

---

---

平成 29 年度

「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」

# 報告書

平成 30 年 3 月

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
株式会社デンソー  
東京都ビジネスサービス株式会社

---

---

委託業務報告書の  
無断複製等禁止の標記について

委託業務に係る報告書の無断複製等の禁止の標記については、次によるものとする。

「本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社デンソー、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）自動走行システム／大規模実証実験／HMI」の平成29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) .....	8
1.1. はじめに .....	8
2. 委託概要 .....	11
2.1. 委託の目的 .....	11
2.2. 委託の内容 .....	11
2.3. 用語の定義 .....	12
3. 課題 A の調査検討 .....	12
3.1. はじめに .....	12
3.2. 課題 A の平成 29 年度の計画 .....	14
3.3. 課題 A の平成 29 年度の具体的な目的と方法 .....	15
3.4. 実験 A-1-1 .....	16
3.4.1. 目的 .....	16
3.4.2. 実験被験者 .....	16
3.4.3. 実験装置 .....	16
3.4.4. タスク .....	16
3.4.5. 実験計画 .....	16
3.4.6. 実験手順 .....	18
3.4.7. 評価指標 .....	18
3.4.8. 結果と考察 .....	18
3.4.9. まとめ .....	19
3.5. 実験 A-1-2 .....	20
3.5.1. 目的 .....	20
3.5.2. 実験被験者 .....	20
3.5.3. 実験装置 .....	20
3.5.4. タスク .....	21
3.5.5. 実験計画 .....	21
3.5.6. 実験手順 .....	22
3.5.7. 仮説と評価指標 .....	23
3.5.8. 結果と考察 .....	23
3.5.9. まとめ .....	26
3.6. HMI 基本要件 .....	27
3.7. 実験 A-2-1 .....	28
3.7.1. 目的 .....	28
3.7.2. 実験被験者 .....	28

---

---

3.7.3.	実験装置	28
3.7.4.	タスク	29
3.7.5.	実験計画	29
3.7.6.	実験手順	30
3.7.7.	仮説と評価指標	31
3.7.8.	結果と考察	32
3.7.9.	まとめ	35
3.8.	実験 A-2-2	36
3.8.1.	目的	36
3.8.2.	実験被験者	36
3.8.3.	実験装置	36
3.8.4.	タスク	36
3.8.5.	実験計画	36
3.8.6.	実験手順	37
3.8.7.	仮説と評価指標	38
3.8.8.	結果と考察	38
3.8.9.	まとめ	43
3.9.	実験 A-3-1	44
3.9.1.	目的	44
3.9.2.	実験被験者	44
3.9.3.	実験装置	44
3.9.4.	タスク	45
3.9.5.	実験計画	45
3.9.6.	実験手順	47
3.9.7.	仮説と評価指標	48
3.9.8.	結果と考察	48
3.9.9.	まとめ	52
3.10.	実験 A-3-2	53
3.10.1.	目的	53
3.10.2.	実験被験者	53
3.10.3.	実験装置	53
3.10.4.	タスク	53
3.10.5.	実験計画	54
3.10.6.	実験手順	56
3.10.7.	評価指標	58

---

---

---

---

3.10.8. 結果と考察 .....	59
3.10.9. まとめ .....	64
3.11. 実験 A-3-3 .....	65
3.11.1. 目的 .....	65
3.11.2. 実験被験者 .....	65
3.11.3. 実験装置 .....	65
3.11.4. タスク .....	69
3.11.5. 実験計画 .....	69
3.11.6. 実験手順 .....	71
3.11.7. 評価指標 .....	71
3.11.8. 結果と考察 .....	71
3.11.9. まとめ .....	75
3.12. 実験 A-3-3-2 .....	77
3.12.1. 目的 .....	77
3.12.2. 実験被験者 .....	77
3.12.3. 実験装置 .....	77
3.12.4. タスク .....	77
3.12.5. 実験計画 .....	78
3.12.6. 実験手順 .....	78
3.12.7. 仮説と評価指標 .....	79
3.12.8. 結果と考察 .....	79
3.12.9. まとめ .....	81
3.13. A-4 自動運転技術に関する理解度調査（アンケート調査） .....	83
3.13.1. 調査 1 .....	83
3.13.2. 調査 2 .....	87
3.14. 課題 A の平成 29 年度のまとめ .....	97
3.15. 課題 A の平成 29 年度の Recommendation（成果の活用） .....	99
3.16. 課題 A の平成 30 年度の計画 .....	100
4. 課題 B の調査検討 .....	102
4.1. 課題 B の全体像と Readiness 指標のシステム適用イメージ .....	102
4.2. 課題 B の平成 29 年度の計画と全体像での位置付け .....	105
4.3. 課題 B の平成 29 年度の具体的な目的と方法 .....	110
4.4. 課題 B の平成 29 年度のまとめ .....	196
4.5. 課題 B の平成 29 年度の Recommendation（成果の活用） .....	197
4.6. 課題 B の平成 30 年度の計画 .....	198

---

---

---

5. 課題 C の調査検討（自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション）	200
5.1. 外向け HMI の試作と車両挙動による効果検証および自動運転車であることを表明する外向け HMI 表示の試作と効果検証	200
5.1.1. 実験車両の仕様	200
5.1.2. 外向け HMI の仕様	202
5.1.3. ドライバー間コミュニケーション実験（実験 C-2-1、C-3-1）	204
5.1.4. ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験（実験 C-2-2、C-3-2）	238
5.2. 外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査（調査 C-4）	268
5.2.1. 自動運転車の減速挙動と外向け HMI の組合せに対するドライバーの認識に関する調査	268
5.2.2. 自動運転車の減速挙動と外向け HMI の組合せに対する歩行者の認識に関する調査	274
5.3. 自動運転を表示することによる周囲への影響の知見抽出（実験 C-1）	283
5.3.1. 実験 C-1：実道走行による観測実験（一般道走行）	283
5.3.2. 実験 C-1：実道走行による観測実験（キャンパス構内走行）	287
5.3.3. 実道走行および構内走行のまとめ	290
5.4. 課題 C の平成 29 年度の計画	291
5.5. 課題 C の平成 29 年度の具体的な目的と方法	293
5.6. 課題 C の平成 29 年度のまとめ	294
5.7. 課題 C の平成 29 年度の Recommendation（成果の活用）	296
5.8. 課題 C の平成 30 年度の計画	297
6. ガイドライン化・国際標準に向けた活動	298
7. 大規模実証実験（以下参加者実証実験）における参加者との連携及び安全管理	299
7.1. はじめに	299
7.2. 平成 29 年度の参加者実証実験の計画	300
7.2.1. 平成 29 年度の参加者実証実験の実施の流れ	300
7.3. 平成 29 年度の参加者実証実験の計画の具体的な目的と方法	301
7.3.1. 平成 29 年度の参加者実証実験の実験条件および留意事項	301
7.3.2. 平成 29 年度の参加者実証実験の実験の流れ	311
7.3.3. 平成 29 年度の参加者実証実験のスケジュール	314
7.3.4. 平成 29 年度の参加者実証実験の走行経路	315
7.3.5. 平成 29 年度の参加者実証実験の走行実験と取得データ	316

---

---

---

7.4.	平成 29 年度の参加者実証実験のまとめ .....	317
7.4.1.	平成 29 年度の参加者実証実験の実施について .....	317
7.4.2.	平成 29 年度の参加者実証実験の被験者属性（5 社分） .....	318
7.4.3.	平成 29 年度の参加者実証実験の被験者アンケート結果（5 社分） 321	
7.4.4.	平成 29 年度の参加者実証実験の定量評価（走行イベント） .....	325
7.4.5.	平成 29 年度の参加者実証実験の主観評価 .....	327
7.4.6.	平成 29 年度の参加者実証実験の定量評価（DMS の測定） .....	329
7.5.	平成 29 年度の参加者実証実験の Recommendation（成果の活用） ...	332
7.6.	平成 30 年度の参加者実証実験の計画 .....	332
7.6.1.	平成 30 年度の参加者実証実験の実施項目 .....	332
7.6.2.	平成 30 年度の参加者実証実験の実施スケジュール .....	333

---

---

## 1. Executive summary (全体要旨)

### 1.1. はじめに

#### (1) 実施項目 A：自動走行システムの機能・状態・動作の理解

##### (i) 事前知識

- システム機能に関するドライバーの知識が自動走行から手動運転への切り替えに及ぼす影響については、テストコースという限定された環境での実験においては、切り替え発生場面の知識を持っていると実際のテストコース上での場面との比較をしてしまうために、切り替え時の対応が遅れる傾向が示された。
- システム機能に関するドライバーの知識項目と知識表現に関しては、事前に教示された場面例から RtI 不提示場面を汎化できる可能性が示された。

##### (ii) HMI (Human Machine Interface)

- システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件に関しては、自動走行システムによる環境認識度合いをドライバーへ伝える情報に関して、その認識度合いをより瞬時に判別可能な情報表示（例：色の変化）が有効であると示された
- 自動走行システムの自覚のない機能限界（見落とし）をドライバーへ伝える HMI に関しては、システムが前方障害物を検知できない場面では、検知情報と操作意図の両方を表示する HMI によって、障害物との衝突頻度は低下することが示された。
- 自動走行システムのレベルが動的に変化する状況にて、RtI 発生に対するドライバーの反応については、レベル 3 から段階的にレベルを変化させる条件ではなく、レベル 3 からレベル 0(手動運転)へ変化する条件の方が、実際の切り替え場面でのドライバー反応が早いことが示された。また、自動走行レベルの変化を音声で伝えることで、実際の切り替え場面での運転行動が向上することが示された。

#### (2) 実施項目 B：ドライバーの状態の評価と状態維持の HMI

##### (i) ドライバー状態の評価指標

- RtI 前のドライバー状態の違いによる RtI 後の運転パフォーマンスの違いを評価したところ、自動走行中のドライバー状態の評価指標として、瞬間的な目の動き（サックード）の相対頻度が意識のわき見およびわき見の程度によって変化することが示された。また、瞬目回数が意識のわき見状態に感度が高いこと、前方視認割合がわき見状態と関連の強い結果

---

---

が示された。

- RtI後の運転パフォーマンスについては、RtI前の意識のわき見によって、車線変更時点におけるパイロンまでの余裕時間が短くなること、RtI前のわき見によって、車線変更時の最大ステアリング操舵角までの操舵速度が速くなることが示された。
- 目の開き度合、まばたき、視線、サッカードを検知可能なドライバーモニタリングシステムをテストコース実験の実験車両に実装したところ、同時に計測したドライバーの水平眼電位の信号から得られた瞬目回数や小さなサッカード回数の経過時間に伴う変化は、ドライバーモニタリングシステムにより推定された値の変化と同様の傾向であることが示された。

(ii) ドライバー状態維持のための HMI

- 自動走行中のドライバー Readiness レベルの低下を防ぐための HMI の有効性の検討については、手動運転挿入 HMI が働く場合、その後の RtI に対する運転動作が遅延する可能性が示された。特にこの傾向は高齢者で顕著だった。また、サッカードや瞬目などの Readiness レベル指標に対しても、HMI の有効性は示されなかった。これは、自動走行と手動運転の切り替えがドライバーにとって負荷となったことが一因と考えられる。
- 体性感覚刺激をドライバーに与える HMI3 種類の評価については、「維持 HMI」と「回復 HMI」単独では、Readiness レベル指標や RtI 後の運転動作に対する有効な効果は認められなかった。一方、「維持・回復 HMI」は、Readiness レベル低下の防止および RtI に対する運転動作の悪化防止の効果が認められた。このことから、維持と回復のように、Readiness レベルに対して複数の効果を持つことが、Readiness レベルを適切な状態に保つ HMI として有効であることが示された。

(iii) ドライバー状態と遷移時間の関係性

- ドライバー状態と遷移時間の関係性については、4 秒前に RtI が発生し、回避方向を判断する状況では、意識のわき見の際に遷移時間がより長く必要となること、4 秒前・6 秒前に RtI が発生し、回避方向を判断する状況では、わき見の際にレベル 3 使用時はレベル 2 に比べて遷移時間がより長く必要となること等が示された。

(3) 実施項目 C：自動運転車と交通参加者とのコミュニケーションに関わる課題

(i) 車両挙動と外向け HMI の組合せによる効果検証

- 
- 
- 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、主として減速挙動を活用すること、減速挙動等が十分に活用できない状況では、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・確信させる上で外向け HMI の活用が有効であることなどを明らかにした。
  - 車両挙動や意図を歩行者が予測できない状態（例えば「自動走行中」）を伝達する外向け HMI は、自動運転車の意図に対する歩行者の認識を阻害する可能性を有すること、灯火点滅を伴う外向け HMI を活用するには、標準化ならびに歩行者への教育や学習が必要となることなどを明らかにした。
- (ii) 自動運転を表示することの周囲への影響
- 歩行者とのコミュニケーションにおいては、その道路環境に対する歩行者側の優先・非優先の意識によって確認行動や行動の意思決定が影響される可能性が考えられ、そのような道路環境に対する交通参加者の意識等を考慮した検討が必要となることを示唆する結果となった。
- (4) 実施項目 D：ガイドライン化・国際標準に向けた活動
- DTR21959 Road vehicles : Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Part 1-Terms and Definitions（自動運転中のドライバー状態および運転パフォーマンス:用語の定義）を日本主導で作成し最終的な投票を行った。
  - 実施項目 A に関わる事前知識や各種システム情報、および実施項目 B に関わる各種ドライバー状態や各種パフォーマンス指標を用語として定義した。
  - DTR21959 Part 2: Experimental guidance to investigate transition processes の作成準備を始めた。
- (5) 実施項目 E：大規模実証実験における参加者との連携及び安全管理
- 実験参加企業 6 社で公道での実験を行い、走行中に一定の時間間隔で記録したドライバーの主観的な眠気指標と、ドライバーモニタリングシステムで計測した瞬き頻度、そして、車両挙動データから先行車との車間時間等の関係を分析し、手動運転におけるベースラインデータとして十分な変動データを取得した。
- 
-

---

---

## 2. 委託概要

### 2.1. 委託の目的

ドライバーのシステムへの理解、ドライバーの **Readiness** 状態と運転行動特性の把握、歩行者・自動運転車以外の車とのインタラクションの検証を行うことにより、以下を実現することを目的とする。

- 実交通環境走行データ収集によるデータベース構築
- データ分析による **Readiness** 指標及び計測方法の自動車工業会 **HMI** ガイドライン化と国際標準（ISO/TC22/SC39）提案
- ドライバーモニタリングシステム（**DMS**）実験結果の **R79**（国連規則 No.79）に記載されている **ACSF**(Automatically Commanded Steering Function)の改定における基準化（カテゴリ **B2**、**E**）議論への活用

### 2.2. 委託の内容

次の 5 項目を実施する。

- 実施項目 **A**（以下課題 **A**）：自動走行システムの機能・状態・動作の理解
- 実施項目 **B**（以下課題 **B**）：ドライバーの状態の評価と状態維持の **HMI** (Human Machine Interface)
- 実施項目 **C**（以下課題 **C**）：自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション
- 実施項目 **D**：ガイドライン化・国際標準に向けた活動（担当：国立研究開発法人 産業技術総合研究所）
- 実施項目 **E**（以下参加者実証実験）：大規模実証実験における参加者との連携及び安全管理（担当：東京都ビジネスサービス株式会社）

課題 **A** では、ドライビングシミュレータ（**DS**）実験、テストコース（**TC**）実験、参加者募集による実路実験（参加者実施実験）を行い、システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針を策定すると共に、システム状態をドライバーに効率よく伝えるための **HMI** 基本要件の策定と妥当性等を明らかにする。ここでは、システム機能に対するドライバーの知識を陽に扱い、事前知識のあり方やそれをドライバーに伝えるための **HMI**(Human Machine Interface) の基本要件について実験的に検討する。

課題 **B** では、**DS** 実験、**TC** 実験、参加者実施実験を通じて、ドライバー **Readiness** の定義の確立、ドライバーの状態と遷移時間の関係性の導出、ドライバー **Readiness** を維持するための **HMI** の基本要件の策定を行うと共に、車載可能なドライバーモニタリングシステム（**DMS**）を開発する。自動走行中

---

---

のドライバー状態を認知・生理・行動の3側面より評価すると共に、その評価指標を車載機として実装する。さらに、ドライバー状態を維持するためのHMIの基本要件の検討及び試作を行う。

課題Cでは、TC実験、参加者実施実験により、自動運転を表示することによる周囲への影響評価、ドライバー間ならびにドライバーと歩行者間の両コミュニケーションのための外向けHMI試作・車両挙動と効果検証、外向けHMIの仕様に対する地域性の有無・交通参加者の属性による認識の違いの調査等を行う。交通参加者間のコミュニケーションの現状調査結果を踏まえて、適切なコミュニケーションを促すためのHMIの基本要件および自動運転車の車両挙動を実験的に検討する。

ガイドライン化・国際標準に向けた活動では、ISO/TC22/SC39/WG8への提案を計画している。現在、同WG対応国内団体である（公社）自動車技術会規格委員会傘下のヒューマンインタフェース分科会において、SIPの成果を元にして提案内容の検討を進めている。

課題A、課題B、課題Cの研究開発における成果物（知見とシステム）を、より実用域に近い環境で検証するために、企業参加による実証実験を実施する。実証実験は公道走行実験とテストコース実験を含む。テストコース実験については、各社が保有する施設等において、各社のレベル3相当の自動運転試作車を用いることにより、より開発に即した実験検証を行う。得られたデータは受託者と参加者間で共有し、各社の開発に役立てるとともに、日本自動車工業会HMIガイドライン、国際標準(ISO TC22/SC39)、国連規則(R79)へのインプットとして活用する。

### 2.3. 用語の定義

研究課題の枠組みについては、下記の通り用語を統一する。

- 課題A：自動走行システムの機能・状態・動作の理解
- 課題B：ドライバーの状態の評価と状態維持のHMI (Human Machine Interface)
- 課題C：自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション
- 参加者実証実験：大規模実証実験における参加者との連携及び安全管理

## 3. 課題Aの調査検討

### 3.1. はじめに

課題Aでは、自動走行システムの機能・状態・動作の理解をユーザー（ド

---

---

---

---

ライバー)が適切に行えるための Human Machine Interface (HMI)の在り方を検討するものである。ただし、HMIを適切に理解できるためには、最低限いくつかの予備知識を持つことが必要不可欠であると考えられることから、平成28年度においては、ユーザーに与える事前知識について検討を行った。その成果は、報告書として既に公開済みである[1]ほか、2017年7月の成果報告会、11月のSIP-Adus Workshopでも発表を行って周知に努めてきた。また、成果の一部は国際会議でも発表予定である[2]。

平成29年度以降の取り組みにおいては、ユーザーが有すべき最低限の知識を前提として、HMIの基本要件を明らかにするための検討を行う。ただし、ユーザーが有すべき知識を適切に伝えるためには、その伝え方についても検討が必要であることから、平成29年度においても引き続き知識の伝達方法についても検討課題に含める。

課題Aにおいて重点的に取り組むべき課題は、想定される自動運転のレベルによって異なるので、レベル2、レベル3それぞれについて問題を切り分けて並行して検討を進める。その具体的な方法については、3.2節において詳細に述べる。

なお、課題Aにおいては、以下のことを前提としている点に注意が必要である。すなわち、前提とする事前知識ならびに課題Bの取り組みによって、自動運転中のユーザー(ドライバー)の状態は適切なreadinessレベルに保たれているものとする。したがって、たとえばレベル2であれば、ドライバーは適切に覚醒し、周辺環境並びにシステム作動状況を監視していることを仮定する。課題Aでの問題は、真摯に監視しているドライバーであってもシステムの機能や状態を誤解してしまって不適切な依存に陥ることがないかどうか、不適切な依存を回避するためのHMIはどのようなものであるかを明らかにするということである。レベル3でも、ユーザーがわき見はしていることはあるとしても、眠ってしまっていたりはしないものとする。

### 3.2. 課題 A の平成 29 年度の計画

ドライビングシミュレータ（DS）実験、テストコース（TC）実験、参加者募集による実路実験（参加者実施実験）を行い、システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針を策定すると共に、システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件の策定と妥当性等を明らかにする。ここでは、システム機能に関するドライバーの知識を陽に扱い、事前知識のあり方やそれをドライバーに伝えるための HMI（Human Machine Interface）の基本要件について実験的に検討する。

平成 29 年度における計画は、図 3-1 に示す通りである。

事業項目	平成 29 年度		
	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
<b>A.自動走行システムの機能・状態・動作の理解</b>			
i) システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定	予備実験 検証実験 指針策定		
ii) システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件の策定と妥当性評価	予備実験 検証実験		HMI 動作
iii) システム状態に関してドライバーに与える情報に関する指針の策定	予備実験 検証実験		
iv) 自動運転技術に関する理解度調査に基づく提供すべき知識とその表現の指針の策定		予備調査 本調査	

図 3-1 課題 A の全体構成

---

---

### 3.3. 課題 A の平成 29 年度の具体的な目的と方法

- i) システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定
  - 1) システム機能に関するドライバーの知識が自動運転から手動運転への遷移に及ぼす影響の確認と最低限必要な知識項目の抽出  
ドライバーに事前に与える知識とその表現が、運転介入必要時の対応の良否に及ぼす影響を明らかにし、最低限必要な知識項目を確認する。  
(実験 A-1-1)
  - 2) システム機能知識をドライバーに与える際の知識項目と知識表現の指針の策定  
システム状態に関する最低限の知識項目及びシステムによるハザード見落としに備えることができる知識表現の指針を策定する。(実験 A-1-2)
- ii) システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件の策定と妥当性評価  
システム状態を提示する HMI の基本要件を策定し、この要件に基づき HMI をデザインして、ドライビングシミュレータに実装する。(実験 A-2-1、A-2-2)
- iii) システム状態に関してドライバーに与える情報に関する指針の策定  
レベル 2 での自動走行中に、システムによるハザード見落としに備えた通常時のシステム状態表示の指針を策定する。(実験 A-3-1)  
自動運転レベルの動的変化がもたらす問題を明確化し、レベルの認識を確保するための表示の指針を策定する。(実験 A-3-2)  
さらに、レベル 3 での自動走行中に、自己位置喪失を防ぐためのシステム状態表示の指針を策定する。(実験 A-3-3)
- iv) 自動運転技術に関する理解度調査に基づく提供すべき知識とその表現の指針の策定  
一般ドライバーが自動運転や運転支援に関して有している知識構造やイメージと、学習スタイルとを明らかにし、ドライバーの知識や学習スタイルと知識の提供方法との関係を明確化する。(調査 A-4)

以上の結果を踏まえ、HMI の実用化を目指す団体と協議の上、課題を設定して、平成 30 年度に参加者の SAE レベル 3 相当機能を有する実車でテストコース実験を行う。

---

---

### 3.4. 実験 A-1-1

#### 3.4.1. 目的

テストコース実験によるシステム機能に関するドライバーの知識が自動運転から手動運転への遷移に及ぼす影響の確認と最低限必要な知識項目の抽出という目的とする。本実験は FY2016 の実験 1 の TC 実験による検証実験である。

#### 3.4.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 40 名である。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。

実験被験者は、アダプティブ・クルーズ・コントロールシステムなどの運転支援システムを利用したことの無いことを条件として募集を行った。

#### 3.4.3. 実験装置

産業技術総合研究所の北サイトテストコース及び自動運転付きの特斯拉車を用いている。

成果利用を想定する自動運転レベルは 3 である。今期の実験はレベル 2 のハンズオンと設定し、次期の「参加者実験」ではレベル 3 環境での実施が可能になると見込まれる。

#### 3.4.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転システムを利用して安全に高速道路を走行することである。RtI についてどう対応するかは、条件によって指示された内容が異なる。

本実験では、課題 B 4.3. (1) における自動運転システム付け特斯拉車の練習走行の場面を活用している。ドライバーは、サブタスクをせずに、自動運転システムの挙動を観察することが求められている。

#### 3.4.5. 実験計画

本実験では、「事前知識」の 1 つの要因をとりあげる。これは被験者間要因であり、次の 2 つの水準を有する。

- 条件 a (FY16 実験 1 条件 3 HMI の意味まで) [1]
- 条件 b (FY16 実験 1 条件 4 要介入場面例) [1]

条件 a の被験者には、次の情報を伝えた (図 3-2)。

**運転手に車の制御を引き継ぐよう要請**

通常走行中、状況によっては、自動走行システムが運転操作を継続できなくなる場合があります。そのときは、あなたが自分で運転を行う必要があります。

**手動での運転操作が必要になった場合**

運転操作を自動走行システムから引き継いで手動で行う必要が生じた場合は、音声によるメッセージが提示されるとともに、システムの状態を示すアイコンの色が変化します。

いまから、実際に、どのような音声が提示され、アイコンがどのように変化するかを体験していただけます。

同乗しているスタッフに、「運転引継メッセージの体験をお願いします」と伝えてください。

図 3-2

条件 b の被験者には上記の条件 a の情報を伝えた上、次の情報も伝えた（図 3-3）。

**運転の引継ぎが必要な場面の具体例をいくつか紹介します**

(例) 高速道路を走行している場合に、降りる予定のインターチェンジに到着して、自動走行を終了する場合



(例) 障害物や、道路工事に伴う車線の減少などによって、車線変更が必要となる場合



(例) 激しい雨などによってセンサーが車線を見失ってしまい、車線維持ができなくなった場合



(例) センサーが故障してしまった場合

図 3-3

実験被験者は、20～60歳代について各代8名、男女半数ずつとした。すべての実験被験者が自動運転機能未経験者、ソフトコンタクトレンズもしくは裸眼で運転可能な者を対象とした。各条件の実験被験者の内訳は、表 3-1 のとおりである。

表 3-1 実験被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
a	7	13	30.9	37.4	35.1
b	12	6	46.3	43.2	45.6

### 3.4.6. 実験手順

実験の手順についての詳細は、4.3 (1) 実験運用 3) 練習走行を参照のこと。本実験は、練習走行でのドライバーの対応行動に着目している。

### 3.4.7. 評価指標

本実験では、介入場面での操舵開始タイミングと操舵開始後の操舵の滑らかさとした。

### 3.4.8. 結果と考察

まず、RtI 発生から操舵操作までの反応時間を「事前知識」という 1 要因の主効果分散分析を行った。その結果、「事前知識」の主効果が有意傾向( $F(1, 37)=4.07$ 、 $p=0.05$ )であった。つまり、要介入場面例を挙げて説明した場合のほうの反応が遅かったことが分かった（条件 a=1.45 秒；条件 b=1.83 秒）。

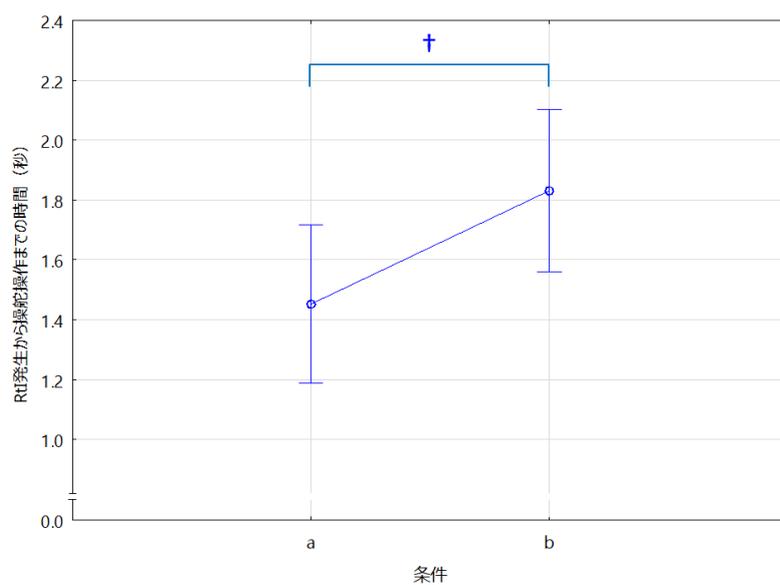


図 3-4 RtI 発出から操舵開始までの時間 (秒)

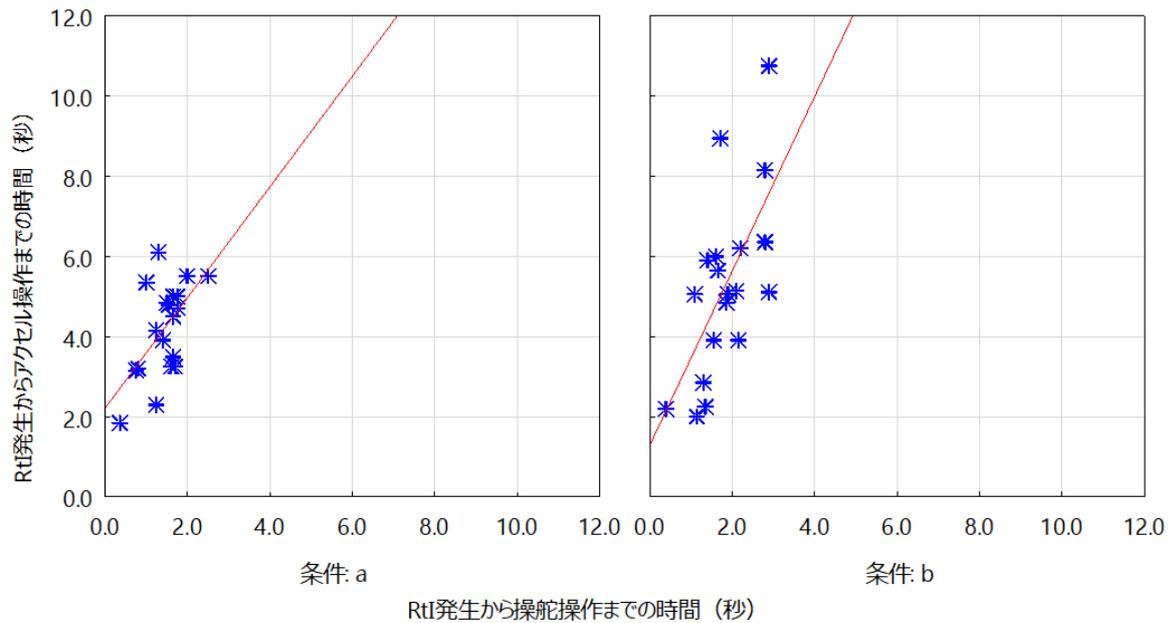


図 3-5 引継ぎまでの時間 (秒)

図 3-5 に、RtI 発生からハンドル操作までの時間（横軸）とアクセル操作までの時間（縦軸）を表した。条件 a、b いずれも強い相関関係があった（条件 a： $r=0.58$ 、 $p=0.01$ ；条件 b： $r=0.65$ 、 $p=0.0026$ ）。すなわち、場面の説明なしの条件 a のほうがドライバーが素早い対応を行ったことが分かった。これはドライバーが瞬時に反応したと考えられる。これに対して、場面ありの条件 b にてドライバーが教示された場面から状況を理解しようとしてから行動を取り、より長い時間がかかったと推測される。

#### 3.4.9. まとめ

本実験では、RtI が発出される場合の説明として、要介入場面例を挙げて説明をすべきかを調べる実験を行った。その結果、「介入場面を挙げて説明した」という条件では、実際に RtI が出されたときに対応が遅れる傾向が確認された。

これは、昨年度の DS 実験[1]でみられた傾向とは異なる。今回の TC 実験では、昨年度の DS 実験[1]と比べて反応時間は早い。特に、今回の条件 b でも、平均 1.8 秒の反応であり、本報告書には含めていないが運転操作もスムーズであった。したがって条件 b でも問題はないといえる。なお、今回の実験では条件や走行が限られているので、次年度において詳細な実験の実施と分析が必要である。

---

---

### 3.5. 実験 A-1-2

#### 3.5.1. 目的

昨年度の DS 実験(2 $\beta$ )[1]の成果をベースに、自動運転レベル 2 における RtI 不発に備えた、知識表現の在り方についての検討を行う。具体的な「場面」を盛り込んだ説明で、知識の汎化可能性を調べる。

#### 3.5.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 60 歳以上の高齢者計 30 名である。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。

実験被験者は、アダプティブ・クルーズ・コントロールシステムなどの運転支援システムを利用したことがないことと、FY2016 実験 2 $\beta$  への参加経験がないことを条件として募集を行った。

#### 3.5.3. 実験装置

本実験では、図 3-6 に示す定置型ドライビングシミュレータをもちいた。このシミュレータは、三菱プレシジョン社製 DS3Sim ver.5 である。前方に、50 インチのディスプレイを 5 面配置し、約 200 度の水平視界を提供している。ハンドルは、ムーフ社製反力提示装置を利用している。

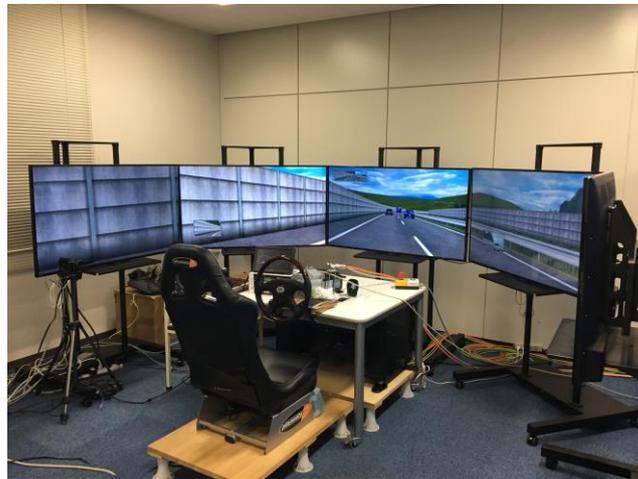


図 3-6 実験 A-1-2 使用ドライビングシミュレータ

本実験に用いるコースは、片側 2 車線の高速道路である。

本実験で使用する自動運転システムは、レベル 2 の自動運転である。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。

レベル 2 を想定することから、自動運転システムが対応できない場面においてはドライバーが制御介入をする必要がある。ドライバーが制御介入をする必要がある場面においては、システムがそれを自覚していれば通報できる

---

---

場合がある。ただし、システムがハザードを見落している場合、ドライバーが自身の判断で運転に介入しなければならない。

#### 3.5.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転システムを利用して安全に高速道路を走行することである。

走行開始後、自動運転による走行が始まったら、ドライバーは周囲の状況とシステムの制御の様子を監視する義務がある。

#### 3.5.5. 実験計画

本実験では、「システムによるハザード見落しの場面例」の1つの要因を取りあげる。被験者間要因である。次の2つの水準を有する。

- 条件 a： システムによるハザード見落しの場面例を教示する
- 条件 b： システムによるハザード見落しの場面例を教示しない

条件 a の被験者には、次の情報を伝えた。

「安全運転の責任はあなたにあります。自動走行システムが制御を継続できなくなっても、システムからのメッセージが出ない場合もあります。たとえば、パイロンを含む小さな路上落下物については、システムが検出できないことがあります、何もしないと衝突する可能性があります。その場合はあなたが自分で回避操作をする必要があります。どのような場合でも、そのままでは安全が確保できないと判断した場合は、直ちに手動で運転してください。このため、自動走行システムが制御を行っている場合でも、あなたはシステムの作動状態を監視し続ける必要があります。」

条件 b の被験者には、次の情報を伝えた。

「安全運転の責任はあなたにあります。自動走行システムが制御を継続できなくなっても、システムからのメッセージが出ない場合もあります。どのような場合でも、そのままでは安全が確保できないと判断した場合は、直ちに手動で運転してください。このため、自動走行システムが制御を行っている場合でも、あなたはシステムの作動状態を監視し続ける必要があります。」

なお、すべての被験者に対しては、HMI表示の意味、手動による運転操作への介入の必要性、システムが自覚する要介入場面発生時の通報及びその具体的な場面例について説明した。

---

---

各群に対し、15名をそれぞれランダムに振り分けた。各条件の被験者の内訳は、表 3-2 のとおりである。

表 3-2 実験被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
A	10	5	68.5	69.2	68.7
B	8	7	69.5	66.4	68.1

### 3.5.6. 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。まず、実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、自動運転システムについての説明と、自動運転システムの設定方法、解除方法を説明し、具体的な操作方法を練習した。その後、システムから提示される HMI 及び運転介入要請についての説明を行った。また、条件によって自動運転システムが作動している最中に運転介入要請が発出されない場合があることと、その具体的な場面に関する教示を行った。

説明終了後、実際に走行実験を行った。この実験では、以下の順番で、下記の 9 シーンを経験させた。

- (1) 走行車線前方に工事現場がシステムからの通報あり
- (2) 走行車線上のパイロンを検知できずな何も介入しないとそのまま衝突する（通報なし）
- (3) 右車線の車両が自車前方に偽割り込み（介入不要）
- (4) 濃い霧により車線認識が困難となったため通報を発する
- (5) 走行車線上の段ボールを検知できずな何も介入しないとそのまま衝突する（通報なし）
- (6) カーナビによるジャンクションの左方向へ、同時にジャンクション到達による制御終了（通報あり）
- (7) 右車線の車両が急に自車前方に割り込み(通報あり)
- (8) 路肩の停止車両を検知できずな何も介入しないとそのまま衝突する（通報なし）
- (9) 追従しているトラックが隣の鉄板を避けるために車線変更、あとは元の車線に戻る（介入不要）

1 つの走行は、次のように構成される。試行開始時点では、車両は停止している。自車両が自動的にエンジンをかけ、自動運転システムの制御を開始する。その間ドライバーはハンドルとペダルから手足を離していることが想

---

---

定される。その後、運転操作への介入が必要だと考えられる場面では、運転操作を引き継ぐことを教示してある。なお、ブレーキ、アクセル、あるいはハンドルを操作することによって運転を引き継ぐことができることを伝えてある。

全走行終了後には、トレイルメイキングテスト（TMT PartA/B）を行った。

### 3.5.7. 仮説と評価指標

本実験では、作業仮説として、通報なしの場面例の教示によって通報なしのイベントに対して適切に対応できることである。また、教示された知識から汎化ができ、教示されなかった通報なしイベントも対応できることである。

本実験における評価指標は以下のとおりである。

- ・ 事故発生数
- ・ 運転引継ぎまでの時間
- ・ 車線変更時最大操舵角
- ・ 実験前後運転介入に対する理解度(視覚的評価スケール 1 から 10 まで)

### 3.5.8. 結果と考察

表 3-3 は通報ありのシナリオにおける事故発生数を示す。通報を発する場面例を教示されたため、運転行動は良かった。表 3-4 は通報なしのシナリオにおける事故発生数を示す。カイ二乗検定を行った結果、A 群と B 群の間に、有意差が見られた( $\chi^2(1)=6.05$ 、 $p=0.014$ )。通報なしの場面例を教示されなかった場合は事故が起こりやすいことが分かった。

表 3-3 通報ありのシナリオにおける事故発生数

シナリオ	条件 A(15)	条件 B(15)
工事現場(S1)	0/15	3/15
霧(S4)	0/15	0/15
進路変更(S6)	1/15	0/15
前車割り込み(S7)	0/15	0/15
合計	1/60	3/60

表 3-4 通報なしのシナリオにおける事故発生数

シナリオ	条件 A(15)	条件 B(15)
パイロン(S2)	1/15	4/15
段ボール(S5)	0/15	4/15
路肩の停止車両(S8)	1/15	0/15
合計	1/60	8/60

図 3-7 は通報なしのシナリオにおける運転引継ぎ時間の Kaplan-Meier 生存曲線を示す。生存分析を行った結果、S5 では A 群と B 群の間に有意差が見られた( $\chi^2 = 6.792$ 、 $df = 1$ 、 $p < 0.01^{**}$ )。S2、S8 では両群の間に有意差が見られなかったが、教示されなかった群の方では介入が遅れる傾向にある。また、介入せず、そのまま衝突するドライバーは 7 名おり、全 B 群に所属していた。インタビューの結果、システムが対応できると思う。あるいは、通報を待っている。ことが分かった。この結果から、場面例を教示されなかった群では通報なしをうまく理解できないと考えられる。

また、A 群では教示されなかった (S2、S5) イベントでも適切に対応できることが分かった。この結果から、教示された知識から汎化ができ、すべての例を教示する必要がないと考えられる。

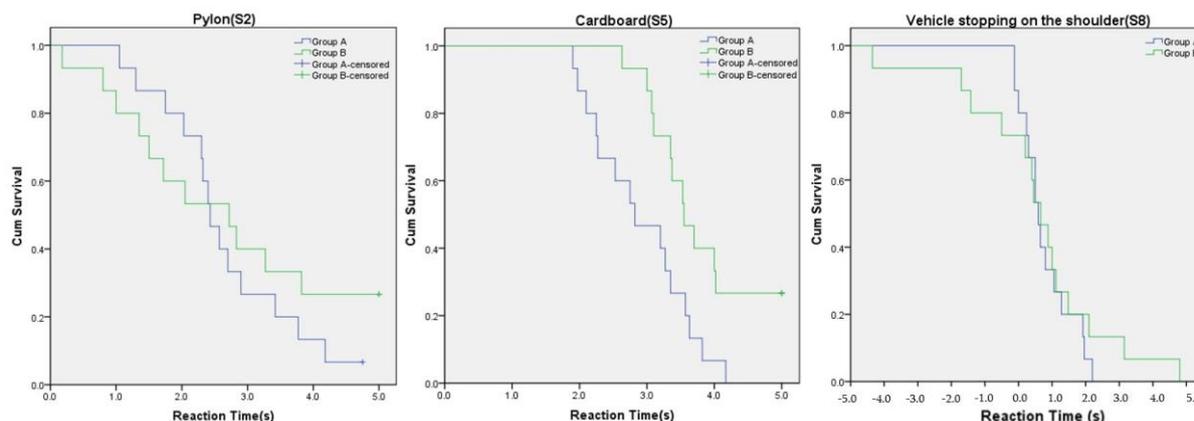


図 3-7 通報なしのシナリオにおける運転引継ぎ時間

図 3-8 は通報なしのシナリオにおける引継ぎ時間と車線変更時最大操舵角の散布図を示す。相関分析を行った結果、正の相関が認められた( $r=0.47$ )。また、有意差が見られた( $p<0.01^{**}$ )。介入が遅れたドライバーが慌てて車線を変更する傾向があると考えられる。

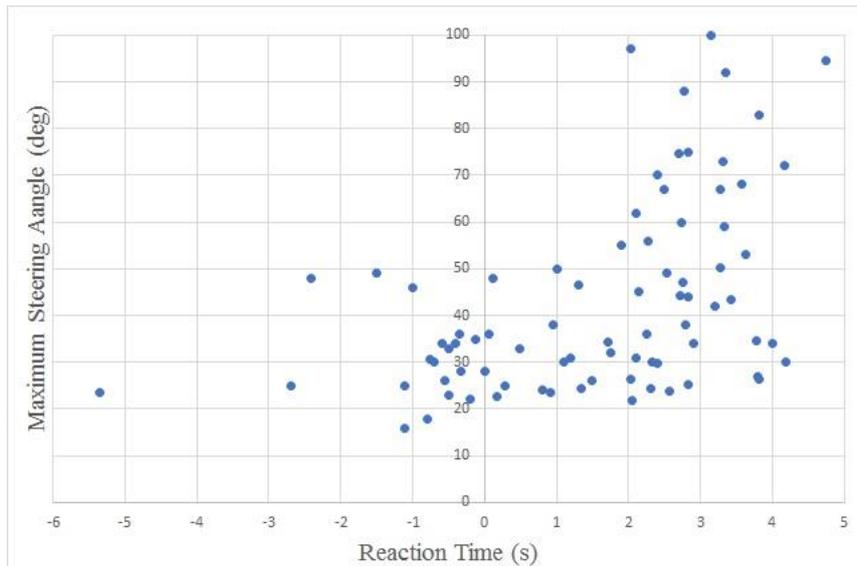


図 3-8 引継ぎ時間と車線変更時最大操舵角の散布図

次に、図 3-9 は実験前後運転介入に対する理解度を示す。実験前後における大きな違いは見られなかった。しかし、実験後の方が理解度が高いことが分かった。説明より実際にイベントを経験する方が理解を深めると考えられる。

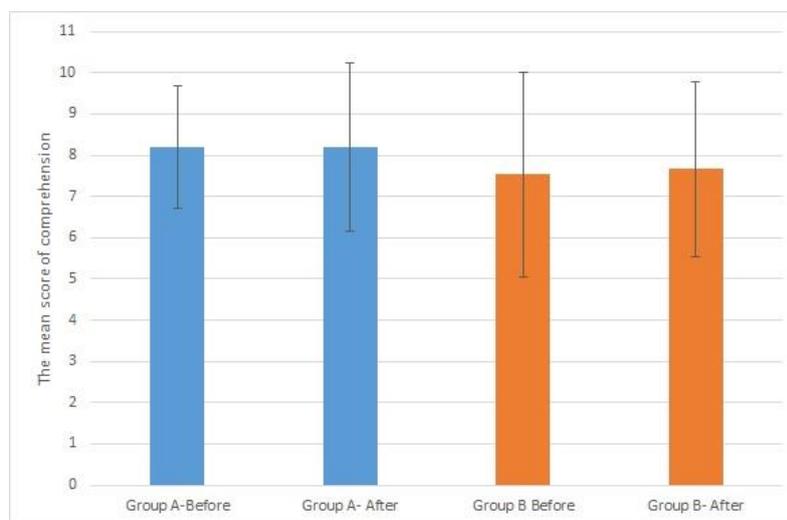


図 3-9 実験前後運転介入に対する理解度

また、9名の被験者（A群5名、B群4名）ではダミーイベントにおいて介入したことが観察された。通報なしの可能性によってシステムに対して不信が生じると考えられる。今後、ドライバーの信頼を得るための取り組みも必要であると思われる。

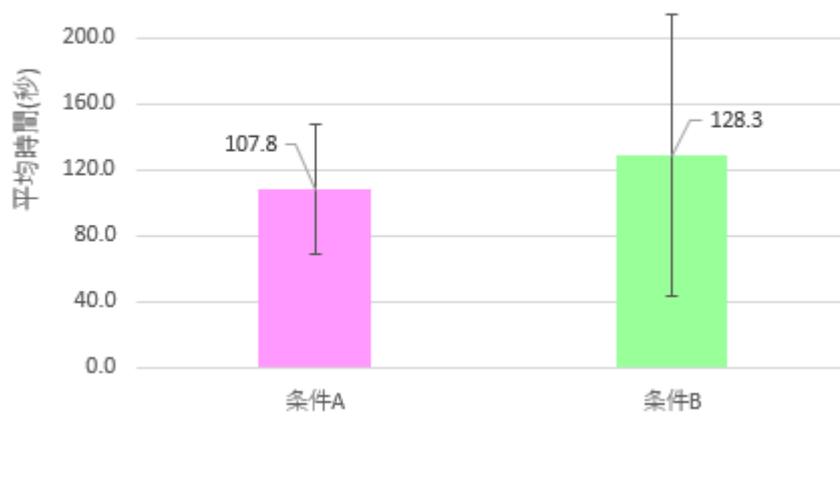


図 3-10 TMT-B 完成までの時間

図 3-10 は認知検査 TMT-B の検査結果を表す。エラーバーは、標準偏差を表す。それぞれの検査結果について「システムによるハザード見落しの場面」の 1 要因分散分析を行ったところ、主効果は有意ではなかった ( $F(1, 28) = 0.71$   $P=0.4$ ) ことから、ほぼ均質の被験者が割り当てられていると考えてよい。

### 3.5.9. まとめ

本実験では、通報なしの場面例の明示的な教示の効果について実験を行った。その結果、場面例を教示されなかった群では、介入の遅れ及び事故の多発が確認され、場面例を教示する必要があると考えられる。また、教示された知識から汎化できて、教示されなかった通報なしのイベントも適切に対応できることが見られた。知識汎化の可能性が確認された。

### 3.6. HMI 基本要件

本研究課題においては、国際的基準化の動向に鑑み、レベル 3 では単路自動走行（ACSF カテゴリ B2 相当）までを対象として考える。

自動運転車両の HMI に提示されるべき情報として考えられるものを整理してみると表 3-5 のようにできる。

表 3-5 HMI 基本要件

			安全		安心・快適
			ドライバーがなすべき負担を確実に実行すること		システムがしたこと、していること、しようとしていることをドライバーがいつでも理解できる
ドライバーに提供するシステム情報の分類			レベル 2 : Silent failure /limit に対する運転引継ぎ	レベル 2, 3 : TOR に対する迅速な運転引継ぎ	レベル 2-5
システムに関する知識情報	ドライバーの役割分担	ドライバーの作業負担	○	○	
		TOR-HMI の意	○	○	
		運転引継ぎ場面	○	○	
システムに関する動的情報	システムの状態	正常状態	○	—	
		現在のレベル(&機能)			
		異常状態(失陥)	○	○	
	システムの動作	Purpose			
		Strategic			○
		Tactical			○
		Operational	○ 検出対象物	—	
		○ 検出対象物の確度	—		
			Driver initiated take-over ハードル高い	System initiated take-over	

ここで、それぞれのアイテムについて、情報提示の狙いとしては下記のようにまとめられる。

1) 必要な時に迅速に運転引継ぎを行わせる

※動的情報で事前に提供すべき知識情報をどこまで最小化できるか？ →6)

2) Mode confusion ; 特に多数のレベル間を遷移する場合の MC を最小化すること

3) システム失陥時のドライバー分担の変化を迅速に理解させること

4) “ここどこ問題” の最小化 (Demand の高い場面で発生すると危険事象につながる)

5) システムの今後の tactic を伝えることによる安心感。システムがとった tactic を事後に説明することによる納得性

6) システムの検出対象と検出機能限界を理解させる → 必要な知識情報の最小化

7) 検出対象物の確度情報を提示することにより、ドライバーがより早く運転引継ぎ準備を備えるとともにシステムの環境認識性能の理解を促す

---

---

### 3.7. 実験 A-2-1

#### 3.7.1. 目的

車線変更を必要とする場面において（ただし車線変更を阻害する他車が存在する）、周辺認識を支援するディスプレイの有効性を評価する。

#### 3.7.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 40 名である。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。

実験被験者は、アダプティブ・クルーズ・コントロールシステムなどの運転支援システムを利用したことのないことを条件として募集を行った。

#### 3.7.3. 実験装置

本実験では、図 3-11 に示す定置型ドライビングシミュレータをもちいた。このシミュレータは、三菱プレジジョン社製 DS3Sim ver.6 である。図 3-11 からわかるとおり、前方に、50 インチのディスプレイを 5 面配置し、約 200 度の水平視界を提供している。ハンドルは、ムーフ社製反力提示装置を利用している。



図 3-11 ドライビングシミュレータ

実験に用いるコースは、片側 2 車線と 3 車線の高速道路である。

本実験で使用する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（すなわち、ACSF カテゴリー B2）を行う。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。

レベル 3 を想定することから、ドライバーが制御介入をする必要がある場面においては、必ず事前に引継ぎ要請（RtI）を発出する。

#### 3.7.4. タスク

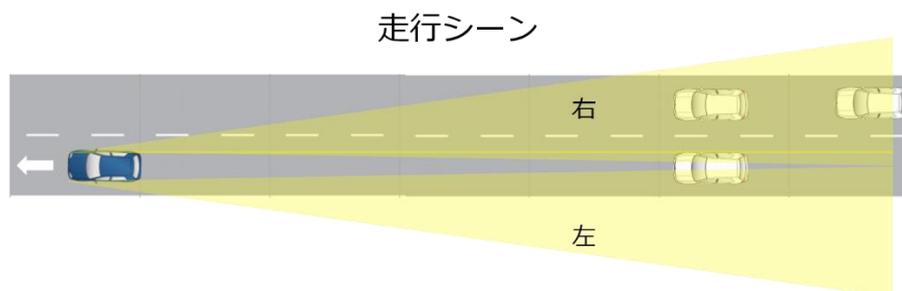
本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転システムを利用して安全に高速道路を走行することである。

また、走行開始後、しばらくするとビープ音が提示される。そのビープ音を聞いたら、実験被験者は、そのビープ音がサブタスク開始を指示するものであることについては、すべての実験被験者にあらかじめ説明されるとともに、ビープ音に従ってサブタスクを実施する練習も行っている。本研究では、サブタスクとして、SuRT[3]を行う。SuRTは、ISOで標準化された課題であるが、ここでは、強制的にヘッドダウンさせるために、SuRT課題が組み込まれたタッチパッドを両手で持ち、作業を進めるように指示した（図 3-11）。本実験では、SuRTは、難易度「中」を、自己のペースで行うように指示している。

#### 3.7.5. 実験計画

本実験では、状況認識支援という1つの要因を取りあげる。これは被験者間要因である。次の3つの水準を有する。

- 条件 a：支援なし
- 条件 b：電子ミラーによる支援ディスプレイ（図 3-12）



実際にディスプレイに映った映像（例）



図 3-12 電子ミラーによる支援ディスプレイ

- 条件 c：220° 魚眼カメラによる支援ディスプレイ（図 3-13）



図 3-13 魚眼カメラによる支援ディスプレイ

各群に対し、12名をそれぞれランダムに振り分けた。各条件の被験者の内訳は、表 3-6 のとおりである。

表 3-6 実験被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
a	8	4	34.3	42.8	37.1
b	7	5	37.4	41.4	36.0
c	8	4	33.4	41.3	39.1

### 3.7.6. 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。まず、実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、自動運転システムについての説明と、自動運転システムの設定方法、解除方法を説明し、具体的な操作方法を練習した。

その後、システムから提示される HMI 及び運転介入要請についての説明を行った。説明終了後、実際に走行実験を行った。この実験では、下記の 12 シーンに RtI イベントを経験させた。

- 
- 
- (1) 自車線前方に故障車両のため、車線閉鎖による引継ぎ要請、なお後側方に車両無し。
  - (2) カーナビによるジャンクションの左方向へ、同時にジャンクション到達による制御終了、なお後側方に車両無し。
  - (3) 濃い霧のため、車線認識が困難となったため引継ぎ要請、なお後側方に車両有り。
  - (4) レーンマークのかすれにより、車線認識が困難となったため引継ぎ要請、なお後側方に車両有り。
  - (5) カーナビによるジャンクションの右方向へ、同時にジャンクション到達による制御終了、なお後側方に車両有り。
  - (6) 合流による引継ぎ要請、なお後側方に車両無し。
  - (7) 濃い霧のため、車線認識が困難となったため引継ぎ要請、なお後側方に車両無し。
  - (8) カーナビによるジャンクションの左方向へ、同時にジャンクション到達による制御終了、なお後側方に車両有り。
  - (9) 自車線前方に故障車両のため、車線閉鎖による引継ぎ要請、なお後側方に車両有り。
  - (10) 合流による引継ぎ要請、なお後側方に車両有り。
  - (11) カーナビによるジャンクションの右方向へ、同時にジャンクション到達による制御終了、なお後側方に車両無し。
  - (12) レーンマークのかすれにより、車線認識が困難となったため引継ぎ要請、なお後側方に車両無し。

なお、この実験では、各群の被験者の半分が上記の順番で、残りの半分が逆の順番で経験させた。

1 つの走行は、次のように構成される。試行開始時点では、車両は停止している。自車両が自動的にエンジンをかけ、自動運転システムの制御を開始する。5 秒ほど経過したのち、ブープ音が提示されるので、サブタスクを開始する。その後 RtI が発出されまで、サブタスクを行うことが想定される。RtI が発出されたら、運転操作を引継ぐことを教示してある。なお、ブレーキ、アクセル、あるいはハンドルを操作することによって運転を引き継ぐことができることを伝えてある。

### 3.7.7. 仮説と評価指標

本実験では、作業仮説として、状況認識支援ディスプレイによって、「何を

---

---

なすべきか」(ステアリング操作か、ペダル操作か、その両方か)が適切に判断できる。

なお、本実験では、ハンドルの握りはじめを、おもに着目して分析を行っていることから、下記の指標を考察する。

- ・ 引継ぎ後の無事故率
- ・ 引継ぎまでの時間
- ・ 引継ぎ後の車線変更時後続車との TTC

### 3.7.8. 結果と考察

シナリオの失敗のため、シナリオ(4)と(12)(車線のカスレ)を解析対象外とした。また、介入判定を再確認するため、シナリオ(3)と(7)も今回の解析対象から外した。

まず、図 3-14、RtI 発出後、運転引継ぎ及びその後の運転行動にて無事故の割合を示す。比較の結果から、支援を与えることにより逆に事故率が高くなったことが分かった。その理由は事故種類の解析の部分に詳しく考察する。

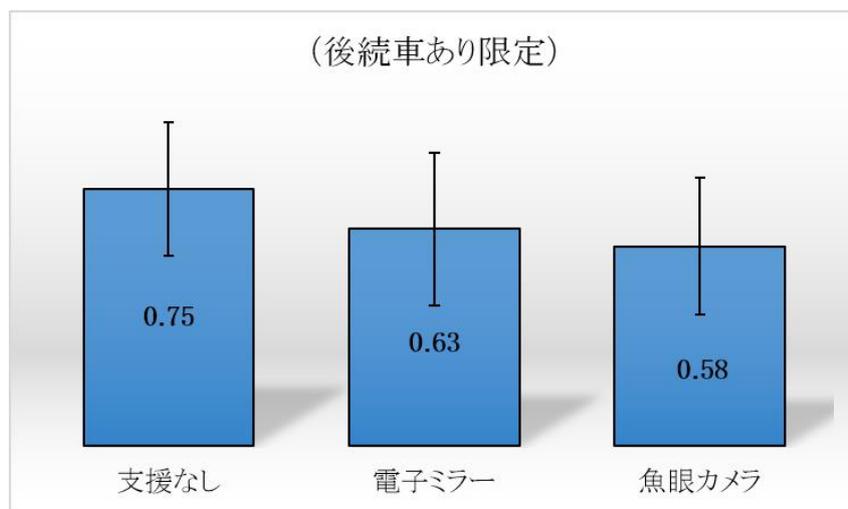


図 3-14 事故無し率

つぎに、RtI 発生から引継ぐまでの反応時間に「状況認識支援」という 1 要因の分散分析を行った。図 3-15 に分散分析の結果を表す。その結果から、状況認識支援の主効果は有意ではなかった ( $F(2, 284)=.998$ 、 $p=0.37$ )。ただし、むしろ電子ミラーの支援ディスプレイを与えることによって介入操作を遅らせてしまうような傾向がうかがわれた。

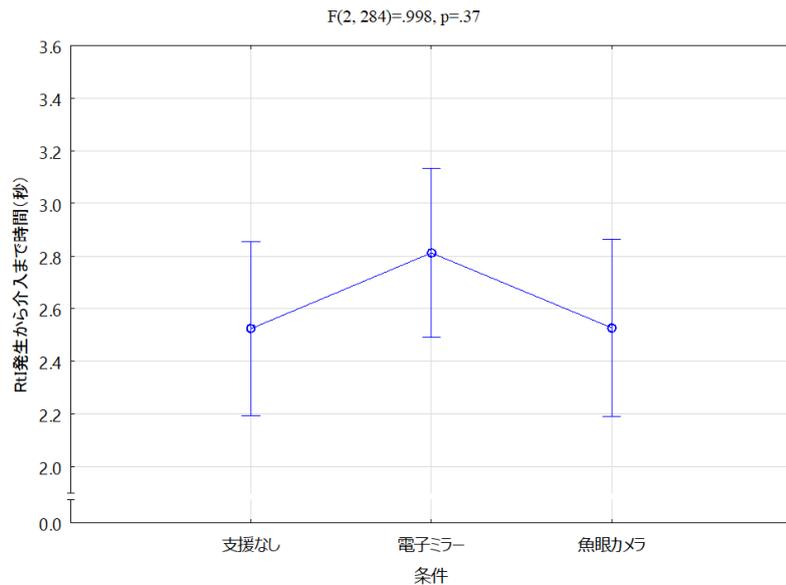


図 3-15 引継ぎまでの時間 (秒)

つぎに、後続車ありのシーンに対し、車線変更時後続車との TTC に「状況認識支援」を要因とする分散分析を行った。図 3-16 に分散分析の結果を表す。その結果から、状況認識支援の主効果は有意ではなかった ( $F(2, 102)=1.04$ 、 $p=0.36$ )。この結果から、魚眼カメラの支援ディスプレイ時の車線変更が比較的安全であった傾向が見えたが、無事故率 (図 3-14) と逆な結果となった。その理由であるが、魚眼カメラを有効利用できる人とできない人とに大きく分かれてしまうことがうかがわれる。

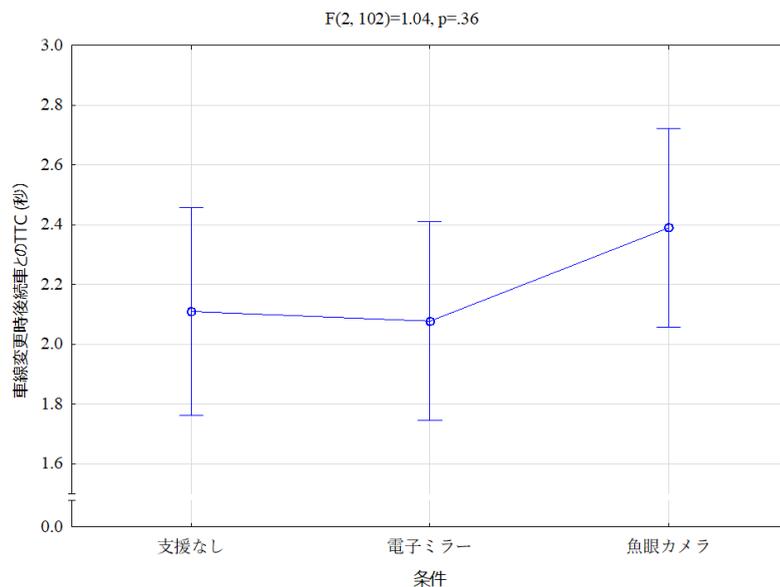


図 3-16 車線変更時後続車との TTC (秒)

また、走行車線の閉鎖による RtI 発生 of シーンにおいて、RtI 発生から引継

ぐまでの時間と車線変更時後続車との TTC の分布を図 3-17 にプロットした。この結果から、介入操作が遅れば遅れるほど車線変更が危険となった。

なお、魚眼カメラ時の車線変更がほかの 2 条件と比べ、より安全的な傾向が見えた。ただ、魚眼カメラ条件の無事故率が低かったこと（図 3-14）を受け、各条件の事故種別を考察した（図 3-17）。事故種別は車線変更時側面から後続車との衝突（側）と車線変更後後ろから追突（追）に分類した。魚眼カメラ条件の全事故が「車線変更時の側面衝突」ではなく、「車線変更後走行中の追突事故」であったことから、「車線変更時」の意思決定が妥当ではない。つまり、無理な車線変更をしてしまったことが考えられる。

今回シナリオは車線変更後も後続車が減速しないという設定なので、車線変更後かなり加速しない限り追突されてしまうことになる。「車線変更後走行中の追突事故」は魚眼カメラの画像から後続車との距離が実際より遠く感じ、加速が遅れたという原因の 1 つと考えられる。

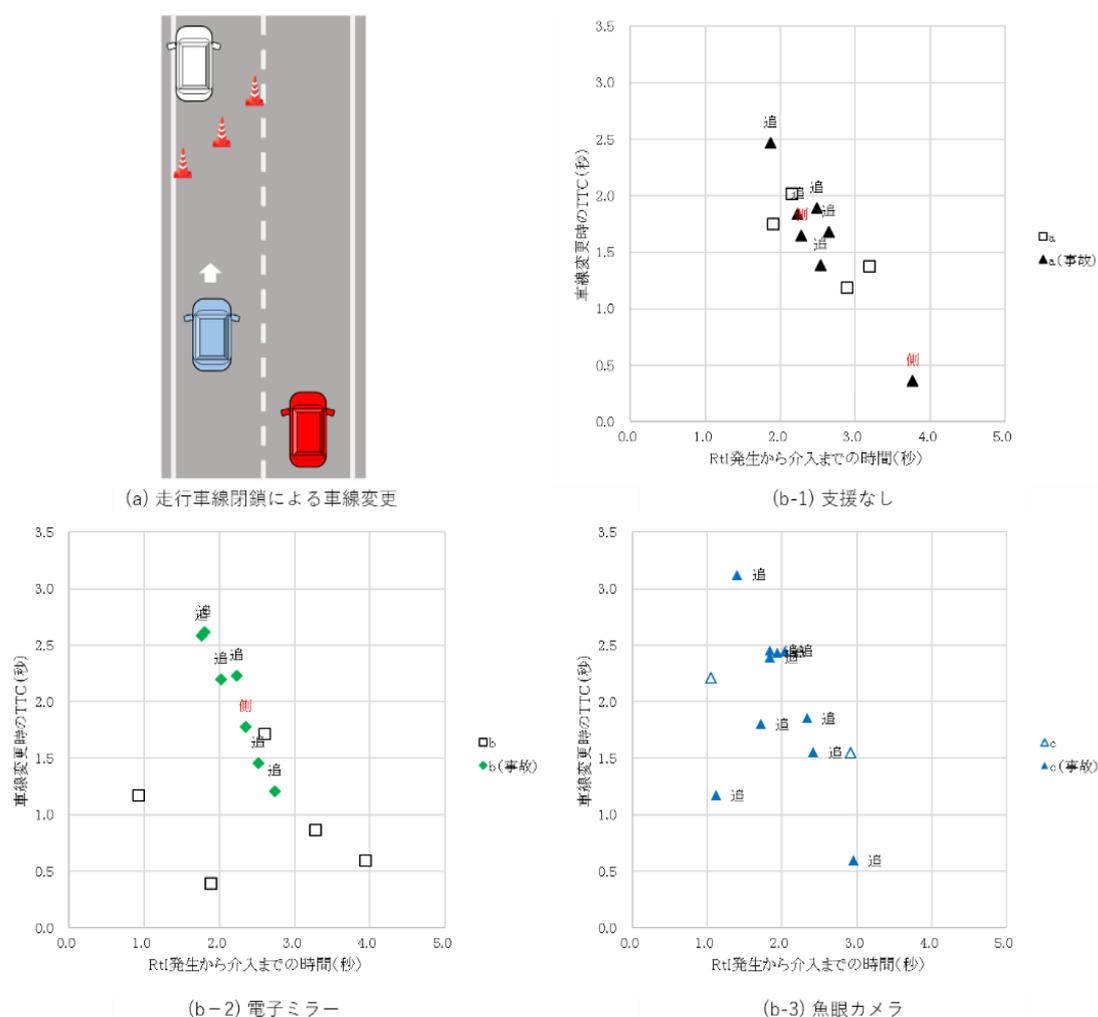


図 3-17 走行車線閉鎖シーンにて RtI 発生から介入操作までの時間及び車線変更時後続車との TTC (秒)

---

---

### 3.7.9. まとめ

ほかの条件に比べ、魚眼カメラを使用する際に事故率が高かったが、ほとんどの事故が車線変更後後続車からの追突事故が分かった。一方、車線変更時の行動が魚眼カメラのほうが比較的に安全であったも分かった。このことから、急に運転を介入しないといけない時は魚眼カメラがドライバーの状況認識に有効な傾向が見られた。

---

---

### 3.8. 実験 A-2-2

#### 3.8.1. 目的

システムがどの程度環境を確信することをもって認識しているかについての情報を提示する効果を検証する。

また、その情報の伝え方について、年齢を考慮に入れる必要があるか否かを明らかにすることも目的とする。

#### 3.8.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 30 名である。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。

実験被験者は、アダプティブ・クルーズ・コントロールシステムなどの運転支援システムを利用したことの無いことを条件として募集を行った。

#### 3.8.3. 実験装置

日本自動車研究所の動揺装置付きドライビングシミュレータをもちいた。このシミュレータは、三菱プレシジョン社製 DS3Sim ver5 であり、課題 A のシミュレータと同一のソフトウェアを用いている。

実験に用いるコースは、片側 2 車線の高速道路である。

本実験で使用する自動運転システムは、単路に限定したレベル 2 の自動運転（ただし、ACSF カテゴリー B2）を行う。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。

レベル 2 を想定するが、ここではドライバーが制御介入をする必要がある場面においては、必ず事前に通報を発出するものとする。

#### 3.8.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転システムを利用して安全に高速道路を走行することである。通報についてどう対応するかは、条件によって指示された内容が異なる。

#### 3.8.5. 実験計画

本実験では、つぎの 1 の要因をとりあげる。被験者間要因である。

確信度に相当する概念として、「見通せている距離に関する情報」という 1 要因であり、次の 3 つの水準を有する。

- 統制条件：HMI なし
- 濃度条件：見通せている範囲を濃度によって区別（図 3-18）

- 色条件：見通せている範囲を色によって区別（図 3-19）

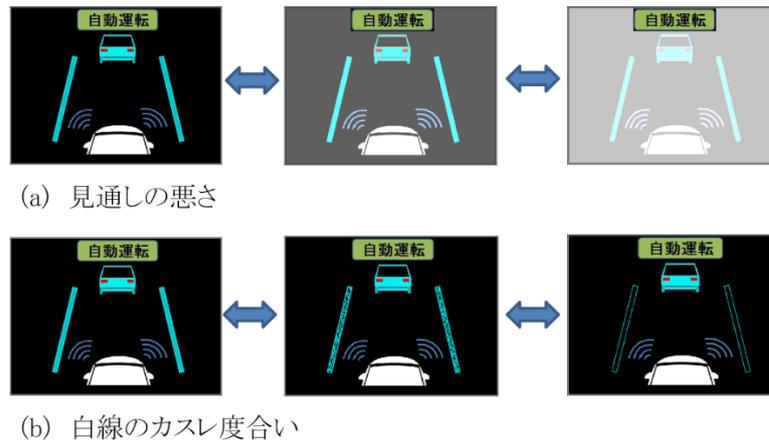


図 3-18 濃度条件による HMI



図 3-19 色条件による HMI

年齢は、高齢層（65歳以上）を対象とした。各群に対し、10名をそれぞれランダムに振り分けた。各条件の被験者の内訳は、表 3-7 のとおりである。

表 3-7 被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
統制	6	4	72.2	71.3	71.8
濃度	5	5	73.0	70.8	71.9
色	5	5	75.0	72.4	73.7

### 3.8.6. 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。まず、実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、自動運転システムについての説明と、自動運転システムの設定方法、解除方法を説明し、具体的な操作方法を練習した。

その後、システムから提示される HMI 及び運転介入要請についての説明を

---

---

行った。説明終了後、実際に走行実験を行った。この実験では、下記の2つシーンに通報のイベントを経験させた。

- (1) 霧により見通しが悪くなる（緩やかな状況変化と急な状況変化）
- (2) レーンがかすれる（緩やかな状況変化と急な状況変化）

一つの走行は、次のように構成される。試行開始時点では、車両は停止している。エンジンをかけ、シフトレバーをドライビングにセッティングし、アクセルペダルを踏むと、自動運転システムの制御が開始される。その後、ドライバーは、手足をハンドル・ペダルから離す。自動運転中に霧の発生(1)、レーン（白線）のカスレ(2)などが原因によって自動運転では走行できない場面が発生する。その際には、ポーポーポーの音と同時に、「自動運転解除」の表示（通報）がメーターパネル内に点滅する。「自動運転解除」が呈示されたら、自動運転に替わってあなた自身で運転を引継ぐように被験者に教示してある。なお、ブレーキ、アクセル、あるいはハンドルを操作することによって運転を引き継ぐことができることを伝えてある。

### 3.8.7. 仮説と評価指標

本実験では、作業仮説として、「見通せている範囲」を視覚的に知ることによって、介入が必要な場面（通報に相当する情報を提示する）における介入が迅速、スムーズになると考える。

なお、本実験では、ハンドルの握りはじめにおもに、着目して分析を行っているが、

- ・ 引継ぎまでの時間
- ・ 引継ぎから 20 秒間の Steering Reversal Ratio (SRR)
- ・ 引継ぎから 20 秒間の Standard Deviation of Lateral Position (SDLP)
- ・ 引継ぎから 20 秒間の速度の標準偏差

が、評価指標となる。

なお、本実験では、各条件に割り当てられた被験者が均質であることを確認するために、認知機能検査 TMT Part B を行った。

### 3.8.8. 結果と考察

まず、図 3-20 と図 3-21 に、通報発出後、「ブレーキ」か「アクセル」か「ハンドル」で運転引継ぎを行えた人の割合を示す。比較の結果から、白線のカスレが緩やかに変化する場合には3条件の間には引継ぐ方法が大きな違いがあったことに対し、急な場合には3条件共に同じ結果が見られた（図 3-20a と b）。具体的に、緩やかなカスレの場合、「統制」条件より「濃度」と

---

---

「色」条件のほうがハンドルで引継いだ人の割合がやや少なかった。このような違いが霧のシーンにて見られなかった。(図 3-21a)。このことから、外界の手掛かり情報を認識しにくい走行環境(例えば、緩やかな白線のカスレ)では HMI の有無又種類によるドライバーの行動パターンに影響が大きいと考えられる。

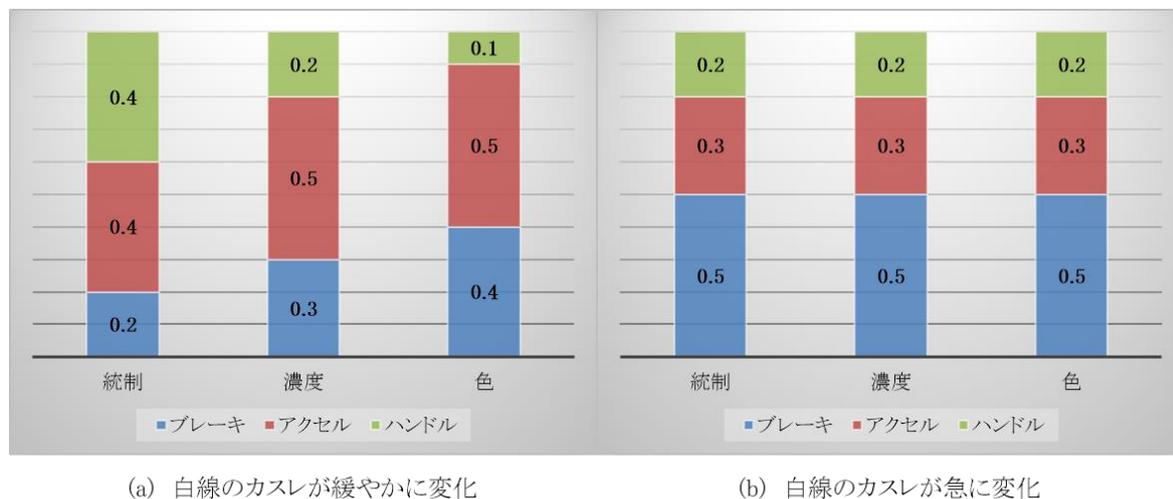


図 3-20 引継ぐ方法の割合 (白線)

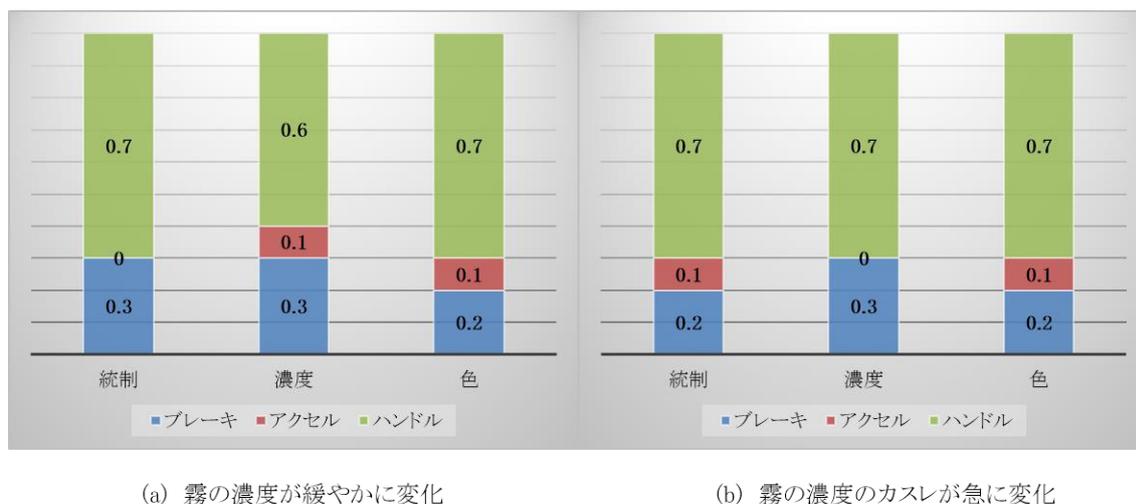


図 3-21 引継ぐ方法の割合 (霧)

次に、通報発生から引継ぐまでの反応時間を「見通せている距離に関する情報」・「状況変化」・「シーン」という3要因の分散分析を行った。図 3-22 に分散分析の結果を表す。その結果から、「見通せている距離に関する情報」の主効果が有意であった ( $F(2, 115)=3.3, p=0.041$ )。Tukey の HSD 検定で、「濃度」条件と「統制」条件の差が有意 ( $p=0.049$ ) であった。この結果から、外界の手掛かり情報(白線が急になくなる)が見えてから制御解除までの時間が短い。HMI があると、むしろそこに表示されている内容の意味を理解す

るための時間が必要と考えられる。

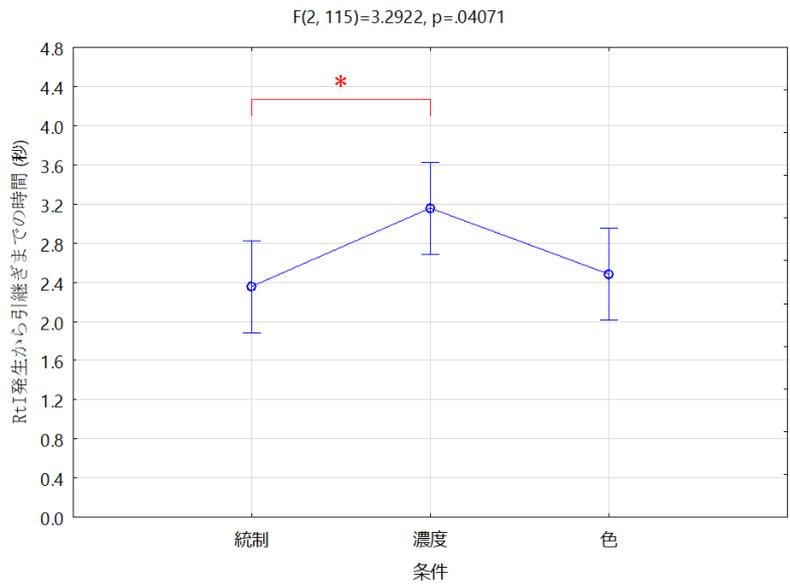


図 3-22 引継ぎまでの時間 (秒)

図 3-23 はシーン別の引き継ぎまでの時間が示される。外界の手掛かり情報（白線のカスレが急に変化）（図 3-23 の左下）が見えてから制御解除までの時間が短い。HMIがあると、むしろそこに表示されている内容の意味を理解するための時間が必要と考えられる。色はそれでも瞬時に識別できるが、濃度は、良く見ないとわからないことからより長い時間がかかったと思われる。それ以外のシーンにおいては「見通せている距離に関する情報」の効果はみられなかった。これは外界に手掛かり情報がある（白線が徐々にかすれていく）ことから、HMIの情報に頼らなくても対応できると考えられる。

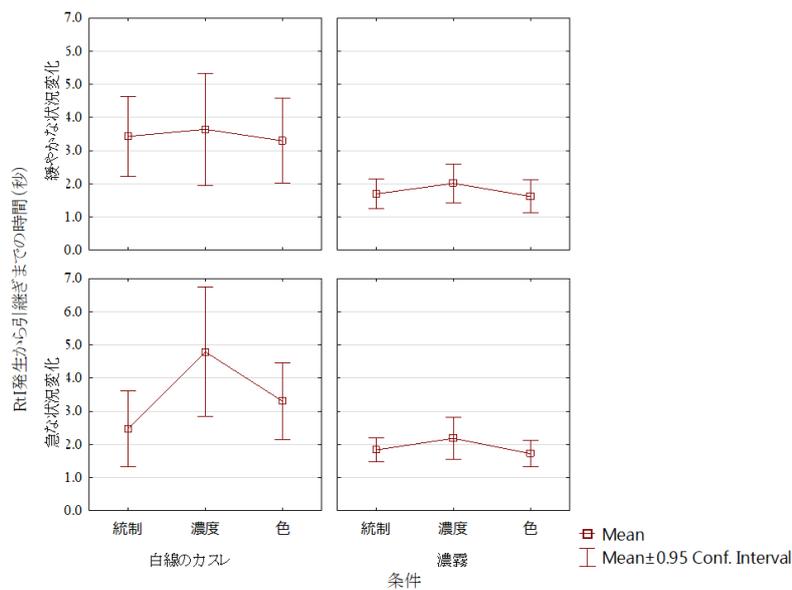


図 3-23 シーン別の引継ぎまでの時間 (秒)

自動車走行中の横揺れの程度を表すために、介入操作後 20 秒間の車台の横変位標準偏差に「見通せている距離に関する情報」・「状況変化」・「シーン」とう 3 要因の分散分析を行った。図 3-24 に要因「見通せている距離に関する情報」の分散分析の結果を表す。「見通せている距離に関する情報」の主効果が有意であった ( $F(2, 115)=3.3$ 、 $p=0.041$ )。さらに、Tukey の HSD 検定で、「色」条件と「統制」条件の差が有意 ( $p=0.038$ ) であった。この結果から、「見通せている範囲」を視覚情報にすることによって、逆にドライバーの介入後の運転行動に負の影響をもたらしたことが分かった。

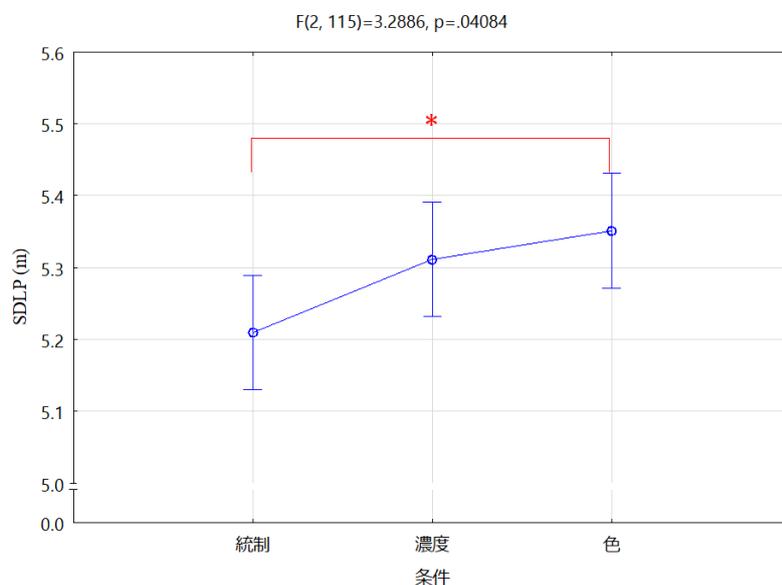


図 3-24 横変位標準偏差 (m)

図 3-25 は、シーン別の引き続きまでの時間が示される。外界の手掛かり情報が視認できる場合（霧）（図 3-25 の右）、「濃度」の HMI が「色」よりわかりやすい。それに対し、手掛かり情報が視認しにくい場合（白線のカスレ）（図 3-25 の左）、「色」の HMI がより分かりやすいと思われる。故に、シーンに応じて HMI による影響が異なった。さらに急な状況変化かつ外界の手掛かり情報が見えにくい状況（急な白線カスレ）（図 3-25 の左下）には、漸進的な「濃度」がドライバーを困惑させる傾向があったと考えられる。

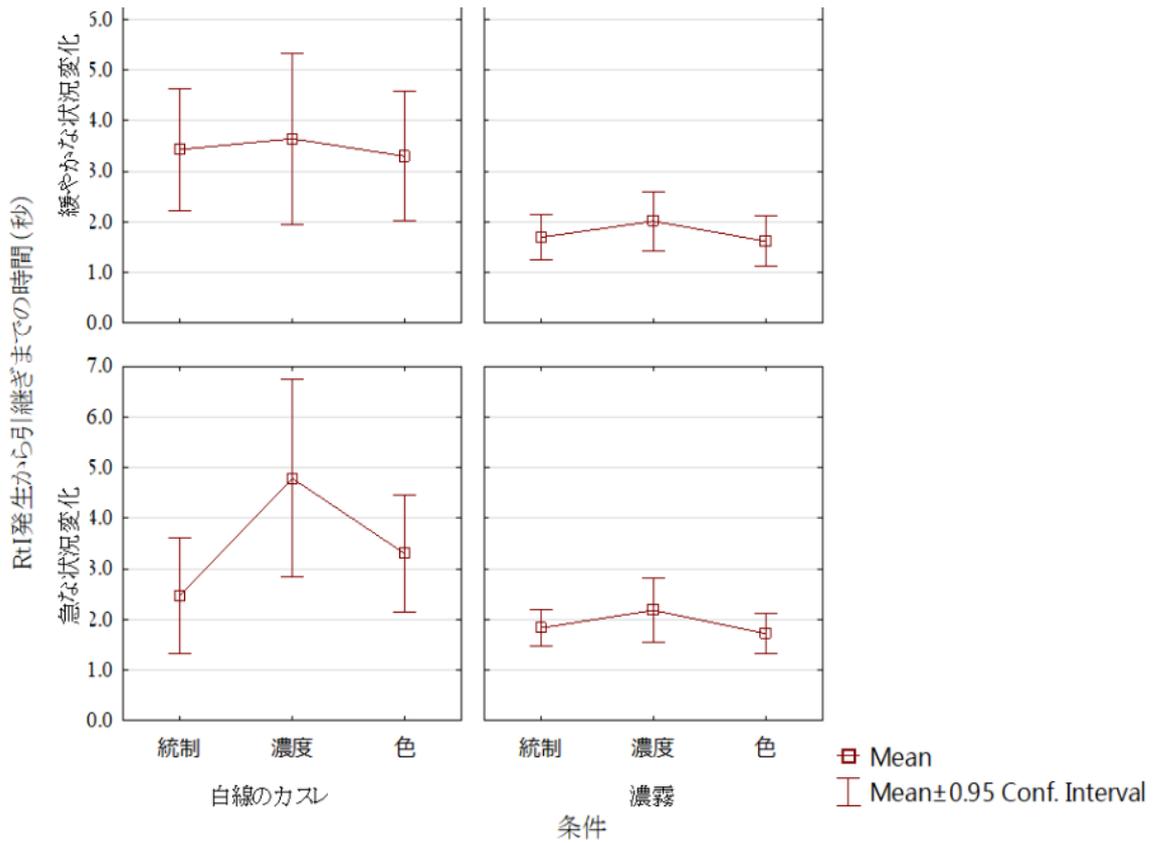


図 3-25 シーン別の横変位標準偏差 (m)

図 3-26 は、認知検査 TMT-B の検査結果を表す。エラーバーは、標準偏差を表す。それぞれの検査結果について「見通せている距離に関する情報」の 1 要因分散分析を行ったところ、主効果は有意ではなかった ( $F(2, 27)=1.070$ 、 $p<0.36$ ) ことから、各条件にはほぼ均質の被験者が割り当てられていると考えてよく、運転行動の結果における差異は HMI の影響であると考えられる。

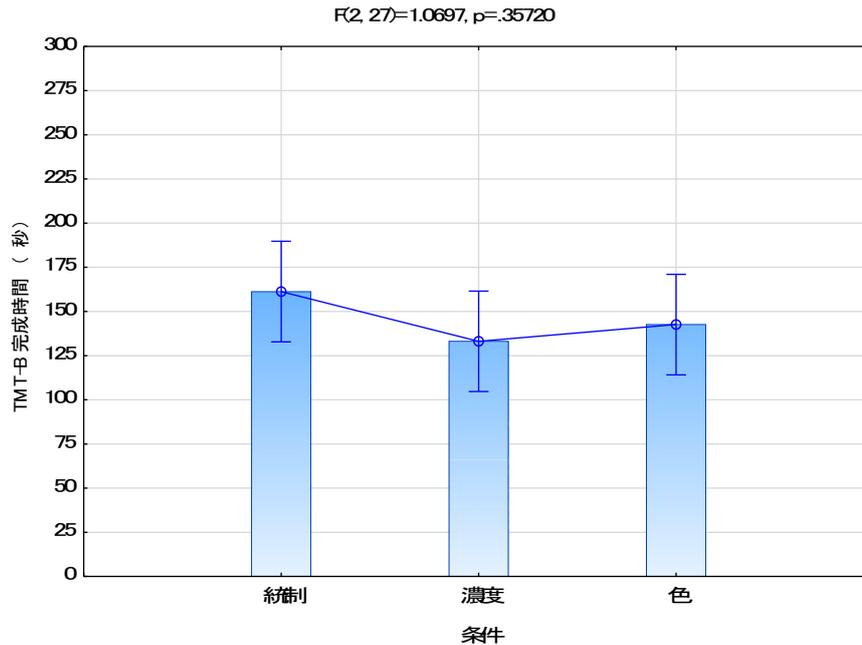


図 3-26 TMT Part B の検査結果

### 3.8.9. まとめ

本章では、レベル 2 の自動運転システムを対象として、システムがどの程度環境を確信することをもって認識しているかについての情報を提示する効果についての検証を行った。

実験データの分析と考察の結果、以下の結論を得た。

- ・ 短い時間にてドライバーに対応を求められる場合に、HMI があると、むしろそこに表示されている内容の意味を理解するための時間が必要と考えられる。そのために、ドライバーの意思決定に負の影響をもたらすことがあった。
- ・ さらに外界の手掛かり情報が不明確の場合にてグラデーションの情報（例えば濃度）より瞬時に識別できる情報（例えば色）がよい。

また、残された課題として、以下のことを明らかにする必要がある。

- ・ レベル 3 にて、副次タスクがある場合には「確信度」の情報提供が引継ぎ行動にどのような影響するか
- ・ どのようなシーンが「確信度」の情報をより必要とされるか。

---

---

### 3.9. 実験 A-3-1

#### 3.9.1. 目的

自動運転レベル 2 におけるシステムによるハザード見落としに備えた、システム状態を表示する HMI に必要なコンテンツ要素の明確化を目的とする。

#### 3.9.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 65 歳以上の高齢者 60 名である。各条件の内訳については後述の実験計画において説明する。

実験被験者は、アダプティブ・クルーズ・コントロールシステムなどの運転支援システムを利用したことがないことと、実験 A-1-2 への参加経験がないことを条件として募集を行った。

#### 3.9.3. 実験装置

本実験では、図 3-27 に示す定置型ドライビングシミュレータを用いた。このシミュレータは、三菱プレジジョン社製 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。ハンドルは Logicool 社製ゲームハンドルを使用している。



図 3-27 実験 A-3-1 使用ドライビングシミュレータ

実験に用いるコースは、片道 2 車線の高速道路である。

本実験で使用する自動運転システムは、自動車線変更機能を有するレベル 2 の自動運転である。

システム情報を伝える HMI はドライビングシミュレータの画面下中央に表示される。

レベル 2 を想定することから、自動運転システムが対応できない場面においてはドライバーが制御介入をする必要がある。ドライバーが制御介入をする必要がある場面においては、事前に通報を発出する必要がある。

### 3.9.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転を利用して安全に高速道路を走行することである。

本実験はレベル2を想定しているため安全運転の責任はドライバーにあるが、自動走行中ドライバーはハンドルから手を離し、アクセルペダルやブレーキペダルから足を離すことを許可している。

### 3.9.5. 実験計画

本実験の独立変数は以下の通りである。

#### I. システム状態を伝える HMI (被験者間要因)

- a. システムが認識しているものを全て提示する、「検知情報」を伝える HMI

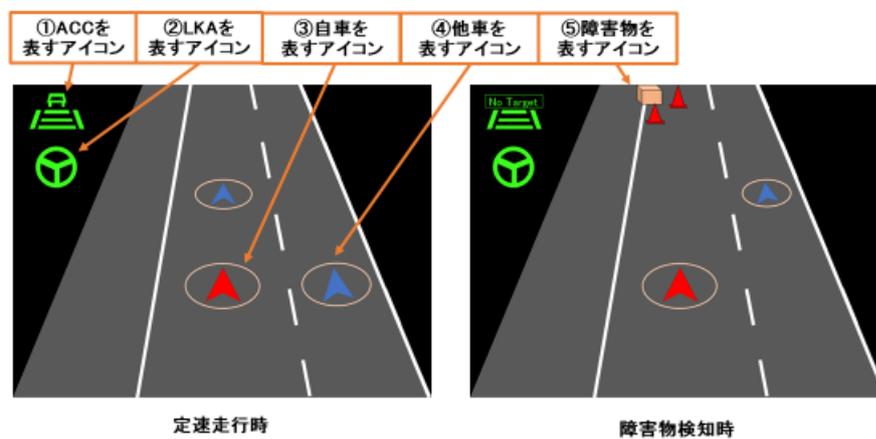


図 3-28 「検知情報」 HMI の表示例

- b. システムの操作の意図を提示する、「操作意図」を伝える HMI

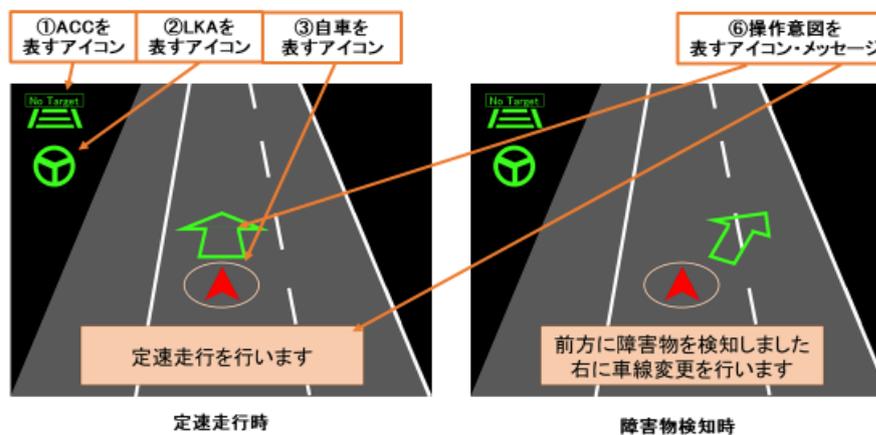


図 3-29 「操作意図」 HMI の表示例

c. a と b を組み合わせた、「検知情報 + 操作意図」を伝える HMI

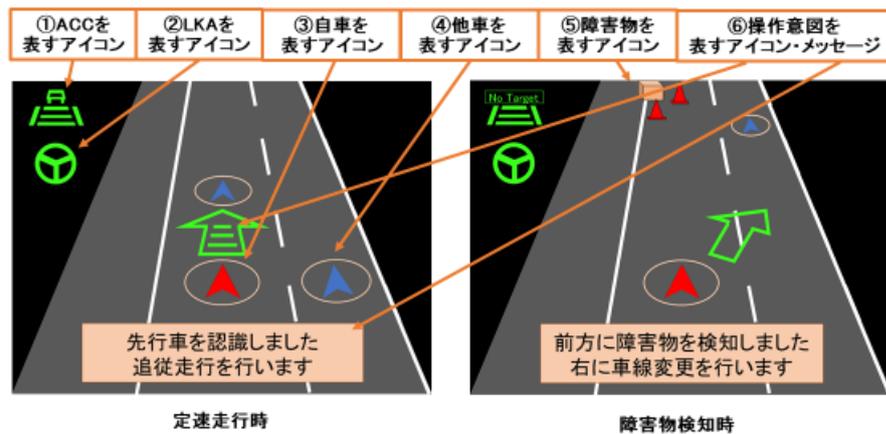


図 3-30 「検知情報 + 操作意図」 HMI の表示例

d. システムのオンオフのみを伝える、平常時の情報「なし」の HMI

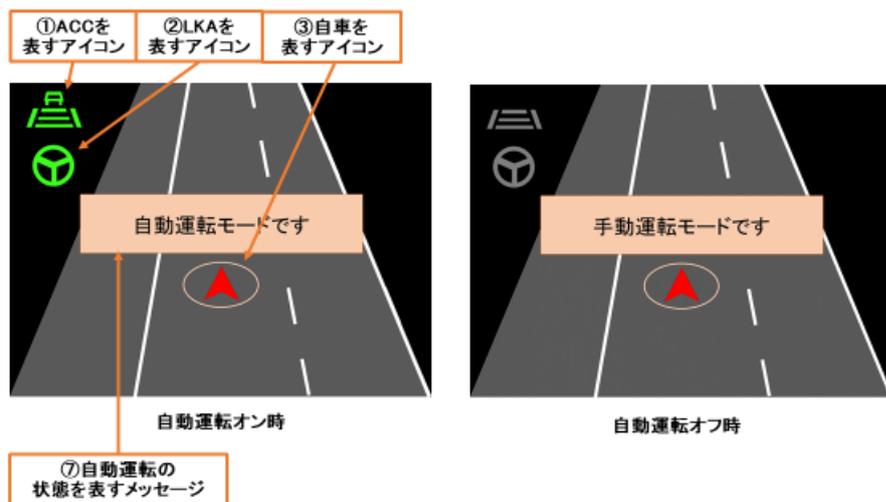


図 3-31 情報「なし」 HMI の表示例

## II. 通報なしイベント（被験者内要因）

- i. 障害物（パイロン）不検知による通報なし
- ii. 障害物（段ボール）不検知による通報なし
- iii. 追い越し車線からの急な割込み
- iv. システムの環境誤認識による危険な車線変更

各群に対し、15名をそれぞれランダムに振り分けた。各条件の被験者の内訳は、表 3-8 のとおりである

表 3-8 被験者の内訳

条件	人数			平均年齢	標準偏差
	男性	女性	計		
a	12	3	15	72.1	3.7
b	10	5	15	72.9	4.7
c	9	6	15	69.3	2.8
d	10	5	15	72.9	5.0

### 3.9.6. 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。まず、実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、自動運転システムについての説明と、自動運転システムの使用方法、解除方法を説明し、具体的な操作方法を練習した。その後、システムから提示される HMI 及び運転介入要請についての説明を行った。また、自動運転システムが作動している最中に運転介入要請が発出されない場合があることと、その具体的な場面に関する教示を行った。

説明終了後、実際に走行実験を行った。この実験では、表 3-9 に示す 11 のシーンを経験させた。なお、赤字は通報なしのイベントである。4 走行目と 8 走行目の終了後に約 10 分間の休憩を設けた。

表 3-9 実験 A-3-11 使用シナリオ

N o.	シナリオ名	内容
1	定速走行	時速80km/hの自動定速走行を続ける
2	障害物回避1	走行車線の通行止めを自動車線変更により回避し自動走行を続ける
3	合流部での通報発生	合流地点に到達し、通報を発する
4	障害物不検知1	走行車線上のパイロンを検知できず何も介入しないとそのまま衝突する
5	天候：曇り	曇りの中、自動追従走行を続ける
6	急な割り込み	右車線の車両が急に自車前方に割り込んでくる (介入しなくても事故は発生しない)
7	追従走行	軽い渋滞により時速75km/hの自動追従走行を続ける
8	システムの誤作動	システムが走行車線上の鉄板を障害物と勘違いし車線変更する 何も介入しないと車線変更先の車両に追突する
9	霧発生による通報	濃い霧が発生し、システムが通報を発する
10	障害物回避2	走行車線上の停止車両を自動車線変更により回避し自動走行を続ける
11	障害物不検知2	走行車線上の段ボールを検知できず何も介入しないとそのまま衝突する

---

---

なお、この実験では、各群の被験者すべてが上記の順番で経験させた。

1 つの走行は次のように構成される。試行開始時点では車両は停止している。自車両が自動的にエンジンをかけ、自動運転システムが制御を開始する。その間ドライバーはハンドルとペダルから手足を離していることが想定される。その後、運転操作への介入が必要だと考えられる場面では、運転操作を引き継ぐことを教示してある。なお、ブレーキ、アクセル、あるいはハンドルを操作することによって運転を引き継ぐことができることを伝えてある。全 11 走行終了後、被験者への聞き取り調査を行った。

### 3.9.7. 仮説と評価指標

本実験では、作業仮説として、「システム状態を伝える HMI」によって通報なしのイベントに対して適切に対応ができることである。具体的には、障害物不検知 1、障害物不検知 2、システムの誤認識の場面では事故を発生させずに運転操作の引継ぎを完了させること、急な割込みの場面では自動運転システムを解除し、運転を引き継ぐことである。

本実験における評価指標は以下のとおりである。

- ・ 介入者数
- ・ 事故発生者数
- ・ 運転引継ぎ時の障害物との TTC

### 3.9.8. 結果と考察

図 3-32 は障害物不検知 1 シナリオにおける自車と障害物との TTC を示す。また、表 3-10 は同シナリオにおける介入者数と TTC の平均を示す。障害物不検知 1 のイベントにおいては、システム状態を伝える HMI と情報なしの HMI では介入者数と TTC の大きな違いは見られなかった。情報を与えないことにより被験者が不安に感じ、警戒して走行を行うことが見られたため、介入数や TTC が大きくなったと考えられる。

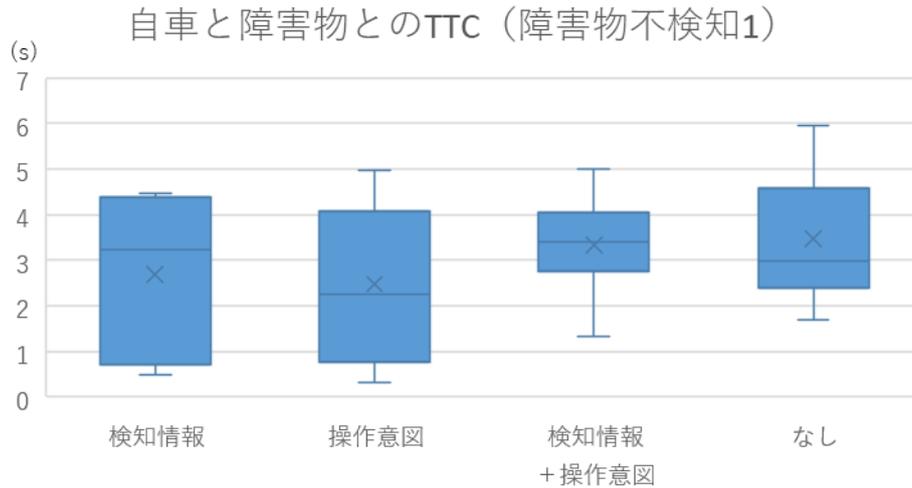


図 3-32 障害物不検知 1 における自車と障害物との TTC

表 3-10 障害物不検知における介入者数と TTC の平均

障害物1	検知情報	操作意図	検知情報 + 操作意図	なし
介入者数(データ数)	5	9	10	10
非介入者数	10	6	5	5
測定不可	0	0	0	0
TTCの平均	2.7	2.5	3.3	3.5

次に、図 3-33 は障害物不検知 2 シナリオにおける自車と障害物との TTC を示す。また、表 3-11 は同シナリオにおける介入者数と TTC の平均を示す。障害物不検知 2 のシナリオにおいては、システム状態を伝える HMI と情報なしの HMI では介入者数と TTC の大きな違いは見られなかった。情報を与えないことにより実験被験者が不安に感じ、警戒して走行を行うことが見られたため、介入数や TTC が大きくなったと考えられる。

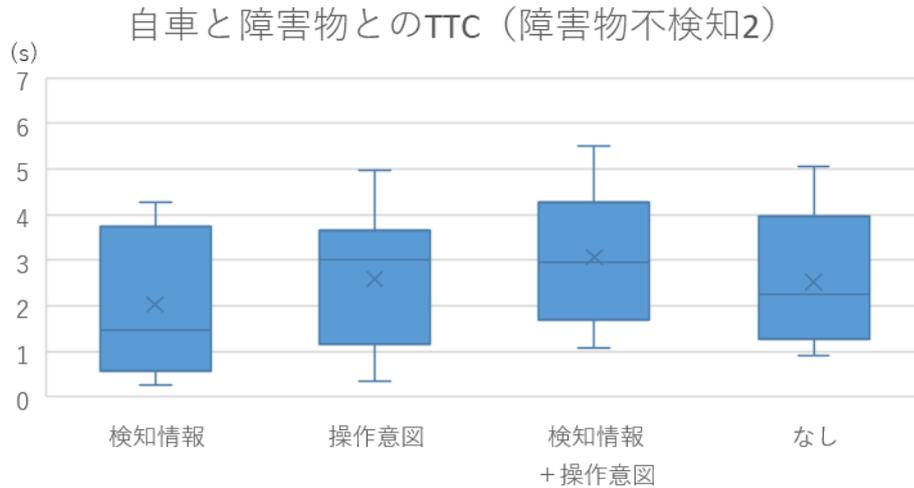


図 3-33 障害物不検知 2 における自車と障害物との TTC

表 3-11 障害物不検知における介入者数と TTC の平均

障害物2	検知情報	操作意図	検知情報 + 操作意図	なし
介入者数(データ数)	8	10	12	11
非介入者数	7	4	3	4
測定不可	0	1	0	0
TTCの平均	2	2.6	3	2.5

