

# 「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」

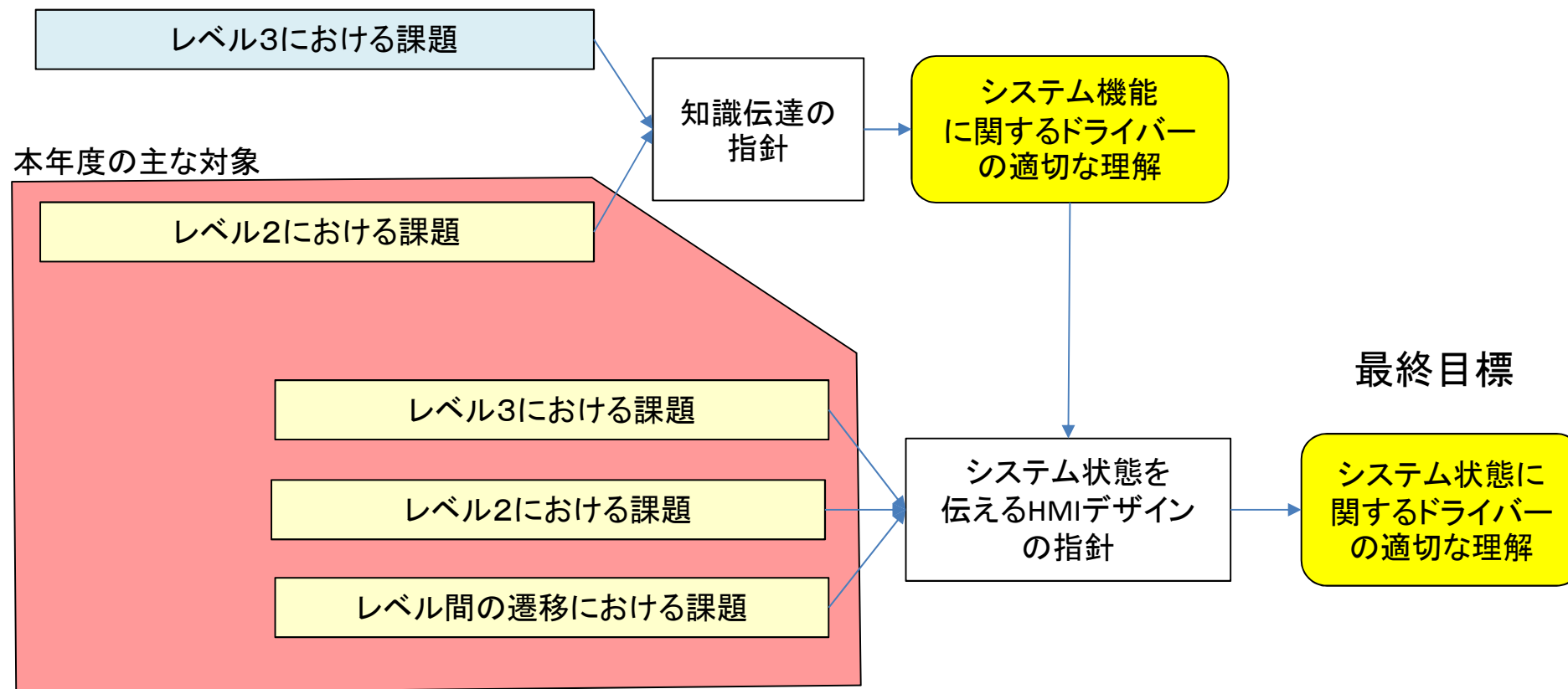
## 平成29年度分 報告書

### 概要版

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
(株)デンソー  
東京都ビジネスサービス(株)  
筑波大学  
慶応義塾大学

実施項目A: 自動走行システムの機能・状態・動作の理解に  
関わる課題

## 今年度の実施内容の全体像



主にドライビングシミュレータを用いた実験を通じて、指針の案をまとめていく

## FY29における具体的な実験実施項目

### 事前知識

#### レベル2における課題：伝える知識の明確化

- A-1-2: ハザード見落としの可能性についての知識(DS実験)

#### レベル3における課題：伝える知識の明確化と伝達法

- A-1-1: Rtlに関する最低限の知識についての検証(TC実験)
- A-4: 自動運転技術に関する理解度調査(ウェブアンケート調査)

### HMI

#### レベル2における課題：介入の必要性を察知・迅速に理解できるHMI

- A-3-1: システムの自覚のない機能限界(見落とし)の察知(DS実験)
- A-2-2: システムが自覚する機能限界のスムーズな理解(DS実験)

⇒ 障害物回避  
に関連

#### レベル3における課題：Rtl時の意思決定を支援するHMI

- A-2-1: Rtl発出時のドライバー周辺認識支援(DS実験)
- A-3-3: 「ココドコ？」問題の抑制支援(DS実験)

#### レベル間の遷移における課題

- A-3-2: レベル(モード)認識の確保に資するHMI, 許容されるレベル遷移(DS実験)

## 実験A-1-2:ハザード見落としの可能性についての知識(DS実験)

(目的) FY16の成果を踏まえ、システムのハザード見落としに備えた、知識表現の在り方について、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

(自動運転レベル) レベル2相当(サブタスク無、ただしハンズオフ)

(方法)

被験者:60歳以上の30名(平均 68歳)

独立変数:事前知識(被験者間要因)

- ハザード見落としについて「場面」を説明するA群 15名
- ハザード見落としについての「場面説明」をしないB群 15名

従属変数:

- 事故率、介入場面での操舵開始タイミング

作業仮説:

- 場面例の教示によって、ハザード見落としイベントに対して適切に対応できる
- 教示されなかったハザード見落としイベントも対応できる

シナリオ:

- パイロン、段ボール、停止車両を見落とす、等

使用設備:

- 筑波大 ドライビングシミュレータ

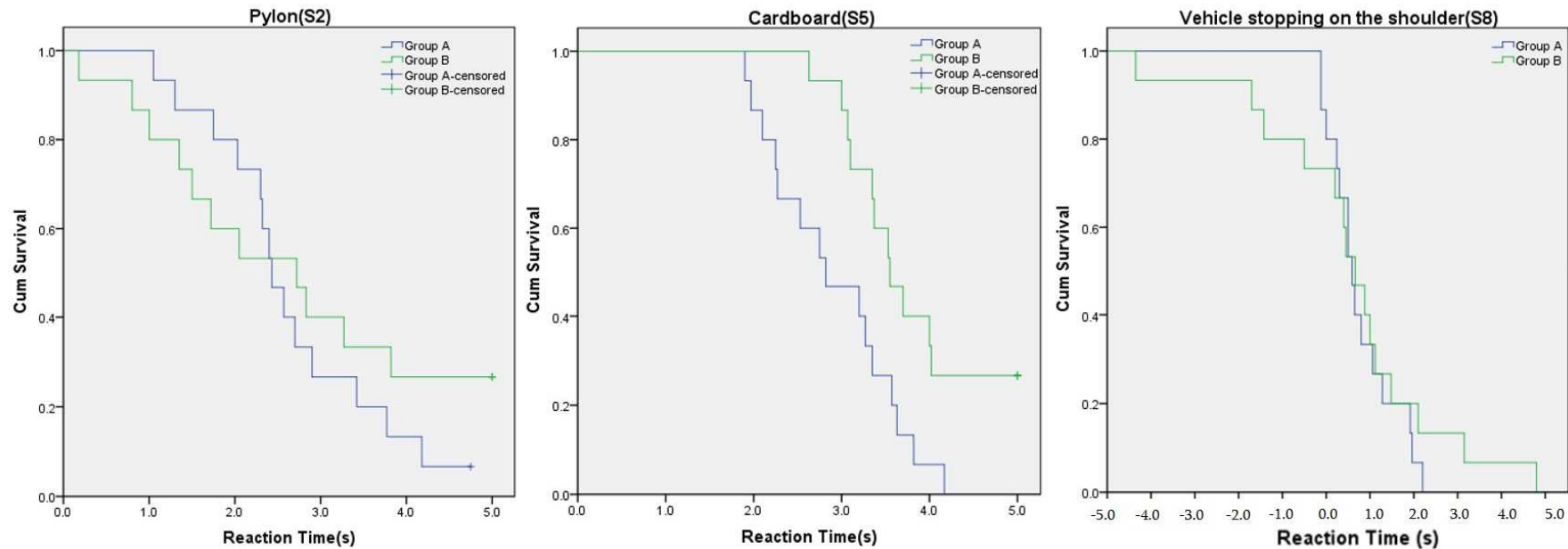


実験A-1-2 実験結果

事故率 有意差あり  
 ( $\chi^2(1)=6.05$ 、 $p=0.014$ )

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

介入に要する時間の生存分析 有意差あり( $\chi^2= 6.792$ 、 $df = 1$ 、 $p < 0.01^{**}$ )



## 実験A-1-2のまとめ

- ハザード見落としに関して
  - 場面例を教示されなかった群では、介入の遅れが起こりやすく、事故につながりやすい
- 知識の汎化
  - 教示されなかったハザード見落としのイベントに対しても、場面例教示群では適切な対応ができたケースが多い
- 成果の活用
  - システムが見落としやすい障害物は、センサの特性などからあらかじめおおむね特定できているはず。
  - そうした障害物をあらかじめユーザーに伝えておくことが重要

## 実験A-1-1: RtIに関する最低限の知識についての検証(TC実験)

(目的) 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。FY16実験1のTC実験による検証

(自動運転レベル)

本来はレベル3想定だが、倫理制約上、レベル2相当(サブタスク無、ハンズオン)

(方法)

実験参加者: 20-60代の40名

独立変数: 事前知識(被験者間要因)

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

従属変数:

- 介入場面での操舵開始タイミング

作業仮説:

- FY16の実験と同様に、条件bにおいて迅速な介入ができる

シナリオ:

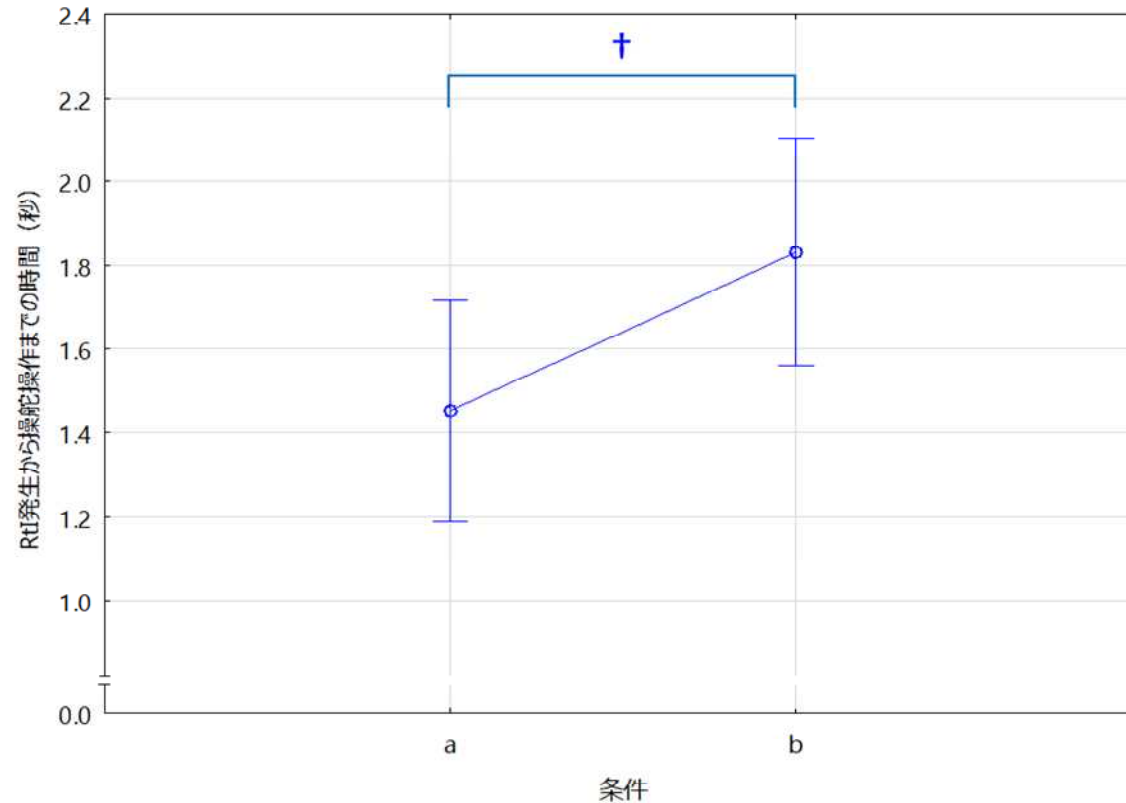
- 課題B実験の練習走行の最初の一つを利用
- システム作動中にシステムから「運転交代」メッセージ。RtIが発せられる事態となったことに関する手がかり情報はない

