

ISSN 1346-7328

国総研資料第1270号

令和6年1月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1270

January 2024

自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する 共同研究報告書

中川敏正・井坪慎二・関谷浩孝

Joint Research and Development Report on Automated Driving through
Collaboration between Automated Driving Vehicles and Roads

Nakagawa Toshimasa, Itsubo Shinji, Sekiya Hirotaka

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究報告書

中川敏正* 井坪慎二** 関谷浩孝***

Joint Research and Development Report on Automated Driving through Collaboration between Automated Driving Vehicles and Roads

NAKAGAWA Toshimasa*, ITSUBO Shinji**, SEKIYA Hiroataka***

概要

本資料は、令和3年11月から令和6年3月に実施した「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究」の成果を報告するものである。本共同研究では、自車位置特定補助情報について、車線維持支援システムの作動の観点から、区画線の剥離率に関する要件案を作成した。また、先読み情報について、ユースケースの選定とサービスの要件定義案を作成した。

キーワード：自動運転、車線維持支援システム、区画線、先読み情報

Synopsis

This document reports the results of "Joint Research and Development for Automated Driving through Collaboration between Automated Driving Vehicles and Roads", which was conducted from November 2021 to March 2024. In this research, regarding localizing support information, a draft requirement on a faint level of lane markings was created from the perspective of a reliable operation of lane keeping assist. Also, regarding look-ahead information, some use cases were selected and a draft requirement definition on look-ahead information was created.

Key Words : automated driving, lane keeping assist, lane marking, look-ahead information

-
- | | |
|--|---|
| * 高度道路交通システム研究室 主任研究官
(在籍期間：2021.11～2024.2) | Senior Researcher, Intelligent Transport Systems Division |
| ** 高度道路交通システム研究室長
(在籍期間：2022.4～2023.11) | Head, Intelligent Transport Systems Division |
| *** 高度道路交通システム研究室長
(在籍期間：2021.11～2022.3、2023.11～2024.2) | Head, Intelligent Transport Systems Division |

- 目次 -

1. はじめに	- 1 -
2. 共同研究の枠組み	- 2 -
2.1. 本共同研究の位置付け	- 2 -
2.2. 本共同研究の目的.....	- 3 -
2.3. 共同研究の内容	- 8 -
2.3.1. 自車位置特定補助情報.....	- 8 -
2.3.2. 先読み情報.....	- 8 -
2.4. 共同研究の全体工程.....	- 9 -
2.5. 共同研究者一覧	- 10 -
2.6. 共同研究の体制	- 11 -
2.7. 共同研究の活動概要.....	- 12 -
3. 自車位置特定補助情報	- 14 -
3.1. 成果の概要.....	- 14 -
3.1.1. 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析	- 14 -
3.1.2. 区画線の剥離率に関する基礎実験の実施.....	- 14 -
3.1.3. 区画線の剥離率に関する要件案の作成	- 14 -
3.1.4. 路面表示の設置方法に関する調査	- 14 -
3.2. 成果の詳細.....	- 15 -
3.2.1. 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析	- 15 -
3.2.2. 区画線の剥離率に関する基礎実験の実施.....	- 20 -
3.2.3. 区画線の剥離率に関する要件案の作成	- 33 -
3.2.4. 路面表示の設置方法に関する調査	- 38 -
4. 先読み情報	- 40 -
4.1. 成果の概要.....	- 40 -
4.1.1. 先読み情報のユースケースの選定と課題の整理.....	- 40 -
4.1.2. 気象関連の路側センサと規制の現状の整理.....	- 40 -
4.1.3. 車線別規制情報の提供の提案.....	- 40 -
4.1.4. ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析	- 40 -
4.2. 成果の詳細.....	- 41 -
4.2.1. 先読み情報のユースケースの選定と課題の整理.....	- 41 -
4.2.2. 気象関連の路側センサと規制の現状の整理.....	- 47 -
4.2.3. 車線別規制情報の提供の提案.....	- 48 -
4.2.4. ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析	- 52 -
5. 開示した研究成果	- 59 -

付属資料

- 付属資料 1 区画線の剥離率に関する要件案
- 付属資料 2 先読み情報提供サービスの要件定義案（工事規制情報）
- 付属資料 3 先読み情報提供サービスの要件定義案（出口渋滞情報）

1. はじめに

交通事故はヒューマンエラーがその原因の大半であり、疲労も無くエラーが少ない自動運転は、交通事故の削減に大きく寄与すると期待されている。また、追従の反応時間も低減することから、渋滞緩和、環境負荷低減等に資するものと考えられている。このため、近年、自動運転はドライバーが監視・責任主体であるレベル2以下の自動運転を中心に急速に普及している。また、自動運転の高度化に向けて、官民を挙げた取組が進められており、特に高速道路の自動運転については、2025年目途にレベル4実現という政府目標を掲げ、官民を挙げて活発な取組がなされている。

一方で、自動運転の高度化に向けては、課題も指摘されている。まず、運転支援システムの一つである車線維持支援システム（lane keeping assist：以下「LKA」という。）は、区画線がかすれている場合は作動しない可能性がある。また、自動運転車は車両単独では周囲の交通状況を把握できない箇所や通行障害となる事物の存在する箇所では、余裕を持った車線変更や速度調整を行うことは困難であり、安全・円滑な自動走行を継続することができない。このような箇所において安全・円滑な自動運転を実現するには、区画線が一定水準以上で維持管理され、また、通信を用いて工事規制等の道路前方の情報（以下「先読み情報」という。）をあらかじめ取得し、当該情報に基づいて余裕を持った車両制御を行うことが必要となる。

このため、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、高速道路での安全で円滑な自動運転を実現するうえでの課題を道路との連携により解決することを目的として、2021年11月から2024年3月まで「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究（以下「本共同研究」という。）」を実施した。

本資料は、本共同研究の成果を取り纏めて報告するものである。本資料が、自動運転の普及拡大に寄与し、安全・安心な道路交通社会の実現につながれば幸いである。

2. 共同研究の枠組み

2. 共同研究の枠組み

2.1. 本共同研究の位置付け

国総研では、路車協調 ITS に関する官民共同研究を 2012 年 9 月から 2023 年 3 月まで実施した。このうち、2018 年 1 月から 2023 年 3 月にかけて実施した次世代の協調 ITS の実用化に向けた技術開発に関する共同研究（以下「路車協調 ITS に関する共同研究」という。）では、路車協調による自動運転の実現に向けて、高速道路での自動運転にとって特に障害となる箇所（合流部、分流部、料金所など）を対象とした情報提供の仕組み（システム）について研究開発を行った。

一方で、本共同研究は、高速道路本線での自動運転の継続のために不可欠となる区画線や道路前方の情報（工事情報、気象情報など）を主な対象とした研究開発であり、この点で路車協調 ITS に関する共同研究とは位置付けが異なるものである。

2.2. 本共同研究の目的

本共同研究は、以下の二点の研究を行うことを目的とした。また、本共同研究の共同研究者については、記者発表を通じて広く公募を行った（図 2-1～図 2-4）。

(1) 自車位置特定補助情報に関する研究

自動運転車の自車位置（横断方向）の特定を補助する観点から、LKA が作動可能な区画線の剥離率を把握し、区画線の剥離率に関する要件案を作成する。

(2) 先読み情報に関する研究

先読み情報を車両に提供することで自動運転の継続を支援する観点から、先読み情報のユースケースと自動運転に課題となる事象を整理する。また、先読み情報の現状の情報ソースを把握するため、高速道路での気象関連の路側センサと規制の現状を整理する。さらに道路管理者が使用している車線の名称（以下「車線種別」という。）を整理し、車線別規制情報の表現案を提案する。また、高速道路本線の交通事故等を対象として、ETC2.0 プローブ情報を用いた事象の検知可能性を分析する。

2. 共同研究の枠組み



国土交通省
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Press Release



資料配布の場所

1. 国土交通記者会
2. 国土交通省建設専門紙記者会
3. 国土交通省交通運輸記者会

令和3年8月6日同時配布

同時発表：国土交通省

令和3年8月6日
国土技術政策総合研究所

自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する研究の 共同研究者を公募します

令和2年11月、世界初の自動運転レベル3の型式指定がされ、令和3年3月より市場投入が実現されました。また、新車販売台数に占めるACC(Adaptive Cruise Control)搭載車両の割合は7割を超えるなど、先進安全技術の普及が進んでいます。

これらの機能がより多くの場面で発揮されることで、交通事故や渋滞の削減、ドライバーの負担軽減など、道路利用者の安全・安心が確保されることが期待されます。

このため、国土技術政策総合研究所は、自動運転の普及拡大に向け、自車位置特定に必要な区画線の要件案(管理目安など)や、車両センサでは収集が困難な道路前方の状況(トンネル出口など)の情報提供手法についての共同研究者を公募します。

1. 研究内容等

別添資料「共同研究」の公募要領のとおり

2. 募集期間

令和3年8月6日(金)から令和3年9月10日(金)まで

3. 提案様式、提出方法

詳細は下記 URL を参照ください。国土技術政策総合研究所ホームページ：
<http://www.nilim.go.jp/lab/bbq/kyoudou/index.html>

(道路の自動運転施策に関する問い合わせ先)
国土交通省道路局
道路交通管理課 高度道路交通システム推進室 堀、成島
TEL: 03-5253-6464、FAX: 03-5253-1617

(共同研究の手続きに関する問い合わせ先)
国土交通省国土技術政策総合研究所
企画部 企画課 尾崎、湯浅、大河内
TEL: 029-864-2674、FAX: 029-864-1527、E-mail: nil-kikaku-kyoudoukenkyu@gxb.mlit.go.jp

(共同研究の研究内容に関する問い合わせ先)
国土交通省国土技術政策総合研究所
道路交通研究部 高度道路交通システム研究室 中川
TEL: 029-864-7539、FAX: 029-864-0178、E-mail: nil-itsd@mlit.go.jp

図 2-1 共同研究公募に関する記者発表資料 (1/4)

別添資料

共同研究の公募要領

共同研究の名称

自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究

担当研究室

道路交通研究部 高度道路交通システム研究室

実施期間

協定締結後（令和3年10月予定）～令和6年3月31日

共同研究の目的

2021年には世界初の自動運転レベル3の車両が販売されるなど、「2030年までに世界一安全で円滑な道路交通社会を構築・維持することを目指す」といった政府目標（官民ITS構想ロードマップ2020）の実現に向けて官民連携して取り組みを進めている。一方、白線が適切に整備されていない区間や、前方の状況が不明確な区間（トンネル出口など）では自動運転を継続できないという課題が指摘されている。

このため本研究では、主に高速道路での安全で円滑な自動運転を実現する上での課題を道路との連携により解決することを目的に下記の研究を行う。

共同研究の項目

A 自車位置特定補助情報に関する研究

自動運転車の自車位置（横断方向）特定を補助する観点から、区画線や路面標示の要件案の作成、実証実験による検証等を行う。

B 先読み情報に関する研究

車両単独では検知できない前方の状況（先読み情報）を車両に提供することで自動運転の継続を支援するという観点から、対象とするユースケースの特定、各ユースケースにおいて収集・提供する情報項目の特定、情報収集・提供フォーマット案及び情報収集・提供システム仕様案の作成、実証実験によるフォーマット案及びシステム仕様案の検証等を行う。

図 2-2 共同研究公募に関する記者資料（2/4）

2. 共同研究の枠組み

研究の分担						
研究項目	研究細目	研究分担		年次計画		
		国総研	共同研究者	令和3年度	令和4年度	令和5年度
A	区画線などの実態調査・分析	◎	—	→		
	区画線や路面標示の要件案の作成	◎	○		→	
	実証実験による上記要件案の検証	◎	◎			→
B	ユースケースの特定	○	◎	→		
	収集・提供する情報項目の特定	○	◎		→	
	情報収集・提供フォーマット案の作成	○	◎		→	→
	情報収集・提供システム仕様案の作成	◎	○		→	→
	実証実験による上記フォーマット案及びシステム仕様案の検証	◎	◎			→

凡例（研究分担）
◎：該当する研究細目を主として分担
○：該当する研究細目を従として分担
—：該当する研究細目を分担しない
共同研究者は、◎または○を付した項目のうち、専門性の高い項目を主または従として分担する。

図 2-3 共同研究公募に関する記者発表資料（3/4）

参加条件

共同研究者（公募）は、以下①～⑤の条件を全て満たすものとします。

- ① 日本国内に研究開発拠点を有し、かつ以下のいずれかを国内において実施した実績を有すること。
 - I. 車両の自動運転、制御に関する開発の実績
 - II. 車両の安全設計に関する実績
 - III. ドライバインターフェースに関する開発、設計の実績
 - IV. 高速道路における車両挙動分析の実績
 - V. カメラなど画像センサおよび画像処理に関する開発の実績
 - VI. 道路環境（路面状態、路面温度、雨量、風向風速など）を計測する路側センサの開発・製造の実績
 - VII. 道路環境に関するデータの処理、集計に関する実績
 - VIII. 道路環境に関するデータの時系列解析や現象推定に関する開発の実績
 - IX. 道路環境の把握など道路管理の実績
 - X. 道路交通関連の情報提供システムの開発の実績
- ② 本共同研究を実施できる体制を確保できること。
- ③ 本共同研究に必要な費用を分担できること。
- ④ 日本語でのコミュニケーションを容易に行うことができること。
- ⑤ 日本国内での自動運転の実現に向けて貢献する意向があること。

(ヒアリング)

web 会議によるヒアリングを実施します。具体的な日時は、募集期間終了後に通知します。

注意事項

本共同研究において、各者で実施する研究に係る費用については、各者で負担していただきます。（国総研から共同研究者に対し、費用を支払うことはできません。）共同研究者は、本共同研究における国総研の研究分担に係わる請負業務への競争参加資格はなくなります。

問い合わせ先

（共同研究の手続き）

国土交通省国土技術政策総合研究所
企画部企画課 尾崎、湯浅、大河内
TEL : 029-864-2674 / FAX : 029-864-1527
E-mail : nil-kikaku-kyoudoukenkyu@gxb.mlit.go.jp

（共同研究の内容）

国土交通省国土技術政策総合研究所
道路交通研究部高度道路交通システム研究室 中川
TEL : 029-864-7539 / FAX : 029-864-0178
E-mail : nil-itsd@mlit.go.jp

図 2-4 共同研究公募に関する記者発表資料（4/4）

2. 共同研究の枠組み

2.3. 共同研究の内容

2.3.1. 自車位置特定補助情報

区画線について、実道での区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係进行分析し、車載カメラが検知可能な区画線の剥離率の目安を把握した。車載カメラによる区画線の検知は、LKA の作動のベースである。次に上記の剥離率の目安を踏まえて、試験走路に剥離した区画線を再現し、区画線の剥離率と LKA の作動状況との関係を把握するための実験を実施し、LKA が 100% 作動可能な剥離率の下限値（閾値）を把握した。さらに試験走路での実験結果をもとに、区画線の剥離率に関する要件案を作成した。

また、路面表示について、「減速を促す路面表示（導流レーンマークを含む）」を対象として、道路管理者による設置方法の調査を行った。

2.3.2. 先読み情報

先読み情報のユースケースについて、本共同研究で対象とするユースケース（3 つ）を選定した。その後、各ユースケースについて、自動運転で課題となる具体的な事象（工事規制等）を選定し、現状の課題と対応の方向性を整理した。また、高速道路での気象関連の路側センサと規制の現状について、「霧」、「雨」、「横風」等を対象として整理した。さらに道路管理者による工事規制情報の管理・提供状況を整理し、工事規制に係る車線種別の表現案を提案した。また、「工事規制情報」と「出口渋滞情報」を対象として、現状の課題と対応の方向性を整理のために先読み情報提供サービスの要件定義案を取りまとめた。

2.4. 共同研究の全体工程

本共同研究の全体工程は、以下の通りである（表 2-1）。

まず、全体会合では、2021 年度に共同研究全体の方針を決定した。

自車位置特定補助情報 WG では、2021 年度に実道での区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係を分析した。2022 年度には、試験走路にて区画線の剥離率に関する基礎実験を実施した。2023 年度には、区画線の剥離率に関する要件案を作成した。

先読み情報 WG では、2021 年度に先読み情報のユースケースの選定と課題の抽出を行った。2022 年度には、気象関連の路側センサと規制の現状を整理した。2023 年度には、車線別規制情報の提供を提案するとともに、ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性を分析した。

表 2-1 共同研究の全体工程

会議名・研究項目		2021 年度		2022 年度		2023 年度	
		2H	1H	2H	1H	2H	
全体会合	共同研究全体の方針の決定						
自車位置特定補助情報 WG	区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析						
	区画線の剥離率に関する基礎実験の実施						
	区画線の剥離率に関する要件案の作成						
先読み情報 WG	先読み情報のユースケースの選定と課題の抽出						
	気象関連の路側センサと規制の現状の整理						
	車線別規制情報の提供の提案						
	ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析						

2. 共同研究の枠組み

2.5. 共同研究者一覧

本共同研究は、国総研が主催し、以下の 27 社（29 団体）の共同研究者の協力を得て実施した。また、本共同研究の内容に関連する事業者について、全ての共同研究者の承諾を得たうえで、オブザーバーとして会議に参加した。

（共同研究者）

- ・ トヨタ自動車株式会社、ウーブン・バイ・トヨタ株式会社
- ・ 本田技研工業株式会社
- ・ 日産自動車株式会社
- ・ 首都高速道路株式会社
- ・ 阪神高速道路株式会社
- ・ 東日本高速道路株式会社
- ・ 中日本高速道路株式会社
- ・ 西日本高速道路株式会社
- ・ 株式会社高速道路総合技術研究所
- ・ 沖電気工業株式会社
- ・ 株式会社日立製作所
- ・ 東芝インフラシステムズ株式会社
- ・ 三菱重工機械システム株式会社
- ・ 三菱電機株式会社
- ・ オムロンソーシアルソリューションズ株式会社
- ・ パナソニック コネクト株式会社 現場ソリューションカンパニー
- ・ 富士通株式会社
- ・ 名古屋電機工業株式会社
- ・ 星和電機株式会社
- ・ JRC モビリティ株式会社
- ・ フォルシアクラリオン・エレクトロニクス株式会社
- ・ 株式会社ゼンリン
- ・ 朝日エティック株式会社
- ・ 日本ライナー株式会社、積水樹脂株式会社
- ・ 公益財団法人日本道路交通情報センター
- ・ 一般財団法人道路交通情報通信システムセンター
- ・ 一般財団法人日本気象協会

（共同研究者名は 2024 年 3 月現在）

2.6. 共同研究の体制

本共同研究では、「全体会合」、「自転車位置特定補助情報 WG」、「先読み情報 WG」の3つの会議を設置した（図 2-5）。全体会議では、共同研究の方向性の決定、共同研究報告書の取り纏めを行った。また、自転車位置特定補助情報 WG 及び先読み情報 WG では、各研究項目について研究を行い、WG としての報告書を取り纏めた。

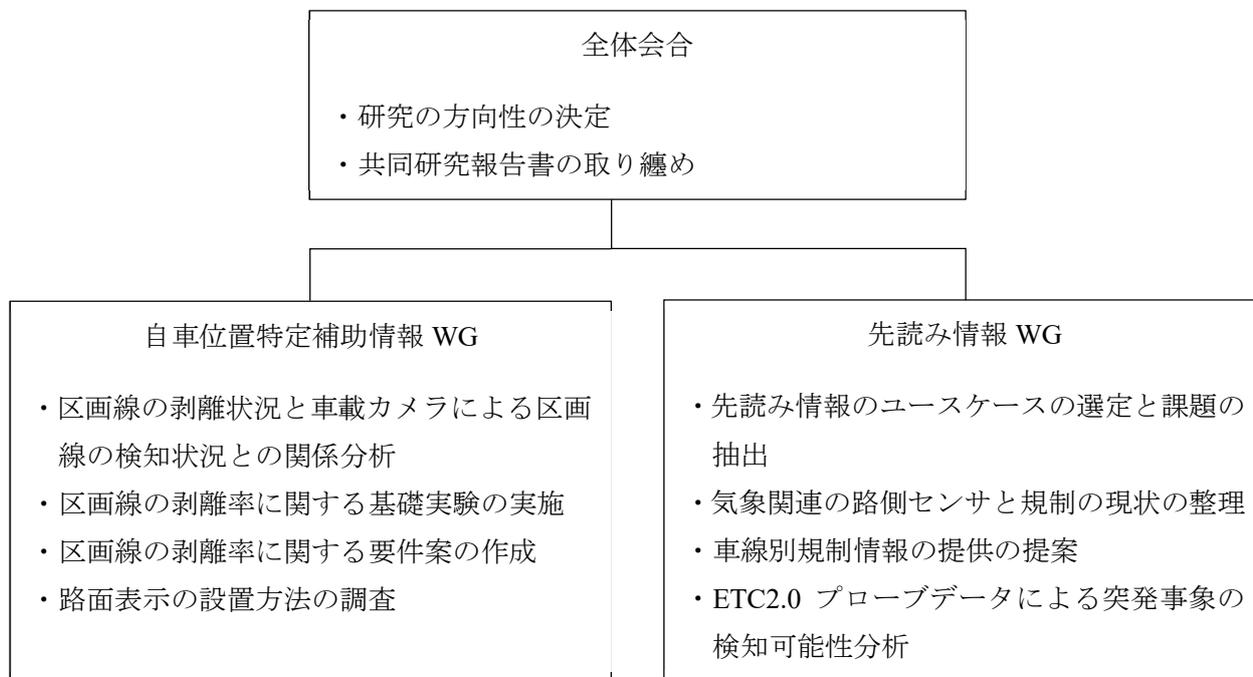


図 2-5 共同研究の体制

2. 共同研究の枠組み

2.7. 共同研究の活動概要

全体会合や各 WG の開催日及び議題は、以下のとおりである（表 2-2）。全体会合は計 1 回、自転車位置特定補助情報 WG は計 7 回、先読み情報 WG は計 8 回開催した。

表 2-2 活動概要

年度	全体会合	自転車位置特定補助情報 WG	先読み情報 WG
2021	<p><u>第 1 回全体会合 (11/18.22)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 共同研究の進め方 共同研究者アンケート（結果報告） 	<p><u>第 1 回 WG (11/29)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 主査・副主査の任命 WG の進め方 区画線の剥離率に関する要件の検討方法 検討対象とする路面表示の候補 <p><u>第 2 回 WG (3/10)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 区画線の剥離状況と車載カメラの区画線の検知状況との関係分析 	<p><u>第 1 回 WG (11/24)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 主査・副主査の任命 WG の進め方 事前アンケート結果（ユースケース） ユースケースの選定の考え方（案）
2022		<p><u>第 3 回 WG (10/4)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 区画線の剥離率に関する事前調査結果 区画線の剥離率に関する基礎実験計画 <p><u>第 4 回 WG (2/27)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 区画線の剥離率に関する基礎実験結果 	<p><u>第 2 回 WG (4/11)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 先読み情報のユースケース <p><u>第 3 回 WG (10/13)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 共同研究で検討する事象及び検討内容（案） サービスの要件定義の項目 <p><u>第 4 回 WG (12/16)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 机上検討経過報告 落下物、事故情報の検討 実証実験の応募状況 研究のアウトプットの方向性 <p><u>第 5 回 WG (3/3)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 机上検討経過報告 実証実験検討経過報告 サービスの要件定義案

2. 共同研究の枠組み

年度	全体会合	自転車位置特定補助情報 WG	先読み情報 WG
2023		<div data-bbox="584 237 962 454" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><u>第5回 WG (7/11)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 区画線の剥離率に関する基礎実験結果（追加分析） ・ 今年度の整理項目と最終成果 ・ 区画線の剥離率に関する要件案（骨子案） ・ 路面表示に関する設置方法の調査結果 </div> <div data-bbox="584 465 962 613" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>第6回 WG (9/28)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ LKAの作動の観点からの剥離率の閾値 ・ 区画線の剥離率に関する要件案（素案） </div> <div data-bbox="584 701 962 792" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>第7回 WG (12/14)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 区画線の剥離率に関する要件案 ・ 共同研究報告書案 </div>	<div data-bbox="991 584 1398 701" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>第6回 WG (11/13)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 机上検討経過報告 ・ 実証実験検討経過報告 ・ サービスの要件定義案 </div> <div data-bbox="991 734 1398 952" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>第7回 WG (12/20)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種検知方法と渋滞末尾検知での課題 ・ 先読み情報提供サービスの要件定義案 ・ ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析 ・ 共同研究報告書 目次案 </div> <div data-bbox="991 985 1398 1144" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><u>第8回 WG (1/19)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各種検知方法と渋滞末尾検知での課題 ・ 先読み情報提供サービスの要件定義案 ・ 共同研究報告書案 </div>

3. 自車位置特定補助情報

3. 自車位置特定補助情報

3.1. 成果の概要

3.1.1. 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析

区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況の関係について、マクロな視点での整理を実施した。具体的には、実道での車載カメラが区画線を検知できない区間（計8箇所）を含めた区間を対象として、区画線の剥離状況（剥離率）を確認し、双方の関係を分析した。

その結果、区画線の剥離率が85%以上の区間が連続して90m以上続く場合、車載カメラによる区画線の検知率が大きく低下する（約6割）ことを確認した。

3.1.2. 区画線の剥離率に関する基礎実験の実施

試験走路において、剥離した区画線を再現し、32パターンの実験ケース（剥離率：4パターン（60%、70%、80%、90%）、車両の走行方向：2パターン（昇順方向、降順方向）、時間帯：2パターン（昼間、夜間）、天候：2パターン（晴、雨））を設定し、LKAが搭載された車両4車種を使用して、区画線の剥離率とLKAの作動状況との関係を調査した。

その結果、LKAの作動・非作動の境目となる剥離率は、「昼間・晴」の場合、昇順方向では実験車両（4車種）のうち3車種で特定可能であり、2車種では77%～79%、1車種では59%～60%となった（実験車両は、表3-8を参照）。

3.1.3. 区画線の剥離率に関する要件案の作成

区画線の剥離率の基礎実験結果を踏まえ、実験車両ごとにLKAが100%作動可能な剥離率の下限値（閾値）を整理し、区画線の剥離率に関する要件案として取り纏めた。区画線の剥離率に関する要件案には、「剥離率の閾値」に加えて、「剥離率の区画線の属性指標としての位置付け」、「剥離率の定義」、「剥離率の計測方法に求められる要件」、「想定するLKA車両」についても併せて整理した。

3.1.4. 路面表示の設置方法に関する調査

路面表示のうち、一定区間連続で設置され、かつ設置数も多い「減速を促す路面表示（導流レーンマークを含む）」を対象に道路管理者による設置方法を確認した。その結果、道路管理者が一定の幅をもった形で設計要領を定めており、かつ警察との協議を通じて路面表示の最終的な形状・寸法を決定するため、実道に設置される路面表示の形状・寸法にはばらつきが生ずることが確認された。

3.2. 成果の詳細

3.2.1. 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析

区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況の関係について、マクロな視点での分析を実施した。

(1) 分析の目的

本共同研究では、LKA が作動可能な区画線の剥離率の閾値に関する知見を得ることを目的としているが、LKA の制御アルゴリズムは車種により異なる。

このため、まずは「区画線の剥離状況」と「LKA の作動条件のベースとなる車載カメラによる区画線の検知状況」との関係进行分析することで、LKA が作動可能となる区画線の剥離率の閾値の目安を把握することを目的とした。

(2) 分析データ

共同研究者が収集した高速道路及び自動車専用道路（約 1,000km）における「区画線の剥離状況」と「車載カメラによる区画線の検知状況」を比較分析した（図 3-1）。

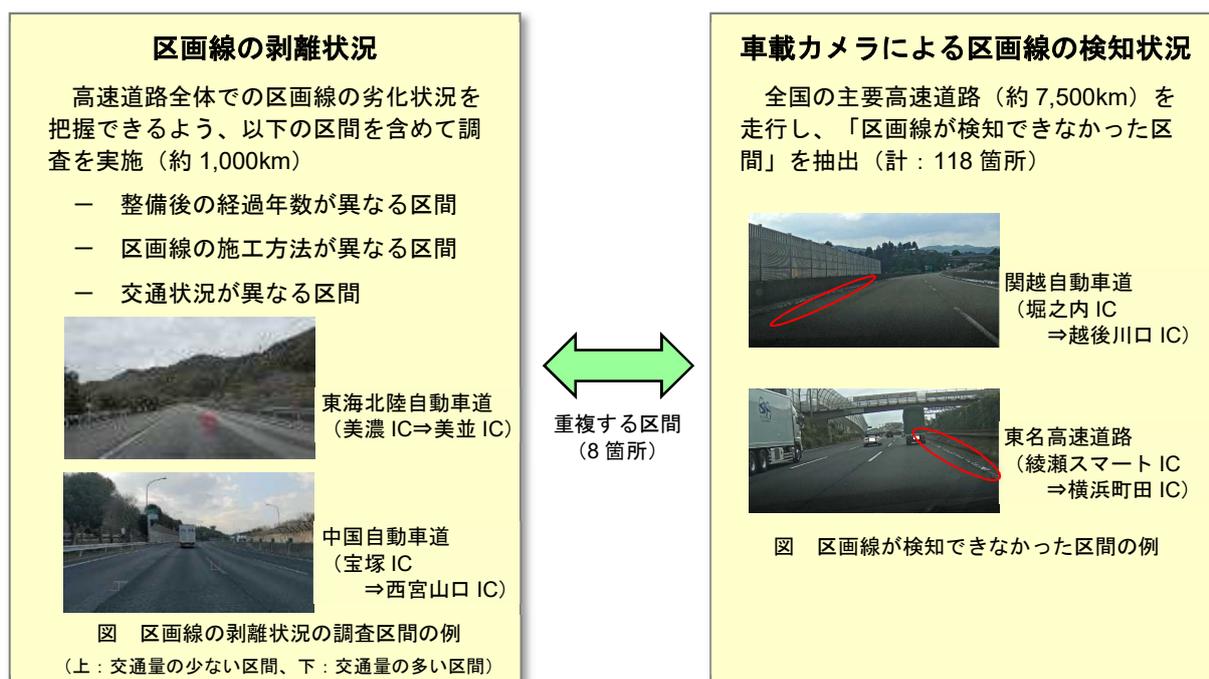


図 3-1 区画線の剥離状況の調査区間と車載カメラが区画線を検知できなかった区間との関係
出典：車載カメラによる区画線の検知状況の写真部分は、本田技研工業株式会社資料をもとに作成

1) 区画線の剥離状況の調査

「剥離率」とは、区画線の設置範囲における剥離部分の面積割合で表される区画線のかすれ具合の指標である。本共同研究では、剥離率は既往技術を用いて計測した（図 3-2、表 3-1）。具体的には、スマートフォンで 30m ごとに撮影した画像を画像判定システムに取り込み、走行した車線の左右の区画線の位置を検出後、各区画線の剥離率を算出した（剥離率は、撮影した画像の前方近傍の区画線の長さ 1m の範囲を対象に算出）。

3. 自車位置特定補助情報

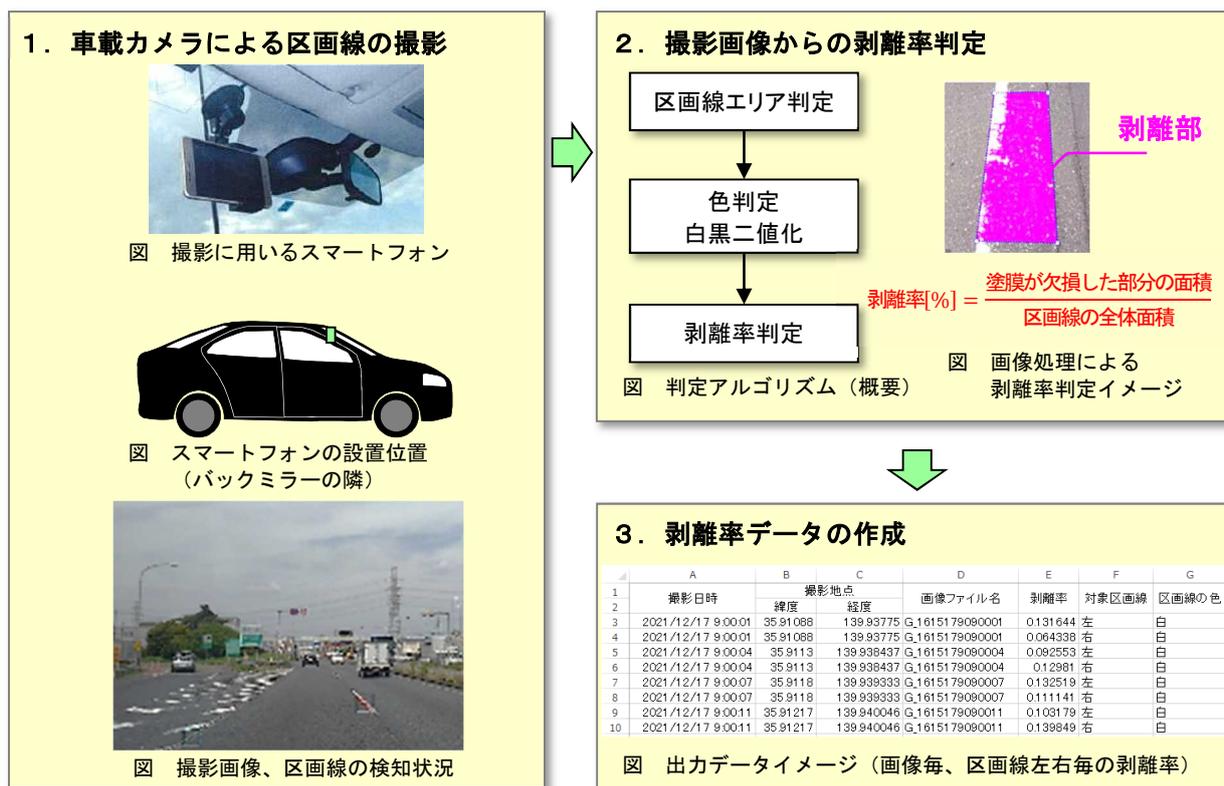


図 3-2 剥離率データの取得手順

表 3-1 区画線の剥離状況の例

剥離率	画像
58%	
80%	

出典：写真部分は、本田技研工業株式会社資料をもとに作成

2) 車載カメラによる区画線の検知状況の確認

全国の主要な高速道路（約 7,500km）のうち、車載カメラで区画線を検知できなかった区間を抽出した（走行時間は昼間）。表 3-2 は、車載カメラが区画線を検知できなかった区間の例である。

表 3-2 車載カメラが区画線を検知できなかった区間の例

No	走行日	緯度	経度	路線名と JCT・IC 名称	区画線の状況
1	2021 年 5 月 29 日	37.142	138.234	北陸自動車道下り 上越 JCT 近辺	第二車線 右白線のかすれ
2	2021 年 5 月 29 日	37.260	138.867	関越自動車道下り 越後川口 SA 近辺	第一車線 左白線のかすれ
3	2021 年 5 月 30 日	37.455	138.790	関越自動車道上り 長岡 IC 近辺	第一車線 左白線のかすれ
4	2021 年 8 月 7 日	35.023	138.446	東名高速道路上り 清水 IC 近辺	第二車線 左破線のかすれ
5	2021 年 8 月 6 日	35.170	137.024	東名高速道路下り 名古屋 IC 近辺	第一車線 左白線のかすれ
6	2021 年 8 月 6 日	36.476	139.898	北関東自動車道上り 宇都宮上三川 IC 近辺	第二車線 右白線のかすれ
7	2021 年 8 月 6 日	36.440	139.760	北関東自動車道上り 栃木都賀 JCT 近辺	第二車線 右白線のかすれ
8	2021 年 8 月 7 日	35.450	139.423	東名高速道路上り 綾瀬スマート IC 近辺	第三車線 右白線のかすれ
9	2021 年 6 月 1 日	35.632	139.049	中央自動車道下り 談合坂スマート IC 近辺	第三車線 左破線のかすれ
10	2021 年 6 月 1 日	35.818	138.394	中央自動車道下り 長坂 IC 近辺	第一車線 左白線のかすれ
11	2021 年 10 月 26 日	36.442	139.776	北関東自動車道上り 栃木都賀 JCT 近辺	第二車線 右白線のかすれ
12	2021 年 10 月 29 日	36.219	139.569	東北自動車道下り 館林 IC 近辺	第二車線 左破線のかすれ

(3) 分析対象区間の選定

分析対象区間は、「区画線の剥離状況の調査区間」と「車載カメラが区画線を検知できなかった区間」が重複する箇所（計 8 箇所）とした（表 3-3）。なお、車載カメラが検知可能な区画線の剥離率の閾値を明確にするため、分析対象区間は、車載カメラが区画線を検知できなかった区間と当該区間の前後区間（検知できた区間）の双方とした。

3. 自車位置特定補助情報

表 3-3 分析対象区間

No	道路（方向）	地点	概要（かすれ箇所）	区間長（m）
1	東北自動車道（上り）	館林 IC 近辺	第 2 車線、右破線	420
2	東北自動車道（上り）	加須 IC 近辺	第 2 車線、左破線	140
3	東北自動車道（上り）	羽生 IC 近辺	第 3 車線、右白線	140
4	中央自動車道（下り）	須玉 IC 近辺	第 1 車線、左白線	90
5	中央自動車道（下り）	境川 PA 近辺	第 2 車線、左白線	90
6	保土ヶ谷バイパス（下り）	新桜ヶ丘 IC 近辺	第 2 車線、左破線	75
7	中央自動車道（下り）	境川 PA 近辺	第 1 車線、左白線	120
8	東北自動車道（上り）	加須 IC 近辺	第 2 車線、左破線	90

※上記の区間は、分析対象区間のうち、車載カメラが区画線を検知できなかった区間である。

(4) 分析結果

1) 分析対象区間における剥離率

分析対象区間（当該区間の前後区間を含む）について、30m 毎の剥離率の統計値（平均値、標準偏差）、頻度分布、及び位置図を整理した（表 3-4）。

表 3-4 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線の検知状況との関係の例
(東北自動車道 上り 館林 IC～羽生 IC の場合)

剥離率	平均値	53.1%	標準偏差	30.0%
剥離率の 頻度分布				
剥離率と 位置図等				
結果	<p>・ 車載カメラが区画線を検知できなかった箇所においては、剥離率が 85%を上回る区画線が連続している。</p>			

出典：写真部分は、本田技研工業株式会社資料をもとに作成

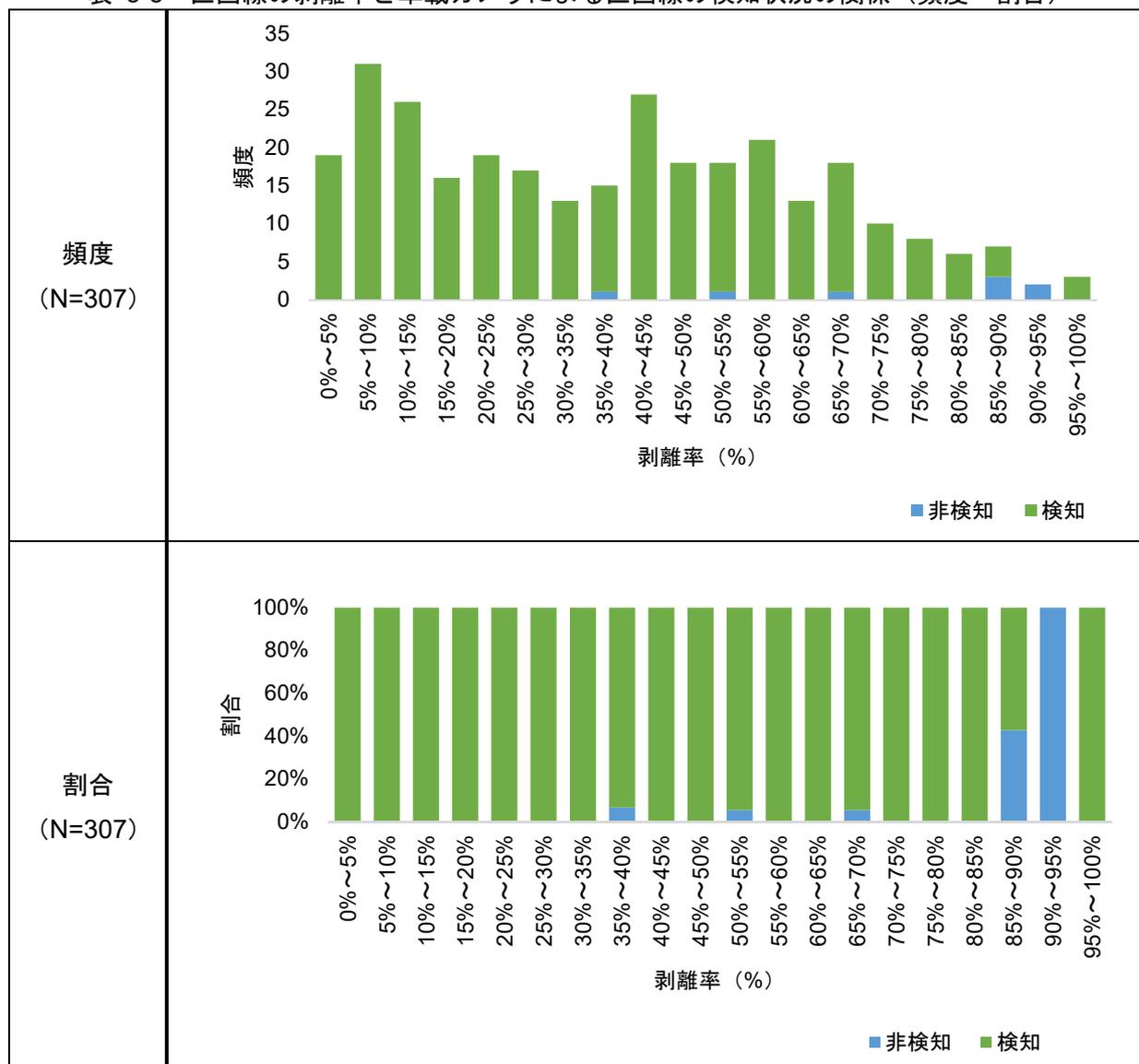
2) 区画線の剥離率と車載カメラによる区画線の検知状況との関係分析

分析対象箇所（計 8 箇所）における「区画線の剥離率」と「車載カメラによる区画線の検知状況」の関係について、表 3-5 に示す。区画線の剥離率が 85%以上の場合、車載カメラが区画線を検知できない割合が大きくなっていることが確認された。

なお、今回の分析対象区間は計 8 箇所にすぎず、サンプル数が十分ではない可能性がある。特に、車載カメラが区画線を検知できない区間のサンプル数が少ないことに留意する必要がある（剥離率 85%以上のサンプル数は 12 件）。

3. 自転車位置特定補助情報

表 3-5 区画線の剥離率と車載カメラによる区画線の検知状況の関係（頻度・割合）



※ 縦軸は、分析対象区間において区画線の剥離率と車載カメラによる区画線の検知状況の両方を有している箇所のサンプル数（割合）である。

3.2.2. 区画線の剥離率に関する基礎実験の実施

試験走路に剥離した区画線を再現し、「区画線の剥離率」と「LKA の作動状況」との関係把握するための実験を行った。

(1) 実験ケースの作成

1) 区画線の目標剥離率に関する実験ケース

3.2.1 の結果より、区画線の剥離率が 85%以上の場合、車載カメラが区画線を検知できない割合が大きくなることが明らかになった。このため、LKA の作動・非作動が切り替わる区画線の剥離率が 85%前後であるとの仮説を設定し、かつ試験走路での剥離率の再現性を考慮して、区画線の目標剥離率に関する実験ケースとして、「60%」、「70%」、「80%」、「90%」の 4 パターンを設定した。

2) 剥離率以外の要因に関する実験ケース

LKA の作動・非作動に影響を与える車両の走行条件について、「時間帯」、「天候」、「走行方向」を設定した。

■ 時間帯

LKA の作動状況は、車載カメラが検知した区画線の情報をもとに行われるため、走行時の周囲の明るさに影響される。共同研究者からは、LKA の作動状況について夜間での検証の必要性や夜間における道路照明の影響について指摘があったため、時間帯に関する実験ケースとして、「昼間」と「夜間」の2パターンを設定した。

■ 天候

雨天時には、フロントガラスや車体に付着した雨粒の影響、降雨による路面水膜による視認性の低下に起因して、車載カメラが区画線を検知しにくくなる可能性がある。共同研究者からは、雨天時における車載カメラによる区画線の検知について、降雨強度やワイパーの作動が影響する可能性があるとの指摘があったため、「天候」に関する実験ケースとして、「晴」と「雨」の2パターンを設定した。

