

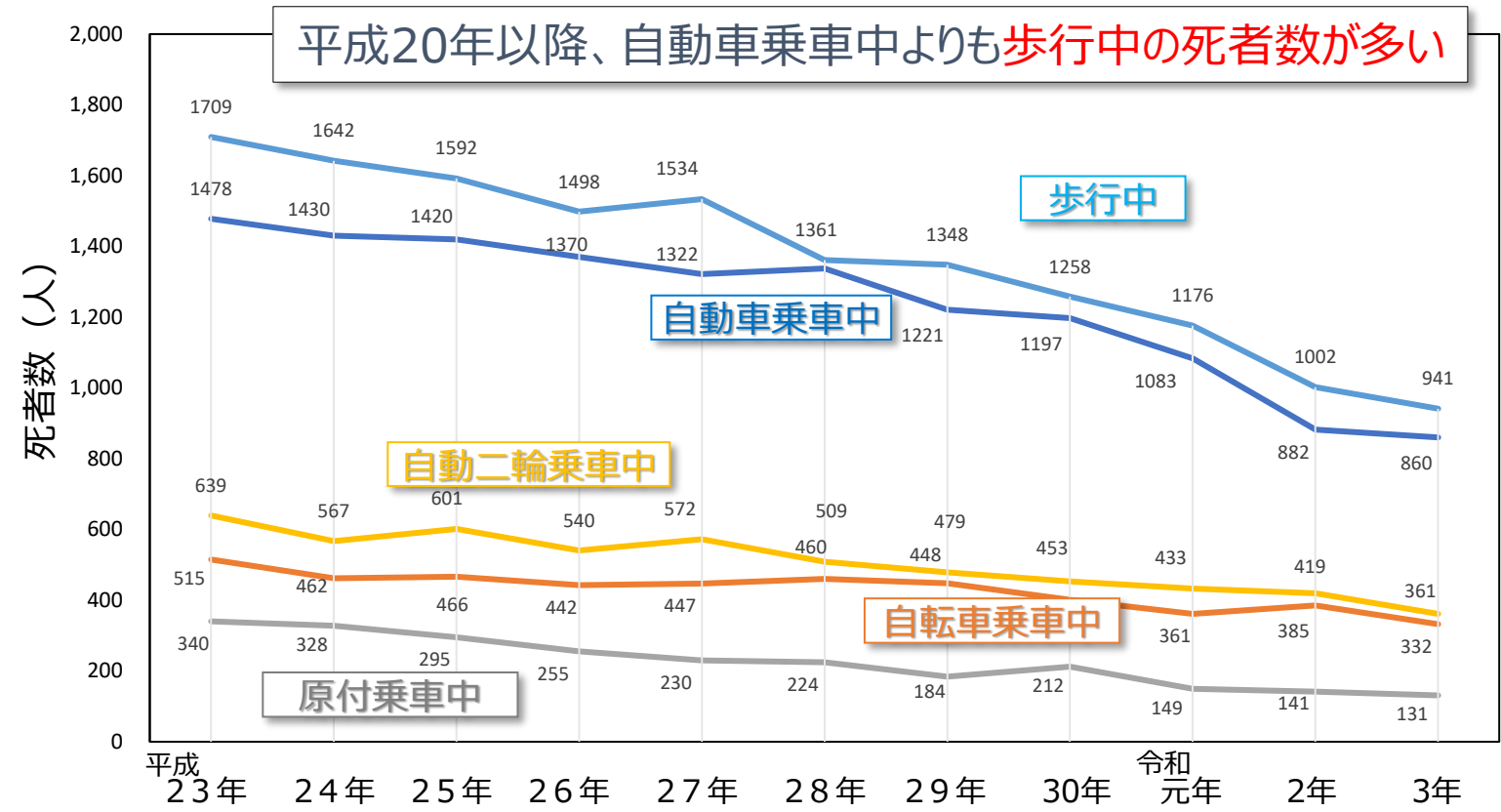
自動運転を取り巻く状況について

令和 4年 6月 9日

自動運転研究統括監
自動車安全研究部 河合 英直

状態別死者数の年次推移

【令和3年中の交通事故による死者数】 2,636人で、5年連続で戦後最少を更新。
死者数： 2,636人（前年比－203人） 負傷者数： 362,131人 発生件数： 305,196件



交通弱者（子ども・高齢者・歩行者・自転車）の安全対策
自動走行等新技术への対応

状態別死亡者数の年次推移

警察庁交通局

自動運転の動向

これまでの動き

- 2018年に**自動運転車の安全技術ガイドラインを作成**、世界で初めて、自動運転の実現にあたっての安全目標を設定、レベル3、4の自動運転車が満たすべき安全要件を策定。国連自動車基準調和世界フォーラム（WP29）において、自動運転に関する国際基準に係る議論を主導。ガイドラインに示した日本の自動運転車の安全性に関する考え方や安全要件を国内外の基準に反映させてきた
- ガイドラインの考えに基づき、
2019年に**道路運送車両法を改正**
2020年には**レベル3、4の自動運転車の国内基準を策定**。併せて、道路交通法も改正された。
- 2020年6月、自動車線維持、サイバーセキュリティ対策等を含む**自動運転車の国際基準**が成立。
- 2020年11月、**世界で初めて、自動運転車（レベル3）の型式指定**を実施。
- 2021年3月に発売開始。

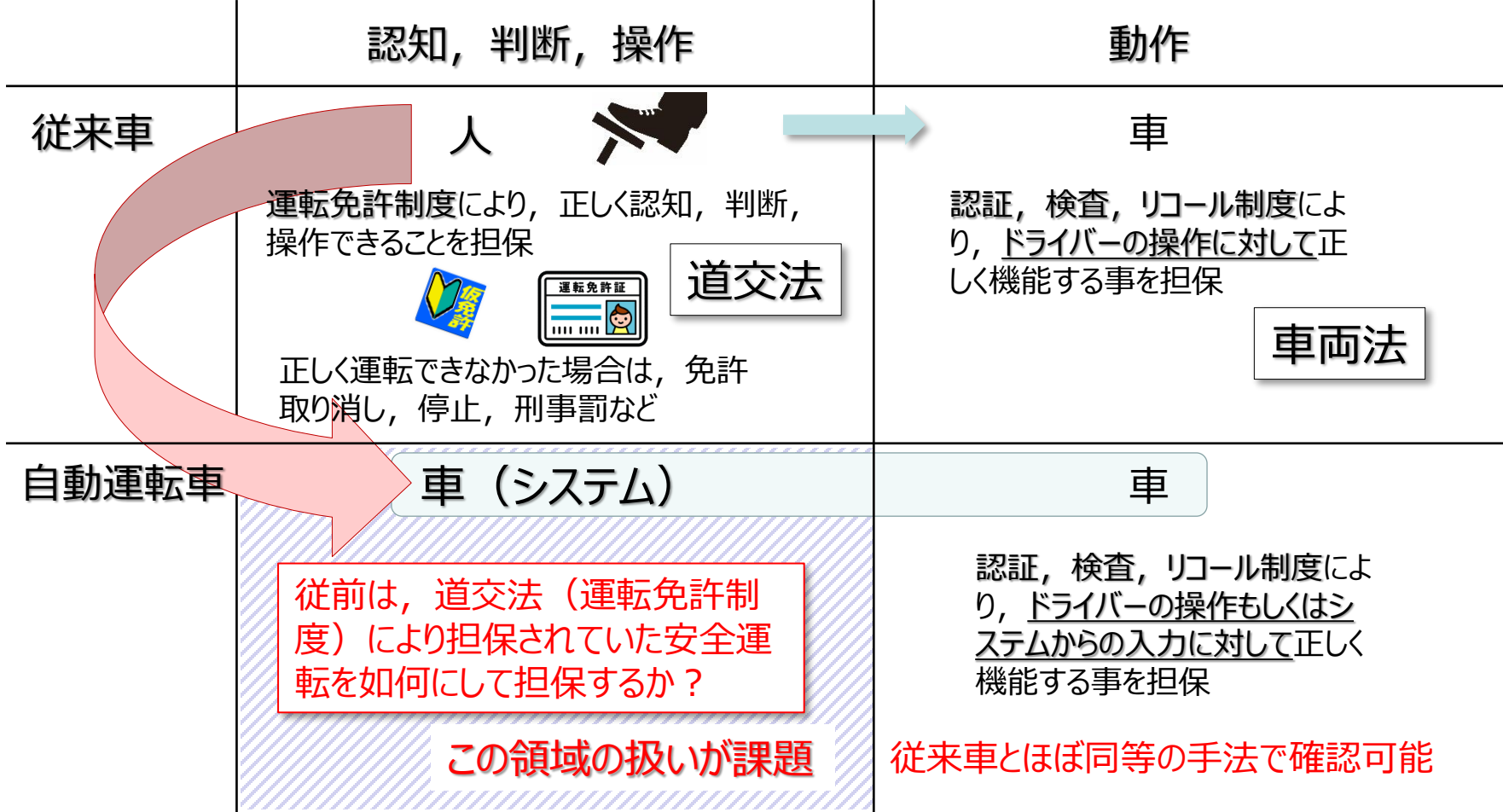


今後の政府目標(抜粋)

- 自家用車：高速道路において、レベル4の実現（2025年目処）
- 移動サービス：限定地域において、遠隔監視のみのサービス開始（2022年目途）
- 物流サービス：高速道路で、レベル4自動運転トラック（2025年度以降）

自動運転車の導入期から普及期へ

自動車の安全担保



自動運転車の安全性の考え方

自動運転車の安全目標

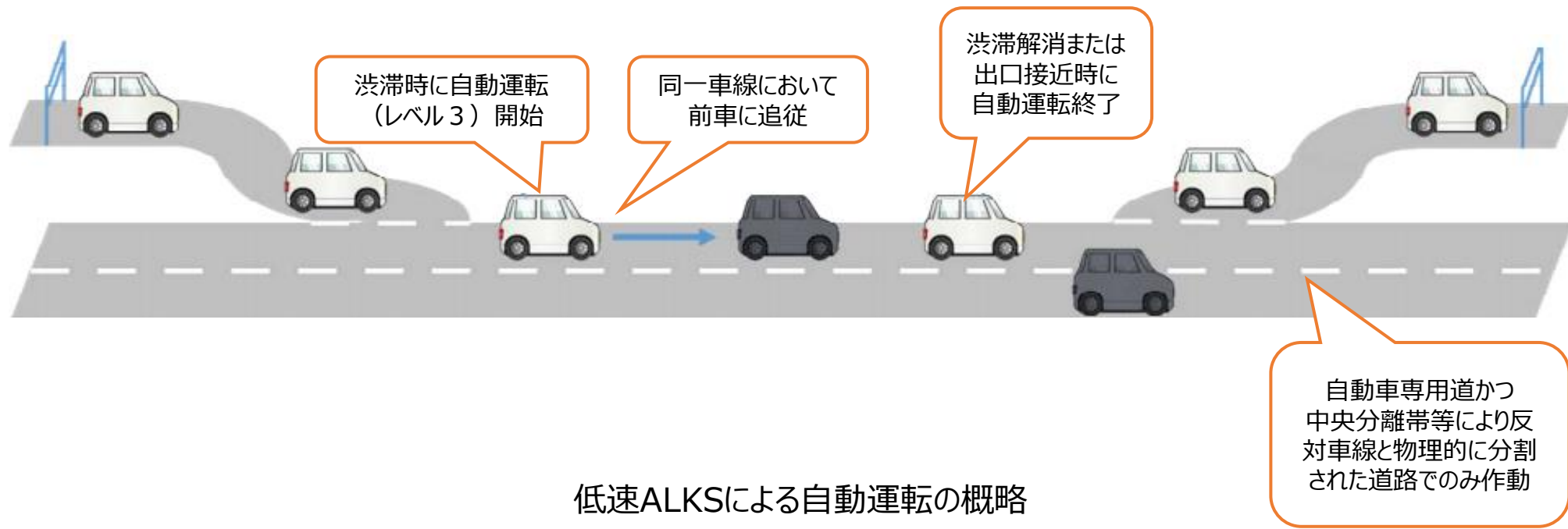
「許容不可能なリスクを生じさせない」、すなわち、自動運転車の安全性を確保するために、
合理的に予見可能（reasonably foreseeable）であり、かつ
防止可能（preventable）
な傷害または死亡をもたらす交通事故を起こさないこと

自動運転車の安全技術ガイドライン（日本） 2018.9月
Framework doc. (WP29/UN ECE) 2019.6月

人間ドライバの安全運転に対して求められている事と同様

UN-R157 低速ALKS 2020.6月

5.2.5 他者との衝突のリスクを、少なくとも有能で注意深い人間ドライバ(Competent and Careful human driver)が最小限に抑えることができるリスクレベルまで安全を確保していること



安全要件の具体化

共通認識

自動運転車(システム)だからといって、人間ドライバが運転する自動車よりも安全性が劣っていても許されることはない。

- 「有能な (competent) 人間ドライバ」とは？
- 「合理的に予見可能」とは、どの程度の予見？
- 予測運転まで要求されるのだろうか？



「人間による運転行動」の明確化、定量化

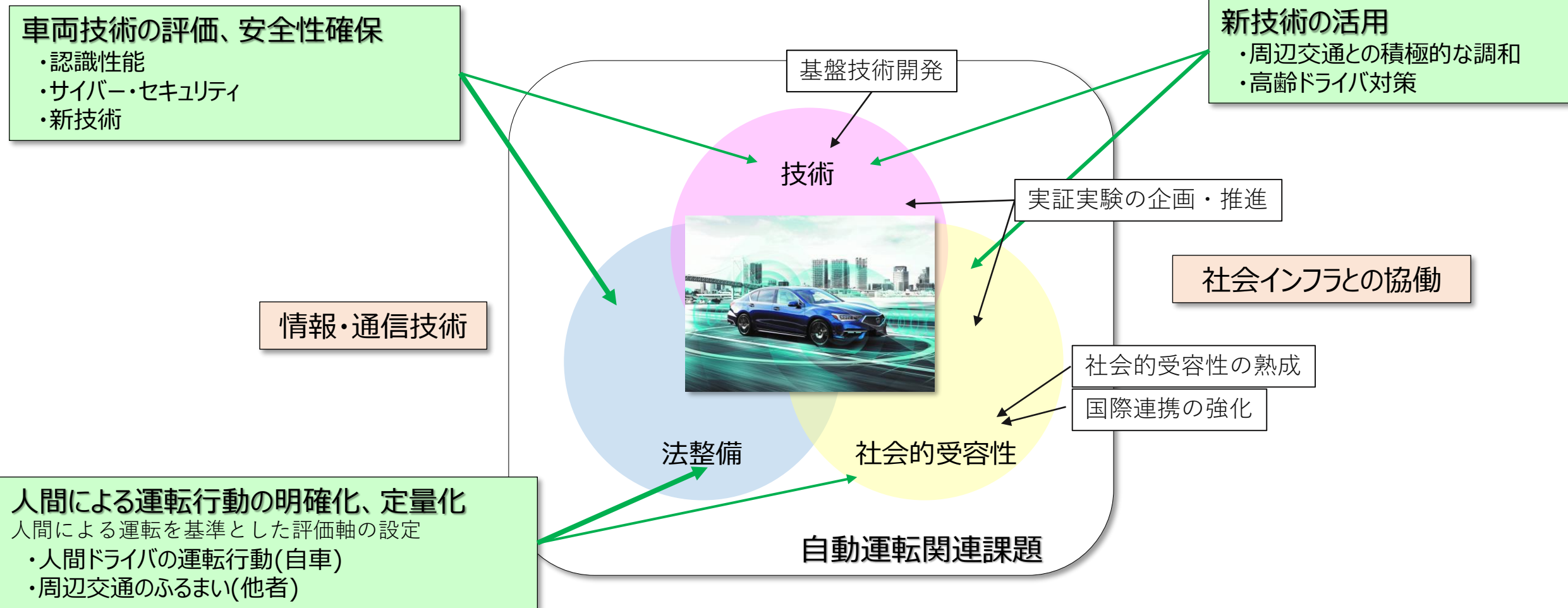
車両技術の評価、安全性確保

現在の社会システムは、人間を対象として作られている。
得意、不得意は、人間とシステムでは異なる。。



社会インフラとの協働

自動運転に関する交通安全環境研究所での取り組み



本日の講演

自動運転の普及に向けた取り組み

～社会的に受容される安全性の確保を目指して～

招待講演1 自動運転に関する昨今の国内・国際基準の動向
～日本の強みを活かした安全な道路交通の実現に向けて～
国土交通省 自動車局 車両基準・国際課 安全基準室長 猶野 喬 氏

招待講演2 自動運転レベル4における自動運転に携わる者の義務と責任
～ドイツの改正道路交通法との比較～
多摩大学 経営情報学部 専任講師 樋笠 堯士 氏

講演4件 自動車安全研究部より

概要版資料

自動運転に関する昨今の国内・国際基準の動向 ～日本の強みを活かした安全な道路交通の実現に向けて～

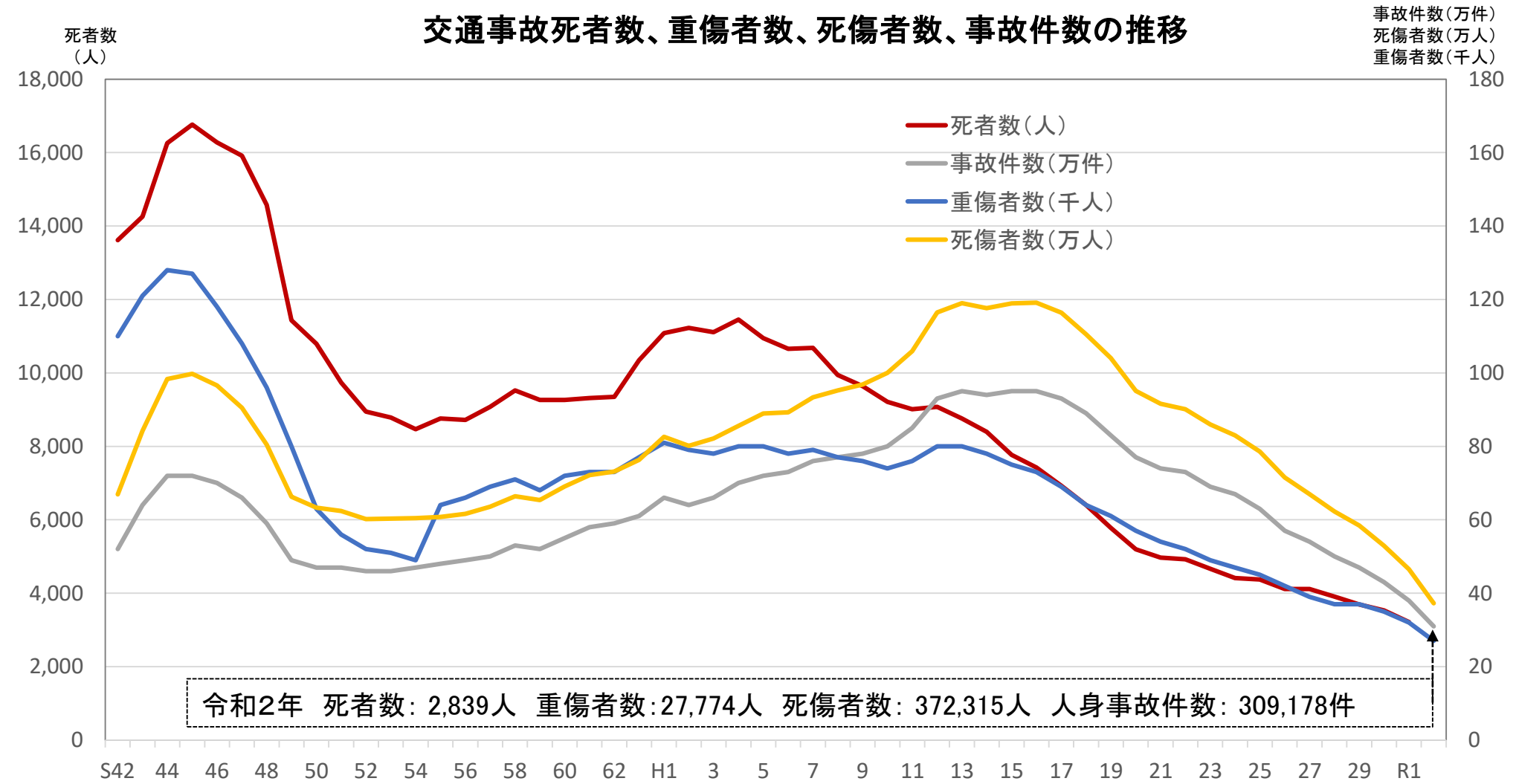
令和4年6月

国土交通省自動車局安全・環境基準課

安全基準室長

猶野 喬

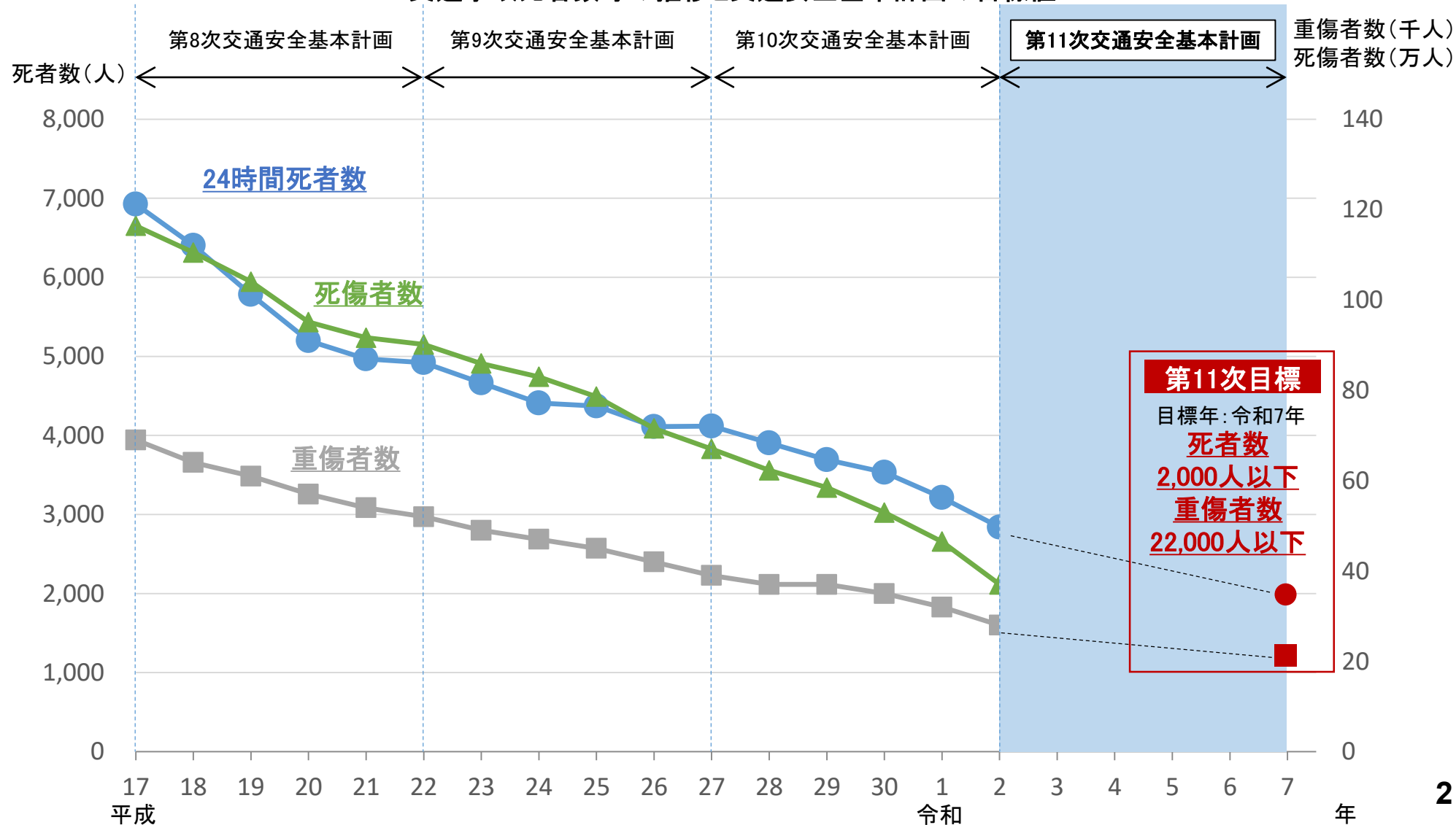
- 交通事故の死者数、重傷者数、死傷者数、事故件数はいずれも近年減少傾向。
- 統計を開始して以降の最少を更新している。



今後の交通事故削減目標

- 更なる交通事故対策を図るため、交通安全基本計画が更新された。
- 令和7年に交通事故死亡者数2,000人以下、重傷者数22,000人以下とするとの目標を設定。

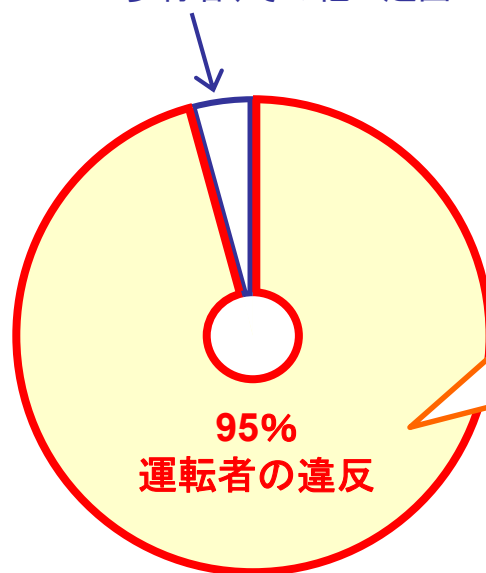
交通事故死者数等の推移と交通安全基本計画の目標値



- 死亡事故発生件数の大部分が「運転者の違反」に起因。
- 自動運転の実用化により、運転者が原因の交通事故の大幅な低減効果に期待。
- 高齢者等の移動支援や渋滞の緩和、生産性の向上、国際競争力の強化への効果に期待。

法令違反別死亡事故発生件数
(令和2年)

5%: 歩行者、その他に起因

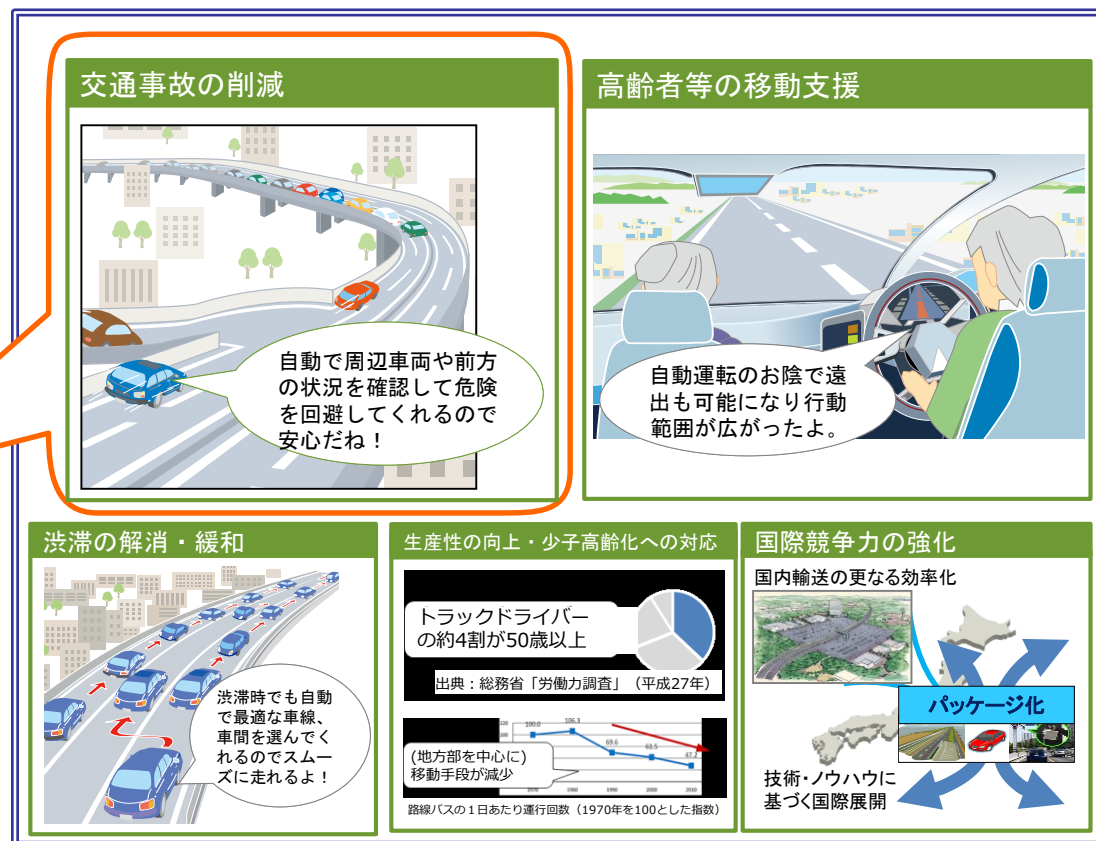


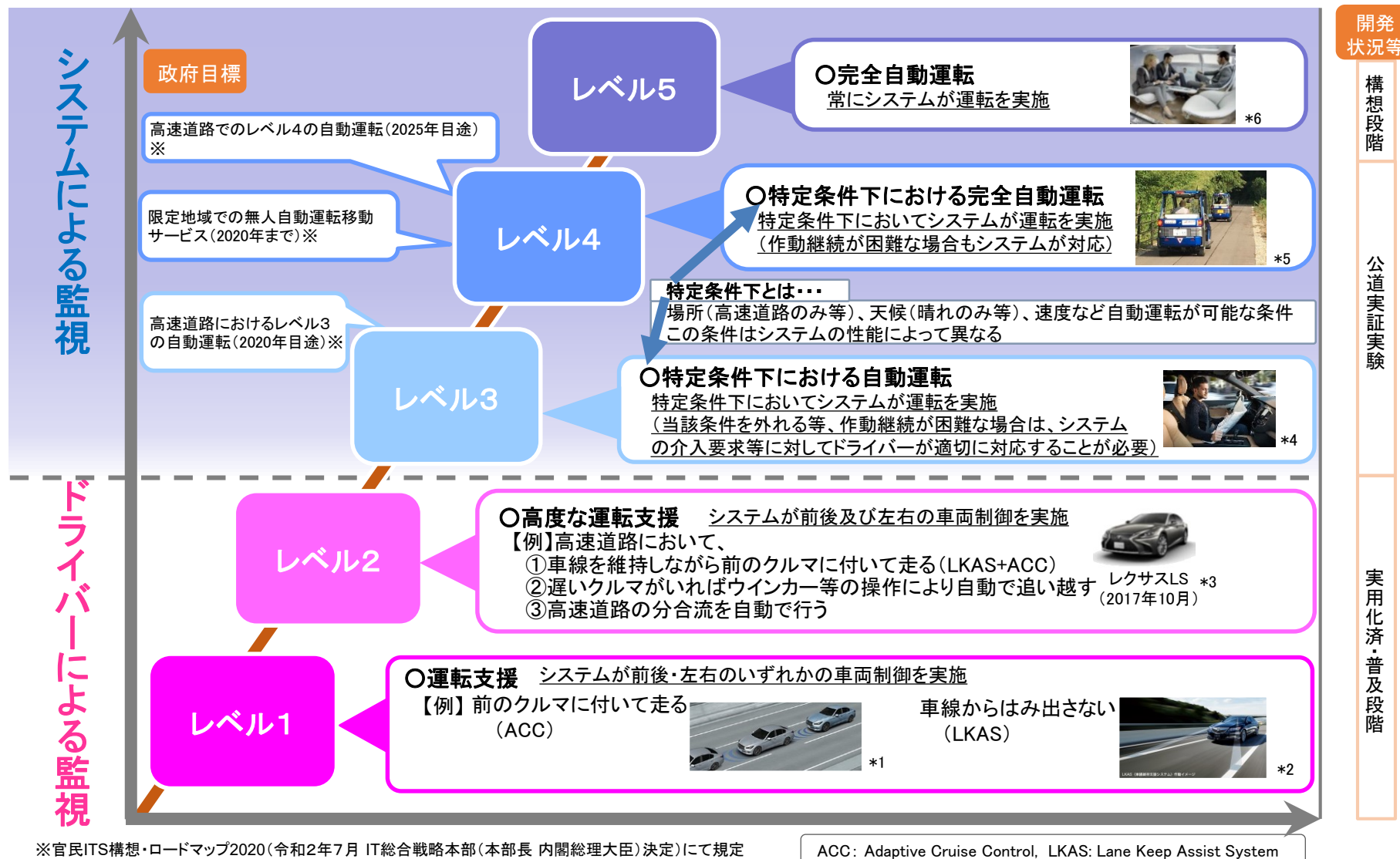
『令和3年版交通安全白書』より

令和2年の交通事故死傷者・負傷者数

死者数	2,839人
負傷者数	369,476人

自動運転の効果例





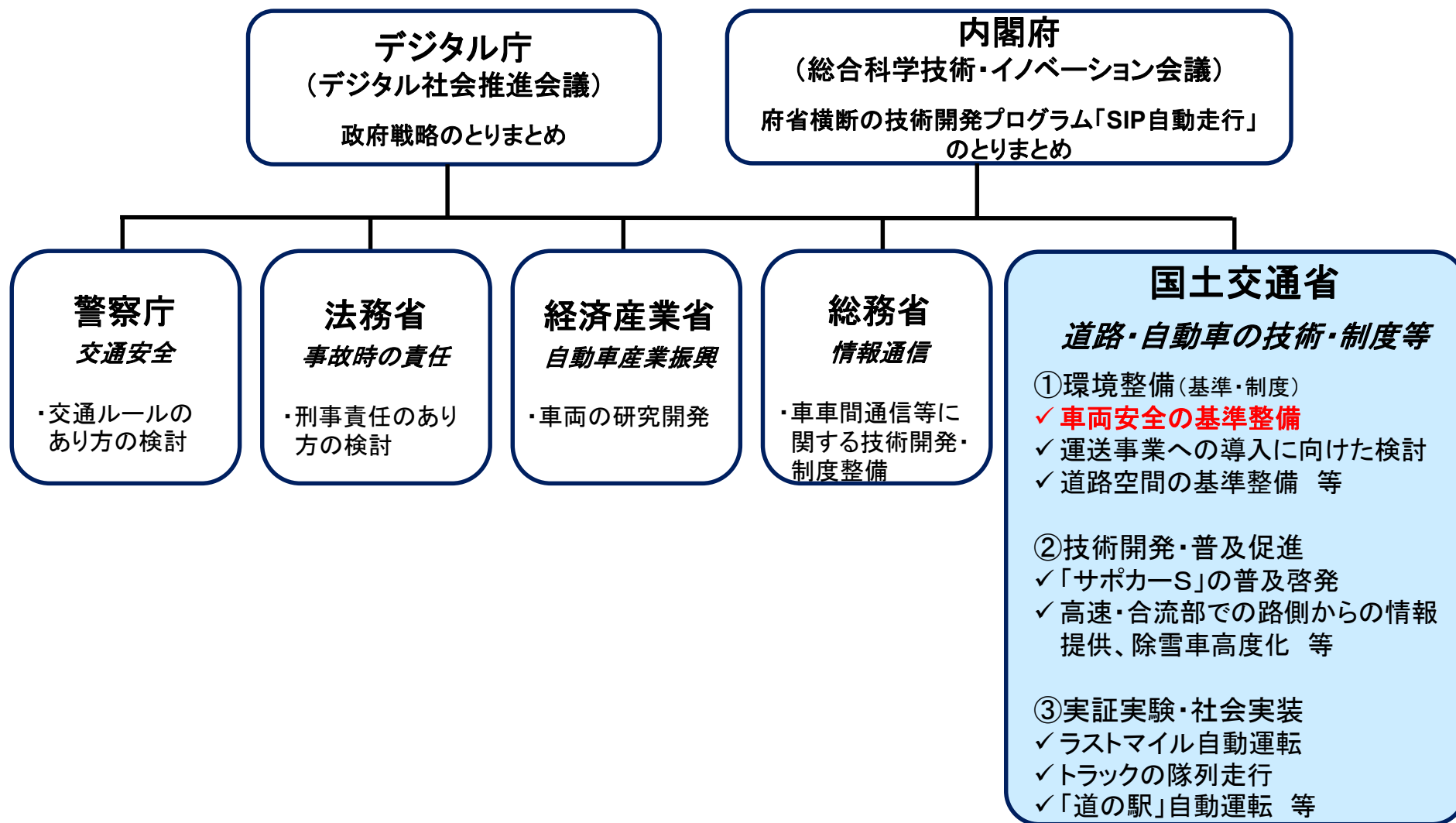
○ 「レベル2」と「レベル3」について、差は見えにくいものの、法制度上の位置づけや技術レベルは大きく異なる。