使用設備:

- 産総研TCと実験用テスラ モデルS



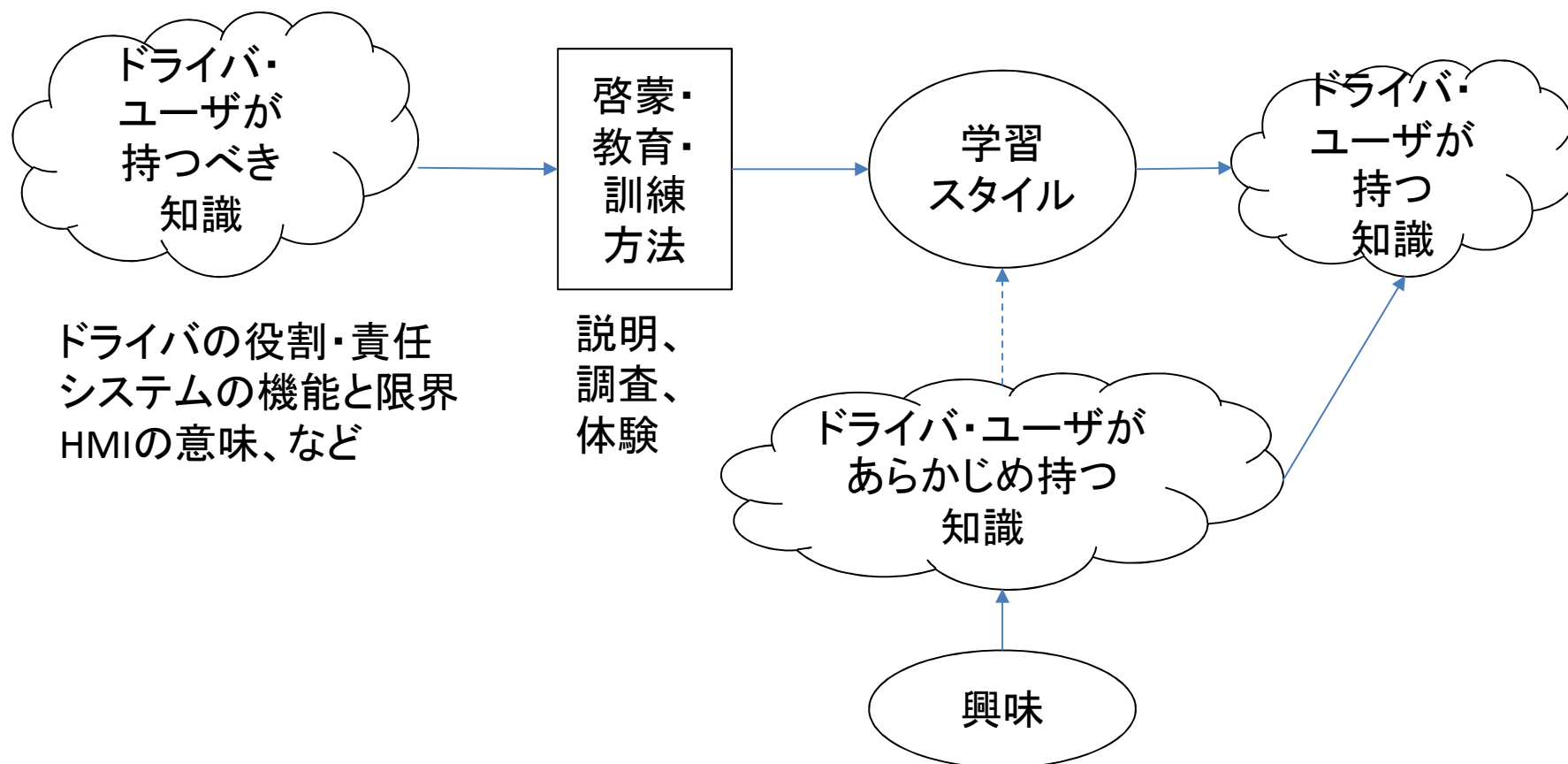
## 実験A-1-1:結果(操舵開始までの時間)



- この実験ではRtI発出に関する手がかり情報が周辺環境にないため、なぜRtIが出たのかを条件bのドライバーは考えようとして少し遅れたものと考えられる
- いずれにせよ、条件a,bともに、RtIに対し適切にドライバーが対応できている

## 調査A-4: 自動運転技術に関する理解度調査(ウェブアンケート調査)

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やイメージに加え、それらを身に着けたプロセス(学習スタイル)について調査する。その結果に基づいて、学習スタイルに応じた知識提供方法の調整の必要性について明らかにする。



## 調査A-4: 自動運転技術に関する理解度調査方法

(方法)

調査1: 自動運転に関する現状の理解の定点観測 (FY16の調査結果のN増し)

調査2:

Research Question 1: 人によって、自動運転に関する理解の仕方に差異があるか。  
不足の知識を補いさえすればよいか

Research Question 2: 自動運転の機能とその限界、ドライバの役割などに関して、  
区別されるべき学習スタイルは何か?

Research Question 3: 各々の学習スタイルについて、適切な教示・教育方法はどの  
ようなものであるか。最大公約数的な方法で対応可能か

調査2の調査項目

1. 性格 Big5
2. 学習スタイル (Felder-Silverman model?)