■ 走行方向

試験走路上に4パターンの剥離率に相当する評価区間を整備し、南側から剥離率の小さい順に並べた（60%区間、70%区間、80%区間、90%区間）。共同研究者からは、剥離率の増減傾向によりLKAの作動状況が異なる可能性があるとの指摘があったため、走行方向に関する実験ケースとして、「昇順方向（剥離率が大きくなる方向）」と「降順方向（剥離率が小さくなる方向）」の2パターンを設定した。

上記の通り、「区画線の目標剥離率」、「時間帯」、「天候」、「走行方向」を組み合わせ、合計で32パターンの実験ケースを設定した（表 3-6）。

表 3-6 実験ケース

区画線の目標剥離率	時間帯	天候	走行方向	計
60%	・ 昼間 ・ 夜間	・ 晴 ・ 雨	・ 昇順方向 ・ 降順方向	8 パターン
70%	・ 昼間 ・ 夜間	・ 晴 ・ 雨	・ 昇順方向 ・ 降順方向	8 パターン
80%	・ 昼間 ・ 夜間	・ 晴 ・ 雨	・ 昇順方向 ・ 降順方向	8 パターン
90%	・ 昼間 ・ 夜間	・ 晴 ・ 雨	・ 昇順方向 ・ 降順方向	8 パターン
計	—	—	—	32 パターン

3. 自転車位置特定補助情報

(2) 実験環境の整備、実験準備

1) 実験環境

本実験は、国総研試験走路で実施した。なお、LKA は主として高速道路で使用される機能であるため、都市間高速道路の道路環境も参考に示す（表 3-7）。本実験は、試験走路の既存の環境で実施したため、区画線の長さ・間隔は都市間高速道路と異なるものの、自動車メーカーへのヒアリングを通じて LKA の作動に大きな影響はないことを確認した。また、舗装については、試験走路の既存の舗装（改質密粒度アスファルト）としたため、雨天時に路面に水膜ができやすく、都市間高速道路に比べて LKA が作動しにくくなる可能性がある。

表 3-7 国総研試験走路と都市間高速道路の環境

項目	国総研試験走路	都市間高速道路 (NEXCO 管理路線)
舗装	改質密粒度アスファルト	高機能アスファルト（隙間あり）
雨天（強雨時）の影響	水膜発生あり	水膜発生しにくい
区画線の長さ・間隔	長さ：6m、間隔：9m	長さ：8m、間隔：12m
白線の施工方法	熔融式	熔融式
白線の素材	塗料及びガラスビーズ	塗料及びガラスビーズ

2) 剥離した区画線の再現

実験時の区画線の素材を都市間高速道路と共通させるため、実験区間に既設されていた区画線を全て剥離後、ガラスビーズ入りの塗料を用い熔融式の施工方法で区画線を新設した。その後、既往工法を用いて同一剥離率の区間（長さ 150m）を施工し（図 3-3）、既往技術を用いて剥離率を計測した。



図 3-3 剥離した区画線の再現（左:施工の様子、右:剥離した区画線）

3) 区画線の設置レイアウト

試験走路において 4 つの目標剥離率の区間を 150m 毎に、剥離率の小さい方から順に並べ、合計 600m の評価区間を設定した（図 3-4、図 3-5）。10%刻みで設定する同一剥離率区間内にある区画線（東西計 20 本）の剥離率は、20 本の区画線の平均値が目標剥離率（60%、70%、80%、90%）に近く、かつ個々の区画線のばらつきも極力小さくなるように整備した。

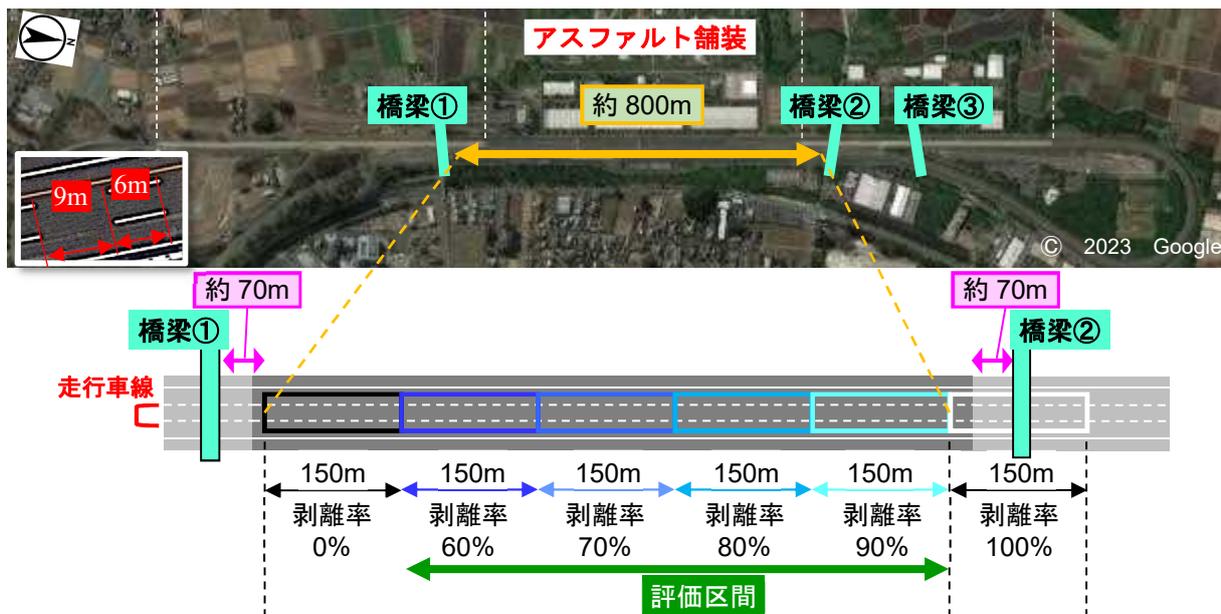


図 3-4 区画線の設置レイアウト



図 3-5 施工位置に関する現地写真

4) 実験車両

実験車両は、共同研究者が選定した LKA 搭載車両 (4 台) とした (表 3-8)。なお、以降は実験車両を車両 A、車両 B、車両 C、車両 D と表現するが、各車両の順番は以下の表の順番とは異なる。

3. 自車位置特定補助情報

表 3-8 実験車両

車両の外観	LKA 表示部
	
	
	
	

5) 剥離率の再現結果

試験走路に再現した区画線の実測剥離率について、図 3-10 及び図 3-11 に示す。昇順方向（北向き）では、目標剥離率が 80% 区間では区間平均剥離率と目標剥離率が連続して 10% 以上の乖離が発生した箇所が発生したものの、概ね両者の乖離を 3% 程度に収めることができた。一方で、降順方向（南向き）では、目標剥離率が 60% 区間及び 70% 区間では、区間平均剥離率と目標剥離率との間に 15% 程度の乖離が発生した。これは、南向きへの走行となる降順方向では施工に起因する路面の凹凸の傾斜のため、路面に影ができやすかったことが推察される。

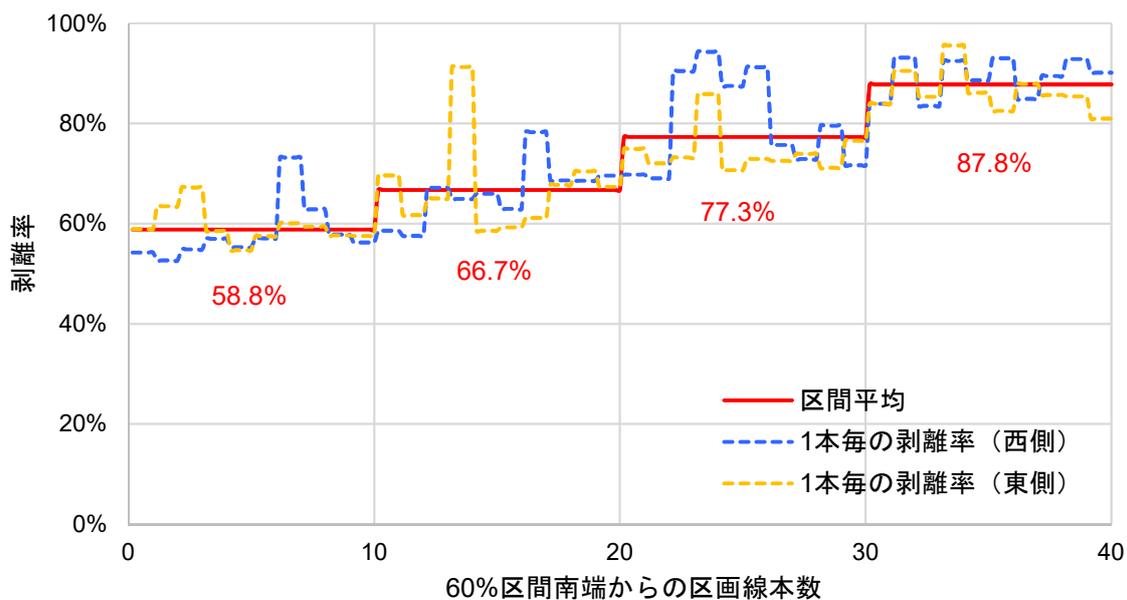


図 3-6 昇順方向（北向き）の実測剥離率

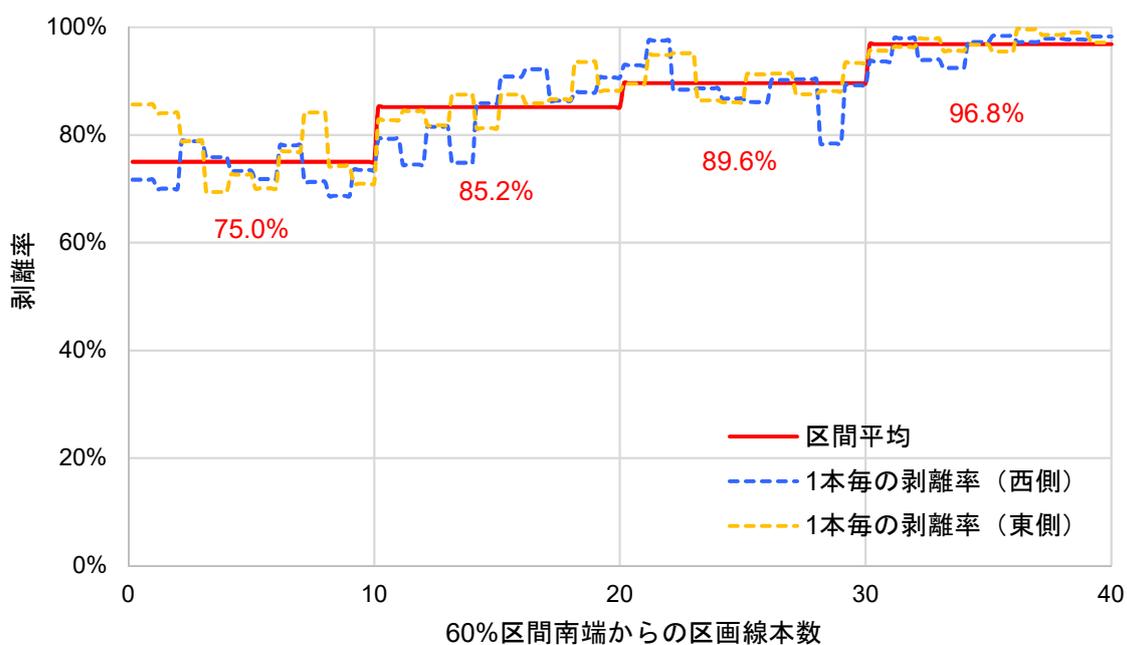


図 3-7 降順方向（南向き）の実測剥離率

(3) 実験の実施

1) 実験日数、走行回数

実験日数は、「天候（晴・雨）」、「時間帯（昼間・夜間）」を調査するため、延べ4日間とした（表 3-9）。また、走行回数は、統計的に十分なサンプル数であり、かつ1日の実験時間内で取得可能な25走行とした。

表 3-9 実験日数、走行回数

実験日数	4日（晴天・昼間：1日、晴天・夜間：1日、雨天・昼間：1日、雨天・夜間：1日）
走行回数	25走行（昇順方向：25走行、降順方向：25走行）

3. 自車位置特定補助情報

2) LKA 作動状況の記録

LKA の作動状況が表示されるインストルメントパネルの表示画面を撮影するカメラを車内に設置し、車線表示（点灯・消灯）が切り替わる地点（位置）を記録し、剥離率ごとに LKA の作動状況を確認した（図 3-8）。なお、LKA の作動状況が切り替わる地点（位置）は、車内カメラの時刻と車両に搭載する RTK-GNSS 受信機の時刻差を予め把握し、LKA 表示部の車線表示が切り替わった時刻の地点（位置）より把握した。

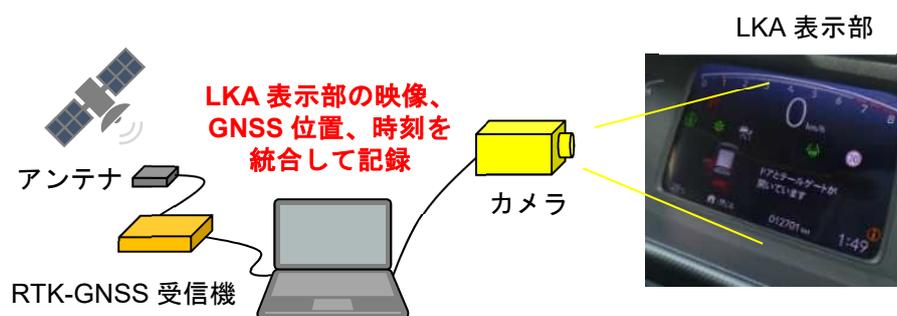


図 3-8 LKA 作動状況のデータ記録方法

3) 実施日時

実験の実施日時は、表 3-10 の通りである。また、実験実施時の試験走路の状況は、表 3-11 及び表 3-12 の通りである。

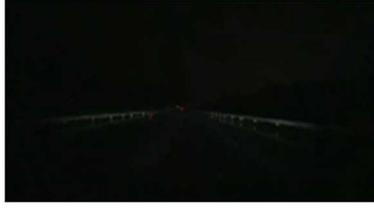
表 3-10 実験日時

日付	作業時間	実験内容
2022 年 11 月 7 日（月）	18:00～23:00	・晴天・夜間の実験
2022 年 11 月 8 日（火）	11:00～16:00	・晴天・昼間の実験
2022 年 11 月 23 日（水）	11:00～21:00	・雨天の実験（雨天・昼間、雨天・夜間）

表 3-11 実験実施時の状況（試験走路上から見た状況）

昼間（午前）11 時頃	昼間（夕方）15 時頃	夜間 19 時頃

表 3-12 実験実施時の状況（車両から見た状況）

天候	昼間（正午前後）	昼間（夕方）	夜間
晴	11:30 撮影 	15:30 撮影 	19:00 撮影 
雨	13:30 撮影 	15:30 撮影 	19:00 撮影 

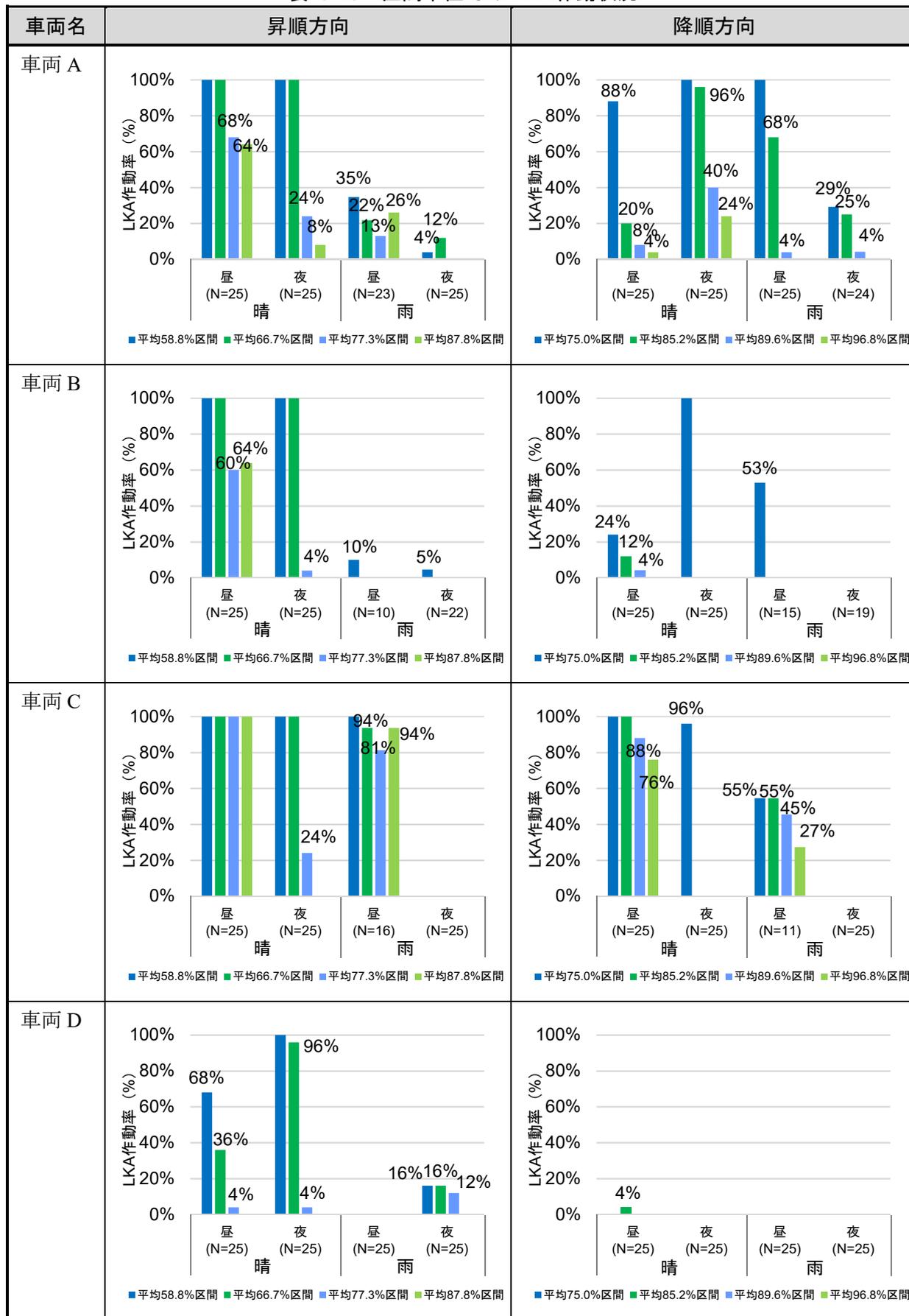
(4) 実験結果

1) 区間単位での LKA の作動状況

同一剥離率区間単位での LKA の作動状況について、車種別・天候別・時間別に整理した結果を表 3-13 に示す。昇順方向では、車両 D を除いて LKA 作動率が晴と比較し雨の環境下において、全区間で同程度もしくは小さいという結果であった。また、「晴、夜」の走行では、「晴、昼」の走行と比較し、全体的に作動率が低い結果であった。一方で、降順走行では、LKA 作動率に明確な傾向が見られなかった。

3. 自転車位置特定補助情報

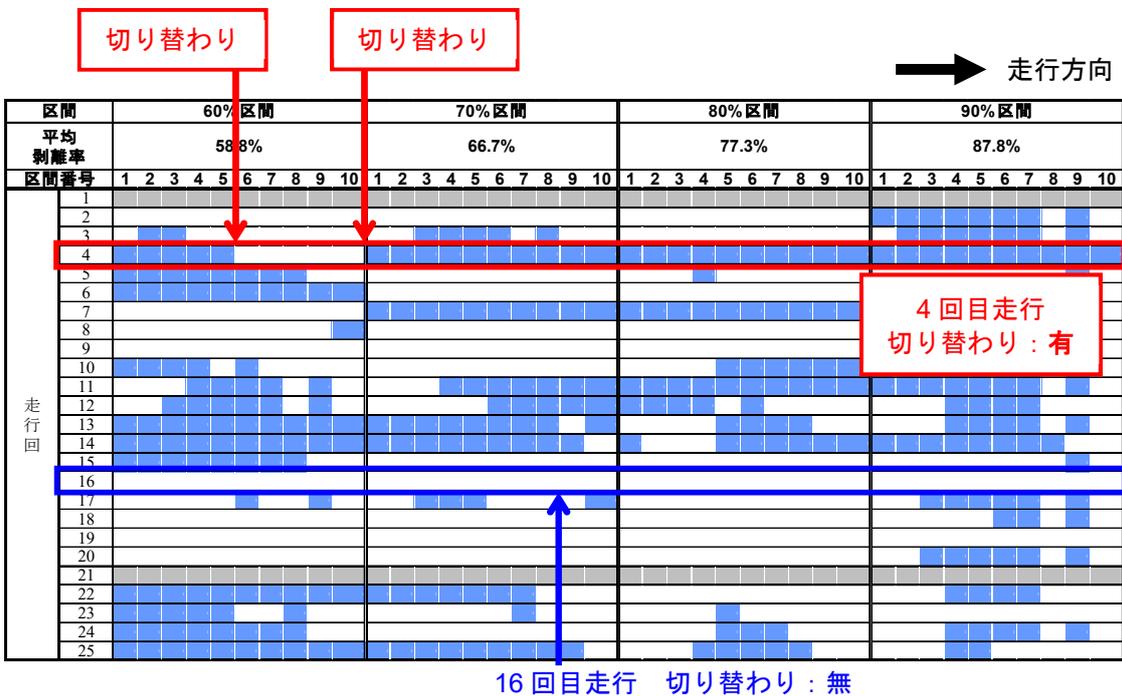
表 3-13 区間単位での LKA 作動状況



2) 評価区間単位での LKA の作動・非作動の切り替わり状況

評価区間単位（600m）での LKA の作動・非作動の切り替わり状況を整理する。本実験では、評価区間において LKA の作動・非作動が一度でも切り替わった場合、「切り替わり有」と定義し（図 3-9）、全区間で作動していた場合を「全区間作動」、全区間で非作動であった場合を「全区間非作動」とした。なお、車内カメラで LKA 表示部が判読できなかった走行、RTK-GNSS 受信機で LKA の作動・非作動の位置（緯度経度）が取得できなかった走行は「対象外」として集計を行った。

評価区間単位（600m）での LKA の作動・非作動の切り替わり状況を整理した結果を表 3-14 に示す。雨・夜以外では、LKA の作動・非作動の切り替わりが発生している走行が多いことが分かった。特に昇順方向の晴・昼では、車両 D を除いて、全区間で LKA が作動した走行も確認された。

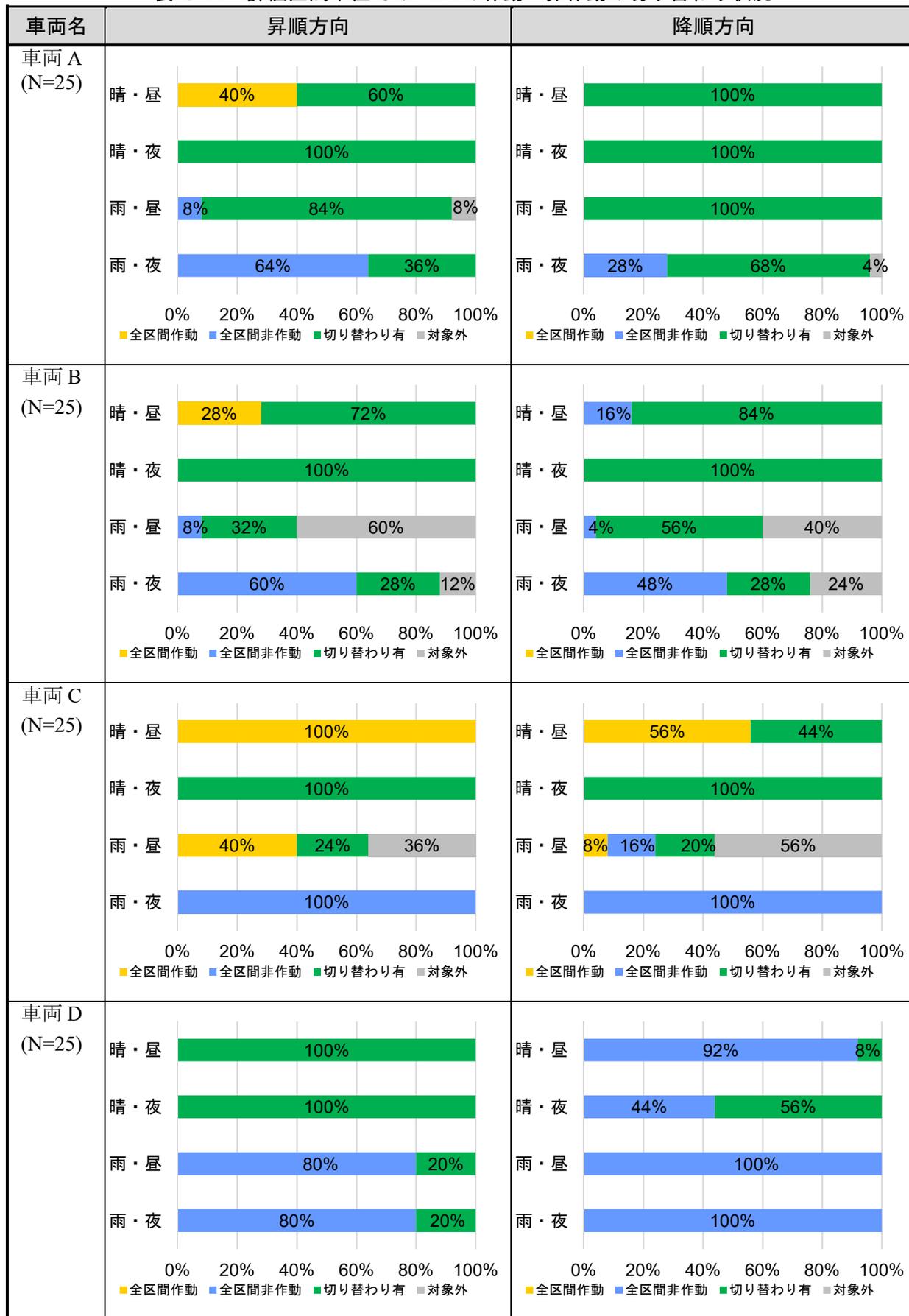


【凡例】 ■ : LKA 作動 □ : LKA 非作動

図 3-9 LKA の作動・非作動の切り替わりの定義

3. 自転車位置特定補助情報

表 3-14 評価区間単位での LKA の作動・非作動の切り替わり状況



3) LKA の作動・非作動の境目となる剥離率

LKA の作動・非作動の境目となる剥離率を整理する。一般的に LKA 搭載車両は、自車位置から前方にある区画線を検知し、LKA の作動・非作動を判断していると想定される。そのため、LKA の作動・非作動の最初の切り替わり地点の前方にある個々の区画線の剥離率をもとに、LKA の作動・非作動の閾値となる剥離率を整理した。ここでは、LKA の作動・非作動の最初の切り替わり地点から 30m 前方を起点に前方の長さを 100m に設定し（図 3-10）、当該区間内にある区画線の剥離率の平均値を算出し、25 走行分の剥離率の平均値を累積分布で集計した（表 3-15）。

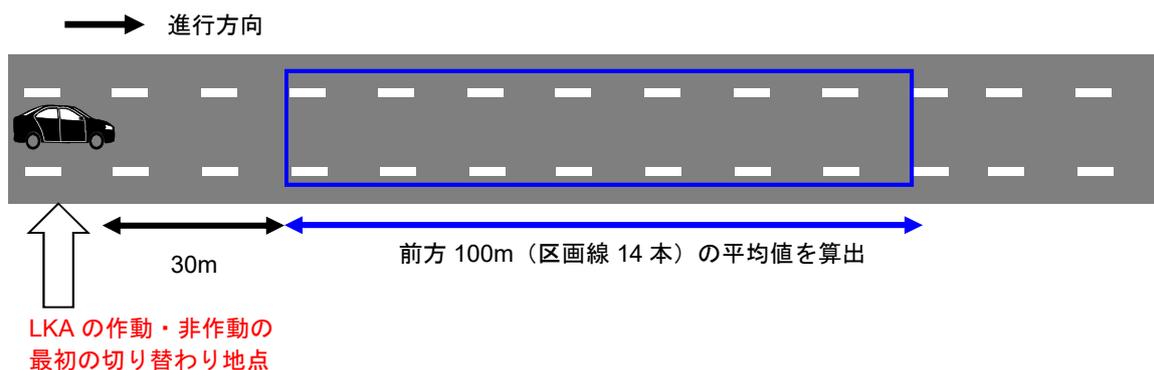


図 3-10 剥離率（平均値）の算出対象となる区画線の範囲

その結果、昇順方向では、LKA の作動・非作動の境目となる剥離率が 60～80%程度となることが明らかとなった。また、雨天では、累積分布が 100%に達しないケースが多くあった。これは、全区間で LKA の作動・非作動の切り替わりが無かったことを意味しており、特に降順方向の場合には 100%に達しない傾向が顕著となっている。

3. 自転車位置特定補助情報

表 3-15 LKA の作動・非作動の境目となる剥離率

車両名	昇順方向	降順方向
車両 A	<p>晴・昼: 76~77%、晴・夜: 78~79%</p>	<p>晴・昼: 62~63%、晴・夜: 84~85%</p>
車両 B	<p>晴・昼: 76~77%、晴・夜: 76~77%</p>	<p>晴・昼: 無、晴・夜: 68~69%</p>
車両 C	<p>晴・昼: 無、晴・夜: 76~77%</p>	<p>晴・昼: 85~86%、晴・夜: 74~75%</p>
車両 D	<p>晴・昼: 59~60%、晴・夜: 76~77%</p>	<p>晴・昼: 無、晴・夜: 無</p>

※ グラフ下の数値は、LKA の作動・非作動の境目となる剥離率である。

また、LKA の作動・非作動の境目となる剥離率を整理した結果は、表 3-16 の通りである。昇順方向の場合、LKA の作動・非作動の境目となる剥離率は、「晴・昼」では 76~77%となる車種が多く、「晴・夜」では全車種で 76~79%となった。また、降順方向の場合、LKA の作動・非作動の境目となる剥離率は、一部を除いて特定できなかった。

表 3-16 LKA の作動・非作動の境目となる剥離率

走行方向・車種		剥離率			
		晴・昼	晴・夜	雨・昼	雨・夜
昇順方向	車両 A	76~77%	78~79%	—	—
	車両 B	76~77%	76~77%	—	—
	車両 C	◎	76~77%	74~75%	×
	車両 D	59~60%	76~77%	—	—
降順方向	車両 A	62~63%	84~85%	73~74%	—
	車両 B	—	68~69%	—	—
	車両 C	85~86%	74~75%	—	×
	車両 D	—	—	×	×

凡例：□：60%未満、□：60~69%、□：70~79%、□：80~89%、□：90%以上

◎：LKA が全走行・全区間で作動したケース

×：LKA が全走行・全区間で作動しなかったケース

—：LKA が一部の走行において全区間で作動または非作動が含まれ数値算出ができなかったケース

3.2.3. 区画線の剥離率に関する要件案の作成

(1) 要件案の目次構成

「区画線の剥離率に関する要件案（以下「要件案」という。）」の目次構成は、以下の通りである。当該要件案には、「剥離率の閾値」に加えて、「剥離率の区画線の属性指標としての位置付け」、「剥離率の定義」、「剥離率の計測方法に求められる要件」、「想定する LKA 車両」についても併せて整理している。

3. 自転車位置特定補助情報

区画線の剥離率に関する要件案 目次構成

第1章 背景と目的
1.1. 研究の背景
1.2. 研究の目的
第2章 区画線の属性指標と剥離率の位置付け
第3章 剥離率の定義
第4章 剥離率の計測方法に求められる要件
第5章 想定する LKA 搭載車両
第6章 剥離率と LKA の作動との関係
6.1. 車両の走行条件の整理
6.2. 剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件
6.3. 剥離率の閾値
6.4. 車両の走行条件が剥離率の閾値に与える影響
第7章 今後の課題

本報告書では、要件案の第3章及び第6章の内容を抜粋して掲載することとし、要件案（全体版）は、巻末資料として掲載する。

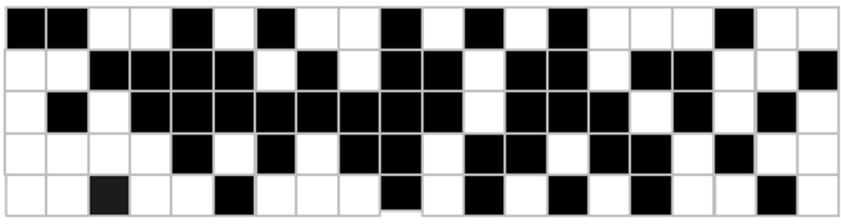
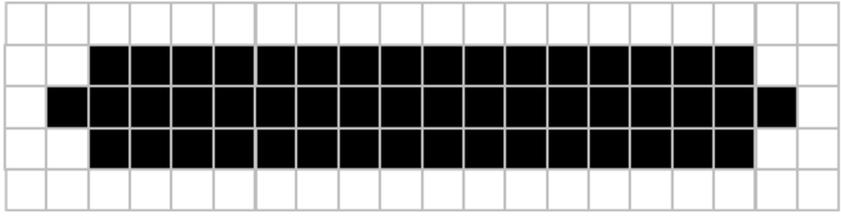
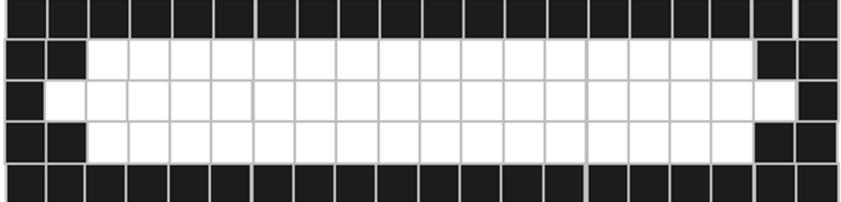
(2) 要件案の内容

1) 剥離率の定義

区画線の剥離率について、「摩耗、剥離、劣化等により区画線の塗膜が欠損した部分の全体に占める割合（面積比）」と定義した（表 3-17）。つまり、剥離率は剥離部分の面積と全体面積の比率を評価する指標であり、個々の区画線の中での剥離の発生位置や形状（ランダムに剥離、区画線の内側が剥離、外周部分が剥離等）は評価の対象外とする。この理由は、定義された剥離率は、現行の剥離率の計測方法（要素技術）で数値化可能な指標であることを重視したためである。

なお、定義する剥離率は理論上の定義であり、実測剥離率とは必ずしも一致しない可能性もあることには留意が必要である。また、剥離率を計測するには、区画線が敷設されていた範囲を正確に特定できることが前提となる。

表 3-17 区画線の剥離率のイメージ

区画線	剥離率のイメージ
区画線 A	
区画線 B	
区画線 C	

※ 白色部分は剥離していない部分、黒色部分は剥離している部分である。

※ 区画線 A～区画線 C は黒色部分が全体面積半分であるため、剥離率は 50%である。

また、剥離率を上記のように定義した場合、同じ剥離率でも LKA の作動状況が異なる可能性が指摘されている。例えば、区画線の外周（輪郭）部分が剥離していない区画線（表 3-17 の区画線 B）では、外周（輪郭）部分が剥離している区画線（表 3-17 の区画線 C）と比べて LKA が相対的に作動しやすいことが経験上把握されている。このため、剥離率と LKA の作動状況との関係を正確に把握するという観点では、将来的には剥離率を剥離の発生位置や形状を含めた形で定義することが望ましく、この点については塗膜の欠損した部分の位置や形状が簡便に数値化可能な要素技術が確立された際の検討事項とする。

2) 剥離率と LKA の作動との関係

A) 剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件

LKA が非作動となる状態が出現する剥離率（以下「LKA 作動率が 100%となる剥離率※」という。）は、車両の走行条件（時間帯、天候）によって変化する。これは、LKA 搭載車両の車載カメラによる検知が、時間帯や天候によって影響を受けるためである。このため、剥離率の閾値を作成する場合、車両の走行条件を事前に特定する必要がある。

そこで、本要件案においては、剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件を「基本条件」と定義した。

※ LKA 作動率が 100%となる剥離率とは、昇順方向の場合は「LKA が非作動となる状態が出現する剥離率」、降順方向の場合は「LKA が全作動となる剥離率」である。

3. 自車位置特定補助情報

■ 基本条件の定義

LKA 作動率が 100%となる剥離率は、車両の走行条件が安定している場合（例：夜間、晴天）には大きくなるが、車両の走行条件が安定しない場合（例：夜間、雨天）には小さくなると思われる（図 3-11）。LKA が作動することを前提とした場合（LKA 作動率が 100%を前提とした場合）、車両の走行条件を広くすればするほど、LKA 作動率が 100%となる剥離率は低下することになる。

このため基本条件については、「剥離率の水準（剥離率をどこまで低い水準とするか）」と「車両の走行条件（車両の走行条件をどこまで広くするか、以下「走行条件」という）の双方を考慮して定める必要がある。

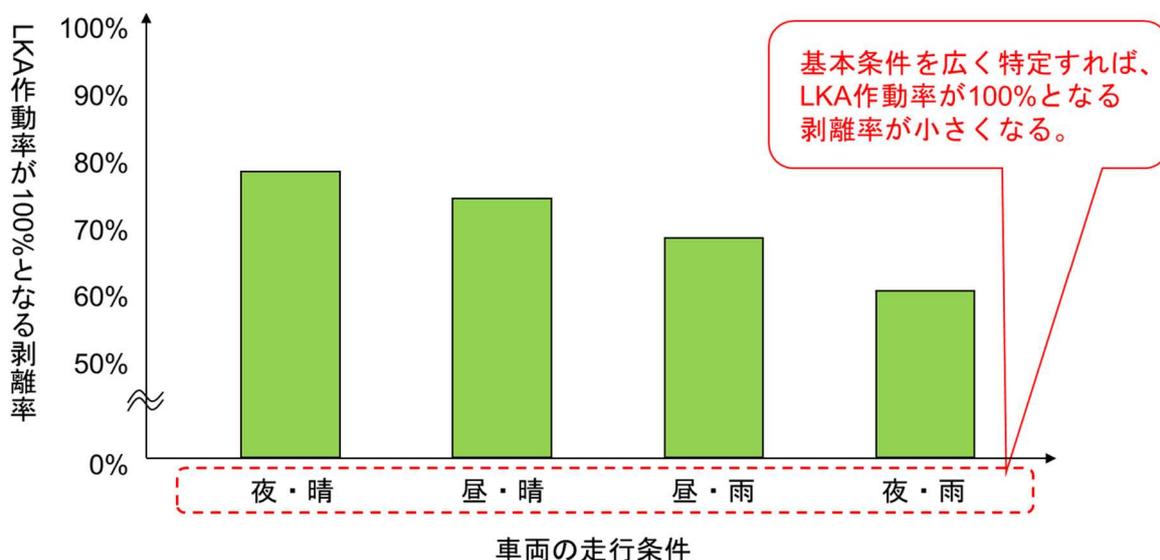


図 3-11 車両の走行条件と LKA 作動率が 100%となる剥離率の関係（イメージ）

■ 基本条件の設定の方針

基本条件の設定の方針を以下のように設定した。

- ・ 車種別に特定する。

LKA の制御方法が車種ごとに異なるため、LKA 作動率が 100%となる剥離率は、走行条件が同じ場合でも車種によって異なることが想定される。このため、基本条件は車種別に特定する。

- ・ LKA 作動率が 100%となる剥離率のうち、当該剥離率が最小となる走行条件をベースとして特定する。

LKA の確実な作動の観点から、基本条件については、剥離率が最小となる車両の走行条件を起点に特定する。

- ・ 昇順方向で走行した実測値をもとに特定する。

LKA が作動から非作動となる事象は、走行の安全性の観点から回避すべき事象であるため、基本条件は昇順方向で走行した実測値をもとに特定する。

- ・ 評価区間の起点での LKA の作動状況が同じ実測値をもとに特定する。

基本条件の根拠となる実測値の属性を統一するため、評価区間の起点での LKA の作動状

況が同じ実績値をもとに特定する。具体的には、昇順方向での走行では評価区間起点で LKA が作動となった実測値、降順方向での走行では評価区間起点では LKA が非作動となった実測値である。

■ 基本条件の特定結果

LKA 作動率が 100%となる剥離率について、車両の走行条件別に示す（表 3-18）。仮に基本条件を LKA 作動率が 100%となる剥離率が最も小さくなる走行条件とする場合、車両 A は「昼・晴」、車両 B は「昼・晴及び夜・晴」、車両 C は「昼・雨」、車両 D は「昼・晴」が基本条件と特定される。

表 3-18 車両の走行条件と LKA 作動率が 100%となる剥離率

車両名	車両の走行条件（LKA 作動率が 100%となる剥離率）			
車両 A	<u>昼・晴</u> (77%)	夜・晴 (79%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)
車両 B	<u>昼・晴</u> (77%)	<u>夜・晴</u> (77%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)
車両 C	昼・晴 (◎)	夜・晴 (77%)	<u>昼・雨</u> (75%)	夜・雨 (×)
車両 D	<u>昼・晴</u> (60%)	夜・晴 (77%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)

- ※ 赤下線は、LKA 作動率が 100%となる剥離率が最小となる走行条件（=基本条件のベース）である。
- ※ 括弧内は LKA 作動率が 100%となる剥離率であり、LKA の作動・非作動の切り替わりが発生した地点から前方区間（自転車位置から 30～130m）にある区画線の剥離率の平均値（小数点以下は切り下げ）である。
- ※ 「◎」は、LKA が全走行・全区間で作動したことを示しており、LKA が非作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。
- ※ 「×」は、LKA が全走行・全区間で非作動であったことを示しており、LKA が作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。
- ※ 「-」は、無効サンプル（剥離率が段階的に高くなる評価区間に進入した際、通常と異なる非作動状態であった走行）が含まれているため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。

なお、LKA が全走行・全区間で作動した車種・車両の走行条件（表 3-18 の◎）は、LKA が非作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できず、基本条件には該当しないものの、剥離率が 100%に近い状態でも LKA が作動している。

B) 剥離率の閾値

特定した基本条件に対して、剥離率の閾値を整理した（表 3-19）。なお、剥離率の閾値については、LKA の性能に依存する。このため、将来的な車両技術の革新により LKA の性能が向上した場合、剥離率の閾値については更新が必要となる。

3. 自転車位置特定補助情報

表 3-19 剥離率の閾値

車両	基本条件				剥離率の閾値
	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	
車両 A	○				77%
車両 B	○	○			77%
車両 C			○		75%
車両 D	○				60%

3.2.4. 路面表示の設置方法に関する調査

(1) 背景と目的

法定外の路面表示には、同一の設置目的の路面表示であっても、設置箇所によって形状や寸法に微妙な差異が存在する。この場合、ドライバー（人間）であれば問題なく同一の路面表示と認識できるが、自動運転車（車載センサ）では同一の路面表示と認識できない。このため、路面表示の設置方法の実態を把握する調査を実施した。

調査対象とする路面表示は、共同研究者との議論を踏まえ、一定区間連続して設置され、かつ設置数も多い「減速を促す路面表示（導流レーンマークを含む）」とした。

(2) 調査結果

1) 警察による設置指針（法定外表示等の設置指針）

警察庁は、一定の法定外表示について設置様式等の統一を図り、適正な交通管理に資するため、法定外表示等の設置指針を通達している（図 3-12）。

法定外表示等の設置指針について(通達)

2 法定外表示等の設置の在り方

(2) 標準仕様を定める法定外表示

次の法定外表示は、「標準仕様を定める法定外表示」とし、下記4(別の仕様を用いる場合には6)に定める事項に従うこと。

- 普通自転車専用通行帯の路面表示等
- ゾーン30路面表示
- 普通自転車専用通行帯以外の自転車通行空間路面表示等
- ドットライン表示
- 減速を促す路面表示

4 標準仕様を定める法定外表示の仕様 (中略)

(5) 減速を促す路面表示

ア 設置する場合

減速を要する区間(急カーブ、急坂カーブ、連続カーブ、追突事故多発区間等)及びその手前において、必要に応じて減速マークを設置することとし、効果を高める場合には、減速の理由についての文字表示を減速マークの手前に設置すること。

