



2020年度

「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」

成果報告書

2021年3月

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

「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）の委託業務として、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）／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」の2020年度成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、NEDOの承認手続きが必要です。」

内容

1. Executive summary (全体要旨)	7
1.1. 課題 A	7
1.1.1. 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	7
1.1.2. 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	7
1.1.3. 車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車から周囲交通参加者へのコミュニケーションの負の影響に関する検討	8
1.1.4. 低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から横断歩道歩行者へのコミュニケーション設計に関する予備的検討	8
1.1.5. 低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から後続ドライバーへのコミュニケーション設計に関する予備的検討	9
1.1.6. 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外向け HMI の実装	9
1.2. 課題 B	10
1.2.1. アウトプットイメージ	10
1.2.2. システム主導(RtI の提示あり)による自動から手動への遷移	10
1.2.3. ドライバー主導による自動から手動への遷移	11
1.3. 課題 C	12
1.3.1. 自動運転の用語認識に関する Web 調査	12
1.3.2. 評価検証 (一般市民向け) 実験 C iv-1	12
1.3.3. 仮説検証 (購入者向け) 実験 Cv	12
1.3.4. ウェブのフィージビリティスタディ実験 Cvii	13
1.3.5. 教育方法の件に関する研究成果	13
1.3.6. 動機づけ手法に関する提案	14
2. 委託概要	15
2.1. 委託の目的	15
2.2. 委託の内容	15
3. 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	17
3.1. はじめに	17
3.2. 課題 A の 2020 年度の計画	18
3.3. 課題 A の 2020 年度の具体的な目的と方法	19
3.4. 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	21

3.4.1.	背景	22
3.4.2.	目的	23
3.4.3.	方法	23
3.4.4.	結果	31
3.4.5.	本節のまとめ	42
3.5.	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	49
3.5.1.	車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車とのコミュニケーション の負の影響に関する検討	49
3.6.	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外向け HMI の実装	68
3.6.1.	実施目的	68
3.6.2.	自動運転実験車両の追加製作	68
3.6.3.	試験走路環境製作	69
3.6.4.	試験走路実験のための動作性能確認	72
3.6.5.	試験走路実験でのコミュニケーション・ユースケースの再現	72
3.6.6.	本節のまとめ	73
3.7.	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外向け HMI 等に関する検討と提案	74
3.7.1.	交通参加者の横断に対する車両挙動や外向け HMI を利用した自動 運転車から交通参加者へのコミュニケーションに関する検討	74
3.7.2.	外向け HMI・路面標示・路面テキスト非表示型を利用した自動運転 車から交通参加者へのコミュニケーション支援に関する検討	92
3.7.3.	本節のまとめ	98
3.8.	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	99
3.8.1.	車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車から交通参加者への コミュニケーションに関する検討	99
3.8.2.	外向け HMI・路面標示・路面テキスト非表示型を利用した自動運転 車から交通参加者へのコミュニケーション支援に関する検討	111
3.8.3.	本節のまとめ	115
3.9.	課題 A のまとめ	116
	参考文献	119
4.	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	120
4.1. アウトプットイメージ	120
4.1.1. ドライバーの OEDR 状態評価法の提示	120
4.1.2. システムからドライバーへの効果的な要請のための基盤的知見の提供	121
4.1.3. システム理解状態の評価法の提示	121
4.2. システム主導(RtI の提示あり)による自動から手動への遷移	121
4.2.1. 方法	121
4.2.2. 結果	122
4.2.3. 考察	124
4.3. ドライバー主導による自動から手動への遷移	124
4.3.1. 実験 1	125
4.3.2. 実験 2	127
4.3.3. 実験 3	131
5. 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	133
5.1. Web 調査	133
5.1.1. 実験目的	133
5.1.2. 回答者属性	134
5.1.3. 調査結果と考察	134
5.1.4. まとめ	139
5.2. 評価検証（一般市民向け）実験 C iv-1	139
5.2.1. 目的	139
5.2.2. 実験参加者	140
5.2.3. 実験装置	140
5.2.4. 教育コンテンツ	140
5.2.5. 実験計画	141
5.2.6. 実験手順	141
5.2.7. 仮説と評価指標	142
5.2.8. 結果と考察	143
5.2.9. まとめ	145
5.3. 仮説検証（購入者向け）実験 Cv	146
5.4. ウェブのフィージビリティスタディ実験 Cvii	153
5.4.1. 実験背景	153
5.4.2. 研究目的	153
5.4.3. 実験用プログラム	153

5.4.4.	遠隔実験方法	155
5.4.5.	実験参加者	156
5.4.6.	実験設計	156
5.4.7.	実験シナリオ	158
5.4.8.	実験結果	160
5.4.9.	まとめ	163
5.5.	教育方法の件に関する研究成果	164
5.5.1.	個人特性を踏まえた教育方法の提案	164
5.5.2.	分析観点	164
5.5.3.	学習スタイルとキャリアレジリエンスの関係をふまえた効果的な 学習手法	164
5.5.4.	仮説	165
5.5.5.	実験手順	166
5.5.6.	教材形式	166
5.5.7.	分析方法	166
5.5.8.	分析結果	167
5.5.9.	まとめ	171
5.5.10.	成果発表	171
5.6.	動機づけ手法に関する提案	172
5.6.1.	はじめに	172
5.6.2.	動画の設計と開発	173
5.6.3.	研究方法	175
5.6.4.	研究結果	175
5.6.5.	考察	176
5.6.6.	おわりに	176
5.6.7.	成果発表	176
5.7.	部分教育を意識したモジュール化可能な完全教育教材の開発	177
5.7.1.	動機づけ動画を活用した学習の流れ	177
5.7.2.	学習のパターン	180
5.8.	日独連携としてワークショップ	181
5.9.	学習スタイルと教育コンテンツの Web 調査の実施概要	183
5.9.1.	調査の目的	183
5.9.2.	調査の方法	183
5.9.3.	調査の実施概要	185
5.9.4.	単純集計	187

1. Executive summary (全体要旨)

1.1. 課題 A

1.1.1. 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

幹線道路での走行ルートを含む地域では、追い越しの頻度は高く、生活道路が中心の走行ルートである地域では、接近や横断などの歩行者とのインタラクションの機会が比較的多いが確認され、追い越しのインタラクションの頻度が高かったが、コミュニケーションの失敗の頻度では、接近もしくは回避、横断で高い結果となった。接近もしくは回避では、対象が歩行者であるケースが多く、横断に関するインタラクションでは、対象が自動車であるケースが多く、コミュニケーションの失敗が見られる場面では、インタラクションの対象者が自動運転車両の挙動や行動の意図が理解できていないことが見受けられるものであった。低速走行の自動運転車両では、減速しているという挙動が伝わりにくいということが考えられる。一方、追い越しに関するインタラクションでは、インタラクションの対象はほとんどが自動車であり、主に、単路部、丁字路、逆丁字路で、自動運転車両が停止中もしくは直進中のときに追い越しをされることが多いが、逆丁字路のときは、左折をするために左ウインカーを出して停止中の際に追い抜きをされるケースも見られ、これは、左折の待機中に左ウインカーを出すことで、後続の車両の追い越しを譲るという意図を誤って伝達している可能性が考えられる。

1.1.2. 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

本実験では、低速走行の自動運転車を対象に、車両挙動や外向け HMI などを利用して発信された意図や状態に対する歩行者の認識や判断、行動の特徴を抽出した。自動運転車とのコミュニケーションを繰り返し体験することによる周囲状況の確認行動への影響や周囲状況の確認に関する自動運転車への依存などの負の影響を検討した。さらに負の影響を改善するための対策を2種類用意し、対策毎の違いについて調べた。VR 実験を通じて実施した被験者実験から、負の影響に対する改善方法の大きな違いや効果は見られなかった。また、外向け HMI が“お先にどうぞ”の意図を発信するとき、負の影響と考えられる確認行動を怠る傾向が見られた。また、自動運転車に対する歩行者の信頼感より、譲りの認識度と自動運転車が与える安心感の程度の方が負の影響を説明する心理的要因である可能性を示唆した。

1.1.3. 車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車から周囲交通参加者へのコミュニケーションの負の影響に関する検討

自動運転車から横断歩道の歩行者に向けられた譲り意図に対する横断歩道以外の他の歩行者の認識は、本実験で設定した減速・停止の実験条件では、初期速度の違いや外向け HMI 搭載/非搭載に関わりなく、自動運転車から譲られているという認識はほとんどなく、自動運転車通過前の横断開始も少ない。しかしながら、本実験で設定した早期減速・停止の実験条件では、外向け HMI 搭載の自動運転車で初期速度が低い場合に、自動運転車から譲られているという認識割合が高くなり、自動運転車通過前の横断開始も増加する。他の歩行者が 20m 程度の距離に存在することを確認した場合は、外向け HMI を利用しない、あるいは早期減速を実施しないなどの対応が必要である。

自動運転車から横断歩道の歩行者に対して、本実験で設定した早期減速・停止は、歩行者に対して自動運転車から譲られているとの認識を与え、かつ自動運転車の到達・停止前の横断開始を促す効果があり、外向け HMI 搭載の自動運転車、外向け HMI 非搭載の自動運転車の違いにはほとんど依存しない。

自動運転車とのコミュニケーションを繰り返し経験することにより、歩行者において周囲確認に関する自動運転車への依存性が高まり、その結果、左方向への確認行動が減少する可能性が示唆される。特に外向け HMI 搭載の自動運転車の場合にはその傾向が高まるものと考えられる。

運転免許所有者を対象として、自動運転車とのコミュニケーションを繰り返し経験することによる周囲確認の自動運転車への依存性の高まりを低減するためには、外向け HMI を利用しないコミュニケーションを提供する、あるいは外向け HMI を利用する場合でも「お先にどうぞ」ではなく「とまります」を利用するなどの工夫を行うことで周囲確認の自動運転車への依存性を改善できる可能性が示唆される。

運転免許非所有者を対象にして、自動運転車とのコミュニケーションを繰り返し経験することによる周囲確認の自動運転車への依存性の高まりを低減するためには、譲り意図が自動運転車から提供される場合でも歩行者自身が必ず周囲確認を行う必要があるなど適切な知識を事前に提供し活用できるような対応、例えば、自動運転車とのコミュニケーションに関わる交通指導や交通教育での対応が必要であると考えられる。

1.1.4. 低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から横断歩道歩行者へのコミュニケーション設計に関する予備的検討

低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と横断歩道歩行者とのコミュニケーションに関して、車両挙動や外向け HMI の組合せに基づいて、歩行者の認

識や判断、行動について VR 環境を用いた実験を実施した。本実験を通じて、1)早期減速によって車両からの譲り意図が伝わり、横断開始タイミングが早まること、2)外向け HMI を使用した車両から譲り意図が伝達されることにより横断開始タイミングが早まること、3)外向け HMI の有無よりも車両挙動の違いが歩行者の横断判断に与える影響が大きいこと、4)外向け HMI を使用した車両からの譲り意図伝達により、安心感の低下、過剰な焦り、対向車の確認不足が引き起こされる可能性は低いことなどが示唆される。

1.1.5. 低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から後続ドライバーへのコミュニケーション設計に関する予備的検討

低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から後続ドライバーへの進路譲りのコミュニケーション方法について予備的検討を実施した結果、1)従来の灯火器（左ウインカ）を用いた譲り意図の伝達は、それを一定頻度経験した後続車ドライバーに対して、左折と譲り挙動の混同や誤解を招く可能性があるが、後続車向け HMI による譲り意図の伝達が付随した譲り挙動は、左折との混同・誤認識を軽減させることができる可能性があること、2)灯火器類や後続車向け HMI による譲り意図が十分に伝わる場合、自動運転車の車両挙動が変化する前に追い越し判断をする場合が多く、追い越し判断のタイミングで挙動間に差が無い傾向があることから、交通の流れにおける円滑という観点において「直進を続ける」走行は効果があること、3)灯火器等により譲り意図が伝わらない場合、左寄せや減速が追い越しを確実に促す上で効果的であること、4)車両挙動や灯火器のみでなく、後続車向け HMI を用いた譲り意図の伝達がより早いタイミングでの追い越しを実行させるのに効果があること、5)後続車向け HMI による譲りのための停止意図の伝達は後続車ドライバーに他意を与え、追い越し判断を鈍らせるだけでなく、安全や安心の観点からも負の効果を生む可能性があること、6)後続車向け HMI による譲り意図の伝達は、灯火器のみや停止意図の伝達時と比較して後続車ドライバーに譲り意図を認識させるだけでなく、後続車ドライバーのフラストレーションを低減させる効果があることなどが示唆される。

1.1.6. 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外向け HMI の実装

2020 年度以降の試験走路実験のための自動運転の実験車両（ゴルフカートタイプ）の製作ならびに試験走路環境の検討を実施し、自動運転の実験車両については車両製作ならびにナンバー登録等を完了した。手動運転での運行ならびに試験走路実験等の事前調整が可能な状態となり、また試験走路環境の整備に

については、電磁誘導線敷設の検討結果に基づいて 2020 年度早期に電磁誘導線敷設等を実施する予定となった。

1.2. 課題 B

1.2.1. アウトプットイメージ

本課題では、自動運転システムの実用化に際して懸念されるドライバーとシステム間のインタラクションに係る問題の解決を念頭に、その要素研究を行なっている。研究の方向性に関しては当初の計画に加え、目まぐるしく変化する技術開発動向に対応しその知見が産業界へスムーズに受け渡されるよう、自動車工業会、自動車技術会との協議を行い、出口イメージの修正・共有を行ってきた。本年度は以下に示す 3 点をプロジェクト終了時に到達すべき目標として合意を得た(図 1-1)。



図 1-1 課題 B からの 3 つのアウトプット

1.2.2. システム主導(RtIの提示あり)による自動から手動への遷移

今年度は昨年度得た実験データより、周辺監視を開始してから運転引き継ぎを実施する直前までの注視頻度・持続時間、視線移動頻度を新たに抽出し、周辺監視中のドライバーの注視行動の特徴を明らかにすることを目指した。

まず注視頻度・持続時間の分析より、周辺監視開始から 20 秒までは高頻度で長いミラー確認行動が多いことが示された。これは、周辺監視開始直後は側方・後方の状況が分からないため、その把握を目指したものと考えられる。また、その後ミラーへの注視は少なくかつ短くなったが、これは側方・後方の状況を把握できた状態を反映するものと考えられる。前方確認行動は、周辺監視開始から 20 秒までは高頻度で短い注視が多かった。これはミラー確認行動が

多かった時間帯と重なるため、側方・後方の状況理解のために前方注視が疎かになっている状態を示すと考えられる。その後、ミラー確認行動の減少に伴い、長く持続する前方注視が行われるようになった。これは周辺の状況を把握できた後の安定状態に達したことを示すものと考えられる。

本年度の分析結果は、周辺監視開始からドライバーが周辺の状況を把握して安定状態に達するまで 20 秒程度を必要とするとする昨年度の分析結果と整合するもので、その結論を補強するものであるといえる。また昨年度報告した時間あたりの注視率および頭部正対率に加えて、新しい指標（注視頻度、注視時間、視線移動頻度）によっても OEDR 状態評価に利用できる可能性が示された。新指標は昨年度示した指標に比べて、計測・分析の技術的ハードルは高いものが多いが、周辺監視開始後 20 秒程度から急峻な変化を示す指標もあり、周辺理解の安定状態の検出においてより高感度である可能性がある。また個人差や状況によるばらつきの大きい人間計測指標においては、複数指標による多角的な評価が有効な場合もあり、利用可能な指標が増えたことは今後の OEDR 評価手法の確立に向けての好材料となると期待される。

1.2.3. ドライバー主導による自動から手動への遷移

ドライビングシミュレータ実験により、レベル 2 自動走行時と手動運転時の運転行動の差異を特定した。

運転中の参加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、レベル 2 自動走行システム使用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短くなり、それ以外の領域への注視時間が長くなる傾向がみられた。また、瞬目や閉瞼活動の分析においても、有意差が認められ、瞬目間隔の短縮および長時間閉瞼回数の増加がレベル 2 自動走行システムに対する過剰な信頼や不適切なシステム理解状態の影響による覚醒水準低下の指標になるといえる。

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った。

2 種類の顕在リスクシーンにおいて、ドライバーがリスク回避のための介入を行うまでにかかった時間を計測したが、HMI を用いて実験をしたグループと用いなかったグループの間で有意差は見られず、HMI による反応時間の短縮効果は示されなかった。

システムの認識能力・システムの挙動と安全性・信頼度について問うアンケートの結果においては、2 つのグループの間で、複数の質問項目に対する回答で有意差が見られ、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。特に潜在リスクに関する項目における有意差が顕著であり、顕在的に体験しない潜在リスクをドライバーに意識させ続け、良好なシステム理解状態を醸成する効果が認められた。

前述で提案した HMI とフロントガラス投影型 HMI の 2 種類の HMI について、詳細な有効性評価と比較を行った。

最終の顕在リスクシーンにおける介入行動とアンケートを解析した結果、HUD HMI に、知識伝達、注意レベル向上、介入行動迅速化の効果が認められ、適切なシステム理解状態醸成に有効であることが示された。実験 2 で提案した HMI には、介入の迅速化効果は認められないものの、知識伝達に関しては、HUD HMI よりも有用性が高いことが示された。

1.3. 課題 C

1.3.1. 自動運転の用語認識に関する Web 調査

今年度の 2 回の調査の結果から、各レベルの機能に相当する自動運転の作動中における知るべき役割の特徴の現状に焦点を当てた。まとめると、少なくとも過半数のドライバーが自動運転のレベルや自動運転分類の名前から、レベル 1 と 2 の自動運転の使用時の役割の特徴と約 7 割のドライバーがレベル 3 の自動運転の使用時の役割の特徴を判別や理解できていない現状がある。また、レベル 1 からレベル 3 の自動運転システムの使用時の睡眠、運転席以外の席に座る、アルコールの摂取などの行為が許されると誤解しているドライバーが約半数いた。安全な高度交通自動化の社会に向けて、一般の人々に対して一般的な自動運転知識を理解させられる手法を講じるべきである。

自動運転教育や自動運転に関する知識をどのように浸透や伝達する検討について、同課題の別実験による対策を行っている現状がある。

1.3.2. 評価検証（一般市民向け）実験 Civ-1

本実験では、自動運転に関する一般論を事前に 3 種類のコンテンツを用いて知識の教習方法の効果を調べた結果、教習直後、より詳細的な講習を行ったクイズ式動画は自動運転への理解により効果的であったが。時間につれて教育コンテンツによる影響が減少した。さらに、比較的簡潔な動機付け動画は、時間につれてより自動運転に対する理解及び態度にポジティブな方向へ導いた傾向を示唆した。ゆえに、仮説(1)が支持された。ただ、今回の結果から動機付け動画が運転パフォーマンスにより効果的という仮説(2)が支持されなかった。

1.3.3. 仮説検証（購入者向け）実験 Cv

本実験はシステムが搭載したモード変化のパターンを使用前に、使用者に理

解させられるべき固有事項であるかどうかを確認した。事前知識の影響のレベル3からレベル2に変化する場面では、事前にレベルの変化の仕方を伝えることによって、監視行動以外の行動やゲームを再開する行動など、モード変化に対しての適切な対応行動の心構えができることが示唆している。来年度は引き続き、長期、一時使用者に関わらず、自動運転車をより安心安全に利用できるように、購入、借用時に伝えるべき固有事項を明確化する。

1.3.4. ウェブのフィージビリティスタディ実験 Cvii

の実験は従来の対面の実験方式、例えば研究室内ドライビングシミュレータや実車を利用した実験以外、感染拡大の防止面から有効な非対面での遠隔による実験の進行や簡易ドライビングシミュレーション実験方法を検討した。研究目的は主に2つあり、1. リモート実験に対する受容度の確認、2. 遠隔実験と過去の実験それぞれで得られた実験結果を比較し、相似点と相異点を確認する。研究目的1に関して、多く参加者がこの実験を経験したあとに同じようなリモート実験に参加したい意見を頂いた。今回の実験成功率は90%だが、リモート実験をスムーズに行えるように、参加者の使用頻度やPCスペックを把握した上、実験を設計し、詳細な対応マニュアルの作成など工夫すれば、実験の成功率を高め、遂行することは可能である。実験に関する不満に関して、今後の課題として、不満度を下げるようよりスムーズに遠隔の実験をできる手法を探る。研究目的2に関して、本実験過去の実車実験A-5の実験結果と比較し、遠隔実験と実車実験により、同じ条件を極力再現し、シナリオを比較した結果、A-5の結果と同じ程度、教示する自動運転知識の内容によってRtIパフォーマンスに影響が表れた。そのため、一部の実験は遠隔実験により、再現や実施することで実車実験と相似な現象や結果を確認することができる利点がある。さらに、感染症拡大の対策面から、対面しないことで実験データ収集の利点が高い。ただし、研究員の個人的な感想として、遠隔実験の説明時間は同じ規模の研究室内と実車実験より長いこと確認できた。よって、本実験の時間は長くすることが避けるべきである。よって、実験データを収集できるシナリオ数を限って行うべきである。また、参加者が実験に対して不明点について対応などは電話経由となるため、対応マニュアルの作成が必要である。

1.3.5. 教育方法の件に関する研究成果

本研究では、安全教育時に用いる動機づけ動画の有効性について検討した。傾向スコアマッチングの結果、ナラティブ手法を活用した動機づけ動画教材は、ファクトベースの動画教材と比較し、個人のレジリエンス要因を吸収でき、レジリエンスのレベルが低い程事後得点が上昇する可能性が検証された。本調査

では、以下 2 点が確認された。

1. ナラティブベースの動機づけ動画を利用すれば、個人のレジリエンスの違いを吸収できる可能性がある。
2. ナラティブベースの動機づけ動画を利用する場合には、個人の学習スタイルを考慮するとより有効性を高められる可能性がある。

自動運転に関する安全教育を実施する場合、これまでの経験が影響を及ぼす。動画教材を開発する際に、ARCS モデルのみならずナラティブ手法を活用することで、性別や年代、既婚未婚、子供の有無といった個人属性の違いを吸収できる可能性がある。今後は更なる研究を継続し、教育方法を改善する予定である。

1.3.6. 動機づけ手法に関する提案

今回開発した 2 種の動機づけ動画には差がなく、同等の動機づけを行えることが確認された。今後は、開発された動画を活用し、動機づけの種類と、教材のタイプ、個人の特性の違い(Arame, et al., 2020)との関連を更に検証していく。

本研究では、安全教育のための動機づけ動画を 2 種設計し、開発した。一つは、自分で自動運転車を利用することをイメージさせるようなファミリーで出掛けるというストーリー編、もう一つは、自動運転車について、事例や研究成果などを中心に客観的データに基づいた事例編である。これら 2 種の動機づけ動画について、形成的評価を実施した。その結果、今回開発した 2 種の動機づけ動画には差がなく、同等の動機づけを行えることが確認された。

2. 委託概要

2.1. 委託の目的

自動運転車と周囲の交通参加者間の安全を確保し、お互いの意図が明確に分かるような安心できる円滑なコミュニケーション方法に関する研究、運転者が存在する運転自動化レベル（以下「レベル」という。）3又は4相当の自動運転車で、走行環境条件を外れた場合や自動運転システムの機能低下の場合における運転引継等を適切に行うためのHMI等に関する研究、レベル3及び4相当の自動運転車や普及が進むレベル2相当の高度運転支援システムに関し、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を行うことにより、以下を実施ならびに実現することを目的とする。

- ▶ レベル4相当の低速走行の移動・物流サービスの自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーションの設計に関する設計要件や推奨項目を明らかにすること。そして成果を国際標準（ISO/TC22/SC39/WG8）に提案すること。
- ▶ レベル3、4から手動運転に遷移する場合の、適切な遷移プロトコルとHMI、および一般道を含めた道路交通環境におけるレベル2走行において、ドライバーのOEDRパフォーマンスを評価する手法と、確実な運転引継ぎを促すHMIや教育・訓練の要件を明らかにすること。そして成果を国際標準に提案すること。
- ▶ 自動車教習所、運転免許更新教習、ディーラー・レンタカー会社などで、自動運転システムを安全に利用するための教育・訓練プログラムのプロトタイプを提案し、国内の制度化に寄与すること。
- ▶ 国際的な研究連携を通して、欧米の動向との協調を図るとともに、国際的なイニシアティブをとること。

2.2. 委託の内容

次の3項目を実施する。

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

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

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

課題 A では、道の駅等の自動運転実証実験での観測により、低速走行の移動・物流サービス等を対象にした自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーションの現状と特徴について分類・整理を行い、コミュニケーションのユースケースを抽出するとともに、VR実験により、自動運転車と交通参加者の1対

1、1 対複数のコミュニケーションにおける負の影響に関してその形態や原因等を分析し、外向け HMI 等のコミュニケーション方法や運用、交通参加者が備えるべき知識等について検討する。さらに VR 実験やテストコース (TC) 実験等により、自動運転車と交通参加者とのコミュニケーションの重要なユースケースを対象に、外向け HMI 等のデザインファクター案や交通参加者のエデュケーションファクター案を抽出し、実証実験等によりそれらの案についての検証を行う。

課題 B では、ドライビングシミュレータ (DS) による実験的検討を通じて、レベルの遷移 (モード遷移) における運転引継時の問題の定量的評価とこれを向上させる HMI の提案を行う。さらに、一般道でのレベル 2 における運転監視状態の定量的評価とこれを向上させる HMI について、産業界が利用可能な具体的データに基づいた提案を行う。

課題 C では、自動運転に関する一般向けの安全運転教育のコンテンツを開発するとともに、そのコンテンツに関してドライビングシミュレータを用いた検証ならびに実運用の試行と改善を行う。また、特定のシステムを対象として、自動車販売のディーラーやレンタカーの営業所などで、当該システムに関する知識を伝達する方法論を開発し、ドライビングシミュレータでの検証を行う。

本プロジェクトは、3つの課題を 6 機関にて研究開発を進めていく。研究開発責任者ならびに各機関の管理者・研究者間で、研究開発の進捗、研究開発成果 (検証結果) の情報共有を行う運営会議を設置し定期的を開催する。また、年に数回の頻度にて各課題に関係する省庁 (国土交通省、警察庁ほか) の担当者を交えた推進会議 (公募要領記載の HMI 推進検討委員会に該当) を開催することとする。開催の実施にあたっては、NEDO ロボット・AI 部 (委託元) と調整の上、実施する。なお、会議の運営業務は東京都ビジネスサービスが実施する。

日本自動車工業会等の自動車業界との連携としては、一般社団法人日本自動車工業会、公益社団法人自動車技術会、本研究プロジェクトの 6 機関をメンバーとする会議体を設置し、定期的な情報共有・意見交換を実施していく。

海外研究者と連携した研究開発としては、「自動運転ヒューマンファクター研究に関する日独連携 (SIP 第 2 期想定テーマをもとに日独両政府の承認済み (2018 年 12 月))」として、課題ごとにドイツの研究機関と連携していく。加えて、三極連携の枠組みの中で英国との共同研究を検討していく。

3. 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

3.1. はじめに

課題 A では、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を実施し、コミュニケーションの設計に関する設計要件や推奨項目を検討するものである。平成 30 年度「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）自動走行システム／大規模実証実験／H M I」[1]においては、低速走行する自動運転車からの譲り意図をドライバーや歩行者に認識させるには、主として車両挙動（減速挙動・停止挙動）の活用が重要となること、自動運転車からの譲り意図を早いタイミングでドライバーや歩行者に認識させ、行動判断を確信させるためには外向け H M I（Human Machine Interface）の活用が有効となることが確認された。その一方で、外向け H M I の活用に関して、外向け H M I のコンテンツによっては、交通参加者の確認行動が減少することなど負の影響を誘発する可能が示唆された。また、外向け H M I を含めた自動運転車に対する解釈が交通参加者によって多様な傾向を示したことから、安心して円滑なコミュニケーションを実現するには技術的な要素だけでなく、交通参加者への教育等も必要であること示唆された。2019 年度の研究開発からは、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を主な対象として研究開発を進める一方で、過年度の研究開発において確認された外向け H M I を活用する際の負の影響についても本研究開発の検討課題として加えている。

課題 A の研究開発の全体像としては、道の駅等の自動運転実証実験での観測により、低速走行の移動・物流サービス等を対象にした自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーションの現状と特徴について分類・整理を行い、コミュニケーションのユースケースを抽出するとともに、VR 実験により、自動運転車と交通参加者の 1 対 1、1 対複数のコミュニケーションにおける負の影響に関してその形態や原因等を分析し、外向け H M I 等のコミュニケーション方法や運用、交通参加者が備えるべき知識等について検討する。さらに VR 実験や TC（テストコース）実験等により、自動運転車と交通参加者とのコミュニケーションの重要なユースケースを対象に、外向け H M I 等のデザインファクター案や交通参加者のエデュケーションファクター案を抽出し、実証実験等によりそれらの案についての検証を行う。

3.2. 課題 A の 2020 年度の計画

道の駅自動運転実証実験のドライブレコーダ映像分析、バーチャルリアリティ（VR）実験を通じて、低速走行する自動運転車と周囲の交通参加者とのコミュニケーションに関する基本的知見を抽出するとともに、自動運転車から意図や状態を他の交通参加者に伝達するためのコミュニケーションとして外向け HMI を実装する際の基本要件や推奨項目、留意事項等を導出する。また外向け HMI を利用して自動運転車が他の交通参加者とのコミュニケーションを図る際の負の影響についても検討する。2020 年度における計画は、図 3-1 に示す通りである。

事業項目	2020 年度		
	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
A. 自低速走行の移動・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			
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			
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			
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外向け HMI の実装			
iv) 単路部や交差点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外向け HMI 等に関する検討と提案			
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に関する負の効果等への対応・対策の提案			

図 3-1 課題 A の 2020 年度の計画

3.3. 課題 A の 2020 年度の具体的な目的と方法

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

【目的】

低速走行の移動・物流サービスの自動運転車が実際の道路環境・交通状況を走行する実証実験等を対象にして、自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションやインタラクションの場면을観測・記録し、周囲交通参加者の属性、自動運転車と周囲交通参加者の位置関係、道路環境や交通状況などコミュニケーションを特徴づける各種要素を考慮した上で分類や類型化等を行い、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間の典型的なコミュニケーションや不安全なコミュニケーション、両者間での意図伝達や行動等の特徴を明らかにする。また観測を通じて得られたコミュニケーションの種類を、安全、安心、円滑の観点から分析・評価し、コミュニケーションの改善や新たな方法の導入等を検討する。

【観測方法】

国土交通省をはじめとする関連省庁や地方自治体等が実施している移動・物流サービス等の自動運転実証実験を対象に、自動運転車や走行環境等にカメラ等の計測装置や車両状態に関わる計測機器を設置して自動運転車の周囲状況を観測・記録し、自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションやインタラクション等の場面データ（例えば、道路環境や交通状態、交通参加者の属性や位置等）やその他関連データ（例えば、自動運転車の走行状態や乗員状態等）を抽出する。自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーション等は、過去の周囲交通参加者の自動運転車との遭遇経験の有無によって異なること、時間経過に伴って変化することが考えられる。自動運転車の実証実験等の未実施地域や長期的に観測可能な地域、また地方の中山間地域や観光地、都市部の近郊地域などの特徴、地域交通としての役割や特徴も自動運転車と周囲交通参加者とのコミュニケーションの特徴に影響を及ぼすと考えられる。これらの要素も考慮して関連省庁や関係機関と調整し、観測対象とする自動運転実証実験の候補地域を検討する。これらの自動運転実証実験地域での観測データに基づいて、コミュニケーションの特徴分析と類型化等を行う。特に、運転自動化レベル 4 を想定した低速走行やドライバー不在等の状態、また駐車場等において自動運転車と交通参加者が空間を共有するような状態なども分析対象として考慮する。

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

【目的】

単一交通参加者や複数交通参加者が自動運転車の周囲に存在する道路環境・交通状況を対象に、自動運転車と周囲交通参加者との間でコミュニケーションが生じる際の特徴を抽出するとともに、自動運転車から発信された意図や状態に対する交通参加者ならびに周囲の他の交通参加者の解釈や意思決定、安心等の心的影響等と、周囲交通参加者との接触やコンフリクトの有無やその形態との関係から、コミュニケーションの成功/失敗に関する要因等について明らかにする。またこれらの特徴から、安全・安心なコミュニケーションと交通参加者の知識との関係性について考察する。

【方法】

i にて実施した単路部や交差点、駐車場等での現場観測によるコミュニケーションやインタラクションの特徴分析や、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム／大規模実証実験／HMI（以下、「第1期 SIP」という）」における外向け HMI を利用した自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーションの特徴分析の結果に基づいて、自動運転車と単一の周囲交通参加者とのコミュニケーションや、自動運転車と複数の周囲交通参加者とのコミュニケーションが生じる道路環境や交通状況をヘッドマウントディスプレイやドライビングシミュレータによる仮想空間に再現し、また必要に応じて試験走路環境に再現する。周囲交通参加者の位置や人数、外向け HMI のコンテンツ等の組合せに基づいて、自動運転車から伝達される意図や状態に対する各々の交通参加者の認識や周囲に対する判断、判断後の行動等の特徴を計測・分析する。

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外向け HMI の実装

【目的】

低速走行する移動・物流サービスの自動運転車と外向け HMI との組合せに対する周囲交通参加者の認識や判断、安心感等の心理面への影響を 2020 年度以降の試験走路実験等で定量的に分析・検討するために、低速走行ならびに無人で特定経路を走行可能な自動運転車を実験車両として製作する。

【製作方法】

低速走行する移動・物流サービスの市販自動運転車（ゴルフカート等）を改造して模擬的な自動運転の実験車両を製作する。車両状態や周囲交通参加者の状態や関連情報を計測するための各種装置を実装する。また第 1 期で製作した外向け HMI の仕様を考慮して外向け HMI をこの実験車両に実装する。低速走行ならびに無人で特定経路を走行可能な自動運転車とするために、慶

應義塾大学新川崎 K2 キャンパス内の構内道路ならびに駐車エリアに電磁誘導線等を敷設し、実験走行の際は構内道路ならびに駐車エリアを一時的に封鎖して、模擬的に単路環境や交差点環境、駐車場環境を再現する。本事業終了時には敷設した電磁誘導線等の撤去を行い、原状復帰を行う。

iv. 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外向け HMI 等に関する検討と提案

【目的】

道の駅周囲の一般道路のうち単路部を対象として、低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から歩行者への安全・安心で円滑なコミュニケーションを促す方法を調査するために VR 環境による被験者実験を実施し、車両挙動と外向け HMI の組合せが歩行者の無信号横断歩道の横断に及ぼす影響を定量的に分析した。また自動運転車が歩行者後方から接近する際の歩行者の回避場面におけるコミュニケーション支援として、低速走行の自動運転車（ゴルフカート）とのコミュニケーションにおける支援対策として、テキスト表示や路面投影などの外向け HMI、移動経路を描いた路面標示を取り上げ、歩行者の回避行動に関わる認識・判断・行動、心理面にもたらす影響を調査した。

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に関する負の効果等への対応・対策の提案

【目的】

道の駅の駐車エリアを対象として、低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から歩行者への安全・安心で円滑なコミュニケーションを促す方法を調査するために VR 環境による被験者実験を実施し、車両挙動と外向け HMI の組合せが歩行者の車両通路の横断に及ぼす影響を定量的に分析した。また自動運転車が歩行者後方から接近する際の歩行者の回避場面におけるコミュニケーション支援として、低速走行の自動運転車（ゴルフカート）とのコミュニケーションにおける支援として、テキスト表示や路面投影などの外向け HMI、移動経路を描いた路面標示を取り上げ、歩行者の回避行動に関わる認識・判断・行動、心理面にもたらす影響を調査した。

3.4. 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

3.4.1. 背景

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（本章の定義として、ある交通参加者（例：自動車）が特定の交通参加者（例：自動運転車）を認識し、その認識が行動に反映されている場面（例：追い越し）のことを指す）における不安全や非効率を抽出し、対策を検討することが求められている。コミュニケーションに関する既存研究は、多くが実験室や仮想現実などの統制された環境での研究であり[1][2][3]、実道環境での不安全や非効率についてはよくわかっていない。特に従来の自動車にはなく、自動運転車だからこそ生じる不安全や非効率は対策を講じるべきである。

「自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0」[4]に基づく、不安全や非効率を引き起こす要因を、認知（周辺交通環境の把握）、判断（軌跡や車速の決定）、操作（運動指示）というプロセスごとに検討している（表 3-1 参照）。本章は、認知や操作は問題なく作動することを想定し、自動運転車の判断に関わる要因を扱う。

表 3-1 自動運転の動的運転タスクを実行するために必要なプロセス

プロセス	処理結果	外乱	物理原則
認知	周辺交通環境の位置情報、自己位置。交通情報。	認識外乱	センサメカニズムに応じた原理的な外乱（例）カメラ：可視光、ミリ波：電波、LiDAR：赤外光。
判断	軌跡、車速目標指示。	交通外乱	道路構造＋交通参加者との位置関係といった幾何的観点と、交通参加者の動作。
操作	軌跡、車速目標指示を達成するための各 A C T への運動指示分配。	車両運動外乱	路面、外界からタイヤおよびボディに入力される力学的な外乱。

判断に影響を与える要因は交通外乱である。本章では、交通外乱を構成する要素として、道路形状とコミュニケーション（自動運転車の行動、相手の交通参加者の行動、自動運転車と相手の交通参加者の位置関係の組み合わせ）の 2 つを取り上げる。道路形状は、自動運転車の走行する経路を単路、交差点、駐車場の 3 つに分類で構成される。コミュニケーションは、前方（すれ違い）、側

方（横断）、後方（追い越し）の3つの分類で構成される。これらの交通外乱に加え、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いて、自動運転車が能動的にコミュニケーションをとる場面（歩行者の前を横断する場面など）と、受動的にコミュニケーションをとる場面（歩行者の横断を待機する場面など）の分類によって、コミュニケーションを整理すると図 3-2 のようになる。自動運転車は軌道以外を走行できないため、自動運転車が進路を変えることによる（能動的）すれ違いや追い越しは、自動運転車のコミュニケーションとならないため、本章の分析の対象としない。

		コミュニケーション(交通参加者の位置や行動)											
道路環境	自動運転車の行動	すれ違い				横断				追い越し			
		歩行者	自転車	自動二輪車	自動車	歩行者	自転車	自動二輪車	自動車	歩行者	自転車	自動二輪車	自動車
単路	能動的	自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない								自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない			
	受動的												
交差点	能動的	自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない								自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない			
	受動的												
駐車場	能動的	自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない								自動運転車は軌道以外を走行できないため、対象としない			
	受動的												

自動運転車 歩行者 自転車 自動二輪車 自動車

図 3-2 交通外乱の構成要素を踏まえたコミュニケーション場面の分類

3.4.2. 目的

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いて、低速自動運転車特有の不安全や非効率の場면을抽出し、その頻度や要因を明らかにする。

3.4.3. 方法

3.4.3.1. 対象地

対象地は、コスモール大樹、かみこあに、ひたちおおた、南アルプスむら長谷、芦北でこぼん、みやま、奥永源寺溪流の里の7つの道の駅等を中心とした地域であり（図 3-3（国土交通省の資料[5]を参照し、白地図 Craft MAP

(<http://www.craftmap.box-i.net/>) を用いて作成。)、いずれも中山間地域におけるモビリティについての検証を目的に実証実験を行っている。いずれの対象地においても、走行するルートは道の駅を中心として、役所、郵便局、病院などの主要な都市施設を結んでいる（図 3-4～図 3-10（国土交通省の実証実験における走行ルートに関する資料[5][6][7][8][9][10][11]を参照し、Google Map (<https://www.google.co.jp/maps/>) を用いた。))。実証実験の期間は次の通りである：コスモール大樹（2019年5月21日～6月21日）、かみこあに（2018年12月9日～2019年2月8日）、ひたちおおた（2019年6月23日～7月21日）、南アルプスむら長谷（2018年11月5日～11月29日）、芦北でこぼん（2019年1月27日～3月15日）、みやま（2018年11月2日～12月21日）、奥永源寺（2019年11月15日～12月20日）。

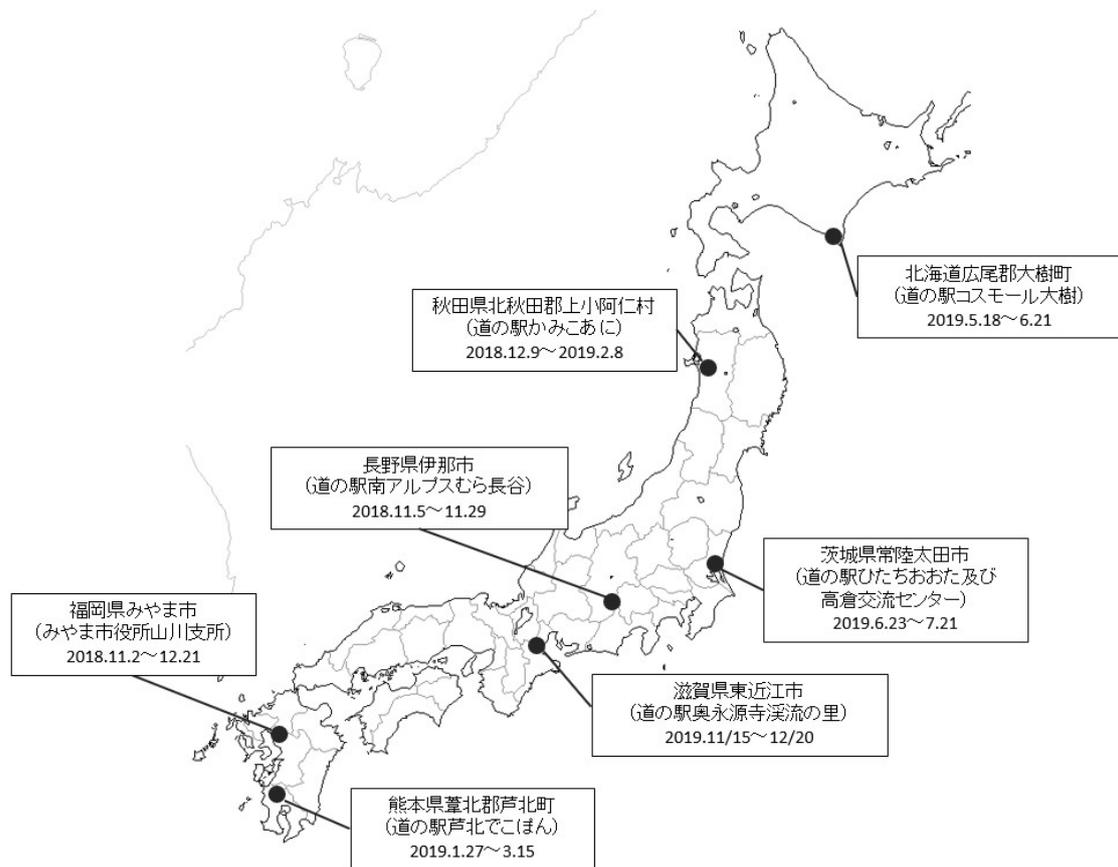


図 3-3 実証実験の地域と期間

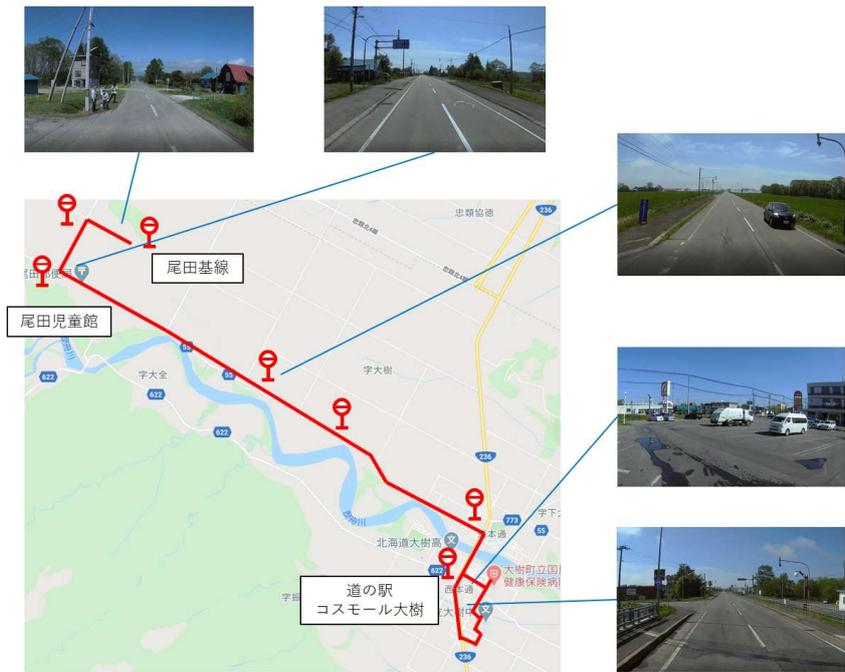


図 3-4 コスモール大樹の走行ルート

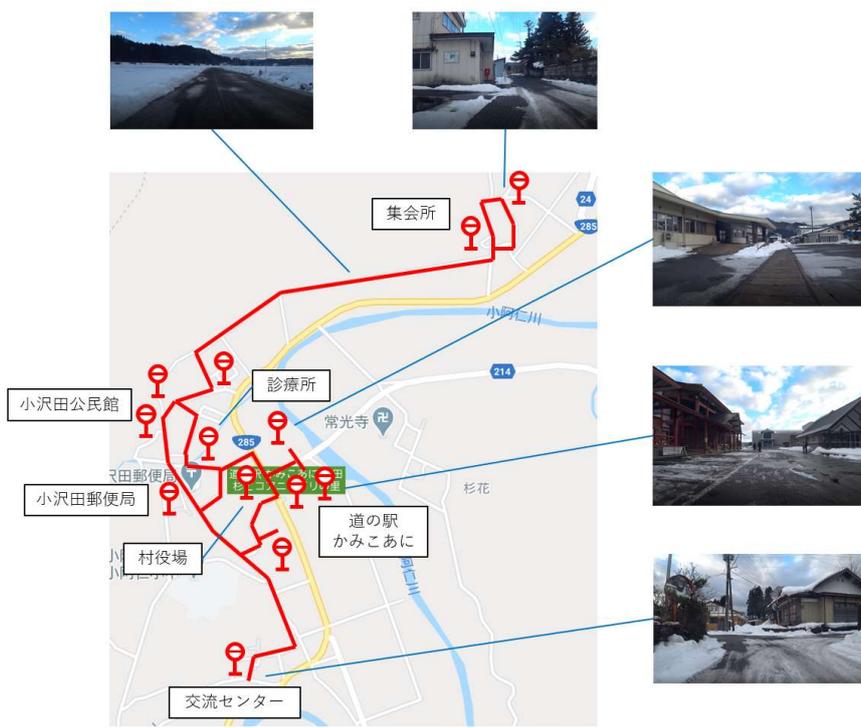


図 3-5 かみこあにの走行ルート

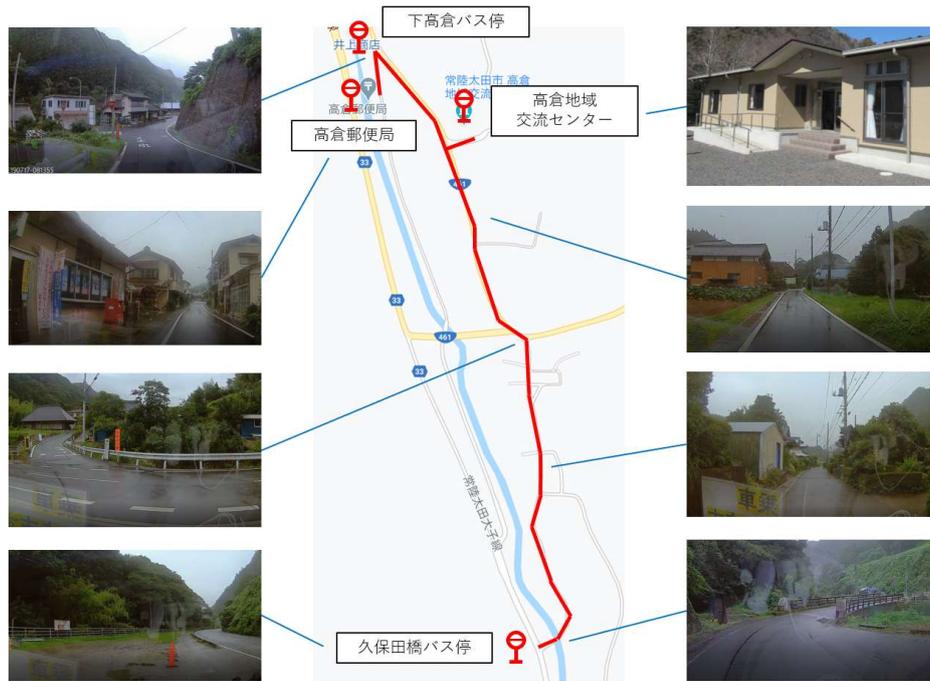


図 3-6 ひたちおおたの走行ルート



図 3-7 南アルプスむら長谷の走行ルート



図 3-10 奥永源寺の走行ルート

3.4.3.2.実証実験で用いる車両

実証実験において用いる車両は、対象地域によって異なり、かみこあに、ひたちおおた、芦北でこぼん、みやま、奥永源寺では、ヤマハ発動機のゴルフカート型（図 3-11 左参照。定員 6 人。埋設された電磁誘導線からの磁力を感知して、既定ルートを走行。速度は自動時～12km/h 程度、手動時 20 km/h 未満）であり、コスモール大樹と南アルプスむら長谷では、先進モビリティ株式会社のバス型（図 3-11 右参照。定員 20 人。GPS と磁気マーカ及びジャイロセンサにより自車位置を特定して、既定のルートを走行。速度は 35 km/h 程度（最大 40 km/h）。）を用いる。



図 3-11 自動運転車両（左：ゴルフカート型、右：バス型
国土交通省の資料[5]から画像を引用）

3.4.3.3. ドライブレコーダの映像データ

対象地によって、車載カメラの設置位置は異なる。カメラの位置は、車両前方カメラ、運転手カメラ、乗客カメラ、車両後方カメラの4つに分けられる。ただし、ひたちおおたでは、乗客カメラは存在せず、コスモール大樹や南アルプスむら長谷では、バス型の車両を用いているため、乗客カメラが複数存在する。(図 3-12 参照)

