

令和 3 年度

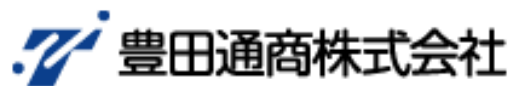
「無人自動運転等の先進 MaaS 実装加速化推進事業
(自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス研究開発・
社会実証プロジェクト (テーマ 3))」

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 4 年 3 月



テーマ 3 令和 3 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. 事業概要・目的	8
1.2. 事業実施体制	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	11
2.1. レベル4を前提とした事業モデル検討	11
2.1.1. レベル4導入に向けた事業環境の分析	11
2.1.1.1. 物流事業者へのヒアリング項目とヒアリング先	11
2.1.1.2. ヒアリング結果	12
2.1.2. 物流システムの中での現実的な事業モデルの検討	14
2.1.2.1. 事業・走行モデルのパターン化	15
2.1.3. 今後の課題	21
2.2. 事業性分析	21
2.2.1. インフラ支援等を見据えた事業性分析	21
2.2.2. トラック以外への展開の可能性分析	23
2.2.3. 今後の課題	24
3. 走行環境・運行条件の整理、評価	25
3.1. 大型車の特性を踏まえた想定 ODD の検討	25
3.1.1. シナリオ、ODD、ユースケースの洗い出し	25
3.1.1.1. 検討の前提条件の整理	25
3.1.1.2. 走行シナリオ	28
3.1.1.3. ODD、DDT、OT	29
3.1.1.4. ユースケースの洗い出し	33
3.1.1.5. 今後の課題	35
3.1.2. リスクの洗い出しとリスク回避策の検討	36
3.1.2.1. インフラに係るリスク回避策の検討	45
3.1.2.2. リスク回避策の検討結果に基づく標準評価車両仕様の提案	46
3.1.2.3. 今後の課題	47
3.1.3. リスク回避ミニマム動作手順の検討	47
3.1.3.1. 中継エリア	48
3.1.3.2. 先読み情報支援	52
3.1.3.3. 合流支援	67
3.1.3.4. 自車異常と緊急退避とその後の対応	77
3.2. ドライビングシミュレーションによる受容性及びリスク評価	86
3.2.1. 概要	86
3.2.2. 評価方法	86
3.2.2.1. ドライビングシミュレータ	86
3.2.2.2. 実験環境	88

3.2.3. 自動運転 L4 トラックの外向け HMI (eHMI) と VMS の提案	89
3.2.3.1. HMI の要件の検討	89
3.2.3.2. eHMI と VMS のデザイン案	90
3.2.4. 自動運転 L4 トラックに関する HMI が周辺ドライバに与える影響	94
3.2.4.1. 実験シナリオの概要	94
3.2.4.2. 実験条件のまとめと評価項目	97
3.2.4.3. 実験参加者及び実験プロトコール	98
3.2.4.4. 実験結果および考察	100
3.2.5. 本節のまとめ	103
3.3. 車内保安要員の役割・能力の検討	104
3.3.1. 通常のトラックドライバのタスク・能力	104
3.3.2. 車内保安要員の役割・能力	106
3.4. L4 トラック運行管理システムコンセプト	107
3.4.1. 受注予約・運行計画システム	108
3.4.2. 自動運転開始・解除システム	108
3.4.3. 運行監視システム	108
3.4.3.1. 車両状態の監視	109
3.4.3.2. 走行環境の監視	110
3.4.3.3. 先読み情報の取得	111
3.4.4. 今後の課題	113
3.4.4.1. 受注予約・運行計画システム / 自動運転開始・解除システム	113
3.4.4.2. 運行監視システム	113
4. 車両・システムの開発	114
4.1. 標準評価車両 (L4 評価車両) の開発	114
4.1.1. ベース車両	114
4.1.2. システム構成	115
4.1.3. 検出対象と L4 評価車両搭載センサ	116
4.1.3.1. 車両システム動作	116
4.1.3.2. 検知距離諸元	117
4.1.3.3. センサ仕様	120
4.1.4. システム構成設計に基づいた実装	130
4.1.4.1. 実装位置概要	130
4.1.4.2. センサ実装状態	130
4.1.4.3. センサ検出範囲確認試験	134
4.1.4.4. 運行記録装置	160
4.1.4.5. 車両ソフトウェア	161
4.2. 今後の課題	171
5. 関連調査	172

5.1. 海外動向調査	172
5.1.1. 社会実装（L4トラックの目的、実装計画）	172
5.1.2. 運送規則・ルール等	173
5.1.3. 実証実験・車両技術	174
5.1.4. 周辺技術（インフラ整備、データ連携等）	176
5.2. 国内法令整理	178
5.2.1. 自動運転に関連する主要な法律の現状	178
5.2.2. レベル4実現に向けた制度整備の方向性	180
5.2.3. 貨物自動車運送事業法上の課題	181
5.2.4. 労働基準法上の課題	183
6. まとめ	184
7. 委員会運営	185
7.1. 分科会	185
7.2. 事業モデル検討WG	185
7.3. 走行環境・運行条件検討WG	186
7.3.1. 走行環境・運行条件検討SWG	187
7.4. 車両・システム開発WG	187

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について以下に記す。

本書で使用する用語	本書での定義
自動運転 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。 略称は「L4 トラック」。
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。切り替えエリア、切替えエリア、切替エリアともいう。
自動運転走行車線	自動運転 L4 トラックが走行する車線またはレーン。
ユースケース	自動運転 L4 トラック自体のふるまいと、自動運転 L4 トラックが運行する際に遭遇することが想定される事象。
通常走行	中継エリアから自動運転による走行を開始し、高速道路本線に合流、自動運転走行車線を走行している状態で、自車異常や自車外異常を伴わない走行。
自車異常	自動運転 L4 トラック自体の故障。車両本体の故障および自動運転システム（センサやコンピュータ、通信機能等）の故障が含まれる。
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以外の事象。悪天候、渋滞、事故、落下物等が含まれる。
リスク	各ユースケースにおいて発生する可能性がある自動運転 L4 トラックの運行に影響を与える可能性がある危険事象。
リスク回避策	リスクを回避するための方策。
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。
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、落下物情報等が含まれる。

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、支援するための仕組み、あるいは機能。
車外 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、灯火等。
AD システム	自動運転システム。
車内保安要員	自動運転 L4 トラックにおいて、自動運転車の機能限界、車両外からの支援等の未整備、想定外のユースケース出現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。
レスキューコール	自車異常、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場合に、自動運転 L4 トラックがレスキュー（救援）の要求を通信で発報すること。または車両状態、走行状態に関わる情報を通信で発報すること。
Out-Car	自動運転システムのうち通信等により接続される車両外のシステム。
In-Car	自動運転システムのうち通信等により接続される車両内のシステム。

本書に記載されている略語について以下に記す。

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。
eHMI	External Human Machine Interface	外向け HMI。
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、道路情報表示装置などと呼ばれる。
DS	Driving Simulator	ドライビングシミュレータ。
SIM	Simulation	シミュレーション。
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。
OT	Other Task	その他タスク。
FSRA	Full Speed Range ACC	全車速域・車間距離制御装置。
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。
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping	自己位置推定と環境地図作成を同時に行うこと。
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	システムが DDT 継続困難と判断した場合、速やかに制動をかけ、走行を停止すること。
ETC	Electronic Toll Collection	電子料金収受システム。
V2X	Vehicle to Everything	車両対他装置、インフラ等との通信。
V2I	Vehicle to Infrastructure	路側インフラとの通信。
VOMS	Vehicle Operation Monitoring System	運行監視システム。
NA	Not Applicable	該当なし。
TBC	to be confirmed	要確認、確認中。
TBD	to be decided	要決定。

1. 事業概要

1.1. 事業概要・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。

本事業は、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レベル4自動運転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。

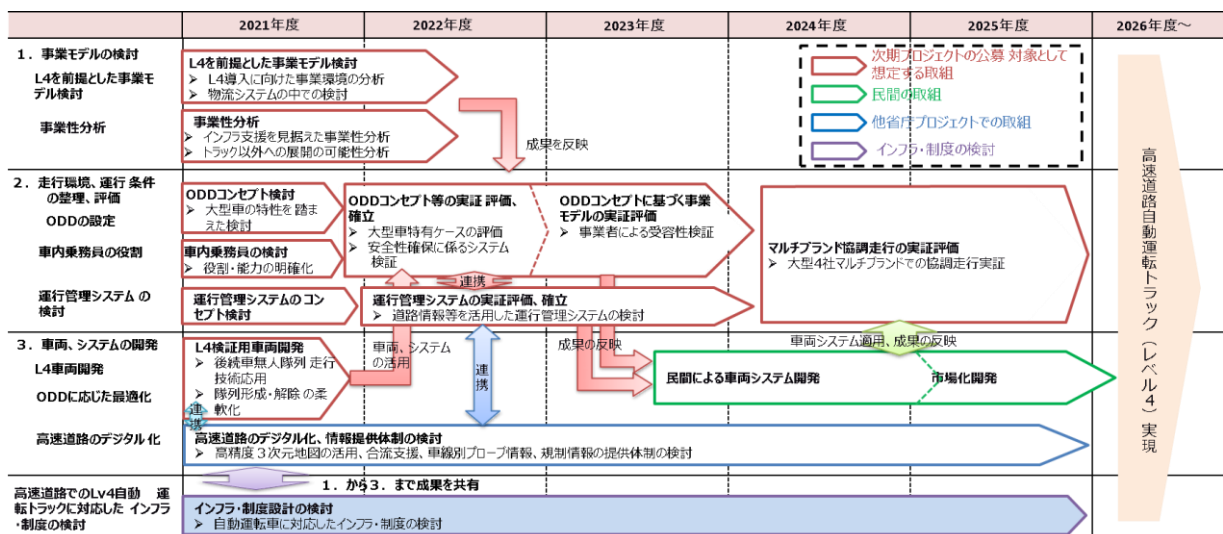


図 1-1 高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けたロードマップ
出典：自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針」Ver5.0

1.2. 事業実施体制

本事業は、豊田通商株式会社（以後、豊田通商）を幹事会社として全体を統括し、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トラックス株式会社（以後、UDトラックス）、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）がコンソーシアムを組んで推進することとした。

これら 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果的に活用し、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に実施した。

なお、プロジェクトの推進に関しては、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受けながら、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、4 間の連携及び整合の確保を行い、戦略的にプロジェクトを推進することとした。

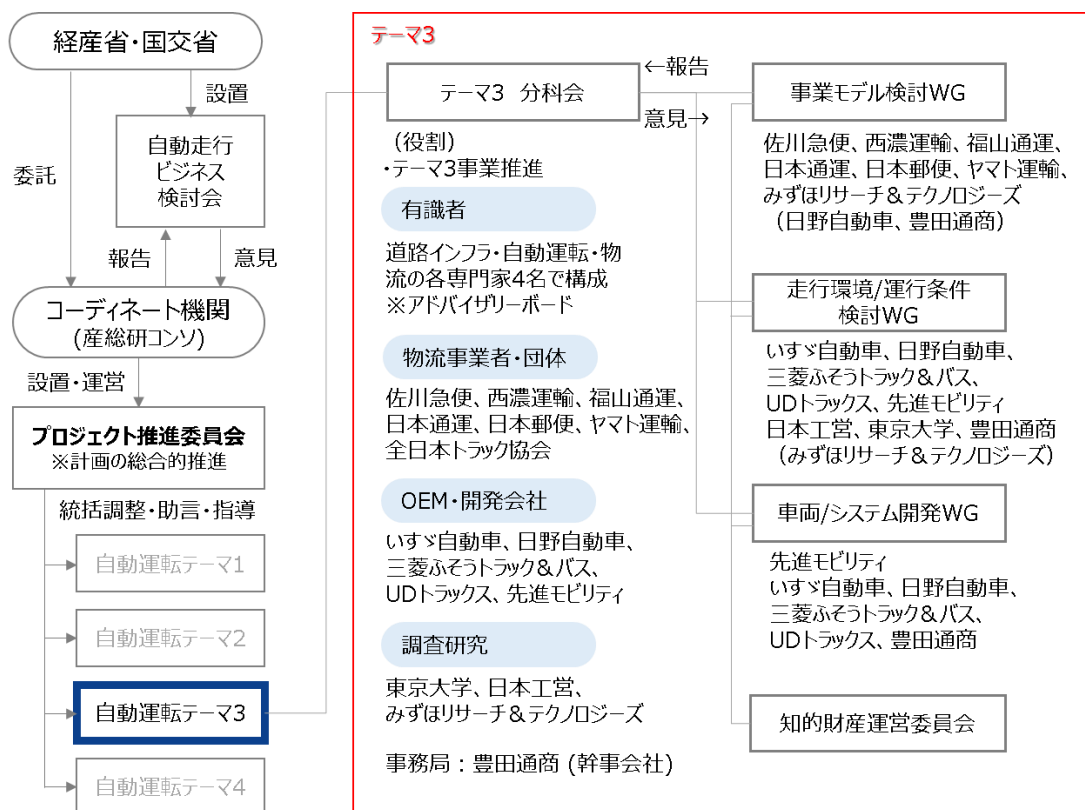


図 1-2 実施体制

1.3. 実施スケジュール

本年度の実施スケジュールは、以下の通り。

令和3年度（2021年度）		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		書面ヒアリング 対面ヒアリング ヒアリング結果取りまとめ	事業モデルの検討(WG検討含む)				報告書作成	
	1-2. 事業性分析				モデル別事業採算性試算(WG検討含む) トラック以外展開可能性検討			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		走行シナリオ・ODD検討 ユースケース洗い出し	リスク回避策の検討 ドライビングシミュレーションによる評価				報告書作成	
	2-2. 車内乗務員の役割・能力の検討			役割・能力・位置づけの検討			報告書作成		
	2-3. 運行管理システムのコンセプト検討			・L4無人運行を想定した機能要件の整理 ・ODDを踏まえた要求機能の整理			報告書作成		
3. 車両・システムの開発	3-1. レベル4ODD 検証用車両・システムの開発		ユースケース対応アルゴリズム(標準動作手順)の作成 リスク回避策に応じた動作手順を実現するシステム構成の設計	システム構成設計に基づきCPU回路設計、センサー系の開発 等			レベル4ODD評価用標準車両の製作(テストコースでの試走)	報告書作成	
	3-2. 高速道路のデジタル化		先読み情報等、道路より得られる情報の提供に資する要件の検討				報告書作成		
4. 関連調査	4-1. 海外動向調査			海外動向調査・机上調査			取りまとめ	報告書作成	
	4-2. 国内関連法令整理			国内関連法令整理・調査			取りまとめ	報告書作成	
テーマ3分科会			●					●	
各種WG運営			●	●	●	●	●	●	●
プロジェクト推進委員会									

図 1-3 令和3年度実施スケジュール

2. 事業モデル検討と事業性分析

2.1. レベル4を前提とした事業モデル検討

2.1.1. レベル4導入に向けた事業環境の分析

L4トラックを活用した自動運転サービスの社会実装に向けて、車両のユーザーとなり得る物流事業者へのヒアリングを実施し、L4トラックを用いた幹線輸送ビジネスに必要な事業環境の整理及び分析を実施した。

2.1.1.1. 物流事業者へのヒアリング項目とヒアリング先

ヒアリング項目は；

- ・ 「高速道路を走行するレベル4トラック全般」
物流事業者のL4トラックに対する希望、要望を確認することを目的
- ・ 「走行シナリオ案に対する確認」
一般社団法人 日本自動車工業会 大型車委員会 大型車技術部会が独自に物流事業者等にヒアリングした内容を踏まえて作成したL4トラックの走行シナリオの素案に対する意見で構成し、以下の通り設定した。

なおヒアリングは、書面ヒアリングと対面ヒアリングの両方を実施し、書面での回答を回収後、対面ヒアリングで、書面での回答内容に対する詳細を確認し、意見の深堀を行った。

表 2-1 ヒアリング項目

分類	詳細
会社・トラック輸送事業全般	● 社員数・運転者数 ● グループ会社情報 ● トラック車両数・実働率 ● 貨物事業内訳及び割合（一般貨物・特定貨物） ● 高速道路利用状況
高速道路を走行する L4トラック全般	● 事業課題 ● L4トラックの有効性・期待する効果 ● 走行を期待するエリア・ルート ● L4トラックの運用イメージ（自社運用・外部委託） ● 想定コスト ● 課題・要望
走行シナリオ案に対する 確認	● 走行路線・区間 ● 高速道路上の連結・分離スペース（中継エリア） ● 走行環境条件を外れる場合の対応 ● 運転者・遠隔監視者の対応 ➢ 通常時・自動走行への移行 ➢ 異常時・自動走行システム異常 ➢ 渋滞（車速 50km/h 以下）

	➤ 故障車、落下物、工事 ➤ 一次的な天候急変 ● 最終目標・中間目標
--	---

ヒアリング対象事業者は、東京～大阪間を含む主要幹線高速道路を走行する物流事業者の中から、公益社団法人 全日本トラック協会や、経済産業省等の意見や意向を踏まえ、以下の通り、ヒアリング先を 18 社選定し、書面ヒアリングを実施した。なお、書面回答は、15 社より受領した。

表 2-2 ヒアリング回答物流事業者

① 武田運輸株式会社（北海道）
② 中越運送株式会社（新潟県）
③ 日本通運株式会社（東京都）
④ ヤマト運輸株式会社（東京都）
⑤ 日本郵便株式会社（東京都）
⑥ 日本梱包運輸倉庫株式会社（東京都）
⑦ 西濃運輸株式会社（岐阜県）
⑧ 株式会社エスラインギフ（岐阜県）
⑨ トナミ運輸株式会社（富山県）
⑩ 名鉄運輸株式会社（愛知県）
⑪ 株式会社藤城運輸（愛知県）
⑫ 佐川急便株式会社（京都府）
⑬ センコー株式会社（大阪府）
⑭ 福山通運株式会社（広島県）
⑮ 久留米運送株式会社（福岡県）

2.1.1.2. ヒアリング結果

書面回答を得た 15 社を対象に対面ヒアリングを実施した。

取りまとめた結果のうち、主な回答を以下に示す。

＜高速道路を走行するレベル 4 トラック全般について＞	
●	物流事業者が抱える事業課題とレベル 4 トラックへの期待
➤	<u>「輸送安全性の確保」、「業務プロセスの効率化・標準化」、「人手の確保」</u> を中心とした事業課題を抱えている
➤	レベル 4 トラックには、 <u>「運転手不足への対応」、「輸送安全性の確保」</u> を中心に期待している
●	レベル 4 トラックが事業に有効かどうか
➤	有効の度合いに大小の差はあるが、全事業者において、事業への有効性を認識している

- さらに有効の度合いを上げるためには、走行区間の拡張と走行可能な気象等の条件を拡大する必要がある
- レベル4トラックの走行を期待する区間
 - 輸送量や路線特性等の理由より、関東～関西間を中心とした区間が多い（ただし、事業エリアや拠点に関連することに留意が必要）
- レベル4トラックの具体的な活用のイメージ
 - 過半数以上の事業者が具体的な活用イメージを抱いていない
 - ヒアリング時に、個別具体的な例示を示した場合には、例示に対して期待する使い方や要望についての意見を確認できており、改めて、レベル4トラックの情報発信の必要性が明確になっている
- 外部への委託
 - 「運行管理（平常時の対応）」及び「トラブル時の対応（異常時の対応）」は共に、「自社及び外部委託の共同で行いたい」という事業者が半数以上である。全体的には、「運行管理（平常時の対応）」よりも「トラブル時の対応（異常時の対応）」の方が、外部委託も含めて対応したいという傾向がある
 - 輸送自体を外部事業者に委託することを想定していた事業者のうち、全ての事業者が公共性の高い事業者に外部委託することを想定している。委託先として、物流事業社各社が出資する団体等を想定している事業者は存在しなかった

< 走行シナリオ案に対する確認 >

- 走行区間（新東名高速道路内）
 - 利用頻度の多さ等の観点から、15事業者中10事業者が有効であると回答した
- 中継エリアの運用（新清水、浜松、亀山等）
 - 15事業者中9事業者が、例示された中継エリアの場所及び条件では、自社の事業への利便性が少ないと回答した
 - その理由として、中継エリアと自社拠点との間に距離や、中継エリアまで荷物を運ぶドライバのやり繰りが困難であること等が挙げられた
- 異常発生時の懸念
 - SA/PA・中継エリアへの退避走行について、「車両の回収要員の確保」や、「遅延の発生」に懸念を抱いている事業者が多い
 - その他、「荷物の管理」や、「対応の判断」、「不測の事態の対応」等に関する意見が挙げられた
- 異常発生時（渋滞時、故障車・落下物・工事発生時、天候急変時）の対応
 - 渋滞時、故障車・落下物・工事発生時、天候急変時の全てにおいて、どちらかと言えば、「無条件にMRM（路肩への緊急退避停止等）を発動させる対応」よりも、「可能な限り運行を継続させる対応」を望んでいる事業者が多い
 - その理由として、目的地への到達を優先することや、想定される異常時事象の一部の発生頻度が高いこと等が挙げられた。
- 最終目標（中継エリア間を無人自動運転）
 - 有効性は極めて高いものの、中継エリアのキャパシティに懸念がある、技術・社

会の変化に臨機応変に対応することが重要である、可能な限り自動運転を前提にすべきである等の意見が挙げられた

- 中間目標（高速本線上を有人（運転者乗車）による自動運転）
 - 中間目標が有効であるか有効でないかについては、約半数ずつに回答が分かれた
 - その理由として、人が乗車していることのメリット（中継エリア不要、立ち寄り先を自由に設定 等）もある、拘束時間の緩和があれば有効である等の意見が挙げられた一方で、省人化が見込めないことが懸念される等の意見が挙げられた

また、物流事業者の事業環境を踏まえると、今後の L4 トラックの事業化に向けては、以下の検討が必要な 8 項目が明確となり、今後、各検討項目について、物流事業者の検討に加え、物流業界、関係省庁・関係機関等との協議を重ねる必要がある。

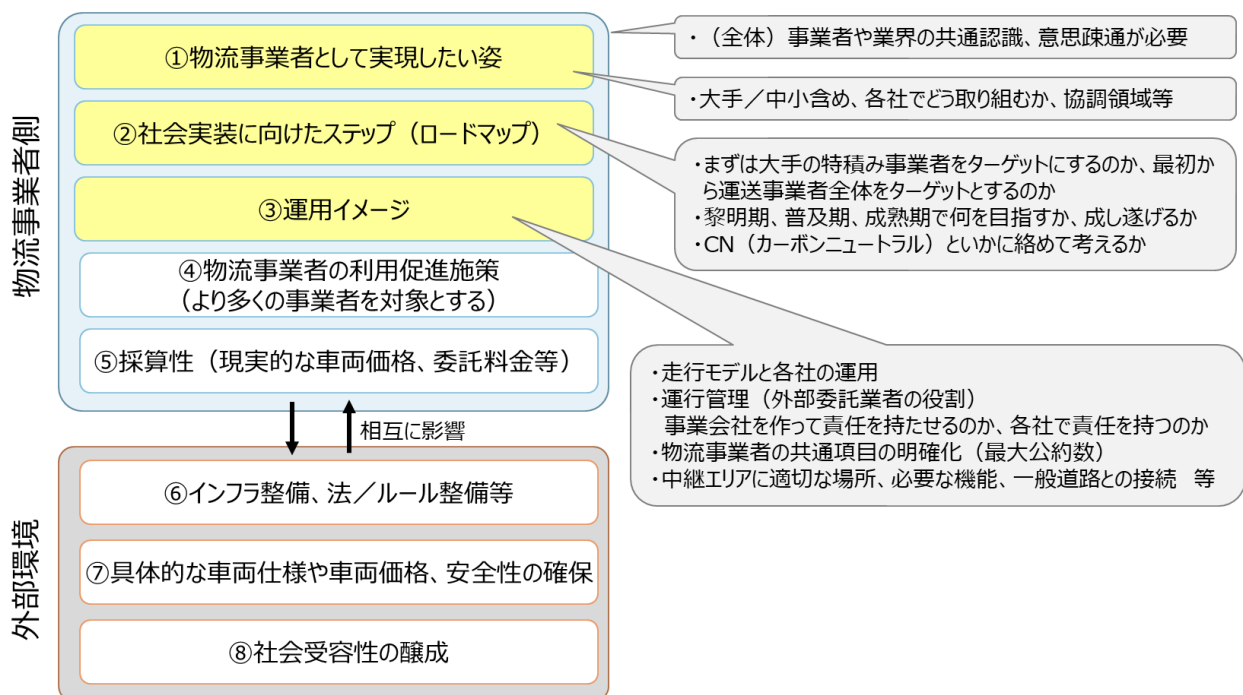


図 2-1 L4 トラックの事業化に向けて必要な検討項目

2.1.2. 物流システムの中での現実的な事業モデルの検討

ヒアリング取りまとめ結果等を基に、物流事業者自身による、L4 トラック幹線輸送ビジネスモデルの検討、また車両、システム、インフラ支援等を含めた事業採算性の分析を目的として、主に物流事業者から構成される「事業モデル検討 WG」を設置した。

以下に、事業モデル検討 WG の構成企業を示す。

< 物流事業者 >

- 佐川急便株式会社
- 西濃運輸株式会社
- 福山通運株式会社

- 日本通運株式会社（WG 主査）
- 日本郵便株式会社
- ヤマト運輸株式会社

< オブザーバ >

- 豊田通商株式会社（幹事会社）
- 日野自動車株式会社（テーマリーダー）

< 事務局 >

- みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

2.1.2.1. 事業・走行モデルのパターン化

物流事業者ヒアリング、及び事業モデル検討 WG での議論を踏まえ、事業・走行モデル（運行パターン）を取りまとめ、以下のように類型化した。

表 2-3 L4 トラック事業・走行モデル

事業・走行モデル	概要
A	車内有人でのレベル 4 自動運転（非運転状態）
B-1	中継エリアでドライバが乗り降り （本線は無人レベル 4 自動運転）
B-2	中継エリアで L4 トラックへ荷物を積み替え （本線は無人レベル 4 自動運転）
C-1	既存物流施設に高速道路へ繋がる接続路を設置 （事業者自社拠点等から直結）
C-2	高速道路直結の共用ターミナル新設 （共用ターミナル：不特定多数の事業者のトラックが荷捌きを行える一般トラックターミナルまたは賃貸提供される物流センター等を想定）

なお、上記事業・走行モデルに共通する前提条件は、以下の通り。

車 両： 車内保安要員を必要としない無人 L4 トラック（基本的に 12m 単車）
走行区間： 東京～大阪間に設置された中継エリア間の高速道路
走行速度： 最高 80km/h
走行時間： 日中も走行可能だが、深夜帯（PM10:00～AM:6:00）を主に走行

また、各事業・走行モデルの概要、特徴、長所・短所を以下に示す。

【事業・走行モデル A】 車内有人でのレベル 4 自動運転

● 特徴

- ODD 内でも車内有人
- 中継エリアでの積替えや乗り継ぎをしない（中継エリアを必要としない）
- 省力化（≠省人化）

● 主な長所・短所

<長所>

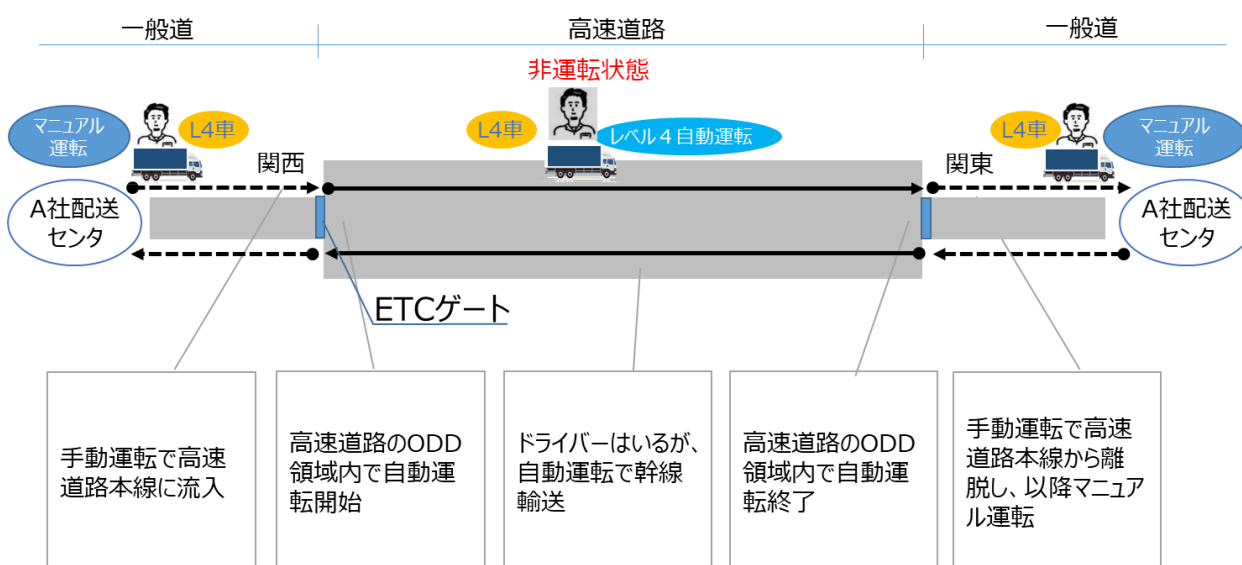
- 高速道路途中の IC で降りて、最寄りの自社拠点での荷降ろし・集荷が可能
- 拠点の少ない中小事業者でも活用が容易
- システムの対応が困難な事象でも、車内有人のため対処、運行継続しやすい

<短所>

- ドライバが車両に乗っている時間が拘束時間・休息期間になるか等、今後の改善基準の調整内容によって、省力化・運転負荷等の効果に影響

集荷	積替え	L4所有	幹線輸送	車内DR
センタ	あり	自社	自社運行	あり
直結施設	なし	第三者	運行委託	なし

- 自社・自動運転
- 自社・手動運転
- 第三者・自動運転



【事業・走行モデル B-1】 中継エリアでドライバが乗り降り

● 特徴

- ODD 内で車内無人
- ドライバは配送拠点～中継エリア間をマニュアル運転

中継エリア：

ドライバの乗り降り、運用に必要なスペース、予約、安全等の要件は検討中

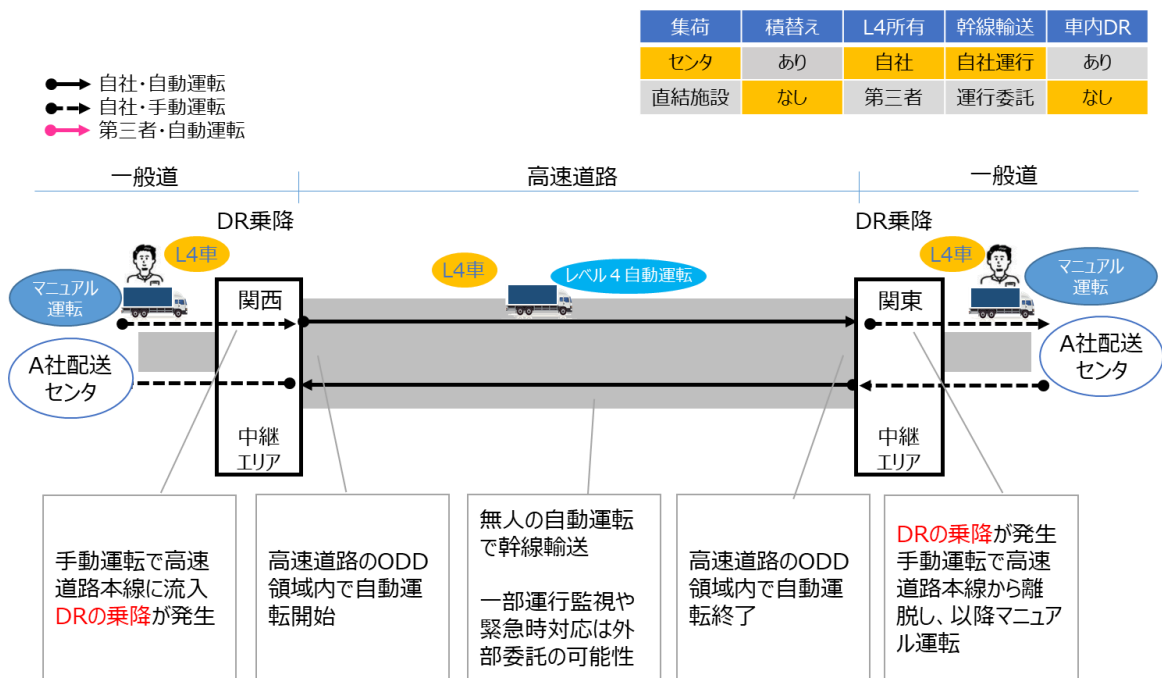
● 主な長所・短所

<長所>

- 省人化（幹線輸送が自動化され、長距離輸送では効果増）

<短所>

- 中継エリアで乗降するドライバは片道の対応になるため、シャトルバス等のドライバの移動手段の確保、もしくは逆方向から到着する車両を運転する等、ドライバの効率的な配置や役割についての整理が必要
- 中継エリアで、ドライバが乗り降りするためのスペースが必要



【事業・走行モデル B-2】 中継エリアで L4 トラックへ荷物を積み替え

● 特徴

- ODD 内で車内無人
- 中継エリア間での積替え効率向上のため、パレットやスワップボディ等の利用が期待される

中継エリア：

ドライバの乗り降り、運用に必要なスペース、予約、安全等の要件は検討中

- 運行委託の可能性あり

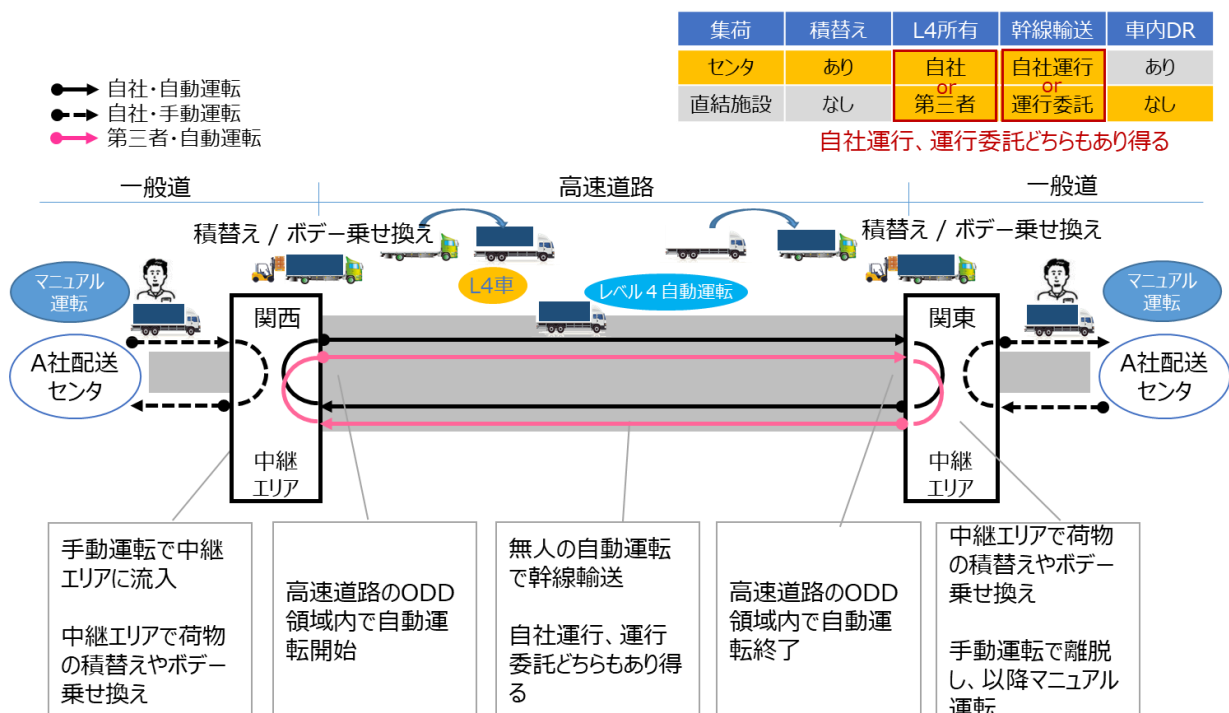
● 主な長所・短所

<長所>

- 省人化
- 事業・走行モデル B-1 のドライバの効率的な配置等の問題に対処

<短所>

- 積替えの手間や商品事故リスクが発生
- パレット、スワップボディ等の追加コスト負担が物流事業者が必要
- 中継エリアで積替え作業を行う人員の整理、確保が必要
- 中継エリアで、積替え・ボデー乗せ換えを行うためのスペースや機材が必要



【事業・走行モデル C-1】既存物流施設に高速道路へ繋がる接続路を設置

● 特徴

- ODD 内で車内無人
- 高速道路近くに自社拠点のある事業者が対応可能
- 引き込み線（一般道）も自動運転で走行

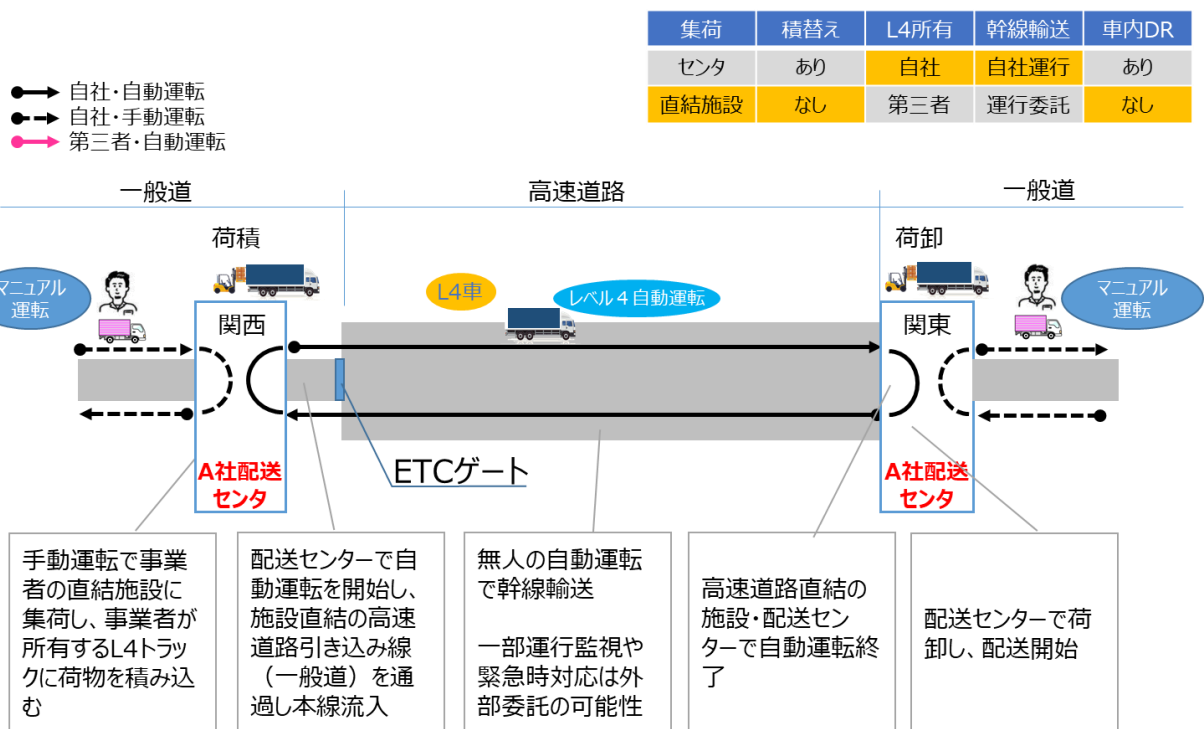
● 主な長所・短所

＜長所＞

- 省人化（長距離輸送の自動化、ドライバの拘束時間の削減）
- 物流事業者の業務プロセスの変更は限定的
（事業・走行モデル B-1、B-2 の課題は解消）

＜短所＞

- 引き込み線の新設に伴い、事業・走行モデル C-1 を希望する物流事業者には、多大なコスト負担や現地での敷地確保等の調整が発生



【事業・走行モデル C-2】 高速道路直結の共用ターミナル新設

● 特徴

- ODD 内で車内無人
- 高速道路直結の共用ターミナルで荷積・荷卸
共用ターミナル：
不特定多数の物流事業者のトラックが、荷捌き出来る一般トラックターミナル、
またはデベロッパー等が賃貸提供する物流センターのイメージ
詳細要件は今後検討
- 運行委託の可能性あり

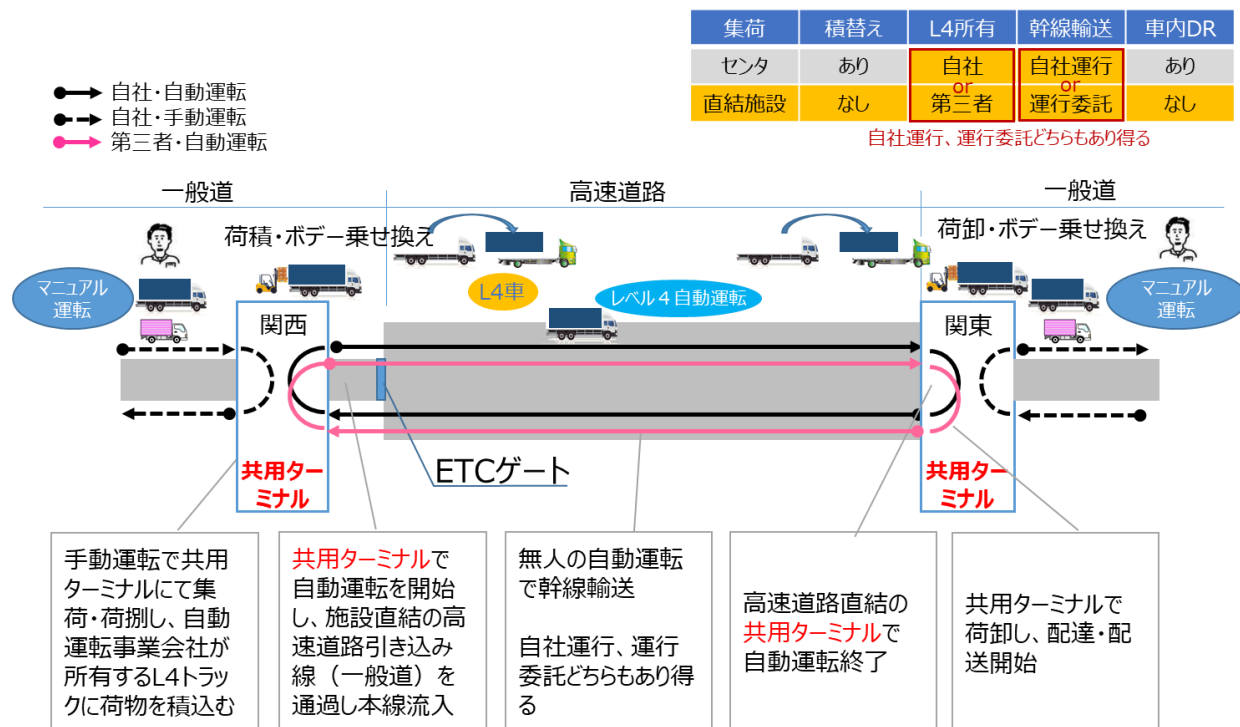
● 主な長所・短所

<長所>

- 省人化
- 物流事業者の業務プロセスの変更は限定的
(事業・走行モデル B-1、B-2 の問題は解消)

<短所>

- 高速道路の近隣に広大な敷地が必要
- ターミナルが都心部から離れる傾向にあり、利便性・採算性に限界が見込まれる
- 他事業・走行モデルよりも国や関係機関等の支援・補助が必要であり、共用ターミナルの利用コストに跳ね返る可能性がある



2.1.3. 今後の課題

今後、レベル 4 を前提として事業モデルを検討するにあたり、中堅・中小の物流事業者の他、デベロッパーやシステムインテグレータ等、多岐にわたるステークホルダーの意見を踏まえる必要がある。

(1) 中小事業者も対象に含めた有効性の高い事業モデル検討の必要性

高速道路を走行する L4 トラックは、事業体力があり、事業規模の大きい大手物流事業者が導入しやすい面があると仮定し、今年度は大手の物流事業者を中心にヒアリングを実施した。

一方で、物流業界の大半は中小の事業者で構成されており、将来多くの物流事業者にも、L4 トラックを活用してもらうためには、彼らの意見や、目線も確認することが望ましく、それら具体的な意見を把握し、物流事業者全体を対象とした有効性の高い事業モデル検討が必要である。

(2) デベロッパー、SIer 等との関係構築の必要性

今回 5 類型化した走行・事業モデルには、中継エリアや外部委託、システム開発が前提になっているものもあり、採算性等含め具体的な検討を進めるために、デベロッパーや SIer 等からの情報提供、必要に応じて参画して頂くことが必要である。

2.2. 事業性分析

2.2.1. インフラ支援等を見据えた事業性分析

前項の事業・走行モデルとその前提条件に対して、必要に応じて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。

物流事業者の多くから、L4 トラック導入の第 1 ステップとして、まず安全に走行できることを確認するために、車内有人である事業・走行モデル A は、現実的なステップとの意見が確認されたため、本年度は事業・走行モデル A を対象に試算した。

今回の試算では、一般貨物自動車運送事業報告書の運送費の各項目を対象に、物流事業者の事業規模等も考慮し、年間コストの変動量の試算を実施するとともに、L4 トラックを 1 台導入した場合の導入の影響や今後継続して検討の必要のある費目についても合わせて整理した。

以下に、試算結果を示す。

< 試算の前提条件 >

- ・ 事業・走行モデル A の条件（走行速度：80km/h）
- ・ 新東名高速道路を使用し、東京～大阪間を走行（年間 180 回走行）

表 2-4 L4トラック導入試算（案）

費目	試算方針	導入影響
人件費	自動運転による； ・非運転時間の創出 ・運転時間の短縮 （事業モデル検討 WG では、非運転時間を休息時間として整理することが、現時点の想定では難しいとの意見が多かったため、拘束時間として算出）	減少
燃料油脂費	休憩時のアイドリングにかかる燃料費 （4 時間運転後の休憩 30 分の燃料代）	減少
修繕費	自動運転では、電子系部品が主となるため、基本的な考え方は変わらない旨をヒアリングで確認。ただし、今後継続議論が必要。 （自動運転システムやセンサ類に関するメンテナンスの在り方やコスト等は、今後の検討によって変更される可能性あり）	TBD
減価償却費※	事業者ヒアリング回答結果から、トラックへの自動運転追加費用を 660 万円と仮定 減価償却期間を 10 年と仮定 ※購入の場合。 リースの場合は、自動車リース料として算出	増加
保険料	自動運転による事故リスク低減効果が現時点では不明なため、最初は資産価値に準じた試算になると仮定。ただし、今後継続議論が必要。	TBD
施設使用料	事業・走行モデル A では増減なし	変化なし
自動車リース料※	・3 年リース ・車両価格 2,860 万円と仮定 リース期間終了後の残存価値によって変動 ※リースの場合。 購入の場合は、減価償却費として算出	増加
施設賦課税	事業・走行モデル A では増減なし	変化なし
事故賠償費	ヒューマンエラーが少なくなり、事故発生率が減少するため、賠償費用も減少するはずだが、事故リスク低減効果が不明のため、変動なしと仮定。ただし、今後継続議論が必要。	TBD
道路使用料	自動運転の普及促進策等による高速道路利用料金が割引になる場合も想定されるが、現時点では変化なしとして仮定。ただし、今後継続議	TBD

	論が必要。	
フェリーボート 利用料	事業・走行モデル A では増減なし	変化なし
そ の 他	先読み情報等の通信費や、共同運行会社の管理 費用等の自動運転車運行付帯費用（サービス費 用・ランニング費用）を想定 ただし、事業・走行モデル A であるため必要最 低限と仮定	増加
（合計）	事業・走行モデル A は、黎明期での事業モデル の可能性が高く、車両は購入ではなくリースの 可能性が高いため、減価償却費ではなく自動車 リース料で試算	増加

L4トラック導入による、コスト削減が最も大きく見込まれる項目は人件費であるが、事業・走行モデル A では、ドライバは非運転状態であるものの、拘束時間として扱うことが妥当であることから、目立ったコスト削減効果を打ち出すことは難しく、また今後継続して検討の必要のある費目はあるものの、コスト増という試算となった。

ただし、事業・走行モデル A は、前述の通り、レベル 4 トラックの安全性を確認するために必要なステップであり、黎明期での事業モデルである可能性が高いが、東京～大阪間を走行する場合に、高速道路の上下線どちらかにしか拠点がないことが多い中堅・中小の物流事業者にとっては、車内有人での運用が現実的であり、事業・走行モデル A が主になる可能性もある。そのため、事業・走行モデル A における物流事業者への車両提供方法は、総合的に勘案して決定する必要がある。また、コスト増加分を、積載率を向上させることや、事業全体での効率性の向上を行うことで、相殺できる可能性もあるため、継続した検討が必要である。

なお、車内にいる非運転状態のドライバの拘束時間に対する考え方や、車両価格等により導入効果が大きく変わることは、事業・走行モデル B-1/2、C-1/2 でも、同様の傾向があることが想定される。

2.2.2. トラック以外への展開の可能性分析

バス事業者の事業課題として、ドライバ不足と安全性の確保等が挙がっており、事業・走行モデル A での、運転時間・拘束時間に対する考え方が緩和された場合、L4 トラック同様に、人員削減の効果が見込める。

一方で、人を運ぶバスでは、安全性に加え、乗客に対する快適性が求められるため、トラックで培った技術を展開するためには、バス用にさらなる技術開発が必要となる。

また 2021 年度に国土交通省事業として実施された「将来の自動運転バスに対する社会受容性に関するアンケート」によると、現時点では、ドライバや乗務員のいない高速道路を走行するレベル 4 バスに対する一般消費者の乗客としての受容性は高くなく、また仮に乗務員がいたとしても、受容性に大きな変化がないことが確認されている。

その一般消費者の大きな不安要因の一つとして、システムへの信頼性が挙がっており、自動運転車両が身の回りで走行していたり、乗車体験をしたりすると、システムへの信頼性に対する不安は軽減する傾向が確認されている。

そのため、技術による安全性の確立に加え、一般消費者への自動運転技術の周知や理解醸成、またドライバや乗務員が車内にいなくても、移動サービスとして成立するのか、遠隔監視等の必要なサービスはどのようなものか等、一般消費者の受容性や採算性の観点を踏まえた事業性の観点での検討が必要である。

2.2.3. 今後の課題

今後、レベル 4 を前提とした事業モデルの事業性を明確にし、また事業性を高めていく必要がある中で、黎明期において導入が見込まれる事業・走行モデル A では、自動運転中のドライバの労働の扱い等の法整備や、自動運転運行管理システムのあり方等の環境整備に関する検討や対応が望まれる一方、物流事業者が各省庁と今後も協議し続けるべきかといった、実現に向けた中心的な役割の担い手や主体者を明確にする必要がある。

3. 走行環境・運行条件の整理、評価

3.1. 大型車の特性を踏まえた想定 ODD の検討

第 2 章 事業モデル検討にて実施した物流事業者ヒアリング結果に対し、大型車の特性を踏まえ、走行環境・運行条件を整理し、社会実装を見据えた実現可能な走行シナリオを検討した。また、検討した走行シナリオに対して、具体的な ODD を想定し、更に全ユースケース及び当該リスクの洗い出しを実施し、リスク回避策を検討した。

3.1.1. シナリオ、ODD、ユースケースの洗い出し

3.1.1.1. 検討の前提条件の整理

(1) 基本方針

物流事業者ヒアリングに基づき、高速道路での L4 トラックはドライバ不足対応として、高速道路幹線輸送における省人化を基本的な在り方とする。

(2) 目標

確実な省人化を目指す無人 L4 トラックの最終目標に加えて、ドライバの乗り降りを行う中継エリア等の必要な事業環境が整うまでの限定高速道路区間における有人 L4 トラックを、中間目標とする。

中間目標では、高速道路幹線輸送の安全性や信頼性向上に関する知見を収集して最終目標につなげる。

(3) 車両

物流事業者ヒアリング等に基づき、今年度は、高速道路幹線輸送において支配的な 12m の単車を前提とした L4 トラックを以下の通り定義した。

- ・ 国内の各トラックメーカー仕様による低床 4 軸又は高床 3 軸車
- ・ 乗用車に比べ車両サイズ及び動力性能、機能に限界がある
- ・ 乗用車との運行速度差がある

(4) 走行環境

< 走行区間 >

「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の方向性 中間とりまとめ」(国土交通省道路局 令和元年 8 月 9 日公表)を参考に、全線 6 車線化を前提とした、以下の区間で検討した。

最終目標：新東名高速道路 海老名南 JCT～新名神 城陽 JCT 間

中間目標：6 車線化事業許可のある新東名高速道路 伊勢原 JCT～浜松いなさ JCT 間

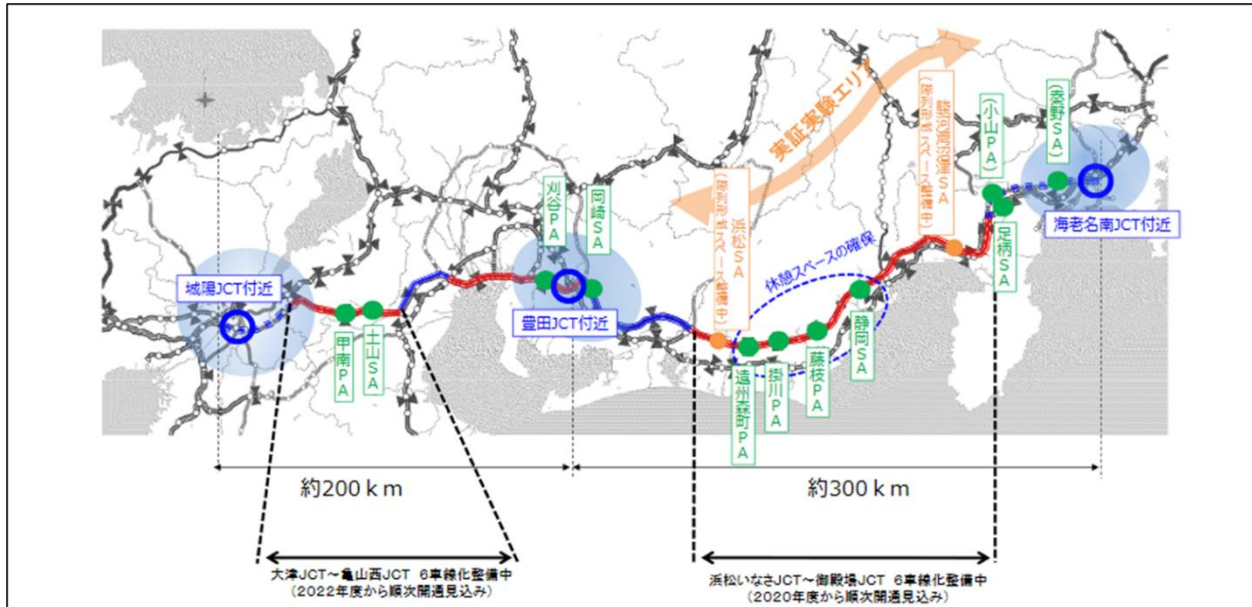


図 3-1 走行区間

(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の方向性
中間とりまとめポイント」より引用)

< 走行レーン >

高速道路本線では 6 車線化を前提に、第一走行車線を走行することを基本とした。

< 走行方法 >

以下の走行方法を前提とした。

- ・ 規定された走行区間内の中継エリアと高速道路本線を運行する
- ・ 運行の継続性と荷の到着の定時性を求める
- ・ 高速道路本線では法定速度で走行する
- ・ 分合流部を法定速度で走行する
- ・ 後述の例外を除き車線変更を行わない

< 車線変更 >

以下の場面における、車線変更を想定した。

- ・ 高速道路本線へ流入時の合流部から第一走行車線への車線変更
- ・ 障害物回避のための第一走行車線からの車線変更
- ・ 高速道路本線から流出時の分流部への車線変更
- ・ 故障等により路肩へ退避する場合の車線変更

< 停止 >

以下の場面における、停止または路肩停止を想定した。

- ・ 路上障害物や急な天候の悪化等の自車外異常による停止
- ・ 自車異常による停止

(5) 道路構造

基本的な構造物については、現行の道路法および道路構造令によるものとし、L4トラックが走行するうえで検討すべき道路構造の前提条件を以下に示す。

<車線>

6車線化され、車線数の変化が無いこと。

<分合流>

自車流入時および他車流入時の分合流部では高速道路本線の車線数が減少せず、専用の分合流部があることとする。分合流部は1車線とする。

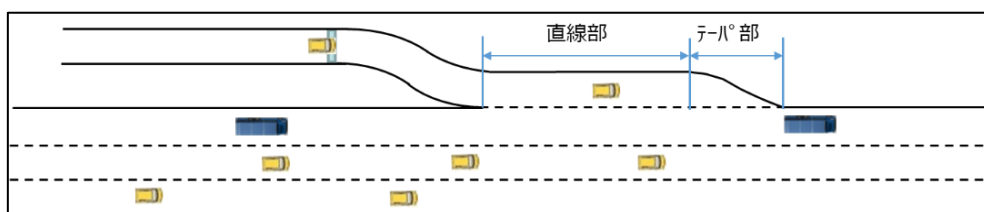


図 3-2 合流部

<中継エリア>

L4トラックの有人・無人を切り替えるエリアとして中継エリアを整備する。

今年度は以下の仕様を前提として検討し、有人・無人切り替え時のスワップボディコンテナ、トレーラー等の荷台入れ替荷台入れ替えや荷役を含めない想定とした。

- ・ 中継エリア内は、単一方向に走行する方式とする（後退しない）
- ・ 中継エリアと一般道との流出入部に、ETCゲートを備える
- ・ 中継エリアは、高速道路本線の第一走行車線と連結する
- ・ 運行監視機能により、中継エリア内の運用を行う
- ・ 中継エリア内では、有人・無人によらずL4トラックの発着が可能

<SA/PA>

以下のように、最終目標と中間目標に分けた前提とした。

最終目標：無人のため、通常走行では使用しない

中間目標：分合流時はODD外とし、車内保安要員による手動運転での走行

<料金所、ETCゲート>

高速道路本線外のため、車内保安要員による手動運転での走行とした。

<路肩退避所>

以下のような前提とした。

- ・ L4トラックが停車可能な路肩退避所とする。
- ・ L4トラックは当該路肩退避所の位置情報が使用可能な状態。

3.1.1.2. 走行シナリオ

物流事業者へのヒアリング結果等を参考に、物流事業者が求める走行シナリオを、中間目標と最終目標を分け、以下の通り分類した。

表 3-1 走行シナリオ分類

目標	分類
中間目標	通常走行 (A)
	異常時対応 自車異常 (Aa)
	異常時対応 自車外異常 (Ab)
最終目標	通常走行 (B)
	異常時対応 自車異常 (Ba)
	異常時対応 自車外異常 (Bb)

以下に、例として上記シナリオ分類のうち、通常走行を表す図を示す。

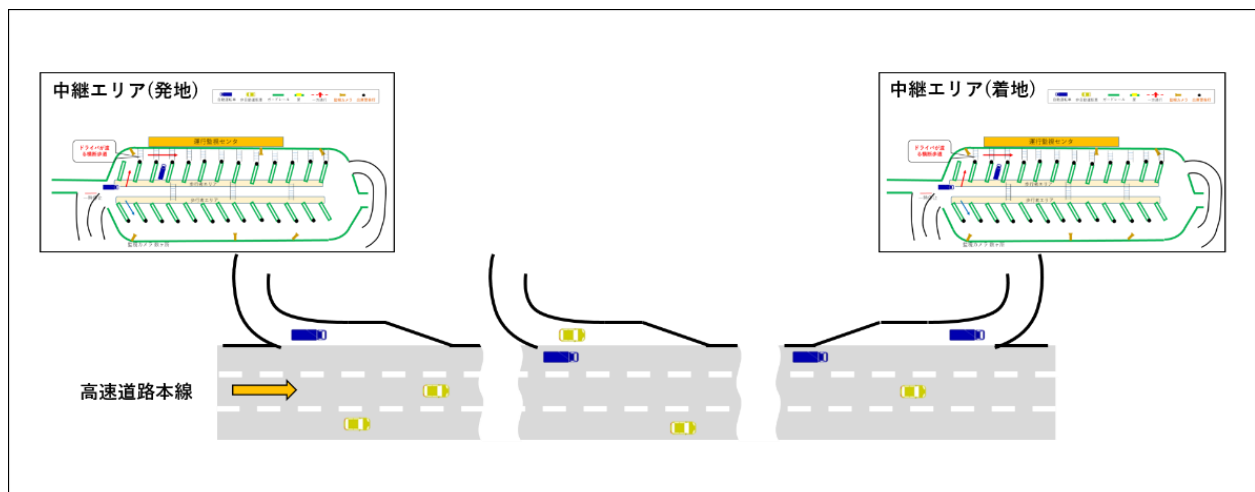


図 3-3 走行シナリオ (通常走行)

その後、各分類で必要となる対応案を二つの観点から検討した。

- ・ 物流事業者目線からの、運転者または遠隔監視者による走行時の対応案
- ・ L4トラックが対応すべき、かつL4トラックと協調すべき他システムの対応案

以下に、走行シナリオの例を示す。

走行シナリオ（案）

2. 最終目標－車内保安要員の居ない無人自動運転トラック

2-1. 通常走行（B）

No.	システム以外（運転者、遠隔監視者）の対応	協調すべきシステムの対応
B4 本線から 中継地点 へ	・対応不要	・目的中継地点が近づいたら、分流線に進入し速度を30km/hまで低下 ・中継地点内での駐車について - 案1）遠隔監視センターからの駐車位置信号により、指定駐車位置に停車 - 案2）自車判定により、空き駐車位置に停車 →パーキングブレーキ作動（ENG停止、キーON保持）→扉の開錠 ・駐車位置不特定時は、進入通路にて停止
B5 自動走行 の解除	・当該車両の運転者は、遠隔監視センターからの通知により、当該車両が駐車位置に停止するまで待機（駐車位置番号も通知） ・車両停止を確認したら、周囲の安全を確認し当該車両に乗車 ・「自動運転」SWをOFF ・マニュアル走行にて中継地点から退場	・ODD区間内のため「自動運転可能区間」ランプは点灯の継続。中継地点からの退出をもって消灯 ・「自動運転」SWがOFFとなった際は、直ちに自動運転システムを解除（車外HMIもOFF）

図 3-4 走行シナリオ例（通常走行（B））

以下に、走行シナリオの中間目標と最終目標において、必要とされる手順、操作を記載する。

中間目標：

- ・ 中継エリアが無いことから、通常走行時の、車内保安要員による本線上での L4 トラックの自動運転、手動運転の切り替え手順を記載。
- ・ 異常時対応として、システムによる車両走行の停止と、車内保安要員による手動運転による走行継続を記載。

最終目標：

- ・ 本線走行区間を無人で走行することから、通常走行時の、中継エリア内での車内保安要員の乗降を記載。
- ・ 異常時対応として、システムによる車両走行の停止と、遠隔監視者によるレスキューを記載。