	レベル2	レベル3
運転の主体	運転者	システム
位置づけ	運転支援	自動運転
アイズオフ	禁止	可能
セカンダリアクティビティ (運転以外にして良いこと)	禁止	画面注視可
オーバーライド	可能	可能

※レベル2, 3いずれもシステム作動時における状況を記載。

自動運転実現に向けた政府の推進体制

- 政府における自動運転の推進は、デジタル庁、内閣府の下、各省が連携して取り組んでいる。
- 国土交通省は、自動運転の核となる道路や自動車の技術や制度等を所管している。

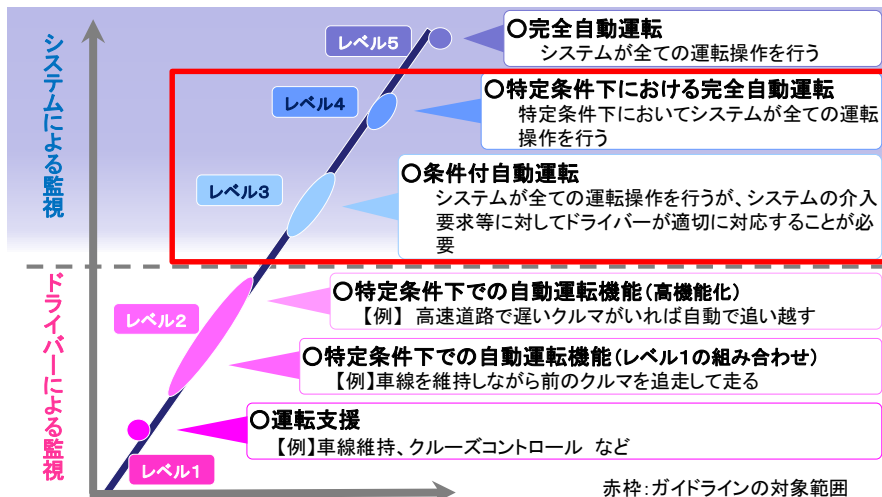


自動運転基準の検討開始(安全技術ガイドライン)

- 日本は、いち早く自動運転レベル3以上の実現に向けて官民で検討開始。
- 2018年にガイドラインを作成し、レベル3、4の自動運転車が満たすべき安全要件を策定。
- 世界で初めて、自動運転の実現にあたっての安全目標を設定。
安全目標: 自動運転システムが引き起こす人身事故がゼロとなる社会の実現を目指す
- 本ガイドラインの考え方が、その後の国内外の基準・ガイドラインに影響。

ガイドラインの対象車両

レベル3又はレベル4の自動運転システムを有する乗用車、トラック及びバス



自動運転車の安全性に関する要件(10項目)

自動運転車は、次の安全性に関する要件を満たすことにより、その安全性を確保しなければならない

- ① 運行設計領域（ODD）の設定
- ② 自動運転システムの安全性
- ③ 保安基準等の遵守等
- ④ ヒューマン・マシン・インターフェース（ドライバー状態の監視機能等の搭載）
- ⑤ データ記録装置の搭載
- ⑥ サイバーセキュリティ
- ⑦ 無人自動運転移動サービス用車両の安全性（追加要件）
- ⑧ 安全性評価
- ⑨ 使用過程における安全確保
- ⑩ 自動運転車の使用者への情報提供

大型バスの遠隔監視・操作による自動運転

国内初、大型バスの遠隔監視・操作による自動運転を営業運行で実施する公道実証

- 主体： 相鉄バス、群馬大学 等
- 場所： 神奈川県横浜市
- 時期： 2020年10月



※相鉄バスHPより

BRT専用道を利用した自動運転

JR気仙沼線（廃線跡のBRT専用道）での、大型バスによる公道実証

- 主体： JR東日本、先進モビリティ 等
- 場所： JR気仙沼線
- 時期： 2019年1月～



※JR東日本HPより

中型バスを用いた自動運転

中型バスを使用した、地元運行事業者による公道実証

- 主体： 産総研、先進モビリティ等
- 場所： 全国5か所（滋賀県大津市等）
- 時期： 2020年7月～2021年3月



ハンドルがない車両を用いた自動運転

自動運転を前提に設計されたハンドルなどが無いバスの公道実証

- 主体： BOLDLY 等
- 場所： 東京都千代田区茨城県境町 等
- 時期： 2019年7月～
※2020年11月より茨城県境町において事業開始



※BOLDLY HPより

小型カートを用いた自動運転

小型カートを用いた遠隔型自動運転システムの公道実証

- 主体： 産総研、先進モビリティ等
- 場所： 福井県永平寺町、沖縄県北谷町 等
- 時期： 2017年12月～



※2020年12月より福井県永平寺町において、2021年3月より沖縄県北谷町において事業開始

5Gを活用したタクシーの自動運転

5Gを活用した自動運転タクシーの公道実証

- 主体： ティアフォー 等
- 場所： 東京都新宿区
- 時期： 2020年11月、12月



※ティアフォー HPより

- ガイドラインの考えに基づき、2019年に道路運送車両法を改正、2020年にはレベル3・4の自動運転車の基準を策定。
- 併せて、道路交通法も改正された。

国内基準 策定の取組

ガイドライン策定(18.9)

道路運送車両法
の改正(19.5)

改正道路運送車両法・
保安基準(省令)の施行(20.4)

- ・乗車人員及び他の交通の安全を妨げるおそれがないこと
- ・運転者の状況監視のためのドライバーモニタリングを搭載すること
- ・不正アクセス防止等のためのサイバーセキュリティ確保の方策を講じること
- ・自動運転車であることを示すステッカーを車体後部に貼付(メーカーに要請) 等



○2021年3月、永平寺町で計画されている自動運転車に対し、**自動運行装置搭載車(レベル3)として認可**

○車両に搭載された自動運行装置は、自転車歩行者専用道に設置された電磁誘導線上を走行し、**歩行者、自転車及び障害物等を検知し対応**

全国初の遠隔監視・操作型自動運転車(レベル3)の認可



1人の遠隔監視・操作者が3台の無人自動運転車両を運行



車両に福井県版図柄入りナンバープレートを装着



遠隔監視・操作室

走行環境条件

1. 道路状況及び地理的状况

(道路区間)

- ・ 福井県吉田郡永平寺参ろーど：京福電気鉄道永平寺線の廃線跡地
- ・ 町道永平寺参ろーどの南側一部区間：永平寺町荒谷～志比（門前）間の約2 km

(道路環境)

- ・ 電磁誘導線とRFIDによる走行経路

2. 環境条件

(気象状況)

- ・ 周辺の歩行者等を検知できない強い雨や降雪による悪天候、濃霧、夜間等でないこと

(交通状況)

- ・ 緊急自動車が走路に存在しないこと

3. 走行状況

(自車の速度)

- ・ 自車の自動運行装置による運行速度は、12 km/h以下であること

(自車の走行状況)

- ・ 自車が電磁誘導線上にあり、車両が検知可能な磁気が存在すること
- ・ 路面が凍結するなど不安定な状態でないこと

名称:ZEN drive Pilot

遠隔監視・操作者による常時周辺監視から解放され運転負荷を軽減

○ 2020年11月、世界で初めて、自動運転車(レベル3)の型式指定を実施。2021年3月に発売開始。

世界初の自動運転車(レベル3)の型式指定

自動運行装置の構成

外界認識(車両周辺)

- カメラ
- レーダー
- ライダー

自車位置認識

- 高精度地図
- 全球測位衛星システム(GNSS)

ドライバー状態検知

- ドライバーモニタリングカメラ

機能冗長化

- 電源系統
- ステアリング機能
- ブレーキ機能

自動運行装置に必要な対応・装備

- サイバーセキュリティ
- ソフトウェアアップデート
- 作動状態記録装置
- 外向け表示(ステッカー)

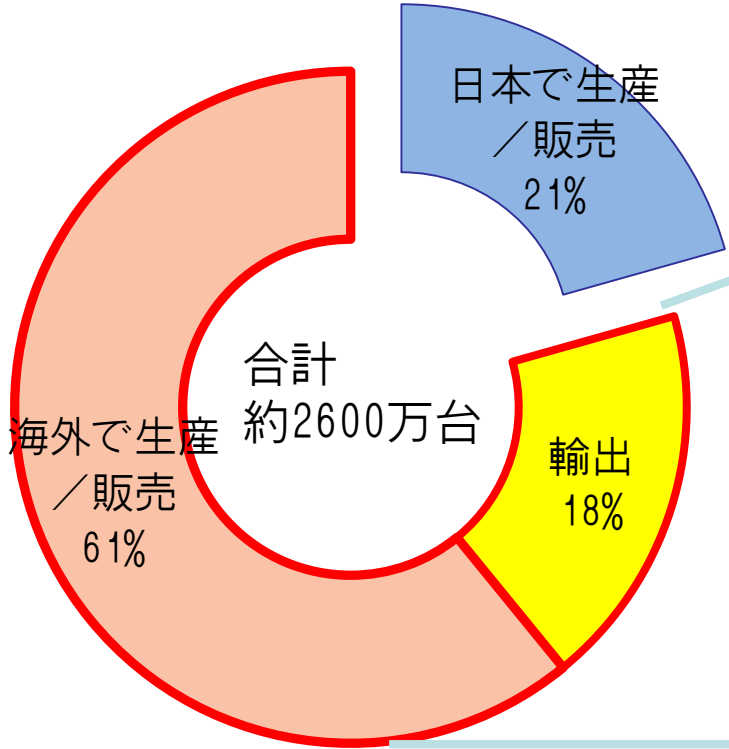


※本田技研工業(株)提供

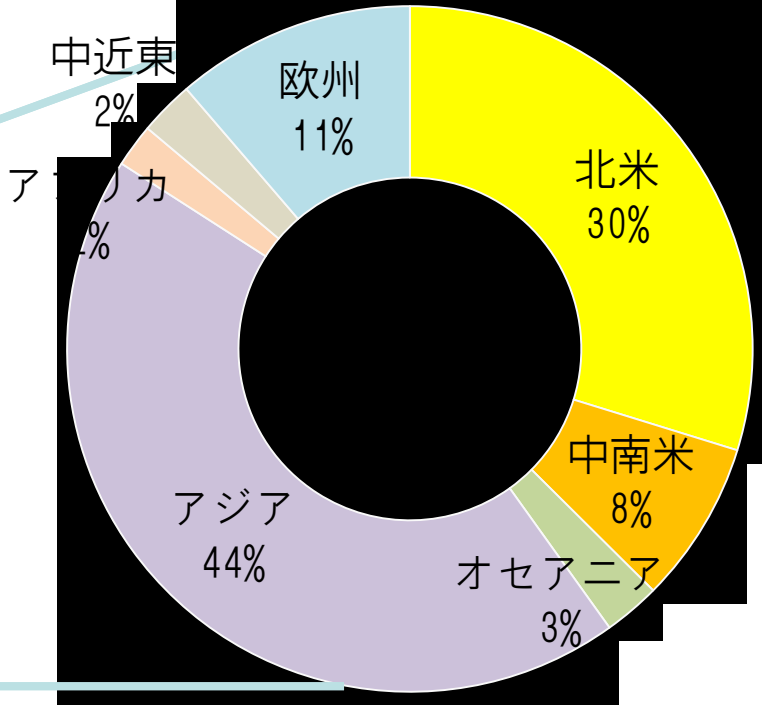
○ 自動運転の早期実現に向けて、各国において開発が進められているが、自動車は国際流通商品であることから、**国際的な基準調和が不可欠**。

日本車の約8割は海外で走っている！！

日本メーカーの自動車（四輪）の国内外での生産販売状況



世界各国での販売台数



※日本の自動車工業2013（日本自動車工業会）データより算出

- 自動運転に関する基準は、国際基準調和は不可欠。
- 国連自動車基準調和世界フォーラム(WP29)において、共同議長又は副議長等として自動運転に関する国際基準に係る議論を主導。

国連自動車基準調和世界フォーラム(WP29)

日本は、自動運転に関する基準を策定する部会、専門家会合等において、共同議長・副議長等を務める。



※ 議論には、日本、欧州、米国、中国等が参画

自動運転に関する国際基準

レベル0, 1, 2

- ・衝突被害軽減ブレーキ
- ・自動駐車(リモコン駐車)
- ・手を添えた自動ハンドル(車線維持／車線変更)



* 本田技研工業(株) HP



* LEXUS HP



* 日産自動車(株) HP



* BMW HP

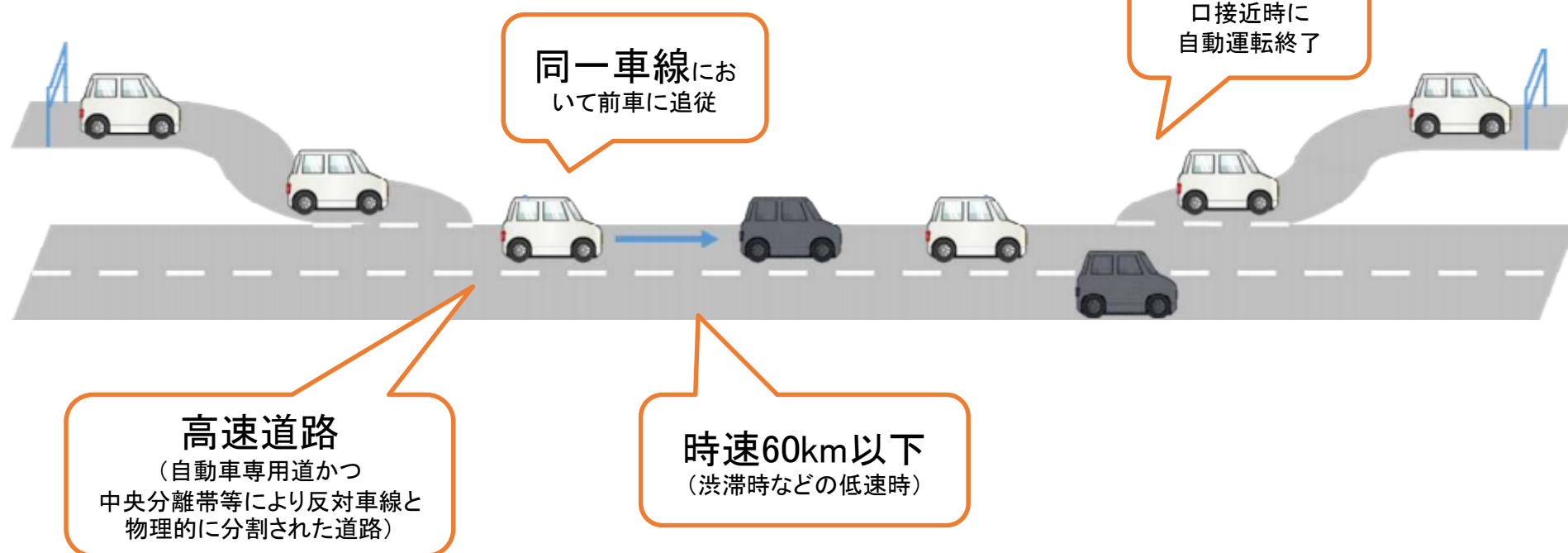
レベル3

- ・高速道路における自動運転(60km/h以下での車線維持)

- 2020年6月、世界で初めて自動運転レベル3に関する国際基準が成立。
- 国内で策定していたガイドライン、国内基準をベースに日本主導で議論。
- 高速道路における60km/h以下の同一車線走行を行うシステム(低速ALKS※)が対象。
- 同時に、関係の深いサイバーセキュリティ及びソフトウェアアップデートの国際基準も成立。

※ALKS: Automated Lane Keeping System

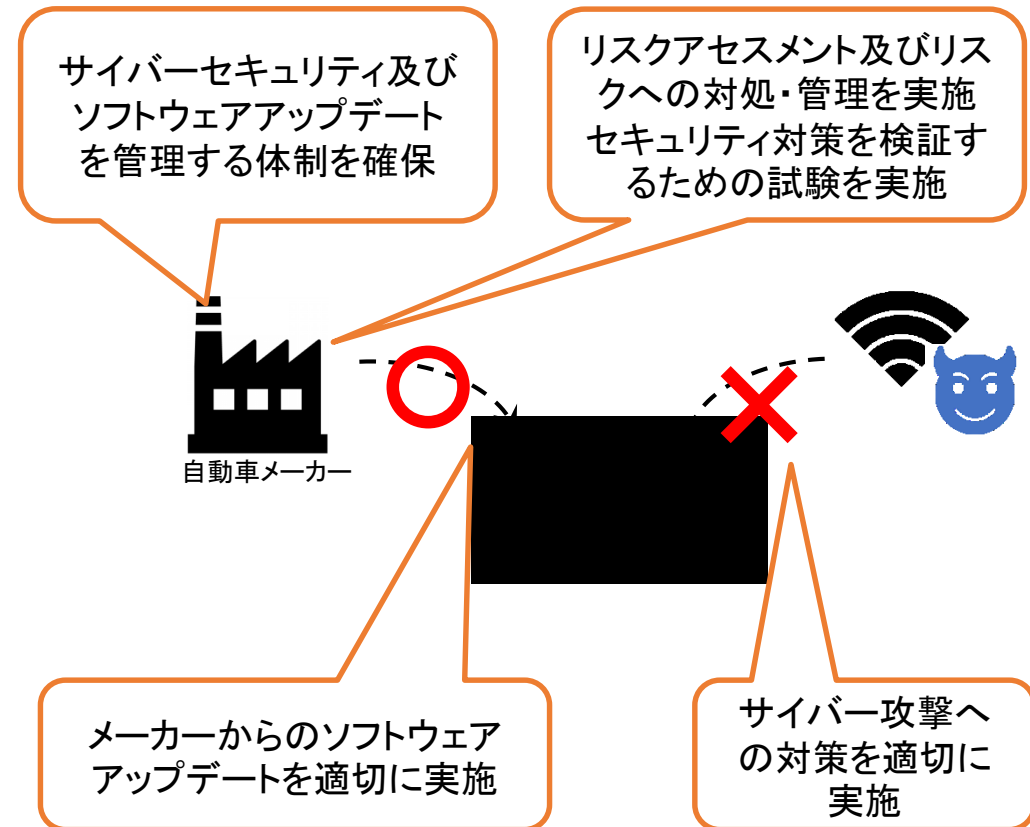
対象となる自動運転のイメージ



- 自動運行装置の基準と合わせて、関係の深いサイバーセキュリティ及びソフトウェアアップデートの国際基準と同時に成立。
- 個別の車両要件に加え、リスクアセスメント等のメーカー管理システムの堅牢性について規定されている点が特徴的。

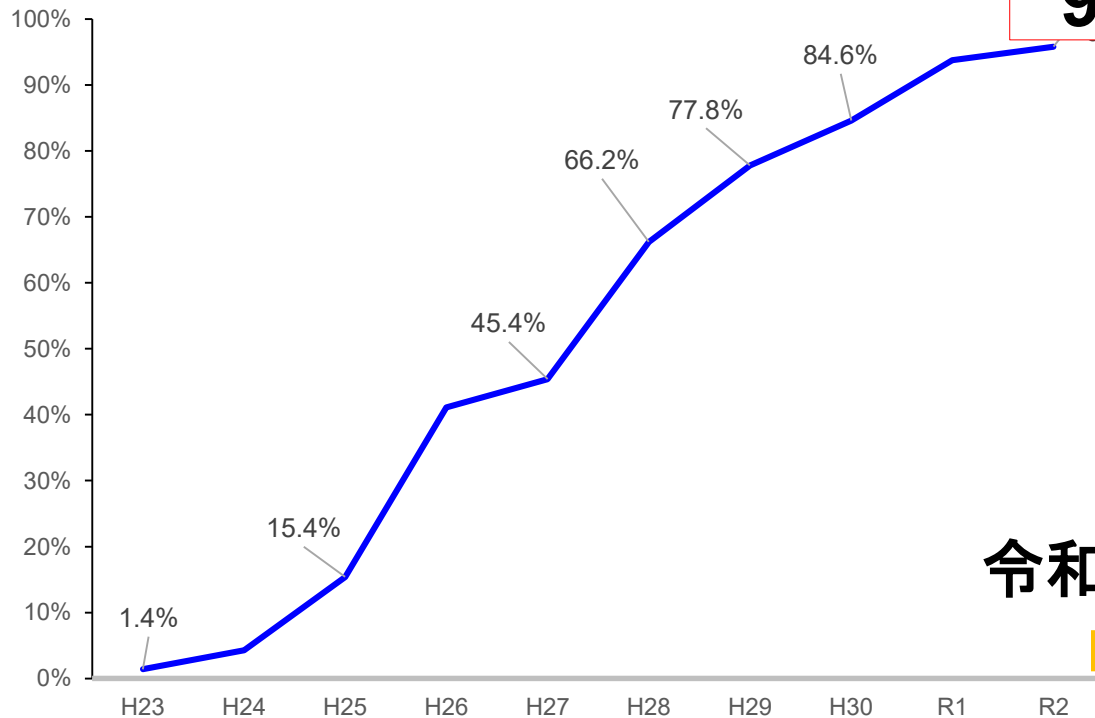
主要要件

- サイバーセキュリティ及びソフトウェアアップデートの適切さを担保するための業務管理システムを確保すること。
- サイバーセキュリティに関して、車両のリスクアセスメント及びリスクへの適切な対処・管理を行うとともに、セキュリティ対策の有効性を検証するための適切かつ十分な試験を実施すること。
- ソフトウェアアップデートの適切な実施を確保すること。



- レベル3以上の自動運転技術のみならず、レベル2以下の運転支援技術も安全上極めて重要。
- 特に、衝突被害軽減ブレーキは社会的にも注目が高く、安全効果も高い。
- 我が国は、世界に先駆けて開発・普及が進んでおり、国内基準整備、国際議論の主導も精力的に行っている。

<普及率>

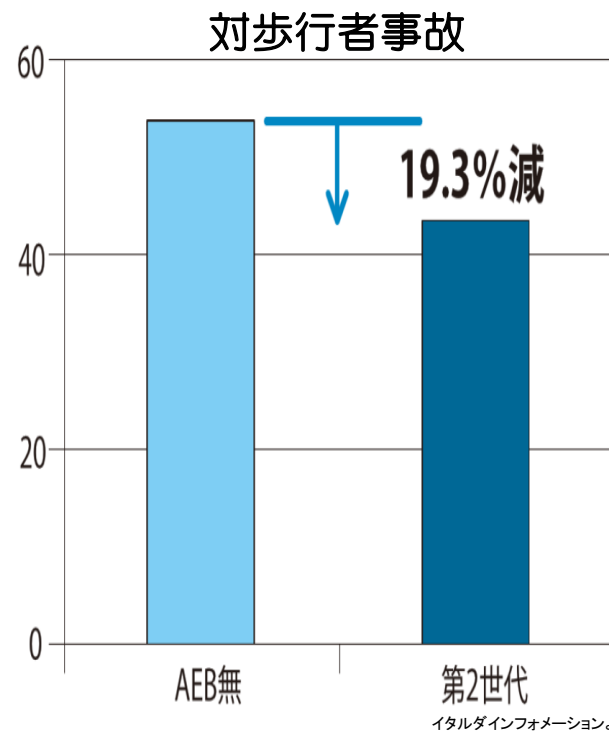
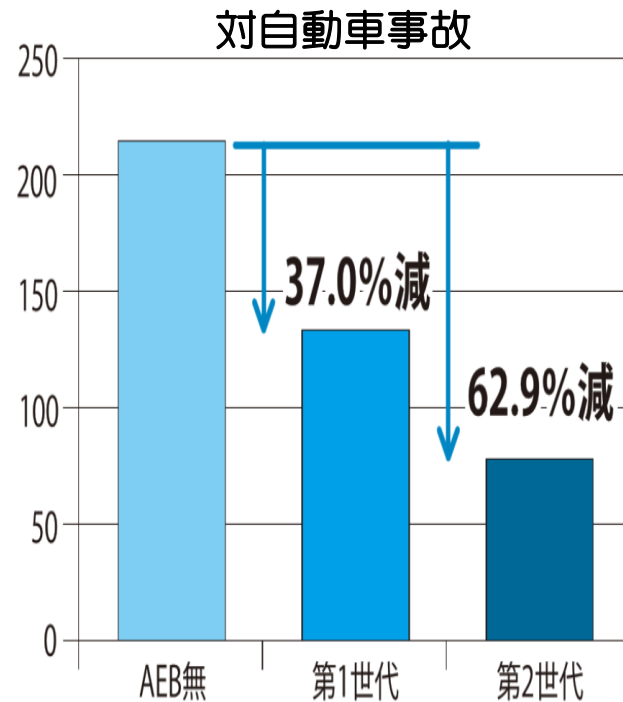


SUBARU HPより

令和3年11月義務化



- 衝突被害軽減ブレーキ(AEBS)の普及により大きな事故削減効果が期待される。
- 自動車に加えて、歩行者や自転車に対応した高度な衝突被害軽減ブレーキが導入されることにより、更なる事故削減が期待される。



自転車対応イメージ



第1世代: 対自動車
第2世代: 対自動車・対歩行者

- 2007年に大型車（バス・トラック）の国内基準整備に始まり、国際基準の主導、乗用車の基準整備などを推進。
- 乗用車については、本年11月から義務づけが開始。
- 前方車両の検知だけではなく、歩行者、自転車に対しても作動するよう機能も向上している。
- 高度な衝突被害軽減ブレーキの普及により、更なる事故削減に期待。

＜乗用車の衝突被害軽減ブレーキの検討経緯＞

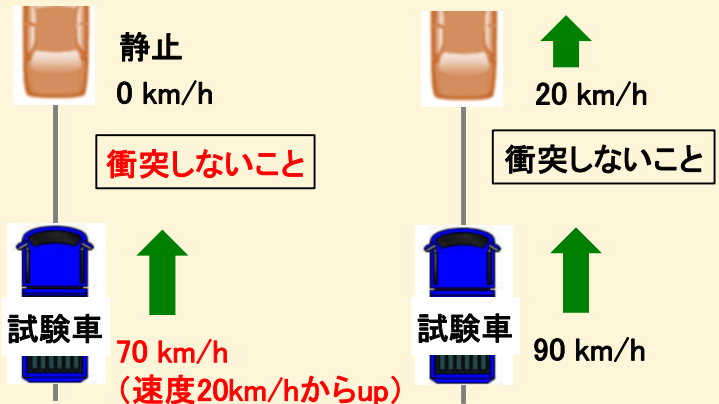
- ・2017年1月にWP29傘下の専門家会合において、日本提案により技術要件の議論を開始
- ・2019年6月にWP29で前方静止車両、前方走行車両、横断歩行者を含む協定規則152号が成立
- ・2021年11月から乗用車等にAEBSを義務化
- ・2021年3月には横断自転車に対する技術的な要件がWP29成立
- ・2024年7月から対自転車対応のAEBSを乗用車等に義務化←本年9月改正
- ・2022年6月のWP29で合意を目指し、大型車のAEBSの性能強化を最終的な調整中



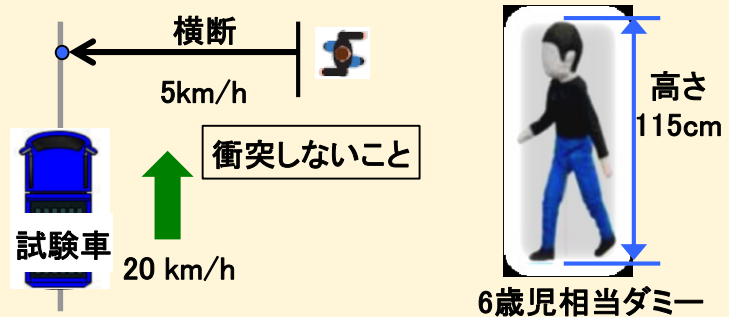
- 国連WP29において、日独共同議長により大型車の衝突被害軽減ブレーキの改正案を議論。
- 本年(令和4年)6月国連WP29での成立、令和4年1月頃の発効を目指し、最終的な調整中。
- 一般道にも対応したAEBSとして、対歩行者の要件の追加と対車両の性能要件を強化。

【主な制動要件・試験法】(赤字: 今次改正による強化)

① 静止車両に対する試験 ② 走行車両に対する試験



③ 歩行者に対する試験(新たに追加)



性能要件案

- ・車両、歩行者との衝突リスク時に所定の制動要件を満たすこと
- ・60km/h以下で走行している場合、40km/h以上減速又は停止すること
- ・10km/h～最高速度(対歩行者の場合、20～60km/h)の範囲で作動
- ・全ての積載状態で作動すること
- ・緊急制動開始0.8秒前までに警報(対歩行者の場合、緊急制動開始前)

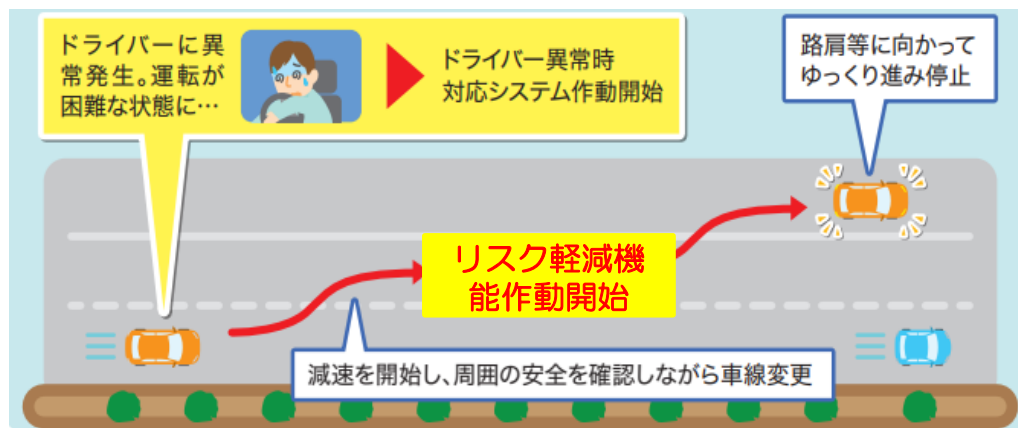
対象車種・適用時期

バス及びトラック
(高速道路等において運行しないもの等を除く)

新型車	継続生産車
適用時期検討中	適用時期検討中

- 日本のガイドラインを基にした「ドライバー異常時対応システム」の国際基準が令和3年6月国連WP29で合意。
- 運転者のモニタリングなどにより、異常な場合に安全に車両が自動的に停止することなどを要件としている。
- 今回の改正は、システムの装備義務づけではなく、今後の普及促進のための基準の整備。

作動イメージ・要件例



<要件例>

- ①運転者の状態を検知
- ②作動開始5秒前までに運転者に警報を発報【手動も可】
- ③運転者が減速しない場合、車両を自動的に減速し停止【減速度 4m/s^2 以下】

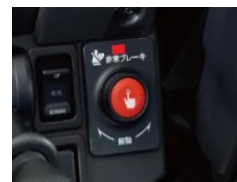
～～車線変更機能付きの場合～～

- ④変更先の車線の安全が確認された後、車線変更
- ⑤車線変更完了後、道路脇に停止

バス車両への追加要件

- ・作動前に乗客に聴覚及び視覚でシステムの作動を警報

運転者用非常停止ボタン



乗客用非常停止ボタンと警報イメージ



いすゞHPより

対象車種・適用時期

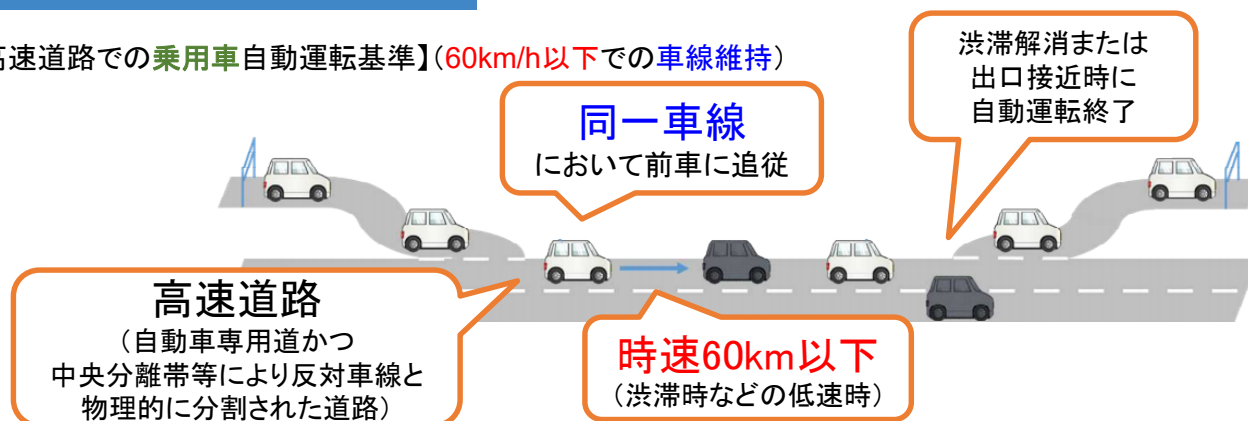
当該システムを備える乗用車、バス及びトラック

新型車	継続生産車
令和5年9月1日～	令和7年9月1日～

- 2020年6月、高速道路の同一車線における時速60km以下の自動運転システム（低速ALKS）の国際基準が成立したが、さらに高度な自動運転システムの基準も求められている。
- 現在、時速60km以上、車線変更可能なシステム（レベル3）等に関する国際基準を鋭意議論中。

自動運転システムの機能拡張

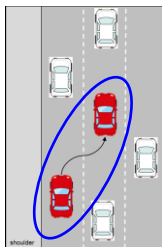
【現在の高速道路での乗用車自動運転基準】（60km/h以下での車線維持）



上限速度の引き上げ・車線変更機能の追加



130km/h以下



適用対象の拡大



バス



小・中型トラック



大型トラック

自動運転に係る目標、現状、今後の取組

○ さらに自動運転に関する政府戦略である官民ITS構想・ロードマップを踏まえ、自家用車、移動サービス及び物流サービスそれぞれにおいて、自動運転の実用化に向けて取組を推進中