イ 様式及び色

様式5から8までを標準的なものとし、これらのうち道路環境等に最も適したものを選択して設置することとし、色は白色とすること。

ウ その他

文字表示を行う場合は、標識令に基づく警戒標識と矛盾を生じないよう配慮するとともに、必要最小限度の設置とすること。

なお、表示する文字内容は、「急カーブ」、「急坂カーブ」、「連続カーブ」、「追突危険」等道路状況等を簡潔かつ明確に表現したものと、危険性の高い場所に表示すること。

また、運転者への注意喚起のため、必要に応じて道路管理者と調整の上、減速マークに替えて薄層舗装を行うこと。

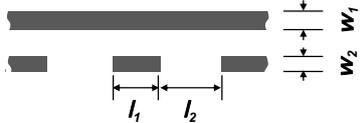
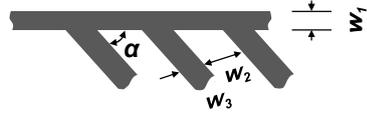
図 3-12 法定外表示等の設置指針について（警察庁通達）の抜粋

2) 道路管理者による設計要領

道路管理者（高速道路会社）は、道路表示に関する設計要領を作成している。当該設計要領において、「導流標示」として示されており、導流標示の寸法は一定の幅を持たせた形で規定している（図 3-13）。

2-7 導流標示(チャンネルリゼーション)

車両の通行路を明確に示して車両を誘導する必要があるところには導流標示を設置するものとする。色彩は白色で様式、寸法は次の通りとする。

<p>(1) 様式1(線による場合)</p>  <p>$W_1=0.15\sim 0.20$ $W_2=0.15\sim 0.45$ $l_1=1.0\sim 3.0$ $l_1:l_2=1:1\sim 2:3$</p>	<p>(2) 様式2(縞模様による場合)</p>  <p>$W_1=0.15\sim 0.20$ $W_2=0.30\sim 0.45$ $W_3=1.0\sim 1.50$ $\alpha = 30^\circ, 45^\circ \text{ または } 90^\circ$</p>
--	--

導流標示は、車両の通行路を示して車両を誘導し、あるいは車両がみだりに車線を変更することを抑制して、交通の安全と円滑をはかるために設けるものであって標示の種類に応じて、それぞれ次の意味をもつ。

(1) 線による場合

道路を通行する車両に対して分流、合流または右左折等の場合、標示に沿って走行することを示す。

(2) 縞模様による場合

道路を通行する車両に対し、標示によって示された島状の部分をもたいたり横切ったりして走行してはならないことを示す。導流標示の設置に当たっては、後で述べる矢印の標示を併せて設置するとより効果的である。

なお、一般道路の場合、道路形態が様でなく、複雑、雑多なので設置に当たっては、それぞれの道路形態や交通状況に応じて、最適のものを設計するように心がける必要がある。

図 3-13 路面表示に関する道路管理者の設計要領

出典：「設計要領 第五集 交通管理施設【道路標示および区画線編】（令和 3 年 7 月）」（東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社）をもとに作成

3) 路面表示の運用実態

高速道路会社が路面表示を現場に設置する場合、設計要領に基づき設計し、警察との協議により最終的な形状・寸法を決定している。結果的として、設置要領とは異なる形状・寸法となる場合も発生する。

<道路管理者（高速道路会社）へのヒアリング結果>

- ・ 設計要領自体が一定の幅を持って規定されており、現地に設置する際には警察との協議を実施する。協議の結果、減速を促す路面表示とするため設計要領に規定された導流標示の形状・寸法とは異なることもある。
- ・ 設計要領で規定されている内容に基づき、現地で警察との協議を踏まえて、導流標示の形状・寸法を決定する。
- ・ 警察庁通達の様式 6 に相当するタイプが多いが、様式 5 のタイプも存在する。このため、導流標示について設計要領を標準としつつ、更なる安全対策を警察と協議のうえ現地施工する。
- ・ 交通安全対策として、ドライバーにより注意喚起を促す際には、導流標示とカラー舗装を合わせて施工する場合もある（例：草津 JCT C ランプ（様式 5+様式 6+カラー舗装））。

4. 先読み情報

4. 先読み情報

4.1. 成果の概要

4.1.1. 先読み情報のユースケースの選定と課題の整理

先読み情報のユースケースについて、共同研究者からの研究ニーズ、検知及び情報生成に関する技術的検討の必要性を踏まえ、以下の通り選定した。

ユースケース①：自動運転に支障が生じかねない前方の事象に関する情報

ユースケース②：前方の通行に支障となる事象に関する情報

（車線種別など、詳細な内容の付帯が可能な場合）

ユースケース③：前方の通行に支障となる事象に関する情報

（車線種別など、詳細な内容の付帯が難しい場合）

ユースケース①は「気象情報」、ユースケース②は「工事規制情報」、「出口渋滞情報」、ユースケース③は「渋滞末尾情報」、「逆走車情報」、「落下物、事故情報」を具体的な事象を選定し、現状の課題と対応の方向性を整理した。また、「工事規制情報」と「出口渋滞情報」を対象として、先読み情報提供サービスの要件定義案を取りまとめた。

4.1.2. 気象関連の路側センサと規制の現状の整理

先読み情報（気象情報）の検討の基礎資料とするため、高速道路での気象関連の路側センサと規制の現状について、「霧」、「雨」、「横風」等を対象として整理した。例えば、霧の発生状況は、道路管理者や警察の巡回車による現地確認及び視程計による観測により確認されている。例えば、中日本高速道路株式会社の場合は、霧による速度規制時に視程計が活用された箇所は24%であり、巡回による確認が中心であった（対象期間は2021年11月～2022年11月）。また、通行規制基準は、事務所毎に視程による基準を定め、交通管理者（警察）と速度規制・通行止めの協議を実施していることが分かった。

4.1.3. 車線別規制情報の提供の提案

高速道路での車線別規制情報を提供するため、主要な道路管理者の車線種別を整理し、車線別規制情報の表現案を提案した。具体的には、車線種別の表現案として、総車線数と車線位置（左から数えた車線数）で表現した。

4.1.4. ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析

「交通事故」、「路側渋滞（出口渋滞）」、「落下物」、「故障車」など、高速道路本線の車線閉塞の要因となりうる事象（以下「突発事象」という。）を対象として、ETC2.0 プローブ情報を用いた事象の検知可能性を分析した。これらの事象は、高速道路での走行を阻害し、後続車の減速の要因となる。そこで、事象発生の有無別に車両の走行速度を比較した。その結果、「交通事故」、「出口渋滞」などの後続車への影響の大きい事象は比較的検知しやすい一方で、「落下物」、「故障車」などの後続車への影響が限定的な事象は、検知に限界があることを確認した。

4.2. 成果の詳細

4.2.1. 先読み情報のユースケースの選定と課題の整理

(1) ユースケースの選定

先読み情報のユースケースは、以下の3つの観点を重視して選定した（表 4-1）。

- ・ 研究開発としてのオリジナリティを有すること
- ・ 共同研究期間内に効果検証が可能であること
（検証手法は実証実験を重視するが、他手法（シミュレーション等）でも可）
- ・ 共同研究者からのニーズが確認できること

また、各ユースケースについて、自動運転にとって課題となる事象を選定した（表 4-1）。

表 4-1 本共同研究で対象としたユースケースと事象

ユースケース	事象	選定理由
ユースケース① 自動運転に支障が生じかねない前方の事象に関する情報	気象情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 共同研究者から検討ニーズが認められたため ・ 検知及び情報生成に関する技術的検討と検証が必要であるため
ユースケース② 前方の通行に支障となる事象に関する情報（車線種別など、詳細な内容の付帯が可能な場合）	工事等による規制情報（工事規制情報）	
	出口渋滞情報	
ユースケース③ 前方の通行に支障となる事象に関する情報（車線種別など、詳細な内容の付帯が難しい場合）	渋滞末尾情報	
	逆走車情報	
	落下物情報、故障車情報	

(2) ユースケースに関する課題の整理と本共同研究での取組

1) ユースケース① 気象情報

・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース① 気象情報」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-2、図 4-1）。

表 4-2 現状の課題と対応の方向性（気象情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	現状の ITS スポットから情報提供するフォーマットでは、規制時の付帯情報として「原因＝霧」といった事象有無は提供可能であるが、事象のレベル分け等は表現できない。また、規制が生じていない時の気象は提供できない。	気象情報について、路側センサと規制の現状を整理する。
課題②	フォーマットにレベル等を追加するに際し、どのような情報であれば判断に資するかが不明である。	今後の課題とする。

4. 先読み情報

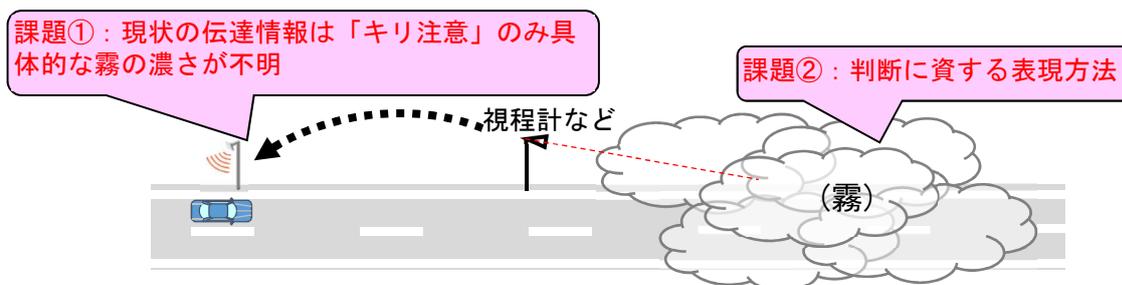


図 4-1 気象情報に関する現状の課題（霧の場合）

- ・ 本共同研究での取組

気象関係の路側センサと規制の現状について、整理した（4.2.2 を参照）。なお、現状の気象計測データの活用可能性が不明であったため（例：視程計の設置箇所が限定されている、気象データの計測値の変動が大きい）、以後の検討については今後の課題として整理した。

2) ユースケース② 工事等による規制情報（工事規制情報）

- ・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース② 工事等による規制情報（工事規制情報）」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-3、図 4-2）。

表 4-3 現状の課題と対応の方向性（工事規制情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	現状の ITS スポットから情報提供するフォーマットでは、車線種別は都市間高速道路の一部車線のみ表現可能で、車線種別を拡張する必要がある。	「先読み情報提供サービス（路上障害情報） 路車間通信 [ITS スポット] フォーマット(案)の実験用 ID (ID=30)」について、車線種別を拡張する。
課題②	工事による車線規制の状況をタイムリーに把握し、車両に情報提供するに至っていない。	工事規制の開始位置、終了位置、区間をタイムリーに把握できる方法を検討する（例：IoT 機器（位置情報送信機能付きパイロンなど）の導入）。
課題③	規制先端の矢印板等に衝突する事例がある。	今後の課題とする。



図 4-2 工事規制情報に関する現状の課題

- ・ 本共同研究での取組

先読み情報（工事規制情報）については、自動運転トラックの実証実験で情報提供のニーズがあり、かつシステム構築等の具体化の可能性はある。また、都市間高速道路では、既存システムで情報提供されている路線があり、そのような路線では車線種別を含む工事規制情報の提供は情報内容の改訂で対応可能である。

このため、工事規制に係る車線種別の表現案を整理し、先読み情報提供サービスの要件定義案（工事規制情報）を作成した。

3) ユースケース② 出口渋滞情報

- ・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース② 出口渋滞情報」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-4、図 4-3）。

表 4-4 現状の課題と対応の方向性（出口渋滞情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	出口渋滞が、路肩や一部の車線に延びている状態を検知できない。	ETC2.0 プローブ情報を用いた出口渋滞の検知可能性を分析する。
課題②	現状の ITS スポットから情報提供するフォーマットでは、路肩の渋滞情報を提供できない。また、一部車線のみが渋滞している状態を表現できない（路線としての提供）。	先読み情報提供サービス（IC 出口等での渋滞情報） 路車間通信 [ITS スポット] フォーマット（案）の実験用 ID（ID=28）を適用する。

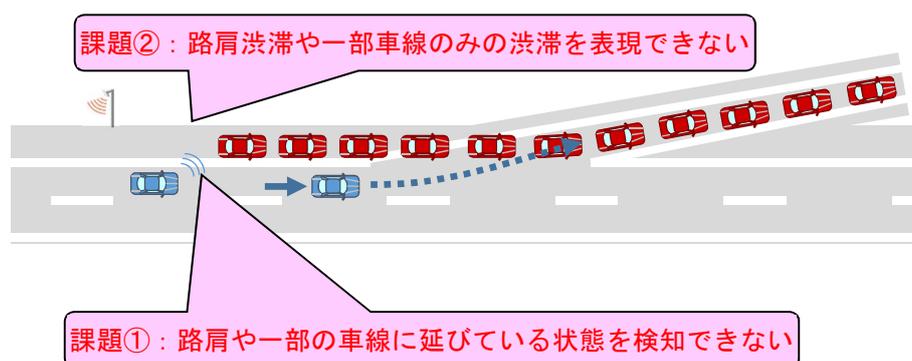


図 4-3 出口渋滞情報に関する現状の課題

上記の課題のため、流出しようとする自動運転車は分岐部まで走行した後、出口から続く車列により流出路に進入できず、本線上で停止する可能性がある。また、本線を走行する自動運転車が、路肩渋滞末尾の車両を障害物と検知する可能性がある。

- ・ 本共同研究での取組

先読み情報（出口渋滞情報）については、自動運転トラックの実証実験で情報提供のニーズがあり、かつシステム構築等の具体化の可能性はある。このため、ETC2.0 プローブ情報を用

4. 先読み情報

いた出口渋滞の検知可能性を分析するとともに、先読み情報提供サービスの要件定義案（出口渋滞情報）を作成した。

4) ユースケース③ 渋滞末尾情報

- ・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース③ 渋滞末尾情報」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-5、図 4-4）。

表 4-5 現状の課題と対応の方向性（渋滞末尾情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	渋滞末尾について、高精度にリアルタイムで検知できない。	既往研究のレビューを実施する。
課題②	現行の ITS スポットから情報提供するフォーマットでは、渋滞開始位置と距離を提供可能である（フォーマット上は、渋滞末尾の位置を提供可能）。一方で、渋滞末尾の位置を高精度にリアルタイムで把握できていないため、情報提供のためのフォーマットが十分に活用されていない。	今後の課題とする。

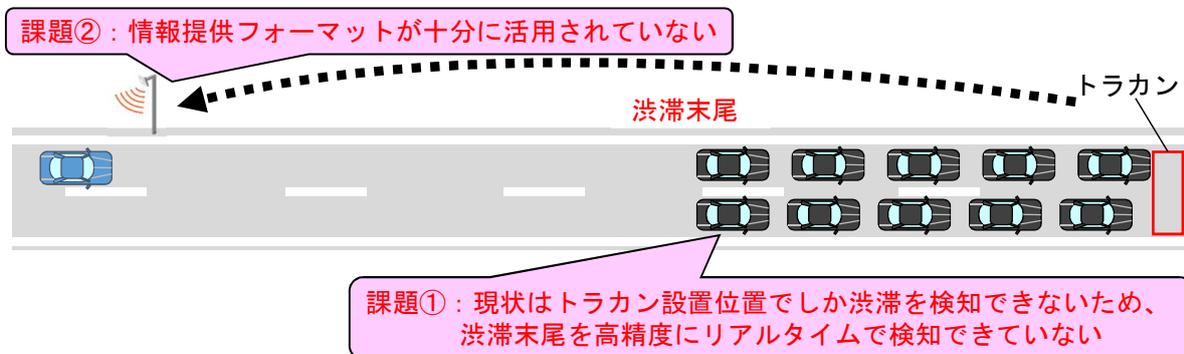


図 4-4 渋滞末尾情報に関する現状の課題

- ・ 本共同研究での取組

現状の渋滞末尾情報の活用可能性が不明であったため（例：渋滞末尾が移動すること、情報の生成から提供まで時間を要すること）、以後の検討については今後の課題と整理した。

5) ユースケース③ 逆走車情報

- ・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース③ 逆走車情報」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-6、図 4-5）。

表 4-6 現状の課題と対応の方向性（逆走車情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	逆走車を適切に検知できていない。	今後の課題とする。 (現在の要素技術では、逆走車を精度よく検知できない。)
課題②	現状の ITS スポットから情報提供するフォーマットでは、逆走車に関する情報を提供できない。簡易図形や TTS 発話文による提供は可能であるが、機械ではその内容を認識することは困難である。	先読み情報提供サービス（路上障害情報）路車間通信 [ITS スポット] フォーマット（案）の実験用 ID（ID=30）において、原因事象に逆走車を追加する。

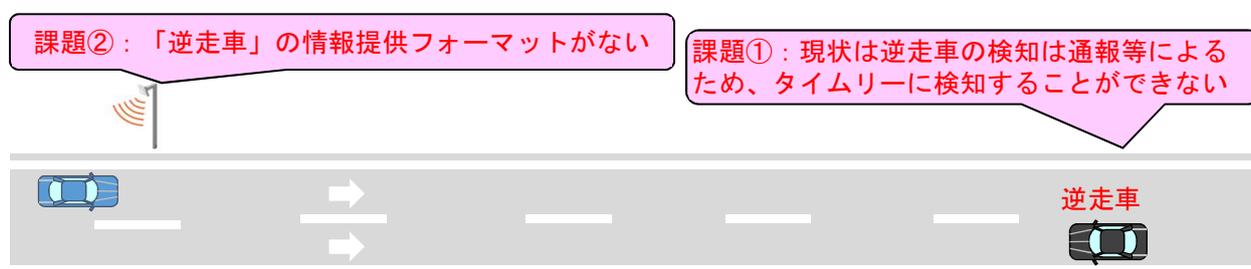


図 4-5 逆走車情報に関する現状の課題

- ・ 本共同研究での取組

逆走車情報のサービスのあり方が未整理のため（例：逆走車の情報を受信した際に自動運転車（順走車）がとるべき行動）、以後の検討については今後の課題と整理した。

6) ユースケース③ 落下物情報、故障車情報

- ・ 現状の課題と対応の方向性

「ユースケース③ 落下物情報、故障車情報」について、現状の課題と対応の方向性を整理した（表 4-7、図 4-6）。

4. 先読み情報

表 4-7 現状の課題と対応の方向性（落下物情報、故障車情報）

課題番号	現状の課題	対応の方向性
課題①	落下物、事故は、通報や CCTV カメラを通じて把握するため、タイムリーに検知できていない。	ETC2.0 プローブ情報を用いた落下物、故障車の検知可能性を分析する。
課題②	VICS 情報では、落下物、事故の位置情報（縦位置）は提供している。車線種別についても、現行の VICS 情報のフォーマット上は提供可能である。一方で、落下物、事故車両は移動する可能性が高く、情報提供されていない（車線種別を提供した後に移動した場合、誤情報となり得る）。	今後の課題とする。 （落下物、事故については、車線レベルの情報を提供していないため）

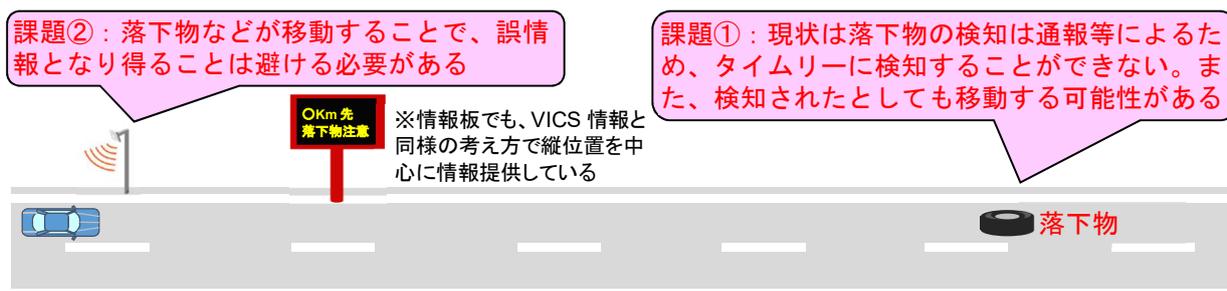


図 4-6 落下物情報、故障車情報に関する現状の課題

・ 本共同研究での取組

落下物、故障車をタイムリーに検知する方法がないため、以後の検討については今後の課題と整理した。

(3) 先読み情報による現地実証実験の募集

先読み情報提供による効果検証を行うため、共同研究者から現地実証実験の提案を募集した。なお、当該募集については、以下の条件を踏まえて行った。

- 技術的かつ条件設定的に、実施・効果検証が可能と考えられるもの
- 実験シナリオとして安全が確保可能なもの

現地実証実験の募集結果は、表 4-8 の通りである。なお、募集結果をもとに WG での議論を行った結果、本共同研究での実証実験は実施しないこととした。

表 4-8 先読み情報に関する現地実証実験の募集結果

協力内容		提案技術	応募企業数
IoT 機器による規制状況のリアルタイム把握	現地 IoT 機器の提供と準備 (位置情報送信機能付きパイロンなど)	パイロンに設置した GNSS の位置情報をセンターに送信する現地 IoT 機器	2 社
	センター側 IoT 機器の提供と準備	現地 IoT 機器からの位置情報を受信し、車線情報を含むマップ上にパイロン等の位置を表示するシステム	1 社
逆走車の検知手法	センサ、トラカン、CCTV 等の提供と準備	カメラ映像を画像処理することで、逆走車を検知する技術	3 社
送受信実証	その他サーバの提供と準備	・ 具体の技術提案はなし ・ システム設計検討等の人的な面での協力なら可能	1 社
	実験車両の提供と準備	応募なし	0 社
地図マッチング	地図マッチングとデータ作成	フォーマットの情報を地図データ等へのマッチング	1 社

4.2.2. 気象関連の路側センサと規制の現状の整理

高速道路での気象関連の路側センサと規制の現状について、「霧」、「雨」、「横風」等を対象として整理した。例えば、「霧」については、霧の発生状況は道路管理者や警察による巡回や及び視程計による観測により確認されている（中日本高速道路株式会社の場合）。観測範囲は、巡回については約 100m、視程計については約 1,000m である（図 4-7）。

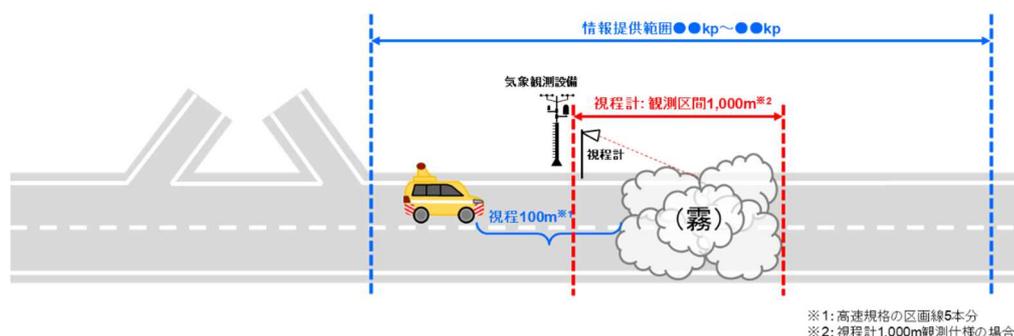


図 4-7 気象観測設備と情報提供範囲のイメージ

出典：中日本高速道路株式会社資料をもとに作成

なお、中日本高速道路株式会社管内では、2021年11月から2022年11月までの13か月間で霧による走行注意情報が897回発出されている。このうち、霧による速度規制が実施された回数は56回（6%）であった。速度規制を実施した区間における視程計の活用は、13箇所（24%）であった。したがって、速度規制については、視程計に加えて巡回での確認を踏まえて実施している。

霧に起因する通行規制基準は、各支社・各事務所毎に視程による基準を定め、交通管理者（警

4. 先読み情報

察)と速度規制・通行止めを協議している。また、視程計の設置個所は、計測数値を参考にしつつ、巡回目視をもって交通管理者（警察）と協議している。

4.2.3. 車線別規制情報の提供の提案

(1) 車線別規制情報の提供実態の課題と対応

現在、道路管理者である高速道路会社等が生成した規制情報等の交通情報は、公益財団法人日本道路交通情報センター（JARTIC）と一般財団法人道路交通情報通信システムセンター（VICSセンター）を経由して、各車両や自動車会社のテレマセンターに配信されている（以下「VICS 情報」という。）。

現在、自動運転では、車線位置や標識などが定義された高精度の3次元地図（HDマップ）をもとに車両制御がなされている。我が国では、ダイナミックマッププラットフォーム株式会社が、日本国内の高速道路や自動車専用道路のHDマップを整備して、自動車メーカーに提供している。

自動運転車（自車）が走行する車線の前方に工事等による車線規制がある場合、自動運転機能のオフや車線変更などの制御を行う必要があり、HDマップに関連づけることが可能な形で、車線別の工事規制情報を提供する必要がある。

VICS情報では、工事規制情報の進行方向の起終点位置は、VICSリンクに紐付けて提供可能なフォーマットになっている。縦位置（進行方向の位置）の情報は、工事規制の始点及び終点であり、VICSリンク番号とリンク端からの距離で表現している（図4-8）。また、縦位置の情報の精度は100m単位毎程度で起終点の位置情報も提供されている。一方で、横位置（車線種別）の情報は、車線レベルで表現されるフォーマットになっている。



図 4-8 縦位置の表現方法

なお、上記の車線の表現について、先読み情報（工事規制情報）の提供の観点からは、以下の課題がある。

- ・ 都市内高速道路の車線種別（左車線、中車線、右車線など）が定義されていない。また、VICS情報で配信されていない。
- ・ 都市間高速道路では、上記の車線種別でVICS情報が提供されている。ただし、4車線以上の区間の一部車線、2車線以上の付加車線では車線種別が定義できていない。
- ・ ドライバーへの情報提供であり、現行のVICS情報では車線種別を車線名称で表現している。このため、車線名称が変更となる場合、連続的な情報提供が困難である（図4-9）。

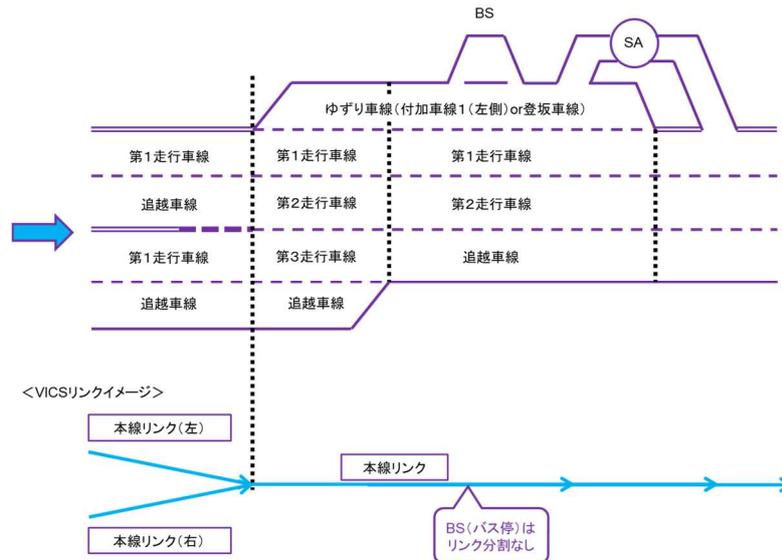


図 4-9 同一車線で車線名称が変更となる事例

上記の通り、工事規制情報については、都市間高速道路での車線種別は基本的に定義できており、VICSLINK 情報として配信されている。このため、全ての道路管理者の車線種別を整理し、情報提供フォーマットが決まれば、車線別の規制情報の提供に向けたルールは整備される。本共同研究では、工事規制に係る車線種別の表現案として、以下の提案を行った（図 4-10）。具体的には、横位置（車線種別）について、「総車線数」、「車線名称」、「車線位置」の三点で表現する。「車線名称」は、道路情報板等を通じて提供されている車線名称と同一の名称とし、ドライバーへの理解のしやすさにも配慮する。「車線位置」は、総車線数と左から数えた車線数の双方で表現することで、工事規制の対象車線の判別を容易にする。なお、縦位置（進行方向）については、自動運転用地図（HD マップ）と整合が取れるよう、VICSLINK リンク端点からの距離で表現する。

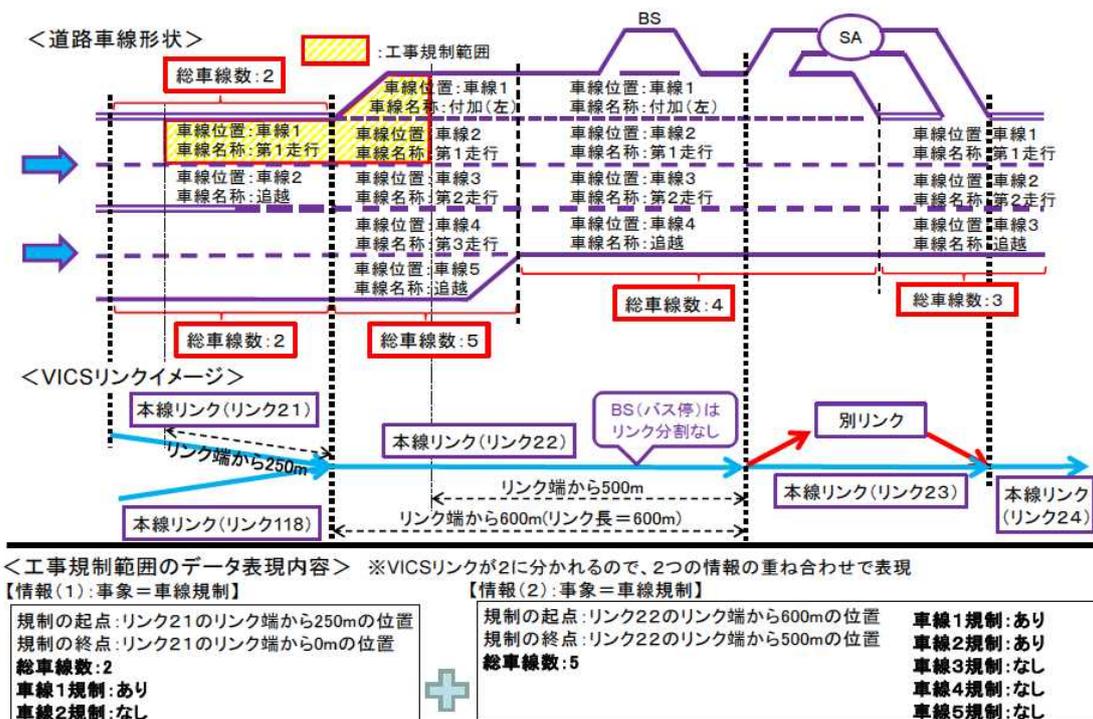


図 4-10 工事規制に係る車線種別の表現案

4. 先読み情報

(2) 工事規制情報の提供の現状

工事規制情報の提供の流れについて、中日本高速道路株式会社の事例を対象に整理した(図 4-11)。

1) 前日までの作業

工事予定が決まり次第、各事務所において工事規制支援システム(社内システム(RIMS))に入力する。緊急的な規制以外は、前日夕方までに登録する。道路管制センターの管制員が毎夜間に工事規制支援システム(工事予定システム)から出力し(CSV)、オフラインにて交通中央システム(工事規制情報提供システム)に取り込み、前日までに工事規制予定情報として登録する。

2) 当日の作業

工事規制開始の連絡を受けた後、道路管制センターの管制員が工事予定情報として登録されている規制を選択し、開始入力を行う。工事規制開始の連絡を受けた後に交通中央システム(管制卓)に規制開始を入力し、自動でC2システムにて、C1へ送信される。

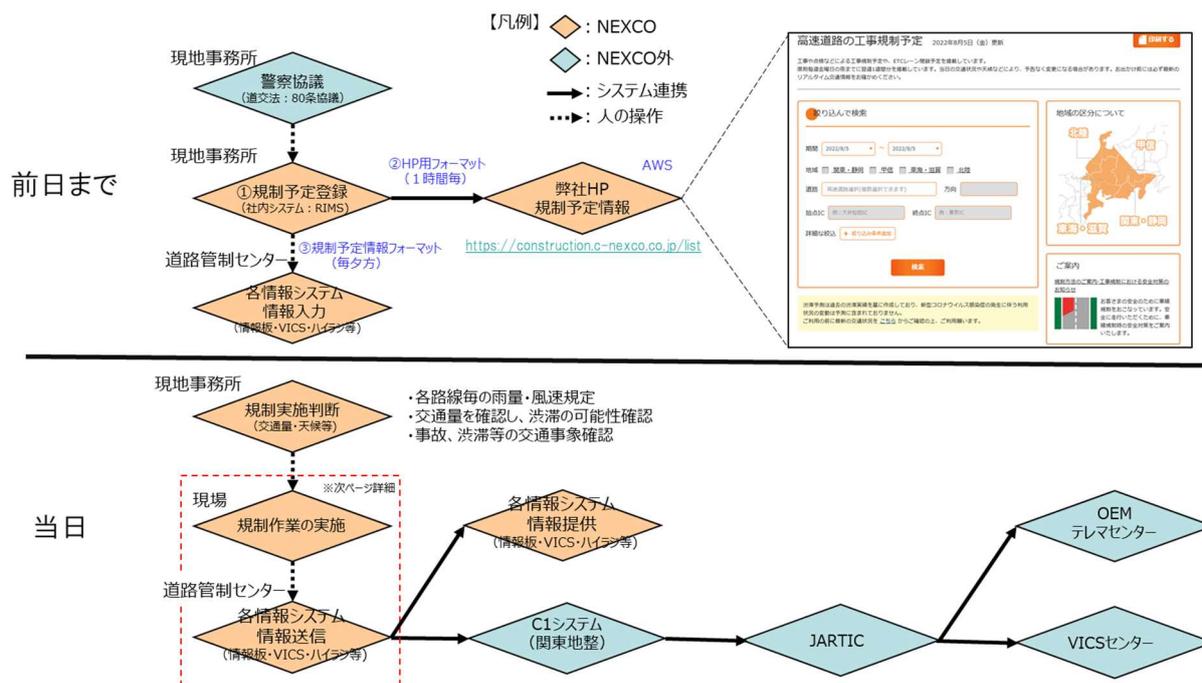


図 4-11 工事規制情報のデータ生成の流れ(中日本高速道路会社の場合)

出典: 中日本高速道路株式会社資料をもとに作成

なお、車線規制の作業の流れについて、車線規制の設置時の作業の流れを図 4-12、車線規制の撤去時の作業の流れを図 4-13 に示す(中日本高速道路株式会社の場合)。

○50:可変式速度規制標識

フェーズ	作業時間 (例)	車線閉塞 の有無	情報提供内容		作業内容
			情報板	○50	
①	—	無し	—	—	規制作業前に現場作業員から、道路管制センターへ規制作業開始の連絡
②	—	無し	—	—	規制作業前に現場作業員又は道路管制センターから交通管理者(警察)に可変式速度規制標識(○50)の操作依頼※1
③	数分	無し	この先○車線規制 走行注意	—	道路管制センターで登録済みの規制情報を各情報システムに送信し、規制情報を情報板・VICS等での情報提供開始
④	数分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	交通管理者(警察)の操作により速度規制を実施
⑤	5~20分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	進行方向上流側から規制予告標識の設置作業を実施
⑥	10分~30分	有り	この先○車線規制 走行注意	○50	進行方向上流側から規制(矢印板・ラバコンの設置)設置作業を実施
⑦	—	有り	この先○車線規制 走行注意	○50	規制(矢印板・ラバコンの設置)作業完了
⑧	—	有り	この先○車線規制 走行注意	○50	工事実施・工事完了

※1:交通管理者(警察)への連絡方法については、各道路管制センターにて異なる。

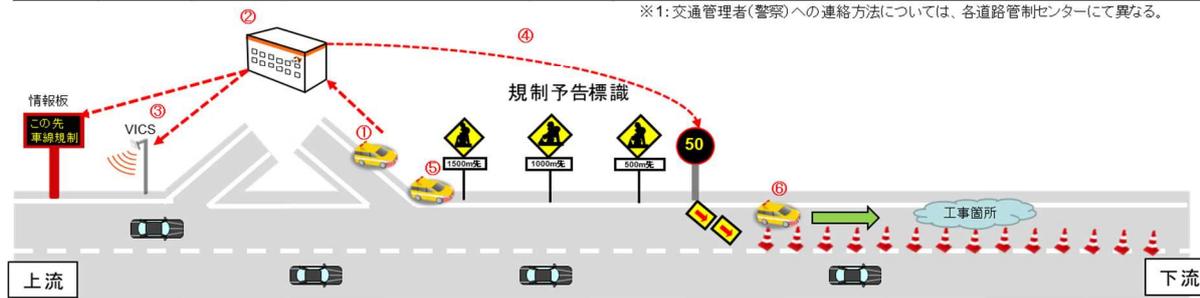


図 4-12 車線規制の設置作業の流れ

出典：中日本高速道路株式会社資料をもとに作成

○50:可変式速度規制標識

フェーズ	作業時間 (例)	車線閉塞 の有無	情報提供内容		作業内容
			情報板	○50	
⑨	10分~30分	有り	この先○車線規制 走行注意	○50	進行方向下流側から規制(矢印板・ラバコン)撤去作業を実施
⑩	数十分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	規制撤去後(予告標識は、残置)、下流側のICより流出し、上流側のICへ移動
⑪	5~10分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	上流側のICから再度流入し、進行方向上流側から規制予告標識の撤去作業を実施
⑫	数分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	規制予告標識の撤去完了後、道路管制センターへ規制作業終了の連絡
⑬	数分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	規制予告標識の撤去完了後、現場作業員又は道路管制センターから交通管理者(警察)に可変式速度規制標識(○50解除)の操作依頼※1
⑭	数分	無し	この先○車線規制 走行注意	○50	規制情報の情報板・VICS等での情報提供終了
⑮	数分	無し	—	○50	交通管理者(警察)の操作により速度規制を解除
⑯	—	無し	—	—	全ての規制作業完了

※1:交通管理者(警察)への連絡方法については、各道路管制センターにて異なる。



図 4-13 車線規制の撤去作業の流れ

出典：中日本高速道路株式会社資料をもとに作成

また、工事規制情報の提供の現状について、道路管理者別に整理した(表 4-9)。速度規制情報については、一部の路線・事象を除いては情報提供されていない。このため、速度規制情報を先読み情報として提供するに際しては、情報提供のためのルール・仕組みの整備も課題と

4. 先読み情報

なる。

表 4-9 工事規制情報の提供の現状（道路管理者別）

項目	NEXCO東日本	NEXCO中日本	NEXCO西日本	首都高速	阪神高速
システムへの情報入力	前日までに情報入力			当日情報入力	前日までに情報入力
速度規制 (工事規制時)	速度規制を実施			通常は速度規制を実施しない (ただし、路線や警察からの指導により速度規制を実施する場合もある。)	
速度規制 (落下物発生時)	速度規制を実施			通常は速度規制を実施しない (ただし、路線や警察からの指導により速度規制を実施する場合もある。)	
発生位置による区分	走行車線、追越車線、登板車線、路肩、オフ/オンランプ			走行車線、追越車線、オフ/オンランプ	走行車線、追越車線
	※落下物の位置が特定されるまでは、車線、距離等の情報提供は実施しない。				
位置の表現	この先 〇〇キロ先、 〇〇 (IC) ~△△ (IC)	この先〇〇 (下流側IC)、 〇〇キロ先 〇〇 (IC) ~△△ (IC)	この先 〇〇キロ先、 〇〇 (IC) ~△△ (IC)	〇〇 (IC) ~△△ (IC)	この先 〇〇キロ先、 〇〇 (IC) ~△△ (IC)
速度規制情報の提供 (JARTIC、VICS)	一部のみ提供 (気象(雨、雪)等)			提供していない	一部のみ提供

出典：道路管理者へのヒアリングをもとに作成

(3) IoT を活用した規制区間の把握

工事規制の開始位置、終了位置、区間をタイムリーに把握する方法として、ポストコーン等の規制材に無線装置を設置する方法の有用性を議論した。しかし、高速道路会社が実施する工事規制では、工事規制を実施する時点で工事規制の開始位置は確定しており、その後に変更されることはほとんどないことが明らかとなった。このため、工事規制の開始位置に設置する規制材（パイロン）に無線装置（GNSS）を設置して位置情報を取得し、工事規制の開始位置の精度を向上させるニーズはないと考えられた。

4.2.4. ETC2.0 プローブ情報を用いた突発事象の検知可能性分析

先読み情報の提供については、自動運転を阻害する可能性のある事象を一定以上の精度で計測可能なことが前提となる。本共同研究では、ETC2.0 プローブ情報を用いた交通事故等の突発事象の検知可能性を分析した。具体的には、高速道路会社が保有する道路管制イベントデータから突発事象の発生日時を特定し、突発事象（交通事故、出口渋滞、落下物、故障車）の発生日時と非発生日時を対象として、ETC2.0 プローブ情報から走行車両の速度等を集計した。

(1) 交通事故

交通事故については、分析対象事象は東名高速道路の217.0kp付近で発生した交通事故（発生日：2023年3月6日）とし、交通事故発生日と交通事故非発生日における本線車両の速度を比較した（図4-14、図4-15）。その結果、交通事故発生地点（217.0kp付近）において、速度低下を確認した。

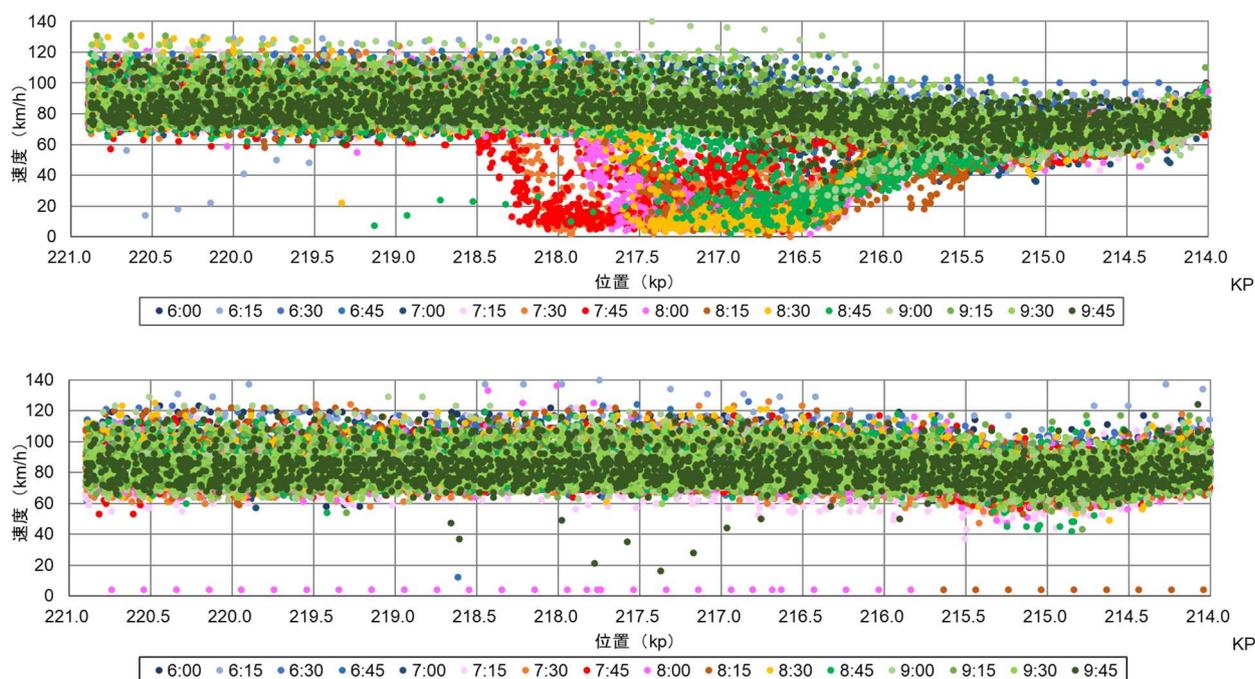


図 4-14 交通事故発生地点付近の速度分布（上：交通事故発生日、下：交通事故非発生日）

※ 交通事故発生地点は、217.0kp 付近である。

※ 交通事故発生日は 2023 年 3 月 6 日、交通事故非発生日は 2023 年 3 月 13 日である。

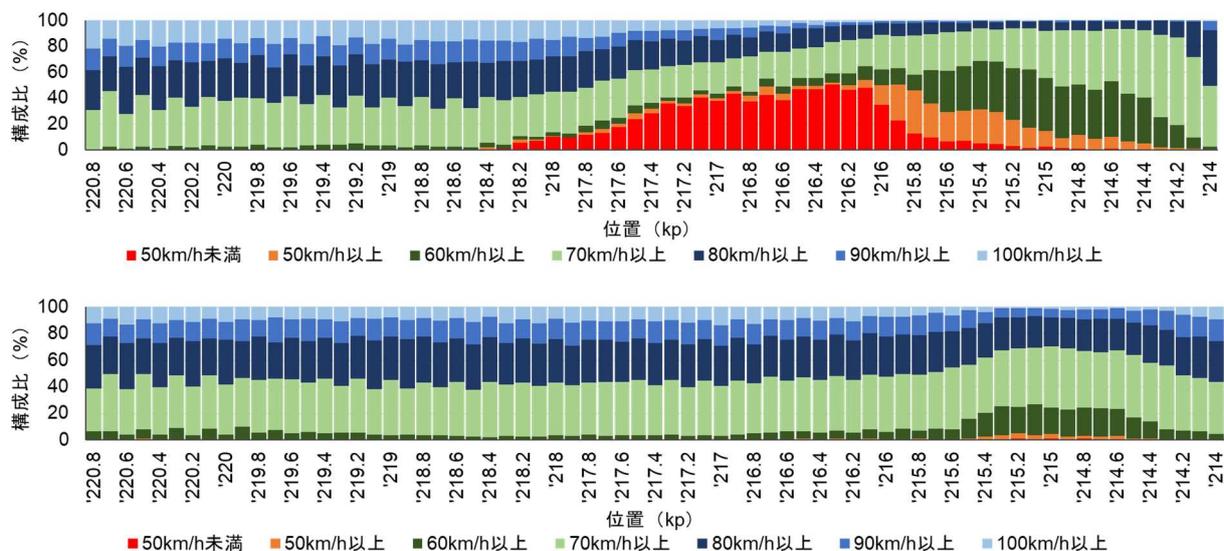


図 4-15 交通事故発生地点付近の速度構成比（上：交通事故発生日、下：交通事故非発生日）

※ 交通事故発生地点は、217.0kp 付近である。

※ 交通事故発生日は 2023 年 3 月 6 日、交通事故非発生日は 2023 年 3 月 13 日である。

(2) 出口渋滞

出口渋滞については、分析対象事象を東名高速道路 御殿場 IC（下り）付近で発生した出口渋滞（分析対象日時：2023 年 3 月 21 日 10:00～12:15）とし、渋滞発生日と渋滞非発生日におけるオフランプ走行車両と本線車両の走行速度を比較した（図 4-16～図 4-19）。また、渋滞発生日におけるオフランプ走行車両と本線車両の地点別速度構成比を比較した（図 4-20）。