3.1.1.3. ODD、DDT、OT

物流事業者が重要と考える前提条件等を踏まえ、ODD、DDT、OT の定義を検討表にまとめた。

検討にあたり；

- ・ 実証実験（標準評価車両を用いた実証）
- ・ 中間目標
- ・ 最終目標

の順を経て進化していくものとして、深堀検討を進めた。

なお、各走行シナリオで存在すると想定される場所、操作等には○を記載した。

(1) ODD

ODD の検討表を以下に示す。

表 3-2 ODD 検討表

走行シナリオ		実証実験	中間目標	最終目標	注記
運行設計領域 (ODD)					
自動運転走行車線	一般車と混合交通	○	○	○	
環境条件	天候	全天候（荒天を除く）	全天候（荒天を除く）	全天候（荒天を除く）	荒天の定義：監視センサーが十分に機能しない天候
	日照条件	昼夜、逆光あり	昼夜、逆光あり	昼夜、逆光あり	
	温度条件	日本国内の条件	日本国内の条件	日本国内の条件	
	路面条件	凍結、積雪を除く全条件	凍結、積雪を除く全条件	凍結、積雪を除く全条件	
道路条件	道路構造				
	車線数	片側3車線	片側3車線	片側3車線	
	車線幅	3.75m	3.75m	3.75m	
	路肩幅	3m	3m	2.5m~3m	
	白線	○	○	○	
	登坂車線	NA	NA	NA	
	道路勾配	最大2%	最大3%	最大5%	
	トンネル	○	○	○	
	道路上部構造物 （橋梁、落下物回避ネット等）	○	○	○	
	上記以外のGPS受信困難部	○	○	○	
	分岐／合流路	○	○	○	
	最小カーブ曲率半径	1,500m	1,500m	700m	
	回避エリア	注記参照	注記参照	注記参照	路肩2.5m未満で設置 土工部分で500m間隔、トンネル内750m間隔
	施設				
	料金所・ETCゲート	tbd	tbd	tbd	本線上には存在しない
	SA/PA	○	○	○	ドライバーの休憩、緊急回避
	信号機、標識、掲示板	○	○	○	
	インフラ支援				
	ランプメーティング・LED表示板	tbd	tbd	tbc	
	路車間通信（ETC2.0を含む）	tbd	tbd	○	
	中継エリア	○	○	○	
	その他				
	その他				
	交通量	tbd	tbd	tbd	通常走行、混雑、渋滞など
	工事区間	tbd	tbd	○	
	制限速度の変化	○	○	○	100区間、120区間
交通参加者	自車（L4トラック）	○	○	○	
	自動運転車（乗用車・トラック）	○	○	○	自動運転車間の情報通信
	マニュアル運転の車両 （乗用車、トラック）	○	○	○	
	渋滞車両	○	○	○	
	低速走行車	○	○	○	
	割り込み車				
	合流車/分流車、他	○	○	○	
	被割り込み車				
	自車が合流/車線変更	○	○	○	
	緊急車両	○	○	○	
	工事車両、他	○	○	○	
	2輪車	○	○	○	
	逆走車	○	○	○	

(2) DDT

DDT の検討表を以下に示す。

表 3-3 DDT 検討表

走行シナリオ		実証実験	中間目標	最終目標	注記
運転操作 (DDT)					
運転操作 (DDT)	走る	走行速度 (法定最高速度)	80km/h	80km/h	80km/h
		実勢速度	90km/h	90km/h	90km/h
		加減速時の加速度	○	○	ACCの範囲
		先行車低速追従	○	○	渋滞時を想定
		制限速度の変更	○	○	
	曲がる	本線カーブ	○	○	
		SA/PAに進入・退出	NA	NA	無人の場合でも緊急回避に使用する
		中継エリアに進入・退出	NA	NA	
		車線変更	tbd	tbd	渋滞時を想定
		追い越し	tbd	tbd	自車線の低速車を想定
	止まる (本線上で)	一時停止・再発進	○	○	渋滞時を想定
		緊急停止 (衝突回避)	○	○	
		緊急停止 (障害物回避)	○	○	障害物には人、動物を含む
		緊急情報による停止	○	○	
		縮退運転・路肩停止 (MRM)	○	○	
	避ける	障害物を避ける (車線越え)	tbd	tbd	障害物には人、動物を含む
		車線内横移動 (安全確保の為)	tbd	tbd	
		緊急自動車避ける	tbd	tbd	
	停める	後退	NA	NA	走行シナリオ外 ドライバーが対応する
		駐車スペースに停車する	○	○	SA/PAでは対象外
	協調	合流調整	○	○	
		割り込み車調整	○	○	
	その他	遠隔操作	NA	NA	

以下に、DDT 検討での走行条件を記載する。

< 走行速度 (法定最高速度) >

周辺交通の実勢速度が法定速度を超える場合でも、L4 トラックは法定速度を遵守。

< SA/PA に進入・退出 >

SA/PA は車内保安要員による手動運転を前提としているため、NA とした。

最終目標では、無人自動運転による緊急回避を示す。

< 車線変更 >

中継エリアの分合流部での車線変更を対象とし、L4 トラックが車線変更に必要な右後方車間距離が確保される場合に、自動運転による車線変更を実施することとした。

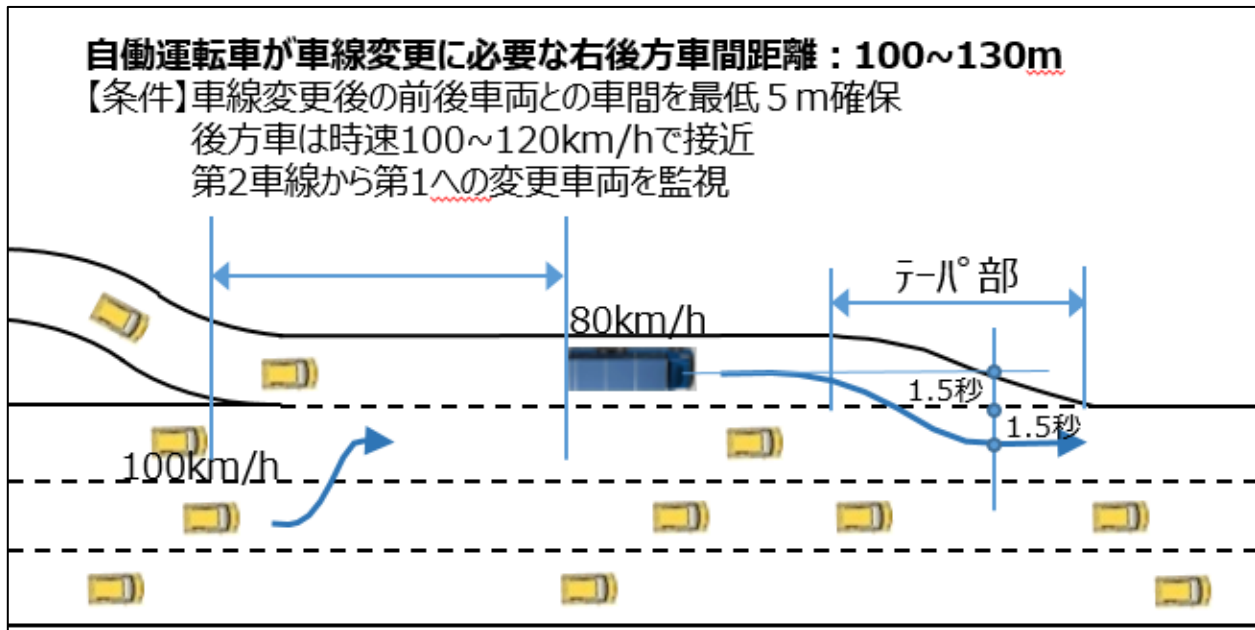


図 3-5 自動運転車が車線変更に必要な右後方車間距離

< 追い越し >

高速道路本線において、法定最高速度以下で走行する先行車に対しては、車速を合わせ、追従する。なお、追い越しは TBD とした。

< 一時停止、再発進 >

高速道路本線での再発進は、渋滞による一時停止からのみとし、「渋滞時を想定」とした。

< 緊急停止（障害物回避） >

ODD に、人、動物が含まれないため、「障害物には人、動物を含む」とし、回避対象を補足した。

障害物を避ける（車線越え）の DDT についても同様とした。

< 駐車スペースに停車する >

最終目標の中継エリア以外での駐車は、手動運転とした。

< 合流調整 >

L4トラックは自車前方への合流車に対して、適切な車間距離を保った状態で、第一走行車線の走行を継続する合流調整手法を行う。

(3) OT

OT の検討表を以下に示す。

表 3-4 OT 検討表

走行シナリオ		実証実験	中間目標	最終目標	注記
運転以外の操作 (OT)					
	手動⇒自動運転への切り替え	○	○	○	中継エリアor 走行中に実施
	自動運転⇒手動への切り替え	○	○	○	中継エリアor 走行中に実施
	ETCゲートの通過	NA	NA	NA	ドライバーが対応
	車両異常の検知／通報	○	○	○	
	運行管理システムとの連携				
	運行管理 (自車位置、状態)	tbd	tbd	○	
	緊急時通報 (故障・事故等)	tbd	tbd	○	
	交通情報 (先読み情報)	tbd	tbd	○	
	天候・路面状態の情報	tbd	tbd	○	

3.1.1.4. ユースケースの洗い出し

前述の「走行シナリオ」と「ODD」を元に、走行状態を以下の表の通り分類化し、それぞれのユースケースについて検討した結果を、本項以降で参照することとした。

表 3-5 走行状態の分類とユースケース番号

分類 (走行状態・最終目標)	ユースケース No.
通常走行 (B)	L4-1001～
自車異常 (Ba1、2)	L4-2001～
自車外異常① Bb1 (渋滞)	L4-3001～
自車外異常② Bb2 (故障車、落下物、工事)	L4-3101～
自車外異常③ Bb3、4 (一時的は天候急変、恒久的天候急変)	L4-3501～
自車外異常④ Bb5 (事故)	L4-3601～

L4トラック走行時のリスク検討における項目は以下の通り。

<前提項目>

始点 (中継エリア上り又は、下り) に進入、燃料補給、発進、合流部、通常走行、先行車、隣接車線または路肩に停車車両、渋滞時、割込み車、分岐、上空構造物、トンネル、カーブ、車線数変化、制限速度変化、ジャンクション通過※、分流、走行区間途中の中継エリア (進入・退出)、終点 (中継エリア) に進入

ジャンクション通過※

第一走行車線を維持したまま走行できる見込み。

また、各ユースケースの補足情報として、「ドライバ操作」、「車両システム」、「車両外からの支援」を記載した。

以下に、自車異常、自車外異常について記載する。

(1) 自車異常

自車異常ユースケースでは、以下の項目を前提とした異常検出を行うこととし、走行シナリオに基づき、「自動運転システムの異常 (Ba1)」と「それ以外の異常 (Ba2)」に分けて検討した。

A) AD システム要素の異常 12 項目

AD システムの各要素の中で診断機能を有するとし、AD システムの「頭」となる部分が、「AD システムおよびその要素の異常」と、「AD システム以外の要素の異常を AD システム異常」として認識、判断する。

B) 車両制御システムの異常 5 項目

ECU を持つもの。主要な車両制御装置であり、それぞれの ECU で自己診断機能をもつ。異常検出の基準は従来の判断基準を前提とする。

C) 車両装置の異常 7 項目

高速道路での救援出動で多いもの。主要なものは車両制御システムに含まれており、一部を除き車両システムで検出可能見込み。

D) 車両装置の異常 16 項目

車両保安基準に基づく。他の項目との重複は厳密な分類を行わない。従来装置のハードウェア系であり、直接的な計測ではなく車両搭載センサで統合的に判断する事を想定。

(2) 自車外異常① Bb1 (渋滞)

リスクの検討対象となる場所と状況の組み合わせをユースケース化した。
また、先行車が遅い場合と渋滞の場合を区別して検知できる前提とした。

< 場所 >

自車本線上、隣接車線又は路肩、本線トンネル内、本線カーブ、分岐部、合流部、SA/PA、中継エリア

< 状況 >

渋滞発生 (事前情報有)、突然渋滞発生 (事前情報なし)、ストップ&ゴー、完全停止、極低速追従、渋滞中に自車が車線変更 (割込み)、渋滞中に被割込み、渋滞中に前方車退出、渋滞中に緊急車両接近

(3) 自車外異常② Bb2 (故障車、落下物、工事)

リスクの検討対象となる場所と状況の組み合わせをユースケース化した。

また、障害物のサイズ・種類等の判断は別途定義とし、まずは走行に支障あり、なしの判断で検討した。

< 場所 >

自車本線上、隣接車線又は路肩、本線トンネル内、分岐部（自車進行方向）、分岐部（自車本線直進）、合流部（加速車線走行）、合流部（自車本線走行）、中継エリア、SA/PA

< 状況 >

故障車（事前情報有）、故障車（直前発生）、落下物（事前情報有）、落下物（直前発生、走行に支障なし）、落下物（直前発生、走行に支障あり）、人（事故避難者）、人（工事関係者）、人（道路関係者-落下物収集）、逆走車、急な割込み車、工事、緊急車両、駐車車両、人（SA/PA 内）

(4) 自車外異常③ Bb3、4（一時的な天候急変、恒久的な天候急変）

リスクの検討対象となる場所と状況の組み合わせをユースケース化した。

また、一時的な悪天候と恒久的な悪天候に分けて検討した。

更に、天候の急変を自律で検知する場合と、運行監視システムにより事前に情報を入手する場合に分けて検討した。

< 場所 >

本線車道、カーブ、勾配、トンネル、中継エリア

< 状況 >

豪雨、降雪・積雪、路面凍結、濃霧、強風、地震

(5) 自車外異常④ Bb5（事故）

本線走行を前提に、状況をユースケース化した。

< 状況 >

- ・ 運行監視システムにより事前に事故情報を入手する場合
- ・ 目前で事故に遭遇する場合
- ・ 自車が事故の当事者（自責）になった場合
- ・ 自車が事故の当事者（他責）になった場合

3.1.1.5. 今後の課題

シナリオ、ODD、ユースケースの今後の課題を以下に示す。

(1) 最終目標までに決めるべき項目

< 中継エリア >

物流事業者ヒアリングの結果から、前提とした仕様の妥当性。

< 自動運転走行車線 >

合流調整などの支援について、将来の道路の効率利用の観点での検討と、支援による効果検証。

< 車線変更 >

落下物、故障車、工事規制等第一走行車線が走行不可となる場合の車線変更と第一走行車線の遅い先行車に対する追い越しについての継続検討。

< 車両異常の検知・通報後の対応 >

本書では、検知・通報までを記載しているが、物流事業者ヒアリングを通して、通報を受けた業者の対応の在り方の検討。

(2) 最終目標以降に想定する項目

< 連結車への L4 適用拡大 >

将来にむけた、中継エリアにおけるスルーレーン、トレーラーレーンの設定等の、連結車への適用拡大。

< 走行区間の拡張 >

例えば、東北～東京、大阪～九州などの走行区間の拡張

< 燃料等の補給 >

電動車を含めた燃料等の補給。

< 中継エリアでの荷台入れ替えや荷役 >

スワップボディ荷台入れ替え、トレーラー連結、切り離し、荷の積み替え等の荷役エリア機能を含んだ中継エリアの設定。

3.1.2. リスクの洗い出しとリスク回避策の検討

前項で抽出したユースケースから、想定されるリスクの洗い出しを行った。

想定されるリスクは；

- ・ 発生頻度（1. 少ない、2. 時々、3. 多い）
- ・ 深刻度（1. 小、2. 中、3. 大）

で、評価した。

また、リスク回避策は；

- ・ ドライバ操作
- ・ 車両システム
- ・ 車両外からの支援

に分類し検討した。

※ リスク回避策：

想定されるリスクを完全に回避できるものに限らず、リスクの軽減も含まれる。

洗い出されたリスク件数を以下に示す。

表 3-6 各ユースケースより想定されるリスク件数

分類	想定されるリスク件数
① 通常走行	144 件
② 自車異常	253 件
③ 自車外異常（渋滞）	136 件
④ 自車外異常（故障車、落下物、工事）	226 件
⑤ 自車外異常（一時的悪天候、恒久的悪天候）	41 件
⑥ 自車外異常（事故）	15 件
合計	815 件

以下に、各分類の検討結果を記載する。

① 通常走行

<リスクの分類>

144 個のリスクを想定し、これらを；

1. AD システムの誤認識や誤判定の可能性
2. 車両外からの支援が（タイムリーに）得られない可能性
3. 人の操作や行動の間違い、抜け、遅れの可能性
4. 他車の動きにより、意図通り走行できない可能性
5. 交通環境により計画通り運航できない場合
6. その他

に分類した。その件数を以下に示す。

表 3-7 通常走行におけるリスクの分類

リスクの分類	件数
1. AD システムが誤認識や誤判断の可能性	75 件
2. 車両外からの支援が（タイムリーに）得られない可能性	3 件
3. 人の操作や行動が間違ったり、抜けたり、遅れたりする可能性	14 件
4. 他車の動きにより、意図通り走行できない可能性	19 件
5. 交通環境により計画通り運行できない可能性	7 件
6. その他	26 件

<リスク回避策案>

通常走行時における想定されるリスクから、「車両システム」、「車両外からの支援」に分類し、各リスク回避策案を想定した。主なリスク回避策案を以下に示す。

表 3-8 通常走行における主なリスク回避策案

分類別		主なリスク回避策案
車両システム		システム設計向上 -画像処理性能の向上 -制御精度の向上 -自己位置推定の向上 -誤認識・誤判断の軽減 -周辺対象物の行動予測 -車外 HMI による周知 -燃料消費予測 など
車両外からの支援	中継エリア内	-運行管理 -交通情報管理 -進入車両の選別 -歩行者と車両のエリア分離対策 -車両整備環境
	本線	-遠隔監視による交通状況の確認 -遠隔操作による車線変更支援 -合流協調システムの開発

② 自車異常

<リスクの前提>

以下の前提条件によりリスクを整理した。

表 3-9 自車異常におけるリスクの前提

状況		検出装置等での状況	
		検出している	検出していない
実際の異常	発生している	正検出	未検出
	発生していない	誤検出	—

<リスク回避策案の考え方>

1. システム側での対応 その1

AD システム、車両制御システムに要するセンサ、診断機能を有するものの、誤検出と未検出のリスクを想定し、この場合におけるリスク対応策の考え方を以下に示す。

<リスク>

- ・誤検出
- ・未検出

<リスク対応>

- センサー系に冗長性を持たせる
(多重系にする、同様な目的の装置出力と補完する等)
- 判断系、診断系の冗長化を持たせる
- ADシステムからの異常監視

図 3-6 AD システム側での対応 その 1

2. AD システム側での対応 その 2

車両装置関係でセンサ等を持たず、直接的に検知できない(未検出)リスクを想定し、この場合におけるリスク対応策の考え方を以下に示す。

<リスク>

未検出(検出できない)

<リスク対応>

- 車両に搭載されているセンサー(車輪速、加速度、ヨーレート、車高、温度センサー等)から統合的に判断する事を想定

図 3-7 AD システム側での対応 その 2

3. 異常発生時の車両としてのリスク回避策(車両挙動)

自車異常が発生している状況により、想定しうるリスク回避策を以下に示す。

3) 異常発生時の対応

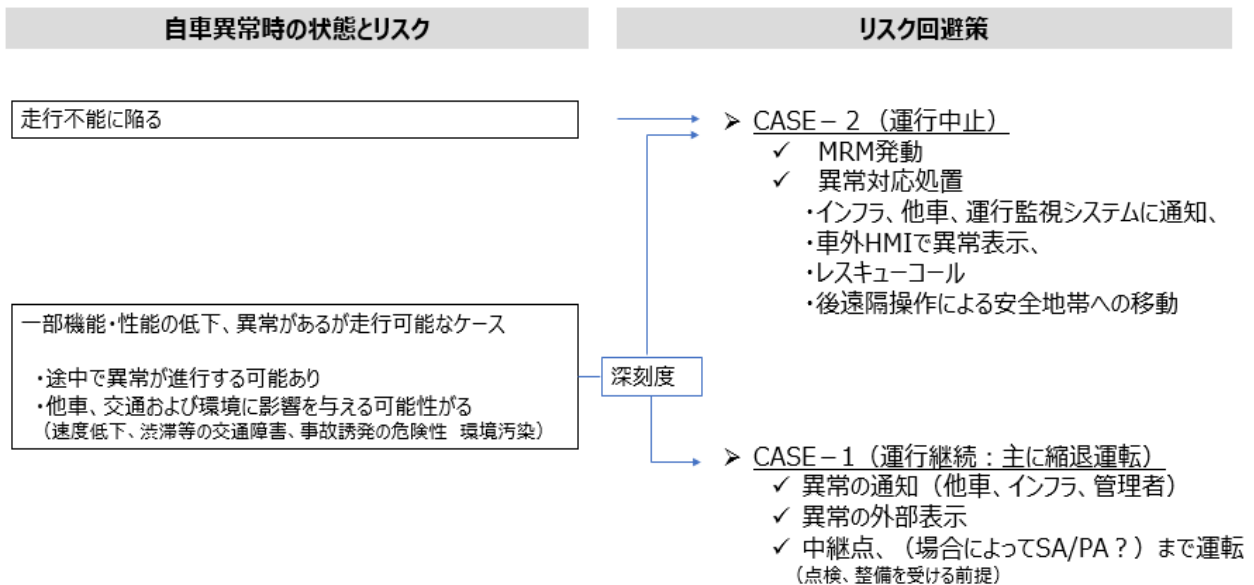


図 3-8 異常発生時の車両としてのリスク回避策(車両挙動)

4. 異常発生時に期待される車両外からの支援によるリスク回避策

L4トラックの異常が自車では検出できない、あるいは対応が難しいと思われる項目において、インフラによる異常検出が期待される。また、他車両への通知または異常検出された車両の存在をインフラ側から周辺車両へ通知することも期待さ

れる。期待される車両外からの支援によるリスク回避策を以下に示す。

➤ L4トラック単独では対応できない、或いは、対応が難しいと思われる項目についての支援を期待

＜異常車両存在の広域通知、停止車両、異常車両、路面散乱物等の検出、停止車両の安全確保対応等＞

➤ インフラ側での検出とインフラ側から他車両への通知

＜検知＞・・インフラに設置されている監視カメラ等での検知 ＜通知＞・・①路車間通信による通知 ②道路上に設置されている電光掲示板による通知 等

➤ 異常車両からインフラへの通知

車両 ⇒ インフラ への通信を利用した通知

要求期待度 A：必須 B：できれば実施してもらいたい項目

	リスク回避策 インフラ支援に期待	要求期待度	備考
車両 異常発生時	1、自動運転車両からの異常車両*1) 通知を受け、他車両へ通知 *1) 何らかの異常を検出しながら走行している車両、異常により停止した車両	A	広域に情報提供
	2、自動運転車両で異常停止状態を通知できない停止車両*2) の検出及び他車両への通知 *2) 何らかの原因で停止している車両	A	異常車両から、車両停止状態を発信できない場合を想定
	3、異常状態が発生している自動運転車両の検知及び他車両への通知 (火災、発煙車両等)	B	無人運転の場合、該当現象を検知できない可能性有る事を想定
	(乗っ取り等動きのおかしい車両の検出)	B	対象車両は自ら異常を判断できない可能性有る事を想定
	4、自動運転車両からの落下した路面散乱物の検知及び他車両への通知 (バースタイヤ破片、落下物等)	A	自車両からの散乱物は検出不可である為
	(オイル漏れ)	B	同上
	5、自動運転車両のMRM停止時において、レスキューコールを受けた時の対応、遠隔監視・操作 (MRMで停止後)	A	異常車両のレスキュー手配 停止車両による事故誘発防止

* 2, 3, 4は一般車両にも有効

図 3-9 異常発生時に期待される車両外からの支援のリスク回避策案

＜リスクの分類とリスク回避策案＞

リスク視点	検知状態	想定されるリスク	リスク回避策
システムの	正検知	①機能しない	検知系・診断系の冗長化 (各社マター)
		②正確に機能しない (制限、制約)	
	未検知	③未検知 (異常処理ができない) すべての異常ケースを検出できない可能性	
	誤検知	④誤検知 (不要な異常処理してしまう)	
自車両		走行できない【①】	☆CASE-2 (運行中止) 縮退運転・MRM発動 / 異常対応処置(インフラ、他車、管理者に通知、レスキューコール)
		安全に走行できない【②】	☆CASE-1 (運行継続) ・異常の通知 (他車、インフラ、管理者) と異常の外部表示 ・中継点、(場合によってはSA/PA?) まで運転 (点検、整備を受ける)
		異常が原因で危険事象を引き起こす【①②③】	☆CASE-2 (運行中止) 縮退運転・MRM発動 / 異常対応処置(インフラ、他車、管理者に通知、レスキューコール)
		異常処理の不要作動 (危険事象の誘因)【④】	システム側での対応
他への影響		環境への影響 (例、排気ガス、騒音、散乱物等)【①②③】	☆CASE-1 (運行継続) 【内容は同上】
		交通流への影響 (渋滞、交通流阻害等)【①②③④】	☆CASE-2 (運行中止) 【内容は同上】
		危険事象誘因 (事故、二ヤミス)【①②③④】	

図 3-10 自車異常時のリスクの分類とリスク回避策案

③ 自車外異常 (渋滞時)

＜リスクの分類＞

136 個のリスクを想定し、これらを；

1. 自車が事故を引き起こすリスク
2. 事故に巻き込まれるリスク
3. 渋滞を引き起こすリスク
4. 周辺車両が影響を受けるリスク

に分類した。各件数と主なリスク例を以下に示す。

表 3-10 自車外異常（渋滞）におけるリスクの分類

リスクの分類	想定される リスク件数	主なリスク例
1. 自車が事故を引き起こすリスク	103 件	-二輪車のすり抜け行為 -勾配路による車両前進、後退 -隣接車線からの急な割込み
2. 事故に巻き込まれるリスク	4 件	-中継エリア内での割込み
3. 渋滞を引き起こすリスク	22 件	-自車が割込みできず立ち往生
4. 周辺車両が影響を受けるリスク	7 件	-複数台が自車前に割込み立ち往生 -立ち往生による緊急車両の妨害

＜主なリスク回避策＞

自車外異常（渋滞）における想定されるリスクから、「車両システム」、「車両外からの支援」に分類し、各リスク回避策案を想定した。主なリスク回避策案を以下に示す。

表 3-11 自車外異常（渋滞）における主なリスク回避策案

分類別	主なリスク回避策案
車両システム	システム設計向上 -ACC 制御機能（車間距離保持、の向上 -自動ブレーキの向上 -検出エリアの拡大 -対象物判別の精度向上 など
車両外からの支援	運行管理システムによる遠隔制御 渋滞情報の高精度化 -リアルタイム（高更新頻度） -渋滞末尾位置情報 割込みルールの法整備化 など

④ 自車外異常（故障車、落下物、工事）

＜リスクの分類＞

226 個のリスクを想定し、これらを；

1. 自車が事故を引き起こすリスク
2. 事故に巻き込まれるリスク
3. 配送遅延のリスク
4. 周辺車両が影響を受けるリスク

に分類した。各件数と主なリスク例を以下に示す。

表 3-12 自車外異常（渋滞）におけるリスクの分類

リスクの分類	想定される リスク件数	主なリスク例
1. 自車が事故を引き起こすリスク	99 件	-周辺車両の急な割込み -検知遅れによる接触/衝突 -事前情報の誤差による検知遅れ
2. 事故に巻き込まれるリスク	3 件	-本線上の停止により追突される
3. 配送遅延のリスク	73 件	-渋滞に巻き込まれ配送遅延 -故障車(低速走行)の追従
4. 周辺車両が影響を受けるリスク	45 件	-車線変更できず立ち往生 -緊急車両の通行妨害

＜主なリスク回避策＞

自車外異常（故障車、落下物、工事）における想定されるリスクから、「車両システム」、「車両外からの支援」に分類し、各リスク回避策案を想定した。主なリスク回避策案を以下に示す。

表 3-13 自車外異常（渋滞）における主なリスク回避策案

分類別	主なリスク回避策案
車両システム	システム設計向上 -検出エリアの拡大 -対象物判別の精度向上 -自動ブレーキ機能の向上 縮退走行/MRM への移行 など
車両外からの支援	インフラ情報(故障車、落下物、工事、緊急車両)の高精度化 -リアルタイム（高更新頻度） -高精度位置情報 -割込みルールの法整備化 運行監視システムからの遠隔操作 渋滞要因の早期排除

	など
--	----

⑤ 自車外異常（一時的悪天候、恒久的悪天候）

＜リスクの分類＞

41 個のリスクを想定し、これらを；

1. 車線維持が不能になるリスク
2. 自車が事故を起こすリスク
3. 自車が走行不能になるリスク
4. ブレーキが不能になるリスク
5. 駐車ができなくなるリスク

に分類した。各件数と主なリスク例を以下に示す。

表 3-14 自車外異常（天候）におけるリスクの分類

リスクの分類	想定される リスク件数	主なリスク事例
1. 車線維持が不能になるリスク	14 件	-強風による -濃霧による白線不検知 -積雪によるスリップ
2. 自車が事故を起こすリスク	11 件	-視界不良による -地震により制御不能になる
3. 自車が走行不能になるリスク	8 件	-地震による影響（地割れ、崩落等） -外界検知機能に障害が発生
4. ブレーキが不能になるリスク	7 件	-ハイドロプレーニング現象 -積雪や路面凍結によるスリップ
5. 駐車ができなくなるリスク	1 件	-積雪による駐車マス不検知

＜主なリスク回避策＞

自車外異常（一時的悪天候、恒久的悪天候）における想定されるリスクから、「車両システム」、「車両外からの支援」に分類し、各リスク回避策案を想定した。主なリスク回避策案を以下に示す。

分類別	主なリスク回避策案
車両システム	MRM による緊急停止 -緊急停止後、運行監視システムに発報 縮退運転による走行 外乱に対してロバストな制御系 冗長性を持たせた検知システムの搭載 など
車両外からの支援	運行監視システムより近隣の退避エリア情報を入手

	運行監視システムへ縮退運転/MRM による緊急停止を発報 - 周辺車両への周知 MRM 停止車両のレスキュー対応 運行監視システムによる遠隔指示（再発進） など
--	--

⑥ 自転車外異常（事故）

< リスクの分類 >

15 個のリスクを想定し、これらを；

1. 周辺の事故に遭遇
2. 事故に巻き込まれる
3. 自転車が事故を起こす

に分類した。各件数と主なリスク例を以下に示す。

表 3-15 自転車外異常（事故）におけるリスクの分類

ユースケースの分類	主なリスク事例
1. 周辺の事故に遭遇	- 渋滞に巻き込まれる - 計画外の立ち往生 - 停止した自転車が交通障害になる - 現場の車線規制や指示が理解できない
2. 事故に巻き込まれる	- 車両、積荷の破損 - 相手車両の乗員の負傷 - 衝突に気づかず自動運転を継続
3. 自転車が事故を起こす	- 車両、積荷の破損 - 相手車両の乗員の負傷 - 衝突に気づかず運転を継続し、救護義務違反

< 主なリスク回避策 >

自転車外異常（事故）における想定されるリスクから、「車両システム」、「車両外からの支援」に分類し、各リスク回避策案を想定した。主なリスク回避策案を以下に示す。

表 3-16 自転車外異常（事故）における主なリスク回避策案

分類別	主なリスク回避策案
車両システム	最徐行で通行 MRM により停止し、運行監視システムに発報 衝突検知機能を多重化 被害拡大回避措置（自動駐車ブレーキ、自動消火等） SOS 緊急発報、レスキュー要請
車両外からの支援	運行監視システムがリアルタイムに事故/渋滞情報を更新

	安全が確保できない場合は、道路を封鎖し通行止め 運行監視システムの遠隔操作による現場通過 事故情報を後続車へ伝達 監視システムによる事故発生を検知し、救急車/レスキューの出動を要請
--	---

3.1.2.1. インフラに係るリスク回避策の検討

車両外からの支援に係るリスク回避策（考え方の整理も含む）を抽出した 21 項を以下に示す。

表 3-17 車両外からの支援に係るリスク回避策一覧

分類	No.	リスク回避策	区分		
			自車システム	インフラ	制度
(1) 通常走行	1	トンネル、上部構造物下の自車位置特定支援機能（GNSS の代替）		○	
	2	中継エリア構造		○	
	3	合流支援①（自車合流）		○	
	4	合流支援②（他車合流）		○	
	5	制限速度通知（道路側→自動運転車両）、工事等による変更含む		○	
	6	低速先行車に対する対応方針			○
	7	車線変更支援（3 車線→2 車線、2 車線→3 車線）		○	
	8	横風注意（道路側→自動運転車両）		○	
(2) 自車異常	9	自車異常対応の考え方の整理（AD システム、車両基本機能）故障診断機能の実装等	○		
	10	異常車両からの通知を受け、他車両へ I2V 通知、掲示板表示 A		○	
	11	停止車両の検出、他車両への通知（I2V 通知、掲示板表示） A		○	
	12	異常車両の検知（火災、発煙車両等） （乗っ取り等動きのおかしい車両等） B		○	
	13	路面散乱物の検知（バーストタイヤ破片、落下物） （オイル漏れ） B		○	

	14	MRM 停止時のレスキューコールを受けた時の対応、 遠隔監視・操作（MRM 停止後） A		○	
(3) 自車外異常 (渋滞) (故障車、 落下物、 工事等)	15	渋滞情報の高精度・リアルタイム通知		○	
	16	渋滞時の合流支援①（自車合流）		○	
	17	渋滞時の合流支援②（他車合流）		○	
	18	道路情報の高精度、リアルタイム通知（工事情報） （道路側→自動運転車両）		○	
	19	道路情報の高精度、リアルタイム通知（逆走車） （道路側→自動運転車両）考え方の整理		○	
(4) 自車外異常 (悪天候) (事故)	20	悪天候時対応の考え方整理（悪天候情報の高精度、 リアルタイム通知）		○	
	21	事故時対応の考え方整理（自責、他責）（停止 車両、事故情報等の高精度、リアルタイム通知）		○	

3.1.2.2. リスク回避策の検討結果に基づく標準評価車両仕様の提案

これまでに洗い出されたリスク回避策を基に、車両システムの標準要件を検討するための標準車両を構築した。標準評価車両の要求仕様案を以下に示す。

		要求仕様
検知	物体検知	前方：200m（カメラ、LiDAR、ミリ波等） 側後方：横 8m×後 100m（カメラ、LiDAR、ミリ波等） 検出対象：人、車両（車、二輪車）、落下物（車両と同 サイズ程度）
	走行環境認識	エリア判定（マップ、GNSS、SLAM） 天候判定（豪雨、濃霧、降雪：上記センサ+ α ） 車両周囲検知（発進、停車時：上記センサ+ α ）
認識	自車位置認識	絶対位置検知（GNSS、RTK-GNSS、SLAM 等） レーン検知（カメラ、LiDAR）
	運転行動計画	予定経路（車両制御コントローラへ記憶 or 通信） + 検知結果 + 回避経路生成
判断	状態判断、情報提供	検知結果（認識用コントローラ） 遠隔システム（渋滞情報、天候情報）
	（縦横）制御	～100km/h（FSRA） 車線変更できるもの 車線維持できるもの 縮退・MRM（路側退避）に対応できるもの 遠隔からの監視、操作できるもの

機能安全（冗長性）	機器故障（自己診断）・ 制御（認識）限界 「車両の警告類・燃料残用・タイヤ空気圧」
Out Car	車外表示（HMI） 遠隔システム（渋滞情報受信） 一般車等向け表示（路側標示） 遠隔操作が可能な装置・インタフェース

上記要求仕様案に要するセンサ等の認識範囲のイメージを以下に示す。

検証用車両において、走行環境を把握するためのセンサ等の認識範囲を以下の仮定に基づいて検討

- ・ 本線上の第一走行車線（あるいは合流・分流部）を最高100km/hで走行している場合の必要検知範囲を表すもの
- ・ 想定する検出対象は、人・車両（車、二輪車）・車両と同等サイズの落下物

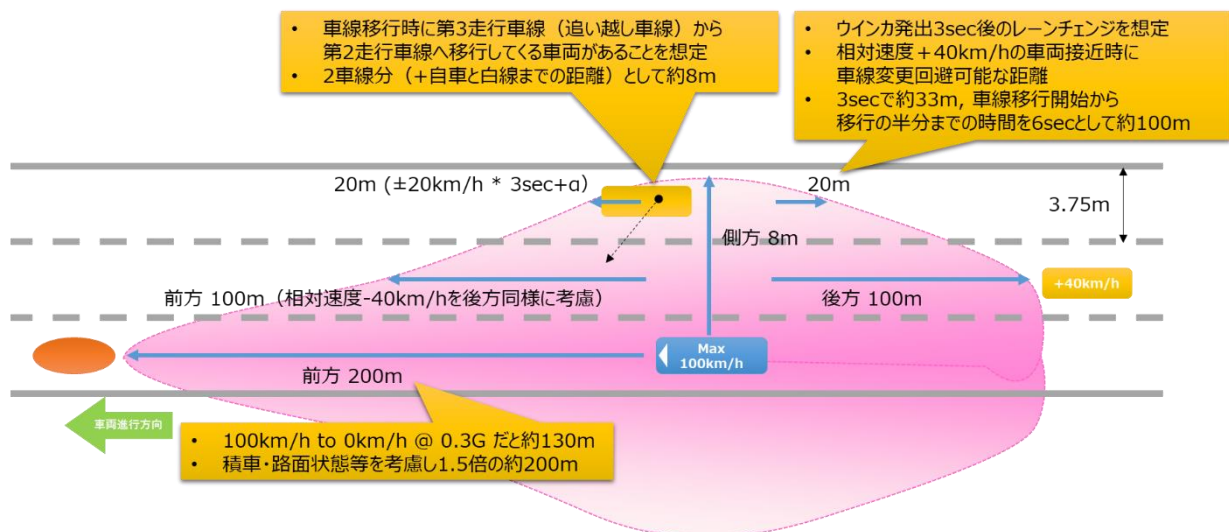


図 3-11 走行環境を把握するためのセンサ等の認識範囲イメージ（標準評価車両）

3.1.2.3. 今後の課題

リスクの洗い出しと回避策の今後の課題について、以下項目を挙げる。

- ・ リスク評価：評価指標（発生頻度、深刻度）の検証（通常時、異常時）
- ・ リスク回避策：評価方法の検証（シミュレーション、実車）
- ・ 車両システム：リスク回避策における標準車両のセンサ認識範囲の妥当性
- ・ 車両外からの支援：有効性や各項目の検証方法、
事故対応など「考え方」そのものの議論や整理が必要
- ・ ODD の再検証：道路構造（2車線⇄3車線）、など

3.1.3. リスク回避ミニマム動作手順の検討

今年度は、リスクを深掘りして回避策を検討した。また、今後、具体的な動作手順を検討していくための計画を立案した。

3.1.3.1. 中継エリア

前提として；中継エリアは、車両技術に限らず、道路構造、運用方法にも係る他、荷役の有無等の走行モデルによって求められる機能が異なる。

リスクを回避、低減する手段として車両外からの支援や運用方法を検討した。

なお、検討にあたり；

MUST：無いとリスクの許容が困難なもの

WANT：あったほうがよいが、運用（人）との組合せによるリスクの許容可能として分類した。また今後の検討で決めるものを TBD とした。

(1) 中継エリアの構造

入場ゲート、駐車マス、到着及び出発エリア、退場ゲート及びそれらを繋ぐ動線路等で構成される検討案を以下に示す。

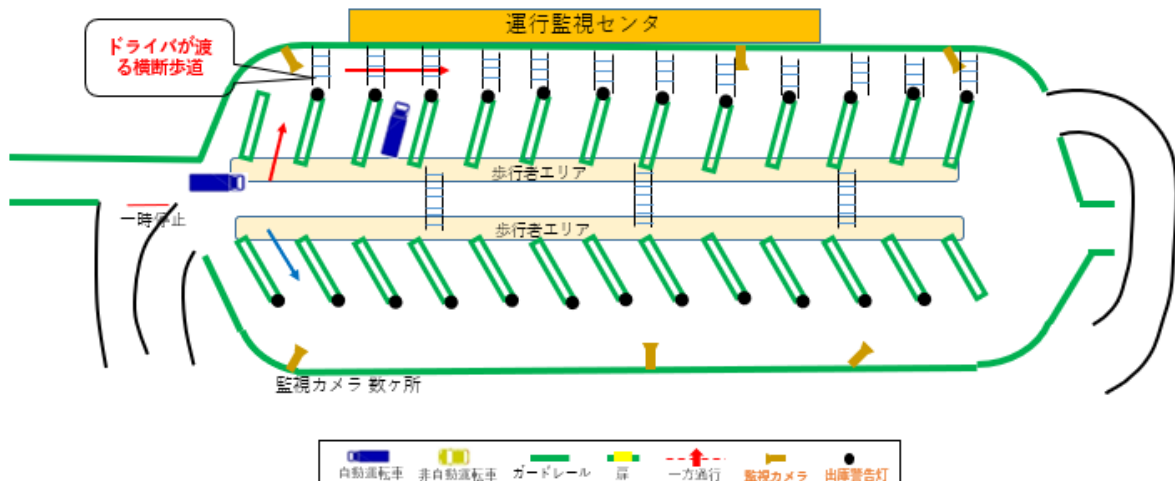


図 3-12 中継エリアの構造イメージ

(2) 中継エリアでの走行

入場時：

中継エリアの入場ゲートを通過すると、運行監視システムから駐車マスの位置が指定される。

自動運転車両は、エリア内の地図情報をもとに駐車マスまでの走行ルートを決定制し、周囲の安全を確認しながら駐車マスまで走行し駐車する。

退場時：

発進前の車両周囲（車両下部を含む）の安全確認の上、退場までの走行ルートを決定制し、周囲の安全を確認しながら退場ゲートまで走行する。

安全に走行する技術要件：

中継エリアを安全に走行するには、自動運転車両の自車位置推定精度（物標等のインフラ設備等が必要）と自動運転車両の周辺環境認識及び駐車マスの環境の認識（人、物体）が必要となる。

自動運転車両の自車位置推定の手法については；

- ① 高精度地図+LiDAR
- ② RTK-GPS
- ③ 磁気ネイル

等の利用が考えられる。

(3) 中継エリアでのリスクと回避策

中継エリア内でのユースケース、リスク、回避策として期待される車両外、ルール支援案について；

- ・ 入場ルート→駐車マス
- ・ 駐車マス→退場ルート

について検討した結果を表に示す。

表 3-18 中継エリア内のユースケースとリスク及び

期待される車両外からやルールによる支援の案（入場ルート→駐車マス）

入場ルート→駐車マス			
中継エリア内UC	リスク	インフラ、ルール支援案	MUST/WANT
自動駐車のための駐車マスを特定する	エリア内停車（走行妨げ）	①エリア内で空いている駐車マスを通信経由で通知 ②空き状況がわかるランプ？を設置（車で点灯状況認識？）	①MUST ②TBD
駐車マスまでの走行ルートを決める	ルートプランニング失敗	①エリア内の全ての車両は管制の指示によってコントロールされる	①TBD
駐車マスまでの走行ルートに従い、安全に走行する	歩行者と接触	①歩行者との接触リスクを減らすために関係者以外立入禁止 ②-1：エリア内を2階建て構造とし、歩行者は2階を歩行する ②-2：歩行帯の設置 ③夜間でも歩行者を認識できる照明設置	①MUST ②-1：WANT ②-2：MUST ③WANT
	他車両と接触	①エリア内の全ての車両は管制の指示によってコントロールされる ②他車との接触リスクを減らすために動線を一方通行にする	①TBD ②WANT
	落下物と接触	①落下物との接触リスクを減らすために監視カメラで監視 ②落下物と回避行動を車両→管制へ通知、エリア内の車両で共有	①WANT ②TBD
駐車マスを正しく認識し、はみ出さないよう前進駐車する	他車両と接触	①少し余裕のある駐車マスのサイズ（余裕がどの程度あると良いか、検証） ②隣接する駐車マスとの境界に関する要件決め（白線、縁石、ガードレール他）	①WANT ②MUST
駐車マスを正しく認識し、はみ出さないよう後退駐車する	他車両と接触	①駐車マスへは通り抜け駐車できる構造とする	①MUST

表 3-19 中継エリア内のユースケースとリスク及び

期待される車両外からやルールによる支援の案（駐車マス→退場ルート）

駐車マス→退場ルート

中継エリア内UC	リスク	インフラ、ルール支援案	MUST/WANT
駐車中の安全監視	駐車中に人が下回りに潜り込み、発車時にひいてしまう	①人との接触リスクを減らすために関係者以外立入禁止 ②-1：駐車車両の周辺監視をインフラカメラで監視 ②-2：駐車車両の周辺監視を人（ドライバ）で監視 ③やむを得ず下回り作業をする際は、自動運転SWをONできないようにする	①MUST ②-1：WANT ②-2：WANT ③MUST
退場までの走行ルートを決める	ルートプランニング失敗	①エリア内の全ての車両は管制の指示によってコントロールされる	①TBD
退場ルートに従い、安全に走行する	歩行者と接触	①歩行者との接触リスクを減らすために関係者以外立入禁止 ②-1：エリア内を2階建て構造とし、歩行者は2階を歩行する ②-2：歩行帯の設置 ③夜間でも歩行者を認識できる照明設置	①MUST ②-1：WANT ②-2：MUST ③WANT
	他車両と接触	①エリア内の全ての車両は管制の指示によってコントロールされる ②他車との接触リスクを減らすために動線を一方通行にする	①TBD ②WANT
	落下物と接触	①落下物との接触リスクを減らすために監視カメラで監視 ②落下物と回避行動を車両→管制へ通知、エリア内の車両で共有	①WANT ②TBD
駐車マスを正しく認識し、はみ出さないよう前進発車する	他車両と接触	①少し余裕のある駐車マスのサイズ（余裕がどの程度あると良いか、検証） ②隣接する駐車マスとの境界に関する要件決め（白線、緑石、ガードレール他）	①WANT ②MUST
駐車マスを正しく認識し、はみ出さないよう後退発車する	他車両と接触	①駐車マスへは通り抜け駐車できる構造とする	①MUST

この検討から、中継エリアで安全な運営及び自動運転車両が安全に走行するのに期待される車両外側の対応案について要点を整理した。

① 自動運転車両の技術に依存しない車両外側支援

表 3-20 リスクと車両外側に期待するリスク回避支援策

リスク	リスク回避策	備考
1. 歩行者との接触リスク	・関係者外立入禁止 ・歩車分離 （歩行帯 or 歩行者デッキ）	必要に応じて事業者ヒアリングを想定
2. 駐車車両下回りに人が入り込むリスク	ドライバもしくは係員による発車前点検	*係員＝中継エリア職員
3. 駐車マスが埋まって駐車できない、立ち往生するリスク	運行監視センターによる駐車マス管理と各車両への指示	

② 自動運転車両の技術に依存する支援

自動運転車両が中継エリア内で安全に走行するのに必要なリスク回避策として；

- A) 自車位置推定が出来なくなるリスクと車両外側への対応の期待
- B) 周囲の物標（人、車両、構造物）との接触リスクと車両外側への対応の期待
- C) 後退駐車時の接触リスクと車両外側への対応期待

を以下に示す。

A) 自車位置推定が出来なくなるリスクと車両外側への対応の期待

表 3-21 自動運転車両の自己位置推定と車両外側に期待するリスク回避策

リスク (自己位置推定不能)	リスク回避策	備考
RTK-GPS	・ 駐車マスはオープンスカイであること ・ GPS 受信基準局の設置	シミュレーションまたは実車評価において確認検討
高精度地図+LiDAR	・ 地図作成が可能な広さ ・ 目印となる立体物の設置	同上
磁気ネイル	・ 必要な場所での磁気ネイルの埋設	上記 2 項目の結果から判断

※ 自動運転車両の自車位置推定法の採用は、精度の実験検証、実装性、コスト等を考慮した上で決定する。

B) 周囲の物標（人、車両、構造物）との接触リスクと車両外側への対応の期待

表 3-22 周囲の物標（人、車両、構造物）との接触リスクと車両外側に期待するリスク回避策

リスク (カメラの場合)	リスク回避策
暗いと物標検出が難しい	夜間照明の設置

C) 後退駐車時の接触リスクと車両外側への対応の期待

表 3-23 後退駐車時の接触リスクと車両外側に期待するリスク回避策

リスク (車載センサの死角)	リスク回避策
後退駐車時及び切り返しはセンサの死角に人が入る可能性あり	通り抜け駐車のみ (後退駐車しない)

(4) 今後の課題

中継エリアの仕様について、以下の表に示した検証項目について検証を進める予定である。

また、実際の駐車マスを想定した場所（テストコース等）で、自車位置推定法の精度要件や周囲環境の影響等の調査確認も実施予定である。

表 3-24 今後予定している中継エリアの検証項目

インフラ、ルール支援案	MUST/WANT	検証項目	手段
①エリア内で空いている駐車マスを通信経由で通知	①MUST	●自車位置と駐車マスの位置関係から、切り返しが発生するケースがないか	シミュレーション
①歩行者との接触リスクを減らすために関係者以外立入禁止	①MUST	●運用上問題ないか、事業者にも確認	ヒアリング
②-1：エリア内を2階建て構造とし、歩行者は2階を歩行する	②-1：WANT	●インフラ整備コストを確認	ヒアリング
②-2：歩行帯の設置	②-2：MUST	●インフラ整備コストを確認	ヒアリング
③夜間でも歩行者を認識できる照明設置	③WANT	●照明の要否（必要な場合は設置個所、明るさ）	シミュレーション
②他車との接触リスクを減らすために動線を一方通行にする	②WANT	●一方通行にできるか、道路構造の専門家に確認	ヒアリング
①落下物との接触リスクを減らすために監視カメラで監視	①WANT	●接触するとリスクのある落下物を監視カメラで検知できるか専門家に確認（インフラ要件）	ヒアリング
①少し余裕のある駐車マスのサイズ	①WANT	●駐車マスのサイズ	シミュレーション 実車
②隣接する駐車マスとの境界に関する要件決め（白線、緑石、ガードレール他）	②MUST	●隣接する駐車マスとの境界に関する要件決め（白線、緑石、ガードレール他）	シミュレーション 実車
①駐車マスへは通り抜け駐車できる構造とする	①MUST	■後退駐車はリスクが高いため、無いほうが良い	－
③やむを得ず下回り作業をする際は、自動運転SWをONできないようにする	③MUST	●運用上問題ないか、事業者にも確認	ヒアリング

3.1.3.2. 先読み情報支援

先読み情報とは、L4トラックが道路インフラや通信により前もって入手することができる走行経路上の情報である。

ここでは、ユースケースの中から抽出されたリスクの内、先読み情報により解決できるリスク回避策について解説する。

併せて、L4トラックが検出、対応することが困難な自車異常のリスクに対して、路側システムの検知能力により解決が期待できるリスク回避策についても述べる。

(1) 先読み情報支援の必要性

大型トラックは、その大きさ、重量、動力特性から乗用車のような機敏な動きができない。車速調整に時間を要し、車線変更が必要な場合、他車両との十分な車間距離がないと安全にかつスムーズに車線変更ができない。

高速道路走行中に落下物や事故等で L4 トラックに車線変更が必要なケースが発生した場合、交通流にもよるが、数キロメートル先から車線変更のタイミングをはかる必要がある。

このように L4 トラックが安全にスムーズにかつ円滑な交通流を確保するには先読み情報が必要である。

(2) 先読み情報

L4トラックのユースケースから検討したリスク回避策のうち、インフラからの情報として期待する先読み情報は；

- ・ 規制速度
- ・ 故障車情報
- ・ 落下物情報
- ・ 渋滞情報

- ・ 工事情報
- ・ 逆走車情報
- ・ 天候情報
- ・ 事故情報等

に分類される。

情報の検出は、路側に設置された監視カメラや、走行車両からの情報（プローブ情報）が想定される。

L4トラックはこれらの先読み情報を路側システムから入手して、安全な運行となるように、車線変更等のリスク回避行動を実施する。

また、運行継続の可否に係るような重要な判断は、運行監視システムからの指示を得て実行する事を想定している。

(3) 先読み情報を用いたリスク回避策の深掘り検討

L4トラックのユースケースから検討したリスク回避策のうち、先読み情報を用いたリスク回避策 11 項目を以下に示す。

- ① 規制速度
- ② ODD 内走行中に、AD システム、車両制御システム、車両装置に異常発生
- ③ 本線上の落下物
- ④ 自車本線上の前方の渋滞車群への接近（事前情報あり）
- ⑤ 自車本線上の前方の渋滞車群への接近（事前情報なし）
- ⑥ 自車本線上で工事
- ⑦ 本線走行中の自車目前に逆走車が接近
- ⑧ 悪天候に遭遇（豪雨、降雪・積雪、路面凍結、濃霧、強風、地震など）
- ⑨ 事故に遭遇（事前情報あり）
- ⑩ 事故に遭遇（事前情報なし）
- ⑪ 事故に遭遇（巻き込まれ、事故を起こした場合）

また、ユースケースと L4トラック、運行監視システム、路側システム間の情報の流れを示した図は、(6)資料を参照されたい。

(4) 先読み情報支援の更なる期待

現状の路側の検知能力では対応が難しい案件である火災や乗っ取り等は、監視カメラの高精度化やプローブ情報の活用など、今後の検知能力の向上に期待する項目としてまとめた。

なお、本件は路側のみならず、自車による異常検出の能力に向上も検討する必要がある。

路側システムの検知能力により解決が期待できるリスク回避策 3 項目：

- ⑫ ODD 内走行中に異常発生：車両異常を運行監視システムに発信できない
- ⑬ ODD 走行中に AD システムが異常（乗っ取り等）、及び火災・発煙等の異常発生

- ⑭ ODD 走行中にパンク発生、部品の落下、オイル漏れが発生
(自車では検出できない可能性があるもの)

(5) 今後の課題

通信システム、情報の有効利用について、以下の項目を検討していく必要がある。

<通信システム>

- ・ 運行監視システム
- ・ 通信システムの設計
- ・ メッセージセットの検討
- ・ 通信機試作
- ・ 通信試験

<情報の有効利用>

- ・ 運行監視システムと連携した、先読み情報の効果的活用法
- ・ 有効性確認試験

(6) 資料

以下にユークケースと L4 トラック、運行監視システム、路側システム間の情報の流れを示した図を示す。

先読み情報を用いたリスク回避策 11 項目：

① 速度規制

規制速度を路側システムより迅速に通知する。

規制区間の手前（例：200m）で情報の取得を期待する。

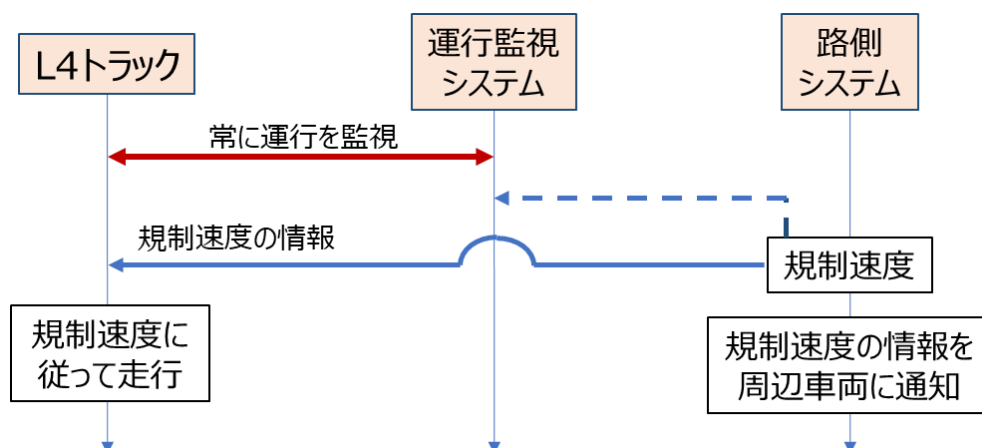


図 3-13 情報の流れ（規制速度）

② ODD 内走行中に、AD システム、車両制御システム、車両装置に異常発生

自車が検出した異常とその危険回避策（緊急停止など）の情報を発信し、路側シス

テムにより周辺車両に通知する。

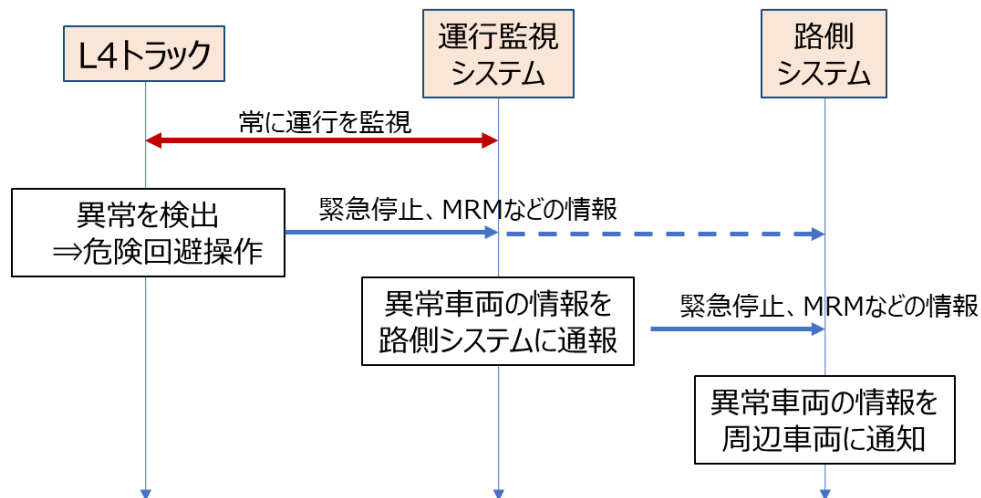


図 3-14 情報の流れ（車両側システムの異常発生）

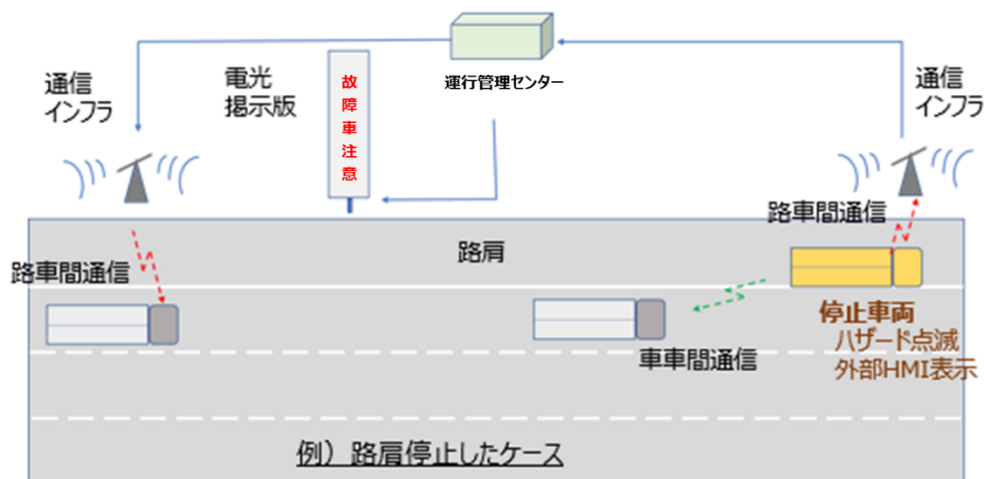


図 3-15 【イメージ図】情報の流れ（車両側システムの異常発生）

③ 本線上の落下物

本線上の落下物を路側の監視カメラにより検出し、できるだけ早く L4 トラックに通報する。

新東名高速道路では、1km ピッチで監視カメラを設置、画像処理範囲が 200m のため、死角が発生していることから、今後監視カメラの高精度化やプローブ情報の活用などにより検知能力の向上に期待する。

