

「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」

2019～2022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8月

課題A

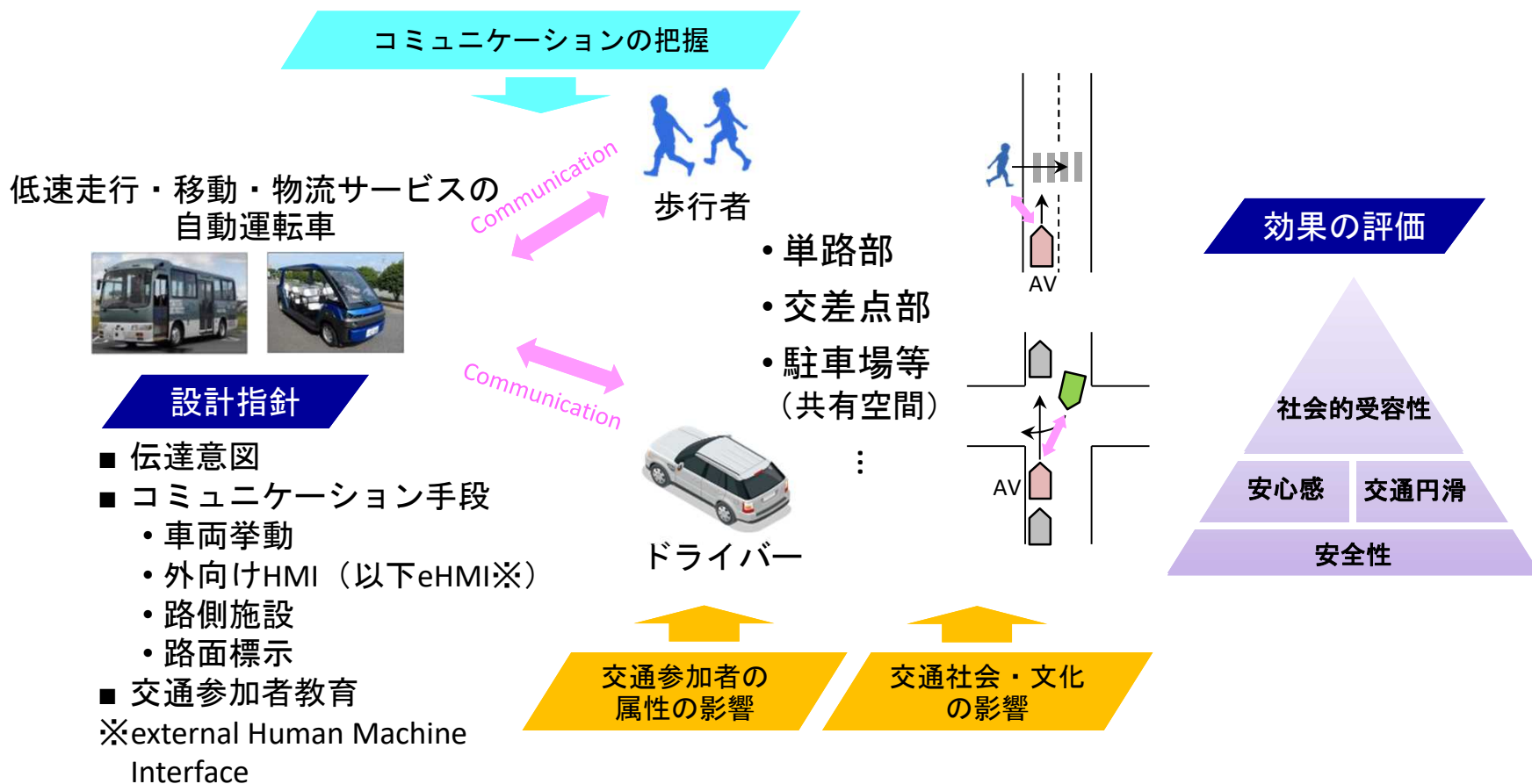
低速走行の移動・物流サービスにおける自動運転車と
周囲交通参加者とのコミュニケーションに関する研究開発

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**

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, ...)



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)



・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
・eHMI・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

宿泊施設敷地内での実証実験におけるコミュニケーション分析

・ 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
- ・ 歩車混在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)

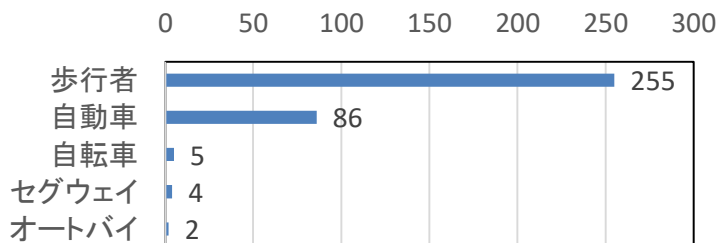


対象地(時之栖園内)

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

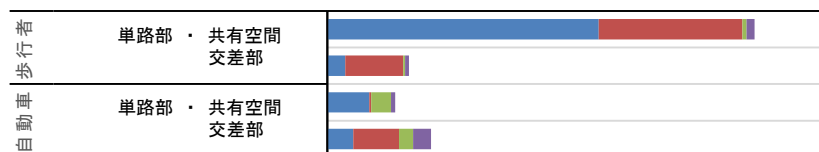
宿泊施設敷地内での実証実験におけるコミュニケーション分析

・ 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。

道の駅等の実証実験における自動運転車と手動自動車(従来車両)を対象にしたコミュニケーション比較

・ 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
- ・ 歩車混在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)



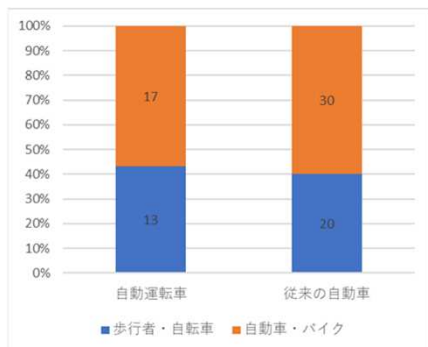
駐車場でのコミュニケーション観測



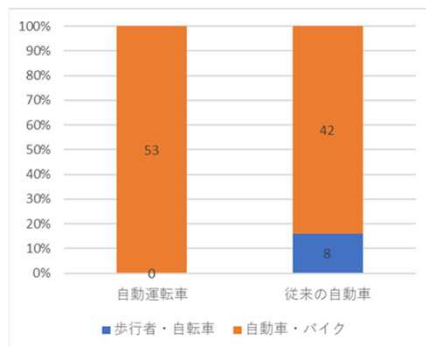
交差点でのコミュニケーション観測

自動運転車と手動自動車(従来車両)のコミュニケーションの比較

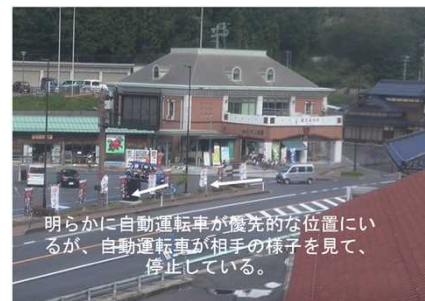
・ 結果



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

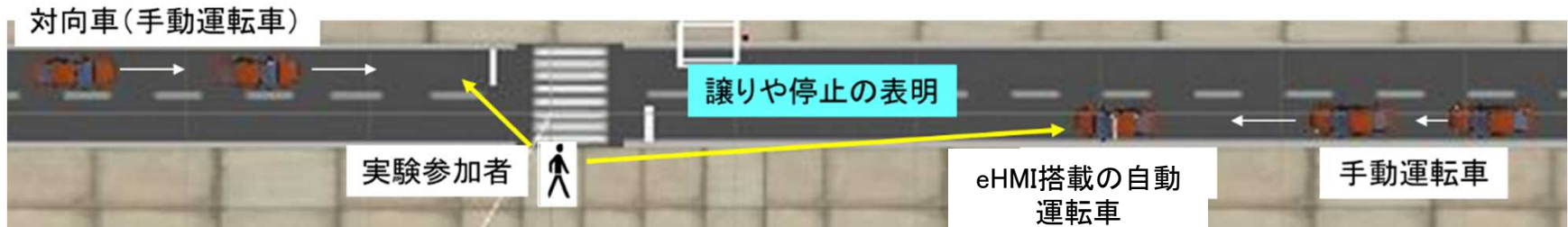
・ 自動運転車と従来の自動車それぞれのインタラクションの失敗の違いに関する考察

- ・ 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。

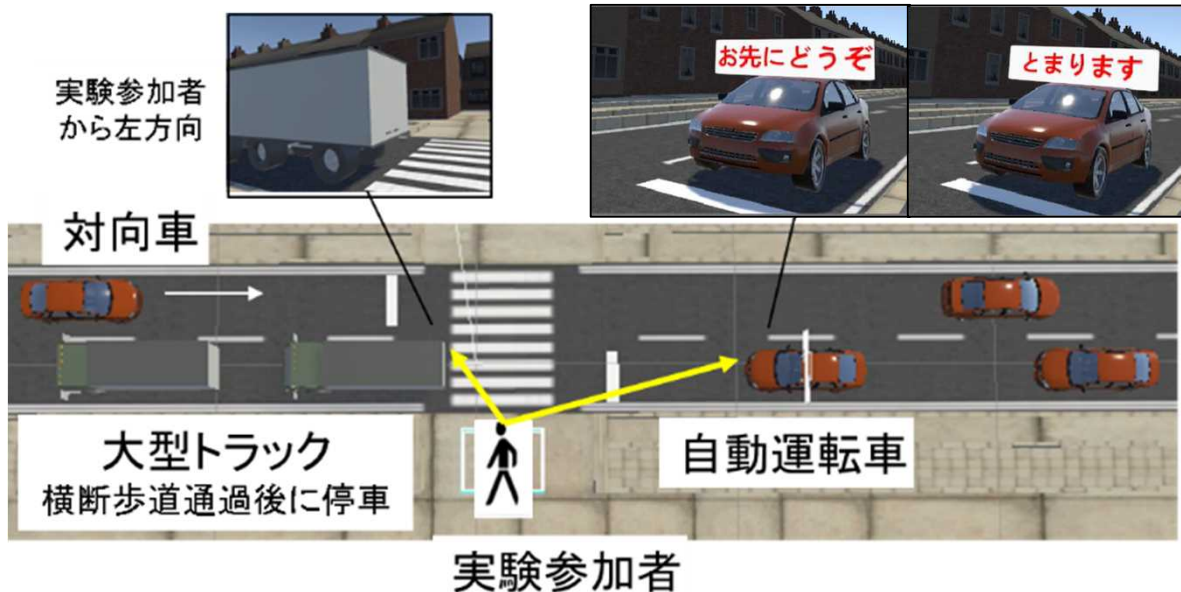
A-ii 単一交通参加者や複数交通参加者とのコミュニケーションの特徴分析とコミュニケーションの成功・失敗に影響を及ぼす要因分析

- 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)

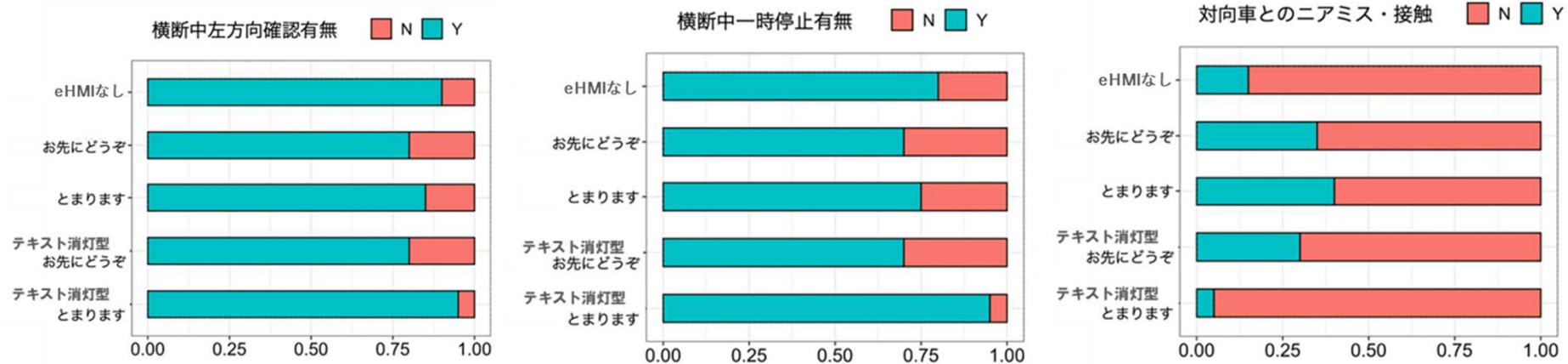


改善方法



周辺環境における歩行者の注意を喚起するため、
eHMIのテキストメッセージを
消灯させる

自動運転車からのコミュニケーションに対する歩行者行動の結果



- 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



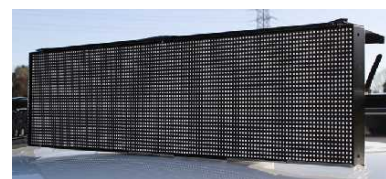
eHMI(前方)



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)
- 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



AC100V
4.0kg



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 単路部や交差部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

横断ケースを対象にした構内道路での歩行者実験

課題

- 歩行者が横断歩道で自動運転車の前を横断する際の非効率な交通場面に対して、コミュニケーション支援による改善が必要である

目的

- 自動運転サービスカーのeHMI, 車両挙動, 乗務員の有無に対する歩行者の認識・判断・心理面への影響を分析する
- VR環境で得られたeHMI等の知見を実道環境・実車にて確認する

方法

- キャンパス構内道路にて実験を実施
- eHMI, 車両挙動, 乗務員の有無からなる実験因子から構成される各実験条件を設定
- 被験者は運転免許を所有する20歳代から50歳代の健常な男性・女性で, 全被験者数は32名

結果および考察

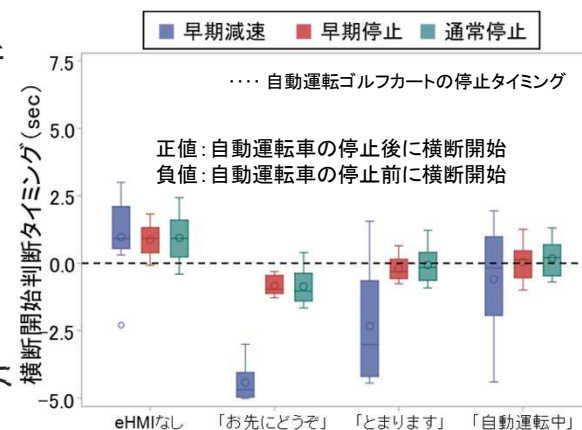
- eHMIが実装されていない場合, 減速挙動に関わりなく, 自動運転ゴルフカートが停止しても, その直後は譲られていないと感じて横断開始の判断が遅い傾向あり
- eHMIが実装されることで, 早いタイミングで横断開始の判断を行うことが可能
- 乗務員が乗車していない場合(無人状態の場合)は, 乗務員が乗車している場合と比較して, 早期減速を対象に横断開始の判断が遅い傾向(→早期停止や通常停止が安定的)
- 「とまります」の早期減速や通常停止で, 乗務員が乗車していないことにより不安感が高まる傾向
- eHMIにおける早期停止は乗務員の有無に関わりなく, 不安感が低い傾向



自動運転ゴルフカート



歩行者の横断場面



乗務員が乗車している場合

追越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ドライバー実験 (eHMIのメッセージ検討)

課題

- 低速走行中の自動運転車を後続車が追い越す際に対向車とのニアミスや干渉など衝突を誘発する危険事象が観測されており, そのような状況を抑制あるいは低減するコミュニケーション等の支援が必要である.

目的

- 低速走行中の自動運転車に接近する後続車のドライバーに対して, 対向車とのニアミスや干渉などを低減, 抑制するためのコミュニケーション支援として, eHMI, 車両挙動に対する後続ドライバーの認識・判断・心理面への影響を分析する

方法

- ドライビングシミュレータ環境を利用して実験を実施
- 被験者は運転免許を所有する健常な一般ドライバーで全被験者数は32名
- eHMIなし, 「自動運転車/低速走行中」(交互表示), 「追越注意」, 「周囲に注意/お先にどうぞ」(交互表示)などを設定

結果および考察

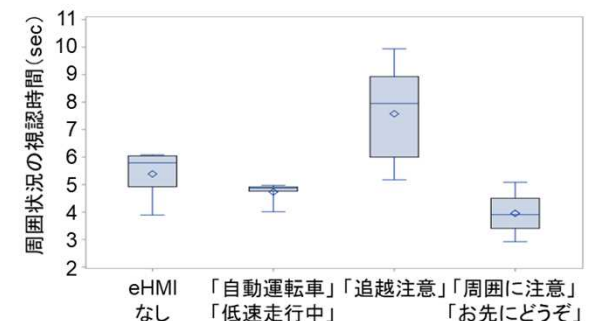
- 「追越注意」を伝達することで追越場面での周囲状況の視認時間を増大
- 「周囲に注意/お先にどうぞ」(交互)を伝達すると追越場面での周囲状況の視認時間減少を誘発
- eHMIを実装しないと後続ドライバーのいらつきを高め, eHMIを実装すると, 後続ドライバーのいらつきを抑制できる可能性を示唆
- eHMIにより「自動運転車/低速走行中」や「追越注意」を伝達することでも譲り意図を後続ドライバーに伝達できる可能性を示唆



ドライビングシミュレータでの実験



eHMIによる意図・状態の伝達



追越場面での周囲状況への視認時間

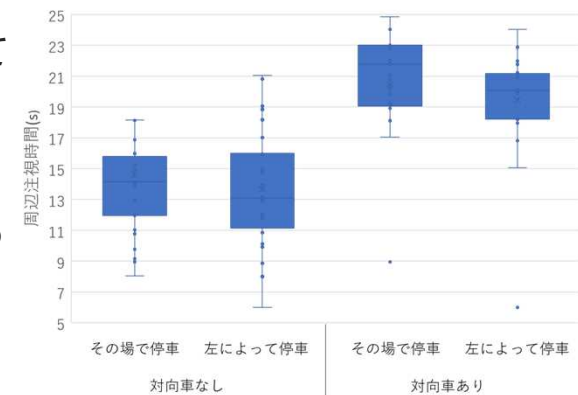
追越ケースを対象にしたドライビングシミュレータでの後続ドライバー実験 (車両挙動の検討)

- 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、乗務員の手間が大きい
- 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を分析
- 方法
 - ドライビングシミュレータを用いて実験を実施
 - 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
- 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



