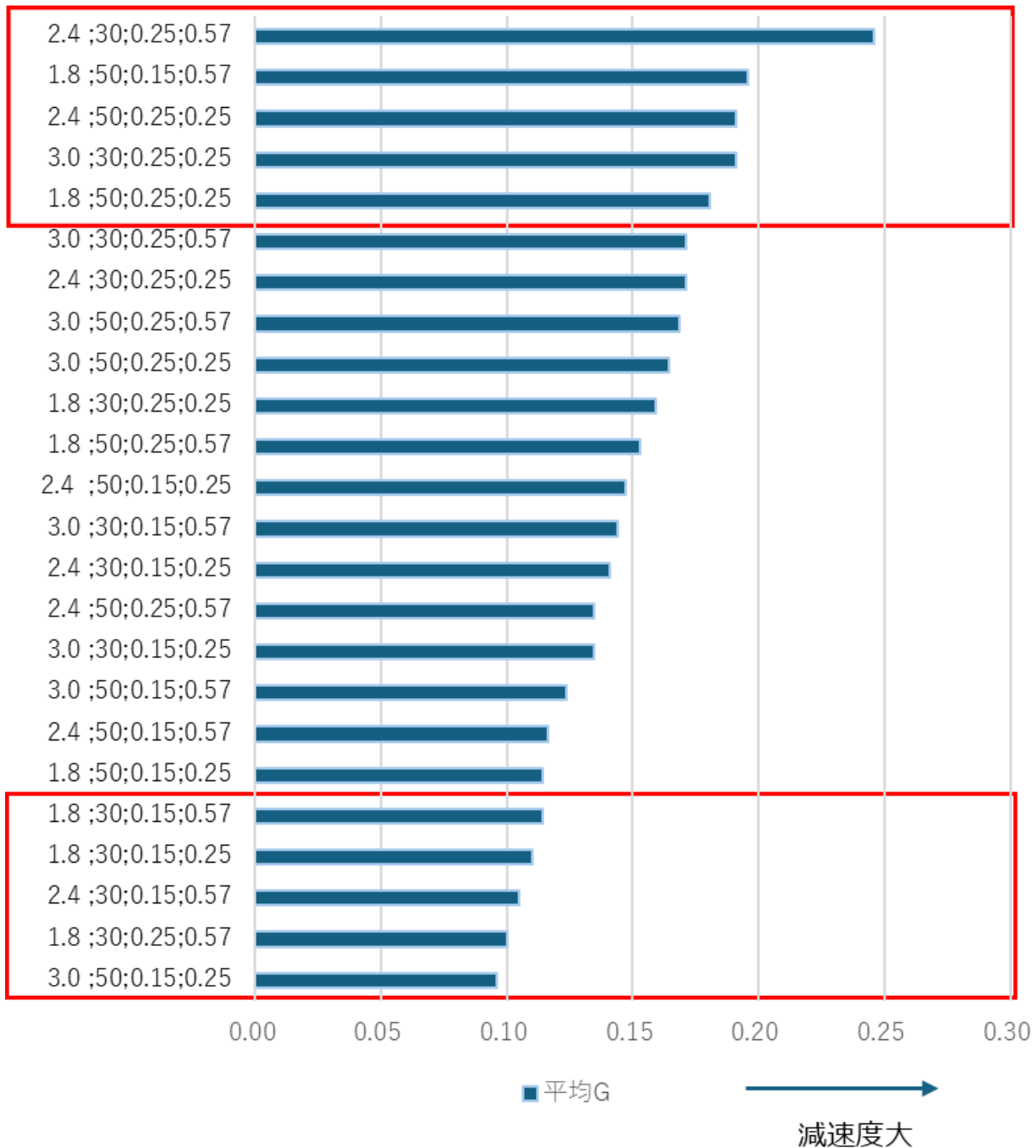


図 3.199 追従車両平均減速度

- ・ 追従する ACC 車両の減速の高い赤枠グループの平均減速度が 0.2G で、減速度が低いグループの平均は 0.11G であり、0.09G の差がある。
追従車両の減速度の高いグループは、MRM 仕様の減速度 0.25G のケースが多い。
- ・ 一方、減速度が低いグループは 0.15G のケースが多い。

- ・ 追従車両の平均減速度については、車間時間、MRM 車の減速度（km/h）の影響より減速度（G）の要因が大きいと推測される。
- ・ 最小車間距離
各実験仕様における追従車両の最小車間距離を以下に示す。

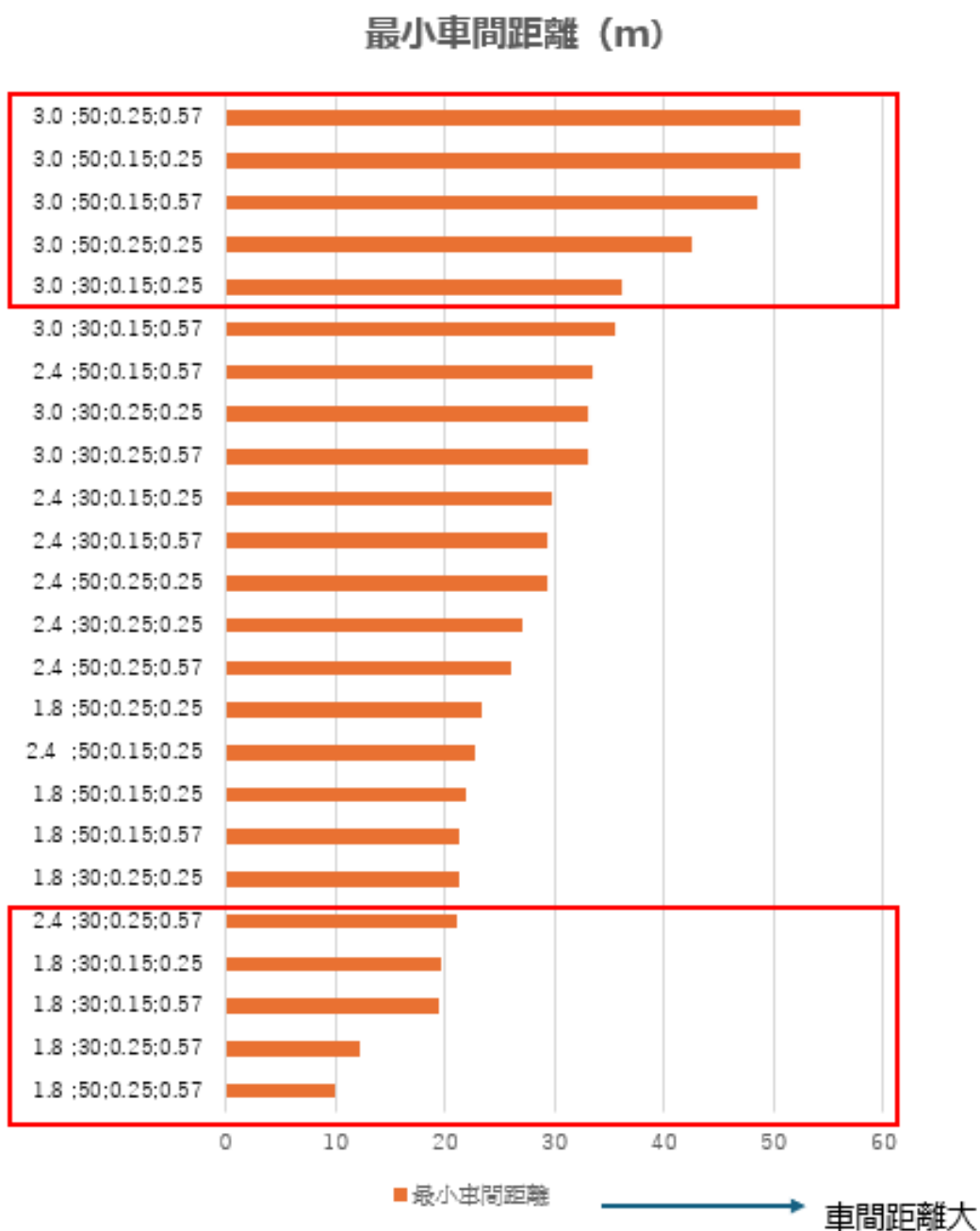


図 3.200 追従車両最小車間距離

- ・ 追従する ACC 車両の最小車間距離が長い赤枠グループの平均が 46m で、最小車間距離が短いグループは 16m であり、その差が 30m であった。

最小車間距離が長いグループは、車間時間（3 秒）と MRM の減速量（80→50 km/h）時のケースが支配的であった。

- 一方、最小車間距離が短いグループは、車間時間（1.8 秒）、MRM の減速量（80→30 km/h）時のケースが支配的であった。
- 最小車間距離については、MRM の減速量（km/h）と ACC の設定車間の要因が大きいと推測される。

- 最小車間距離時の速度

各実験仕様における追従車両の最小車間距離時の速度を以下に示す。

最小車間距離時の速度 (km/h)

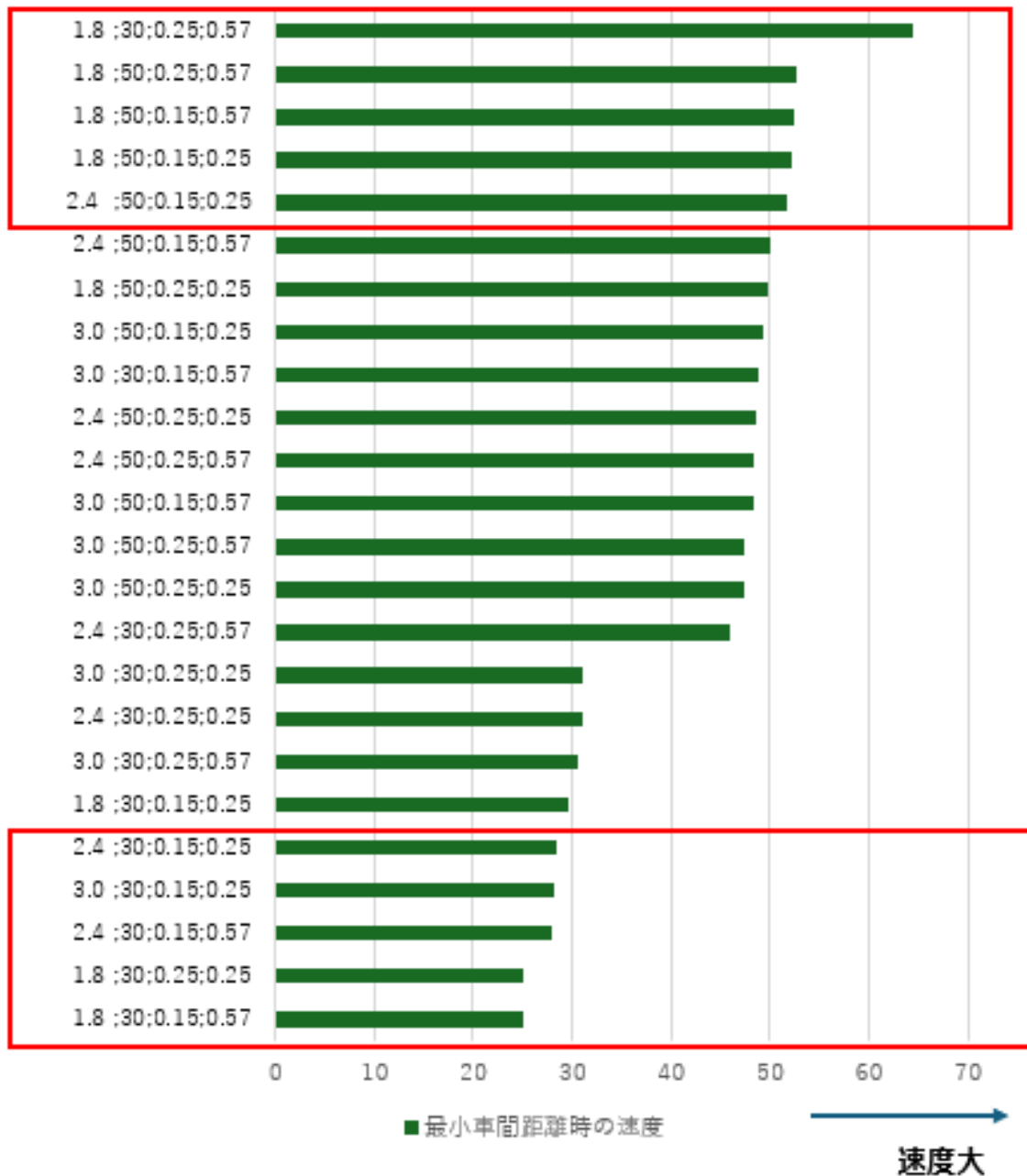


図 3.201 追従車両最小車間距離時の速度

- ・ 追従する車両 (ACC) の最小車間距離となった時の車速が高いグループの平均車速は 54km/h で、車速が低いグループの車速の平均は 26.8 km/h であり、その差は約 27 km/h であった。

最小車間距離の車速が高いグループは、車間時間 1.8 秒と MRM の減速量 (80→50 km/h) の組み合わせが多く、先行車の MRM 減速量の要因が大きいと推測される。

・安全評価指数

各実験仕様における追従車両の安全指数を以下に示す。

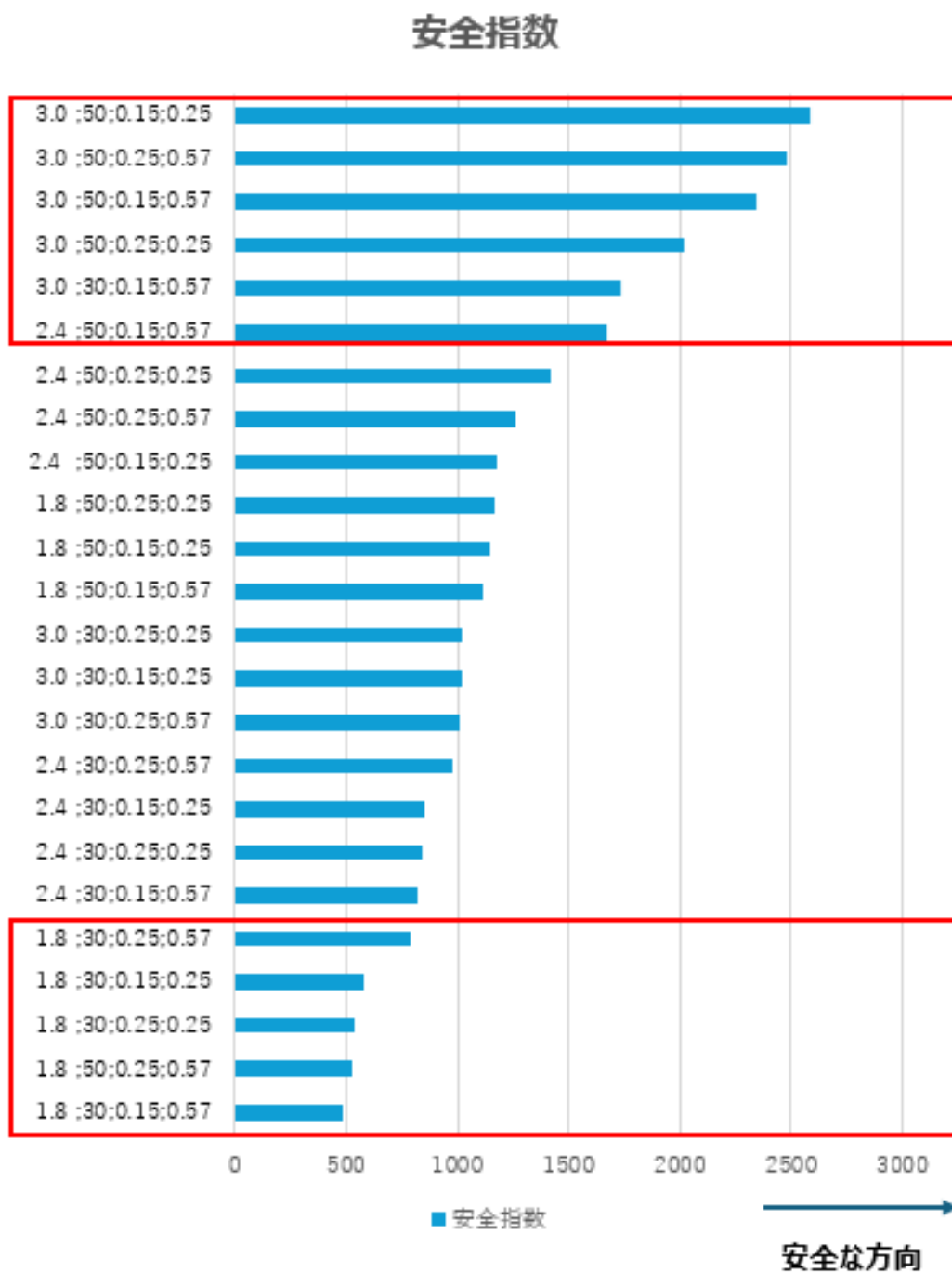


図 3.202 安全係数

・最小差車間距離とその時の速度を乗じた安全指標で評価すると安全指数の高いグ

ループは、車間時間 3 秒、速度低減量（80→50 km/h）であり、安全指数が低いグループは車間時間 1.8 秒、速度低減量（80→30 km/h）のグループとなり顕著な差となった。それぞれ、減速度は 0.15G、0.25G が混在しているが、車間時間と減速度の要因が大きいと推測される。

先行車（ACC）再加速状態時における影響

MRM 車が路肩に移動し、追従車（ACC）が再加速した時の先行車との最小車間距離及びその時の速度の関係を示した。

・ 最小車間距離

各実験仕様における追従車両の最小車間距離を以下に示す。

最小車間距離 (m)

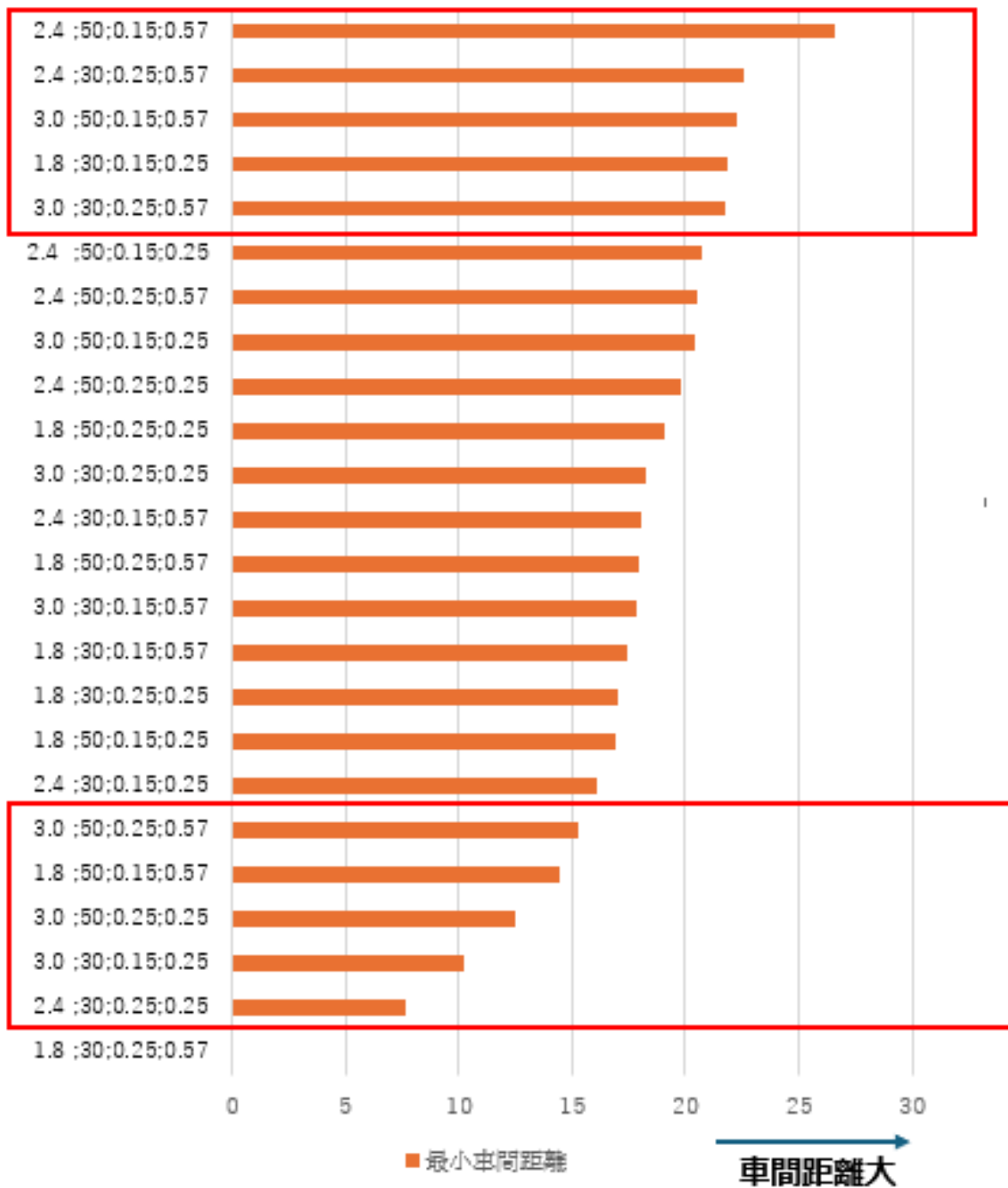


図 3.203 追従車両再加速時の車間距離

- ・ 最小車間距離の長いグループの最小車間距離の平均は 23m であり、最小差車間距離の短いグループの最小車間距離の平均は 12m であり差が 11m であった。
- ・ 要因と想定される MRM の条件を見ると、車間時間、速度低減量、減速度は混在しているが、横移動速度 0.57m/s が共通している。

横移動速度が速い仕様の方が、早く路肩に移動する為、車間距離が確保できていると推測される。

- ・一方、最小差車間距離の低いグループは、高いグループ程顕著でないものの移動速度 0.25m/s が多く影響していると推測される。

・最小車間距離時の速度

各実験仕様における追従車両の最小車間距離時の速度を以下に示す。

最小車間距離時の速度(km/h)

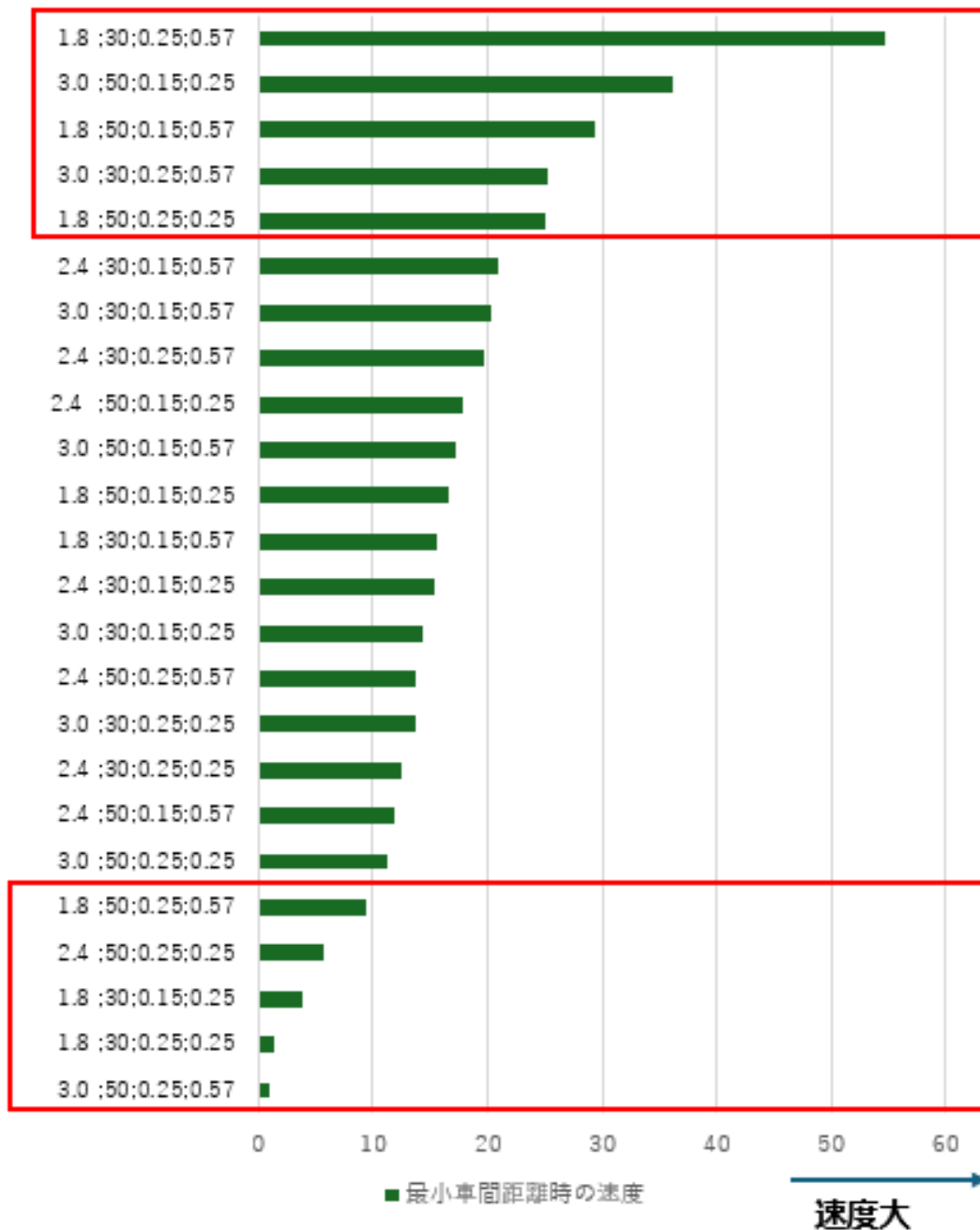


図 3.204 追従車両再加速時の速度

- ・ 最小差車間距離時の速度の高いグループの车速の平均は 34 km/h、低いグループの车速の平均は 4.2 km/h で差が約 30 km/h であった。
- ・ 要因と想定される MRM の条件を見ると、車間時間、速度低減量、減速度は混在しているが、横移動速度 0.57m/s が共通項目として多い、
- ・ 一方、最小差車間距離の低いグループは、高いグループ程顕著でないものの移動速 0.25m/s の仕様が多数。

横移動速度が遅い仕様の方は、路肩に移動するのに時間がかかり、追従車両の速度への影響が大きいと推測される。

- ・追従車両の再加速時の速度は、MRM 車の横移動速度が影響していると推測される。

解析 1 のまとめ

追従車の減速時の影響

- ・減速度（平均）については、車間時間、減速量（何 km/h）の影響よりも MRM 車の減速度（G）に関係してそうである。
- ・最小車間距離については、MRM 車の減速量と ACC の設定車間に関係がありそうである。
- ・最小車間距離の车速については、先行車の MRM 減速量に関係がありそうである。
- ・安全係数は、評価指標として使えそうである。

追従車の再加速時の影響

- ・最小車間距離については、MRM 仕様の横移動量が関係していそうである。
- ・最小車間時の速度については、横移動量が関係していそうである。

解析 2

追従車両の ACC 設定車間時間 T（秒）と、MRM 作動車両の減速速度（km/h）及び、減速度（G）、横移動速度（m/s）の関係について、時系列データを解析、俯瞰し傾向をまとめた。

MRM 仕様の減速 G が追従車両（ACC）に及ぼす影響

- ・各実験仕様における追従車両の挙動を減速度の視点でまとめた図を以下に示す。

要因別

1) 減速度の影響

- a) 先行車が0.15G時の追従車両の車両挙動（紺）
b) 先行車が0.25G時の追従車両の車両挙動（オレンジ）

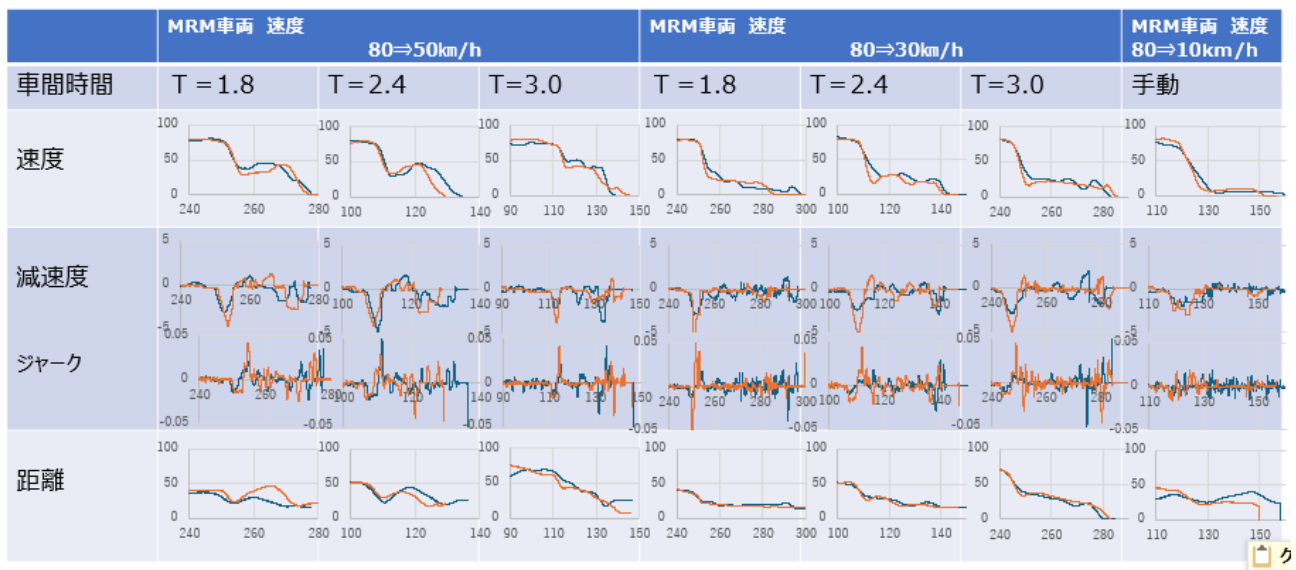


図 3.205 車間時間と MRM 仕様が追従車に及ぼす影響（減速度視点）

車間時間 T の影響

- ACC の車間時間が大きい程、追従車両の速度が高く、MRM 車の減速の影響が小さい。
この傾向は MRM 車の減速終了時の速度が高い方がその傾向を示している
- ACC の車間時間が小さい程、速度の傾き大＝減速度が大きい
この傾向は、MRM の減速幅（80 km/h から何km/h まで減速）が大きい程顕著である。
- 車間時間が大きい程、追従車両は安全な方向である事を示している。

減速量の影響

- MRM 車の減速量（km/h）が大きい方が、同じ車間時間でも追従車の速度が低く、ACC の速度調整幅が大きい
- MRM 車の減速量（km/h）が大きいと、車間時間 3 秒でも速度変化への影響、車間距離の影響が大きい。

減速度の影響

- MRM 作動減速度（G）が大きい程、追従車両の減速量が大きい。
- 追従車両の減速度（G）は、MRM の減速量（km/h）が大きい程、大きい傾向がある。
また、減速開始からの減速度の立ち上がり大きい。

結果のまとめ

- 追従車両は、先行車の MRM 仕様の要素である減速量（km/h）、減速度（G）の影響

- を受け、それぞれの値が大きい程、挙動が大きくなる
- ・ 追従走行時の車間時間が大きい程、MRM 車の減速の影響が小さい。
すなわち、速度変化が小さく追従車両に対し安全な方向となる。

減速量が追従する車両（ACC）に及ぼす影響

MRM 車の減速度が 0.15G で、減速が 80→50 km/h、80→30 km/h、80→10 km/h 時において、追従する車両（ACC）の挙動概要を以下に示した。

要因別

2) 減速量の影響

- a) 先行車 80⇒50km/h 減速時の追従車両の車両挙動（紺）
- b) 先行車 80⇒30km/h 減速時の追従車両の車両挙動（オレンジ）
- c) 先行車 80⇒10km/h 減速時の追従車両の車両挙動（緑）

減速度 0.15G

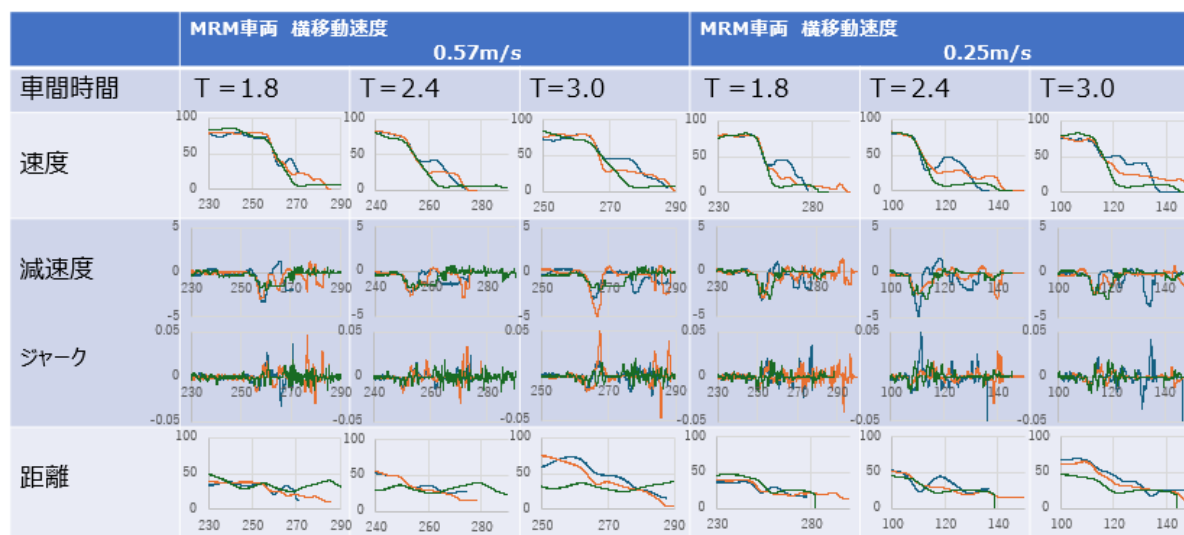


図 3.206 MRM 車の減速量が追従車に及ぼす影響

追従車両の速度への影響

- ・ 追従車の速度が高い順は、MRM 車の 80→50 km/h > 80→30 km/h > 80→10 km/h であり、MRM 車の減速量の差が追従車の速度の傾向に現れている。
車間時間が短い程、速度の傾き＝減速度が大きい傾向がある。
追従車両（ACC）の車間調整後の速度が高く、減速度時の減速度が小さい程、その後走行する車両が存在する時には安全方向となる。
- ・ MRM 車の 50 km/h、30 km/h までの減速では、追従車（ACC）は、一度それぞれの速度まで減速したあと減速を緩めで走行し、その後再び減速している。
これは ACC の車間調整機能の結果である。
- ・ MRM 車の 10 km/h までの減速のケースでは、追従車（ACC）も一気に 10 km/h まで減速している厳しい条件である。この時、追従車の後方にも車両が走行しているケースでは更に厳しい状況になる事が予測される。

追従車両の車間距離への影響

- ・車間距離についても概ね速度と同様な傾向を示してる。

⑥ 結論

- ・先行車両が MRM を発動した時の追従車両への影響を定性的に解析し俯瞰した。
- ・MRM の仕様は、追従車両の挙動に影響を与えており、追従走行時も想定した配慮が必要である。
- ・MRM が発動した時に追従車に影響を与える要因は、減速度（G）と減速量（何km/h まで減速させるか）、路肩移動時の横移動速度である事を確認した。
- ・追従走行時の車間距離は、車両挙動への影響も大きく、先行車する車両が緊急退避する可能性がある事を配慮した車間距離で走行する事が望ましい。

⑦ 考察

- ・ACC は、自車の速度、先行車との車間距離、相対速度等で重みづけを行い自車の速度を調整する。冒頭で述べたが、その制御は各社各様であり ACC としての挙動も異なる。
- ・今回の実験は、先行車の減速状態の検出、ACC 車のブレーキ作動タイミング、かけ方、制動量は、先進モビリティ殿の ACC システム仕様での結果である。
結果は 1 回の実験結果であり、バラツキ等は考慮できていないが、結果は概ね想定した傾向を示している。
- ・MRM の仕様としては、車両異常の発生状態や緊急度、車両を想定通り制御できる状態であるかの状況にもよるが、できるだけ減速度は小さく、本線上での減速量（km/h）を低く、できるだけ早く路肩に移動（走行車線から移動）させ減速する事が追従車両への安全な方向となる。
- ・追従車両の安全な走行には、できるだけ車間距離を長く確保し走行する事が望ましい。
一方、燃費向上を狙い、短車間距離で走行させる場合も想定さるが、その場合、CACC の採用や、MRM 発動を V2V で追従車、後続車に知らせる（自律系センサが MRM 車の減速を検知して制動をかける前に）が有効と思われる。

(5) 緊急停止時の停止表示灯の受容性評価

① 目的

安全な場所、もしくは路肩に緊急退避した際には、後方からの走行車両に対し停止表示をしなければならない。これまで一般的には三角表示板を車両後方に配置することで対応していたが、将来的に無人が想定される当該車両においては、灯火式の停止表示器材（停止表示灯）にて知らしめる手法が適切である。既にこれは、道路交通法第 9 条にて停止表示灯として紫色のランプを点滅させることが規定されている。

しかしながら、大型トラックでの停止表示灯の採用例がないことから、その仕様や個数、設置個所等について検討・評価し、その受容性について確認を行った。

評価の視点

- ・ 後続車両からの停止表示灯の見え方
明るさ(昼/夜)
設置箇所、個数
点滅パターン
他の灯火器による見え方への影響

② 実施法 (シナリオ)

- ・ 停止車両の 200m 後方からの見え方
- ・ 停止車両に対し、80km/h で近寄った場合の見え方
- ・ 車両の斜め後方からの見え方の差異
これらをアンケートにて受容性を測る

③ 実験条件

- ・ 停止表示灯(試作仕様)

停止表示灯の寸法は、道路交通法施行規則で長さ 17cm、幅 17cm、高さ 15cm をこえないものであることと定められているため、これに合致する寸法の既販のシグナルランプの発光部 LED を紫色に変えたものを試作した。

また、車両停止時に速やかに自動で点滅する仕様とした。

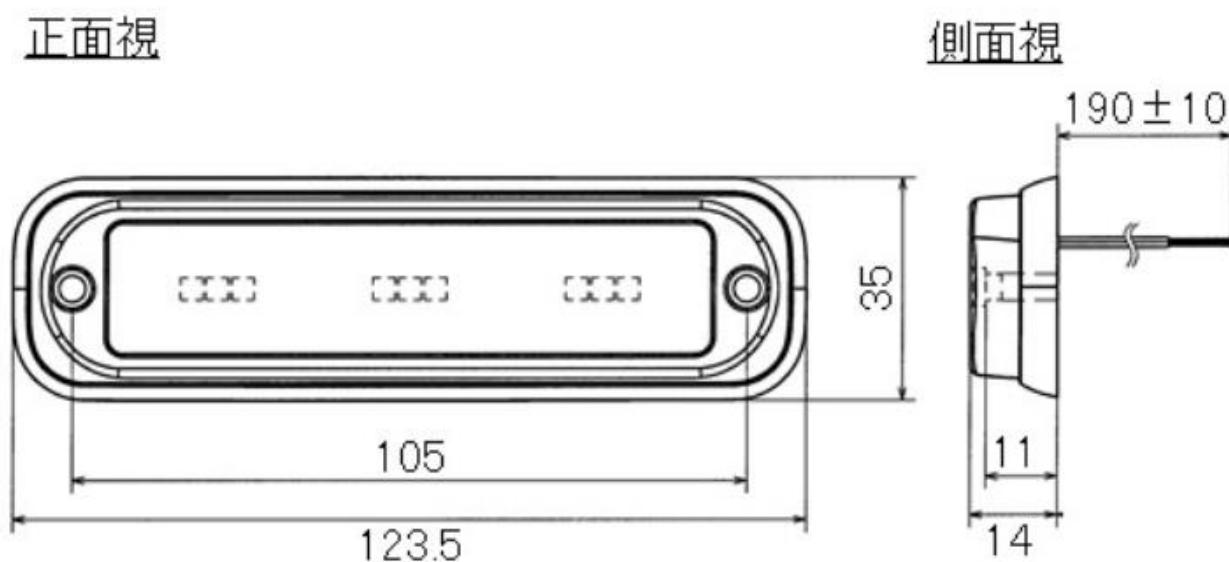


図 3.207 停止表示灯仕様



図 3.208 停止表示灯試作品

明るさ

通常時 877cd

減光時 530cd

点滅パターン

(ア) シングルフラッシュ 120 回/分

(イ) ダブルフラッシュ 120 回/分

(ウ) シングルフラッシュ 75 回/分

設置箇所及び個数

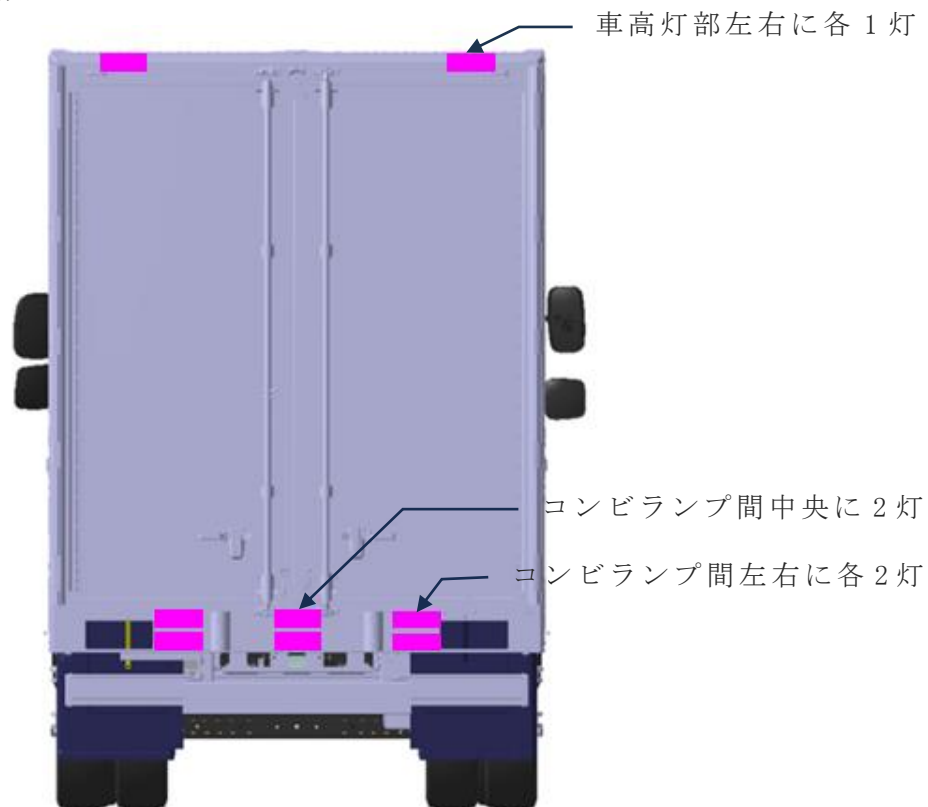


図 3.209 停止表示灯設置箇所

実際の車両搭載の様子を以下に示す。



図 3.210 制動灯部



図 3.211 車高灯部

- ・他の灯火器の影響確認
 - ① ハザードランプ点滅時
 - ② ハザードランプ点滅及び制動灯点灯時

④ 結果

試験実施の様子



図 3.212 昼間評価及び夜間評価の様子

アンケート集計結果

Q1 ランプの色は紫色に見えるか？



図 3.213 ランプ色アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間では紫に見えると思わないが半数で紫に見えるより多い
ピンクやオレンジに見えるとのコメントが多い

Q2 1灯での明るさはどう思うか？（点滅条件：シングルフラッシュ 120 回/分）

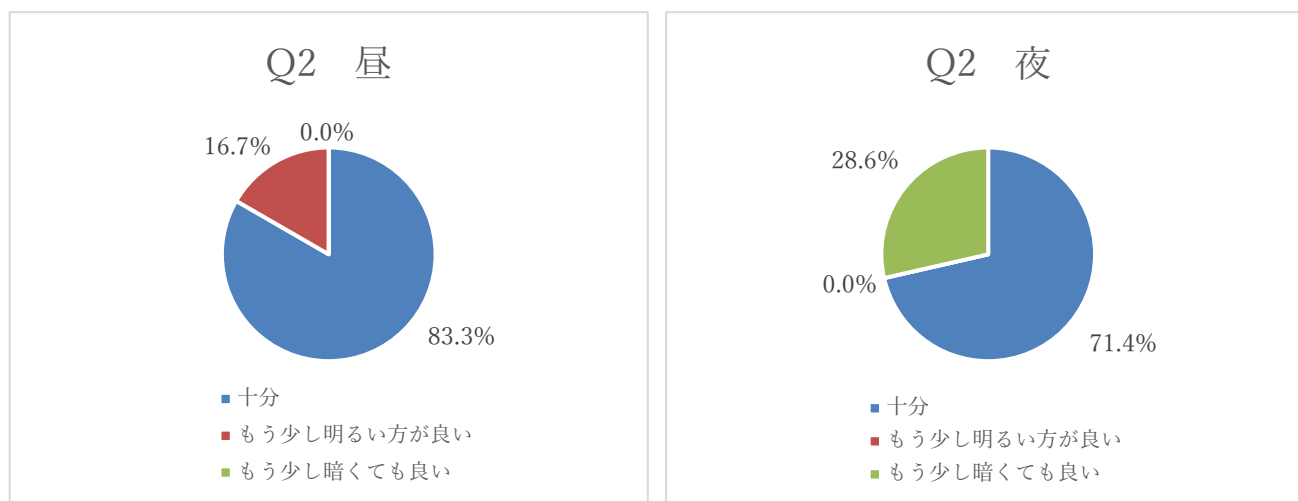


図 3.214 1灯アンケート集計結果

まとめ/コメント

1灯で明るさ十分が多数

もう少し明るい方がよいとの意見もある

夜間は減光必要とのコメントが大勢

Q3 2灯での明るさはどう思うか？

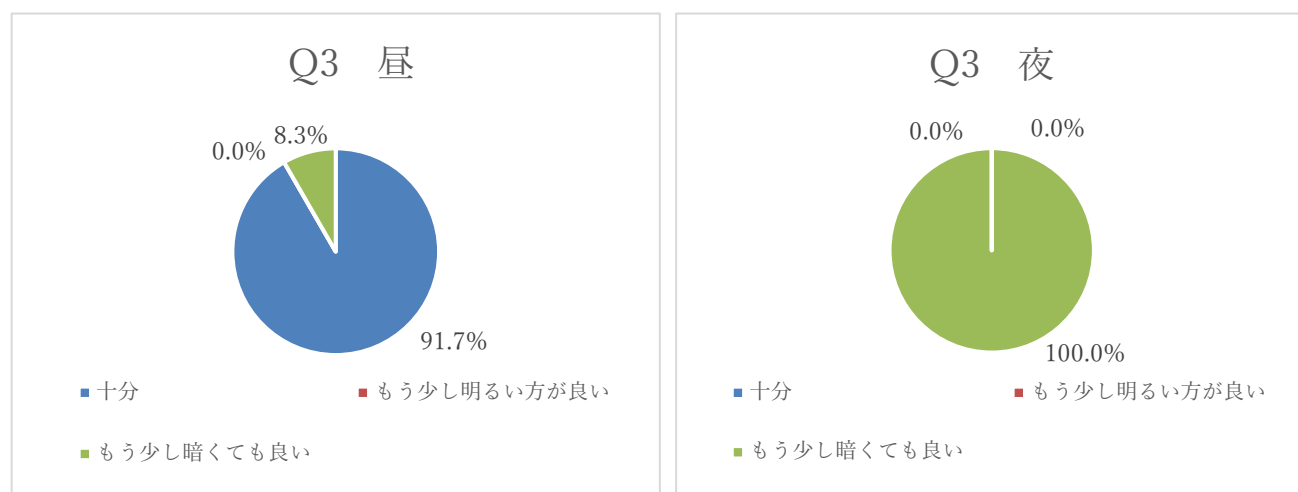


図 3.215 2灯アンケート集計結果

まとめ/コメント

1灯と2灯の差は少ない

1灯で十分の意見もある一方2灯が見やすい意見もある

夜間は1灯でも良い

Q4 認識しやすい仕様はどちら？

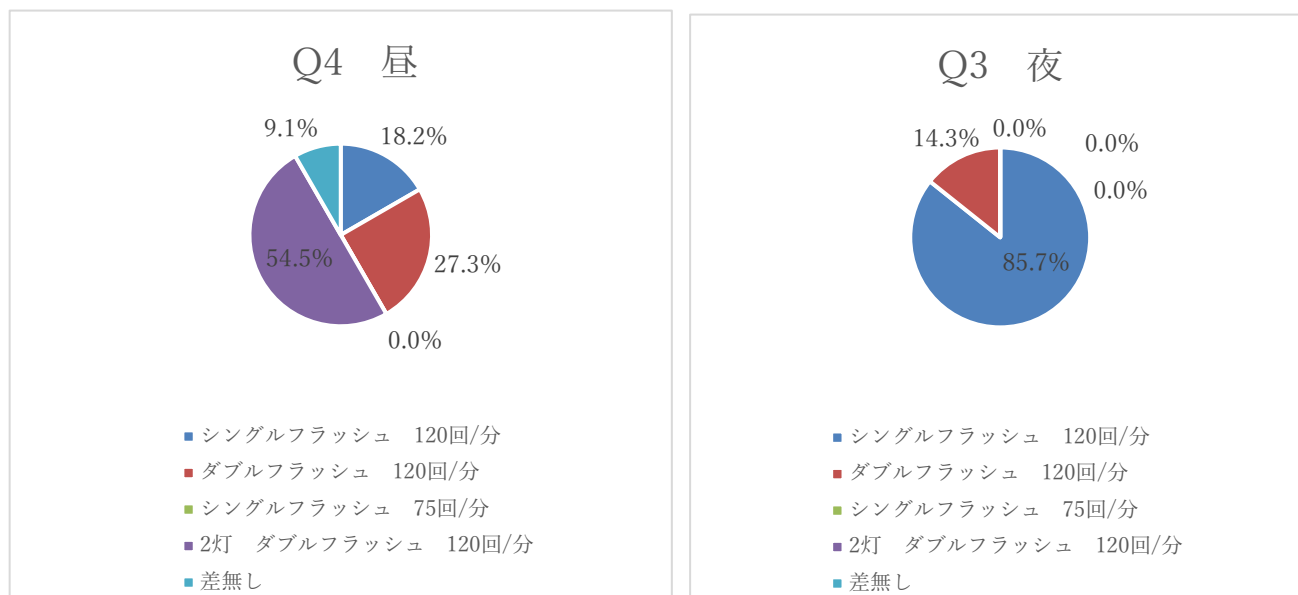


図 3.216 点滅の認識アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間は2灯のダブルフラッシュの評価高い(1灯比)

ダブルフラッシュは目立ちすぎとのコメントもある

夜間は1灯のダブルフラッシュの評価が高い

Q5 正面・隣接車線方向から見て、見え方に差を感じるか？



図 3.217 正面及び隣接車線方向での見え方の差アンケート集計結果

まとめ/コメント

全員が横方向からの見え方は特に昼間は差を感じない

Q6 停止表示灯＋ハザード点滅時に、一番認識しやすいと感じた仕様はどれか？

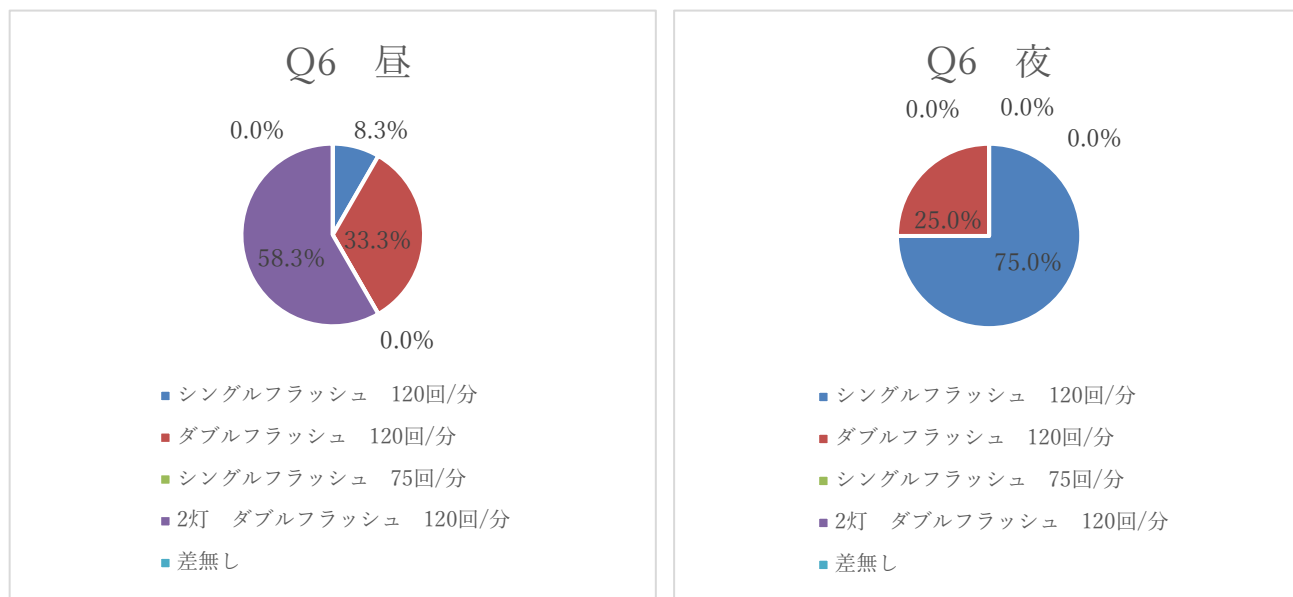


図 3.218 他灯火器の影響 1 アンケート集計結果

まとめ/コメント

ハザード点滅とハザード点滅＋制動灯点灯の認識しやすさは変わらない
2 灯のダブルフラッシュが認識しやすいとの回答が多数であった。

Q7 停止表示灯点滅＋ハザード点滅＋制動灯点灯時に、一番認識しやすいと感じた仕様はどれか？

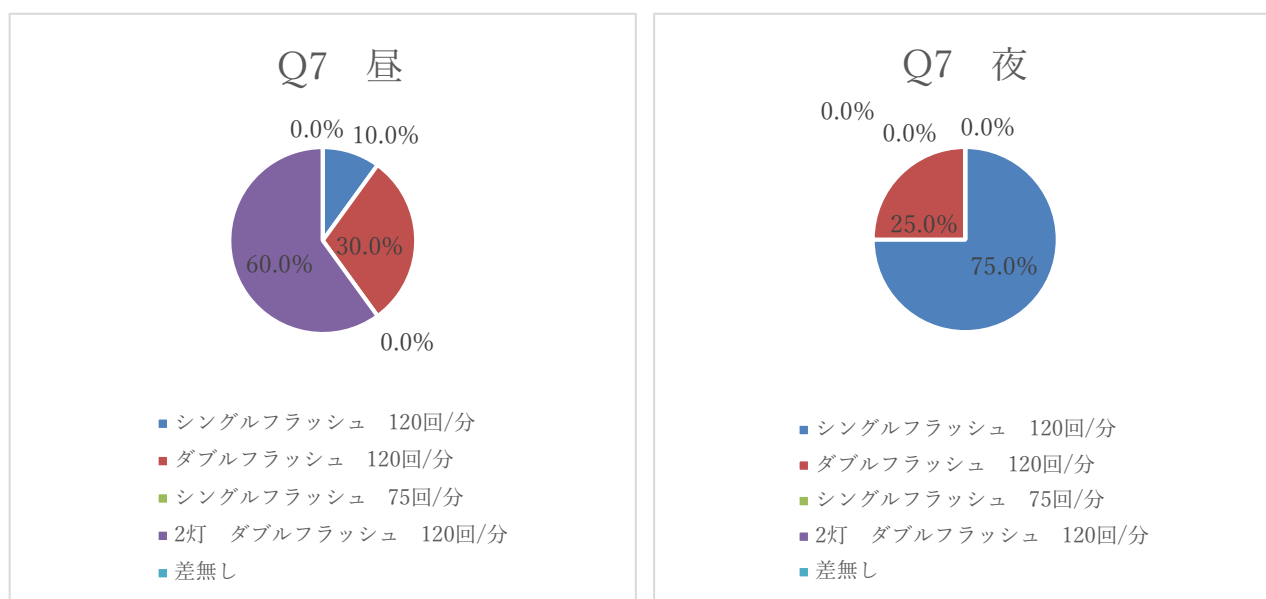


図 3.219 他灯火器の影響 2 アンケート集計結果

まとめ/コメント

夜間は、シングルフラッシュ 120 回が認識しやすいとの回答が多数であった。

Q8 停止表示灯＋ハザード点滅時に、ハザードの影響で停止表示灯の見え方が変わったか？

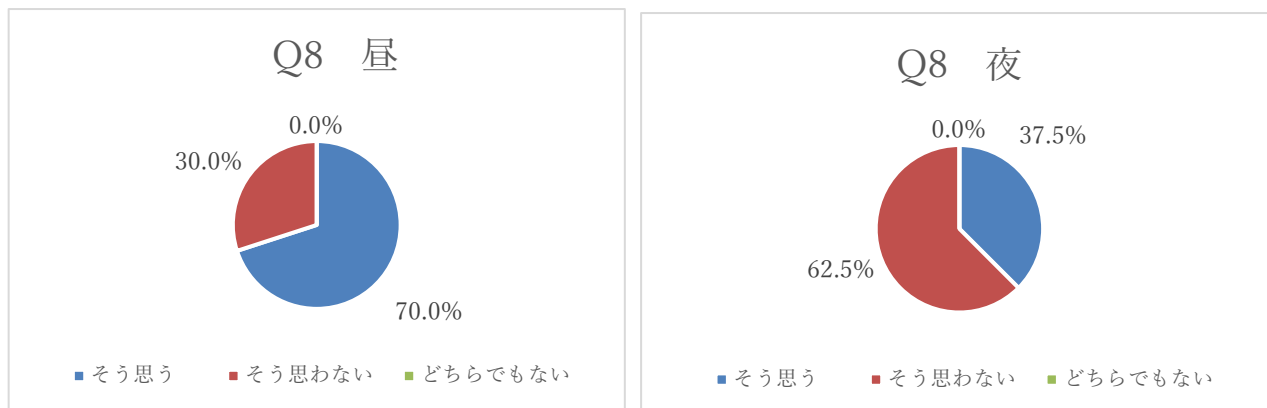


図 3.220 ハザードの影響 1 アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間と夜間では印象が異なる傾向がみられる

ハザードの点灯で 6 割が、見え方が変わったと思わないと回答

昼間：見え方の影響を受ける、同期すると緊急性が低下、オレンジ色に見える

夜間：ハザードと同期していると紫の識別ができない、逆位相の方が良い、
ハザードが目立つので相対的に紫が弱く見える

Q9 停止表示灯＋ハザード点滅＋制動灯点灯時に、ハザードの影響で停止表示灯の見え方が変わったか？



図 3.221 ハザードの影響 2 アンケート集計結果

まとめ/コメント

ハザード点滅とハザード点滅＋制動灯点灯の影響として 6 ～ 7 割で見え方が変わったと回答

昼間：色が変わって見える、オレンジに見える、制動灯の影響少ない、
制動灯が目立たない

夜間：どのランプがついているのか識別しにくい、
ハザードが目立つので相対的に紫が弱く見える

Q10 停止表示灯＋ハザード点滅時に、見え方の差はどう感じたか？

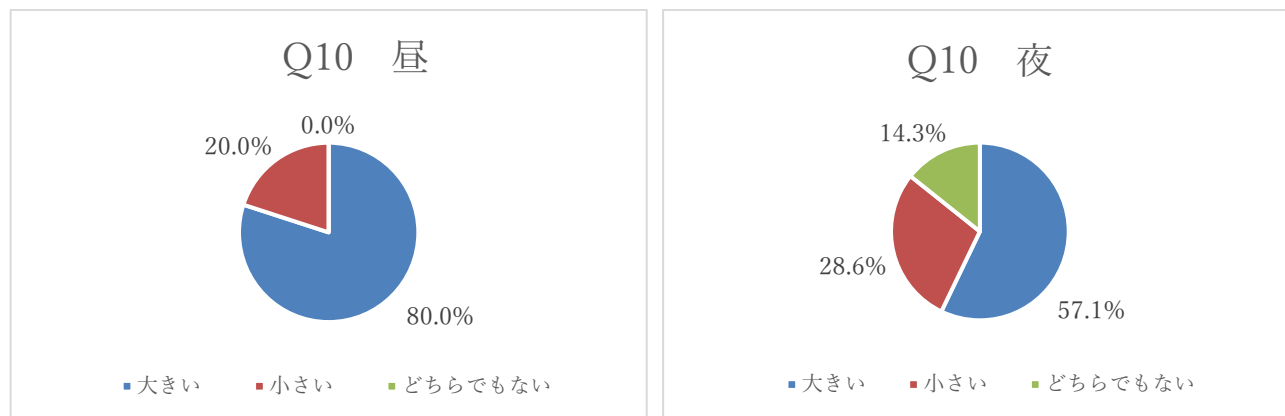


図 3.222 ハザード有無見え方の差 1 アンケート集計結果

まとめ/コメント

点滅パターンで見え方の差が大きい

1 灯の場合ダブルフラッシュは暗く見え 2 灯のダブルフラッシュの方が明るく見える

ダブルフラッシュの方が緊急感があり、周囲の車に注意を促せるように思う
ハザードの周期とずれると煩しさを感じる

夜間でも傾向は同じ

シングルフラッシュ 120 回でも三角表示版の十分な代用になる

Q11 停止表示灯＋ハザード点滅＋制動灯点灯時に、見え方の差はどう感じたか？

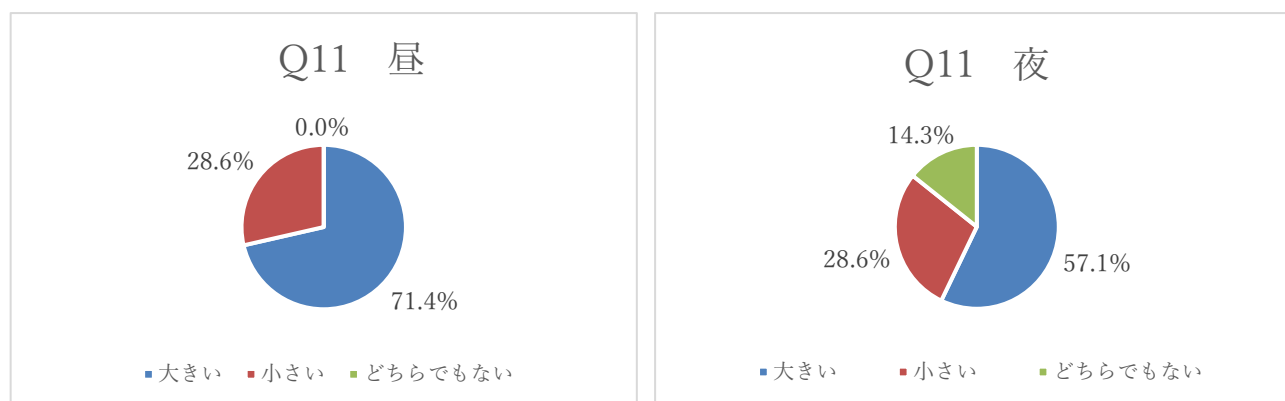


図 3.223 ハザード有無見え方の差 2 アンケート集計結果

Q12 停止表示灯の設置位置について、停止表示灯＋ハザード点滅時にどちらが見やすいか？

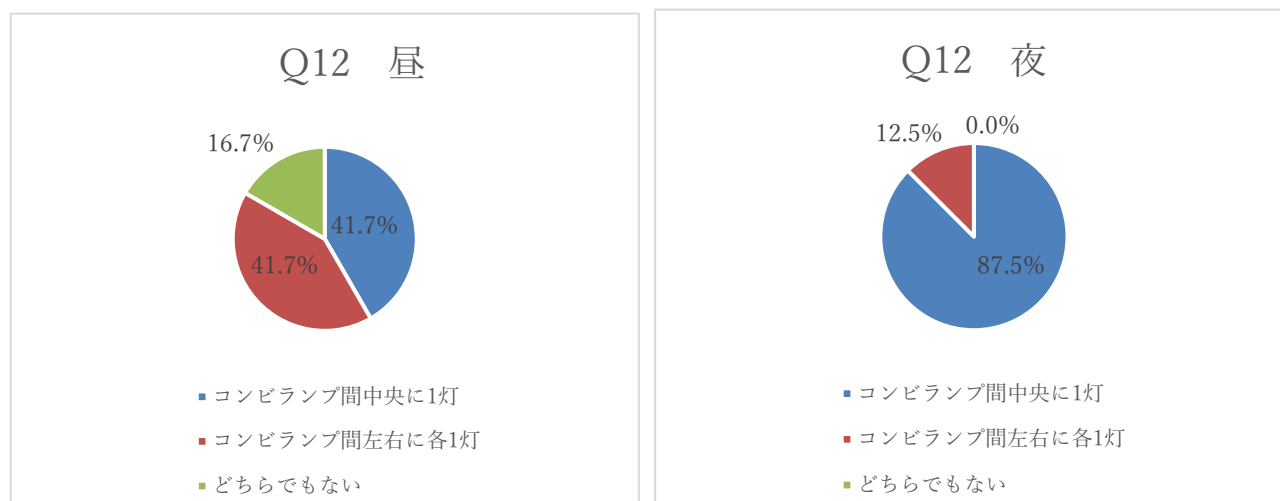


図 3.224 設置位置仕様 1 アンケート集計結果

まとめ/コメント

仕様違いで意見が割れた

ハザードの影響で紫がわかりにくい

ハザードと一体で点滅に見える

夜間はほとんどコンビランプ間中央に1灯の回答、

コンビランプ間左右に各1灯はハザードとの干渉あり、緊急度感じない

Q13 停止表示灯の設置位置について、停止表示灯＋ハザード点滅+制動灯点灯時にどちらが見やすいか？

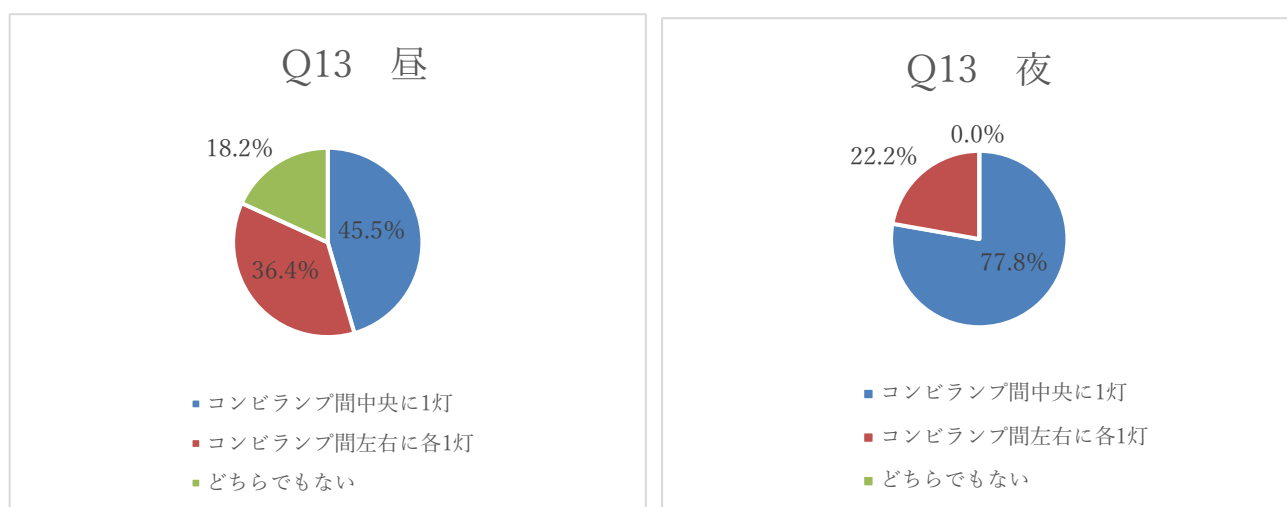


図 3.225 設置位置仕様 2 アンケート集計結果

まとめ/コメント

ハザードが分からなくなる

ハザードと制動灯とのバランスがコンビランプ間左右に各 1 灯の方が崩れる (混ざる)