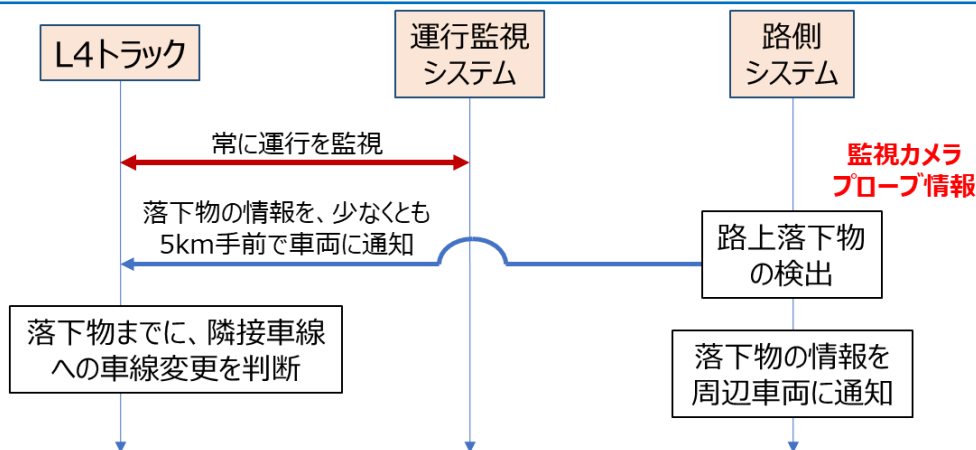


図 3-16 情報の流れ（本線上の落下物）

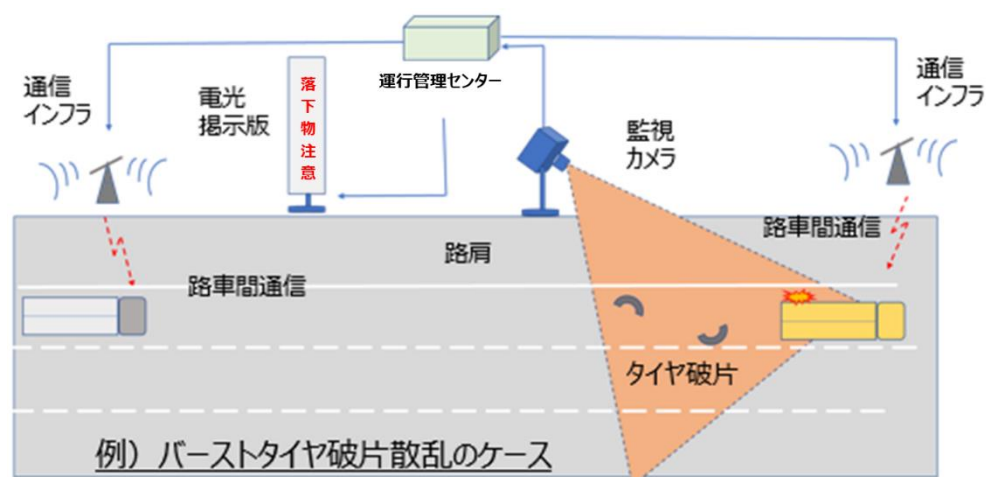


図 3-17 【イメージ図】情報の流れ（本線上の落下物）

④ 自車本線上の前方の渋滞車群への接近（事前情報あり）

本線上に発生した渋滞を路側の監視カメラにより検出し、渋滞末尾の少なくとも5km手前でL4トラックに通報する。

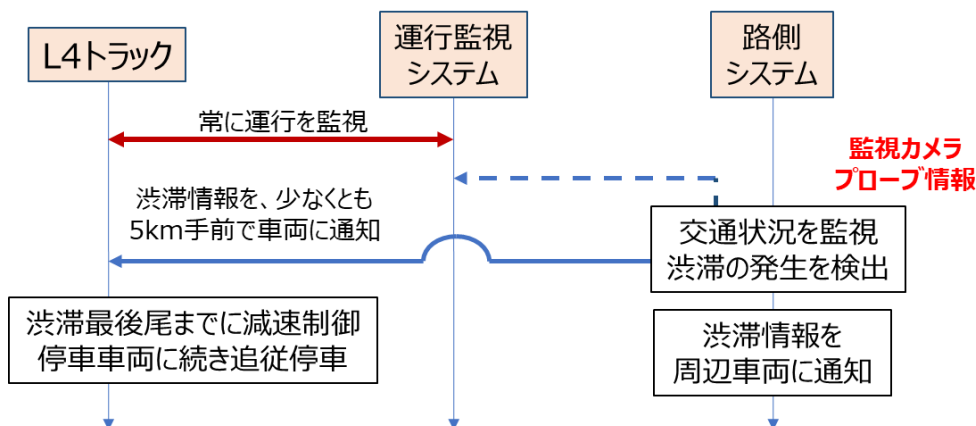


図 3-18 情報の流れ（渋滞時（事前情報あり））

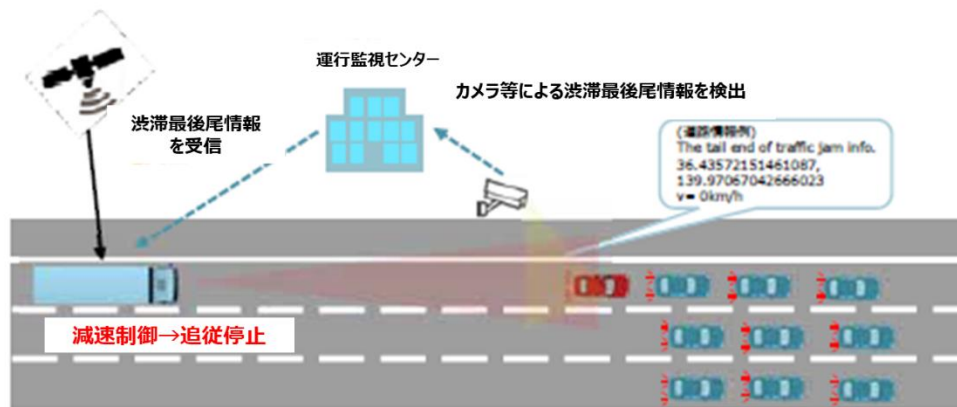


図 3-19 【イメージ図】情報の流れ（渋滞時（事前情報あり））

⑤ 自車本線上の前方の渋滞車群への接近（事前情報なし）

L4トラックが検出した渋滞情報を発信し、路側システムにより周辺車両に通報する。

事前情報なしで渋滞に遭遇した場合、L4トラックがプローブ情報を発信する。

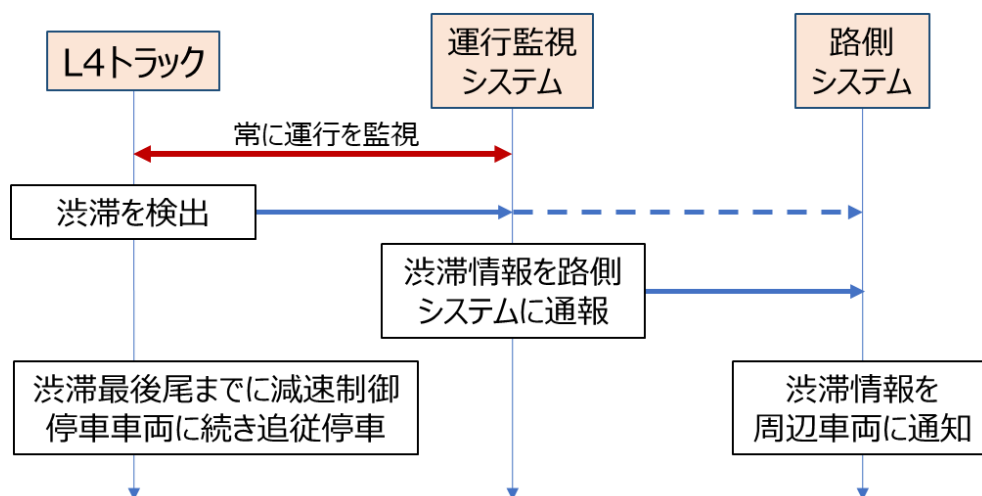


図 3-20 情報の流れ（渋滞時（事前情報なし））

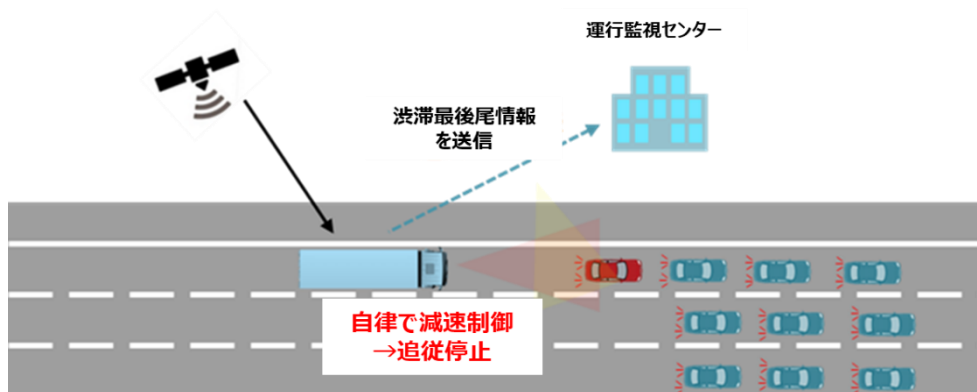


図 3-21 【イメージ図】情報の流れ（渋滞時（事前情報なし））

⑥ 自車本線上で工事

高速道路上の工事情報を、路側システムより迅速に通知する。

工事区間の少なくとも 5km 手前で情報の取得を期待する。

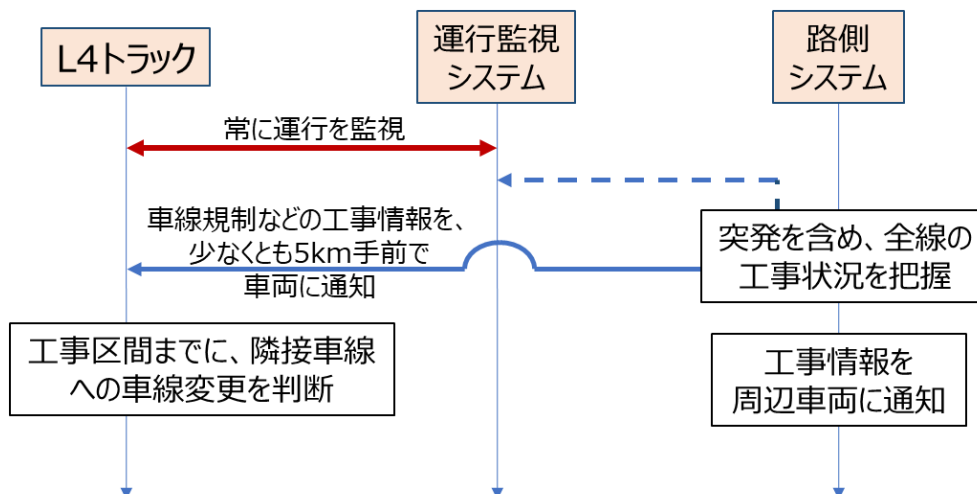


図 3-22 情報の流れ（工事（車線減少））

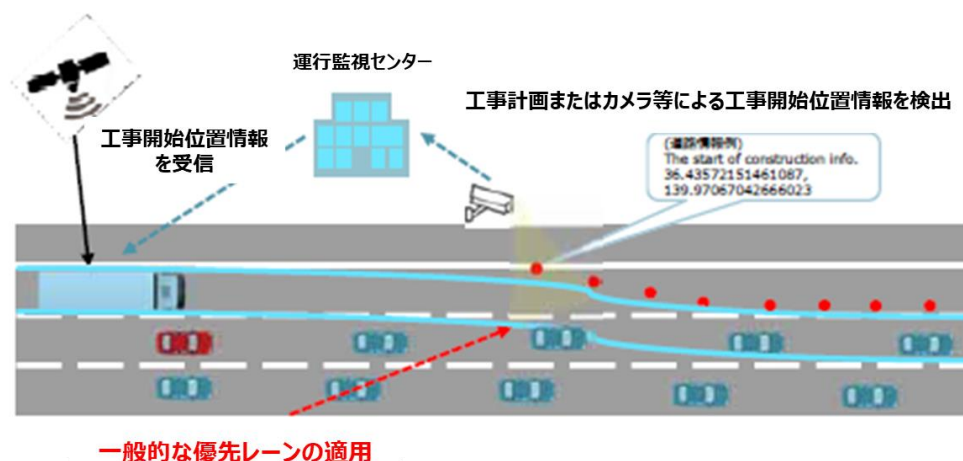


図 3-23 【イメージ図】情報の流れ（工事（車線減少））

⑦ 本線走行中の自車目前に逆走車が接近

本線上の逆走車を、路側監視カメラやプローブ情報でできるだけ早く検出し、周辺の車両に通知する。

即時性が求められるため、プローブ情報を含む路側システムで、どこまで対応できるか検討が必要である。

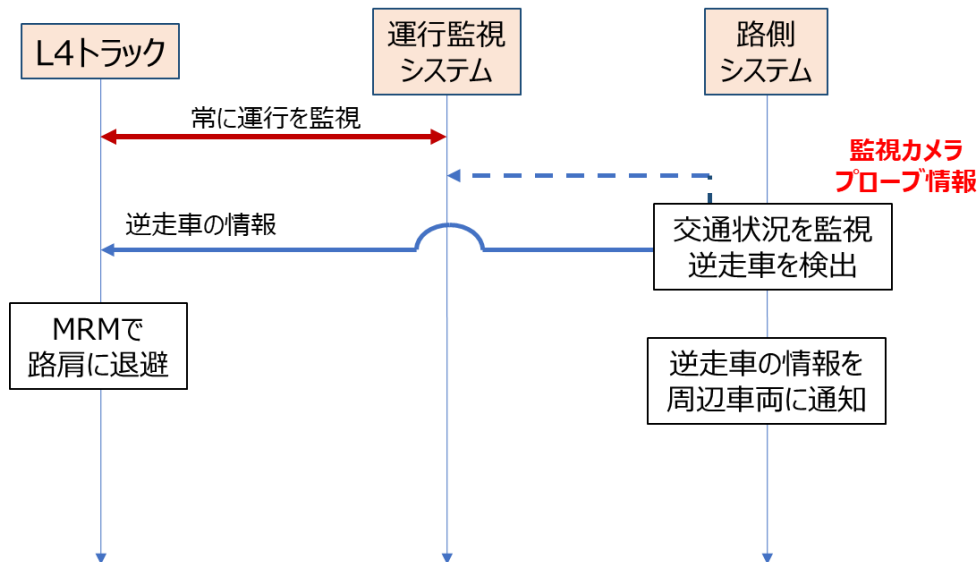


図 3-24 情報の流れ（逆走車）

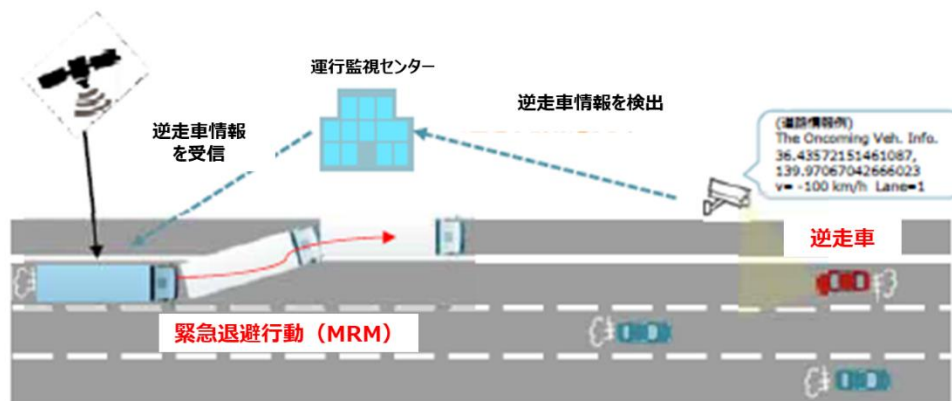


図 3-25 【イメージ図】情報の流れ（逆走車）

⑧ 悪天候に遭遇（豪雨、降雪・積雪、路面凍結、濃霧、強風、地震など）

路側システムにより、本線上天候情報、及び、これに起因する通行止めの情報を規制区間の少なくとも 5 k m 手前、突発の場合はできるだけ早く周辺車両に通知する。自動運転の可否は、運行監視システムが判断して L4 トラックに通知する。

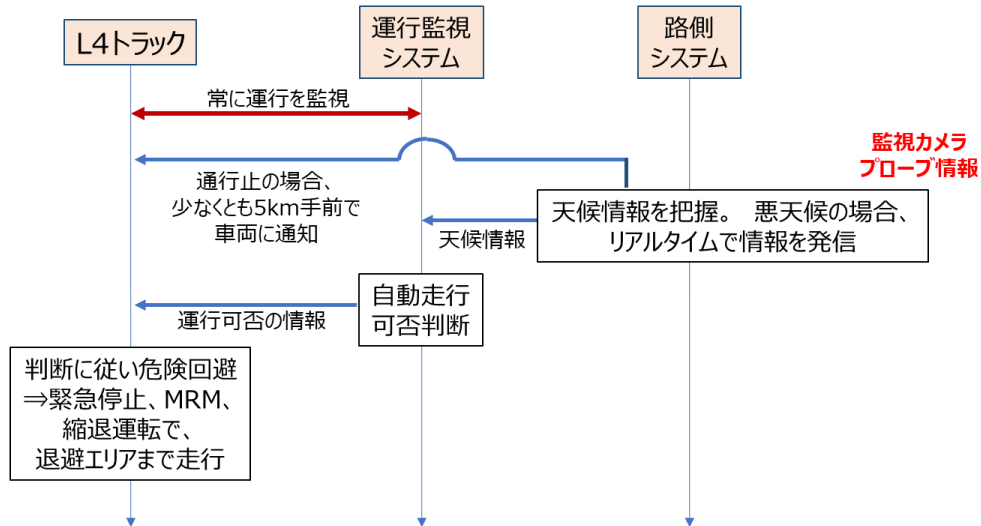


図 3-26 情報の流れ（悪天候）

緊急停止・路肩退避

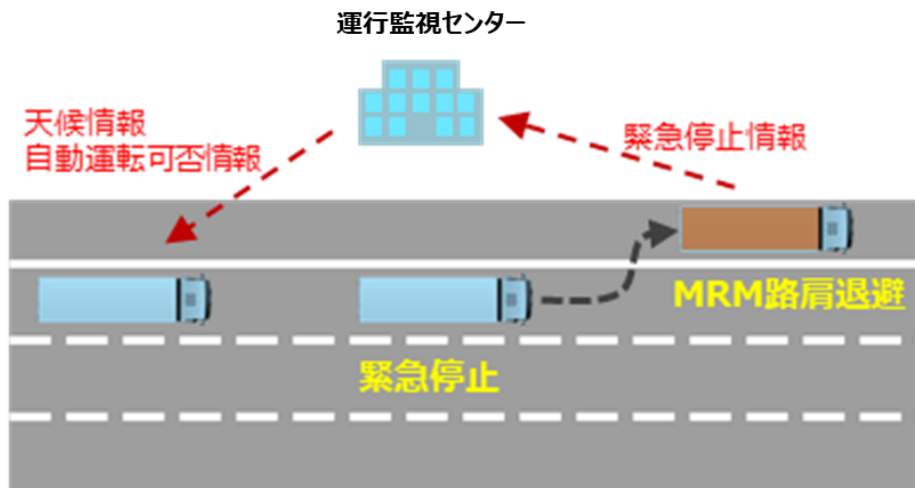


図 3-27 【イメージ図】情報の流れ（悪天候による緊急停止、路肩退避）

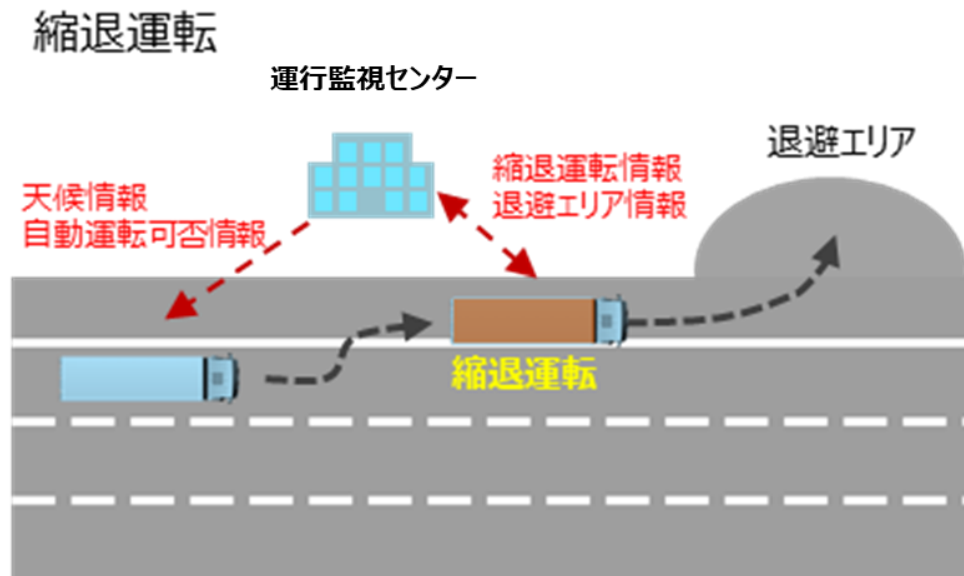


図 3-28 【イメージ図】情報の流れ（悪天候による縮退運転）

⑨ 事故に遭遇（事前情報あり）

本線上の事故発生を、路側監視カメラやプローブ情報で検出し周辺の車両に通知する。

事故の少なくとも 5km 手前、突発の場合はできるだけ早く情報の取得を期待する。

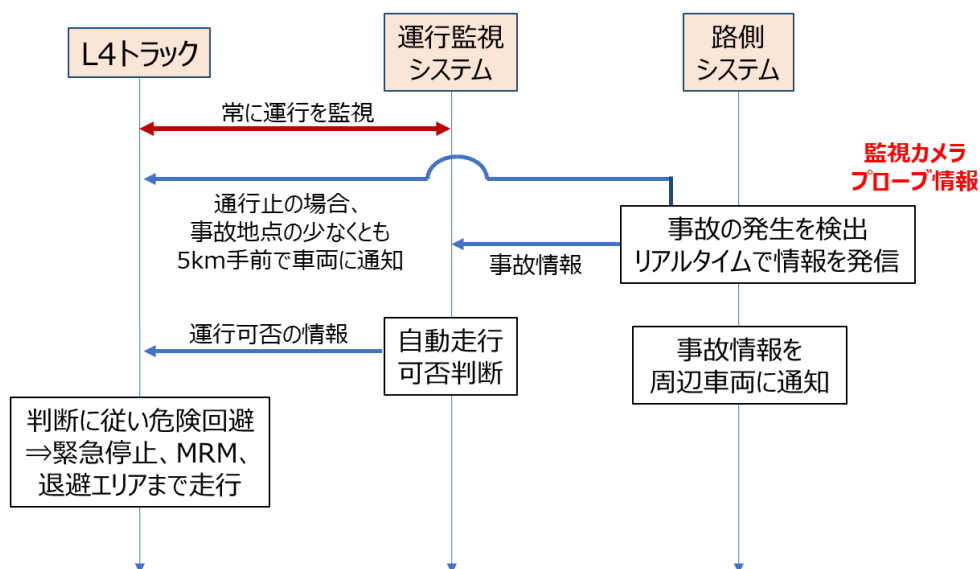


図 3-29 情報の流れ（事故遭遇（事前情報あり））

事故現場手前の退避エリアに退避

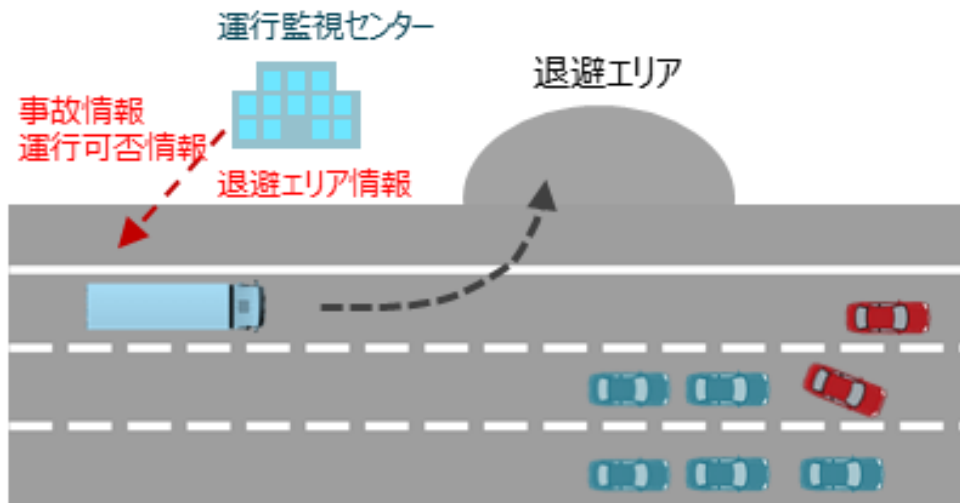


図 3-30 【イメージ図】情報の流れ（事故遭遇（事前情報あり））

⑩ 事故に遭遇（事前情報なし）

L4 トラックが事故に遭遇した場合、その情報を発信し、路側システムにより周辺車両に通報する。

事前情報なしで事故に遭遇した場合、L4 トラックがプローブ情報を発信する。

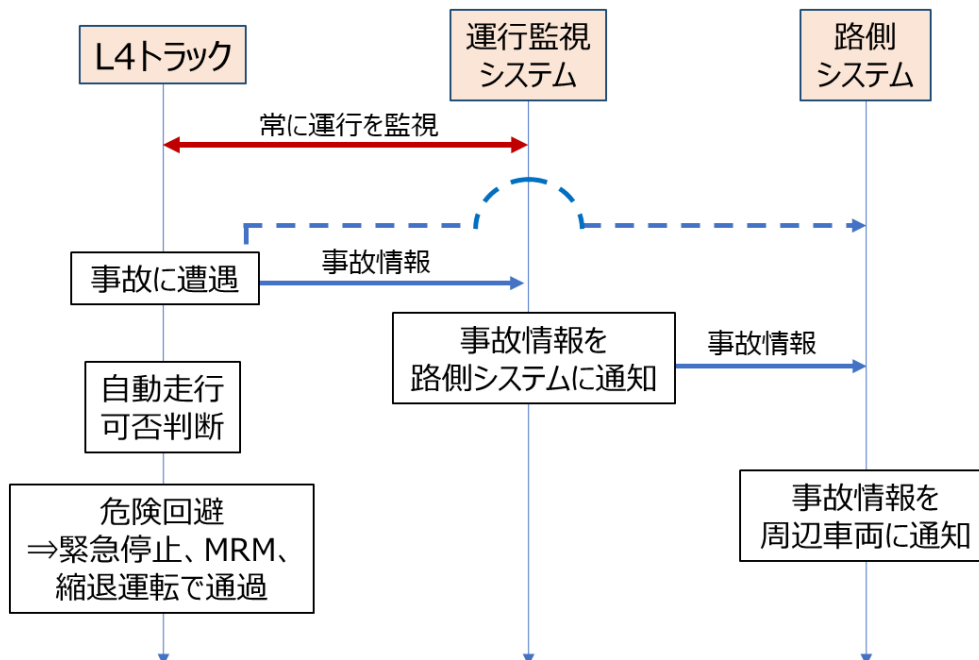


図 3-31 情報の流れ（事故遭遇（事前情報なし））

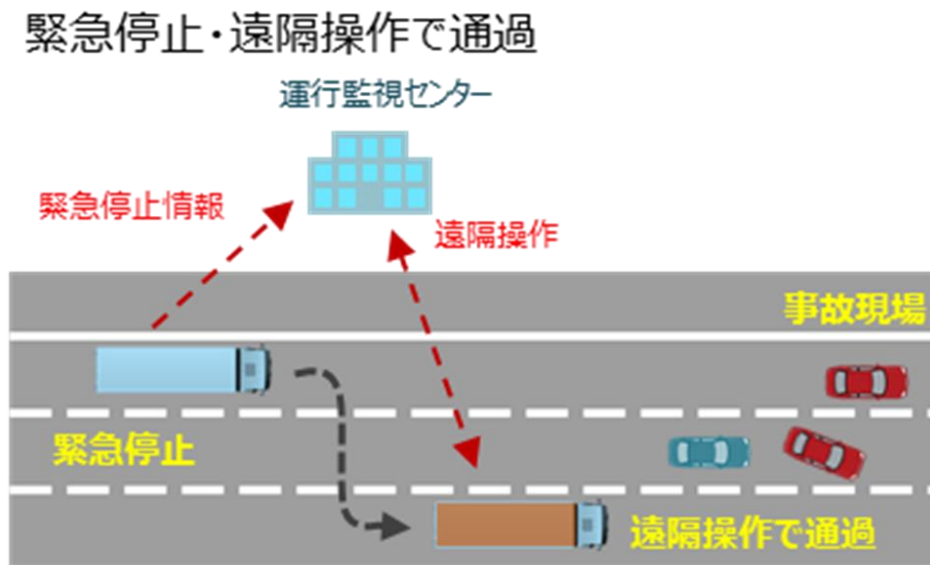


図 3-32 【イメージ図】情報の流れ（事故遭遇（事前情報なし））

⑪ 事故に遭遇（巻き込まれ、事故を起こした場合）

L4 トラックが事故に巻き込まれた場合、直ちにその情報を発信し、路側システムから警察などに通報すると共に、レスキュー対応を依頼する。

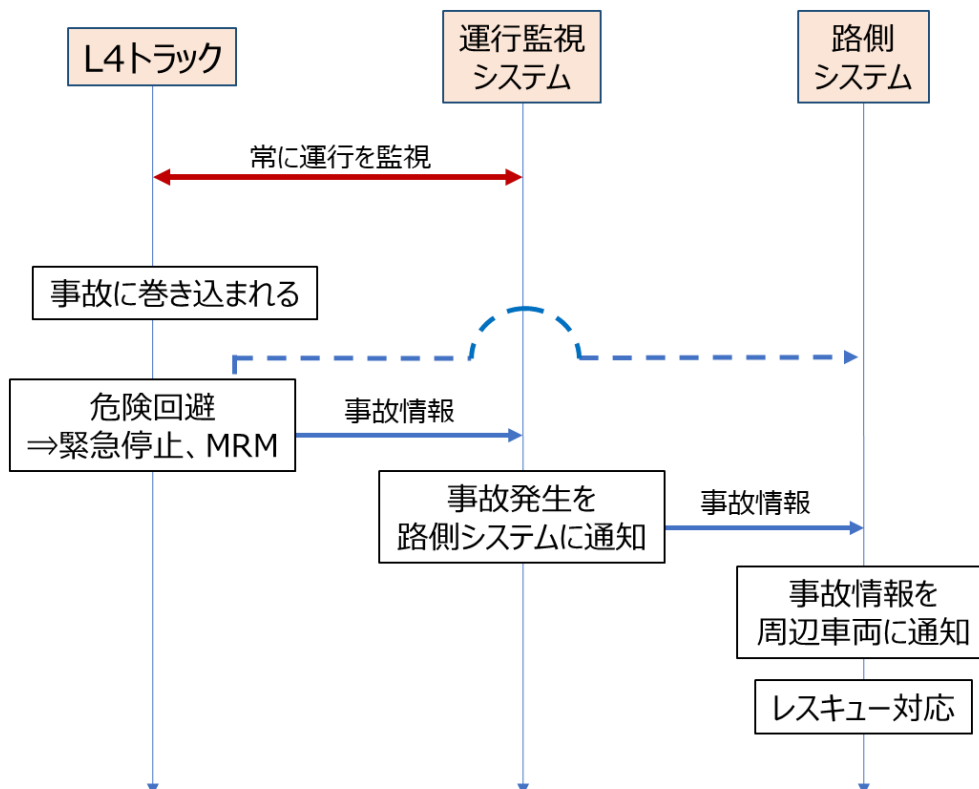


図 3-33 情報の流れ（事故遭遇（巻き込まれ事故））

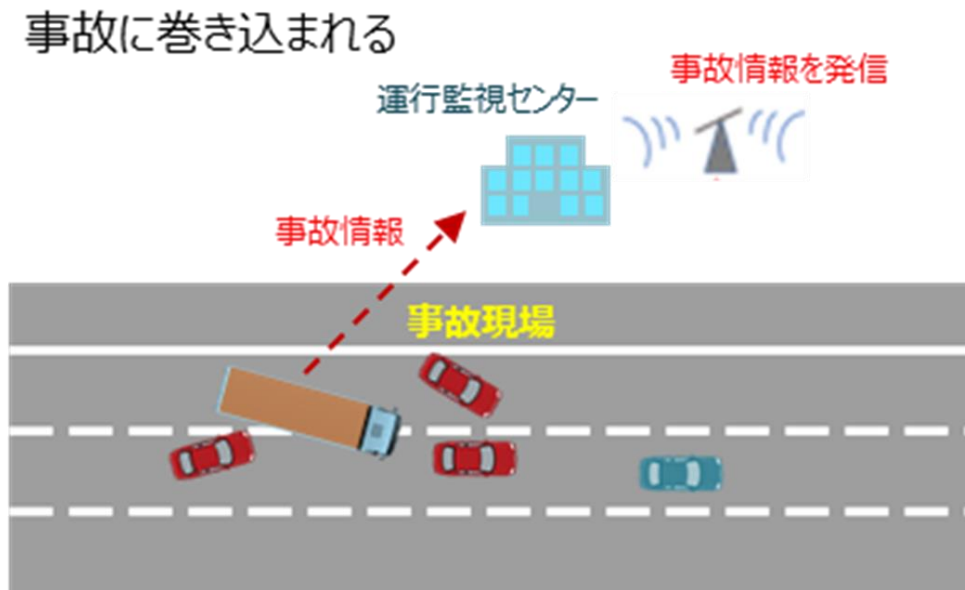


図 3-34 【イメージ図】情報の流れ（事故遭遇（巻き込まれ事故））

路側システムの検知能力により解決が期待できるリスク回避策 3 項目：

- ⑫ ODD 内走行中に異常発生：車両異常を運行監視システムに発信できない
自車異常により路肩に停止した車両を、路車システムで検知し、できるだけ早く周辺車両に通報。

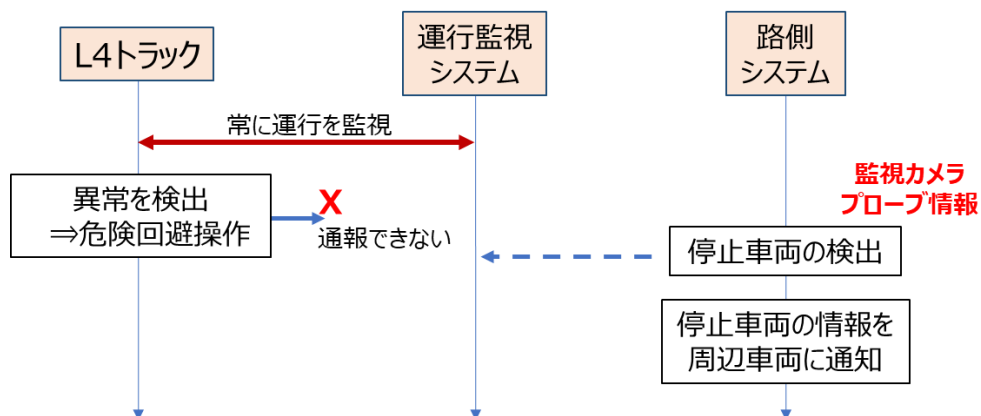


図 3-35 情報の流れ（自車異常）

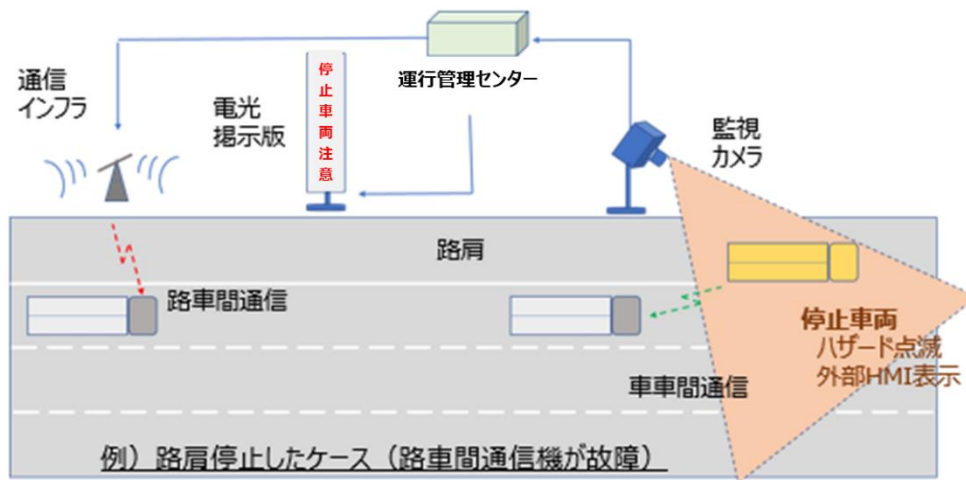


図 3-36 【イメージ図】情報の流れ（自車異常）

- ⑬ ODD 走行中に AD システムが異常（乗っ取り等）、及び火災・発煙等の異常発生
車両火災や乗っ取りなど、自車では検出が難しい異常を、路側の監視カメラやプ
ローブ情報により検知し、L4トラックに通報する。
本コンセプトは、現状の路側の検知能力では対応が難しく、監視カメラの高精度化
やプローブ情報の活用などが期待される。

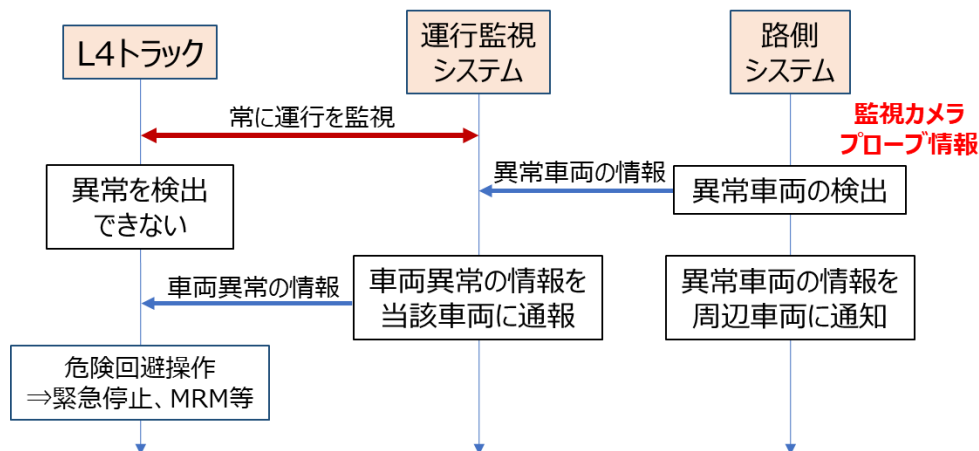


図 3-37 情報の流れ（自車異常（車両火災、乗っ取り））

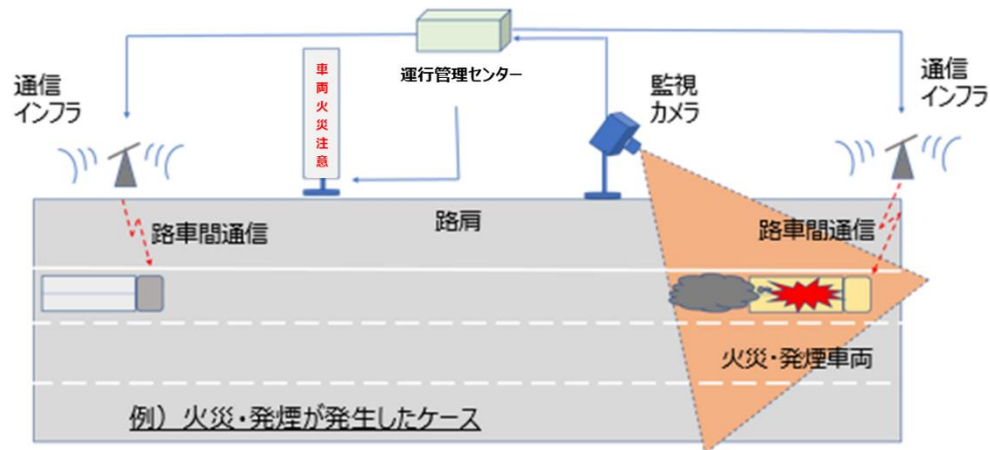


図 3-38 【イメージ図】情報の流れ（自車異常（車両火災、乗っ取り））

⑭ ODD 走行中にパンク発生、部品の落下、オイル漏れが発生

（自車では検出できない可能性があるもの）

パンク、車両からの部品の落下、オイル漏れなど、自車では検出が難しい異常を、路側の監視カメラやプローブ情報により検知し、L4トラックに通報する。

本コンセプトは、現状の路側の検知能力では対応が難しく、監視カメラの高精度化やプローブ情報の活用などが期待される。

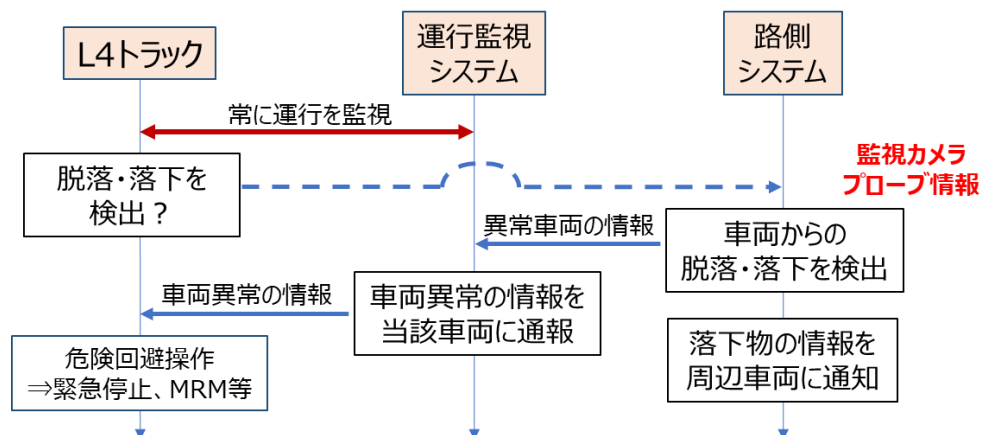


図 3-39 情報の流れ（パンク、落下物等）

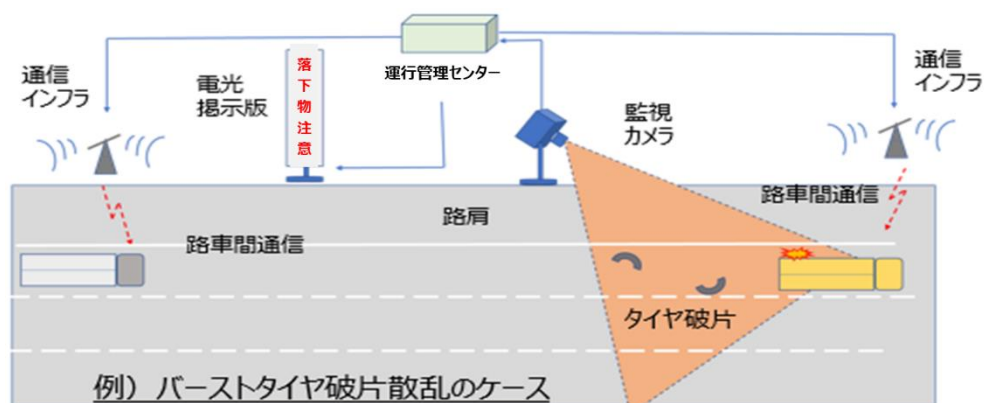


図 3-40 【イメージ図】情報の流れ（パンク、落下物等）

3.1.3.3. 合流支援

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る、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。

ここでは、合流部と合流支援、リスク回避策についてまとめ、リスク回避策の有効性について検証する方法を検討した。

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) 合流支援の整理

合流と合流支援について整理した図を以下に示す。

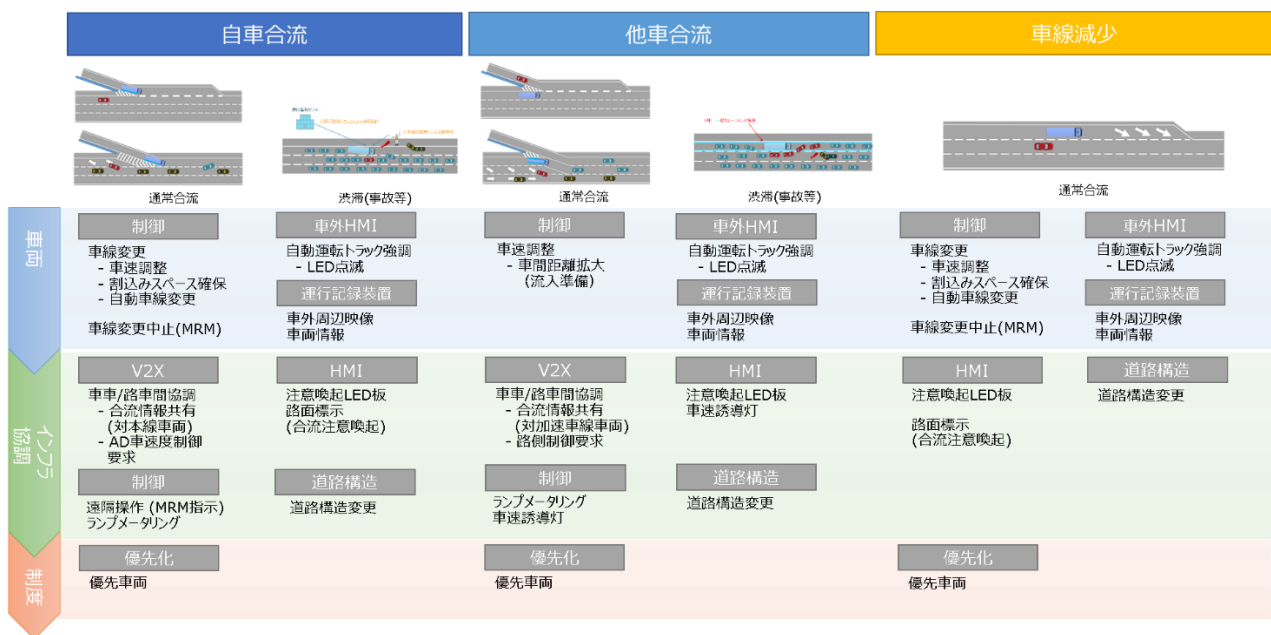


図 3-41 合流支援の整理

検討ケースとして；

- ・ 自車合流、他車合流、車線減少、合流支援として車両側で行うもの
- ・ インフラ協調で行うもの
- ・ 制度面での対応が望まれるもの

についてまとめた。

車両側で行うものとして；

- ・ 制御（車間調整、車線変更、危険な場合車線変更中止）

- ・ 車外 HMI（LED 点滅による自動運転車両の強調）
 - ・ 運行記録装置（車外周辺映像、車両情報）等
- が考えられる。

インフラ協調としては；

- ・ V2X（車車間、路車間協調による合流車情報共有、速度指示等）に関するもの
 - ・ 制御に関するもの（遠隔操作、ランプメータリング、車速誘導灯）
 - ・ 標識標示関係（注意喚起 LED、路面標示）
 - ・ 道路構造変更等
- が考えられる。

制度面では；

- ・ 優先車両
 - ・ 優先レーン等
- が考えられる。

(2) 合流支援とリスク回避

合流支援に関するリスク回避策の深掘り検討を実施し、以下の一覧表にまとめた。

表 3-25 合流支援に関するリスク回避策一覧

ユースケース	対象の分類	項目	リスク回避策の内容
自車合流支援 (合流部)	ADL4車両	車外HMI	シアン系色LEDランプ点灯（合流時には点滅）
		電子牽引	本線合流まで、電子牽引技術を活用し、半マニュアルで合流。ODDに入ればL4トラックにH/O
		V2X通信	V2IよりV2Vメッセージセットに準拠した信号情報を共有（交通密度に準じた発車）
	インフラ	VMSの設置	合流部からAD車が合流する場合に、合流部手前にて合流注意喚起を表示またはランプ点滅
		ラバーボールの設置	合流部のラバーボールの設置を延伸。また合流部からAD車が合流する場合に、合流部手前にてラバーボールのランプ点滅
		車線変更標示	第1車線の車両に第2車線への車線変更を誘導および合流部における第1車線への車線変更を禁止
		ランプメータリング	AD車用。一般合流車や第1車線に車両が多い場合は、AD車の発進を停めておく
		道路構造の変更	合流車線がそのまま第1車線となる道路構造変更
他車合流支援 (合流部)	ADL4車両	優先車両	AD車が接近した場合、緊急車両と同等の優先車両扱い
		車外HMI	シアン系色LEDランプ点灯（合流部通過時には点滅）
		車間距離可変制御	AD車前に先行車がいる場合、割り込みしやすい車間距離を拡張する
	インフラ	V2X通信	V2IよりV2Vメッセージセットに準拠した信号情報を共有（合流タイミングで接近する車両信号の取得）
		VMSの設置	合流部にAD車が接近したとき、合流部手前にて合流注意喚起を表示
		ラバーボールの設置	合流部にAD車が接近したとき、合流部手前にてラバーボールのランプ点滅
		ランプメータリング	合流部にAD車が接近したとき、合流車線側の一般車両を一時待機
		車外HMI	シアン系色LEDランプ点灯（車線変更時には点滅）+表示板？
自車合流支援 (本線渋滞)	インフラ	①遠隔操作	(運行監視システム) TBD
		②遠隔操作	(作業員) TBD
他車合流支援 (本線渋滞)	インフラ	車外HMI	シアン系色LEDランプ点灯（優先車両として強調）+表示板？
		優先車両	TBD

上記のシーンとして；

- ・ 合流部及び本線渋滞時において自車が合流する場合
 - ・ 他車が合流する場合
- について分類整理したものである。

リスク回避策として；

- ・ L4トラックで実施するもの
- ・ インフラ協調での実施が望まれるもの
- ・ 制度面で対応が望まれるもの

に分類した。

(3) 各リスク回避策の検討イメージと課題

以下のように、整理した。

① 車外 HMI

課題：

- ・ 設置個所（見え方）：誰に対して見せるか
- ・ 表示方法（点灯、点滅、条件等）：点滅は保安基準の改訂が必要
- ・ 色（今年度：黒+シアンで検討）：保安基準の確認
- ・ 輝度（保安基準）

○L4トラックのeHMI(案)

- ・ 黒+シアンの組み合わせ
- ・ グリル部、ウインドウシールド、タイヤ周りとりアー部に取り付け
- ・ 合流部や接近シーンではシアン色のところが点滅

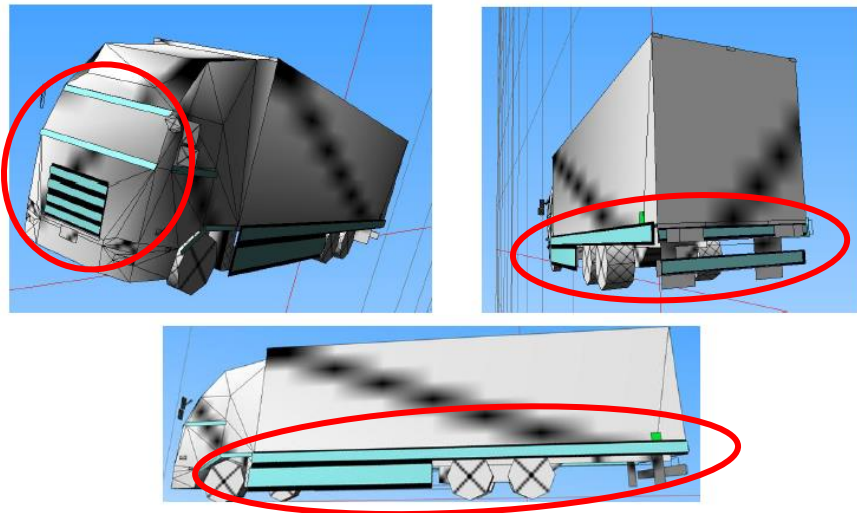


図 3-42 車外 HMI イメージ

② V2X

課題：

- ・ 設置個所
- ・ メッセージ内容(位置情報、速度、加速度等)

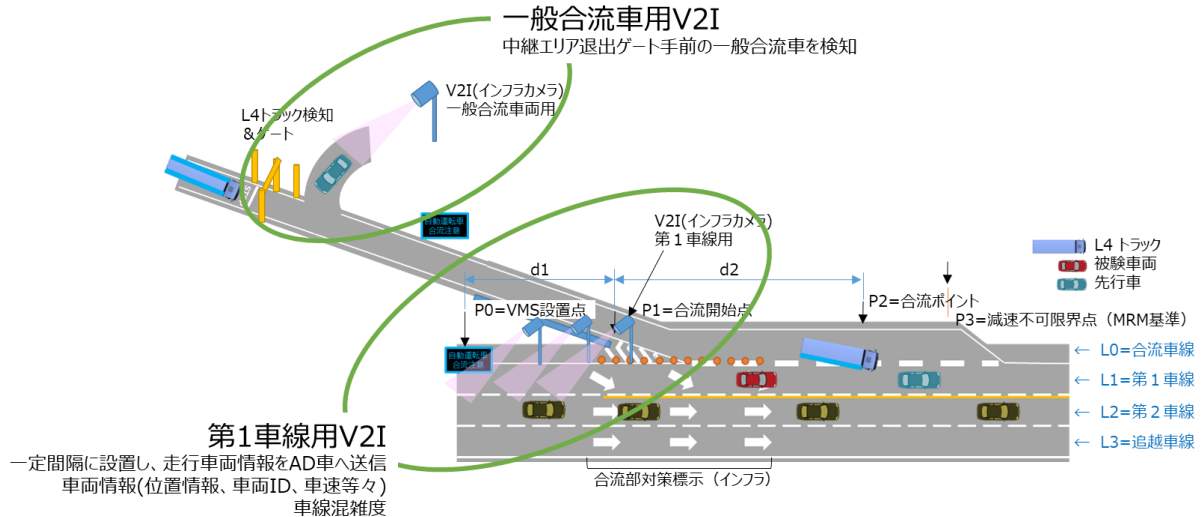


図 3-43 V2X イメージ

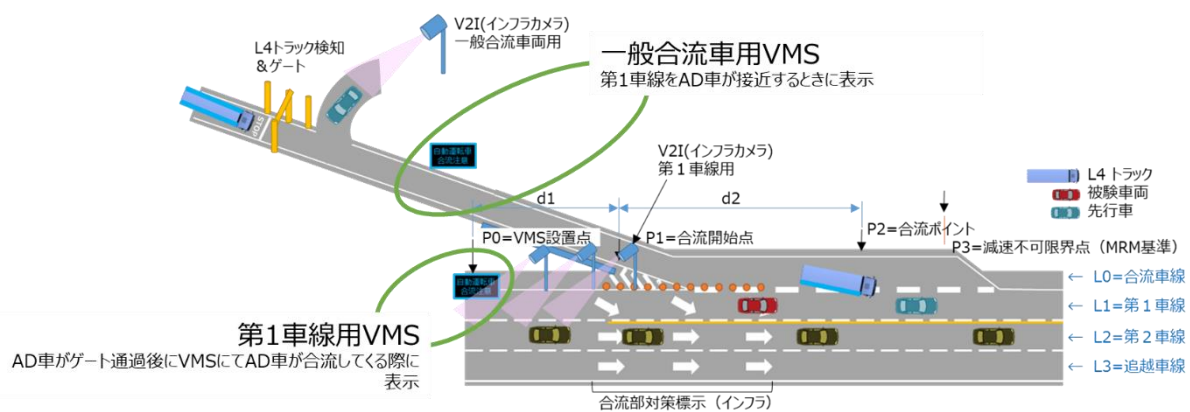
③ VMS

課題：

- ・ 設置箇所

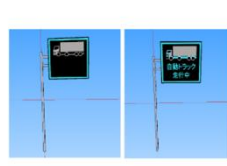
(過年度の隊列走行実証事業で実施した DS 実験では、500m 程度手前での有効性を確認)

- ・ 表示方法 (点灯、点滅、タイミング、内容等)
- ・ 見やすさ (理解のしやすさ)
- ・ 色
- ・ 輝度



○インフラ側のVMS(案)

- ・ eHMI搭載部分の色を強調する図と「自動トラック走行中」の文字を点滅 (アニメーション)



表示内容	動作
トラック隊列走行実験中	点滅
合流注意 トラック 3台連続	点滅

図 3-44 VMS イメージ

④ ラバーポール

課題：

- ・ 設置個所
- ・ 設置方法（長さ、LED 有無）
- ・ 周辺監視センサへの影響

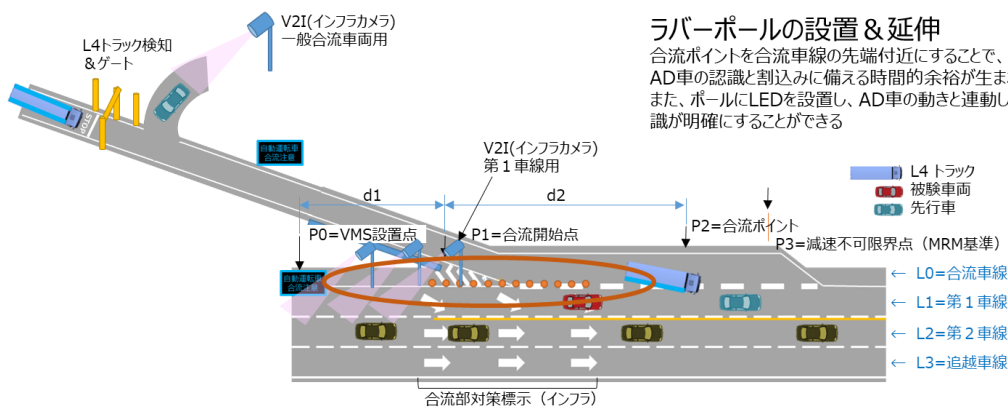


図 3-45 ラバーポールイメージ

⑤ 合流部対策表示

課題：

- ・ 設置個所（有効な表示方法の検討）
- ・ 表示方法（日中、夜間の見え方）

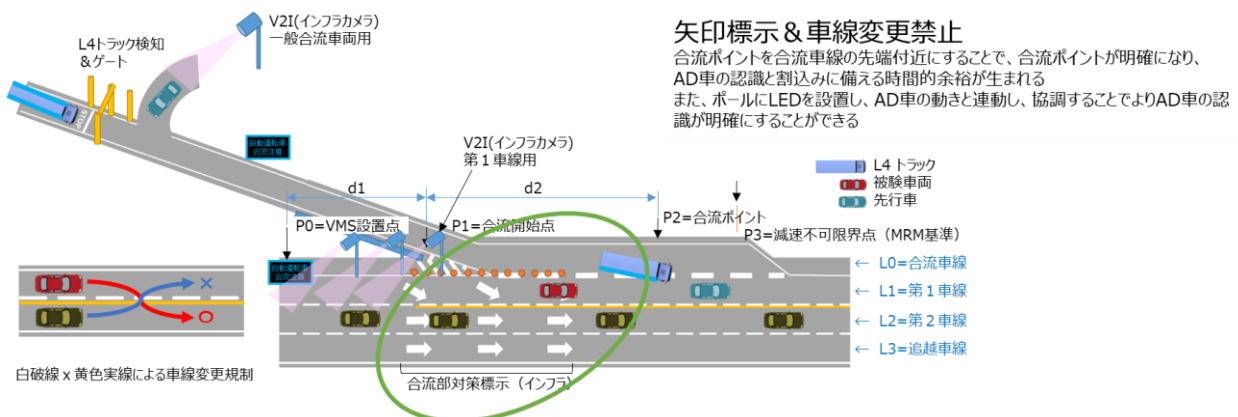


図 3-46 合流部対策表示イメージ

⑥ ランプメータリング

課題：

- ・ 設置個所
- ・ 表示方法（場所、タイミング等）
- ・ 制御方法
- ・ 検知方法

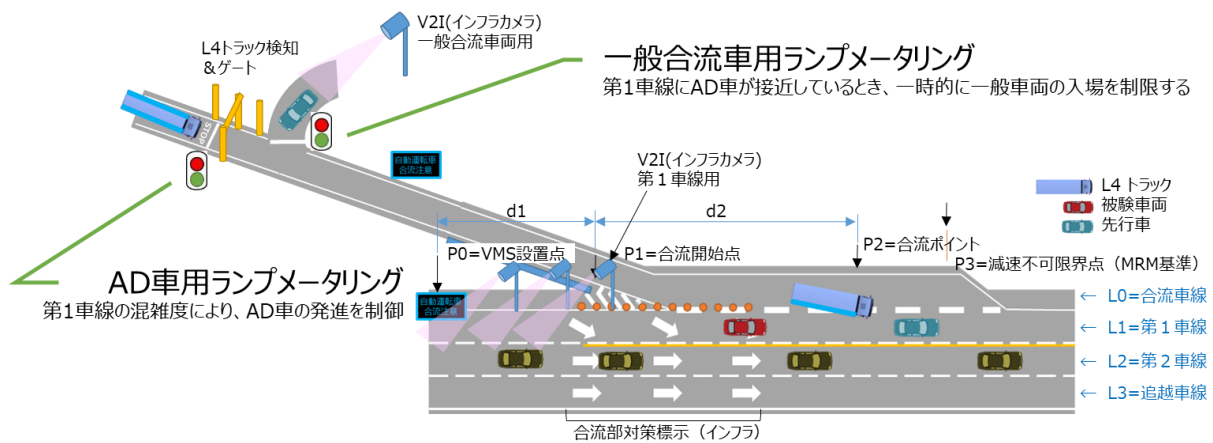


図 3-47 ランプメーティングイメージ

⑦ 道路構造の変更

課題(車線場所変更):

- ・ 追越車線の混雑化
- ・ L4トラックの第一走行車線へ戻る車線変更

課題(加速車線延長):

- ・ 延長部分の用地
- ・ 必要な長さ

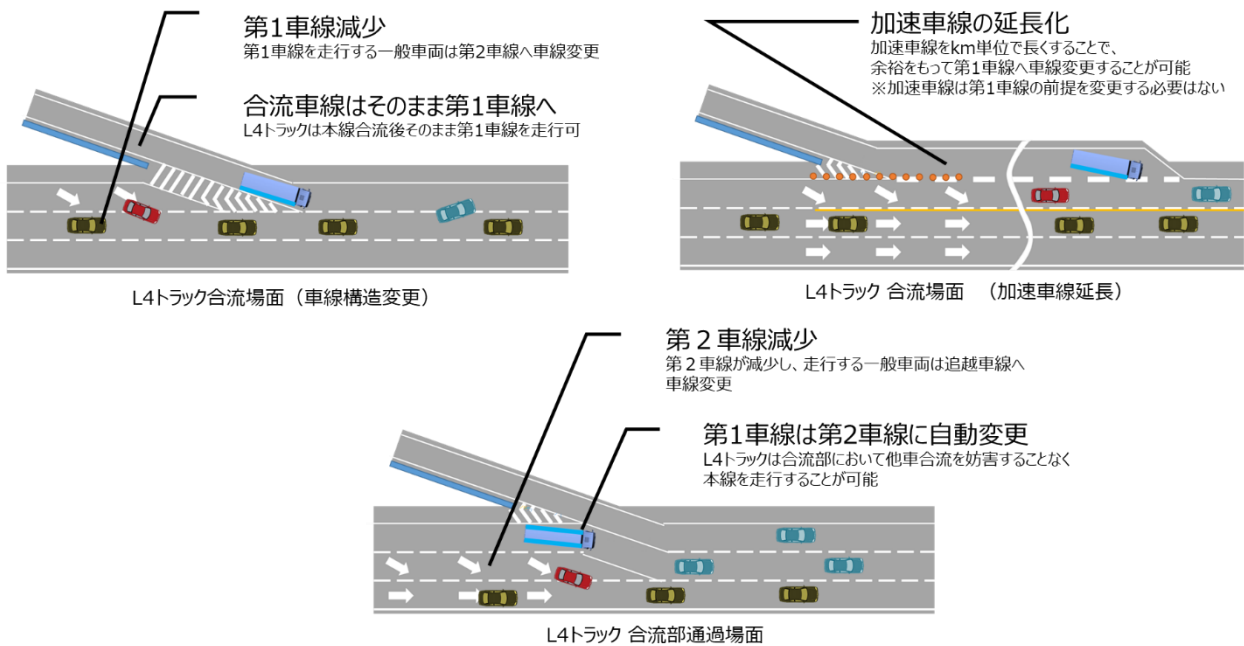


図 3-48 道路構造変更イメージ

(4) リスク回避策とドライビングシミュレータを用いた有効性の確認

合流支援のリスク回避策の有効性の確認は、実際の高速道路の合流部で実施するのが望ましいが、検討、開発段階では現実的でない。

そこでドライビングシミュレータを用いた仮想空間内での有効性の確認と交通流シミュレータを用いた検証を検討した。

以下に、合流支援の有効性を確認する計画を示す。

表 3-26 合流支援の有効性確認計画

No	場所	自車位置	被対象車				道路状況	回避策			実証方法				備考
			一般		ADL4			車両	インフラ	(優先レーン)制度	DS		交通流S	実車	
			乗用車	HDT	乗用車	HDT					HMI	制御			
3-1	合流部	合流車線	✓	✓	✓	✓	通常	✓	✓		車イ	車	✓	✓	自車合流
3-2			✓	✓	✓	✓		✓	✓		車イ	車イ	✓		
3-3			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		
3-4			✓	✓	✓	✓		渋滞	✓	✓	✓			✓	
4-1	合流部	本線第1車線	✓	✓	✓	✓	通常	✓	✓		車イ	車	✓	✓	他車合流
4-2			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓			
4-3			✓	✓	✓	✓		渋滞	✓	✓	✓			✓	
16-1	本線	本線第1車線	✓	✓	✓	✓	渋滞 規制 (工事/事故)	✓	✓		車イ	車	✓	✓	自車合流
16-2			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		他車合流
17-1			✓	✓	✓	✓		✓			車イ	車	✓	✓	
17-2			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓		
7-1	車線減少 (3→2車線)	本線第1車線	✓	✓	✓		通常	✓	✓		車イ	車	✓	✓	完全3車線化までの暫定 (黎明期のみ想定)
7-2			✓	✓	✓	✓	渋滞	✓		✓	車イ	車	✓		
7-3	分岐路 (3→1-2車線)	本線第1車線	✓	✓	✓		通常	✓	✓				✓	✓	
7-4			✓	✓	✓	✓	渋滞	✓		✓	車イ	車	✓		

これは、評価の場所、自車位置及び被対象車（一般、L4トラック）、道路状況、回避策（車両、インフラ、制度）と実証方法について整理したものである。

来年度は；

- ・ DS 実験（前期）：

予備実験を通じて、実験仕様を決定し、その有効性を検証

- ・ 交通流シミュレータ（後期）：

DS 実験で得られた被験者のドライバモデル（一般ドライバ）を用い、L4トラックと一般車両の合流支援の検証計画及び検証

を進めていく予定である。

(5) DS 実験条件の検討

① DS 実験のメリット

DS 実験は仮想空間内の条件（場所や他車両の動き等を設定）で、被験者が車両を運転した時の感覚及びその時の車両挙動を評価できる。

仮想空間なので道路構造、天候、昼夜、他車両の動き等が自由に設定でき、その条件が毎回同じ（実験の再現性がある）であり、被験者の特性を評価するのに有効な手段である。

今回は、(3)各リスク回避策の検討イメージと課題で検討した；

- ・ 車外 HMI
- ・ V2X
- ・ VMS
- ・ ラバーポール
- ・ 合流部対策表示
- ・ ランプメータリング
- ・ 道路構造の変更

について、効果的な仕様、配置等を実験、検証する事を想定した。

② DS 実験のパラメータ

DS 実験では、DS 実験設備のパラメータの他、実験環境として、実験シナリオ、自車、他車両の位置、動き等に関する多くのパラメータを設定する必要がある。

今回、道路構造、L4トラックの動き（速度、加速度等）、他車両の走行車線位置、速度等は、実際の道路を想定し、条件を仮設定する。

VMS 等のインフラ設置仕様、場所は実験で最適値を求める。

③ 合流部での自車合流支援

合流部での自車合流を例に概要を解説する。

- ・ 選定した条件で、L4トラック及び他車両を走行させ、L4トラックに遭遇する乗用車を運転した被験者の運転行動とその時の車両挙動で評価する。
- ・ VMS やラバーポール等、インフラ設備の設置の有無、設置場所をパラメータにし、ドライバの車線変更の有無やそのタイミング、車線変更時の横加速度等、車両挙動から安全で滑らかな運転操作であるか評価する。
- ・ また、被験者の受容性についても、アンケートを実施する。

なお、DS 実験時の被験者の運転特性を一般車両のドライバ特性として把握し、交通流シミュレータに反映していく予定である。

④ DS 実験計画概要

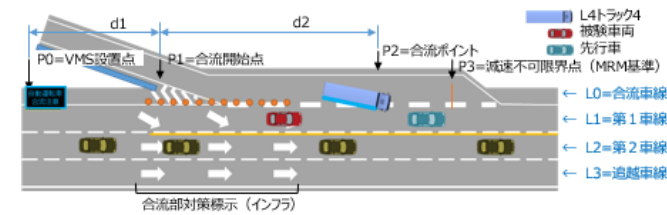
以下に；

- A) 自車合流支援
- B) 他車合流支援
- C) 渋滞時自車合流支援
- D) 渋滞時他車合流支援

のケースについて、DS 実験計画概要を示す。

A) 自車合流支援の DS 実験計画

自車合流支援 DS検証ファクターの洗い出し



前提条件

車線数	加速車線 (1) + 本線 (3)
加速車線長さ	約240m (P1-P3間)
AD車	本線へ合流 (先行車と被験車両の間に割り込み)
車速 (P1時点)	50 km/h から80 km/hまで加速
加速度	0.75m/s ²
合流ポイント d2	200m (検討中)
被験車両	第1本線を走行
先行車	あり (車速制御目的)
インフラ	VMS 設置

