

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／
自動運転の高度化に則したHMI及び安全教育方法に
関する調査研究」

2021年度分 成果報告書

概要版

学校法人慶應義塾 慶應義塾大学
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人筑波大学
東京都ビジネスサービス株式会社

2022年3月

課題A

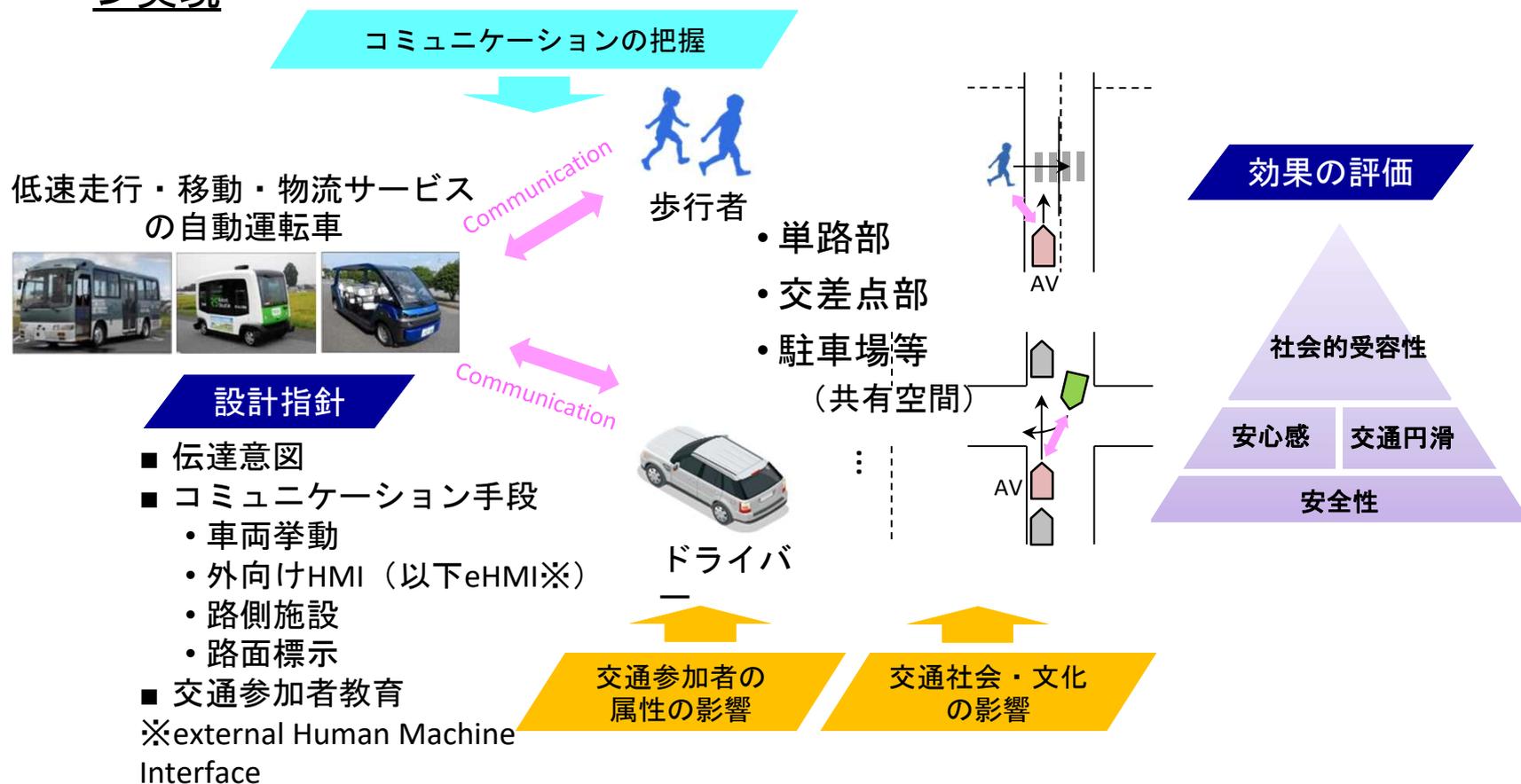
低速走行の移動・物流サービスにおける自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションに関する研究開発

学校法人 慶應義塾 慶應義塾大学

課題A概要

低速走行の移動・物流サービスの自動運転車（Level 3 or 4）が備えるべき、周囲交通参加者とのコミュニケーション手段・交通参加者が備えるべき知識（一部、Level 2以上のオーナーカーのコミュニケーションを含む）

安全で安心・円滑な自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーション実現



課題Aにおける研究開発の流れ

目的: 低速走行の移動・物流サービス等を, 知識を抽出対象にした自動運転車と周囲交通参加者との安全・安心で円滑なコミュニケーション実現のための方法・手段

① 周囲交通参加者とのインタラクション・コミュニケーションの現状把握

低速走行, 移動・物流サービス, ドライバーレス, 道路環境, 交通状況等の影響 **ユースケース抽出**

2019年度実施

② 周囲交通参加者とのコミュニケーション方法による負の影響への対応

自動運転車1台 → 周囲交通参加者: 1名, 複数名
負の影響への配慮 (道路環境や交通状況の特徴考慮)
(オーナーカーを含む)

重要なユースケースをVR/DS等に設定

③ 周囲交通参加者とのコミュニケーション手段・方法の開発・必要な知識の抽出

車両挙動, eHMI, 路側HMI, 路面標示等
自動運転者とのコミュニケーションに必要な知識
(重要となるユースケース等を対象に実施)

・VR/DS実験
・試験走路実験
・質問紙調査 (Web調査, 地域住民)



2020年度実施

④ 周囲交通参加者とのコミュニケーション手段・方法の開発・必要な知識の検証

車両挙動, eHMI, 路側HMI, 路面標示, 交通参加者教育等の効果検証
(実証実験や実道観測による効果検証)

2021年度実施

・コミュニケーションが必要となるユースケースとその特徴
・外向けHMI・路面標示等のデザインファクターのガイダンス

日本自動車工業会への成果提供
ISO(TC22/SC39/WG8)への成果提供
/国際標準化活動の支援
国土交通省への成果提供

社会的受容性

安心感 交通円滑

安全性

・交通参加者のコミュニケーションのエデュケーションファクターのガイダンス

警察庁等への成果発信
地方自治体等への成果発信
教育機関への成果発信

安全で安心・円滑な自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーション実現

A-i 低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションに関する現状把握

宿泊施設敷地内の実証実験の映像解析

- 課題
 - 実道環境において低速自動運転車と他の交通参加者のコミュニケーションで失敗が観測される場面や要因が把握できていない
 - コミュニケーションで失敗が観測される場면을解消する施策がわからない
 - 歩車混合道路におけるコミュニケーションがわかっていない
- 目的
 - 低速自動運転車と他の交通参加者のコミュニケーションにおける不安全や非効率な場면을抽出する
 - 不安全や非効率が生じる要因を考察する
 - 不安全や非効率を解消する施策を検討する
- 方法
 - 静岡県御殿場市の御殿場高原時之栖において8月21日から28日の8日間の実証実験で走行した自動運転車に搭載したドライブレコーダーの映像を用いる
 - 低速自動運転車と他の交通参加者のコミュニケーションが観測された場면을抽出する
 - 自動運転車, 交通参加者, 道路環境等をデータ化する



自動運転車(ゴルフカート型)

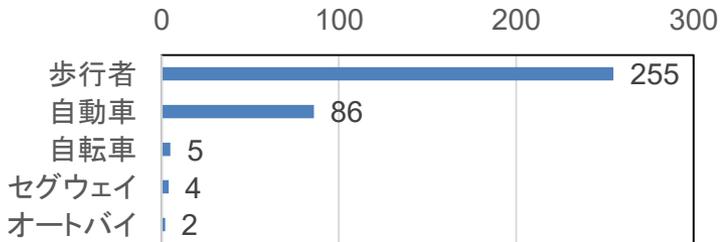


対象地(時之栖園内)

<https://www.tokinosumika.com/guide/>

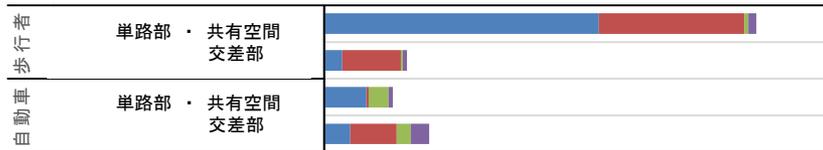
宿泊施設敷地内の実証実験の映像解析

・ コミュニケーションの相手と種類の頻度



自動運転車とそれぞれの交通参加者とのコミュニケーションの頻度

■ 接近・回避 ■ 横断 ■ 追越 ■ その他



自動運転車と自動車のコミュニケーションの頻度

・ 歩行者とのコミュニケーションの失敗場面



歩行者がスマホ歩きをしている



高齢の男性が気づかないまま接近

・ 低速自動運転車が引き起こしやすい不安全や非効率を解消するための施策

- ・ 走行時の音が小さい(電気自動車・低速)ことや不自由な走行軌道(迂回できない)によって注意力の低い歩行者(スマホ歩き, 高齢者, 子どもやその親)と接近するケースでは, 音を鳴らすこと(または徐々に音を大きくする)によって解消することが考えられる。
- ・ アイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないことによって判断力の低い歩行者(子ども)と接近するケースでは, eHMIによって解消することが考えられる。
- ・ 固定された加減速や不自由な走行軌道やアイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないことによって歩行者が自動運転車の挙動や意図(右左折や停止)を理解しにくいケースでは, 右左折前は必ず止まるように車両挙動を制御し, その後のコミュニケーションはeHMIによって解消することが考えられる。

自動運転車と従来の自動車それぞれのコミュニケーションの比較

・ 課題

- ・ 実道環境において低速自動運転車と他の交通参加者のコミュニケーションで失敗が観測される場面や要因が把握できていない
- ・ コミュニケーションで失敗が観測される場면을解消する施策がわからない
- ・ 歩車混合道路におけるコミュニケーションがわかっていない

・ 目的

- ・ 自動運転車と従来の自動車それぞれのコミュニケーションの失敗場面と要因の違いを分析する

・ 方法

- ・ 島根県赤来高原における実証実験(2020年9月～10月)で取得した16日分の映像
- ・ 映像は自動運転車が通行する道の駅付近の駐車場及び交差点を情報から俯瞰的に撮影し取得
- ・ 自動運転車のインタラクション83件(全インタラクション), 従来の自動車のインタラクション100件(駐車場と交差点それぞれ無作為に50件ずつ抽出)



自動運転車(ゴルフカート型)



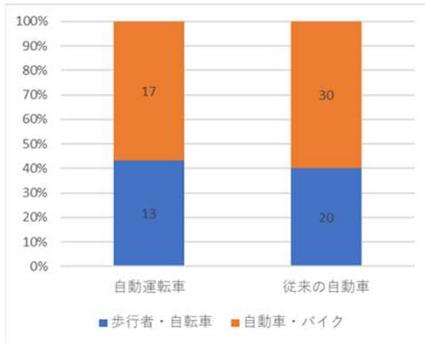
撮影の範囲(駐車場)



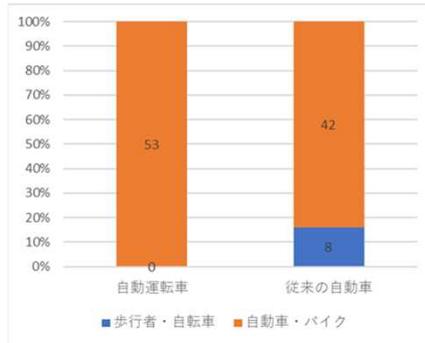
撮影の範囲(交差点)

自動運転車と従来の自動車それぞれのコミュニケーションの比較

結果



駐車場のコミュニケーション相手の頻度



交差点のコミュニケーション相手の頻度



自動運転車特有のインタラクションの失敗の例: お見合い



自動運転車特有のインタラクションの失敗の例: 歩行者への後方からの追い越し

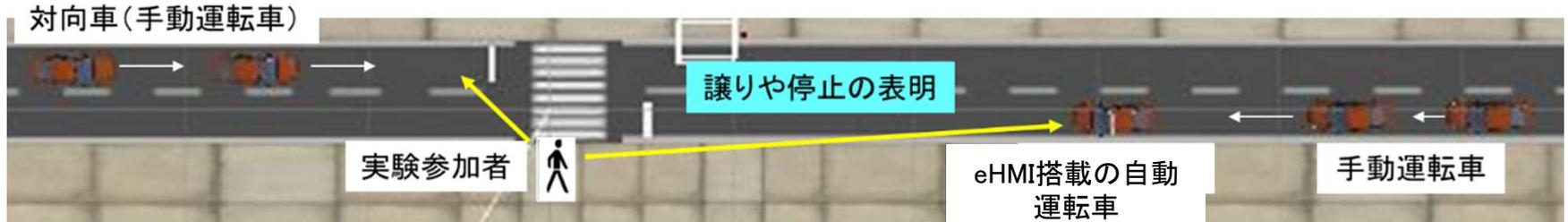
自動運転車と従来の自動車それぞれのインタラクションの失敗の違いに関する考察

- 自動運転車は不自由な走行軌道(軌道上でのみの通行)や交通の優先度の低さ(積極的に相手に譲る)から、後ろから歩行者を追い越すインタラクションにおいて非効率になる(時間がかかる)
- 自動運転車は他の交通参加者とお見合いした場面において、交通の優先度の低さ(積極的に相手に譲る)から、従来の自動運転車との挙動に違いがあり、相手の交通参加者を困惑させる(一般的には、先行する場面でも、自動運転車はほとんどのケースで譲るため、相手を困惑させる.逆のケース(自動運転車が譲る場面で譲らない)では危険な場面となる).
- 自動運転車が、機械による環境の認知(センサーによる相手との距離で進行及び停止を判断こと)によって、他の交通参加者の集団行動(追尾する行動)を理解せずに、衝突しそうになるケースがある。

A-ii 単一交通参加者や複数交通参加者とのコミュニケーションの特徴分析とコミュニケーションの成功・失敗に影響を及ぼす要因分析

- 自動運転車のeHMIにおける歩行者の依存や信頼感によって発生する負の影響を改善する方法を調査

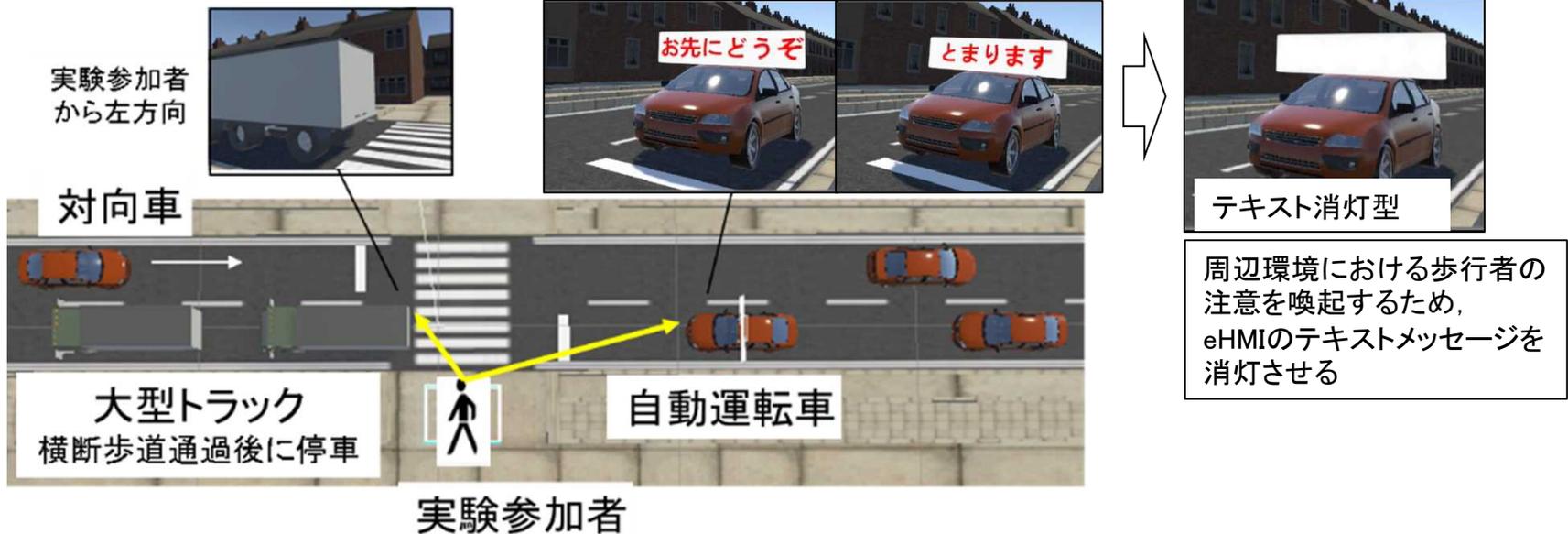
eHMI経験場面(1~10回目)