その結果、本線車両とオフランプ走行車両との車両挙動の差異を把握可能なことを確認した。

4. 先読み情報

また、オフランプ走行車両については、渋滞発生日と渋滞非発生日で、速度低下の度合（発生時間帯、発生延長）が異なることも確認した。

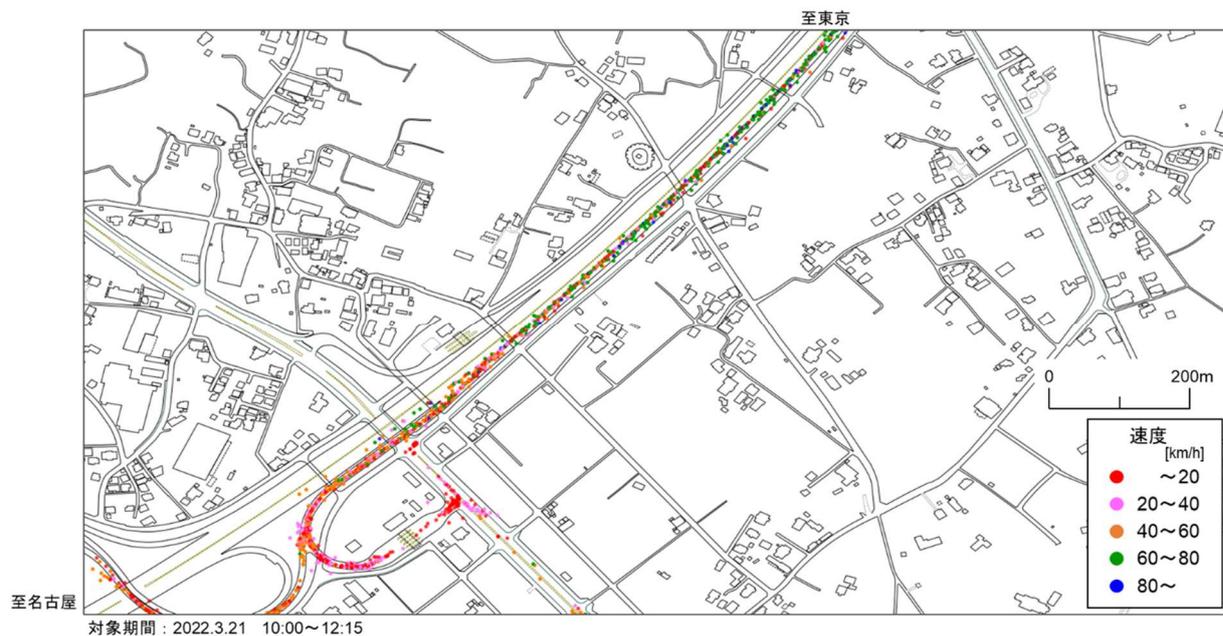


図 4-16 オフランプ走行車両の速度分布（渋滞発生日）

出典：国土地理院地図（基盤地図情報）をもとに作成

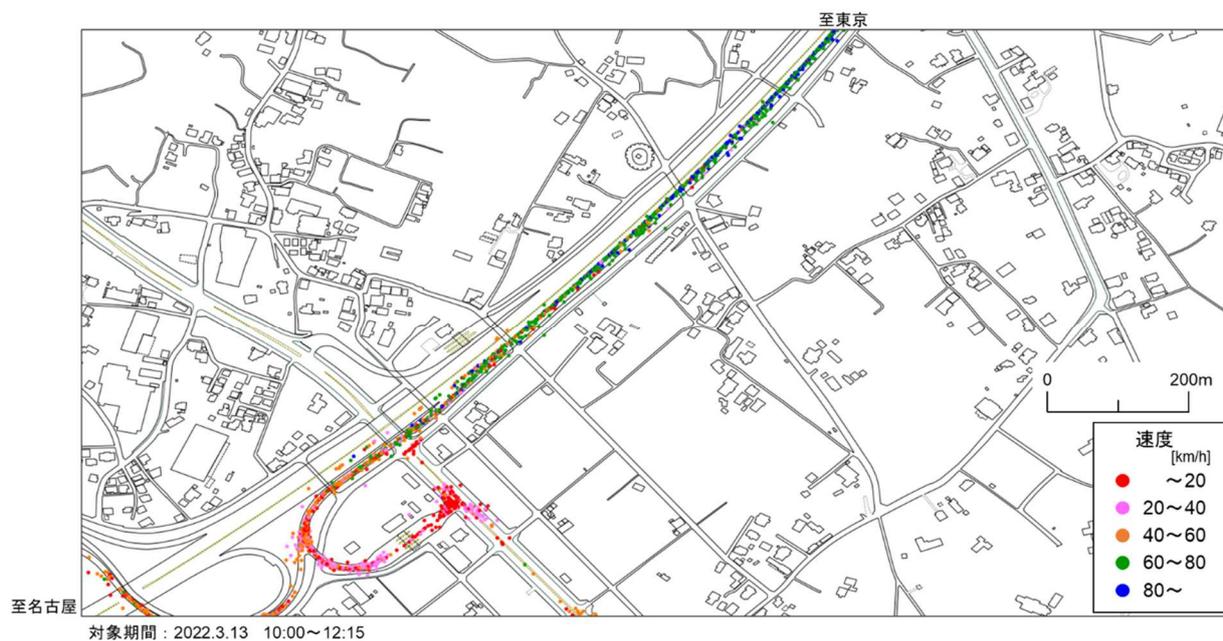


図 4-17 オフランプ走行車両の速度分布（渋滞非発生日）

出典：国土地理院地図（基盤地図情報）をもとに作成

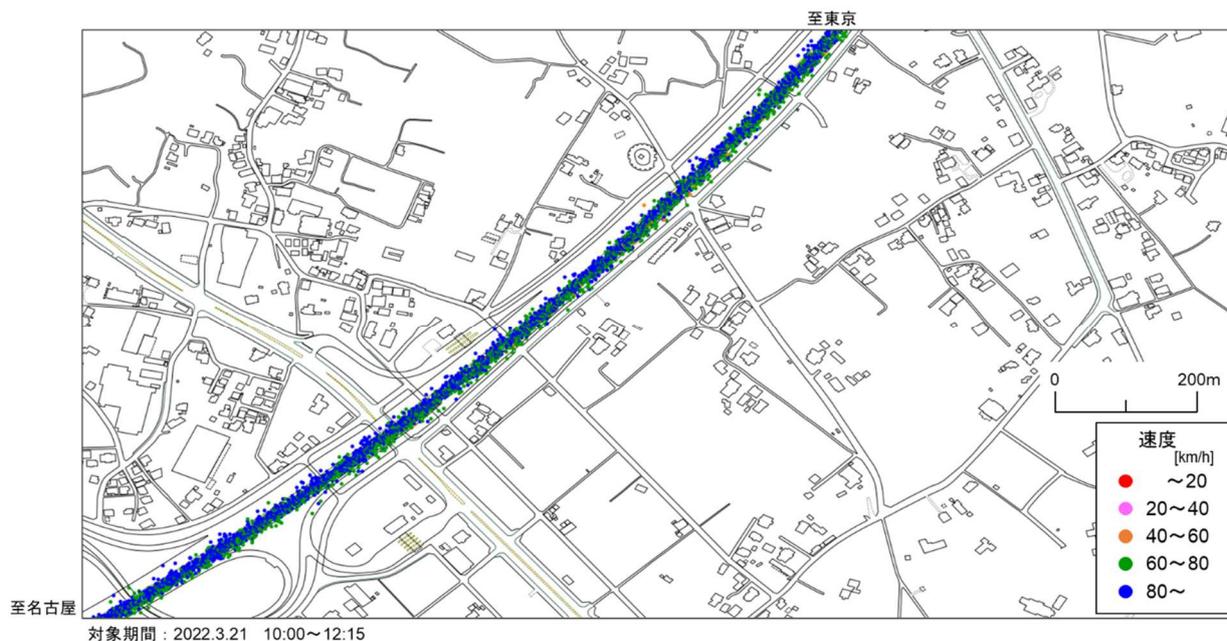


図 4-18 本線車両の速度分布（渋滞発生日）

出典：国土地理院地図（基盤地図情報）をもとに作成

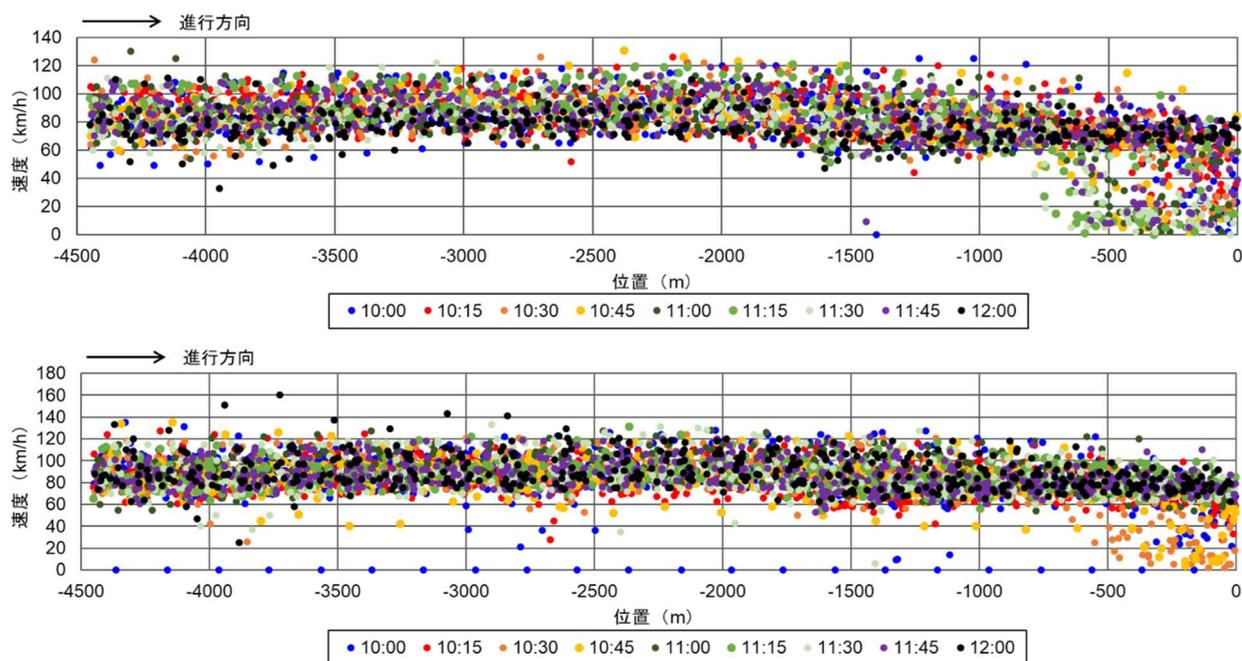


図 4-19 オフランプ走行車両の地点別速度分布

（上：渋滞発生日、下：渋滞非発生日）

※ 横軸の位置 (0m) は、デジタル道路地図 (DRM) 上での本線とオフランプの分岐位置である。

4. 先読み情報

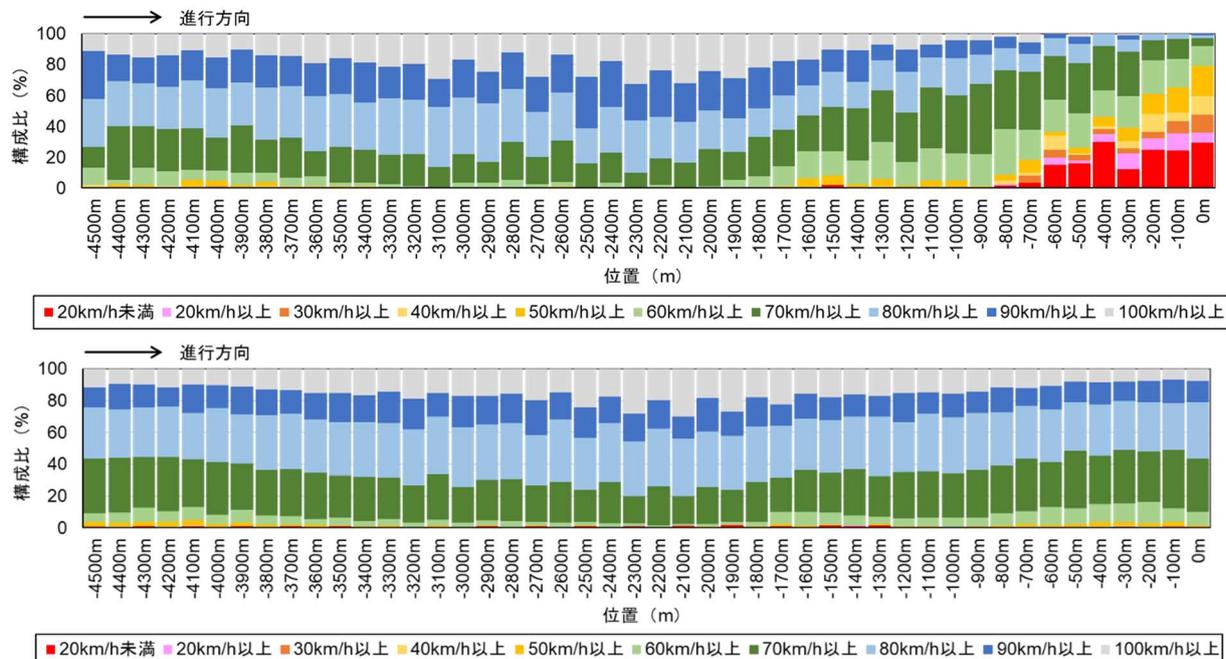


図 4-20 路側渋滞発生日における地点別速度構成比

(上：オフランプ走行車両、下：本線車両)

※ 横軸の位置 (0m) は、デジタル道路地図 (DRM) 上での本線とオフランプの分岐位置である。

(3) 落下物

落下物については、分析対象事象は東名高速道路の 89.5kp~90.0kp 付近で発生した落下物(発生日:2023年3月6日)とし、落下物発生前後での本線車両の速度を比較した(図 4-21、図 4-22)。その結果、落下物が路上にあると想定される時間帯では、89.3kp~89.8kp 付近において、60km/h を下回る速度を検出した。

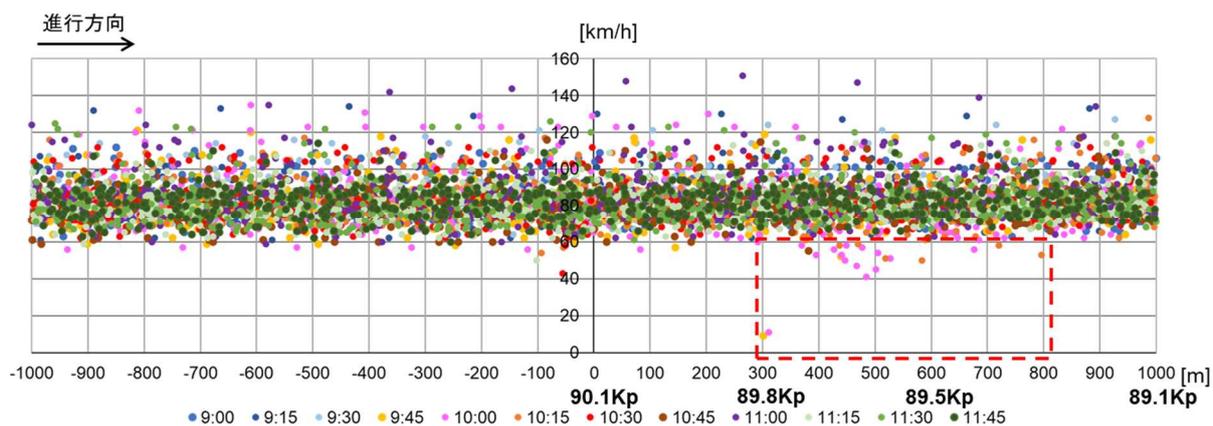


図 4-21 落下物発生地点付近の速度分布

※ 落下物の発生日時は、2022年11月1日 10:00~11:10 (推定) である。

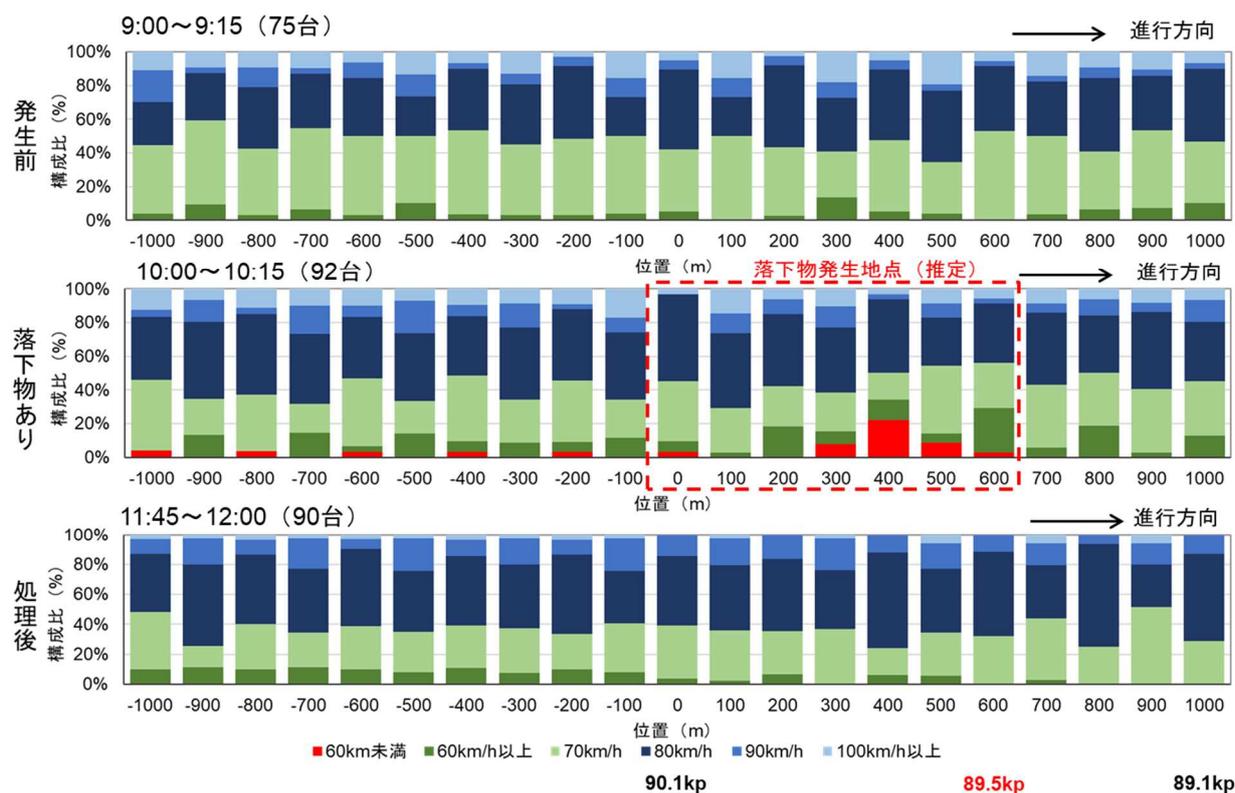


図 4-22 落下物発生前後の速度構成比 (地点別・時間帯別)

(4) 故障車

故障車については、分析対象事象は東名高速道路 146.5kp 付近で生じた故障車（発生日：2023 年 8 月 4 日）とし、故障車発生地点付近での速度分布を集計した（図 4-23）。その結果、故障車の発生時刻（13:27~15:15）の速度分布は、故障車の発生前や処理後の速度分布とほとんど差異がないことが分かった。

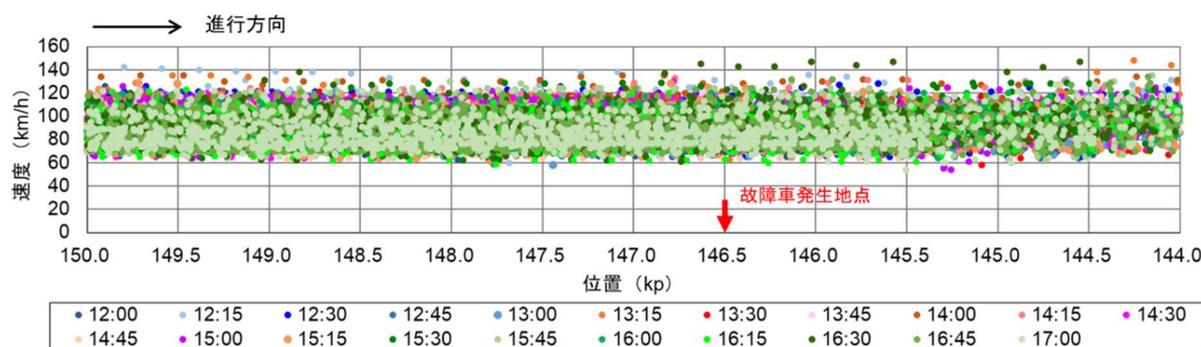


図 4-23 故障車発生時の本線車両の速度分布

※ 故障車の発生日時は、2023 年 8 月 4 日 13:27~15:15 である。

(5) まとめ

ETC2.0 プローブ情報による突発事象の検知については、事象による車線閉塞の影響の大きさにより、検知可能性が異なる。まず、交通事故については、通行規制等による交通への影響が大きく、本線車両の大きな速度低下が確認できた。一方で、落下物については、車線閉塞の規

4. 先読み情報

模が小さく、交通事故と比べると本線車両の速度低下幅が小さいことから、事象の検知が困難なことが確認できた。

なお、本分析についてはあくまでも特定の事例を対象としたものである。同一の突発事象であっても、車線閉塞の位置（走行車線、追越車線）、事象が発生した時間帯や時間の長さ等により、本線後続車への影響は異なると考えられる。このため、様々な条件下での事例分析を実施し、知見を蓄積することが重要となる。

また、本分析では、高速道路会社の道路管制イベントデータをもとに、プローブデータを用いた事象発生時と非発生時の比較など、事後的な検証を行って事象の発生を確定している。一方で、先読み情報をタイムリーに情報提供するためには、突発事象の発生有無の判断を基準化し、機械的に突発事象が検知されることが望ましい。このためには、「突発事象が発生していない状態を規定する平均速度」、「平均速度の算出対象とする区間長や時間帯の幅」、「突発事象の発生基準となる閾値」等に関する知見が必要であり、今後はこの分野での研究の進展が期待される。

5. 開示した研究成果

本共同研究の成果については、論文、国際会議での発表、依頼原稿の形で積極的に開示を行った。開示した主要な成果は、以下の通りである。なお、研究成果については、共同研究者に対して意見照会を行い、承認を得た後に開示している。

■ 論文

- 1) Toshimasa Nakagawa, Hirotaka Sekiya: Analysis of Relationship between Faint Level of Lane Marking and Operation of Lane Keeping Assist, 30th ITS World Congress, Dubai, 2024. (審査中)
- 2) 中川敏正, 井坪慎二, 石原雅晃, 花守輝明, 湯浅克彦: 区画線の剥離率と車線維持支援システムの作動状況との関係の基礎実験, 交通工学論文集(特集号B), 10巻, 1号, pp.B_10-B_19, 2024.
- 3) 中川敏正, 井坪慎二, 石原雅晃, 花守輝明, 湯浅克彦: 区画線の剥離率と車線維持支援システムの作動状況との関係を把握するための基礎実験, 第43回交通工学研究発表会論文集, pp.221~224, 2023.
- 4) 中川敏正, 井坪慎二, 石原雅晃, 花守輝明, 湯浅克彦: 区画線の剥離率と車線維持支援システムの作動状況の関係分析, 第67回土木計画学研究発表会・講演集, 2023.
- 5) 花守輝明, 石原雅晃, 中川敏正, 井坪慎二, 中田諒, 藤村亮太: 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線検知状況との関係分析, 第20回ITSシンポジウム2022, 2022.
- 6) 花守輝明, 石原雅晃, 中川敏正, 井坪慎二, 中田諒, 藤村亮太: 区画線の剥離状況と車載カメラによる区画線検知状況との関係分析, 第66回土木計画学研究発表会・講演集, 2022.

■ 国際会議での発表

- 1) Toshimasa Nakagawa: Japan Country Report (Joint R&D for Automated Driving through Collaboration between AVs and Roads), EU-US-Japan Automation in Road Transport WG May 2023, 2023.
- 2) Shinji Itsubo: Efforts to Expand Automated Driving on Expressways by NILIM, Joint Amsterdam Group-Japanese Meeting, 2022.
- 3) Toshimasa Nakagawa: Japan Country Report (Joint R&D for Automated Driving through Collaboration between AVs and Roads), EU-US-Japan Automation in Road Transport WG November 2022, 2022.
- 4) Toshimasa Nakagawa: Japan Country Report (Joint R&D for Automated Driving through Collaboration between AVs and Roads), EU-US-Japan Automation in Road Transport WG April 2022, 2022.

■ 依頼原稿

- 1) 中川敏正, 井坪慎二, 石原雅晃, 花守輝明: 高速道路における自動運転の早期実現に向けた取組～区画線の剥離率と車線維持支援システムの関係に関する基礎実験～, 土木技術資料, Vol.65, pp.12-15, 2023.
- 2) 井坪慎二, 中川敏正, 石原雅晃, 湯浅克彦, 花守輝明: 高速道路での自動運転の実現に向けた取組, 国総研レポート2023, pp.76-77, 2023.
- 3) 井坪慎二, 中川敏正: 自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究, 土木技術資料, Vol.65, pp.51-52, 2023.
- 4) 井坪慎二, 中川敏正: 高速道路での自動運転の実現に向けた取組, TRAFFIC & BUSINESS, Vol.129, pp.22-23, 2022.

5. 開示した研究成果

- 5) 中川敏正, 関谷浩孝, 中田諒, 花守輝明 : 高速道路での自動運転の実現に向けた取組, 国総研レポート 2022, pp.113-114, 2022.
- 6) 中田諒, 花守輝明, 中川敏正, 関谷浩孝 : 高速道路における安全で円滑な自動運転の実現に向けた取組, 土木技術資料, 第 64 卷, 第 4 号, pp.12~15, 2022.

6. おわりに

本資料では、「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究」の成果を取り纏めて報告した。

まず、自車位置特定補助情報については、実道での区画線の剥離率と車載カメラによる区画線の検知状況との関係进行分析し、LKAの作動のベースとなる車載カメラが検知可能な区画線の剥離率の目安を特定した。また、当該剥離率の目安を踏まえ、試験走路において剥離した区画線を再現し、LKAが作動可能な剥離率の閾値を取得した。これらは、車両前方の一定距離内にある区画線の剥離率をまとめりとして評価した点が特徴であり、自動運転車（車載カメラ）による区画線の検知メカニズムに近い形で評価できていると考えられる。そのうえで、LKAの作動の観点から区画線の剥離率に関する要件案として取り纏めた。今後、本共同研究の成果を踏まえて、自動運転車の車線維持に必要な管理水準を検討することが望まれる。

次に先読み情報提供サービスについては、現状の課題と対応の方向性を整理のために先読み情報のユースケースの選定と先読み情報（工事規制情報、出口渋滞情報）提供サービスの要件定義案を作成した。なお、先読み情報の提供に関する課題として高速道路上での事象の正確な検知がある。この点について、本共同研究では、ETC2.0プローブ情報を用いた突発事象（路肩渋滞、交通事故、落下物、故障車）の検知可能性に関する基礎的分析を実施した。

ここ最近、ETC2.0プローブ情報をリアルタイムでの所要時間の算出に実用する動きが見られている。本共同研究での知見も踏まえて、様々な検知手法を組み合わせることにより、高速道路での突発事象をタイムリーかつ精度よく把握するための研究を実施することが期待される。また、タイムリーな情報提供を行うためにITSスポットと事象発生位置との位置関係、設置密度、他の通信手段の活用についても研究を実施することが期待される。

なお、2024年度以降、自動運転用レーンを活用したレベル4自動運転トラックの実証実験が予定されており、その中では先読み情報提供の効果検証が実施される予定である。本共同研究は自家用車（オーナー・カー）を想定した研究ではあるが、自動運転トラックにも適用可能な成果もある。今後、実証実験等を通じて、本共同研究の成果の検証と更新を継続していきたい。

本研究では高速道路での自動運転の実現に不可欠なサービスについて研究を行ったが、今後はサービスの確実な実現に向けた展開が求められる。本報告がその一助となれば幸いである。

区画線の剥離率に関する要件案

令和6年1月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目次

第1章 背景と目的.....	- 1 -
1.1. 研究の背景	- 1 -
1.2. 研究の目的	- 1 -
第2章 区画線の属性指標と剥離率の位置付け.....	- 2 -
第3章 剥離率の定義.....	- 4 -
第4章 剥離率の計測方法に求められる要件	- 6 -
第5章 想定するLKA搭載車両	- 8 -
第6章 剥離率とLKAの作動との関係.....	- 9 -
6.1. 車両の走行条件の整理.....	- 9 -
6.2. 剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件	- 11 -
6.3. 剥離率の閾値	- 14 -
6.4. 車両の走行条件が剥離率の閾値に与える影響.....	- 16 -
第7章 今後の課題.....	- 18 -
巻末資料.....	- 19 -

第1章 背景と目的

1.1. 研究の背景

我が国では、「2030年までに世界一安全で円滑な道路交通社会を構築・維持することを目指す」といった政府目標の実現に向けて、官民が連携して取り組みを進めている。特に高速道路の自動運転については、自家用車を対象に2025年度のレベル4市場化を目指し、官民による取り組みが加速されている（官民ITS構想・ロードマップ2020）。国土交通省では、上記の政府目標の達成に向けて、車両の技術開発のみではなく、インフラ側との連携により進めるため、自動運転車の走行を支援するための道路交通環境の整備のあり方について検討しているところである。

このような背景から、国土技術政策総合研究所では、高速道路での安全で円滑な自動運転を実現するうえでの課題を道路との連携により解決することを目的として、2021年11月から「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に関する共同研究（以下「本共同研究」という。）」を実施してきた。

高速道路での自動運転の継続には、自動運転車が自車位置を正確に特定することが不可欠であり、特に道路横断方向の自車位置特定には高速道路上に設置された区画線が重要な情報となる。一方で、区画線がかすれている場合、車載カメラが区画線を検知することができず、高速道路での自動運転を支援する運転支援システムの一つである車線維持支援システム（Lane keep assist、以下「LKA」という。）が作動せず、車線中央を安定して走行できないという課題が指摘されてきた。そこで、本共同研究においては、自動運転車が高速道路で継続して自車位置を特定することを目的として、LKAが作動可能な区画線の剥離率に関する要件案を作成するための調査研究を実施してきた。

本書は、本共同研究による調査研究成果をもとに、区画線の剥離率に関する要件案を取り纏めたものである。

1.2. 研究の目的

本共同研究では、LKAが作動可能な区画線の剥離率の上限値（閾値）を把握することを目的とした。そこで、実道での区画線の剥離率とLKAの作動のベースとなる車載カメラによる区画線の検知状況との関係を調査後、試験走路において様々な条件の下でLKAの作動状況を調査することで、LKAが作動可能な区画線の剥離率の上限値（閾値）を特定した。これにより、LKAが作動可能となる区画線の剥離率に関する基礎的知見を取得し、国土交通省が将来的な施策として位置付けている「自動運転車の車線維持に必要な区画線の管理水準の検討」に活用することを企図している。

第2章 区画線の属性指標と剥離率の位置付け

本章では、区画線のかすれ度合いを表す属性指標を整理し、「剥離率」の位置付けを明確化する。

区画線の属性指標には、大別して「実道での計測を想定した属性指標」と「机上での計測を想定した属性指標」がある（表 2-1）。

まず、実道での計測を想定した主な属性指標には、「剥離率」、「目視評価ランク」、「反射輝度値」がある。「剥離率」は、区画線の摩耗、剥離、劣化等により塗膜が欠損した部分の全体に占める割合を表す指標であり、剥離率が大きいほど、かすれが進んでいることを示す。「目視評価ランク」は、区画線の摩耗、剥離、劣化等を目視により5段階で評価する指標であり、ランクが低いほど、区画線の摩耗、剥離、劣化等が進んでいることを示す。「反射輝度値」は、区画線の再帰反射性能を評価する指標であり、反射輝度値が大きいほど、夜間の視認性が高いことを示す。

次に机上での計測を想定した主な属性指標には、「拡散反射率」と「色差」がある。「拡散反射率」は、区画線（白色）の明るさや白さを評価する指標であり、拡散反射率が大きいほど、昼間の視認性が高いことを示す。「色差」は、区画線（黄色）の塗膜表面の汚れや変色・退色状況を評価する指標であり、色差が大きいほど路面表示（黄色）との色差が大きいことを示す。

上記の区画線の属性指標のうち、「剥離率」は区画線の状態について、昼間帯の視認性の評価には適した指標であり、比較的容易に計測可能で、かつ定量的に評価が可能である。

また、区画線の損傷度判定及び塗り直し基準については、「外観」、「剥離（耐久性）」、「夜間の視認性」の3つの指標から総合的に評価する方法が提案されている。このうち、「外観」と「剥離（耐久性）」は昼間の視認性を対象としており、目視による外観評価と撮影した画像による剥離面積の割合（剥離率）による剥離評価が行われている。「夜間の視認性」は区画線の表面に散布されるガラスビーズの夜間反射率を計測する方法がとられている。本来であれば、これら3つの指標をもとに区画線の損傷度を総合的に評価することが望ましいが、本共同研究では、比較的容易に計測可能で、かつ定量的に評価が可能な「剥離率」を指標として選定した。

表 2-1 区画線の主な属性指標

属性指標名	概要	特徴
剥離率	区画線の摩耗、剥離、劣化等により塗膜が欠損した部分の全体に占める割合を表す指標。剥離率が大きいほど、かすれが進んでいる。	<ul style="list-style-type: none"> 区画線の状態について、昼間帯の視認性の評価には適した指標 比較的容易に計測可能で、かつ定量的に評価が可能
目視評価ランク	区画線の摩耗、剥離、劣化等を目視により5段階（ランク1～ランク5）で評価する指標。ランクが低いほど、区画線の摩耗、剥離、劣化等が進んでいる。	<ul style="list-style-type: none"> 区画線の状態について、定量的な評価値に基づく評価は困難 目視による判定であり、ばらつきが生じる可能性あり
反射輝度値	区画線の再帰反射性能を評価する指標。反射輝度値が大きいほど、夜間の視認性が高い。	<ul style="list-style-type: none"> 区画線の状態について、夜間帯の視認性の評価には適した指標 計測部が覆われる専用機器を用いて計測するため、計測に時間を要する
拡散反射率 （白線の場合）	区画線（白色）の明るさや白さを評価する指標。拡散反射率が大きいほど、昼間の視認性が高い。	<ul style="list-style-type: none"> 区画線の状態について、昼間帯の視認性の評価には適した指標 区画線（白線）を対象とした指標
色差 （黄色線の場合）	区画線（黄色）の塗膜表面の汚れや変色・退色状況を評価する指標。色差が大きいほど、路面表示（黄色）との色差が大きい。	<ul style="list-style-type: none"> 区画線（黄色線）を対象とした指標 （一社）全国道路標識・標示業協会が「道路標示黄色見本」を提供

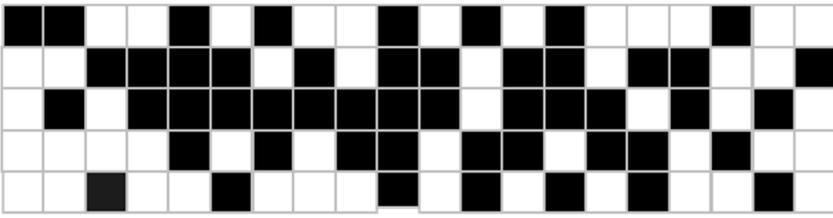
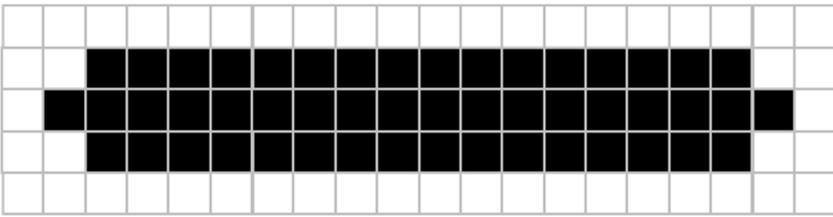
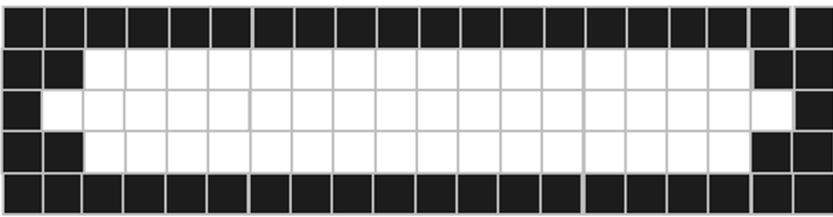
出典：「路面標示ハンドブック 第5版（一般社団法人全国道路標識・標示業協会）」をもとに作成

第3章 剥離率の定義

本章では、本共同研究での剥離率の定義を整理する。本共同研究での剥離率は、「摩耗、剥離、劣化等により区画線の塗膜が欠損した部分の全体に占める割合（面積比）」と定義する（表 3-1）。つまり、剥離率は剥離部分の面積と全体面積の比率を評価する指標であり、個々の区画線の中での剥離の発生位置や形状（ランダムに剥離、区画線の内側が剥離、外周部分が剥離等）は評価の対象外とする。この理由は、定義された剥離率は、現行の剥離率の計測方法（要素技術）で数値化可能な指標であることを重視したためである。

なお、定義する剥離率は理論上の定義であり、実測剥離率とは必ずしも一致しない可能性もあることには留意が必要である。また、剥離率を計測するには、区画線が敷設されていた範囲を正確に特定できることが前提となる。

表 3-1 区画線の剥離率のイメージ

区画線	剥離率のイメージ
区画線 A	
区画線 B	
区画線 C	

※ 白色部分は剥離していない部分、黒色部分は剥離している部分である。

※ 区画線 A～区画線 C は黒色部分が全体面積半分であるため、剥離率は 50%である。

また、剥離率を上記のように定義した場合、同じ剥離率でも LKA の作動状況が異なる可能性が指摘されている。例えば、区画線の外周（輪郭）部分が剥離し

ていない区画線（表 3-1 の区画線 B）では、外周（輪郭）部分が剥離している区画線（表 3-1 の区画線 C）と比べて LKA が相対的に作動しやすいことが経験上把握されている。このため、剥離率と LKA の作動状況との関係を正確に把握するという観点では、将来的には剥離率を剥離の発生位置や形状を含めた形で定義することが望ましく、この点については塗膜の欠損した部分の位置や形状が簡便に数値化可能な要素技術が確立された際の検討事項とする。

第4章 剥離率の計測方法に求められる要件

本章では、剥離率の計測方法に求められる要件を整理する。

まず、剥離率については、計測誤差が小さく、かつ事前に計測精度が把握可能であることが最も重要である。また、剥離率を定量値で、剥離率と位置の双方を取得できる必要がある（正確性の観点）。

次に剥離率の計測機器の導入・運用が安価であり、長距離かつ通常の道路管理時に計測可能である必要がある（経済性の観点）。

さらに剥離率の計測機器の調達や操作が容易であること、車両を走行しながら計測可能で、かつ計測間隔を調整できる必要がある（計測性の観点）。

上記を踏まえ、本共同研究においては、剥離率の計測方法に求められる要件（リクワイアメント）について、「正確性」、「経済性」、及び「計測性」の3つの観点から整理した。各観点における要件の詳細は、表 4-1 の通りである。

表 4-1 剥離率の計測方法に求められる要件（リクワイアメント）

	No	要件	説明
正確性	1	計測誤差が小さく、かつ事前に計測精度が把握可能であること	剥離率を正確に計測でき、かつ機器に起因する計測誤差が事前に把握できる。
	2	区画線が敷設されていた範囲を正確に特定できること	剥離率を計測すべき範囲を正確に特定できる。
	3	定量値の取得が可能であること	計測結果が定量値として出力される。
	4	剥離率と位置の双方を計測可能であること	区画線（位置）と計測結果の紐付けが容易である。
経済性	5	計測機器の導入・運用が安価であること	機器のイニシャルコスト及びランニングコストが十分に小さい。
	6	長距離の計測が可能であること	短時間の計測において、比較的長い距離の剥離率を取得可能である。
	7	通常の道路管理時に計測可能であること	定期的な道路パトロールの中で、剥離率を計測できる。
計測性	8	計測機器の調達が容易であること	計測に際して、特殊な機器を必要としない。
	9	計測機器の操作が容易であること	計測に際して、専門的な知識が必要ない。
	10	車両を走行しながら計測可能であること	計測時に際して、交通規制が不要である。
	11	計測間隔を調整できること	調査の用途に応じて、計測間隔を設定可能である。

第5章 想定する LKA 搭載車両

現在、LKA に係る技術レベルは、自動車メーカーや車種によって統一されていないのが実情である。このため、本共同研究では、要件案作成日から一定期間、市場に存在することが想定される車種を実験車両として選定した。

将来的に LKA の普及促進が進展し、LKA に係る技術レベルが統一されてきた際に、想定する LKA 搭載車両を再検討し、LKA に関する具体的な性能を特定することとする。

第6章 剥離率と LKA の作動との関係

本章では、本共同研究で実績値を取得した試験走路と実道での車両の走行条件を整理後、剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件を特定する。

また、試験走路で取得した実測値をもとに剥離率の閾値を整理し、試験走路での車両の走行条件が剥離率の閾値に与える影響を考察する。なお、試験走路で取得した実測値の詳細については、巻末資料を参照されたい。

6.1. 車両の走行条件の整理

本共同研究では、試験走路に区画線が剥離した環境を構築し、剥離率と LKA の作動状況の関係を調査した。一方、試験走路は実道とは車両の走行条件が異なるため、剥離率の閾値（6.3 で記載）を実道に適用する際には、そのままでは適用できないと考えられる。

そこで、ここでは試験走路と実道における車両の走行条件について俯瞰的な整理を行った（表 6-1）。このうち、試験走路と実道で車両の走行条件が異なる項目については、6.4 において剥離率の閾値に与える影響を考察する。