DS評価項目	
1. 回避行動	車線変更有無
・回避場所	P0からの距離
2. 最小TTC	L / ΔV
・車間距離 (対AD車)	L
・相対速度 (対AD車)	ΔV (V1-V0)
被験車車速	V1
AD車車速	V0
3. 最大減速度	A _{max}
4. 主観評価	アンケート形式

実験条件項目	パラメータ (仮)	条件属性
ADL4車	L0 合流車線	列状状態
	車外HMIの点滅	w/o w/
	VMS設置距離	d1=500m
一般車	L1 第1車線	先行車車速
	車線変更標示	遅 80km/h 中 100km/h
	ラバーボールの設置	w/o w/
	平均車速	中 100km/h 速 120km/h
	車間距離/交通密度	近 (1.8s) / 多 広 (3.6s) / 少
L2 第2車線		

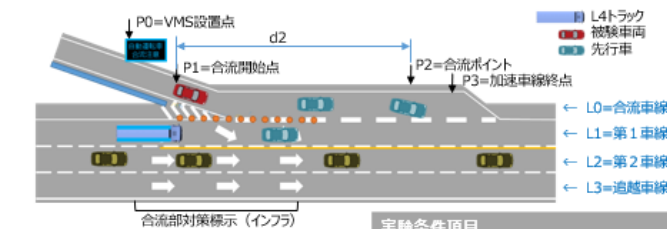
リスク回避策案	
ADL4車両	車外HMI シアン系LEDランプ点灯 (合流時には点滅)
	電子牽引 本線合流まで電子牽引技術を活用し、半マニュアルで合流
	V2X通信 V2IはV2Vメッセージセットに準拠した信号情報を共有 (交通密度に準じた出発)
インフラ	VMSの設置 合流部からAD車が合流する場合に、合流部手前にて合流注意喚起を表示またはランプ点滅
	ラバーボールの設置 合流部からAD車が合流する場合に、合流部手前にてラバーボールのランプ点滅
	車線変更標示 第1車線の車両に第2車線への車線変更を誘導および合流部における第1車線への車線変更を禁止
	ランプメーティング AD車用、一般合流車や第1車線に車両が多い場合は、AD車の発進を待てる
	道路構造の変更 合流車線がそのまま第1車線となる道路構造変更

*1: 2021年度実験結果により、固定する可能性有
*2: 標示とラバーボールは一体として評価する可能性有

図 3-49 実験条件パラメータの検討 (自車合流支援)

B) 他車合流支援時の DS 実験計画

他車合流支援 DS検証ファクターの洗い出し



前提条件

車線数	加速車線 (1) + 本線 (3)
加速車線長さ	約240m (P1-P3間)
AD車	本線第1車線を走行中
車速 (P1時点)	80 km/h 定速
先行車	あり
被験車両	加速車線から合流
先行車	あり
インフラ	VMS 設置 (合流側)

DS評価項目	
1. 回避行動	加速減速操作
・回避場所	P1からの距離
2. 最小TTC	L / ΔV
・車間距離	L
・相対速度 (対AD車)	ΔV (V1-V0)
被験車車速	V1
AD車車速	V0
3. 最小車間距離	L / V0
4. 合流ポイント	P2
4. 主観評価	アンケート形式

実験条件項目	パラメータ (仮)	条件属性
被験車両	L0 合流車線	VMS設置距離 (P0)
一般車 (被験車前先行車)	車速	P1から100m手前
	合流ポイント	(車速制御目的) 50-90km/h (1.0m/s ² で加速)
ADL4車	L1 第1車線	AD車前先行車に合流
	車外HMIの点滅	w/o w/
	ラバーボールの設置	w/o w/
	AD車-先行車の車間距離	一定 (45m) 拡張制御 (80m)
	合流車とのタイミング (P1)	被験車の後方 被験車と並走 被験車の前方
一般車 (AD車前先行車)	車速	(車速制御目的) 80km/h
	車線変更	なし
一般車	L2 第2車線	平均車速
	車間距離/交通量	中 (100km/h) 近 (1.8s) / 多

リスク回避策案	
ADL4車両	車外HMI シアン系LEDランプ点灯 (合流部通過時には点滅)
	車間距離可変制御 AD車前先行車がいる場合、割り込みしやすい車間距離を拡張する
インフラ	VMSの設置 合流部にAD車が接近したとき、合流部手前にて合流注意喚起を表示
	ラバーボールの設置 合流部にAD車が接近したとき、合流部手前にてラバーボールのランプ点滅
	ランプメーティング 合流部にAD車が接近したとき、合流車線側の車両を一時待機させて合流車を停める

図 3-50 実験条件パラメータの検討 (他車合流支援)

C) 渋滞時自車合流支援の DS 実験計画

自車合流支援(渋滞時) DS検証ファクターの洗出し

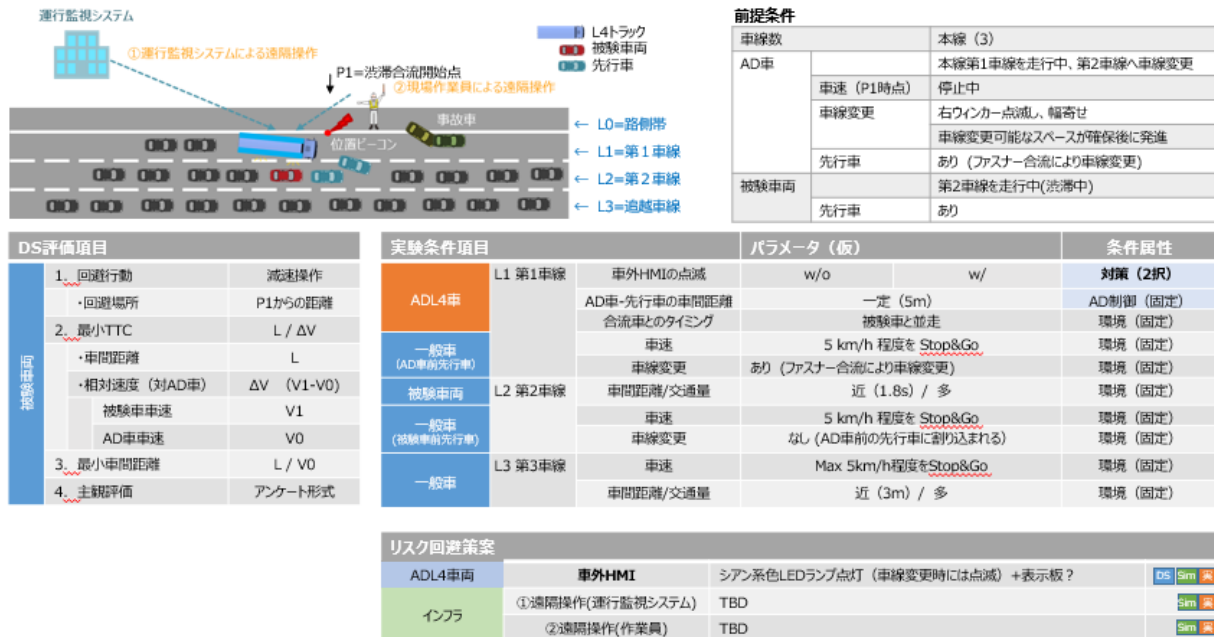


図 3-51 実験条件パラメータの検討 (渋滞時自車合流支援)

D) 渋滞時他車合流支援の DS 実験計画

他車合流支援(渋滞時) DS検証ファクターの洗出し

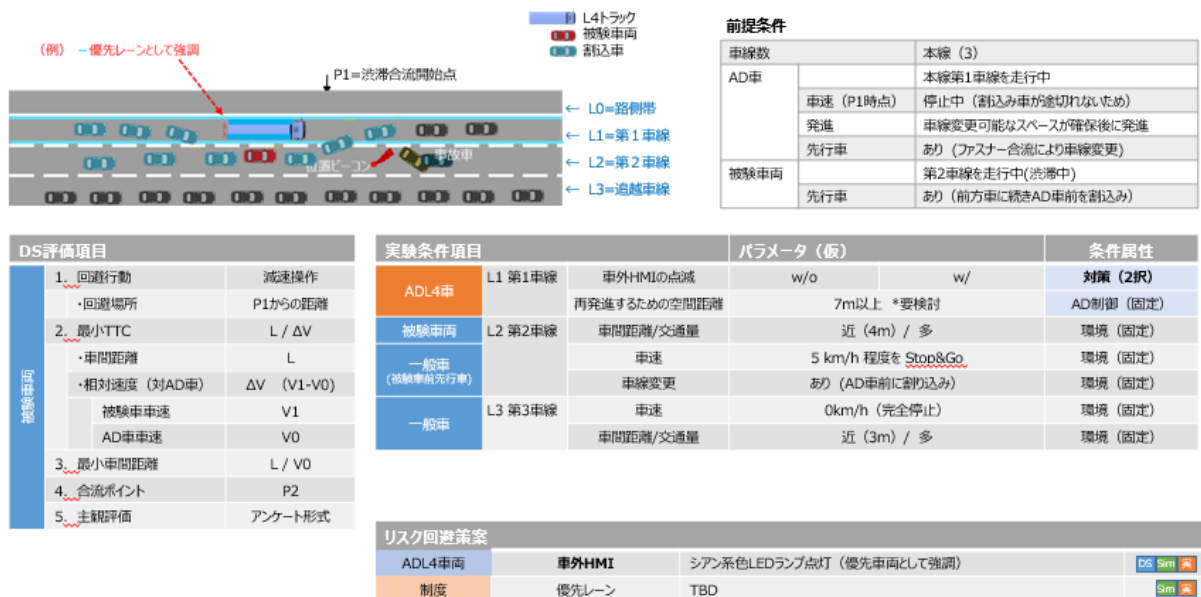


図 3-52 実験条件パラメータの検討 (渋滞時他車合流支援)

3.1.3.4. 自車異常と緊急退避とその後の対応

ここでは、自車異常、異常の検出、異常時の対応、MRMの作動、遠隔監視・操作、レスキュー隊が救援活動しやすい車両、レスキューコールについて概要を検討した。

(1) L4トラックの車両構成イメージ

L4トラックは、従来の自動運転レベル2相当の車両をベースに、ドライバの認知、判断、操作を行うADシステム部を加えた構成が想定される。

ADシステム部では通常の運行に係る機能全般とパンク等の異常の判断や、エンジン等の制御システム及びADシステムの異常を判断する機能をもつ。

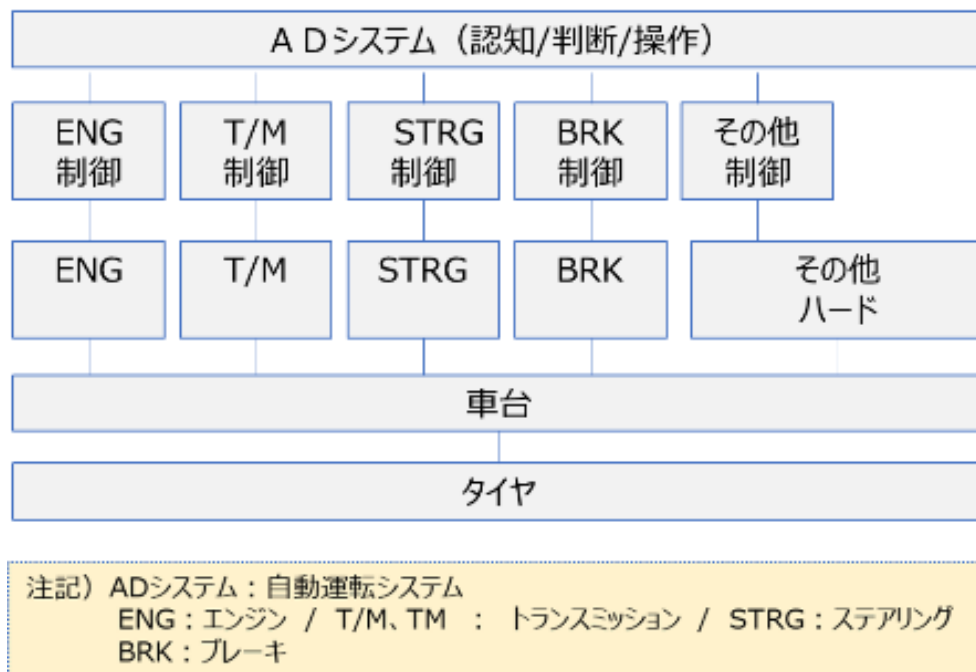


図 3-53 L4トラックのシステムイメージ

(2) 自車異常

① 従来トラックとL4トラックの自車異常時の対応

従来トラックの走行中の異常は、ドライバが異常を感じる（走行中の異常振動、異音、ハンドル取られ等）、あるいは制御システムの警報発報等により異常を認識し、その後の対応（速度を下げて様子を見ながら走行、あるいは、緊急退避行動を取るか）を判断し運転操作を行う。

一方、L4トラックでは、異常の検出、認識及び行動の判断、車両の制御を自車両のシステム（運行監視システムの指示を含む）で実施する。

② 自車異常の要因

L4トラックでも、基本的な車両構造、走行環境は変わらないので、高速道路で発生している路上故障（パンク、冷却系、燃料系）は同レベルで発生すると推測される。

このような故障は、日常の点検、整備、メンテナンスで予防できる可能性があり、

L4トラックでも同様である。

一方、L4トラックは、複雑で高度なADシステムの異常の発生や、予期せぬ環境下での性能限界による車両停止もある程度想定した。

自車異常が発生する要因として以下の4分類を以下の表に示す。

A) ADシステム(11項目)

B) 車両制御システム(5項目)

C) 高速道路でのレスキュー出動件数の多い項目(7項目)

※ 表内では、車両装置1と表記

D) 自動車の装置に関する保安基準の項目(第41条の主要項目)主な16項目

※ 表内では、車両装置2と表記

表 3-27 自車異常として想定したユースケース一覧

L4トラック 自車異常 ユースケースとして取り上げた項目一覧				
自動運転システム要素 11項目	車両制御システム異常 5項目	車両装置2	自動車の装置に関する保安基準の項目(第41条) 主な16項目	
・周辺監視センサー系に異常発生	・エンジン制御系	・原動機及び動力伝達装置に異常が発生	・車枠及び車体に異常が発生	・警告器、その他の警報装置に異常が発生 * 警告器のみ
・標識等認識センサー系に異常発生	・T/M制御系	・車軸及び車輪、その他の走行装置に異常が発生	・物品搭載装置(荷台)に異常が発生	・方向指示器その他の指示装置に異常が発生
・V2X通信系に異常発生	・STRG制御系	・操舵装置に異常	・前面ガラスその他の窓ガラスに異常が発生	・後视镜、窓ふき器その他の視野を確保する装置に異常が発生 (ワイパーのみ関係)
・GPS等自車位置推定系に異常発生	・EBS系	・制動装置に異常が発生	・消音器その他の騒音防止装置に異常が発生	・速度計、走行距離系その他の計器に異常が発生
・運行計画・運行管理系に異常発生	・エアサス系	・ばねその他の緩衝装置に異常が発生	・ばい煙、悪臭のあるガス、有毒なガス等の発散防止装置に異常が発生	
・自動運転計画に異常発生	車両装置1 7項目	・燃料装置及び電気装置に異常が発生	・前照灯、番号灯、尾灯、制動灯、車幅灯その他の灯火装置及び反射器に異常が発生 (反射鏡の異常は検出できない)	
・車両運動制御系に異常発生	・パンク			
・車両基本機能の運転者操作の代替操作系に異常発生	・車両火災			
・データ記録装置系に異常発生	・オイル漏れ			
・外部HMI表示系に異常発生	・バッテリー上がり			
・サイバー攻撃、なりすまし発生	・燃料系異常(含む、尿素液)燃料切れ			
	・冷却系異常(オーバーヒート)			
	・荷台(荷物)異常			

(3) 自車異常の検出

自車異常の検出は、ADシステムの要素(周辺監視センサー系、GPS等自車位置推定系等)や、車両制御システムの要素(エンジン系、トランスミッション系、ステアリング系等)には、異常診断機能を有しており、その診断結果を用いる事を想定している。

また、パンクについてはTPMS(タイヤ圧力モニタシステム)の情報をもとにADシステムが判断する事を想定している。

一方、異常を直接センサで検出できないものについては、車載の加速度、ヨーレート、ハンドル角、車高センサ等の情報により統合的に異常を検出することを想定した。

以下に、ADシステムを含む、車両異常時の検出イメージ図と、要素別異常検出の想定のまとめを示す。

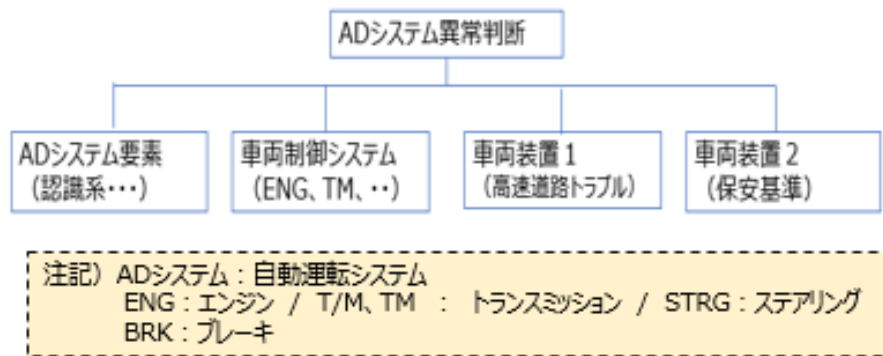


図 3-54 AD 部を含む、車両異常の検出イメージ図

表 3-28 要素別異常検出の想定

要素	検出方法・その他について	備考
1, ADシステム要素 周辺環境センサー、GPS、 通信装置等	- ADシステムの要素の中で診断機能を有する - ADシステムの“頭”の部分 ADシステム、それ以外の要素の異常を認識、車両としての処置を判断	
2, 車両制御システム ENG、T/M、BRK、 STRG制御系	- 主要な車両制御装置でそれぞれECUを持ち自己診断機能を有する - 故障、異常のレベルの診断結果をADシステムに送信 - 基準は従来の判断基準	
3, 車両装置 1 高速道路での運行上の トラブル	主要なものは、車両制御システムに含まれる。 (火災、荷台トラブル以外は、車両システムで検出可能と推定)	特に、日常の点検、整備及びAD走行前の点検が重要
4, 車両装置 2 ベースとなる装置の保安基準	- 従来装置のハード系を想定。 - 直接的に顕著できない可能性あり、車両搭載センサー（車輪速、加速度、ヨーレート、車高、ステア角、温度センサー等）から統合的に判断する事を想定。	

(4) 異常検出時の対応

異常の発生を認識した AD システムは、異常の発生頻度、深刻度により、予め設定した基準と、運行の持続性を考慮し対応を判断する事を想定している。

異常時の対応は、縮退運転して運転継続するか、あるいは運行中止（緊急退避）を行うかである。

運行中止（緊急退避）を判断した AD システムは、地図情報等により、カーブ、トンネル等を避け、より安全に停止できる場所を選定する事を想定している。

なお、運行中止（緊急退避）の判断は、運行監視システムの指示を得て実施する事を想定している。

以下に、L4トラックの自車異常発生時による対応の概要と、自車異常発生時のシステム作動手順（案）を示す。

3) 異常発生時の対応

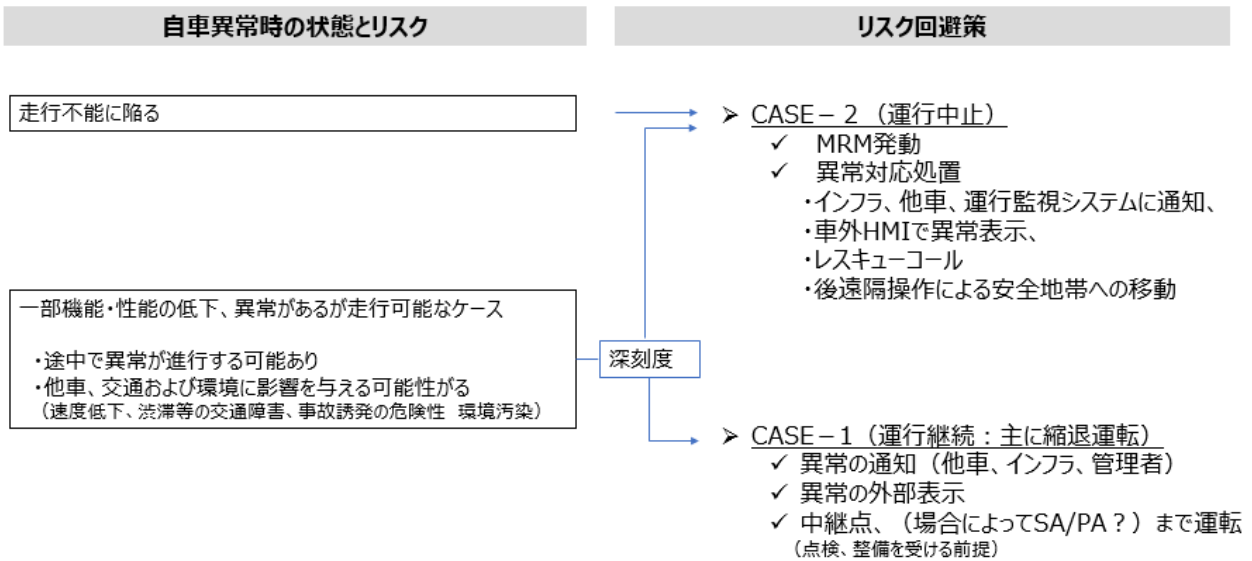


図 3-55 異常発生時の対応と処置

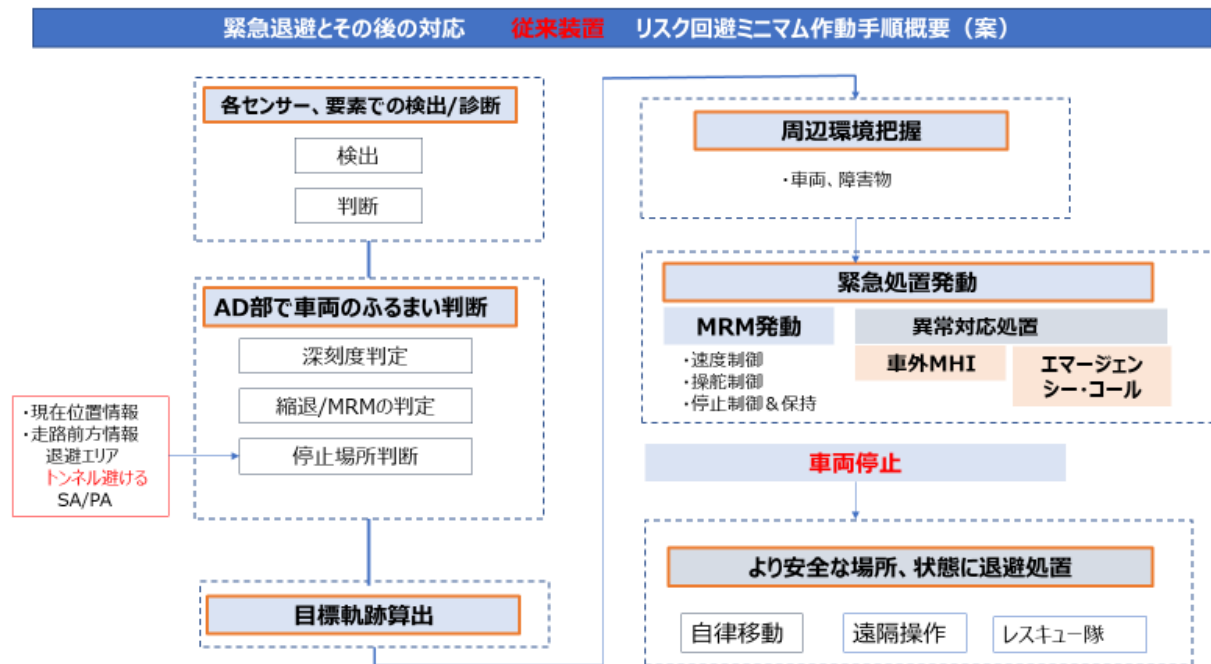


図 3-56 自車異常時のシステム作動手順 (案)

(5) 緊急退避とその後の対応

運行中止の処置、すなわち緊急退避とその後の対応について検討した結果を以下に示す。

本年度の活動は、検討すべき項目を抽出し、詳細検討は来年度に実施する予定である。

① 検討項目

- A) MRM 作動
- B) 遠隔監視・操作
- C) 救援活動がしやすい車両
- D) レスキューコール

② 検討概要

AD システムが緊急退避（MRM）を判断すると、A) L4 トラックは定められた作動で路肩退避（緊急退避）、あるいは退避エリアまで走行する。

しかし、すべてのケースで路肩、あるいは退避エリアまで走行し安全な状態、位置で停止できるとは限らない。

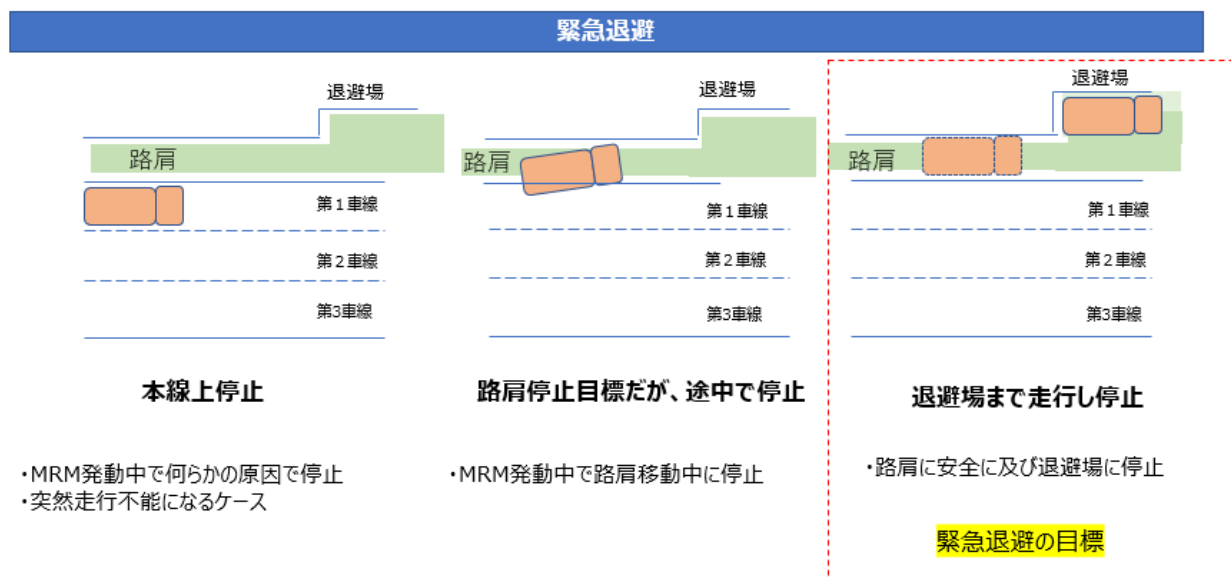
このようなケースでのリスク回避の一つとして、車両側のシステムの状態にもよるが、B) 遠隔監視・操作を大型車に適用する場合の技術的課題、懸念事項について概略を検討した。

また、最後はレスキュー隊による救援になるが、C) 救援活動がしやすい車両の仕様についても概要を検討した。

最後に緊急回避時には、D) レスキューコール（自車の位置、車両状態、救援内容等）が必要であるが、運行監視システムへの通知や、場合によっては外部機関への直接通知も想定していることから、これらの情報の内容についても概略の検討を行った。

また、レスキューコールは、運行監視システムの一部として検討していく予定である。

更に、自車両が直接他車両へ異常の通知（車外 HMI や V2V）をする必要があり、詳細を今後検討予定である。



緊急退避とは、MRMを発動後、可能な限り、路肩あるいは退避場に**安全な状態で停止させるまでを考慮**

図 3-57 緊急退避とその後のイメージ

③ 検討詳細

A) MRM 作動

MRM が作動可能な前提条件と、本線上から路肩への移動時及び、本線上で停止した場合の対応について検討した。

<MRM 作動可能な条件>

L4 トラックが自律的に緊急退避できる、認知・判断・制御の各機能が最低限のレベルを確保できていること。

<MRM 作動で検討すべき項目>

以下のケースについて、検討した。

- ・ 本線上から路肩へ移動させるケース
開始タイミング
減速場所
車両を路肩に寄せる速度
停止位置の配慮
停止状態
レスキューコール内容
車外 HMI 仕様
- ・ 本線上で停止したケース
車外 HMI 仕様等

B) 遠隔監視・操作

緊急退避時の遠隔操作は様々なものが想定される中で（例：遠隔操作でのドアロック解除、遠隔運転等）、以下の項目について検討した。

<大型トラックに遠隔操作を適用する際の技術的課題>

遠隔操作により、大型車（全長 12m、全幅 2.5m）が、路肩（幅：3m～2.5m）に退避できるか、どのような仕様であれば可能となるかが大きな課題である。

<遠隔操作技術調査項目>

遠隔操作に必要な技術要件として、主に以下の項目があることを確認し、今後実現要件の調査、整理をする予定である。

- ・ カメラ映像
前方映像のみで操作可能か（画角、画質）
車両周辺の映像が必要性（4 面）
- ・ 通信
遅延、データの欠落の許容度

- ・ 遠隔操作に必要な操作性
通信特性、車両の応答性（走る、曲がる、止まる）を考慮した、遠隔操作側のコントローラの最適化
- ・ 遠隔操作時の車速
安全に走行できる車速
- ・ 遠隔操作者
操作者のスキル（免許等の資格を含む）

<遠隔監視・操作が可能な車両側システムの要件>

- ・ 検知機能（カメラ機能）が正常であること。
（ADシステムカメラ、あるいは遠隔監視・操作専用カメラ）
- ・ 操作機能（外部指示により走行可能）が正常であること。
（走る、曲がる、止まる）
- ・ 通信機能が正常であること。

<遠隔操作の適用範囲と限界>

- ・ ADシステムが異常となるケースも想定され、自車異常時のすべてのケースに適用できない。
- ・ パンクやエンジン故障等でL4トラックが走行できない場合も適用できない。

<遠隔操作の種類>

以下のADシステムの機能失陥状況での、主な遠隔操作可能ケースとして；

- ・ 認知あるいは判断機能の失陥状況下
失陥している機能を遠隔でサポートし、L4トラックが自律的に運転するケース
- ・ 認知、判断機能の失陥状況下
遠隔操作者による遠隔操作
を想定した。

<遠隔操作の期待>

L4トラックが安全に走行するためには、多種多様なセンサを搭載し、あらゆる走行環境下で対象物を検出、認識し、常に最適な判断を実施する事を要求される。

- ・ 従来の予防安全システムにおいて異常、限界が発生した場合、ドライバが対応していたが、L4トラックでは停止に至る事が想定される。

- ・ 自動運転技術の途上では、AD システムの検知、認知、判断の異常、性能限界で車両が停止に至るケースは想定しておく必要がある。
- ・ 認知・判断の異常については、遠隔監視・操作のサポートにより緊急退避できる可能性はあるが、車載カメラの条件制約も想定される。
- ・ 自車異常時以外の遠隔操作ユースケースの一つとして、事故や工事等の渋滞時における車線変更の指示や停止後の再発進、車線変更時に遠隔指示や遠隔操作が期待されている。
- ・ 一方、遠隔操作は、車両に搭載されたカメラで自車両周辺の車両、環境を把握する必要がある。交通量の多い場所、遠方から接近する車両の認識は難易度が高く、また他車両との間隔を把握しながらの遠隔操作も、難易度が高いと想定される。

C) 救援活動がしやすい車両

L4トラックに異常、故障等が発生し、レスキュー隊の出動要請を行った場合、レスキュー隊が迅速な救護活動（レッカー作業）を行えるように、L4トラックが配慮すべき要件概要の洗い出しを行い、以下の表にまとめた。

表 3-29 レスキュー隊が救援活動しやすい車両要件

	要件	車両側での配慮（4社共通配慮事項）
1	車両に乗り込める	異常停止時ドアロック解除
2	故障・異常の概要がつかめる	車載モニタ上に表示（音声ガイド）
3	マニュアル運転が可能か判断できる	可能か、注意事項の表示（例：エア圧低下）
4	ADシステムの解除が容易	解除SW-ONでマニュアルモードに移行
5	ブレーキの解除ができる	AD-SWオフでも解除せず マニュアル操作で解除
6	荷台搭載物情報が把握できる	（危険物、特殊な荷か否か）、重量等のモニタ表示

また、今後以下の項目についても検討予定である。

- ・ レスキュー、レッカーの作業承認、終了報告はどのように行うか。
- ・ 誰に（運行監視システム管理者、運送業者）対して、実施するのか。
- ・ ドアロック解除による盗難の懸念、必要に応じその対応。

検討にあたっては、現場で活動しているレスキュー隊の活動状況等をヒアリングし、車両要件をまとめる予定である。

D) レスキューコール

レスキューコールは、運行監視システムの一つの機能である。

L4トラックに異常・故障等が発生し、MRMが発動、車両停止した際、救援要請の為、車両側から運行監視システムや、場合によって路側システムに情報を通知する。

この時、車両側から通知する情報内容について概要を検討した。

これについては、3.4 L4トラック運行管理システムコンセプトを参照されたい。

L4トラック運行管理システムのコンセプトでは、今後、通信内容の整合、精査等を実施し、検討していく予定である

(6) 今後の課題

- ・ 緊急退避に関する L4 トラックのふるまい
- ・ 周知の方法
- ・ レスキューコールの方法、レスキュー活動のしやすい車両要件

などの課題について、今後、詳細検討、検証方法の検討を実施する予定である。

3.2. ドライビングシミュレーションによる受容性及びリスク評価

3.2.1. 概要

高速道路での自動運転 L4 トラックやそれを活用した隊列走行の実用化のためには、自動運転トラックの安全性と社会受容性の検討が必要であり、システム側の安全性の確保だけではなく、周辺の一般車両のドライバに適切な情報を提供し、安全性と受容性の確保することも重要であると考えられる。そこで本節では、その自動運転 L4 トラックの社会受容性と安全性の向上を目指し、HMI (Human Machine Interface) による周辺の一般車両のドライバへ適切な情報を提示する方法の検討を含め、その効果についてドライビングシミュレータ (DS) を用いて評価を行った。本章は、3.2.2 にて評価ツールである DS の詳細と対象となる環境について説明し、3.2.3 にて先行研究調査に基づく HMI の要件を整理し、その HMI の案を作成し、3.2.4 にて DS 実験による評価結果と考察内容を示し、最後に 3.2.5 で結論についてまとめる。

3.2.2. 評価方法

本節は L4 トラックが周辺の一般ドライバの安全性および受容性に与える影響を明確化することを目的としており、実験時の安全性および実験条件の再現性確保の観点から、ドライビングシミュレータ (DS) を用いて実験を行った。シミュレーション環境上に合流部を有する高速道路環境の再現と対象となるシナリオ作成を行い、その環境下で周辺の一般ドライバを対象とした実験を行い、ドライバの視線行動と運転行動、心理状態について評価を行った。

3.2.2.1. ドライビングシミュレータ

本節では、安全性および環境の再現性の観点から、ドライビングシミュレータを用いる。本節に用いるドライビングシミュレータ(図 3-58)は、最大可搬重量が 1.5t のドライビングシミュレータであり、臨場感の再現性向上を目的として様々な改良が施されている。動揺装置として、スチュワートプラットフォーム上に電動アクチュエータが 6 本組み合わさっており、6 自由度の運動が可能である。表 3-30 に、DS の動揺装置の詳細な仕様を示す。キャabinはアルミフレームで構成され、使用用途によって乗用車モードとトラックモードの換装が可能である。運転席から 120 度の視界をカバーできるスクリーンが設けられており、左右のモニタにサイドミラー映像を表示できる。また、運転者の操舵に対して反力を発生させられる他、音響装置によって風による騒音やエンジン音が再現可能であり、実環境に近い臨場感のある運転環境を実現できる。アクチュエータ、制御装置、センサ等の異常が発生した際には、すぐにドライビングシミュレータを止められるよう、運転者の手の届く位置、および実験従事者の手の届く位置に非常停止装置が備えられている。運転者にはシートベルトの装着を義務付けている。また、被験者からの入力量や、装置の制御量およびシミュレーション上の車両の挙動などを記録することが可能である。

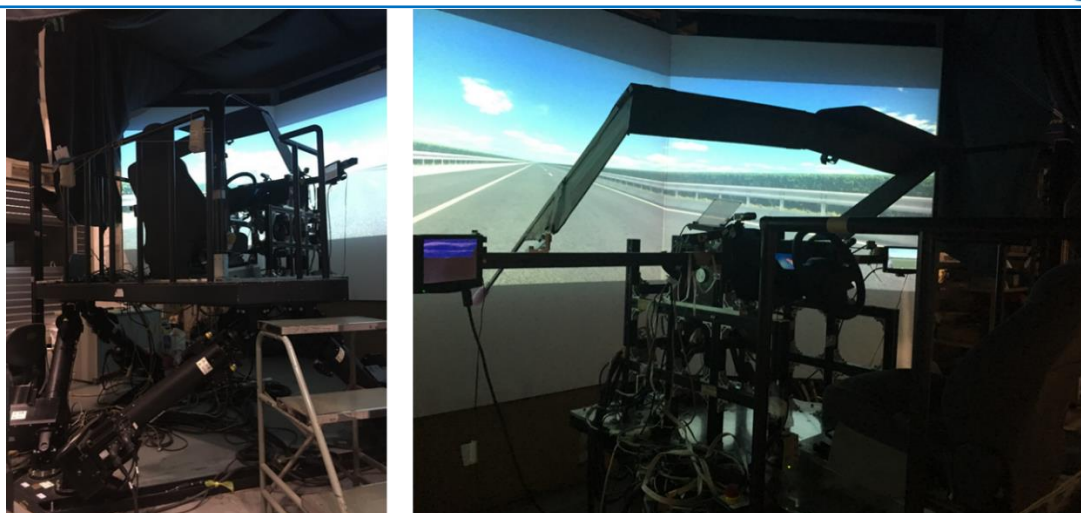


図 3-58 ドライビングシミュレータの外観

表 3-30 ドライビングシミュレータ動揺装置仕様表

	可動範囲	最大速度	定格加速度
前後	-200mm～+180mm	300mm/s	0.5G
左右	±190mm	300mm/s	0.5G
上下	-190mm～+230mm	300mm/s	0.5G
ロール角度	±12deg	20deg/s	
ピッチ角度	-11deg～+12deg	20deg/s	
ヨー角度	±11deg	20deg/s	

3.2.2.2. 実験環境

・道路形状

本実験に用いる道路形状は、今後の ODD を考慮し、かつ周辺的一般ドライバの安全性と受容性に影響し得る場面として、自動運転 L4 トラックの合流にあるいは一般ドライバの合流時に自動運転 L4 トラックに遭遇する場面を想定し、合流部を有する片側 3 車線の高速道路をシミュレーション環境として作成した。本線部は直線路と設定し、合流部の道路形状については、浜松 SA（上）、遠州森町 PA（下）、浜松浜北 IC など実在する合流部の仕様を参考にして設定した。本線および合流部の道路形状について図 3-59 に示す。また、DS 上に再現した道路形状の仕様について表 3-31 に示す。

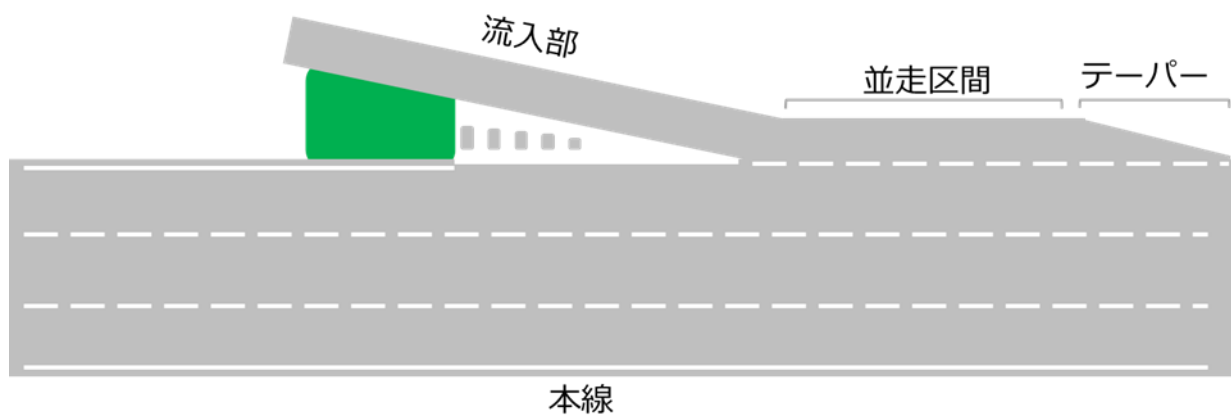


図 3-59 合流部の道路形状

表 3-31 DS 上に再現した道路形状の仕様

パラメータ	仕様
本線車線幅 (m)	3.75
並走区間 (m)	150
テーパー長 (m)	50
合流角 (°)	3.5

3.2.3. 自動運転 L4 トラックの外向け HMI (eHMI) と VMS の提案

本節では、自動運転 L4 トラックに関しどのような情報をどのような形で周辺の一般ドライバへ提供すべきかについて、先行研究および文献調査に基づき要件を整理したうえで、その要件を考慮し作成した自動運転 L4 トラック側の eHMI とインフラ側の VMS (Variable message sign) の案について示す。

3.2.3.1. HMI の要件の検討

自動運転車は GPS など位置情報を取得し、周辺をセンシングしながらあらかじめ設定されたアルゴリズムに沿って走行するのが一般的であり、周辺車両の突発な動きを含め、環境側の急な変化に対し、人間ドライバの運転行動と異なる動きをする可能性があり、周辺の一般ドライバの安全性や受容性に影響を与える可能性がある。今回対象となる自動運転トラックによる周辺の一般ドライバ行動変移の流れは、最初に自動運転トラックの出現を認知し、その後に自動運転トラックの意図を把握して状況を判断し、運転行動を行うことになる。この流れにおいて HMI を活用し、自動運転車に関する情報を周辺のドライバへ伝達することにより、運転行動をより安全な方向に促し、かつ心理的にも快適な状態にさせることが重要であると考えられる。またその際には伝えるべき情報の種類、手段、適切な伝達タイミングなどを考慮する必要がある。

自動運転車の eHMI の情報に関する先行研究 (A. Schieben et al., 2019; S. M. Faas et al., 2020) では、その情報の種類として a. 自動運転状態であること、b. 自度運転車両側が周りを検知していることを知らせること、c. 自動運転車両側の意図を伝えること、d. 周辺交通参加者の行動に関するアドバイスをを行うことと 4 種類に分けており、各情報伝達による周辺交通参加者の受容性について評価した。そこで、a と c および a と c の組み合わせにより、周辺の交通参加者の安全性、受容性が向上することと、b と d に関しては周辺の交通参加者へネガティブな印象を与えることもあると報告されている。これらの研究では、eHMI の意味については事前に教示した上で検討した研究が多数であり、周辺の交通参加者が eHMI の意味を知っていることを前提とした実験結果である。また、トラック隊列走行システムの HMI に関する先行研究の結果にて、インフラ側の VMS を用い、早い段階で隊列トラックの情報を周辺の一般ドライバに提示することにより安全性、受容性が向上することが示唆されている。

以上のことから、自動運転 L4 トラックにおいても事前情報の伝達手法としての VMS 活用と自動運転中であることを周知させるための eHMI が必要であり、自動運転自動運転 L4 トラックの合流部付近での挙動・車線変更・MRM 挙動など、周辺交通流へ影響を及ぼす場面における意図伝達のための eHMI により、周辺ドライバへの安全性と受容性が向上する可能性があると考えられる。

3.2.3.2. eHMI と VMS のデザイン案

eHMI と VMS のデザインに関し、誘目性と明視性を考慮する必要がある。誘目性とは、目立ちやすさのことで、注意を向けてない対象の認識されやすさともいえる。明視性は、対象を見つけた後の意味の理解しやすさを示す。本節では、高速道路走行を対象としており、高速で走行している一般車両のドライバの安全性を考えると、極力早く自動運転 L4 トラックを認識し、安全側に運転行動を促す必要があるため、誘目性と明視性の高い色や模様を使った HMI が必要となる。彩度、明度が高く、暖色系の方が高い誘目性を持つと言われているが、道路環境においては、道路交通法や、色そのものが持つ意味や目的（例えば、表 3-32 に示す JIS 安全色等）も含めて考慮すべきであり、本節ではネガティブな意味を持つ暖色系よりは、寒色系でも彩度、明度が高い色を使うことが望ましいと考えた。特にヨーロッパの自動運転車両の eHMI に関する研究が多くなされており、図 3-60 に示すように水色系のシアン色が使われている事例がある (S. M. Faas et al., 2020; M' etayer et al., 2021; T. Fuest et al., 2020)。また、国土交通省の自動運転車の保安基準などの概要には自動運転を示すステッカーのデザインが示されており、図 3-61 のように黒を背景色としたシアン色を使った模様を使っている。

ドライバは運転時に主に前方を注視しており、合流や車線変更を行う他車両はドライバの周辺視野に入ることになる。周辺視野では、対象の色や模様の詳細な認知はできないが、動きや明度変化の知覚は可能であると言われている。そのため、自動運転 L4 トラックの合流、車線変更、MRM 動作などの周辺車両へ影響を及ぼす場面では eHMI に動きや明度変化を与えることにより、誘目性が向上し、知覚・認知過程までの時間を短縮できると考えられる。また、道路標識に関しては、高速道路での VMS 視認・判読時間は短いため、明視性と可読性を向上するための情報量の調整が必要であると考えられる。

表 3-32 JIS 安全色 (JIS Z 9103)

安全色	意味や目的	安全色	意味や目的
赤	停止、高度の危険	青	指示、誘導、用心
黄赤	危険	赤紫	放射能、極度の危険
黄	注意	白	通路、整頓
緑	安全	黒	文字、記号、矢印

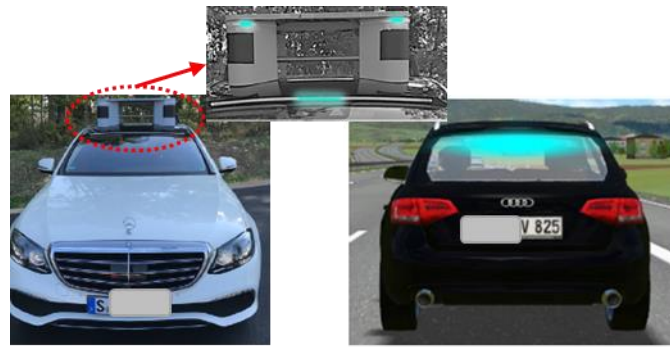


図 3-60 先行研究における eHMI の事例
(Schieben et al., 2020; T. Fuest et al., 2020)

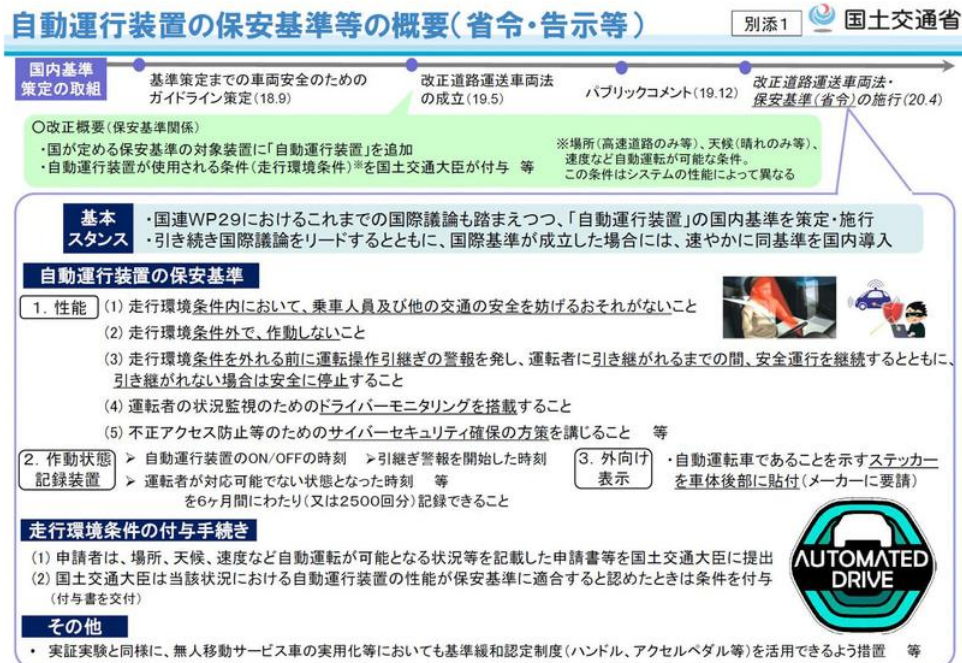


図 3-61 自動運転を示すステッカーの概要(国土交通省)

・ eHMI のデザイン案

以上の検討結果を踏まえ、eHMI に関しては、動き・明度変化を入れることで知覚タイミングが早くなるという仮説を立案し、自動運転 L4 トラック側の制約条件を考慮した上で eHMI のデザインについて以下のように設定した。そのデザイン案と DS 環境における様子をそれぞれ図 3-62 と図 3-63 に示す。

- 色：黒＋シアン色の組み合わせ
- 装着部：グリル部、ウインドウシールド、タイヤ周りとリアー部に取り付け
- eHMI の挙動：合流部や接近シーンにおいてシアン色のところが点滅

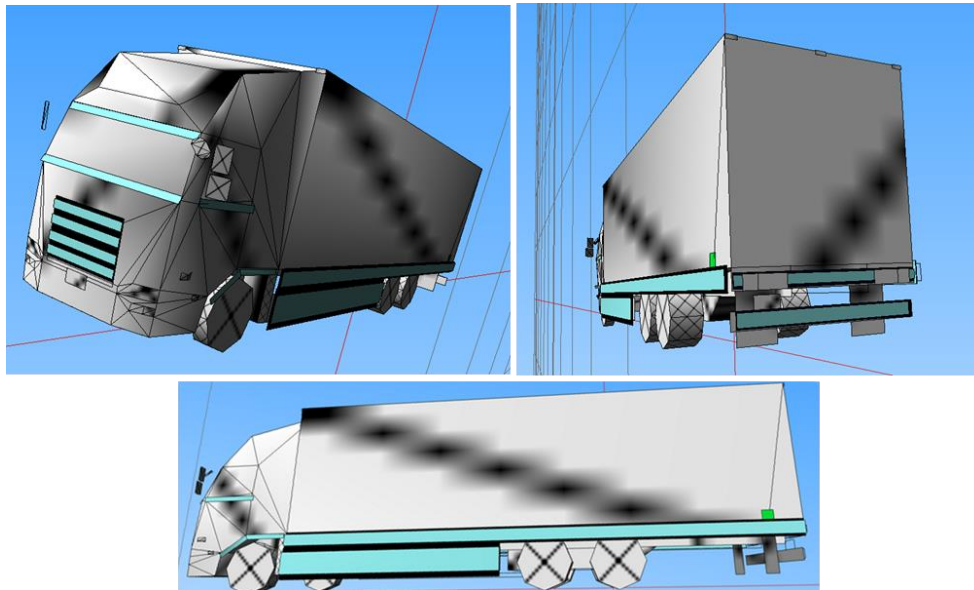


図 3-62 自動運転 L4 トラックの eHMI の案



図 3-63 DS 環境における eHMI の様子

・ VMS のデザイン案

インフラ側の VMS のデザインについては明視性向上の観点から周辺のドライバーが短時間で直感的に自動運転 L4 トラック側の eHMI と結びつけて認識できることを狙い、自動運転 L4 トラック側の eHMI 搭載部分の色を強調する図を入れ、枠を同じシアン色にし、「自動トラック走行中」の文字を点滅するように設定した。そのデザイン案と DS 上の様子についてそれぞれ図 3-64 と図 3-65 に示す。

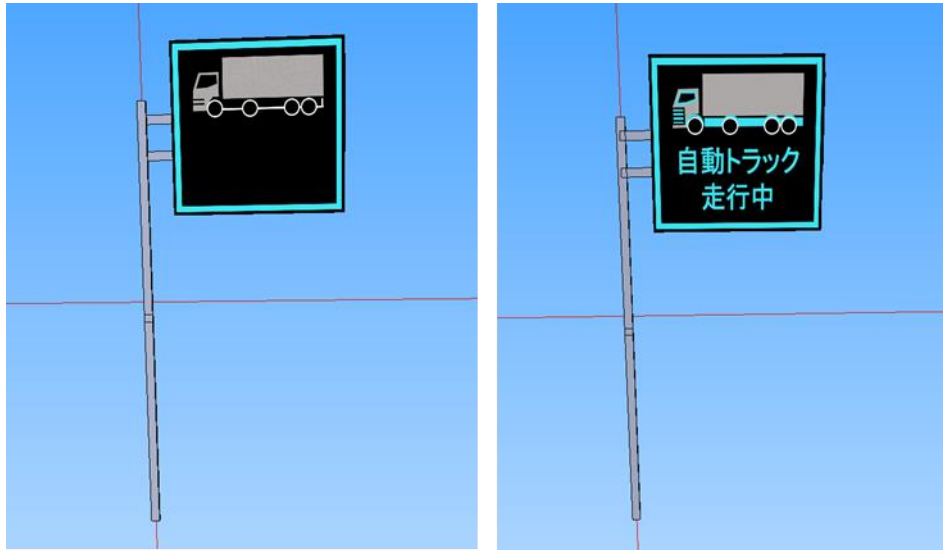


図 3-64 インフラ側の VMS の案（枠内のシアン色部分が点滅）



図 3-65 DS 環境におけるインフラ側の VMS の様子

3.2.4. 自動運転 L4 トラックに関する HMI が周辺ドライバに与える影響

本節では、前節にて提案した eHMI と VMS が周辺の一般ドライバに与える影響を明確化することを目的とし、DS を用いて周辺の一般ドライバの安全性や受容性が低下し得るシーンを再現し、その環境を走行する際ににおける一般ドライバの行動、心理について評価した結果について述べる。

3.2.4.1. 実験シナリオの概要

- ・シーン 1（合流部での遭遇）：一般車両の本線走行

自動運転 L4 トラックにより周辺の一般ドライバの安全性や受容性が低下し得るシーンとして、周辺の一般車両（DS 運転車両）が本線を走っており、合流してくる自動運転 L4 トラックに遭遇するシーンを設定した。一般車両（対象車）は高速道路本線の左側の車線を走っており、一般車両がハードノーズに達する際に、自動運転 L4 トラックが同様の速度で現れ、そのトラックは並走区間を通過して 80 km/h の速度で調整されながら合流するシーンとなる。ここでハードノーズに達するまで、一般車両の左側視野は壁で遮断され、トラックの存在は認識できなくしている。また、中央車線の車速・交通量は統制（速度 100 km/h、車間距離 50m）されている。このような環境下で、合流するトラック側の eHMI 有り・無しと、合流部にトラックが現れない（ダミー走行）3 条件において評価をおこなった。その概要について図 3-66 に示す。

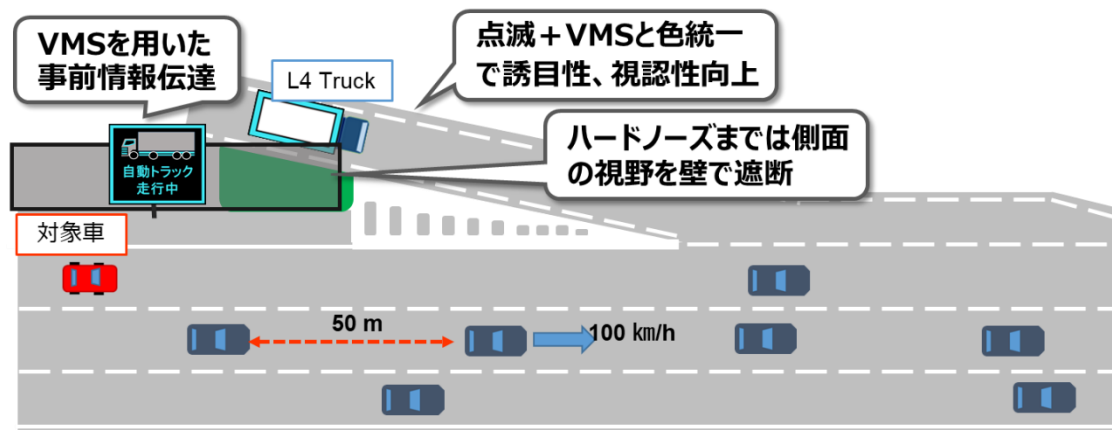


図 3-66 シーン 1 の概要

・シーン 2（合流部での遭遇）：一般車両の合流

自動運転 L4 トラックにより周辺の一般ドライバーの安全性や受容性が低下し得るシーンとして、周辺の一般車両（DS 運転車両）が支線部から高速道路本線に合流する際に、本線を走っている自動運転 L4 トラックと遭遇するシーンを設定した。一般車両（対象車）は高速道路の左側から合流できる支線部を走っており、一般車両がハードノーズ（支線部の方）に達する際に、高速道路の左車線の方に自動運転 L4 トラックが現れ、そのトラックは 80 km/h の速度を維持しながら走行することとなる。ここでハードノーズに達するまで、一般車両の右側視野は壁で遮断され、高速道路本線側のトラックの存在は認識できなくしている。このような環境下で、本線を走行するトラック側の eHMI 有り・無しと、本線の左車線にトラックが現れない（ダミー走行）3 条件において評価をおこなった。その概要について図 3-67 に示す。

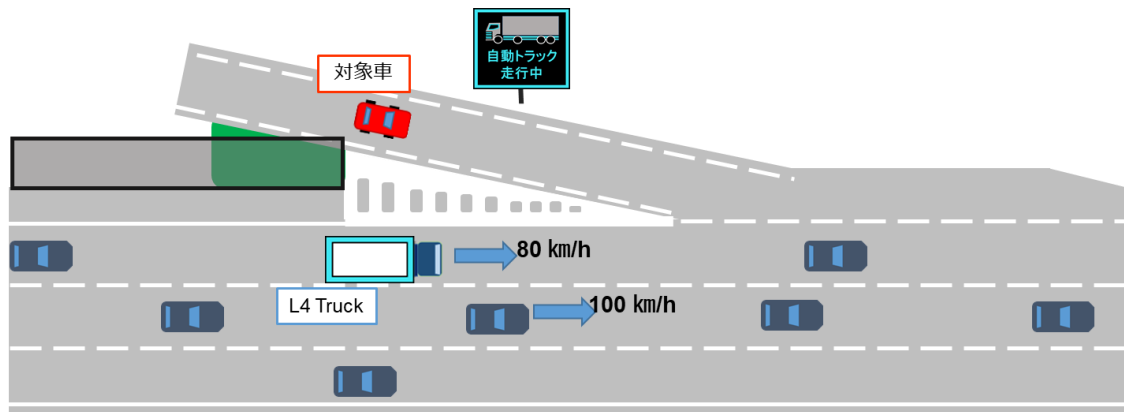


図 3-67 シーン 2 の概要

・シーン 3 : L4 トラックの後方接近

自動運転 L4 トラックにより周辺の一般ドライバの安全性や受容性が低下し得るシーンとして、ODD 内を低速で走る一般車両に自動運転 L4 トラックが後方から接近するシーンを設定した。一般車両（対象車）は高速道路本線の左側の車線を走っており、先行車を追従する際に、先行車が 60km/h まで徐々に減速し、その後自動運転 L4 トラックが後方に接近することになる。中央車線の車速・交通量は統制（速度 100 km/h，車間距離 50m）されている。このような環境下で、合流するトラック側の eHMI 有り・無しと、合流部にトラックが現れない（ダミー走行）3 条件において評価をおこなった。その概要について図 3-68 に示す。

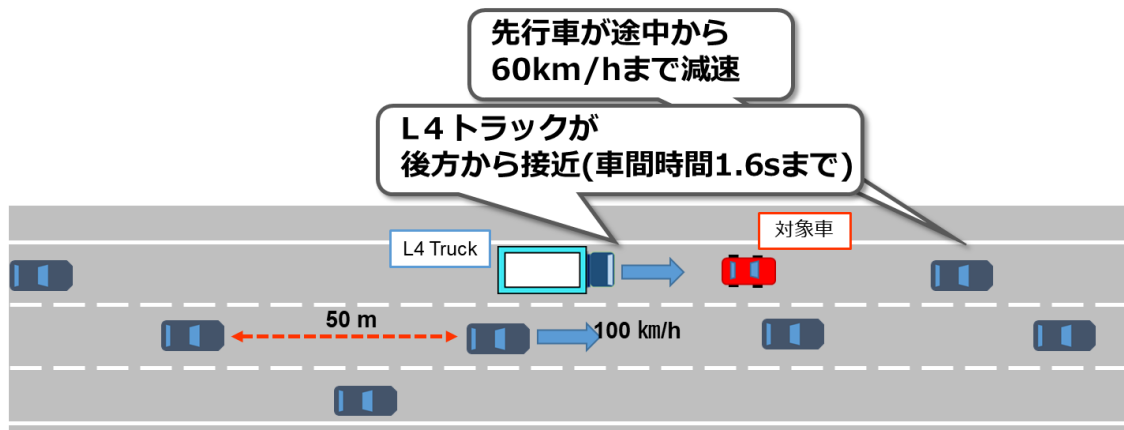


図 3-68 シーン 3 の概要

3.2.4.2. 実験条件のまとめと評価項目

・実験条件のまとめ

以上、3.2.4.1で説明したシーンごとにeHMI情報提示の有無と、ダミー走行としてトラックが現れない条件を含め合計9条件を設定した。また、その他の環境要因に関しては、実験参加者の慣れや疲労による影響などを考慮し、一人当たりの実験の試行回数を減らすため、VMSの有無、昼夜については参加者間の群分けを行い評価することにした。その実験条件について表3-33にまとめる。

シーン 1：合流部での遭遇1（L4トラックの合流）

シーン 2：合流部での遭遇2（一般車両の合流）

シーン 3：L4トラックが後方から対象車両へ接近

表 3-33 実験条件

条件番号	シーン	eHMI	合流対象	後方接近
1	1	有り	L4 truck	
2	1	無し	L4 truck	
3	1	Dummy（トラック無し）		
4	2	有り	Driver	
5	2	無し	Driver	
6	2	Dummy（トラック無し）		
7	3	有り	-	L4 truck
8	3	無し	-	L4 truck
9	3	Dummy（トラック無し）		

*VMSの有無、昼夜の環境については、実験参加者の群分けで評価

・評価項目

- 視線行動（視線計測データから分析）

：自動運転L4トラックへの注視タイミング、視認時間など

- 運転行動（DSデータから分析）

：ハンドル・ペダル操作などに関する運転パフォーマンス指標

- 主観評価（アンケート調査）

：緊張度、難易度、理解度などに関する主観評価値

自動運転車に関する認識、警戒など

3.2.4.3. 実験参加者及び実験プロトコル

・実験参加者

本実験には年齢代、性別バランス考慮し、20~40代の男女40名により実施した。実験参加者の年齢・性別および運転頻度の詳細について、表 3-34 に示す。また、VMSの有無、昼夜の環境に関する実験参加者の群分けの内容について表 3-35 に示す。

表 3-34 実験参加者の属性

ID	年齢	性別	運転 経歴 (年)	運転 頻度 (/週) *	ID	年齢	性別	運転 経歴 (年)	運転 頻度 (/週) *
1	25	f	5	1.5	21	26	m	4	4.5
2	49	m	31	7	22	39	f	20	4
3	22	f	3	3	23	31	m	8	1.5
4	48	m	20	1	24	35	f	17	1
5	24	f	2	1	25	35	m	16	2
6	28	f	5	0.5	26	31	m	12	3.5
7	45	m	23	5.5	27	37	m	19	3
8	24	f	2	3	28	34	m	15	1
9	42	m	16	5	29	30	m	1	3
10	47	m	20	1	30	33	f	14	1
11	38	f	15	1	31	30	m	5	1
12	45	f	25	3	32	35	m	17	2
13	29	m	10	3.5	33	38	f	10	1
14	45	f	27	1	34	39	f	21	2
15	40	f	4	7	35	32	f	14	2
16	22	m	3	1	36	36	f	16	6.5
17	32	f	14	5	37	38	f	16	1
18	45	f	27	1.5	38	23	m	3	0.5
19	35	f	2	2	39	23	m	4	1
20	49	f	30	6	40	24	m	2	0.5