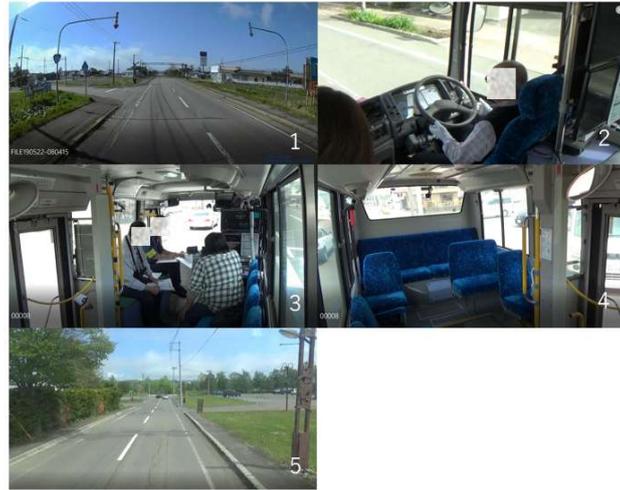
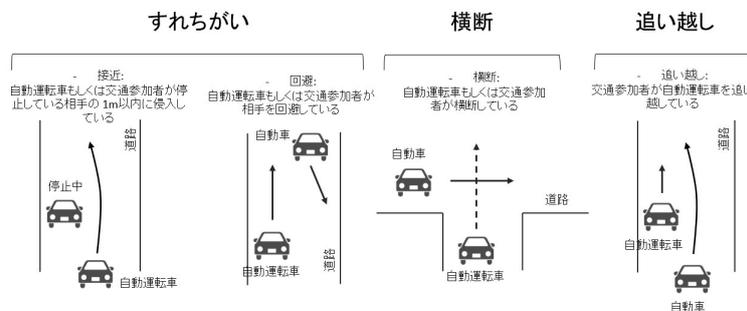


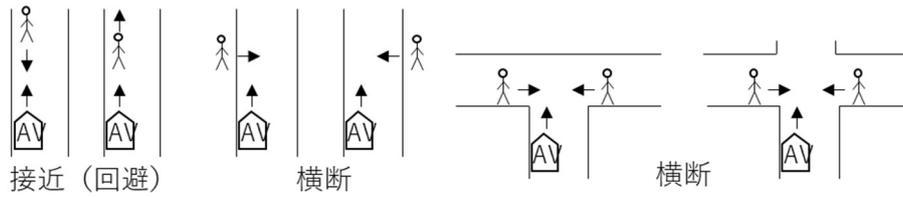
図 3-12 コスモール大樹 (1 : 車両前方カメラ、2 : 運転手カメラ、3 : 前方乗客カメラ、4 : 後方乗客カメラ、5 : 車両後方カメラ)

3.4.3.4. コミュニケーションの種類

コミュニケーションは図 3-13(a)、図 3-13(b)のように定義される。本研究では、大まかにすれちがい(接近・回避)、横断、追越の3種類に分類している。横断に関して非優先側交差道路からの合流や路側にある駐車場からの合流などもコミュニケーションとして考えられるが、映像データで判断が困難なものが含まれることから、本研究では横断に分類した。



(a) 自動運転車-ドライバー間コミュニケーションの例



(b) 自動運転車-歩行者間コミュニケーションの例

図 3-13 コミュニケーションの種類

3.4.3.5.道路形状の種類

道路形状はそれぞれ図 3-14 のように定義される。

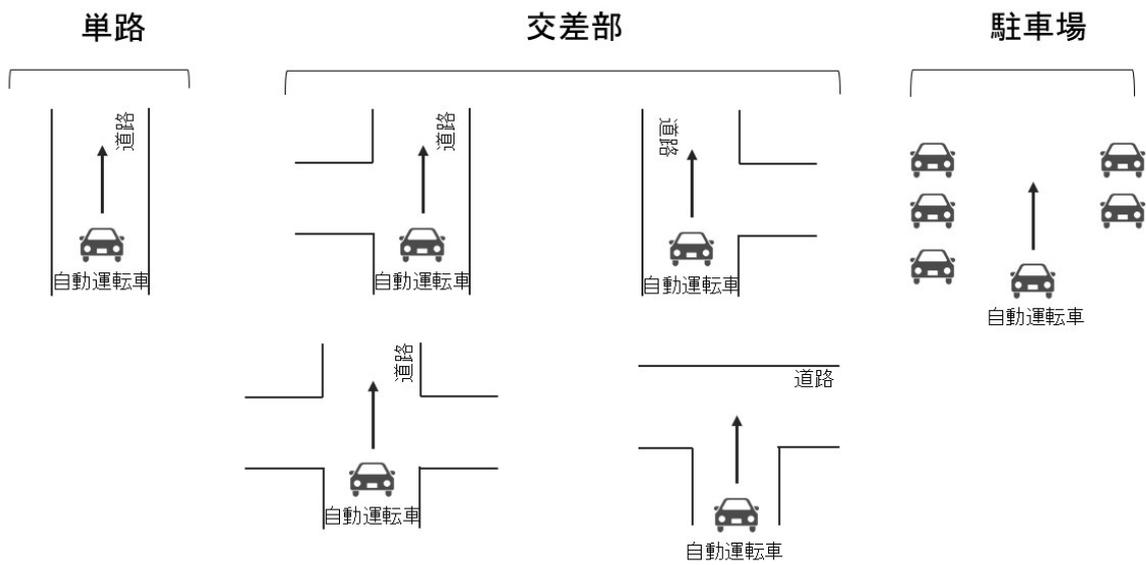


図 3-14 道路形状の種類

3.4.3.6.自動運転車特有の不安全や非効率を引き起こす自動運転車の特徴の整理

自動運転車特有の不安全や非効率を引き起こす自動運転車の特徴を整理すると、図 3-15 のように表される。

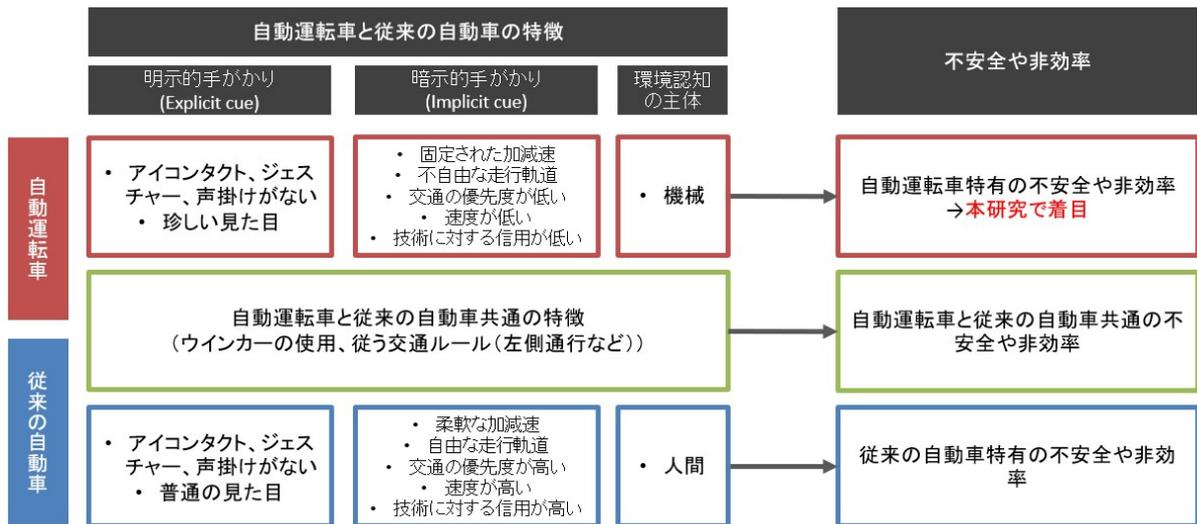


図 3-15 自動運転車特有の不安安全や非効率を引き起こす自動運転車の特徴の整理

3.4.3.7. 分析方法

実証実験の映像から、コミュニケーション時の相手の交通参加者の属性、コミュニケーションの分類、道路環境を抽出して、分析に用いる。

まず、コミュニケーションの分類（すれちがい（接近、回避等）、横断、追い越し）ごとに、自動運転車と各交通参加者（歩行者、自転車、オートバイ、自動車）のコミュニケーションの頻度を算出する。次に、自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションのうち、コミュニケーションの失敗（不安安全や非効率がある場面）の頻度を算出する。最後に、自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションの失敗のうち、自動運転車特有の場面の頻度を算出する。また、その場面が生じる要因を検討する（表 3-2 参照）。

表 3-2 映像から抽出する項目

項目	内容
コミュニケーション相手	①歩行者, ②自転車, ③オートバイ, ④自動車
コミュニケーションの分類	①すれちがい（接近、回避等）, ②横断, ③追い越し
コミュニケーションの不安安全や非効率の有無	①不安安全が見られる, ②非効率が見られる, ③不安安全や非効率がない
道路環境	①単路部, ②交差点, ③駐車場

3.4.4. 結果

3.4.4.1. 自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションの頻度

自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションの頻度を見ると、自動運転車は自動車、次いで歩行者とのコミュニケーションが多い（図 3-16 参照）。自

自動運転車と歩行者のコミュニケーションでは、主にすれちがいが多い（図 3-17 参照）。自動運転車と自転車のコミュニケーションでは、すれ違いと横断がそれぞれ多くみられる（図 3-18 参照）。自動運転車と自動二輪車や自動車のコミュニケーションでは、地域によって多いコミュニケーションが異なり、生活道路が中心の地域では（奥永源寺など）、狭い道路等でのすれ違いが多くみられ、幹線道路の走行が多い地域では（芦北でこぼんなど）、交差点や道路上の横断や追い越しの場面が多くみられた（図 3-19、図 3-20 参照）。



図 3-16 自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションの頻度

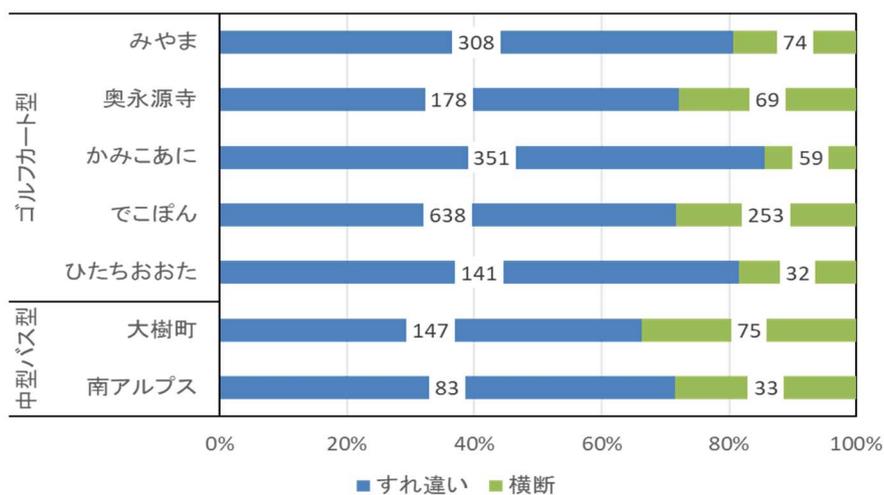


図 3-17 自動運転車と歩行者のコミュニケーションの頻度

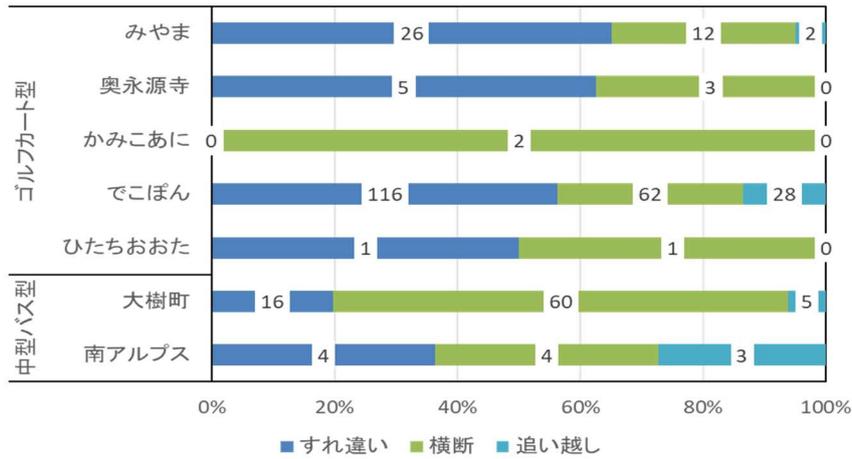


図 3-18 自動運転車と自転車のコミュニケーションの頻度

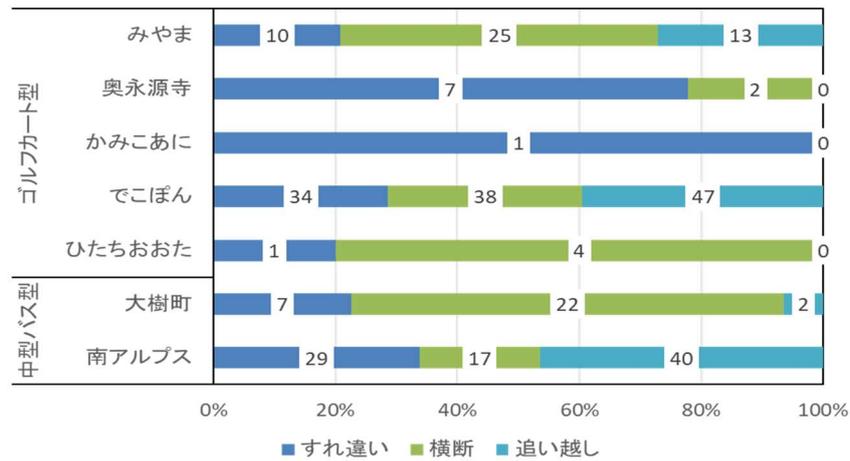


図 3-19 自動運転車と自動二輪車のコミュニケーションの頻度

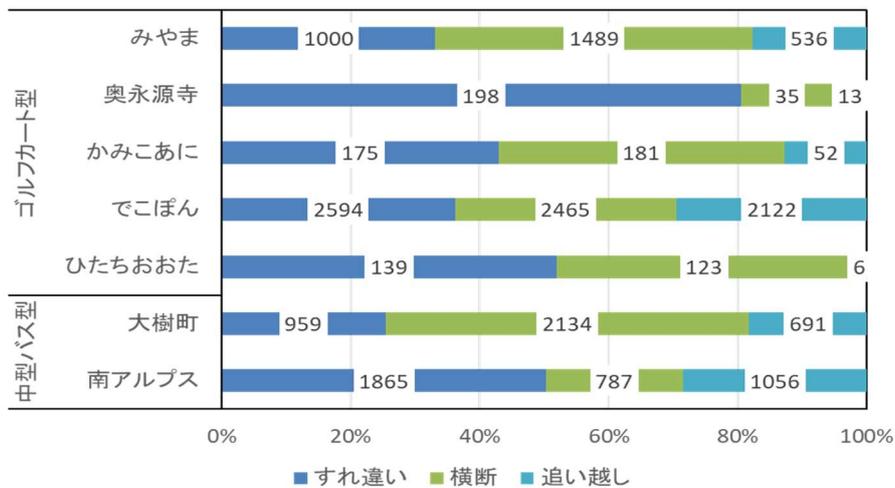


図 3-20 自動運転車と自動車のコミュニケーションの頻度

3.4.4.2.自動運転車と各交通参加者のコミュニケーションの失敗の頻度

自動運転車と歩行者のコミュニケーションでは、すれちがいと横断ともにコミュニケーションの失敗が見られた（図 3-21 参照）。自動運転車と自転車や自動二輪車のコミュニケーションでは、すれちがい、横断、追い越しそれぞれでコミュニケーションの失敗が見られた（図 3-22、図 3-23 参照）。自動運転車と自動車のコミュニケーションでは、地域によってコミュニケーションの失敗の傾向に違いがみられた（図 3-24 参照）。

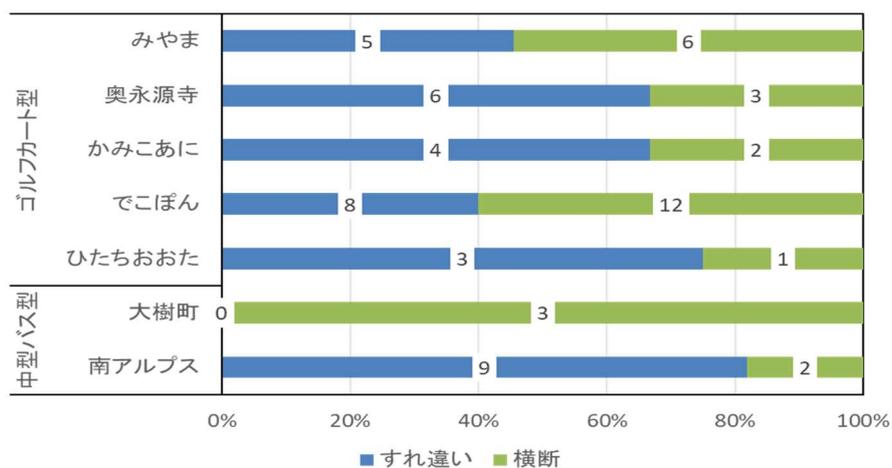


図 3-21 自動運転車と歩行者のコミュニケーションの失敗の頻度

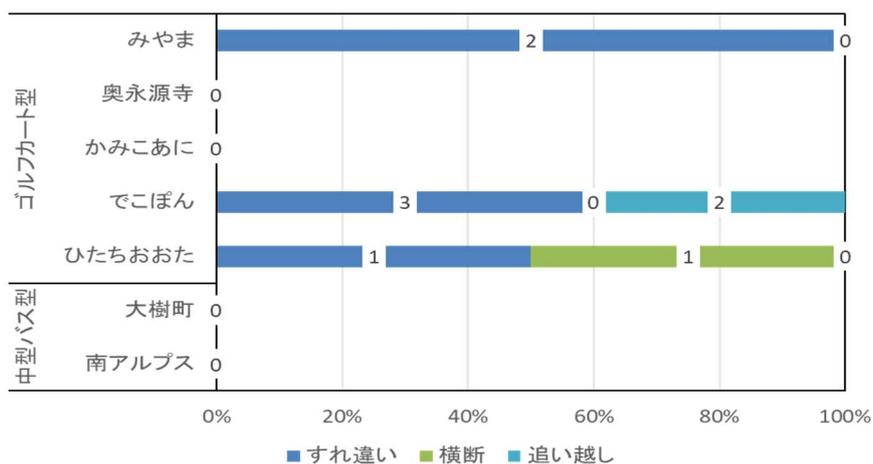


図 3-22 自動運転車と自転車のコミュニケーションの失敗の頻度

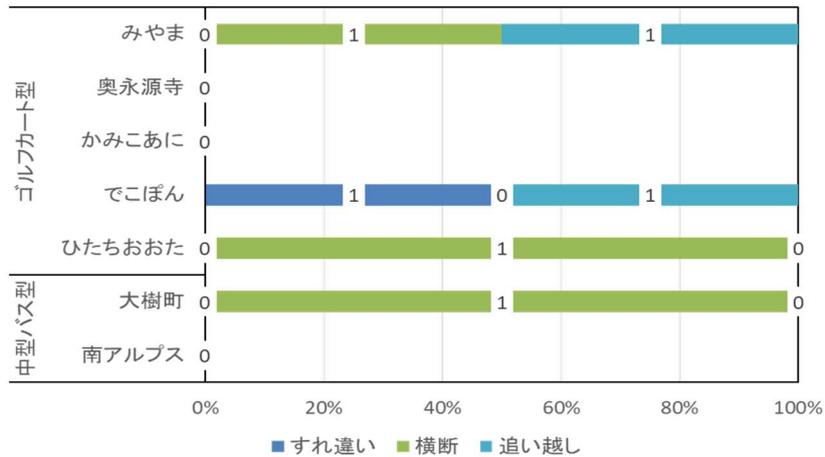


図 3-23 自動運転車と自動二輪車のコミュニケーションの失敗の頻度

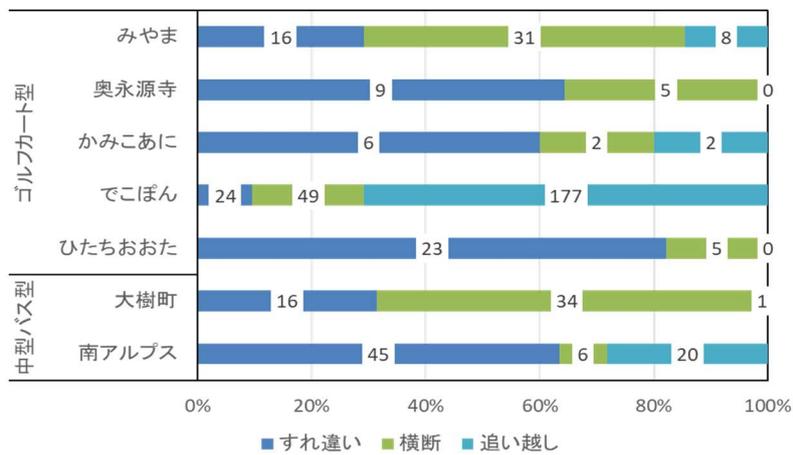


図 3-24 自動運転車と自動車のコミュニケーションの失敗の頻度

3.4.4.3.低速自動運転車特有の歩行者とのコミュニケーションの失敗の頻度と要因

低速自動運転車特有の歩行者とのコミュニケーションの失敗の頻度と要因について述べる。

交差点や道路上で歩行者が横断する場面（頻度 5 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として、低速であることや加減速が柔軟でないことから自動運転車の挙動がわかりにくい、もしくは譲られていると誤解することがあげられる（図 3-25、図 3-26 参照）。



図 3-25 横断ケースにおける不安全・非効率なケース

左から歩いてきた歩行者が直進する自動運転車を認識し、自動運転車が停止すると考え、横断しようとしたが、自動運転車が停止せず直進したため、後ずさりしている。接触する可能性があり不安全なコミュニケーションとなっている。



図 3-26 すれちがい（接近・回避）における非効率なケース

歩行者集団は左側に移動したいが、右折しようとする自動運転車の挙動がよくわからず、立ち止まって、自動運転車の行動を待機し、非効率なコミュニケーションとなっている。

自動運転車が後方から歩行者に追いつく場面（頻度 3 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として、ゴルフカート型の自動運転車が軌道上のみしか走れないことを知らず、歩行者は寄っていれば、回避してもらえると誤解していることがあげられる（図 3-27、図 3-28 参照）。



図 3-27 すれちがい（接近・回避）における非効率なケース

歩行者が後方に走る自動運転車を認識し、自動運転車の通過を路肩で待機しているが、自動運転車の軌道に侵入しているため、自動運転車は通過できず、非効率なコミュニケーションとなっている。



図 3-28 すれちがい（接近・回避）における不安全・非効率なケース

歩行者が後方に走る自動運転車を認識し、路肩に寄って歩いているが、自動運転車の軌道上で歩いていたため、走行する自動運転車と接触する可能性があり不安全なコミュニケーションとなっている。

自動運転車が後方から自転車に追いつく場面（頻度 3 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として、ゴルフカート型の自動運転車が軌道上のみしか走れないことを知らず、路肩に寄っていれば、回避してもらえると誤解してい

ることがあげられる（図 3-29 参照）。



図 3-29 すれちがい（接近・回避）における非効率なケース

走行している自転車が自動運転車の軌道に侵入しているため、自動運転車は追い越すことができず、非効率なコミュニケーションとなっている。

交差点や道路上で自動二輪車が横断する場面（頻度 2 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として、アイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないため、自動運転車の挙動がわかりにくいことがあげられる（図 3-30 参照）。



図 3-30 横断（合流の可能性を含む）における非効率なケース

自動二輪車は道路に侵入したいが、停止する自動運転車が譲っているのかわからず、自動運転車の行動を待機し、非効率なコミュニケーションとなっている。

自動二輪車が自動運転車を追い越す場面（頻度 2 件）では、コミュニケーション

ヨンの失敗の要因として、自動運転車が低速かつ道路左側に寄っていることから、追い越しを促されているように誤解することがあげられる(図 3-31 参照)。



図 3-31 追越における不安全なケース

自動運転車が低速で左側に寄って走行しているため、追い越しを誘引する状況となっており、追い越しした自動二輪車が対向車と衝突する可能性もあることから不安全なコミュニケーションとなっている。

狭路ですれ違う場面(頻度 38 件)では、コミュニケーションの失敗の要因として、アイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないため、自動運転車の挙動がわかりにくいことがあげられる(図 3-32、図 3-33 参照)。



図 3-32 すれちがい（接近・回避）における非効率なケース

狭路で対面する自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合いしており、非効率なコミュニケーションとなっている。



図 3-33 すれちがい（接近・回避）における非効率なケース

狭路で対面する自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合いしており、非効率なコミュニケーションとなっている。

交差点や駐車場で横断する場面（頻度 62 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として、アイコンタクトやパッシング等の手掛かりがないため、自動運転車の挙動がわかりにくいことがあげられる（図 3-34、図 3-35 参照）。



図 3-34 横断（合流の可能性を含む）における非効率なケース

交差点で自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合い

しており、非効率なコミュニケーションとなっている。



図 3-35 横断における非効率なケース

駐車場で自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合いしており、非効率なコミュニケーションとなっている。

自動車が自動運転車を追い越す場面（頻度 16 件）では、コミュニケーションの失敗の要因として自動運転車が低速かつ道路左側に寄っていることから、追い越しを促されているように誤解することがあげられる。走行中だけでなく、停止や左折前の減速をきっかけとする追い越しが多い(図 3-36、図 3-37 参照)。



図 3-36 追越における不安全なケース

自動車が自動運転車を追い越し、対向車と衝突しそうになっており、不安全

なコミュニケーションとなっている。



図 3-37 追越における不安全なケース

自動車自動運転車を追い越し、対向車と衝突しそうになっており、不安全なコミュニケーションとなっている。

3.4.5. 本節のまとめ

本節では、道の駅自動運転実証実験で観測された映像データに基づいて、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おける不安全や非効率なケースについて抽出・検討した。不安全や非効率なケースを検討した結果、低速自動運転車特有の不安全や非効率を引き起こす要因として以下の特徴が得られた（表 3-3 参照）。

- 不安全を回避するため、自動運転車は相手の行動を優先することが多く、他の交通参加者とお見合いする場面が増加する
- 自動運転車の外観が交通参加者にとって珍しく、また自動運転技術に対する交通参加者の信頼が低いためか、交通参加者は自動運転車の行動を優先させようとし、その結果、自動運転車とのお見合い場面を誘発させている
- 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、交差点や道路上、駐車場で交通参加者とのお見合いする場面で、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

- 自動運転車は、低速であることや加減速が柔軟でないことから、交差点や道路上、駐車場で交通参加者とのお見合いする場面で、交通参加者が自動運転車の車両挙動から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
- 自動運転車が軌道上のみしか走れないことを交通参加者が理解していないことによって、歩行者や自転車に自動運転車が後方から追いつく場面で、歩行者や自転車が十分に自動運転車の走行範囲から離れることができず、交通の不安全や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（自動車や自動二輪車）が追い越しを促されているように誤解したり、低速な走行によって焦ることで、後続の車両の追い越しを誘発し、見通しの悪い道路で対向車が接近している場合、追い越す車両と対向車が接触するような交通の不安全を引き起こしている。

低速自動運転車特有の不安全や非効率なケースを低減するための対応案を机上検討したところ、以下の結果が得られた（表 3-3 参照）。

- アイコンタクトやジェスチャーがないことによって、引き起こされる不安全や非効率は、External Human-Machine Interface (e-HMI)によって解消することが考えられる
- 低速や加減速が明確でないことによって、引き起こされる不安全や非効率は、車両挙動の改善によって解消することが考えられる
- 自動運転車が軌道上のみしか走れないことを交通参加者が理解していないことや、自動運転の技術に対する信頼がないことによって、引き起こされる不安全や非効率は、自動運転車に関する知識を提供する教育によって解消することが考えられる
- 自動運転車の後続の自動車の追い越しについては、安全なタイミングで追い越しができることを後続の自動車に知らせる e-HMI や、一定距離ごとに自動運転車が路肩に停止し、後続の自動車が追い越しができるよう

な道路の整備によって解消することが考えられる。

表 3-3 低速自動運転車特有の不安全・非効率なコミュニケーションと施策

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安定性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
歩行者の前方を横断する場面	5	が接合せ参自 あ触、ず加動 るす交に者運 る通直の転 不参進前車 安加すでが 全者る停交 性と場止通	がけずど参自 あれにち加動 るばいら者運 るもが転 非時動停車 効間き止と 率が出し交 性長さ、通	バ スル 型フ カ ー ト 型	がト道加低 なやア減速走 いジイ速行既 エコン定既定 スンタの軌 チャク	歩 行 者	断止るが自 するまわ動運 る自動から転 と過転車の意 信し車止す し横	場 路 交 差 部 駐 車	るり加停 意者止 図か位 をら置 明離を 確し交 に、通 す譲参	示止e-HMI すや譲りのよ の意図て停		識る周走の自 を方辺行安動 提法環す全運 供に境るに転 す関をこ配車 るす検と慮は る知やし周 知す、て辺	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安定性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
自動運転車の二輪車を横断する場面	2	が接合せ参自 あ触、ず加動 るす交に者運 る通直の転 不参進前車 安加すでが 全者る停交 性と場止通	がけずど参自 あれにち加動 るばいら者運 るもが転 非時動停車 効間き止と 率が出し交 性長さ、通	バ スル 型フ カ ー ト 型	がト道加低 なやア減速走 いジイ速行既 エコン定既定 スンタの軌 チャク	自 動 二 輪 車	断止るが自 するまわ動運 る自動から転 と過転車の意 信し車止す し横	場 路 交 差 部 駐 車	るり加停 意者止 図か位 をら置 明離を 確し交 に、通 す譲参	示止e-HMI すや譲りのよ の意図て停		識る周走の自 を方辺行安動 提法環す全運 供に境るに転 す関をこ配車 るす検と慮は る知やし周 知す、て辺	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安全性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
場車自 面の動 前車 をが 横自 断動 す運 る転	62	が接合せ参自 あ触`ず加動 るす交に者運 る通直の転 不参進前車 安加すだが 全者る停交 性と場止通	がけずど参自 あれにち加動 るばいら者運 `るもが転 非時動停車 効間き止と 率が出し交 性長さ`通	バゴ スル 型フ カー ト型`	がト道加低 なや`減速走 いジアイ`行 エスコ既`既 ンチャの定 ク軌の	自動車	断止るが自 すま`わ動 るる自か運 と動ら転 過運ず車 信転停の し車止意 横がす図	場单 路`交 差部`駐 車	るり加停 意者止 図か位 をら置 明離を 確し交 に`通 す譲参	示止 ^o すや 譲 り の よ つ て を 停		識る周走の自 を方辺行安動 提法環す全運 供に境るに転 す関をこ配車 す検と慮は る知やし周 知す`て辺	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安全性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
つか自 くら動 場歩運 面行転 者車 にが 追後 い方	3	が接合せ参自 あ触`ず加動 るす交に者運 る通直の転 不参進前車 安加すだが 全者る停交 性と場止通	がけずど参自 あれにち加動 るばいら者運 `るもが転 非時動停車 効間き止と 率が出し交 性長さ`通	ゴル フカ ート 型	スコ既 ン定 チャの ーク軌 がト道 なや` いジアイ	歩行者	て止加ことし いも者と思 るしはかい は道`ん回 移上交で 動で通いき し停参るも	狭い单 路`駐 車場	らこ内 うにつ を留接 認ま近 識つし して` てい軌 もる道	を避 ^o 示し す ほ し よ い つ 意 て 図 退	る車路 の面 軌上 道に を自 明動 示運 す転	をこ上自 提との動 供にみ運 す関を転 るす走車 る行は 知す軌 識る道	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安全性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
つか自 くら動 場自運 面転 車車 にが 追後 い方	2	が接合せ参自 あ触、ず加動 るす交に者運 る通直の転 不参進前車 安加すでが 全者る停交 性と場止通	るめこ運がづの交 、と転長か自通 非が車けず動参 効でがれに運加 率き追ばい転者 性ない、る車が がい越自時に後 あたす動間気方	ゴルフ カート型	スコ既定 ヤタの ーク軌道 がト道 ないや いジ エイ	歩 行者	動加ことしが自 し者と思くわ動 てはかいはか運 い軌ら込迂ら転 る道、ん回な車 上交ででのいの で通いき、軌 移参るるも道	単 路	らこ内ず交 うとにつ通 を留接参 認ま近加 識つし者 して、に てい軌少 もる道し	を避 ^o 示しHMI すてほに しよ いつ 意て 図退	る車路 の面 軌上 道に を自 明動 示運 す転	をこ上自 提との動 供にみ運 す関を転 るす走車 る行は 知す軌 識る道	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安全性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
面が自 狭動 路運 で転 す車 れと 違自 う動 場車	38		非るら加自 効時も者動 率間動が運 性がき停転 がある長出止車 ればいど通 いち参	主にゴルフ カート型	エア スチ ヤン タク トや ジ	自 動 車	と自わ自 過動か運 信運ら転 し転ず車 直進が止 するまる る	狭い 単 路		や譲り のHMI の意 図を 示す		識す安自 をる全動 提こに運 供に配転 する関は する周 る走 知辺 行の	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安定性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	車両挙動制御	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
場面 自 面 運 動 車 二 輪 追 車 が 越 す 自 動	2	あ突した運自 るすて後転動 るいた対を輪 不安場向を車 全合車追車 性がは、接 が衝近し動		型主 に ゴ ル フ カ ー ト	行道低 (速走 路行 肩沿 い既 小さい車定 体での 走軌	自動二輪車	よいンや自よ う越カ左動よ にし折運に 勘をに時転勘 違促よの車違 いさつ左の車 するれるウ停 る追イ止	単路 交 差 部		図にイ を停ン 示止カ すや 譲をよ り用つ のいて 意ずウ	けき車転隔で るの車にき滑 ス追の安るな べい停全よ追 し越車にうい スしと自に越 をが後動定し 設で続運間が	関用止イ自 すいやン動 るら左カ運 知れ折は車 るのこのは車 をこ意主の 提と図に左 供にで停ウ	

コミュニケーション				要因					施策				
場面	頻度	不安定性	非効率性	車両	車両の特徴	交通参加者	人的要因	道路形状	御車 両 挙 動 制	e-HMI	インフラ	知識・教育	その他
を自 追動 い車 越が す自 場動 面運 転車	16	安場向を自 全合車追動 性はがい車 が接越が あ衝近し自 る突した動 すて後運 るい、転 不た対車		主 に ゴ ル フ カ ー ト 型	道低 (速走 路行 肩沿 い既 小さい車定 体での 走軌	自動車	るれつ るて左 よ追ウ ういイ に越ン 勘しカ 違をし い促に すさよ	単路 交 差 部		す止ン やカ 譲し りを の用 意いつ 図ず をに 示停イ	ス越停安き をし車全 設がとよ けで後自 るき続動 スの転間 べ追車隔 しいので	知らや 識れ左 をる折 提この 供と意 すに図 る関で す用停 るい止	

3.5. 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

3.5.1. 車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車とのコミュニケーション の負の影響に関する検討

3.5.1.1. 目的および方法論の概要

本実験では、単一交通参加者や複数交通参加者が自動運転車の周囲に存在する道路環境・交通状況を対象に、外向け HMI を介して意図や状態を発信する自動運転車と周囲交通参加者との間でコミュニケーションが生じる際、外向け HMI に対する歩行者の過度な依存による確認行動を怠る傾向を改善する二つの対策を提案する。外向け HMI のフレーム非表示型・外向け HMI のメッセージのテキスト非表示型による交通参加者の自動運転車に対する解釈や意思決定、安心等の心的影響等を明らかにする。またこれらの運用方法による効果を明らかにすることから、安全・安心なコミュニケーションと交通参加者が自動運転車に関して備えるべき知識について検討することを目的とする。

SIP 第 1 期では、外向け HMI による自動運転車からの譲り認識表明時における負の影響を分析するために、無信号横断歩道での自動運転車と歩行者とのコミュニケーションを対象に、年齢や運転免許などの人口統計的要因を含めて VR 環境を利用した実験を実施した。実験シナリオは、無信号横断歩道にて横断待ちの歩行者が左右方向から複数の車両（自動運転車 1 台、手動の普通車複数台、大型トラック複数台）が横断歩道に接近・停止、あるいは接近・通過する交通状況を繰り返し体験するもので、自動運転車の外向け HMI を介して「お先にどうぞ」「とまります」の意図に対する認識や判断、その後の横断行動について分析するものであった。その結果、大型トラックが横断歩道先で渋滞停車している交通状況に際して、自動運転車が「お先にどうぞ」「とまります」などの意図を発信して横断歩道手前で停止すると、大型トラックの停車により対向車線の交通状況が確認しづらくなっているにもかかわらず、数名の歩行者が横断途中で対向車線方向への確認を行わず、その結果、対向車線を横断歩道に向かって接近する手動運転車とニアミスや接触などが生じる行動が観測された。実験終了後のインタビューの結果から、自動運転車が周囲の安全確認を代替してくれている、手動運転車のドライバーは外向け HMI を確認しているので横断歩道手前で停止するはずなど、外向け HMI を介した意図や状態の発信に対して歩行者が過度に依存して確認行動を怠る傾向が見られた。

負の影響と考えられる歩行者の行動を把握するために統計手法を用いた分析を実施した。横断時の左方向確認有無、横断途中の歩行停止、対向車線の横断歩道に向かって接近する手動運転者とのニアミス・接触有無の 3 つの行動に

焦点を当てて非高齢歩行者の行動に対する分析を行なった。表 3-4 は各実験条件に対する 3 つの行動の割合を示す。

表 3-4 各実験条件に対する歩行者行動

	横断時左方向確認	横断途中に歩行停止	手動運転車とニアミス・接触(無)
外向け HMI なし	94.12 %	82.35 %	82.35 %
「お先にどうぞ」	68.75 %	68.75 %	68.75 %
「とまります」	84.62 %	84.62 %	76.92 %

カイ二乗検定結果から、横断時に左方向を確認した歩行者数に有意な傾向が見られた [$\chi^2(1) = 3.57$, $p = .059$]。自動運転車が外向け HMI を介して「お先にどうぞ」の意図を表明する情報を発信する際に、自動運転車が外向け HMI を実装していない際と比較して、左方向を確認する参加者の数は有意に少ないことが確認された。「お先にどうぞ」と「とまります」の二種のメッセージの間では違いが見られなかったが、メッセージが発信されるときに、外向け HMI が実装されていない場合より周囲環境に対する十分な注意が乏しくなる可能性が示唆された。このことから、外向け HMI の意図を表明する二種のメッセージに対する負の影響を明らかにした。

これらの結果に基づいて、車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車と単一交通参加者とのコミュニケーションに関する負の影響を改善する対策を検証することとした。なお本研究は慶應義塾大学理工学部理工学研究科生命倫理審査委員会の承認を得て実施した。

3.5.1.2. 実験装置

本実験では、実験参加者が VR-HMD (VR 用ヘッドマウントディスプレイ) を装着し、ワイヤレスコントローラを操作することで実験を行った。横断する際の衝突リスク、視認行動等を評価するために実験参加者に実際に試験走路を横断させることには車両と歩行者が接触するリスクが伴うため、本研究では VR-HMD を使用した。使用した VR 空間は、ベースステーションによって作成された。各装置の仕様を示す。

(1) VR-HMD

本実験で用いた VR 向け HMD を図 3-38 に示す。本実験では、HTC 製の HTC Vive pro を使用した。VR 空間内の表示や文字を鮮明に見ることができ、没入感の高さが特徴である。ディスプレイは対角 3.5 インチの有機 EL が 2 つ 装備されるものであった。解像度は片目あたり 1440px×1600px（合計 2880px ×1600px）で、リフレッシュレートは 90Hz、視野角は 110 度であった。



図 3-38 VR-HMD (Vive pro)

(2)ワイヤレスコントローラ

本研究で用いたコントローラを図 3-39 に示す。コントローラは VR 空間で使用することができ、トリガーとトラックパッドを備えていた。VR-HMD とコントローラがペアリングされた状態で使用した。



図 3-39 ワイヤレスコントローラ

(3)ベースステーション

本研究で用いたベースステーションを図 3-40 に示す。ベースステーションは、VR-HMD とコントローラに信号を送信することでそれらの動きを 360 度追

跡し、精密な動作や位置を取得することができた。VR-HMD に装備されているセンサーにより、最大 5×5(m)の範囲において、VR-HMD を装着する人の顔の動きや位置のトラッキングが可能であった。



図 3-40 ベースステーション

3.5.1.3.実験環境

慶應義塾大学工学部 K2 キャンパス K 棟 104 号室にて実験を実施した。実験環境におけるベースステーション配置状況を図 3-41 に示す。実験参加者は、図 3-41 の赤丸の位置に立って頂き、VR-HMD を被り、コントローラを用いて実験に参加した。



図 3-41 実験環境における機器配置

3.5.1.4.開発用ソフトウェア

(1)Unity

Unity は統合開発環境を内蔵し、HTC 製 VR-HMD に対応する Unity Technologies SF 社のゲームエンジンで、使用したバージョンは 2018.2.1f1 であった。プログラミング言語は、スクリプト言語として C#、UnityScript (Javascript)、Boo の 3 種類に対応しており、本研究では C#により Visual Studio2017 を使用して実験環境を開発した。また、Unity Asset Store 上の 3D モデルを使用することで、実験環境におけるオブジェクトの作成が可能であった。

(2)SteamVR

SteamVR は、VR-HMD を Unity に接続するための PC 向けの VR プラットフォーム(Valve 製)であった。SteamVR Plugin を Unity Asset Store より導入することで、SteamVR を Unity 上で認識・制御することが可能であった。

3.5.1.5.実験構成および VR 環境内での道路環境

本実験では、実験参加者の右側から接近してくる自動運転車が存在する交通場面を対象にして、実験参加者に横断判断、横断行動を行わせた。実験場面の

概要的な構成を図 3-42 に示す。無信号横断歩道に接近する自動運転車が横断歩道で横断待ちしている歩行者に車両挙動や外向け HMI を利用して譲りを表明する際に、自動運転車の車両挙動や外向け HMI の状態に対する歩行者の認識や判断、行動を分析するために交通場面①（図 3-43 参照）を設定した。さらに交通場面①を経験したことによって、渋滞停止の大型トラックの存在で対向車線の状況が見づらい横断状況の中で、自動運転車の車両挙動や外向け HMI が歩行者の認識や横断中の安全確認などを分析するための交通場面②（図 3-44 参照）を設定した。

- ① 自動運転車から横断歩道の歩行者への譲りの表明を横断歩道脇にて認識・横断判断（自動運転車と同じ道路側の歩道）
- ② 自動運転車から横断歩道の歩行者への譲りの表明を横断歩道脇にて認識・横断判断（自動運転車と同じ道路側の歩道）。ただし、歩行者の左方向には渋滞停止の大型トラックが存在

図 3-42 実験場面の構成

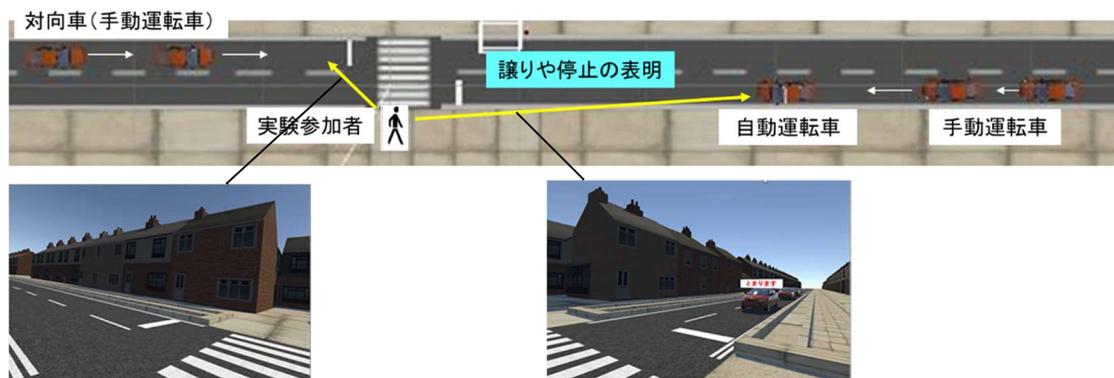


図 3-43 交通場面①に対する道路環境と映像例

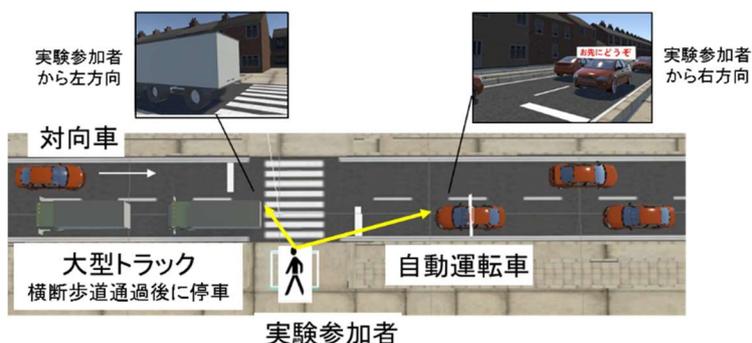


図 3-44 交通場面②に対する道路環境と映像例

道路環境については、いずれの交通場面についても共通的に、道路幅員（無信号横断歩道の長さ）は 5.7m、停止線の設置位置は横断歩道中心から停止線中心までの距離にして 4.3m、停止線の幅は 0.4m であった。交通場面①と交通場面②では無信号横断歩道の中心の位置であった。

3.5.1.6. 実験タスク

本実験では、接近してくる自動運転車からの進路譲りや対向車を含む周囲の他車両の状態を見て、横断できると判断した時に、手元のコントローラを操作して横断するタスクを実験参加者に課した。横断中における左右方向の確認行動についても調査するため、実験参加者には手元のコントローラを使用して、前後方向の移動を行いつつ、二つの交通場面では横断歩道を横断するように指示した。横断速度（歩行速度）は、事前に計測した実験参加者の歩行速度を設定した。実験参加者が横断開始や横断中の前進・後退を行えるよう、図 3-45 に示されるように、コントローラのトリガーとタッチパッドを利用して、横断開始、横断中の前進・後退を行えるように設定した。各交通場面の開始時に、実験参加者には前方足下付近を見た状態であるように指示し、準備ができたタイミングで顔を上げさせ、自動運転車が存在する上流側や下流側の道路方向を視認させた。手動運転車ならびに自動運転車は実験参加者前へと次々と接近し、実験条件に応じて通過あるいは停車し、実験参加者は首を左右に振って周囲の交通状況や自動運転車の状態を確認して、横断可能と判断したタイミングで横断を開始した。必要であれば、横断中に歩行の停止や後退が可能であった。実験参加者は、各試行において首振りによる確認とコントローラによる歩行開始、歩行停止、後退を行い、実験参加者の安全確保のため、実験室内では歩行しないように指示した。実験参加者が道路を横断すると、アンケート画面に遷移し、実験参加者は質問に口頭で回答した。アンケートの回答終了後、次の条件の試行を開始した。これらを基本的な実験タスクとして、全ての交通場面を実施した。



図 3-45 横断行動に関する実験参加者のコントローラ操作

3.5.1.7.実験条件

本実験における実験条件を構成する実験因子として自動運転車の外向け HMI のメッセージおよび改善方法を設定した。詳細を下記に説明する。

(1) 外向け HMI テキスト

外向け HMI の意図伝達コンテンツの表現方法としては、テキストや灯火(色、パターン)、アイコン・シンボルなどが考えられるが、本実験では自動運転車の車両挙動や外向け HMI の意図伝達コンテンツの組合せに対する歩行者の認識や判断、行動等を分析対象としていることから、外向け HMI については、学習や経験の有無に関わりなく、歩行者がそのコンテンツを適切に正しく認識できるように、事前学習が不要であるテキストを利用することとした。テキストによるコンテンツは、SIP 第 1 期の成果を考慮して、“お先にどうぞ”、“とまります”の 2 種類を設定した。自動運転車に実装した外向け HMI の意図伝達のコンテンツを図 3-46 に示す。



(a)お先にどうぞ



(b)とまります

図 3-46 自動運転車の外向け HMI のコンテンツ

外向け HMI の各コンテンツは、横断歩道中央から自動運転車が接近してくる上流約 30m 地点でもテキストを認識できるように VR 環境内で設計した。

“お先にどうぞ”は自動運転車から歩行者への進路譲りの意図を伝えるためのテキストメッセージ、“とまります”は自動運転車の停止意図を伝えるためのテキストメッセージとして活用した。本実験では、歩行者が自動運転車の状況や周囲交通を確認して横断可能かどうかを判断して横断することになるが、すべての実験条件において自動運転車が停止してしまうと自動運転車や他車両は必ず停車するものと認識してしまい、実験結果に影響を及ぼす可能性がある。そこで本実験では、自動運転車が進路を譲らず、また減速せずに進行する実験条件（一定速の車両挙動）を設定した。また外向け HMI の有無による歩行者の認識や判断、行動への影響も検討するために、外向け HMI を実装しない自動運転車も設定した。外向け HMI を実装しない自動運転車を図 3-47 に示す。外向け HMI を実装しない自動運転車は、外向け HMI に関する要素以外の外観に関わる要因が歩行者の認識や判断、行動に影響を及ぼさないよう、双方で同一の車種、同一のボディ色に設定して外観を同一にした。



図 3-47 外向け HMI を実装しない自動運転車

(2) 周囲交通の状況

実験参加者には多様な交通状況であることを印象付けるために、各交通場面において、対向車線に配置した手動運転車の無信号横断歩道への接近・停止・通過の車両挙動がある程度多様なものとなるように設定した。基本的には、自動運転車の横断歩道への接近・停車あるいは接近・通過に対して、自動運転車の横断歩道手前での停止や通過のタイミングに基づいて、対向直進車の横断歩道手前の車両挙動を交通場面ごとに設定した。交通場面①については表 3-5、交通場面②については表 3-6 に示されるように、それぞれ設定した。

表 3-5 交通場面①における対向直進車の車両挙動

車両挙動	開始タイミング
停止線にて停止	停止線での自動運転車停止タイミングよりも先
	停止線での自動運転車停止タイミングよりも後

停止線で停止せず、 横断歩道を通過	自動運転車の停止通過タイミングよりも先
----------------------	---------------------

表 3-6 交通場面②における対向直進車の車両挙動

車両挙動	開始タイミング
停止線で停止せず、 横断歩道を通過	自動運転車の停止通過タイミングよりも後 (実験参加者が横断歩道中央付近に到達時)

(3) 改善方法

交通場面①で外向け HMI を用いた自動運転者と持続的にコミュニケーションを行うことによって、外向け HMI に対する歩行者の過度の依存による確認行動を怠る可能性がある。外向け HMI を用いた自動運転車から周囲交通参加者へのコミュニケーションにおける負の影響の発生を改善するために、本実験では外向け HMI のテキストやフレームの非表示を利用することとした。交差点場面②を対象とした外向け HMI のテキストを実装する自動運転車を図 3-48 に示す。交通場面②では、歩行者が歩行を開始してから対向車線の手動運転車が動き始めるように設定している。そこで、右側から接近してくる自動運転車が停止した時点でも、歩行者が横断を開始しない限り自動運転車のセンサーは対向車線の手動運転車を検知できない。このことから、自動運転車の前方に停止されている大型トラックを検知し、自動運転車の速度が 2km/h 以下になった時点で外向け HMI のテキストが非表示される、もしくは、外向け HMI がフレームごと非表示されるように設定した。交通場面②において、外向け HMI のテキスト・フレーム非表示を確認できなかった参加者が生じないように、周囲の交通状況に注意をかけながら横断するように指示した。