表 6-1 試験走路と実道における車両の走行条件

項目		試験走路	実道 (NEXCO 管理路線)
舗装		改質密粒度アスファルト	高機能アスファルト (空隙あり)
区画線	対象	車線境界線	車線境界線、外側線
	長さ・間隔	6m+9m	8m+12m
	施工方法	熔融式	熔融式 ※ 積雪地域では、加熱式
	素材	塗料及びガラスビーズ	塗料及びガラスビーズ
	劣化方法	人工剥離 (超高压水表面処理工法)	経年劣化 (紫外線や車両乗り上げによる擦れ等)
	劣化形態	規則性なし (塗装厚が薄い部分の除去)	規則性なし (ひび割れやタイヤ痕による擦れ)
線形	平面	直線	カーブ部 (大きな R)、すりつけ曲線部
	縦断	平坦	平坦、上り勾配、下り勾配
	横断	左路肩側に片勾配	左路肩側に片勾配
道路構造		土工部	土工部、橋梁部、トンネル部
走行速度		80km/h (実験車両の走行速度)	70~120km/h (非渋滞時) 20~50km/h (渋滞時)
走行方法		走行方向: 往復 車線内の走行位置: 固定 区画線の跨ぎ: なし	走行方向: 一方通行 車線内の走行位置: ランダム 区画線の跨ぎ: あり (車線変更)
車種		普通車	大型車、普通車、二輪車等
気象環境		晴、雨	晴、曇、雨、雪、霧等

6.2. 剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件

LKA が非作動となる状態が出現する剥離率（以下「LKA 作動率が 100%となる剥離率※」という。）は、車両の走行条件（時間帯、天候）によって変化する。これは、LKA 搭載車両の車載カメラによる検知が、時間帯や天候によって影響を受けるためである。このため、剥離率の閾値を作成する場合、車両の走行条件を事前に特定する必要がある。

そこで、本要件案においては、剥離率の閾値作成の対象とする車両の走行条件を「基本条件」と定義した。

※ LKA 作動率が 100%となる剥離率とは、昇順方向の場合は「LKA が非作動となる状態が出現する剥離率」、降順方向の場合は「LKA が全作動となる剥離率」である。

(1) 基本条件の定義

LKA 作動率が 100%となる剥離率は、車両の走行条件が安定している場合には大きくなるが、車両の走行条件が安定しない場合には小さくなると考えられる（図 6-1）。LKA が確実に作動することを前提とした場合（LKA 作動率が 100%を前提とした場合）、車両の走行条件を広くすればするほど、LKA 作動率が 100%となる剥離率は低下することになる。

このため、基本条件については、「剥離率の水準（剥離率をどこまで低い水準とするか）」と「車両の走行条件（車両の走行条件をどこまで広くするか）」の双方を考慮して定める必要がある。

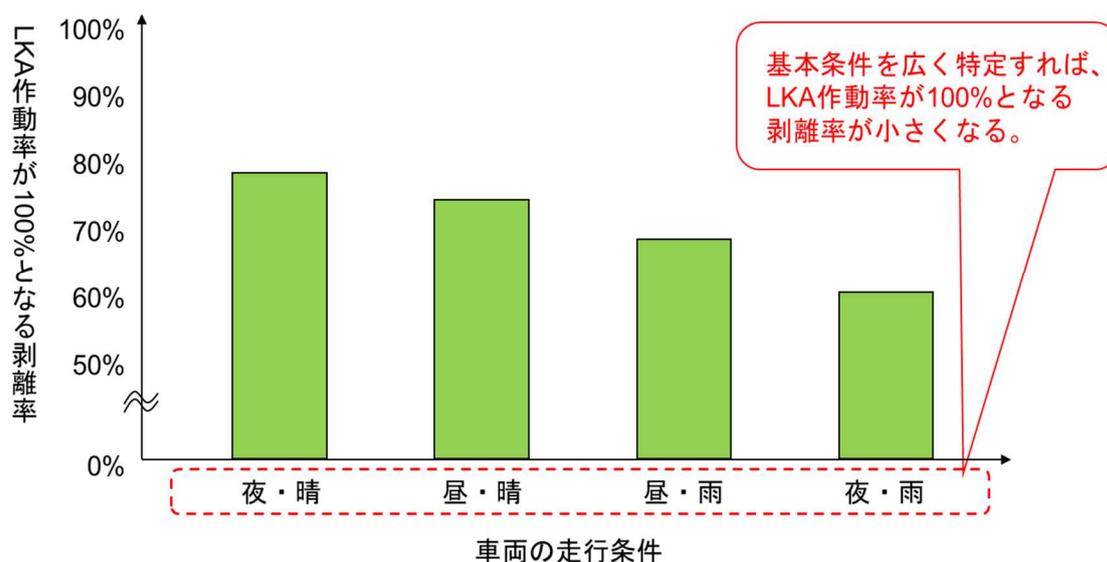


図 6-1 車両の走行条件と LKA 作動率が 100%となる剥離率の関係（イメージ）

(2) 基本条件の設定の方針

基本条件の設定の方針は、以下の通りである。

- ・ 車種別に特定する。

LKA の制御方法が車種ごとに異なるため、LKA 作動率が 100%となる剥離率は、車両の走行条件が同じ場合でも車種によって異なることが想定される。このため、基本条件は車種別に特定する。

- ・ LKA 作動率が 100%となる剥離率のうち、当該剥離率が最小となる車両の走行条件をベースとして特定する。

LKA の確実な作動の観点から、基本条件については、剥離率が最小となる車両の走行条件を起点に特定する。

- ・ 昇順方向で走行した実測値をもとに特定する。

LKA が作動から非作動となる事象は、走行の安全性の観点から回避すべき事象であるため、基本条件は昇順方向で走行した実測値をもとに特定する。

- ・ 評価区間の起点での LKA の作動状況が同じ実測値をもとに特定する。

基本条件の根拠となる実測値の属性を統一するため、評価区間の起点での LKA の作動状況が同じ実績値をもとに特定する。具体的には、昇順方向での走行では評価区間起点で LKA が作動となった実測値、降順方向での走行では評価区間起点では LKA が非作動となった実測値である。

(3) 基本条件の特定結果

LKA 作動率が 100%となる剥離率について、車両の走行条件別に示す（表 6-2）。仮に基本条件を LKA 作動率が 100%となる剥離率が最も小さくなる車両の走行条件とする場合、車両 A は「昼・晴」、車両 B は「昼・晴及び夜・晴」、車両 C は「昼・雨」、車両 D は「昼・晴」が基本条件と特定される。

表 6-2 車両の走行条件と LKA 作動率が 100%となる剥離率

車両名	車両の走行条件 (LKA 作動率が 100%となる剥離率)			
車両 A	<u>昼・晴</u> (77%)	夜・晴 (79%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)
車両 B	<u>昼・晴</u> (77%)	<u>夜・晴</u> (77%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)
車両 C	昼・晴 (◎)	夜・晴 (77%)	<u>昼・雨</u> (75%)	夜・雨 (×)
車両 D	<u>昼・晴</u> (60%)	夜・晴 (77%)	昼・雨 (-)	夜・雨 (-)

- ※ 赤下線は、LKA 作動率が 100%となる剥離率のうち、当該剥離率が最小となる車両の走行条件 (=基本条件) である。
- ※ 括弧内は LKA 作動率が 100%となる剥離率であり、LKA の作動・非作動の切り替わりが発生した地点から前方区間 (自車位置から 30~130m) にある区画線の剥離率の平均値 (小数点以下は切り下げ) である。
- ※ 「◎」は、LKA が全走行・全区間で作動したことを示しており、LKA が非作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。
- ※ 「×」は、LKA が全走行・全区間で非作動であったことを示しており、LKA が作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。
- ※ 「-」は、無効サンプル (剥離率が段階的に高くなる評価区間に進入した際、通常と異なる非作動状態であった走行) が含まれているため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できなかった。

なお、LKA が全走行・全区間で作動した車種・車両の走行条件 (表 6-2 の◎) は、LKA が非作動となる状態が出現しなかったため、LKA 作動率が 100%となる剥離率が特定できず、基本条件には該当しないとしたものの、剥離率が 100%に近い状態でも LKA が作動している。

6.3. 剥離率の閾値

6.2 において特定した基本条件に対して、剥離率の閾値を整理した（表 6-3）。なお、剥離率の閾値については、LKA の性能に依存する。このため、将来的な車両技術の革新により LKA の性能が向上した場合、剥離率の閾値については更新が必要となる。

表 6-3 剥離率の閾値

車両	車両の走行条件				剥離率の閾値
	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	
車両 A	◎	○			77%
車両 B	◎	◎			77%
車両 C		○	◎		75%
車両 D	◎	○			60%

◎：剥離率の閾値に対応する走行条件（基本条件）

○：剥離率が閾値の場合に LKA 作動率が 100%となる走行条件

【ドライバーによる視認性】

LKA が作動しなくなった場合、ドライバーが区画線を認識し、運転を引き継ぐ必要がある。このため、剥離率が閾値となる区画線については、ドライバーが視認できる水準である必要がある。仮にドライバーが剥離率が閾値である区画線を視認できない場合、閾値自体に一定幅を持たせる必要がある。

試験走路での実験で整備した区画線を対象とした場合、剥離率が約 60%の区画線はドライバーによる視認は可能であるものの、剥離率が約 75%の区画線はドライバーによる視認は不可能であった（表 6-4）。このため、剥離率の閾値は、ドライバーによる視認性を考慮した場合、約 75%以下とすることが望ましいと言える。ただし、実道路では両側の区画線が均等に剥離しているとは限らないこと、ドライバーは LKA と異なり片側の区画線が認識できれば運転の継続が可能であることなど、試験走路での実験とは道路環境や車両の走行条件が異なっている点には留意が必要である。

表 6-4 剥離率とドライバーによる視認性の関係

剥離率	区画線（写真）	視認性
約 60%		視認可能
約 75%		視認不可能

【剥離率の閾値と区画線の補修のタイミング（推奨）との関係】

一般社団法人全国道路標識・標示業協会は、区画線の補修のタイミングとして「目視評価ランク3と同等程度以下の標示」であることを推奨している（「路面標示ハンドブック第5版」）。

試験走路での実験で整備した区画線（表6-5の区画線①と区画線②）を対象とした場合、区画線①は目視評価ランク2、区画線②は目視評価ランク1に相当し、いずれも塗り替えが望ましいものと判定された。

なお、目視評価ランクは定性的な指標であり、剥離率との相関が低い場合もあることには留意が必要である。

表 6-5 区画線の剥離率と目視評価ランク

項目	区画線①	区画線②
剥離率	約 60%	約 75%
区画線の状況 (写真)		
目視評価ランク	ランク 2	ランク 1
評価	塗り替えが望ましい	塗り替えが望ましい

※ 評価は、「路面標示ハンドブック第5版（一般社団法人全国道路標識・標示業協会）」による区画線の塗り替えの推奨タイミングに基づく評価である。

※ 上記の区画線は試験走路での基礎実験時に剥離施工した区画線であり、個々の区画線で極力均一に剥離させているため、実道の区画線に比べて目視評価ランクの判定が行いやすい。

6.4. 車両の走行条件が剥離率の閾値に与える影響

6.3の剥離率の閾値の実績値を取得した試験走路については、実道と比べて車両の走行条件に差異がある。そこで、6.1で整理した車両の走行条件のうち、試験走路と実道とで差異のある項目について、剥離率の閾値に与える影響を考察

した（表 6-6）。なお、本節での考察は、本共同研究で実績値を取得できていない内容を含むものであり、仮説をもとに議論した結果である。

表 6-6 車両の走行条件が剥離率の閾値に与える影響

項目		考察
舗装		実道の舗装は高機能アスファルトであり、試験走路と比べて雨天時でも路面に水膜が発生しにくく、剥離率の閾値は大きくなる可能性がある。
区画線	長さ・間隔	区画線の長さ・間隔は、試験走路及び実道ともに車載カメラの設計条件の範囲内であるため、剥離率の閾値には大きな影響は無いと考えられる。
	劣化方法	実道での区画線の剥離は経年劣化によるものであるが、劣化方法の違いが車載カメラによる区画線の検知に及ぼす影響に関する十分な知見が無く、剥離率の閾値への影響は不明である。
	劣化形態	
線形	平面	実道での平面線形は緩やかであり、車載カメラによる検知範囲には大きな影響は無く、剥離率の閾値には大きな影響は無いと考えられる。
	縦断	
道路構造		トンネル部はコンクリート舗装である場合もあり、区画線とのコントラストが低いため、剥離率の閾値が小さくなる可能性がある。
走行速度		実道での実勢速度が規制速度を上回る場合、短時間でより長い区間の区画線の情報を取得可能であるため、剥離率の閾値は大きくなる可能性がある。
走行方法		実道では車線を跨ぐ走行や加減速があり、車載カメラが区画線を検知しにくい状況が発生するため、剥離率の閾値は小さくなる可能性がある。
車種		実道では多種多様な LKA 搭載車両が走行し、LKA の性能が低い車種の場合には、剥離率の閾値は小さくなる可能性がある。
気象環境		実道では雨、雪、霧などが発生し、車載カメラによる区画線の検知がしにくくなるため、剥離率の閾値は小さくなる可能性がある。

第7章 今後の課題

区画線の剥離率に関する要件案について、今後の課題を以下に整理する。

(1) 実道における剥離率が連続しない区間での LKA 作動への影響確認

本共同研究では、剥離率が段階的に大きくなる道路環境において、剥離率と LKA の作動状況の関係を調査したが、実道での道路環境では規則性がなく、かたばらつきがある。このような実道での剥離率の不規則性やばらつきが LKA の作動に与える影響は調査できておらず、今後確認することが望ましい。

(2) 剥離率以外の属性指標と LKA 作動の関係確認

本共同研究では、区画線の属性指標として剥離率を対象に調査を実施した。剥離率は昼間の視認性を対象としており、夜間の視認性を評価する指標として反射輝度値がある。今後、夜間における反射輝度値と LKA の作動状況との関係を調査し、LKA 作動率が 100%となる反射輝度値を把握することが望ましい。

(3) 剥離率の計測方法毎の計測精度の把握

本共同研究では、既往技術を用いて、剥離率の計測を実施したが、剥離率の既往の計測方法は、いくつかの方法が確認されている（「参考資料」を参照）。

本共同研究で使用した既往技術を含め、剥離率の計測方法毎の計測精度について、正確に把握することが望ましい。

卷末資料

卷末資料-1. 区画線の剥離状況と車載カメラの区画線認識状況との関係分析

卷末資料-2. 区画線の剥離率に関する基礎実験

卷末資料-3. LKA の作動・非作動の境目となる剥離率
(西側区画線・昇順方向のみでの分析)

卷末資料-4. 区画線の剥離率と反射輝度の関係

卷末資料-1

区画線の剥離状況と車載カメラの区画線認識状況と の関係分析

区画線の剥離状況と車載カメラの区画線認識状況との関係分析

分析の流れ

① 剥離状況のデータ取得



② 車載カメラの区画線検知状況のデータ取得



③ 分析対象区間の選定



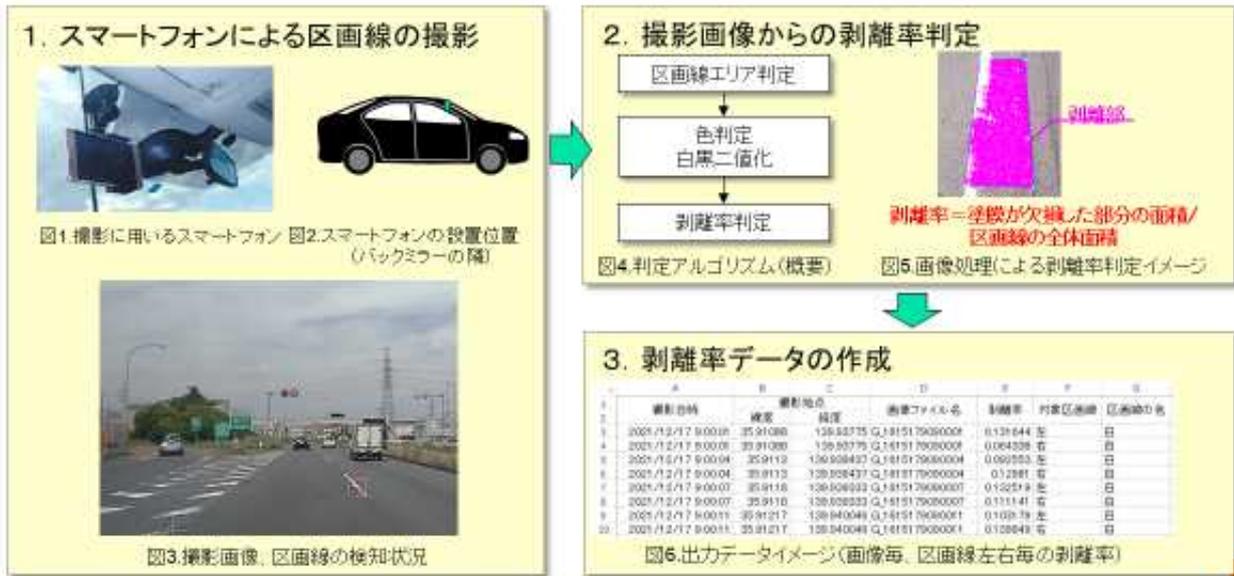
④ 車載カメラの検知メカニズムを踏まえた評価指標の検討



⑤ 車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定

ステップ①: 剥離状況のデータ取得

- 高速道路を対象として、剥離状況の調査を実施(調査区間長:約1,000km)
- スマートフォンで撮影した画像を画像判定システムに取り込み、走行した車線の左右の白線の位置を検出し、画像毎に区画線の剥離率を判定(一定距離毎に撮影可能なスマートフォンを用いて撮影)
- 撮影日時、箇所、気象条件等についても、撮影時に合わせて把握(GPS、調査員の記録等)



3

ステップ①: 剥離率データの取得

【剥離率算出の基本フロー】

- テンプレートマッチングによる区画線検出を行い、検出した区画線から色を判定(白・黄)
- 舗装やコンクリート等の道路画像の色特徴等を解析
- 抽出領域の剥離率を算出(区画線の左右の同時判定、白色、黄色別算出が可能)

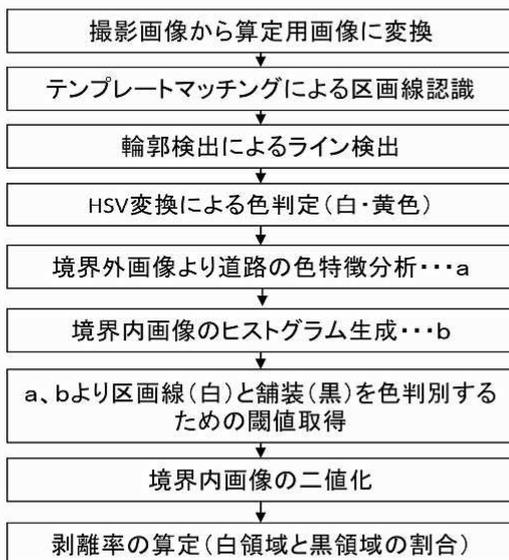


図1. 剥離率算定の処理フロー

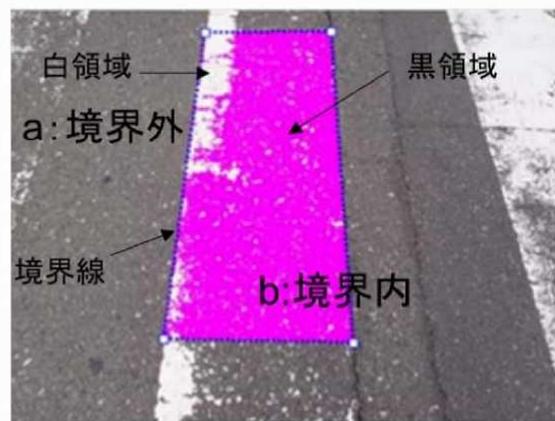


図2. 処理中の画像イメージ

4

ステップ②: 車載カメラの区画線検知状況のデータ取得

- 全国の主要高速道路(約7,500km)を走行し、「区画線が検知できなかった箇所」を抽出(計:118箇所)

No.	道路(方向)	地点	概要	区間長(m)
39	東北自動車道(上り)	館林IC近辺	第2車線、右破線のかすれ	420

車載カメラが撮影した画像を連続的に確認し、「区画線が検知できなかった区間」を特定



始点付近



中間点付近



終点付近

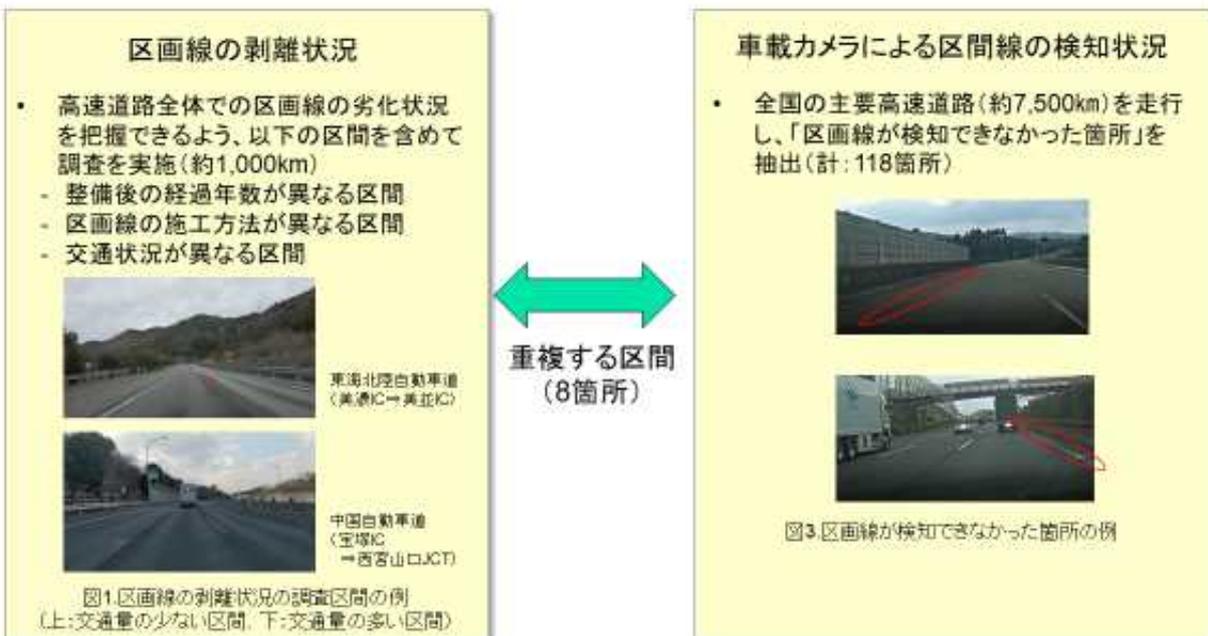
区画線が検知できなかった区間の状況

※ 車載カメラ画像は、共同研究者より提供

5

ステップ③: 分析対象区間の選定

- 分析対象区間は、区画線の剥離状況を調査した箇所のうち、車載カメラが区画線を検知できなかった箇所(計8箇所)



⇒ 車載カメラが検知できなかった区間の前後(=検知できた区間)についても、分析対象とした。

6

ステップ③:分析対象区間の選定

- 車載カメラが検知できなかった区間の長さは、75m～420m

分析対象区間の概要(8箇所) 本日分析結果を示す区間

No.	道路(方向)	地点	概要	不検知区間長(m)	不検知区間前後の検知区間長(m)
1	東北自動車道(上り)	館林IC近辺	第2車線、右破線のかすれ	420	3,520
2	中央自動車道(下り)	境川PA近辺	第2車線、左白線のかすれ	90	800
3	保土ヶ谷バイパス(下り)	新桜ヶ丘IC近辺	第2車線、左破線のかすれ	75	15,675
4	中央自動車道(下り)	境川PA近辺	第1車線、左白線のかすれ	120	8,400
5	東北自動車道(上り)	加須IC近辺	第2車線、左破線のかすれ	140	3,740
6	東北自動車道(上り)	羽生IC近辺	第3車線、右白線のかすれ	140	4,940
7	中央自動車道(下り)	須玉IC近辺	第1車線、左白線のかすれ	90	2,390
8	東北自動車道(上り)	加須IC近辺	第2車線、左破線のかすれ	90	7,090

※ 区間長は、区画線の左右合計の延長である。

※ 車載カメラが検知できない区間は、最も短い区間で100m程度(過去のヒアリングによる)。

7

ステップ④:車載カメラの検知メカニズムを踏まえた評価指標の検討(評価指標の考え方)

- 車載カメラが区画線を検知できないと判定する範囲を“車両前方の30m程度の範囲”と想定し、これに相当する区間毎に剥離率のデータを作成

○ 車載カメラ(自動車)が区画線を検知するイメージ(想定)

車載カメラは、区画線を一本の線として検知(車線区分線は、破線で構成される区画線として検知)



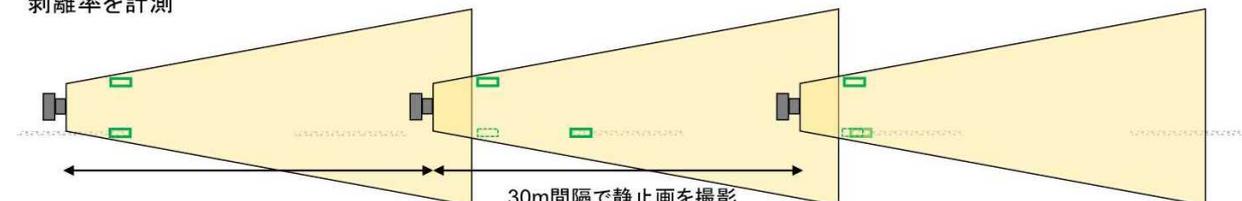
赤枠:車線維持に重要で、確実に認識できることが求められる範囲(時速100kmで1秒間に走行する距離から概ね30mと想定)

青枠:画像として取り込んで検知を試みる範囲(検知結果を可能な範囲で最大限活用すると想定)

※ 上記のイメージは、あくまでも事務局による整理イメージであり、共同研究者からの具体的な報告によるものではない。区画線を検知するアルゴリズムや検知可能な剥離のレベルは、車両によって異なると想定

○ 区画線の剥離状況の計測方法

車両に設置したスマートフォンで30m間隔で前方を撮影し、その画像から前方近傍の長さ1mの区画線を対象に剥離率を計測



長さ1mの剥離率計測範囲

車線区分線については、非標示部は標示部に差し替え

※ 30m間隔のうち、約1mの計測結果で剥離率を算出するため、区間を代表する剥離率にならない場合がある。

8

ステップ④: 車載カメラの検知メカニズムを踏まえた評価指標の検討 (評価指標の単位区間長の設定)

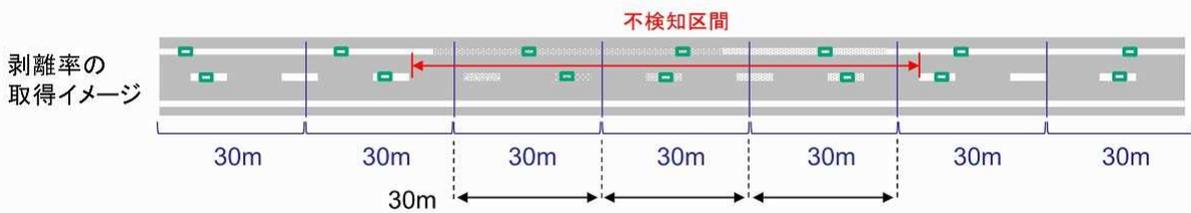
- 評価指標の単位区間長として、「①90m」と「②30m」の2パターンを設定

パターン①: 90m(最も短い不検知区間の長さに対応)



⇒ 評価指標は、90m区間内にある剥離率を統計処理した値

パターン②: 30m(剥離率の取得間隔に対応)



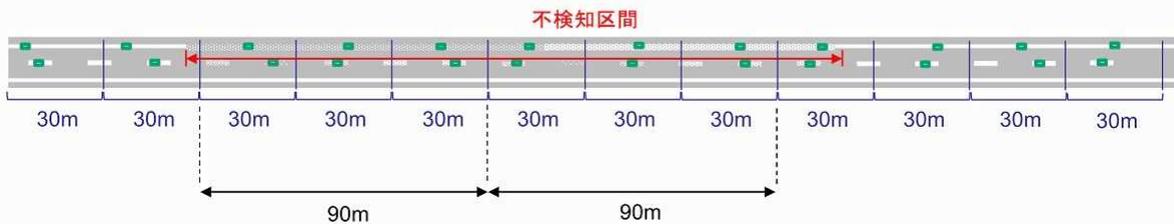
⇒ 評価指標は、生値(30m間隔で取得した剥離率)

9

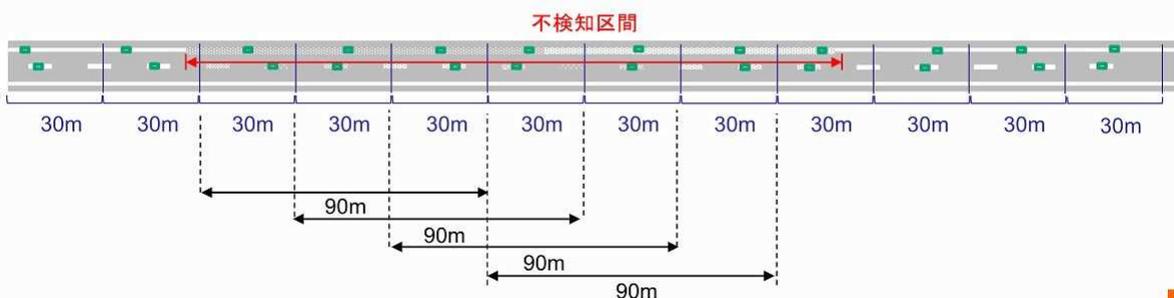
ステップ④: 車載カメラの検知メカニズムを踏まえた剥離指標の検討 (単位区間長への集約方法)

- 評価指標を90m区間で集約する方法は、「①単純集約」と「②スライド集約」の2パターンで実施

パターン①: 単純集約



パターン②: スライド集約



10

ステップ④: 車載カメラの検知メカニズムを踏まえた評価指標の検討(まとめ)

- 区画線の剥離状況と車載カメラの区画線認識状況との関係分析について、以下の5パターンで実施

No.	単位区間長、集約方法	代表値	メリット/デメリット
1	①-1: 単純集約	平均値	○: 代表値を効率的に取得できる。 ×: 区間を代表しないデータや計測精度が低いデータがある場合、代表値への影響が相対的に大きい。
2		中央値	○: 代表値を効率的に取得できる。 △: 区間を代表しないデータや計測精度が低いデータがある場合、代表値への影響が相対的に小さい。
3	①-2: スライド集約	平均値	○: サンプル数を多く取得できる。 ×: 区間を代表しないデータや計測精度が低いデータがある場合、代表値への影響が相対的に大きい。
4		中央値	○: サンプル数を多く取得できる。 △: 区間を代表しないデータや計測精度が低いデータがある場合、代表値への影響が相対的に小さい。
5	②30m	— (生値)	○: 代表値を最も効率的に取得できる。 ○: サンプル数を多く取得できる。 ○: 単位区間長が短いため、検知区間/不検知区間を細かく設定できる。 ×: 単位区間長が、車載カメラによる区画線検知の単位長と合わない可能性が高い。

11

ステップ⑤: 車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定(必要サンプル数)

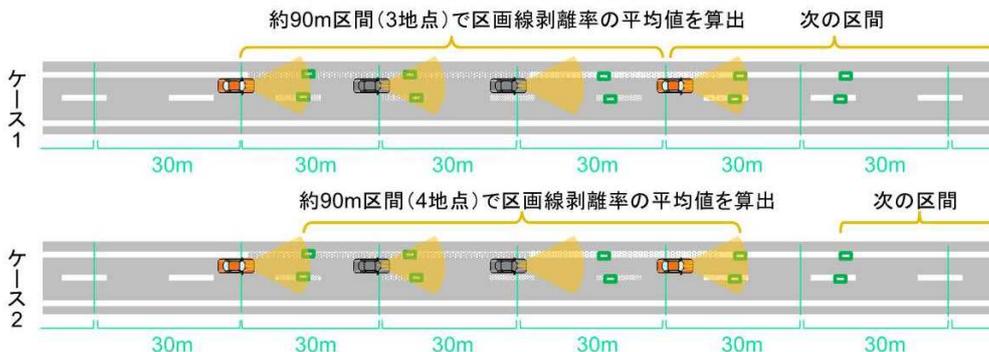
- 区画線の剥離状況と車載カメラの区画線の検知状況の関係进行分析するにあたっての統計的に必要なサンプル数は、**剥離状況が適度に分散したと仮定可能な場合は100程度**

$$n = \lambda^2 \times \frac{\sigma^2}{d^2} \cong 97$$

n : 必要サンプル数
 σ : 標準偏差(0.30)
 d : 許容誤差(5%と設定)
 λ : 信頼水準 1.65(信頼度90%と設定)

※ 許容誤差及び信頼水準は、国が実施している標本調査で一般的に用いられている数値

■ 90m区間で平均値等を算出する際の地点数の設定方法

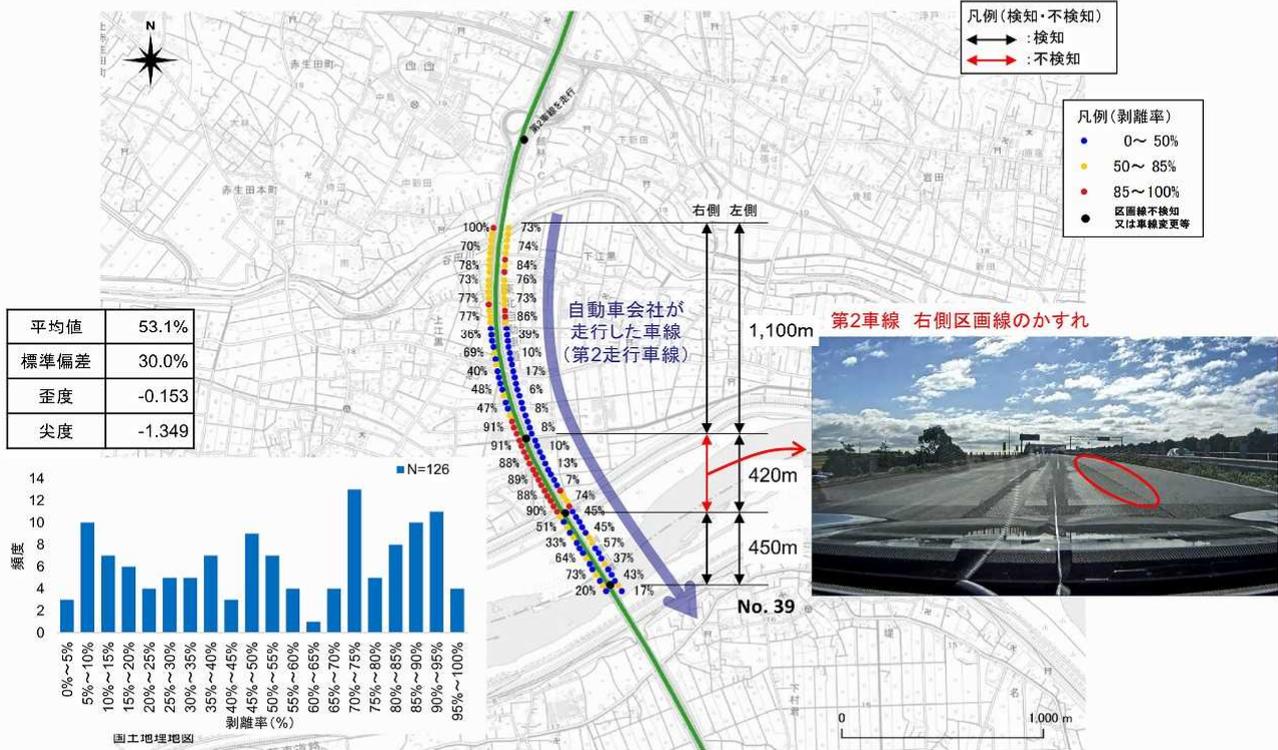


※ ケース2における中央値は、4つの値を元に近似直線を描き、その直線の50%タイル値とした。

12

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析対象区間における区画線の剥離状況)

■ 東北自動車道 上り 館林IC⇒羽生IC

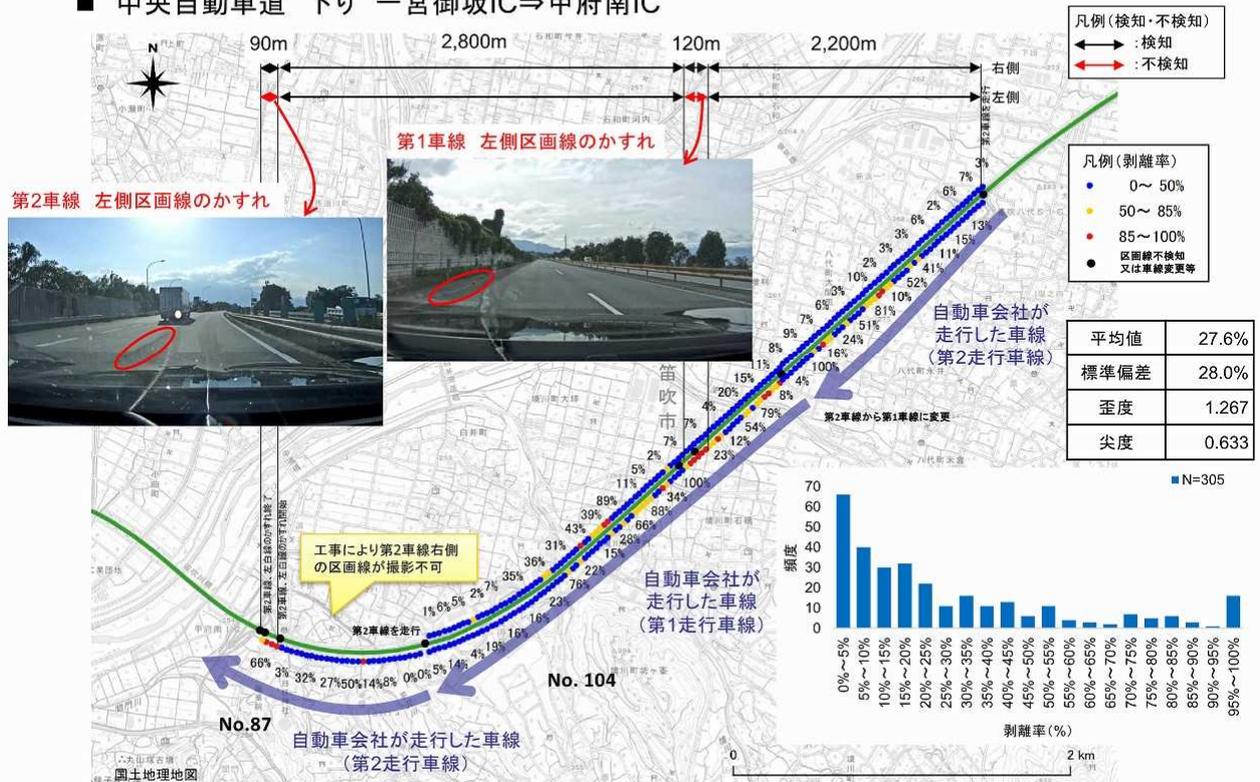


※ 剥離率は、共同研究者が走行した車線の両側に設置されている区画線(車線区分線)の剥離率である。

13

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析区間における剥離率の状況)

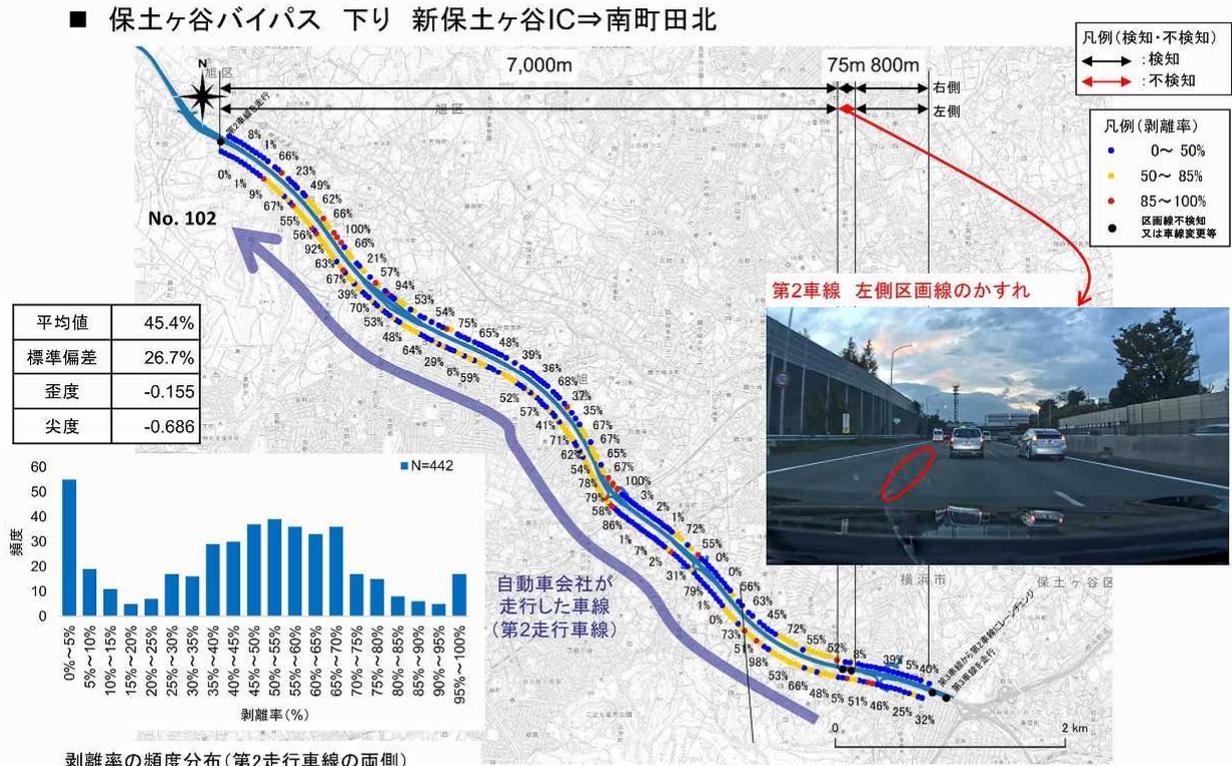
■ 中央自動車道 下り 一宮御坂IC⇒甲府南IC



※ 剥離率は、共同研究者が走行した車線の両側に設置されている区画線(車線区分線)の剥離率である。

14

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析区間における剥離率の状況)

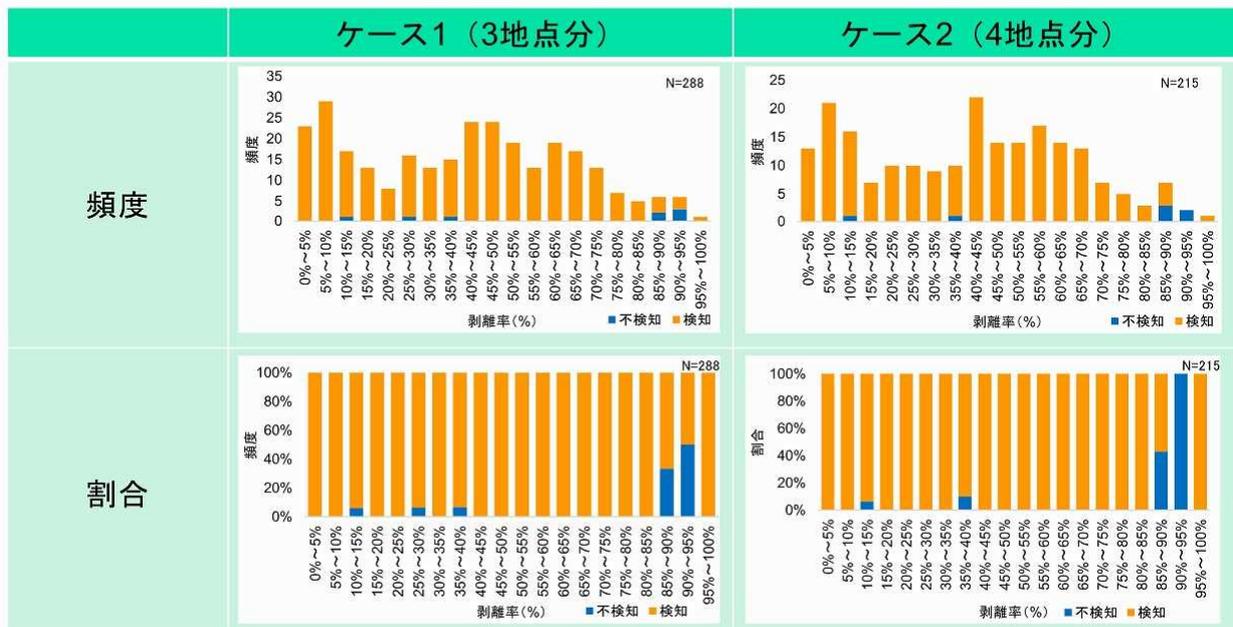


※ 剥離率は、共同研究者が走行した車線の両側に設置されている区画線(車線区画線)の剥離率である。

15

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析結果 90m・単純集約・平均値の場合)