* 運転頻度は一般道基準

表 3-35 VMS の有無、昼夜の環境に関する群分け

	昼設定	夜設定
VMS 有り	Sub. 1~5, 21~25	Sub. 11~15, 31~35
VMS 無し	Sub. 6~10, 26~30	Sub. 16~20, 36~40

・ 実験手順

東京大学ライフサイエンス委員会倫理審査専門委員会の審査を受け、承認を得た上で実施した。実験参加者には実験の内容を説明し、インフォームドコンセントを得た後に事前アンケートを行い、その後に DS の操作および合流シナリオの道路環境になれるための練習走行を行った後、本実験を始めた。各走行が終わった後に主観評価を行う過程を繰り返し、合計 9 回の DS 走行と主観評価を行った。その実験プロトコルについて、図 3-69 に示す。

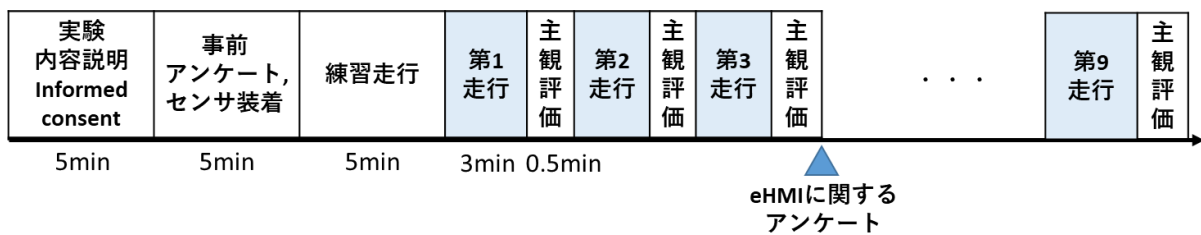


図 3-69 実験手順

3.2.4.4. 実験結果および考察

・視覚反応時間

トラックが画面に現れた時からドライバがトラックを注視するまでの時間を算出した結果について図 3-70 に示す。本線走行・合流時ともに eHMI ありの場合に反応時間が短くなった。

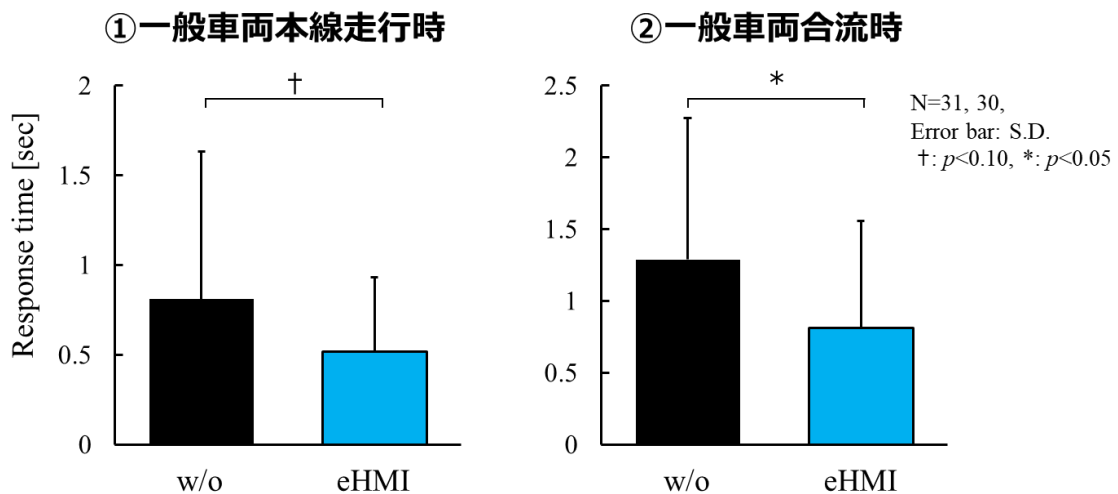


図 3-70 視覚反応時間

・主観評価値

運転しやすさと安全確認しやすさの主観評価の結果について、図 3-71 に示す。自車合流時において eHMI ありの場合に運転しやすさと安全確認しやすさの評価値が有意に高かった。本線走行時、トラックの後方接近については、条件間の有意差は見られなかった。

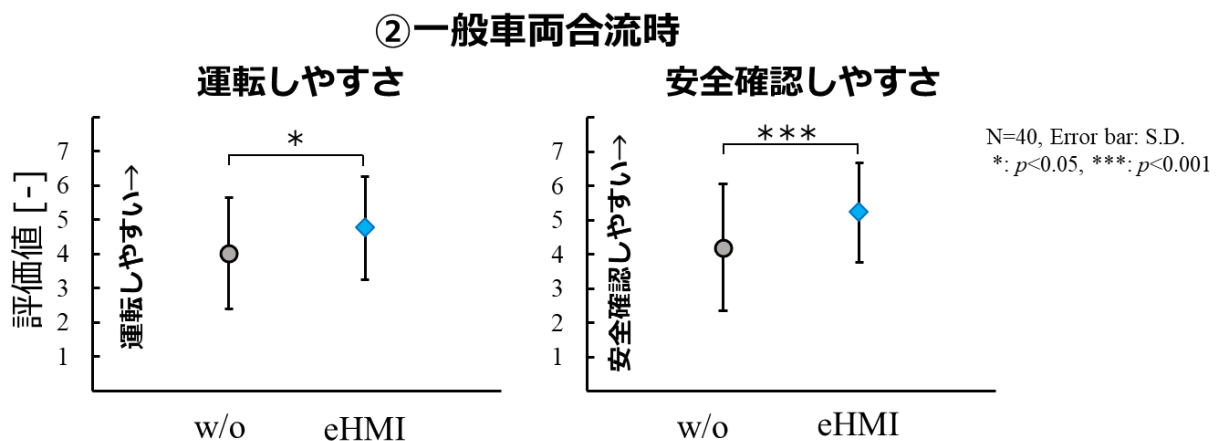


図 3-71 主観評価の結果

・本線走行時の車線変更回避

一般車両の本線走行シーンにおいて、合流してくる自動運転 L4 トラックに対し、車線変更回避を行った人数を図 3-72 に示す。eHMI 無しの場合は 40 人中 8 人が車線変更により自動運転 L4 トラックとの衝突を回避し、eHMI 有りの場合は 40 人中 11 人が車線変更により自動運転 L4 トラックとの衝突を回避しており、eHMI 有りの方が車線変更回避を行った人数が多かった。

①一般車両本線走行時

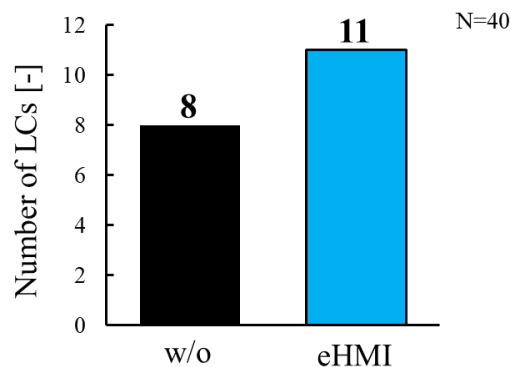
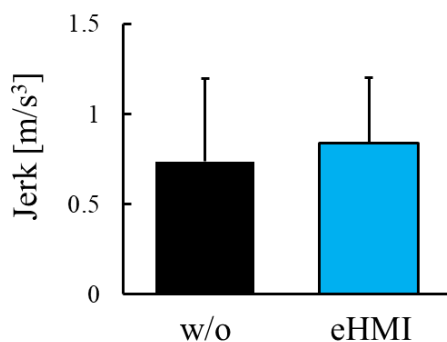


図 3-72 車線変更回避人数（それぞれ 40 人中）の結果

・合成ジャーク

運転のなめらかさの評価指標として、合流部付近のジャーク（加加速度）を算出した結果を図 3-73 に示す。本線走行、合流時ともに条件間の有意差は見られなかった。

①一般車両本線走行時



②一般車両合流時

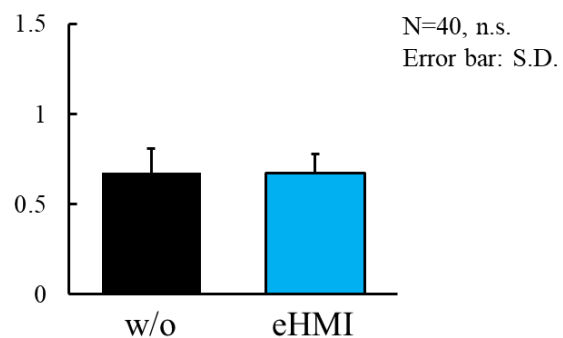


図 3-73 合流部区間の合成ジャークの結果

・自動運転車の認識率

事前情報がない状態で、「どのような車両だと思ったのか」に関する回答の結果を図 3-74 に示す。VMS がある場合、自動運転車の認識率（対象トラックを見た際に自動運転トラックであることを認識）が高くなった。また、VMS がない場合には、対象トラックに対して作業車両や飾りを付けた車両として認識する傾向がみられた。

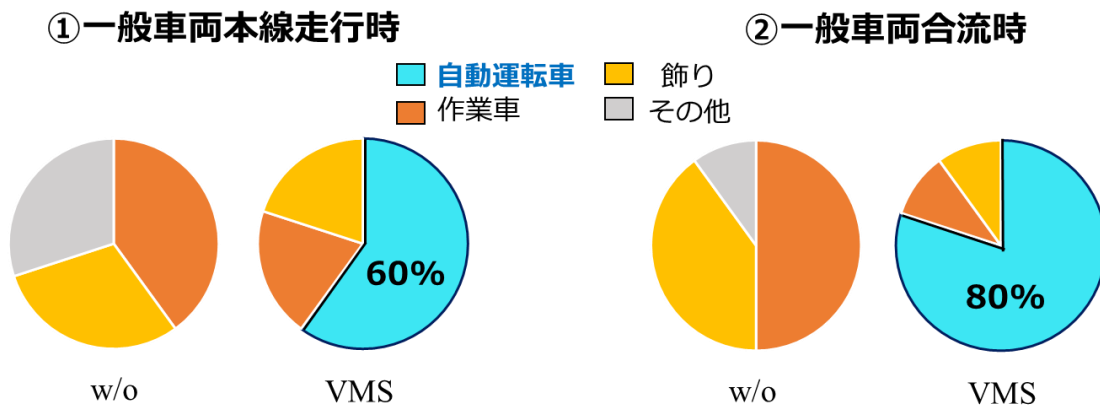


図 3-74 自動運転車の認識率
(対象トラックに対しどのような車両だと思ったかに関する回答)

・自動運転車への警戒心について

自動運転車遭遇時の心理状態に関し、事前情報がない状態で「車両に対して警戒したか」に関する回答結果について図 3-75 に示す。VMS の有無にかかわらず、半分以上が警戒心を持つという結果となった。

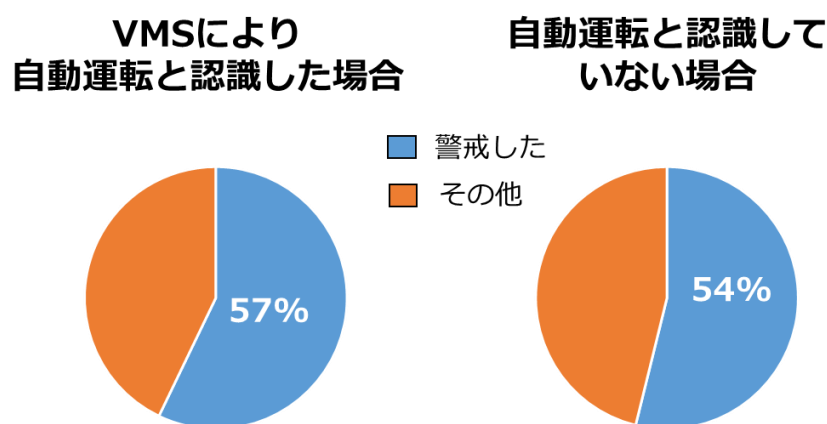


図 3-75 対象トラックへの警戒についての設問結果

- ・ 考察

- － eHMI の効果

合流部付近の自動運転 L4 トラックとの遭遇場面にて、明度と彩度が高いシアン色と黒を組み合わせたトラック側の eHMI を点滅させることにより、周辺の一般ドライバからの誘目性が向上し、知覚・認知過程までの時間を短縮できることが確認できた。またその結果として、一般ドライバの運転しやすさ、安全確認しやすさといった心理的な受容性が高まったと考えられる。

- － 運転パフォーマンスへの影響

先行研究 (Gwak et al., 2021) では隊列走行トラックの遭遇シーンおよび緊急停止シーンにおいて、VMS と eHMI の効果を検討しており、それらの HMI により、運転パフォーマンスが向上することが示された。本節では、eHMI の効果により、視覚反応時間は短くなったが、合流付近における運転パフォーマンスは eHMI の有無による差は見られなかった。今回は自動運転 L4 トラック単体を対象にしており、一般ドライバが回避すべき車両の全長が先行研究にて検討された隊列走行トラックに比べて短く、合流できる区間、減速する時間など空間的・時間的に余裕があったため、特に危険な場面は現れず運転パフォーマンスにも条件間の差が付きにくかったと考えられる。

- － VMS の影響

VMS により自動運転車として認識させることができるが、事前情報がないとその認識と関係なく周辺ドライバの警戒心に影響する。運転時における周辺への警戒は、安全性に関してはポジティブに作用する可能性があるが、心理的な受容性に関してはネガティブに作用する可能性がある。そのため、一般ドライバの心理的な受容性の向上のためには、道路上の情報提供だけではなく、メディアを活用したマーケティングなど自動運転 L4 トラックに対する理解を深めるための情報提供に関するさらなる検討が必要であると考えられる。

3.2.5. 本節のまとめ

本節では、自動運転 L4 トラックの走行時における周辺一般ドライバの安全性と受容性の向上を目指し、誘目性・明視性・視認性向上の観点に基づきトラック側の外向け HMI とインフラ側の VMS を提案した上で、その HMI が周辺の一般ドライバへ与える影響について、DS を用いて評価した。その結果、自動運転 L4 トラックの eHMI により、周辺ドライバの自動運転 L4 トラックに対する視覚反応時間が早くなり、運転しやすさと安全確認のしやすさといったドライバ受容性にかかわる主観評価値が高くなった。これらの結果は、自動運転 L4 トラックの eHMI が周辺の一般ドライバの安全性と受容性を向上できる可能性を示している。

本節では合流部付近における自動運転 L4 トラック側の eHMI 有無の効果について注目したため、今後の課題として、周辺の一般ドライバへ与える影響がより大きいと予想される自動運転 L4 トラック MRM 動作時や混雑時の車線変更などの場面における eHMI の情報の種類・情報量の影響も含めた検討が必要であると考えられる。

3.3. 車内保安要員の役割・能力の検討

本節では、L4トラックの自動運転による幹線輸送における車内保安要員配置の必要性和想定される役割と能力を検討した。

3.3.1. 通常のトラックドライバのタスク・能力

(1) 運転免許

通常のトラックドライバでは、準中型自動車免許以上の運転免許が必要である。

表 3-36 運転免許と運転可能な自動車の種類

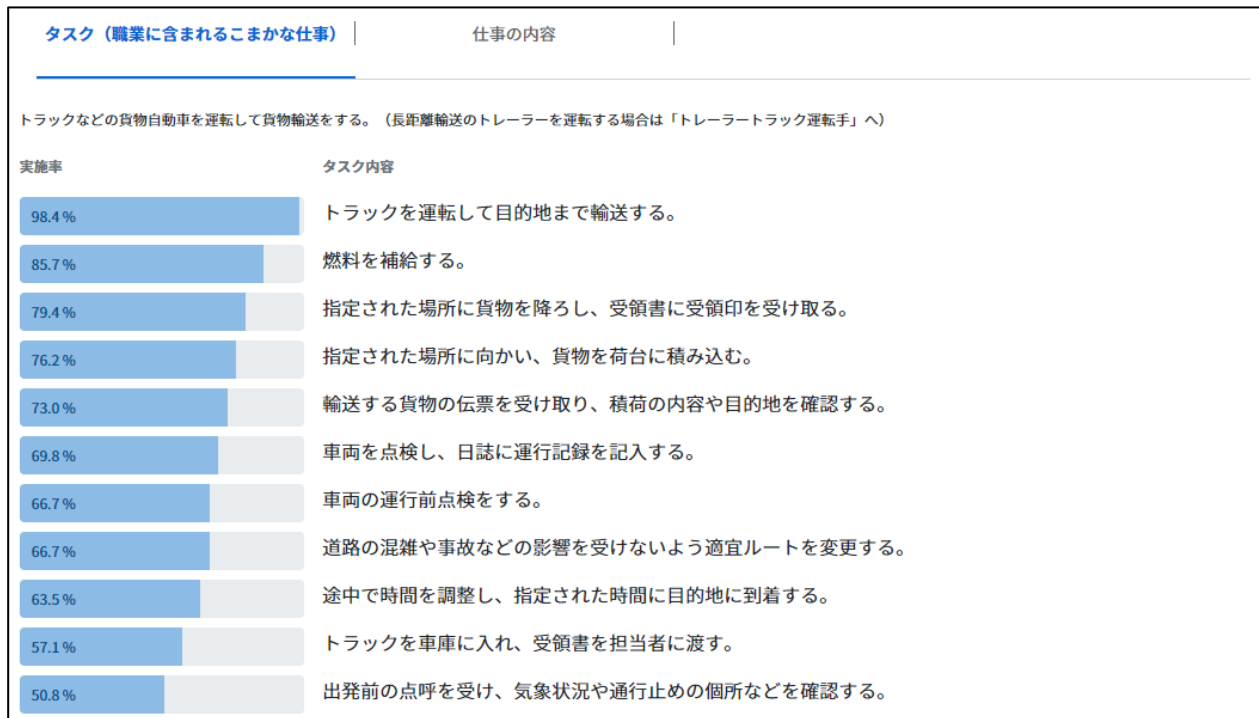
	運転できる自動車／原動機付自転車								
免許の種類	大型自動車	中型自動車	準中型自動車	普通自動車	大型特殊自動車	大型自動二輪車	普通自動二輪車	小型特殊自動車	原動機付自転車
大型免許	○	○	○	○				○	○
中型免許		○	○	○				○	○
準中型免許			○	○				○	○
普通免許				○				○	○
大型特殊免許					○			○	○
大型二輪免許						○	○	○	○
普通二輪免許							○	○	○
小型特殊免許								○	
原付免許									○

車両総重量	3.5トン未満	7.5トン未満	11.0トン未満	11.0トン以上
自動車の種類	普通自動車	準中型自動車	中型自動車	大型自動車
免許の種類	普通免許	準中型免許	中型免許	大型免許
最大積載量	2.0トン未満	4.5トン未満	6.5トン未満	6.5トン以上
乗車定員	10人以下	10人以下	29人以下	30人以上
受験資格	18歳以上	18歳以上	20歳以上 免許期間2年以上	21歳以上 免許期間3年以上

出典) JAF HP (<https://jaf.or.jp/common/kuruma-qa/category-procedure/subcategory-license/faq309>)

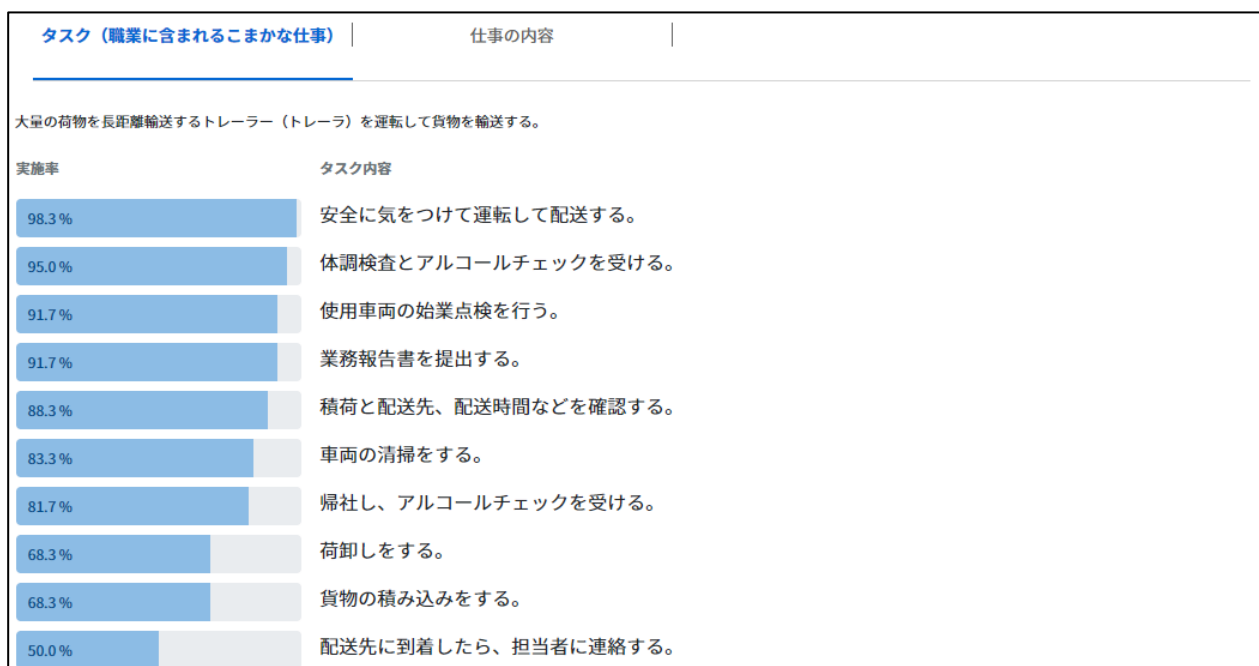
(2) タスク

厚生労働省の職業情報提供サイト job tag では、各職業のタスクを統計情報等からとりまとめて情報提供しており、「トラック運転手」、「トレーラートラック運転手」のタスクについて図 3-76、図 3-77 のとおりとなっている。



出典） job tag（<https://shigoto.mhlw.go.jp/User/Occupation/Detail/477>）

図 3-76 「トラック運転手」のタスク



出典） job tag（<https://shigoto.mhlw.go.jp/User/Occupation/Detail/477>）

図 3-77 「トレーラートラック運転手」のタスク

(3) 国交省告示によるトラックドライバに求められる能力

「貨物自動車運送事業者が事業用自動車の運転者に対して行う指導及び監督の指針」(H13.8.20、国交省告示)において、事業用自動車を運転するトラックドライバには高度な能力が要求されることから、法令遵守の他、運転に関する技能及び知識を習得させることを目的として、トラックドライバに対する指導及び監督の指針を示している。

表 3-37 トラックドライバへの指導及び監督の内容（抜粋）

(1) 事業用自動車を運転する場合の心構え
(2) 事業用自動車の運行の安全を確保するために遵守すべき基本的事項
(3) 事業用自動車の構造上の特性
(4) 貨物の正しい積載方法
(5) 過積載の危険性
(7) 適切な運行の経路及び当該経路における道路及び交通の状況
(8) 危険の予測及び回避並びに緊急時における対応方法
(9) 運転者の運転適性に応じた安全運転
(10) 交通事故に関わる運転者の生理的及び心理的要因並びにこれらへの対処方法
(11) 健康管理の重要性
(12) 安全性の向上を図るための装置を備える事業用自動車の適切な運転方法

出典)「貨物自動車運送事業者が事業用自動車の運転者に対して行う指導及び監督の指針」(H13.8.20、国交省告示)

3.3.2. 車内保安要員の役割・能力

自動運転 L4 トラックの ODD 内（対象高速道路内）では、自動走行システムの責任の基で走行が行われるため、通常のトラックドライバに求められる走行中のタスク・能力は車内保安要員に求められることはないが、積荷の管理については自動走行システムの責任範囲外となる。安全輸送上の観点からは運搬中の荷崩れ防止のための固縛状況の点検、品質管理の観点からは冷凍車の温度管理といった、積荷の管理に関する対応が車内保安要員に求められる役割・能力となる可能性が示された。

また、ODD 内走行であっても、自車に責任の無い巻き込み事故や大規模災害等の不測のリスクが発生する可能性があることから、貨物事業者としての速やかな現状復旧や処理への対応も、車両が直面している詳細の状況や運行遅れ等への影響など車両システムでは対応が困難な場合において、車内保安要員に求められる役割・能力と考えられる。

一方で、事業者ヒアリングにおいては、車内保安要員が前提になるのであれば、通常のトラックドライバによる通常走行と配置要員数が変わらないのではないかと指摘があり、運行監視システムによる支援やリスクを極力低減させる取組みを行いながら、車内保安要員の負担軽減や車内保安要員不要となるような対応が求められる。

3.4. L4トラック運行管理システムコンセプト

L4トラック運行管理システムは、高速道路において、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、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。

以下は、将来のL4トラックの運用について実施された、運送事業者へのヒアリングを参考にして作成した、L4トラック運行管理システムの構成である。

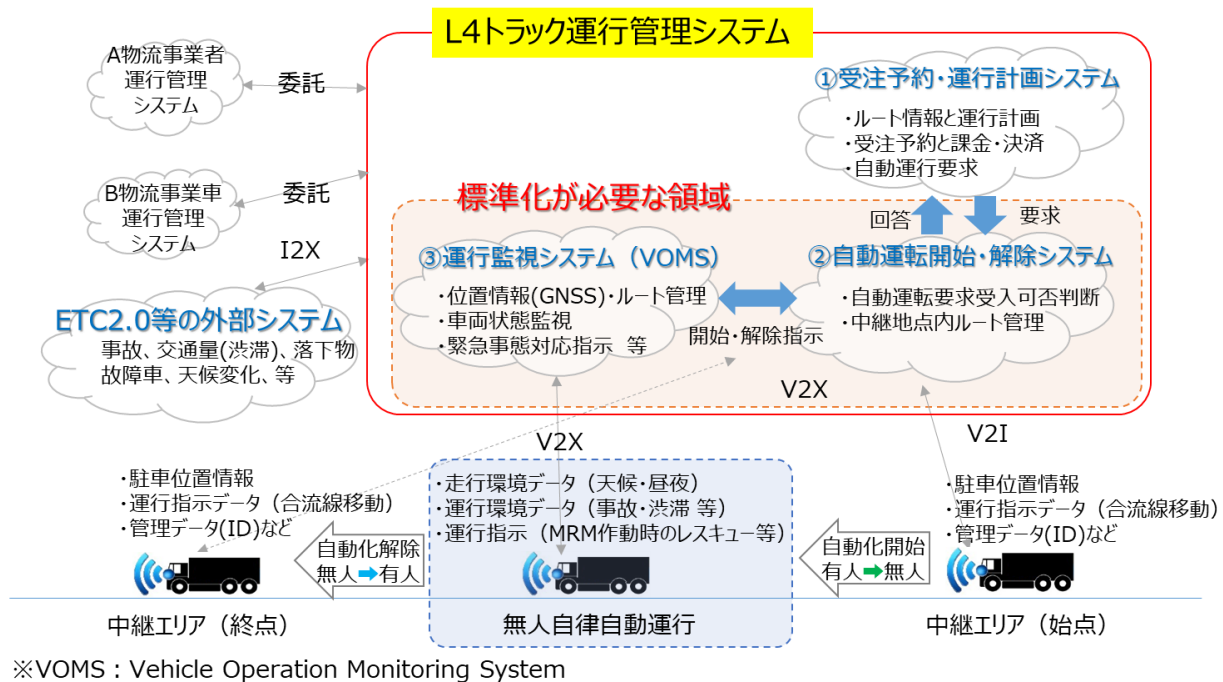


図 3-78 L4トラック運行管理システムの構成

本システムは常時 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、駐車マス等)
- (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、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。

21年度は、主に（3）運行監視システムのコンセプト検討を中心に実施した。

3.4.1. 受注予約・運行計画システム

受注予約・運行計画システムは、L4トラックによる幹線輸送を自動運転で実施する際に、物流事業者個社で車両状態監視や緊急時の対応等を含む運行に係る全てを担えない場合において、その運行が希望される日時、区間、方面、台数等に合わせて、車両状態や走行環境の監視、緊急時の対応、中継エリアにおける発着スケジュールの計画・調整等の業務の一部または全部を受注予約し、その対価を収受するサブシステムである。

以下に、受注予約・運行計画システムの想定機能を示す。

- ・ L4トラック自動運転の発着と運行に係る業務の受注
- ・ 中継エリアの発着スケジュールや気象状況や道路状況等の走行環境を踏まえた受注可否と運行計画の調整
- ・ 区間や台数等に応じた料金の算出と了承
- ・ 受注の確定と変更時の対応
- ・ 料金の収受

将来的には物流全体の効率化に資する仕組みとの連携も考慮するべきと考えられる。

3.4.2. 自動運転開始・解除システム

自動運転開始・解除システムは、L4トラックによる幹線輸送を自動運転で実施する際に、自動運転を開始または解除できる環境か否か、気象状況や道路状況等の走行環境および車両状態等を踏まえて複合的に整理し、判断するサブシステムである。

以下に、自動運転開始・解除システムの想定機能を示す。

- ・ 受注情報との照合（物流事業者個社で完結せず自動運転運行管理業務の受注予約が行われている場合に限る）
- ・ 走行環境の確認（気象・交通・道路情報等に問題がないか）
- ・ 車両状態の確認（自動運転システム等に問題がないか）
- ・ 中継エリアの発着順序の調整と決定
- ・ 自動運転の開始と解除
- ・ 3.4.3. 発着遅れや発着不可時などの異常発生検知
- ・

3.4.3. 運行監視システム

運行監視システムは、L4トラックと常時接続しており、車両の情報や走行環境の情報をやり取りすることで、L4トラックの自動走行を直接的に支援する。

以下に、運行監視システムの想定機能を示す。

- ・ 複数のL4トラックの運行状態を監視し、それぞれの運行を管理する。
- ・ L4トラックの運行状態を路側システムに通報する。
- ・ 路側システムの情報をL4トラックに転送する。
- ・ 自動走行の可否を判断し、L4トラックに伝達する。

- ・ L4トラックのレスキューコールを路側システムに送信する。

この中で路側システムからの情報は、先読み情報として直接 L4 トラックにも通知されるが、特定の L4 トラックに伝達すべき情報（路側システムで発見した異常車両等）は、運行監視システムを通じて配信される。

3.4.3.1. 車両状態の監視

運行監視システムは、ODD 内の L4 トラックの状態を個別に監視しており、状態に合わせてその運行を管理する。

(1) 通常走行時

L4 トラックから；

- ・ シャシーや駆動系などの車両状態の情報
- ・ AD システムが担う認知、判断、操作の制御情報

が定期的（例えば 1 分毎）に運行監視システムに送信され、輸送ミッションが計画通りに実施されていることを確認するために使用される。

以下に、通常走行時に運行監視システムが監視する車両情報の一例を示す。

表 3-38 運行監視システムが監視する車両情報例（通常走行時）

車両情報	要件	運行監視システムの働き
車両 ID	車種、目的地、積荷等	車両を特定する
時刻	GNSS 時刻	輸送ミッションの確認
車両位置	緯度、経度（GNSS）	輸送ミッションの確認
車両速度、加減速度	CAN 情報	車両の走行状態の確認
車両システムの情報	エラーコード等	異常なしを確認する
自動運転システムの作動状況	認知、判断、操作の状況	異常なしを確認する
積み荷の情報	温度、振動等	輸送ミッションによる

(2) 異常発生時（自車で異常を検知した場合）

L4 トラックから；

- ・ 異常の情報、及びリスク回避操作の情報

をイベント情報として、運行監視システムに送信する。

運行監視システムは；

L4 トラックからの情報を受信した後、路側システムにこれらを転送し、周辺車両の安全を確保する。

リスク回避操作が輸送ミッションに影響する場合；

- ・ 運行監視システムは他のサブシステム（受注予約・運行計画システム、自動運転開始・解除システム）と連携して輸送計画を見直し、
- ・ 同時に走行中の他 L4トラックや、運送事業者の運行管理システムに連絡する。

L4トラックが自力で走行できなくなった場合；
自車の判断で、運行監視システムにレスキュー要請を行う。

運行監視システムは；
レスキュー要請に基づいて、L4トラックの異常情報を路側システムに転送し、レスキュー隊の出動を要請する。

以下に、異常発生時に運行監視システムに送信する情報の一例を示す。

表 3-39 運行監視システムが監視する車両情報例（異常発生（自車異常）時）

異常情報	要件	運行監視システムの働き
車両 ID	車種、目的地、積荷等	車両を特定する
時刻	GNSS 時刻	
場所	緯度、経度（GNSS）	
異常の内容	運行データ、故障コード、画像データ等	異常内容を把握する イベントレコーダーの情報を活用
リスク回避操作	緊急停止、MRM、縮退走行	車両状態の確認し、必要があれば、 路側システムに通報する 輸送ミッションへの影響確認
レスキューの要否	L4トラックの判断で、 レスキュー要請を行う。	路側システムにレスキュー対応を 要請する

(3) 異常発生時（自車で異常を検知できない場合）

車両火災の発生など、人間が搭乗していない L4トラックでは検知することが難しい異常事態が発生した場合、路側システムでこれを検知し、運行監視システムを通じて当該車両に異常を通知することが期待される。

この実現には、路側システムの検知能力の向上や、発見した異常車両を特定する方法の検討が必要であり、これらは路側システムと運行監視システムの協調における検討課題である。

併せて、L4トラックの異常検知能力の向上も図る必要がある。

3.4.3.2. 走行環境の監視

運行監視システムは、L4トラックが走行する ODD の走行環境を常時監視しており、必要に応じて個別の車両の運行を制御する。

以下は、運行監視システムが監視する走行環境情報の一例である。

表 3-40 運行監視システムが監視する走行環境情報例

走行環境情報	要件	運行監視システムの働き
交通規制情報	通行止め、車線規制、規制速度等	運行計画の見直し、退避指示（通行止めの場合）等
停止車両や落下物の情報	位置、車線情報等	車線変更の指示等
渋滞情報	位置、渋滞長（末尾）、渋滞車線、通過時間等	渋滞追従、車線変更等の指示
工事情報	場所、規制車線、速度規制、渋滞の有無等	車線変更の指示等
事故情報	場所、交通規制等	運行計画の見直し、退避指示（通行止めの場合）等
天候情報	降雨、降雪、積雪、路面凍結、霧、強風、悪天候による交通規制等	自動運行の可否判断 縮退運転、退避等の指示

これらの情報は、路側システムから遅滞なく運行監視システムに送信されると共に、その多くは先読み情報として、直接 L4 トラックにも配信され、両者が同じ情報を共有する。

また、走行環境の変化により通常の自動走行が難しい場合、運行監視システムは自動走行の可否を判断し、L4 トラックに以下の指示を出す。

- ・ 通常走行 : 自動走行可（第一走行車線を維持する）。
- ・ 車線変更 : 周囲の安全を確認し、障害のある地点までに車線変更を行う。
- ・ 縮退運転 : 速度を落として走行する。
- ・ 緊急退避 : 運行監視システムが指定した退避エリアに退避する。
- ・ MRM : 微速で路肩まで移動して停止する。
- ・ 緊急停止 : その場で直ちに停止する。

通常走行が維持できず、輸送ミッションに影響する場合；

- ・ 運行監視システムは他のサブシステム（受注予約・運行計画システム、自動運転開始・解除システム）と連携して輸送計画を見直し、
- ・ 同時に走行中の他 L4 トラックや、運送事業者の運行管理システムに連絡する。

3.4.3.3. 先読み情報の取得

先読み情報とは、L4 トラックが、路側システムから前もって入手することができる走行経路上の情報である。

これにより L4 トラックは、自車センサで検知できない車両前方の情報を入手することができ、自動走行のリスクを低減するための回避操作を、余裕をもって実施するこ

とができる。

現在でも、道路上の監視カメラなどにより、交通状況や路線情報を入手し、ETC2.0等の路側システムを通じて、これらを配信するサービスが提供されているが、L4トラックの自動走行を支援するためには、ODD 全域において、更にタイムリーに精度の良い情報提供が求められる。

以下に、路側システムから入手を期待する先読み情報の一例を示す。

表 3-41 期待する先読み情報例

情報の種類	要件	入手タイミング
交通規制	位置、通行止め、車線規制等	規制区間の少なくとも 5km 手前 突発の場合はできるだけ早く
規制速度	位置、規制速度等	規制区間の手前（例：200m）
停止車両	車種、車線情報も含む	できるだけ早く
落下物	落下物の種類（大きさ） 落下物の車線情報	できるだけ早く
渋滞情報	位置、渋滞長（末尾）、車線	渋滞末尾の少なくとも 5 km 手前
工事情報	位置、車線規制の情報	工事区間の少なくとも 5 km 手前
逆走車	逆走車の位置、車種	できるだけ早く
悪天候	悪天候による規制情報 悪天候による路面の情報	規制区間の少なくとも 5 km 手前 突発の場合はできるだけ早く
事故情報	位置、通行止め、車線規制、 速度規制等	事故の少なくとも 5 km 手前 突発の場合はできるだけ早く

※ 当該事象が予め分かっている場合（交通規制や工事、渋滞など）に、その 5 km 手前で先読み情報の提供を期待するとした根拠について。

情報を受信した後、車線変更で障害を回避することを想定する。

- (1) 最初の 2km を 80km/h、約 90 秒で走り、その間に情報確認（当該事象の位置、確からしさ、到達までの時間等）を行う。
- (2) 次の 2 km で車線変更を行う。
 - ・ 車線変更に必要な右後方の車間距離は 100～130m
 - ・ 混在交通や、第一、第三走行車線からの流入を考慮すると、車線変更の機会は 50% 程度に減少すると算出
- (3) 最後の 1 km は、当該障害が渋滞を伴う場合の対処区間とした。

上記の考え方に基づいて事象発生の 5 km 手前という数字を仮置きしたが、今後、実証実験の結果などを踏まえて引き続き検討が必要である。

3.4.4. 今後の課題

L4トラックを活用した輸送ミッションを完遂させるためには、トラックメーカーだけでなく、運行管理システムの開発主体が運送事業者、道路管理者、関係省庁と連携し、それぞれの要求事項や制約事項を満足するシステムとすることが重要である。

以下に、それぞれのサブシステムの課題を示す。

3.4.4.1. 受注予約・運行計画システム / 自動運転開始・解除システム

本年度は、事業者ヒアリングを踏まえて、物流事業者個社では完結しないと想定される運用に関して、L4トラックを安全に効率よく運行させるため、受注、計画、決済、自動運転開始・解除等の想定機能の基礎的な検討を行ったところ。

一方で、L4トラックを用いた物流事業者の輸送オペレーションおよびL4トラック車両自身が満たすべき機能にも密接に関わることから、本サブシステムの具体的な機能の実現方法の検討は、事業モデル及びL4トラックが満たすべき車両技術要件の検討状況に十分留意して実施する必要がある。

3.4.4.2. 運行監視システム

- ・ 運行監視システムが扱う車両情報や、走行環境情報の詳細検討と確定
- ・ 安全で効率の良い運行を確保するため、運行監視システムに対する入出力情報の精度（正確さ、精細さ）と即時性の向上
- ・ 路側システムの検知能力の向上による、先読み情報の精度（正確さ、精細さ）と即時性の向上
- ・ 路側システムとの協調
- ・ 運行監視システムの開発主体の選定と、要求仕様の詳細検討
- ・ 運行監視システムの有効性を確認するための検証方法の検討

4. 車両・システムの開発

本章では、3 走行環境・運行条件の整理、評価で検討したリスク回避シナリオ等について、自動運転車両での実現可能性を評価するための、標準評価車両（以降、L4 評価車両）の車両開発を行った。

L4 評価車両を開発するにあたり、その主な目的はリスク回避シナリオ等の実現性の確認であり、本事業の最終アウトプットである、高速道路での無人自動運転機能は必要としないため、高度な AD システム（レベル 3 以上）は不要であるが、想定されるシナリオを評価するための自動運転機能が求められる。

これらの前提に基づき、開発する L4 評価車両の自動運転レベルは、レベル 2 相当（運転席に運転手が座り、車両状態に応じて自動運転制御へ介入を行う）とし、車両周囲の物体認識範囲等はレベル 4 相当とすることで L4 評価車両から得られるデータ（特に他車両との位置関係や挙動等）を 2024 年度以降に予定されている、マルチブランドによる実証実験時の制御アルゴリズム検討に資するものとする。

4.1. 標準評価車両（L4 評価車両）の開発

4.1.1. ベース車両

開発の効率化を図るため、2020 年度の後続車無人隊列走行（電子牽引）で、後続車として使用した車両をベース車両とした。

車両諸元、及び既に搭載されている機能等を以下に示す。

表 4-1 ベース車両の主な諸元

項目	諸元等
型式	FW1AH
車名	日野自動車 大型トラック「プロフィア」
主な車両諸元	車両総重量 : 24,930kg 車両重量 : 13,900kg 全長 : 1,195cm 全幅 : 249cm 全高 : 379cm トランスミッション : AMT
登録番号	つくば 100 は 4187
外観	



図 4-1 後続車無人隊列走行（電子牽引）で搭載した機能

4.1.2. システム構成

以下に、ベース車両の自動運転に関連する機器接続の概略を示す。

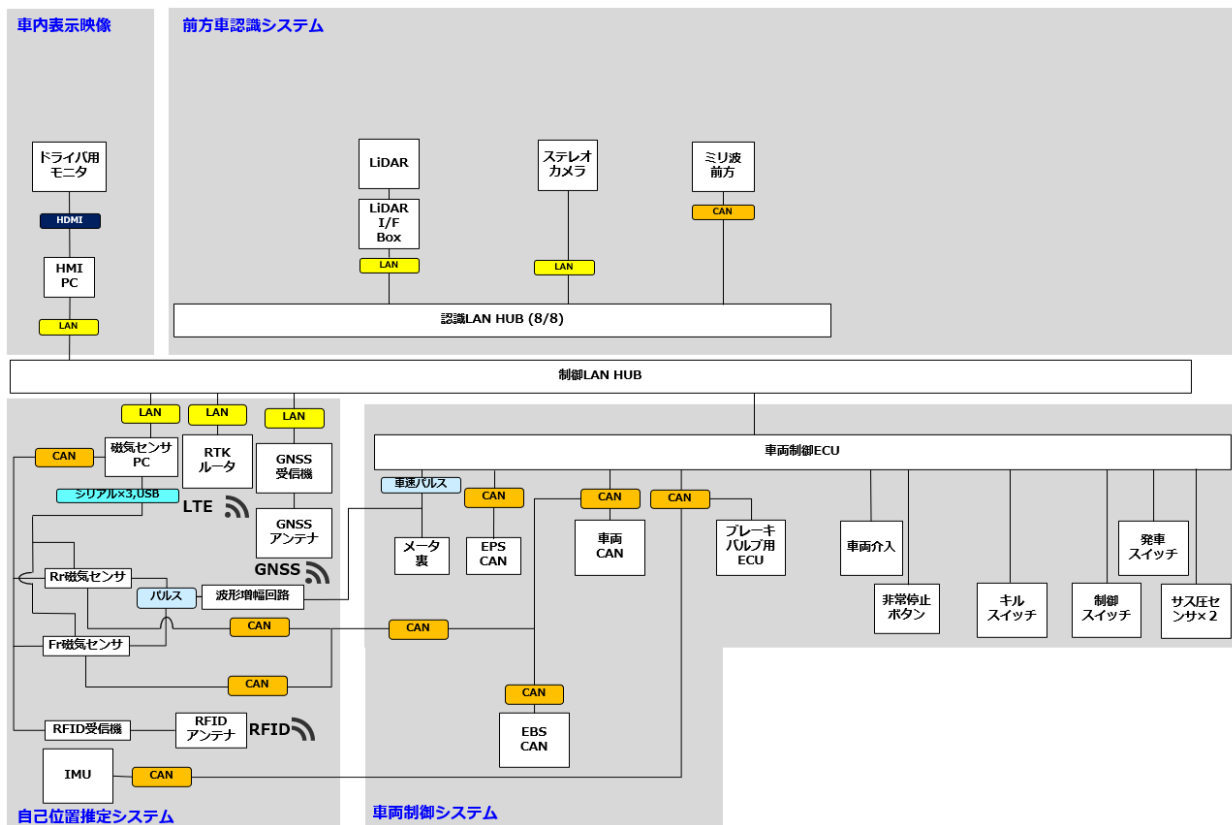


図 4-2 ベース車両システム構成図

ベース車両は、前車追従制御を行っていたため、環境認識については車両前方のみを検知する構成となっていたが、L4 評価車両では、高速道路での単独走行を想定したシナリオを検討していることから、前方だけでなく、車両周囲状況の認識も行う必要がある。

このため、以下に示すシステム構成を持つ車両を開発した。

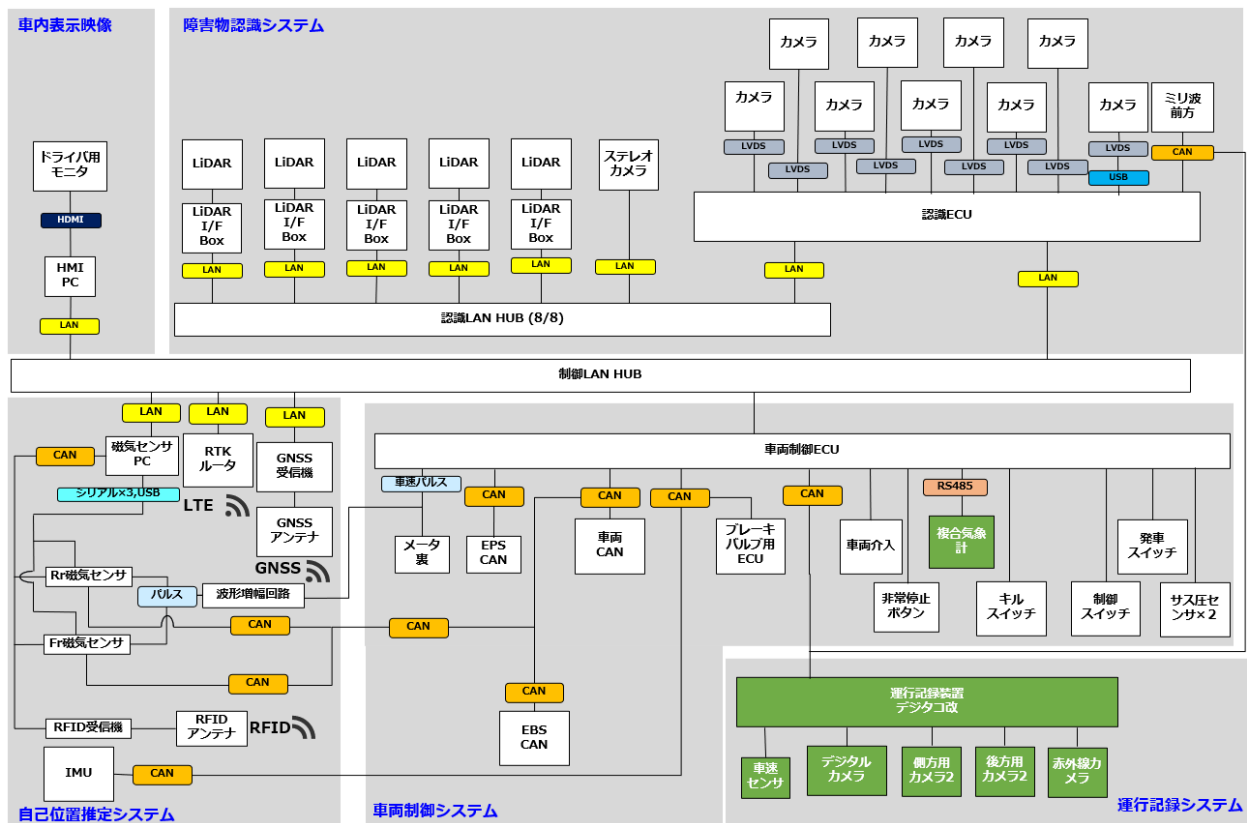


図 4-3 L4 評価車両システム構成図

ベース車両から L4 評価車両システムへの大きな変化点は以下の 2 点である。

- ・ 車両周囲認識用センサ類の追加
- ・ 運行記録装置の追加

これらの変更点を、次項以降に記載する。

4.1.3. 検出対象と L4 評価車両搭載センサ

4.1.3.1. 車両システム動作

L4 評価車両に搭載するセンサへの要求仕様を決定するため、前項で定義された仕様案を元に、高速道路での車両制御パラメータと、各走行シーンにおける検出対象を、以下のように整理した。

表 4-2 高速道路での車両制御パラメータと各走行シーンにおける検出対象

項目	本線	中継エリア への分合流	中継エリア (PA/SA 含む)
< 車両制御 >			
FSRA 自車速度	0-80km/h	0-40km/h	0-15km/h
最大減速度	0.3G	←	←
反応時間*A	TBD	←	←
停止時 車間距離*B	TBD	←	←
車線変更時ウィンカ作動時間*C	3sec.	←	←
車速変更開始～終了*D	12sec.	←	←
< 検出対象 >			
車両定義	自動車・二輪車	←	←
車両速度差	±40km/h	±40km/h	±30km/h
人定義	NA	身長 120cm 以上	←
落下物定義	車両相当	←	←

*A：センサ検出可能～制御作動までの時間

*B：自動停止時に維持する車間距離

*C：ウィンカ作動～進路変更制御開始までの時間

*D：進路変更制御開始～進路変更制御完了までの時間

4.1.3.2. 検知距離諸元

前項で整理した各走行環境において、L4 評価車両が検出すべき対象と、自車からの方向について、以下のように整理した。

(1) 本線走行

本線走行では、L4 トラックは法定速度以上とならないよう制御されるため、他車両に比べて走行速度が低くなり、第 1 走行車線を走行するシーンが多くなると予想される。

以下に、センサによる他車両等の検知範囲、方向の設定と、要求される検知範囲のイメージを示す。

表 4-3 センサ検知対象と方向（本線）

対象	自車線 前方	自車線 後方	隣車線 前方	隣車線 後方	隣々車線 側方
車両並走 ±20km/h 内*A	○	○	○	○	○
車両 ±40km/h 内*B*E	○	○	○	○	-
落下物 0～-100km/h*C*F	○	-	-	-	-
人 0～-100km/h*D	-	-	-	-	-

- *A：隣車線に入る可能性がある並走車両を想定し、隣々車線かつ自車側方とする
- *B：自車線への割り込み、車線変更で制御対象となり得る範囲として、隣車線まで含む
- *C：静止物であり、自車進路（自車線前方）とする
- *D：本線上の人は、対象外とする
- *E：同一進行方向車両を想定し、移動ベクトルが自車移動と平行（接近、離脱）とする
- *F：自車への接近方向とする

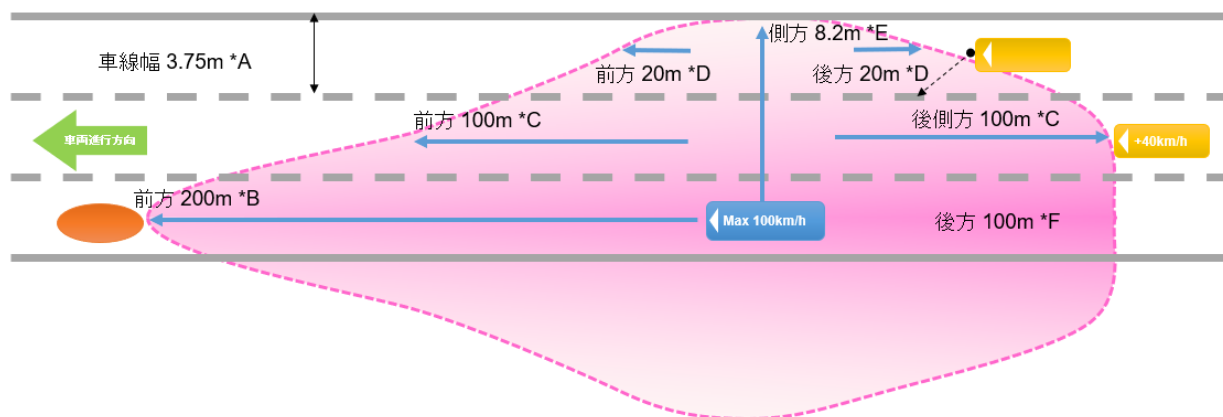


図 4-4 要求検知範囲イメージ（本線）

(2) 中継エリアへの分合流

本事業では、L4トラックは中継エリアで無人走行に切り替えられ、本線に合流、また終点到着時には、その逆が想定されるため、中継エリアから本線への合流、本線からの離脱時にも周囲環境を検出する必要があります。

以下に、センサによる他車両等の検知範囲、方向の設定と、要求される検知範囲のイメージを示す。

表 4-4 センサ検知対象と方向（中継エリアへの分合流）

対象	自車線 前方	自車線 後方	隣車線 前方	隣車線 後方	隣々車線 側方
車両並走 ±20km/h 内*A	○	○	○	○	○
車両 ±40km/h 内*B*E	○	○	○	○	-
落下物 0～-40km/h*C*F	○	-	-	-	-
人 0～-40km/h*D	○	-	-	-	-

- *A：隣車線に入る可能性がある並走車両を想定し、隣々車線かつ自車側方とする
- *B：自車線への割り込み、車線変更で制御対象となり得る範囲として、隣車線まで含む
- *C：静止物であり、自車進路（自車線前方）とする
- *D：移動速度が低く、静止物同等とし、自車進路（自車線前方）とする

*E：同一進行方向車両を想定し、移動ベクトルが自転車移動と平行（接近、離脱）とする

*F：自転車への接近方向とする

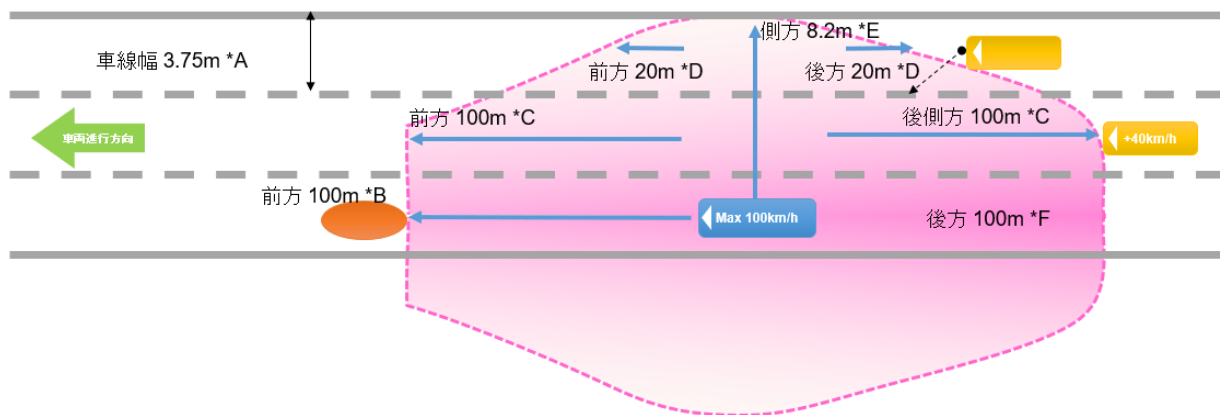


図 4-5 要求検知範囲イメージ（中継エリアへの分合流）

(3) 中継エリア（SA/PA 含む）

中継エリアでは、L4トラックの走行速度は下がるが、有人から無人への切り替えが行われるため、車両周囲近傍の検知が必要となる。

以下に、センサによる他車両等の検知範囲、方向の設定と、要求される検知範囲のイメージを示す。

表 4-5 センサ検知対象と方向（中継エリア（SA/PA 含む））

対象	自転車線前方	自転車周囲 側方・後側方	自転車周囲 後方
車両 ±30km/h 内*A	◎	◎	△*D
落下物 0～-15km/h*B	◎	◎	-
人 0～-20km/h*C	◎	◎	-

*A：最徐行を基本とするが、厳しいケースとして 30km/h で接近する車両を想定する

*B：旋回も考慮して全方向からの自転車速度 15km/h での接近を想定する

*C：*B+歩行速度 5km/h を考慮した、20km/h での接近を想定する

*D：後退しないが、後方からの追抜き車両を早期検出するため

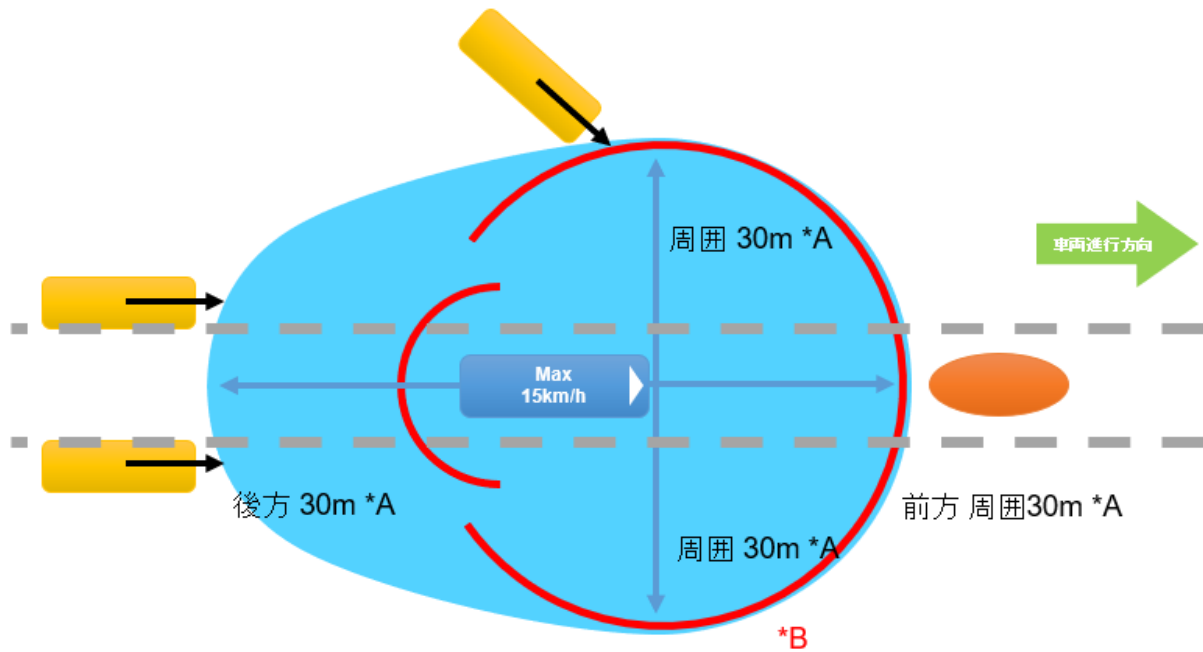


図 4-6 要求検知範囲イメージ（中継エリア（SA/PA 含む））

(4) まとめ

(1)から(3)全てを合わせた検知範囲と検出対象は以下となり、3 走行環境・運行条件の整理、評価で検討した L4 評価車両のセンサ検出範囲を満たすことを確認した。

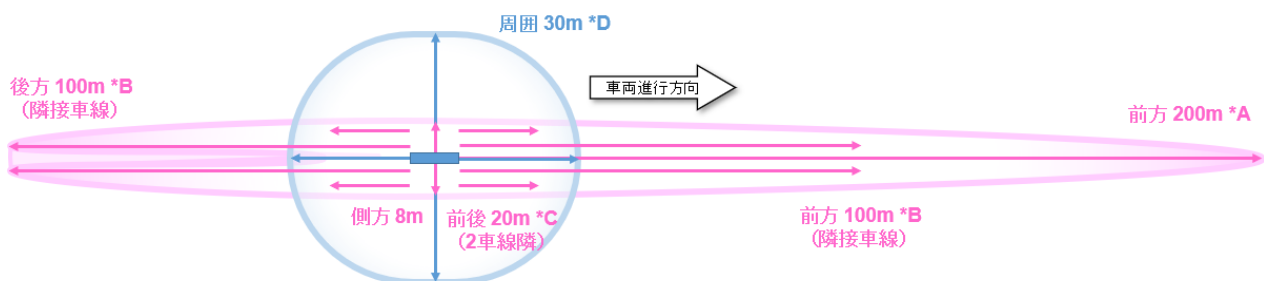


図 4-7 要求検知範囲イメージ（まとめ）

*A：自車線にある車両相当の落下物、人（相対速度 100km/h 内）

*B：自車線および隣車線の並走車両（相対速度 ± 40 km/h 内）

*C：隣々車線の並走車両（相対速度 ± 20 km/h 内）

*D：自車に接近する車両（相対速度 30km/h 内）

自車に接近する人（相対速度 20km/h 内）

4.1.3.3. センサ仕様

前項で検討したセンサ検知範囲をカバーできるように、LiDAR およびカメラを配置し、かつ、中継エリアからの無人自動運転での走行も考慮したセンサの選定、配置を

検討した。

ただし、本年度はステレオカメラおよびミリ波レーダは、ベース車両搭載品からの変更は行わないものとした。

L4 評価車両のベース車両はカーゴタイプであるが、自動運転車両が普及すると車両タイプは様々なものが想定されるため、センサの搭載はキャビン、及び車体フレームへ行うことを条件として、その配置を検討した。

(1) 車両座標原点の設定

センサ配置の検討にあたり、以下のように L4 評価車両の座標原点を設定した。

座標原点位置 { 前後位置 (X) : 後輪車軸のセンター
左右位置 (Y) : センター
高さ位置 (Z) : ホイールセンタ位置 (路面+422.5mm)

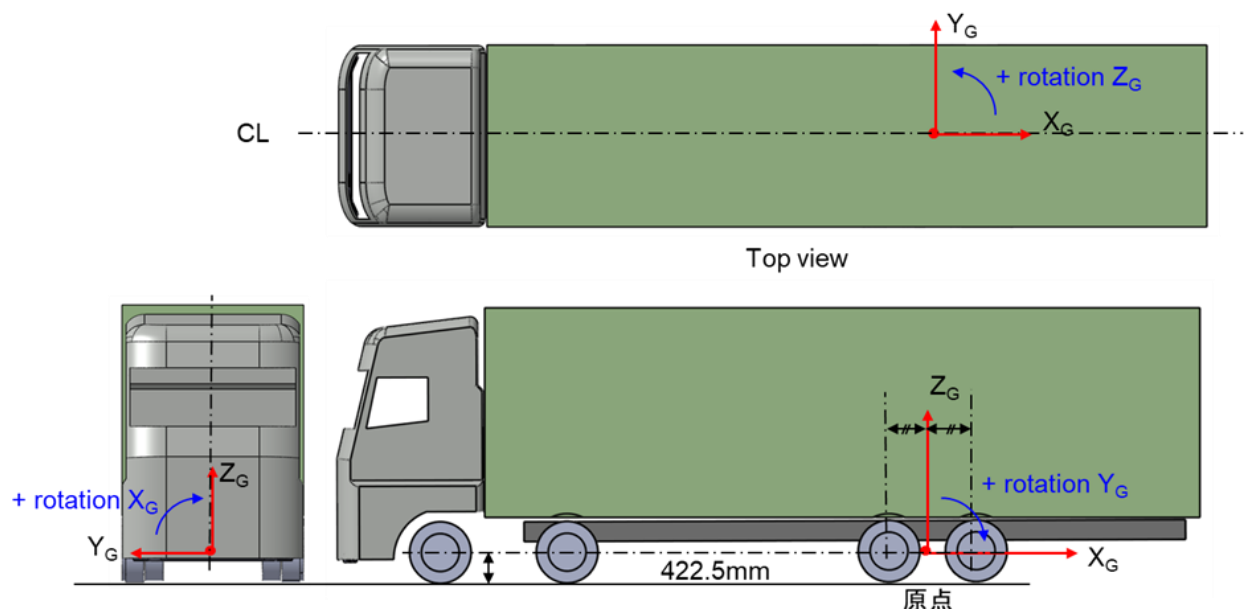


図 4-8 車両座標原点

(2) センサ配置と仕様

各センサの配置概略、技術仕様と搭載位置を以下に示す。

なお、各センサの技術仕様は、カタログスペックである。

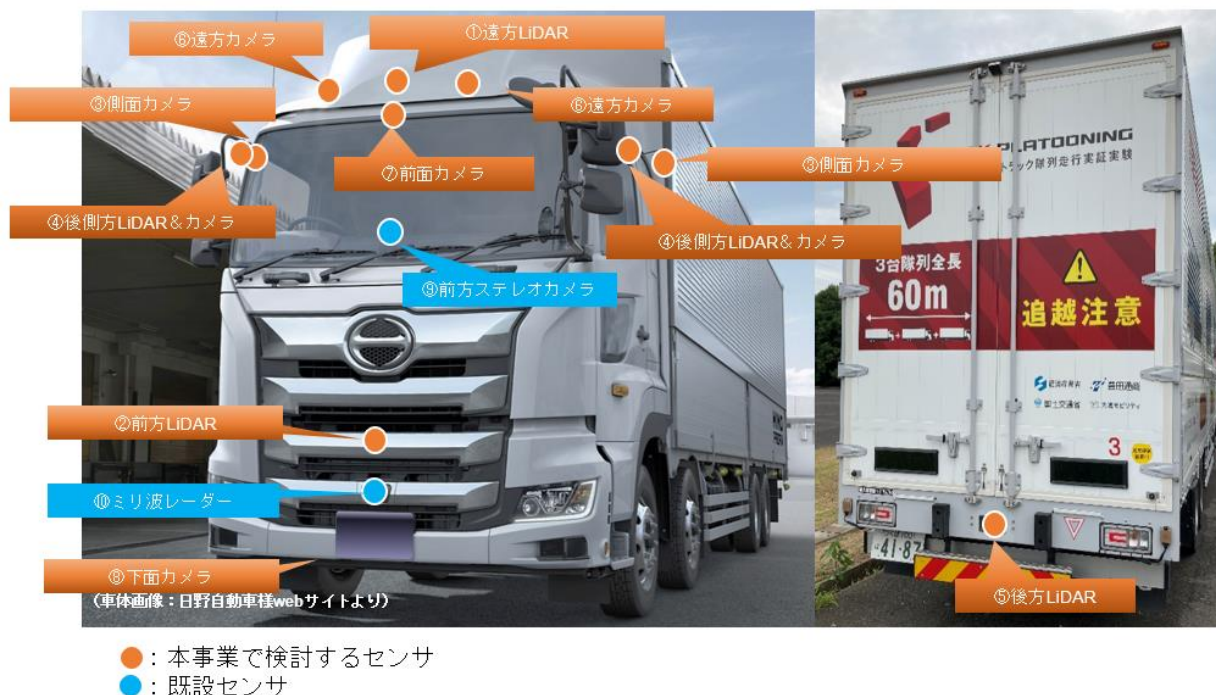


図 4-9 センサ配置概略

表 4-6 センサ仕様

センサ	視野（水平方向）	視野（垂直方向）	検知距離
< LiDAR >			
① 前方遠方	120°	30°	200m
② 前方近傍	180°	40°	100m
④ 後側方	270°	40°	120m
⑤ 後方	180°	30°	100m
< カメラ >			
③ 側面	180°	100°	30m
④ 後側方	90°	60°	120m
⑥ 前方遠方	30°	20°	200m
⑦ 前面	180°	100°	30m
⑧ 下面	90°	60°	3 m