図 3-34 は障害物 1、2 シナリオにおける事故発生者数を示す。各条件の比較の結果から、検知情報 + 操作意図を伝える HMI において事故発生者数は低くなることが分かった。この結果から、システム状態を伝える HMI として検知情報と操作意図を組み合わせたことが有用であると考えられる。しかし、検知情報のみ、操作意図のみを伝える HMI と情報なしの場合では情報なしの HMI の方が事故発生者数は低くなることが分かった。この結果については今後詳細な検討が必要である。

事故発生者数（障害物不検知1、2での比較）

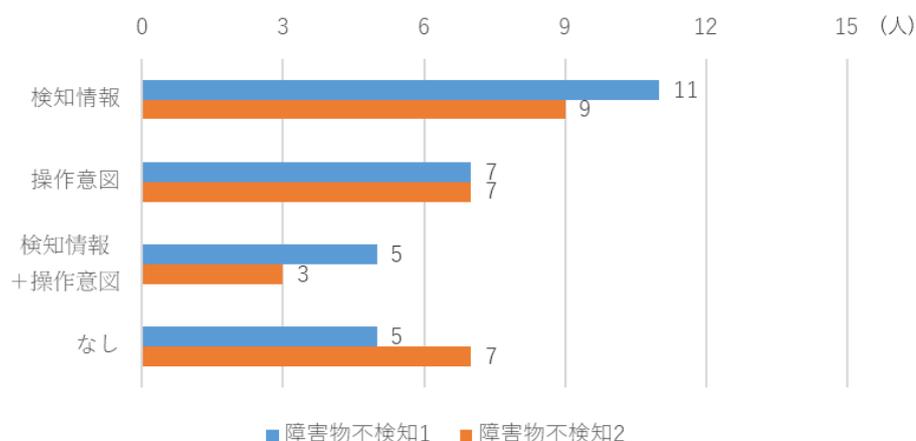


図 3-34 障害物 1、2 における事故発生者数

次に、図 3-35 は急な割込みシナリオにおける介入者数を示す。この結果から、各条件における介入者数に大きな違いは見られなかった。しかし、実験の様子を観察していた結果、ハンドルを握り危険に備える状態を取るが、自動運転システムを解除しないという様子が観察された。そのため、実験の観察の様子と聞き取り調査に関する結果を確認し、「ハンドルを握り危険に備える状態」を介入準備者数とし、介入者数と介入準備者数の結果から改めて考察していく。

介入者数（急な割込み）

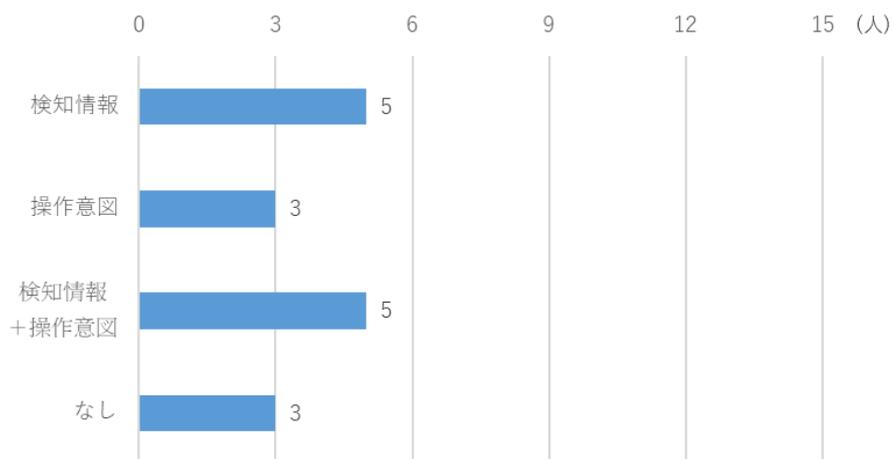


図 3-35 急な割込みにおける介入者数

図 3-36 はシステムの誤認識シナリオにおける事故発生者数を示す。この結果から、各条件における大きな違いは見られなかった。しかし、各条件を

通して事故発生者数が多いことから設定したシナリオが難しいものであったことが考えられる。また、1画面ドライビングシミュレータでは後ろから来る追突車に気付くことが難しかったことも考えられる。このシナリオについては実験の様子や聞き取り調査の結果から今後考察をしていく予定である。

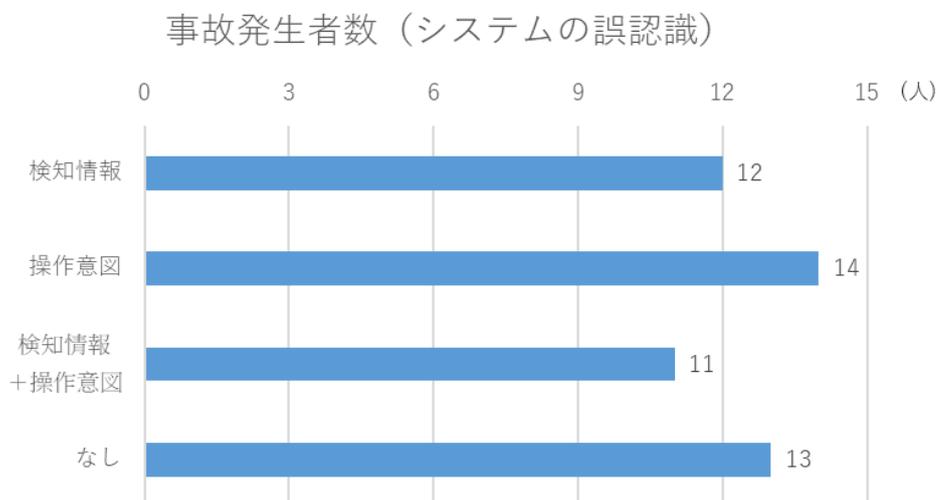


図 3-36 システムの誤認識における事故発生者数

### 3.9.9. まとめ

本実験では、通報なしを想定した場面においてシステム状態を伝える HMI の有用性とそのコンテンツについて調べる実験を行った。その結果、障害物不検知の場面では、検知情報と操作意図を組み合わせた情報を与えることで事故の発生回数を少なくすることができることが確認された。急な割込みとシステムの誤認識の場面では、システム状態を伝える HMI の有用性を確かめるためにより考察を進めていく必要がある。

---

---

### 3.10. 実験 A-3-2

#### 3.10.1. 目的

自動運転レベルの動的遷移がもたらす問題の明確化とそれに基づくレベル認識に必要な要素の明確化を目的とする。本実験はドライビングシミュレータを用いた実験である。

#### 3.10.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 22 歳から 69 歳までの 60 名である。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。

#### 3.10.3. 実験装置

三菱プレジジョン社製のドライビングシミュレータ D3Sim ver6 を用いた。実験に用いたコースは、片道 2 車線の高速道路である。

本実験で使用する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（ACSF カテゴリ B2）を行う。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。

レベル 3 を想定することから、ドライバーが制御介入を必要がある場面においては、必ず事前に運転引き継ぎ要請（Request to Intervene、以下 RtI）を發出する。

なお、本実験ではレベル遷移が起きるが、レベル 0 を含む全てのレベル遷移の要請を便宜上 RtI と表記することとする。



図 3-37 ドライビングシミュレータ外観



図 3-38 運転席からの視界

#### 3.10.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、自動運転システムを利用して安全に高速道路を走行することである。RtI についてどう対応するかは、条件によって指示された内容が異なる。

また、レベル 3 の自動運転が作動している間は、被験者はテレビを視聴し

---

---

ても良いこととした。

### 3.10.5. 実験計画

本実験では、つぎの2つの要因を取りあげる。被験者間要因と被験者内要因である。

レベル遷移の複雑さとして、「レベル遷移パターン」という1被験者間要因があり、次の3つの水準を有しする。

- レベル遷移条件 i：すべてのレベル遷移が起きる
- レベル遷移条件 ii：レベル1への遷移のみ起きない
- レベル遷移条件 iii：手動運転にのみ移る

表 3-12 自動運転レベルの遷移条件

条件 レベル遷移先	条件 i	条件 ii	条件 iii
レベル 2	行う	行う	行わない
レベル 1	行う	行わない	行わない
レベル 0	行う	行う	行う

本実験の視覚 HMI は数多くのパターンがあるため、以下に動作の一部を抜粋する。レベル遷移が起きる時、失う制御を示すアイコンがアンバー色で点滅する。

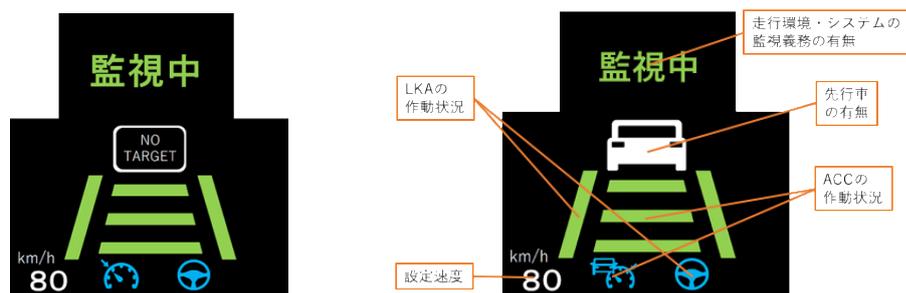


図 3-39 レベル 3 の視覚 HMI



図 3-40 レベル 2 の視覚 HMI

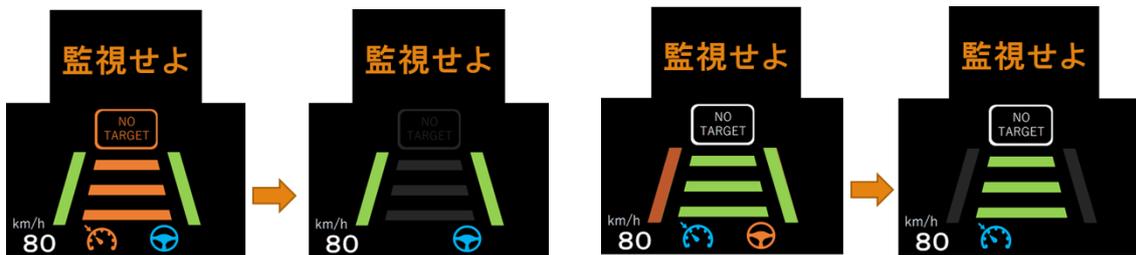


図 3-41 レベル 1 の視覚 HMI

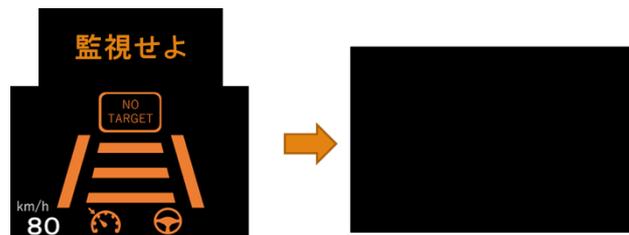


図 3-42 レベル 0 の視覚 HMI

次に、HMI による支援方法として、「聴覚 HMI の提示方法」という 1 被験者内要因があり、次の 2 つの水準を有する。

- 聴覚 HMI 条件  $\alpha$  : ビープ音のみ提示
- 聴覚 HMI 条件  $\beta$  : ビープ音と自然言語を同時に提示

運転状況と自然言語の内容を表 3-13 に示す。

表 3-13 運転状況と自然言語の内容

状況	自然言語の内容
レベル 2 に遷移	今から周囲環境を監視して下さい
縦方向の制御が切れてレベル 1 に遷移	今からブレーキ・アクセル操作をして下さい
横方向の制御が切れてレベル 1 に遷移	今からハンドル操作をして下さい
レベル 0 に遷移	今から手動運転に移って下さい
レベル 3 自動運転利用可能	自動運転が利用可能です

各群に対し、被験者を年齢・性別問わず無作為に振り分けた。被験者の内訳を表 3-14 に示す。

表 3-14 被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
i	10	10	49.8	45.8	47.8
ii	15	5	39.9	46.4	41.5
iii	14	6	39.0	47.5	41.6

### 3.10.6. 実験手順

実験の手順は以下のとおりである。まず、実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、自動運転システムについての説明と、自動運転システムの作動方法、解除方法を説明し、具体的な操作方法を練習した。

その後、システムから提示される HMI 及び運転介入要請についての説明を行った。説明終了後、実際に走行実験を行った。この実験では、下記の 2 つの走行を行い、RtI イベントを経験させた。どの走行も最後にクリティカルなイベントが起こり、その後終了する。表 3-15、表 3-16 に各走行の内容、図 3-43 にクリティカルなイベントの概要を示す。なお、被験者は約 20 分間の走行をそれぞれ 1 回ずつ経験した。

表 3-15 走行 1 の内容

手順	イベント	条件 i の レベル遷移	条件 ii の レベル遷移	条件 iii の レベル遷移
1	走行開始	レベル 3		
2	霧	レベル 3→2	レベル 3→2	レベル 3→0
3	濃霧	レベル 2→1	レベル 2→0	レベル 0
4	走行環境改善	レベル 1→3	レベル 0→3	
5	しばらく走行	レベル 3		
6	白線かすれ	レベル 3→1	レベル 3→0	
7	走行環境改善	レベル 1→3	レベル 0→3	
8	しばらく走行	レベル 3		
9	車線減少	レベル 3→0		

表 3-16 走行 2 の内容

手順	イベント	条件 i の レベル遷移	条件 ii の レベル遷移	条件 iii の レベル遷移
1	走行開始	レベル 3		
2	白線かすれ	レベル 3→1	レベル 3→0	
3	走行環境改善	レベル 1→3	レベル 0→3	
4	しばらく走行	レベル 3		
5	ゆるやかな カーブ	レベル 3→2	レベル 3→2	レベル 3→0
6	白線かすれ	レベル 2→1	レベル 2→0	レベル 0
7	走行環境改善	レベル 1→3	レベル 0→3	
8	しばらく走行	レベル 3		
9	車両停止	レベル 3→0		

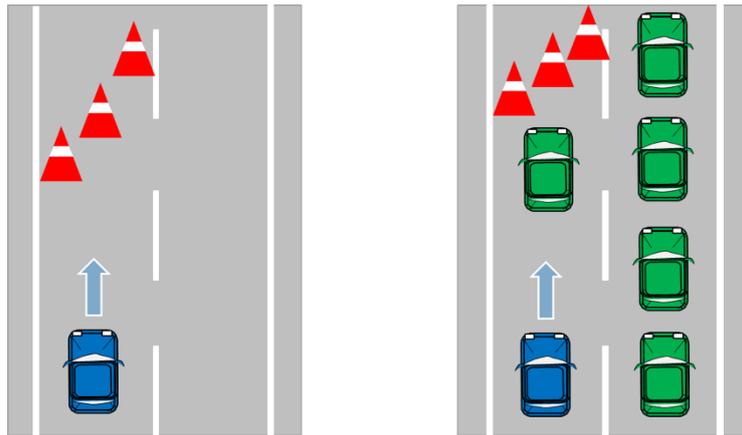


図 3-43 車線変更イベント（左）と車両停止イベント（右）

1 つの走行は、次のように構成される。試行開始時点から、自動運転システムの制御が開始される。ドライバーは、最初から手足をハンドル・ペダルから離している。

自動運転中に霧の発生、レーン（白線）のカスレなどが原因によって  $RtI$  が発生する。その際には、聴覚 HMI と同時に、レベル遷移に対応する HMI がメーターパネル内にて点滅する。その後、自動運転が担当していた運転制御を、あなた自身で引継ぐように被験者に教示してある。なお、ブレーキ、アクセル、あるいはハンドルを用いてオーバーライドすることで自動運転を解除できる旨を伝えてある。

### 3.10.7. 評価指標

本実験では、

- ・ 引継ぎまでの時間
- ・ 引継ぎ後の最大ブレーキ入力度とその時までの時間
- ・ 引継ぎ後の最大操舵角度とその時までの時間
- ・ 事故件数
- ・ アンケートによる主観評価

以上が評価指標となる。

アンケートは 7 段階のリッカート式のものであり、1 を「できなかった」、4 を「どちらとも言えない」、7 を「できた」と表現した。

なお、これらの指標はすべて、走行の最後の手動運転に移るクリティカルなイベントにおいて計測したものである。

### 3.10.8. 結果と考察

モード遷移時のユーザーの挙動を分析した結果、そのレベルに適切な行動をとっていたことから、モード誤認は認められなかった。

RtI 発生から運転引継ぎまでの反応時間に対して継時測定分散分析を行ったところ、レベル遷移条件に有意差が見られた。そこで Tukey の HSD 検定を行ったところ、条件 i と条件 iii の間の差が有意 ( $p=0.077$ ) であり、また条件 ii と条件 iii の間の差も有意 ( $p=0.035$ ) であった (図 3-44)。

この結果から、レベル遷移を行うシステムより、従来の手動運転に移るシステムの方が運転引継ぎの時間が早いと言える。

条件 i と ii では、ドライバーがどの運転操作を引継げば良いのか自身で判断する必要がある一方、条件 iii は聴覚 HMI によるビープ音を聞いた時点で手動運転に移れば良いためであると考えられる。

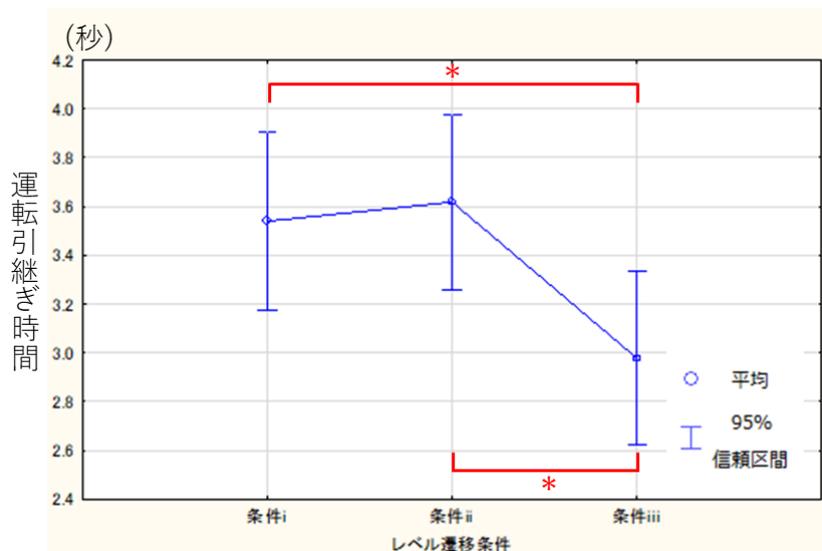


図 3-44 運転引き継ぎ時間

最大ブレーキ入力度とその時までの時間、最大操舵角度とその時までの時間について、レベル遷移条件を要因として一元配置分散分析を行ったところ、有意な差は見られなかった (図 3-45)。しかし、条件 iii の最大ブレーキ入力時間がほかの条件に比べて若干遅いことがわかる。図 3-44 の運転引き継ぎ時間と合わせて考えると、条件 iii のドライバーは、まず素早く運転引き継ぎを行い、その後ブレーキをゆっくりと最大になるまで踏み込むことで車両停止イベントを完了していることが推察される。また、条件 i と ii の最大操舵時間が若干遅く、最大操舵角度も小さいことがわかる。このことから、この 2 条件は緩やかな操舵を行うことで、比較的余裕をもって運転引き継ぎを完

了したと推察される。

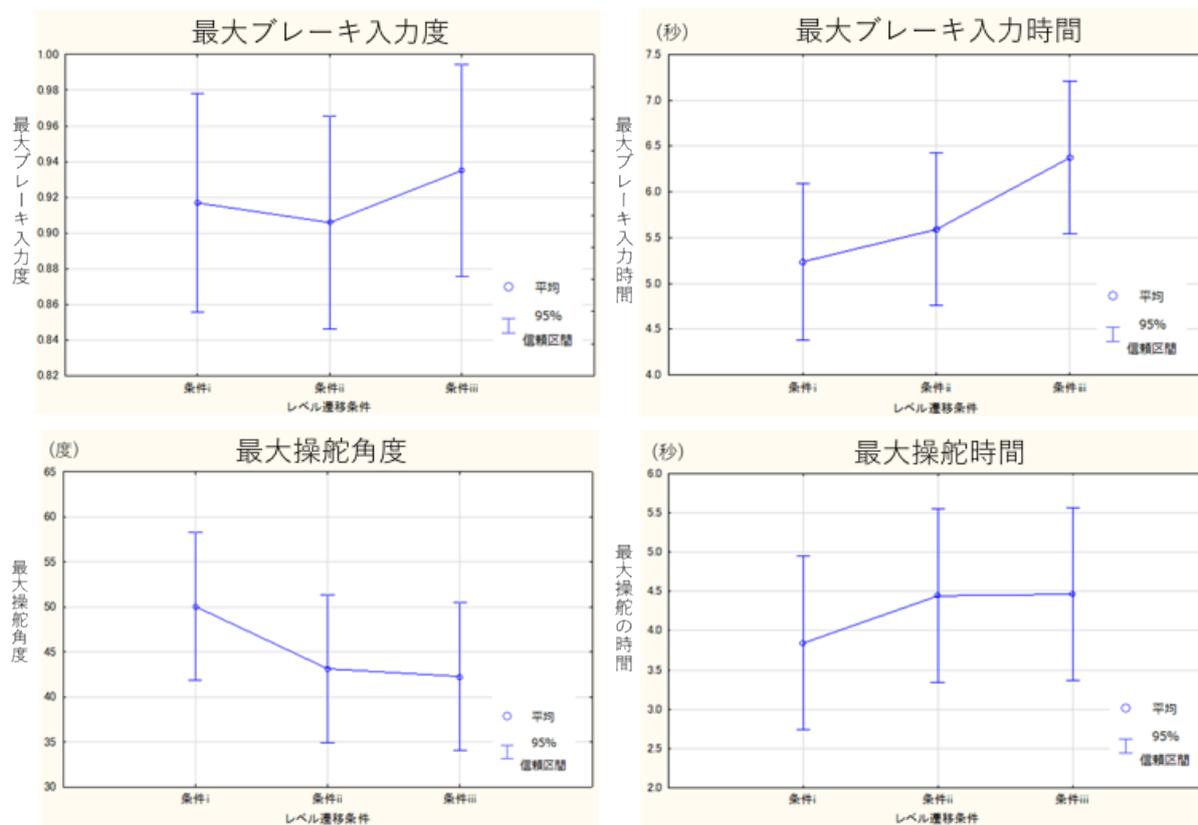


図 3-45 レベル遷移条件ごとの最大ブレーキ・操舵とその時までの時間

事故件数と事故状況について、図 3-46 に示す。事故件数は全体で 10 件あり、条件 i が最も多く、条件 ii と iii が少ない。また、条件 i をみると、条件  $\alpha$  (ビープ音のみ提示) の事故 4 件に比べ、条件  $\beta$  (ビープ音と自然言語を同時に提示) の事故が 1 件である。合計で見ても、条件  $\alpha$  が 7 件であるのに対し、条件  $\beta$  は 3 件と事故件数が少ない。この結果から、条件 (i) のレベル遷移システムによる運転安全性が最も低く、自然言語を用いた聴覚 HMI によって運転安全性が向上することが示唆される。

表 3-17 事故状況と被験者の属性

レベル 遷移	聴覚 HMI	年代	性別	事故発生の状況
条件(i)	条件 $\alpha$	40代	男性	RtI時テレビ視聴、ブレーキの踏込みが甘かった
		40代	女性	RtI時テレビ視聴、車線変更を行い右車線の車に接触
		50代	女性	RtI時テレビ視聴、反応が遅れる
		60代	男性	RtI時テレビ視聴、反応が遅れる
	条件 $\beta$	50代	男性	前方停止車両に気づくも、ブレーキ踏込みが甘かった
条件(ii)	条件 $\alpha$	50代	男性	RtI時テレビ視聴、反応が遅れる
	条件 $\beta$	40代	女性	前方停止車両に気づくも、ブレーキと違うペダルを踏む
条件 (iii)	条件 $\alpha$	30代	男性	RtI時テレビ視聴、反応が遅れ踏込みも甘かった
		40代	女性	RtI時テレビ視聴、反応が遅れる
	条件 $\beta$	30代	男性	RtI時テレビ視聴、ブレーキの踏込みが甘かった

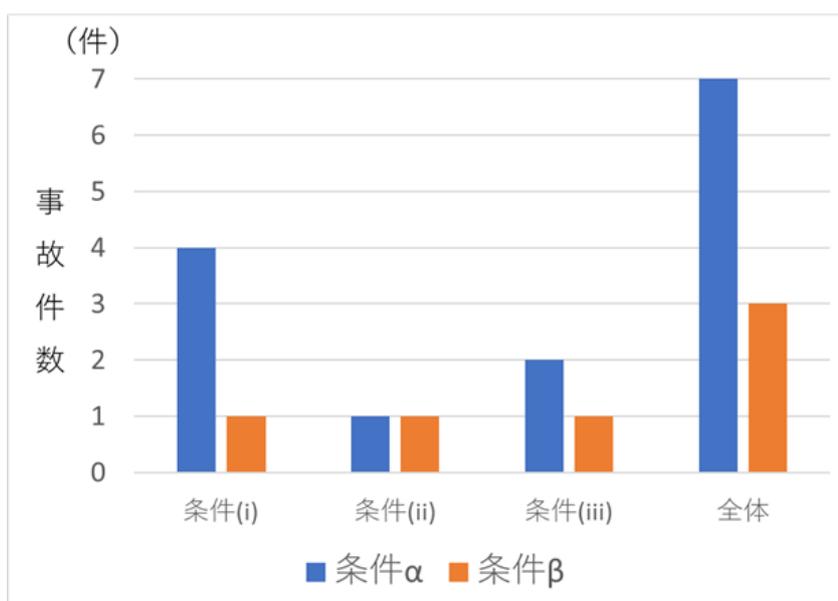


図 3-46 事故件数

アンケートによる主観評価について、システムの理解度に対しクラスカル=ウォリス検定を用いてレベル遷移条件の比較を行ったところ、レベル遷移条件の主効果がみられた ( $p=0.044$ 、図 3-47)。このことから、レベル遷移のパターンが多い条件 i のシステムの理解度が最も低く、条件 iii が最も高いと考えられる。

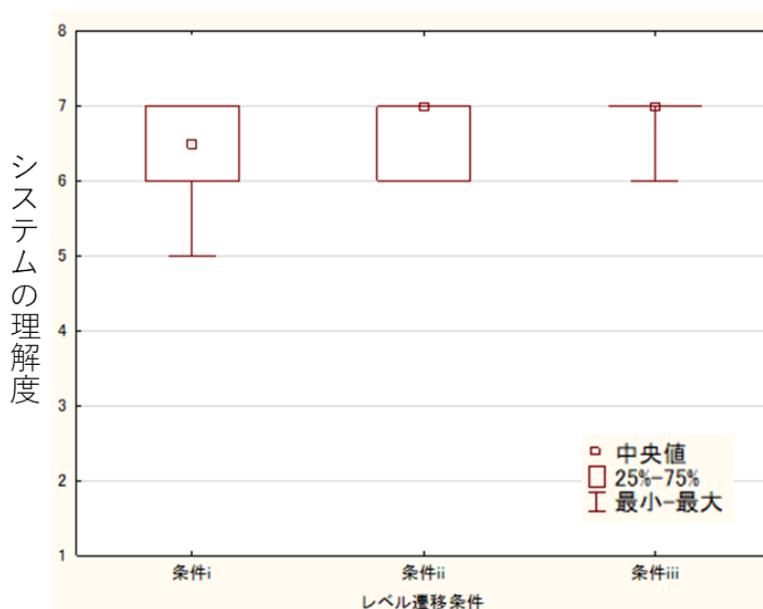


図 3-47 システムの理解度

つぎに、引継ぎスムーズさについて、ウィルコクソンの符号順位検定を行った結果、聴覚 HMI 間に有意な差がみられた ( $p<0.01$ )。このことから、自然言語のある条件  $\beta$  の HMI 支援によって引継ぎがスムーズに行えたといえる。

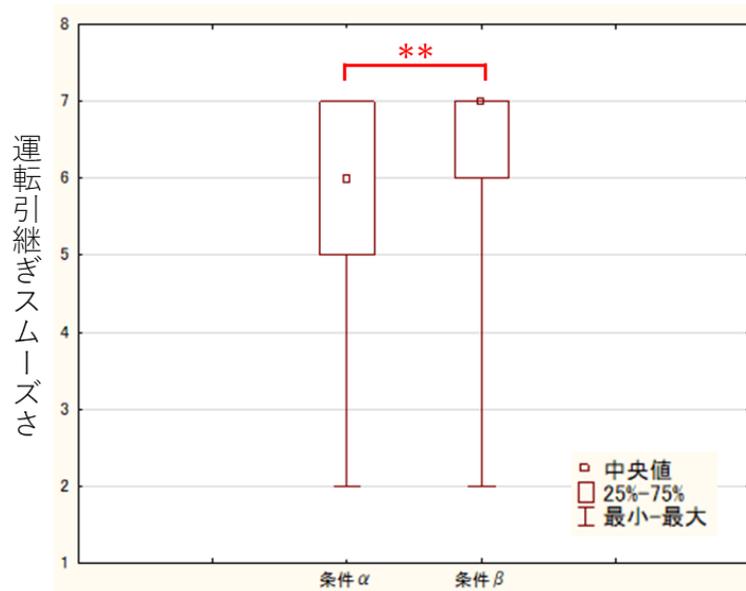


図 3-48 運転引き継ぎのスムーズさ

また、被験者がどちらの聴覚 HMI を好むかを図 3-49 に示す。条件 α の評価が条件 β より高いときは「自然言語を好まない」、両評価が同値なら「どちらでもよい」、条件 β の評価が高いときは「自然言語を好む」とした。この結果より、レベル遷移が複雑になればなるほど、自然言語を好む被験者が多いことがわかる。

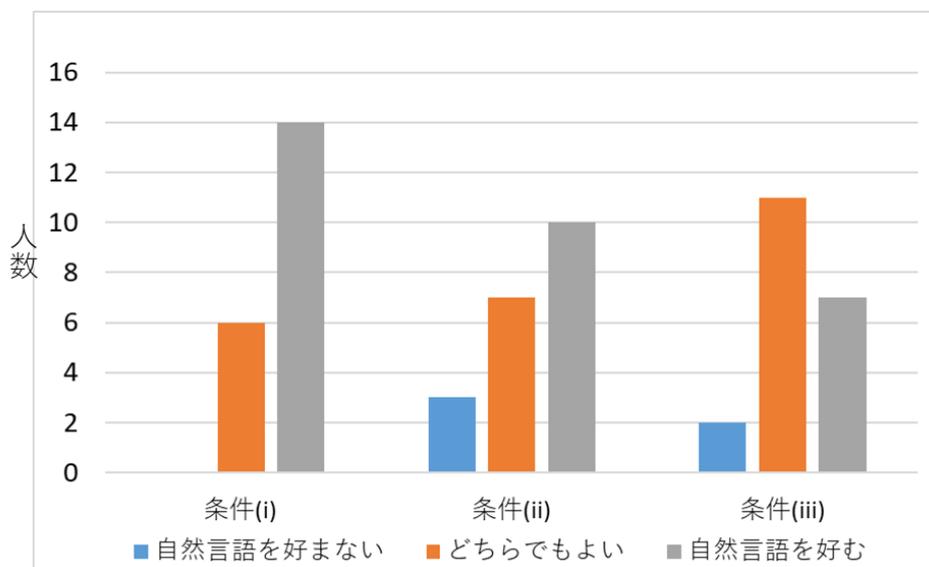


図 3-49 レベル遷移条件ごとの自然言語の好み

---

---

### 3.10.9. まとめ

本実験では、自動運転レベルの遷移がドライバーの運転行動にどのような影響を及ぼすのか、またレベル認識の向上に自然言語が有用であるか検証した。

実験データの分析と考察の結果、以下の結論を得た。

- ・ レベル遷移を行うシステムに比べ、従来の手動運転に移るシステムの方がより素早く余裕を持った運転引継ぎを行うと考えられる。
- ・ レベル遷移のパターン数が多いほど運転安全性が低いですが、自然言語を用いた聴覚 HMI を使うことで、運転安全性が向上することが示唆される。

---

---

### 3.11. 実験 A-3-3

#### 3.11.1. 目的

自動運転レベル 3 のシステムを使用して、高速道路の出入り口に向かう場面において、平時から状況認識を支援するシステム設計を行い、何の情報も運転引継ぎ時の行動に影響を及ぼすか調査する。

#### 3.11.2. 実験被験者

実験被験者は、普通自動車免許を有する合計 67 名が参加し、内 60 名（男性 25 名、女性 35 名、平均年齢 43.9 歳、標準偏差 14.0）の走行データを取得した。

#### 3.11.3. 実験装置

本実験では、図 3-50 に示す定置型ドライビングシミュレータを用いた。このシミュレータは、FORUM8 社製の UC-win/Road Ver.12 Driving Sim である。50 inch のディスプレイを 3 面配置し、約 100 度の水平視界を提供した。ハンドルとアクセル・ブレーキペダルは Logitech 社製の Driving Force™ GT を使用した。自動走行の動作状態を表示する用のディスプレイや、カーナビゲーション映像表示用のディスプレイ、テレビ視聴用のノート PC を設置した。実験被験者が走行モードを切り替えるために、ステアリングの右横にキーボードを設置した。

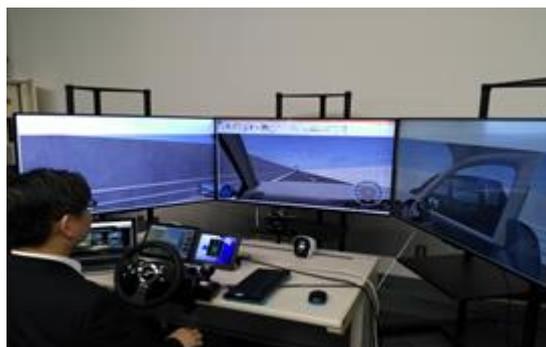
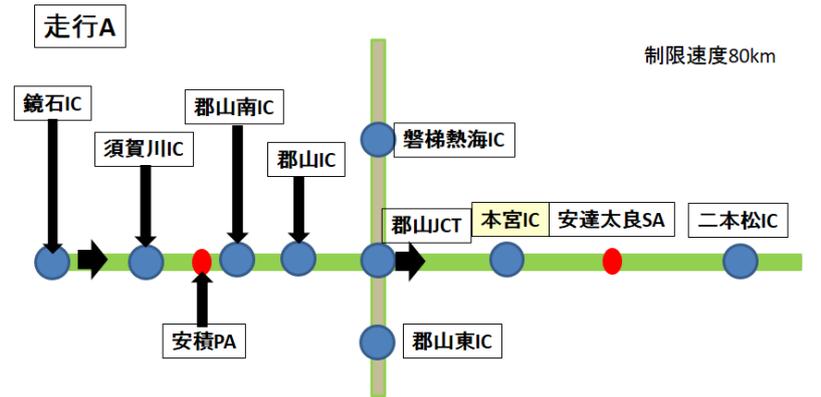


図 3-50 ドライビングシミュレータ

走行路は次の 3 種を作成した。走行路全ての出口案内標識・JCT 案内標識・休憩施設案内標識は、1km 手前・500m 手前・行動点・分岐部の位置にそれぞれ設置した。

- 東北自動車道 鏡石 IC から、本宮 IC の区間(走行路 A)

この走行路では、被験者は本宮 IC の手前で手動運転に切り替えて出口へ向かうことを期待される(図 3-51)(図 3-52)。



	Start	須賀川IC	安積PA	郡山南IC	郡山IC	郡山JCT	本宮IC
距離(km)	0km	1.3km	9.1km	10.8km	19.5km	23.3km	26.2km
到着予想時間(分) 例: 6分56秒 →約6分半	0分	約1分後	約6分半後	約8分後	約14分半後	約17分後	約19分半後

図 3-51 走行路 A



図 3-52 本宮 IC

● 首都高速道路中央環状線 川口 JCT から王子北 IC の区間(走行路 B)

この走行路では、江北 JCT の手前で手動運転に切り替えて最右の車線へ移動し JCT を通過した後、王子北 IC へ向かうことを期待される(図 3-53)(図 3-54)。

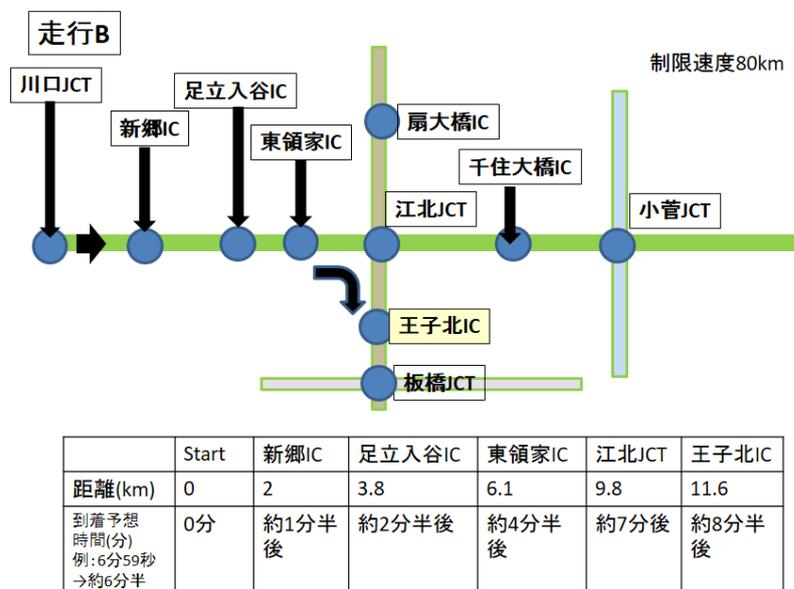


図 3-53 走行路 B

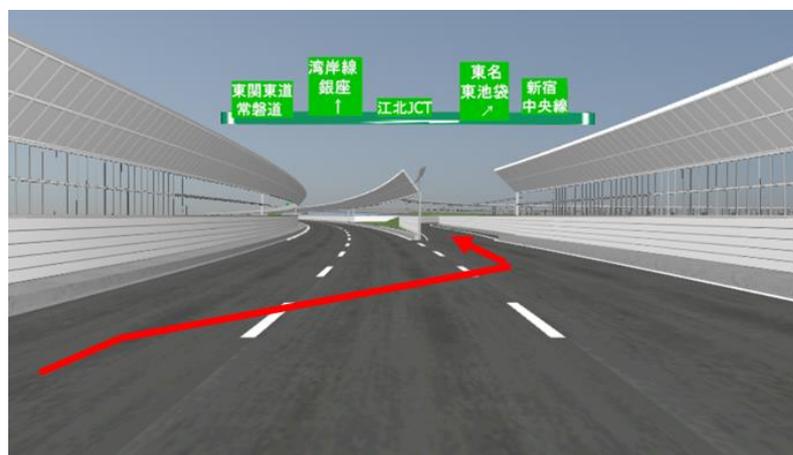


図 3-54 江北 JCT

● 東北自動車道 羽生 IC から、浦和 IC の区間(走行路 C)

被験者は、料金所を通過する手前で手動運転に切り替えて ETC の車線へ移動した後、減速し料金所を通過することを期待される(図 3-55) (図 3-56)。

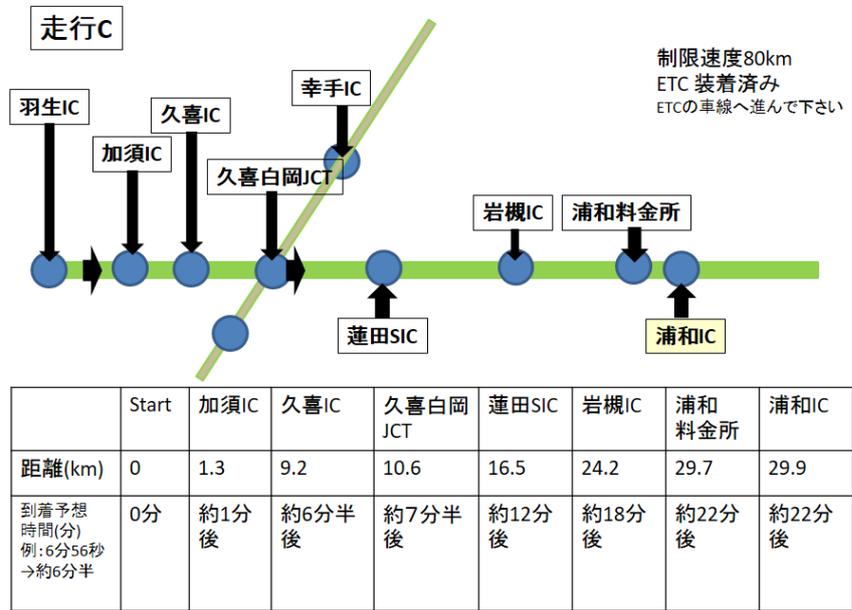


図 3-55 走行路 C



図 3-56 浦和料金所

本実験で使用する自動運転システムは、3.6 節でのべたように、単路に限定したレベル 3 の自動運転を行う。車線変更が必要な場面や RtI が発された場合には、ドライバーがキーボードの Enter キーを押すことで手動運転に切り替え、制御を行わなければならない。

#### 3.11.4. タスク

実験被験者に課されるタスクは、自動走行システムを用いて高速道路を走行し、目的の高速道路の分岐方面、あるいは出口を進行することである。途中、自動走行の動作状態の表示やカーナビゲーションからの案内・音声案内・道路標識に基づいて、車線移動の必要な場面と考えたら **Enter** キーを押して手動運転に切り替え、運転を引き継ぐ。また、安全に支障のない範囲でテレビを視聴するよう指示した。

#### 3.11.5. 実験計画

「自動走行中に提供する情報」の1つの要因を取りあげる。被験者間要因である。次の3つの水準を有し、1水準あたり20名のデータを取得した。

- HMI 条件 1 (簡易なナビゲーション・自動走行システム動作状態の提供)
- HMI 条件 2 (簡易なナビゲーション・自動走行システム動作状態・目的地手前での合図・進路表示)
- HMI 条件 3 (簡易なナビゲーション・自動走行システム動作状態・目的地手前での合図・進路表示・現在地を定期的に伝える音声)

各条件で共通の情報である自動走行システム動作状態は次の表示を用いて提供された(図 3-57)。

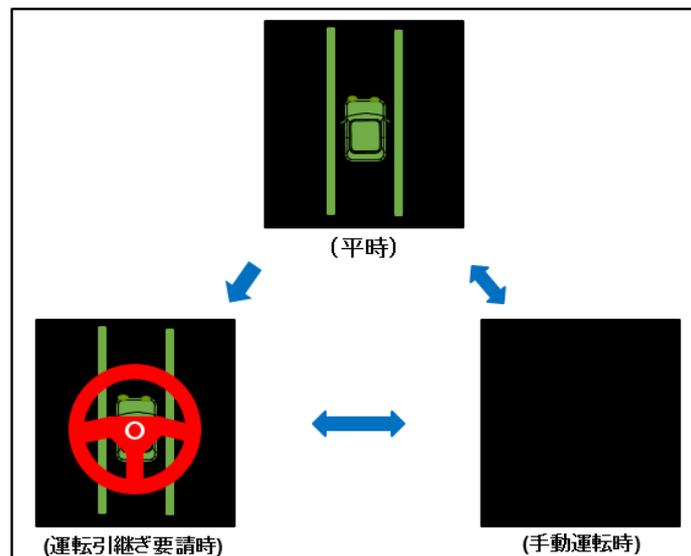


図 3-57 自動走行システムの動作状態の表示の遷移

HMI 条件 1 の被験者には、上記に加え、次のようなナビゲーション情報が提供される(図 3-58)。



図 3-58 HMI 条件 1 ナビゲーション画面

HMI 条件 2 では図 3-59 で示す情報が提供される。ナビゲーション画面は HMI 条件 1 と同様だが、進路変更の場面では、音声アナウンスと自動走行システム動作状態による目的地手前での合図と、水色の矢印での進路指示画面が提供される。途中の IC や JCT で、車線変更せずに通過する場合は赤の矢印で自動走行システムが進む方向を示す表示がされる。

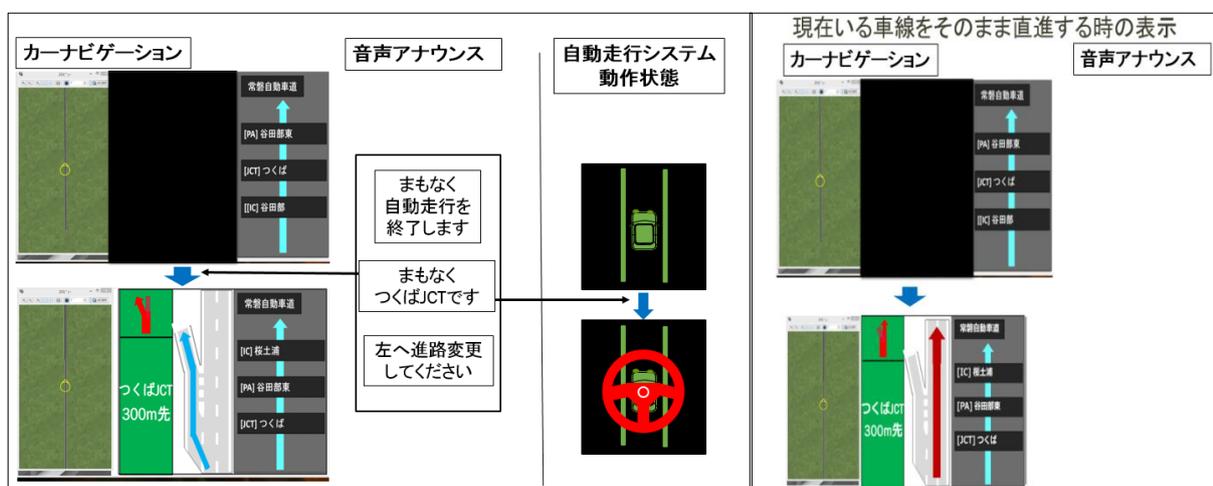


図 3-59 HMI 条件 2 自動走行中に提供する情報一覧

HMI 条件 3 では図 3-60 で示す情報が提供される。HMI 条件 2 と比較すると進路変更の場面で伝える情報は同じであるが、途中通過する IC・JCT の前後で現在地を定期的に伝える HMI となっている。

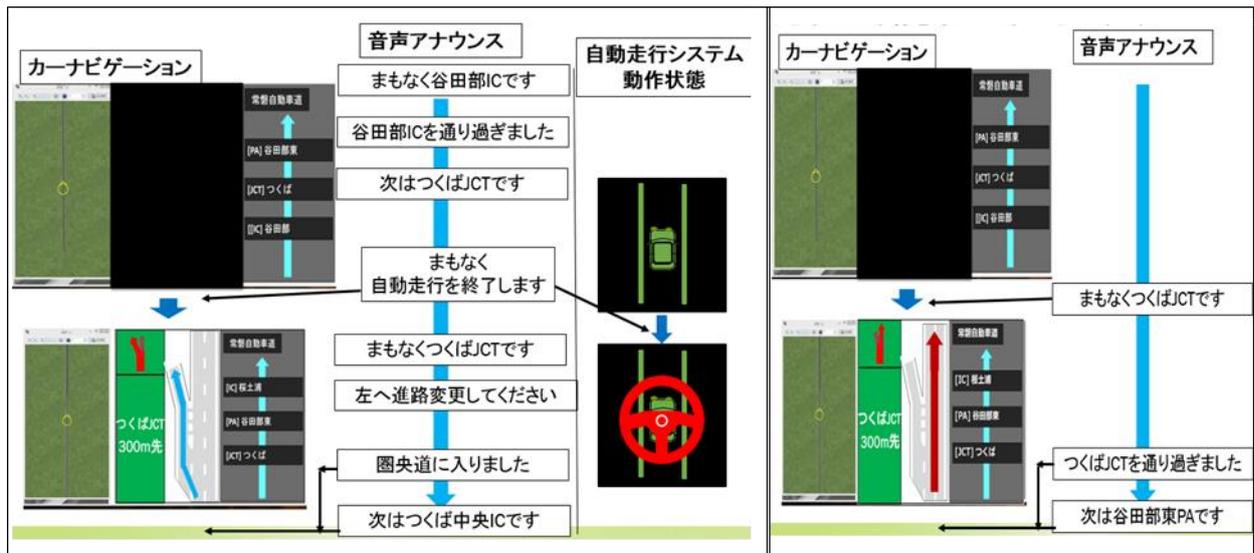


図 3-60 HMI 条件 3 自動走行中に提供する情報一覧

### 3.11.6. 実験手順

最初に実験の概要を説明し、インフォームドコンセントを得た。続いて、シミュレータにおける運転操作の説明と練習を行った。実験走行は全3走行を各被験者が経験した。走行路の順番はランダムに行った。

### 3.11.7. 評価指標

各 HMI 条件下での運転行動を評価するために以下の評価指標を用いた。

- HMI 条件毎の走行失敗回数

作業仮説は、HMI 条件 1 では全走行路において適切な車線変更に失敗した回数が増えることと、HMI 条件 2 の方が HMI 条件 3 より車線変更に失敗する回数が多いことである。

- 運転引継ぎ時の車線変更地点までの距離

作業仮説は HMI 条件 1 と HMI 条件 2 の間、HMI 条件 1 と HMI 条件 3 の間で手動に切り替えた時の距離に有意な差があること、HMI 条件 2 と HMI 条件 3 の間では有意な差がないことである。

### 3.11.8. 結果と考察

- HMI 条件毎の走行失敗回数(図 3-61)

結果から、仮説「HMI 条件 1 は全走行路で適切な箇所での車線移動に失敗する回数が増える」は支持されなかった。

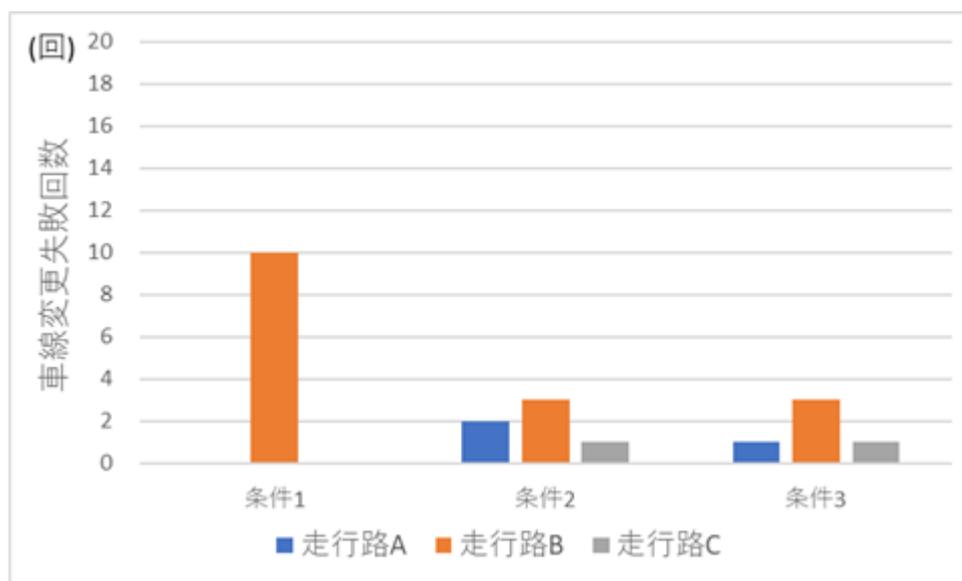


図 3-61 車線変更に失敗した回数

走行路 A で見られる HMI 条件 2 の 2 名は、共に運転の引継ぎには成功したが、ハンドルが上手く操作できず失敗した。HMI 条件 3 の被験者は途中異なる JCT へ進んでしまった。

走行路 B では HMI 条件 1 の被験者の内 10 名が失敗している。事後アンケートの結果、車線変更の場面と気づいた時には遅かったという被験者が 1 名、車線変更の必要な場面かどうか、わからないことに依る被験者が 9 名であったが、提供する情報量が全 HMI 条件で最も少ないことから自然な理由であると考えられる。HMI 条件 2 と 3 では 6 名が失敗した。事後アンケートでは 6 名中 2 名が運転モードの切り替えで戸惑う内に通り過ぎたという意見であった。また、6 名中 4 名からどの車線へ行けばいいかわからないという意見が出た。理由としてはいくつか考えられる。1 つは音声案内が PUSH 方式で行われるため、一度聞き逃したら情報を受け取ることは出来ないということである。また、ナビゲーション表示を見るには道路から視線を外す必要があることから表示を見ることができなかったということも考えられる。

走行路 C では HMI 条件 2 と 3 で 1 名ずつ失敗した。HMI 条件 2 の被験者は、自動走行システムを解除せず料金所に進入した。HMI 条件 3 の被験者は、ETC 車線でなく一般車線へ進入した。他の走行路では成功していることから料金所手前で混乱が生じた可能性が考えられる。

● 運転引継ぎ時の車線変更地点までの距離

走行路 A で運転を引き継いだ時の目的地までの距離に対しての HMI の効果を調べるため、一元配置分散分析を行った。結果、HMI 使用による主効果はなかった ( $F(2, 56) = 2.018, p > 0.05$ )。

この時、各条件の手動運転に切り替えた距離の平均値は、HMI 条件 1 は 645 m、HMI 条件 2 では 439 m、HMI 条件 3 では 438 m であった (図 3-62)。HMI の要因に有意な差はないものの、開きはあるように見える。HMI 条件 2 と 3 は本イベントに対して似た反応をしている。その理由として HMI 条件 2 と 3 には音声案内の影響があると考えられる。一方で条件 1 は音声案内と自動走行システムの進路表示の支援がなかったことから、早めに引き継ぐ準備を始めたと考えられる。

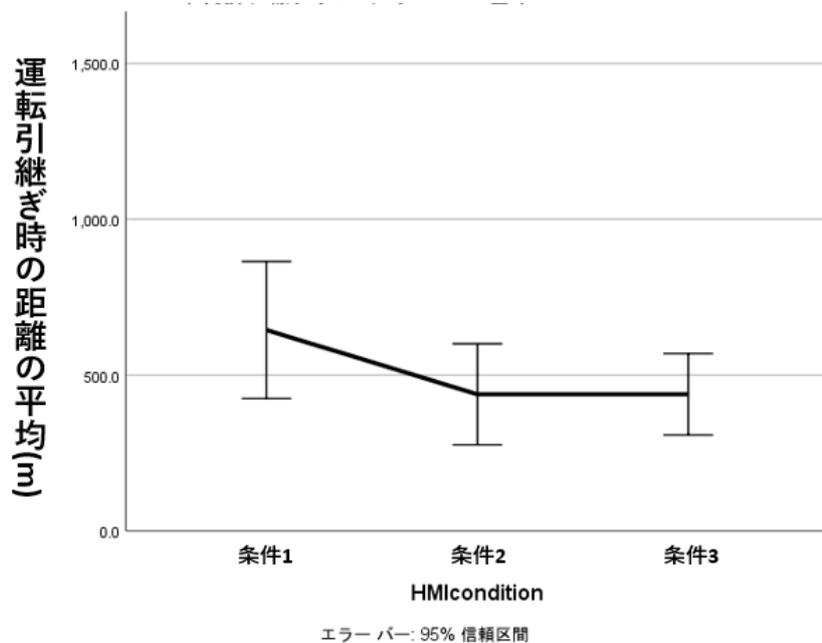


図 3-62 走行路 A 上で運転を引き継いだ時の目的地までの距離

走行路 B で運転を引き継いだ時の目的地までの距離に対しての HMI の効果を調べるため、クラスカル・ウォリス検定を行った。(データの正規性が認められなかったのでノンパラメトリック法を適用した。) 結果、HMI の要因に有意な差があった ( $H(2)=10.34, p=.006$ )。また、距離のデータの分布を箱ひげ図にて示す (図 3-63)。図より HMI 条件 2・3 と比較して HMI 条件 1 の距離データはバラついている。理由として音声案内の有無による影響が考えられる。走行路 B での HMI 条件 1 は、運転引継ぎ要請がされない。そのため、被験者各個人の差が表れ、早めに運転を引き継ぐ準備を始める被験者と、道路上の右側に車線が増えてから運転を引き継ぐ準備を始める被験者がいたこと

に依ると考えられる。

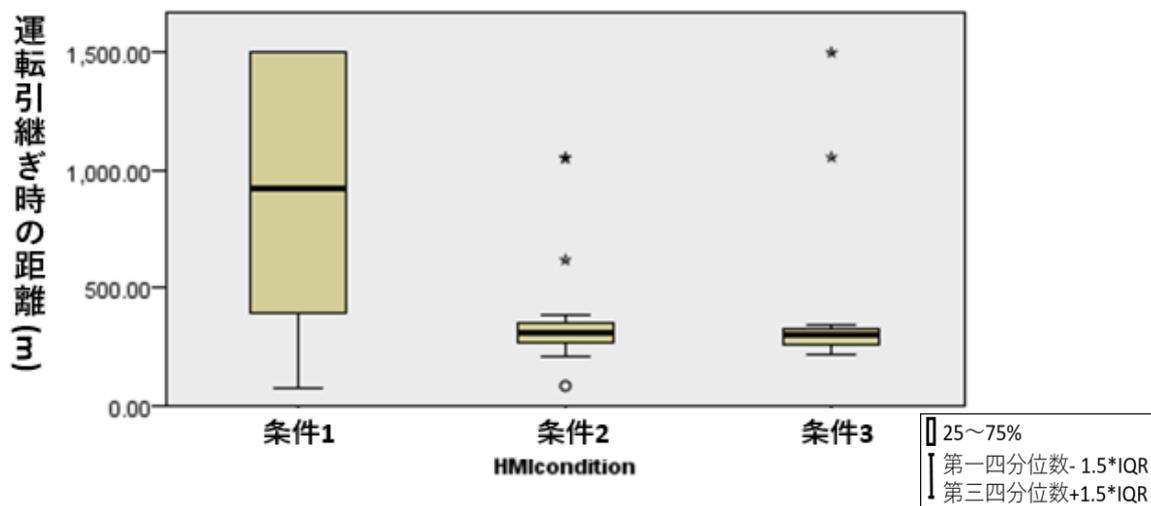


図 3-63 走行路 B で運転を引継いだ時の距離

上記の検定に有意差があるという結果を受け、Steel-Dwass 法を用いて多群比較したが有意な差はなかった。箱ひげ図では HMI 条件 1 と 2、HMI 条件 1 と 3 に開きがあるように見えた。しかし走行路 B の HMI 条件 1 には引継ぎを行わない被験者と早めに準備を始める被験者もいたため、低い順位と高い順位を多く占有した。そして HMI 条件 2 と 3 はそうでない順位を得た。結果として条件間の順位の合計値に差が生まれなかったことが考えられる。

走行路 C で、運転を引き継いだ時の目的地までの距離に対しての HMI の効果を調べるため、クラスカル・ウォリス検定を行った。結果、HMI の要因に有意な差があった ( $H(2)=12.18$ ,  $p=.002$ )。また、距離のデータの分布を箱ひげ図にて示す (図 3-64)。図では HMI 条件間の中央値は近い位置にあるように見えるが、HMI 条件 1 の中央値は 444m、HMI 条件 2 の中央値は 263.5m、HMI 条件 3 の中央値は 256.5m であり、HMI 条件 1 と 3 の引継ぎタイミングを時間で表すと 8 秒程度の差がある。理由としては音声案内の影響、そして早めに運転を引き継ぐ準備を始める被験者が HMI 条件 1 に多数いることが理由と考えられる。事実 HMI 条件 1 の 20 名中 5 名は岩槻 IC を通り過ぎた後、早いタイミングで運転引継ぎを行っている。

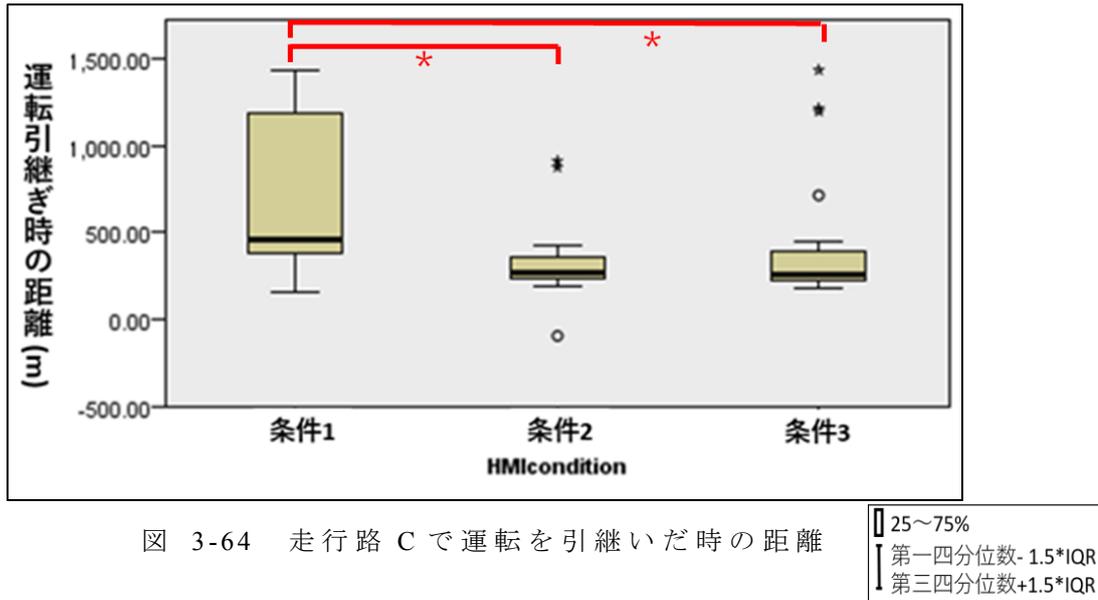


図 3-64 走行路 C で運転を引継いだ時の距離

その後 Steel-Dwass 法を用いて多群比較した。結果、HMI 条件 1 と HMI 条件 2 の間 ( $p = .003$ ) と、HMI 条件 1 と HMI 条件 3 の間 ( $p = .019$ ) に有意な差があった。これは、HMI 条件 2 の 20 名中 17 名と、HMI 条件 3 の 20 名中 15 名が 400 m 未満で運転引継ぎをしたことで低い順位を占有したことと、HMI 条件 1 において早めに運転引継ぎを始める被験者がいたことで順位が隔たれたことが理由として考えられる。

### 3.11.9. まとめ

本章では、レベル 3 の自動運転システムを対象として、高速道路上の指定された目的地に到達するドライバーに対し、平時から状況認識を支援するシステム設計を行い、何の情報も運転引継ぎ時の行動に影響を及ぼすか調べ、考察を行った。

実験データの分析と考察の結果、以下の結論を得た。

- 不慣れ、または複雑な道路で自動走行システムを使用して走行するには、目的地手前での合図・進路表示の情報が無いと適切な目的地にたどり着くことは困難と考えられる。
- 進路表示・目的地手前での音声案内・定期的な音声フィードバックのいずれかが、運転引継ぎのタイミングに影響する。

残された課題として、以下のことを明らかにする必要がある。

- 走行失敗は、自動走行システムを使用することによって生じるという場合と、仮に手動運転であっても進路に関する HMI からの情報提供量の不

---

---

足、あるいはドライバーによる HMI 情報の見落としによる場合の 2 通りがあると考えられる。本実験の走行失敗がどちらに依るものか評価する必要がある

- 本実験では一律 400m 手前で運転引継ぎを要請した。運転引継ぎを要請する時期を早くする実験を行う時、走行失敗回数が減少するか確認する。

---

---

### 3.12. 実験 A-3-3-2

#### 3.12.1. 目的

先述の A-3-3 実験においては、RtI 時にステアリングを握っていても、特に右分岐に進むべきシナリオにおいて、分岐を間違えるといった事例が確認された。これは自動運転に起因する事例であるのか、単にドライバーが走行路に慣れていない為であるのかについては明らかではない。以上から、自動運転が自車の現在地を把握する能力に負の影響を与えるかどうかについて明らかにする。

#### 3.12.2. 実験被験者

実験被験者は、普通運転免許を有する 66 歳から 82 歳の高齢者計 17 名である。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。

#### 3.12.3. 実験装置

本実験では、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た。図 3-65 にシミュレータの外観、図 3-66 に運転席からの視界を示す。本シミュレータは前方映像のほか、左右サイドミラー用モニター、ルームミラー用モニターを有する。さらに本実験用にドライバー向け HMI 用モニター、TV 表示用モニターを配置している。



図 3-65 シミュレータ外観



図 3-66 運転席からの視界

本実験で使用する自動運転システムは、単路に限定したレベル 3 の自動運転を行う。車線変更が必要な場面や RtI が発された場合には、ドライバーが制御介入をしなければならない。

#### 3.12.4. タスク

本実験において実験被験者に課されるタスクは、高速道路を走行し、目的の高速道路の分岐方面、あるいは出口を進行することである。後述の手動運転群は走行の全てを手動で走行し、自動運転群は自動運転システムを用いて

---

---

走行したのち、必要に応じて手動で運転を引き継ぐ。

また、レベル 3 の自動運転を想定しているため、自動走行群に対しては A-3-3 実験同様、安全に支障のない範囲でテレビの視聴をするように指示した。

### 3.12.5. 実験計画

本実験では、「自動運転の有無」の 1 つの要因をとりあげる。被験者間要因である。次の 2 つの水準を有する。

- 手動運転
- 自動運転

なお、自動運転群に対しては、HMI 表示の意味（自動運転 ON/OFF）、RtI の表示及び音、RtI 時に運転を引き継ぐ必要性について説明した。

年齢は、普段自動車を運転している高齢層（65 歳以上）を対象とした。各群に対し、被験者を無作為に振り分けた。被験者の内訳を表 3-18 に示す。

表 3-18 被験者の内訳

条件	人数		平均年齢		
	男性	女性	男性	女性	全体
手動	6	2	71.2	71.5	71.3
自動	6	3	76.3	68.0	73.6

### 3.12.6. 実験手順

実験の手順は以下の通りである。はじめに、実験概要を説明しインフォームドコンセントを得た。その後、手動運転での練習走行を約 5 分間行った。自動運転システムで走行する群は、続いて自動運転システム及び HMI の説明を行い、約 5 分間の自動運転システムでの練習を行った。なお、自動運転システムの練習には、システムの設定方法・解除方法が含まれている。さらに、自動運転群に対しては RtI についての説明を行った。

説明終了後、実際に走行実験を行った。走行コースは、北関東自動車道の真岡 IC～栃木都賀 JCT 区間をモデルとしたコースを用いた。図 3-67 にコースの全体像を示す。

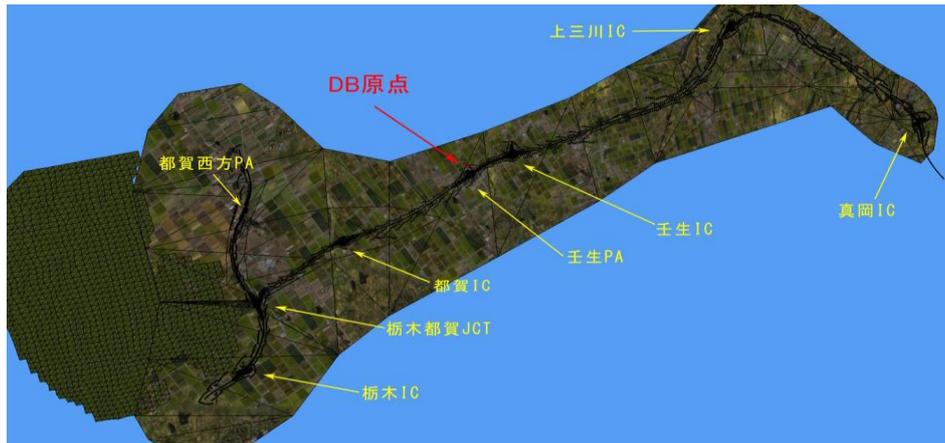


図 3-67 コース全体像

本実験では、下記の3つのシナリオで走行を行った。

- (1) 上三川 IC を出発点とし、都賀 IC で高速道路を降りる
- (2) 上三川 IC を出発点とし、栃木都賀 JCT を右へ分岐（都賀西方 PA 方面）
- (3) 上三川 IC を出発点とし、栃木都賀 JCT を左へ分岐（栃木 IC 方面）

本走行は全て 70km/h で走行し、約 15 分～20 分間の走行を 3 回行う。走行順は被験者間で無作為化を行った。各走行前に実験者が次のコースを被験者に伝え、指示通りに走行を行ってもらう。なお、自動運転群では、都賀 IC 出口の約 200m 手前(TTC=10s)、栃木都賀 JCT の約 250m(TTC=12s) 手前で RtI が発せられる。

### 3.12.7. 仮説と評価指標

本実験では、作業仮説として、「自動運転と手動運転とにおいて、ドライバーの自車位置把握能力に差はない」と考える。これを検証する為、2 群間の適切な進路に進めた割合を比較する。また、運転引継ぎの状況を確認する為、自動運転群では RtI から運転引継ぎまでの時間（ステアリングに触れるまでの時間）を計測した。

また、各条件に割り当てられた実験被験者が均質であることを確認するために、認知機能検査 TMT Part A/B を行った。

### 3.12.8. 結果と考察

図 3-68 及び図 3-69 に、適切な方向へ進行できた人数の割合を示す。図 3-68 は手動・自動それぞれの集計、図 3-69 はシナリオごとの集計である。図 3-69 より、手動運転群では、それぞれのシナリオにおける成功率がほぼ

均等であるのに対し、自動運転群では、右に分岐すべき（都賀西方 PA 方面）シナリオにおいてのみ半数近くが失敗している。この原因としては、本実験の自動運転システムは左車線のみでしか作動しない為、そのまま流れを任せて左に進んでしまった可能性が高いと考えられる。一方、他の 2 つのシナリオに関しては失敗したものはいない。

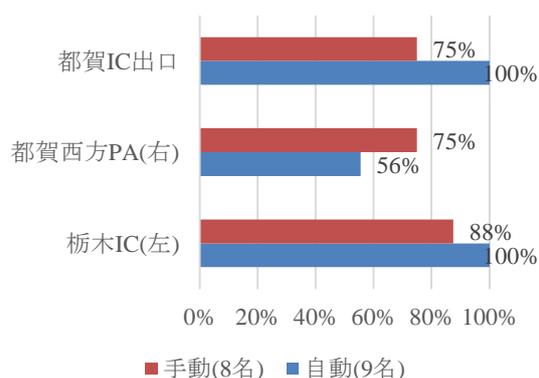


図 3-68 分岐成功率(群間比較)

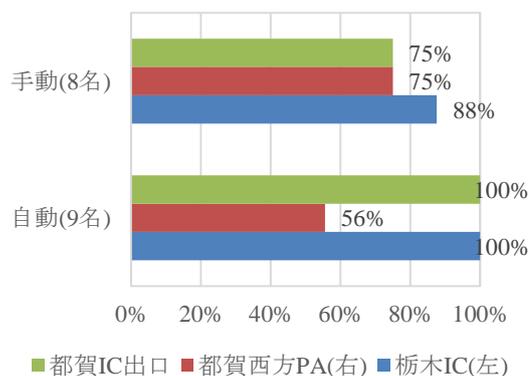


図 3-69 分岐成功率(群内比較)

続いて、表 3-19 に RtI 前後でステアリングを握った人数の分類を示す。また、図 3-70 に自動運転群における RtI 提示から運転を引き継ぐまでの時間（0 秒=RtI 提示点）を示す。エラーバーは標準偏差を示す。

表 3-19 RtI 前後におけるステアリングを握った人数の分類

	都賀IC 出口	都賀西方 PA (右)	栃木IC (左)
計9名			
RTI前	4	4	4
RTI後	4	4	5
不明 (データ欠損)	1	1	0

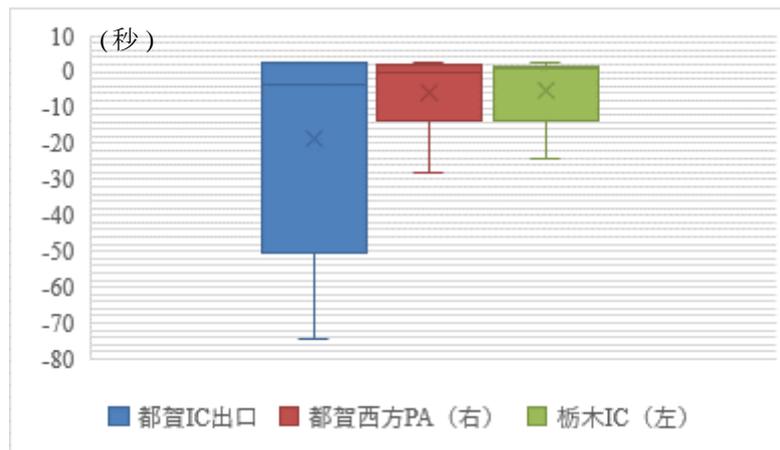


図 3-70 RtI から運転を引き継ぐまでの時間

表 3-18 および図 3-70 より、半数の被験者が RtI 前にステアリングを握り、分岐に備えていたことがわかる。平均値はグラフ左から順に -18、6 秒、-6.8 秒、-5.0 秒であった。一方、A-3-3 実験同様、RtI 前にステアリングを握っていても分岐に失敗してしまう事例が確認された。よって、自動運転から突然制御を引き継いだ場合に自身の進むべき方向がわからず危険な状況に陥る恐れが想定される。

図 3-71 は、認知検査 TMT-B の検査結果を表す。エラーバーは、標準偏差を表す。それぞれの検査結果について「自動運転の有無」の 1 要因分散分析を行ったところ、主効果は有意ではなかった ( $F(1, 8)=2.808$ 、 $p<0.14$ ) ことから、ほぼ均質の被験者が割り当てられていると考えてよい。

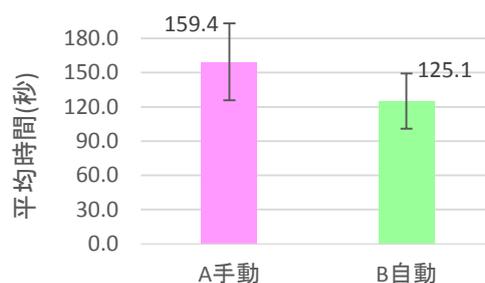


図 3-71 TMT-B 完成までの時間

### 3.12.9. まとめ

本章では、自動運転システムがドライバーの自車位置を把握する能力に影響を及ぼすかについて、検証を行った。

実験データの分析と考察の結果、以下の結論を得た。

- 
- 
- ・ ドライバーが運転を引き継いだ後、車線変更を迫られるような場合には、適切な進路へ進めない可能性が示唆された
  - ・ 一方、そのままの車線を進む場合や左側の高速道路出口を進む場合には、手動運転よりも適切に進める可能性がある
  - ・ 突然運転を引き継いでもどこに進むべきなのかを支援する HMI が重要である

---

---

### 3.13.A-4 自動運転技術に関する理解度調査（アンケート調査）

一般市民の、現状における自動運転システムに対する理解度を調べるためのアンケート調査を行った。ここでは、昨年度実施した調査の再実施（定点観測、調査1）、ならびに、ユーザーの学習スタイルと知識習得との関係を調べるための調査（調査2）とを行った。なお、本調査は、筑波大学システム情報系研究倫理委員会の承認を得て行っている。

#### 3.13.1. 調査1

自動運転に関する人々の現状の理解について、大規模調査を行った。

調査対象は、以下に示す基準でバランスをとるように選定した。

- 運転免許証の保有（保有（または過去に保有していた））
- 居住地（9地区：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（3区分：（若年（20－35歳）／壮年（36－45歳）／中年（46-60歳）／高齢（61歳以上））

実際の属性と人数は以下の表 3-20、表 3-21 に示すとおりである。なお、左側は昨年度の調査結果、右側が本年度の調査結果である（以下同様）。今年度は、回答者数を昨年度比で約半分に抑えてあるが、内訳の比率は昨年度とほぼ同様である。

表 3-20 本調査回答者の性別（左：FY16, 右：FY17）

SEX	性別 単一回答	N	%
1	男性	1073	51.5
2	女性	1011	48.5
	全体	2084	100.0

SEX	性別 単一回答	N	%
1	男性	486	48.2
2	女性	523	51.8
	全体	1009	100.0

表 3-21 本調査回答者の年齢（左：FY16, 右：FY17）

AGEID	年齢 単一回答	N	%
1	12才未満	0	0.0
2	12才～19才	0	0.0
3	20才～24才	51	2.4
4	25才～29才	153	7.3
5	30才～34才	256	12.3
6	35才～39才	239	11.5
7	40才～44才	282	13.5
8	45才～49才	233	11.2
9	50才～54才	178	8.5
10	55才～59才	145	7.0
11	60才以上	547	26.2
	全体	2084	100.0

AGEID	年齢 単一回答	N	%
1	12才未満	0	0.0
2	12才～19才	0	0.0
3	20才～24才	29	2.9
4	25才～29才	71	7.0
5	30才～34才	136	13.5
6	35才～39才	103	10.2
7	40才～44才	138	13.7
8	45才～49才	96	9.5
9	50才～54才	108	10.7
10	55才～59才	73	7.2
11	60才以上	255	25.3
	全体	1009	100.0

表 3-22 本調査回答者の居住地（左：FY16, 右：FY17）

AREA	地域 単一回答	N	%
1	北海道	168	8.1
2	東北地方	168	8.1
3	関東地方	496	23.8
4	中部地方	584	28.0
5	近畿地方	332	15.9
6	中国地方	112	5.4
7	四国地方	56	2.7
8	九州地方	168	8.1
	全体	2084	100.0

AREA	地域 単一回答	N	%
1	北海道	80	7.9
2	東北地方	81	8.0
3	関東地方	243	24.1
4	中部地方	275	27.3
5	近畿地方	166	16.5
6	中国地方	64	6.3
7	四国地方	20	2.0
8	九州地方	80	7.9
	全体	1009	100.0

また、回答者の自動車に対する興味はつぎの表 3-23 のようになっている。  
 自動車に興味を持たない人が多い傾向も、昨年度と同様である。

表 3-23 本調査回答者の自動車への関心（左：FY16, 右：FY17）

Q5	ご自身の自動車に対する関心度合いについてお答えください。 単一回答	N	%	Q5	ご自身の自動車に対する関心度合いについてお答えください。 単一回答	N	%
2	自動車に少し興味を持っている	689	33.1	2	自動車に少し興味を持っている	349	34.6
3	どちらでもない	477	22.9	3	どちらでもない	240	23.8
4	自動車にはあまり興味がない	384	18.4	4	自動車にはあまり興味がない	190	18.8
5	自動車には全然興味がない	230	11.0	5	自動車には全然興味がない	94	9.3
	全体	2084	100.0		全体	1009	100.0

本調査において、自動運転のレベルという言葉の理解については、回答は表 3-24 のとおりとなった。昨年度の調査から1年が経過しているが、自動運転のレベルという言葉自体を知らない人が大半を占め、言葉として知っているが中身を理解できていないと感じている人が多い傾向はほとんど変わらない。正しく理解していると自認している人は5.8%であり、昨年度の5.0%とくらべて0.8ポイント高いものの、統計的には有意な差ではない。

表 3-24 本調査回答者の自動運転のレベルについての理解  
 （上：FY16, 下：FY17）

自動運転の機能に関する用語について、あてはまるものをそれぞれお選びください。	全体	1	2	3	4	5
		正しく理解している	言葉から想像がつく	説明を見たが、理解していない	説明を見たことがなく、理解していない	聞いたことがない
自動運転のレベル	2084 100.0	105 5.0	651 31.2	179 8.6	211 10.1	938 45.0

自動運転の機能に関する用語について、あてはまるものをそれぞれお選びください。	全体	1	2	3	4	5
		正しく理解している	言葉から想像がつく	説明を見たが、理解していない	説明を見たことがなく、理解していない	聞いたことがない
自動運転のレベル	1009 100.0	59 5.8	310 30.7	83 8.2	103 10.2	454 45.0

自動運転のレベルについての理解も、次の表 3-25 に示す通り、昨年度の調査結果とほぼ同様である。この1年間において、社会における自動運転に対する理解が変化したとは認められない。

表 3-25 本調査回答者の自動運転のレベルの内容についての理解  
(上：FY16, 下：FY17)

自動運転のレベル1~3(※注)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。縦方向に回答してください。各項目で矢印(↓)方向にそれぞれ選択してください。	全体	常に走行の状況を監視しなければならない	常にハンドルを握っていないといけない	システムからの要請の有無にかかわらず、必要ならばいつでも運転操作を自分で行わなければならない	システムからの要請があれば、いつでも運転操作を自分で行わなければならない	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	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	運転席に座っていないといけない	お酒を飲んではならない	眠ってはならない	上記にあてはまるものはない
(※注)「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システム研究開発計画」, 2016.10.20., 内閣府より											
レベル1(ドライバー責任)加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	2084 100.0	1305 62.6	1179 56.6	1127 54.1	967 46.4	408 19.6	927 44.5	1228 58.9	1321 63.4	1295 62.1	400 19.2
レベル2(ドライバー責任)加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	2084 100.0	919 44.1	821 39.4	869 41.7	849 40.7	327 15.7	681 32.7	951 45.6	1030 49.4	1010 48.5	529 25.4
レベル3(システム責任(自動走行モード中))加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態	2084 100.0	743 35.7	456 21.9	584 28.0	786 37.7	545 26.2	340 16.3	875 42.0	1001 48.0	959 46.0	568 27.3

レベル1(ドライバー責任)加速・操舵・制動のいずれかをシステムが行う状態	1009	603	552	522	457	213	459	579	616	609	223
	100.0	59.8	54.7	51.7	45.3	21.1	45.5	57.4	61.1	60.4	22.1
レベル2(ドライバー責任)加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う状態	1009	423	386	417	390	144	318	441	480	466	300
	100.0	41.9	38.3	41.3	38.7	14.3	31.5	43.7	47.6	46.2	29.7
レベル3(システム責任(自動走行モード中))加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態	1009	341	208	310	365	233	144	415	483	461	312
	100.0	33.8	20.6	30.7	36.2	23.1	14.3	41.1	47.9	45.7	30.9

以上の結果を踏まえると、自動運転システムの機能やその限界について、啓蒙を適切に行わないと、誤った期待をドライバーが抱いてしまいかねない。

### 3.13.2. 調査2

(調査の目的及びその方法)

個人の持つ「学習スタイル」および「性格」別にみて、「自動走行システム」の知識への違いがあるかを明らかにする。

調査の方法としては、大規模のWeb調査を実施し、下記の項目をアンケート形式で回答してもらう。

- 被験者属性（日常での自動車の利用を含む）
- 学習スタイル
- 性格
- 自動走行システムの知識について（詳細は下記の「調査設計」）

**自動走行システム」の知識に関するアンケート調査（個別の設問）**

Q.あなたは、今ある自動運転車のドライバー席に座っているものとします。あなたが想像する限りにおいて、この自動車の自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面をすべて選んでください。(MA)

- |              |           |                   |               |
|--------------|-----------|-------------------|---------------|
| 1.JCT合流      | 2.濃い霧     | 3.強い雨             | 4.前方で工事中      |
| 5.前方で故障車が停止中 | 6.急な割込み   | 7.トンネル            | 8.見通しの悪いカーブ   |
| 9.街灯の少ない夜間走行 | 10.まぶしい西日 | 11.3車線から2車線への車線減少 | 12.あてはまるものはない |

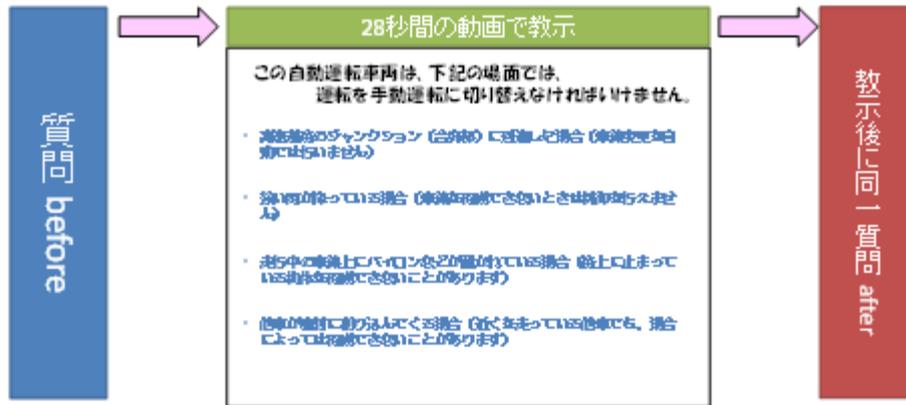


図 3-72 自動走行システムの知識についての調査の設計

本調査では、学習スタイルならびに性格については、下記の調査手法を採用した。

- 学習スタイル：Felder-Silverman model 日本語版
- 性格：5 因子性格検査：TIPI-J(Ten Item Personality Inventory-Japan)

被験者には上記のアンケートを回答したうえで、図 3-72 の設問を実施することと。はじめに、何も情報を与えない状況で、「自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面」を回答してもらう。次に、「運転を手動運転に切り替えなければいけない」条件を 28 秒間の動画形式で提示する。最後に、「自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面」について前述と同じ質問に回答してもらう。

被験者の学習スタイル／性格のカテゴリライズ

【性格】5因子性格検査: TIPI-J(Ten Item Personality Inventory-Japan)

<http://www.psychology.tokai-u.ac.jp/~psychology/2017/04/> 「臨床心理士による臨床で役立つ検査の紹介」

性格次元	高い人の特徴	低い人の特徴
外向性	社交的、物事に熱中する	よそよそしい、物静か
神経質傾向	ストレスを受けやすい、心配性の傾向	情緒的に安定
誠実性・勤勉性	有能・自己管理できる	衝動的、不注意
調和性・協調性	人を信頼する、共感できる	非協力的、敵対的
開放性	独創性・創造力に富む、風変わり・独特	実地的、因習的

【学習スタイル】: Felder-Silverman model 日本語版

Active	Reflective	Visual	Verbal
積極的に情報取得し理解、議論好き まずは試して検証 グループ作業が好き	静かに思考 まずは考える 単独で働くことを好き	見ているものを重視(写真、図、フ ローチャート、タイムライン、デモンス トレーション)	書面で書かれたもの、口頭説明を重視
Sensing	Intuitive	Sequential	Global
事実が好き 短期までにこだわる 具体化、数値的定量化が好き 実証(実験)重視	可能性・関係性を好き 新しい概念が好き 革新的 現実的なつながりを重視	独断ステップが好き(論理的つながり が弱い) 論理的	繋がりと関係性を全体から理解 多様な問題を象手的に解決する

図 3-73 学習スタイルおよび性格の検査手法

性格に関する設問は、「5 因子性格検査：TIPI-J(Ten Item Personality Inventory-Japan)」の 10 問を設定した。TIPI-J からは、「外向性」、「神経質傾向」、「誠実性・勤勉性」、「調和性・協調性」、「開放性」の 5 因子を測ることができる。

学習スタイルに関する設問は、「Felder-Silverman model 日本語版」の 44 問を設定した。Felder-Silverman model 日本語版からは、「Active/Reflective」、「Sensing/Intuitive」、「Visual/Verbal」、「Sequential/Global」の 4 つ学習スタイルの特性を測ることができる。

(調査の実施概要)

Web によるアンケート調査は、下記の通り実施された。

- 実施期間：2018/3/22～2018/3/23
- 調査対象者：運転免許を保有する 20 歳以上の男女 1044 名  
※地区に偏りが出ないように全国を 9 地区に分け n の数を配分した
- 実施方法：Web での調査



「Sequential/Global」については、半数以上の回答者が「バランスが取れている」傾向が出ていたが、「Visual/Verbal」については、「Visual」の傾向が強い結果（回答者の 56.9%）となった。また、「Intuitive」、「Global」、「Verbal」については、回答者の 10% 以下の水準となっている。

**被験者の学習スタイル／性格のスコア**

**【性格】5因子性格検査:TIPI-J(Ten Item Personality Inventory-Japan)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
外向性	0	43	40	81	114	137	135	195	110	75	59	35	16	4
	0.0%	4.1%	3.8%	7.8%	10.9%	13.1%	12.9%	18.7%	10.5%	7.2%	5.7%	3.4%	1.5%	0.4%
神経質傾向	0	6	10	31	58	91	119	261	157	118	99	43	28	23
	0.0%	0.6%	1.0%	3.0%	5.6%	8.7%	11.4%	25.0%	15.0%	11.3%	9.5%	4.1%	2.7%	2.2%
誠実性・勤勉性	0	17	21	55	58	109	142	266	153	111	57	32	15	8
	0.0%	1.6%	2.0%	5.3%	5.6%	10.4%	13.6%	25.5%	14.7%	10.6%	5.5%	3.1%	1.4%	0.8%
調和性・協調性	0	4	6	13	25	32	87	233	187	169	137	90	44	17
	0.0%	0.4%	0.6%	1.2%	2.4%	3.1%	8.3%	22.3%	17.9%	16.2%	13.1%	8.6%	4.2%	1.6%
開放性	0	17	25	30	70	115	165	280	165	83	51	30	6	7
	0.0%	1.6%	2.4%	2.9%	6.7%	11.0%	15.8%	26.8%	15.8%	8.0%	4.9%	2.9%	0.6%	0.7%

**【学習スタイル】:Felder-Silverman model 日本語版**

	強い	やや強い	バランスが取れている				やや強い	強い					
Active	3	17	38	82	131	142	189	189	132	72	41	8	Reflective
	0.3%	1.6%	3.6%	7.9%	12.5%	13.6%	18.1%	18.1%	12.6%	6.9%	3.9%	0.8%	
Sensing	34	99	143	183	181	164	107	72	39	16	6	0	Intuitive
	3.3%	9.5%	13.7%	17.5%	17.3%	15.7%	10.2%	6.9%	3.7%	1.5%	0.6%	0.0%	
Visual	61	125	190	218	159	110	82	47	38	9	3	2	Verbal
	5.8%	2.0%	18.2%	20.9%	15.2%	10.5%	7.9%	4.5%	3.6%	0.9%	0.3%	0.2%	
Sequential	14	52	108	134	187	196	163	92	61	28	8	1	Global
	1.3%	5.0%	10.3%	12.8%	17.9%	18.8%	15.6%	8.8%	5.8%	2.7%	0.8%	0.1%	

(教示前後での回答結果の差)

**「自動走行システムの知識」の設問before/afterの差 (n=1044)**

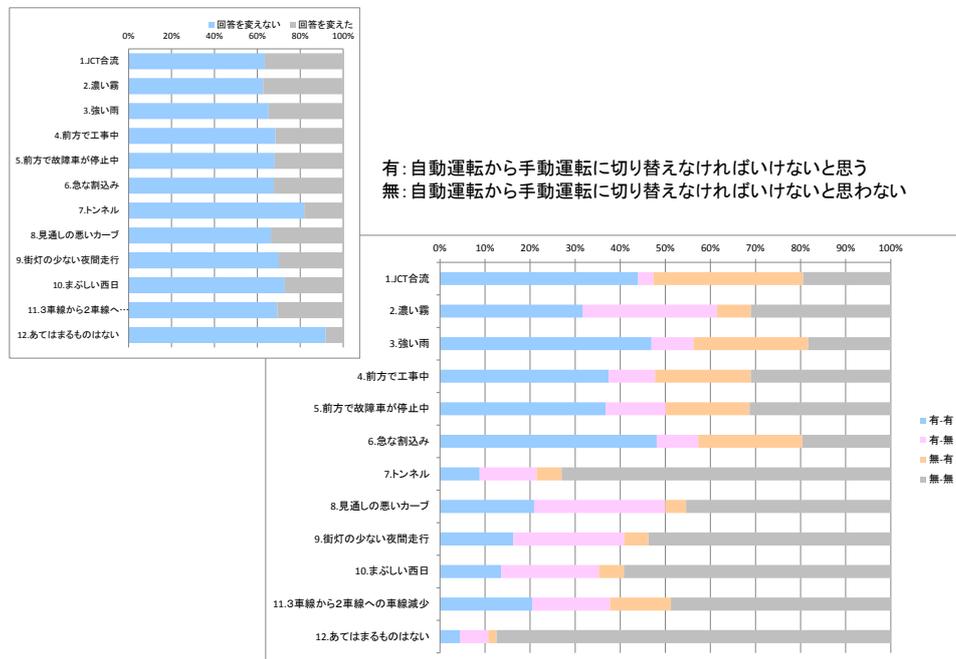


図 3-76 教示前後での回答結果の差

教示前後での「自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面」の回答結果の差としては、「トンネル」ならびに「あてはまるものはない」を除く 10 項目で 30-40% の回答者が回答結果を変えている結果が出

た。特徴的な項目としては、「JCT 合流」、「強い雨」、「急な割込み」の 3 項目ではでは教示後にチェックを入れる結果が出ている。他方で、「濃い霧」、「見通しの悪いカーブ」、「該当の少ない夜間走行」では教示後にチェックを外す結果が出ている。

(性格による教示前後での回答結果の差)

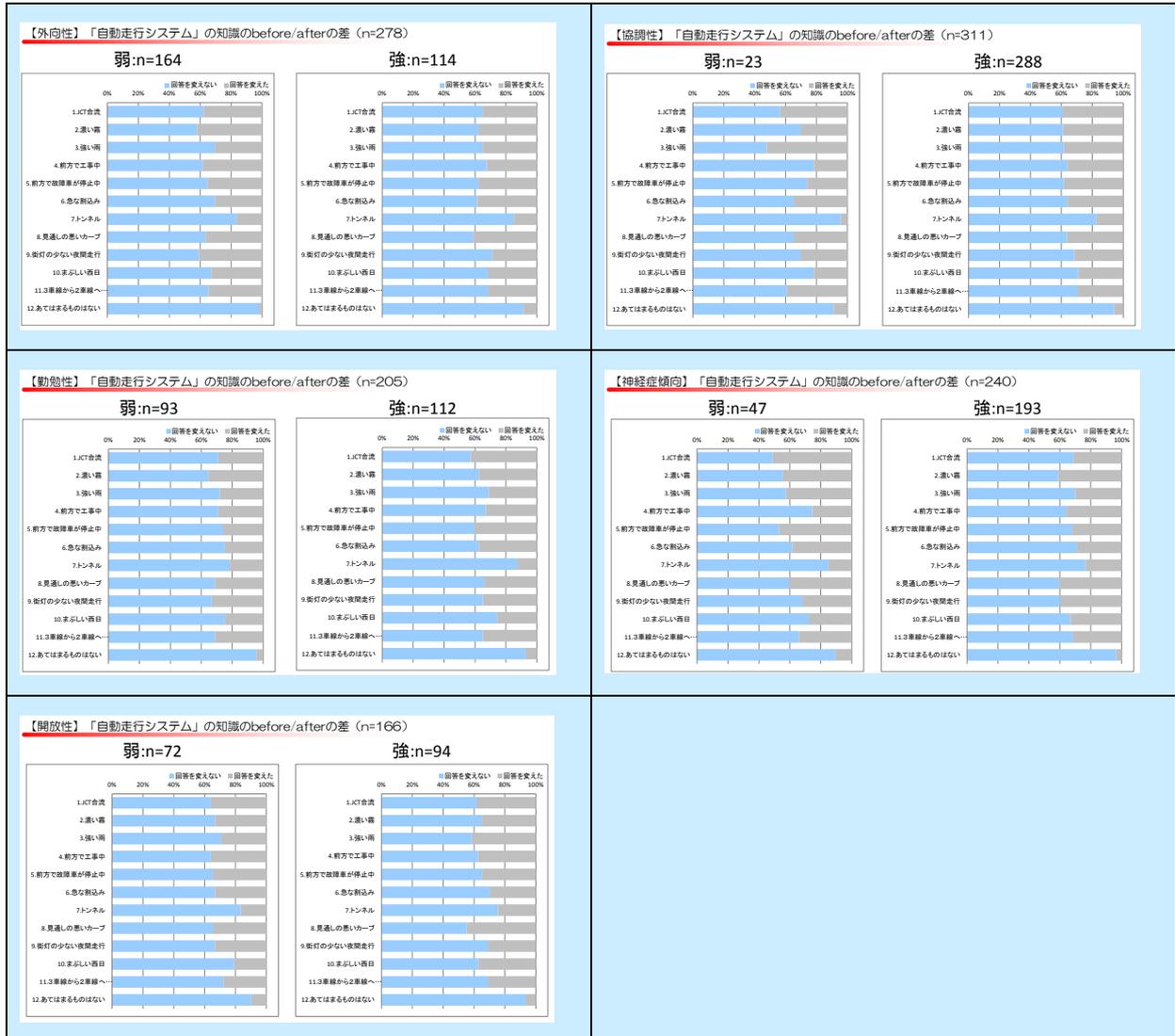


図 3-77 性格による教示前後での回答結果の差

性格の 5 因子別に見た教示前後での「自動運転から手動運転に切り替えなければならないと思われる場面」の回答結果の差としては、各因子の強弱からの特徴的な差は見られなかった。

(学習スタイルによる教示前後での回答結果の差)

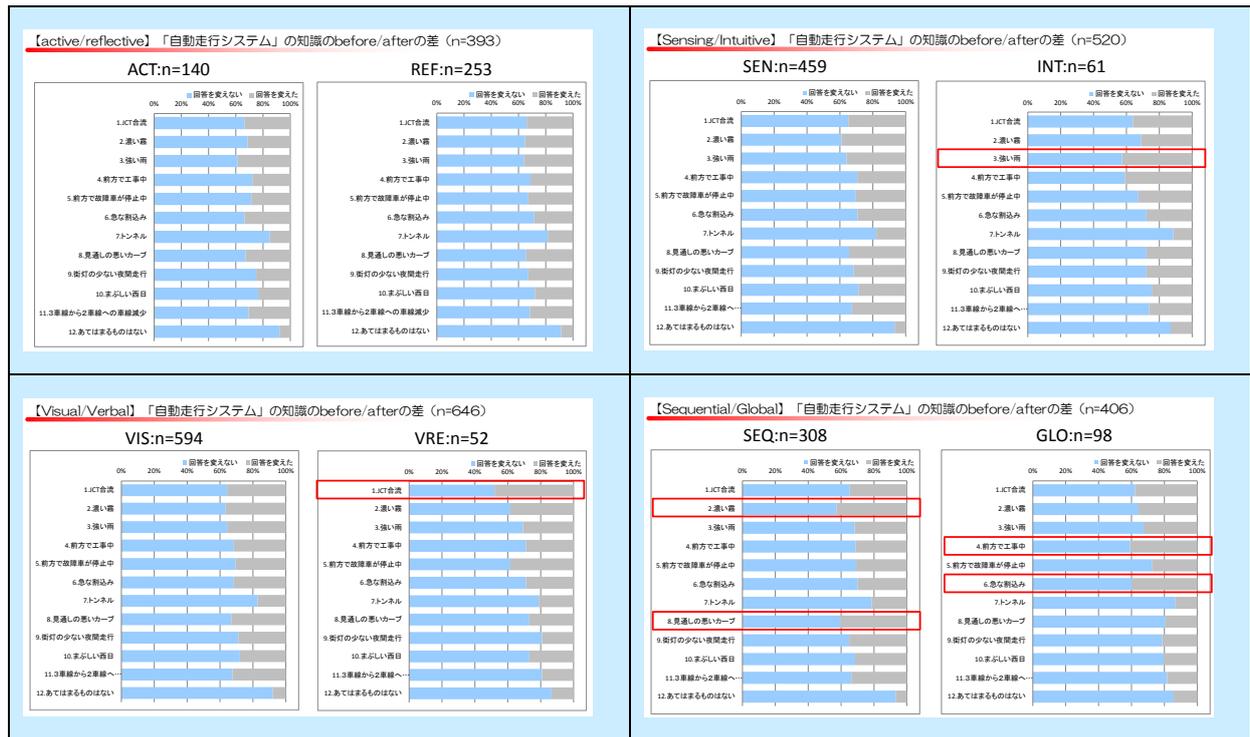


図 3-78 学習スタイルによる教示前後での回答結果の差

学習スタイルの4つの特徴別に見た教示前後での「自動運転から手動運転に切り替えなければいけないと思われる場面」の回答結果の差としては、6項目で差がみられた。

- 【回答項目：JCT合流】： Visual/Verbal
- 【回答項目：濃い霧】： Sequential/Global
- 【回答項目：強い雨】： Sensing/Intuitive、Sequential/Global
- 【回答項目：前方で工事中】： Sequential/Global
- 【回答項目：急な割込み】： Sequential/Global
- 【回答項目：見通しの悪いカーブ】： Sequential/Global

このことから、「Visual/Verbal」ならびに「Sensing/Intuitive」では設問項目による回答の差がみられ、「Sequential/Global」では設問複数での回答の差がみられる。

(学習スタイルによる教示前後での回答結果の差の詳細)

【回答項目：JCT 合流】

【JCT合流】 ※教示で文言有

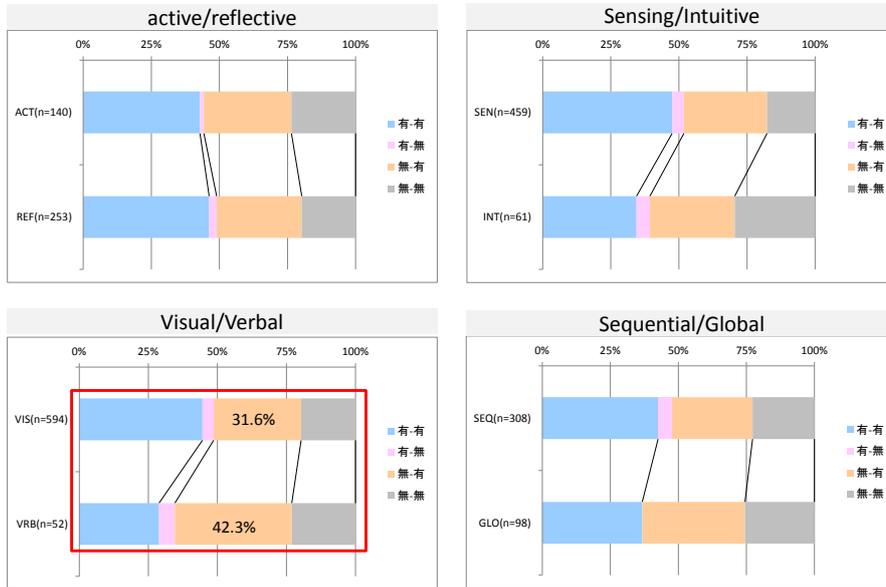


図 3-79 「JCT 合流」の回答結果の差

回答項目「JCT 合流」では、「Visual/Verbal」において教示後にチェックを入れる回答行動で差が見れた。

【強い雨】 ※教示で文言有

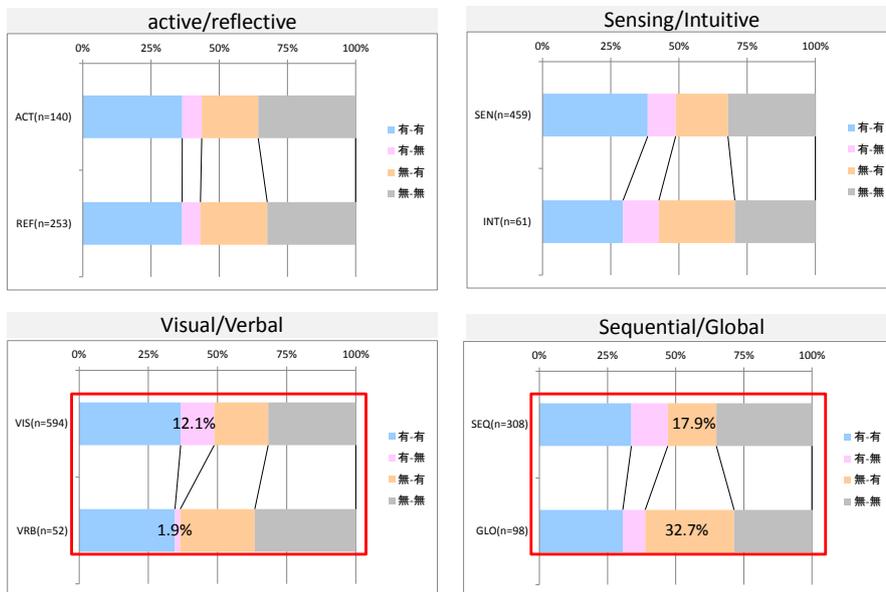


図 3-80 「強い雨」の回答結果の差

回答項目「強い雨」では、「Visual/Verbal」において教示後にチェックを入れる回答行動で差が見られた。また、「Sequential/Global」において教示後にチェックを外す回答行動で差が見られた。

【急な割込み】 ※教示で文言有

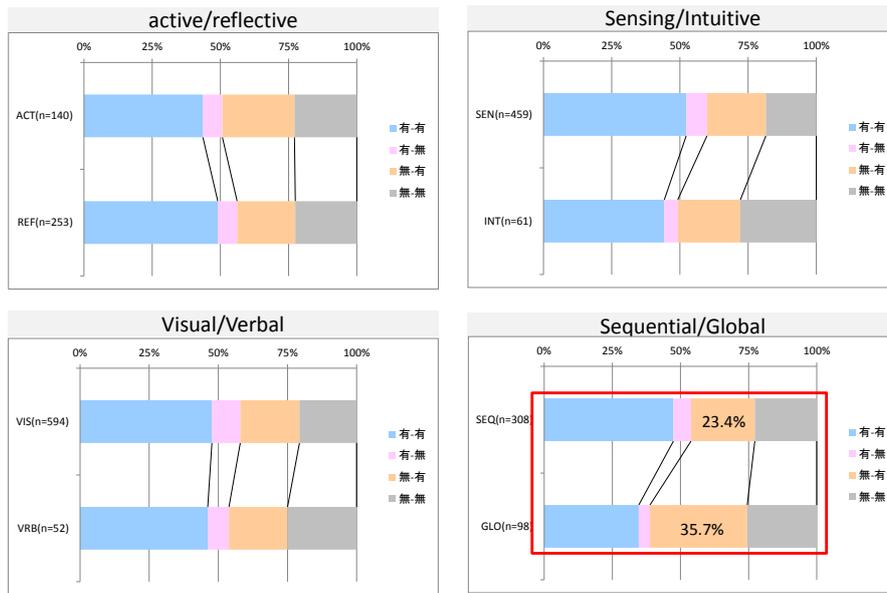


図 3-81 「急な割込み」の回答結果の差

回答項目「急な割込み」では、「Sequential/Global」において教示後にチェックを入れる回答行動で差が見られた。

【見通しの悪いカーブ】

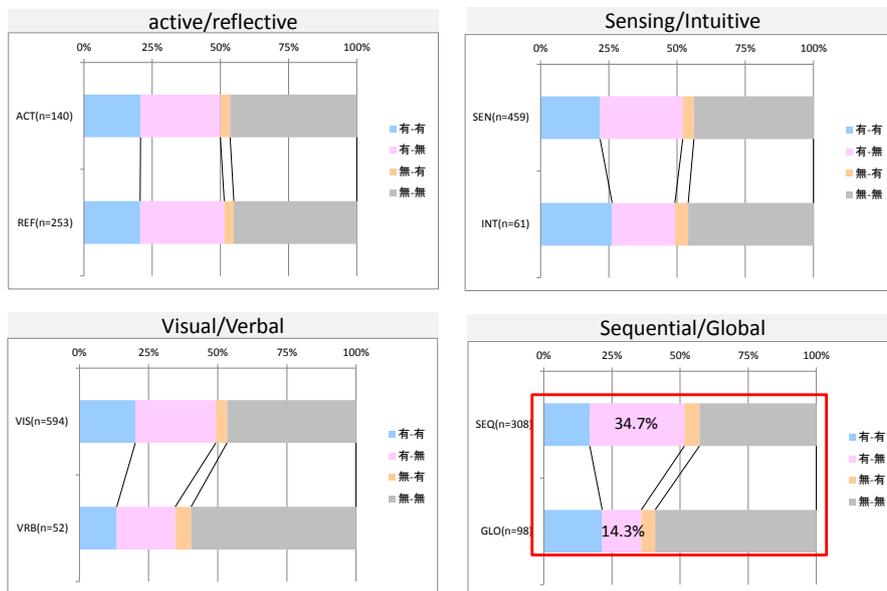


図 3-82 「見通しの悪いカーブ」の回答結果の差

回答項目「見通しの悪いカーブ」では、「Sequential/Global」において教示後にチェックを外す回答行動で差が見られた。

【街灯の少ない夜間走行】

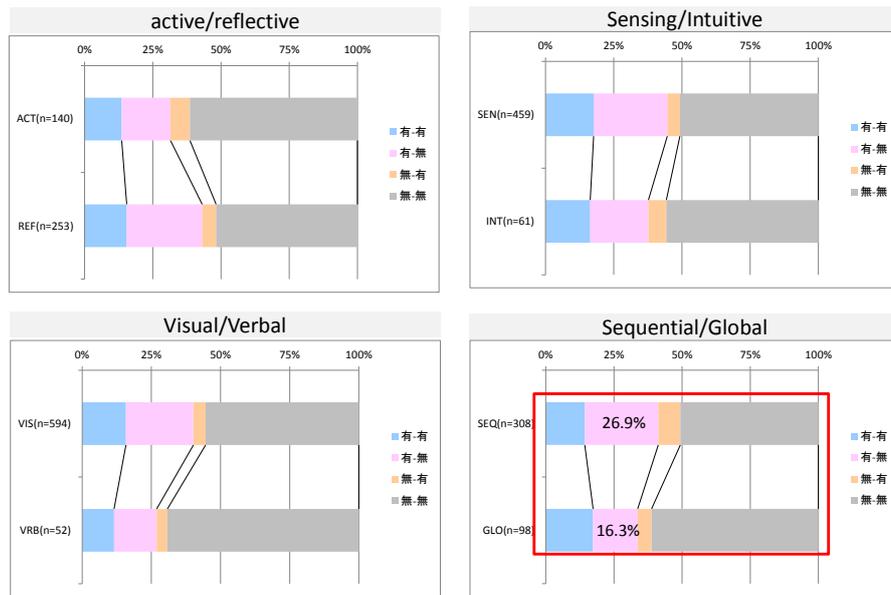


図 3-83 「街灯の少ない夜間走行」の回答結果の差

回答項目「該当の少ない夜間走行」では、「Sequential/Global」において教示後にチェックを外す回答行動で差が見られた。

(調査 2 のまとめ)

個人の持つ「学習スタイル」および「性格」別にみた、「自動走行システム」の知識への違いの Web 調査からは、下記の傾向があることが検証された。

- 学習スタイルは、「自動走行システム」の知識へ影響があることが分かった。
- 学習スタイルのなかでも、「Sequential/Global」ならびに「Visual/Verbal」の傾向が影響していることが分かった。
- 性格の違いからは、「自動走行システム」の知識への影響がみられなかった。

---

---

### 3.14. 課題 A の平成 29 年度のまとめ

実験 A-1-1 では、テストコースを用いた実験を行った。レベル 3 の自動運転システム使用前にドライバーに教示すべき内容を検討した。その結果、運転引継ぎの可能性に加え HMI の意味までにとどめたほうが反応は早かったが、運転引継ぎを必要とする場面の具体例を説明する場合でもおおむね問題はなかった。

実験 A-1-2 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。レベル 2 のシステム想定し、システムによるハザード見落としの可能性を具体的な場面で説明することの効果を検証した。その結果、ハザードの見落としの可能性を具体的な場面で説明することにより、実際にシステムがハザードを見落とした場合でも適切に対応できる可能性が高まることが確認された。また、説明されたものと異なる場面でも、システムによるハザード見落としへの対応が適切に行える可能性が示された。

実験 A-2-1 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。レベル 3 のシステムを想定し、手動車線変更が必要な場面における RtI 発出時の状況認識支援について、電子ミラーと魚眼カメラの二つについて検討を行った。その結果、電子ミラーや魚眼カメラを用いるほうがむしろ事故が多くなるなど、状況認識支援ディスプレイが期待される効果をもたらさなかった。ただし、魚眼カメラではうまく利用できる人がいることもうかがわれた。

実験 A-2-2 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。システムによる制御継続不能を示す通報への対応をスムーズにするための HMI として、システムの確信度に相当する見通し距離について、アイコンの濃度を変更するタイプ、色を変更するタイプを検討した。その結果、こうした HMI を利用することにより、かえって介入までの時間が長くなる、介入後の運転操作が乱れやすくなる、等の傾向が示された。

実験 A-3-1 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。レベル 2 のシステムを想定し、システムによるハザード見落とし時にスムーズにドライバーが対応できるための HMI として、システムが認知している対象物の明示化、ならびに操作意図を表示するものを検討した。その結果、検知情報や操作意図を明示する方式によって、事故が減らせる可能性があることが確認された。

実験 A-3-2 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。レベル 3 までの制御ができるシステムを想定し、レベルが動的に変動する場合にユーザーが適切にモード認識を維持できるかどうか、手動介入が必要な時に

---

---

スムーズに介入できるかどうかを調べた。その結果、モード認識の齟齬は確認されなかったが、手動介入が必要な場面では、モードをいろいろ切り替える方式では反応が遅れる可能性が示された。

実験 A-3-3 では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行った。レベル 3 のシステムを想定し、分岐の場面での制御終了時に、ユーザーが今どこにいて次にどちらへ進む必要があるかということについての認識を適切に有することができるかを調べるとともに、その認識を支援する HMI を提案し、評価した。その結果、自動運転システムがカーナビと連動していない場合でも、運転介入は遅れなかったが、複雑なコースでは自分が次に進む進路を誤りやすくなった。また、手動で運転していても進路の間違いは起こりうるが、複雑な場面では自動運転条件の方が進路誤りを発生しやすいケースもあり、自動運転がもたらす「コドコ？」問題は無視できない問題であるといえる。

---

---

### 3.15. 課題 A の平成 29 年度の Recommendation (成果の活用)

必要な場面で、適切にドライバー（ユーザー）が運転引継ぎ・介入をできるようにするために、HMI の設計において以下に留意する。

- 1) レベル 2 のシステムを使用するにあたっては、システムがハザードを見落とす場合がありうる。その場合のドライバーの介入を容易にするために、ドライバーにはあらかじめシステムが見落としやすいハザードの例を伝えておくことが望ましい。
- 2) レベル 2 のシステム使用時の、システムによるハザード見落としをドライバーが認識しやすくするために、システムが認識しているハザードと操作の意図を提示することが望ましい。
- 3) システムによる制御が継続できなくなりそうなことをシステムがあらかじめ自覚できている場合で、その程度を定量的に表現できる場合であっても、制御を継続できると確信する度合（システムの確信度）に関する手がかり情報が環境から容易に入手できるならば、その確信度情報は必須ではない。
- 4) レベル 3 の自動運転システムを使用するにあたって、ユーザーには、運転引継ぎが必要な場合があること、RtI 発出の際に提示されるメッセージをあらかじめ知らせておくことが望ましい。
- 5) レベル 3 の自動運転システム使用時に、長時間の使用によって運転の文脈からユーザーが切り離されている場合でも、RtI の時間に余裕を持たせれば運転復帰が望める。ただし、走行経験の少ない道路、変則的な道路では対応を誤りやすい。こうした誤りは手動運転でも起こりうるが、自動運転システムを利用することによって経験の乏しい道路に対してもユーザーが積極的に走行するようになるとすれば、進路の選択誤りが顕在化すると考えられる。そこで、手動運転への引継ぎを要請する際には、つぎにどちらのコースをとるのかを含めてガイドすることが望ましい。
- 6) 自動運転のレベルが動的に遷移しうるシステムの場合、レベル遷移の際にユーザー（ドライバー）がなすべきことを明確に伝えることが望ましい。ただし、複雑なレベル遷移をしうるシステムの場合は、その遷移によってユーザーがなすべきことを誤解、あるいは理解に時間がかかることから、複雑なレベル遷移をしないほうがより望ましい。あるいは複雑なレベル遷移をさせる場合は、高次のレベルから急に手動に戻すようにはしないようなシステム設計が望ましい。

### 3.16. 課題 A の平成 30 年度の計画

受託者の TC 実験の成果によって、自動運転システムを利用するにあたっての、ドライバーに事前に提供すべき知識とその表現方法の指針を構築する。また、29 年度に策定した HMI 基本要件に基づいてシステム状態表示 HMI を実車に実装し、参加者の実車によりテストコース実験を行い、通常時の周辺監視と運転介入・引継ぎが適切に行えることを確認する。さらに、受託者のシステム状態 HMI に関する TC 実験の成果を踏まえて、RtI 不発に備えたシステム状態表示 HMI の設計指針を構築する。

事業項目	平成 29 年度			平成 30 年度			
	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
<b>A.自動走行システムの機能・状態・動作の理解</b>							
i) システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定	予備実験	検証実験	指針策定				
ii) システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件の策定と妥当性評価	予備実験	検証実験		HMI 製作	検証実験	指針策定	妥当性評価
iii) システム状態に関してドライバーに与える情報に関する指針の策定	予備実験	検証実験			検証実験		指針策定
iv) 自動運転技術に関する理解度調査に基づく提供すべき知識とその表現の指針の策定		予備調査	本調査		本調査		指針策定

図 3-84 課題 A の全体構成

---

---

## A 課題参考文献

[1]

代表 国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事長 中鉢 良治

「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に関する調査検討」受託コンソーシアム / 「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」

[2]

Makoto Itoh, Huiping Zhou, Satoshi Kitazaki: What May Happen or What You Should Do? Effects of Knowledge Representation Regarding Necessity of Intervention on Driver Performance under Level 2 Automated Driving, Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS 2018), Saint Petersburg, Russia, May 15-18, 2018 (to appear)

[3]

Mattes and Hallén、 2009

[4]

小塩真司・阿部晋吾・カトローニピノ(2012).日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J)作成の試み,パーソナリティ研究, 21, 40-52.