実装分野	自家用車 大量生産車	移動サービス 無人自動運転移動サービス	物流サービス トラック隊列走行
			
政府目標	高速道路において、 ● レベル3の実現 (2020年目処) ● レベル4の実現 (2025年目処)	限定地域において ● 無人自動運転移動サービスの実現 (2020年まで) ● 遠隔監視のみのサービス開始 (2022年目途)	【隊列走行後続車無人システム】 高速道路で、 ● 技術的に実現(2020年度) 【自動運転トラック】 高速道路で、 ● レベル4(2025年度以降)
実績	● 国連における基準策定を主導 ● 高速道路(渋滞時)のレベル3 ・2020.3 保安基準整備(世界初) ・2020.11 型式指定(世界初) ※2021.3 メーカーより発売(世界初)	● 全国多数箇所で公道実証を実施 ● 無人自動運転移動サービス事業化 (2021年3月に福井県永平寺町において、国内で初めてレベル3としてサービス開始)	● 2021年2月、高速道路における後続車無人隊列走行技術を実現
今後の取組	● より高度な自動運転機能の安全基準を策定	● 様々な形態の車両や運行方法による安全な実証・実用化	● レベル4自動運転トラックの実現に向けた検討

リスク最小化制御実行中の 車線変更時の安全性に関する 実験的考察

自動車安全研究部
上席研究員 児島 亨

講演内容

- 1 . 背景・目的
- 2 . 実験方法
- 3 . 実験結果
- 4 . 実験結果から得られた知見
- 5 . 自動車基準調和世界フォーラム会議への提案
- 6 . まとめ

1. 背景・目的

- 高速道路等において60km/h以下で作動し、同一車線内の走行に限定したレベル3の自動運転システム(**Automated Lane Keeping System**)では、システムからの運転操作引継ぎ要求にドライバが応じなかった場合等に、**危険最小化制御(Minimum Risk Manoeuvre、以下、MRM)を実行**
⇒車線内で減速、停止
- 路肩等、より安全な場所へ停止するため、MRM中の車線変更の必要性を国連の専門家会議(R157ALKS-SIG)にて議論
- 退避可能な路肩等が存在しない場合には、低速側の車線へ車線変更した後、車線内で停止する可能性
⇒MRM作動中の**後方車両との速度差、減速タイミング等**について慎重な検討が必要

本研究では

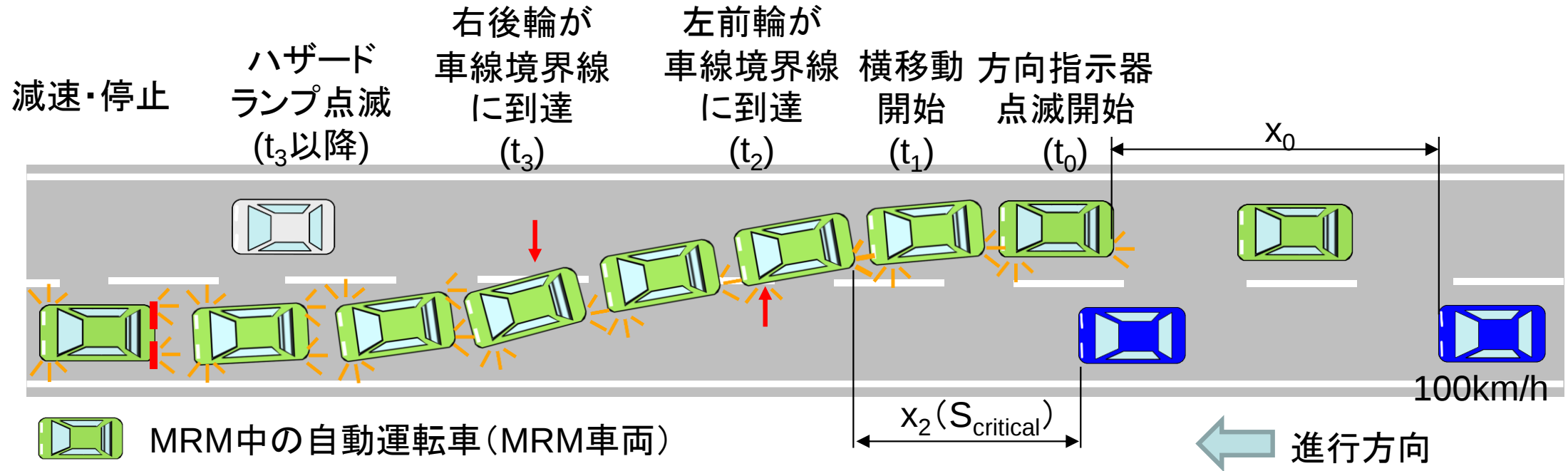
- MRM作動中の自動運転車(以下、MRM車両)が第2車線から第1車線へ車線変更(Lane Change、以下、LC)し、第1車線上で停止する場面において、

- 第1車線後方から接近する車両との**速度差**
- MRM車両の**減速度**
- MRM車両が**減速を開始するタイミング**

等を変えた場合に、後方車両ドライバの衝突回避行動へ与える影響を評価

- 評価にはドライビングシミュレータを使用

2. 実験方法 — 実験場面 —



- $t_0 \sim t_1$: 1秒
- $t_1 \sim t_2$: 2秒
- $t_2 \sim t_3$: 3秒
- t_0 時点の自車速度: 100km/h

2. 実験方法 ―MRM中の車線変更及び減速方法―

MRM中の車線変更及び減速方法として、3つのケースを想定し、実験で検証

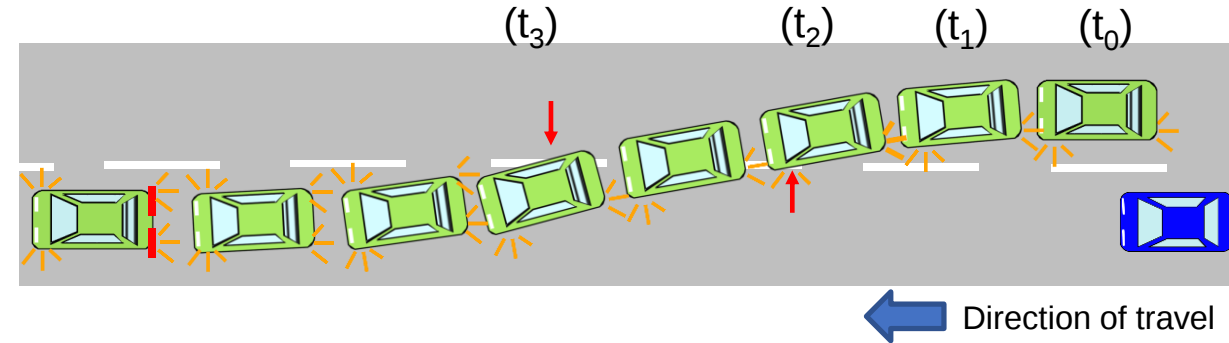
ケース	MRM車両の振舞い	メリット(MRM車両にとって)	懸念点(後方車両にとって)
ケース1	①車線変更中に減速 ②車線変更終了後に停止	より短時間(短い距離)で 停止可能	減速中の車両が自車の前 に入ってきた後に停止して も衝突を回避可能か？
ケース2	①速度を低下 ②車線変更 ③減速・停止	前方を検知するセンサの 機能低下等によってMRM が作動した場合に有効	速度差が大きく、遅い車両が 自車の前に入り、減速・停止 しても衝突を回避可能か？
ケース3	①速度差が小さく車間時間が 短い状況で車線変更 ②減速・停止	交通量が多く、十分な 車間時間を取りづらい 場面で有効	自車の直前に入ってきた 車両が減速・停止しても 衝突を回避可能か？

2. 実験方法 —MRM中の車線変更及び減速方法—

3つのケースの実験条件

<ケース1>

- t_0 におけるMRM車両の速度を**100km/h**
- t_0 よりMRM車両は減速開始（減速度一定）
- 減速度は **$1 \sim 4\text{m/s}^2$** の間で4水準設定



<ケース2>

- t_0 におけるMRM車両の速度を**50km/h**（車線変更終了まで速度一定）
- t_3 以降に **4m/s^2** （一定）で減速
- MRM車両の減速開始タイミングを“ t_3 と同時”～“ t_3 から4秒後”の間で5水準設定

<ケース3>

- t_0 におけるMRM車両の速度を**100km/h**（車線変更終了まで速度一定）
- t_3 以降に **4m/s^2** （一定）で減速
- 減速開始タイミングを“ t_3 と同時”～“ t_3 から3秒後”の間で4水準設定

相対距離(x_2)については、R79 ACSFカテゴリC(自動車線変更機能)における $S_{critical}$ の式を用いて計算により設定

$$S_{critical} = (V_{rear} - V_{ACSF}) \cdot t_B + (V_{rear} - V_{ACSF})^2 / (2 \cdot a) + V_{ACSF} \cdot t_G$$

$S_{critical}$: t_2 時点における相対距離[m]

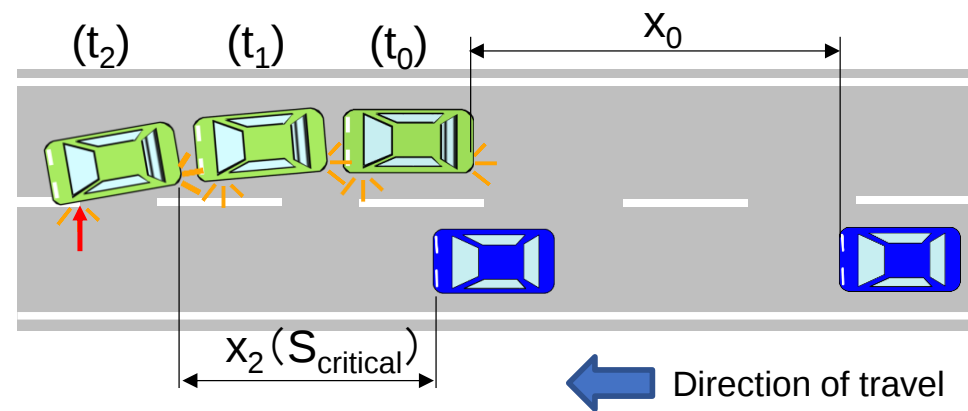
V_{ACSF} : ACSF車両の速度[m/s] $\Rightarrow$ MRM車両の速度

V_{rear} : 後方車両の速度[m/s]

t_B : 後方車両に期待する減速開始タイミング[s] (t_2 から0.4秒後)

a : 後方車両に期待する減速度[m/s²] (**3m/s²**)

t_G : 後方車両が減速を終了するまでの間の最小車間時間[s] (**1秒**)



➤ ケース1～ケース3において、 $S_{critical}$ の式から x_2 を計算する際の前提条件を設定

<ケース1>

- MRM車両の速度(式中の V_{ACSF})が**減速度に応じて時間とともに変化**
- 後方車両は **t_2 から0.4秒後に $3m/s^2$** で減速を開始(停止まで継続)
- 車間時間の最小値は**約1秒**

<ケース2>

- 後方車両は **t_2 から0.4秒後に $3m/s^2$** で減速開始。速度差が0km/hとなった時点で減速終了
- MRM車両が**減速を開始してから0.4秒後に $3m/s^2$** で減速を再開
- 車間時間の最小値は**約1秒**※ ※MRM車両が減速を開始するまでの間に速度差が0km/hとなる条件のみ

<ケース3>

- x_2 は**車間時間1秒**相当(27.8m)

➤ t_0 時点の相対距離(x_0)についても計算により設定→**実験時は x_0 を統制**

2. 実験方法 ―その他の実験条件等―

- 実験場面に到達するまでの間(5～6分)、交通車両が自車の前方で車線変更するダミーイベントを1走行につき数回実施
- MRM車両がLCを開始後、第2車線後方より複数の交通車両が接近(ドライバは右方向への操舵による衝突回避が困難)
- 実験参加者は日常的に自動車を運転する**20代～50代の20名**で構成(男性9名、女性11名)
- 全員が**全ての実験に参加**(実験参加者内計画)
- 当研究所の「**人間を対象とする実験に関する倫理規程**」に基づき実施
- 同意書への署名を実施

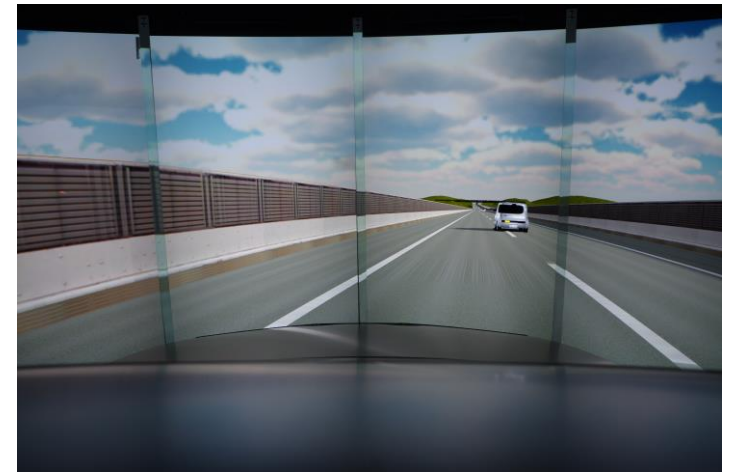
2. 実験方法 ードライビングシミュレータ概要ー



外観



運転席



スクリーン画像例(前方画像)

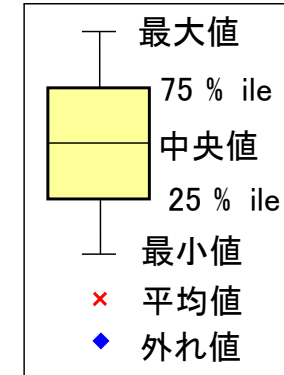
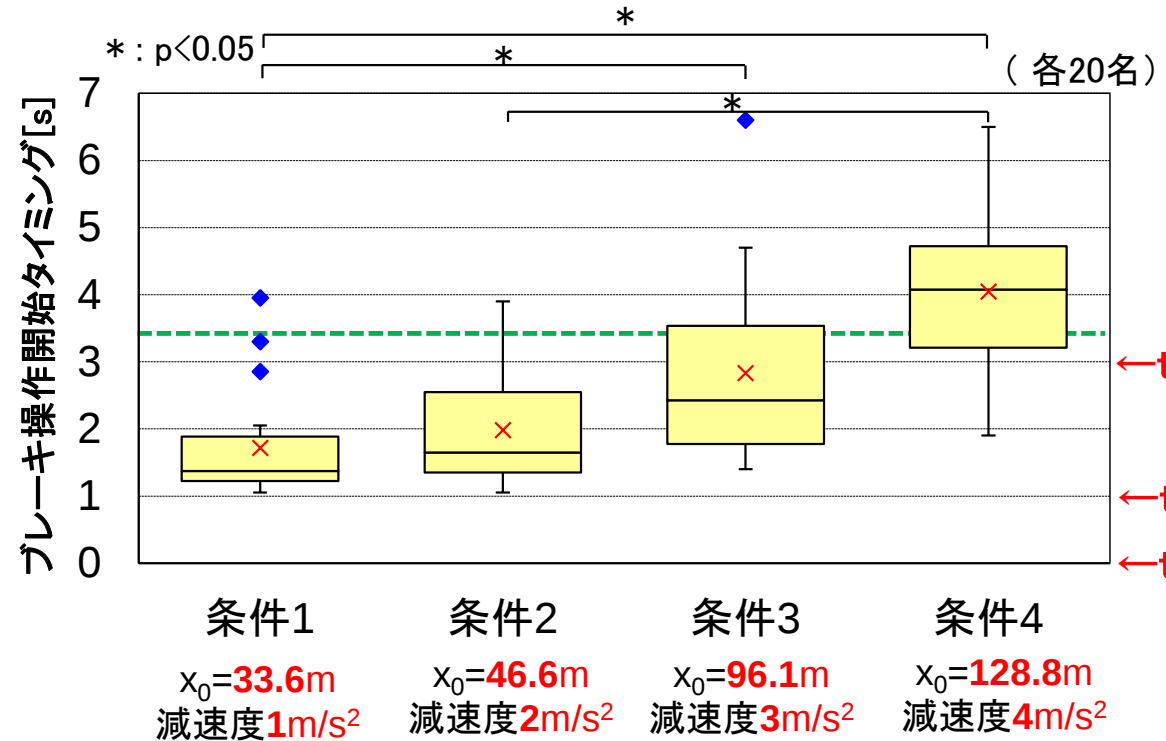
<特長>

- 小型乗用車の車体(クローズドボディ)を使用
- 解像度の高い映像を描画可能
- 車両に発生する加速度等を現実に近い形で体感可能

3. 実験結果－ケース1 自車ブレーキ操作開始タイミグー

＜ケース1の懸念点＞
減速中の車両が自車の前に入ってきた後に停止しても衝突を回避可能か？

■ t_0 時点の速度
MRM車両: 100km/h
後方接近車両: 100km/h
■ MRM車両の減速開始: t_0

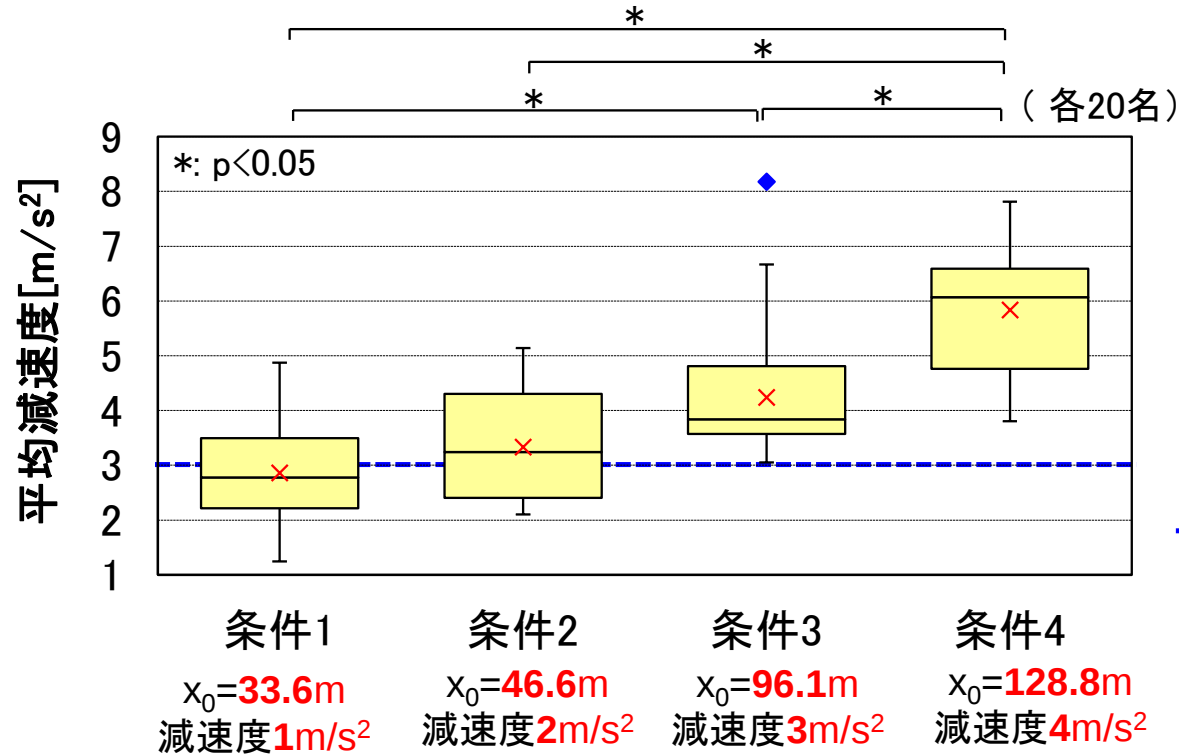


----- $S_{critical}$ の式において後方接近車両の減速開始を期待するタイミング (t_2 から 0.4 秒後)

- LC開始 (t_0) 時点の相対距離 (x_0) が長い条件3、条件4は、条件1、条件2よりもMRM車両の減速度の値が大きいにもかかわらずブレーキ操作開始が遅れた
⇒ 自車から遠いことにより、衝突の危険性を認識するまでにより多くの時間を要したためと推定

3. 実験結果－ケース1 自車の平均減速度－

＜ケース1の懸念点＞
減速中の車両が自車の
前に入ってきた後に
停止しても衝突を回避
可能か？

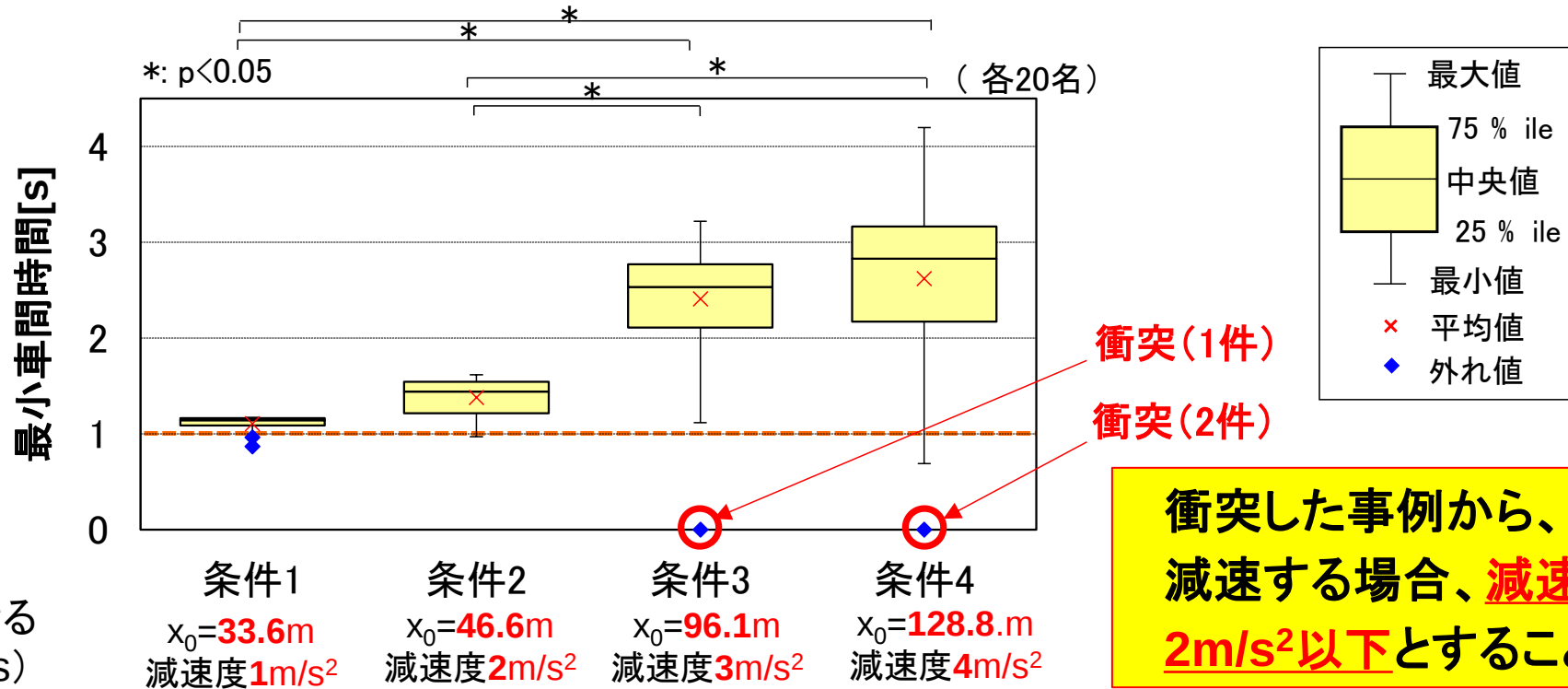


----- $S_{critical}$ の式において後方接近
車両に期待する減速度 (3m/s²)

- MRM車両の減速度の値が大きい条件3、条件4は条件1、条件2よりも平均減速度の値が大きく、 $S_{critical}$ の式で後方車両に期待する3m/s²よりも大きい
⇒ブレーキ操作開始が遅れたことによる影響

3. 実験結果－ケース1 自車とMRM車両の最小車間時間－

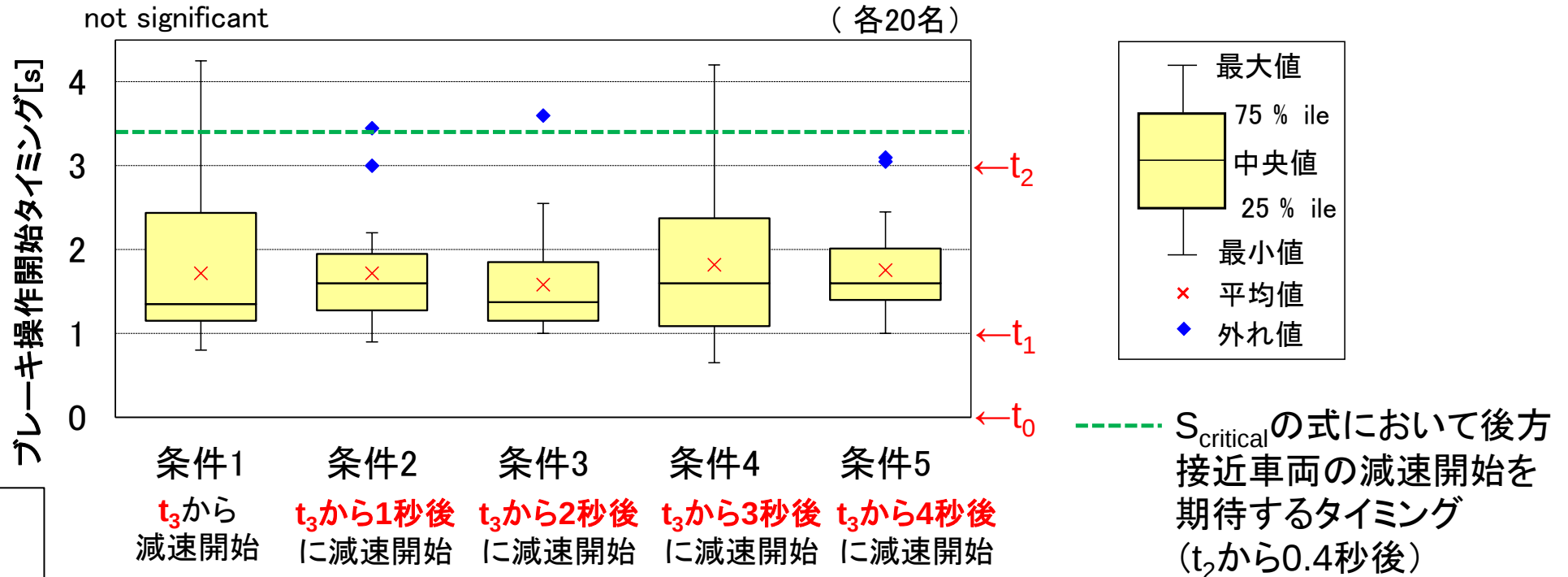
＜ケース1の懸念点＞
減速中の車両が自車の
の前に入ってきた後に
停止しても衝突を回避
可能か？



- 条件3及び条件4において衝突が発生⇒**ブレーキ操作開始の遅れが衝突の要因**
- 衝突した事例以外では、条件3、条件4は最小車間時間がより大きい値
⇒LC開始時点における相対距離が長かったことに加え、**少しでも早く安全な車間距離を確保すべく、より高い減速度で減速したドライバーが存在したため**

3. 実験結果－ケース2 自車ブレーキ操作開始タイミング－

＜ケース2の懸念点＞
速度差が大きく遅い車両が自車の前に入り、減速・停止しても衝突を回避可能か？



■ t_0 時点の速度
 MRM車両: 50km/h
 後方接近車両: 100km/h
 ■ t_0 時点の相対距離(x_0): 94.1m
 ■ MRM車両の減速度: 4m/s²

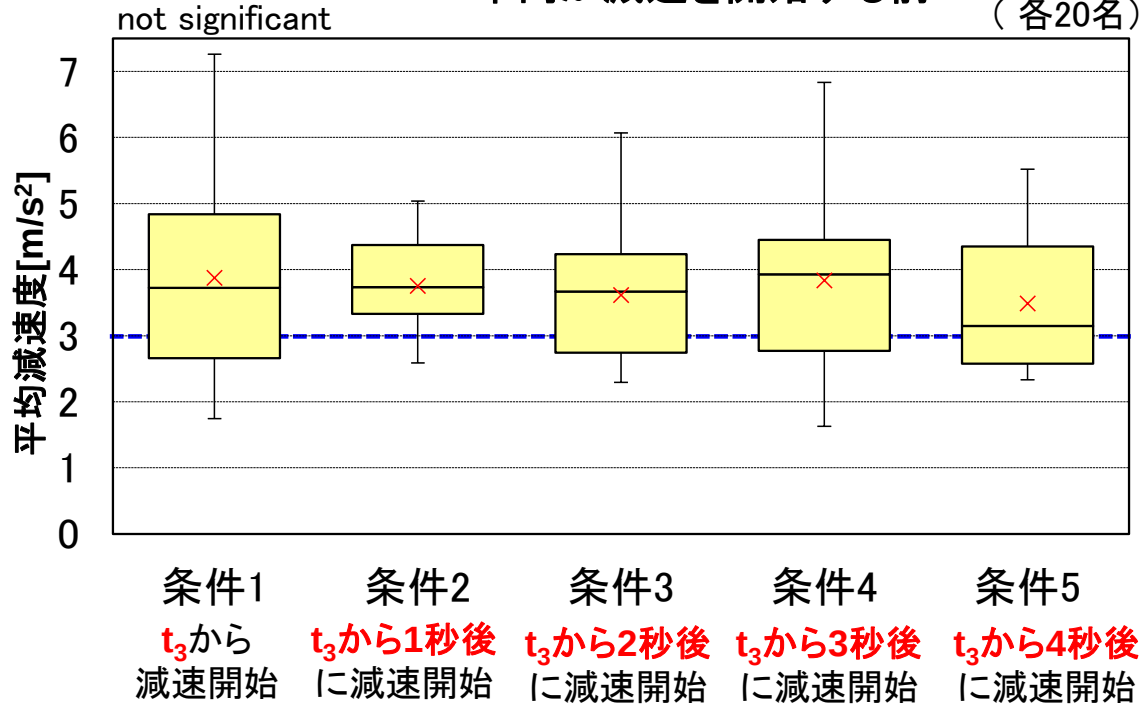
・全ての条件において、 $S_{critical}$ の式で想定する減速開始タイミング (t_2 から0.4秒後) よりも1秒以上早くブレーキ操作を開始
 ⇒速度差 (50km/h) が大きかったことから、後方車両のドライバーは、より短時間で衝突回避が必要であると判断

3. 実験結果－ケース2 自転車平均減速度－

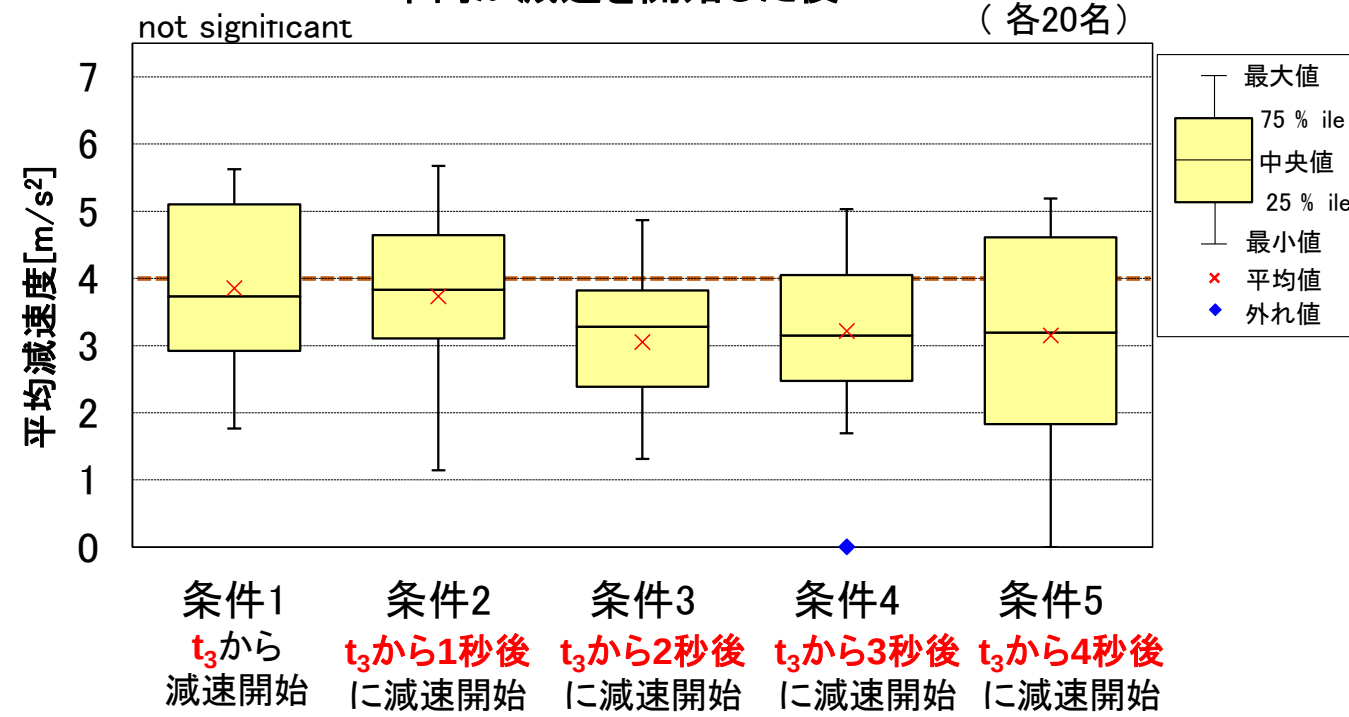
＜ケース2の懸念点＞

速度差が大きく遅い車両が自転車の前に入り、減速・停止しても衝突を回避可能か？

MRM車両が減速を開始する前



MRM車両が減速を開始した後



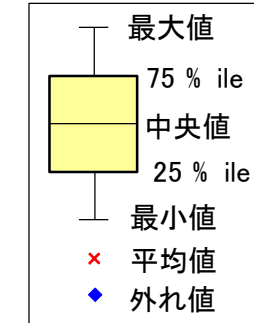
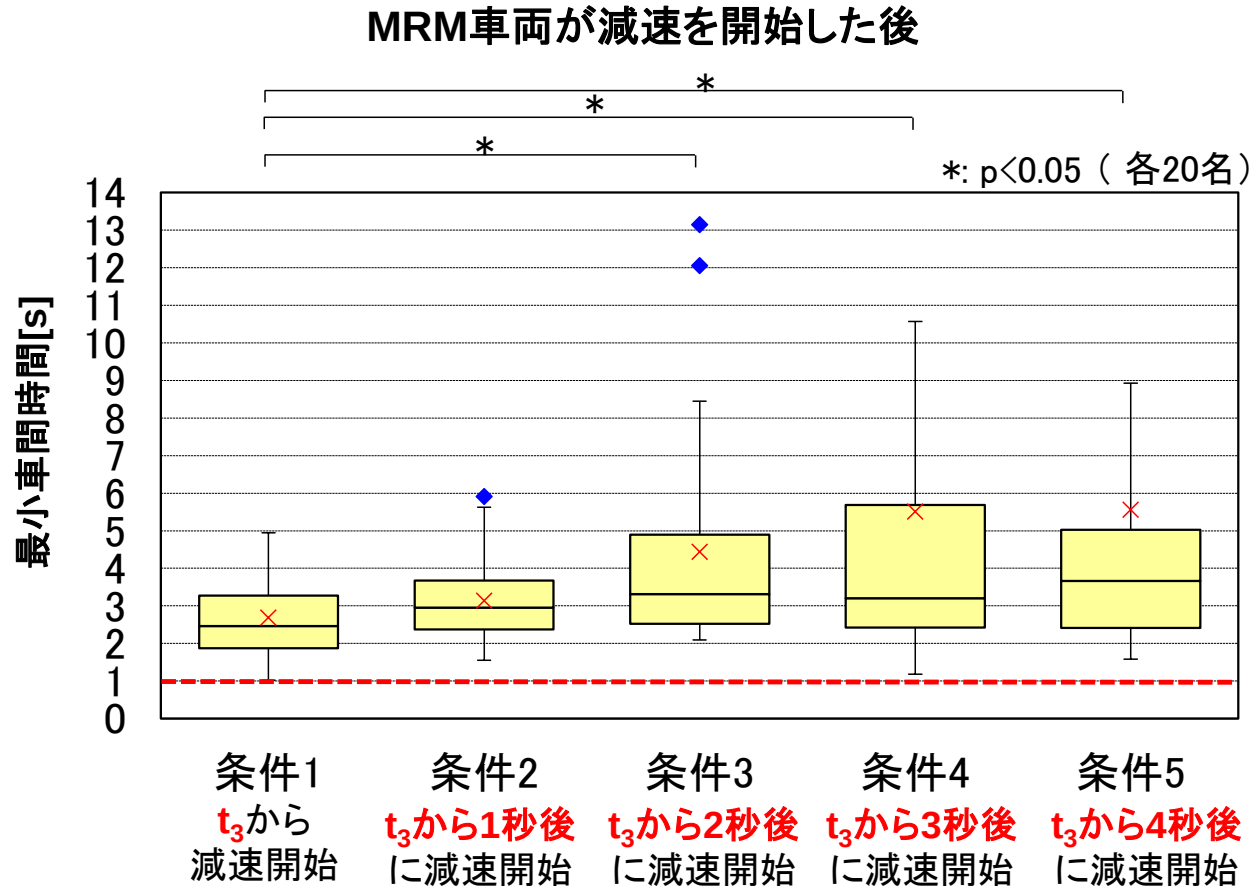
----- $S_{critical}$ の式における後方接近車両の減速度 ($3m/s^2$)