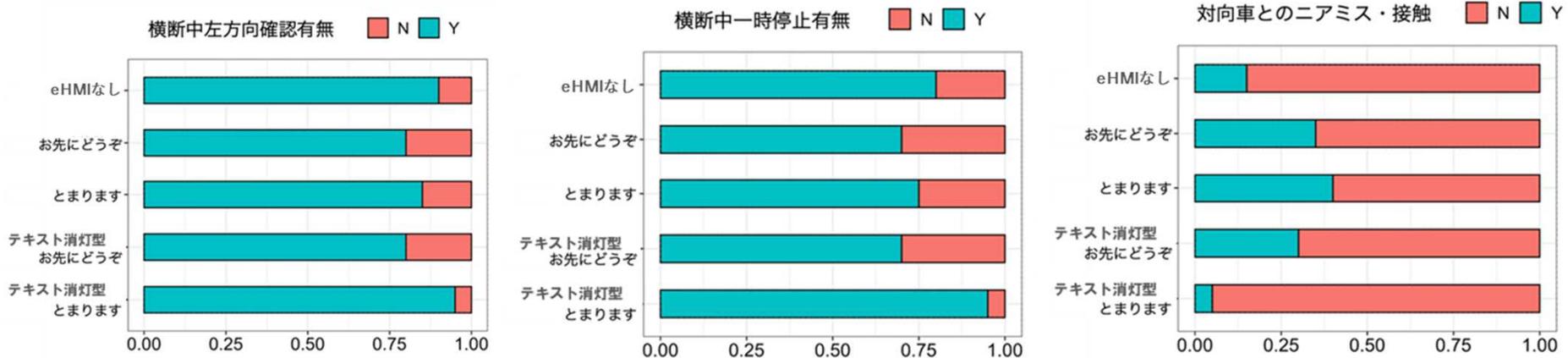
負の影響検証場面(11回目)

メッセージの種類

改善方法



結果例：自動運転車からのコミュニケーションに対する歩行者の行動



- 各条件に20名が参加(計100名参加)
- 「とまります」, 「お先にどうぞ」, 「テキスト消灯型・お先にどうぞ」条件において, 歩行者は他の条件を経験した参加者より周囲への注意を疎かにする傾向が見られた
- “お先にどうぞ”より“とまります”のメッセージを経験した歩行者の方が危険を予測しながら横断歩道上で一時停止したケースが多く見られた
- 「テキスト消灯型・とまります」の条件で, 対向車との衝突したケースが最も少なかった
- 全体的に, 意図を表すメッセージを発信した方が歩行者の注意を喚起するために効果がある可能性が示唆された
- eHMI のメッセージを消灯する改善方法は歩行者の注意喚起効果的であるが, メッセージの種類によってその効果が限られる可能性がある

A-iii自動運転化レベル4を想定した低速走行のドライバーレスの自動運転車の実験車両の製作およびeHMIの実装

実証実験でのeHMIの使用形態

- 自動運転ゴルフカートから周囲交通参加者へ情報提供
 - 後方の周囲交通参加者への情報提供・意図表明
自動運転での運行中に、eHMIを利用して常時表示
「自動運転中」、「低速走行中」、「追越注意」等
 - 前方の周囲交通参加者への意図・状態の伝達
自動運転中に交通参加者(歩行者等)に進路を譲るために減速・停止時に表示
「とまります」、「お先にどうぞ」等



eHMI (前方)



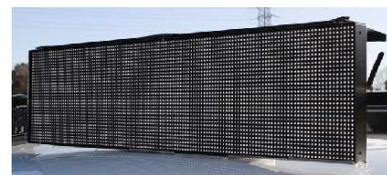
eHMI (後方)

自動運転ゴルフカートおよびeHMI, 取付具

- 自動運転ゴルフカート(ヤマハ発動機製 型式:YG-ML)
 - 6名乗車, ナンバー取得(公道走行可)
 - 電磁誘導線方式での自動運転(路面設置のRFIDタグにて走行速度を制御)
 - 手動運転時 最大約20km/h, 自動運転時 最大約12km/h



- eHMI
 - 車外表示器(LED表示パネル, コイト電工製 セレクトカラー表示器 型式:CS1302)



AC100V
4.0kg

- eHMIの取付具
 - スチール製, 車両への取付はネジ留め, ルーフ挟み留め



フロントスクリーン内設置用
スチール製1.8kg



ルーフ設置用(参考)
スチール製2.2kg



リア荷室設置用
スチール製5.0kg

2022年度に実施予定の実証実験に向けて, eHMIの実装・走行のための基準緩和認定申請書を準備

A-iv 単路部や交差点を対象にした低速走行の自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションのためのeHMI等に関する検討と提案

(横断のユースケースに関する慶應義塾大学構内道路での歩行者横断実験)

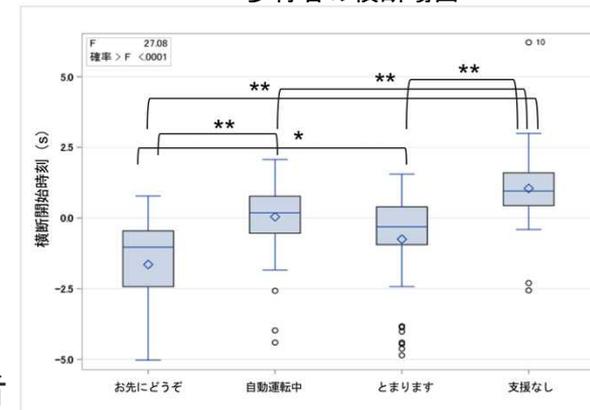
- 課題
 - 歩行者が横断歩道で自動運転車の前を横断する際に、非効率な場面が観測される
 - eHMIとして適切なメッセージがわかっていない
- 目的
 - 非効率及び不安な歩行者の横断を低減する自動運転サービスカーのeHMIを検討する
 - 車両挙動, ドライバーの有無, 歩行者の年齢や性別のeHMIに対する影響を分析する
- 方法
 - 慶應義塾大学構内道路で実験を実施する
 - 被験者はeHMI, 車両挙動, ドライバーの有無を組み合わせた複数のトライアルを経験する
- 結果
 - 全32人の被験者
 - 「お先にどうぞ」表示は他のメッセージと比べて横断開始が早まる傾向 ($p < 0.001$)
 - 早期減速は他の車両挙動と比べて横断開始が早まる傾向 ($p < 0.001$)
- 考察
 - 「お先にどうぞ」表示で歩行者の非効率な横断が低減するが、負の影響の可能性が残る
 - 「とまります」表示は譲りの認識度が高く、歩行者の非効率な横断が低減
 - 「自動運転中」表示は他の「お先にどうぞ」や「とまります」と比較し、歩行者の非効率な横断の低減効果は小さい
 - eHMIは歩行者の横断時の不安を低減する



自動運転車



歩行者の横断場面



**<0.01 *<0.05

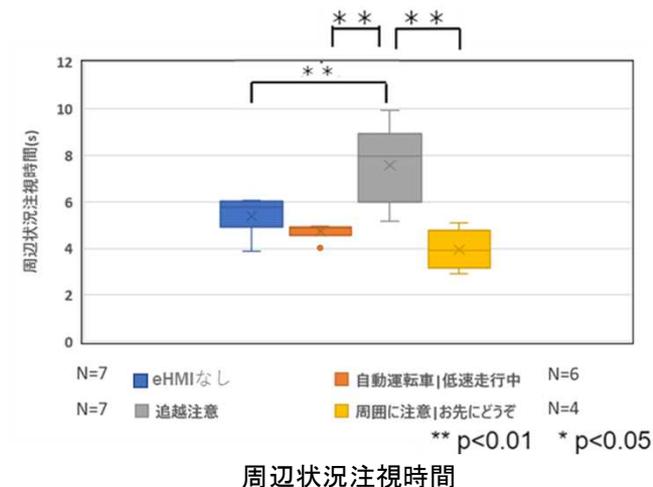
eHMIごとの横断開始時刻

追越のユースケースを対象にしたドライビングシミュレータでの 後続車追越実験(メッセージの検討)

- 課題
 - 自動運転車を後続車が追い越す際に対向車と接触しそうなような危険な場面が観測される
 - どのように危険な場面を解消すべきかわかっていない
- 目的
 - 不安全的な後続車の追い越しを低減する自動運転サービスカーのeHMIを検討する
- 方法
 - ドライビングシミュレータを用いて実験をする
 - 全32人の被験者
 - 「HMIなし」, 「自動運転車|低速走行中」, 「追越注意」, 「周囲に注意|お先にどうぞ」の4つのグループに分ける
- 結果
 - 「追越注意」は周辺状況注視時間が長くなる傾向 ($p < 0.05$)
- 考察
 - 「自動運転車|低速走行中」は、譲り意図の感度が高く、周辺状況注視時間が短くなり、確認行動を促す効果がない可能性
 - 「追越注意」は、注意喚起の促しやイラつきを低減する効果があり、譲り意図の感度が低く、周辺状況注視時間が長いため、確認行動を促す効果がある可能性
 - 「周囲に注意|お先にどうぞ」は、譲り意図の感度が高く、周辺状況注視時間が短いため、確認行動を促す効果がない可能性



ドライビングシミュレータにおける実験



追越ユースケースを対象にしたドライビングシミュレータでの 後続車追越実験(車両挙動の検討)

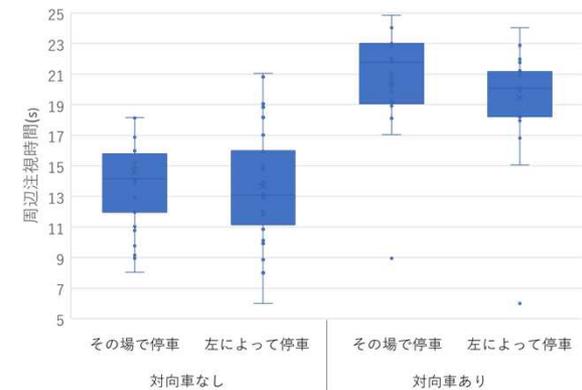
- 課題
 - 自動運転車の運用の際には自動運転車の軌道から外れて道路の路肩で停車し、後続車の追越を促しているが、オペレーターの手間が大きい
- 目的
 - 路肩に寄らず、軌道上で停車する場合に、不安全な場面が観測されるかどうか、分析する
- 方法
 - ドライビングシミュレータを用いて実験をする
 - 全32人の被験者
 - (その場で停車, 左によって停車) × (対向車なし, 対向車あり)の組み合わせで4つの条件を設定



ドライビングシミュレータにおける実験

- 結果
 - 周辺状況注視時間については、その場で停車する場合と、左に寄って停車する場合に大きな差は見られなかった。

- 考察
 - 対向車の有無に関わらず、その場で停車はややいらつきを感じさせる傾向
 - 左によって停車したほうがやや譲り意図が伝わる傾向
 - 安全確認行動(周辺状況注視時間)はその場で停車と左に寄って停車でも大きく変わらない
- 左に寄らずに、その場で停車して追越を促す運用があり得る。

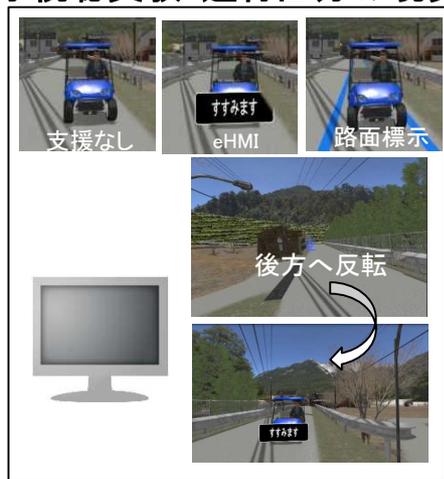


周辺注視時間

A-v 駐車場等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションのためのeHMI等に関する検証

- 自動運転車両が歩行者の後方から接近する状況(接近/回避のユースケース)では、自動運転車は電磁誘導線上を自動運転するなどの技術的制約から、歩行者には電磁誘導線上の軌道から回避してもらう必要があるが、歩行者が振り返って後方の自動運転車両と対峙した際、自動運転車の意図や状態を理解できない。また単路上でのコミュニケーションであるものの、車両と歩行者の通行区分の境界が明確ではなく、このような交通場面におけるコミュニケーションを支援する方法が必要である。
- 本実験では、単路部ではあるが、共有空間に近いと考えられる道路環境を対象にして、「接近/回避ケース」のコミュニケーション支援方法を調べるため、9名の参加者に単路部を想定したビデオを視聴してもらった。

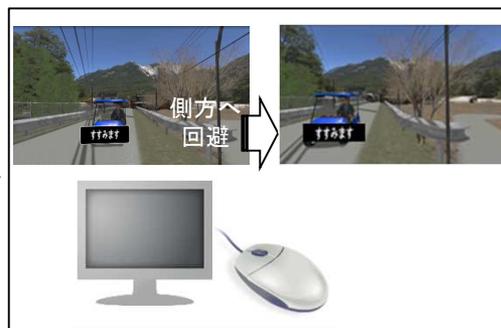
ビデオ視聴実験:通行区分の境界が不明瞭な単路部での「接近/回避ケース」におけるコミュニケーション



フェーズ1:自動運転車と対面する映像

「進路を譲って欲しい」という意図伝達への認識を確認

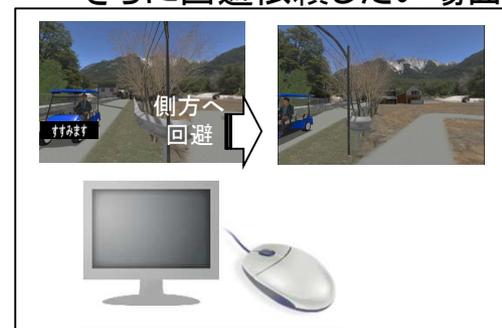
フェーズ2:自動運転車は進行したい
歩行者へ回避を依頼したい場面



自動運転車の進路から回避

① 「進路を譲って欲しい」という意図伝達のメッセージ調査

フェーズ3:歩行者が回避したが、回避不十分
さらに回避依頼したい場面



自動運転車からさらに回避

② 「さらに回避して欲しい」という意図伝達のメッセージ調査

結果例：通行区分の境界が不明瞭な単路部・「接近/回避ケース」におけるビデオ視聴後の意見

● フェーズ1: 自動運転車と対面した際の歩行者の認識

- 支援なしでの状況を視聴した歩行者は、自分が自動運転車の進行路を妨げていると回答した(例えば, “進みたい”, “人がいるから止まっている”, “わからない”)
- “すすみます”を発信する「eHMI」条件では, 9名の中8名の参加者が“すすみます”と回答した. 一人は, ほぼ同じだが, “進むので回避してください”と具体的なお願いと一緒に回答した.
- 「路面標示」条件では, 「eHMI」条件より多様な回答が得られた. 詳細には, “進みたい(45%)”, “歩行者に避けてほしい(33%)”, “青いラインから出てほしい(11%)”, “路肩に駐車したい(11%)”

● フェーズ2: 進路を譲ってもらう方法

- 全体的に, 全ての条件において, 「視覚・eHMI」が発信する内容として考えられるメッセージを提案され, 音声(聴覚)メッセージを用いた「聴覚・eHMI」“回避してください(避けてください)”が最も多く提案された.
- 視覚・eHMI候補例: “回避してください”, “自動運転中”, “すすみます”, “直進できません”
- 聴覚・eHMI候補例: “(路肩まで)回避してください”, “すすみます”, “危険です”
- 「支援なし」の条件以外の条件では, “道を譲ってください”は提案されてなかった.

● フェーズ3: 回避が不十分である際のさらなる回避を促す方法

- 全体的に, ほぼフェーズ2と同じ回答が得られた. ここでも, “回避してください”が最も多く提案された.
- 具体的な数値を入れた案内や繰り返し等が提案された.