外向け HMI のフレームを装着している現実の自動運転車を想定できる。そこで、自動運転システムのハードウェアやソフトウェアの問題によってテキストが非表示される可能性を潜在していることを踏まえて、外向け HMI のテキスト非表示型を設定した。続いて、現実でのハードウェアやソフトウェアの現状を考慮するとフレームそのものが物理的になくなってしまうという状況は実現できない改善方法である。しかし、本実験では、テキスト非表示型を候補として挙げ、メッセージが消去されたことを強調する意味合いでフレーム非表示型を条件として考慮した。

なお、自動運転車に後続する手動運転車の車両挙動は自動運転車に追従するものとし、自動運転車が横断歩道手前の停止線で減速・停止する場合は、その車両挙動に合わせて減速・停止し、自動運転車が横断歩道を通過する場合は、

その車両挙動に合わせて通過する設定とした。



テキスト非表示型



フレーム非表示型

図 3-48 負の影響の改善方法

(4) 各実験場面における実験条件

上記で説明した外向け HMI のメッセージ、改善方法の組合せに基づいて、また実験場面に対する実験条件を表 3-7 に示す。全ての実験参加者には実験条件 1 から 10 まではランダムに経験し、最後に実験条件 11 を経験した。

表 3-7 交通場面を対象にした実験条件の詳細

条件番号	自動運転車 車両挙動	外向け HMI メッセージ	改善方法	対向直進車 車両挙動	備考
1	停止 25→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	通過	ダミー
2	早期減速 25→5→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	通過	ダミー
3	通過 25→25km/h	(表示せず)	—	通過	ダミー
4	停止 15→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	通過	ダミー
5	早期減速 15→5→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	通過	ダミー
6	通過 15→15km/h	(表示せず)	—	通過	ダミー
7	通過 25→25km/h	(表示せず)	—	停止	ダミー
8	停止 15→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	停止	ダミー
9	通過 25→25km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	停止	ダミー
10	停止 15→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	—	停止	ダミー
11	停止 15→0km/h	お先にどうぞ ／とまります	テキスト非表 示型／フレー ム非表示型	通過	分析対象

3.5.1.8.計測項目

本実験では、負の影響の改善方法を評価するために、実験場面②に含まれる下記の項目について計測した。

(1)自動運転車や他車両への視認行動・停止・接触の有無

実験参加者が横断を開始した後、周囲交通環境への確認や、それに伴う停止行動、また、自動運転車や対向直進車への接触あるいはニアミスの有無につい

て記録した。

(2)横断判断・横断開始に関わる心的状態

横断終了直後（あるいは実験条件終了直後）に、(a)自動運転車からの譲り意図の認識の程度、(b)自動運転車通過前横断時の安心感、(c)自動運転車停車に対する横断速度への気遣い、(d)自動運転車に対する信頼感について、1点から5点までの主観評点でレイティングさせて記録した。またそれぞれについて自由記述での回答も合わせて実施した。また交通場面②の実験条件については、対向直進車に対する実験参加者の認識等についてもインタビューを介して記録した。

3.5.1.9.実験参加者

実験参加者は、年齢属性に基づいて、非高齢者（運転免許所有者）が本実験に参加した。実験参加者の年齢や性別は表 3-8 に、実験条件の構成は表 3-9 に示される通りである。

表 3-8 実験参加者の年齢構成等の詳細

性別	年齢	人数
男性	26-52 歳、平均 37.27 歳	11
女性	24-51 歳、平均 34.13 歳	8

表 3-9 改善方法と外向け HMI の実験因子に基づく 4 つの実験参加者群

改善方法	メッセージ	人数
テキスト非表示型	お先にどうぞ	6
	とまります	1
フレーム非表示型	お先にどうぞ	7
	とまります	5

3.5.1.10.実験手続き

実験開始前に実験参加者に対して実験内容の説明を行い、実験参加への同意を得た。また、普段の歩行の特性や VR 経験に関するアンケートに回答するよう指示した。その後、実験参加者の両眼視力と歩行速度を計測した。次に実験参加者をベースステーションから検知しやすい指定の位置に立たせた後、VR-HMD を装着させ、コントローラを持たせた。実験中の安全確保のため、実験中は実際には歩行しないよう指示した。ただし、VR 環境においても実環境と同

様な周囲確認や横断判断等を再現するように依頼した。

VR-HMD 装着後、交通場面①、交通場面②の順序で実施した。また本実験の実施前に練習を数回実施し、VR 環境での判断、コントローラの操作やアンケートの回答方法に関して、実験参加者の習熟を確認した後に計測を伴う実験条件を実施した。交通場面によって、実験参加者の観察位置が異なる場合があることから、交通場面①の実施前、交通場面③の実施前に別途練習を実施した。またすべての実験場面に設定された実験条件を実施する上で、実験参加者がゲーム感覚的な判断や日常的に実施している横断判断と乖離した意思決定を行わないよう、すべての実験条件の開始前にゲーム感覚的な判断や行動をせず、日常的に実施している横断判断や行動を行うよう依頼するテキスト表示を VR 環境内で行った。

交通場面①では、実験参加者に対して、実験参加者の観察位置が横断歩道付近に移動したことを告げるとともに、再び、実験参加者から見て右側から接近する車両が自動運転車であること、自動運転車の車両挙動や自動運転車の外向け HMI の状態を見て（外向け HMI 非搭載の自動運転車は車両挙動のみ）、少しでも譲られたと感じて横断可能であると判断した際に手元のコントローラのトリガーを引いて横断するように教示した。1 回の実験条件が終了するごとに、VR 環境内に表示される質問項目に対して 1 点から 5 点で回答するように指示した。実験場面①で設定した 10 種類の実験条件の体験順序は実験参加者ごとにランダムに設定・実施した。実験場面①の 10 種類の実験条件が終了してもインタビューを介した自由記述による回答は実施せず、すぐ交通場面②を実施した。

交通場面②は、交通場面①に引き続いて中断することなく、また特別な説明も追加することなく、交通場面①の一連の実験条件のような形態で実施した。交通場面②の終了後に、インタビューを介した自由記述による回答を実施した。また必要に応じて、途中で停止したり、歩道に戻ったりしてもよいことも合わせて教示した。1 回の実験条件が終了するごとに VR 環境内に表示される質問項目に対して 1 点から 5 点で回答するように指示した。

実験途中にシミュレータ酔いを感じたときにはすぐに申し出るように伝え、実験実施者は酔いを感じていないか実験参加者に適宜確認した。実験場面①と②で設定した 11 つの実験条件の体験順序は実験参加者ごとにランダムに設定・実施した。その後、実験場面①と実験場面②が終了した後に実験参加者に対してインタビューを行い、実験中に自動運転車の車両挙動や外向け HMI などを含めたコミュニケーションに対して実験参加者が感じた心理状態等を自由回答にて記録した。

3.5.1.11.実験結果

交通場面②の実験実施時に、実験装置や計測機器の不具合によって実験データにおけるノイズの発生や、実験データの欠損が生じた。また実験参加者の操作ミスに伴う実験データも一部発生した。これらの実験データは分析対象から除外することとした。また実験結果は、交通場面ごとに取りまとめ、その特徴等を記述することとした。

(1) 交通場面②（横断歩道を横断しようとする歩行者への負の影響検討）

交通場面②では、交通場面①の実験シナリオを体験後、無信号横断歩道脇で横断待ちの歩行者に、歩行者の右方向から譲りの意図を表明しながら自動運転車が無信号横断歩道に接近・停車した後、大型トラックの渋滞停車により対向車線への状況確認がしづらい交通場面での歩行者の認識や判断、行動の特徴を計測・分析するシナリオであった。このような交通場面での実験参加者の判断や行動の特徴を分析する。横断時の左右確認・一旦停止・接触有無は表 3-10 に示す。

表 3-10 実験参加者の横断時の左右確認・一旦停止・接触有無の詳細

改善方法	メッセージ	人数	左右確認	一旦停止	接触 (有)
テキスト非 表示型	お先にどうぞ	6	6/6	4/6	1/6
	とまります	1	1/1	1/1	0/1
フレーム非 表示型	お先にどうぞ	7	4/6	7/7	2/7
	とまります	5	4/4	5/5	1/5

(4-1)実験参加者の確認行動

自動運転車の停止前、停止線での停止後に関わりなく、横断を開始した実験参加者が周囲状況を確認しているかどうかを実験条件ごとにまとめた（表 3-10 参照）。

交通場面②では、実験参加者が横断歩道を横断する際、横断歩道脇で実験参加者の左手に渋滞停止の大型トラックが存在していて対向車線方向を確認しづらい状況であったため、対向車線方向に対向直進車が存在するかどうかを確認するために左方向への確認が必要な状況であった。改善方法の効果を調べるために、全ての実験参加者は外向け HMI フレーム非表示型やテキスト非表示型を確認してから横断を実施した。

表 3-10 の行動に対するデータの詳細から、外向け HMI フレーム非表示型・お先にどうぞの条件で、左右を確認する視認行動を行なっていない実験参加者が、他の実験条件より多く見られた。外向け HMI フレーム非表示型・とまります、また、外向け HMI テキスト非表示型・とまります、外向け HMI テキスト非表示型・お先にどうぞのテキスト非表示型の 2 条件の下での実験参加者は全員左右における視認行動を行なった。

横断中に一旦停止を行なったケースの結果は、視認行動の結果とは異なる傾向が見られた。外向け HMI フレーム非表示型・とまります、外向け HMI フレーム非表示型・お先にどうぞ、外向け HMI テキスト非表示型・とまりますの 3 つの条件では、全ての実験参加者が横断中一旦停止をしてから横断開始を行ったが、外向け HMI テキスト非表示型・お先にどうぞの条件では停止をせず、そのまま横断した参加者が 2 名見られた。

対向車線を走行する手動運転車との接触有無を確認した結果、“お先にどうぞ”のメッセージを発信する外向け HMI を経験した実験参加者のみが手動運転車と接触したことがわかった。詳細には、外向け HMI フレーム非表示型・お先にどうぞの条件で 2 件、外向け HMI テキスト非表示型・お先にどうぞの条件で 1 件の接触が確認された。

(4-2)横断判断・横断開始に関わる心的状態

周囲確認に関して、本来、実験参加者自らが周囲を確認する必要があるが、自動運転車が周囲状況の確認を行った上で実験参加者に譲っていると認識したかどうか、周囲確認に関する自動運転車への依存性が生じていたかどうかを実験条件ごとにまとめた。その結果を図 3-49 に示す。図 3-49(a)自動運転車からの譲り意図の認識の程度、図 3-49(b)自動運転車通過前横断時の安心感、図 3-49(c)自動運転車停車に対する横断速度への気遣い、図 3-49(d)自動運転車に対する信頼感である。

譲りの認識度の結果から、外向け HMI が“お先にどうぞ”を発信する際の主観評価の値が、“とまります”を発信する際より高い傾向が見られた。また、安心感の評価でも“お先にどうぞ”のメッセージでは、“とまります”より高い評点値が見られた。自動運転車に対する信頼感の結果では、二つの実験要因に対する違いはあまり見られていない。また、自動運転車停車に対する横断速度への気遣いに関しては、特定しにくい結果が得られた。

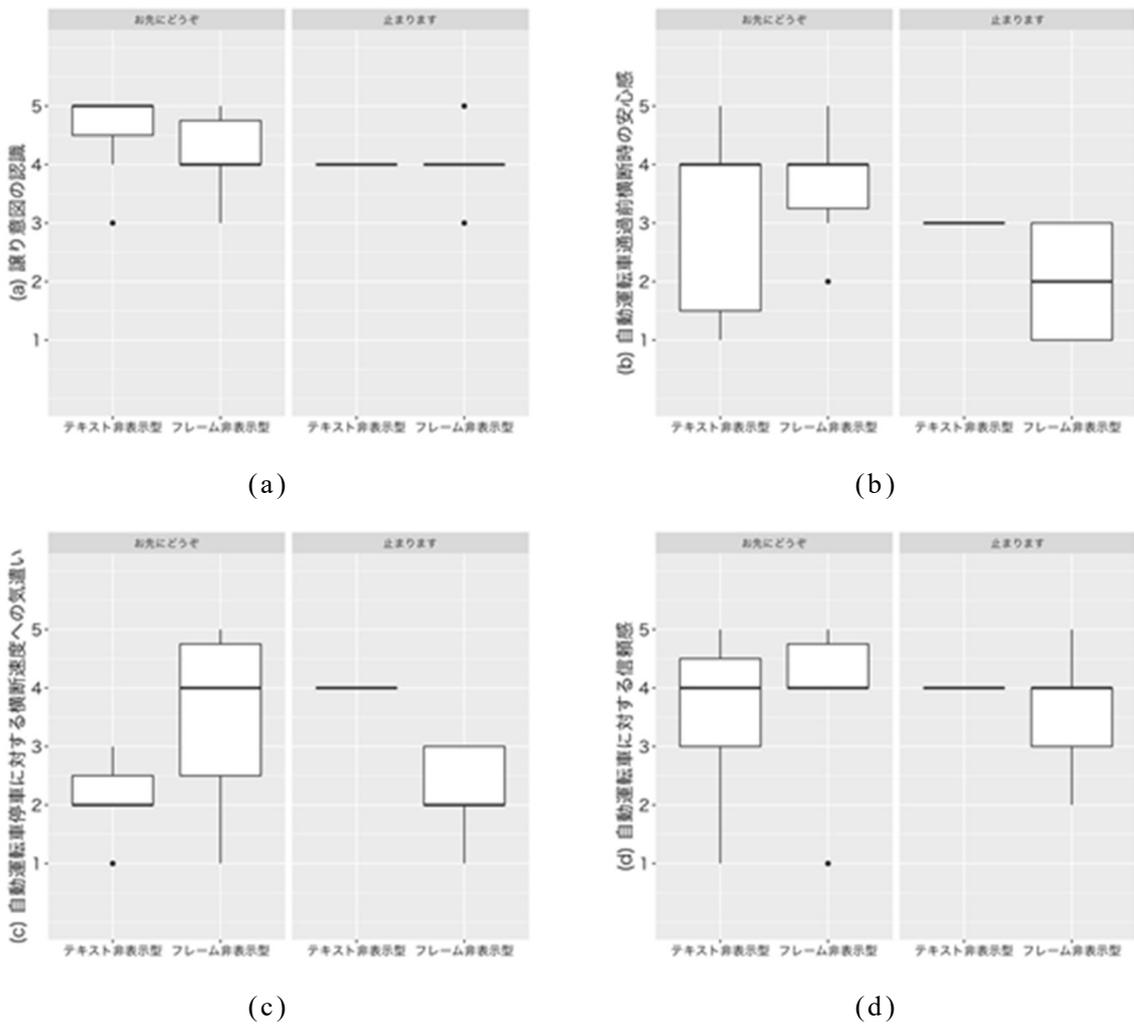


図 3-49 横断判断・横断開始に関わる心的状態

3.5.1.12. 考察

本実験では、無信号横断歩道に接近中の自動運転車が外向け HMI をフレーム非表示型・テキスト非表示型にすることで、自動運転車からのコミュニケーションを経験することによる負の影響に対する改善効果、周囲確認の自動運転車への依存について分析した。歩行者は、実験場面①での 10 種類の実験条件を経験し、最後に実験場面②を経験した。実験場面①で、自動運転車の意図を発信する外向け HMI を持続的に経験することで構成された自動運転車に対する歩行者の心理面と行動について分析した。

実験者は、実験参加者に「周囲の交通環境に確認しながら横断すること」を口頭で伝え、持続的に注意喚起を行なった。全ての実験参加者は改善方法である外向け HMI のフレーム非表示型・テキスト非表示型を確認してから横断を実施した。全体的傾向としては、2 種類の改善方法による違いは見られなかつ

たと言える。しかし、歩行者の視認行動の結果によると、改善方法よりメッセージの種類が視認行動に影響したことがわかる。外向け HMI フレーム非表示型・お先にどうぞの条件で視認行動を行っていない参加者の数が多いことが確認された。“お先にどうぞ”のメッセージを発信している外向け HMI に対する持続的経験は、“とまります”を発信する外向け HMI の経験より負の影響をもたらす可能性が考えられる。歩行中一旦停止の有無の結果から、外向け HMI テキスト非表示型・お先にどうぞで一旦停止を行わず、そのまま横断し続けた参加者が 2 名見られたことから、“お先にどうぞ”のメッセージが負の影響を誘発する可能性が示唆された。対向車線上を走行する手動運転車との接触有無の詳細を確認した結果、外向け HMI フレーム非表示型・お先にどうぞで視認行動を行っていない 2 名の参加者が手動運転車と接触したことがわかった。外向け HMI テキスト非表示型・お先にどうぞで一旦停止していない歩行者 2 名の中 1 名が手動運転車と接触した。この結果は、“お先にどうぞ”のメッセージがもたらす負の影響を明らかにすると言える。

本実験では、4 つの設問を用いて、外向け HMI を用いて意図を発信する自動運転車とのコミュニケーションを行った歩行者の心理面を把握した。歩行者の行動の結果と同じく、全体的な傾向として改善方法の実験要因による大きな違いはあまり見られなかった。定性的分析の観点から、歩行者は、“とまります”より“お先にどうぞ”に譲りの認識度と安心感に対する高い評価をしたと考えられる。外向け HMI から発信される情報に基づいて醸成される過度な依存を負の影響として定義していることから、本実験では、自動運転車に対する歩行者の信頼感について評価を実施した。しかし、二つの実験要因における違い、あるいは、歩行者の行動の結果のようなメッセージの種類による違いは見られなかった。信頼感に対する傾向を把握するためには、実験場面①から②までの信頼感の変化を把握する必要がある。この結果は、信頼感ではなく、譲りの認識度や安心感が負の影響をもたらす過度な依存感を説明する要因である可能性を示唆する。

外向け HMI テキスト非表示型・とまりますの条件を経験した実験参加者の数は 1 名しかいなかったことから、上記の結果を一般化することは難しい。今後、実験参加者数を増やしてさらなるデータ分析が期待される。また、改善方法を経験していない歩行者と改善方法を経験した歩行者の行動と心理面に対する違いを分析することで、改善方法とメッセージの種類による効果に対する議論が考えられる。

3.5.1.13.本節のまとめ

本実験では、低速走行の自動運転車を対象に、車両挙動や外向け HMI などを利用して発信された意図や状態に対する歩行者の認識や判断、行動の特徴を抽出した。自動運転車とのコミュニケーションを繰り返し体験することによる周囲状況の確認行動への影響や周囲状況の確認に関する自動運転車への依存などの負の影響を検討した。さらに負の影響を改善するための対策を2種類用意し、対策毎の違いについて調べた。VR 実験を通じて実施した被験者実験から、負の影響に対する改善方法の大きな違いや効果は見られなかった。また、外向け HMI が“お先にどうぞ”の意図を発信するとき、負の影響と考えられる確認行動を怠る傾向が見られた。また、自動運転車に対する歩行者の信頼感より、譲りの認識度と自動運転車が与える安心感の程度の方が負の影響を説明する心理的要因である可能性を示唆した。

3.6. 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外向け HMI の実装

3.6.1. 実施目的

低速走行する移動・物流サービスの自動運転車と外向け HMI との組合せに対する周囲交通参加者の認識や判断、安心感等の心理面への影響を 2020 年度以降に実環境を利用した試験走路実験等で定量的に分析・検討するために、2019 年度において低速走行ならびに無人で特定経路を走行可能な自動運転車を実験車両として製作し、また新川崎 K2 タウンキャンパス構内道路・駐車エリアでの試験走路ルートの設定ならびに電磁誘導線への給電装置の設置について検討した。2020 年度は、COVID-19 に伴うキャンパス内への入構禁止措置などにより各種作業は大幅に遅れることとなったが、2019 年度に検討した試験走路ルートと給電装置の検討結果に基づいて、実際に新川崎 K2 タウンキャンパス構内道路・駐車エリアへの電磁誘導線の埋設工事ならびに給電装置の設置工事をそれぞれ実施した。また実験実施の効率性や実証実験での検証のために、2019 年度に製作・納入した自動運転車（ゴルフカート）を追加導入するとともに、試験走路を利用した実験環境としての安全対策ならびに実験条件、実験機器類の設定方法についても検討した。

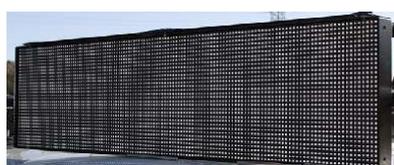
3.6.2. 自動運転実験車両の追加製作

2019 年度に引き続き、低速走行する移動・物流サービスの市販自動運転車（ゴルフカートタイプ）を模擬的な自動運転の実験車両として導入した。自動運転の実験車両を導入するにあたり、国土交通省道路局が実施する道の駅自動運転実証実験等で実際に使用されている自動運転車両の仕様等に準拠し、自動運転実証実験等で自動運転車両が公道走行を可能な仕様とした。導入した実験車両の外観を図 3-50 に示す。



図 3-50 実験車両（ゴルフカートタイプ）の外観

第1期 SIP で製作した外向け HMI の仕様（図 3-51 参照）を考慮し、2019 年度に実験外向け HMI をこの実験車両に実装できるような機器配置を検討した。2020 年度は、自動運転車両が外向け HMI を実装した状態で公道走行すること（関係機関に申請・許可を取る必要あり）を念頭において、車室内フロントスクリーン内側に設置可能な LED 型テキスト表示器を外向け HMI として新たに追加導入した。その外観とメッセージを図 3-52、図 3-53 にそれぞれ示す。



(a)テキスト型



(b)灯火型

図 3-51 SIP 第 1 期で使用した外向け HMI の仕様



図 3-52 新たに導入した外向け HMI の仕様



図 3-53 新たに導入した外向け HMI のメッセージ例

3.6.3. 試験走路環境製作

低速走行ならびに無人で特定経路を走行可能な自動運転車とするために、2019 年度に慶應義塾大学新川崎 K2 キャンパス内の構内道路ならびに駐車エリアに電磁誘導線敷設を検討し、図 3-54 に示される短距離の周回路（以後、内回り）、長距離の直線区間を含む周回路（以後、外回り）の 2 種類を自動運転可能な走行ルートとして考案した（本事業終了時には敷設した電磁誘導線等を撤去し、原状復帰を行うことを前提）。これら内回り、外回りの 2 種類の電磁誘導線敷設を対象に、安全運行のための自動運転車の速度制御ならびに前方障害物への緊急停止制御のための位置補正の各地点について検討した。速度制御および位置補正の各地点の最終配置を図 3-55 および図 3-56 にそれぞれ示す。電磁

誘導線が敷設された路面上の特定箇所には、速度制御のための RFID(Radio Frequency Identifier)および位置補正のための RFID が設置される (図 3-57 参照)。速度制御のための RFID には、3km/h、6km/h、10km/h など具体的な速度を自動運転車に指示する RFID のほか、停止(T)や解除などの制御なども含まれる。一方、位置補正のための RFID は、電磁誘導線上を自動走行する際に障害物等を検知して緊急停止するための機能 (effi-vision) の精度向上を図るために自動運転車側の運行位置を補正する RFID である。その他、緊急停止するための機能を ON/OFF するための RFID については、電磁誘導線上の路面の任意の地点に設置可能であった。



図 3-54 電磁誘導線敷設の検討結果 (写真部分は Google マップより引用)

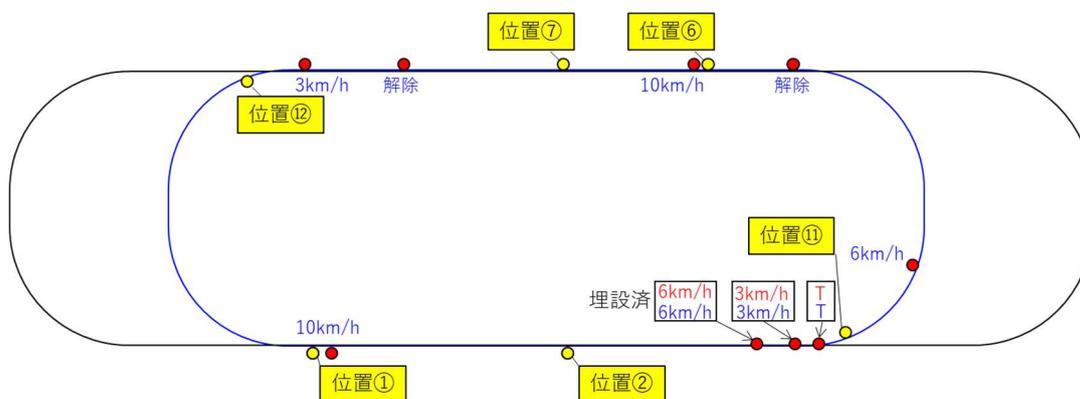


図 3-55 試験走路環境の内回り(青色線)における RFID の配置と種類

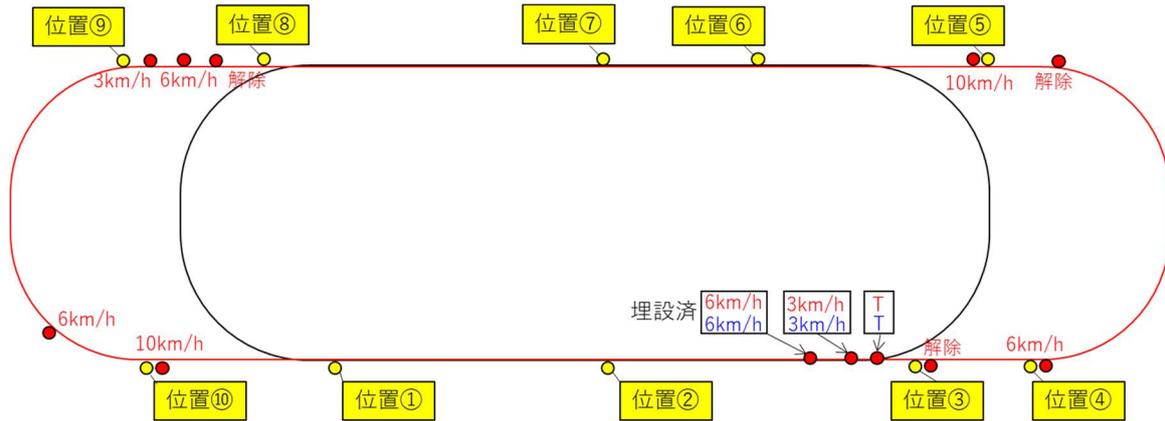


図 3-56 試験走路環境の外回り(赤色線)における RFID の配置と種類



(a)速度制御用と位置補正用の RFID 例



(b)RFID の路面設置例

図 3-57 RFID の種類と配置例



図 3-58 緊急停止のための装置 (effi-vision)

電磁誘導線への給電設備等は構内道路脇の研究棟内に設置し、また内回り、

外回りの切替は排他的に行えるように操作機器類を配置した（図 3-59 参照）。



図 3-59 電磁誘導線への給電設備ならびに内回り/外回りの切替装置

3.6.4. 試験走路実験のための動作性能確認

新川崎 K2 タウンキャンパス構内道路・駐車エリアに敷設した電磁誘導線による内回り、外回りの 2 種類を対象に、製作・導入した自動運転車（ゴルフカート）の実験車両 2 台が以下の動作性能を有することを確認した。

- 速度制御用 RFID を所定の地点に配置することで、乗員乗車状態でも無人状態でも実験車両が安全に自動運転での走行が可能であること
- 地点補正用 RFID を所定の地点に配置し、実験車両に搭載された緊急停止機能を稼働して自動運転で走行すると、進路上に障害物が存在する場合は障害物手前で緊急停止すること（日中の時間帯）
- 自動運転中の実験車を停止させる場合、速度制御用 RFID を用いる場合とリモコンを用いる場合の違いによってまた実験車に乗車する乗員数（0～6 人）の違いによって停止距離が異なるが、停止直前の速度に対して停止方法が同一であれば、おおむね停止距離は等しくなること
- 光電センサーを利用して、実験機器類の ON/OFF 制御等を行う場合、走行時間帯による外光の影響が大きく、外光を遮蔽するための製作や加工などが必要になること

3.6.5. 試験走路実験でのコミュニケーション・ユースケースの再現

横断のユースケース、接近・回避のユースケースを対象に、試験走路環境における再現可能性と実験実施可能性について検討した。道路幅員に制約はあるが、試験走路環境において 2 種類の道路幅員を利用することが可能であり、いずれの場合も横断のユースケースに関して実験可能であることを確認した（図 3-60 参照）。接近・回避のユースケースに関しては、交通参加者の移動を伴うことから、実験エリアの閉鎖区間を長く確保する必要があるが、実験車両の停止制御や停止距離を含めて実験可能であることを確認した。



(a)横断のユースケース再現



(b)接近・回避のユースケース再現

図 3-60 試験走路におけるコミュニケーション・ユースケースの再現確認

3.6.6. 本節のまとめ

本節では、2020年度以降の試験走路実験のための自動運転の実験車両（ゴルフカートタイプ）の追加導入ならびに試験走路環境の製作・性能確認等の実施について詳細を説明した。自動運転の実験車両については、導入した実験車両2台ともに、新川崎 K2 タウンキャンパスの構内道路・駐車エリアに敷設した電磁誘導線を用いて自動運転の実現が可能であり、またいずれの実験車両もナンバー登録済みであることから公道走行が可能である。試験走路環境において再現するユースケースとして、横断のユースケース、接近・回避のユースケースを取り上げ、試験走路環境において再現可能であることを確認した。2021年度早期に重要となるユースケースを対象に試験走路実験を実施する予定である。

3.7. 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外向け HMI 等に関する検討と提案

3.7.1. 交通参加者の横断に対する車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車から交通参加者へのコミュニケーションに関する検討

3.7.1.1. 実施目的

従来の交通では、ドライバーが歩行者に進路を譲る場合、車両挙動やドライバーのアイコンタクト、ジェスチャー等の合図をコミュニケーションの手段として用いてきた。矢野らの研究[8]では、横断開始前にドライバーから歩行者に送られる譲り意思を示す合図は、歩行者の横断開始判断の重要な手がかりとなり円滑な横断に寄与すると述べられている。しかし、レベル3以降の自動運転車ではドライバーが運転に従事しない場面が増加することが考えられ、従来のようなコミュニケーションは手がかりとして機能しなくなることが予想される。そこで新たなコミュニケーションの手段として外向け HMI の研究が近年進められている。Wizard of Oz 法で実環境の実験を実施した研究では LED ライトの点滅による意図伝達方法が検討された[9]。また、モーションスーツを用い VR 環境への没入度が高い実験を実施した研究ではライトベースの外向け HMI よりもテキストベースの外向け HMI の方が有効であると示されている[10]。

以上のように、先行研究では自動運転車と歩行者のコミュニケーションにおいて外向け HMI の有効性が示されているが、道の駅等を拠点とした自動運転サービスで想定されるコミュニケーション場面とは以下の3つの点で異なることが考えられる。

1. 一つ目は道幅についてである。先行研究では幹線道路で実施されているが、道の駅等を拠点とした自動運転サービスでは幅員 5m 程度の狭路を走行する。狭路では横断歩道がないこと、歩道・車道の区別がないことから歩行者の横断判断が異なる可能性がある。
2. 二つ目は、速度についてである。先行研究では普通車を想定し 40 km/h 程度で実験を実施していたが、道の駅等を拠点とした自動運転サービスではゴルフカートが 12km/h 程度の低速で走行する。横断時の歩車間のコミュニケーションにおいては減速挙動が判断の大きな手がかりとなることが考えられるが、低速で走行する自動運転サービスカーの減速は歩行者に伝わりにくく横断判断が異なる可能性がある。
3. 三つ目は欧米と日本の歩行者優先意識についてである。日本人ドライバーは欧米のドライバーに比べ歩行者優先の意識が低く、歩行者優先の義

務を十分に果たしていないことが示されている[11][12]。このことは歩行者側の意識にも影響を与えていると考えられ、欧米と日本において歩行者の横断判断が異なる可能性がある。

道の駅等を拠点とした自動運転サービスで想定されるコミュニケーション場面である狭路での歩行者横断時のケースにおいて円滑、安心な意図伝達方法は十分に検討されているとは言えない。そこで本実験では、狭路での歩行者横断時における自動運転サービスカーの適切な意図伝達方法を検討することを目的とした。具体的には、車両挙動と外向け HMI の組み合わせが歩行者の横断判断に与える影響をゴルフカート型、バス型の 2 つの車両タイプについて検討した。

3.7.1.2.実験装置

3.5.1.5 節に記述した内容と同様の VR 仕様を用いて、慶應義塾大学矢上キャンパス 14 棟 B203 号室、及び 24 棟 609 号室にて実験を実施した。

3.7.1.3.VR 実験環境

本実験で設定した実験環境を図 3-61 に、実験参加者視点の実験環境を図 3-62 に示す。実験で使用したのは幅員 5m の道路で、実験参加者の移動速度は 1.37m/s に設定した。実験参加者が道路脇の裏道に立っている状態から開始した。実験参加者右側から接近してくる車両は、実験参加者が横断開始位置まで移動し右側を確認したとき、実験参加者から 20m の距離から走行を始めるように設定した。

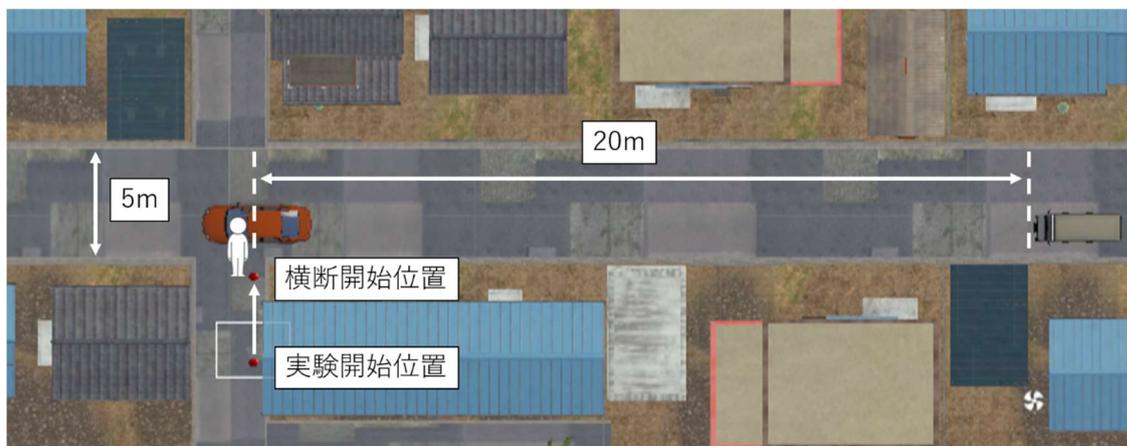


図 3-61 VR 実験で実装した住宅街の単路



実験開始地点正面



横断開始地点正面



横断開始地点右側

図 3-62 実験参加者視点の実験環境

3.7.1.4. 実験条件

(1) 外向け HMI

右側から接近してくる車両の意図伝達的手段として外向け HMI を使用した。外向け HMI なし、“お先にどうぞ”、“とまります”、“自動運転中”の4種類を設定した。外向け HMI は各車両挙動について減速開始のタイミングで白いパネルに赤い文字で表示されるように設定した。図 3-63 に、上記の各外向け HMI をまとめたものを示す。



外向けHMIなし



お先にどうぞ



とまります



自動運転中

図 3-63 外向け HMI

(2) 車両タイプ

実験条件とした使用した車両は、ゴルフカート、マイクロバスの2種類であった。ゴルフカートとマイクロバスは道の駅での実証実験で使われている車両を参考に作成した。ゴルフカートの全長は約4.1m、全幅は約1.4m、マイクロバスの全長は約6.5m、全幅は約2.1mであった。また、練習走行にオーナーカーを使用した。オーナーカーはトヨタプリウスを参考に作成し、全長は約4.5m、全幅は約1.7mであった。練習走行に用いたオーナーカーにはドライバーを乗せたが、実験条件として用いたゴルフカート、マイクロバスにはドライバーを乗せず無人で走行しているように見せた。図3-64に、車両タイプを示す。



ゴルフカート



マイクロバス

図 3-64 車両タイプ

(3)車両挙動

右側から接近してくる車両の減速挙動として通常減速、早期減速、早期停止の3種類を設定した。車両は実験参加者との距離 20m 地点で 12 km/h で走行開始するよう設定した。通常減速は実験参加者との距離 10m 地点で減速を開始し、5m で停止する挙動とした。早期減速は実験参加者との距離 15m 地点で減速を開始し、5m で停止する挙動とした。早期停止は実験参加者との距離 15m 地点で減速を開始し、10m で停止する挙動とした。図 3-65 に、上記の車両挙動をまとめたものを示す。

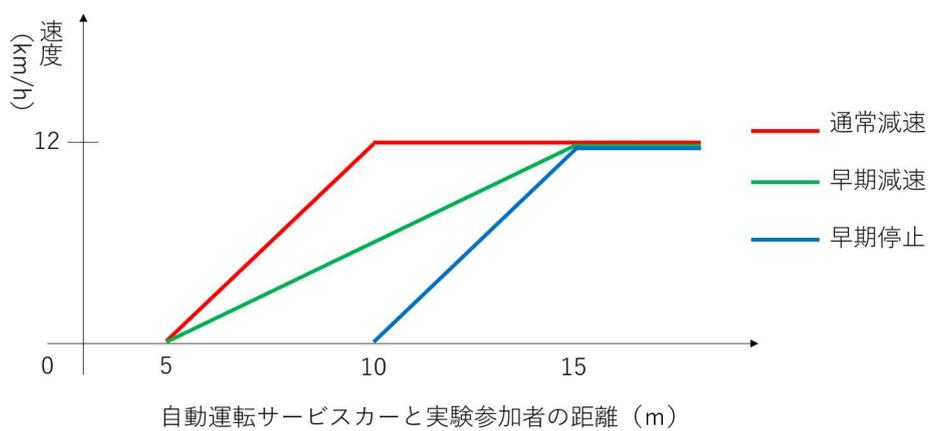


図 3-65 車両挙動

3.7.1.5.実験構成

図 3-66 に本研究の実験構成を示す。外向け HMI について被験者間計画で実施した。最初に VR 空間とコントローラの操作に慣れるために手動運転オーナーカーで練習走行を実施した。基準データの収集は各条件と比較するためにゴルフカート、バスのそれぞれで通常減速、外向け HMI なしで実施した。実験参加者がゲーム感覚で横断することを防止するために、右側からの接近車両が停止せずに実験参加者の前を通過する挙動をダミー条件 1 として配置した。また、実験参加者が普段の歩行と同様に右側だけでなく左側も確認して横断するように、左側から対向車が接近する条件をダミー条件 2 として配置した。車両タイプ(ゴルフカート、バス)についてブロックに分け実施し、その順序はランダムとした。各ブロックで車両挙動(通常減速、早期減速、早期停止)をランダムに配置した。

	右側からの接近車両			対向車	
	車両タイプ	車両挙動	外向けHMI		
練習	オーナーカー	通常減速	なし	なし	
基準データの収集	ゴルフカート	通過	なし	なし	ダミー条件1
	ゴルフカート	通常減速	*	あり	ダミー条件2
	ゴルフカート	通常減速	なし	なし	
	バス	通常減速	なし	なし	
データの収集	ゴルフカート	通過	なし	なし	ダミー条件1
	ゴルフカート	通常減速	*	あり	ダミー条件2
	ゴルフカート	**	*	なし	
	ゴルフカート	通過	なし	なし	ダミー条件1
	ゴルフカート	**	*	なし	
	ゴルフカート	通常減速	*	あり	ダミー条件2
	ゴルフカート	**	*	なし	
	バス	通常減速	*	あり	ダミー条件2
	バス	通過	なし	なし	ダミー条件1
	バス	**	*	なし	
	バス	通過	なし	なし	ダミー条件1
	バス	**	*	なし	
バス	通常減速	*	あり	ダミー条件2	
バス	**	*	なし		

車両タイプ(ゴルフカート、バス)の順序はランダムに配置

車両挙動(通常減速、早期減速、早期停止)の順序はランダムに配置

- * 各被験者群ごとに外向けHMIの条件(なし, “お先にどうぞ”, “とまります”, “自動運転中”)を配置
- ** 車両挙動(通常減速, 早期減速, 早期停止)をランダムに配置

図 3-66 実験構成

3.7.1.6.実験タスク

本研究では、右側から接近してくる車両を確認し、横断できると判断したときにコントローラのトラックパッドを用いることで横断するというタスクを課した。各試行の横断後にアンケートを実施した。

3.7.1.7.実験手続き

本実験は、慶應義塾大学理工学部・理工学研究科生命倫理委員会からの承認を得て実施された。実験開始前に、実験参加者に対して実験内容の説明を行い、

実験協力への同意を得た。

また、年齢、性別、視力、普段の歩行の特性、運転頻度等に関するアンケート、新形コロナウイルス感染症対策のための体調確認シートの記入を指示した。

次に実験参加者に具体的な実験内容と方法を説明した。実験内容としては、目的地までコントローラを操作することで移動するタスクを課すと伝えた。コントローラは腰の位置で地面と平行になるように持つことを指示した。コントローラのトラックパッドのシール部分に触れることで前進し、方向転換するときは、姿勢はそのままで体の向きを変えるように伝えた。実際に歩行している感覚に近づけるために、VR上で進んでいる最中はその場で足踏みをするように指示した。VR-HMDを装着しコントローラを持たせた状態でベースステーションから検知しやすい指定の位置に実験参加者を立たせた。図 3-67 に実験中の実験参加者の状態を示す。



図 3-67 実験中実験参加者

VRの映像が始まるまでは顔を下に向けたまま待機するように指示した。映像が始まったら顔を下に向けたまま横断開始地点まで移動するように指示した。横断開始地点についたら顔をあげ、右側を1秒程度かけて確認するように指示した。右側から接近してくる車両を確認し安全に横断できると判断したら横断を開始すること、この時、一か八かのようなゲーム感覚ではなく普段の歩行と同じように周囲の交通に注意しながら目的地まで向かうことを指示した。また、左側を確認することは自分のタイミングで自由に行うように伝えた。

横断後には VR空間内の表示が道路からアンケートに切り替わり、表示された4つの質問に対してそれぞれ7段階の尺度で回答すること、またその理由に

についても口頭で回答することを伝えた。

VR 環境での横断判断、コントローラの操作の確認のために練習を行った後、右側から接近してくる車両がゴルフカート、バスの 2 種類であること、どちらも無人で走行する自動運転車であること、自動運転車のセンサーが歩行者を認識せず停止しない可能性があることを伝えた。その後、基準データの収集を 6 試行、車両タイプ毎に 7 試行実施した。

全試行終了後に VR と実環境を比べた際の違和感、VR による酔い、横断判断に有効な外向け HMI、車両挙動に関する最終アンケートを実施した。

3.7.1.8.評価項目

実験参加者には、年齢、性別、視力、普段の歩行の特性、運転頻度等について事前にアンケート調査を行った。全試行終了後には、有効な意図伝達方法、シミュレータ酔い等についてのアンケートに回答させた。

(1)車両停止を基準とした横断開始時間（秒）

右側から接近してきた車両が完全に停止してから実験参加者が横断を開始するまでの時間と定義する。正の値は、車両が完全停止した後に実験参加者が横断を開始したことを意味し、負の値は車両が完全停止する前に実験参加者が横断を開始したことを意味する。実験参加者の横断判断の躊躇の大きさを測る指標である。

(2)車両距離 20m 地点を基準とした横断開始時間（秒）

シナリオ開始（右側からの接近車両と実験参加者の距離 20m）から実験参加者が横断を開始するまでの時間と定義する。本実験では停止位置、減速度が車両挙動の条件によって変化するため、シナリオ開始から車両が完全停止する時間が異なる。交通全体の円滑さを測る指標である。

(3)横断開始時間（基準データとの差）（秒）

実験では各被験者群において外向け HMI なし、通常減速の条件で基準データを収集した。基準データと各条件の差分をとり、各車両挙動、外向け HMI においてそれぞれの被験者がどれだけ横断開始時間を早めたかを測る指標である。正の値は基準データより遅く、負の値は基準データより早く横断していることを示す。

(4)譲りの認識度、信頼感の程度、不安の程度、安全の程度

各試行終了後に VR 空間に図 3-68 に示すアンケートが表示され、実験参加者に回答させた。4 つの項目について 7 段階のスケールで口頭で回答させた。思考を伴う回答にするために理由も合わせて回答させた。

1.右側から接近してきた車両はあなたに対して道を譲ってくれていた

2.右側から接近してきた車両に対して、信頼することができた

3.右側から接近してきた車両に対して、不安に思った

4.右側から接近してきた車両に対して、安全に渡れると思った

回答の選択肢

1 2 3 4 5 6 7

全くそう思わない どちらでもない 完全にそう思う

回答を終えたらしばらく待機してください

図 3-68 VR 実験中提示されるアンケート内容

(5)左側視認量（秒）

実験参加者が左側を視認した時間を左側視認量と定義する。実験参加者には右側から接近してきた車両を確認し、横断判断をさせたが、普段の交通と同様に左側の安全についても確認する必要がある。左側の安全確認が不十分であることは危険な横断につながる可能性があるが、一方で過度な安全確認は非効率につながる。本研究では実験参加者が、車両停止後に横断したケースについて、左側視認量を、“減速前”、“減速中”、“停止後横断前”、“停止後横断中”に分けて計測した。“減速前”は右側からの接近車両の減速前の左側視認量であり、“減速中”は減速を開始し停止する前の左側視認量である。“停止後横断前”は右側からの接近車両が停止し実験参加者が横断する前の左側視認量であり、“停止後横断中”は実験参加者が横断を開始した後の左側視認量である。“停止後横断前”の左側視認量は車両が完全停止した後に、実験参加者が安全確認を行っている時間であり、円滑な横断を考慮するとこの時間が短いことが好ましい。円滑な横断のためには“減速中”に安全確認を済ませ、停止後スムーズに横断することが必要であると考えられる。

3.7.1.9.実験参加者

年齢による影響を減らすため、試験走路における実験参加者についての対象年齢を49歳以下の免許持ちの人に絞ったところ、実験参加者は40名（平均：26.3歳、標準偏差：9.68歳、18～49歳）となった。男女比は1:1で男性20名（平均：24.4、標準偏差：7.46）、女性20名（平均：28.1、標準偏差：11.18）であった。全実験参加者は両眼視力0.8以上で運転免許を保有していた。外向けHMIなしの条件は男性8名（平均：21.0、標準偏差：0.50）、女性2名（平均：47.0、標準偏差：2.00）、「お先にどうぞ」の条件は男性5名（平均：21.6、標準偏差：1.02）、女性5名（平均：24.8、標準偏差：8.75）、「とまります」の条件は男性3名（平均：41.3、標準偏差：5.44）、女性7名（平均：23.9、標準偏差：7.71）、「自動運転中」の条件は男性4名（平均：22.0、標準偏差：0.71）、女性6名（平均：29.5、標準偏差：12.42）であった。

3.7.1.10.実験結果

観測した客観的指標や主観評価について解析を行なった。外向けHMI、車両挙動の因子について二元配置分散分析を行った。主効果が見られた因子について、TukeyのHSD法によって水準間の有意差検定を行った。

(1)車両停止を基準とした横断開始時間（秒）

図3-69に、車両が停止した時間を0とした場合の横断開始時間を示す。左のグラフが車両タイプ、ゴルフカート、右のグラフがバスとした。各グラフについて4分割したとき左から外向けHMIなし、“お先にどうぞ”、“とまります”、“自動運転中”とした。各外向けHMIについて左から通常減速、早期減速、早期停止とした。以降、次項及び次節においても同様の配置にした。車両が停止する前に横断したケースは11件で全体の5%以下となった。また、車両減速前に横断した条件に関しては、本研究対象のインタラクション場面とは無関係であると考え、分析の対象外とした。

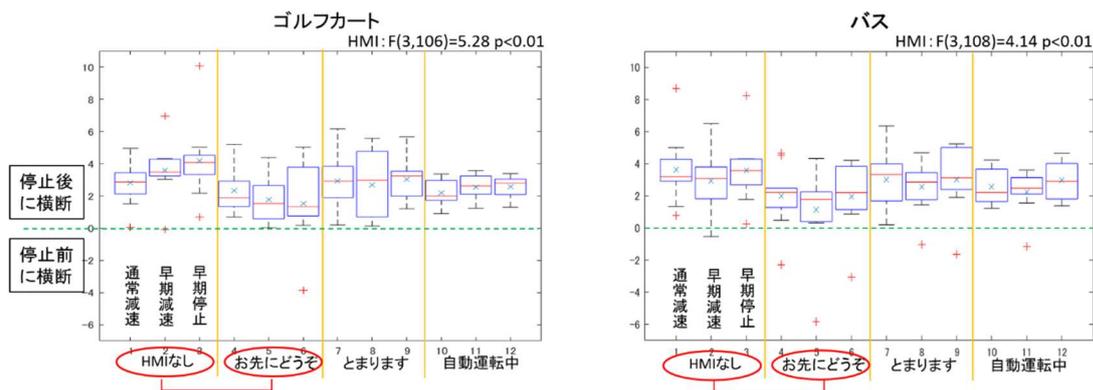


図 3-69 車両停止を基準とした横断開始時間

ゴルフカート、バスともに有意水準 1%で外向け HMI に主効果が見られた（ゴルフカート： $F(3,106)=5.28$ 、 $p<0.01$ 、バス： $F(3,108)=4.14$ 、 $p<0.01$ ）。外向け HMI について HMI なし、“お先にどうぞ” の条件で有意差が見られた。“お先にどうぞ” という表示によって早い横断判断を促すことができていることが分かった。また、“自動運転中” の横断開始時間が有意差はないものの外向け HMI なし、“とまります” に比べ早いことが分かった。また、バスにおいて早期減速の横断開始時間がやや早いことが読み取れる。

(2)車両距離 20m 地点を基準とした横断開始時間（秒）

図 3-70 に、車両と歩行者の距離が 20m の地点の時間を 0 とした場合の横断開始時間を示す。ゴルフカート、バスともに有意水準 1%で外向け HMI、車両挙動に主効果が見られた（外向け HMI[ゴルフカート： $F(3,106)=5.56$ 、 $p<0.01$ バス： $F(3,108)=4.04$ 、 $p<0.01$]、車両挙動[ゴルフカート： $F(2,106)=28.64$ 、 $p<0.01$ 、バス： $F(2,108)=15.82$ 、 $p<0.01$]）。外向け HMI について HMI なし、“お先にどうぞ” の条件で有意差が見られた。車両挙動についてゴルフカートでは各条件に、バスでは通常減速、早期減速に対し早期停止に有意差が見られた。“お先にどうぞ” という表示によって早い横断判断を促すことができていることが読み取れる。また、早期停止では横断開始時間が早く、早期減速では横断開始時間が遅くなっていることが読み取れる。