夜間：コンビランプ間左右に各 1 灯はハザードと制動灯で見えにくくなる

ハザードの見分けつかない・不明瞭になる

Q14 車高灯の効果 (200m 後方からの確認)、停止表示灯+ハザード点滅時

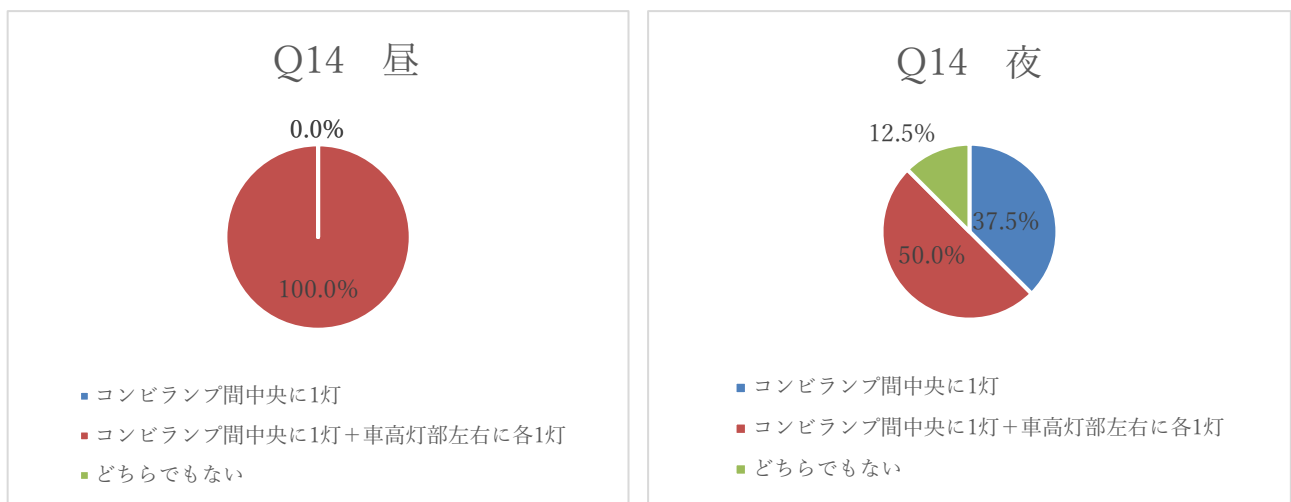


図 3.226 車高灯評価 1 アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間：被験者全員がコンビランプ間+車高灯部左右が良いと回答

遠方から見やすい

大型車目線でも車高灯部は見やすい

自動運転車の後方に他の乗用車がいると制動灯部では見ないので有効
架装との問題

ミニマム要件としてどこまで許容できるか (コストと使用頻度)

3 つの紫灯の点滅周期の影響を検討した方が良い

緊張感を出すにはバラバラが良いと感じる

視認性良いが煩わしさを感じる可能性ある

夜間：コンビランプ間中央に 1 灯が約 4 割弱となった

車高灯部にある方が異常性を感じやすい

減光する必要あり

コンビランプ間+車高灯部左右は目立ちすぎる

減光されていないせいもあるがちょっとやり過ぎ感大

Q15 車高灯の効果（200m 後方からの確認）、停止表示灯＋ハザード点滅＋制動灯点灯時

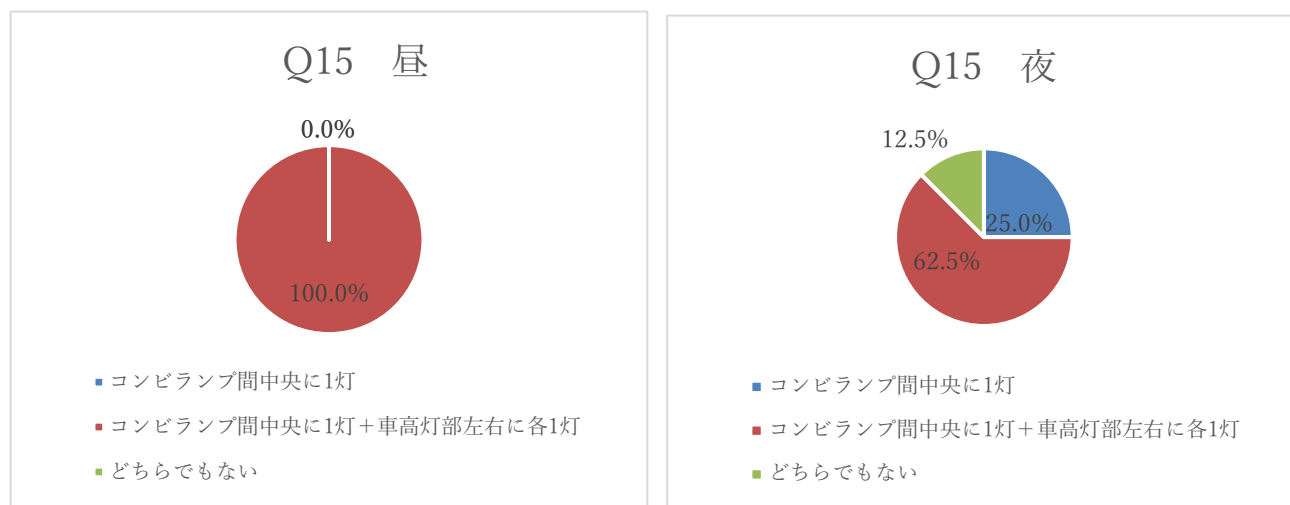


図 3.227 車高灯評価 2 アンケート集計結果

Q16 走行時の視認性（200m 以下）

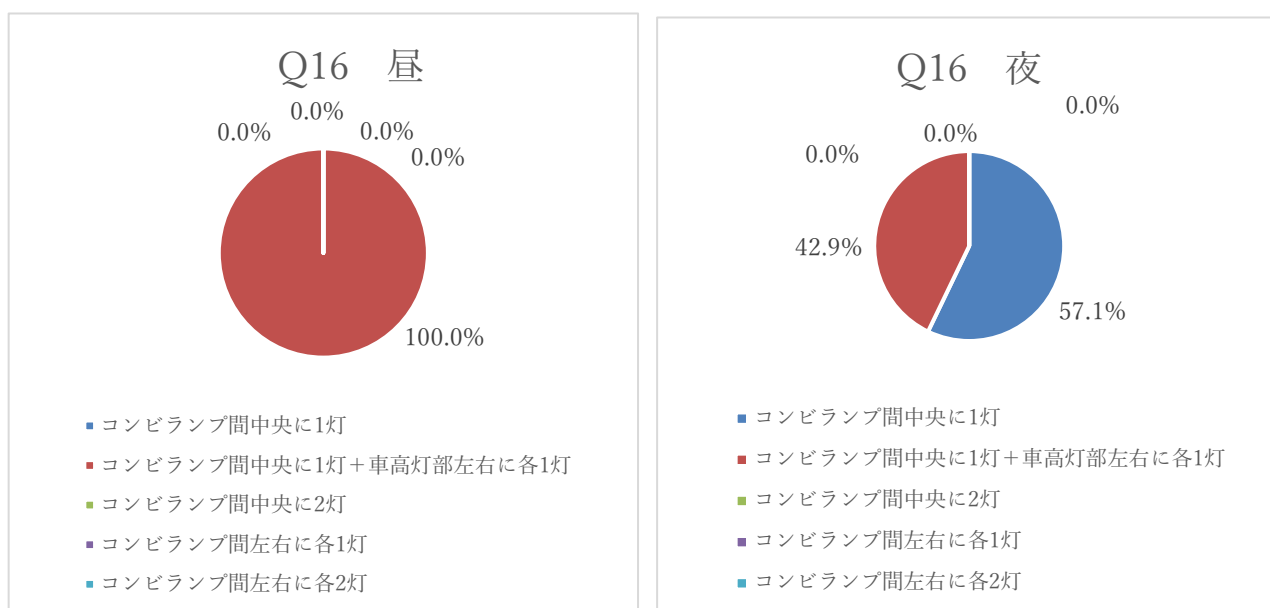


図 3.228 走行時視認性（200m 以下）アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間：トラック目線で良く見える

目立ちやすい・緊張感ある

2灯は視認性良いが直近では眩しさ感じる

夜間：コンビランプ間中央、コンビランプ間中央+車高灯部左右ともよく見える

遠方から車高灯はさらにインパクトあり

減光は必要

減光モードで十分な明るさ

Q17 走行時の視認性（200m 以上）

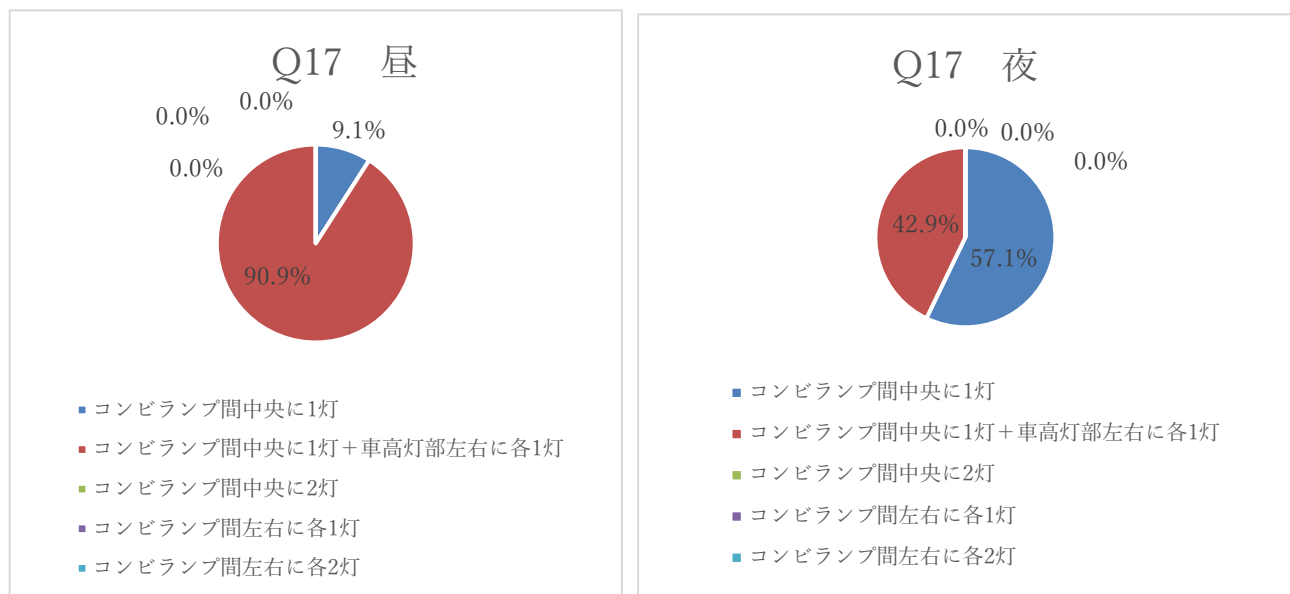


図 3.229 走行時視認性（200m 以上）アンケート集計結果

まとめ/コメント

昼間：トラック目線で良く見える

ハザードは見えないが紫灯は良く見える

遠方からも視認性良

200m 以上の方が紫灯の印象が高い

夜間：車高灯部は明るい、そこまでアピールする必要性を感じなかった

コンビランプ間中央で後方からの視認性は充分

紫灯とハザードが逆位相になると良い

Q18 夜間減光の必要性について

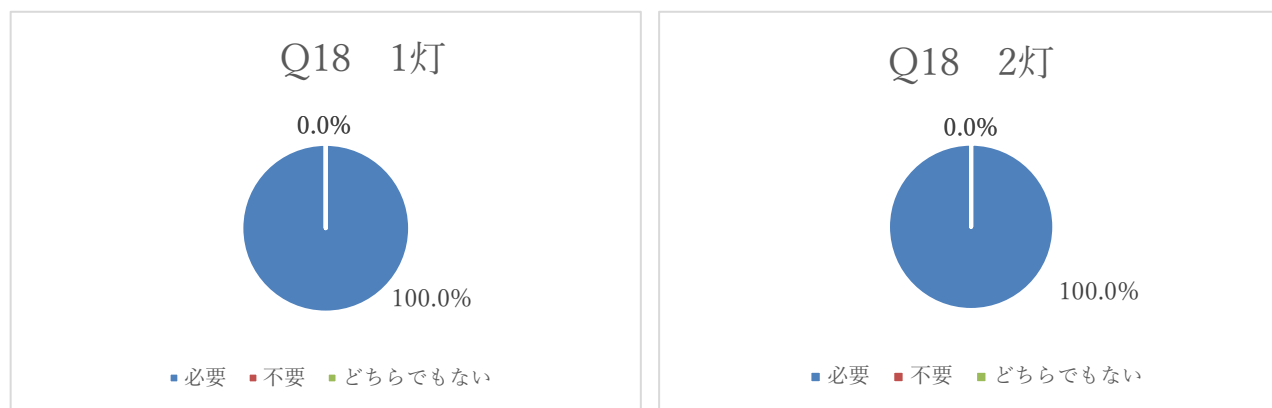


図 3.230 夜間減光必要性アンケート集計結果

まとめ/コメント

全員が減光必要と回答

1灯で十分

面積が大きい程気づきやすいが減光した方が良い

⑤ 考察

後続車両からの停止表示灯の見え方で、一番差異が大きいのが昼夜間による影響であった。昼間はオリジナルの光量で、またダブルフラッシュのような派手な点滅パターンが好まれるが、一方夜間ではそれがうるさく感じる傾向があった。そこで、昼夜間での明るさの切り替えが可能な仕様の推奨をしたい。

また、今回試作したものの色味では、昼間は紫に見えないとの声が多かったため、色度についての推奨値があると良いと考える。

総合的な見え方とハザードランプや制動灯による見え方への影響を鑑みると、停止表示灯の設置位置は、コンビランプ間の中央に設置することを基準とし、車高灯部左右に取り付けるのが良いと思われる。

(6) プロドライバーによる緊急退避時の車両挙動調査

(6)-1 単独運転の場合

① 目的

- ・物流事業者のプロドライバーに、実際の高速道路で体験した路上故障時の緊急退避の様子（パンクを想定）をテストコース上で再現してもらい、緊急退避時の挙動を調査、検討中のMRM仕様値の妥当性を検証する。

評価の要点

- ・本線上での減速量、減速度
- ・路肩移動開始時の速度 / 路肩移動時の横移動速度
- ・路肩内での減速

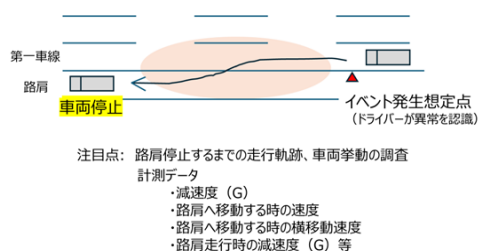
② 実験法（シナリオ）

- ・ 周回路の直線部を 80 km/h で走行
- ・ 当然、自車両に異常が発生したと想定
- ・ ドライバーが緊急退避操作を行い路肩に停車させる。

プロドライバーの緊急退避時の車両挙動の調査

目的：車両異常発生時、プロドライバーによる緊急退避時の車両運転挙動を調査し、自動運転車の異常時の車両制御の参考にする

実験法：マニュアル運転（80km/h一定）していただき、イベント起点で異常検知と仮定し、路肩停止していただく周回路上の直線部で実施



物流事業者ドライバーによる緊急退避特性

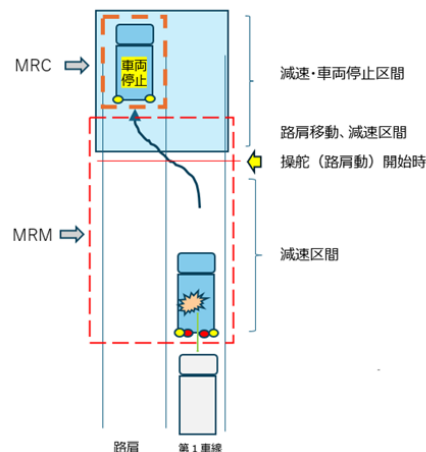


図 3.231 プロドライバーによる緊急退避時の車両挙動調査概要

③ 実験条件

- ・ テストコースでは実際の高速道路環境の再現が難しい為、できるだけ高速道路の走行をイメージしてもらい、以下の仮定とタスクで実施した。
異常発生時、走路前方に車両を停止させる路肩がある想定で実施。
路肩にガードレール等がある事を想定するが、実際には設置できないので走行車線の白線から 30 c m 以内を目標に停止する。
- ・ 積載状態：空積
- ・ 被験者
ヤマト運輸殿、佐川急便殿、福山通運殿の計 3 名のドライバー
- ・ 実験回数
慣熟走行後、2 回実施した。

④ 結果

本線上での減速量（km/h）、減速度（G）、路肩移動時の速度（m/s）、横方向加速度（G）、路肩内減速度（G）等主な結果を以下表にまとめた、数値は 2 回実施した平均値とした。

また、解説はしないが、文末に計測データの代表値の時系列データを示した。

	計測解析項目	Dr-A	Dr-B	Dr-C
本線	減速量 (km/h)	77→61	80→72	78→63
	減速度 平均 (G)	0.13	0.10	0.05
	最大 (G)	0.18	0.18	0.18
路肩	路肩移動時の速 (km/h)	61	72	63
	最大操舵角 (deg)	70.6	95	78
	最大操舵速度(deg/s)	68.6	94.8	87.9
	横移動速度 (平均)	0.57	0.65	0.43
	横方向最大減速度 (G)	0.05	0.07	0.01
	減速度G (平均)	0.13	0.22	0.13
制動から停止までの距離 (m)		155	114	160

図 3.232 物流事業者ドライバー運転による緊急退避時の車両挙動

ドライバー運転による緊急回避時の車両挙動について以下にまとめた。

- ・本線上での減速度は最大 0.18G、平均 0.05～0.13G
- ・路肩移動時の速度は、61～72 km/h
- ・操舵入力として、操舵角（最大）70.6～95 °，操舵速度は 68.6～94.8deg/s
- ・横方向の車両応答として、路肩移動時の横移動速度は平均 0.43～0.65m/s
- ・路肩移動時の横方向加速度（最大値）は、0.01～0.07m/s
- ・路肩走行中の平均減速度は、0.13～0.22G
- ・制動開始から路肩停止までの距離は、114～160m

以上の結果を踏まえ、テーマ 3 内で検討している MRM 仕様の仮設定値と物流事業者ドライバーの緊急退避特性の比較を以下に示す。

NO	MRM項目	(単位)	検討中の仮値	ドライバー			備考
				A	B	C	
1	本線上での減速	(km/h)	～ 50	61	72	63	
2	本線上での減速度	(G)	～ 0.25	0.13 / 0.18	0.10 / 0.18	0.05 / 0.18	上段：平均 下段：最大
3	路肩移動時の 横移動速度	(m/s)	0.25 ～ 0.63	0.57	0.65	0.43	
4	路肩移動時の 横方向加速度	(G)	～ 0.1	0.05	0.07	0.01	
5	路肩走行時の減速度	(G)	～ 0.25	0.13	0.22	0.13	

図 3.233 検討中の MRM 仕様と物流事業者ドライバー緊急退避特性との比較

- ・物流事業者のドライバーの緊急退避特徴は、本線上で十分な減速をしてから路肩移動するのではなく、比較的高い速度から減速しながら路肩へ移動し、路肩を利用しながら減速している傾向を示している。
- ・本線上の減速度の平均値は 0.1G 程度、最大値 0.18G であり、テーマ 3 内で検討した仮設定値内になっている。
- ・路肩移動時の横移動速度については、一部若干仮設定値を超えるものがあるが、概ね仮設定値内である。
また、横移動速度は過年度から本年度の実験において妥当とされた値 (0.57m/s) を中心とした値になっている。
- ・路肩移動時の横加速度 (G) についても仮設定値内であった。

⑤ 結果のまとめ

- ・物流事業者の緊急時の回避特性と過年度から検討してきた MRM 仕様（車両の振る舞い）について比較した。
- ・今まで検討してきた自動運転車両の MRM の考え方及びその振る舞いと、物流事業者のドライバーの緊急退避特性の大きな違いは、本線上の減速＝路肩移動時の速度が高い事である。本線上で十分減速してから路肩移動するのではなく、比較的高い速度から路肩に移動しながら、路肩を利用して減速している。
- ・路肩移動時の速度以外の項目は、MRM 仕様（振る舞い）で検討した仮設定値の範囲内である事がわかった。
- ・今回の実験結果を踏まえながら、自動運転 L4 トラックの MRM 仕様について検討していく。

⑥ 考察

- ・サンプル数が多いとは言えないが、物流事業者ドライバーの一般的な路肩退避運転の特性の傾向がつかめた。
- ・比較的高い速度から、路肩へ移動しながら、路肩を使って減速する方法が、物流事業者ドライバーの一般的な路肩退避のスタイルのようである。
- ・これは、後続車両の追突による２次災害を防止する配慮と考える。
- ・異常が発生した車両が、設計通りのMRM制御が可能である仮定下では、作動上限速度 50 km/h（道交法上の高速道路走行の最低速度）からのMRM作動が受け入れやすいと考える。

但し、前で述べたが、今回はテストコース上での実験であり、実際の高速道路の環境とは異なる。この為、タスクとして本線上の白線から 30 c m 以内で停止する指示を与えたが、路肩にガードレール等の構造物ない中での実験結果である事を考慮する必要がある。

- ・作動上限速度から、緩やかな横移動速度で路肩移動しながら、路肩を使った減速及び停止が一つの解と思われる。

参考データ

- ・物流事業事業者ドライバーの緊急退避特性（速度関係）

オレンジ線：1回目、青線 2回目

左グラフ：速度（km/h）、右グラフ：減速度 m/s^2

上中下段：ドライバーA、ドライバーB、ドライバーC

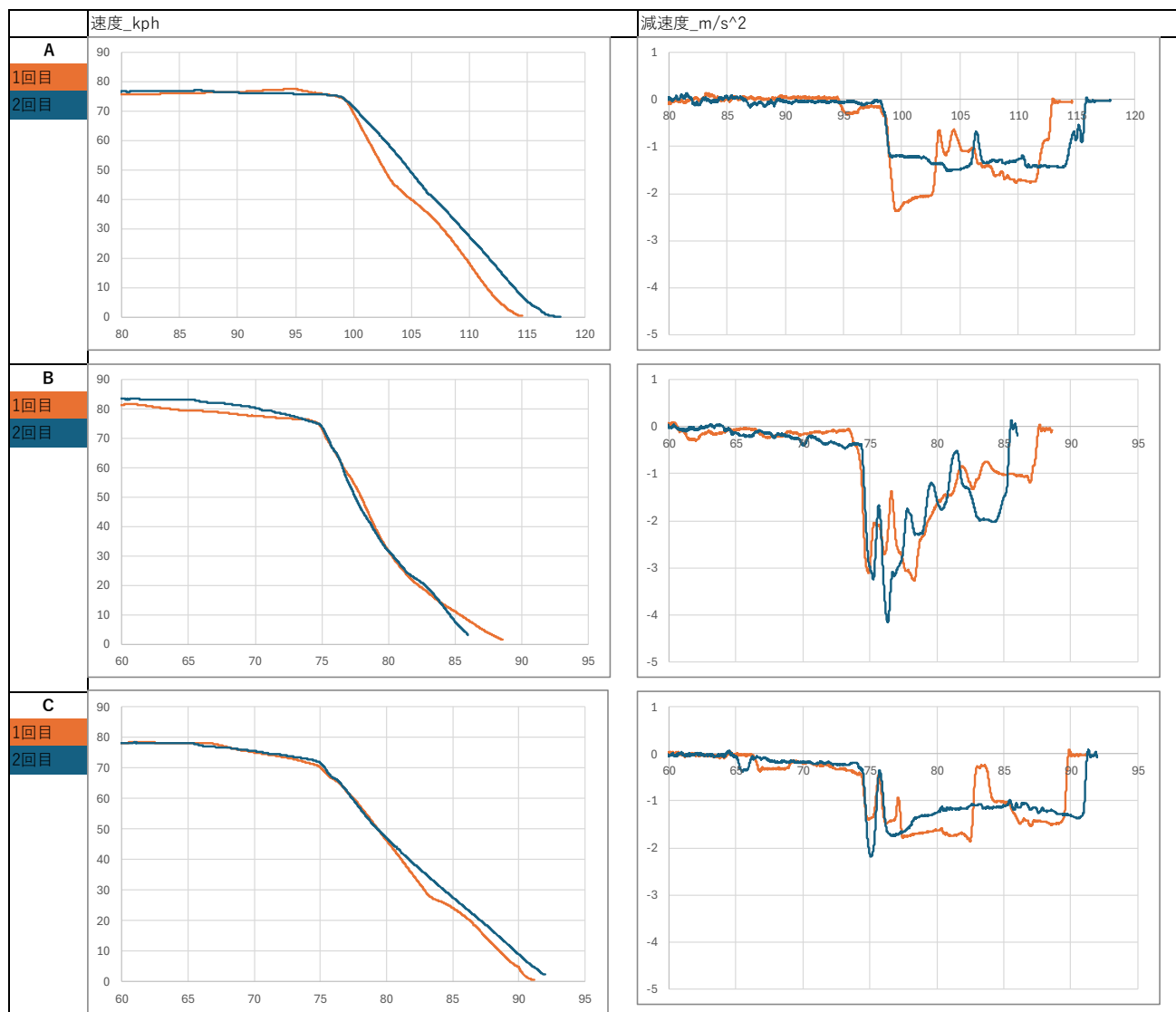


図 3.234 単独走行時緊急退避特性（速度関係）

- ・物流事業者ドライバーの緊急退避特性（操舵関係）

左：操舵角（deg）、中央：横移動速度（m/s）、右：横加速度（m/s²）



図 3.235 単独走行時緊急退避特性（操舵関係）

(6)-2 追従走行の場合

① 目的

プロドライバー運転による追従走行時、自動運転 L4 トラックを想定した先行車が MRM を発動した時のプロドライバーの回避特性について調査する。

② 実験法、

- ・前項の（２）後続車両視点（マニュアル運転）での MRM 作動時の受容性評価と同様であり、後続車両を物流事業者ドライバーに運転していただいた。

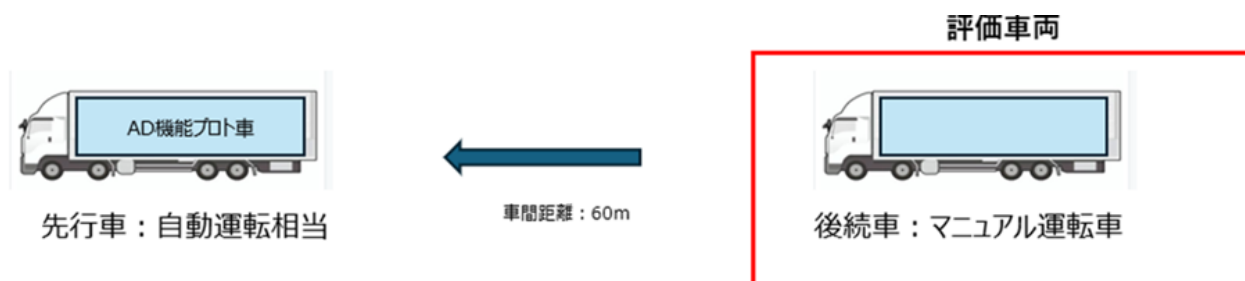


図 3.236 実験概要図

③ 実験条件

- ・ 先行車自動運転 L4 トラック想定 of MRM 仕様

仕様 1 速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

仕様 2 速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

- ・ 被験者

ヤマト運輸殿、佐川急便殿、福山通運殿の 3 名のドライバー

- ・ 運転に関する指示事項

通常、高速道路で走行している車間距離、スタイルで走行してください。

2 回実施しますが、できるだけ条件（速度、車間距離）を合わせてください。

尚、前方の MRM 車両に対する回避行動（車線内減速、車線変更）は指示していない。

- ・ 実験回数

慣熟走行後、時間の関係で 1 回とした。

④ その他

計測データの計測、解析について

車間距離データは、計測の都合上、前後車両の GPS 位置計測データから算出した。

⑤ 結果

物流事業者ドライバー 3 名の追従走行時における先行車 MRM 発動時の回避特性として諸数値のまとめ及び時間軸波形データを以下表及び図に示す。

結果概要

- ・ ドライバー 3 名中、1 名が MRM 作動中の先行車を車線変更して回避、他 2 名は車線内での制動回避であった。
- ・ 実験時のドライバーのヒアリング結果は以下の通り。

MRM が発動したトラックは交通状況に応じて、可能なら第 2 車線に車線変更して追い越す。（ドライバー A）

MRM が発動したトラックは路肩で停車するまで追い越さない。

（ドライバー B 及びドライバー C）

以下、回避別に結果をまとめた。

I. 車線内で制動回避したドライバーB及びドライバーCの運転特性

先行車のMRM仕様別での回避特性を比較した。

以下図はドライバー別の減速度と最小車間距離を示した。

ブレーキ作動点～停止				
MRM仕様	ドライバー	最大減速度 (G)	平均減速度 (G)	最小車間距離 (m)
仕様1	B	0.165	0.08	51.5
	C	0.17	0.07	37.2
仕様2	B	0.26	0.04	10.4
	C	0.24	0.06	17.2

図 3.237 物流事業者追従走行時における回避特性（車線内制動回避）

MRM仕様1 速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/

- ・数値は異なるもののドライバー両者の速度プロファイルは類似している。
- ・この時、最大減速度 0.17G 程度、停止までの平均減速度は 0.75G 程度であった。
- ・車間距離については、ドライバーB及びドライバーCでプロファイルが異なるが、初期車間距離の影響もあると推測する。

MRM仕様2 速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

- ・仕様1と比較し、速度の傾き＝減速度が大きく、一気に減速しており、厳しい条件である事を示している。
- ・この時の最大減速は 0.25G 程度、停止までの平均減速度は 0.05G 程度であった。
- ・ドライバーB及びドライバーCの速度プロファイルは、速度の高い領域と低速領域で異なる。

II. 車線変更で回避したドライバーAの回避特性

車線変更で回避したドライバーの制動、操舵の諸数値を以下図に示した。

ブレーキ作動点～車線変更前				
MRM仕様	ドライバー	最大減速度 (G)	平均減速度 (G)	最小車間距離 (m)
仕様1	A	0.06	0.04	10.4
仕様2		0.13	0.06	25.5

車線変更時			
MRM仕様	ドライバー	操舵開始速度 (km/h)	最小車間距離 (m)
仕様1	A	71	10
仕様2		71	4.3

MRM仕様	ドライバー	平均横移動速度 (m/s)	最大横方向加速度 (G)	最大操舵角 (deg)	操舵速度 (deg/s)
仕様1	A	0.18	0.1	109	1.5
仕様2		0.26	0.09	77	2

図 3.238 物流事業者追従走行時における回避特性（車線変更 操舵回避）

- ・ドライバーAの運転スタイルは、ドライバーB及びドライバーCの方と比較して短い車間距離で走行するのが特徴である。また、2回実験を行ったが、速度、車間距離の初期値の差が少なかった。
- ・操舵回避前までの減速度は、仕様1で0.06G、条件の厳しい仕様2で0.13G
平均減速度は両仕様とも0.05G程度であった。
- ・操舵開始時（＝車線変更開始）速度は、仕様1, 2とも71 km/hであった。
- ・先行車がMRM仕様1の場合
操舵に関する諸数値は、操舵速度1.5deg/s、最大操舵角は109deg、横移動速度は0.18m/s、最大横方向加速度は0.1Gであった。
- ・MRM仕様2の場合
操舵速度2.0deg/s、最大操舵角77deg 平均横移動速度は0.26m/s、最大横加速度は0.09Gであった。

⑥ 結論

- ・先行する自動運転L4トラックに異常が発生し緊急退避するケースにおいて、追従車を運転するプロドライバーの回避特性を把握できた。
- ・先行車が緊急退避する時にドライバーが回避する方法は2通りあり、先行車が緊急退避で路肩に移動するまで車線内に留まり減速する場合と、交通状況に応じ、可能なら第2車線に車線変更する場合がある事が分かった。
- ・MRM仕様として条件の厳しい仕様2でも回避はできるものの、プロドライバー

の運転でも車両挙動が大きい。

- ・プロドライバーは、自車の低速域まで減速時に後続車両の追突を懸念している。
MRM仕様はできるだけ大きな相対速度差を発生させない、かつ、早めに路肩へ移動する仕様とし、後続車両の走路を確保する配慮が必要である。

参考データ

オレンジ線：MRM仕様1、青線：MRM仕様2

左グラフ：速度、中央グラフ：減速度 右グラフ：車間距離、

上中下段：ドライバーA、ドライバーB、ドライバーC

ドライバーA 車線変更で回避、ドライバーB 車線内で制動回避、

ドライバーC 車線内で制動回避

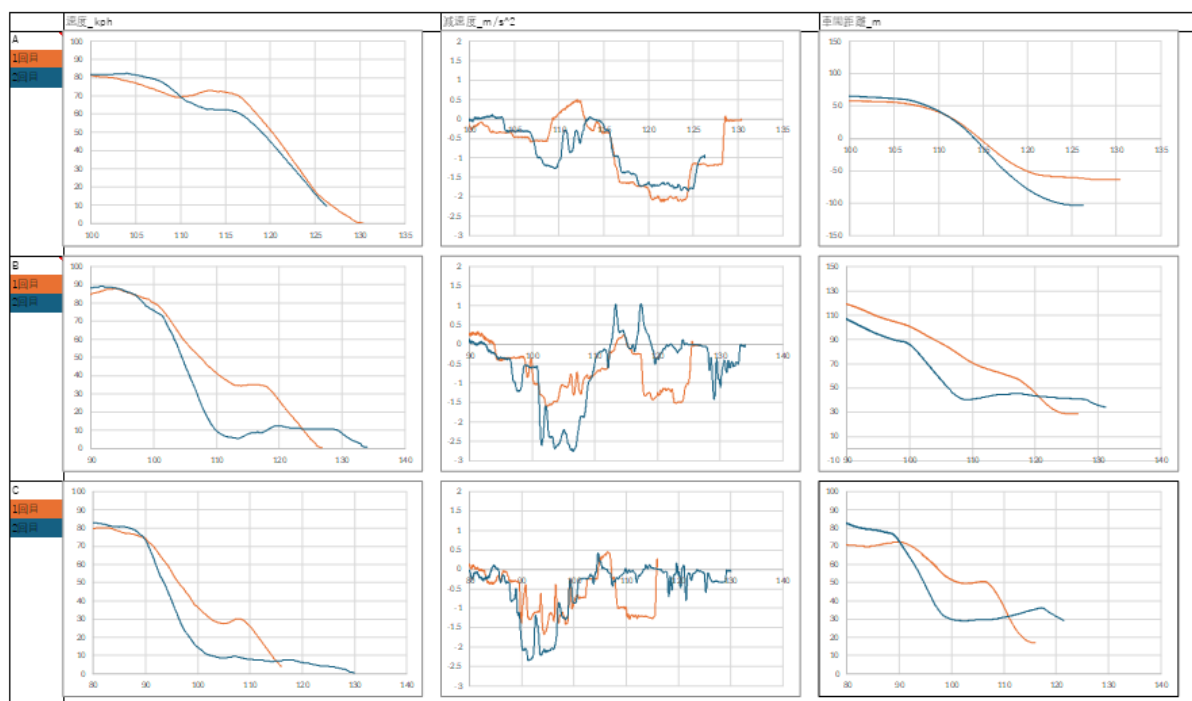


図 3.239 追従走行時緊急回避特性（速度、減速度、距離）

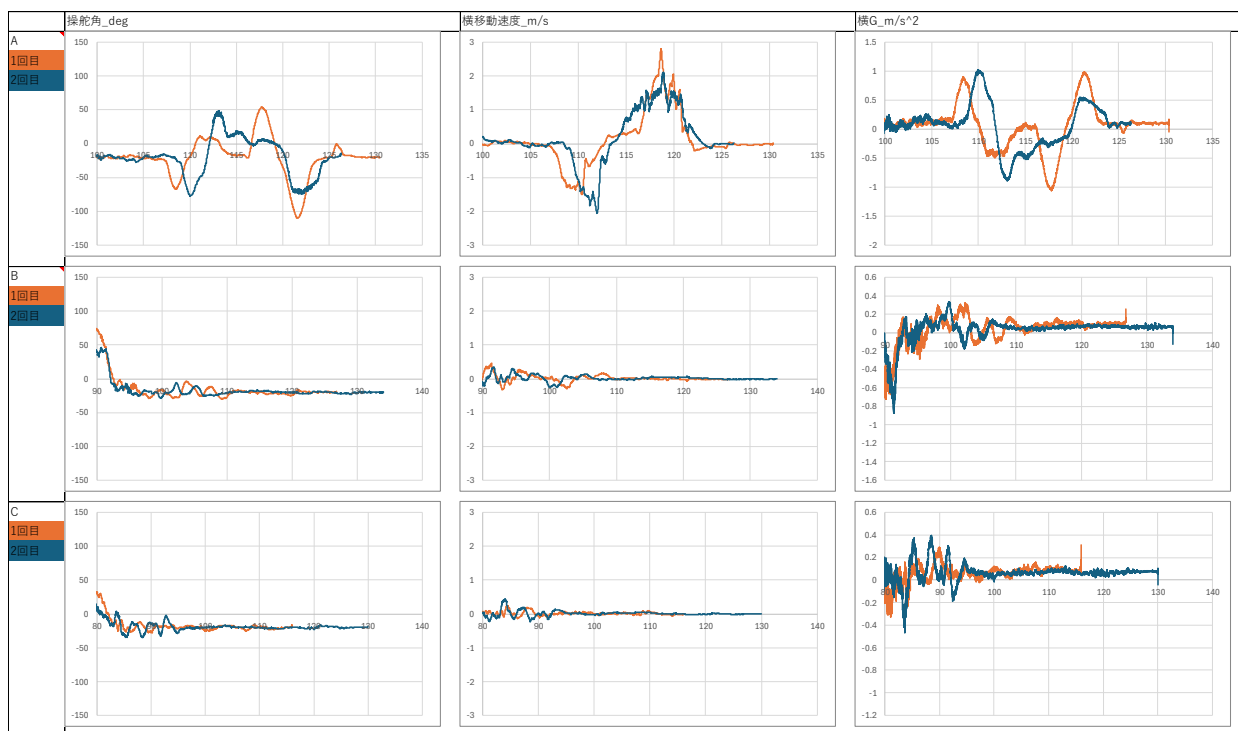


図 3.240 追従走行時緊急回避特性（操舵角、横移動速度、横加速度）

(7) 物流事業者による MRM/MRC の受容性評価

① 目的

(3) 保安要員視点での MRM 挙動等の受容性評価及び(4) ACC 追従走行時・先行車の MRM 仕様による追従車両の影響調査にて見出した MRM/MRC のふるまいを、実際車両に乗車する物流事業者の目線で受容性を評価する。

受容性評価の視点

保安要員の視点と、自動運転 L4 トラックに後続する追従車ドライバーの視点で MRM/MRC のふるまいを評価する。

② 実施法（シナリオ）

自動運転 L4 トラックに何らかの異常が発生したと想定し、MRM に移行させる。まずこの様子を、保安要員として自動運転 L4 トラックに乗車して実際のふるまいを体感し、加えて、自動運転 L4 トラックを手動運転で追従走行した場合のふるまいを確認する。

更に、MRM 発動時の車内 HMI による保安要員への周知対応、MRC 時の停止表示灯の見え方についての評価も同時に行う。

③ 実験条件

自動運転 L4 トラック MRM 挙動

条件① 速度：80km/h⇒10km/h、減速度：0.25G、横移動速度：0.25m/s

条件② 速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s

停止表示灯の確認は、追従車両乗車時及び自動運転 L4 トラックから 200m 後方での定点確認とする。

④ 評価と評価パネラー

自動運転 L4 トラック乗車：保安要員視点

追従車両乗車：追従車ドライバー視点

⑤ 結果(アンケート結果)

保安要員視点

Q1 本線内の減速の到達速度

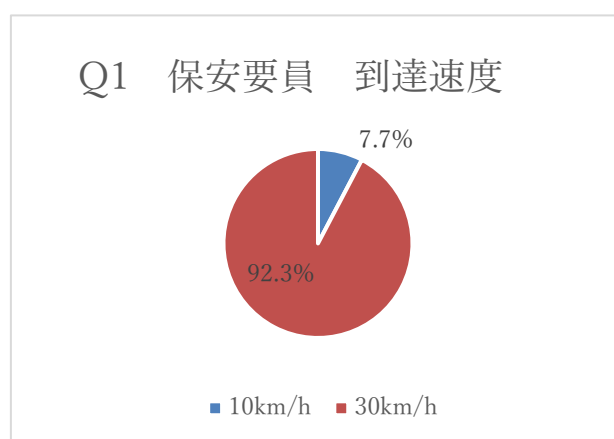


図 3.241 保安要員視点到達速度アンケート集計結果

Q2 減速度

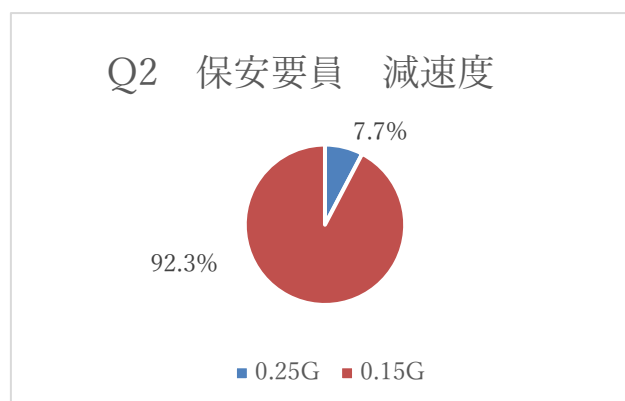


図 3.242 保安要員視点減速度アンケート集計結果

Q3 路肩への移動速度

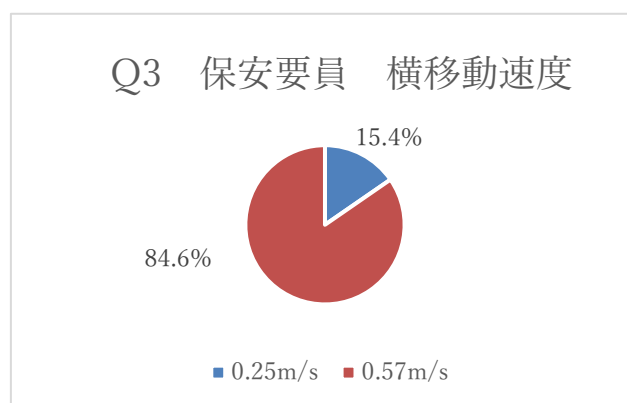


図 3.243 保安要員視点横移動速度アンケート集計結果

追従車視点

Q4 本線内の減速の到達速度

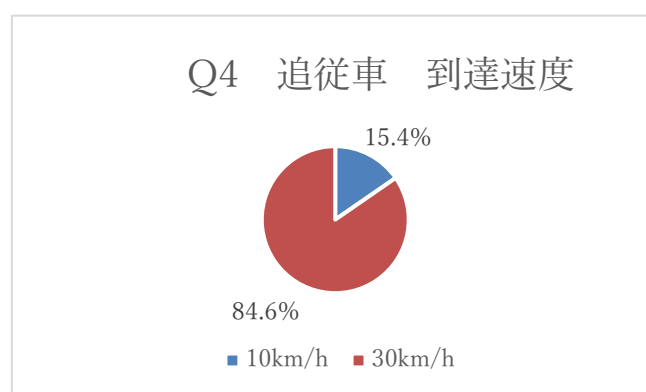


図 3.244 追従車視点到達速度アンケート集計結果

Q5 減速度

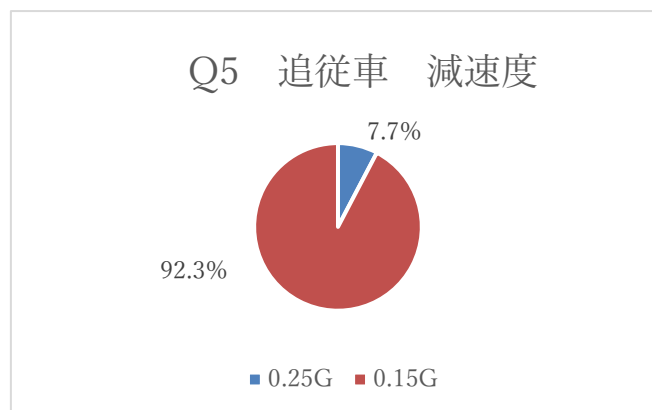


図 3.245 追従車視点減速度アンケート集計結果

Q6 路肩への移動速度

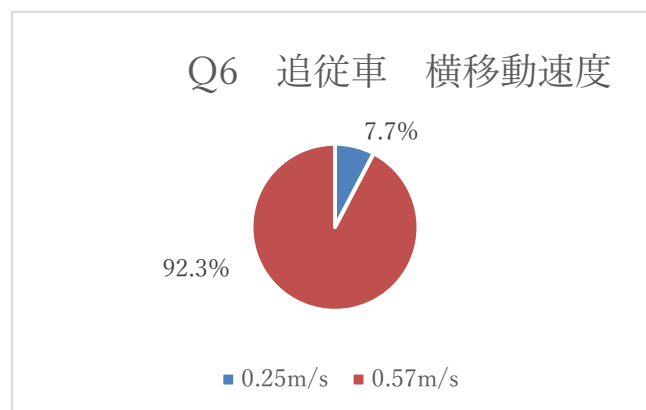


図 3.246 追従車視点横移動速度アンケート集計結果

Q7 先行車が MRM を発した場合、追従車視点でその受容性が高いのはどの仕様

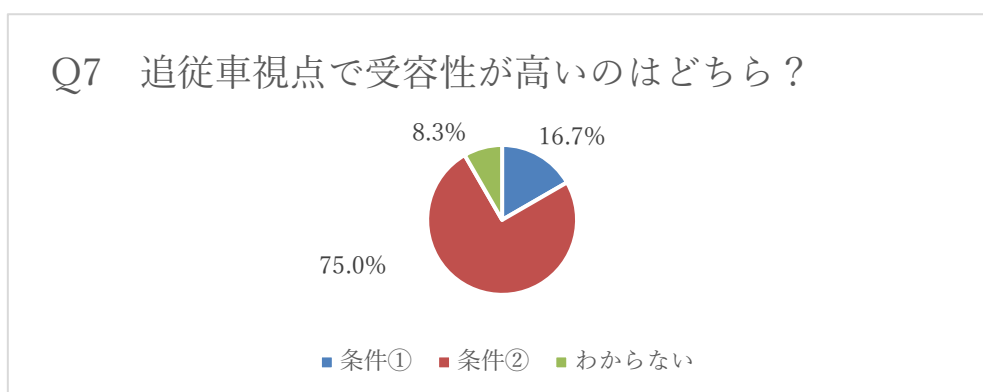


図 3.247 追従車視点受容性評価アンケート集計結果

車内 HMI

Q8 車内 HMI の周知方法としてどうか

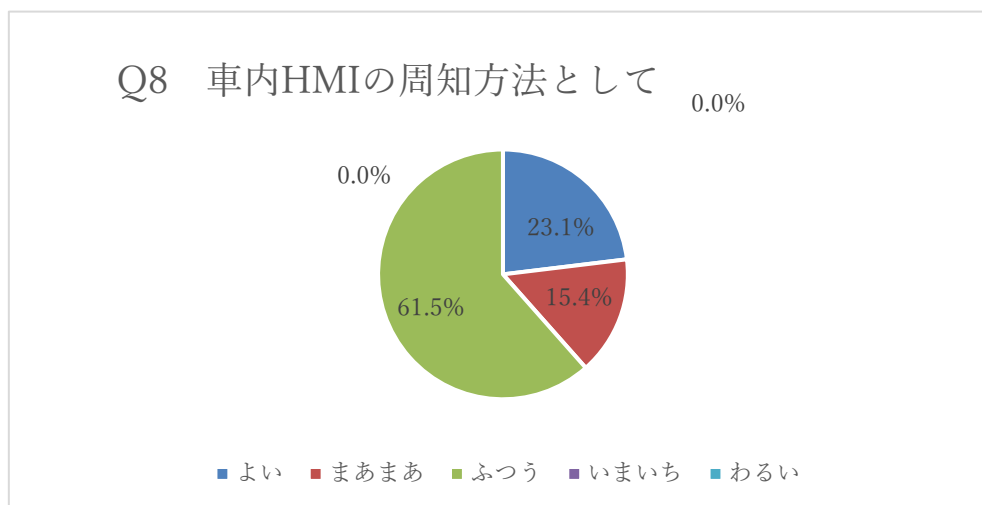


図 3.248 車内 HMI 受容性評価アンケート集計結果

停止表示灯

Q9 停止表示灯の受容性は

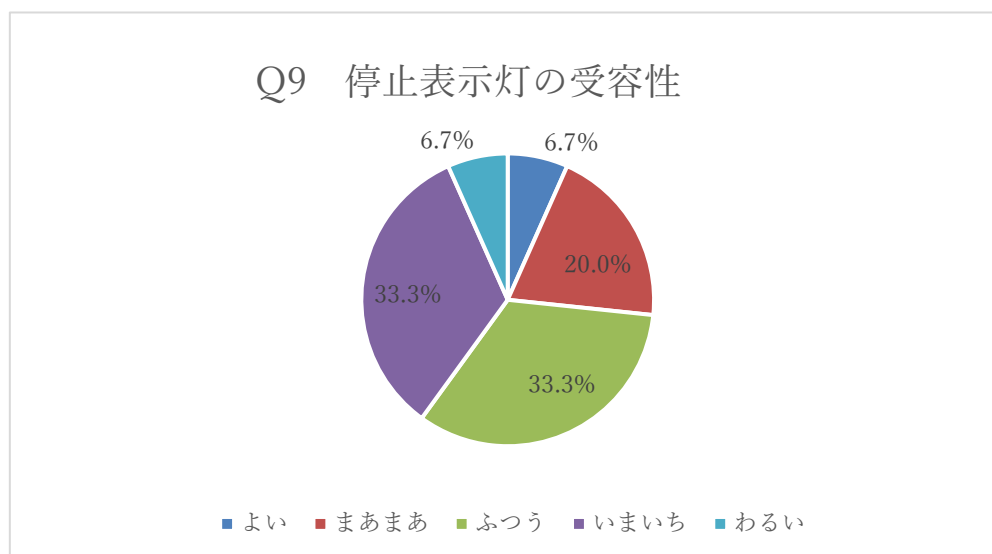


図 3.249 停止表示灯受容性評価アンケート集計結果

ドライバーコメント

本線車道にて急減速することで追突される危険がある為、急な減速にならないようブレーキ操作に注意する、路肩へ退避する際の車線変更も急ハンドルにならないよう注意する等、後続車両に対し、かなり注意を払っているとのコメントを頂いた。

⑥ 結論

追従車両乗車及び保安要員視点共に、条件②（速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s）が良いとする回答が大多数を占める結果となった。コメントとしては、条件①における減速度の高さからの荷崩れの恐れへの指摘や、追突の恐れへの指摘が数件、加えて安全性を鑑みると減速しながら路肩に移動する方が良いとの声もあった。

車内 HMI は、「ふつう」が最多であるが、否定的な回答は無かった。

停止表示灯は、「ふつう」「いまいち」が同数で最多であった。コメントとしては、今回採用した紫色のランプによる停止表示の周知性を懸念する声が多かった。

⑦ 考察

車両異常時の自動運転 L4 トラックの挙動としては、追突などの 2 次災害が起これないように後続車両に配慮する姿勢が明確で、条件②（速度：80km/h⇒30km/h、減速度：0.15G、横移動速度：0.57m/s）の受容性が高い結果となった。今回の本線での減速から車線変更に移行する車両のふるまいは、EDSS の設計指針を元に検討したものであるが、事業者目線で見ると減速しながら路肩へ移動する動きの方が安全であるとの指摘について今後検討が必要であると考え。安全性の観点に加えて高減速度では荷崩れの懸念も指摘されたのはやはり事業者ならではの視点であった。

車内 HMI は、緊急事態の発生を保安要員に伝える簡易的なものであったが、概ね受け入れて頂いたと考える。これを以て標準的な仕様を提案したい。

停止表示灯については、既に法で定められたものではあるも、未だ認知度が低く多く周知性を問われた。今後停止表示灯の標準的な仕様を整合すると共に、これを用いることの認知度向上が必須であると考え。

(8) 緊急退とその後のガイドライン項目検討

過年度からの検討及び実車実験の結果をもとに、自動運転 L4 トラックの緊急退とその後について、国内外の検討事例等を踏まえ、考え方、要件、配慮事項等をまとめたガイドラインを作成する予定である。

現時点で想定している項目例は以下であり、今後 OEM 関係者、関係省庁と詰めていく。

構成案

- ・前提の整理
 - 自動運転 L4 トラックの走行環境（ODD）
 - 自動運転システム（診断系、冗長系等）

- ・MRM
 - 停止場所
 - 本線上での減速及び減速度
 - 路肩移動時の速度
 - 横移動速度、路肩での減速、路肩寄せ
 - 灯火器

- ・MRC
 - 停止状態
 - 灯火器
 - 停止保持
 - 解除

- ・異常（停止）の報知
 - 停止表示ランプ（紫灯）
- ・保安要員乗車時の報知（車内 HMI）
- ・運行監視側への通知

その他（特記事項等）

3.1.2.5. 外向き HMI の自動運転ランプに関する受容性評価

過年度は、ドライビングシミュレータ実験による、外向き HMI の有効性を確認してきた。今年度は、実車に搭載する仕様を決めるための、事前評価を実施した。

(1) 外向き HMI が必要な背景

大型トラックはその車両特性（重量、長さ）から、周辺車両に道を譲っていただくなどの配慮を期待している場面がある（自動運転に限らず）。

<大型トラックの車両特性>

- ・重量が重いため、加減速度が低く速度調整に時間がかかる
 - ・全長が長いため、専有面積が大きく車線変更できる状況に制限がある
 - ・法定速度は 80km/h(90km/h)と乗用車の法定速度より低い
- 周辺車両の乗用車と速度差が生じる場合あり、
新東名の場合、乗用車は 120km/h、相対速度は 40km/h(30km/h)

＜大型トラックの走行の実情（市場では下記の様に走行されている場合有）＞

- ・合流時に本線走行車との相対速度を低下させる
（合流時ランプ内の制限速度（40km/h）を超過して速度を上げる）
- ・合流時点で相対速度が小さければ車線変更
（後続車との車間距離が短い場合含む）
- ・急な車線変更が不得意なため先読みをして早めの車線変更をしている
（100m～200m 以上先にも目を配っている）

すなわち、大型トラックは、周辺の車両に、大型トラックが優先的に走行できるように配慮してもらうことで、大型トラックだけでなく周辺車両も安全・安心に走行できると考えられる。特に、余裕度の低い自車合流時の車線変更および障害物等の手前等の余裕度の低い車線変更などが代表的なリスクである。

（2）外向き HMI のニーズ

上記のようなリスクを回避するために、自車合流支援／他車合流支援や先読み情報支援などのリスク回避策を検討している。

リスク回避策をより効果的に運用するためには、支援対象の自動運転 L4 トラックであることを周辺車両に認知させることが必要である。高速道路走行時に確実に自動運転 L4 トラックとして認識してもらうためには、ある程度離れた位置からも認識できる表示が求められる。

また、自動運転 L4 トラックは法規を遵守した走行をするため、高速道の合流時でもランプ内の制限速度（40km/h）を守り、合流地点で 80km/h に達することができず、後続の乗用車との速度差が現状のトラックよりも大きくなることご懸念される。

さらに、自動運転 L4 トラックは、安全車間距離を確保するため、高速の合流地点で後続車との相対速度差が小さくても、走行車速に見合った車間距離が確保できないと車線変更できない。

自動運転 L4 トラックは、通常のトラックよりもさらに周辺車両に配慮をいただく必要があると考えられる。そのため、自動運転 L4 トラックは、配慮が必要な支援対象車両であることを、周辺車両へ認知してもらい、自動運転 L4 トラックの走行に対し配慮してもらうために、遠方からでも認識可能な外向き HMI が必要と考えている。

（3）外向き HMI の仕様検討

自動運転 L4 トラックの用途から以下について検討した

項目	満足すべきニーズ	対応案	備考
表示	・高速走行時の車間距離でも認識できる ・自動運転モードの時に表示する	・他灯火と同様にランプ方式 文字では遠方からの認識が困難 ・自動運転システムと連動 ・法規の「自動運行中」文字表示と併用	現行法規 「自動運行中」文字表示要 新道路交通法第75条の20第2項 新府令第9条の30
輝度	・昼間に高速道路の車間距離で認識できる ・夜間に周辺の車両に眩しくない	・昼と夜で輝度を変更する ・前照灯と連動	
色	・前例、諸外国での検討状況 ・他の灯火器と区別が付けやすい ・法規上、使用して良い色	・ターコイズ色、シアン色	・日本L3自動運転ステッカー ・ベンツL3 
点灯	・L4トラックと認識しやすい ・他灯火器の影響を受けない、他灯火器へ影響を及ぼさない	・自動運転状態は緊急を要する状態では無いので点灯が良い ・誘目性の観点から点滅が好ましい	
配置	・他灯火器との干渉が発生しない場所 ・架装エリア、お客様のエリア以外 ・構造上、搭載が容易な場所 ・外光の影響を受けにくい場所		

図 3.250 自動運転 L4 トラック用外向き HMI の検討状況

(4) 外向き HMI の実車評価

上記にて机上検討した仕様を確認すべく、以下の実車評価を実施した。

<日時>

2023 年 11 月 30 日（木）

<場所>

産総研北サイト（つくば市寺門）：昼間環境での評価

JARI 城里テストコース（城里町）：夜間環境での評価

<注目点>

- ・昼間・夜間の照度
- ・車両搭載位置の妥当性
- ・他灯火器との干渉
- ・点灯／点滅の誘目性他

実車評価時点では、ターコイズ色の適切なランプが無かったため、市販のデイトイムランニングランプのブルー色を使用して評価を実施した



図 3.251 自動運転 L4 トラック用外向き HMI 評価用実装

(5) 外向き HMI の仕様

実車評価の結果、以下のような仕様が適切と判断している。

項目	評価結果	判断のポイント
輝度	・昼間：270cd程度が適切 ・夜間：90cd程度が適切	・100m遠方からの視認性、周辺車両の眩しさ等 ・昼間に90cdでは認識困難、夜間の270cdは眩しい
配置	・前面：前照灯の直近以外は搭載可 ・後面：車両中央付近の下側（主） 車両中央付近の上側（任意）	・前面は搭載可能範囲が広く他灯火器との干渉少ない ・後面は様々な架装物を想定、搭載可能範囲狭く 夜間には他灯火器との相互干渉あり ・後面上部は架装物により搭載困難な場合あり任意
点灯	・点滅は不要、点灯が良い	・点滅すると目立つが、緊急性はない

図 3.252 実車評価結果

(6) 事業者による受容性評価

上記で決めた仕様にて、事業者受容性評価を実施した

<日時>

2024 年 3 月 4 日（月）

<場所>

産総研北サイト（つくば市寺門）：昼間環境のみの評価

<事業者>

佐川急便、日本通運、福山通運及びヤマト運輸（あいうえお順）

外向き HMI の必要性には理解が得られた。法規・罰則などの制度整備と一般への周知が必要。仕様についても様々なご意見をいただいたので、今後の仕様検討の中で参考にする。

<事業者のコメント概要>

- ・法規と一般への周知活動等とセットでの設定が必要
（法規には罰則及び類似色の使用規制含む）

(優先レーン設置時には AD ランプ必須)

- ・乗用車のドライバー目線も考慮して仕様検討が必要
(輝度及び搭載位置)
- ・車両側面のランプをドライバー運転時／自動運転時で変えたほうがよい
(ドライバー運転時は通常のサイドマーカ、自動走行時は AD ランプ等)

(7) 今後の課題

23 年度の実車評価では、輝度と他灯火器との干渉確認を主に確認を実施した。24 年度は、合流支援や車線変更時のリスク低減に有効と考えられる車両側面の搭載一の検討と実車評価を実施する必要がある。

ランプ色はターコイズ色での評価ができていないので、ターコイズ色のランプを作成し改めて評価を実施する。24 年度のマルチブランド実証実験の中で、外向き HMI の受容性評価の実施を検討する。

近年、デイトタイムランニングランプのブルー色の搭載車が市場に多く見られる、ターコイズ色との見分けが難しい場合も想定されるため、自動運転 L4 トラックとの認識性を高めるための方策（点滅など）を検討する。

3.1.2.6. 付録

(1) ミクロシミュレーションとは

① 交通流ミクロシミュレーション

交通工学の分野で道路整備、信号制御、交通規制といった交通施策による影響を評価・可視化するために、仮想の道路環境上で交通流を発生させその動きを検証することが出来る交通流シミュレーションが広く用いられている。交通流シミュレーションには、広範囲での交通需要・交通状況を検証することが出来るマクロシミュレーションと、個々の車両・歩行者の動きを検証することの出来るミクロシミュレーションの 2 種類に大きく分類される。

ここでは本業務の目的である、自動運転車両が走行することによる影響や情報提供施策による影響軽減効果を考察するために、個々の車両の運転挙動や合流時の協調減速や車線変更等の相互作用を検証することができる後者のミクロシミュレーションを扱うこととする。

② PTV Vissim

PTV Vissim とは、ドイツ カールスルーエに本社を置く PTV Planung Transport Verkehr GbmH によって開発された、交通流ミクロシミュレーションソフトウェアである。PTV Vissim は、1974 年にカールスルーエ大学（現在のカールスルーエ工科大学）で Rainer Wiedemann 教授によって提案された車両追従モデルを使用して車両挙動を再現しており、一般的な乗用車だけでなく、トラック等の大型車両、バスや電車、トラムといった公共交通機関、バイクや自転車等の二輪車、そして歩行者を同一の環境で再現することが出来る。

車両には前述の追従モデルを使用しているが、歩行者には Dirk Helbing 教授に

よって提案されたソーシャルフォースモデルを用いてよりリアルな挙動を再現している。

本ソフトウェアでは、車両の追従挙動だけでなく車線変更、横方向、信号機等に対する挙動を道路や車種毎に設定することができるため、各地域特性を反映した運転挙動を再現することができ、また各パラメータにばらつきをもたせることによって、個々の運転者による運転挙動の違いを再現している。

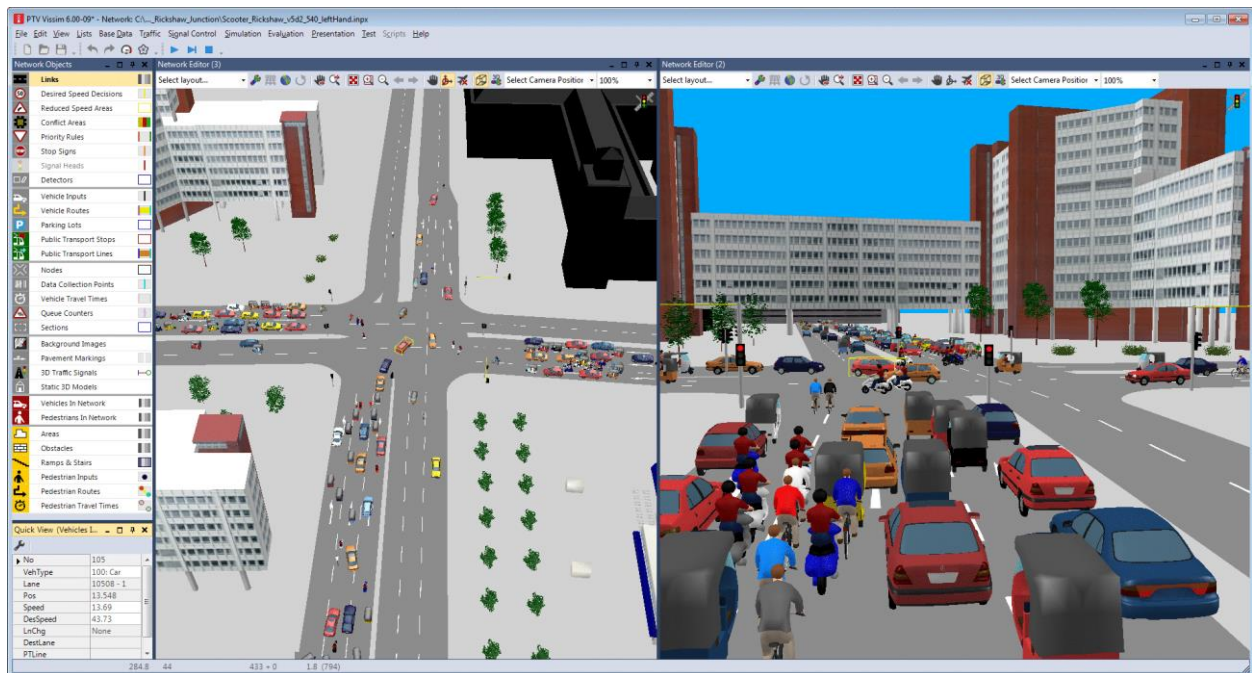


図 3.253 交通流マイクロシミュレーションソフトウェア PTV Vissim

(2) ミクロシミュレーションの前提条件

① 対象地域

本業務の分析エリアは、新東名高速道路浜松浜北 IC 合流部（上り）付近を対象とした。

I. 道路構造設定

Google Maps 及び Bing Maps の衛星写真をベースに道路構造を設定した。赤枠の範囲がハードノーズからテーパ部終端までの合流区間を表し、合流区間から上流に約 3.4km、下流に約 1.1km までを作成範囲とした。

なお合流区間における勾配は非常に小さく、車両挙動やシミュレーション結果に影響を与えないため今回のモデルには設定しなかった。

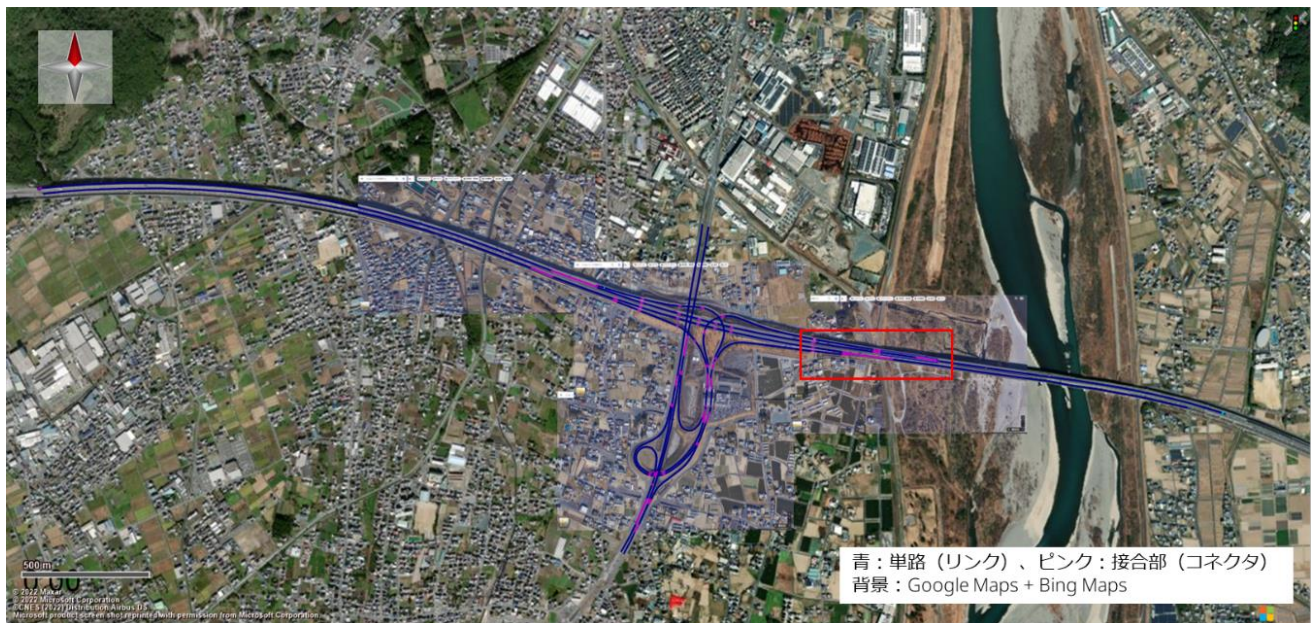


図 3.254 浜松浜北 IC の道路構造



図 3.255 合流区間拡大図

II. 交通状況設定

NEXCO 中日本（中日本高速道路株式会社）提供のデータを元に交通状況の設定を行った。受領した 2022 年 9 月のデータからミクロシミュレーションの実施時間帯は、最も本線交通量の多い時間帯（2022 年 9 月 25 日（日）16 時台）を対象とした。

なお本データの大型車には中型車やバス等も含まれており、また浜松浜北 IC の 16 時台の時間交通量は上下線合計の値を日交通量の上下割合で按分した数値となっているため、少数点以下が含まれる数値となっている。

表 3-12 浜松いなさ SIC－浜松浜北 IC 間交通量[台]

時間帯	第 1 車線		第 2 車線		追越車線		合計
	小型	大型	小型	大型	小型	大型	
16:00	29	12	42	11	45	3	142
16:05	26	10	59	11	52	1	159
16:10	23	17	58	11	62	4	175
16:15	23	8	45	10	43	0	129
16:20	19	20	49	6	55	1	150
16:25	31	9	56	3	48	0	147
16:30	26	10	63	5	58	2	164
16:35	25	15	55	6	56	1	158
16:40	22	20	69	13	86	2	212
16:45	23	15	73	4	82	2	199
16:50	32	15	59	11	75	1	193
16:55	19	19	71	13	100	5	227

表 3-13 浜松いなさ SIC－浜松浜北 IC 間平均速度[km/h]

時間帯	第 1 車線	第 2 車線	追越車線
16:00	82	97	110
16:05	83	98	114
16:10	83	93	114
16:15	86	99	115
16:20	81	96	115
16:25	87	100	116
16:30	85	98	115
16:35	82	99	111
16:40	81	91	107
16:45	84	95	108
16:50	78	89	101
16:55	79	90	98
平均	82.58	95.42	110.33

表 3-14 浜松浜北 IC 交通量[台]（上り）

方向	小型	大型
流入	199.31	7.52
流出	98.56	2.60

② 現況再現

I. トラカン等情報の入力

本線交通量は、上流部（東側）の端に車両入力地点を生成し、車線別・車種別交通量[台/時]を5分毎に設定した。

Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval

図 3.256 本線交通量の設定

IC 流出交通量は第1車線から直進と流出方向に車両ルートを作成し、各方向に分岐させる割合として1時間毎の分岐率を設定した。IC 流入交通量は料金所通過後の東京方面へ分岐する道路リンクに車両入力地点を設定し、交通量[台/時]を1時間毎に設定した。

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes																
Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth	Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-900)	RelFlow(900-M...
1	1	小型_第一車線	77: 第一車線	2,000	☐	10	Static	1	ト 小型_第...	1	直進		53: 新...	1146.142	184.362	199.445
2	2	小型_第二車線	78: 第二車線	2,000	☐	10	Static	2	ト 小型_第...	2	退出		39	27.666	79.638	98.555
3	3	小型_追越車線	79: 追越車線	2,000	☐	10	Static									
4	4	大型_第一車線	77: 第一車線	2,000	☐	20	Static									
5	5	大型_第二車線	78: 第二車線	2,000	☐	20	Static									
6	6	大型_追越車線	79: 追越車線	2,000	☐	20	Static									
7	15	ランプ_浜北合流	46: ramp	2,000	☒		Static									

図 3.257 IC 流出交通量の設定（分岐率）

Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval										
Vehicle volumes by										
Count: 8	No	Name	Link	Count: 15	Cont	TimeInt	TimeInt#Sta...	Volume	VehComp	VolType
1	1	小型第一	77: 第一車線	1	☐	0-300	15:45	213.9	7: 小型車ランプ	Exact
2	2	小型第二	78: 第二車線	2	☒	300-600	15:50	213.9	7: 小型車ランプ	Exact
3	3	小型追越	79: 追越車線	3	☒	600-900	15:55	213.9	7: 小型車ランプ	Exact
4	4	大型第一	77: 第一車線	4	☐	900-1...	16:00	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
5	5	大型第二	78: 第二車線	5	☒	1200-...	16:05	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
6	6	大型追越	79: 追越車線	6	☒	1500-...	16:10	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
7	7	小型	46: ramp	7	☒	1800-...	16:15	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
8	8	大型	46: ramp	8	☒	2100-...	16:20	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
				9	☒	2400-...	16:25	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
				10	☒	2700-...	16:30	199.3	7: 小型車ランプ	Exact
				11	☒	3000-...	16:35	199.3	7: 小型車ランプ	Exact

図 3.258 IC 流入交通量の設定

II. 修正箇所

a) 希望速度分布

希望速度とは、自由流（先行車両との距離が十分に離れている、または自車の希望速度が先行車両より遅い）に目標とする速度である。運転者によってばらつきがあるため、規制速度だけでなく実勢速度を考慮した速度分布を設定する必要があるが、次に述べる根拠を元にこの速度分布の推定を行った。

- ・確率分布の種類^{*1}：

洪によると、実勢速度の分布は正規分布や対数正規分布に似た傾向があると述べており、本業務でもトラカンデータの平均速度を用いた正規分布を入力条件とすることにした。

- ・標準偏差^{*2}：

松ヶ谷は、先行車の影響を受けて走行している追従車両の希望走行速度が走行速度よりも高いことを考慮したうえで、希望走行速度の平均と標準偏差を推定している。本業務では速度分布の標準偏差の根拠となる新東名高速道路の個別車両のデータがないため、本文献の名神高速道路の推定結果（2019）の値を採用した。

- ・車種別平均速度^{*3}：

一般的に車種によって平均速度は異なるが、洪によると、追越車線では車線交通量条件によって速度低下の割合は異なってくるものの、大型車混入率が増加すると速度低下量も多くなる傾向があることを述べている。

ここで小型車、大型車の交通量をそれぞれ Q_S, Q_L とし、平均速度 V と速度低下量 ΔV を用いると、以下式(3-10)及び式(3-11)のようになる。

$$V_S = V + \Delta V \quad (3-10)$$

$$V_L = V - (Q_S + Q_L) * \Delta V \quad (3-11)$$

この関係を用いて、表の平均速度を元に車線別・車種別希望速度の平均値を推定した。

^{*1} 洪 性俊，大口 敬，“高速道路における実勢速度の実態分析，” 第 31 回土木計画学研究発表会，2005.