駐車場等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションのためのeHMI等に関する検証

- 単路部でのコミュニケーションとなるが、道路環境の特徴から、車道と歩道の境界が不明確で、共有空間のように認識されうる単路部を対象にしたコミュニケーション手法の提案が重要であることから、ビデオ視聴実験の結果に基づいて、接近/回避ケースのユースケースに対するコミュニケーション支援方法を提案・VR環境で実装し、自動運転車からの聴覚メッセージが歩行者の自動運転車に対する初見での印象と認識に及ぼす影響を調べた。

VR実験：通行区分の境界が不明瞭な単路部での「接近/回避ケース」におけるコミュニケーション



実験参加者

- 女子4名 & 男子3名

実験デザイン

- 1, 6回目試行: 被験者間要因(聴覚・eHMI)
- 2~5 回目試行: 被験者内要因(支援なし, 視覚・eHMI, 路面標示)

聴覚・eHMI

- 初めての案内: “すすみます”
- 歩行者の回避が不十分だった場合の場合: “もう少し避けてください”

結果例：通行区分の境界が不明瞭な単路部・「接近/回避ケース」における聴覚・eHMIの実装

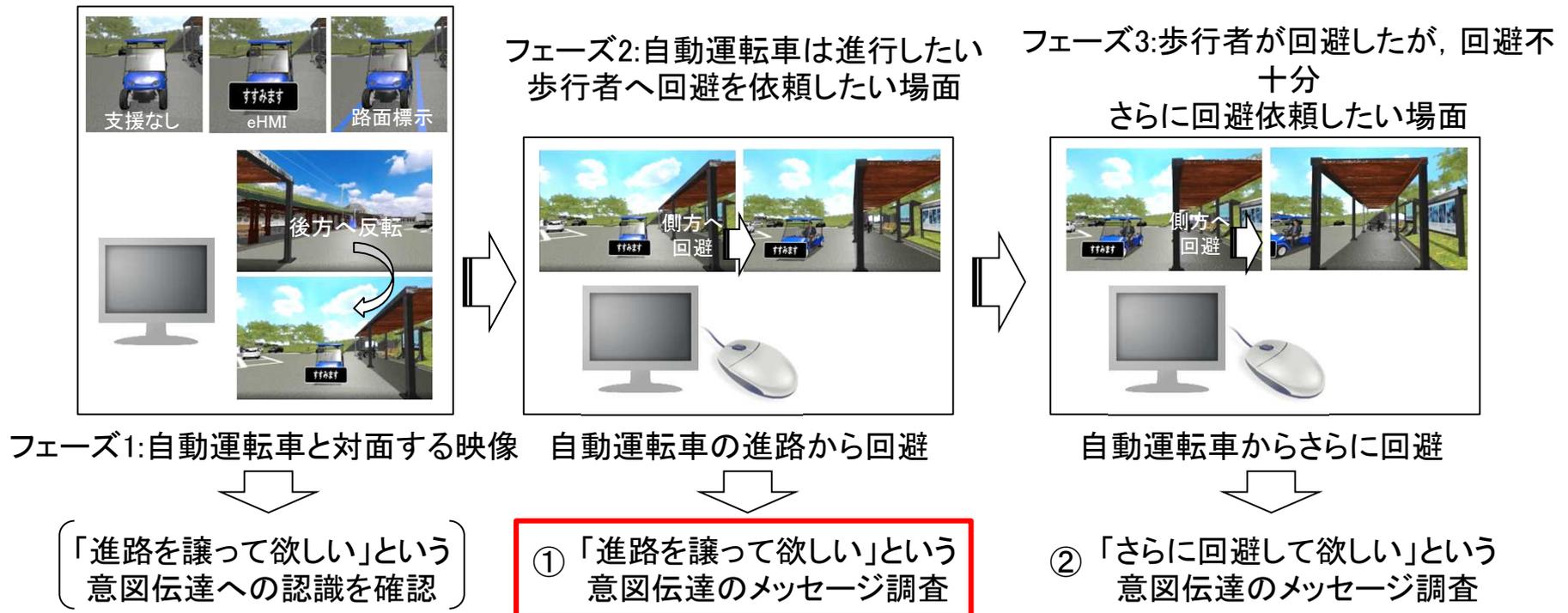
試行	理解度	信頼感	不安感	安心感
1回目	2.29 (1.7)	2.86 (1.57)	2.58 (1.4)	3 (1.53)
6回目	1.72 (0.95)	3.29 (0.76)	2.72 (0.95)	3.74 (1.38)

- 1回目の試行で、回避を行ってない参加者が1人確認されたが、試行を体験し続けることで、6回目の走行ではきちんと回避を行った。
- 過去に用いた支援方法の「視覚・eHMI」や「路面標示」の条件では、回避行動を行ってない参加者も多く見られているが、「聴覚・eHMI」では、ほぼ全ての参加者が回避を行った。
- 自動運転車の意図の理解における質問において、1回目より6回目試行後の評価が低いことが確認された。
- 大きな違いは見られてないが、1回目より6回目の試行後に不安感をより感じる傾向が見られた。
- 経験を続けることで、自動運転車に対する歩行者の信頼感と安心感の評価は高くなった。
- 本実験のアンケートは1から7までの範囲で評価されていることから、「聴覚・eHMI」条件は、歩行者の心理要因や理解に肯定的に影響されてない可能性も含めている。
- Note: 今回の実験で用いたアンケートは、過去の実験で用いたアンケートと異なる評価形式を採択している。そこで、各評価項目を直接比較することは難しい。

駐車場等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションに関する負の効果等への対応・対策の提案

- 自動運転車両が歩行者の後方から接近する状況(接近/回避のユースケース)では、自動運転車は電磁誘導線上を自動運転するなどの技術的制約から、歩行者には電磁誘導線上の軌道から回避してもらう必要があるが、歩行者が振り返って後方の自動運転車両と対峙した際、自動運転車の意図や状態を理解できない。また駐車エリアなどのコミュニケーションは、車両と歩行者の通行区分の境界が明確ではなく、このような交通場面におけるコミュニケーションを支援する方法が必要である。
- 本実験では、駐車エリア等の共有空間における接近/回避のユースケースを対象にしたコミュニケーション支援方法を調べるため、9名の参加者に駐車場エリアを想定したビデオを視聴してもらった。

ビデオ視聴実験: 駐車場エリアでの「接近/回避ケース」におけるコミュニケーション



結果例：駐車場エリア・「接近/回避ケース」におけるビデオ視聴後の意見

● フェーズ1: 自動運転車と対面した際の歩行者の認識

- 「支援なし」条件での接近/回避ケースを視聴した歩行者から、“進みたい(34%)”、“避けてほしい(33%)”が最も多く回答された。また、支援手法が提示されてなかったことから、“わからない”と“ただ止まっている”の意見も得られた。
- 「eHMI」条件では、“すすみます”を発信したので、9名の中8名の参加者が“すすみます”と回答した。一人は、“歩行者に避けてほしい”と回答した。
- 「路面標示」条件では、“進みたい”より、“歩行者に避けてほしい”の方がより多く回答されていて、他にも、“枠の外に出てください”、“線に沿って進みます”、“ラインの外に出てほしい”、“線上に進みます”の路面標示と関わる回答が得られた。

● フェーズ2: 進路を譲ってもらう方法

- 全体的に、全ての条件において、「視覚・eHMI」が発信する内容として考えられるメッセージを提案され、聴覚メッセージを用いた「聴覚・eHMI」の“回避してください(避けてください)”が最も多く提案された。
- eHMIのテキストメッセージ候補例：“回避してください”、“自動運転中”、“すすみます”、“直進できません”
- 音声メッセージ候補例：“(路肩まで)回避してください”、“すすみます”、“危険です”
- 「支援なし」の条件以外の条件では、“道を譲ってください”は提案されてなかった。

● フェーズ3: 回避が不十分である際のさらなる回避を促す方法

- 全体的に、ほぼフェーズ2と同じ回答が得られた。ここでも、“回避してください”が最も多く提案された。
- 具体的な数値や副詞(例えば、もう少し)を入れた案内や繰り返し等が提案された。

駐車場エリアを対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションのためのeHMI等に関する検証

- 駐車エリア等の共有空間では、車道と歩道の境界が不明確で、そのような共有空間を対象にしたコミュニケーション手法の提案が重要であることから、ビデオ視聴実験の結果に基づいて、接近/回避ケースのユースケースに対するコミュニケーション支援方法を提案・VR環境で実装し、自動運転車からの聴覚メッセージが歩行者の自動運転車に対する初見での印象と認識に及ぼす影響を調べた。

VR実験: 駐車場での「接近/回避ケース」におけるコミュニケーション



実験参加者

- 女子5名 & 男子4名

実験デザイン

- 1, 6回目試行: 被験者間要因(聴覚・eHMI)
- 2~5 回目試行: 被験者内要因(支援なし, 視覚・eHMI, 路面標示)

聴覚・eHMI

- 初めての案内: “すすみます”
- 歩行者の回避が不十分だった場合の場合: “もう少し避けてください”

結果例：駐車場エリア・「接近/回避ケース」における聴覚・eHMIの実装

試行	理解度	信頼感	不安感	安心感
1回目	1.5 (0.53)	3 (1.07)	3.38 (1.51)	4.25 (0.46)
6回目	1.63 (0.74)	3.75 (0.88)	2.25 (0.89)	4.25 (0.46)

- 全体の実験を通じて、「聴覚・eHMI」の条件は、他の条件より高く評価された。
- 安心感以外の項目について、1回目と6回目の試行後に主観評価の肯定的な変化が確認された。
- 1回目と比べて、6回目の試行後の評価では、自動運転車の意図を理解するためにより効果的(理解度)であったと回答した。
- 同じく、信頼感の程度が高くなったことが確認された。
- 不安感については、1回目と比べて6回目の試行後に多少評価が肯定的に変わったことがわかった。
- 通行区分の境界が不明瞭な単路部での実験から得られた結果と同じく、本実験のアンケートは1から7までの範囲で評価されていることから、「聴覚・eHMI」条件は、歩行者の心理要因や理解に肯定的に影響されていない可能性も含めている。
- Note: 今回の実験で用いたアンケートは、過去の実験で用いたアンケートと異なる評価形式を採択している。そこで、各評価項目を直接比較することは難しい。

駐車部等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者との基本的なコミュニケーションのための二つのeHMIに関する提案・検証

- 本実験では、今までの実験(ビデオ視聴実験とVR実験)から得られた知見を用いて、効率的な歩車間コミュニケーションを促すために二つのモダリティとメッセージを検討した。
- 道の駅でのニーズやユースケースの観測頻度を考慮し、通行区分の境界が不明瞭な単路部での接近/回避ケースを対象とする。
- 本実験の目的は、4つのコミュニケーション支援方法が自動運転車と歩行者間のコミュニケーションに及ぼす影響を検証することである。

VR実験: 通行区分の境界が不明瞭な単路部での「接近/回避ケース」におけるコミュニケーション



実験参加者

- 女子21名 & 男子20名

実験デザイン

- 1, 6回目試行: 被験者間要因
- 2~5 回目試行: 被験者内要因



eHMIなし



視覚・eHMI
「道を教えてください」



視覚・eHMI
「すみません」



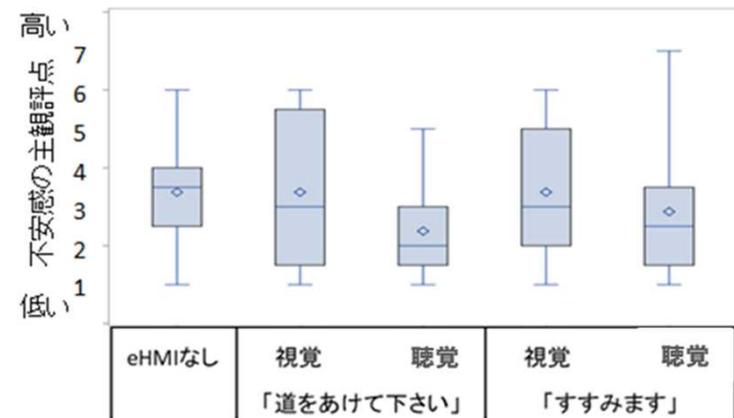
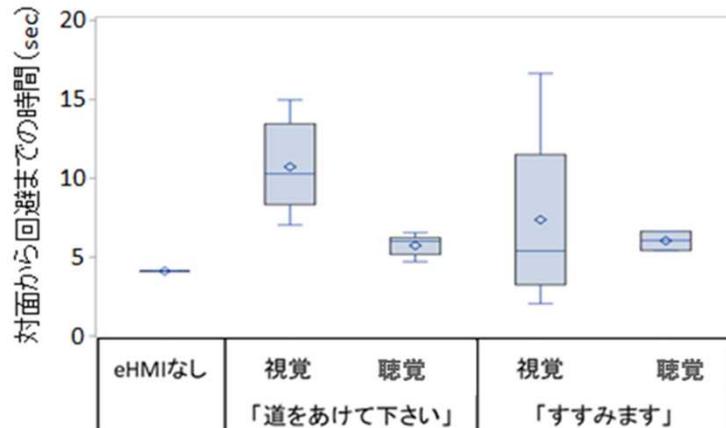
聴覚・eHMI
「道を開けてください」



聴覚・eHMI
「すみません」

結果例: 通行区分の境界が不明瞭な単路部・「接近/回避ケース」での各コミュニケーション支援方法における歩行者の行動分析

	支援なし	視覚・eHMI		聴覚・eHMI	
		道をあけてください	すすみます	道をあけてください	すすみます
回避なし	1	0	1	3	2
不十分な回避	4	1	1	2	2
十分に回避	1	4	6	3	5



- 「支援なし」条件に比べて、支援方法があった条件の方で、自動運転車を十分に回避した参加者が多く見られた。
- 自動運転車からの聴覚メッセージを発信した際に、視覚メッセージを発信した際より早い歩行者の回避を促した
- 同じく、「聴覚・eHMI」において、「視覚・eHMI」より不安感の評価が低かった。
- 本実験の結果から、歩行者に“道をあけてください”の聴覚メッセージを発信する方法が、自動運転車に対する歩行者の理解や不安感の軽減を促すために最も効果的な支援方法であると考えられる。

A-vii 自動運転車に対して周囲交通参加者が備えるべき知識の検証・提案

自動運転車のeHMIを介したコミュニケーションによる負の影響を改善するための事前教育

- 低速自動運転車両のeHMIに対する歩行者の不適切な依存や信頼感による負の影響を改善するための事前教育の効果を検証した。
- VR実験の交通シナリオはA-iiiで実装したプログラムと同様である。
- VR操作に移る前に、自動運転車に対する事前教育を受けてその内容に基づいたクイズを実施した。

実験参加者

“とまります”: 女子9名 & 男子8名; “お先にどうぞ”: 女子8名 & 男子8名

自動運転車について

これから説明する内容についてはどのくらい理解しているかの確認テストを説明後すぐに実施します。

説明をよく理解して下さい。

確認テストの結果、理解が十分でない場合は、再説明および再テストを実施します。

自動運転車のコミュニケーション機能

自動運転車が歩行者を検知した場合

- 信号機のない横断歩道などで、自動運転車は、ディスプレイにメッセージを表示して、歩行者に案内を行います。
- 自動運転車が発信するメッセージ
(例)とまります
お先にどうぞ
すすみます、など



自動運転車のセンシング機能

センシング機能の機能限界、故障の発生

- 前方状況を正確に判断できない場合があります。

(例)悪天候、逆光、
複雑な道路や交通場面



- 視野角以外の物体は検知できません。

(例)歩行者・自転車の急な飛び出し



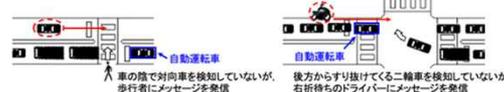
その結果、自動運転車が他の交通参加者(歩行者、自転車など)との接触を避けられない場合、停止できない場合があります

自動運転車のセンシング機能

センシング機能の機能限界

- 視野角以外の物体は検知できません。

(例)他の車や建物、道路の設置物の陰などがあると、
車両や歩行者を検知できません。

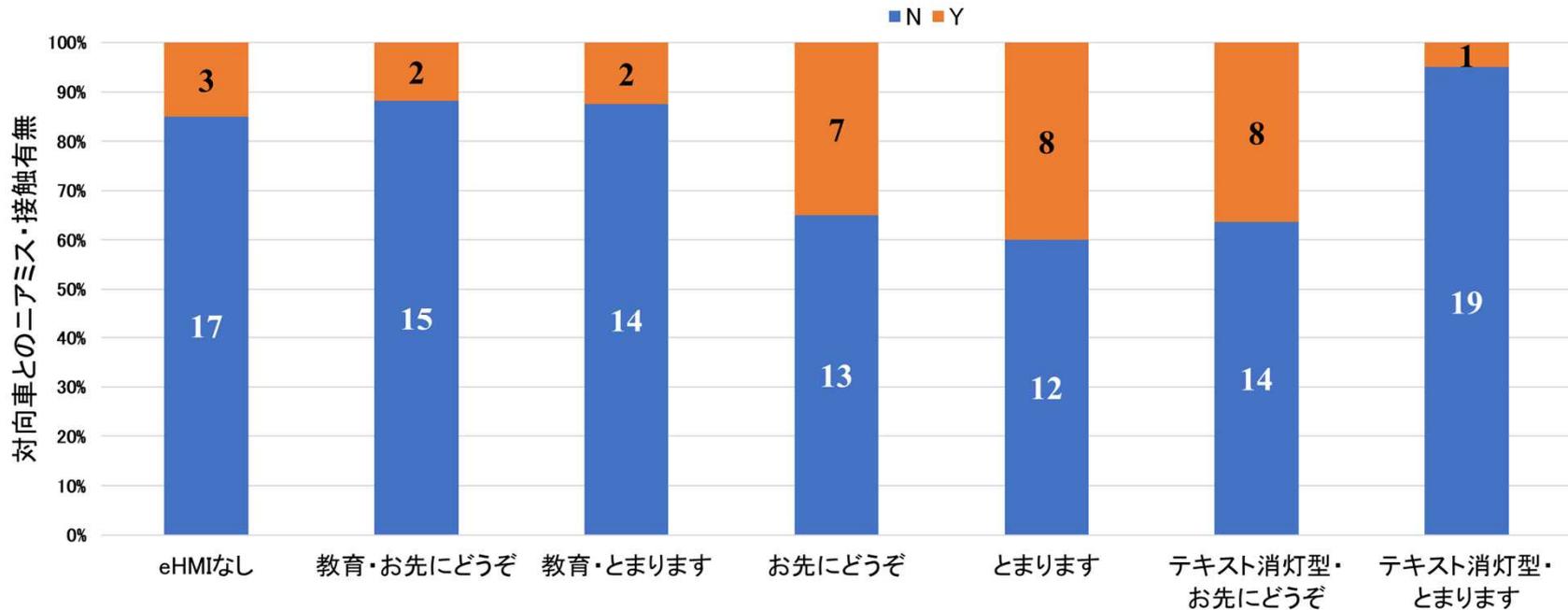


その結果、自動運転車が歩行者やドライバーに対して、誤ったメッセージを発信したり、必要なメッセージを発信しない場合があります

以上で自動運転車についての説明を終わります。

これから確認テストを実施します。

結果例: 負の影響における事前教育の効果分析



- 過去の実験では、eHMIに対する負の影響がすべてのメッセージにおいて観測されている。
- 事前教育は、eHMIのテキストを消灯する方法より、対向車とのニアミス・衝突ケースを現象できた。
- テキスト消灯型支援方法の効果は、“とまります”のメッセージを発信する場合に限られたが、事前教育は、“お先にどうぞ”のメッセージ場合に効果が見られた。
- 事前教育は、歩行者の注意喚起だけではなく、交通安全の向上にも影響する可能性が示唆された。

課題Aのまとめ(1)