[5]

Richard M. Felder, Barbara A. Soloman,LEARNING STYLES AND STRATEGIES

---

---

## 4. 課題 B の調査検討

### 4.1. 課題 B の全体像と Readiness 指標のシステム適用イメージ

自動走行中のドライバーの Readiness レベル（自動走行から手動運転へ切り替わる際のドライバーの準備の度合い）を評価し、自動走行から手動運転へ切り替え可能なドライバー状態を推定するシステム開発のため、ドライバー状態の評価指標を確立する。また、得られた評価指標の中から車載可能なシステムで検知できる指標を選定し、その指標を測定できるドライバーモニタリングシステムのプロトタイプを作成し、その実現可能性を明らかにする。平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討において、ドライビングシミュレータ実験を実施し、Readiness レベルを推定するためのドライバー状態の評価指標を明らかにした。また、車載可能なドライバーモニタリングシステムのプロトタイプを作成した。平成 29 年度は、テストコースにて、平成 28 年度に得られたドライバー状態評価指標の妥当性とドライバーモニタリングシステムによるドライバー状態測定可能性を検討する（図 4-1 の(1)）。

自動走行から手動運転への切り替え前後におけるドライバー状態を模式的に表現すると図 4-1 のように表せる。自動走行の Level によってドライバー状態の程度は異なると考えられ、それぞれの自動走行レベルから手動運転というより高いドライバー状態へ推移する。ここで、自動走行中に適切なドライバー状態を維持する必要がある、ドライバー状態を維持するための HMI（Human Machine Interface）の基本要件を明確化する。平成 29 年度は、ドライビングシミュレータ環境にドライバー状態維持 HMI のコンセプトを具現化したデバイスを実装し、状態維持 HMI の有効性を明らかにすることで、HMI の基本要件に資するデータを取得する（図 4-1 の(2)）。

自動走行システム使用中のドライバー状態が異なる場合、自動から手動運転へ切り替えるにあたって必要となる遷移時間は異なると想定される。自動走行中のドライバー状態として、“意識のわき見”、“わき見”、“覚醒度”を対象とし、それぞれの状態と適切な遷移に必要な遷移時間との関係性を検討する（図 4-1 の(3)）。

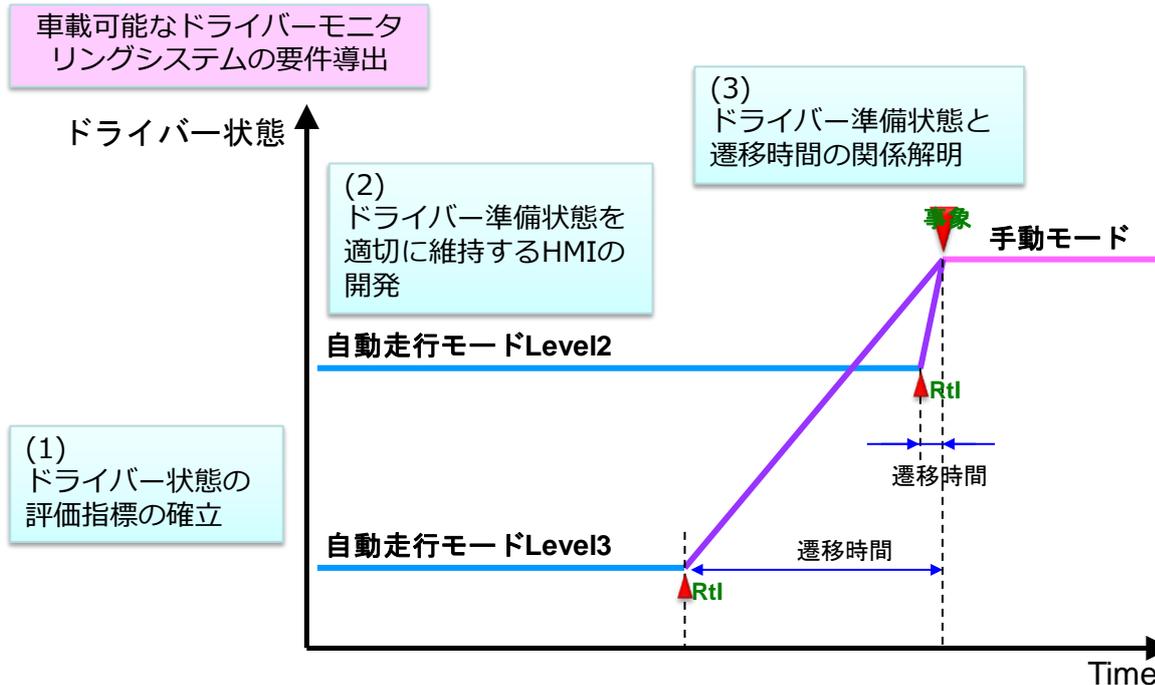


図 4-1 自動走行から手動運転の切り替え前後におけるドライバー状態の時間的推移に伴う変化とヒューマンファクタ課題

本プロジェクトにて研究している Readiness 指標のシステム適用イメージの一例を図 4-2 に示す。Readiness 指標の種類として、姿勢・開眼/閉眼・視線・注意（前方と周辺）の 4 種類を想定し、それぞれのレベルをドライバー状態の評価指標から推定する。本プロジェクトでは、姿勢は対象外としているが、開眼/閉眼・視線・注意に関しては、平成 28 年度の実験結果よりの評価指標を選定した。

- 開眼/閉眼の評価指標・・・閉眼割合(PERCLOS: Percent of Eyelid Closure)
- 視線の評価指標・・・小さい(5~8 度程度)のサッカードの頻度や前方または車載機に対する視認割合
- 注意の評価指標・・・小さい(5~8 度程度)のサッカードの頻度や瞬き回数

これらの評価指標の値から、開眼/閉眼・視線・注意の状態レベルを推定する。Readiness の判定では、姿勢の判定（適切なドライビングポジションからかけ離れている場合には NG）、覚醒度の判定（眠ってしまった場合には NG）、そして、わき見または意識のわき見の判定を行う。ここでの判定にあたって、それぞれの状態レベルの閾値については、自動走行中の状態と手動運転切り替え後の運転パフォーマンスとの関連性より設定することとなる。すなわち、手動運転切り替え後に適切な運転パフォーマンスが得られない状

態は、閾値より下回っていると解釈される。

Readiness 判定において NG となった場合には、状態を維持するためのシステムに介入が行われる。状態維持の手段として、

- ・ 注意喚起や警告の提示
- ・ 手動運転への切り替え（例：一定時間経過後に、強制的に手動運転となる）
- ・ システムとのインタラクション（例：一定時間経過後に、このまま自動運転を継続するかどうかの問い合わせがあり、自動運転を続けるかどうかをドライバーが選択する）
- ・ Around View for OEDR(Object and Event Detection and Response)（ドライバーによる周囲の状況認識を支援するために、自車の周囲の車両の位置情報等を伝える）

等が挙げられる。レベル3の自動運転を使っている場合には、姿勢や覚醒が適切ではなく、適切な状態に戻らないほど悪い場合には、緊急停車も考えられる。

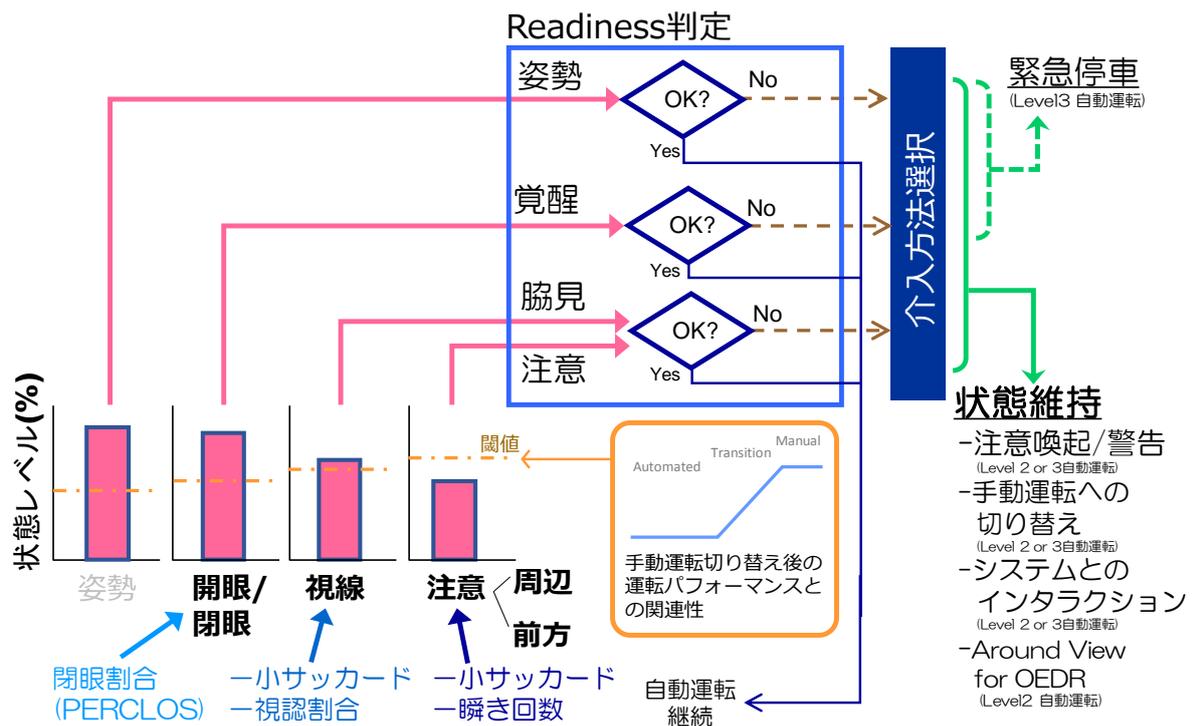


図 4-2 Readiness 指標のシステム適用イメージ

## 4.2. 課題 B の平成 29 年度の計画と全体像での位置付け

平成 29 年度は次の 4 つの研究課題を取り組む。

- (1) 自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討
- (2) ドライバー状態維持のための HMI 基本要件の策定：覚醒度維持 HMI の効果検討
- (3) ドライバー状態と遷移時間の関係性の導出：ドライバー状態に応じた RtI の発生タイミングの検討
- (4) ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現性検討

これら 4 つの研究課題を図 4-2 に落とし込むと図 4-3 のように位置づけられる。

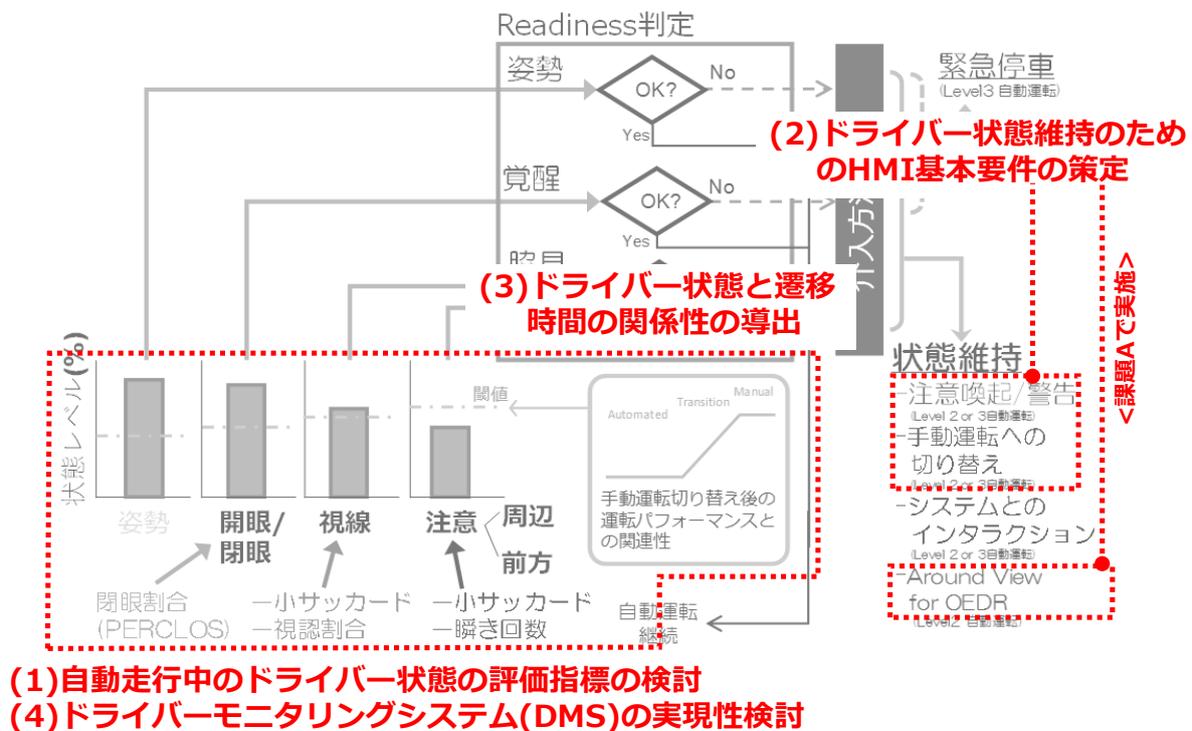


図 4-3 課題 B 全体像に対する今年度課題の位置付け

(1)と(3)は、ドライバー状態の評価指標でそのドライバーの状態レベルを推定できるのかに関わる課題であり、運転引継ぎ（RtI 提示）後の運転パフォーマンスと RtI 前のドライバー状態との関係性から、適切と考えられるドライバー状態レベルを検討するものである。

(4)では、(1)や(3)の検討を踏まえて、ドライバー状態の評価指標を実装したドライバーモニタリングシステムのプロトタイプを作成し、ドライビングシミュレータやテストコース環境にて、その実現性を検討する。

---

---

(2)は、ドライバー状態を維持するための HMI の基本要件の検討で、ドライバーの覚醒度を維持するための注意喚起の考え方、および、自動運転中に手動運転を混ぜる（自動走行システムが長時間にわたって作動し続けるのではなく、ある一定時間自動走行システムが作動後、強制的に手動運転に切り替わる）ことによる効果を明らかにする。

(1)～(4)の具体的な計画を以下に示す。

#### (1) 自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討

##### 【目的】

平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討において得られたドライバーの Readiness 評価指標のテストコース環境での適用可能性を明らかにする。

##### 【実験方法】

テストコースの周回路(第 1 車線:一番左側の車線)を先行車に追従して自動走行する。自動走行中、RtI を提示し、RtI と同時に自動走行が OFF となりドライバーは手動運転を行う。手動運転切り替え後、先行車が右車線へ移動し、その前方のパイロンをドライバーが回避する。そして、その先のカーブ走行を行う。

ドライバー一人当たり、手動運転のみ、自動走行負荷なし、自動走行+易しいサブタスク、自動運転+難しいサブタスクの 4 つを実験条件とする。自動走行中は、2 種類の課題[意識のわき見（N-back）とわき見（SuRT）]を用いて負荷を行う。サブタスクのレベルは平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討における DS 実験と同じ方法で再現する。

計測項目は、以下の通り。

ドライバー状態：脳波、視認行動(EOG、アイカメラ)、心拍、DMS によるまばたき・サックード・頭部の動き・PERCLOS

車両状態：車両速度、ハンドル角度、アクセルペダル量、ブレーキペダル量、ブレーキランプ、ウインカ、車間距離、前後加速度、左右加速度、同期信号、GPS データ、前方風景撮影用カメラ映像、ドライバー顔撮影用カメラ映像車室内撮影用カメラ映像など。

---

---

(2) ドライバー状態維持のための HMI 基本要件の策定: 覚醒度維持 HMI の効果検討

【目的】

自動走行中のドライバー状態について、システムによる手動運転への遷移要請に適切に対応できる状態、および周辺状況を適切に認識できている状態を Readiness 状態と考える。この Readiness 状態の維持もしくは回復を支援するための HMI の基本要件を明確にすることを本研究の目的とする。

【方法】

平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討においてドライバー状態の評価指標として有効性が検証された生理データを Readiness 指標として利用して、各種 HMI が Readiness 指標に与える影響を検証する。生理データの計測では、開発する DMS を基本としつつ、参照用データとして、平成 28 年度の調査検討で有用であった装着型手法による計測も実施する。具体的には、以下の 2 つの実験を実施する。

- (a) 自動走行の経過時間と Readiness 状態の変化の関係を確認する。そのために、自動走行開始直後、自動走行中、および自動走行終了後、途中で手動運転時間を設けた場合等で Readiness 指標を比較検討する。
- (b) 自動走行中に Readiness 状態を適正なレベルに維持可能な HMI の基本要件を確認する。そのために、Readiness 状態の維持にポジティブな効果を持つと考えられる複数の刺激や課題を HMI として自動走行中のドライバーに断続的に呈示して、Readiness 指標への影響を計測する。また、自動走行中に Readiness 状態を適正なレベルに回復可能な HMI の基本要件を確認する。そのために、Readiness 状態の回復にポジティブな効果を持つと考えられる複数の刺激や課題を RtI 発生の一定時間前にドライバーに呈示して、Readiness 指標への影響を計測する。

(3) ドライバー状態と遷移時間の関係性の導出: ドライバー状態に応じた RtI の発生タイミングの検討

【目的】

---

---

---

---

ドライバー状態に対して、自動走行から手動運転に適切に切り替えられる遷移時間の範囲を導出するために、事故発生の危険度が変化した時のドライバー状態と遷移時間との関係性を明らかにする。

#### 【実験方法】

平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討と同様に前方注意状態を評価対象とした先行車追従シナリオを設定する。片側 3 車線の高速道路にて、中央車線を先行車に追従しながら自動走行する。

1 回のシナリオの走行時間を約 15 分間とする。走行レーン上に出現した障害物を回避するイベントを負荷する。障害物までの time to collision が 2 秒、4 秒、6 秒 10 秒の 4 種類、及び自動走行システムのレベル 2 とレベル 3 の 2 種類の組み合わせ（合計 8 種類）を設定する。自動運転から手動運転へ切り替えた後の走行の軌跡を検討するために、イベントを発生させる道路形状を常に同一（常に直線の時に発生させるなど）とする。

自動走行から手動運転に適切に切り替えられる遷移時間の範囲を導出するため、クリティカルイベントでの衝突率、クリティカルイベントが発生してからハンドルもしくはブレーキ操作までの時間、イベント回避後の車両の変動を求める。

対象とするドライバー状態は以下の通り。

意識の脇見と遷移時間の関係：

意識のわき見を実験的に設定するため、N-back 課題を負荷する。1 名あたり手動運転条件、自動運転＋課題負荷なし条件、自動運転＋2-back 課題の 3 条件を設ける。

脇見と遷移時間の関係：

わき見を実験的に設定するため、SuRT 課題を負荷する。平成 29 年度は被験者のペースで SuRT を行う。1 名あたり手動運転条件、自動運転＋課題負荷なし条件、自動運転＋SuRT 高難易度条件の 3 条件を設ける。

覚醒低下と遷移時間の関係：

自動運転中にサブタスクを負荷しない条件のデータを用いて、ドライバーの覚醒度と遷移時間の関係を導出する。

#### (4) ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現性検討

自動走行モードから手動運転へ切り替え可能なドライバー状態を推定するた

---

---

めに必要な眼球指標の検知器(ドライバーモニタリング、以下 **DMS**)の車載化を検討する。平成 29 年度は、ドライバーのまぶたの動き、見ているところ(注視点の場所)、瞬間的な視線移動(サッカード)を計測可能なシステムを試作する。

---

---

### 4.3. 課題 B の平成 29 年度の具体的な目的と方法

#### (1) 自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討

##### 【実験の背景・目的】

平成 28 年度は、ドライビングシミュレータ (DS) 実験による Readiness 指標の計測評価を行った。今年度のテストコース実験では、DS 実験で得られた Readiness 指標の実環境での適用可能性を明らかにすることを目的とする。

昨年度と同様、運転交代要求 (Request to Intervene, RtI) の 1 分間前の目の動きに関するデータを収集し、手動運転、自動運転・サブタスクなし、自動運転・簡単なサブタスクあり、自動運転・難しいサブタスクありを比較した。

##### 【実験方法】

産総研北サイト (茨城県つくば市寺具 1497-1) の試走路を用いた走行実験を行った。実験被験者はテスラモデル S の運転席に乗車した。CAN-BOX により、次の運転行動データを収集した。

速度、加速度、角速度、アクセル量、ブレーキ量、ウインカ灯、ブレーキ灯、自動運転状態、先行車-自車車間距離 (m)、パイロン-自車車間距離 (m)、ハンドル角度。

本実験の走行中は、日産セレナを先行車とした追従走行で、テストコースを左回りに 5 周した。その途中、図 1 に示す位置 A, B, C において RtI または前方注意の警告音を提示した。RtI は連続しないパイロン位置において合計 6 回、一つのセッションで提示された。そのうち、3 回においてパイロンが出現するように設定した。

実験被験者は合計 80 名で、平均年齢 40.35 歳 (20~68 歳)、男女同数であった。運転免許取得後の年数は、平均 21.58 年 (2~52 年) で、年間走行距離 10,000km 以上のドライバーが 8 割であった。ほぼ全員が“ほぼ毎日”運転しているドライバーであった。

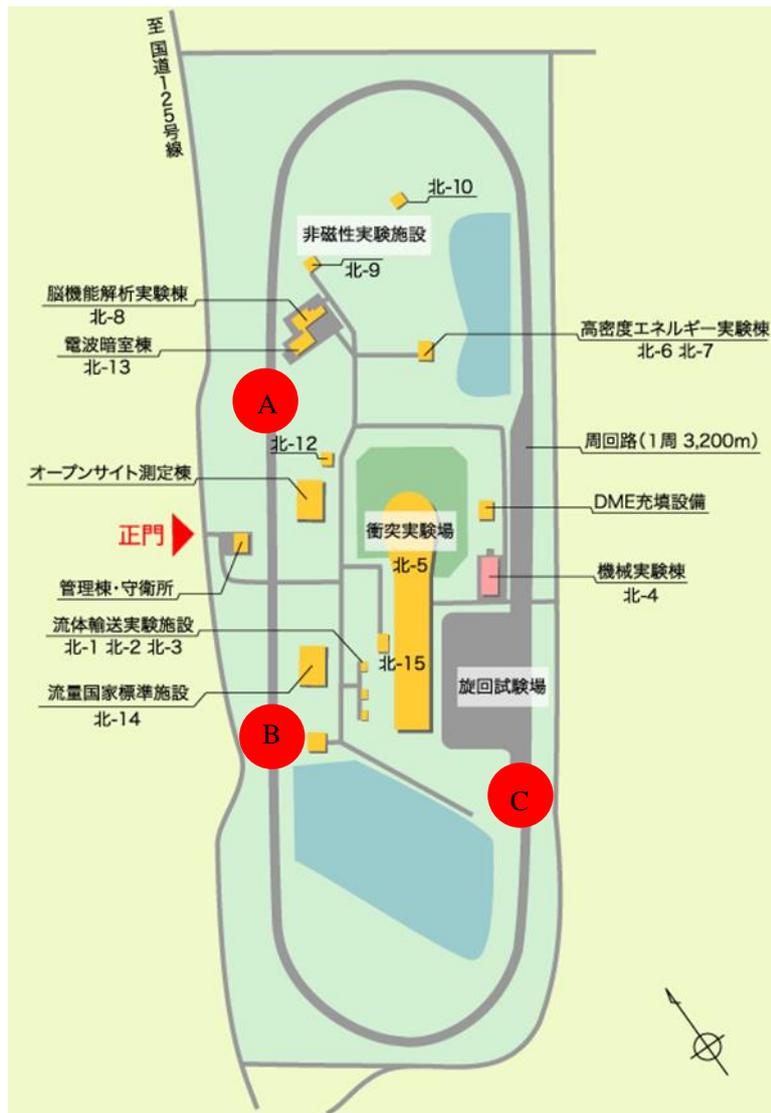


図 4-4 北サイト試走路における実験環境（A, B, C の位置にパイロンが設置できるようになっている。この位置で RTI が提示される。）

### 練習走行

- ・セッション開始前に、走行練習を 3 周行った。
- ・1 周目に手動運転の練習を行った。
- ・2 周目に手動運転と自動運転の切り替えの練習を行った。
- ・1 周目の走行前に産総研スタッフが被験者ごとに実験説明を行った。
- ・2 周目が終了後、スタート地点で一旦停止し、3 周目の走行前に産総研スタッフが被験者ごとに実験説明を行った。
- ・3 周目は自動走行の練習を行った。
- ・以下の設定にて、練習走行 3 周目の最後のパイロン（C）を設置し、先駆車移動、RTI 提示、パイロン回避の練習を行った。全被験者でこの設定を用

いた。

練習走行3周目			
	A	B	C
先行車移動			○
TOR/警告			○
パイロン回避			○

- ・練習走行についても CAN 情報および GPS データを記録した。

セッション実施中

#### 手動走行・自動走行セッション共通

- ・セッション開始前に実験の教示を行うとともにアンケートを聴取した。
- ・自車は先行車を追従した（自車と LV との目標 THW=2 秒）。
- ・先行車は ACC を用いて一定速度をキープした。
- ・A、B、C のパイロンのうち、決められたタイミングでいずれかをコース内に設置した。パイロンを手動で移動させた。
- ・1セッションあたり 5 周した（走行時間は約 20 分）。
- ・1セッションあたり、6 回 RTI（パイロンに対して TTC=6 秒のタイミング）を呈示した。そのうち、3 回はパイロンを回避する試行であった。
- ・先行車とパイロンまでの TTC=5 秒になったら先行車がウインカを出すとともに、ハンドル操作のみで車線変更を開始した。
- ・RTI を呈示するのみ試行でも、先行車は右車線に移動した。
- ・自動走行中は、被験者は、手をハンドルの下方に沿え、両足ともフロアにつけておいた。
- ・先行車移動、RTI/警告とパイロン回避のタイミングについて：全 5 周中 15 回のパイロン位置において、先行車移動、RTI/警告、パイロン回避のイベント（下記記載）を設定した。

	1周目			2周目			3周目			4周目			5周目		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
先行車移動		○		○			○		○		○		○		
TOR/警告		○		○			○		○		○		○		
パイロン回避		○							○				○		

#### 自動走行セッション

- ・初回の自動走行が開始したら、「課題を始めてください」と発話指示した（サブタスクを負荷するセッションのみ）。
- ・自車とパイロンまでの距離が 116.67m(TTC=6 秒)のときに RTI（絵&音声）

---

---

を呈示した。同時に、自動走行システムを手動運転モードに変更した。

- ・ 8回の試行のうち4回は、コース内にパイロンを設置した。ドライバーは手動運転を行い、前方のパイロンを回避した。
- ・ 自車は 70km/h で自動走行した。
- ・ 自動走行中は周囲の状況を監視するように指示した。
- ・ パイロン通過後、第二車線を 100mほど走行したあと、同乗した計測者が「元の車線に戻ってください」と指示し、車線変更完了後に、「自動運転に入れてください」と指示をした。

### 手動走行セッション

- ・ 手動走行中、疑似的に警報を提示（絵&音声）した。
- ・ 自車とパイロンまでの距離が 116.67m (TTC=6 秒)のときに警告（絵&音声）を呈示すること。
- ・ 8回の試行のうち4回は、コース内にパイロンを設置した。ドライバーは前方のパイロンを回避した。
- ・ 自車は 70km/h で手動走行した。
- ・ パイロン通過後、第二車線を 100mほど走行したあと、同乗した計測者が「元の車線に戻ってください」と指示をした。

本実験として、4種類設定した。具体的な実験条件を以下に示す。

- 手動運転
- 自動運転・サブタスクなし
- 自動運転・易しいサブタスクあり
- 自動運転・難しいサブタスクあり

眼球運動の計測のため、アイカメラ（ナックイメージテクノロジー製、アイマークレコーダー、EMR-9）を用いて目の眼球回転角度（XY 平面上）を記録した。サンプリング周波数 240.21Hz であり、ハイパスフィルター（60Hz）をかけた。視線位置を同時に計測された 30fps の動画ファイル(avi 形式)を用いた解析に利用した。

脳波の計測のため、EasyCap, PowerPack, BrainAmp, BrainAmp Exg, USB2PC Adaptor, ノート PC（HP, 日本）Brain Vision Recorder を使用した。

指尖容積脈波（近似的には血圧）を、Finometer, およびノート PC(EPSON, 二本)にインストールされた LabChart を使用して計測した。指用のカフを使用

---

---

---

---

し、右手の中指の血圧を計測している。PC と Finometer の間にはデータ収集システム PowerLab を USB 接続した。この PowerLab には、セッション切り替え位置を記録するためのボタン(A 接点のスイッチ)と無線式の心拍計も接続され、データを LabChart に入力した。三誘導式で計測した。

### 【サブタスク】

意識の脇見の度合いを表現するために数字記憶課題 (N-back 課題)、視覚と手操作による脇見の度合いを表現するためにタッチパネル課題 (SuRT : Surrogate Reference Task 課題) を使用した。

#### N-back 課題

聴覚を通じて連続的に提示される一連の数字などの記憶に関する課題で、N 個前の数字が再度読み上げられた場合に反応(左手の人差し指に装着した指マウス押しでの回答)する。0 から 9 までの数字をランダムな順序で 3 秒ごとにスピーカーを用いて呈示した。低難易度条件では、1 バック課題を(同じ数字が連続して聞こえたら、「はい」と答える)、高難易度条件では 2 バック課題(同じ数字が 1 つ飛ばしで聞こえたら、「はい」と答えてる)を行った。

#### SuRT 課題

PC 画面上に提示された複数の丸印(ディストラクタ)の中で大きさの異なる丸印(ターゲット)を探索し、発見できた場合はタッチパネルにより反応することを求めた。ターゲットとディストラクタの大きさの類似度で難易度を操作した。走行課題中にタッチパネルディスプレイ上で課題を行った。10 秒に一度、新しい試行を呈示した。

### 【評価指標】

#### <眼電位の計測>

脳波計 (BrainProducts 社製 BrainAmp) を用いて、右目眼窩上下に装着した 2 つの電極を双極導出することで眼電位を求めた。眼電位からまばたきに関するデータを取得した。眼電図を 1,000Hz のサンプリング周波数で計測し、0.05Hz の低域遮断フィルタ及び 30Hz の高域遮断フィルタを適用した。

#### <瞬目の計測>

まばたきの閉瞼相開始点、閉瞼相終了点、開瞼相開始点、開瞼相終了点を次のように定義した。

---

---

閉瞼相開始点：眼電位の変化量（ある測定点に対して±5 測定点[±25ms]間の眼電位振幅の差）が閾値(+20 $\mu$ V/50ms)と等しいか大きくなった時点

閉瞼相終了点：閾値(+20 $\mu$ V/50ms)よりも等しいか小さくなった時点

開瞼相開始点：閾値(-20 $\mu$ V/50ms)と等しいか小さくなった時点

開瞼相終了点：閾値(-20 $\mu$ V/50ms)と等しいか大きくなった時点

また、次のすべての基準を満たす眼電位の変化を瞬目（まばたき）とした。

- ・ 閉瞼相開始点、閉瞼相終了点、開瞼相開始点、開瞼相終了点が、この順序でなっている
- ・ 閉瞼相終了点から開瞼相開始点の間の変化量の絶対値が閾値(20 $\mu$ V/50ms)よりも大きくなっていない
- ・ 閾値(+20 $\mu$ V/50ms)を下回る変化が閉瞼相開始点から閉瞼相終了点の間に起こっていない。
- ・ 閾値(-20 $\mu$ V/50ms)を上回る変化が開瞼相開始点から開瞼相終了点までの間に起こっていない。
- ・ 閉瞼相の振幅 $\geq$ 開瞼相の振幅 / 2
- ・ 開瞼相の振幅 $\geq$ 閉瞼相の振幅 / 2
- ・ 閉瞼相の開始点から開瞼相の終了点までの時間：50ms 以上 500ms 未満
- ・ 閉瞼相の振幅：80 $\mu$ V 以上

#### <サッカディック眼球運動の解析>

水平眼電位の信号に基づいてサッカディック眼球運動の終了時点の特定を行った。サッカディック眼球運動の振幅はその終了時点の-150~100 ms 区間の平均電位をベースラインとして、終了後 0~50 ms 区間の平均電位の絶対値によって定義された。本研究では眼電位の大きさとサッカードの移動距離（下記、アイカメラによる眼球運動計測）との間の関係について正確なキャリブレーションは行っていないが、振幅 100  $\mu$ V が視角 5~10 度のサッカードに相当していると考えられる。

#### <目の開き度合いの計測>

開瞼度のデータを取得するために、アイカメラ（ナックイメージテクノロジー

---

---

一製、アイマークレコーダー、EMR-9)を用いて目の画像を30Hzで記録した。左目を対象として解析を行った。100msごとに上瞼から下瞼へ垂直におろした線の長さが最大となるピクセル値を測定した。同じ記録上で虹彩の直径のピクセル値を測定した。上瞼から下瞼までの距離を虹彩の直径で除した値を開瞼度とした。ただし、目が閉じはじめてから開くまでの持続時間が500ms未満の区間については開瞼度を求めずに瞬目区間とした。開瞼度が95%以下になっている時間が対象区間の間で何パーセントであったのかを表す閉眼割合(Percent of eyelid closure, PERCLOS)を算出した。まばたきで検出されない150ms以上長い閉眼も含めて解析区間中で目を閉じている時間割合を示す指標である。

#### <視線の計測>

アイカメラに記録された画像から、RtI前60秒間の視線が向いている場所を評価した。視線が向いている場所は、100ms毎(10Hz)に「フロントガラス」「バックミラー」「右サイドミラー」「左サイドミラー」「計器類(インパネ)」「サブ課題ディスプレイ」「その他」「計測不可」に分けられた(図B-7)。なお、500ms以上の閉眼は計測不可に分類された。場所毎に60秒間中の割合(%),および1回あたりの持続時間であらわされた。

#### <脳波の計測>

脳波は国際10-20法に則って、AFzを接地電極として頭皮上23チャンネル(Fp1、Fp2、F7、F3、Fz、F4、F8、FCz、T3、C3、Cz、C4、T4、CPz、T5、P3、Pz、P4、T6、POz、O1、Oz、およびO2)から導出された。また記録時のリファレンスは左耳朶として、右耳朶からの信号も記録した。全ての電極インピーダンスは10K $\Omega$ 以下であった。脳波の信号は1000Hzでサンプリングされ、デジタル信号として記録された。

#### <脳波：課題非関連プローブ法>

各条件において注意資源がどのように配分されているかを調べるため、聴覚プローブに対する事象関連電位を計測した。各課題の遂行中にスピーカーから聴覚プローブ刺激が与えられた。聴覚プローブの刺激系列は500Hz、600Hz、700Hz、800Hz、900Hz、1000Hz、1100Hz、1200Hz、1300Hz、1400Hz、1500Hz、および1600Hzの12種類の純音で構成されていた。各聴覚プローブ

---

---

---

---

ブの提示時間 50 ms であり、刺激感間隔は 400 ms、500 ms、600 ms、700 ms、または 800 ms（平均 600 ms）であった。これらの聴覚プローブはランダムな順番および間隔で、課題遂行中は常に提示されていた。

計測された脳波信号は左耳朶と右耳朶の平均電位によって再リファレンスされた後、0.1～30 Hz のバンドパスフィルタによってノイズの除去が行われた。聴覚プローブに対する事象関連電位を算出するため、聴覚プローブのオンセットを基準時点として、-100～400 ms 区間のデータを抽出した。抽出されたデータは各実験参加者の実験参加日ごとに独立成分分析が行われ、瞬目および眼球運動に由来するノイズ成分が除去された。ノイズの除去後に FCz チャンネルにおいて $\pm 80 \mu\text{V}$  以上の変動が含まれていた区間は加算平均処理から除外した。加算平均された FCz の波形において聴覚プローブのオンセットを基準に 80～110 ms 区間の平均電位を N1 振幅、170～220 ms 区間の平均電位を P2 振幅と定義し、P2 振幅-N1 振幅値を聴覚プローブに対する応答の大きさとした。

#### <脳波：眼球停留関連電位>

視覚情報処理に対する注意資源の配分量を検討するため、眼球停留関連電位の解析を行った。聴覚プローブに対する事象関連電位の解析と同様に、再リファレンスとバンドパスフィルタを施した後、サッカディック眼球運動の終了時点を基準として、-100～400 ms 区間のデータを抽出した。抽出されたデータは各実験参加者の実験参加日ごとに独立成分分析が行われ、瞬目および眼球運動に由来するノイズ成分が除去された。ノイズの除去後に Oz チャンネルにおいて $\pm 80 \mu\text{V}$  以上の変動が含まれていた区間は加算平均処理から除外した。加算平均された Oz の波形においてサッカディック眼球運動の終了時点を基準に -25～25 ms 区間の平均電位を N0 振幅、80～130 ms 区間の平均電位を P1 振幅と定義し、P1 振幅-N0 振幅値を眼球停留関連電位の応答の大きさとした。

#### <運転行動>

CAN 情報や、車両に設置したカメラによる前方映像、後方映像、アイカメラ、計測画面の 4 画面同時記録の映像を解析し、ハンドルを握った時間、最大操舵角までの時間、操舵角の最大値、車線変更までの時間、車線変更時点でのパイロンとの距離、TTC 等を算出した。

---

---

## <アンケート>

眠気・疲労感・体調に関する質問を行った後で、タスクの負担感についてのアンケートを行った。具体的には、NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration, Task Load Index)の日本語版を参考にした質問紙を利用した。これは、精神的負担、身体的負担、時間的圧迫、パフォーマンス、努力、フラストレーションの6項目から成り立つ。芳賀 繁, 2001 のメンタルワークロードの理論と測定、日本出版サービスでは、一対比較を行う上では、この六つの質問で十分であると言われている。Valerie J. Gawron による原著「Human Performance, Workload, and Situational Awareness Measures Handbook, Second Edition, CRC Press, 2008」の184頁のRating Sheetと185頁の各尺度の説明を独自に邦訳したものを1枚のA4用紙にまとめて作成した解答用紙を使用した。

質問1としてパイロン回避がどのくらい難しかったかを質問した。左端を非常にやさしい、右端を非常に難しいとしたときの無段階の主観値を100mmの線分上に縦線を入れてもらうことで回答してもらった。サブタスクが与えられている条件に対しては、質問2としてサブタスクの難易度に対する質問を行った。質問3として、9点の離散値で眠気を自己申告してもらう日本語版カロリンスカ眠気尺度(KSS-J)を使用した。質問4として、疲労感を質問し、100mmの線分上に×印をつけて回答してもらう疲労感VAS(Visual Analogue Scale)検査を行った。

実験被験者は、四条件それぞれの走行終了直後に車内で装置を装着したまま、ボールペンで線を引いて回答した。

## 【実験結果】

- ・ N-back : 正答率、反応時間

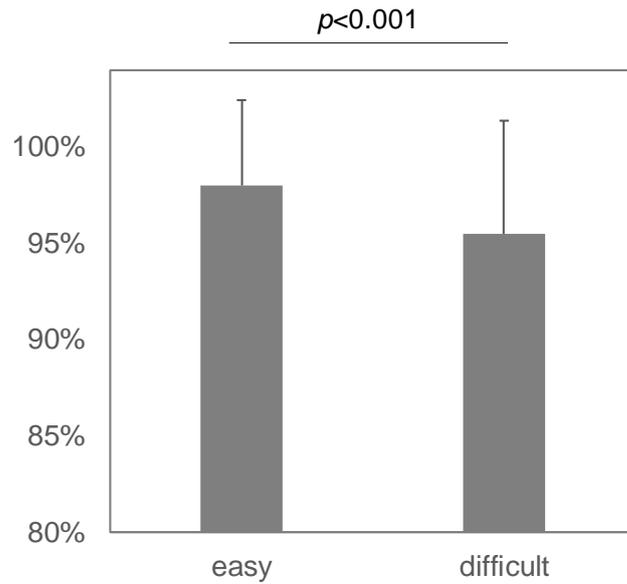


図 4-5 N-back 課題の正答率の条件間比較

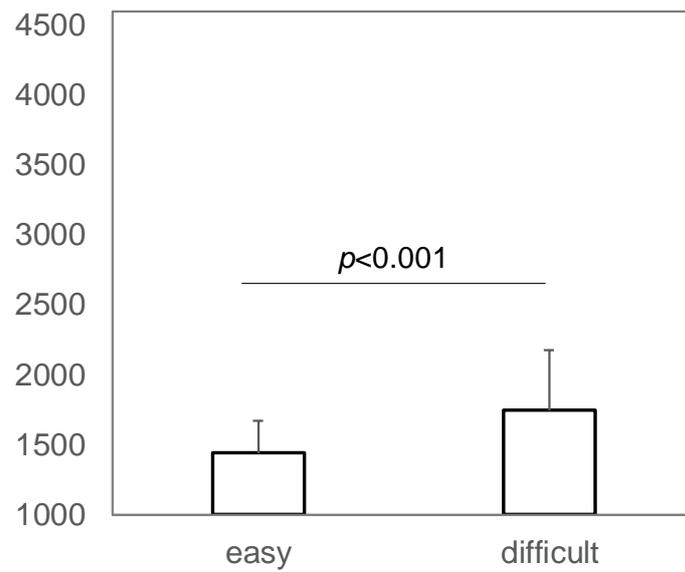


図 4-6 N-back 課題の反応時間 (ms) の条件間比較

より難しい 2-back タスクの方が正答率は低く，反応時間が長い結果であった。

・ SuRT : 正答率、反応時間

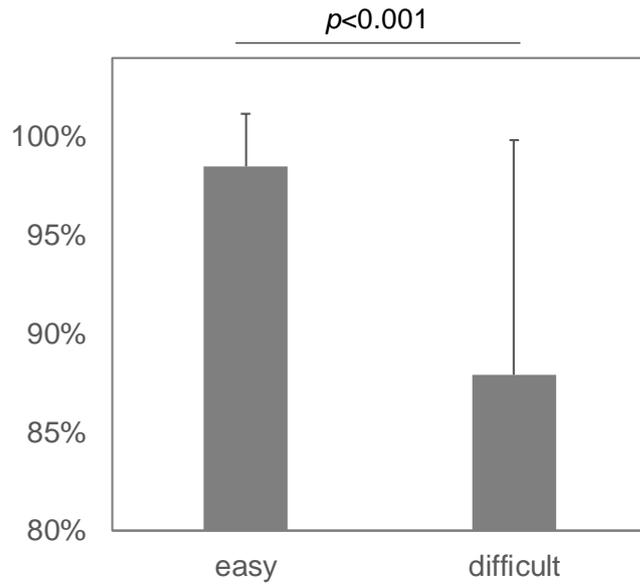


図 4-7 SuRT 課題の正答率の条件間比較

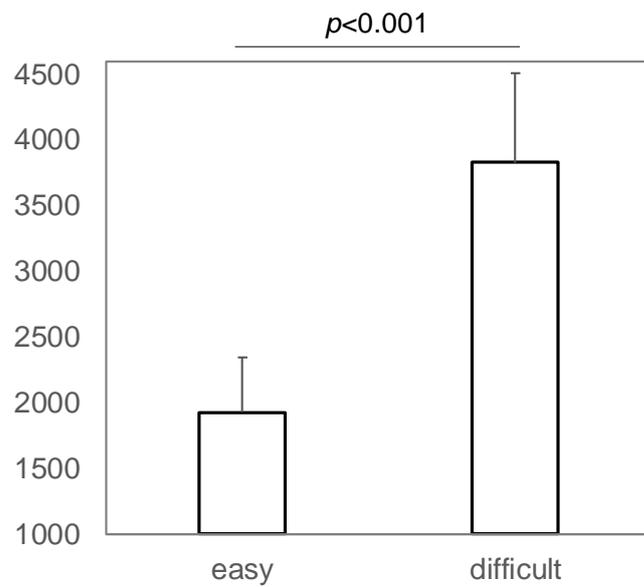


図 4-8 SuRT 課題の反応時間 (ms) の条件間比較

N-back 課題と同様に、難易度の高い SuRT の方が、難易度の低い SuRT に比べて正答率は低く、反応時間が長い結果であった。

・ サッカード

図 4-9 にサッカードに関する指標の内、おおよそ 5~16 度のサッカードに相当するサッカードの発生頻度割合 (= 5~16 度のサッカードの発生回数 / 全

サッカーの発生回数：小さめサッカー割合)の結果を示す。自動運転で難しい N-back 課題を実施している際の小さめサッカー割合が高い結果であり、手動運転の場合や易しい N-back 課題に比べて高かった。

SuRT 課題では、課題実施の際に車載ディスプレイを見ることから、大きなサッカーが発生する。そのため、課題無しの手動と自動のみに比べて、相対的に小さめサッカー割合は小さくなる。SuRT 課題内では、難しい SuRT の方が易しい SuRT に比べて小さめサッカー割合は有意に高い結果であった。

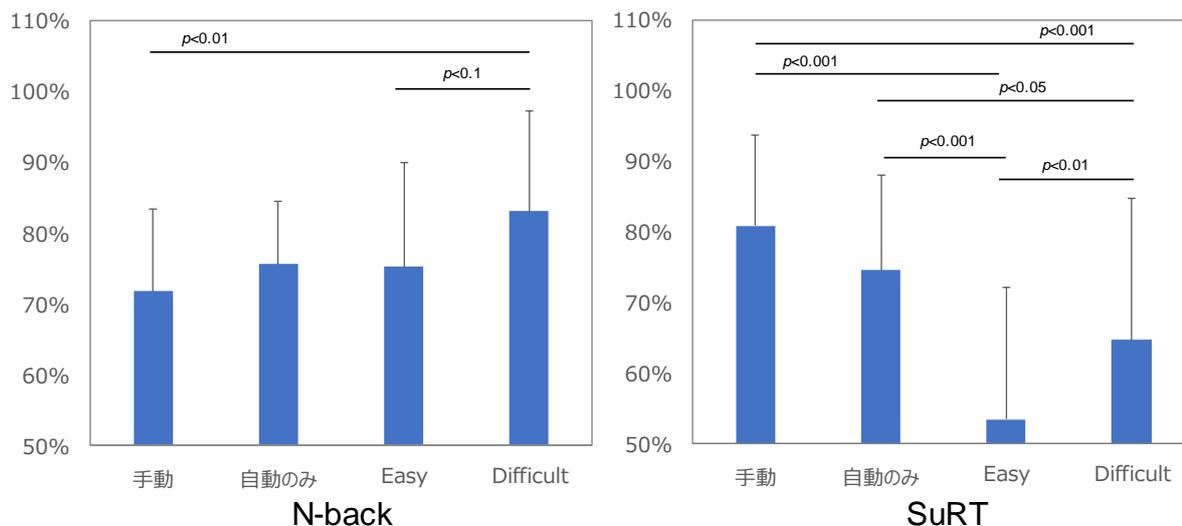


図 4-9 5~16 度の小さめサッカーの発生割合

- ・瞬目回数
- ・瞬目の持続時間

まばたきに関する指標の内、瞬目回数と瞬目の持続時間の結果を図 4-10 に示す。どのグラフでも条件間の有意差は見られなかった。瞬目回数は、難しい N-back 課題で瞬目回数が増加する傾向が見られた。瞬目の持続時間は、N-back 群の自動のみの場合に他の条件に比べて長い傾向があり、覚醒度の低下を示唆する傾向であった。

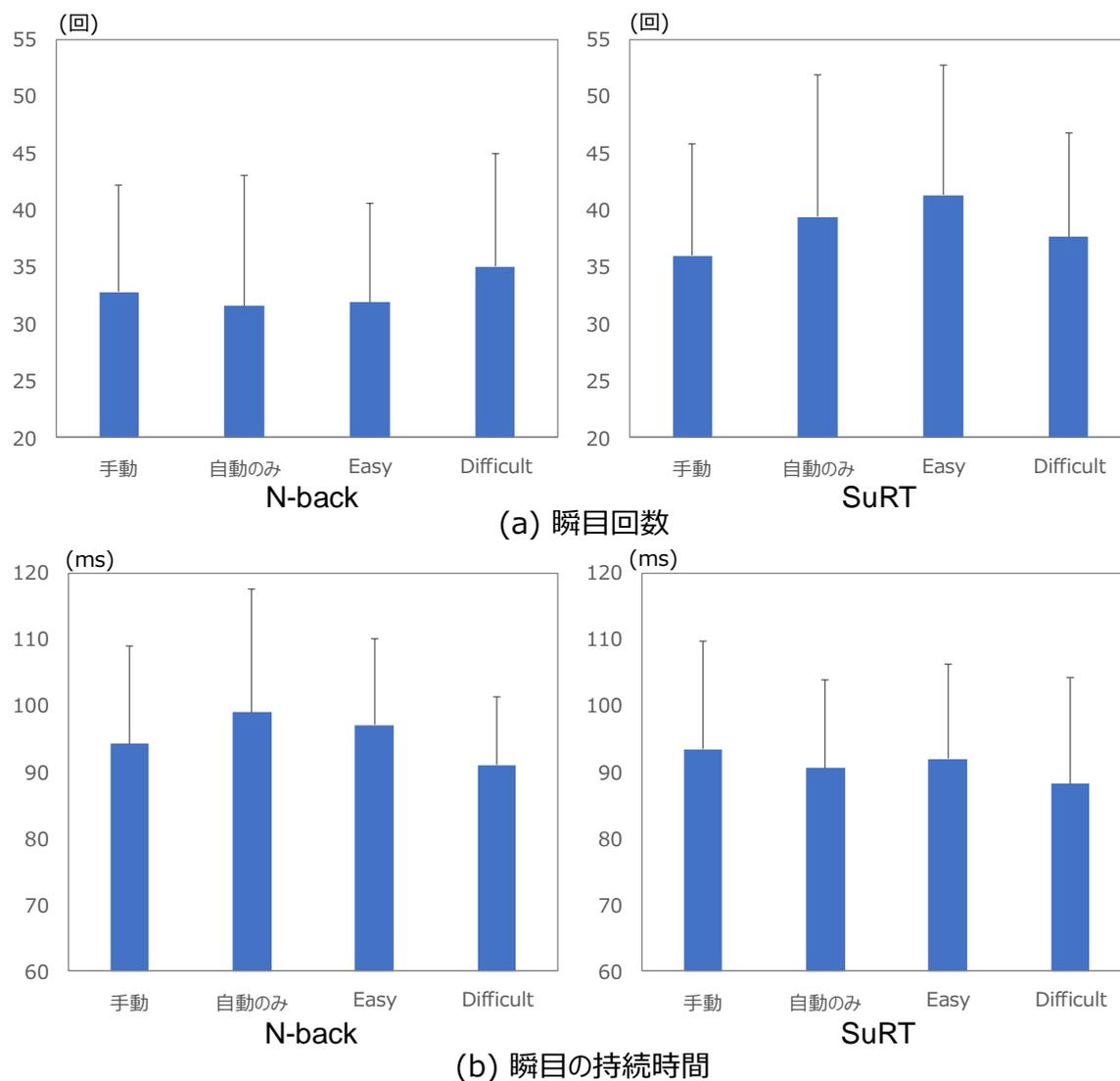


図 4-10 瞬きに関する結果

・ 視認割合

図 4-11 に視認割合に関する分析結果として、前方視認割合、1 回あたりの注視持続時間（フロントガラスまたは車載ディスプレイ）を示す。SuRT 課題を実施する条件では、SuRT 課題中は車載ディスプレイを注視するため、前方への視認割合は減少する。課題が難しいほど、1 回あたりの車載ディスプレイへの注視持続時間は長くなり、そのために前方視認割合はより減少する結果であった。一方、N-back 課題では、課題が難しいほど周囲に視線を移動させることは減り、前方（フロントガラス）への 1 回あたりの注視持続時間はより長くなる結果であった。

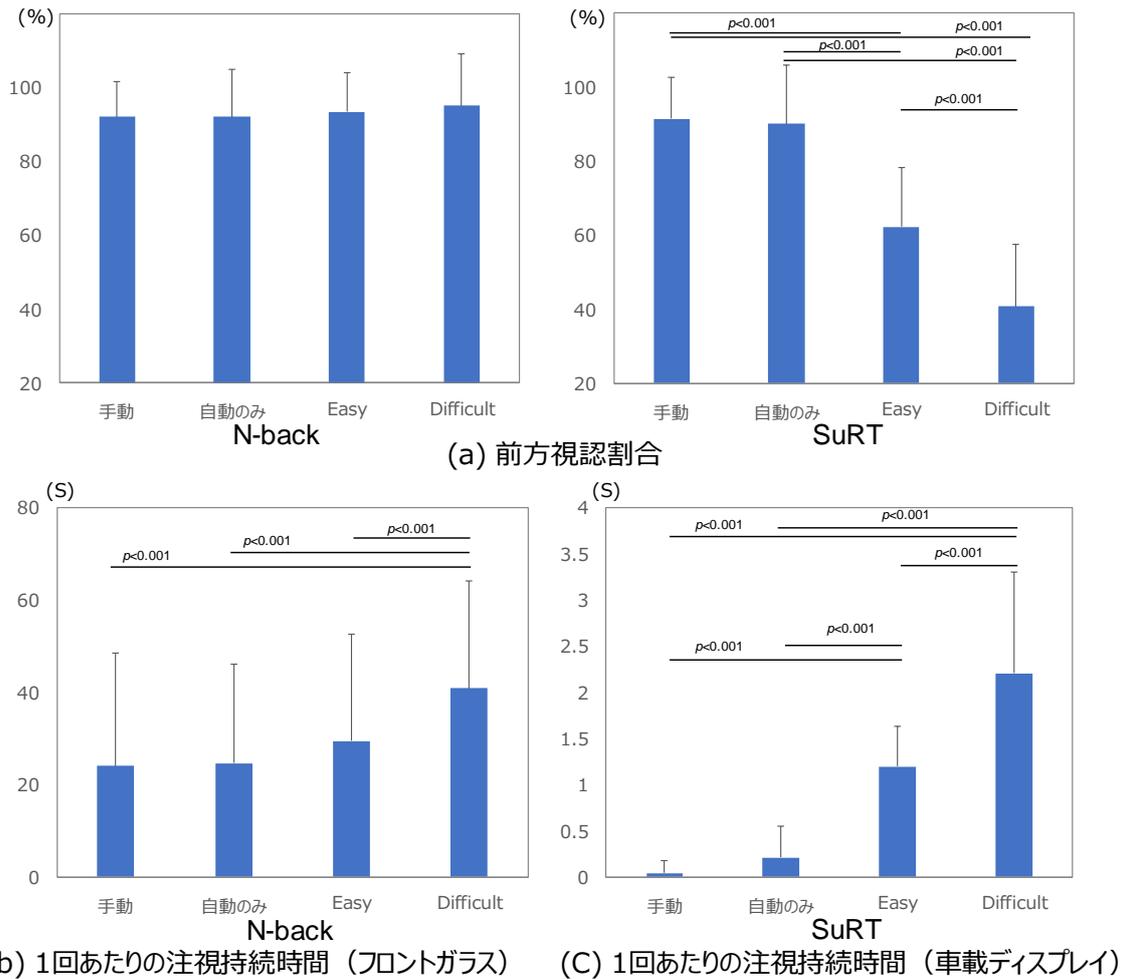


図 4-11 視認割合に関する結果

- ・ P2-N1 振幅：課題非関連プローブ法
- ・ P1-N0 振幅：EFRP（眼球停留関連電位）

脳波の解析から得られる指標として、課題非関連プローブ法による P2-N1 振幅と、眼球停留関連電位による P1-N0 振幅を算出した。図 4-12 に示すように、N-back 群の自動のみでは、運転課題に集中していなかった可能性を表す結果であった。SuRT 群では、EFRP で SuRT 課題条件とそれ以外の条件で差が見られた。SuRT 課題の際には前方と車載ディスプレイと視線移動を伴うため、サッカードが視覚情報に停留しても相対的に視覚情報処理活動が低下していた(十分な視覚情報を取り込めない内に視線移動をしなければならなかった)可能性が示唆される。

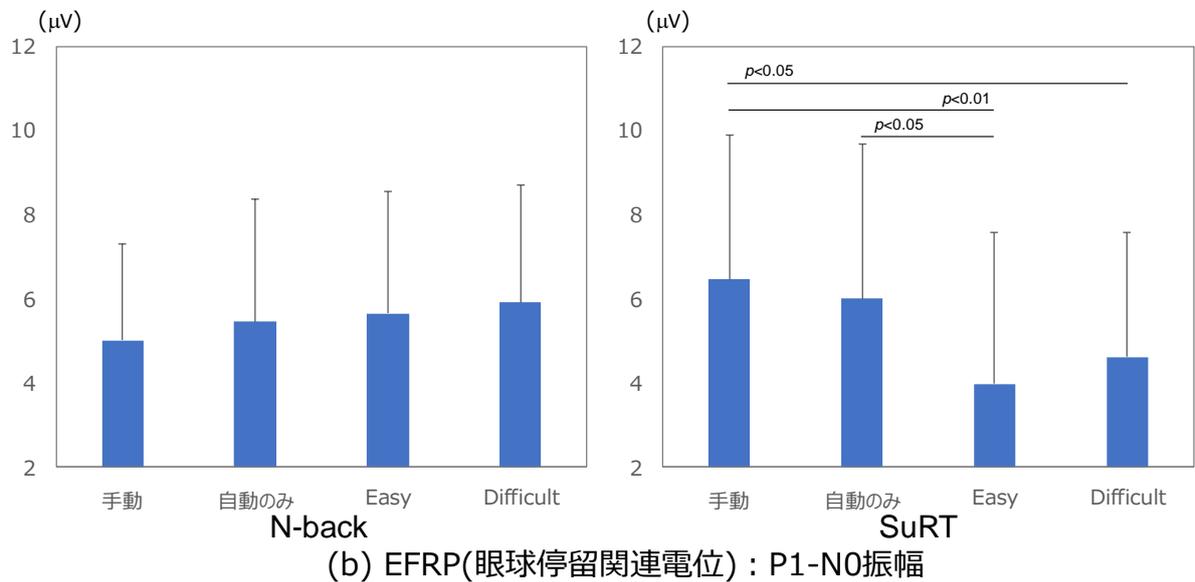
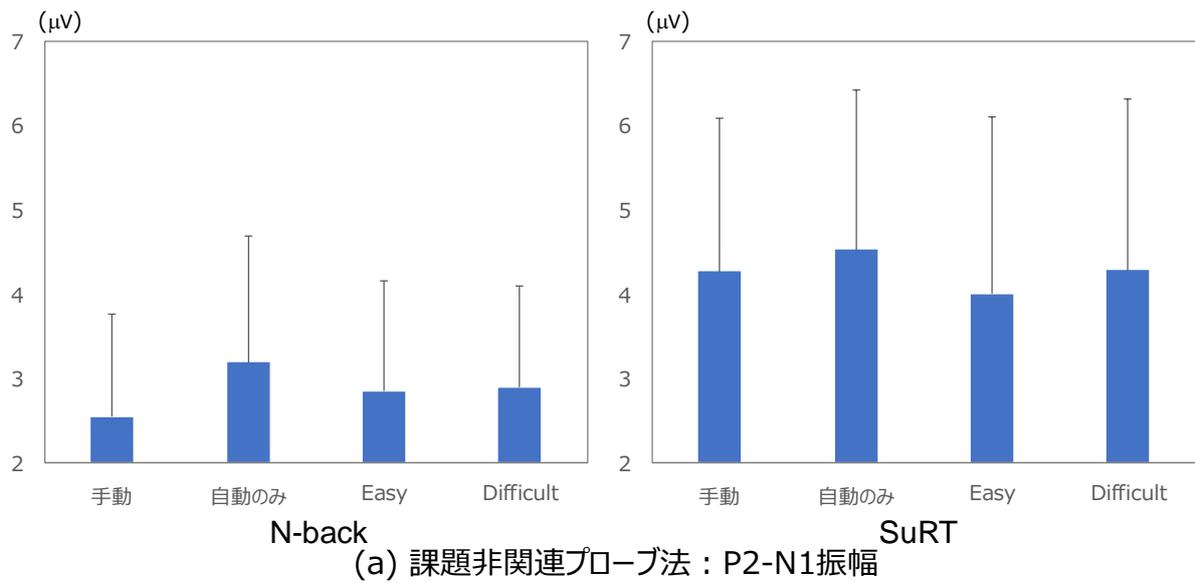


図 4-12 脳波から得られる指標の結果

・ 運転行動

図 4-13～図 4-16 に RtI 提示後からパイロンを回避するための車線変更までの運転行動の結果を示す。RtI の提示からステアリングを持つまでの時間、および最大ステアリング舵角までの時間では、手動運転に比べて自動のみや自動運転+サブタスク条件にて、より長くなる結果が示された。本実験では自動走行中にステアリングの下方に手を添えていたが、ステアリングの持ち替えやステアリング操作に当たってサブタスクをやっていたり、自動走行のみの場合でも時間を要していたことが示唆される。操舵速度と車線変更時のパイロンまでの余裕時間は、自動走行中のドライバー状態によって有意差の

見られた指標が異なり、SuRT 課題では操舵速度に差が見られ、N-back 課題では車線変更時のパイロンまでの余裕時間に差が見られた。

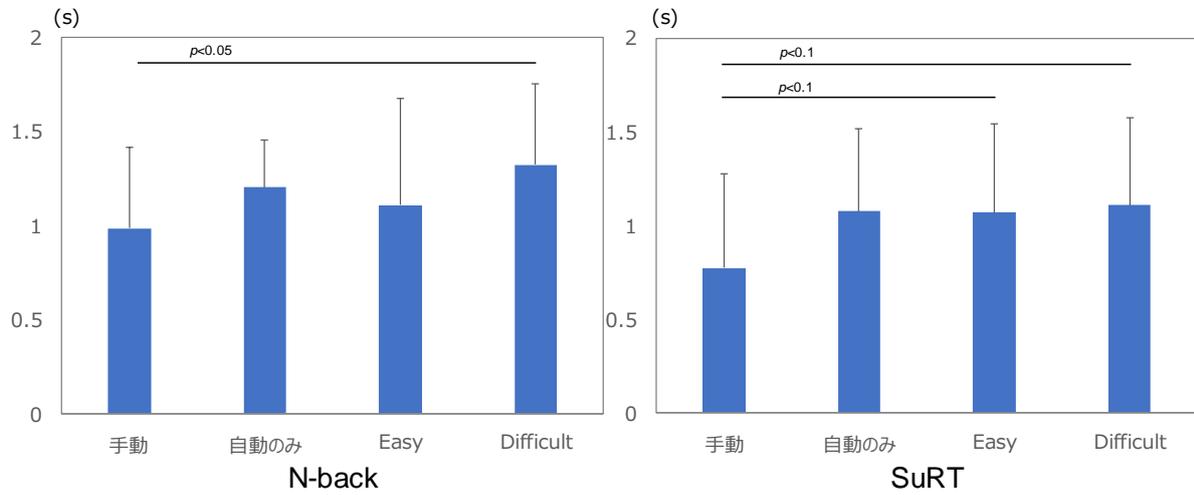


図 4-13 RtI 提示からステアリングを持つまでの時間

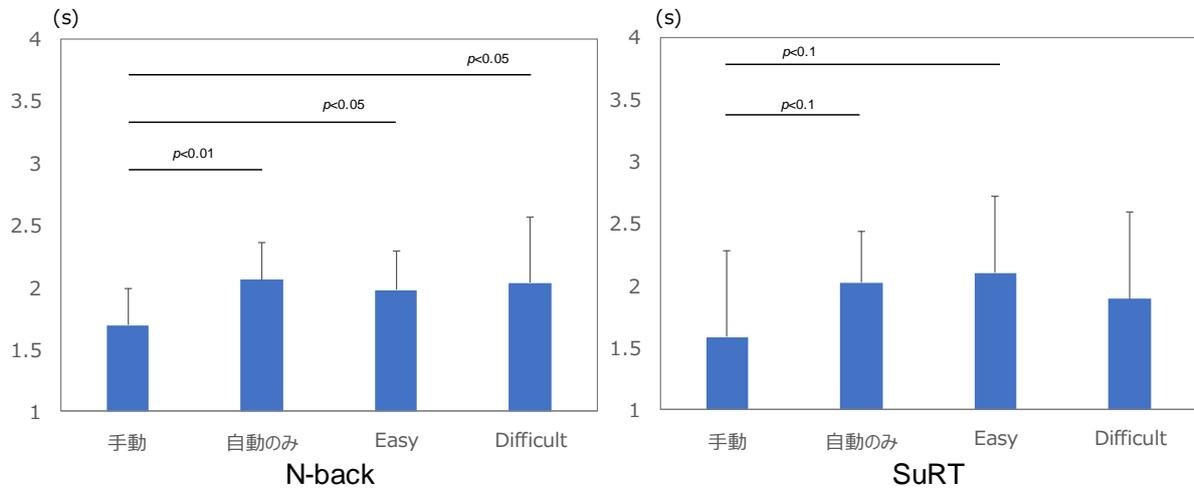


図 4-14 RtI 提示からステアリングの最大舵角に切るまでの時間

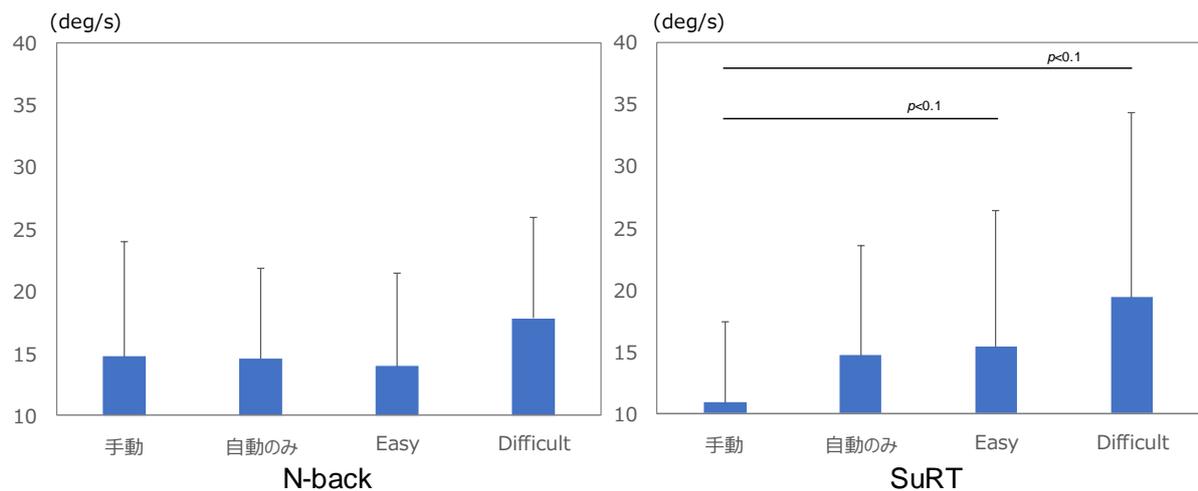


図 4-15 ステアリング最大舵角までの操舵速度

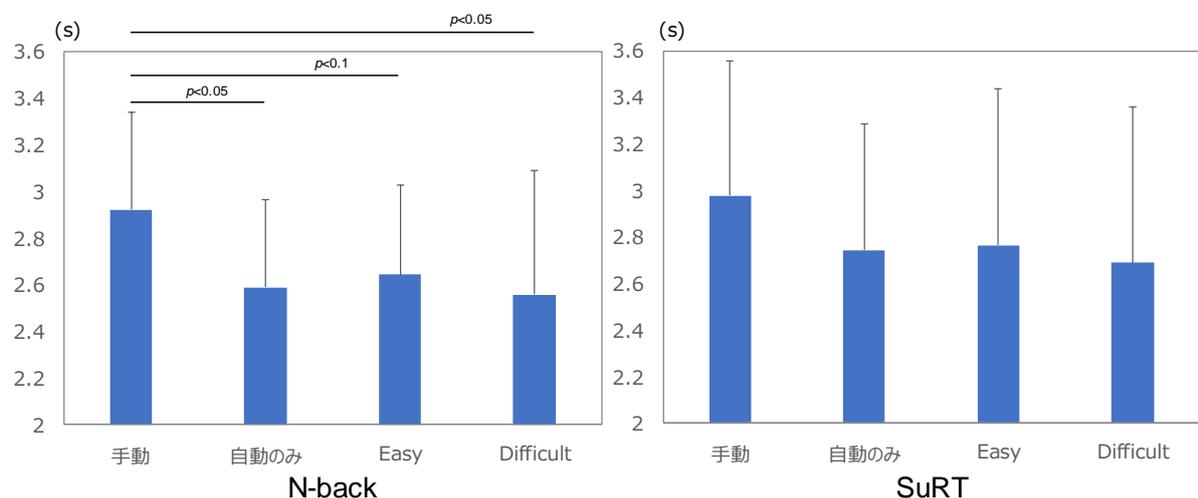


図 4-16 車線変更時のパイロンまでの余裕時間

図 4-17 に自動走行中のドライバーの覚醒度と RtI 提示後の運転行動との関連性に関する結果を示す。サブタスク群に関係なく、自動走行のみの条件での実験被験者の PERCLOS を算出し、RtI 提示後の運転行動の結果との関係を分析した。

本テストコース実験では、PERCLOS により自動走行中の覚醒度として 3 段階が得られた。それぞれの段階での RtI 提示後からステアリングを持つまでの時間、操舵速度、車線変更時のパイロンまでの余裕時間を比較したところ、覚醒度の 3 段階での有意差は見られなかった。車線変更時のパイロンまでの余裕時間の結果は、覚醒度がより低下しているほど余裕時間が短くなる傾向が示され、N-back 課題での結果を類似したものであった。

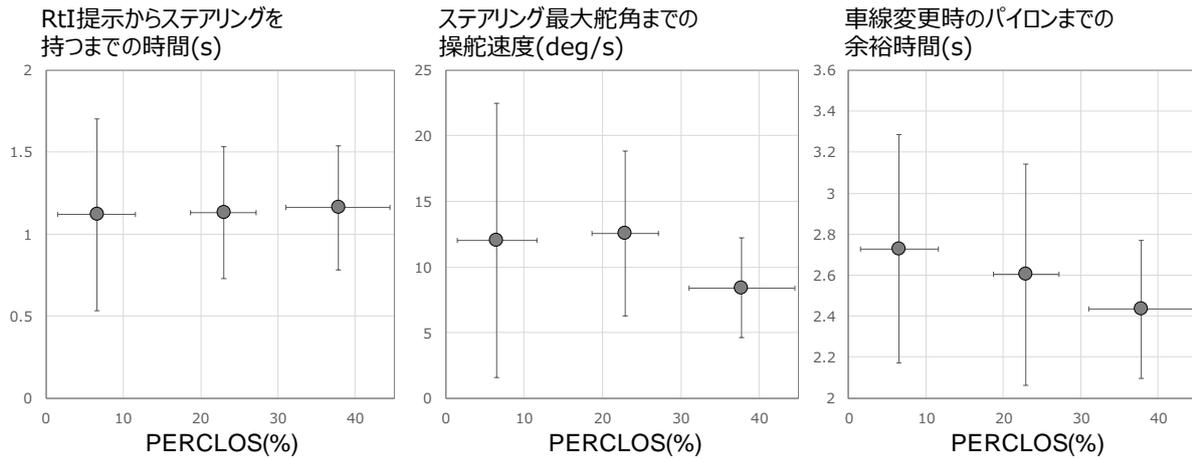


図 4-17 自動走行中の PERCLOS と RtI 提示後の運転行動

・ NASA-TLX

図 4-18 から図 4-23 までに、NASA-TLX について N - Back タスクを課した被験者における 4 条件間の比較をした結果を示す。各群の分布について、Shapiro-Wilk の検定により、正規性が全て棄却されたため、Kruskal-Wallis 法を使用した。等分散性の検定を行うと、Q1 の精神的負担、Q3 の時間的圧迫、Q4 のパフォーマンス、Q5 の努力において、手動運転と高難易度の N-Back タスク条件で有意差を確認した。

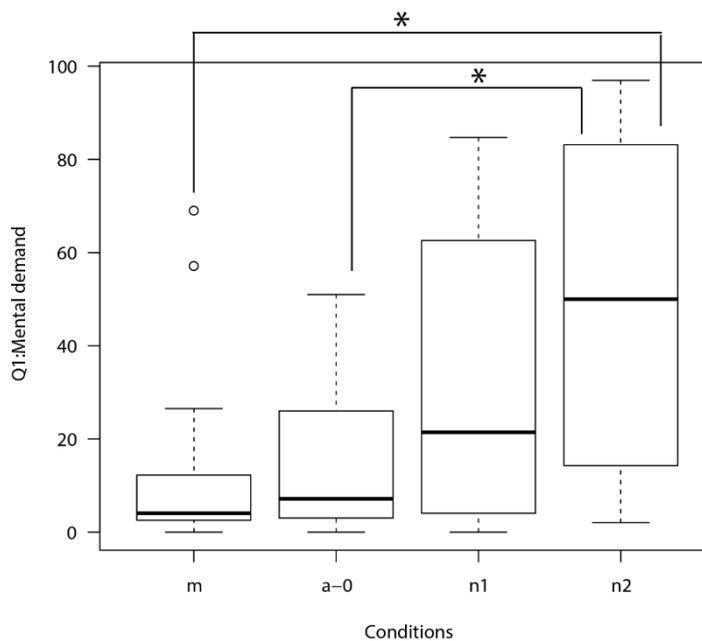


図 4-18 NASA-TLX (質問 1: 精神的負担)

図中の \* は、Steel-Dwass 検定の結果、 $p < 0.05$  となった部分を示している。  
 (横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、  
 n1 は N - Back 課題で低難易度の 1 - back 条件、n2 は N-Back 課題で高難易度の  
 2 - back 条件を表す。)

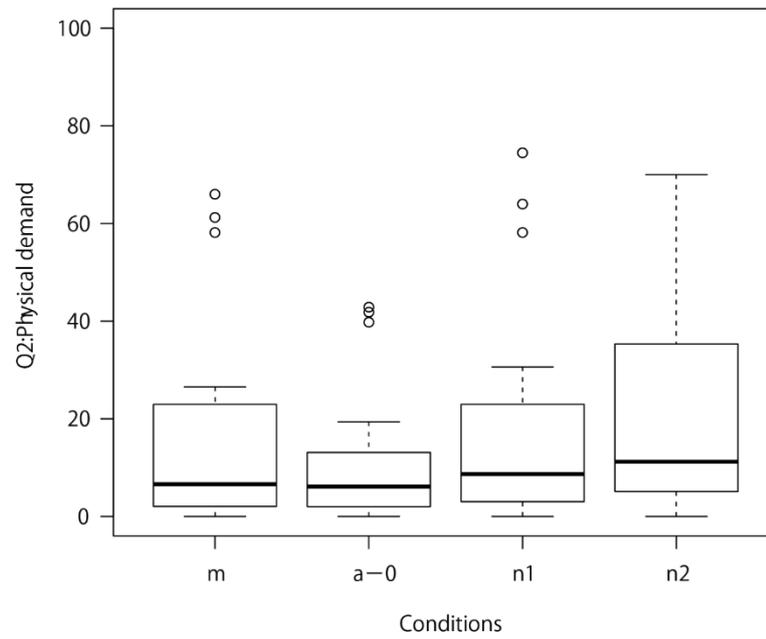


図 4-19 NASA-TLX (質問 2: 身体的負担)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、  
 n1 は N - Back 課題で低難易度の 1 - back 条件、n2 は N-Back 課題で高難易度の  
 2 - back 条件を表す。

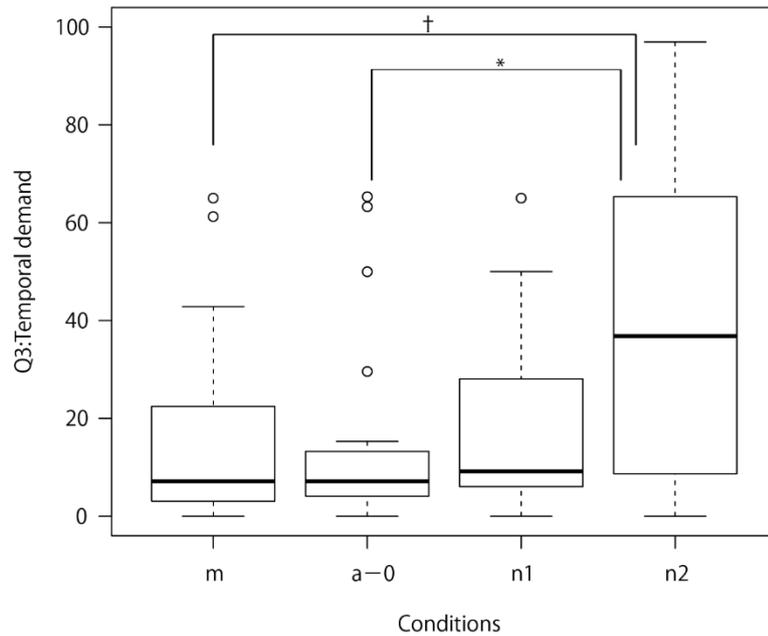


図 4-20 NASA-TLX (質問 3: 時間的圧迫)

図中の \* は、Steel-Dwass 検定の結果、 $p < 0.05$  となった部分を示している。図中の † は、 $p < 0.1$  となった部分を示している。(横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、n1 は N - Back 課題で低難易度の 1 - back 条件、n2 は N-Back 課題で高難易度の 2 - back 条件を表す。)

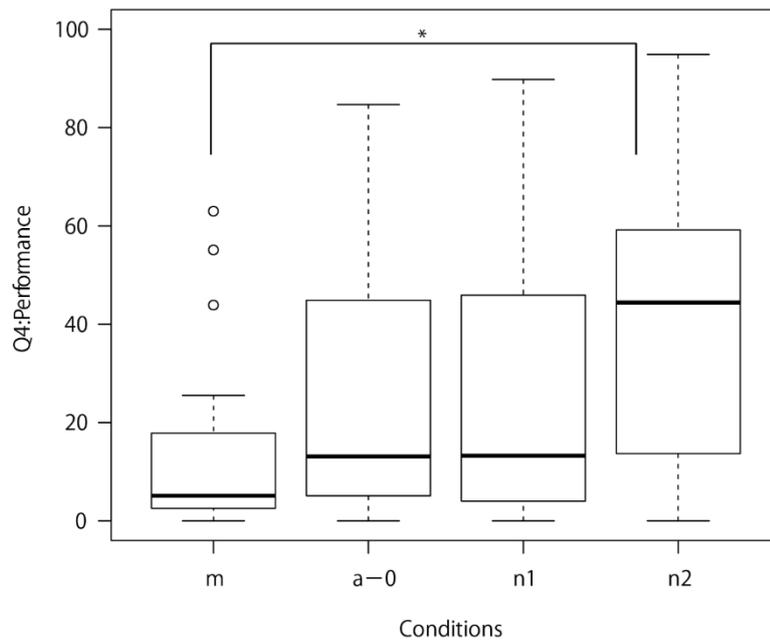


図 4-21 NASA-TLX (質問 4: パフォーマンス。)

図中の \* は、Steel-Dwass 検定の結果、 $p < 0.05$  となった部分を示している。

横軸は条件であり、mは手動運転条件、a-0は自動運転でサブタスクなし条件、n1はN-Back課題で低難易度の1-back条件、n2はN-Back課題で高難易度の2-back条件を表す。

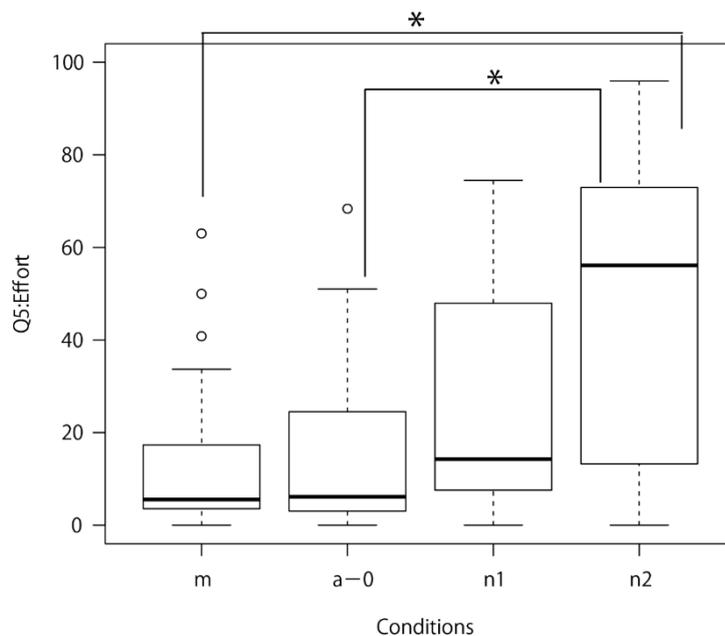


図 4-22 NASA-TLX (問 5: 努力)

図中の \* は、Steel-Dwass 検定の結果、 $p < 0.05$  となった部分を示している。(横軸は条件であり、mは手動運転条件、a-0は自動運転でサブタスクなし条件、n1はN-Back課題で低難易度の1-back条件、n2はN-Back課題で高難易度の2-back条件を表す。)

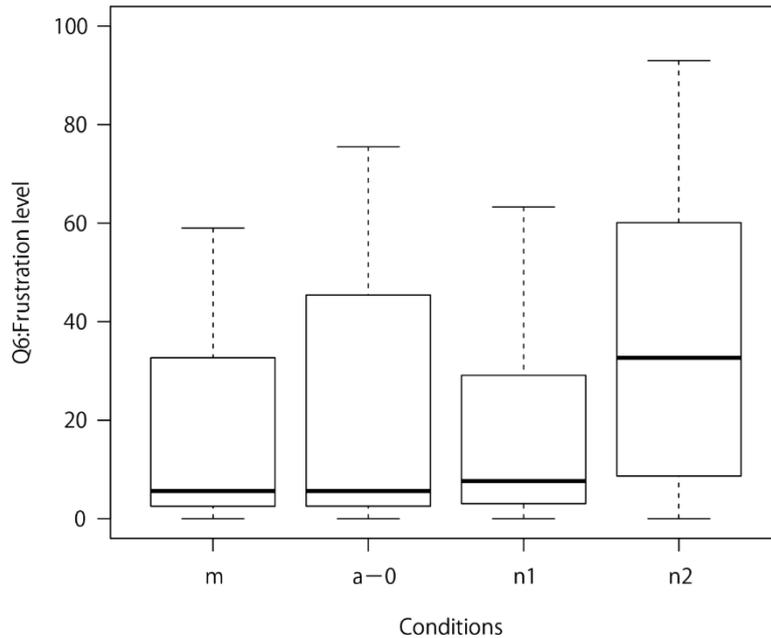


図 4-23 NASA-TLX (質問 6: フラストレーション)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、n1 は N - Back 課題で低難易度の 1 - back 条件、n2 は N-Back 課題で高難易度の 2 - back 条件を表す。

SuRT タスクに割り当てられた被験者に対しても、NASA-TLX の各項目に対して 4 条件の分布を比較した箱ひげ図を作成した。その結果を、図 4-24 から図 4-29 に示す。各指標に対して、Shapiro-Wilk 検定を行った結果、NASA-TLX の全ての項目において、帰無仮説（データが正規分布に従っている）が棄却されたため、ノンパラメトリックの Kruskal-Wallis 法を用いた。その結果、条件間での有意差は見られなかったものの、SuRT 課題で高難易度の条件は、手動運転条件や自動運転でサブタスクなし条件に比べて、どの項目も高い結果であった。

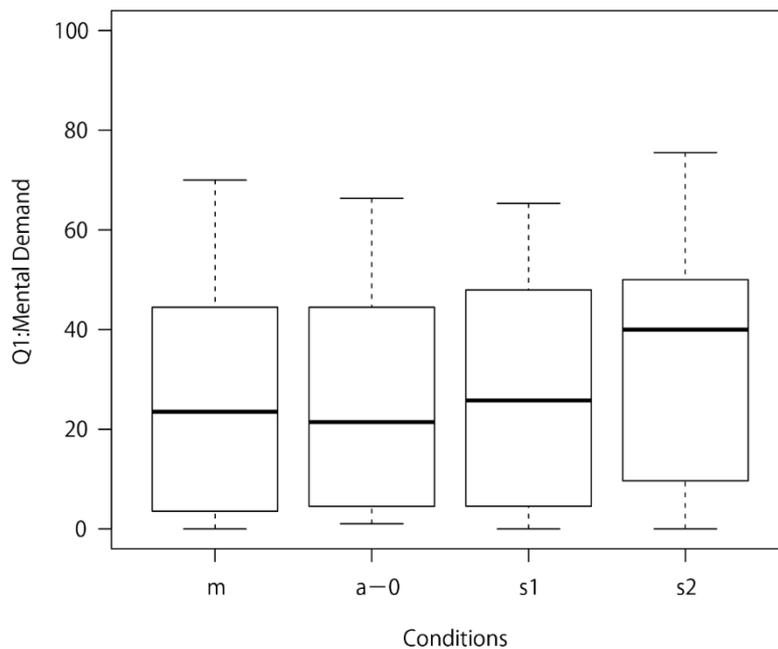


図 4-24 NASA-TLX (質問 1 精神的負担)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

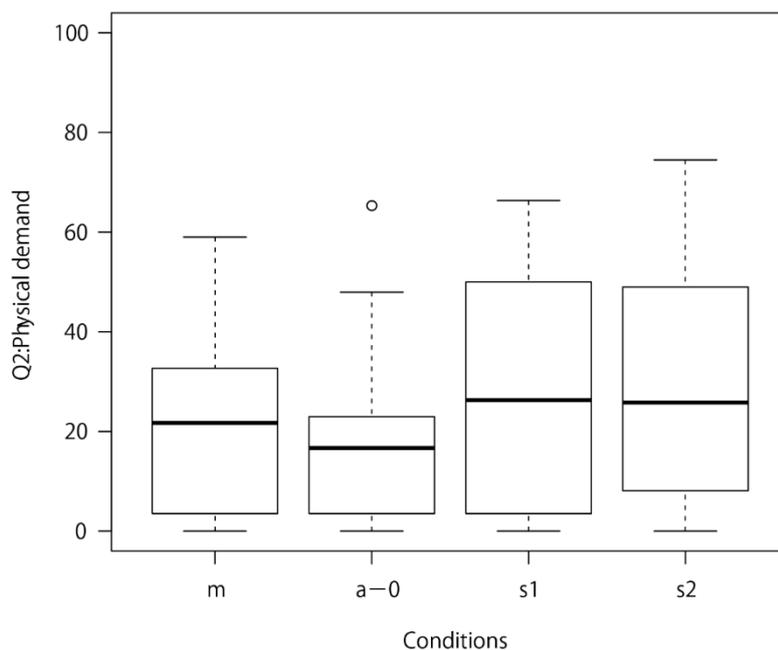


図 4-25 NASA-TLX (質問 2: 身体的負担)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

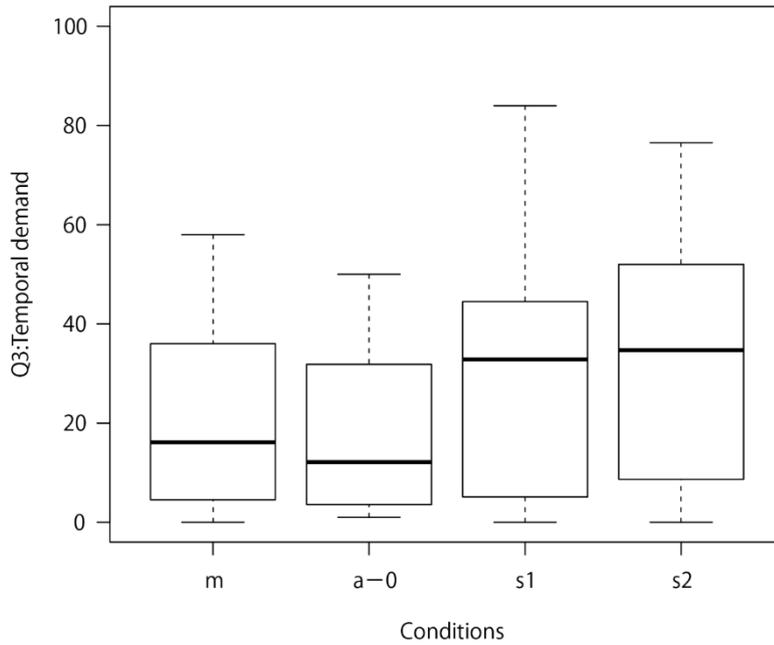


図 4-26 NASA-TLX (質問 3: 時間的圧迫)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