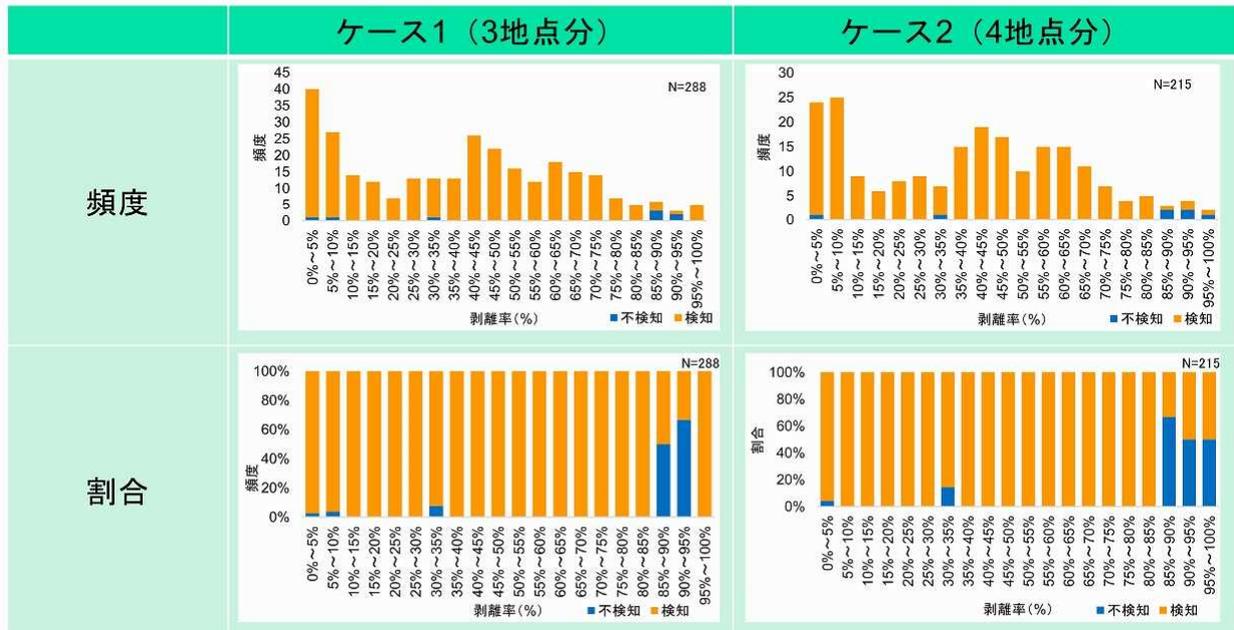
- 「単純集約・平均値」の場合、剥離上限値は 85%~90%
- 「単純集約・平均値」の場合、4地点分を集約する方が、若干ではあるが上限値の現れ方が明確(90~95%が全て不検知)



16

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定
(分析結果 90m・単純集約・中央値の場合)

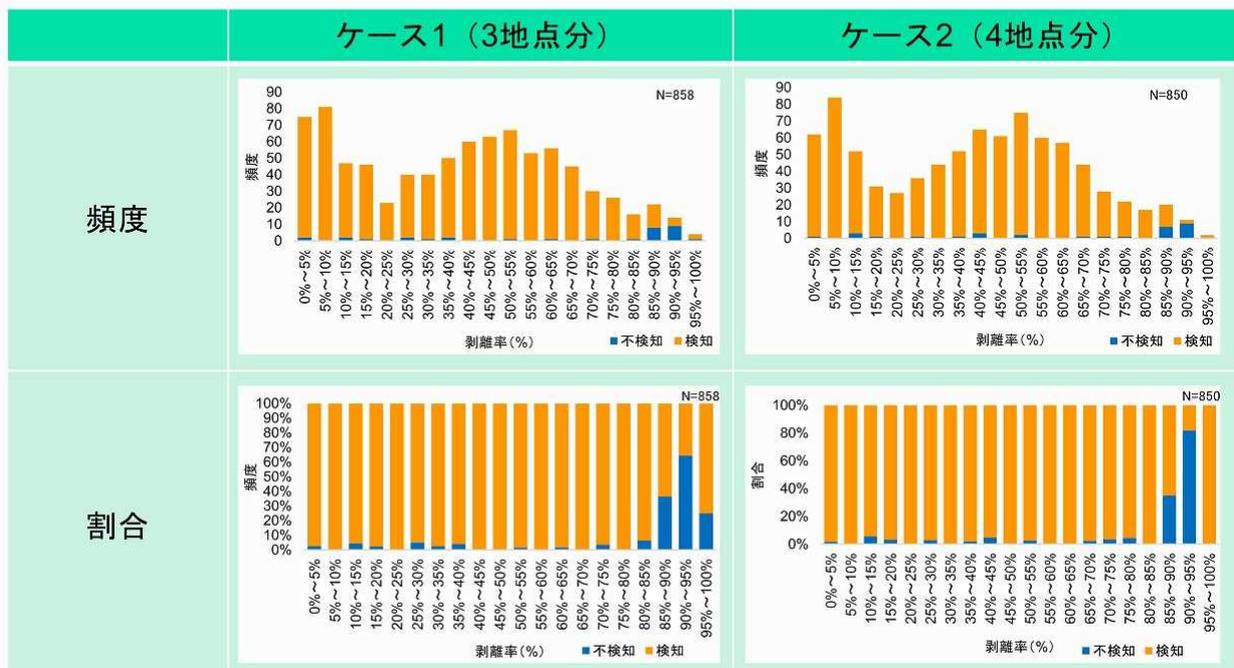
- 「単純集約・中央値」の場合、剥離上限値は85%~90%(平均値と同じ)
- 「単純集約・中央値」の場合、平均値と比べて0~5%台の頻度がやや高い傾向



17

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定
(分析結果 90m・スライド集約・平均値の場合)

- 「スライド集約・平均値」の場合、剥離上限値は85%~90%程度
 (「単純集約・平均値」と全体的な傾向は変わらない。)

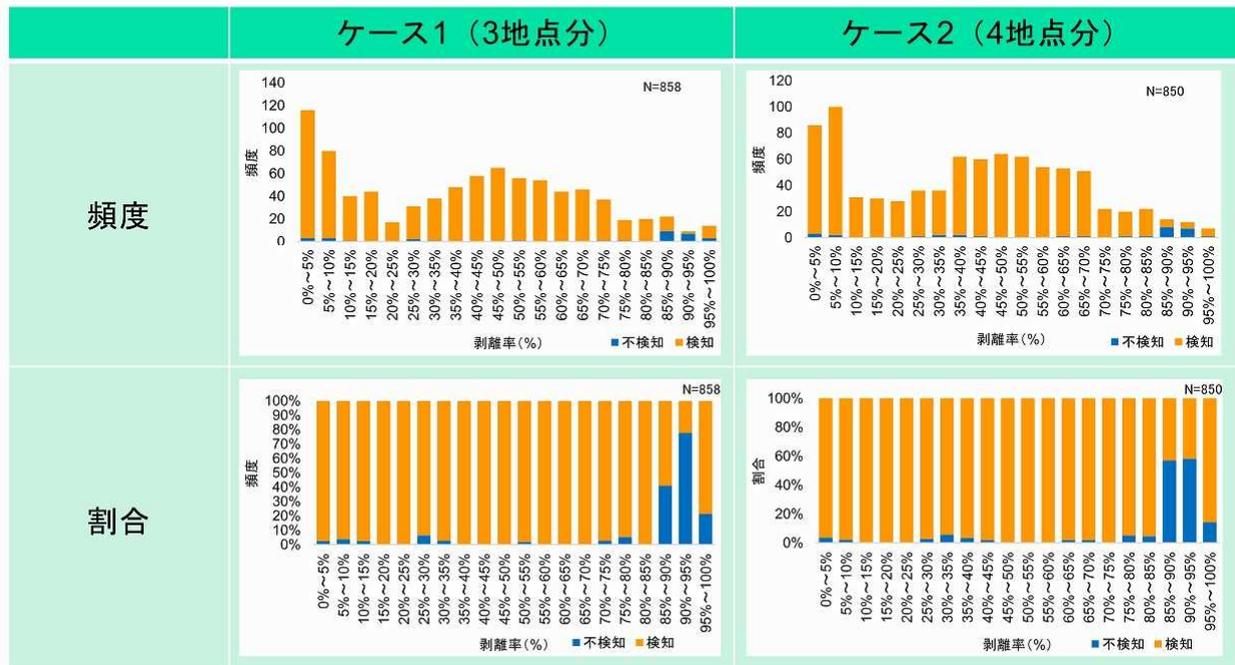


※車線変更等により、連続地点数が3または4地点に満たない場合は除外(ケース1,2でサンプル数が異なる)

18

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析結果 90m・スライド集約・中央値の場合)

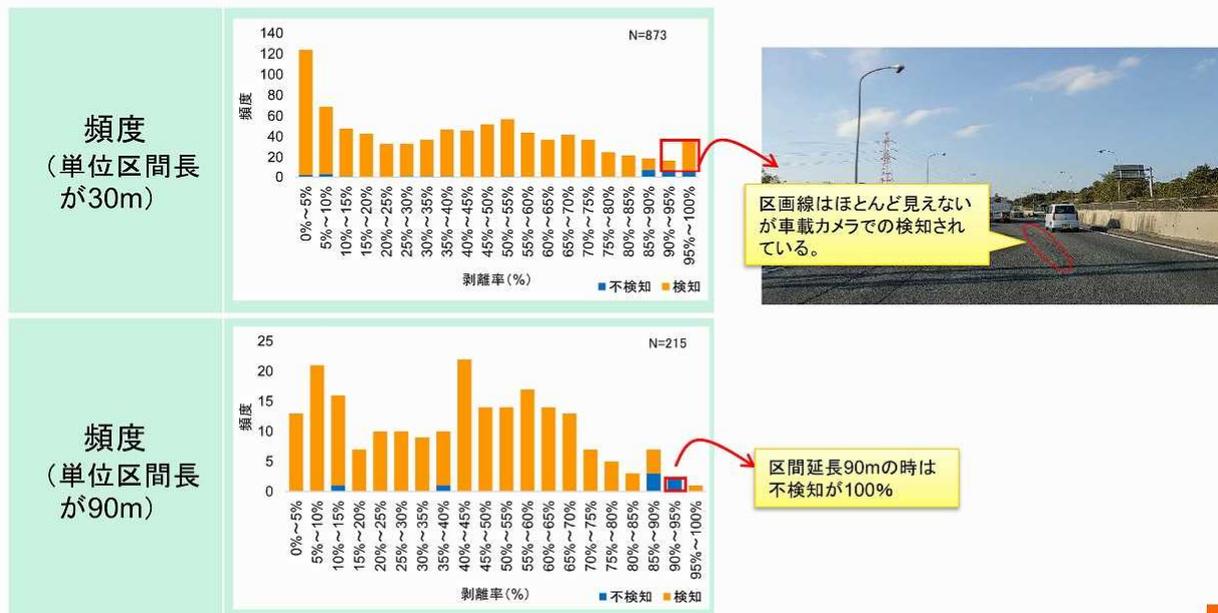
- 「スライド集約・中央値」の場合、剥離上限値は85%~90%程度
(「単純集約・中央値」と全体的な傾向は変わらない。)



※車線変更等により、連続地点数が3または4地点に満たない場合は除外(ケース1,2でサンプル数が異なる)

ステップ⑤:車載カメラが検知可能な剥離上限値(目安)の算定 (分析結果 30mの場合)

- 単位区間長が30mの場合、剥離上限値は85%~90%程度
(単位区間長が90mの場合と全体的な傾向は変わらない。)
- 単位区間が90mの場合、若干ではあるが上限値の現れ方が明確(90~95%が全て不検知)



卷末資料-2

区画線の剥離率に関する基礎実験

区画線の剥離率に関する基礎実験

実験の目的

実験の目的

○ LKAの作動・非作動の境目となる剥離率の把握

車線維持支援システム(LKA)の作動・非作動の境目となる区画線の剥離率を把握する。

○ LKAの作動・非作動に影響する要因の把握

LKAの作動状況に影響を与える剥離率以外の要因(時間、天候、走行方向)とその影響度合いを把握する。

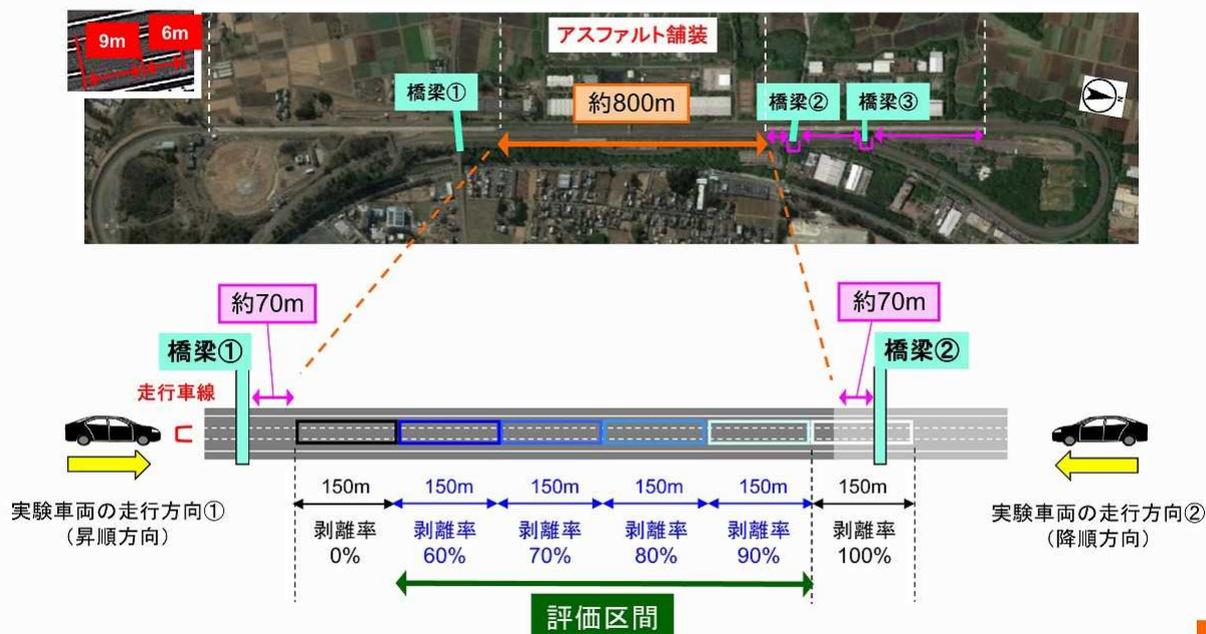
3

実験の方法

4

実験概要

- 試験走路に剥離率が異なる区画線を整備。区画線の剥離率は4種類(剥離率:60%、70%、80%、90%)とし、150mおきに剥離率が同一の区画線群を設置
- 実験車両を80km/hで走行させ、LKAが作動を開始(又は終了)する時刻・位置を把握することで、区画線の剥離率とLKAの作動状況の関係を把握



5

基礎実験の道路環境

項目	国総研試験走路	都市間高速道路 (NEXCO管理路線)
舗装	改質密粒度アスファルト	高機能アスファルト (空隙あり)
区画線の長さ・間隔	6m+9m	8m+12m
区画線の施工方法	熔融式	熔融式 ※ 積雪地域では、加熱式
区画線の素材	塗料及びガラスビーズ	塗料及びガラスビーズ
強雨時の路面状態	水膜発生あり	水膜発生なし

6

実験条件

区画線の剥離率 (4パターン)	時間 (2パターン)	天候 (2パターン)	走行方向※1 (2パターン)	計
60%	<ul style="list-style-type: none"> 昼間 夜間 	<ul style="list-style-type: none"> 晴 雨 	<ul style="list-style-type: none"> 昇順 降順 	8パターン
70%	<ul style="list-style-type: none"> 昼間 夜間 	<ul style="list-style-type: none"> 晴 雨 	<ul style="list-style-type: none"> 昇順 降順 	8パターン
80%	<ul style="list-style-type: none"> 昼間 夜間 	<ul style="list-style-type: none"> 晴 雨 	<ul style="list-style-type: none"> 昇順 降順 	8パターン
90%	<ul style="list-style-type: none"> 昼間 夜間 	<ul style="list-style-type: none"> 晴 雨 	<ul style="list-style-type: none"> 昇順 降順 	8パターン
計	—	—	—	32パターン

※1 走行方向のうち、「昇順」とは区画線の剥離率が増加する方向(北向き)、「降順」とは区画線の剥離率が減少する方向(南向き)に走行することである。

※2 実験車両の走行速度は、80km/hである。

7

実験日・走行回数・取得サンプル数

○ 実験日

2022年11月7日(夜・晴)
2022年11月8日(昼・晴)
2022年11月23日(昼・雨、夜・雨)

○ 走行回数

25走行(往復)／車種

※ 1つのパターン(区画線の剥離率×時間×天候×走行方向)ごとに各車種25走行

※ 実験車両(4台)は、評価区間の手前約500mに待機後、同時に発進

○ 取得サンプル数

総数: 3,200(32パターン×25走行×4台)

(内訳: 剥離率別: 800、昼夜別: 1,600、天候別: 1,600、走行方向別: 1,600)



8

区画線の剥離率の計測方法



9

剥離した区画線の整備方法

Step1 既往工法による区画線の剥離

既往工法による圧力(水圧)、区画線の剥離にかかる時間、区画線を走行させる回数を調整し、概ね目標とする剥離率となるように調整



Step2 区画線の剥離率の計測

区画線から離れた位置から剥離率を計測。区画線(6m)を1m毎に分けて剥離率を計測し、区画線の平均剥離率を算出



Step3 剥離の調整

既往工法による圧力(水圧)を小さい値に設定し、区画線を少しずつ剥離させながら、目標とする剥離率になるよう調整



図1 既往工法による区画線の剥離状況



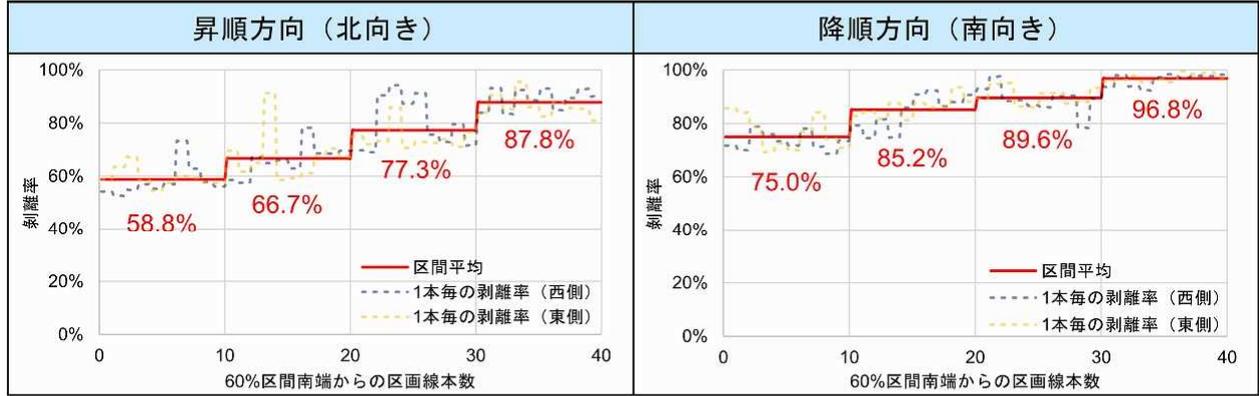
図2 既往技術による剥離率の算出状況

10

整備した区画線の剥離率



- 区画線群(両側20本)の平均剥離率が実験条件の剥離率となるよう、実験環境を整備
- 個々の区画線の剥離率はばらつきが生じているうえ、「降順」では「昇順」と比べて剥離率が高い傾向



進行方向:昇順方向(南→北) 単位:%

	60%区間										70%区間										80%区間										90%区間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
西側区画線	54.2	52.7	54.9	57.0	55.3	57.1	73.2	62.9	57.8	56.2	58.6	57.6	67.2	65.0	66.0	63.0	78.3	68.6	68.6	69.6	69.8	69.1	90.5	94.3	87.5	91.2	75.7	72.9	79.6	71.7	83.9	93.2	83.5	92.5	88.6	93.0	84.9	89.5	92.9	90.2
東側区画線	58.9	63.5	67.2	58.6	54.7	57.5	60.1	59.4	57.7	57.6	69.6	61.7	65.1	91.3	58.6	59.3	61.1	67.7	70.4	67.4	74.9	72.1	73.2	85.9	70.7	72.9	72.5	73.9	71.1	76.5	84.0	90.5	85.4	95.6	86.1	82.5	87.9	85.7	85.4	81.0
平均値	58.8										66.7										77.3										87.8									

進行方向:降順方向(北→南)

	60%区間										70%区間										80%区間										90%区間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
西側区画線	71.7	70.0	78.8	75.9	73.3	71.8	78.1	71.3	68.7	73.5	79.3	74.5	81.5	74.8	85.9	90.8	92.2	86.4	87.9	90.6	92.9	97.5	88.4	88.7	86.8	86.1	90.2	90.3	78.4	89.2	93.6	98.0	93.9	92.4	97.3	98.4	97.2	97.8	97.7	98.3
東側区画線	85.7	84.1	78.9	69.4	72.6	70.1	76.9	84.2	74.2	71.0	82.8	84.4	81.8	87.5	81.3	87.5	85.9	86.6	93.5	88.2	89.5	94.8	95.2	86.4	86.1	91.2	91.4	87.6	88.1	93.3	95.6	96.4	97.9	95.6	96.7	95.5	99.6	98.6	99.0	97.2
平均値	75.0										85.2										89.6										96.8									

※ 区画線の剥離率は、実験前の昼間(10月21日 8:30~13:00)に1回のみ計測(区画線に影がかからない時間帯に計測)

整備した区画線の状況(全体)



昇順方向(北向き)

剥離率60%区間 (南から4本目)	剥離率70%区間 (南から8本目)	剥離率80%区間 (南から5本目)	剥離率90%区間 (南から5本目)
区間平均剥離率: 58.8%	区間平均剥離率: 66.7%	区間平均剥離率: 77.3%	区間平均剥離率: 87.8%
西:57.0% 東:58.6%	西:68.6% 東:67.7%	西:87.5% 東:70.7%	西:88.6% 東:86.1%

降順方向(南向き)

区間平均剥離率: 75.0%	区間平均剥離率: 85.2%	区間平均剥離率: 86.9%	区間平均剥離率: 96.8%
東:69.4% 西:75.9%	東:86.6% 西:86.4%	東:86.1% 西:86.8%	東:96.7% 西:97.3%

※1 西、東の記載は、各区画線(6m)の剥離率である。
 ※2 昇順方向(北向き)、降順方向(南向き)は、同一箇所である。

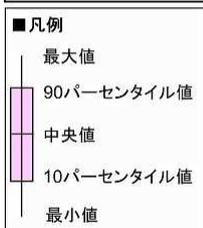
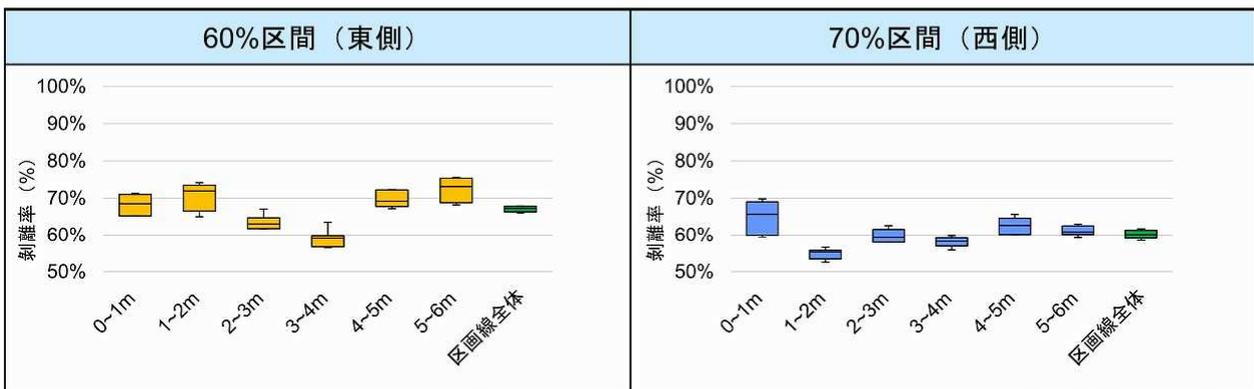
整備した区画線の状況(拡大)

方向	剥離率60%区間 (南から2本目 西側)	剥離率90%区間 (南から10本目 西側)
昇順 (北向き)	剥離率 52.7% 	剥離率 90.2% 
降順 (南向き)	剥離率 70.0% 	剥離率 98.3% 

※ 昇順方向(北向き)、降順方向(南向き)は、同一箇所である。

計測回による剥離率の差異

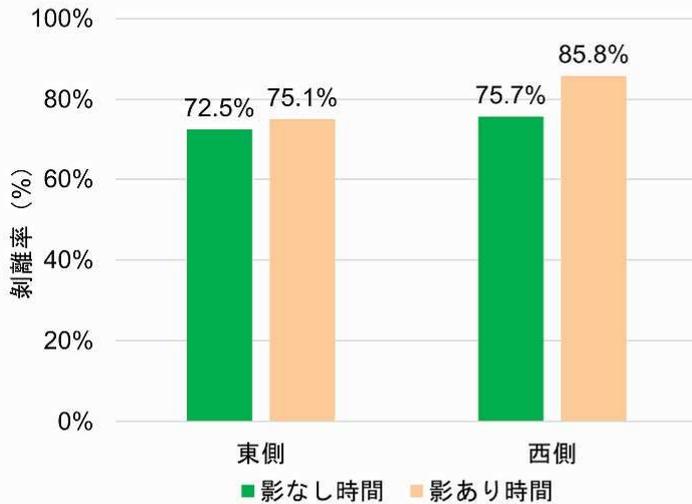
- 区画線(6m)を1m毎に分割し、同一箇所を10回撮影し、計測回による剥離率の差異を確認
※ 区画線全体の剥離率は、同時刻に計測した各1m区間の平均剥離率
- 計測回による区画線の剥離率の差異(1m単位)は、概ね10%程度



※ 上記の剥離率は、剥離率が60%及び70%の区間にある区画線を対象として、影の影響が少ない時間(10時~12時)かつ日射の影響が少ない昇順方向で計測

計測時間による剥離率の差異

- 同一区間の区画線を「影のない時間」と「影のある時間」に計測し、計測時間による1本毎の剥離率の差異を確認
- 区画線が影で覆われている場合、区画線の塗料が残っていても、黒(アスファルト)と判定される箇所が生じ、剥離率が高くなる可能性があるかと推察



※ 上記の剥離率は、日射の影響が少ない昇順方向、かつ夕刻に西側全体・東側で一部に影がかかる区間(80%区間)を対象に計測

15

LKAの作動の定義

- 本実験では、LKAの作動は「表示画面*1上で車線表示*2が表示されている状態」と定義
- 剥離率の昇順に走行する場合は、LKAが作動の状態の評価区間に入り、車線表示が消灯する地点を確認



16

LKAの作動の定義

- 本実験では、LKAの作動は「表示画面※1上で車線表示※2が表示されている状態」と定義
- 剥離率の降順に走行する場合は、LKAが非作動の状態の評価区間に入り、車線表示が点灯する地点を確認



17

LKAの作動状況の記録方法

- インstrumentパネルの表示画面を撮影するカメラを車内に設置し、走行中は常時録画
- 車線表示(点灯/消灯)が切り替わる地点(位置)を記録し、剥離率ごとにLKAの作動状況を確認

<LKAの作動状況が切り替わる位置の記録方法>

車内カメラの時刻と車両に搭載するRTK-GNSSの時刻差を予め把握し、LKA作動状況の表示が切り替わる時刻の位置を把握

(カメラとRTK-GNSSの時刻同期方法: 車内カメラで撮影した映像をGNSSソフトと同じPC画面に録画。LKA作動状況の表示が切り替わった瞬間のGNSSの時刻と位置を把握)



図1 LKAの作動状況の記録方法



- ※ LKAの作動状況の切り替わり位置の把握精度
- RTK-GNSSの時間分解能: 0.1秒(①)
 - 車内カメラの時間分解能: 1/30秒or1/60秒(②)
- $V=80\text{km/h}$ の時、①による発生しうる位置の誤差は2.2m
⇒ LKAの作動状況が切り替わる時刻や位置について、最大誤差2m程度で把握可能



図2 LKA作動時

図3 LKA非作動時

18

実験結果の整理方法

- LKA表示の切り替わった位置を特定し、LKAの作動・非作動の境目となる剥離率を分析するためのデータベースを作成

(1) LKAの作動・非作動のタイミングの時刻読み取り

インストルメントパネル部等を撮影した動画をもとに、LKAの作動・非作動の切り替わるタイミングの時刻を取得

(2) LKAの作動・非作動のタイミングの緯度経度取得

(1)で取得した時刻をもとに、実験車両に設置した時刻同期しているRTK-GNSSデータより、LKA作動・非作動の位置(緯度経度)を取得

(3) LKAの作動・非作動の切り替わり位置の把握

(2)で取得した緯度経度より、何本目の区画線の位置でLKAが切り替わったかを把握
 ※RTK-GNSSは0.1秒毎に車両の位置を取得しており、単一区画線(15m)の中で複数回のデータが取得されている。このため、LKAの作動・非作動の切り替わりが一度でも含まれていたら、その区間は作動(又は非作動)と判定した。

(4) LKAの作動状況表(分析用データベース)の作成

LKAの作動・非作動の位置を示したデータベースを作成。
 また、区画線の輝度、走行時刻、照度、雨量のデータも付与

時間	天気	走行回数	60%			90%			照度(Lux)	雨量(mm)
			1	2	3	8	9	10		
昼	晴	1	○	○	○	○	×	×	2,890	0.5
		2	○	○	○	○	○	×	3,580	0.5
		3	○	○	○	×	×	×	4,030	0
		...								



19

実験結果

20

実験結果(概要)

- 区画線単位でのLKAの作動状況
- 区間単位でのLKAの作動状況
- 評価区間単位でのLKAの作動・非作動の切り替わり状況
- LKAの作動・非作動の境目となる剥離率

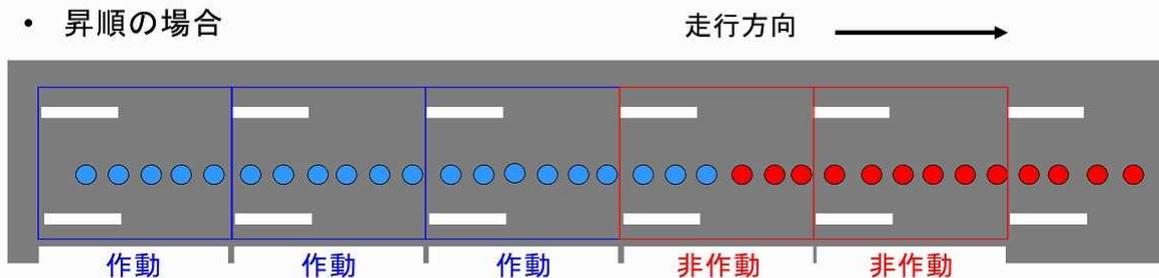
21

区画線単位でのLKAの作動・非作動の考え方

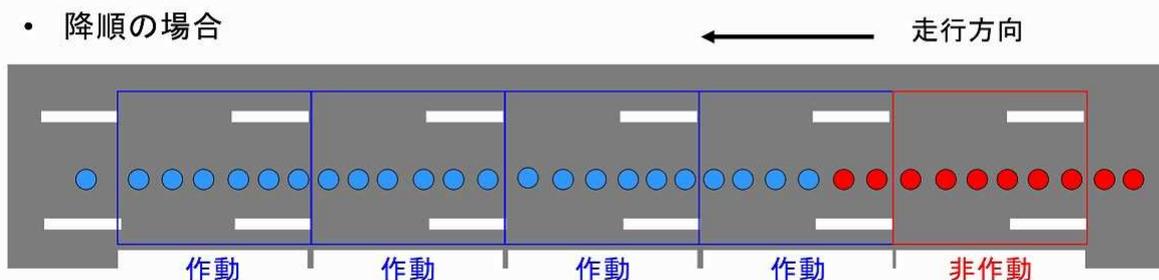
- 単一区画線(15m)の途中でLKAの作動・非作動が切り替わった場合、**切り替わり後の状態を区画線単位での作動状況と定義**

■ 区画線単位でのLKAの作動・非作動の定義

- 昇順の場合



- 降順の場合



22

区画線単位でのLKAの作動状況



■ 車両A (昇順方向)

○ 天気:晴天、時間帯:昼間

→ 走行方向 ■: LKA作動 □: LKA非作動 ■: 無効データ

区画番号	60%区間 58.8%										70%区間 66.7%										80%区間 77.3%										90%区間 87.8%										時刻	照度 (lux)	10分間雨量 (mm/10分)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	■																																								10:56	55,000	0.0
2	■																																								11:12	53,200	0.0
3	■																																								11:22	54,600	0.0
4	■																																								11:29	54,700	0.0
5	■																																								11:35	54,400	0.0
6	■																																								11:45	53,900	0.0
7	■																																								13:29	47,700	0.0
8	■																																								13:41	45,000	0.0
9	■																																								13:47	43,800	0.0
10	■																																								13:54	42,200	0.0
11	■																																								14:00	41,100	0.0
12	■																																								14:07	40,500	0.0
13	■																																								14:13	39,100	0.0
14	■																																								14:20	37,100	0.0
15	■																																								14:37	33,200	0.0
16	■																																								14:43	31,600	0.0
17	■																																								14:50	30,100	0.0
18	■																																								14:56	28,000	0.0
19	■																																								15:03	27,100	0.0
20	■																																								15:09	23,300	0.0
21	■																																								15:17	17,610	0.0
22	■																																								15:25	7,460	0.0
23	■																																								15:32	5,880	0.0
24	■																																								15:40	4,190	0.0
25	■																																								15:48	3,350	0.0

○ 天気:晴天、時間帯:夜間

1	■																																								18:19	0	0.0
2	■																																								18:40	0	0.0
3	■																																								18:54	0	0.0
4	■																																								19:10	0	0.0
5	■																																								19:16	0	0.0
6	■																																								19:33	0	0.0
7	■																																								19:40	0	0.0
8	■																																								19:45	0	0.0
9	■																																								19:51	0	0.0
10	■																																								19:57	0	0.0
11	■																																								20:02	0	0.0
12	■																																								20:07	0	0.0
13	■																																								20:13	0	0.0
14	■																																								20:23	0	0.0
15	■																																								20:53	0	0.0
16	■																																								21:11	0	0.0
17	■																																								21:16	0	0.0
18	■																																								21:22	0	0.0
19	■																																								21:28	0	0.0
20	■																																								21:34	0	0.0
21	■																																								21:40	0	0.0
22	■																																								21:46	0	0.0
23	■																																								21:52	0	0.0
24	■																																								21:58	0	0.0
25	■																																								22:04	0	0.0

※ 無効データとは、車内カメラでLKA表示部が判読できなかった走行、RTK-GNSSでLKAの作動・非作動の位置(緯度経度)が取得できなかった走行等である。
 ※ 時刻は、評価区間(昇順方向では60%区間、降順方向では90%区間)に進入した時刻である。

23

区画線単位でのLKAの作動状況



■ 車両A (昇順方向)

○ 天気:雨天、時間帯:昼間

→ 走行方向 ■: LKA 作動 □: LKA非作動 ■: 無効データ

区画番号	60%区間 58.8%										70%区間 66.7%										80%区間 77.3%										90%区間 87.8%										時刻	照度 (lux)	10分間雨量 (mm/10分)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	■																																								13:29	3,540	0.0
2	■																																								13:36	3,550	0.5
3	■																																								13:42	3,850	0.5
4	■																																								13:48	3,170	0.5
5	■																																								13:54	3,080	0.5
6	■																																								14:00	3,080	0.0
7	■																																								14:06	3,300	0.0
8	■																																								14:12	2,890	0.5
9	■																																								14:19	3,580	0.5
10	■																																								14:27	4,030	0.0
11	■																																								14:32	2,830	0.5
12	■																																								14:38	1,658	0.5
13	■																																								14:43	1,741	0.0
14	■																																								14:49	3,590	0.0
15	■																																								14:55	2,970	0.5
16	■																																								15:01	3,110	0.5
17	■																																								15:06	2,080	0.5
18	■																																								15:13	1,564	0.0
19	■																																								15:19	849	0.0
20	■																																								15:25	709	0.0
21	■																																								15:31	390	0.0
22	■																																								15:37	366	0.0
23	■																																								15:43	293	0.5
24	■																																								15:49	243	0.5
25	■																																								15:55	277	1.0

○ 天気:雨天、時間帯:夜間

1	■																																								18:12	0	0.0
2	■																																								18:21	0	0.0
3	■																																								18:26	0	0.0
4	■																																								18:31	0	0.0
5	■																																								18:38	0	0.0
6	■																																								18:43	0	0.0
7	■																																								18:49	0	0.0
8	■																																								18:55	0	0.5
9	■																																								19:00	0	0.0
10	■																																								19:06	0	0.0
11	■																																								19:11	0	0.0
12	■																																								19:16	0	0.0
13	■																																								19:22	0	1.0
14	■																																								19:53	0	2.0
15	■																																								19:58	0	2.0
16	■																																								20:03	0	0.0
17	■																																								20:08	0	0.0
18	■																																								20:13	0	0.5
19	■																																								20:18	0	0.5
20	■																																								20:23	0	0.0
21	■																																								20:28	0	0.0
22	■																																								20:33	0	0.5
23	■																																								20:38	0	0.5
24	■																																								20:43	0	0.5
25	■																																								20:48	0	0.5

※ 無効データとは、車内カメラでLKA表示部が判読できなかった走行、RTK-GNSSでLKAの作動・非作動の位置(緯度経度)が取得できなかった走行等である。
 ※ 時刻は、評価区間(昇順方向では60%区間、降順方向では90%区間)に進入した時刻である。

24

実験実施時の状況(試験走路上から見た状況)

昼間(午前) 11時頃	昼間(夕方) 15時頃	夜間 19時頃

※ 試験走路を南側から北側に撮影した画像

39

実験実施時の状況(車両から見た状況)

天候	昼間(正午前後)	昼間(夕方)	夜間
晴	11:30撮影 	15:30撮影 	19:00撮影
	13:30撮影 	15:30撮影 	19:00撮影

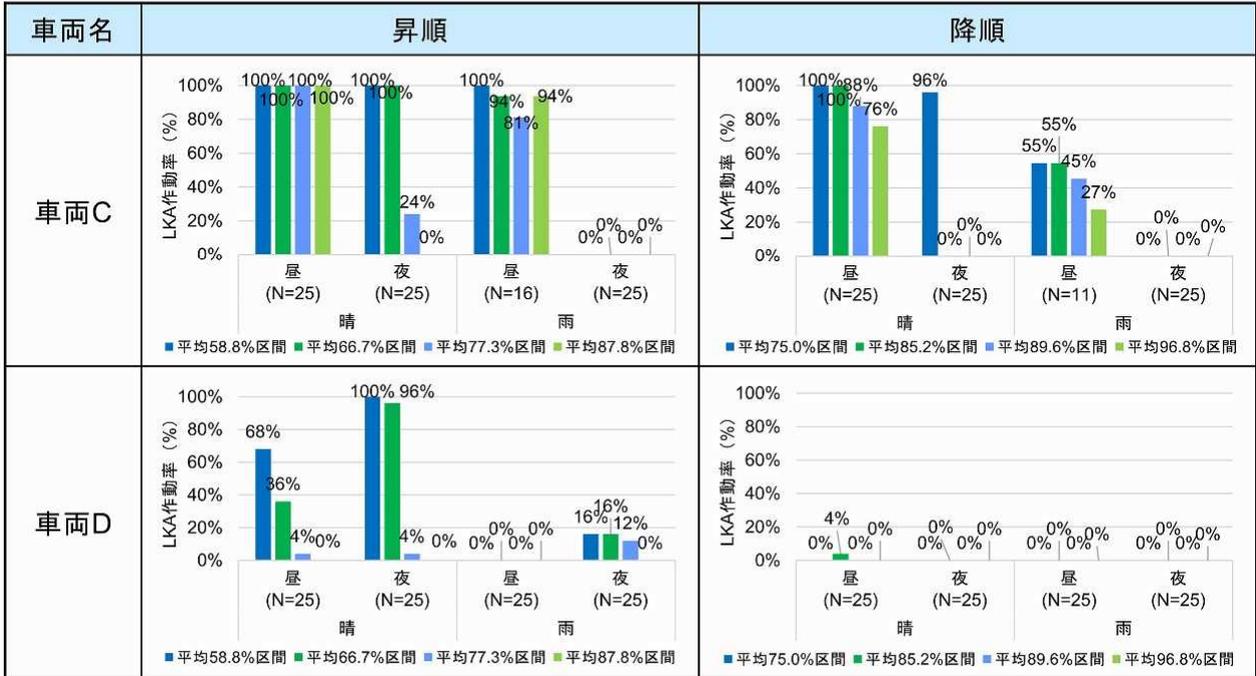
※ いずれの写真も、昇順走行時の写真

40

区間単位でのLKAの作動状況



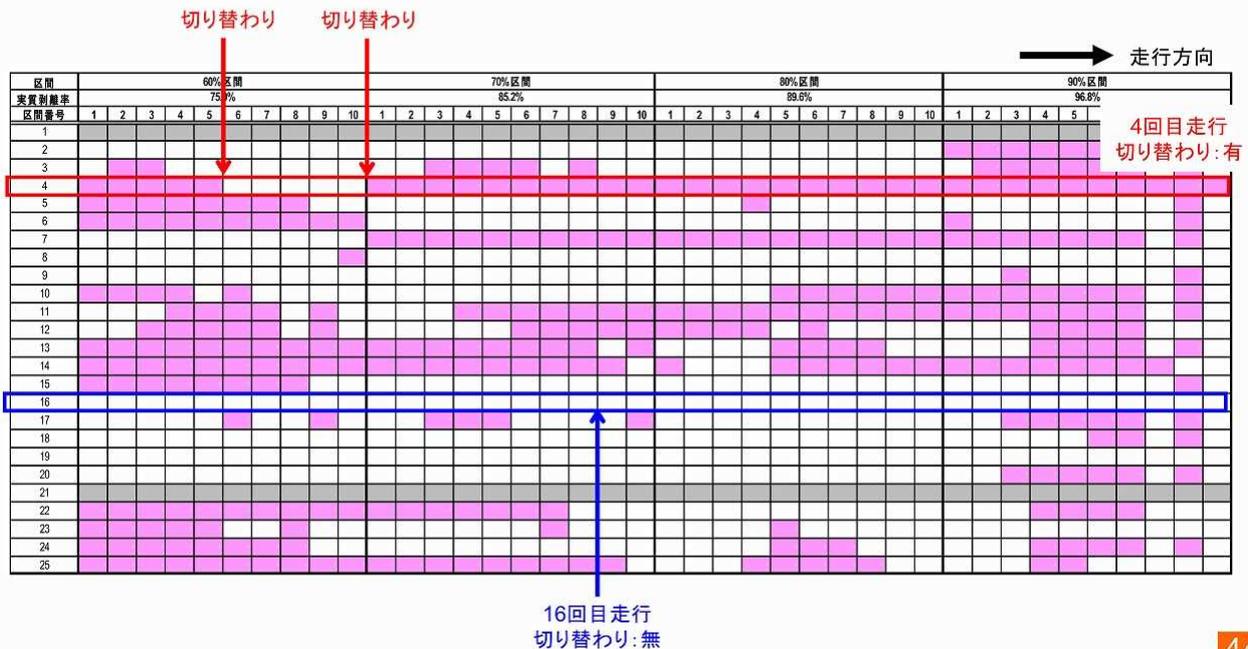
- 昇順方向では、「雨・夜」ではLKAの作動率が小さい。
- 降順方向では、「晴・昼」では作動している区間が「その他」では作動していない。