共有空間における自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションの失敗の把握や施策の検討をした

- 自動運転車は、アイコンタクトやジェスチャーがないことによって、交通参加者が自動運転車の意図や挙動を理解できず、交通の非効率を引き起こしている。
- 自動運転車が低速かつ道路左側に寄っていることから、後続の車両の追い越しを誘発し、交通の不安全を引き起こしている。
- 走行時の音が小さい(電気自動車・低速)ことや不自由な走行軌道(迂回できない)によって注意力の低い歩行者(スマホ歩き, 高齢者, 子どもやその親)と接近するケースでは、音を鳴らすこと(または徐々に音を大きくする)によって解消することが考えられる。
- アイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないことによって判断力の低い歩行者(子ども)と接近するケースでは、eHMIによって解消することが考えられる。
- 固定された加減速や不自由な走行軌道やアイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないことによって歩行者が自動運転車の挙動や意図(右左折や停止)を理解しにくいケースでは、右左折前は必ず止まるように車両挙動を制御し、その後のコミュニケーションはeHMIによって解消することが考えられる。

課題Aのまとめ(2)

低速走行の自動運転車からのeHMIを利用したコミュニケーションによって発生する負の影響を改善する方法の検討

- 負の影響への対応案として、周囲の交通状況から負の影響が生じる可能性がある場合にeHMIによる意図を表すメッセージ発信を消灯する手続きを実施した。左右確認や横断途中での停止などを促せる可能性が示唆されたが、自動運転車が“とまります”を発信する場合に限って効果が確認された。そのため、メッセージの種類によらない改善効果を見出せるための改善手法の検討が必要である。

課題Aのまとめ(3)

非効率及び不安な歩行者の横断を低減する自動運転サービスカーのeHMIを検討した

- “お先にどうぞ”表示で早い横断を促し、非効率な横断が低減する可能性→ “お先にどうぞ”表示によって歩行者は譲り意図を強く感じることに関連している可能性
- eHMIがあることで早い横断を促す→eHMIありで譲りの認識度が高いことに関連している可能性

不安全な後続車の追い越しを低減する自動運転サービスカーのeHMIを検討した

- 「自動運転車|低速走行中」は、譲り意図の感度が高く、周辺状況注視時間が短くなり、確認行動を促す効果がない可能性
- 「追越注意」は、注意喚起の促しやイラつきを低減する効果があり、譲り意図の感度が低く、周辺状況注視時間が長いため、確認行動を促す効果がある可能性
- 「周囲に注意|お先にどうぞ」は、注意喚起の促しやイラつきを低減する効果があるが、譲り意図の感度が高く、周辺状況注視時間が短いため、確認行動を促す効果がない可能性

課題Aのまとめ(4)-1/2

駐車部等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車のeHMI等に関する検討と提案

< 接近・回避のユースケース >

- 道の駅の通行区分の境界が不明瞭な単路部を想定し、歩行者の後ろから近づいてくる自動運転ゴルフカートとの円滑なコミュニケーションのあり方について取り組んだ結果、支援の有無と関係なく、“回避して下さい”の聴覚・eHMIや視覚・eHMIを介したメッセージの発信が望ましいと報告された。その中でも、聴覚・eHMIを用いた案内が最も多く回答されており、歩行者のさらなる回避を求めるためには、具体的な数値を入れた案内が望ましいと考えられる。
- 自動運転車から歩行者に“すすみます”の聴覚メッセージを与えるコミュニケーション支援方法をVR実験で検証した結果、視覚メッセージを用いたeHMIや路面標示より歩行者の回避を促すに効果的であることが観測された。また、自動運転車両と持続的なコミュニケーションをとることで、自動運転車に対する信頼感も向上できることが確認された。
- 歩行者は、自動運転車から自分の行動と関わる具体的なメッセージにおいてポジティブな印象を与えられる可能性が示唆された。“道を開けてください”の方が、“すすみます”より歩行者の不安感の軽減に効果的であることが確認された。さらに、聴覚と視覚を用いたeHMIの長所を確認でき、今後、これらを踏まえたコミュニケーションのデザインの検討が必要である。

課題Aのまとめ(4)-2/2

駐車場等の共有空間を対象にした低速走行の移動・物流サービスの自動運転車のeHMI等に関する検討と提案

<接近・回避のユースケース>

- 道の駅の駐車場エリアを想定し、歩行者の後ろから近づいてくる自動運転ゴルフカートとの円滑なコミュニケーションのあり方について調べた。ビデオ視聴実験の結果では、通行区分の境界が不明瞭な単路部での結果とほぼ同じ結果が見られており、“回避して下さい”を音声メッセージが歩行者の回避を促すために効果的である期待される。また、歩行者の回避が不十分だった際に、十分な回避を求めるためには、具体的な数値を入れた情報の発信が期待される。
- 通行区分の境界が不明瞭な単路部を想定したVR実験の結果と同様な結果が得られており、“すすみます”の音声メッセージを流す場合、視覚メッセージを用いたeHMIや路面標示より歩行者の回避を促すに効果的であることが観測された。また、自動運転車両と持続的なコミュニケーションをとることで、自動運転車に対する歩行者の理解と信頼感も向上、および、不安感を軽減できることが確認された。

課題Aのまとめ(5)

低速走行の自動運転車からのeHMIを利用したコミュニケーションによって発生する負の影響を改善する教育方法の検討

- 過去の実験から、自動運転車における事前説明の必要性が提案されたことから、本実験では、説明資料を用いて事前教育を行い、負の影響における改善効果を調べた。その結果、周りの交通環境における歩行者の注意喚起、注意深い行動、また、対向車とのニアミスや衝突を防げる効果が確認された。さらに、メッセージの類によらない負の影響の改善効果が観測された。

課題 B

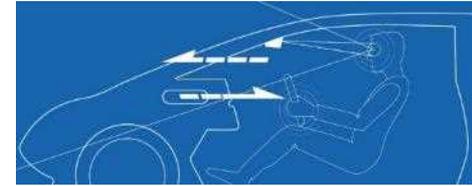
走行環境条件の逸脱や自動運転システムの機能低下における
適切な運転引継のためのHMI等に関する研究開発

産業技術総合研究所

東京大学

SIPHF課題B 概要

自動から手動への運転交代を適切に行うための ドライバー状態の検出



- 着座位置
- 姿勢：手の位置 (On/Off the wheel)
シート位置 (スライド, バックアングルetc.)
- NDRA(Non-driving related activities)の実行
 - 視覚・操作負荷
 - 認知負荷
- 覚醒度
- マインド・ワンダリング
- 周囲の道路交通環境の理解 (Situation awareness)
- システム機能限界の理解 (Functional limitations awareness)

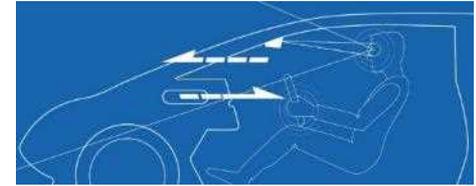
第1期

第2期

NDRA: 非運転活動(メールを読む, TVを見る,etc.)

SIPHF課題B 概要

自動から手動への運転交代を適切に行うための ドライバー状態の検出



第1期：ドライバーモニタリングシステムの開発

- －自動運転L2, L3使用中のドライバー状態のモニタリング
- －自動運転中のわき見, 意識のわき見や, 覚醒度の低下の検知方法と運転交代へ及ぼす影響

第2期：自動運転からの適切な遷移のための設計指針

- －自動運転L3から手動運転への交代場面でのドライバー状態のモニタリング
- －自動運転L2からドライバー自らの判断による運転引継ぎを成功させるためのHMIの原理・原則
- －UN Regulation No. 157(2021年)の**設計指針化**

運転交代の準備ができている状態をどのように評価するか？

想定アウトプット(1/2)

システム主導(Rtlの提示あり)による自動から手動への遷移

産業技術総合研究所主体で推進

自動運転中の運転以外のことから手動運転へ安全な移行のための ドライバー周辺認識の評価方法(周辺認識できていると判定するための方法)

自動車工業会の実験仕様に反映予定

Attentiveであること(R157規定)の設計指針

〈運転交代前に〉

「ドライバーの何を検知して、どれくらいの時間で、どのように判定するのか」の具体化

- ① 評価指標(視線, 頭部運動)
- ② 適切に周辺認識できていることを示す
評価指標の閾値
- ③ 適切な周辺認識に必要な時間
- ④ 評価指標の信頼性の確認
(スタンダードな実験的方法との比較)

Attentiveの促進

〈運転交代前の〉

「積極的に周辺認識を促す遷移プロセス」の提案と検証

- ⑤ 周辺認識を促すHMIの原理・原則

ISO TS5283へ打ち込み

想定アウトプット (2/2)

ドライバー主導による自動から手動への遷移 東京大学主体で推進

ドライバーのシステム機能限界の理解に関する評価方法と、 適切なシステム理解と迅速な応答を可能とするHMIの原理・原則の検討

システム機能限界のドライバー理解を判定

〈自動運転中に〉

「ドライバーの何を
検知すべきか」
の具体化

-----> ドライバーのシステム理解状態の評価指標(視線)

- ①一般道路単路
- ②信号交差点

システム機能限界の
ドライバー理解を促進

〈自動運転中に〉

「どのような情報を
どこに提示するの
が良いか」の提案
と検証

----->

ドライバーのシステム機能限界の理解を向上させる
HMIの原理・原則

- ③一般道路単路
- ④信号交差点

ドライバーの迅速な応答のためのHMIの原理・原則

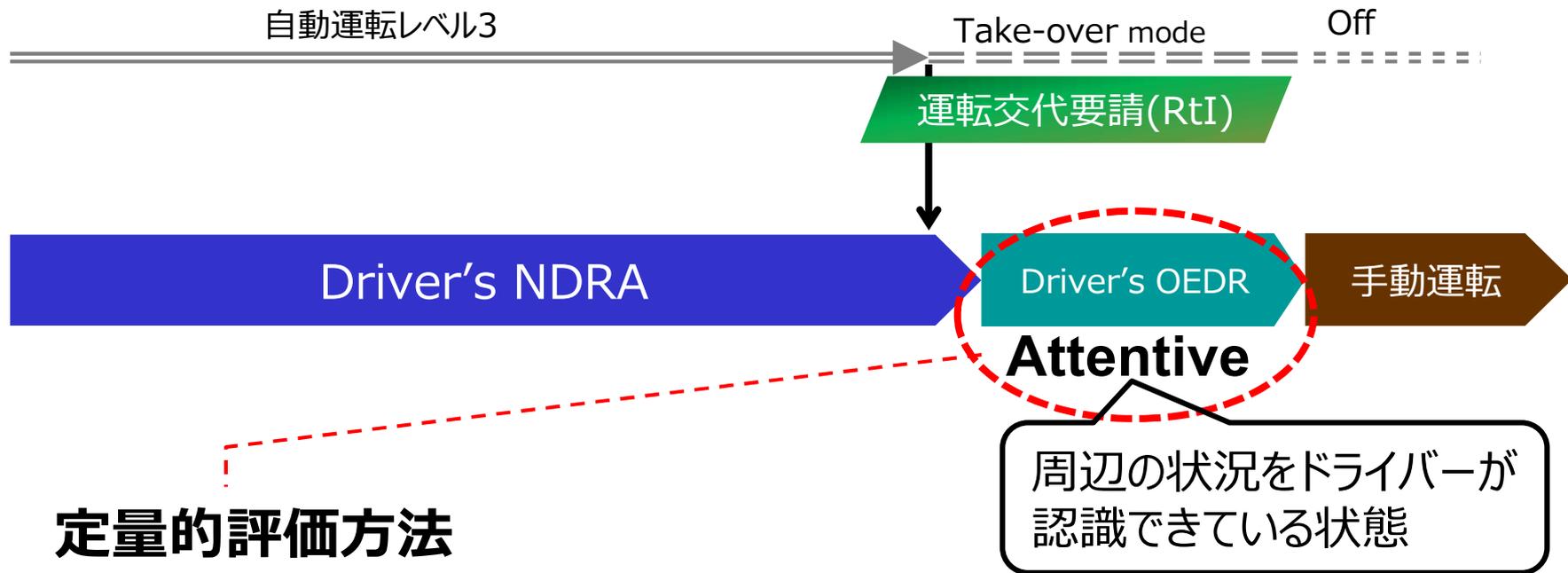
- ⑤一般道路単路
- ⑥信号交差点

自動車工業会のHMI設計の配慮事項に
反映予定

システム主導(Rtlの提示あり)による自動から手動への遷移

システム主導による自動から手動への遷移 Attentiveの評価方法

NDRA: Non-Driving Related Activities
OEDR: Object and Event Detection and Response



定量的評価方法

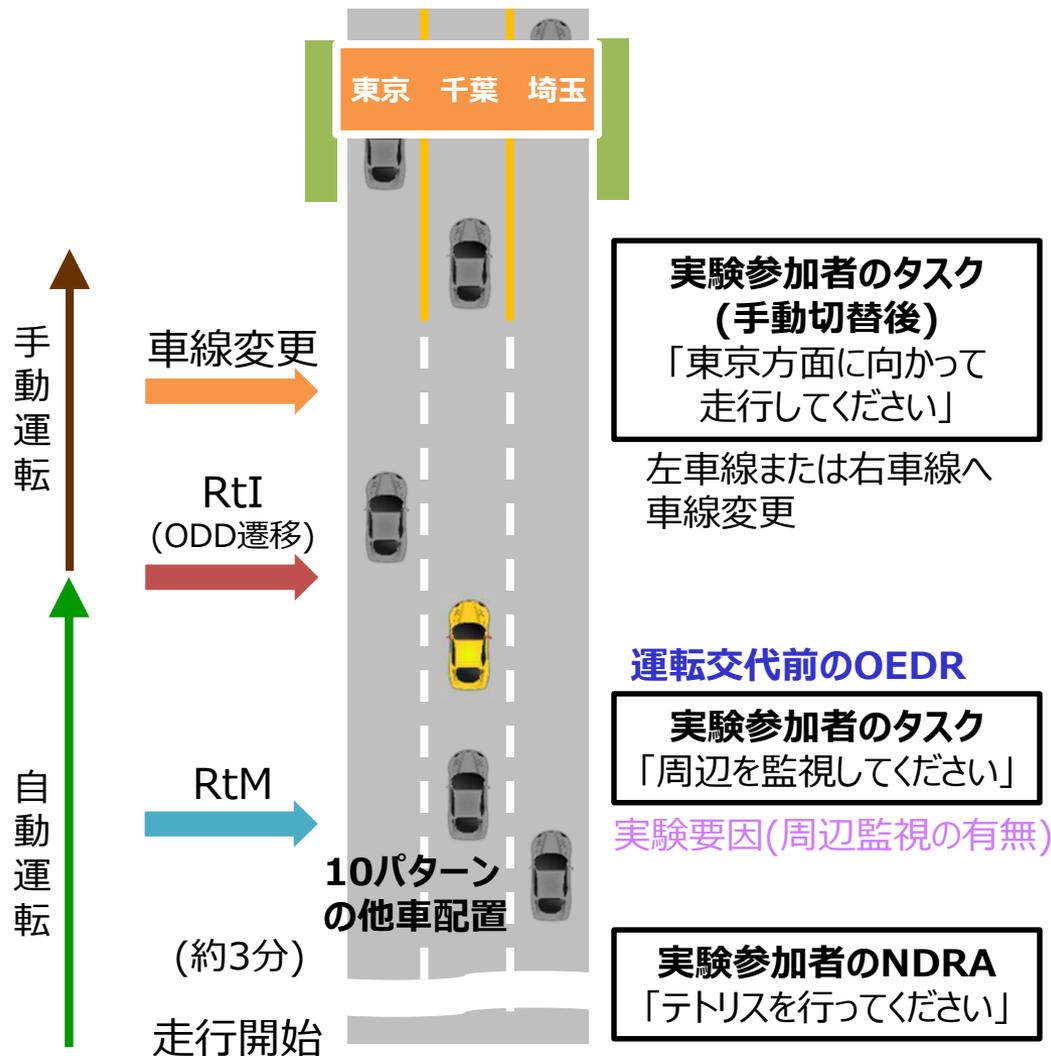
- 評価指標 (視線行動, 頭部運動)
- より適切なOEDRの範囲を示す指標の閾値 (前方注視率70%以上)
- より適切なOEDRに必要な時間
(周辺監視から5~20秒は前方注視率が増加する傾向)