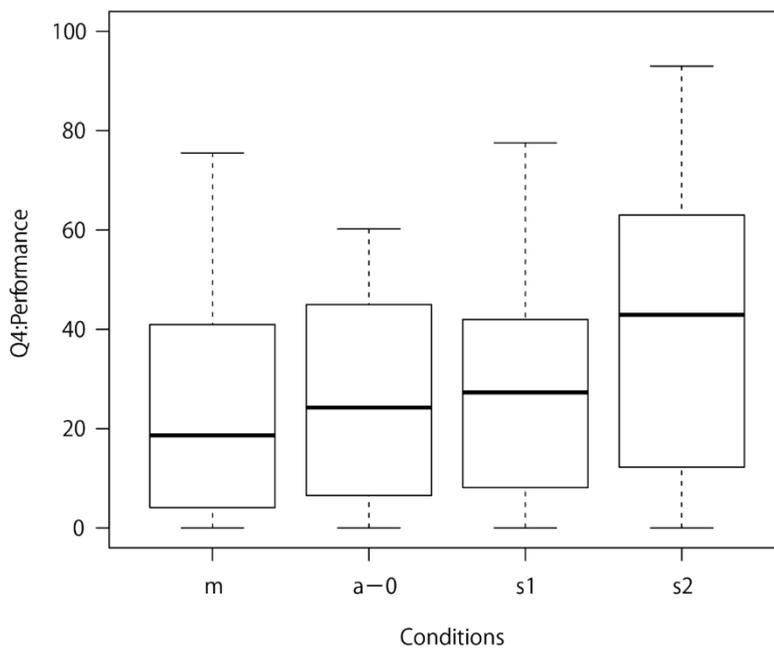


図 4-27 NASA-TLX 質問 4: パフォーマンス

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

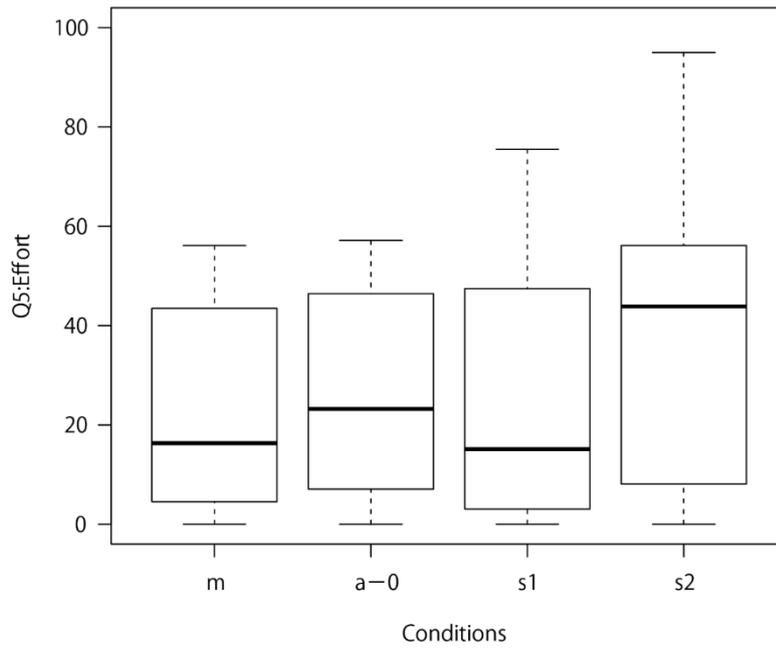


図 4-28 NASA-TLX (質問 5: 努力)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

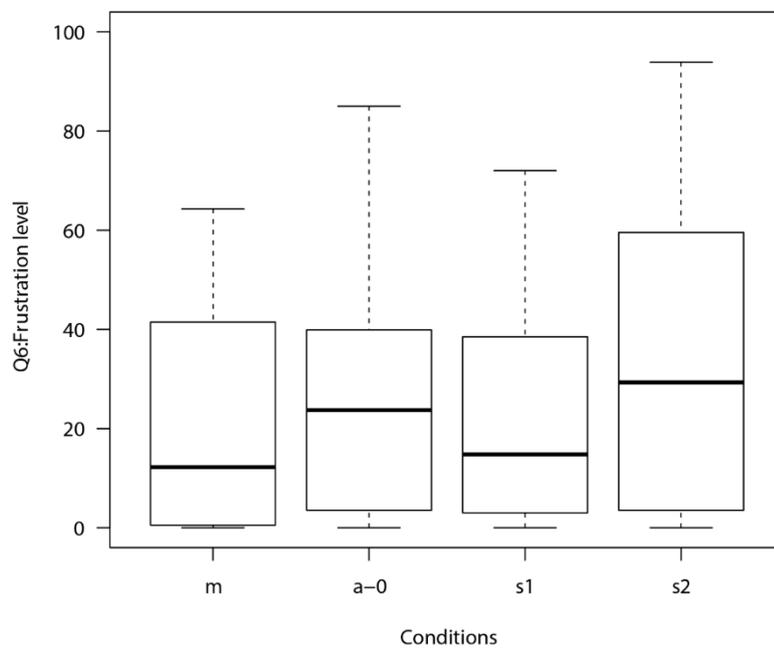


図 4-29 NASA-TLX (質問 6: 葛藤)

横軸は条件であり、m は手動運転条件、a-0 は自動運転でサブタスクなし条件、s1 は SuRT 課題で低難易度の条件、s2 は SuRT 課題で高難易度の条件を表す。

・疲労感、眠気尺度

Kruskal-Wallis 検定の結果有意であったものは、N-Back 条件における疲労感 VAS であった。Steel-Dwass の検定の結果、自動運転タスク無し条件(a-0)と Nバックタスク高難易度(n2、 2 back タスク条件)の間に有意傾向が見られた。Kruskal-Wallis 検定の結果、有意傾向(p<0.1)であったものは、N-Back グループにおけるパイロン回避の難易度と N-Back グループにおける KSS-J であった。Steel-Dwass 検定の結果、パイロン回避の難易度においては、自動運転タスク無しと手動運転の間で有意差が見られた。これは、アラート前から運転準備ができている手動条件は、高難易度の数字記憶課題という強い意識の脇見を行っている場合の運転復帰のしにくさに対して、明確に異なる条件になるように統制することができた事を示している。

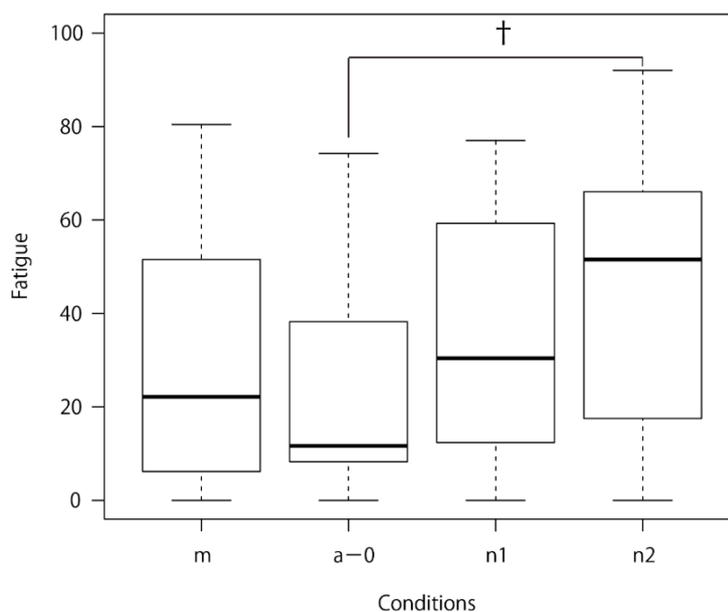


図 4-30 疲労感

VAS (Visual analogue scale)の N-Back タスクグループ内の 4 条件間の比較。自動運転タスクなし a-0 と自動運転で高難易度数字記憶課題ありの間で有意な差が見られる傾向が見られた。

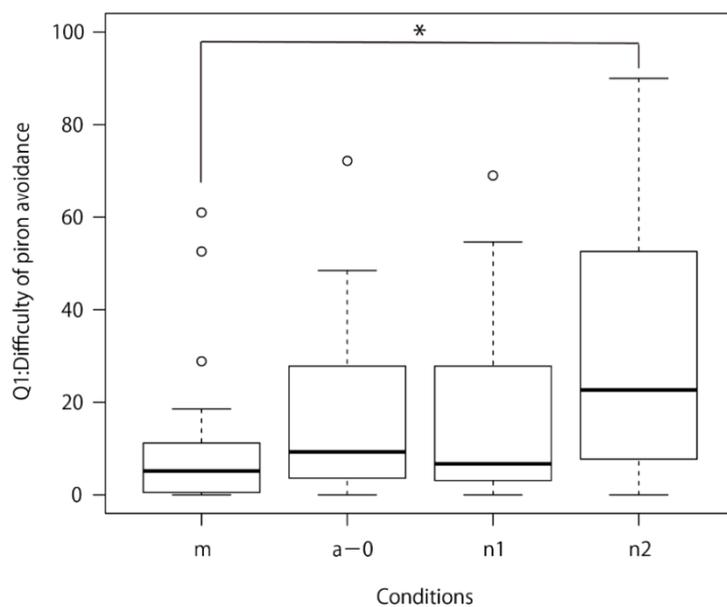


図 4-31 パイロン回避の難易度についての回答の N-Back タスクを課されたグループの 4 条件間の比較。

手動運転条件 m と高難易度 N-Back 条件 n2 の間で有意差が見られた。

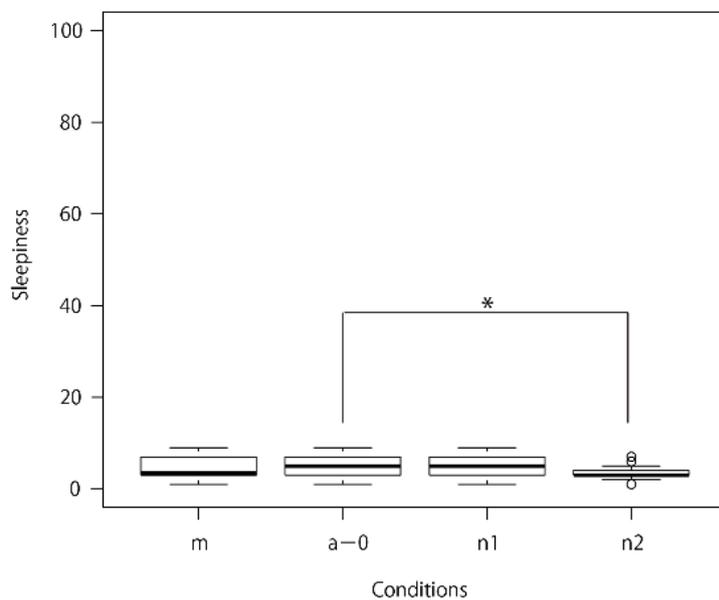


図 4-32 KSS-J(カロリンスカ眠気スケールの日本語版)における N-Back 条件の 4 条件間の比較。

自動運転タスクなし (a-0) と自動運転高難易度数字記憶課題を与えた条件の間で有意差が確認された。

---

---

サブタスク難易度の比較を条件ごとに対して分析すると、N-Back 課題グループ、SuRT グループの双方にとって、サブタスク難易度が高いほど、主観的にサブタスクをより難しいと感じられていることが明らかになった。

さらに、走行後の体調として、気持ち悪さ、目の疲れやかすみ、めまいやフラフラ感、次回の走行はしても大丈夫か、参加したくないかを質問した。これは、Chalder Fatigue Scale と似た形式で左右に広がる回答領域を四つの区分に分けてそれぞれ左端を問題ない、右端をひどく問題があるという団塊としたときにどのくらいの状態であるかを縦線等で申告させるフリースケールの質問となっている。これらは、いずれの指標も Kruskal-Wallis 検定の結果、N-Back 条件でも SuRT 条件でも有意差が見られなかった。

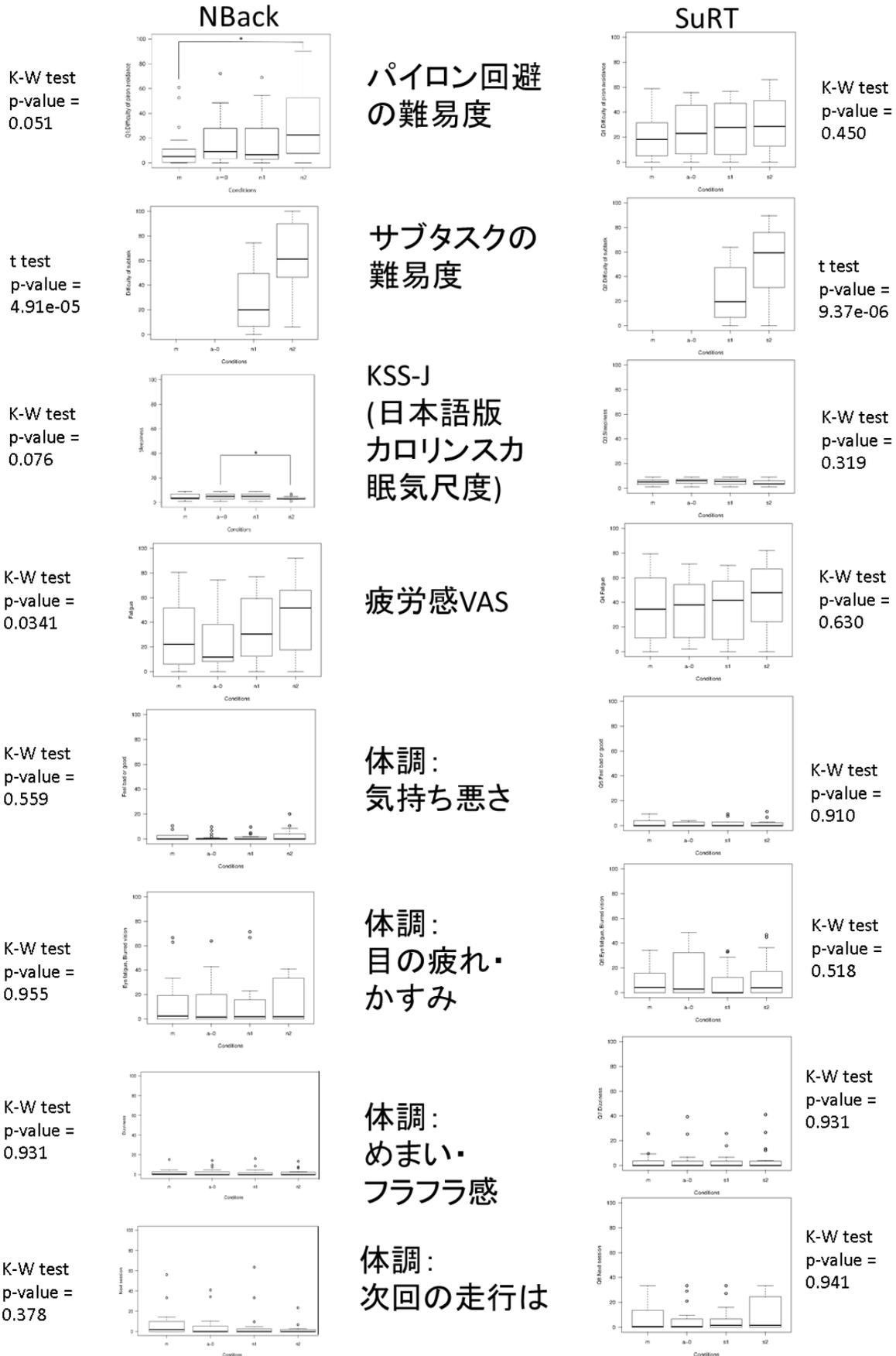


図 4-33 実験内容・体調の質問の4条件間の比較

---

---

## (2) ドライバー状態維持のための HMI 基本要件の策定: 覚醒度維持 HMI の効果検討

自動運転レベル 2、3 では、システム機能不全時に手動運転に安全に切り替え可能な状態に Readiness レベルを維持することが重要である。また、Readiness レベルが運転切り替えのレベルより低下した場合には、Readiness レベルを適切な状態まで回復することが望まれる。

そこで、自動走行中のドライバーの Readiness レベルを維持・回復するための HMI を検討した。本年は 2 種類の HMI の効果について、ドライビングシミュレータによる走行実験で評価した。一つ目の HMI は、自動走行中に短時間の手動運転が挿入される HMI であった。二つ目の HMI は、自動走行中にドライバーに冷風と振動による体性感覚刺激を与える HMI であった。自動走行から予告なしに RtI が発生した場合の、昨年度の研究から導出された Readiness レベルを反映する生理指標と運転行動成績を計測した。これらの指標について、HMI が導入された自動走行と導入されなかった自動走行で比較し、Readiness レベルの維持・回復に対する HMI の効果を評価した。

### 実験 1

Readiness レベルの維持・回復を図る HMI について、自動走行中の短時間の手動運転挿入の効果を検討した。そのために、ドライビングシミュレータによる約 30 分間の自動走行実験を行い、自動走行中に約 10 分間の手動運転が挿入された走行条件と挿入されなかった走行条件を比較した。約 30 分間の走行終了時に予告なく RtI が発生する走行シナリオを用い、RtI に対する運転行動成績、Readiness レベルを反映する生理指標、ならびに眠気の主観報告から、手動運転挿入による HMI の効果を評価した。実験には産業技術総合研究所自動車ヒューマンファクター研究センターが所有する 6 軸モーション型ドライビングシミュレータ（三菱プレジジョン製）を使用した。

### 被験者

合計 115 名（男性 60 名、女性 55 名）が参加した。平均年齢は 44.6 歳（最高年齢 75 歳、最少年齢 18 歳）だった。HMI あり条件と HMI なし条件には異なる被験者が参加し、HMI あり条件は 29 名（男性 14 名、女性 15 名、平均年齢 44 歳、最高年齢 71 歳、最少年齢 20 歳）、HMI なし条件は 86 名（男性

---

---

46名、女性40名、平均年齢44.8歳、最高年齢75歳、最少年齢18歳）が参加した。年齢群について、HMIあり条件では、30歳未満6名、30歳代6名、40歳代5名、50歳代6名、60歳以上6名だった。HMIなし条件では、30歳未満17名、30歳代17名、40歳代18名、50歳代17名、60歳以上17名だった。被験者の要望により途中で実験を中断した3名（30歳代の女性1名と40歳代の女性2名。全員HMIなし条件）を除く112名のデータを分析した。

### 実験シナリオ

実験走行の開始前に、ドライバーには「(1) 自動走行システムがどのようなものであるのか（どこを自動で制御してくれるのか）、(2) 自動運転で走行中も実世界での運転と同じように、安全を確保するようにすること（自動運転システムレベル2を想定）、(3) 自動走行システムが切れた後は時速60km追い越し時以外は左車線を手動運転すること（RtIの情報提示内容についても教示）、(4) 自動走行中は両手とも太ももの上へのせ、両足ともフロアにつけておくこと」等を教示した。

1周5100mの周回コースである片側2車線の自動車専用道路にて、左車線を時速60kmで自動走行した。時速30kmと90kmで走行する他車両50台（うち反対車線25台）も同時に走行した。自車両は先行車両の追い越し時に右車線に移動し、追い越し後は左車線に戻った。

最初に「自動運転を開始しました」というアナウンスがスピーカーを呈示し、自車両の自動走行を開始した。同時にインパネ中央に図4-34左のアイコンを呈示した。また、Head up displayを模した標示として正面スクリーンに「START」という赤い文字列を5秒間呈示した。



自動運転中



手動運転中

図 4-34 走行モードを示すインストルメンタルパネル上のアイコン

実験走行は2回行った。1回目の実験走行は200秒間、2回目の実験走行は1875秒間走行した。いずれの走行も自動走行で開始し、走行終了20秒前（1回目：走行開始180秒後、2回目：走行開始1855秒後）に予告なくRtIが発生して手動運転に切り替わった。このとき、「運転交代」というアナウンスを呈示すると同時に、インパネ中央のアイコンが図4-34右に変化して1Hzで点滅した。また、RtI発生と同時に100m前方（TCC=6秒）の左車線に停止車両が出現した。RtI発生20秒後に実験走行が終了した。

HMIあり条件では、2回目の実験走行中に手動運転を挿入した。手動運転への切り替え予告として、走行開始590秒後に「手動運転に切り替えます。準備してください。」というアナウンスを呈示した。さらに20秒後（走行開始610秒後）に「運転交代」というアナウンスを呈示すると同時に、インパネ中央のアイコンが図4-34右に変化して1Hzで点滅した。手動運転時は時速60km以上には加速しなかった。手動運転切り替えから620秒後（走行開始1230秒後）、Head up displayを模した標示として正面スクリーンに「Ready」という赤い文字列を呈示した。それから3秒以降に左車線中央を時速60kmで走行した時点で、手動運転から自動走行に切り替わった。同時に「自動運転を開始しました」というアナウンスを呈示して、インパネ中央に図4-34左のアイコンを呈示した。

全ての被験者は、実験走行の開始前に手動運転の練習を480秒間走行した。走行の最後に左車線に停止車両が出現した。また、HMIなし条件に参加した

---

---

被験者のうち 55 名（男性 30 名、女性 25 名）は、180 秒間の自動走行（サブタスク）を 1 回目の実験走行前あるいは後に行った（順番はカウンターバランス）。自動走行（サブタスク）では、「脇見」を誘発するための SuRT 課題（高難易度条件）か、「意識の脇見」を誘発するための N-back 課題（高難易度）のいずれかをサブタスクとして自動走行中に実施した。自動走行（サブタスク）は、昨年度の研究で導出された「脇見（視覚的注意の散漫状態）」および「意識の脇見（認知的注意の散漫状態）」の生理指標である眼球・瞬目運動を検出するために試作された据置型顔/視線移動検知仕様評価器の精度確認と向上が目的の走行のため、本実験では分析の対象外とした。

ドライバー状態の計測項目と評価指標

#### 【主観評価】

走行終了直後に日本語版カロリンスカ眠気尺度(Kaida et al., 2006)による主観的な眠気評価を実施した。

#### 【運転行動データ】

産総研ドライビングシミュレータにて、手動運転でも自動走行中でも同様の運転行動データを計測した。手動運転の場合、ドライバーは、実車と同様にステアリング、アクセルペダル、ブレーキペダルを操作した。自動走行の場合、これらの操作はシステムが自動で制御した。これらの操作データは、自車の位置座標や速度、他車との位置関係などの車両データと共に、サンプリングレート 120Hz でホスト計算機にて記録した。

RtI に対する運転行動成績を評価するため、昨年度の研究を参考に以下の指標を算出した。(1) RtI 発生からステアリングを右に 1°以上操作するのに要した時間（ステアリング反応時間）、(2) RtI 発生からブレーキペダルを 10%以上踏み込むのに要した時間（ブレーキ反応時間）、(3) RtI 発生からのステアリング反応時間とブレーキ反応時間の短い方の時間（能動的運転動作の反応時間）(4) 車線変更時（自車中心が車線境界線を越えた時点）の停止車両までの TTC、(5) 車線変更から 1 秒間のステアリング操作のばらつき（標準偏差の平均<sup>1)</sup>）。

#### 【サッカーボード】

---

<sup>1)</sup> 昨年度の報告書ではステアリング操舵角のベクトル変換値を分析に用いたが、本年度は数名の被験者がステアリングを 90°以上操作しベクトル変換が適応できなかったため、操舵角の値を用いて分析した。

---

---

---

本研究では脳波および眼電位の計測を行った。これらの生体電気信号は BrainProducts 社製 BrainAmp システムによって増幅した。脳波は国際 10-20 法に則って、AFz を接地電極として頭皮上 23 チャンネル (Fp1、Fp2、F7、F3、Fz、F4、F8、FCz、T3、C3、Cz、C4、T4、CPz、T5、P3、Pz、P4、T6、POz、O1、Oz、および O2) から導出した。また記録時のリファレンスは左耳朶として、右耳朶からの信号も記録した。眼電位は右眼の上下 (垂直方向) および左右眼裂外 (水平方向) から導出した。全ての電極インピーダンスは 10 K $\Omega$  以下であった。脳波および眼電位の信号は 1000 Hz でサンプリングし、デジタル信号として記録した。

水平眼電位の信号に基づいてサッカディック眼球運動の終了時点の特定を行った。サッカディック眼球運動の振幅はその終了時点の -150~100 ms 区間の平均電位をベースラインとして、終了後 0~50 ms 区間の平均電位の絶対値によって定義した。振幅の大きさによって 3 種類のサッカードに分類し、振幅 30~100  $\mu$ V を小サッカード、100~200  $\mu$ V を中サッカード、200  $\mu$ V~ を大サッカードとした。おおよそ振幅 100  $\mu$ V が視角 5~10 度のサッカードに相当していると考えられる。

昨年度の研究では、小サッカード回数は、脇見など視覚的注意が散漫になると増加し、意識の脇見など認知的注意が散漫になると逆に減少することが示されたため、Readiness レベルを反映する指標の一つとして導出された。また、大サッカード回数は車内外の視覚情報の確認頻度や脇見を反映すると考えられている (Chapman & Underwood, 1998)。そこで、RtI が発生する前の 2 分間の平均サッカード回数を Readiness レベル指標として計測した。

#### 【瞬目】

脳波計 (BrainProducts 社製 BrainAmp) を用いて、右目眼窩上下に装着した 2 つの電極を双極導出して眼電位を求めた。眼電位から瞬目に関するデータを取得した。眼電図を 1,000Hz のサンプリング周波数で計測し、0.05Hz の低域遮断フィルタ及び 30Hz の高域遮断フィルタを適用した。自作瞬目判定プログラムを使用して、瞬目の基準となる眼電位の変化を特定した。

覚醒度が低下するに従って瞬目にかかる時間が長くなることから、瞬目持続時間も覚醒度の指標と考えられる (Caffier et al., 2003; Ingre et al., 2006; Takeda et al., 2016; Tucker & Johns, 2005)。これは昨年度の研究でも確認され、覚醒度に関する Readiness レベルの指標の一つとして導出された。そこで、瞬目と見なされた場合における、RtI が発生する前の 2 分間の平均瞬目持続時間を Readiness レベル指標として計測した。

---

---

---

瞬目回数も覚醒度の指標になると考えられている。ただし、その関係は研究によって異なり、覚醒度の低下に伴って瞬目回数が増加するという報告もあれば(例えば Crevits et al., 2003)、逆に減少するという報告もある(例えば Atienza et al., 2004)。昨年度の研究では、覚醒度の低下に伴い瞬目回数の減少が認められた。そこで、瞬目持続時間と同様に、瞬目と見なされた場合において、RtI が発生する前の 2 分間の瞬目回数を Readiness レベル指標として計測した。

#### 【据置型顔/視線移動検知仕様評価器】

昨年度の研究から策定された仕様に基づき、ドライバー状態をモニタリングするための据置型顔/視線移動検知仕様評価器をダッシュボードに設置した。実験走行中のドライバーの各 Readiness 指標を記録した。

#### 実験結果

##### 【主観評価】

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、走行終了直後の日本語版カロリンスカ眠気尺度の結果を図 4-35 に示す (実験走行 2 回目 (HMI なし) に参加した被験者 1 名のデータは欠損)。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目は HMI の有無にかかわらず、実験走行 1 回目より眠気尺度値が高いことが認められた (HMI なし :  $t(82) = 2.31$   $p < .001$ 、HMI あり :  $t(27) = 2.80$ ,  $p < .001$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) の結果について、対応のない t 検定で分析した結果、眠気尺度値に有意差は認められなかった ( $t(109) = 0.59$ ,  $p > .55$ )。以上より、約 3 分間の自動走行直後と比較して約 31 分間の自動走行直後は主観的な眠気が高くなることと、途中で手動運転を約 10 分間挿入しても主観的な眠気には影響しにくいことが示唆された。

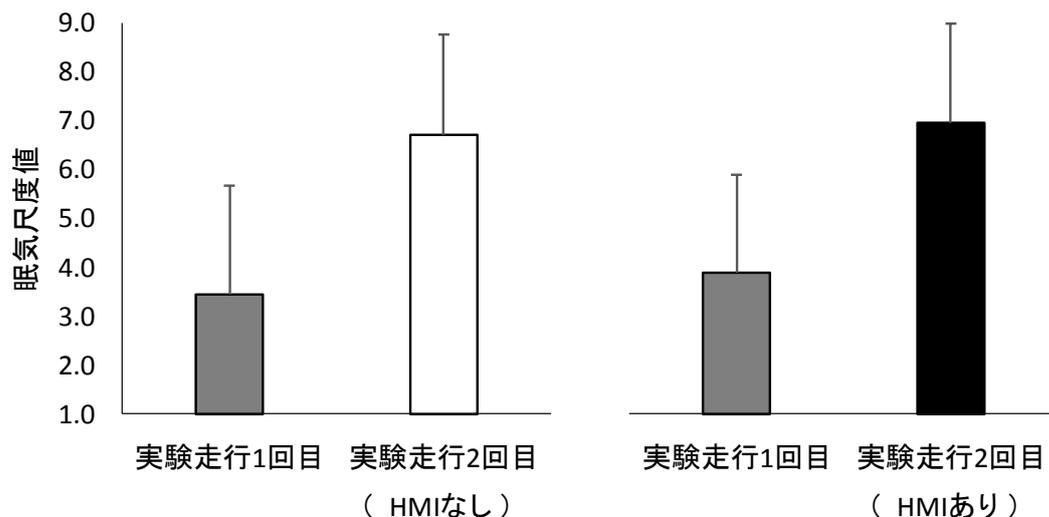


図 4-35 日本語版カロリンスカ式眠気尺度の結果。エラーバーは標準偏差。

#### 【運転行動データ】

##### 1. RtI 発生からのステアリング反応時間

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、RtI 発生からステアリングを  $1^\circ$  以上右に回転させるのに要した平均時間を図 4-36 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目 (HMI なし) は実験走行 1 回目との間に有意差は認められなかった ( $t(82) = 1.54, p > .12$ )。一方、実験走行 2 回目 (HMI あり) と実験走行 1 回目との間には、ステアリング反応時間の差に有意傾向が認められた ( $t(27) = 1.97, p < .06$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差が認められた ( $t(110) = 2.20, p < .03$ )。以上より、約 30 分の自動走行中に約 10 分間の手動運転が挿入される HMI があると、自動走行後に不意に RtI が発生した場合に、HMI がない場合や 3 分間の自動走行と比べて、車線変更のためのステアリング操作が遅延することが示唆された。

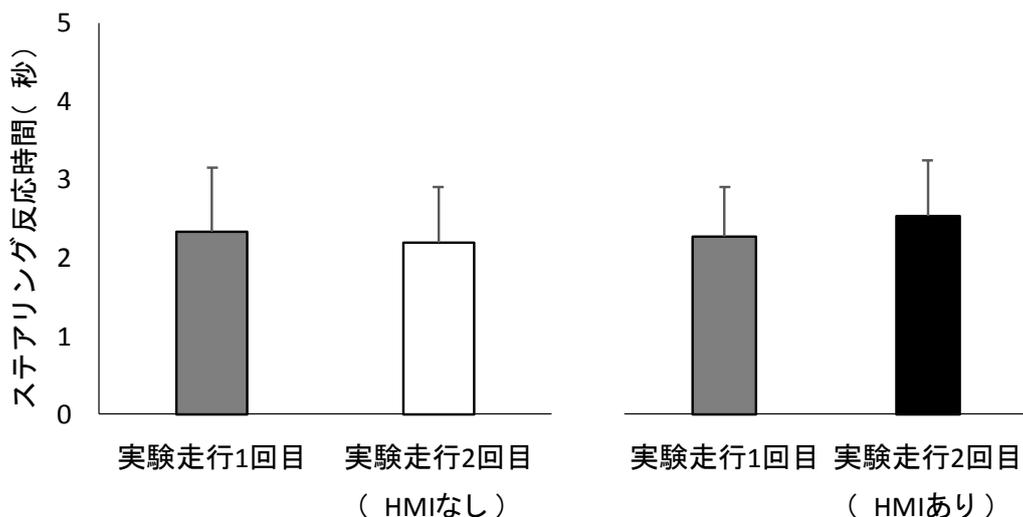


図 4-36 RtI からステアリングを右に 1° 以上操作するまでの時間。エラーバーは標準偏差。

## 2. RtI 発生からのブレーキ反応時間

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、RtI 発生からブレーキペダルを 10% 以上踏み込むのに要した平均時間を図 4-37 に示す。なお、半数以上のドライバーは RtI 後にブレーキペダルを操作しなかったため、分析対象となった被験者数は HMI なし条件の実験走行 1 回目 24 人 (該当実験走行参加被験者の 28.9%)、HMI なし条件の実験走行 2 回目 29 名 (同 34.5%)、HMI あり条件の実験走行 1 回目 8 人 (同 28.6%)、HMI なし条件の実験走行 2 回目 11 名 (同 39.3%) だった。

実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目は HMI の有無にかかわらず、実験走行 1 回目との間に有意差は認められなかった (HMI なし :  $t(23) = 0.42, p > .67$ 、HMI あり :  $t(8) = 0.80, p > .45$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった ( $t(38) = 0.38, p > .71$ )。以上より、約 3 分間の自動走行と比較して、約 31 分間の自動走行では RtI 後のブレーキペダルの反応時間に大きな差が生じないことと、途中で手動運転を約 10 分間挿入してもブレーキペダルの反応時間には影響しにくいことが示唆された。

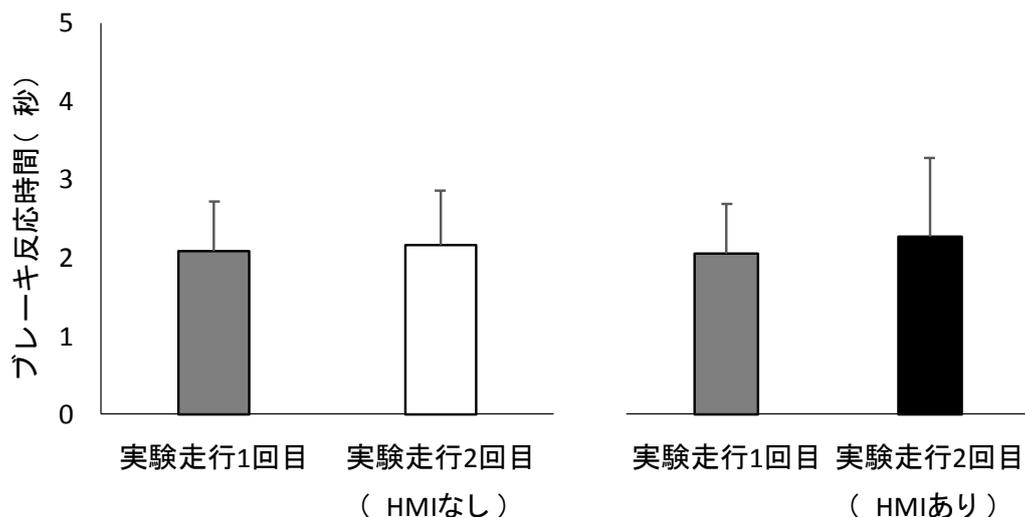


図 4-37 RtI からブレーキペダルを 10%以上踏み込むまでの時間。エラーバーは標準偏差。

### 3. RtI 発生からの能動的運転動作の反応時間

ドライバーによって、RtI 後に先にステアリング操作をする場合と、先にブレーキペダルを踏む場合がある。そのため、どちらか一方の反応時間だけでは、RtI に対する能動的な反応時間を正確に評価できない可能性がある。そこで、ステアリング反応時間とブレーキ反応時間のうち、速い方を能動的運転動作の反応時間として分析した。ただし、今回の実験では、ブレーキペダルを踏んだドライバーが半数以下であったことと、ブレーキペダルを踏んだ場合でもステアリング操作のほうが速いドライバーが多かったことから、能動的運転動作の反応時間はステアリング反応時間と類似した結果となった。

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、RtI 発生からの平均時間を図 4-38 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目 (HMI なし) は実験走行 1 回目との間に有意差は認められなかった ( $t(82) = 0.69, p > .49$ )。一方、実験走行 2 回目 (HMI あり) と実験走行 1 回目との間には有意差が認められた ( $t(27) = 2.23, p < .03$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差が認められた ( $t(110) = 2.55, p < .02$ )。以上より、ステアリング反応時間と同じく、約 30 分の自動走行中に約 10 分間の手動運転が挿入される HMI があると、HMI がない場合や 3 分間の自動走行と比べて、RtI に対する能動的な運転動作が遅くなることが示唆された。

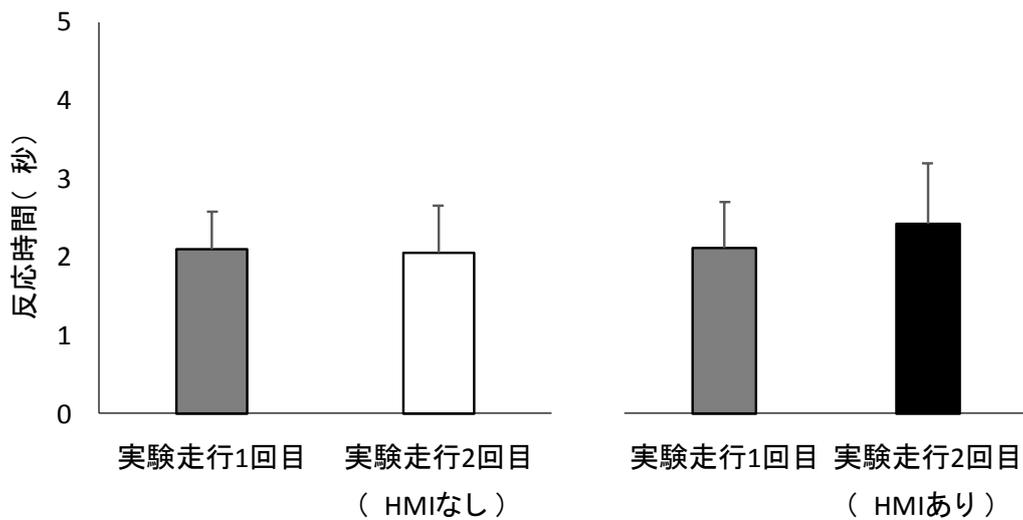


図 4-38 RtIからステアリングもしくはブレーキペダルを操作するまでの時間。エラーバーは標準偏差。

### 3. 車線変更時の停止車両までの TTC

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、車線変更時 (自車中心が車線境界線を越えた時点) の停止車両までの TTC を図 4-39 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目 (HMI なし) は、TTC の差について実験走行 1 回目との間に有意傾向が認められた ( $t(82) = 1.92, p < .06$ )。一方、実験走行 2 回目 (HMI あり) と実験走行 1 回目との間には、TTC の差に有意差は認められなかった ( $t(27) = 1.48, p > .15$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、TTC の差に有意傾向が認められた ( $t(110) = 1.69, p < .10$ )。以上より、約 30 分の HMI がある自動走行後に RtI が発生すると、HMI がある場合と比べて、停止車両に対する TTC が短くなる、すなわち車線変更の完了が遅くなることが示唆された。

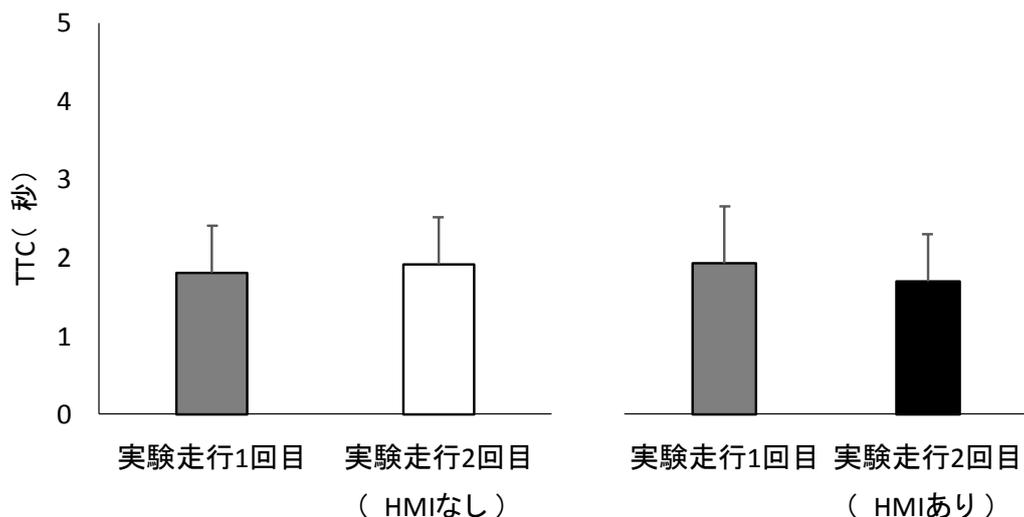


図 4-39 車線変更時の停止車両までの TTC。エラーバーは標準偏差。

#### 4. 車線変更時のステアリング操作のばらつき

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、車線変更時 (自車中心が車線境界線を越えた時点) から 1 秒間のステアリング操作のばらつき (標準偏差の 1 秒間の平均) を図 4-40 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目は HMI の有無にかかわらず、実験走行 1 回目との間に有意差は認められなかった (HMI なし:  $t(82) = 0.54, p > .58$ 、HMI あり:  $t(27) = 0.45, p > .65$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった ( $t(110) = 0.43, p > .67$ )。以上より、RtI 後の車線変更時のステアリング操作の安定性について、走行時間や HMI の有無は影響しにくいことが示唆された。

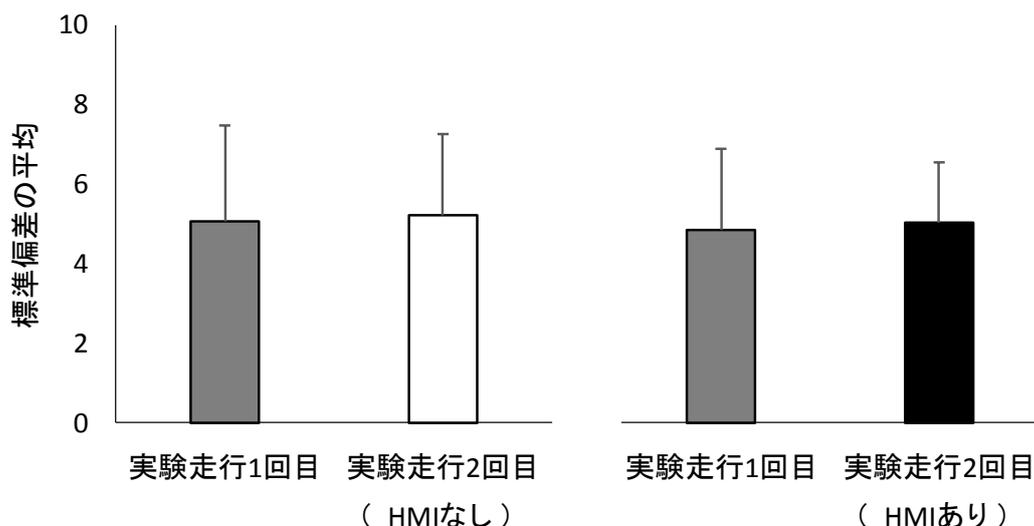


図 4-40 車線変更時のステアリング操作のばらつき。エラーバーは標準偏差。

#### 【サッカード】

##### 1. 小サッカード回数（振幅 30～100 $\mu$ V）

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目（HMI なし）、実験走行 2 回目（HMI あり）の各走行条件における、RtI 発生前 2 分間の振幅が小さいサッカード（眼電図の振幅 30～100 $\mu$ V）の平均回数を図 4-41 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目は HMI の有無にかかわらず、実験走行 1 回目との間に有意差が認められた（HMI なし： $t(80) = 3.12, p < .003$ 、HMI あり： $t(26) = 3.22, p < .004$ ）。一方、実験走行 2 回目（HMI なし）と実験走行 2 回目（HMI あり）について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった（ $t(106) = 1.46, p > .14$ ）。以上より、約 3 分間の自動走行と比較して、約 31 分間の自動走行では HMI の有無にかかわらず小サッカード回数が減少する傾向にあることが示唆された。

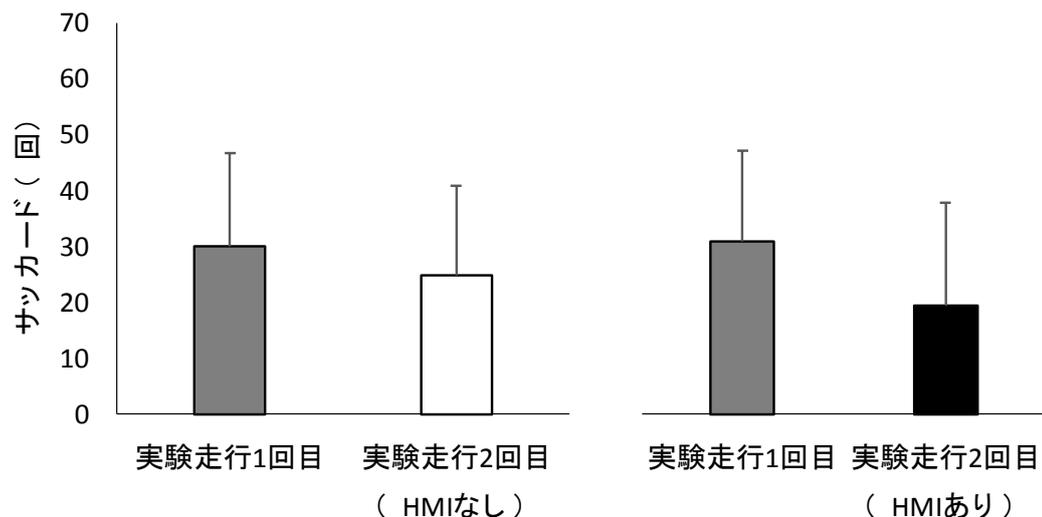


図 4-41 RtI 発生前 2 分間の小サックカード（眼電図の振幅 30～100 $\mu$ V）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

## 2. 中サックカード回数（振幅 100～200 $\mu$ V）

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目（HMI なし）、実験走行 2 回目（HMI あり）の各走行条件における、RtI 発生前 2 分間の振幅が中程度のサックカード（眼電図の振幅 100～200 $\mu$ V）の平均回数を図 4-42 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 1 回目と実験走行 2 回目（HMI なし）との間の差に有意傾向が認められた（ $t(80) = 1.88, p < .07$ ）。また、実験走行 1 回目と実験走行 2 回目（HMI あり）との間に有意差が認められた（ $t(26) = 2.49, p < .02$ ）。一方、実験走行 2 回目（HMI なし）と実験走行 2 回目（HMI あり）について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった（ $t(106) = 1.62, p > .10$ ）。以上より、小サックカードと同様に、約 3 分間の自動走行と比較して、約 31 分間の自動走行では HMI の有無にかかわらず中サックカード回数が減少することが示唆された。

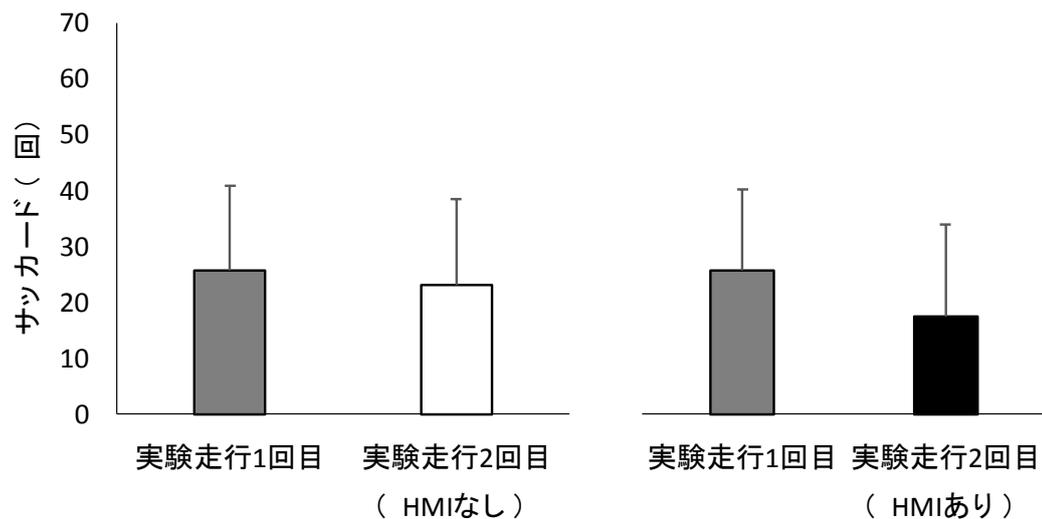


図 4-42 RtI 発生前 2 分間の中サックカード（眼電図の振幅 100～200 $\mu$ V）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

### 3. 大サックカード回数（振幅 200 $\mu$ V 以上）

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目（HMI なし）、実験走行 2 回目（HMI あり）の各走行条件における、RtI 発生前 2 分間の振幅が中程度のサックカード（眼電図の振幅 100～200 $\mu$ V）の平均回数を図 4-43 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目（HMI あり）との間に有意差は認められなかった（ $t(80) = 0.37, p > .70$ ）。一方、実験走行 2 回目（HMI なし）との間には有意差が認められた（ $t(26) = 2.36, p < .03$ ）。また、実験走行 2 回目（HMI なし）と実験走行 2 回目（HMI あり）について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった（ $t(106) = 1.23, p > .21$ ）。以上より、約 3 分間の自動走行と比較して、約 31 分間の自動走行では途中で手動運転が挿入される場合に、大サックカード回数が減少することが示唆された。

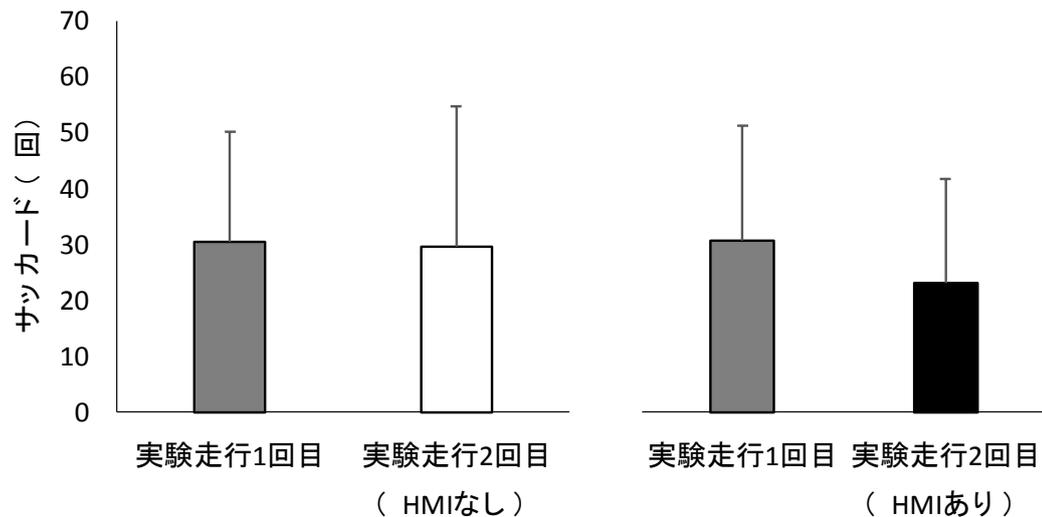


図 4-43 RtI 発生前 2 分間の大サックカード（眼電図の振幅  $200\mu\text{V}$  以上）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

## 【瞬目】

### 1. 瞬目持続時間

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目（HMI なし）、実験走行 2 回目（HMI あり）の各走行条件における、RtI 発生前 2 分間の瞬目持続時間を図 4-44 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目は HMI の有無にかかわらず、実験走行 1 回目との間に有意差が認められた（HMI なし： $t(80) = 11.56, p < .001$ 、HMI あり： $t(26) = 4.59, p < .001$ ）。一方、実験走行 2 回目（HMI なし）と実験走行 2 回目（HMI あり）について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差は認められなかった（ $t(106) = 0.67, p > .50$ ）。以上より、約 3 分間の自動走行と比較して、約 30 分間の自動走行後は HMI の有無にかかわらず瞬目持続時間が長くなることが示唆された。

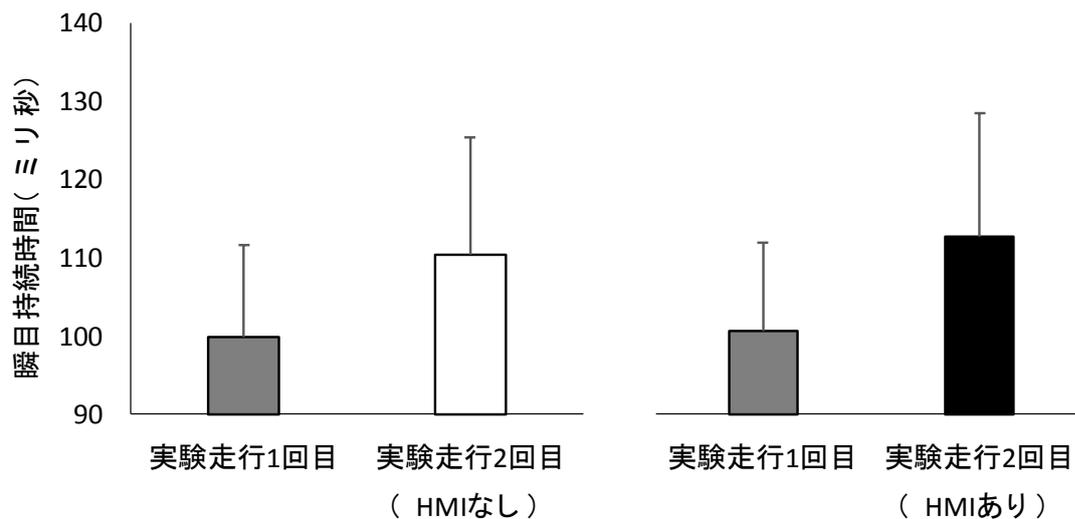


図 4-44 RtI 発生前 2 分間の瞬目持続時間。エラーバーは標準偏差。

## 2. 瞬目回数

実験走行 1 回目、実験走行 2 回目 (HMI なし)、実験走行 2 回目 (HMI あり) の各走行条件における、RtI 発生前 2 分間の瞬目回数を図 4-45 に示す。実験走行 1 回目と 2 回目の結果について対応のある t 検定で分析した結果、実験走行 2 回目 (HMI あり) との間には有意差は認められなかった ( $t(80) = 1.10, p > .39$ )。一方、実験走行 2 回目 (HMI なし) との間には有意差が認められた ( $t(26) = 4.13, p < .001$ )。また、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) について、対応のない t 検定で分析した結果、有意差が認められた ( $t(106) = 2.89, p < .005$ )。以上より、約 3 分間の自動走行や手動運転が挿入されない約 30 分間の自動走行と比較して、途中で手動運転が挿入される 30 分間の自動走行後は、瞬目回数が減少することが示唆された。

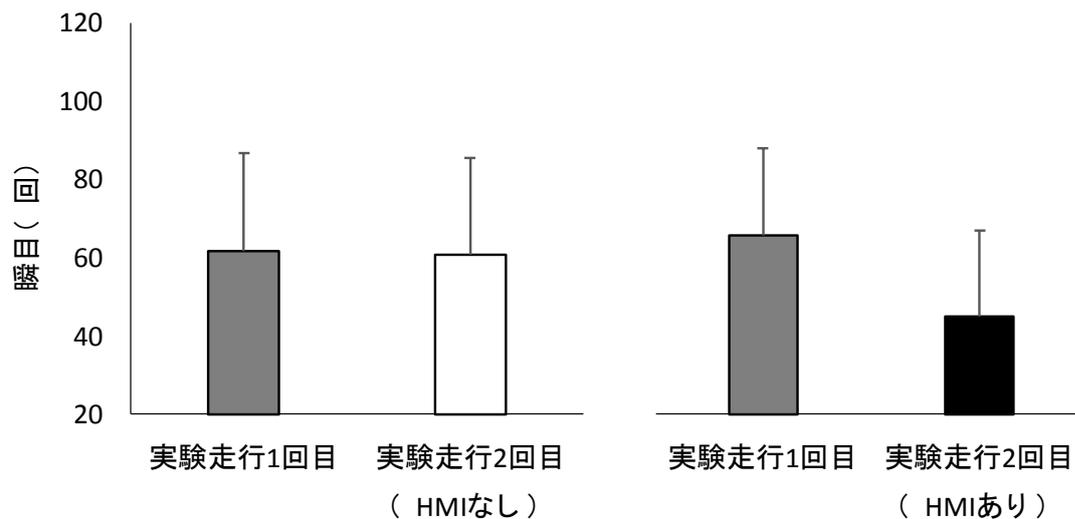


図 4-45 RtI 発生前 2 分間の瞬目回数。エラーバーは標準偏差。

#### 考察

自動走行中のドライバーの Readiness レベルを維持・回復するため、自動走行中に短時間の手動運転が挿入される HMI の効果を検討した。実験の結果、走行後の主観的眠気、RtI 後の運転行動成績、および生理データを指標とした Readiness レベルに対する HMI の効果は認められず、一部の運転行動は HMI がいない場合よりも成績が低下する傾向が認められた。以下、各結果の詳細について議論する。

実験走行後の主観的な眠気について、約 30 分間の自動走行によって眠気が高まることが示唆された。これに対して、途中約 10 分間の手動運転が挿入されても、眠気に対する抑制効果は認められなかった。覚醒に関する Readiness レベル指標である瞬目持続時間も主観的眠気尺度と同様の結果を示した。以上より、30 分間の自動走行によって眠気は高まるが、途中 10 分間の手動運転が挿入されたとしても、その後の自動走行中の眠気を抑える効果はほとんどなかったと考えられる。

脇見などの視覚的注意の散漫状態や、意識の脇見などの認知的注意の散漫状態に関する Readiness レベルの指標である小サッカード回数に対しても、HMI は影響しなかった。30 分間の自動走行によって小サッカード回数は減少したが、HMI の有無による違いは認められなかった。したがって、自動走行途中で手動運転が挿入されたとしても、その後の自動走行中に認知的注意の散漫状態を生じにくくするといった効果はほとんどなかったと考えられる。なお、中サッカード回数についても、小サッカード回数と類似した結果が示

---

---

された。

大サッカードについて、生起回数は車内外の視覚情報の確認頻度や脇見を反映すると考えられるが(Chapman & Underwood, 1998)、3分間の自動走行や30分間の連続した自動走行と比べて、手動運転が挿入された30分間の自動走行で回数の減少が認められた。瞬目回数についても、大サッカード回数と同様に手動運転挿入 HMI による減少効果が認められた。瞬目回数は覚醒度の指標の一つと考えられているが(Atienza et al., 2004; Crevits et al., 2003)、今回の実験結果は主観的な眠気尺度の結果とは一致しなかった。ただし、瞬目回数は心的課題負荷も反映することも知られており、特に視覚的情報の処理負荷が高まると瞬目回数が減少することが報告されている(Marquart et al., 2015; Recarte et al., 2008)。手動運転中は車内外の情報を絶え間なく処理しなければならないことを考えると、自動走行に復帰後は視覚情報の取り込みに対する反動が生じたのかもしれない。そのため、自動走行中は必ずしも処理する必要の無い視覚情報に対する処理負荷が相対的に高まり、能動的な外部情報の取り込み活動が低下したのかもしれない。この仮説が妥当かどうか判断するためには、今後の研究が必要である。

RtI 後の運転行動成績に対しても、HMI によるポジティブな効果は認められなかった。むしろ、車線変更のためのステアリング操作を含む、能動的な運転動作の反応時間が遅延したり、車線変更完了時点の停止車両に対する TTC が短くなった。したがって、自動走行中に手動運転が挿入されることで、RtI への反応や停止車両への回避行動が遅くなるというネガティブな効果が認められた。この問題をさらに検討するため、年齢による運転行動成績への影響を評価した。ピアソンの積率相関分析の結果、車線変更時の停止車両までの TTC については、実験走行 2 回目 (HMI なし) と実験走行 2 回目 (HMI あり) の両方で、年齢と有意な相関は認められなかった (HMI なし :  $r = -.04$ ,  $p > .73$ 、HMI あり :  $r = -.31$ ,  $p > .11$ )。結果を図 4-46 に示す。一方、ステアリング反応時間と能動的運転動作の反応時間については、実験走行 2 回目 (HMI なし) は年齢と有意な相関が認められなかったのに対して (ステアリング反応時間 :  $r = .00$ ,  $p > .98$ 、能動的運転動作の反応時間 :  $r = .01$ ,  $p > .94$ )、実験走行 2 回目 (HMI あり) は年齢と有意な相関が認められた (ステアリング反応時間 :  $r = .55$ ,  $p < .002$ 、能動的運転動作の反応時間 :  $r = .53$ ,  $p < .005$ )。ステアリング反応時間の結果を図 4-47、能動的運転動作の反応時間の結果を図 4-48 に示す。このことから、自動走行の途中で手動運転が挿入されると、高齢者ほど、その後の RtI に対するステアリングの反応時間が遅くなることが示された。

---

---

この結果について、自動走行から手動運転そしてまた自動走行へと、10分おきに大きく切り替わる運転モードに対応するための認知的な負荷が原因と考えられる。すなわち、運転モード切替による認知負荷が高齢者でより高かったため、それが RtI に対する運転行動にも悪影響を及ぼした可能性が考えられる。先行研究より、高齢者は若年者より課題切り替えに伴う認知負荷が高いことが示されている (Cepeda et al., 2001; Kramer et al., 1999; Kray & Lindenberger, 2000; see also Monsell, 2003)。また、課題切り替えによる精神疲労が行動成績を低下させることも示されている (Lorist et al., 2009; Lorist et al., 2000)。したがって、自動走行と手動運転の切り替わりによる精神的な疲労が特に高齢者に強く生じたため、RtI に対するステアリング操作が遅れてしまったのかもしれない。ただし、今回の実験では、手動運転の挿入頻度や走行時間は一定であった。そのため、自動走行中の Readiness レベルの維持・回復に対する手動運転挿入 HMI の効果について、この結果からは直ちに結論を出すことはできない。この HMI の効果を評価するためには、走行条件や挿入条件を様々に変更した実験による検証が必要である。

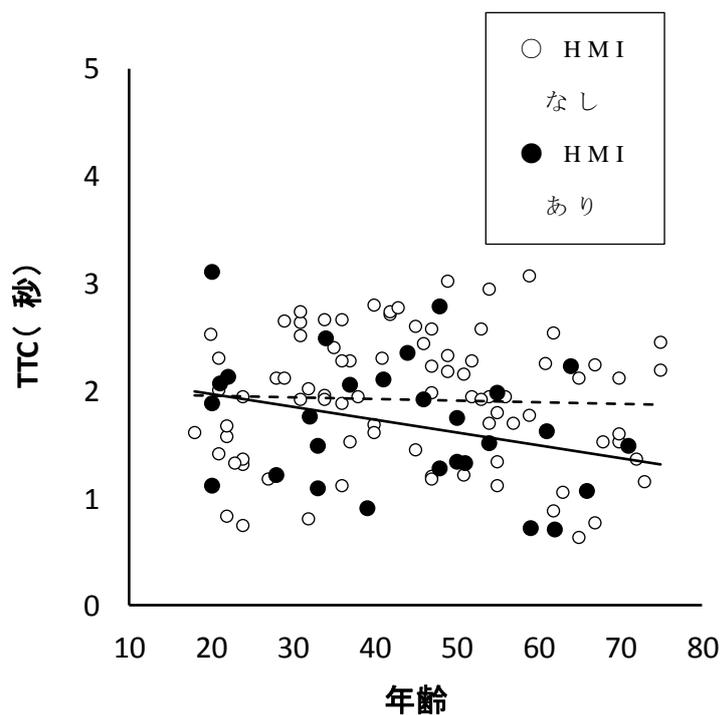


図 4-46 被験者の年齢と実験走行 2 回目 (HMI なし・HMI あり) の車線変更時の停止車両までの TTC

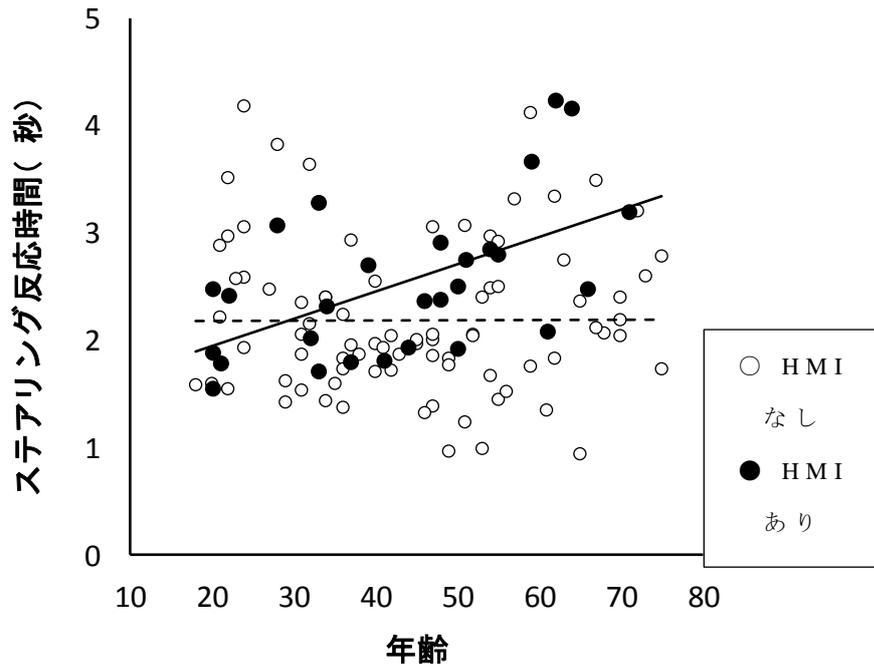


図 4-47 被験者の年齢と実験走行 2 回目（HMI なし・HMI あり）のステアリング反応時間

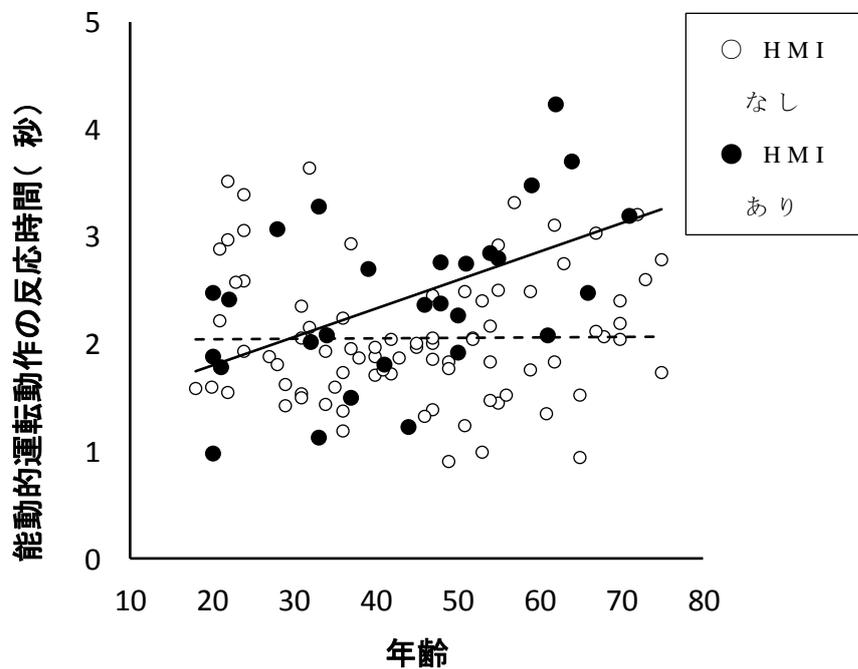


図 4-48 被験者の年齢と実験走行 2 回目（HMI なし・HMI あり）の能動的運転動作の反応時間

---

## 実験 2

Readiness レベルの維持・回復を図る HMI について、ドライバーの体性感覚を刺激する HMI の効果を検討した。そのために、ドライビングシミュレータによる約 30 分間の自動走行実験を行い、自動走行中に冷風と振動を与える走行条件と与えなかった走行条件を比較した。実験 1 と同様に、約 30 分間の走行終了時に予告なく RtI が発生して停止車両が出現する走行シナリオを用い、RtI に対する運転行動成績、Readiness レベルを反映する生理指標、ならびに眠気の主観報告から、体性感覚刺激による HMI の効果を評価した。実験には産業技術総合研究所自動車ヒューマンファクター研究センターが所有する定置型ドライビングシミュレータ（三菱プレジジョン製）を使用した。

## 被験者

合計 36 名が参加した。平均年齢は 44.8 歳（最高年齢 73 歳、最少年齢 19 歳）だった。年齢群として、18～24 歳群、25～34 歳群、35～44 歳群、45～54 歳群、55～64 歳群、65 歳以上群の 6 群を設定し、各群男性 3 名、女性 3 名が含まれた。

## 実験シナリオ

実験走行の開始前に、ドライバーには「(1) 自動走行システムがどのようなものであるのか（どこを自動で制御してくれるのか）、(2) 自動運転で走行中はリラックスして良いが、自動走行システムが切れた後は自分で安全に運転すること（自動運転システムレベル 3 を想定）、(3) 手動運転時は時速 60km 追い越し時以外は左車線を走行すること（RtI の情報提示内容についても教示）、(4) 自動走行中は両手とも太ももの上にのせ、両足ともフロアにつけておくこと」等を教示した。

一日あたり 1875 秒間の実験走行を 1 回実施し、合計 4 日間の実験を行った。実験走行は実験 1 の「実験走行 2 回目（HMI なし）」条件と同じ走行シナリオを使用した。すなわち、自動走行で開始され、走行終了 20 秒前（走行開始 1855 秒後）に予告なく RtI が発生して手動運転に切り替わり、それと同時に停止車両が自車線の 100m 前方に出現した。

HMI 条件は 4 条件あり、異なる HMI 条件を別日程で実施した。実施順序にはカウンターバランスを当てた。1 つ目の HMI 条件は、統制条件である「HMI なし」条件であった。この条件では、実験走行中のドライバーに特別な体性

---

---

感覚刺激は与えなかった。二つ目の HMI 条件は、ドライバーの Readiness レベルの回復を主眼とした「回復 HMI」条件だった。この条件では、RtI 発生 60 秒前（走行開始 1795 秒後）に比較的強い振動を与えた。振動はドライバーシートから与えた。三つ目の HMI 条件は、ドライバーの Readiness レベルの維持を主眼とした「維持 HMI」条件だった。この条件では、走行開始 180 秒後から走行終了まで、冷風と振動をドライバーに与えた。走行開始 180 秒までは冷風および振動は与えなかった。180 秒から 1020 秒までは比較的弱い強度の冷風および振動刺激を与え、それ以降は中程度の強度の冷風および振動刺激を与えた。四つ目の HMI 条件は、ドライバーの Readiness レベルの維持と回復の両方を主眼とした「維持・回復 HMI」条件だった。この条件では「維持 HMI」と「回復 HMI」の両条件の刺激をドライバーに与えた。ドライビングシミュレータ室の環境は気候などの外部環境によって変動した。室内温度は約 12～23 °C、湿度は約 20～60% だった。

全ての被験者は最初に練習として手動運転と自動走行を順番に 200 秒間ずつ走行した。走行開始直後から実験走行の「維持 HMI」条件で用いたものと同じ冷風と振動を与えた。走行開始 180 秒後に左車線に停止車両が出現した。自動走行では同時に RtI が発生した。

#### HMI の仕様と仕様決定理由

これまでに様々なモダリティを介しドライバーへ注意喚起や警告を行う HMI が開発されてきた。大多数の一般的な HMI は、ディスプレイへの表示やスピーカーからの音声提示など、視覚的・聴覚的モダリティを介し情報提示を行う。しかし、自動運転中においては、視聴覚的モダリティを介した情報提示の有効性が低い可能性が示唆されている。自動運転中はドライバーが通話や読書、睡眠といった運転とは無関連なタスクに一層従事することが示されている (Llaneras, Salinger, & Green, 2013; Merat, Jamson, Lai, & Carsten, 2012)。そのため、路面を注視する必要性が低い場合、ドライバーはヘッドアップディスプレイやナビディスプレイ、メーターパネル上に表示される視覚的警告を見逃す可能性が高い (Fitch, Hankey, Kleiner, & Kiefer, 2007)。同様に、車室内での会話・通話や音楽の聴取により聴覚的警告も阻害されうる (Fitch, et al., 2007; Tan & Lerner, 1996)。視聴覚的モダリティだけでなく、触覚や冷風刺激などの体性感覚的モダリティを利用した HMI の有効性を検討したいくつかの研究から、ディストラクテッドな状態にあるドライバーに対し体性感覚的モダリティを介した情報提示が有効である可能性が示されている。

---

---

---

Fitch, Hankey, Kleiner, and Dingus (2011)は、触覚刺激による警告の有効性を検討した。この実験では、SuRT タスクに取り組みながら手動運転を行っているドライバーへの前方衝突警告として、振動触覚シートによる振動触覚刺激を用いた。ドライバーが運転中ゴム製のバリケードが自車線前方に出現し、その瞬間に振動触覚刺激がシートパンの前方の振動により提示された。振動触覚刺激が提示されたドライバーは、振動触覚刺激が提示されなかったドライバーよりも路面へ視線を戻す時間、アクセルペダルから足を離す時間、ブレーキペダルを踏む時間が有意に早かったことが示された。

Schmidt, Decke, Rasshofer, and Bullinger (2017)は、単調な運転により引き起こされる眠気に対し、ドライバーへの短期間の冷風刺激がどのような影響を及ぼすか検討した。この研究では、ドライバーへ単調な直線路を走行する運転課題へ 26 分間取り組むことが求められた。冷却条件では走行開始 20 分後に 6 分間顔(と部分的に首と胸)へ冷風刺激が提示され、統制条件では何も刺激が提示されなかった。統制条件と比較して、冷却条件では主観的眠気の低下、冷却開始時点から 3 分間の心拍変動の低下、冷却開始時点から 2 分間の皮膚コンダクタンスレベルの上昇、冷却中の瞳孔径の散大、高いレーンキープ能力、閉眼率の低下(The Facial Action Coding System により算出)などが示された。この結果は、冷却による感覚刺激入力が自律神経系の活性化(皮膚コンダクタンスレベルの上昇と瞳孔径の散大、心拍変動の低下から)を促し、ドライバーの alertness を増加させたことで運転行動としてレーンキープが改善したと解釈された。さらに、閉眼率の低下は眠気の低下を示唆するとみなされた。

このように、体性感覚的モダリティを介した情報は、ディストラクテッド状態・低覚醒状態においても認識され、Readiness レベルの回復を示す生理的・行動的指標の変化を促す可能性が示されている。以上から本研究では、Readiness を維持するための HMI として、すでに市販車に搭載されている機能である振動子による振動触覚刺激とエアコンによる冷風刺激を与えるシートを選定した。

ドライバー状態の計測項目と評価指標

【主観評価】

走行終了直後に日本語版カロリンスカ眠気尺度による主観的な眠気評価を実施した。

---

---

### 【運転行動データ】

実験 1 と同じく、以下の指標を算出した。(1) RtI 発生からステアリングを右に 1°以上操作するのに要した時間 (ステアリング反応時間)、(2) RtI 発生からブレーキペダルを 10%以上踏み込むのに要した時間 (ブレーキ反応時間)、(3) RtI 発生からのステアリング反応時間とブレーキ反応時間の短い方の時間 (能動的運転動作の反応時間)、(4) 車線変更時 (自車中心が車線境界線を越えた時点) の停止車両までの TTC、(5) 車線変更から 1 秒間のステアリング操作のばらつき (標準偏差)。

### 【サッカード】

眼電位の計測を行い、実験 1 と同じく、RtI が発生する前の 2 分間の平均サッカード回数を Readiness レベルの指標とした。

### 【瞬目持続時間】

眼電位の計測から、実験 1 と同じく、RtI が発生する前の 2 分間の平均持続時間と回数を Readiness レベルの指標とした。

### 【据置型顔/視線移動検知仕様評価器】

実験 1 と同じく、据置型顔/視線移動検知仕様評価器を用いて、ドライバーの各 Readiness 指標を記録した。

## 実験結果

実験走行の各 HMI 条件のデータを分析した。また、ドライバーの Readiness レベルが高い状態の参照データとして、練習自動走行 2~4 回目の平均値を分析に利用した。練習自動走行 1 回目は被験者にとって初回の自動走行となるため、分析から除外した。

### 【主観評価】

実験走行各 HMI 条件および練習走行における、走行終了直後の日本語版カロリンスカ眠気尺度の結果を図 4-49 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた ( $F(4, 140) = 58.14, p < .001$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、実験走行全条件で練習条件より眠気が高いことが認められた。ただし、「維持 HMI」条件および「維

持・回復 HMI」条件は「HMI なし」条件よりも眠気が低いことが認められた。以上より、約 3 分間の自動走行直後と比較して約 31 分間の自動走行直後は、HMI の有無にかかわらず主観的な眠気が高くなるが、自動走行中に常時体性感覚刺激が与えられる「維持 HMI」と「維持・回復 HMI」条件では、HMI がいない場合と比べて眠気の高まりが抑制されることが示唆された。

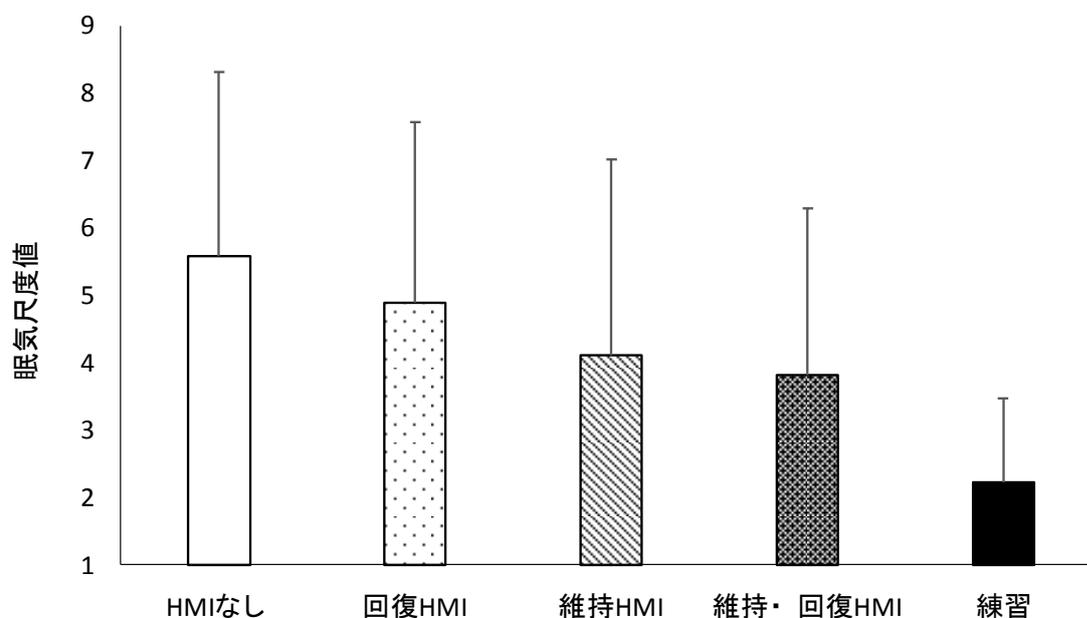


図 4-49 日本語版カロリンスカ式眠気尺度の結果。エラーバーは標準偏差。

### 【運転行動データ】

#### 1. RtI 発生からのステアリング反応時間

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生からステアリングを  $1^\circ$  以上右に回転させるのに要した平均時間を図 4-50 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた ( $F(4, 140) = 3.31, p < .02$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、「HMI なし」条件は練習条件より反応時間が遅いことが認められた。以上より、HMI のない約 30 分間の自動走行後に不意に RtI が発生した場合は、3 分間の自動走行と比べて、車線変更のためのステアリング操作が遅くなることが示唆された。

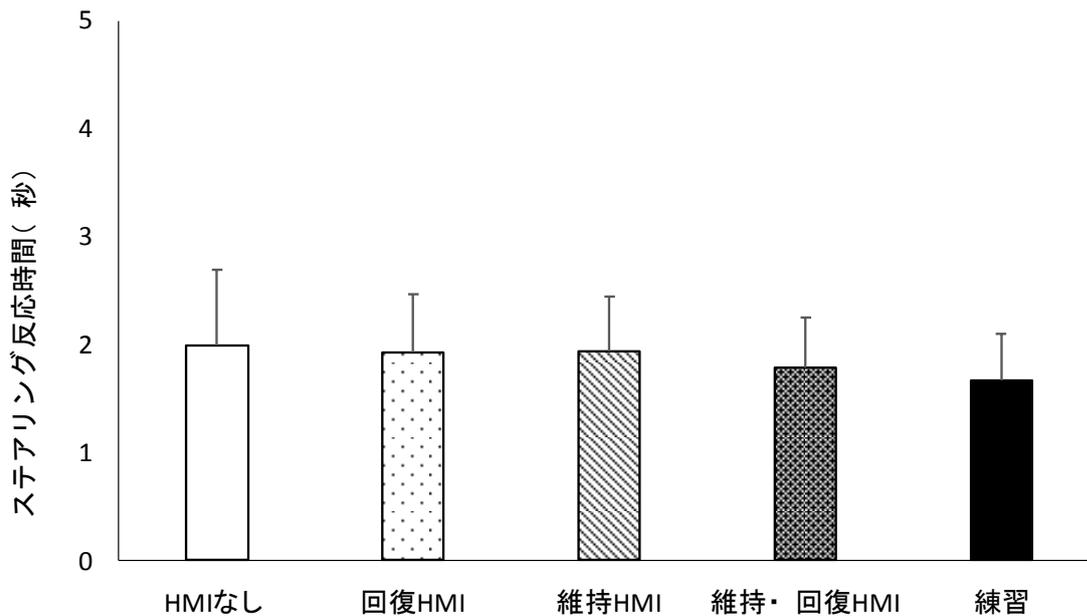


図 4-50 RtI からステアリングを右に 1° 以上操作するまでの時間。エラーバーは標準偏差。

## 2. RtI 発生からのブレーキ反応時間

今回の実験では、RtI 発生後、多くのドライバーがブレーキペダルを操作しなかった。そのため、実験走行各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生からブレーキペダルを 10% 踏み込むのに要した平均時間について、欠損値が多くなったため統計分析は行わなかった。データがある被験者は「HMI なし」条件は 5 人（被験者の 13.9%）、「回復 HMI」条件は 6 人（同 16.7%）、「維持 HMI」条件は 8 人（同 22.2%）、「維持・回復 HMI」条件は 7 人（同 19.4%）、練習走行は 5 人（同 13.9%）だった。全ての HMI 条件でブレーキ反応時間のデータがある被験者は 2 名（同 5.6%）だった。

## 3. RtI 発生からの能動的運転動作の反応時間

実験 1 と同じく、ステアリング反応時間とブレーキ反応時間のうち、短い方を能動的運転動作の反応時間として分析した。実験走行各 HMI 条件および練習走行における平均反応時間を図 4-51 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた ( $F(4, 140) = 3.69, p < .007$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、「維持・回復 HMI なし」条件以外の各 HMI 条件は練習条件より反応時間が遅いことが認められた。以上より、3 分間の自動走行と比べて、維持 HMI と回復 HMI が同時にドライバ

一に与えられなかった場合は、RtI に対する能動的な運転動作が遅くなることが示唆された。

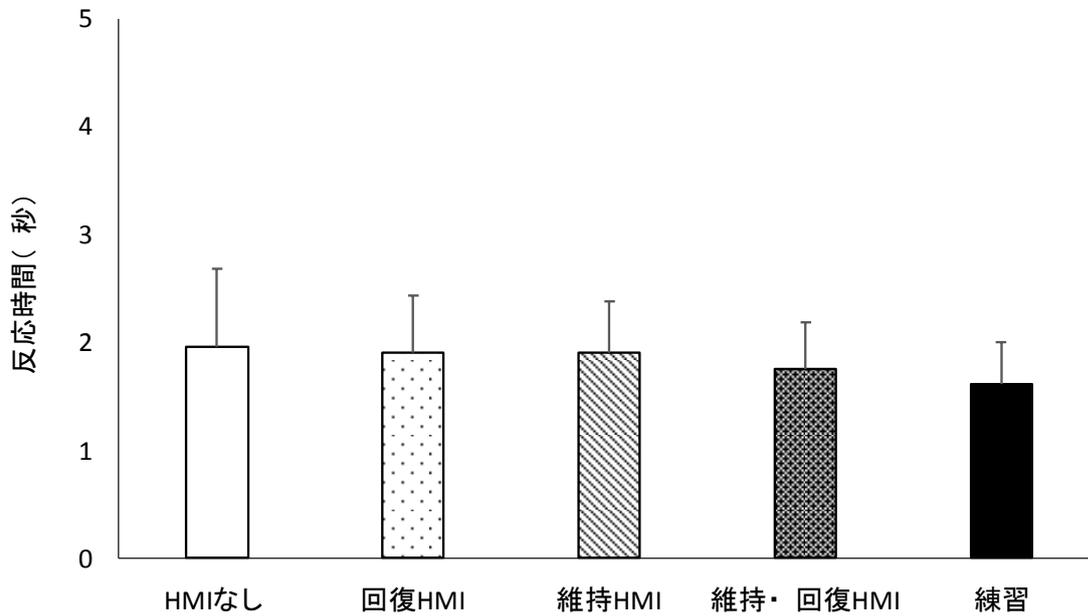


図 4-51 RtI からステアリングもしくはブレーキペダルを操作するまでの時間。エラーバーは標準偏差。

#### 4. 車線変更時の停止車両までの TTC

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、車線変更時（自車中心が車線境界線を越えた時点）の停止車両までの TTC を図 4-52 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、有意な主効果は認められなかった ( $F(4, 140) = 1.72, p > .14$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、いずれの条件の間にも有意差は認められなかった。以上より、停止車両に対する TTC、すなわち車線変更が完了するまでの時間に対する、走行時間の影響や HMI の効果は示唆されなかった。

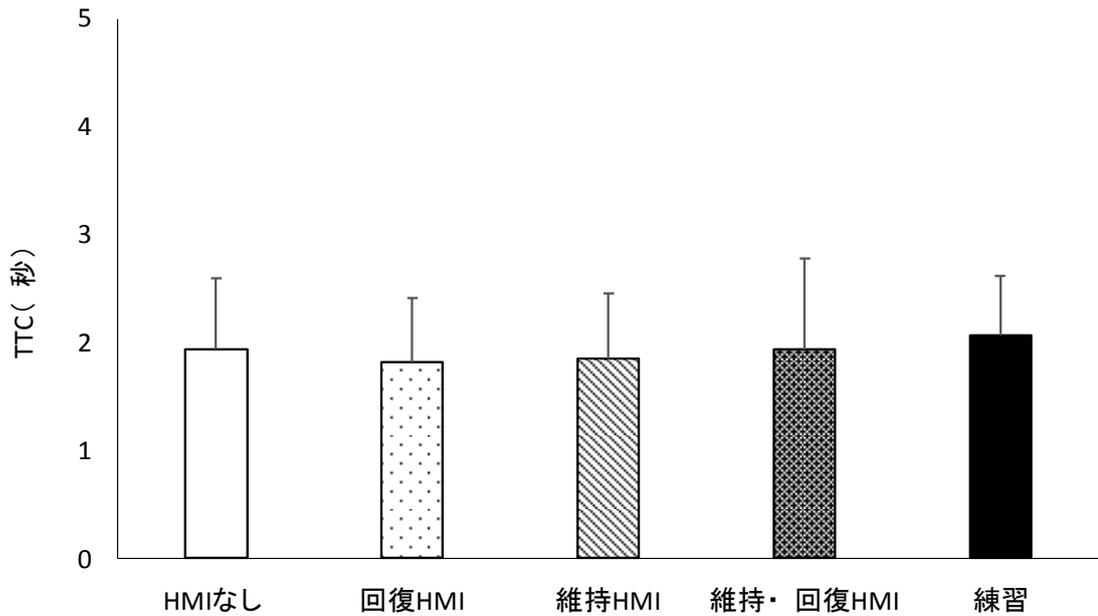


図 4-52 車線変更時の停止車両までの TTC。エラーバーは標準偏差。

#### 5. 車線変更時のステアリング操作のばらつき

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、車線変更時（自車中心が車線境界線を越えた時点）から 1 秒間のステアリング操作のばらつき（標準偏差の 1 秒間の平均）を図 4-53 に示す。なお、「HMI なし」条件で外れ値（60.64）を示した被験者 1 名のデータを分析から除外した。対応のある一要因分散分析の結果、有意な主効果は認められなかった（ $F(4, 140) = 1.13, p > .34$ ）。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、いずれの条件の間にも有意差は認められなかった。以上より、RtI 後の車線変更時のステアリング操作の安定性に対して、走行時間の影響や HMI の効果は示唆されなかった。

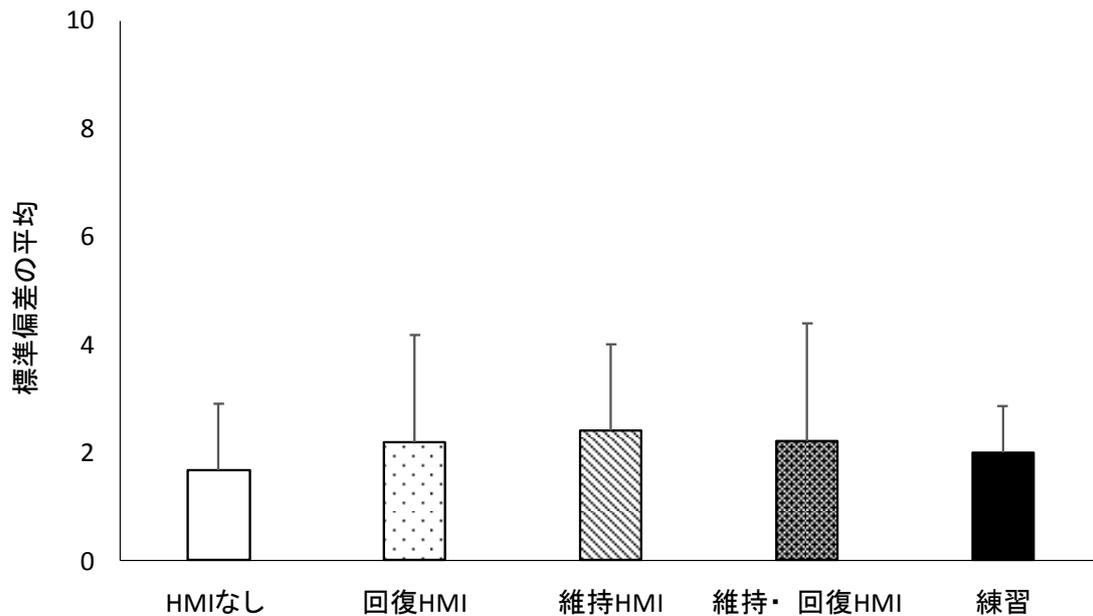


図 4-53 車線変更時のステアリング操作のばらつき。エラーバーは標準偏差。

#### 【サッカード】

##### 1. 小サッカード回数（振幅 30～100 $\mu$ V）

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生前 2 分間の振幅が小さいサッカード（眼電図の振幅 30～100 $\mu$ V）の平均回数を図 4-54 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた（ $F(4, 140) = 19.14, p < .001$ ）。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、実験走行全条件は練習条件より小サッカー回数が多いことが認められた。また、「維持 HMI」は「HMI なし」、「維持・回復 HMI」は「HMI なし」と「回復 HMI」より小サッカード回数が多いことが認められた。以上より、3 分間より 30 分間の自動走行で小サッカード回数が増加することと、30 分間の自動走行中でも「維持 HMI」が与えられた場合はそうでない場合より小サッカード回数が増加することが示唆された。

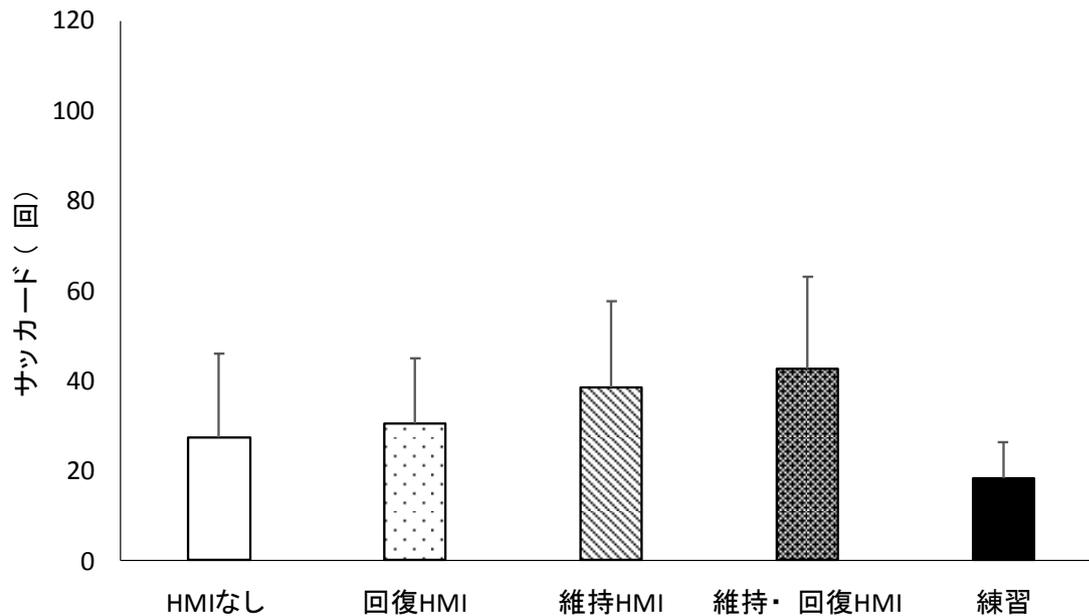


図 4-54 RtI 発生前 2 分間の小サッカード（眼電図の振幅 30～100 $\mu$ V）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

## 2. 中サッカード回数（振幅 100～200 $\mu$ V）

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生前 2 分間の振幅が中程度のサッカード（眼電図の振幅 100～200 $\mu$ V）の平均回数を図 4-55 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた（ $F(4, 140) = 22.91, p < .001$ ）。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、実験走行全条件は練習条件より中サッカー回数が多いたことが認められた。また、「維持 HMI」は「HMI なし」、「維持・回復 HMI」は「HMI なし」と「回復 HMI」より中サッカード回数が多いことが認められた。以上より、小サッカード回数と同じく、中サッカード回数も 3 分間より 30 分間の自動走行で増加することと、30 分間の自動走行中でも「維持 HMI」が与えられた場合はそうでない場合より増加することが示唆された。

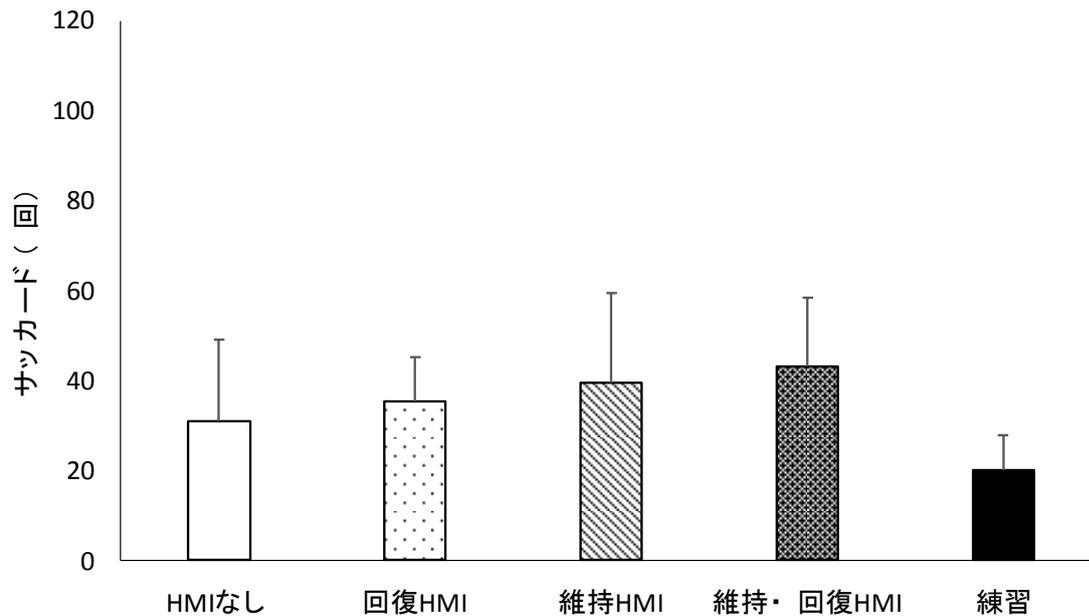


図 4-55 RtI 発生前 2 分間の中サッカード（眼電図の振幅 100～200 $\mu$ V）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

### 3. 大サッカード回数（振幅 200 $\mu$ V 以上）

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生前 2 分間の振幅が大きいサッカード（眼電図の振幅 200 $\mu$ V 以上）の平均回数を図 4-56 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた（ $F(4, 140) = 24.57, p < .001$ ）。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、実験走行全条件は練習条件より大サッカー回数が多いことが認められた。以上より、小・中サッカード回数と同じく、大サッカード回数も 3 分間より 30 分間の自動走行で増加することが示唆された。ただし、小・中サッカードで示されたような、「維持 HMI」が大サッカード回数を増加させる効果は示唆されなかった。

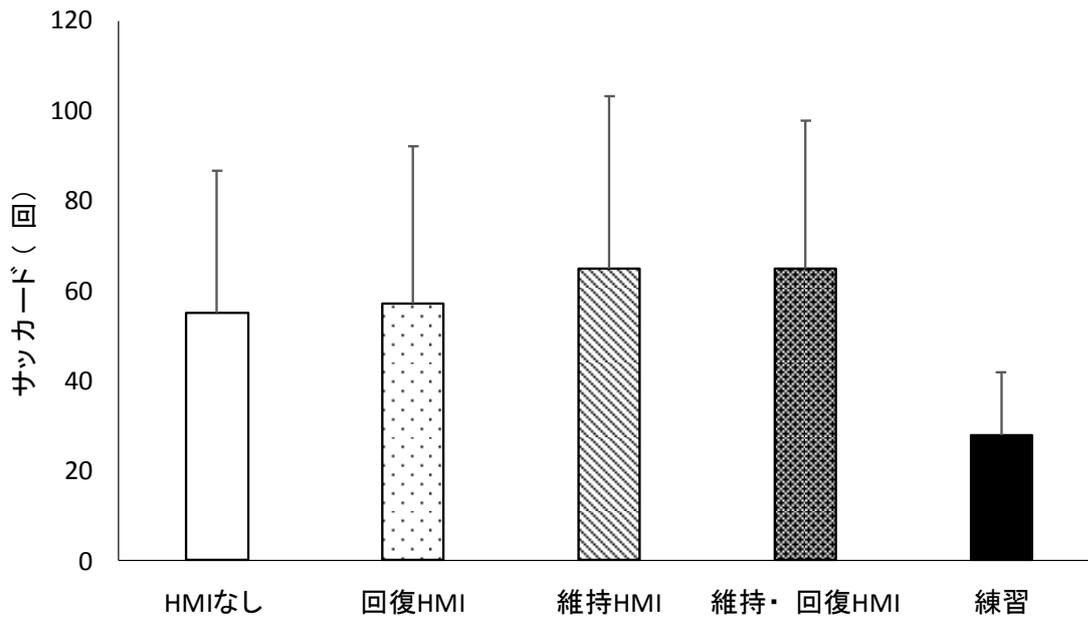


図 4-56 RtI 発生前 2 分間の大サックカード（眼電図の振幅 200 $\mu$ V 以上）の平均回数。エラーバーは標準偏差。

## 【瞬目】

### 1. 瞬目持続時間

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生前 2 分間の瞬目持続時間を図 4-57 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた ( $F(4, 140) = 4.57, p < .002$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、「HMI なし」条件は「維持・回復 HMI」条件や練習条件より瞬目の持続時間が長いことが認められた。したがって、30 分間の自動走行中に「維持・回復 HMI」が与えられると、HMI が与えられない場合よりも瞬目持続時間の延長が抑制されやすいことが示唆された。

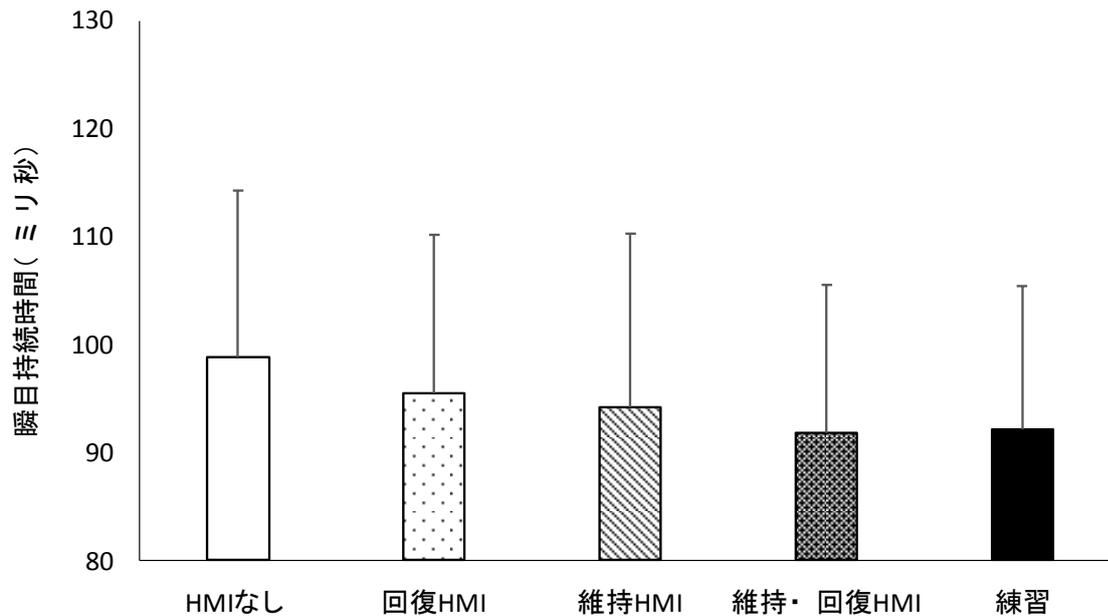


図 4-57 RtI 発生前 2 分間の瞬目持続の平均時間。エラーバーは標準偏差。

## 2. 瞬目回数

実験走行の各 HMI 条件および練習走行における、RtI 発生前 2 分間の瞬目回数を図 4-58 に示す。対応のある一要因分散分析の結果、主効果が有意に認められた ( $F(4, 140) = 31.88, p < .001$ )。チューキーの HSD 法による多重比較の結果、有意水準 5% で、練習走行と比較して、「HMI なし」条件と「回復 HMI」条件は瞬目回数が少なく、「維持 HMI」条件と「維持・回復 HMI」条件は瞬目回数が多いことが認められた。また、「維持 HMI」条件と「維持・回復 HMI」条件は「HMI なし」条件と「回復 HMI」条件より瞬目回数が多いことも認められた。以上のことから、「維持 HMI」が与えられない 30 分間の自動走行では瞬目回数が減少するが、「維持 HMI」が与えられると逆に増加することが示唆された。

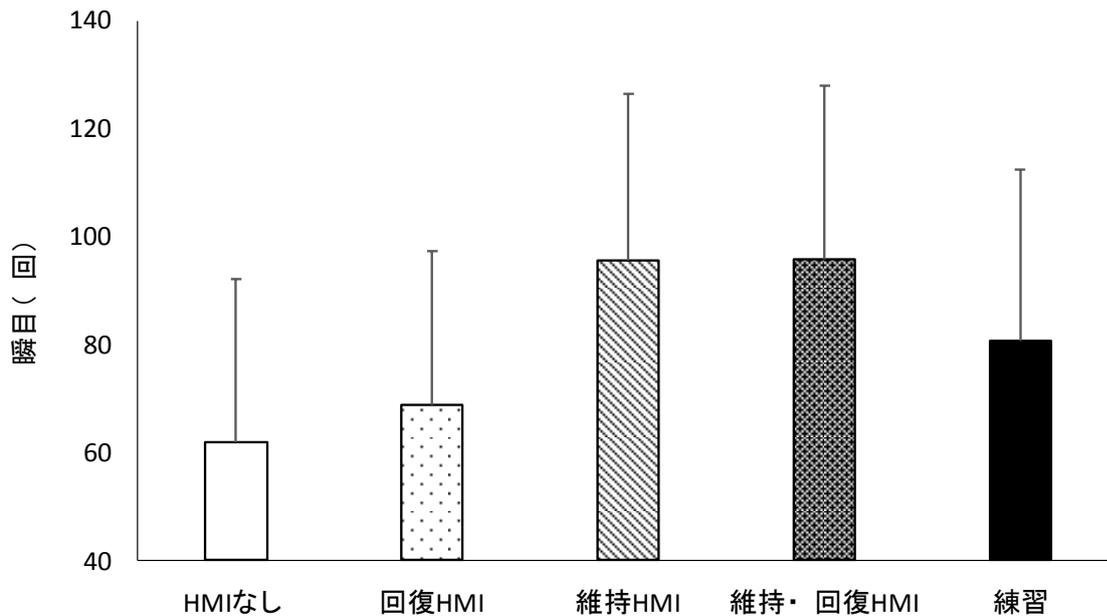


図 4-58 RtI 発生前 2 分間の瞬目の平均回数。エラーバーは標準偏差。

#### 考察

自動走行中のドライバーの **Readiness** レベルを維持・回復するため、自動走行中に冷風や振動によってドライバーの体性感覚を刺激する **HMI** の効果を検討した。特に、ドライバーの **Readiness** レベルを **RtI** に対応できる状態に維持するために自動走行中に継続的に刺激を与える「維持 **HMI**」と、**Readiness** レベルが低下した場合に **RtI** に対応できる状態に **Readiness** レベルを回復させる「回復 **HMI**」の二種類の **HMI** を検証した。実験の結果、「維持 **HMI**」と「回復 **HMI**」の両方の **HMI** が与えられた場合に、覚醒水準の低下が抑制される効果と **RtI** に対する反応時間の遅延が防止される効果が認められた。一方、「維持 **HMI**」と「回復 **HMI**」のどちらか一方だけでは、運転行動や覚醒水準に対するポジティブな効果はほとんど認められなかった。したがって、維持と回復の両者に効果のある **HMI** を備えることが、ドライバーの **Readiness** レベルを適正な水準に維持・回復するために重要であることが示唆された。以下、各結果の詳細について議論する。