^{*2} 松ヶ谷 玲弥，塩見 康博，他，“個別車両データを用いた都市間高速道路における交通流特性の経年変化に関する研究，” 交通工学論文集，第 6 巻，第 2 号，pp. A_121-A_130，2020.

^{*3} 洪 性俊，大口 敬，“多車線高速道路における統合型速度推定モデル，” 土木学会論文集 D3，Vol. 67，No. 3，pp. 244-260，2011.

表 3-15 車線別・車種別希望速度[km/h]

	第 1 車線	第 2 車線	追越車線
平均速度（小型）	83.78	97.42	112.53
平均速度（大型）	74.25	81.53	95.06
標準偏差（共通）	9.38	11.71	11.13

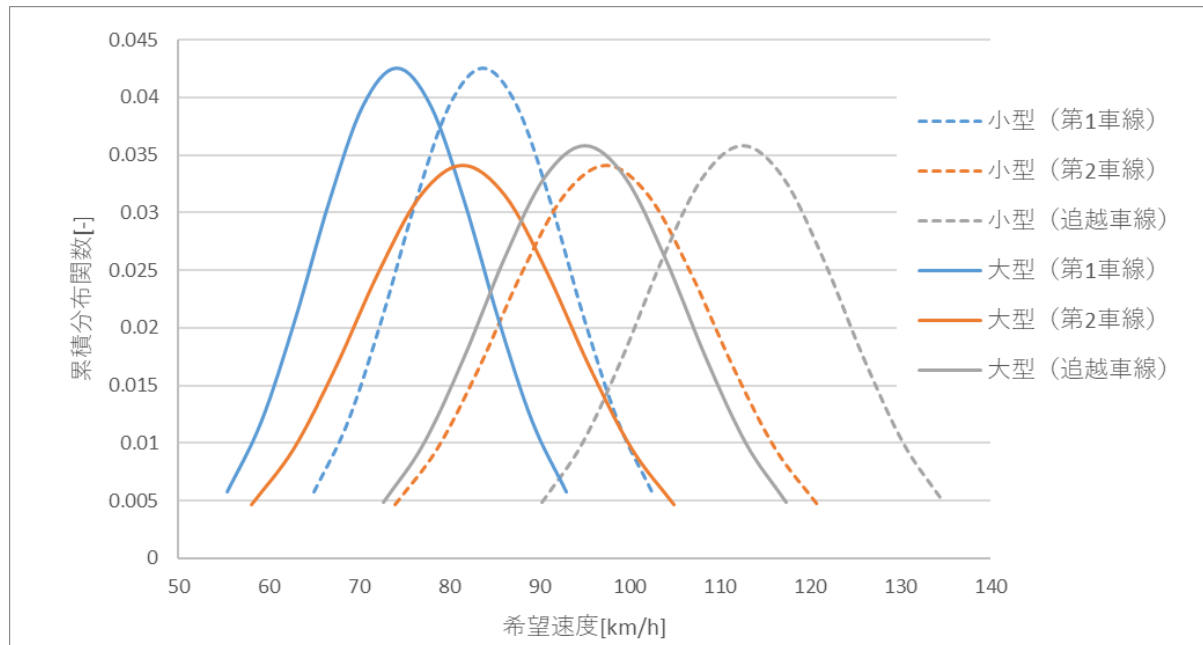


図 3.259 車線別・車種別希望速度分布関数

b) 運転挙動の調整

PTV Vissim の運転挙動は主に、「追従モデル」、「車線変更」、「車線内での横挙動」の 3 種類のモデルから成り立っており、適切にパラメータを調整することで地域特性に合わせた運転挙動や交通状況を再現することが出来る。本業務では、高速道路の再現に適した Wiedemann 99 モデルかつ第一通行帯を原則走行する 2: Right-side rule (motorized) をベースにパラメータを調整した。

No.	Name	対象	モデル	車線選択	横位置	認知対象	説明
1	Urban (motorized)	自動車 (市街地)	Wiedemann 74	自由選択	中央	4台	Wiedemann 74をベースにモデル化された市街地の挙動 速度の平方根に比例して安全距離が増加
2	Right-side rule (motorized)	自動車 (高速道路)	Wiedemann 99	第一通行帯	中央	2台	Wiedemann 99をベースにモデル化された高速道路の挙動 第一通行帯を原則走行し、追越時にのみ第二・三を走行
3	Freeway (free lane selection)	自動車 (高速道路)	Wiedemann 99	自由選択	中央	2台	Wiedemann 99をベースにモデル化された高速道路の挙動 車線選択は自由
4	Footpath (no interaction)	歩行者	無し	自由選択	ランダム	2台	車両モデルを利用して再現された簡易的な歩行者挙動 歩行者間の相互作用はなく、横位置はランダム
5	Cycle-Track (free overtaking)	二輪車	Wiedemann 99	自由選択	左側 (日本)	2台	Wiedemann 99をベースにモデル化された二輪車の挙動 同一車線内でも左右から自由に追越しが可能
101	AV cautious (CoEXist)	自動運転車両 (慎重)	Wiedemann 99	自由選択	中央	2台	CoEXistプロジェクトでモデル化された自動運転車両の挙動 先行車が緊急停止しても衝突しない車間距離を保つ
102	AV normal (CoEXist)	自動運転車両 (標準)	Wiedemann 99	自由選択	中央	2台	CoEXistプロジェクトでモデル化された自動運転車両の挙動 人間と同様に運転するが、ドライバーによるばらつきを排除
103	AV aggressive (CoEXist)	自動運転車両 (積極的)	Wiedemann 99	自由選択	中央	10	CoEXistプロジェクトでモデル化された自動運転車両の挙動 V2Xを前提に認知可能な対象が多く、車間距離は短い

図 3.260 デフォルトの運転挙動一覧

本業務では合流による交通流・安全性への影響を評価するため、車線変更の挙動や車線利用率の再現性が重要になる。特に自由走行時間が車線利用率への影響度が大きいと、このパラメータを車線毎に調整した。

自由走行時間とは追越を行った際に元の車線への戻るかどうかを判断するための閾値で、元の車線方の先行車両との①衝突時間が自由走行時間以上の場合、元の車線に復帰し、②衝突時間が自由走行時間未満の場合、衝突を回避して追越を継続する。この自由走行時間のデフォルト値は 11[s]であるが、特に 3 車線以上ある高速道路では第 1 車線は分合流時にしか走行しない運転者が多い実態を反映して、設定値を以下に調整した。

- ・ 第 1 車線から第 2 車線：150 秒
- ・ 第 2 車線から追越車線：60 秒



図 3.261 追越後の車線復帰

c) 協調行動*

清水によると、合流部での本線後方車の行動として「譲らない、譲る、避走する」の 3 種類の行動があり、首都高速道路東池袋ランプでの各行動の割合について観測及びシミュレーションによる推定を行っている。本業務でも同様に本線車両の協調行動について、本文献を元に協調減速を行う（譲る）、協調車線変更を行う（避走する）、協調減速・協調車線変更のどちらも行わない（譲らない）の 3 パターンの割合を設定した。

表 3-16 協調行動グループの割合

協調行動の種類	割合
協調減速	9.5%
協調車線変更	35.5%
協調行動なし	55.1%

* 清水 哲夫，三室 徹，飯島 雄一，“走行支援システムの評価のための高速道路流入部におけるミクロ交通解析，” 第 37 回 土木計画学シンポジウム論文集，pp. 33-40，2021.

III. 再現性

現況再現性の確認は交通量と走行速度の指標を用いて行う。分析対象の 16 時台のデータだけでは出力値が少ないため、前後 1 時間を含む 15 時台、16 時台、17 時台の実測値とシミュレーション出力値の相関を確認した。

・ 交通量：

浜松 SA スマート IC～浜松浜北 IC の断面交通量（5 分単位）を入力値とし、浜松浜北 IC での流入・流出交通量を加減した合流部下流側の交通量で評価、1 時間単位、車線別、車種別のデータで評価。

・ 走行速度：

トラカン速度を用いて浜松 SA スマート IC～浜松浜北 IC 間（分流前）の速度で評価、5 分単位、車線別のデータで評価。

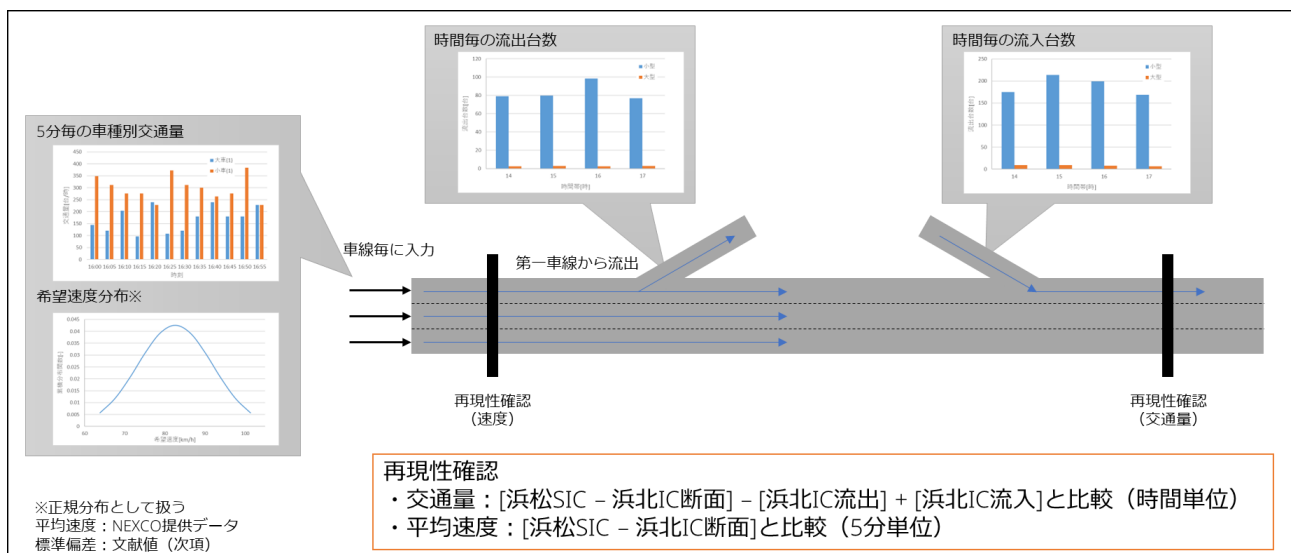


図 3.262 現況再現の方針

まず前項の修正を行わない、すなわち車種によらず共通の希望速度分布を設定し自由走行時間をデフォルトの 11 秒としたときの結果は、第 1 車線を走行する車両台数が実測値よりも大きく逆に追越車線を走行する車両台数が小さくなっており、特に小型車は 300 台以上の誤差が発生した。

一方平均速度は第 1 車線及び第 2 車線が実測値よりも大きくなっているが、追越車線は概ね一致した。これは追越車線を走行していた車両が、隣接車線の前方に先行車両がいなければ高い希望速度を維持したまま第 1 車線及び第 2 車線へと戻ったからだと考えられる。

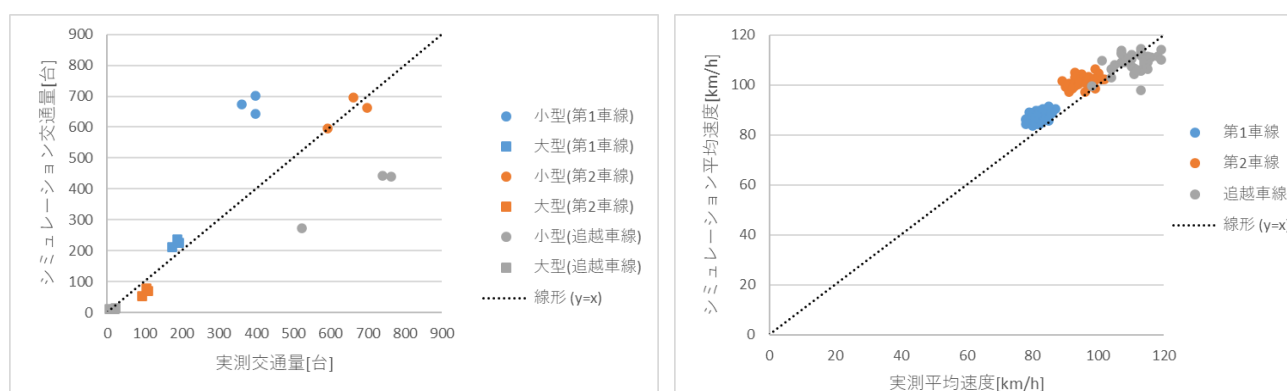


図 3.263 自由走行時間 11 秒を設定したときの交通量と平均速度の相関

次に自由走行時間を 120 秒（車線共通）に設定することで、追い越しを行った車両がそのまま第 2 または追越車線を継続して走行する車両台数が増え、小型車は実測値に近づき、平均速度は追越車線が少し実測よりも低くなったものの再現性が向上した。

一方で大型車は第 1 車線の車両台数が実測値よりも小さくなるという逆の現象が発生した。これは車種によらず共通の希望速度分布を設定してしまったのが原因で、現況よりも大型車の平均速度を大きく設定してしまったために追い越しを行う大型車が増えたと考えられる。

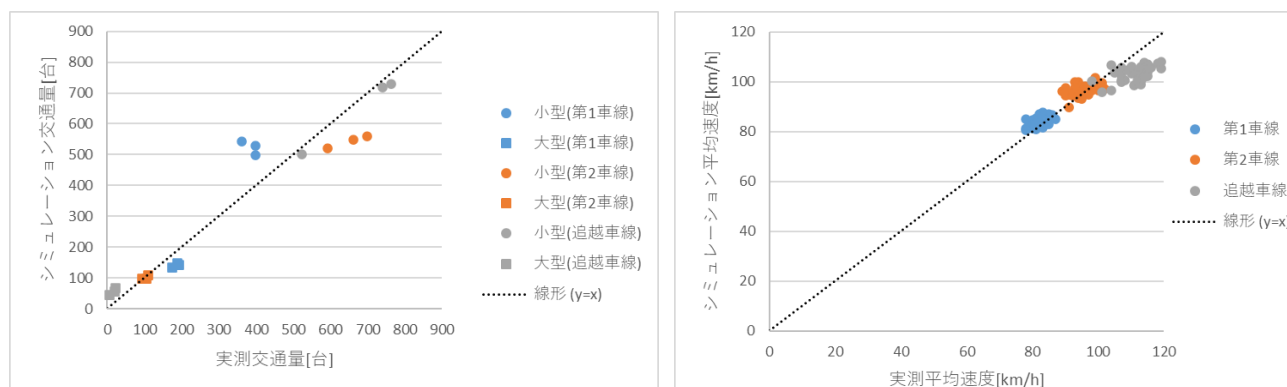


図 3.264 自由走行時間 120 秒を設定したときの交通量と平均速度の相関

そこで平均速度を車種別に調整したところ、第2車線、追越車線を走行する小型車の台数が増えて、第1車線を走行する大型車の台数が増加し再現性が向上した。ただし、第2車線の小型車が依然として少なく、第1車線、追越車線の小型車が若干多い結果となっている。

これは自由走行時間を車線によらず一定にして設定したのが原因で、第2から第1車線に戻る車両台数が実測値よりも大きく、追越車線から第2車線に戻る車両台数が実測値よりも小さくなったと考えられる。

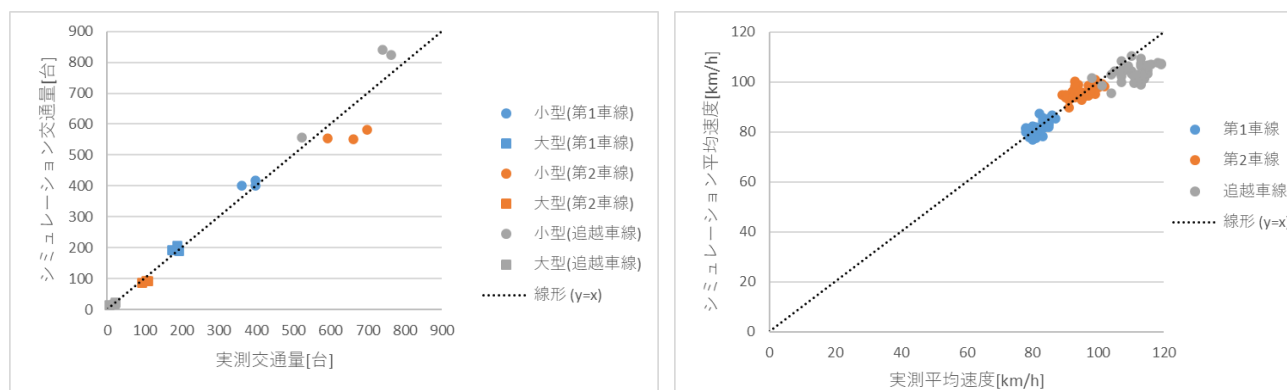


図 3.265 車種別希望速度分布を設定したときの交通量と平均速度の相関
(自由走行時間 120 秒)

さらに自由走行時間を車線別に再度調整を行い、また協調行動を設定した結果、車線別・車種別の交通量や車線別平均速度のいずれも非常に高い再現性を示した。特に交通量の相関係数を見ると 0.792 から 0.996 へと向上しており、希望速度や運転挙動の修正によって効果が表れていることがわかる。本条件を現況として自動運転 L4 トラックの本線に合流・走行することによる影響を評価することとした。

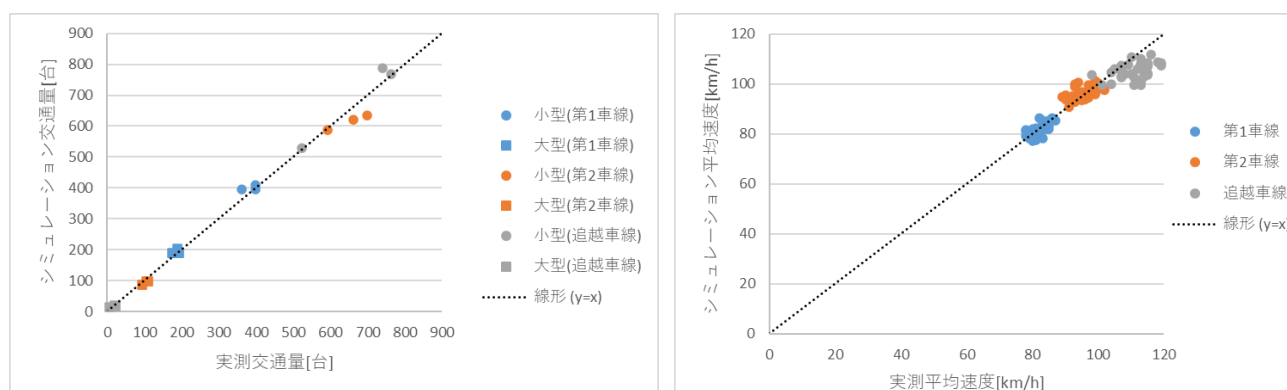


図 3.266 車線別自由走行時間を設定したときの交通量と平均速度の相関

表 3-17 シミュレーション条件と相関係数

条件	希望速度分布	共通	共通	車種別	車種別
	自由走行時間（第2車線）	11 秒	120 秒	120 秒	150 秒
	自由走行時間（追越車線）	11 秒	120 秒	120 秒	60 秒
相関係数	交通量	0.792	0.954	0.982	0.996
	平均速度	0.924	0.939	0.938	0.945

3.2. 運行管理システムのコンセプト検討

自動運転 L4 トラック運行管理システムは、高速道路において、自動運転 L4 トラックを用いた輸送ビジネスを実施するための受注、計画、監視、決済などの機能を有するプラットフォームであり併せて、自動運転 L4 トラックを安全に効率よく運行させるための支援システムの役割も担う。2021 年度に作成した、自動運転 L4 トラック運行管理システムの構成を以下図に示す。

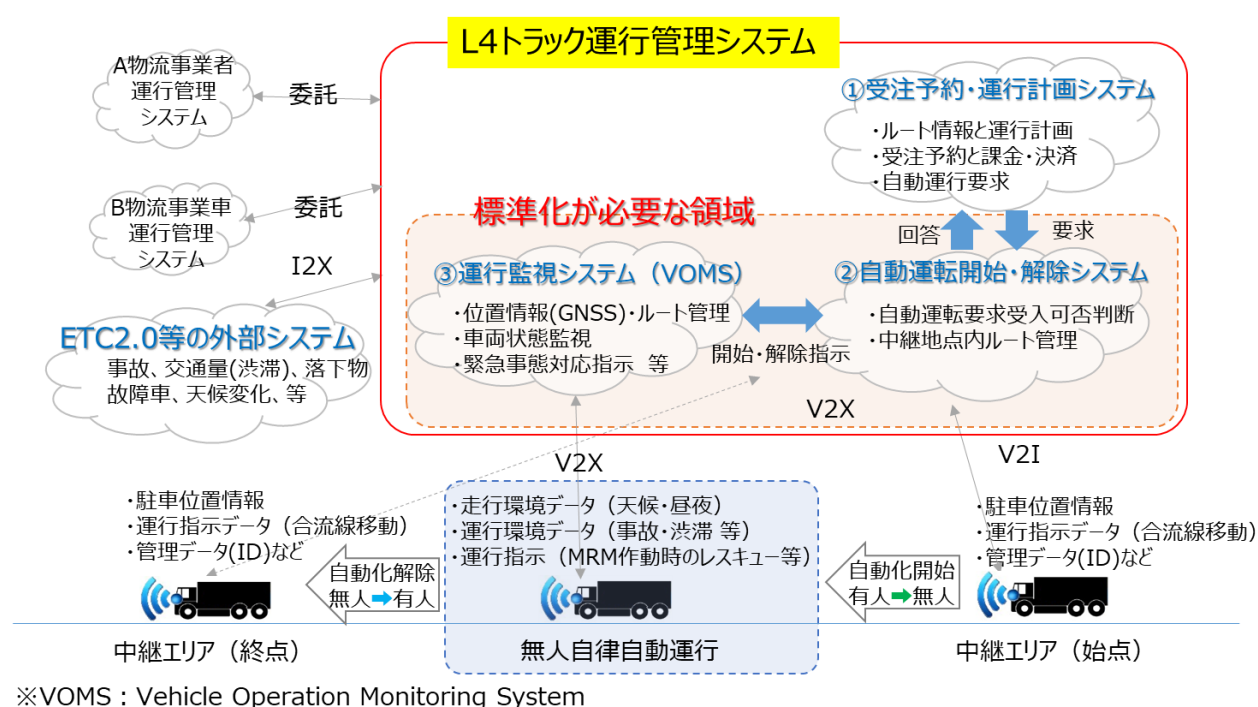


図 3.267 自動運転 L4 トラック運行管理システムの構成

本システムは常時自動運転 L4 トラックと接続しており、下記の 3 つのサブシステムで構成される。

(1) 受注予約・運行計画システム

- ・ 自動運転の受注（車両情報、輸送ルート、スケジュール等）
- ・ 料金の収受（課金、決済等）

(2) 自動運転開始・解除システム

- ・ 自動運転の指示（受注の確認、走行環境の確認、車両の確認等）
- ・ 中継エリアの管理（エリア内のルート、発着駐車ます等）

(3) 運行監視システム

- ・ 車両状態の監視（車両の状態、AD システムの状態等）
- ・ 走行環境の監視（交通情報、天候、道路状況等）
- ・ 輸送ミッションの監視（スケジュール、積荷の状態等）

更に、自動運転 L4 トラック運行管理システムは、運送事業者の運行管理システムや、ETC2.0 などの外部システム（路側システム）と接続し、これらとの情報授受も考えられる。

2023 年度は、主に(2) 自動運転開始・解除システム、(3) 運行監視システムに関する検討を実施した。

(2) 自動運転開始・解除システムについては、2030 年度以降の普及期を見据えた、中継エリアの発着管制システムの要件を検討し、(3) 運行監視システムについては、2026 年以降の黎明期から必要な機能であることを踏まえ、試作開発・評価も含めた運行監視システムの要件を検討した。

(1) 受注予約・運行計画システムについては、今年度の検討は見送りとしたが、発着拠点における流入流出する車両の台数が増えると共に、発着拠点の台数キャパに応じた受注予約や運行計画を行い、中継管制システムと連携しスムーズかつ効率的な流入退出管理を行うことが求められる。本件についても、来年度以降の継続検討事項とする。

3.2.1. 中継管制システムの要件検討

3.2.1.1. 背景および前提条件

2030 年以降（普及期）の高速道路に直結した中継エリアと中継エリアの間を無人の自動運転 L4 トラックによる運行を想定し、普及期の中継エリアの規模・仕様を仮置きした上で、普及期の中継エリアの発着管制に求められる基本的な機能・システムのガイドラインを取りまとめた。

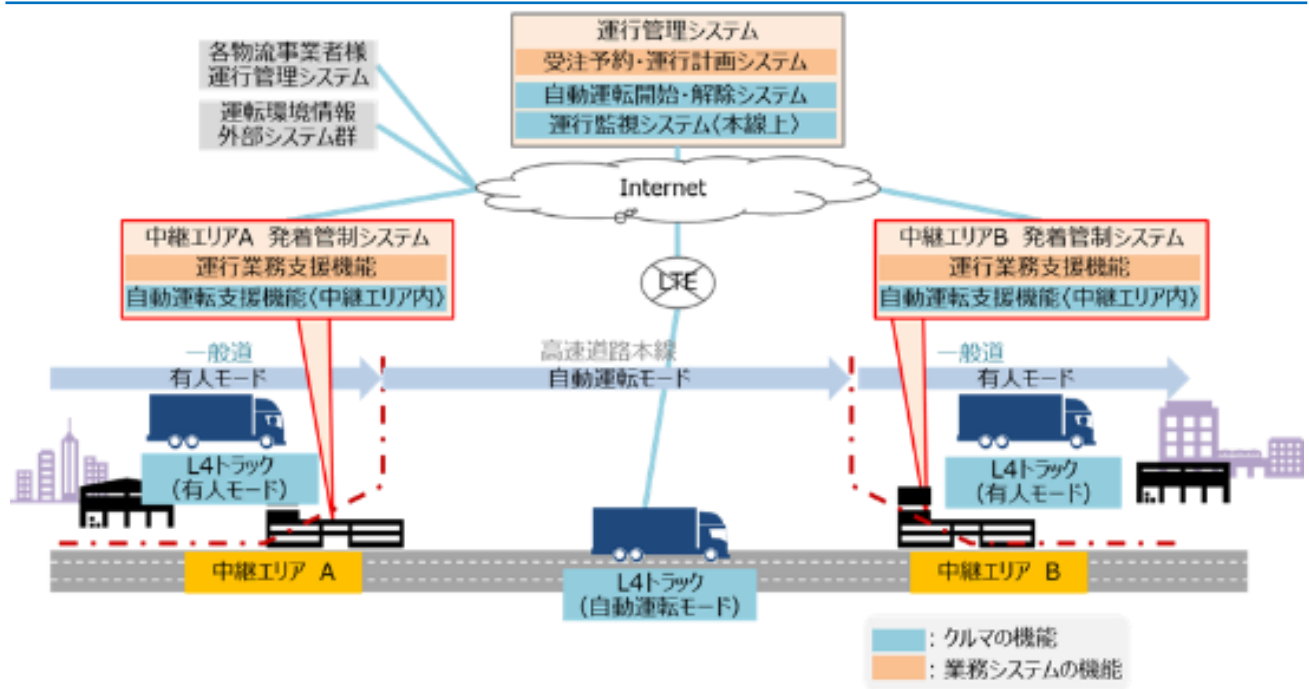


図 3.268 運行監視システムの全体像案

発着管制システムの構成と運用フローを検討するにあたり、中継エリアほかの前提条件を設定した。令和4年度事業で検討した事業・走行モデルB-1、すなわち自動運転区間でのドライバーの乗車は無く、高速道路に直結した施設(保管・仕分等のターミナル機能は無し)にてドライバーを乗降車させる運用を前提とした。自動運転L4トラックの受注予約、運行開始・解除や運行状態をモニタリングし適切に監視、支援するための運行管理システムと連携する独立した機能、仕組みで、中継エリア毎に導入されるシステムとして、発着管制システムを定義した。

発着管制システムの機能、仕組みを、中継エリア内においてクルマの機能(走る、曲がる、停まる)を支援する自動運転支援機能と、クルマの機能とは直接関係ない運行業務を支援する運行業務支援機能に分かれるとの仮説のもと、システム構成とフローを検討した。

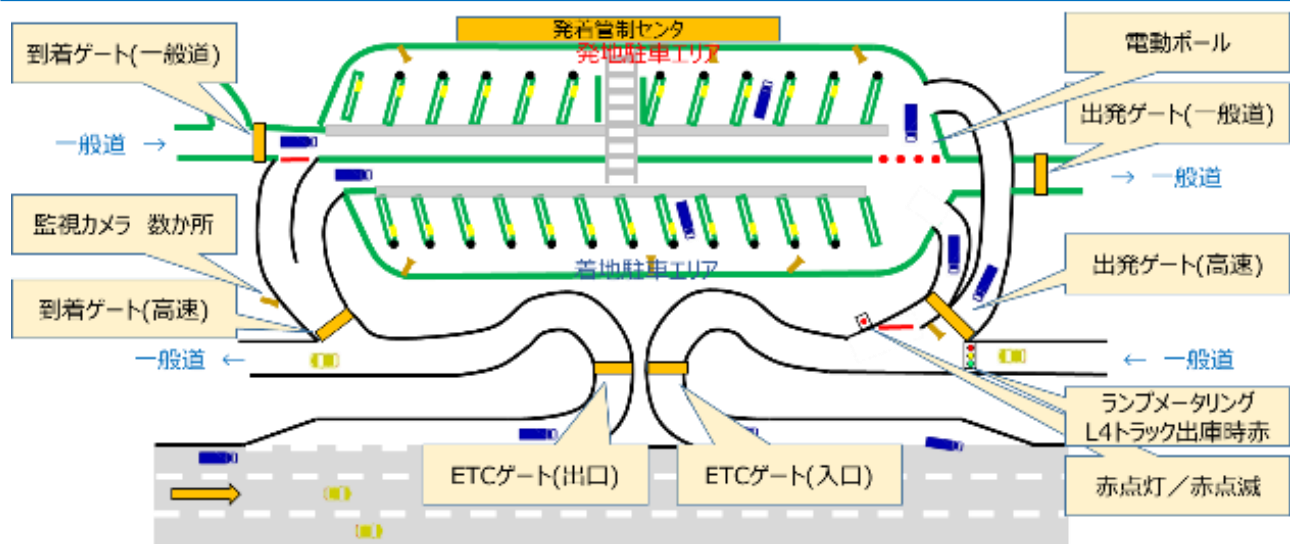


図 3.269 普及期の中継エリアイメージ図

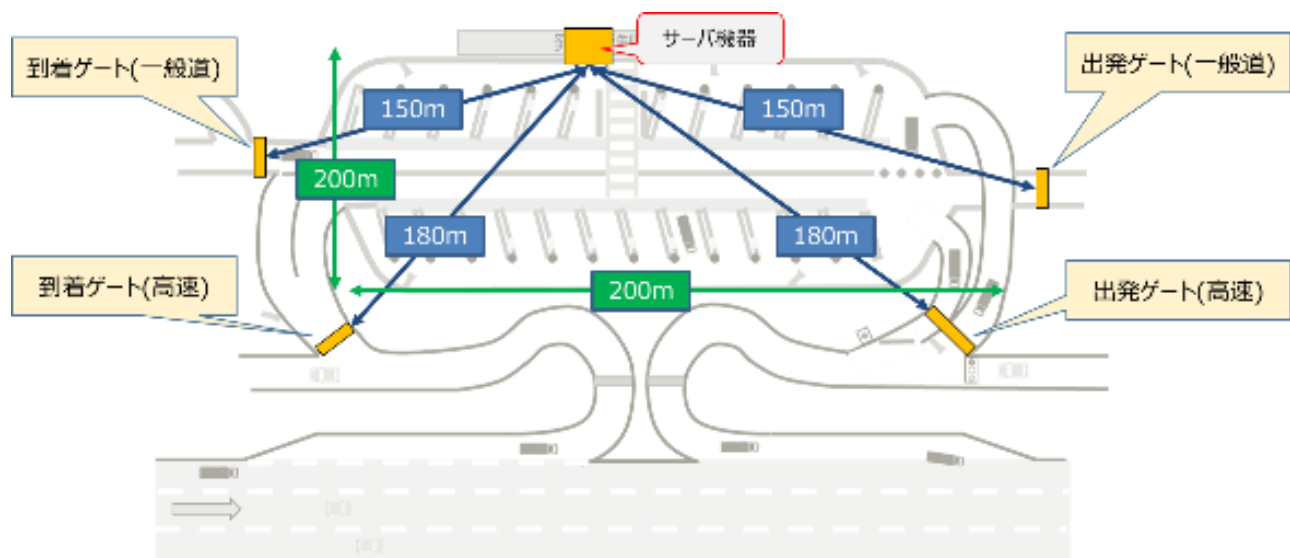


図 3.270 普及期の中継エリアのサイズ感

仮置きした普及期の中継エリアは到着ゲートおよび出発ゲートにより、高速道路と一般道に接続する。中継エリア内の駐車エリアは自動運転モードの始点となる発地駐車エリアと、終点となる着地駐車エリアで構成される。双方の駐車エリアは電動ボールが設置される個所以外は物理的に分離され、電動ボールも通常は閉塞した状態である。駐車エリア内には自動運転 L4 トラック 1 台分の発着駐車ますが複数個所存在し、各発着駐車ますにて有人モード／自動運転モードの切り替えを行う。中継エリア施設内には発着管制センターが設置され、発着管制システムの運用を行う。発着管制センターと発着駐車ます間は歩行者用の通路が設置され、L4 ドライバーによる点検や誘導員による誘導、緊急時など、やむを得ない場合を除き人は歩行者用の通路以外への立ち入りが禁止される。出発ゲート（高速）の先にはランプメータリングを設置し、自動運転 L4 トラックドライバーおよび

一般車の通行を制御することで、自動運転モードの自動運転 L4 トラックの出発の円滑化を図る。

前提条件項目	前提条件の内容	備考
駐車エリア	・発地駐車エリアと着地駐車エリアは分離して設置 - 発地駐車エリア：一般道(ドライバ)⇒駐車⇒高速道(自動) - 高速道(ドライバ)⇒駐車⇒高速道(自動) - 着地駐車エリア：高速道(自動)⇒駐車⇒一般道(ドライバ) - 高速道(自動)⇒駐車⇒高速道(ドライバ) ・屋外（自動運転モード走行する場所は全て屋外）	・GNSS利用のため
駐車台数規模	・20～30台分の駐車マス	
発着頻度	・最大で1台／1分（昼夜問わず稼働） 準備できた車両が1分ごとに出發する	・深夜時間帯に最大となる想定
他交通	・自動運転車両以外の車両は通行しない	
人の立ち入り	・中継エリア内の駐車エリアには、自動運転車両のドライバおよび中継エリア関係者以外の人は立ち入らない	
荷役	・中継エリアで荷役は実施しない	・拠点内で荷役実施の場合があるが、荷役場所と中継エリアは分けて設置・運用する
ゲート設置	・自動運転車両の登録番号認識機能要 ・ETC機能要 ・入退場情報として使えないか？	・自動運転車両以外は進入不可とできると良い
ランプメタリング	・自動運転車両が通過時は一般車両側信号を赤にする	
横断歩道・人道	・自動運転用ドライバ通行用の横断歩道・人道を設置	・中継エリア関係者（管理）の利用もあり
誤進入対応	・誤進入した車両を正規の進路へ誘導	・案（電動ボール&誘導員）

図 3.271 普及期の中継エリアの前提条件

管制の対象	条件	備考
自動運転車両	・自動運転モード時 ・ドライバ運転モード時	・自動運転モードは、高速道路に対する入退場 ・ドライバ運転モードは一般道および高速道路に対する入退場
駐車マス使用状況	・使用状況の把握	・使用状況、障害物有無、駐車可否など
自動運転車両用通路	・使用状況の把握	・使用状況、障害物有無、通行可否など
駐車マスの指示	・自動運転車両へ通知	
	・自動運転車両用ドライバへ通知	・待合室に案内表示モニター設置 ・スマホ（待合室と同じ画面情報見れるか？） ・低コストで実現する方法ないか？
エリア内ルート指示	・複数のルートが想定される場合に指示	・別車両の走行や障害の無いルートを選択して指示
運行予定情報入手	・自動運転車両から受信	・物流会社 ⇒ 自動運転車両 ⇒ 中継エリア管制
準備状況情報入手	・自動運転車両から受信	・ドライバが準備 ⇒ 自動運転車両 ⇒ 中継エリア管制
発車指示とルート指示	・自動運転車両へ発車指示 ・ランプまで複数のルートがある場合はルートも指示する	・他車両と重複発車の無いよう指示 ・自動運転車両は管制から指示を受けた後に自動発進
横断歩行者	・横断歩道通行者の制御（信号）	

図 3.272 普及期の中継エリアの管制の対象

対象		L4トラック(自動運転モード)から見た各対象との場所毎の混在有無 ○：混在する △：空間的に混在するが時間的に分離される（自車がいない/停車しているときのみ混在） ×：混在しない（時空間的に分離されていて、混在しない。または自車が進入不可の場所）						システムでの管理有無 ○：状態把握&指示 △：状態把握 +信号による視認 ×：管理なし		
		発地駐車エリア 着地駐車エリア (駐車まず、歩行 路以外)	発地駐車エリア 着地駐車エリア (駐車まず)	到着専用ランプ	出発専用ランプ	歩行通路 (ガードレール無)	歩行通路 (ガードレール有)	ランプ	発着管制システム での管理	発着管制システ ム以外での機能
L4トラック	自動運転モード	○ 自車以外との混在	△	○ 自車以外との混在	○ 自車以外との混在	○ 自車以外との混在	×	発着管制 システム 検討範囲外	○	○
	有人モード	○	△	○	○	○	×		○	○
通常車両	L4トラック以外のクルマ									
人	L4トラックドライバー	×	△	×	×	×	×		○駐車位置案内 など	○駐車位置案内 など
	誘導員	○	○	×	×	○	×		○誘導指示など	×
	来訪者	×	△ 視察時等	×	×	△ 視察時等	×			

図 3.273 自動運転 L4 トラックと他の移動体との混在有無およびシステムでの管理有無

3.2.1.2. 発着管制に必要なシステム構成前提条件

中継エリアに発着管制センターを設け、センター内のサーバールームに設置するサーバで機能提供する構成とした。これは、サーバと中継エリア内のゲートや各種センターとの間で通信遅延や通信途絶の可能性を極小化するためである。対して、連携先の各システムとは Internet を介して通信する構成とした。発着管制システムの機能として、非常通知機能は独立させた。これは発着管制システムのうち、自動運転支援機能に障害が発生しても連携先のシステムへ非常通知を行えるようにするためである。サーバから到着ゲート、出発ゲート、発着駐車まずは LAN ケーブルで接続可能な距離を超過するため、光コンバータを介して光ケーブルで接続する構成とした。到着ゲート、出発ゲートには、ゲートが開かない場合に L4 ドライバーとオペレータが意思疎通する目的で、問合せ用の押しボタン、スピーカ、マイクを設置する。電動ポールは周辺の安全を確認した上で操作させるよう、発着管制センターからの遠隔操作では無く、現場でのリモコン操作を行うこととした。

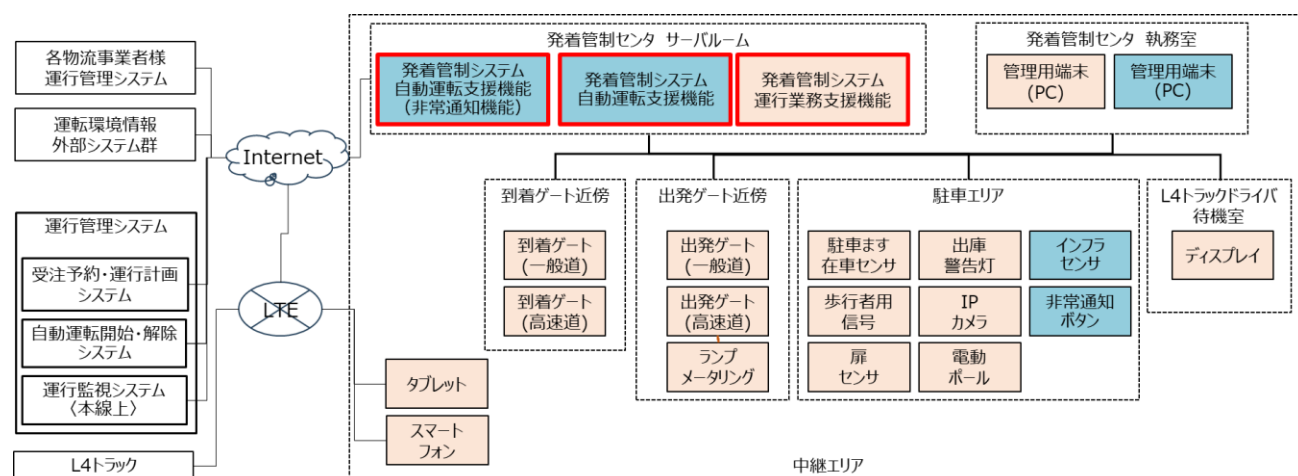


図 3.274 発着管制のシステム構成イメージ

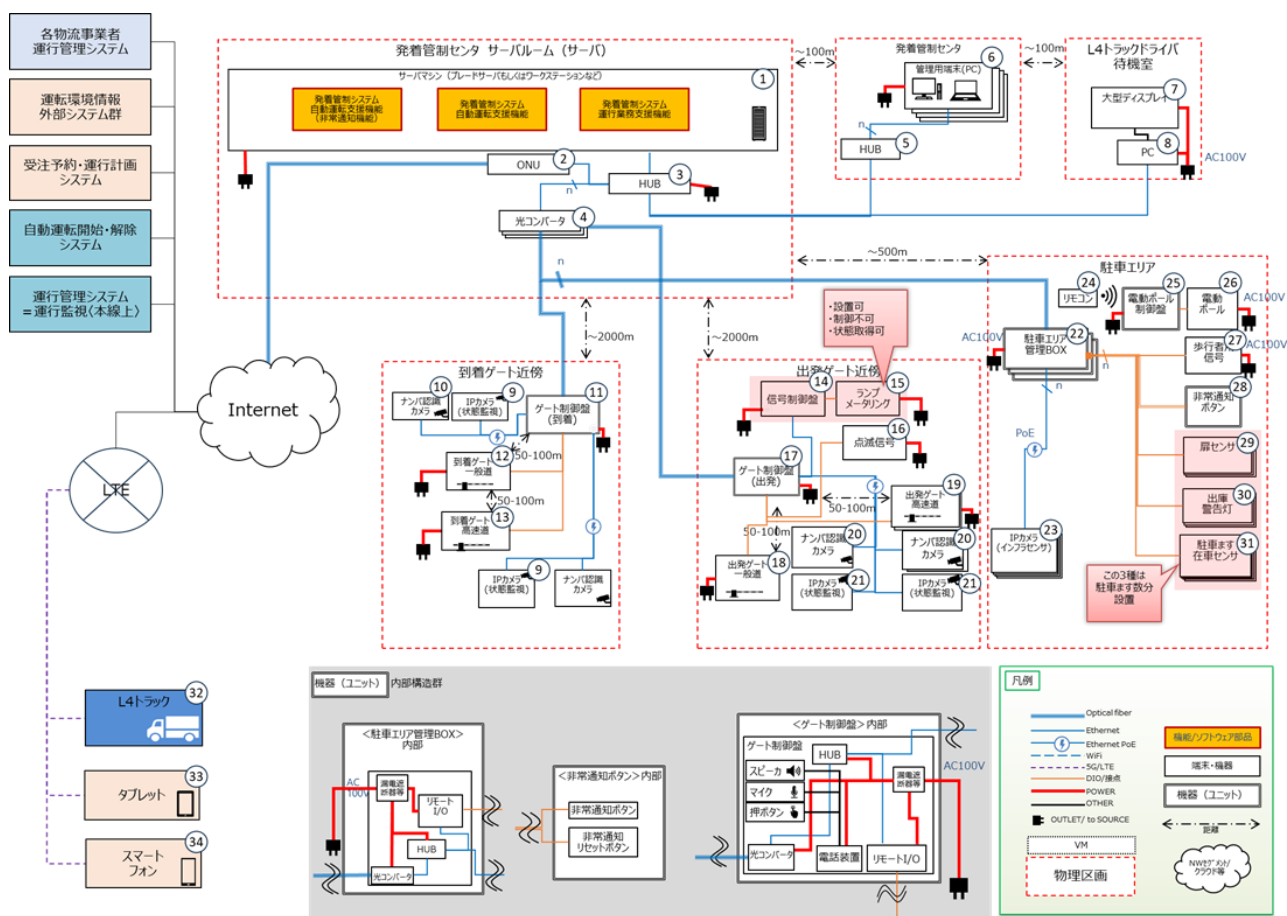


図 3.275 発着管制のシステム構成（詳細）

3.2.1.3. 発着管制システム全体の状態遷移

発着管制システムの状態間での遷移とその切掛けとなる操作を状態遷移図として整理した。ある状態での切掛けとなる操作から、複数の状態へ遷移することが無いように定めることで、意図しない状態への遷移を防止する。

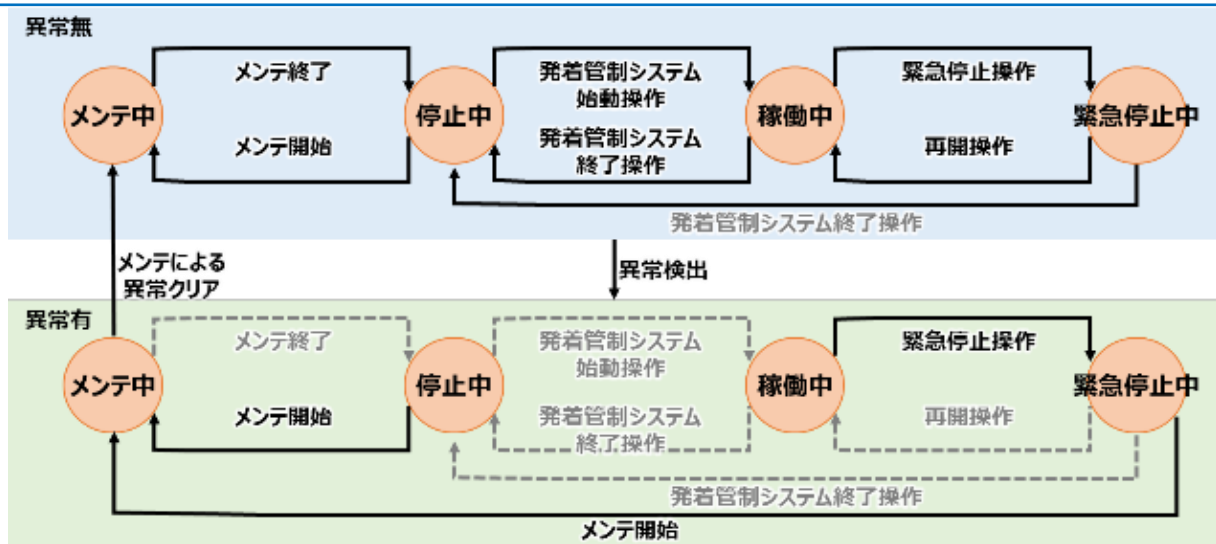


図 3.276 発着管制システム全体の状態遷移

3.2.1.4. 発着管制システム運用フロー

前提条件、状態遷移を基に、システム運用フローを想定されるシーンごとに作成した。

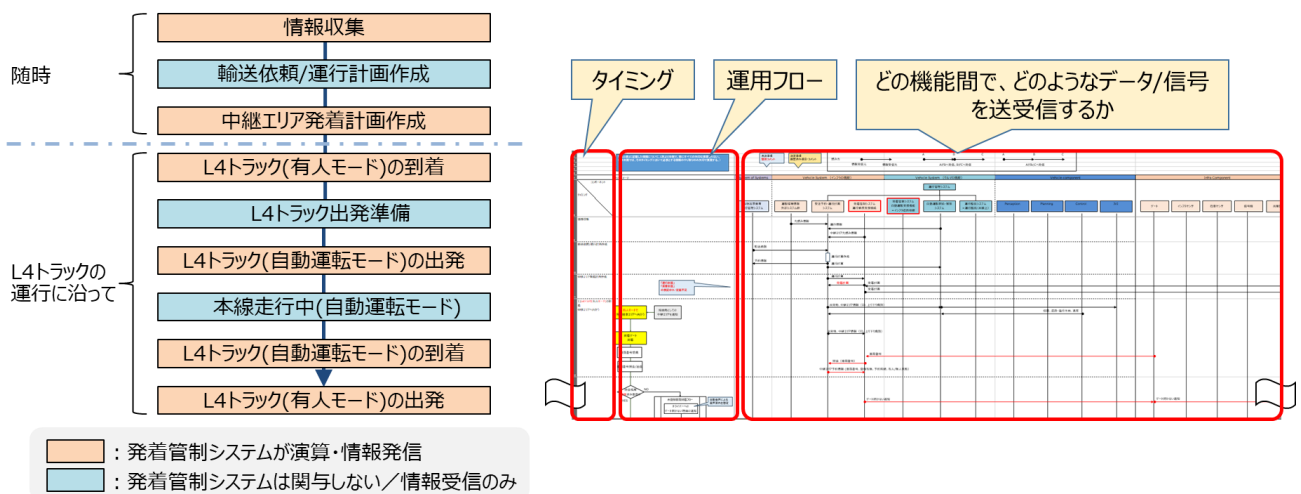


図 3.277 正常時の運用フロー概略及び運用フロー詳細版の事例

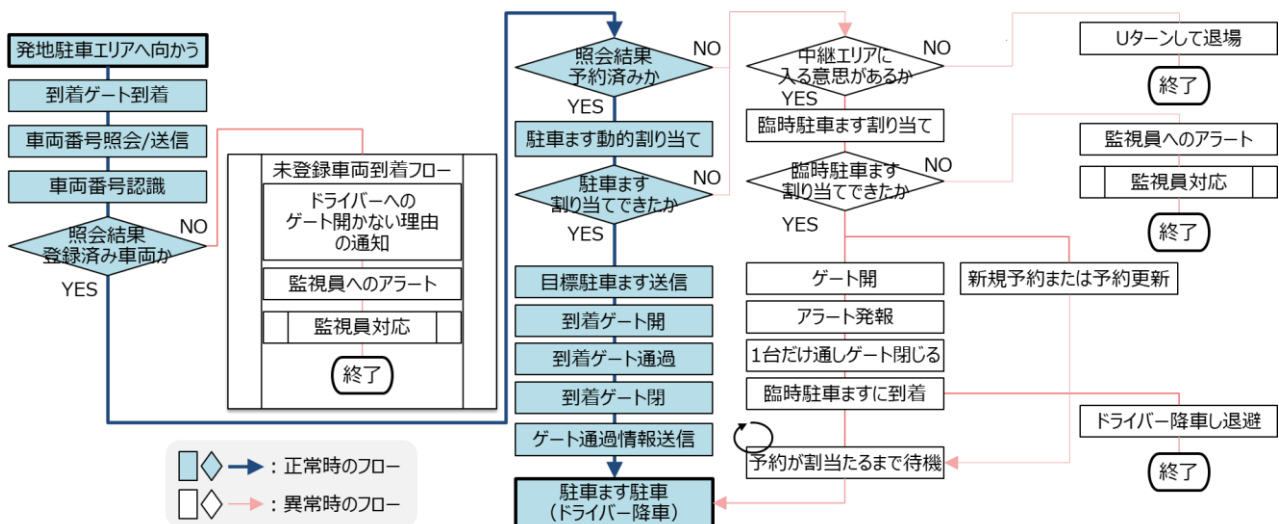


図 3.278 有人モードで中継エリアへ到着する際のフローの事例

3.2.1.5. 今後の課題について

24年度、25年度のマルチブランド実証実験の時点では、実証区間に直結した中継エリアが存在していないため、発着管制システム自体の確認は実施できない。但し、24年度、25年度のマルチブランド実証実験の中で、今回検討した発着管制の機能・フロー等については、部分的に模擬して確認することを実証実験に盛り込み推進する。

3.2.2. 運行監視システムの要件検討

3.2.2.1. 運行監視システムコンセプト検討

(1) 運行監視システム全体像の検討

運行監視システムのコンセプト検討のため構築した自動運転L4トラック走行時の運行監視システム全体概要を以下図に示す。



図 3.279 運行監視システムの全体像案

車両情報は、平時と異常時の2パターンで自動運転L4トラックから運行監視を行う監視側へ、通信キャリア基地局の通信キャリア網を経由して、情報配信されることが想定されている。異常が発生した異常時には、異常情報を受信した運行監視側が道路管理者へのかけつけレスキュー及びレッカー業者へのレッカー手配等を要請することを想定している。本全体像に基づき詳細を検討した。

(2) 運行監視シナリオの検討

設定した運行監視システム全体像に基づき、運行監視のシナリオを検討した。検討にあたっての前提条件を以下図に示す。

■ シナリオ検討、必要情報検討にあたり前提条件の確認

- 運行監視システムの所在（現状未定）
- 運行監視システムの機能 運行状況確認、異常時の対応処置（レスキュー、レッカー、警察、消防、救急車の手配）
- 用語等の確認と役割
 - ・レスキュー： 黄バト（パトロール隊）：現場の安全確保 レッカー、警察、消防、救急車の手配等
 - ： 特定自動運行主任者等（L4運行管理者） 現場、A D車両の状態
 - ・レッカー： 故障車の移動処置、故障車両を指定場所までレッカー移動
- 事故を含めるか：YES
- 監視映像（車両周辺映像）は必要か 状態把握の為、検討しておいた方が良い（領域、タイミング等）

■ 異常発生時対応のシナリオ注目点

⇒ 異常停止車両からの情報（内容）と監視側の初期対応（2ケース）

- 異常停止車両からの情報（内容）
 - ・ミニマムは位置情報 / その他は付加情報（異常内容：AD系、従来システム系、運行トラブル）
- 現場処置（レッカー）開始時間
- 現場での処置（レスキュー、レッカー）は同じ：故障車をすみやかに移動する処置
 - ・AD車固有：AD-SWオフでマニュアル運転可能なケース ⇒ マニュアル運転（レスキューor レッカー）
 - ・AD系故障以外は、従来to同様な現場処置（その場で修理：タイヤ交換等 / 移動処置）

図 3.280 運行監視システムの全体像案

設運行監視システムの機能を自動運転 L4 トラックの運行状況確認と異常時の対応処置の 2 つとして、異常停止車両からの情報と監視側の初期対応で 2 パターンに分類し、シナリオを整理した結果を以下図に示す。

シナリオ 1：AD車両からの**発信**情報を**ミニマム**(停止位置)にして、**レスキュー**隊が**現場詳細**を把握して、必要な処置、手配(レッカーの)を行う

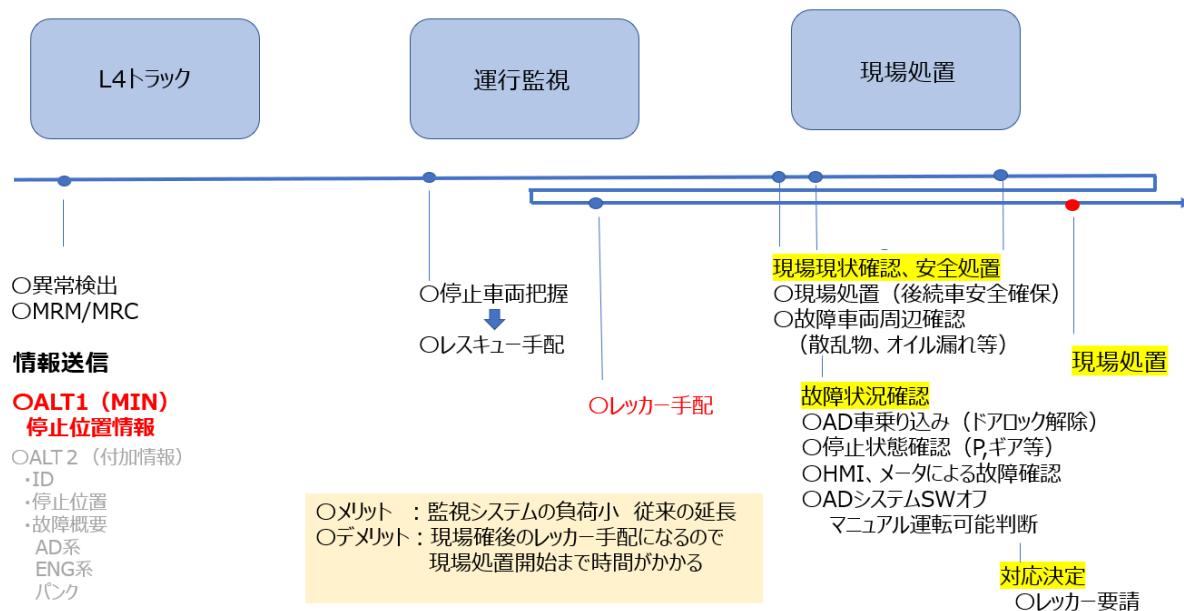


図 3.281 運行監視シナリオ 1 のフロー図

シナリオ 1 は、自動運転 L4 トラックに異常が発生した際に、運行監視側へ発信する情報を最低限としたパターンである。監視側へ送信される情報は、車両の停止を示

す情報と車両の停止位置のみである。

異常情報を受信した運行監視者は、車両が停止していることを監視画面上で確認し、かけつけレスキューを要請する。レスキュー隊が現場に到着後、現場の詳細状況を確認し安全処理を講じた上で、車両の故障状況を確認する。その後、現場処置実施者より共有された故障情報に基づき、運行監視者は必要に応じてレッカー手配を要請する。

シナリオ 1 には、ミニマムの情報を監視側へ発信するため、運行監視システムの負荷が小さいメリットがある。シナリオ 1 には、ミニマムの情報だけではレッカー手配可否の判断ができないため、現場処置開始までに時間がかかるデメリットがある。