表 4-7 各センサ搭載位置

番号	センサ	搭載位置		
		XG [mm]	YG [mm]	ZG [mm]
①	遠方LiDAR	-7670	0	2977.5
②	前方LiDAR	-8135	0	457
③	側面カメラ	-7095	± 1217	2542
④	後側方LiDAR	-7608	± 1250	2625
	後側方カメラ	-7582	± 1276	2543
⑤	後方LiDAR	3595	0	147.5
⑥	遠方カメラ	-7500	± 400	2952.5
⑦	前面カメラ	-8160	0	2587.5
⑧	下面カメラ	-7858	± 925	--88
	下面ライト	-7848	± 914	-31
⑨	前方ステレオカメラ	-8036	106± 80	1607.5
⑩	前方ミリ波レーダー	-8165	-261	290.5

(2) LiDAR の配置

前項で導き出した検知範囲を満たすよう配置した。

また、各 LiDAR の配置図と視野範囲も示す。

※ 番号は、図 4-9 センサ配置、及び表 4-6 センサ仕様に倣う

① 前方遠方：前方 200m を検知する

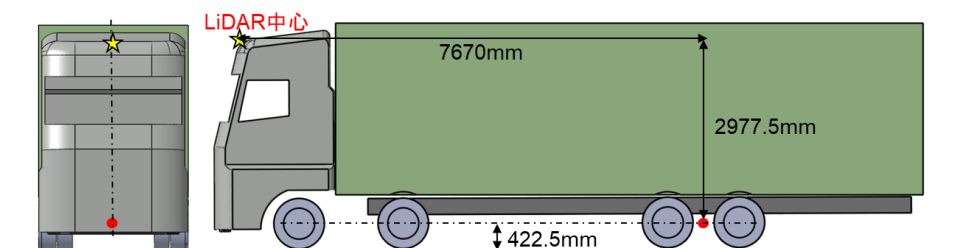


図 4-10 配置図（前方遠方）

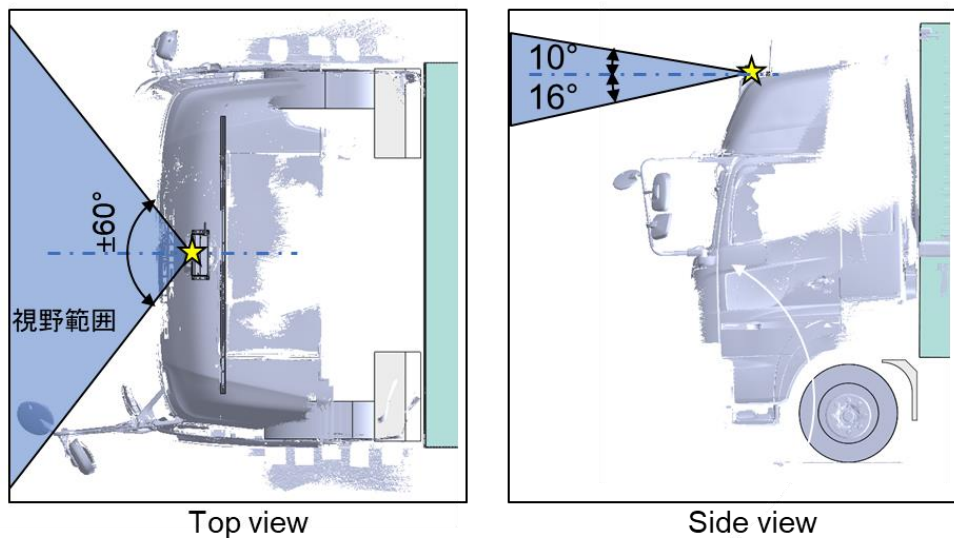


図 4-11 視野範囲（前方遠方）

② 前方近傍：前方遠方の近傍死角を補う

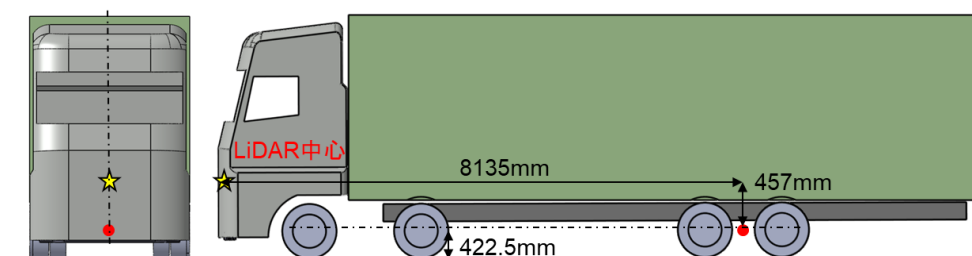


図 4-12 配置図（前方近傍）

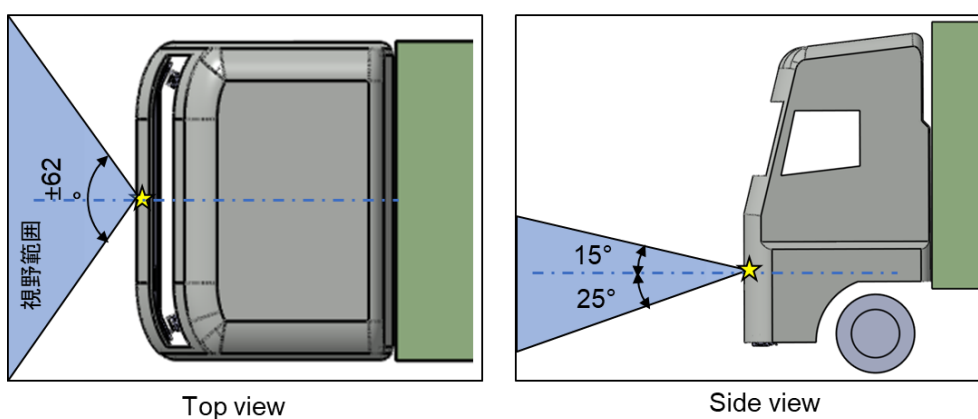


図 4-13 視野範囲（前方近傍）その 1

※ 視野範囲は、以下のように車両前面カバーの開口部形状により±62° となる。

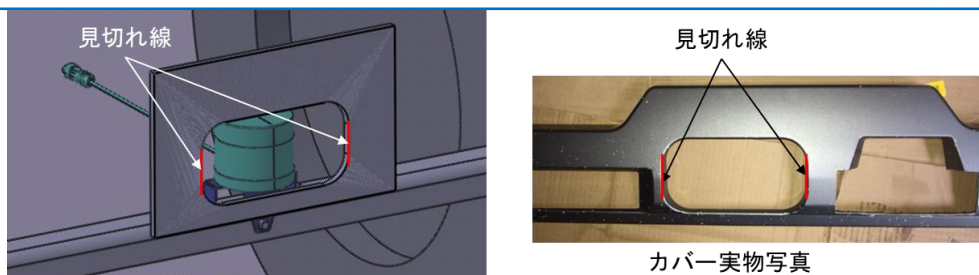


図 4-14 視野範囲（前方近傍）その 2

- ④ 後側方（左右）：車体側方 8.2m、周囲 30m、隣車線後方 100m を検知する

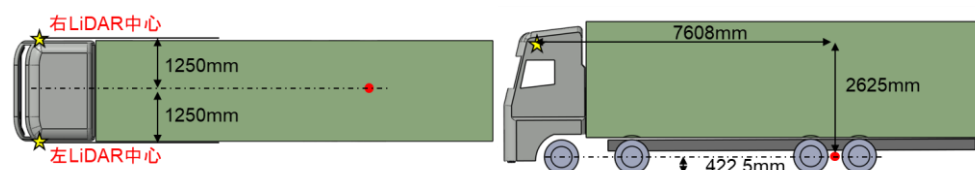


図 4-15 配置図（後側方（左右））

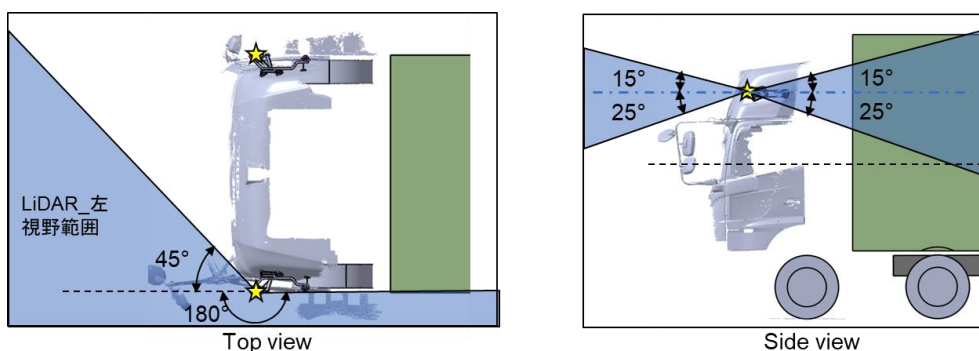


図 4-16 視野範囲（後側方（左右））その 1

- ※ 左右の視野は車両中心に対して対称のため、左側のみ記載。
- ※ 車両内側方向への視野は、以下のようにステアの形状に影響を受ける。

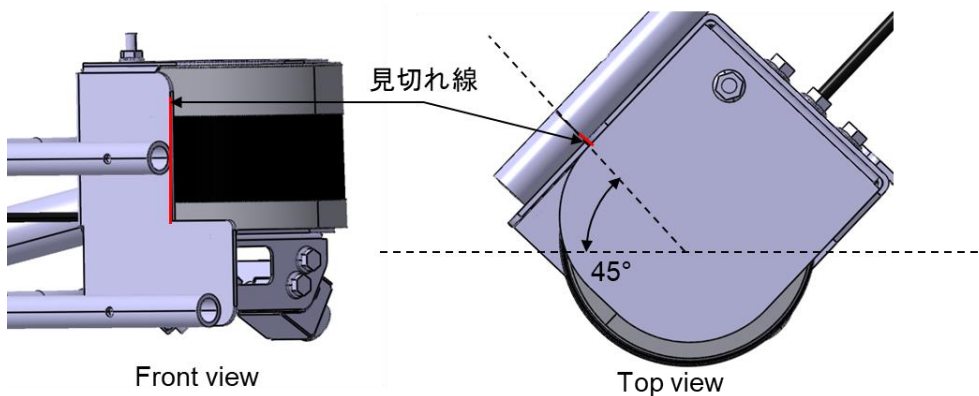


図 4-17 視野範囲（後側方（左右））その 2

- ⑤ 後方：後方 30m、及び隣車線後方 100m に車線変更する車両を検知する

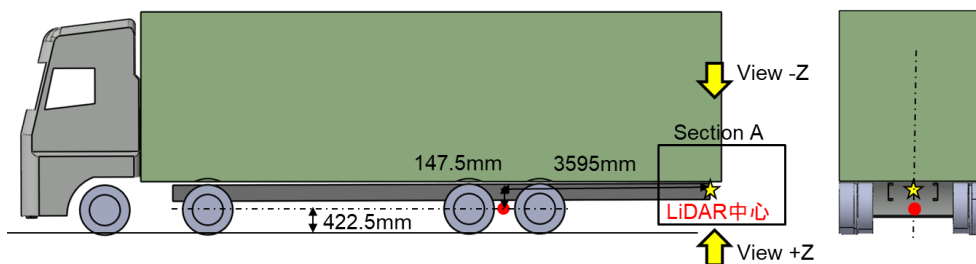


図 4-18 配置図（後方）

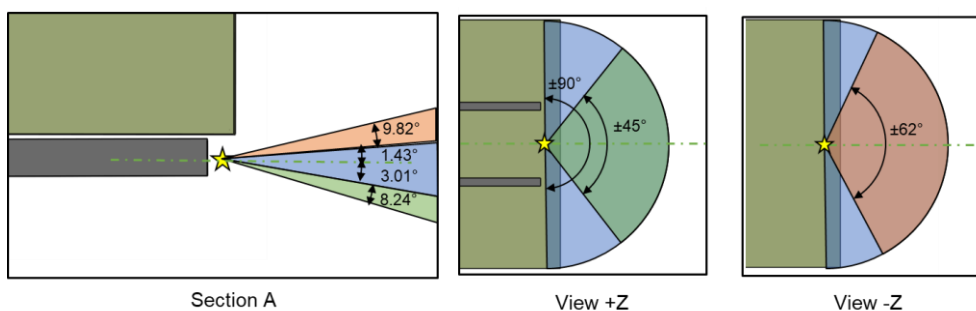


図 4-19 視野範囲（後方）その 1

※ 荷台とフットステップにより、以下のように上下の視野が制限される。

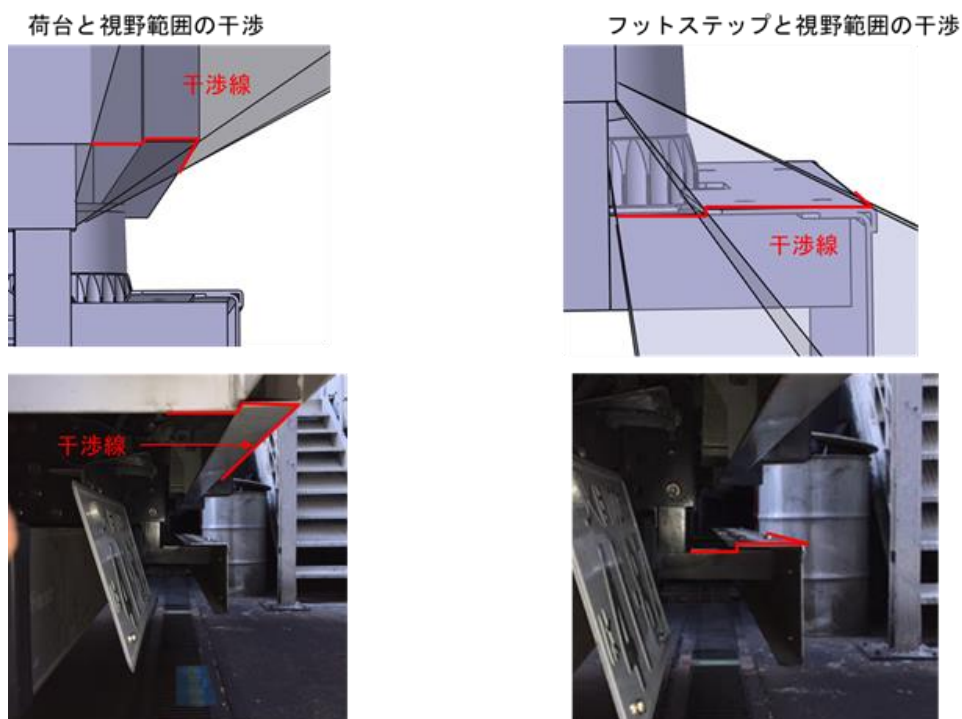


図 4-20 視野範囲（後方）その 2

(3) カメラの配置

前項の検知範囲を満たすよう配置した。

また、LiDAR で判別できない近傍の死角や床下等の死角は、カメラで検出するよう配置した。

※ 番号は、図 4-9 センサ配置、及び表 4-6 センサ仕様に倣う

③ 側面：車両側面全体を検知する

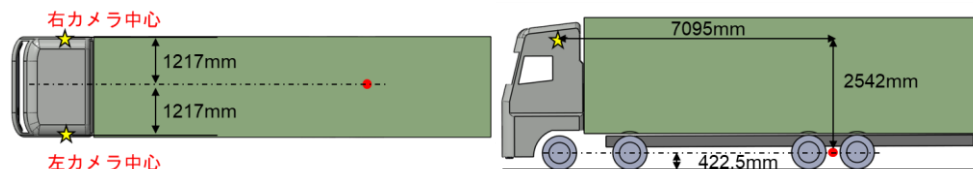


図 4-21 配置図（側面）

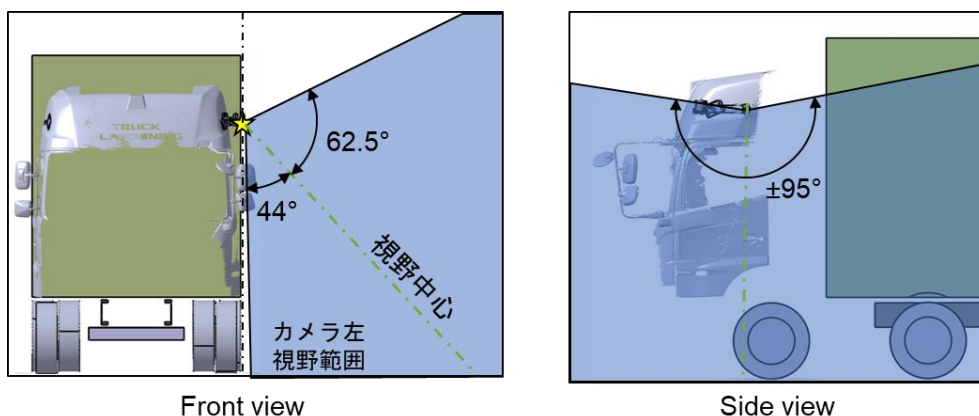


図 4-22 視野範囲（側面）

④ 後側方：側方 LiDAR とフュージョンして検出する

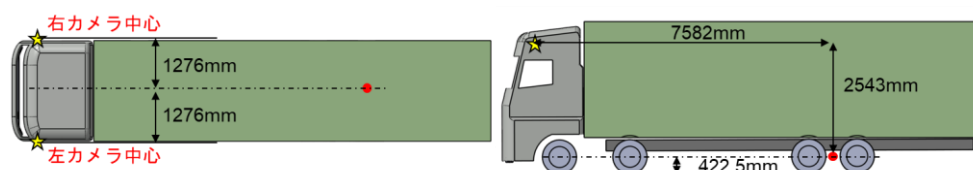


図 4-23 配置図（後側方）

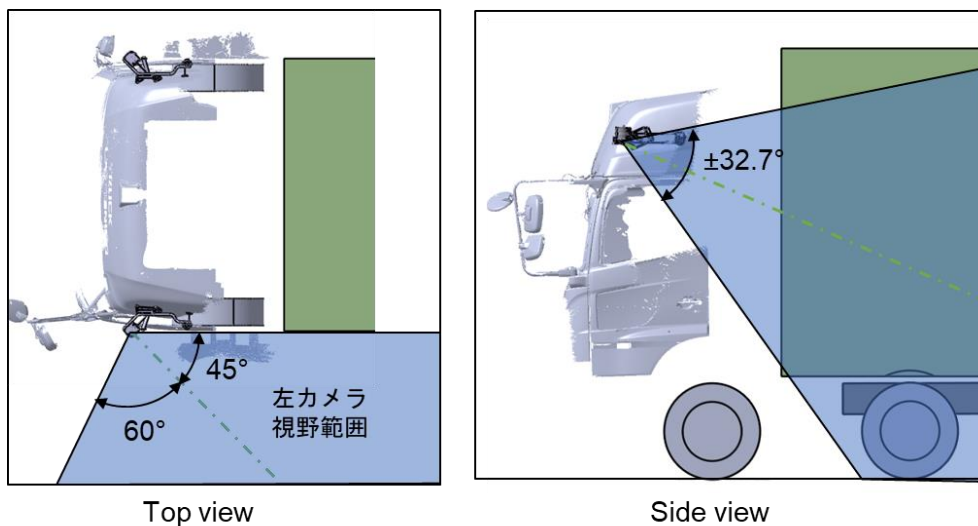


図 4-24 視野範囲（後側方）

- ⑥ 前方遠方（左右）：前方 LiDAR とフュージョンして検出する、ステレオ視により距離を検出する

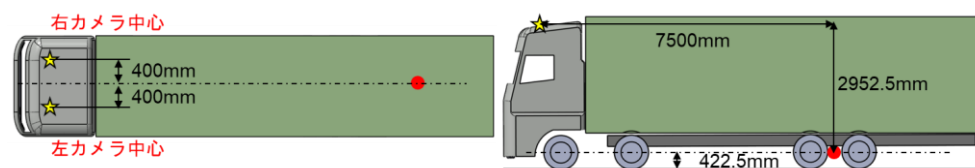


図 4-25 配置図（前方遠方（左右））

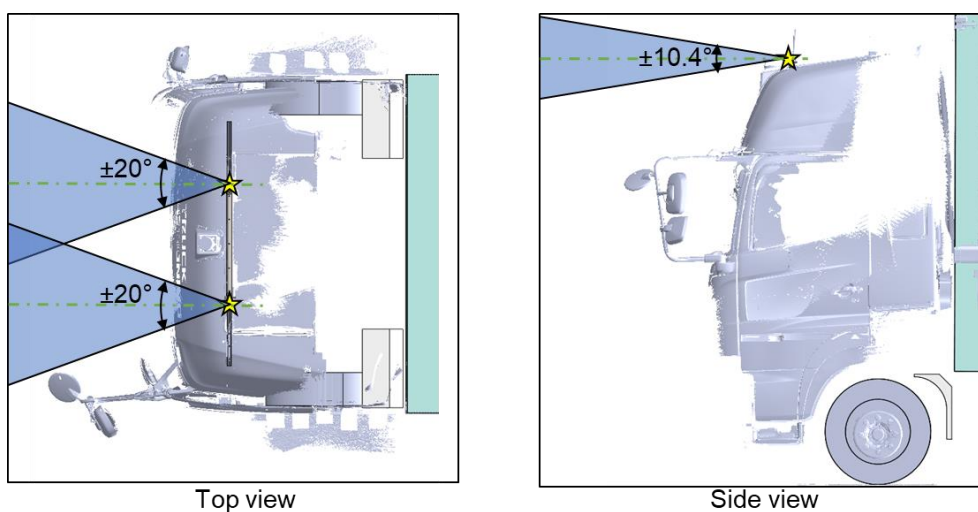


図 4-26 視野範囲（前方遠方（左右））

- ⑦ 前面：車両前面近傍を検出する

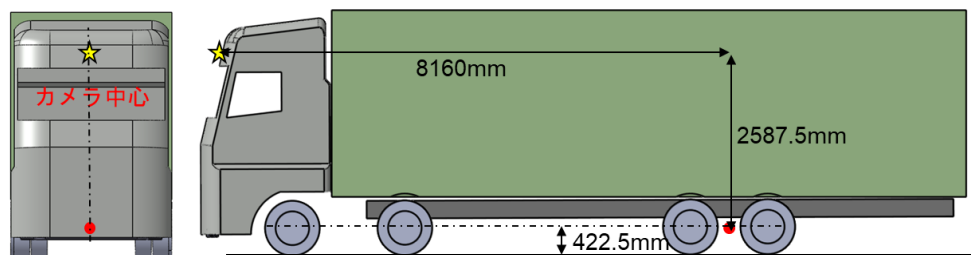


図 4-27 配置図（前面）

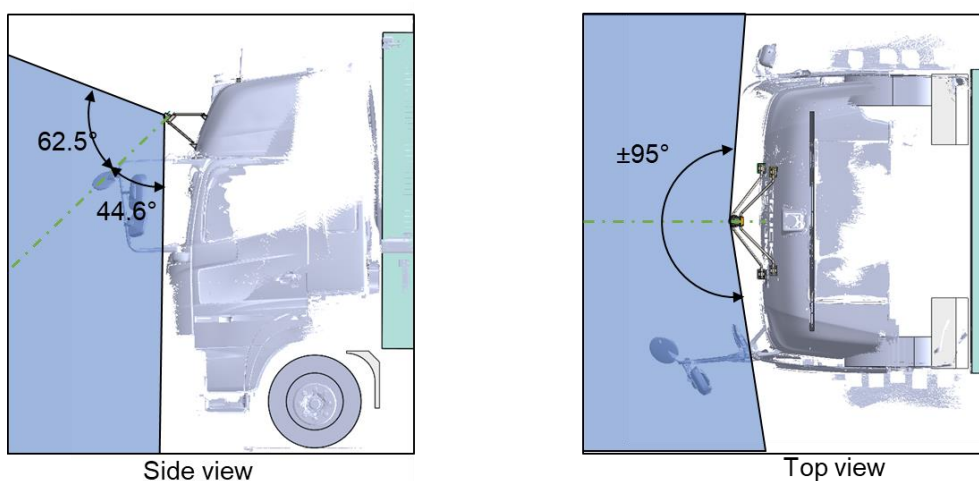


図 4-28 視野範囲（前面）

⑧ 下面：発進時の車体下巻き込みを検出する

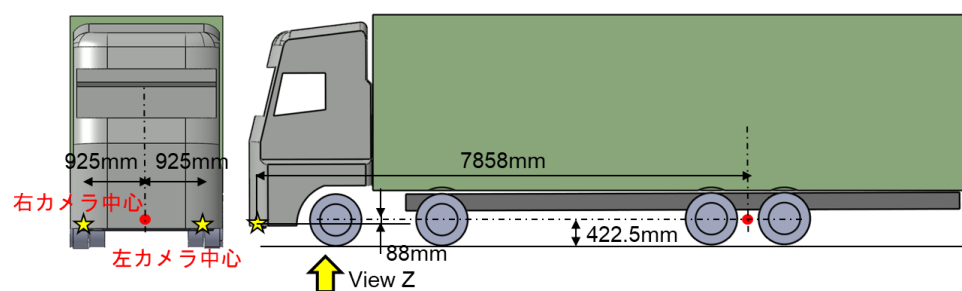


図 4-29 配置図（下面）



視野確認写真

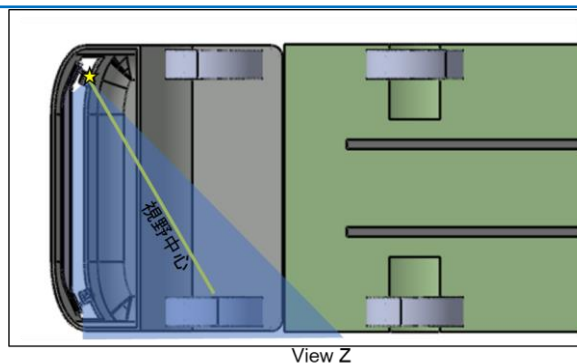
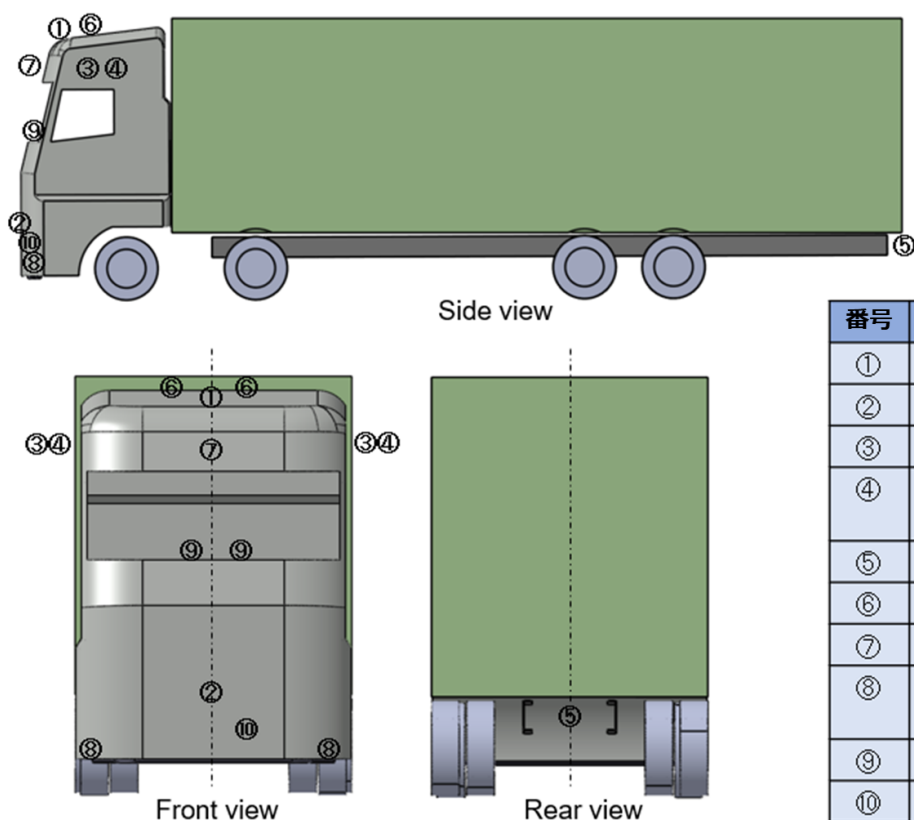


図 4-30 視野範囲（下面）

4.1.4. システム構成設計に基づいた実装

4.1.4.1. 実装位置概要

各センサは、以下に示す箇所に取り付けたが、センサ検出範囲を確保するために車体からフレームが張り出す構造となっている箇所があるものの、全長、全幅、全高とも規制緩和申請を必要としない範囲に搭載した。



番号	センサ
①	前方遠方LiDAR
②	前方近傍LiDAR
③	側面カメラ
④	後側方LiDAR 後側方カメラ
⑤	後方LiDAR
⑥	前方遠方カメラ
⑦	前面カメラ
⑧	下面カメラ 下面ライト
⑨	前方ステレオカメラ（既設）
⑩	前方ミリ波レーダ（既設）

図 4-31 実装位置概要

4.1.4.2. センサ実装状態

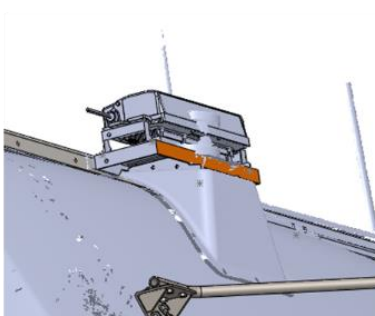
以下に、各センサの実装状態を示す。

① 前方遠方 LiDAR

改造前



設計配置



実装結果



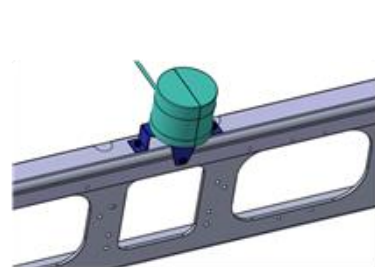
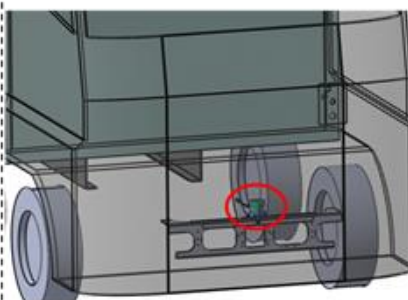
図 4-32 実装状態（前方遠方 LiDAR）

② 前方近傍 LiDAR

改造前



設計配置



実装結果



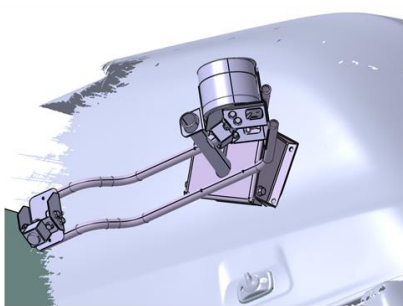
図 4-33 実装状態（前方近傍 LiDAR）

- ③ 側面カメラ
- ④ 後側方 LiDAR・カメラ

改造前



設計配置



実装結果



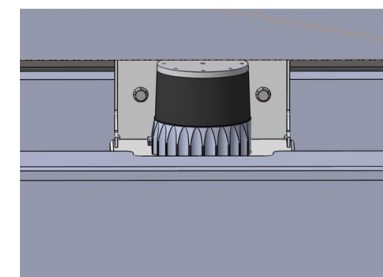
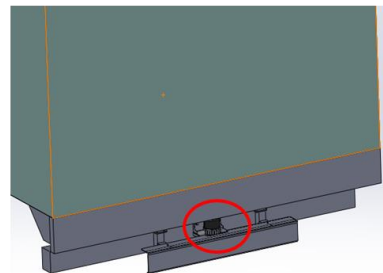
図 4-34 実装状態（側面カメラ、後側方 LiDAR・カメラ）

- ⑤ 後方 LiDAR

改造前



設計配置



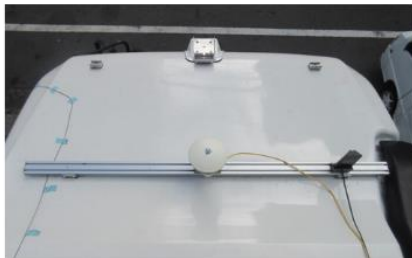
実装結果



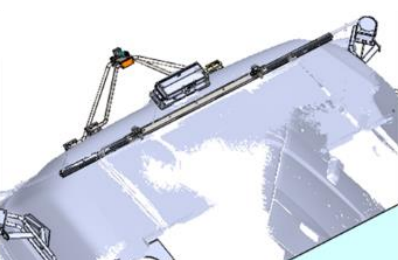
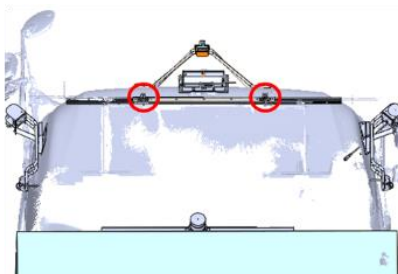
図 4-35 実装状態（後方 LiDAR）

⑥ 前方遠方カメラ

改造前



設計配置



実装結果



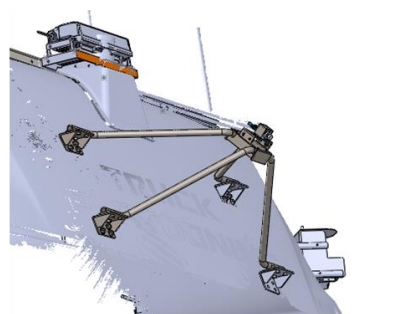
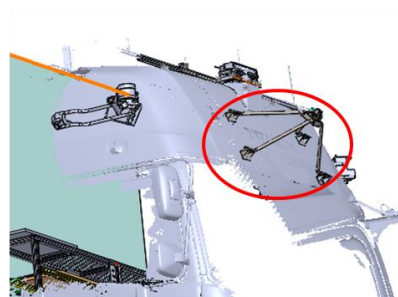
図 4-36 実装状態（前方遠方カメラ）

⑦ 前面カメラ

改造前



設計配置



実装結果



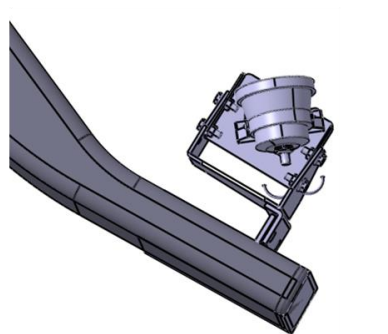
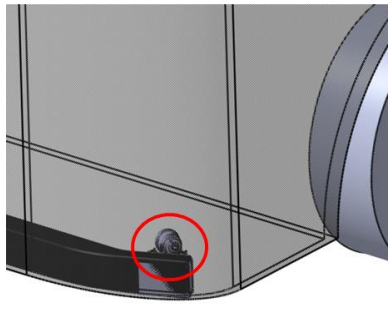
図 4-37 実装状態（前面カメラ）

⑧ 下面カメラ・ライト

改造前



設計配置



実装結果



図 4-38 実装状態（下面カメラ・ライト）

4.1.4.3. センサ検出範囲確認試験

取り付けたセンサが、設計通り視野を確保しているかを評価した。

なお、本試験では物体認識は行っておらず、センサデータとして物体が捉えられているかを評価した。

(1) 試験条件

搭載したセンサの検知範囲について、以下に示すシーンについて評価試験を行った。

- ① 遠方：前方 200m における車両の認識結果
- ② 前方：前方 100m における車両の認識結果
- ③ 後方：前方 200m、および前後 100m における車両の認識結果
- ④ 周囲：自車周囲 30m における人の認識結果
- ⑤ 近傍：自車近傍における人の認識結果
- ⑥ 下面：自車床下における小動物の認識結果

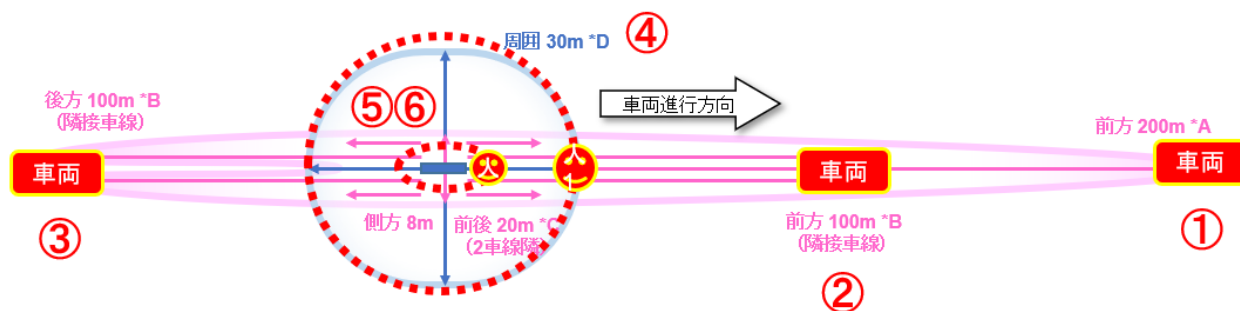


図 4-39 センサ検知範囲試験シーン概要

認識対象として使用した車両、人、小動物を以下に示す。



図 4-40 センサ認識対象

(2) 結果概要

以下に、前項の試験パターンに基づき実施した試験結果を示す。

ここでは各センサの評価を行ったため、例えば前方遠方のように、LiDAR とカメラを搭載している場合、それぞれの評価結果を記載している。

表 4-8 センサ検知範囲試験結果概要

	遠方 LiDAR	遠方 camera	前方 LiDAR	前面 camera	側面 camera	後側方 LiDAR	後側方 camera	後方 LiDAR	下面 camera	判定
①-1 遠方	◎車 ○人	◎車 ○人								OK
①-2 遠方	◎車 ○人	◎車 ○人								OK
②-1 前方		◎車 ◎人	◎車 ◎人							OK
②-2 前方		◎車 ◎人	◎車 ◎人							OK
②-3 前方		◎車 ◎人	◎車 ◎人							OK
③-1 後方								◎車 △人		OK
③-2 後方							◎車 ○人	◎車 △人		OK
③-3 後方							◎車 ○人	◎車 △人		OK
④-1 周囲			◎人	◎人						OK
④-2 周囲			◎人	◎人		○人				OK
④-3 周囲					◎人	◎人				OK
④-4 周囲						◎人	◎人			OK
④-5 周囲						◎人	◎人			OK
④-6 周囲							◎人	◎人		OK
④-7 周囲								◎人		OK
⑤-1 近傍				◎人						OK
⑤-2 近傍					◎人					OK
⑤-3 近傍							◎人			OK
⑥-1 下面									◎小動物	OK

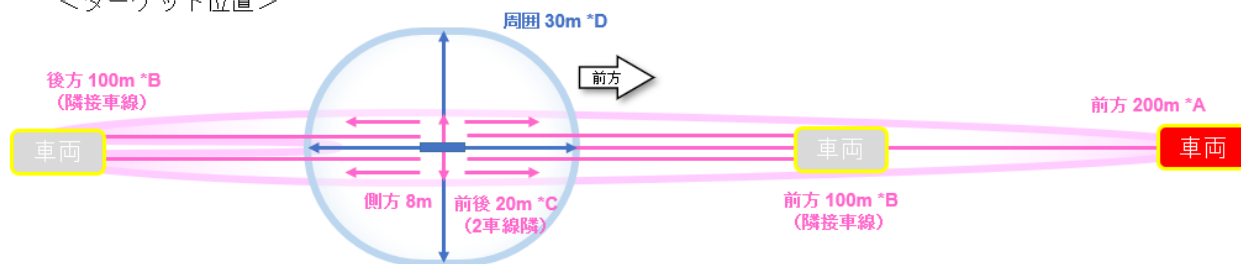
◎:設計上捉えるべきセンサで検知可能 ○:設計上捉える必要はないが検知可能 △:設計上捉える必要はないが検知できる場合がある

(3) 遠方検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：車両、人

<ターゲット位置>



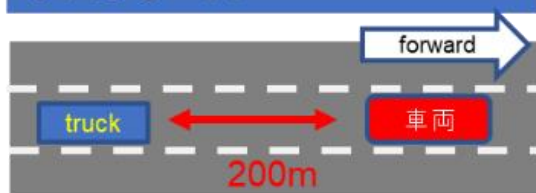
<テスト項目と判定基準>

項番	ターゲット位置	判定
①-1	進行方向同一, 前方200m, 同一車線中央	遠方LiDAR, 遠方カメラで見えていること
①-2	進行方向同一, 前方200m, 側方6.67m *a	// ※他項番と横位置差がわかること

*a: 6.67m : 新東名 最小道路半径3000R, 200m先における同一車線のオフセット

図 4-41 試験条件、判定基準（遠方検知）

テストケース



遠方lidar



遠方camera



図 4-42 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・直線/車両）

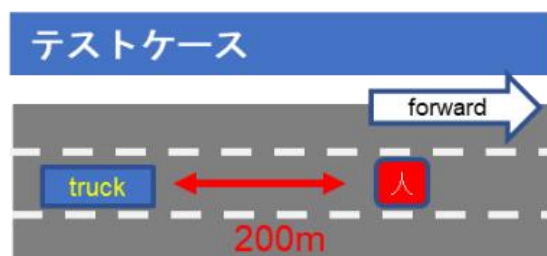


図 4-43 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・直線/人）

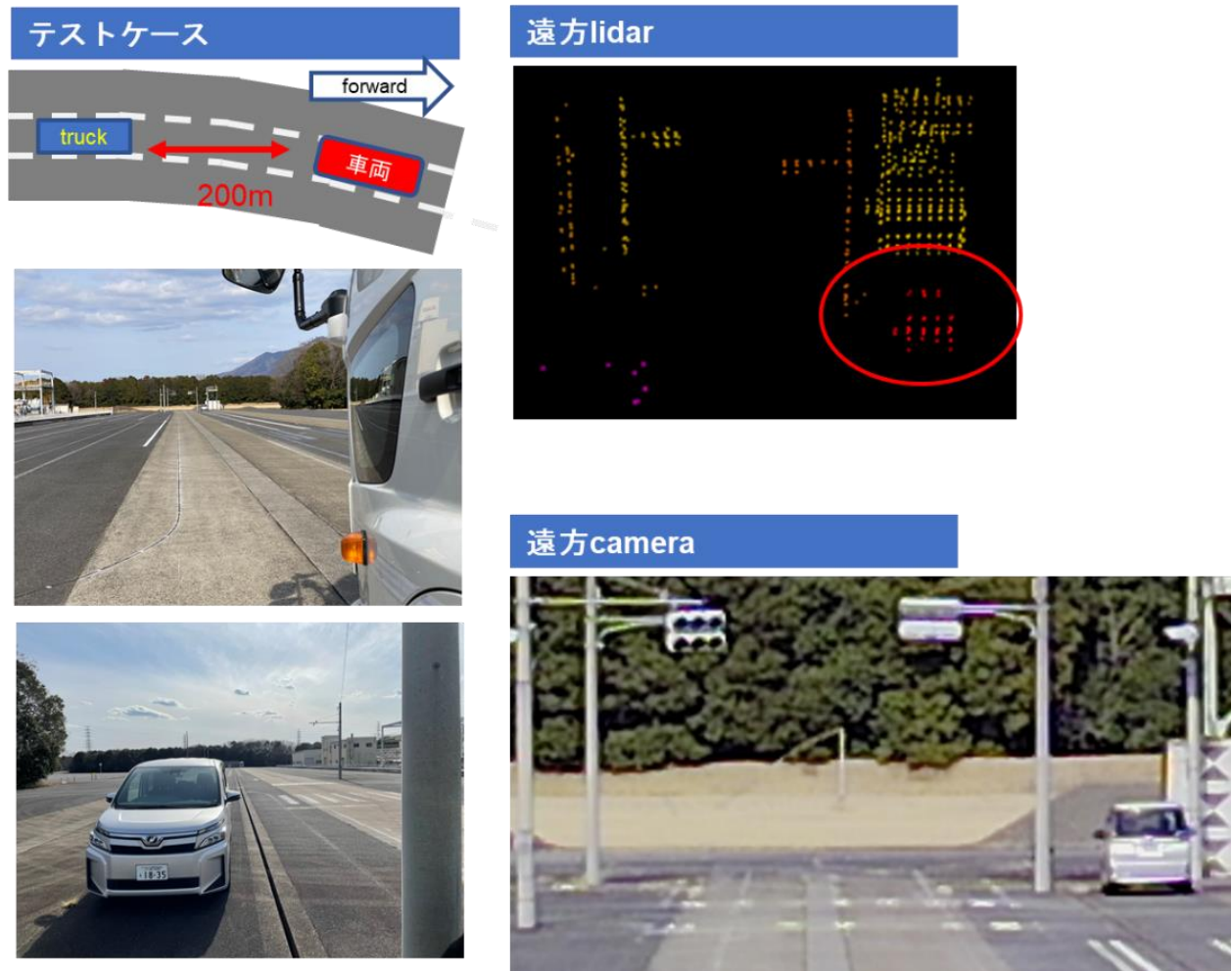


図 4-44 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・カーブ/車両）

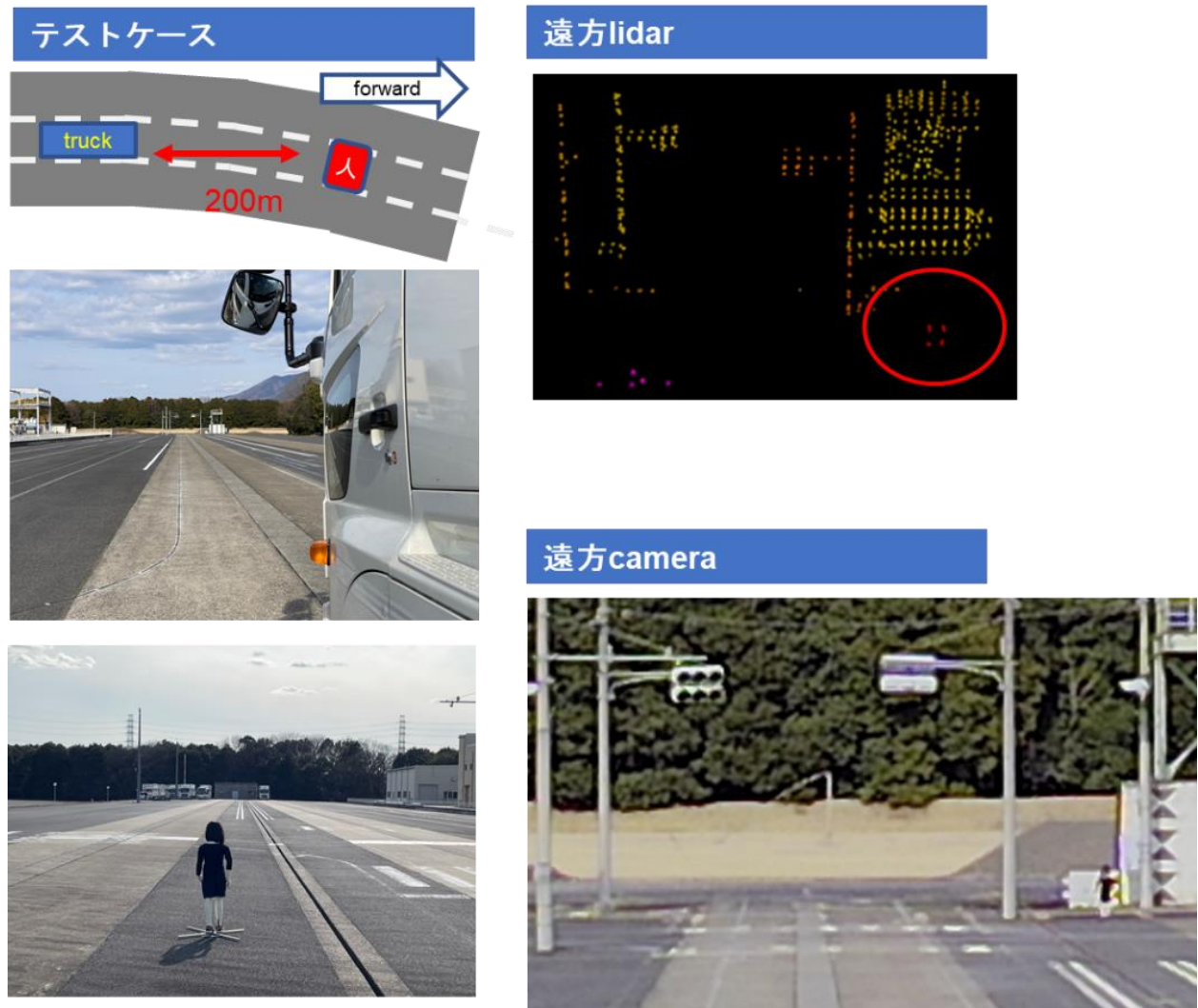


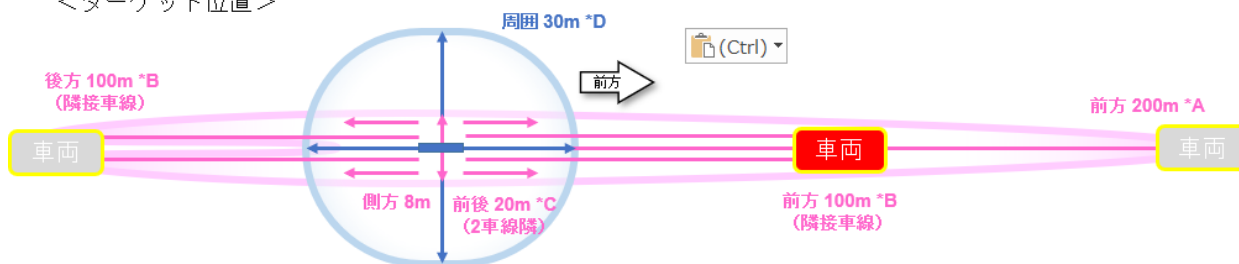
図 4-45 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・カーブ/人）

(4) 前方検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：車両、人

<ターゲット位置>



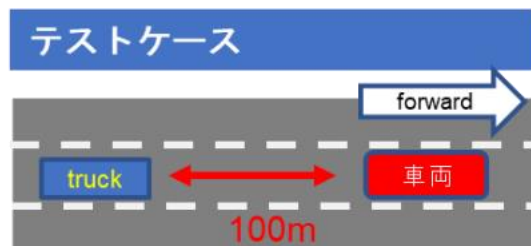
<テスト項目と判定基準>

項番	ターゲット位置	判定
②-1	進行方向同一, 前方100m, 同一車線中央	遠方 or 前方LiDAR, 遠方カメラで見えていること
②-2	進行方向同一, 前方100m, 側方5.42m *a	// ※他項番と横位置差がわかること

*a: 以下の2数値の合計 $1.66 + 3.75 = 5.42\text{m}$

1.66m : 新東名 最小道路半径3000R, 100m先の同一車線オフセット 3.75m : 新東名 車線幅

図 4-46 試験条件、判定基準（前方検知）



前方lidar



遠方camera



図 4-47 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・直線/車両）

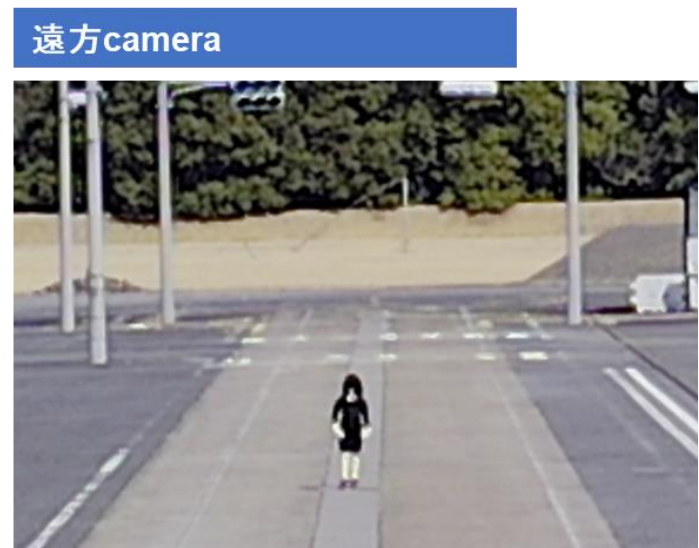
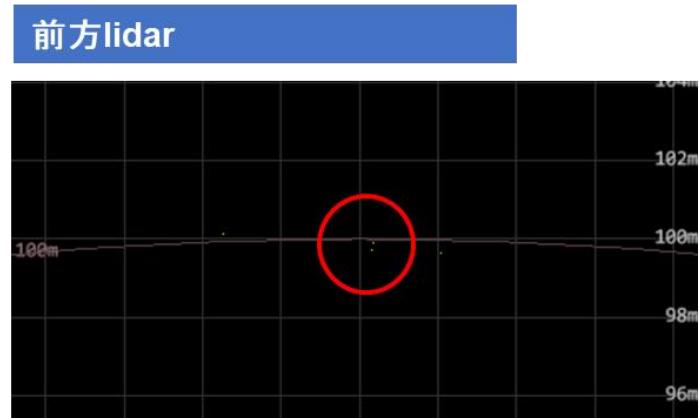
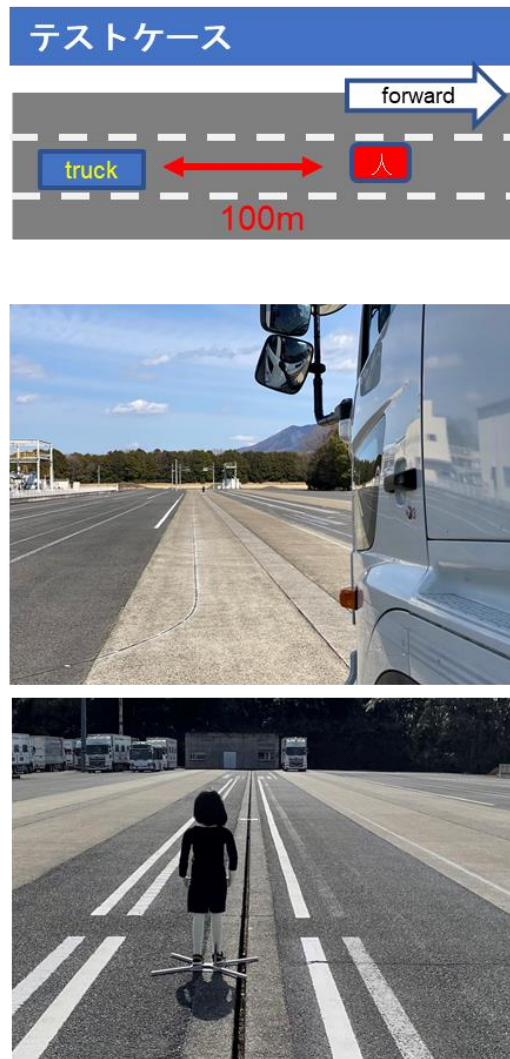


図 4-48 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/自車線・直線/人）

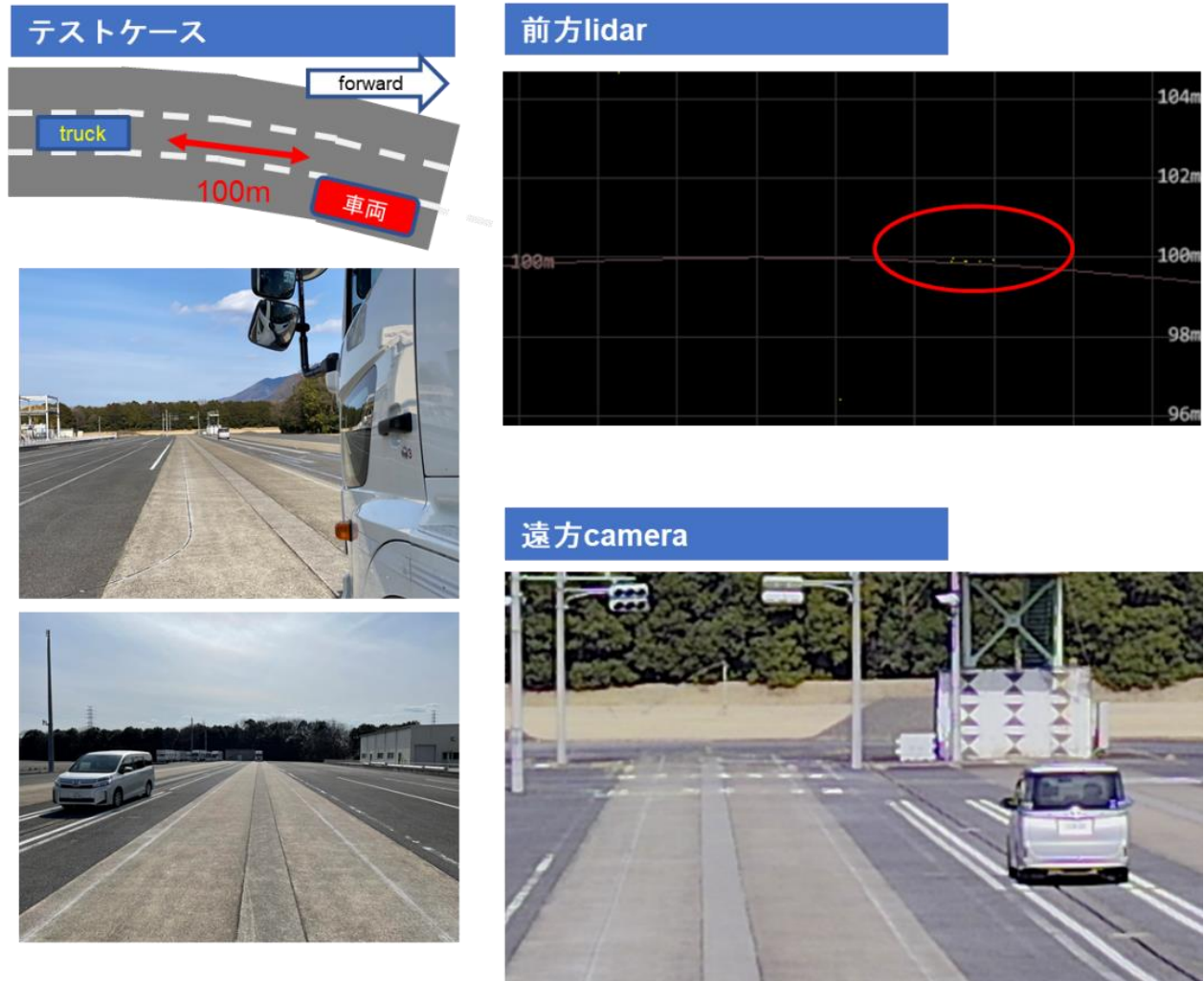


図 4-49 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/隣車線・カーブ/車両）

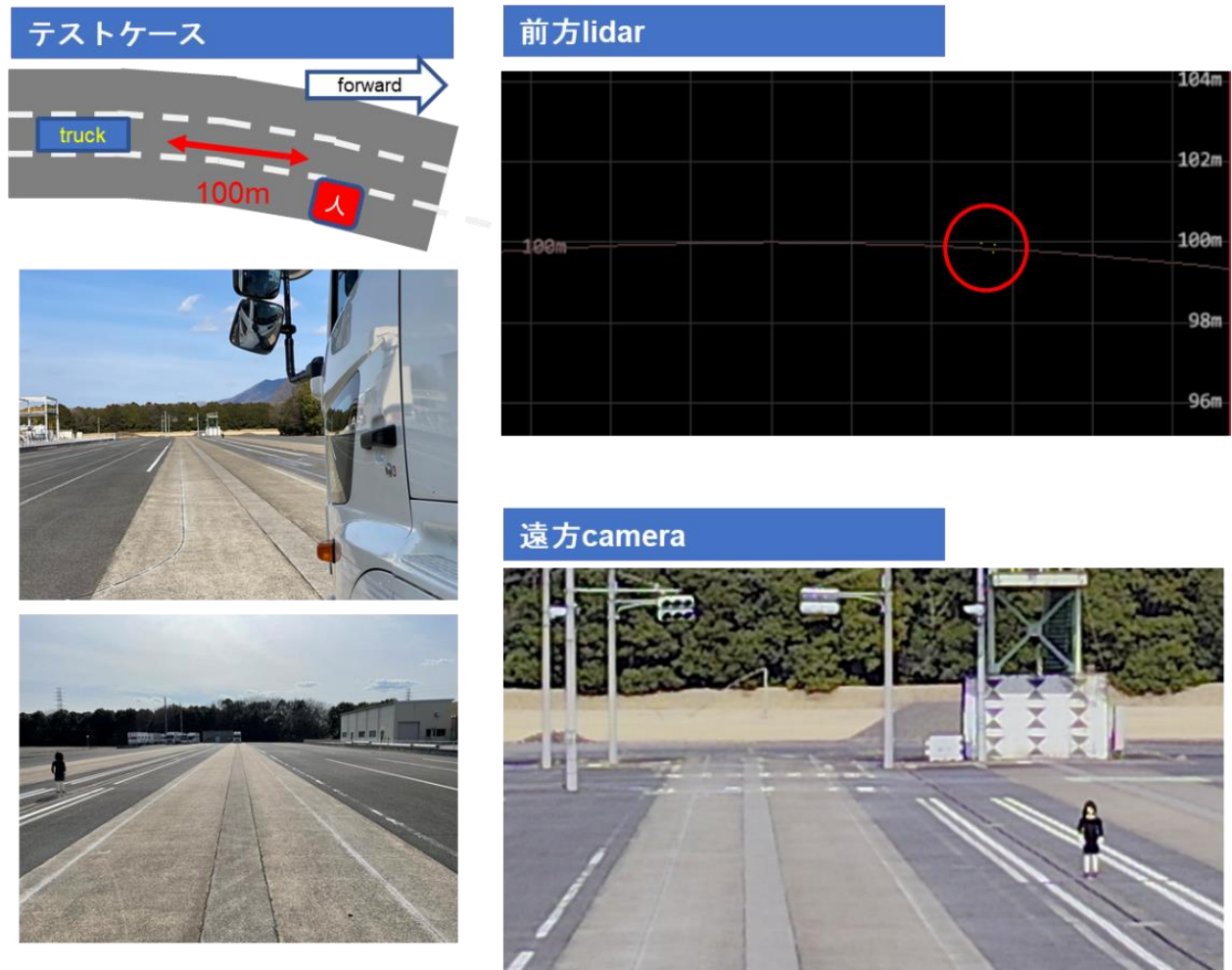


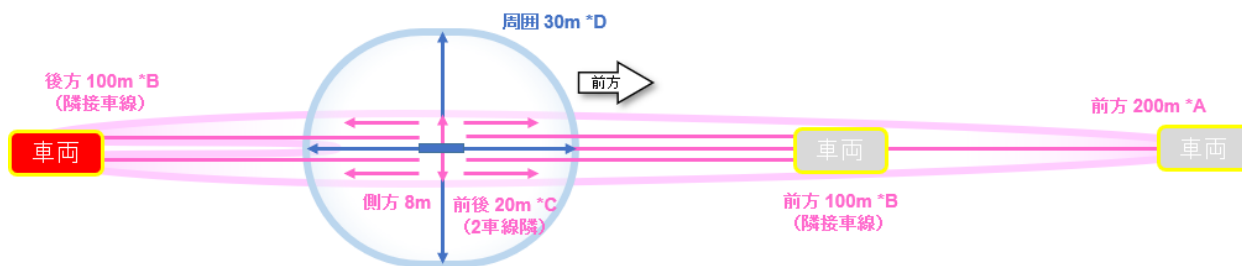
図 4-50 試験結果（前方遠方 LiDAR・カメラ/隣車線・カーブ/人）

(5) 後方検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：車両、人

<ターゲット位置>



<テスト項目と判定基準>

項番	ターゲット位置	判定
③-1	進行方向同一, 後方100m, 同一車線中央	後方 or 後側方LiDAR で見えていること
③-2	進行方向同一, 後方100m, 側方3.75m *a	// ※他項番と横位置差がわかること
③-3	進行方向同一, 後方100m, 側方5.42m *b	// ※他項番と横位置差がわかること