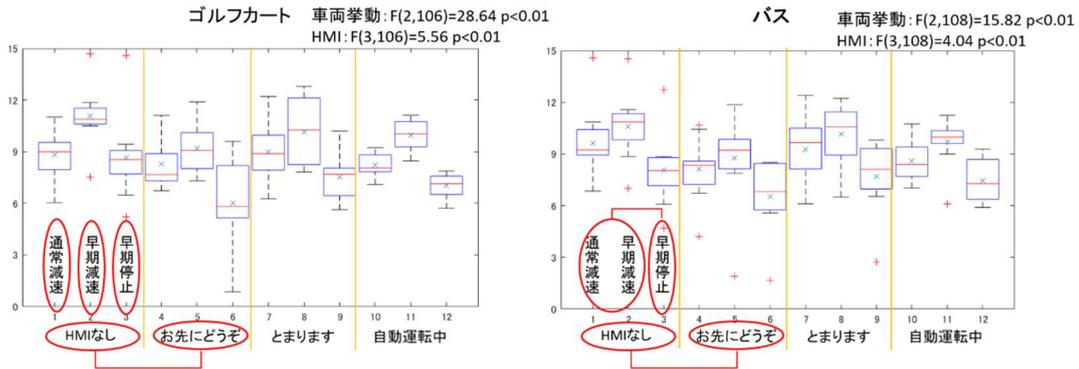


図 3-70 車両距離 20m 地点を基準とした横断開始時間

(3)横断開始時間（基準データとの差）（秒）

図 3-71 に、横断開始時間の基準データとの差分を示す。ゴルフカートにおいて有意水準 5%で外向け HMI に主効果が見られた(ゴルフカート: $F(3,106)=3.64$, $p<0.05$)。外向け HMI について HMI なし、“お先にどうぞ” の条件で有意差が見られた。また、バスにおいて有意水準 10%で外向け HMI、車両挙動に主効果が見られた（外向け HMI [$F(3,108)=2.66$, $p<0.1$]、車両挙動 [$F(2,108)=2.89$, $p<0.1$]）。外向け HMI について HMI なし、“お先にどうぞ” の条件で有意差が見られた。車両挙動について早期減速、早期停止に有意差が見られた。

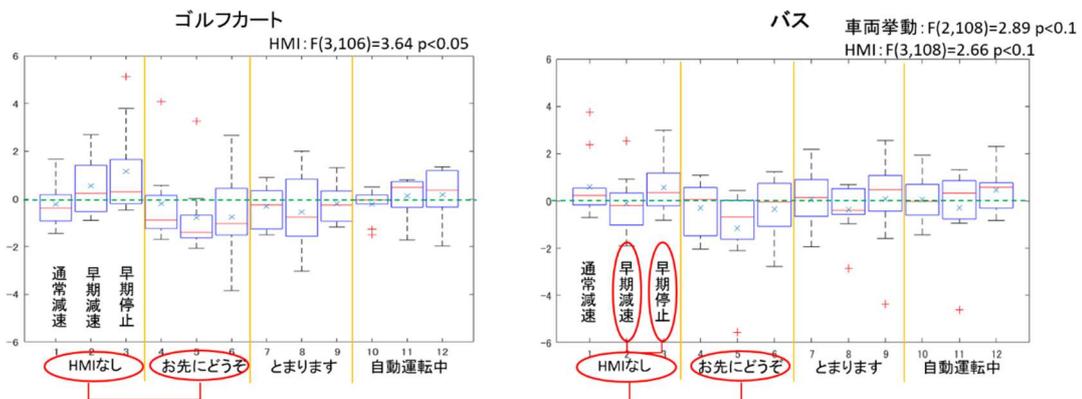


図 3-71 横断開始時間（基準データとの差）

(4)主観評価

(a)譲りの認識度

図 3-72 に、譲りの認識度として、“右側から接近してきた車両はあなたに対して道を譲ってくれていた” に対する回答結果を示す。ゴルフカートにおいて有意水準 1%で車両挙動に主効果が見られた（ゴルフカート: $F(2,106)=5.34$, $p<0.01$ ）。車両挙動について通常減速、早期減速に対し早期停止に有意差が見ら

れた。ゴルフカートでは早期停止の譲りの認識度が小さいことが読み取れる。また、外向け HMI なし のとき通常減速、早期減速に対する早期停止の譲りの認識度の差が最も大きいことが読み取れる。

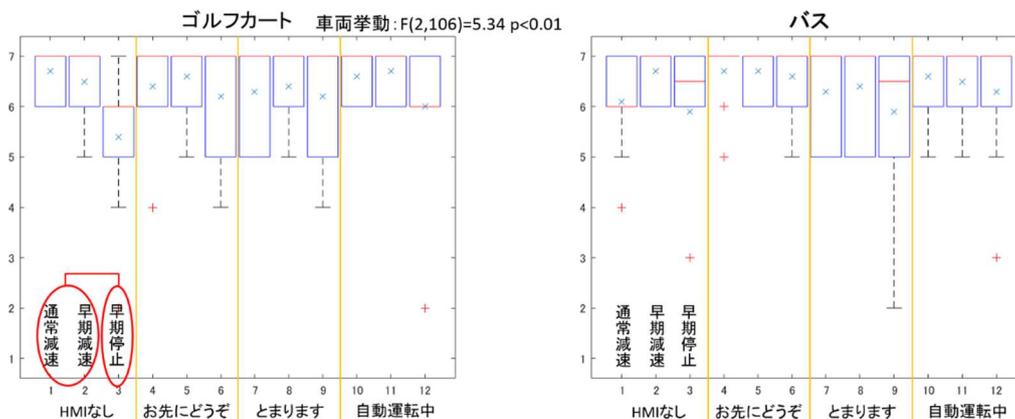


図 3-72 譲りの認識度

(b)信頼感の程度

図 3-73 に、信頼感の程度として、“右側から接近してきた車両に対して、信頼することができた” に対する回答結果を示す。外向け HMI、車両挙動ともに有意な主効果は見られなかった。しかし、バスにおいて通常減速の信頼感の程度がやや小さいことが読み取れる。

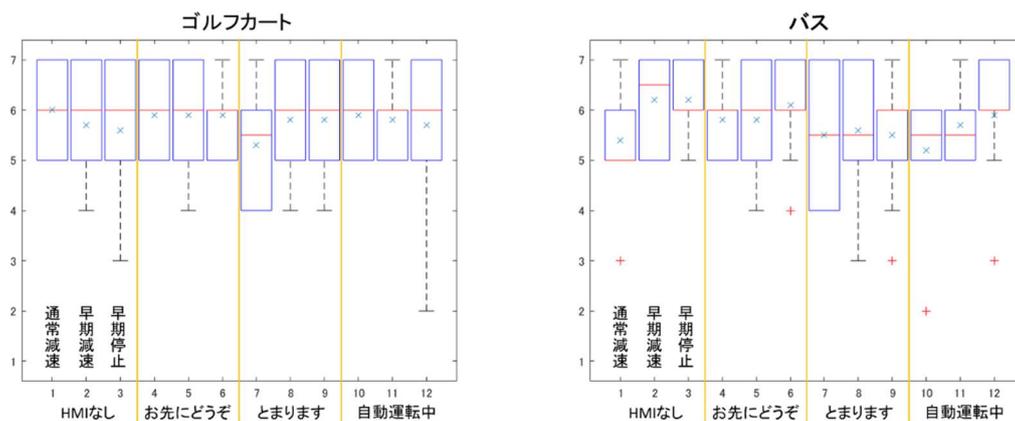


図 3-73 信頼感の程度

(c)不安の程度

図 3-74 に、不安の程度として、“右側から接近してきた車両に対して、不安に思った” に対する回答結果を示す。バスにおいて有意水準 5% で車両挙動に主効果が見られた (バス : $F(3,108)=3.08$ 、 $p<0.05$)。車両挙動について通常減速と早期停止に有意差が見られた。バスについて通常減速は早期停止に比べ不安

が大きいことが読み取れる。HMIなし以外の条件では早期減速についても不安が大きいことが読み取れる。

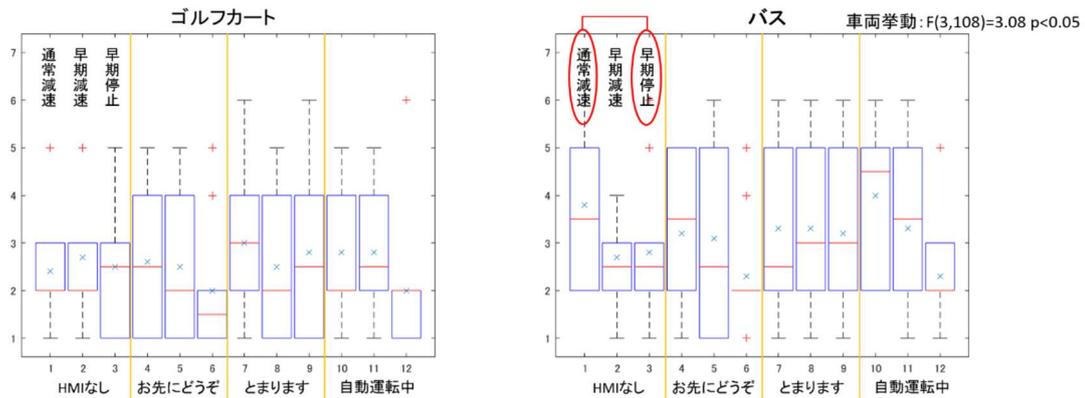


図 3-74 不安の程度

(d)安全の程度

図 3-75 に、安全の程度として、“右側から接近してきた車両に対して、安全に渡れると思った”に対する回答結果を示す。ゴルフカートにおいて有意水準 10%で外向け HMI に主効果が見られた(ゴルフカート： $F(3,106)=2.37$ 、 $p<0.1$)。“お先にどうぞ”と“とまります”について有意差が見られた。また、バスにおいて有意水準 10%で車両挙動に主効果が見られた(バス： $F(2,108)=2.59$ 、 $p<0.1$)。通常減速と早期停止について有意差が見られた。ゴルフカートについて“とまります”は安全の程度が小さいことが読み取れる。また、バスについて早期停止は安全の程度が大きいことが読み取れる。

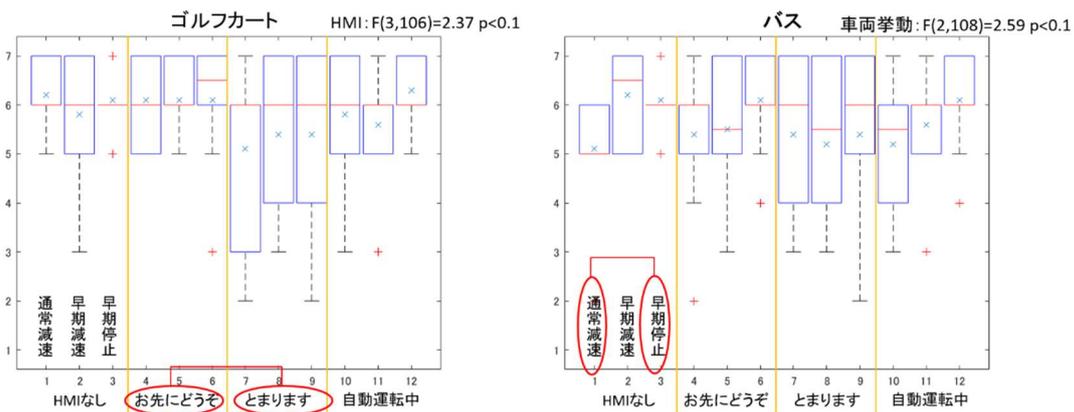


図 3-75 安心の程度

(5)左側視認量（秒）

図 3-76 に左側視認量を示す。左側視認量についてはゴルフカート、バスについて合わせたものを示す。車両の減速前、減速中、車両停止後の実験参加者横断開始前、停止後の横断中に分類した。停止後に横断した試行のうち、左側を全く視認しなかった試行は、外向け HMI なしで 3 件（停止後に横断した試行 58 件中）、“お先にどうぞ”で 10 件（停止後に横断した試行 54 件中）、“とまります”で 7 件（停止後に横断した試行 58 件中）、“自動運転中”で 10 件（停止後に横断した試行 59 件中）であった。“お先にどうぞ”、“自動運転中”の全体的な左側視認量が、外向け HMI なし、“とまります”に比べ少ないことが読み取れる。また、すべての外向け HMI の条件において早期減速の減速中の左側視認量が通常減速に比べ多いことが読み取れる。“お先にどうぞ”については停止後横断前の左側視認量が小さく、特に早期減速については外向け HMI なしの 3 分の 2 程度になっている。

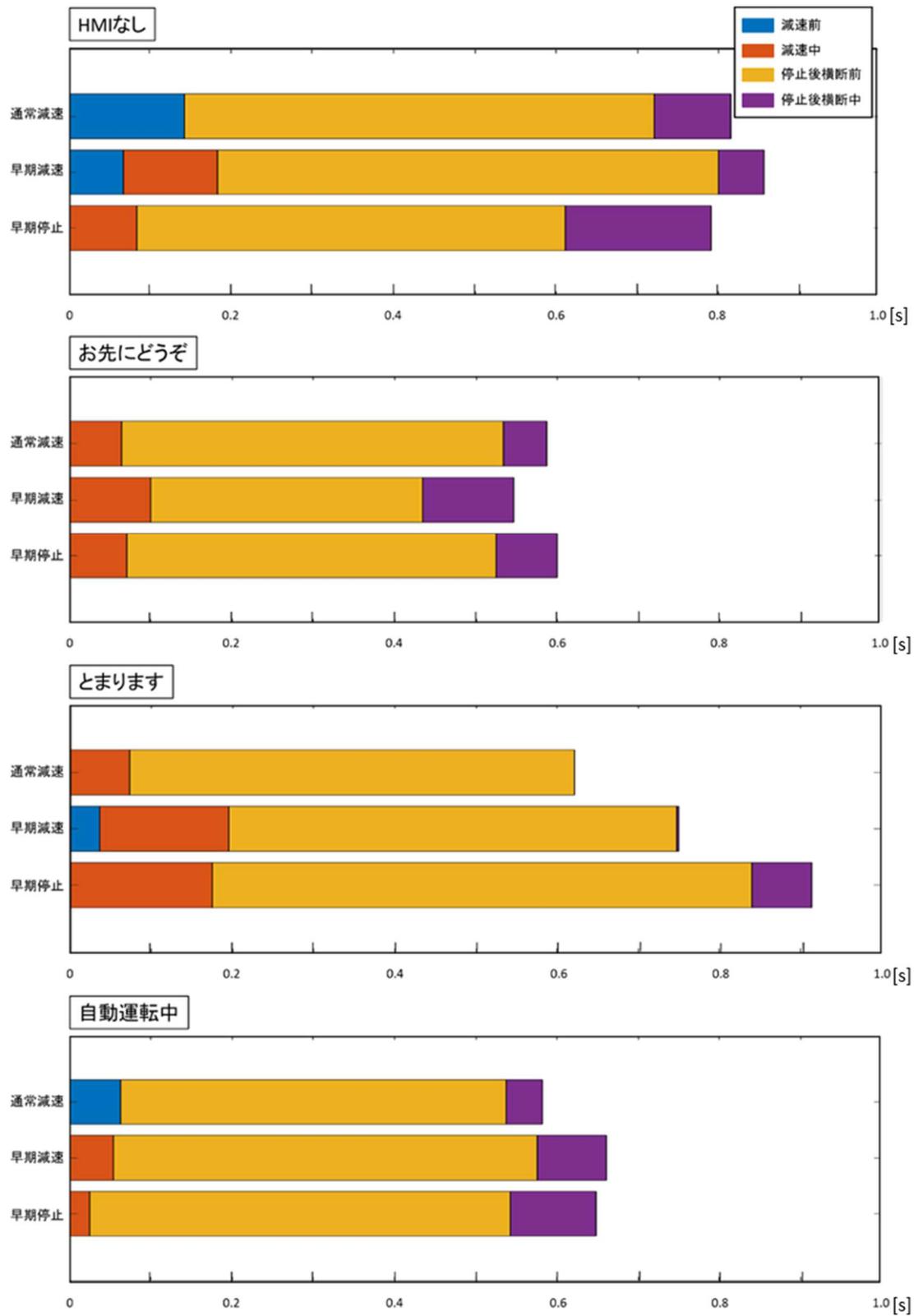


図 3-76 左側視認量

3.7.1.11. 考察

ゴルフカートにおいて早期停止の譲りの認識度が通常減速、早期減速に比べ小さく有意差が確認された。実験参加者から早期停止は停止位置が遠く、自分に対して車両が道を譲ったわけではないと感じるという報告が挙げられた。ゴルフカートにのみ有意差が見られた理由としては、ゴルフカートは車体がバスに比べ小さく、視覚的に停止時の距離がより遠くに感じるためであると考えられる。このことから、停止位置が一定以上遠くなると譲り意図が伝わりにくくなり、その許容される距離は車体の大きさによって異なる可能性が示唆された。また、外向け HMI なしの際の早期停止の譲りの認識度が最も小さくなっていることから、外向け HMI によってこれらの傾向が改善される可能性があることが考えられる。このことから、車両タイプにおける歩行者の横断行動と車両に対する態度の違いを調べる必要があると考えられる。

バスにおいて通常減速の信頼感の程度がやや小さいことが読み取れる。図 3-74 の結果より、バスにおいて通常減速の不安の程度が早期停止に比べ大きく有意差が確認された。また、外向け HMI なし以外の条件では早期減速の不安も大きいことが読み取れる。図 3-75 の結果より、バスにおいて通常減速の安全の程度が早期停止に比べ小さく有意差が確認された。また、外向け HMI なし以外の条件では早期減速の安全の程度も小さいことが読み取れる。これらの結果から、バスはゴルフカートに比べ車体が大きく接近時の圧迫感があるため、近距離での停止は心理的なストレスが大きくなることが考えられる。実験参加者からは、バスが近距離で停止すると見通しが悪くなり、バスの脇などからバイクなどの他の交通参加者が出現した場合、気づきにくいという報告が挙げられた。外向け HMI なし以外の条件の早期減速において、不安の程度が大きく安全の程度が小さいことについて実験参加者からは外向け HMI 表示のタイミングから停止するまでの時間が大きく、表示と挙動に矛盾を感じるという報告が挙げられた。表示と車両挙動を整合性のあるものにする必要があることが示唆された。

このことから、不安の程度、安全の程度において“とまります”の分散が大きいことから読み取れる。表示と挙動に矛盾を感じるということについては個人差が大きくばらついたと考えられる。通常減速、早期減速については先述の通り“とまります”という表示に対して停止するのが遅く感じた実験参加者が一定数いたからだと考えられる。また、早期停止については再発進する可能性を考えた実験参加者が見られた。“とまります”という一時停止を示す表示と自分に対して道を譲ったわけではないと感じる停止位置から車両が停止している状態から再発進する可能性を考え不安に感じ安全に横断することに影響

を与えるという報告が挙げられた。

以上のことから、実験参加者の横断判断には車両挙動、特に停止位置が大きく影響を与えることが考えられる。このことは車両の停止後に横断したケースが全体の95%以上を占めることから読み取れる。実験参加者には教示時にサービスカーは無人で自動走行すること、自動運転車のセンサーが歩行者を認識せず停止しない可能性があることを伝えた。自動運転サービスカー導入の初期では、同様に自動運転サービスカーに対し慎重に行動する人が多いことが予想され、停止位置が重要な因子であることが考えられる。

“お先にどうぞ”、自動運転中“の全体的な左側視認量、停止後横断前の左側視認量が、外向けHMIなし、”とまります“に比べ少ないことが読み取れる。”お先にどうぞ“という表示は相手に横断を促すものであり、”とまります“という表示は単純に自身の挙動を伝えるものである。したがって、外向けHMIなしや”とまります“においては実験参加者が自ら安全確認をしなければならないという意識が高まり左側視認量が多くなった一方で、”お先にどうぞ“においては横断を促されているから大丈夫だろうという意識が高まり左側視認量が少なくなったことが考えられる。また、”自動運転中“の左側視認量が少ない理由としては、実験参加者が車両を注視している可能性が考えられる。実験参加者からは”自動運転中“という表示が何を意味するのか分からない、また、”自動運転中“という表示は無人で自動運転しているということが強調され不安を煽られるなどといった報告が挙げられた。このように”自動運転中“という表示は懐疑的な印象を与え、その結果、実験参加者が車両を注視してしまう可能性が考えられる。また、被験者群の特性が原因の一つであることも考えられ、このことについては後述する。

ゴルフカート、バスともに“お先にどうぞ”のときの横断開始時間が外向けHMIなしの時に比べ早く有意差が確認された。また、有意差が見られてない“自動運転中”の横断開始時間が“お先にどうぞ”に次いで早いことが読み取れる。左側視認量が少ないことが要因の一つであることは考えられるが、外向けHMIなしと”お先にどうぞ“の横断開始時間が1.5秒程度差があるのに対し、左側視認量の差は0.3秒程度しかない。このことから、”お先にどうぞ“では早い段階で安全確認を行い、横断できていることが考えられる。”自動運転中“の横断開始時間が比較的早いことの理由としては、被験者群の特性が考えられる。差分を考慮した結果から、“自動運転中“の被験者群では横断開始時間が外向けHMIによって早くなっていないことが分かる。このことから”自動運転中“の被験者群は単純に横断判断が早い人が多い可能性が考えられる。

また、早期停止では横断開始時間が早く、早期減速では横断開始時間が遅く

なっていることが分かり有意差が見られた。早期停止は早い段階で停止するため横断開始時間が早くなった一方で、早期減速は減速に時間がかかるため、横断開始時間が遅くなった。車両距離 20m 地点を基準とした横断開始時間は交通全体の円滑性を測る指標であり、早期減速では交通量が多い場合非効率になる可能性がある。本研究の対象とした道の駅を拠点とした自動運転サービスの地域は交通量が少ないが、他の地域の場合は注意が必要であると考えられる。

3.7.2. 外向け HMI・路面標示・路面テキスト非表示型を利用した自動運転車から交通参加者へのコミュニケーション支援に関する検討

3.7.2.1. 実験目的および概要

3.7.1 に続いて、単路を対象とした自動運転車と交通参加者のコミュニケーションについて取り組んだ。ユースケースの抽出結果から、単路上で同じ方向に向けて直進している歩行者と、歩行者を後続する自動運転車の間にインタラクションが見られた。ここで、歩行者の適切な状況認識と意思決定を導けるコミュニケーション支援方法が考えられる。現在、道の駅に導入されている低速走行自動運転車のゴルフカートを想定して、外向け HMI・路面標示・路面投影の 3 つの支援方法を検討することで、歩行者の安心と交通効率について議論した。

3 つのコミュニケーションを検証するため VR 実験を実施した。VR 実験装置は A-ii と同様に HTC 社製の VIVE PRO EYE を用いて、慶應義塾大学新川崎 K2 キャンパスの K 棟 104 号室で実施した。実験室の環境は 3.5.1.3.節の図 3-41 と同様である。

3.7.2.2. 実験環境および条件

コミュニケーション支援方法を実験要因として設定し、被験者間計画で実施した。本 VR 環境では、道の駅の奥永源寺の単路を模擬した。図 3-77 に VR 上の実験環境を示す。道路環境では、実験参加者の後ろから低速で走行する自動運転ゴルフカートが接近してきた。実験参加者との距離が一定未満になったら、自動運転ゴルフカートはクラクションを鳴らして、実験参加者に後続してくるゴルフカートの存在を気づかせた。ゴルフカートは、実験参加者が回避するため停止したまま待機した。回避が終わったら、ゴルフカートは走行を再開した。



図 3-77 VR 環境上で実装した道の駅の奥永源寺の単路

この場面に対して、歩行者と自動運転車の間の円滑なコミュニケーションを探るため、外向け HMI・路面標示・路面投影の 3 つのコミュニケーション支援方法を設定した。全てのコミュニケーション支援方法(実験条件)は図 3-78 に示す。自動運転車の外向け HMI は、“とまります”の意図を表明するように設計した。路面標示は、ゴルフカートが走行する軌跡を意味する。青い線を路面上に表示することで歩行者の速やかな回避が期待される。最後に、路面投影の条件では、自動運転車が路面上に 5m の青い光を投影することで、歩行者に走行方向を示した。



図 3-78 コミュニケーション支援方法

3.7.2.3.実験タスク

図 3-77 左のように、VR 実験が開始したら、実験参加者の前方に青いポータルが提示された。実験参加者は、コントローラを用いて目的地まで歩行するように指示された。また、左右に移動する際には、タッチパッドの操作だけではなく、横によけるなど、実際に体を動かしながら対応してもらった。しかし、前方に対する十分なスペースは確保されてなかったことから、前方への歩行時には、現在立っているその位置で歩いてもらった。また、実験参加者には、実験条件が終了したら、主観評価項目に回答してもらった。

3.7.2.4.実験参加者

実験参加者の年齢や性別は表 3-11 に、実験条件の構成は表 3-12 に示される通りである。

表 3-11 実験参加者の年齢構成等の詳細

性別	年齢	人数
男性	26-52 歳、平均 37.27 歳	11
女性	24-51 歳、平均 34.13 歳	8

表 3-12 実験因子に基づく 4 つの実験参加者群

コミュニケーション支援方法	人数
なし	3
外向け HMI “とまります”	9
路面標示	3
路面投影	4

3.7.2.5.実験の流れ

最初に VR 空間とコントローラの操作に慣れつつ回避の感覚を覚えさせるために後ろから接近してくる自動運転オーナーカーを対象として 2 回の練習試行を実施した。本実験の対象となるゴルフカート、奥永源寺の単路、コミュニケーション支援方法に対する経験によって生じる学習効果を抑制するため、練習試行は道の駅芦北でこぼんエリアを再現した交通場面を用意した。また、練習試行では、支援方法は実施されなかった。2 つの練習試行を経験してから、図 3-79 のように実験を実施した。本試行ⅢからⅤまでは、他のコミュニケーション支援方法をランダムマイズして経験させた。



図 3-79 実験の流れ

3.7.2.6. 評価項目と仮説

実験参加者には、年齢、性別、視力、普段の歩行の特性、運転頻度等について事前にアンケート調査を行った。各試行終了後に VR 空間に 3.1.7.8.の主観評価アンケートが表示され、実験参加者に回答させた。4つの項目について5段階のスケールで口頭で回答させた。思考を伴う回答にするために理由も合わせて回答させた。

(a) 外向け HMI 条件（「とまります」表示）

車の意図が分かって譲りの認識度、車両に対する信頼感、安全感が高く評価され、不安が減少される可能性がある。

(b) 路面標示（青）条件

車の意図は分からないので、主観評価に関しては、「車が止まってくれたから」、また、「路面上に表示があったから」の二つの観点で解釈できる。そのため、評価のバラつきがある可能性がある。譲りの認識度については、表示が引かれているのでむしろ自分が譲るべきだと思った可能性もある。

(c)路面投影（青）条件

車両がこれから進もうとする方向に白い線が路面上に投影される。そこで、車よりはその表示が何を意味するか分からない可能性がある。路面表示より評価のバラつきが大きい可能性がある。

3.7.2.7.実験結果および考察

コミュニケーション支援方法を初めて経験した際の心理面を把握するために、本試行ⅢからⅤまでのデータは評価の対象として含めていない。また、今回の分析では本試行Ⅵのデータも対象として含めていない。支援方法なしの条件を経験した参加者2名のデータが損失されたため、1名のみデータを対象とした。コミュニケーション支援方法に対する初印象の傾向を把握するため、本試行ⅠかⅡのデータを考慮し、主観評価の平均値と標準偏差を図3-80に示した。

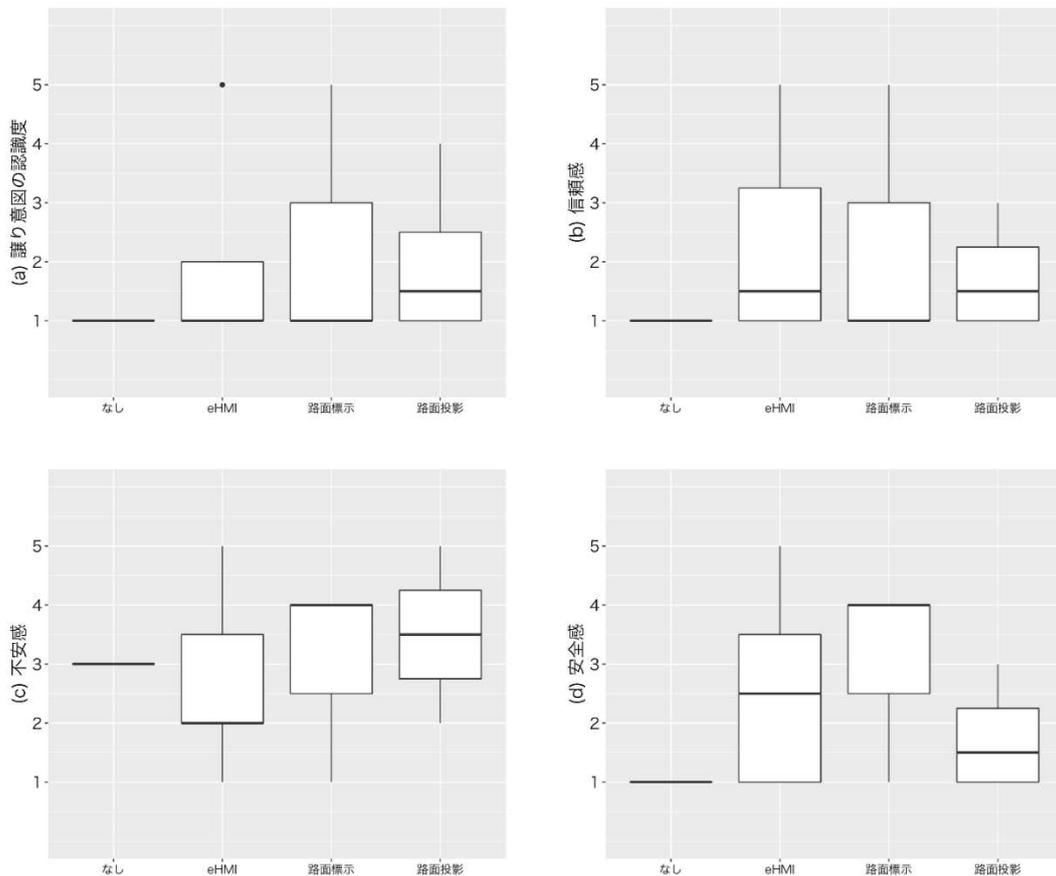


図 3-80 各主観評価項目に対する実験参加者の評価

図 3-80 の結果から、全体的な傾向としては、4つのコミュニケーション支援方法の間に違いはあまり見られないと考えられる。路面投影については、路面

投影の意味が伝わりにくく、それが他に比べて低い信頼感と安全感、また、高い不安感を生み出した可能性が考えられる。それとは反対に、自動運転サービスカーが走行するルートの意味する路面表示を提示することで、自動運転車に対する歩行者の安心感が高められる可能性が見られた。しかし、3.7.2.6.で記述した仮説を検証するためには、外向け HMI と路面表示の条件でも大きいばらつきが見られていて、譲りの認識度に対する評価の平均値は外向け HMI 条件での評価と違いが見られないことから、各支援方法間での違いを明らかにするためには、より多くの実験参加者によるデータが必要だと考えられる。

3.7.3. 本節のまとめ

二つの VR では、道の駅等を拠点とした自動運転サービスで想定されるコミュニケーション場面である狭路での歩行者横断時のケースにおいて、自動運転サービスカーの適切な意図伝達方法を検討した。また、歩行者を追従する自動運転サービスカーとの円滑なコミュニケーションを探る支援方法について検討した。結果として、以下の知見が得られた。

- “お先にどうぞ” という表示は、歩行者に早い横断を促すのに効果的である可能性が示唆された。
- ゴルフカートにおいて、早期停止は譲り意図が伝わりにくい。停止位置が離れると譲り意図が伝わりにくくなり、その許容される距離は車体の大きさによって異なることが考えられる。また、外向け HMI によって早期停止による譲りの認識度の低下が改善される可能性が示唆された。
- バスにおいて、近距離での停止は圧迫感を感じ心理的なストレスが大きくなることが示唆された。
- 歩行者の横断時の主観評価に停止位置が大きく影響する。
- 早期減速では外向け HMI の表示から停止までに時間がかかるため、不安が大きくなることが考えられ、表示と車両挙動を整合性のとれたものにする必要があることが示唆された。
- 歩行者の後ろから追従してくる自動運転ゴルフカートが走行するルートを路面上に表示することで、自動運転車に対する歩行者の安心感の向上が考えられる。
- 歩行者の後ろから追従する自動運転ゴルフカートとのコミュニケーション時に、路面投影を用いたコミュニケーション支援は、自動運転車に対する歩行者の信頼を低下しつつ不安を誘発する要因になる可能性もある。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

3.8. 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

3.8.1. 車両挙動や外向け HMI を利用した自動運転車から交通参加者へのコミュニケーションに関する検討

3.8.1.1. 実験目的

道の駅の駐車エリアを対象として、低速走行の移動・物流サービスの自動運転車から歩行者への安全・安心で円滑なコミュニケーションを促す方法を調査するために VR 環境による被験者実験を実施し、車両挙動と外向け HMI の組合せが歩行者の車両通路の横断に及ぼす影響を定量的に分析した。また自動運転車が歩行者後方から接近する際の歩行者の回避場面におけるコミュニケーション支援として、低速走行の自動運転車（ゴルフカート）とのコミュニケーションにおける支援として、テキスト表示や路面投影などの外向け HMI、移動経路を描いた路面標示を取り上げ、歩行者の回避行動に関わる認識・判断・行動、心理面にもたらす影響を調査した。

3.8.1.2. 実験装置

3.5.1.5 節に記述した内容と同様の VR 仕様を用いて、慶應義塾大学矢上キャンパス 14 棟 B203 号室、及び 24 棟 609 号室にて実験を実施した。

3.8.1.3. VR 実験環境

実験参加者がタスクを行った実験場面の一つである駐車場の上面図を図 3-81 に示す。狭路と駐車場それぞれの環境が実験参加者と自動運転サービスカーのコミュニケーションにどのような影響を及ぼすか比較検討するため、初期位置(図 3-82 の (a) 参照)や自動運転サービスカーやその他交通を観察する位置(図 3-82 の (b) 参照)、観察し始めの自動運転サービスカーの先端から実験参加者までの距離、横断区域の幅は全て狭路と共通にした。ただし、駐車場では店舗の入り口まで向かう際に斜め横断をする歩行者が頻発する可能性が先行研究で報告されており [24]、現実的に起こりそうな横断を再現するために、目的地は右方向にある建物の入り口とした。横断箇所手前から見た右方の画像を図 3-83 に示す。なお目的地は図 3-83 に記載してある。



図 3-81 VR 実験で実装した駐車場の上面図



(a)初期位置



(b)周囲の交通を観察する位置

図 3-82 実験参加者の立ち位置



図 3-83 横断箇所から見た右方の画像

3.8.1.4. 実験タスク

本実験では実験参加者に、図3-81および図3-82(a)のように赤丸で示された

初期位置から、コントローラのタッチパッドを使い目的地までの歩行を再現してもらった。また、VR上で進んでいる最中は実際に歩行している感覚に近づけるために、軽い足踏みをしてもらった。以下に実験タスクの手順を示す。

1. 実験場面が始まるまで、顔を下向きで待機
2. 実験場面が始まったら顔を下向きのまま図3-82(b)で示した赤丸まで歩行
3. 自動運転サービスカーのいる右方向を1秒かけて確認
4. 周囲の交通を確認した上で少しでも安全に横断できると判断したら横断開始
5. 目的地まで歩行
6. 目的地までたどり着いたらアンケート場面に移り、4つのアンケート項目に回答
7. 回答を終えたら顔を下向きで待機

上記に示した1~7を各実験条件に適用し繰り返した。

3.8.1.5.実験条件および構成

本VR実験で用いた条件は、3.7.1.4.で述べた実験条件と同様の条件である。4種類外向けHMI（外向けHMIなし、“お先にどうぞ”、“とまります”、“自動運転中”）、車両挙動（通常減速、早期減速、早期停止）、車両タイプ（ゴルフカート、中型バス）の3つの実験要因を設定し、道の駅の駐車場を模擬した交通場面对象として実験を実施した。

同じく、実験構成も3.7.1.5.で記述した構成を採用して駐車場を対象とした実験を実施した。

3.8.1.6.実験タスク

本実験では、道の駅の駐車場を再現し、右側から接近してくる車両を確認し、横断できると判断したときにコントローラのトラックパッドを用いることで横断するというタスクを課した。また、各試行の横断後にアンケートを実施した。

3.8.1.7.実験手続き

本実験は、慶應義塾大学理工学部・理工学研究科生命倫理委員会からの承認を得て実施された。実験開始前に、実験参加者に対して実験内容の説明を行い、

実験協力への同意を得た。実験の手続きは、3.7.1 節で述べた実験の手続きと同様である。

3.8.1.8. 評価項目

実験参加者には、年齢、性別、視力、普段の歩行の特性、運転頻度等について事前にアンケート調査を行った。全試行終了後には、有効な意図伝達方法、シミュレータ酔い等についてのアンケートに回答させた。歩行者と自動運転サービスカーのコミュニケーションにおける歩行者の心理的側面を測る指標として以下の4つの項目を用意した。1 試行終了ごとに VR 空間の画面が切り替わり、4 項目の主観評価アンケートが表示され、実験参加者に7段階の尺度から数字を選んでもらい口頭で回答させた。実験実施時に使用したアンケート内容は、3.7 節に記述した VR 実験で用いたアンケートと同じである。

(1) 完全停止から横断開始までの時間

実験参加者が右側から接近してくる自動運転サービスカーからの譲りを認識して横断を開始したタイミングに着目して、車両が完全停止したタイミングとの時間差を、完全停止から横断開始までの時間と定義する。正の値は、車両が完全停止する様子を確認してから実験参加者が横断を開始したことを意味し、負の値は、車両の完全停止前に横断可能と判断して横断を開始したことを意味する。

(2) 主観評価

譲りの認識度：1 つ目の質問で、右側から接近してきた自動運転サービスカーからどの程度譲られていると感じたかを評価させた。この回答を譲りの認識度と定義する。

車両に対する信頼度：2 つ目の質問で、右側から接近してきた自動運転サービスカーに対してどの程度信頼することができたかを評価させた。この回答を車両に対する信頼度と定義する。

車両に対する不安感の程度：3 つ目の質問で、右側から接近してきた自動運転サービスカーに対してどの程度不安に思ったかを評価させた。この回答を車両に対する不安感の程度と定義する。

横断の安全性の程度：4 つ目の質問で、右側から接近してきた自動運転サービスカーに対してどの程度安全に渡れると思ったかを評価させた。この回答を横断の安全性の程度と定義する。

3.8.1.9.評価参加者

年齢による影響を減らすため、試験走路における実験参加者についての対象年齢を49歳以下の免許持ちの人に絞ったところ、実験参加者は40名（平均：26.3歳、標準偏差：9.68歳、18～49歳）となった。男女比は1:1で男性20名（平均：24.4、標準偏差：7.46）、女性20名（平均：28.1、標準偏差：11.18）であった。全実験参加者は両眼視力0.8以上で運転免許を保有していた。外向けHMIなしの条件は男性8名（平均：21.0、標準偏差：0.50）、女性2名（平均：47.0、標準偏差：2.00）、「お先にどうぞ」の条件は男性5名（平均：21.6、標準偏差：1.02）、女性5名（平均：24.8、標準偏差：8.75）、「とまります」の条件は男性3名（平均：41.3、標準偏差：5.44）、女性7名（平均：23.9、標準偏差：7.71）、「自動運転中」の条件は男性4名（平均：22.0、標準偏差：0.71）、女性6名（平均：29.5、標準偏差：12.42）であった。

3.8.1.10.実験結果

(1)完全停止から横断開始までの時間

各外向けHMIにおける横断判断タイミング別割合について以下の図3-84に示す。車両停止前に横断を開始した事例が外向けHMIなしで2件、「お先にどうぞ」で11件確認された。その他の条件については全て車両が停止した後に横断していた。

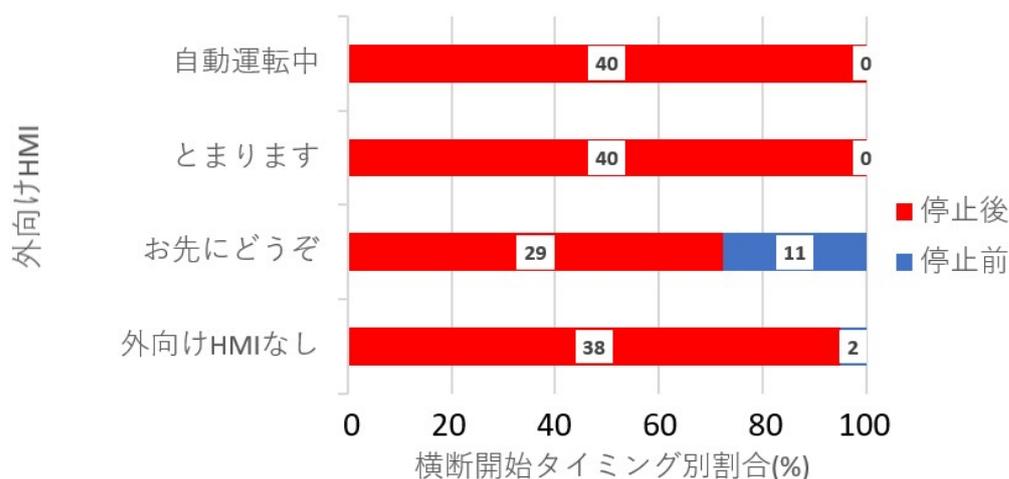


図 3-84 各外向け HMI における横断開始タイミング別割合

(2)車両動き出し始めからの横断開始タイミング

図 3-85 に車両動き出し始めからの横断開始タイミングを示す。早期減速、通常減速、早期停止の順で横断開始タイミングが早い結果となった。これは

狭路の結果と同じでほとんどの被験者が車両の停止を確認してから渡ったので、車両が動いている時間が影響するためである。また、中型バスを対象としたデータから、外向け HMI からメッセージが発信された 3 つの条件より、HMI なしで横断時間に対する大きいばらつきが見られた。

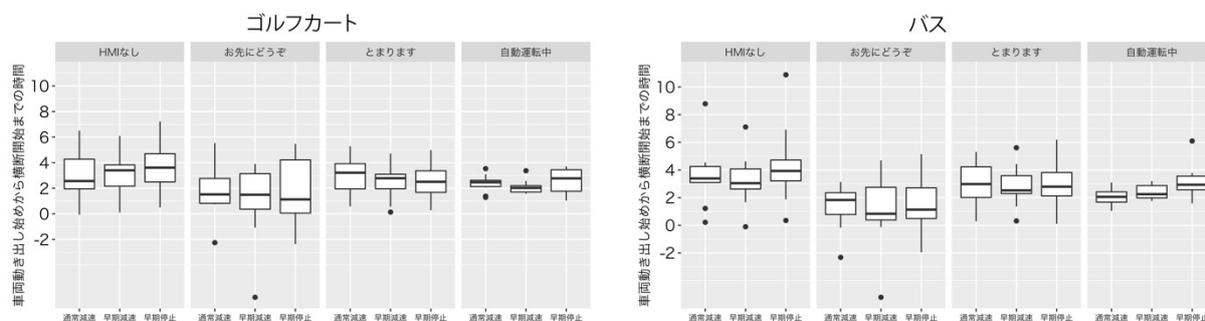


図 3-85 車両動き出し始めからの横断開始タイミング

(3)主観評価

(a)譲りの認識度

表 3-13 に譲りの認識度について 3 元配置分散を行った結果を示す。車両挙動の主効果に F 値 = 30.55、 p 値 = 0.0000、外向け HMI の主効果に $F = 3.79$ 、 $p = 0.0112$ 、車両挙動と外向け HMI の交互作用に $F = 6.93$ 、 $p = 0.0000$ で有意差が認められ、他の要因については有意差が見られなかった。

表 3-13 譲りの認識度における 3 元配置分散分析の結果（駐車場）

ソース	SS	df	MS	F	確率>F
車両挙動	63.1	2	31.55	30.55	0
外向けHMI	11.746	3	3.9153	3.79	0.0112
車両タイプ	1.504	1	1.5042	1.46	0.2288
車両挙動*外向けHMI	42.967	6	7.1611	6.93	0
車両挙動*車両タイプ	2.233	2	1.1167	1.08	0.341
外向けHMI*車両タイプ	0.646	3	0.2153	0.21	0.8905
車両挙動*外向けHMI*車両タイプ	1.367	6	0.2278	0.22	
エラー	223.1	216	1.0329		
総数	346.662	239			

図 3-86 に実験要因における譲りの認識度を示す。Tukey-Kramer の多重比較検定を実施したところ、早期停止と通常減速、早期停止と早期減速で有意差が

認められた ($p < 0.01$)。このことから早期停止は他条件と比べ、譲りの認識度が低い傾向が示唆された。一方で通常減速と早期減速で有意差が認められなかったことから、狭路と同じく駐車場内での譲りの認識度は車両の減速度ではなく停止位置に影響されることが示唆された。

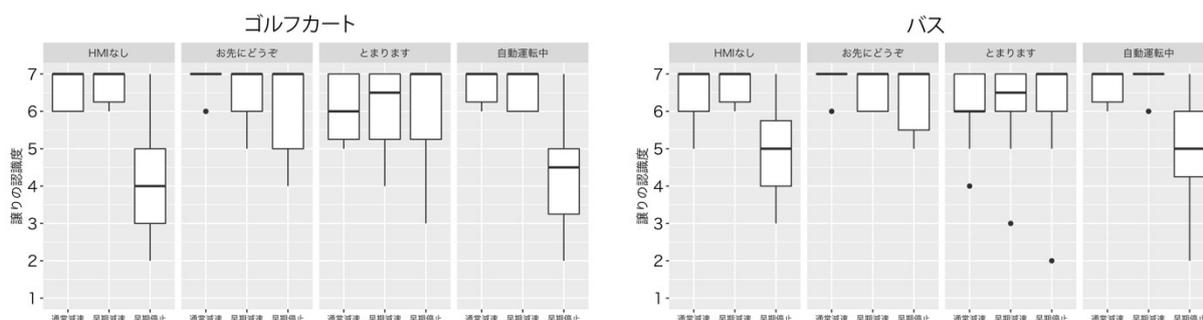


図 3-86 譲りの認識度

外向けHMI要因に対する主効果が見られたことから、Tukey-Kramerの多重比較検定を実施したところ、外向けHMIなしと「お先にどうぞ」において $p < 0.01$ で有意差が認められ、「お先にどうぞ」と「とまります」、「お先にどうぞ」と「自動運転中」において $p < 0.1$ で有意差が認められた。「お先にどうぞ」のような直接的な譲り表現が外向けHMIなしや他の表現よりも譲りの認識度が高い傾向が見られた。

最後に有意差が見られた交互作用（車両挙動*外向けHMI）について調べるため、Tukey-Kramerの多重比較検定を実施したところ、早期停止*外向けHMIなしと早期停止*「自動運転中」で他条件と $p < 0.01$ で有意差が認められた。このことから早期停止において特に歩行者に対して意図を伝達しない場合は譲りの認識度が低くなる傾向が示唆された。

(b)信頼感の程度

表 3-14 に信頼感の程度について 3 元配置分散を行った結果を示す。車両挙動と外向け HMI の交互作用に有意差が認められ ($F(6,216) = 5.38, p < 0.01$)、他の要因については有意差が見られなかった。

表 3-14 信頼感における 3 元配置分散分析の結果（駐車場）

ソース	SS	df	MS	F	確率>F
車両挙動	5.7	2	2.85	2.07	0.1282
外向けHMI	8.417	3	2.80556	2.04	0.109
車両タイプ	0.817	1	0.81667	0.59	0.4416
車両挙動*外向けHMI	44.333	6	7.38889	5.38	0
車両挙動*車両タイプ	2.133	2	1.06667	0.78	0.4614
外向けHMI*車両タイプ	1.083	3	0.36111	0.26	0.8521
車両挙動*外向けHMI*車両タイプ	1.367	6	0.22778	0.17	0.9856
エラー	296.8	216	1.37407		
総数	360.65	239			

各実験条件（車両挙動*外向け HMI）における信頼感の程度を車両タイプ毎に図 3-87 に示す。全体的な傾向として、外向け HMI なしと「自動運転中」で早期減速 > 通常減速 > 早期停止の順番で信頼度が大きいという傾向が得られた。一方で「お先にどうぞ」と「とまります」では早期停止 > 通常減速 > 早期減速の順番で信頼度が大きいという傾向が得られた。ここから特に歩行者に対して譲り・停止意図を外向け HMI によりメッセージとして伝達しない場合は減速度が小さく停止する場所は歩行者に近い方が信頼でき、譲り・停止意図を伝達する場合は減速度が多きく停止位置は遠い方が信頼できることが示唆された。

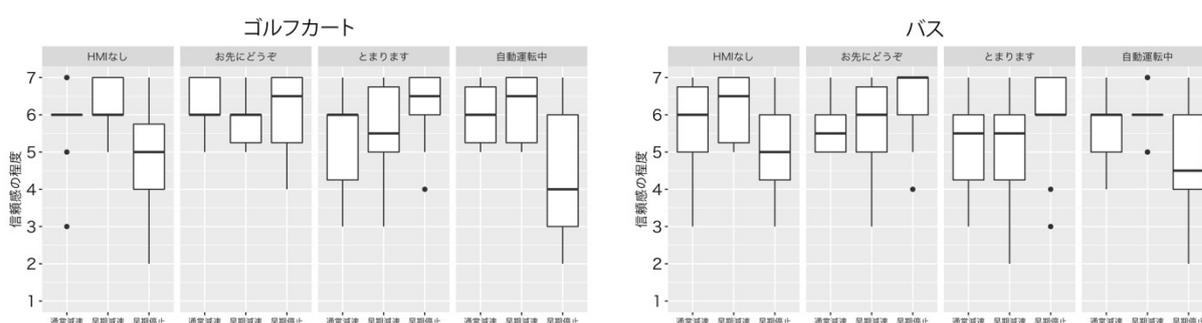


図 3-87 信頼感の程度

(c) 不安感の程度

表 3-15 に不安感の程度について 3 元配置分散を行った結果を示す。3 元配置分散分析からは、どの要因でも有意差が見られなかった。

表 3-15 不安感の程度における 3 元配置分散分析の結果

ソース	SS	df	MS	F	確率>F
車両挙動	3.658	2	1.82917	0.78	0.4607
外向けHMI	10.767	3	3.58889	1.53	0.2087
車両タイプ	1.667	1	1.66667	0.71	0.4008
車両挙動*外向けHMI	11.108	6	1.85139	0.79	0.5808
車両挙動*車両タイプ	4.658	2	2.32917	0.99	0.3731
外向けHMI*車両タイプ	3.833	3	1.27778	0.54	0.6532
車両挙動*外向けHMI*車両タイプ	5.042	6	0.84028	0.36	0.9051
エラー	508	216	2.35185		
総数	548.733	239			