() 本実験での成果

DS実験シナリオ

ODD: Operational Design Domain
RtM: Request to Monitor

代表とする運転シーン：高速道路直線区間で他車両が存在する状況



<計測項目>

運転交代前

- ✓視線行動
- ✓頭部運動

運転交代後

- ✓ステアリング反応時間
- ✓ウインカー反応時間
- ✓他車両との衝突率
- ✓黄色線との接触率など

システム主導による自動から手動への遷移

Attentiveの評価方法： ドライバーのOEDRの時間を変えた条件での実験

実験結果：視認行動（注視率；5秒毎）

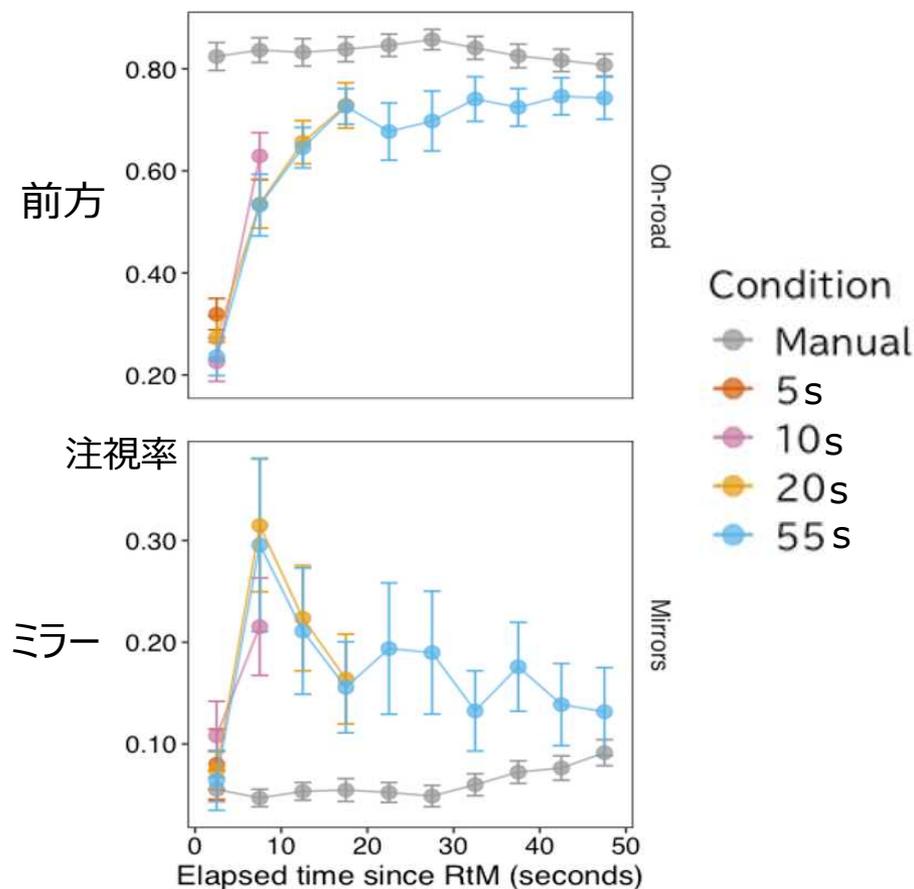
実験参加者全員(30名)の平均値と標準誤差

■ 前方注視率は監視開始からの時間経過とともに高くなる

- 監視開始から30秒程度経過後にマニュアル運転時に近い注視率で安定する

■ 周辺注視率は監視開始後5～15秒でピークをむかえ、その後減少

- 監視開始から30秒程度経過後に0.1～0.2の範囲となる（マニュアル運転時は、運転交代前はおおよそ0.1程度）



システム主導による自動から手動への遷移

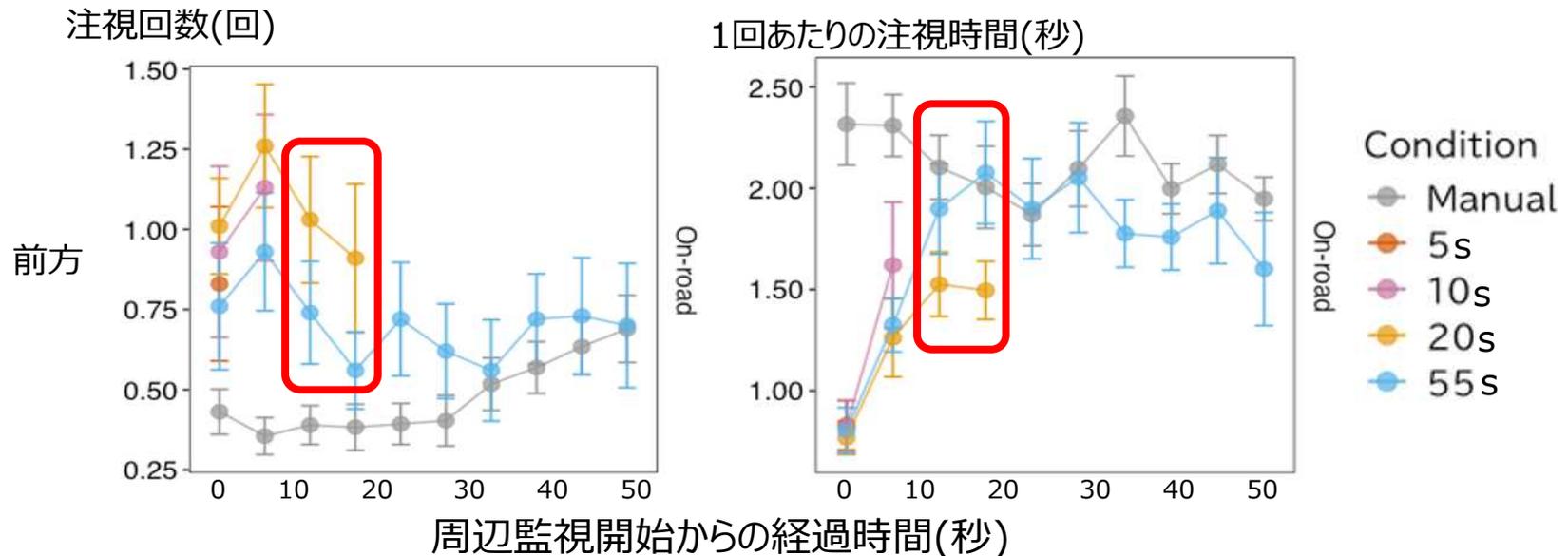
Attentiveの評価方法： ドライバーのOEDRの時間を変えた条件での実験

実験結果：視認行動（注視回数と注視時間；5秒毎）

■ 監視20s条件と監視55s条件の違い

- 監視20s条件は、監視55s条件に比べて、注視回数が多く、1回あたりの注視時間が短い→注視率は同じだった(前スライド)が、監視20s条件の方が、前方とミラー間で短い注視を頻繁に行っていた

実験参加者全員(30名)の平均値と標準誤差



システム主導による自動から手動への遷移

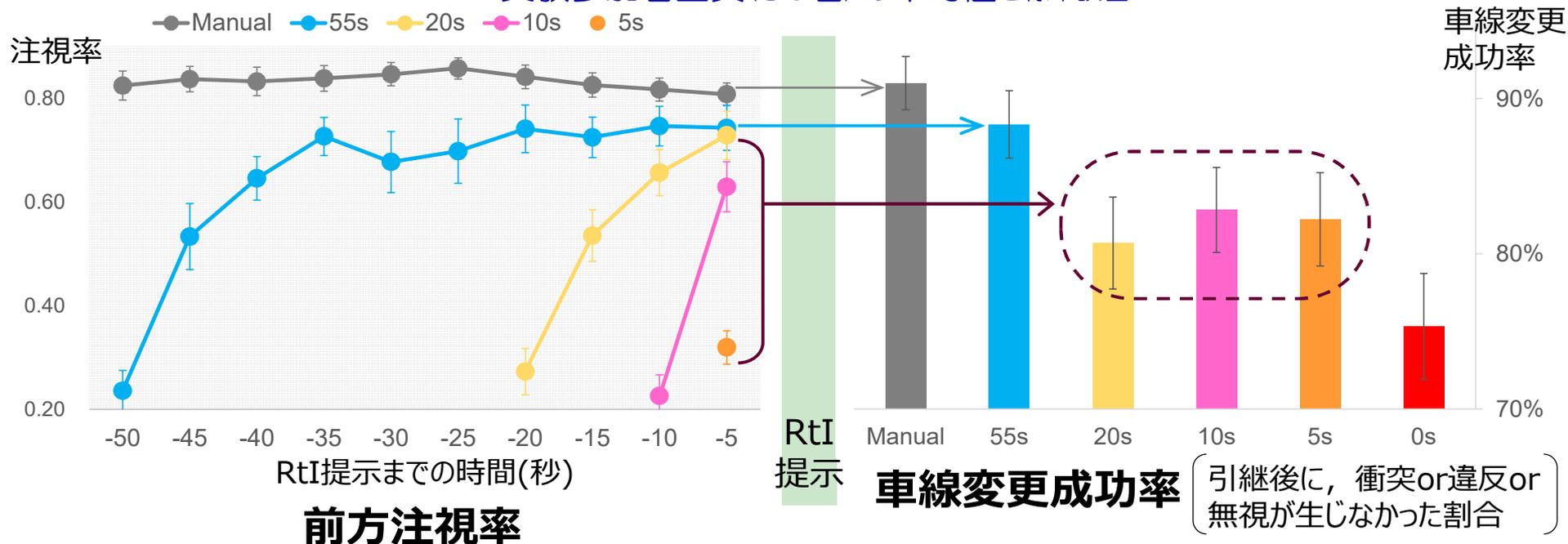
Attentiveの評価方法：ドライバーのOEDRの時間を変えた条件での実験

実験結果：周辺監視開始から運転引継ぎまで

■ 実験条件別の車線変更成功率

- 監視55s条件は、RtI提示前に前方注視率約70%で安定し、運転交代後に、手動運転条件に近い車線変更の成功率（他条件と比べて最も高い成功率）

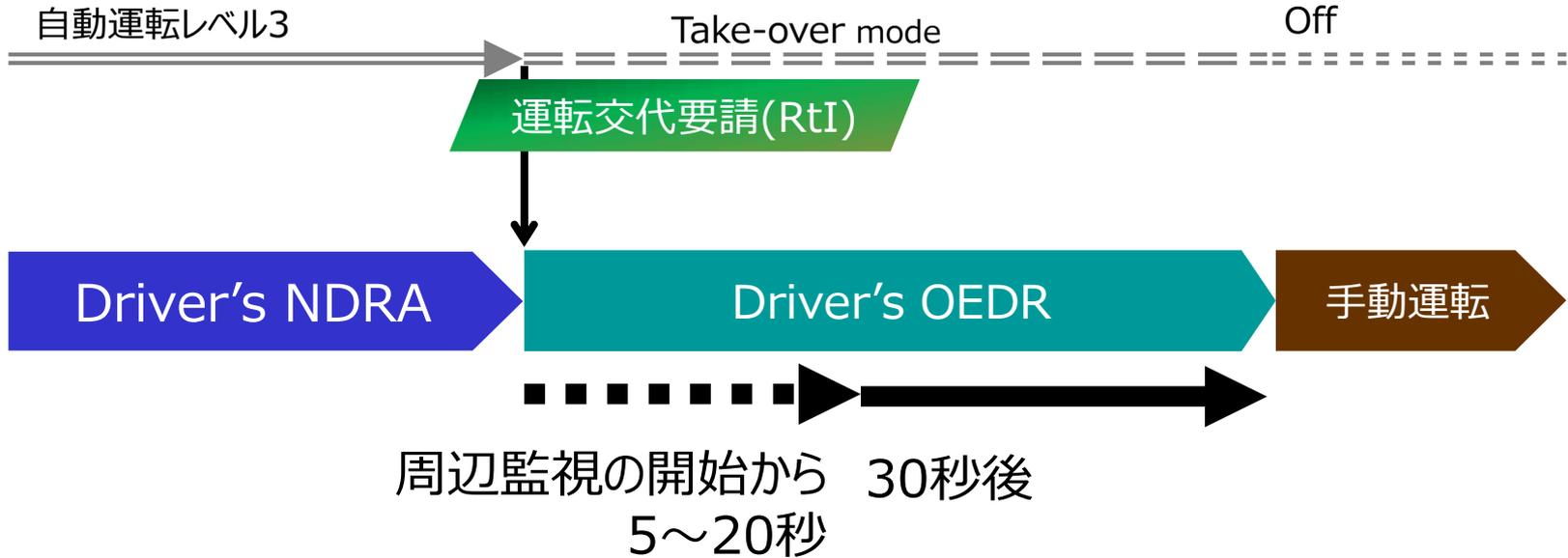
実験参加者全員(30名)の平均値と標準誤差



RtI提示後、ステアリング操作/ペダル操作開始までの時間 (=反応時間)は、監視5s, 10s, 20s, 55sとも2.2秒前後

まとめ

システム主導による自動から手動への遷移 Attentiveの評価方法



- ・前方とミラーへの視線移動が多い
- ・ミラー注視率が高い
- ・前方注視率は低い値から増加する
- ・車線変更成功率が低い

**前方以外に視線を移動し、
周囲の状況を把握している**

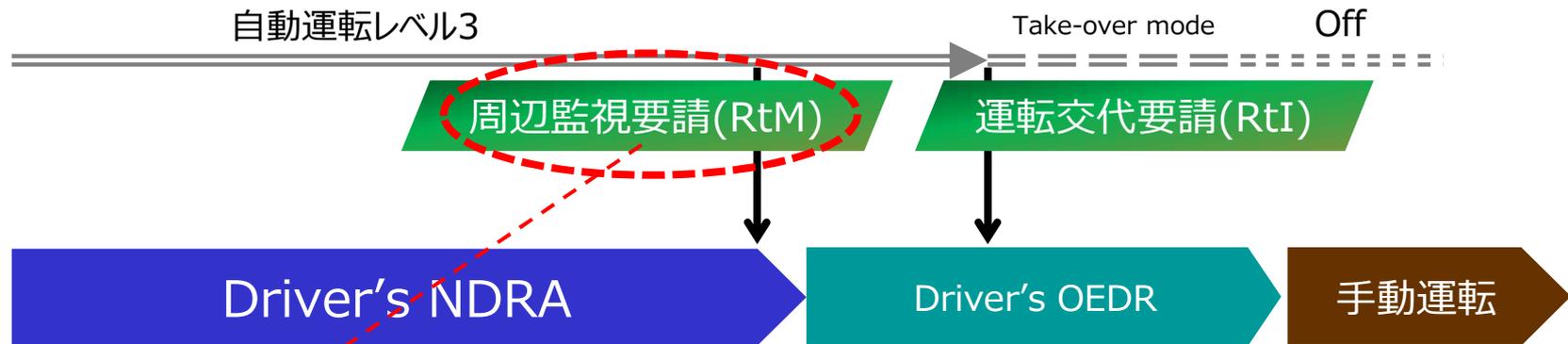
- ・注視率・注視回数とも、大きく変動はしない
- ・30秒以降、前方とミラーへの注視率と注視回数が手動運転の値に近くなる

**周囲の状況を把握することができ、
車線変更開始に向けて状況確認
を行っている**

システム主導による自動から手動への遷移

Attentiveを促す“RtM”のHMIの原理・原則

RtM: Request to Monitor



【これまでの成果】 運転交代の少し前から運転交代の準備をすることの有効性
(= 運転交代後の運転交代成功率が向上する)

【課題】 少し前から準備をし始めても、準備状態を維持し続けられるかどうか (結局、運転交代後の運転パフォーマンスの低下につながるかどうか)

Attentiveを促す“RtM”のHMIの原理・原則

実験内容

実験条件

条件1 **まもなく**運転交代します、運転交代に備えて周辺の状態を確認してください。

条件2 **60秒後に**運転交代します、運転交代に備えて周辺の状態を確認してください。

条件3 **60秒後に**運転交代します、運転交代に備えて周辺の状態を確認してください。
+ '**30秒後に**' + '**5,4,3,2,1**'

条件4 RtM + ハンズオンホイール

条件5 RtM + リアルタイムアラート（監視しないときのブザー）

条件6 RtM + リアルタイムアラート（監視しないときのブザー） + MRM

実験参加者への教示

- ・安全を確保できる範囲内で、テトリスを続けても構いません
- ・テトリスのスコアが高いほど、ボーナス謝金がもらえますので、頑張ってください

実験規模

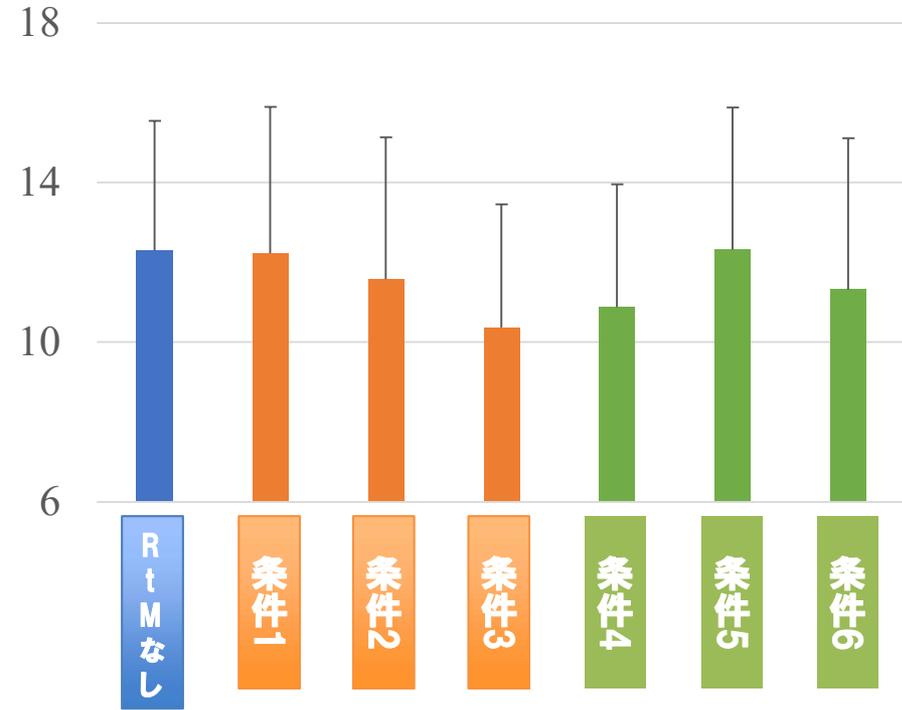
- ・参加者数: 120名 (被験者間 20人×6条件)
- ・年齢20～64, 男女 1:1