ドライビングシミュレータにおける実験



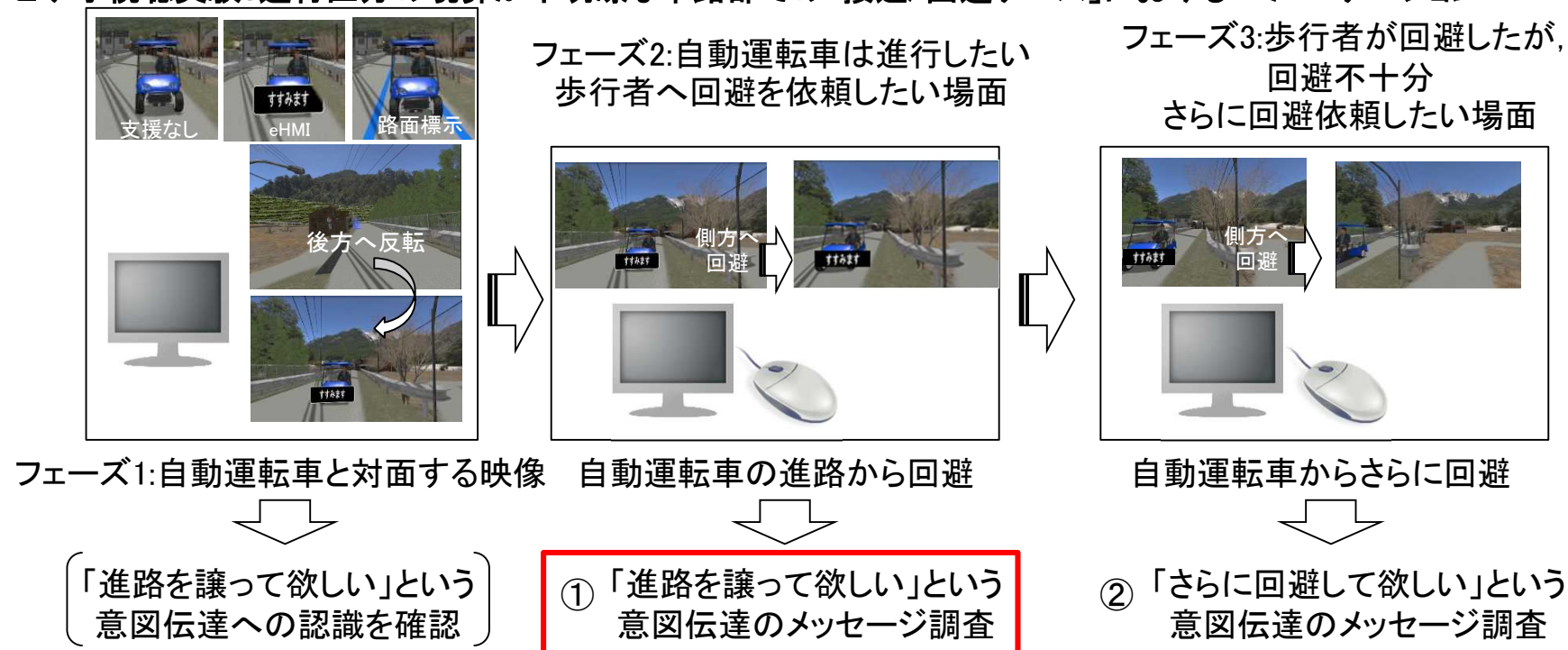
追越場面での周囲状況への視認時間

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等に関する検討と提案

コミュニケーションのための事前調査

- 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



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音声活用

- 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、自動運転車からの音声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査した。

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

- 女性4名 & 男性3名

実験デザイン

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

音声・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、自動運転車が自分が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「音声・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”
- 音声・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

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」における音声・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)

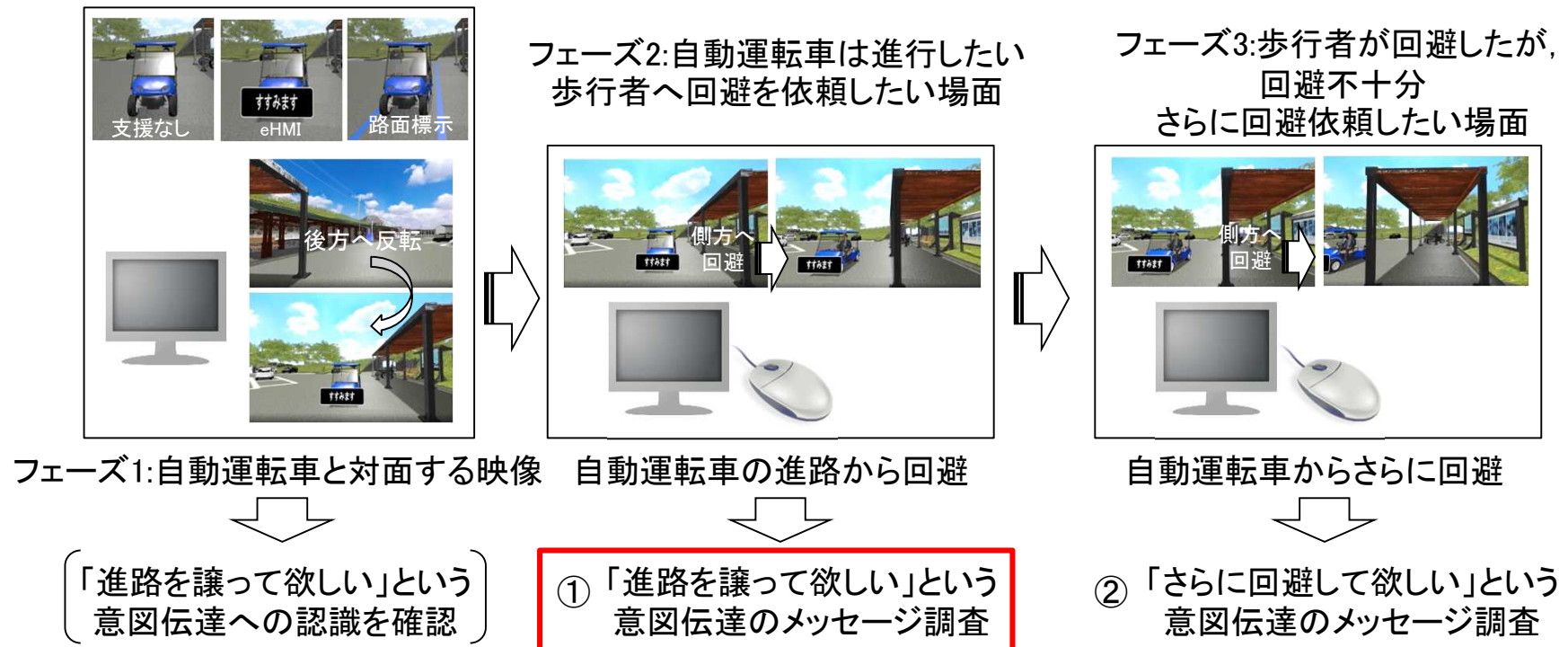
- 1回目の試行で、回避を行ってない参加者が1人確認されたが、試行を体験し続けることで、6回目の走行ではきちんと回避を行った
- 過去に用いた支援方法の「視覚・eHMI」や「路面標示」の条件では、回避行動を行ってない参加者も多く見られているが、「音声・eHMI」では、ほぼ全ての参加者が回避を行った
- 自動運転車の意図の理解における質問において、1回目より6回目試行後の評価が低いことが確認された
- 大きな違いは見られてないが、1回目より6回目の試行後に不安感をより感じる傾向が見られた
- 経験を続けることで、自動運転車に対する歩行者の信頼感と安心感の評価は高くなった
- 本実験のアンケートは1から7までの範囲で評価されていることから、「音声・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検討と提案

- 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



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あり、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、自動運転車からの音声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査した。

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

- ・ 女性5名 & 男性4名

実験デザイン

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

音声・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，音声メッセージを用いた「音声・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。

結果例：駐車場エリア・「接近/回避ケース」における音声・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、「音声・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、「音声・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に関する提案と評価

- 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

- 女性21名 & 男性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
「道を開けてください」



視覚・eHMI
「すみません」



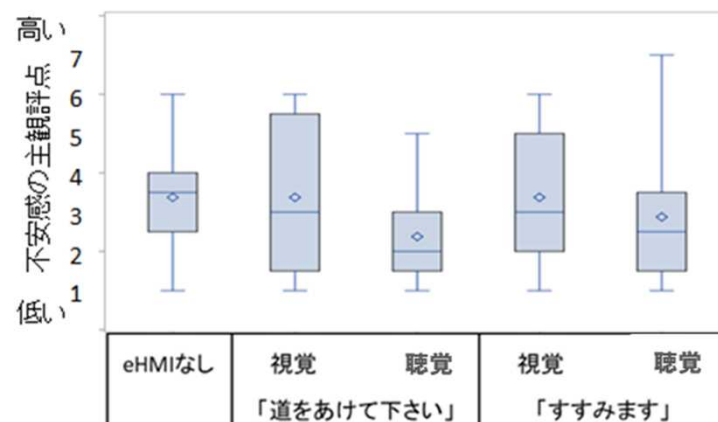
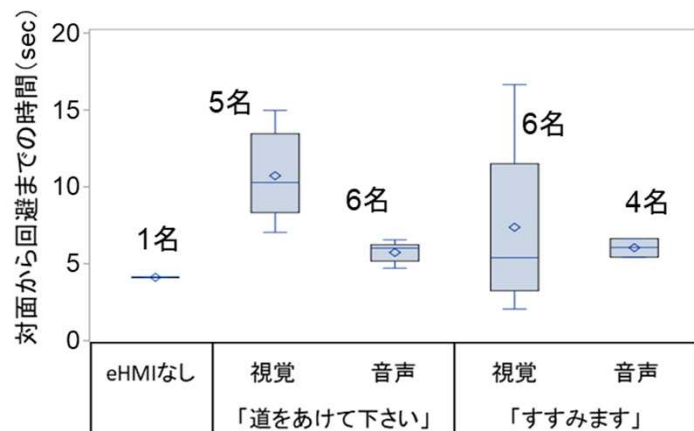
聴覚・eHMI
「道を開けてください」



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 (eHMIなし)	「道をあけてください」		「すすみます」	
		視覚・eHMI	音声・eHMI	視覚・eHMI	音声・eHMI
十分に回避	1	5	6	6	4
回避せず・不十分な回避	7	2	2	2	4
その他	0	1	0	0	0



- eHMIがない状況では、歩行者に回避行動が必要であることを認識させることが難しい傾向にあるが、eHMIを実装することで回避行動を認識させることが可能
- 自動運転ゴルフカートが電磁誘導線上から外れて運行できない制約を知らないことから回避不十分となったり、回避行動を取らない場合あり、eHMIが実装されている場合でも発生
- eHMI(視覚)では、eHMI(音声)と比べて、不安感が高い傾向にあり、特にeHMI(視覚)では初見での個人差が大きく、対面から回避までの時間も長い
- eHMI(音声)では初見での個人差が小さく、不安感も低い、対面から回避までの時間も短い、行動を強制されていると感じる人もおり、文言に留意する必要あり

A-vi 道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験に基づいたeHMI等の効果検証・提案

- 課題
 - eHMIの実用化に資する示唆を得るため、これまでの実験室で得られた成果が、公道環境においても同様の成果が得られるかどうか分からない
- 目的
 - 実験室とは違い、様々な影響がある実環境においても、実験室と同様の結果が得られることを検証する
 - 特に歩行者の横断と後続車の追越における不安全性や非効率性の改善に対するeHMIによる効果を検証する
- 方法
 - 島根県飯南町及び福岡県みやま市において実証実験を実施した(赤来高原:2022年6月25日から7月5日(6月29日、7月1日、7月3日を除く)、みやま:2022年7月15日から7月23日)
 - 運行ダイヤは現地の運行時間に則り、現地車両の運行時間の合間に走行する
 - 現地の自動運転サービスと同様の車両を搬入して運用する
 - 前方eHMI表示内容:とまります、お先にどうぞ
 - 後方eHMI表示内容:追越注意、低速走行中/自動運転車(切替表示)



自動運転車の前方と後方



赤来高原のルート (<https://www.ad-akagikogen.com/>)



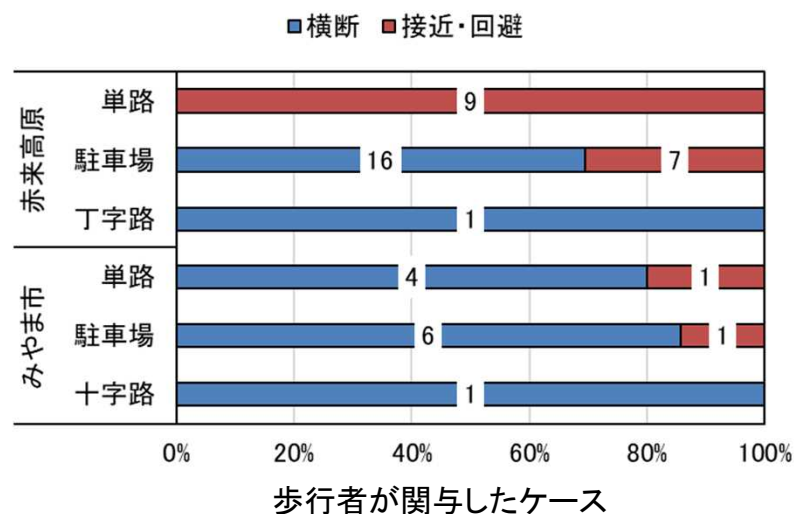
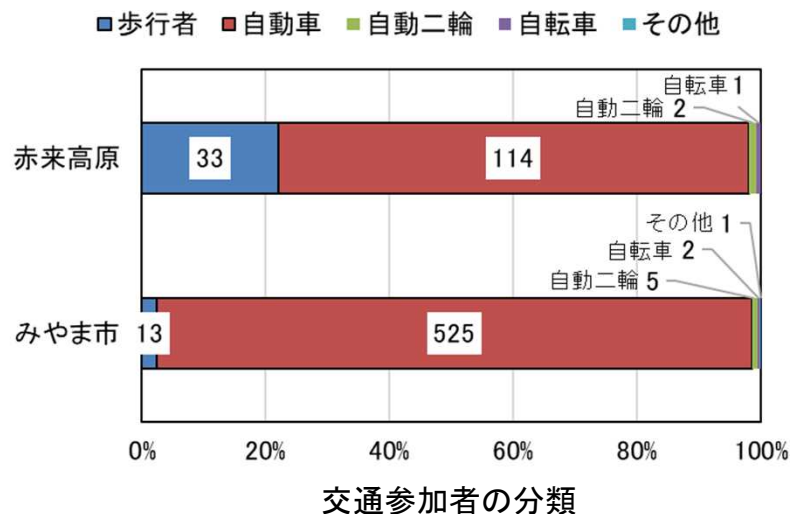
みやまのルート

(<https://www.city.miyama.lg.jp/s006/kurashi/140/jidouunten.html>)

実証実験でのコミュニケーション観測状況

観測されたコミュニケーション^(注)と歩行者が関与したケース

^(注) 観測漏れを回避するため、特定の距離内の交通参加者を漏れなく抽出(交通参加者が自動運転ゴルフカートを視認しないなどの事例も含む)

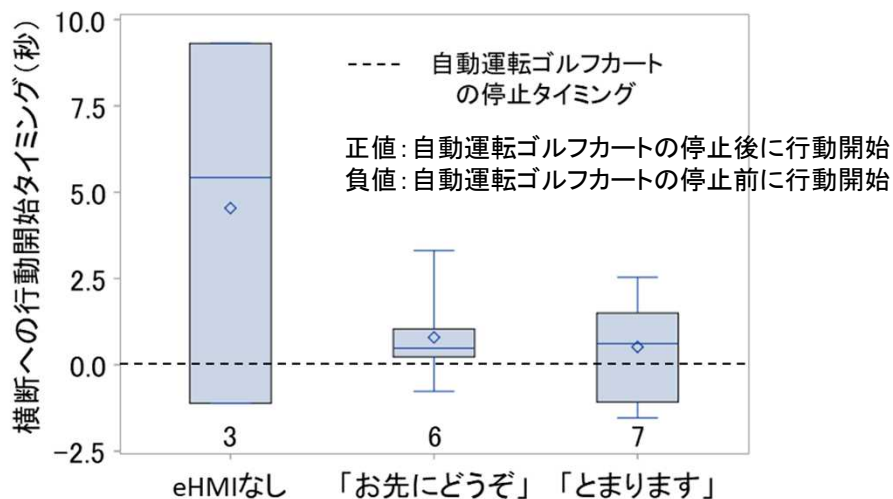


観測結果

- 赤来高原は運行ルートの手ほとんどが生活道路のため車両交通量が少なく、また生活道路での追越ケースがほとんど。歩行者の横断ケースは道の駅 駐車場内での観測されたもの、単路での接近・回避は路肩の歩行者の側方を通過した際の観測がほとんど
- みやま市の運行ルートの手ほとんどが一般国道のため車両交通量が多く、一般国道での追越ケースがほとんど、歩道が設置されている区間が多く、接近・回避ケースは少なく、横断ケースがほとんど

横断ケースでのeHMIの有無による歩行者の横断行動への影響

- 歩行者が自動運転ゴルフカートを視認して横断への行動を開始しているケースを抽出・分析
(観測事例が少ないため参考例, 自動運転ゴルフカートを視認せずに横断行動に移行した事例や判断が難しい事例を除外)



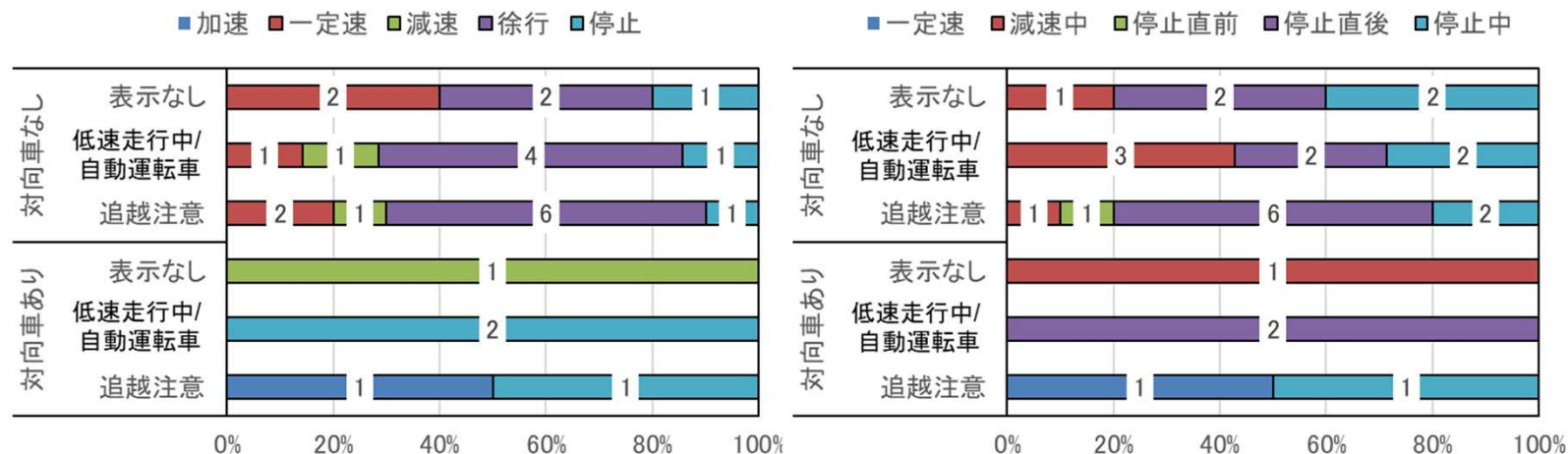
自動運転ゴルフカートの停止タイミングと歩行者の横断開始タイミングとの関係

- 観測結果および考察
 - eHMIの未搭載では, 歩行者が自動運転ゴルフカートの停止状態を視認しても横断行動になかなか移行せず, 非効率な横断開始をもたらす可能性を示唆
 - eHMIの実装により, 歩行者が自動運転ゴルフカートの状態を視認して自動運転ゴルフカートの停止タイミング付近で横断行動にスムーズに移行できる可能性を示唆