各実験条件（外向け HMI*車両挙動）の不安感の程度について以下の図 3-88 に示す。分散分析の結果では有意差は認められなかったが、実験条件ごとに不安感の程度にばらつきが見られた。特に不安感として大きい値をとったのは早期減速*「お先にどうぞ」と早期減速*「とまります」であり、信頼度と反比例する形となった。

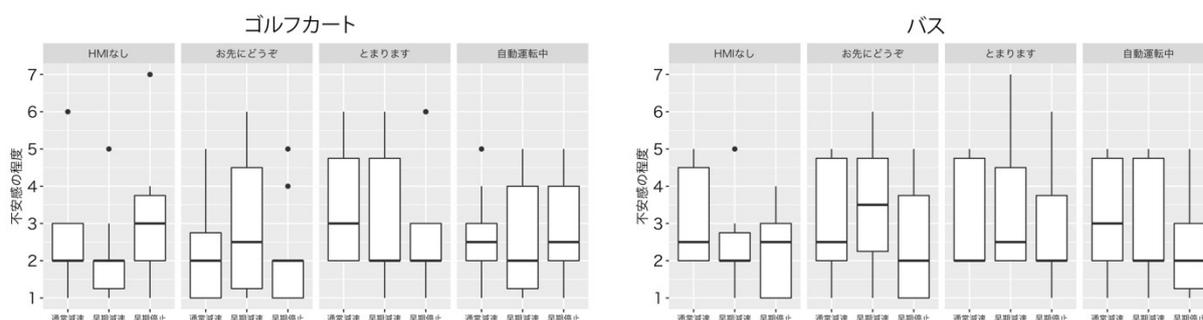


図 3-88 不安感の程度

(d)安全認識の程度

表 3-16 に安全認識の程度について 3 元配置分散を行った結果を示す。外向け HMI に有意傾向が見られ ($F(3,216) = 3.7, p < 0.05$)、他の要因については有意差が見られなかった。

表 3-16 安全認識の程度における 3 元配置分散分析の結果

ソース	SS	df	MS	F	確率>F
車両挙動	1.3	2	0.65	0.47	0.6234
外向けHMI	15.246	3	5.08194	3.7	0.0125
車両タイプ	0.938	1	0.9375	0.68	0.4095
車両挙動*外向けHMI	4.667	6	0.77778	0.57	0.7567
車両挙動*車両タイプ	0.4	2	0.2	0.15	0.8645
外向けHMI*車両タイプ	0.079	3	0.02639	0.02	0.9964
車両挙動*外向けHMI*車両タイプ	3.033	6	0.50556	0.37	0.8985
エラー	296.5	216	1.37269		
総数	322.162	239			

Tukey-Kramer の多重比較検定を実施したところ、外向け HMI なしと「とまります」、「お先にどうぞ」と「とまります」において $p < 0.01$ で有意差が認められた。このことから、「とまります」のような停止意図を伝達する場合は安全認識が低下することが示唆された。外向け HMI における安全認識の程度について箱ひげ図としてまとめたものを図 3-89 に示す。

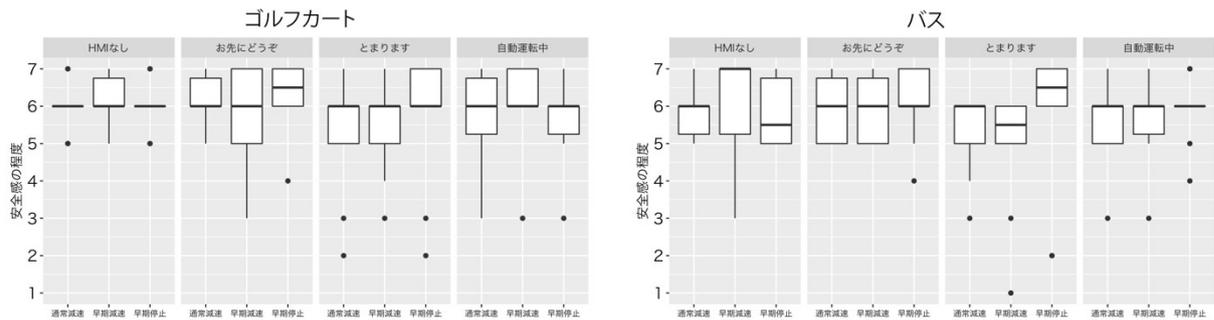


図 3-89 安全認識の程度

3.8.1.11. 考察

(1) 横断開始タイミング

「お先にどうぞ」を提示することで横断開始タイミングを早められる可能性が示唆された。他の外向け HMI の条件において車両が停止する前に実験参加者が渡るケースは外向け HMI なしの 1 件だけだったのに対して「お先にどうぞ」では 11 件確認された。優先権が曖昧である駐車場では「お先にどうぞ」を提示することで躊躇なく渡れる可能性が挙げられる。一方で、狭路での「お先にどうぞ」のケース（ $F=9.1$ ）と比較して駐車場では $F=13.53$ であることからより強い有意傾向が見られたがこの結果は、駐車場における歩行者の車両に対する優先権の意識は狭路よりも高いことが起因していると考えられる。

(2) 譲りの認識度と停止位置の関係性

駐車場では狭路と同じく早期停止を実施すると、車両挙動の他条件より譲りの認識度が低いことが示唆された。また、減速度よりも停止位置が重要であることが示された。これらの結果に対して狭路とは別に 2 つの可能性が挙げられる。

まず 1 点目は実験参加者視点でコミュニケーションの対象が自分ではない誰かかもしれないということである。図 3-90 に停止位置による想定されるコミュニケーションの対象の違いを挙げる。通常減速ないし早期減速においては自身に近い位置で止まるため自身に横断を促していると分かりやすい状況に置かれているが、早期停止では図 3-90 の早期停止でのコミュニケーションの赤矢印で示すような駐車車両に対して譲っているのかもしれないし黄矢印で示すような駐車車両の死角となる場所にもしかしたら別の歩行者がいてその人に譲っているのかもしれないと別の可能性を考える必要がある。また、実際に早期停止の譲りの認識度において 4 以下で回答をした実験参加者の半数以上が上記の理由を報告していた。駐車場の状況に依存するが考えられるコミュニケ

ーションの対象が増えることによって適切な停止位置は実験参加者により近くであるべきということが考えられる。



図 3-90 停止位置による想定されるコミュニケーションの対象の違い

2点目は早期停止が意図することの不透明さが挙げられる。自身から遠い位置に停止することによってそもそも譲りを意図した停止なのか、それとも全く別の意図があるのかが分からない。図 3-91 に早期停止が意図する別の可能性を挙げる。駐車場で早期停止することで駐車準備かあるいは運行ルートを変更するための一時的な停止なのかもしれないとの内省報告を一部受けた。ただし2点目の影響は「お先にどうぞ」のような譲り、あるいは「とまります」のような停止意図を示す外向け HMI をテキスト非表示型にすることで自身を認識し譲ってくれた感じを受け取ることができ、譲りの認識度が高くなった可能性が挙げられる。

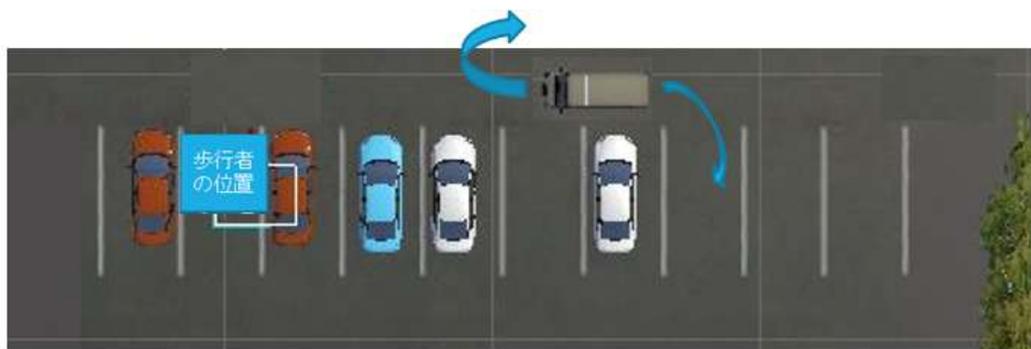


図 3-91 早期停止が意図する別の可能性

以上の2点より、駐車場内（特に人や車両が多いケース）においては、歩行者により近い位置で止まった方が、認識度が上がる可能性が示唆された。

(3) 車両挙動と外向け HMI の関係性

外向け HMI なしと「自動運転中」で早期減速 > 通常減速 > 早期停止の順番で信頼度が大きいという傾向が得られた。一方で「お先にどうぞ」と「とまります」では早期停止 > 通常減速 > 早期減速の順番で信頼度が大きく、不安感に関しては早期減速が一番大きいことが示された。また、「とまります」においては

外向け HMI なしと「お先にどうぞ」よりも安全認識の程度が低い可能性が挙げられた。

まず外向け HMI なしと「自動運転中」のような譲り・停止意図を伝達しない条件に関しては、早期減速が通常減速、早期停止と比べて減速度が小さいためより丁寧な譲りに感じやすいことが考えられる。

一方で譲り・停止意図を伝達する場合は、その意図に見合うようにメリハリのついた挙動が必要である可能性が示唆された。特に駐車場のような自身以外の別の交通参加者がコミュニケーションの対象である可能性が考えられる場合、早期減速のように制動距離が長いと本当に自身に譲っているのか分からないとの意見をいただいた。さらに「とまります」に関して、車両の停止が直接安全につながると考えている実験参加者にはこのように停止の意図が外向け HMI を通じて伝えられているのになかなか停止しないと整合性がなく安全に渡ることができないと考えている人が多かったことから、停止意図と車両挙動が矛盾していると捉えられる可能性も挙げられた。ただし今回設定した外向け HMI のテキスト非表示型のタイミングは減速開始時であるので、例えば早期減速で停止する直前にテキスト非表示型にさせればより整合性がとれ信頼感の向上、不安の緩和、安全認識の向上につながる可能性がある。

3.8.2. 外向け HMI・路面標示・路面テキスト非表示型を利用した自動運転車から交通参加者へのコミュニケーション支援に関する検討

3.8.2.1. 実験目的および概要

3.8.1 に続いて、道の駅の駐車場を対象とした自動運転車と交通参加者のコミュニケーションについて取り組んだ。赤城高原で収集した動画の解析からユースケースを抽出し、駐車場で同じ方向に向けて直進している歩行者と、歩行者を後続する自動運転車の間にインタラクションが見られた。ここで、歩行者の適切な状況認識と意思決定を導けるコミュニケーション支援方法が考えられる。3.7.2 節と同じく、道の駅に導入されている低速走行自動運転車のゴルフカートを想定して、外向け HMI・路面標示・路面投影の 3 つの支援方法を検討する。また、支援方法による歩行者の安心と円滑性について議論するため、赤城高原の駐車場の環境と 3 つのコミュニケーション支援方法を VR 装置を用いて実装した。VR 実験装置は A-ii と同様に HTC 社製の VIVE PRO EYE を用いて、慶應義塾大学新川崎 K2 キャンパスの K 棟 104 号室で実施した。実験室の環境は 3.5.1.3. 節の図 3-41 と同様である。

3.8.2.2.実験環境

本実験では、VR 機器を用いて道の駅の赤城高原の駐車場を模擬した。VR 上で実装した場面を図 3-92 に示す。詳細には、駐車場内を歩行する実験参加者の後ろから、低速で走行する自動運転ゴルフカートが接近してくるよう設定した。3.7.2 節で述べた内容と同じく、実験参加者との距離が一定未満になったら、自動運転ゴルフカートはクラクションを鳴らして、実験参加者に後続してくるゴルフカートの存在を気づかせた。ゴルフカートは、実験参加者が回避するため停止したまま待機した。回避が終わったら、ゴルフカートは走行を再開した。



図 3-92 VR 環境上で実装した赤城高原の駐車場

3.8.2.3.実験条件、実験タスク、実験参加者

この VR 実験は、3.7.2.で記述した単路での実験と一部を共有していることから、実験条件、タスク、参加者の情報は同様である。

3.8.2.4.実験の流れ

最初に VR 空間とコントローラの操作に慣れつつ回避の感覚を覚えさせるために後ろから接近してくる自動運転オーナーカーを対象として2回の練習試行を実施した。本実験の対象となるゴルフカート、赤城高原の駐車場、コミュニケーション支援方法に対する経験によって生じる学習効果を抑制するため、練習試行は道の駅芦北でこぼんエリアを再現した交通場面を用意した。また、練習試行では、支援方法は実施されなかった。2つの練習試行を経験してから、図 3-93 のように実験を実施した。本試行ⅢからⅤまでは、他のコミュニケーシ

ョン支援方法をランダムイズして経験させた。

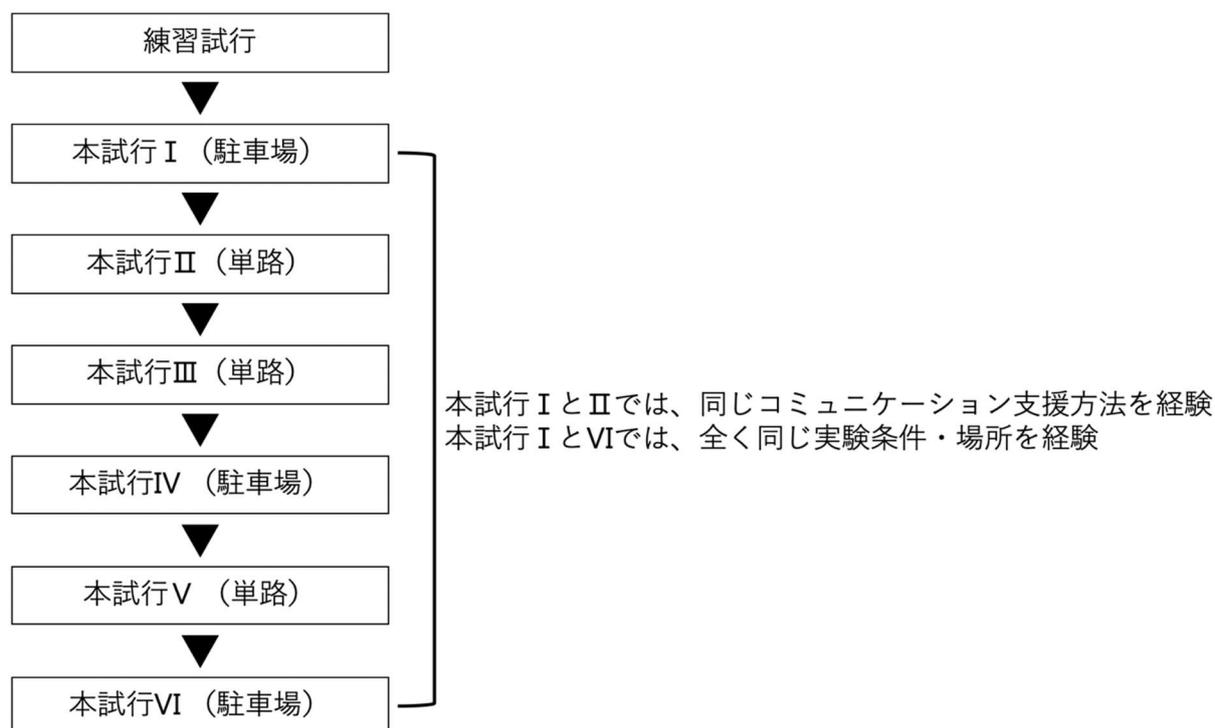


図 3-93 実験の流れ

3.8.2.5.評価項目と仮説

実験参加者には、実験に参加する前に、年齢、性別、視力、普段の歩行の特性、運転頻度等の項目を含むフェイスシートの作成を行ってもらった。各試行終了後に VR 空間に 3.1.7.8.の主観評価アンケート（譲りの認識度、信頼感の程度、路面投影、路面標示）が表示され、実験参加者には 4 つの項目について 5 段階のスケールで口頭で回答してもらった。実験終了後に、思考を伴う回答にするために理由も合わせて回答させた。

3.8.2.6.実験結果および考察

道の駅の駐車場でのコミュニケーション支援方法を初めて経験した際の心理面を把握するために、3.7.2.節と同じく、本試行ⅢからⅤまでのデータは評価の対象として含めてない。また、今回の分析では本試行Ⅵのデータも対象として含めていない。支援方法なしの条件を経験した参加者 2 名のデータが損失されたため、1 名のみデータを対象とした。コミュニケーション支援方法に対する初印象の傾向を把握するため、本試行ⅠかⅡのデータを考慮し、主観評価の平均値と標準偏差を図 3-94 に示す。

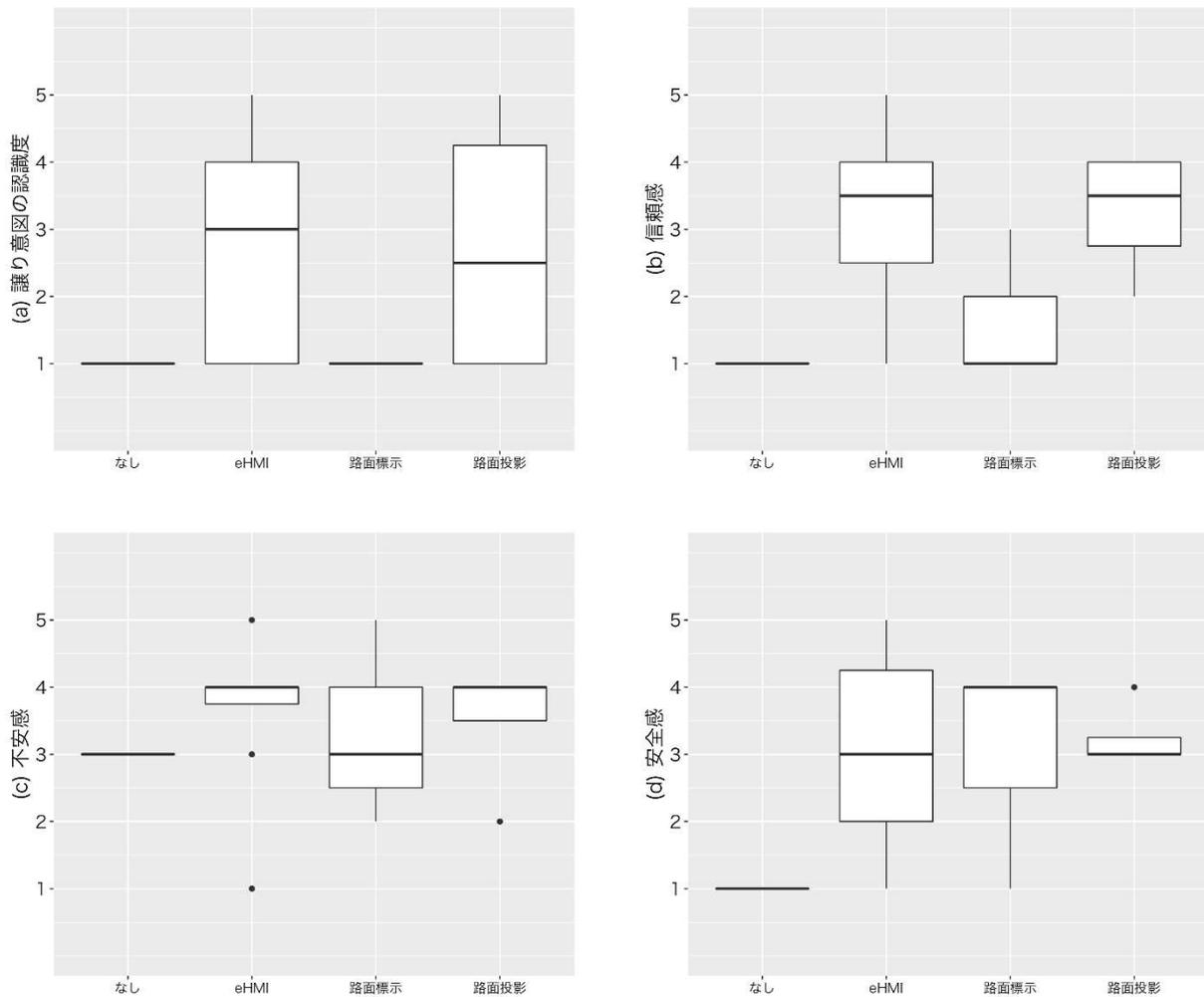


図 3-94 各主観評価項目に対する実験参加者の評価（駐車場）

全ての支援方法は、後ろから接近してくる自動運転ゴルフカートに対する歩行者の譲りの認識度の向上に大きく影響されなかったことがわかった。外向け HMI と路面投影条件におけるばらつきが大きいことから、より多い参加者の数が確保できることで、安定された結果が得られるかも知れない。しかし、現在得られたデータから算出した標準偏差の値が大きいことから、今後支援方法のさらなる検討が必要となる可能性もある。

路面標示は路面投影と外向け HMI によるメッセージ発信の支援方法より譲りの認識度と信頼感の程度に対する評価が低い傾向が見られた。奥永源寺の単路のデータ分析結果で見られた傾向と違って、駐車場での路面投影に関しては、他の支援方法と比べてネガティブな傾向が見られなかった。このことから、場所によるコミュニケーション支援方法の効果に対して違いがある可能性が考えられる。

最後に、支援方法なしの条件として得られたデータは 1 名に限るが、支援方

法なし条件より支援方法ありの3つの条件で、高い譲りの認識度・信頼感・安全感の程度が見られたことから、歩行と走行の優先権が確立されていない駐車場の交通環境では、支援方法が歩行者の状況認識や心理面に肯定的な影響を及ぼす可能性が考えられる。3.7.2.節に記述した単路を対象とした議論と同じく、駐車場の歩行者と自動運転ゴルフカート間のコミュニケーションを把握し、また、提案した支援方法間の違いを明らかにするためには、より多くの実験参加者によるデータ、また、歩行者の回避行動に対する客観的データの解析が必要だと考えられる。

3.8.3. 本節のまとめ

道の駅等を拠点とした自動運転サービスで想定されるコミュニケーション場面である駐車場での適切な車両挙動と外向け HMI の組み合わせが歩行者の横断に及ぼす影響について検討を行った。また、歩行者を後続する自動運転ゴルフカートとのコミュニケーションを支援する方法を提案し、VR 実験で赤城高原の駐車場と外向け HMI・路面投影・路面標示の3つの支援方法を再現した。分析から得られた結果を下記にまとめる。

- 駐車場では、コミュニケーションの対象が増加することにより譲りの認識度が下がる可能性が示唆された。また、譲り・停止意図を提示する外向け HMI を取り付ける場合は、制動距離が短い方がより信頼度を上げ、不安感を下げる可能性が示唆された。
- 歩行者と、その後ろから近づいてくる自動運転ゴルフカートの間に生じるコミュニケーションを対象としたとき、自動運転車が外向け HMI を介して意図を発信する方法や路面に青いライトを投影することで、自動運転車に対する歩行者の意図を理解と信頼感の向上が期待される。それとは反対に、走行経路を路面に表示する支援方法は、譲りの認識度や信頼感の向上に大きく影響しない可能性がある。
- 歩行者と歩行者の後ろから追従してくる自動運転ゴルフカートとのコミュニケーションの際に、歩行者に対するコミュニケーションを支援する歩行者の意思決定や心理面に肯定的効果をもたらす可能性がある。

3.9. 課題 A のまとめ

- 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
 1. 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、交差点や道路上、駐車場で交通参加者とのお見合いする場面で、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。
 2. 自動運転車は、低速であることや加減速が柔軟でないことから、交差点や道路上、駐車場で交通参加者とのお見合いする場面で、交通参加者が自動運転車の車両挙動から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。
 3. 自動運転車が軌道上のみしか走れないことを交通参加者が理解していないことによって、歩行者や自転車に自動運転車が後方から追いつく場面で、歩行者や自転車が十分に自動運転車の走行範囲から離れることができず、交通の不安全や非効率を引き起こしている。
 4. 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（自動車や自動二輪車）が追い越しを促されているように誤解したり、低速な走行によって焦ることで、後続の車両の追い越しを誘発し、見通しの悪い道路で対向車が接近している場合、追い越す車両と対向車が接触するような交通の不安全を引き起こしている。

 - 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
 1. 外向け HMI 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により、横断の際の周囲状況に対する歩行者の確認行動が低下する可能性への対応案として、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外向け HMI による意図発信を非表示する手続きを実施したところ、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、ニアミスや衝突の低減に関しては飛躍的な改善までには至らなかった。自動運転車の特性や外向け HMI の仕様について知識提供・教育などを検討する必要がある

 - 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外向け HMI の実装
 1. 自動運転の実験車両 2 台（公道走行可）については、導入した実験車両
-
-

2台ともに、新川崎 K2 タウンキャンパスの構内道路・駐車エリアに敷設した電磁誘導線を用いて自動運転の実現を可能とした

2. 試験走路環境において、横断のユースケース、接近・回避のユースケースを再現可能とし。2021年度早期に試験走路実験を実施する予定である

- 単路部や交差点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外向け HMI 等に関する検討と提案

<横断のユースケース>

1. 歩行者と自動運転車間のコミュニケーションに最も大きく影響する要因は自動運転車の車両挙動であり、歩行者が車両挙動のみで判断できない場合に外向け HMI が実装されていることで早めの判断を可能にする
2. “お先にどうぞ”を発信する外向け HMI は、歩行者の早い状況認識および横断判断を促す可能性が示唆されるが、外向け HMI の運用に関しては、負の影響などの影響も考慮して総合的に判断する必要がある
3. バスなどの大きな車両外観を伴う自動運転車の場合、歩行者との距離が長い場合でも横断判断時の不安感などを誘発するが、外向け HMI の実装により、不安感の低減や安全感の向上が期待できる

<接近・回避のユースケース>

1. 歩行者の後方から接近する自動運転ゴルフカートとのコミュニケーションでは、車両挙動や“とまります”などの外向け HMI による意図発信は、その状態における歩行者の適切な認識や判断を促すことが難しい。接近・回避のコミュニケーションに関しては、自動運転車が走行するルートを示すコミュニケーション方法が、その状態における認識や判断、心理面において効果をもたらす可能性がある

- 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

<横断のユースケース>

1. 駐車場では、一般道と比較して通行の優先権が明確でないことから、歩行者と自動運転車間のコミュニケーションに最も大きく影響する要因は自動運転車の停車位置であり、歩行者が車両挙動のみで判断できない場合に外向け HMI が実装されていることで早めの判断を可能にする
 2. 自動運転車の停車位置と外向け HMI を組合せてコミュニケーションを行
-
-

う際、歩行者との距離が長い場合に誰に向けられたコミュニケーションなのかが判断しづらく、横断判断時の不安感などを誘発する可能性がある

3. 単路部と同様、“お先にどうぞ”を発信する外向け HMI は、歩行者の早い状況認識および横断判断を促す可能性が示唆されるが、外向け HMI の運用に関しては、負の影響などの影響も考慮して総合的に判断する必要がある

< 接近・回避のユースケース >

1. 歩行者の後方から接近する自動運転ゴルフカートとのコミュニケーションでは、車両挙動や“とまります”などの外向け HMI による意図発信、自動運転車が走行するルートを示すコミュニケーション方法は、その状態における歩行者の適切な認識や判断を促すことに必ずしも寄与しない可能性があることが示唆される

参考文献

- [1] Habibovic, A., Lundgren, V. M., Andersson, J., Klingegård, M., Lagström, T., Sirkka, A., & Larsson, P. : Communicating Intent of Automated Vehicles to Pedestrians. *Frontiers in psychology*, Vol.9, pp. 1-17, 2018.
- [2] Dey, D., Martens, M., Eggen, B., & Terken, J. : Pedestrian road-crossing willingness as a function of vehicle automation, external appearance, and driving behaviour, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 65, pp. 191-205, 2019.
- [3] Ackermann, C., Beggiato, M., Schubert, S., Krems, J.F. : An experimental study to investigate design and assessment criteria: What is important for communication between pedestrians and automated vehicles?, *Applied Ergonomics*, Vol. 75, pp. 272-282, 2019.
- [4] 日本自動車工業会(2020) 自動運転の安全性評価フレームワーク Ver1.0. http://www.jama.or.jp/safe/automated_driving/pdf/framework.pdf
- [5] 国土交通省(2019) 道の駅「かみこあに」で自動運転サービス本格導入へスタート. http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/kisya/kisyah/images/78774_1.pdf.
- [6] 国土交通省(2019) 道の駅「コスモール大樹」を拠点とした自動運転サービスの長期実証実験を開始. https://www.hkd.mlit.go.jp/ob/douro_keikaku/fns6a1000000c1lt-att/fns6a1000000neat.pdf.
- [7] 国土交通省(2019) 常陸太田市における自動運転サービスの長期実証実験を開始. <https://www.mlit.go.jp/common/001293996.pdf>.
- [8] 国土交通省(2018) 道の駅「南アルプスむら長谷」において長期間の実証実験を開始. <https://www.cbr.mlit.go.jp/kisya/2018/11/1102.pdf>.
- [9] 国土交通省(2019) 道の駅「芦北でこぼん」を拠点とした自動運転サービスの長期間の実証実験を開始. http://www.qsr.mlit.go.jp/site_files/file/n-kisyahappyou/h30/19012305.pdf.
- [10] 国土交通省(2018) 中山間地域における長期の自動運転実証実験を開始～自動運転に対応した道路空間の基準等の策定に向けて～. <https://www.mlit.go.jp/common/001259382.pdf>.
- [11] 国土交通省(2019) 中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービス道の駅「奥永源寺溪流の里」を拠点とした自動運転サービスの長期実証実験を行います。～11月15日より実験を開始～. <https://www.kkr.mlit.go.jp/road/sesaku/jidouunten/ol9a8v000000a24a-att/a1573103073475.pdf>.
-
-

4. 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

4.1. アウトプットイメージ

本課題では、自動運転システムの実用化に際して懸念されるドライバーとシステム間のインタラクションに係る問題の解決を念頭に、その要素研究を行なっている。研究の方向性に関しては当初の計画に加え、目まぐるしく変化する技術開発動向に対応しその知見が産業界へスムーズに受け渡されるよう、自動車工業会、自動車技術会との協議を行い、出口イメージの修正・共有を行なってきた。本年度は以下に示す3点をプロジェクト終了時に到達すべき目標として合意を得た(図 4-1)。

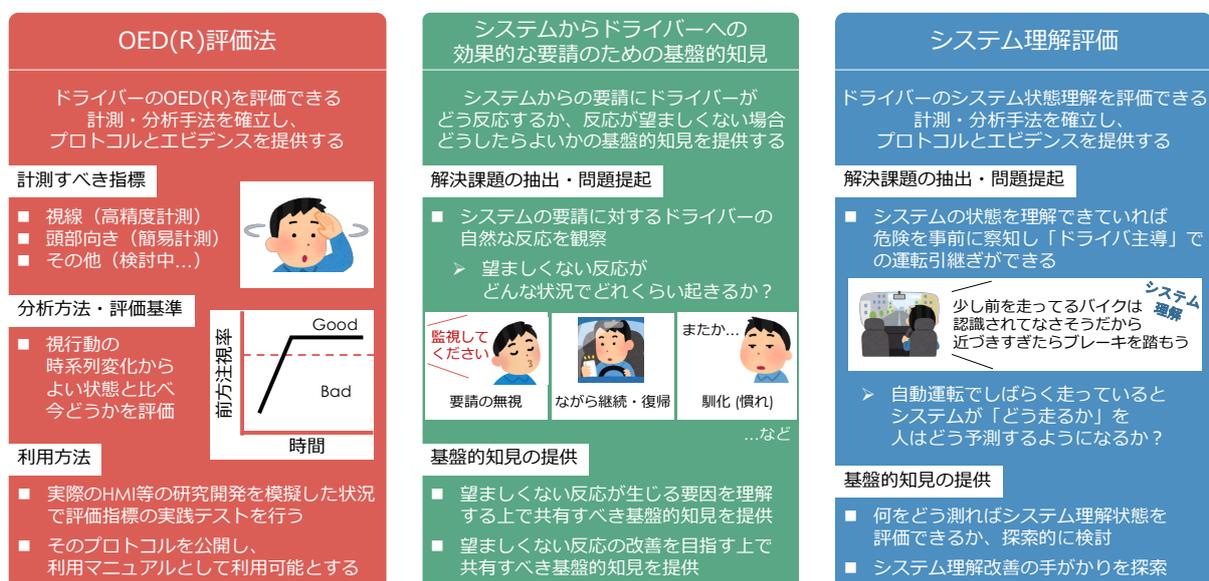


図 4-1 課題 B からの 3 つのアウトプット

4.1.1. ドライバーの OEDR 状態評価法の提示

ドライバーによる運転監視や介入操作(いわゆる OEDR; object event and detection response)を必要としない高度自動運転システムであっても、自動運転が許されている区間からの離脱、事故・天候不順などによる道路環境の変化、システム不良などによって、自動運転機能を利用可能とする要件(いわゆる ODD; operational design domain)を満たすことができなくなった場合には、ドライバーが運転を引き継ぐ必要が発生する。この場合、ドライバーに OEDR を義務づけているシステムの利用時に比べて、ドライバーにとっての引き継ぎタスクの難しさは高くなると予想される。なぜなら、ドライバーは引き継ぎの準備をしておらず、道路環境や自車の状況を全く知らない状態から引き継ぎをしなければならぬためである。そして安全な運転引き継ぎのためには、引き継ぎ

時点でドライバーが適切な OEDR を遂行できている状態にあるかどうかを評価する必要がある。そこで、運転引き継ぎを適切に実施するための方法と、そのために必要なドライバーの OEDR 状態の同定と計測・推定手法を確立する。成果はドライバーモニタリングシステムの基礎技術として活用したり、ドライバー支援 HMI を開発する際にその性能評価に利用したりできるよう、評価方法と評価基準の分かりやすい解説を提示する。

4.1.2. システムからドライバーへの効果的な要請のための基盤的知見の提供

安全な運転引き継ぎを実現するために、システムからドライバーに対して様々な要請が行われるが、いかに効果的な要請であってもその成否はドライバーが要請を受け入れ適切に遂行することが前提となる。そこで、実用化場面で想定されるシステムからの要請を妨げる要因の特定と対処法の提示を目指す。

4.1.3. システム理解状態の評価法の提示

自動運転の実用化におけるドライバーとシステムのインタラクションにおいては、ドライバーのシステム理解とドライバー主導の行動にも注目すべきである。例えば、ドライバーがシステムの苦手なことを理解できていれば、システムからの要請を待つことなく予防的な危険回避行動を取ることができ、より安全な運用が可能となる場合がある。そこで、自動運転システムの利用経験によりドライバーがシステムに対してどのような理解状態を構築し、それがどのようなドライバー主導行動に結びつくかを検討する。また適切な理解状態に導く介入手法についても検討する。

4.2. システム主導(RtIの提示あり)による自動から手動への遷移

本課題では、高度自動運転システムからの運転引き継ぎを適切に実施するための方法と、そのために必要なドライバーの OEDR 状態の同定と計測・推定手法の確立を目指している。今年度は、昨年度実施したシミュレータ実験で得られたドライバーの視線計測データを詳細に解析し、OEDR 状態推定手法の検討を行なった。

4.2.1. 方法

注視位置、注視持続時間、視線移動の検出

引継ぎ予告から運転引継ぎ直前までの 50 秒間を 5 区間に分け、各視対象（前方、ルームミラー、サイドミラー）に対して注視していたかどうかを毎秒 30 フレームで取得した各区間のアイトラッカー映像から検出した。また前方に関しては、走行環境の詳細を把握する小さな視線移動を分析するため、視線が左レーン、中央レーン、右レーンのいずれに向いているかについても分けて集計した。なお視線移動を行う際に生じる代表的な眼球運動であるサッカード（跳躍眼球運動）は、一般に、一度移動してから次の移動が起きるまでに 200 ミリ秒

程度の間隔が生じることが知られている。したがって、6フレーム（約200ミリ秒）未満の注視は計測誤差とし、注視として集計しなかった。また注視が瞬目により中断された場合、瞬目後も同じ視対象を注視していた場合には、連続した1回の注視としてカウントした（ただし瞬目の時間は注視持続時間から除外した）。

4.2.2. 結果

注視の頻度と持続時間

引継ぎ予告から運転引継ぎ地点までの50秒間を10秒ごとに5区間に区切り、各視対象（前方、ルームミラー、サイドミラー）に対して視線を向けた回数と1回の注視あたりの持続時間を検討した。引継ぎ予告から10秒毎の平均停留回数と注視時間を図4-2に示す。

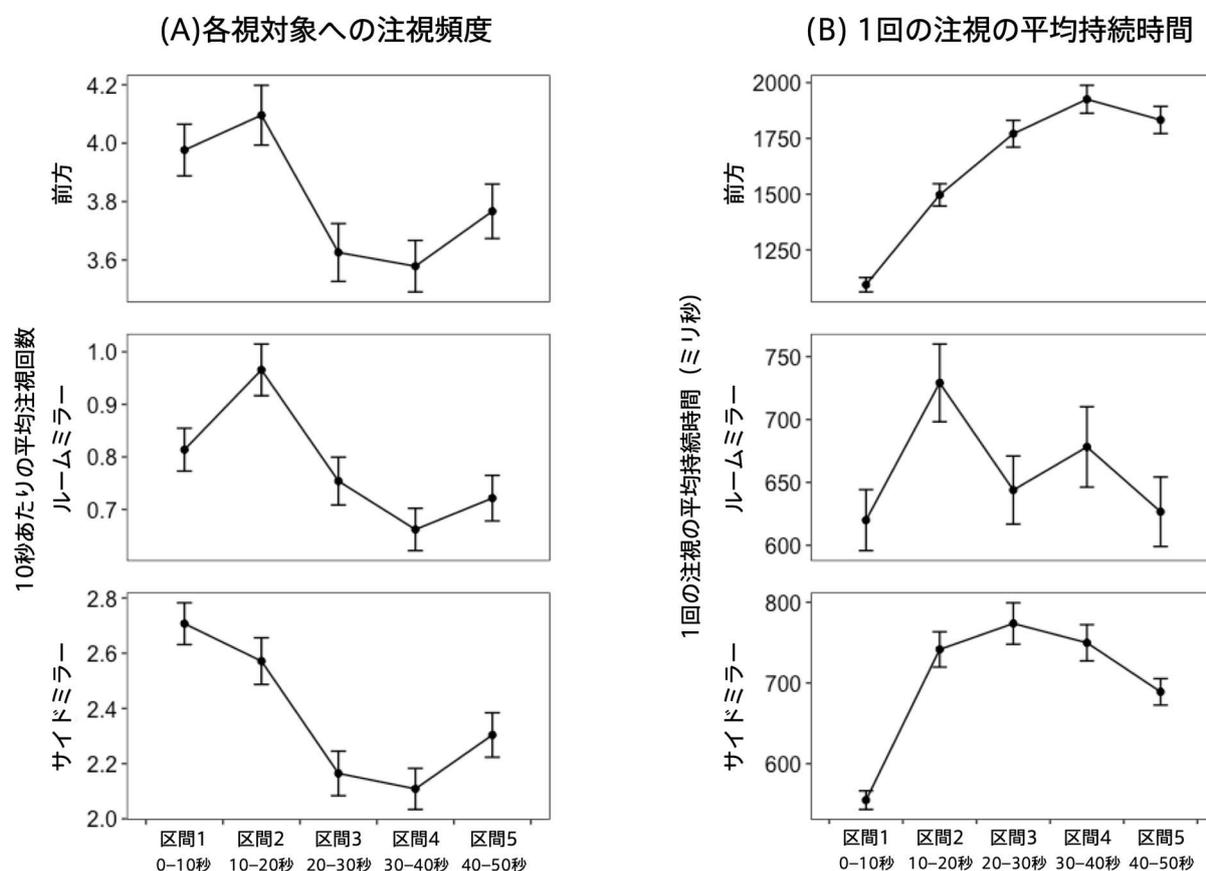


図 4-2 引継ぎ予告から10秒毎の (A) 注視頻度と (B) 注視持続時間。エラーバーは標準誤差を示す

前方に視線を向ける頻度は、区間1よりも区間3・4、区間2よりも区間3・4の方が低かった。前方への注視の持続時間は、区間1よりも区間2・3・4・5、区間2よりも区間3・4・5の方が長かった。すなわち前方に対しては、周辺監視開始直後から20秒程度は短い注視が高頻度で行われ、その後は長い注

視が低頻度で行なわれていたことが示された。

ルームミラーに視線を向ける頻度は、区間 2 よりも区間 3・4・5の方が低かった。ルームミラーへの注視の持続時間は区間による違いはなかった。すなわち、周辺監視開始後 20 秒までの注視が高頻度で行われ、その後、注視が少なくなっていくことが示された。

サイドミラーに視線を向ける頻度は、区間 1 よりも区間 3・4・5、区間 2 よりも区間 3・4の方が低かった。サイドミラーへの注視の持続時間は、区間 1 よりも区間 2・3・4・5の方が長かった。すなわち、周辺監視開始直後 10 秒程度は短い注視が高頻度で行われ、次の 10 秒では頻度は変わらず注視時間が長くなり、その後は注視頻度が低くなっていくことが示された。

視線移動頻度

引継ぎ予告から運転引継ぎ地点までの 50 秒間を 10 秒ごとに 5 区間に区切り、視線移動回数を検討した。その際、走行環境の詳細を把握するための視行動を反映すると考えられる小さい視線移動（右車線の先行車から左車線の先行車への視線移動など、前方映像内での細かい視線移動）と、より広く周辺環境を把握するための視行動を反映すると考えられる大きい視線移動（ミラーからミラーへの視線移動など、視対象の間の大きな視線移動）を分けて算出した。平均視線移動回数を図 4-3 に示す。

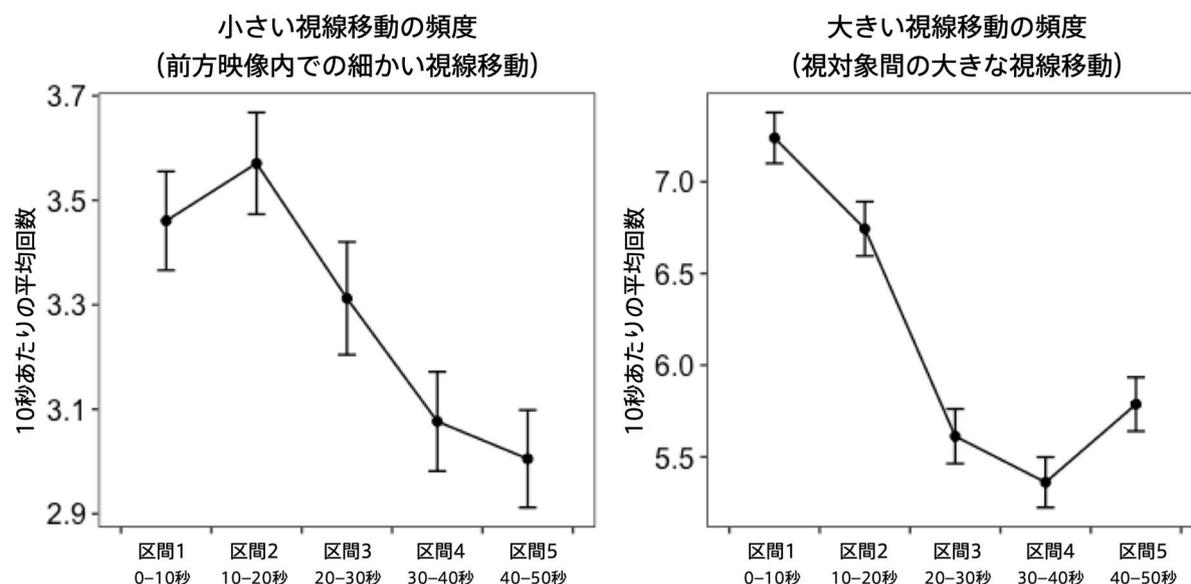


図 4-3 引継ぎ予告から引継ぎまでの周辺監視期間における平均視線移動回数。(A)小さい視線移動（前方映像内での細かい視線移動）、(B)大きい視線移動（視対象の間の大きな視線移動）。エラーバーは標準誤差を示す

小さい視線移動頻度は、区間 1 よりも区間 5、区間 2 よりも区間 4・5の方が

低かった。大きい視線移動頻度は、区間 1 よりも区間 3・4・5、区間 2 よりも区間 3・4・5 の方が低かった。すなわち、視線移動はその大小を問わず周辺監視開始から 20 秒程度までは多く行われ、その後頻度が低くなることが示された。

4.2.3. 考察

今年度は昨年度得た実験データより、周辺監視を開始してから運転引き継ぎを実施する直前までの注視頻度・持続時間、視線移動頻度を新たに抽出し、周辺監視中のドライバーの注視行動の特徴を明らかにすることを目指した。

まず注視頻度・持続時間の分析より、周辺監視開始から 20 秒までは高頻度で長いミラー確認行動が多いことが示された。これは、周辺監視開始直後は側方・後方の状況が分からないため、その把握を目指したものと考えられる。また、その後ミラーへの注視は少なくなつ短くなったが、これは側方・後方の状況を把握できた状態を反映するものと考えられる。前方確認行動は、周辺監視開始から 20 秒までは高頻度で短い注視が多かった。これはミラー確認行動が多かった時間帯と重なるため、側方・後方の状況理解のために前方注視が疎かになっている状態を示すと考えられる。その後、ミラー確認行動の減少に伴い、長く持続する前方注視が行われるようになった。これは周辺の状況を把握できた後の安定状態に達したことを示すものと考えられる。

本年度の分析結果は、周辺監視開始からドライバーが周辺の状況を把握して安定状態に達するまで 20 秒程度を必要とするとする昨年度の分析結果と整合するもので、その結論を補強するものであるといえる。また昨年度報告した時間あたりの注視率および頭部正対率に加えて、新しい指標（注視頻度、注視時間、視線移動頻度）によっても OEDR 状態評価に利用できる可能性が示された。新指標は昨年度示した指標に比べて、計測・分析の技術的ハードルは高いものが多いが、周辺監視開始後 20 秒程度から急峻な変化を示す指標もあり、周辺理解の安定状態の検出においてより高感度である可能性がある。また個人差や状況によるばらつきの大きい人間計測指標においては、複数指標による多角的な評価が有効な場合もあり、利用可能な指標が増えたことは今後の OEDR 評価手法の確立に向けての好材料となると期待される。

4.3. ドライバー主導による自動から手動への遷移

今年度の目的

広範な潜在リスクを包括的に提示し、ドライバー主導の介入行動に適したシステム理解状態を醸成する HMI を提案、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。

4.3.1. 実験 1

ドライビングシミュレータ実験により、レベル 2 自動走行時と手動運転時の運転行動の差異を特定する。

手動運転時とレベル 2 自動走行時のドライバー挙動の差を特定することで、システム理解状態測定の客観的指標を確立することを目的とし、10 人の実験協力者に対してドライビングシミュレータ（図 4-4）を用いた実験を行った。Smart Eye 製の 3 つの赤外線カメラで構成される視線計測システムをダッシュボード上に設置して計測を行った（図 4-5）。



図 4-4 ドライビングシミュレータ



図 4-5 視線計測システム

本実験で用いた道路環境を図 4-6 に示す。この道路環境は日本の主要な国道を模擬している（片側 3 車線）。いずれの条件においても自車は第 2 車線を走行し、特に危険なことが起きない限りは、車線変更をせずに前走車に追従する。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。リスクシーンは、第 1 車線または第 3 車線に車線規制用のパイロンが現れるシーン（図 4-7(a)）、第 1 車線と第 3 車線に複数台のバイクと乗用車が現れ、追い抜きが発生するシーン（図 4-7(b)）、霧が発生してやや前方視界が悪くなるシーン（図 4-7(c)）の 3 種類である。いずれのシーンでも事故につながるような危険なイベントは発生しない。

本実験では、シミュレータのホストコンピュータによって、車間自動制御（Adaptive cruise control）および車線維持システム（Lane keeping assist system）によって構成される、レベル 2 自動走行に相当するシステムを再現した。実験は手動運転およびレベル 2 自動走行と非運転タスク（Surrogate Reference Task、図 4-8）の有無を組み合わせた 4 条件で行われた。

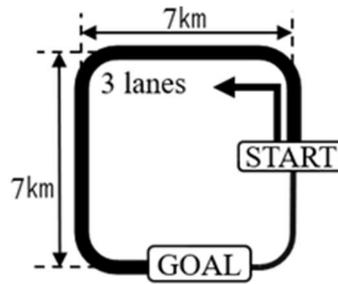


図 4-6 道路環境

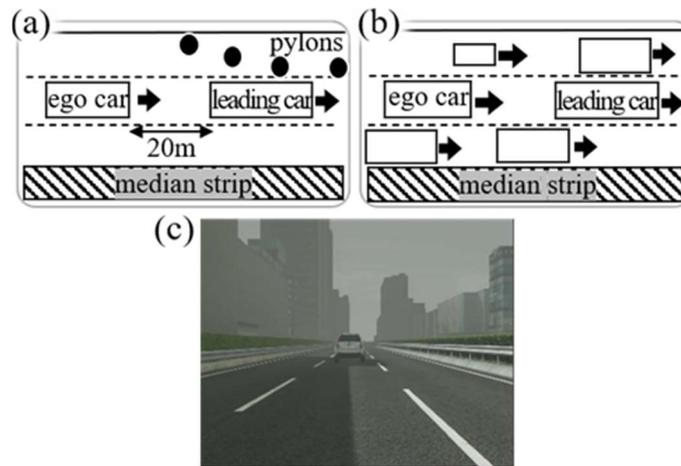


図 4-7 潜在的なリスクシーン（3種類）



図 4-8 非運転タスク

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。順序効果をキャンセルするために、実験協力者ごとにラテン方格により実験条件の順番を入れ替えた。最初に、運転の責任の所在やドライバーの監視義務等を含む自動走行システムに関する一般的な説明と、シナリオに関する説明を行い、シナリオの最後まで安全に走行することを求める旨を実験協力者に伝えた。そして、手動運転およびレベル 2 自動走行を使用しての練習走行をそれぞれ数分間行った。

運転中の参加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、レベル2自動走行システム使用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短くなり、それ以外の領域への注視時間が長くなる傾向がみられた（表 4-1、表 4-2）。また、瞬目や閉瞼活動の分析においても、有意差が認められ、瞬目間隔の短縮および長時間閉瞼回数の増加がレベル2自動走行システムに対する過剰な信頼や不適切なシステム理解状態の影響による覚醒水準低下の指標になるといえる。

表 4-1 非運転タスクなし

	手動運 転(秒)	レベル2自 動走行(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

表 4-2 非運転タスクあり

	手動運 転(秒)	レベル2自 動走行(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 ディ スプレイ	92.8	224	0.0062

4.3.2. 実験 2

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。

本研究では、レベル2自動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自動走行の安全な運用を可能とするための新しい HMI として、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、18 人の実験協力者に対してドライビングシミュレータを用いた実験を行い、その有効性の評価を行った。