*a: 新東名 車線幅

*b: 以下の2数値の合計 $1.66 + 3.75 = 5.42\text{m}$

1.66m: 新東名の最小道路半径3000R, 100m先の同一車線オフセット 3.75m: 新東名の車線幅

図 4-51 試験条件、判定基準（後方検知）

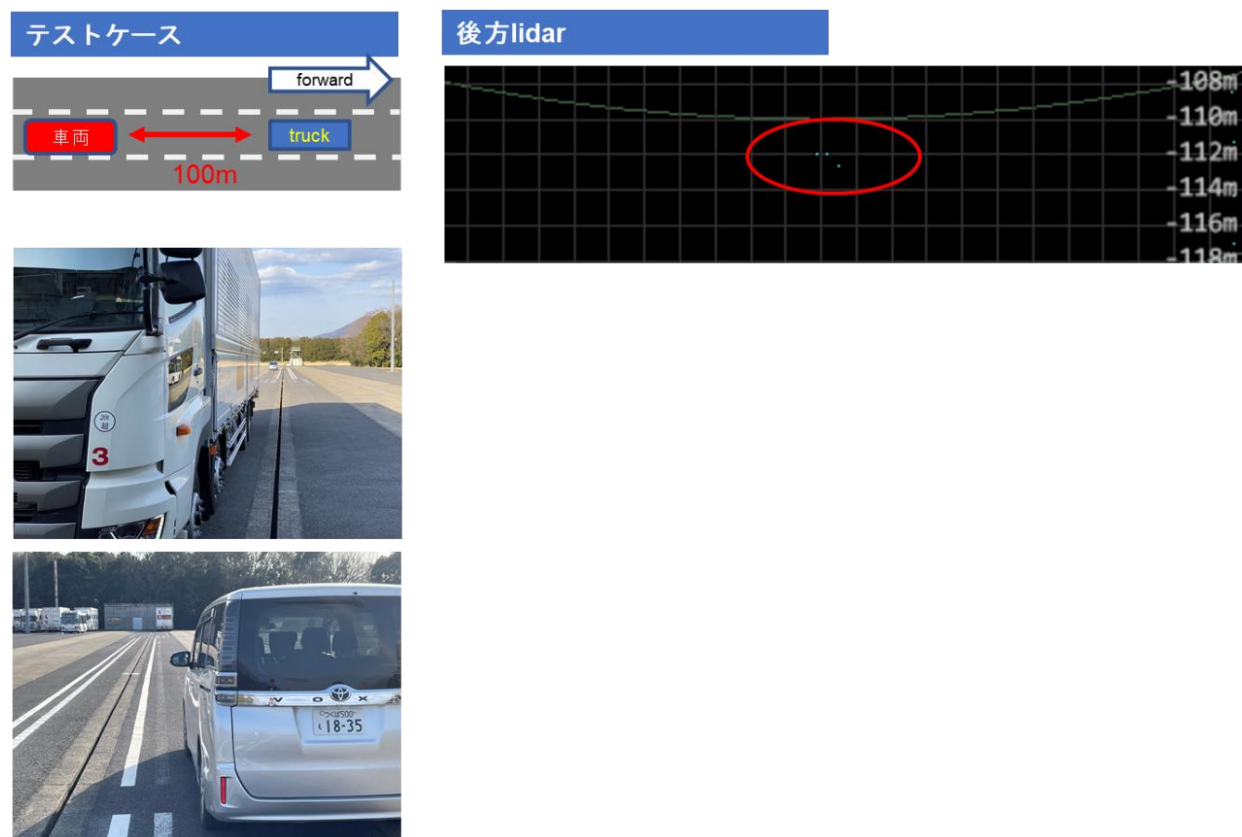


図 4-52 試験結果（後方 LiDAR/自車線・直線/車両）

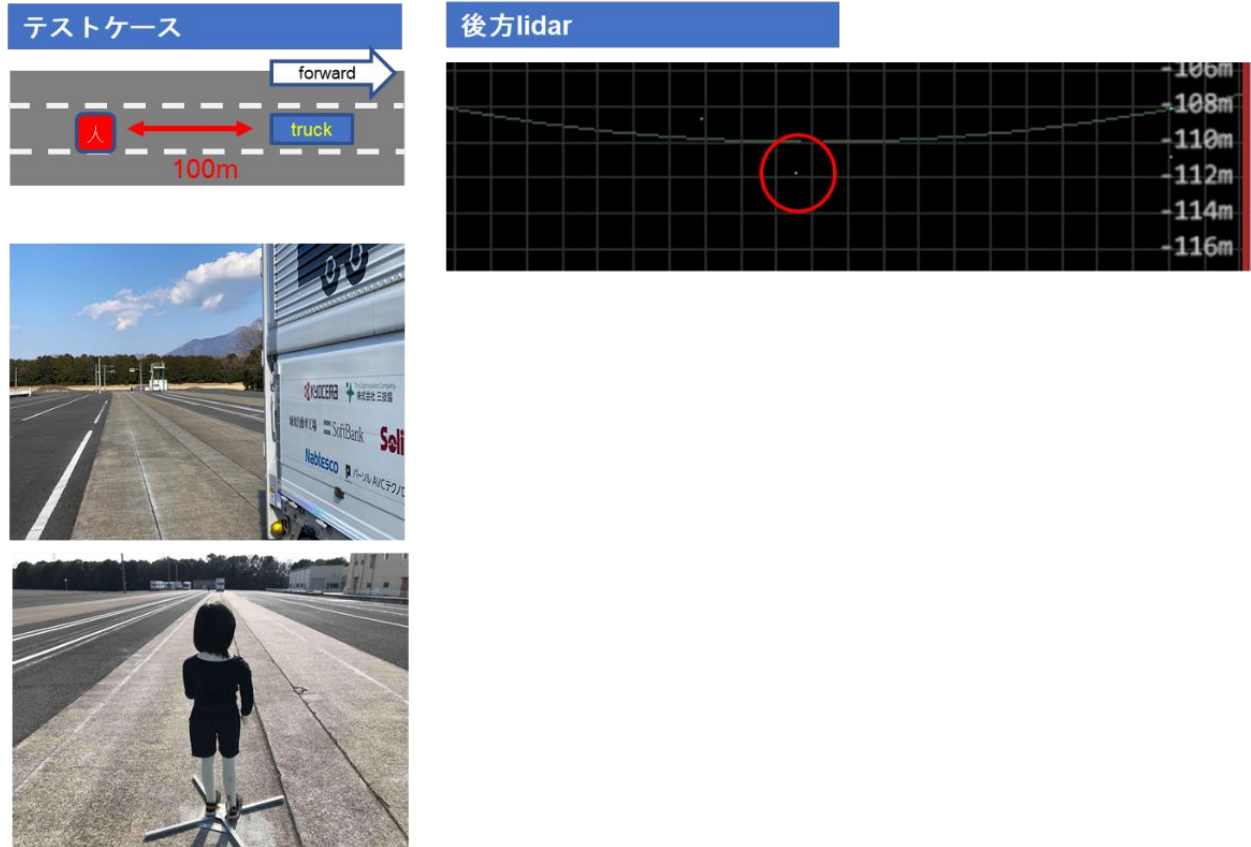


図 4-53 試験結果（後方 LiDAR/自車線・直線/人）

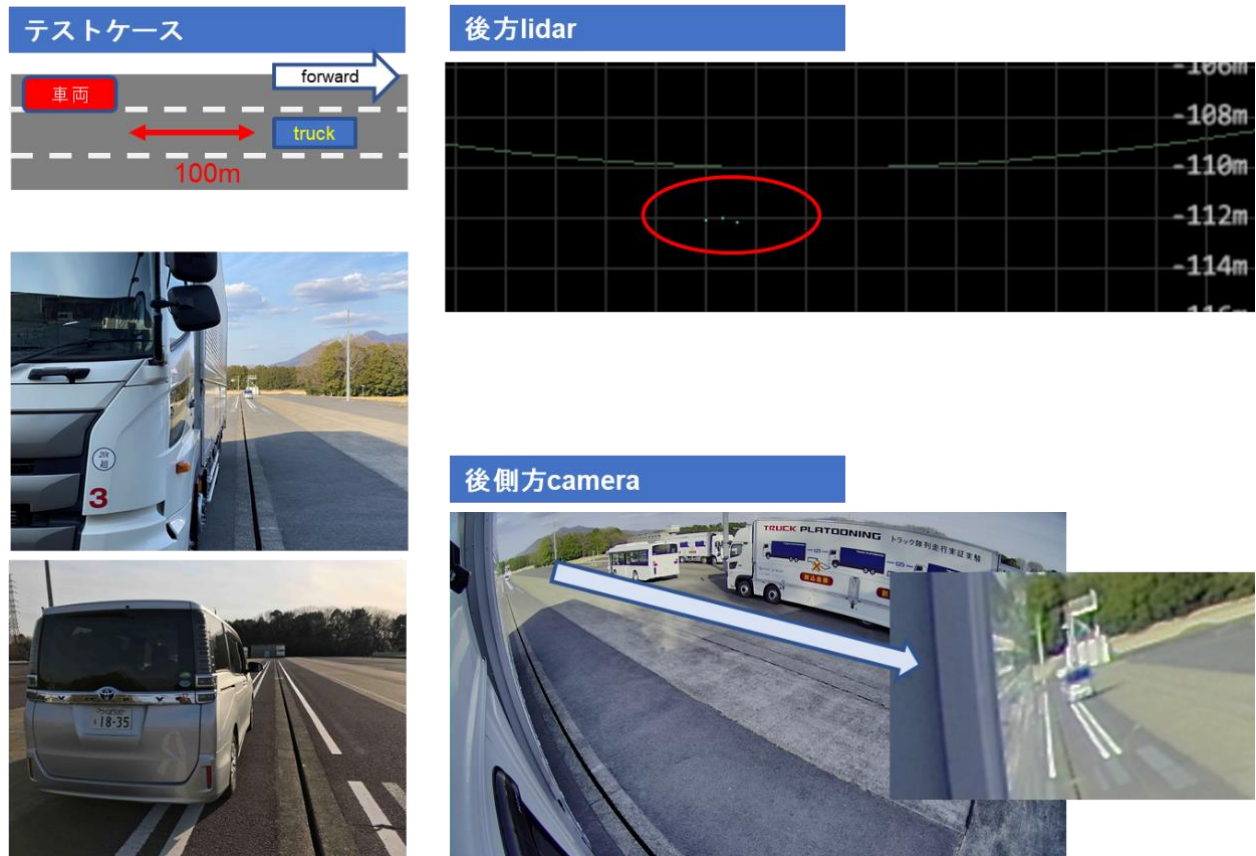


図 4-54 試験結果（後方 LiDAR、後側方カメラ/隣車線・直線/車両）

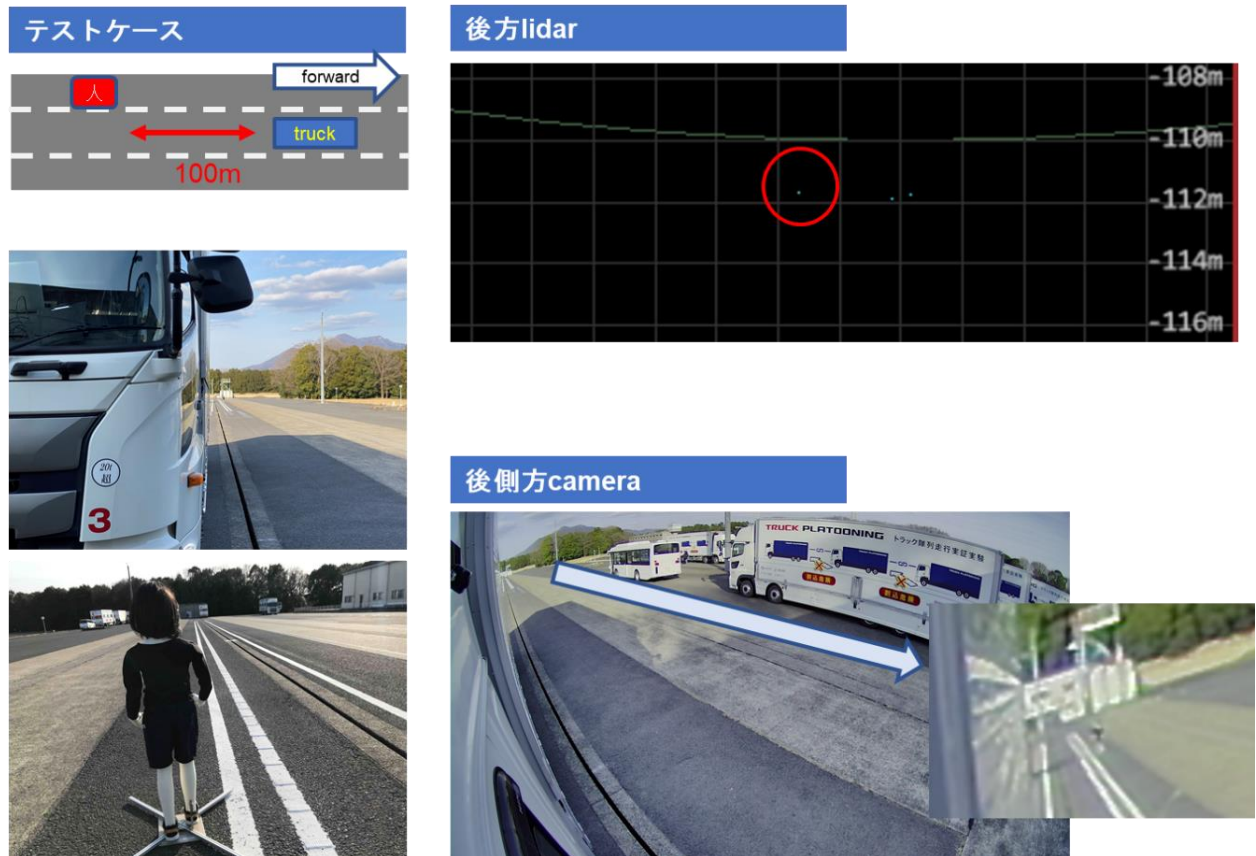


図 4-55 試験結果（後方 LiDAR、後側方カメラ/隣車線・直線/人）

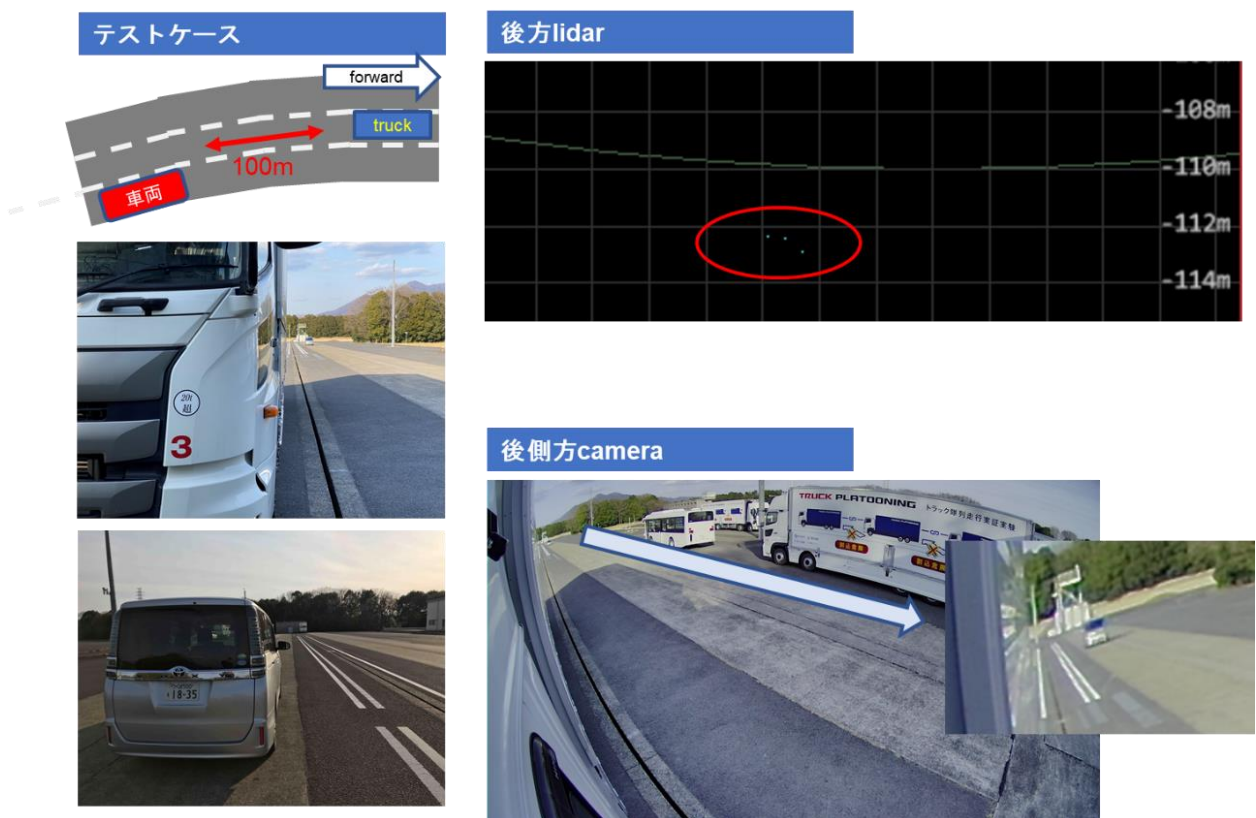


図 4-56 試験結果（後方 LiDAR、後側方カメラ/隣車線・カーブ/車両）

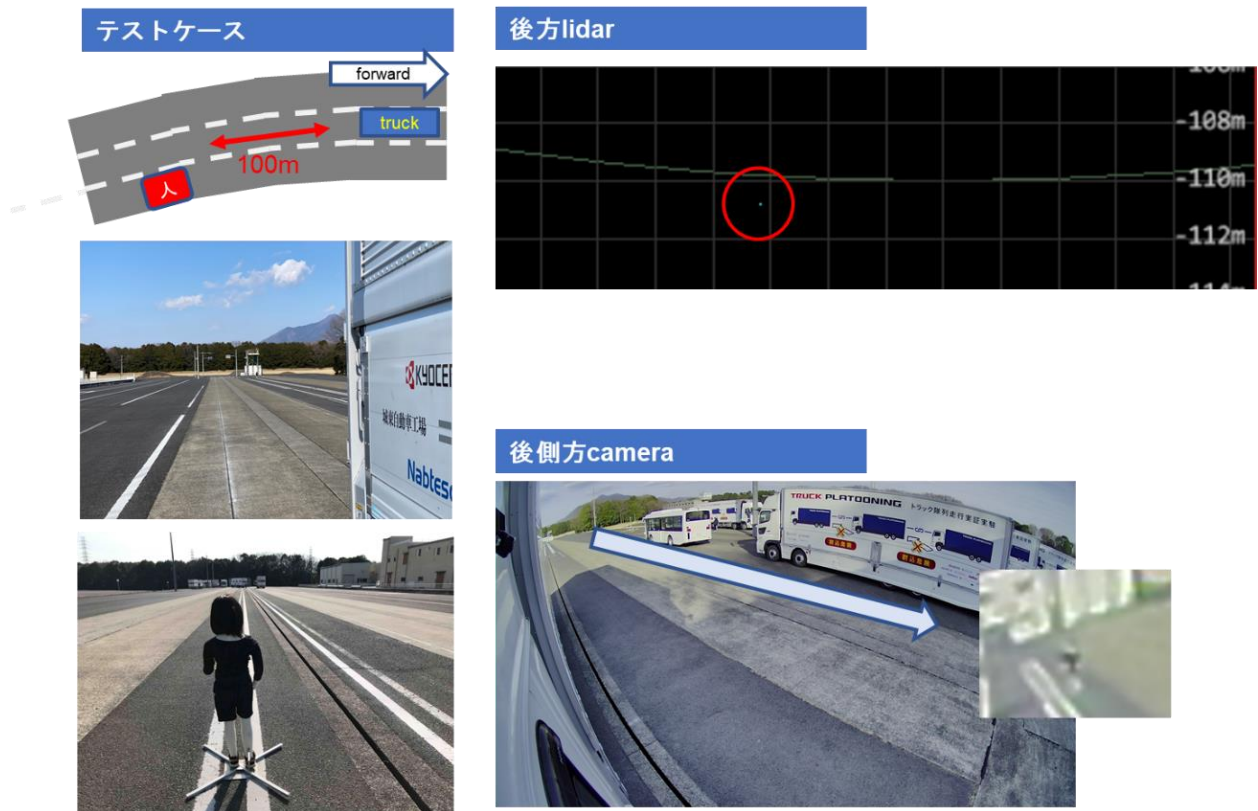


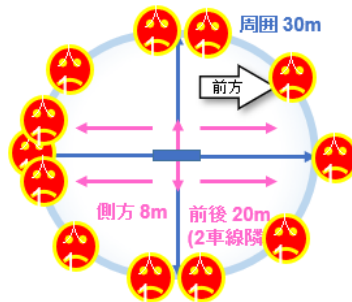
図 4-57 試験結果（後方 LiDAR、後側方カメラ/隣車線・カーブ/人）

(6) 周囲検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：車両、人

<ターゲット位置>



<テスト項目と判定基準>

項番	ターゲット位置	判定
④-1	自車前方 30m	前方LiDAR, 前方カメラ で見えていること
④-2	自車斜め前方45度 自車角部より30m	前方or後側方LiDAR, 前方or後側方カメラ で見えること
④-3	自車前角 側方30m(自車端より30m)	後側方LiDAR, 後側方カメラ で見えていること
④-4	自車後角 側方30m(自車端面より30m)	後側方LiDAR, 後側方カメラ で見えていること
④-5	自車斜め後方45度 自車角部より30m	後方or後側方LiDAR, 後側方カメラ で見えること
④-6	自車後方 30m 隣車線	後方or後側方LiDAR, 後側方カメラ で見えること
④-7	自車後方 30m	後方LiDAR で見えていること

図 4-58 試験条件、判定基準（周囲検知）

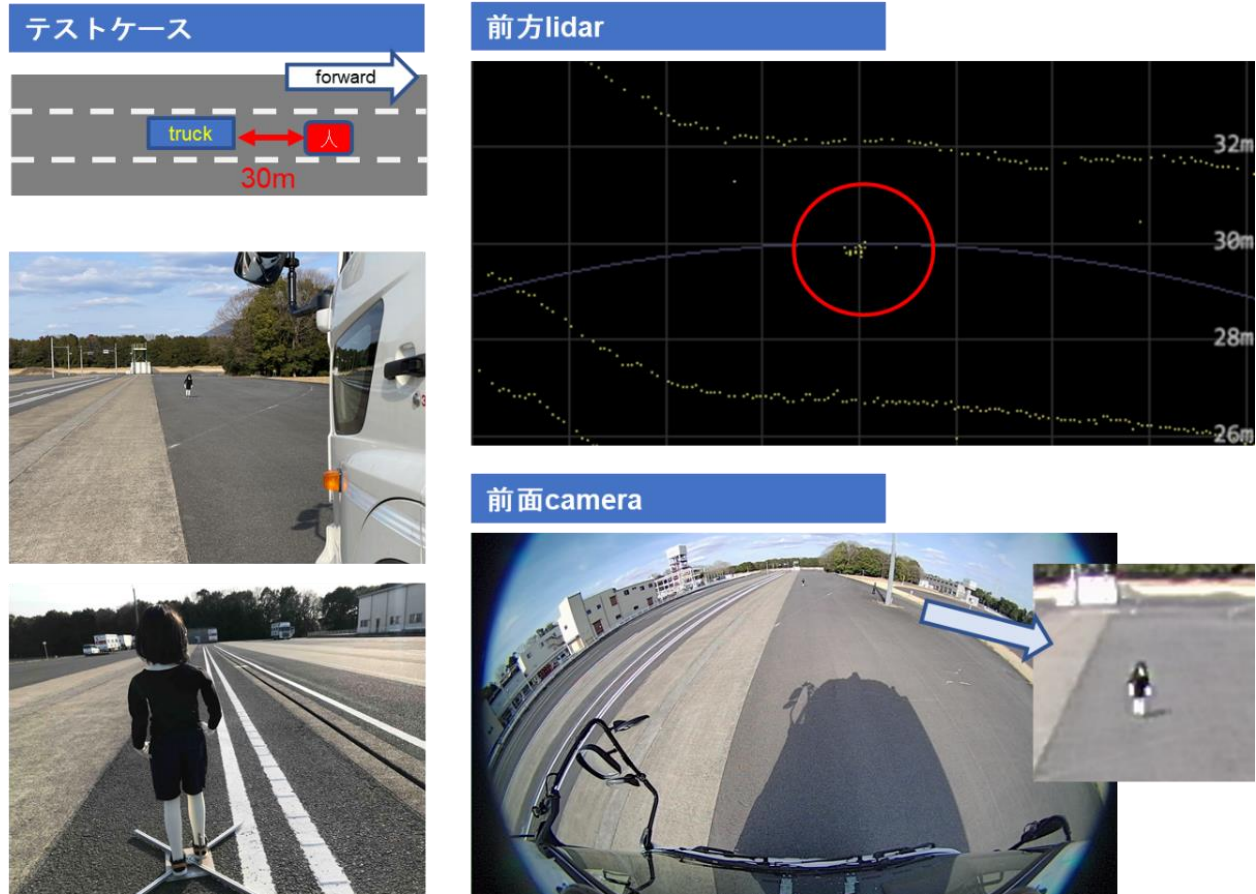


図 4-59 試験結果（前方近傍 LiDAR、前面カメラ/前方正面）

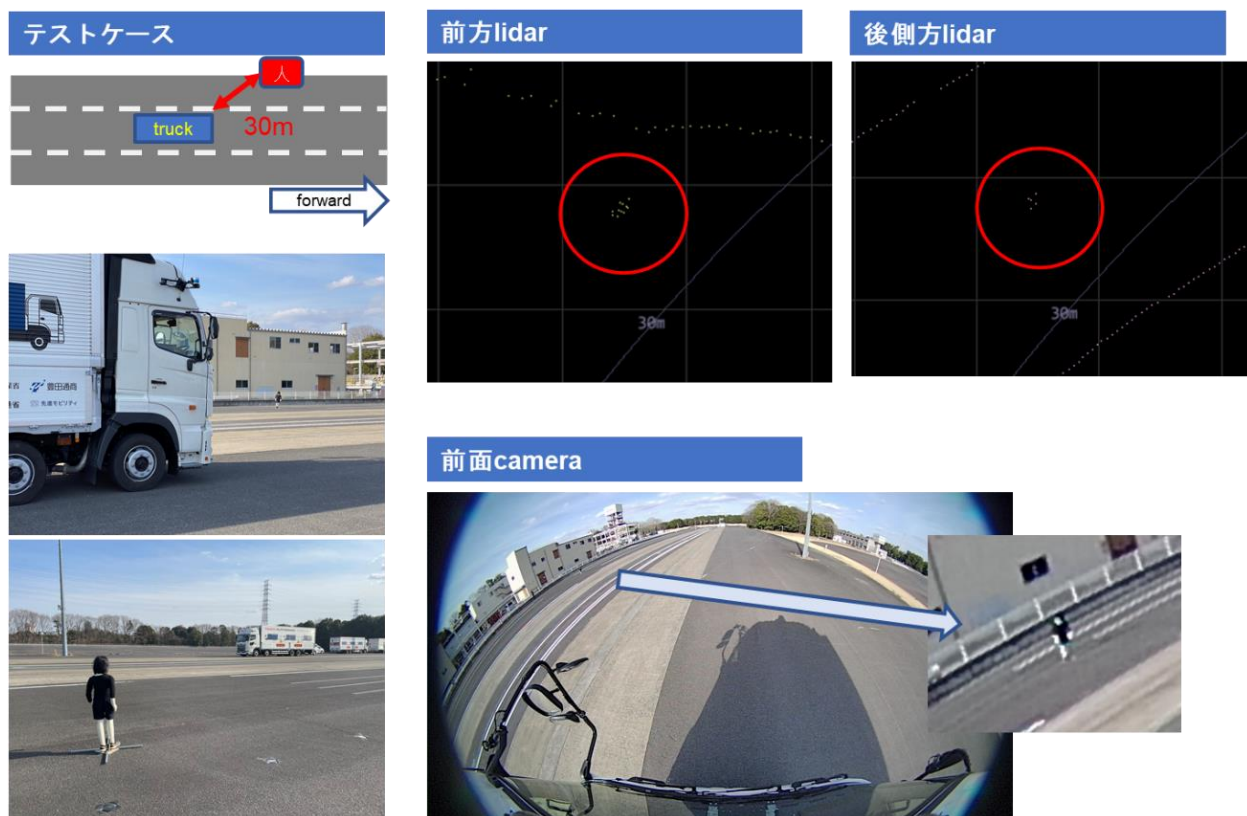


図 4-60 試験結果（前方近傍 LiDAR、後側方 LiDAR、前面カメラ/前方斜め 45°）

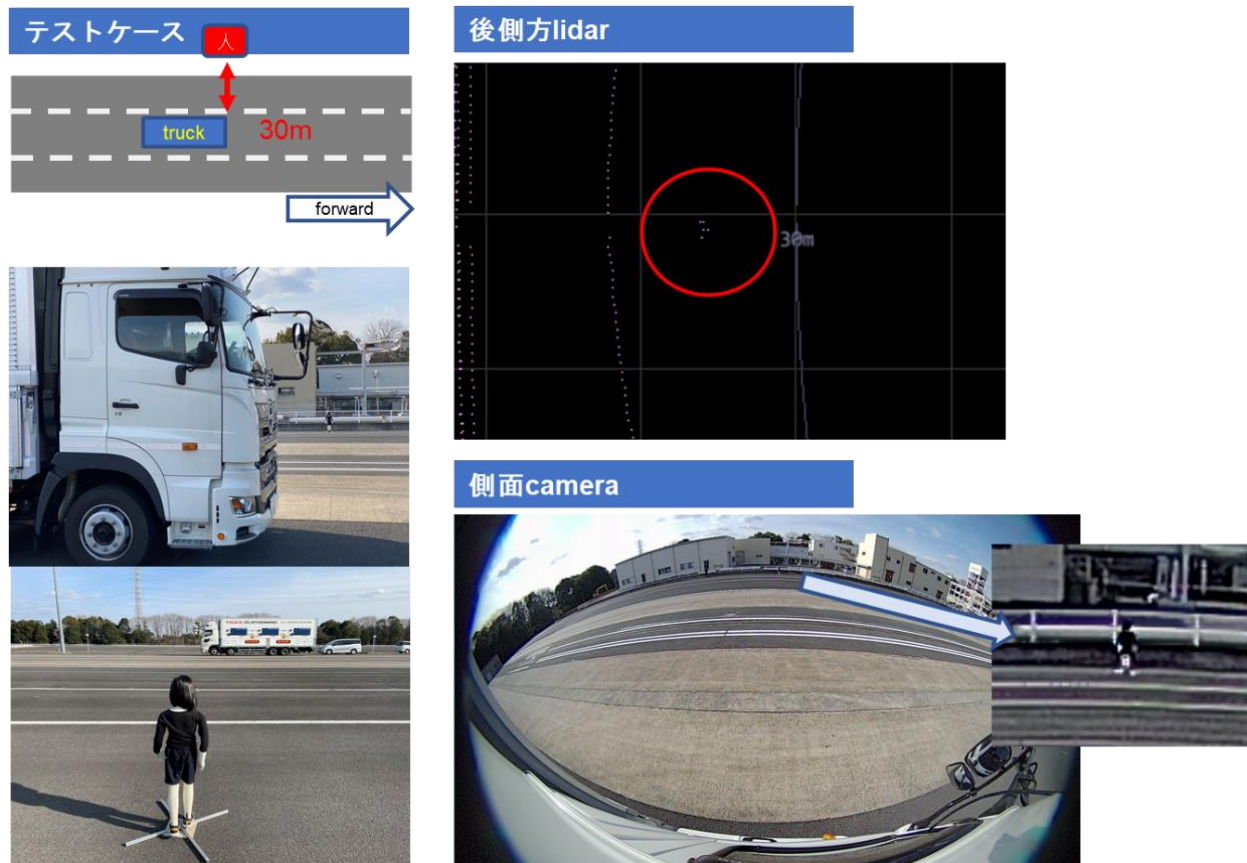


図 4-61 試験結果（後側方 LiDAR、側面カメラ/車両先端横）

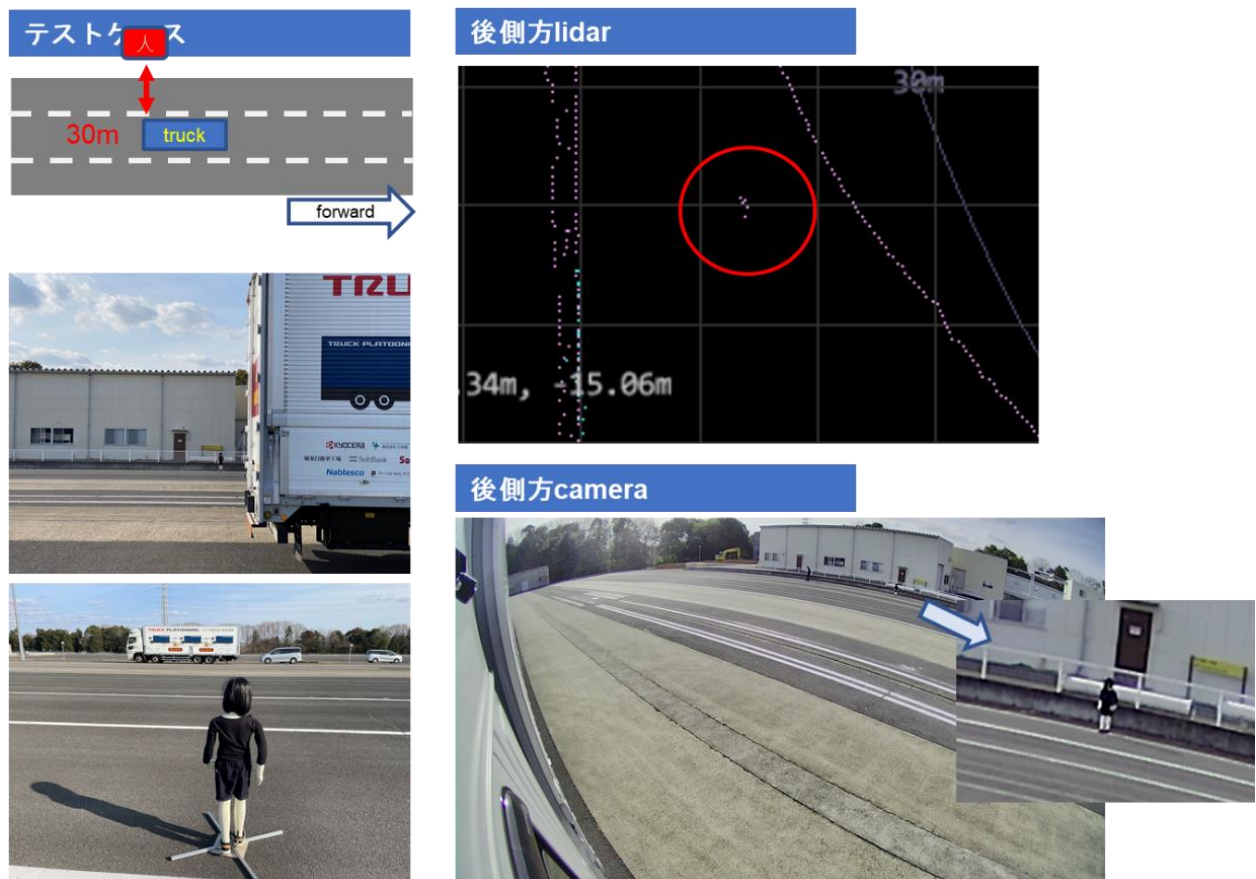


図 4-62 試験結果（後側方 LiDAR、後側面カメラ/車両後端横）

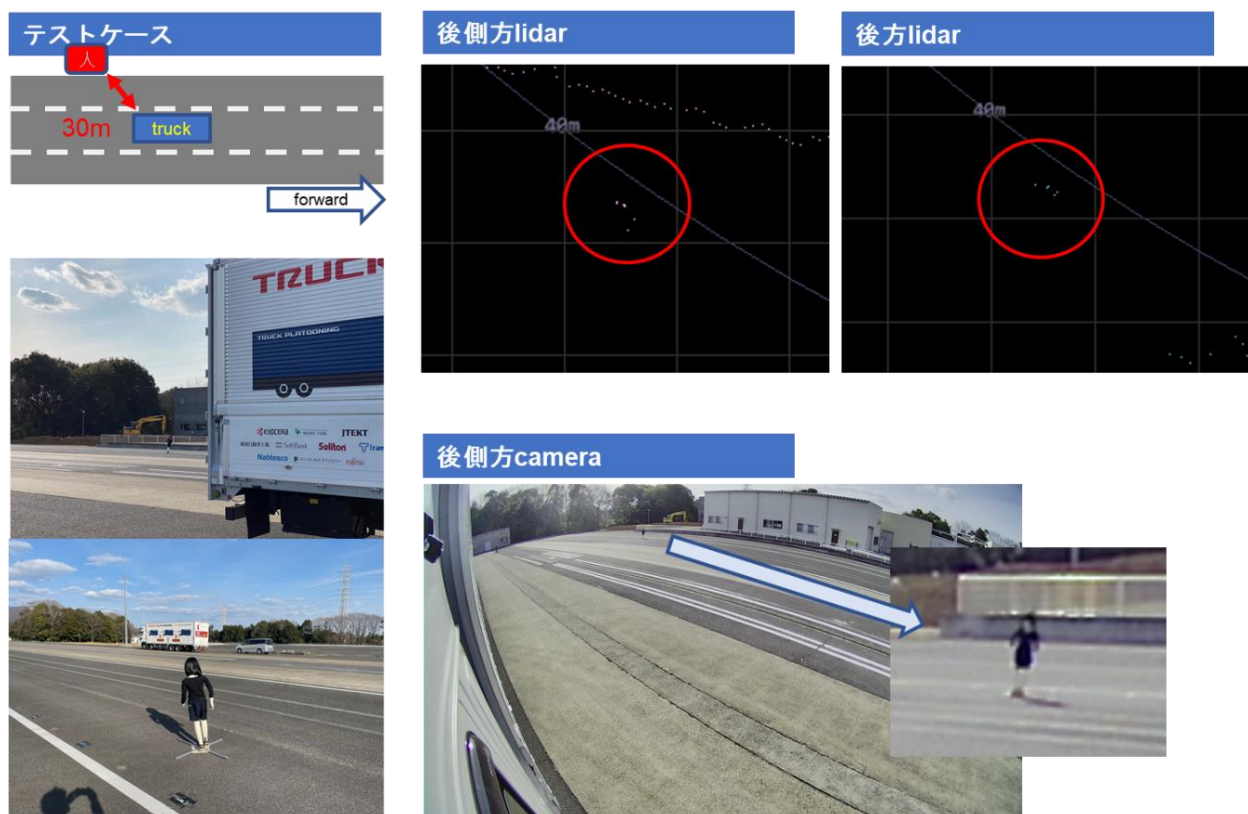


図 4-63 試験結果（後側方 LiDAR、後方 LiDAR、後側面カメラ/車両後方斜め 135°）

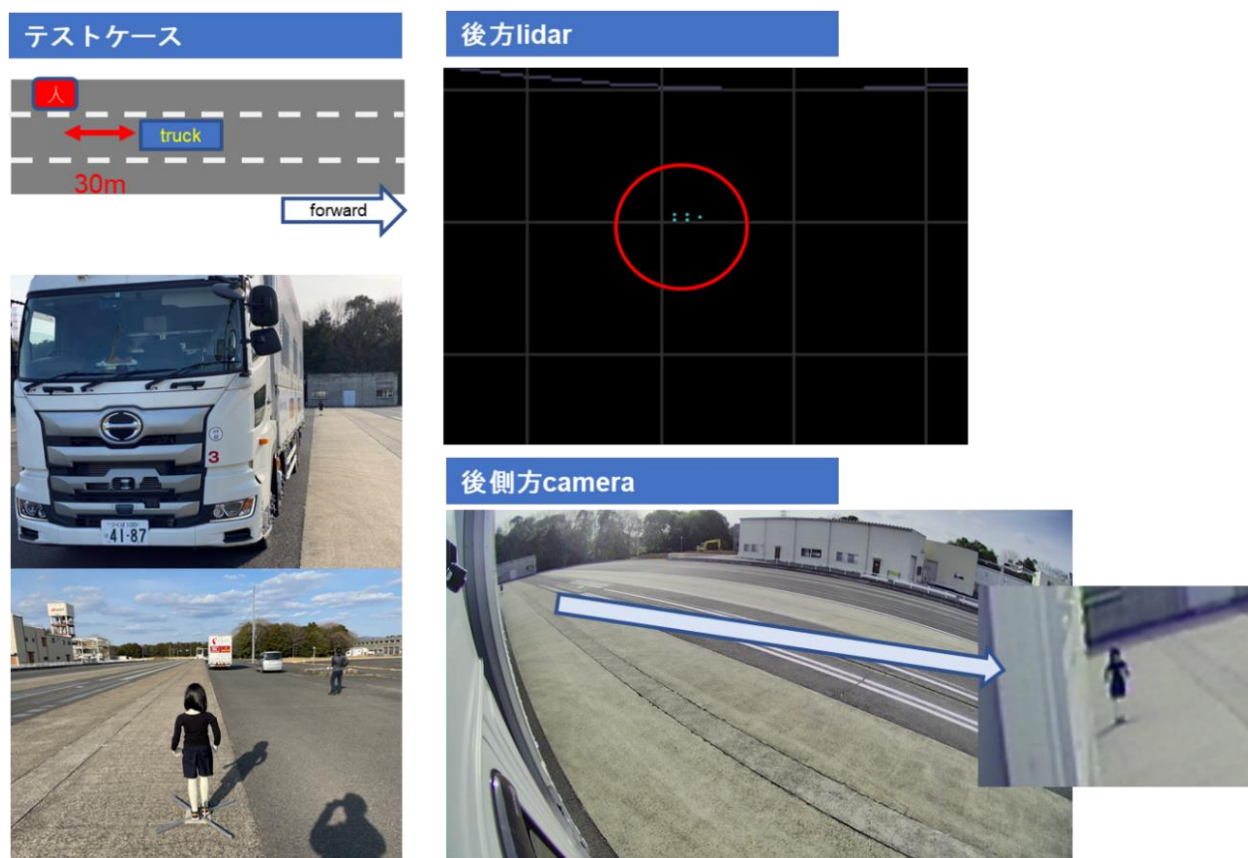


図 4-64 試験結果（後方 LiDAR、後側面カメラ/車両後方/隣車線）

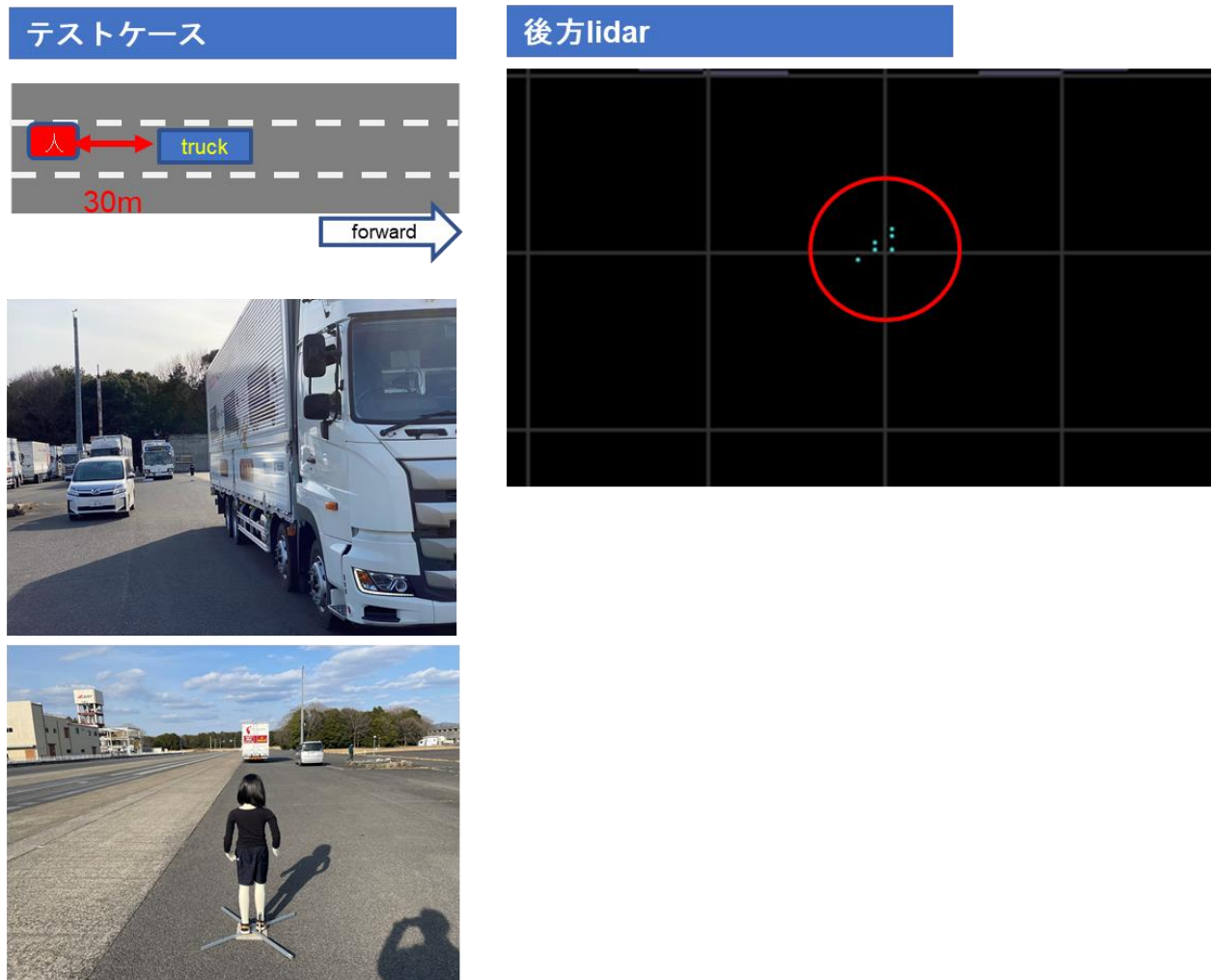


図 4-65 試験結果（後方 LiDAR/車両後方 180°）

(7) 近傍検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：車両、人

<ターゲット位置>



<テスト項目と判定基準>

項番	ターゲット位置	判定
⑤-1	自車前方 0.5m	前面カメラで見えていること
⑤-2	自車前角 側方 0.5m	側面カメラで見えていること
⑤-3	自車後角 側方 0.5m	//

図 4-66 試験条件、判定基準（近傍検知）

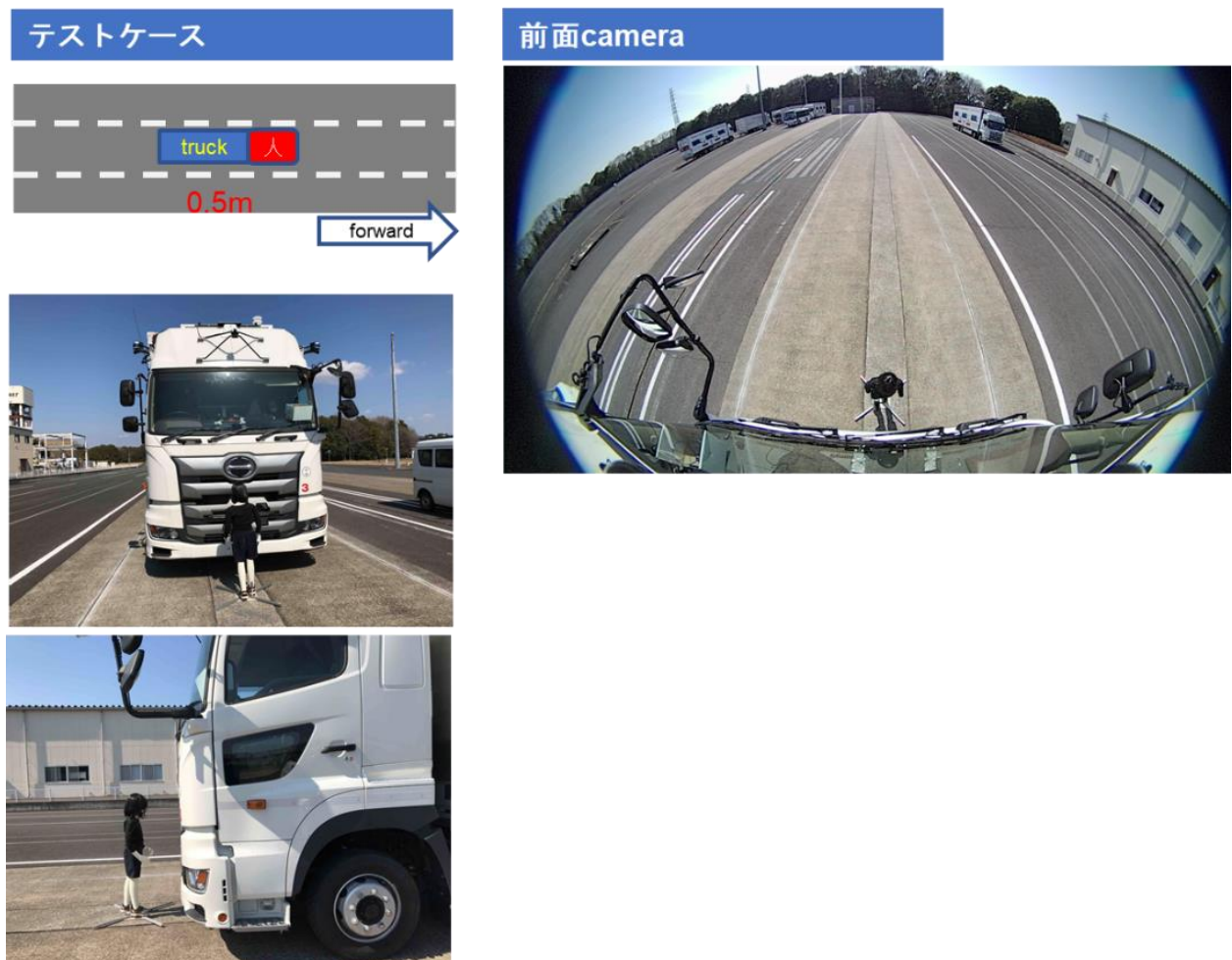


図 4-67 試験結果（前面カメラ/車両前方正面）

テストケース



側面camera



図 4-68 試験結果（側面カメラ/車両前端横）

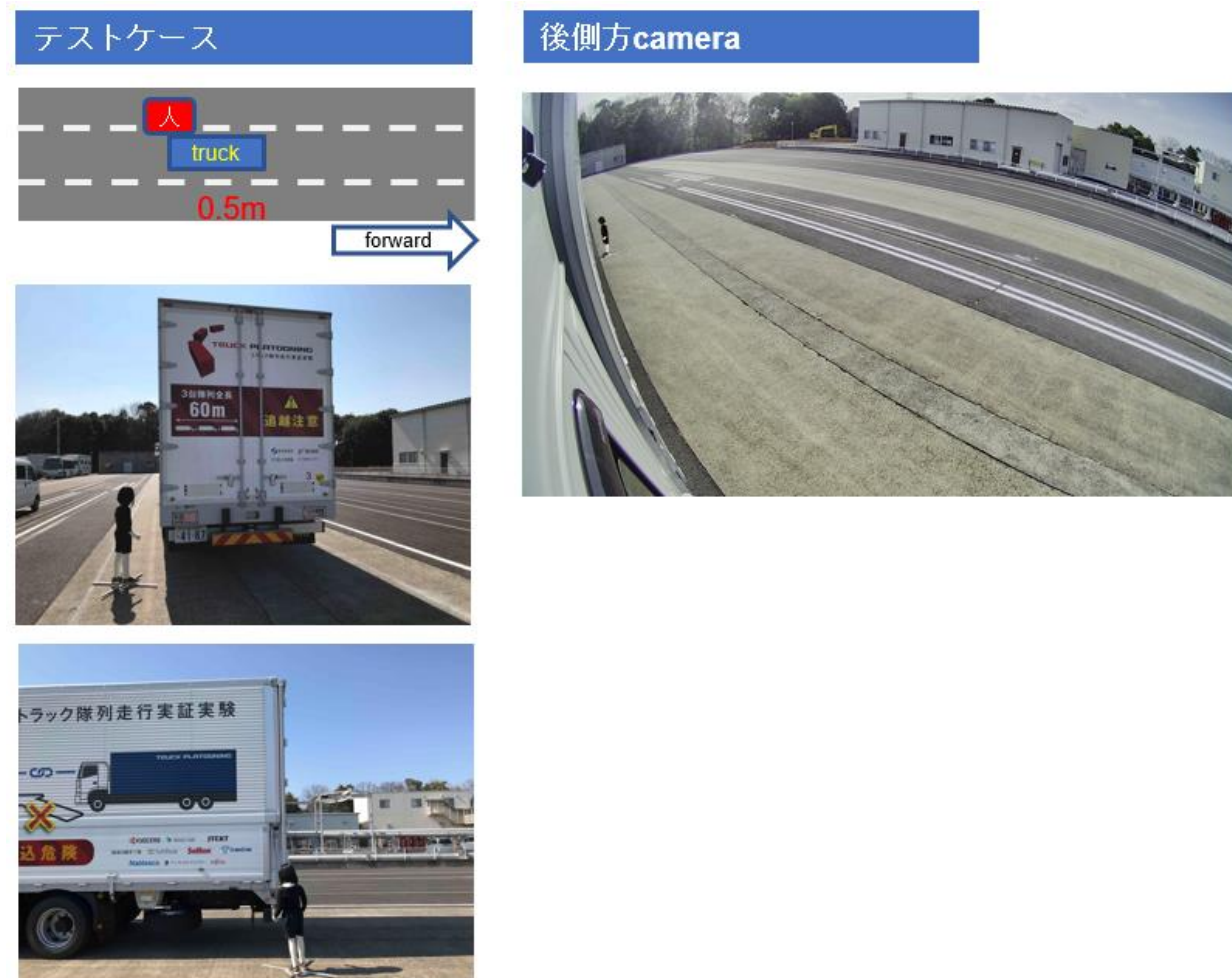


図 4-69 試験結果（後側面カメラ/車両後端横）

(8) 下面検知試験

試験条件、判定基準を以下に示す。

対象物：小動物

<ターゲット位置>



<テスト項目>

項番	ターゲット位置	判定
⑥-1	前輪 前側 0.5m	下面カメラで見えていること

図 4-70 試験条件、判定基準（下面検知）



図 4-71 試験結果（下面カメラ/前輪前/小動物）

4.1.4.4. 運行記録装置

L4 評価車両を用いたリスク回避シナリオ検証にあたり、模擬試験時は詳細データが取得可能であるが、レベル 2 車両での実路走行を視野に入れた際に、取得するデータ量が膨大になり、その解析にかなりの時間を要することが容易に予測される。

このため、限られたデータ量ではあるが、常時記録可能なデータレコーダ（自動運行記録装置に相当）を搭載し、リスク回避シナリオに相当する場面の抽出に活用する。

以下に、システム構成図と取付位置を示す。

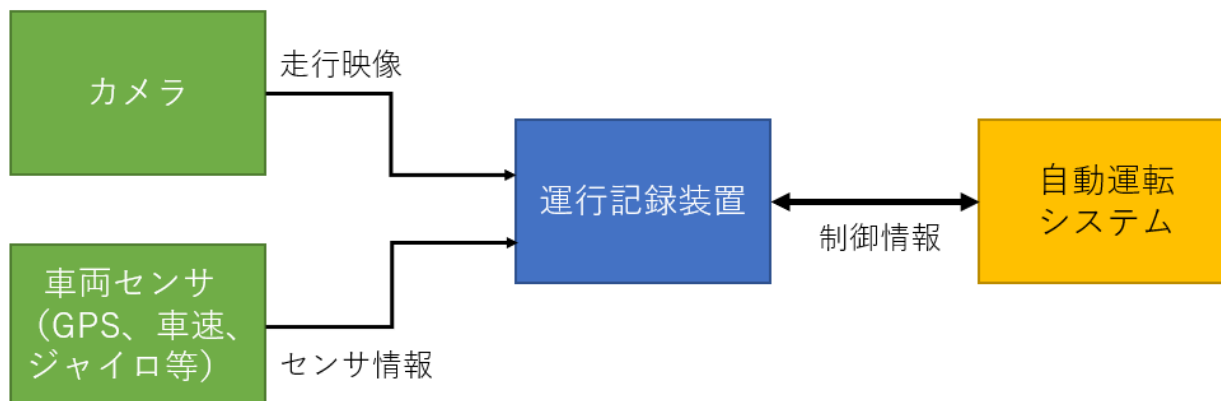


図 4-72 運行記録装置システム構成

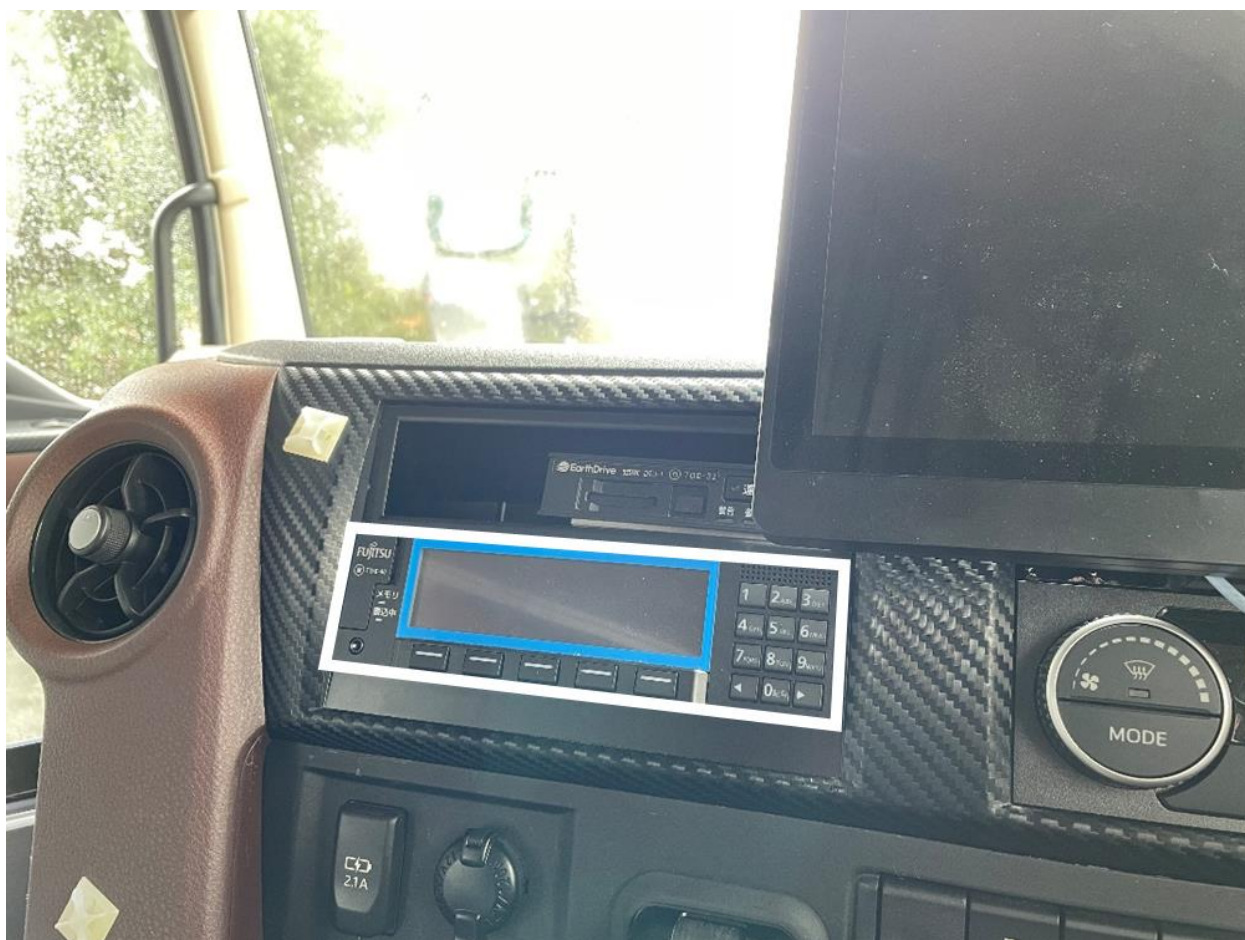


図 4-73 運行記録装置システム取付位置（白枠）

4.1.4.5. 車両ソフトウェア

L4 評価車両のベースとなる後続車無人隊列走行（電子牽引）車両は、単独での自動運転走行ができないため、先進モビリティにて開発済みの単独での自動運転走行が可能な自動運転バスの制御ソフトウェアを搭載した。

車両制御ソフトウェアで実現する機能について、以下のように整理した。

表 4-9 車両制御機能比較

搭載機能	後続車無人 隊列走行 先頭車	後続車無人 隊列走行 後続車	自動運転バス	本事業
経路算出	×	×	○	○
自己位置推定	×	×	○	○
FSRA (AEB 機能含む)	×	○ (CACC)	○	○
操舵制御	×	○ 前走車軌跡 をトレース	○	○
ウィンカ制御	×	○	○	○

前述のように搭載対象となる後続車無人隊列走行（電子牽引）車両は先頭車、後続車とも自律走行ができず、先頭車は車両制御機能を有していないため、後続車をベースに改造した車両へ、自動運転制御ソフトウェアを搭載した。

また、本年度は、ソフトウェア移植後、簡易動作確認までを対象としたが、自動運転バスは最高速度を 60km/h までとしていることから、L4 評価車両が 80km/h 以上で走行できるよう、次年度にチューニング等を行う。