(構内道路実験で得られたeHMIの効果を実交通環境でも確認)

追越ケースでのeHMIの有無による後続ドライバーへの影響

- 赤来高原の生活道路におけるeHMIの有無と後続ドライバーの追越行動の特徴を抽出・分析
(計測エラーを除く。車群の場合、先頭車のみを集計。観測事例が少ないため参考例)

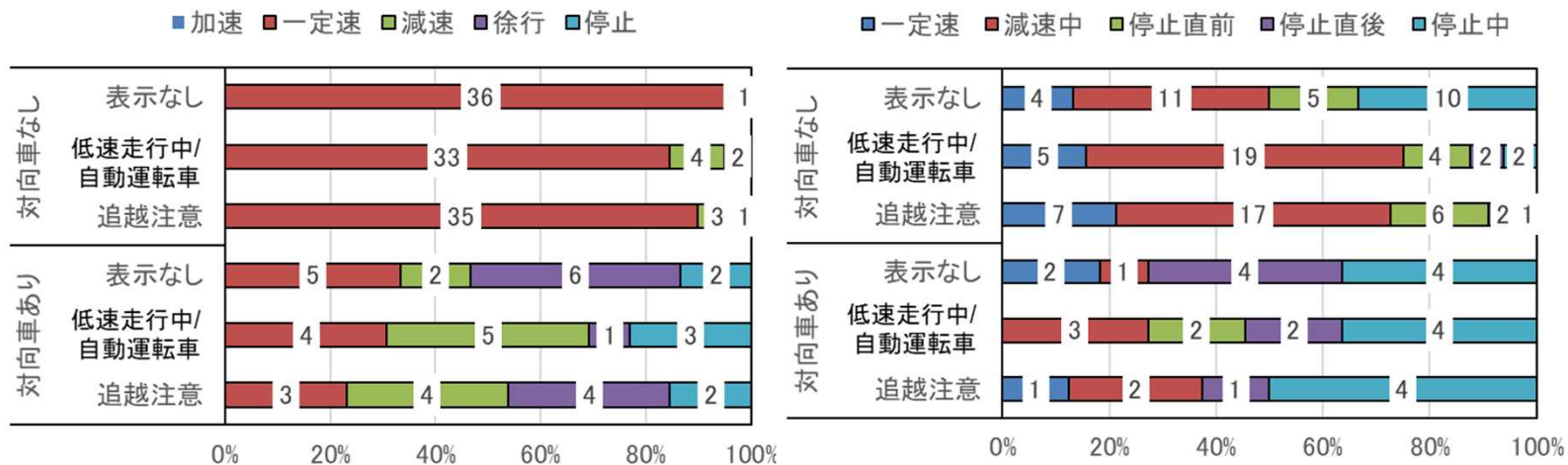


自動運転ゴルフカートを追い越す直前の後続車の走行状態 後続車の追い越し開始時点での自動運転ゴルフカートの走行状態

- 観測結果および考察
 - 幅員の狭い生活道路であり、周囲車両も30km/h未満と低速走行の状態であるが、eHMIの実装により、自動運転ゴルフカートの追越前に、後続車に減速や徐行などを促せる可能性を示唆
 - eHMIの有無に関わりなく、自動運転ゴルフカートの減速中か停止前後で、後続車が追越を開始する事例が多く、自動運転ゴルフカートの走行状態と後続車の追越開始の関係に、eHMIの実装の影響の有無は現時点で判断が難しい
- (観測数が少ないため、引き続き、検証が必要)

追越ケースでのeHMIの有無による後続ドライバーへの影響

- みやま市の一般国道におけるeHMIの有無と後続ドライバーの追越行動の特徴を抽出・分析
(計測エラーを除く。車群の場合、先頭車のみを集計。eHMIの各条件に基づいてランダムにサンプリング・分析)



自動運転ゴルフカートを追い越す直前の後続車の走行状態 後続車の追い越し開始時点での自動運転ゴルフカートの走行状態

- 観測結果および考察
 - 一般国道であり、周囲車両も実勢速度50km/hと自動運転ゴルフカートとの速度差が大きい状態であるが、eHMIの実装により自動運転ゴルフカートの追越前に後続車に減速や徐行などを促せる可能性を示唆
 - eHMIの有無に関わりなく、自動運転ゴルフカートの減速中か停止前後で、後続車が追越開始する事例を多く観測、自動運転ゴルフカートの走行状態と後続車の追越開始の関係に、eHMIの実装の影響の有無は現時点で判断が難しい

(DS実験で得られた結果と関連した傾向あり、観測数が少ないため、引き続き、検証が必要)

地域からのコメント・感触, 追越ケースにおける課題

- 地域からのコメント・感触
地域自治体の担当者, 交通事業者, 関係者, 歩行者(市民等)から, eHMIの実装に関してポジティブなコメントあり
 - 課題
速度差が大きい追越ケースにて, 対向車が複数台通過する場合に, 後続車の追越開始が対向車の進行との干渉に至るケースを少数観測
- 道路環境や後続車へ譲る際の実験車両の停止位置にも起因すると考えられ, 停止位置の判断のほか, 停止位置・予定に関するコミュニケーションの検討・検証も必要

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”: 女性9名 & 男性8名; “お先にどうぞ”: 女性8名 & 男性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



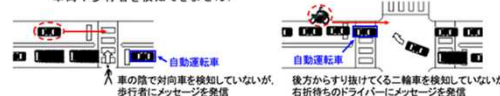
その結果、自動運転車が他の交通参加者(歩行者、自転車など)と
の接触を避けられない場合、停止できない場合があります

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。

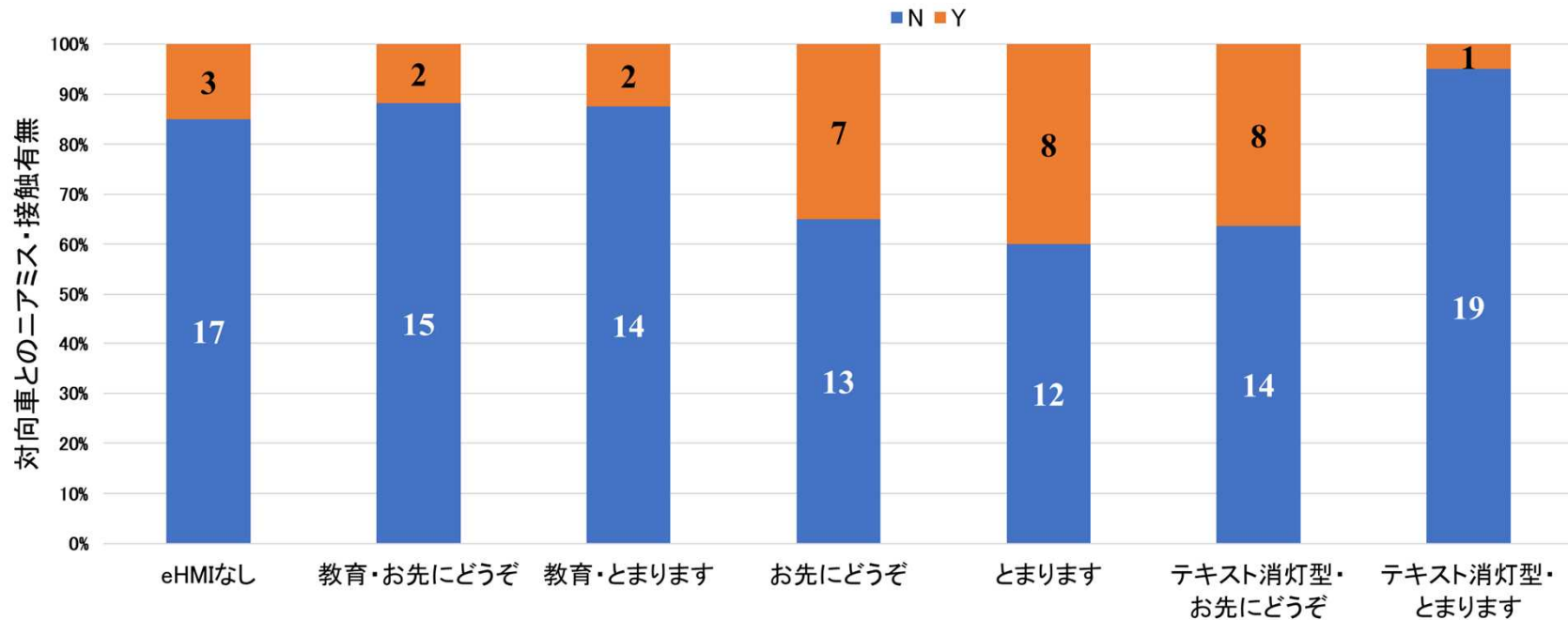


その結果、自動運転車が歩行者やドライバーに対して、誤ったメッ
セージを発信したり、必要なメッセージを発信しない場合があります

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た。
- 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・衝突ケースの減少に寄与した。
- 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)

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

- 低速走行の自動運転移動・物流サービス車両と周囲交通参加者との間の非効率・不安全なコミュニケーションとして、横断ケース、接近・回避ケース、追越ケースを抽出
- 非効率・不安全なコミュニケーションの原因として、自動運転サービス車両の車両挙動や行動意図を周囲交通参加者が理解できていないことを示唆
- これらのユースケースに対し、eHMIを含めたコミュニケーション改善の可能性を机上検討

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

- eHMIを搭載した自動運転車からのコミュニケーションを繰り返し経験することで、横断判断時の歩行者の周囲確認が低下、自動運転車からの譲りに対する過信など負の影響を誘発
- 周囲状況に応じたeHMIの消灯運用などにより、横断前・横断中の周囲確認をやや改善、大幅な改善に至らない原因は自動運転車に関する知識不足であることを示唆

課題Aのまとめ(2)

単路部や交差部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等に関する検討と提案

<横断ケース>

- eHMIの未実装は、減速挙動に関わりなく、自動運転ゴルフカートの停止直後でも譲られていないと歩行者に感じさせ、横断開始の判断タイミングを遅延
- eHMIの実装(「とまります」などの停止意図や「お先にどうぞ」などの譲り意図の伝達)は、歩行者に早いタイミングでの横断開始の判断を提供し、不安感の低減にも寄与。早期減速との組合せでより高い効果
- 乗務員が乗車していない自動運転状態(無人状態)は、乗務員が乗車している場合と比較して、早期減速による横断開始の判断タイミングの遅延、eHMI(停止意図)での不安感の増大を誘発。早期停止とeHMIの組合せでは改善効果を示唆

課題Aのまとめ(3)

単路部や交差部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等に関する検討
と提案

<追越ケース>

- eHMIにより「周囲に注意/お先にどうぞ」(交互表示)など直接的な譲り意図を伝達すると、追越場面での周囲状況の視認時間減少を誘発
- eHMIにより「追越注意」を後続ドライバーに伝達することで、追越場面での周囲状況の視認時間を増大させる効果あり
- eHMIにより「追越注意」や「自動運転車/低速走行中」(交互表示)を伝達することでも、譲り意図を後続ドライバーに伝達できる可能性を示唆
- eHMIの未実装は後続ドライバーのいらつきを高め、eHMIを実装すると、後続ドライバーのいらつきを抑制できる可能性を示唆

課題Aのまとめ(4)

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等に関する検討と提案

<接近・回避ケース>

- eHMIの未実装は、歩行者に回避行動を依頼されていることの認識が難しく、結果的に、回避行動に至らず、非効率な交通場면을誘発

(「道をあけてください」などの歩行者への依頼, 「すみません」などの自動運転ゴルフカートの意図表明)を対象に)

- eHMI(音声)は、初見での対面から回避までの時間も短い、歩行者の個人差が小さく、不安感も低い、行動を強制されていると感じる人もおり、文言に留意する必要あり
- eHMI(視覚)は、初見での歩行者の個人差が大きく、対面から回避までの時間も長い場合あり、eHMI(音声)と比べて不安感が高い傾向あり
- 自動運転ゴルフカートが、電磁誘導線上から外れて運行できない技術的制約を歩行者が知らないことに起因、eHMIが実装されている場合でも歩行者の理解不足が少数発生

課題Aのまとめ(5)

道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験に基づいたeHMI等の効果検証・提案

道の駅 実証実験との連携によるeHMIの効果を検証(横断ケースと追越ケース)

<横断ケース>

- eHMIの実装が歩行者の横断判断・開始の遅延の低減に寄与することを確認

<追越ケース>

- 自動運転ゴルフカートとの速度差が大きい国道などで、eHMIの未実装は、後続車が一定速のまま追越開始、eHMIの実装により後続車の減速後・徐行後の追越開始を示唆

(課題)

- 道路環境や後続車へ譲る際の実験車両の停止位置にも起因すると考えられる対向車と後続車の干渉を少数観測. コミュニケーション方法の詳細検討も必要

課題Aのまとめ(6)

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

自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションにおける負の影響を抑制・低減するための知識や教育

- 自動運転車に関する事前知識や説明の必要性が提案されたことから、説明資料を用いて事前知識の提供、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

ドライバーのOEDR(Object and Event Detection and Response)の定量的評価方法の開発と自動から手動への運転交代におけるドライバーのパフォーマンスを高めるHMI要件

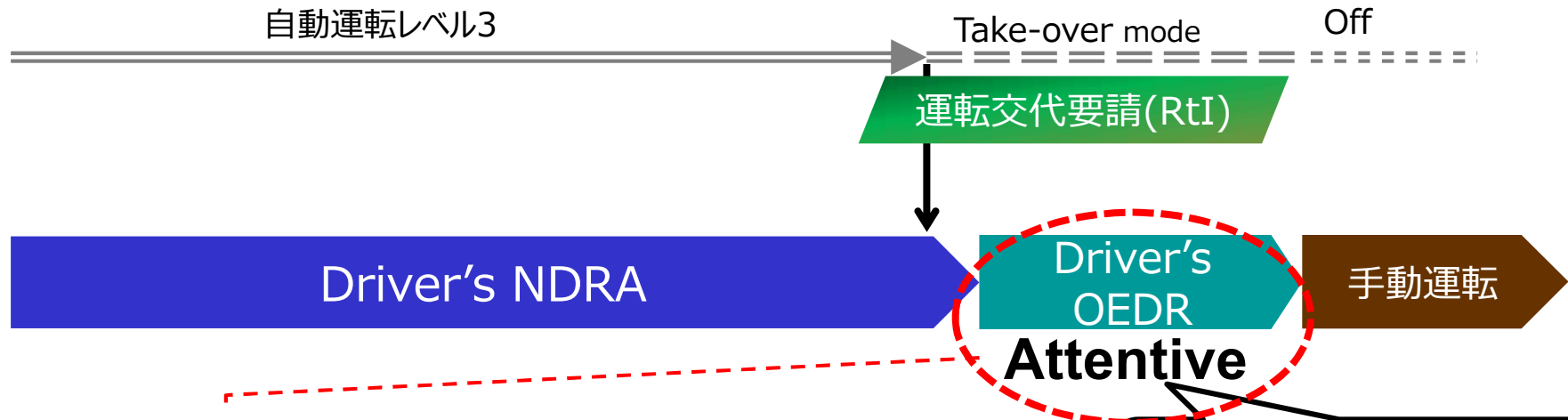
産業技術総合研究所

東京大学

RtI: Request to Intervene
NDRA: Non-Driving Related Activities
OEDR: Object and Event Detection and Response

システム主導による自動から手動への遷移

周辺認識の評価と周辺認識を促進するHMI要件



Attentiveの定量的評価方法

- 評価指標
- より適切なOEDRの範囲を示す指標の変化
- より適切なOEDRに必要な時間
- 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を促進するHMI要件

- 運転交代の少し前から準備をし始めても、準備状態を維持し続けるHMI

課題B

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

実験1: 目的

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

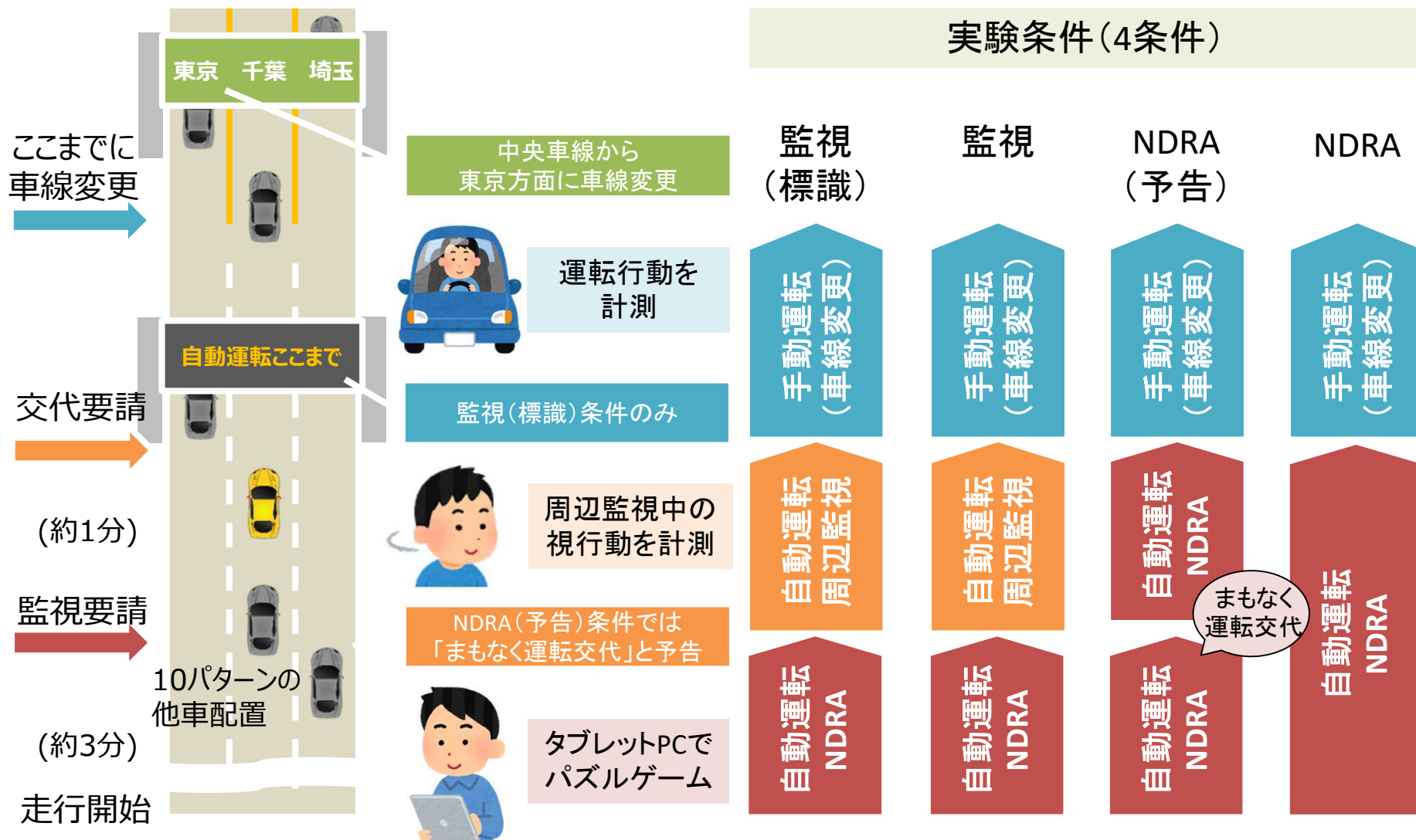
- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