## 調査1：自動運転に関する現状の理解の定点観測（FY16の調査結果のN増し）結果

結果の例： 前年とほとんど変化なし（良くも悪くも啓もうは進んでいない）  
 自動運転のレベル、といわれてもほとんどの人は理解していない  
 ⇒ 「このシステムはレベルxxだから\*\*\*\*」という説明は意味をなさない

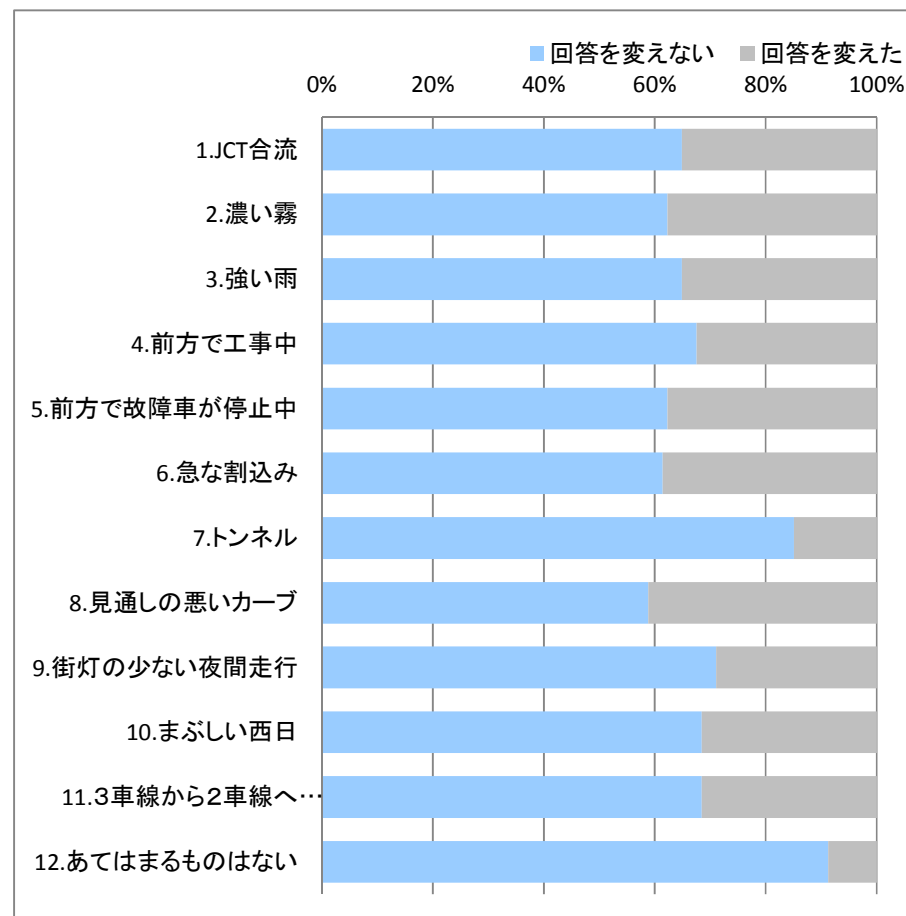
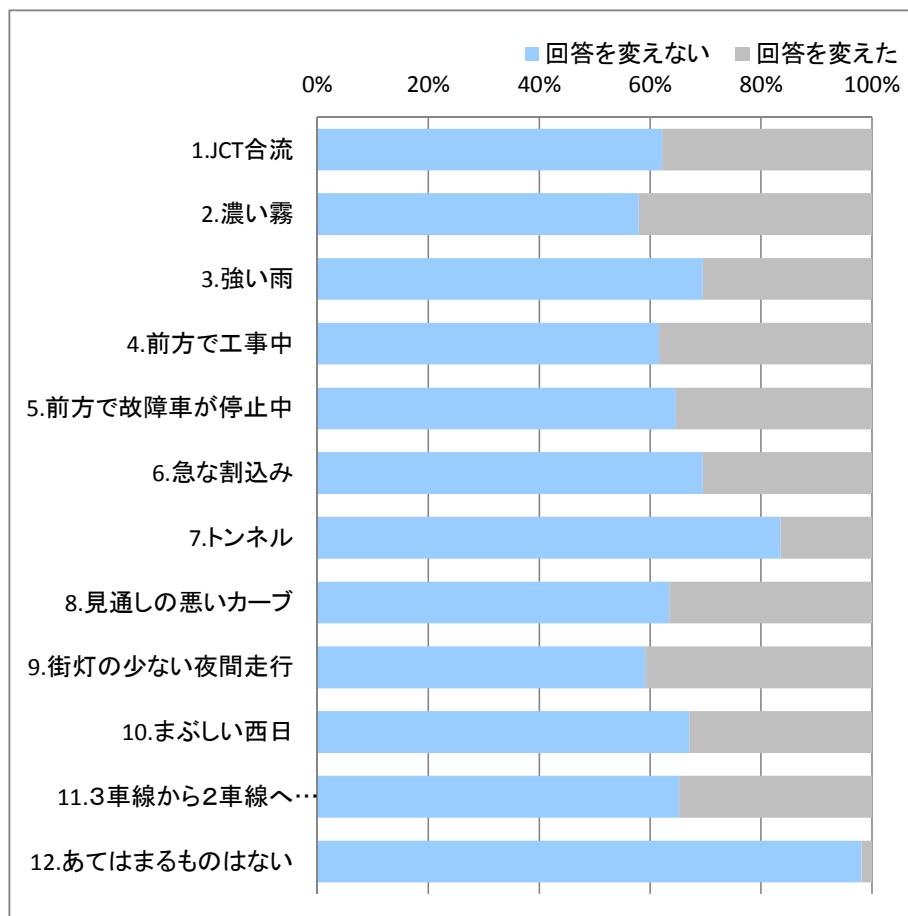
			1	2	3	4	5
16	自動運転の機能に関する用語について、あてはまるものをそれぞれお選びください。	全体	正しく理解している	言葉から想像がつく	説明を見たが、理解していない	説明を見たことがなく、理解していない	聞いたことがない
	自動運転のレベル	2084	105	651	179	211	938
		100.0	5.0	31.2	8.6	10.1	45.0
17			1	2	3	4	5
	自動運転のレベル	1009	59	310	83	103	454
		100.0	5.8	30.7	8.2	10.2	45.0