(1) ソフトウェアブロック

L4 評価車両に搭載したソフトウェアのブロック図を以下に示す。

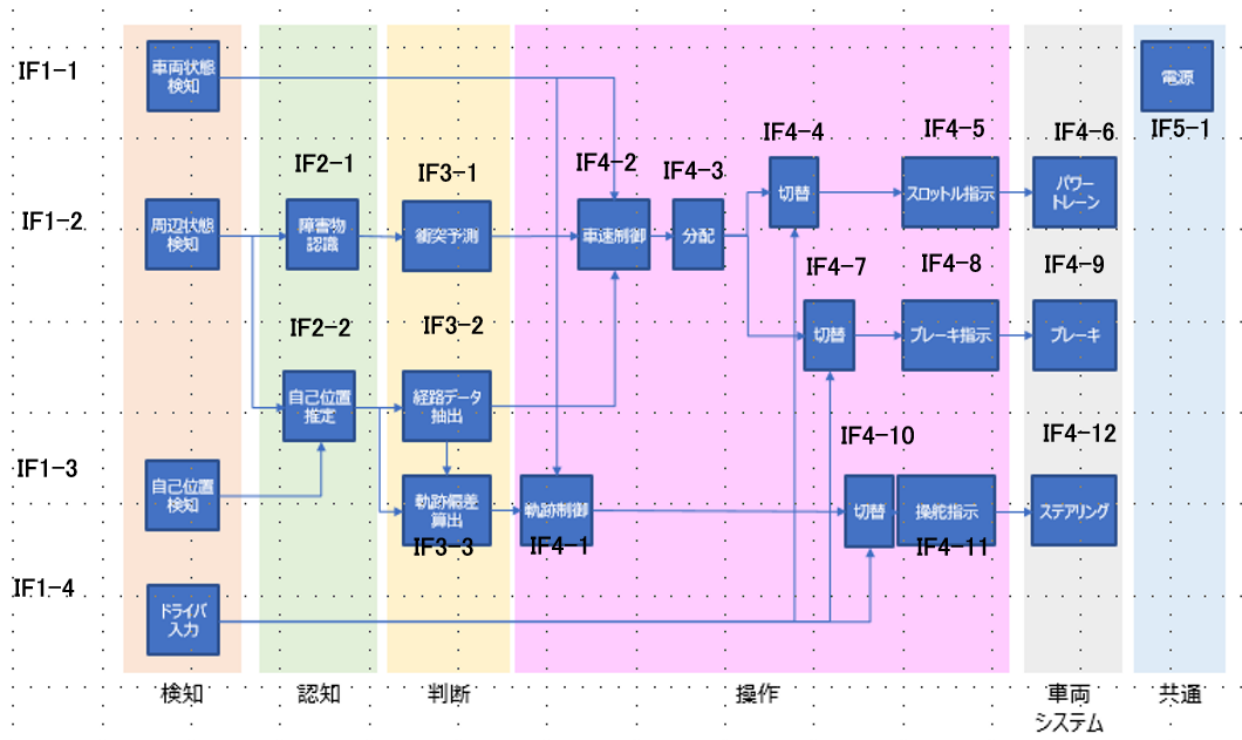


図 4-74 L4 評価車両に搭載した自動運転ソフトウェアブロック図

車両制御の基本的な流れは、自動運転バスと同じものであり、GNSSにより推定された自車位置に基づき、経路マップに沿うように車両の走行制御を行う。

また、車両に搭載したセンサ（カメラ、LiDAR等）により、障害物等を検知し、想定されるリスク回避シナリオに沿った車両制御を行うことを目的としている。

ソフトウェアブロック図には記載していないが、車両システムの故障を検知する機能も搭載しており、リスク回避シナリオにおける自車異常への対応も可能としている。

(2) システム状態遷移図

L4 評価車両は走行時、自動運転レベル 2 相当で走行するため、運転手の介入を可能とするシステム状態遷移を有している。以下に、その状態遷移図を示す。

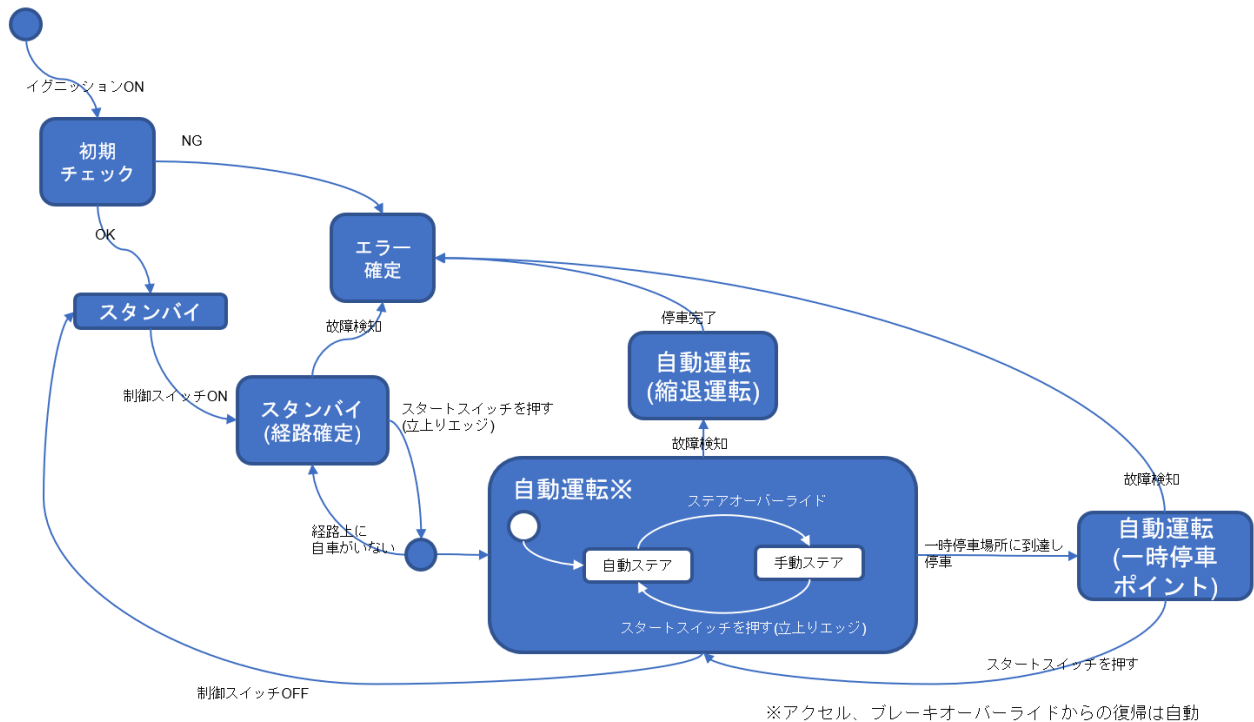


図 4-75 L4 評価車両の状態遷移図

図の中央下に示す自動運転ブロックにおいて、運転手が操舵介入を行った場合に、自動操舵機能が解除されるようになっている。

アクセル、ブレーキは、ドライバーがペダルを踏んでの介入は可能であるが、ペダルから足を放すと自動制御に戻る制御としている。

(3) 単独自動運転ソフトウェアの動作確認

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 つくば北サイトにて、以下項目の走行試験を行い、その性能を確認した。

試験結果を以下に示す。

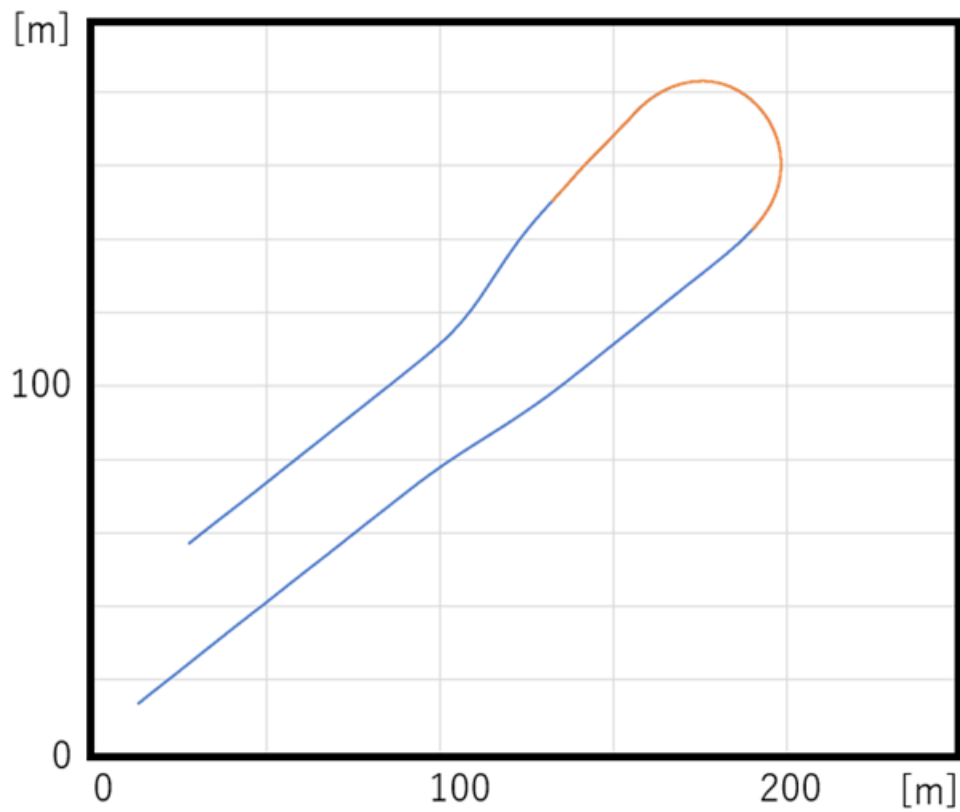


図 4-76 走行確認試験軌跡

上記は、走行試験時の走行軌跡を描いたものであり、青線部は目標軌跡に対する横偏差が 30cm 以下、橙色の箇所はそれ以上となっている。

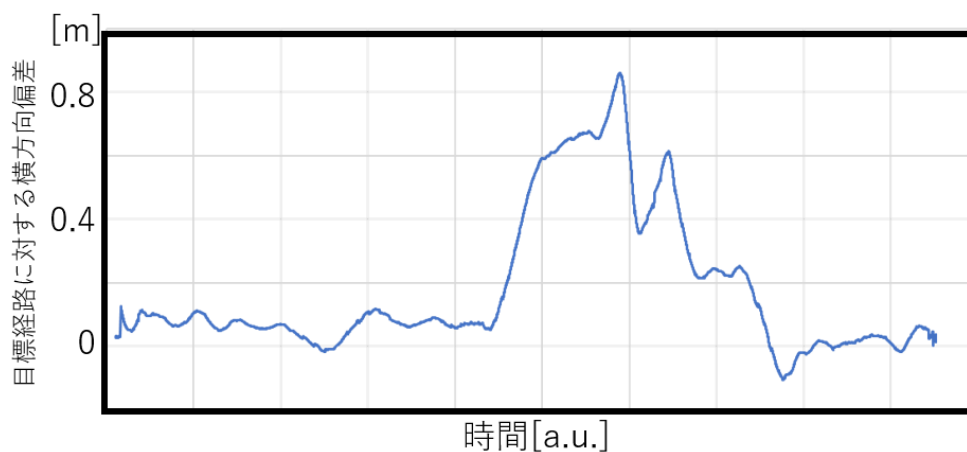


図 4-77 走行確認試験時の横方向偏差

上記の横方向偏差では、旋回時の横方向誤差が大きくなっているため、制御パラメータの調整等を行い改善する必要がある。

(4) 車両制御シミュレーション

今後、リスク回避シナリオを具現化するソフトウェアを L4 評価車両に搭載し、テストコース、実路にて評価を行う予定であるが、実車搭載前にシミュレーションを十分に行い、ソフトウェアの動作を検証する必要がある。

そのため、L4 評価車両に搭載したソフトウェアモデルの検証可能なシミュレーション環境構築を行った。

① 車両制御シミュレーション環境の構築

自動運転車両の特性を考慮し、車両制御シミュレーションのための MILS を構築した。以下に、MILS のシミュレーション環境のブロック線図の概要と、Simulink モデルを示す。

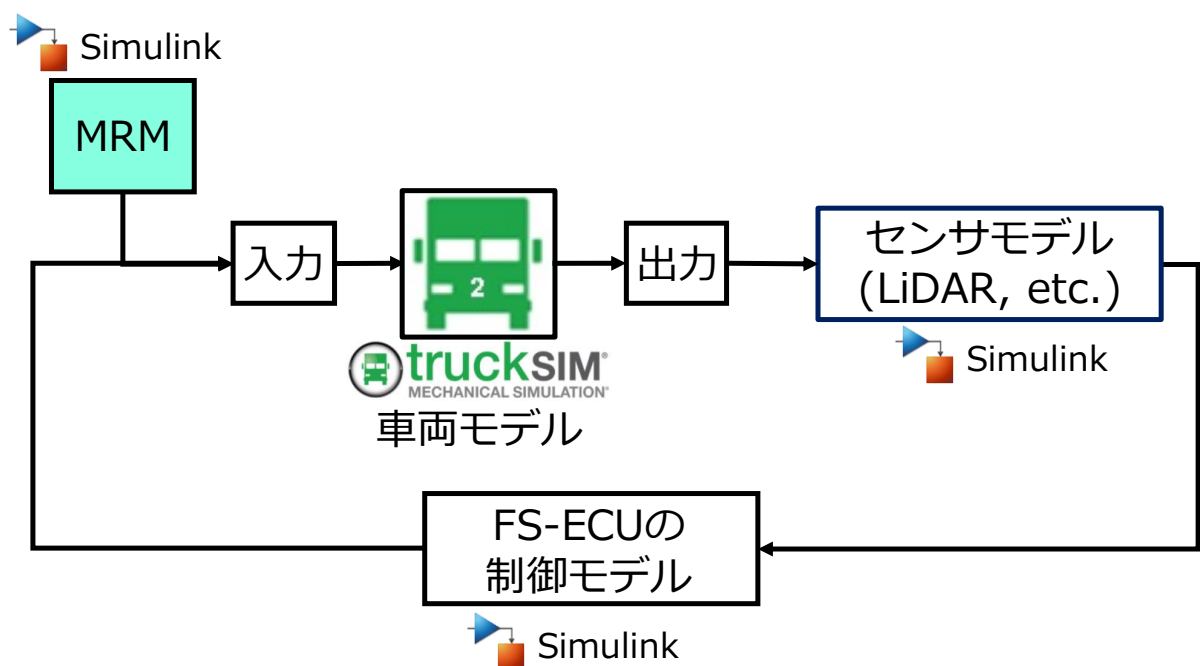


図 4-78 隊列走行システムにおける MILS

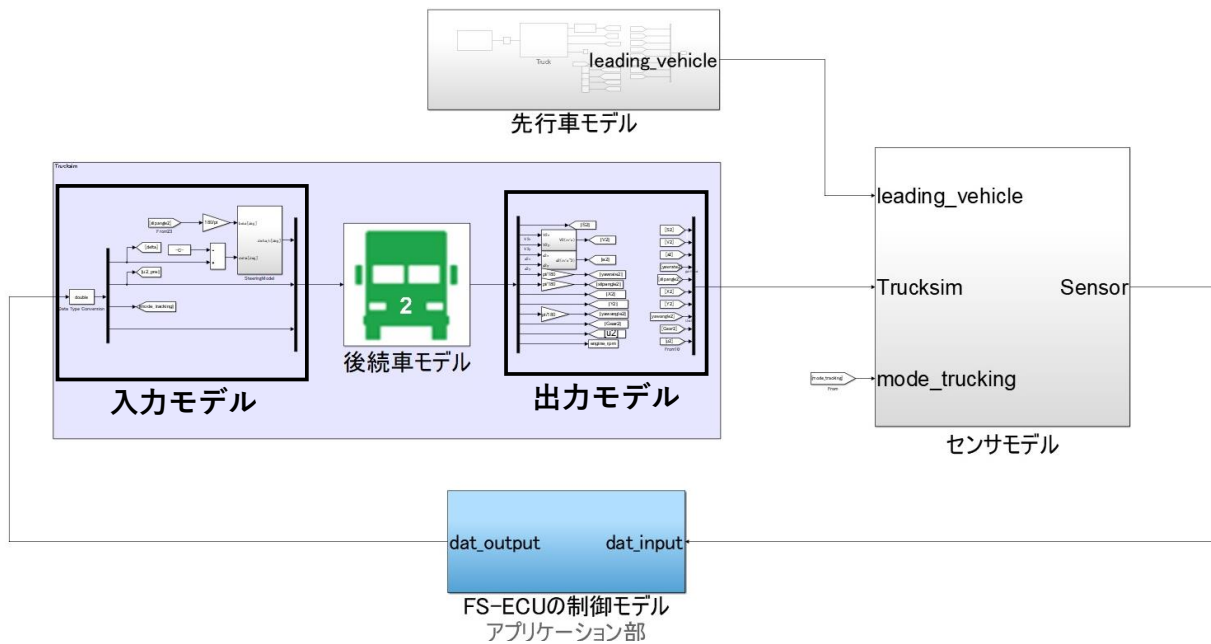


図 4-79 Mils の Simulink モデル

シミュレーションで用いる車両モデルは、高精度な動特性を再現する TruckSim2018.0 (Mechanical Simulation, Inc. 製) のモデルを利用した。

シミュレーションで用いる制御システムと、実システムのインタフェースの仕様が異なると、その都度シミュレーションを実施するために修正が必要となり、開発工程で作業のための時間が必要となる。

Mils では、制御モデルのインタフェースを踏襲し、車両モデルの入出力調整や必要な情報は Mils 側の入力、出力で生成することにより、制御モデルを変更することなく組み込めるようにした。

これにより、制御モデルの検証時は、何ら修正を加えることなく、自動走行の検証をすることが可能である。

制御モデルについては、ベース車両で実装されていた FS-ECU の制御モデルを実装した。

制御モデルでは、センサや通信で得られたデータが入力されるため、センサモデルでは、車両モデルの出力から各センサや通信で得られるデータの作成を行っており、Simulink R2015b (Math Works, Inc. 製) により作成した。

システム検証のために、異常時の検証や外乱などの設定を行う場合は、車両ブロックや、センサモデルで必要な値の設定を行うことにより、検証が可能である。

車両モデルと、作成したセンサモデル、制御モデルの実行時には、制御の入出力に係る情報だけでなく、制御の状態遷移に係る情報も必要となる。

そのため、Mils 側では必要な情報を設定できる機能を実装した。

② 評価シミュレーション

ここでは、構築した Mils の有効性を検証するため、高速道路走行中における、衝突シナリオ、および評価対象とする基礎的な MRM を策定し、その有効性について評価を

行った。

< 高速道路走行中における衝突シナリオ >

乗用車が加速車線からの強引な合流により本線の車両と衝突するケースを想定した。衝突までのシナリオを、以下に示す。

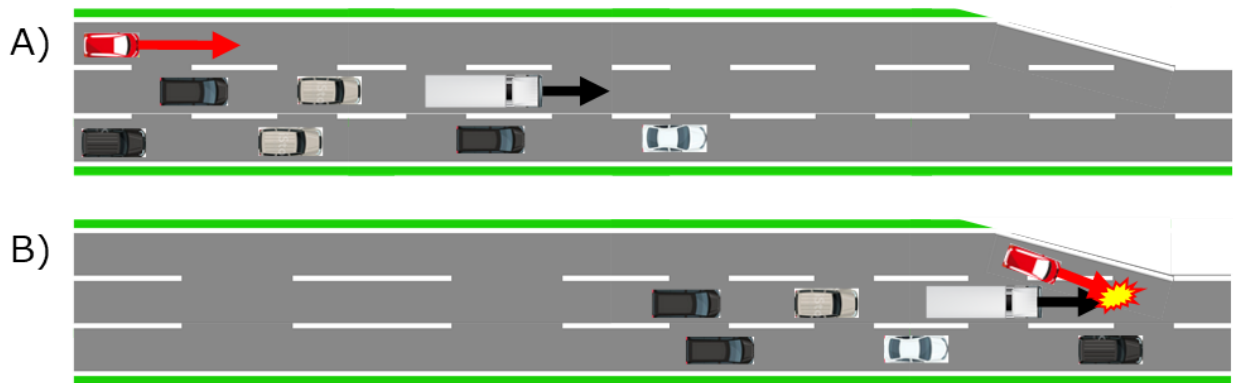


図 4-80 高速道路走行中における衝突シナリオ

- ・ 赤い矢印がついた車両：加速車線の車両
- ・ 黒い矢印が付いた車両：L4トラック

を表している。衝突までのシナリオの順序を以下に記載する。

- A) L4トラックは、現在のシステム設計により、走行車線のうち最も左側の車線を走行する。

加速車線の車両は、L4トラックの前方に車両が存在せず、加速区間が十分に長い認識で追い抜こうと後方からL4トラックより早い速度で走行する。

L4トラックの走行車線に隣接する車線の車両は、トラックより早い速度で走行する。

- B) 加速車線の車両は、追い抜きによる強引な合流を行い、車線幅の減少区間開始から合流を始める。

そのまま合流を行えば車両の右側面が、トラックの車両の左前面と接触、衝突する。

< 道路線形の再現 >

リスク回避シナリオを、実際の道路状況で再現するためには、道路線形の再現が必要となる。

本事業では、道路線形の再現対象として、新東名高速道路の浜松SA（上り）を選定し、道路条件を設定した。

浜松SA付近の3D画像および作成した道路モデルを、以下に示す。



図 4-81 浜松 SA（上り）3D 画像【左】・作成した道路モデル【右】

また、道路条件について以下に示す。

表 4-10 道路条件

加速車線全長 [m]	300
車線減少開始 [m]	270
曲線半径 [m]	0
道路縦勾配 [%]	0
道路横勾配（カント） [%]	2
滑り摩擦係数 [-]	0.75
車線幅 [m]	3.8

なお、本シミュレーションでは、最も右側の追い越し車線は使用しないため、道路モデルは加速車線と走行車線の 2 車線を再現した。

< 動作検証・安全性評価 >

ブレーキ時の、MRM 作動時の速度、および x 座標、y 座標を測定した。

また、MRM の安全性を検証するため、L4 トラックとの衝突余裕時間 (TTC : Time-To-Collision) の指標を、以下の式から導き出した。

$$t_c = -\frac{x_f - x_p}{v_f - v_p}$$

ここで、 t_c は TTC、 v_f は後続車の速度、 v_p は車間時間、 x_f は後続車先端の x 座標、 x_p は先行車後端の x 座標である。

周辺車両は、図 4-80 の B) の状況で条件分けを行った。

合流車両は、シナリオにおける強引な合流を再現するため $V1=90\text{km/h}$ とし、車両右側面が衝突するように $E=0.1\text{s}$ を実験的に設定した。

周辺車両の条件を $C=0.5\text{s}$ とし、ここでは LC 不可能となるよう、 $B=0\text{s}$ に設定した。

設定車速は、 $V3=90\text{km/h}$ とし、衝突リスク評価のため、 $V4=80\text{km/h}$ 、 $D=0.5\text{s}$ とし、ブレーキによる減速度を 4.0m/s^2 、 6.0m/s^2 とした。

したがって、加速車線の車両が合流を開始する時点で、MRM によりブレーキが動作する 2 条件のシミュレーションを行った。

ブレーキが作動する場面での車両速度と、 x 座標を以下に示す。

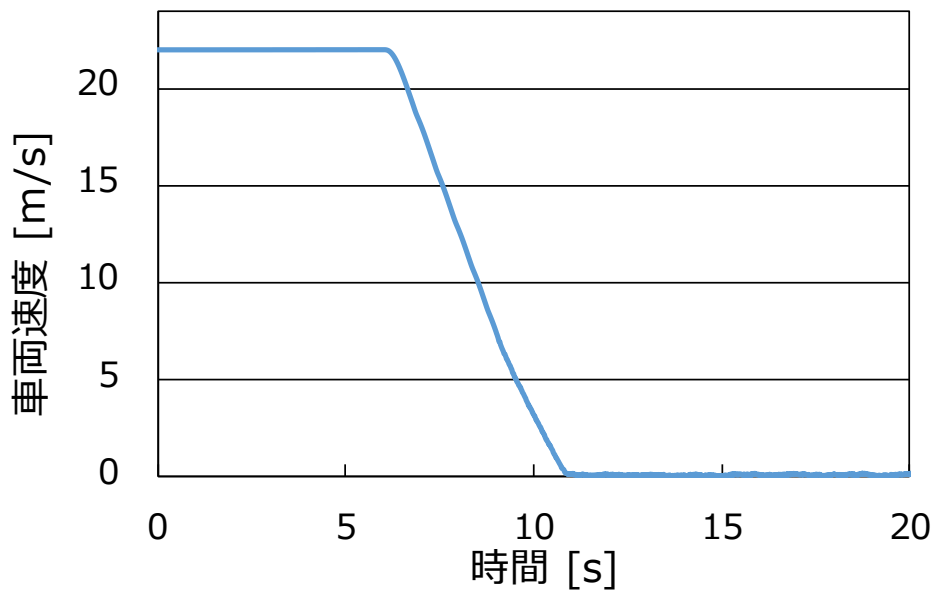


図 4-82 ブレーキが作動する場面での車両速度

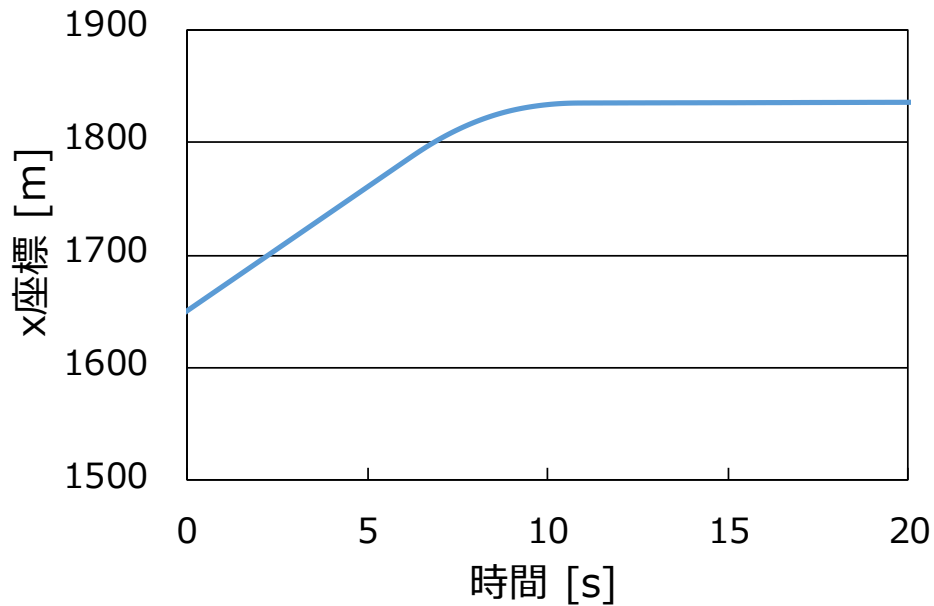


図 4-83 ブレーキが作動する場面での x 座標

これより、MRM が正常に動作し、減速度 4.0m/s^2 による停車を確認でき、再現された衝突シナリオにおいて、構築したシミュレーションモデルを用いて、L4 評価車両のソフトウェアシミュレーションが行えることを確認した。

4.2. 今後の課題

- ・ 高速道路での自動運転制御ソフトウェアの検証
- ・ 自車異常など、リスク回避シナリオ検証に必要な車両信号模擬手法の確立
- ・ リスク回避シナリオの具現化
- ・ 複数シナリオを搭載した際の相互干渉の確認

など、リスク回避シナリオの検証までに確認しなければならないことが多くあるが、複数車両での確認など、効率的に進める手法を検討したい。

5. 関連調査

5.1. 海外動向調査

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、米国やシンガポールでは、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。

今回の調査では、レベル4トラックに着目し、欧州（EU各国）、米国、中国での；

- ・ 国や地域の政策やプロジェクト
- ・ 企業の取り組みについて、

公開情報等により調査した。

調査結果は；

- ・ 社会実装
- ・ 運送規則・ルール等
- ・ 実証実験・車両技術
- ・ 周辺技術

という4つの視点から整理した。

5.1.1. 社会実装（L4トラックの目的、実装計画）

① 米国の動向

2021年1月、米国運輸省は長距離トラック輸送における自動運転システムのマクロ経済的影響を分析した報告書「Macroeconomic Impacts of Automated Driving Systems in Long-Haul Trucking」を公開した。

報告書では、長距離トラックへの自動運転技術の導入により、GDPや雇用、賃金等の向上に繋がり、数十億ドルの収益に繋がると結論付けるなど、輸送の自動運転化がもたらす経済上のメリットに期待している。

一方、米国トラック協会（ATA：American Trucking Associations）や、オーナー・オペレーター独立運転者協会（OOIDA：Owner-Operator Independent Drivers Association）といったトラック業界団体では、トラックの自動運転化によって、ドライバ等の雇用機会の喪失を始めとしたデメリットを危惧しているなど、トラック自動化に対する期待や反応はプレイヤごとに異なっている。

また米国では、政府が実装計画やロードマップを定める動きは確認されない。

ただし、米国運輸省では、自動運転トラックの普及度合いを高速、中速、低速という3つのシナリオから分析している。

自動運転技術の商用化から10年後には、走行しているトラックの内、自動運転トラックの割合が、高速シナリオでは40%、中速シナリオでは25%、低速シナリオでは8%と分析するなど、自動運転トラックの社会実装に向けた議論は、政府において進めているものとみられる。

② 欧州の動向

欧州では、貨物流通量の約70%をトラック物流に依存している。

さらに、eコマースの発展による物流需要の増加や、気候変動問題に対する関心の高まりもあり、貨物輸送の持続可能性に注目が集まる中、それらの問題を解決ソリューションとして自動運転トラックに注目が集まっている。

欧州道路輸送調査諮問委員会（ERTRAC）は2019年に「Connected Automated Driving Roadmap」を改訂し、貨物自動車の自動化に向けたロードマップを示している。

2030年以降のレベル5車両の開発や社会実装に向け、2018年頃から2030年頃にかけて、限定エリア（閉鎖空間）、ハブ to ハブ、公道においてL4トラックの走行や運用が進むとしている。

また同委員会が2019年に公開した「Long Distance Freight Transport」では、自動運転トラックの運用が期待される走行環境を Confined Area、Hub-to-Hub、Open Roads、Urban Environment の4種類に分類し、各環境で期待されるソリューションや、優先して達成すべき目標を整理しつつ、それらをロードマップとして自動運転サービスの実装を推し進めている。

③ 中国の動向

中国では、自動運転トラックの開発やソリューションを提供する新興企業が続々と出現している。

新興企業の中には、自動運転トラックソリューションを国内外へと展開するなど、特に経済的なメリットを重視し、新規ビジネス創出や国際競争力確保の視点から取組を進めているものとみられる。

また中国自動車工程学会が2020年11月に発表した「ICV技術ロードマップ2.0」では、乗用車、バス、貨物車における2035年までの技術目標を公表している。

貨物車の技術目標では、2025年までに高速道路条件付自動運転、高速道路隊列走行、特定応用シーン自動運転、2030年までにはレベル4に相当する都市部交通高度化自動運転や高速道路高度化自動運転、そして2035年までにはレベル5に相当する完全自動運転の実現を目指している。

5.1.2. 運送規則・ルール等

① 米国の動向

米国では、州ごとにルールが異なるが、L4トラックの実証実験や商用利用を許可する州もあるなど、自動運転トラックの社会実装を推進している。

また政府や業界団体を中心に無人自動運転トラックに対応した基準改訂の検討も進めている。

中でも自動車運輸安全局（FMCSA：Federal Motor Carrier Safety Administration）では、自動運転システムを搭載した商用車の展開に向け、自動車運送業者安全基準における自動運転商用車の検査項目や検査方法についてパブリックコメントを踏まえながら検討を進めている。主な検討事項を以下に示す。

- ・ 検査を行う者に求められる資格や要件
- ・ 日常点検や定期点検の内容
- ・ 検査頻度（走行距離に基づくか、時間に基づくか）

- ・ レベル 4 以上の AD システム搭載車両を運転していることを自動車運輸安全局に通知すべきか
- ・ 車両が安全に運行できなくなったことを、取り締まり担当者がどのように把握するか

② 欧州の動向

欧州では、レベル 4 の実証実験や商用利用の許可は国レベルで判断している。

また Horizon 2020 等の枠組みによる自動運転車研究プロジェクトのタスクの一つとして、ルールフレームワークの検討を進めており、例えば各プロジェクトで以下の取組を行っている。

- ・ マルチブランドのトラック隊列走行の実現を目指す「Ensemble」プロジェクトでは、トラック隊列走行に関する規定の内、改訂や見直しが必要な規定のほか、遵守すべき国際標準を整理している。
- ・ 物流業務の自動化を目指す AWARD プロジェクトでは、具体的な内容は示されていないものの、テクニカルワークパッケージ（WP）の WP8 において規制の枠組みについて検討を行っている。

また欧州自動車工業会（ACEA：Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles）では、2017 年 5 月に 2025 年までのマルチブランドによる隊列走行の実現を目指し、必要となる技術開発やルール整備について示したトラック隊列走行に関するロードマップを公表している。

また、2016 年まで取り組まれてきた「European Truck Platooning Challenge」、および 2016 年に調印されたアムステルダム宣言を踏まえ、今後改訂する必要がある規則等を整理している。

③ 中国の動向

中国では、政府が自動運転車全般のルールメイキングを主導している。

自動運転トラックに特化した規則やルールは確認されないものの、自動運転中の運転主体や責任範囲等に関する規定のほか、自動運転車が収集するデータの取り扱いや、自動運転車を生産する事業者や、自動運転車両に対するネットワークの安全管理等、市場投入に向けたルール整備を進めている。

5.1.3. 実証実験・車両技術

米国、欧州、中国では、自動運転トラックの開発・実証を積極的に実施しており、各国の取組を総括すると以下の 3 点が言える。

- ・ 民間企業の主導による自動運転トラックの開発・実証が活発化している。
自動運転トラックに関する国際的な動向として、従前は欧州をはじめとした隊列走行が主流であったが、2010 年代後半以降、米欧中ともにレベル 4 の自動運転トラックを積極的に開発している。
特に欧州では、過去には EU 又は国家プロジェクトとして、自動運転技術の実証を行うことが多かったが、近年は米欧中ともに各民間企業が実証実験を主導し、

高速道路や港湾ターミナル等の閉鎖空間において実証実験を進めている。

- ・ 自動運転トラックに特化したサプライヤの存在感が高まっている。
レベル4トラックの開発や実証に関わるプレイヤーは大きく、OEM、サプライヤ（自動運転トラック開発・システム提供企業）、ユーザー（運送事業者や小売店等）の3つのプレイヤーとなっている。
サプライヤの中には、自動運転トラックに特化してソリューションを提供する新興企業も多く見られる。
特に米、中では、サプライヤの存在感が高まっており、新興企業ながらもOEMやユーザーとの連携体制を構築しながら、自社の車両やシステムの検証を進める。
- ・ 実証実験のみならず、社会実装を行うケースも出現している。
特に米国では自動運転トラックを社会実装する事例も出てきている。
例えば、米国 Walmart では、トラック向け自動運転トラックの提供を行う Gatik の小型自動運転トラックを活用し、2021年8月より運転手を乗せずに無人走行させ、予め決められた7マイルの区間の巡回運行を行っている。
中国系スタートアップの Plus.ai では、2019年、生鮮貨物を載せたL4トラックによる米国初の高速道路による大陸横断の輸送を実施している。

① 米国の動向

米国では政府が実証実験等を支援する形態ではなく、民間企業が独自に実証実験を行う取組が目立つ。

実証実験のみならず、先述した Walmart や Plus.ai が行う取組など、一部、社会実装を行う取組も見られる。

走行エリアは高速道路における走行を中心とするが、予めルート設定した一般道の走行を行う事例もある。

また、Embark Trucks、Kodiak Robotics、Waymo といった、自動運転トラックに特化したソリューション開発を手掛ける新興企業が出現している。

② 欧州の動向

欧州では、従前からトラック隊列走行に関する実証実験を多数実施している。

2010年台中盤までは欧州の地域プロジェクトが盛んであったが、近年は各国の国家プロジェクトや民間企業が独自に実証実験を行うケースも出てきている。

トラック向けの自動運転プロジェクトとしては、Horizon2020の枠組みで実施されている「AWARD」プロジェクトがあり、豪雨、降雪、霧などの悪条件でも対応できる安全な自動輸送システム、自動運転システムを開発している。また同プロジェクトでは；

- ・ 倉庫や工場におけるフォークリフトの荷積みや荷下ろし
- ・ 公道におけるハブ間のシャトル輸送
- ・ 空港における自動手荷物輸送やコンテナ輸送作業
- ・ 港湾における船積作業など

の様々なシナリオやユースケースをベースに実証実験を行うほか、車両や道路センサ等から得られる情報を集約して、オペレーションを行う新たな車両管理システムについても検討を行っている。

③ 中国の動向

欧州同様、中国においても高速道路や港湾、輸送施設・ターミナル間を走行する実証実験を積極的に進めている。

また米国と同様、TuSimple、TrunkTech、Plus.ai といった自動運転トラックに特化したソリューション開発を手掛ける新興企業も多数出現している。

5.1.4. 周辺技術（インフラ整備、データ連携等）

① 米国の動向

政府がインフラ整備を主導することを基本としているが、民間企業がインフラ整備に関与する例もみられる。

例えば、Alphabet 傘下の Sidewalk Infrastructure Partners が設立した Cavnue 社を中心とし、Ford、GM、BMW、Argo AI、ホンダ、トヨタ、TuSimple、Waymo 等の民間企業、ミシガン大学、ミシガン州政府は自動運転車専用の道路開発に取り組んでおり、産官学が協力しながら、物理面とデジタル面の両面から自動運転に必要なインフラの開発を進めている。

また、連邦道路管理局（FHWA：Federal Highway Administration）は、2020 年 12 月に統一道路交通施設マニュアル（MUTCD）の見直しに取り組んでおり、自動運転システムの導入に向け、通信規格や路上の舗装を含む標識、信号等の標準化を提案している。

他方、物流業界のデータ連携については、政府はデータ連携基盤の構築に関与する姿勢を見せず、民間企業が独自に行う形態をとっている。

② 欧州の動向

欧州では、欧州 ITS プラットフォーム（EU EIP：The European innovation partnership）が、SAE レベル 4 の自動運転に求められる物理インフラ、およびデジタルインフラの要件について 2017 年頃から検討を行っている。

検討の出発点として ODD に着目し、インフラに関連する ODD を整理している。

また、自動運転車の段階的な導入が見込まれる中、従来の車両と自動運転車両が共存する中での最適な道路インフラを検討する「INFRAMIX」プロジェクトを Horizo2020 の枠組みで実施している。

同プロジェクトでは、高速道路における代表的な混合交通として、自動運転車両専用レーン、道路工事区域、ボトルネック（合流部等）のそれぞれの形態を対象に自動運転社会で必要なインフラを産官学で検討している。

また、自動運転を支援して誘導する各道路インフラについて、自動運転用インフラに求められる水準を「ISAD レベル」（ISAD：Infrastructure Support levels for Automated Driving）として提案し、5 段階のレベルから、インフラが提供すべき情報を整理している。

他方、データ連携については、物流関連データの連携に向けた組織体制を欧州が主導して構築しているものの、具体的なデータ連携プロジェクトは各国で進めている。

一例としてフランスでは、ロジスティクス分野のデータ連携イニシアティブ「Engagement Volontaire pour une Logistique Efficiente (Evolue) initiative」を開始している。

2020年には、都市輸送におけるデータ（輸送品の種類、旅程（時間、出発地、目的地、ルート）、数量、重量、小包の数、車両の種類等）の収集を行うことを発表し、今後、都市における実証実験も予定している。

③ 中国の動向

中国では、インフラ整備を政府が主導している。

2021年3月、工業情報化部、交通運輸部、国家標準化管理委員会は、高度交通システム分野における先端技術の開発や自動運転と車両交通の促進、共同での技術開発や産業促進を目的として「国家IoV産業標準体系構築ガイドライン」を策定した。

同ガイドラインでは、2022年末までにスマート交通インフラと交通情報支援等の分野で早急に必要とされる標準を制定・改訂し、コネクテッドカーの応用と産業発展体系の構築を目指す。

また2025年末までには、V2X等の分野にわたるスマート交通関連重要標準等を制定・改訂し、IoVを推進し、交通輸送管理やサービスにおけるニーズを満たす標準を体系的に構築することとしている。

また中国政府は、5GをベースにV2I技術を駆使した高速道路の自動走行化を推進する「スマートハイウェイ構想」を掲げ、2022年までに杭州市と寧波市を結ぶ161kmの区間をスマートハイウェイとして整備する予定となっている。

他方、データ連携については、基礎的な物流データの連携基盤は政府が主導して構築している。

また、政府のみならず、民間企業もデータ連携に向けた取組を進めており、2018年12月にはInceptio Technologyと上海汽車城創新港が共同で、中国初となる幹線物流連合イノベーションセンターを創立している。

同センターでは、新興企業、OEM、ユーザー企業の24社が連携し、データ共有に向けた取組を進めている。

5.2. 国内法令整理

5.2.1. 自動運転に関連する主要な法律の現状

自動運転に関連する主要な法律については、「自動運転に係る制度整備大綱」（2018.4.17、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議）以降、関係省庁にて検討、改正が進められている。

表 5-1 自動運転 L4 トラックに関連する主要な法律の一覧

分類	法律
規制法（走行）	ジュネーブ道路交通条約 道路交通法 道路運送車両法 道路法 道路運送法
規制法（事業環境）	貨物自動車運送事業法 労働基準法（自動車運転者の労働時間等の改善のための基準（改善基準告示））
法的責任に関する法律（民事）	自動車損害賠償法 製造物責任法 民法
法的責任に関する法律（刑事）	自動車の運転により人を死傷させる行為等の処罰に関する法律 刑法

(2) ジュネーブ道路交通条約

ジュネーブ道路交通条約（以下、ジュネーブ条約という）では、「運行されている車両にはそれぞれ運転者がいなければならない」、「運転者は常に車両を適正に操縦しなければならない」といった趣旨の記載があり、完全自動運転はジュネーブ条約では認められず、条約違反となる恐れがあったが、加盟各国や国連において条約を改正しようという議論が進められている。

日本では、現行の条約を改正せずとも柔軟な解釈を行いつつ、自動運転に関する各種定義やルールを追加した改正道路交通法と改正道路運送車両法を施行することで、レベル3の自動運転車が公道を走行できるようにしている。

(3) 道路交通法

2020年4月1日に改正・施行された道路交通法では、自動車の自動運転技術の実用化に対応するための規定の整備として、①自動運行装置の定義等に関する規定の整備、②自動運行装置を使用する運転者の義務に関する規定の整備、③作動状態記録装置による記録等に関する規定の整備が盛り込まれた。

また、2021年12月には、自動運転の実現に向けた調査検討委員会検討結果報告書を公表し、限定エリアにおける遠隔無人自動運転の実現に向け、法改正や新たな制度創設を2022年度中に進めることを示した。

(4)道路運送車両法

2020年4月1日に改正・施行された道路運送車両法では、①「自動運行装置」を定義する規定を設け「自動運行装置」を保安基準の対象とすること、②電子的な検査に必要な技術情報の管理に関する規定を整備（独立行政法人自動車技術総合機構が技術情報の管理を担当）、③「分解整備」から「特定整備」への名称変更・範囲拡大及びメーカーから整備事業者への技術情報の提供を義務付け、④プログラムの改変による改造等に関する許可制度の新設が盛り込まれた。

(5)道路法

2020年11月25日に改正・施行された道路法では、自動運転車の安全な運行を道路インフラ側から補助する「自動運行補助施設」が道路の附属物、道路の占用の許可に係る工作物・物件又は施設として追加された。道路管理者が自動運行補助施設を設置した場合は、その性能や設置した道路の場所などを公示しなければならないほか、民間事業者が設置した場合は占有物件となり、構造に支障を及ぼさない場合は車道上の設置も認めることとしている。

(6)道路運送車両法

自動運転車の導入初期段階において車両が満たすべき安全要件として、レベル3とレベル4の自動運転システムを対象に、2018年9月に「自動運転車の安全技術ガイドライン」を発表した。

ODDについて、①高速道路や一般道、車線の有無といった道路条件、②都市部や山間部、ジオフェンスの設定などの地理条件、③天候や夜間制限などの環境条件、④速度制限やインフラ協調の有無、保安要員の乗車要否といったその他の条件等を基に個々の自動運転車が有する性能や使用の態様に応じて設定することとしている。また、レベル3に対しては、運転権限の委譲に伴うフォールバック（縮退運転）やミニマル・リスク・マヌーバー（MRM）などの機能を、レベル4に対しても、自動運転が継続困難となった際にMRMが設定されていることを求めている。ヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）やデータ記録装置、サイバーセキュリティ、無人自動運転移動サービスに用いられる車両の安全性、安全性評価等についても記載がなされている。

2020年7月に「ラストマイル自動運転車両システム基本設計書」を発表し、自動運転移動サービスの走行環境を具体例としてまとめるとともに、安全基準への適合性確保に向け設計時に留意すべきポイントを規定した。

この基本設計書では、ラストマイル自動運転について、①自動運行装置搭載車両、②ワンマイル程度の狭く限定された移動範囲を前提としたODD、③主に物流や移動サービスや地域公共交通に用いられるものとして定義している。

(7)道路運送法

2019年6月に「限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン」を発表し、限定地域におけるレベル4移動サービスにおいて安全確保に向け対応・検討すべき事項における基本的な考え方を示した。

旅客自動車運送事業者、遠隔監視・操作者、運転者以外の乗務員のそれぞれにおける基本的な考え方を示すとともに、安全性・利便性の確保のために対応すべき事項として、運行を中断したときや事故によって旅客らが死傷したとき、天災などにより輸送の安全の確保に支障が生ずるおそれがあるとき、車両の重大な故障を発見したときなど、非常時の対応や連絡体制の整備などを挙げている。

(8)その他の法律

自動車損害賠償法や製造物責任者法等、前記(1)～(6)以外の法律については、関係省庁で検討が進められていることとされているが、現状、主だった改正やガイドライン等の発表はなされていない。

5.2.2. レベル4実現に向けた制度整備の方向性

警察庁では、自動運転に関する制度整備に向け2015年度に調査検討委員会を設置し、遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る制度整備や、自動運転レベル3実現に向けた課題検討、ドライバの存在を前提としないレベル4に相当する自動運転に関するルール の在り方などについて継続して検討を進めている。

令和3年度「自動運転の実現に向けた調査検討委員会」では、2021年12月に検討結果報告書を発表し、限定地域における遠隔監視のみの無人自動運転移動サービスを念頭に、ドライバレスのレベル4に関する交通ルール の在り方等について、検討結果を示すとともに、制度の方向性と継続して検討を進めるべき事項を示した。

具体的には、①自動運転に携わる者に求められる知識や能力の内容やその担保の在り方、②都道府県公安委員会が審査を行う際の自動運行装置の性能について審査を行う国土交通省や地域の共通理解形成時における市町村など関係機関との連携の在り方、③遠隔監視のみの無人自動運転移動サービスが導入された後における住民の意見の反映の在り方、④無人自動運転の運行を緊急停止すべき場合における行政処分の在り方、である。これを受け、限定エリアにおける遠隔無人自動運転の実現に向け、法改正や新たな制度創設などが早ければ2022年度中に進められる予定である。

5.2.3. 貨物自動車運送事業法上の課題

貨物自動車運送事業法は、貨物自動車運送事業の運営を適正かつ合理的なものとするとともに、貨物自動車運送に関するこの法律及びこの法律に基づく措置の遵守等を図るための民間団体等による自主的な活動を促進することにより、貨物自動車運送事業の健全な発達を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的とした法律である。貨物自動車運送事業を営業するにあたり、この法律により一定の基準が定められているが、自動運転 L4 トラックでの営業を想定した場合、現行の法律で課題となる点を以下に示す。

(1) 新規参入の基準

貨物自動車運送事業への新規参入にあたっての基準となる項目は以下のとおりである。

① 営業所	② 車両数	③ 事業用自動車
④ 車庫	⑤ 休憩・睡眠施設	⑥ 運行管理体制
⑦ 点検及び整備管理体制	⑧ 資金計画	⑨ 法令遵守
⑩ 損害賠償能力	⑪ 欠格事由	

出典）貨物自動車運送事業法ハンドブック（2021.3、全日本トラック協会）

図 5-1 新規参入の基準

新規参入する者は、この項目にそった事業計画を立て、国土交通大臣に申請を行い、許可を得ることが必要となる。このうち、⑤休憩・睡眠施設、⑥運行管理体制が将来的にドライバ無人の貨物自動車運送事業を想定した場合に課題となる可能性がある。

(2) 休憩・睡眠施設

現行法では、トラックの安全運行の確保のために、ドライバのための適切な休憩・睡眠施設を備えることが必要となっている。将来的にドライバ無人の貨物自動車運送事業を想定した場合、不必要な施設となる。

(3) 運行管理体制

現行法では、トラック運送事業における安全性の確保等適切な運営を基礎づけるために、事業者の運行管理体制について基準を定めているが、そのうち、運転者については、車両数およびその他の事業計画に応じた適切な員数の運転者を常に確保することとされており、将来的にドライバ無人の貨物自動車運送事業を想定した場合、車両数との兼ね合いや、場合によっては不必要な対応となる。

(4) その他（点呼等の義務）

一般貨物自動車運送事業者は、運行上やむを得ない場合を除き、対面点呼又は「IT点呼」による点呼が必要とされており、点呼の記録を1年間保存することとなっている。これについても、将来的にドライバ無人の貨物自動車運送事業を想定した場合、誰を対象に点呼を行うべきか、あるいは不要とするか、対応を検討する必要がある。

【記録する項目】

1. 乗務前点呼

- (1) 点呼執行者名
- (2) 運転者名
- (3) 運転者の乗務に係る事業用自動車の自動車登録番号又は識別できる記号、番号等
- (4) 点呼日時
- (5) 点呼方法
 - イ. アルコール検知器の使用の有無
 - ロ. 対面でない場合は具体的方法
- (6) 酒気帯びの有無
- (7) 運転者の疾病、疲労、睡眠不足等の状況
- (8) 日常点検の状況
- (9) 指示事項
- (10) その他必要な事項

2. 乗務後点呼

- (1) 点呼執行者名
- (2) 運転者名
- (3) 運転者の乗務に係る事業用自動車の自動車登録番号又は識別できる記号、番号等
- (4) 点呼日時
- (5) 点呼方法
 - イ. アルコール検知器の使用の有無
 - ロ. 対面でない場合は具体的方法

出典）貨物自動車運送事業法ハンドブック（2021.3、全日本トラック協会）

図 5-2 乗務員点呼で記録する項目

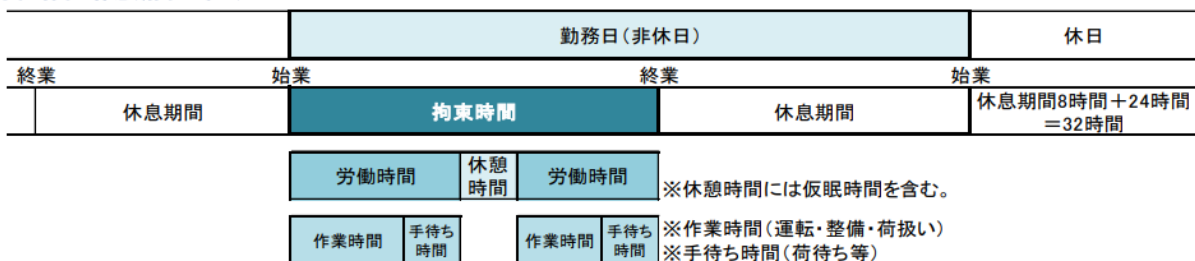
5.2.4. 労働基準法上の課題

「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」（改善基準告示）は、バス、トラック、タクシーなどの自動車運転者について、労働時間等の労働条件の向上を図るため、その業務の特性から、すべての産業に適用される労働基準法では規制が難しい拘束時間（始業時刻から終業時刻までの時間（休憩時間を含む。）、休息期間（勤務と次の勤務の間の自由な時間）、運転時間等の基準を、2019 年に大臣告示として制定されている。

自動運転 L4 トラックの自動走行中は、自動走行システムが責任を持つことから、この間のドライバの拘束時間の取扱いについての課題がある。

■トラックドライバーの労働時間等のルールの概要

●拘束時間と休息期間の考え方



●改善基準告示の概要

1. 拘束時間（始業から終業までの時間）

- ・ 1 日 原則 13 時間以内（最大 16 時間）
- ・ 15 時間超えは 1 週間 2 回以内
- ・ 1 か月 293 時間以内

※ 労使協定があるときは、1 年のうち 6 か月までは、1 年間についての拘束時間が 3,516 時間を超えない範囲内において 1 か月 320 時間まで延長可

※ 2 人乗務の場合、隔日勤務の場合、フェリーに乗船する場合に特例あり（16 時間を超える拘束時間も可）

2. 休息期間（勤務と勤務の間の自由な時間）

- ・ 継続 8 時間以上

※ 2 人乗務の場合、隔日勤務の場合、フェリーに乗船する場合に特例あり

3. 運転時間

- ・ 2 日平均で 1 日 9 時間以内
- ・ 2 週間平均で 1 週間 44 時間以内

4. 連続運転時間

- ・ 4 時間以内（連続運転時間は、1 回が連続 10 分以上かつ合計が 30 分以上の運転の中断をすることなく連続して運転する時間）

5. 休日労働

- ・ 2 週に 1 回以内、かつ 1 か月及び拘束時間及び最大拘束時間の範囲内

●労働基準法による休日の取得

- ・ 毎週少なくとも 1 日の休日か、4 週間を通じて 4 日以上の日を与えなければならない

2

出典）国土交通省中国運輸局資料

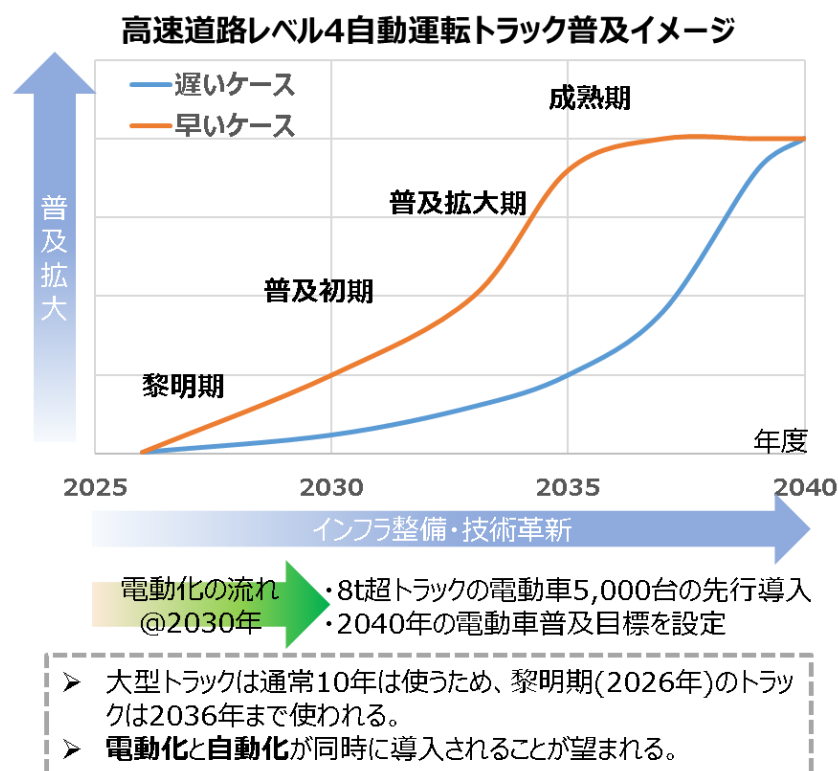
図 5-3 現行法でのトラックドライバの労働時間の考え方

6. まとめ

- 世界的な脱炭素の潮流の中で、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、トラックドライバ不足の問題が既に顕在化する中、コロナ後の新常态下にて、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おり、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、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 2025 年以降に高速道路でのレベル 4 自動運転トラックやそれを活用した隊列走行の実現を目標としており、技術開発や実証実験にとどまらず、社会実装を目指した取り組みのため、物流事業者のニーズを踏まえた事業モデル検討、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。
- 令和 3 年度の事業推進により、社会実装に向けて、今後検討すべき項目が明らかとなったところ。主に事業モデル検討において、全国 15 事業者のヒアリング等を通じて、以下の認識が得られた：
 - 高速道路でのレベル 4 自動運転トラックによる幹線輸送自動化の社会実装を目指す中で、事業者からは「運転手不足への対応」、「輸送安全性の確保」に対するニーズが高いこと。また、無人自動運転により休憩時間が無くなり、運行時間の短縮・輸送の効率化にもつながるとの認識であった。
 - 高速道路直結型の共有ターミナル等を活用した事業・走行モデル等も期待される一方で、レベル 4 トラックの本線走行における安全性を事業者自身で確認したいとの意向も踏まえ、中継エリアの整備等が行われるまでの間、事業・走行モデル A（車内有人でのレベル 4 自動運転）の開始が有効との認識が示された。
- 他方で、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：
 - 2025 年に実現可能な自動運転技術レベルを見据え、大型車の自律自動運転システムでは対応が難しい（技術的・コスト的）と考えられるリスク回避について、インフラ等の車両外からの支援や制度整備等に関する早期の検討が必要。
 - また、高速道路でのレベル 4 自動運転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に向けた方策について検討が必要。
- なお、車両外からの支援については、大型車の特性および車両の技術開発状況の前提を踏まえ、2025 年までに解決不可能と考えられる課題を明確にした上で、車両と車両外の支援との役割分担を明確化することが必要であり、その手法の妥当性（他の高速道路利用者への影響等）その手法の実現性（解決すべき問題、コスト、規制等）にも留意して検討する必要がある。

- 上記を踏まえ、レベル4自動運転トラックによる幹線輸送の社会実装には、技術革新・事業性・社会受容性・インフラ・制度整備の進捗に応じた実装ステップと普及シナリオに基づく段階的な取組が必要であり、それには脱炭素化に向けた車両の電動化の導入時期も考慮した車両購入サイクル等も留意する必要がある。

図 6-1 高速道レベル4トラック普及イメージの案



7. 委員会運営

事業の推進にあたり、検討事項に応じて委員会及びWG等の体制を構築し、検討を実施した。

以下に、実施状況を整理した。

7.1. 分科会

表 7-1 会議一覧（分科会）

開催日	会議名	内容
2021年12月21日	第1回	・ 事業進捗報告と議論

7.2. 事業モデル検討WG

表 7-2 会議一覧（事業モデル検討 WG）

開催日	会議名	内容
2021 年 10 月 26 日	第 1 回	・ 事業者ヒアリング結果取りまとめ ・ 事業・走行モデル案について ・ 事業化に向けて必要な検討項目に関する議論
2021 年 12 月 15 日	第 2 回	・ 事業化に向けて必要な検討項目に関する議論
2022 年 2 月 7 日	第 3 回	・ 事業化に向けて必要な検討項目に関する議論 ・ 事業採算性試算に関する議論
2022 年 3 月 15 日	第 4 回	・ 事業採算性試算に関する議論 ・ 成果と課題の取りまとめ

7.3. 走行環境・運行条件検討 WG

表 7-3 会議一覧（走行環境・運行条件検討 WG）

開催日	会議名	内容
2021 年 9 月 14 日	第 1 回	・ 事業者ヒアリング状況について ・ 今年度実施計画について ・ ユースケースの洗い出しとリスク回避策の検討 ・ 標準評価車両開発項目と制作スケジュールについて
2021 年 10 月 4 日	第 2 回	・ リスク回避策一次取りまとめ案 ・ 標準評価車両製作スケジュールについて ・ 物流事業者ヒアリング調査中間報告
2021 年 10 月 28 日	第 3 回	・ 事業モデル検討 WG の状況共有 ・ L4 トラックの社会実装に向けたステップについて ・ リスク回避策の深堀検討 ・ 標準評価車両製作進捗状況について
2021 年 11 月 16 日	第 4 回	・ リスク回避策の評価方法について ・ L4 トラックの社会実装ステップと普及シナリオについて ・ 標準評価車両製作進捗状況について
2021 年 12 月 9 日	第 5 回	・ 事業モデル検討 WG の状況共有 ・ 自動運転トラック基本機能ガイドライン（仮称）策定について ・ ドライビングシミュレータ実験進捗報告
2022 年 1 月 7 日	第 6 回	・ リスク回避策の各テーマ深堀り検討
2022 年 1 月 25 日	第 7 回	・ 来年度実施事項の検討について ・ L4 トラックの社会実装ステップと普及シナリオについて

2022 年 2 月 3 日	第 8 回	・ 本年度成果と課題の取りまとめ
2022 年 3 月 1 日	第 9 回	・ 本年度成果と課題の取りまとめ
2022 年 3 月 28 日	第 10 回	・ 本年度成果と課題の取りまとめ

7.3.1. 走行環境・運行条件検討 SWG

表 7-4 会議一覧（走行環境・運行条件検討 SWG）

開催日	会議名	内容
2021 年 12 月 6 日	第 1 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：中継エリア ・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：緊急退避
2021 年 12 月 13 日	第 2 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：先読み情報
2021 年 12 月 16 日	第 3 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：合流支援
2021 年 12 月 20 日	第 4 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：中継エリア
2021 年 12 月 21 日	第 5 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：緊急退避 ・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：先読み情報
2022 年 1 月 13 日	第 6 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：緊急退避 ・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：先読み情報
2022 年 1 月 14 日	第 7 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：合流支援 ・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：中継エリア
2022 年 1 月 24 日	第 8 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：先読み情報
2022 年 1 月 27 日	第 9 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：緊急退避
2022 年 1 月 28 日	第 10 回	・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：合流支援 ・ リスク回避策テーマ別深掘り議論：中継エリア ・ 本年度成果と課題の取りまとめ

7.4. 車両・システム開発 WG

表 7-5 会議一覧（車両・システム開発 WG）

開催日	会議名	内容
2021 年 12 月 9 日	第 1 回	・ 標準評価車両のデザインレビュー
2022 年 1 月 7 日	第 2 回	・ 標準評価車両のデザインレビュー ・ 標準評価車両のテストコース実証実験について
2022 年 1 月 25 日	第 3 回	・ 標準評価車両製作状況と実証実験について
2022 年 2 月 3 日	第 4 回	・ 標準評価車両のテストコース実証実験について
2022 年 3 月 1 日	第 5 回	・ 標準評価車両のテストコース実証実験について

参考文献

- ・ 自動運転車の安全技術ガイドライン、平成 30 年 9 月、国土交通省自動車局
- ・ Revised Framework document on automated/autonomous vehicles, ECE/TRANS/WP.29/2019/34/Rev.1, 3 September 2019
- ・ FDAV Brochure - Update Clean Version, UNECE WP.29, November 2021
- ・ New Assessment/Test Method for Automated Driving (NATM) Master Document (Final Draft), GRVA-09-07, 9th GRVA, 1-5 February 2021
- ・ Proposal for Guidelines and Recommendations concerning Safety Requirements for Automated Driving Systems, WP.29-186-08, 186th WP.29, 8-11 March 2022
- ・ Proposal for a second iteration of the New Assessment/Test Method for Automated Driving - Master Document, WP.29-186-09, 186th WP.29, 8-11 March 2022
- ・ 令和 3 年度 自動運転の実現に向けた調査検討委員会検討結果報告書、令和 3 年 12 月、令和 3 年度警察庁委託調査研究
- ・ S. F. Faas et al., External HMI for self-driving vehicles: Which information shall be displayed?, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 68, 171-186 (2020).
- ・ A. Schieben et al., Designing the interaction of automated vehicles with other traffic participants: Design considerations based on human needs and expectations. Cognition, Technology and Work, 21, 69-85 (2019).
- ・ N. M'etayer, S. Coeugnet, Improving the experience in the pedestrian's interaction with an autonomous vehicle: An ergonomic comparison of external HMI, Applied Ergonomics, 96, 103478 (2021)
- ・ T. Fuest et al., Effects of Marking Automated Vehicles on Human Drivers on Highways, Information, 11, 6, 286 (2020).
- ・ 国土交通省、自動運行装置の保安基準等の概要（省令・告示等）<https://www.mlit.go.jp/common/001338328.pdf>
- ・ JIS 安全色 JIS Z 9103:2018 「図記号—安全色及び安全標識—安全色の色度座標の範囲及び測定方法」
- ・ J. Gwak et al, Effects of Traffic-related Environmental Factors on Acceptability and Safety of Truck Platooning for Peripheral Drivers: A Simulator Study, FAST-zero2021, 2021.

－ 無断転載禁止 －

経 済 産 業 省 委 託

令和３年度「無人自動運転等の先進 MaaS 実装加速化推進事業（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 4 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