実験1: 目的

- NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 高速道路出口でのODD逸脱
(自動運転可能区間の終了)を想定
 - 4条件の引継方法を比較して安全性を評価
 1. NDRAを実施している状態から引継(事前告知なし)
 2. NDRAを実施している状態から引継(事前告知あり)
 3. 約1分前に【NDRA停止】+【周辺監視】からの引継
 4. 約1分前に【NDRA停止】+【周辺監視】からの引継+ α
(引継地点を示す道路インフラを追加)

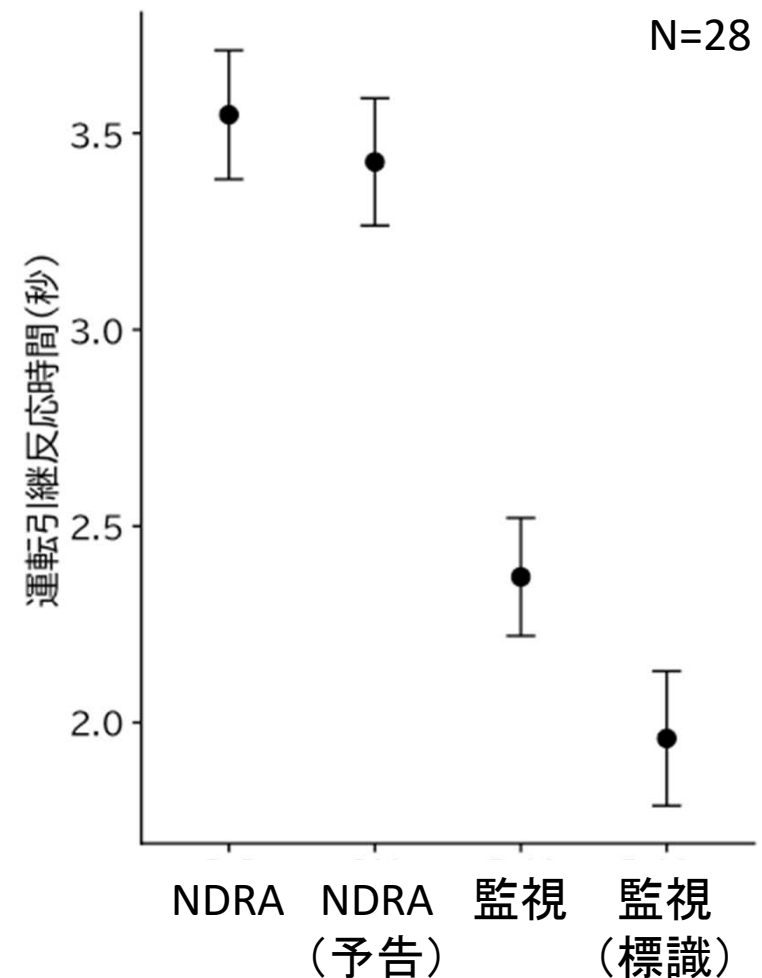
DS実験シナリオ（周辺車両の配置などが異なる10試行）

高速道路で自動運転 → 出口付近で運転交代 → 目的地別に車線が分岐



実験1: 結果(運転引継)

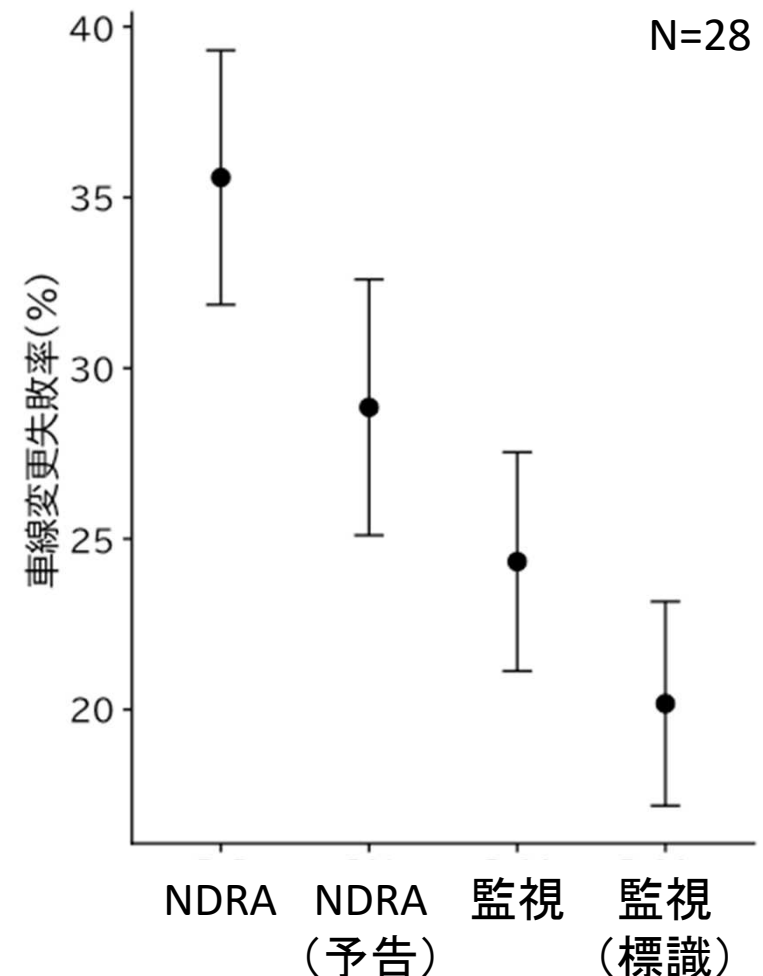
- 運転引継反応時間
 - 【NDRA停止】+【周辺監視】により早くなる
 - 事前予告してもNDRAを継続すると効果はない
 - 引継地点に道路標識があるとさらに早くなる



実験1: 結果(引継後の車線変更)

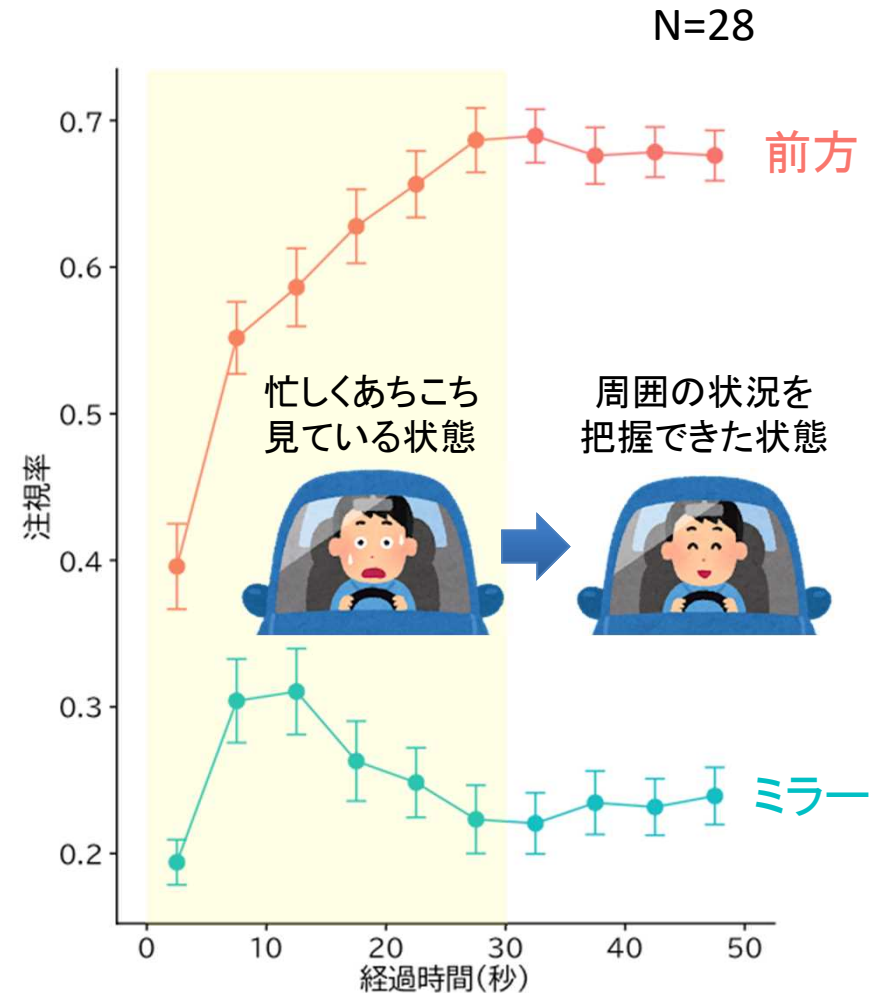
- 車線変更失敗率*
 - 【NDRA停止】+【周辺監視】により低くなる
 - 事前予告の効果は十分でない

* 衝突or所定区間内に車線変更できない



実験1: 結果(監視中の視行動)

- 前方の注視
 - 監視開始から増加
 - 30秒程度で安定
- 周辺の注視
 - 5～15秒がピーク
 - 30秒程度で安定



実験1: まとめ

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
→ 1分前の【NDRA停止】+【周辺監視】で安全性向上
 - 視行動によるドライバー状態評価
→ 【周辺監視】開始20-30秒を境に傾向が変化する特性を利用
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

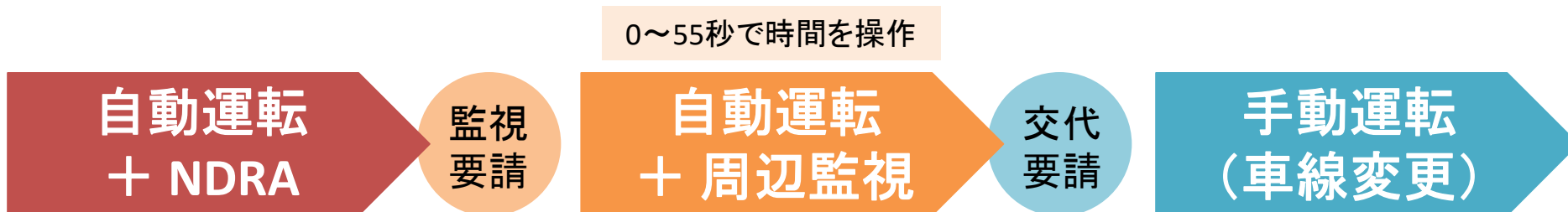
実験2: 目的

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

実験2：目的

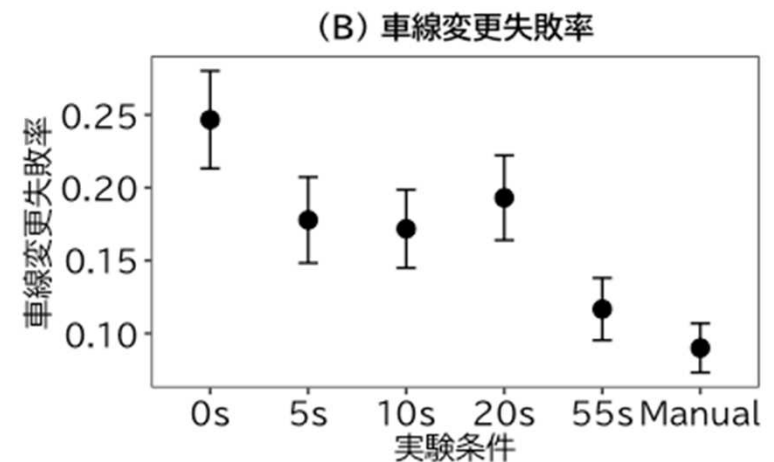
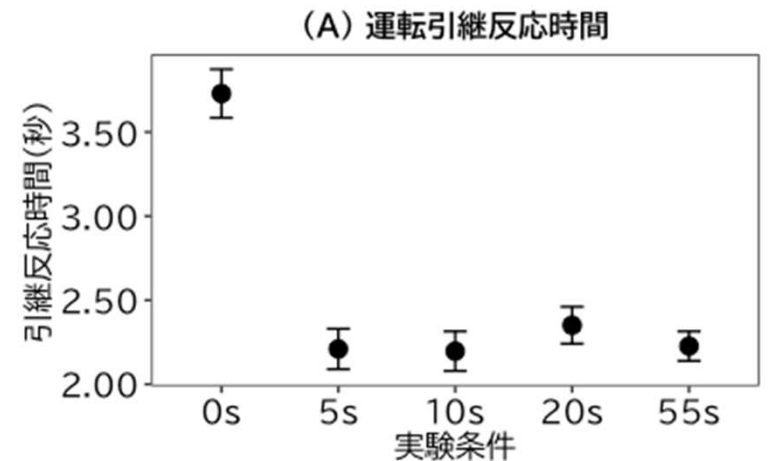
- NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
 - 実験1では**約1分前**の【NDRA停止】+【周辺監視】により安全性の向上を確認
 - 【NDRA停止】+【周辺監視】はどれくらい前からすればよい？
 - 0、5、10、15、20、55秒前での実施で効果を比較
 - 終始手動運転の条件を設定しこれとも比較



実験2: 結果(運転行動)

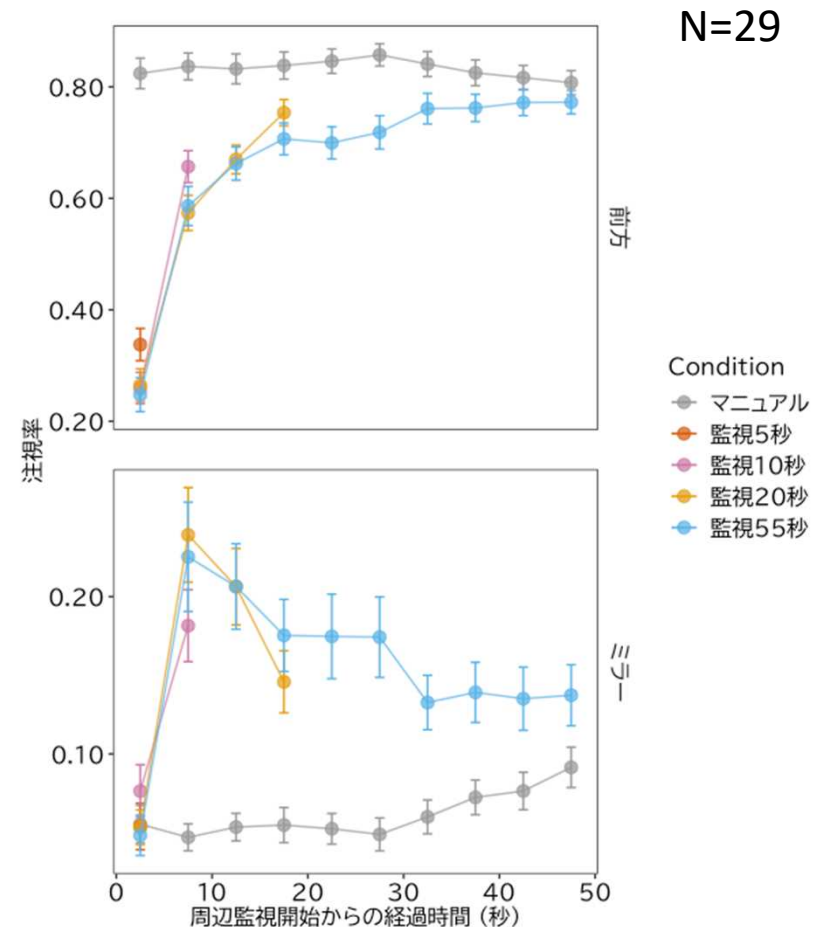
N=29

- 引継反応時間
 - 監視なし(0秒)以外は違いなし
 - NDRAを停止するための時間が影響?
- 車線変更失敗率
 - 監視なし(0秒)より低かったのは55秒条件のみ
 - 監視20秒では不足?