評価区間単位でのLKAの作動・非作動の切り替わりの考え方

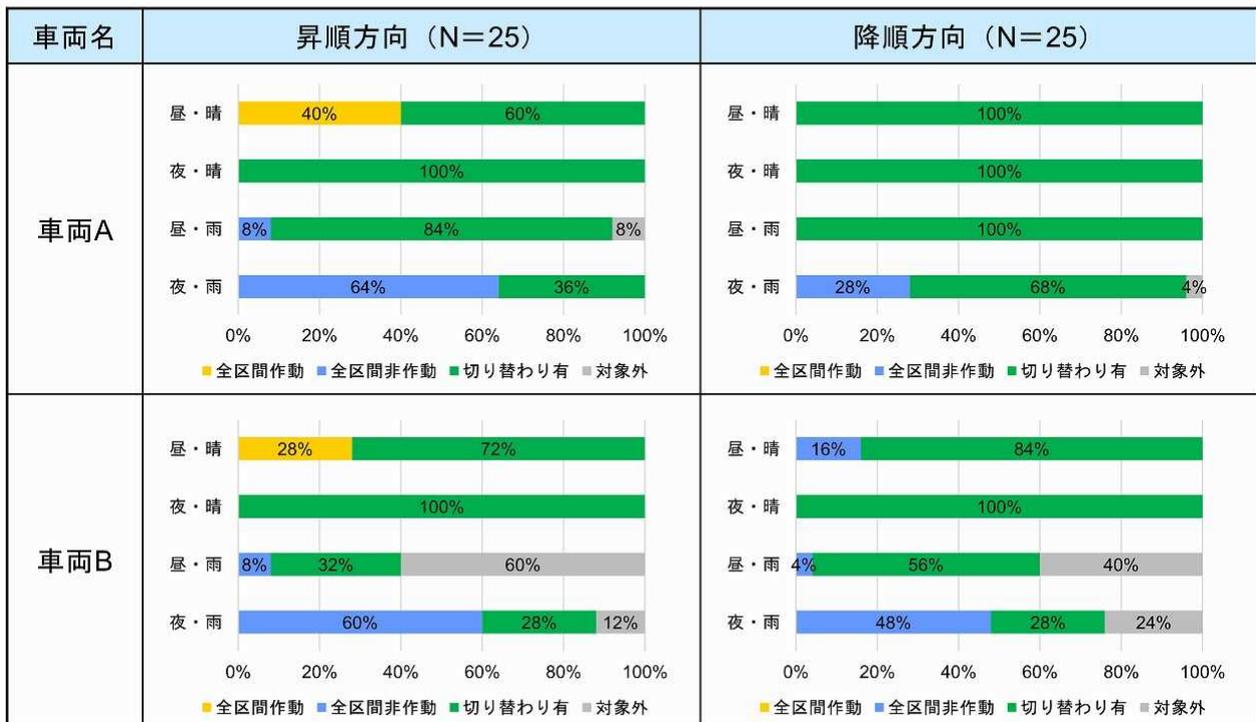
- 評価区間 (600m) においてLKAの作動・非作動が一度でも切り替わった場合、「切り替わり有」と定義

■ LKAの作動・非作動の切り替わりの定義



評価区間単位でのLKAの作動・非作動の切り替わり状況

・「夜・雨」以外では、LKAの作動・非作動の切り替わりが発生している走行が多い。

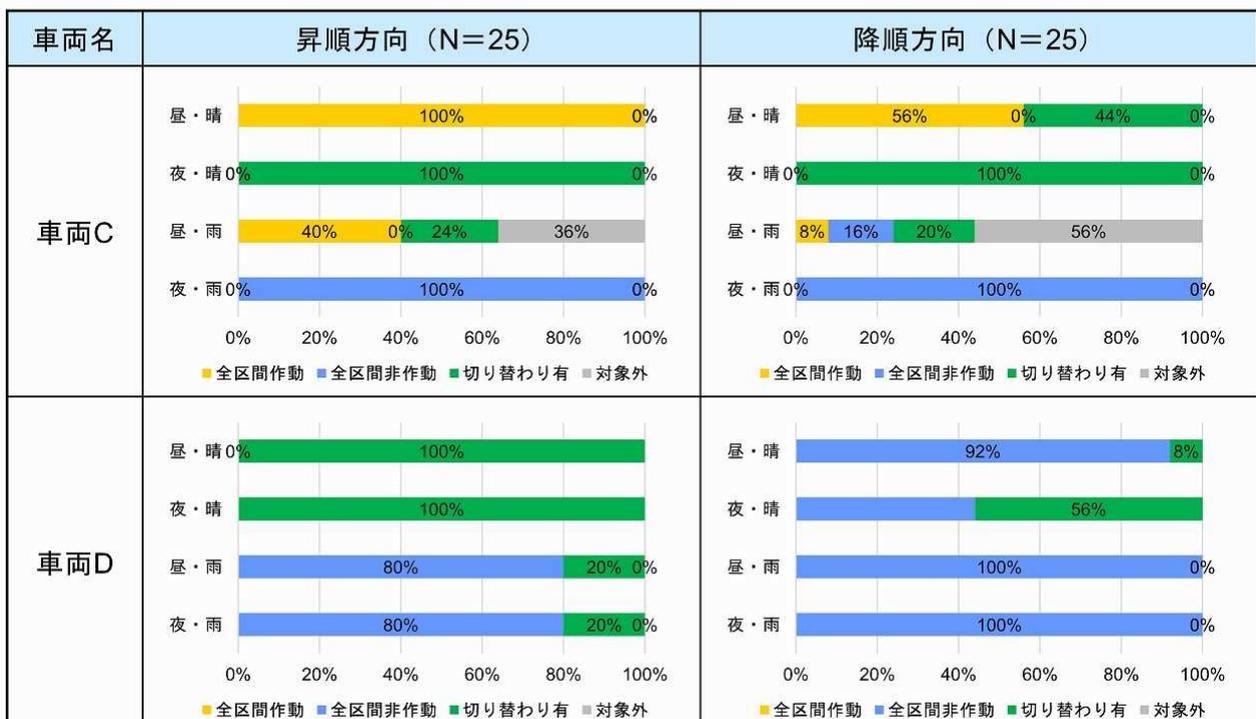


※「対象外」とは、車内カメラでLKA表示部が判読できなかった走行、RTK-GNSSでLKAの作動・非作動の位置(緯度経度)が取得できなかった走行等である。

45

評価区間単位でのLKAの作動・非作動の切り替わり状況

・「夜・雨」以外では、LKAの作動・非作動の切り替わりが発生している走行が多い。



※「対象外」とは、車内カメラでLKA表示部が判読できなかった走行、RTK-GNSSでLKAの作動・非作動の位置(緯度経度)が取得できなかった走行等である。

46

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率の考え方

- LKAの作動・非作動の**最初の切り替わり地点**の前方にある個々の区画線の剥離率をもとに、LKAの作動・非作動の閾値となる剥離率を分析
 - ※ LKA搭載車両は、自車位置から前方にある区画線を検知し、LKAの作動・非作動を判断していると想定されるため
- LKAの作動・非作動の**最初の切り替わり地点から30m前方を起点に前方の長さを3通り設定し(50m、100m、150m)**、当該区間内にある区画線の剥離率の平均値を算出
- 上記方法により算出した25走行分の剥離率の平均値について、累積分布で集計



47

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率の考え方

- 前方区間にオフセット区間が含まれる場合、オフセット区間に含まれる区画線の本数分、計算上の仮値を設定して剥離率の平均値を算出

■ 昇順方向

オフセット区間(剥離率100%)が含まれる場合、**オフセット区間の区画線の剥離率(仮値)を99%と設定**し、前方区間の剥離率の平均値を算出



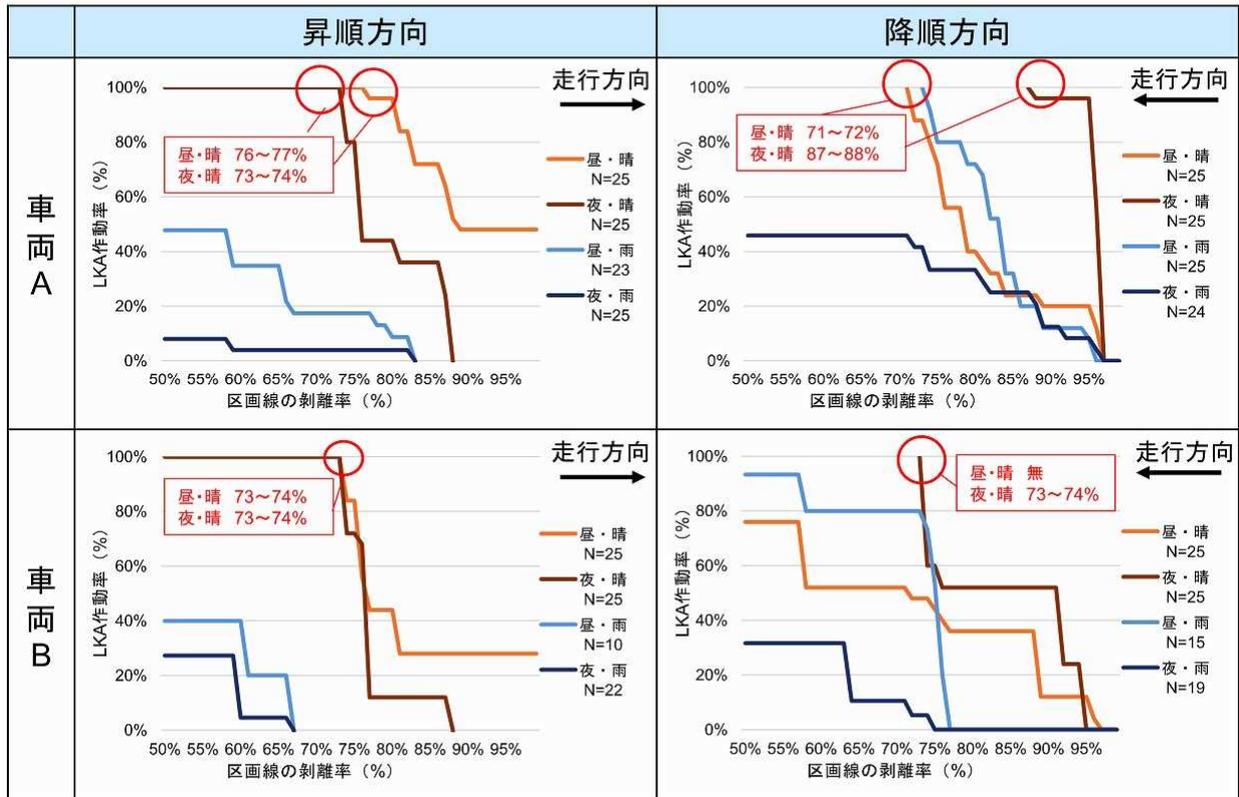
■ 降順方向

オフセット区間(剥離率0%)が含まれる場合、**オフセット区間の区画線の剥離率(仮値)を50%と設定**し、前方区間の剥離率の平均値を算出



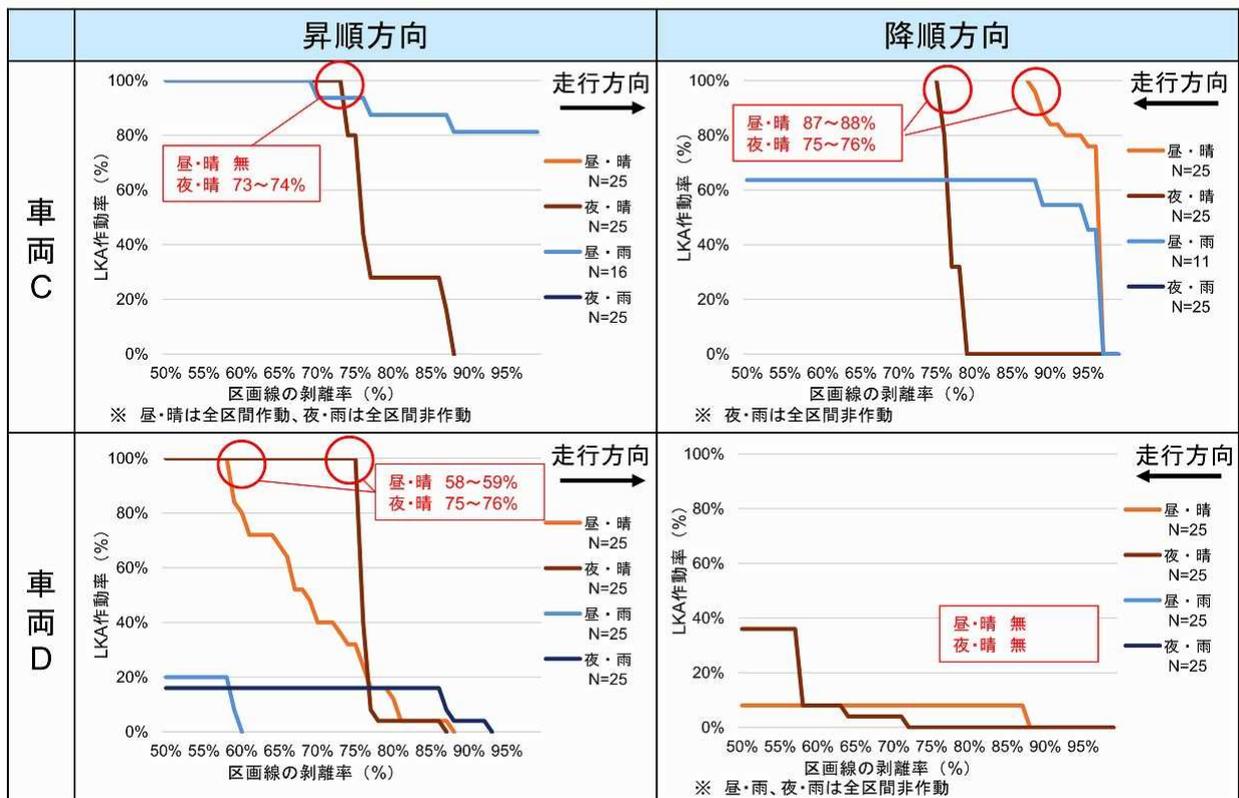
48

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方50m区間で集計



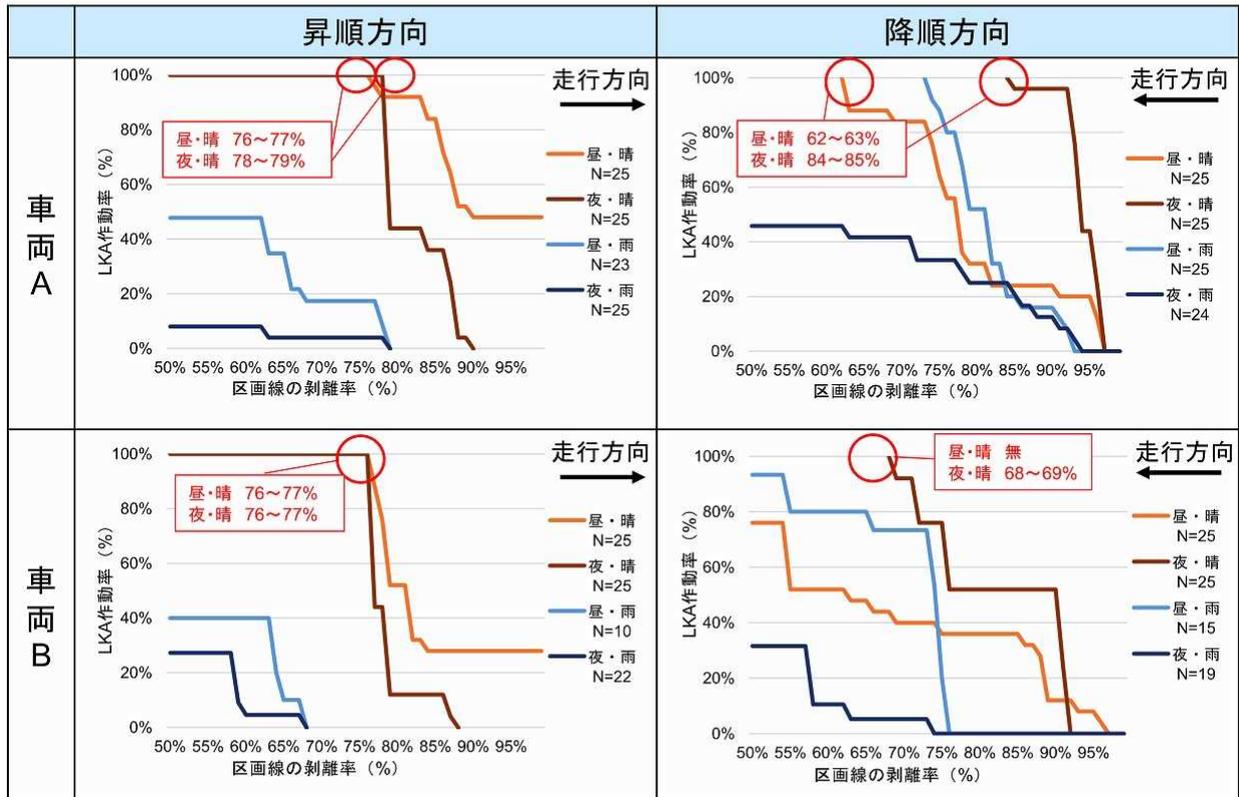
※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方50m区間で集計



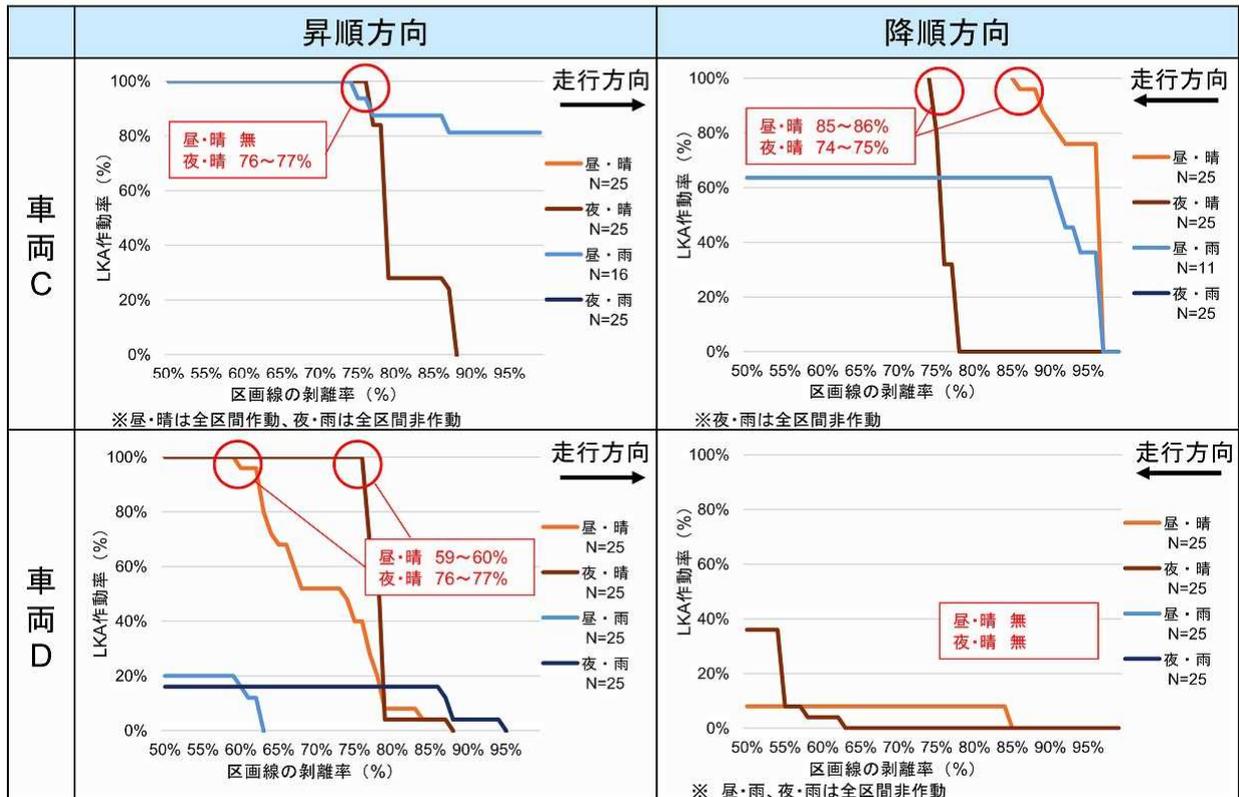
※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方100m区間で集計



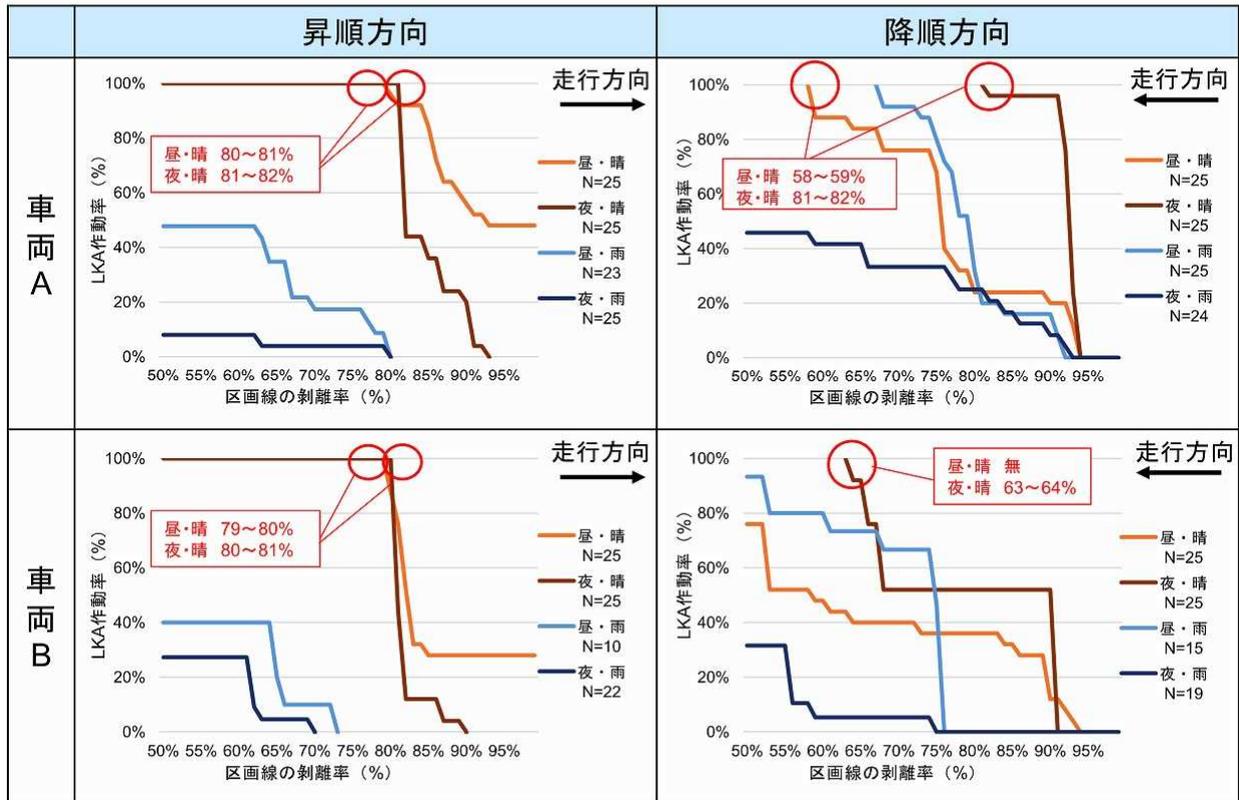
※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方100m区間で集計



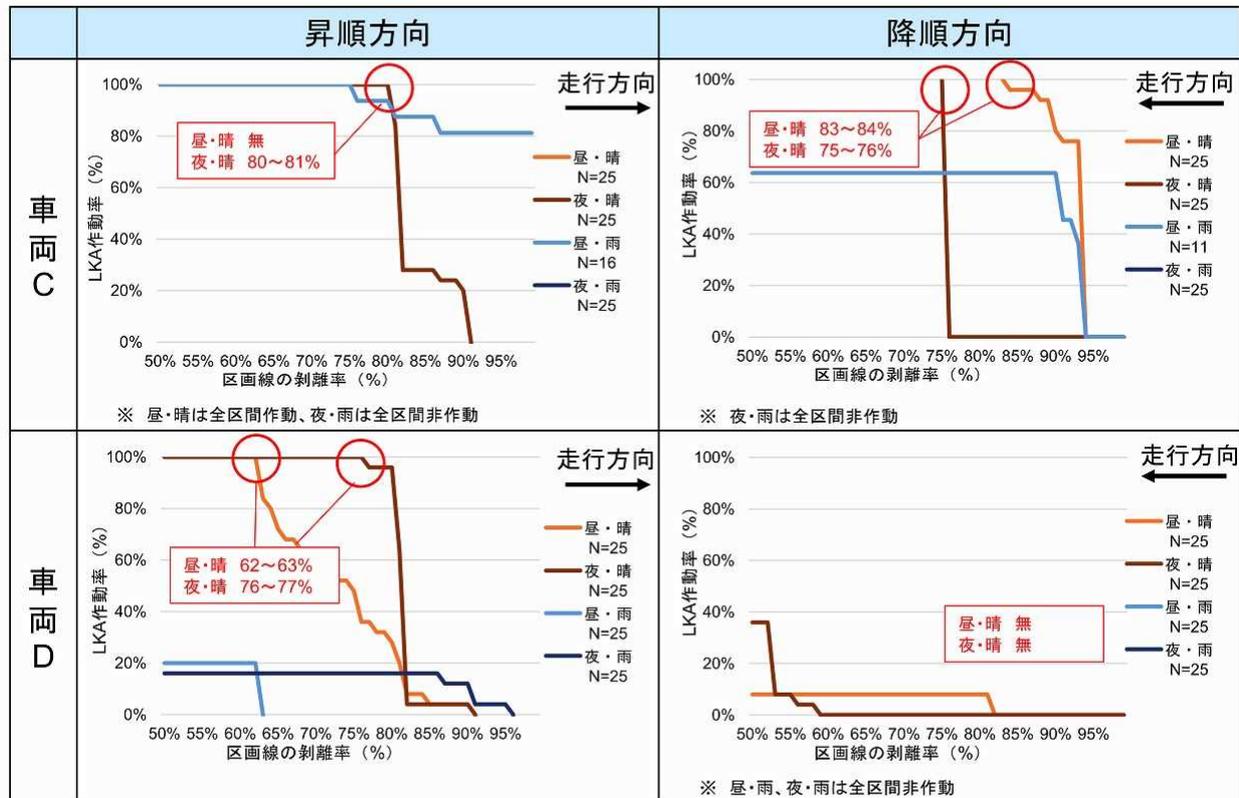
※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方150m区間で集計



※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 ※ 前方150m区間で集計



※ 吹き出し部は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率(昇順方向)、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率(降順方向)である。

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率(まとめ)

剥離率 走行方向 車種		前方50m平均値				前方100m平均値				前方150m平均値			
		昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨
昇順 方向	車両A	76~77%	73~74%	—	—	76~77%	78~79%	—	—	79~80%	81~82%	—	—
	車両B	73~74%	73~74%	—	—	76~77%	76~77%	—	—	79~80%	80~81%	—	—
	車両C	◎	73~74%	69~70%	×	◎	76~77%	74~75%	×	◎	80~81%	75~76%	×
	車両D	58~59%	75~76%	—	—	59~60%	76~77%	—	—	62~63%	76~77%	—	—
降順 方向	車両A	71~72%	87~88%	73~74%	—	62~63%	84~85%	73~74%	—	58~59%	81~82%	67~68%	—
	車両B	—	73~74%	—	—	—	68~69%	—	—	—	63~64%	—	—
	車両C	87~88%	75~76%	—	×	85~86%	74~75%	—	×	83~84%	75~76%	—	×
	車両D	—	—	×	×	—	—	×	×	—	—	×	×

《 凡例 》 ◻ : 60%未満、 ◻ : 60~69%、 ◻ : 70~79%、 ◻ : 80~89%、 ◻ : 90%以上

< 数値算出ができないパターン >

◎ : LKAが全走行・全区間で作動

× : LKAが全走行・全区間で非作動

— : 有効データのうち、LKAが一部の走行で全区間で作動または全区間で非作動が含まれるため、数値算出が不可

※ 昇順方向の剥離率は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率である。

降順方向の剥離率は、LKA作動率が100%に達した時の前方の剥離率である。

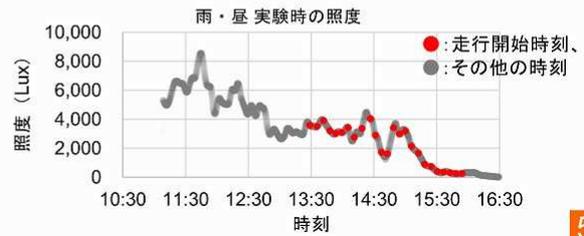
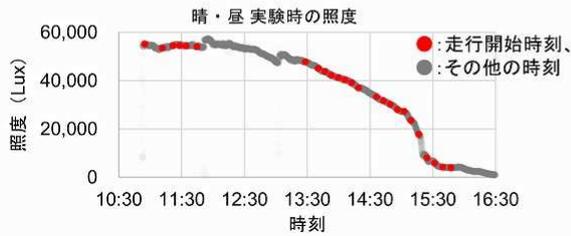
55

参考資料

56

実験実施時の環境条件

走行回	昼・晴 (2022/11/8)			夜・晴 (2022/11/7)			昼・雨 (2022/11/23)			夜・雨 (2022/11/23)		
	時刻	照度 (Lux)	10分雨量 (mm)	時刻	照度 (Lux)	10分雨量 (mm)	時刻	照度 (Lux)	10分雨量 (mm)	時刻	照度 (Lux)	10分雨量 (mm)
1	10:56	55,000	0	18:19	0	0	13:29	3,540	0	18:12	0	0
2	11:12	53,200	0	18:40	0	0	13:36	3,550	0.5	18:21	0	0
3	11:22	54,600	0	18:54	0	0	13:42	3,850	0.5	18:26	0	0
4	11:29	54,700	0	19:10	0	0	13:48	3,170	0.5	18:31	0	0
5	11:35	54,400	0	19:16	0	0	13:54	3,080	0.5	18:38	0	0
6	11:45	53,900	0	19:33	0	0	14:00	3,080	0	18:43	0	0
7	13:29	47,700	0	19:40	0	0	14:06	3,300	0	18:49	0	0
8	13:41	45,000	0	19:45	0	0	14:12	2,890	0.5	18:55	0	0.5
9	13:47	43,800	0	19:51	0	0	14:19	3,580	0.5	19:00	0	0
10	13:54	42,200	0	19:57	0	0	14:27	4,030	0	19:06	0	0
11	14:00	41,100	0	20:02	0	0	14:32	2,830	0.5	19:11	0	0
12	14:07	40,500	0	20:07	0	0	14:38	1,658	0.5	19:16	0	0
13	14:13	39,100	0	20:13	0	0	14:43	1,741	0	19:22	0	1.0
14	14:20	37,100	0	20:23	0	0	14:49	3,590	0	19:53	0	2.0
15	14:37	33,200	0	20:53	0	0	14:55	2,970	0.5	19:58	0	2.0
16	14:43	31,600	0	21:11	0	0	15:01	3,110	0.5	20:03	0	0
17	14:50	30,100	0	21:16	0	0	15:07	2,080	0.5	20:08	0	0
18	14:56	28,000	0	21:22	0	0	15:13	1,564	0	20:13	0	0.5
19	15:03	27,100	0	21:28	0	0	15:19	849	0	20:18	0	0.5
20	15:09	23,300	0	21:34	0	0	15:25	709	0	20:23	0	0
21	15:17	17,610	0	21:40	0	0	15:31	380	0	20:28	0	0
22	15:25	7,460	0	21:46	0	0	15:37	366	0	20:33	0	0.5
23	15:32	5,880	0	21:52	0	0	15:43	293	0.5	20:38	0	0.5
24	15:40	4,190	0	21:58	0	0	15:49	243	0.5	20:43	0	0.5
25	15:48	3,950	0	22:04	0	0	15:55	277	1.0	20:48	0	0.5



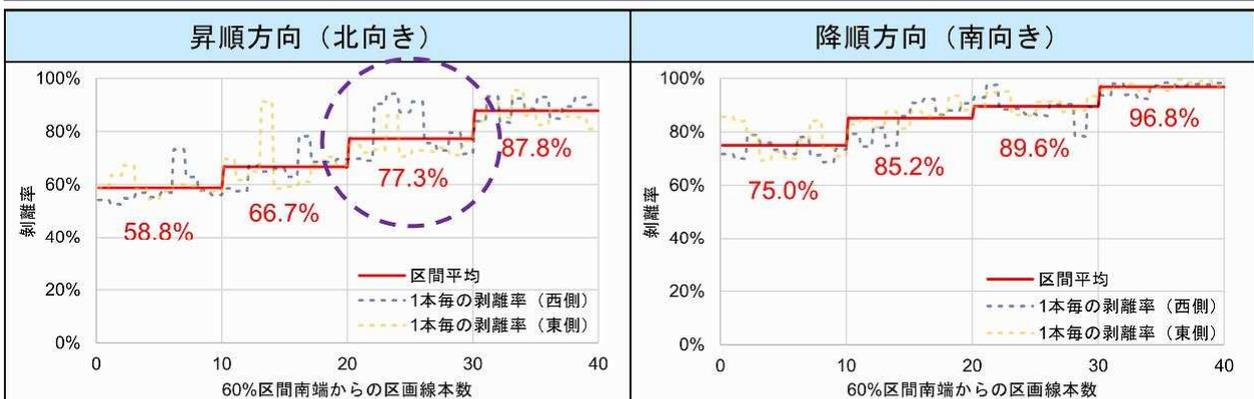
卷末資料-3

LKA の作動・非作動の境目となる剥離率
(西側区画線・昇順方向のみでの分析)

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率 (西側区画線・昇順方向のみでの分析)

整備した区画線の剥離率

- 区画線群(両側20本)の平均剥離率が実験条件の剥離率となるよう、実験環境を整備
- 個々の区画線の剥離率はばらつきが生じているうえ、「降順」では「昇順」と比べて剥離率が高い傾向



進行方向:昇順方向(南→北) 単位:%

	60%区間										70%区間										80%区間										90%区間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
西側区画線	54.2	52.7	54.9	57.0	55.3	57.1	73.2	62.9	57.8	56.2	58.6	57.6	67.2	65.0	66.0	63.0	78.3	68.6	68.6	69.6	69.8	69.1	90.5	94.3	87.5	91.2	75.7	72.9	79.6	71.7	83.9	93.2	83.5	92.5	88.6	93.0	84.9	89.5	92.9	90.2
東側区画線	58.9	63.5	67.2	58.6	54.7	57.5	60.1	59.4	57.7	57.6	69.6	61.7	65.1	91.3	58.6	59.3	61.1	67.7	70.4	67.4	74.9	72.1	73.2	85.9	70.7	72.9	72.5	73.9	71.1	76.5	84.0	90.5	85.4	95.6	86.1	82.5	87.9	85.7	85.4	81.0
平均値	58.8										66.7										77.3										87.8									

進行方向:降順方向(北→南)

	60%区間										70%区間										80%区間										90%区間									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
西側区画線	71.7	70.0	78.8	75.9	73.3	71.8	78.1	71.3	68.7	73.5	79.3	74.5	81.5	74.8	85.9	90.8	92.2	86.4	87.9	90.6	92.9	97.5	88.4	88.7	88.8	86.1	90.2	90.3	78.4	89.2	93.6	98.0	93.9	92.4	97.3	98.4	97.2	97.8	97.7	98.3
東側区画線	85.7	84.1	78.9	69.4	72.6	70.1	76.9	84.2	74.2	71.0	82.8	84.4	81.8	87.5	81.3	87.5	85.9	86.6	93.5	88.2	89.5	94.8	95.2	86.4	86.1	91.2	91.4	87.6	88.1	93.3	95.6	96.4	97.9	95.6	96.7	95.5	99.6	98.6	99.0	97.2
平均値	75.0										85.2										89.6										96.8									

※ 区画線の剥離率は、実験前の昼間(10月21日 8:30~13:00)に1回のみ計測(区画線に影がかからない時間帯に計測)

LKAの作動・非作動の境目となる剥離率(まとめ)

剥離率 走行方向 車種		前方50m平均値				前方100m平均値				前方150m平均値			
		昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨	昼・晴	夜・晴	昼・雨	夜・雨
西側 のみ	車両A	80~81%	73~74%	—	—	79~80%	79~80%	—	—	82~83%	82~83%	—	—
	車両B	73~74%	73~74%	—	—	79~80%	79~80%	—	—	82~83%	82~83%	—	—
	車両C	◎	73~74%	68~69%	×	◎	79~80%	77~78%	×	◎	82~83%	77~78%	×
	車両D	56~57%	78~79%	—	—	59~60%	79~80%	—	—	61~62%	79~80%	—	—
東西 平均	車両A	76~77%	73~74%	—	—	76~77%	78~79%	—	—	79~80%	81~82%	—	—
	車両B	73~74%	73~74%	—	—	76~77%	76~77%	—	—	79~80%	80~81%	—	—
	車両C	◎	73~74%	69~70%	×	◎	76~77%	74~75%	×	◎	80~81%	75~76%	×
	車両D	58~59%	75~76%	—	—	59~60%	76~77%	—	—	62~63%	76~77%	—	—

《 凡例 》 □:60%未満、 □:60~69%、 □:70~79%、 □:80~89%、 □:90%以上

<数値算出ができないパターン>

◎: LKAが全走行・全区間で作動

×: LKAが全走行・全区間で非作動

—: 有効データのうち、LKAが一部の走行で全区間で作動または全区間で非作動が含まれるため、数値算出が不可

※ 昇順方向の剥離率は、LKA作動率が100%を下回る直前の前方の剥離率である。

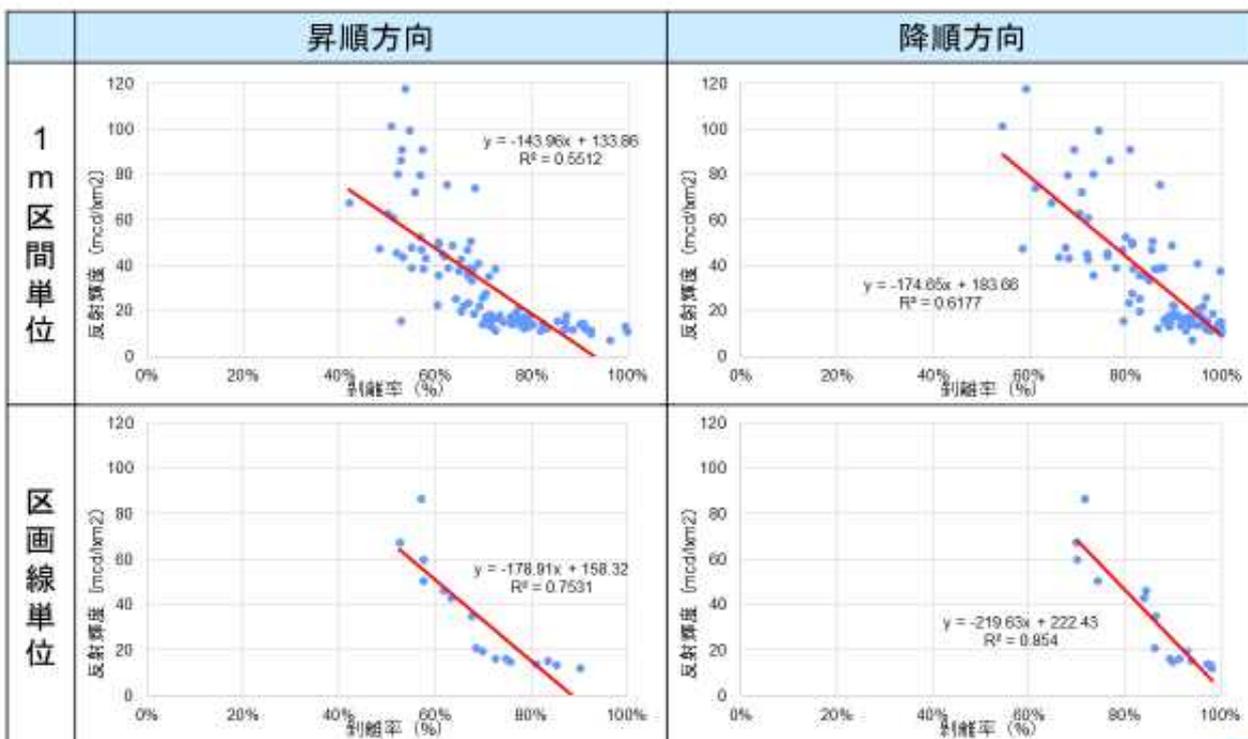
卷末資料-4

区画線の剥離率と反射輝度の関係

区画線の剥離率と反射輝度の関係

区画線の剥離率と反射輝度の関係

- 反射輝度と剥離率の関係を、1m区間単位と6m区画線単位ごとに整理



※ 近似方法については、今後の検討が必要

先読み情報提供サービスの要件定義案 （工事規制情報）

令和6年1月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目 次

1. はじめに.....	- 1 -
2. 先読み情報（工事規制情報）のサービスイメージ	- 2 -
3. 現状の工事規制情報.....	- 3 -
3.1. 各道路管理者における情報の取扱状況.....	- 3 -
3.2. 先読み情報（工事規制情報）の提供に関する課題.....	- 3 -
3.3. 課題への対応	- 4 -
4. 先読み情報（工事規制情報）の要件と解説	- 6 -
4.1. サービス内容	- 6 -
4.2. 情報提供項目	- 6 -
4.3. システム構成.....	- 7 -
4.4. 性能に関する事項.....	- 8 -
4.5. 提供可能時期.....	- 9 -
4.6. 更なる拡充・改善の要否.....	- 9 -
【参考】 情報提供フォーマットのイメージ.....	- 10 -

1. はじめに

高速道路本線において工事等により車線規制（以下「工事規制」という。）がされている場合、安全・円滑な自動運転を継続するには、工事規制されている区間、車線種別に関する情報を車両に提供することが求められている。一方で、現状では工事規制されている区間と車線種別を含む工事規制情報を提供している路線はあるものの、一部の路線では技術的な課題から情報提供には至っていない。

そこで、本書では、全ての路線で工事規制されている区間と車線種別を含む先読み情報（工事規制情報）を提供する仕組み（システム）を検討し、要件定義案として取り纏める。

2. 先読み情報（工事規制情報）のサービスイメージ

先読み情報（工事規制情報）は、高速道路本線での工事規制の縦位置（進行方向の位置）と横位置（車線種別）を車両に対してタイムリーに情報提供するものである（図2-1）。先読み情報（工事規制情報）を取得することで、車両は本線上流部を走行する段階で工事規制の有無と位置を認識できる。その結果、安全運転に係る監視・対応主体がドライバーである自動運転の場合、適切な時点でハンズフリーを解除することが可能になる。また、安全運転に係る監視・対応主体がシステムである自動運転の場合、自動的なルート変更や車線変更が可能となる。

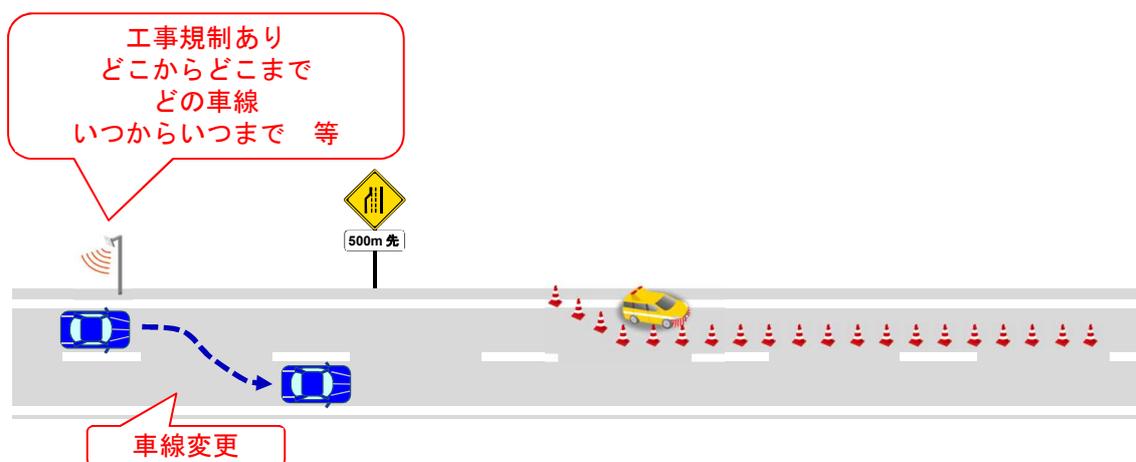


図 2-1 先読み情報（工事規制情報）のサービスイメージ

3. 現状の工事規制情報

3.1. 各道路管理者における情報の取扱状況

道路管理者による工事規制情報の取扱状況は、表 3-1 の通りである。

表 3-1 道路管理者による工事規制情報の取扱状況（道路管理者別）

項目	都市間高速道路 (NEXCO 管理路線)	首都高速道路	阪神高速道路
管制システム での取り扱い	扱っている	扱っている	扱っている
道路情報板で の提供の有無	提供中 (具体の車線種別は 提供していない場合 もある)	一部提供中 (線形等から具体の 車線種別を提供しな い場合もある)	一部提供中 (線形等から具体 の車線種別を提供 しない場合もある)
VICS 情報とし ての配信の有 無	提供中 (ただし、一部表現で きないものがある)	提供不可 (仕様にないため)	提供不可 (仕様にないため)