----- MRM車両の減速度 ($4/ms^2$)

- MRM車両の減速を開始前は、 $S_{critical}$ の式で想定する $3m/s^2$ と同等またはより大きい値
- MRM車両の減速開始後は、**LC終了後、2秒以上経過してから減速を開始した条件3～条件5はやや小さい** (MRM車両が減速を開始した時点で自転車速度が $50km/h$ 以下)

3. 実験結果－ケース2 自車とMRM車両の最小車間時間－

＜ケース2の懸念点＞
速度差が大きく遅い車両が自車の前に入り、減速・停止しても衝突を回避可能か？



----- $S_{critical}$ の式における
最小車間時間(1s)※

※条件3～条件5に適用

- LC終了後、2秒以上経過してから減速を開始した条件3～条件5は最小車間時間が増大(有意な差)
⇒ 後方車両のより安全な衝突回避に効果的

3. 実験結果－ケース3 自車ブレーキ操作開始タイミングー

＜ケース3の懸念点＞

自車の直前に入ってきた
車両が減速・停止しても
衝突を回避可能か？

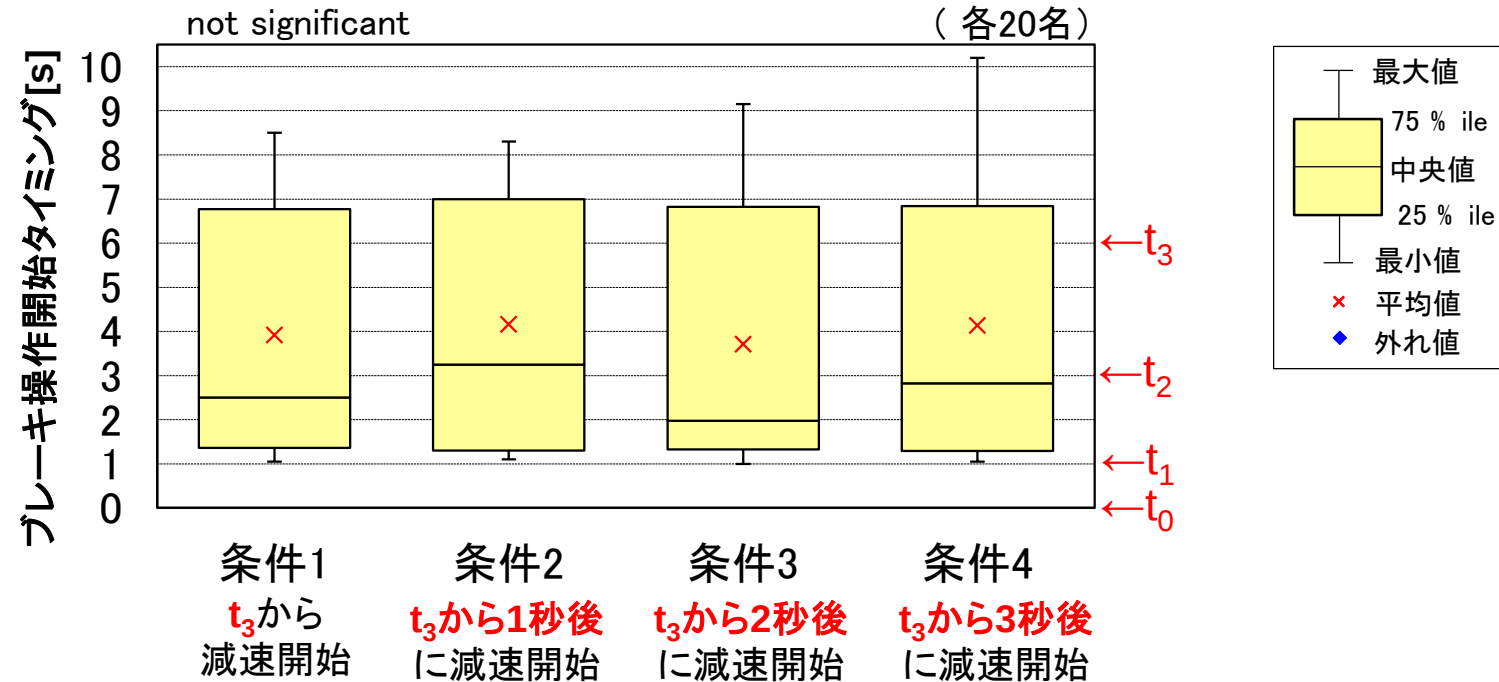
■ t_0 時点の速度

MRM車両：100km/h

後方接近車両：100km/h

■ t_0 時点の相対距離 (x_0)：27.8m

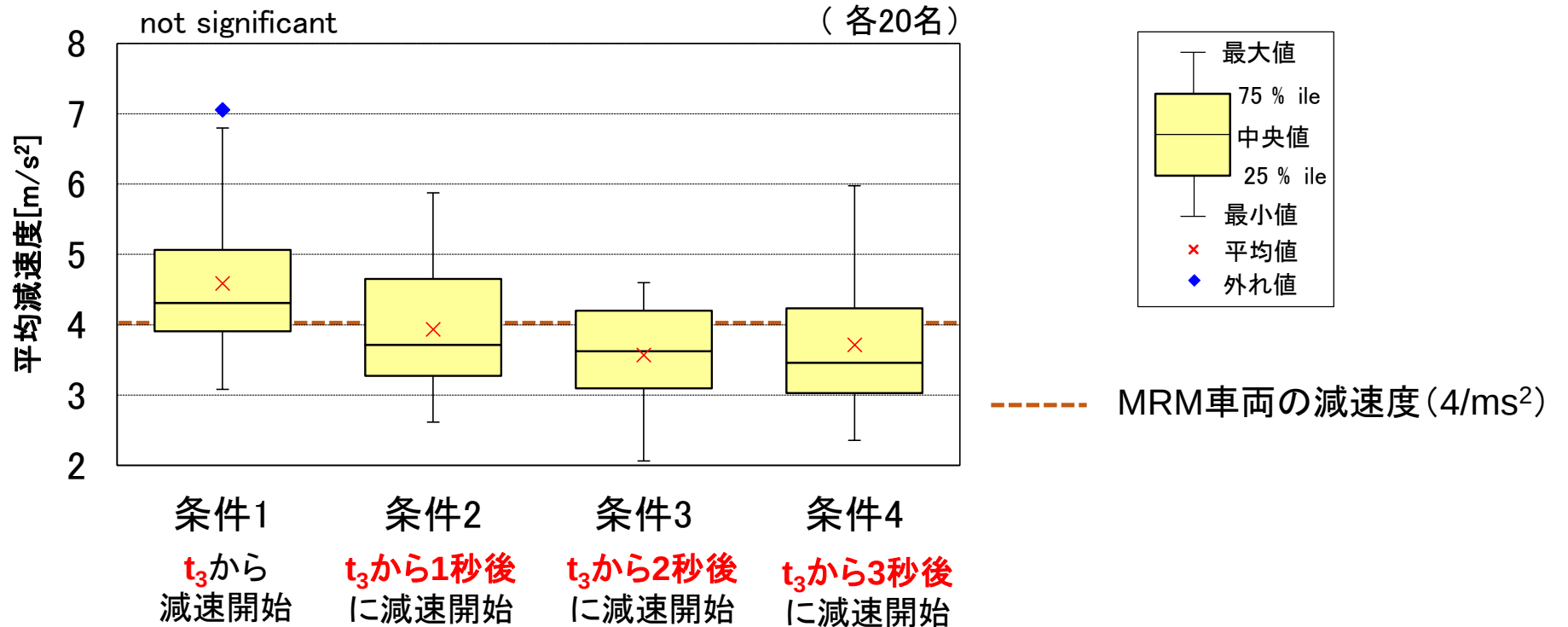
■ MRM車両の減速度：4m/s²



- ・ケース1、ケース2に比べ、データがより広範囲に分布
⇒LC開始(t_0)時点で速度差が無く、車間時間が1秒あったことから、速やかに対応したドライバもいる一方、LC終了(t_3)までブレーキ操作を行わなかったドライバも存在

3. 実験結果－ケース3 自車平均減速度－

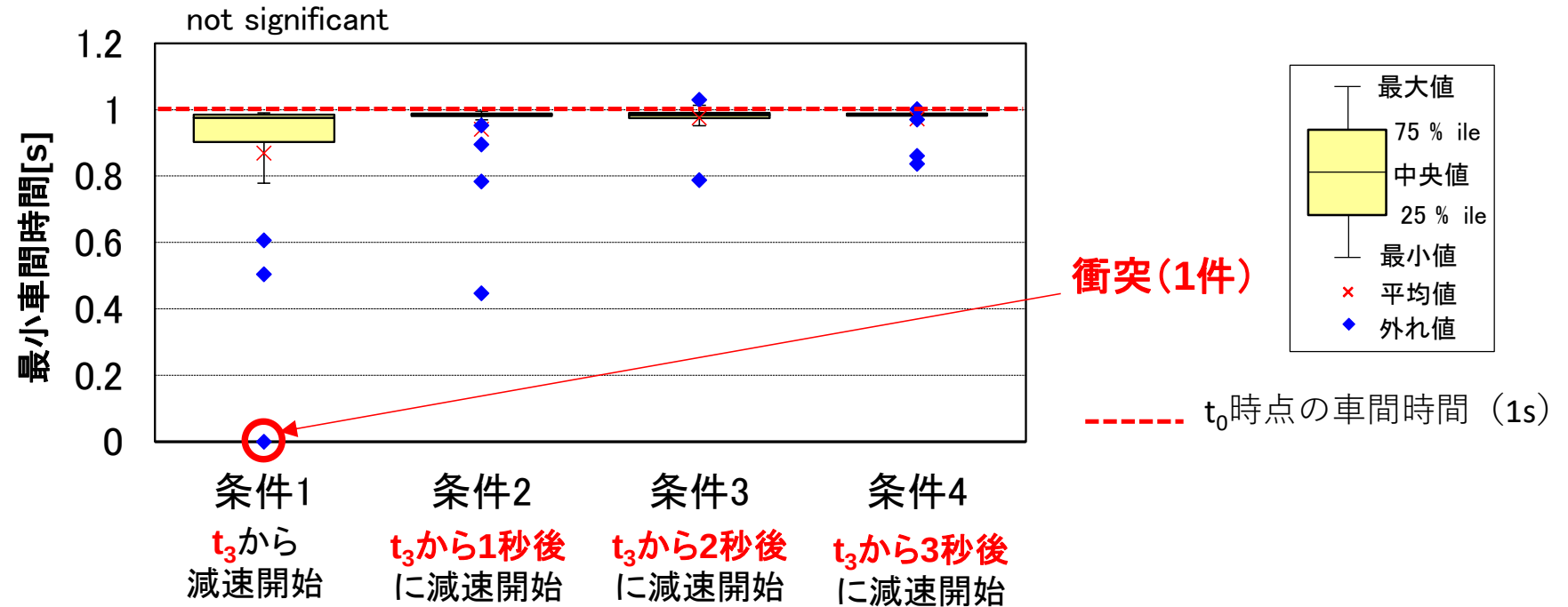
＜ケース3の懸念点＞
自車の直前に入ってきた
車両が減速・停止しても
衝突を回避可能か？



- ・LC終了後、2秒以上経過してから減速を開始した条件3、条件4は減速度の値が小さい
⇒LC終了後のハザードランプ点滅に反応し、早めにブレーキ操作を開始

3. 実験結果－ケース3 自車とMRM車両の最小車間時間－

＜ケース3の懸念点＞
自車の直前に入ってきた
車両が減速・停止しても
衝突を回避可能か？



- 条件1において衝突が発生(1件)
⇒ブレーキ操作開始タイミングの遅れが衝突の要因
⇒LC終了から減速開始までの間に、2秒以上ハザードランプ点滅による注意喚起が重要

4. 実験結果から得られた知見

1) 車線変更先の後方から接近する車両との相対距離

- ACSFカテゴリCの $S_{critical}$ の式及びパラメータを用いて算出可能
- $S_{critical}$ の式を用いて t_2 以外の任意の時点(例: t_0 時点)における相対距離を算出することも可能

$$S_{critical} = (V_{rear} - V_{ACSF}) \cdot t_B + (V_{rear} - V_{ACSF})^2 / (2 \cdot a) + V_{ACSF} \cdot t_G$$

$S_{critical}$: t_2 時点における相対距離[m]

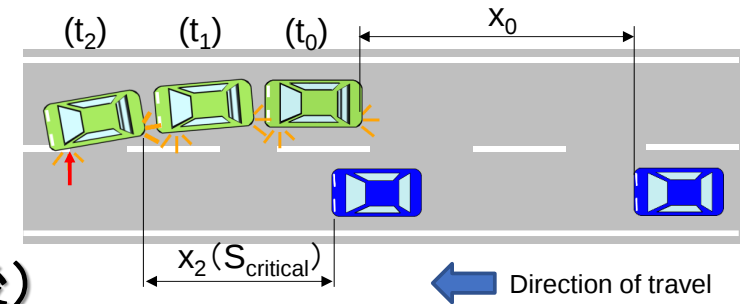
V_{ACSF} : ACSF車両の速度[m/s] $\Rightarrow$ MRM車両の速度

V_{rear} : 後方車両の速度[m/s]

t_B : 後方車両に期待する減速開始タイミング[s] (t_2 から0.4秒後)

a : 後方車両に期待する減速度[m/s²] (**3m/s²**)

t_G : 後方車両が減速を終了するまでの間の最小車間時間[s] (**1秒**)



4. 実験結果から得られた知見

1) 後方車両との相対距離

- 車線変更中にMRM車両を減速させる場合、 **$S_{critical}$ の式における V_{ACSF} が時系列に変化**し、後方車両との速度差が時間の経過とともに大きくなる点を考慮することが必要
- 後方車両との間に速度差が無く、速度一定で車線変更を行う場合には、 $S_{critical}$ の式における $t_G=1$ 秒を距離に換算して $S_{critical}$ とすることが可能

実験で取得した後方車両の対応(減速開始タイミング、減速度)は、 $S_{critical}$ の式中のパラメータとは必ずしも一致しないが、一定の条件下では後方車両は衝突を回避可能
⇒ $S_{critical}$ の式及びパラメータを使用して必要な相対距離を算出することの妥当性を確認

4. 実験結果から得られた知見

2) MRM中の車線変更方法

- ① 車線変更中に減速する場合、**減速度が 2m/s^2 以下**であれば後方車両は衝突を回避可能
- ② 先ず速度を低下させる場合、 50km/h (一定)で車線変更を実行しても後方車両は衝突を回避可能
- ③ 速度差が無く、一定の速度で車線変更を行う場合、車間時間が1秒あれば後方車両は衝突を回避可能
- ④ 車線変更終了後に減速を行う場合、ハザードランプ点滅等による**報知を2秒以上行った後に減速を開始**※することが必要

※前方に差し迫った危険が生じ、危険を回避するため直ちに減速せざるを得ない場合を除く

5. 自動車基準調和世界フォーラム会議への提案

- 実験結果をR157ALKS-SIGで報告、減速を伴う車線変更に関する要件追加を提案
- R157の改正ドラフト(文書番号:GRVA-12-51)に下記の規程が追加された

5.2.6.7.5. In case **the ALKS decelerates the vehicle during a lane change procedure** into a regular lane of traffic, **this deceleration shall be factored in when assessing the distance to a vehicle approaching from the rear**, and **the deceleration shall not exceed 2 m/s^2** , except for the purpose of avoiding or mitigating the risk of an imminent collision or when required to ensure reaching the target stop area during an MRM.

How the provisions of this paragraph are implemented in the system design shall be demonstrated to the Technical Service during type approval.

5.2.6.7.6. Where **there is not sufficient headway time for the vehicle behind at the end of the lane change procedure**, **the ALKS shall not increase the rate of deceleration for at least 2 seconds after the completion of the lane change procedure**, except for the purpose of avoiding or mitigating the risk of an imminent collision, when required to fulfil other requirements of this regulation (e.g., to adapt to changing speed limits, maintain sufficient following distance), or to ensure reaching the target stop area during an MRM.

How the provisions of this paragraph are implemented in the system design shall be demonstrated to the Technical Service during type approval.

6. まとめ

- MRM中の自動運転車が車線変更し、第1車線上で停止する場面において、後方車両のドライバの衝突回避行動を計測するドライビングシミュレータ実験を実施
- 実験で取得したデータを基に、MRM中の後方車両との相対距離及び車線変更に関する知見を整理
- 実験結果を国連の専門家会議(R157ALKS-SIG)で報告、減速を伴う車線変更に関する要件追加を提案

ご清聴ありがとうございました

人間ドライバーによる高速道路上での 車線変更挙動の調査

自動車安全研究部
主席研究員 田中 信壽

講演内容

- 1 . 背景と目的
- 2 . 調査概要
- 3 . 計測結果と分析
- 4 . まとめ
- 5 . 今後の課題

1. 背景と目的

背景

協定規則第157号: ALKS(Automated Lane Keeping Systems)では、**自動運転車の衝突リスク**は「少なくとも**習熟した注意深いドライバ(C&Cドライバ)**と同程度」にすることが求められており、今後拡張される車線変更制御にも同様に求められてくると考えられる。



習熟した注意深いドライバ
The **C**ompetent and **C**areful human driver: 以下、**C&Cドライバ**という。

C&Cドライバが車線変更の際の挙動を定量的に計測・定義する必要がある。



目的

ドライバが車線変更を行う際の挙動を実際の道路において、定量的に計測する手法を開発し、高速道路における実際の走行状況を把握することで、C&Cドライバの特性を明確にするための基礎データを構築する。

2. 調査概要

- ①車線変更時の車両挙動を分析するための計測項目の検討
- ②計測の実現手法の検討
- ③計測の実施と計測データの分析
- ④今後の課題の検討

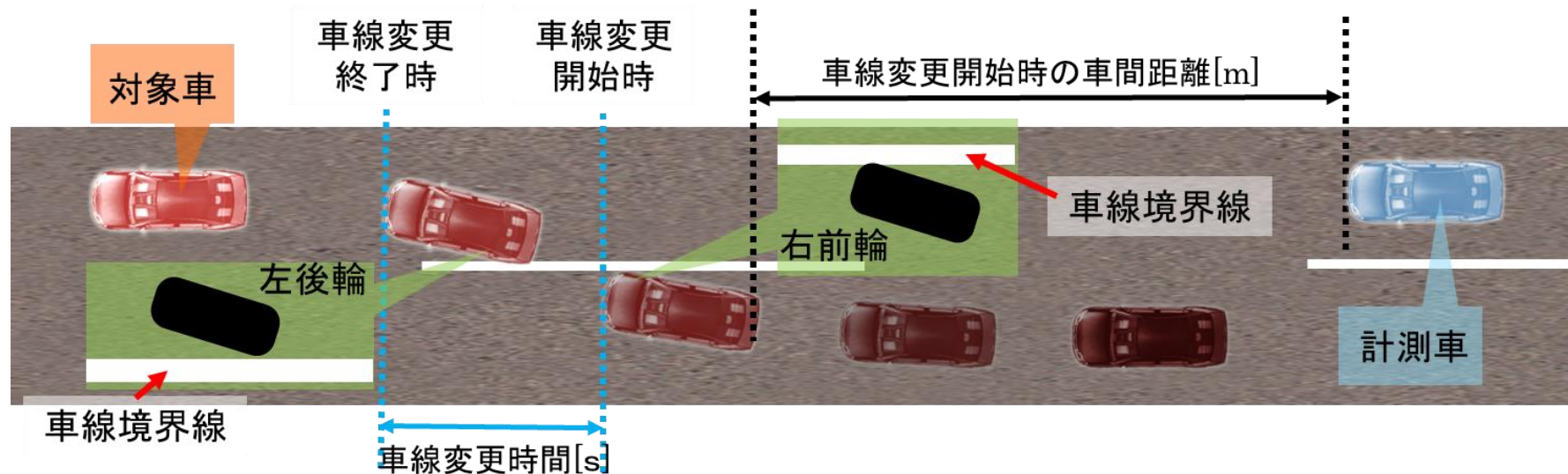
車線変更の起点と終点の定義

車線変更開始時

車線変更を行う計測対象の車両（以下、対象車）の前輪のうち車線変更先の車線に最も近いものが、車線変更先の車線との境界線に到達した時点。この車線変更開始時を時間軸の起点(0[s])とする。

車線変更終了時

対象車の後輪のすべてが車線変更先の車線との境界線を越えた時点。



【計測車】

対象車が車線変更しようとしている車線上を対象車の直後の位置で走行する車両で、本調査では、対象車の車線変更時の挙動を計測する車両

計測項目

計測項目	計測内容
計測車速度 [km/h]	対象車の挙動を計測する車両（以下、計測車）の速度
相対速度 [km/h]	計測車に対する対象車の速度 （＋：対象車の方が高速、－：対象車の方が低速）
対象車速度 [km/h]	対象車速度 = 相対車速 + 計測車速度
車間距離 [m]	対象車の最後端から計測車の前端中央までの距離
車線変更時間 [s]	車線変更開始時から車線変更終了時までの時間

TTC: Time to collision (衝突余裕時間)

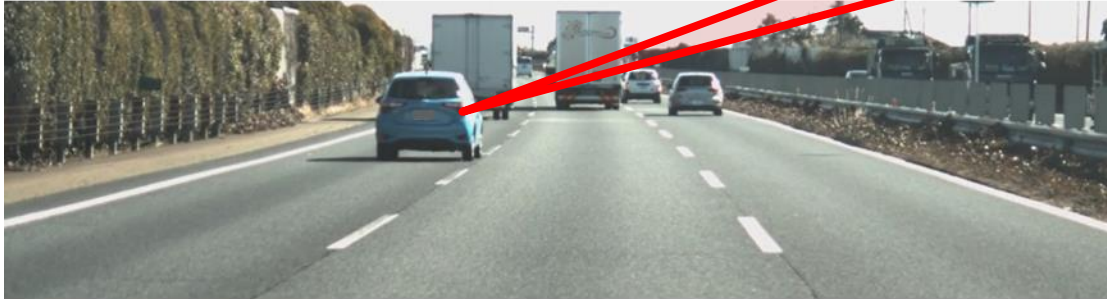
$$TTC[s] = \frac{\text{車間距離}_{[m]}}{\text{相対速度}_{[m/s]}}$$

計測状況

対象車



対象車の前輪のうち車線変更先の車線に最も近いものが、車線変更先の車線との境界線に到達した時点

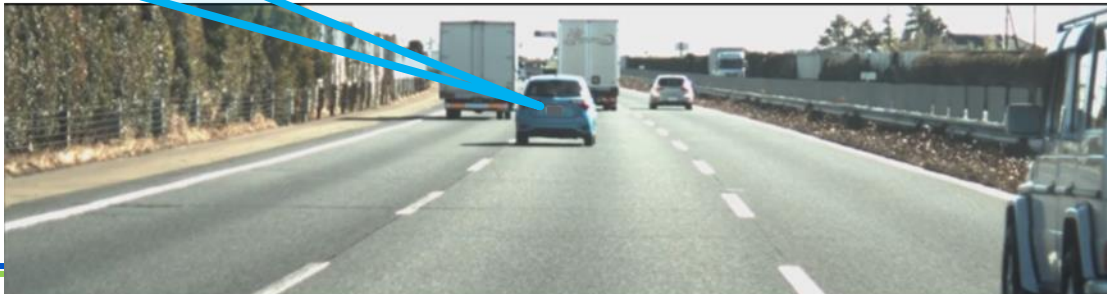


車線変更開始時

- ・車間距離
- ・相対速度
- ・TTC

車線変更時間

対象車の後輪のすべてが車線変更先の車線との境界線を越えた時点

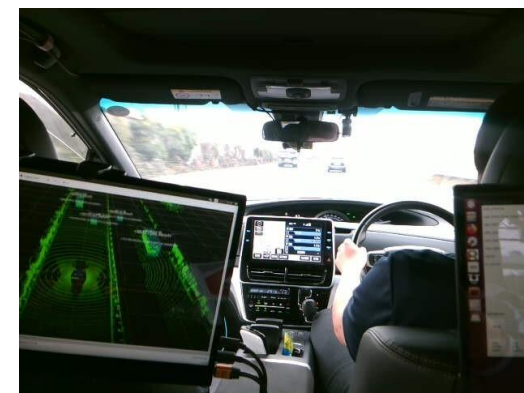


車線変更終了時

計測方法

【周辺車両挙動計測車両(計測車)の開発】

- 計測車速度
→ 計測車にDGPS受信機を搭載して計測
- 相対速度
→ 計測車にLiDARを搭載して計測
- 対象車速度
→ 上記で計測した計測車速度と相対速度の和
- 車間距離
→ 計測車にLiDARを搭載して計測
- 車線変更時間
→ 計測車にカメラを搭載して、対象車の車線変更開始時
及び車線変更終了時のタイミングを映像から抽出



計測車

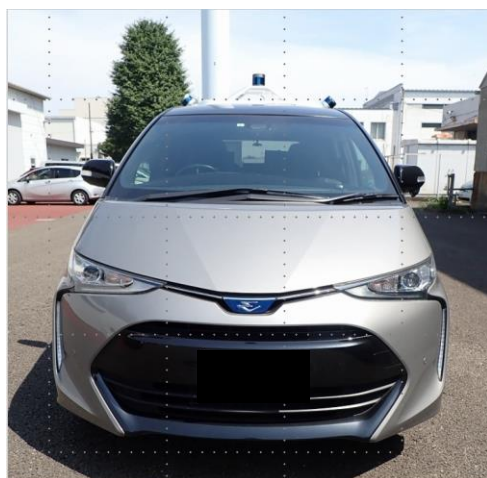
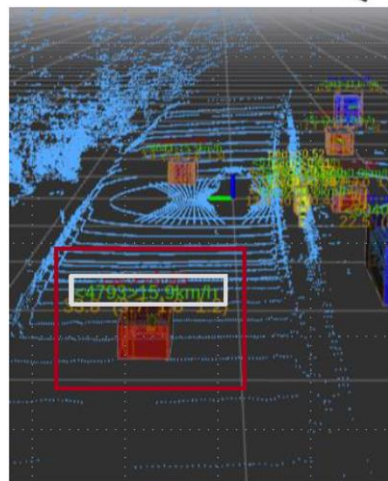
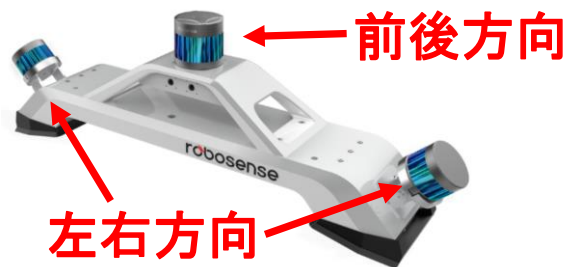
周辺車両挙動計測車両(計測車)

測距精度：
 $\pm 3\text{ cm}$

本研究で開発を実現

LiDAR (360°)

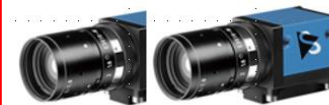
RoboSense P3ユニット
RS-RubyLite(中央), RS-LiDAR-16(左右)



ロガーPC(車内)
同期計測可能

カメラシステム(車内)

前後望遠



前後望遠カメラ TheImagingSource DFK33UX226
(望遠レンズVS Technology VS-2518VM)



周囲360° (4台)



前後広角カメラ SANWA CMS-V60BK

← 前後方向



側方カメラ SANWA CMS-V43BK-3

← 左右方向

D-GPS (車内)



Jenoba/
CPTans-SL2/A



GPSアンテナ



GPS/IMUユニット
OXTS RT2002 v2

測位精度：
 $\pm 1\text{ cm}$ 、
速度精度：
 $\pm 0.1\text{ km/h}$

4 . 計測結果と分析

高速道路での実測

- 計測場所
東北自動車道：蓮田SA一字都宮IC間
- 測定期間
15日間（1日4時間以上走行）

計測車は道路交通法を遵守し、意図的に交通流を乱すような走行は行わず自然な交通流の流れに沿って走行した。

【パターンI】

低速及び等速前方車両の車線変更パターン

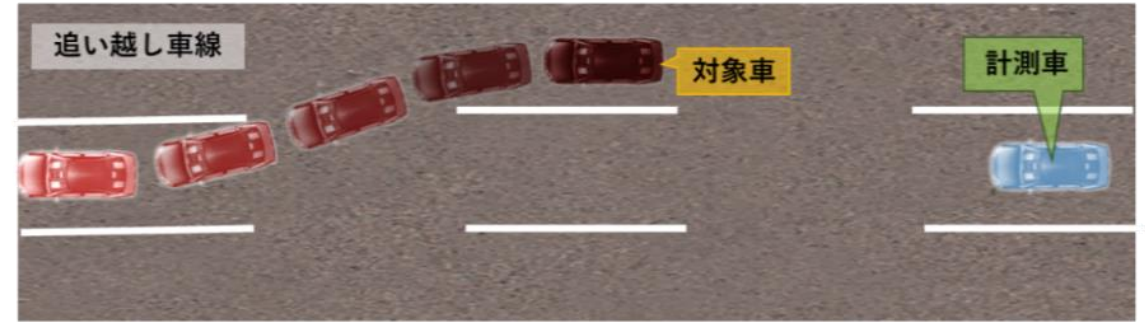
計測車が片側3車線のうちの中央の車線(右図中パターンI-a及びb)、もしくは右端の車線(以下、追い越し車線)(右図中パターンI-c)を走行中、計測車が走行する車線に隣接する車線の前方を走行している対象車が計測車の直前に車線変更してくるパターンのうち、車線変更開始時の対象車の速度が計測車の速度以下のもの

<特徴>

車線変更開始時の状態が保持されると追突される危険性が含まれる



パターンI-a



パターンI-b



パターンI-c

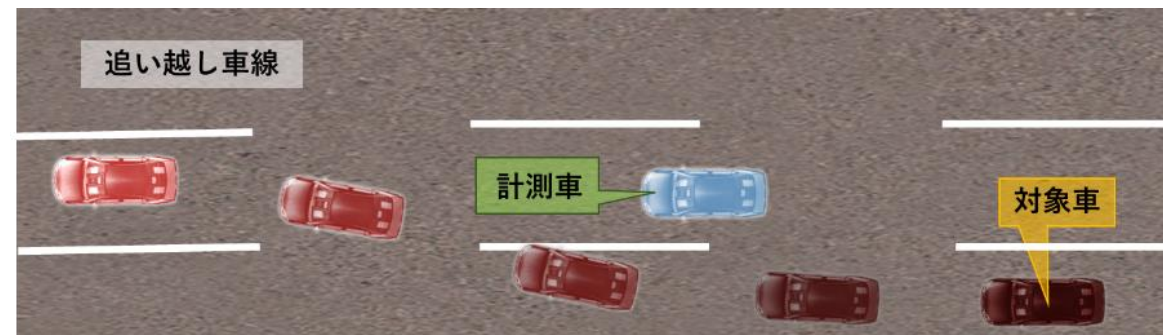
パターンIの車線変更に含まれる車線変更経路

【パターンII】 高速追越車両の車線変更パターン

計測車が中央の車線(右図中 パターンII-a及びb)を走行中、計測車が走行する車線に隣接する車線の後方を走行している対象車が計測車を追いついて計測車の直前に車線変更してくるパターンのうち、車線変更開始時の対象車の速度が計測車の速度よりも高いもの