シナリオ2 AD車両から故障概要送信、運行監視側で異常停止概要把握可能、その時点で、レスキュー、レッカー車を手配可能

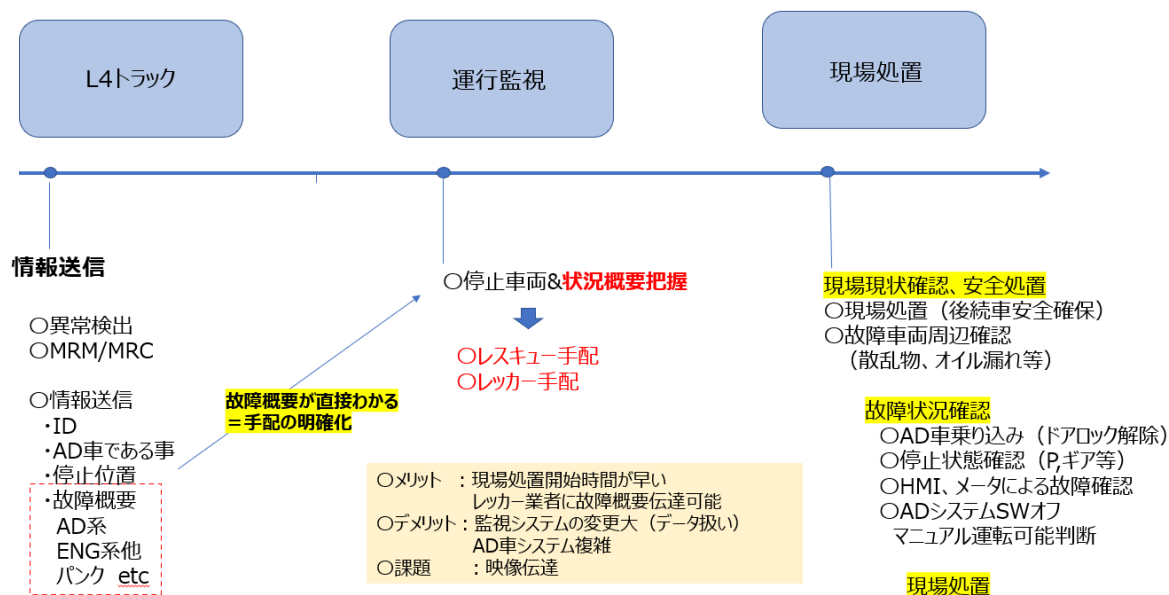


図 3.282 運行監視シナリオ 2 のフロー図

シナリオ 2 は、自動運転 L4 トラックに異常が発生した際に、運行監視側へ故障概要が分かる情報（内容）を発信するパターンである。監視側へ送信される情報には、シナリオ 1 の情報に加えて故障の概要情報が含まれる。

運行監視者は、異常発生時点で異常の概要把握から、レッカー手配の可否を判断できる。

シナリオ 2 には、異常発生時点で故障概要が確認できるため、その場でレッカー手配の可否を判断でき、早期の現場処置開始が可能なメリットがある。シナリオ 2 には、発信する情報の多様化に伴い、監視システムとしての複雑化が想定されるデメリットがある。故障情報概要を把握するためには映像情報が送信されることが望ましいが、監視側への映像伝達の際には課題として情報伝送の安定性や通信コスト等が想定される。

(3) 車両と監視者の間で連携が必要な情報について

運行監視シナリオの検討からも分かるように、自動運転 L4 トラックの運行監視オペレーションにおいて、車両と監視側で連携する情報の内容は重要である。

本事業として連携すべき情報を特定するために、自動運転 L4 トラックの運行監視に関係すると思われるステークホルダー毎に、運行監視オペレーション上、どのような情報が必要かを図 3.292 に示すように整理した。

	物流事業者・荷主目線	道路管理者目線	かけつけ・レスキュー目線
平常時	・運行の進捗（遅れ・進み）が知りたい	・どこで、何台走っているか （L4Tの位置情報に合わせて、先読み情報配信するか）	・特に不要か？ （体制を整えるためには、いつ・どこを・何台走るか知りたいかも）
異常時	・結局届くのか？ ・どのくらい遅れるのか？ ・荷物は無事か？	・異常の詳細 ・他車への影響有無 → 道路管理者としての処置に必要な情報 (広域情報版への表示に資する情報など？)	・ドライバーのかけつけのみで良いのか、レッカー移動が必要かの アクションの判断ができる情報

図 3.283 運行監視に関係するステークホルダーと必要な情報の関係性

自動運転車両と運行監視間で連携すべき情報について、平時・異常時、それぞれで送信データ案を整理した結果を以下図に示す。

自動運転トラックからの送信データ項目の検討＜案＞（平時・緊急時）

	送信データ案	内容	平時	異常時	MUST OPTION	必要性	備考
○	車両基本情報						
	車両ID		○	○	M	管理	
	メーカー	DOM4社 海外	○	○	M	レッカー、レスキュー活動	
	車両情報	軸数 荷箱	○	○	M	↑	
	積荷	ドライ 生鮮食料 危険物	○	○	M	運行管理 レッカー、レスキュー活動	
	重量	推定重量	○	○	M	レッカー、レスキュー活動	
○	運行情報						
	目的地	都市名	○	○	M	運行管理・監視	
	位置情報 （緯度、経度、時刻）	現在位置	○	○	M	↑	
	位置付加情報 （方位角、進行方向）	車両姿勢角	○	○	M	↑	
	車速（輪速）	走行中 / 車両停止	○	○	M	↑	
	エンジン回転数	エンジンがかかっているか	○	○	M	↑	

図 3.284 自動運転車両と運行監視間で連携すべき情報①（案）

自動運転トラックからの送信データ項目の検討＜案＞（異常時）

	送信データ案	内容	平時	異常時	MUST OPTION	必要性	備考
1	制御系						
	ADシステム異常	ADシステムの異常のみ		○	M	運行に必須	このレベルで 出せるか検討 中
	エンジン制御系			○	M	↑	
	後処理系（DPD）			○	M	↑	
	トランスミッション系			○	M	↑	
	ステアリング系			○	M	↑	
	EBS系			○	M	↑	
	エアサス系			○	M	安全 輸送品質	
2	運行基本系						
	バンク			○	M	頻度大	
	車両火災	扱いどうするか？		○	TBD	無人時必須	検出法
	オイル漏れ(オイル量)			○	M	運行に必須	
	バッテリー上がり（電圧異常）			○	M	↑	
	燃料系異常	燃料、アドブルー		○	M	↑	
	冷却系異常	オーバーヒート		○	M	↑	
	荷台（荷物）状況	荷室温度他	○	○	O	↑	温度以外あるか

図 3.285 自動運転車両と運行監視間で連携すべき情報②（案）

自動運転トラックからの送信データ項目の検討＜案＞（平時・緊急時）

	送信データ案	内容/狙い	平時	異常時	MUST OPTION	必要性	備考
4	停止時の情報						
	Pブレーキ作動	停止状態の安全性		○	M	安全性判断	MRC判断
	STRG角度	停止状態の安全性 現場作業性		○	O	↑	↑
	ドアロック	現場処置		○	M	作業性	↑
	ギア位置	停止状態の安全性		○	O	↑	↑
	サービスブレーキエア圧	停止状態の安全性 現場作業性		○	M	安全性判断	↑
5	車両周辺画像	車両周辺の状況 常時か/監視側からの要求	(○)	(○)	TBD	運行監視者は 車両周辺情報 把握	必要性 動画/静止画 画面数
6	事故情報						
	エアバッグ展開情報	中程度以上の事故発生		○			
	ドラレコ映像	事故要因		○			データ記録装置との関係整理要

図 3.286 自動運転車両と運行監視間で連携すべき情報③（案）

平時と異常時で共通的な情報として、対象車両がいつどこで問題なく走行しているかどうかを知るため、基本情報や運行情報を抽出した。異常発生時には、その詳細が分かるような情報を抽出した。その他に、異常発生後に車両時の停止や、より詳細な事故状況を把握するための車両周辺画像情報・事故情報についても、自動運転車両と運行監視間で連携すべき情報（案）として抽出した。

検討のため、整理した内容を基に、運行監視に関連するステークホルダーと思われる道路管理者や運送事業者へ既存の車両動態管理の運用方法、異常発生時の対処方法及び自動運転車両を想定した際の運用方法の変化について、アンケートを実施した。アンケートの概要及び結果を以下図に示す。

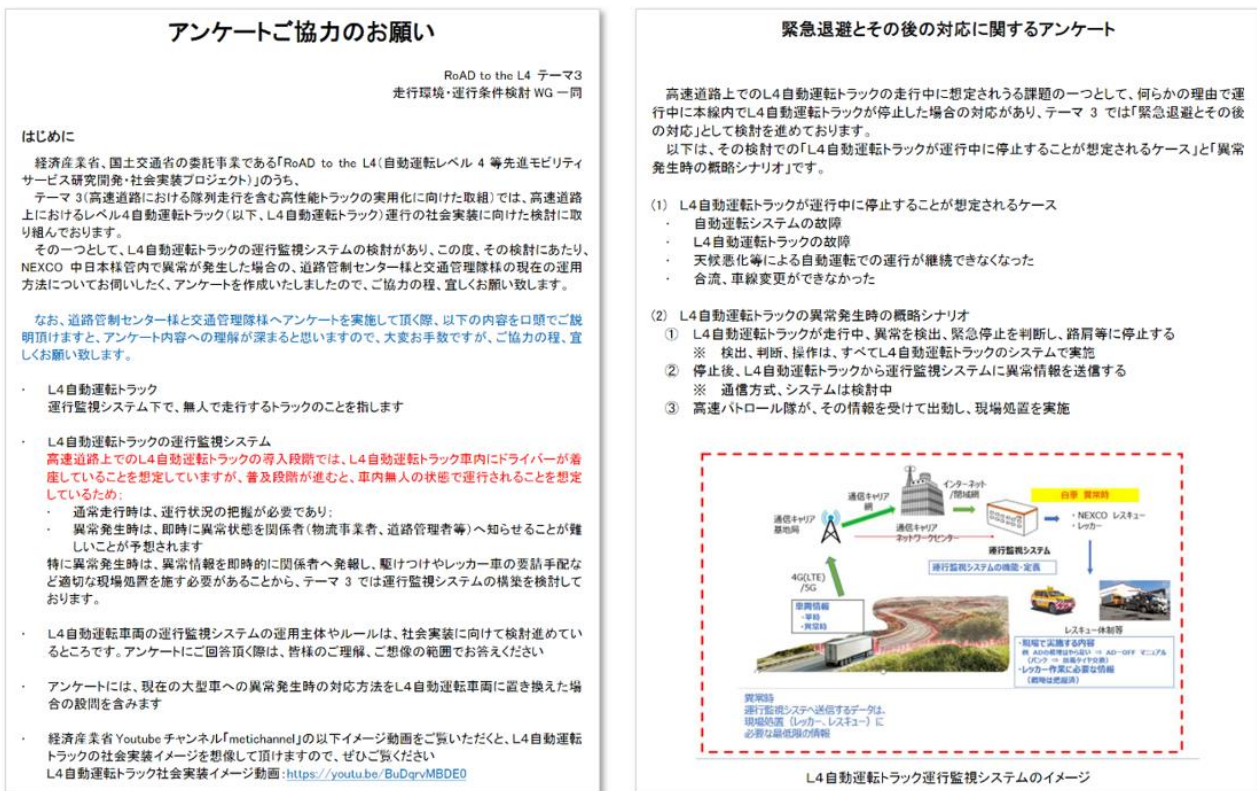


図 3.287 NEXCO 中日本へのアンケート①

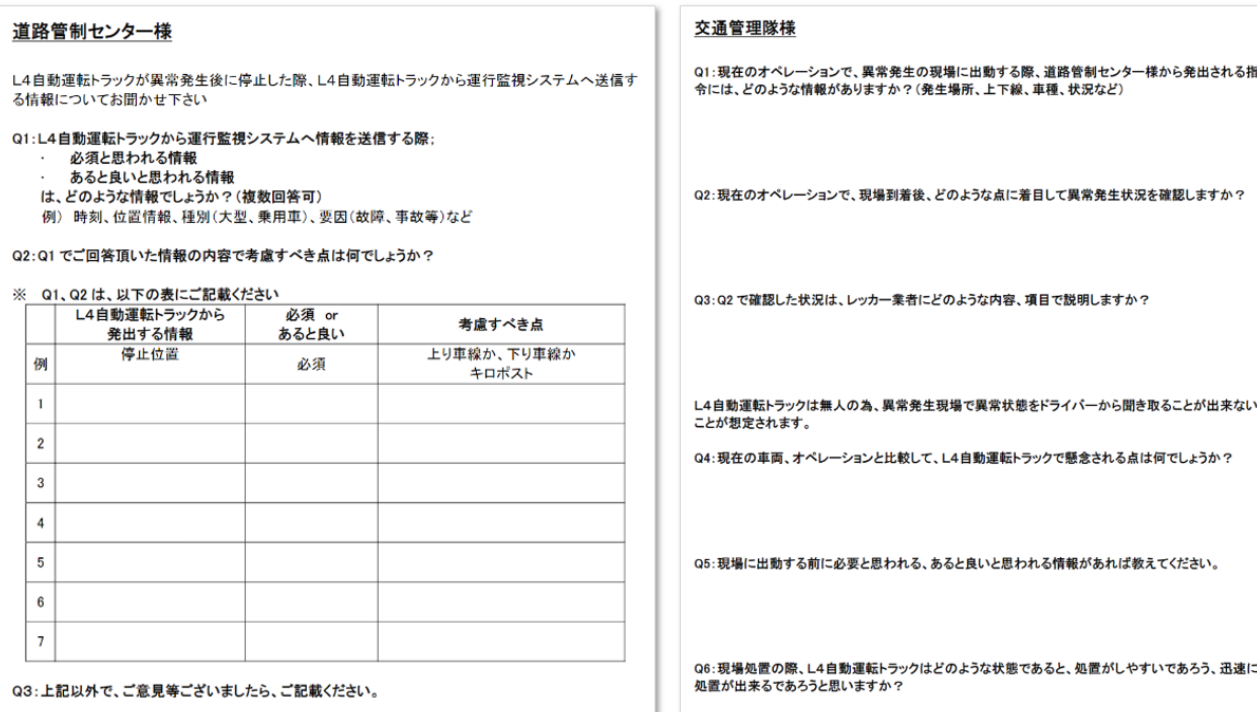


図 3.288 NEXCO 中日本へのアンケート②

NEXCO 中日本へ実施したアンケートでは、道路管制センター向け及び交通管理隊向けの 2 種類を実施した。

道路管制センター向けでは、自動運転 L4 トラックに異常が発生した際に、車両から運行監視システムへ送信すべき情報の内容と考慮すべき点について伺った。

交通管理隊向けでは、高速道路上で走行する一般車両に異常が発生した際、道路管制センターとの間でやり取りする情報の内容や、現場かけつけ後の異常内容の確認項目について伺った。結果を以下表に示す。

<アンケート結果>

道路管制センター向け

Q1：自動運転 L4 トラックから運行監視システムへ情報を送信する際；

- ・必須と思われる情報
- ・あると良いと思われる情報、はどのような情報か？

例）時刻、位置情報、種別（大型、乗用車）、要因（故障、事故等）など

Q2：Q1 でご回答頂いた情報の内容で考慮すべき点は何か？

表 3-18 NEXCO 中日本へのアンケート結果①

	自動運転 L4トラックから発出する情報	必須 or あると良い	考慮すべき点
例	停止位置	必須	上り車線か、下り車線か キロポスト
1	停止位置①	必須	対象路線、上り車線、下り車線 (IC・SA・PA などの本線との 接続道路 (ランプ) キロポスト、 送信時刻 (認知時間))
2	停止位置②	必須	路肩内で停止出来ているのか (車線はみ出しがあるのか、走行 車線や追越し車線での停止有無)
3	停止要因 (故障、事故 またはシステムエラー 等)	必須	停止要因 (故障 or 事故 or システム エラーなど) により、事後の対応 (通行止めや規制の判断など) が 決まるため。
4	レッカー必要有無	必須	故障などでレッカーが必要となる か。 必要無い場合の対応 (通信不具合 や現場で修理可能) や、必要とな った場合の対応 (現場にレッカー 会社が何時頃到着可能など) を 提供してもらいたい。
5	(危険物等積載する場合) 積載危険物の品名 等	該当の場合必須	積載物が危険物 (火薬類、高圧ガ ス、毒物・劇物など) である場 合、品名・数量等の他、事故時 に必要な措置等に係る情報を 提供してもらいたい。

表 3-19 NEXCO 中日本へのアンケート結果②

	テーマ 3 質問	NEXCO 中日本回答
1	現在のオペレーションで、異常発生の際、道路管制センターから発出される指令には、どのような情報があるか？（発生場所、上下線、車種、状況など）	道路管制センターで事象を認知した際、交通管理隊への指令事項は主に以下の通り 1. 場所（路線（例：東名・新東名など）、上下、キロポスト（または IC や SA/PA の接続道路（ランプ））） 2. 対象車両（例：大型貨物、普通乗用） ※何台関係かの情報もあれば提供。特殊車両（危険物積載車両など）情報も提供する場合有り 3. 現場状況（例：追越車線に停止中、車線を跨いで横転している、車両火災） 4. 負傷者有無（救急や消防の出動要請の有無）
2	現在のオペレーションで、現場到着後、どのような点に着目して異常発生状況を確認するか？	交通管理隊は、まずは現場の安全確保を優先することから、交通規制を実施する。（場合によっては、現場一時通行止めを行う場合有り）その後、負傷者の有無（救急・消防出動要請）、車両の状況（停止状況（どの車線に停止しているか、横転や追突停止（車両が挟まっているなど）、積載物の散乱、車両からの危険物（燃料他）漏洩など）を確認する。
3	Q2 で確認した状況は、レッカー業者にどのような内容、項目で説明するか？	レッカーについては、車両の当事者が手配することを基本としている。救急搬送等で現場から当事者が離脱している場合は、車両保有者（法人なら会社（運行管理者）など）に連絡してレッカー対応を依頼している。車両が個人所有等の場合でレッカーを手配できる者がいない場合のみ管制センターがレッカー業者を手配する。 その場合には、交通管理隊から車両の損傷状況等（対象車種（大型車両・普通乗用など）、自走可否、損傷程度（車軸が折れているなど））を確認し、道路管制センターに報告し、道路管制センターからレッカー業者に伝達している。 <補足> ・車両の重さ 「何トン車（大型・小型）」と正確にレッカー業者に伝達できた方が、業者は排除対応の可否を正

		確に判断でき、排除作業に用いる車両を予め選定できる。 ・牽引フックの位置 レッカー排除の際に事故車を牽引する場合、牽引フックの位置が分からず作業に苦慮すると伺ったことがあるため、早期排除の観点でも牽引フックの位置や牽引フックの取り出し方法を伝達した方がよいと思う。 また、レッカー排除作業により車両が損傷する場合があるかと思われるため、レッカー業者と予め協議が必要かと思われる。
4	自動運転 L4 トラックは無人の為、異常発生現場で異常状態をドライバーから聞き取ることが出来ないことが想定される。 現在の車両、オペレーションと比較して、自動運転 L4 トラックで懸念される点は何か？	何処で停止しているのか（路肩 or 走行車線 or 追越車線、路肩で走行車線にはみ出し）は重要な情報。（2 次事故（後続車両が停止車両に衝突等）への懸念があるため） 無人の場合に、正確な位置情報（路線・上下線・キロポスト・停止車線）が得られるのか。 ※特に上下線を間違えると関係機関（警察・消防・交通管理隊など）の迅速な対応が阻害されることが想定される。
5	現場に出動する前に必要と思われる、あると良いと思われる情報があれば教えて頂きたい。	社会実験中であれば、「当該車両が走行している」との認識をもって巡回を行うことが可能だが、本格運用となった場合、何処でどの車両が走行されているのか不明となることから、それが分かる何らかの情報（運行許可書？特殊車両通行許可制度に該当？自動運転車両である車両表示？など）があれば良いかと思う。（ただし、当該車両台数が多くなってきた場合は、自然体で対応するしかないかと思われる）
6	現場処置の際、自動運転 L4 トラックはどのような状態であると、処置がしやすいであろう、迅速に処置が出来るであろうと思うか？	自動運転車のステッカーがあるが、他に外から見て【自動運転車両】であることが一目で分かる状態が望ましいと思われる。また、積載物の有無や積載内容（車両火災等の際には重要な情報）、連絡先の一元化（複数あると判断に時間を要する）や、レッカー会社の手配（なるべく時間を要さないように、どの路線・場所でも対応出来るレッカー会社を配備）があれば良いかと思う。

アンケート結果から、道路管理者目線では、異常が発生した車両の正確な位置を把握し適切な処置を図るために、本線上の上りや下り、道路上でどのように停止しているのか（車線跨ぎか、路肩内か等）が分かるような、車両から運行監視システム側へ情報発信が重要であることが分かった。そのため、運行監視画面に可視化する地図上の位置情報から上下線を判断できることや、車両周辺状況を映像で確認できることが望ましいと思われる。

一方で、アンケート結果から、車両の故障原因の細かな診断情報発信の要望はそれほど大きくなく、車両の停止要因（故障、事故、システムエラー等）についての情報発信が重要であることが分かった。そのため、事故情報についても確認できることが望ましいと思われる。

続いて、本事業へ参画している物流事業者 6 社へもアンケートを実施した。アンケート内容及び回答結果を以下図に示す。

○アンケート前提条件

運行区間（＝ODD）：高速道路

運行中の状態分類	定義
平常時	平穏無事で計画通りの運行（ドライバー、運行計画、車両いずれにも問題がない状態）
自車異常時	車両が故障（継続走行可否のケース両方含む）
運行異常 1	渋滞（起因は様々）、気象情報など外部環境要因により、運行計画に支障がでるケース
運行異常 2	本線走行中や合流時に、車線変更を失敗し、車両停止をしてしまった場合
事故時	自車起因（または貰い事故）により事故が発生するケース

図 3.289 物流事業者向けアンケート（前提条件）

A) 平常時想定 現行オペレーション（有人）についてお伺い

運行中の状態分類	定義
平常時	平穏無事で計画通りの運行（ドライバー、運行計画、車両どれにも問題がない状態）

No.	質問	回答集約
1	運行管理者は、運行中の車両やドライバーの情報をどのように取得しているか？	・点呼時のみの会社が3社 ・デジタコ活用の会社が3社
2	具体的には、何の情報を取得しているのか？	・点呼時はドライバー情報、積み荷情報、走行ルートなど ・デジタコデータは、位置情報・時間・速度など
3	その情報をどれ位の頻度で取得しているのか？	・点呼のみの場合1日に1回 ・動態管理をしている場合、数分おき

図 3.290 物流事業者向けアンケート（平常時（有人））

B) 平常時想定 自動運転車（無人）についてお伺い

運行中の状態分類	定義
平常時	平穏無事で計画通りの運行（ドライバー、運行計画、車両どれにも問題がない状態）

No.	質問	回答集約
1	無人運転を想定してください。 どのような連絡（情報提供）が欲しいですか？（例、時刻と走行位置、車両状態（正常、積荷管理情報等）	時刻、位置情報、速度、車両状態（正常かどうか）、想定運行時間（目的地への到着見込み）、周辺映像（1社のみ）
2	連絡（情報提供）の頻度はどれくらいが適切か？	・常時（見たい時に最新状況見れる）→3社 ・定期的間隔（1時間1度、15分に1度）→3社
3	どんな時（場所）で連絡が欲しいですか？ （例、* * JCT通過等）	・場所の限定はなく、一定間隔での情報提供を希望（見たい時に見れる方が重要） ※車両からの情報提供だけではなく、道路インフラからの情報提供との組み合わせも必要

図 3.291 物流事業者向けアンケート（平常時（無人））

A) 自車異常時想定 現行オペレーション（有人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
自車異常時		車両が故障（継続走行可否のケース両方含む）
No.	質問	回答集約
1	運行不可となるような車両故障はどの位の頻度（月何台）で発生しているでしょうか また、それらの原因は何でしょう？	・月間数件が過半数 ・内容は、事故・車両故障・パンクなど
2	ドライバーから運行管理者への連絡は、どんな情報のやりとりでしょうか	いつ・どこで・何が発生、走行継続可否、負傷者有無、荷物状態など
3	緊急通報（NEXCOへの連絡）はドライバー自身で対応しているか。また、その時の報告内容は？	・ドライバー対応が大半 ・いつ・どこで・何が発生
4	レッカー手配依頼は、ドライバー/運行管理者どちらからでしょうか？	運行管理者が手配
5	手配時には、レッカー業者（保険会社）とどんな情報のやり取りをするか？	発生場所、車両状態、搬送場所など
6	レッカー作業の終了報告は、ドライバー/運行管理者どちらから。（保険会社へ連絡？）それはどのような内容か？	・ドライバーから運行管理者へ ・搬送先、処置内容、終了時刻
7	その他 自由記述	—

図 3.292 物流事業者向けアンケート（自車異常（有人））

B) 自車異常時想定 自動運転車（無人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
自車異常時		車両が故障し、走行に支障をきたすケース（運行計画に影響有/無）
No.	質問	回答集約
1	L4の無人車を想定すると、どのような連絡が欲しいですか？	いつ・どこで・何が発生、異常原因、荷室の状況、車両周辺状況など
2	異常の発生内容（車両の故障種別、状況）をどの程度詳しく知りたいか？ ※自動運転システムの故障その他故障では不足か	原因箇所と詳細について出来る限り詳しく知りたい その他：運行計画への影響度、継続走行可否
3	通知の方法として、データのためのやり取りで良いか、映像等は必要と思うか。必要な場合、どんな映像が欲しいか？	・映像は必要と思う（過半数）※4面 ・車両自体、車両周辺、荷台貨物の状態など
4	緊急通報（NEXCO、事故時警察）の自動連絡機能などが監視システムに必要なか？	必要
5	レッカー業者を手配する際に、業者に説明するのに上記の情報（No.1～3）で十分か？	十分と想定（過半数）
6	運行監視運用を委託する場合、レッカー手配も含めて外注したいか？	外注希望3社、検討余地あり3社（委託内容、費用対効果）

図 3.293 物流事業者向けアンケート（自車異常（無人））

A) 運行異常 1 現行オペレーション（有人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
運行異常時		渋滞（起因は様々）など外部環境要因により、運行計画に支障がでるケース

No.	質問	回答集約
1	運行計画に対する遅延時対応の考え方はどのようなものか？（遅延許容範囲や、挽回対応措置の内容など）	・事前に回避策を検討、難しければ遅延想定で運行 ・30分～1時間以上の遅延が見込まれる場合、連絡要 ・運送約款で交通事情による遅延発生可能性を明記
2	現状、管理者はルート上の交通環境（渋滞、気象、速度規制）を把握しているか？	・把握している（過半数）
3	定時運行不可の場合、ドライバーから運送管理者へどのような情報をやり取りをしていますか？	現在地、状況説明、到着予想
4	2を受けて、運送管理者からドライバーへの指示の内容はどのようなものですか？	・回避ルートがあれば指示 ・安全運転指示 ・430休憩が必要な場合、時間確保（指定場所無し）

図 3.294 物流事業者向けアンケート（運行異常 1（有人））

B) 運行異常 1 自動運転車（無人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
運行異常時		渋滞（起因は様々）など外部環境要因により、運行計画に支障がでるケース

No.	質問	回答集約
1	どのような連絡が欲しいでしょうか？	運行に支障が発生した時刻/位置/状況/その原因（原因内容・発生場所・発生時刻）、問題解消後の時刻/その後の目的地到着目途
2	定時運行不可の情報連絡があった場合に、どのようなオペレーションを想定されるでしょうか 運行停止中は、どんな情報が欲しいでしょうか ※自動運転システムは、ODD以外の走行はできないため、一般道に抜ける等は不可	・走行不可の場合は待機。他車両の通行の妨げとなる場合は、近隣のSAPAへ回避。 ・代替車両へ積み替え可能な場所へ退避。 ・運行停止中の情報：時刻、場所、原因、周辺状況、荷室状況（温度含）、燃料残量

図 3.295 物流事業者向けアンケート（運行異常 1（無人））

A) 事故時 現行オペレーション（有人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
事故時		自車起因（または貰い事故）により事故が発生するケース

No.	質問	回答集約
1	自車に事故が発生した際に、（ドライバーが行動可能な場合）、ドライバーはどのような初動対応をとるでしょうか？	負傷者救護対応、事故車両の安全な位置への移動、緊急通報、運送管理者へ連絡、警察や救命救急への連絡、車両周囲の安全確保、関連事故防止措置、等
2	ドライバーから運送管理者への報告内容のやり取りはどのようなものでしょうか？	けが人有無、事故発生時刻、場所、事故内容、運行継続可否、緊急通報有無、警察や救命救急への連絡有無、車両状態、荷物状態、等
3	警察・道路管理者・緊急車両（パトカー 消防救急車）への連絡はそれぞれ誰が行っているのでしょうか？	ドライバーにて対応（事故の状況や程度によって、運行管理者から通報するケースもあり）

図 3.296 物流事業者向けアンケート（事故時（有人））

B) 事故時 自動運転車（無人）についてお伺い

運行中の状態分類		定義
事故時		自車起因（または貰い事故）により事故が発生するケース

前提：無人の場合の対応オペレーションは事故発生検出/車両停止処置/その後の対応は、すべて管理者が対応する必要があります。

No.	質問	回答集約
1	事故検出案についてお伺いします。 エアバッグ展開のような大きな事故は検出可能ですが、接触事故等は検出できない可能性があります。 軽、中程度の事故時の経験を通じ、どのようなものを検知（音、振動等）すると判断可能思われるか。可能性のありそうなものを提案いただけませんか。	音、センサーで取得した振動など 異常発生閾値をひくなどして、音や振動などから取得した情報に何らかの変化点があった際には、カメラ等で発生内容を分析し原因が特定できると良い。
2	事故発生がわかると、基本は特定自動運行主任者が対応し、現場処置実施者がかけつける必要があります。 初動対応として遠隔監視でどのような項目、内容が知りたいか（運行監視は、車両周囲360度を想定。外観ダメージの把握は不可、室内映像については、道路交通法の観点からは、常時監視は必須ではない）。	・車載カメラから見える車両周辺の環境（どういう状態で停止しているか） ・事故発生場所、時刻、事故内容、天候、運行継続可否、車両状態、荷物状態、相手方の状況、相手方車両の情報&状況、走行可能車線の有無 ・事故時に相手がある場合、事故処理に関する確認事項を相手側と行える仕組みが必要 ※事故発生から現場処置実施者が到着までのタイムラグへの配慮が必要ではないか。

図 3.297 物流事業者向けアンケート（事故時（無人））

◆運行異常 2 自動運転車（無人）

自動運転車（無人）で新たに発生が想定されるユースケースでの、運送管理者として把握したい内容についてお伺い。

No.	質問	事例	回答集約
1	進路変更したいが、隣接車線の交通状況で車線変更できず、路肩に停止してしまう以下ケースを想定 ・本線走行中に車線が必要でも、交通流等で車線変更できない。 ・合流時にタイミング調整が出来ず、合流ができない 現在想定を送信情報 ・車両停止 ・位置情報 ・車両周辺情報（カメラ情報）⇒ 検討中 上記以外で必要情報があるでしょうか？ 不足している情報、要望があれば教えてください。		停止時刻、位置、停止状態（車載カメラからの映像）、停止原因（車線変更、合流失敗など）、運行再開が可能になるまでの時間 ※そもそも、車両として再発進できない仕様であることが、運用上大きな問題であると感じる。
2	その他あれば追加をお願いします。 （中継エリア関連で何か追加質問等）	—	

図 3.298 物流事業者向けアンケート（運行異常 2（無人））

自動運転 L4 トラックを想定した運行監視では、平常時において、必要に応じて見たい時に、車両がどの地点を走行しているか、出来るだけ最新の状況が確認できることが望ましいことが分かった。

自車両に異常が発生した際には、映像情報を含む、出来るだけ詳細な異常内容を監視側へ発信するニーズが確認された。運行計画に支障をきたすような運行異常が発生した際には、異常を検知した時刻やその時の車両位置、計画に対しての遅延時間、目的地到達時刻などの情報が確認できることが望ましいことが分かった。

自車両が事故を引き起こした際には、事故の検出方法として音声情報（衝突時の衝撃音等）の活用について、一定のニーズが示された。また、運行監視側で確認できる情報として、事故の相手方に関する情報を確認できる仕組みへの要望があがった。

自動運転 L4 トラックの運行監視オペレーションにおいて、車両と監視側で連携する情報の内容について、以下図の通り検討した。

2023年度 運行監視システム試作評価向け送信データ（案）

下記、ミニマム情報（送信データ）で評価を行う

- 車両基本情報（車両ID、メーカ、車両情報、積荷、重量）
- 運行情報（位置情報、位置付加情報、車速）
- 異常時情報（ADシステム、エンジン制御系、後処理系、その他）
- 運行基本系（パンク、車両火災、荷台情報）
- 車両周辺情報（映像 3 c h、音声）
- 事故情報（エアバッグ展開情報）

図 3.299 試作評価に向けた車両と運行監視間で連携すべき情報

(4) 運行監視システムダイアグラムの検討

本項の(2)で検討した、運行監視シナリオをシステムレベルで詳細化するために、運行監視システムのシステムダイアグラムを検討した。本フローは通常走行モードから異常が発生し、緊急退避モードも含む形で一連の動作として検討した。ここでは、本項の(2)で検討した 2 つのシナリオを基に、自動運転 L4 トラック運行管理に関わる他システムとの連携も考慮した。

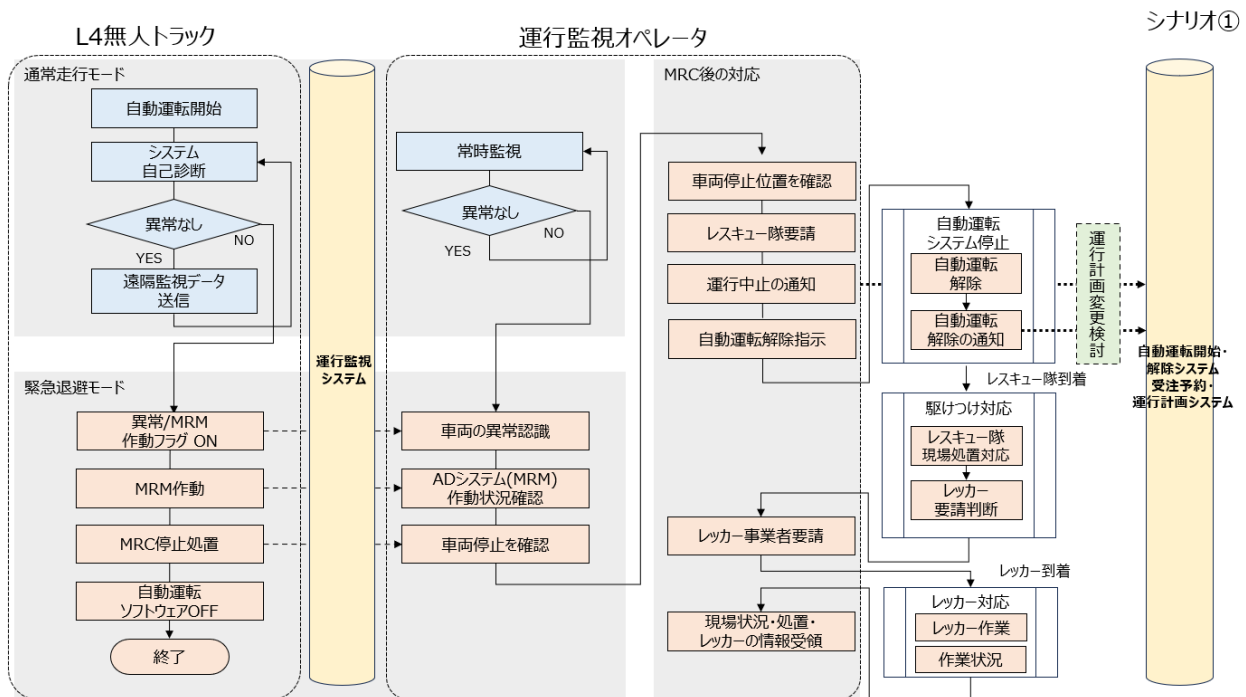


図 3.300 システムダイアグラム（シナリオ①）

表 3-20 ダイアグラムの詳細（シナリオ①）

No.	イベント	詳細
1	通常走行	L4 無人トラックから正常情報を取得し、監視継続
2	緊急退避モード	L4 無人トラックから異常発生フラグを取得し、異常を認識
3		L4 無人トラックから MRM 作動情報を取得し、MRM の作動状況を確認
4		車両停止を確認
5	MRC 後の対応	車両停止位置を確認
6		レスキュー隊への異常発生のお知らせとかけつけ要請
7		自動運転開始・解除システム、受注予約・運行計画システムへの運行中止の通知
8		自動運転開始・解除システムへの自動運転システム解除指示
9		自動運転開始・解除システム上での自動運転解除と、受注予約・運行計画システムへの通知
10	レスキュー隊到着	レスキュー隊による現場処置（現場状況確認、安全処置、故障概要確認等）、運行監視者への共有
11		レスキュー隊の現場処置状況に基づく、レッカー事業者の要請
12	レッカー到着	レッカー業者によるレッカー作業、運行監視者への作業状況共有
13		レッカー業者の作業状況の受領

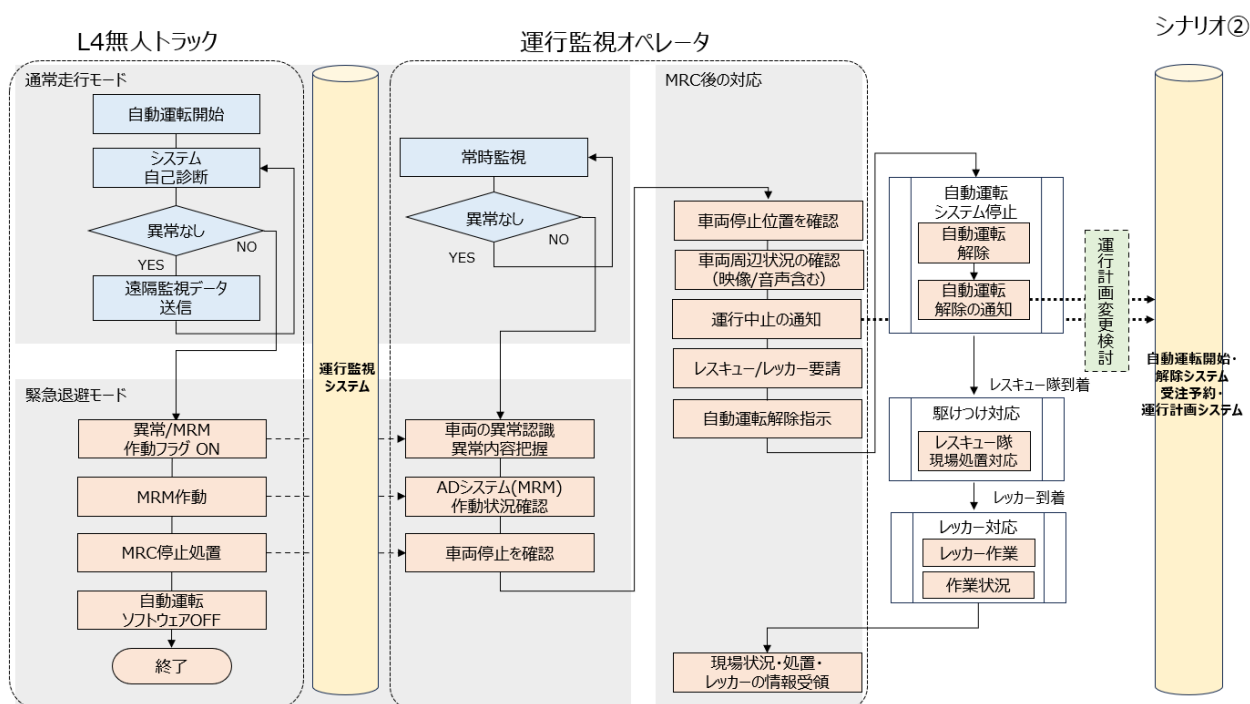


図 3.301 システムダイアグラム（シナリオ②）

表 3-21 ダイアグラムの詳細（シナリオ②）

No.	イベント	詳細
1	通常走行	L4 無人トラックから正常情報を取得し、監視継続
★2	緊急退避モード	L4 無人トラックから異常発生フラグを取得し、異常を認識すると共に、異常内容を把握
3		L4 無人トラックから MRM 作動情報を取得し、MRM の作動状況を確認
4		車両停止を確認
5	MRC 後の対応	車両停止位置を確認
6		車両周辺状況の確認（映像/音声含む）
7		自動運転開始・解除システム、受注予約・運行計画システムへの運行中止の通知
8		レスキュー隊への異常発生のお知らせとかけつけ要請と、レッカー業者の要請
9		自動運転開始・解除システムへの自動運転システム解除指示
10	レスキュー隊到着	自動運転開始・解除システム上での自動運転解除と、受注予約・運行計画システムへの通知
11		レスキュー隊による現場処置（現場状況確認、安全処置、故障概要確認等）、運行監視者への共有
12		レスキュー隊の現場処置状況に基づく、レッカー事業者の要請
13		レッカー業者によるレッカー作業、運行監視者への作業状況共有
14	レッカー到着	レッカー業者の作業状況の受領

各シナリオのシステムフローに示すように、異常発生直後に、異常内容や周辺状況（映像、音声含む）を把握可能な情報が運行監視者へ提供されることで、レスキュー隊の現場かけつけ前に異常内容を把握し、より迅速な現場処置を図ることができると思われる。今回は仮の想定で本ダイアグラムを検討したが、今後の課題として、運行監視やレスキューの主体を明らかにしたうえでの検討が必要となる。

これらの検討を踏まえて、試作評価の実験シナリオを検討した。

3.2.2.2. 運行監視システムの試作開発

(1) 試作の目的

本項では、運行監視シナリオの検討で整理した運行監視シナリオについて、実現可能性を評価するための試作システムについて説明する。

運行監視シナリオの実現可能性を評価するにあたり、運行監視を行うために求められる情報の収集・可視化項目に対する実現可能性の確認を本試作対象の

範囲とする。

そのため、運行監視システム全体像の検討にて定義した運行管理システムを構成する自動運転開始・解除システム、受注予約・運行計画システムとの連携機能は本試作システムには含まないものとした。

本試作システムは、無人の自動運転 L4 トラックを運行監視するための、情報収集機能・蓄積機能・可視化機能を実装する。

これらの前提に基づいて試作システムに求められる要件、および構築した試作システムについて説明を行う。

(2) 試作システム要件定義

運行監視システムコンセプト検討で実施した、車両と監視者の間で連携が必要な情報、運行監視システムダイアグラムの検討の結果を前提として導出した運行監視システムの業務要件と、業務要件に基づき導出した試作システムの機能要件を以下表に示す。

表 3-22 試作システムの機能要件

業務要件	機能要件
遠隔地から車両の位置情報を確認する	地図・車両の位置を表示できる
遠隔地から車両の走行状態を確認する	車両の運行情報、車両の CAN 情報、異常情報を取得・表示できる
遠隔地から車両周辺の映像を確認する	リアルタイムに車両周辺の前後左右の 4 方向の映像を表示できる
遠隔地から車両周辺の音声を確認する	車両搭載のマイクの音声を再生できる
遠隔地から複数台の車両を同時に運行監視する	複数の運行監視対象車両を同時に監視できる、また特定車両の詳細状態を確認できる
	重要度・視認性に応じて画面表示項目の順番・サイズを変更できる

(3) 試作システム全体構成

試作システムは車両から情報を収集するデータ収集システムと、収集した情報を可視化するデータ可視化システムから構成される。データ収集システムは車両側に設置するクライアント側と、クラウド上に設置するサーバ側から構成される。クライアントとサーバ間の通信はセルラーネットワーク（モバイル通信網）とする。

市販車両をベースとする標準評価車両の車載 ECU、CAN では取得できない項目について、試作用に準備するデバイス・センサ類、および車両情報・車両状態を入力する車両ダミーデータ送信システムを該当車両に設置して情報を取得する。試作システム構成を以下図示す。

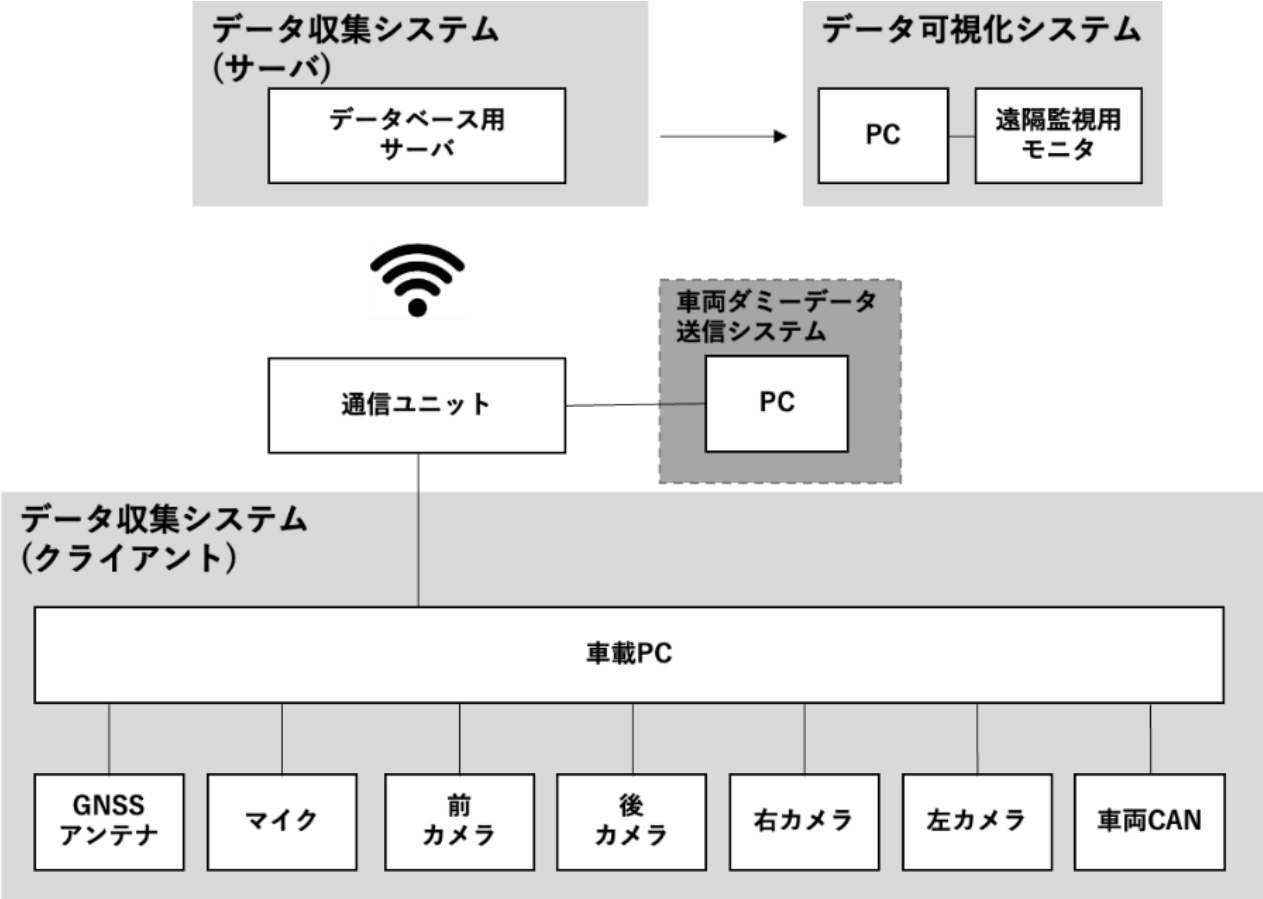


図 3.302 システム全体構成

試作システム要件とセンサ類の対応を以下表に示す。

表 3-23 機能要件とセンサの対応

機能要件	対応するデバイス・センサ類
地図・車両の位置を表示できる	GNSS アンテナ
車両の運行情報、異常情報の CAN 情報、異常情報を取得・表示できる	CAN 取得モジュール
	車両ダミーデータ送信システム
リアルタイムに車両周辺の前後左右の 4 方向の映像を表示できる	前カメラ 後カメラ 右カメラ 左カメラ
車両搭載のマイクの音声を再生できる	マイク

(4) 機器仕様

本試作システムで使用した機器の仕様およびセルラー通信を以下表に示す。

表 3-24 車載 PC の主な諸元

項目	諸元等
製品名	EDGEPLANT T1
型式	ET1-128NJA
CPU	Dual NVIDIA Denver 2(2.0GHz), Quad ARM Cortex-A57(2.0GHz) 合計 6 コアの CPU
メモリ	4GB
インターフェイス	アンテナ接続端子 : 1×SMA for GNSS : 2×SMA for LTE USB : 4×USB3.0 端子 Ethernet : 1×1000Base-T 端子 Audio : 1×ミニジャック HDMI 出力 : 1×HDMI 端子 シリアル通信 : 1×RS-232C 端子 SIM カードスロット : 1×Nano SIM

表 3-25 カメラの主な諸元

項目	諸元等
製品名	EDGEPLANT USB Camera
型式	EP1-VM01A
最大解像度	Full HD (1920×1080)
最大フレームレート	30fps
視野角	95 度

表 3-26 マイクの主な諸元

項目	諸元等
製品名	PC スタンドマイク
型式	MM-MC32N
プラグ形状	直径 3.5mm ステレオミニプラグ

表 3-27 セルラー通信の主な諸元

項目	諸元等
SIM カード	Eximo
提供元	NTT ドコモ
月間容量	容量制限なし

(5) 車両ダミーデータ送信システム

車両ダミーデータ送信システムの要件、ソフトウェア構成、操作画面について説明する。

(ア) 車両ダミーデータ送信システムの要件

- ・ 車両情報・車両状態の項目の送信を行えること
- ・ 運行監視シナリオを評価するためのシナリオ用変数を送信できること
- ・ データの送信周期を設定できること

表 3-28 車両ダミーデータ送信システムの送信項目・送信周期

区分	送信項目	入力内容
車両情報・ 車両状態	車両 ID	選択肢： ISUZU-1, HINO-1, UD-1, FUSO-1
	メーカー	選択肢：ISUZU, HINO, UD, FUSO
	車両情報	選択肢：6 axles, 8 axles
	積荷	選択肢：ドライ, 生鮮食品, 危険物
	重量	数値
	目的地	文字列
	エンジン回転数	数値
	AD システム異常	選択肢：正常, 異常
	車両火災	選択肢：正常, 異常
	荷台（荷物状況）	選択肢：正常, 異常
	エアバッグ展開情報	選択肢：正常, 異常
シナリオ用変数	自動運転台数	数値
	手動運転台数	数値
	正常車両数	数値
	異常車両数	数値
送信周期	送信間隔（秒）	数値

（イ）車両ダミーデータ送信システムのソフトウェア構成

以下に、車両ダミーデータ送信システムのソフトウェア構成を示す。

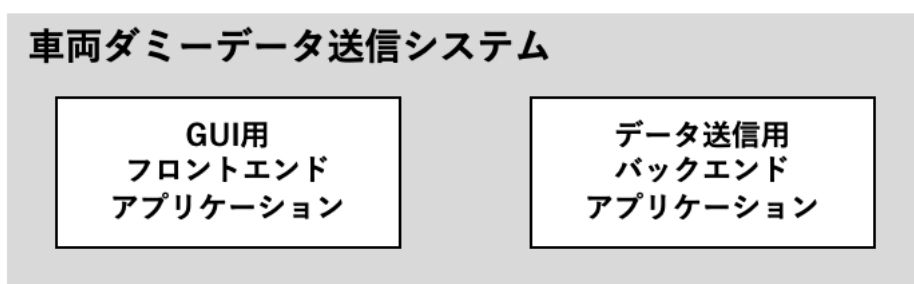


図 3.303 車両ダミーデータ送信システムのソフトウェア構成

（ウ）車両ダミーデータ送信システムの操作画面

以下に、操作画面を示す。

RtL4 運行監視用ダミーデータ送信用プログラム

ダミーデータ送信開始

ダミーデータ送信停止

ダミーデータ更新

送信間隔 (秒)
1

送信ステータス: 送信中

車両基本情報

車両ID

メーカー

車両情報

積荷

重量 (t)

☐ ISUZU-1
☒ HINO-1
☐ UD-1
☐ FUSO-1

☐ ISUZU
☒ HINO
☐ UD
☐ FUSO

☐ 6 axes
☒ 8 axes

☐ ドライ
☒ 生鮮食料
☐ 危険物

12.5

運行情報

目的地

エンジン回転数 (rpm)

大手町

100

異常情報 (システム)

ADシステム異常

エンジン制御系

後処理系 (DPD)

☒ 正常
☐ 異常

☐ 正常
☒ 異常

☒ 正常
☐ 異常

異常情報 (運行)

バンク

車両火災

荷台 (荷物) 状況 (degree)

☒ 正常
☐ 異常

☐ 正常
☒ 異常

3

事故情報

エアバッグ展開情報

☐ 正常
☒ 異常

シナリオ用変数

自動運転台数

手動運転台数

正常車両数

異常車両数

3

3

3

2

車両ID (概要画面用)

☐ ISUZU-1
☒ HINO-1
☐ UD-1
☐ FUSO-1

図 3.304 車両ダミーデータ送信システムの操作画面

(6) データ可視化システム

試作システムを用いた評価において、運行監視シナリオの検討で整理した運行監視シナリオと、試作システム要件定義とで整理した結果に基づき、以下表に示す要件が試作システムのデータ可視化システムに要求される。

表 3-29 データ可視化システム要件一覧

項目	要件
画面表示	複数の車両の走行状態を同時に表示できる
	特定車両の詳細状態を表示できる
異常表示	運行監視対象車両に異常が発生した場合、該当車両・該当項目の表示マスを監視者に分かりやすく提示できる

複数の車両の走行状態を同時に表示する概要画面と、特定車両の詳細状態を表示する詳細画面を準備した。

- 概要画面
車両ダミーデータ送信システムで定義を行ったシナリオ用変数、および車両の位置情報を表示する。

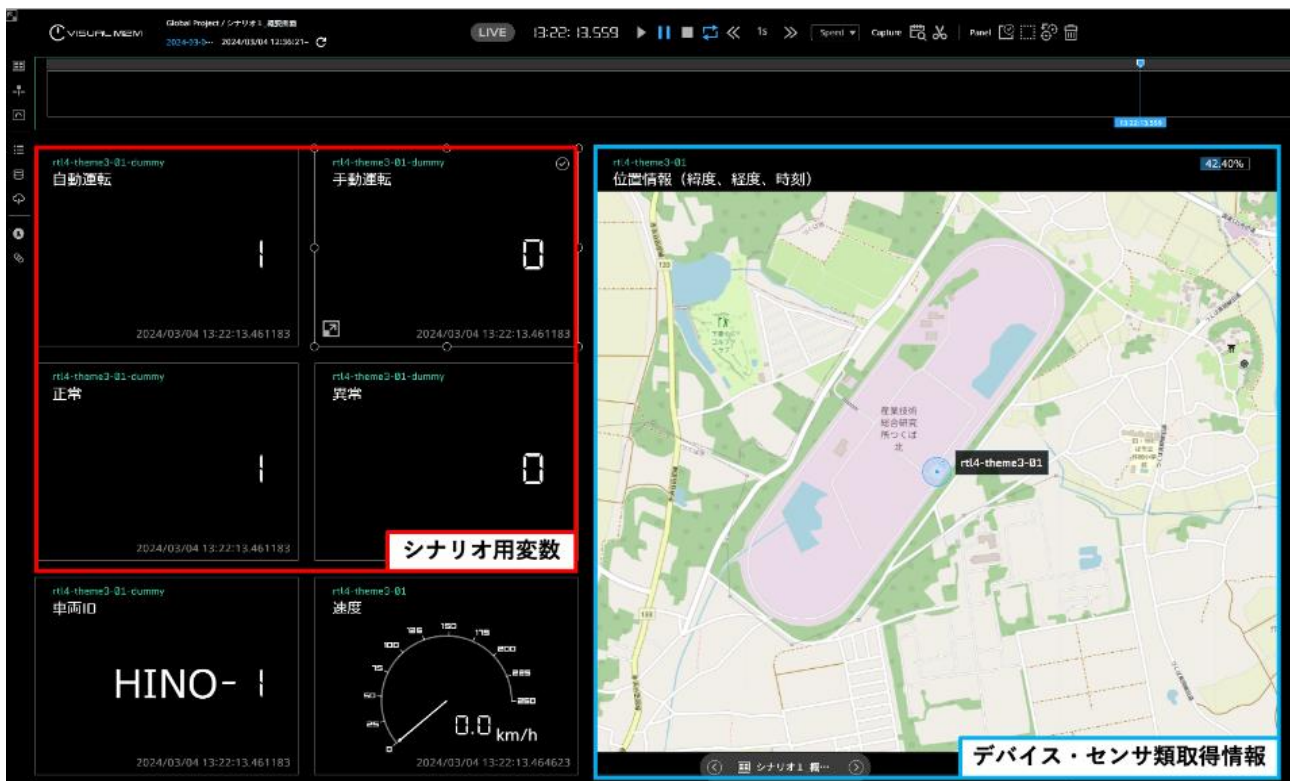


図 3.305 概要画面

- 詳細画面
デバイス・センサ類の取得情報及び車両ダミーデータ送信システムで定義を行った車両情報・車両状態を表示する。

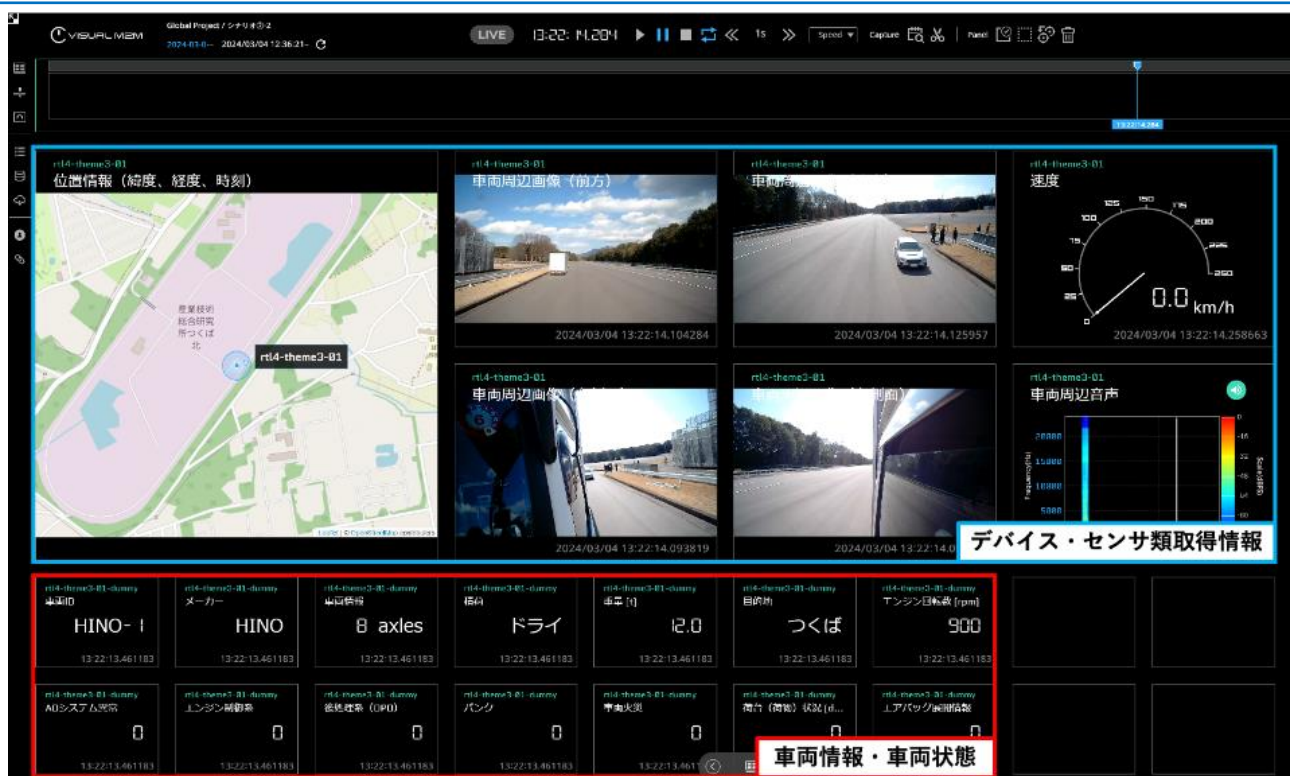


図 3.306 詳細画面

① 異常表示

概要画面では走行中の車両台数（異常）を、詳細画面では車両情報・車両状態の項目のうち、異常状態が連携された項目に赤の網掛けを行うことで、異常発生時のデータの視認性を向上させる仕様とした。



図 3.307 概要表示、詳細表示の異常表示画面

(7) 試作システムの先進モビリティ標準評価車両への搭載

試作評価を行うにあたりシステム全体構成で示す試作システムを構成するクライアント側データ収集システムの標準評価車両への配置・搭載方法について示す。

① カメラの配置

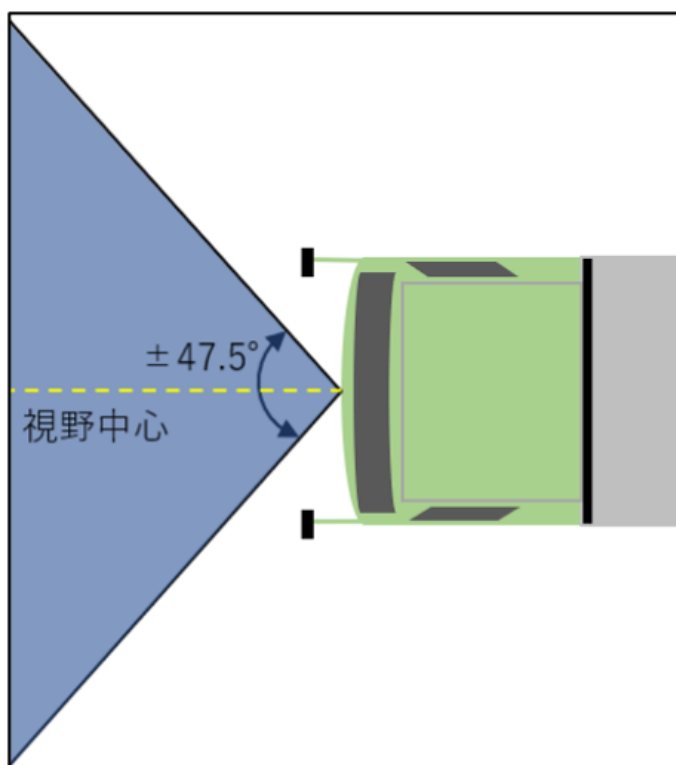
前後のカメラは道路状況を広範囲で見渡せる位置に搭載し、左右のカメラは自車が走行・停止している車線を確認可能な位置に搭載することとし、以下の搭載位置に搭載する。

表 3-30 カメラ搭載位置

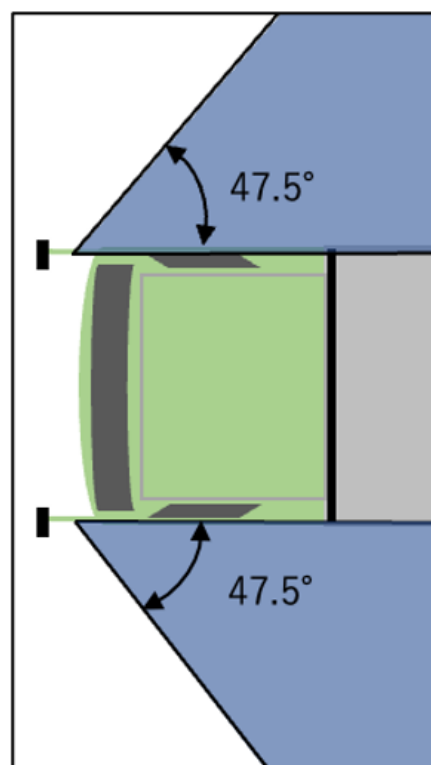
種別	搭載位置
前カメラ	フロントウインドウ（キャビン内）
後カメラ	後方荷室扉上部
右カメラ	右サイドミラーステア
左カメラ	左サイドミラーステア

I. 視野範囲

上記カメラ設置箇所にカメラを設置した際の視野範囲を示す。

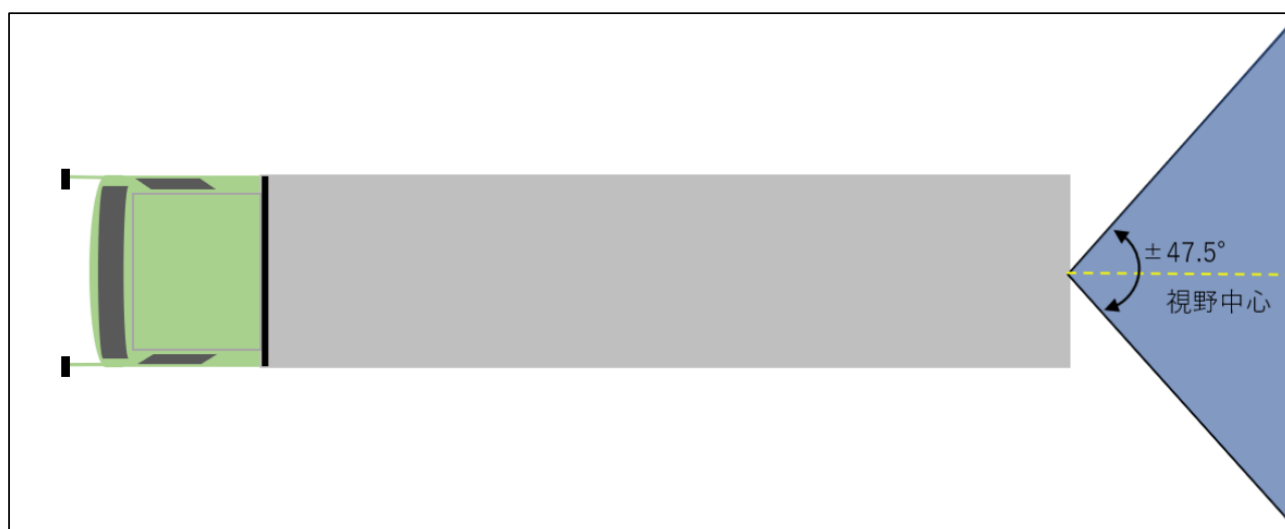


Top View



Top View

図 3.308 前カメラ・左右カメラの視野範囲



Top View

図 3.309 後カメラの視野範囲

II. 標準評価車両への搭載

標準評価車両へカメラを搭載した位置を以下に示す。



図 3.310 前カメラ・後カメラの搭載状態



図 3.311 左カメラ・右カメラの搭載状態

② 車載 PC の配置

車載 PC は運転席と助手席の中央に配置した。



図 3.312 車載 PC 配置状態

③ マイクの配置

マイクはダッシュボード上に配置した。



図 3.313 マイク配置状態

④ GNSS アンテナの配置

GNSS アンテナはダッシュボード上に配置した。



図 3.314 GNSS アンテナ配置状態

⑤ 車両側 CAN ポートとの接続

標準評価車両の CAN ポートが運転席と助手席の中央に設置されていたため、CAN ポート付近で接続した。



図 3.315 CAN ポート接続状態

(8) 試作システムに要求される通信帯域

試作システムでは、各種センサの情報に加えて、カメラ 4 台の映像を常時サーバに送信する。センサ情報は映像情報と比較し通信量が少ないため、事前検討では映像送信にかかる通信量から、要求される通信帯域を算出する。