調査2の結果の例：教示の効果（教示前後で回答を変えた人の割合）

性格の影響の例：【外向性】「自動走行システム」の知識のbefore/afterの差（n=278）

弱:n=164

強:n=114



性格の影響はほぼなし

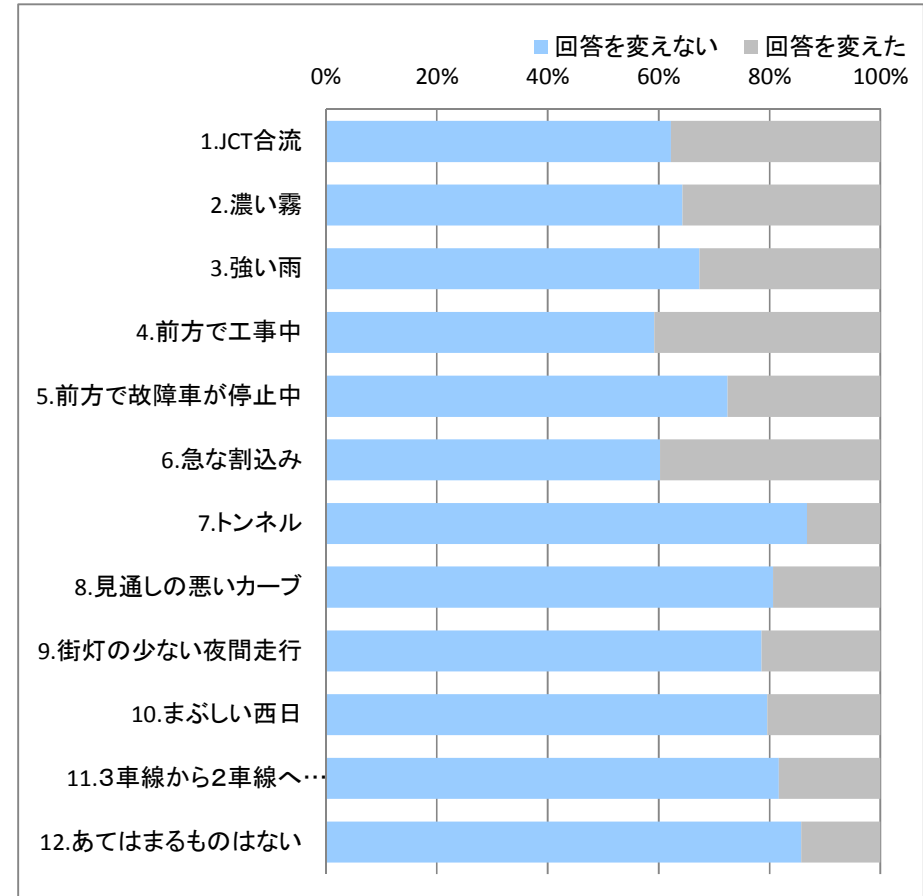
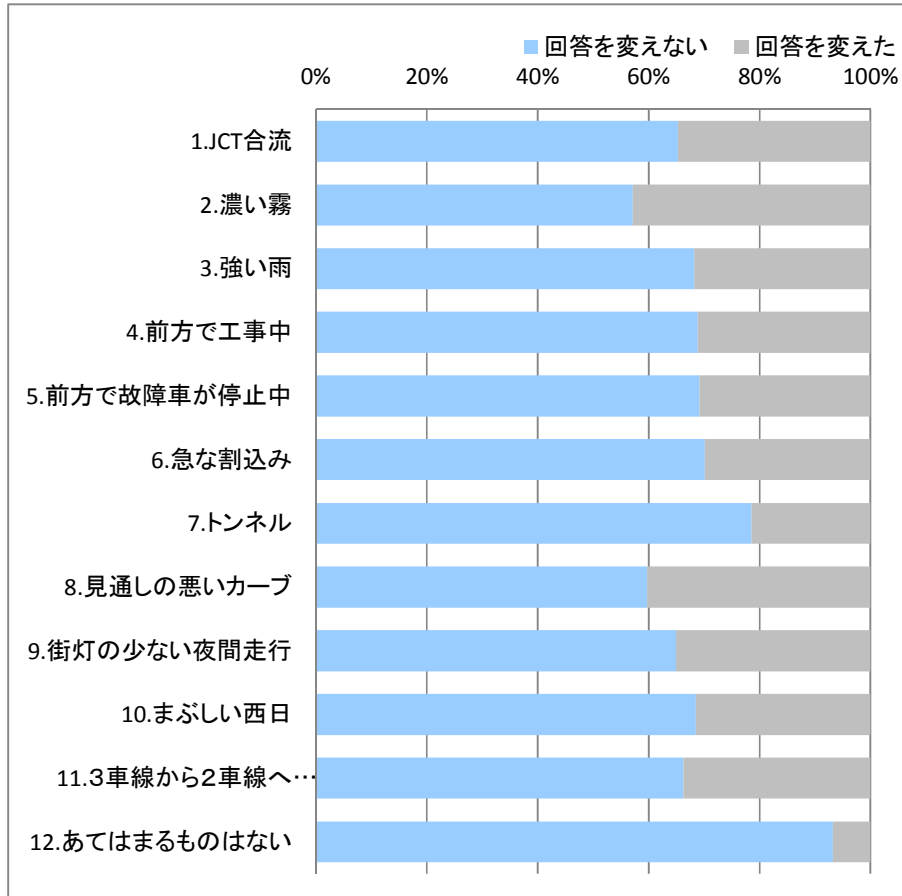
参考：小塩真司・阿部晋吾・カトローニピノ(2012).日本語版Ten Item Personality Inventory (TIPI-J)作成の試み,パーソナリティ研究, 21, 40-52.