本研究で提案する HMI は、前方の画像に対する物体認識の結果を、ドライビングシミュレータのダッシュボードに固定されたディスプレイにリアルタイムで表示する（図 4-9）。結果は認識対象物を取り囲む長方形として前方画像に上書きする形で表示され、ドライバーは認識されている物体、見逃されている物体をそれぞれ読み取ることができる。認識システムは、TensorFlow Object Detection API および、それに付随して公開されている事前学習済みの機械学習モデルを用いて構築した。モデルは Faster RCNN と ResNet で構成された。実験シナリオに登場するにも関わらず認識されない物体をあえて設定

することで、システムが認識できない物体の種類を実験協力が理解できるかを評価するために、認識対象を car、van、truck の 3 種類のみ絞った。したがって、二輪車や道路規制用のパイロンなどの物体は認識されない。

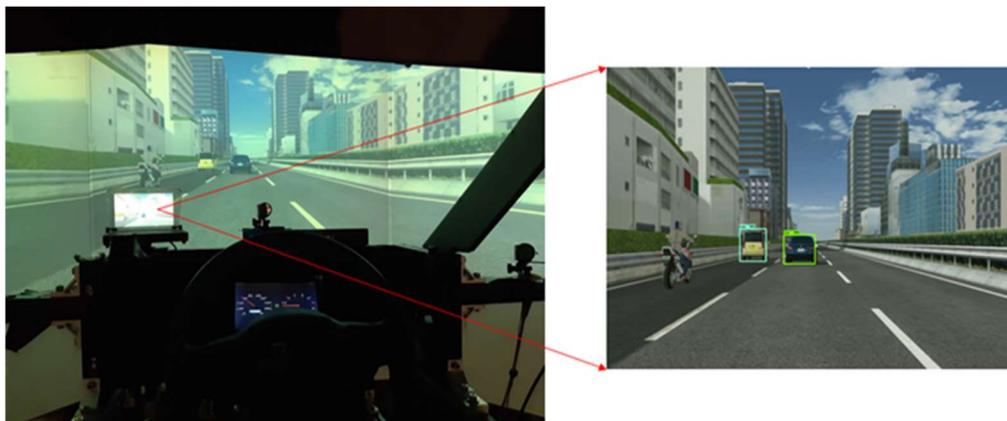


図 4-9 提案する HMI

本実験では、2 種類の顕在リスクシーンと 3 種類の潜在リスクシーンを用意し、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。顕在リスクシーンには、システムに認識されない、または認識が難しい物体が含まれており、ドライバーの介入がなければそれらに衝突する事故が起きる状況が設定された。潜在リスクシーンにも同じ物体が含まれたが、それらによって事故が発生することはない状況が設定されていた。顕在リスク図 4-10 (A) および潜在リスク図 4-11 (a) には、先行車両の通過直後に非優先道路から突然進入してくる他車両が現れた。顕在リスクではシステムによる認識とブレーキが間に合わず、ドライバーの介入がなければ進入車両に追突した。顕在リスク図 4-10 (B) および潜在リスク図 4-11 (b) には、車線規制のためのパイロンが登場した。パイロンは認識対象外のため、顕在リスクでは、ドライバーは衝突回避のためにブレーキまたはステアリングに介入する必要があった。潜在リスク図 4-11 (c) には、同じく認識対象外のバイクが現れた。

本実験で用いた道路環境は日本の主要な国道を模擬しており、初めの 4 分の 3 が片側 3 車線で、残りは第 1 通行帯が消失して片側 2 車線となっていた。片側 3 車線区間では自転車および先行車両は第 2 通行帯を走行し、3 種類の潜在リスクシーンが繰り返し発生した。片側 2 車線区間では自転車および先行車両は第 1 通行帯を走行し、最終的にシナリオ (i) では顕在リスクシーン (A)、シナリオ (ii) では顕在リスクシーン (B) が発生した。

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。参加者はランダムに2つのグループ（1）および（2）に分けられ、一方のグループはHMIを用いて実験を行い、もう一方はHMIを用いずに行った。順序効果をキャンセルするために、シナリオの順番はラテン方格を用いて参加者ごとに入れ替えた。

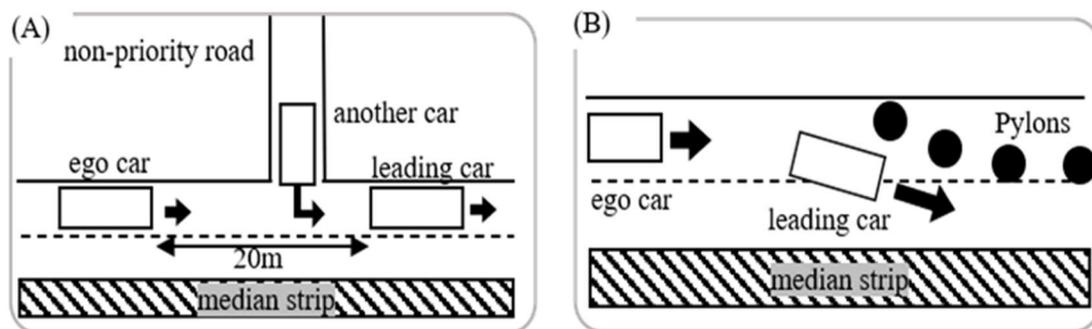


図 4-10 顕在リスク

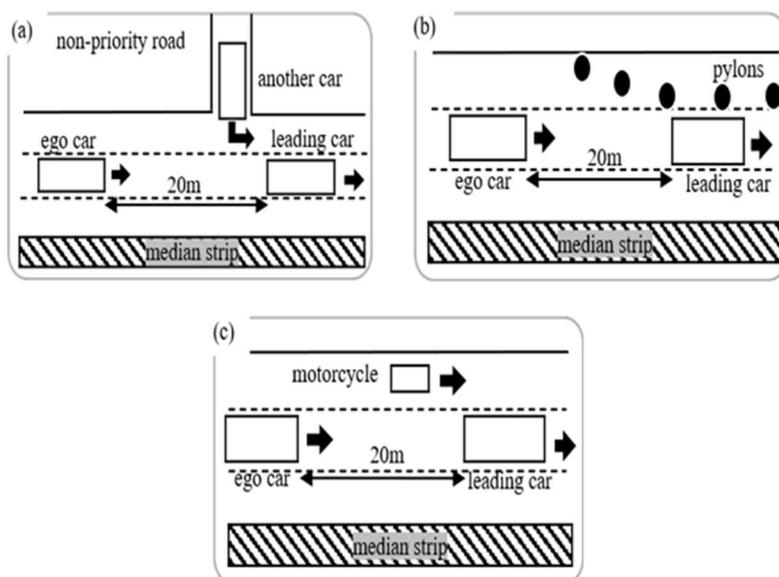


図 4-11 潜在リスク

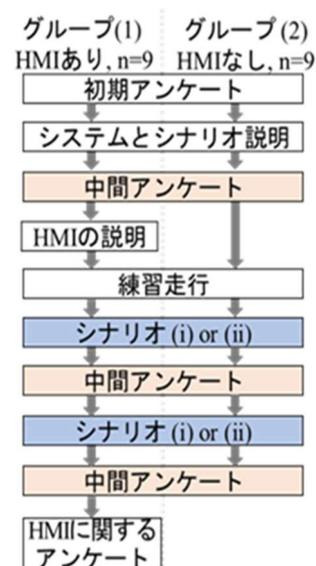


図 4-12 実験手順

実験手順の詳細を図 4-12 に示す。初期アンケートでは参加者の基本的な情報を収集した。シナリオ体験前の説明においては、運転の責任の所在やドライバーの監視義務等を含む一般的な説明を行った。どのようなリスクが何回発生するか等、リスクシーンに関する情報は一切与えられなかった。中間アンケートは全て同一内容で、システムに関する理解度や信頼度を問うものであった。1が「全く同意しない」、5が「完全に同意する」を意味する5段階の尺度で回答する方式であった。

2種類の顕在リスクシーンにおいて、ドライバーがリスク回避のための介入を行うまでにかかった時間を計測したが、HMIを用いて実験をしたグループと用いなかったグループの間で有意差は見られず、HMIによる反応時間の短縮効果は示されなかった。

システムの認識能力・システムの挙動と安全性・信頼度について問うアンケートの結果においては、2つのグループの間で、複数の質問項目に対する回答で有意差が見られ、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(図 4-13)。特に潜在リスクに関する項目における有意差が顕著であり、顕在的に体験しない潜在リスクをドライバーに意識させ続け、良好なシステム理解状態を醸成する効果が認められた。

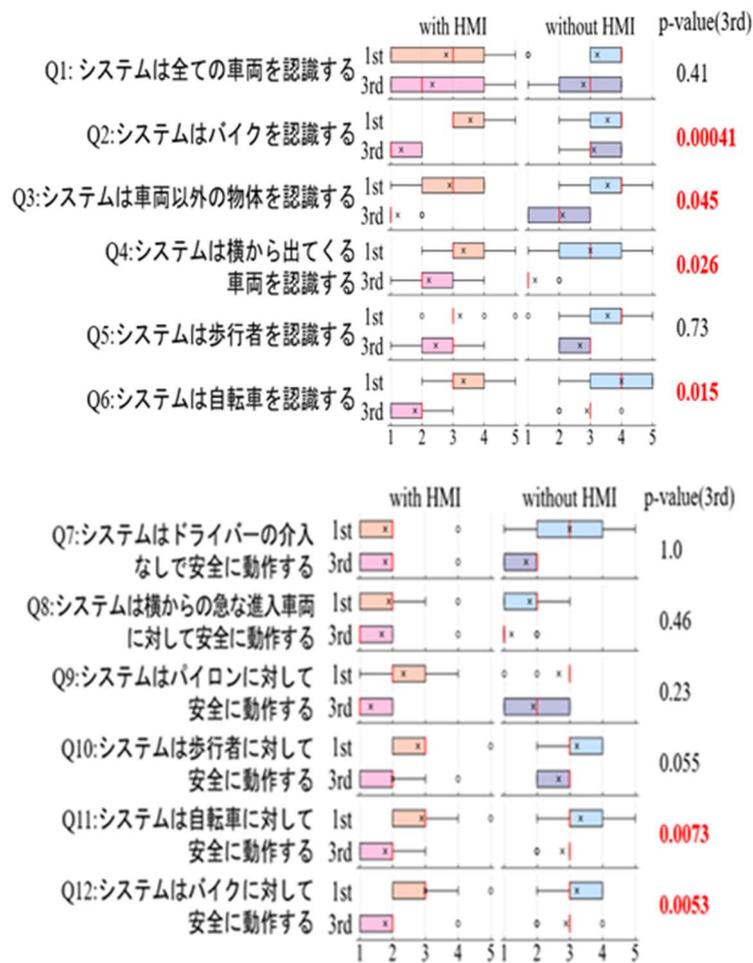


図 4-13 アンケートの結果

4.3.3. 実験 3

実験 2 で提案した HMI とフロントガラス投影型 HMI の 2 種類の HMI について、詳細な有効性評価と比較を行う。

実験 2 で提案した HMI とフロントガラス投影型 (HUD) HMI の有効性の評価を行うため、18 人の実験協力者に対してドライビングシミュレータ実験を行った。フロントガラス投影型 HMI を図 4-14 に示す。

実験では、実験協力者にはシナリオごとにレベル 2 自動走行システムの細かい仕様や苦手な状況は異なると説明し、シナリオ前に持っている知識ができるだけ等しくなるようにした。ただし、実際には、car、van、truck、motorcycle、pylon が認識可能なシステム(i)と、car、van、truck のみが認識可能なシステム(ii)を用いて、HMI の 3 条件 (HMI 非使用、実験 2 で提案した HMI、HUD HMI) と組み合わせた合計 6 条件で実験を行った。システムの変更に加えて、6 条件の実施順序を、ラテン方格によって実験協力者ごとに変更する方式での順序効果のキャンセルも行った。

実験シナリオでは、実験 1 と同じ潜在リスクが複数回発生した後、最後にバイクが減速しながら自車の前方に車線変更してくる顕在リスクシーンが発生した (図 4-15)。いずれの潜在リスクシーンにおいても、ドライバーの介入がなくとも事故は発生しなかった。顕在リスクシーンにおいて、システム(i)はバイクを認識して自動で減速できたが、システム(ii)はバイクを認識できないため、ドライバーの介入がなければバイクに追突した。実験手順の詳細を図 4-16 に示す。初期アンケートでは参加者の基本的な情報を収集した。中間アンケートは、運転行動の自己評価、システムの認識能力に関する知識、システムの挙動に関する知識、システムへの信頼度を問うものであった。

最終の顕在リスクシーンにおける介入行動とアンケートを解析した結果、HUD HMI に、知識伝達、注意レベル向上、介入行動迅速化の効果が認められ、適切なシステム理解状態醸成に有効であることが示された。実験 2 で提案した HMI には、介入の迅速化効果は認められないものの、知識伝達に関しては、HUD HMI よりも有用性が高いことが示された。

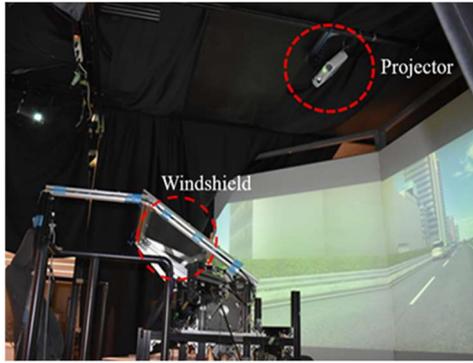


図 4-14 フロントガラス投影型 HMI

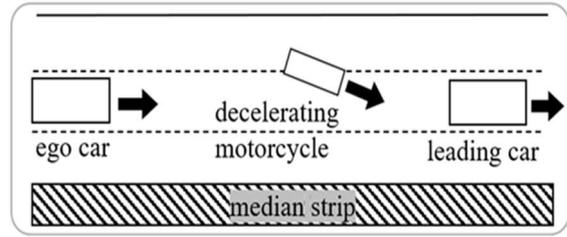


図 4-15 顕在リスクシーン

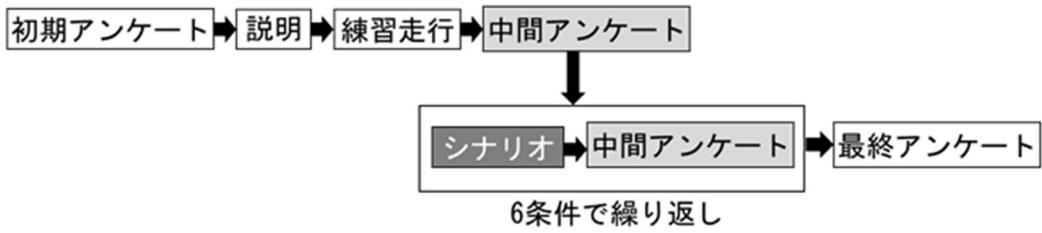


図 4-16 実験手順 (実験3)

5. 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

5.1. Web 調査

5.1.1. 実験目的

自動運転技術が急速に発展している中、一般の人々が自動運転の機能や用語に対して理解の不足や誤解などに懸念がある。本調査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、国内の各年齢層が自動運転への関心度や自動運転中ドライバーの役割について理解度と認識度、自動運転に関わる用語の理解度と認識度など現状を把握することを目的とする。アンケートの結果により自動運転の知識や教育の重視する問題に焦点を当て、調査の成果報告を行う。今年度は昨年度と同じ内容で、Web アンケート調査を行った。今年度は 2020 年 12 月上旬と 2020 年の 12 月下旬の 2 回に分け、総計 2044 名の回答者が参加した。本報告書は 2020 年 12 月上旬、2020 年 12 月下旬に行った 2 回の最新の調査結果を報告する。依頼先、回答者人数等詳細なスクリーニングの属性については、表 5-1、表 5-2 に示すとおりである。

表 5-1 2020 年 12 月上旬(2020-12A)の調査の詳細

実施時期	2020 年 12 月 7 日から 8 日
依頼先と調査方法	Web 調査：株式会社マクロミルの会員の調査
回答者数(n)と基準	1,044(下記の属性に偏りが出ないようにスクリーニング) →居住地区：9 区分（北海道／東北／関東／甲信越／北陸／中部／関西／中国・四国／九州・沖縄） →年齢：4 区分（若年（20－35 歳）／壮年（36－45 歳）／中年（46-60 歳）／高齢（61 歳以上）） →運転免許証の保有（または過去に保有していた） →同調査に参加したことはない

表 5-2 2020 年 12 月下旬(2020-12B)の調査の詳細

実施時期	2020 年 12 月 23 日から 25 日
依頼先と調査方法	Web 調査：楽天インサイト株式会社の会員の調査
回答者数(n)と基準	1,000(下記の属性に偏りが出ないようにスクリーニング) →居住地区：9 区分（北海道／東北／関東／甲信越／北陸／中部／関西／中国・四国／九州・沖縄） →年齢：4 区分（若年（20－35 歳）／壮年（36－45 歳）／中年（46-60 歳）／高齢（61 歳以上）） →運転免許証の保有（または過去に保有していた）

5.1.2. 回答者属性

回答者属性は以下の表 5-3、表 5-4 に示すとおりである。今年度の回答者数は 2044 人である。回答者の性別は表 5-3、回答者の年齢は表 5-4 に示している。

表 5-3 回答者の性別

	2020-12A	2020-12B
性別	N(%)	N(%)
男性	521 (49.9%)	500 (50.0%)
女性	523 (50.1%)	500 (50.0%)
総計	1044	1000

表 5-4 回答者の年齢

	2020-12A	2020-12B
年齢	N(%)	N(%)
20～35	261 (25.0%)	250 (25.0%)
36～45	261 (25.0%)	250 (25.0%)
46～60	261 (25.0%)	250 (25.0%)
61～	261 (25.0%)	250 (25.0%)
全体	1044	1000

5.1.3. 調査結果と考察

自動運転の情報の関心度の現状

表 5-5 回答者の自動運転の情報の関心度の集計表

自動運転の情報の関心度	2020-12A		2020-12B	
	N	%	N	%
新しい記事や報道がないか、自分でいつも探している	142	13.6	122	12.2
記事や報道をたまたま見かければ、必ず見る	221	21.2	251	25.1
記事や報道を見かけた場合、面白そうだったときだけ見る	449	43.0	457	45.7
記事や報道を見かけても、ほとんど見ない	232	22.2	170	17.0
全体	1044	100	1000	100



図 5-1 2012-12A 調査(上)と 2012-12B 調査(下)
自動運転の情報の関心度の割合図

自動運転の話題にどの程度関心を持っているかの現状について、結果を表 5-5 と図 5-1 に示した。回答について、4 種類の段階的な選択以外、回答者は「その他」という選択もできる。2 つの調査結果も同様、「その他」を選択した回答者は 0 人である。今年度の自動運転の話題に関心を持っている回答者の割合は例年の結果（2019 年度成果報告書）と比較すると同程度であり、「記事や報道を見かけた場合、面白そうだと思うときだけ見る」の割合が一番高い。

ドライバーの役割に対する理解度

本調査は回答者が自動運転のレベル 1、2、3 に属するシステムを利用する際に、ドライバーの役割を正しく理解しているかどうか評価するため質問した。レベル 4 とレベル 5 に関する質問は含めなかった。自動運転のレベル 1、2、3 に 9 つの問題、総計 27 問を用意した。問題文は「自動運転のレベル 1、2、3 の自動運転作動中におけるドライバーの役割について、当てはまると思うものをすべて選んでください。」のように質問した。9 項目の回答中 2 項目は今回の評価目的ではないため、考察から除去した。結果、それぞれのレベルの 7 つの項目を分析し、総計 21 問を表示する。つまり、回答者はレベル 1、2、3 の自動運転システムが作動している時、当レベルのドライバーの役割に当てはまると思う選択をアンケート上の項目にチェックする。当てはまると思う項目全部を選択できる、すなわち複数回答が可能である。さらに、「上記にあてはまるものはない」という選択もあり、そのレベルの全部の役割が当てはまらないと思う場合に選択する。

レベル 1 使用中のドライバー役割の回答結果

表 5-6 自動運転のレベル 1 のドライバーの役割（当てはまると回答した人数と割合）

	2020-12A 人（割合）	2020-12B 人（割合）
常に走行の状況を監視しなければならない	645(61.8%)	657(65.7%)
常にハンドルを握っていないなければならない	570(54.6%)	573(57.3%)
システムからの要請がない限りは、走行の状況を監視する必要はない	209(20.0%)	242(24.2%)
ハンドルかペダルのどちらかを操作しなければならない	495(47.4%)	469(46.9%)
運転席に座っていないなければならない	626(60.0%)	597(59.7%)
お酒は飲んで서는ならない	660(63.2%)	634(63.4%)
眠ってはならない	642(61.5%)	621(62.1%)
上記にあてはまるものはない	248(23.8%)	175(17.5%)
全体	1044	1000

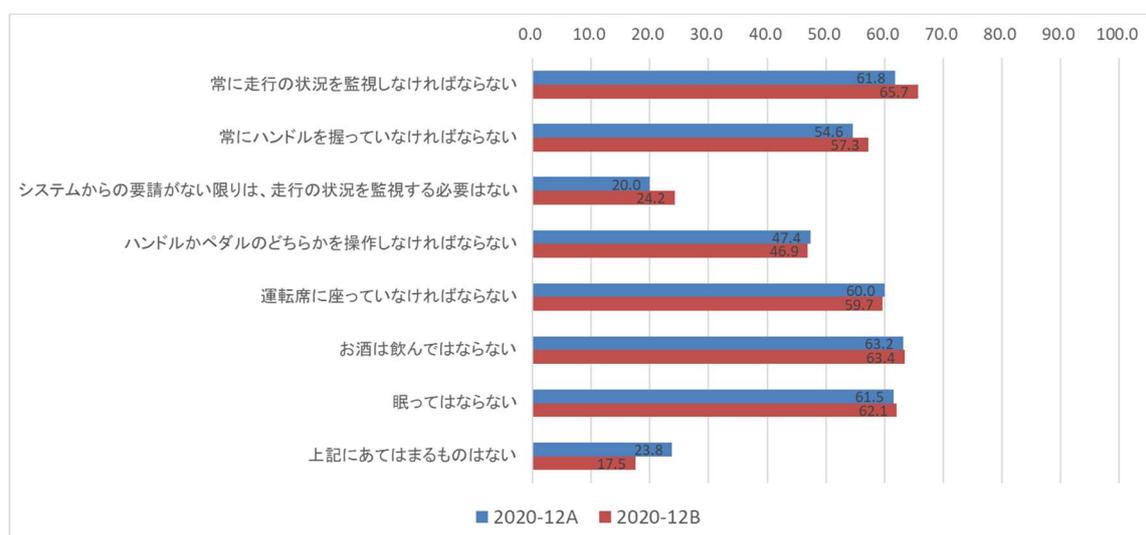


図 5-2 自動運転のレベル 1 のドライバーの役割（当てはまると回答した割合）

レベル 1 相当の自動運転作動中におけるドライバーの役割として、当てはまると思うものをすべて選択する問題について、回答結果は表 5-6 と図 5-2 のとおりとなる。今年度の回答と過去の回答を比較した結果、調査時期によって多少の差異はあるものの、全体としては大きな変化は認められない。レベル 1 に

「ハンドルかペダルのどちらかを操作しなければならない」の項目が自動運転レベル 1 を使用中のドライバーが知るべき役割の特徴として取り上げられる。結果、約 4 割の回答者が当てはまると選択した。「システムからの要請がない限りは、走行の状況を監視する必要はない」と回答した人は約 2 割いた。この結果についても、過去の回答と比較した結果、同じく大きな変動は認められない。レベル 1 の役割について、ドライバーは常時に走行の状況を監視する必要があり、ハンドルまたはペダルの操作の必要もある。

レベル 2 使用中のドライバー役割の回答結果

表 5-7 自動運転のレベル 2 のドライバーの役割（当てはまると回答した人数と割合）

	2020-12A 人（割合）	2020-12B 人（割合）
常に走行の状況を監視しなければならない	436(41.8%)	462(46.2%)
常にハンドルを握っていないなければならない	374(35.8%)	470(47.0%)
システムからの要請がない限りは、走行の状況を監視する必要はない	171(16.4%)	193(19.3%)
ハンドルかペダルのどちらかを操作しなければならない	365(35.0%)	360(36.0%)
運転席に座っていないなければならない	488(46.7%)	488(48.8%)
お酒は飲んでではない	512(49.0%)	487(48.7%)
眠ってはならない	514(49.2%)	487(48.7%)
上記にあてはまるものはない	308(29.5%)	220(22.0%)
全体	1044	1000

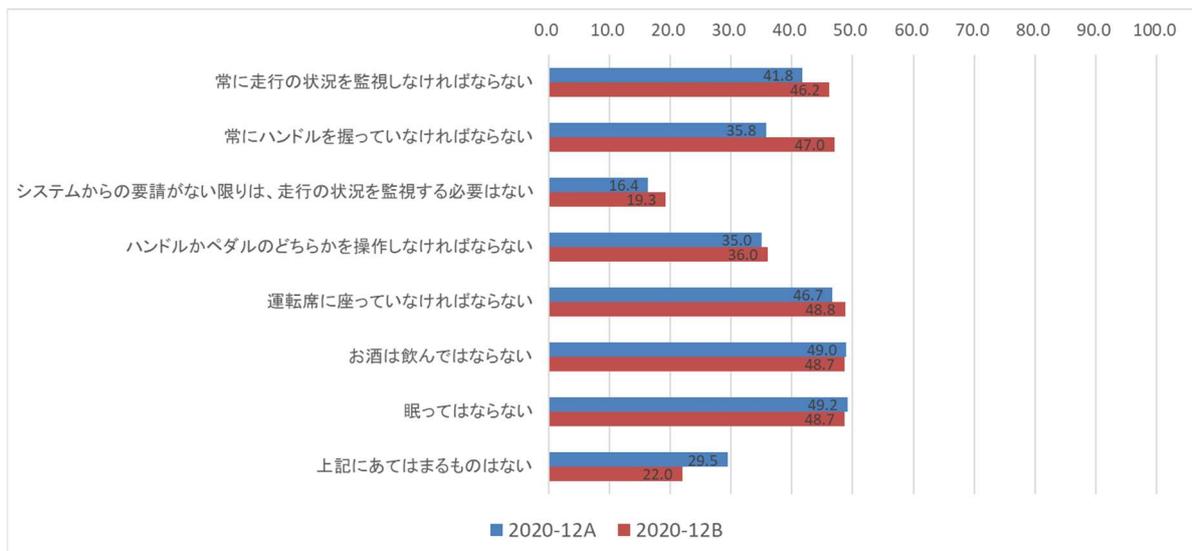


図 5-3 自動運転のレベル 2 のドライバーの役割（当てはまると回答した割合）

回答結果は表 5-7 と図 5-3 のとおりとなる。レベル 2 に「常に走行の状況を監視しなければならない」の項目が自動運転レベル 2 を使用中のドライバーが知るべき役割の特徴として取り上げられる。4 割の回答者が当てはまると選択した。

レベル 3 使用中のドライバー役割の回答結果

表 5-8 自動運転のレベル 3 のドライバーの役割（当てはまると回答した人数と割合）

	2020-12A 人（割合）	2020-12B 人（割合）
常に走行の状況を監視しなければならない	345(33.0%)	351(35.1%)
常にハンドルを握っていないといけない	206(19.7%)	219(21.9%)
システムからの要請がない限りは、走行の状況を監視する必要はない	307(29.4%)	269(26.9%)
ハンドルかペダルのどちらかを操作しなければならない	159(15.2%)	172(17.2%)
運転席に座っていないといけない	459(44.0%)	438(43.8%)
お酒は飲んではいけない	513(49.1%)	490(49.0%)
眠ってはならない	498(47.7%)	483(48.3%)
上記にあてはまるものはない	318(30.5%)	253(25.3%)
全体	1044	1000

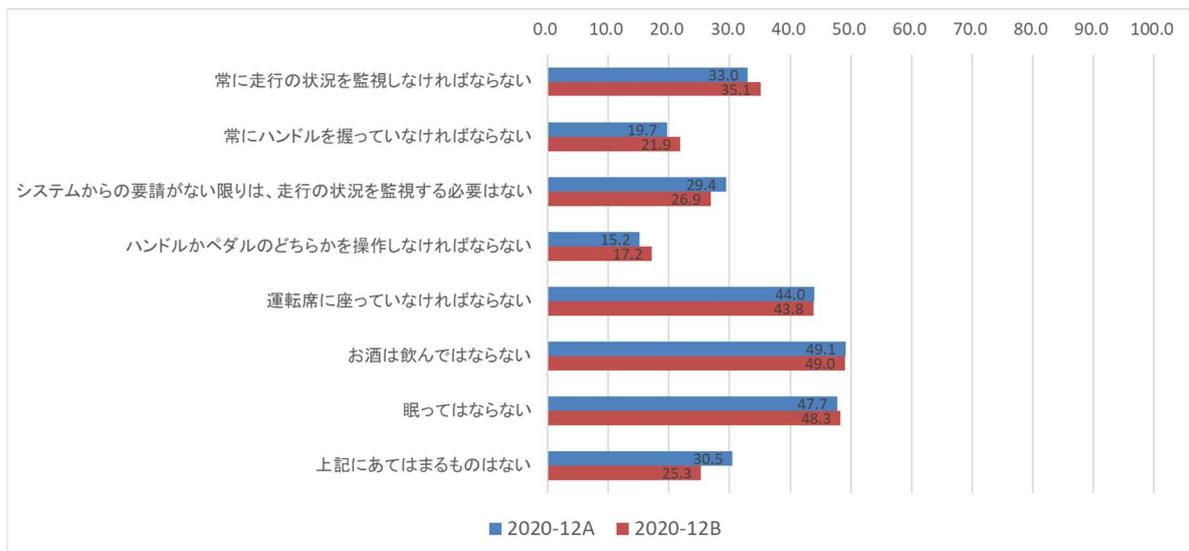


図 5-4 自動運転のレベル 3 のドライバーの役割（当てはまると回答した割合）

レベル 3 の自動運転作動中における知るべき役割の特徴として、「システムからの要請がない限りは、走行の状況を監視する必要はない」の項目は全体の約 2 割の回答者しか「当てはまる」を選択しなかった。

5.1.4. まとめ

今年度の 2 回の調査の結果から、各レベルの機能に相当する自動運転の作動中における知るべき役割の特徴の現状に焦点を当てた。まとめると、少なくとも過半数のドライバーが自動運転のレベルや自動運転分類の名前から、レベル 1 と 2 の自動運転の使用時の役割の特徴と約 7 割のドライバーがレベル 3 の自動運転の使用時の役割の特徴を判別や理解できていない現状がある。また、レベル 1 からレベル 3 の自動運転システムの使用時の睡眠、運転席以外の席に座る、アルコールの摂取などの行為が許されると誤解しているドライバーが約半数いた。安全な高度交通自動化の社会に向けて、一般の人々に対して一般的な自動運転知識を理解させられる手法を講じるべきである。

5.2. 評価検証（一般市民向け）実験 C iv-1

5.2.1. 目的

第 1 期 SIP における研究成果並びに関係プロジェクトなどでの検討結果を踏まえ、自動運転システムに関する一般知識の教育コンテンツが 2019 年度開発され、2020 年度ウェブ調査（Ciii-1）により検証された。本実験では、ウェブ調査の結果を踏まえ、ドライビングシミュレータ（DS）実験による自動運転に

関する一般運転者向け安全教育コンテンツを検証し、その効果を評価することを目的とした。なお、一般知識の安全教育と DS の検証実験の間に平均的に 40 日間程の間隔を設けた。

5.2.2. 実験参加者

普通運転免許を有する 50 名が参加した。年齢、男女比については、実験計画において詳細を説明する。なお、本実験は筑波大学システム情報研究倫理委員会の承認を得た上で実施した（承認番号：2019R333-2）。

5.2.3. 実験装置

本実験では、定置型 DS を用いる。このシミュレータは、三菱プレシジョン社製 DS3Sim ver.6 である。前方に 42 インチのディスプレイを 1 面配置し、約 100 度の水平視界を提供している（図 5-5）。

本実験で渋滞時低速追従機能の自動運転システムを使用し、単路に限定したレベル 3 の自動運転(ACSF カテゴリ B2)である。車線変更が必要な場面では、ドライバーが制御介入をしなければならない。



(a) 教習



(b) DS 検証

図 5-5 実験 Civ-1 の実験風景

5.2.4. 教育コンテンツ

本実験では 2020 年度本事業で開発され、ウェブ調査による検証された 3 種類のコンテンツ（図 5-6）を用いた。詳細の内容を表 5-9 にまとめた。



図 5-6 初日の教習用 3 種類の教育コンテンツ

表 5-9 教育コンテンツの内訳

内訳	教育コンテンツ		
	クイズ動画	動機付け動画	スライド読み上げ動画
スタイル	授業式＋クイズ	ストーリー	スライドショー
所要時間	8分	2分	4分
持ち帰り資料有無	無	有	無

5.2.5. 実験計画

本実験では、教育コンテンツ（クイズ動画・動機付け動画・スライド読み上げ動画）という被験者間 1 要因 3 水準の実験デザインをした。すべての実験参加者は教育コンテンツにより 3 グループに分けられ、各グループの実験参加者の内訳は表 5-10 の通りである。

表 5-10 実験参加者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
クイズ動画	8	8	31.9	50.1	41.0
動機付け動画	8	9	38.9	48.4	43.9
スライド読み上げ動画	8	9	44.1	43.1	43.6

5.2.6. 実験手順

すべての実験参加者は初日の教育及び 2 日目の DS 検証実験に参加した。なお、教育の時間的効果を評価するのに、初日と 2 日目の実験の間に 40 日以上空けた。詳細な実験の流れは表 5-11 に示す通りである。なお、この実験では、各群の被験者の半分に表の 1→7 順番で、残りの半分に 7→1 順番で経験させた。

表 5-11 実験の流れ

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		
	クイズ動画による 教習	動機付け動画によ る教習（持ち帰る資 料）	スライド読み上げ 動画による教習
	理解度検証用クイズと自動運転に関するアンケート		
	2日目使用自動運転システムの教示		
	自動運転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）		
	DSによるデータ収集 本走行		
	1. (合流)30km/hまで低速走行、合流エリア入りによる RtI 2. (薄霧)薄霧で低速走行、その後による視界が改善 3. (事故)低速走行し、事故現場による RtI 4. (解消)低速走行し、渋滞解消による RtI 5. (大雪)大雪で低速走行し、さらに視界の悪化で RtI 6. (渋滞)渋滞になり、低速走行 7. (失陥)水たまりでセンサーの機能失陥による RtI		
	理解度検証用クイズと自動運転に関するアンケート		

5.2.7. 仮説と評価指標

FY20 年度実施したウェブ調査の結果、動機付け動画による一般的知識の講習が高齢者と女性により効果的であったことが示唆されたことから、本実験では動機付け動画という教育コンテンツは、数か月程度の時間を経た後でも、特定のシステムを利用する際、二つの仮説を立てた：

—(1) 自動運転に対する理解と態度により良い影響を及ぼす；

(2) 運転パフォーマンスに効果的である。

そのため、下記の指標を評価する。

- ・ 学習効果：自動運転に関するクイズ
- ・ 安全運転：引継ぎ時の事故率
- ・ 自動運転に対する態度：自動運転に対する理解、期待及び信頼に関する主観評価

5.2.8. 結果と考察

新型コロナウイルス感染症の流行により、2日目の実験を一時中断し、46人の有効データを得られた。又、今回の考察は中断前(<60days)v.s.後(>99days)の比較を追加した。

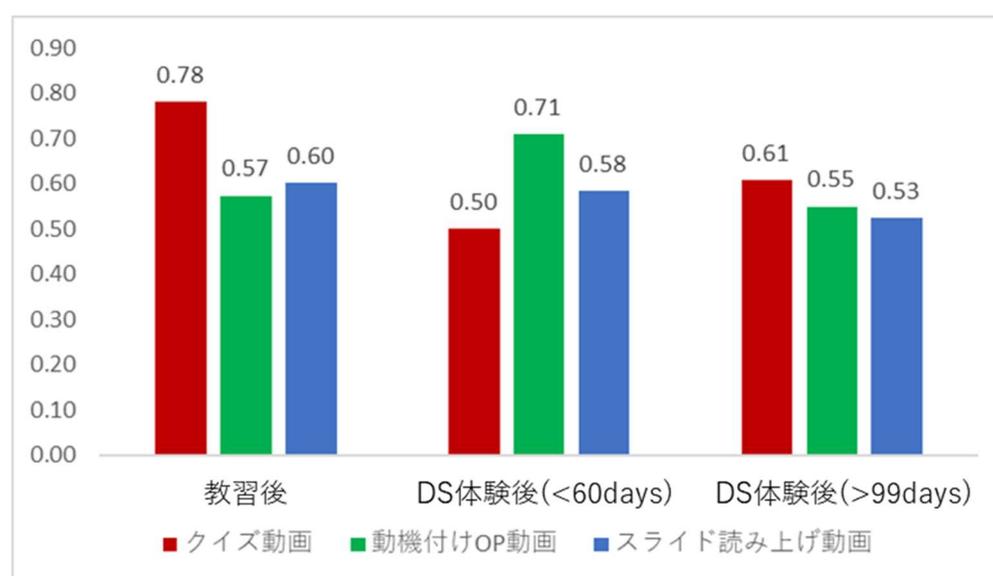


図 5-7 自動運転に関するクイズの正解率

学習効果

図 5-7 に初日教習後及び DS 体験後の自動運転に関するクイズの正解率を示した。講習直後は教育コンテンツによる自動運転に関するクイズの正解率に大きな違いが見られ、クイズ動画において正解率が高かった(78%)。一方、一定時間(40 日以上)が経つと動機付け動画のみ正解率が上がり(57%→71%)、比較的高かったことが分かった。又、教育コンテンツの影響の差は時間が経つにつれて、小さくなった傾向も見られた。故に、動機付け動画は一定時間が経っても、自動運転への理解に対して良い方向に作用したといえる。

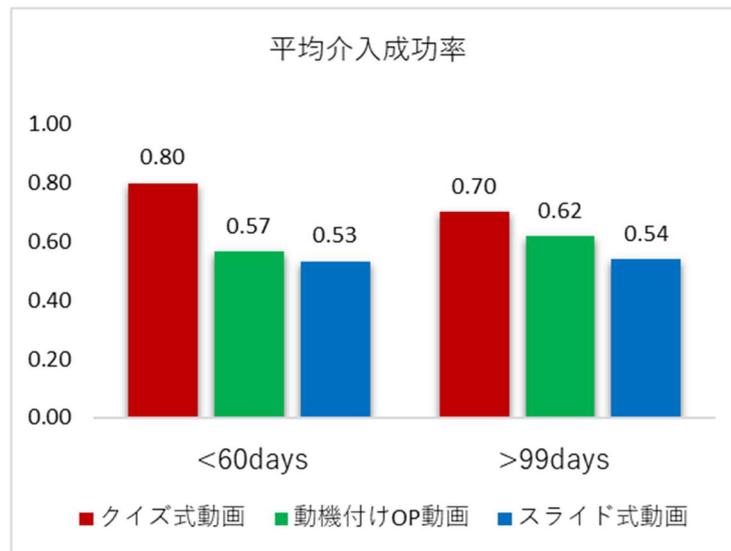


図 5-8 DS 検証における介入成功率

運転パフォーマンス

図 5-8 に DS 検証における介入成功率を示す。クイズ動画のグループは比較高い介入成功率が得られた(<60days:80%; >99days:70%)、ただ、時間につれて成功率が下がった(-10%)ことも分かった。一方、動機付け動画のグループの介入成功率が低かった(<60days:57%; >99days:62%)、なお時間につれてその成功率が上がった傾向も見られた(+5%)。故に、長い時間を経過する場合、教育コンテンツによるドライバーの引き継ぎ行動における影響の違いが小さくなり、特に動機付け動画のほうが若干良い方向に作用すると考えられる。

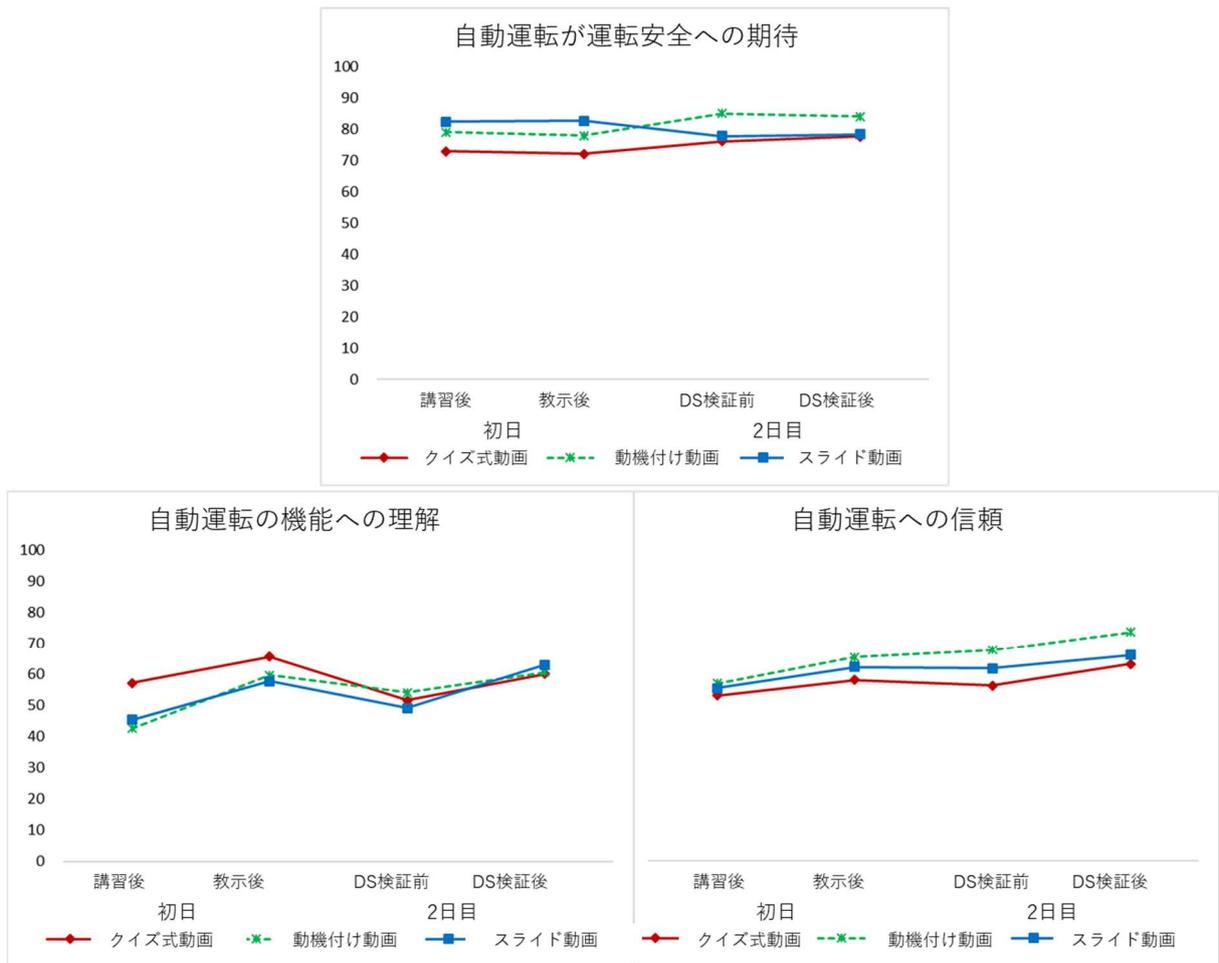


図 5-9 自動運転に対する態度の変化

自動運転に対する態度

図 5-9 に初日の講習後と教示後、又 2 日目の DS 検証前後の主観評価の結果を時系列で示す。教育コンテンツによる自動運転への態度への影響は時間又 DS 体験により変化したことも見られた。具体的には、動機付け動画がよりポジティブな態度（すなわち、比較的に高い期待と信頼）に変化した傾向であったことが分かった。

5.2.9. まとめ

本実験では、自動運転に関する一般論を事前に 3 種類のコンテンツを用いて知識の教習方法の効果を調べた結果、教習直後、より詳細的な講習を行ったクイズ式動画は自動運転への理解により効果的であったが、時間につれて教育コンテンツによる影響が減少した。さらに、比較的に簡潔な動機付け動画は、時間につれてより自動運転に対する理解及び態度にポジティブな方向へ導いた傾向を示唆した。ゆえに、仮説(1)が支持されたといえる。ただ、今

回の結果から動機付け動画が運転パフォーマンスに、より効果的という仮説(2)が支持されなかった。

5.3. 仮説検証（購入者向け）実験 Cv

5.3.1. 実験背景

特定の自動運転システムを搭載した車種を新たに購入する、あるいはレンタカー・リース会社などから一時的に借り受けて使用する運転者（前者：購入者、後者：借入者、両者：使用者）が安全に使用できるようにするために、当該自動運転システム（以下：システム）の固有事項の理解すべきことについての明確化が必要である。

購入者の特徴として、長期使用者を想定し、購入前の車種検討、試乗、購入時のスタッフからの説明、マニュアルなど手段から、自動運転機能の取り扱いを理解することができる。

借入者の特徴として、レンタカーの一時的短期利用者であり、日常に使う車種と異なると想定する。よって、一般論として、借り受ける前にレンタカースタッフから短時間のシステムの操作説明や使用の注意事項等、固有事項の説明も検討として取り上げるべきと考えられる。

5.3.2. 実験目的

自動運転車のモデルによって、システムの機能の性能、限界、作動条件などスペックと関連する部分が異なると考えられる。レベル3のシステムは限定された道路環境（高速道路、自動車専用車道の一部の区域）や車の流れ等状況に基づき、条件を満たす場合に使用可能となる。つまり、レベル2の機能を使用しながら、レベル3の作動条件を満たす時、一時的に使用できる仕様で、再び作動条件外となる時、環境に注意を払うに戻るか、手動運転に移るリクエストが発生すると想定できる。第1期SIPのA課題のA-3-2とA-7実験はHMIによる支援により、複数のモードが搭載された際に起きるモードの変化におけるモードコンフィュージョンを解決することに試みた。その中、複数モードが存在する自動運転車のモード変化について、システムはどのぐらいモード変化の決定が選択できることによって、作動条件外時、2種類のモード変化の方法を考慮できる。

- ① 状況に関係なく直ちに手動運転に移る
- ② システムの作動条件内のモードに移る

この実験の目的は、システムが搭載したモード変化のパターンを使用前に、

使用者に理解させられるべき固有事項であるかどうかを確認する。モード変化に関する知識を事前に使用者に知らせることで、B のシステムを利用する際にモード変化の場面对応が異なるのかを確認する。

5.3.3. 実験参加者と実験装置

本実験では、10 名の実験参加者、年齢は 21 歳から 67 歳 ($M=43.7$ $SD=14.4$) が二日間の実験に参加した。実験装置は本田技研工業(株)製モーションベース付きドライビングシミュレータを用いて、実験シナリオを作成した。自動運転システムは単路に限定したレベル 3 の自動運転相当の機能を有する。車線変更が必要な場面では、ドライバーが制御介入をしなければならない。

5.3.4. 実験計画

この実験の計画は二要因あり、それぞれ二つの水準を有する。一つ目は「システムのモード変化の方法」被験者内要因であり、以下の 2 水準ある。

直接変化：環境変化により引継ぎが発生する場合、状況に関係なく直ちに手動運転に移る

段階変化：環境変化により引継ぎが発生する場合、システムの作動条件内のモードに移る。

すべての参加者が走行 A と走行 B に、ランダムな順番で直接変化か段階変化の種類システムそれぞれ一回利用する。

二つ目は「事前知識：モード変化の説明」であり、被験者間要因である。
モード変化のパターンの説明無：本走行 A と B の前に、スライドを通して自動運転システムの使い方、HMI の Rti についてのみ、説明する
モード変化のパターンの説明有：説明無の内容を含めて、さらにモード変化のパターンの説明を加える

直接変化の種類を利用する走行前にスライドを通して、「この車が搭載されているモードはレベル 3 条件付き自動運転の機能相当のもののみ」と伝え、自動運転の機能が作動と解除のみという間接的な意味であり、モード変化は直接変化ということを間接的に伝える。

段階変化の種類を利用する走行前にスライドを通して、以下の図 5-10 を使い説明した。内容はこの車はレベル 3 からレベル 2 のモード変化があると説明し、「この車は複数の自動運転モードが搭載されています。搭載されているモードはレベル 2 部分的な自動運転とレベル 3 条件付き自動運転の機能相当の

もので、図のようにレベル 3 からレベル 2 のモードに変化し、発生できる機能を持つ」と伝える。



図 5-10 モード変化のパターンの説明有のスライドの説明内容

5.3.5. 実験手順

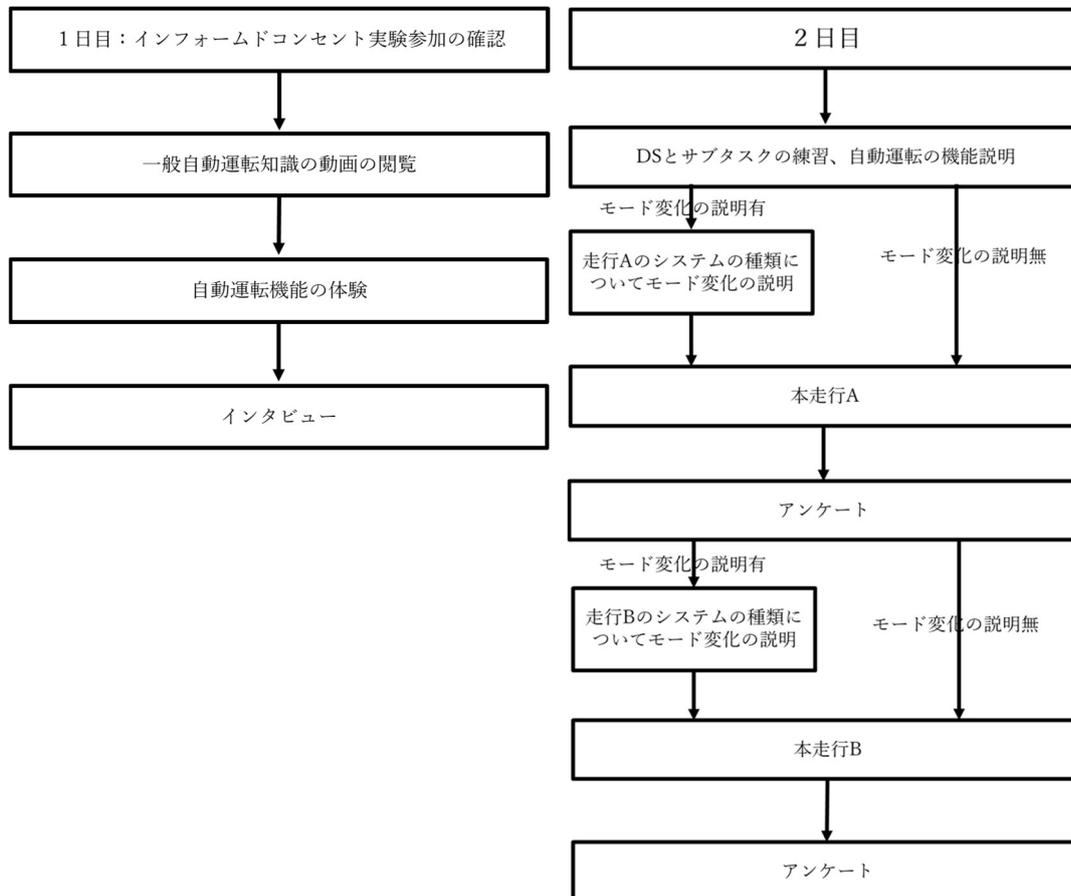


図 5-11 実験の手順

実験手順は図 5-11 の通りである。参加者は 1 日目に、インフォームドコンセントを得た上、一般的な自動運転知識、例えば自動運転レベルの説明、自動運転システムの限界、ドライバーの役割等、約 20 分の内容の動画を閲覧し、自動運転機能を体験させる。最後にインタビューを行った。インタビュー内容