セルラー通信のネットワーク環境、カメラの設定により想定される通信量から、試作システムにおけるカメラの設定値を導出し、それに掛かる通信量を必要帯域とし定める。

① セルラー通信のネットワーク環境

NTT ドコモの公開している全国 1,500 地点で計測した実効速度計測結果を以下に示す*。今回の試作評価では、実行速度計測結果より中央値の 22Mbps を通信帯域の品質の基準とする。

表 3-31 NTT ドコモの実効速度計測公表値（2023 年度）

	上り通信速度
最大値	243Mbps
75%値	37Mbps
中央値	22Mbps
25%値	12Mbps
最小値	1Mbps

② カメラの設定による通信量

カメラの画質、フレームレート、台数を変化させた場合の理論上の必要となる通信帯域を以下に示す。

表 3-32 理論上の必要通信帯域

画質	フレームレート	カメラ 1 台あたりの通信帯域	カメラ 4 台での通信帯域
720p (HD)	5fps	3Mbps	12Mbps
	10fps	6Mbps	24Mbps
1080p (Full HD)	5fps	6Mbps	24Mbps
	10fps	12Mbps	48Mbps

* NTT ドコモ. “実効速度計測結果”. “いつでもどこでも「つながる」仕組み”
https://www.docomo.ne.jp/area/effective_speed（参照 2024-01-15）

③ 試作システムにおけるカメラの設定値および必要帯域

試作システムでは 22Mbps を基準値とし、以下のカメラの画質、フレームレートを設定値とし、これに掛かる通信量 12 Mbps を必要帯域とする。

表 3-33 カメラの設定内容と必要帯域

画質	フレームレート	カメラ 1 台あたりの必要帯域	カメラ 4 台での必要帯域
720p (HD)	5fps	3Mbps	12Mbps

3.2.2.3. 運行監視システムの試作評価（テストコース）

(1) 実験実施概要

本実験は、本事業に参画している物流事業者を対象に、緊急退避のその後の対応の MRM システム受容性評価・外向き HMI 評価と共に実施した。

目的：運行監視システム試作機を搭載した標準評価車両をテストコース上で周回走行させ、運行状況の把握のしやすさを評価する。

< 平時 > 走行位置、状況の把握の容易性

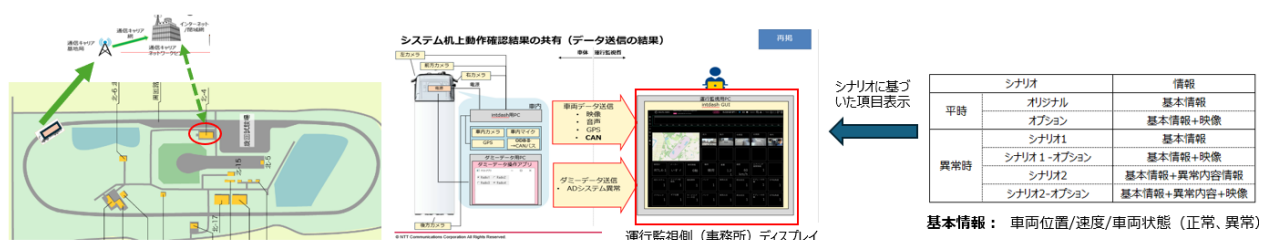
< 異常時 > 走行位置、異常の状況の把握、停止状態の把握の容易性

運行監視システム試作評価（テストコース）

シナリオに基づく平時・異常時の簡易運行監視システムの評価

目的：通信機を搭載した自動運転機能プロトをテストコース上で周回走行させ、運行状況の把握のしやすさを評価

- ・平時：走行位置、状況の把握の容易性
- ・異常時：走行位置、異常の状況の把握、停止状態の把握の容易性



実験法：平時：テストコース上の周回走行

異常時：テストコース上の任意の時点で、異常が発生（仮想）したと想定、緊急退避を実施

⇒ 事務所側の監視モニターを見て、情報を把握いただき、評価確認を実施

図 3.316 試作評価（テストコース）概要

(2) 実験条件

本実験は、以下の様な条件で実施した。

＜実験日時＞3月4日（月）

＜実施場所＞産総研 つくば北事業所

＜実験参加者＞本事業参画の物流事業者（4社）、道路管理者（NEXCO 中日本）

運行監視システム仕様、車両へのハードウェア搭載状態については、3.2.2.2. 運行監視システムの試作開発に記載の通りである。

(3) 実験シナリオ

実証実験のシナリオを以下に示す。

運行監視システム試作評価（テストコース）実験シナリオ

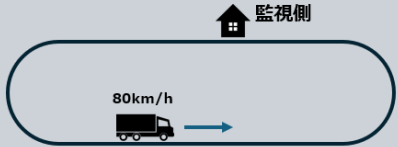
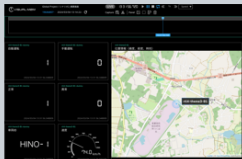
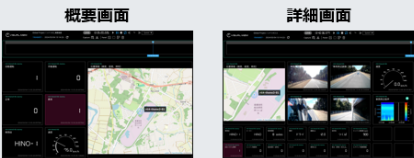
	試験車両側	運行監視側
1 周目 (定常走行確認)	①定速走行（80km/h） 	②運行確認（概要画面）  基本情報：車両位置、速度、平常/異常
2 周目 (異常発生 ～現場確認)	①定速走行（80km/h） ③異常発生模擬 ⑤減速走行～停止 ⑦現地確認 	②運行確認（概要画面） ④異常発生確認（概要画面） ⑥異常内容確認（詳細画面、映像あり） 

図 3.317 試作評価（テストコース）実験シナリオ

＜1 周目＞平常：定速走行確認

- ・実験車両を周回路 1 周定速で走行させ、運行監視側で運行状況を確認する。

＜2 周目＞異常時：異常発生～現場かけつけ

- ・実験車両を一定区間定速走行後、車両に乗車する実験員より、ダミーアプリを用いた異常情報発報を行う。
- ・運行監視側で異常情報受信を確認する。同時に、車両側は異常発生に伴い、走行速度を減速し、車両を停止させる。
- ・車両停止後、運行監視者は、運行監視画面の表示を概要画面から映像ありの詳細画面に切り替える。

細画面へ切り替え、異常内容及び周辺状況の確認を行う。

- ・詳細画面で異常内容を把握した後に、異常発生現場へかけつけ、監視画面上で得られた情報と実物の状況を比較確認する。

(4) 検証項目

実験シナリオに基づき、実験参加者へアンケートを実施した。アンケート内容を以下に示す。

2. 運行監視システム評価

運行監視システム基本情報：車両位置、車両速度、車両状態

(1) 平時

平時の運行監視として、該当するところに○をつけてください

充分 まあまあ ふつう いまいち 不足

平時の運行監視として、感想や懸念点などコメントがありましたらご記入をお願いします

平時の運行監視として、最低限具備すべき表示項目、表現方法、映像などの要望についてご記入をお願いします

(2) 異常時

異常時の運行監視として、該当するところに○をつけてください

充分 まあまあ ふつう いまいち 不足

異常時の運行監視として、感想や懸念点などコメントがありましたらご記入をお願いします

異常時の運行監視として、最低限具備すべき表示項目、表現方法、映像などの要望についてご記入をお願いします

運行監視システム評価全体を通し、感想や懸念点などお気づきの点(課題)がありましたらご記入をお願いします

アンケートは以上です ありがとうございます

図 3.318 実験参加者向けアンケート内容

(5) 実験結果

実験シナリオに基づき、実験車両をテストコース上で周回させた際の、各タイミングでの運行監視システムの監視画面を以下に示す。

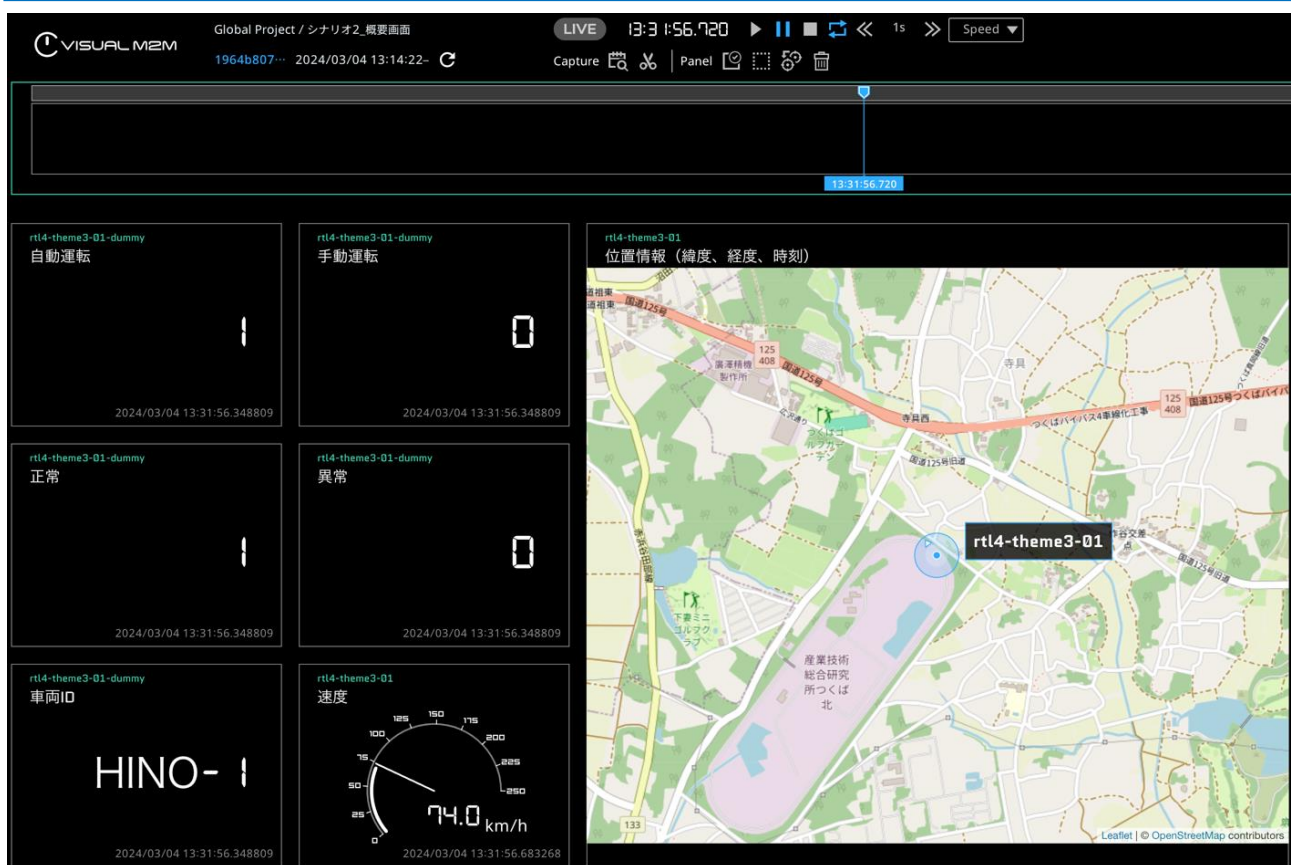


図 3.319 平時（概要画面）

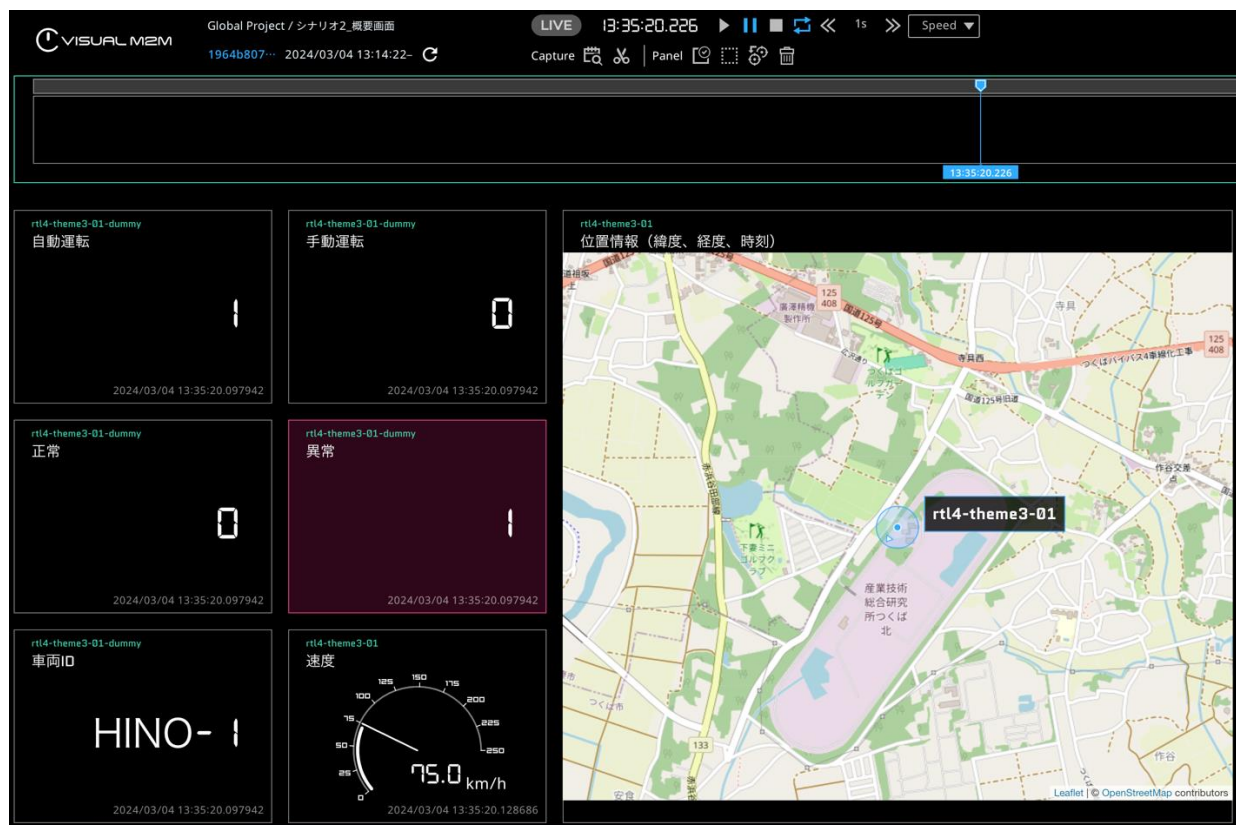


図 3.320 異常時（概要画面）

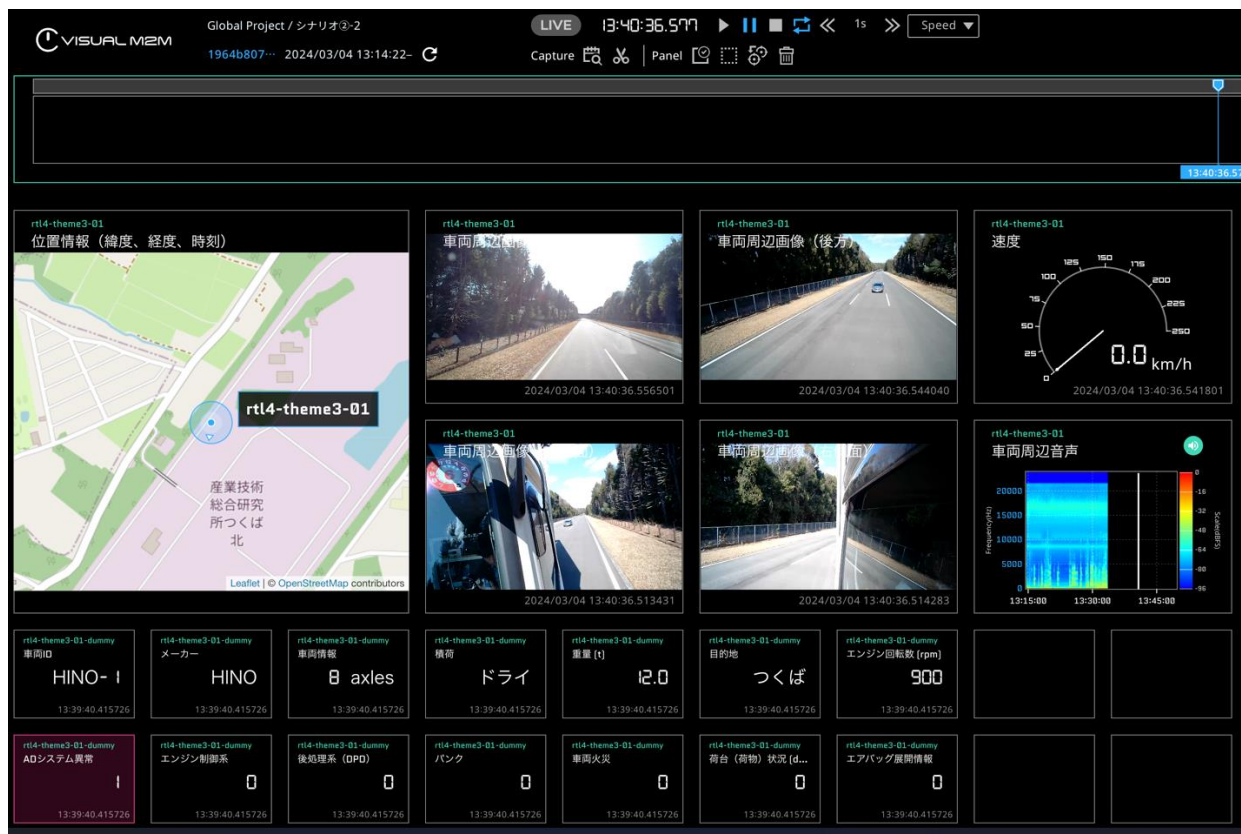


図 3.321 異常時 (詳細画面) かけつけ前

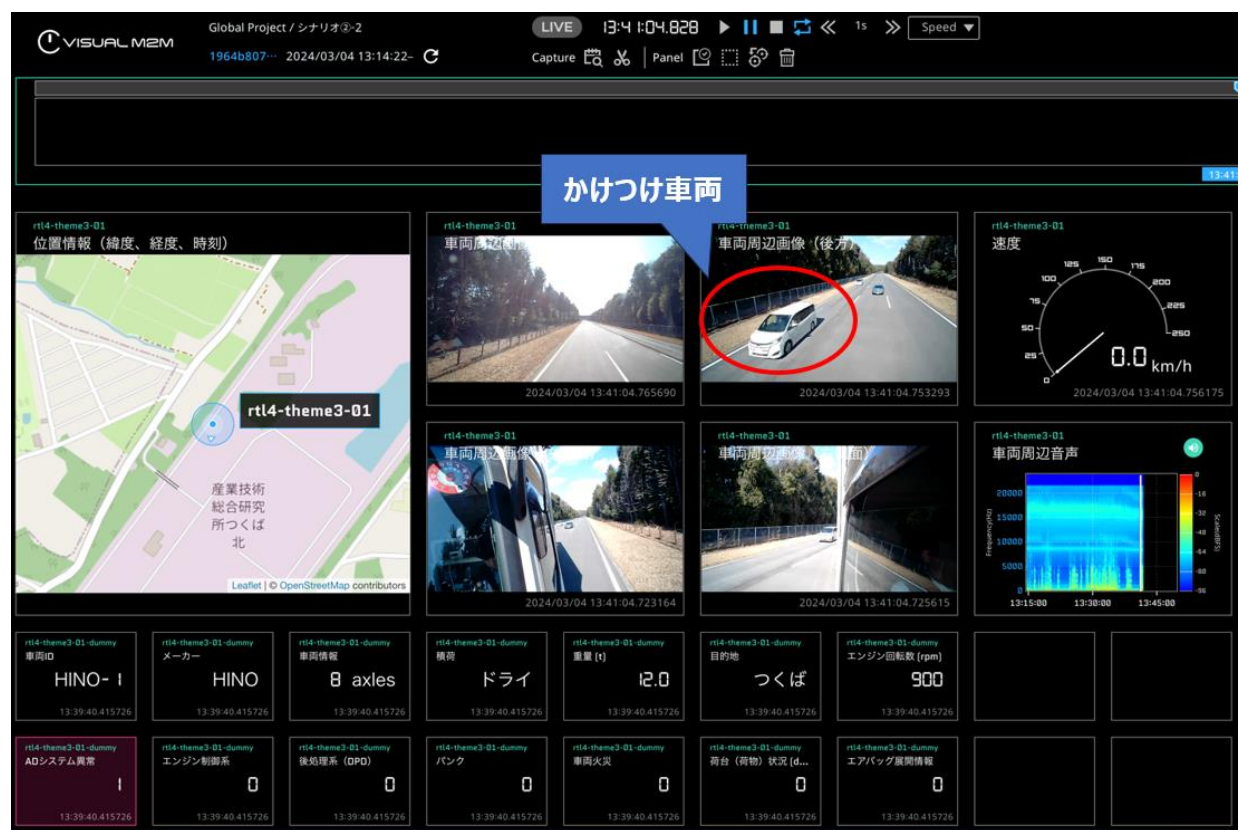


図 3.322 異常時 (概要画面) かけつけ後

続いて、アンケートの集計結果を以下に示す。

【平時】

① 運行監視システムに対する 5 段階評価

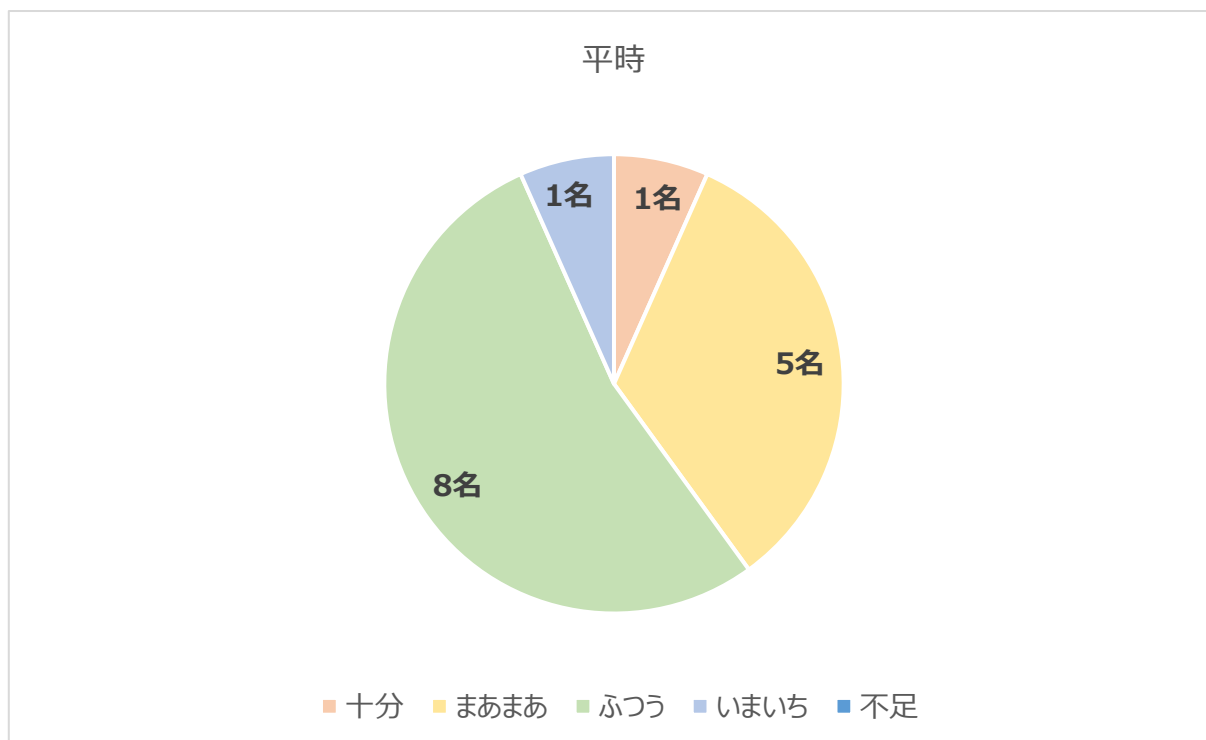


図 3.323 【平時】運行監視システムに対する 5 段階評価

② 平時の運行監視への感想や懸念点

表 3-34 平時の運行監視への感想や懸念点

システム面	・ 平時はリアルタイム画像が不要に感じる。 ・ より様々な角度からの映像も見たい。 ・ 走行状況確認のために道路管理者側がリクエストして映像確認できる機能も必要。 ・ 車速データが更新されない等、適切な監視が出来ないタイミングがあった。
運用面	・ 複数車両が存在していた場合に、監視画面上でどう表示されるのかイメージがつかなかった。 ・ 平時の運行監視は、現状利用している車両動態管理システムと同等で問題ないと思う。(自動運転の車もマニュアル車も同じ)

③ 平時の運行監視として最低限具備すべき表示項目・方法・映像などの要望

表 3-35 平時の運行監視として最低限具備すべき表示項目・方法

- ・車両位置/車両状態/自動運転車であることが分かる表示
- ・スピードメータ、タコメータ、走行軌跡
- ・地図への車両プロットと合わせて、その他の交通量についても可視化できると運行計画や状況把握がしやすいと感じた。
- ・平時においても走行している車線の把握は必要。
- ・車外情報により、走行している車線・速度を変更する場合、なんの情報に基づいて変更したかを表示してほしい。(例：ETC2.0 データなど)

【異常時】

① 運行監視システムに対する 5 段階評価

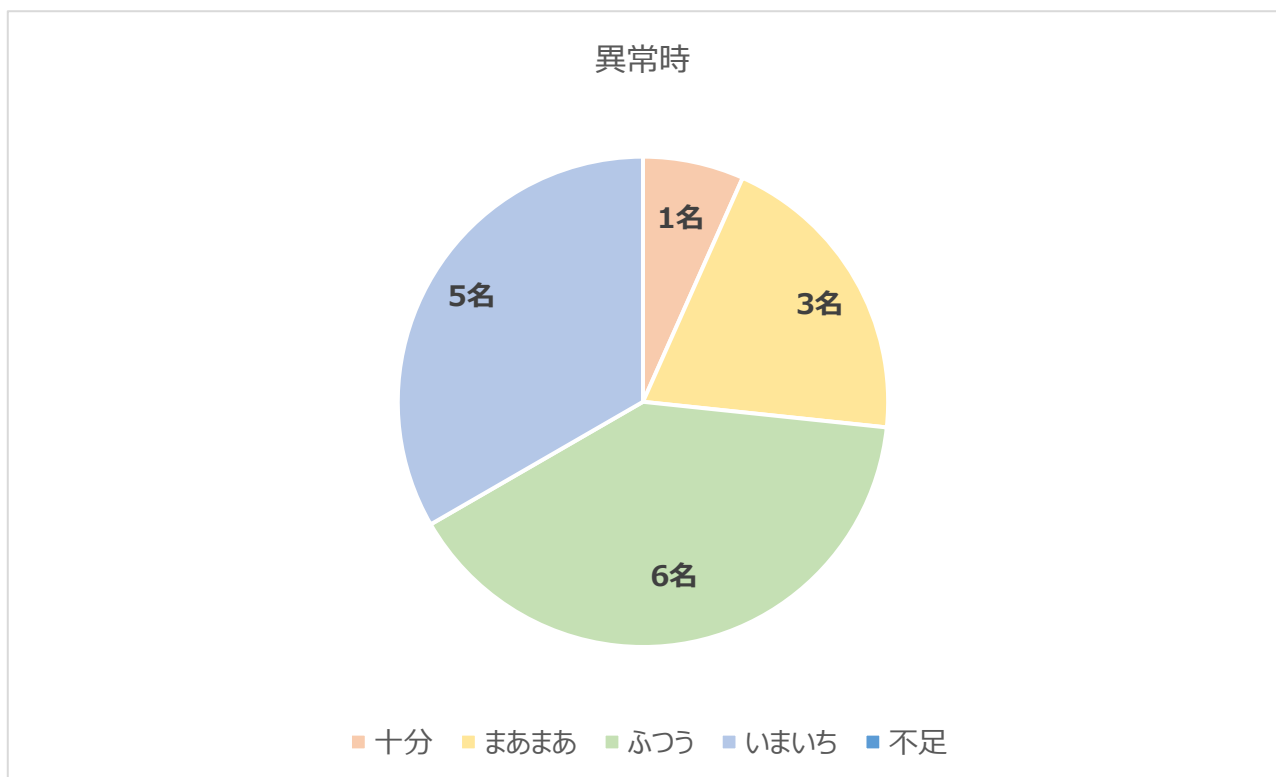


図 3.324 【異常時】運行監視システムに対する 5 段階評価

② 異常時の運行監視への感想や懸念点示す。

表 3-36 異常時の運行監視への感想や懸念点

システム面	・ 異常発生時に、モニター点滅やブザー警告音などもあると良いと感じた。 ・ 車両状態だけでなく、周囲の状況が分かることも重要だと感じた。例えば、カメラ映像だけでなく、LiDAR の情報もあると、よりリアルに周囲の状況を理解できると思う。 ・ 車内だけでなく、車外の人とも会話できる機能が必要だと感じた。 ・ 車両が斜めに停車していたことが、映像からは判断できなかった。 ・ 外付けカメラからは、停車位置が把握できなかったが、異常停止時の車線位置の把握は必要。
運用面	・ 本監視が何のために必要な機能なのかを改めて定義するべきだと感じた。 ・ 事故が発生した場合に相手側の状態を知りたい。 ・ 複数個所/台数でトラブルが発生した場合の監視方法に課題を感じた。

③ 異常時の運行監視として最低限具備すべき表示項目・方法

表 3-37 異常の運行監視として最低限具備すべき表示項目・方法

・ 異常発生前後の映像提供を希望（必要秒数は別途検討）。異常発生したと思われるときの速度、場所情報などが即座に確認できる機能があるとよい。 ・ 不具合発生箇所と原因、荷物の状態、相手方の状況 ・ 周辺状況の情報（方法：360 度カメラ、LiDAR 等） ・ 車体が道路に対して、どのような状態で止まっているか分かるといい。 ・ 事故発生時の 2 次的な事故発生防止のためのシステムが必要。 ・ 異常が自転車なのか、前方での事象によって、停車・低速しているのか把握が必要。 ・ 異常発生時に自走可能か不可か、火災有無の項目は必要。
--

○運行監視システム評価全体を通した感想や懸念点

表 3-38 評価全体を通した感想や懸念点

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・通信環境の問題もあると思うが、シームレスや情報連携に課題があると感じた。・車両の向いている方角がわかるとうれしい。（画像では車両位置・方角の判断ができなかったため）・ドラレコ情報も活用した、異常挙動検知が出来ると良いと思った。・異常発生時に、自車両ではないが、後続の一般車両のカメラ情報等から異常発生状況の情報を取得することも、一つの選択肢だと感じた。 |
|--|

(6) 結果考察

アンケートや実証全体を通じて得られた意見から、実運用を考慮すると、平時には、自動運転車両を映像付きで監視することは不要だが、異常時には、故障内容や周辺状況、道路上での車体方向含む位置情報、事故や火災の有無等が、速やかに把握できることが望ましいことが分かった。その他に得られた意見として、車両自身の異常だけでなく周辺状況も詳細に把握できることや、異常発生前後の映像を確認したいなど要望もあったことから、異常時の情報提供範囲や情報提供時間などの観点も考慮する必要があるといえる。異常の情報提供範囲については、今回、現場状況把握のために実験に用いたカメラだけでなく、その他のデバイスやセンサ等も活用した検討の必要性が示された。

また、一部の事業者からは、一般車両向けで車両動態管理の仕組みを既に構築しており、自動運転 L4 トラックの運行監視においては、既存の仕組みを有効活用した、運行監視システム構築が望ましいとの意見が得られた。

今後の課題としては、今回の実証で得られた運行監視画面に表示する内容や情報提供範囲や時間と共に、2024 年度以降の OEM4 社のマルチブランド協調走行実証や黎明期を見据えた、複数台の自動運転車両を運行監視時の監視画面上での表示方法などがあげられるため、次年度以降で検討する。

3.2.2.4. 運行監視システムの試作評価（公道）

(1) 実験実施概要

運行監視システム試作のシステム機能確認のため、先進モビリティの標準化評価車両へ運行監視システムを搭載の上で、新東名高速道路を走行し遠隔地からその様子をモニタリングした。実験概要を以下図に示す。

公道走行時の運行監視の確認を通じて、以下の検証を行う。（公道走行ならではの実験を想定）

【目的】

- ・公道走行時の運行監視システム試作機の機能確認を通じて、24年度以降のMB実証及び、運行監視システムの社会実装を見据えた際の課題を洗い出すこと。
- ・新東名区間（駿河湾沼津SA～浜松SA）を走行し、運行監視の観点から走行環境の課題を洗い出すこと。

【MB実証 & 社会実装に向けて想定される課題】

- ①映像安定性（トンネル走行時など走行環境の変化によって、監視システムにどのような影響があるか？）
- ②通信即時性（既存の通信ネットワークが、運行監視を実現する上で十分なインフラ環境か？）
- ③可視化情報の妥当性（平時・異常時で、監視画面上で可視化する情報は十分か？）
- ④情報正確性（GSP位置情報の精度など、運用面でどのような影響があるか？）

様々な課題が想定されるが、現時点で、即時性や正確性の定量的な計測方法は検討不十分であり、まずは、実態把握の検証を主とする。

【評価視点】

平時；車両が今どこにいるのか、通信が途絶するのはどのようなタイミングか、

異常時；異常発生フラグをたてた際に、監視側でリアルタイムに確認できるか、

異常発生→車両停止後（近隣SA/PA）に、監視側で周辺環境を適切に確認できるか、

図 3.325 試作評価（公道）実証概要

(2) 実験条件

本実験は、以下の様な日程で実施した。

＜実験日時＞2月27日午前（事前確認日：2月26日午後）

＜実施場所＞豊田通商株式会社 東京本社（品川フロントビル 15階会議室）

＜走行区間＞新東名高速道路 駿河湾沼津SA（上り）～浜松SA（上り）

＜走行速度＞70～80km/h

実験車にはドライバー及び保安員が乗車し、車両に異常が発生したことを通知するダミーアプリを操作する担当員は後続車として追従する形で実験を実施した。

本実験では、公道走行中の試作機の機能確認、走行区間となる新東名区間（駿河湾沼津SA～浜松SA）における走行環境の課題抽出のため、各地点において、通信環境の状態計測のため、スピードテストを実施した。計測箇所を以下表及び図に示す。

表 3-39 スピードテスト実施ポイント

項目	詳細
高速道路上（トンネル以外）	市街地ゾーン①、山岳地帯ゾーン①～③
トンネル（短い：1000m程度）	北沼上トンネル、羽鳥トンネル
トンネル（長い：2000m以上）	大草トンネル、栗ヶ岳トンネル
SA/PA	各SA・PA停止時



図 3.326 スピードテスト実施箇所概要

(3) 実験シナリオ

本実験（2月27日）の実験シナリオを以下図に示す。

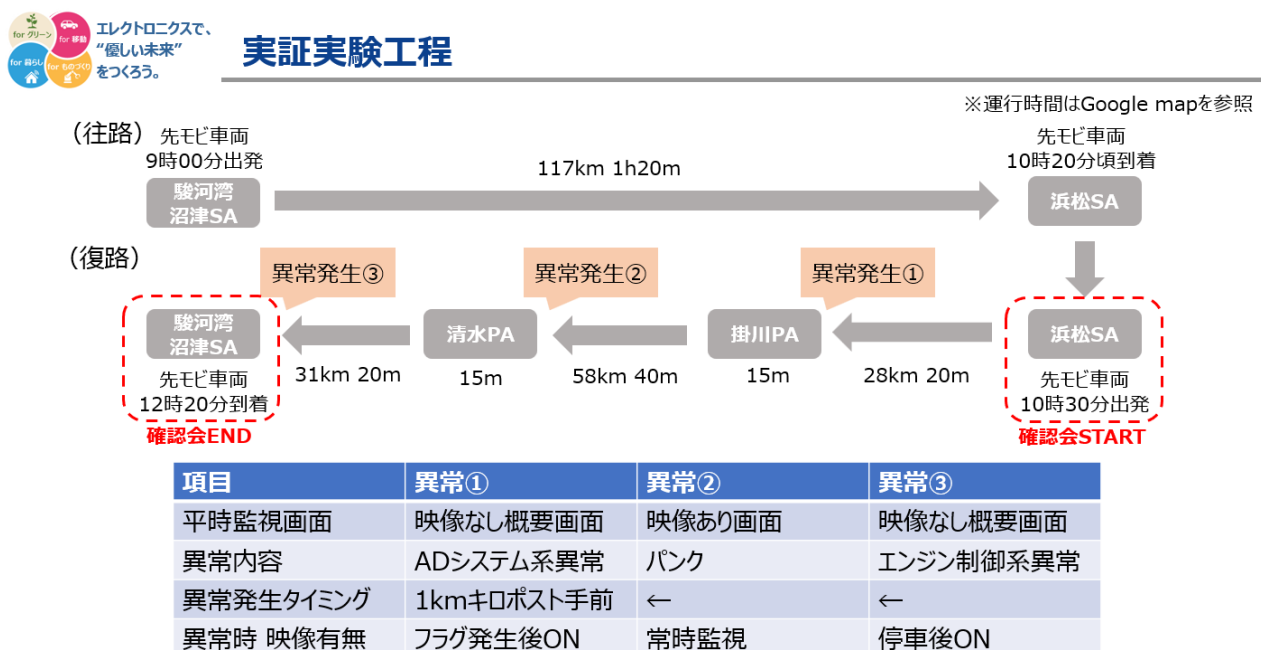


図 3.327 試作評価（公道）実験工程

様々なパターンでの運行監視画面の見え方確認を行うため、区間毎で監視画面上に可視化する情報を変更し実験進めた。詳細を以下図に示す。

〈実験シナリオ〉

- ・ 浜松 SA を定刻に出発し、次に立ち寄る拠点である掛川 PA まで定速走行する。
- ・ 掛川 PA から約 1km 手前（161kp 付近）で、ダミーアプリより異常フラグ（異常発生①）を発出し、遠隔監視側で異常確認を行う。
- ・ 掛川 PA 到着後、一定時間停車し、再出発。清水 PA まで定速走行する。
- ・ 清水 PA から約 1km 手前（104kp 付近）で、ダミーアプリより異常フラグ（異常発生②）を発出し、遠隔監視側で異常確認を行う。
- ・ 清水 PA 到着後、一定時間停車し、再出発。駿河湾沼津 SA まで定速走行する。
- ・ 駿河湾沼津 SA から約 1km 手前（73kp 付近）で、ダミーアプリより異常フラグ（異常発生③）を発出し、遠隔監視側で異常確認を行う。

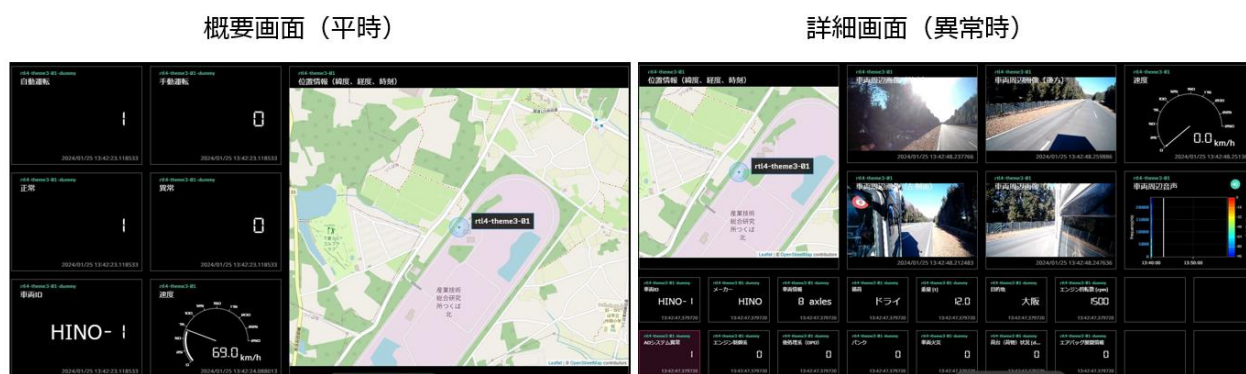


図 3.328 運行監視画面の見え方（平時／異常時）

(4) 検証項目

① 公道上の通信環境の測定

走行区間となる新東名区間（駿河湾沼津 SA～浜松 SA）における走行環境の課題抽出のため、公道における通信帯域を測定し、試作システムに要求される通信帯域で算出した必要帯域の公道での利用可否を確認した。

測定地点については、郊外エリア、山間部エリア、トンネル、サービスエリア・パーキングエリアの 4 つが含まれる地点を選定して測定を行った。通信環境の測定地点を以下に示す。

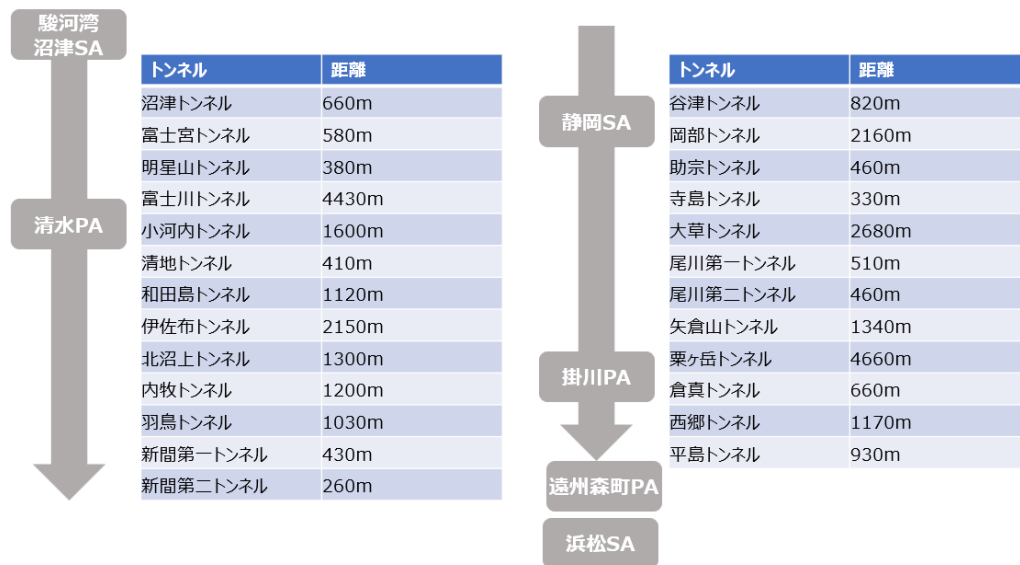
表 3-40 通信環境の測定地点

エリア	地点
郊外エリア	富士市区間
山間部エリア	藤枝市区間、静岡市区間
トンネル	粟ヶ岳トンネル、大草トンネル、 羽鳥トンネル、北沼上トンネル
サービスエリア・ パーキングエリア	浜松 SA、掛川 PA



図 3.329 通信環境の測定地点

ご参考 駿河湾沼津SAー浜松SA間のトンネル数



TOYOTA TSUSHO CORPORATION

9

図 3.330 【参考】実験走行区間の通過トンネル

② 運行監視にかかる総通信量

運行監視システムの実現性評価を行うにあたり、運行監視システム普及時に、通信インフラに与える影響を考慮する必要がある。1台の車両が対象区間を走行するにあたり、合計の通信量についてデータを取得した。

③ 実験参加者へのアンケート

本実験参加者（テーマ3 商用車 OEM 各社）へ公道走行中の運行監視について、アンケートを実施した。アンケートは、以下のような観点で各社からの意見を取りまとめた。

（評価観点）

【平時】運行状態を確認（映像有り・無し）

- ・実際の運行通りに位置情報を表示出来ているか。
- ・トンネル走行時の監視側への影響はあるか。

【異常時】異常フラグ発生の確認、車両停止後、周辺映像を確認し、状況把握可否を確認。

- ・現場で発生した異常を監視側でリアルタイムに検知できるか。
- ・映像からは周辺状況を十分に把握できるか。

(5) 実験結果

実験シナリオに基づき高速道路上を走行した際の、各地点での運行監視システムの監視画面を以下に示す。

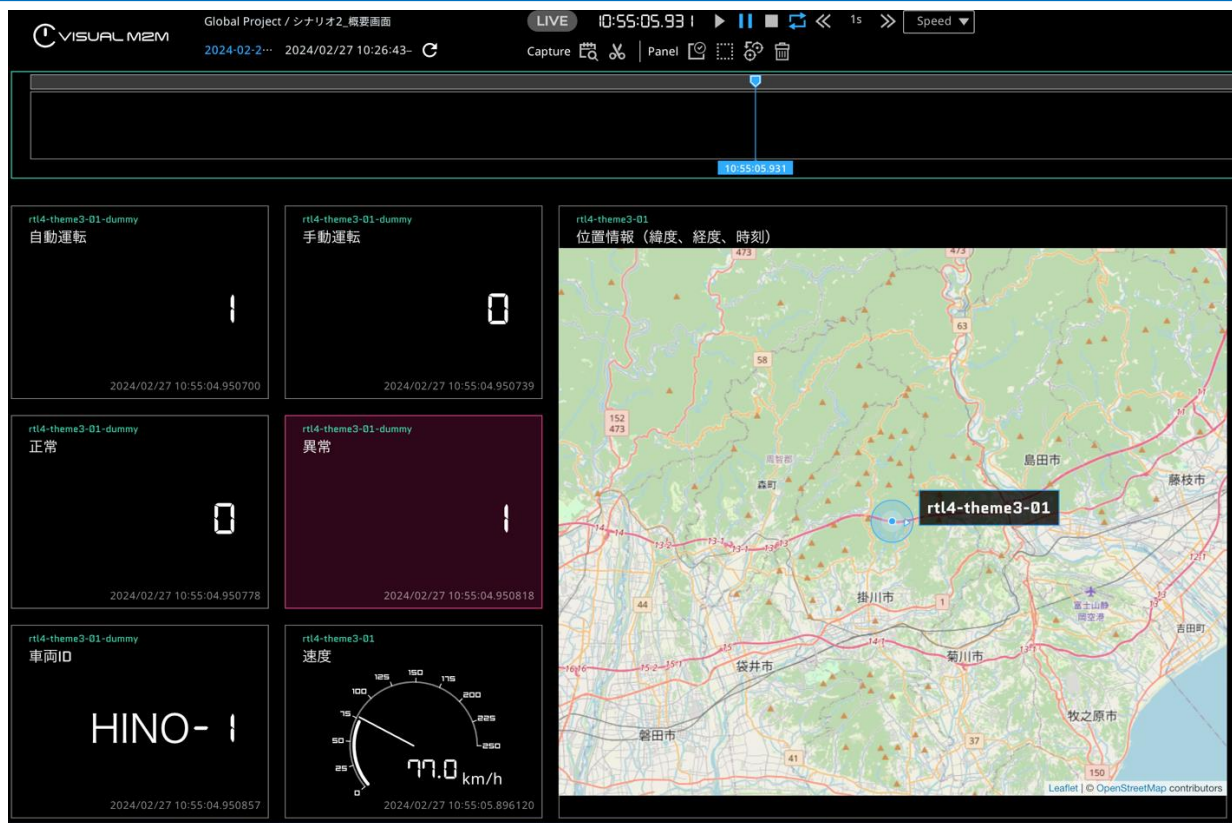


図 3.331 異常①発生時概要画面（掛川 PA 付近）

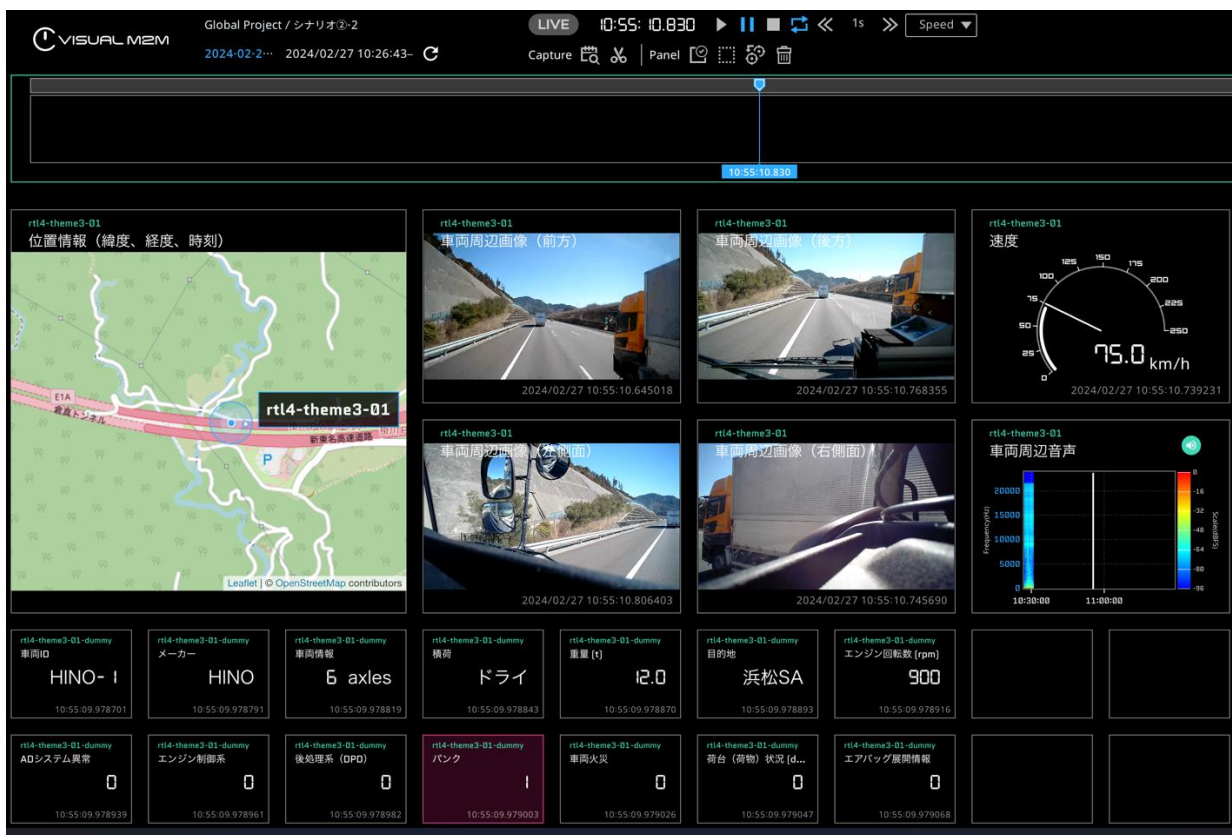


図 3.332 異常①発生時詳細画面（掛川 PA 付近）

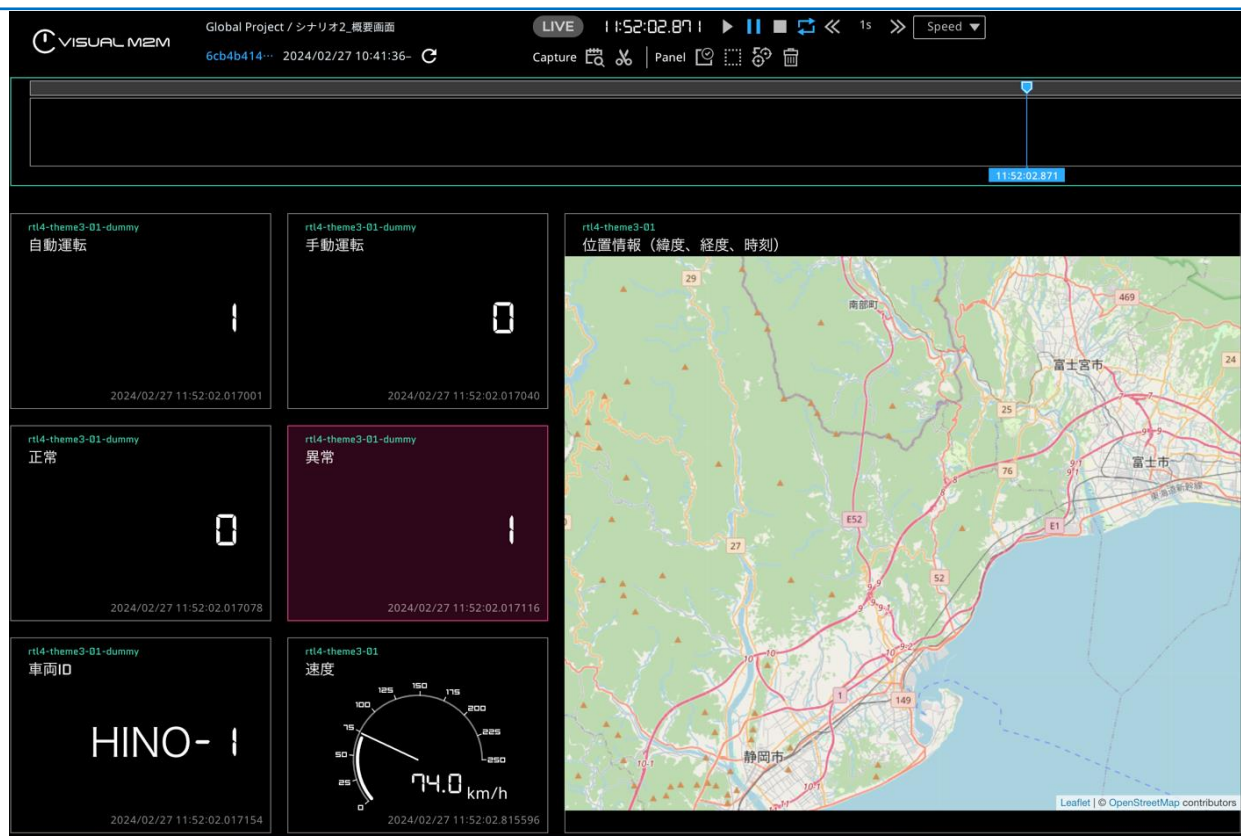


図 3.333 異常②発生時概要画面 (清水 PA 付近)

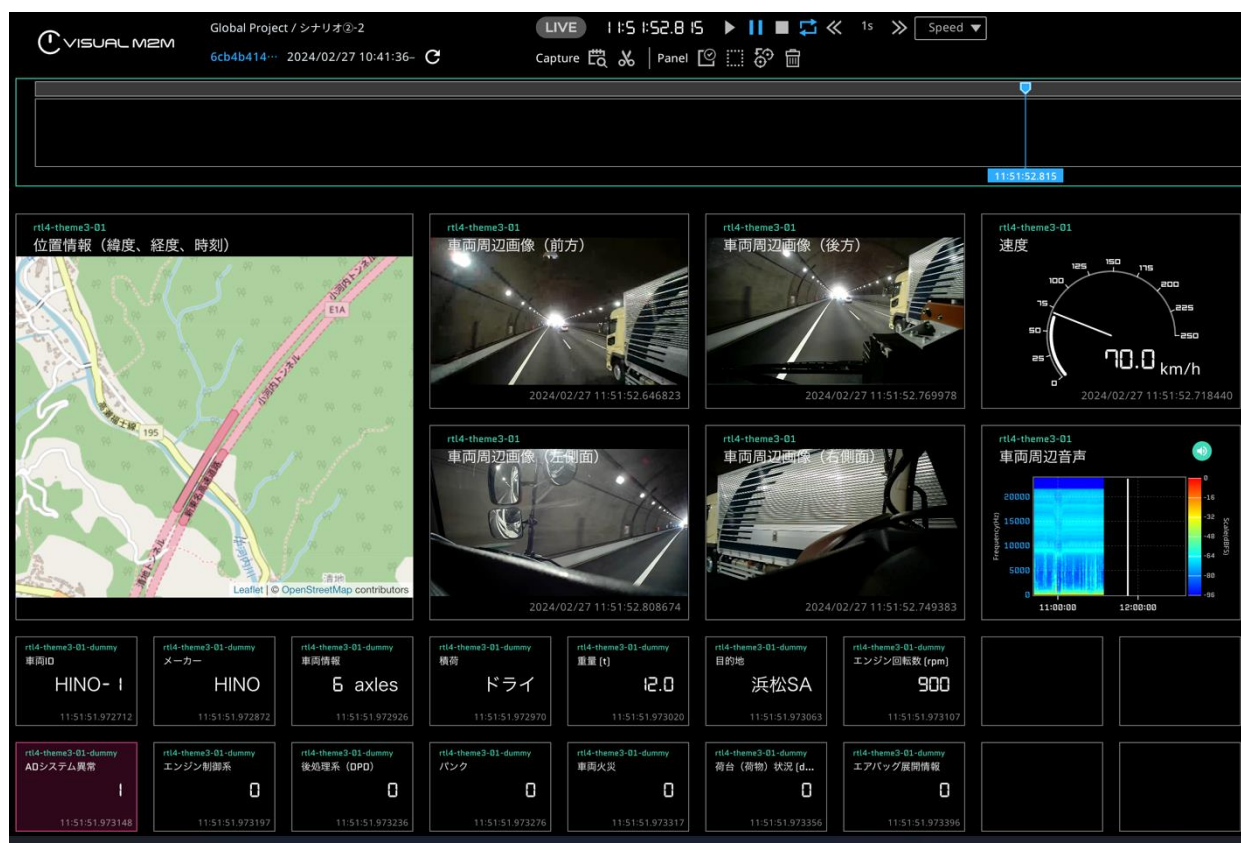


図 3.334 異常②発生時詳細画面 (清水 PA 付近)

① 公道上の通信環境の測定

検証項目で設定した地点での通信環境の測定を以下に示す。

表 3-41 通信環境の測定結果

時刻	地点	上り通信速度
10:28	浜松 SA	8.9Mbps
11:00	掛川 PA	9.2Mbps
11:05	栗ヶ岳トンネル①	6.1Mbps
11:07	栗ヶ岳トンネル②	5.2Mbps
11:14	大草トンネル①	9.8Mbps
11:16	大草トンネル②	8.8Mbps
11:18	藤枝市区間①	13.0Mbps
11:20	藤枝市区間②	9.8Mbps
11:25	藤枝市区間③	9.9Mbps
11:36	鳥羽トンネル	7.6Mbps
11:37	静岡市区間①	6.0Mbps
11:39	静岡市区間②	6.8Mbps
11:40	静岡市区間③	18.0Mbps
11:41	静岡市区間④	2.6Mbps
11:43	北沼上トンネル	5.3Mbps
11:53	静岡市区間①	26.0Mbps
12:00	静岡市区間②	24.0Mbps
12:12	静岡市区間③	2.9Mbps
12:21	富士市区間①	6.5Mbps
12:23	富士市区間②	9.8Mbps

表 3-42 通信環境測定結果の最小値、最大値、平均値

最小	最大	平均
2.6Mbps	26.0Mbps	9.8Mbps

② 運行監視にかかる総通信量

試作システムを用いた遠隔監視について、実際にアップロードされた通信量について以下に示す。

表 3-43 総通信量の測定結果

走行時間	総通信量	1時間あたりの通信量（算出値）
1時間55分	4.6GB	約2.4GB/h

④ 実験参加者へのアンケート

本実験参加者へのアンケート結果を以下に示す。

表 3-44 公道実証アンケート回答

カテゴリ	アンケート内容
システム面	・ 事故時に運行監視側から現地に発話できるように双方向通信ができると良いと思った。(現システムは、車両→監視側への一方向のみ) ・ カメラの画質が HD よりも低いと周辺状況が確認しづらいと感じた。 ・ 夜間の映像の見え方も検証するべき。 ・ トンネル内で試作車載器の GPS 情報が途絶したため、GNSS の位置情報や速度情報等をバックアップとして流すべきではないか。 ・ 異常時及び監視側からのリクエストがある場合に、直前の映像と合わせて送信することがよいのではないか。 ・ 通信量は課題（映像は重い）ため、常時映像は不要と考える。 ・ 道路情報（渋滞地）が同時に見られるとよいのではないか。 ・ 路上障害で停止しているのか、通信エラーで止まっているのか判別が難しい。システムの Alive 情報必須ではないか。 ・ 通信するデータ項目の優先順位をつけるべきではないか。
インフラ面	・ トンネルでは通信はほぼ継続（映像乱れなし）、一方、車載器の GPS 信号は途絶したため、トンネル内でも GPS 信号が取得できる技術が必要ではないか。 ・ 普及期を想定して、東京～大阪間で 500 台の自動運転車両を走らせた場合に、車両の遠隔監視に通信インフラは耐えられるか検証するべきだと感じた。
関連制度・ルール面	・ 現存する特定自動運行許可制度で求められている常時監視を自動運転 L4 トラックにも適応した場合、常時通信による通信コストや通信サーバへの負荷が課題となるのではないか。

(6) 結果考察

① 公道における通信環境の測定

高速道路上の通信環境の測定の結果、測定ポイントの平均値 9.8Mbps では試作システムの必要帯域 12Mbps を満たすことができないことを確認した。また、法面下の道路・トンネルを出た直後などでは、大きな映像の乱れ・遅延を確認した。これは、電波強度や基地局のハンドオーバー等による通信状況の悪化に起因するものだと考えられる。そのため、本結果を踏まえ車両周辺の映像確認の実現方式について今後検討する必要がある。また、運行監視対象車両が複数台に増加した場合に、同様の運行監視を行える通信品質を確保することができるかは、今後検討する必要がある。

② 運行監視にかかる総通信量

試作システムの総通信量は 1 時間あたり 2.4GB であった。この値は、必要帯域数より想定される総通信量と比較して小さく、通信品質の低下した地点では一部のデータを送信できなかったことに起因すると考えられる。そのため、通信品質が安定している場合、より大きな総通信量が発生する可能性がある。

③ アンケートや実証全体を通したまとめ

新東名高速道路の駿河湾沼津 SA から浜松 SA の走行区間において、トンネル内での運行監視システムの車載器の GPS 通信が途絶するなどの事象は見られたものの、全体を通して試作機の機能を概ね確認することができた。

一方で、公道上での実証により明らかになった課題として、高速道路上の通信環境や車両から運行監視システムへ情報伝送する際の通信量等があげられる。いずれの課題も、高速道路上を走行する自動運転車両の台数が増えるにつれて、より顕著となるものであることが予想される。

通信環境に関して、1 台分の車両監視であっても、のり面やトンネル出口、一部の SA/PA で通信品質の低下が確認されたが、万が一、車両に異常が発生した場合に、監視者への異常通知に遅延があってはならない。どのような通信環境でも、確実にその情報を監視者へ伝達できるような通信環境の整備や情報伝達方法の検討が求められる。

通信量に関しては、②の結果より 2 時間で約 2.4GB の通信量が発生することから、仮に 1 台の車両を常時映像付きで監視した場合、1 日 8 時間の運行として、1 日で約 10GB (8 時間稼働/日)、1 か月で約 200GB (20 日稼働/月) もの通信量となり、それに伴う通信サーバへの負荷や輸送事業の運用コストの負担は大きな課題となることが予想される。国土交通省の保安基準で規定されている、特定自動運行許可制度では、遠隔型自動運転に対して、映像付きの常時監視を求めている。安全性や信頼性だけではなく、実用性や事業性も考慮した場合、自動運転 L4 トラックの幹線輸送では、新たな制度・ルール検討も必要であることが示唆された。

3.2.2.5. 他事業（物流 MaaS）との連携について

自動運転車両と運行監視者側で連携が必要な情報やその連携方法について、RoAD to the L4 総合調整プロジェクトコンソコンソーシアムの物流 MaaS テーマ 1「トラックデータ情報連携基盤の確立」事業と連携し、検討した。

(1) 物流 MaaS テーマ 1 概要

物流 MaaS は、運輸部門を取り囲む需要過多や担い手不足、脱炭素など様々な事業上の課題に対して、荷主・運送事業者・車両の物流・商流データ連携と物流機能の自動化により最適物流を実現、すなわち物流 MaaS の実現によって、こうした課題解決や付加価値向上を目指す、2020 年より経産省事業として立ち上がったプロジェクトである。その中で、テーマ 1 では、物流に関するデータにおいて、運送事業者や商用車メーカー等の競争・協調領域を尊重し、協調可能なユースケースを定めたうえで、必要なデータ項目を特定し、連携ができるよう送受方法を定めることを目的としている。

本年度の具体の取り組みとしては、ユースケースの議論に基づく標準化すべきトラックデータ項目の特定と仕様検討、送受方法に API を採用し、標準 API ガイドラインの作成を検討している。

(2) 物流 MaaS との連携経緯

自動運転 L4 トラックの高速道路上での社会実装に向けては、3つのサブシステム（受注予約・運行計画システム、自動運転開始・解除システム、運行監視システム）から構成される運行管理システムを具備することが望ましいことは既述の通りである。同システムを実現するうえでは、車両ブランドによらない一元的な自動運転車両の運行管理ができることが望ましい。しかし、現状は商用車メーカー各社で、車両からとれるデータの仕様や送受方法はバラバラであり、一元的な車両管理の実現は難しいのが実態である。こうした状況を踏まえ、物流 MaaS 事業との連携により、自動化領域の中で標準化すべきトラックデータ項目を特定し、共通的な送受方法でデータを取得可能にすることで、本事業として検討した運行管理システム実現に資することを目的としている。

(3) 物流 MaaS との連携体制

自動化に関する標準化すべきトラックデータ項目の特定及び、その送受方法の決定に向けた、物流 MaaS との検討の連携体制を以下に示す。検討に当たっては、日本自動車工業会 大型車技術部会とも連携をしながら検討を推進することとした。

自動化に関する標準化すべきトラックデータ仕様 検討フロー

○データ項目標準化に向けたテーマ3 & 物流MaaSの連携体制

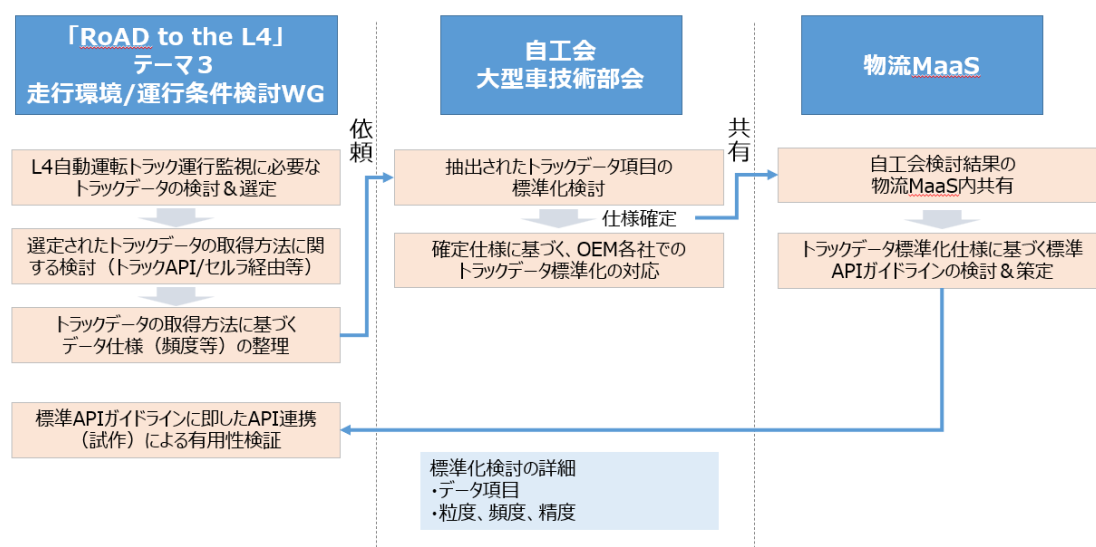


図 3.335 自動化に関する標準化すべきトラックデータ検討の連携体制

(4) 今年度の検討結果と今後の検討方針

本事業での検討詳細は、車両と監視者の間で連携が必要な情報について、に記載の通りである。抽出された情報の中には、トラックデータ以外の内容も含まれるため、物流 MaaS の検討範囲であるトラックデータに限定をして、標準化すべきデータ項目(案)を以下のように抽出した。