実験2：結果（監視中の視行動）

- 前方の注視
 - 監視開始から増加
 - 30秒程度で安定
 - 実験1と同じ傾向
- ミラーの注視
 - 5～15秒がピーク
 - 30秒程度で安定
 - 実験1と同じ傾向



実験2：まとめ

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
 - 少なくとも20秒以上前に【NDRA停止】+【周辺監視】
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

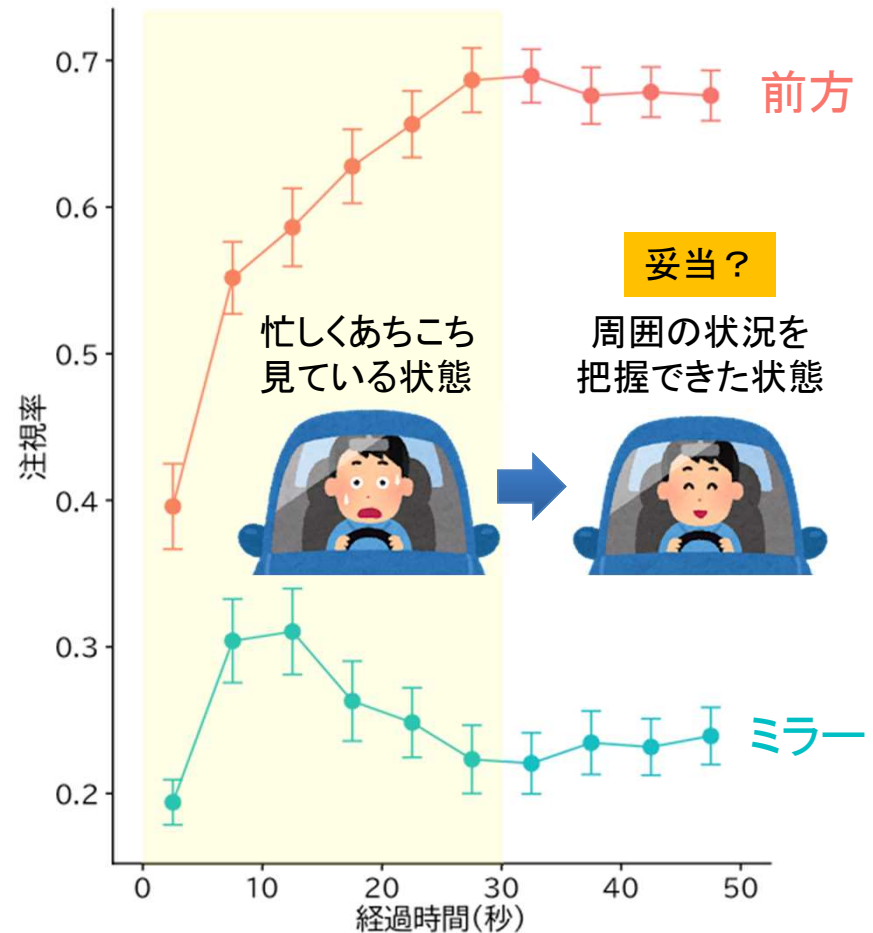
実験3: 目的

HMI開発のための原理原則の理解 + ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認

実験3: 目的

- 運転引継前の視行動がドライバ状態推定指標として有用か
 - NDRA中断直後は慌ただしい視行動
 - 20～30秒後に安定
 - 安定状態に達した後では引継成績○
- その妥当性は？
 - 既存の他指標との比較により検討する必要

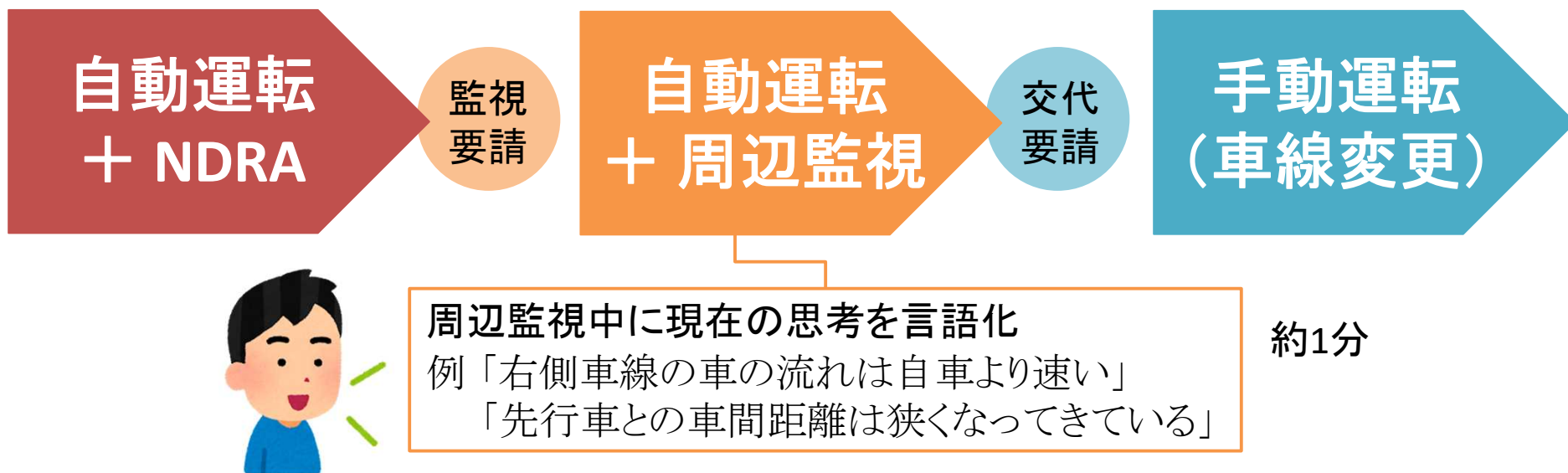


実験3：目的

- 視行動でのドライバ状態推定を他指標と比較
 - situation awareness の推定法の一つである think-aloud 法との比較を実施
 - 現在の思考を言語化して報告
 - そのとき特に注意を向けている対象を特定できる
 - 課題を止めることなく計測可能
 - 1つの報告に時間がかかるため報告数が少ない
 - 報告の最中に発生したイベントに言及できない
 - 特に目立ったものが無い時は探索行動が発現
 - 報告を求めることで視行動が不自然になる可能性あり

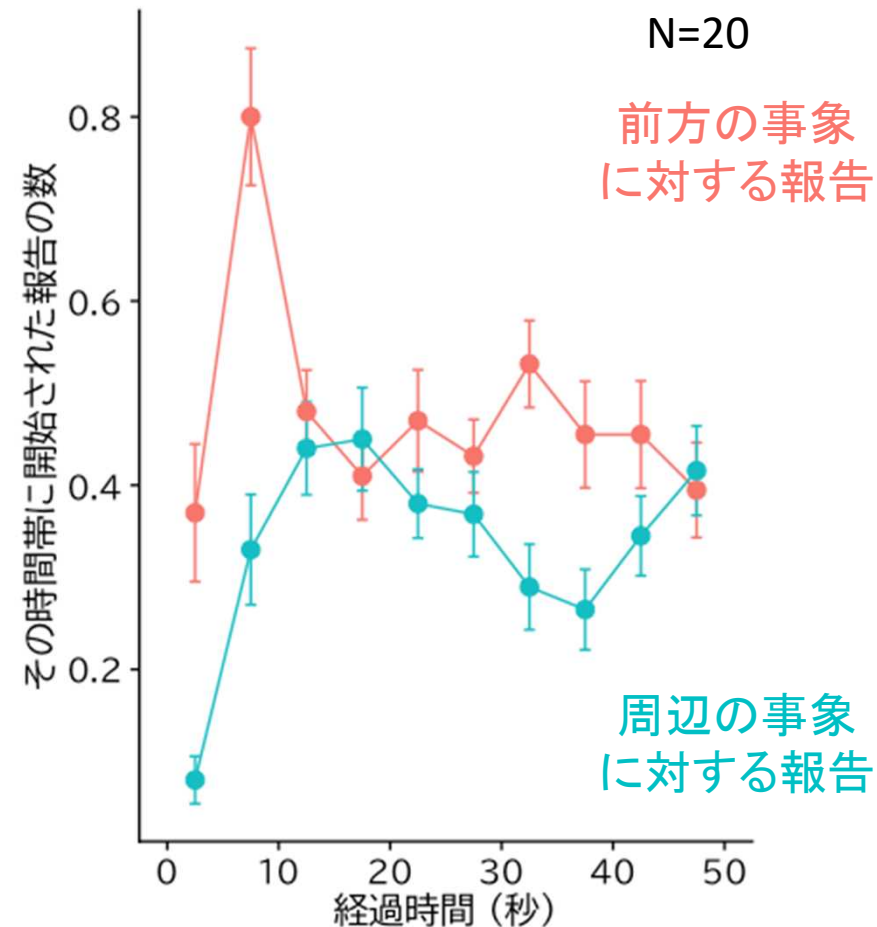
実験3: 方法

- 参加者20名（男性10名、女性10名）
- シナリオ等その他の方法はすべて実験1の55秒監視条件と同様



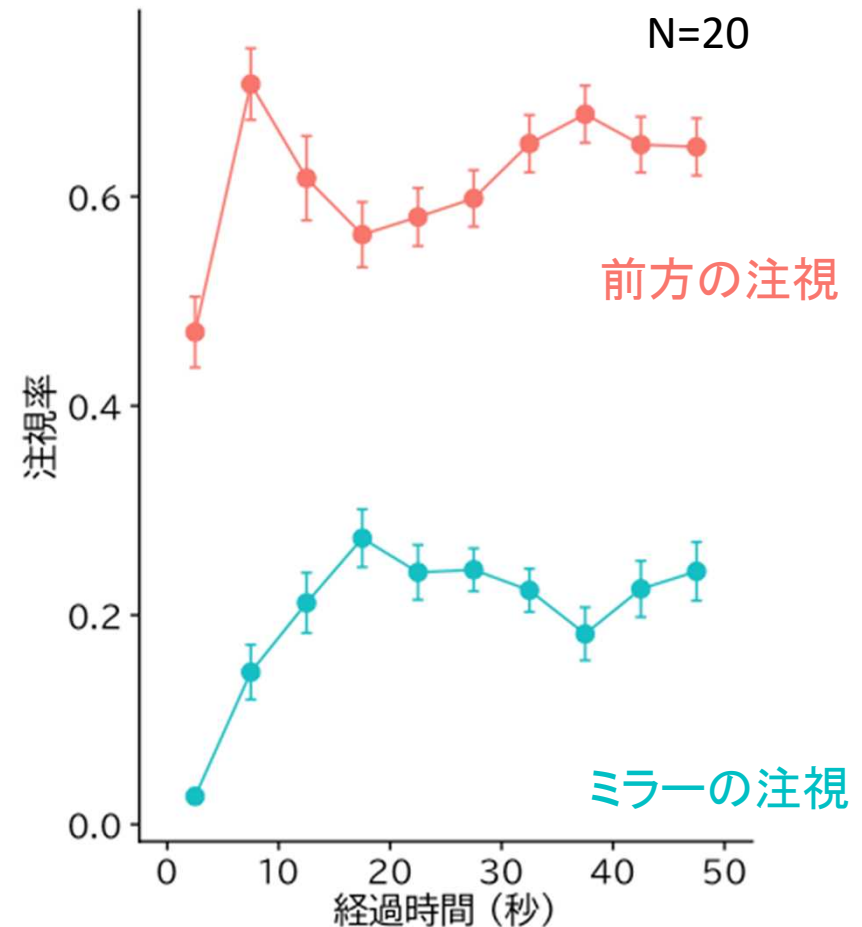
実験3：結果（言語報告頻度）

- 前方の事象
 - 監視開始後
5–10秒がピーク
- 周辺の事象
 - 監視開始後
15–20秒がピーク



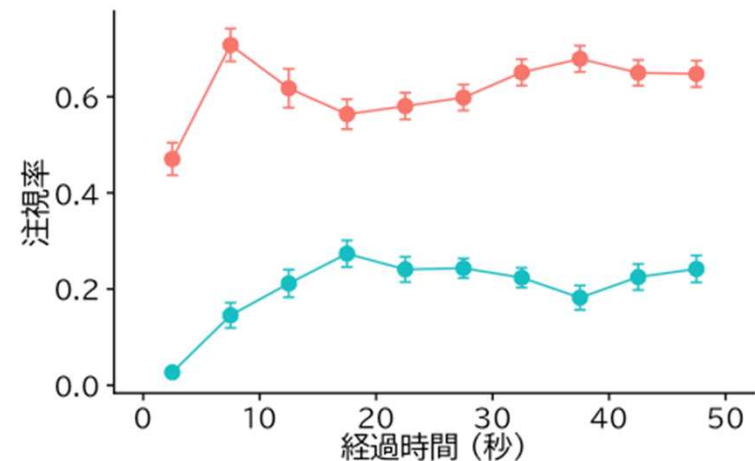
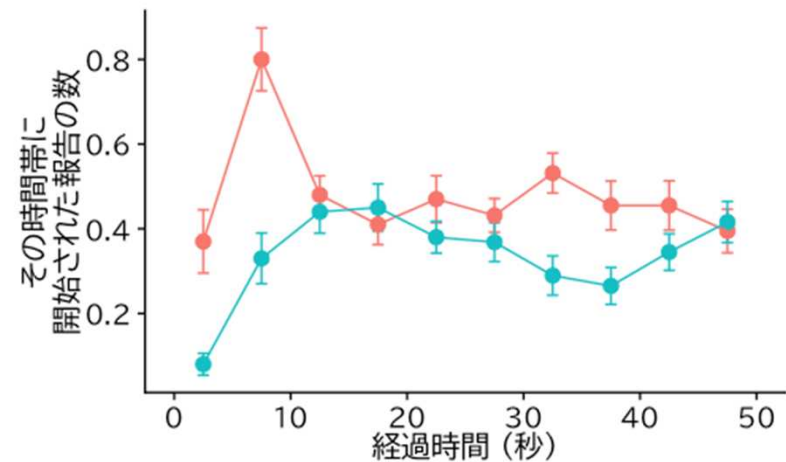
実験3：結果（視行動）

- 前方の注視
 - 監視開始後
5~10秒がピーク
- 周辺の注視
 - 監視開始後
15~20秒がピーク



実験3：結果（まとめ）

- 従来法（言語報告）と視行動の比較
 - おおむね同じ傾向
 - 指標の妥当性を確認
- 実験1・2との比較
 - 監視開始からの注視の変化は類似
 - 実験1・2に比べて増加の速度が違う
 - 言語報告の干渉？



実験3：まとめ

安全支援HMI開発のための原理原則の理解 +ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
 - 視行動によるドライバー状態評価
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を高める手法に必要な条件の検討
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を従来法との比較により妥当性を確認
 - situation awareness の従来指標との共通性を確認

まとめ

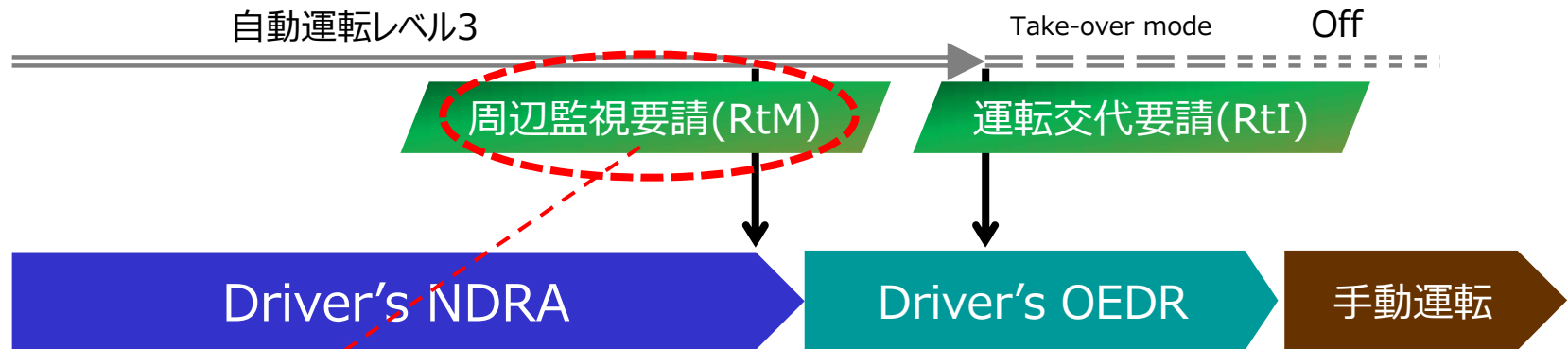
安全支援HMI開発のための原理原則の理解 +ドライバー状態(attentiveness)評価法の提案

- 実験1
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性
→ 1分前の【NDRA停止】+【周辺監視】で安全性向上
 - 視行動によるドライバー状態評価
→ 【周辺監視】開始20-30秒を境に傾向が変化する特性を利用
- 実験2
 - NDRAを伴う自動運転からの引継後の安全性を
高める手法に必要な条件の検討
→ 少なくとも20秒以上前に【NDRA停止】+【周辺監視】
- 実験3
 - 視行動によるドライバー状態評価を
従来法との比較により妥当性を確認
→ situation awareness の従来指標との共通性を確認

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)

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

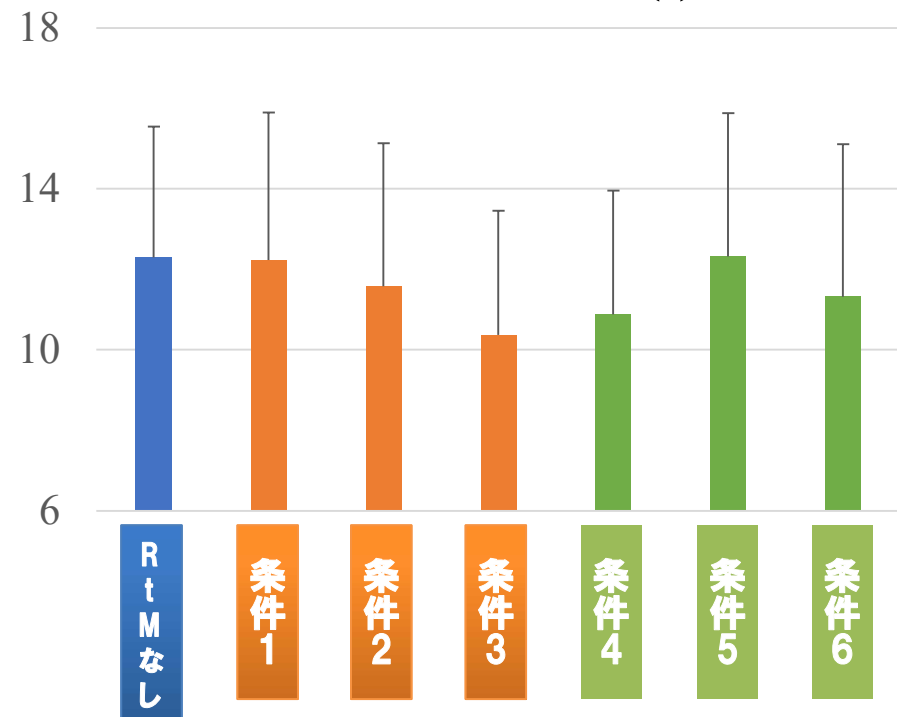
- ・参加者数: 120名 (被験者 20人×6条件)
- ・年齢20～64, 男女 1:1

結果

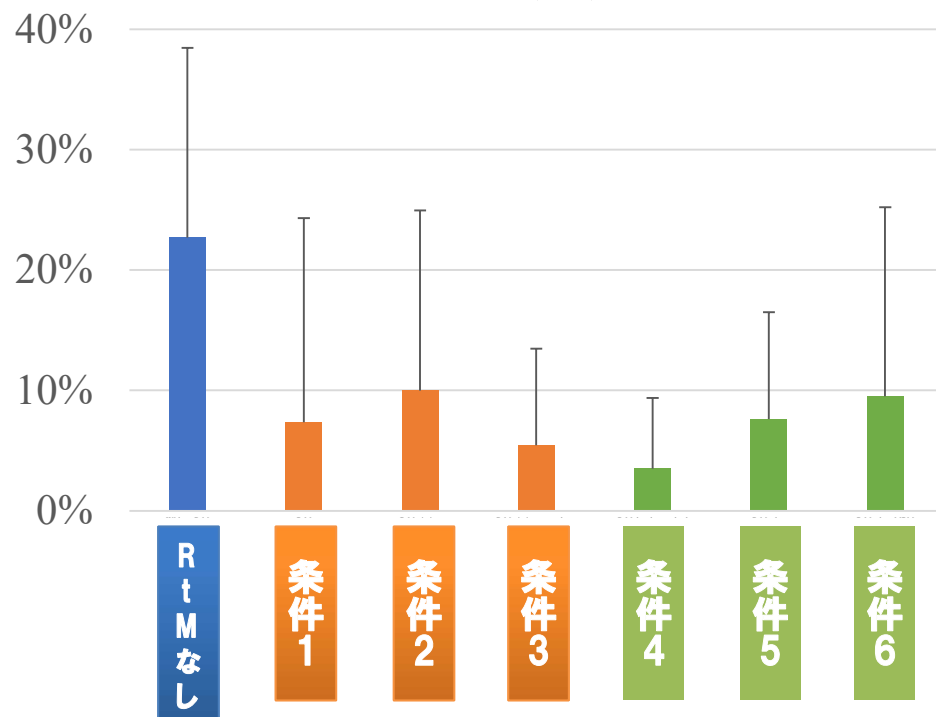
条件1 まもなく運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
 条件2 60秒後に運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
 条件3 60秒後に運転交代します、運転交代に備えて周辺の状況を確認してください。
 + '30秒後に' + '5,4,3,2,1'