<特徴>

車線変更開始時の状態が保持されると追突される危険性がない



パターンII-a



パターンII-b

パターンIIの車線変更に含まれる車線変更経路

計測車の速度毎の各パターンの計測ケース数

<パターンI>

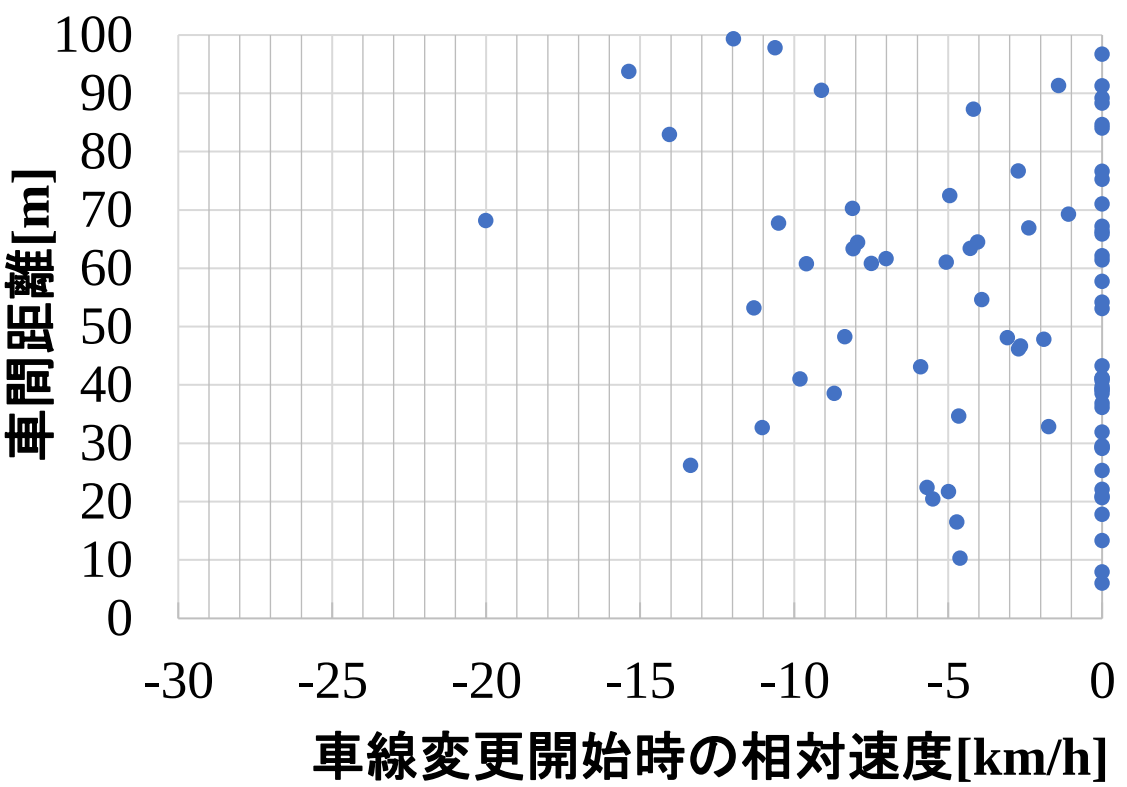
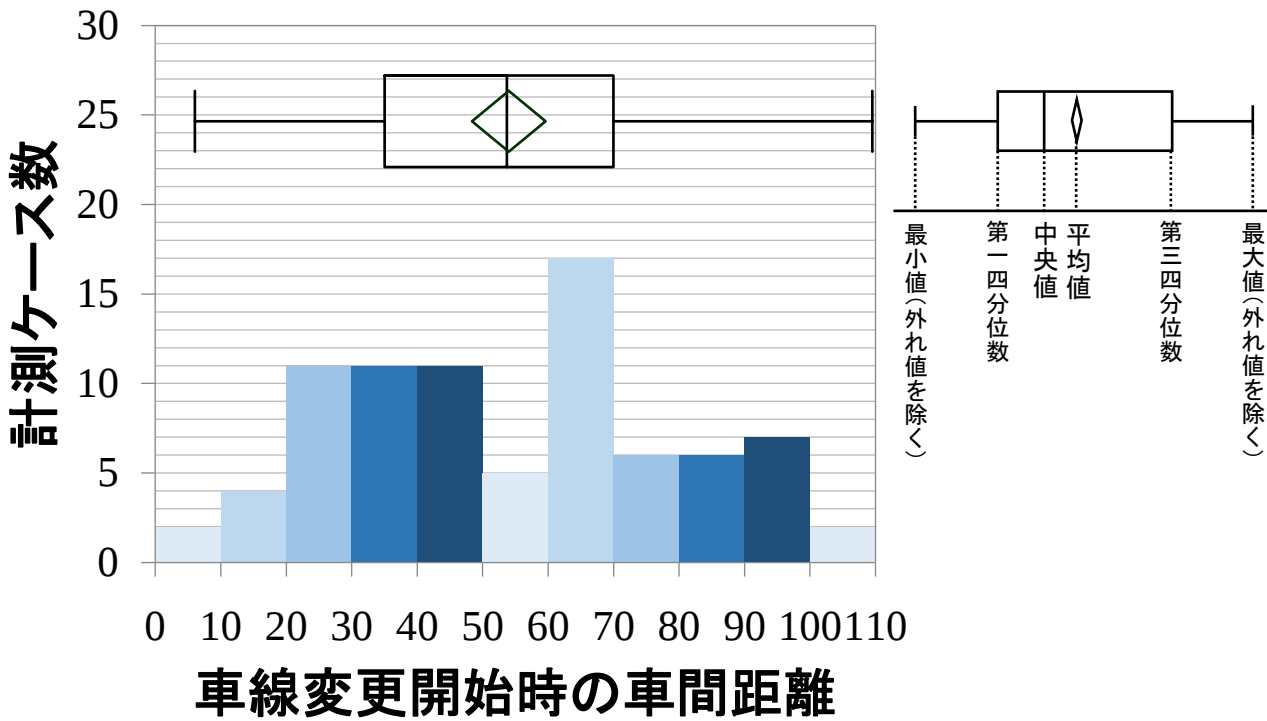
60[km/h]以上 70[km/h]未満	70[km/h]以上 80[km/h]未満	80[km/h]以上 90[km/h]未満	90[km/h]以上 100[km/h]未満	100[km/h]以上 110[km/h]未満	合計
4	34	28	13	3	82

<パターンII>

60[km/h]以上 70[km/h]未満	70[km/h]以上 80[km/h]未満	80[km/h]以上 90[km/h]未満	90[km/h]以上 100[km/h]未満	100[km/h]以上 110[km/h]未満	合計
6	1114	196	32	0	1348

事故や急ブレーキを踏むようなヒヤリハット事象は起きず、不安全なケースは含まれていない

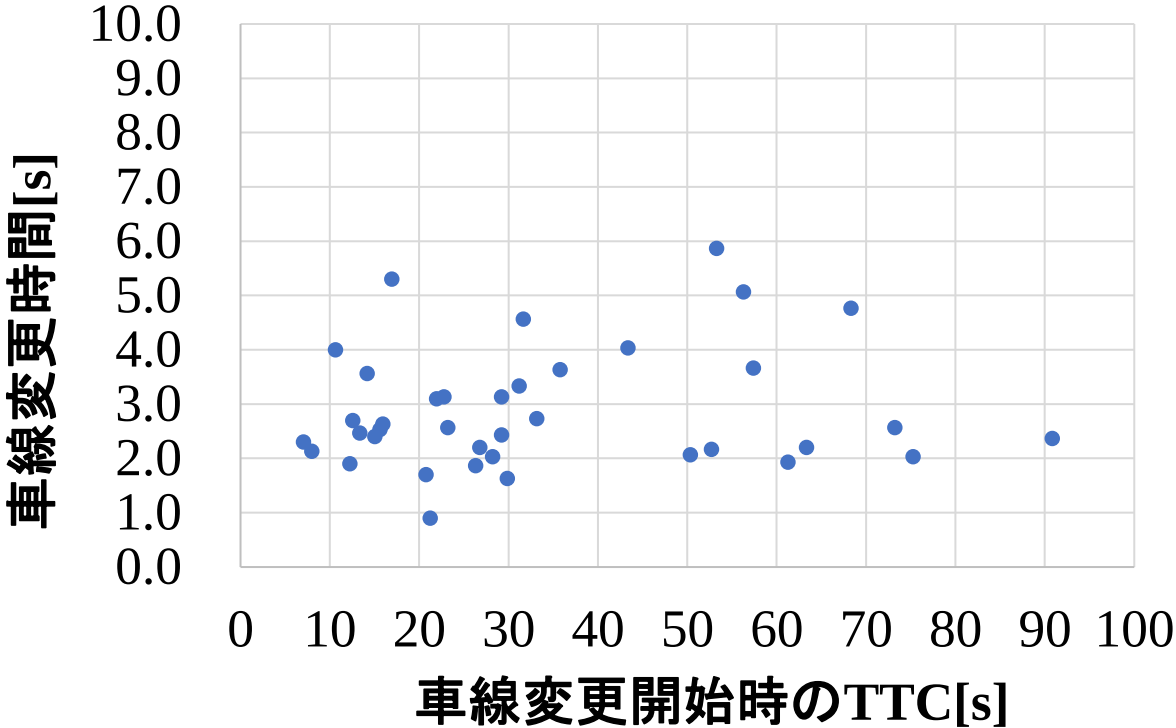
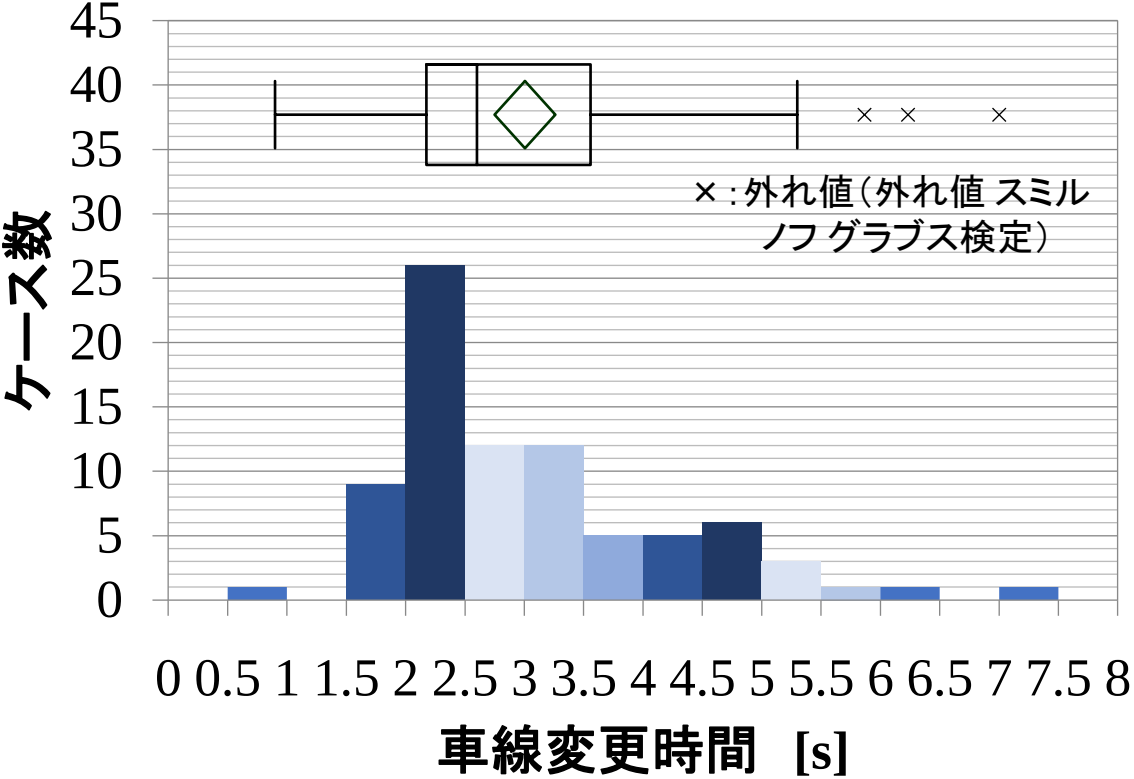
パターンI 車線変更開始時の車間距離



- ・車線変更開始時の車間距離の変動係数は0.47で、標準偏差が平均値の約5割と、ばらつきが大きかった。
- ・車線変更開始時の車間距離と同時点の相対速度との関係にはばらつきが大きく、有意な相関は見られなかった

n	平均	標準偏差	最小値	最大値	変動係数	第1四分位数	中央値	第3四分位数
82	53.99	25.51	6.04	109.50	0.47	35.01	53.68	70.00

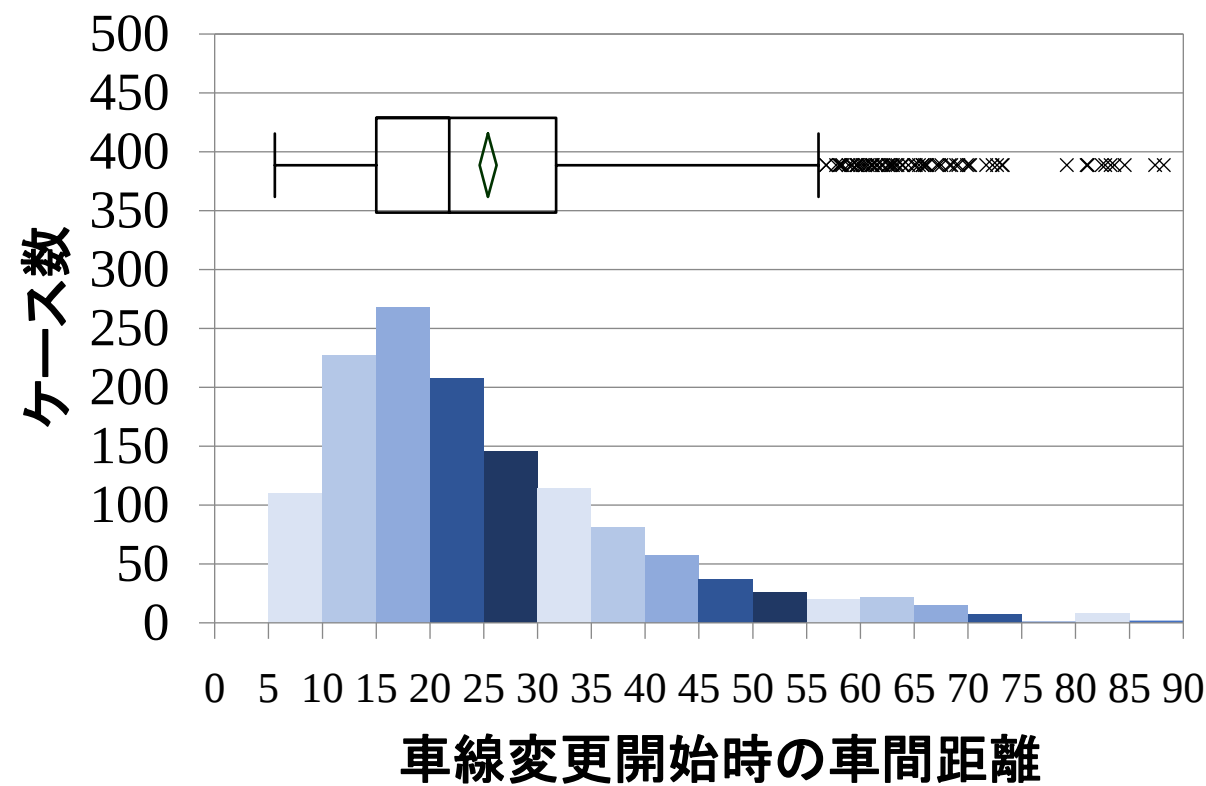
パターンI 車線変更時間



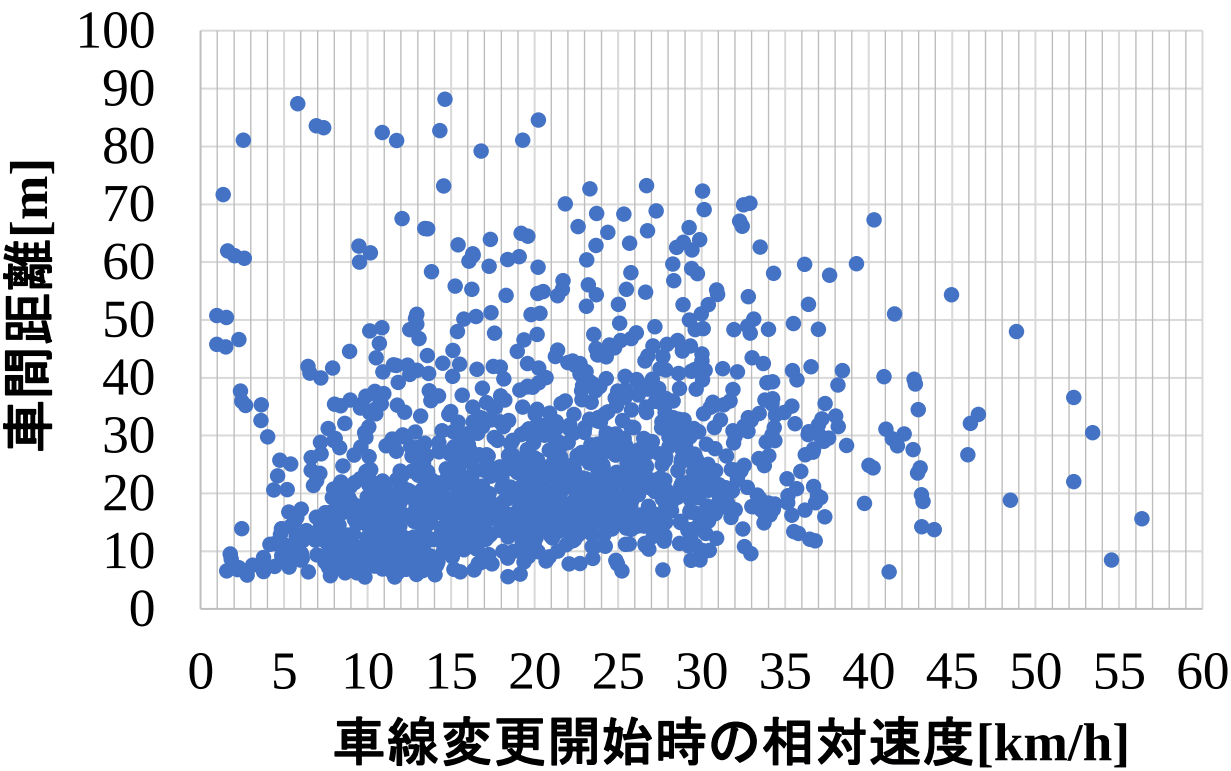
- ・車線変更時間の変動係数は0.39で、標準偏差が平均値の約4割と、ばらつきが大きかった。
- ・車線変更時間と車線変更開始時のTTCとの関係にはばらつきが大きく、有意な相関は見られなかった。

n	平均	標準偏差	最小値	最大値	変動係数	第1四分位数	中央値	第3四分位数
82	3.01	1.17	0.90	7.00	0.39	2.18	2.60	3.56

パターンII 車線変更開始時の車間距離

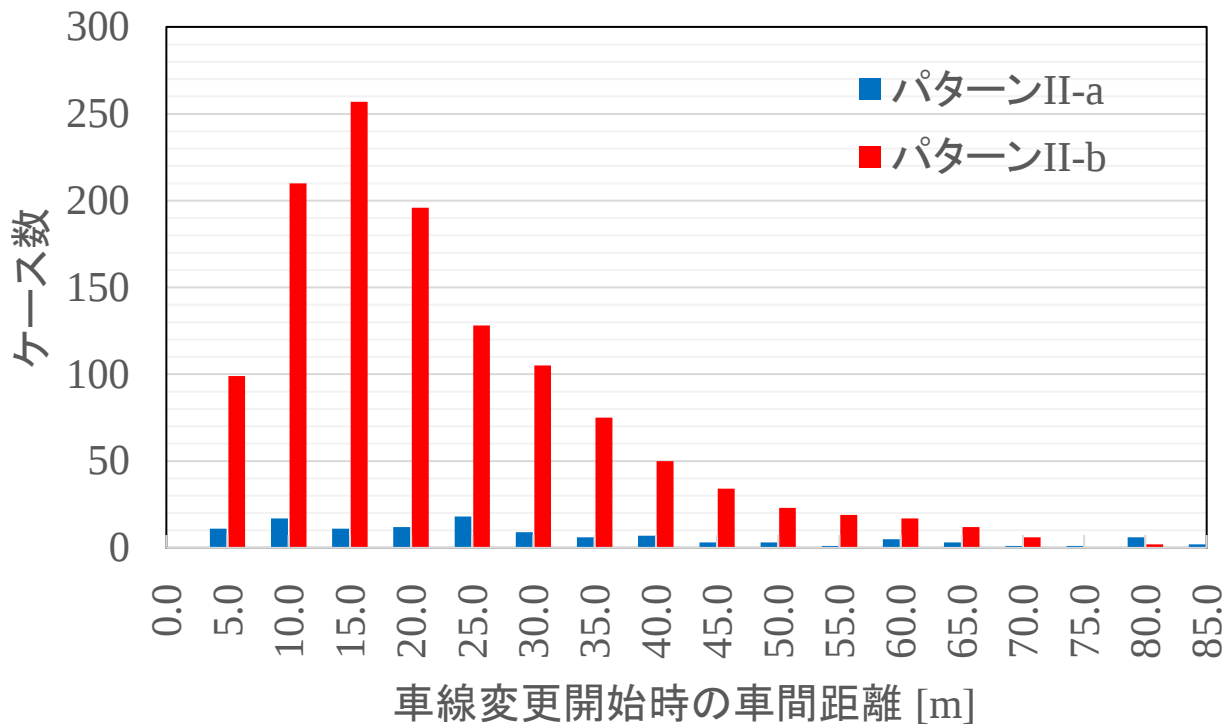


n	平均	標準偏差	最小値	最大値	変動係数	第1四分位数	中央値	第3四分位数
1349	25.40	14.66	5.58	88.20	0.58	15.01	21.78	31.73

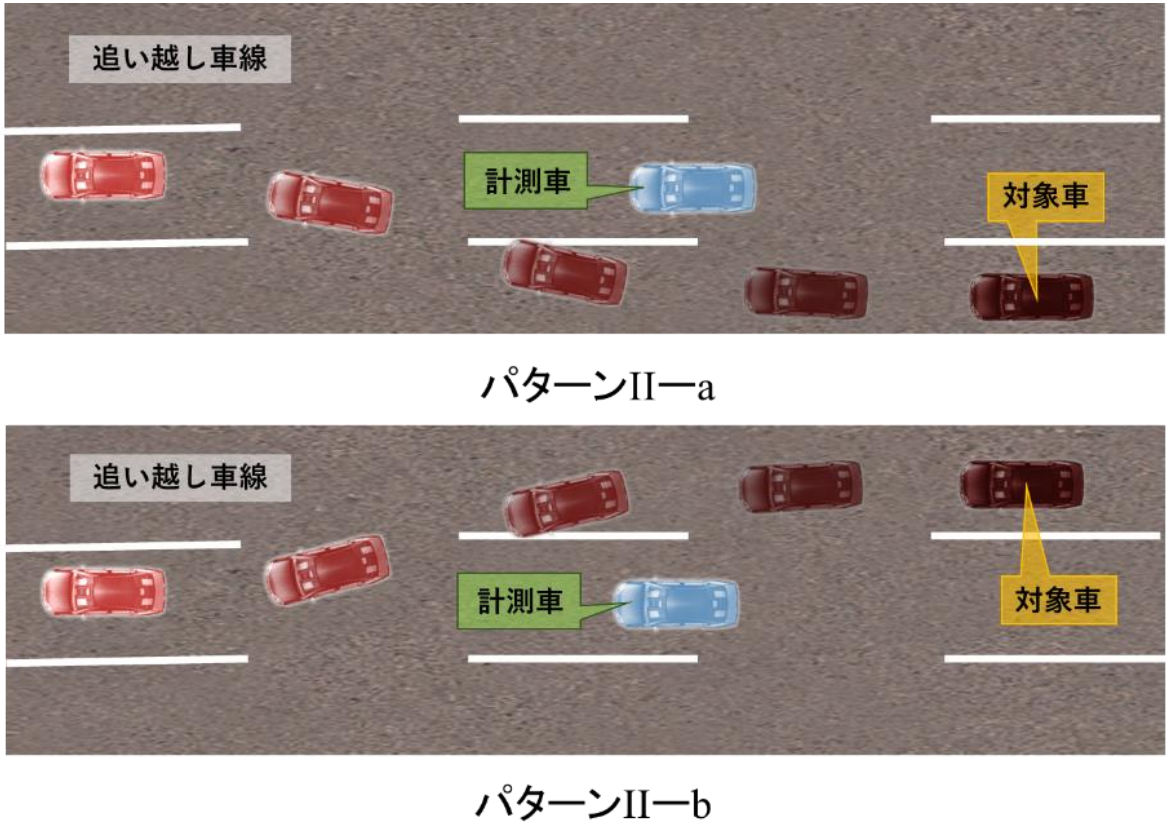


- ・車線変更開始時の車間距離の変動係数は0.58で、標準偏差が平均値の5割を超えており、ばらつきが大きかった。
- ・車線変更開始時の相対速度が高くなるにつれて車線変更開始時の車間距離が増加する傾向は見られるが、両者の関係にはばらつきが大きく、強い相関は見られなかった。

パターンII 車線変更開始時の車間距離(II-aとII-bの比較)



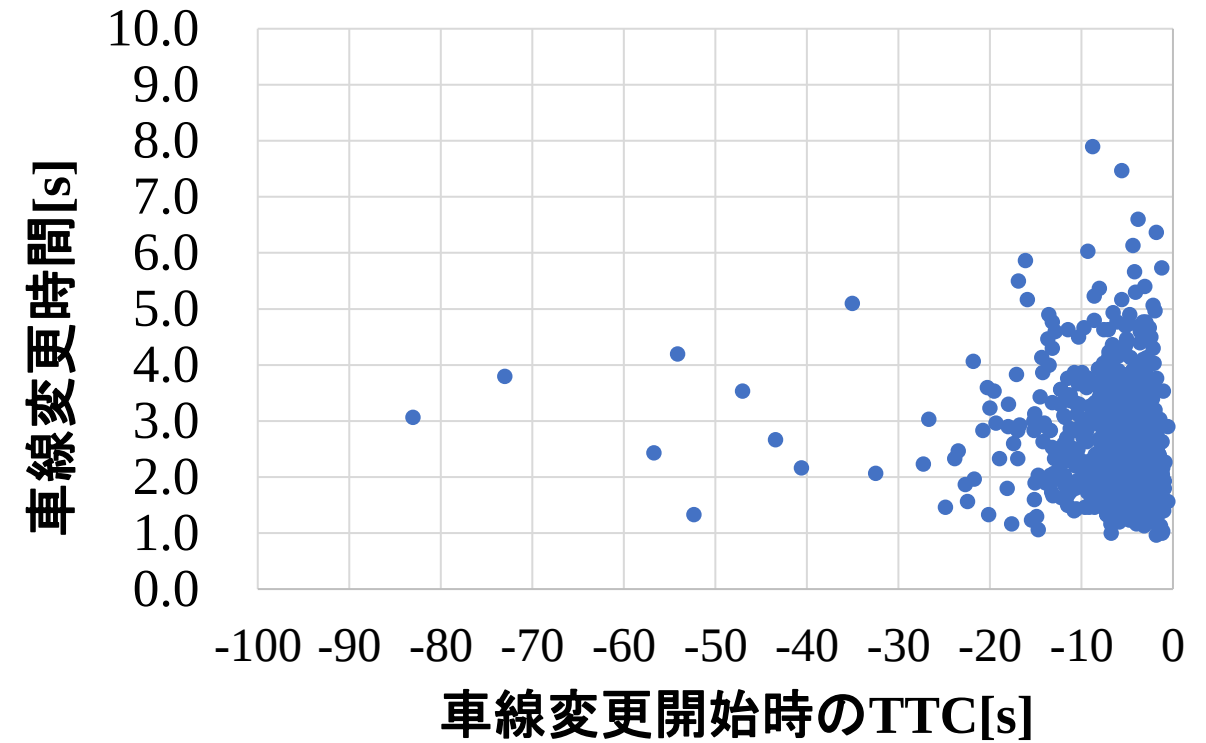
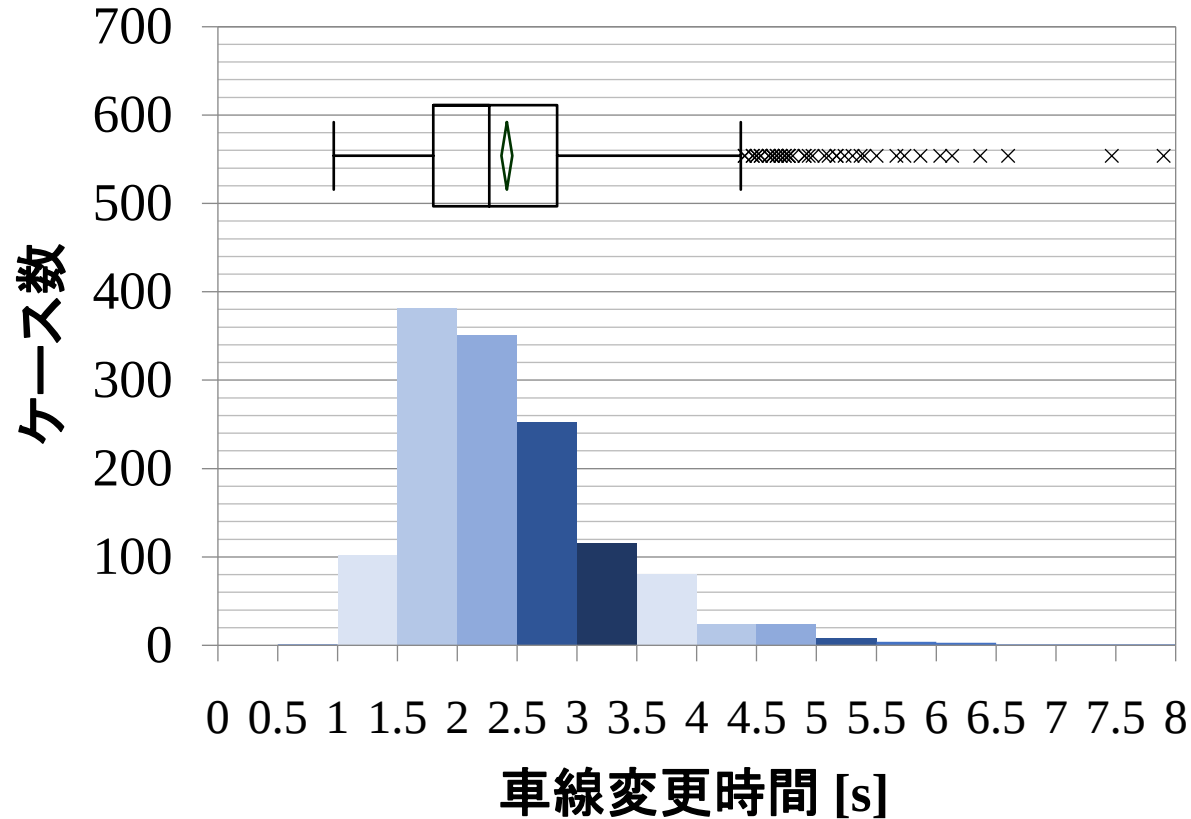
パターン	n	平均	標準偏差
II-a	116	32.2	21.7
II-b	1233	24.8	13.7



パターンIIの車線変更

パターンII-aとII-bの車線変更開始時の車間距離の母平均の差の検定(片側検定)を行ったところ、有意水準5%でパターンII-aの車線変更開始時の車間距離はパターンII-bの車線変更開始時の車間距離よりも有意に大きかった。

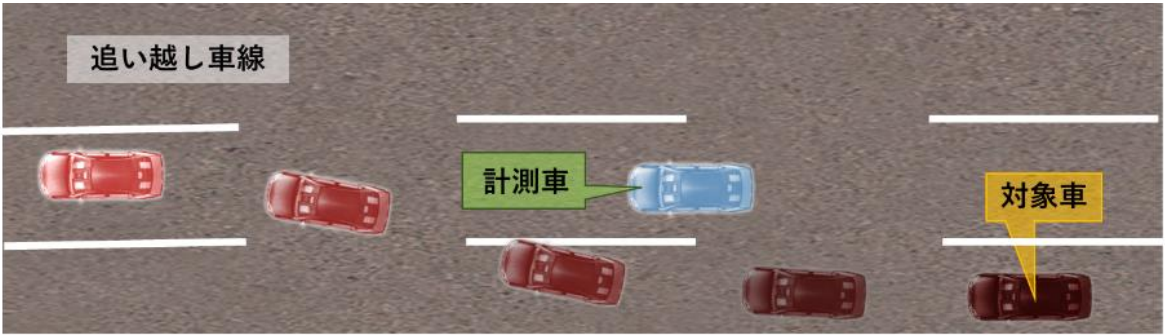
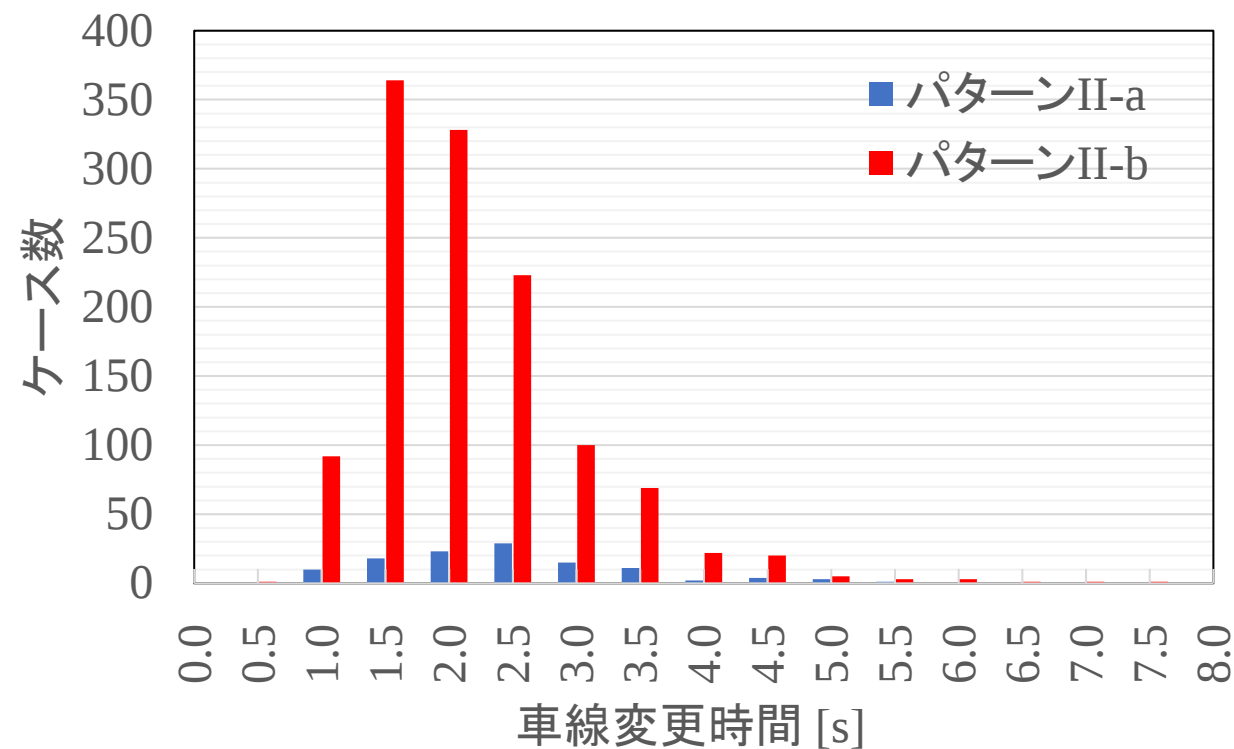
パターンII 車線変更時間



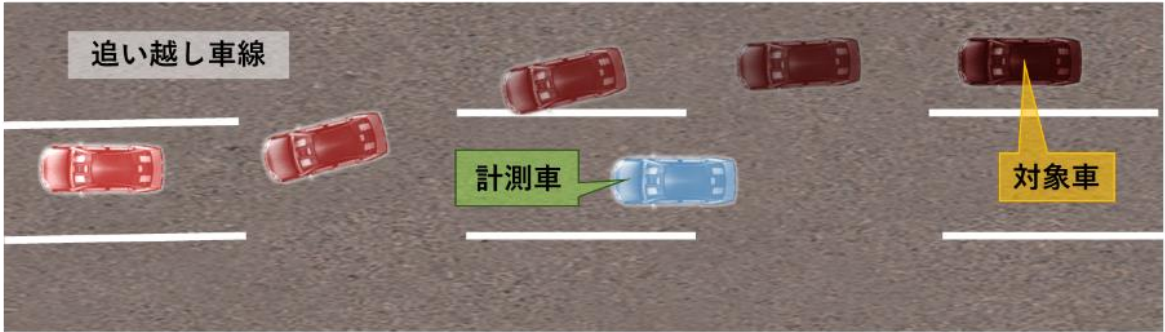
- ・車線変更時間の変動係数は0.35で、標準偏差が平均値の3割を超えており、ばらつきが大きかった。
- ・車線変更時間と車線変更開始時のTTCとの関係にはばらつきが大きく、強い相関は見られなかった。

n	平均	標準偏差	最小値	最大値	変動係数	第1四分位数	中央値	第3四分位数
1349	2.41	0.85	0.97	7.90	0.35	1.80	2.27	2.83