実験走行後の主観的な眠気について、実験 1 と同様に、約 30 分間の自動走行によって眠気が高まることが示唆された。また、自動走行中に冷風と振動が継続的に与えると、主観的な眠気の高まりを抑制することも示唆された。ただし、実験走行終了 80 秒前 (**RtI**60 秒前) に与えられる強い振動だけでは、主観的な眠気の抑制効果は認められなかった。瞬目持続時間の延長も覚醒低下の指標と考えられているが (Caffier et al., 2003; Ingre et al., 2006; Takeda et

---

---

al., 2016; Tucker & Johns, 2005)、「HMI なし」条件は練習走行や「維持・回復 HMI」条件よりも瞬目の持続時間が長くなることが示された。以上より、自動走行中に誘発される覚醒度の低下に対して「回復 HMI」単独ではあまり有効ではないが「維持 HMI」は一定程度の効果があり、さらに「維持 HMI」と「回復 HMI」を組み合わせることでより効果的に覚醒水準を維持できる可能性が示された。

同じく覚醒度の指標と考えられる瞬目回数についても、「HMI なし」条件と「回復 HMI」条件で瞬目回数の減少が認められた。このことから、30 分間の自動走行によって覚醒度が低下することと、「回復 HMI」単独では覚醒度の回復効果が乏しいことが示された。ただし、他の条件よりも瞬目回数の増加が認められた「維持 HMI」と「維持・回復 HMI」については、これらの HMI が自動走行中に覚醒度を高いレベルに維持できる効果を持つと結論できない。その理由は「維持 HMI」が瞬目回数に直接的に影響した可能性があるためである。図 4-59 に 30 分間の自動走行中の 2 分毎の瞬目回数を示す。「維持 HMI」が開始される走行開始 3 分後と刺激強度が増加する 17 分後から、「維持 HMI」と「維持・回復 HMI」条件の瞬目回数が増加することが確認できる。同様に、小・中・大サッカード回数についても、走行開始 17 分後に生じた「維持 HMI」の強度変化と一致した回数増加が「維持 HMI」条件と「維持・回復 HMI」条件で認められる（図 4-60 ～図 4-62）。今回の実験で採用した「維持 HMI」では、ドライバーの正面や側面から冷風が吹き付けられた。そのため、冷風がドライバーの目に当たり、瞬目やサッカードを増加させた可能性がある。したがって、今回の実験では「維持 HMI」と「維持・回復 HMI」の瞬目回数やサッカード回数を、覚醒度や注意散漫状態など、心的・認知的活動の指標とすることは困難である。瞬目持続時間については、「維持 HMI」の強度変化と一致する変化は認められなかった（図 4-63）。ただし、このことから直ちに「維持 HMI」が瞬目持続時間に影響しなかったとはいえないため、瞬目持続時間の解釈にも「維持 HMI」による直接的な瞬目活動への影響を考慮する必要がある。

これまでのドライバー状態モニタリングの研究からも、サッカードや瞬目活動がドライバーの覚醒、注意、疲労状態などを推測するための有用な指標であることが報告されてきた (Chowdhury et al., 2018; Dong et al., 2011; Thummar & Kalariya, 2015)。一方で、本研究を始めとして、ドライバーの覚醒や Readiness の維持・回復などを目的として、ドライバーに継続的に風を吹き付ける HMI の実用化が検討されている。また、多くの一般的な自家用車にもドライバー前面にエアコンの送風口が設置されている。これらがサッカ

---

---

ードや瞬目を利用するドライバー状態モニタリングシステムに干渉して、ドライバー状態の正確な推定を妨げる可能性がある。サッカードや瞬目をドライバー状態の指標とする場合は、眼瞼・眼球運動に対する外的刺激の直接的な影響に十分気を付ける必要がある。

なお、ドライバーに冷風が与えられていない「HMIなし」条件と「回復HMI」条件でも、30分間の自動走行後は、3分間の自動走行と比べて小・中・大サッカード回数の増加が認められた。これらのサッカードは脇見などの視覚的な注意散漫状態を反映することから、「回復HMI」の有無にかかわらず、自動走行によって注意が散漫となり脇見が増えたと考えられる。これには覚醒度の低下が関与した可能性もある。

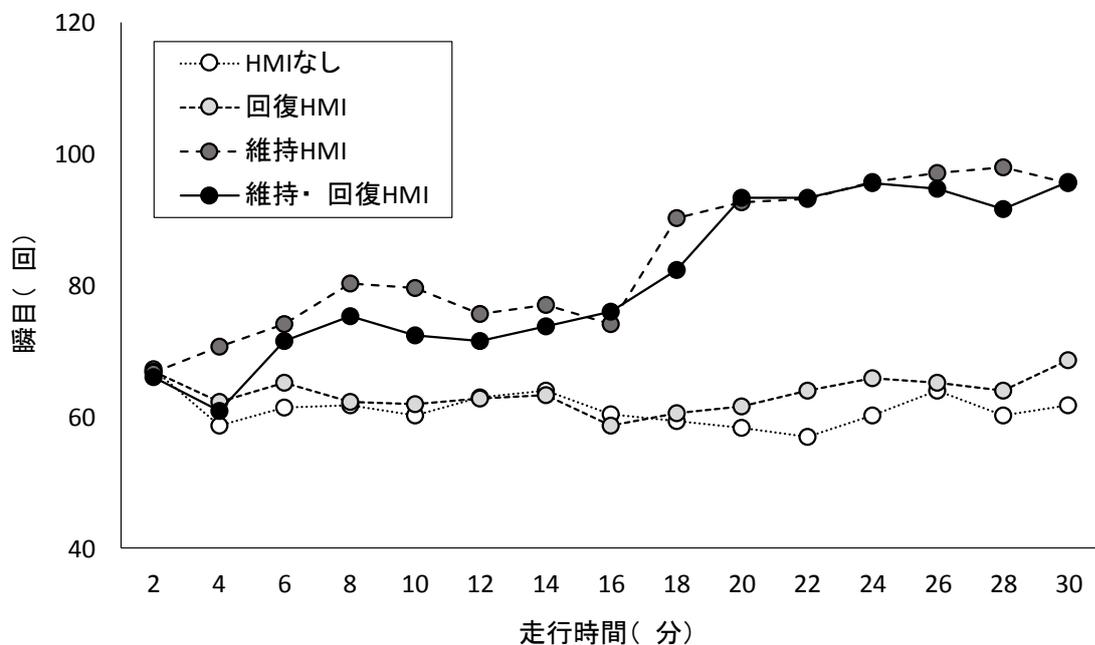


図 4-59 実験走行中の 2 分毎の瞬目回数

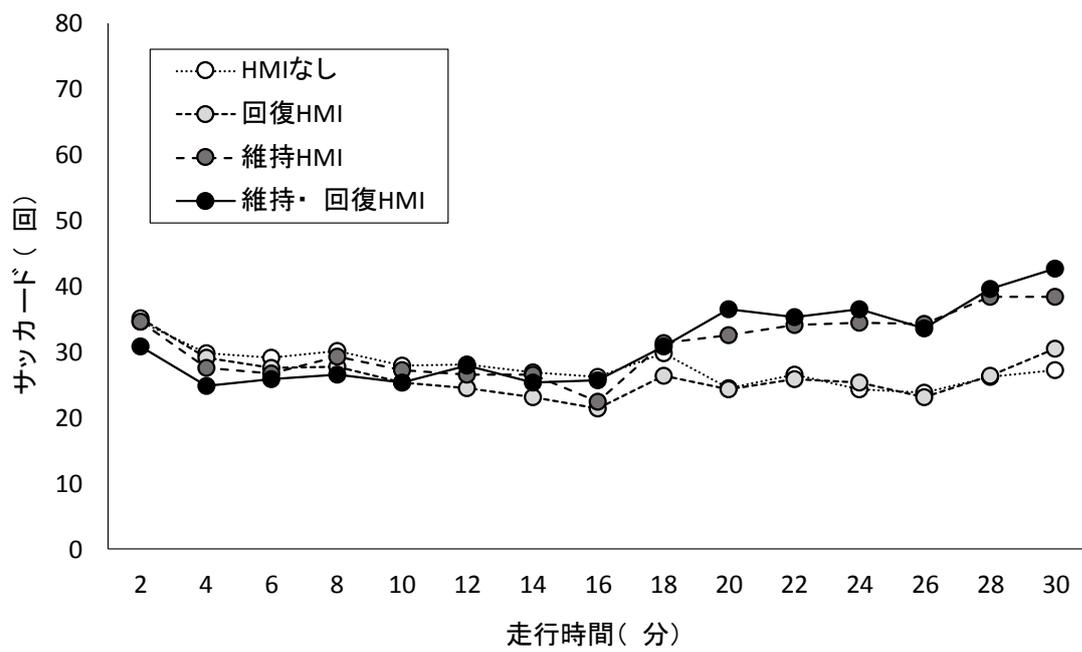


図 4-60 実験走行中の 2 分毎の小サッカード (30~100  $\mu$  V) 回数

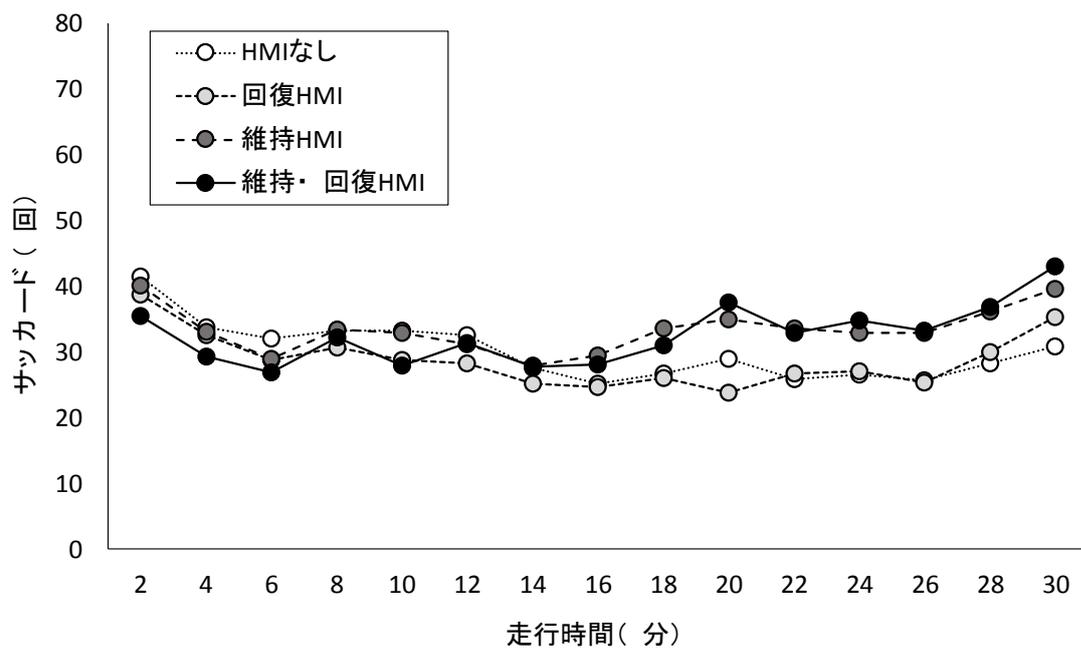


図 4-61 実験走行中の 2 分毎の中サッカード (100~200 μV) 回数

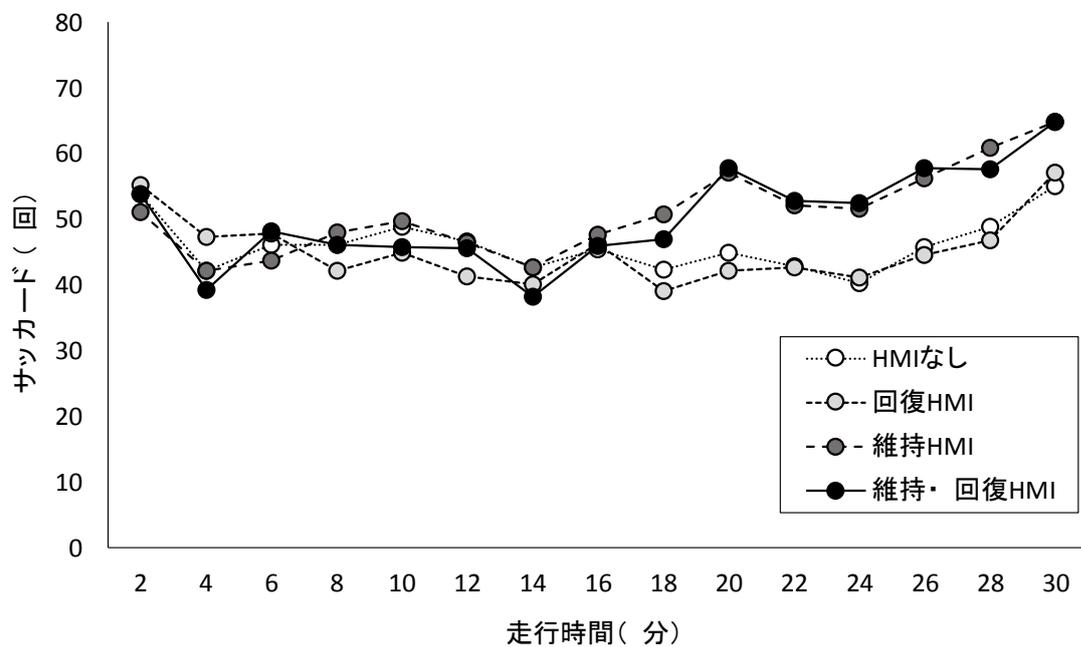


図 4-62 実験走行中の 2 分毎の大サッカード (200 μV 以上) 回数

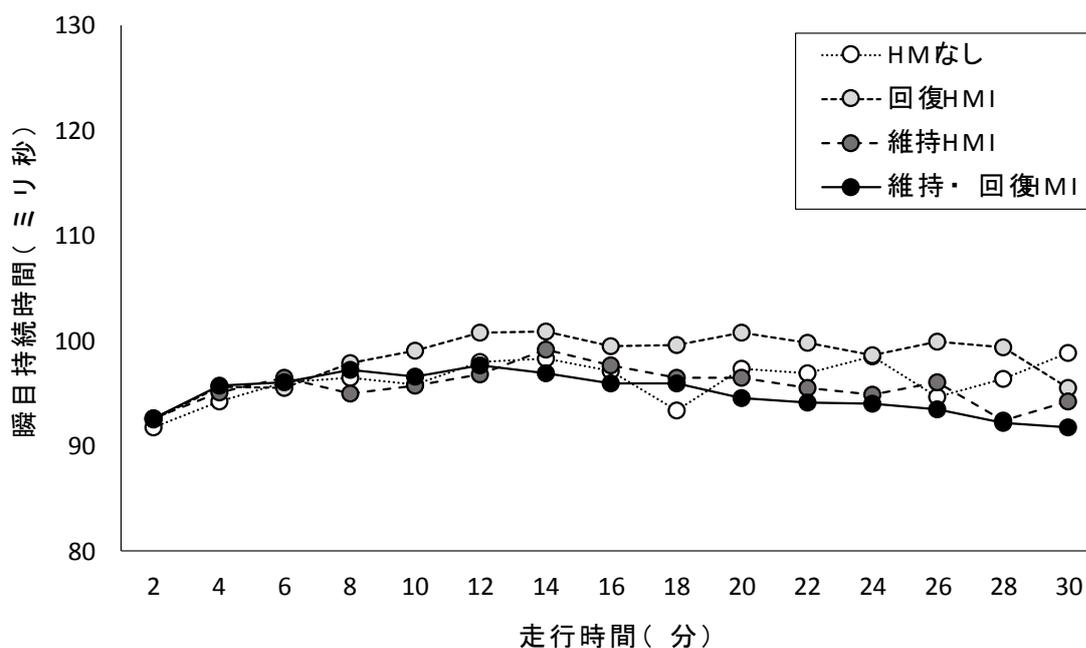


図 4-63 実験走行中の 2 分毎の瞬目持続時間

RtI 後の運転行動成績について、ステアリング操作のばらつきや、車線変更時の停止車両までの TTC に対する、自動走行時間や HMI の影響は認められなかった。ただし、ステアリング反応時間については、HMI なしで 30 分間自動走行すると、3 分間の練習自動走行よりも反応時間の遅延が認められた。さらに、ステアリングとブレーキペダルの速い方を指標とした能動的運転動作の反応時間では、「HMI なし」条件は練習走行だけでなく「維持・回復 HMI」条件よりも反応時間の遅延が認められた。このことから、30 分間の自動走行によって RtI への反応が遅延するが、「維持 HMI」と「回復 HMI」の両方が機能した場合は反応遅延が防止されることが示された。先に検討したように、「HMI なし」条件では主観的眠気が高く覚醒度の低下も大きかった。一方、「維持・回復 HMI」条件では眠気や覚醒低下を防止する効果が認められた。このことから、「維持・回復 HMI」によって RtI 発生時のドライバー Readiness レベルが適切な状態であったため、RtI への反応遅延も防止されたと考えられる。言い換えると、「維持 HMI」と「回復 HMI」がそれぞれ単独で働いた場合では、Readiness レベルを適切な状態にできなかったと考えられる。その理由として、次の仮説が考えられる（図 4-64）。30 分間の自動走行後の RtI 発生時、「維持 HMI」だけでは適切な運転行動が取れるレベルに Readiness を維持することは困難であった。また、「回復 HMI」だけでも 30

分間の自動走行で低下した Readiness レベルを適切な状態に回復させることは困難であった。ただし、「維持 HMI」によって Readiness はある程度のレベルを維持できたため、そこに「回復 HMI」が加わると、両者の効果が重畳して Readiness が適切なレベルに到達した。もしこの仮説が正しいとすれば、ドライバーの Readiness を適切な状態にするためには、Readiness の維持と回復の両方に効果のある HMI を備えることが重要であるといえる。

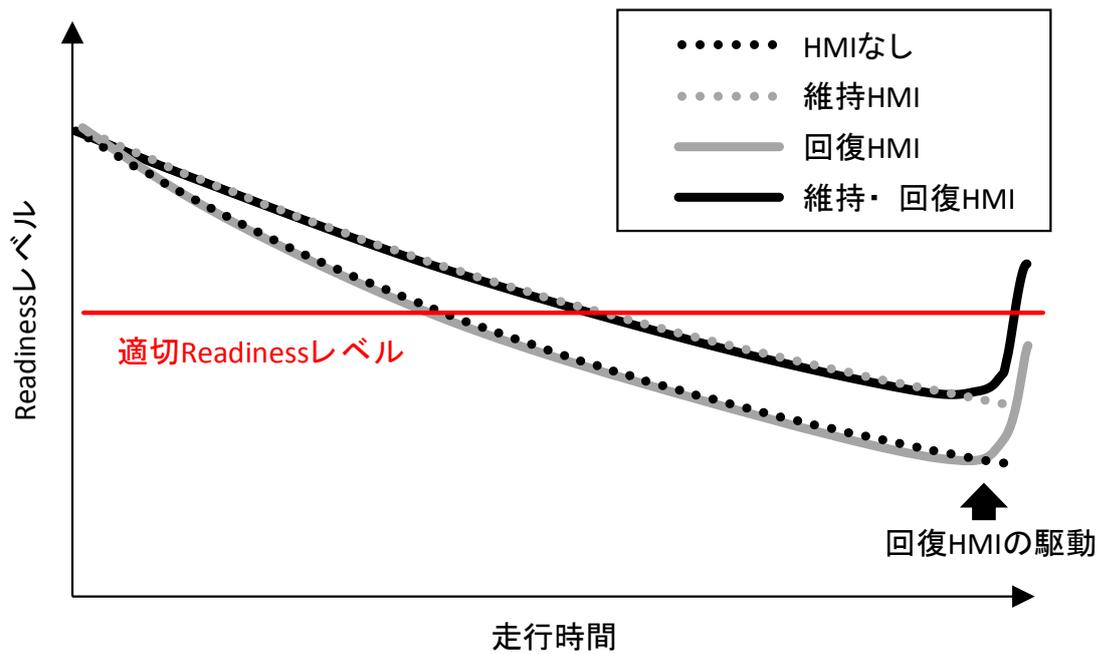


図 4-64 Readiness レベルに対する各 HMI の効果

---

---

## 総合考察

ドライバーに運転委譲が発生するレベル 2、3 の自動走行システムでは、自動走行中の RtI に対応できるように、ドライバーの Readiness レベルが適切な状態に保たれることが安全性にとって重要である。本研究では、Readiness レベルの維持・回復に資する HMI の有効性を検討するため、2 種類の HMI について、ドライビングシミュレータを用いた評価実験を実施した。実験 1 で評価した HMI は、自動走行中に手動運転が挿入される HMI だった。実験の結果、手動運転挿入 HMI が働く場合は、その後の自動走行中の RtI に対する運転動作が遅延する可能性が示された。特にこの傾向は高齢者で顕著だった。また、サッカードや瞬目などの Readiness レベル指標に対しても、HMI の有効性は示されなかった。これは、自動走行と手動運転の切り替えがドライバーにとって負荷となったことが一因と考えられる。

実験 2 では、冷風と振動という体性感覚刺激をドライバーに与える HMI を評価した。HMI を、ドライバーの Readiness レベルを一定に維持するために持続的に刺激を与える「維持 HMI」、低下した Readiness レベルを回復させるために一時的に刺激を与える「回復 HMI」、両者を組み合わせた「維持・回復 HMI」に分類して、それぞれの効果を検証した。実験の結果、「維持 HMI」と「回復 HMI」単独では、Readiness レベル指標や RtI 後の運転動作に対する有効な効果は認められなかった。一方、「維持・回復 HMI」は、Readiness レベル低下の防止および RtI に対する運転動作の悪化防止の効果が認められた。このことから、維持と回復のように、Readiness レベルに対して複数の効果を持つことが、Readiness レベルを適切な状態に保つ HMI として有効であることが示された。また、送風など、ドライバーの眼瞼・眼球運動に直接影響する HMI や車内設備は、サッカードや瞬目を指標としたドライバーモニタリングシステムに干渉する可能性があるため、これを使用する際には十分な配慮が必要であることも明らかとなった。

以上より、RtI に対して適切な運転行動が可能な Readiness 状態にするための HMI として、手動運転の挿入は効果的ではない可能性があることと、Readiness に対して複数の効果を持つ HMI が有効であることが示された。もちろん、HMI の効果は、刺激の種類、強度、持続時間といった HMI 特性によって変化することが予想される。また、ドライビングシミュレータと実車では走行環境が大きく違うため、HMI の効果も異なる可能性がある。Readiness レベルに対する HMI の有効性を確認するためには、今後も実験検証を重ねる必要がある。

---

---

(3) ドライバー状態と遷移時間の関係性の導出：ドライバー状態に応じた RtI の発生タイミングの検討

【実験の背景・目的】

平成 28 年度の DS 実験では、自動走行から手動運転に切り替わった後の回避すべき停止車両に対して、6 秒前に RtI を提示した。この RtI 発生タイミングにて、自動走行中のドライバー状態の違いによって、RtI 後の停止車両の回避行動において、異なる運転パフォーマンス指標に違いが見られた。具体的には、自動走行中に意識のわき見をしていると、回避における停止車両との余裕時間が短くなること（回避時に停止車両により接近すること）、自動走行中にわき見をしていると、停止車両を回避後にふらつきが大きくなること が示された。今年度は、DS 実験にて RtI の発生タイミングを 4 種類設定し、自動走行中のドライバー状態と各発生タイミングでの運転パフォーマンスとの関連性を検討する。

【実験方法】

「(2)ドライバー状態維持のための HMI 基本要件の策定」の実験 1 と同じ DS を用いた。自動走行中のドライバー状態として、意識のわき見とわき見を設定した。ドライバー状態の再現方法は、平成 28 年度の DS 実験と同じようにサブタスクによって再現し、意識のわき見は N-back 課題、わき見は SuRT 課題を用いた。実験被験者は、自動走行中に先行車への追従を行い、試行によっては N-back 課題または SuRT 課題のどちらかを実施した。自動走行をしている際に RtI が提示され、自動から手動運転に切り替わり、実験被験者は手動運転で前方に出現した停止車両を回避した。

RtI の発生タイミング（停止車両に対する TTC にて表現）として、2 秒、4 秒、6 秒、10 秒の 4 種類を設定した。停止車両は、車線の左端に停止しているパターンと、車線の右端に停止しているパターンの 2 種類を用意し、左端に止まっている場合は右車線へ車線変更して回避した。一方、右端に止まっている場合は左車線へ車線変更して回避した。回避イベントの全回数の内、1/3 の割合で右端に停止しているパターンとし、通常は右車線からの回避に対し、左車線からの回避という通常ではないパターンを設定することで、実験被験者は、RtI 提示後に回避方向の判断が求められた。

また、停止車両は直線区間で出現し、停止車両の回避後、カーブに進入する道路を用いた。ここで、ある試行の場合は、停止車両を回避した後のカーブ

---

---

曲率を通常の曲率よりも小さく（よりきついカーブとし）、いつもとは異なる急カーブを走行することとした。

走行前の実験被験者への教示については、以下の2種類を用意し、自動運転のレベル2またはレベル3のどちらかを想定した状況を作り出した。

### **Level 2相当の教示文**

「走行中は、常に周囲の交通状況を把握し、事故の無いように、周囲の状況や自動運転システムの状態を監視してください。」

「基本的には、常に周囲の交通状況を把握し、事故の無いように自動運転の監視業務をおこなっていただきます。監視業務をしながら、できる範囲で課題も行ってください。課題の方も正答率と反応時間を計測していますので、できる限り早く正解することを心掛けてください」

### **Level 3相当の教示文**

「走行中は、運転の状況を監視する必要はありませんので、周囲の状況や自動運転システムの状態を考えなくて構いません。  
自動運転中は、何もしないで座っててください」

「課題の正答率と反応時間を計測していますので、基本的に課題に集中して、可能な限り早く、正しく回答することを心掛けてください」

図 4-65 自動運転のレベル2またはレベル3を想定した教示文

以上の実験条件をまとめると、図 4-66 のようになる。実験被験者は、平均年齢 35.2 歳（19～59 歳）で、男性 32 名、女性 40 名の合計 72 名であった。

停止車両とのTTC	Level2		Level3	
	N-back	SuRT	N-back	SuRT
2.0s	18名	18名	18名	18名
4.0s				
6.0s				
10.0s				

図 4-66 実験条件

【実験結果・考察】

停止車両との衝突は、TTC2秒の条件で発生した。自動運転のレベル別、ドライバー状態別の結果を図 4-67に示す。レベル2,レベル3相当の教示とも、手動運転に比べると、自動運転を使っている方が衝突率の高い結果であった。SuRT課題は、レベル2相当の教示での衝突率が他の条件に比べて高く、レベル3相当の教示も同様であった。本実験では、RtI提示の際、ドライバーが車載ディスプレイを見ているかどうかは考慮していないが、SuRT課題実施時には車載ディスプレイを見ている時にRtIが提示された事例が含まれていた可能性がある。わき見をしている状態でTTC2秒という非常に余裕のないタイミングで停止車両が出現すると、回避できない確率が高いといえる。N-back課題では、右回避場面と左回避場面で比較すると、左回避（通常とは異なる方向への回避）の場合に、右回避（通常の回避方向）に比べて衝突率が17%増加する結果であった。SuRT課題では、このような比較でも2%の増加という結果と比べると、N-back課題は、状況の認知判断のプロセスで遅れが生じている可能性が示唆される。

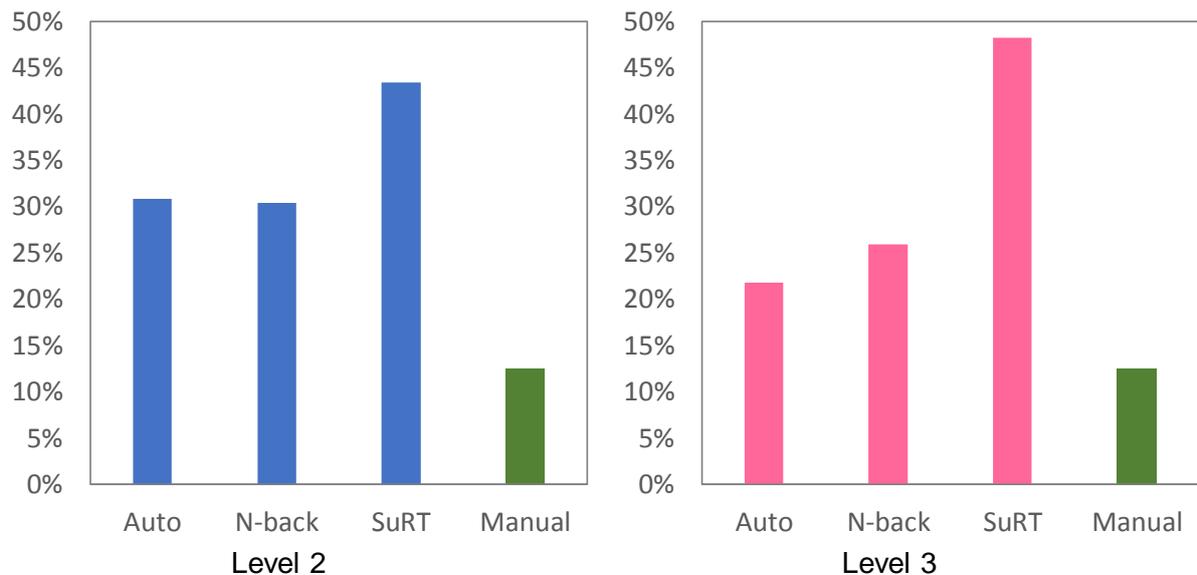


図 4-67 RtI 発生タイミング 2 秒での停止車両との衝突率

停止車両を回避できている TTC4 秒，6 秒，10 秒の条件で，車線変更時点での停止車両との余裕時間（回避時点で停止車両に対してどの程度の余裕を持っていたのか）の結果を図 4-68～図 4-70 に示す。TTC4 秒の条件では，レベル 2 相当の教示の場合，N-back 課題で余裕時間が短くなる結果が示された。衝突率の結果から推察されたように，運転タスクとサブタスク間での判断プロセスの干渉による回避方向の判断の遅れから，N-back 課題では余裕時間が短くなった可能性が考えられる。レベル 3 相当の教示の場合，N-back 課題，SuRT 課題ともに余裕時間が短くなる結果であった。システム状態の監視の必要がないという教示では，TTC4 秒という余裕の少ない状況にて，回避の方向の判断に支障が生ずる可能性が示唆される。

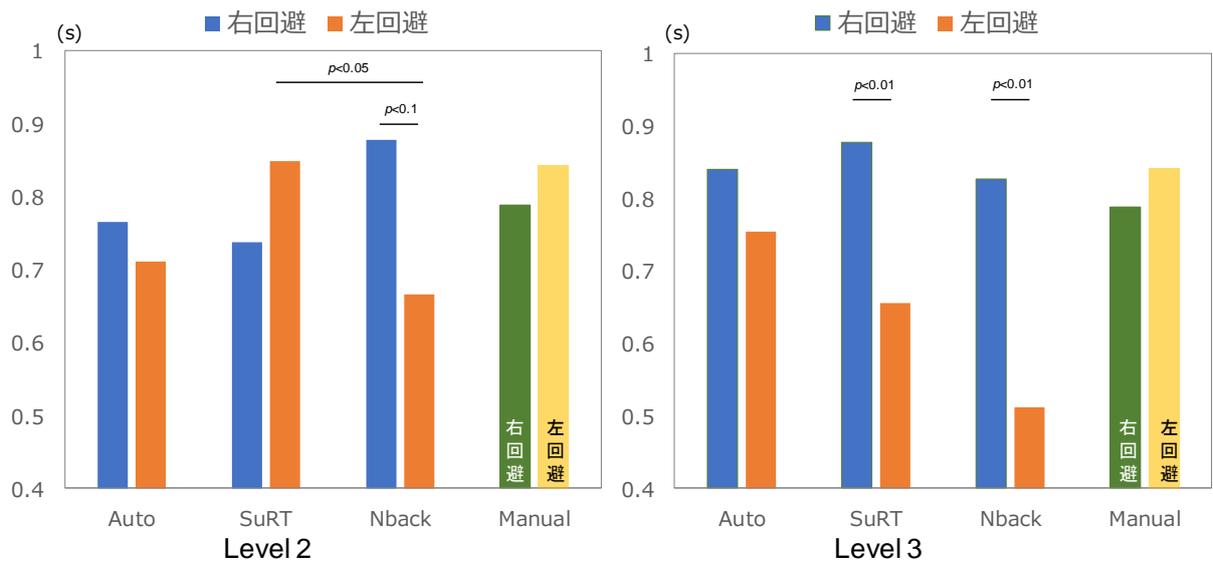


図 4-68 車線変更時の停止車両との余裕時間：RtI 発生タイミング 4 秒

TTC6 秒の場合，どの条件間でも有意差は見られなかったもの，SuRT 課題時にレベル 2 相当の教示とレベル 3 相当の教示で差のある傾向が示された，レベル 3 相当の教示の場合に，レベル 2 相当の教示に比べて余裕時間が短くなる傾向であった。

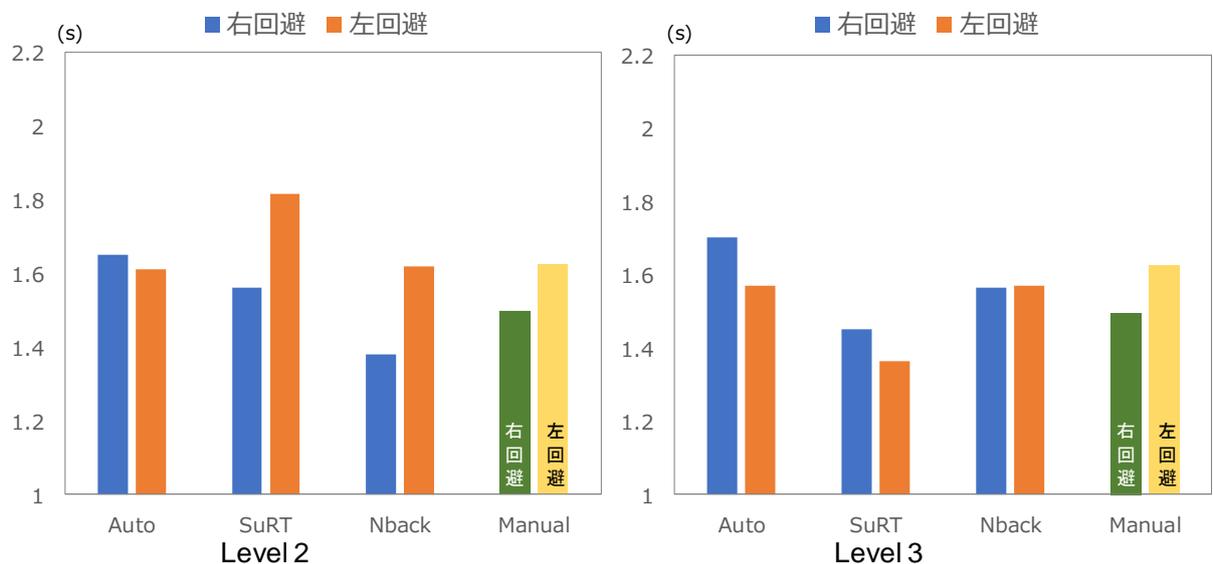


図 4-69 車線変更時の停止車両との余裕時間：RtI 発生タイミング 6 秒

TTC10 秒では，停止車両に対してかなりの余裕のある状況であり，条件間による一貫した傾向は見られなかった。

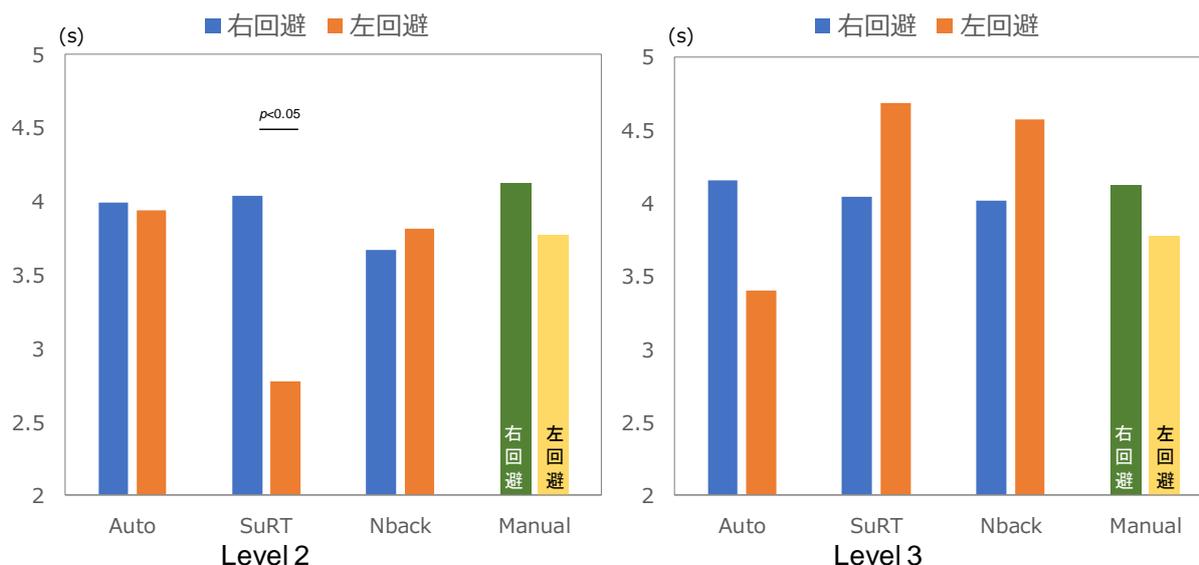


図 4-70 車線変更時の停止車両との余裕時間：RtI 発生タイミング 10 秒

停止車両の回避後，通常とは異なるきついカーブ進入時におけるステアリング操舵のばらつき（カーブ区間におけるステアリング操舵値の標準偏差）の結果を図 4-71～図 4-73 に示す。停止車両との衝突が発生した場合，そこで実験終了となったり，一旦停止したりと，そのまま走行を継続していない事例があったため，衝突の発生していない TTC4 秒，6 秒，10 秒を解析対象とした。

レベル 2 相当の教示をした場合，SuRT 課題では，3 種類の TTC 条件ともカーブでのステアリング操作のばらつきが大きいことが示された。昨年度の DS 実験で得られた SuRT 課題では車線変更後のふらつき大という結果が，より明確に示されたと考えられる。一方，レベル 3 相当の教示では，ほとんど実験条件でレベル 2 相当の教示に比べてステアリング操舵のばらつきは小さい，またはそれほど変わらない傾向が見られた。レベル 2 相当の教示では，RtI 提示によってもシステム状態を見ていた可能性があるのに対し，レベル 3 相当の教示では RtI 提示によってシステム状態に関わらず自分で運転するという運転交代がより明確であり，運転パフォーマンス悪化への影響が異なることが示唆される。

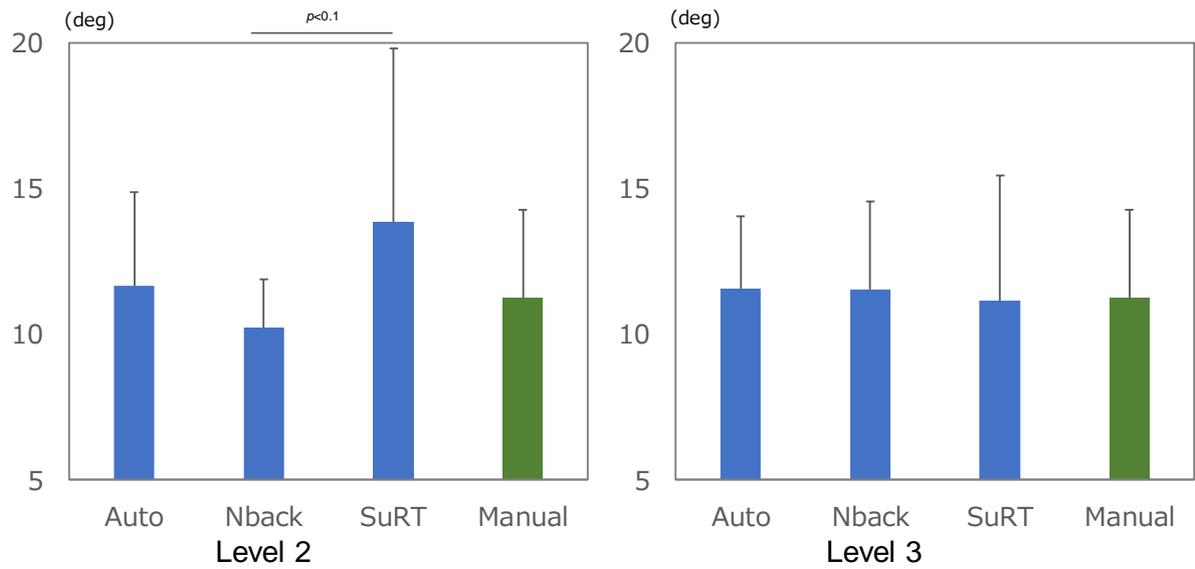


図 4-71 車線変更後のステアリング操舵のばらつき：RtI 発生タイミング 4 秒

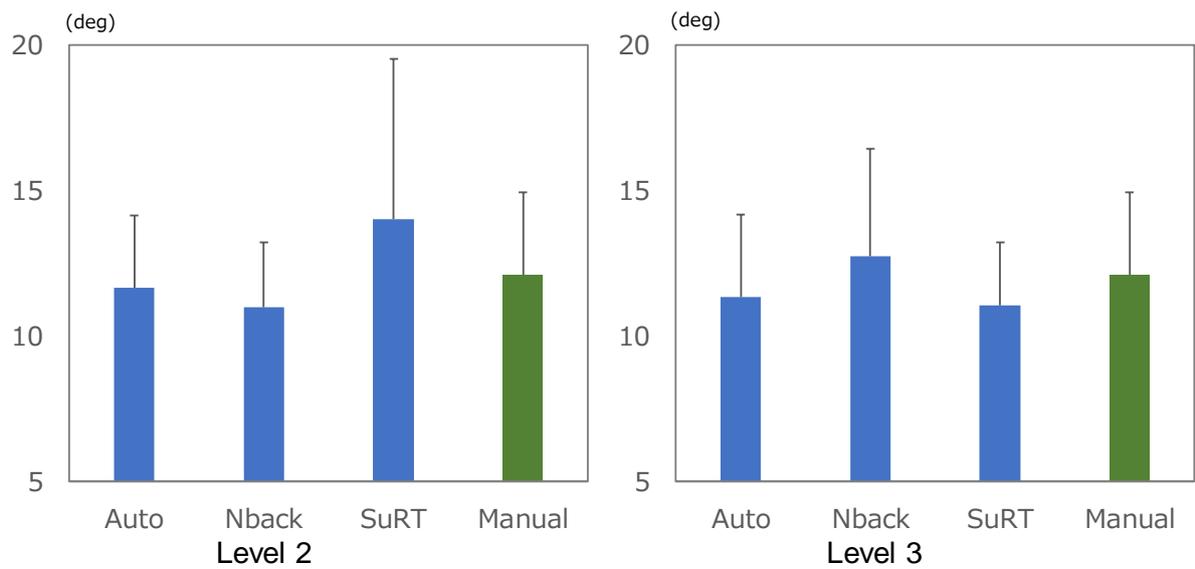


図 4-72 車線変更後のステアリング操舵のばらつき：RtI 発生タイミング 6 秒

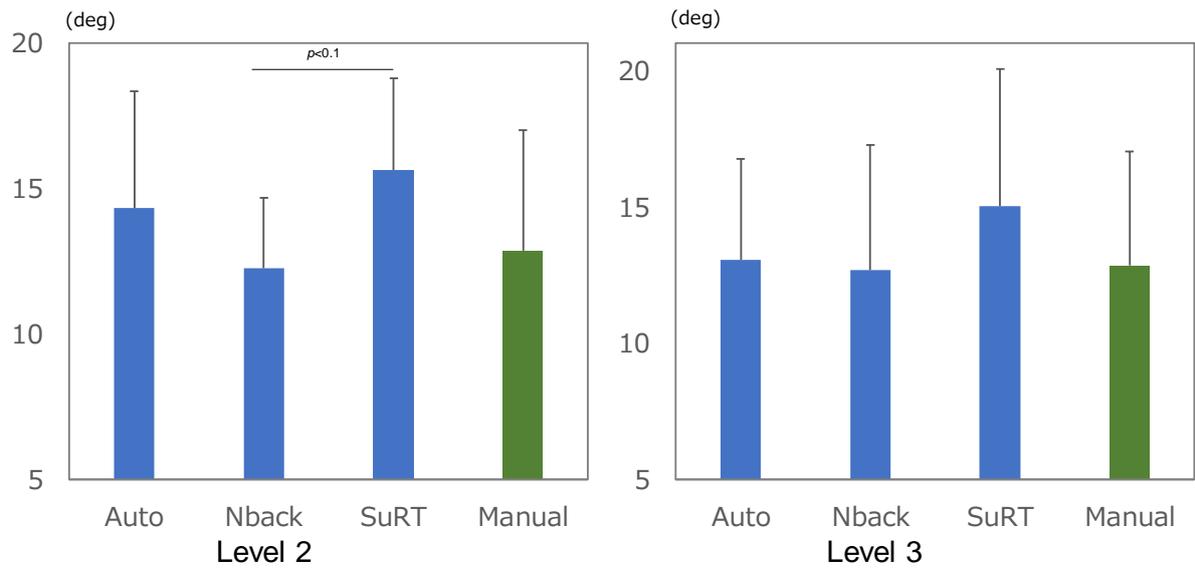


図 4-73 車線変更後のステアリング操舵のばらつき：RtI 発生タイミング 10 秒

---

(4) ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現性検討

DS 実験及び実車実験において、デンソーにて試作した DMS を図 4-74 のようにメータフード左上部に搭載した。

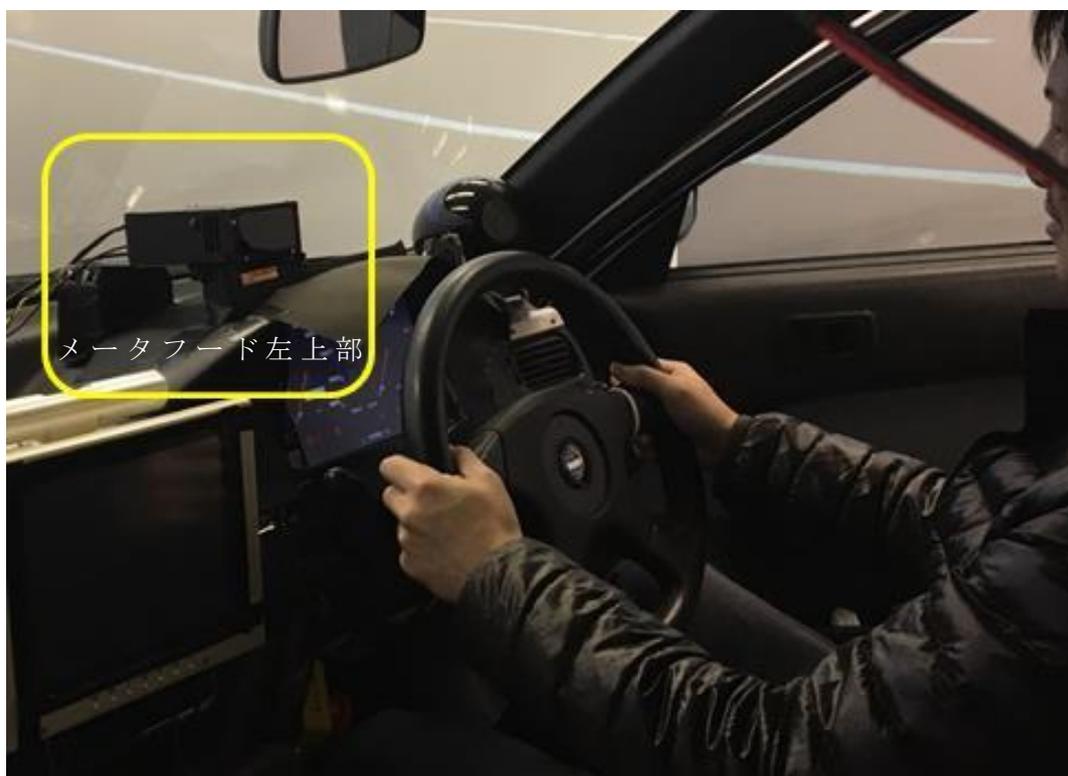


図 4-74 DMS 搭載

上記の搭載は、以下搭載要件に従った。

『搭載要件』

被験者(目)からカメラレンズまでの距離：600～700mm

被験者正面に対する水平角：左角10～20°

被験者(目)の水平面に対する垂直角：5～15°

被験者がステアリングなどで遮蔽されない

試作したDMS外観を図 4-75に示す。

外殻はアルミ筐体で構成され、樹脂製のフロントパネル裏面部にカメラ及び撮影画像の明るさを調整する近赤外光LEDを搭載している。



図 4-75 DMS 外観

平成 29 年度実験に使用した DMS は、平成 28 年度に想定した仕様(表 1)に基づき試作した。

表 4-1 Readiness 検知仕様

指標	検出項目	算出値
開瞼度	目の開き度合(%) 上瞼から下瞼までの距離 / 虹彩の直径	
まばたき	開瞼度20%以下、持続時間70~500ms、間隔500ms以上	頻度:直近2分間の回数
目瞑り	開瞼度20%以下、持続時間500ms以上	PERCLOS:直近1分間の目瞑りの時間の割合(%)
視線	ドライバが何をどのくらいの時間を見ているか 検出対象領域:フロントガラス、サブディスプレイ 検出精度:±15度	視線持続時間:直近1分間の各視線場所における平均持続時間(秒/回) 視線割合:直近1分間の視線割合(%)
サッカード	目視対象を変更する際の高速な眼球の動き 眼球の速度と振幅(移動量)を元に検出 ・サッカード(小) 速度:60~300度/秒、振幅:5~8度 ・サッカード(大) 速度:60~300度/秒、振幅:16~32度	サッカード(小), (大)生起回数: 直近2分間のサッカード(小),(大)の発生回数

2017年度 SIP では、上記試作品を EOG 等他の生理指標の計測装置と共に搭載し、DS 実験及び走行実験を行った。

本実験での眼球指標検出結果を以下に示す。

図 4-76DS 実験での直近 2 分間の瞬き回数、図 4-77DS 実験での直近 2 分間のサッカード(小)回数、図 4-78 直近 2 分間のサッカード(大)回数の DMS 出力を EOG と比較した結果である。

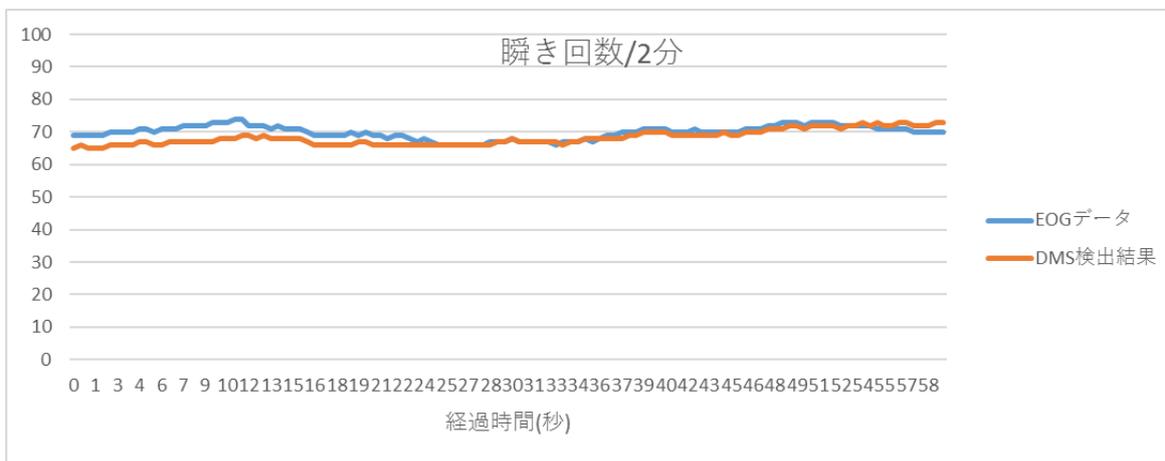


図 4-76 DS 実験瞬き回数

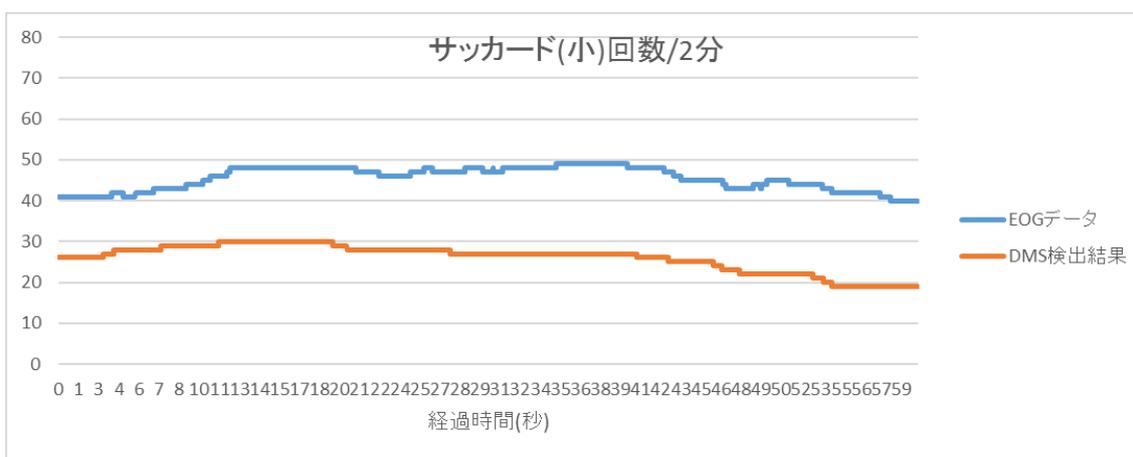


図 4-77 DS 実験サッカード(小)回数

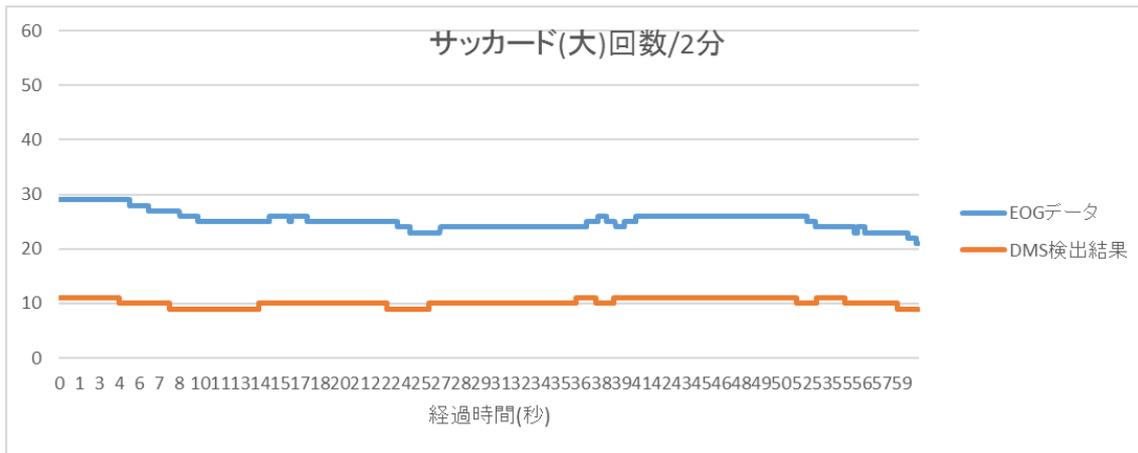


図 4-78 DS 実験サッカード(大)回数

DS 実験データでは、瞬き回数及びサッカード(小)(大)回数の傾向を捉えているが、計測回数には開きがある。

図 4-79 はテストコース実験での直近 2 分間の瞬き回数、図 4-80 テストコース実験での直近 2 分間のサッカード(小)回数、図 4-81 テストコース実験での直近 2 分間のサッカード(大)回数の DMS 出力を EOG と比較した結果である。

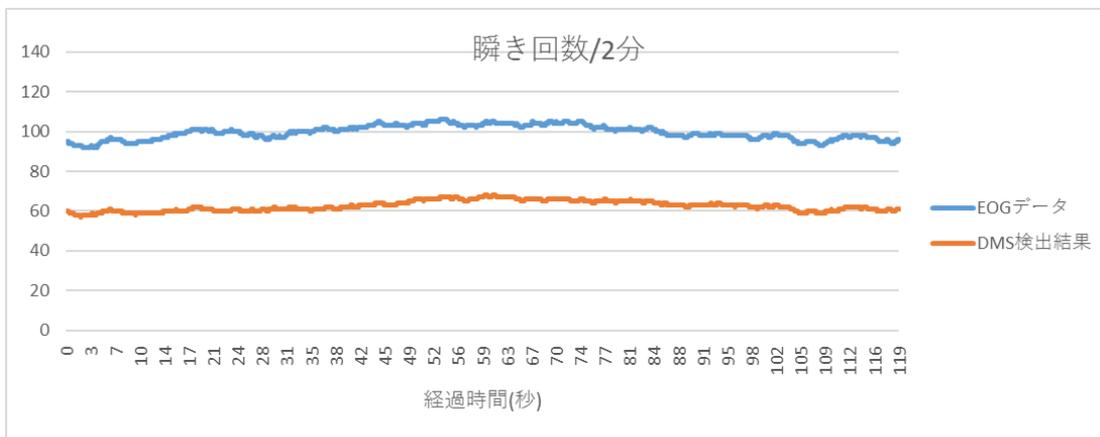


図 4-79 テストコース実験瞬き回数

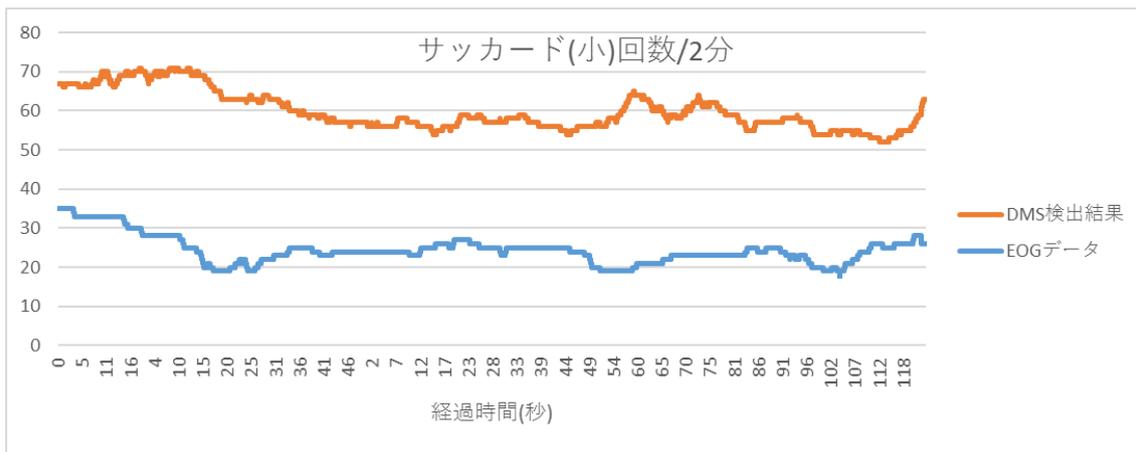


図 4-80 テストコース実験サッカード(小)回数

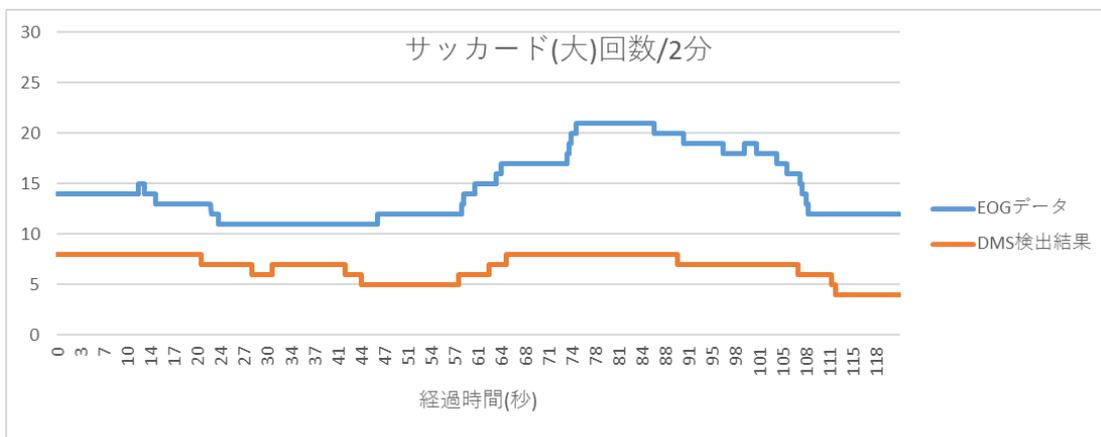


図 4-81 テストコース実験サッカード(大)回数

テストコース実験のデータでは、瞬き回数及びサッカード増減傾向は捉えていると思われる。但し、検出仕様については再考の余地を残す。

2017年度時点では、瞬き及びサッカードは暫定設定した検出仕様により計測しているため現状では EOG 検出値との間にズレがある。また、外乱光等への対応が不十分である。

今後、瞬きとサッカード等の検出仕様の最適化やロバスト性向上により改善が見込めると考えている。

平成 30 年度の実験では仕様最適化とロバスト性向上により検出精度を向上し検証を進める。

---

---

## References

- Atienza, M., Cantero, J. L., Stickgold, R., & Allan Hobson, J. (2004). Eyelid movements measured by Nightcap predict slow eye movements during quiet wakefulness in humans. *Journal of Sleep Research, 13*, 25-29.
- Caffier, P. P., Erdmann, U., & Ullsperger, P. (2003). Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure. *European Journal of Applied Physiology, 89*, 319-325.
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. (2001). Changes in executive control across the life span: examination of task-switching performance. *Developmental Psychology, 37*, 715-730.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual Search of Driving Situations: Danger and Experience. *Perception, 27*, 951-964.
- Chowdhury, A., Shankaran, R., Kavakli, M., & Haque, M. M. (2018). Sensor Applications and Physiological Features in Drivers's Drowsiness Detection: A Review. *IEEE Sensors Journal, PP*, 1-1.
- Crevits, L., Simons, B., & Wildenbeest, J. (2003). Effect of Sleep Deprivation on Saccades and Eyelid Blinking. *European Neurology, 50*, 176-180.
- Dong, Y., Hu, Z., Uchimura, K., & Murayama, N. (2011). Driver Inattention Monitoring System for Intelligent Vehicles: A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 12*, 596-614.
- Ingre, M., Åkerstedt, T., Peters, B., Anund, A., & Kecklund, G. (2006). Subjective sleepiness, simulated driving performance and blink duration: examining individual differences. *Journal of Sleep Research, 15*, 47-53.
- Kaida, K., Takahashi, M., Akerstedt, T., Nakata, A., Otsuka, Y., Haratani, T., et al. (2006). Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 117*, 1574-1581.
- Kramer, A. F., Hahn, S., & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica, 101*, 339-378.

- 
- 
- Kray, J., & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging, 15*, 126-147.
- Lorist, M. M., Bezdan, E., ten Caat, M., Span, M. M., Roerdink, J. B. T. M., & Maurits, N. M. (2009). The influence of mental fatigue and motivation on neural network dynamics; an EEG coherence study. *Brain Research, 1270*, 95-106.
- Lorist, M. M., Klein, M., Nieuwenhuis, S., De Jong, R., Mulder, G., & Meijman, T. F. (2000). Mental fatigue and task control: Planning and preparation. *Psychophysiology, 37*, 614-625.
- Marquart, G., Cabrall, C., & de Winter, J. (2015). Review of Eye-related Measures of Drivers' Mental Workload. *Procedia Manufacturing, 3*, 2854-2861.
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 134-140.
- Recarte, M. Á., Pérez, E., Conchillo, Á., & Nunes, L. M. (2008). Mental Workload and Visual Impairment: Differences between Pupil, Blink, and Subjective Rating. *The Spanish Journal of Psychology, 11*, 374-385.
- Takeda, Y., Sato, T., Kimura, K., Komine, H., Akamatsu, M., & Sato, J. (2016). Electrophysiological evaluation of attention in drivers and passengers: Toward an understanding of drivers' attentional state in autonomous vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 42, Part 1*, 140-150.
- Thummar, S., & Kalariya, V. (2015). A Real Time Driver Fatigue System Based On Eye Gaze Detection. *International Journal of Engineering Research and General Science, 3*, 105-110.
- Tucker, A. J., & Johns, M. W. (2005). The duration of eyelid movements during blinks: changes with drowsiness. *Sleep, 28*.
- Llaneras, R., Salinger, J., & Green, C. (2013). Human Factors Issues Associated With Limited Ability Autonomous Driving Systems: Drivers' Allocation Of Visual Attention To The Forward Roadway. In *Proceedings of the 7th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design* (pp. 92-98). Iowa City, Iowa: The University of Iowa, Public Policy Center.
- Merat, N., Jamson, A.H., Lai, F.C.H., Carsten, O., 2012. Highly automated
- 
-

- 
- 
- driving, secondary task performance, and driver state. *Hum. Factors: J. Human Factors Ergonom. Soc.* 54, 762-771,
- Fitch, G. M., Kiefer, R. J., Hankey, J. M., & Kleiner, B. M. (2007). Toward developing an approach for alerting drivers to the direction of a crash threat. *Human factors*, 49(4), 710-720.
- Tan, A. K., & Lerner, N. D. (1996). *Acoustic Localization of In-Vehicle Crash Avoidance Warnings as a Cue to Hazard Direction* (DOT HS 808 534). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, Office of Crash Avoidance Research.
- Fitch, G. M., Hankey, J. M., Kleiner, B. M., & Dingus, T. A. (2011). Driver comprehension of multiple haptic seat alerts intended for use in an integrated collision avoidance system. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 14(4), 278-290.
- Schmidt, E., Decke, R., Raschofer, R., & Bullinger, A. C. (2017). Psychophysiological responses to short-term cooling during a simulated monotonous driving task. *Applied ergonomics*, 62, 9-18.

---

---

#### 4.4. 課題 B の平成 29 年度のまとめ

##### (1) ドライバー状態の評価指標

テストコースにて、自動走行システム使用中のドライバー状態データの計測と、RtI 提示後の手動運転での行動データを計測し、RtI 前のドライバー状態の違いによる RtI 後の運転パフォーマンスの違いを評価した。テストコース実験では、全周 3.2km の周回路にて、自動走行による先行車追従タスクを設定した。自動走行中のドライバー状態として“意識のわき見”と“わき見”を対象とし、それぞれ標準的なサブタスク（意識のわき見は N-back タスク；わき見は SuRT (Surrogate Reference Task)）によりその状態を実験的に再現した。その際の目の動き、まぶたの動き、脳活動等を計測した。周回路を走行途中で先行車の前方にパイロンを出現させ、パイロン出現と同時に RtI を提示し、自動走行システムを OFF にしてドライバーが手動でパイロンを回避するイベントを設定した。パイロン回避時における運転行動（ハンドルを持つまでの時間、車線変更開始までの時間、車線変更前後のステアリング操作等）を分析した。

その結果、自動走行中のドライバー状態の評価指標として、瞬間的な目の動き（サッカード）の相対頻度が意識のわき見およびわき見の程度によって変化することが示された。また、瞬目回数が意識のわき見状態に感度が高いこと、前方視認割合がわき見状態と関連の強い結果が示された。RtI 後の運転パフォーマンスについては、RtI 前の意識のわき見によって、車線変更時点におけるパイロンまでの余裕時間が短くなること、RtI 前のわき見によって、車線変更時の最大ステアリング操舵角までの操舵速度が速くなることが示された。

目の開き度合、まばたき、視線、サッカードを検知可能なドライバーモニタリングシステムをテストコース実験の実験車両に実装した。同時に計測したドライバーの水平眼電位の信号から得られた瞬目回数や小さなサッカード回数の経過時間に伴う変化は、ドライバーモニタリングシステムにより推定された値の変化と同様の傾向であることが示された。

##### (2) ドライバー状態維持のための HMI

自動走行中のドライバー Readiness レベルの低下を防ぐための HMI の有効性を検討するため、ドライビングシミュレータを用いて評価実験を 2 つ実施した。実験 1 では、自動走行中に手動運転が挿入される HMI の効果を検討した。実験の結果、手動運転挿入 HMI が働く場合、その後の RtI に対する運転動作が遅延する可能性が示された。特にこの傾向は高齢者で

---

---

顕著だった。また、サッカードや瞬目などの **Readiness** レベル指標に対しても、**HMI** の有効性は示されなかった。これは、自動走行と手動運転の切り替えがドライバーにとって負荷となったことが一因と考えられる。

実験 2 では、体性感覚刺激をドライバーに与える **HMI** を 3 種類用意して評価した。ドライバーの **Readiness** レベルを一定に維持するために持続的に刺激を与える「維持 **HMI**」、低下した **Readiness** レベルを回復させるために一時的に刺激を与える「回復 **HMI**」、両者を組み合わせた「維持・回復 **HMI**」を用いて、ドライバーの覚醒度の変化に対するそれぞれの効果を検証した。実験の結果、「維持 **HMI**」と「回復 **HMI**」単独では、**Readiness** レベル指標や **RtI** 後の運転動作に対する有効な効果は認められなかった。一方、「維持・回復 **HMI**」は、**Readiness** レベル低下の防止および **RtI** に対する運転動作の悪化防止の効果が認められた。このことから、維持と回復のように、**Readiness** レベルに対して複数の効果を持つことが、**Readiness** レベルを適切な状態に保つ **HMI** として有効であることが示された。

### (3) ドライバー状態と遷移時間の関係性

**RtI** の発生タイミングとして、手動運転による障害物回避イベントの 2 秒前、4 秒前、6 秒前、10 秒前の 4 種類を設定した、**RtI** 前の自動走行システム使用中のドライバー状態として、意識のわき見、わき見をサブタスクにより実験的に再現した。走行前の教示を変えることで、自動走行システムのレベル 2 とレベル 3 の 2 条件を設定し、ドライバー群によってどちらかのレベルを割り当てた。

ドライビングシミュレータ実験の結果、4 秒前に **RtI** が発生し、回避方向を判断する状況では、意識のわき見の際に遷移時間がより長く必要となること、4 秒前・6 秒前に **RtI** が発生し、回避方向を判断する状況では、わき見の際にレベル 3 使用時はレベル 2 に比べて遷移時間がより長く必要となること等が示された。

## 4.5. 課題 B の平成 29 年度の Recommendation (成果の活用)

- ドライバー状態として、“意識のわき見”と“わき見”をそれぞれモニタリングすることが望ましい
- Readiness** を維持するために、維持 **HMI** と回復 **HMI** の両方が望ましい

---

---

#### 4.6. 課題 B の平成 30 年度の計画

##### (1) ドライバー Readiness 状態評価の実証実験（公道）

受託者の用意する自動運転機能を有する市販車 3 台を用いて、常磐自動車道、首都高速道路、東名自動車道、新東名自動車道に渡る長距離の実路走行実験を実施する。1 日あたり実験被験者 3 名にて走行を行い、実験被験者一人当たり合計 3 日間（同一車種に乗車、1 日目は手動運転、2 日目と 3 日目は自動運転機能を使用して運転）、合計実験被験者数 48 名（20～40 歳代：24 名、65 歳以上：24 名）、合計実験日数 48 日間という規模にて、多様な道路交通環境におけるドライバー Readiness 指標のデータを収集し、ドライバーモニタリングシステムの適用範囲を明確にする。

(2) ドライバー状態維持のための HMI 効果の実環境検証実験（テストコース）  
平成 30 年度は、ドライビングシミュレータ実験で確認された HMI 要件の実車への適用性を検証するため、テストコースで実車を用いて同様の実験を行う。ドライビングシミュレータ実験で検討した状態維持と状態回復の HMI を組み合わせることの Readiness 状態の維持に対する効果をテストコースにて検証する。これらの HMI を自動走行中のドライバーに呈示して、Readiness 指標への影響を計測する。

##### (3) RtI 発生タイミングの実環境での検討実験（テストコース）

平成 29 年度のドライビングシミュレータでの検証結果を踏まえて、RtI 発生のタイミングが変化した状況でのドライバー状態と遷移時間の関係性を実環境に近いテストコースで導出する。自動運転機能を有する市販車両（テストモデル S）を用いて、ドライバー 36 名を対象とする（20～70 歳代：各代約 6 名）。N-back 18 名、SuRT 18 名とする。ドライバー 1 名が 2 日参加する。1 日当たり 1 回実施する。1 回あたり 1 時間 30 分程度である。実験の合計日数は 36 日間である。

テストコースの周回路（第 1 車線：一番左側の車線）を先行車に追従して自動走行する。周回路をドライバーが走行中に、ドライバーには見えない位置（反対側）に別の実験者がパイロンを設置する。ドライバーが操作介入することで自動走行の制御を解除し、パイロンを回避する。

RtI 有 + 危険度大、RtI 有 + 危険度中、RtI 有 + 危険度小の 3 種類のイベントを設定する。手動運転のみの実験条件については、RtI の代わりに衝突警報をならす。

パイロンの手前で RtI を呈示するイベントを設ける。RtI を呈示するイベント

---

---

では、同乗者がボタンを押して、車載モニターに RtI を提示する。RtI を呈示するタイミングとパイロンとの距離を 3 段階（直前、中程度、充分手前）とする。平成 29 年度の検証結果等を踏まえて、本実験方法を修正する。

---

## 5. 課題 C の調査検討（自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション）

### 5.1. 外向け HMI の試作と車両挙動による効果検証および自動運転車であることを表明する外向け HMI 表示の試作と効果検証

コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、自動運転車の意図や状態を伝達するための外向け HMI 装備を実装した車両が非優先側車両ドライバーや横断待ちの歩行者に接近する状況を体験させ、非優先側車両に進路を譲る等の外向け HMI の表示や特定の車両挙動を伴う車両に対する実験協力者の認識や意思決定、心理面に与える影響、運転行動、車両挙動を計測・評価する。

#### 5.1.1. 実験車両の仕様

本研究で使用する自動運転車役の実験車両の外観を図 5-1 に示す。実験車両は市販車両（プリウス DAA-ZVW50）であり、ルーフ部には実験車両周囲の交通参加者や物体までの距離や方向を収集するための LiDAR（ベロダイン社製 VLP-16 Puck）を 1 台設置した。車両の車室内には、図 5-2 に示されるように、機器類を制御するための PC や計測・記録のための PC を設置した。また前方方向の道路環境や交通状況をより詳細に記録するための高精細 4K ビデオカメラをダッシュボード中央上に設置した。



図 5-1：自動運転車役の実験車両の外観



図 5-2 : 実験車両車室内の制御や計測・記録のための PC 類

映像データは、CAN（Controller Area Network）を介して収集される車両状態データと同期して、ハードディスクに記録することが可能であった。CAN を介して収集されるデータは、①車間距離、②車間状態情報（確認、未確認、近づき、遠ざかり）、③速度、④前後加速度、左右加速度、⑤角速度、⑥ハンドル角、ハンドル角速度、⑦アクセルペダル量、⑧ブレーキペダル量、⑨ヘッドライト（ロービーム、ハイビーム、パッシング）、⑩フォグランプ、⑪ブレーキランプ、⑫ウィンカランプ、ハザード、⑬ワイパー動作、⑭シフトギア情報（PRND）、⑮ 運転モード（エコ、スポーツ）、⑯ドアロック情報、⑰シートベルト情報、⑱クラクション、⑲ステアリングスイッチ情報であった。これら車両状態の他、GPS とカーナビゲーションのマップマッチングに基づいた緯度経度情報、車室内の音（ドライバーおよび同乗者の声）、ドライバーがアクセルペダルやブレーキペダルに足を乗せているだけで、まだ踏み込んでいない状態についても CAN データと同期させて計測・記録可能であった。

本研究では、実験車両の速度や加減速を自動的に制御するために、図 5-3 に示される速度制御装置ならびにブレーキ制御アクチュエータを実装した。これらの制御機器を実装することで、ドライバーの手動制御を介すことなく、また安定的に実験車両の速度や加減速の状態に制御すること、特定の速度や加速度の状態の再現性を高めることが可能であった。



図 5-3 : 実験車両搭載の速度制御装置およびブレーキ制御アクチュエータ

### 5.1.2. 外向け HMI の仕様

自動運転車の意図や状態を他の交通参加者に伝達するための手段としては、テキストメッセージやシンボル、アイコンなどの視覚コンテンツ、音声や警告音、喚起音などの聴覚コンテンツなど様々な HMI コンテンツの利用が考えられるが、本研究では、自動運転車の意図や状態を他の交通参加者に伝達する段階で、その意図や状態が交通参加者に伝達されることを確実にするために、テキストメッセージによる視覚コンテンツを採用するとともに、屋外でのデジタルサイネージ等で利用される比較的輝度の高いディスプレイにてテキストメッセージを表示することとした。一方、実道環境における外向け HMI の利用を想定した場合、視認性や可読性の観点から、言語理解とは異なる形式で外向け HMI から自動運転車の意図や状態を伝達する必要も考えられることから、本研究では、テキストメッセージ以外に灯火器を利用した外向け HMI についても検討対象とした。

#### (1) メッセージ表示型外向け HMI

本研究で使用するメッセージ表示型の外向け HMI の主要な仕様を表 5-1 に示す。メッセージ表示型外向け HMI は、デジタルサイネージ等の屋外環境での利用を考慮した液晶ディスプレイ (Edvision 社製 VL-W1561LC) を採用した。この液晶ディスプレイは PC 等と RGB や DVI にて接続することで、PC の表示画面をそのまま表示することが可能であった。メッセージ表示型外向け HMI の設置位置は、ディスプレイ本体寸法を考慮して、図 5-4 に示されるように実験車両のフロントガラス内側の助手席前のダッシュボード上に設置した。

#### (2) 灯火型外向け HMI

本研究で使用する灯火型外向け HMI を図 5-5 に示す。灯火型外向け HMI

は、運転席側と助手席側の車室内上部 2 箇所市販の白色 LED アレイを設置した。LED アレイのサイズは 5mm×190mm であり、色温度は 6500K、LED アレイの明るさは 1000 ルーメンであった。点灯のタイミングや点灯のパターン（点灯周期、点灯/消灯の Duty 比等）は任意に設定可能であった。

表 5-1 メッセージ表示型外向け HMI の仕様

サイズ	15.6 インチワイド
アクティブエリア (mm)	344.16 (H) × 193.59 (V)
ピクセルピッチ (mm)	0.17925 (H) × 0.17925 (V)
解像度	1920 (H) × 1080 (V)
コントラスト比	800:1 (Typ)
ディスプレイカラー	262K
応答時間 (R+F)	25ms (Typ)
輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	Typ. 400
視野角 (L/R/U/D)	89/89/89/89
重量	2.8Kg



(a) 車室内から撮影した設置位置 (b) 車外から撮影した設置位置

図 5-4 : メッセージ表示型外向け HMI の設置位置



図 5-5 : 灯火型外向き HMI の設置位置

### 5.1.3. ドライバー間コミュニケーション実験（実験 C-2-1、C-3-1）

コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、外向け HMI 装備の自動運転車が非優先側車両ドライバー役の実験被験者に接近する状況を体験させ、非優先側車両に進路を譲る等の外向け HMI の表示や特定の車両挙動を伴う車両に対する実験被験者の認識や意思決定、心理面に与える影響、運転行動、車両挙動を計測・評価する。

#### (1) 実験環境および実験車両の構成

本実験では、一般財団法人日本自動車研究所の V2X 市街地にて片側一車線の交差点環境を構築した（図 5-6 参照）。実験では、交差点部にて直進して進入する自動運転車と交差点内で右折待ちしているドライバーとのコミュニケーション場면을図 5-7 に示されるように再現し、自動運転車役の直進車両として車両挙動を制御可能で外向け HMI を実装した前述の実験車両を、交差点右折待ちの車両として計測装置を搭載した車両（図 5-8 参照）を、右折待ち車両の後続車両として一般車両（図 5-9 参照）をそれぞれ配置した

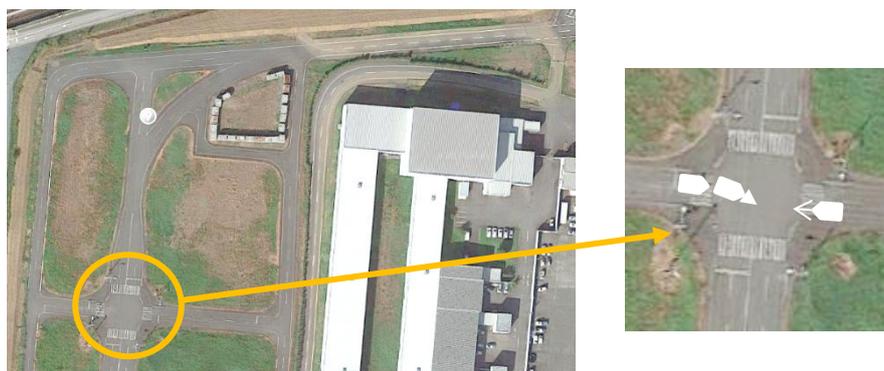


図 5-6：実験で使用した V2X 市街地の交差点環境

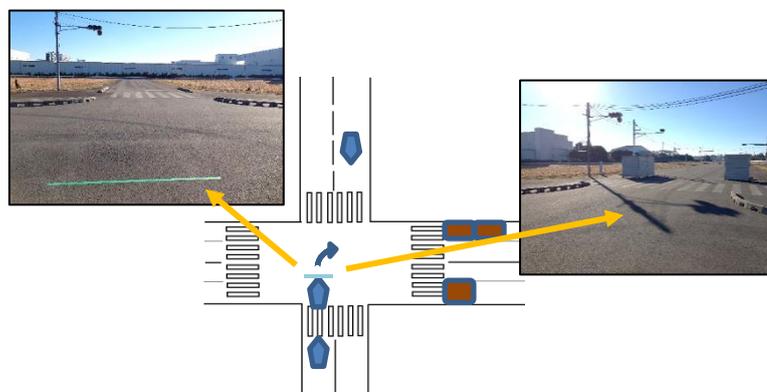


図 5-7：右折待ち車両のドライバーの視点からみた交差点環境

右折待ち車両には、ステアリング手元付近にモーメンタリスイッチが装備され、反応用スイッチとしての利用が可能であった。反応用スイッチのオン・オフはリアルタイムで自動運転車役の実験車両に送信され、そのタイミングが自動運転車役の実験車両側で記録された。また右折待ち車両のダッシュボード上には車載カメラが装備され、おおよそドライバーの運転席から見た自動運転車役の実験車両の交差点への進入状況がリアルタイムで自動運転車役の実験車両に送信され、映像データとして自動運転車役の実験車両側で記録された。実験中の安全対策として、助手席には補助ブレーキが実装された。

右折待ち車両の後続車には市販の一般車両を利用し、計測装置や記録装置などは特に搭載されなかった。

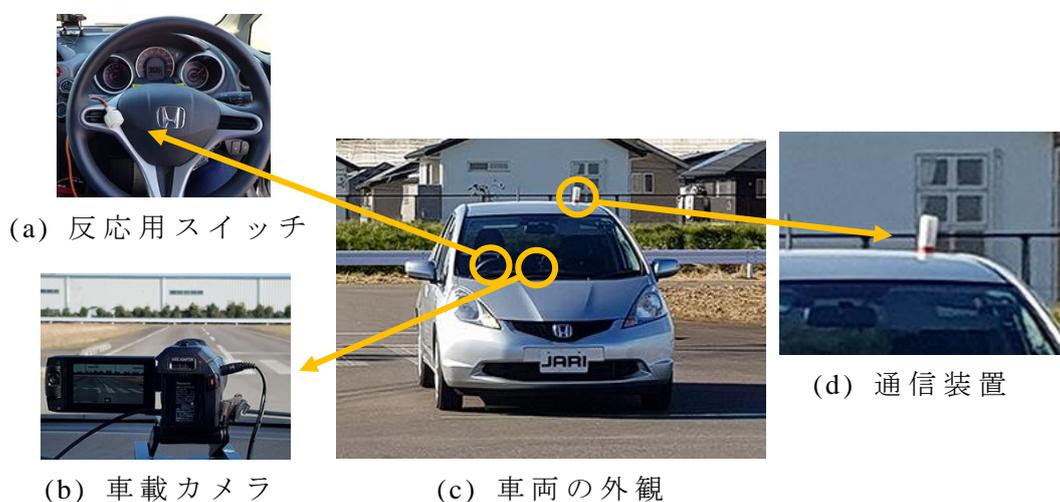


図 5-8 : 右折待ち車両として使用した車両



図 5-9 : 後続車両として使用した車両の外観

## (2) 外向き HMI のコンテンツ

### ● メッセージ表示型外向け HMI のコンテンツ

メッセージ表示型外向け HMI に設定したコンテンツを図 5-10 に示す。自動運転車から右折待ちのドライバーに伝達する意図や状態として、本実験では、自動運転車自身の意図や行動、状態、相手への譲りに関するコンテンツを作成した。自動運転車から右折待ちのドライバーに進路を譲る意図を伝達するコンテンツとして「お先にどうぞ」を、自動運転車自身の行動を伝達するコンテンツとして「とまります」を、自動運転車の運行状態（オペレーション状態）を伝達するコンテンツとして「自動走行中」を、また自動運転車がそのまま進行する意図を伝達するコンテンツとして「すすみます」をそれぞれ設定した。



図 5-10：実験で使用したメッセージ表示型外向け HMI のコンテンツ

### ● 灯火型外向け HMI のコンテンツ

灯火型外向け HMI に設定したコンテンツの概要を図 5-11 に示す。コンテンツとして、表示開始タイミングから LED アレイの点灯と消灯が 2Hz で 2 秒間表示される設定とした。LED アレイの点灯と消灯の Duty 比は 50% に設定した。

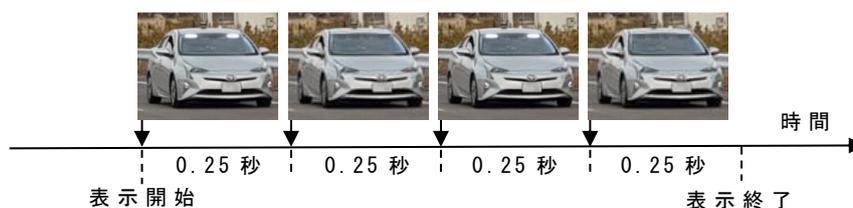


図 5-11：実験で使用した灯火型外向け HMI の概要

### (3) 実験被験者

実験に参加した実験被験者を表 5-2 に示す。実験被験者は、非高齢ドライバー38名（男性17名、女性21名、20～64歳、平均年齢44.1歳、標準偏差11.8歳）、高齢ドライバー22名（男性13名、女性9名、65～75歳、平均年齢70.0歳、標準偏差3.24歳）の計60名であった。いずれの実験被験者も運転する上で十分な視力を有しており、また日常的な運転経験を有している者であった。

表 5-2：実験被験者の構成

	性別	人数	平均年齢	年齢範囲	標準偏差
非高齢者	男性	17名	43.6	21-61	11.6
	女性	21名	44.8	20-64	12.4
高齢者	男性	13名	70.6	65-75	3.12
	女性	9名	69.0	65-75	3.35

### (4) 実験条件

平成28年度「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に関する調査検討における課題Cの成果に基づいて、車両挙動と外向けHMIの組合せから、表5-3ならびに表5-4に示される実験条件を設定した。実験条件の詳細を以下に記載する。

自動運転車が交差点に進入する際の車両挙動については、減速挙動の有無ならびに減速挙動の大小に基づく3因子を設定した。具体的には、交差点内で実験被験者が乗車する右折待ち車両の停止位置からおおよそ50m手前の地点において、30km/hの速度一定で交差点に接近・進入する条件（速度一定と称す、統制条件に相当）、30km/hから徐々に減速しておおよそ25m手前で10km/hになり25m手前付近でのフロント部分の沈み込み（以後、ノーズダイブと称す）が小さい条件（減速①と称す）、30km/hから徐々に減速しておおよそ25m手前で10km/hになり25m手前付近でのノーズダイブが大きい条件（減速②と称す）の3種類であった。なお減速①の条件では25m手前付近以降で10km/hを維持して交差点に進入、減速②の条件では25m手前付近以降も減速を継続して17m手前前後で0km/hとなり交差点進入前に停止した。

表 5-3：車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件（その 1）

実験 No	車両挙動	外向け HMI		備考 ラベル
		コンテンツ	提示位置	
1	速度一定	—	—	HMI なし
2	30km/h	LED アレイ点滅	35m 手前	LED 点滅光
3	ノーズダイブ無	「自動走行中」	35m 手前	自動走行中
4		「自動走行中」	走行開始時	自動走行中（常時）
5		「すすみます」	35m 手前	すすみます
6	減速	—	—	HMI なし
7	30km/h→10km/h	LED アレイ点滅	35m 手前	LED 点滅光
8	ノーズダイブ小	「自動走行中」	35m 手前	自動走行中
9		「自動走行中」	走行開始時	自動走行中（常時）
10		「すすみます」	35m 手前	すすみます
11		「お先にどうぞ」	35m 手前	お先にどうぞ
12		「とまります」	35m 手前	とまります

表 5-4：車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件（その 2）

実験 No	車両挙動	外向け HMI		備考 ラベル
		コンテンツ	提示位置	
13	減速	—	—	HMI なし
14	30km/h→10km/h	LED アレイ点滅	17m 手前	LED 点滅光
15	ノーズダイブ大	「自動走行中」	17m 手前	自動走行中
16		「自動走行中」	走行開始時	自動走行中（常時）
17		「すすみます」	17m 手前	すすみます
18		「お先にどうぞ」	17m 手前	お先にどうぞ
19		「とまります」	17m 手前	とまります

これらの車両挙動について、速度変化ならびに前後方向の加速度で可視化した例を図 5-12 および図 5-13 にそれぞれ示す。速度一定の条件では、30km/h のまま速度変化は無く、また前後加速度の変化に伴うノーズダイブも生じない。減速①ならびに減速②の条件では、いずれの条件も共通的に右折待ち車両の停止位置から 26m 手前付近までにおおよそ一定の減速度で 10km/h まで減速するが、減速②の条件では、前後加速度にみられるように 25m 手前付近での前後加速度の減少が大きく、これに伴うノーズダイブが大きく生じてお

り、減速①の条件と異なる車両挙動の特徴を有する。実験条件間での比較に関して、実験因子の組合せに伴う実験条件数の爆発的な増加を避けるために、車両挙動の実験因子に対して、外向け HMI の実験因子と提示位置のいくつかの組合せを削減した。また外向け HMI のコンテンツのうち、「すすみます」については、実験の実施過程において、実験被験者が外向け HMI のコンテンツを十分確認せずに、何かが提示されたら短絡的に反応してしまうといった行動を避けるために設定した。

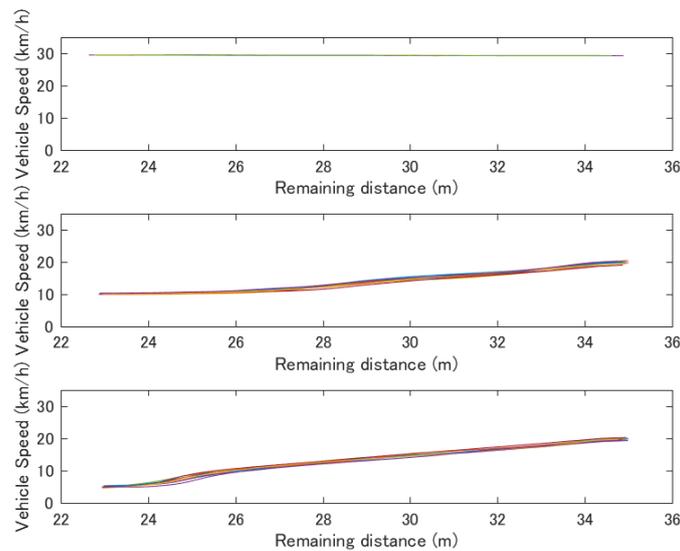


図 5-12：自動運転車の交差点接近における車両挙動の例（速度変化）

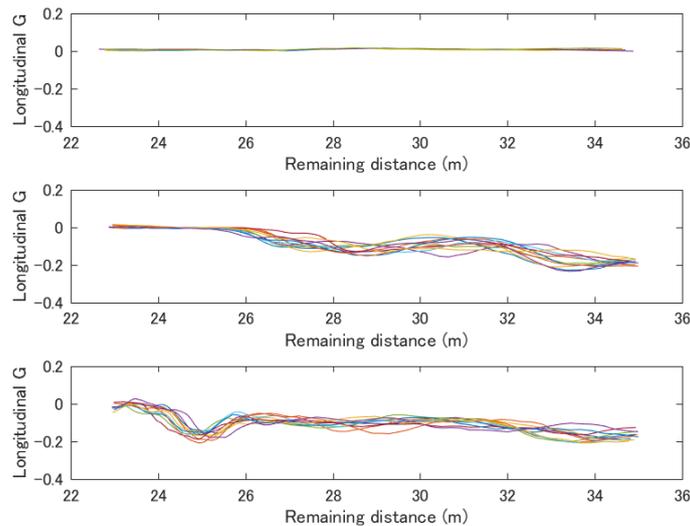


図 5-13：自動運転車の交差点接近における車両挙動の例（前後加速度）

車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件の例を図 5-14 に示す。いずれの実験条件においても自動運転車は、右折待ち車両から 50m 手前付近までは 30km/h で走行し、速度一定の条件ではそのまま 30km/h を維持し、減速①および減速②の条件では減速を開始して 26m 手前付近で 10km/h に減速した。その後、減速①の条件では 10km/h を維持、減速②の条件では引き続き減速して停止する。ただし、減速①では比較的大きなノーズダイブが 25m 手前付近で発生した。一方、外向け HMI に関しては、35m 手前付近あるいは 17m 手前付近で提示した。

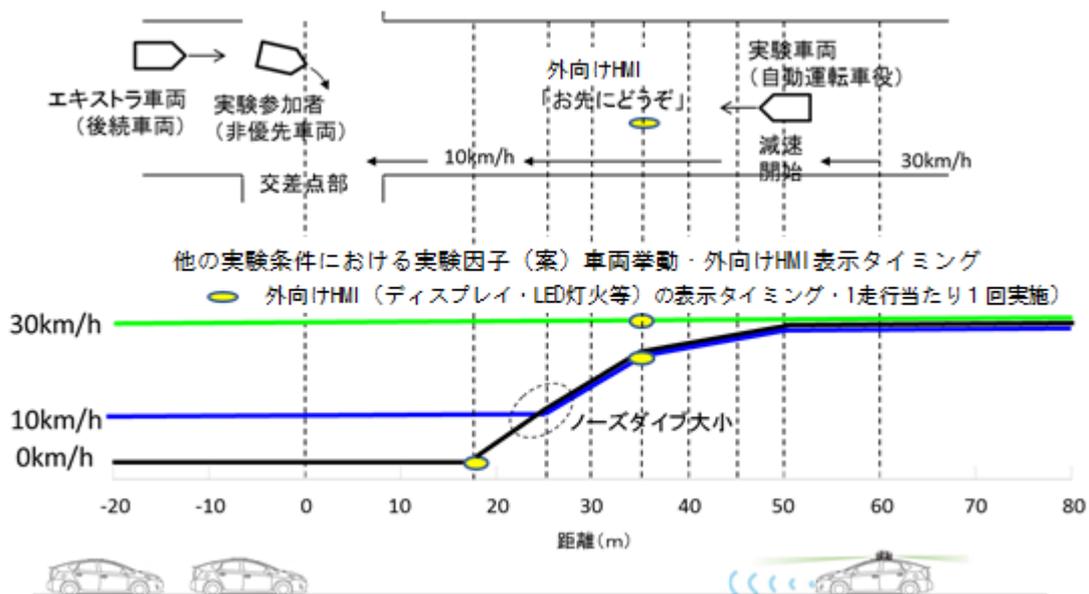


図 5-14：車両挙動と外向け HMI の組合せの例

##### (5) 評価項目

各実験条件において、以下の項目を計測し評価した。

- 進路を譲られたかどうかの判断

車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく各実験条件下で自動運転車の接近・進入に対して、進路を譲られたと実験被験者が感じたかどうかを計測した。進路を譲られたと感じたかどうかの回答は、ステアリング付近の反応スイッチの押下の有無に基づいて記録・抽出した。また進路を譲られたと感じた実験被験者を対象に、各実験条件の終了直後に、譲り程度「わずかに譲られた」「やや譲られている」「譲られている」「非常に譲られている」のいずれに該当するかを回答させた。

- 進路を譲られたと判断した際の自動運転車の状況

自動運転車の接近・進入に対して、進路を譲られたと感じた場合を対象

---

---

に、進路を譲られたと感じたタイミングにおける自動運転車と右折待ち車両との距離、自動運転車の速度等を抽出した。

- 右折可能かどうかの判断

各実験条件下で進路を譲られたと感じたかどうかの判断後、実験被験者には引き続き、右折開始が可能かどうかの判断について計測した。右折可能かどうかの回答は、前述と同様に、ステアリング付近の反応スイッチの押下の有無に基づいて抽出した。また右折可能と判断した実験被験者を対象に、各実験条件の終了直後に、右折可能と判断した際に実験被験者が感じた確信の程度「わずかに確信を持った」「やや確信を持った」「確信を持った」「非常に確信を持った」のいずれに該当するかを回答させた。

- 右折可能と判断した際の自動運転車の状況

各実験条件下で進路を譲られたと感じたかどうかの判断後、右折可能と判断した実験被験者を対象に、右折可能と判断したタイミングにおける自動運転車と右折待ち車両との距離、自動運転車の速度等を抽出した。

- LED点滅光に対する解釈

すべての実験条件の終了後、各実験被験者に対してLED点滅光をどのように解釈したかを自由回答にて調査した。

## (6) 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。最初に実験被験者には、実験目的・実験内容について説明を行い、その後、実験におけるリスク、研究同意しないことや研究同意の撤回による不利益がないこと、個人情報保護や研究結果の公表、研究終了後のデータおよび試料等の取り扱い方針、映像データ取り扱いの同意書、本研究の費用、問い合わせ先に関して説明を行なったうえで実験に参加することへの同意を得た。同意を得た後、実験被験者の属性や運転経験等のフェースシートを記載させ、視力についてはその場で簡単な視力検査を実施した。視力検査の終了後、右折待ち車両となる車両を実験被験者に運転させて、実験を実施する試験走路内の交差点環境に案内した。右折待ち車両には、実験被験者以外に、実験者2名が乗車した。1名は助手席に乗車し、実験被験者が誤って発進操作を行わないよう、交差点内で補助ブレーキを踏み、必要に応じてサイドブレーキ（駐車ブレーキ）を引く作業を担当した。もう1名は後部座席に乗車し、実験中の実験被験者の様子を記録するとともに、各実験終了直後に交差点内に停止した状態で実験参加者への質問紙調査を担当した。

---

---

実験開始前に交差点内で実験被験者には以下の教示を行った。

- 対向車線において接近・進入する車両は自動運転車であること
- 交差点で右折待ちをしている場面を想定し、自動運転車から進路を譲られたかどうかの判断を行い、進路を譲られたと感じたらステアリング付近に設置した反応スイッチをすぐに押下すること
- 進路を譲られたかどうかの判断後、周囲の状況等を考慮して右折可能かどうかの判断を行い、右折可能と判断したらステアリング付近に設置した反応スイッチをすぐに押下すること

実験被験者への教示後、試験走路の交差点部における右折待ち状態を含む特定の区間を対象にした運転走行の練習を実施し、その間、自動運転車の接近・進入に対する各状況に対する判断や反応スイッチ操作の練習を実施した。判断の練習や反応スイッチ操作の練習が十分と判断されてから、各実験条件の実験を実施した。最初に車両挙動と HMI なしの組合せに基づく実験条件を実施し、その後、車両挙動とメッセージ表示型外向け HMI の組合せや車両挙動と灯火型外向け HMI の組合せに基づく実験条件をランダムに実施したが、各実験条件の実施順序は実験被験者間で同様な順序であった。

各実験条件における基本的な手続きとして、まず実験被験者には右折待ち車両となる車両を日常の運転と同じ要領で交差点部に接近・進入させ、交差点内の停止位置の目安を表示した停止線に停止させた。その後、同乗する実験者が補助ブレーキ等を踏み、準備が完了した後に、自動運転車を各実験条件に従って交差点に接近・進入させた（図 5-15 参照）。



図 5-15：交差点部での自動運転車の接近・進入と右折待ち車両の状況

実験被験者には、自動運転車から進路を譲られたと感じた際と右折開始が可能であると判断した際のそれぞれタイミングで反応スイッチを押下させた。自動運転車の交差点部通過後、後部座席の実験者による質問紙調査を実施し

た。質問紙調査の終了後、実験被験者に交差点右折を開始させ、指定のコースを走行させた。必要に応じて交差点部に接続しない道路区間で停止させ、再度、交差点部に接近・進入させた。すべての実験条件に対する判断と実験条件直後の質問紙調査が終了した後、試験走路から実験同意書等の説明を実施した詰所に移動して実験終了後の質問等を実施した。

### (7) 実験結果

- 譲られたかどうかの判断結果

速度一定の条件と減速①の実験条件のもとで、自動運転車の交差点への接近・進入に対して、実験被験者が自動運転車から譲られたかどうかを判断した結果を図 5-16 に示す。

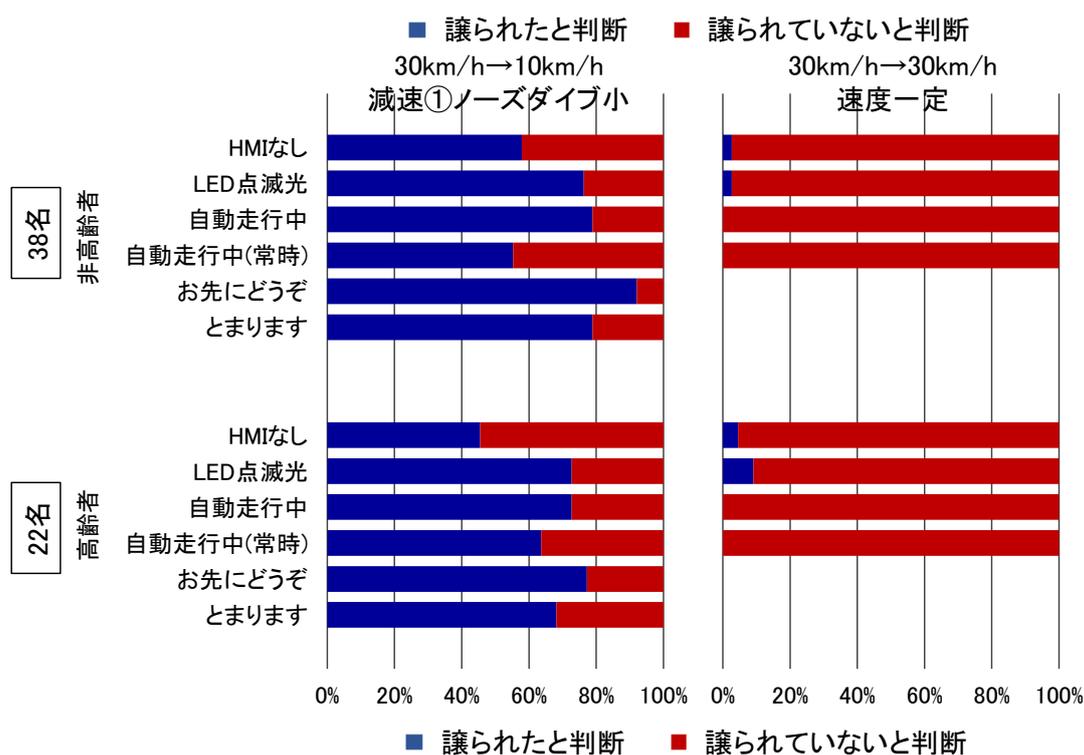


図 5-16：譲られたかどうかの判断結果（速度一定と減速①の比較）

表 5-3 に示した通り、車両挙動の速度一定の条件と減速①の条件での共通水準は「HMI なし」、「LED 点滅光」、「自動走行中」、「自動走行中（常時）」である。車両挙動が 30km/h の速度一定の条件では、非高齢者、高齢者に関わりなく、「HMI なし」、「LED 点滅光」、「自動走行中」、「自動走行中（常時）」