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

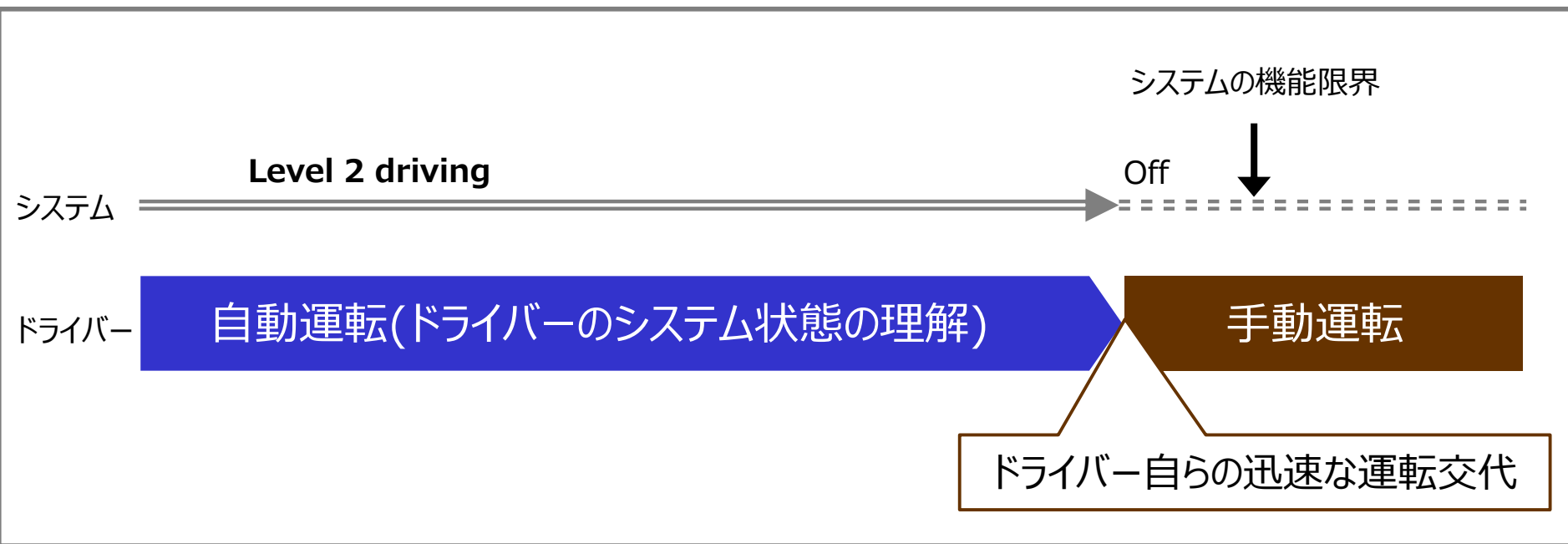
周辺監視を促すHMI

- ・ 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

東京大学主体で推進

自動運転中のドライバー監視から自らの適切な運転交代のためのヒューマンファクター課題



- ドライバーの適切なシステム理解状態と適切な応答ができる状態の評価方法の検討, 適切なシステム理解と応答を可能とするHMI要件の検討
- 一般道でのレベル2走行を対象, DS実験

ドライバー主導による自動から手動への遷移 想定アウトプット

ドライバー主導による自動から手動への遷移は、主にレベル2走行において発生する。現在高速道路に限られるレベル2走行を、ハザードの多い一般道に展開させるためには、今以上にドライバーによる迅速な反応を達成することが求められる。そのためには、ドライバが、適切なシステム理解に基づいて、適切な応答ができることを示す必要がある。

適切な運転＝適切なシステム機能限界の理解＋ドライバの適切な応答

一般道レベル2走行実現のため、以下の点を明らかにする原理原則を見出す。

- ・ドライバ状態(適切なシステム理解状態と適切な応答ができる)を評価する方法
- ・ドライバに適切にシステムを理解させ、適切な応答ができるようにするHMI要件

東京大学の取り組み

実験1: ドライバーのシステム理解状態の評価方法

手動運転時とレベル2運転支援時のドライバー挙動の差を分析し、システム理解状態の評価方法を検討する。

実験2: システム理解を促進するHMI

HMIの提示情報として、システムによる前方の交通状況に対する認識結果の即時的提示を提案し、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。

実験3: 信号交差点直進シナリオ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、レベル2で交差点を直進する際に必要なHMIの要件の原理原則を求める。

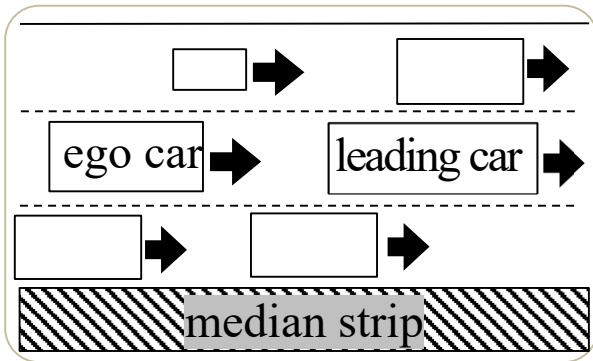
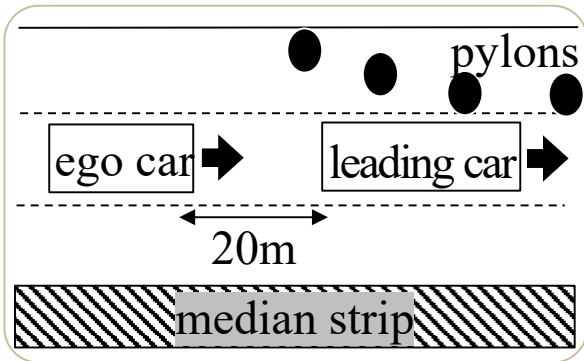
実験4: 信号交差点右左折シナリオにおけるドライバ状態評価とHMI要件調査(2022年度)

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、レベル2で交差点を右左折する際に必要なHMIの要件の原理原則を求める。

実験 1 : ドライバーのシステム理解状態の評価方法

目的:ドライバーのシステム理解状態を評価する人間計測手法の確立。
方法:レベル2走行時と手動運転時の運転行動を視線計測などを通じて比較。

実験シナリオにおいては、周囲に注意を払うべき潜在的なリスクシーン3種類がそれぞれ複数回発生した。



- ①車線規制用のパイロン
- ②複数台のバイク・乗用車、追い抜きが発生
- ③霧が発生

非運転タスク Surrogate
Reference Task (SuRT)



	運転	非運転タスク
1	手動	なし
2	レベル2走行	なし
3	手動	あり
4	レベル2走行	あり

結果

注視時間の平均値とt検定のp値

(1) 非運転タスクなし

	手動運転(秒)	Level 2(秒)	p値
正面	659	528	0.0010
右方	15.3	23.8	0.21
左方	16.6	49.2	0.017
速度計	41.8	14.8	0.039
右ミラー	13.5	20.6	0.068
左ミラー	3.56	5.60	0.081

(2) 非運転タスクあり

	手動運転(秒)	Level 2(秒)	p値
正面	541	316	0.0035
右方	7.38	12.1	0.063
左方	10.7	18.4	0.10
速度計	29.9	11.7	0.046
右ミラー	15.1	28.7	0.0043
左ミラー	2.19	3.65	0.20
SuRT	92.8	224	0.0062

*有意水準:5%

運転中の実験協力者の視線を解析した結果、複数の領域で注視時間に有意差が認められた。非運転タスクの有無に関わらず、レベル2走行時は手動運転時よりも正面および速度計への注視時間が有意に短くなった。

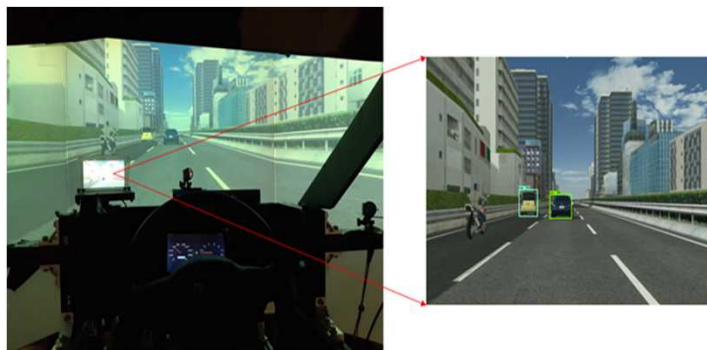
ドライバの注意レベルについては、視線計測が有効であることが分かった。

実験 2 : システム理解を促進するHMI

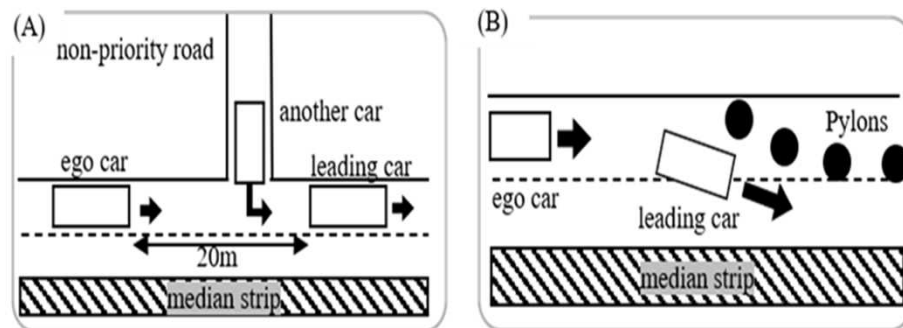
目的: レベル2走行システムに関する適切なシステム理解状態の醸成を促進し、複雑な交通環境においてもレベル2走行の安全な運用を可能とするための新しいHMIを提案する。

方法: システムによる前方の交通状況に対するリアルタイムの認識結果を、直接ドライバーに提示するHMIを提案し、ドライビングシミュレータ実験を行い、その有効性の評価を行う。

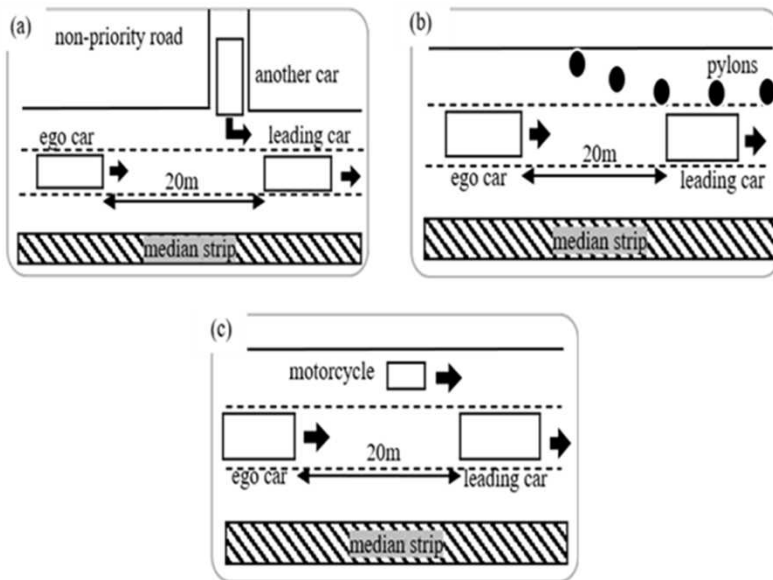
2種類の顕在リスクシーン(ドライバーの介入がなければ衝突)と3種類の潜在リスクシーン(事故が発生することはない)を用意し、それらを組み合わせた2種類のシナリオ、(i)および(ii)を用いた。



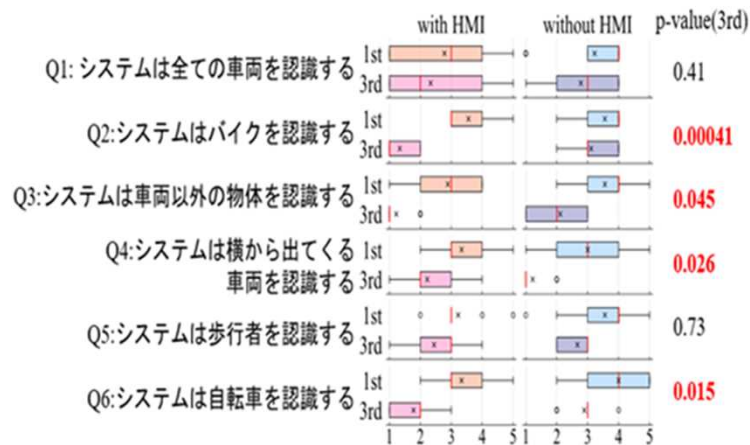
提案するHMI



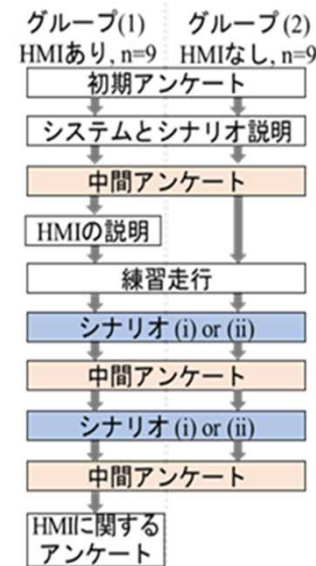
顕在リスク



潜在リスク

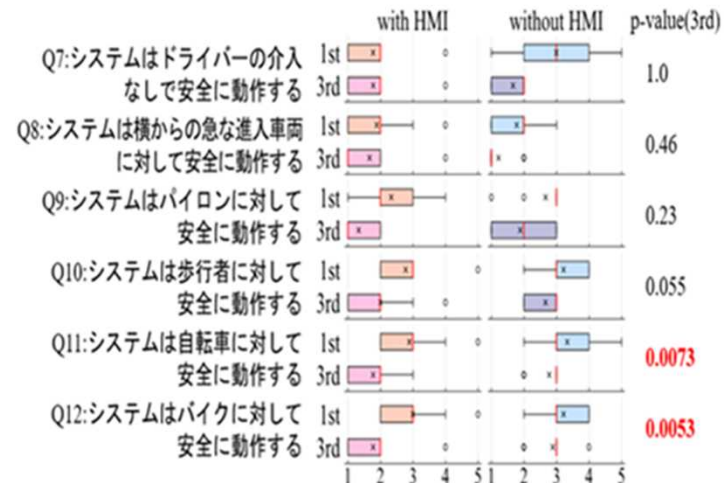


1が「全く同意しない」、5が「完全に同意する」を意味する。x、○はそれぞれ平均値、外れ値を示す。



実験は、東京大学倫理審査委員会の承認を受けた上で実施した(実験協力者18人)。

実験手順



HMIの情報提示によってシステム理解状態の改善を示唆するアンケート結果が得られた。認識結果を提示することは、システム機能限界の知識の伝達に有効である。

実験3：信号交差点直進シナリオ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他車両との衝突事故②青信号から黄信号への変化

実験3-1

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

実験3-2

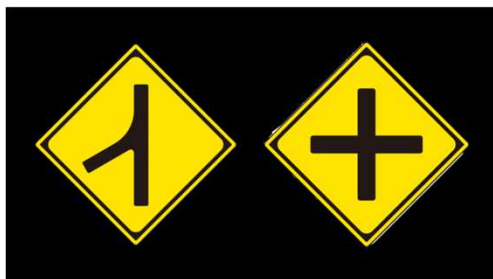
信号交差点を含む一般道におけるレベル2運転支援時の交通信号変化時のHMI要件の調査

実験 3-1：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



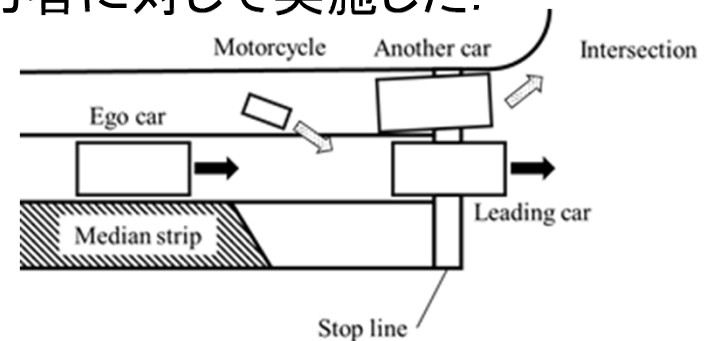
HUDによる表示

センサHMI



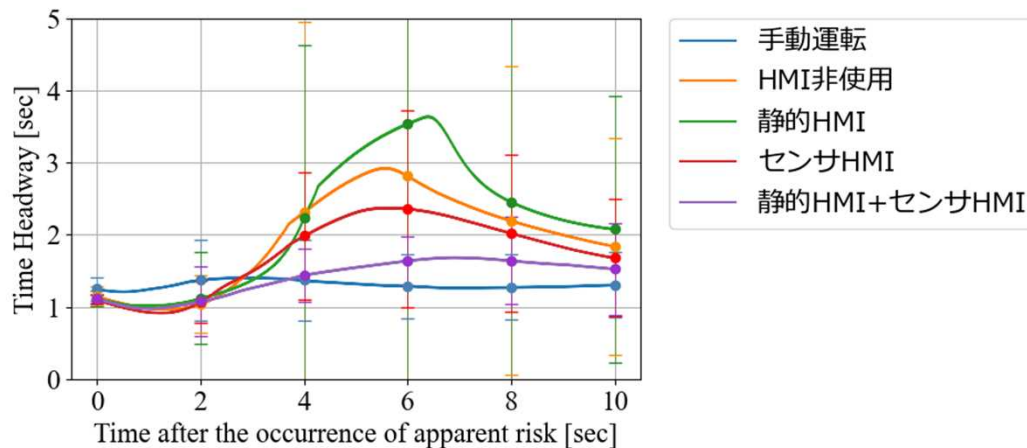
自車は、60km/hで第2車線を直進する先行車両を追従する。顕在リスクでは、信号交差点付近の第1車線に左折車両および前方左折車両の左折待ちをするバイクが現れ、バイクが自車の前方に割り込み、運転介入をしなければバイクに追突する。実験は5条件で、15人の実験協力者に対して実施した。

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



顕在リスク

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



静的HMIとセンサHMIを併用することにより、手動運転における反応に比較的近い車間時間THWの維持を示した

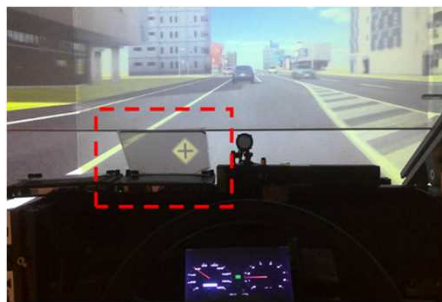
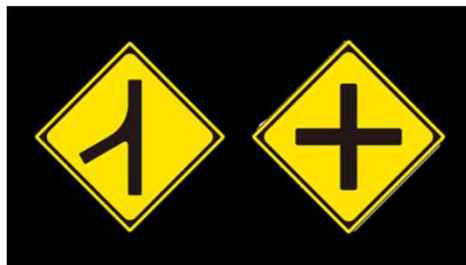
実験 3-2：交通信号変化時のHMI要件の調査