パターンII 車線変更時間(II-aとII-bの比較)



パターンII-a



パターンII-b

パターンIIの車線変更

パターンII-aとII-bの車線変更時間の母平均の差の検定(片側検定)を行ったところ、有意水準5%でパターンII-aの車線変更時間はパターンII-bよりも有意に長かった。

パターン	n	平均	標準偏差
II-a	116	2.70	0.94
II-b	1233	2.39	0.84

4. まとめ(その1)

データ計測の結果について

1) 車線変更開始時の車間距離と後続車との相対速度との関係

- パターンIにおいては有意な相関は見られなかった。
- パターンIIにおいては相対速度が大きくなると車線変更開始時の車間距離が大きくなる傾向が若干見られるが、強い相関は見られなかった。

2) 車線変更時間と車線変更開始時のTTCとの関係

- パターンIにおいては有意な相関は見られなかった。
- パターンIIにおいては、TTCが短くなると車線変更時間も短くなる傾向が若干見られるが、強い相関は見られなかった。

4. まとめ(その2)

調査全体について

- ・車線変更時の車両挙動の計測項目

車線変更時の車両挙動は、車線変更開始時（前輪が車線の境界線を踏んだ時点）及び車線変更開始時（後輪のすべてが完全に境界線を通過した時点）を基準にすることにより、その特徴を統一的かつ定量的に計測できることが確認できた。

- ・周辺車両挙動計測車両

車線変更時の車両挙動を、当研究所で開発した周辺車両挙動計測車両を用いることで、今回設定した計測項目（計測車速度、相対速度、対象車速度、車間距離及び車線変更時間）を計測可能であることが確認できた。

5. 今後の課題

1) パターンI及びIIの計測結果のばらつきの原因について

- ① 後続車との追突の危険性に対するドライバの判断のばらつき。
- ② 後続車以外の車両との衝突回避も考慮している影響。
- ③ 後続車のドライバに追突回避の車両制御を期待している影響。



運転時の主観評価が可能なドライビングシミュレータによる実験等を行い、運転行動の理由を明らかにする。

- 2) 一般ドライバの計測データの中から統計的にC&Cドライバの運転行動を特定していく手法の開発。
- 3) 本調査で分析した相対速度及びTTCといった一般的な指標以外の指標 (iTTC (TTCの逆数) 等) と車線変更開始時の車間距離及び車線変更時間との相関性の検証。
- 4) 継続的なデータ収集。

自動運転レベル4における自動運転 に携わる者の義務と責任 -ドイツの改正道路交通法との比較-

多摩大学経営情報学部専任講師

名古屋大学未来社会創造機構客員准教授

樋笠堯士

目次

I. ドイツの改正道路交通法

II. 閣議決定時と可決時の異同の分析

III. 日本の道路交通法改正案の分析

Ⅰ. ドイツの改正道路交通法

2021年7月28日施行

- ・ **ドイツ道路交通法**と**自賠責保険法**が施行された。
- ・ 特定の運転領域で、特定のアプリケーションをシステムが完全に制御し、ドライバーによる監視が不要になる。以下の5つを公道で想定。
 - ・ シャトル輸送
 - ・ ピープルムーバー
 - ・ ハブからハブへの輸送
 - ・ オフピーク時のオンデマンド交通サービス
 - ・ ファースト若しくはラストマイルにおける人及び／又は物品に対する援助
 - ・ 自動バレーパーキング（AVP）などの「デュアルモード車」

新設1d条〔特定の運行領域における自律走行機能を有する自動車〕

1項 本法における自律運転機能を有する車両とは、下記の要件を満たした車両のことをいう。

1号 運転者なしでも、所定の運行領域を自ら運転することができる。

2号 1e条2項に基づいた技術装置を装備している。

2項 本法において、運行領域とは、1e条1項の要件が満たされた場合に、自律運転機能を有する車両が走行できる公道上の地域及び所定の空間をいう。

3項 本法において、自律運転機能を備える車両の技術監督者とは、1e条の2項8号に基づいて走行中に当該車両を作動停止させ、1e条2項4号及び3項に基づいて運行操作を作動させることのできる自然人のことを指す。

4項 本法律において、最小リスク状態とは、自律走行機能を有する自動車が、自らの判断または技術監督者の判断により、交通状況を考慮した上で、自動車の乗員、他の道路利用者および第三者の安全性を最大限に確保するために、最も安全な場所で自らを停止させ、危険警告灯を作動させる状態をいう。

新設 1e条〔自律走行機能を有する自動車の運行、異議審査請求及び取消訴訟〕

1項 以下の場合、自律走行機能による自動車の運転が認められる。

1号 自動車が第2項に基づく技術的要件を満たしていること。

2号 第4項に基づき、当該自動車に対して型式認証が与えられていること。

3号 自動車が、連邦法または州法に基づく管轄当局によって承認された特定の運行区域で使用されていること、または、連邦幹線道路では連邦政府が管理責任を負う限りにおいて、インフラ会社設立法にいう私法による設立会社によって使用されていること、および

4号 第1項1号に基づき、自動車が公道交通に参加することが認められていること。

第1h条に基づく自動車の運転および第1条第1項に基づくその他の登録は、影響を受けないものとする。

2 項 自律走行機能を有する自動車には、自律走行機能を実現するための以下のことを可能にする技術装置を搭載しなければならない。

1号 車両を運転する者が制御に介入したり、技術監督者が自動車の運転を恒常的に監視したりすることなく、それぞれの指定された運行領域内で自ら運転タスクを管理すること。

2 号 自ら、車両の操作に関する交通規則に合致し、かつ、以下の事故防止システムを備えていること。

a 被害防止と被害軽減のために設計されていること。

b 様々な法益への損害が避けられない場合は、人命保護を最優先しながら、各々の法益の重要性を考慮する。

c 人命に対して避けられない危険が生じた場合には、個人的な特徴に基づいてさらなる重みづけをしない。

3 号 道路交通法に違反することによってのみ走行の継続が可能となる場合には、自動車を、自ら危険を最小限に抑えた状態にすること

4 号 3号の場合には、技術監督者は、独自に、

a 走行を継続するために可能な進路を提案すること、ならびに、

b 技術監督者が提案された進路の許可について判断できるように状況を評価するためのデータを提供すること

5号 技術監督者が設定した運転操作を確認し、それを実行するのではなく、その運転操作が交通参加者や無関係の者を危険にさらす可能性がある場合に、自動車を自ら最小リスク状態にすること。

6号 自動車の機能に障害が生じた場合は、直ちに技術監督者に通知すること。

7号 システムの限界を認識し、限界に達した場合や自律運転に影響を与えるような技術障害が発生した場合には、また運行領域の境界に到達した場合には、車両を自ら最小リスク状態におくこと。

8号 技術監督者あるいは車両の乗客によりいつでも停止が可能で、停止した場合には、車両を自ら最小リスク状態におくこと。

9号 代替運転の作動、十分な時間的余裕を持った無効化、および自車の機能状態に関する信号の必要性を、技術監督者に対して視覚的、音響的、またはその他の知覚可能な方法で示すこと。

10号 無権限の干渉から保護された十分に安定した無線接続、特に技術監督者との接続を確保し、この無線接続が中断されたり、無許可でアクセスされたりした場合には、車両を自らリスク最小限状態にすること。

3項 技術設備が自ら運転タスクを実行し得なくなる他の障害が発生した際には、以下の状態であれば、第2項1号から4号の要件の充足する。

1号 技術装置は、技術監督者が代替運転の設定を行えることを保障できる。

2号 1号に基づく代替運転は、技術装置によって自ら実行される。

3号 技術装置は、技術監督者に十分な時間的余裕を持って運転を設定するよう、視覚的、音響的、またはその他の知覚可能な方法で要求することができる。

4項 第2項に基づく技術的要件および第1f条3項4号に基づく製造者の説明が満たされている場合、連邦自動車庁は、製造者の要請に応じて、自律走行機能を有する自動車の型式認証を行う。1d条から1g条に該当し、免除を含む型式認証の付与申請が既に提出されている進行中の認証手続きは、影響を受けない。

5項 自律走行機能付き自動車の運転免許の取り消しまたは撤回に対する異議審査請求および取消訴訟は、停止的効果を有しない。

6項 特定の運行領域の認可の取消し又は撤回に対する異議審査請求及び取消訴訟は、停止的効力を有しない。

1f条〔自律走行機能を持つ自動車の運行関与者の義務〕

1 項 自律走行機能を有する自動車の保有者は、その自動車の道路の安全性と環境適合性を維持する義務があり、そのために必要な予防措置を講じなくてはならない。所有者は、

1 号 自律走行機能に必要なシステムの定期的なメンテナンスを行う。

2 号 車両の運転を対象としないその他の交通規則が確実に遵守されるための予防措置を講じ、および、

3 号 技術監督者の義務が果たされることを保証する

2 項 自律運転機能を有する車両の技術監督者には、下記が義務付けられている。

1号 車両システムから技術監督者に視覚、聴覚、またはその他の知覚可能な方法により通知され、車両システムにより提供されたデータによって技術監督者が状況を判断することができ、また、代替運転操作の実行が交通安全を危殆化しないときには、直ちに、第1e条 2 項 4 号および3項に従って代替運転操作を評価し、同操作のために自動車をアンロックする。

2号 車両システムが視覚や聴覚、またはその他の認知可能な方法で表示をした場合には、速やかに自律運転機能を停止する。

3号 機能状態に関する技術装置からの信号を評価し、必要に応じて必要な交通安全対策を講じる。

4号 車両がリスク最小状態となったならば、速やかに車両の乗員との接触を図り、安全上必要な措置を取る。

3 項 自律走行機能を有する自動車の製造者は、

- 1 号 製造者は、自動車の電子・電気構造、および自動車に接続された電子・電気構造が、自動車の開発および運行の全期間を通じて攻撃から保護されていることを、連邦自動車庁および管轄当局に対して証明しなければならない。
- 2 号 自動車のリスク評価を実施し、リスク評価がどのように実施されたか、また、自動車の決定的な要素がリスク評価内で特定された危険性から保護されていることを、連邦自動車庁および所轄官庁に対して証明しなければならない。
- 3 号 自律走行のための十分に安全な無線接続を証明しなければならない
- 4 号 各自動車のシステム説明書、運行取扱説明書を作成するとともに、その自動車が1e条2項、および同項と結びついた3項の要件をも満たしていることを、連邦自動車局および運行取扱説明書の中で丁寧に説明をしなければならない。
- 5 号 特に運転機能および技術監督者の業務遂行に関して、自動車の技術的機能が仲介する自動車運行関与者に対し、教育を行わなければならない。
- 6 号 製造者は、自動車、その電子・電気構造、または自動車に接続された電子・電気構造に対する不正操作、特に自動車の無線リンクへの不正アクセスを検知した場合、直ちに連邦自動車交通庁および連邦法または州法に基づく管轄当局、または連邦政府が管理責任を負う連邦長距離道路上では、インフラ会社設立法にいう私法による設立会社々に通知し、必要な措置を開始しなくてはならない。

II. 閣議決定時と可決時の異同の分析

- ドイツ道路交通法の改正の経緯
- 2021年2月10日閣議決定時の改正案から、同年5月21日（連邦議会・下院可決時）にかけて内容が一部修正されている

【1 d条 4 項】

- 改正案(2021.2.10閣議決定時)
- 本法律において、最小リスク状態とは、自律運転機能を備えた車両が、交通状況を適切に判断し、他の道路利用者及び第三者に可能な限り交通安全を確保できるよう、自らの指示もしくは技術監督者の指示の下、独自に走行することをいう
- 改正案（2021.5.21連邦議会可決時）
- 本法律において、最小リスク状態とは、自律走行機能を有する自動車、自らの判断または技術監督者の判断により、交通状況を考慮した上で、自動車の乗員、他の道路利用者および第三者の安全性を最大限に確保するために、最も安全な場所で自らを停止させ、危険警告灯を作動させる状態をいう。

最小リスク状態（MRM）分析 1

- 「乗員」が追加された。「他の道路利用者や第三者にとって可能な限りの交通安全」とあるが、乗客を含めない限り、乗客を危険にさらしうるのでは？」との批判に応じた形
- リスク最小状態（＝MRM）が「走行」となっていたのを「停止」とした。
- 国土交通省「自動運転車の安全技術ガイドライン（平成30年9月）」8頁(7)「無人自動運転移動サービスに用いられる車両の安全性(追加要件)」の1でも、「設定されたODDの範囲外となった場合や自動運転車に障害が発生した場合等、自動運転の継続が困難であるとシステムが判断した場合において、路肩等の安全な場所に車両を自動で移動し停止させるMRMを設定すること」
- 警察庁（「自動運転の実現に向けた調査研究報告書」（令和3年3月）22頁）「自動運転システムが対応のための運転操作の全部又は一部について代替することができない場合には、当該自動車や他の交通主体に危険を及ぼさないことを目的として、自動運転システムの機能、関与者による対応等により、まずは安全に停車することを義務付けることが適当である」

最小リスク状態（MRM）分析 2

MRM時の対応	危険考慮範囲	走行継続不能の判断主体
ドイツ 道交法1d条4項	・ 自動車の乗員 ・ 他の道路利用者 ・ 第三者	・ システム ・ 技術監督者
日本 警察庁報告書	・ 当該自動車 ・ 他の交通主体	・ システム ・ 関与者
日本 国交省ガイドライン	・ 路肩等の安全な場所（に停止） ・ 周囲への警報	・ システム

日本の道路交通法改正案：MRM

【第十七の二条】

「特定自動運行道路において、自動運行装置（当該自動運行装置（新設）を備えている自動車が第六十二条に規定する整備不良車両に該当することとなつたとき又は当該自動運行装置の使用が当該自動運行装置に係る使用条件（道路運送車両法第四十一条第二項に規定する条件をいう。以下同じ。）を満たさないこととなつたときに、直ちに自動的に安全な方法で当該自動車を停止させることができるものに限る。）を当該自動運行装置に係る使用条件で使用して当該自動運行装置を備えている自動車を運行すること（当該自動車の運行中の道路、交通及び当該自動車の状況に応じて当該自動車の装置を操作する者がいる場合のものを除く。）をいう。」

【1 e条 2 項】

- 改正案（2021.2.10閣議決定時）
- selbständig die an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften einzuhalten und die über ein System der Unfallvermeidung verfügt,
- 和訳 [自ら、車両の操作に関する交通規則を遵守し、かつ、以下の事故防止システムを備えている]
- 改正案（2021.5.21連邦議会可決時）
- selbständig den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften entsprechen und
- die über ein System der Unfallvermeidung verfügt,
- 和訳 [自ら、車両の操作に関する交通規則に合致し、かつ、以下の事故防止システムを備えている]

分析

- 交通法規に違反した場合に遡及して車両の適合性要件が満たされなくなるという事態を避けるために、「合致（沿う）」との文言を用いることにし、表現を弱め、**車両の適合性要件を緩和**した。
- 1e条2項3号で「道路交通法に違反することによってのみ走行の継続が可能となる場合には、自動車を、自ら危険を最小限に抑えた状態にすること」と規定されていることと整合的。
- **修正の趣旨**でも、「自律走行機能を有する車両が、車両の操作に関する交通規則に合致する程度のもの
でなければならないことを明確にした」とされている。
- **警察庁**も、「技術開発の状況や交通環境が個別のケースによって異なることを踏まえ、ルールを柔軟に定めることが必要」（令和3年度自動運転の実現に向けた調査検討委員会・第1回資料1）とする。

【1e条2項7号】

- 改正案(2021.2.10閣議決定時)
- システムの限界を認識し、限界に達した場合や自律運転に影響を与えるような技術障害が発生した場合には、また運行領域の境界に到達した場合には、車両を自ら最小リスク状態におき、警告灯を作動させ、可能な限り安全な場所で停止させる。
- 改正案（2021.5.21連邦議会可決時）
- システムの限界を認識し、限界に達した場合や自律運転に影響を与えるような技術障害が発生した場合には、また運行領域の境界に到達した場合には、車両を自ら最小リスク状態におく。
- ⇒警告灯作動および安全な場所での停止が削除された。「可能な限り安全な場所」の定義が難しく、条件達成が困難な為、すべて「最小リスク状態」の解釈・定義に収斂させた。

【1e条2項8号】

- 改正案(2021.2.10閣議決定時)
 - 技術監督者によりいつでも停止が可能で、停止した場合には、車両を自ら最小リスク状態におく。
- 改正案（2021.5.21連邦議会可決時）
 - 技術監督者あるいは車両の乗客によりいつでも停止が可能で、停止した場合には、車両を自ら最小リスク状態におく。

分析

- レベル4において、車内に緊急停止ボタンを設置することを前提にしているように思われる。この場合、乗客の操作行為が存在することになり、事故発生時の責任の所在が再度問題となる。
- 国土交通省「自動運転車の安全技術ガイドライン（平成30年9月）」8頁「(7)無人自動運転移動サービスに用いられる車両の安全性(追加要件)」の3において、「車室内の乗員が容易に押せる位置に非常停止ボタンを設置すること。」と一致する。

【1 f条 1 項(保有者の義務)】

- 改正案(2021.2.10閣議決定時)
 - 3号 技術監督者の義務を遂行する
 - 改正案 (2021.5.21連邦議会可決時)
 - 3号 技術監督者の義務が果たされることを保証する
-
- ⇒保有者と技術監督者の関係が「包摂関係なのか、完全に重ならないものなのか」が不明である」との批判に答えた形となった。保有者の義務と技術監督者の義務は異なることが明示された。

【1 f条 2 項 1 号（技術監督者の義務）】

- 改正案(2021.2.10閣議決定時)
- 車両システムが視覚や聴覚、またはその他の認知可能な方法により技術監督者に表示を行い、提供されたデータを基に状況判断が可能になった時点で、1e条の2項4号による代替運航操作の起動及び3項に準拠した車両アンロック操作を行う。
- 改正案（2021.5.21連邦議会可決時）
- 車両システムから技術監督者に視覚、聴覚、またはその他の知覚可能な方法により通知され、車両システムにより提供されたデータによって技術監督者が状況を判断することができ、また、代替運転操作の実行が交通安全を危殆化しないときには、直ちに、第1e条2項4号および3項に従って代替運転操作を評価し、同操作のために自動車をアンロックする。
- ⇒最小リスク状態の停止モード中の車両に対して、オーバーライド行為が周囲を危険にさらさない場合に、オーバーライドを開始できるとすることになる。「交通安全に対する危険が生じない」ことを条件に付加し、オーバーライド開始要件を厳しくしたと思われる。

技術監督者（遠隔監視者）に関する考察 1

- 「技術監督者は、技術監督の業務を行う際に義務に反する行為を行うことがあり、義務に反する行為が有責であり、かつ損害を与えた場合には、他の交通事故の場合と同様に損害賠償請求を行うことができる。そのため、技術監督の責任者のために賠償責任保険に加入する必要がある。」（BT-Drucksache 19/29875, S.32.）
- ⇒義務違反が想定されている。
- 警察庁による業者ヒアリングの結果（「SAEレベル4自動運転の実用化に向けた課題や要望」：23 主体中15 主体が回答）では、
 - 「関与者や乗客の位置付けの明確化」
 - 「遠隔の関与者が複数車両を同時監視する場合の位置付け」
 - 「走行開始や緊急停止等を乗客が行う場合の位置付け」
 - 「運転操作以外の義務に対する実施主体の位置付け」が関心事。

技術監督者（遠隔監視者）に関する考察 2 設例

遠隔監視者甲は、1人でA車、B車、C車の監視を行っていたところ、A車から「事故車両を避けるために対向車線にはみ出すことを許可して下さい」との要請があり、同時に、B車から「インフラ側からの信号機情報が途絶え、また、天候によりカメラの精度が低いものの、対面信号が青だと判断したので進行を許可して下さい」との要請があった。

甲は、画面からA車について、「確かに事故車両があり、対向車線には他の車両の存在がない」と判断し、A車に進行の許可を与えようと思い、同時に、B車については、対面信号は判然としないものの、側面の信号が青であることが確認できたため、進行の不許可（＝停止）を指示しようと考えた。

しかしながら、C車において乗客が緊急停止ボタンを押したことから、乗客と接触する必要性が生じ、焦った甲は、誤ってA車に対し、「不許可」の指示を、B車に対し「許可」の指示を出してしまった。そのことが原因で、B車は実際には対面信号が赤であるのに交差点に進入し、死傷事故を惹起した。

技術監督者（遠隔監視者）に関する考察 3 設例の分析

- 甲には、1号義務（評価・アンロック義務）違反が認められる。
- 道路交通法の違反が直ちに刑法上の注意義務違反になるとは限らないが、同時に3台を監視することによる負荷の認定次第では、結果回避可能性が認められ、遠隔監視者が業務上過失致死傷罪を負う可能性があると思われる。
- ドイツでも「複数の」車両を監視すること自体は認められている。
- 永平寺町のように1対3の場合の、「遠隔監視者の義務内容」が今後の課題。

III. 日本の道路交通法改正案の分析

- 2022年4月19日、警察庁から提出された自動運転レベル4（SAEJ3016）を許容する「道路交通法の一部を改正する法律」が衆議院で可決された。
- 改正案は、道路において、自動運行装置を当該自動運行装置に係る使用条件で使用して当該自動運行装置を備えている自動車を運行することを「**特定自動運行**」と定義し、「運転」の定義から除くこととするなど、特定自動運行の定義等に関する規定を整備する。
- また、各公安委員会が事業者に対するレベル4の自動運転許可制度が創設されているが、許可の際には、**公安委員会は市町村長の意見を聴く必要がある**とされ、地域での受容を前提とした運用となっている。
- これに加え、公安委員会が、必要な条件を付することもでき、地域の交通特性に合致した柔軟な社会実装が可能となると思われる。

改正案の主体

- 自動運転レベル4では、運転者が車内に存在しない状況となるため、道路交通法の「主体」に関する問題や、遠隔監視者の義務など、「自動運転に携わる者」の責任が問題となる。
- 改正案では、「特定自動運行実施者」、「特定自動運行主任者」、「現場措置業務実施者」等の新たな主体が規定され、各人に道路交通法上の義務が課されている。

刑事事件の捜査

- 自動運転レベル 2 の刑事裁判ですら難解であった。
- レベル 4 の自動運転は、車内に特定自動運行主任者が存するか否か、現場措置業務実施者を外部委託するか否かをはじめ、遠隔監視のコントロールセンターの有無や内実なども、各地域・各事業者により異なるため、より一層、過失の注意義務の措定に難航する。

特定自動運行に関わる教育義務

【第七十五条の十九】（特定自動運行を行う前の措置）

「特定自動運行実施者は、次項の規定により指定した特定自動運行主任者、第三項の規定により指定した現場措置業務実施者その他の特定自動運行のために使用する者（以下「特定自動運行業務従事者」という。）に対し、第七十五条の二十一、第七十五条の二十二及び第七十五条の二十三第一項から第三項までの規定による措置その他のこの法律及びこの法律に基づく命令の規定並びにこの法律の規定に基づく処分により特定自動運行業務従事者が実施しなければならない措置を円滑かつ確実に実施させるため、内閣府令で定めるところにより教育を行わなければならない。」

特定自動運行に関わる教育義務

- **日本** 教育義務の主体＝**特定自動運行実施者**
- 対象：特定自動運行主任者や現場措置業務実施者
- 一方、ドイツ道路交通法1f条3項5号（製造者の義務）「特に運転機能および技術監督者の業務遂行に関して、自動車の技術的機能が仲介する自動車運行関与者に対し、教育を行わなければならない。」
- **ドイツ** 教育義務の主体＝**製造者**
車両を作らない特定自動運行実施者が、遠隔監視を行う特定自動運行主任者に対して技術的な内容をメーカーの協力なしに上手く教育できるのか？

特定自動運行主任者の配置

【第七十五条の二十】

特定自動運行実施者は、特定自動運行中の特定自動運行用自動車について、次の各号のいずれかの措置を講じなければならない。

一 当該特定自動運行用自動車の周囲の道路及び交通の状況並びに当該特定自動運行用自動車の状況を映像及び音声により確認することができる装置で内閣府令で定めるものを第七十五条の十二第二項第二号ハに規定する場所に備え付け、かつ、当該場所に特定自動運行主任者を配置する措置

二 第七十五条の二十三第三項の規定による措置その他の措置を講じさせるため、特定自動運行主任者を当該特定自動運行用自動車に乗車させる措置

2 特定自動運行実施者は、特定自動運行を行つているときは、内閣府令で定めるところにより、当該特定自動運行用自動車の見やすい箇所に特定自動運行中である旨を表示しなければならない。」

特定自動運行主任者の配置

- 一号方式では、コントロールセンターに特定自動運行主任者を配置し、モニターを用いて監視をさせる。
- 二号方式では、自動運転レベル4の車両の内部に特定自動運行主任者を配置する。

⇒「特定自動運行用自動車の状況を映像及び音声により確認する」ことを担保するために、外部における遠隔監視と、内部に同乗することによる直接監視の2類型か。

特定自動運行主任者の配置

同じ「特定自動運行主任者」であっても、交通事故時には

一号方式の特定自動運行主任者には、

①現場措置業務実施者を現場に派遣する義務

②消防・警察への通報義務が負わされる。

二号方式の場合には、車両に乗っている特定自動運行主任者自身に負傷者の救護・危険防止措置が要求される

特定自動運行主任者の義務

【第七十五条の二十一】

「前条第一項第一号の規定により配置された特定自動運行主任者は、当該特定自動運行用自動車が特定自動運行を行つているときは、同号に規定する装置の作動状態を監視していなければならない。この場合において、当該装置が正常に作動していないことを認めたときは、当該特定自動運行主任者は、直ちに、当該特定自動運行を終了させるための措置を講じなければならない。

2 特定自動運行主任者は、道路において特定自動運行が終了したときは、直ちに、次条又は第七十五条の二十三第一項若しくは第三項の規定による措置その他のこの法律及びこの法律に基づく命令の規定並びにこの法律の規定に基づく処分により特定自動運行主任者が実施しなければならない措置を講ずべき事由の有無を確認しなければならない。」

特定自動運行主任者の義務

- **設例**：一号方式の特定自動運行主任者Xは、1人でA車、B車、C車の3台の監視を行っていたところ、A車が事故車両を避けるために対向車線にはみ出したまま対向車線を走行してしまっていることを認識した。
- これとほぼ同時に、B車が交通事故に巻き込まれ、MRMが起動され、B車が路肩に停止したことを確認した。
- さらに、同時に、先行車両が路肩に車を停止し始めたのをC車のセンサが検知し、C車は自動で安全に停止した（特定自動運行終了）。これに関してXは、C車に対して緊急車両が接近してきていることを映像及び音声で認識した。
- Xは、A車につき、直ちに特定自動運行を強制終了する指示を出したが、対向車ZにA車がぶつかり、Z車を損壊した。同時に、C車につき、緊急車両が接近した場合の対処についてすぐに応じつつも、B車の車内から助けを呼ぶYの声が聞こえていることから動揺し、現場措置業務実施者に対して誤ってC車の位置情報を与えてしまい、B車の事故現場に現場措置業務実施者が駆けつけなかったことが原因で同所でYが死亡した。

特定自動運行主任者の義務

- Z車の損壊につき、第百十六条2項「特定自動運行を行う者又は特定自動運行のために使用される者が業務上必要な注意を怠り、又は重大な過失により、特定自動運行によつて他人の建造物を損壊したときは、六月以下の禁錮又は十万円以下の罰金に処する。」に該当する。
- Yとの関係において、第七十五条の二十三の1項「**現場措置業務実施者を当該交通事故の現場に向かわせる措置**」を講じておらず、第百十七条の3「特定自動運行において特定自動運行用自動車の交通による人の死傷があつた場合において、第七十五条の二十三（特定自動運行において交通事故があつた場合の措置）第一項前段又は第三項前段の規定に違反したとき（特定自動運行主任者が違反した場合に限る。）は、当該違反行為をした者は、五年以下の懲役又は五十万円以下の罰金に処する。」に該当する
- とはいえ、**一号方式**の特定自動運行主任者の注意義務違反の検討は複雑であり、注意義務違反が認められにくい。

遠隔監視者の義務比較

	改正案・一号方式 特定自動運行主任者	改正案・二号方式 特定自動運行主任者	ドイツ 技術監督者
異常時の自動走行 終了義務	○	○	○
消防への通報義務	○	×	○
警察への通報義務	○	○	○
負傷者救護義務	×	○	×
	現場措置業務実施者が対応	特定自動運行主任者が自ら対応	
危険防止義務	×	○	×
	現場措置業務実施者が対応	特定自動運行主任者が自ら対応	
乗客接触/連絡義務	×	△	○
		(救護・危険防止義務の一環)	遠隔

おわりに

車内にいる者全員が重傷で動けない場合に・・・

- **一号方式**の場合は、乗員全員重傷でも、遠隔監視の特定自動運行主任者の指示で、現場措置業務実施者が救助に来る。
- **二号方式**では、現場措置業務実施者は乗車している特定自動運行主任者であるため、この者が負傷している以上、誰も救助に来ないことになる。
- これは、二号方式の欠陥としての「**不利益**」か？
- 二号方式が従来のヒューマンドライバーと同じレベルであるだけで、一号方式の方がレベル4の遠隔監視によって、従前よりも「**厚い保護**」がなされているのか？

地域の受容性の問題

ご静聴ありがとうございました

- 樋笠堯士「自動運転レベル4における刑事実務-道路交通法改正案の分析と提案-」捜査研究858号 25-40 2022年4月 **最新!**
- 樋笠堯士「自動運転レベル4における関与者の義務と責任およびデータ記録ードイツの改正道路交通法を手がかりにー」多摩大学研究紀要「経営情報研究」No.26 49-68 2022年2月
- 樋笠堯士「自動運転（レベル2及び3）をめぐる刑事実務上の争点」捜査研究 (847) 46 - 62 2021年5月
- 樋笠堯士「AIの自動運転とドイツ倫理規則-倫理ガイドライン策定に向けて-」罪と罰 57(3) 73 - 85 2020年6月
- 樋笠堯士「AIと自動運転車に関する刑法上の諸問題～ドイツ倫理規則と許された危険の法理～」嘉悦大学研究論集 62(2) 21 - 33 2020年3月

- 6月17日 自動運転倫理ガイドライン研究会シンポジウム**

<https://ec-pv3rd.eventcreate.net/event/5046>

（無料・Zoom視聴可）お申し込みはコチラ→



人間ドライバの実交通環境における 認知反応時間に関する研究

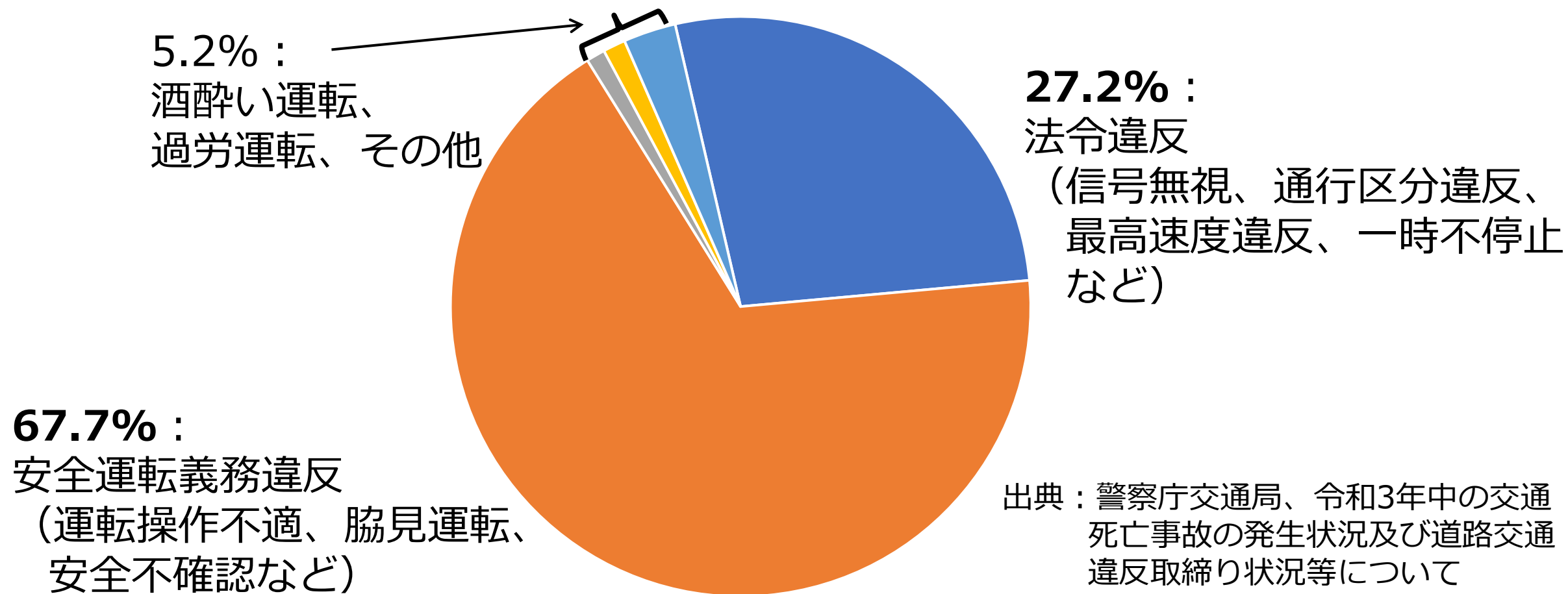
自動車安全研究部
研究員 中川 正夫

講演内容

- 1 . 研究背景
- 2 . 認知反応時間について
- 3 . 実交通環境における計測
- 4 . 分析結果及び考察
- 5 . まとめ

1. 研究背景 –昨今の事故原因–

交通死亡事故原因の約95%はドライバのミスによるもの



1. 研究背景 –WP29における要件–

国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラムでは、

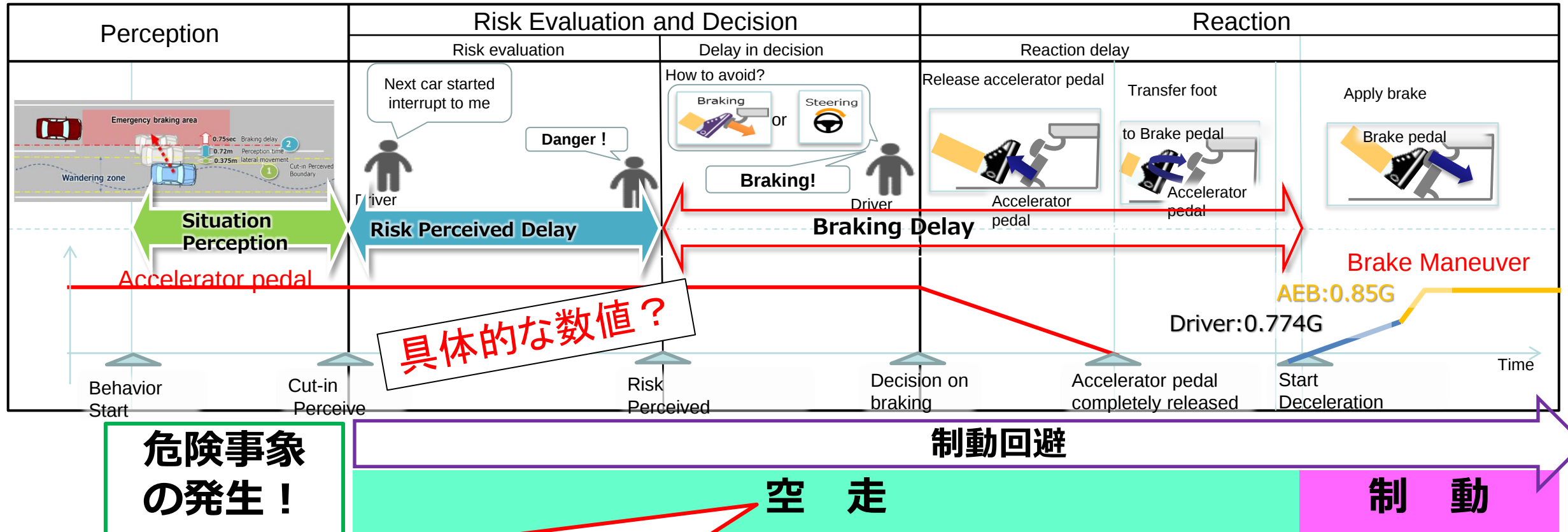
- 自動運転車は人間ドライバと同等かそれ以上に安全であること
- 少なくとも有能で注意深いドライバ（C&Cドライバ：Competent and Careful driver）のレベルを保証すること