結果

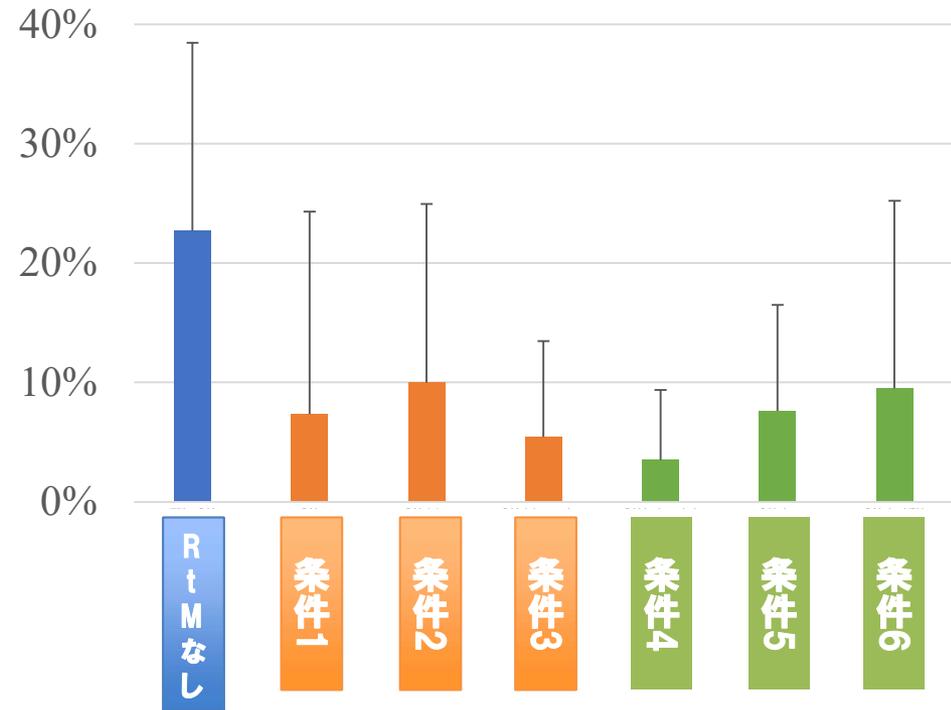
条件1 まもなく運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
条件2 60秒後に運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
条件3 60秒後に運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
+ '30秒後に' + '5,4,3,2,1'

条件4 RtM + ハンズオンホイール
条件5 RtM + リアルタイムアラート (監視しないときのブザー)
条件6 RtM + リアルタイムアラート (監視しないときのブザー) + MRM

車線変更完了時間(s)



衝突率(%)



- RtMあり(条件1~6)の場合、RtMなしに比べて衝突率が低かった
- 60秒後+カウントダウンの条件(条件3)は、衝突率が低く、車線変更も早かった
- ハンズオンホイールの場合(条件4)、衝突率が6条件間で最も低かった
- 警告もMRMも(条件5・6)、車線変更のパフォーマンス向上への効果は見られなかった

まとめ

RtMの効果が 再確認

- ・ Rtl提示よりも前に準備をさせることで、衝突率がより小さいことが本実験でも確認された

RtMの情報提示は重要

- ・ Rtlのタイミングの提示とカウントダウンの提示は、良いパフォーマンスにつながる

周辺監視を促すHMI

- ・ ステアリングを持たせることで、衝突率が最も低かった
- ・ 警告とMRMは、車線変更のパフォーマンスを向上させる効果は見られなかった

ドライバー主導による自動から手動への遷移

ドライバー主導による自動から手動への遷移

信号交差点におけるドライバ状態評価とHMI要件調査

現在のレベル2の機能（信号制御無し）での走行を想定して、システム理解と応答の評価方法を調査、作成し、レベル2走行一般道展開に必要なHMIの要件の原理原則を求める。

信号交差点におけるリスク要因：①青信号から黄信号への変化時②他車両との衝突事故

実験1

信号交差点を含む一般道におけるレベル2運転支援時の交通信号変化時のHMI要件の調査

実験2

信号交差点を含む一般道におけるレベル2運転支援時の交差点における他車両との事故防止のHMI要件の調査

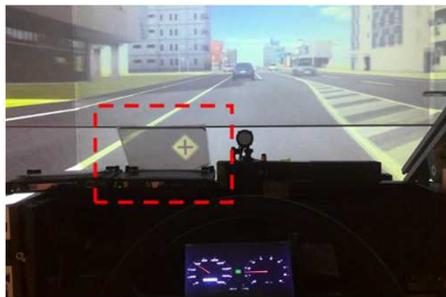
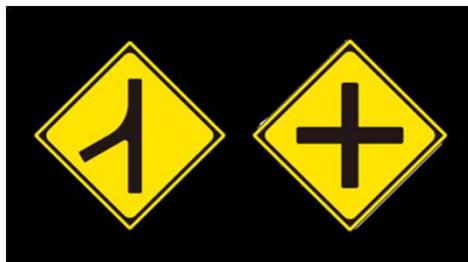
実験 1 : 交通信号変化時のHMI要件の調査

信号認識による制御を行うことを前提としていない運転支援の時, ACCで追従制御を行っている時に信号交差点接近の際に信号が黄色に変わると, ドライバ主導の運転介入を行って車を停止させることが求められる.

2 種類のHMI

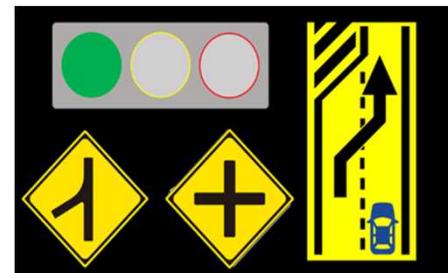
- ①静的環境情報として交差点および合流地点への接近を提示する
- ②動的環境情報として交通信号の先読み情報などを提示する. 交通信号先読み情報は自車が信号交差点に到達する際の前方信号の灯色を予測したものである

静的環境情報



HUDによる表示

動的環境情報



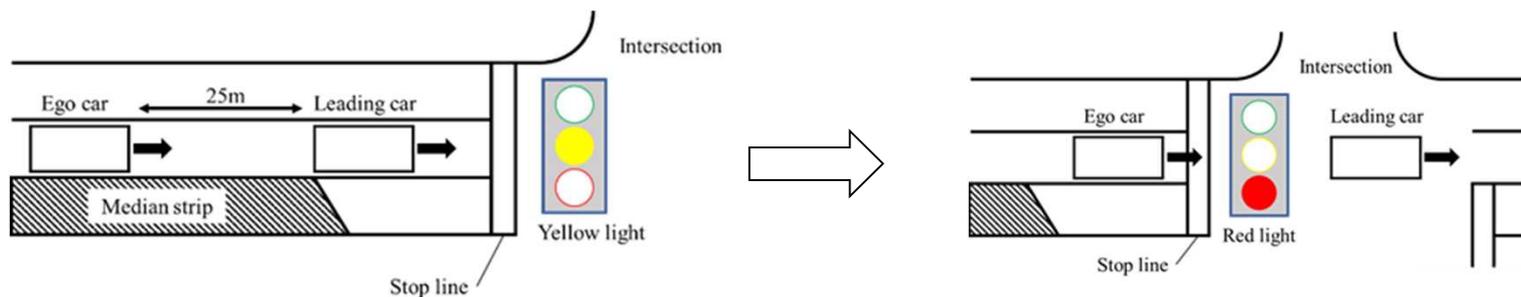
実験内容

顕在リスクの発生する信号交差点に自車両および先行車両の接近時に信号が黄信号に変わる。先行車両は停止することなく信号交差点を通過するが、自車は運転介入せず自動走行を行った場合、停止線付近で赤信号となる。

16人の実験協力者に対して4つの条件においてドライビングシミュレータ実験を行い、有効性の評価を行った。

条件	運転操作	HMI
手動	手動運転	なし
HMI非使用	レベル2	なし
静的HMI	レベル2	静的HMI
動的HMI	レベル2	動的HMI

顕在リスク



実験結果

✓ リスク回避の成功可否

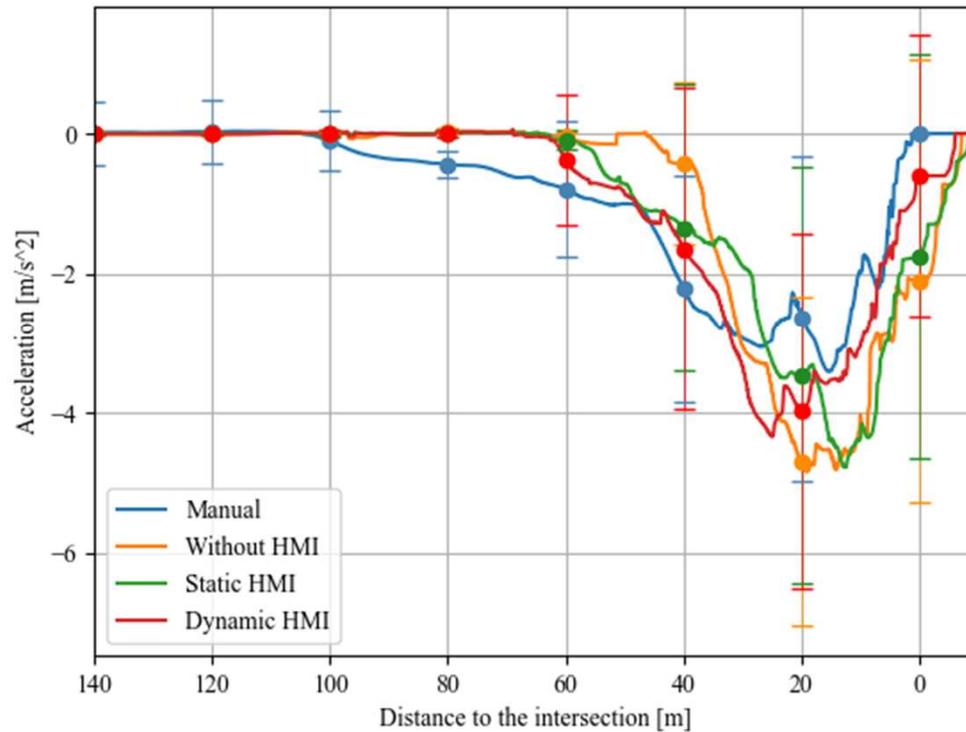
	成功		失敗	
	停止線前	はみ出し	交差点内	信号無視
手動	16	0	0	0
HMIなし	7	3	1	3
静的HMI	10	4	0	1
動的HMI	10	1	2	0

実験前に実験参加者にレベル2と信号認識システムが独立作動と説明したが、動的HMIによる交通信号先読み情報と運転支援による制御が連動していると誤解した可能性

- 手動運転が最も成功率が高かった
- HMIなしでは失敗率が最も高かった
- 静的HMIでは、停止線のはみだしが多かったが、成功率は高かった
- 動的HMIでは、信号無視は発生しなかった

実験結果

- ✓ 顕在リスクシーンにおける加速度変化



交差点までの距離に対する加速度の変化

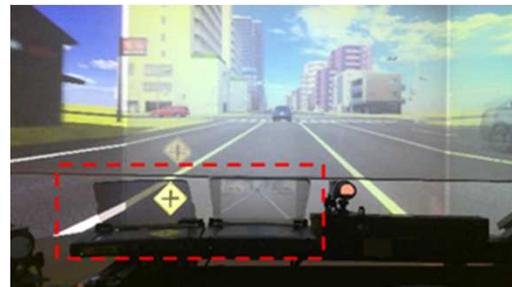
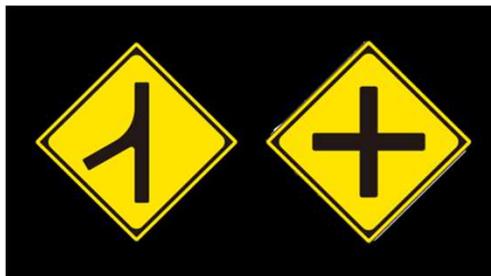
レベル2による走行を行った条件では、動的HMIが急減速をせずに停止を行っていることを読み取ることができる

実験2：交差点における他車両との事故防止のHMI要件の調査

レベル2運転支援による走行中の適切な運転介入による信号交差点付近の車-車間事故の防止を実現するためのHMIの要件の調査を目的とする。

危険な場所を明示することを目的として、地図情報をもとにした静的環境情報を提示するものと、運転支援システムの仕組みの確認を目的として、車載センサ情報を基にした物体認識情報を提示するもの、2種類のHMIを提案し、ドライビングシミュレータ実験により有効性評価を行う。

静的HMI



HUDによる表示

センサHMI

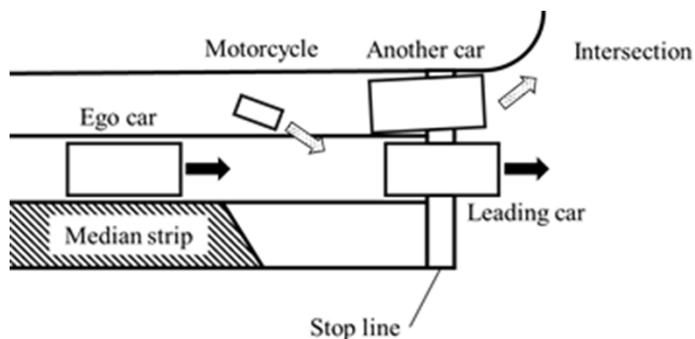


実験内容

顕在リスクでは，信号交差点付近の第1車線に左折車両および前方左折車両の左折待ちをするバイクが現れ，バイクが自車の前方に割り込み，運転介入をしなければバイクに追突する。

実験は5条件で，15人の実験協力者に対して実施した。

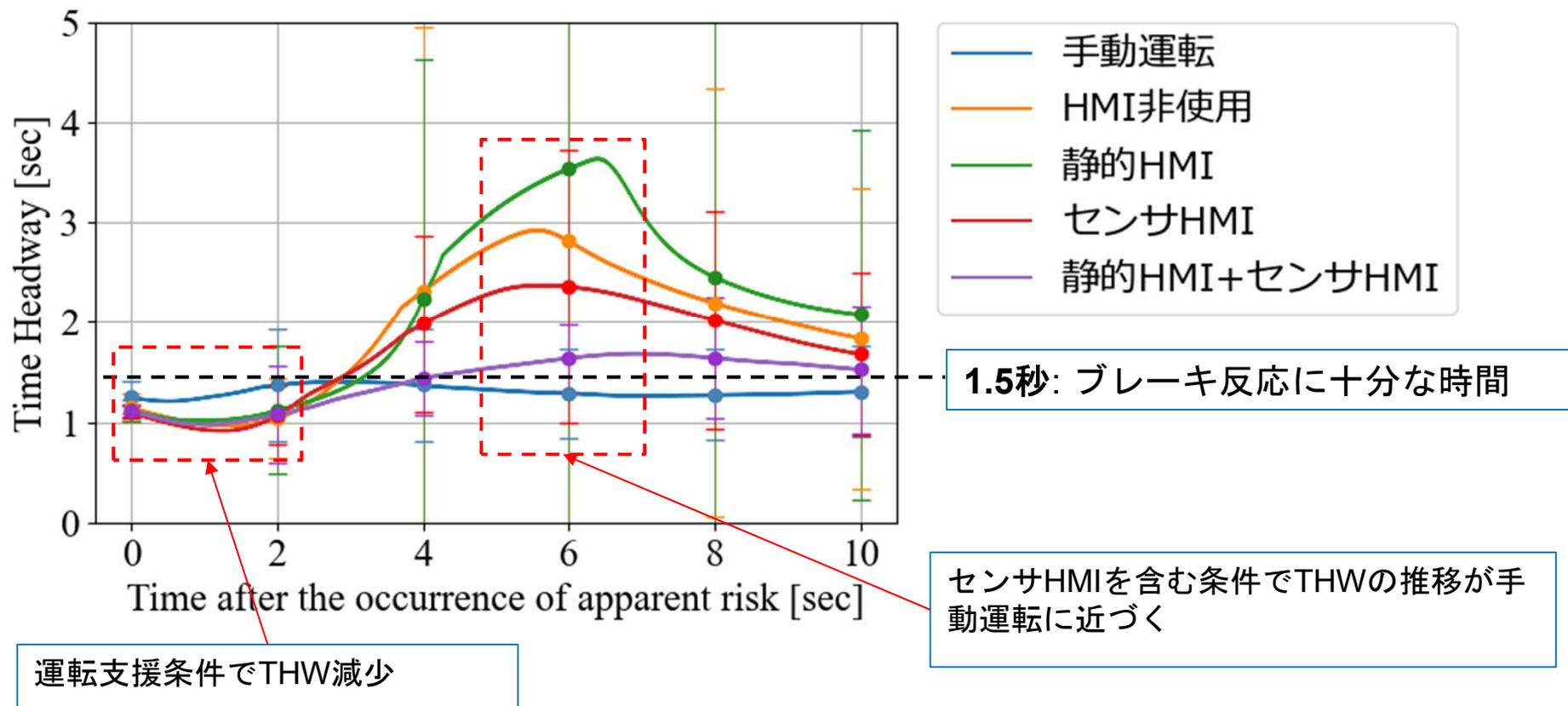
顕在リスク



条件	運転操作	HMI
手動	手動運転	なし
HMI非使用	レベル2	なし
静的HMI単体	レベル2	静的HMI
センサHMI単体	レベル2	センサHMI
併用	レベル2	静的HMI + センサHMI