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

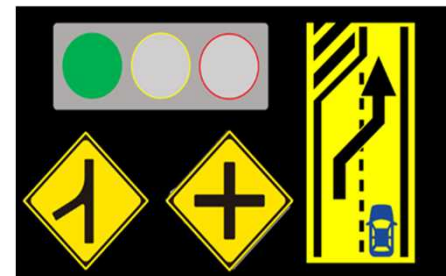
- ①静的環境情報として交差点および合流地点への接近を提示する
- ②動的環境情報として交通信号の先読み情報などを提示する. 交通信号先読み情報は自車が信号交差点に到達する際の前方信号の灯色を予測したものである

静的HMI



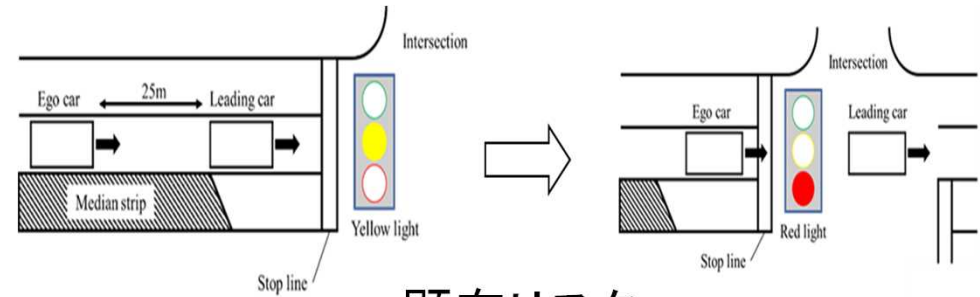
HUDによる表示

動的HMI



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

リスクの回避状況

	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

- 動的HMIで信号無視が発生しなかった
- HMIなしの時と比較して、動的HMIを使ったことで停止線前で停車できる回数が増加

これまでの成果まとめ

実験1:ドライバーのシステム理解状態の評価方法

ドライバの注意レベルについては、視線計測が有効である

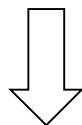
実験2:システム理解を促進するHMI

車載センサ情報を基にした物体認識情報を詳細に提示することは、システム機能限界の知識の伝達に有効である

実験3:信号交差点直進シナリオにおけるドライバ状態評価とHMI要件調査

(1)車載センサ情報を基にした物体認識情報を常に提示するHMIと交差点への接近を提示するHMIを併用することは、交差点における直進中の車-車間事故の防止に有効である

(2)交通信号変化時に、信号の先読み情報を提示することは、直進中の車の安全な交差点通行に有効である



【課題】信号交差点右左折シナリオにおけるドライバ状態評価とHMI要件調査

実験 4：信号交差点右左折シナリオ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、レベル2で交差点を右左折する際に必要なHMIの要件の原理原則を求める

実験4-1

信号交差点を右折する際に他車両との事故防止のHMI要件の調査

実験4-2

信号交差点を左折する際の交通信号変化時のHMI要件の調査

実験4-1：交差点を右折する際に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

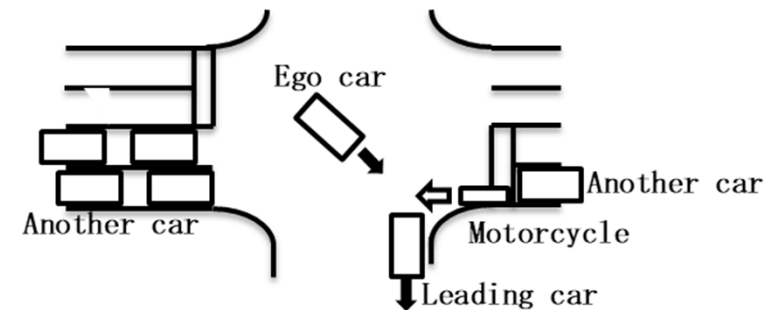


条件	運転操作	HMI
手動	手動運転	なし
HMI非使用	レベル2	なし
静的HMI単体	レベル2	静的HMI
センサHMI単体	レベル2	センサHMI
併用	レベル2	静的HMI + センサHMI

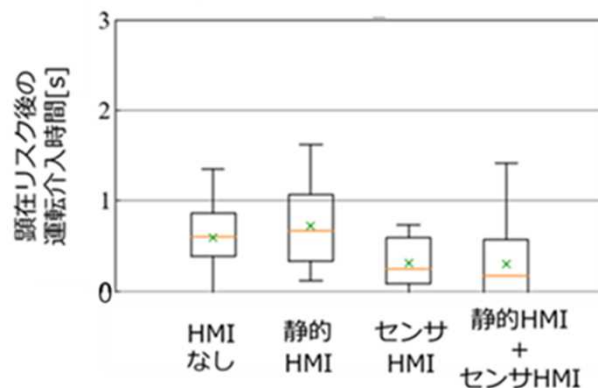
実験は5条件で、15人の実験協力者に対して実施する。

顕在リスク(介入が必要)

右折中にすり抜けたバイクが
自車の前を走行
→介入をしなければ衝突



バイクすり抜け時の運転介入時間



バイクすり抜け時の運転介入時間を分析した結果、センサHMIと静的HMIの併用条件では、運転介入時間が短くなる傾向にあった。これは、センサHMIにより機能限界を提示することで、バイクがシステムの認識対象外であることを早期に認知し、運転介入時間が短くなったと考えられる。

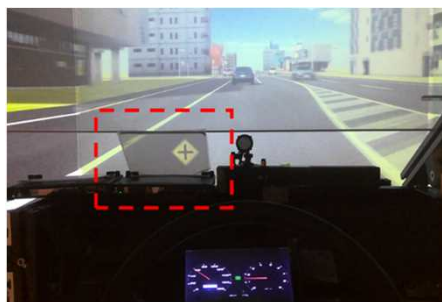
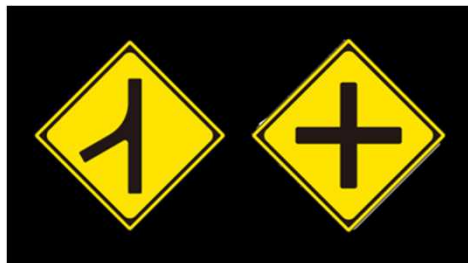
実験4-2：交差点を左折する際の交通信号変化時のHMI要件の調査

信号認識による制御を行うことを前提としない運転支援の時，信号交差点で左折する際に信号が赤色に変わると，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

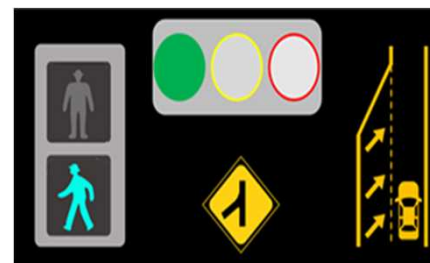
- ①静的環境情報として交差点および合流地点への接近を提示する
- ②動的環境情報として交通信号の先読み情報などを提示する。交通信号先読み情報は自車が信号交差点に到達する際の前方信号の灯色を予測したものである

静的HMI



HUDによる表示

動的HMI



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

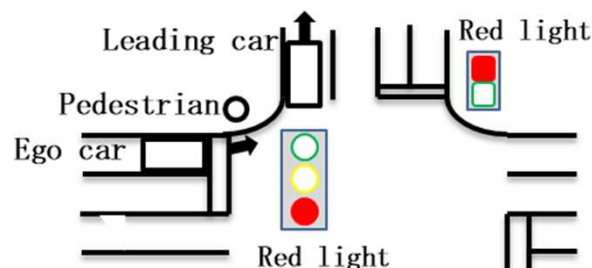
実験は4条件で、16人の実験協力者に対して実施する。

顕在リスク(介入が必要)

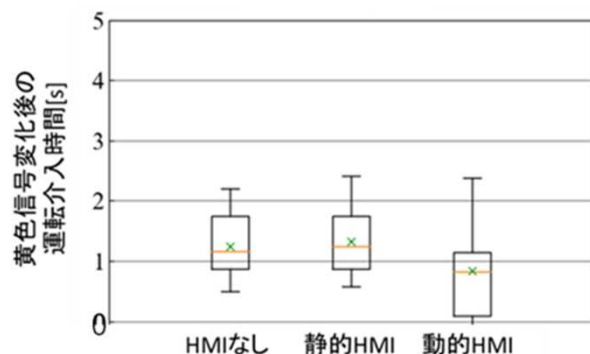
車両:赤 歩行者:赤

自車が交差点進入前に赤信号

→介入をしなければ信号無視



信号変化後の運転介入時間



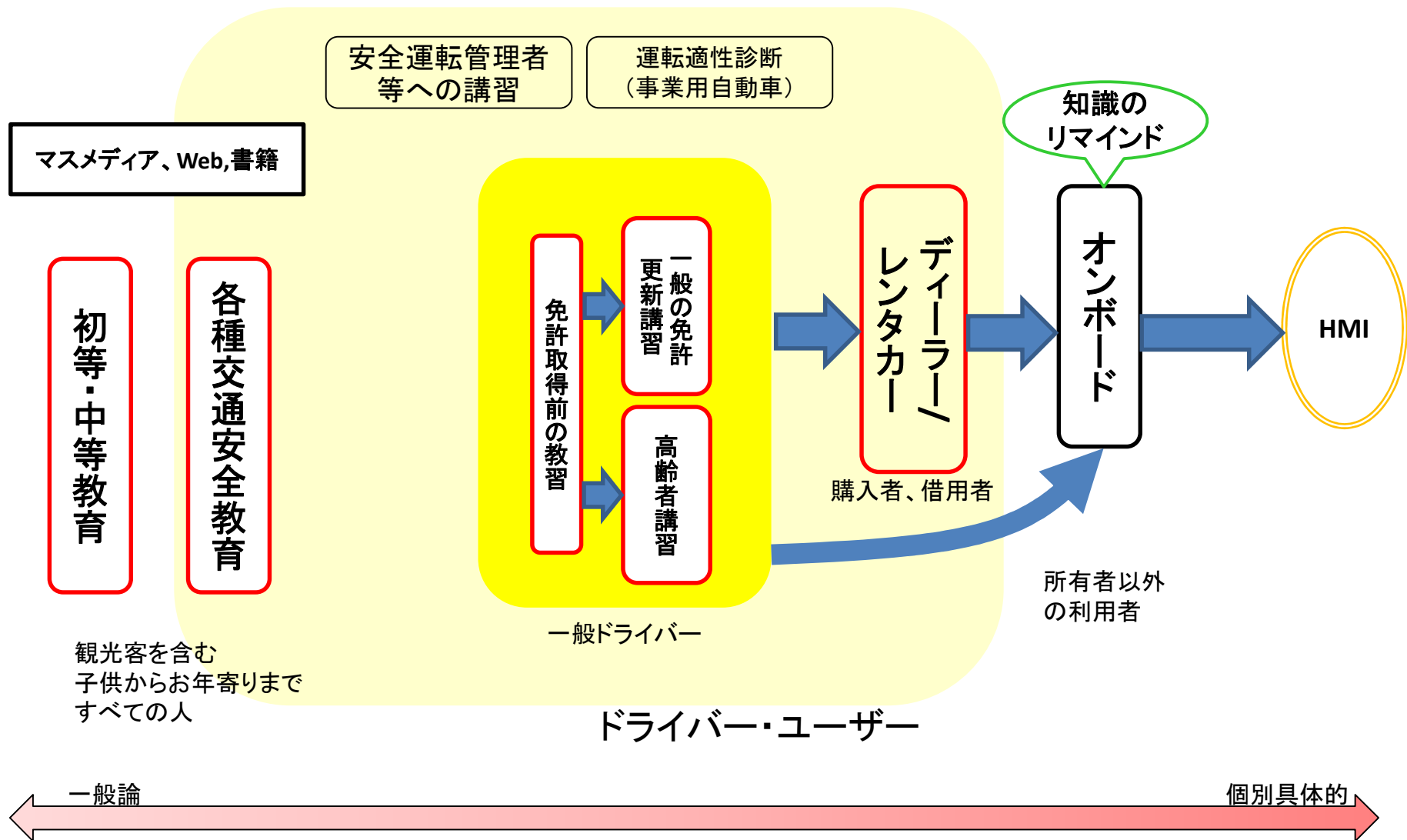
リスク発生後の対応について、動的HMIを使用した場合に、運転介入時間が短くなる傾向にあった。また、動的HMIでは信号無視が発生しなかった。HMIなしと静的HMIの時と比較して、動的HMIを使用した場合に、停止線前で停車できる回数が増加したことが分かった。

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

自動運転システムの利用とインタラクションに関する 教育訓練・知識伝達のフレームワーク



具体的な取り組み事項

1. 動機づけ手法

- － オープニング動画の検討(短い時間の動画で学ぶ意識を喚起する)
- － 集合研修を通じたインフォーマル学習の検討
→ 義務的な講習の場以外でも有用な、安全運転態度の醸成に向けた取り組み

2. 機会に応じた教育・訓練方法

i. 自動運転についての一般知識

- ・ 一般知識を教育することの必要性
- ・ 短い時間で教育は可能か
- ・ 理解を定着させる工夫

ii. 特定のシステム固有の知識

- ・ E-learningの活用(学習ペースと運転引継ぎ体験)

3. 学習者の多様性への対処

- － 学習スタイル、キャリアレジリエンスの縮小版を活用したアダプティブラーニング
→ 時間やリソースが限られる場合は、個人差を吸収するアプローチをとらざるを得ない。
他方、教育機会によってはむしろ個人差を活かすアプローチもありうる。

1. 動機づけのためのオープニング動画の開発

(1) 動画教材開発

- オープニング(OP)動画(ストーリー編、事例編)
 - ARCS動機づけモデルのA(注意喚起)、R(関連性)を意識
 - OP1ストーリー編：家族など身近な人とドライブを想定
 - OP2事例編：事実から学ぶことが得意な人向け
 - エキスパートレビュー、形勢的評価を実施



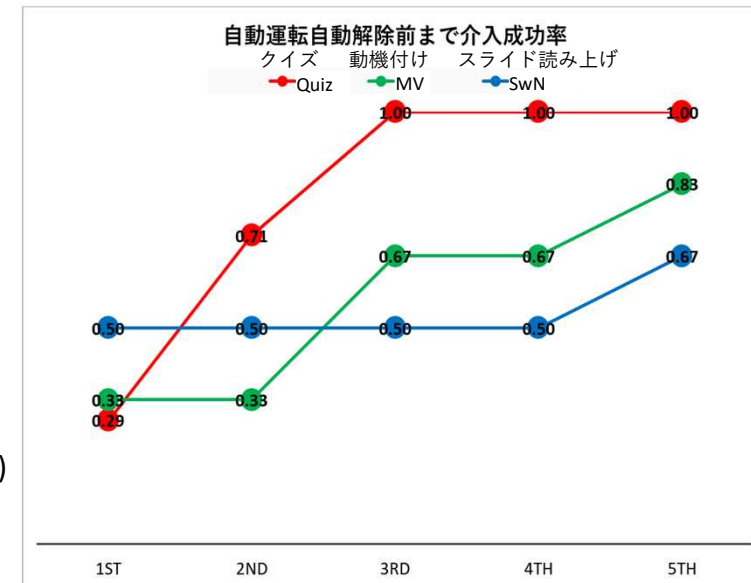
(2) Web調査

- 独立変数：
 - オープニング動画（ストーリー、事例、なし）
 - 教材形態（テキスト、クイズ、スライド読み上げ動画）
- 参加者：計1800名程度
- 結果：
 - オープニング動画で、理解が深まる可能性
 - 高齢者や女性で、ストーリー編がより効果がある可能性。



(3) DS実験での検証

- 独立変数：
 - 教材
(動機づけ動画のみ、クイズのみ、スライド読み上げ動画のみ)
- 参加者： 各群16名（合計48）
- 結果：
 - 動機づけ動画を見るだけで、学習意欲が増し、参加者自身で学ぶ事例が観察
 - 1か月後のDS実験でも、スライド読み上げ動画の閲覧と同程度の成績



結論：開発した動機づけ動画は、学習意欲を高める効果はある

(開発された教材はSIP-adusに公開：<https://www.sip-adus.go.jp/showcase/d3.html>)

1. 動機づけ手法： 集合研修を通じたインフォーマル学習の検討

多レベル自動運転車による交通に対する安全態度の養成を目指した研修(1/2)

学習目標：

- (1) 自動運転車に関連して、レベル、仕組み、ドライバーの役割など、概要について説明できる、
- (2) レベルの違う自動運転車が共存する交通を利用する際に、安全に利用するために必要な態度について、自分の考えを述べることができる

オープニング	グループのメンバと簡単に自己紹介。交通利用の安全についての経験を共有使用
[説明]自動運転車の概要 & レベルの違う自動運転車が共存する社会とは？	自動運転車について知ろう！ (オープニング動画事例編2分、自動運転動画教材 5分) 自動運転車のまとめ。レベルが違う自動運転車が共存する交通を利用するとは？ (外向きコミュニケーションの動画2分) 態度の構成3成分とは・・・
ディスカッション1：交通利用者（歩行者など）として	レベルの違い自動運転車が共存する交通を安全に利用するために・・・ 交通利用者として、知識、感情、行動に整理してみよう
[説明]D1成果物の確認	Miroの活動を確認
[説明]レベルが違う自動運転車の混在	Miroの活動を確認。ドライバーとして安全な態度について考える (オープニング動画ストーリー編2分)
ディスカッション2：ドライバーとして	レベルの違い自動運転車が共存する交通を安全に利用するために・・・ ドライバーとして、知識、感情、行動に整理してみよう
[説明]他のグループのMiroの結果を確認してみよう	他グループのアウトプットをみて、自グループのアウトプットを振り返る。他チームのボードに赤青シール（同意・異議を示す）を貼る。自分で安全・安心・円滑な交通に自分がどのように貢献できるか考えてみる。
[説明]D2成果物の確認	Miroの活動を確認
[説明]安全運転に関する尺度の例+まとめ	安全運転に関する尺度の例をみてみよう!尺度の項目から、安全な態度に関する視点を

1. 動機づけ手法:

多レベル自動運転車による交通に対する安全態度の養成を目指した研修 (2/2)

研修の実施 ・ 大学生20名、同期オンライン型研修

研修実施の汎用性を高める工夫

- ・ インストラクタとデザイナーの区別
- ・ これまで作成した教材の活用
(モジュール化教材の活用)

結果 ・ 知識の向上と、安全態度の変容を確認

Paired Item (Post - Pre)	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	S.D.	Std. Error Mean	95% C.I.				
				Lower	Upper			
Post- Preテスト合計点	2.294	2.519	0.611	0.999	3.589	3.755	16	0.002
pst1. - pre1. 安全規則や決められた手順などは必ず守っている。	-0.059	0.243	0.059	-0.184	0.066	-1	16	0.332
pst2. - pre2. 大丈夫だと自信があるときには安全規則や決められた手順に従わないこともある。	0.118	0.993	0.241	-0.393	0.628	0.489	16	0.632
pst3. - pre3. 何かに取り掛かる前に決められた手順や安全上の注意点をチェックしている。	0.294	0.686	0.166	-0.059	0.647	1.768	16	0.096
pst4. - pre4. 過去に起きた事故やトラブル事例を何かをするときに反映させている。	0.529	0.8	0.194	0.118	0.941	2.729	16	0.015