を求めている

⇒C&Cドライバが事故を回避できる場面では、自動運転車も事故を起こしてはならない

1. 研究背景 –C&Cドライバモデル–

人間ドライバが事故を起こしてはならない条件を定めるための制動モデル



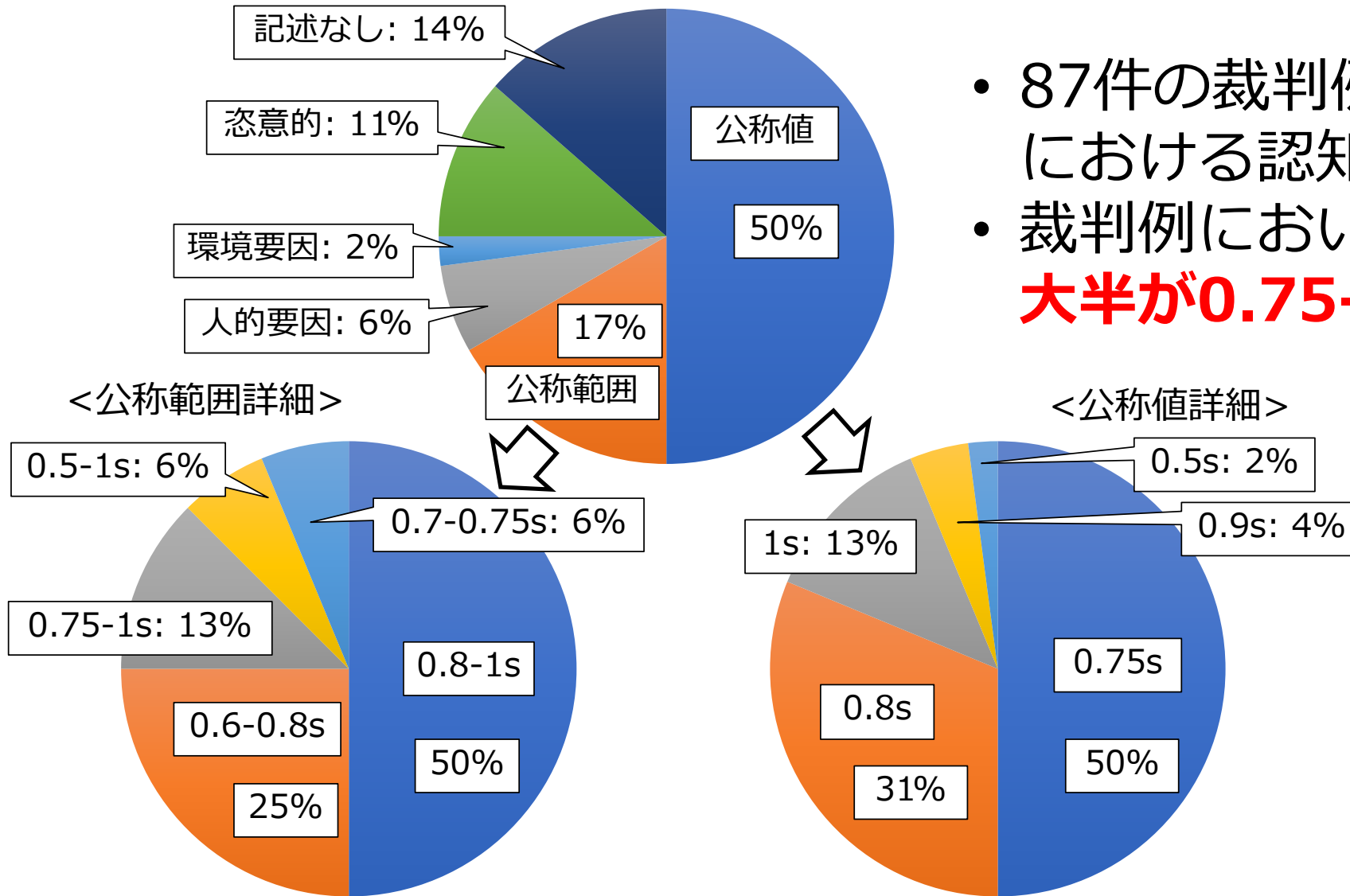
事故の回避可能性に関わる重要な時間→認知反応時間

2. 認知反応時間について—先行研究—

研究者	概 要	認知反応時間	備 考
Johanssonら	クラクション音に対する ブレーキ反応による ブレーキ反応時間	中央値:0.66秒 範囲:0.3~2.0秒	予期していない場合は 0.1~0.35秒差
近藤ら	ランプ刺激に対する ブレーキ反応による 空走時間	平均値:0.68~0.93秒	使用した車種による
小野田ら	先行車の制動に対する 反動時間	0.5~0.7秒	
Olsonら	道路上の認識すべき対象に 対する認知-反応時間	若年層:0.9~1.5秒 高齢層:0.8~1.8秒	98%ile値付近までの 範囲
松永ら	交通信号様刺激に対する ブレーキ反応による 認知・反応時間	約0.75秒	
牧下ら	道路上の対象物の飛び出し に対するブレーキ反応による 反応時間	0.69秒(追従走行時) 0.70秒(単独走行時) 範囲:0.17~2.03秒	

2. 認知反応時間について-裁判例における認知反応時間-

- 87件の裁判例（刑事44、民事43）における認知反応時間を分析.
- 裁判例において，認知反応時間の**大半が0.75-0.8秒**であった.



2. 認知反応時間について—最高裁判決における記述—

最判平11・7・19 『原判決が「証拠によれば」として挙示する**実験数値は**、その方法の詳細は不明であるが、少くとも被験者は**実験の目的（反応時間の調査）と方法（危険の出現の合図の仕方等）について告知を受けて実験に臨んだ**ものと考えられる。換言すれば、これらは急制動措置をとるべく**心理的準備が整っている場合の時間**であって、そもそも**実際の事故の反応時間より短くて当然**であり、いわんや本件のような運転者にとって不意打ちのケースに**そのまま適用することは、およそ失当である。**』

<本研究の目的>

実交通環境における心理的準備の整っていない
人間ドライバの認知反応時間を明らかにする。

3. 実交通環境における計測 –ドラレコの設定–

日常的に運行されている営業車**300台**の
ドライバ354名を対象に、7か月にわたり
データを計測。

→急ブレーキにより撮られたイベント録画を
解析し、**1000件以上**の有効なデータを取得

ドラレコの情報

- 型番
CS-41FH (セルスター工業製)
- フレームレート
30fps (2台を**同期**収録)
- 画素数
1)正面用：200万画素
2)足元用：100万画素

機器イメージ

正面用カメラ



足元用カメラ



ドラレコ取付位置

ルームミラー左側に設置



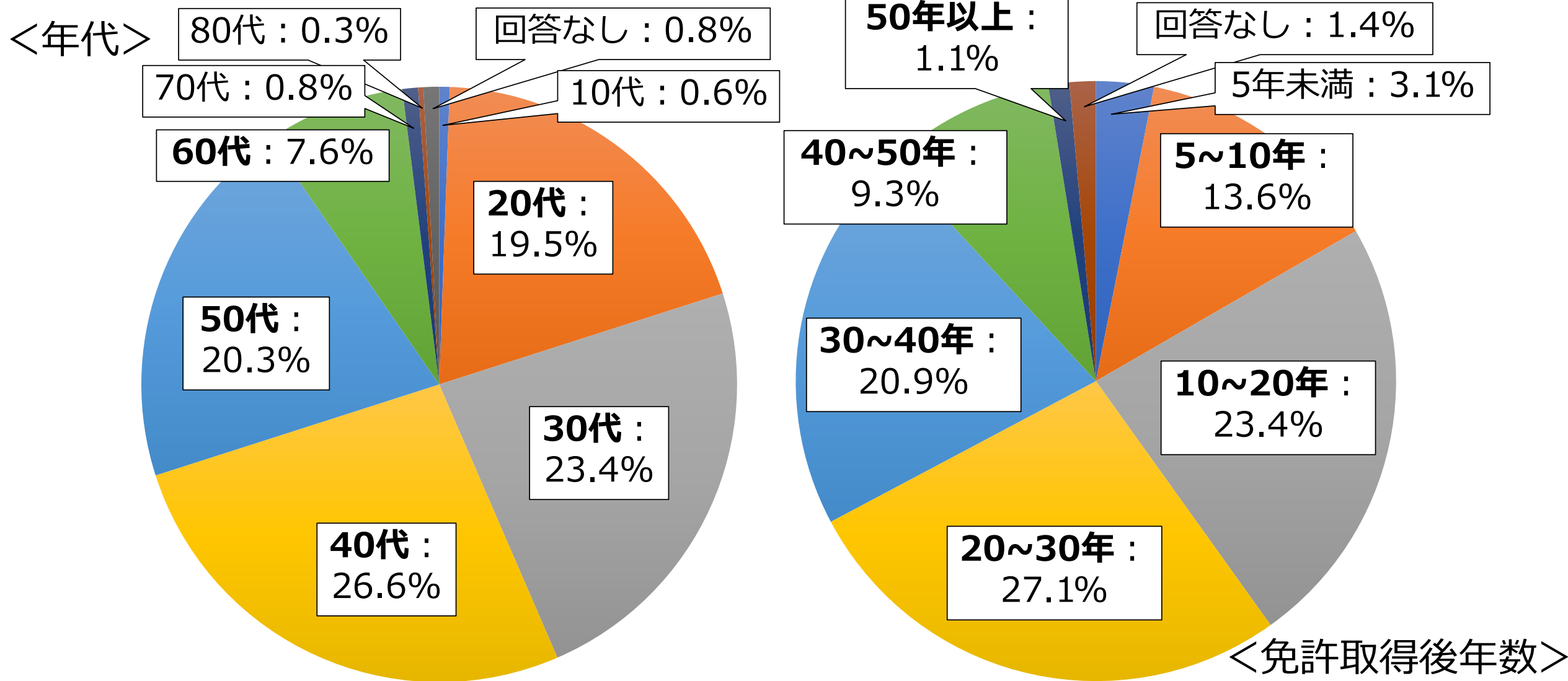
運転席視界の妨げにならない事を確認



ブレーキ踏下を横から確認する位置

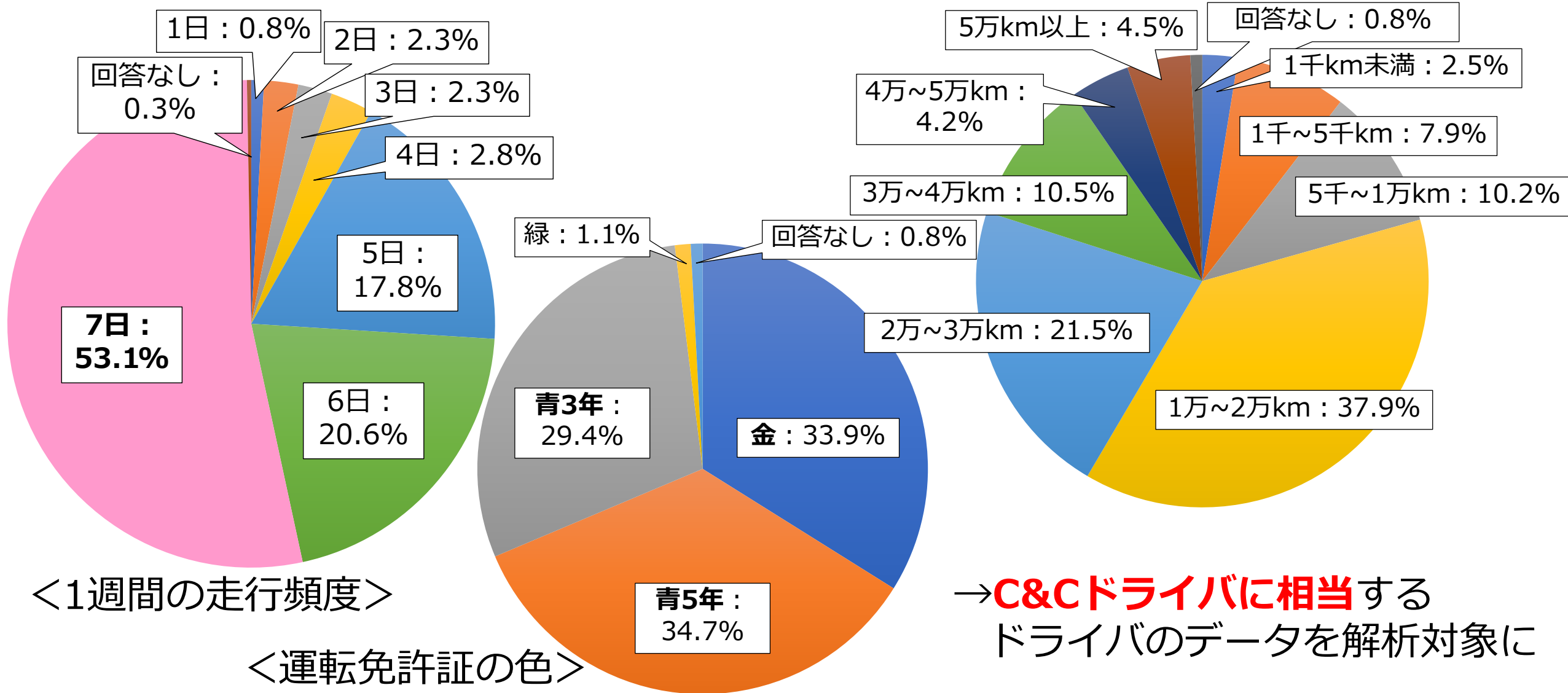


3. 実交通環境における計測 -ドライバ属性1-



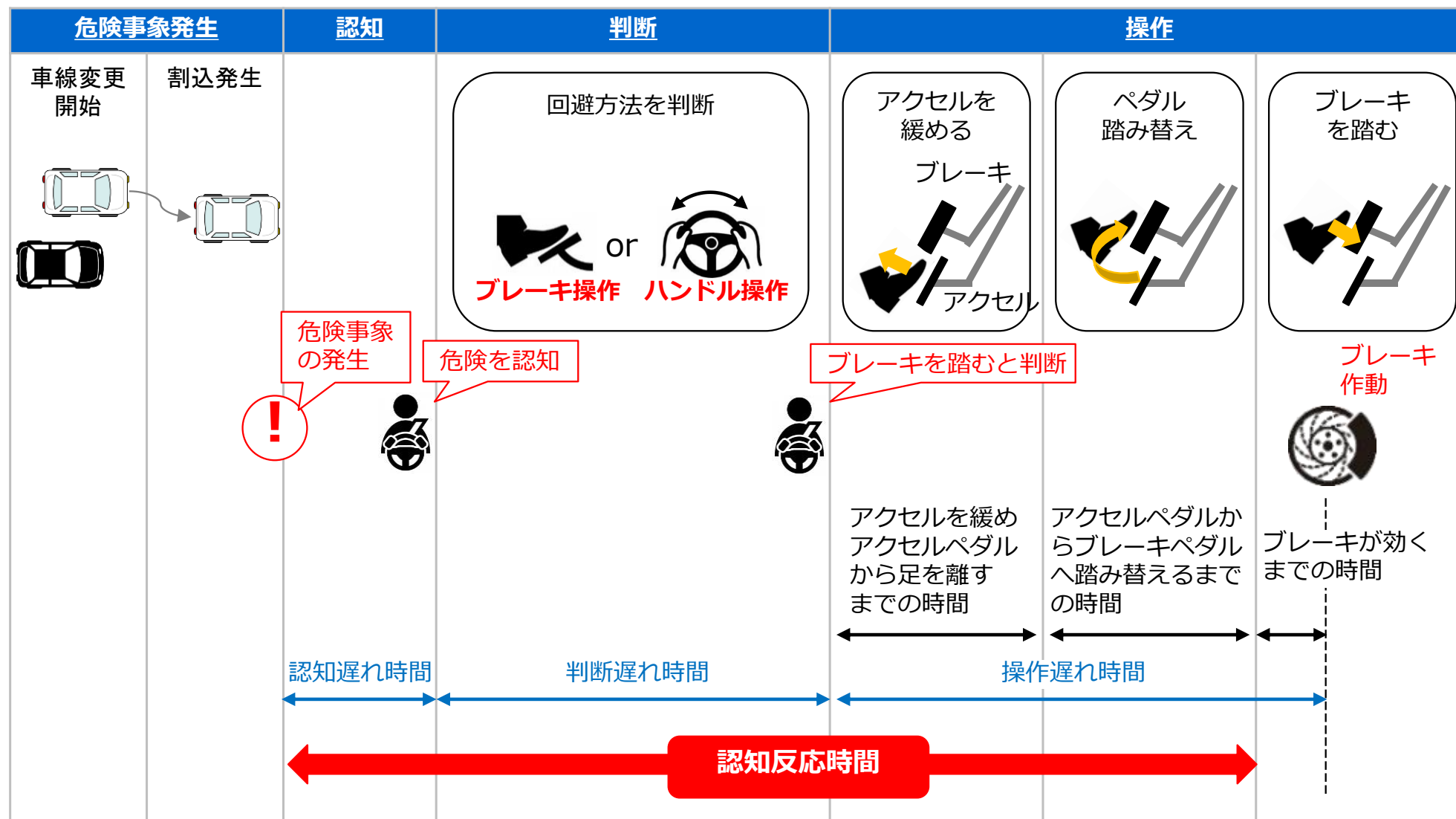
3. 実交通環境における計測 -ドライバ属性2-

＜年間走行距離＞



→ **C&Cドライバに相当**する
ドライバのデータを解析対象に

3. 実交通環境における計測-認知反応時間の定義-



3. 実交通環境における計測－認知反応時間の始点－

	参考画像	危険事象の発生時点	件数
① 急制動		先行車との相対速度が急増した瞬間	379
② 割り込み/ 幅寄せ		対象車両の前輪タイヤが白線を踏んだ瞬間	62
③ 出会い頭		対象車両の一部が見えた瞬間	258
④ 飛び出し		歩行者・自転車等の一部が見えた瞬間	217

3. 実交通環境における計測－事例紹介－



■ イベント録画時の環境条件

事象	天候	道路形状	速度域	自車の動作	対象
割り込み/幅寄せ	晴れ	高速道路(本線)	100~110	直進	大型車

3. 実交通環境における計測－データ分析の流れ－

判断基準



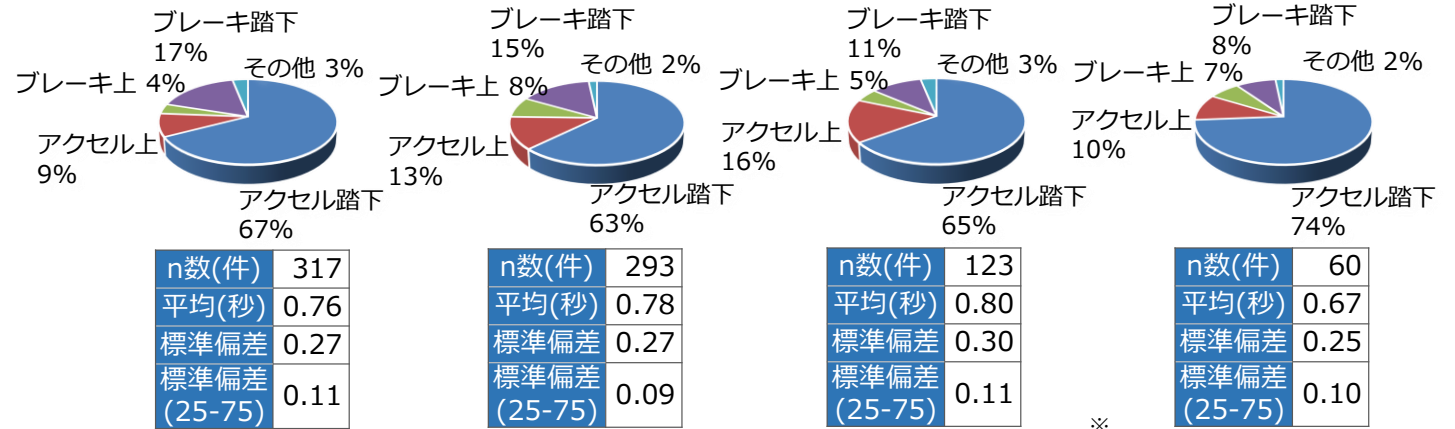
4. 分析結果及び考察－実交通環境の認知反応時間－

➤ 認知反応時間

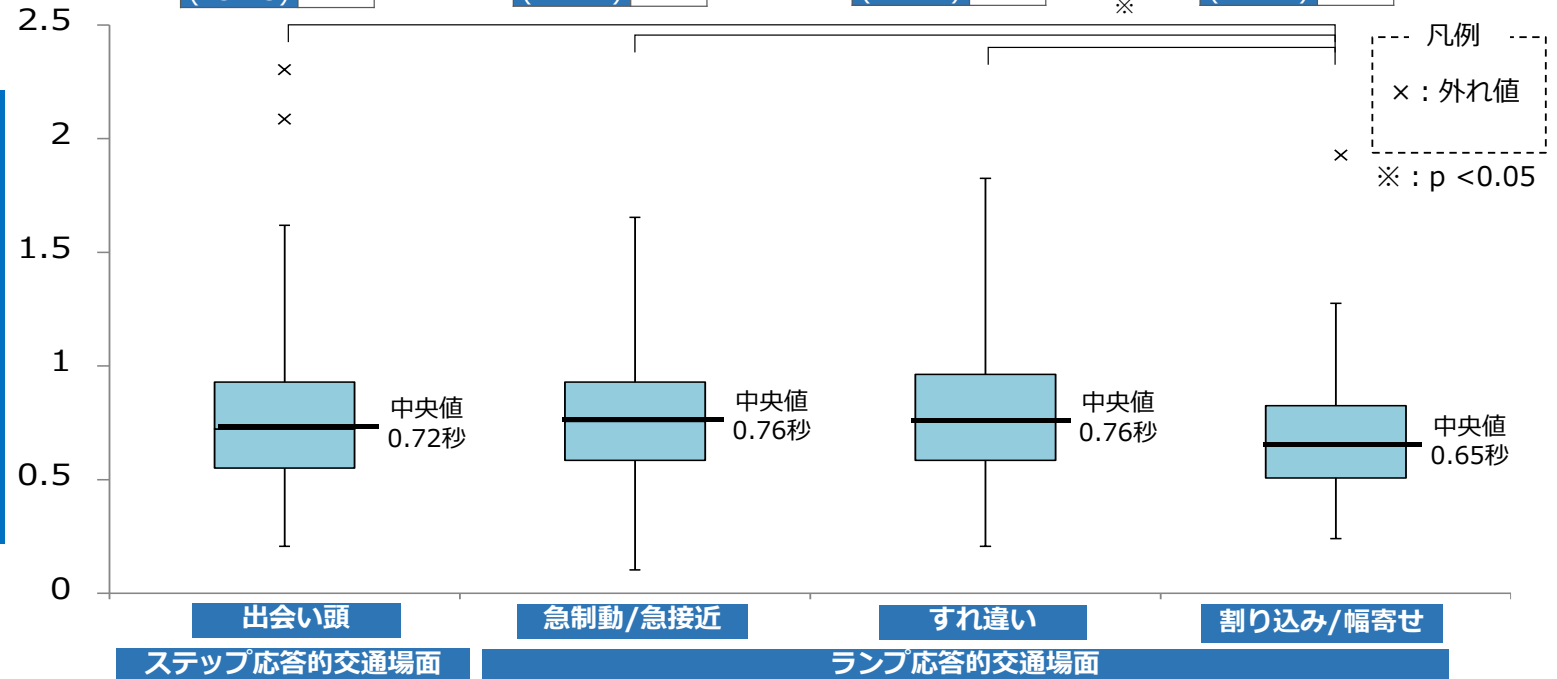
- ✓ 平均値 0.76-0.8秒
- ✓ 中央値 0.72-0.76秒

➤ 割り込み／幅寄せ条件は他の条件より有意に短い

足の初期位置

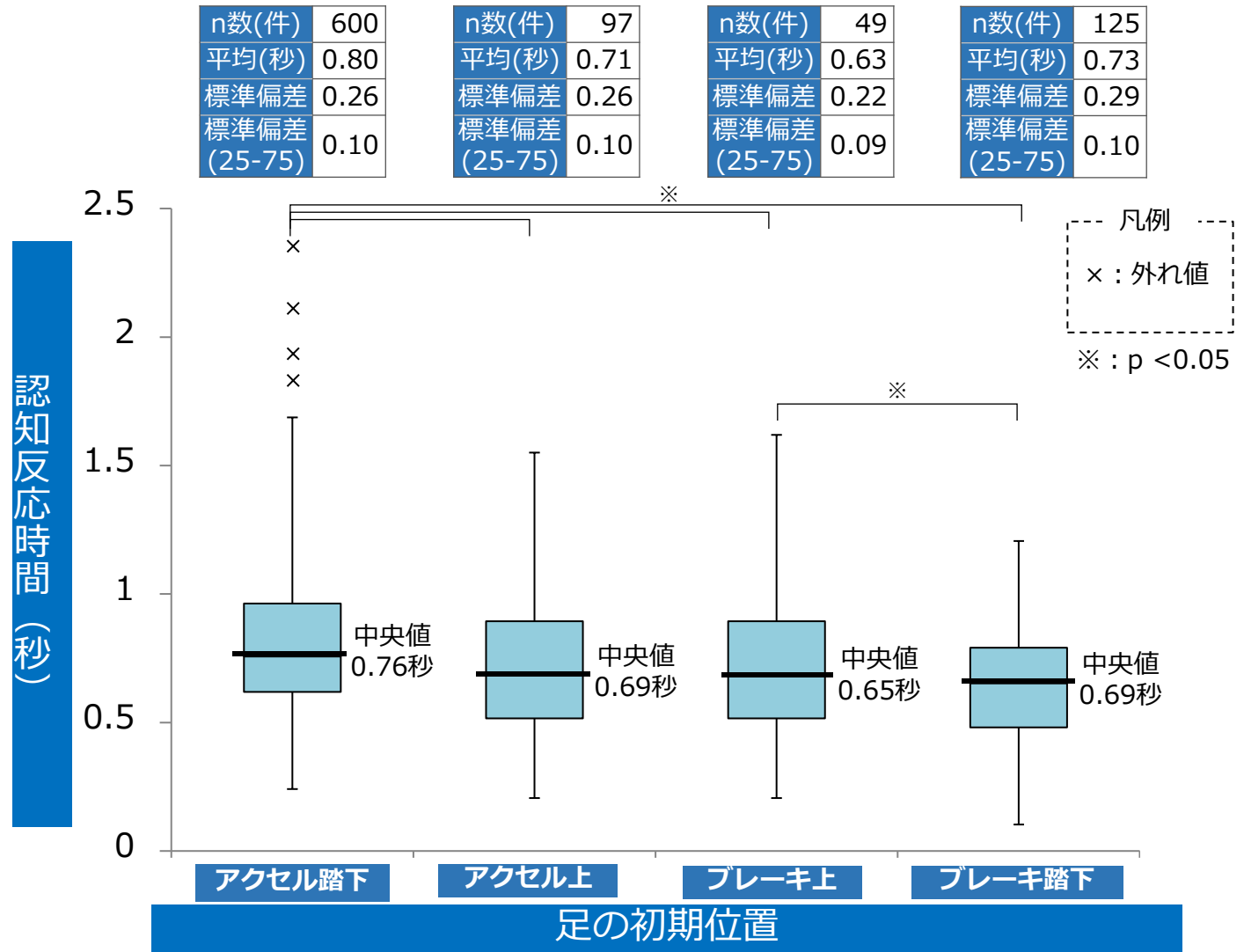


認知反応時間(秒)



4. 分析結果及び考察－足の初期位置の影響－

- 認知反応時間に影響があると考えられる要因を分析
- 危険事象発生時点で、15-23%はブレーキペダルに足が載っている⇒アクセルに足が載っているときよりも有意に短い
- 年代，時間帯，天候，対象，自車動作の影響なし



4. 分析結果及び考察－先行研究*との比較－

標準偏差が大きいものの、先行研究の実験値と同じ範囲にある

	場面・対象	サンプル数	平均値**	中央値**	標準偏差**
本研究	出会い頭	317	0.76	0.72	0.27
	急制動／ 急接近	293	0.78	0.76	0.27
	すれ違い	123	0.80	0.76	0.30
	割込み／ 幅寄せ	60	0.67	0.65	0.25
近藤	ランプ刺激	120	0.72	0.68	0.19
小野田	先行車の制動	18	0.61	0.62	0.06
牧下	飛び出し	25	0.70	0.67	0.15

*スライド5のうち
標準偏差まで計算
できたもの

**原典掲載の
データより算出

5. まとめ

実交通環境にある人間ドライバの認知反応時間は、バラつきが大きいものの、先行研究の実験値と同じ範囲にあり、広く用いられている認知反応時間0.75秒は実交通環境にある心理的準備の整っていない人間ドライバに対しても妥当である。

⇒C&Cドライバの空走時間を0.75秒として、事故を起こしてはならない条件を定め、この条件において自動運転車も事故を起こさないことを求める

ご清聴ありがとうございました.

本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP20007）の結果得られたものです.