実験結果

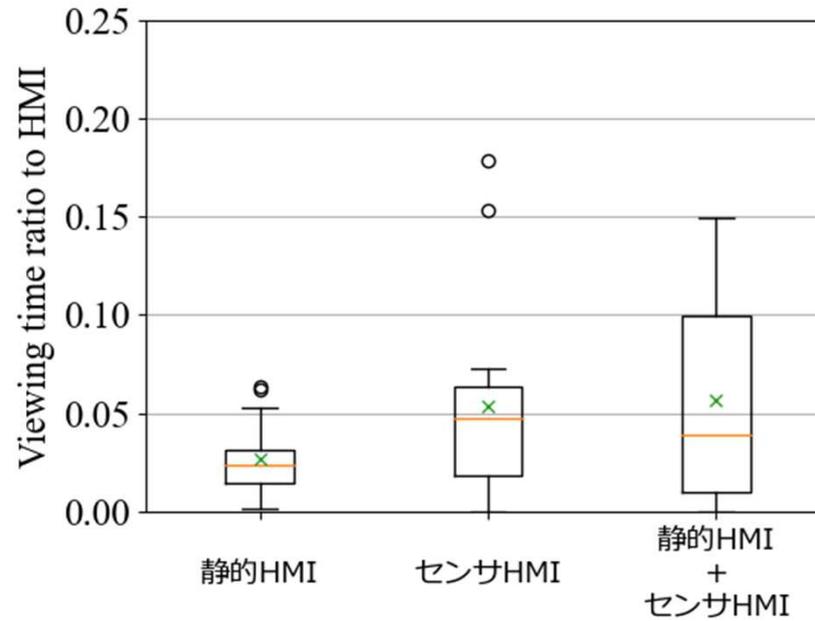
- ✓ 顕在リスクシーンにおけるTHW（前車の現在位置に自車が到達するまでの時間）変化



センサHMIの使用，特に静的HMIとの併用時運転権限の移行が円滑化する

実験結果

- ✓ 交差点付近におけるHMIの注視時間割合



センサHMIを含む条件におけるHMIの注視時間が静的HMI単体に対し長い

課題C

運転者や歩行者等が習得すべき知識とその効果的な教育方法に関する研究開発

国立大学法人筑波大学

目的：

2019年度に実施した自動運転システムに関する一般知識の教育コンテンツの検証実験が新型コロナの流行による中断されたことを受け、前年度の知見を踏まえ、一般知識の教育手法を検討と提案し、ドライビングシミュレーション（DS）実験によるその効果を評価することを目的とした。

仮説：

- 一般知識の教育コンテンツの効果について、2つ仮説を立てた：
1. 一般知識の講習に特定システムの説明を加えることは、具体的な自動運転機能(複数)を利用する際に運転の引継ぎ時の安全性また自動運転機能の理解により効果的である；
 2. 一般知識の講習に引継ぎの体験により、運転の引継ぎ時の安全性また自動運転機能の理解により効果的である。

一般知識に関する安全運転教育手法及び検証実験 Civ(再実験)

実験計画

- 独立変数：

- 教材（被験者間）

被験者間 教材		特定システム(レベル2&3)	
		説明あり	説明なし
Rtl	体験あり	体験有・説明有	体験有・説明無
	体験なし	体験無・説明有	体験無・説明無

- 自動運転機能: 車線変更機能有 v.s. 車線変更機能無

- 実験参加者

条件	人数		平均年齢		
	女性	男性	女性	男性	全体
体験有・説明有	4	6	28.3	39.7	35.1
体験有・説明無	6	3	33.3	22.0	29.6
体験無・説明有	5	3	45.2	22.0	36.5
体験無・説明無	4	6	34.8	27.5	30.4

一般知識に関する安全運転教育手法及び検証実験 Civ(再実験)

実験計画

- 従属変数
 - 引継ぎの成功
 - 対応行動
 - 運転行動: 引継ぎ要請から介入までの所要時間
- シナリオ
 - 引継ぎ要請が発動



大雨



パーキングエリア (PA)へ



工事現場※

- 車線変更支援機能が発動



工事現場



渋滞

一般知識に関する安全運転教育手法及び検証実験 Civ(再実験)

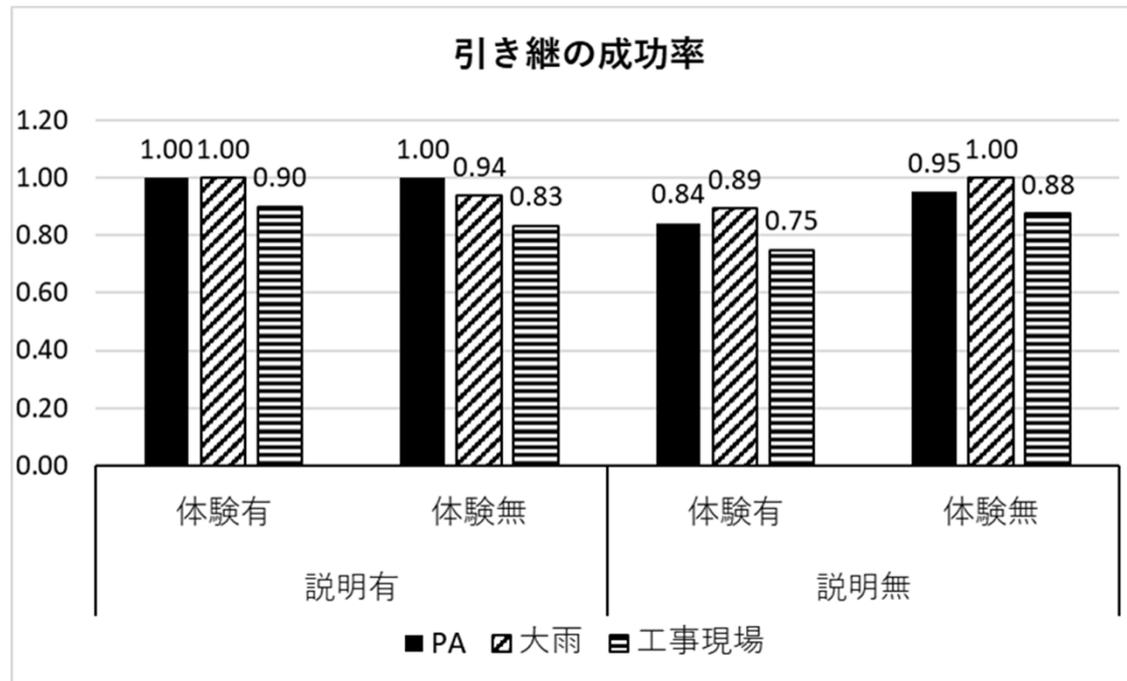
実験計画

・ 実験手順

実験日	実施内容
初日	実験全体及び初日の説明 インフォームドコンセント 自動運転に関する一般知識の講習 自動運転に対する態度に関するアンケート 2日目使用する自動運転システム(車線変更支援機能無し※)の教示 自動運転に対する態度に関するアンケート
2日目	2日目の実験説明 自動運転に対する態度に関するアンケート DSにおける運転操作の説明と練習 実験中実施することの説明(安全運転と副次タスク) データ収集 自動運転に対する態度に関するアンケート 3日目使用する自動運転システム(車線変更支援機能付き※)の教示
3日目	2日目の実験説明 自動運転に対する態度に関するアンケート DSにおける運転操作の説明と練習 実験中実施することの説明(安全運転と副次タスク) 下記のシナリオにおいてデータ収集 自動運転機能に関するアンケート

代表的な結果：運転安全

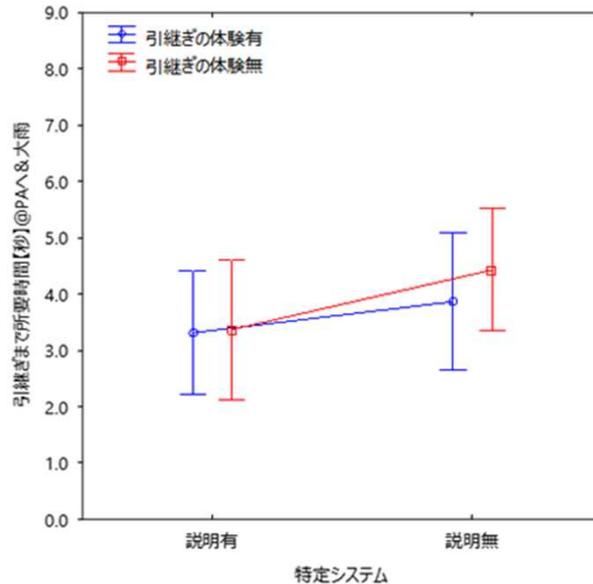
- 引継ぎの成功率



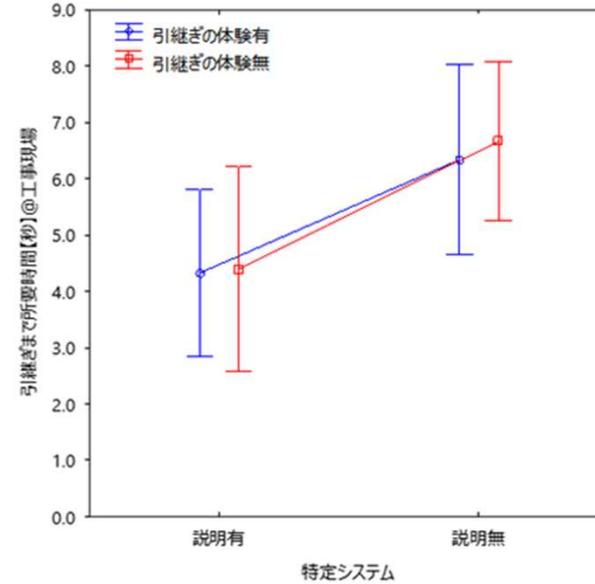
その結果から体験有・説明有の条件の成功率はいずれのシーンにおいて一番高かった。さらに衝突リスクが高い工事現場のシーンにおいても体験有・説明有の条件にてより高い成功率(0.90)が得られ、特定システムの説明が運転安全に効果的であったことを示唆した。

代表的な結果：運転安全

- 引継ぎ要請から介入まで所要時間



PA&大雨のシーン

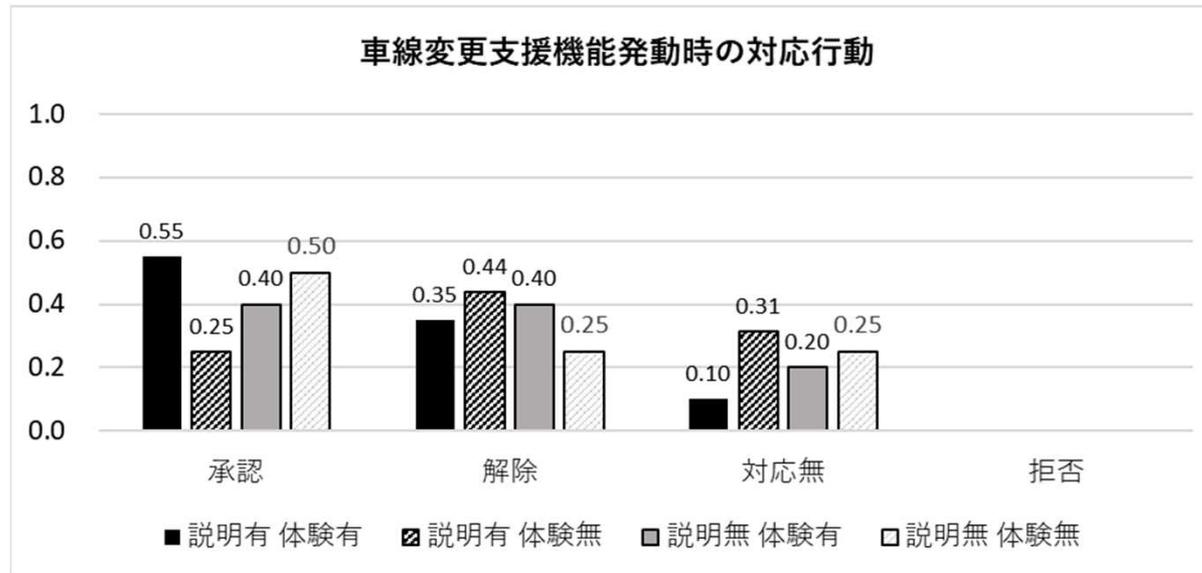


工事現場のシーン

一般知識に特定システムの説明を入れることにより自動運転から引継ぎの安全性に効果的であった結果（工事現場： $F(1,28)=35.287, p < .05^*, \text{partial } \eta^2=.210$ ）と示唆されたが、引継ぎ体験は同じような効果が見られなかった。

代表的な結果：機能への理解

- 車線変更支援機能が発動時のドライバーの対応行動



車線変更支援機能が発動した時のドライバーの対応行動の割合から、「説明有・体験有」の条件は「承認」の割合が最も高かった（0.55）、「対応無」の割合は最も低かった（0.10）。故に、説明有・体験有のグループは承認の割合が最も高かったから、システム（車線変更支援）の機能を最も理解したという傾向であった。

まとめ

本実験では自動運転に関する一般知識の教育コンテンツに着目し、講習時の特定システムの説明及び引継ぎ体験の効果をDS検証実験により考察し、その結果から

1. 特定システムの説明は引継ぎ時の安全性又自動運転機能への理解に効果的であったことを示唆した。この結果は仮説（1）を支持した。
2. 一方、引継ぎ体験による効果は認められなかったことは仮説（2）を支持しなかった。なお、特定システムを説明した上の引継ぎを体験することは引継ぎ時の安全性と機能理解により有効であった。

ウェブ実験のフィージビリティスタディ Cvii

目的：コロナ禍などで対面実験を行えない場合に備え、ウェブベースのリモート実験の実行可能性を確認する。

仮説：

1. ウェブベースのリモート実験を実験者の介入なく実施できるように作りこんだウェブシステムを用いることにより、実験者の介入なくドライビング実験を実施できる。
2. 実験結果がこれまでの実験と同様の傾向を示す。

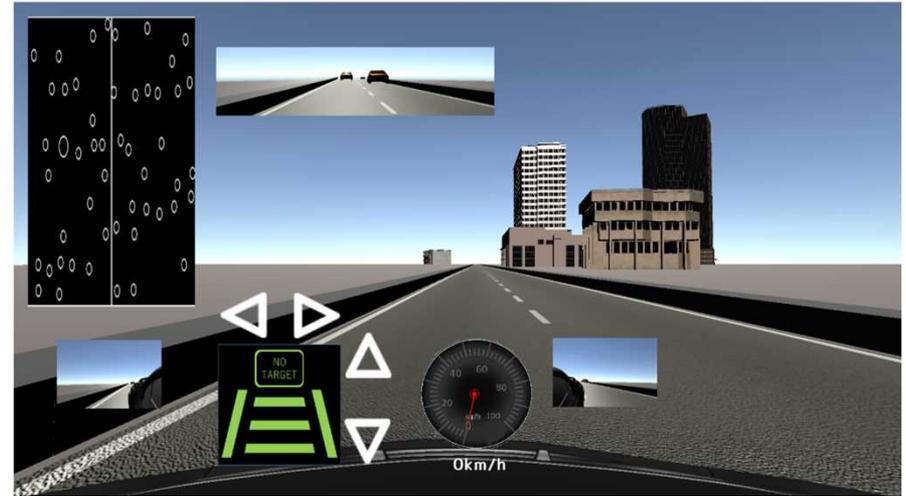
ウェブ実験のフィージビリティスタディ Cvii

開発したウェブシステム :

参加者を無理なく誘導するウェブサイト



走行シミュレーション画面



代表的な結果と結論

1. 実験者の口頭等での誘導なしに20名中、16名（8割）の参加者がシミュレーション実験とアンケート部分、全実験を完了できた。
2. 運転引継ぎ場面を具体的に説明すると引継ぎがうまくいくケースが多い（従来の結果と整合する）ことが確認された。

停止車場面でのRtI	引き継いだ人数	10秒後介入	事前介入	対応しなかった
具体的場面説明なし (7名)	5名(56%)	0名(0%)	2名(22%)	2名(22%)
具体的場面説明あり (9名)	7名(78%)	0名(0%)	2名(22%)	0名(0%)

一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

目的：

本研究では国内の免許保有者、または過去に免許を保有していた者に対してWebアンケート調査を行い、一般ユーザーが自動運転への関心度、保有知識及び求める知識等の現状を把握できる調査により、下記のことを明らかにすることを目的とする。

1. 一般ユーザーが自動運転への態度と保有知識の関係
2. 一般ユーザーが自動運転への態度と求める知識の関係
3. 一般ユーザーが保有知識と求める知識の関係
4. ディーラーから受けた自動運転に関する説明と一般ユーザーが求める知識の相違

一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

設問と回答者

・ 設問

設問	
Q1	あなたの最終学歴をお答えください。
Q2	ご自身の日常での運転頻度についてお答えください。
Q3	ご自身の日常生活で最も多く自動車を利用するシーンについてお答えください。
Q4	ご自身の月間走行距離についてお答えください。
Q5	自動運転に興味を持っていますか
Q6	自動運転技術の知識を知りたいですか
Q7	自動運転技術を装備する車を購入する意欲があります(ありました)か
Q8	自動運転技術を装備する車の購入について、あなたの状況に近いものをお選びください
Q9	自動運転に関する知識を習得する方法について、あなたが習得したいと思うものをお選びください
Q10	自動運転に関する知識について、現在あなたが所持の知識であてはまるものをそれぞれお選びください
Q11	ご検討の段階で、ディーラーでスタッフにより自動運転に関する説明を受けたことがありますか。
Q12	検討の段階で、ディーラーでスタッフから自動運転に関して以下の事を説明されましたか
Q13	検討の段階で、ディーラーでスタッフにより自動運転に関して説明を受けた際、自動運転機能の体験はできましたか
Q14	ご商談の際、ディーラーでスタッフにより自動運転に関する説明を受けたことがありますか。
Q15	商談の段階で、ディーラーでスタッフから自動運転に関して以下の事を説明されましたか。
Q16	商談の段階で、ディーラーでスタッフにより自動運転に関して説明を受けた際、自動運転機能の体験はできましたか。
Q17	ご契約の際、ディーラーでスタッフにより自動運転に関する説明を受けたことがありますか。
Q18	契約の段階で、ディーラーでスタッフから自動運転に関して以下の事を説明されましたか。
Q19	契約の段階で、ディーラーでスタッフにより自動運転に関して説明を受けた際、自動運転機能の体験はできましたか。
Q20	納車の際、ディーラーでスタッフにより自動運転に関する説明を受けたことがありますか
Q21	納車の段階で、ディーラーでスタッフから自動運転に関して以下の事を説明されましたか。
Q22	納車の段階で、ディーラーでスタッフにより自動運転に関して説明を受けた際、自動運転機能の体験はできましたか。
Q23	自動運転に関する知識について、どの程度知りたいかあてはまるものをそれぞれお選びください。
Q24	自動運転に関する知識について、もっと知りたいものがあれば、どの程度知りたいかあてはまるものをそれぞれお選びください。
Q25	あなたは今後、具体的な自動運転機能の体験をしたいと思いませんか