自動化 運行監視に関する標準化すべきトラックデータ項目

「RoAD to the L4」テーマ3での机上検討&道路管理者・物流事業者へのアンケートを踏まえ、車両側と監視システム側の送信データ項目から、RttL4テーマ3が標準化すべきトラックデータを抽出。

L4トラック運行監視に関わる標準化すべきトラックデータ項目

1	車両基本情報	3	異常情報（システム）
	車両識別番号		ADシステム異常
	トリガー（記録開始のタイミング）		エンジン制御系
	サーバ要求日時		後処理系（DPD）
	サーバ更新日時		トランスミッション系
	車両型式		ステアリング系
	重量（出発時）		EBS系
			エアサス系
2	運行情報	4	異常情報（運行）
	位置情報（緯度、経度、時刻）		パンク（TPMS）
	位置付加情報（方位角、進行方向）		車両火災
	データ生成日時（UTC）		バッテリー上がり（電圧異常）
	車速（輪速）		燃料系異常（燃料、Adblueの残量低下）
	エンジン回転数		冷却系異常（オーバーヒート）

図 3.336 自動化に関する標準化すべきトラックデータ項目（案）

今年度の取り組みから、自動化の中で運行監視をユースケースとした、標準化すべきトラックデータ項目を検討した。今後の課題として、自動運転車両の運行監視においては、特に異常時において車両から監視側へ発信する情報の即時性が求められることから、情報の送受方法を物流 MaaS で検討した API 経由で取得することで、運行監視の要件を満足できるかどうか論点となる。次年度以降も、引き続き物流 MaaS と連携し、自動運転 L4 トラックの運行管理システム実現に資する標準化すべきトラックデータ項目の検討及び送受方法を検討したい。

3.2.2.6. まとめ&来期以降の取組方針について

2023 年度は、2026 年以降の黎明期から自動運転 L4 トラックへ機能具備が求められる運行監視システムの要件を整理するために、運行監視システムの全体像の整理やシステムダイアグラムの検討、机上検討を踏まえた試作開発、テストコース・公道での実証実験を通じた実運用に向けた課題抽出などを実施した。

次年度以降では、今年度の実証を通じて得られた結果を踏まえ、安全性や実用性、事業性等も考慮の上で、運行監視システム試作の機能見直しや機能付与を検討する。また、公道実証を通じて明らかとなった、通信環境や通信量の課題については、自動運転の関連制度やインフラ整備含めた検討が必要となるため、関係省庁とも連携を図りながら然るべき検討を推進する。2024 年度から本事業で予定しているマルチブランド協調走行実証においては、複数車両の同時監視や夜間時の機能確認など、より実運用も見据えたかたちで実証を行うことも検討する。

3.2.3.まとめ&今後の検討方針について

2023年度は、2030年以降（普及期）の高速道路に直結した中継エリアと中継エリアの間を自動運転L4トラックによる運行を想定した際の中継管制システムの要件検討、及び、2026年以降の黎明期から自動運転L4トラックの走行に必要な機能である運行監視システムの要件検討を行った。

2024年度では、今年度に得られた課題も踏まえ、複数台の車両監視を想定した、運行監視システムの試作開発及び改良、実証評価を通じた有用性確認を行う。また、事業モデル検討の検討状況も考慮の上で、自動運転L4トラックの運行監視主体の検討を踏まえた、実運用を想定した運行監視シナリオを具体化する。

運行管理システムのコンセプト検討全体においては、2021年度に整理した運行管理システム構成を踏まえ、自動運転車両の走行台数に応じた、必要なシステム構成について検討見直しを行う

4. 車両・システムの開発

4.1. レベル 40DD 評価用車両・システムの開発

4.1.1. ユースケース対応アルゴリズム（標準動作手順）の具現化

リスク回避シナリオについて、本年度は MRM 回避動作の具現化を実施した。併せて来年度以降の未供用区間における実証実験に資するシミュレーション検証を実施した。

4.1.1.1. MRM の拡張

本事業では昨年使用した車線変更をベースとして路肩方向への走行経路変更を可能とするよう制御拡張を行った。

4.1.1.2. 試験結果

試験は閉鎖空間内で実施し、停車可能な路肩を設定した。走行中に模擬信号を与え、路肩を確認し停止できるかについて試験を行った。路肩移動開始速度（THR2）15[km/h]以下、路肩移動中の目標速度（tgt_speed）15[km/h]以下に設定した場合、目標の路肩幅に達する前に停車することがわかった。

THR2、tgt_speed とともに 30[km/h]の場合はスムーズに路肩移動できたが、値を小さくしていくとそれに比例するように横方向移動が緩やかになり、後続車への影響が大きい路肩移動となった。

(1) 路肩移動にかかる時間と縦方向距離

THR2 及び tgt_speed が 15[km/h]以下の場合に路肩移動の途中で停車したため、横移動の進捗率が 50%となるまでの時間と距離で比較した。横移動の進捗率 50%地点については $e2_mon \div \text{目標路肩幅}$ から以下の通り該当するデータを抽出している。

- LaneChg_MaxVelForFixedCourse_kmph : 80km/h

（閾値以下の車速で LaneChg_Time を長くする）

以下表 4-1 に示すようにパラメータの値が小さくなるにつれてかかる時間が長くなっているが、縦方向の移動距離に大きな違いがないことがわかる。車速目標値が違っても同じような経路を辿っていることを示しており、車速に応じて横移動経路を設計することで低速でもスムーズな路肩移動ができると考えられる。

表 4-1 横移動開始からの時間と進行方向移動距離

パラメータ		評価項目	
移動開始時 速度 [km/h]	移動中目標 速度 [km/h]	横移動開始から停止ま での時間の 50% 値 [s]	横移動開始から停止ま での距離の 50% 値 [m]
30	30	9.9	76.1
20	20	15.1	77.3
15	15	17.9	68.2
10	10	29.1	66.1

(2) 目標の路肩幅に対する横移動距離

THR2 及び tgt_speed が 15[km/h]以下の場合に路肩移動の途中で停車したため、路肩幅を 3[m]とし THR2 及び tgt_speed を 10[km/h]として試験を行った。以下図 4.1 及び図 4.2 に示すように横移動距離が 2.5m ほど、124s 付近の地点で停車していること、停車条件にかかったタイミングは 123s 付近の地点であることがわかる。

停車条件としては e2_offset（横移動距離の指示値）が 3m 以上で停車ブレーキを踏むようになっている。低速で路肩移動すると停車条件にかかってから車速 0km/h になるまでの時間が短いため、e2_mon（横移動実測値）が目標に達する前に停車することになったと考えられる。

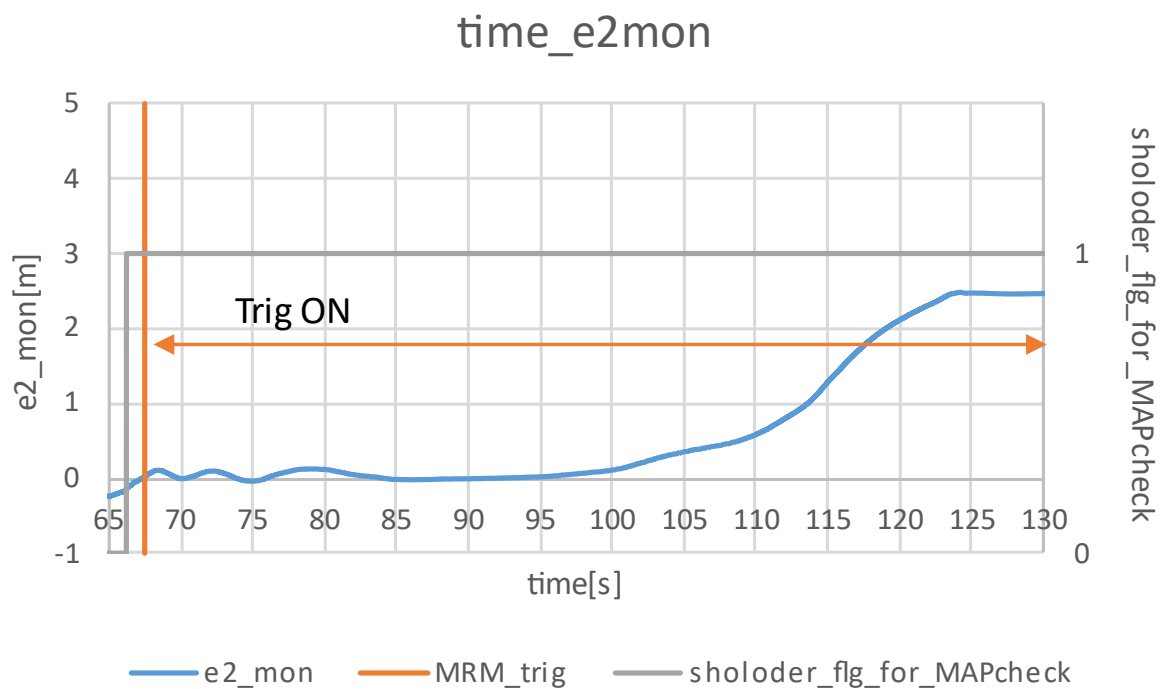


図 4.1 横移動距離の確認と停車のタイミング

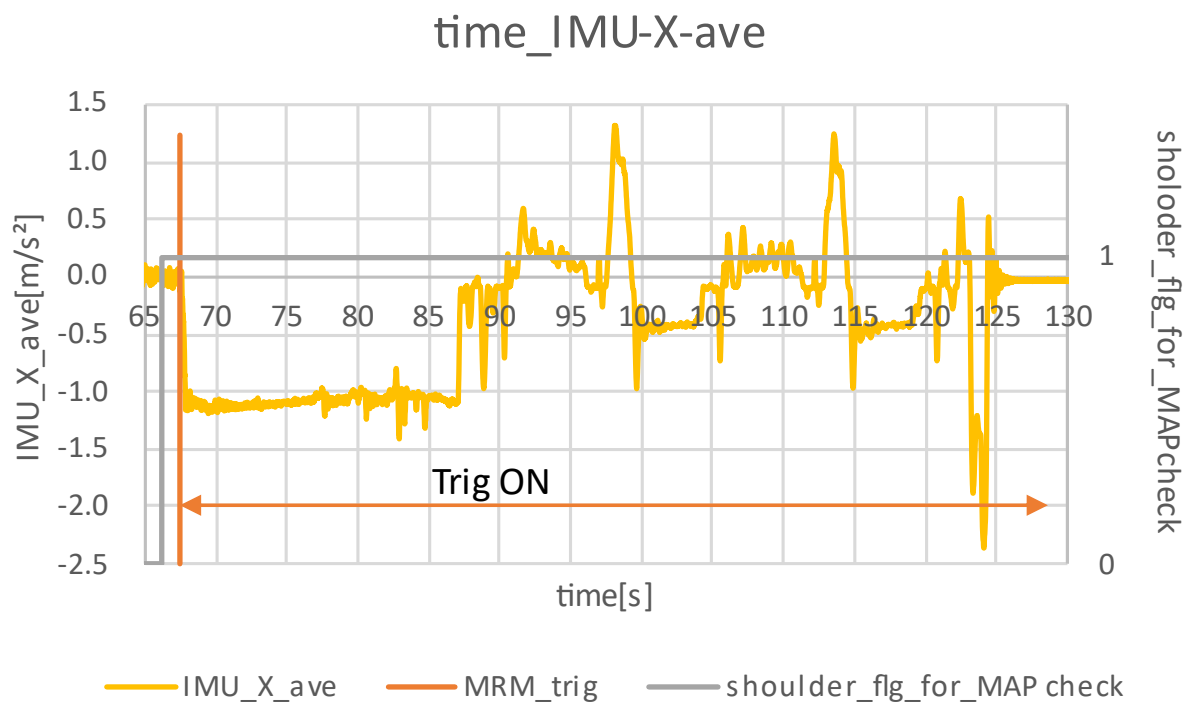


図 4.2 停車条件にかかったタイミング

(3) 路肩移動中の車速維持機能

MRM 制御時に専用の目標車速を用意し、路肩幅を 3[m]とし THR2 及び tgt_speed を 10[km/h]として試験を行った。以下図 4.3 に示すように模擬信号に対応して減速し、停車まで目標車速の 10km/h を維持しようとしていることがわかる。

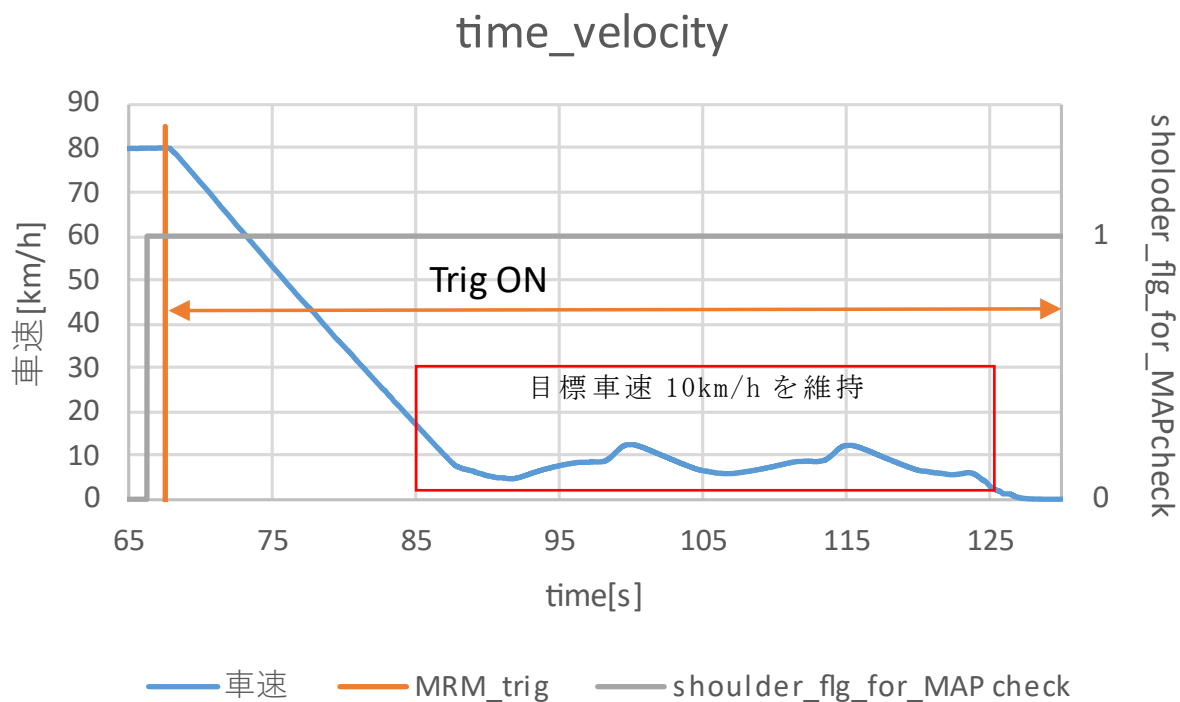


図 4.3 路肩移動中の車速維持機能

4.1.2. 路肩停止距離制御

実路では低速時には短い距離で停止しなければ後続車両に対する影響が大きいと考えられるため、路肩での停止距離を走行車速に応じて変化するように制御アルゴリズムを変更した。

4.1.2.1. 試験結果

停車可能な路肩がない状態でフラグを入れて実車試験を行った結果、停車可能な路肩がある状態まで走行を続けてから路肩移動を行った。路肩移動時の車速が低速である場合でもスムーズに路肩移動ができた。

(1) 路肩移動にかかる時間と縦方向距離

以下表 4-2 に示すように車両の横移動実測値が目標の路肩幅に最初に到達したタイミングを路肩移動の完了地点としてデータを抽出した。パラメータの値が小さくなると路肩移動完了までの移動距離が短くなり、路肩移動完了にかかる時間が大幅に短くなることがわかる。

表 4-2 横移動開始から目標の路肩への移動時間

パラメータ		評価項目	
移動開始時 速度 [km/h]	移動中目標 速度 [km/h]	横移動開始から移動完 了までの時間[s]	横移動開始から移動 完了までの距離[m]
20	20	8.6	40.5
15	15	10.1	33.7
10	10	14.8	31.8

(2) 目標の路肩に対する停止精度

車両停止時の横偏差と車両方位角を以下図 4.4 に示す。停車条件にかかるタイミングが路肩移動中ではなく、路肩移動完了後に調整できていることがわかる。試験時の路肩方位は 1° であり、 $1^\circ \approx 0.0175[\text{rad}]$ なので設計通りの動作であった。

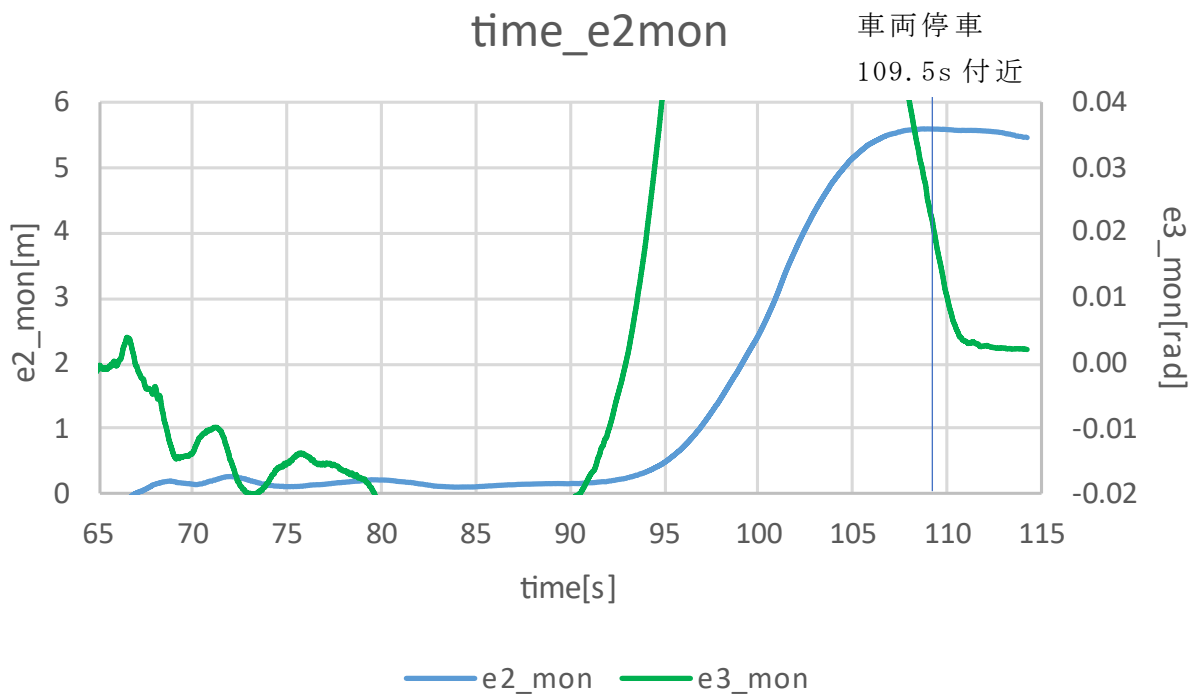


図 4.4 路肩停車時の車両姿勢変化

(3) 路肩情報確認機能

以下図 4.5 に示すように停車できる路肩がない場所で模擬停止指示を発生させ、路肩検知ロジックが正確に動作するかを検証した。停車できる路肩位置より前に停止トリガを発生させたが、停車可能な路肩を検知してから減速を開始し、停止していることがわかる。

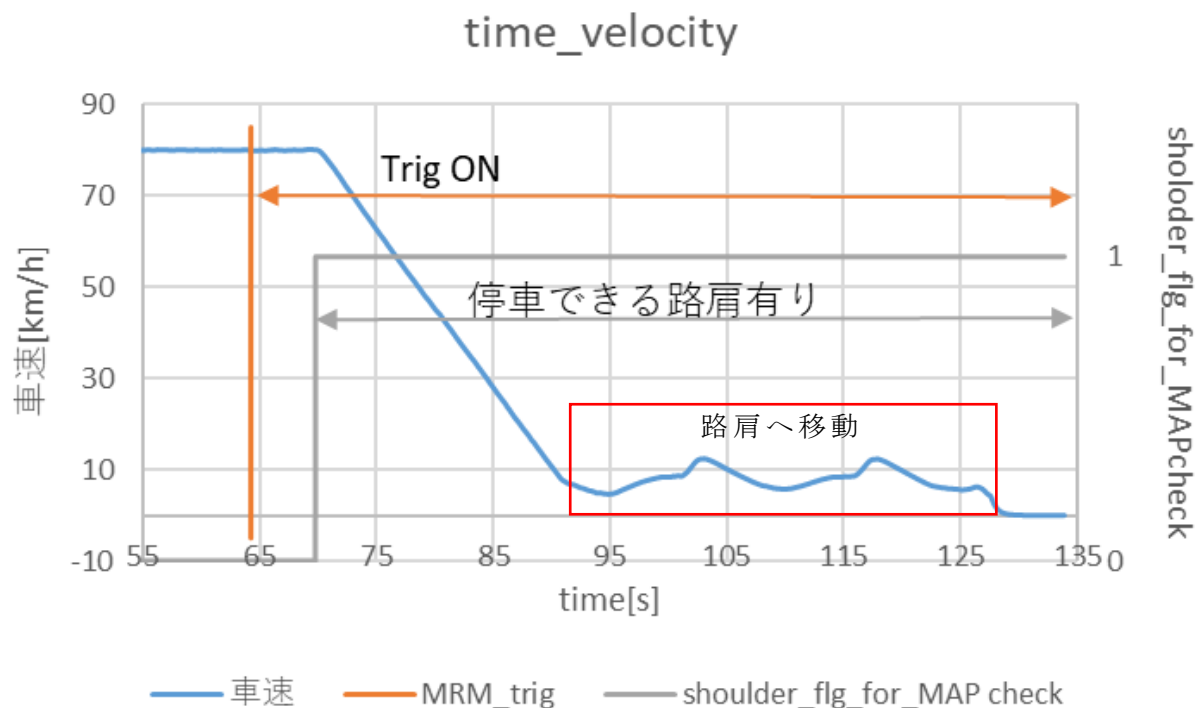


図 4.5 路肩検知試験結果

4.1.3. 車両システム仕様検討（リスク回避を実現するための検討）

4.1.3.1. インフラ連携に係る机上検討

高速道路におけるリスクポイントの一つとして、自車両の本線への合流時の挙動が挙げられる。本事業では過去に自動運転車両単独で本線部への合流を行う際に以下の知見を得ている。

- ・インフラの合流支援が無くても合流可能
（インフラの合流支援があると滑らかな合流が可能）
- ・車線変更距離が 80m の場合他車両の車両間隔が 44m 以上
- ・車線変更距離が 120m の場合他車両の車両間隔が 55m 以上
- ・本線の走行車両の車両間隔が 38m 以下だと車線変更できず
（より短い車線変更距離や TTC の設定が必要となる）
- ・合流する他車との TTC が 0.4s 以下となる場合はインフラによる合流支援が必要
- ・本線を走行する車両の合流部手前の速度・走行位置が有用
（速度・走行位置はインフラ側のセンサで測定）

高速道路における合流部を対象とし、円滑かつ安全な合流を行うための制御アルゴリズムを構築することを目的とした。自動運転 L4 トラックが高速道路へ合流する際、合流のタイミングによっては本線車両の不要な加減速を誘発し、本線の交通流に悪影響を与える可能性がある。

合流のタイミングが悪い場合は、本線へ車線変更できない可能性もある。自動運転

L4トラックは合流部に到達するまでは本線の状況を車載センサで検知することができないため、高速道路上のインフラと協調することが重要である。

インフラ協調による合流制御アルゴリズムの検討を行う。道路上に設置された路側センサ等からの先読み情報を利用し、合流部での自動運転 L4トラックと本線車両との走行位置を予測する。予測に基づいて合流部までの速度パターンを選択し、適切なタイミングで合流する制御アルゴリズムを検討する。アルゴリズム評価はシミュレーションにより実施した。

4.1.3.2. 合流制御アルゴリズム

(1) 合流制御アルゴリズム概要

高速道路の合流部において想定される走行状況を以下図 4.6 に示す。高速道路の合流部では自動運転 L4トラックが定速で走行し合流する場合、本線を車両が走行している状況が考えられるため、合流できない可能性が考えられる (①)。

そこでインフラ協調により本線の車両情報(車両速度, 車両位置等)を検知センサで把握し、自動運転 L4トラックに本線を走行する車両の車両情報を提供する。提供された情報を基に合流状況を予測し、合流前に合流車線上で自動運転 L4トラックを加減速させる (②)。

自動運転 L4トラックは合流する際に、合流を可能とする状況をつくり合流を行う (③)。合流制御アルゴリズムのフローチャートを以下図 4.7 に示す。レーンチェンジの判定において合流区間内で合流ができなかった場合は、本線車両との衝突を回避するため MRM (Minimal Risk Maneuver)を導入した。

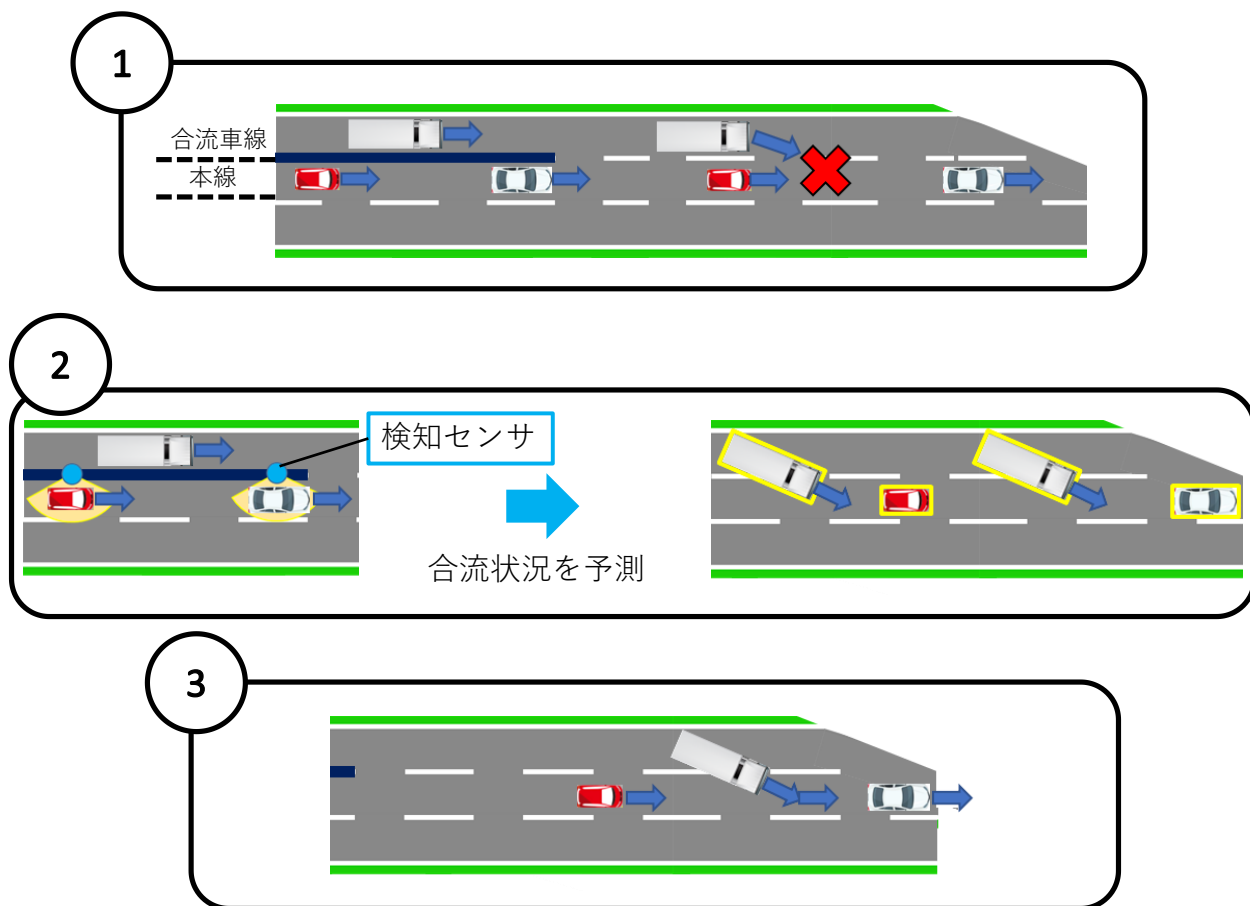


図 4.6 高速道路の合流部において想定される走行状況

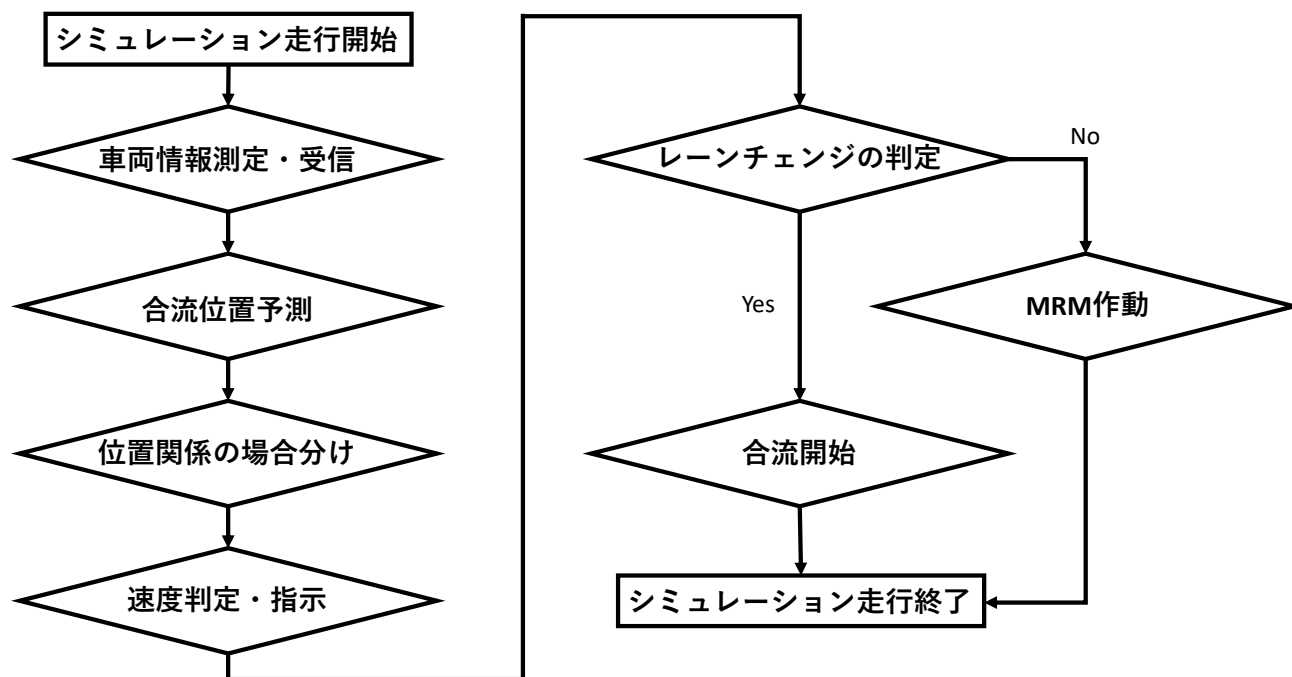


図 4.7 合流制御アルゴリズムのフローチャート

(2) 車両情報測定・受信

国土交通省ではインフラ協調により自動運転車への合流支援情報提供システムの効果検証実験が行われている。この効果検証では、車両検知センサが本線を走行する車両の速度及び車長等を検知し、合流車に情報提供するシステムの検討が行われている。

本検討では本線車両情報として本線車両の速度と本線車両の位置情報（ x 座標）を自動運転 L4 トラックに提供できることとした。加えて自動運転 L4 トラックの速度と位置情報（ x 座標）、合流部までの位置（本線車両が見える位置 A の x 座標）の情報も提供することとした。

情報提供時の想定走行、以下表 4 に図 4.8 のパラメータ概要を以下図 4.8 に示す。高速道路の走行を想定し自動運転 L4 トラックの初期速度はサービスエリアから退出することを考え 16.6 m/s (=60 km/h)、本線車両は合流部直前で減速する可能性があると考えられるため 22.2 m/s (=80 km/h)とした。

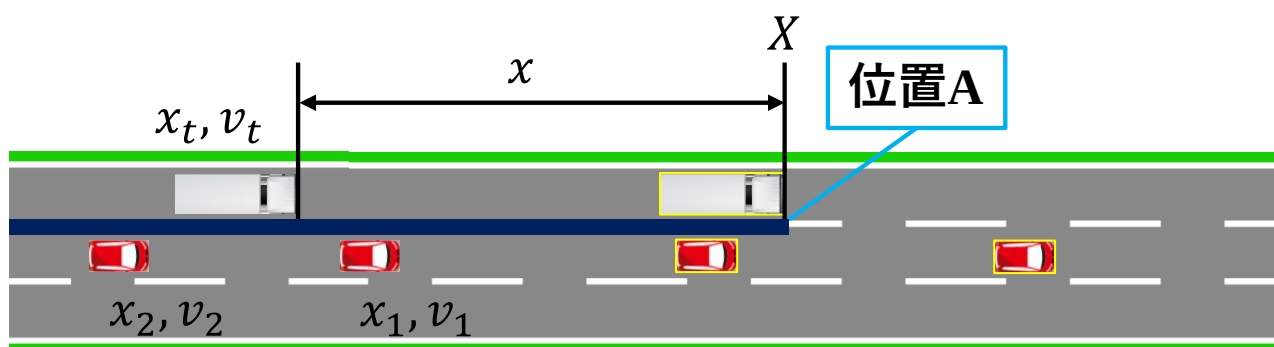


図 4.8 情報提供時の想定走行（黄色枠は予測後の車両）

表 4-3 パラメータ概要

自動運転 L4 トラック速度 [m/s]	v_t
本線車両 1 速度 [m/s]	v_1
本線車両 2 速度 [m/s]	v_2
自動運転 L4 トラック位置 [m]	x_t
本線車両 1 位置 [m]	x_1
本線車両 2 位置 [m]	x_2
本線車両が見える位置 A [m]	X
自動運転 L4 トラックから位置 A までの距離 [m]	x

取得した情報を基に定速、加速及び減速の 3 パターンの予測を行った。自動運転 L4 トラックから本線車両が見える位置（位置 A）までの距離 x は以下式 (4-1) で示される。例えば距離 x は 200m などとなる。

$$x = X - x_t \quad (4-1)$$

(3) 合流位置予測

① 定速で合流する場合の位置予測

自動運転 L4 トラック（自車両）が定速で合流を行う場合の合流部までの位置（位置 A）に自車両が位置 A に到達する時間を t_1 [s] とすると時間 t_1 は以下式 (4-2) で示され、距離 x は時間 t_1 を用いると以下式 (4-3) で示される。

$$t_1 = \frac{x}{v_t} \quad (4-2)$$

$$x = v_t \times t_1 \quad (4-3)$$

自車両、本線車両 1 及び本線車両 2 の予測位置をそれぞれ x'_t [m], x'_1 [m], x'_2 [m] とすると、 x' , x'_1 , x'_2 は以下式 (4-4) で示される。自車両は位置 A にいる予測をしているため x'_t は X となる。

$$\begin{cases} x'_t = X \\ x'_1 = v_1 \times t_1 + x_1 \\ x'_2 = v_2 \times t_1 + x_2 \end{cases} \quad (4-4)$$

作成した定速の計算モデルを以下図 4.9 に示す。

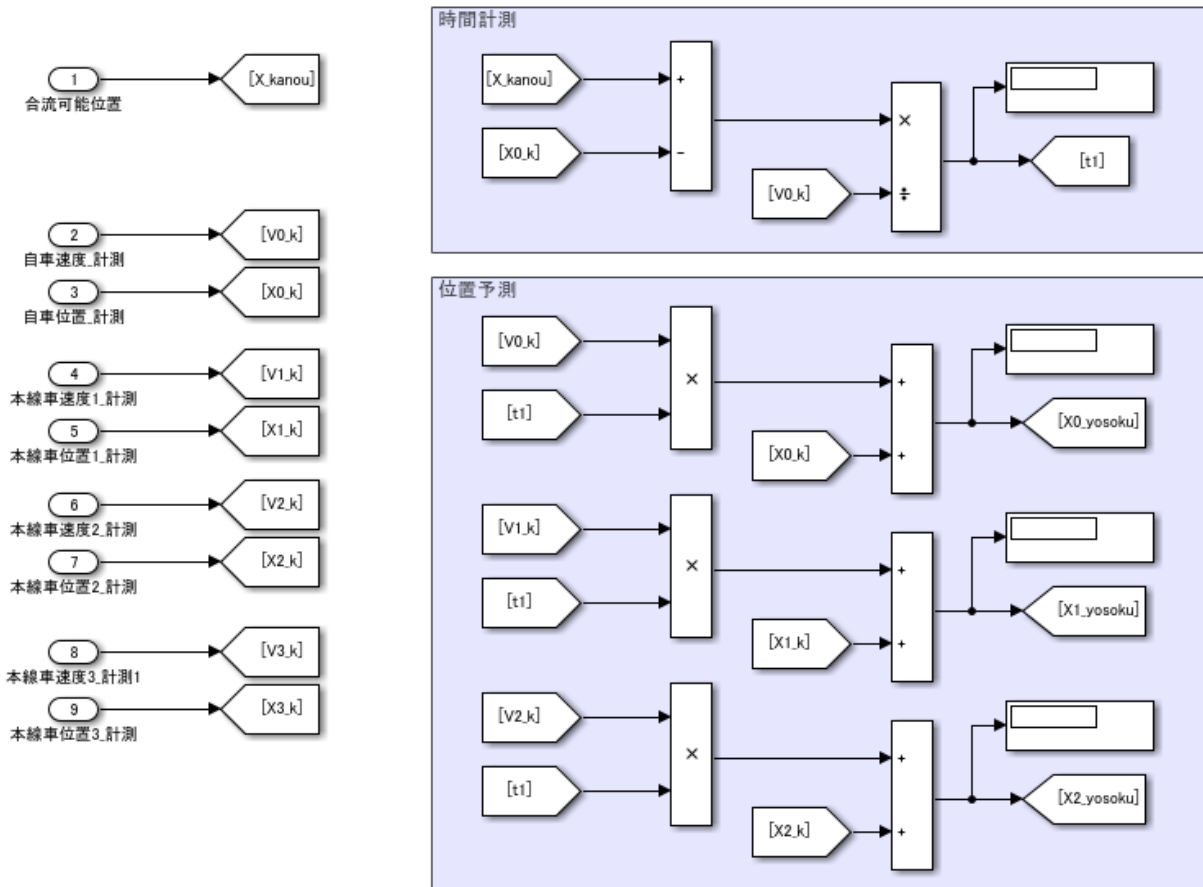


図 4.9 定速の計算モデル

② 加速で合流する場合の位置予測

自車両を加速で合流させる場合、自車両に加速度を与え加速してから合流を行う。位置 A に自車両が到達する時間を $t_2[s]$ とし、単位変換したとき自動運転 L4 トラックの加速度は $a[m/s^2]$ とすると、時間 t_2 は以下式(4-5)及び以下式(4-6)で示され、距離 x は時間 t_2 を用いると以下式(4-7)で示される。自動運転 L4 トラックの特性を考慮して自動運転 L4 トラックの加速度は例えば 0.02G とした。時間 t_2 は 0 より大きいいため以下式(4-5)は以下式(4-6)で示される。

$$t_2 = \frac{-v_t \pm \sqrt{v_t^2 - 4a \times (-x)}}{2a} \quad (4-5)$$

$$t_2 = \frac{-v_t + \sqrt{v_t^2 - 4a \times (-x)}}{2a} \quad (4-6)$$

$$x = v_t \times t_2 + \frac{1}{2} \times a \times t_2^2 \quad (4-7)$$

自車両、本線車両 1 及び本線車両 2 の予測位置をそれぞれ $x_t''[\text{m}]$, $x_1''[\text{m}]$, $x_2''[\text{m}]$ とすると x_t'' , x_1'' , x_2'' は以下式(4-8)で示される。自車両は位置 A にいる予測をしているため x_t'' は $X[\text{m}]$ となる。

$$\begin{cases} x_t'' = X \\ x_1'' = v_1 \times t_2 + x_1 \\ x_2'' = v_2 \times t_2 + x_2 \end{cases} \quad (4-8)$$

作成した定速の計算モデルを以下図 4.10 に示す。

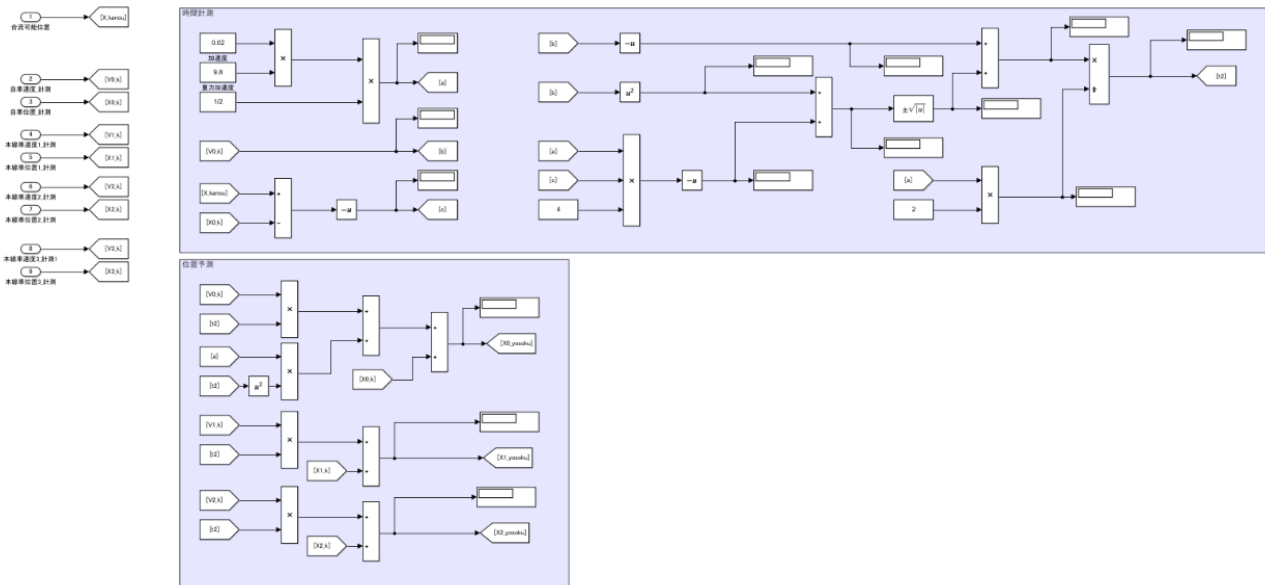


図 4.10 加速の計算モデル

③ 減速で合流する場合の位置予測

自車両を減速で合流させる場合、自車両に減速度を与え減速してから合流を行う。加速の場合と違い減速度を与え続けてしまうと自車両が合流車線上で停止してしまうため自車両の最低速度を 50km/h とし最低速度まで減速したのち最低速度 50km/h で走行するような想定で計算を行った。

自車両が最低速度に到達する時間を $t_{3-1}[\text{s}]$ とし、単位変換したときの減速度を $b[\text{m/s}^2]$ とすると自車両の最低速度は以下式(4-9)で示され、時間 t_{3-1} は以下式(4-10)で示される。自動運転 L4 トラックの特性を考慮して自動運転 L4 トラックの減速度は例えば 0.02G とした。

$$\frac{50}{3.6} = v_t + b \times t_{3-1} \quad (4-9)$$

$$t_{3-1} = \frac{v_t - 13.9}{b} \quad (4-10)$$

減速後に最低速度に到達した際の自車両位置から位置 A に到達する時間を $t_{3-2}[s]$ とし、自車両が最低速度に到達するまでに走行した距離を考慮すると、時間 t_{3-2} は以下式 (4-11) で示される。

$$t_{3-2} = \frac{\left\{x - \left(v_t \times t_{3-1} - \frac{1}{2} \times b \times t_{3-1}^2\right)\right\}}{13.9} \quad (4-11)$$

自車両が減速してから位置 A に到達する時間を $t_3[s]$ とすると時間 t_3 は以下式 (4-12) で示される。

$$t_3 = t_{3-1} + t_{3-2} \quad (4-12)$$

よって自車両、本線車両 1 及び本線車両 2 の予測位置をそれぞれ $x_t'''[m]$, $x_1'''[m]$, $x_2'''[m]$ とすると x_t''' , x_1''' , x_2''' は式 (4-13) で示される。自車両は位置 A にいる予測をしているため x_t''' は $X[m]$ となる。

$$\begin{cases} x_t''' = X \\ x_1''' = v_1 \times t_3 + x_1 \\ x_2''' = v_2 \times t_3 + x_2 \end{cases} \quad (4-13)$$

作成した減速の計算モデルを以下図 4.11 に示す。

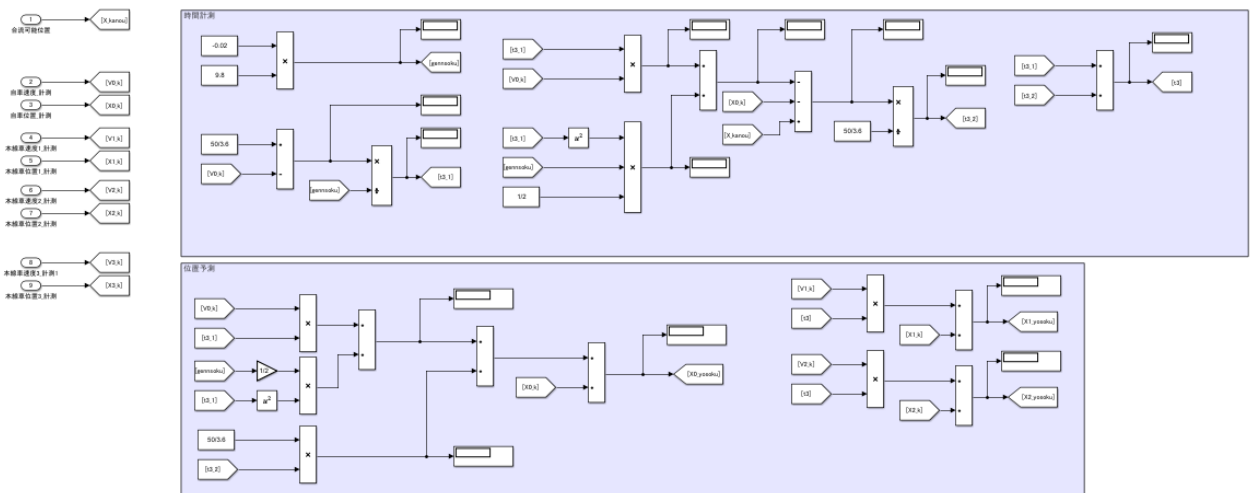


図 4.11 減速の計算モデル

④ 位置予測から車間距離への変換

情報提供として計測される位置情報は座標位置（ x 座標）で提供されるため、車間距離での計算が必要である。車両の大きさを考慮した車間距離を計算した。提供される座標位置を、以下図 4.13 に求める車間距離 $L[m]$, $L'[m]$ を以下図 4.12 に示す。

提供される情報（ x 座標）は自車両及び本線車両とも前面部から 1m の位置であった。

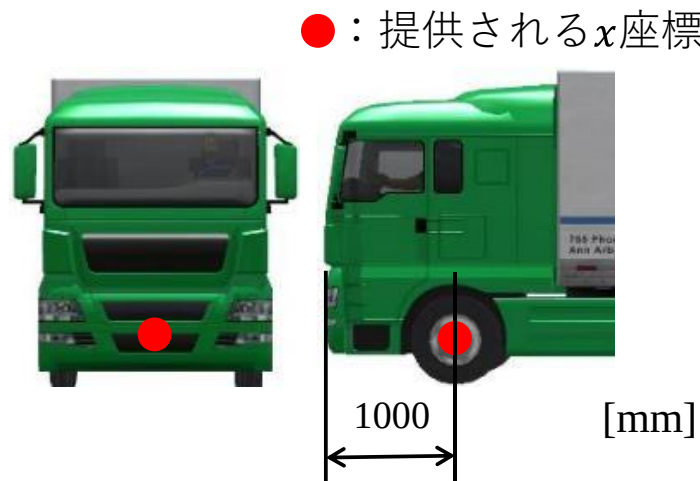


図 4.12 提供される座標位置

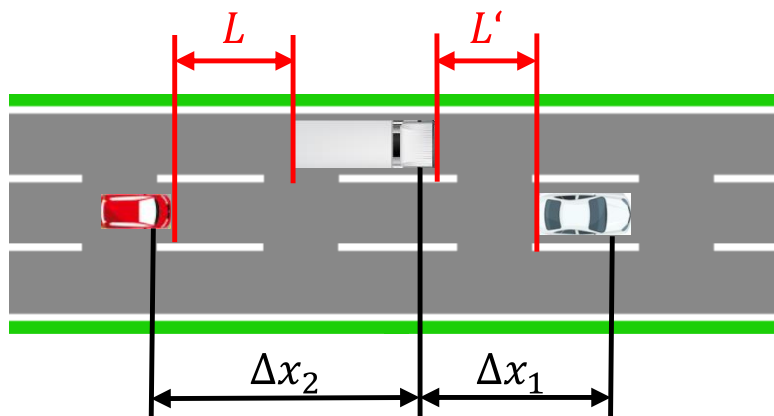


図 4.13 求める車間距離 $L[m], L'[m]$

①～③より定速、加速及び減速それぞれの予測位置が求められているため、基準を自車両としたときの自車両と本線車両 1 及び本線車両 2 の位置関係は、低速の場合以下式(4-14)で示される。加速及び減速の場合も同様の計算を行った。

$$\begin{cases} \Delta x_1 = x'_0 - x'_1 \\ \Delta x_2 = x'_0 - x'_2 \end{cases} \quad (4-14)$$

自車両及び本線車両の全長はそれぞれ 12m 及び 4.7m としたため、自車両と本線車両 1 及び本線車両 2 との車間距離は以下式(4-15)で示される。

$$\begin{cases} L = \Delta x_2 - \{(12 - 1) + 1\} = \Delta x_1 - 12 \\ L' = \Delta x_1 + \{1 + (4.7 - 1)\} = \Delta x_2 + 4.7 \end{cases} \quad (4-15)$$

以下に作成した低速での車間距離の計算モデルを示す。

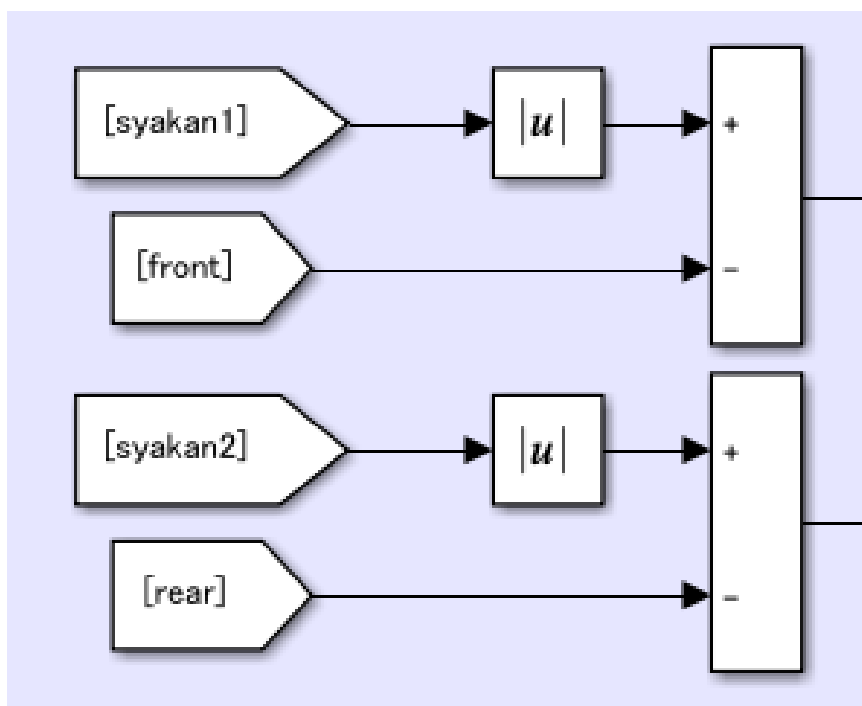


図 4.14 定速での車間距離の計算モデル

(4) 合流予測から位置関係の場合分け・速度指示判定

① 位置関係の場合分け

定速、加速及び減速それぞれで予測した車間距離が計算できるため、予測した車間距離を基に定速、加速及び減速それぞれの自車両と本線車両との位置関係を場合分けした。

想定される自車両と本線車両 1 及び本線車両 2 との配置関係として、①自車両が本線車両 1 及び本線車両 2 の間にいる場合、②自車両が本線車両 1 及び本線車両 2 より後ろにいる場合、③自車両が本線車両 1 及び本線車両 2 より前にいる場合の 3 パターンが考えられる。以下図 4.15 に考えられる位置関係を、以下表 4-4 に判定方法を示す。表 4-4 の判定により合流時の位置関係が予測できる。

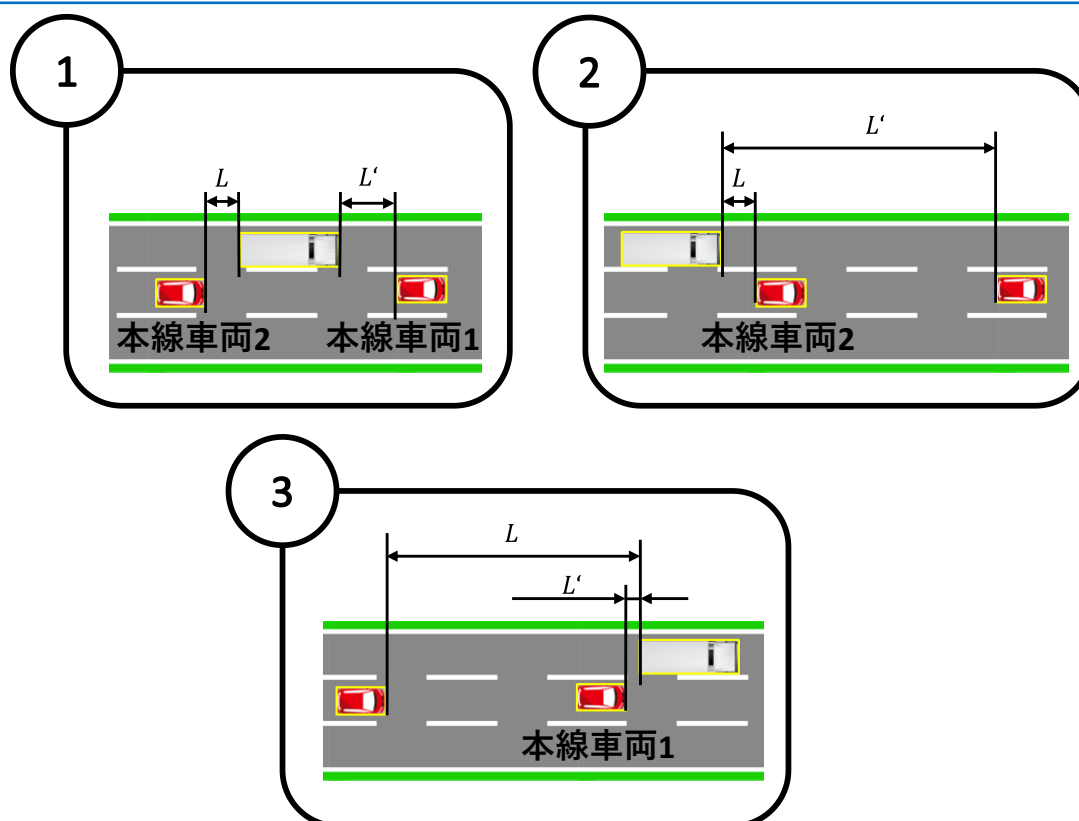


図 4.15 考えられる位置関係

表 4-4 判定基準

場合分け	判定方法
①	$L \leq 0$
	$L' \geq 0$
②	$L \geq 0$
	$L' > 0$
③	$L < 0$
	$L' \leq 0$

② 定速、加速及び減速の車間距離閾値

定速、加速及び減速のそれぞれで位置関係の予測はできるが、予測した条件において合流が可能および安全な合流状況でない場合がある。合流を可能・安全な状況か判断するため前後車両との車間距離が合流可能な車間距離であるか判断する必要がある。

自車両の前後が合流可能な車間距離であるか判断する方法として車間時間とTTCを用いた。車間時間とは現在の自車速度で自車両の先端が先行車の後端に到達する時間を示す指標である。TTCは現在の相対速度が維持された状態で、自車両が先行車両に衝突するまでの時間を示したものである。

TTC及び車間時間の概要を以下図 4.16 に示す。 t_p は車間時間、 v_p は先行車の速

度、 v_f は後続車の速度、 x_f は後続車先端の x 座標、 x_p は先行車後端の x 座標とすると、TTCは以下式(4-16)、車間時間は以下式(4-17)で示される。

合流開始の判定の閾値が安全とされているTTCを用いて車間距離閾値を設定すると、合流中において車間距離が短くなってしまうため、後方車両と衝突してしまう可能性がある。十分なTTCを確保するためにTTCの代わりとして車間時間を用いて閾値の計算を行った。

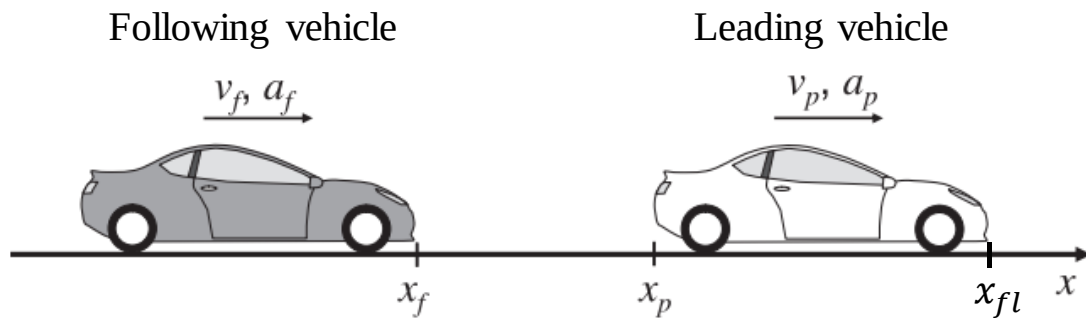


図 4.16 TTC 及び車間時間概要

$$TTC = -\frac{x_f - x_p}{v_f - v_p} \quad (4-16)$$

$$t_p = -\frac{x_f - x_p}{v_f} \quad (4-17)$$

追突しない車間時間として乗用車は2.0s～2.5s、トラックは3.0s～3.5sとされている。合流する際前方の車間時間は自車両から見た場合、前は乗用車であるため車間時間は3.0s、後方の車間時間は乗用車から見た場合トラックであるため2.0sで計算を行った。

それぞれの速度に関してトラック速度（定速の場合は60km/h、加速の場合は70km/h、減速の場合は50km/h）、本線車両速度80km/hで計算した。図4.15における②及び③の場合分けに関して②の場合は自車両の後方車両、③の場合は自車両の前方車両が存在することが考えられるため自車両の前後で車間距離閾値を設定しておいた。

車両情報として②の場合は本線車両1の後方車両、③の場合は本線車両2の前方車両の情報を取得し、合流位置予測の計算と同様に自車両との車間距離を求めた。

このとき自車両と後方車両の車間距離を L_{rer} [m]、自車両と前方車両の車間距離を L_{front} [m]とする。以上のことから定速、加速及び減速のそれぞれの前方及び後方の追突しない車間距離は式(4-17)を用いて計算できる。TTCの計算に用いたパラメータ以下表4-5に、車間距離閾値の計算結果と判定基準を以下表4-6に示す。

表 4-5 TTC の計算に用いたパラメータ

場合分け	前方/後方	TTC [s]	v_f [m/s]	v_p [m/s]
定速	前方	3.0	16.6	22.2
	後方	2.0	22.2	16.6
加速	前方	3.0	19.4	22.2
	後方	2.0	22.2	19.4
減速	前方	3.0	13.8	22.2
	後方	2.0	22.2	13.8

表 4-6 車間距離閾値の計算結果と判定基準

場合分け	前方/後方	車間距離閾値 [m]	判定方法
定速	前方	-16.8	$ L_{front} \geq 16.8$
	後方	11.2	$ L_{rear} \geq 11.2$
加速	前方	-8.4	$ L_{front} \geq 8.4$
	後方	5.6	$ L_{rear} \geq 5.6$
減速	前方	-25.2	$ L_{front} \geq 25.2$
	後方	16.8	$ L_{rear} \geq 16.8$

表 4-6 を満たした条件（定速、加速及び減速）を特定し、速度指示とした。作成した定速の場合の判定部モデルを以下図 4-30 に示す。加速及び減速の判定部モデルも同様に作成した。

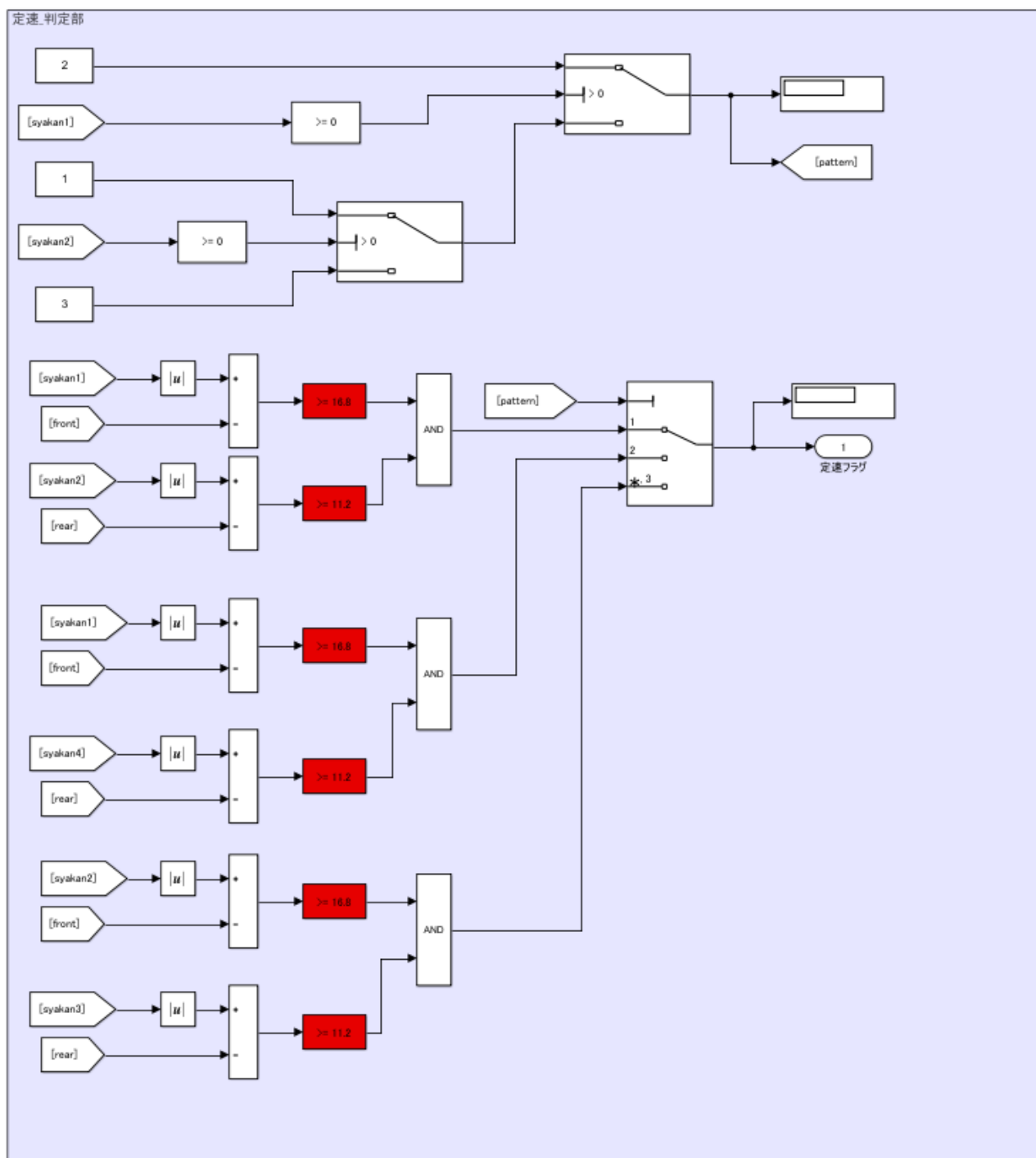


図 4.17 定速の場合の判定部モデル

③ 定速、加速及び減速の判断及び指示

定速、加速及び減速それぞれでの位置関係の場合分けを行い、合流が可能および安全な条件（車間距離閾値を満たす条件）のみを判定することができた。車間距離閾値を満たす条件が1つの場合は、満たした条件での速度指示を行う。

車間距離閾値を満たす条件が複数の場合は、自車両の速度が速いほど合流は容易であり、安全であると考えたため加速→定速→減速の順で優先順位をつけ速度指示

を行った。

車間距離閾値を満たす条件がない場合は、合流可能と判断する可能性を増やすために加速の判定で速度指示を行った。速度指示を行う判定部モデルを以下図 4.18 に示す。

速度指示として定速の場合は 60km/h、加速の場合は加速 0.02G を与えて加速、減速の場合は減速度 0.02G を与えて最低速度 50km/h になったら 50km/h で走行するように指示した。

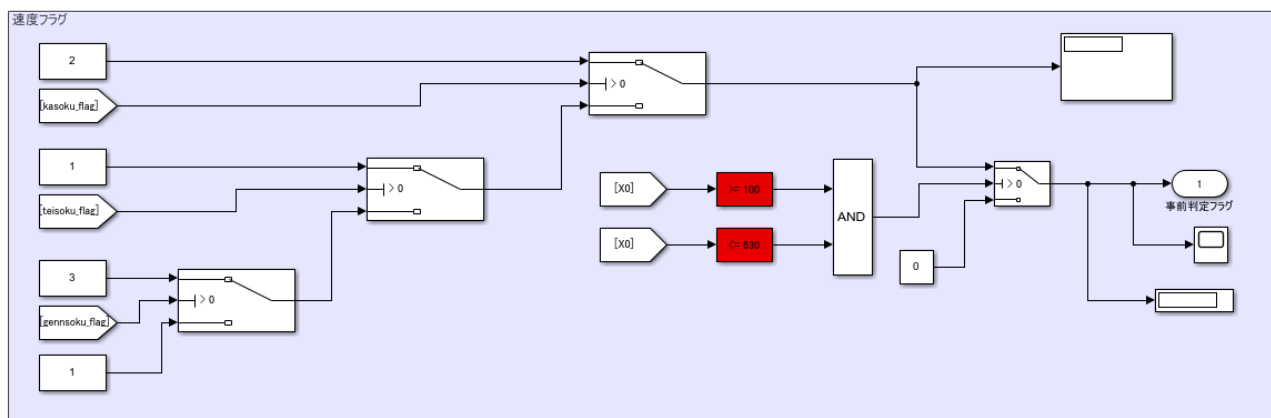


図 4.18 速度指示を行う判定部モデル

4.1.3.3. レーンチェンジの判定

レーンチェンジの判定は合流区間内で自車両に取り付けてあるセンサによって周辺車両を把握し、合流の可否を判断する。レーンチェンジの判定方法として車間時間と TTC を使用した。