出典：道路管理者へのヒアリング結果をもとに作成

3.2. 先読み情報（工事規制情報）の提供に関する課題

(1) 横位置（車線種別）の情報

横位置（車線種別）の情報について、VICS 情報の仕様において網羅されていない。都市間高速道路（NEXCO 管理路線）では、上記の車線種別で VICS 情報が提供されているものの、4 車線以上の区間の一部車線、2 車線以上の付加車線等は定義できていない。また、都市内高速道路では車線種別が定義されていないため、VICS 情報が提供されていない。

(2) 進行方向の車線構造の考慮

工事規制されている区間と情報提供区間、及び当該区間の間にある区間での車線構造が異なる場合、車線変更の必要性を判断するためには、進行方向の車線構造を考慮する必要がある（図 3-1）。

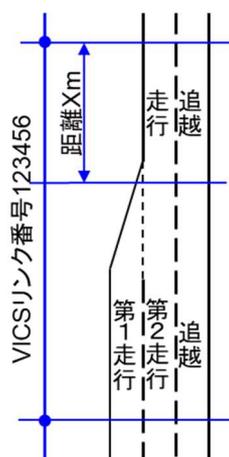


図 3-1 車線と新 ID 車線定義の対応イメージ（進行方向の車線構造が異なる場合）

3.3. 課題への対応

現状の工事規制情報では、都市間高速道路（NEXCO 管理路線）における車線種別は一部を除いて定義済であり、VICS 情報として提供されている。このため、全ての道路管理者の車線種別を整理し、情報提供フォーマットが決まれば、工事規制情報を提供するためのルールは整備される。

工事規制に係る車線種別の表現案として、図 3-2 が考えられる。自動運転用地図（HD マップ）と整合を図るため、縦位置は VICS リンク端点からの距離、横位置は総車線数と車線位置（左から数えた車線数）で表現している。なお、図 3-2 は一般的な工事等に伴う工事規制に係る車線種別の表現案であり、特殊な工事等に伴う車線規制（例：橋梁の大規模更新工事時の片側対面通行規制に係る車線種別）に係る車線種別については、道路管理者間での表現の統一性の観点を踏まえて別途検討が必要である。

また、図 3-2 については、自動運転車（機械）への情報提供を前提とした際の車線種別の表現案である。ドライバーへの情報提供の場合、人間による理解のしやすさや処理可能な情報量の観点を踏まえて、車線種別の表現方法を別途検討する必要がある。

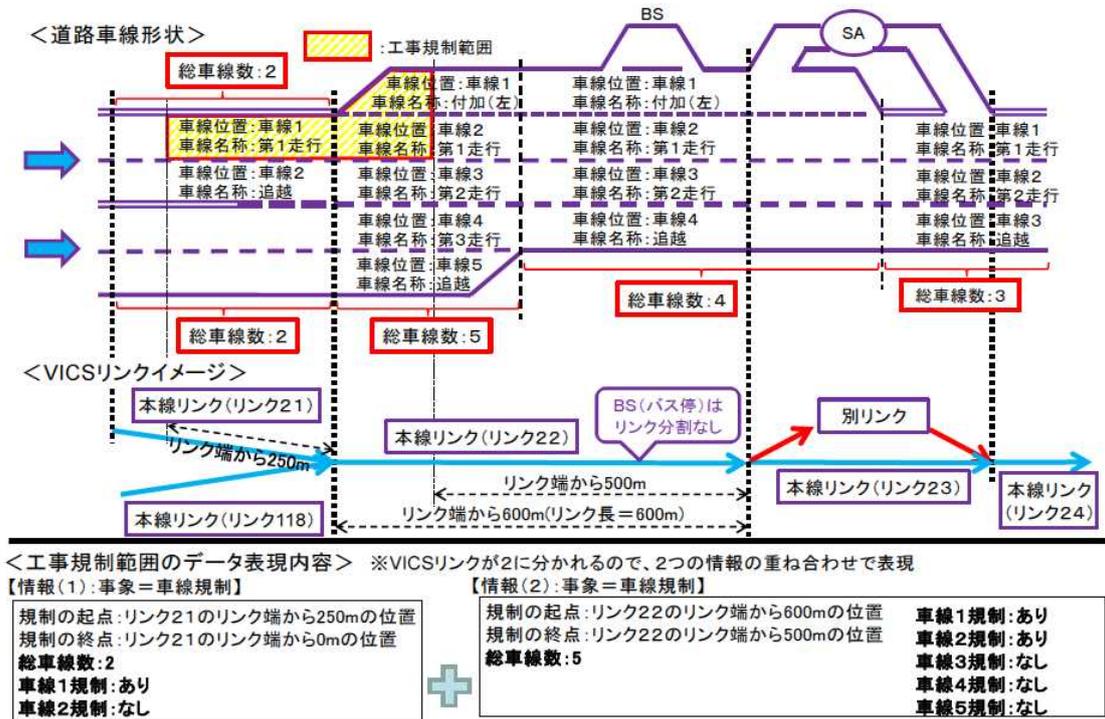


図 3-2 工事規制に係る車線種別の表現案

4. 先読み情報（工事規制情報）の要件と解説

4.1. サービス内容

先読み情報（工事規制情報）は、高速道路本線での工事規制情報を本線上流部を走行する車両に提供することで、余裕を持って必要となる運転（例：安全運転に係る監視・対応主体がドライバーである自動運転の場合、適切な時点でハンズフリーの解除、安全運転に係る監視・対応主体がシステムである自動運転の場合、自動的なルート変更や車線変更）を行うことを支援するものである。なお、先読み情報（工事規制情報）は、事前に予定されている工事規制や突発的な工事規制に関する情報であり、工事規制の位置、期間、規制車線等の項目を含む。

ここで、事前に予定を把握可能な先読み情報（工事規制情報）の提供の仕組みの例を示す（図4-1）。工事前に登録された工事予定情報と工事当日に工事現場から送信されるリアルタイムの情報を連携させ、本線を走行する車両に情報提供する仕組みを想定する。

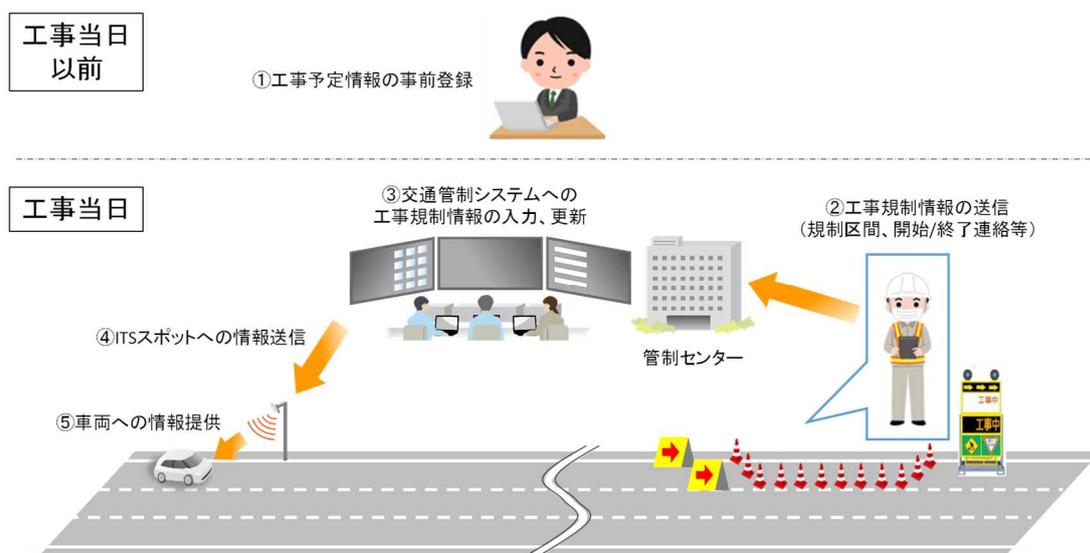


図 4-1 先読み情報（工事規制情報）の提供の仕組みの例

4.2. 情報提供項目

【要件】

先読み情報（工事規制情報）は、以下の情報を提供するものとする。

- ・ 工事規制の開始日時
- ・ 工事規制の終了日時
- ・ 工事規制の開始地点（縦位置）
- ・ 工事規制の終了地点（縦位置）
- ・ 工事規制の長さ
- ・ 工事規制されている車線（車線種別）

【解説】

各情報提供項目は、以下の通りである。

- ・ **工事規制の開始日時**
工事規制が開始された日時である。
- ・ **工事規制の終了日時**
工事規制が解除された日時である。
- ・ **規制の開始位置（縦位置）**
工事規制されている区間の上流端である。
- ・ **規制の終了位置（縦位置）**
工事規制されている区間の下流端である。
- ・ **工事規制の長さ**
工事規制の開始位置から終了位置までの距離である。
- ・ **工事規制されている車線**
工事規制により通行できない車線種別である。

4.3. システム構成

【要件】

各道路管理者又は事業者が、工事規制計画を踏まえて道路管制システムに登録する。緊急的に工事規制が発生した場合、工事規制計画を決定後に道路管制システムに登録する。

その後、工事規制開始の連絡を受けた後、工事規制予定情報として登録されている規制を選択し、開始入力を行い、先読み情報（工事規制情報）を生成し提供する。

【解説】

① 前日までの作業（中日本高速道路株式会社の場合）

工事予定が決まり次第、各事務所において工事規制支援システム（社内システム（RIMS））に入力する。緊急的な規制以外は、前日夕方までに登録する。道路管制センターの管制員が毎夜間に工事規制支援システム（工事予定システム）から出力し（CSV）、オフラインにて交通中央システム（工事規制情報提供システム）に取り込み、前日までに工事規制予定情報として登録する。

② 当日の作業（中日本高速道路株式会社の場合）

工事規制開始の連絡を受けた後、道路管制センターの管制員が工事予定情報として登録されている規制を選択し、開始入力を行う。工事規制開始の連絡を受けた後に交通中央システム（管制卓）に規制開始を入力し、自動でC2システムにて、C1へ送信される。

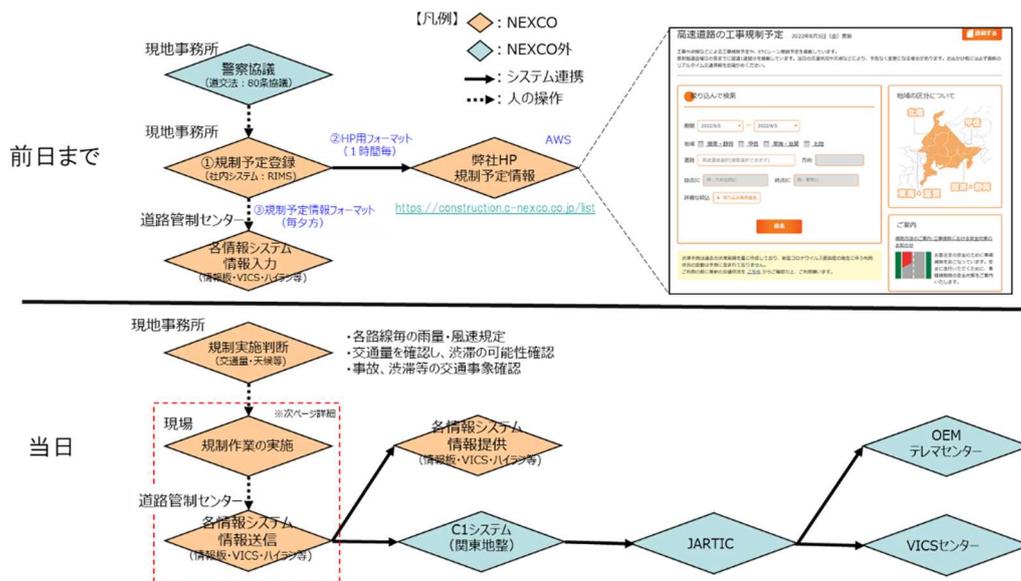


図 4-2 工事規制情報のデータ生成の流れ（中日本高速道路株式会社の場合）

※ 作業の流れについては道路管理者により一部異なる。

4.4. 性能に関する事項

【要件】

先読み情報（工事規制情報）は、以下の精度と鮮度で情報提供するものとする。なお、情報の精度については、高速道路の本線単路部を想定して設定している。

情報の精度：縦位置の精度は 100m 程度

横位置の精度は車線種別

情報の鮮度：車両が情報提供位置から規制位置に至るまでの時間程度

【解説】

・ 情報の精度

縦位置の精度は、分合流等による区間内での道路構造の変化を避けるため、100m 程度とする。横位置は、工事規制の開始位置が属する車線とする。

なお、縦位置の精度については、自動運転車両に対しては 10m 単位が求められ、この点は今後の課題である。

・ 情報の鮮度

情報提供から工事規制位置に至るまでにある程度の時間を要するため、情報提供は高い鮮度（秒単位など）が求められるものではない。このため、車両が情報提供位置から工事規制位置に至るまでの時間程度の精度で提供することになる。なお、特に自動運転トラックは乗用車と比べて車両寸法が大きく、動力性能に限界があるため、加速、減速、車線変更等の走行制御に時間と距離が必要となる。そのため、先読み情報（工事規制情報）は、自動運転トラックにとって十分な余裕を持って事前に提供することが必要である。また、提供された先読み情報（工事規制情報）と車両が現場に至った時の実際の工事規制状況に差異が生じる可能性があるが、安全側での運用が求められる（工事規制情報の開始時刻より早い段階で現場で工事規制が開始される、現場で工事規制継続中にも関わらず工事規制情報では解除されている等がないこと）。

4.5. 提供可能時期

先読み情報（工事規制情報）は、自動運転トラックの実証実験でニーズがあり、かつ情報提供のためのシステム構築等が具体化する可能性がある。また、都市間高速道路（NEXCO 管理路線）では、既に工事規制情報が車線種別で VICS 情報が提供されており、一部区間の車線種別を新たに定義すれば、既存システムを活用する形で情報提供が可能となる。このため、自動運転トラックの実証実験での先読み情報（工事規制情報）の提供可能時期は、「短期」となる見通しである。

一方で、先読み情報（工事規制情報）の提供の実用化には、全ての道路管理者の車線種別を整理したうえで、情報提供フォーマットを検討する必要がある。このため、社会実装としての先読み情報（工事規制情報）の提供可能時期は、「中長期」となる見通しである。

4.6. 更なる拡充・改善の要否

現時点では、特段なし

【参考】情報提供フォーマットのイメージ

先読み情報（工事規制情報）の情報提供フォーマットは、以下のデータ項目が含まれるものとする。

データ項目		表現形式・内容
1	工事規制の開始日時	9999年99月99日99時99分
2	工事規制の終了日時	9999年99月99日99時99分
3	工事規制の開始位置（縦位置）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2次メッシュ番号+VICSリンク番号+リンク端からの距離 ・ リンク端からの距離は100m単位で表現 ・ 途中のリンク列を列記することで、工事規制されている区間全体を表現
4	工事規制の終了位置（縦位置）	同上
5	工事規制の長さ	工事規制の開始位置から終了位置までの長さ（100m単位で表現）
6	工事規制車線	走行1、走行2、追越、登坂、路肩、登坂+走行1、走行1+走行2、走行2+追越

【解説】

・ 工事規制の開始日時

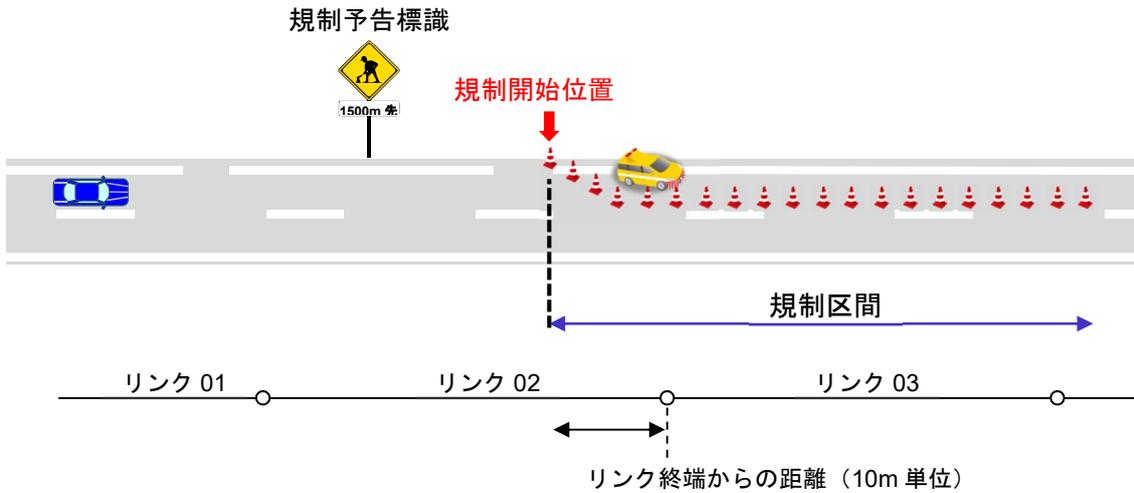
工事規制が開始された日時（日本時間）である。年は「1～9999」、月は「1～12」、日は「1～31」、時は「0～23」、分は「0～59」で表現する。

・ 工事規制の終了日時

工事規制が解除された日時（日本時間）である。年は「1～9999」、月は「1～12」、日は「1～31」、時は「0～23」、分は「0～59」で表現する。また、工事規制の終了に伴い、情報を消去する（情報が有効な状態では配信が継続される）。

・ 工事規制の開始位置（縦位置）

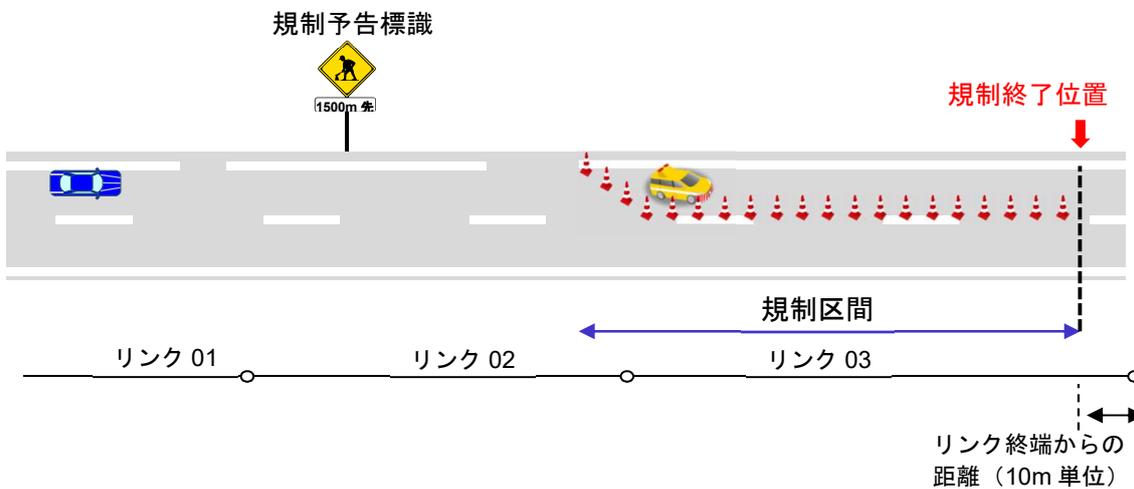
工事規制されている区間の上流端である（参考1）。VICSリンク番号とそのVICSリンクの終端からの距離を100m単位で表現する。



参考1 工事規制の開始位置（縦位置）

・ 規制の終了位置（縦位置）

工事規制されている区間の下流端である（参考2）。VICS リンク番号とその VICS リンクの終端からの距離を 100m 単位で表現する。なお、工事の進捗に伴い、終了位置は下流側に移動（規制の距離が延伸）する場合がある。



参考2 工事規制の終了位置（縦位置）

・ 規制の長さ

工事規制の開始位置から終了位置までの距離であり、100m 単位で表現する。

また、工事規制の開始位置、終了位置の間の各リンクを羅列することにより、区間としての工事規制を表現する。

- ・ **規制車線**

工事規制により通行できない車線種別である。

車線別の工事規制情報の表現案は、**図 3-4** の通りである。横位置は、総車線数と車線位置（左から数えた車線数）で表現している。なお、道路利用者の観点からは、車線名称の提供も必要と考えられる。例えば、都市間高速道路の場合、路肩（左側）、付加車線 1（左側）、登坂車線 1、第 1 走行車線、追越車線 1、付加車線 1（右側）、路肩（右側）、空きなどである。都市内高速道路の場合、路肩（左側）、左分流 1（左側）、左合流 2（右側）、左車線、左中車線、中車線、右中車線、右車線、右合流 1（左側）、右分流 2（右側）、路肩（右側）、空きなどである。

先読み情報提供サービスの要件定義案 （出口渋滞情報）

令和6年1月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

目 次

1. はじめに	- 1 -
2. 先読み情報（出口渋滞情報）のサービスイメージ	- 2 -
3. 現状の渋滞情報	- 3 -
3.1. 渋滞の検知方法	- 3 -
3.2. 先読み情報（出口渋滞情報）の提供に関する課題.....	- 4 -
3.3. 課題への対応	- 5 -
4. 先読み情報（出口渋滞情報）の要件と解説	- 6 -
4.1. サービス内容	- 6 -
4.2. 情報提供項目	- 6 -
4.3. システム構成.....	- 7 -
4.4. 性能に関する事項.....	- 7 -
4.5. 提供可能時期.....	- 8 -
4.6. 更なる拡充・改善の要否.....	- 8 -
参考資料1 情報提供フォーマットのイメージ	- 9 -
参考資料2 各種検知方法と渋滞末尾検知での課題	- 11 -

1. はじめに

高速道路の IC 出口等において渋滞が発生した場合、安全・円滑な自動運転を継続するには、IC 出口等での渋滞が路肩や本線の一部まで延びている状況を検知し、車両に提供することが求められている。

そこで、本書では、高速道路の IC 出口等で発生する渋滞を検知し、先読み情報（出口情報）を提供する仕組み（システム）を検討し、要件定義案として取り纏める。

2. 先読み情報（出口渋滞情報）のサービスイメージ

先読み情報（出口渋滞情報）は、高速道路のIC出口等での渋滞発生時において、IC出口等での渋滞状況を把握し、タイムリーに車両へ情報提供する（図2-1）。先読み情報（出口渋滞情報）を取得することで、車両は路肩での渋滞発生の有無と渋滞の位置を認識できる。その結果、安全運転に係る監視・対応主体がドライバーである自動運転の場合、渋滞末尾前でハンズフリーを解除したうえでIC出口等の車列に走行すること、安全運転に係る監視・対応主体がシステムである自動運転の場合、渋滞末尾前でドライバーへ運転操作を移譲してIC出口等の車列に走行することや、事前の車線変更や経路（出口）選択が可能となる。

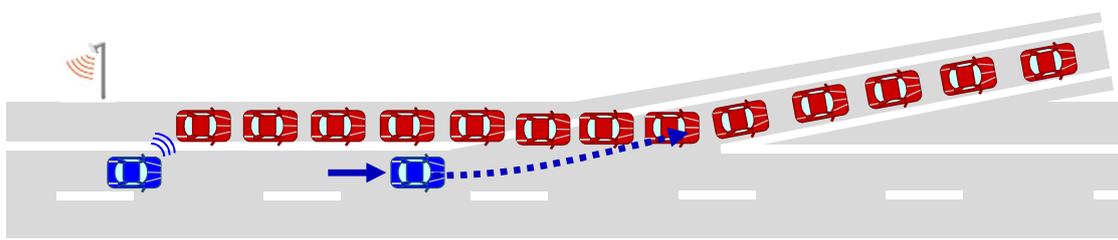


図 2-1 先読み情報（出口渋滞情報）のサービスイメージ

3. 現状の渋滞情報

現在、道路管理者が渋滞を把握した場合、当該渋滞の区間、長さ、渋滞区間を通過するために必要となる時間を情報提供している。一方、路肩での渋滞に関する具体的な情報は提供されていない状況である。

3.1. 渋滞の検知方法

道路管理者は、「車両検知器（トラフィックカウンター）」、「ETC2.0 プローブデータ（※一部の道路管理者のみ）」、「巡回車からの報告」等をもとに本線での渋滞を把握している。

(1) 車両検知器（トラフィックカウンター）

車両検知器（トラフィックカウンター）は、都市内高速道路では概ね 300～500m ごと、都市間高速では、渋滞多発区間は概ね 2km ごと、その他区間は概ね IC 間に 1 か所に設置されている。

車両検知器（トラフィックカウンター）は、本線車の平均速度を計測し、各道路管理者において路線ごとに渋滞を定義している。

なお、車両検知器（トラフィックカウンター）では、通過する車両の台数、車種（小型車・大型車の判別）、速度等を計測できるが、渋滞末尾の位置や路肩の渋滞は計測できない（図 3-1）。

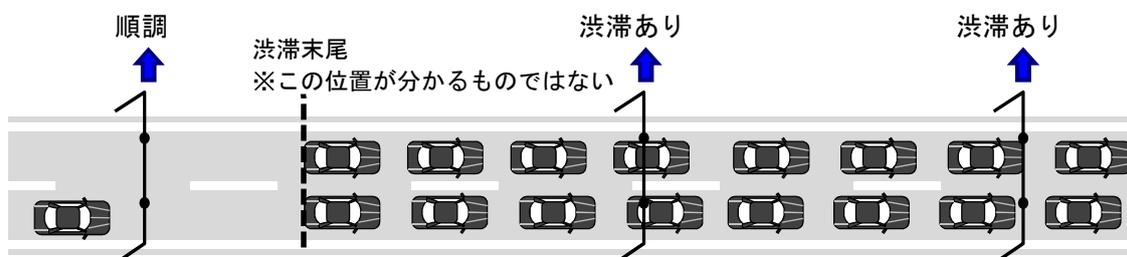


図 3-1 車両検知器（トラフィックカウンター）による渋滞の検知（イメージ）

- ・ 渋滞の検知アルゴリズム 【中日本高速道路株式会社の場合】
一定時間内（5分）の通過車両の平均速度を計測し、時速 40km 以下の区間を周期的（1分毎）に更新（渋滞長）
- ・ 渋滞の定義 【中日本高速道路株式会社の場合】
時速 40km 以下で低速走行あるいは停止発進を繰り返す車列が、1km 以上かつ 15 分以上継続した状態

表 3-1 混雑の程度の基準

道路の区分	「混雑」と表現すべき速度	「渋滞」と表現すべき速度
郊外部の高速自動車 国道等	60 キロメートル毎時以下	40 キロメートル毎時以下
都市部の高速自動車 国道等	40 キロメートル毎時以下	20 キロメートル毎時以下
その他の道路	20 キロメートル毎時以下	10 キロメートル毎時以下

出典：交通情報の提供に関する指針（平成 14 年国家公安委員会告示第 12 号）をもとに作成

(2) ETC2.0 プローブデータ

ETC2.0 プローブデータには、データ蓄積時の本線車の走行速度が記録されており、渋滞区間の推定が可能なデータとなっている。一部の道路管理者において、渋滞状況の推定に活用されている（図 3-2）。

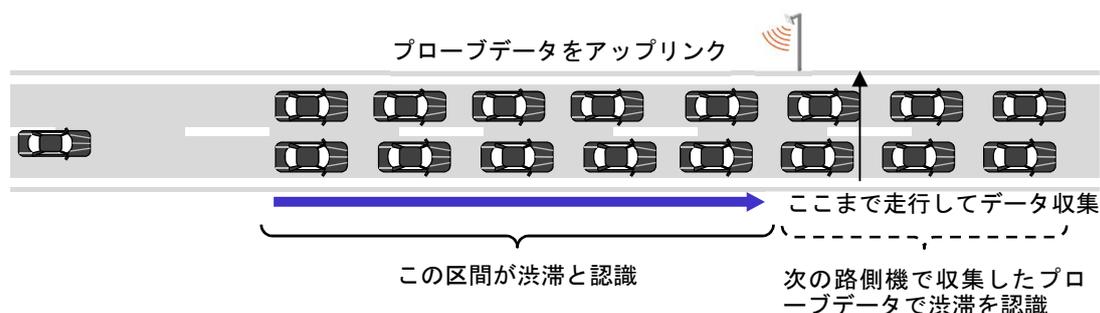


図 3-2 ETC2.0 プローブデータによる渋滞の検知（イメージ）

3.2. 先読み情報（出口渋滞情報）の提供に関する課題

(1) 出口渋滞の検知

高速道路の IC 出口等で発生する渋滞について、路肩や本線の一部に伸びている状況を検知できない。また、ETC2.0 プローブ情報を渋滞末尾の検知に活用する場合、IC 出口等付近に路側機が設置されていないことが課題となる。

(2) 先読み情報（出口渋滞情報）の提供

現状の情報提供フォーマットでは、本線やオフランプで発生する渋滞情報は提供できるものの、路肩で発生する渋滞情報は提供できない。また、本線の一部車線で渋滞している状態を表現できない（図 3-3）。

この結果、高速道路での自動運転の観点からは、以下のようなリスクが発生することが想定される（図 3-3）。

- ・ IC 出口等から流出する自動運転車が分岐部まで走行した後、IC 出口等から続く車列により流出路に進入できず、本線上で停止する。
- ・ 本線を走行する自動運転車が、路肩で渋滞末尾の車両を障害物と検知する。

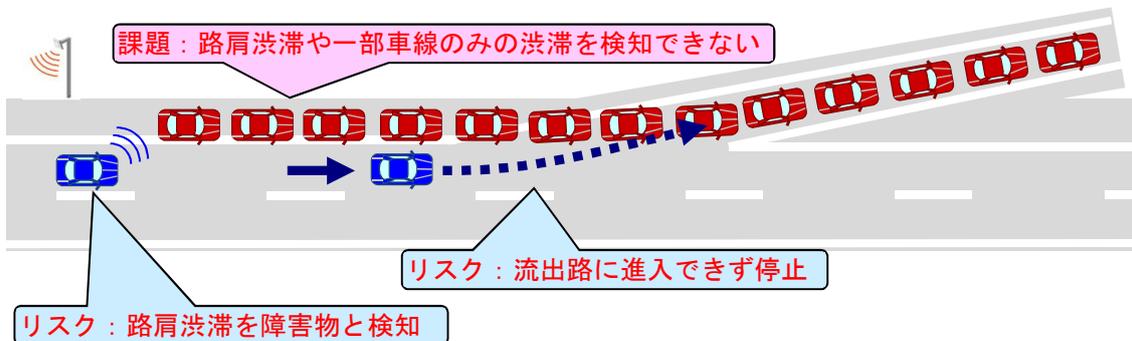


図 3-3 先読み情報（出口渋滞情報）の提供に関する課題

なお、自動運転トラックの場合、車両の前方障害物検知可能距離（200m～250m）と車線変更に必要な右後方車間距離（100～130m）を考慮すると、現状の交通流下では障害物回避のための車線変更が困難な場合が存在する（令和5年度 第1回自動運転の拡大に向けた調査検討委員会資料）。

3.3. 課題への対応

(1) 出口路肩渋滞の検知に関する分析

高速道路の出口 IC 等の路肩で待機する渋滞車列の検知可能性を分析する。具体的には、路肩渋滞が発生している区間・日時の ETC2.0 プローブデータを用いて、高速道路の本線から出口方向に流出した車両と流出せずに本線を走行した車両の ETC2.0 プローブデータを比較することで、路肩での出口流出待ち渋滞車列の検知可能性を分析する。

(2) 情報提供フォーマットの作成

高速道路に設置された ITS スポットから先読み情報（出口渋滞情報）を提供するための情報提供フォーマットについて、以下の点を踏まえて検討・作成する。

- ・ 「先読み情報提供サービス IC 出口等の渋滞情報の提供 サービス解説書案 令和5年3月（国土交通省国土技術政策総合研究所）」の実験用 ID（ID=28）を活用する。

4. 先読み情報（出口渋滞情報）の要件と解説

4.1. サービス内容

先読み情報（出口渋滞情報）は、IC 出口等での渋滞情報（渋滞区間、渋滞末尾等）を本線上流部を走行する車両に提供することで、余裕を持って必要となる運転（例：安全運転に係る監視・対応主体がドライバーである自動運転の場合、渋滞末尾前でハンズフリーを解除したうえで IC 出口等の車列に走行すること、安全運転に係る監視・対応主体がシステムである自動運転の場合、渋滞末尾前でドライバーへ運転操作を移譲して IC 出口等の車列に走行することや、事前の車線変更や経路（出口）選択が可能となる。）を支援するものである（図 4-1）。

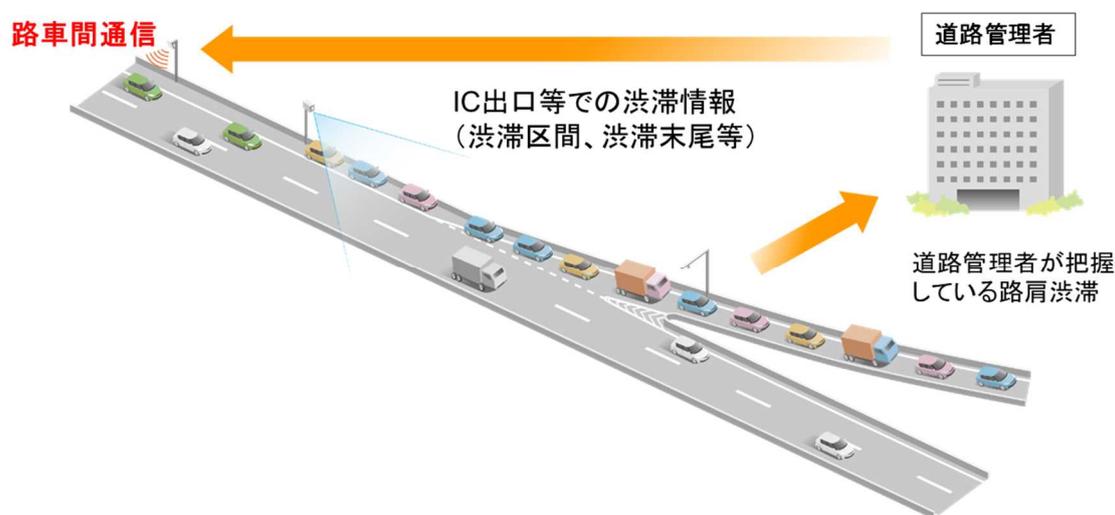


図 4-1 IC 出口等での渋滞情報提供（イメージ図）

4.2. 情報提供項目

【要件】

先読み情報（出口渋滞情報）は、以下の情報を提供するものとする。

- ・ 路肩渋滞の発生
- ・ 路肩渋滞の発生日時
- ・ 路肩渋滞の区間長
- ・ 路肩渋滞の末尾位置
- ・ 路肩渋滞の発生車線（路肩、第 1 走行車線）
- ・ 路肩渋滞の通過時間
- ・ 路肩渋滞の原因

【解説】

各項目の説明は、以下の通りである。

- **路肩渋滞の発生**
路肩渋滞の発生の有無である。
- **路肩渋滞の発生日時**
路肩渋滞が発生した日時である。
- **路肩渋滞の区間長**
路肩渋滞の長さ（リンク番号+リンク端からの距離）である。
- **路肩渋滞の末尾位置**
路肩渋滞が終了する位置（終端のリンク番号+リンク端からの距離）である。
- **路肩渋滞の発生車線（路肩、第1走行車線）**
路肩渋滞の発生車線（路肩、第1走行車線）である。
- **路肩渋滞の通過時間**
渋滞区間の通過に要する時間である。
- **路肩渋滞の原因**
路肩渋滞の原因（故障、事故、先詰まり等）である。

4.3. システム構成

【要件】

各道路管理者が、CCTV、ETC2.0プローブデータ、巡回車からの報告によりIC出口等での渋滞を把握し、その内容を道路管制システムに登録する。

その後、情報提供システムが道路管制システムに登録された内容を取得し、先読み情報（出口渋滞情報）を生成し提供する。

【解説】

管制センターの管制員がIC出口等での渋滞発生の連絡を受けた後、その内容を管制システムに登録し、情報提供を行う。

4.4. 性能に関する事項

【要件】

先読み情報（出口渋滞情報）は、以下の精度と鮮度で情報提供するものとする。

情報の精度：縦方向（進行方向）の位置の精度は100m程度 横方向（横断方向）の精度は車線種別 情報の鮮度：車両が情報提供位置から渋滞末尾位置に至るまでの時間程度
--

【解説】

・ 情報の精度

縦位置の精度は、100m程度とする。横位置の精度は、渋滞末尾位置が属する車線である。

なお、縦位置の精度については、自動運転車両に対しては10m単位が求められ、この点は今後の課題である。

・ 情報の鮮度

情報提供されてから出口渋滞位置に至るまでにある程度の時間を要するため、情報提供は高い鮮度（秒単位など）が求められるものではない。このため、車両が情報提供位置から出口渋滞位置に至るまでの時間程度の精度で提供することになる。

なお、自動運転トラックは乗用車と比べて車両寸法が大きく、動力性能に限界があるため、加速、減速、車線変更等の走行制御に時間と距離が必要となる。そのため、先読み情報（出口渋滞情報）は、自動運転トラックにとって十分な余裕を持って事前に提供することが必要である。

4.5. 提供可能時期

先読み情報（出口渋滞情報）は、自動運転トラックの実証実験でニーズがあり、かつ情報提供のためのシステム構築等が具体化する可能性がある。また、実験用の情報提供フォーマットは、「先読み情報提供サービス IC 出口等の渋滞情報の提供 サービス解説書案 令和5年3月（国土交通省国土技術政策総合研究所）」の実験用ID（ID=28）を基本とすれば、対応可能である。このため、自動運転トラックの実証実験での先読み情報（出口渋滞情報）の提供可能時期は、「短期」となる見通しである。

一方で、先読み情報（出口渋滞情報）の提供の実用化には、ETC2.0プローブデータを用いた路肩内の出口IC等の渋滞車列の検知可能性について技術的な検討が必要である。このため、社会実装としての先読み情報（出口渋滞情報）の提供可能時期は、「中長期」となる見通しである。

4.6. 更なる拡充・改善の要否

路肩内のIC出口等の渋滞車列の検知について、正確性と速報性を向上させる必要がある。

参考資料1 情報提供フォーマットのイメージ

実験用 ID は、「先読み情報提供サービス（IC 出口等での渋滞情報） 路車間通信 [ITS スポット] フォーマット（案）」を基本とする（ID=28 を想定）。

表 実証実験用の情報提供フォーマット ID=28（IC 出口等での渋滞情報）

No	項目	備考	表現形式	データ量 (byte)	
1	空き		bin (1) *5	2	
2	提供時刻 (時)		bin (5)		
3	提供時刻 (分)		bin (6)		
4	2次メッシュ数		bin (8)	1	
5	2次メッシュ座標		bin (8) *2	2	
6	2次メッシュ内情報バイト数		bin (16)	2	
7	2次メッシュ内リンク情報;j		bin (16)	2	
8	情報1 渋滞・混雑の車線	連続リンク数:k		bin (8)	1
9		リンクレイヤ		bin (2)	2
10		リンク区分		bin (2)	
11		リンク番号		bin (12)	
12		第1走行車線		bin (3)	7
13		第2走行車線		bin (3)	
14		第3走行車線		bin (3)	
15		第4走行車線		bin (3)	
16		第5走行車線		bin (3)	
17		第6走行車線		bin (3)	
18	第7走行車線		bin (3)		
19	第8走行車線		bin (3)		
20	第9走行車線		bin (3)		
21	第10走行車線		bin (3)		
22	左車線		bin (3)		
23	右車線		bin (3)		
24	中央車線		bin (3)		
25	追越車線		bin (3)		
26	ゆずり車線		bin (3)		
27	登坂車線		bin (3)		
28	路肩・IC 出口等 (左側)		bin (3)		

付属資料3 先読み情報提供サービスの要件定義案（出口渋滞情報）

No	項目		備考		表現形式	データ量 (byte)
29		路肩・IC 出口等（右側）			bin (3)	
30		空き			bin (2)	
31		渋滞原因			bin (8)	1
32	基本 情報	渋滞部数（兼拡張子）		連続 リンク 数分 繰り 返す	bin (3)	1
33		渋滞度			bin (2)	
34		旅行時間提供有無フラグ			bin (1)	
35		旅行時間種別			bin (1)	
36		旅行時間情報提供フラグ			bin (1)	1
37		時間単位			bin (1)	
38		リンク旅行時間情報			bin (7)	
39		拡張	渋滞度			渋滞度 数分 繰り 返す
40	距離単位			bin (3)		
41	リンク終端からの距離		※1	bin (10)		
42	渋滞長			bin (10)		
43		空き			bin (7)	
	情報 j				bin (8)	1

※1：渋滞度=0 の時は意味を持たない

出典：「次世代の協調 ITS の実用化に向けた技術開発に関する共同研究報告書（国土交通省国土技術政策総合研究所）」をもとに作成

参考資料2 各種検知方法と渋滞末尾検知での課題

各種検知方法と渋滞末尾検知での課題



項目	ETC2.0プローブ	民間プローブ	トラカンデータ	CCTV画像
設置間隔	1基/IC間	約400~500万台(全国)	1基/IC間(代表トラカン)※ ※複数設置のIC間(2km間隔程度)もあるが、ETC2.0データ量の充実に伴い、代表トラカンに集約	1基/km
設置箇所	IC間の単路部	—	IC間の単路部(代表トラカン)	—
コスト	10百万円/基	3~20万円/メッシュ・月程度 ※データ使用のみの経費	6百万円/基	7百万円/基
検知の対象となる車両	ETC2.0車載器搭載車両	データ提供主体のサービス対象車両(カーナビ)	全車	全車
車両の検出方法	GPS	GPS、Gセンサー等	ループコイル等	画像解析
データ取得間隔	200m周期	数秒周期程度	常時	常時
提供可能な情報	<ul style="list-style-type: none"> 時刻 位置 速度 加速度 	<ul style="list-style-type: none"> 平均速度(5分周期リアルタイム、DRMリンク単位) 平均速度(5分周期オフライン、50m分解能) 停止位置/停止時間情報(オフライン、個車単位) 	<ul style="list-style-type: none"> 断面交通量 車種(大型/小型) 速度 	<ul style="list-style-type: none"> 断面交通量 車種 速度
渋滞末尾の検出方法	<ul style="list-style-type: none"> 車両速度 低速度車両の混入率 	<ul style="list-style-type: none"> 個車毎の位置情報(緯度経度)の挙動解析 	<ul style="list-style-type: none"> 速度 QV 等 	<ul style="list-style-type: none"> 車両の滞留状況
情報の頻度	1分周期(C2まで)	5分更新(リアルタイム)	1分更新(5分平均)	事象発生時の確認
情報提供のタイムラグ	処理時間に加え、路側機にアップリンクするまでのタイムラグも内包	5~15分	<ul style="list-style-type: none"> 最大1分程度 5分平均情報の1分更新 5分平均情報での提供 	事象確認後、イベント情報を登録するまでのタイムラグが発生
渋滞末尾検知の課題	<ul style="list-style-type: none"> 渋滞末尾位置の検知には、オフランプの出口付近に路側機を設置する必要 	<ul style="list-style-type: none"> 先読み情報としての情報ニーズに対して、タイムラグの短縮が課題 	<ul style="list-style-type: none"> 路側からの定点観測のため、渋滞末尾位置の検知精度を高めるためには、トラカンの密な設置が必要 リアルタイム性の高い広範囲の交通状況把握手法の開発等 	<ul style="list-style-type: none"> 路側からの定点観測のため、画像内の渋滞末尾を把握 ※末尾位置が分かりやすい渋滞(出口渋滞)には、CCTV設置により検知性が向上

※ ETC2.0プローブ、トラカンデータ、CCTV画像の設置機器数は、新東名高速道路での機器数である。
出典：共同研究者へのヒアリング等をもとに作成

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 1270

January 2024

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675