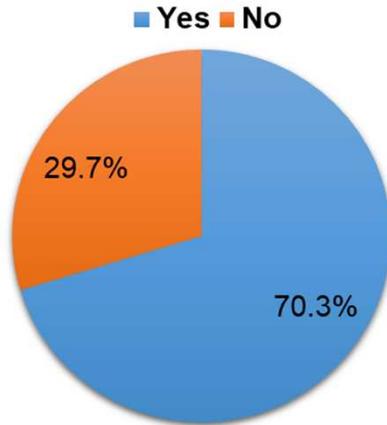
- ・ Web調査の実施は2021年11月中旬、総計1072名（男女比例が1:1）の回答者が参加した。 71

一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

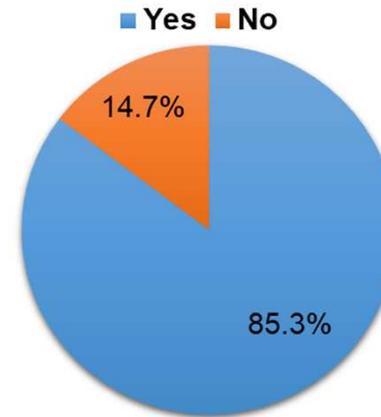
調査結果と考察

・ 自動運転車の購入意図

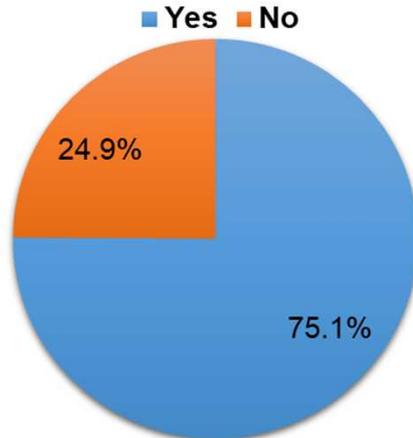
Q5. 自動運転に興味を持っているか



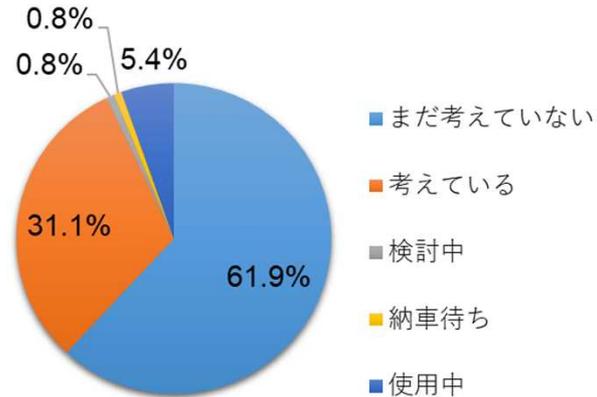
Q6. 自動運転技術の知識を知りたいか



Q7. 自動運転車を購入する意欲があるか



Q8 購入についての現状

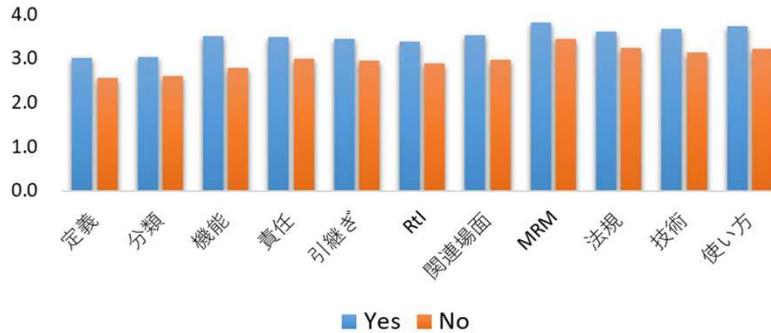


一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

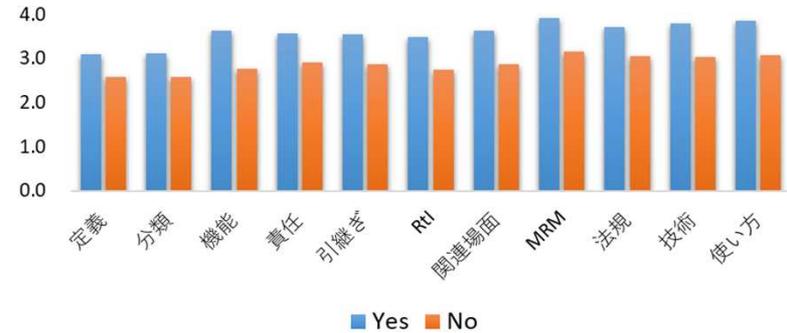
調査結果と考察

一般ユーザーが自動運転への態度と保有知識の関係

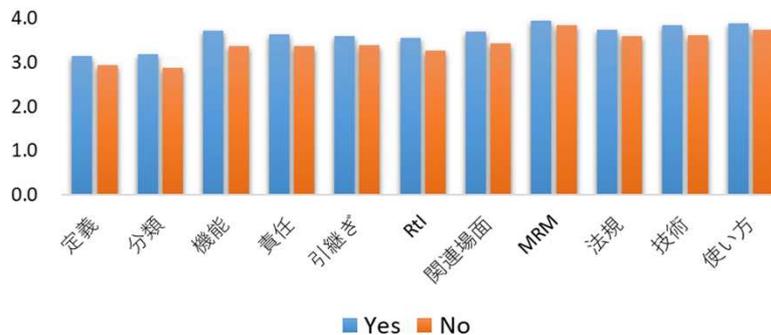
Q5. 自動運転に興味をもちますか



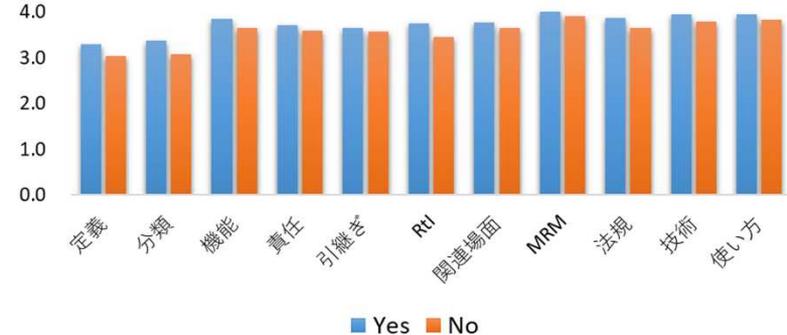
Q6. 自動運転技術を知りたいですか



Q7. 自動運転車を購入する意欲がありますか



Q8. 自動運転車のご購入を検討しています・しますか



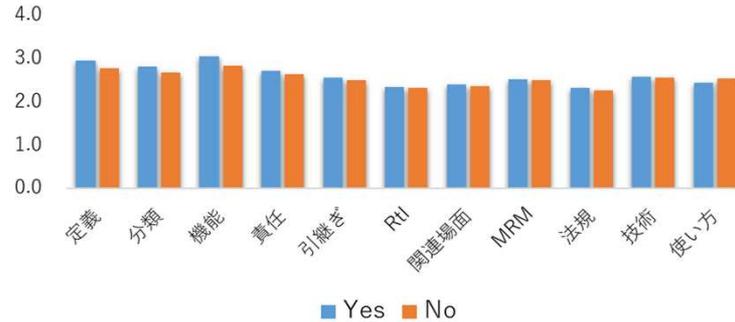
知識の各コンテンツに対して t 検定を行った結果、自動運転車の購入意欲の有無 (Q7)、購入検討の有無 (Q8) 及び購入の有無のいずれも有意な差が見られた。これは一般ユーザーの保有知識は自動運転車を保有する態度に影響したことを示唆した。

一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

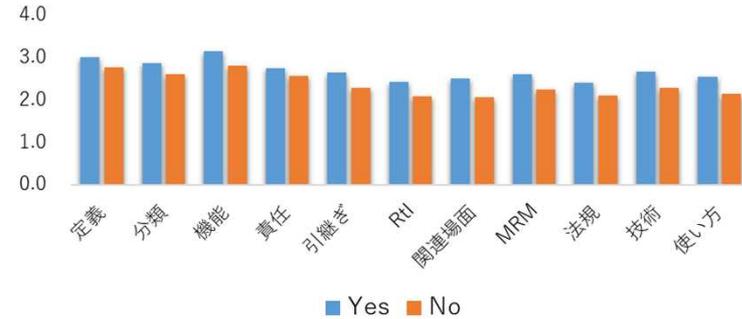
調査結果と考察

・ 自動運転へ態度によるユーザーが求める知識の程度

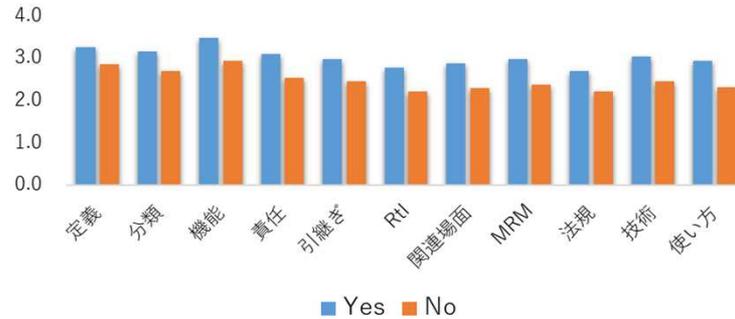
Q6. 自動運転技術の知識を知りたいですか



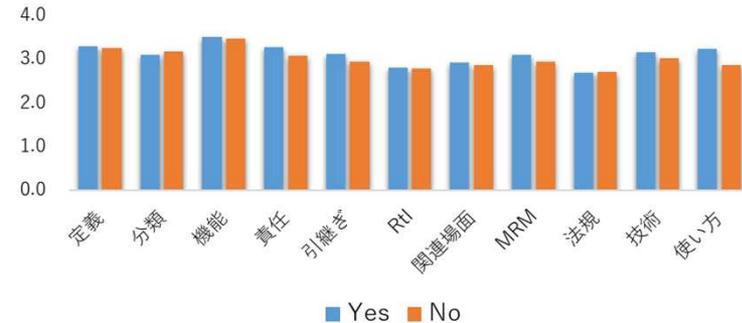
Q7. 自動運転車を購入する意欲がありますか



Q8-1. 自動運転車のご購入を検討しています・しましたか



Q8-2. 自動運転車を購入(しようと)しています・しましたか

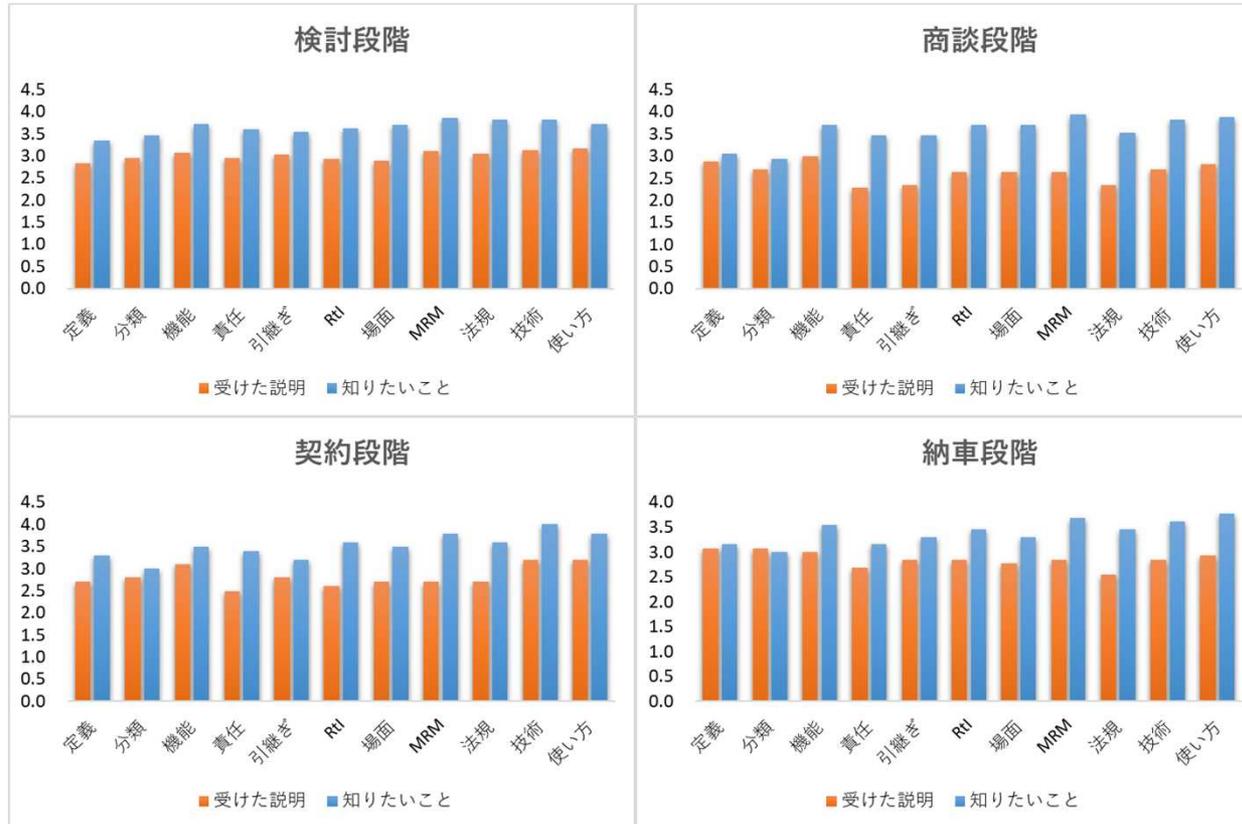


知識の各コンテンツに対して t 検定を行った結果、自動運転関連技術（Q6）への興味の有無、購入意欲の有無（Q7）及び購入検討の有無（Q8-1&Q8-2）によりほとんどのコンテンツにおいて有意な差が見られたが、購入の有無により「ドライバー役割と責任」のみ有意な差があった。これは一般ユーザーが求める知識が自動運転車への態度と関係性を示唆した結果となった。

一般ユーザーが習得知識に関するWeb調査 Cv

調査結果と考察

- ユーザーが受けた v.s. 求める自動運転に関する説明



ユーザーがより詳しい説明を求めていることが示唆された、特に商談と契約段階にてユーザーがドライバ責任・引継ぎ・Rtl・場面・MRMなど運転安全にかかわるコンテンツにより詳しい説明を求めていること、ディーラーが自動運転の定義や分類など一般的な知識を説明したことが分かった。

まとめ

本調査により、一般ユーザーが自動運転を所有する意欲は高くなり、保有した知識の差がより大きくなった一方、求める知識の差は逆となった結果が見られた。さらに、調査の結果からディーラーから受けた自動運転に関する説明と一般ユーザーが求める知識の相違も示唆された。

これらの結果は今後ディーラーにおける自動運転に関する教示に役立ちと考えられる。

目的：

本実験では特定のシステムに関する知識の伝達手法を提案とその有効性を評価することを目的とした。

仮説：

1. 特定システムに説明者ベースでの教示方法は、具体的な自動運転機能を利用する際に運転の引継ぎ時の安全性また自動運転機能の理解により効果的である；
2. 具体的な自動運転機能の引継ぎ体験は、運転の引継ぎ時の安全性また自動運転機能の理解により効果的である。

特定のシステムに関する知識の伝達の検討と検証 Cviii

実験計画

- 独立変数：

- 教示方法（被験者間）

被験者間		特定システムの教示方法	
		説明者ベース	ユーザベース
引継ぎ 体験	体験あり	体験有・説明者	体験有・ユーザ
	体験なし	体験無・説明者	体験無・ユーザ

- 実験参加者 各群 1 2 名（合計 4 8）（自動運転に関する教育を受けた方限定）

- シナリオ

- 引継ぎ要請が発動



大雨



パーキングエリア (PA)へ

- 車線変更支援機能が発動



工事現場



渋滞

実験計画

- 従属変数
 - 引継ぎの成功
 - 対応行動
 - 運転行動: 引継ぎ要請から介入までの所要時間
- 実験手順

実験日	実施内容
初日 (リモート)	実験全体及び初日の説明 インフォームドコンセント 2日目使用する自動運転システムの教示 引継ぎ体験 自動運転に対する態度に関するアンケート
2日目 (DSによる検証)	2日目の実験説明 自動運転に対する態度に関するアンケート DSにおける運転操作の説明と練習 実験中実施することの説明(安全運転と副次タスク) データ収集 自動運転機能に関するアンケート

実験結果とまとめ

現在、実験進行中のため、解析と考察できる十分なデータを取れていないため、本報告書に結果とまとめを見送りする。

本報告書は、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)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）」(NEDO管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。