2. 機会に応じた教育・訓練方法

1. 自動運転についての一般知識： 一般知識についての教育は必要か

- 目的： 自動運転に関する一般知識についての教育が、自動運転システムの安全な利用に効果を持つことを検証する

- 教材： 一般的知識についてのスライド読み上げ動画を作成

- 独立変数：

- 教育方法(2条件、被験者間)：事前教育有無

- 年齢：高齢者・非高齢者

- 実験参加者：各群12名（合計 12名 × 4群 = 48名）

- 従属変数

- 引継ぎ時のドライバ行動(安全に引継いだかどうか)

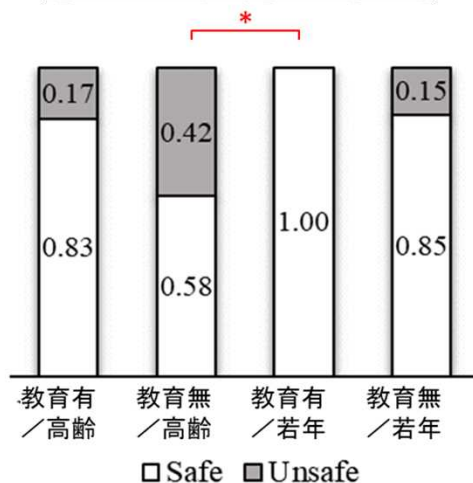
- 引継ぎ後のドライバ行動(最大操舵角速度)

- 代表的な結果

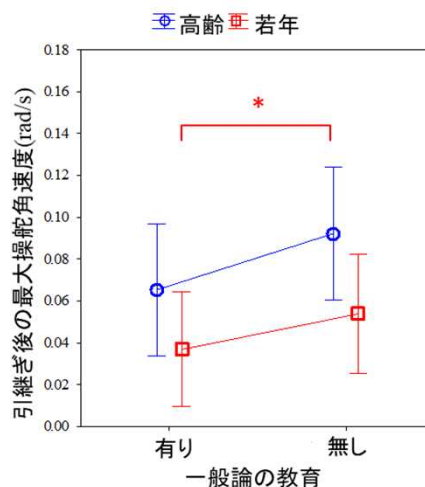
事前教育有群では、DS実験の約1か月前に作成した教材で講習を実施



【引継ぎの結果】@工事現場



【介入後の最大操舵角速度】@雨



結論：

一般的な知識を事前に教育することが、自動運転車の安全な利用に効果がある。

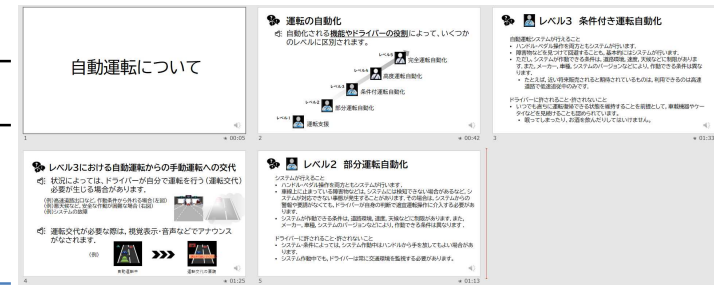
一般的知識についての事前教育は重要。

2. 機会に応じた教育・訓練方法

i. 自動運転についての一般知識： 一般知識についての教育は短い時間で可能か

- **目的：** 講習などの場で使える時間がごく短いとしたとき、教育内容を短くしても大丈夫か
- **独立変数：** コンテンツ（被験者間）

内訳	教育コンテンツ		
	スライド動画	クイズ動画	動機付け動画
所要時間	4分	8分	2分
持帰り資料有無 (ハンドアウト)	無	無	有



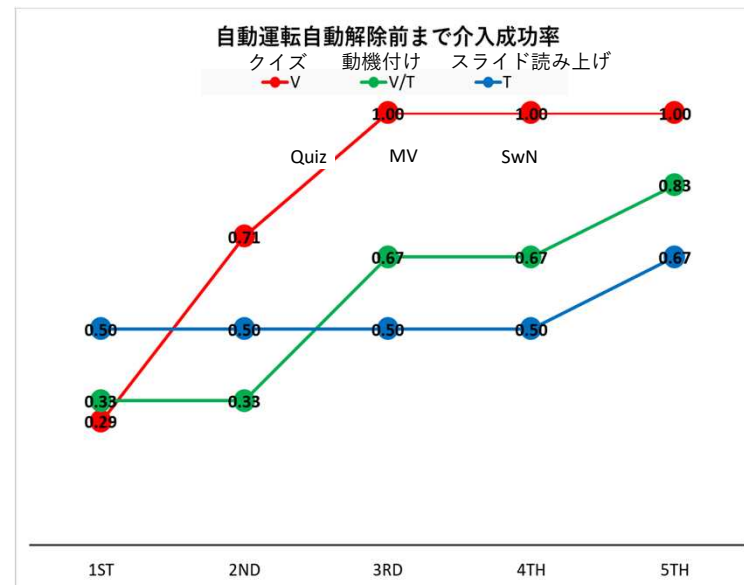
- **実験参加者** 各群 16 名（合計 48）（年齢：43±14歳）
- **従属変数** 引継ぎ時の事故率
- **手順**
 - 1日目 一般知識の説明+2日目に使うシステムの説明
 - 2日目（1日目から40日以上の間隔）シミュレータを用いた走行実験

• 主な結果

実際に使用するシステムについて、1か月前に説明を受けたことについては忘れてしまっている人が多い。

• 考察

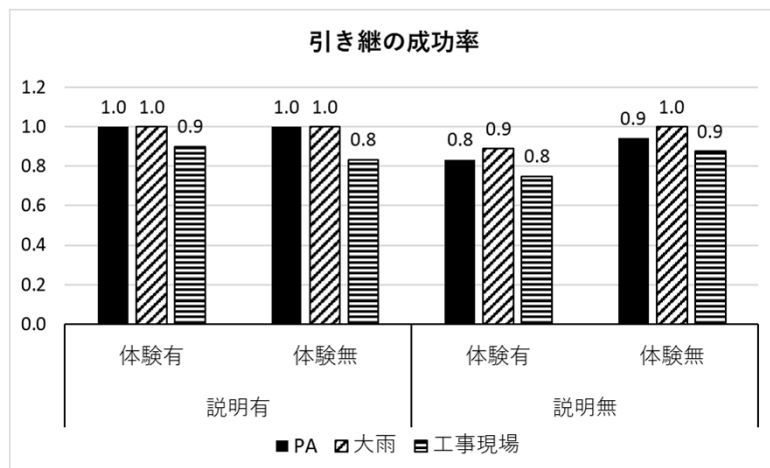
学んだことの理解を定着させることの検討が必要



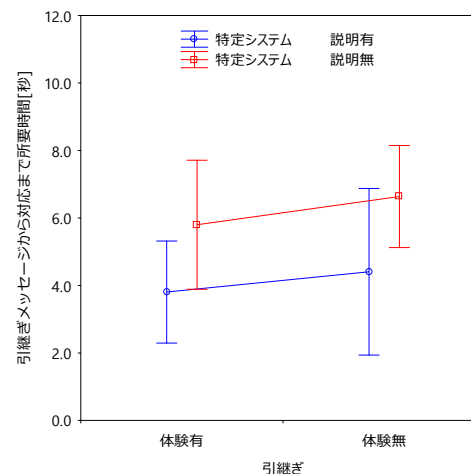
2. 機会に応じた教育・訓練方法

i. 自動運転についての一般知識：理解を定着させる工夫

- 目的
 - 一般論で、あえて特定のシステムに触れることの効果
 - ノートPCで、「Rtlが出たら引継ぐ」という行為を体験することの効果
 - 体験システムでのHMIは、DS検証実験でのHMIとは異なる
- 教材：必要な内容を十分な時間をかけて説明した
- 独立変数：
 - 条件1：一般論に関するスライド動画のみ
 - 条件2：一般論に関するスライド動画＋特定のシステムによる例示説明
 - 条件3：一般論に関するスライド動画＋運転引継ぎ体験
 - 条件4：一般論に関するスライド動画＋特定のシステム＋運転引継ぎ体験
- 実験参加者 各群10名（合計40）
- 講習1か月後に、DS実験を実施
- 主たる結果



【介入に要する時間】@工事現場



結論：

あまりに短い時間の一般知識の教材では理解が促進されない。

一般的な説明に具体的な事例を入れると理解が定着しやすい

2. 機会に応じた教育・訓練方法

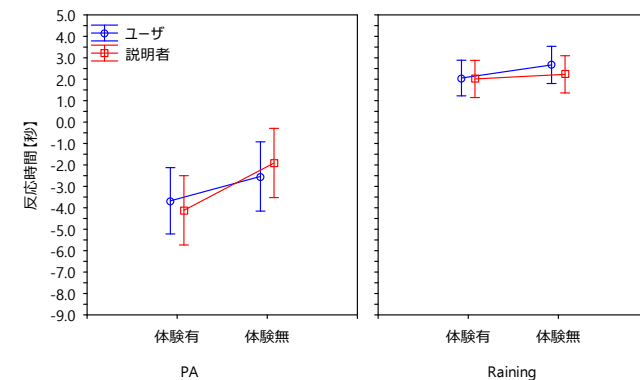
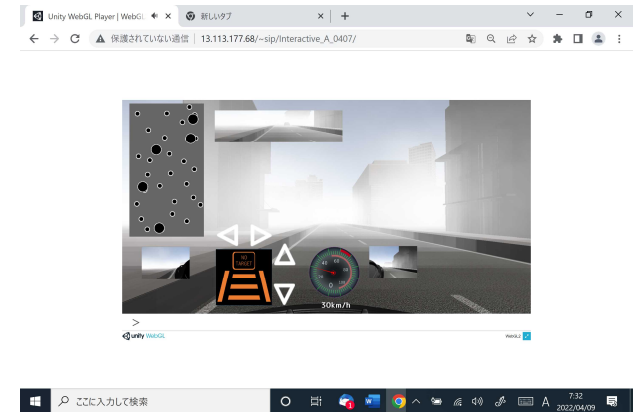
ii. 特定のシステム固有の知識： E-learningの活用

- 目的
 - 説明動画閲覧をユーザが自由にコントロールしてよいか
 - 実際に使用するHMIで運転引継ぎ体験の効果検証
- 体験用ウェブ型簡易シミュレータを開発
 - 実際のHMI, 実際の典型的な介入場面を体験できる
 - ただし、運転への介入は、キーボード操作の簡易なもの
- 独立変数(被験者間):
 - 教示方法:
 - 説明者ベース(動画再生中は早送り, 戻るなど不可)
 - ユーザベース(動画再生をユーザが自由に制御可)
 - Rtl体験: 体験有 v.s. 体験無
- 実験参加者 各群12名(合計48)(過去に自動運転に関する教育を受けた方限定)
- 実験手順
 - リモートでの講習と、体験の実施約1か月後にDSで検証実験
- 主たる結果
 - ユーザベースでは、動画のほとんどをスキップするケースも見られた
 - 出口での制御終了といった計画的シーンでは、体験有の方がベター

結論:

オンデマンドのE-learningは、ディーラ等時間の制約が著しい機会での学習を補うものとして有効。

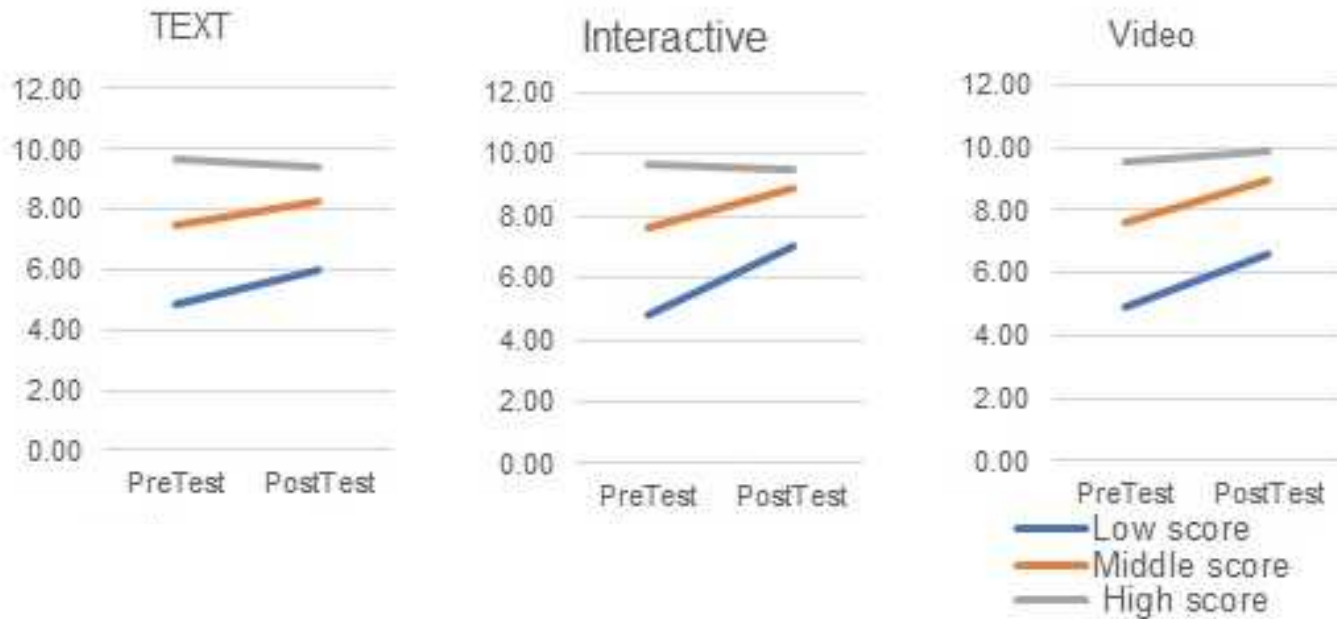
ハンドル・ペダルのない簡易システムでも、典型的なシーンで運転介入体験は意義あり



3. 学習者の多様性への対処

学習スタイル、キャリアレジリエンスの縮小版を活用したアダプティブラーニング

個人差を吸収するべく教材を選ぶ場合



ウェブ調査における, 事前得点低中高による講習事後得点の上昇率

結果: いずれもインタラクティブ(クイズ)教材と動画(スライド読み上げ)の得点上昇率が高い

3. 学習者の多様性への対処

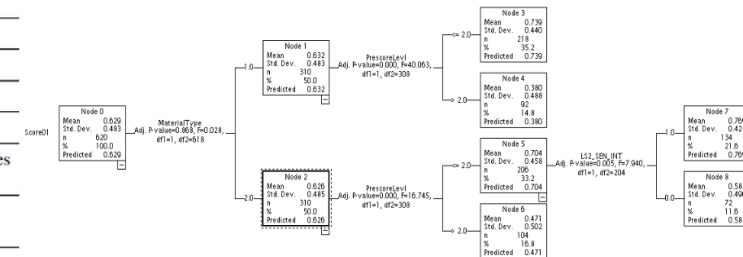
学習スタイル、キャリアレジリエンスの縮小版を活用したアダプティブラーニング

学習スタイル、キャリアレジリエンスの短縮版を開発

⇒ 簡易に個々の学習者の特性を把握

	Item	Item
ACT_REF	37. I am more likely to be considered	1. I think my future outlook is bright.
	25. I would rather first	2. I have hope for my future.
	33. When I have to work on a group project, I first want to	3. I'm sure there is something good in my future.
		4. I'm good at making people laugh.
SEN_INT	22. I am more likely to be considered	5. I'm good at talking funny.
	38. I prefer courses that emphasize	6. I'm not good at saying humor.
	30. When I have to perform a task, I prefer to	7. I want to know a lot.
	31. When someone is showing me data, I prefer	8. I have a strong interest in things.
VIS_VER	11. In a book with lots of pictures and charts, I am likely to	9. I like new things and unusual things.
	19. I remember best	10. I am a person who can flexibly respond to changes in the surroundings.
	20. It is more important to me that an instructor	11. I am a person who can adapt to changes in the environment.
		12. I can overcome any problems at work in my own way.
SEQ_GLO	36. When I am learning a new subject, I prefer to	13. I treat people with compassion.
	32. When writing a paper, I am more likely to	14. I am kind to others.

決定木分析



学習スタイルとキャリアレジリエンスの特徴に応じた、より効果的な教材を特定した

適合	ACT-SEN 3	REF-SEN 2	ACT-INT 1	REF-INT 0
レジリエンス低 2以下	インタラクティブ	インタラクティブ	インタラクティブ	インタラクティブ
レジリエンス中 = 3	動画	インタラクティブ	インタラクティブ	動画
レジリエンス高 > = 4	動画	テキスト	動画	テキスト

結論： 教育の機会に応じて、より適切な教材選びを行える見通しを得た

成果とその活用

想定される活用の場

1. 動機づけ手法

- 動機づけ動画による学習意欲の向上 ⇒ 義務的な教習・講習等
- インフォーマル学習を通じた安全態度の醸成 ⇒ 各種安全運転教育の機会
-

2. 機会に応じた教育・訓練方法

i. 自動運転についての一般知識

- 一般知識を教育することが有用
- 内容を簡素化しすぎると教育効果薄れる
- 具体的な事例を含めるとよい

} ⇒ 義務的な教習・講習等

ii. 特定のシステム固有の知識

- オンデマンドのE-learning
- 実際に利用するHMIでの引継体験が有用

} ⇒ 車両販売時の説明の補足等

3. 学習者の多様性への対応

- 個人差の吸収にはスライド読上げで効果あり ⇒ 義務的な教習・講習等
- 学習スタイル, キャリアレジリエンスに応じた, より適切な教材選びも可能 ⇒ 各種安全運転教育の機会

成果とその活用

研究開発の成果を教育企画，教材作成の参考にいただくための「解説書」と，動画教材のサンプルを，SIP-adusのウェブサイト(<https://www.sip-adus.go.jp/showcase/d3.html>)で公開．警察庁様の協力の下，教材作成企業等に案内を通知．

目録解説書

目次

1. まえがき
2. 自動運転/運転支援に関する教育の必要性と役割
3. 教育の機会の多様性
4. 教育方法の検討におけるインストラクショナルデザインの重要性
5. 自動運転/運転支援を学ぶことの動機づけ
 - 5.1 動機づけの重要性
 - 5.2 動機づけの方法：動画教材の活用
 - 5.3 動機づけの方法：インフォーマル学習
6. 運転支援一般知識の教育方法：ドライバーの役割へのフォーカス
7. 理解を深め、定着させるための工夫
 - 7.1 理解を深めるための文章表現
 - 7.2 教材のタイプの利害得失と選び方（テキスト、スライド読み上げ動画、クイズ）
 - 7.3 理解を定着させるための工夫
8. 教育機会の拡大
 - 8.1 リモート教育の活用
 - 8.2 体験の効果
9. おわりに



動画教材

動機付け動画

一般知識に関する動画



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。