合流中の TTC を確保するためには合流開始の判定の段階で余裕をもって判断する必要があるため、レーンチェンジの判定を行うための閾値として TTC の代わりとして車間時間を用いて計算を行った。

合流する際の前方の車間時間閾値は自車両から見た場合、前は乗用車であるため車間時間は 3.0s、後方の車間時間閾値は乗用車から見た場合トラックであるため 2.0s を用いた。

閾値を満たすか判断するためにセンサで取得した情報として自車両と自車両の前後車両の車間距離及び前後車両との相対速度を計測した。レーンチェンジの概要を以下図 4.19 に示す。

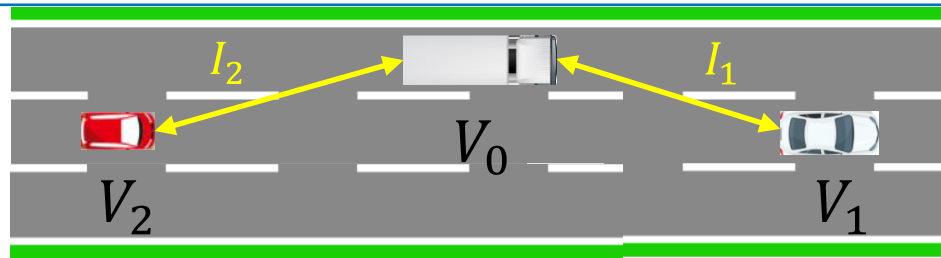


図 4.19 レーンチェンジの概要

I_1 は前方との車間距離、 I_2 は後方との車間距離である。このとき前方、後方のTTCは式(4-16)より求められる。前方センサにおけるレーンチェンジの判定のフローチャートを以下図 4.20 に、後方センサにおけるレーンチェンジの判定のフローチャートを以下図 4.21 に示す。

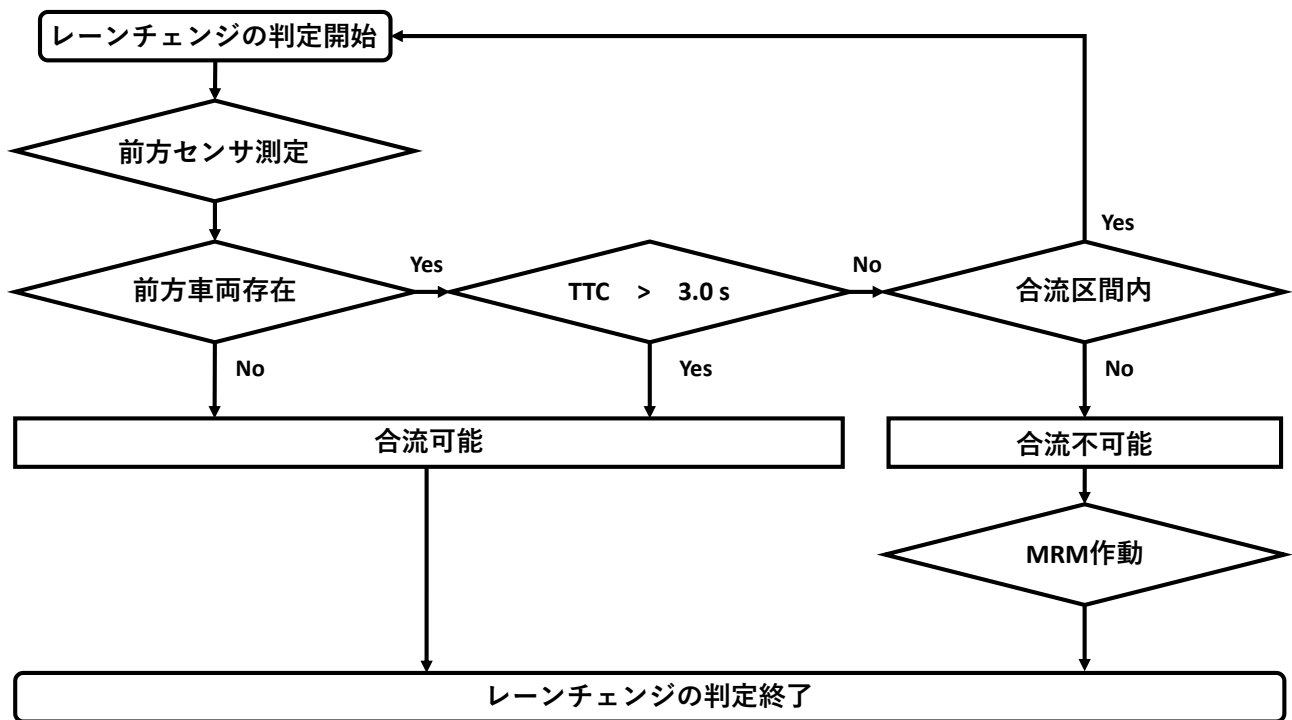


図 4.20 前方センサにおけるレーンチェンジの判定のフローチャート

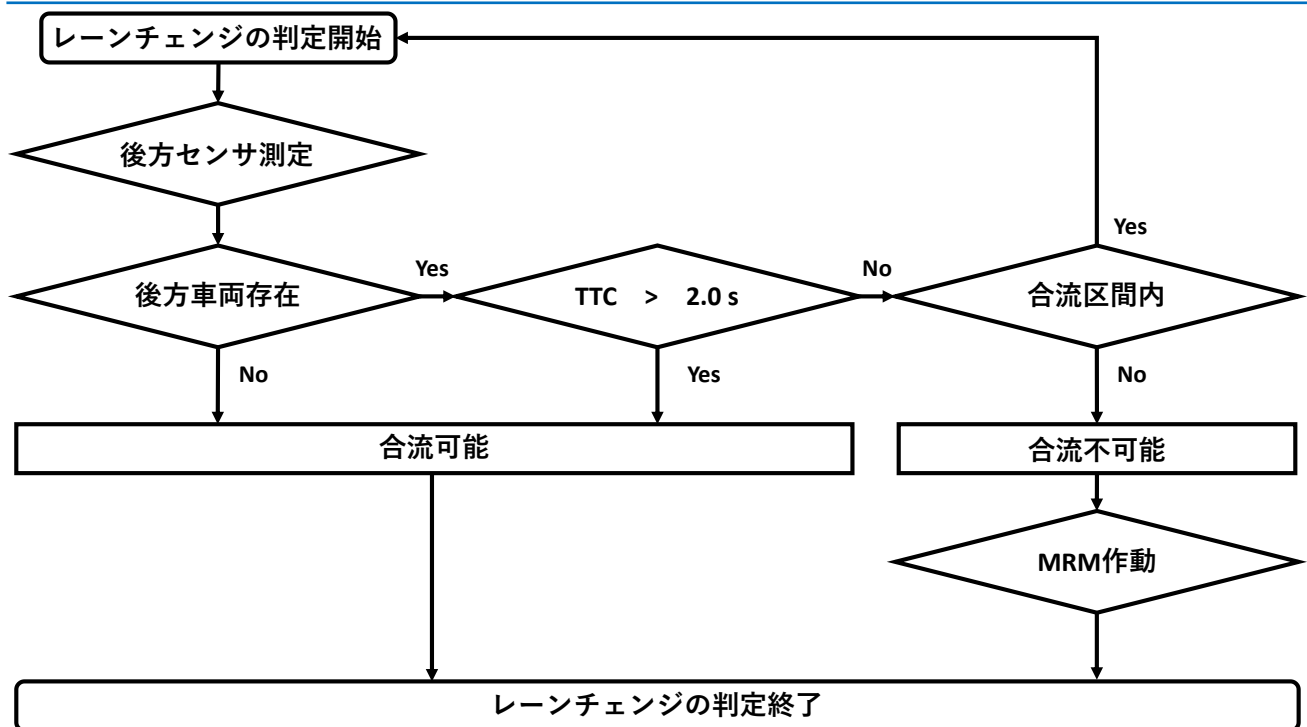


図 4.21 後方センサにおけるレーンチェンジの判定のフローチャート

前方センサおよび後方センサが合流区間内で共に合流可能と判断した場合、レーンチェンジを開始するように設定した。レーンチェンジは 80m で行うように設定した。作成したレーンチェンジの判定部モデルを以下図 4.22 に示す。

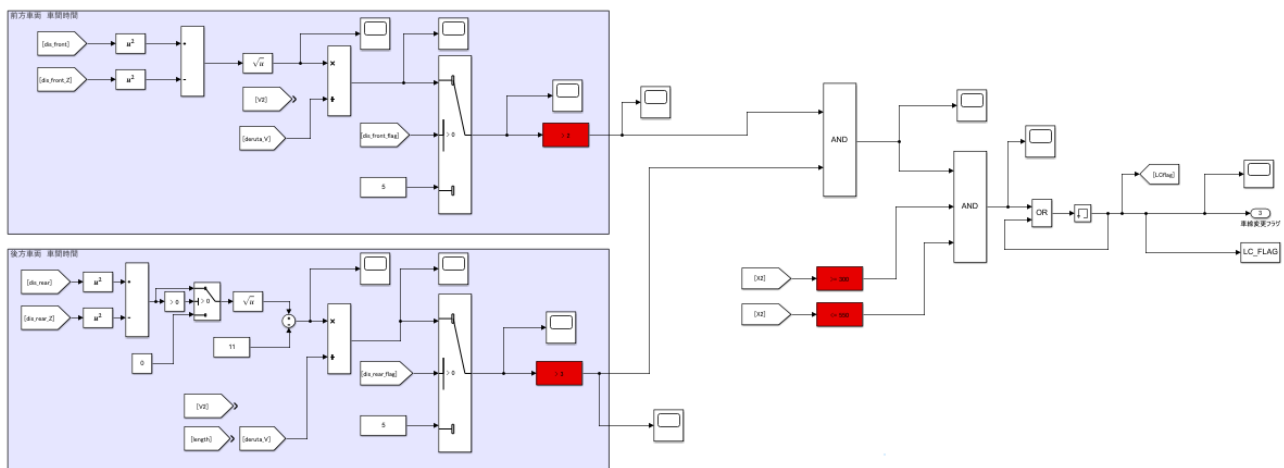


図 4.22 レーンチェンジの判定部モデル

4.1.3.4. MRM モデル

自動運転 L4 トラックの実現に向けて評価実験や検証車両の開発が進められるなか、自動運転システムは未だ開発段階である。自動運転システムの故障により制御ができなくなってしまうことや、走行環境において人や車等の衝突を避けなければ事故につながってしまう。

自動運転 L4 トラックが走行できない場合に自動で停止させるシステムとして MRM を設定する必要がある。乗用車における MRM の研究は実施されているが、トラックではまだ実施されていない。

本線に車両が走行している状況で合流ができないと判断した場合の MRM 処理を作成した。作成した MRM モデルを以下図 4.23 に示す。合流区間内でレーンチェンジの判定が行えなかった場合、減速度 3.6 m/s^2 (0.36 G) を与えることで停止するよう設定した。

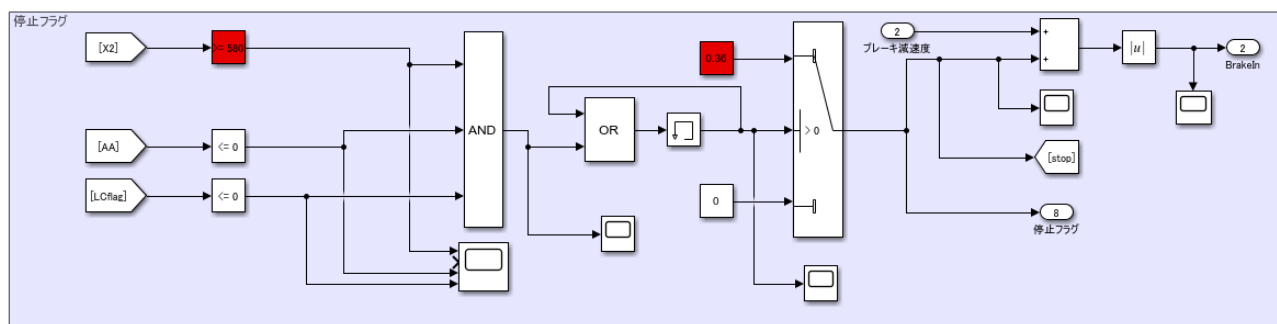


図 4.23 MRM モデル

構築した合流制御アルゴリズムの MRM について、MRM が動作したときのトラックの走行軌跡を以下図 4.24 に、トラックの速度を以下図 4.25 に示す。図 4.24 よりトラックの走行軌跡は目標軌跡の 0m に対して $\pm 0.05\text{m}$ 以内で走行しており、図 4.25 より停止まで速度を落として走行していることを確認した。本結果からレーンチェンジ判定において合流可能とする閾値を満たせず、MRM が動作した際に安全に減速し、合流車線上で停止したことを確認した。

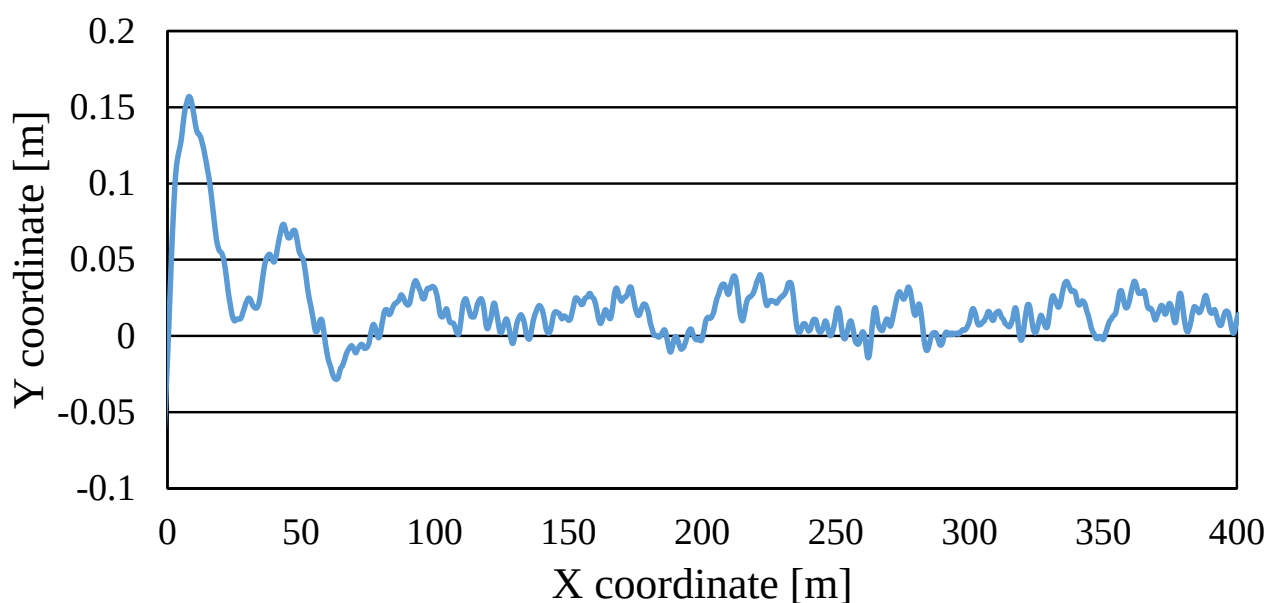


図 4.24 トラックの走行軌跡

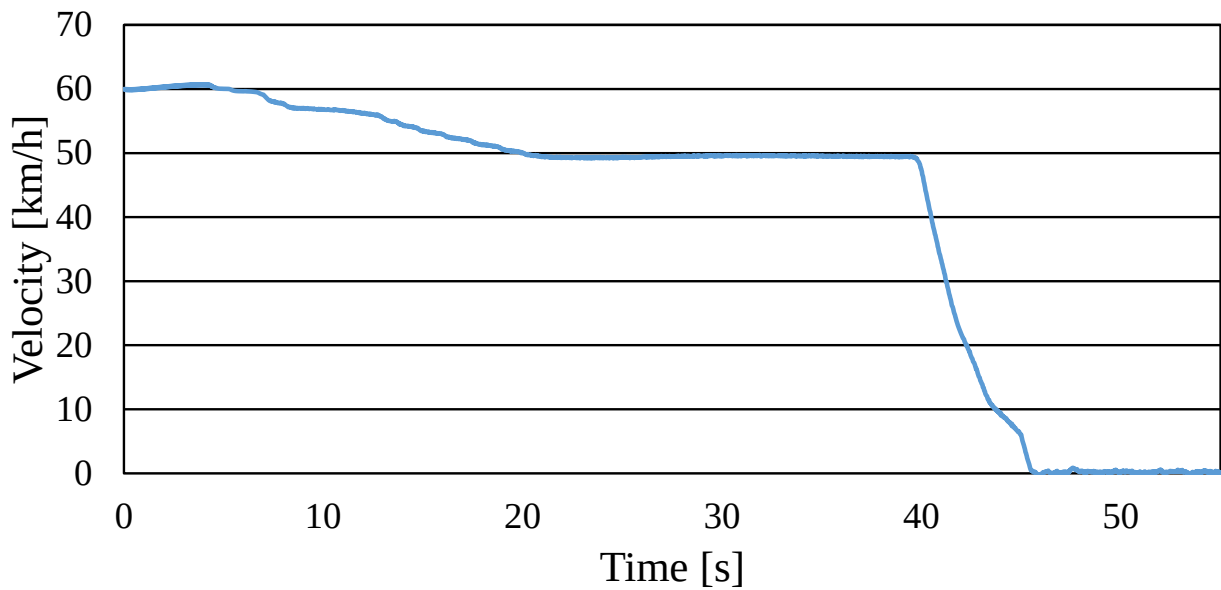


図 4.25 トラックの速度

4.1.3.5. シミュレーション

(1) トラックモデル

本シミュレーションで使用したトラックモデルは TruckSim のプリセットモデルから選択し、先行研究で使用された車両を参考に車両寸法、荷台寸法、重心位置及び重量を設定した。トラックモデルを以下図 4.26 に、車両諸元を以下表 4-7 に示す。

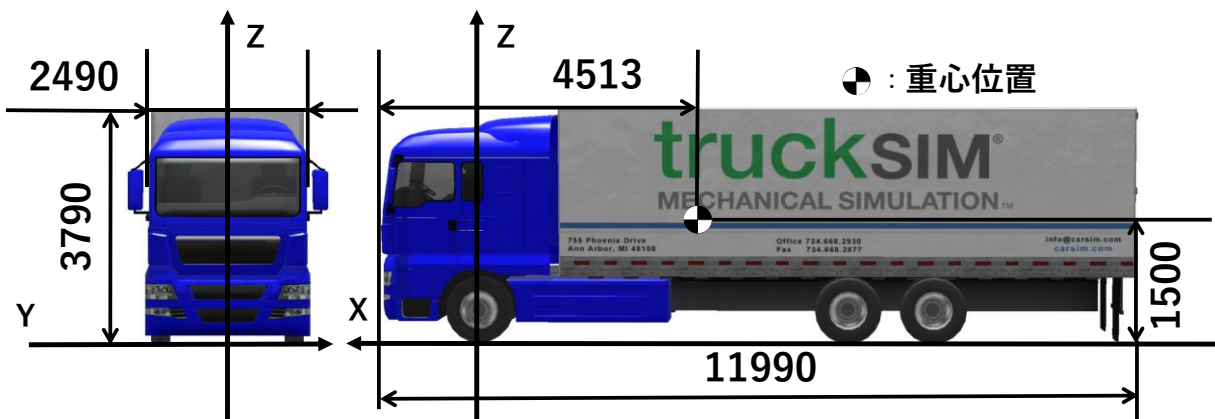


図 4.26 トラックモデル概要

表 4-7 トラックの車両諸元

車両寸法	全長 (mm)	11,990
	全幅 (mm)	2,490
	全高 (mm)	3,790
荷台寸法	長さ (mm)	9,370
	幅 (mm)	2,410
	高さ (mm)	2,470
重心位置	X 座標 (mm)	4,300
	Z 座標 (mm)	1,500
重心から車両先端部までの距離 (mm)		4,513
車両総重量 (kg)		11,920
エンジン出力 (kw)		225
トランスミッション		AT

トラックモデルの入力および出力に対して設定したパラメータを以下表 4-8 に示す。

表 4-8 車両モデル入出力

Vehicle input	Vehicle output
Throttle [%]	Throttle [%]
Steering wheel angle [deg.]	Gear [-]
Brake pressure [MPa]	Coordinate [m]
	Velocity [m/s]
	Acceleration [m/s ²]
	Yaw rate [deg./s]
	Yaw angle [deg.]
	Slip angle [deg.]

(2) 他車両モデル

トラックが合流を行う際に本線を走行している他車両は TruckSim 内のプリセットモデルから選択し、車両寸法のみを設定した。本シミュレーションで使用した他車両モデルを以下図 4.27 に、車両諸元を以下表 4-9 に示す。

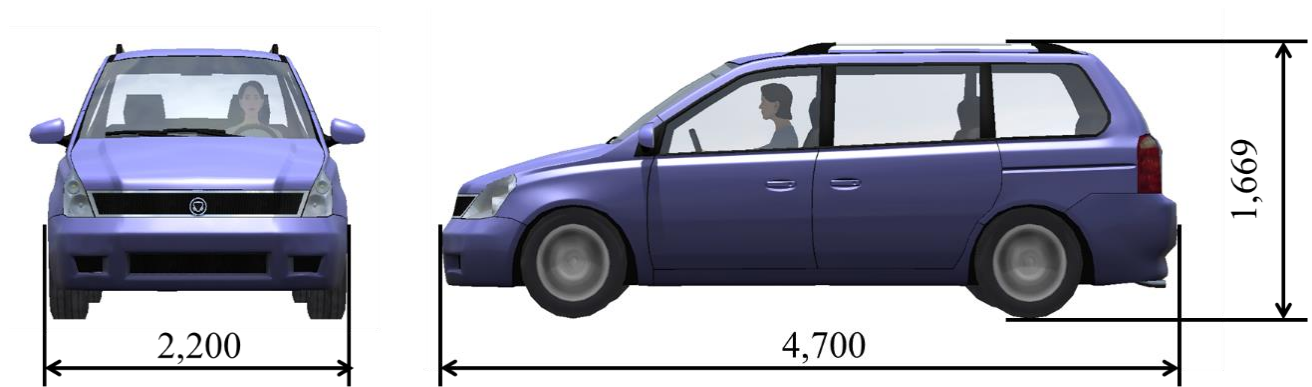


図 4.27 他車両モデル

表 4-9 他車両の車両諸元

車両寸法	全長 [mm]	4,700
	全幅 [mm]	2,200
	前高 [mm]	1,669

(3) センサモデル

自動運転 L4 トラック再現のため、本事業で用いている L4 評価車両の LiDAR センサの測定範囲および配置に基づいて設定した。センサモデルについては、TruckSim のライブラリからモデルを使用し、センサの水平方向および設置位置を調整した。

センサモデルの取り付け位置を以下図 4.28 に、測定範囲を視覚的に示したものを以下図 4.29 に、測定範囲を以下表 4-10 に示す。なお、トラックの座標原点は図 4.26 と同様である。



図 4.28 センサの取り付け位置

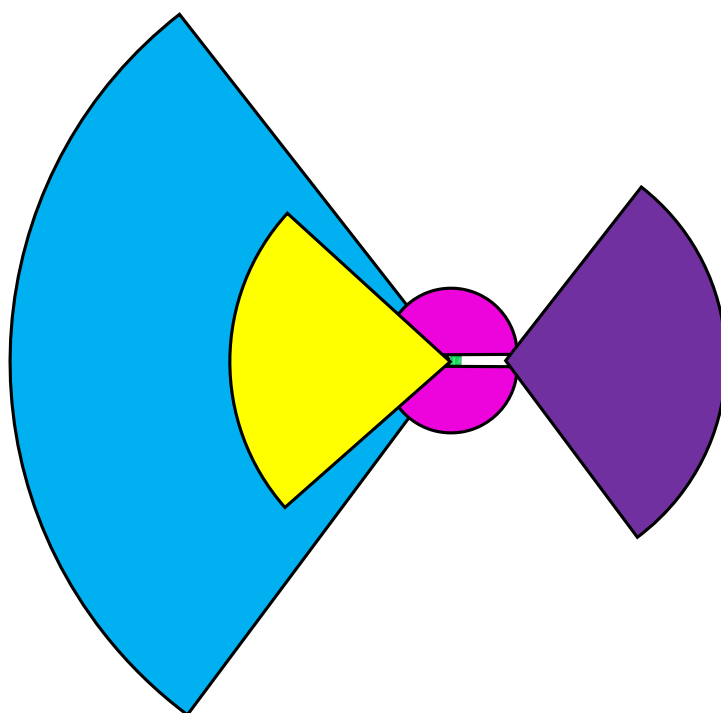


図 4.29 視覚的な測定範囲

表 4-10 センサの測定範囲

凡 例	●	●	●	●
測定角度 [deg.]	180	124	106	100
測定距離 [m]	30	200	100	100
X 座 標 [mm]	1,138	955	1,435	-10,294
Y 座 標 [mm]	±1,246	0	0	0
Z 座 標 [mm]	3,003	3,360	880	570

4.1.3.6. 合流シナリオ

SAE が定める高速道路における自動運転 L4 トラックの実現に向けた設計開発が進行している。道路環境、気象条件及び交通環境といった ODD を制限した走行の検証が行われている。

本検討では高速道路の合流部の走行環境を再現し、インフラ協調による合流制御アルゴリズムを導入した自動運転 L4 トラックが合流車線から本線に合流するシナリオを想定した。合流シナリオを以下図 4.30 に示す。

- ・合流車線に合流制御アルゴリズムを導入した自車両 1 台、本線 1 に他車両を配置（それぞれ初速度 60km/h、80km/h で走行を開始）
- ・区間①に進入時インフラ協調により本線車両と自車両情報を取得
- ・区間①で自車両は合流制御アルゴリズムにより速度を調整しながら区間②に侵入
- ・区間②でレーンチェンジ判定、合流が可能と判断した場合合流を開始（合流では自車両は加速）
- ・合流後、自車両は目標速度 80 km/h になるよう走行（区間②で合流が行えないと判断した場合は MRM により合流車線上で停止）

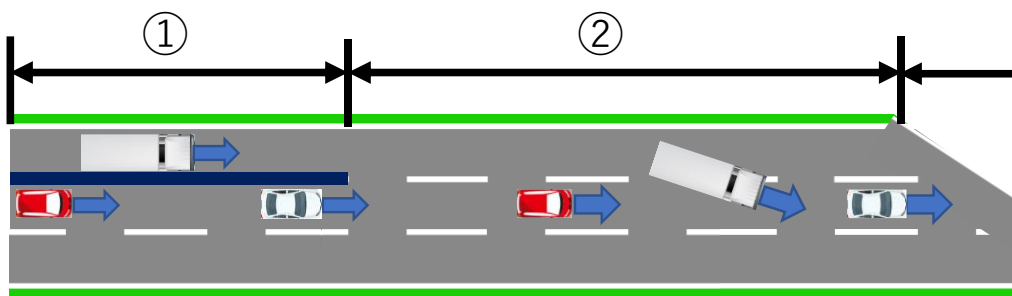


図 4.30 合流シナリオ

4.1.3.7. 走行環境

(1) 走行道路

合流制御アルゴリズムの検証を行うため、本検討では新東名高速道路の浜松 SA の上り付近の道路環境を参考に設定した。新東名高速道路の浜松 SA の上り付近の道路環境を以下図 4.31 に、作成した道路モデルを以下図 4.32 に示す。

合流車線と本線（走行車線）を2車線とした。最も右側の走行車線は使用しないため再現しなかった。道路の様子を以下図 4.33 に、道路条件を以下表 4-11 に示す。



図 4.31 新東名高速道路の浜松 SA の上り付近の道路環境

本線車両が目視できる位置付近



テーパ部付近



図 4.32 作成した道路モデル

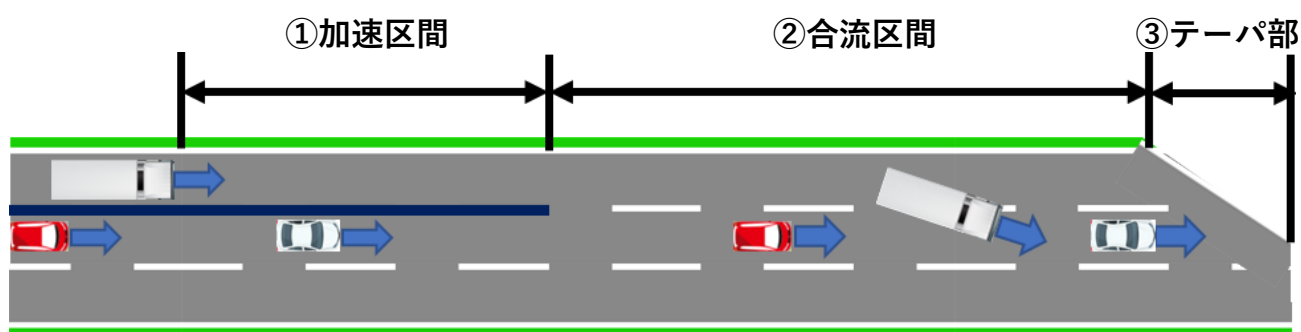


図 4.33 道路の様子

表 4-11 道路条件

加速区間 [m]	200
合流区間 [m]	330
テーパー部 [m]	70
道路全長 [m]	650
道路勾配 [%]	0
滑り摩擦係数 [-]	0.75
車線幅 [m]	3.9
天候	晴れ

(2) 本線の交通量

新東名高速道路の合流部における交通量として、高速道路調査委員会の報告によると高速道路における渋滞発生時の平均車頭時間は 2.0s～3.2s（交通量：1926 台/h～1140 台/h）とされている。

車頭時間と車間距離の差は 0.3s とされているため、車間時間にとすると 1.8s～2.9s である。合流時の標準的な交通状況として、本線を走行する車両の車間時間は 3.5s、4.0s 及び 4.5s（車間距離 L [m]はそれぞれ 78m、89m 及び 100m）の交通量を考え、本線に車両を配置した。

他車両と遭遇するタイミングにバラツキを設定するため、本線車両の走行開始位置をトラックの初期位置を基準に 0m、10m 及び -10m（ L' [m]）ずつ後方に移動した条件を加え、全 9 条件で交通量を作成した。本線車両の配置を以下図 4.34 に、交通量毎のシミュレーション条件を以下表 4-12 に示す。

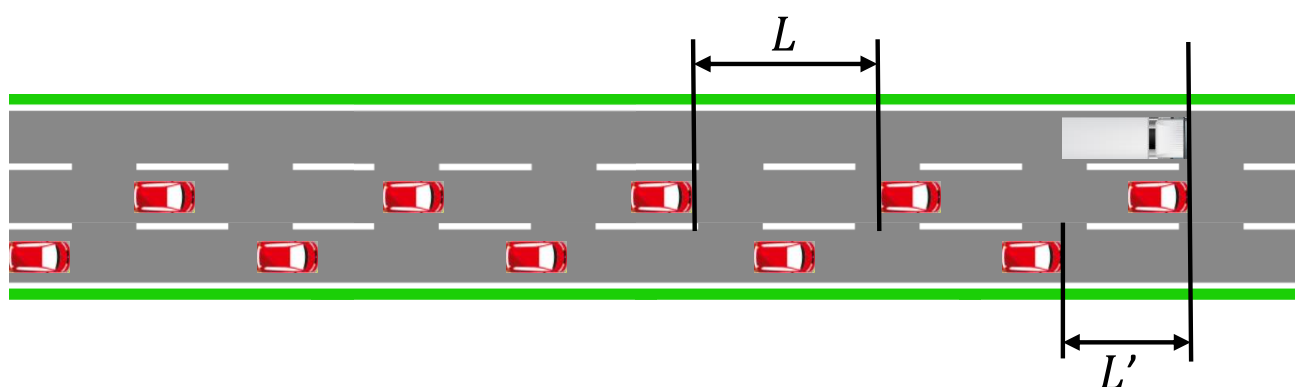


図 4.34 本線車両の配置

表 4-12 交通量ごとのシミュレーション条件

条件	車間時間[s]	車間距離[m]	本線車両 1 初期位置[m]
1	3.5	78	0
2			10
3			-10
4	4.0	89	0
5			10
6			-10
7	4.5	100	0
8			10
9			-10

(3) インフラ協調による通信遅延の検討

自動運転車や遠隔操縦車が搭載する機能の1つとして通信技術が用いられている。本検討でも合流支援としてインフラ協調を用いている。インフラ協調による自動運転では通信遅れの影響を考慮する必要がある。

低遅延かつ信頼性のインフラ協調の実現に向けて、総務省では2024年度に新東名高速道路の一部区間において100km以上の自動運転車専用レーンを設定し、2025年度には自動運転車によるサービス提供の実施を目指しており、インフラ設備として5Gによる円滑な運行管理や遠隔監視を推進している。

本シミュレーションでは、インフラ協調を利用するため通信による遅れの影響評価を目的とした。標準的な交通状況を想定し、本線の車両間の車間時間を3.5s、4.0s及び4.5s（初期位置は0m、車間距離はそれぞれ78m、89m及び100m）に設定した。

インフラから送られる車両情報の通信遅れは、0ms、300ms及び600msに設定した。インフラを用いかなかった場合の条件も設定した。インフラの有無と通信遅延についてのシミュレーション条件を以下表4-15に示す。

表 4-13 インフラの有無と通信遅延についてのシミュレーション条件

条件	車間時間 [s]	インフラの有無	遅延 [ms]
10	3.5	無	
11		有	0
12			300
13			600
14	4.0	無	
15		有	0
16			300
17			600
18	4.5	無	
19		有	0
20			300
21			600

(4) 密な状況の交通量

渋滞発生時の平均車間時間は 1.8s~2.9s である。合流制御アルゴリズムの機能限界について評価するため、交通量が密な状況として本線の車両の車間時間が 2.0s、2.5s 及び 3.0s の際の交通量を設定した。それぞれ本線車両の初期位置は 0m とした。それぞれの条件においてインフラ協調の有無の比較を実施した。

4.1.3.8. シミュレーション結果および考察

(1) 合流予測位置の評価

各条件において定速、加速及び減速の判定結果、合流可能位置に到達する時間（予測時間）、車両の予測位置と誤差率を求めた。なしの判定は合流制御アルゴリズムにより加速の走行となっている。

合流アルゴリズムによって計測された条件 1~条件 9 における合流予測位置の結果を以下表 4-14 に、条件 1~条件 9 における誤差率を以下表 4-15 に示す。トラックにおいて定速の場合の誤差率は 0.18%、加速の場合の誤差率は 1.33%、減速の場合の誤差率は 0.22%となった。

トラックの予測位置において自動運転システムの制御により速度が一定で走行できないため予測位置と実際の位置に誤差が出たと考えられる。本線車両 1 及び本線車両 2 の予測位置において本線車両は一定速であるため誤差率は最大で 0.06%となった。

表 4-14 条件 1～条件 9 における合流予測位置の結果

条件	判定	トラック位置 [m]		本線車両 1 位置 [m]		本線車両 2 位置 [m]	
		予測	実際	予測	実際	予測	実際
1	定速	300.00	299.45	323.19	323.33	245.19	245.33
2	加速	300.00	296.06	316.39	316.44	238.39	238.44
3	減速	300.00	300.66	335.60	335.55	257.60	257.55
4	減速	300.00	300.66	334.60	334.55	245.60	245.55
5	定速	300.00	299.45	322.19	322.33	233.19	233.33
6	なし	300.00	296.06	285.39	285.44	196.39	196.44
7	なし	300.00	296.06	284.39	284.44	184.39	184.44
8	減速	300.00	300.66	333.60	333.55	233.60	233.55
9	加速	300.00	296.06	274.39	274.44	174.39	174.44

表 4-15 条件 1～条件 9 における誤差率

条件	予測時間 [s]	トラック [%]	本線車両 1 [%]	本線車両 2 [%]
1	12.06	0.18	0.04	0.06
2	11.31	1.33	0.02	0.02
3	13.07	0.22	0.01	0.02
4	13.07	0.22	0.01	0.02
5	12.06	0.18	0.04	0.06
6	11.31	1.33	0.02	0.03
7	11.31	1.33	0.02	0.03
8	13.07	0.22	0.01	0.02
9	11.31	1.33	0.02	0.03

インフラからの通信に遅延を与えた場合も同様に測定した。合流アルゴリズムによって計測された条件 10～条件 21（インフラを用いた場合）における合流予測位置の結果を以下表 4-16 に、条件 10～条件 21（インフラを用いた場合）における誤差率を以下表 4-17 に示す。

本線車両において遅延がある場合（条件 12、条件 13、条件 16、条件 17、条件 20 及び条件 21）、車両情報の提供が遅れたことで予測位置に誤差が生じていることが確認できた。

誤差は最大で 7.14%となった。遅延の有無により合流予測位置だけでなく、定速、加速及び減速の判定にも違いがあるため遅延によって合流が困難になる可能性が考えられる。

以上のことから、インフラ協調による遅延がない場合の合流状況の予測は有効であるが遅延による影響が大きいため、間違った速度指示によって合流可能位置での合流ができない可能性がある。

表 4-16 条件 10～条件 21（インフラ協調を用いた場合）における合流予測位置の結果

条件	判定	トラック位置 [m]		本線車両 1 位置 [m]		本線車両 2 位置 [m]	
		予測	実際	予測	実際	予測	実際
11	定速	300.00	299.45	323.19	323.33	245.19	245.33
12	減速	300.00	300.66	339.16	345.55	261.16	267.55
13	減速	300.00	300.66	332.49	345.55	254.49	267.55
15	減速	300.00	300.66	334.60	334.55	245.60	245.55
16	なし	300.00	296.06	288.95	295.44	199.95	206.44
17	加速	300.00	296.06	282.28	295.44	193.28	206.44
19	なし	300.00	296.06	284.39	284.44	184.39	184.44
20	加速	300.00	296.06	277.95	284.44	177.95	184.44
21	加速	300.00	296.06	271.28	284.44	171.28	184.44

表 4-17 条件 10～条件 21（インフラ協調を用いた場合）における誤差率

条件	予測時間 [s]	トラック [%]	本線車両 1 [%]	本線車両 2 [%]
11	12.06	0.18	0.04	0.06
12	13.07	0.22	1.85	2.39
13	13.07	0.22	3.78	4.88
15	13.07	0.22	0.01	0.02
16	11.31	1.33	2.20	3.14
17	11.31	1.33	4.45	6.37
19	11.31	1.33	0.02	0.03
20	11.31	1.33	2.28	3.52
21	11.31	1.33	4.63	7.14

(2) 標準的な交通量における合流制御アルゴリズムの評価

① 車間時間 3.5s の合流

条件 1～3 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.35 に、条件 1～条件 3 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.36 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-18 に示す。

合流開始時の TTC はトラックの右前輪が本線左側の白線を踏んだときであり、合流終了時の TTC はトラックの左後輪が本線左側の白線を踏んだときとした。TTC₁ は前車両、TTC₂ は後車両の TTC を示す（条件 4 以降の結果も同様の意味を示す）。

図 4.35 より条件 1～条件 3 において予測による判定通りに速度が変化しており、図 4.36 の 150m の位置（合流可能位置）から合流していることが確認できた。TTC の目標としてブレーキが作動するまで乗用車で 1.4s、大型車で 1.6s とされており、TTC₁ は 1.6s 以上、TTC₂ は 1.4s 以上を確保できるよう目標値とした。

表 4-18 から条件 3 以外の条件では合流開始時、合流終了時において TTC は目標値を満たした。条件 3 の合流終了時の TTC₂ から車両同士の衝突はなかったが目標

値を満たさなかった。後方車両との TTC の閾値として 2.0s では衝突は起きないが、合流終了時の TTC は確保できなかったことが考えられるため、閾値の再検討が必要である。

以上のことから合流制御アルゴリズムによって、合流可能位置到達時の自車両前後の TTC は 3.9s 以上確保した状態で合流した。しかし合流終了時に後方の TTC の目標値を確保できなかったため、レーンチェンジ判定の閾値は 2.0s では衝突しないが、再検討する必要がある。

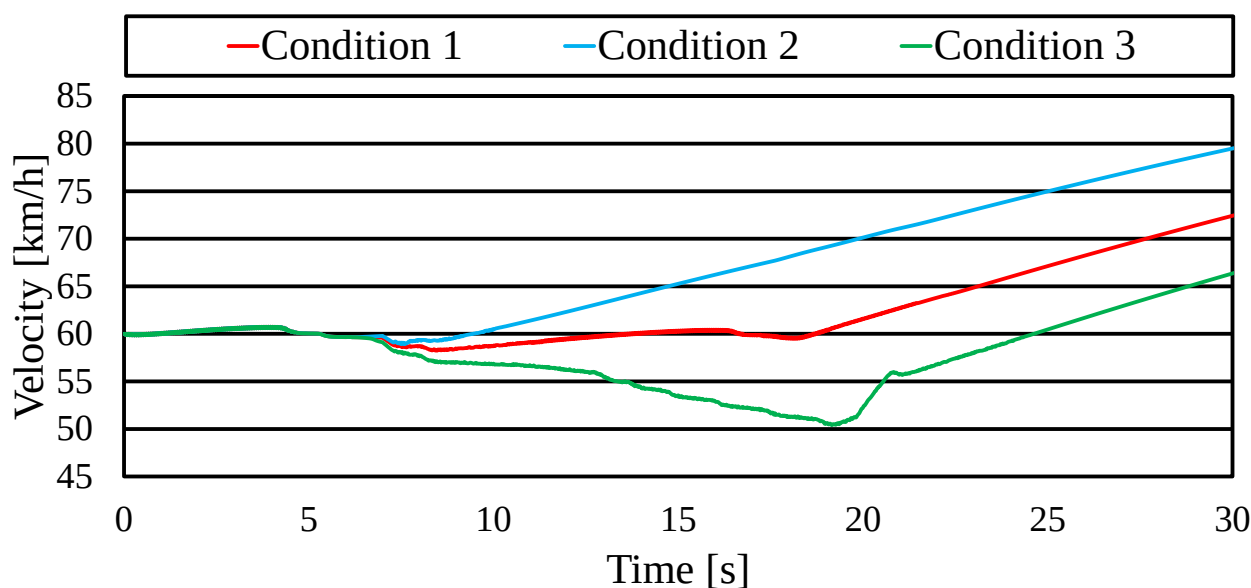


図 4.35 条件 1～条件 3 におけるトラックの速度

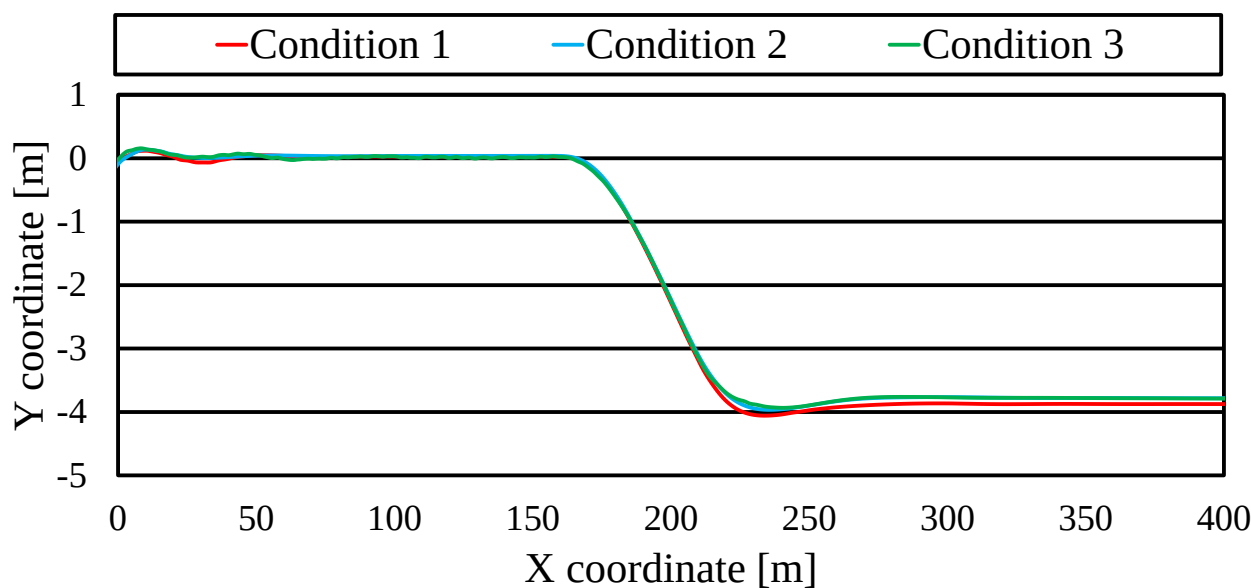


図 4.36 条件 1～条件 3 におけるトラックの走行軌跡

表 4-18 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
1	定速	4.22	7.63	20.20	7.01	6.26	8.66	5.08
2	加速	5.87	13.37	19.40	9.33	13.73	10.93	14.26
3	減速	4.25	3.94	21.44	7.88	2.27	10.13	0.28

② 車間時間 4.0s の合流

条件 4～条件 6 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.37 に、条件 4～条件 6 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.38 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-19 に示す。

図 4.37 より条件 4 及び条件 5 において予測による判定通りに速度が変化しており、図 4.38 の 150m の位置（合流可能位置）から合流していることが確認できた。条件 6 においては予測による判定が行えなかったため合流制御アルゴリズムにより加速の指示を出したことによる加速が確認できた。

表 4-19 より合流可能位置到達時の TTC が 1.03s であったことから合流不可の状態でも合流区間に侵入したが、図 4.38 より 270m の位置で合流したことが確認できた。条件 4～条件 6 において合流開始時及び合流終了時の TTC₁ 及び TTC₂ は目標値の 1.4s 及び 1.6s 以上を満たした。

以上のことから合流制御アルゴリズムによって、速度指示の判定を行ったものに関しては合流可能位置到達時の TTC は 4.0s 以上確保した状態で合流した。速度指示の判定が行えず加速させた場合は合流可能位置到達時の TTC は目標値を確保できなかった状態で侵入したが、合流区間内で合流した。

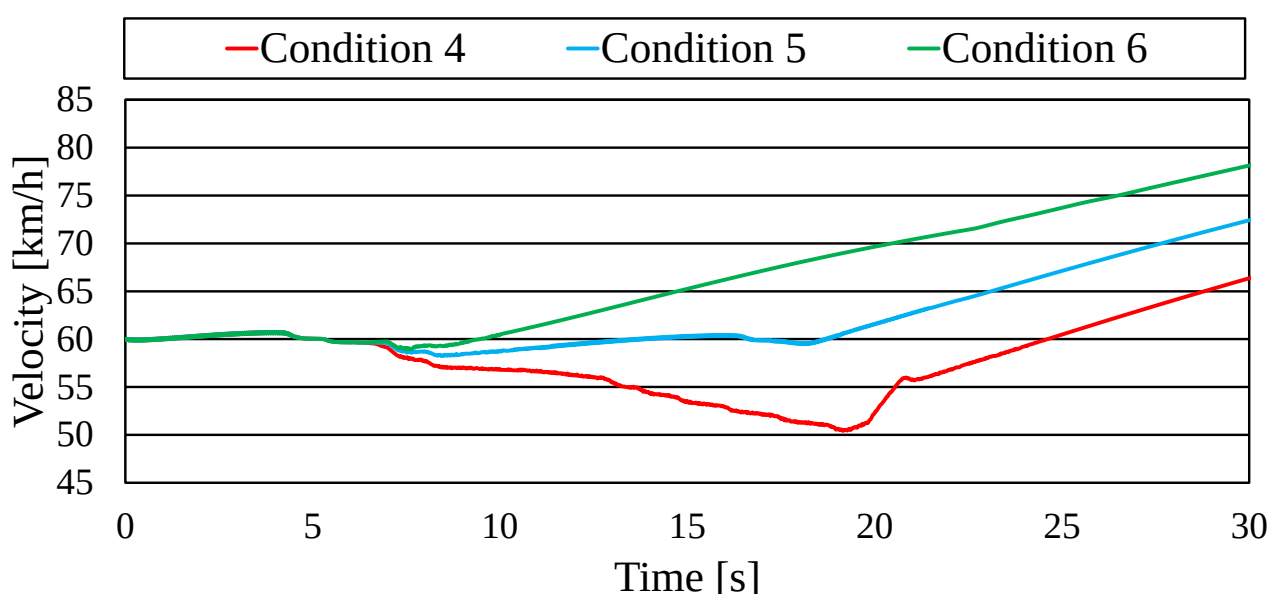


図 4.37 条件 4～条件 6 におけるトラックの速度

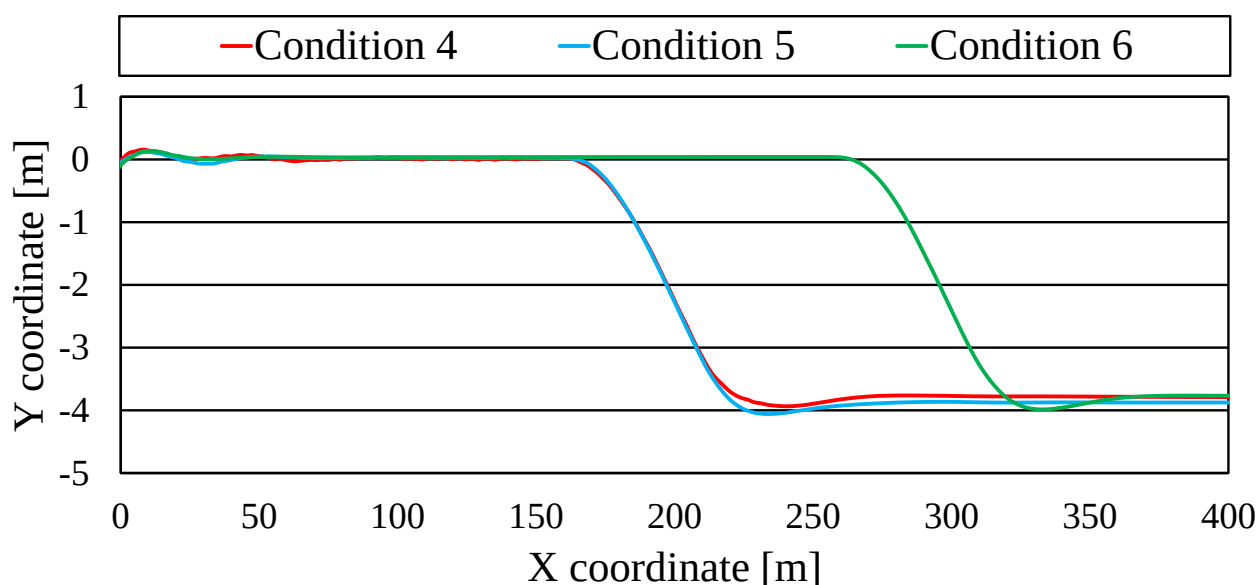


図 4.38 条件 4～条件 6 におけるトラックの走行軌跡

表 4-19 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
4	減速	4.13	5.39	21.44	7.73	4.02	9.96	2.29
5	定速	4.05	9.74	20.22	6.81	8.61	8.43	7.73
6	なし	22.41	1.03	24.40	4.64	36.51	4.42	43.82

③ 車間時間 4.5s の合流

条件 7～条件 9 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.39 に、条件 7～条件 9 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.40 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-20 に示す。

図 4.39 より条件 8 及び条件 9 において予測による判定通りに速度が変化しており、図 4.40 より 150m の位置（合流可能位置）から合流していることが確認できた。条件 7 においては判定が行えなかったため合流制御アルゴリズムにより加速の指示を出したことによる加速が確認できた。

表 4-20 より合流可能位置では合流不可の状態でも合流区間に侵入したが、図 4.40 より 270m の位置で合流したことが確認できた。条件 7 及び条件 8 において合流開始時、合流終了時の TTC₁ 及び TTC₂ は目標値の 1.4s 及び 1.6s 以上を満たした。

条件 9 において車両同士が衝突しなかったが、合流終了時の TTC₂ は目標値を満たさなかった。後方車両との TTC の閾値として 3.0s では衝突は起きないが、合流終了時の TTC は確保できなかったことが考えられるため、閾値の再検討が必要である。

以上のことから合流制御アルゴリズムによって、速度指示の判定を行ったものに関しては合流可能位置到達時の TTC は 3.3s 以上確保した状態で合流した。速度指示の判定が行えず加速させた場合は合流可能位置到達時の TTC は目標値を確保できなかった状態で侵入したが、合流区間内で合流した。しかし合流終了時に後方の TTC は目標値を確保できなかったため、レーンチェンジ判定の閾値は 2.0s では衝突しないが、再検討する必要がある。

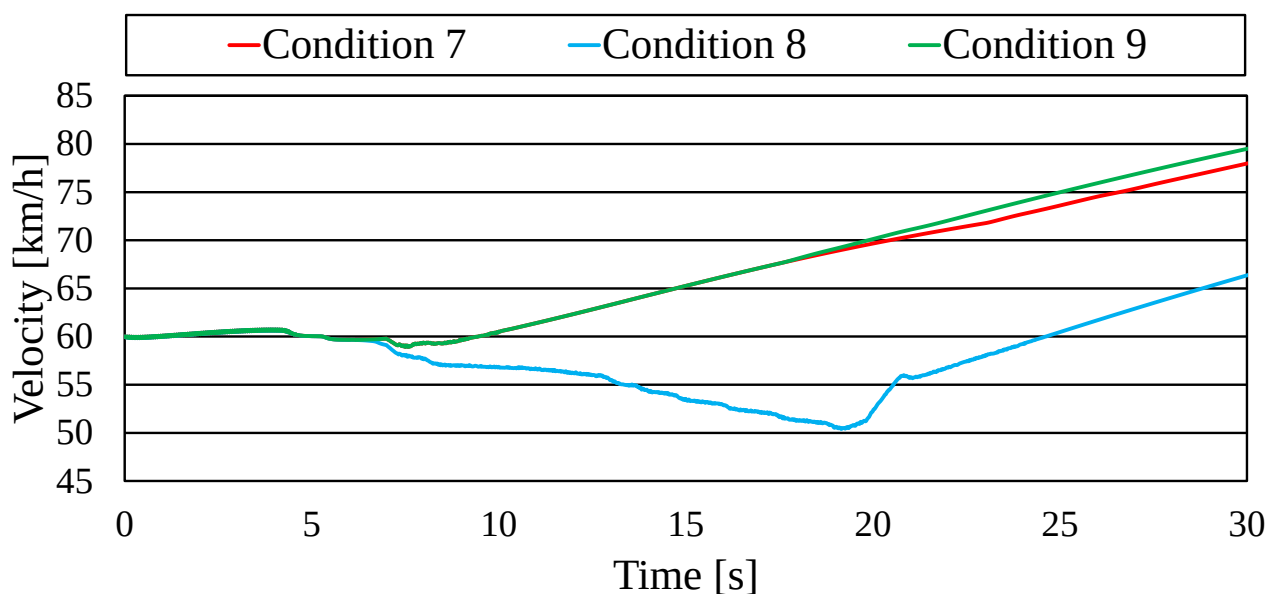


図 4.39 条件 7～条件 9 におけるトラックの速度

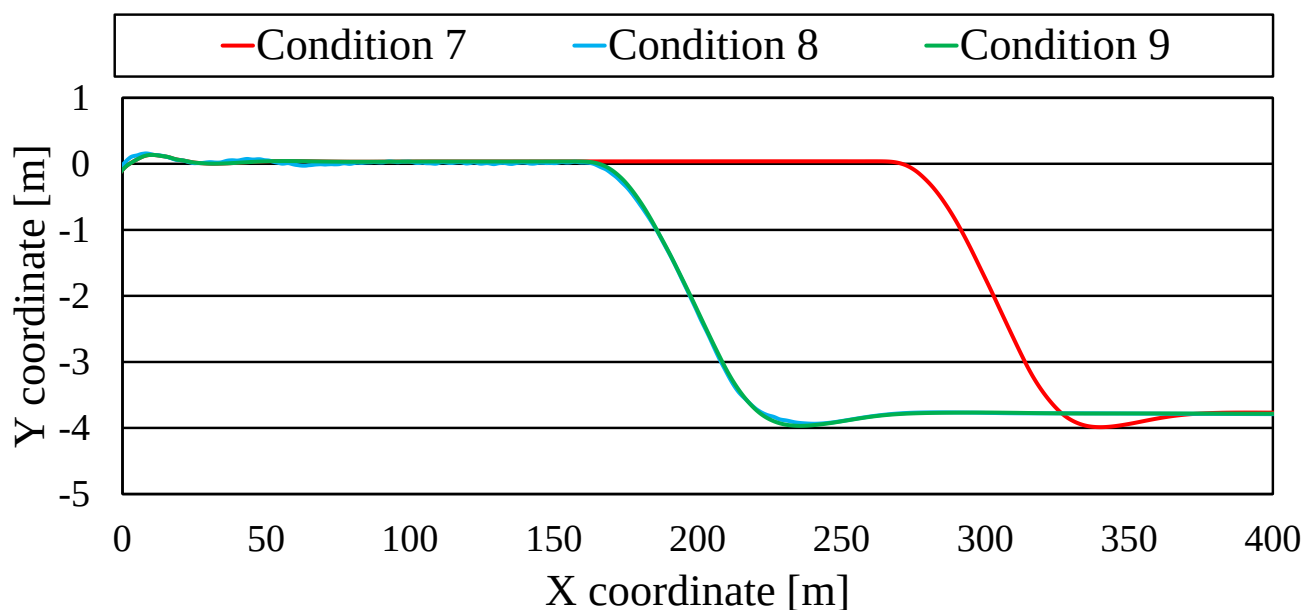


図 4.40 条件 7～条件 9 におけるトラックの走行軌跡

表 4-20 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
7	なし	25.27	1.03	24.76	4.64	43.84	4.37	53.40
8	定速	4.01	6.85	21.44	7.58	5.81	9.79	4.30
9	加速	22.44	3.30	19.40	29.22	1.82	34.46	0.04

4.1.3.9. インフラ協調の有無の比較及び通信遅延の影響による評価

(1) 車間時間 3.5s の合流

条件 10～条件 13 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.41 に、条件 10～条件 13 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.42 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-21 に示す。

条件 10 の判定においてインフラ協調無しであるためーと示す。車間時間 3.5s でインフラ協調有り及び無し（条件 10 及び条件 11）の比較においては図 4.41 及び図 4.42 より定速の状態での合流となり、走行の違いが出なかった。

遅延の影響による検討（条件 11～条件 13）では、図 4.42 及び表 4-21 より合流制御アルゴリズムによる速度指示が異なった。表 4-21 より遅延が 300ms～600ms の範囲では本線の車両情報の提供に遅れによって速度指示が異なったため、実際に合流可能位置に到達したときに合流不可の状況で合流区間に侵入した。

よって図 4.41 から、トラックは合流したが条件 11 に比べて条件 12 及び条件 13 の合流開始位置が遅くなった。条件 10～条件 13 の合流において合流開始時及び合流終了時における $TTC_1 \cdot TTC_2$ は目標値の 1.4s 及び 1.6s 以上を満たした。

以上のことから、遅延がない場合のインフラ協調有りの合流制御アルゴリズムによって合流可能位置到達時の TTC は確保した状態で合流できた。しかし遅延が 300ms～600ms の範囲ではトラックへの速度指示が遅延なしのときと異なるため、遅延の影響を考慮した予測が必要である。

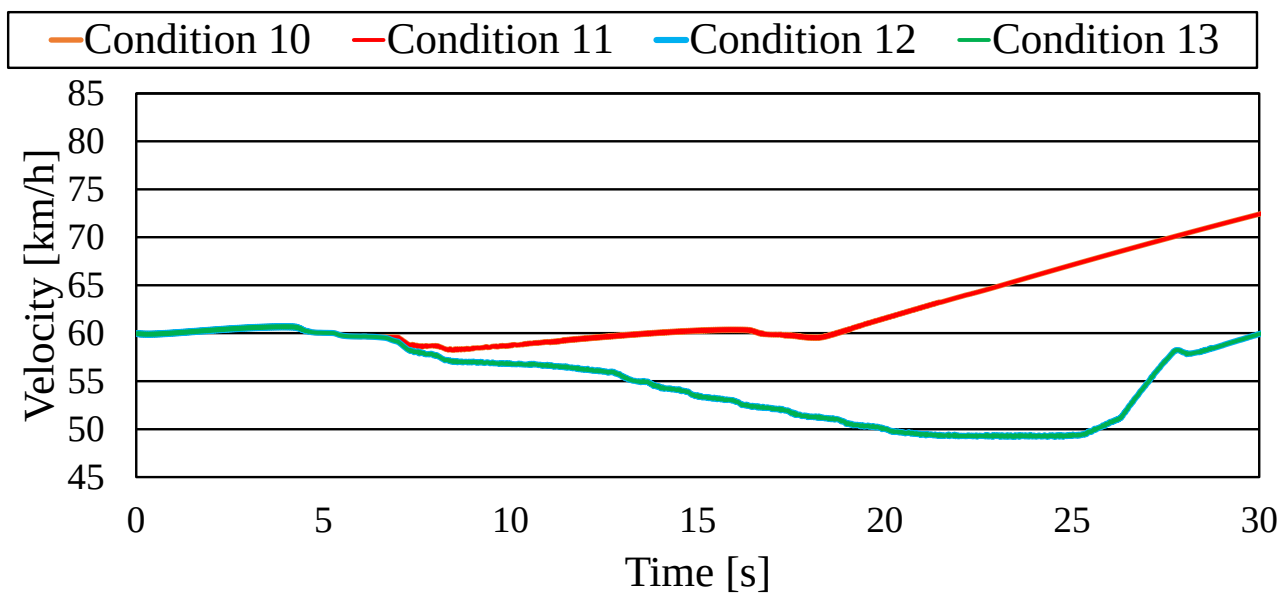


図 4.41 条件 10～条件 13 におけるトラックの速度

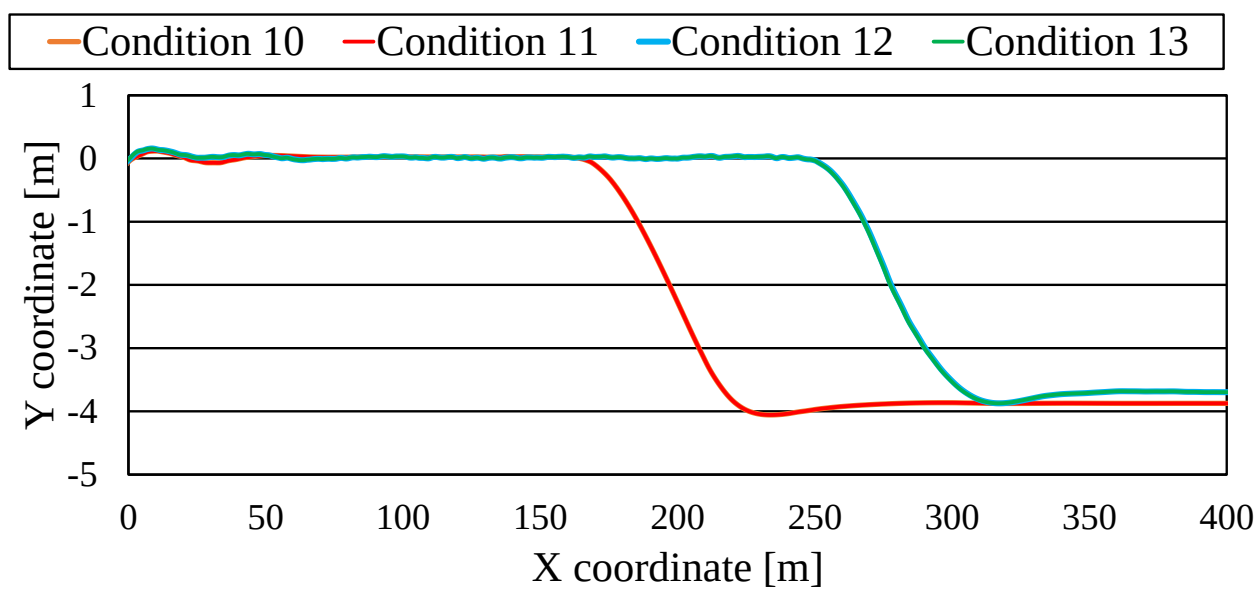


図 4.42 条件 10～条件 13 におけるトラックの走行軌跡

表 4-21 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
10	—	4.22	7.63	20.22	7.01	6.26	8.66	5.08
11	定速	4.22	7.63	20.22	7.01	6.26	8.66	5.08
12	減速	5.47	2.74	21.44	5.68	4.84	7.73	3.10
13	減速	5.47	2.74	21.44	5.68	4.84	7.73	3.10

(2) 車間時間 4.0s の合流

条件 14～条件 17 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.43 に、条件 14～17 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.44 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-22 に示す。

条件 14 の判定においてインフラ協調無しであるため—と示す。車間時間 4.0s でインフラ協調有り及び無し（条件 14 と 15）の比較においてはインフラ協調有の場合は減速の判定で合流した。

合流可能位置到達時の TTC を比較すると、インフラ協調有りの方が無しに比べて TTC に余裕があり、合流開始時及び合流終了時においても $TTC_1 \cdot TTC_2$ は目標値を満たしている。このことから合流制御アルゴリズムを用いた方が安全に合流できる。

遅延の影響による検討（条件 15～17）では、図 4.43 及び表 4-22 より合流制御アルゴリズムによる速度指示が異なった。

表 4-22 より遅延が 300ms～600ms の範囲では、本線の車両情報の提供に遅れによって速度指示が異なったため、実際に合流可能位置に到達したときに合流不可の状況で合流区間に侵入した。

よって図 4.44 からトラックは合流したが条件 15 に比べて条件 16 及び条件 17 の合流開始位置が遅くなった。条件 14～条件 17 の合流において合流開始時及び合流終了時における $TTC_1 \cdot TTC_2$ は目標値の 1.4s, 1.6s 以上を満たした。