のいずれの場合も自動運転車の接近・進入に対して譲られていないと判断される結果となった。これに対して、車両挙動が 30km/h→10km/h の減速①では、非高齢者、高齢者に関わりなく、いずれも譲られたと判断される割合が半数から 2/3 となる結果であったが、非高齢者では「LED 点滅光」、「自動走行中」、「お先にどうぞ」、「とまります」のいずれの場合も「HMI なし」よりも高い割合となった。同様に高齢者においては、「LED 点滅光」、「自動走行中」、「自動走行中（常時）」、「お先にどうぞ」、「とまります」のいずれの場合も「HMI なし」よりも譲られたと判断される割合が高い結果となった。

車両挙動が 30km/h→10km/h の減速②の実験条件のもとで、自動運転車の交差点への接近・進入に対して、実験被験者が自動運転車から譲られたかどうかを判断した結果を図 5-17 に示す。図 5-17 では、車両挙動が 30km/h→10km/h の減速①の実験条件と比較している。外向け HMI による表示に関して、減速①と減速②での提示位置が異なるため、直接的な比較が可能な条件は「HMI なし」と「自動走行中（常時）」となる。「HMI なし」、「自動走行中（常時）」のいずれについても、減速②の車両挙動の方が、減速①の場合と比較して、譲られたと判断する割合が高い結果となった。

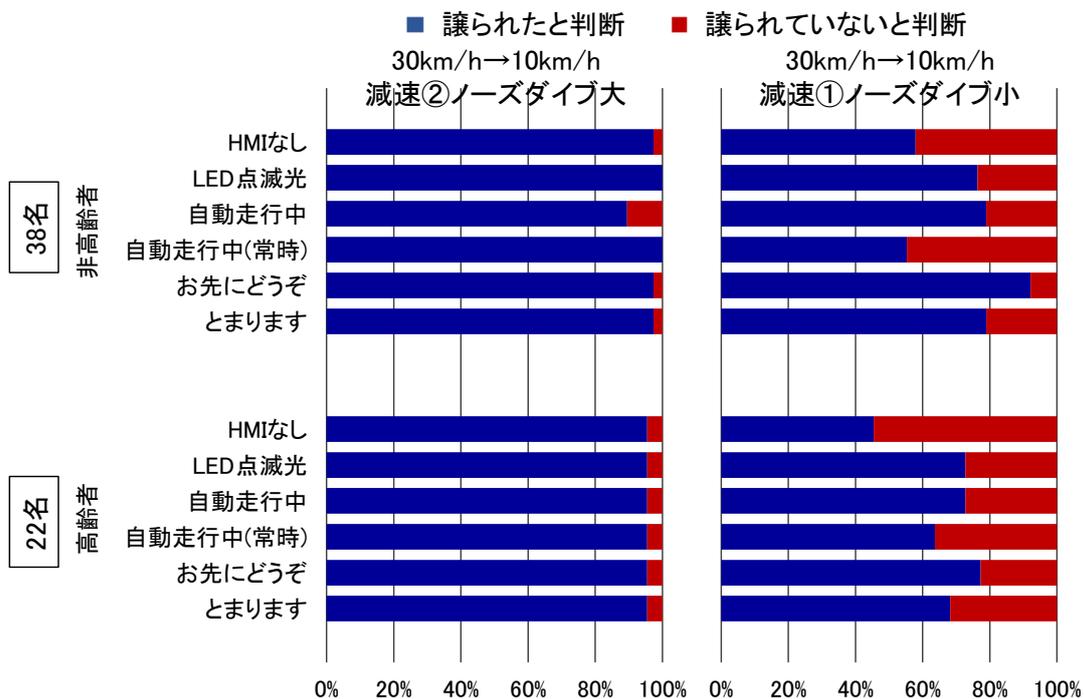


図 5-17：譲られたかどうかの判断結果（減速②と減速①の比較）

- 譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離および自動運転車の速度  
速度一定、減速①、減速②の条件のもと、外向き HMI の条件間で比較可能

である「HMI なし」と「自動走行中（常時）」を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離を比較した。その結果を図 5-18 に示す。速度一定の条件では、譲られたと判断した実験被験者はほとんど観測されなかったため、ここでは、減速①と減速②の比較のみに焦点を当てる。非高齢者、高齢者ともに、自動運転車が右折待ち車両からおおよそ 30m から 20m の距離に達した際に譲られたと判断する傾向がみられたが、減速①と減速②の間で譲られたと判断される距離に大きな違いはみられなかった。減速①の HMI なしの実験条件において、高齢者が譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両の距離のばらつきが小さい結果となっているが、これは譲られたと判断した高齢者が少ないことに起因したものと推察される。

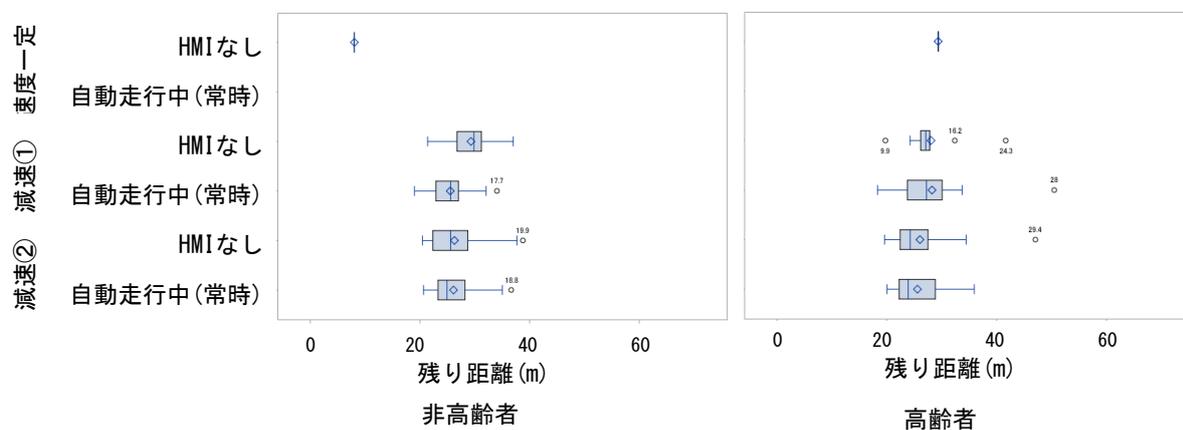


図 5-18：譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離

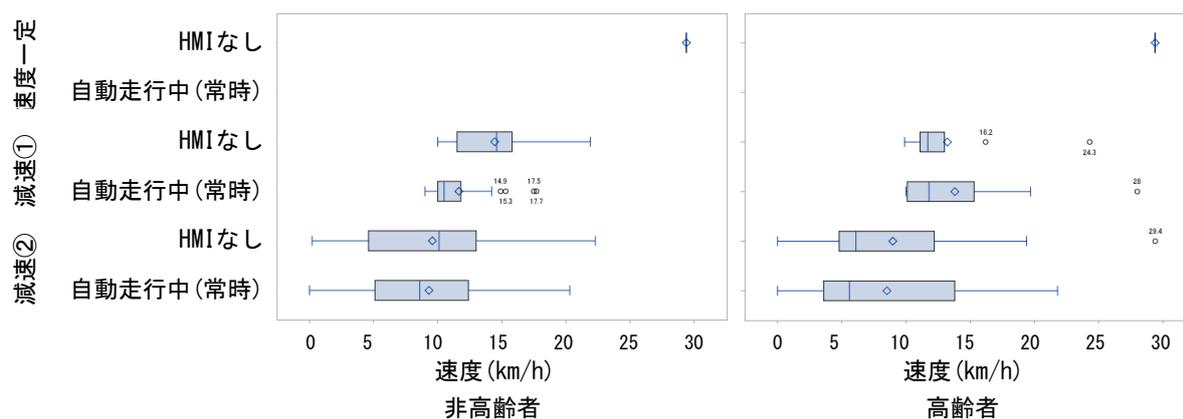


図 5-19：譲られたと判断した際の自動運転車の速度

同様に、速度一定、減速①、減速②の条件のもと、「HMI なし」と「自動走行中（常時）」を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車の速度を比

---

較した。その結果を図 5-19 に示す。減速②の条件に関して、図 5-18 で示した自動運転車と右折待ち車両との距離と、図 5-19 で示した自動運転車の速度との関係を見ると、自動運転車と右折待ち車両との距離の最小値がおおよそ 20m であるにもかかわらず、自動運転車の速度の最小値が 0km/h になっているものが観測された。これらの原因として、本実験における自動運転車での車速計測が、低速域で低めに計測される傾向があることなどが考えられた。これらについて、映像データ等で確認すると、自動運転車が停止する前に実験被験者が反作用スイッチを押下する事例がほとんどであった。

減速①の条件で譲られたと判断された際の自動運転車の速度はおおむね 10km/h から 15km/h であったのに対し、減速②の条件で譲られたと判断された際の自動運転車の速度は、その四分位範囲がおおよそ 15km/h から 5km/h と速度幅が大きく、中央値もおおよそ 10km/h から 5km/h と減速①の条件よりも低い結果であった。これらの違いは、実験条件として設定した車両挙動の特徴に依存していると考えられる。減速①では、自動運転車が減速し始めて右折待ち車両からの距離が 25m 手前付近で 10km/h に達し、その後 10km/h で速度を一定に維持するのに対し、減速②では自動運転車の速度は右折待ち車両からの距離が 25m 手前付近では減速①と同様であるが、10km/h に達した後も減速し続け最終的には 0km/h に達するといった車両挙動の特徴を有している。減速②において譲られたと判断した実験被験者は減速①の場合よりも多く、その判断は 25m 手前地点よりも近い距離で生じていたことを考慮に入れると、その間、自動運転車の速度は 10km/h よりもさらに減速することから、結果として減速①と減速②の間での速度差が生じたものと考えられる。

減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離を比較した。その箱ひげ図を図 5-20 に、平均値の結果を図 5-21 にそれぞれ示す。

減速①の条件では、譲られたと実験被験者が判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離は、前述の通り、「HMI なし」と「自動走行中（常時）」の間でそれほど大きな違いはみられなかったが、これらの条件で観測された距離と「LED 点滅光」「お先にどうぞ」「とまります」の条件で観測された距離を比較しても、非高齢者、高齢者ともに大きな違いはみられなかった。

減速②の条件についても同様な比較を実施したが、外向け HMI の条件の間で大きな違いはみられなかった。外向け HMI のうち、「LED 点滅光」「自動走行中」「お先にどうぞ」「とまります」の条件では、自動運転車が右折待ち車両からおおよそ 17m 手前の地点に至った際に提示される設定であったことを

考慮すると、減速②において譲られたことへの実験被験者の認識は、外向けHMIを介した意図や状態の伝達によりもたらされたものではなく、むしろ車両挙動である減速時のノーズダイブによる効果の可能性が示唆される。

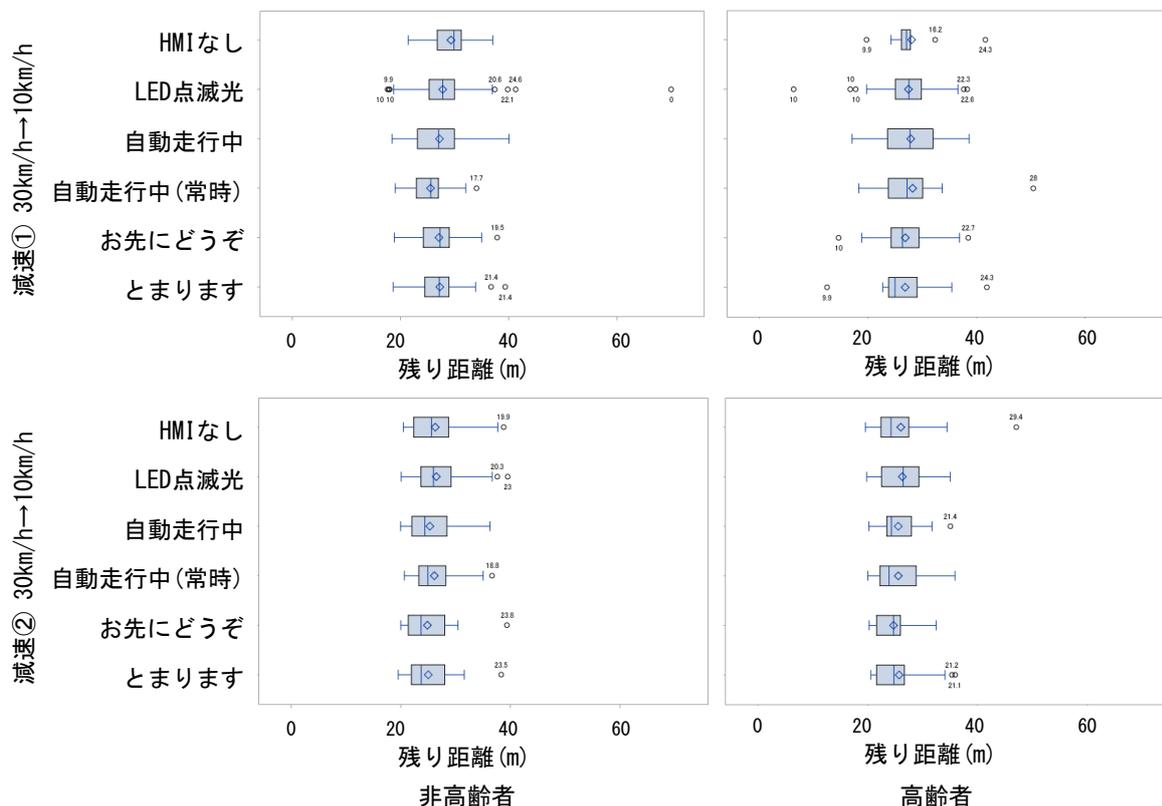


図 5-20 : 譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離 (減速①と減速②の比較)

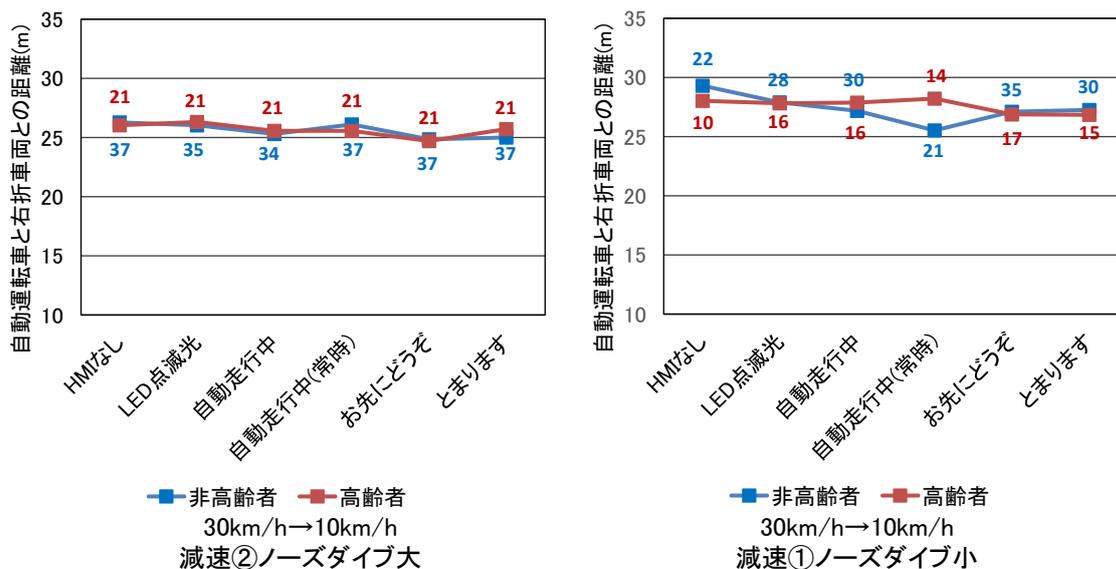


図 5-21：譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との平均距離  
(減速①と減速②の比較)

減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車の速度を比較した。その箱ひげ図を図 5-22 に、平均値の結果を図 5-23 にそれぞれ示す。

譲られたと判断した際の自動運転車の速度は、外向け HMI の有無に関わりなく、また非高齢者、高齢者に関わりなく、減速②の方が減速①よりも速度のばらつきが大きい結果となった。速度の四分位範囲を例にとると、減速①でおおよそ 10km/h から 15km/h の範囲にあるのに対して、減速②ではおおよそ 5km/h 付近から 15km/h の範囲にあり、全体的に速度のばらつきが大きく、また低速側により拡大したものとなった。

一方、譲られたと判断した際の自動運転車の速度の平均は、減速①の条件でおおよそ 13km/h 前後であるのに対して、減速②ではおおよそ 9km/h 前後とやや低い傾向がみられた。前述の通り、これには減速①と減速②の車両挙動の特徴、最終的な速度の違いが少なからず起因しているものと考えられる。減速①、減速②ともに外向け HMI の条件による大きな違いはみられなかった。

減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との TTC (Time To Contact) を比較した。ここで TTC は、自動運転車から譲られたと実験被験者が判断した時点の自動運転車と右折待ち車両との距離をその時点の自動運転車の速度で除

した値を TTC とした。TTC の平均値を図 5-24 に示す。減速①と減速②では、自動運転車から右折待ち車両までの距離が 25m より短くなった際の自動運転車の速度が異なり、減速①ではおおよそ 10km/h で一定にしていること、減速②では目標速度を 0km/h として減速を継続したことにそれぞれ留意されたい。減速①の条件での TTC はおおよそ 7 秒から 8 秒であり、外向け HMI の有無や種類におおむね依存しない傾向がみられた。一方、減速②ではおおよそ 9 秒から 11 秒と減速①の条件よりも長く、特に外向け HMI を介して「とまります」「お先にどうぞ」などの意図を伝達した場合に長くなる傾向がみられた。非高齢者、高齢者による TTC の違いはそれほど顕著にみられなかった。

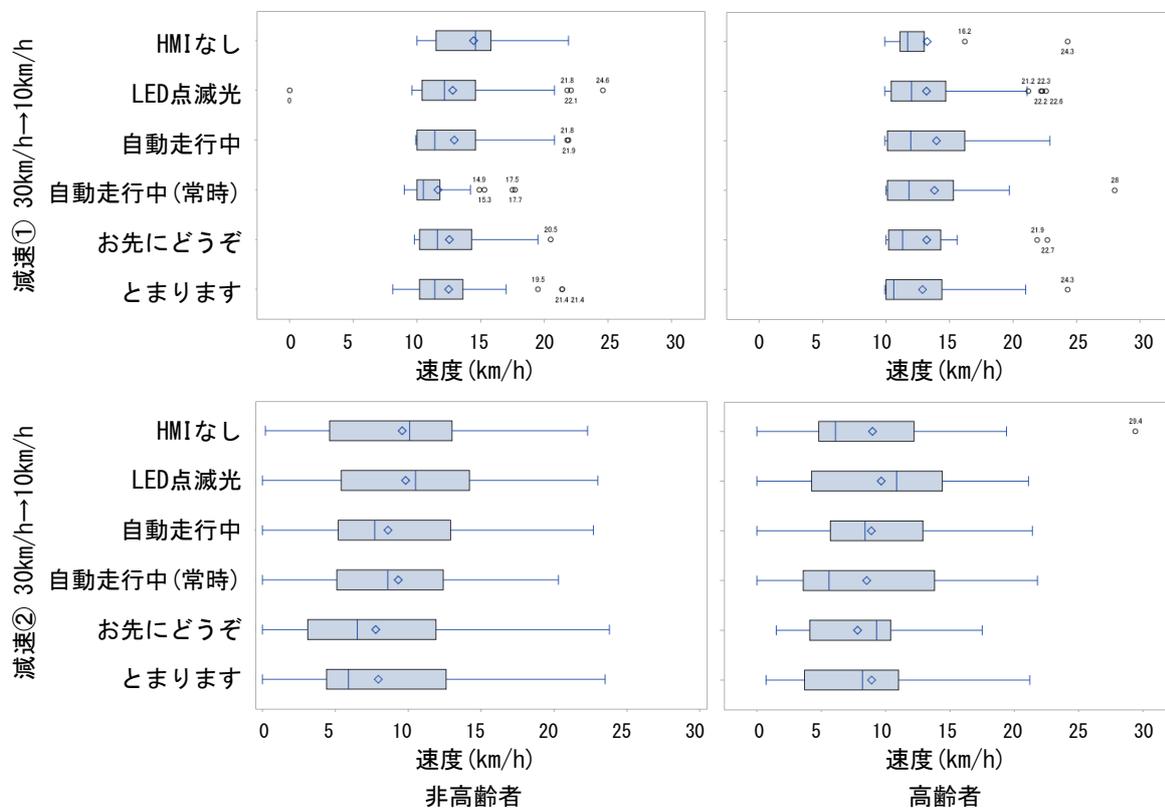


図 5-22 : 譲られたと判断した際の自動運転車の速度 (減速①と減速②の比較)

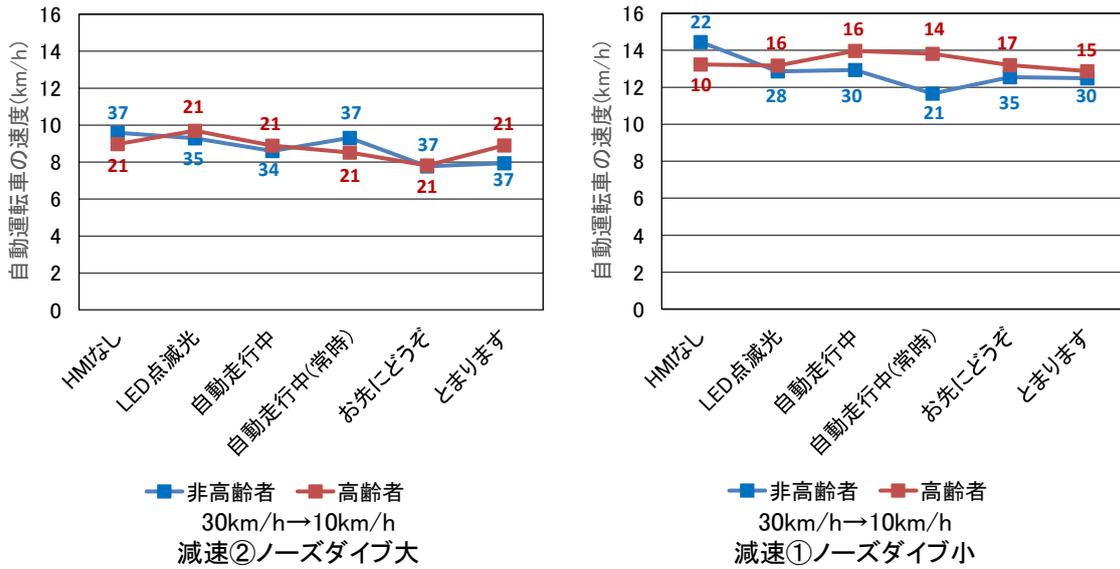


図 5-23：譲られたと判断した際の自動運転車の平均速度  
(減速①と減速②の比較)

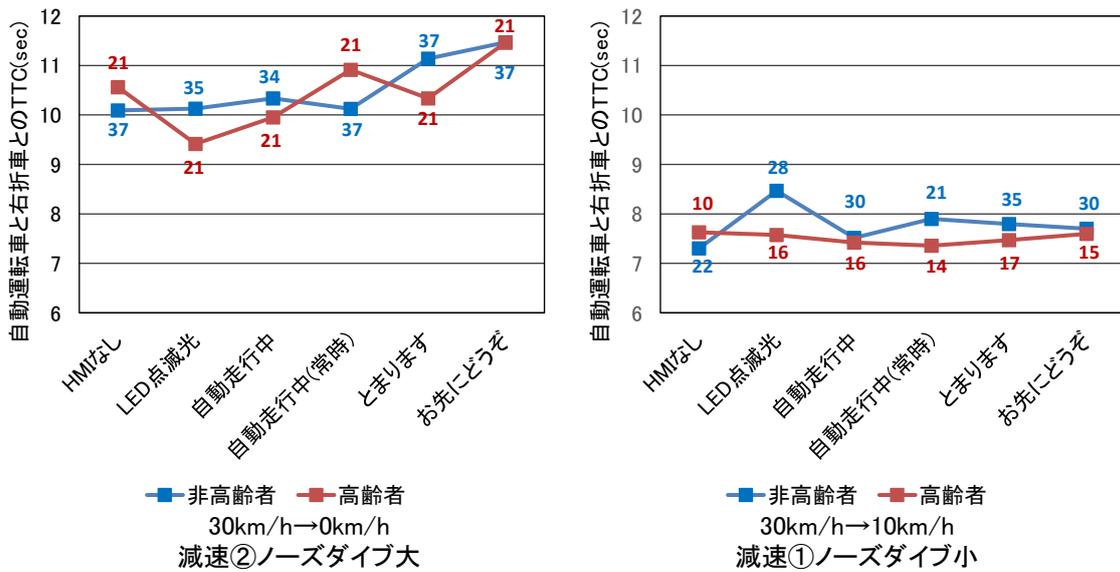


図 5-24：譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両との TTC  
(減速①と減速②の比較)

● 譲られたと判断した際の譲りの程度

減速①、減速②の条件のもと、自動運転車から譲られたと判断した実験被験者を対象に、譲られたと判断した際の譲りの程度についてまとめた結果を図 5-25 に示す。譲られたと判断した際の譲りの程度については、「わずかに譲られた」、「やや譲られている」、「譲られている」、「非常に譲られている」

までの4段階で分類している。

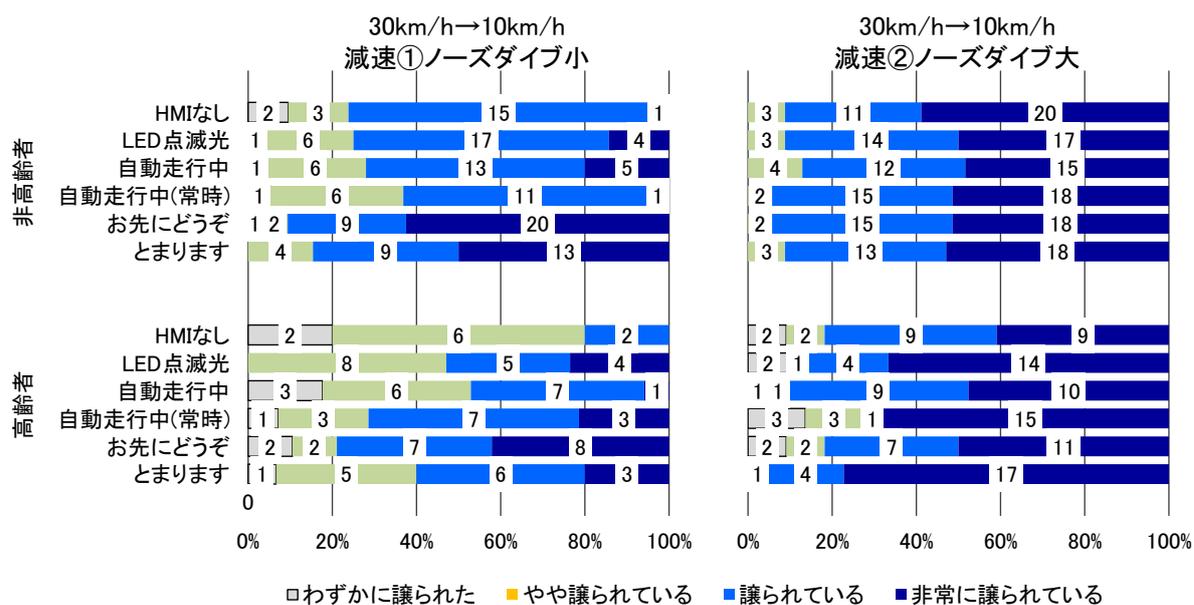


図 5-25 : 譲られたと判断した際の譲りの程度に関する結果

前述の通り、減速①の条件では、譲られたと判断した実験被験者はおおよそ半数から 2/3 であり、譲られていないと判断した実験被験者が半数から 1/3 存在していることに留意されたい。

減速①の条件において、実験被験者が感じた譲りの程度は、非高齢者と高齢者でやや異なるが、「HMI なし」の条件では「非常に譲られている」と感じた実験被験者はほとんど観測されず、非高齢者の大部分は「譲られている」、高齢者の大部分は「やや譲られている」と判断する結果であった。しかしながら、非高齢者では「お先にどうぞ」や「とまります」、高齢者では「お先にどうぞ」など外向け HMI を介して自動運転車の譲りや停止の意図を伝達することで「非常に譲られている」と感じる割合が大きく増加する結果となった。

一方、減速②の条件において、実験被験者が感じた譲りの程度は、非高齢者では、外向け HMI の有無に関わりなく、ほぼ半数が「非常に譲られている」と感じる結果となったが、「自動走行中」の条件では「非常に譲られている」と感じる実験被験者は「HMI なし」と比較して減少した。非高齢者では、「HMI なし」の条件で半数弱が「非常に譲られた」と感じる結果であったが、外向け HMI を介した意図や状態の伝達により、「非常に譲られている」と感じる実験被験者が増加し、特に「LED 点滅光」「自動走行中（常時）」「とまります」に対する「非常に譲られている」と感じた実験被験者数は、おおよそ 2/3 を占める割合となった。

---

---

- 右折可能かどうかの判断結果

速度一定の条件と減速①の条件のもとで、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、交差点での右折が可能かどうかを判断した結果を図 5-26 に示す。譲られたかどうかの判断結果と同様に、車両挙動の速度一定の条件と減速①の条件での共通水準は「HMI なし」、「LED 点滅光」、「自動走行中」、「自動走行中（常時）」である。また、右折可能かどうかの判断については、譲られていないと判断した実験被験者は対象外になっている。

車両挙動が 30km/h の速度一定の条件では、非高齢者、高齢者に関わりなく、いずれも自動運転車の接近・進入の状態に対して右折可能でないと判断される結果となった。これに対して、車両挙動が 30km/h→10km/h の減速①では、非高齢者、高齢者に関わりなく、「HMI なし」、「LED 点滅光」、「自動走行中」、「自動走行中（常時）」のいずれの場合も右折可能であると判断する割合が高い結果となった。車両挙動が 30km/h→10km/h の減速①の条件のもと、非高齢者において、外向け HMI の有無に基づくと、「自動走行中（常時）」を除き、外向け HMI を利用した場合の方が右折可能と判断する割合は高く、特に「HMI なし」と「お先にどうぞ」との間 ( $\chi^2 = 8.500$ 、 $p = 0.0036$ ) に有意差がみられた。同様に高齢者においては、「とまります」を除き、外向け HMI を利用した場合の方が右折可能であると判断する実験被験者の割合が高い傾向がみられたが、有意差はみられなかった。

これらの結果から、非高齢者、高齢者ともに、本実験で設定した 30km/h→10km/h の減速①の車両挙動を伴う方が、30km/h の速度一定の車両挙動よりも、右折可能であると判断する割合を高めることができ、また非高齢者に対しては外向け HMI に「お先にどうぞ」といった自動運転車の意図を伝達することで、さらに右折可能であると判断する割合を高めることが可能になるものと考えられる。

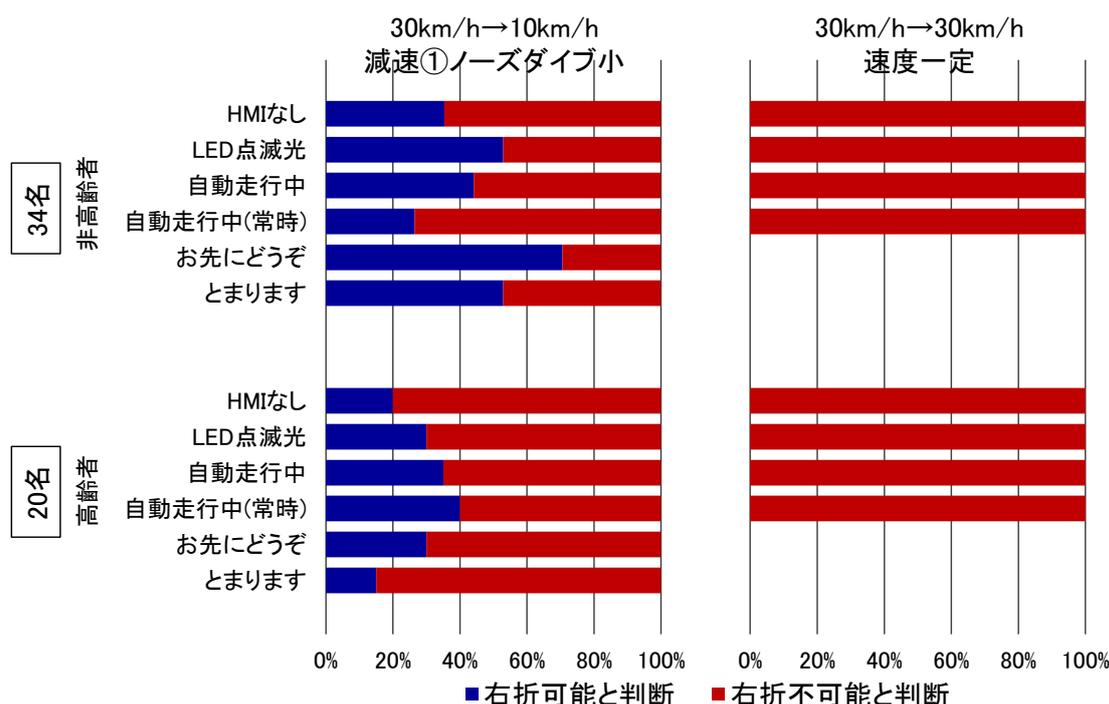


図 5-26：右折可能かどうかの判断結果（速度一定と減速①の比較）

減速②の条件のもとで、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、交差点での右折が可能かどうかを判断した結果を図 5-26 に示す。図 5-26 では、減速①ノーズダイブ小の実験条件と比較している。外向け HMI による表示に関して、減速①と減速②での提示位置が異なるため、直接的な比較が可能な条件は「HMI なし」と「自動走行中（常時）」となる。「HMI なし」、「自動走行中（常時）」のいずれについても、非高齢者、高齢者に関わりなく、車両挙動が 30km/h→10km/h の減速②の方が、30km/h→10km/h の減速①よりも、右折可能であると判断する割合が高い結果となった。車両挙動が 30km/h→10km/h の減速②の条件のもと、非高齢者を対象に、外向け HMI の有無で比較すると、外向け HMI の有無に関わりなく、右折可能であると判断する割合が高い結果となった。同様に高齢者において、外向け HMI の有無で比較すると、外向け HMI を利用した方が右折可能であると判断する割合が高い傾向がみられた。速度変化そのものは、減速②と減速①でおおよそ同様であることを考慮に入れると、ノーズダイブの大きな車両挙動、つまりフロントノーズの沈み込みを伴うことや最終的に低い速度に達することで、右折可能であるとの判断が飛躍的に高まる可能性があるものと考えられる。

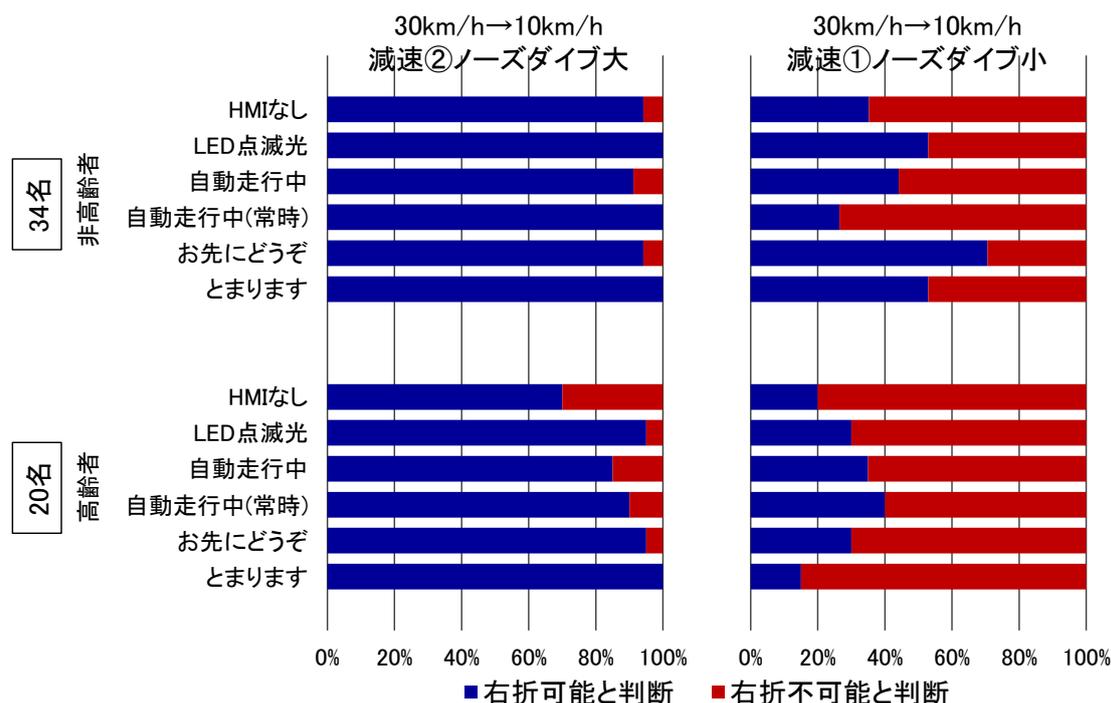


図 5-27：右折可能かどうかの判断結果（減速②と減速①の比較）

- 右折可能と判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離および自動運転車の速度

速度一定、減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の条件間で比較可能である「HMI なし」と「自動走行中（常時）」を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、実験被験者が交差点にて右折可能であると判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離を比較した。その結果を図 5-28 に示す。前述の通り、譲られていないと判断した実験被験者は対象外になっている。速度一定の条件では、右折可能と判断した実験被験者は全く観測されなかったため、ここでは、減速①と減速②の比較のみに焦点を当てる。非高齢者、高齢者ともに、自動運転車が右折待ち車両からおおよそ 25m から 20m 弱の距離に達した際に右折可能と判断する傾向がみられたが、減速①と減速②の間で右折可能と判断される距離に大きな違いはみられなかったが、減速①の「自動走行中（常時）」の実験条件において、高齢者が譲られたと判断した際の自動運転車と右折待ち車両の距離のばらつきがやや大きい結果となっているが、これは右折可能と判断した高齢者が少ないことに起因したものと推察される。

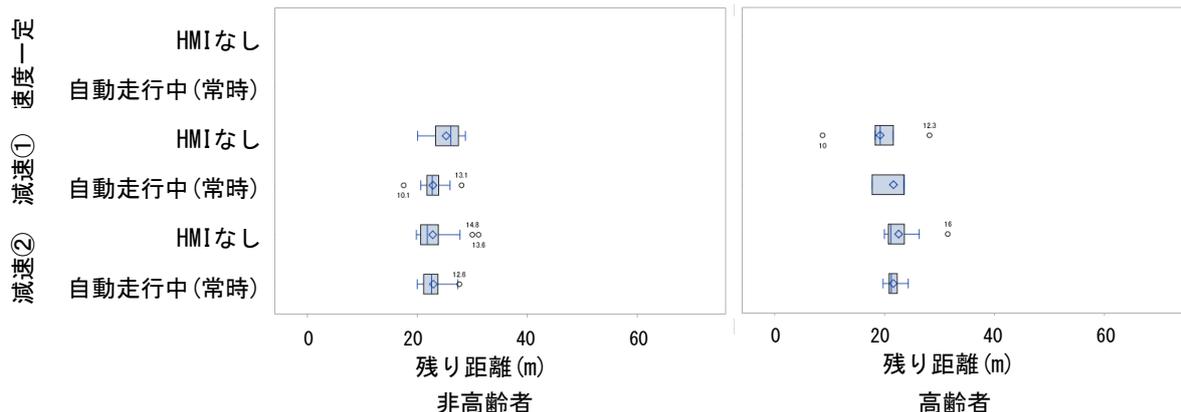


図 5-28 : 右折可能と判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離

同様に、速度一定、減速①、減速②の条件のもと、「HMI なし」と「自動走行中（常時）」を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、実験被験者が交差点での右折が可能であると判断した際の自動運転車の速度を比較した。その結果を図 5-29 に示す。

減速①の条件で右折可能と判断された際の自動運転車の速度はおおむね 15km/h から 10km/h であったのに対し、減速②の条件で譲られたと判断された際の自動運転車の速度は、その四分位範囲がおおよそ 8km/h から 2km/h と速度幅が大きく、中央値もおおよそ 5km/h から 3km/h と減速①よりも低い結果であった。これらの違いは、前述の通り、実験条件として設定した車両挙動の特徴に依存している可能性も考えられるが、右折可能かどうかの判断は、右折待ち車両から自動運転車までの距離だけでなく、自動運転車の速度が十分低いことも重要であり、減速②において右折可能と判断した実験被験者が減速①の場合よりも多いことを考慮すると、自動運転車がより低い速度に至るまで判断を待った可能性も考えられる。

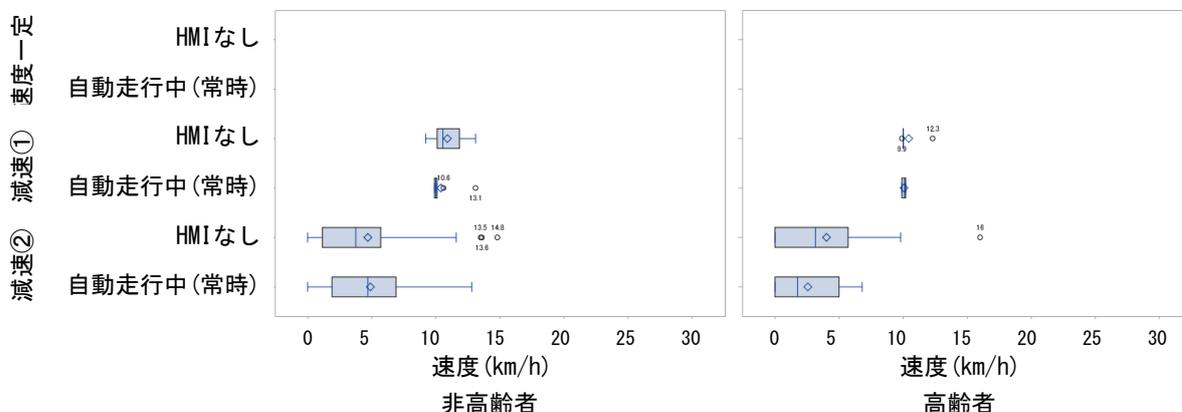


図 5-29 : 右折可能と判断した際の自動運転車の速度

減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、実験被験者が交差点での右折が可能であると判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離を比較した。その箱ひげ図を図 5-30 に、平均値の結果を図 5-31 にそれぞれ示す。

減速①の条件では、右折可能と実験被験者が判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離は、前述の通り、「HMI なし」と「自動走行中（常時）」の間でそれほど大きな違いはみられなかったが、これらの条件で観測された距離と「LED 点滅光」「お先にどうぞ」「とまります」の条件で観測された距離を比較しても、非高齢者、高齢者ともに大きな違いはみられなかった。

減速②の条件についても同様な比較を実施したが、外向け HMI の条件の間で大きな違いはみられなかった。外向け HMI のうち、「LED 点滅光」「自動走行中」「お先にどうぞ」「とまります」の条件では、自動運転車が右折待ち車両からおおよそ 17m 手前の地点に至った際に提示される設定であったことを考慮すると、減速②における実験被験者の右折可能との判断は、外向け HMI の利用よりも車両挙動よる効果の可能性が示唆される。

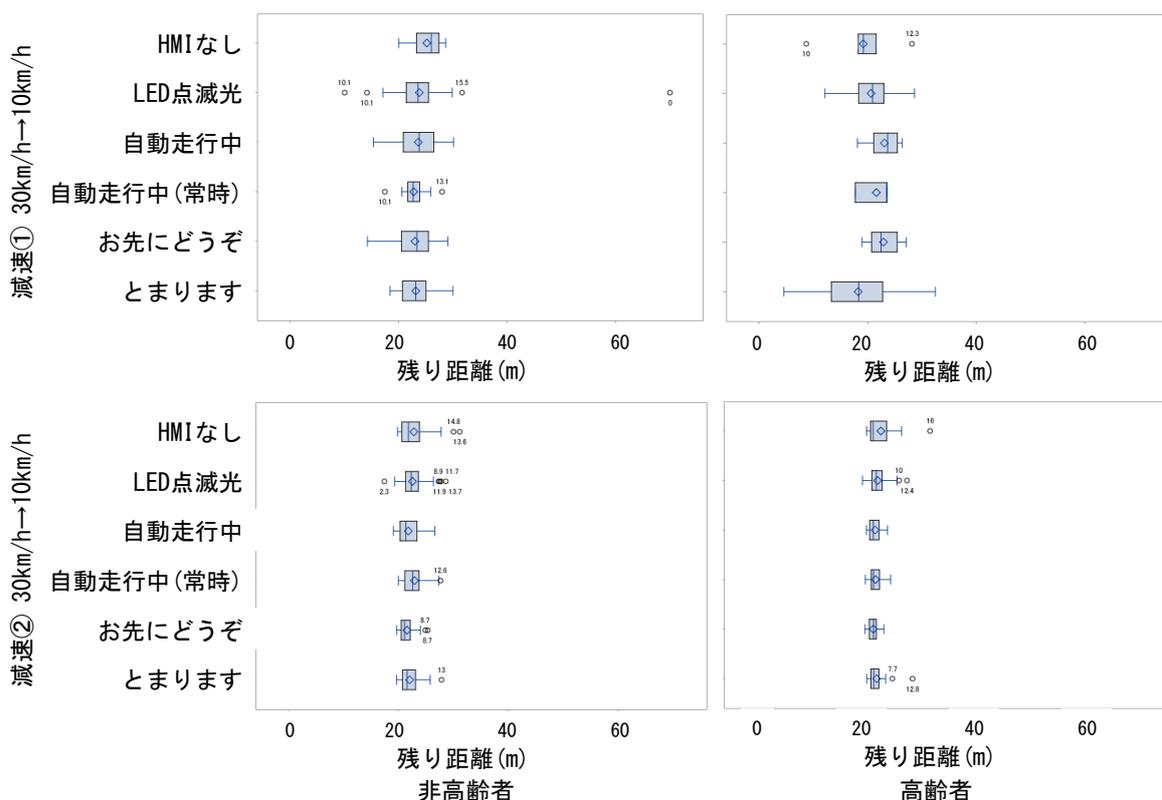


図 5-30：右折可能と判断した際の自動運転車と右折待ち車両との距離  
(減速①と減速②の比較)

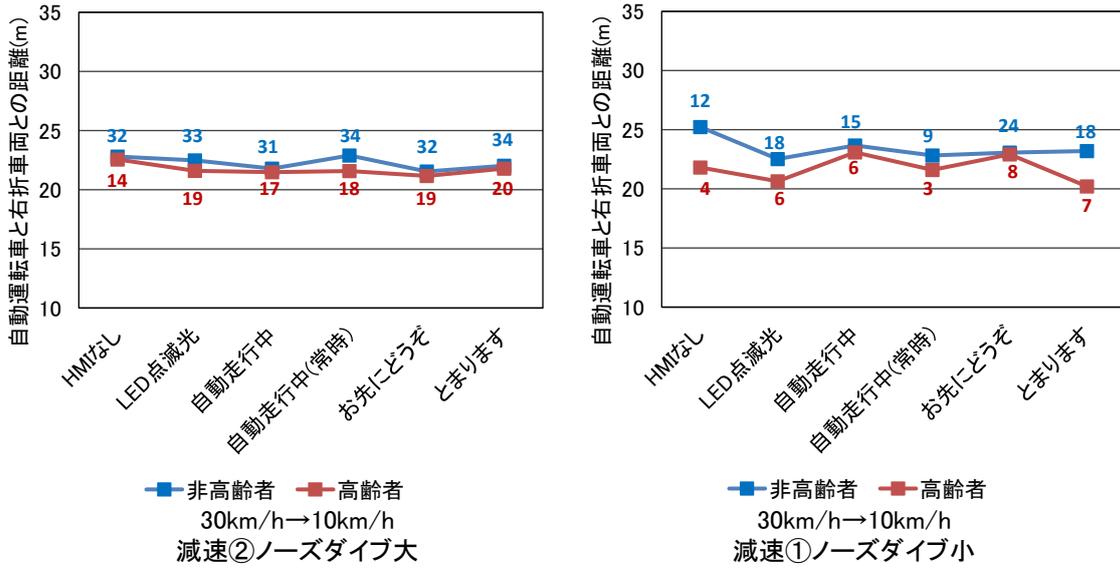


図 5-31：右折可能と判断した際の自動運転車と右折待ち車両との平均距離  
(減速①と減速②の比較)

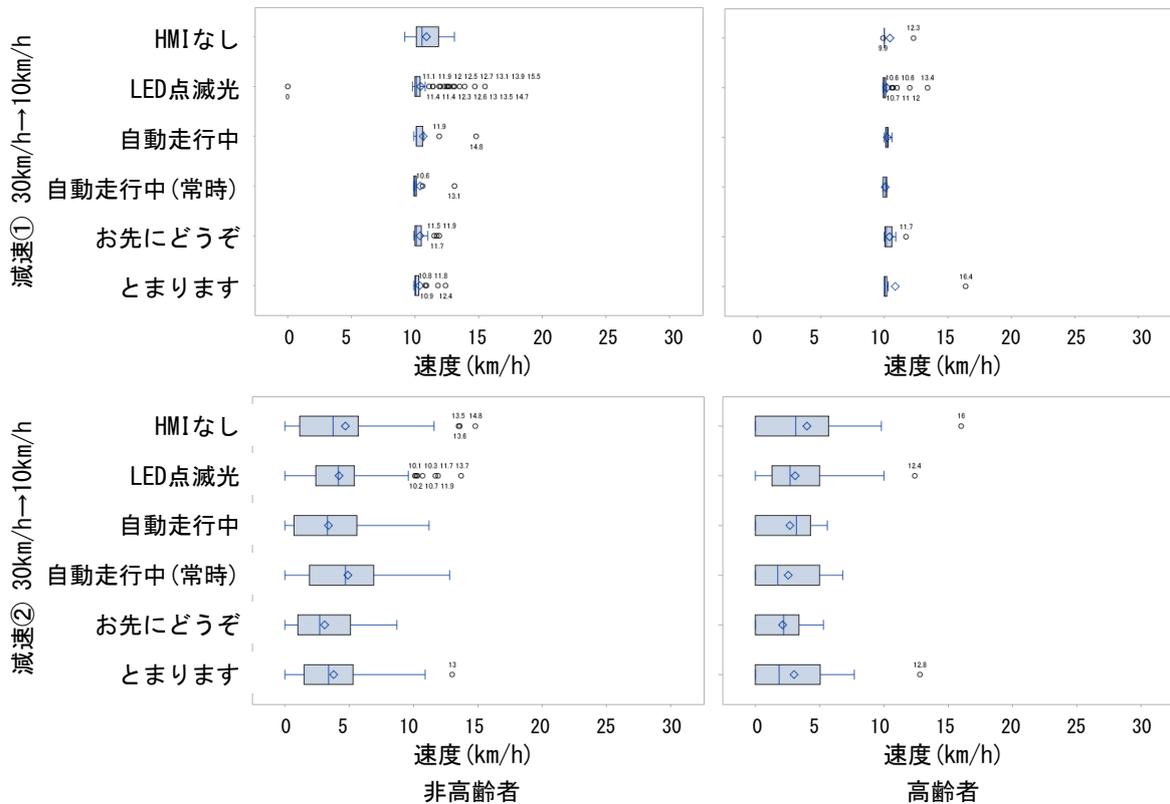


図 5-32：右折可能と判断した際の自動運転車の速度  
(減速①と減速②の比較)

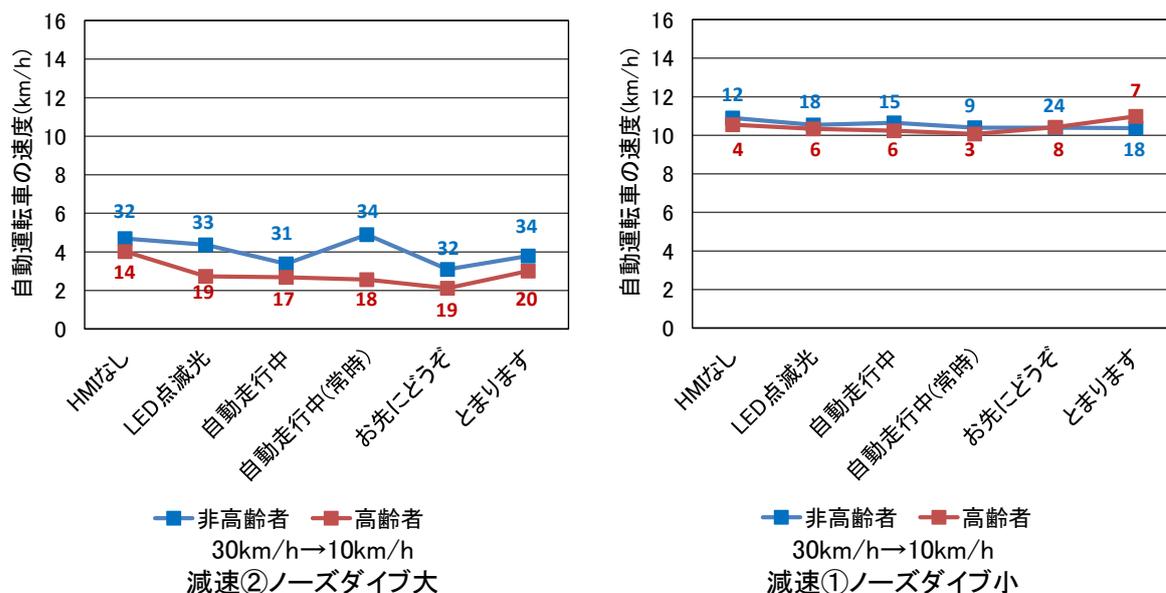


図 5-33：右折可能と判断した際の自動運転車の平均速度  
(減速①と減速②の比較)

減速①、減速②の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、実験被験者が交差点での右折が可能であると判断した際の自動運転車の速度を比較した。その箱ひげ図を図 5-32 に、平均値の結果を図 5-33 にそれぞれ示す。右折可能と判断した際の自動運転車の速度は、外向け HMI の有無に関わりなく、また非高齢者、高齢者に関わりなく、減速②の方が減速①よりも速度のばらつきが大きく、速度の四分位範囲を例にとると、減速①でおおよそ 10km/h 前後の範囲にあるのに対して、減速②ではおおよそ 2km/h 付近から 8km/h の範囲にあり、全体的に速度のばらつきが大きく、また低速側により拡大したものとなった。一方、右折可能と判断した際の自動運転車の速度の平均は、減速①の条件でおおよそ 11km/h 前後であるのに対して、減速②ではおおよそ 4km/h 前後と低い傾向がみられた。減速①、減速②ともに外向け HMI の条件による大きな違いはみられなかった。

● 右折可能と判断した際の確信の程度

減速①、減速②の条件のもと、自動運転車の交差点への接近・進入の状況から、交差点での右折が可能であると判断した実験被験者を対象に、右折可能と判断した際の確信の程度についてまとめた結果を図 5-34 に示す。右折可能と判断した際の確信の程度については、「非常に確信を持った」、「確信を持

った」、「やや確信を持った」「わずかに確信を持った」の4段階で分類したが、「やや確信を持った」「わずかに確信をもった」を「それ以外」としてまとめ、計3段階で分類している。

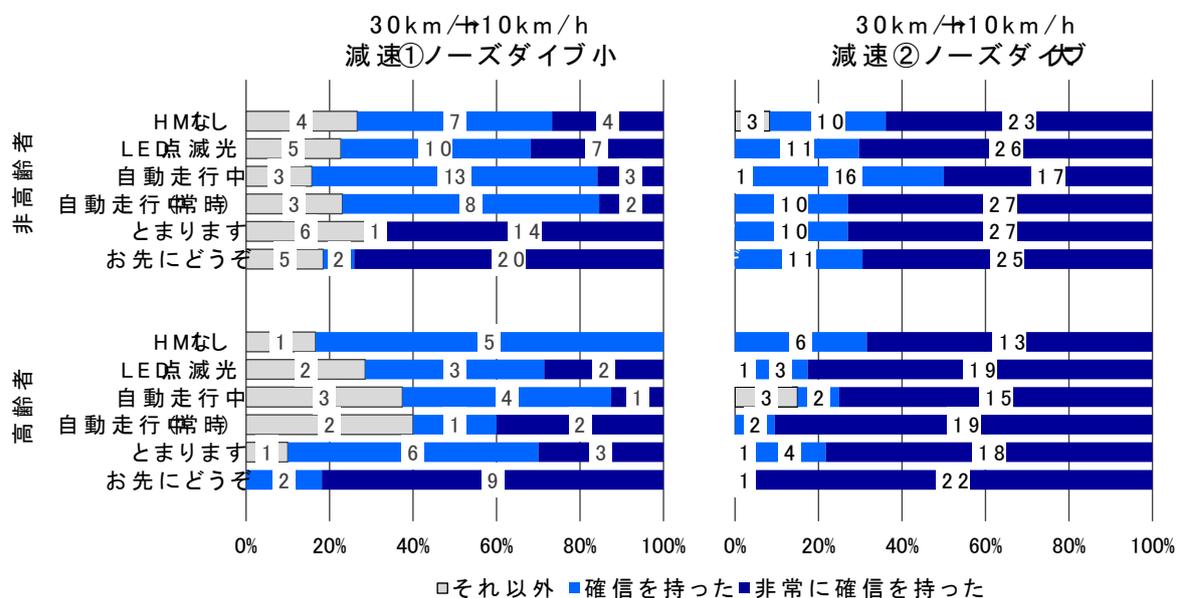


図 5-34：右折可能と判断した際の確信の程度に関する結果

前述の通り、減速①の条件では、右折可能と判断した実験被験者は、実験条件に依存して、おおよそ 1/5 から 2/3 であり、他の実験被験者は右折可能でないと判断した実験被験者が 4/5 から 1/3 存在していることに留意されたい。

減速①の条件において、右折可能と判断した際に実験被験者が感じた確信の程度は、非高齢者と高齢者でやや異なるが、「HMI なし」の条件では「非常に確信を持った」と感じた実験被験者はほとんど観測されず、非高齢者の大部分は「確信を持った」、高齢者の大部分は「それ以外」といった結果であった。しかしながら、非高齢者では「お先にどうぞ」や「とまります」、高齢者では「お先にどうぞ」など外向け HMI を介して自動運転車の意図を伝達することで「非常に確信を持った」と感じる割合が高い結果となった。

一方、減速②の条件において、右折可能と判断した際に実験被験者が感じた確信の程度は、非高齢者では、外向け HMI の有無に関して「自動走行中」を除くと、おおよそ 1/3 以上が「非常に譲られている」と感じる結果となった。「自動走行中」の条件では「非常に譲られている」と感じる非高齢者の割合は「HMI なし」の場合と比較して減少したが、それ以外の外向け HMI を利

用した場合は「HMI なし」の場合より増加する結果となった。高齢者では、「HMI なし」の条件でおおよそ 4/5 が「非常に確信を持った」と感じる結果であったが、外向け HMI のうち、「自動走行中（常時）」や「お先にどうぞ」の条件において「非常に確信を持った」と感じる割合が 9 割以上を占める結果となった。

これらの結果に基づくと、自動運転車から進路を譲られたと実験被験者が判断した際の譲りの程度は、車両挙動によって大きく影響され、本実験に関する限りでは、減速①と比較して、減速②の車両挙動の方がより譲られていると感じる傾向があるものと考えられる。また外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで、より譲りの程度をより高く感じられる可能性を示唆する結果となった。

#### ● LED 点滅光に対する認識

すべての実験が終了した後に、実験被験者が「LED 点滅光」をどのように認識したのかを調査した。その結果を図 5-35 に示す。非高齢者のおおよそ 1/4 がブレーキランプと同等、半数がヘッドライトと同等であると解釈する結果となった。一方、高齢者のおおよそ 1/3 がブレーキランプと同等、おおよそ 1/3 がヘッドライトと解釈する結果となった。実験被験者全体として、その半数以上が、「LED 点滅光」を車両に既存の灯火器類として解釈する傾向がみられた。

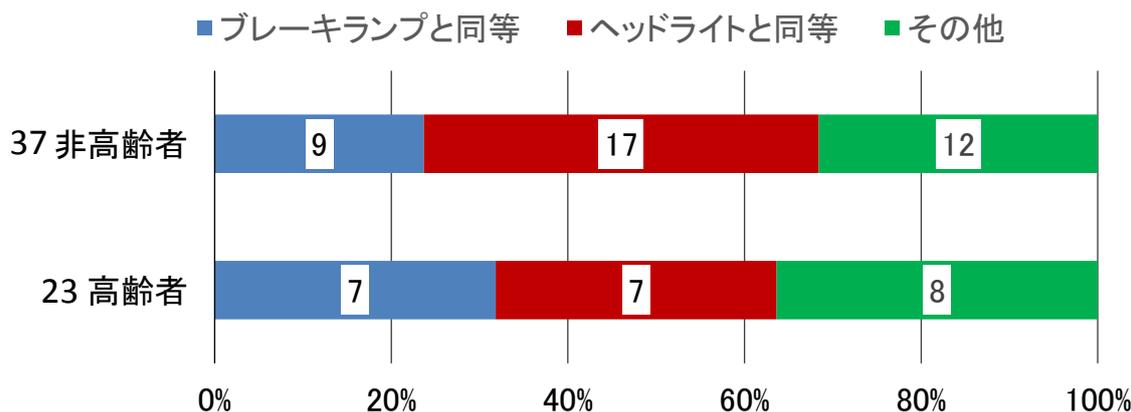


図 5-35 : LED 点滅光に対する認識の結果

#### (8) 考察

本実験では、交差点部に接近・進入する自動運転車と交差点内で停止する右折待ち車両のドライバーの間でのコミュニケーションを対象として、右折

---

---

待ち車両のドライバーに対して自動運転車の意図や状態を伝達する際に、自動運転車の車両挙動や外向け HMI の利用が右折待ち車両のドライバーの認識や意思決定、心理面に与える影響等を、自動運転車の車両挙動とともに計測した。これらの結果に基づいて、自動運転車の車両挙動や外向け HMI の特徴と右折待ち車両の認識、意思決定がどのように関係しているのかを考察する。

● 譲られたとの認識に対する車両挙動の効果

自動運転車から進路を譲られたとの認識について、「HMI なし」を対象に、速度一定、減速①、減速②の各結果に基づいて検討する。基本的に 30km/h での速度一定では、譲られていないと認識した実験被験者がほとんどであったが、減速①では実験被験者の約半数が譲られたと認識し、減速②では実験被験者の 9 割以上が譲られたと認識したことから、右折待ち車両のドライバー役である実験被験者は、交差点に接近・進入する自動運転車の車両挙動の違い、つまり減速挙動を手がかりにして、譲られたとの認識に至ったものと考えられる。減速①では、右折待ち車両から 25m 手前付近で譲られたと認識されているが、この時の減速①の車両挙動の特徴としては 10km/h での速度一定の状態であったことを考慮すると、実験被験者の約半数に対しては、25m 手前付近で 10km/h の速度一定に至ったことが譲られたとの認識に効果をもたらした可能性が考えられる。

一方、減速②では、減速①との違いとして、25m 手前付近でフロント部の沈み込みであるノーズダイブを付加的に発生させ、その後の減速を継続したが、このノーズダイブを確認した後に、実験被験者の半数以上が自動運転車から譲られたとの認識に至っており、また減速①で譲られたと判断した実験被験者数を上回る結果となっていることから、実験被験者の約半数に対して、自動運転車のフロント部の沈み込みを認識させたことが譲られたとの認識に効果をもたらした可能性が考えられる。ただし、減速②では、自動運転車は 25m 手前付近を通過後も減速を継続しているため、10km/h よりも低い速度状態を認識したことによる効果である可能性も含まれる。

● 譲られたとの認識に対する外向け HMI の効果

自動運転車から進路を譲られたとの認識について、速度一定、減速①、減速②のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

基本的に 30km/h での速度一定では、外向け HMI の有無に関わりなく、譲

---

られていないと認識した実験被験者がほとんどであることから、30km/hでの速度一定の状態では、右折待ち車両のドライバー役である実験被験者に対しては、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達しても譲られたとの認識に効果をもたらさないと考えられる。

同様に、減速②でも、外向け HMI の有無に関わりなく、おおむね譲られたと認識した実験被験者がほとんどであること、25m 手前付近でフロント部の沈み込みであるノーズダイブを付加的に発生させた直後に譲られたと認識した実験被験者が約半数いたこと、外向け HMI による意図や状況の伝達が約 17m 手前付近で実施されたことなどを考慮すると、本実験の減速②で設定した 30km/h→10km/h の減速を伴い、25m 手前付近でノーズダイブを発生させるような状況では、右折待ち車両のドライバー役である実験被験者に対しては、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達する必要はなく、外向け HMI を利用しなくても、譲られたとの認識に効果をもたらすものと考えられる。

一方、速度一定や減速②とは対照的に、減速①では、「HMI なし」の条件のもとで譲られたと判断した実験被験者は約半数にとどまったが、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を実験被験者に伝達することで、おおむね譲られたと判断した実験被験者は、全体の実験被験者に対してさらに 1 割から 3 割程度増加した。減速①での車両挙動は、30km/h での速度一定の状態ではなく、むしろ減速②の速度変化とほぼ同様であったが、25m 手前付近でのノーズダイブが付加されないものであり、実験被験者の約半数がこのノーズダイブを伴わない車両挙動だけを手がかりにして、譲られたとの認識に至ることが困難であったと考えられ、逆にそのような状況に対して、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで、譲られたと判断する実験被験者をさらに増加させる効果があるものと考えられる。しかしながら、非高齢者を対象にした「自動走行中(常時)」の外向け HMI の事例では、「HMI なし」の条件と比較して譲られたと認識した割合に変化はなく、外向け HMI に関する条件によってはその効果をもたらさない可能性も示唆される。

以上の結果をまとめると、交差点に接近・進入する自動運転車から、交差点内で停止する右折待ち車両のドライバーに対するコミュニケーションに関して、自動運転車から譲られたとドライバーに認識させるには、基本的に車両挙動を利用することが重要であり、車両挙動を十分に利用することが困難な状況では、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状況をドライバーに伝達することで譲られたとの認識を高められる効果があると考えられる。

---

- 
- 
- 譲られたと認識した際の譲りの程度に対する車両挙動と外向け HMI の効果

自動運転車から進路を譲られたと認識した際の譲りの程度について、減速①、減速②のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

減速①の車両挙動において、外向け HMI を介した自動運転車の意図や状態の伝達は、右折待ち車両のドライバーに対して、譲られたと認識した割合を高めただけでなく、譲られたと判断した際の譲りの程度もおおむね高める効果をもたらした。非高齢者、高齢者では、共通して「お先にどうぞ」、「とまります」で譲りの程度が高められたことから、自動運転車からの停止や譲りの意図が伝達されることで、譲りの程度を高められる効果があるものと考えられる。一方、高齢者では、「自動走行中（常時）」も譲りの程度が高められる結果となったが、非高齢者では、「自動走行中（常時）」に対して、譲りの程度が高められない結果となった。非高齢者、高齢者といった属性によって、「自動走行中（常時）」に対する解釈が異なっていた可能性が考えられる。

減速②の車両挙動において、非高齢者では、外向け HMI の有無に関わりなく、譲りの程度が高く認識された結果となり、外向け HMI の有無よりも、車両挙動によって譲りの程度が高められた可能性が考えられる。一方、高齢者では、車両挙動だけの場合よりも、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで譲りの程度が高められる結果となった。高齢者では、車両挙動を確認して、自動運転車から譲られたと判断した場合でもあっても、譲りの程度はそれほど高まらない可能性が考えられる。その一方で、「LED 点滅光」、「自動走行中（常時）」、「とまります」の場合において譲りの程度が特に高められる結果となったが、これらのコンテンツのうち、「LED 点滅光」や「自動走行中（常時）」については自動運転車の具体的な意図が提示されていない。「LED 点滅光」では外向け HMI のメッセージ表示を判読する必要がないことや、「自動走行中（常時）」では早い段階から外向け HMI のメッセージ表示が提示されていることなどが起因した可能性も考えられる。

- 右折可能との判断に対する車両挙動の効果

右折可能かどうかの判断について、「HMI なし」を対象に、減速①、減速②の各結果に基づいて検討する。速度一定の条件では、右折可能と判断した実験被験者がいなかったことから除外する。減速①では、実験被験者のおおよそ 1/3 が右折可能と判断し、減速②では実験被験者の 9 割以上が右折可能と認識したことから、譲られたかの判断の場合と同様に、右折待ち車両のド

---

---

---

---

ライバー役である実験被験者は、交差点に接近・進入する自動運転車の車両挙動の違い、つまり減速挙動を手がかりにして、右折可能との判断に至ったものと考えられる。しかしながら、減速①では、譲られたかの認識の場合よりも右折待ち車両からおおよそ 20m 手前付近に接近してから右折可能と判断されており、この時の減速①の車両挙動の特徴としては 10km/h での速度一定の状態であったことを考慮すると、実験被験者のおおよそ 1/3 に対しては、25m 手前付近で 10km/h の速度一定に至り、その速度の状態でも 20m 手前付近まで走行したことが右折可能との判断に効果をもたらした可能性が考えられる。

一方、減速②では、前述の通り、減速①との違いとして、25m 手前付近でフロント部の沈み込みであるノーズダイブが付加的に発生しており、その後の減速を継続しているが、このノーズダイブを確認した後に、同じく 20m 手前付近まで走行したことで、実験被験者の半数以上が右折可能との判断に至っており、また減速①で右折可能と判断した実験被験者数を上回る結果となっていることから、実験被験者の約半数に対して、自動運転車のフロント部の沈み込みを認識させたことや自動運転車が 25m 手前付近からも減速し 10km/h よりも低い速度に至った状態を認識させたことによる効果である可能性が考えられる。

- 右折可能との判断に対する外向け HMI の効果

右折可能かどうかの判断について、減速①、減速②のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

減速②では、非高齢者において、外向け HMI の有無に関わりなく、ほとんどの実験被験者が右折可能との判断に至ったことや、外向け HMI による意図や状況の伝達が約 17m 手前付近で実施されたことなどを総合すると、本実験の減速②で設定した 30km/h→10km/h の減速を伴い、25m 手前付近でノーズダイブを発生させるような状況は、右折待ち車両のドライバー役である非高齢者の実験被験者に対して、譲られたとの認識を高める効果だけでなく、右折可能との判断を高めることにも効果をもたらすものと考えられる。また非高齢者においては、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達する必要はないことが示唆される。その一方で、高齢者においては、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態が伝達されることで、右折可能との判断を高める効果をもたらす結果が得られた。このことから、非高齢者、高齢者の違いによって、車両挙動と外向け HMI の有無の組合せの効果が異なるものと考えられる。

---

---

一方、減速②とは対照的に、減速①では、「HMI なし」の条件のもとで右折可能と判断した実験被験者は、非高齢者でおおよそ 1/3 程度、高齢者でおおよそ 1/5 程度にとどまったが、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を実験被験者に伝達することで、おおむね右折可能と判断した実験被験者は、全体の実験被験者に対してさらに 1 割から 3 割程度増加した。減速①での車両挙動は、減速②の速度変化とほぼ同様であったが、25m 手前付近でのノーズダイブが付加されないものであり、実験被験者の約半数がこのノーズダイブを伴わない車両挙動と 10km/h での速度一定状態だけを手がかりにして、右折可能との判断に至ることが困難であったと考えられる。逆にそのような状況に対して、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで、右折可能と判断する実験被験者をさらに増加させる効果があるものと考えられる。

以上の結果をまとめると、交差点に接近・進入する自動運転車から、交差点内で停止する右折待ち車両のドライバーに対するコミュニケーションに関して、交差点での右折可能とドライバーに判断させるには、基本的に車両挙動を利用することが重要であり、車両挙動を十分に利用することが困難な状況では、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状況をドライバーに伝達することで譲られたとの認識を高められる効果があると考えられる。

- 右折可能と判断した際の確信の程度に対する車両挙動と外向け HMI の効果

交差点で右折可能と判断した際の確信の程度について、減速①、減速②のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

減速①の車両挙動において、外向け HMI を介した自動運転車の意図や状態に関する伝達の一部は、非高齢者、高齢者に関わりなく、右折待ち車両のドライバーに対して、右折可能と判断する割合を高めただけでなく、右折可能と判断した際の確信の程度もおおむね高める効果をもたらした。非高齢者、高齢者では、共通して「お先にどうぞ」において右折可能と判断した際の確信の程度が高められたことから、自動運転車からの譲りの意図が伝達されることで、譲りの程度を右折可能と判断した際の確信の程度を高められる効果があるものと考えられる。一方、非高齢者では、「とまります」においても右折可能と判断した際の確信の程度が高められる結果となったが、高齢者では、非高齢者ほど確信の程度を高められる結果とはならなかった。非高齢者、高齢者といった属性によって、「自動走行中（常時）」に対する解釈が異なって

---

---

---

---

いた可能性が考えられる。

減速②の車両挙動において、非高齢者、高齢者ともに、外向け HMI の有無に関わりなく、右折可能と判断した際の確信の程度がおおむね高く認識された結果となり、外向け HMI の有無よりも、車両挙動によって確信の程度が高められた可能性が考えられる。減速②では、実験被験者は車両挙動を確認した際に、自動運転車の速度は、最終的には 10km/h よりも低く、自動運転車が右折車両からおおよそ 17m 手前の地点ではほぼ 0km/h に至ったことから、右折可能と判断した際の確信の程度は、車両挙動に大きく依存していることが考えられ、特に自動運転車の最終的な速度は、本実験に関する限り、おおよそ 5km/h 前後に至ることが右折可能と判断した際の確信の程度を高める効果があるものと考えられる。

#### ● LED 点滅光に対する認識と自動運転車の意図や状態の伝達

外向け HMI の一つとして設定した LED 点滅光については、実験を進める過程において、ブレーキランプと同等な灯火器類あるいはヘッドライトと同等な灯火器類と解釈される結果となった。これは実験の過程において、他の外向け HMI の経験によって影響された可能性もあるが、実験被験者から得られた内省報告では、自動運転車が減速する過程において LED 点滅光が提示されることからブレーキランプと同等な灯火器類と感じたというコメントや、自動運転車の前方部分に取り付けられていてパッシングライトのように LED 点滅光が提示されることからヘッドライトと同等な灯火器類と感じたというコメントなどが得られたほか、自動運転車が右折待ち車両に進路を譲る意図を表現している、あるいは自動運転車が右折待ち車両のドライバーに自動運転車の接近・進入の状況を注意深く見て欲しい意図を表現している、自動運転車が右折待ち車両のドライバーに注意喚起を与えている状況を表現しているなど様々な解釈がなされた。自動運転車の外向け HMI として実装する場合には、本実験のように車両挙動と連動してしまう可能性が高く、既存の灯火器類として混同される可能性が高い。自動運転車の外向け HMI として LED 等の灯火を実装する場合には、既存の灯火器類との混同を回避する上で、外向け HMI に関連する法規の整備や交通参加者への教育など必要が新たに必要になると考えられる。

#### (9) まとめ

コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況として、交差点に接近・進入する自動運転車が右折待ちのために交差点内で停止しているドライバーに進路を譲ろうとする場面を設定し、外向け HMI の表示や特定の

---

---

---

---

車両挙動を伴う車両に対する実験被験者の認識や意思決定、心理面に与える影響、運転行動、車両挙動を計測・評価した。試験走路での実験から、以下の結果が得られた。

- 交差点内に停止する右折待ち車両のドライバーが、交差点に接近・進入する自動運転車から進路を譲られているかどうかを判断する上で手がかりとなる要素は、自動運転車の減速挙動や車両フロント部の沈み込み（ノーズダイブ）であり、大きなノーズダイブを伴う減速挙動と、右折待ち車両からおおよそ 20m 手前付近で特定の低速域に至る減速挙動が再現される場合に、自動運転車から進路を譲られたとドライバーに認識させることが可能である。
- 自動運転車の減速挙動やノーズダイブが十分でない状況では、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を右折待ち車両のドライバーに伝達することで、自動運転車から進路を譲られていることをドライバーに認識させることが可能であるが、ドライバーの属性によっては、車両挙動と外向け HMI の組合せがドライバーに異なる認識や判断をもたらす場合がある。
- 自動運転車から進路を譲られたとの認識の程度や右折可能であると判断する際の確信は、減速挙動やノーズダイブを十分に再現することで高めることが可能であるが、これらを十分に再現できない場合でも、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで高めることが可能である。
- 本実験において、外向け HMI として設定した LED 点滅光に対して、右折待ち車両のドライバーは、ブレーキランプやヘッドライトなど既存の灯火器類と同等であるなど様々に解釈する傾向あり、自動運転車の外向け HMI として実装するには、既存の灯火器類との混同を回避する上で、外向け HMI に関連する法規の整備や交通参加者への教育などが新たに必要である。

#### 5.1.4. ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験（実験 C-2-2、C-3-2）

コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、外向け HMI 装備の自動運転車両が歩行者役の実験被験者に接近する状況を体験させ、歩行者に進路を譲る等の外向け HMI の表示や特定の車両挙動を伴う車両に対する実験被験者の認識や意思決定、心理面に与える影響を計測・評価する。

##### (1) 実験環境および実験車両の構成

本実験では、一般財団法人日本自動車研究所の V2X 市街地の片側一車線の単路部に無信号横断歩道交差点環境を構築した（図 5-36 参照）。実験では、単路部にて無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車と横断歩道脇で横断待ちしている歩行者とのコミュニケーション場面を図 5-37 に示されるように再現し、自動運転車役の直進車両として車両挙動を制御可能で外向け HMI を実装した前述の実験車両を、自動運転車の対向車両として一般車両（図 5-9 参照）をそれぞれ配置した。

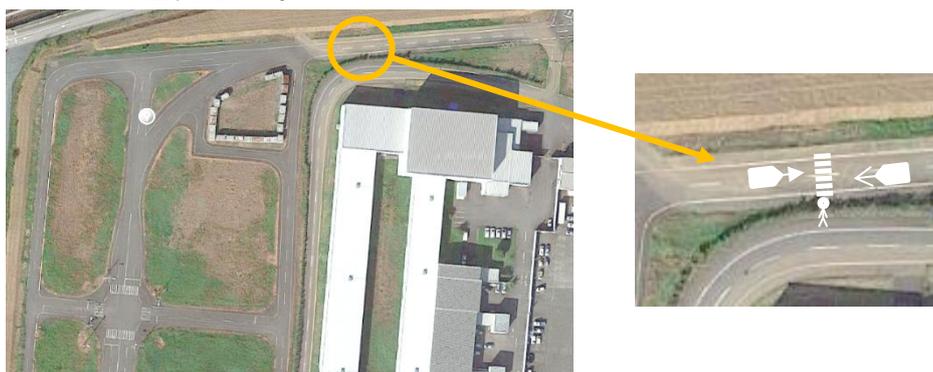


図 5-36：実験で使用した V2X 市街地の無信号横断歩道環境



図 5-37：自動運転車の進入方向に対して対向車線からみた無信号横断歩道

歩行者役となる実験被験者の立つ付近には、図 5-38 に示されるように、モーメンタリスイッチが装備され、反応用スイッチとしての利用が可能であっ

た。反应用スイッチのオン・オフはリアルタイムで自動運転車役の実験車両に送信され、そのタイミングが自動運転車役の実験車両側で記録された。また自動運転車の接近・進入時に歩行者役となる実験被験者が誤って横断歩道を横断してしまうことに対する安全対策として、安全ベルトを路肩のガードレール部に取り付け、実験中に実験被験者に安全ベルトを装着できるようにした。また図 5-39 に示されるように、無信号横断歩道への自動運転車の接近・進入の状況や歩行者役の実験被験者の様子を映像データとして記録するために無信号横断歩道の下流側にビデオカメラを位置に設置した。映像データはリアルタイムで自動運転車役の実験車両に送信され、映像データとして自動運転車役の実験車両側で記録された。指導運転車の対向車には市販の一般車両を利用し、計測装置や記録装置などは特に搭載されなかった。



図 5-38：実験被験者付近の反応スイッチと安全ベルト



図 5-39：無信号横断歩道付近のビデオカメラ

## (2) 外向き HMI のコンテンツ

### ● メッセージ表示型外向け HMI のコンテンツ

メッセージ表示型外向け HMI に設定したコンテンツを図 5-40 に示す。自

自動運転車から歩行者に伝達する意図や状態として、本実験では、自動運転車自身の意図や行動、状態、相手への譲りに関するコンテンツを作成した。自動運転車から歩行者に進路を譲る意図を伝達するコンテンツとして「お先にどうぞ」を、自動運転車自身の行動を伝達するコンテンツとして「とまります」を、自動運転車の運行状態（オペレーション状態）を伝達するコンテンツとして「自動走行中」を、また自動運転車がそのまま進行する意図を伝達するコンテンツとして「すすみます」をそれぞれ設定した。



図 5-40：実験で使用したメッセージ表示型外向き HMI のコンテンツ

● 灯火型外向け HMI のコンテンツ

灯火型外向け HMI に設定したコンテンツの概要を図 5-41 に示す。コンテンツとして、表示開始タイミングから LED アレイの点灯と消灯が 2Hz で 2 秒間表示される設定とした。LED アレイの点灯と消灯の Duty 比は 50% に設定した。

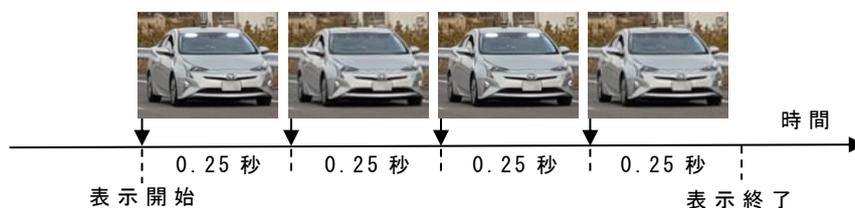


図 5-41：実験で使用した灯火型外向け HMI の概要

(3) 実験被験者

実験に参加した実験被験者を表 5-5 に示す。実験被験者は、運転免許を保

有する非高齢者 14 名（20～53 歳、平均年齢 36.9 歳、標準偏差 9.8 歳）、運転免許を保有しない非高齢者 13 名（18～59 歳、平均年齢 27.2 歳、標準偏差 12.7 歳）、高齢者 14 名（68～82 歳、平均年齢 73.9 歳、標準偏差 4.0 歳）、学童 15 名（8～10 歳、平均年齢 9.2 歳、標準偏差 0.68 歳）の計 56 名であった。いずれの実験被験者も歩行や安全確認する上で十分な視力を有している者であった。

表 5-5：実験被験者の構成

	性別	人数	平均年齢	年齢範囲	標準偏差
非高齢者 運転免許保有	男性	6 名	30.3	20-38	7.99
	女性	8 名	41.9	29-53	8.15
非高齢者 運転免許非保有	男性	3 名	22.0	19-25	3.00
	女性	10 名	28.7	18-59	14.25
高齢者 運転免許非保有	男性	2 名	74.0	73-75	1.41
	女性	12 名	73.9	68-82	4.29
学童	男性	11 名	9.3	8-10	0.65
	女性	4 名	9.0	8-10	0.82

#### (4) 実験条件

平成 28 年度「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に関する調査検討における課題 C の成果に基づいて、車両挙動と外向け HMI の組合せで構成される実験条件を設定した。

- 進路を譲られたかどうかの判断実験

無信号横断歩道への自動運転車の接近・進入に対して歩行者役の実験被験者が自動運転車から譲られたかどうかを判断する実験において、表 5-6 に示される実験条件を設定した。車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件の例を図 5-42 に示す。自動運転車が無信号横断歩道に進入する際の車両挙動については、減速挙動の有無ならびに減速挙動の大小に基づく 3 因子を設定した。具体的には、無信号横断歩道の端から約 30m 手前の地点までに 15km/h の速度一定で走行し、その 30m 手前の地点以降も 15km/h の速度一定で無信号横断歩道に接近・進入する条件（統制条件・速度一定）、約 30m 手前の地点までに 25km/h の速度一定で走行し、その 30 手前の地点で 25km/h から徐々に減速しておおよそ 15m 手前付近で 15km/h に至る条件（減速小と

称す)、同じく約 30m 手前の地点までに 25km/h の速度一定で走行し、その 30 手前の地点で 25km/h から徐々に減速しておおよそ 15m 手前付近で 10km/h に至る条件 (減速大と称す) の 3 種類を、譲られているかどうかを判断するための実験条件とした。外向け HMI に関しては、いずれの車両挙動でも 25m 手前付近で提示した。また外向け HMI のコンテンツのうち、「すすみます」については、実験の実施過程において、実験被験者が外向け HMI のコンテンツを十分確認せずに、何か提示されたら短絡的に反応してしまうといった行動を避けるために設定した。また外向け HMI のコンテンツのうち、「すすみます」については、実験の実施過程において、実験被験者が外向け HMI のコンテンツを十分確認せずに、何か提示されたら短絡的に反応してしまうといった行動を避けるために設定した。

表 5-6 : 車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件 (その 1)

実験 No	車両挙動	外向け HMI		備考 ラベル
		コンテンツ	提示位置	
1	速度一定	—	—	HMI なし
2	15km/h	「お先にどうぞ」	25m 手前	お先にどうぞ
3		「とまります」	25m 手前	とまります
4		LED アレイ点滅	25m 手前	LED 点滅光
5		「自動走行中」	25m 手前	自動走行中
6		「すすみます」	25m 手前	すすみます
7		減速小	—	—
8	25km/h→15km/h	「お先にどうぞ」	25m 手前	お先にどうぞ
9		「とまります」	25m 手前	とまります
10		LED アレイ点滅	25m 手前	LED 点滅光
11		「自動走行中」	25m 手前	自動走行中
12		「すすみます」	25m 手前	すすみます
13		減速大	—	—
14	25km/h→10km/h	「お先にどうぞ」	25m 手前	お先にどうぞ
15		「とまります」	25m 手前	とまります
16		LED アレイ点滅	25m 手前	LED 点滅光
17		「自動走行中」	25m 手前	自動走行中
18		「すすみます」	25m 手前	すすみます

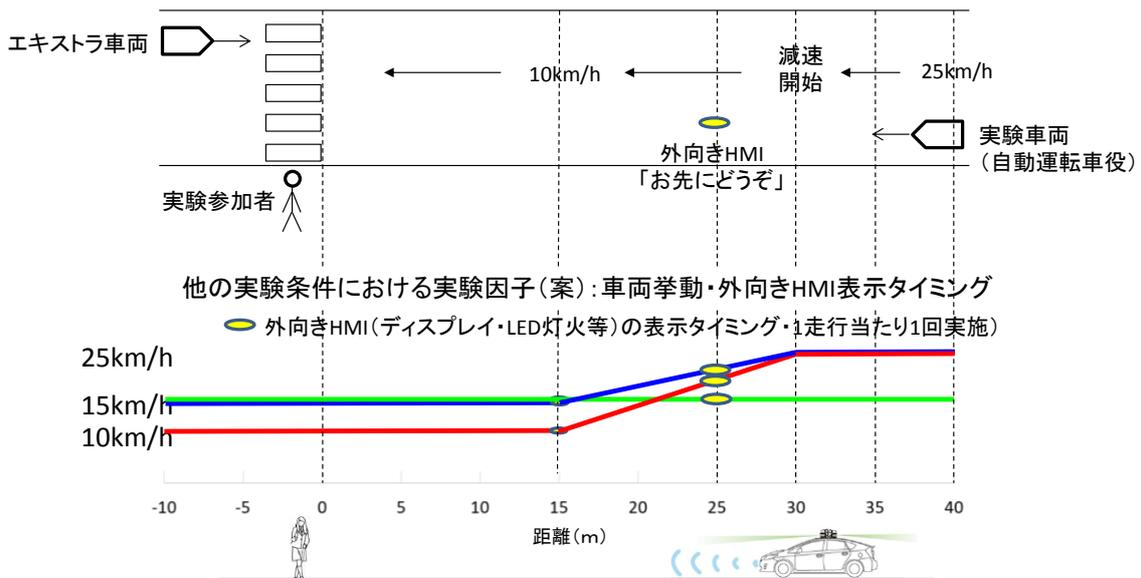


図 5-42 : 車両挙動と外向け HMI の組合せ例 (譲りの判断実験)

- 横断可能かどうかの判断実験

進路を譲られたかどうかの判断実験のほかに、無信号横断歩道への自動運転車の接近・進入に対して、無信号横断歩道での横断が可能かどうかを歩行者役の実験被験者が判断する実験を別途実施することとし、表 5-7 に示される実験条件を設定した。この車両挙動について、速度変化ならびに前後方向の加速度で可視化した例を図 5-43 にそれぞれ示す。無信号横断歩道から約 30m 手前の地点までに 25km/h の速度一定で走行し、その 30m 手前の地点で 25km/h から徐々に減速しておおよそ 15m 手前付近で 15km/h に至り、さらに無信号横断歩道の 1m 手前の地点に向けて減速し 0m 手前の地点で停止する条件を、横断可能かどうかを判断するための実験条件とした。外向け HMI に関しては、いずれの車両挙動でも 25m 手前付近で提示した。また外向け HMI のコンテンツのうち、「すすみます」については、実験の実施過程において、実験被験者が外向け HMI のコンテンツを十分確認せずに、何かが提示されたら短絡的に反応してしまうといった行動を避けるために設定した。

表 5-7：車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく実験条件（その 2）

実験 No	車両挙動	外向け HMI		備考ラベル
		コンテンツ	提示位置	
19	減速大	—	—	HMI なし
20	25km/h→0km/h	「お先にどうぞ」	25m 手前	お先にどうぞ
21		「とまります」	25m 手前	とまります
22		「自動走行中」	25m 手前	自動走行中
23		「すすみます」	25m 手前	すすみます

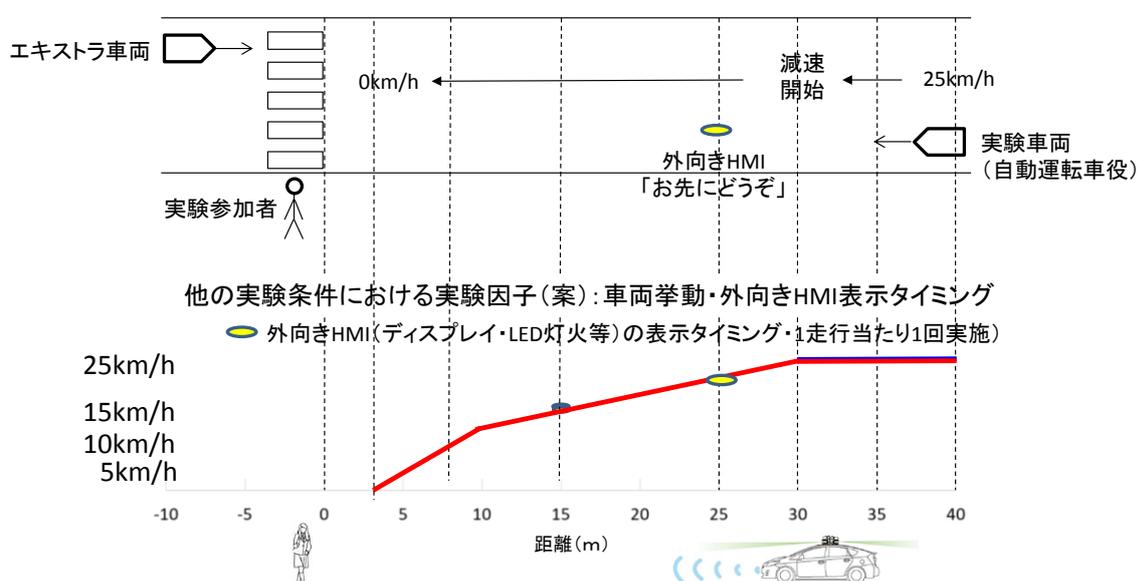


図 5-43：車両挙動と外向け HMI の組合せ例（横断開始の判断実験）

(5) 評価項目

各実験条件において、以下の項目を計測し評価した。

● 進路を譲られたかどうかの判断

進路を譲られたかどうかの判断実験を対象に、車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく各実験条件下で自動運転車の接近・進入に対して、進路を譲られたと実験被験者が感じたかどうかを計測した。進路を譲られたと感じたかどうかの回答は、実験被験者に持たせた反応スイッチの押下の有無に基づいて記録・抽出した。また進路を譲られたと感じた実験被験者を対象に、各実験条件の終了直後に、譲り程度「わずかに譲られた」「やや譲られている」「譲られている」「非常に譲られている」のいずれに該当するかを回答させた。

● 進路を譲られたと判断した際の自動運転車の状況

---

---

進路を譲られたかどうかの判断実験を対象に、自動運転車の接近・進入に対して、進路を譲られたと感じた場合を対象に、進路を譲られたと感じたタイミングにおける自動運転車と無信号横断歩道との距離、自動運転車の速度等を抽出した。

- 横断可能かどうかの判断

横断可能かどうかの判断実験を対象に、車両挙動と外向け HMI の組合せに基づく各実験条件下で横断可能かどうかの判断について計測した。横断可能かどうかの回答は、前述と同様に、実験被験者に把持させた反応スイッチの押下の有無に基づいて抽出した。また横断可能と判断した実験被験者を対象に、各実験条件の終了直後に、横断可能と判断した際に実験被験者が感じた確信の程度「「わずかに確信を持った」「やや確信を持った」「確信を持った」「非常に確信を持った」のいずれに該当するかを回答させた。

- 横断可能と判断した際の自動運転車の状況

横断可能かどうかの判断実験を対象に、各実験条件下で横断可能と判断したタイミングにおける自動運転車との距離、自動運転車の速度等を抽出した。

- LED 点滅光に対する解釈

すべての実験条件の終了後、各実験被験者に対して LED 点滅光をどのように解釈したかを自由回答にて調査した。

## (6) 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。最初に実験被験者には、実験目的・実験内容について説明を行い、その後、実験におけるリスク・研究同意しないことや研究同意の撤回による不利益がないこと、個人情報の保護や研究結果の公表、研究終了後のデータおよび試料等の取り扱い方針、映像データ取り扱いの同意書、本研究の費用、問い合わせ先に関して説明を行なったうえで実験に参加することへの同意書を得た。同意を得た後、実験被験者の属性や運転経験等のフェースシートを記載させ、視力についてはその場で簡単な視力検査を実施した。視力検査の終了後、試験走路での移動用車両を実験被験者に運転させて、実験を実施する試験走路内の無信号横断歩道環境に案内した。無信号横断歩道の脇には、実験被験者以外に実験者 1 名が同伴した。実験者は、実験被験者が誤って無信号横断歩道を横断しないよう、安全ベルトを実験被験者に装着するとともに、実験被験者に関わる安全監視と実験中の実験被験者の様子

---

---

---

---

の記録を担当した。また各実験終了直後に交差点内に停止した状態で実験被験者への質問紙調査を担当した。試験走路を管轄する研究機関から実験協力者1名が本実験に同伴し、無信号横断歩道の環境全体の安全監視を担当した。実験開始前に無信号横断歩道の脇で実験被験者には以下の教示を行った。

- 無信号横断歩道において右方向から接近・進入する車両は自動運転車であること
- 無信号横断歩道において左方向から接近・進入する車両は手動運転車であること
- 進路を譲られたかどうかの実験において、無信号横断歩道の脇で横断待ちをしている場面想定し、自動運転車から進路を譲られたかどうかの判断を行い、進路を譲られたと感じたら手元の反応スイッチをすぐに押下すること
- 右折可能かどうかの実験において、無信号横断歩道において接近・進入する自動運転車の状況や周囲の交通状況に基づいて、日常と同じ手続きで横断可能かどうかの判断を行い、横断可能と判断したら反応スイッチをすぐに押下すること

実験被験者への教示後、試験走路の無信号横断歩道の脇における特定の区間を対象にした運転走行の練習を実施し、その間、自動運転車の接近・進入に対する各状況に対する判断や反応スイッチ操作の練習を実施した。判断の練習や反応スイッチ操作の練習が十分と判断されてから、各実験条件の実験を実施した。最初に車両挙動とHMIなしの組合せに基づく実験条件を実施し、その後、進路を譲られたかの判断実験を対象に、車両挙動とメッセージ表示型外向けHMIの組合せや車両挙動と灯火型外向けHMIの組合せに基づく実験条件をランダムに実施した。進路を譲られたかの判断実験の終了後、横断可能かどうかの判断実験を対象に、車両挙動とメッセージ表示型外向けHMIの組合せや車両挙動と灯火型外向けHMIの組合せに基づく実験条件をランダムに実施した。いずれの実験の場合も各実験条件の実施順序は実験被験者間で同様な順序であった。

各実験条件における基本的な手続きとして、まず実験被験者には無信号横断歩道の脇に立たせて、周囲の状況に視線を向けないように実験被験者の足下に視線を向けるように指示した。その後、自動運転車が無信号横断歩道に向かって走行を開始し、無信号横断歩道から約40m手前の地点で実験被験者に顔を上げて自動運転車の状況を確認させ、進路を譲られているかどうか、あるいは横断可能かどうかを判断するよう指示した。(図 5-44 参照)。

---

---



図 5-44：交差点部で自動運転車の接近・進入と歩行者、対向車両の状況

実験被験者には、自動運転車から進路を譲られたと感じた際あるいは横断開始が可能であると判断した際に反応スイッチを押下させた。自動運転車の無信号横断歩道通過後、実験被験者を路肩脇の椅子に座らせて実験者による質問紙調査を実施した。質問紙調査の終了後、無信号横断歩道の脇に実験被験者を再び立たせて、再度、自動運転車を無信号横断歩道に接近・進入させた。すべての実験条件に対する判断と実験条件直後の質問紙調査が終了した後、試験走路から実験同意書等の説明を実施した詰所に移動して実験終了後の質問等を実施した。

(7) 実験結果および考察

- 譲られたかどうかの判断結果

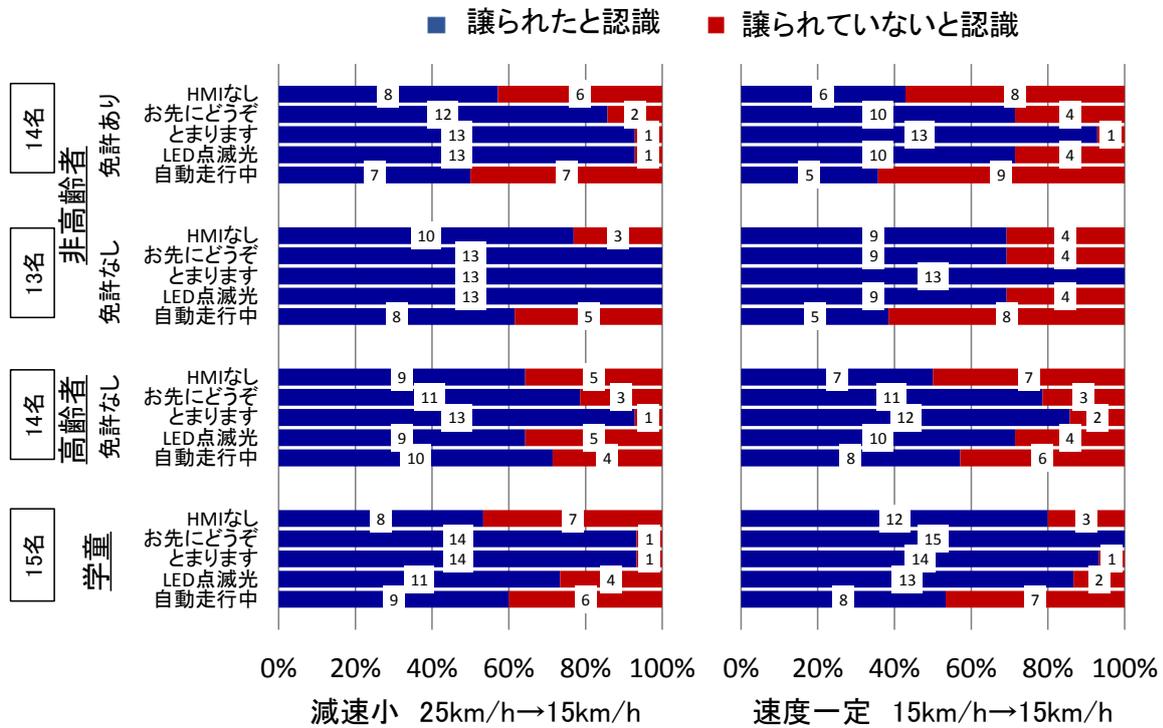


図 5-45：譲られたかどうかの判断結果（速度一定と減速小の比較）

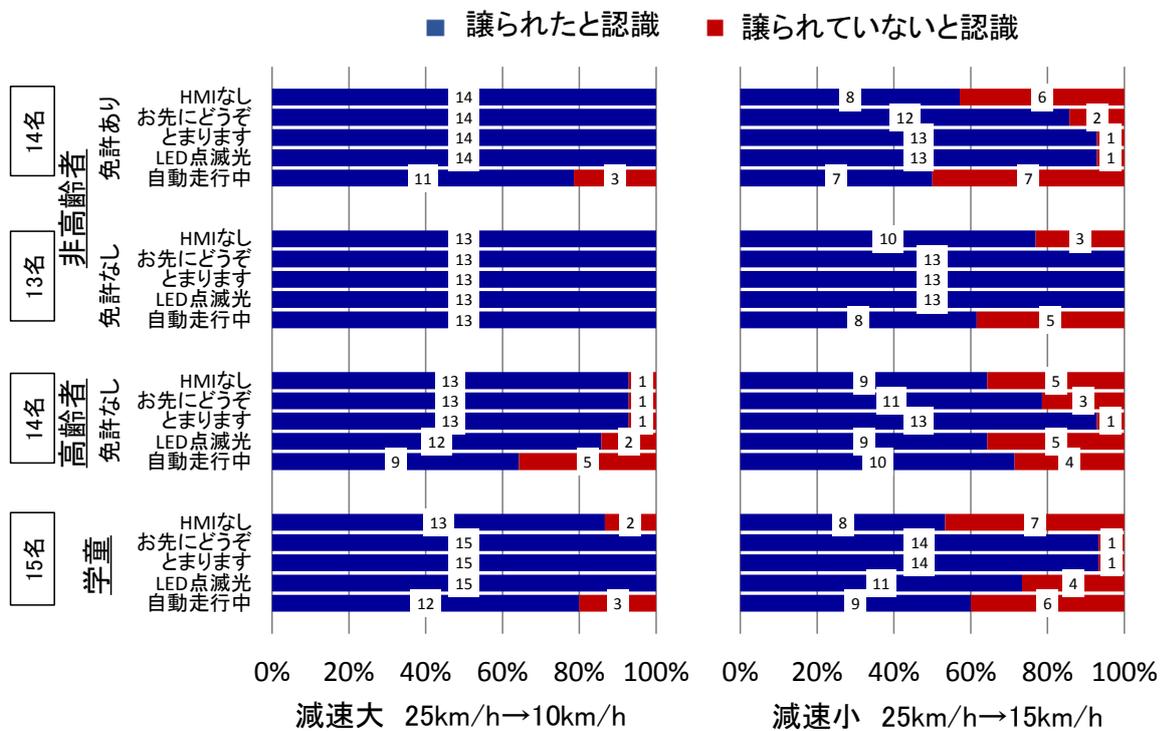


図 5-46：譲られたかどうかの判断結果（減速大と減速小の比較）

---

---

譲られたかどうかの判断結果は、非高齢者の運転免許所有/非所有、高齢者の運転免許非所有、学童からなる4つの実験被験者の属性ごとにまとめてある。車両挙動が15km/hの速度一定の条件のもとで、「HMIなし」の条件を対象に、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対する実験被験者の判断結果をみると、実験被験者の約4割から約8割が自動運転車から譲られたと認識する結果となった。これに対して、外向けHMIを介して自動運転車から「お先にどうぞ」、「とまります」などの意図を伝達すると、自動運転車から譲られたと認識する実験被験者の割合が約7割から約9割の範囲に高められ、また「LED点滅光」の条件でもその割合がやや高められる結果となった。「自動走行中」の条件については、「HMIなし」の条件と同様か微増にとどまり、実験被験者によっては譲られたと認識する割合が「HMIなし」の条件よりも低下する結果となった。