は動画内容に関してどの程度理解できたと思うか、疑問点があるかなどの質問を含めた。2日目は、実験走行前に、HMIとレベル2とレベル3のドライバーの役割について、スライドを用いて、簡単な説明を受けさせた。その後、2回の走行を行い、走行AとBの前に、モード変化の説明の群によって、モード変化について説明した。

5.3.6. HMIとシナリオ

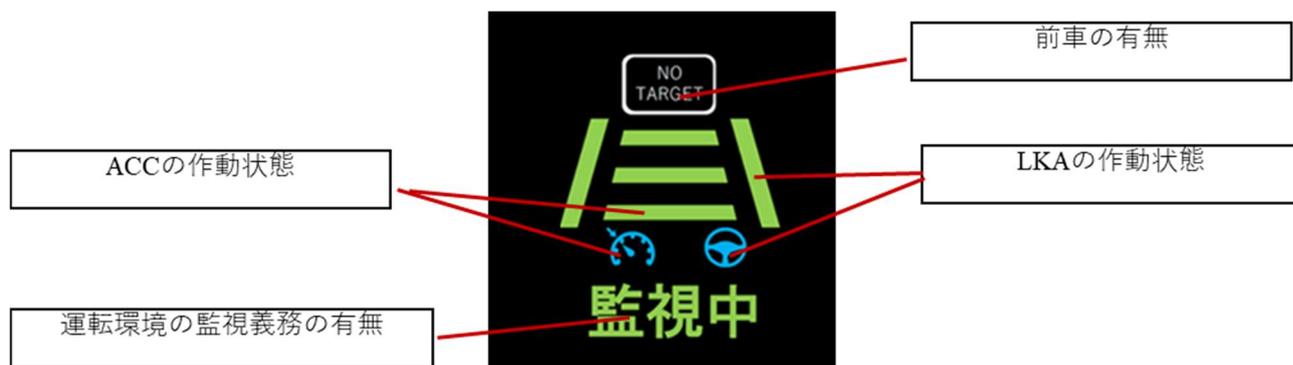


図 5-12 レベル3の視覚HMIと説明



図 5-13 レベル2(自動運転作動時)の表示

表 5-12 レベル遷移時、聴覚HMIの提示内容

	直接変化	段階変化
レベル2にモード変化	-	レベル2に移ります
手動運転にモード変化	手動運転に移って下さい	手動運転に移って下さい

本実験はモードの変化時、聴覚HMIがビープ音を発したあとに表5-12の通りにリクエストの内容を発する。参加者が聴覚と視覚のHMIから、モード変化方法が異なるシステムを利用する使用者の対応が事前知識の影響の有無を確認するため、~~レベル3からレベル2にモード変化のとき、実際の行動を取らせ~~

るアナウンスを使用せず、「レベル 2 に移ります」の音声で提示し、当該レベルの役割を理解できているか確認する。

本実験のシナリオは 3 つあり、同じシナリオで直接変化と段階変化のシステムを参加者がそれぞれ一回経験する。下図に「レベル 2」と「RtI」の部分は、段階変化の走行時に発生するモード変化である。直接変化の走行は「RtI」のみ発生する。

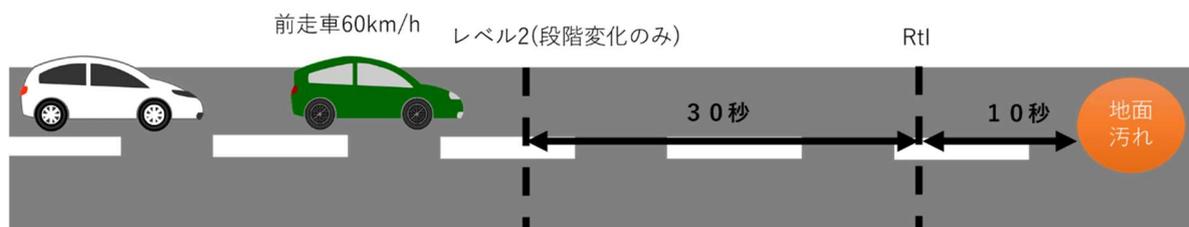


図 5-14 シナリオ：地面の汚れによる車線消え

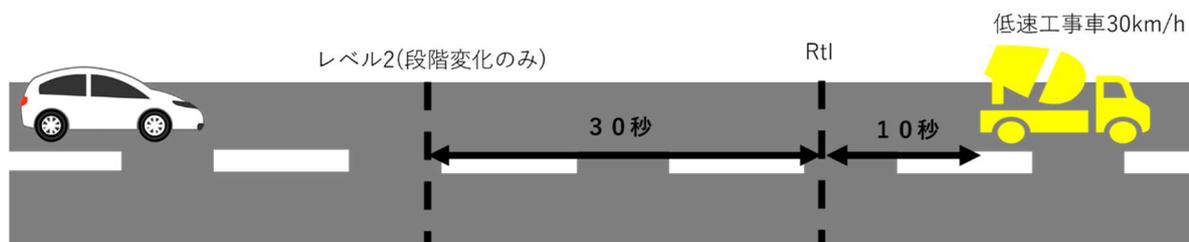


図 5-15 シナリオ：低速工事車

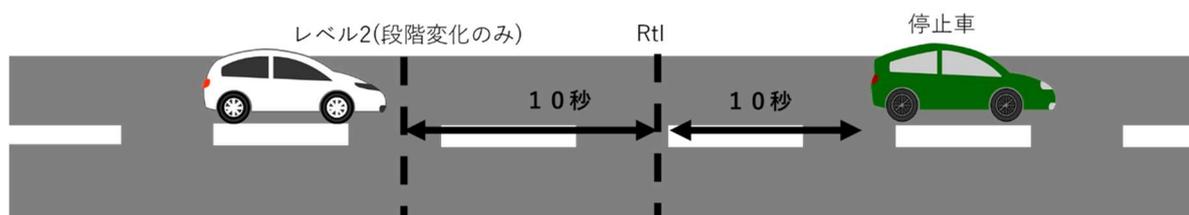


図 5-16 シナリオ：車線変更

自車は時速約 60 キロで走行する。車両がレベル 3 モードのときに、参加者が左側にあるタブレットを使い、ゲーム、テトリスをサブタスクとして行うことができるよう伝える。

5.3.7. 評価指標

評価指標はレベル 3 からレベル 2 にモード変化するとき、事前知識により、レベル 2 に移ったシステムに、監視の行動を取ったかどうか確認する。走行後、アンケートを通して、システムに対する理解度等の個人評価を確認し、システ

ムのモード変化の発生により、戸惑ったか確認する。

5.3.8. 結果と考察

事前知識の影響：レベル2に遷移時の反応

表 5-13 事前知識の影響：レベル2モードに変化時のドライバー反応

	モード変化のパターンの説明有
地面の汚れによる車線消え	監視：5/5名
低速工事車	監視：5/5名
車線変更	監視：5/5名

各参加者のレベル2に遷移時の反応を表5-13にまとめた（モード変化のパターンの説明無群のモード遷移時の反応データの取得に失敗したため、ここでは説明有群の結果のみ示す）。結果、事前にレベル3からレベル2に移るという理解を持ったドライバーがモードの変化のリクエスト時、5名中5名、監視の行動を取った。説明無の群との比較ができていないため結論を導くには至らないが、説明有の群ではすべてのケースで適切な行動をとれていることは確認できたといえる。

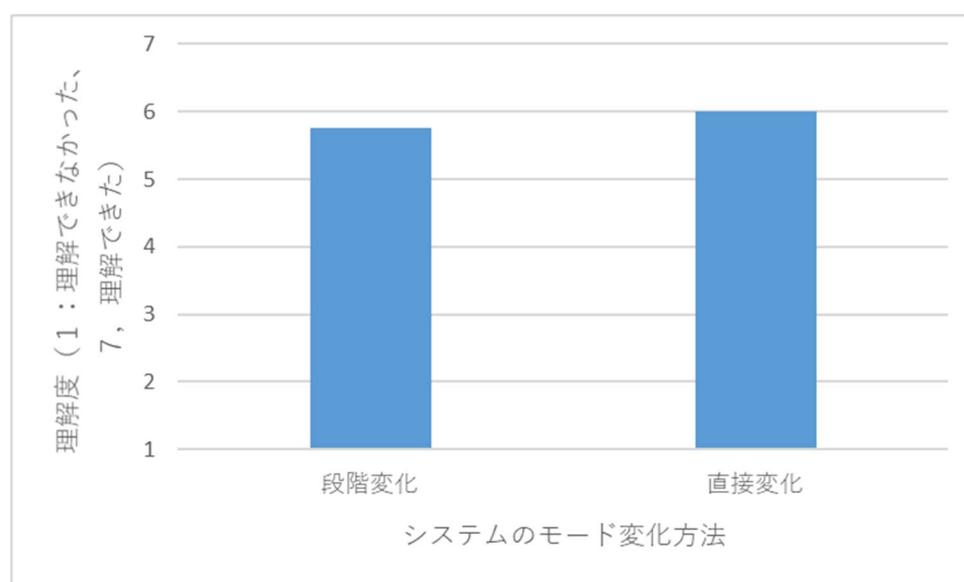


図 5-17 モード変化の対応行動の理解度の個人評価（モード変化の説明有群）

各条件によりモード変化の対応行動の理解度の個人評価を調べた。その結果を図 5-17 に示す（モード変化の説明無群の一部のデータが失われたため、ここでは説明有群の結果のみ示す）。段階変化、直接変化のいずれにおいても、理解度が高い結果となっている。このことは、段階変化もしくは直接変化の場合も、モードがどのように変化するかを事前に理解してもらうことによって、対応行動の理解ができやすくなることを示唆している。

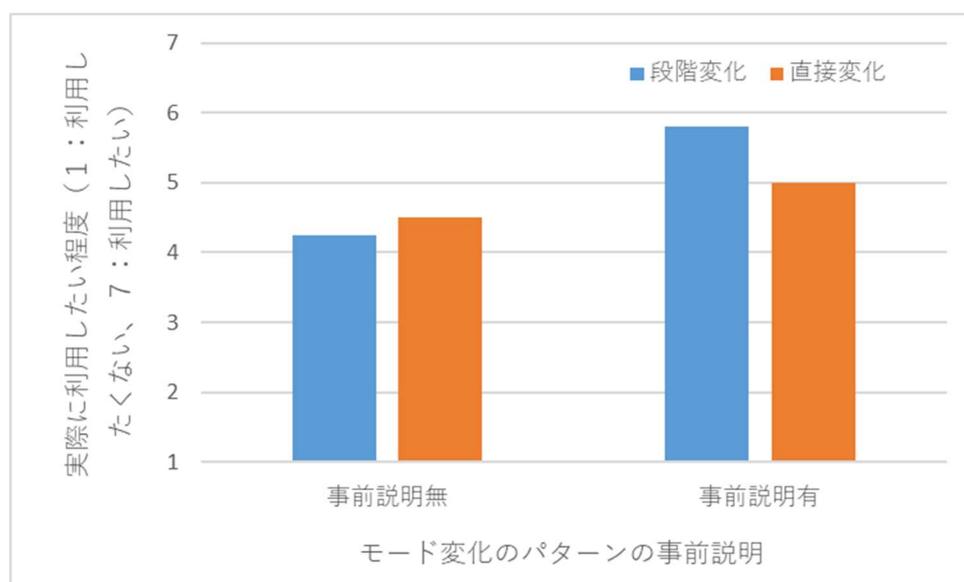


図 5-18 利用したい程度

各条件によりシステムのモード変化方法を実際に利用したい程度を調べた。その結果を図 5-18 に示す。システムがどのようにモードを変えるかを説明することにより、利用したい度合は高い傾向を示すようになるといえる。段階変化と直接変化の間では明確な差異は認められない。データを増やし、厳密に検証していくことが必要である。

5.3.9. まとめ

本実験はシステムが搭載したモード変化のパターンを使用前に、使用者に理解させられるべき固有事項であるかどうかを確認した。事前知識の影響のレベル 3 からレベル 2 に変化する場面では、事前にレベルの変化の仕方を伝えることによって、監視行動以外の行動やゲームを再開する行動など、モード変化に対しての適切な対応行動の心構えができることが示唆している。来年度は引き続き、長期、一時使用者に関わらず、自動運転車をより安心安全に利用できる

ように、購入、借用時に伝えるべき固有事項を明確化する。

5.4. ウェブのフィージビリティスタディ実験 Cvii

5.4.1. 実験背景

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響により、社会活動の変容が起きた。緊急事態宣言や外出を控えるなどの対策があり、研究活動を含め社会活動は一時期停滞状況となった。現在、感染対策として三密の回避やソーシャルディスタンスを保つなどを徹底した社会活動となっている。コロナ禍の中、社会活動の制限が起きていたとしても、人々は仕事や活動などを継続できるように、遠隔技術を活用し、社会の繁栄のために動いた。この社会活動の変容に合わせて、可能な遠隔実験と遠隔学習の手段を活用し、道路利用者に対して有効な自動走行システムの知識の学習方法、学習環境に関する検証を遠隔化の実験環境により検討、検証に関する課題が浮上した。

5.4.2. 研究目的

新型コロナウイルス感染拡大により、従来の対面の実験方式、例えば研究室内ドライビングシミュレータや実車を利用した実験以外、感染拡大の防止面から有効な非対面での遠隔による実験の進行や簡易ドライビングシミュレーション実験方法を検討する。研究目的は主に 2 つあり、1. 遠隔実験に対する受容度の確認、2. 遠隔実験と過去の実験それぞれで得られた実験結果を比較し、相似点と相異点を確認する。

5.4.3. 実験用プログラム

今回の実験では、プログラム開発用プラットフォーム Unity を活用し、遠隔実験用プログラムを作成した。プログラムを遠隔実験方法に合わせて調整し、異なる実験方式表示、実験データの収集ができる。プログラムは主に、案内画面部分（図 5-19）と簡易ドライビングシミュレーション部分（図 5-20）で構成される。

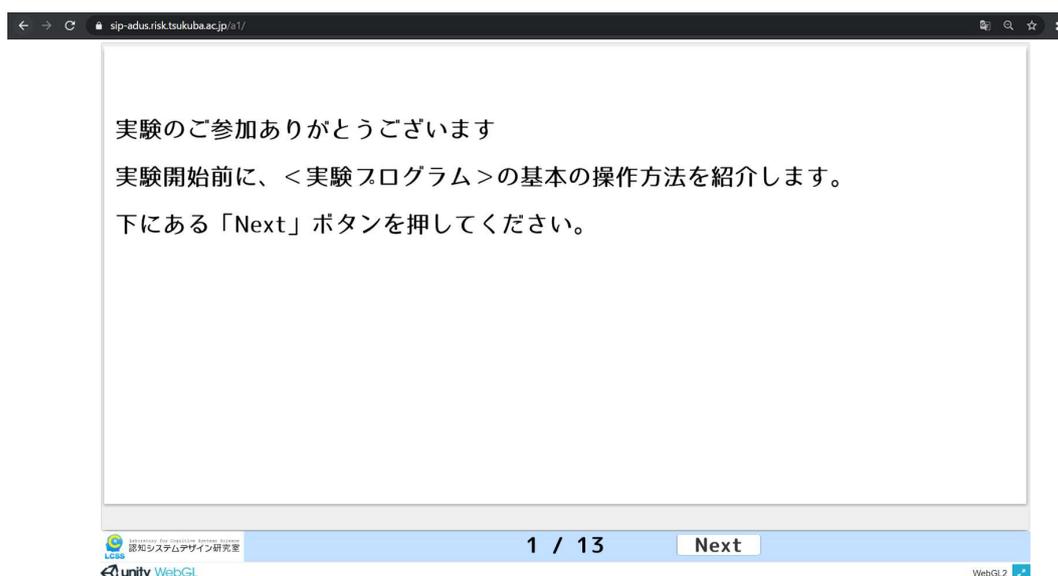


図 5-19 案内部分の画面

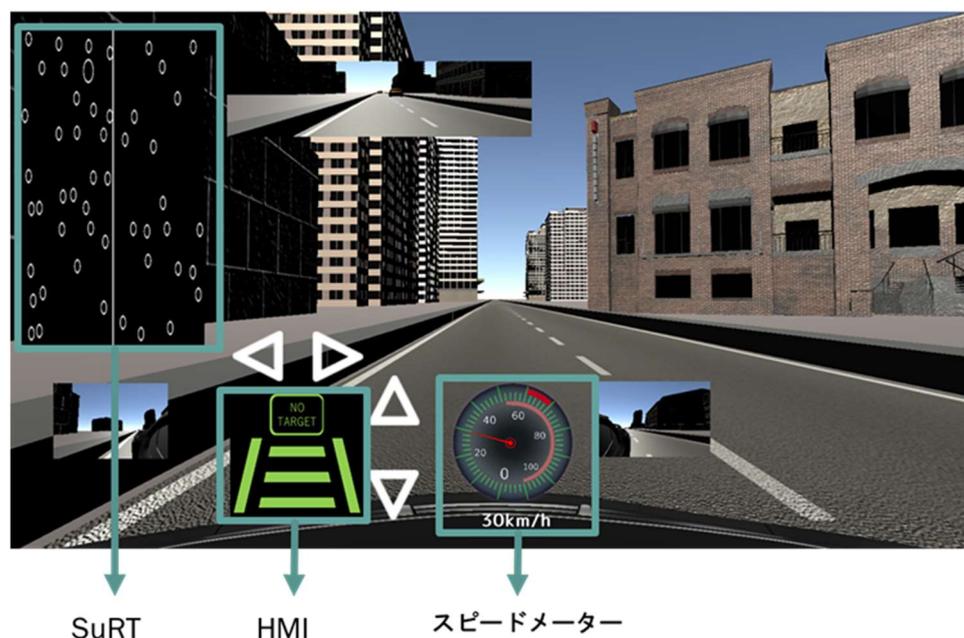


図 5-20 簡易ドライビングシミュレーション画面

案内画面部分は、実験前の案内メッセージや案内動画を表示する。簡易ドライビングシミュレーション部分はキーボードで車両の操作、マウスはサブタスクを操作することが可能である。実験プログラムは RtI や HMI の切り替え、アナウンス等が可能である。実験プログラムは実験画面の切り替えの時間ログ、車両の挙動や SuRT の操作など保存、送信し、記録できる。

5.4.4. 遠隔実験方法

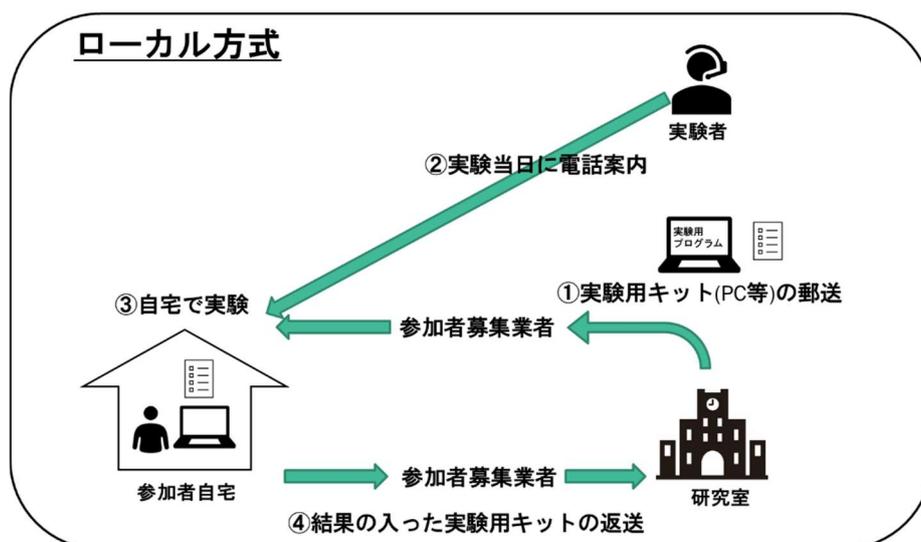


図 5-21 ローカル方式の主な流れ

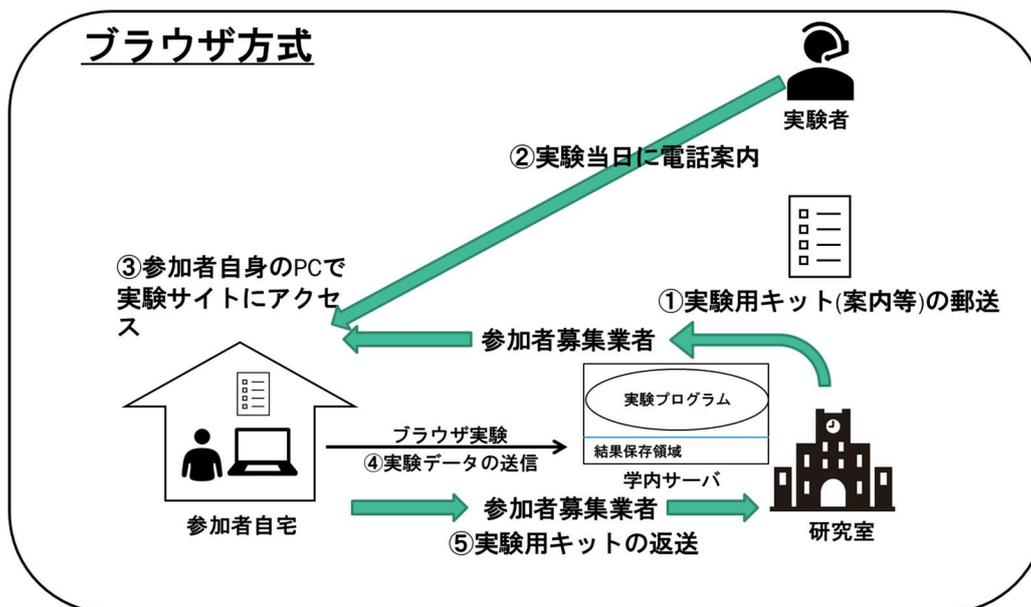


図 5-22 ブラウザ方式の主な流れ

今年度の実験手法を検討した結果、主にローカル方式とブラウザ方式で分類できる。さらにブラウザ方式で実験を行う場合の送信方式を検討し、ブラウザ方式のデータ一括送信群とデータのリアルタイム送信群に分類できる。

実験は主にマニュアル通りにステップ・バイ・ステップの方式で進行した。実験当日に実験者の電話の案内に加え、付属されたマニュアル用紙と実験プログラムのメッセージから、参加者に実験を遂行できるようにした。実験手法について、以下のようになる。

表 5-14 実験方式の説明

実験方式	概要				
ローカル方式 (図 5-21)	ローカル方式はインターネット環境に依存しない学習と実験方法である。実験に同意する参加者のみに、業者経由で実験用キット (性能が比較的に高いノート PC など) をコードロック付トランクケース内に入れ、郵送で無料貸出の形式で送付される。ノート PC 内に実験用のプログラムがあり、実験参加者は実験を行ったあと、返却する。実験データは実験時 PC 内のフォルダに自動的に記録される。				
ブラウザ方式 (図 5-22)	参加者はパーソナル PC かノート PC から自宅のインターネットから WebGL の互換性のあるブラウザ経由で実験用ウェブサイトアクセスし、実験を行う。業者経由でブラウザ実験用キット (実験用 URL が記載したマニュアル等) を郵送し、実験後、参加者が郵送で返却する。				
	<table border="1"> <tr> <td>データ一括送信</td> <td>毎実験の走行後、データを一括にサーバに送信する手法</td> </tr> <tr> <td>データのリアルタイム送信</td> <td>走行中リアルタイムでデータをサーバに送信する手法</td> </tr> </table>	データ一括送信	毎実験の走行後、データを一括にサーバに送信する手法	データのリアルタイム送信	走行中リアルタイムでデータをサーバに送信する手法
	データ一括送信	毎実験の走行後、データを一括にサーバに送信する手法			
データのリアルタイム送信	走行中リアルタイムでデータをサーバに送信する手法				

5.4.5. 実験参加者

参加者は普通運転免許を所有する 21 歳から 69 歳、計 60 名 (M=45.3、SD=15.4) の男女である。なお、本実験は筑波大学システム情報研究倫理委員会の承認を得た上で実施した。(承認番号: 2020R452)。また各参加者には実験実施前に電話連絡にて同意書確認、実験進行の案内を行った。

5.4.6. 実験設計

本実験は 2 要因被験者間実験である。実験を通してドライビングシミュレーション実験データと実験後のアンケートの結果により実験目的を考察する。研究目的 1 に合わせて、異なる遠隔実験方法を用いた場合の利害得失の明確化のため、要因 1 は「実験方式」である。3 水準であり、被験者間要因である。

1.(Local)ローカル方式

2.(Browser-A)ブラウザ方式（データ一括送信）

3.(Browser-B)ブラウザ方式（データのリアルタイム送信）

要因 2 は研究目的 2 に合わせて遠隔実験と過去の実験それぞれで得られた実験結果を比較し、相似点と相異点を確認する。過去の実験である SIP 第 1 期の A-5 実験シナリオの一部を再現し、データの比較を図る（詳細は SIP 第 1 期報告書 A 課題 A-5 部分を参考）。要因 2 は「事前知識」、A-5 実験と同様、2 水準であり、被験者間要因である。

条件 A：具体場面説明なし

自動運転実行中に、運転介入が必要な場面が発生しうることをのみを伝えた。具体的な文言は以下の通りであった。「通常走行中、状況によっては、自動走行システムが動作をしなくなる場合があります。その時は、自分で運転を行う（車の制御を引き継ぐ）必要があります。」

条件 B：具体場面説明あり

条件 A に加え、その場面が発生した場合に、どのような情報がシステムから提示されるか（HMI）について説明した。具体的な文言は以下の通りであった。「交通状況や天候、道路の状態などにより、自動走行システムを使用できなくなる場合があります。そのような時は速度メーター横の表示がオレンジ色で表示し、同時に音が出ます。この時、あなたは直ちに車の制御をシステムから引き継いで、自分で運転を行う必要があります。」さらに、どのような場面で運転介入が必要となりうるかの例を二つ（工事現場による車線の減少、環境要因によるセンサー不良）提示した。

表 5-15 各条件の人数

条件	人数
ローカル方式+条件 A	10
ローカル方式+条件 B	10
ブラウザ方式(一括)+条件 A	10
ブラウザ方式(一括)+条件 B	10
ブラウザ方式(リアルタイム)+条件 A	10
ブラウザ方式(リアルタイム)+条件 B	10
総計	60

5.4.7. 実験シナリオ

表 5-16 各方式の実験の主な流れ

実験流れ	ローカル方式	ブラウザ方式
1	インフォームドコンセントの確認（電話案内開始）	インフォームドコンセントの確認（電話案内開始）
2	アンケート記入	アンケート記入
3	実験用プログラム内を起動し、事前知識の動画の閲覧	ブラウザからサイトにアクセスし、事前知識の動画の閲覧
4	アンケート記入（電話案内終了）	アンケート記入（電話案内終了）
5	練習（4回）	練習（4回）
6	本実験（4回）	本実験（4回）
7	アンケート記入	アンケート記入
8	終了連絡	終了連絡

実験は総計約 2 時間である。まず、電話を通して、参加者に実験の概要を説明し、書面によるインフォームドコンセントを得た。参加者は実験方式によって、ローカル方式の場合は送付された PC 内のプログラム、ブラウザの場合は指定した実験サイト内、約 5 分間の説明動画を閲覧する。内容は条件によって、上述したように条件 A と条件 B で異なる。内容は主にプログラムの操作方法、自動運転システム、走行中に実施してもらうこと（安全運転とサブタスク）、システムから提示される運転介入要請についての説明を行った。説明終了後、被験者は練習を 4 回行った。1 回目にはドライビングシミュレーション実験の開始と終了の方法、2 周目には SuRT の練習、3 周目は手動運転の練習を行い、4 周目は自動運転と手動運転の引き継ぎの練習を行った。練習走行の終了後、走

行実験を開始した。

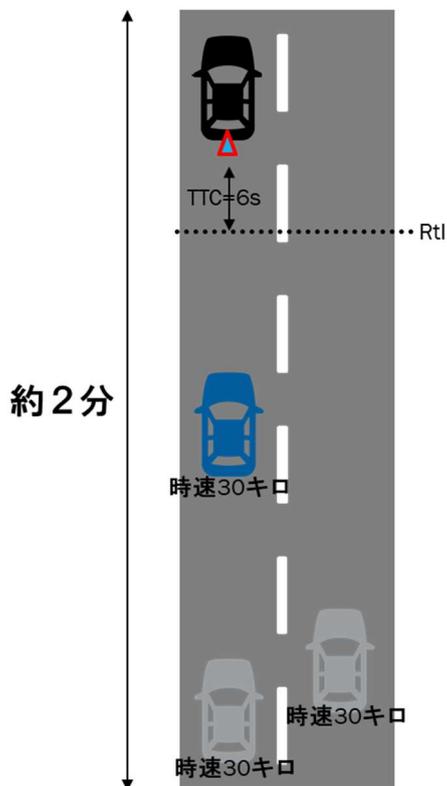


図 5-23 車線減少による介入要請

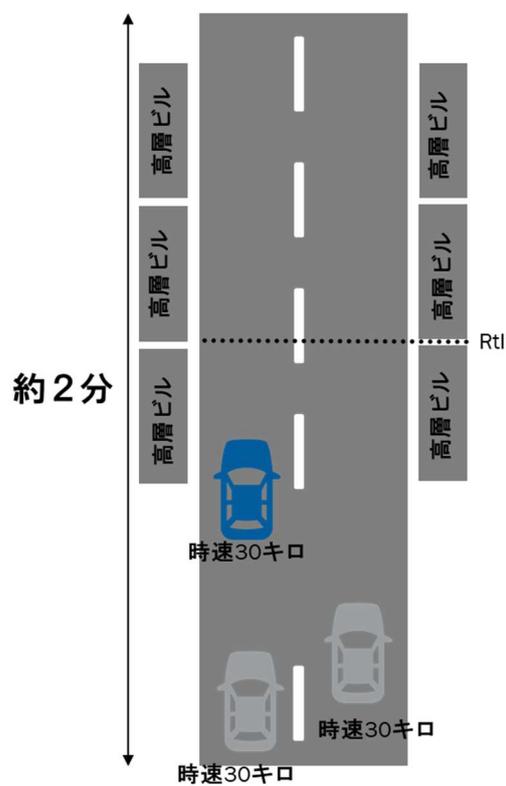


図 5-24 環境要因による介入要請

表 5-17 実験シナリオ

イベント 1	
1 回目	事故なし
2 回目	車線減少による介入要請 (図)
3 回目	事故なし
4 回目	環境要因による介入要請 (図)

このように、参加者は4回のDS走行し、RtIイベントを2回経験した。自車は30km/hで走行し、各イベントの6秒前（Time-To-Collision（以降、TTCと称す）=6秒）にRtIを提示した。

5.4.8. 実験結果

実験完成率

表 5-18 遠隔実験の完成率

条件	人数
ローカル方式+条件 A	9/10
ローカル方式+条件 B	9/10
ブラウザ方式(一括)+条件 A	10/10
ブラウザ方式(一括)+条件 B	10/10
ブラウザ方式(リアルタイム)+条件 A	8/10
ブラウザ方式(リアルタイム)+条件 B	8/10
総計	54/60(割合 : 90%)
条件 A	27 人
条件 B	27 人

実験完成率とは、各条件において実験の最終ページを開ける人数を示す割合である。本実験の 90% の参加者はすべての実験を完了できた。他の 10% の参加者は実験方式によって以下の理由で実験を完成できなかった。

表 5-19 実験を完成できない理由

実験方式	理由
ローカル方式	送付 PC のバッテリー切れ(2 名)
ブラウザ方式	自宅 PC のバージョンが古い(4 名)

A-5 実験の結果との比較

A-5 実験の環境要因による介入要請のシナリオの比較

表 5-20 A-5-1 実験 RtI イベントで運転を引き継いだ被験者数 (割合)

イベント	具体場面説明なし	具体場面説明あり
環境要因 1	2/16 (13%)	15/16 (94%)
環境要因 2	4/16 (25%)	15/16 (94%)

表 5-21 A-5-2 実験 RtI イベントで運転を引き継いだ被験者数（割合）

イベント	具体場面説明なし	具体場面説明あり
環境要因 1	3/12（25%）	10/12（83%）
環境要因 2	5/12（42%）	11/12（92%）

表 5-22 本実験 運転を引き継いだ被験者数と内訳（割合）

イベント	具体場面説明なし	具体場面説明あり
環境要因	12/25(48%)	21/24(88%)
内訳	具体場面説明なし	具体場面説明あり
10 秒後介入(注 1)	2 人	0 人
除外数	除外数	除外数
事前介入(注 2)	1 人	2 人
インターネット問題によるデータ送信の不完全(注 3)	1 人	1 人

注 1：RtI 後 10 秒後に介入した場合は、運転を介入しなかったと判定する

注 2：予想した RtI ポイントの 10 秒以上前に事前介入の場合の参加者はシナリオ外の行動を取ったとして除外対象となる

注 3：事前知識条件各 1 名、計 2 名の参加者がインターネットの問題により、このシナリオのみのデータ送信が不完全のため、反応が確定できず、除去した。

本実験は、ドライバーのキーボード入力を確認し、引き継ぎの有無を確認した。A-5 実験の環境要因による介入要請のシナリオの比較した結果、A-5 実験の結果同様、教示する自動運転知識の内容によって RtI パフォーマンスに影響が表れた。具体場面事前知識を説明した場合は、88%の参加者が引き継ぎ行動を取った、A-5 の結果と同程度である。具体場面事前知識がない場合は、A-5 の結果は半数以下の割合で、本実験では 48%の参加者が引き継ぎ行動を取った。

遠隔実験の受容度

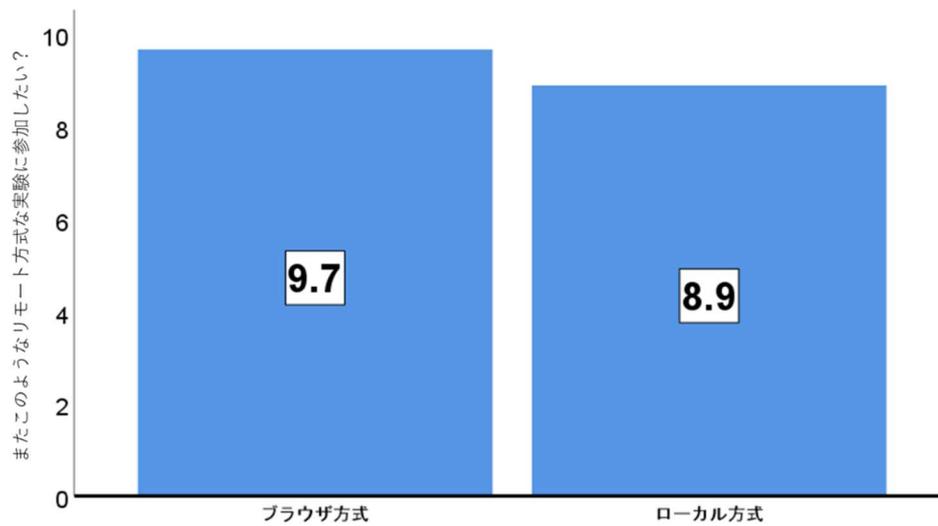


図 5-25 同じ形式の遠隔実験に再度参加したい平均点

ノンパラメトリック t 検定を用いて 2 方式の受容度の違いを確認した結果、 $t(20.4)=1.8$ 、 $p=.08$ 、有意差が認めなかった。2 遠隔方式に対して平均評価が高く、多く参加者が同じ形式の遠隔実験に対して再度参加したいという評価である。

遠隔実験の不満足度

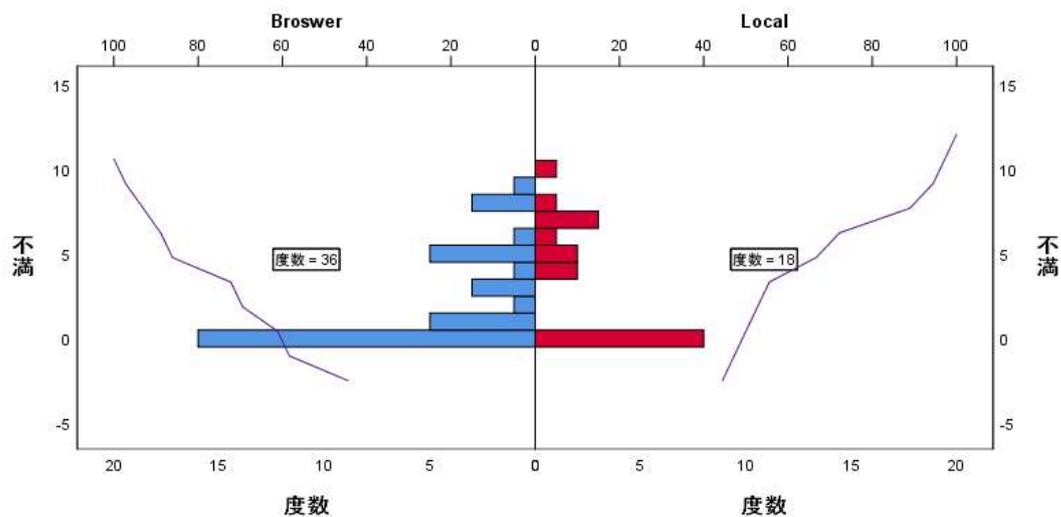


図 5-26 実験に対しての不満足度

ノンパラメトリック t 検定を用いて 2 方式の受容度の違いを確認した結果、 $t(28.8)=1.222$ 、 $p=.23$ 、有意差が認めなかった。遠隔実験に対して不満を感じる人は少数だが、不満を感じる理由を一部取り上げる。主に、実験案内の不足やサイトにアクセスまでスムーズにできなかったなど電話対応に対して不満を感じたというコメントを頂いた。

5.4.9. まとめ

この実験は従来の対面の実験方式、例えば研究室内ドライビングシミュレータや実車を利用した実験以外、感染拡大の防止面から有効な非対面での遠隔による実験の進行や簡易ドライビングシミュレーション実験方法を検討した。研究目的は主に 2 つあり、1. 遠隔実験に対する受容度の確認、2. 遠隔実験と過去の実験それぞれで得られた実験結果を比較し、相似点と相異点を確認する。研究目的 1 に関して、多く参加者がこの実験を経験したあとに同じような遠隔実験に参加したい意見を頂いた。今回の実験完成率は 90% だが、遠隔実験をスムーズに行えるように、参加者の使用頻度や PC スペックを把握した上、実験を設計し、詳細な対応マニュアルの作成など工夫すれば、実験の完成率を高め、遂行することは可能である。実験に関する不満に関して、今後の課題として、不満度を下げるよう、よりスムーズに遠隔の実験をできる手法を探る。研究目的 2 に関して、本実験過去の実車実験 A-5 の実験結果と比較し、遠隔実験と実車実験により、同じ条件を極力再現し、シナリオを比較した結果、A-5 の結果と同じ程度、教示する自動運転知識の内容によって RtI パフォーマンスに影響が表れた。そのため、一部の実験は遠隔実験により、再現や実施することで実車実験と相似な現象や結果を確認することができる利点がある。さらに、感染症拡大の対策面から、対面しないことで実験データ収集の利点が高い。ただし、研究員の個人的な感想として、遠隔実験の説明時間は同じ規模の研究室内と実車実験より長いこと確認できた。よって、本実験の時間は長くすることは避け、実験データを収集できるシナリオ数を限って行うべきである。また、参加者が実験に対して不明点について対応などは電話経由となるため、対応マニュアルの作成が必要である。

5.5. 教育方法の件に関する研究成果

2020年度は、課題Cの主な2つの研究目的に基づき、(1)個人特性を踏まえた教育方法の提案、(2)動機づけ手法の提案、(3)部分教育を意識したモジュール化可能な完全教育教材の開発の3つの研究テーマを設定した。また、これらの成果をもとに、日独連携として自動運転と教育についてのワークショップを担当した。3テーマ、および日独連携に関して、2020年度の成果は以下の通りである。

5.5.1. 個人特性を踏まえた教育方法の提案

2020年度は、自動運転教育への動機づけ方法を検討するために、2種類の動機づけ動画を開発し、2790名を対象としたweb調査より、個人特性の影響を考慮した動機づけ動画の有効性について検討した。傾向スコアマッチングの結果、ナラティブ手法を活用した動機づけ動画は、ファクトベースの動画と比較し、個人のレジリエンス要因を吸収でき、レジリエンスのレベルが低い程事後得点が上昇する可能性が検証された。また、ナラティブベースの動機づけ動画の利用により、個人のレジリエンスの違いを吸収でき、さらに、個人の学習スタイルを考慮するとより有効性が高くなる可能性が示された。また、ナラティブベースの動機づけを実施することで、性別や年代、既婚未婚、子供の有無といった個人属性の違いを吸収できる可能性が示唆された。これらの結果は、WorldS4、ICICT国際学会と国内学会で発表した。

5.5.2. 分析観点

令和元年の内閣府委託事業「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」自動走行システムの実現に向けたHMI等のヒューマンファクターに関する調査検討の実験結果から、レベル3の自動運転から手動運転へ遷移する際のシステム状態に関する学習には個人特性が影響することが確認された。インストラクショナルデザイン手法を用いて教材を開発したところ、パンフレット形式やクイズ形式よりも動画教材が個人特性を吸収する効果を持つことが確認された。令和2年度は自動運転教育への動機づけ方法を検討するために、2種類の動機づけ動画を開発し、個人属性や学習スタイル、キャリアレジリエンスといった個人特性の影響を検証した。

5.5.3. 学習スタイルとキャリアレジリエンスの関係をふまえた効果的な学習手法

SIP第1期の検証から、自動運転時に「センサー機能喪失」のような厳しい

状況に遭遇した場合、運転への介入の遅れが見られたことから、2019年は運転引継ぎが必要な状況のうち、とくに厳しい状況と考えられる「機能失陥(故障)」に関する教育方法を検討した。

運転自動化レベル3及び4相当の自動運転車や普及が進む運転自動化レベル2相当の高度運転支援システムに関し、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は喫緊の課題である。自動運転に関して知るべきことや、ドライバーとして、自動運転車とどうかかわるかについての知識を習得する際には、個人差がある。ジェームズ・ヘックマンは、認知能力と区別するためにパーソナリティ特性のことを非認知能力と呼び、経済・労働市場において非認知能力が認知能力よりも予測妥当性が高く、かつ教育などによる介入が可能であることを実証的に示している^[1]。

ヒューマン・エラーによる事故防止に向け、ドライバーの安全な運転行動を構成する要素を階層に分け、対策を検討する研究がある。ケスキネの運転行動の階層アプローチ理論^[2]は、4階層からなり、第1階層は、基本的な運転技術や法令の知識、第2階層は、交通他者への対応や危険予知が含まれる。第3階層では運転の目的、運行計画(走行時間やルートの設定)の策定に関するスキル、第4階層には安全に運転し、事故を起こさないという意識や責任感といった非認知能力である自己コントロールスキルを挙げている。現在の日本の交通安全教育では、主に第2階層までを対象としているが、社会全体で安全教育を実現するためには、より上位階層への動機づけが必要となる。本研究では、ケラーの動機づけモデル(ARCS)^[3]を活用した、自動運転レベル2、3の安全運転に関する動機づけ動画を開発し、導入効果を検証した。

5.5.4. 仮説

ポジティブ心理学を初めとするポストモダン心理学においては、個人特性の1要素であるレジリエンスの支援としてナラティブアプローチの有効性を示唆している^[4]。ナラティブアプローチでは、人は、これまでに獲得した言語の使い方や、共同体での生活に必要な対人交渉の学習に身についた言語によって構成される時間構造や概念枠組を持ち、「もの語り」の「ものの見方」を変換する効果を持つと考える。安藤(2015)は^[5]、Bruner(1990)、Gergen and Gergen(1988)の先行研究を踏まえ①時間軸が存在しつながらのある話であること②要素間の関係が示され推測される因果関係が存在しているという2点の構造的な特徴を示している。更に Escalas(1998)の先行研究を踏まえ5点の測定尺度①一般論である、抽象論ではない②登場人物が明確である③時間的推移が明確である④起承転結がある⑤因果関係が明確の有効性を示している^[4]。自動運転車に関

する学習時に、自動運転に関わるナラティブを導入することにより、学習者の気づき能力の制約を乗り越え、自動運転に関する新たな意味形成を支援できる可能性がある。

5.5.5. 実験手順

本研究で用いる調査データは、令和2年度10月にインターネットで実施された2790名の調査結果の内、2パターンの動画で学習した620名のデータを分析した。調査では、年代、性別等の他に、回答者の基本属性として学習スタイル、キャリアレジリエンス特性を調査している。本研究では、自動運転レベル2-5に関する学習時に、自動運転車で家族旅行をするナラティブ型の動画(パターンA)と基本事項のみの動画(パターンBで学習を行い、学習前後のテスト結果を基にナラティブ型の動機づけ動画の有効性を検証する。

5.5.6. 教材形式

動機づけ動画は、ARCSモデルに基づき、同程度の効果を持つナラティブベースとファクトベースの動画教材を作成し、属性によらず理解度の高い教材形式を特定すると共に、教材形式で緩和できる属性を推論する。

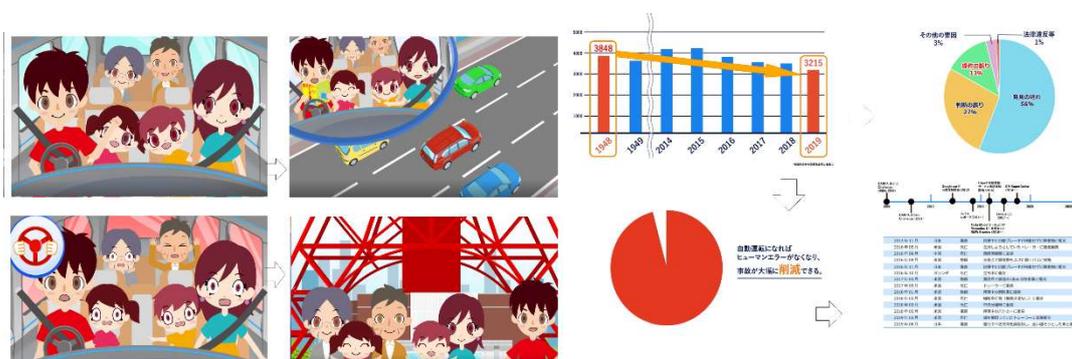


図 5-27 ナラティブベースとファクトベースの動機づけ動画

5.5.7. 分析方法

分析では学習を通して得点が上昇した群(上昇群)と上昇しなかった群(非上昇群)をマッチングさせるため、上昇群と非上昇群に割り当てられる確率に影響を与える変数を用いて傾向スコアを算出し、傾向スコアの差が小さい者どうしをマッチングさせて上昇群・非上昇群に割り当てる。その際、傾向スコアの算出に一般的に用いられるのが、従属変数が2値の場合の回帰分析であるロジスティック回帰分析である。上昇群・非上昇群の2値変数を従属変数とし、この従属変数への影響が想定される変数群を独立変数としてロジスティック回帰分析を行う。このことで複数の独立変数が2値の従属変数に影響を与える

確率を算出できる。算出された数値が傾向スコアであり、この傾向スコアに差が少ない者(類似している者)を上昇群と非上昇群から選び出していくことで、上昇群と非上昇群の属性や特徴を均一にすることが可能となる。

レジリエンス特性は、児玉(2015)を参考に4因子(「R1:チャレンジ」「R2:ソーシャルスキル」「R3:新奇・多様性」「R4:未来志向」「R5:援助志向」)14設問で調査した。回答は各項目について「とてもそう思う(5点)」から「全くそう思わない(1点)」の5段階評定で求める。学習スタイルは、Felderの提唱したモデルを参考に合田(2020)の開発した4因子16設問^[5]で調査した。

5.5.8. 分析結果

5.5.8.1. 教材タイプ別のプレ-ポストテストの結果

図 5-28 は、事前事後テストの結果を比較したものです。質問 1 は多肢選択式の質問であり、4 つの選択肢があります。質問 2 は 10 の質問で構成されており、テストの満点は 11 点です。学習後のテスト結果は、パターンに関係なく、有意に高く、得点の増加率は、ナラティブベースが 1.18 倍、ファクトベースが 1.15 倍となった。

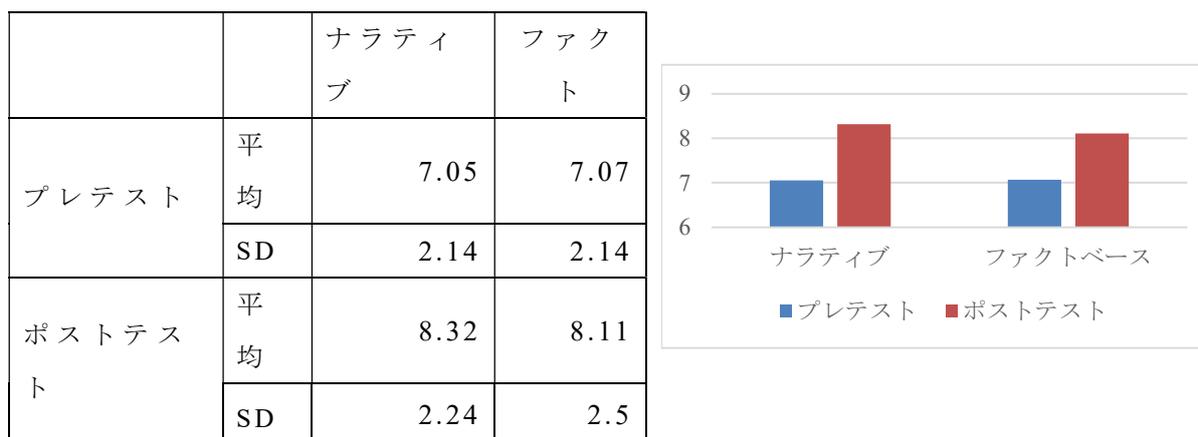


図 5-28 プレ-ポストテストの得点比較

5.5.8.2. レジリエンス特性

レジリエンスの因子別の α 係数を算出したところ因子1:チャレンジ($\alpha=0.80$)、因子2:新奇・多様性($\alpha=0.78$)、因子3:未来志向($\alpha=0.88$)因子4:援助志向($\alpha=0.78$)となり内部一貫性に問題はなかった。キャリアレジリエンス4因子の平均得点をパターン別に比較した結果、パターンに有意差は見られなかった(図 5-29)。