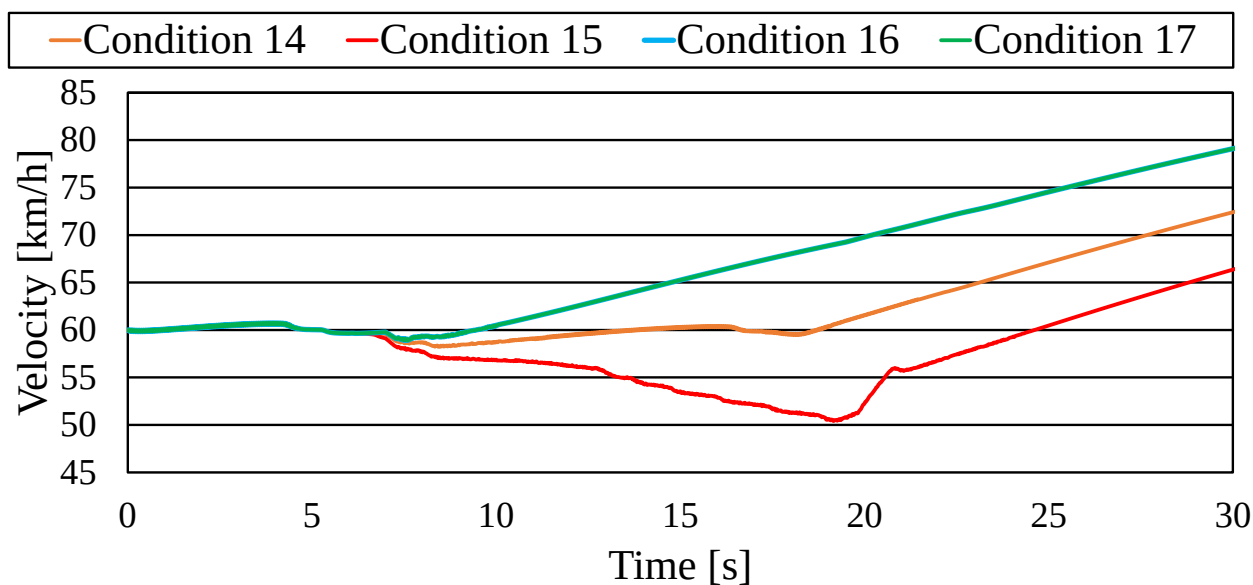


図 4.43 条件 14～条件 17 におけるトラックの速度

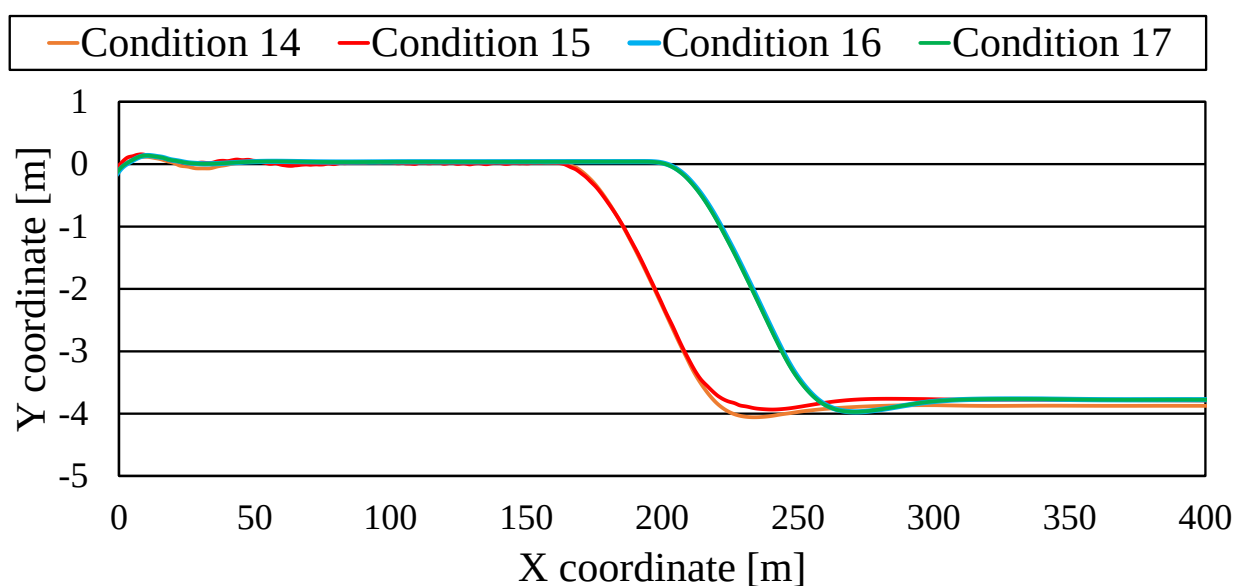


図 4.44 条件 14～条件 17 におけるトラックの走行軌跡

表 4-22 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
14	—	12.05	1.86	20.22	4.84	10.58	6.22	9.94
15	減速	4.13	5.39	21.44	7.73	4.02	9.96	2.29
16	なし	1.10	22.49	21.24	4.54	26.63	4.96	30.12
17	なし	1.10	22.49	21.24	4.54	26.63	4.96	30.12

(3) 車間時間 4.5s の合流

条件 18～条件 21 におけるトラックの速度の結果を以下図 4.45 に、条件 18～条件 21 におけるトラックの走行軌跡の結果を以下図 4.46 に、合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC の結果を以下表 4-23 に示す。

条件 18 の判定においてインフラ協調無しであるためーと示す。車間時間 4.5s でのインフラ協調有り及び無し（条件 18 及び条件 19）の比較においてはインフラ協調有の場合は判定なし（加速）で合流した。

合流可能位置到達時の TTC を比較すると、インフラ協調有り及び無しともに TTC が目標値を満たせなかった。図 4.46 及び表 4-23 に示すようにインフラ協調無しの方が有りに比べ合流開始時間が早かった。

合流開始時及び合流終了時における TTC_1 及び TTC_2 は目標値を満たしているためインフラ協調無しの場合、合流可能位置到達時の TTC が 0.58s でも合流時の安全を確保できるが、トラックが前方車両と近い状態の合流になるため危険だと考えられる。インフラ協調有りの場合、判定が行えないと合流可能位置で合流することはできないが加速した状態であるため合流できたと考えられる。

遅延の影響による検討（条件 19～条件 21）では、図 4.45 及び表 4-23 より合流制御アルゴリズムによる速度指示が異なった。表 4-23 より遅延が 300ms～600ms の範囲では、本線の車両情報の提供に遅れによって判定は異なったが速度指示が同じであったため走行の違いが出なかった。

合流可能位置到達時の TTC は目標値を満たさない状態で侵入したが合流することができた。条件 14～条件 17 の合流において合流開始時及び合流終了時における TTC_1 及び TTC_2 は目標値の 1.4s 及び 1.6s 以上を満たした。

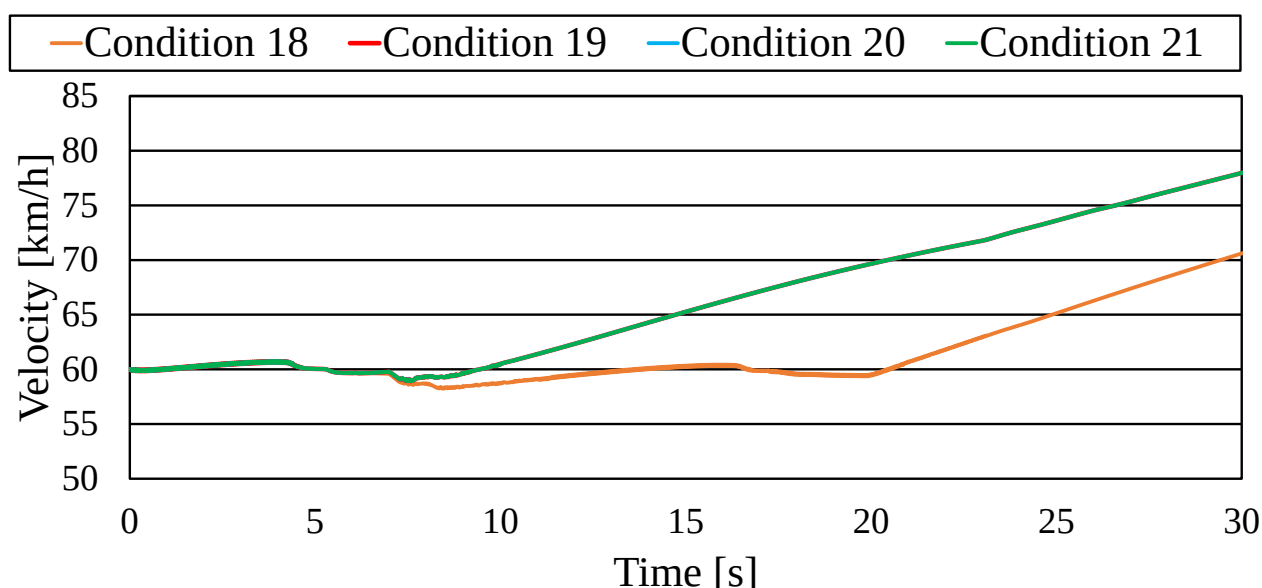


図 4.45 条件 18～条件 21 におけるトラックの速度

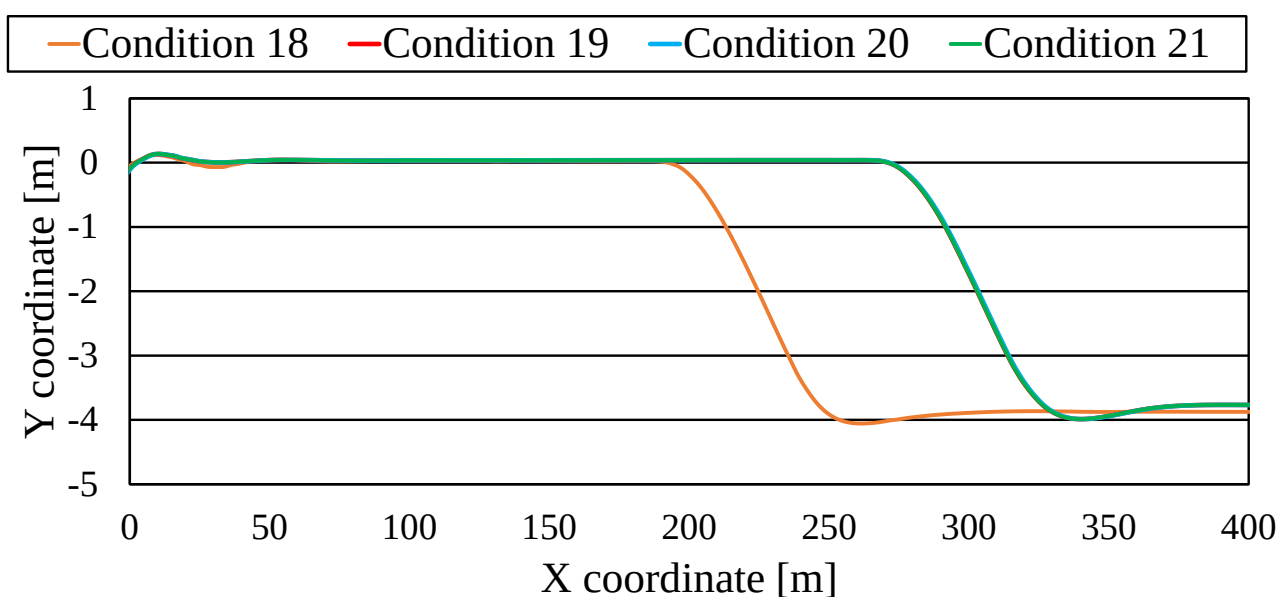


図 4.46 条件 18～条件 21 におけるトラックの走行軌跡

表 4-23 合流開始時間と各タイミングにおける前後の TTC

条件	判定	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
		TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
18	—	0.58	15.38	21.90	4.56	12.96	5.89	12.60
19	なし	25.27	1.03	24.76	4.64	43.84	4.37	53.40
20	加速	25.27	1.03	24.76	4.64	43.84	4.37	53.40
21	加速	25.27	1.03	24.76	4.64	43.84	4.37	53.40

4.1.3.10. 各交通量における合流制御アルゴリズムの評価

インフラ協調有りの結果を以下表 4-24 及び表 4-25 に、インフラ協調なしの結果を以下表 4-26 及び表 4-27 に示す。判定がなしのときは加速で走行、—はインフラ協調なしのため定速で走行している。

表 4-24 及び表 4-26 から車間時間が 2.0s のとき以外で合流したことがわかる。インフラ協調を用いて速度指示が定速、加速または減速と判定した場合、合流可能位置での TTC を確保した状態で合流した。

インフラ協調ありの場合の結果については、2.5s では合流可能位置で TTC を確保できた状態で合流したが、合流終了時に後方車両と衝突した。2.5s～4.0s では表 4-25 と表 4-27 よりインフラ協調なしに比べて TTC をより確保した。4.5s のときは判定が行えず TTC の確保はできなかったが合流区間内で合流した。

以上のことから車間時間が 2.0s では合流ができなかった。2.5s では合流終了に後方車両との衝突は発生したが、インフラ協調による合流制御アルゴリズムによって

合流可能位置での TTC を確保できる可能性を確認した。車間時間が 2.5s 以上ではインフラ協調による合流制御アルゴリズムとして速度指示が定速、加速または減速と判定した場合有効である。

表 4-24 インフラ協調有りにおける合流の可否

車間時間	合流	判定	合流可能位置からの合流	TTC の確保	合流中の衝突
2	×				
2.5	○	加速	○	○	合流終了に 後方車両衝突
3	○	加速	○	○	なし
3.5	○	定速	○	○	なし
4	○	減速	○	○	なし
4.5	○	なし	×	×	なし

表 4-25 インフラ協調有りの結果

車間時間 [s]	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
	TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
2							
2.5	9.27	3.84	19.4	13.40	2.54	15.79	—
3	6.15	9.16	19.4	9.66	9.64	11.33	9.39
3.5	4.22	7.63	20.22	7.01	6.26	8.66	5.08
4.0	4.13	5.39	21.44	7.73	4.02	9.96	2.29
4.5	25.27	1.03	24.76	4.64	43.84	4.37	53.40

表 4-26 インフラ協調無しにおける合流の可否

車間時間	合流	判定	合流可能位置からの合流	TTC の確保	合流中の衝突
2	×				
2.5	○	—	×	×	合流中に 後方車両衝突
3	○	—	×	×	合流中に 後方車両衝突
3.5	○	—	○	○	なし
4	○	—	○	○	なし
4.5	○	—	○	○	なし

表 4-27 インフラ協調無しの結果

車間時間 [s]	合流可能位置 到達時 [s]		合流開始時 [s]	合流開始時 [s]		合流終了時 [s]	
	TTC ₁	TTC ₂		TTC ₁	TTC ₂	TTC ₁	TTC ₂
2							
2.5	8.09	0.63	24.12	4.68	4.23	6.14	—
3	6.15	3.79	20.22	9.18	2.05	11.08	0.20
3.5	4.22	7.63	20.22	7.01	6.26	8.66	5.08
4.0	12.05	1.86	20.22	4.84	10.58	6.22	9.94
4.5	0.58	15.38	21.90	4.56	12.96	5.89	12.60

4.2. 路車間通信実施のための車載機改造・開発

2024 年度以降に実施予定のマルチブランド協調走行実証実験評価に使用する実証用車載通信機器に関して以下を実施した。

- ・ 提供する実験機材の仕様検討及び改造するための設計作業
- ・ 車両制御装置に出力する I/O 仕様の設計
(インフラ側から提供予定の各種情報を受信)
- ・ 通信規格、データセット及び送受信データの仕様調整とシステム設計
(使用調整は整合性の確認などのインフラ設備側との事前確認)
(高性能トラック実用化評価に資する検証が目的)

4.2.1. 実証実験用車載通信機器のシステム構成

4.2.1.1. 実験機材の仕様について

2024 年度以降に実施予定のマルチブランド協調走行実証実験評価の実証実験エリア*を以下図 4.47 に示す。

* 令和元年 6 月 7 日国土交通省発表資料(001292514.pdf)『高速道路におけるトラック隊列走行の公道実証を実施します』、事務局豊田通商、日本工営発表資料(001292516.pdf)『令和元年 6 月 25 日～令和 2 年 2 月 28 日トラック隊列走行実証実験』パンフレット参照



図 4.47 実証実験エリア

本事業で計画している実証実験走行エリアは、2019 年度実施の『高速道路におけるトラック隊列走行の公道実証』の実験エリアと同様、新東名高速道路【浜松いなさ IC】から【長泉沼津 IC】間の上り車線、下り車線及び SA/PA 部である。

本システムは、高速道路上に設置された DSRC 路側無線装置、760MHz 帯 ITS 無線路側機から提供される合流支援情報と先読み情報を受信し、自動運転 L4 トラックの車両制御部 (ECU) に受信データを提供する。本実証実験用車載通信機器のシステム構成を以下図 4.48 に示す。

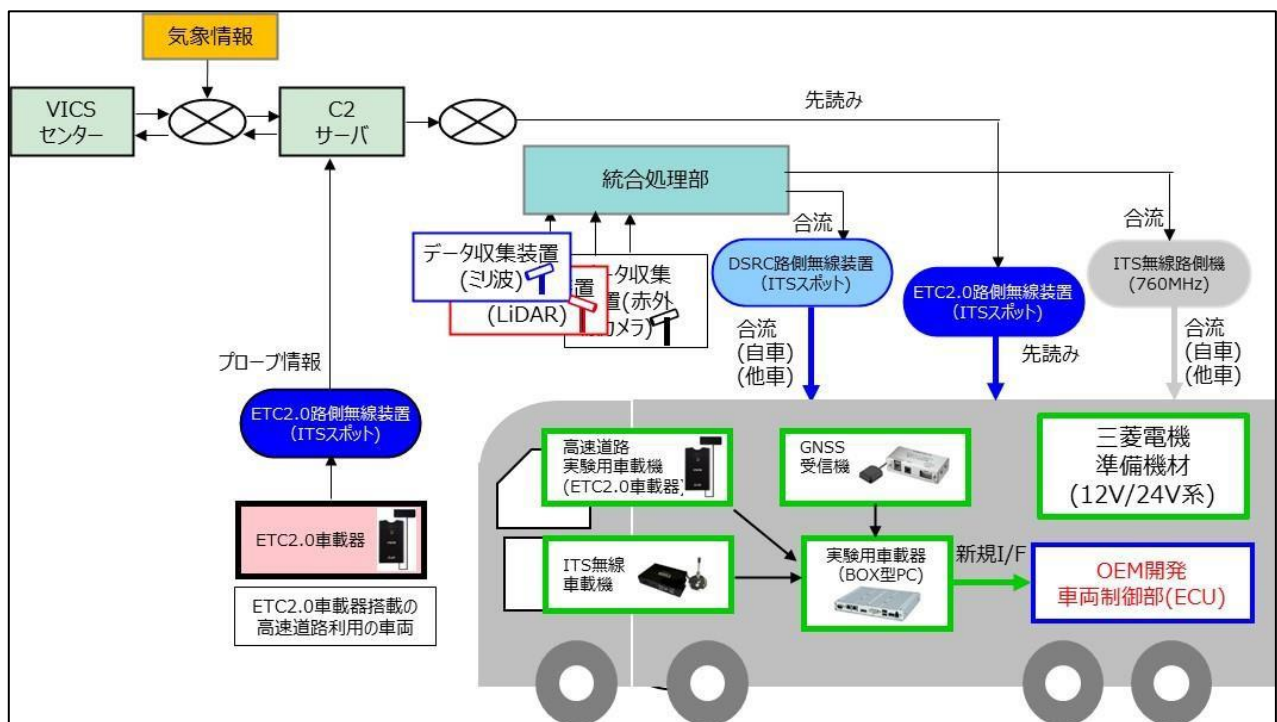


図 4.48 実証実験用車載通信機器のシステム構成

4.2.2.まとめ

2024 年度から実施予定のマルチブランド走行におけるインフラ連携機能実現のために車載無線機器の設計を行い、各情報の対応目途付けを行うことができた。

5. 関連調査及び社会受容性の醸成

5.1. 海外動向調査

自動運転レベル 4 車両の開発は、日本のみならず、海外でも積極的に進められている。特に欧州や中国では、国や地域のプロジェクトとして開発促進しているほか、米国では、大学や自動車メーカーが実証実験を積極的に行っている。

今回、自動運転 L4 トラックに着目し、欧州（EU・各国）、米国、中国において、①国や地域の政策やプロジェクト、②企業の取り組みについて、公開情報等により調査した。

5.1.1. 各国政府のビジョンや推進状況

表 5-1 の通り、路車協調や自動運転専用車線、データ連携基盤等のインフラ開発の取り組みが展開されている。

表 5-1 各国政府の動向等

米国	国家交通安全戦略における車両・道路等に関するロードマップに基づいて、自動運転システムを搭載した車両の事故情報の通知のメーカーに対する義務化（NHTSA）、自動運転システムを考慮した標識等の規定（道路庁）の提供等基準・規則の策定が進んでいる。また、連邦規模でのインフラ投資政策により一般道での V2X 通信環境の整備が進んでおり、一部の州間道路では自動運転専用車線の施工も開始した。また、自動運転に関わる規制として、カリフォルニア州では 2023 年に可決された州法で 10,000pound（約 4,500kg）を超える自動運転車両を用いた車内無人での貨客の輸送が禁止されている。一方で、Waymo と Aurora Operations からの要望により、路肩等に停止した際に必要となる発煙筒等の設置を免除することを要請し、パブリック・コメントを実施する等の規制の見直しの動きもある。
欧州	EU では、Horizon Europe の枠組みとして、道路や周辺車両との通信を行う自動運転車（CCAM：Connected, Cooperative and Automated Mobility）の開発及び CCAM 向けのインフラ整備を行うプロジェクトが 2023 年に開始し、また欧州全域でモビリティデータを共有するプラットフォームの構築を目指すプロジェクトも開始している。各国政府においても同様にインフラ整備等が進んでおり、フランスは国家戦略にて自動運転や通信インフラへの積極的支援を行うことを示し、車両のデータ提供に係る法令の改正を行った。また、英国はコネクテッド自動運転車（CAM：Connected and Automated Mobility）に関するロードマップを公表し、CAM を用いた貨物輸送を実現させる方針を示しつつ、技術開発・実装に向け複数のプロジェクトを開始している。
中国	中国全土で、交通運輸部主導で自動運転の社会実装プロジェクトが推進されており、自動運転 L4 トラックは、港湾部や物流センター間で実施され、走行回数や走行距離の積み上げを行っている。また、自動運

	転向けにデジタル地図、車両開発、道路インフラ開発、輸送安全サービス等の各種ガイドラインが 2023 年中に策定されており、特に、道路インフラ開発では、自動運転を支援する機能を定義し、事故や渋滞等の交通流、位置情報、車線変更等のための誘導補助情報の提供等のほか、応用シーンとして遠隔運転や隊列走行を支援することも想定している。
--	---

5.1.2. 自動運転 L4 トラック開発事業者の動向

表 5-2 の通り、各社の戦略の成否が一部顕在化しており、推進と撤退の両方の動きが出てきている。

表 5-2 各事業者の動向等

商用化・実用化の推進と撤退	各社が物流事業者や小売店等のユーザーと個々に連携し、一定期間のサービス実証を進めている。特に米国では 2024 年商用化を予定する社 (Aurora Innovation)、中国では既に商用運行を実現したとする社 (Inceptio) も存在。他方、2023 年には量産のハードルの高さや連携・協業の難しさ等の理由から、撤退したスタートアップも現れている。 ➤ Kodiak は、1 日あたり 18 時間自動運転 L4 トラックを走行させ実荷を運送するサービス実証を 2023 年 3 月に実施。Torc や Einride 等でも同様の実証が行われている。 ➤ 2023 年、Waymo はトラック事業から撤退、TuSimple は米国事業から撤退、Embark は他社への会社売却を行った。
車両・システム開発	自動運転システムについては、センサや半導体の独自開発、ソフトウェアの開放（プラットフォーム化）、デジタルツインの活用等、各社で方向性が分かれ始めている。他方、中継施設や遠隔監視システム等の関連システムは各社ともに自動運転ソリューションの一環として開発を進めている。 ➤ Plus は、「Plus Open Autonomy Platform」として自動運転モジュールの一部を他社の車両に開放するプラットフォームを公開。 ➤ Waabi は、「Waabi World」というシミュレーション環境上で自動運転ソフトウェアの開発を進める。 ➤ Kodiak は 2023 年 7 月、自動運転 L4 トラック離発着エリアのある施設を開設。Aurora、Einride 等も同様の施設を開設している。
他社との連携・協業	2022 年に引き続き、大型車 OEM や物流事業者、小売店等のユーザー企業との連携・協業が活発。その中で、量産化に向けた OEM やサプライヤーとの連携、ユーザー企業等への EV としての訴求等、連携の戦略がポイントになりつつある。 ➤ Aurora は、2022 年までに PACCAR・Volvo・トヨタと連携してお

り、2023 年には量産化を見据えコンチネンタルとの独占的連携を発表。他方、米国事業からの撤退となった TuSimple は、米国での OEM との連携は Navister 社のみであった。

- Einride は、EU のスマートモビリティ戦略を後押しに、EV として車両を導入してもらい、後に自動運転機能をソフトウェアとして追加する形式でユーザー企業等との連携を進めている。

5.2. 国内関連法令整理

(1) 5.9GHz 帯 V2X 通信の周波数割当てに向けた動き（総務省）*

以下図 5.1 に示すように既存の ITS 用周波数帯（760MHz 帯等）に加えて、国際的に検討が進められている 5.9GHz 帯の追加割当てに向けて、令和 8 年度中を目途に V2X 通信向けへの周波数割り当てを行なわれることが示されている。

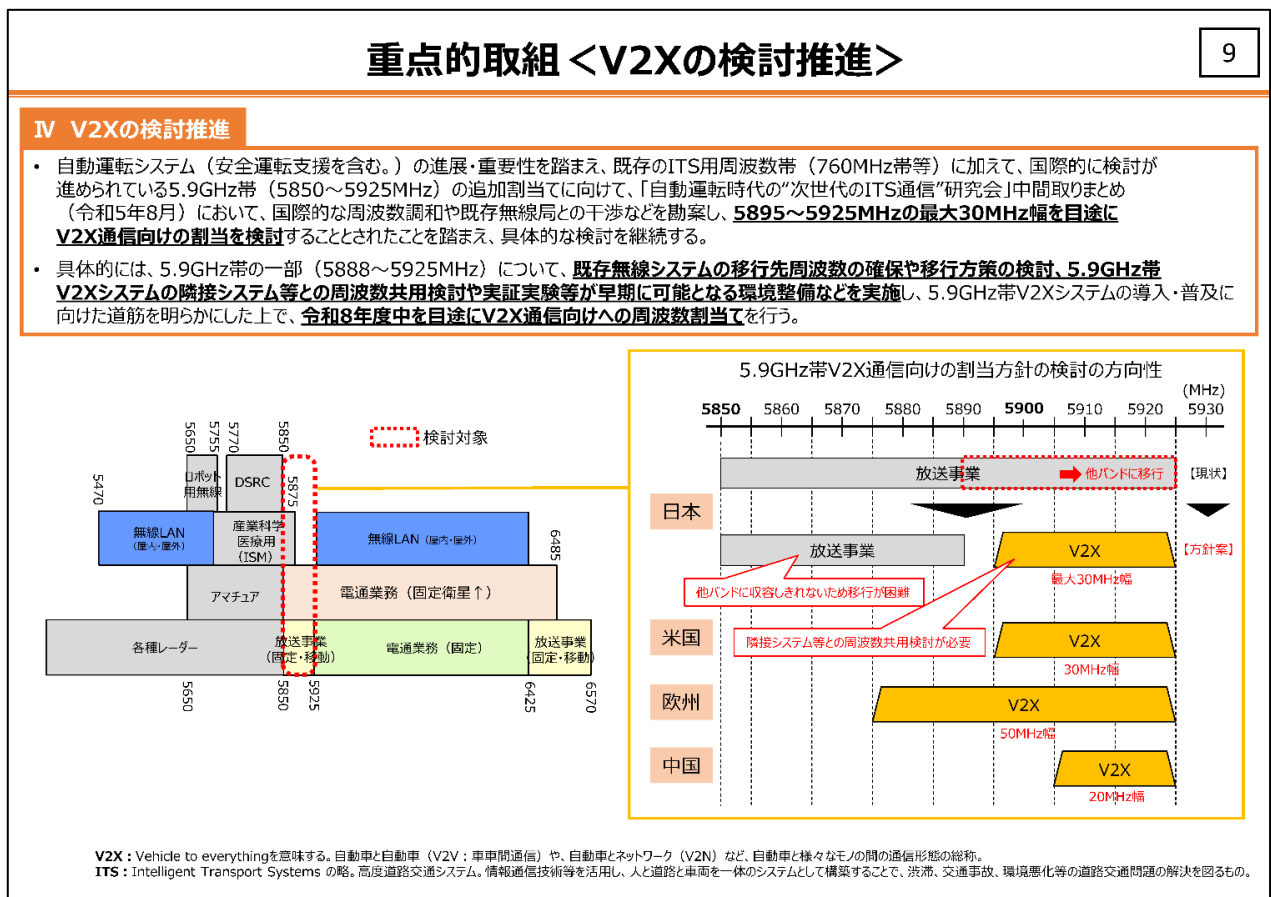


図 5.1 5.9GHz 帯 V2X 通信の周波数割当てに向けた動き

* 出典)周波数再編アクションプラン（令和 5 年度版）（2023.12.20、総務省総合通信基盤局電波部電波政策課）

(2) モビリティ・ロードマップ 2024 の策定に向けた動き（デジタル庁）*

以下図 5.2 に示すように官民 ITS 構想・ロードマップ（2014～2021）、デジタルを活用した交通社会の未来 2022（2022.8）、デジタル田園都市国家構想（2022～）及びデジタルライフライン全国総合整備実現会議（2023～）などの動きを踏まえ、自動運転関連施策の新たな計画や目標策定が行なわれる予定となっている。自動運転に限定することなく、ドローンやサービスロボットなどモビリティサービスを支える技術全般に対象範囲を拡げる見込みとなっている。

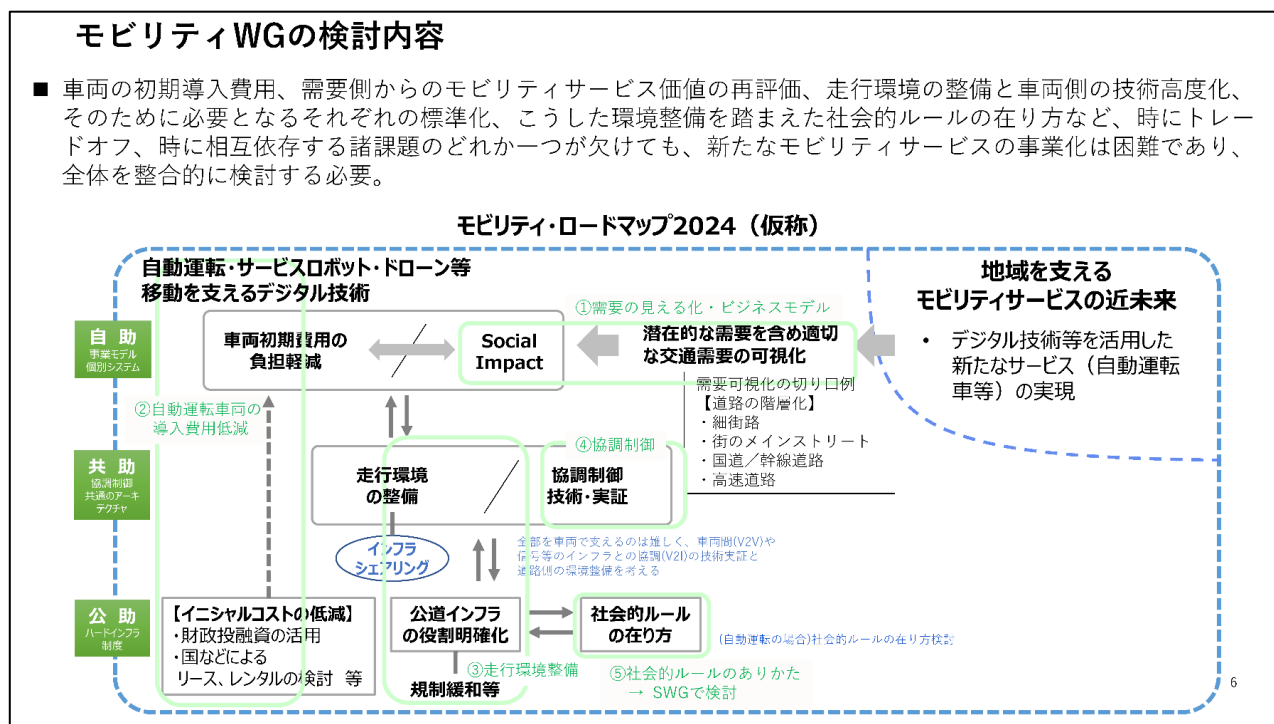


図 5.2 モビリティ・ロードマップ 2024 の策定に向けた動き

モビリティ・ロードマップ 2024 での施策の方向性として、自動運転関連では以下の事項が示される予定となっている。

- ・ 需要の可視化・創出の方向性（案）
 - ・ 短期、デジタル庁

地域の移動に関する顕在・潜在需要を簡易に推定できる方法の検討
 - ・ 長期、内閣府

自動運転サービス等の地域への導入に資する地域のニーズ、社会受容及び合意形成上の課題や得られる効果と計測の考え方を踏まえた計画指針の作成
- ・ 稼働率向上・経路効率化の方向性（案）
 - ・ 短期、経産省・国交省

* 出典)自動運転等新たなデジタル技術を活用したモビリティサービスの社会実装に向けた施策の方向性（案）（2024.2.13、デジタル庁）

夜間運行や、通年運行での事業採算性の確保方策について検証

- ・長期、経産省・国交省等

ヒト・モノの乗換・積替等を行うハブ（地域・道路等に応じたモビリティ・ハブ）となる集約的な拠点の整備

- ・ソーシャルインパクトに対する貢献の評価の方向性（案）

- ・中期、国交省

自動運転がもたらすソーシャルインパクト（クロスセクター効果）に対する貢献（中長期）の評価方法の検討

- ・運行経費負担の柔軟化の方向性（案）

- ・中期、国交省等

地域リソースを最大限活用するための他分野連携や、公共交通維持を後押しする柔軟な公的支援制度の検討

- ・初期費用・運行費用低減の方向性（案）

- ・短期、経産省

自動運転システム開発支援

- ・中期、内閣府・経産省

自動運転システムに必要な主要技術の低コスト化支援

- ・短期、関係府省庁

資金調達の支援方策の検討

- ・中期、関係府省庁

車両のリース・レンタルを促す仕組の検討

- ・学習機会の拡大の方向性（案）

- ・短期、警察庁・経産省・国交省

特定自動運行に必要な各種許認可の審査手続の透明性・公平性の確保

- ・中期、経産省・国交省

仮想空間での自動運転評価シナリオや安全性評価環境の構築支援

- ・路車協調技術の確立の方向性（案）

- ・中期、総務省・国交省

路車協調システム（合流支援・先読情報等）の提供に関する検討・確立

- ・中期、経産省

協調型システム（自動走行車両、路側機など）の開発やデータ連携プラットフォームの検討・確立

- ・中期、総務省

V2X 通信規格の検討・策定

- ・中～長期、総務省

遠隔監視に必要となる V2N 通信環境の検討

- ・長期、内閣府・警察庁

信号情報提供技術の検討・確立

- ・長期、警察庁・総務省・経産省・国交省

デジタル情報配信道に係る検討（ハード・ソフト・ルール等）

- ・その他走行技術の確立の方向性（案）

- ・中期、デジタル庁

複数のモビリティが協調して安全運行するためのデジタルインフラの検討

- ・長期、内閣府

多種多様なモビリティプラットフォーム／関連データの統合・相互利活用基盤の検討（Japan Mobility Data Space）

- ・社会的受容性の向上の方向性（案）

- ・短期、警察庁・経産省・国交省

手続面の透明性・公平性確保と連動した、社会受容性向上のための手引きの策定

- ・短期、警察庁・経産省・国交省

自動運転に資する走行空間の検討

- ・長期、内閣府

地域に根ざしたモビリティサービスをけん引する人材育成に資するノウハウの共有

5.3. 社会受容性の醸成

高速道路での自動運転 L4 トラックの実現には、他の高速道路利用者や関係者等も含めた多くの理解が必要であり、社会受容性の評価および醸成が必要であると考えられる。今年度は次年度に向けて、社会受容性醸成に向けた施策の内、主にメディアを活用した効果的な施策を検討した。

拡散性		実施難易度	懸念点
プレスリリース (個社)	一企業のプレスとして発表するだけでは、多くの人の目に留まる可能性は低い	文章作成及び経産省、テーマ3内部での調整のみ	プレスを行うためには何かしらのトリガー（ニュース）が必要
Rtt14 HP掲載	当PJに興味のある人以外が目にする可能性は低い	文章作成及び経産省、テーマ3内部での調整のみ	一般の人の目に留まる可能性が著しく低い
記者説明会	記者によっては話題性のある記事を書いてもらえる可能性あり	広報部等を通じて記者に声をかけてもらう必要がある	記者説明会を実施した結果、記事に出来る内容ではないと判断される可能性あり
(中小) 物流事業者 説明会	24年問題と相まって、様々なメディアで取り上げてもらえる可能性あり	全国の物流事業者をはじめ、関係者への声掛けが必要 声掛けした結果興味を示さない可能性あり	説明会参加者向けの話に偏ってしまう可能性あり

図 5.3 メディアを活用した施策検討の概要

拡散性の観点から中小物流事業者を主な対象に、幹線自動運転の実現には事業性の検討が重要である点や、自動運転を既存のオペレーションに組み込むことで工程の変革が必要となる点などを訴求する内容が効果的だという結論に至った。

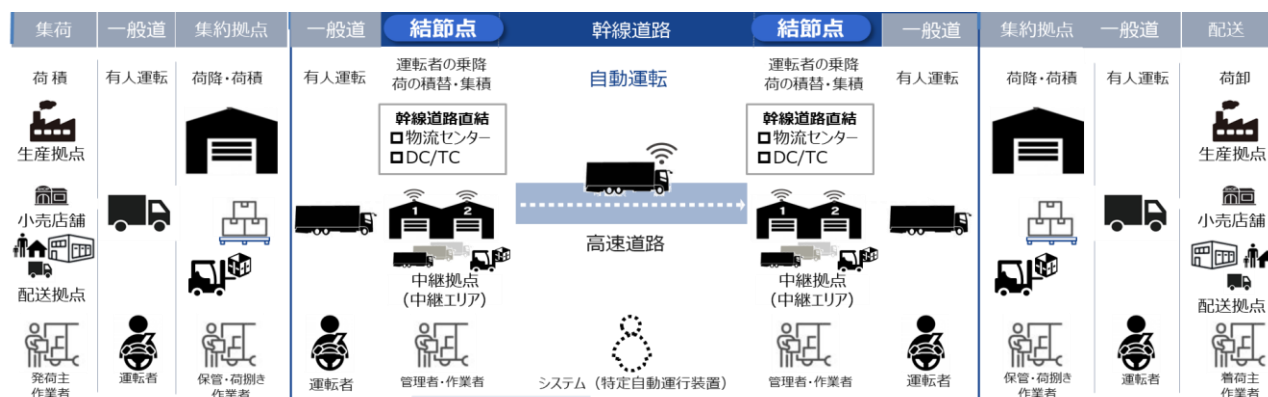


図 5.4 幹線輸送に自動運転 L4 トラックを用いた場合の物流工程

次年度はマルチブランド協調走行実証や自動運転車用レーンの運用が開始することから、自動運転 L4 トラックに対する注目度や期待感が高まることが想定されるため、今年度の検討結果を踏まえ、効果的な社会受容性醸成の施策を打ち出していく。

6. まとめ

世界的な脱炭素の潮流があり自動運転等の先進モビリティサービスの早期の社会実装を通じて環境負荷を低減することが望まれる中で、物流分野においてはトラックドライバー不足の問題が既に顕在化してきており、コロナ後の新常態下にて、e コマースの拡大等に伴う物流需要の増大が見込まれていることから、喫緊の課題とされる物流の担い手不足への貢献に向けて、自動走行技術を用いた幹線輸送事業への関心が高い。

本事業は、2022 年度に続き、2026 年以降の自動運転 L4 トラックの社会実装に向けて、物流事業者のニーズを踏まえた事業モデル検討と導入期の走行モデルの検討、走行環境・運行条件の検討、ODD 評価標準車両の開発、インフラ・制度整備に資する要件検討を相互連携し取り組んだ。

自動運転 L4 トラックの事業性を基軸に分類した 5 つに走行モデルをベースに、まずは比較の実装が導きやすい特積み（定期便）輸送事業者により、同トラックを運用した場合の課題を公道での実証走行により明らかにした。これにより事業者横断的に担うべき事業運用の主な協調要件（運行監視、緊急時対応）を特定すると共に、共同運行事業会社への期待を確認した。

車両技術のみでは回避しにくいリスクシーンに対し有効と成るインフラ等の外部支援や制度整備の 4 つの施策に関し、関係省庁・機関・団体と社会実装につながる現実策を構築した。また、デジタル全総アーリーハーベストプロジェクトとの連携を図った。

事業環境及び走行環境に係る総合的な課題として、以下認識が得られた。

- ・自動運転 L4 トラックの使い方の更なる具体化等

社会実装における導入 STEP に基づき、特積み（定期便）事業に的を絞りつつ、自社内のオペレーションの変更や自動化した場合に新たに具備すべき機能（システムや機材等）の導入も含めた物流事業者による自動運転 L4 トラックの使い方のさらなる具体化と、コスト算定も含む導入による効果（人件費削減や運送効率向上等）、共同運行事業の検討が必要である。

- ・地域（路線）、事業規模・拠点視点での自動運転 L4 トラックの有用性論議の拡大等

幹線輸送をベースとした一般貨物輸送（チャーター便）事業も含め、地域（路線）、事業規模・拠点視点での自動運転 L4 トラックの有用性論議の拡大とその結果に基づく物流施設（含む、SA/PA を含む中継エリア）の在り方の検討が必要である。

- ・具体的な施策検証のための実証と総合的な安全性評価の体制・体系作り
（検討された外部支援・制度整備に関して）

- ・実証検証済みの現実的な支援策の社会実装に向けた議論の本格化と方針の合意
（議論をする対象は関係省庁・機関・団体）

- ・運行管理システムの具現化を指示する「ガイドライン」の作成・整備
(物流事業者及びシステムインテグレーター等ステークホルダーとの連携の下)
- ・取組の積極的な対外発信により、社会全体での認知度向上や理解醸成の促進
(高速道路における他の交通利用者のみに限定しない)

以下図 6.1 に示すように 2025 年度までの本事業での検証と、2026 年度以降の社会実装について、過年度までに作成したロードマップ案を更新した。2026 年度以降を黎明期、2030 年度以降を普及期、2035 年度以降を成熟期として社会実装のステップを設定し、各段階で必要とされる車両機能及び外部支援、想定される事業モデルをまとめ、関係機関等との連携にあたり時間軸のすり合わせを行うことが必要である。

区 分		実証実験 (2024年度～2025年度)	黎明期 (2026年度以降)	普及期 (2030年度以降)	成熟期 (2035年度以降)	備考
車 両	自動運転レベル ※実証実験は黎明期に実現を目指す。 レベル4自動運転(ODD外・突発的障害物、MRMからMRCC以後の緊急時は 有人で対応)を前提	2024年度実証： L2～L3によるレベル4相当の確認 2025年度実証： L2～L3によるレベル4走行の実現	L2～L3によるレベル4走行 の実現 ⇒L4	レベル4 (サイバーセキュリティ対応、EDR装着、冗長性確保、 機能安全要件(SOTIF)、ノーマルブレーキ対応 等)		各種法令への対応（道 路交通法、道路運送車 両法、貨物自動車運送 事業法）
	運転者の有無	有り	有り ⇒無し (車内に特定自動運行主任者同 乗)	無し（車内に特定自動運行主任者なし※） ※ただし、事業者の判断によっては乗車もあり得る		運転者ではない特定自 動運行主任者の特種時 間扱いに関する取扱 等 (警察庁・厚労省)
	自動運転 開始・終了	本線上にてON/OFF (又は実証区間内にあるSA/PAに て発着)	本線上にてON/OFF (又はSA/PAにて発着)	高速道路直結の中継エリア/物流施設 (既存のSA/PAの整備拡充)		本線上での自動運転 ON/OFFにおけるODDと の関係性 等 (国土省自動車局)
	通信 機能	先読み情報の受 発信 (V2I) 車両の状態監視 (各OEM サーバ)	ITS-Connect 760MHz 又はETC2.0 (DSRC5.8GHz) 、セラー通信網（各OEMによるテレマティクス等の活用）		左記 and/or 5.9GHz (C-V2X)	周波数帯割り当てに関す る議論 等（総務省）
事 業 性	走行区間	実証区間のみ (駿河湾沼津SA～浜松SA区間)	関東～関西間の全区間 または特定区間	関東～関西全区間	関東～関西全区間＋以西 (延伸区間は物流ニーズ等による)	
	走行台数	各OEM1～2台の試験車両 (＋事業者所有のL2車輛)	大手物流事業者中心に 10～50台	上り車線下り車線 各300台以内	上り車線下り車線 各300台超	区間の延伸については NEXCO東西との連携要 求 各項目の方向性について はテーマ3内のWGにおい ても議論する予定。
	走行時間帯	昼夜・全季節での実証 (天候は不確定要素であるため要検討)	夜間走行中心・全季節 (天候への対応は徐々に拡大)		昼夜・全季節・全天候 (降積雪区間は要検討)	天候について、「高速道 路が閉鎖される天候」の 場合は、走行を行わない
	事業体制	国プロジェクト主体 (各OEM＋運送事業者参加)	物流事業者	共同運行母体 (車両の保有、中継エリア運用、運行管理 等)		

区 分			実証実験 (2024年度～2025年度)	黎明期 (2026年度以降)	普及期 (2030年度以降)	成熟期 (2035年度以降)	備考		
外部支援	中継エリア／物流施設の有無		無（実証区間のSA/PA・ICにて発着の実証）	無（SA/PA・ICの発着エリア）	有 (中継エリア)	有 (中継エリア/物流施設)	ディベロッパーにおける建設計画等を反映させる必要あり。		
	合流支援		実証区間のSA/PA・ICにおける自車・他車合流支援	合流支援策 (自車・他車) の導入 (渋滞時除く)	他車・自車の合流支援策の導入 (渋滞時含む)		黎明期以降の具体的な支援策の内容については実証実験を踏まえたものを想定。 自工会移動通信分科会での議論も必要		
	先読み 情報	項目	車両プローブ、 道路管理者からの情報と連携	実証実験結果を踏まえ 同一仕様の区間拡大設置	安全走行の確保及び事業性の確保に係る事項 (例：事故・障害物・道路異常情報、天候情報、渋滞情報、 車線規制情報 等)		NEXCO中日本の「高速道路の自動運転時代に向けた路車協調実証実験」等との連携 等		
		システム	具体的なシステム構成は、コストや拡張性を踏まえ道路会社・システム関係会社と協議・連携（SIP 2 期の成果活用）						
	緊急時の対応		—	運転者/特定自動運行主任者にて対応(手動運転に切り替え)	「駆けつけ」による手動運転への切り替え、または自動運転の再開。レッカー対応。				
運行管理	運行管理システムの構築		運行管理システムの検証 (物流MaaS事業との連携)	自動運転開始/解除システム および受注/予約システムの 試行的実施	自動運転開始/解除システム および 受注/予約システムの本格運用		体制は要検討		
	運行管理システムの運用体制		運行管理センターの 体制・役割検討 (通常時および緊急時)	運行管理センターの 試行的運用および課題対応	運行管理センターの本格運用 (例：「駆けつけ」による手動運転への切り替え、または自動運転の再開、 レッカー対応体制の構築・運用等)				
	運行 監視	通常時	実験通信機を活用した監視	OEMの車載器等を活用した監視機能の導入					
		緊急時	操作機能の検証	—	車載器等を活用した操作機能の導入				

図 6.1 自動運転 L4 トラックの社会実装のステップ

7. 委員会運営

以下に本年度の各会議体の実施状況を整理した。

7.1. テーマ3分科会

開催日	開催回	内容
2023 年 10 月 31 日	第 1 回	・ 事業モデル検討の進捗状況 ・ 走行環境・運行条件検討の進捗状況 ・ 車両/システム開発検討進捗状況 ・ 有識者委員からのご意見 ・ 質疑応答
2024 年 3 月 25 日	第 2 回	・ 今年度事業成果報告 ・ 有識者委員からのご意見

7.2. 個別検討 WG

7.2.1. 幹事会

開催日	開催回	内容
2023 年 7 月 20 日	第 1 回	・ 第 1 回分科会での報告要旨共有
2023 年 9 月 6 日	第 2 回	・ プレスリリースについて ・ 第 1 回分科会資料構成について
2023 年 9 月 28 日	第 3 回	・ プレスリリースについて ・ 第 1 回分科会資料作成進捗報告
2023 年 10 月 10 日	第 4 回	・ プレスリリースについて ・ 第 1 回分科会資料作成進捗報告
2023 年 11 月 10 日	第 5 回	・ 受容性醸成に向けた活動について ・ 自動運転支援道 WG 状況報告 ・ 来年度体制について

7.2.2. 走行環境・運行条件検討 WG

開催日	開催回	内容
2023 年 4 月 11 日	第 1 回	・ 今年度体制について ・ 今年度実施事項について ・ 合流支援検討
2023 年 4 月 25 日	第 2 回	・ 今年度契約書、今年度支出計画書及び今年度知財合意書について ・ 今年度事業モデル検討 WG 実施計画について ・ 外向き HMI 検討 ・ NEXCO 中日本、国総研及び道路局との打ち合わせについて
2023 年 5 月 23 日	第 3 回	・ 知財合意書について

		・第1回物流事業者個別協議結果共有 ・運行監視システムについて
2023年6月19日	第4回	・警察庁との個別協議に向けた論点整理 ・NEXCO 中日本先読み情報実証実験内容検討
2023年7月6日	第5回	・警察庁との個別協議に向けた論点整理 ・物流事業者実証実験に向けた方針について ・プレスリリース企画案について ・三菱電機・NEXCO 中日本会議結果共有
2023年9月5日	第6回	・運行監視システム検討状況報告 ・自動運転支援道 WG での議論に組み込む内容について
2023年10月3日	第7回	・物流事業者実証実験について ・中継エリア発着管制システム検討の前提について ・運行監視システム検討状況報告
2023年11月7日	第8回	・来年度マルチブランド実証実験案（OEM4 社）について ・今年度第1回分科での指摘事項共有 ・安全性評価対策に関する SAKURA プロジェクトシミュレーションについて
2023年12月5日	第9回	・ODD 検討状況（OEM4 社）共有 ・自動運転支援道 WG への提案内容について ・来年度実施計画書構成案について
2024年2月6日	第10回	・物流事業者実証実験結果共有

7.2.3. 走行環境・運行条件検討 SWG

開催日	開催回	内容
2023年4月7日	第1回	・交通総研コンソ定例会第1回の要約共有 ・三菱電機への今年度対応希望事項について
2023年4月14日	第2回	・交通総研コンソ定例会第2回の要約共有 ・SIP 車載器貸出の進め方について ・今年度実施項目詳細検討と今年度実施項目線表作成について
2023年4月21日	第3回	・交通総研コンソ定例会第3回の要約共有 ・車内有人の際の走行シナリオ検討 ・今年度実施項目詳細検討と今年度実施項目線表作成について
2023年4月28日	第4回	・交通総研コンソ定例会第4回の要約共有 ・運行監視システム検討
2023年5月12日	第5回	・交通総研コンソ定例会第5回の要約共有 ・今年度実証実験実施計画検討

2023 年 5 月 19 日	第 6 回	・ NEXCO 中日本・国総研課題提起会内容共有 ・ 今年度実施可能な路車間通信確認実験検討
2023 年 5 月 26 日	第 7 回	・ 外向き HMI 検討 ・ 今年度実施可能な路車間通信確認実験検討 ・ 標準評価車両を用いた個別実車評価実験キックオフ
2023 年 6 月 2 日	第 8 回	・ 交通総研コンソ定例会第 6 回の要約共有 ・ 外向き HMI に関する DS 実験案検討結果レビュー ・ 運行監視における異常時必要データ検討結果レビュー ・ 今年度実路データ収集走行計画について
2023 年 6 月 9 日	第 9 回	・ 交通総研コンソ定例会第 7 回の要約共有 ・ NEXCO 中日本・国総研定例会第 1 回の内容共有 ・ 今年度 DS 実験案検討結果レビュー ・ 標準評価車両を用いた個別実車評価実験について
2023 年 6 月 16 日	第 10 回	・ 今年度 DS 実験キックオフ ・ 交通総研コンソ定例会第 8 回の要約共有 ・ 標準評価車両を用いた個別実車評価実験評価事項レビュー
2023 年 6 月 23 日	第 11 回	・ 交通総研コンソ定例会第 9 回の要約共有 ・ 高速道路情報活用について ・ NEXCO 中日本・国総研定例会第 2 回の内容共有 ・ 運行監視で必要となる情報の整理
2023 年 6 月 30 日	第 12 回	・ NEXCO 中日本実証実験新規ユースケース（風除け走行）検討会議の要約共有 ・ NEXCO 中日本・国総研定例会第 3 回の内容共有 ・ 高速道路情報活用について ・ 今年度中継エリア発着管制検討内容について
2023 年 7 月 7 日	第 13 回	・ 交通総研コンソ定例会第 10 回の要約共有 ・ 外向き HMI に関する小糸製作所との個別打ち合わせ結果共有 ・ 高速道路情報活用アクションプランの具体化検討 ・ マルチブランド協調走行実証実験向け評価車両の開発について
2023 年 7 月 14 日	第 14 回	・ 交通総研コンソ定例会第 11 回の要約共有 ・ NEXCO 中日本実証実験における大型車を使用する意義共有 ・ トラック走行自動化に関する走行シナリオ案すり合わせ ・ 警察庁との個別協議に向けた論点整理

		・外向き HMI 仕様検討内容レビュー
2023 年 7 月 21 日	第 15 回	・交通総研コンソ定例会第 12 回の要約共有 ・NEXCO 中日本・国総研定例会第 3 回アクションアイテム確認 ・ITS コネクトと ITS スポットの差異に関する認識共有
2023 年 7 月 28 日	第 16 回	・小糸製作所による LiDAR・インフラ協調システム紹介 ・小糸製作所による緊急時外向き HMI 仕様検討 ・交通総研コンソ定例会第 13 回の要約共有 ・今年度マイクロシミュレーション実施概要共有 ・リスク回避策 4 テーマ現状資料レビュー
2023 年 8 月 4 日	第 17 回	・交通総研コンソ定例会第 14 回の要約共有 ・国交省との打ち合わせに向けた確認 ・交通総研コンソによる実証実験シナリオ検討
2023 年 8 月 25 日	第 18 回	・マルチブランド実証実験に向けた高精度地図検討 ・交通総研コンソ定例会第 16 回の要約共有 ・ETC2.0 情報先読み情報への活用検討 ・先読み情報受信後車両挙動実車評価計画レビュー
2023 年 9 月 1 日	第 19 回	・交通総研コンソ定例会第 17 回の要約共有 ・自動運転 L4 トラック合流時の標準自律制御検討 ・中継エリア検討に関する日立 Astemo 向け資料確認 ・警察庁第 1 回検討会資料精査 ・今年度後半に向けてのアクションアイテム確認
2023 年 9 月 5 日	第 20 回	・今年度後半に向けてのアクションアイテム確認 ・路車間通信における通信メッセージ検討
2023 年 9 月 15 日	第 21 回	・路車間通信における情報精度・遅延時間検討 ・自動操舵実車評価実験レビュー ・今年度作業分の予定変更箇所確認
2023 年 9 月 22 日	第 22 回	・交通総研コンソ定例会第 18 回の要約共有 ・先読み情報遅延に関する考察整理 ・ETC2.0 実車走行調査結果報告 ・マルチブランド実証実験でのサービスエリア・パーキングエリア活用検討
2023 年 10 月 10 日	第 23 回	・交通総研コンソ定例会第 19 回の要約共有 ・先読み情報遅延に関する考察整理 ・自動操舵実車評価実験結果報告
2023 年 10 月 16 日	第 24 回	・ITS コネクト長所・短所共有 ・交通総研コンソ定例会第 20 回の要約共有

		・ NEXCO 中日本実証実験シナリオ検討 ・ 来年度実証実験に向けた路車間通信課題共有
2023 年 10 月 24 日	第 25 回	・ 交通総研コンソ定例会第 21 回の要約共有 ・ 運行設計領域確定に向けた議論 ・ 路車間通信仕様提案書確認
2023 年 11 月 14 日	第 26 回	・ 交通総研コンソ定例会第 22 回の要約共有 ・ SIP DAY2 システム実験結果共有 ・ 外向き HMI 評価実験レビュー ・ 夏季・秋季実路データ収集走行結果報告及び冬季走行計画案検討
2023 年 11 月 21 日	第 27 回	・ 交通総研コンソ定例会第 24 回の確認事項議論 ・ 運行監視システム検討状況共有 ・ 来年度体制案について ・ ミクロシミュレーション進捗状況共有
2023 年 12 月 8 日	第 28 回	・ 交通総研コンソ定例会第 27 回の確認事項議論 ・ 実証実験で使用する実験機材仕様共有 ・ マルチブランド実証実験費用負担について ・ DIVP®プロジェクトとの連携方法共有 ・ 運行監視システム標準化トラックデータ項目検討
2023 年 12 月 15 日	第 29 回	・ 交通総研コンソ定例会第 27 回の確認事項議論 ・ 事務局からの依頼事項である来年度実施計画書作成・マルチブランド実証実験見積もりについて ・ 基準緩和領域に関する関係者との保安基準の議論に向けた論点整理 ・ 道路局との打ち合わせに向けたすり合わせ
2023 年 12 月 26 日	第 30 回	・ 交通総研コンソ定例会第 28 回の確認事項議論 ・ 中継エリア発着管制システム要件検討結果 ・ 道路局との打ち合わせに向けたすり合わせ ・ DMP 提供高精度地図の使用契約について ・ 緊急退避挙動実証実験予定日の共有
2024 年 1 月 12 日	第 31 回	・ 外向き HMI に関するパトライトからの提案の共有 ・ SAKURA プロジェクトとの連携について ・ 発着エリアに関する NEXCO 中日本への回答について ・ 物流事業者向け緊急退避挙動確認会について ・ 外向き HMIAD ランプに関するヒューマンファクター分科会検討結果共有
2024 年 1 月 19 日	第 32 回	・ 外向き HMIAD ランプに関する考察整理 ・ 東北道での実証実験実施可否に関する NEXCO 中日本との協議について

		・MRM 実証実験の最終調整 ・実路データ収集への intdash システム適用時期の調整 ・第 2 回分科会開催予定日調整 ・来年度契約についての周知 ・DS 活用方法共有
2024 年 1 月 25 日	第 33 回	・今年度報告書の各章担当分担及び記載事項確認 ・合流支援実証実験に向けた確認 ・安全性評価について
2024 年 2 月 2 日	第 34 回	・物流事業者向け MRM 確認会最終調整 ・合流支援実証実験における DSRC 通信セキュリティに関する議論 ・交通総研コンソ定例会第 31 回の要約共有 ・来年度マルチブランド実証実験計画について ・モビリティ DX 促進のための無人自動運転開発・実証支援事業（データ取得事業）における DIVP®プロジェクトとの議論に向けた相談 ・実路データ収集への intdash システム適用確認会日程調整
2024 年 2 月 9 日	第 35 回	・自動運転支援道 WG への要望事項整理 ・DIVP®プロジェクトとの相談内容検討
2024 年 2 月 16 日	第 36 回	・DS 実験結果共有 ・交通総研コンソによる実証実験に向けたテストコース実験について ・今年度事業性評価に向けた実証実験結果分類表に基づく議論 ・運行監視公道走行確認会に向けた概要共有
2024 年 3 月 8 日	第 37 回	・DMP からの質問と DMP への回答 ・マルチブランド実証実験日程共有 ・AD ランプ発注個数確認 ・経産省からの依頼事項の共有 ・NEXCO 中日本との共同実証実験への参加の仕方について
2024 年 3 月 15 日	第 38 回	・来年度実施項目の確認 ・交通研コンソ事前参加可否の確認 ・来年度中継エリア関係者実験内容共有 ・デジタル地図作成要件 DMP への提示 ・NEXCO 中日本への SA/PA 使用に関する要望の提示 ・中継エリア関係者実験日程確認

2024 年 3 月 22 日	第 39 回	・ 第 2 回テーマ 3 分科会資料の最終確認 ・ 来年度未供用区間緊急退避実験に関して NEXCO 中日本との協議状況共有 ・ 新東名自動運転支援道についての情報共有 ・ 交通研コンソ事前実験の車両制御確認の実験時期の確認
-----------------	--------	---

マルチブランド実証内容集中協議会

開催日	開催回	内容
2024 年 2 月 7 日	第 1 回	・ リスク回避策評価試験（中継エリア、合流支援、先読み情報、MRM・非常時対応）方法、目的、要点の共有と質疑応答
2024 年 2 月 20 日	第 2 回	・ リスク回避策評価試験（外向き HMI）の方法、目的、要点の共有と質疑応答 ・ リスク回避策評価試験（中継エリア、合流支援、MRM・非常時対応）評価指標共有と質疑応答
2024 年 3 月 26 日	第 3 回	・ リスク回避策評価試験（先読み情報）評価指標共有と質疑応答 ・ 運行監視評価試験評価指標共有と質疑応答

7.2.4. 交通総研コンソーシアム定例会

開催日	開催回	内容
2023 年 4 月 5 日	第 1 回	・ 実証実験確認書記載に関する決定 ・ 過去の ITS コネクト実証実験内容共有 ・ ユースケース 1・2 要件定義検討 ・ NEXCO 中日本が必要とする情報のヒアリング結果共有
2023 年 4 月 12 日	第 2 回	・ ユースケース 1・2 下り側で必要な情報検討
2023 年 4 月 19 日	第 3 回	・ ユースケース 1・2 下り側で必要な情報検討
2023 年 4 月 26 日	第 4 回	・ ユースケース 1・2 実証実験方法検討
2023 年 5 月 10 日	第 5 回	・ ユースケース 1・2 実証実験方法検討 ・ 実証実験場所（未共用部 A 区間）寸法共有
2023 年 5 月 31 日	第 6 回	・ ユースケース 1・2 実証実験内容共有・日程調整
2023 年 6 月 7 日	第 7 回	・ ユースケース 1・2 実証実験に関する露側要件定義予定・住電提案概略・課題共有
2023 年 6 月 14 日	第 8 回	・ 全体スケジュール共有 ・ ITS 通信分解能力に関する分析結果・課題共有 ・ ユースケース 1・2 の実証実験方法検討
2023 年 6 月 21 日	第 9 回	・ ITS 通信の分解能力に関する課題検討

2023 年 7 月 5 日	第 10 回	・路車協調実証実験の目的共有 ・運営体制について
2023 年 7 月 12 日	第 11 回	・実証実験区間横断構成共有
2023 年 7 月 19 日	第 12 回	・大型車自動運転に関する利点共有 ・実証実験デモシナリオの検討状況共有
2023 年 7 月 26 日	第 13 回	・実証実験シナリオ検討
2023 年 8 月 2 日	第 14 回	・住電による実証実験シナリオ前提条件共有 ・社会実装時期検討 ・PR 館設置位置共有と PR 館内公報方法検討
2023 年 8 月 9 日	第 15 回	・実証実験シナリオ前提条件共有 ・契約書変更に関する日程感共有 ・ロードマップアウトプットイメージ確認
2023 年 8 月 23 日	第 16 回	・実証実験デモに関する要望共有 ・運営体制共有 ・実証実験シナリオ検討
2023 年 8 月 30 日	第 17 回	・実証実験シナリオ検討
2023 年 9 月 20 日	第 18 回	・現地視察予定共有 ・契約書変更内容共有 ・高精度地図説明会予定共有 ・新規ユースケース（風除け走行）予備実験結果・実証実験内容共有 ・実証実験シナリオ検討内容共有
2023 年 9 月 27 日	第 19 回	・実証実験シナリオ検討予定共有 ・契約書変更内容承認状況・変更後契約締結予定共有 ・新規ユースケース（風除け走行）予備実験・実証実験終了予定時期共有
2023 年 10 月 11 日	第 20 回	・実証実験シナリオ検討 ・ユースケース 1 予備実験確認書内容共有 ・契約書変更内容承認状況共有 ・視察現場現状共有
2023 年 10 月 18 日	第 21 回	・実証実験シナリオ検討 ・変更後契約書の締結日共有 ・ユースケース 1 予備実験確認書作成状況共有
2023 年 11 月 1 日	第 22 回	・実証実験シナリオ検討 ・ユースケース 1 予備実験確認書内容確認
2023 年 11 月 8 日	第 23 回	・実証実験シナリオ検討
2023 年 11 月 15 日	第 24 回	・実証実験シナリオ検討
2023 年 11 月 22 日	第 25 回	・路車間通信における通信メッセージ内容検討 ・NEXCO 中日本による実証実験現地視察結果報告

		・ユースケース 1 予備実験確認書作成状況共有
2023 年 11 月 29 日	第 26 回	・路車間通信下りメッセージ内容検討 ・実証実験デモ内容共有
2023 年 12 月 6 日	第 27 回	・路車間通信下りメッセージ内容検討 ・PR 館での広報内容について
2023 年 12 月 13 日	第 28 回	・路車間通信下りメッセージ内容検討
2023 年 12 月 27 日	第 29 回	・ITS 通信エリアに関する実験要件共有 ・路車間通信上りメッセージ内容検討 ・路車間通信下りメッセージ内容検討
2024 年 1 月 17 日	第 30 回	・路車間通信上りメッセージ内容検討
2024 年 1 月 24 日	第 31 回	・実証実験区間走行方法共有
2024 年 1 月 31 日	第 32 回	・路車間通信上りメッセージ内容検討
2024 年 2 月 14 日	第 33 回	・事前動作試験内容・日程共有 ・実証実験区間開始地点変更に関する調査状況確認 ・実証実験検証項目共有
2024 年 2 月 21 日	第 34 回	・事前動作試験項目検討 ・実証実験検証項目検討
2024 年 3 月 6 日	第 35 回	・事前動作試験項目検討 ・実証実験検証項目検討 ・実証実験参加者向け調査票内容検討
2024 年 3 月 13 日	第 36 回	・実証実験各項目担当先の確認

8. 経済産業省担当課との連携・報告等

開催日	開催回	内容
2023 年 4 月 27 日	第 1 回	月次報告
2023 年 5 月 30 日	第 2 回	月次報告
2023 年 6 月 16 日	第 3 回	月次報告
2023 年 7 月 25 日	第 4 回	月次報告
2023 年 8 月 29 日	第 5 回	月次報告
2023 年 9 月 28 日	第 6 回	月次報告
2023 年 10 月 24 日	第 7 回	月次報告
2023 年 11 月 28 日	第 8 回	月次報告
2023 年 12 月 27 日	第 9 回	月次報告
2024 年 1 月 26 日	第 10 回	月次報告
2024 年 2 月 28 日	第 11 回	月次報告
2024 年 3 月 15 日	第 12 回	月次報告

- 無断転載禁止 -

経 済 産 業 省 委 託

令和 5 年度「無人自動運転等の CASE 対応に向けた実証・支援事業（自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト（テーマ 3）」
テーマ 3：高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けた取組
報告書

令和 6 年 3 月

発 行 豊田通商株式会社
 先進モビリティ株式会社
 日本工営株式会社
 みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

二次利用未承諾リスト

令和5年度「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業（自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト（テーマ3：高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けた取組）」）調査報告書

令和5年度「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業（自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト（テーマ3：高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けた取組）」

豊田通商株式会社

[illegible]

(様式 2)