車両挙動が25km/h→15km/hの減速小のもとで、「HMIなし」の条件を対象に、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対する実験被験者の判断結果をみると、実験参加者の属性によって多少異なるが、前述の速度一定の条件とほぼ同様な傾向であることが確認され、また外向けHMIの各条件において、自動運転車から譲られたと認識する実験被験者の割合が、速度一定の条件よりも、高められる結果となった。

つまり、外向けHMIを介して自動運転車の意図や状態を実験被験者に伝達することで、また車両挙動として減速挙動を伴うことで、自動運転車から譲られたとの認識を高められるものと考えられる。

車両挙動が減速大の条件のもとで、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して、実験被験者が自動運転車から譲られたかどうかを判断した結果を図5-46に示す。図5-46では車両挙動が減速小の条件の結果と比較している。車両挙動が減速大の条件では、「自動走行中」を除き、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して、自動運転車から譲られたと認識する実験被験者が約9割から約10割の範囲で占める結果となった。しかしながら、前述の速度一定や減速小の条件と同様に、「自動走行中」の条件では、「HMIなし」の条件よりも低下する結果となった。

以上の結果を総合すると、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して、実験被験者が進路を譲られたとの認識を高める効果として、自動運転車の減速挙動が大きく寄与しており、減速挙動が十分に再現できない状況においては、外向けHMIを介して自動運転車の意図や状態を伝達することで進路を譲られたとの認識を補足的に高められる可能性があると考えられる。

---

---

- 
- 
- 譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離および自動運転車の速度

速度一定、減速小、減速大の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離を比較した。その箱ひげ図を図 5-47 に、平均値の結果を図 5-48 にそれぞれ示す。

実験被験者の属性によって自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離のばらつきが異なるが、おおむね、速度一定の条件では、自動運転車と無信号横断歩道との距離は、おおよそ 20m 付近を中心に 15m 付近から 25m 付近でばらつく傾向が見られたのに対して、減速小の条件では 15m 付近を中心に 10m 付近から 17m 付近で、減速大の条件では 17m 付近を中心に 15m 付近から 18m 付近で、それぞればらつく傾向がみられた。全体的には、減速挙動の有無と大きさによって、譲られたと判断した際の距離が特徴づけられ、速度一定が最も距離が長く、次いで減速大、減速小であった。

一方、速度一定の条件では、外向け HMI の有無や種類による、譲られたと判断した際の距離におおきな特徴はみられなかったが、減速大と減速小の条件で実験被験者の属性ごとにみると、「お先にどうぞ」、「とまります」などの条件で譲られたと判断した際の距離が長く、逆に「HMI なし」や「自動走行中」の条件では譲られたと判断した際の距離が短い結果となった。同じ車両挙動ごとに、実験被験者の属性間で比較すると、譲られたと判断した際の距離は、学童や高齢者では短く、非高齢者では長い傾向がそれぞれみられた。

速度一定、減速小、減速大の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車の速度を比較した。その箱ひげ図を図 5-49 に、平均値の結果を図 5-50 にそれぞれ示す。

速度一定の条件を除くと、実験被験者の属性によって自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車の速度のばらつきは、減速大の条件でおおよそ 10km/h 付近から 15km/h 付近の範囲でばらつく傾向がみられたのに対して、減速小の条件では 15km/h 付近から 18km/h 付近の範囲でばらつく傾向がみられた。全体的には、減速挙動の有無と大きさによって、譲られたと判断した際の速度が特徴づけられ、減速大が最も速度が低く、次いで減速小、速度一定であった。

---

---

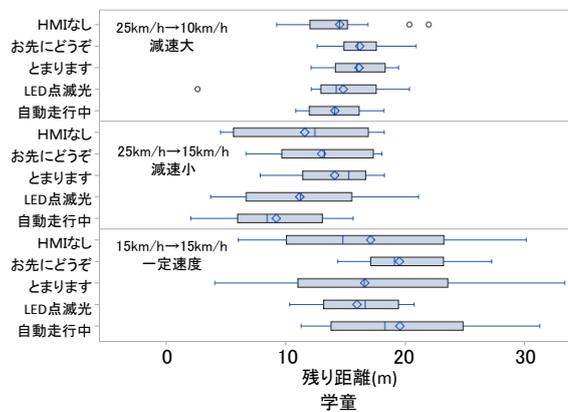
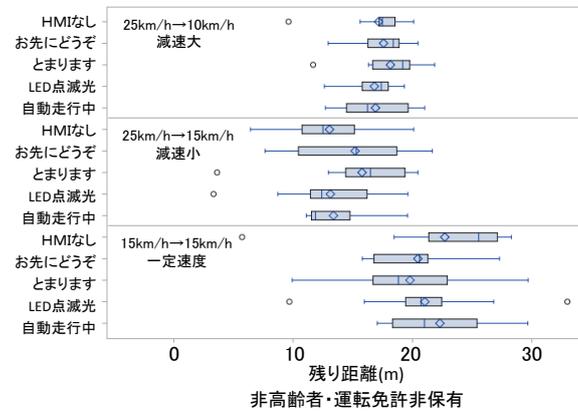
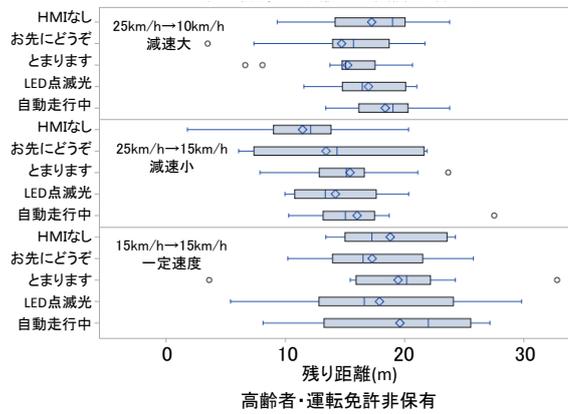
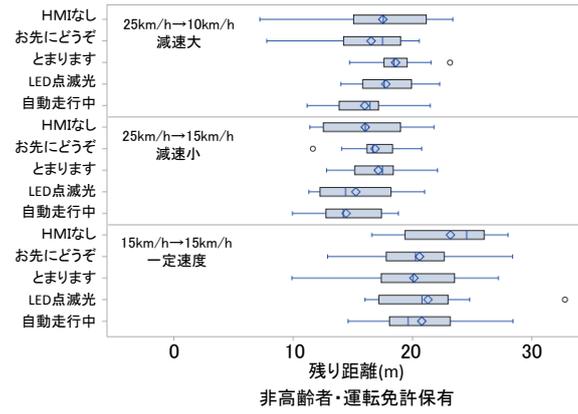


図 5-47：譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離

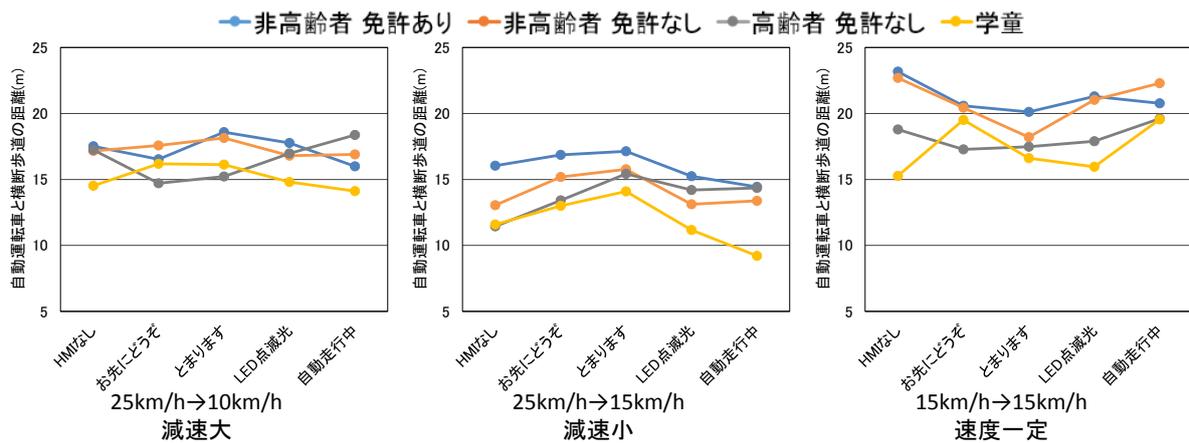
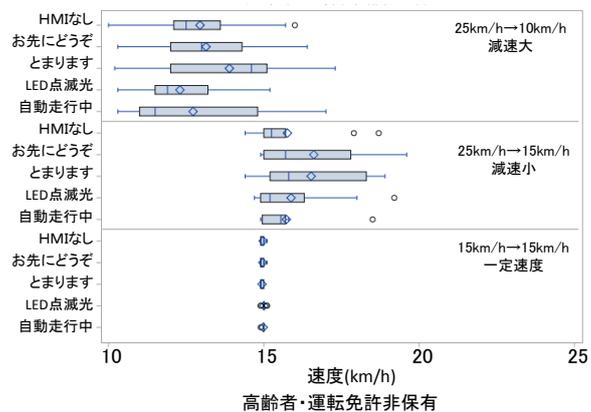
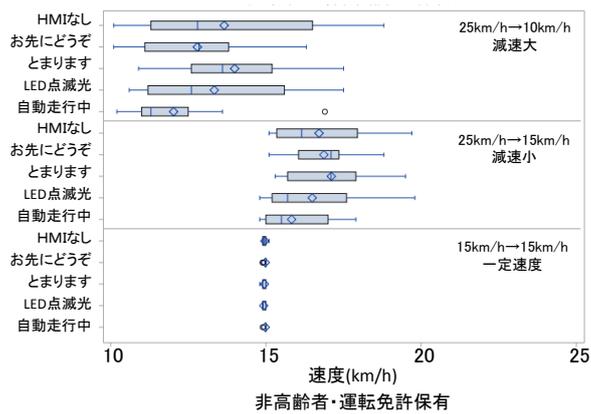


図 5-48 : 譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との平均距離



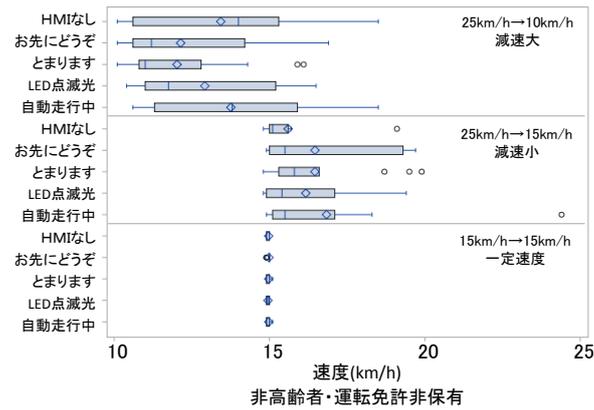


図 5-49：譲られたと判断した際の自動運転車の速度

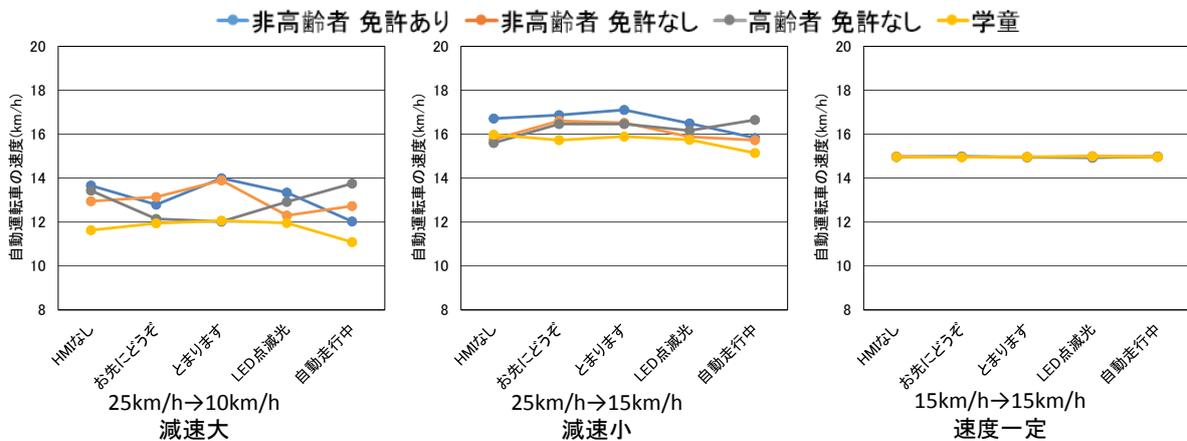


図 5-50：譲られたと判断した際の自動運転車の平均速度

速度一定、減速小、減速大の条件のもと、外向け HMI の各条件を対象にして、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入に対して実験被験者が自動運転車から譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との TTC (Time To Contact) を比較した。ここで TTC は、自動運転車から譲られたと実験被験者が判断した時点の自動運転車と無信号横断歩道との距離をその時点の自動運転車の速度で除した値を TTC とした。TTC の平均値を図 5-51 に

示す。

減速大の条件での TTC はおおよそ 5 秒から 5.5 秒であり、外向け HMI の有無や種類におおむね依存しない傾向がみられた。一方、減速小での TTC はおおよそ 2.5 秒から 4 秒と減速大の条件よりも短く、特に外向け HMI を介して「とまります」の意図を伝達した場合に長くなる傾向がみられた。学童では、他の実験被験者の属性と比較して、全体的に TTC が短い傾向がみられた。速度一定の条件での TTC はおおよそ 4 秒から 6 秒であり、速度一定の条件においては、高齢者や学童の TTC が非高齢者よりも短い傾向がみられた。

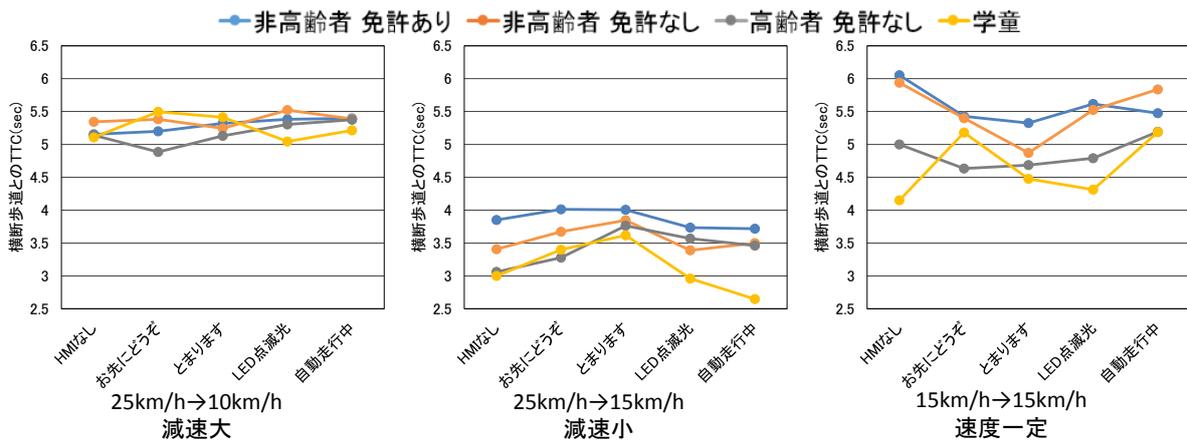


図 5-51：譲られたと判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との TTC

- 譲られたと判断した際の譲りの程度

速度一定、減速小、減速大の条件のもと、自動運転車から譲られたと判断した実験被験者を対象に、譲られたと判断した際の譲りの程度についてまとめた結果を図 5-52 および図 5-53 にそれぞれ示す。譲られたと判断した際の譲りの程度については、「わずかに譲られた」、「やや譲られている」、「譲られている」、「非常に譲られている」までの 4 段階で分類している。

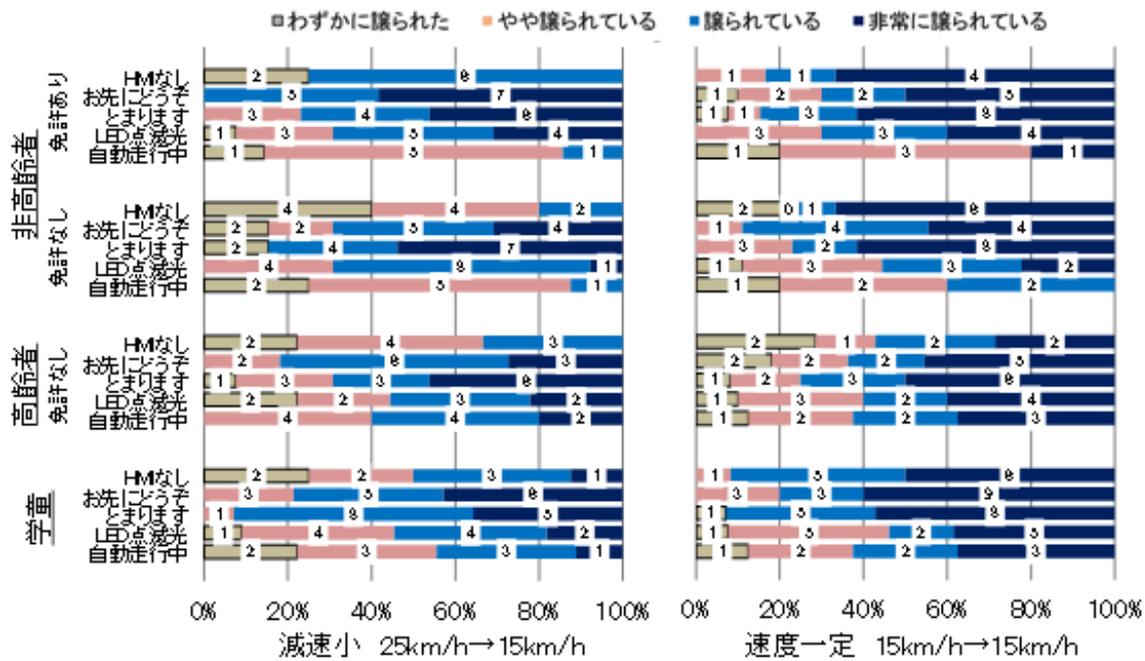


図 5-52：譲られたと判断した際の譲りの程度に関する結果  
(速度一定と減速小の比較)

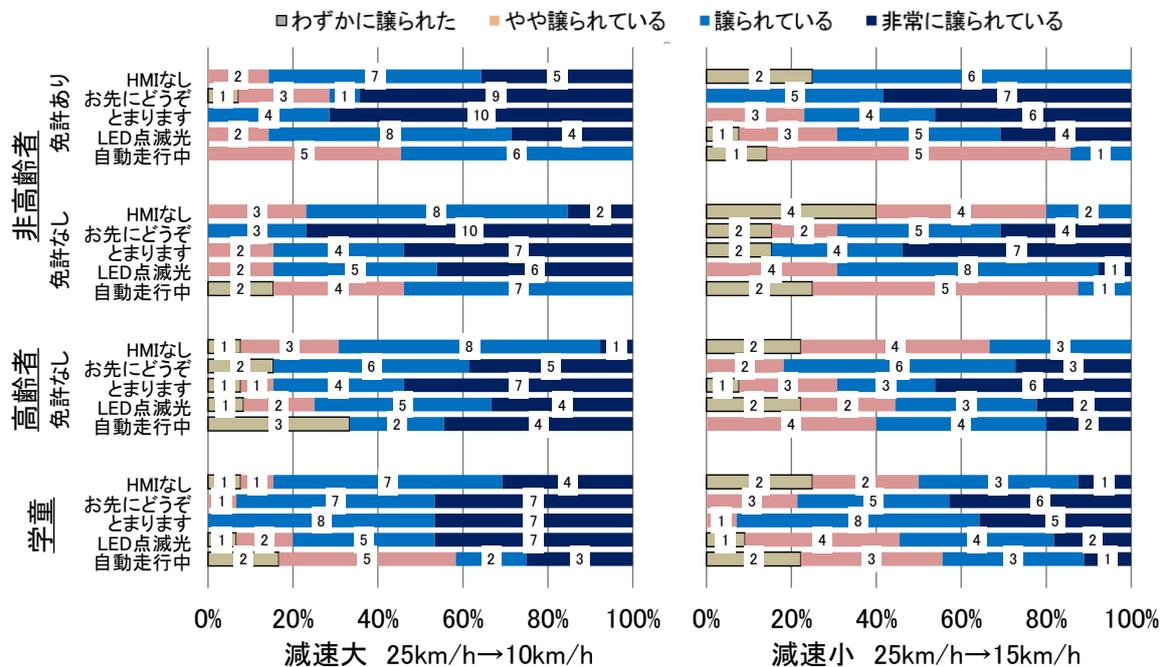


図 5-53：譲られたと判断した際の譲りの程度に関する結果  
(減速大と減速小の比較)

---

---

減速一定の条件において、実験被験者が感じた譲りの程度は、実験被験者の属性によってその傾向は多少異なるが、外向け HMI の有無や外向け HMI の種類に関わりなく、「非常に譲られている」と感じた実験被験者が多い結果となった。

これに対して、減速小の条件において、実験被験者が感じた譲りの程度は、「HMI なし」の条件では実験被験者の属性に関わりなく、「HMI なし」の条件では「非常に譲られている」と感じた実験被験者はほとんど観測されなかった。しかしながら、外向け HMI を介して「お先にどうぞ」、「とまります」などの意図を伝達すると、「非常に譲られている」と感じる実験被験者が増加した。「自動走行中」の状態を伝達しても、「LED 点滅光」を提示しても、譲りの程度は、「HMI なし」とほぼ同様か、「HMI なし」よりも譲りの程度が低く感じる実験被験者が増加した。

一方、減速大の条件において、実験被験者が感じた譲りの程度は、実験被験者の属性に関わりなく、また外向け HMI の有無に関わりなく、実験被験者の約 2 割から約 8 割の範囲で「非常に譲られている」と感じる結果となり、特に非高齢者の約 5 割から約 8 割の範囲で「お先にどうぞ」、「とまります」などの意図を伝達することで「非常に譲られている」と感じる結果となった。「自動走行中」の条件では、非高齢者や学童において「非常に譲られている」と感じる実験被験者の割合は「HMI なし」と比較して減少した。

#### ● 横断可能かどうかの判断結果

機材トラブルにより、高齢者 1 名のデータが収集できなかった。横断可能かどうかの判断実験では、車両挙動は 25km/h→0km/h の減速挙動を伴う条件のみで、外向け HMI は「LED 点滅光」を除くメッセージ表示型外向け HMI の 4 水準を設定した。自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入の状況から、無信号横断歩道での横断が可能かどうかを判断した結果を図 5-54 に示す。非高齢者でのすべての外向け HMI の条件、高齢者での「とまります」の条件、学童での「お先にどうぞ」、「とまります」の条件において、すべての実験被験者が横断可能と判断する結果となった。一方、高齢者の「HMI なし」、「自動走行中」において、学童の「HMI なし」、「自動走行中」において、それぞれ「横断可能でない」と判断する実験被験者が 1 名から 3 名みられた。

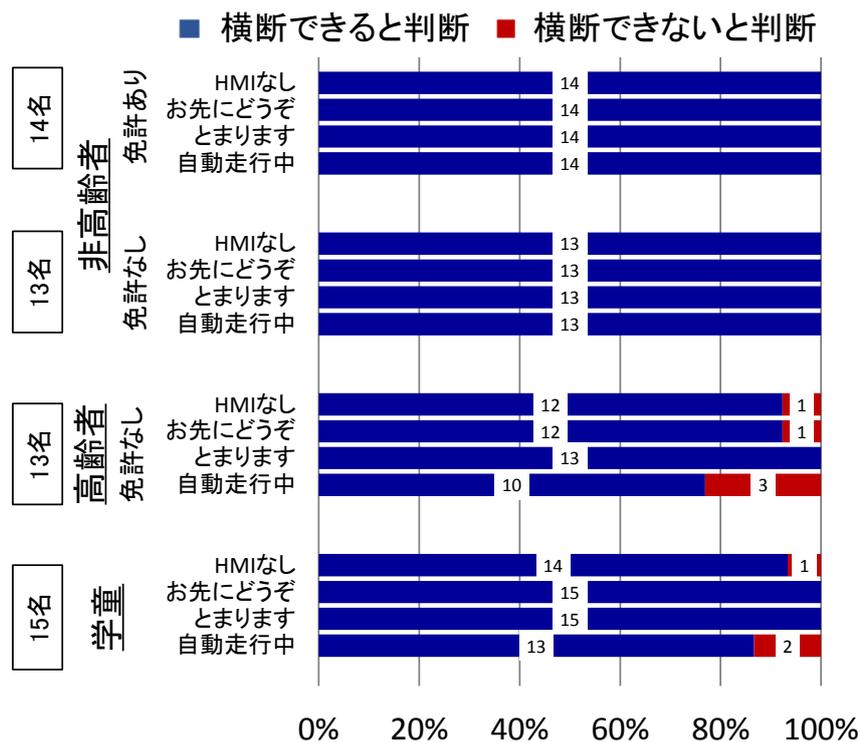


図 5-54 : 横断可能かどうかの判断結果

- 横断可能と判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離および自動運転車の速度

外向け HMI の有無および種類の条件を対象にして、自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入の状況から、実験被験者が無信号横断歩道にて横断可能であると判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離を比較した。その結果を図 5-55 に示す。非高齢者では、運転免許所有/非所有に関わりなく、自動運転車が無信号横断歩道からおおよそ 5m から 15m の距離に達した際に横断可能と判断する傾向がみられたが、若干ながら、「お先にどうぞ」や「とまります」の条件において、その距離が長い傾向がみられた。一方、高齢者では、おおよそ 5m から 18m の距離に達した際に横断可能と判断する傾向がみられ、そのばらつきは非高齢者と比較して大きい傾向がみられた。学童では、おおよそ 5m から 15m の距離に達した際に横断可能と判断する傾向がみられたが、「自動走行中」の条件については、おおよそ 5m から 10m の距離に達した際に横断可能と判断する結果となった。

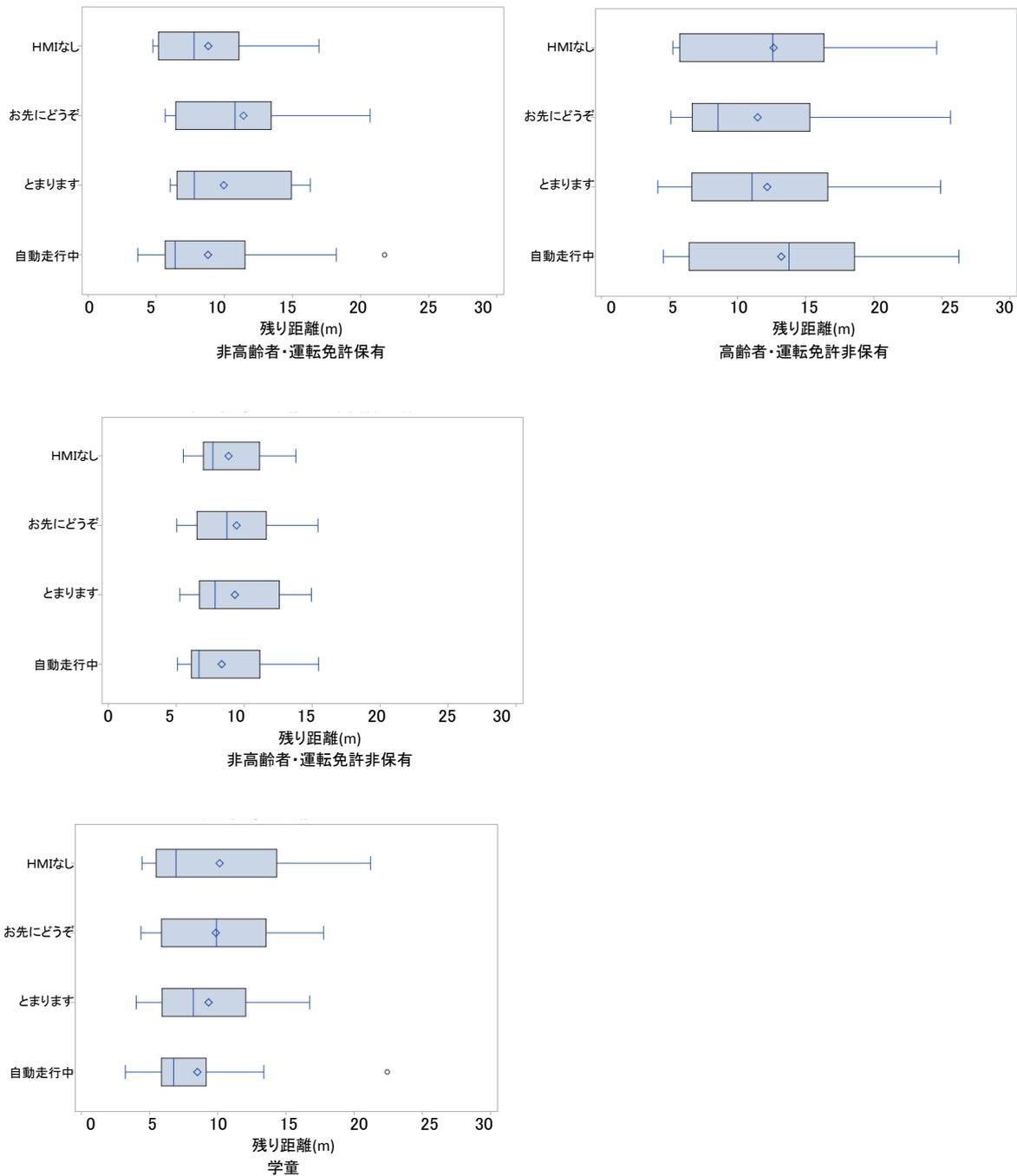


図 5-55：右折可能と判断した際の自動運転車と無信号横断歩道との距離

● 横断可能と判断した際の確信の程度

自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入の状況から、無信号横断歩道での横断が可能であると判断した実験被験者を対象に、横断可能と判断した際の確信の程度についてまとめた結果を図 5-56 に示す。横断可能と判断した際の確信の程度については、「非常に確信を持った」、「確信を持った」、「やや確信を持った」「わずかに確信を持った」の 4 段階で分類したが、「やや確信

を持った」「わずかに確信をもった」を「それ以外」としてまとめ、計3段階で分類している。

横断可能と判断した際に実験被験者が感じた確信の程度は、非高齢者と高齢者、学童でやや異なる傾向がみられた。「HMIなし」の条件では「非常に確信を持った」と感じた実験被験者は約2割から約4割の範囲であったが、「お先にどうぞ」、「とまります」の条件では「HMIなし」の条件よりも「非常に確信を持った」と感じた実験被験者は約4割から約8割の範囲で増加した。一方、「自動走行中」の条件については、運転免許保有の非高齢者と高齢者で約4割から約5割の範囲であったが、運転免許非保有の非高齢者と学童では約1割から約4割の範囲に留まる結果となった。

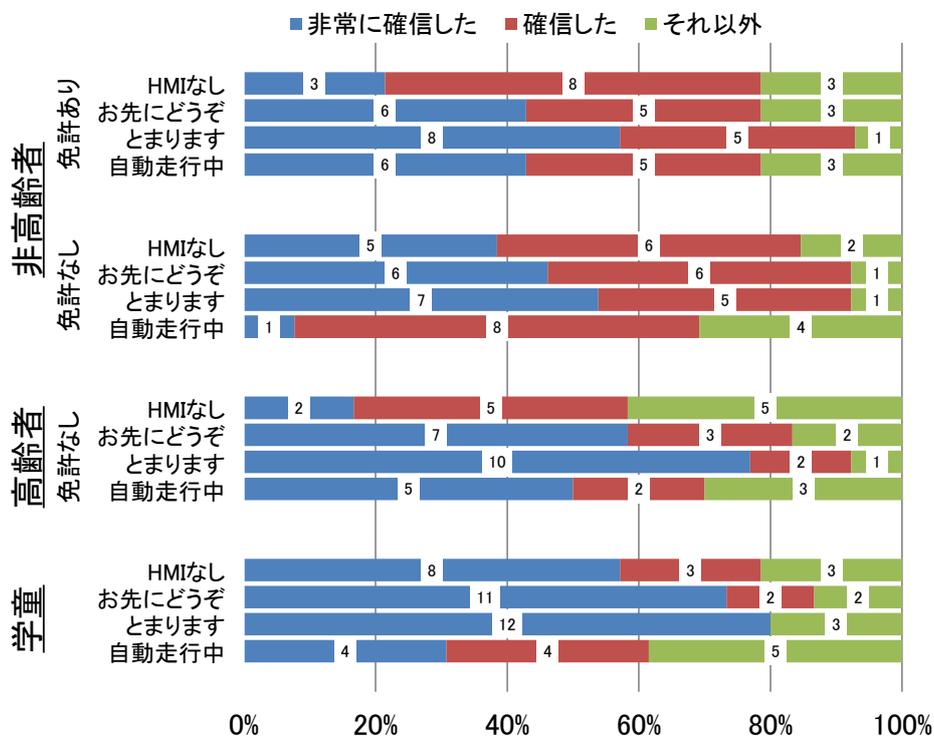


図 5-56：横断可能と判断した際の確信の程度に関する結果

● 横断可能と判断する際の視認行動

自動運転車の無信号横断歩道への接近・進入の状況から、無信号横断歩道での横断が可能であると判断した実験被験者を対象に、横断可能と判断するまでの無信号横断歩道での視認行動についてまとめた結果を図 5-57 に示す。図 5-17 では、特に左方向から無信号横断歩道に接近・進入する対向車両への視認回数の結果をまとめている。多くの実験被験者において、左方向への視認回数は1回以上であるが、運転免許保有の非高齢者および学童の「お先にどうぞ」、「とまります」、「自動運転中」の条件において、高齢者の「自動運

「転中」の条件において、それぞれ左方向を全く視認せずに横断可能と判断する確認行動が観測された。

また、横断可能と判断する際の実験を進めていく過程において、観測された確認行動の変容例を表 5-8 に示す。運転免許保有の非高齢者 A および非高齢者 B では、HMI なしの条件の際には、最後の右方向確認や、途中・最後の左右確認を実施していたにもかかわらず、「お先にどうぞ」の条件の際に、最後の右方向確認や左右方向の確認が省略された確認行動に変容する結果となった。

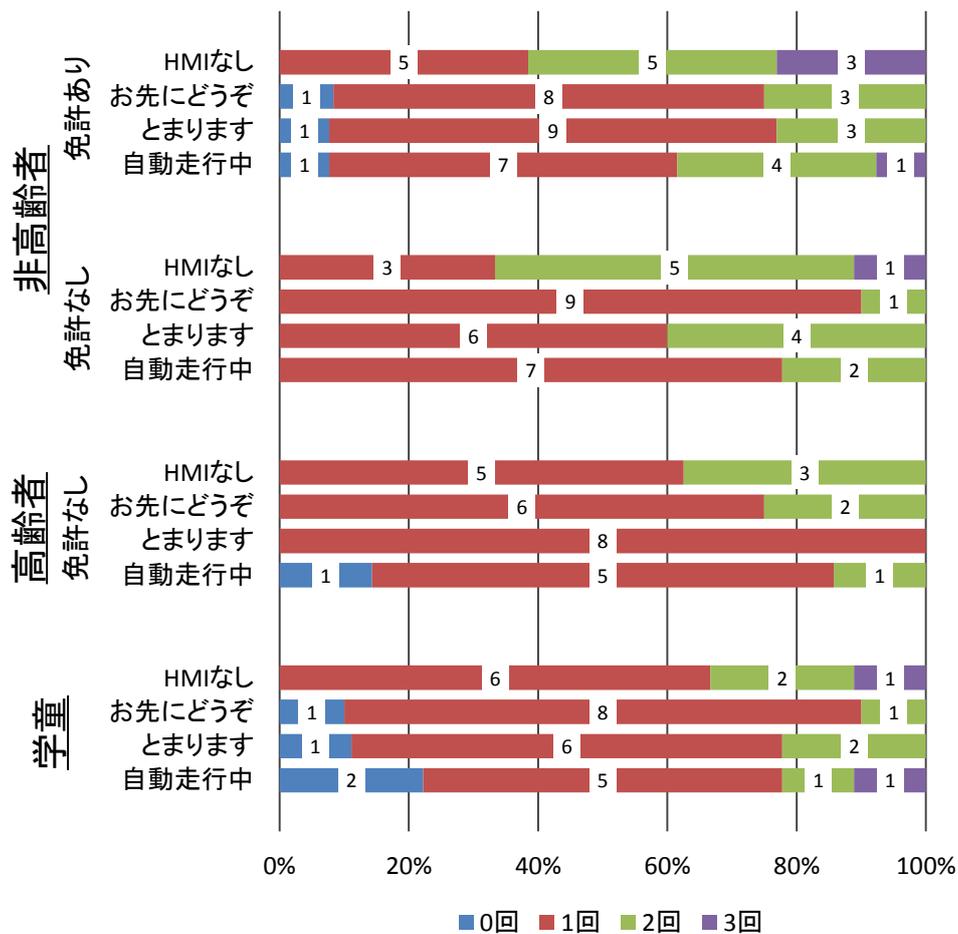
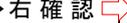


図 5-57：横断可能と判断した際の視認割合に関する結果

表 5-8：観測された確認行動の変容例

	横断可能と判断した際の確認行動		
	車両挙動のみ (HMI なし)	外向け HMI 利用時	伝達内容
非高齢者 A (運転免許保有)	右確認→左確認 →右確認  →横断可能かの判断	右確認→左確認 (最後の右確認を省略) →横断可能かの判断	譲りの伝達 「お先にどうぞ」
非高齢者 B (運転免許保有)	右確認→左確認→右確認  →左確認→右確認  →横断可能かの判断	右確認(左右確認を省略) (左右確認を省略) →横断可能かの判断	譲りの伝達 「お先にどうぞ」

HMI なしの条件（統制条件）で右左方向ともに 1 回ずつ以上の視認を行っていた被験者が HMI ありの条件で視認回数が右方向 1 回のみ減少（左方向を確認しない）した事例を表 5-9 に示す。

表 5-9：外向け HMI 利用時に左方向への視認が観測されなくなった例

	年齢	属性	性別	外向け HMI
実験被験者 15	10	学童	男性	自動走行中
実験被験者 16	10	学童	男性	自動走行中
実験被験者 37	8	学童	女性	お先にどうぞ
				とまります
実験被験者 35	73	高齢者・運転免許非保有	女性	自動走行中
実験被験者 25	46	非高齢者・運転免許保有	女性	自動運転中
実験被験者 31	44	非高齢者・運転免許保有	女性	とまります
実験被験者 46	29	非高齢者・運転免許保有	女性	お先にどうぞ

該当する実験被験者は学童 3 名、高齢者 1 名、運転免許保有の非高齢者 4 名の計 8 名であった。最も多く観測された条件は、「自動走行中」で 4 件であり、それ以外の条件では「お先にどうぞ」、「とまります」がそれぞれ 2 件ずつであった。

「HMI なし」の条件で右方向を 2 回以上、左方向を 1 回以上の視認を行っていた実験被験者が、外向け HMI を利用した条件にて、視認回数が右方向 1 回、左方向 1 回に減少した事例を表 5-10 に示す。

表 5-10：外向け HMI 利用時に右方向への再視認が観測されなくなった例

	年齢	属性	性別	外向け HMI
実験被験者 09	10	学童	男性	自動走行中
				とまります
実験被験者 23	77	高齢者・運転免許非保有	女性	お先にどうぞ
実験被験者 24	68	高齢者・運転免許非保有	女性	自動走行中
実験被験者 52	77	高齢者・運転免許非保有	女性	とまります
実験被験者 45	21	非高齢者・運転免許非保有	女性	お先にどうぞ
				とまります
実験被験者 20	31	非高齢者・運転免許保有	男性	お先にどうぞ
実験被験者 54	35	非高齢者・運転免許保有	男性	自動運転中

ここでは、右方向への再確認が省略された確認行動であり、左右方向のいずれか一方への確認行動が欠落したということではない。該当する実験被験者は学童 1 名、高齢者 3 名、運転免許保有の非高齢者 3 名の計 7 名であった。観測された条件は、「自動走行中」、「お先にどうぞ」、「とまります」でいずれも 3 件ずつであった。

#### ● LED 点滅光に対する認識

すべての実験が終了した後に、実験被験者が「LED 点滅光」をどのように認識したのかを調査した。その結果を図 5-58 に示す。運転免許保有の非高齢者の 1/3 がブレーキランプと同等、1/5 がヘッドライトと同等であると解釈する結果となった。それ以外では、運転免許非保有の非高齢者ではブレーキランプと同等、ヘッドライトと同等、ハザードランプと同等と認識する実験被験者が 1 名ずつ、高齢者では 1 名がブレーキランプ同等と認識、学童は 2 名がブレーキランプと同等と解釈される結果となった。

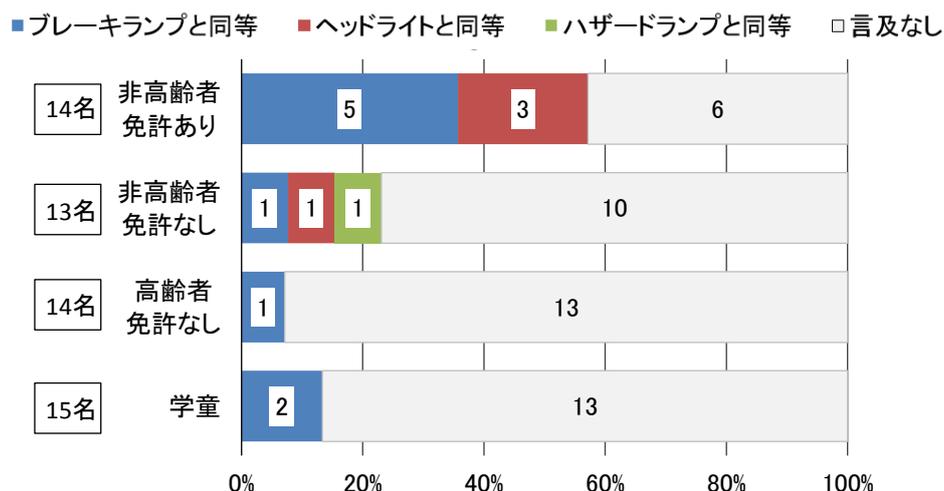


図 5-58 : LED 点滅光に対する認識の結果

### (8) 考察

本実験では、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車と無信号横断歩道脇で横断待ちの歩行者の間でのコミュニケーションを対象として、歩行者に対して自動運転車の意図や状態を伝達する際に、自動運転車の車両挙動や外向け HMI の利用が歩行者の認識や意思決定、心理面に与える影響等を、自動運転車の車両挙動とともに計測した。これらの結果に基づいて、自動運転車の車両挙動や外向け HMI の特徴と歩行者の認識、意思決定がどのように関係しているのかを考察する。

#### ● 譲られたとの認識に対する車両挙動の効果

自動運転車から進路を譲られたとの認識について、「HMI なし」を対象に、速度一定、減速小、減速大の各結果に基づいて検討する。基本的に 15km/h での速度一定では、譲られたと認識した実験被験者が、実験被験者の属性に応じて、約半数から約 7 割の範囲で存在したが、25km/h→15km/h での減速小の条件でもほぼ同様な割合であったことから、15km/h での速度一定と 25km/h→15km/h の減速小の車両挙動では、最終速度の 15km/h を伴う車両挙動あるいは車両状態を実験被験者が認識して、進路を譲られたとの認識に至った可能性が考えられる。一方、減速大では実験被験者の属性に関わりなく、実験被験者の約 9 割以上が譲られたと認識したことから、歩行者役である実験被験者は、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車の車両挙動の違い、つまり減速挙動と最終速度を手がかりにして、譲られたとの認識に至ったものと考えられる。減速小では、無信号横断歩道からおおよそ 15m 手前付近で譲

---

---

られたと認識されているが、この時の減速小の車両挙動の特徴としてはおおよそ 15km/h もしくは 15km/h よりやや速度の高い状態であったことを考慮すると、実験被験者の約半数に対しては、15m 手前付近でおおよそ 15km/h の速度に至ったことが譲られたとの認識に効果をもたらした可能性が考えられる。

一方、25km/h→10km/h での減速大の条件では、平均的には、おおよそ 15m 手前付近から 19m 手前付近の範囲でおおよそ 13km/h の速度に至っているが、詳細を確認すると、無信号横断歩道から 15m 手前よりも近い区間ではおおよそ 10km/h の速度に至っており、実験被験者がこの間の車両挙動を確認したことで、実験被験者のさらに半数以上が自動運転車から譲られたとの認識に至った可能性が考えられる。

- 譲られたとの認識に対する外向け HMI の効果

自動運転車から進路を譲られたとの認識について、速度一定、減速小、減速大のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

15km/h での速度一定の条件では、「HMI なし」と比較して、「お先にどうぞ」、「とまります」、「LED 点滅光」などの外向け HMI を利用することで、自動運転車から進路を譲られたと認識する割合を高めることが可能となったが、25km/h→15km/h での減速小の条件では、最終速度が速度一定の条件と同様であったにもかかわらず、「お先にどうぞ」、「とまります」などの外向け HMI を利用した際に、自動運転車から進路を譲られたと認識した実験被験者の割合を約 9 割まで高める結果となった。つまり、減速挙動を十分に再現できない状況であっても外向けの HMI を組合せることにより、自動運転車から進路を譲られたと認識させる効果が期待できるものと考えられる。25km/h→10km/h での減速大の条件では、「自動走行中」の条件を除き、外向け HMI の有無に関わりなく、自動運転車から譲られたと認識した実験被験者の割合を約 9 割まで高められる結果となったことから、減速挙動が十分に再現できる状況では外向け HMI は必ずしも必要ではなく、減速挙動のみで譲られたとの認識を高めることが可能であると考えられる。その一方で、減速挙動が十分であっても、「自動走行中」の外向け HMI を利用した場合には、自動運転車から譲られたと歩行者に認識させることが困難となる可能性も考えられる。

以上の結果をまとめると、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車から、無信号横断歩道の脇で横断待ちの歩行者に対するコミュニケーションに関して、自動運転車から譲られたと歩行者に認識させるには、基本的に車両

---

---

挙動を利用することが重要であり、車両挙動を十分に利用することが困難な状況では、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状況をドライバーに伝達することで譲られたとの認識を高められる効果があると考えられる。

- 譲られたと認識した際の譲りの程度に対する車両挙動と外向け HMI の効果

自動運転車から進路を譲られたと認識した際の譲りの程度について、減速小、減速大のそれぞれを対象に、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

減速小の車両挙動において、外向け HMI を介した自動運転車の意図や状態の伝達は、横断待ちの歩行者に対して、譲られたと認識した割合を高めただけでなく、譲られたと判断した際の譲りの程度もおおむね高める効果をもたらした。非高齢者、高齢者、学童では、共通して「お先にどうぞ」、「とまります」で譲りの程度が高められたことから、自動運転車からの停止や譲りの意図が伝達されることで、譲りの程度を高められる効果があるものと考えられる。一方、非高齢者や学童では「自動走行中」を利用した際の譲りの程度が低められる結果となったが、高齢者では、「自動走行中」に対して、譲りの程度が高められる結果となった。非高齢者、高齢者、学童といった属性によって、「自動走行中」に対する解釈が異なっていた可能性が考えられる。

速度一定の車両挙動において、外向け HMI の有無に関わりなく、譲りの程度が高く認識された結果となり、外向け HMI の有無よりも、車両挙動によって譲りの程度が高められた可能性が考えられる。

- 横断可能との判断に対する外向け HMI の効果

横断可能かどうかの判断について、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

外向け HMI の有無に関わりなく、実験被験者全員がおおむね横断可能との判断に至ったが、外向け HMI を介して「自動走行中」の状態を伝達した場合、高齢者や学童の若干名が横断可能でないと判断する結果となった。本実験において減速挙動による最終速度は 0km/h であることから、基本的には減速挙動のみでも自動運転車から進路を譲られたと実験被験者が判断する可能性が高いが、それにも関わらず、「自動走行中」の状態を伝達したことで横断可能でないと判断されたことは、「自動走行中」と伝達することと車両挙動が停止することが実験被験者において連携せず、結果的に横断可能であると認識に至らなかった可能性が考えられる。

---

---

- 横断可能と判断した際の確信の程度に対する外向け HMI の効果

無信号横断歩道で横断可能と判断した際の確信の程度について、外向け HMI の有無ならびに外向け HMI の各条件の結果に基づいて検討する。

外向け HMI を介した自動運転車の意図や状態に関する伝達の一部は、非高齢者、高齢者、学童に関わりなく、横断待ちの歩行者に対して、横断可能と判断する割合を高めただけでなく、横断可能と判断した際の確信の程度もおおむね高める効果をもたらした。実験被験者の属性に関わりなく、共通して「お先にどうぞ」や「とまります」において横断可能と判断した際の確信の程度が高められたことから、自動運転車からの譲りや停止の意図が伝達されることで、横断可能と判断する際の確信の程度を高められる効果があるものと考えられる。一方、「自動走行中」において横断可能と判断した際の確信の程度は、運転免許非保有の非高齢者や学童では低く、「自動走行中」の状態を伝達することに対して実験被験者間での認識が異なっていた可能性が考えられる。

- 横断可能かどうか判断する際の確認行動の変容と外向け HMI の影響

横断可能かどうかを判断する際に実験被験者が行った確認行動が、外向け HMI を利用した実験の過程において変容していく様子が確認された。「HMI なし」の条件では、自動運転車の状況を確認するための右方向と、対向車両の状況を確認するための左方向を交互に視認する様子が確認されたが、外向け HMI を介して「お先にどうぞ」、「とまります」、「自動走行中」など自動運転車の意図や状態を実験被験者に伝達することを継続していくと、歩行者役である実験被験者が、無信号横断歩道を横断するための周囲確認の一部あるいは全部を自動運転車が代替しているものと勘違いさせてしまった可能性が考えられる。無信号横断歩道において、自動運転車との間にコミュニケーションが実施される場合には、歩行者の確認行動を確実に行わせるための工夫が必要になると考えられる。

- LED 点滅光に対する認識と自動運転車の意図や状態の伝達

外向け HMI の一つとして設定した LED 点滅光については、実験を進める過程において、運転免許保有の非高齢者を主として、ブレーキランプと同等な灯火器類あるいはヘッドライトと同等な灯火器類と解釈される結果となった。運転免許非保有の非高齢者や高齢者、学童でも同様な解釈をする実験被験者が少数存在した。これは実験の過程において、他の外向け HMI の経験によって影響された可能性もあるが、実験被験者から得られた内省報告では、

---

---

自動運転車が減速する過程において LED 点滅光が提示されることからブレーキランプと同等な灯火器類と感じたというコメントが多く聞かれた。また自動運転車が歩行者に注意喚起を与えている状況を表現しているなどの解釈もなされた。自動運転車の外向け HMI として実装する場合には、本実験のように車両挙動と連動してしまう可能性が高く、既存の灯火器類として混同される可能性が高い。自動運転車の外向け HMI として LED 等の灯火を実装する場合には、既存の灯火器類との混同を回避する上で、外向け HMI に関連する法規の整備や交通参加者への教育など必要が新たに必要になると考えられる。

#### (9) まとめ

コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況として、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車が無信号交差点の脇で横断待ちしている歩行者に進路を譲ろうとする場面を設定し、外向け HMI の表示や特定の車両挙動を伴う車両に対する実験被験者の認識や意思決定、心理面に与える影響、運転行動、車両挙動を計測・評価した。試験走路での実験から、以下の結果が得られた。

- 無信号横断歩道の脇で横断待ちしている歩行者が、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車から進路を譲られているかどうかを判断する上で手がかりとなる要素は、自動運転車の減速挙動や最終速度であり、無信号横断歩道からおおよそ 10m 手前から 15m 手前付近で特定の低速域に至る減速挙動が再現される場合に、自動運転車から進路を譲られたと歩行者に認識させることが可能である。
- 自動運転車の減速挙動や最終速度を十分に再現できない状況では、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を横断待ちの歩行者に伝達することで、自動運転車から進路を譲られていることを歩行者に認識させることが可能であるが、歩行者の属性によっては、車両挙動と外向け HMI の組合せが歩行者に異なる認識や判断をもたらす場合がある。
- 自動運転車から進路を譲られたとの認識の程度や横断可能であると判断する際の確信は、減速挙動や最終速度を十分に再現することで高めることが可能であるが、これらを十分に再現できない場合でも、外向け HMI を介して自動運転車の意図や状態を伝達することで高めることが可能で

---

---

ある。

- 本実験において、外向け HMI として設定した LED 点滅光に対して、横断待ちの歩行者は、主としてブレーキランプ、あるいはヘッドライトなど既存の灯火器類と同等であるなど様々に解釈する傾向あり、自動運転車の外向け HMI として実装するには、既存の灯火器類との混同を回避する上で、外向け HMI に関連する法規の整備や交通参加者への教育などが新たに必要である。

## 5.2. 外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査（調査 C-4）

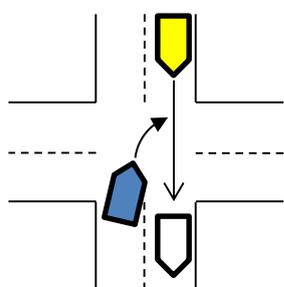
試験走路での実験を通じて抽出された外向け HMI の仕様に対するドライバーや歩行者の認識や意思決定、受容性などに関して、地域性や属性による違いや特徴について調査する。

### 5.2.1. 自動運転車の減速挙動と外向け HMI の組合せに対するドライバーの認識に関する調査

#### (1) 調査概要および質問内容

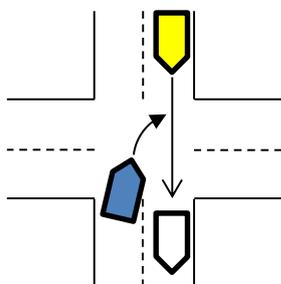
試験走路で実施した実験条件のうち、自動運転車の車両挙動と外向け HMI の典型的な組合せによる意図の伝達方法について、非優先側車両のドライバーを対象とした Web 調査を実施した。Web 調査では、自動運転車が交差点に接近・進入してくる状況の動画映像を提示して回答するものとした。調査対象とする動画映像は、表 5-3 に示される実験条件のうち、減速①のノーズダイブ小を伴う車両挙動を対象に、「LED 点滅光」（実験 No.7）、「HMI なし」（実験 No.6）、「自動走行中（常時）」（実験 No.9）、「とまります」（実験 No.12）との組合せに基づいて自動運転車を走行させて映像データを収集した。また、外向け HMI のうち、LED 点滅光については、LED 点滅光に対する解釈を、それ以外については譲られているかどうかの判断を調査した。また質問の順序は、最初に「LED 点滅光」に関する質問、その後、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」の質問の順序で実施した。実際の質問内容については下記の通りである。各質問では図 5-59 に示される動画例のように、自動運転車の交差点への接近・進入状況が提示された。

質問 1： あなた(下図で青色の車)が無信号の交差点を右折しようとして交差点内で停止しているとき、近づいてくる自動運転車(下図で黄色の車)の動きや点滅光から、近づいてくる自動運転車がどのような意図をあなたに伝えようとしているように感じますか。次の選択肢から、1つを選択してください。



- a)自動運転車がそのまま進もうとしている
- b)自動運転車がこれから止まろうとしている
- c)自動運転車があなたに自分をよく見てもらおうとしている
- d)自動運転車があなたに進路を譲ろうとしている
- e)自動運転車があなたに早く右折するよう促そうとしている
- f)自動運転車があなたに注意や警告を与えようとしている
- g)自動運転車があなたを威嚇しようとしている
- h)その他 [                      ]

質問 2～4： あなた(下図で青色の車)が無信号の交差点を右折しようとして交差点内で停止しているとき、近づいてくる自動運転車(下図で黄色の車)の様子から、あなたはどのように感じますか。次の選択肢から、1つを選択してください。



- a)自動運転車から進路を譲られている
- b)自動運転車から進路を譲られていない
- c)その他 [                      ]



図 5-59 : 交差点部にて右折待ちするドライバーを想定した  
Web 調査動画の初期画面

(3) 調査対象

札幌市、東京 23 区、大阪市、鳥取県・島根県の 4 つの地域に在住の運転免許を保有する方々を対象として調査を実施した。回答者は指定の Web サイトにアクセスし、提示される動画映像に基づいて質問に回答する手続きであった。

(4) 調査結果および考察

Web 調査を実施した結果、Web 調査に回答した調査対象者の地域や年齢、性別についてまとめた結果を表 5-10 に示す。札幌市、東京 23 区、大阪市の各地域から男性 104 名、女性 104 名、合計 208 名ずつ、3 地域で 624 名、鳥取県・島根県から男性 104 名、女性 94 名の合計 198 名、4 地域の合計で 822 名の回答が得られた。

表 5-10 : Web 調査対象者の構成

地域	性別	年齢								合計
		10 代	20 代	30 代	40 代	50 代	60 代	70 代	80 歳 ~	
札幌市	男性	1	11	22	18	19	24	9	0	104
	女性	1	10	24	17	19	26	7	0	104
東京 23 区	男性	0	11	18	23	23	21	8	0	104
	女性	0	5	29	18	23	23	6	0	104
大阪市	男性	0	8	27	17	19	23	8	2	104
	女性	0	10	24	18	21	27	4	0	104

鳥取県	男性	0	10	23	19	19	22	10	1	104
	女性	0	15	23	14	20	17	5	0	94
合計		2	80	190	144	153	183	57	3	822

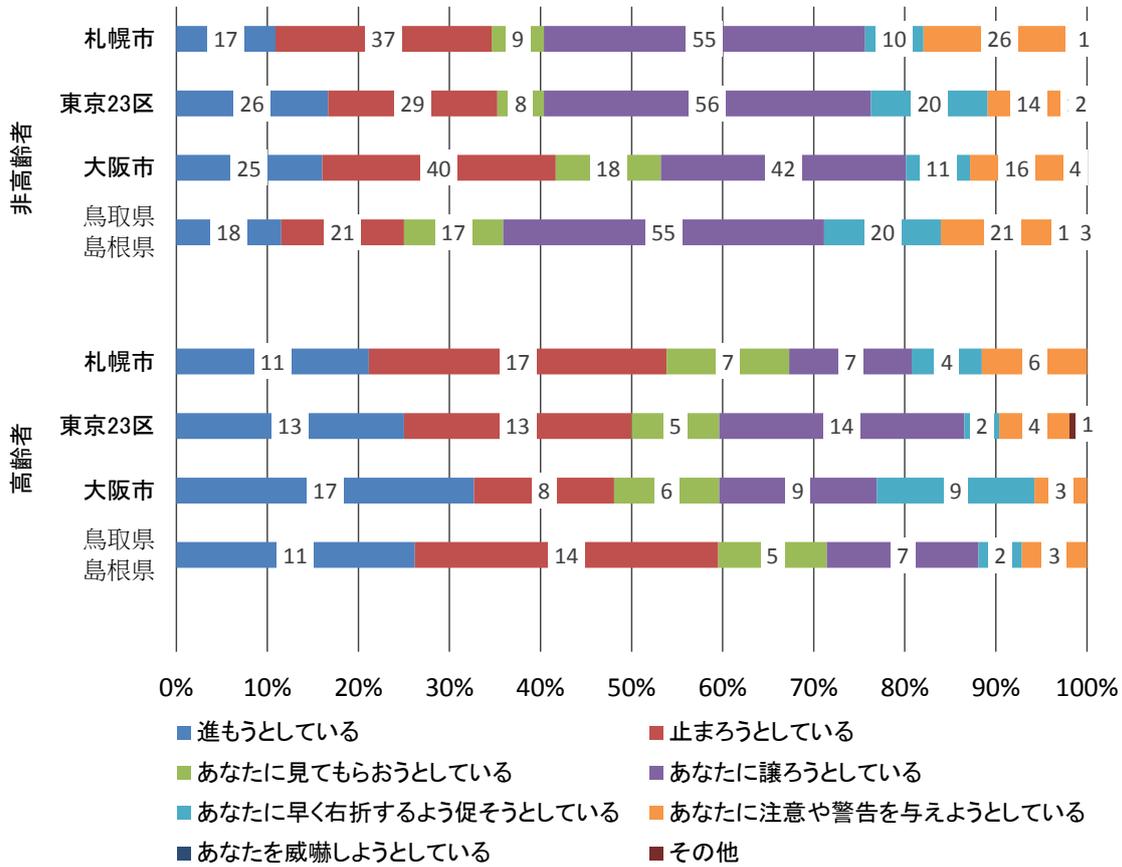


図 5-60 : LED 点滅光を伴う自動運転車の接近に対して  
どのように認識したかの調査結果

● LED 点滅光を伴う自動運転車の接近に対するドライバーの解釈

交差点内で停止している右折待ち車両のドライバーの視点に立って、対向車線から交差点に接近・進入する自動運転車の動きや点滅光から、自動運転車がどのような意図を伝達しようとしているように感じられるかを調査した。その結果を図 5-60 に示す。ここでは、65 歳未満を非高齢者、65 歳以上を高齢者として分類している。4 地域の非高齢者は 156 名ずつ、高齢者は鳥取県・島根県以外は 52 名ずつ、鳥取県・島根県は 42 名であった。

非高齢者について各地域の回答を比較すると、どの地域についてもおおむね「あなたに譲ろうとしている」が最も多く、次いで「止まろうとしている」が多かった。これに対して、高齢者について各地域の回答を比較すると、札

幌市と鳥取県・島根県では「止まろうとしている」が最も多く、次いで「進もうとしている」が多かったが、東京 23 区では「あなたに譲ろうとしている」が最も多く、次いで「止まろうとしている」「進もうとしている」が同数で多かった。大阪市では「進もうとしている」が最も多く、次いで「あなたに譲ろうとしている」「あなたに早く右折を促そうとしている」が同数で多かった。「あなたに譲ろうとしている」、「止まろうとしている」、「あなたに早く右折するよう促している」を右折待ち車両に対する進路の譲りとして解釈し、「あなたに注意や警告をあたえようとしている」、「進もうとしている」、「あなたを威嚇しようとしている」を自動運転車の進行優先として解釈して各地域の特徴を比較する。この結果を図 5-61 に示す。

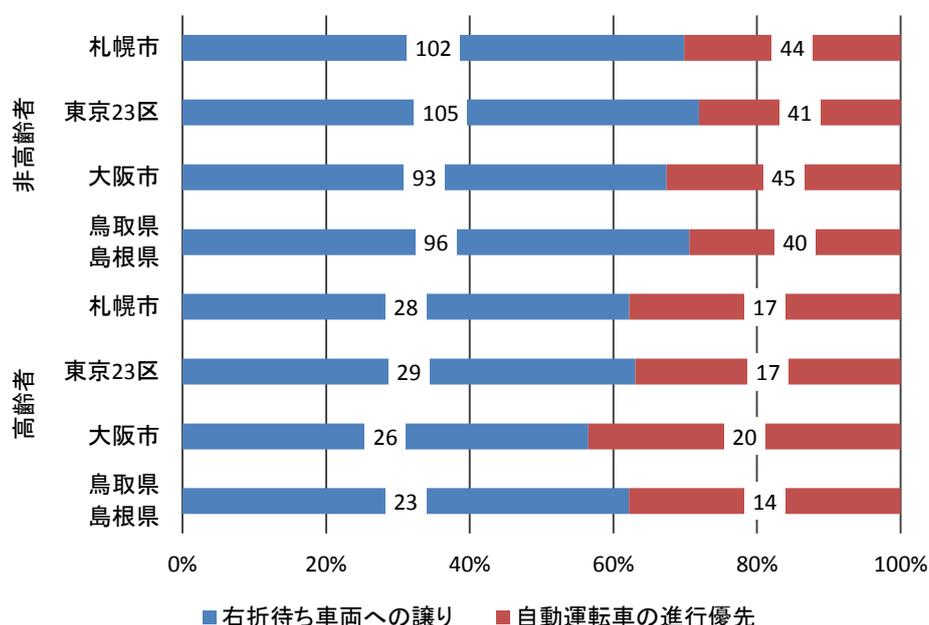


図 5-61：外向け HMI を伴う自動運転車に対して譲られたかどうかの認識に関する調査結果

基本的に、非高齢者では地域に関わりなく、約 7 割の回答者が右折待ち車両への譲りにつながる解釈を行っている傾向がみられたが、その一方で高齢者では、右折待ち車両への譲りにつながる解釈が約 6 割前後に減少し、非高齢者よりもやや自動運転車の進行優先につながる解釈を行っている傾向がみられた。これら 4 地域に関して、地域による違いや特徴は特にみられなかった。

交差点内で停止している右折待ち車両のドライバーの視点に立って、対向車線から交差点に接近・進入する自動運転車の動きや外向け HMI の有無や種類から、自動運転車に対してどのように感じられるか、具体的には譲られているかどうかを調査した。その結果を図 5-62 に示す。

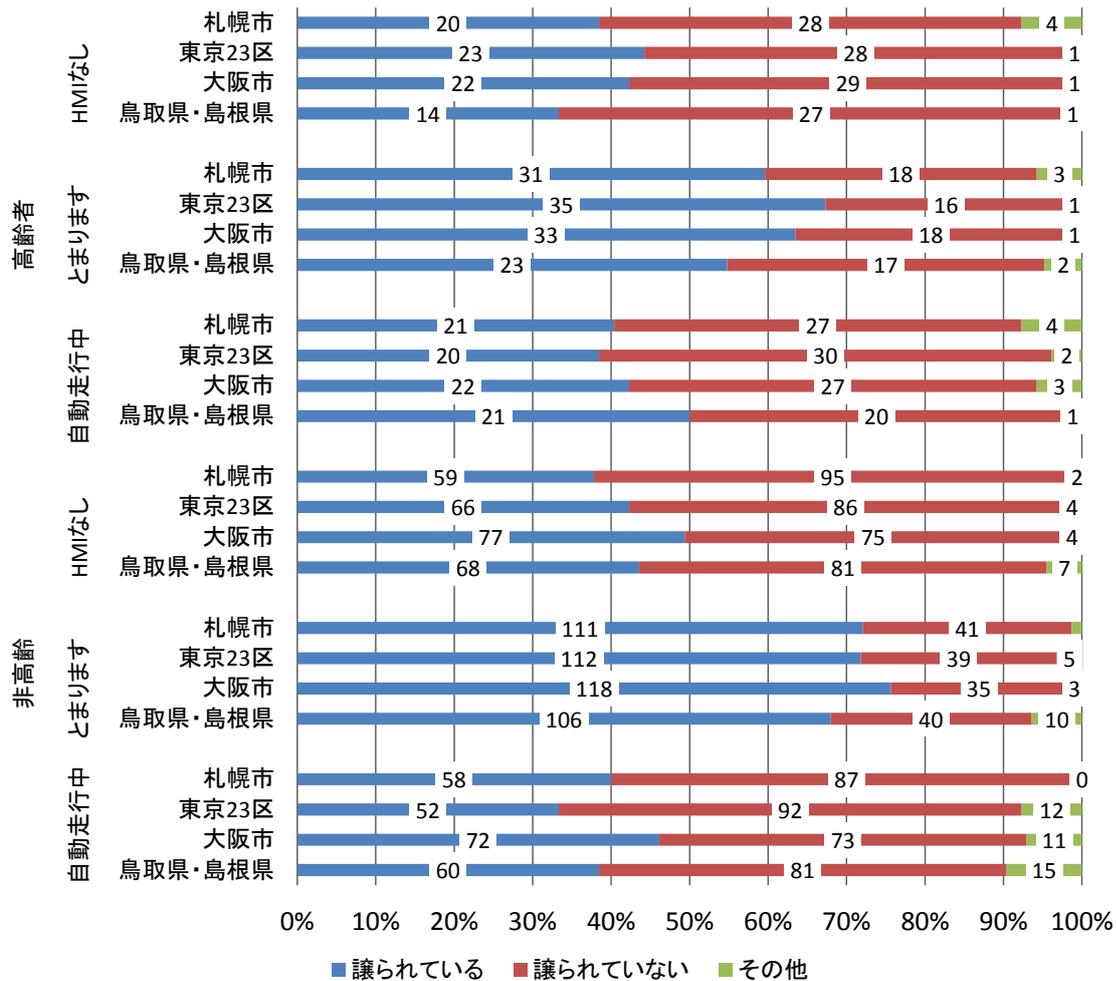


図 5-62：外向け HMI を伴う自動運転車に対して譲られたかどうかの認識に関する調査結果

非高齢者について各地域の回答を比較すると、「HMIなし」では約4割の回答者が「譲られている」と感じたが、半数以上の回答者は「譲られていない」と感じる傾向がみられた。外向け HMI に「とまります」と提示した場合には約7割の回答者が「譲られている」と感じる傾向がみられた。外向け HMI に常時「自動走行中」と表示した場合はおおむね「HMIなし」の場合と同様に「譲られていない」と感じる割合が高い結果となった。

一方、高齢者について各地域の回答を比較すると、「HMIなし」と「自動走行中」は非高齢者の場合とほぼ同様な割合であり、「譲られていない」と感じられる割合が高い傾向がみられたが、「とまります」は非高齢者と比較すると「譲られている」と感じる回答は約6割に留まり、若干割合が低い結果となった。

Web 調査を通じて得られた上記の結果について、5.1.3 節の試験走路での実

---

---

験で設定した「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」の結果と比較すると、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」に対して譲られたと判断した実験被験者の割合は、非高齢者でそれぞれ約 6 割、約 7 割、約 5 割、高齢者でそれぞれ約 4 割、約 7 割、約 6 割であり、Web 調査の結果は試験走路での実験の結果と比較すると、「とまります」に対してはほぼ同様な割合であったが、「HMI なし」、「自動走行中（常時）」ではやや割合の低い結果となった。

#### (5) まとめ

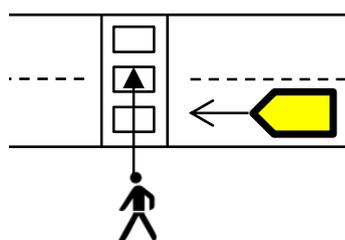
試験走路で実施した実験条件のうち、自動運転車の車両挙動と外向け HMI の典型的な組合せによる意図の伝達方法について、非優先側車両のドライバーを対象とした Web 調査を実施した。Web 調査では、減速①のノーズダイブ小を伴う車両挙動を対象に、「LED 点滅光」はどのように認識されるのか、「HMI なし」、「自動走行中（常時）」、「とまります」は進路を譲られているかを調査した。その結果、LED 点滅光への解釈は、地域による違いは少なかったが、非高齢者、高齢者の属性の違いによって解釈の割合がやや異なる傾向がみられた。また、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」については、「とまります」に関する Web 調査での譲り認識の割合は試験走路での結果とほぼ同様であったが、「HMI なし」や「自動走行中（常時）」については、Web 調査での譲りの認識の割合は試験走路での結果よりも低くなる結果となった。

#### 5.2.2. 自動運転車の減速挙動と外向け HMI の組合せに対する歩行者の認識に関する調査

試験走路で実施した実験条件のうち、自動運転車の減速挙動と外向け HMI の典型的な組合せによる意図の伝達方法について、歩行者を対象とした Web 調査を実施した。Web 調査では、自動運転車が無信号横断歩道に接近してくる状況の動画映像を提示して回答するものとした。調査対象とする動画映像は、表 5-6 に示される実験条件のうち、減速小を伴う車両挙動を対象に、「LED 点滅光」（実験 No.10）、「HMI なし」（実験 No.7）、「自動走行中（常時）」（実

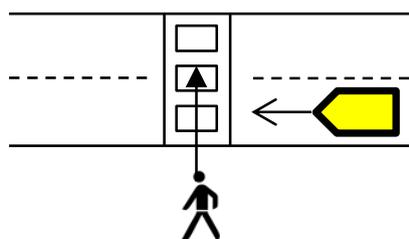
験 No.11)、「とまります」(実験 No.9)との組合せに基づいて自動運転車を走行させて映像データを収集した。また、外向け HMI のうち、LED 点滅光については、LED 点滅光に対する解釈を、それ以外については譲られているかどうかの判断を調査した。また質問の順序は、最初に「LED 点滅光」に関する質問、その後、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中(常時)」の質問の順序で実施した。実際の質問内容については下記の通りである。各質問では図 5-62 に示される動画例のように、自動運転車の無信号交差点への接近・進入状況が提示された。

質問 1:あなた(人)が無信号の横断歩道を図中の矢印の向きに横断しようと立ち止まっているとき、近づいてくる自動運転車(下図で黄色の車)の動きや点滅光から、近づいてくる自動運転車がどのような意図をあなたに伝えようとしているように感じますか。次の選択肢から、1つを選択してください。



- a)自動運転車がそのまま進もうとしている
- b)自動運転車がこれから止まろうとしている
- c)自動運転車があなたに自分をよく見てもらおうとしている
- d)自動運転車があなたに進路を譲ろうとしている
- e)自動運転車があなたに早く横断するよう促そうとしている
- f)自動運転車があなたに注意や警告を与えようとしている
- g)自動運転車があなたを威嚇しようとしている
- h)その他 [                      ]

質問 2~4:あなた(人)が無信号の横断歩道を図中の矢印の向きに横断しようと立ち止まっているとき、近づいてくる自動運転車(下図で黄色の車)の様子から、あなたはどのように感じますか。次の選択肢から、1つを選択してください。



- a)自動運転車から進路を譲られている
- b)自動運転車から進路を譲られていない
- c)その他 [                      ]



図 5-63 : 無信号横断歩道にて横断待ちする歩行者を想定した  
Web 調査動画の初期画面

### (3) 調査対象および調査方法

前節の Web 調査と同様に、札幌市、東京 23 区、大阪市、鳥取県・島根県の 4 つの地域に在住の運転免許を保有する方々/保有しない方々を対象として調査を実施した。回答者は指定の Web サイトにアクセスし、提示される動画映像に基づいて質問に回答する手続きであった。

### (4) 調査結果および考察

Web 調査を実施した結果、Web 調査に回答した調査対象者の地域や年齢、性別についてまとめた結果を表 5-11 に示す。札幌市、東京 23 区、大阪市の各地域から男性 162 名、女性 162 名、合計 324 名ずつ、3 地域で 972 名、鳥取県・島根県から男性 107 名、女性 139 名の合計 246 名、4 地域の合計で 1218 名の回答が得られた。

表 5-11 : Web 調査対象者の構成

地域	性別	運転免許 非保有 /保有	年齢								合計
			10 代	20 代	30 代	40 代	50 代	60 代	70 代	80 歳 ~	
札幌市	男性	非保有	6	13	18	17	8	14	4	4	84
		保有	1	16	15	11	13	17	5	0	78
	女性	非保有	10	10	14	15	17	8	9	1	84
		保有	3	16	14	16	12	12	5	0	78
東京	男性	非保有	5	12	18	13	17	11	7	1	84

23 区		保有	1	18	14	9	18	13	5	0	78
	女性	非保有	5	13	18	15	11	15	7	0	84
		保有	3	15	12	18	14	11	5	0	78
大阪市	男性	非保有	5	15	13	16	15	15	5	0	84
		保有	1	19	11	15	13	14	5	0	78
	女性	非保有	7	12	13	18	15	12	4	8	84
		保有	3	16	14	15	12	17	1	0	78
鳥取県 島根県	男性	非保有	4	2	7	5	6	3	0	2	29
		保有	1	15	15	16	12	15	4	0	78
	女性	非保有	9	9	13	11	9	5	5	0	61
		保有	1	20	15	12	12	13	5	0	78
合計			65	221	224	222	204	195	76	11	1218

無信号横断歩道の脇で横断待ちしている歩行者の視点に立って、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車の動きや点滅光から、自動運転車がどのような意図を伝達しようとしているように感じられるかを調査した。その結果を図 5-64 に示す。ここでは、65 歳未満を非高齢者、65 歳以上を高齢者として分類している。4 地域の非高齢者は札幌市で 266 名、東京 23 区で 263 名、大阪市で 266 名、鳥取県・島根県で 207 名、高齢者は札幌市で 58 名、東京 23 区で 61 名、大阪市で 58 名、鳥取県・島根県で 39 名であった。

非高齢者について各地域の回答を比較すると、どの地域についてもおおむね「これから止まろうとしている」、「そのまま進もうとしている」、「あなたに進路を譲ろうとしている」のいずれも多い結果となり、高齢者についても同様な結果であった。

「あなたに譲ろうとしている」、「止まろうとしている」、「あなたに早く右折するよう促している」を右折待ち車両に対する進路の譲りとして解釈し、「あなたに注意や警告をあたえようとしている」、「進もうとしている」、「あなたを威嚇しようとしている」を自動運転車の進行優先として解釈して各地域の特徴を比較する。この結果を図 5-65 に示す。

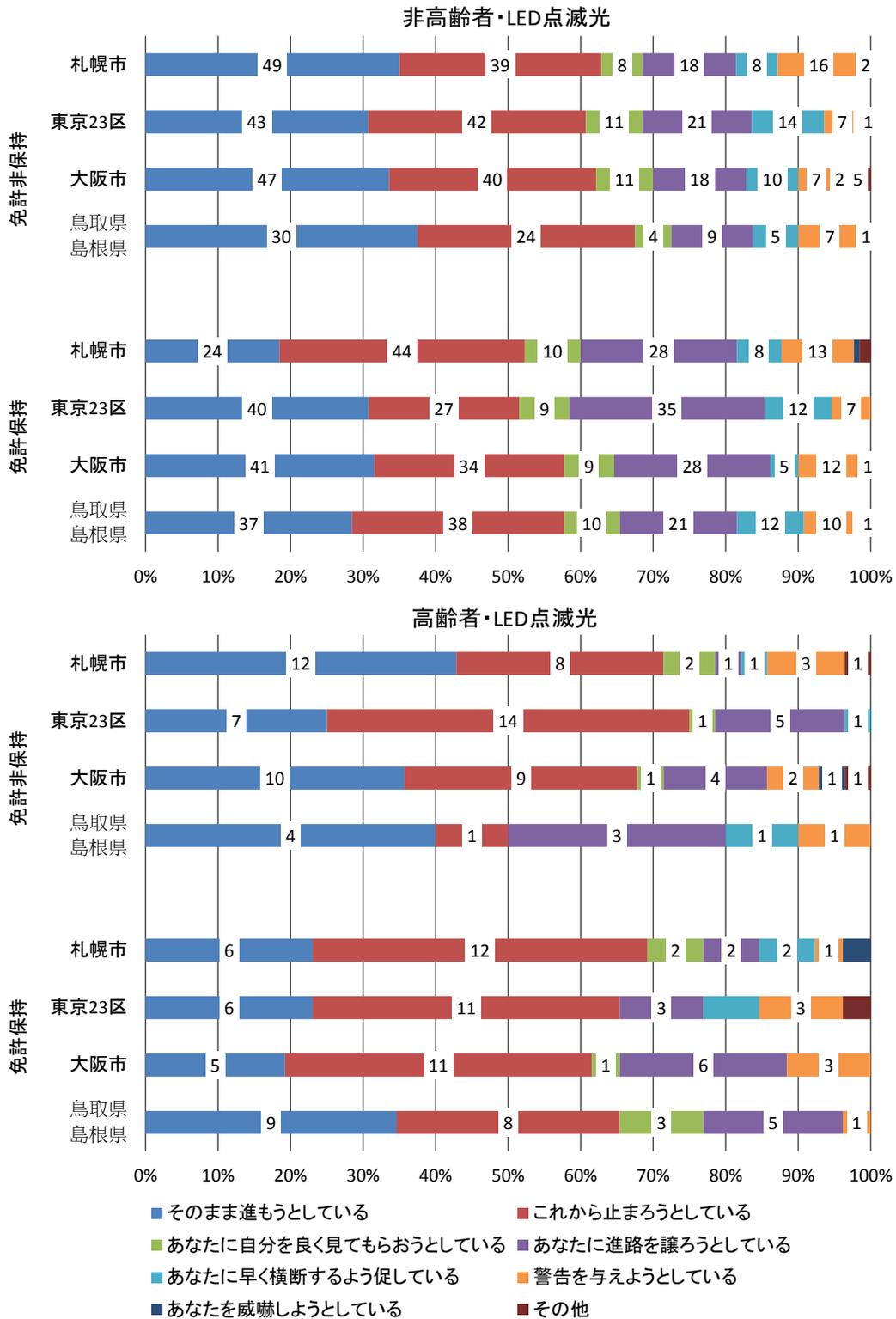


図 5-64 : LED 点滅光を伴う自動運転車の接近に対して  
どのように認識したかの調査結果

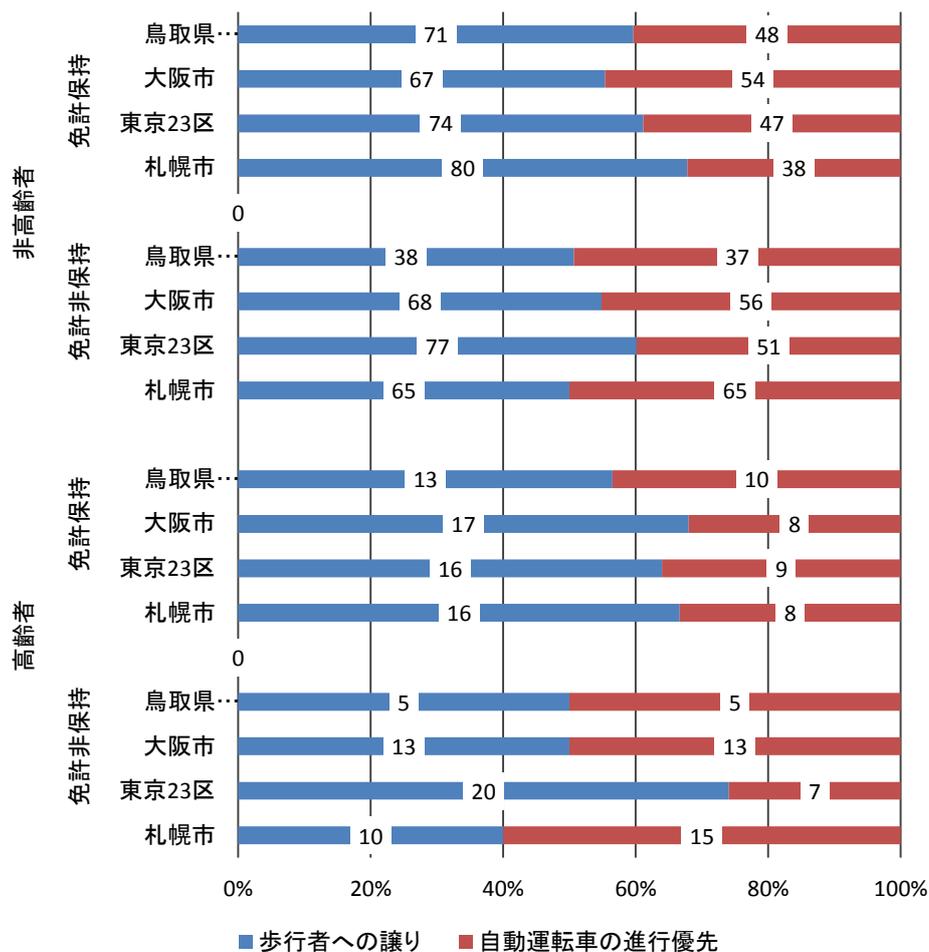


図 5-65 : LED 点滅光を伴う自動運転車の接近に対して歩行者への譲り、自動運転車の進行優先に分類した結果

基本的に、非高齢者では地域に関わりなく、運転免許保持者で約 6 割の回答者が歩行者への譲りにつながる解釈を行っている傾向がみられたが、運転免許非保持者は約 5 割から 6 割の回答者が歩行者への譲りにつながる解釈を行っている傾向がみられた。地域性による違いはあまりみられなかった。その一方で高齢者では、運転免許保持者で約 6 割の回答者が歩行者への譲りにつながる解釈を行っている傾向がみられたのに対して、運転免許非保持者では、札幌市で約 4 割の回答者が歩行者への譲りにつながる解釈を行っており、東京 23 区では約 7 割の回答者が歩行者への譲りにつながる解釈を行っており、地域による認識の違いが大きく生じる結果となった。大阪市および鳥取県・島根県では約 5 割で譲られたと認識される傾向がみられた。

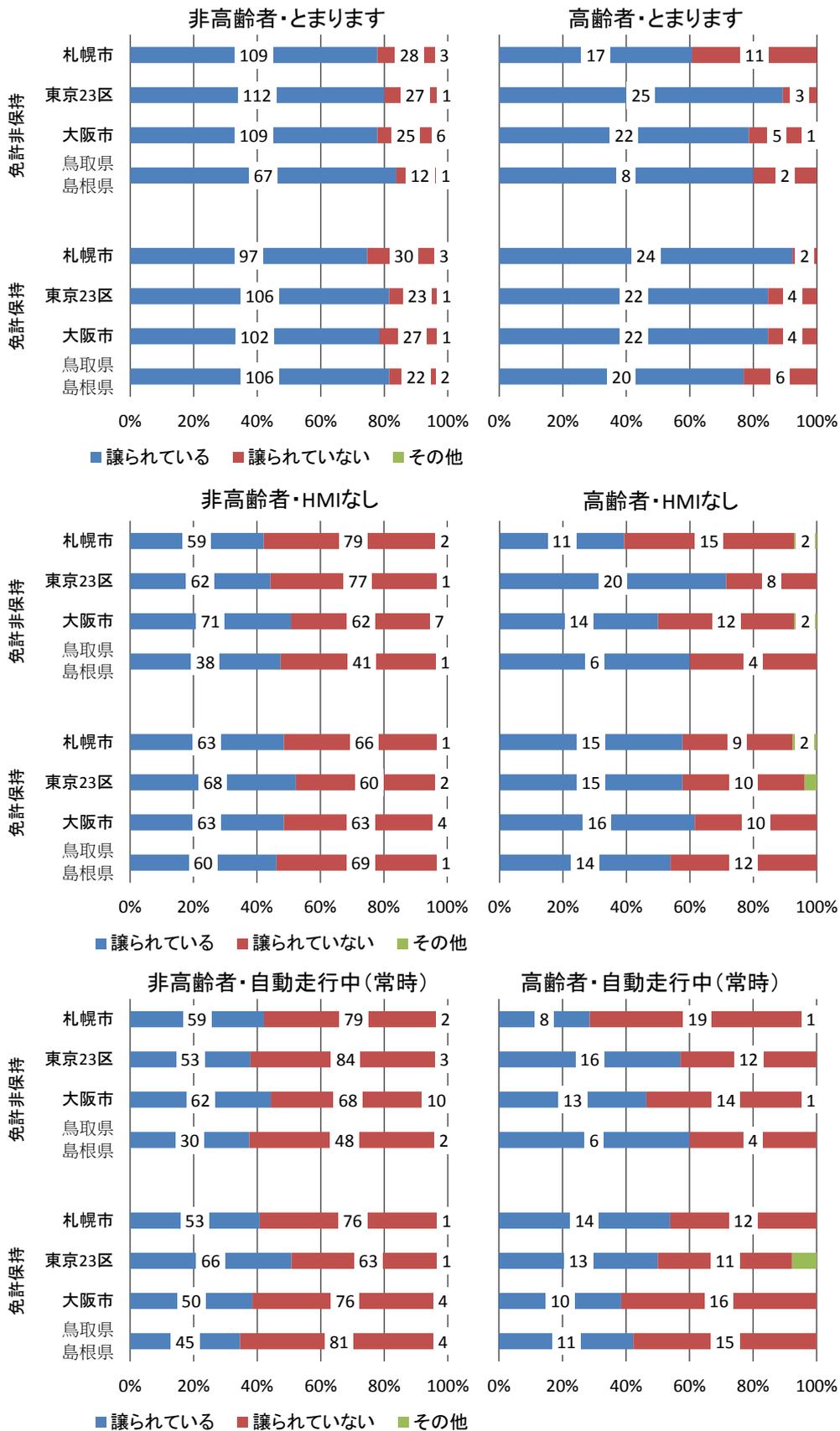


図 5-66：外向け HMI の有無と自動運転車に対して譲られたかどうかの認識に関する調査結果

---

---

無信号横断歩道の脇で横断待ちしている歩行者の視点に立って、無信号横断歩道に接近・進入する自動運転車の動きや外向け HMI の有無や種類から、自動運転車に対してどのように感じられるか、具体的には譲られているかどうかを調査した。その結果を図 5-66 に示す。

非高齢者について各地域の回答を比較すると、運転免許保有/非保有に関わりなく、「HMI なし」では約 4 割から 5 割の回答者が「譲られている」と感じる結果となった。外向け HMI に「とまります」と提示した場合には約 8 割の回答者が「譲られている」と感じ、外向け HMI に常時「自動走行中」と表示した場合は「HMI なし」の場合よりも「譲られている」と感じる割合が若干低く約 4 割程度に留まる結果となった。非高齢者については、運転免許保有/非保有や地域による違いによる特徴はほとんどみられなかった。

一方、高齢者について各地域の回答を比較すると、「HMI なし」では運転免許保有者で約 6 割が「譲られている」と感じ、地域による違いは特にみられなかったが、運転免許非保有者では札幌市と東京 23 区で大きく異なり、札幌市では約 4 割が「譲られている」と感じ、東京 23 区では約 7 割、大阪市では約 5 割、鳥取県・島根県では約 6 割と地域によって異なる傾向がみられた。外向け HMI に「とまります」と表示した場合は、運転免許保有者では約 8 割が「譲られている」と感じたが、運転免許非保有者では札幌市で約 6 割が譲られていると感じられたのに対して、東京 23 区では約 9 割が譲られていると感じられた。大阪市と鳥取県・島根県では約 8 割であった。外向け HMI に「自動走行中」と表示した場合は、運転免許保有者では約 4 割から 5 割が「譲られている」と感じられ、地域による違いはあまりみられなかったが、運転免許非保有者では札幌市で約 3 割が「譲られている」と感じたのに対して、東京 23 区や鳥取県・島根県では約 6 割が「譲られている」と感じる結果となった。大阪市については約 5 割が「譲られている」と感じる結果となり、運転免許非保有の高齢者でやや地域による違いがややみられる結果となった。

Web 調査を通じて得られた上記の結果について、5.1.4 節の試験走路での実験で設定した「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」の結果と比較すると、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」に対して譲られたと判断した実験被験者の割合は、運転免許保有の非高齢者でそれぞれ約 5 割、約 9 割、約 5 割、運転免許非保有の非高齢者でそれぞれ約 7 割、約 10 割、約 6 割であり、Web 調査の結果は試験走路での実験の結果と比較すると、「とまります」、「HMI なし」、「自動走行中（常時）」のいずれもやや割合の低い結果となった。

---

---

---

---

#### (5) まとめ

試験走路で実施した実験条件のうち、自動運転車の車両挙動と外向け HMI の典型的な組合せによる意図の伝達方法について、無信号横断歩道の脇で横断待ちの歩行者を対象とした Web 調査を実施した。Web 調査では、試験走路での実験で設定した減速小を伴う車両挙動を対象に、「LED 点滅光」はどのように認識されるのか、「HMI なし」、「自動走行中（常時）」、「とまります」は進路を譲られているかを調査した。その結果、LED 点滅光への解釈は、非高齢者、高齢者の属性の違いによって解釈の割合がやや異なる傾向がみられたほか、高齢者においては地域による違いが若干みられた。また、「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」については、Web 調査での譲りの認識の割合は試験走路での結果よりも低くなる結果となった。

### 5.3. 自動運転を表示することによる周囲への影響の知見抽出（実験 C-1）

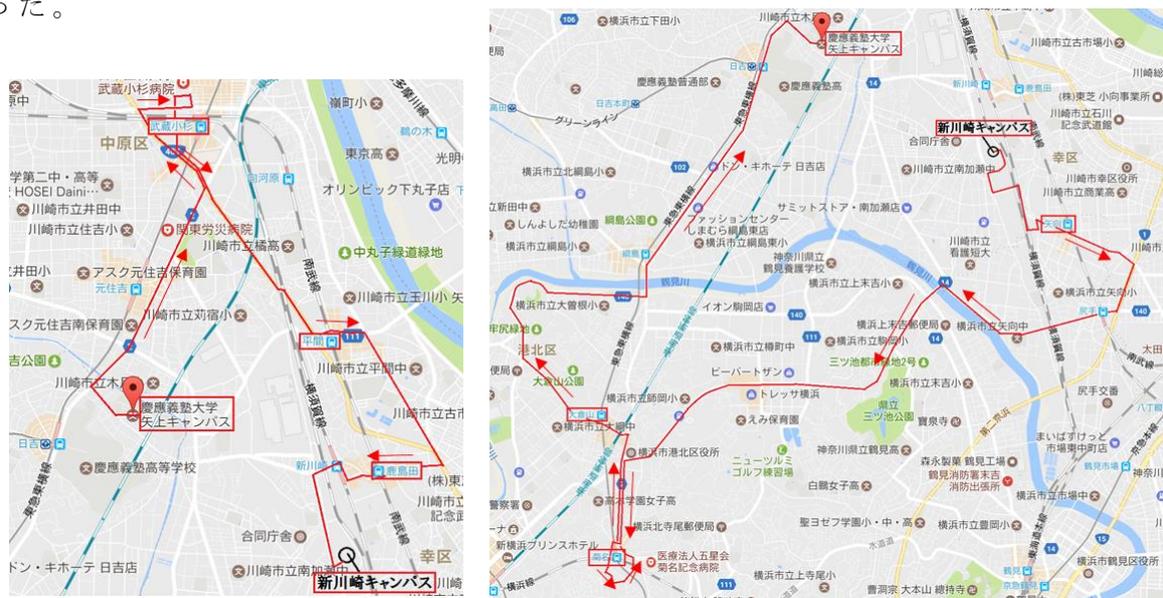
自動運転を表明する外向け HMI 表示の横断待ち歩行者の認識や行動への効果検証する。

自動運転であることを表示する実験車両を試験走路あるいは公道にて走行させて、発進待ちの非優先側車両のドライバーや横断待ちの歩行者、後続車両のドライバー等の周囲の交通参加者が実験車両に遭遇する状況を観測し、自動運転であることを表示する車両に対する交通参加者の運転行動、車両挙動、歩行者行動の特徴を計測・評価する。また、平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討において予備検討した他の交通参加者の行動への影響を確認するとともに、コミュニケーションの効果や影響に関する評価指標を検討する。

#### 5.3.1. 実験 C-1：実道走行による観測実験（一般道走行）

##### (1) 走行エリア

慶應義塾大学理工学部矢上キャンパスならびに慶應義塾大学新川崎(K2)タウンキャンパス近郊の横浜市内および川崎市内の一般道路ならびに生活道路を走行ルートとして設定した。走行エリアならびに実験コースの概要を図 5-67 に示す。実験走行の前半に設定した走行ルートは、慶應義塾大学理工学部矢上キャンパスを出発して、武蔵小杉駅、平間駅、鹿島田駅、慶應義塾大学新川崎(K2)タウンキャンパスに至るまでの約 10km で、所要時間は約 50 分であった。



(a) 実験コース 1

(b) 実験コース 2

図 5-67：一般道を対象にした走行エリア

---

実験走行の後半に設定した走行ルートは、慶應義塾大学新川崎(K2)タウンキャンパスを出発して、矢向駅、菊名駅、大倉山駅、慶應義塾大学理工学部矢上キャンパスに至るまでの約 20km で、所要時間は約 90 分であった。実験走行時の交通状況や他の交通参加者の状況に応じて、適宜、走行ルートを変更することとした。

## (2) 外向け HMI の仕様

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指導に基づいて、一般道走行を想定した外向け HMI（メッセージ掲示型）の仕様ならびに設置を図 5-68 に示されるように決定した。



図 5-68：外向け HMI（メッセージ掲示型）の設置位置

## (3) 観測方法

平成 28 年度の内閣府委託事業「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に関する調査検討において定点観測、車両同乗観測を実施した地点や一般道等を主として走行経路に設定し、計測機器類を搭載した実験車両を走行させた。実験車両は、熟練ドライバーによる手動運転とし、コミュニケーション場面に遭遇した際には、安全に配慮した上で、試験走路等でのコミュニケーションのモデルに基づいた車両挙動を試みることにした。実道走行は、平日および週末・祝祭日を含めた日中とし、雨天の場合は順延とした。

## (4) 評価項目

実験車両に搭載した高解像度カメラ等により、実験車両の周囲に存在する他の交通参加者の状態や行動等を計測し、以下の項目を分析する。

- ・実験車両からの譲りに対する他のドライバーの意思決定や確認行動

---

・ 実験車両からの譲りに対する歩行者の横断直前の確認行動

(5) 観測結果

実験走行の結果、ドライバーや歩行者との間にコミュニケーション場면을観測した。いくつかの典型的なコミュニケーション場면을対象にして、確認行動の特徴や評価指標について検討する。

歩行者とのコミュニケーション場面の例を図 5-69 に示す。横断待ちをしている歩行者（図 5-69 の無信号横断歩道右側）の存在に対して、無信号横断歩道への実験車両の接近に伴う減速挙動を行い、横断歩道よりやや手前で停止した事例である。この時、歩行者は、実験車両の存在を視認するとともに、反対方向の車両の有無を確認し、横断を開始した。また、この時の確認行動は正面方向に 2 回、右方向に 1 回、左方向に 1 回であり、また各領域への確認行動は、0.5 秒から 1.7 秒程度であったことを抽出した。この観測事例では、車両挙動が十分に再現できたため、外向け HMI（メッセージ掲示型）に対する歩行者の確認行動は観測されなかったが、実験車両からの譲りの意図に対して、確認行動のタイミングと方向、確認時間等を抽出することがある程度可能であり、これらがコミュニケーション評価のための指標となる可能性が考えられる。



図 5-69：歩行者とのコミュニケーション場面 1



図 5-70：歩行者とのコミュニケーション場面 2



図 5-71：ドライバーとのコミュニケーション場面

歩行者とのコミュニケーション場面の別例を図 5-70 に示す。この場面では、歩行者は右方向と前方のみに確認行動を行っているが、左方向への確認行動は観測されなかった。前述の例とは異なり、左方向への確認行動が欠落していた。

ドライバーとのコミュニケーション場面の例を図 5-71 に示す。商店街の道路に駐車車両が存在している中で、実験車両からバスのドライバーに減速挙動にて譲る意図を伝達した例である。この間、バスのドライバーは、実験車両が完全に停止する前に駐車車両を回避して対向車線にはみ出しており、この場合も車両挙動に基づいたコミュニケーションに該当するものと考えられる。ドライバーとのコミュニケーションを評価する場合、ドライバー間の距離が近距離である場合は、ドライバーの顔向きなどを観測することが可能であるが、この例のように、車両間の距離が比較的長い場合にはドライバー自身の行動から確認行動等を計測することが難しい。実験車両の減速挙動と相手車両の発進タイミング等の関係や速度との関係を検討することで、コミュニケーション評価のための指標となる可能性も考えられる。

必ずしもコミュニケーションではないが、商店街や生活道路等の無信号横断歩道にて「観測実験中 自動走行システム」の表示を注意深く視認する歩行者は少数だけで、多くの歩行者が一瞬視認するだけで、歩行者に対しては何も掲示しない場合と行動が変わらない可能性も考えられる。

### 5.3.2. 実験 C-1：実道走行による観測実験（キャンパス構内走行）

#### (1) キャンパス構内の走行エリア

外向け HMI を実装した車両を走行させて、歩行者や他のドライバーとのコミュニケーションを観測した際の慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス構内の走行エリアを図 5-72 に示す。キャンパス構内の道路には、歩行者や他のドライバーとのコミュニケーションが生じる可能性がある地点がいくつか存在している。

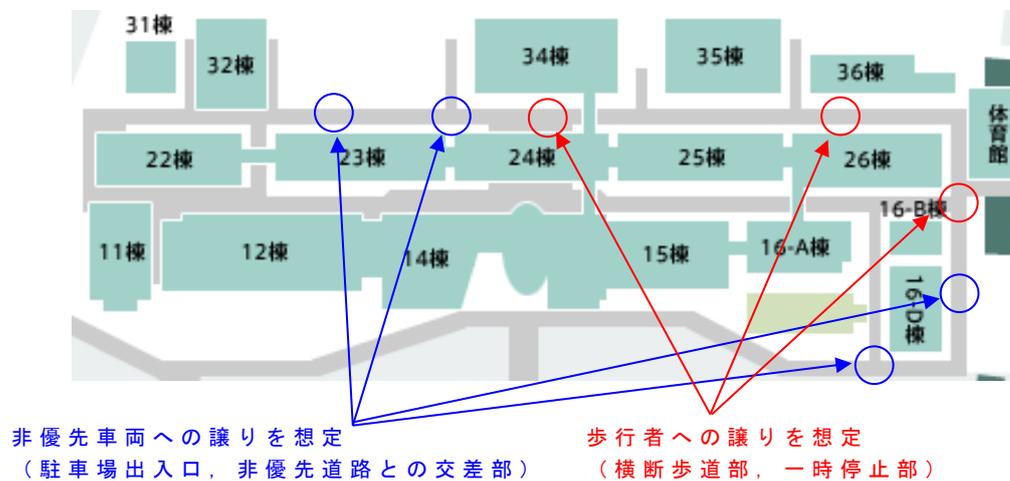


図 5-72 キャンパス構内の走行エリア

#### (2) 外向け HMI の仕様

実験車両の仕様ならびに外向け HMI の仕様を図 5-73 に示す。



図 5-73：外向き HMI（液晶ディスプレイ）の設置位置



(a) お先にどうぞ

(b) とまります

(c) 自動走行中

図 5-74：外向き HMI のメッセージ内容



図 5-75：外向き HMI (LED 点滅光) の設置位置

基本的に試験走路での実験の仕様とほぼ同様な仕様にて外向け HMI を実験車両に実装した。外向け HMI のメッセージ内容を図 5-74 に、LED 点滅光による外向け HMI の例を図 5-75 にそれぞれ示す。

### (3) 観測方法

キャンパス構内道路を走行経路に設定し、計測機器類を搭載した実験車両を走行させる。実験車両は、熟練ドライバーによる手動運転とし、コミュニケーション場面に遭遇した際には、安全に配慮した上で、コミュニケーションのモデルに基づいて車両挙動を試みる。観測条件として、実験車両が、自動運転であることを表示する場合と非表示する場合をそれぞれ設定する。実道走行は、平日および週末・祝祭日を含めた日中とし、天候等を考慮して 6 日とした。

### (4) 評価項目

実験車両に搭載した高解像度カメラ等により、実験車両の周囲に存在する他の交通参加者の状態や行動等を計測し、以下の項目を分析する。

- ・ 実験車両からの譲りに対する他のドライバーの意思決定や確認行動
- ・ 実験車両からの譲りに対する歩行者の横断直前の確認行動

### (5) 観測結果および考察

実験走行の結果、ドライバーや歩行者との間にコミュニケーション場面を

---

---

観測した。観測数は少ないが、典型的なコミュニケーション場면을対象にして、確認行動の特徴や評価指標について検討する。

歩行者とのコミュニケーション場面の例を図 5-76 に示す。横断待ちをしている歩行者の存在に対して、実験車両の接近に伴う減速挙動を行うとともに、外向け HMI によるメッセージ表示（お先にどうぞ）を実施した。この時、歩行者は、実験車両の存在を視認するとともに、反対方向の車両の有無を確認し、横断を開始した。また、この時の確認行動は正面方向に 4 回、右方向に 2 回、左方向に 2 回であり、また各領域への確認行動は、約 0.5 秒から 2.5 秒程度であったことを抽出した。この観測事例では、車両速度がかなり低速であり、車両挙動が十分に再現されなかった可能性があるが、外向け HMI から車両の意図を提示することで、車両側から歩行者への譲り意図が伝達できたものと考えられる。