二次タスクが運転引継ぎ行動に及ぼす影響の評価

自動車安全研究部
上席研究員 関根 道昭

講演内容

- 1．背景
- 2．二次タスクと運転引継ぎ
- 3．実験
- 4．まとめ
- 5．今後の課題

1. 背景

- レベル3以上の自動運転では、認知、判断、操作を車両システムが行う



ドライバは運転以外の作業（**二次タスク**）が可能となる

- 道路交通法(2019年5月改正)

- ◆ 走行中の運転者の禁止事項

- 携帯電話、自動車電話等の**保持通話**
- カーナビ画面等に表示された**画像の注視**

- ◆ 自動運転中にドライバが直ちに適切に対処できる場合はこれらを適用しない

- 将来、**保持通話**や**画像注視**以外の二次タスクが許容される可能性がある



二次タスクの安全性を評価する方法が課題

2. 二次タスクと運転引継ぎ

- 国連協定規則第157号 (UN-R 157) : 自動車線維持システム
 - ◆ 自動運転車は、運行設計領域から外れる前に**運転引継ぎ要請 (TOR*)**を提示する
 - ドライバは二次タスクを中断し、即座に運転を引継ぐ必要がある
- 二次タスクの作業負荷により運転引継ぎ時間が異なる可能性がある

* Take Over Request

二次タスク作業負荷	運転引継ぎ時間
小さい	短い
大きい	長い

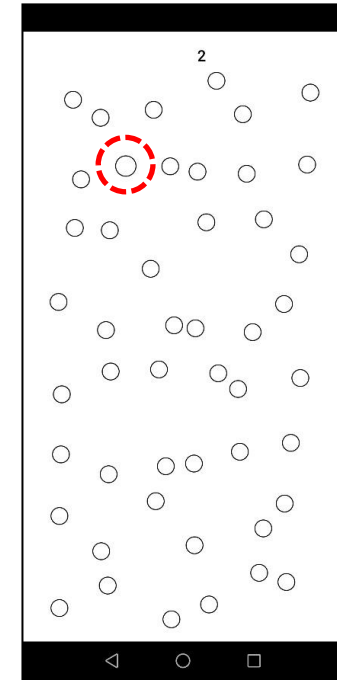
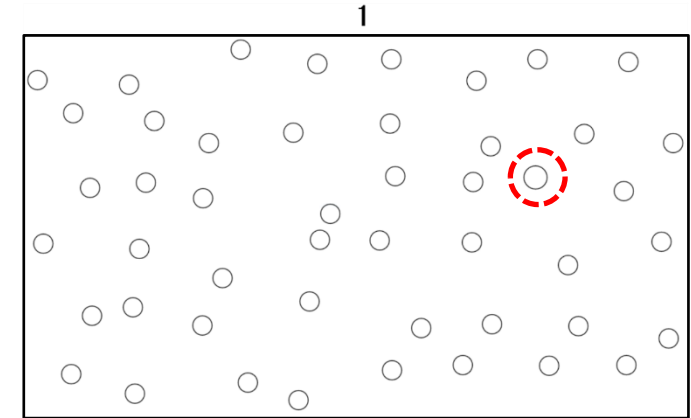
二次タスクの**作業負荷**が運転引継ぎ行動に及ぼす影響を評価

画面の種類が運転引継ぎ時間に与える影響(先行研究)

関根, 澤間, 榎本, 加藤, 自動運転中のセカンダリアクティビティ評価手法の実験的検討, 自動車技術会論文集, 2021, 52 巻, 4 号, p. 788-793

● 実験参加者、シナリオ

- ◆ ドライビングシミュレータ(DS)により高速道路を自動走行
- ◆ カーナビかスマートフォンを使って二次タスクを行う
 - 複数の円の中から大きい円を探して選択(SuRT)
- ◆ 運転引継ぎ要請(TOR)が出たら運転を引継ぐ
 - 画面の違いが運転引継ぎ時間に及ぼす影響を比較



● スマホ作業の運転引継ぎ時間は、カーナビ作業よりも長い

⇒ より複雑な二次タスクを検討する必要がある

二次タスクの作業負荷レベルと関与するリソース

- 作業負荷レベル

- ◆ 二次タスクを構成するリソースの数が増えるほど高い

- ◆ リソースの関与度(+の数)も影響

作業負荷 レベル	関与するリソース					二次タスクの例
	視覚	聴覚	手操作	音声 操作	認知 記憶	
0						二次タスクなし
1		+		+	+	会話, 電話など
2	++	+			+	動画視聴など
3	++		++		++	メール操作など
4	+++	++	++		+++	ビデオゲームなど

3. 実験

- 実験参加者

- ◆ 運転免許の保有者を研究所外部から募集
- ◆ 20歳代から50歳代の男性11名、女性11名（平均年齢41.6歳、標準偏差14.2歳）
- ◆ 交通安全環境研究所の「人間を対象とする実験に関する倫理規程」に準拠

- ドライビングシミュレータ（FORUM8製）

- ◆ 正面スクリーンまでの距離は3.54 m
- ◆ 水平方向視野角180度以上
- ◆ 鉛直方向視野角20度以上

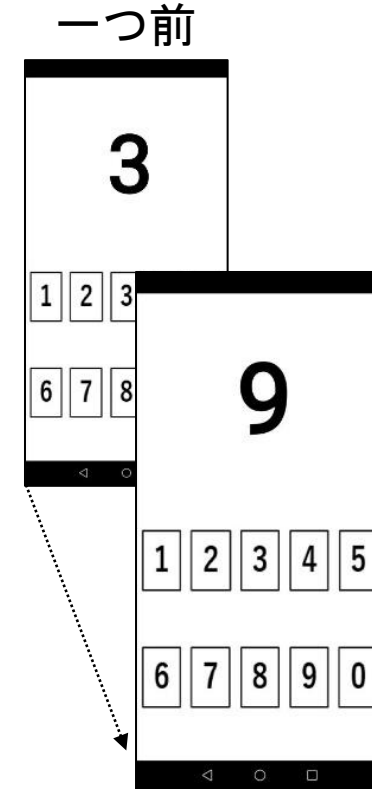
- 運転引継ぎ要請（TOR）警告音

- ◆ 助手席側に設置したスピーカ
- ◆ 周波数1.6 kHz、吹鳴周期8 Hz、音圧レベル70dB(A)の音を4秒間提示



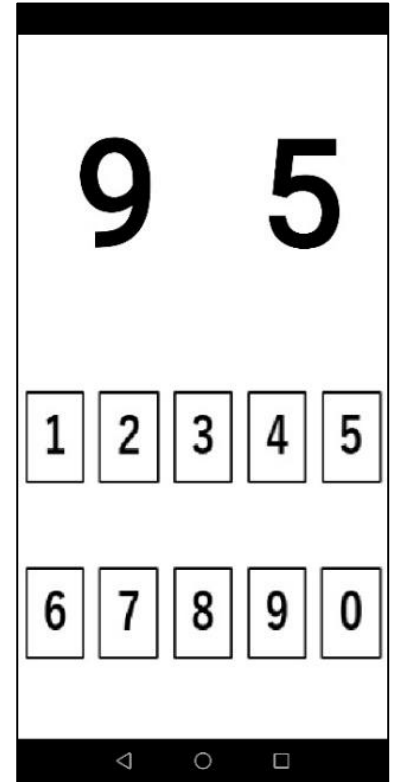
作業負荷レベルと二次タスクの例

- 作業負荷レベル0: **二次タスクなし**
 - ◆ スマートフォンを手を持つのみ
- 作業負荷レベル1: **音声1-Back**(音声通話を模擬)
 - ◆ 0~9の乱数をスマートフォンから**音声**で連続的に提示
 - ◆ 1つ前に提示された数字を**口頭**で回答
- 作業負荷レベル2: **動画視聴**
 - ◆ スマートフォンでNHKの教養・科学番組の録画を視聴
 - ◆ 走行終了後、動画に関する質問に2~3問回答
- 作業負荷レベル3: **メール操作に相当する作業**
 - ◆ **画面1-Back**: 1-Backの問題を**画面**に表示し、答えを**画面で入力**
 - ◆ **計算**: 2つの一桁乱数を加算し、下一桁を**画面で入力**



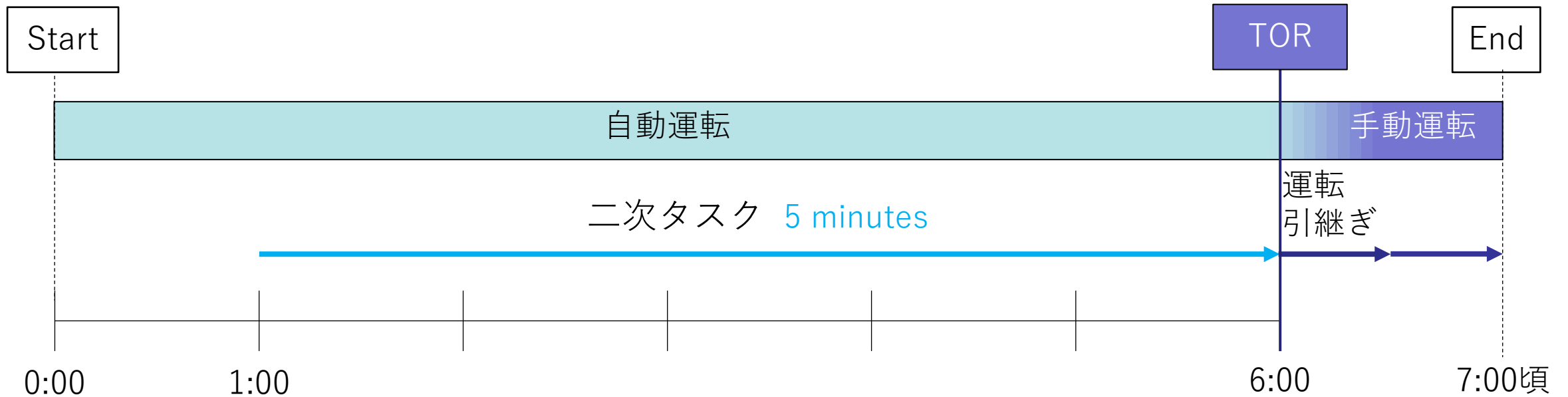
画面1-Backの例

(回答を下の数字ボタンで入力)



計算課題の例

1走行の流れ

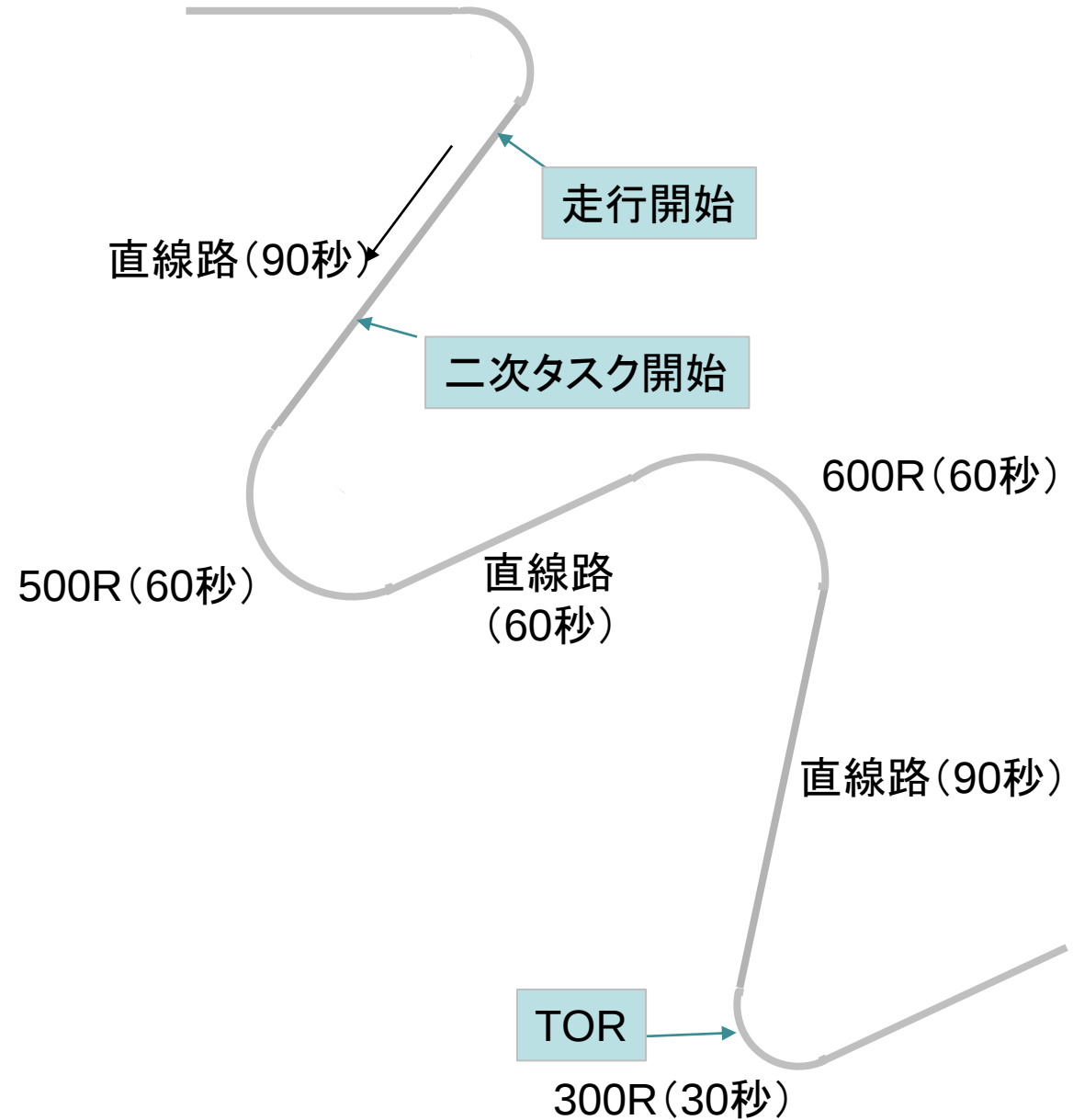


- 走行開始から1分後、5分間二次タスクを行う
- 開始6分でTORを提示、運転を引継ぎ、適切な運転を行う
- TOR時の道路形状2条件(カーブ・直線路) × 二次タスク5条件 = 10走行
 - ◆ 実験参加者ごとにランダムな条件順序で行う

走行コース



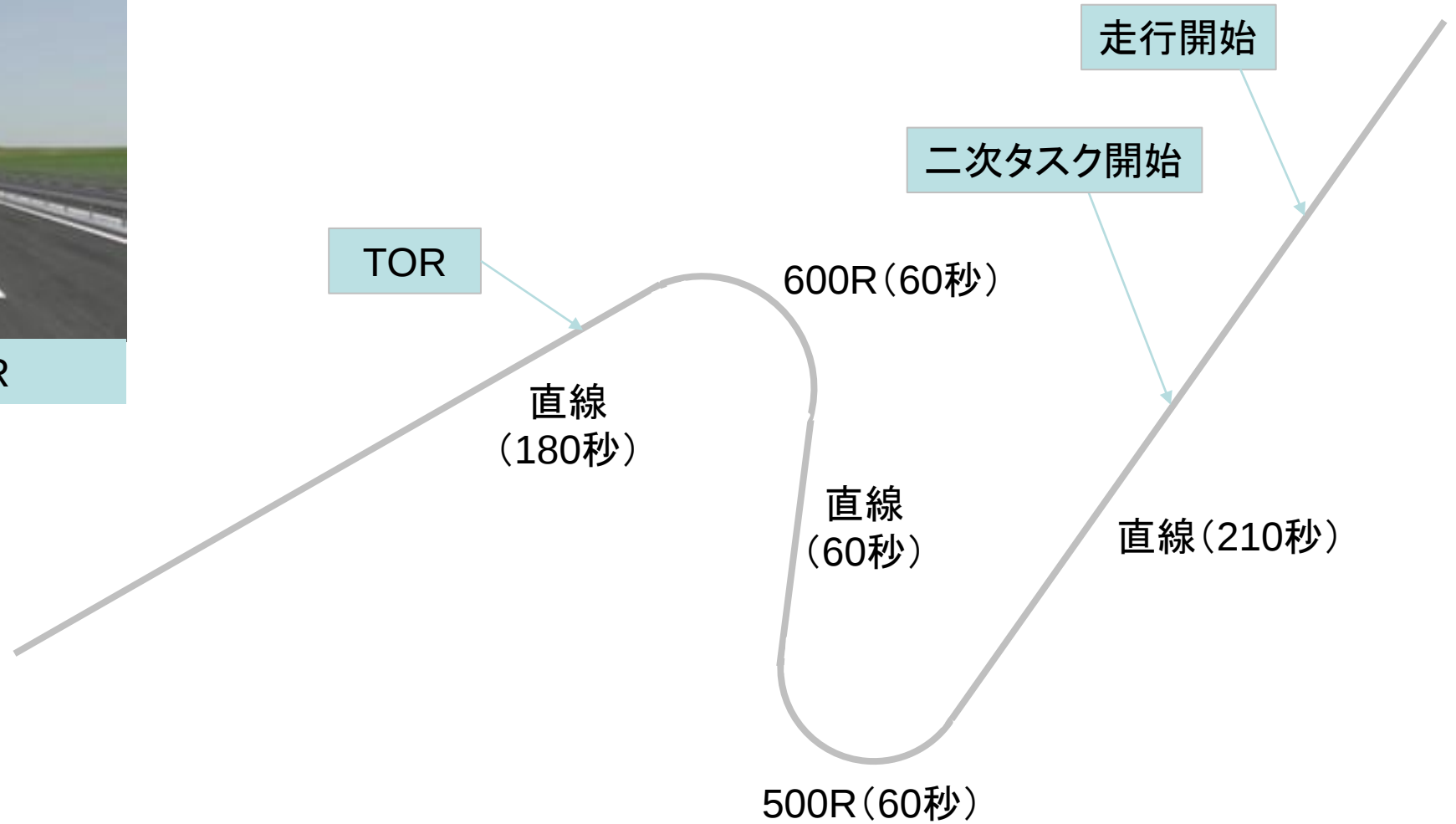
カーブ走行中にTOR



走行コース



直線走行中にTOR



TOR後の車両挙動(運転を引継がない場合)

TOR:カーブ

TOR直後

自動運転継続



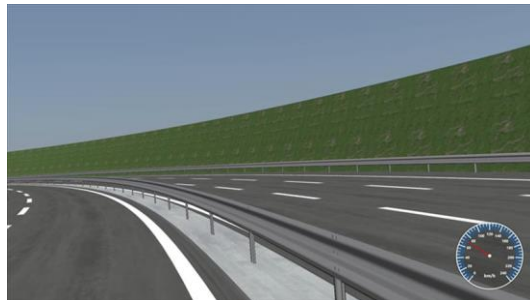
5秒後

自動運転解除



8秒後

ガードレールに
接触



TOR:直線路

TOR直後

自動運転継続



5秒後

自動運転解除



10秒後

停止車両に
接触



運転引継ぎ時の運転行動の映像解析

【TOR:カーブ】

- 眠気
- 右に寄る
- 右車線に逸脱
- 左に寄る
- 左車線に逸脱
- ふらつきあり

【TOR:直線路】

- 眠気
- 減速
- 停止
- 停止車両に接近
- 左に車線変更
- 右に車線変更
- 第2走行車線に戻る
- 中央分離帯に接触
- 右車線の車両に接近

窓外映像

前方

右方

ドライバーの様子

手元

頭部

足元

ステータス



実験映像の例 (TOR:カーブ、画面1-Back)

TOR後の運転行動(記録映像から分類、実験参加者22名)

TOR:カーブ(車線逸脱回避)

運転行動	二次タスク条件				
	なし	動画	音声 1-Back	画面 1-Back	計算
眠気	2	0	0	0	0
ふらつきなし	6	3	4	7	8
右に寄る	15	14	12	11	13
右車線に逸脱	1	3	4	1	0
左に寄る	3	2	3	2	3
左車線に逸脱	1	0	2	0	0
ふらつきあり	7	8	8	8	5

半数以上が適切にステアリング操作できず
車両挙動が一時的に不安定

TOR:直線路(障害物回避)

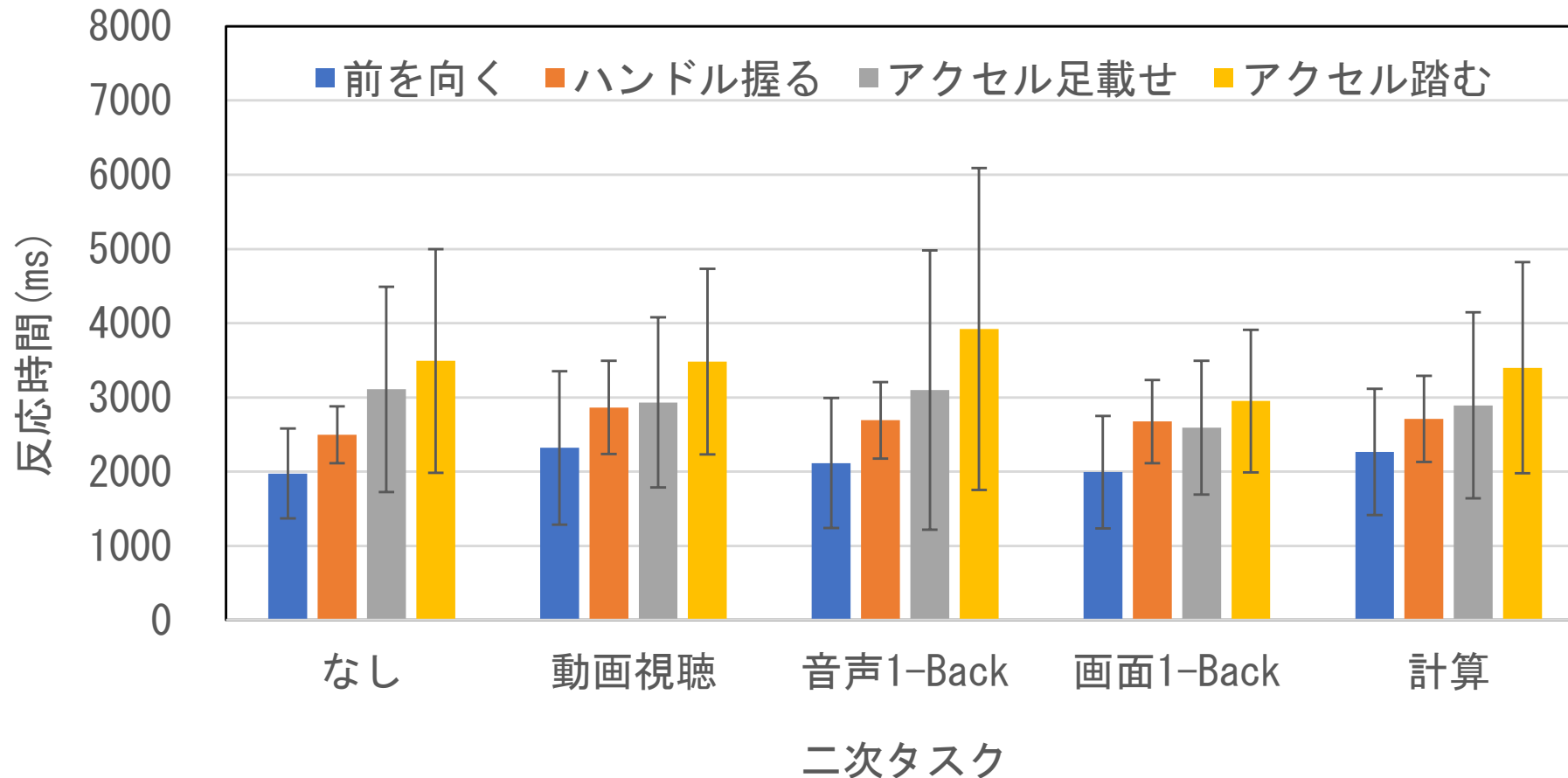
運転行動	二次タスク条件				
	なし	動画	音声 1-Back	画面 1-Back	計算
眠気	5	0	0	0	0
減速	15	13	13	13	12
停止	13	13	12	13	12
停止車両に接近	5	2	5	3	1
左に車線変更	1	1	2	2	2
右に車線変更	10	10	9	9	9
中央レーンに戻る	6	6	6	7	7
中央分離帯に接触	0	2	1	0	0

半数以上が減速・停止
残りは車線変更(多くは安全確認が不十分)

- 二次タスクと運転行動の関係は認められない
- 二次タスクなしでは眠気を感じる場合がある

運転引継ぎ時間(映像解析より)

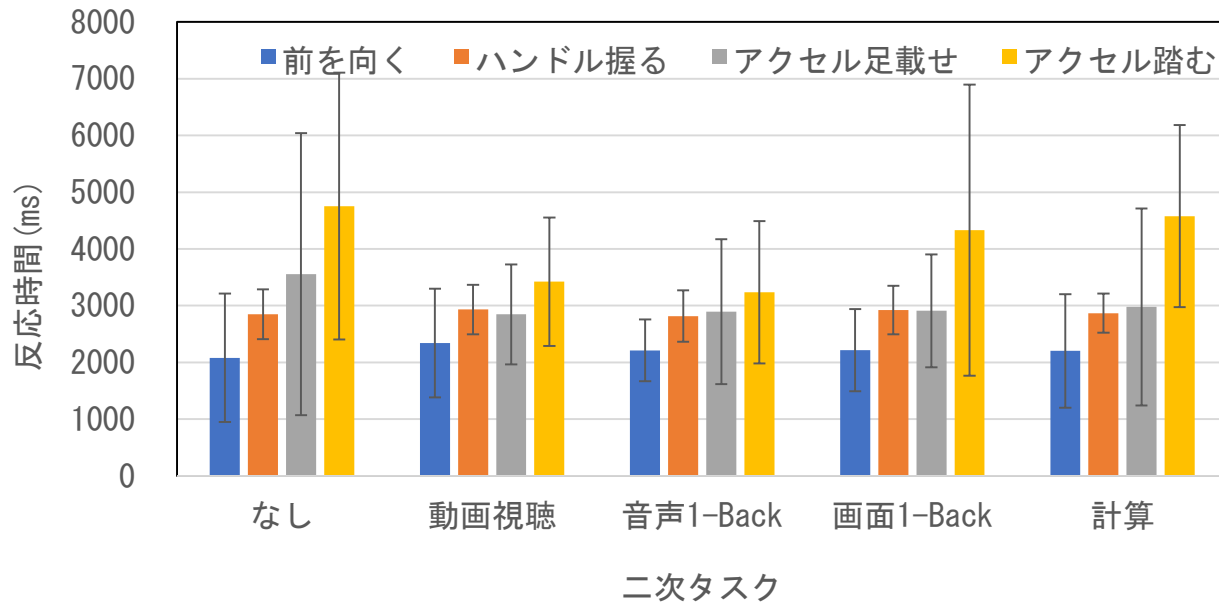
TOR:カーブ



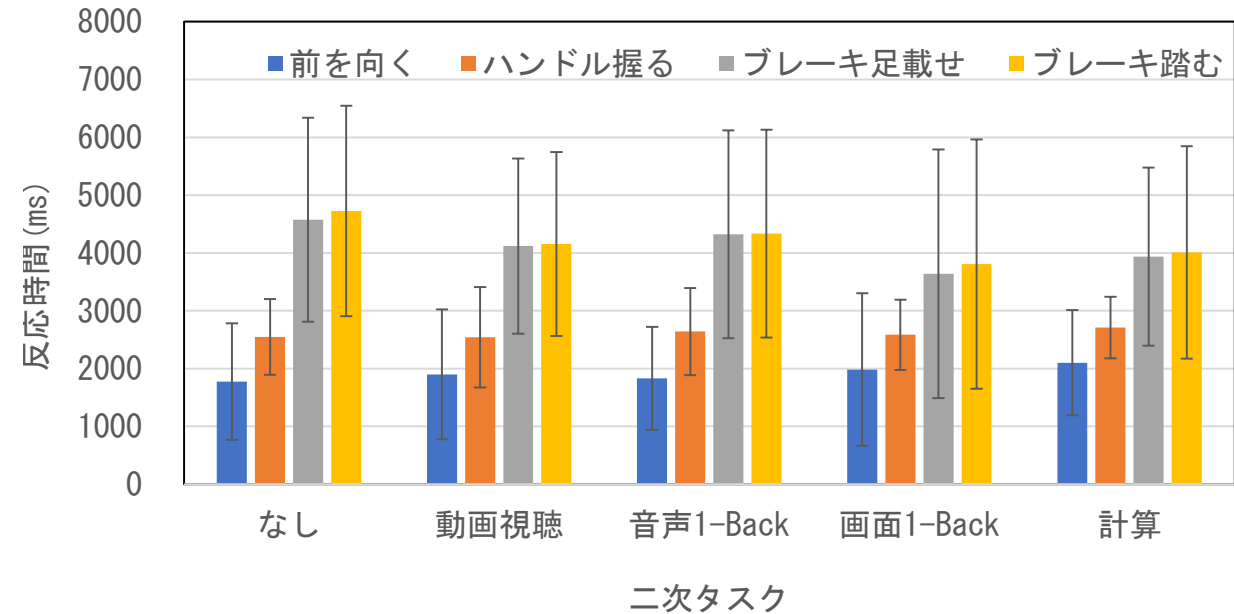
- 二次タスク作業負荷による反応時間の差は小さい

運転引継ぎ時間(映像解析より)

TOR: 直線路、車線変更(アクセル操作)

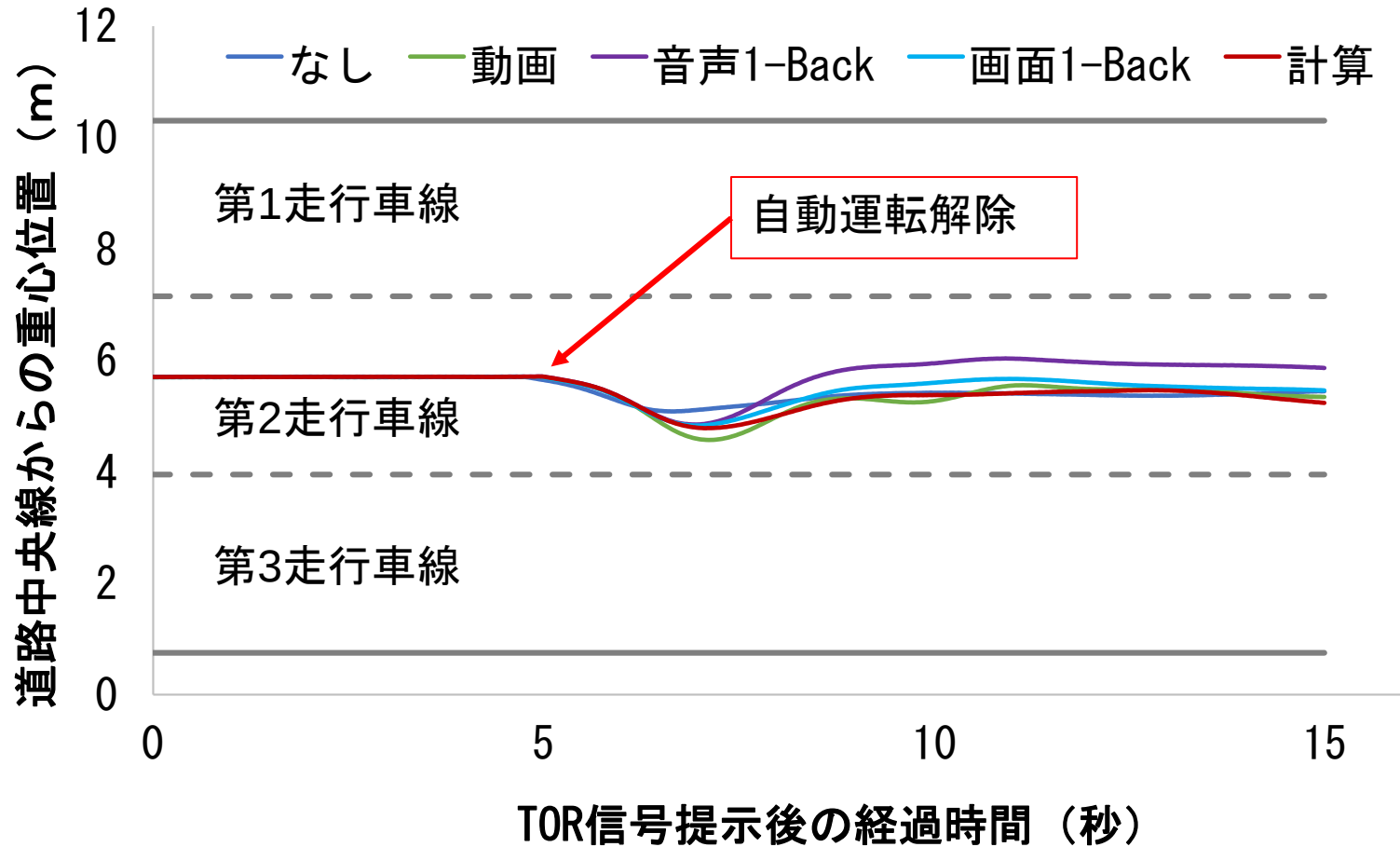


TOR: 直線路、減速・停止(ブレーキ操作)



- 停止車両に対する対応方法により、実験参加者が二分される
 - ◆ 車線変更: アクセルに足を載せ、一拍おいてから踏み込む
 - ◆ 減速・停止: アクセルからブレーキに踏みかえて、すぐにブレーキを踏み込む
- 二次タスク作業負荷による反応時間の差は小さい

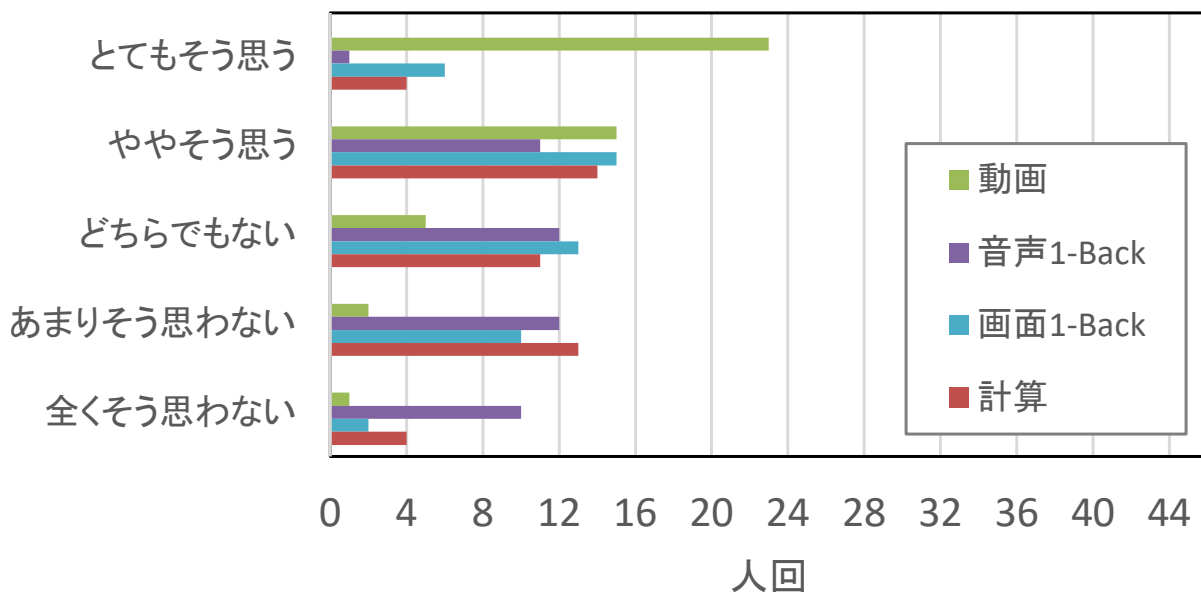
TOR:カーブにおける車両挙動の例



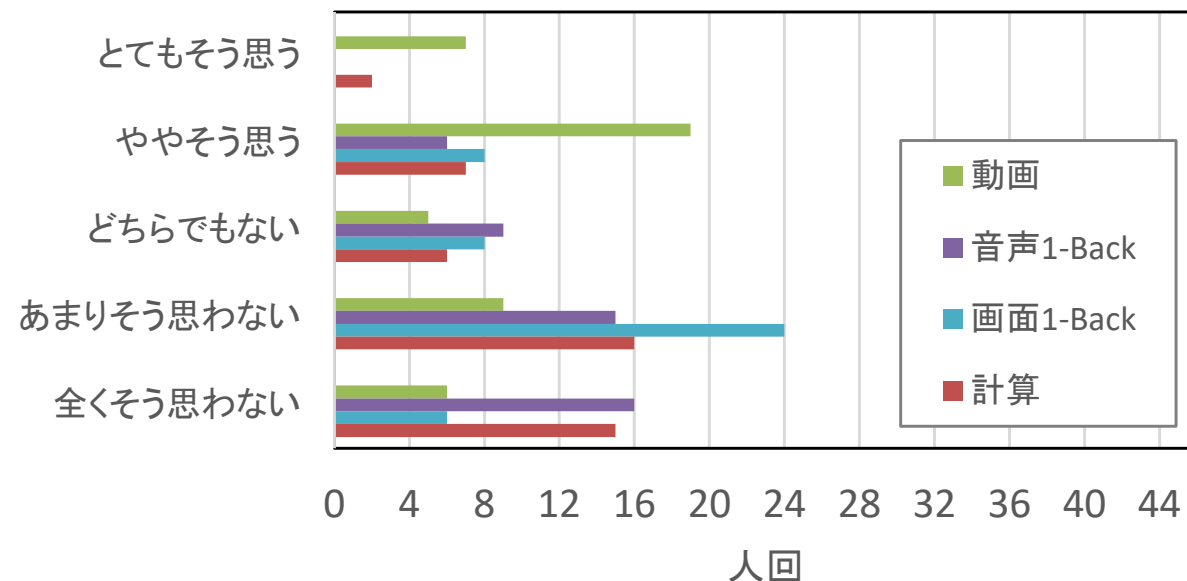
- 車両挙動により二次タスクの影響を定量的に評価できる可能性あり
 - ◆ 車線中央線から逸脱する大きさ、挙動が安定するまでの時間など

アンケート結果(各走行後に取得、カーブ・直線路の合計)

「スマートフォンの課題を楽しく行うことができた」



「手動運転への呼び戻し合図時に、スマートフォンの課題を続けたいと感じた」



● 動画視聴は好まれる二次タスク

- ◆ 今回は、実験者が用意した動画6本から見たいものを選択
- ◆ 好みの動画に集中、没入している場合、運転引継ぎが遅れる可能性あり

4. まとめ

● 二次タスクの種類が運転引継ぎ時間に与える影響

◆ 二次タスクの違いによらず運転引継ぎ時間は同程度

- TOR警告音の緊迫感が高く明瞭だったため、運転引継ぎ時間を一律に短縮させた可能性がある
 - ✓ 警告音の緊迫感が低い場合を検討する
 - ✓ 身体能力や聴力が低下した高齢者の運転引継ぎ時間についても確認する

◆ 「二次タスク無し」の運転引継ぎ時間は必ずしも短くない

- 覚醒度や注意力を維持できる適切な二次タスクの検討が必要
- 好みの動画やゲームなどに集中、没入している場合の検討も必要

● 運転引継ぎ後の運転挙動

- ◆ 直線路：停止車両への対応の仕方が実験参加者によって大きく異なる
- ◆ カーブ：実験参加者ごとの反応の個人差が小さい
 - カーブにおける車両挙動や操舵の安定性などを数量的に分析する

5. 今後の課題

- 車両挙動の分析による二次タスクの定量評価
- 二次タスクの集中度、没入度が運転引継ぎに与える影響
- TOR信号の明瞭度、強度と運転引継ぎの関係
- 高齢者における運転引継ぎ時間、車両挙動、受容性など

本発表は令和二年度に自動車基準認証国際化研究センター(JASIC)から受託した研究成果の一部を報告したものです

この研究にご協力いただいた関係者に謝意を表します