		ナラティブ N=310	ファクト N=310
因子 1: チャレンジ	M	2.65	2.79
	S	0.55	0.63
	D		0.63
因子 2: 新奇・多様性	M	2.79	2.73
	S	0.63	0.56
	D		0.56
因子 3: 未来志向	M	2.32	2.75
	S	0.69	0.62
	D		0.62
因子 4: 援助志向性	M	2.81	2.79
	S	0.62	0.63
	D		0.63

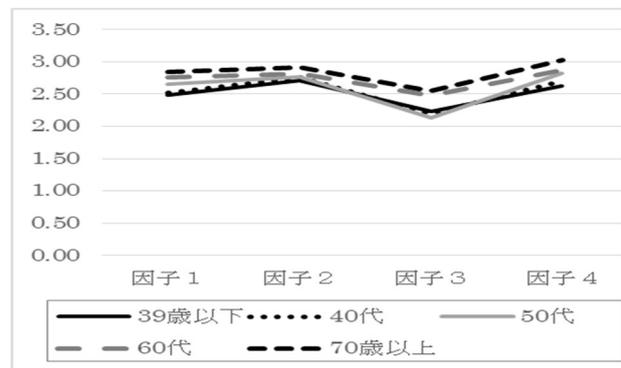


図 5-29 パターン別レジリエンス

年代別にキャリアレジリエンスを比較した結果、年代が高い程キャリアレジリエンス得点が高い傾向があり、因子 1、因子 3、因子 4 は 70 代以上と 39 歳以下に 1%水準で有意差が見られた。レジリエンス因子は、人生経験、結婚や出産といった転機の経験によって高まる可能性がある（図 5-30）。レジリエンスの合計得点を Level1～3（低中高）の 3 段階に分け、事前事後の得点をパターン別にまとめたグラフが図 5-31 である。

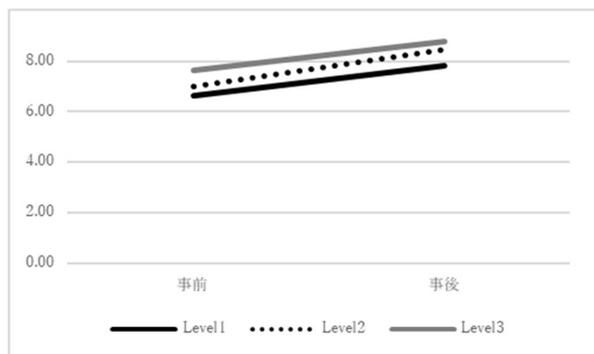
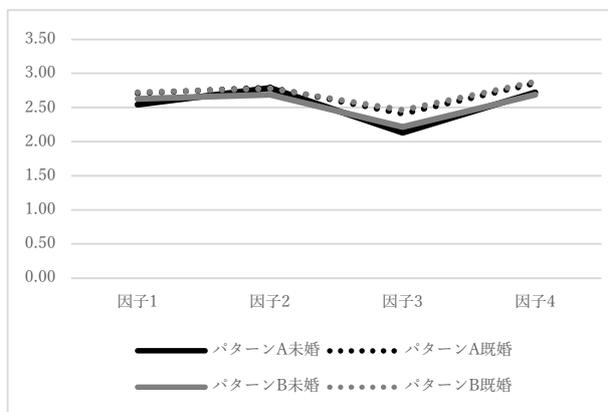


図 5-30 個人属性別キャリアレジリエンス得点

図 5-31 キャリアレジリエンスレベル別比較

5.5.8.3. 学習スタイルの比較

学習スタイル 4 因子の平均得点をパターン別に比較した結果、有意差が見られなかった（図 5-32）。両パターン of 被験者共に ACT より REF を好み、INT より SEN、VIR より VIS、GLO より SEQ を好む傾向がある。図 5-32 はナラティブベースで学習した被験者の 4 因子 2 対の構成比を示したものである。年代別の

比較では SEN（変化にとんだ内容より事実を学ぶのを好む）と VIS（言葉より図表を好む）は年代が高い程高まる傾向があり、70代以上と39歳以下に5%水準で有意差が見られた。

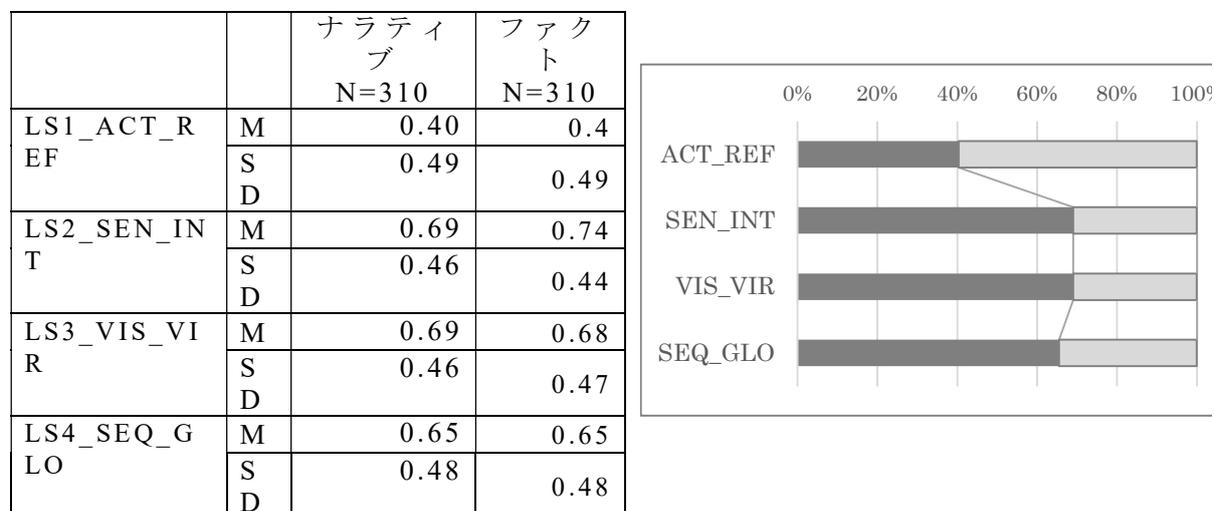


図 5-32 学習スタイルパターン別比較とナラティブベース学習の被験者得点

5.5.8.4.ロジスティック回帰分析の結果

動機づけ動画学習時に個人特性がどの程度影響を及ぼしているかを確認するために、ロジスティック回帰分析を行い、その結果を比較した。ロジスティック回帰分析では共変量として、事前得点、キャリアレジリエンス、学習スタイル、性別、既婚未婚、子供の有無、年代を確認した。モデルの適合度から共変量として事前得点、学習スタイル（SEN）を抽出した。表 5-23、表 5-24 は共変量の影響を比較したものである。ナラティブベースはファクトベースと比較してレジリエンスや年代の影響を吸収している一方、学習スタイル（SEN）の影響を受けていることがわかる。即ちナラティブベースの動機づけ動画を利用することで、個人属性としてレジリエンスや年代の差を吸収できる可能性がある。

表 5-23 ナラティブベースのロジスティック回帰分析の結果

	B	Sig	Exp(B)	lower limit	upper limit
Pre Test Score	-0.33	0.00**	0.72	0.63	0.82
LS1 ACT REF	-0.43	0.10	0.65	0.39	1.09
LS2 SEN INT	0.91	0.00**	2.49	1.44	4.33
LS3 VIS VIR	0.14	0.62	1.15	0.66	2.00
LS4 SEQ GLO	0.14	0.61	1.15	0.67	1.98
Resilience score	0.02	0.89	1.02	0.79	1.29
定数	2.42	0.00	11.26		
p<0.05 N=310	**p<	0.01	Cox-Snell	R ²	0.12

表 5-24 ファクトベースのロジスティック回帰分析の結果

	B	Sig	Exp(B)	lower limit	upper limit
Pre Test Score	-0.12	0.05*	0.89	0.80	0.99
LS1 ACT REF	-0.12	0.63	0.88	0.52	1.39
LS2 SEN INT	0.08	0.79	1.08	0.66	1.97
LS3 VIS VIR	0.12	0.64	1.13	0.70	1.89
LS4 SEQ GLO	0.08	0.75	1.09	0.65	1.83
Resilience score	0.37	0.00**	1.53	1.21	1.94
定数	-0.26	0.60	0.20		
*p<0.05 N=310	**p<	0.01	Cox-Snell	R ²	0.09

5.5.8.5.傾向スコアマッチングの結果

ナラティブベースの動機づけ効果を確認するために、傾向スコアによるマッチング後に、非上昇群と上昇群で事前得点と学習スタイル（SEN_INT）得点が似たものを選び出し（＝傾向スコアの数値が同じか極めて差が小さいものを選び出し）、再度事前事後の得点を比較したのが図 5-33 である。事前得点は両パターンで上昇したが、事後得点はナラティブベースのみが上昇した。

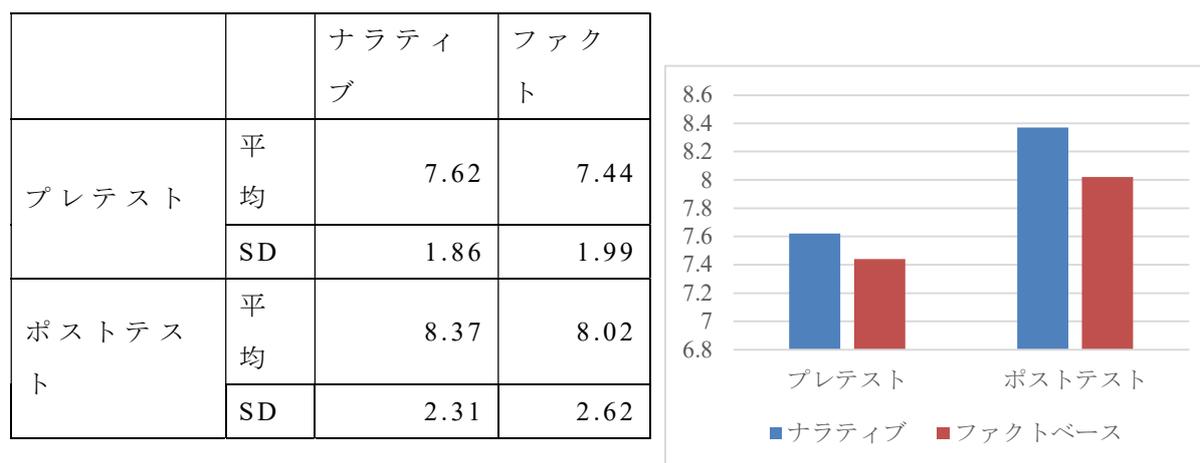


図 5-33 傾向スコアマッチング後の得点差と傾向スコアマッチング後の得点比

5.5.9. まとめ

本研究では、安全教育時に用いる動機づけ動画の有効性について検討した。傾向スコアマッチングの結果、ナラティブ手法を活用した動機づけ動画教材は、ファクトベースの動画教材と比較し、個人のレジリエンス要因を吸収でき、レジリエンスのレベルが低い程事後得点が上昇する可能性が検証された。本調査では、以下2点が確認された。

3. ナラティブベースの動機づけ動画を利用すれば、個人のレジリエンスの違いを吸収できる可能性がある。
4. ナラティブベースの動機づけ動画を利用する場合には、個人の学習スタイルを考慮するとより有効性を高められる可能性がある。

自動運転に関する安全教育を実施する場合、これまでの経験が影響を及ぼす。動画教材を開発する際に、ARCSモデルのみならずナラティブ手法を活用することで、性別や年代、既婚未婚、子供の有無といった個人属性の違いを吸収できる可能性がある。今後は更なる研究を継続し、教育方法を改善する予定である。

5.5.10. 成果発表

- WorldS4

Arame, M., Hand, J., Goda, Y., Toda, M., Matsuba, R., Zhou, H., Itoh, M., Kitazaki, S.. Effects of Learning materials about Automated Driving Level 3 Focusing on Driving Frequency: Verification by Propensity Score Matching, Proceedings of 2020 Fourth World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4)

- ICICT2021

Arame, M., Hand, J., Goda, Y., Toda, M., Matsuba, R., Zhou, H., Itoh, M., Kitazaki, S.. Using Narrative based Video on Gaining Safety Driving: Focusing on Career Resilience and Learning Style in Automated Driving Level 3, Proceedings of Fifth International Congress on Information and Communication Technology, ICICT 2021, London, in press.

- 新目真紀, 合田美子, 半田純子, 戸田真志, 松葉龍一, 周慧萍, 伊藤誠, 北崎智之. (2021). 自動運転レベル3に関するナラティブ手法を活用した動画教材の効果検証. 情報処理学会論文誌研究報告情報システムと社会環境 (IS), 2021-IS-155, 2, 1-8.

参考文献

- 安藤和代.クチコミのナラティブ構造が受け手の評価に与える影響 ブログ記事へのナラティブトランスポートーション効果に 注目して,消費者行動研究, 21(1_2),2015,p1_2_25-1_2_46.
- Heckman, J.J. Stixrud, J., & Urzua, S. (2006). The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior. *Journal of Labor Economics*, 24, pp.411-482.
- 今井康晴,ブルーナーのナラティブ論に関する一考察,広島大学大学院教育学研究科紀要. 第一部, 学習開発関連領域 (59), 2010, pp51-57.
- Keskinen, E. “Why do young drivers have more accidents? Junge Fahrer und Fahrerinnen”, Referate der Esten Interdisziplinären Fachkonferenz,12-14. (1994).
- Suzuki,K..On the Framework of Designing and Developing "appealing instruction: The ARCS Motivation Model, *Journal of Educational Media Research* Vol(1),1995, Issue1, pp.50-61.

5.6. 動機づけ手法に関する提案

5.6.1. はじめに

自動運転車には、自動化の割合に応じ、5段階に区分されている(Shuttleworth, 2020)。現時点では、レベル2の自動車が販売され、レベル3へ移行する前の段階にある。すべて自動化された自動車と違い、完全自動化へ移行するまでは、人の介入が必要となる。安全に、レベル2とレベル3の自動運転車を操作するために、現時点の自動運転車について正しく理解する必要がある。自動運転車に関する知識を有することで、何らかの影響を受け自動運転から手動運転への切り替えが必要な場面で、引継ぎに要する時間が短くなるとされる(Zhou, et al., 2019)。

安全教育の対象は、交通利用者すべてとなり、年齢層、背景、学習スタイルなど、多様で幅広い。自動運転車などに興味を持たない対象者も多い。運転者教育として、免許更新時の講習などが考えられるが、限られた時間で、学習効果を上げるための工夫が必要となる。そこで、教材に加えて、学習内容の興味関心を喚起するための方法を検討することとなった。本研究では、動機づけARCSモデルを援用し、安全教育のための動機づけ動画を2種開発した。形成的評価の結果、2種の動画では、同等レベルの動機づけが可能であることが示唆された。本研究結果は、日本教育工学会春大会で発表した。

5.6.2. 動画の設計と開発

動機づけ動画の設計には、ケラーの ARCS モデル(鈴木ほか、2016)を援用した。開発した動機づけ動画は、5分程度の自動運転車に関する動画教材の導入のための2分程度のオープニング動画(OP)という位置付けであった。OPを視聴することで、自動運転車に興味を持ち、自分にも関連すると考えてもらえる様に流れを考えた。これはARCSモデルの特にA(注意)とR(関連性)に関係し、設計時にはAとRを意識し、2分程度と短時間の動画であり、C(自信)とR(満足感)については、研究範囲外とした。Aの下位項目には、知覚的喚起(A1)、探究心の喚起(A2)、変化性(A3)がある。Rの下位項目には、親しみやすさ(R1)、目的指向性(R2)、動機との一致(R3)がある。

自分で自動運転車を利用することをイメージさせるようなファミリーで出掛けるというストーリー編(OP1)、自動運転車について、事例や研究成果などを中心に客観的データに基づいた事例編(OP2)を設計した。今後の動機づけと他の要因による学習効果を検証するため、同等レベルの動機づけ動画を開発するよう設計しアニメ制作会社へ開発を依頼した(図 5-34)。

ストーリー編(OP1)は、自動運転車を利用し、ファミリーで東京タワーに出かけるシーンを描いている。冒頭で、自動運転に対して多くの学習者が思い描くイメージを提示した後、

- そのイメージと現状に乖離があるシーン、すなわち、自動運転から手動運転への引き継ぎが必要なもの
- そのイメージと現状が比較的合致しているシーン、すなわち、現状にて自動化が実現できているもの

の両者を描くことで、学習内容に対する興味関心の喚起を狙っている(図 5-34)。一方事例編(OP2)では、自動運転に関する複数の客観的なデータや情報を提示することで自動運転のメリットや社会的価値、自動運転技術の現状等を説明している。具体的には、交通事故における死亡者数、交通事故の要因、現在の自動運転のレベル、技術開発の道のり等である。そしてこれらを通じて学習内容に対する興味関心の喚起を狙っている(図 5-35)。



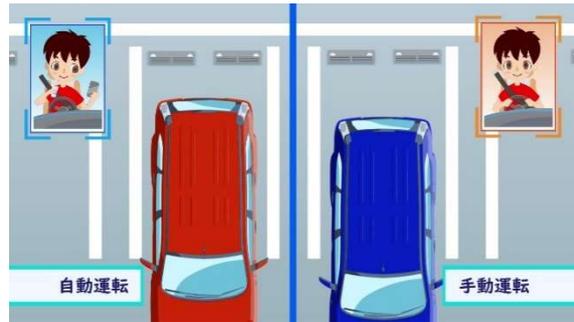


図 5-34 動機づけ動画(ストーリー編)のイメージ



図 5-35 動機づけ動画(事例編)のイメージ

5.6.3. 研究方法

研究期間は、2020年10月3日から10月7日とした。研究参加者は、地方公共団体による第三セクター企業に勤務する免許保有者30名(年齢平均40.40歳(23～60歳)、運転歴平均20.15年(0.5～42年))であった。動画の動機づけへの影響を調査するため、OP1とOP2両方を視聴した後、アンケートに回答してもらった。視聴する動画の順序効果へ配慮するため、15名ずつで、OP1とOP2の視聴順序を変えた。アンケートは、各動画に対し、ARCSモデルのAとRに関する9段階のSD法による8項目、自由記述で構成された。動画視聴およびアンケート回答を合わせて、約30分程度でデータ収集を行った。

5.6.4. 研究結果

アンケートの各項目の平均と標準偏差、OP1とOP2間のt値は表5-25の通りである。いずれの項目も、2種の動画間で有意な差は見られなかった。

表 5-25 動機づけ動画の形成的評価結果

	動機づけに関する項目	ストーリー編 (OP1)		事例編 (OP2)		t
		m	sd	m	sd	
A	注意：おもしろそう、何かありそうという学習者の興味・関心の動きがある	5.90	1.60	5.90	1.69	.00
A1	知覚的喚起：学習者の興味をひくため何ができるか	6.80	1.99	6.93	1.80	-.27
A2	探究心の喚起：どのようにすれば探求の態度を刺激できるか	6.00	1.80	6.10	2.02	-.20
A3	変化性：どのようにすれば学習者の注意を維持できるか	5.30	1.51	5.43	1.61	-.33
R	関連性：学習課題が何であるかを知り、やりがい（意義）があると思う	6.03	1.65	6.27	1.70	-.54
R1	親しみやすさ：どのようにすれば学習者の経験と教材とを結びつけることができるか	5.63	1.83	5.70	1.82	-.14
R2	目的指向性：どのようにすれば学習者の目的と教材を関連づけられるか	5.97	1.67	6.13	1.57	-.40
R3	動機との一致：いつどのようにすれば学習スタイルや興味と教材とを関連づけられるか	5.80	1.83	6.00	2.00	-.40

注. * $p < .05$, ** $p < .01$, $N = 30$.

5.6.5. 考察

今回開発した 2 種の動機づけ動画には差がなく、同等の動機づけを行えることが確認された。今後は、開発された動画を活用し、動機づけの種類と、教材のタイプ、個人の特性の違い(Arame, et al., 2020)との関連を更に検証していく。

5.6.6. おわりに

本研究では、安全教育のための動機づけ動画を 2 種設計し、開発した。一つは、自分で自動運転車を利用することをイメージさせるようなファミリーで出掛けるというストーリー編、もう一つは、自動運転車について、事例や研究成果などを中心に客観的データに基づいた事例編である。これら 2 種の動機づけ動画について、形成的評価を実施した。その結果、今回開発した 2 種の動機づけ動画には差がなく、同等の動機づけを行えることが確認された。

5.6.7. 成果発表

- ・ 日本教育工学会 2021 年春季大会

合田美子, 新目真紀, 半田純子, 戸田真志, 松葉龍一, 周 慧萍, 伊藤誠, 北崎智之(2021). 自動運転車に関する安全教育受講への動機づけ動画の開発, 日本教育工学会 2021 年春季大会.

参考文献

Zhou, H., Itoh, M., & Kitazaki, S. (2019). Long-term Effect of Experiencing System Malfunction on Driver Take-over Control in Conditional Driving Automation. Proceedings of the 2019 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 1950-1955.

Shuttleworth, J. (2020). SAE standard news: J3016 automated-driving graphic update, <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>

鈴木克明, 市川尚, 根本淳子. (2016). 『インストラクショナルデザインの道具箱 101』. 北大路書房.

Arame, M., Hand, J., Goda, Y., Toda, M., Matsuba, R., Zhou, H., Itoh, M., & Kitazaki, S. (2020). Learning Effects of Different Learning Materials about Automated Driving Level 3: Evidence from a Propensity Score Matching Estimator, Proceedings of Fifth International Congress on Information and Communication Technology, ICICT 2020, London, Volume2, pp. 387-394.

5.7. 部分教育を意識したモジュール化可能な完全教育教材の開発

多様な背景を持つ交通利用者が教育の対象者であることから、自身の特性や学習スタイルに合った教材で学んでもらえるように、組合せ可能な、多種の教材モジュールを開発、蓄積することを目的の一つとしている。2020年度は、動機づけ動画2種、一般的な自動運転に関する知識習得のためのクイズ教材と動画教材の4モジュールを開発した。教材開発とともに、自己の特性をよりシンプルに測定可能にするために、キャリアレジリエンスと学習スタイル尺度の縮小版を開発した。本成果は、IEEE TALE2020 国際学会で発表を行った。

5.7.1. 動機づけ動画を活用した学習の流れ

5.7.1.1. 動機づけ動画について

2020年の研究では、パンフレット、クイズ、動画の3種類の教材の中で、個人特性を吸収し、より学習効果が高い教材はどれかを検証した。その結果、動画教材がより効果が高いことが確認された。

そこで2020年度は、動画教材に着目し、より自動運転について関心を持って学んでもらえるよう本編の教材で学習する前に視聴する動機づけ動画(教材)を2種類作成した。1つは、ある家族のストーリー(ナラティブ型)で自動運転について説明するストーリー編教材(動機づけ動画A)である(図8参照)。家族で自動運転車に乗って東京タワーまで行くというストーリーの中で、世間の自動運転イメージへの誤解を解くようなものになっている。

故の過去のデータをグラフで提示するなどし、事実に基づいて、自動運転車のメリットを説明している(図9参照)。

各動機づけ動画の概要について表9に示した。これらは、動機づけ動画であるため、どちらも3分以内のものになっている。つまり、自動運転について興味を持ち、主教材でより意欲的に学んでもらえるようにするための動画である。

表 5-26 動機づけ動画の概要

教材名	教材の長さ (分:秒)	内容
動機づけ動画 A(ストーリー編)	2:08	家族で自動運転車に乗り東京タワーに行くというストーリーの中で一般的な人が抱く自動運転車のイメージの誤解を解いていくようなものになっている。(自動運転の切り替え、運転の引継ぎ要請への対応などが含まれる)
動機づけ動画 B(事例編)	2:44	今までの交通事故の要因などのデータを提示し、自動運転車のメリットや社会的価値(交通渋滞緩和、環境負荷低減、職業ドライバーの不足解消、高齢者や障害者の新しいモビリティの提供、新しいまちづくりなど)について、事実や事例に基づき説明している。運転の引継ぎ要請や、また自動運転車による事故の発生例についても紹介している。

5.7.1.2.主教材

主教材の学習内容項目の概要を表 5-27 にまとめる。3 種類の教材の学習項目としては同じものになっており、自動運転車のレベル、しくみ、手動と自動の操作、レベル 2 とレベル 3 に関連する法規などである。クイズ形式の動画は、はじめにクイズを出して、考えさせて、正解を提示して、説明するものになっているため、教材の時間がやや長くなっている。



図 5-36 動画教材のスクリーンショット

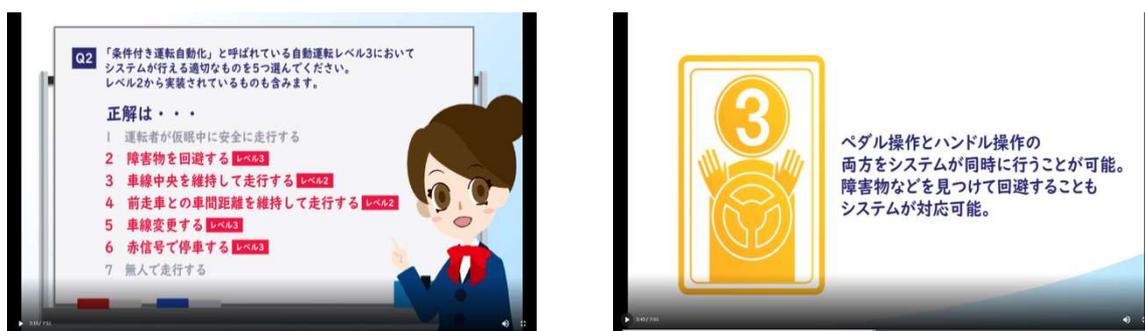


図 5-37 クイズ形式の動画

表 5-27 主教材の概要

教材名	教材の長さ (分:秒)	学習項目の構成
動画教材	4:43	自動運転車のレベル（レベル1～5） ・レベル2とレベル3の特徴 自動運転車の仕組み
クイズ形式の動画	7:51	・センサーとカメラなど ・自動運転が可能な時とそうでない時 手動と自動の操作 ・自動と手動の切り替え方法 ・警告音や警告メッセージ ・自動と手動の切り替え時期 ・具体的なシチュエーション
パンフレット		レベル2とレベル3に関連する法規 ・レベル2とレベル3自動運転中にできること ・自動運転時の義務

5.7.2. 学習のパターン

上記 II 節で記述した通り、2つの動機づけ動画については、事前調査を行い、その動機への効果については、差異がないことを検証した。また、上記の動機づけ動画なしで、すぐに主教材で学習する場合についても、検証した。つまり、動機づけ動画なしと主教材3種類（パンフレット、クイズ形式の動画、動画）、ストーリー編動画教材と主教材3種類、事例編動機づけ動画と主教材3種類の9通りで検証することにした。このような動機づけ動画と異なるタイプの主教材を作成した目的は、幅広い背景を持つドライバーに対して最も有効な教材タイプを特定するためである。検証結果については、Iで報告した通りである。短く、マイクロラーニングが可能なモジュールとして、研究で使用する教材などを作成することで、それぞれを単独で、また、学習目標、または、実際の目的に合わせて、教材を組み合わせることも可能である。個々の学習スタイル、レジリエンスなどの特性を考慮しより効果的で効率的な学習方法を提案していく。

5.8. 日独連携としてワークショップ

日独の自動運転技術に関する研究・開発を進めているチーム間での連携、協力を進めるために定期的なオンラインセミナーを開催している。2021年2月25日(日本時間17時)のセミナーは熊本大学チームが担当し、3件の発表を行い、最後に全体でのディスカッションの時間を設けた。

我々は、これまで2カ年にわたり、1)今後、近未来における自動運転車の普及時に運転者(ドライバー)に求められる知識、学ぶべき事項は何か、2)どのような手法、メディアによる学習プログラム提供がより多くの人にとって有用か、3)自動運転車/技術が多くの人にとってまだ身近になっていない現時点において、その学びを促す仕掛け(学びへの動機づけ)はどのようにすべきであろうかの3つを柱に、学習コンテンツの開発と同コンテンツを利用した検証実験、その分析を行ってきた。

同セミナーでは、これまでの活動内容の報告と合わせ、日独の関係者から、今後の学習コンテンツの改善/開発と、調査の方向性、精査すべき事項等の検討を進めるために、1)-3)に関するコメントやアイデア、特に、何を学ぶべきか、動機づけはどのようにかけるべきかについてウェブアンケートとチャットを併用した意見徴収のためのワークショップを実施した。ネットワーク・トラブルのために、十分な情報取得、意見交換を行うことが出来なかったが、参加者から提示されたコメント/アンケート回答は、我々の計画、取組んできた事項への一定の評価を確認できた他、自動運転車と学びへの興味の喚起、よりアトラクティブにする方策として、ゲーム的要素(ゲーミフィケーション)を加える等の提案など、今後の検討にむけ、有意な情報を得ることができた。

.....

表 5-28 ワークショップのスケジュール

17:00~17:20

Yoshiko Goda (Kumamoto University)

What role does education play in the safety of automated driving cars?

17:20-17:50

Maki Arame, Junko Handa (Polytechnic University)

Motivation for safety education: Using narrative based video on gaining safety driving

17:50-18:10

Ryuichi Matsuba (Kumamoto University)

Technology use in safety education: Concerns and possibilities

18:10-18:30

General Discussion

5.9. 学習スタイルと教育コンテンツの Web 調査の実施概要

自動運転が普及する中で、ドライバー並びに交通参加者が習得すべき知識とその効果的な教育方法の検証として、Web 調査を実施した。2020 年度は、教える教材（コンテンツ）の違い、教え方の違いに着目し調査設計ならびに実査を行っている。

本節では、Web 調査の実施並びに単純集計を調査結果として示す。効果的な教育方法に関する検証については、前節に詳細が明記されている。

5.9.1. 調査の目的

本調査は、「運転者や歩行者等が修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」として下記の項目を明らかにすることを目的に実施した。

- 個人の特性により知識の習得に違いが出るか
- 教育として提示するコンテンツの違いから理解度の差が生じるか
- 自動運転を「自分事としてとらえる」動機付け（理解促進説明）に効果があるか

5.9.2. 調査の方法

5.9.2.1. 調査表の設計

本調査では、戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）自動走行システム／大規模実証実験/H M I（第 1 期）における「自動走行システムの機能・状態・動作の理解」で行われた Web 調査をベースとして、新たな調査項目を検証する調査票を策定した。



図 5-38 Web 調査の項目

調査項目としては、自動運転の機能に関する設問（5 問、プレ/ポスト共通）、

学習スタイルに関する設問（12問）、キャリアレジリエンスに関する設問（14問）、日常で自動車運転に関する設問（4問）、説明コンテンツの嗜好に関する設問（1問）の合計41問とした。

自動運転の機能に関する問題（5問）を設定し、調査実施段階での理解度（プレテスト）と説明動画ならびに自動運転の機能に関する説明を受けたのちの理解度（ポストテスト）を比較検証する設計としている（図 5-38）。

自動運転の機能に関する説明

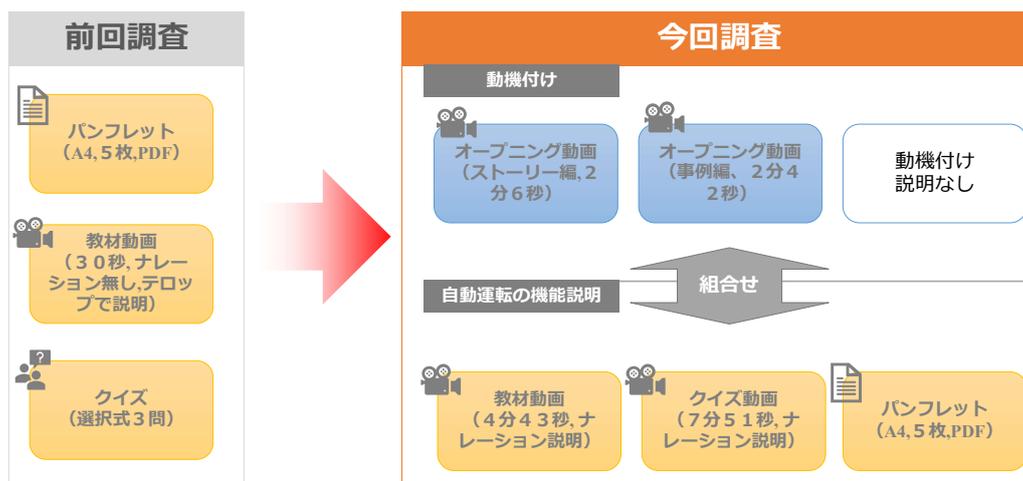


図 5-39 自動運転の機能に関する説明

自動運転の機能に関する説明としては、自動運転を「自分事としてとらえる」動機付けとして「ストーリー編動画」/「事例編動画」/動機づけ説明なしの3区分で調査を行い、さらに教材動画/クイズ動画/パンフレットの3コンテンツで機能説明を行った（図 5-39）。回答者数は、各項目で300を想定し、9パターン合計で2700とした。割り付けは表の通り（表 5-29）。

表 5-29 自動運転の機能説明の組み合わせと回答者の割り付け

自動運転の機能に関する説明の組み合わせと回答者の割り付け

	動機付け	機能の説明	n
1	オープニング動画（ストーリー編）	教材動画	300
2		クイズ動画	300
3		パンフレット	300
4	オープニング動画（事例編）	教材動画	300
5		クイズ動画	300
6		パンフレット	300
7	なし	教材動画	300
8		クイズ動画	300
9		パンフレット	300
		計	2,700

5.9.2.2.調査の実施方法

調査は、Web 調査として実施し、株式会社マクロミルの登録モニターへのアンケート方式として実施した。被験者のスクリーニングとして、運転免許保有者を1次調査で絞込、2次調査として41問の本調査を実施した。

5.9.3. 調査の実施概要

5.9.3.1.調査の実施概要

Web 調査は、1次調査が10月27日、本調査が10月28－29日にて実施した。回答者数は、2790であり、設計時の割り付け各セルが310となっている。

- 調査実施日：2020年10月27日～29日
- 回答者数：2,790

5.9.3.2.回答者の属性

Web の回答者の属性は次のとおりである。

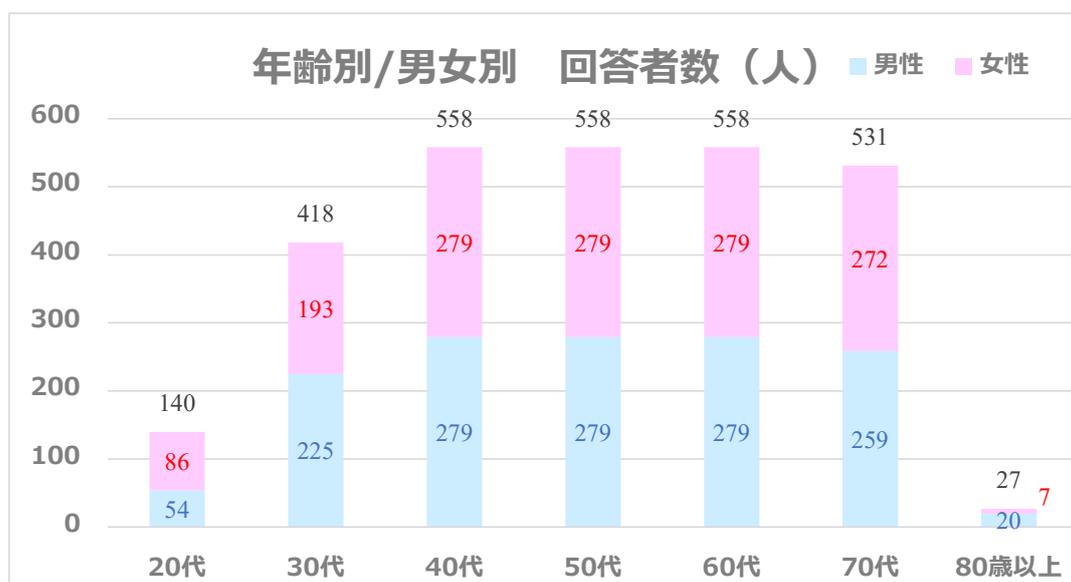


図 5-40 回答者の年齢及び性別

回答者の年齢構成としては、40代／50代／60代が最も多く558（各20%）、30代が418（15%）、20代が140（5%）、80歳以上が27（1%）であった。（図 5-40）

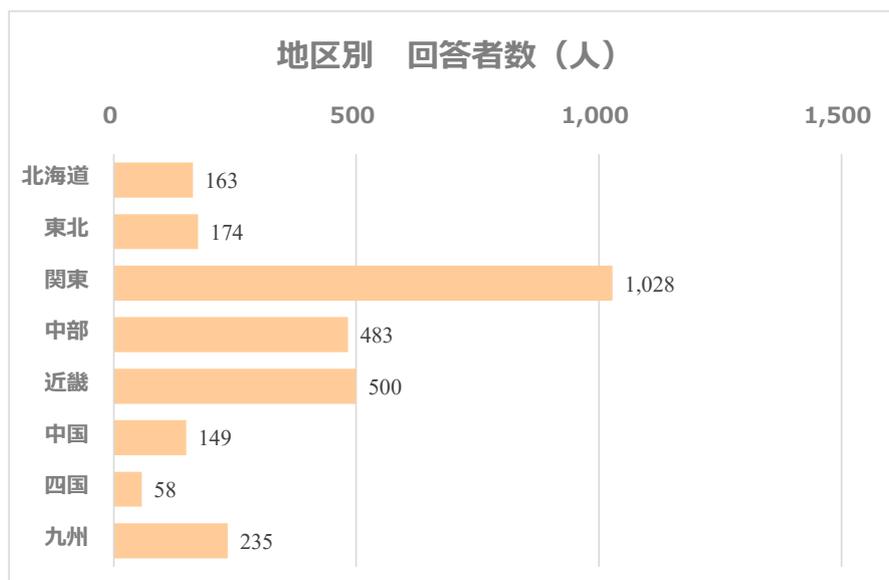


図 5-41 回答者の居住地区

回答者の居住地区としては、関東が最も多く 1,028 (37%)、近畿が 483 (17%)、中部が 483 (17%)、九州が 235 (8%)、東北が 174 (6%)、北海道が 163 (6%)、中国が 149 (5%)、四国が 58 (2%) であった。

(図 5-41)

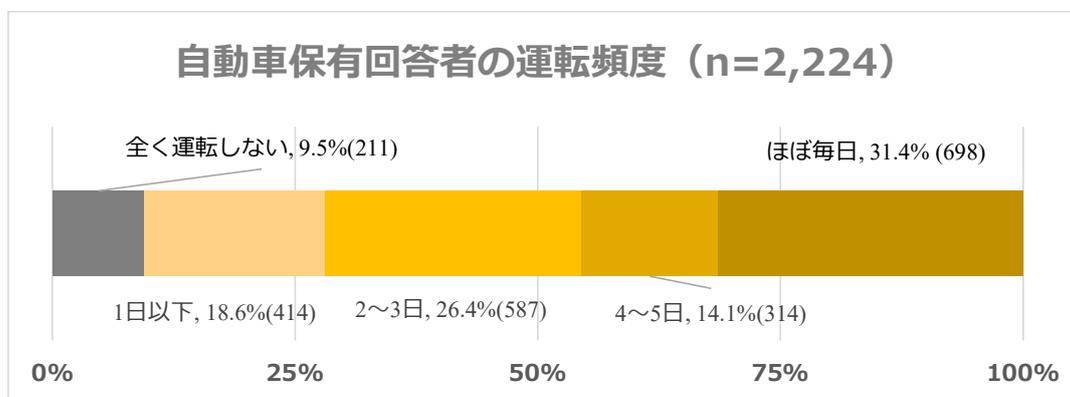


図 5-42 自動車保有回答者の運転頻度

自動車を保有する回答者の運転頻度を見ると、「ほぼ毎日」が最も多く 34.4%、次いで 2-3日 (26.4%)、1日以下 (18.6%)、4-5日 (14.1%)、全く運転しない (9.5%) であった。(図 5-42)

自動車を保有する回答者の運転場面を見ると、日常生活 (買い物) が最も多く 60.8%、次いで通勤・通学・送迎・通院 (29.2%)、旅行・レジャー・帰省 (5.4%)、仕事 (4.3%)、その他 (0.3%) であった。(図 5-43)

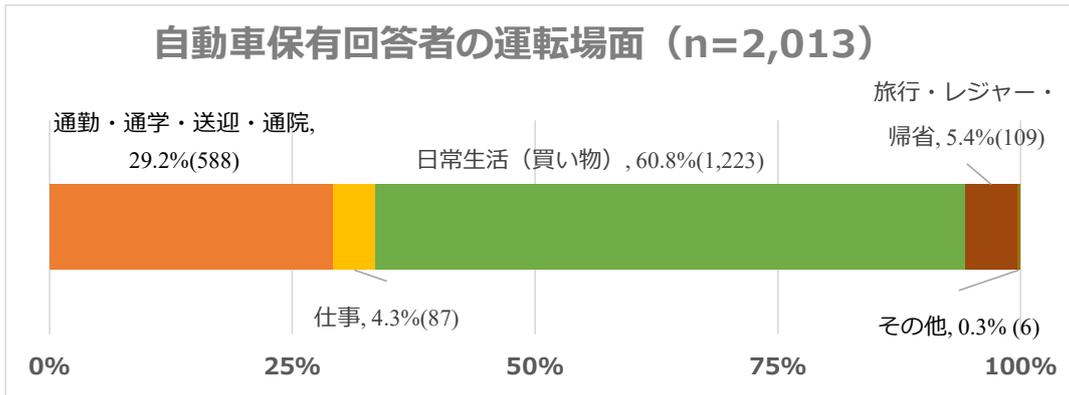


図 5-43 自動車保有回答者の運転場面

5.9.4. 単純集計

5.9.4.1. 学習スタイルについて

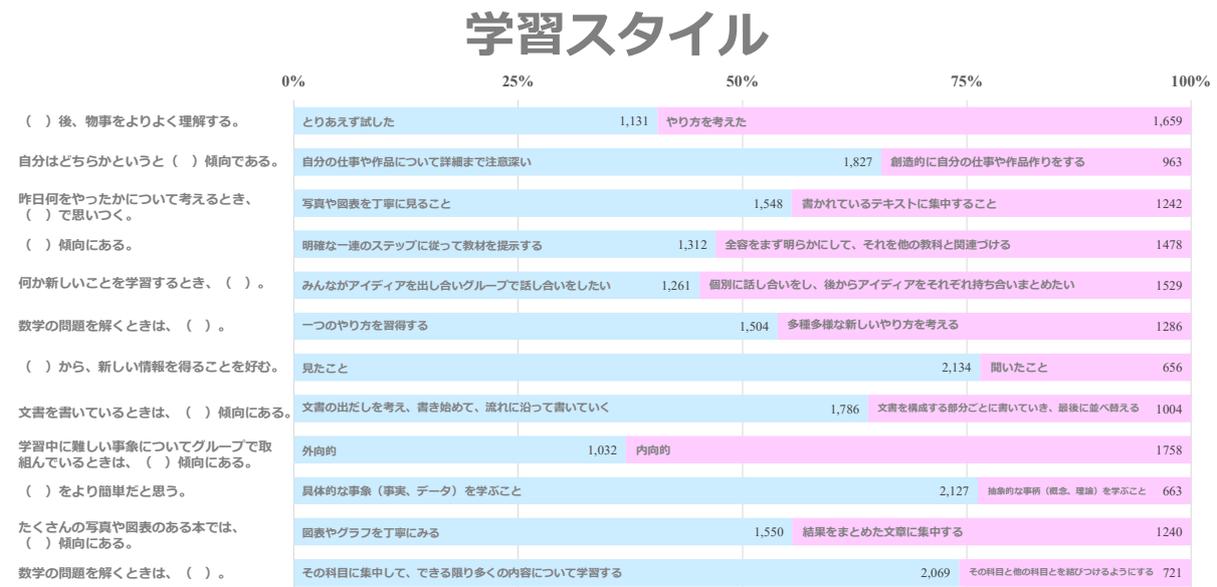


図 5-44 学習スタイル

回答者の学習スタイルに関する設問では、特徴的な偏り（75%以上）が見られたものとしては、「見たことから、新しい情報を得ることを好む。」（76.5%）、「具体的な事象（事実、データ）を学ぶことをより簡単だと思う。」（76.2%）であった。

5.9.4.2. キャリアレジリエンスについて

回答者のキャリアレジリエンスに関する設問では、特徴的な偏り（75%以上）が見られたものとしては、「思いやりを持って人と接している」（全くあてはまらない（3.2%）、あてはまらない（20.3%）、あてはまる（65.4%）、非常によく

あてはまる（11.1%）と「色々なことを知りたいと思っている」（全くあてはまらない（3.1%）、あてはまらない（19.9%）、あてはまる（58.4%）、非常によくあてはまる（18.6%））の2問であり、いずれも肯定的な傾向であった。

キャリアレジリエンス

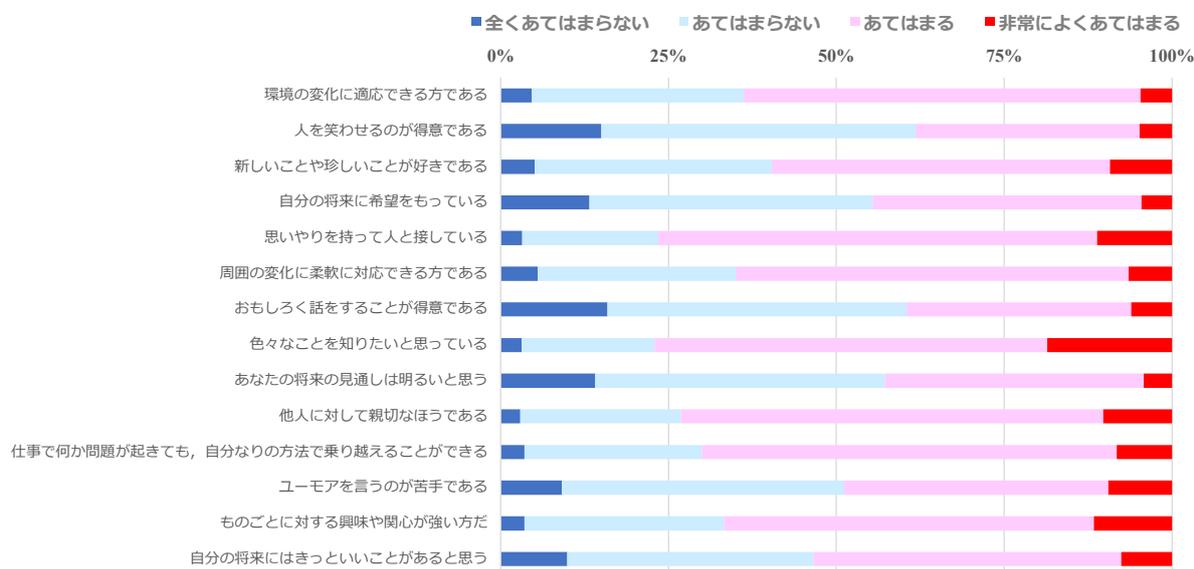


図 5-45 キャリアレジリエンス

5.9.4.3. 自動運転の機能に関する設問

「部分的運転自動化」と呼ばれる自動運転(レベル 2)の車両を利用して高速道路を走行しています。自動運転中に、あなたがしてはいけないものを2つ選んでください。

	プレテスト	ポストテスト	差
アクセルをゆるめる	13.0%	14.2%	1.3%
カーナビを注視して、この先の道路状況を調べる	46.7%	47.0%	0.3%
ハンドルから手を離す	46.3%	45.8%	-0.5%
急な上り坂のため、アクセルを踏んで速度を維持する	18.1%	19.5%	1.4%
スマホを利用して、目的地の天気を調べる	75.9%	73.5%	-2.5%

自動運転車(レベル3)の仕組みについて、以下の中から正しいと思われるものをすべて選んでください。(いくつでも)

	プレテスト	ポストテスト	差
自動運転車は、GPSからの位置情報を頼りに走行する	65.4%	57.5%	-7.9%
自動運転車は、他車両から出される信号を活用して走行する	25.2%	24.0%	-1.2%
自動運転車は、歩行者のスマートフォンの情報を利用して、歩行者を回避することができる	11.5%	12.7%	1.2%
自動運転車は、センサーで先行車を検知して、車間距離を維持したり、一定速度を維持したりして走行する	80.8%	82.1%	1.3%
自動運転車は、隣の自動車や対向車を制御することができる	19.9%	21.0%	1.1%
自動運転車は、センサーで白線を検知して車線の中央を走行する	73.1%	78.2%	5.1%

システムが運転を担う自動運転車(レベル3)における自動運転中に、「ドライバーはどのような状態である必要があるか」について、正しいと思われるもの1つを選択してください。

	プレテスト	ポストテスト	差
ドライバーは、常に前方を監視しハンドルを握っていなければならない	55.1%	23.5%	-31.5%
ドライバーは、運転席に座っていなくてもよい	3.9%	2.6%	-1.3%
ドライバーは、運転引継ぎの案内があるまでは運転以外のことをしていてもよく、運転引継ぎの案内が出た後は自ら手動で運転しなければならない	32.5%	68.2%	35.7%
ドライバーは、運転引継ぎの案内があるまでは運転以外のことをしていてもよく、運転引継ぎの案内が出た後は車を停止させなければいけない	8.5%	5.7%	-2.8%

ご自身が想像する自動運転車(レベル 3)において、運転引継ぎの案内が発生する場面として、以下の中から正しいと思われるものをすべて選んでください。(いくつでも)

	プレテスト	ポストテスト	差
進行方向の先で工事が行われており、走行している車線が減少する	45.4%	62.3%	16.9%
交通量の多い道路で、道路の白線が消えている	50.8%	53.8%	3.0%
上り坂のカーブに近づいている	10.4%	7.7%	-2.7%
先行車が走っていない	10.0%	6.5%	-3.5%
進行方向の先で事故が発生し、通行止めとなっている	51.7%	62.8%	11.1%
道路わきの障害物が影響し、GPSからの位置情報を捕捉できなくなった	54.9%	60.1%	5.2%
進行方向の先で渋滞が発生している	20.5%	20.8%	0.4%
進行方向の先の信号が赤信号である	15.9%	10.2%	-5.7%
濃い霧の影響で、道路の白線が見えにくくなり、センサーで道路の白線を検知できなくなった	62.5%	74.8%	12.3%
センサーの故障により、道路の白線を検知できなくなった	69.8%	74.5%	4.7%