図 5-76：歩行者とのコミュニケーション場面（構内道路）

後方車両とのコミュニケーション場面の例を図 5-77 に示す。後方に設置された外向け HMI には「自動走行中」の表示を提示した。実験車両が減速して停止しようところ、後方車両は車線変更して実験車両を追い抜く行動が観測された。「自動走行中」の表示することで、周囲の他のドライバーがどのように解釈するかは明確ではないが、試験走路での実験からは、外向け HMI で「自動走行中」を表示しても、その車両がどのように行動するのかがドライバーにとって予測できないなどの結果も得られており、今回観測された行動との一致するものと考えられる。

---

---



図 5-77：ドライバーとのコミュニケーション場面（構内道路）

歩行者とのコミュニケーション場面の例を図 5-77 に示す。図 5-78(a)は、建物から出てきた歩行者に対して、実験車両をゆっくりと減速させて、外向け HMI により「お先にどうぞ」を表示したときの観測例である。歩行者は車両挙動と外向け HMI の表示を視認して構内道路を横断し始めたが、左方向への確認行動は観測されなかった。図 5-78(b)は、同じく建物から出てきた歩行者に対して、実験車両をゆっくりと減速させて、外向け HMI により「お先にどうぞ」を表示したときの観測例である。歩行者は何度も実験車両を視認したが、安全確認のための視認行動ではなく、実験車両に対する不審に基づく行動であった可能性が考えられる。この観測例以外にも、外向け HMI にて車両の意図や状態を表示した際に、不審からか何度も実験車両を確認する行動が観測された。



(a) 他方向への確認行動が欠落



(b) 何度も実験車両を確認

図 5-78：ドライバーとのコミュニケーション場面（構内道路）

### 5.3.3. 実道走行および構内走行のまとめ

本実験では、メッセージ掲示型的外向け HMI を実験車両に装備して、一般道におけるコミュニケーション場面での他の交通参加者の行動の特徴やコミュニケーション評価のための指標について検討した。歩行者とのコミュニケー

---

---

ションに関しては、歩行者の顔の向きや確認行動、確認時間、歩行開始タイミング等に基づいて、歩行者の安全性の評価や交通の円滑化などの評価が行える可能性が示唆された。一方、他のドライバーとのコミュニケーションに関しては、車両間の距離が比較的長い場合に、ドライバーの顔の向きや確認行動などを観測することが困難である可能性が高いこと、一方、交通の円滑化については、車両同士の停止や発進のタイミングを計測することで評価が行える可能性も示唆された。キャンパス構内の実験では、減速挙動と外向け HMI によるメッセージ表示を行うことで、歩行者や他のドライバーがどのような行動を起こすのかなど観察した。歩行者については顔の向きや確認行動を計測・分析することでコミュニケーションを評価可能であると考えられるが、その一方で、実験車両への不審により、確認行動を適切に評価できない可能性なども考えられ、コミュニケーションのコンテキストなども考慮した上での分析・評価が必要となる可能性が考えられる。

#### 5.4. 課題 C の平成 29 年度の計画

TC 実験、参加者実施実験により、自動運転を表示することによる周囲への影響評価、ドライバー間ならびにドライバーと歩行者間の両コミュニケーションのための外向け HMI 試作・車両挙動と効果検証、外向け HMI の仕様に対する地域性の有無・交通参加者の属性による認識の違いの調査等を行う。交通参加者間のコミュニケーションの現状調査結果を踏まえて、適切なコミュニケーションを促すための HMI の基本要件および自動運転車の車両挙動を実験的に検討する。平成 29 年度における計画は、下図に示す通りである。

事業項目	平成 29 年度		
	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
<b>C. 自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション</b>			
i) 自動運転を表示することによる周囲への影響の知見抽出			
ii) 外向け HMI の試作と車両挙動による効果検証			
iii) 自動運転車であることを表明する外向け HMI 表示の試作と効果検証			
iv) 外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査			

---

---

## 5.5. 課題 C の平成 29 年度の具体的な目的と方法

- i) 自動運転を表示することによる周囲への影響の知見抽出  
自動運転であることを表示する実験車両を試験走路あるいは公道にて走行させて、周囲の交通参加者が実験車両に遭遇する状況を観測し、自動運転であることを表示する車両に対する交通参加者の行動の特徴を計測・評価するとともに、コミュニケーションの効果や影響に関する評価指標を検討する。(実験 C-1)
- ii) 外向け HMI の試作と車両挙動による効果検証
  - 1) ドライバー間コミュニケーション実験  
コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、ドライバー間コミュニケーション手法のための車両挙動や外向け HMI の要件や指針を策定する。(実験 C-2-1)
  - 2) ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験  
コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、ドライバー・歩行者間コミュニケーション手法のための車両挙動や外向け HMI の要件や指針を策定する。(実験 C-2-2)
- iii) 自動運転車であることを表明する外向け HMI 表示の試作と効果検証
  - 1) 自動運転表明の対ドライバー外向け HMI 表示実験  
コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、自動運転を表示する外向け HMI や車両挙動に基づくドライバー間コミュニケーション手法のための要件や指針を策定する。  
(実験 C-3-1)
  - 2) 自動運転表明の対歩行者外向け HMI 表示実験  
コミュニケーションが発生する典型的な道路環境・交通状況を対象に、自動運転を表示する外向け HMI や車両挙動に基づくドライバー・歩行者間コミュニケーション手法のための要件や指針を策定する。(実験 C-3-2)
- iv) 外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査  
i) から iii) の実験を通じて抽出された外向け HMI の仕様に対するドライバーや歩行者の認識や意思決定、受容性などに関して、地域性や属性による違いや特徴について調査する。(調査 C-4)

以上の結果を踏まえ、地域性や交通参加者の属性を考慮したコミュニケーションのための外向け HMI を自動運転車に実装し、実証実験を通じてその効果を検証する。

---

---

## 5.6. 課題 C の平成 29 年度のまとめ

実験 C-1 では、メッセージ掲示型の外向け HMI やメッセージ表示型の外向け HMI を実験車両に装備して、一般道や構内道路を対象にコミュニケーション場面での他の交通参加者の行動の特徴やコミュニケーション評価のための指標について検討した。歩行者とのコミュニケーションに関しては、歩行者の顔の向きや確認行動、確認時間、歩行開始タイミング等に基づいて、歩行者の安全性の評価や交通の円滑化などの評価が行える可能性が示唆された。

実験 C-2-1 では、試験走路を利用した実験を行い、ドライバー間コミュニケーションのための車両挙動と外向け HMI の要件について検討した。その結果、主として自動運転車の減速挙動によって、自動運転車からの進路の譲りを伝達できること、減速挙動が十分でない場合に外向け HMI による効果がある可能性が示された。

実験 C-2-2 では、試験走路を利用した実験を行い、ドライバー・歩行者間コミュニケーションのための車両挙動と外向け HMI の要件について検討した。その結果、ドライバー間コミュニケーションと同様に、主として自動運転車の減速挙動によって、自動運転車からの進路の譲りを伝達できること、減速挙動が十分でない場合に外向け HMI による効果がある可能性が示された。

実験 C-3-1 では、試験走路を利用した実験を行い、自動運転を表明することによるドライバー間コミュニケーションのための車両挙動と外向け HMI の要件について検討した。「自動走行中」を表示すると、自動運転車からの譲りの意図がドライバーに伝達されないなどの影響があること、自動運転を表明する外向け HMI として LED 点滅光を利用した場合に、既存の灯火器類との混同する可能性が高く、法規や教育などが新たに必要となる可能性が示唆された。

実験 C-3-2 では、試験走路を利用した実験を行い、自動運転を表明することによるドライバー・歩行者間コミュニケーションのための車両挙動と外向け HMI の要件について検討した。「自動走行中」を表示すると、自動運転車からの譲りの意図が歩行者に伝達されないなどの影響があること、自動運転を表明する外向け HMI として LED 点滅光を利用した場合に、既存の灯火器類との混同する可能性が高く、法規や教育などが新たに必要となる可能性が示唆された。

観測 C-4 では、試験走路で実施した車両挙動や外向け HMI の典型的な組合せを対象に、自動運転車からの意図の伝達方法について、交差点内で停止して

---

---

いる右折待ち車両のドライバーや無信号横断歩道の脇で横断待ちの歩行者を対象とした Web 調査を実施した。Web 調査の結果、右折待ち車両のドライバーを対象にしたコミュニケーションについては、LED 点滅光への解釈は、地域による違いは少なかったが、非高齢者、高齢者の属性の違いによって解釈の割合がやや異なる傾向がみられた。また「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」については、「とまります」に関する Web 調査での譲り認識の割合は試験走路での結果とほぼ同様であったが、「HMI なし」や「自動走行中（常時）」については、Web 調査での譲りの認識の割合は試験走路での結果よりも低くなる結果となった。一方、横断待ちの歩行者を対象にしたコミュニケーションについては、LED 点滅光への解釈は、非高齢者、高齢者の属性の違いによって解釈の割合がやや異なる傾向がみられたほか、高齢者においては地域による違いが若干みられた。また「HMI なし」、「とまります」、「自動走行中（常時）」については、Web 調査での譲りの認識の割合は試験走路での結果よりも低くなる結果となった。

---

---

## 5.7. 課題 C の平成 29 年度の Recommendation (成果の活用)

自動運転車と他の交通参加との間で適切なコミュニケーションを図るために、コミュニケーション手法の設計に関して以下に留意する。

- 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、主として減速挙動を活用する。減速挙動等が十分に活用できない状況では、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外向け HMI の活用が有効である。
- 車両挙動や意図伝達をドライバーや歩行者が予想できないような状態（例えば「自動走行中」）を伝達する外向け HMI は、自動運転車の意図に対するドライバーや歩行者の認識を阻害する。
- 灯火点滅等を伴う外向け HMI を活用するには、標準化ならびにドライバーや歩行者への教育や学習が必要となる。

自動運転車・歩行者間コミュニケーションを評価するために、交通行動の安全性、対象者の安心、交通の円滑化などの評価指標を自動車技術会のヒューマンインタフェース分科会より ISO/TC22/SC39 に提案・推奨する予定である。

## 5.8. 課題 C の平成 30 年度の計画

TC 実験の成果に基づいて、自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションのための車両挙動ならびに外向け HMI に関する設計指針を構築する。

また平成 29 年度の成果に基づき、自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションのための外向け HMI の基本要素の一部または全てを含む HMI を参加者にて試作し、または、受託者より提供し、参加者の準備したテストコースあるいは走行可能な道路環境にて、地域性や交通参加者の属性等を考慮した実証実験により、外向け HMI の効果を検証する。

事業項目	平成 29 年度			平成 30 年度			
	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
<b>C. 自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーション</b>							
i) 自動運転を表示することによる周囲への影響の知見抽出		検証実験		検証実験		評価	知見抽出
ii) 外向け HMI の試作と車両挙動による効果検証	予備実験	HMI 試作	検証実験	HMI 試作	検証実験		効果検証
iii) 自動運転車であることを表明する外向け HMI 表示の試作と効果検証	予備実験	HMI 試作	検証実験	HMI 試作	検証実験		効果検証
iv) 外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査		予備調査		本調査			効果検証

---

---

## 6. ガイドライン化・国際標準に向けた活動

DTR21959 Road vehicles : Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Part 1-Terms and Definitions (自動運転中のドライバー状態および運転パフォーマンス:用語の定義) を日本主導で作成し最終的な投票を行った。2018年3月22日の投票締め切り後の早期に発効を目指す。この文書においては、本研究開発の成果を反映するために、実施項目 A に関わる事前知識や各種システム情報、および実施項目 B に関わる各種ドライバー状態や各種パフォーマンス指標を用語として定義した。上記文書に加えて、DTR21959 Part 2: Experimental guidance to investigate transition processes の作成準備を始めた。Part 2 には実施項目 A と B に関わる成果を実験ガイドという形で反映してゆく。2018年4月の ISO 会議にて正式な Kick-off を行い、日本主導で 2019 年末の発行を目指す。

---

---

## 7. 大規模実証実験（以下参加者実証実験）における参加者との連携及び安全管理

### 7.1. はじめに

本研究開発における成果物（知見とシステム）を、より実用域に近い環境で検証するために、企業参加による実証実験を実施する。

平成 29 年度は、「ドライバーの Readiness の定義」について、企業からの実験参加者を募り、公道での実験を行う。実験の目的は、ベースラインとしてレベル 0～レベル 2 走行時の Readiness 構成指標の導出となる。実験の方法としては、SIP 大規模実証実験高速道コースにて、市販車（レベル 0～2）に受託者の試作した DMS を搭載し、1 被験者あたり 2 時間程度の走行実験を行うこととする。平成 29 年度の実験からの評価項目としては、DMS 出力値と走行情報の関係を分析し、ベースラインとなる Readiness 指標を導出する。

受託者実験計画における「Readiness 構成指標の実用域での評価」における Research Questions は下記となる。

RQ1. ドライバー状態（DMS 出力値）と、TOR に対するドライバーの運転引継ぎ行動の関係はどのようなものか？

RQ2. ドライバー状態（DMS 出力値）と、TOR 発信前または無発信時にシステムが機能限界に近づいたときのドライバー行動の関係はどのようなものか？

RQ3. ドライバー状態（DMS 出力値）と、自動走行時の周囲環境およびシステム監視行動の関係はどのようなものか？

RQ3-1.自動走行時と手動走行時で、ドライバー状態（DMS 出力値）と周囲環境監視行動の関係が変化するか？

RQ3-2.DMS はドライバーの副次タスク実行状態を適切に検出できるか？

RQ4. ドライバーの年齢（高齢者 vs 非高齢者）、運転継続時間、交通環境の複雑さ（長距離高速道 vs 東京近郊高速道）、天候（Dry vs Wet）は上記のドライバー行動に影響を及ぼすか？そしてそのような影響があるとなれば、DMS はそれらを適切に検出できるか？

RQ5. ドライバーの自覚に基づく状態変化を、DMS は検出することができるか？

本参加者実証実験で該当する評価項目は、「RQ3-1 の手動走行時」、「RQ4 の被験者のばらつき」、「RQ5 の状態変化と DMS の検出」になる。

## 7.2. 平成 29 年度の参加者実証実験の計画

### 7.2.1. 平成 29 年度の参加者実証実験の実施の流れ

参加者実証実験は、各参加企業が下記の 7 項目に沿って実験を行う。詳細については、「7.3.2.平成 29 年度の参加者実証実験の実験の流れ」にて提示する。

- (1).実験前準備段階
- (2).実証実験に利用する車両の前準備
- (3).実証実験
- (4).実証実験に利用する車両の後処理（機器撤去）
- (5).実験データの提出

各参加企業の実験準備→実験→実験後の処理に関するスケジュールは、図 7-1 の通りとし、1 参加企業あたり 4 週間で実験が完了するスケジュールを計画した。



図 7-1 実証実験の実験スケジュール

---

---

### 7.3. 平成 29 年度の参加者実証実験の計画の具体的な目的と方法

#### 7.3.1. 平成 29 年度の参加者実証実験の実験条件および留意事項

##### (1) 安全に関する考え方

1. 安全確保のため、各社で倫理審査を受審した後、走行・実験計画書を提出すること。
2. 実験時の様子を記述し、ドライバー（被験者と称する）の安全確保を図るため実験補助者（同乗スタッフと称する）を同乗させること。
  - ① 被験者が眠気を感じ、運転に支障があると同乗スタッフが判断した場合は、直ちに実証実験の中止を被験者に告げ、安全に車両を停止させること。
  - ② 被験者の運転に支障が出ないように、あらかじめ休憩時間を計画に入れ、休憩時間になったら休憩を促すこと。
  - ③ 実験開始後、被験者の状態を 15 分ごとに聞き、その結果を記入用紙に記入すること。被験者の状態は、平常「5・・・1」で被験者から回答を得ることとする。また、同時に考え事をしていたか、していた場合はその内容についても聞くこと。
3. 車載計測装置を実装した後、実験を開始する前に、各社で実車走行に対して問題が生じないことを確認した後実験を開始すること。

##### (2) 計測期間の考え方

1. 同乗スタッフは、実験を開始した時間を実証実験記録用紙(8)1 参照に明記すること。これは、以降の時間記入を、車両のタイムスタンプと紐づけるため、確実に行うこと。ただし、10 秒以内の誤差は問題としない。
2. 計測期間は、運転開始から 15 分ごとに 3 分間のデータとする。同乗スタッフが、運転が安定していると判断した時点を記入しておけば、(6)で述べるデータの切り出しに都合がよい。
3. 計測期間の開始時間と終了時間を明記すること。

##### (3) 実験中の表示や操作について

1. 実験中のメータや他の補助装置の表示は実走行時のものを用いること。
2. 実験中の機器の操作は、被験者の必要に応じて操作させても構わないが、操作時には同乗スタッフは実証実験記録用紙に操作時刻と操作内容を記入すること。

※上記以外は、普通走行。

---

---

#### (4) レベル 0 の走行について

1. レベル 0 で走行する場合は、15 分間は、追い越し、追い抜き、車線変更などの運転は行わず（定常走行）計測すること。定常走行は、任意の区間で少なくとも 2 回実施すること。それ以外では、被験者は追い越し、車線変更を被験者の意思で実施しても構わない。ただし、危険な状況である場合は、同乗スタッフが中断させること。
2. 被験者が車線変更、追い越しなどを実施した場合、同上スタッフは、開始した時刻と終了した時刻を実証実験記録用紙に記入すること。

#### (5) レベル 0～1 の走行について

##### 1. ACC の設定について

- ① ACC は、被験者が動作可能であると判断した時には ON にしてよい。
- ② ACC の車間距離や速度については、被験者の好みに応じて決めてよい。ただし、ACC の状態については、同乗スタッフが記録すること。
- ③ ACC:ON 時の表示については、被験者の好みに応じて変更してもよい。

##### 2. ACC での走行について

- ① ACC で走行中は、(6)/(7)で述べる切り出しの一つの計測期間として扱うが、走行中は、途中で ON/OFF しても構わない。
- ② ACC 中の被験者のオーバーライドによる加速、減速も可とする。
- ③ ACC の走行は、1 回の実験について、少なくとも 15 分は定常走行（(4)1 項参照）を継続すること。ただし、定常走行は合計 2 回行うものとする。

#### (6) 車両計測データの加工について

1. 取得したデータで、外部に出せないデータ（個人情報：顔、ナンバーなど）が社内の規定で決まっている場合は、加工して受託者に提出すること。
2. 全てのデータを提出できない実験参加者は、運転開始から 15 分ごとに 3 分間のデータを切り出して提出すること（全データ）。この時、レベル 1、レベル 2 車両の場合には、15 分経過付近でシステムが安定的に機能している区間を切り出すこと。
3. また、全てのデータを提出できない実験参加者は、(6)1 項とは別に、同乗スタッフによる周辺環境とドライバーの状態観察記録において、何ら

---

---

かの記録があった時刻の前 3 分間と後 3 分間を切り出すこと。この区間が(6)1 項と重なる場合は、重複して切り出す必要はない。

4. 全てのデータを提出できる実験参加者は、実証実験記録用紙の提出により、受託者側で切り出しを実施するため、(6)2、(6)3 の実施は不要。
5. 車両計測データを各社で取得する場合は、同期信号が記録できるようにすること。また、別途示すフォーマットになるよう各社でデータ加工して提出すること。
6. 必要な項目、インターバルについては、別表（注 1）に示す項目とするが、提出が不可能な項目については、実験開始前に受託者に相談すること。
7. データフォーマットについては、別途指定（注 2）する。
8. 車両計測データは、別図（注 3）に示すように、車両の CAN データの信号により同期される信号を使用すること。同期方法についてはガイドラインと別途指定する資料を参照すること。
9. 車両計測データ装置は、別図（注 4）を参照して作成すること。別図と異なる場合は、受託者へ相談すること。

#### (7) DMS データについて

1. DMS データを自社において検出する場合は、別表（注 5）に示す項目とするが、提出が不可能な項目については、実験開始前に受託者に相談すること。
2. DMS データを自社において検出する場合は、DMS データの切り出しを、6 項で示す切り出し区間と同期をとること。
3. データフォーマットについては、別途指定（注 6）する。
4. DMS のデータは、別図（注 7）に示すように、運転行動システムの GPS により同期される信号を使用すること。同期方法についてはガイドラインと別途指定（注 8）する資料を参照のこと。
5. DMS データ装置は、別図（注 9）を参照して作成すること。別図と異なる場合は、受託者へ相談すること。

#### (8) 実証実験記録用紙について

1. 実証実験記録用紙は、別表（注 10）に示すものを参考として各社使用することが望ましい。

#### (9) 運転前後の情報提供及びアンケート調査について

1. 被験者の情報を実験開始前に受託者まで連絡をすること。内容については、別表（注 11）を参照。
2. 運転終了後、被験者に対するアンケート調査をすること。内容について

ては、別表（注 12）を参照。

注 1：（課題 B-i）計測項目一覧

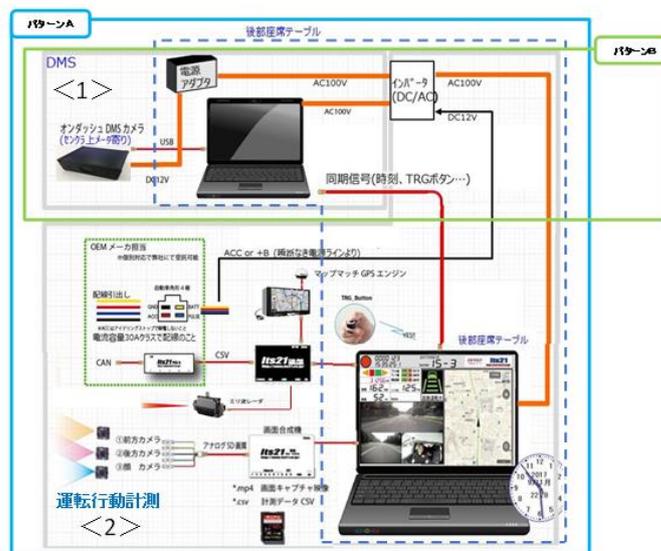
計測項目		Readiness指 標 ベースデータ	備考
車 輛 情 報	1 車速	○	
	2 先行車との車間距離	○	
	3 アクセルペダル踏み量	○	ON,OFFでも可
	4 ブレーキペダル踏み量	○	ON,OFFでも可
	5 ステアリング操舵角	○	
	6 同期信号（生理計測装置等との同期のため）	○	車両信号と生理信号の動機をとるための信号（要相談）
	7 前方映像	○	
	8 車内（ドライバー顔付近）映像	○	
D M S	9 開瞼度	○	目の開き度合(%) 上瞼から下瞼までの距離(E) / 虹彩の直径(I)
	10 まばたき	○	開瞼度：20%以下 持続時間：70～500msec 間隔：500msec以上 500msec以内に2回以上発生した場合は、1回のみカウントする。
	11 目瞑り	○	開瞼度：20%以下 持続時間：500msec以上
	12 まばたき頻度	○	直近2分間のまばたきの回数
	13 PERCLOS	○	直近1分間の目瞑りの時間の割合(%)
	14 視線	○	ドライバーが何をどのくらいの時間見ているか検出 検出対象領域 フロントガラス サブディスプレイ 検出精度：±15度以下 一度に2秒以上見た場合のみ検出
	15 視線持続時間	○	直近1分間の視線の割合(%)
	16 視線割合	○	直近1分間の各視線の場所における1回あたりの持続時間(秒)
	17 サッカー検出(大、小)	○	目視対象を変更する際の高速な眼球の動き 眼球の速度と振幅(移動量)を元に検出 ・サッカー(小) 速度：60～300度/秒 振幅：5～8度 ・サッカー(大) 速度：60～300度/秒 振幅：16～32度
	18 サッカーの幅小の生起回数	○	直近2分間のサッカー(小)の発生回数
	19 サッカーの幅大の生起回数	○	直近2分間のサッカー(大)の発生回数
環 境 情 報	20 温度	○	-40℃～80℃
	21 湿度	○	0～100%RH
	22 照度	○	0～100000lux

※ N 0.1～8 の走行データの最低取得条件は 10msec です。

注 2: ユーザー車両から計測用 PC に渡される CAN 内容データフォーマット  
**CAN、速度、車間、アクセル量、ブレーキ量、ハンドル角、温度、湿度、照度、予備 1、予備 2、予備 3、予備 4、予備 5 (CRLF)**

カラム	名称	データ例	説明
1	ヘッダ	CAN	固定
2	ステ	0	固定
3	ステ	0	固定
4	ステ	0	固定
5	速度	125	1Km単位の世界
6	車間	43	1m単位の前車車間距離
7	アクセル量	50	全ストロークを100とした%値
8	ブレーキ量	45	全ストロークを100とした%値
9	ブレーキランプ	1	点灯時=1 非点灯=0
10	前後加速度	-0.24	0.01G単位 減速加速度=マイナス符号
11	ウインカ	2	非点灯=0 右=1 左=2 両=3(ハザード)
12	ハンドル角	-153.5	0.1度単位 半時計回転=マイナス符号
13	自動運転状態	1	0=なし、1=ACC、2=LKA(オートハンドルの意)
14	ステ	0	固定
15	ステ	0	固定
16	ステ	0	固定
17	ステ	0	固定
18	ステ	0	固定
19	ステ	0	固定
20	ステ	0	固定
21	ステ	0	固定
22	予備1	0	固定
23	予備2	0	固定
24	予備3	0	固定
25	予備4	0	固定
26	予備5	0	固定
27	ステ	0	固定
		CRLF	改行

注 3: 受託者が用意する計測装置



注 4: 運転行動計測装置

	設置機器	設置場所/設置方法	サイズ/重量	型番	備考 (電源/出力端子 など必要事項)
1	前方カメラ	バックミラー後方			AC100V 150Wmax 80Wtyp (カメラ、 MP4レコーダ、PC、 CAN、GPS一式を含 む)
2	後方カメラ	リアガラス			
3	ドライバー (顔)カメラ	バックミラー右横			
4	マップマッ チGPS	ルーフ			DC12V 3A
5	アナログ映 像合成機	NO.6のテーブル 下のラック部分に 収納されます。			
6	ノートパソ コン	【運転席側後部座 席】 簡易テーブルラッ クを、拘束バンド で後部シートに固 定します。シート の傾斜に合わせて、 水平が出せるよう なアジャスタ機 能があります。	後部座席の テーブルサ イズは 60× 45cm、 ラック高 さは 25cm を予定		テーブル上に、計測 パソコンを搭載。
7	※前方車間 距離ミリ波 レーダ	バックミラー左横	レーダは正 面から見 て、110mm ×90mm× 70mm(奥 行)重量は 約300g		参加者様の自社機 器をご利用のうえ、 データ提供いただ くことも可能です
8	照度計	ダッシュボード上 (フロントガラス 沿い)	ケーブル 長: 5m	Wlsens.C able	電源電圧: 9V~14V 定格消費電力: 70mA/12V
9	温度・湿度 計	運転席側後部座席	ケーブル 長: 5m	THsens.C able	照度: 0~100000lux 温度: -40~80℃ 湿度: 0~100%RH
10	トリガーボ タン				

注 5: 注 1 の「(課題 B-i) 計測項目一覧」における 9~19 参照

注 6: 注 1 の「(課題 B-i) 計測項目一覧」における 9~19 参照

注 7: 注 3 参照

注 8: 注 3 ならびに注 1 の「(課題 B-i) 計測項目一覧」における 9~19 参照

注 9: DMS 一式

設置機器	設置場所/設置方法	サイズ/重量	型番	備考 (電源/出力端子 など必要事項)
1  DMS カメラ	センタークラス タ 右上 (メータ フード近辺)	350g 106(W),46(H) ,90(D)	試作器	USB、電源 10W (DC12V: 下記 3. より取得)
	※DMS の搭載要件(2017年 10月 10日現在) ・距離 : 目より 600~700mm ・水平角: 正面視対して 左角 10~20° ・垂直角: 水平に対して 下角 5~15° ・目はカメラ正面となるように、仰角(ピッチ)、左右角(ヨー)を調整 ・カメラ画角内にステアリング等が入らない カメラ画角: 最大左右角 47°、最大上下角 27° ※DMS 使用マニュアル参照。			
2  ノートパソコン	運転席側後部座 席。 運転行動計測装 置一式で使用する PC と同じ搭載 場所	2.2Kg 349(W),29(H) ,247(D)	マウス DAIV-NG450 0	120W
3  電源アダプ タ	運転席側後部座 席。ラック下部	100 g		AC100V

注 10: 走行記録用紙

(b-1)実証実験記録用紙

会社名					
実験開始日時	年	月	日	時	分
実験終了日時	年	月	日	時	分
被験者ID					
同乗者名(記録者)					
走行モード	レベル0			レベル0~1 ※ACC等あり	
天候※	晴れ	曇り	雨	霧	雪

※天候に変化があった場合は、記録票の備考に記入願います

(注)

- ・先行車変化: 先行車両がいなくなった、先行車両が急ブレーキをかけた
- ・項目にないイベントについては、備考に記載ください

(No. \_\_\_\_\_)

(イベント記録フォーム)

※各項目の該当する欄に ( O ) を入れてください

時刻	機器操作	運転動作	環境変化	脇見	備考
時 分	ウィンカー	車線変更	渋滞	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	
	エアコン	急減速	割込		
	ラジオ等音響	急加速	合流		
	カーナビ	左右への回避	先行車変化		
	走行開始( )分後に質問	眠気 (1 2 3 4 5 6 7 8 9)	疲労 (1 2 3 4 5 6 7)		
時 分	ウィンカー	車線変更	渋滞	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	
	エアコン	急減速	割込		
	ラジオ等音響	急加速	合流		
	カーナビ	左右への回避	先行車変化		
	走行開始( )分後に質問	眠気 (1 2 3 4 5 6 7 8 9)	疲労 (1 2 3 4 5 6 7)		
時 分	ウィンカー	車線変更	渋滞	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	
	エアコン	急減速	割込		
	ラジオ等音響	急加速	合流		
	カーナビ	左右への回避	先行車変化		
	走行開始( )分後に質問	眠気 (1 2 3 4 5 6 7 8 9)	疲労 (1 2 3 4 5 6 7)		
時 分	ウィンカー	車線変更	渋滞	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	
	エアコン	急減速	割込		
	ラジオ等音響	急加速	合流		
	カーナビ	左右への回避	先行車変化		
	走行開始( )分後に質問	眠気 (1 2 3 4 5 6 7 8 9)	疲労 (1 2 3 4 5 6 7)		

(注)

・先行車変化：先行車両がいなくなった、先行車両が急ブレーキをかけた等

・項目にないイベントについては、備考に記載ください

・走行開始後 15 分毎の質問は【眠気：1 (非常に目覚めている) ⇒ 9 (非常にねむい)】、【疲労：1 (なし) ⇒ 7 (非常に)】でドライバーへ促し、数値に○を記載ください

### 注 11: 運転前後のアンケート調査票

ID

  
※IDは、実験管理をされる方がご記入ください

#### (b-1) 実証実験 被験者アンケート

【実験走行前にご記入ください】

1. ご自身のことについて
2. ご自身の運転行動について
3. 運転をする前のあなたの状態について

【実験走行後にご記入ください】

4. 運転を終えた今のあなたの状態について
5. 運転しているとき (実験走行しているとき) のあなたの状態について

～アンケートへの記入の仕方～

- ・ 選択肢では、該当するものに○印をつけてください。
- ・ 記述回答欄では、下線部 \_\_\_\_\_ に具体的な言葉で記入してください。

## 実験走行前 に ご記入願います。

2

1. ご自身のことについて

1.1. ご自身の年齢について、該当する番号に○をつけてください。

(1) 20代 (2) 30代 (3) 40代 (4) 50代 (5) 60代以上

※ ( ) 歳 ※実年齢の記入については任意です。

1.2. ご自身の性別について、該当する番号に○をつけてください。

(1) 男性 (2) 女性

1.3. ご自身の居住地について市区町村まで記入してください。

\_\_\_\_\_ 都道府県 \_\_\_\_\_ 市区町村

1.4. ご自身の職業について、該当する項目にそれぞれ○をつけてください。

<A>人荷輸送の自動車(トラック、バス、タクシー等)運転手の経験がありますか?

(1) 現在その仕事についている (2) 過去に経験がある (3) 経験なし

<B>自動車や自動車部品メーカーでの研究開発職の経験がありますか?

(1) 現在その仕事についている (2) 過去に経験がある (3) 経験なし

1.5. 普段、お仕事でお使いになっている車はありますか。該当する項目に○をつけてください。

(1) ある (普通車用車) / (軽トラック) / (バン) / (トラック) / (トレーラー) / (その他) < >

(2) ない

1.6. 自動車の運転経験(免許保有年数)は、何年くらいですか。該当する項目に○をつけてください。

(1) 1年未満 (2) 1年以上3年未満 (3) 3年以上5年未満  
(4) 5年以上10年未満 (5) 10年以上20年未満 (6) 20年以上30年未満  
(7) 30年以上

1.7. この1年間の走行距離は、おおよそどのくらいですか。該当する項目に○をつけてください。

(1) 1,000km以下 (2) 1,000km~5,000km (3) 5,000km~10,000km  
(4) 10,000km~20,000km (5) 20,000km~30,000km (6) 30,000km~50,000km  
(7) 50,000km~

1.8. 普段、どのくらいの頻度で運転しますか。該当する項目に○をつけてください。

(1) ほとんどなし (2) 年間数日 (3) 月1~2日  
(4) 週1~2日 (5) 週3~4日 (6) ほぼ毎日

1.9. 自動車の運転時に視力矯正器具は利用していますか。

(1) 利用していない(裸眼) (2) ソフトコンタクトレンズ (3) ハードコンタクトレンズ  
(4) メガネ (5) サンダラス

1.10. 自動車の運転時の視力を覚えている範囲で教えてください。  
\*運転時の視力: 視力矯正器具を使っている場合は矯正後の視力

右目 ( ) くらい 左目 ( ) くらい

<覚えている範囲で、おおむねの数値で構いません>

1.11. 現在、なんらかの眼科治療を受けていますか。

(1) はい (2) いいえ

1.12. 自動車の以下の機能について、どんな機能であるか、知っているもの全てに○をつけてください。

(1) カーナビゲーション (2) バックモニター (3) 衝突被害軽減ブレーキ(カーナビ)  
(4) ETC (5) レーンキープアシスト (6) アダプティブ・クルーズ・コントロール (ACC)  
(7) パーキングアシスト (8) テレマティクス・システム (G-BOOK、カーウィングスなどの総称)

2. ご自身の運転行動について

【記入のしかた】  
あなたの運転や、車の使い方についてお聞きします。  
下にある文章に、あなたはみんなのくらい当てはまりますか? かつく右側を見て、当てはまる程度をもっともよく表わすように1~5の数字、それぞれ右の文章の右の数字に○をつけてください。  
どれが良いか悪いとか正解はありませんので、正直に答えてください。また、あまり深く考えこまずに直感で答えてください。

	1 全く当てはまらない	2 やや当てはまらない	3 やや当てはまる	4 ほぼ当てはまる	5 完全に当てはまる
1. 渋滞しているときの車線変更は苦手だ	1	2	3	4	5
2. 所要時間が変わりやすいときは、車内GPSや電車を扱う	1	2	3	4	5
3. 割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分に取る	1	2	3	4	5
4. 待機、一時停止などの運転操作を素直に行う	1	2	3	4	5
5. 先の信号を見て、かなり前からスピードを落としたり、遅めたりする	1	2	3	4	5
6. 車は移動手段でしかなく、いっつも悩んでいる	1	2	3	4	5
7. 幅みなど問題を教えたとき、運転に身が入らないことがある	1	2	3	4	5
8. 歩行者をひいてしまわない、いっつも心配している	1	2	3	4	5
9. 短い時間であっても、駐車禁止の場所に停めるのは苦手	1	2	3	4	5
10. 車線感覚に自信がある	1	2	3	4	5
11. 車で移動するとき、異音ではなく、できるだけ信号のある整備された道を選ぶ	1	2	3	4	5
12. 車線変更してでもできるだけ前に行きたい	1	2	3	4	5
13. 車線変更や交差点などで、安全確認を慎重に行う	1	2	3	4	5
14. 先の信号に引っかからないように速度調節する	1	2	3	4	5
15. 車が自分のスタイルである(カッコイイ車がいや)と思う	1	2	3	4	5
16. 気分が落ち込みなどによって、車の運転がおろそかになったり後退したりする	1	2	3	4	5
17. 自分が車の事故を経験することを気にしている	1	2	3	4	5
18. 制限速度はいつも必ず守っている	1	2	3	4	5

編集・著作 社団法人 人間生活工学研究センター

3. 運転をする前の今のあなたの状態について

3.1. 「全般的に疲れている」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.2. 「くつろいだ気分」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.3. 「緊張している」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.4. 「活力がみなぎっている」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.5. 「暇い」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.6. 「何かすることに気乗りがしない」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.7. 「目が疲れた感じである」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.8. 「目が疲れている」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.9. 「手、腕、首、肩のあたりの疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.10. 「背中、膝、お尻にかけての疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

3.11. 「太ももから足先にかけての疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか?

1 2 3 4 5  
 1: 全く当てはまらない 2: やや当てはまらない 3: やや当てはまる 4: ほぼ当てはまる 5: 完全に当てはまる  
 ない 1 2 3 4 5 かなり 非常に

**実験走行後  
にご記入願います。**

8

4. 運転を終えた今のあなたの状態について

- 4.1. 「全般的に疲れている」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.2. 「くつろいだ気分」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.3. 「緊張している」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.4. 「活力がみなぎっている」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.5. 「暑い」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.6. 「何かすることに気乗りがない」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.7. 「頭が働いた感じである」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.8. 「目が疲れている」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.9. 「手、腕、首、肩のあたりの疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.10. 「背中、腰、お尻にかけての疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 4.11. 「太ももから足先にかけての疲れ、こり、痛みを感じ」はどの程度あてはまりますか？  
 ない  少し  かなり  非常に

10

5. 運転しているとき（実験走行しているとき）のあなたの状態について

- 5.1. 「まわりの車、バイクなど交通の動きをつかむことに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.2. 「天気や明るさ、道路など、外のような感じが異なったり変わったりすることに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.3. 「車内の荷物へ気づく必要があることに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.4. 「運転前から体調が悪くて、運転に負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.5. 「道標やノロノロ運転などのため、自分のペースで運転できないことに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.6. 「運転していてからだの痛み、こり、しびれを感じて、運転に負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に
- 5.7. 「自分の真と目的物の位置関係をつかみながら運転することに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？  
 ない  少し  かなり  非常に

11

5.8. 「車内の気温、空気（汚れ）におい、騒音振動など、中の環境が悪いことに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？

ない  少し  かなり  非常に

5.9. 「色々な運転操作（ハンドル、速度調整など）をしょっちゅうすることに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？

ない  少し  かなり  非常に

5.10. 「シートや運転姿勢が自分に合わないことに負担を感じた」について、どの程度あてはまりましたか？

ない  少し  かなり  非常に

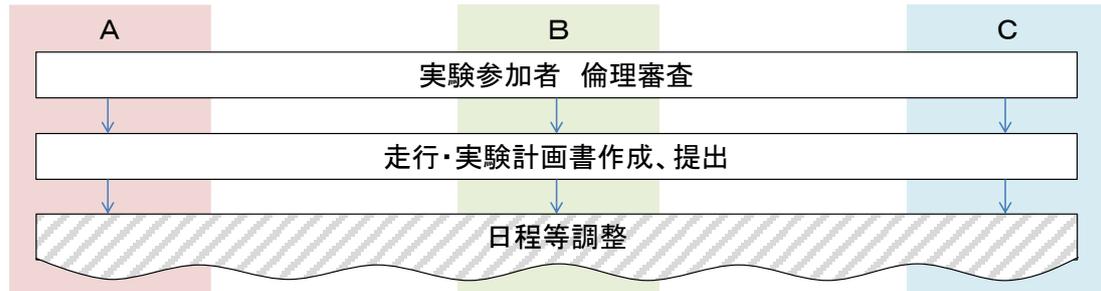
ご協力ありがとうございました。

12

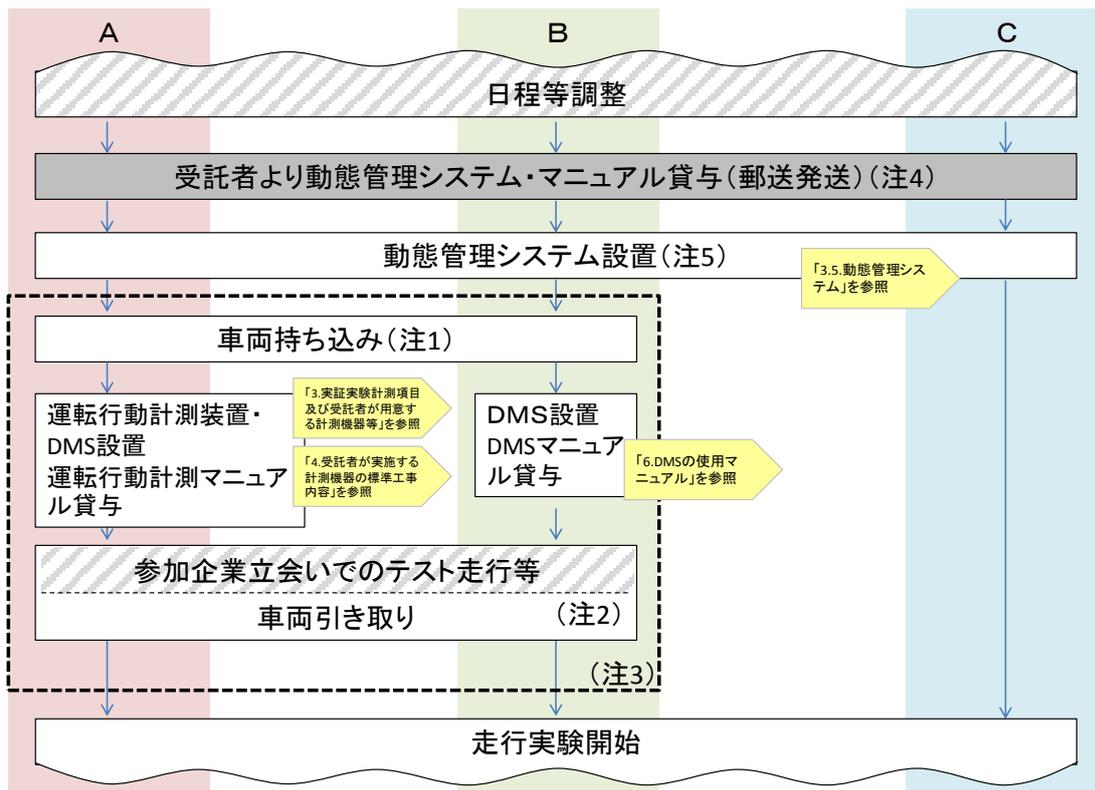
### 7.3.2. 平成 29 年度の参加者実証実験の実験の流れ

- A：実験参加者は、受託者が用意する運転行動計測装置、DMSの両計測装置の貸与を受ける
- B：実験参加者は、受託者が用意するDMSの貸与を受ける
- C：実験参加者は、運転行動計測装置ならびにDMSについては自社のものを利用する
- (白→参加者が実施、グレー→受託者が実施、網掛け→双方が実施)

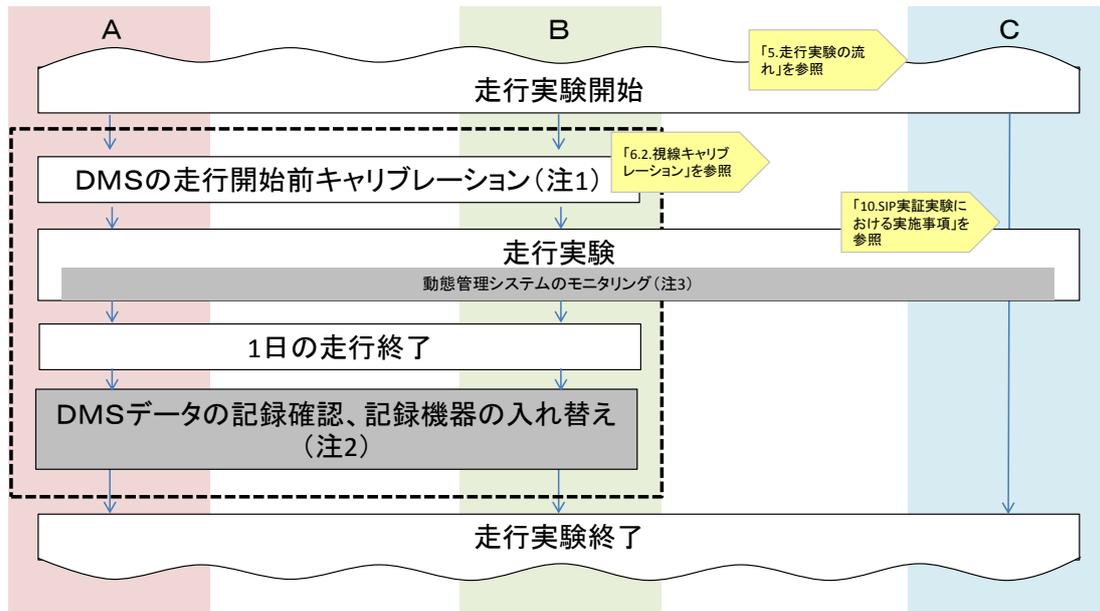
#### (1). 実験前準備段階



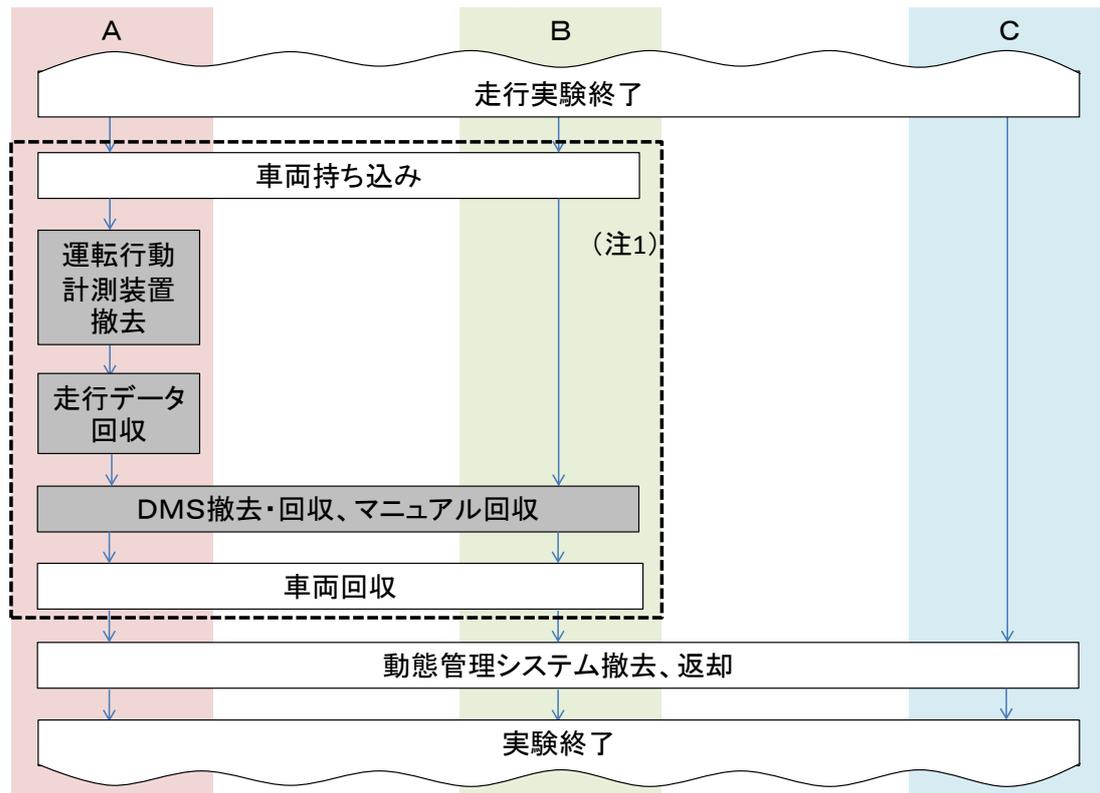
#### (2). 実証実験に利用する車両の前準備



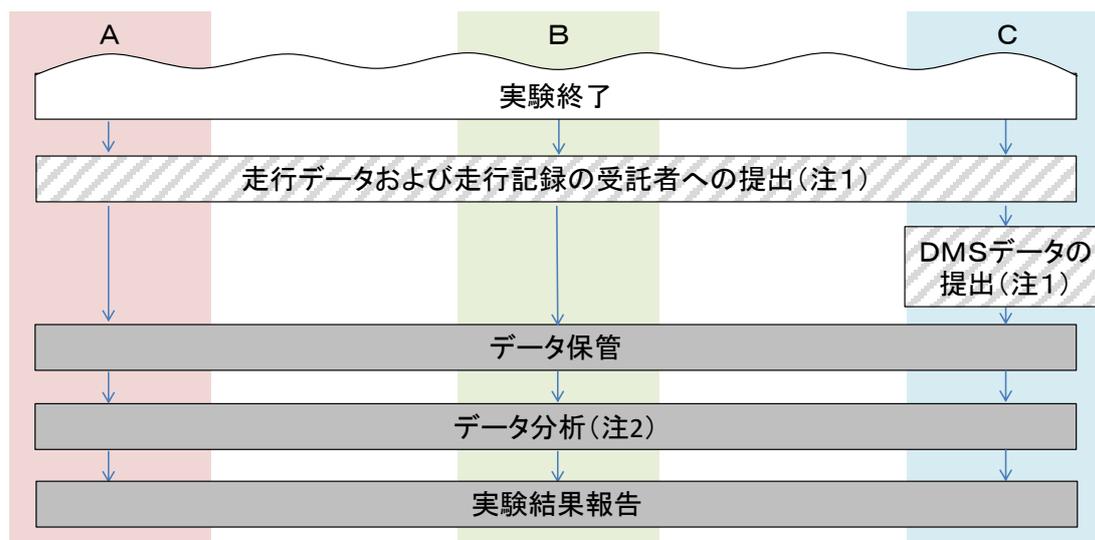
(3). 実証実験



実証実験に利用する車両の後処理（機器撤去）



(4). 実験データの提出





#### 7.3.4. 平成 29 年度の参加者実証実験の走行経路

参加者実証実験の走行経路は、常磐自動車道／東名高速道路／新東名高速道路の長距離高速同区間と東京近郊高速道（首都高速道路）を組み合わせ総走行時間が 2～3 時間程度となるよう実験参加者に実験計画を立案してもらった。なお、下図は受託者が実験参加者に提示した走行経路の概要である。

##### ■ 走行ルートと走行時間

SIP実証実験で設定された長距離高速道:2～3時間

東京近郊高速道:0.5～1時間.

※走行ルートの順番はカウンターバランスをとること.

※実験上の安全を考えて、休憩時間を計画の上設定のこと.

走行ルート:長距離高速道路および東京近郊高速道路



図 7-3 参加者実証実験の走行ルート

### 7.3.5. 平成 29 年度の参加者実証実験の走行実験と取得データ

#### ■ 走行実験と取得データについて

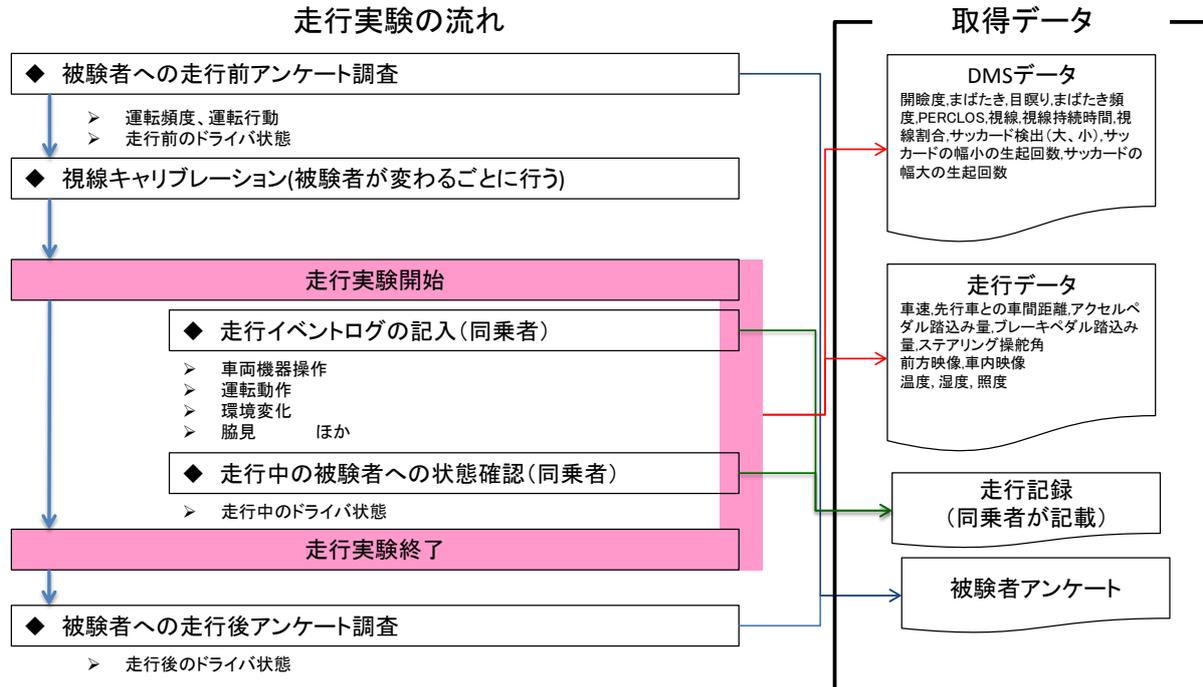


図 7-4 参加者実証実験の流れと取得データ

走行実験では、走行実験前／走行実験中／走行実験後の3つの区分に分け、下表のデータ項目を取得した。

	取得データ項目	データ取得方法
走行実験前	走行前アンケート	・被験者にアンケート用紙へ記入してもらう
	視線キャリブレーション	・DMSの初期設定として、被験者に9か所の点を指示し、視線移動を計測する
走行実験中	DMSデータ	DMS(計測機) (開眼度,まばたき,目瞑り,まばたき頻度,PERCLOS,視線,視線持続時間,視線割合,サッカード検出(大,小),サッカードの幅小の生起回数,サッカードの幅大の生起回数)
	走行データ	CAN情報 (車速,先行車との車間距離,アクセルペダル踏み込み量,ブレーキペダル踏み込み量,ステアリング操舵角) 計測器 (前方映像,車内映像,温度,湿度,照度)
	走行記録	・同乗者が、イベント(逐次)、被験者の経時変化(15分毎)を記録
走行実験後	走行後アンケート	・被験者にアンケート用紙へ記入してもらう

## 7.4. 平成 29 年度の参加者実証実験のまとめ

### 7.4.1. 平成 29 年度の参加者実証実験の実施について

平成 29 年度の参加者実証実験は、実験参加者（企業）6 社にて 2017 年 11 月～2018 年 3 月の期間に下図のスケジュールで実施された。

表 7-1 平成 29 年度参加者実証実験の実施概況

実験参加者	延べ被験者数	走行実験期間	総走行距離 (実験あたりの走行距離)
E社	9人	2017年11月27日～2017年12月8日	約2,241Km
C社	20人	2017年12月4日～2017年12月18日	約3,583Km
A社	9人	2018年1月9日～2018年1月26日	約2,225Km
B社	9人	2018年1月25日～2018年1月31日	約2,826Km
D社	9人	2018年1月31日～2018年2月22日	約2,066Km
F社	5人	2018年3月13日～2018年3月20日	約815Km

#### 走行経路

		東京近郊 →長距離	長距離 →東京近郊	計
時間帯 走行	AM	15		15
	AM/PM	7	9	16
	PM	14	16	30
	計	36	25	61

参加企業は、6 社であり、延べ被験者数は 61 名（61 走行）で実験を行った。走行経路別でみると、「東京近郊→長距離」での走行実験が 36、「長距離→東京近郊」での走行実験が 25 であった。走行時間帯別でみると、「AM」での走行実験が 15、「AM/PM」での走行実験が 16、「PM」での走行実験が 30 であった。

東名/新東名の長距離走行、首都高での東京近郊走行ともにばらつきある実験データが取得できている。

7.4.2. 平成 29 年度の参加者実証実験の被験者属性（5 社分）  
（年齢・性別）

b-1 参加者実証実験 被験者数（5社分）

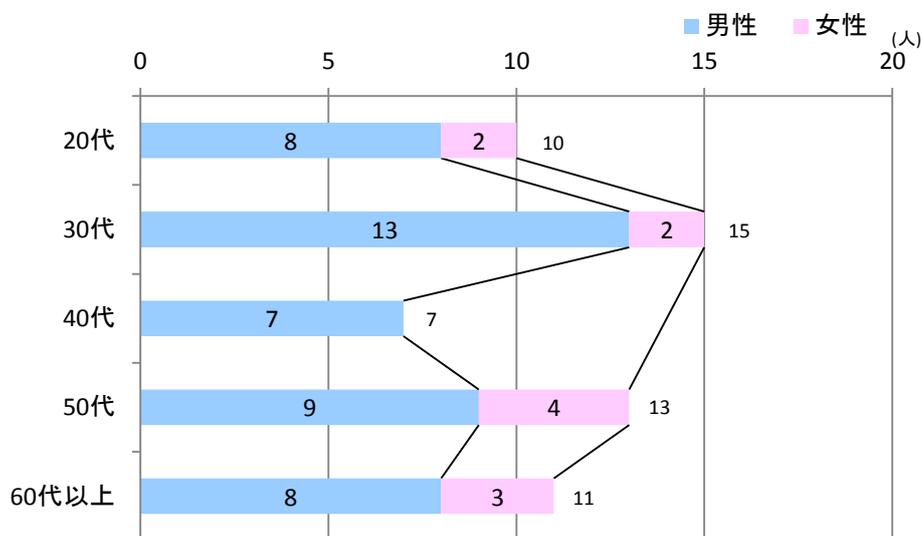


図 7-5 平成 29 年度参加者実証実験の被験者数

参加者実証実験に参加した被験者は、延べ 56 名で年代別で見ると 30 代が最も多い結果であった。男女別にみると、40 代の女性の被験者は 0 であったが、全体的に見ると男性が 80%、女性が 20% の被験者属性であった。年代でのばらつきを見ると、20 代が 17.9% と最も低い割合となっているものの、各年代のバランスがとれた被験者構成であった。

（居住地）

b-1 参加者実証実験 被験者の居住地（5社分）

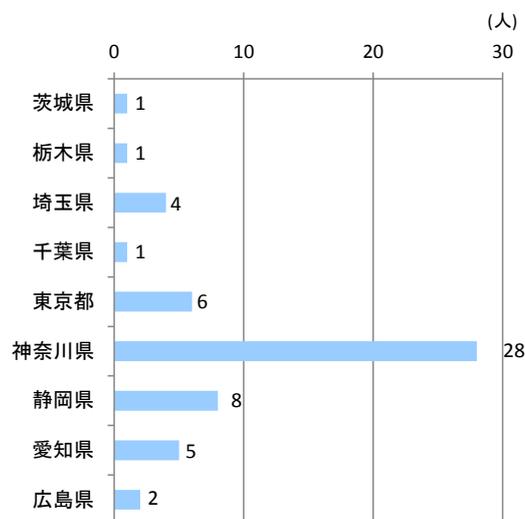


図 7-6 平成 29 年度参加者実証実験の被験者居住地

参加者実証実験に参加した被験者の居住地を見ると、神奈川県が被験者の半数を占めている。被験者の居住地の上位 5 地区を見ると、①神奈川県 28 名(50%)、②静岡県 8 名(14.3%)、③東京都 6 名(10.7%)、④愛知県 5 名(8.9%)、⑤埼玉県 4 名(7.1%)となっている。被験者の居住地区の属性としては、首都圏(1 都 3 県)で 70%となっている

(運転免許保有年数・性別)

### b-1 参加者実証実験 被験者の免許保有年数（5社分）

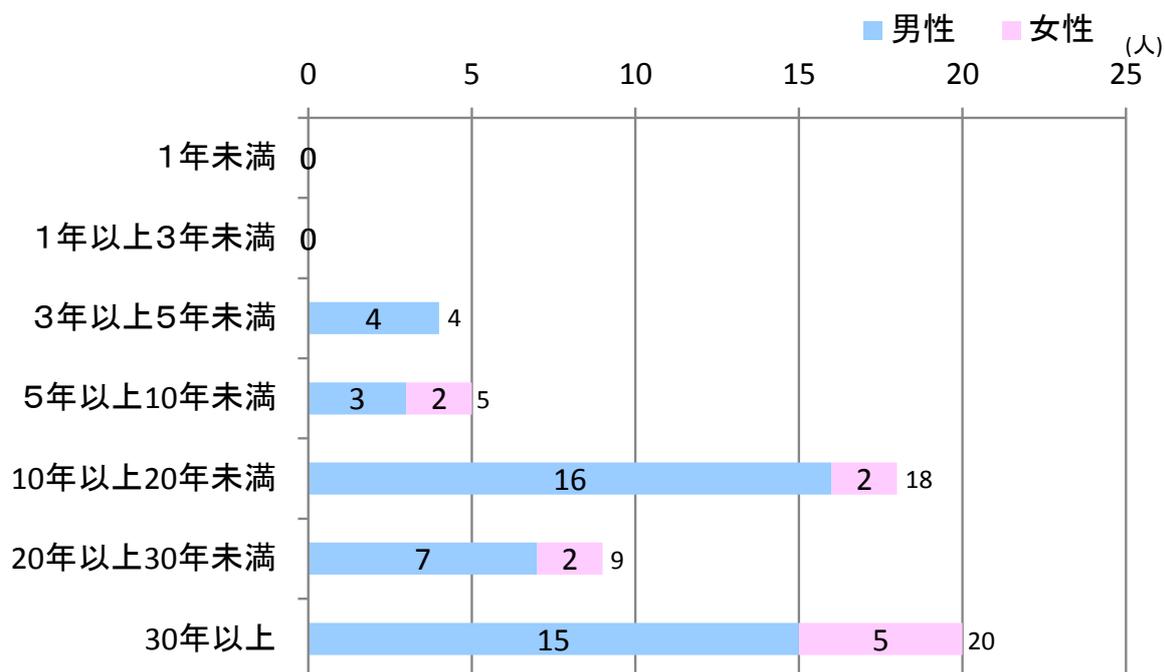


図 7-7 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の免許保有年数

参加者実証実験に参加した被験者の性別別の運転免許保有年数を見ると、免許保有年数 10 年以上で 83.9%となっている。最も多いのが 30 年以上で 20 名(35.7%)となっており、次いで 10 年以上 20 年未満が 18 名(32.1%)、20 年以上 30 年未満が 9 名(16.1%)となっている。被験者の運転免許保有年数の属性としては、免許保有歴が長い被験者が多くなっている。

(運転頻度・年間走行距離)

### b-1 参加者実証実験 被験者の運転頻度と年間走行距離 (5社分)

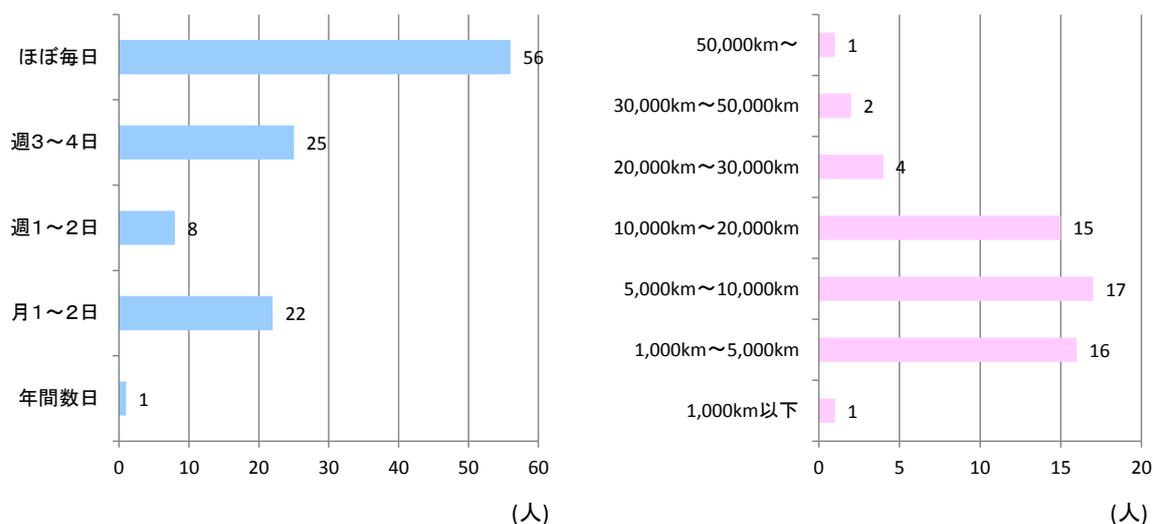


図 7-8 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の運転頻度/年間走行距離

参加者実証実験に参加した被験者の運転頻度と年間走行距離を見ると、「ほぼ毎日運転する」が最も多く 25 名(44.6%)となっており、次いで「週 1~2 日」が 22 名(39.3%)となっている。年間走行距離では、「5,000(416Km/月)~10,000km(833Km/月)」が最も多く 17 名(30.4%)となっており、次いで「1,000(83Km/月)~5,000km(416Km/月)」が 16 名(28.6%)、「10,000(833Km/月)~20,000km(1,666Km/月)」が 15 名(26.8%)となっている。被験者の運転頻度と年間走行距離の属性としては、週単位での運転頻度が高く年間走行距離も長い被験者が多くなっている。

(運転スタイル)

b-1 参加者実証実験 被験者の運転スタイル (5社分)

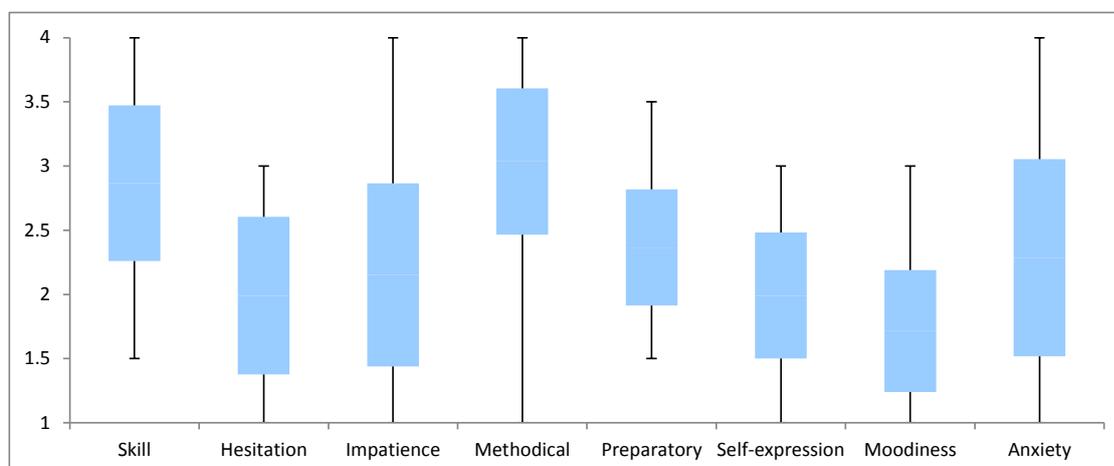


図 7-9 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の運転スタイル

参加者実証実験に参加した被験者の運転スタイルを見ると、「Skill」と「Methodical」が高い傾向がみられる。また、「Preparatory」についても比較的高い結果がみられることから、運転に自信があり自らが交通流に対しても主体的に運転動作を行うスタイルをもつ被験者が多いことが見て取れる。

7.4.3. 平成 29 年度の参加者実証実験の被験者アンケート結果 (5 社分)

(走行実験前後での疲労)

表 7-2 平成 29 年度参加者実証実験の運転前後での疲労

b-1 参加者実証実験 被験者の運転前後での疲労 (5社分)

		運転後				
		疲れはない	少し疲れた	かなり疲れた	非常に疲れた	(人)
運転前	疲れはない	2	2	11	5	
	少し疲れた		1	7	2	5
	かなり疲れた				1	
	非常に疲れた					
	疲れはない					
	非常に疲れた					

「運転前に比べ運転後の疲労が増した」と回答した人は 42 名(75.0%)おり、「運転前後での疲労が変わらない」と回答した人は 9 名(16.1%)、「運転前に

比べ運転後の疲労が減った」と回答した人は 5 名(8.9%)であった。「運転前に比べ運転後の疲労が増した」と回答した被験者のうち、2 段階以上疲労度が増した人は 27 名(64.3%)となっている。走行実験においては、被験者の疲労度は増加する結果が得られている。

(走行実験前後での眠気)

表 7-3 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の運転前後での眠気

b-1 参加者実証実験 被験者の運転前後での眠気 (5社分)

		運転後					(人)
		眠気はない	少し眠い	かなり眠い	非常に眠い		
運転前	眠気はない	10	6	7	3		
	少し眠い	2	2	3	5	1	
	かなり眠い	3	2	6	2	1	
	非常に眠い			2		1	
	その他						
	合計						

「運転前に比べ運転後の眠気が増した」と回答した人は 29 名(51.8%)おり、「運転前後での眠気は変わらない」と回答した人は 18 名(32.1%)、「運転前に比べ運転後の眠気が減った」と回答した人は 9 名(16.1%)であった。「運転前に比べ運転後の眠気が増した」と回答した被験者のうち、2 段階以上眠気が増した人は 17 名(58.6%)となっている。走行実験においては、被験者の眠気(覚醒度)は低下する結果が得られている。

(走行実験中の負担を感じた項目)

### b-1 参加者実証実験 被験者の運転中の負担 (5社分)

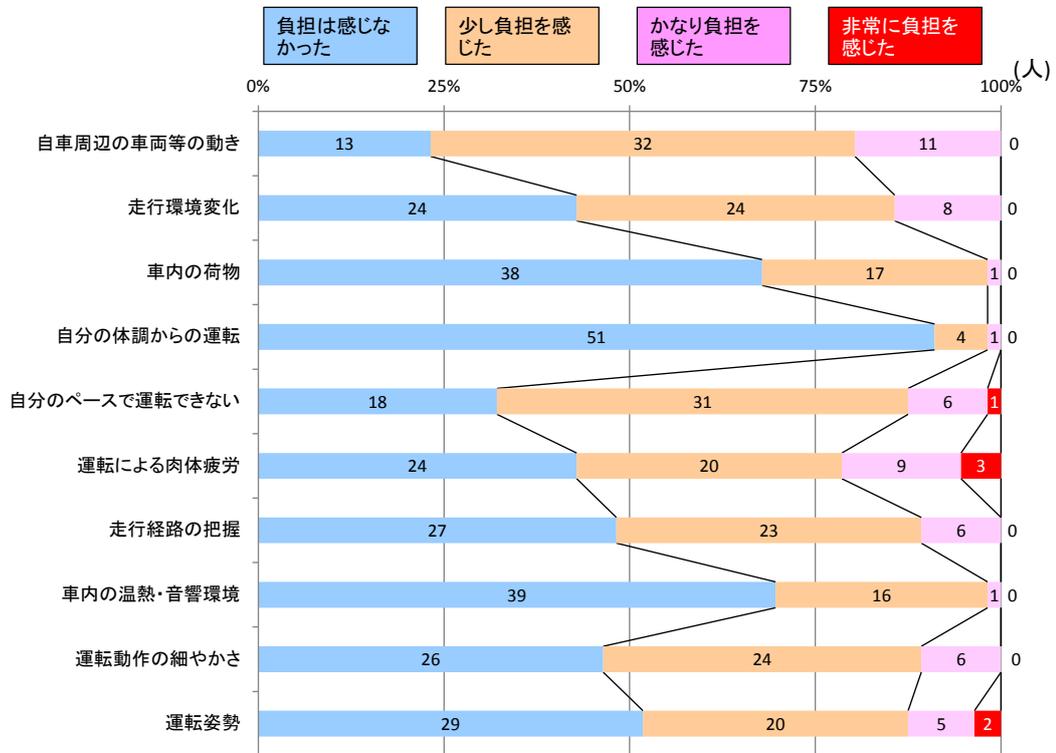


図 7-10 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の運転中の負担

被験者が走行実験中に負担を感じた項目としては、「自分周辺の車両の動き」が最も多く 43 名 (76.8%) となっており、次いで「自分のペースで運転できない」が 38 名 (67.9%)、「走行環境変化」と「運転による肉体疲労」がともに 32 名 (57.1%)、「運転動作の細やかさ」が 30 名 (53.6%)、「走行経路の把握」が 29 名 (51.8%) となっており、これらの項目は被験者の半数以上が負担を感じたと答えた項目である。他方で、「自分の体調からの運転」、「車内の温熱・音響環境」、「車内の荷物」、「運転姿勢」については、半数以上の被験者が負担を感じなかったと回答している。

## b-1 参加者実証実験 被験者の運転中の負担（5社分 n=56）

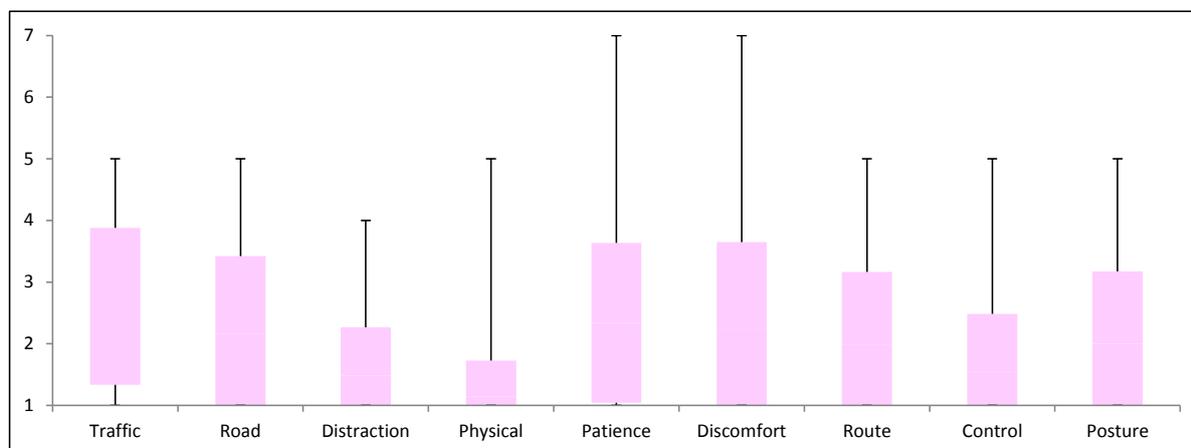


図 7-11 平成 29 年度参加者実証実験の被験者の運転中の負担

上図は、走行実験中に負担に感じた項目についてバラつきを示したものである。平均で見ると、「走行状況」に対する負担感が最も高く出ているものの、総じて高い負担を感じている結果とはなっていない。

7.4.2 項における「運転スタイル」ならびに上記の走行実験中の負担データから、平成 29 年度の参加者実証実験の被験者データでは、計画段階での目的としていた「ドライバーの年齢」、「交通環境の複雑さ（長距離高速道 vs 東京近郊高速道）」、「ドライバーの自覚に基づく状態変化」等でのばらつきあるデータが取得されており、Readiness のベースラインとして、十分な変動がみられる実験データが取得できていると考えられる。

#### 7.4.4. 平成 29 年度の参加者実証実験の定量評価（走行イベント）

##### (1). 参加者実証実験における走行イベント

### b-1 参加者実証実験 走行イベント（n=47）

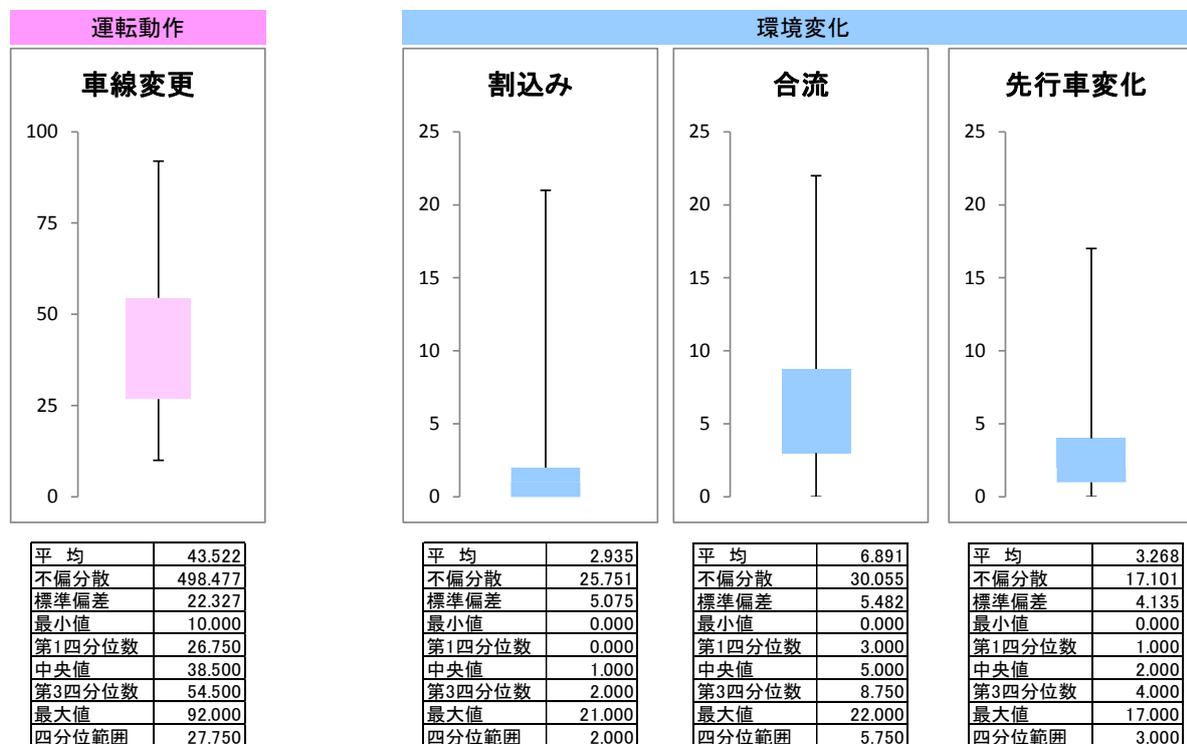


図 7-12 平成 29 年度参加者実証実験の走行イベント

参加者実証実験における走行イベントについて、47 実験分のデータを概観したのが上図である。ドライバーの運転動作である車線変更については、平均が 43.5 回で、最も少ないものが 10 回、最も多いものが 92 回となっていた。本実験では、40 回前後の車線変更イベントが計測されており、手動運転時におけるドライバー状態の変化としてバラつきのあるデータが取得できた。

実験車両の周辺環境変化については、「割込み」イベントが平均 2.9 回、「合流」イベントが平均 6.9 回、「先行車変化」イベントが平均 3.3 回データが取得されている。本データについても、手動運転時における周辺環境の変化としてバラつきのあるデータが取得できた。

(2). 参加者実証実験に走行経路別に見た車線変更の違い

b-1 参加者実証実験 走行経路別の車線変更 (n=47)

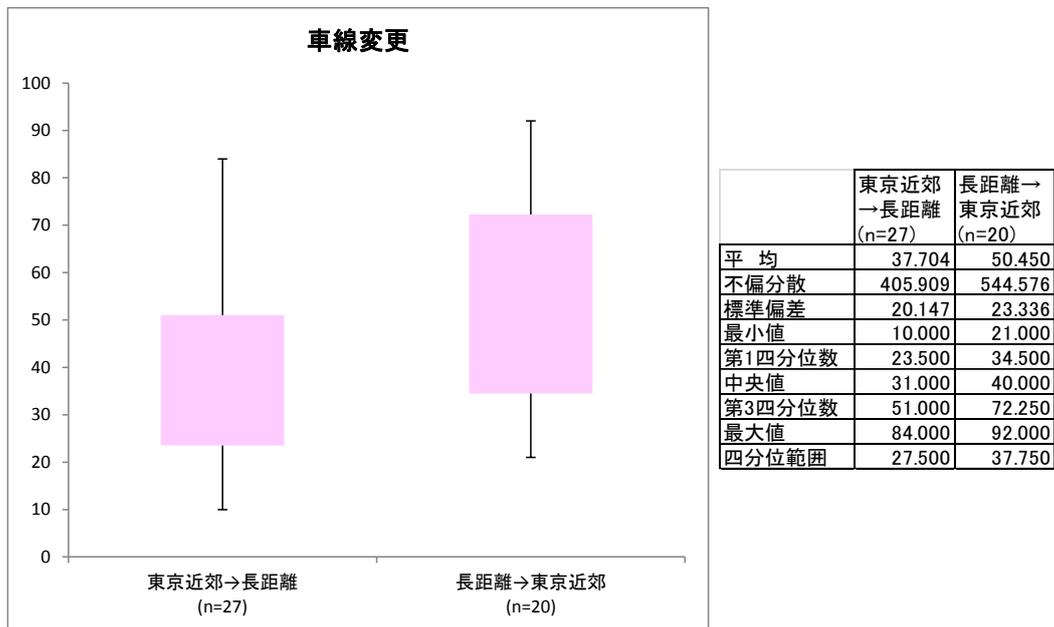


図 7-13 平成 29 年度参加者実証実験の走行経路別の車線変更

上図は、走行実験における経路別で見た車線変更イベントの回数を表したものである。「東京近郊→長距離」と「長距離→東京近郊」の実験結果を比べると、「長距離→東京近郊」の方が車線変更回数が多くなっている。

b-1 参加者実証実験 走行時間帯別の車線変更 (n=47)

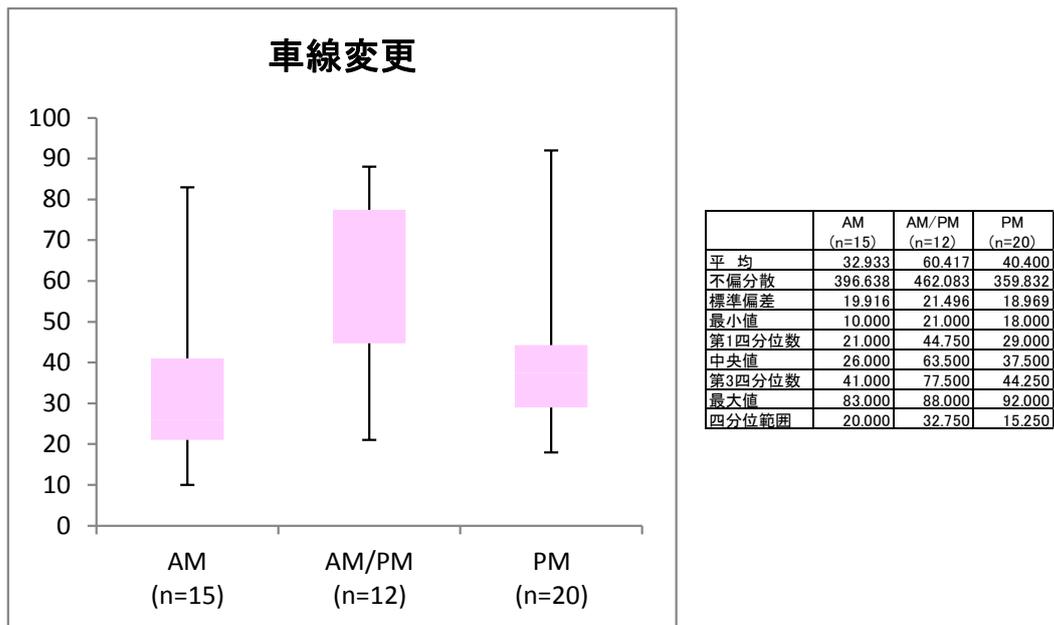


図 7-14 平成 29 年度参加者実証実験の走行時間帯別の車線変更

上図は、走行実験における走行時間帯別で見た車線変更イベントの回数を表したものである。3者を比べると、「AM/PM」の日中の時間帯の走行時に車線変更回数が増えている。

#### 7.4.5. 平成 29 年度の参加者実証実験の主観評価

##### (1) 走行経路別の覚醒度変化

### b-1 参加者実証実験 走行経路別の覚醒度変化 (n=23)

※眠気の変化量が1~2の被験者データは除く

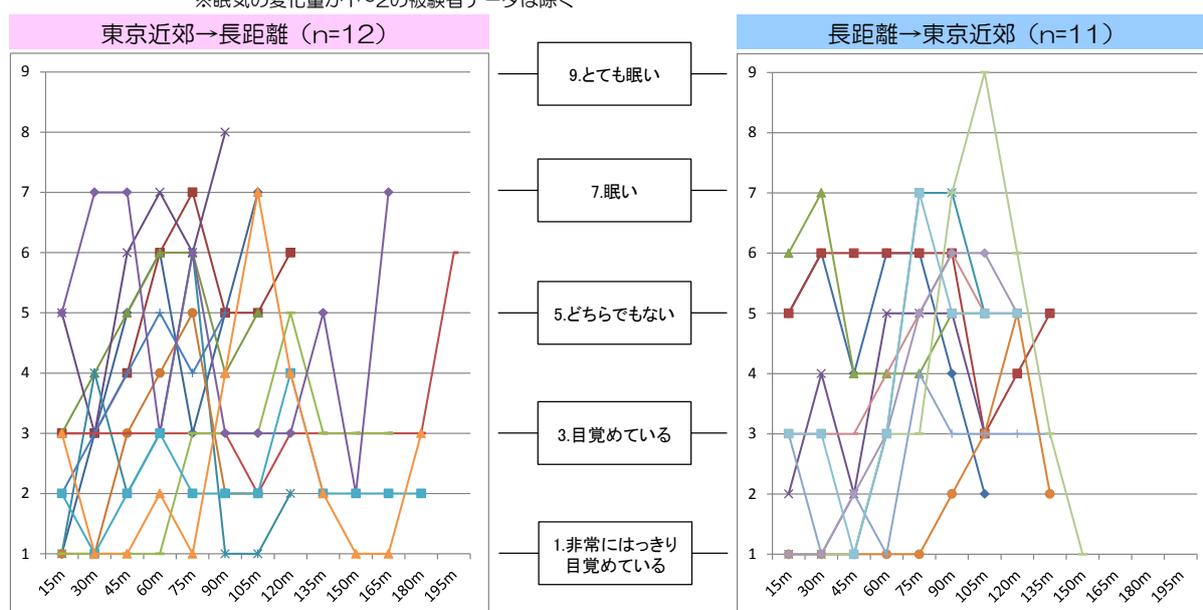


図 7-15 平成 29 年度参加者実証実験の走行経路別の覚醒度変化

参加者実証実験における走行時の主観評価について、「眠気（15分毎の同乗者インタビューによる9段階評価）」の経時変化を表したのが上図である。なお、差を検討するにあたっては走行経路別（東京近郊→長距離／長距離→東京近郊）で提示した。

走行実験の全体的な傾向を見ると、時間の経過とともに覚醒度は低下している実験結果が得られた。走行実験においては、走行後1.5時間経過段階で休息を入れているケースが多くみられるため、覚醒度が一時的に回復する傾向が表れている。また、長距離走行で実験が終了する場合は、覚醒度が低下する動きがみられる。東京近郊走行で実験が終了する場合は、覚醒度が一部回復する傾向がみられる。

上記の結果は、実験走行の環境変化（周辺車両の数や分岐合流等の複雑さなど）による覚醒度の変化が考えられ、このことから走行時の被験者覚醒度のばらつきがあるデータが取得できているといえる。

## b-1 参加者実証実験 走行経路別の疲労度変化 (n=23)

※眠気の変化量が1~2の被験者データは除く

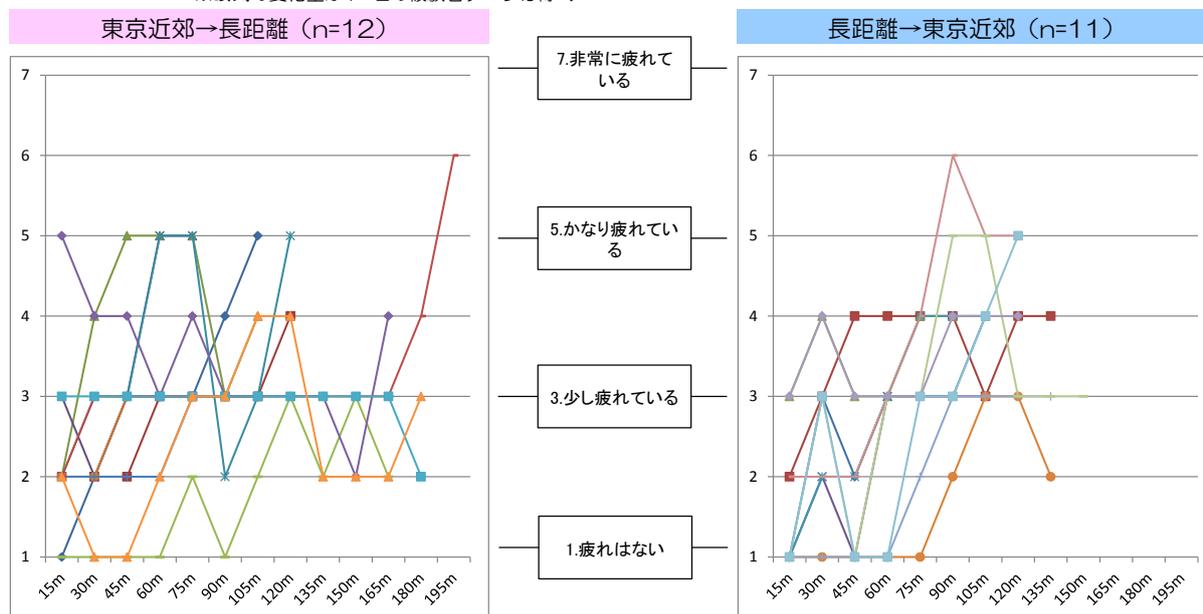


図 7-16 平成 29 年度参加者実証実験の走行経路別の疲労度変化

参加者実証実験における走行時の主観評価について、「疲労（15分毎の同乗者インタビューによる7段階評価）」の経時変化を表したのが上図である。なお、差を検討するにあたっては走行経路別（東京近郊→長距離／長距離→東京近郊）で提示した。

走行実験の全体的な傾向を見ると、時間の経過とともに疲労度は増加している実験結果が得られた。また、長距離走行区間では、疲労度の増減は小幅な動きとなり、東京近郊走行では疲労度の増減が大きな幅となっている傾向がみられる。

上記の結果は、実験走行の環境変化（周辺車輛の数や分岐合流等の複雑さなど）による疲労の変化が考えられ、このことから走行時の被験者疲労度のばらつきがあるデータが取得できているといえる。

---

---

#### 7.4.6. 平成 29 年度の参加者実証実験の定量評価（DMS の測定）

##### (1) ドライバーの状態変化（眠気）と DMS での検出結果

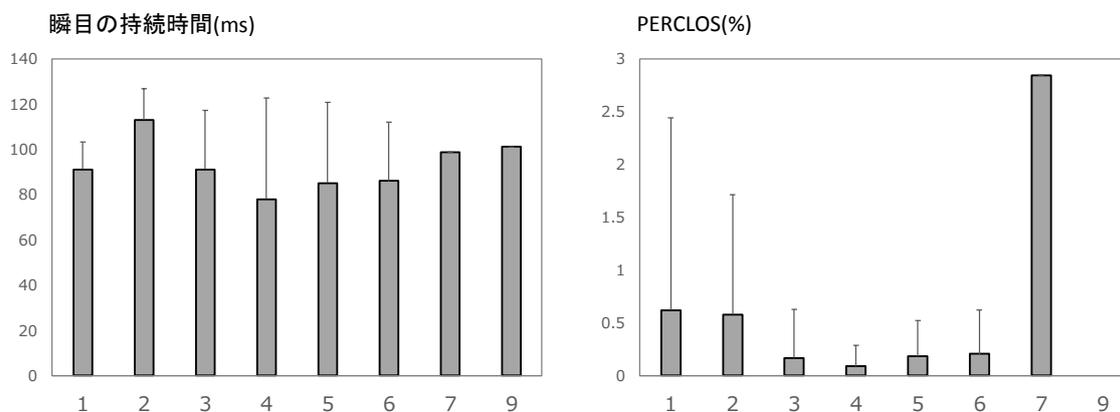


図 7-17 眠気の主観評価値

上図は、眠気の主観評価（前項の(1)）と DMS から出力された「瞬目の持続時間(ms)」ならびに「PERCLOS(%)」の関係を表したものである。

「瞬目の持続時間(ms)」では、眠気が 4～9 へ増加するに伴い瞬目の持続時間が増加している。また、「PERCLOS(%)」についても、眠気が 4～7 へ増加するに伴い増加傾向を示している。このことから、眠気の主観評価値という変化（ドライバーの自覚に基づく状態変化）に対して、DMS では「瞬目の持続時間(ms)」ならびに「PERCLOS(%)」が検出されているものと考えられる。

(2) ドライバーの状態変化（考え事の有無）と DMS での検出結果

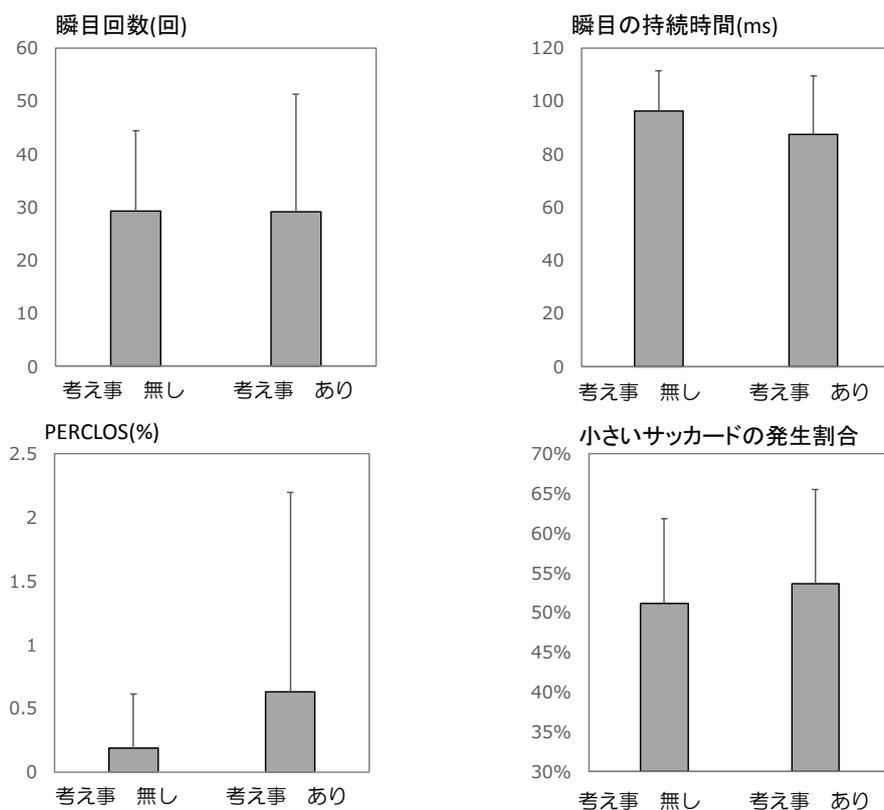


図 7-18 考え事の有無の主観評価値

上図は、考え事の有無の主観評価値と DMS から出力された「瞬目回数(回)」、「PERCLOS(%)」、「瞬目の持続時間(ms)」、「小さいサッカードの発生割合(%)」の関係を表したものである。

考え事の有無と「瞬目回数(回)」の間に関係は見られなかった。考え事の有無と「PERCLOS(%)」、「小さいサッカードの発生割合(%)」の間には、考え事がある場合にその割合が増加する傾向がみられる。他方で、考え事の有無と「瞬目の持続時間(ms)」の間には、考え事がある場合に継続時間が減少する傾向がみられる。

これらの計測結果から、考え事の有無の主観評価値（ドライバーの自覚に基づく状態変化）に対して、DMS では「瞬目」、「PERCLOS」、「小さいサッカード」が検出されているものと考えられる。

(3) 走行区間と DMS での検出結果

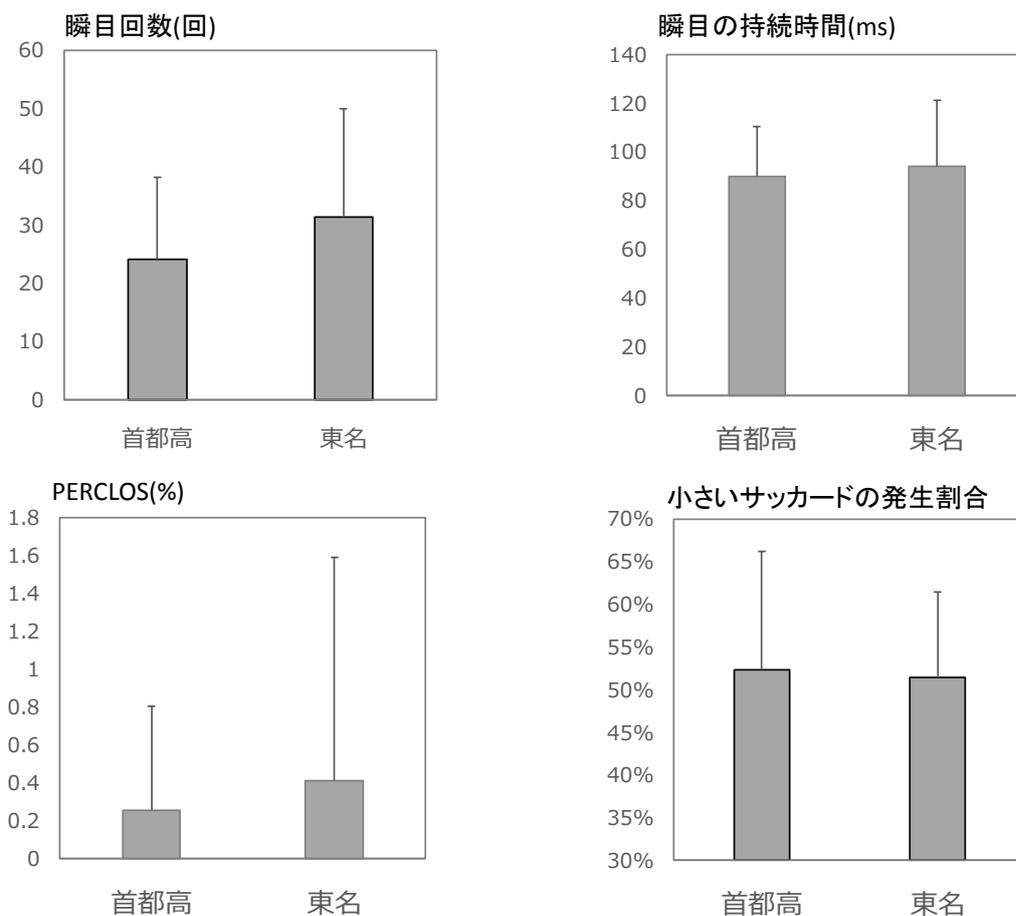


図 7-19 走行区間

上図は、走行区間の違い（東京近郊（首都高）と長距離（東名））と DMS から出力された「瞬目回数(回)」、「PERCLOS(%)」、「瞬目の持続時間(ms)」、「小さいサッカードの発生割合(%)」の関係を表したものである。

首都高と東名を比べて DMS の出力値が増加している項目としては、「瞬目回数(回)」、「瞬目の持続時間(ms)」、「PERCLOS(%)」があげられる。他方で、同様の比較から DMS の出力値が減少している項目としては、「小さいサッカードの発生割合」があげられる。

これらの計測結果から、走行区間の違い（首都高＝交通流ならびに道路構造が複雑、東名＝交通流ならびに道路構造が単調）に対して、DMS からは異なる出力値が検出されているものと考えられる。

## 7.5. 平成 29 年度の参加者実証実験の Recommendation (成果の活用)

平成 29 年度の参加者実証実験は、「b-i : ドライバーの Readiness の定義 (公道)」を実施した。

本実験のまとめとしては、下記のもの得られている。

※ DMS 試作機については、実環境での動作を確認した。※顔画像データに対する外光の影響への対策に取り組み中。

- これまでに取得したデータ (主観評価) の解析により、受託者公道実験のベースラインとして、十分な Readiness の変動が取得できている模様。
- 受託者研究開発の実験結果と相互検証 (Readiness の解析) を行い、ベースラインデータを構築するとともに、ベースライン内での Readiness 構成指標の検証を進める。
- H30 年 5 月より課題 B-i 受託者公道実験を実施し、ベースラインデータと統合することで、自動運転 vs 手動運転の Readiness 比較、および Readiness と運転行動 (OEDR タスク, 運転引継ぎ行動) の関係を検証する。

## 7.6. 平成 30 年度の参加者実証実験の計画

### 7.6.1. 平成 30 年度の参加者実証実験の実施項目

表 7-4 平成 30 年度参加者実証実験計画

実験番号	実験目的	実験場所	参加予定企業(2018/3/26時点)
A-i	システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定	テストコース	C社、E社、F社、G社
A-ii	システム状態をドライバーに効率よく伝えるためのHMI基本要件の策定と妥当性評価	テストコース	
A-iii	システム状態に関してドライバーに与える動的情報に関する指針の策定	テストコース	
B-ii	DMSの開発	テストコース	C社、E社、G社、H社
B-iv	Readinessを維持するためのHMI基本要件の策定	テストコース	
C-iv	外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査	テストコースまたは閉鎖フィールド	G社

平成 30 年度の参加者実証実験は、課題 A は、3 項目 (「システム機能に関するドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定」、「システム状態をドライバーに効率よく伝えるための HMI 基本要件の策定と妥当性評価」、「システム状態に関してドライバーに与える動的情報に関する指針の策定」) について、参加予定企業のテストコースでの実施を計画している。課題 B では、2 項目 (「DMS の開発」、「Readiness を維持するための HMI 基本要件の策定」)

について、参加予定企業のテストコースでの実施を計画している。課題 C では、1 項目（「外向け HMI を用いたコミュニケーションの地域性調査」）について、参加予定企業のテストコースまたは閉鎖フィールドでの実施を計画している。

### 7.6.2. 平成 30 年度の参加者実証実験の実施スケジュール

表 7-5 平成 30 年度参加者実証実験スケジュール

		2017			2018															
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
参加者実証実験	B-i	実験準備		評価環境の提供および実験車両への搭載	参加者実証実験				☆ 実験報告会議 (予定)											
	A-i		☆ 実験説明会						実験準備					参加者実証実験		実験データ解析				
	A-ii		☆ 実験説明会						実験準備					参加者実証実験		実験データ解析				
	A-iii		☆ 実験説明会						実験準備					参加者実証実験		実験データ解析				
	B-ii						☆ #1実験検討会議 (2/23)		実験準備					参加者実証実験		実験データ解析				
	B-iv						☆ #1実験検討会議 (2/23)		実験準備					参加者実証実験		実験データ解析				
	C-iv		☆ 実験説明会		☆ #1実験検討会議 (1/12)			☆ #2実験検討会議 (予定)		実験準備					参加者実証実験		実験データ解析			

平成 30 年度の参加者実証実験は、平成 29 年度に各課題の実験会議を実施し（課題 A:2018 年 2 月 23 日、課題 C: 2018 年 1 月 12 日）、上図のスケジュールでの実施を予定している。

各課題ともに、2018 年 8 月までは実験準備期間とし、「計測項目ならびにその方法の検討」、「実験計画の策定（各社での倫理審査）」、「実験車両ならびに計測装置の準備」等を行う。走行実験は、2018 年 9 月～2018 年 12 月に行う予定としている。