調査2の結果の例: 教示の効果(教示前後で回答を変えた人の割合)

【Sequential/Global】「自動走行システム」の知識のbefore/afterの差 (n=406)

SEQ:n=308

GLO:n=98



学習スタイルは教示の効果に影響を及ぼす可能性がある

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

## ウェブ調査まとめと今後の課題

- Research Question 1: 人によって、自動運転に関する理解の仕方に差異があるか。不足の知識を補いさえすればよいか
  - 学習スタイルが理解の仕方に影響を及ぼす可能性あり
- Research Question 2: 自動運転の機能とその限界、ドライバの役割などに関して、区別されるべき学習スタイルは何か？
  - 現時点では結論に至っていない
  - 引き続き調査検討を要する
- Research Question 3: 各々の学習スタイルについて、適切な教示・教育方法はどのようなものであるか。最大公約数的な方法で対応可能か
  - RQ2の結論を踏まえて検討

## 実験A-3-1: システムの自覚のない機能限界(見落とし)の察知(DS実験)

(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。

(自動運転レベル) レベル2相当(サブタスク無、ただしハンズオフ)

(方法)

被験者: 65歳以上の高齢者60名

独立変数: HMIでドライバに伝える内容(被験者内要因)

- i. システムが認識しているものすべてをドライバに提示する
- ii. システムの意図を提示する
- iii. iとiiの組み合わせ
- iv. 平常時の表示なし

従属変数:

- 介入者数、事故発生者数、運転引継ぎ時の障害物とのTTC

作業仮説:

- 検知情報提示により、システムのハザード見直しに適切に対応できる

本実験における評価指標は以下のとおりである。

シナリオ:

- i. ハザードの見落とし(パイロン, 路面の陥没, 停止車両@非混雑時)
- ii. 環境誤認識(レーンマークの誤認識@混雑時, 小さな障害物の誤認識@非混雑時)

使用設備:

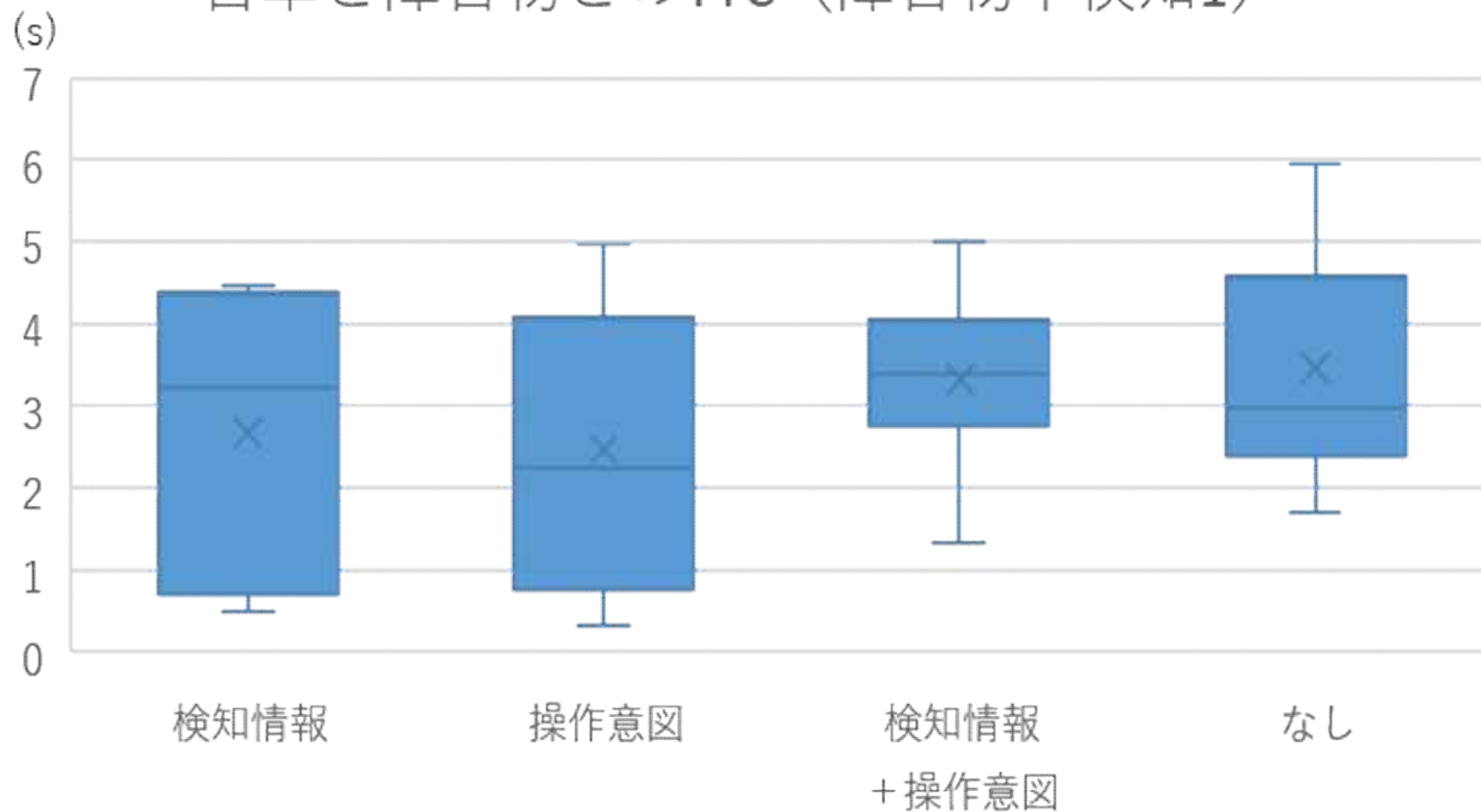
- 筑波大 簡易ドライビングシミュレータ





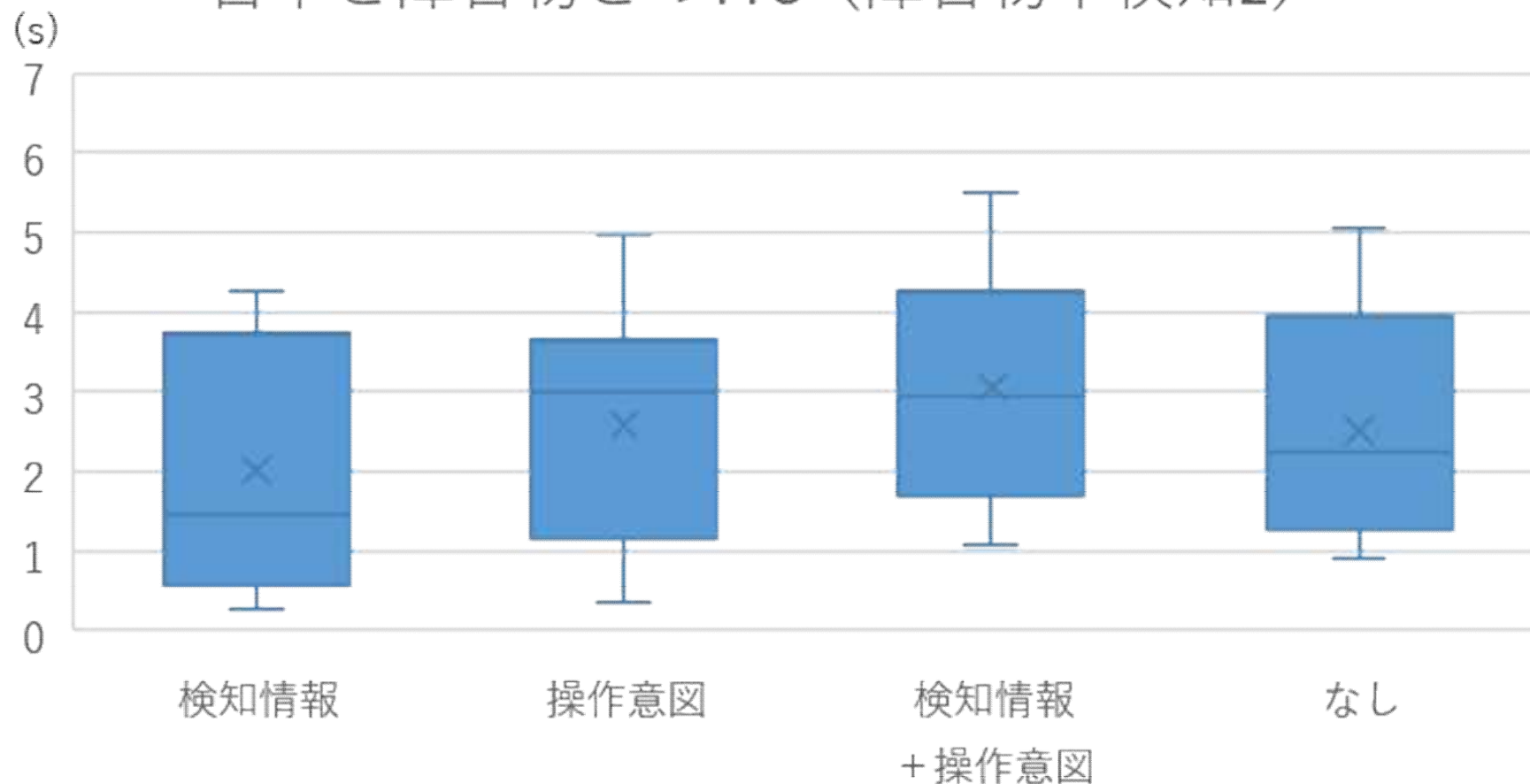
## パイロン不検知への対応

自車と障害物とのTTC（障害物不検知1）



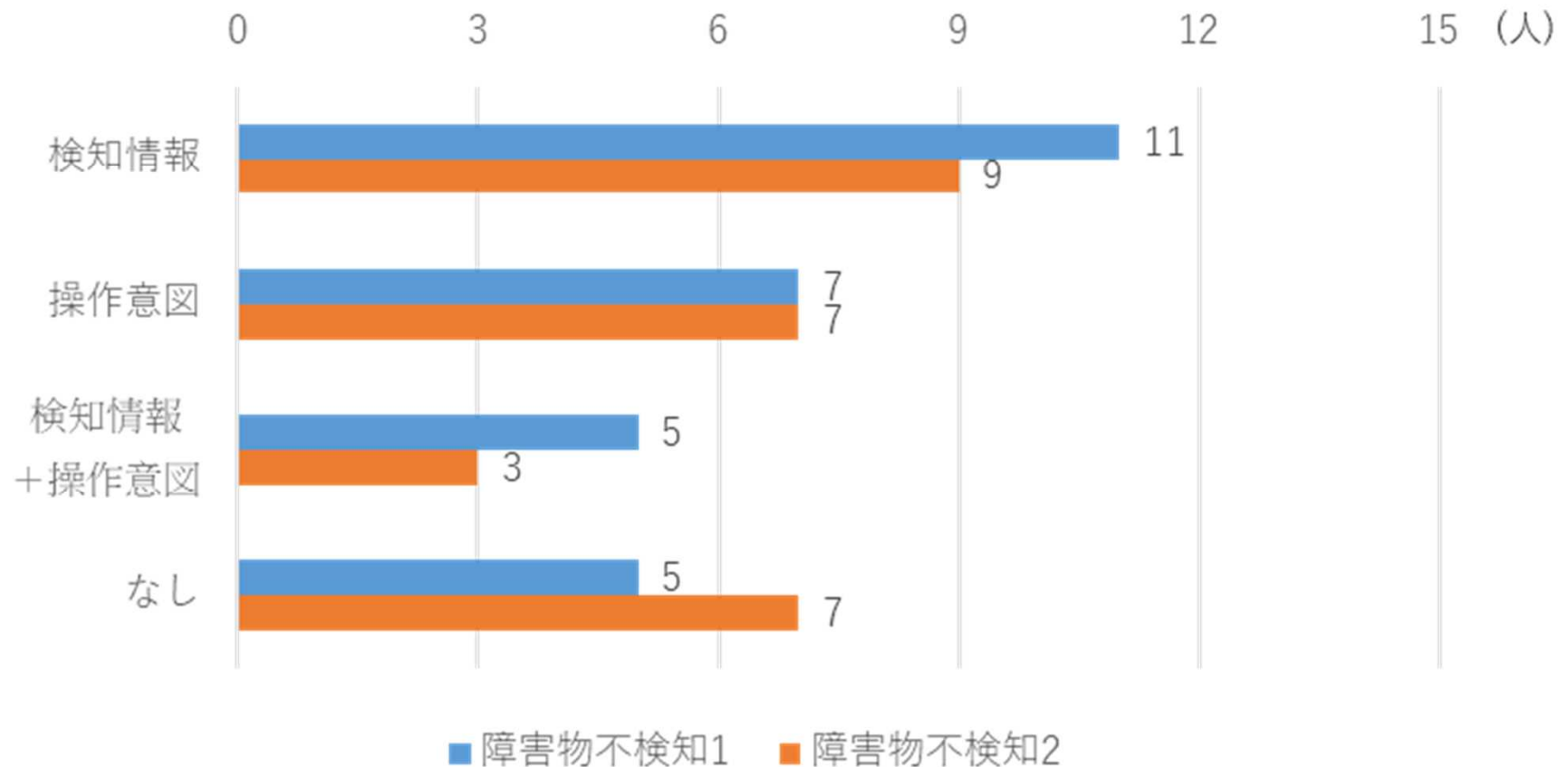
## 段ボール不検知への対応

自転車と障害物とのTTC（障害物不検知2）



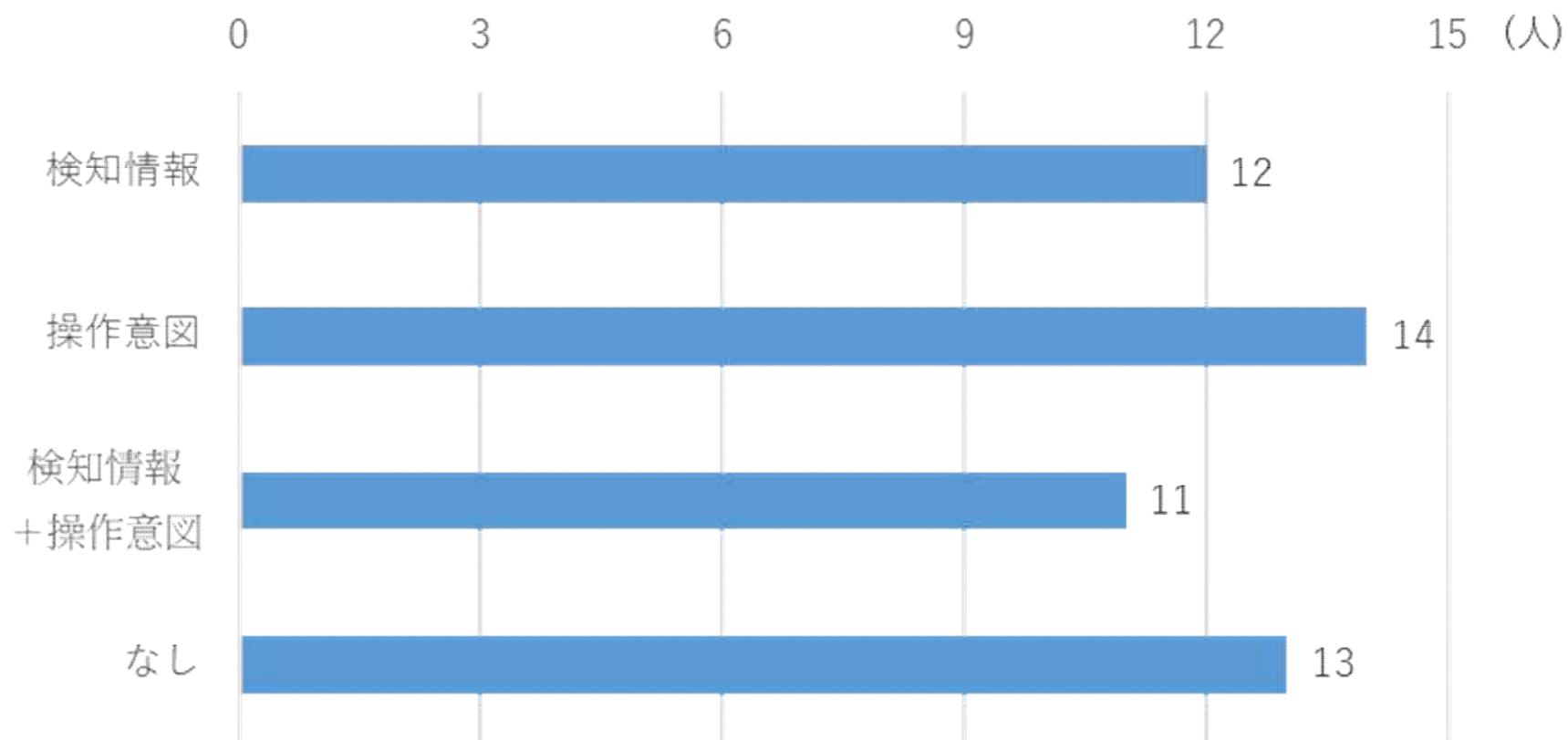
## 事故発生数

事故発生者数（障害物不検知1、2での比較）



## 事故発生数

事故発生者数（システムの誤認識）



## 実験A-3-1のまとめ

- HMIの効果

- 検知情報に加え、意図情報をも加えると、システムのハザード見落としに気づくことができる可能性が高くなる
  - ただし、その効果は今回の実験では顕著ではなかった

- 成果の活用

- 現段階では結論を出すに至らない
  - 検知情報＋意図情報を表示するとベターだとは言えそうだが、必須かどうかはまだ結論を出せない
    - DSが簡易であること？ Nが少ないこと(各群15名)？
    - 被験者が高齢者であること？
- FY18に、詳細な実験を実施する

## 実験A-2-2 : システムが自覚する機能限界(制御終了)のスムーズな理解(DS実験)

(目的) 環境認識に関するシステムの確信度に相当する情報を提示する効果を検証する。  
(自動運転レベル) レベル2 (セカンダリアクティビティなし、ただし、ハンズオフ)

(方法)

被験者: 高齢層(65歳以上、平均72歳) 30名(各条件 10名ずつ)

独立変数: 見通せている範囲を視覚化するHMI(被験者間)

- コントロール(統制)条件(HMIなし)
- 見通せている範囲によってアイコンの濃度を変更
- 見通せている範囲の違いを色によって区別

従属変数:

- 介入場面での操舵開始タイミング、介入後の操作の安定度

作業仮説:

- 確信度情報を提示することによって、  
介入をスムーズに行うことができる

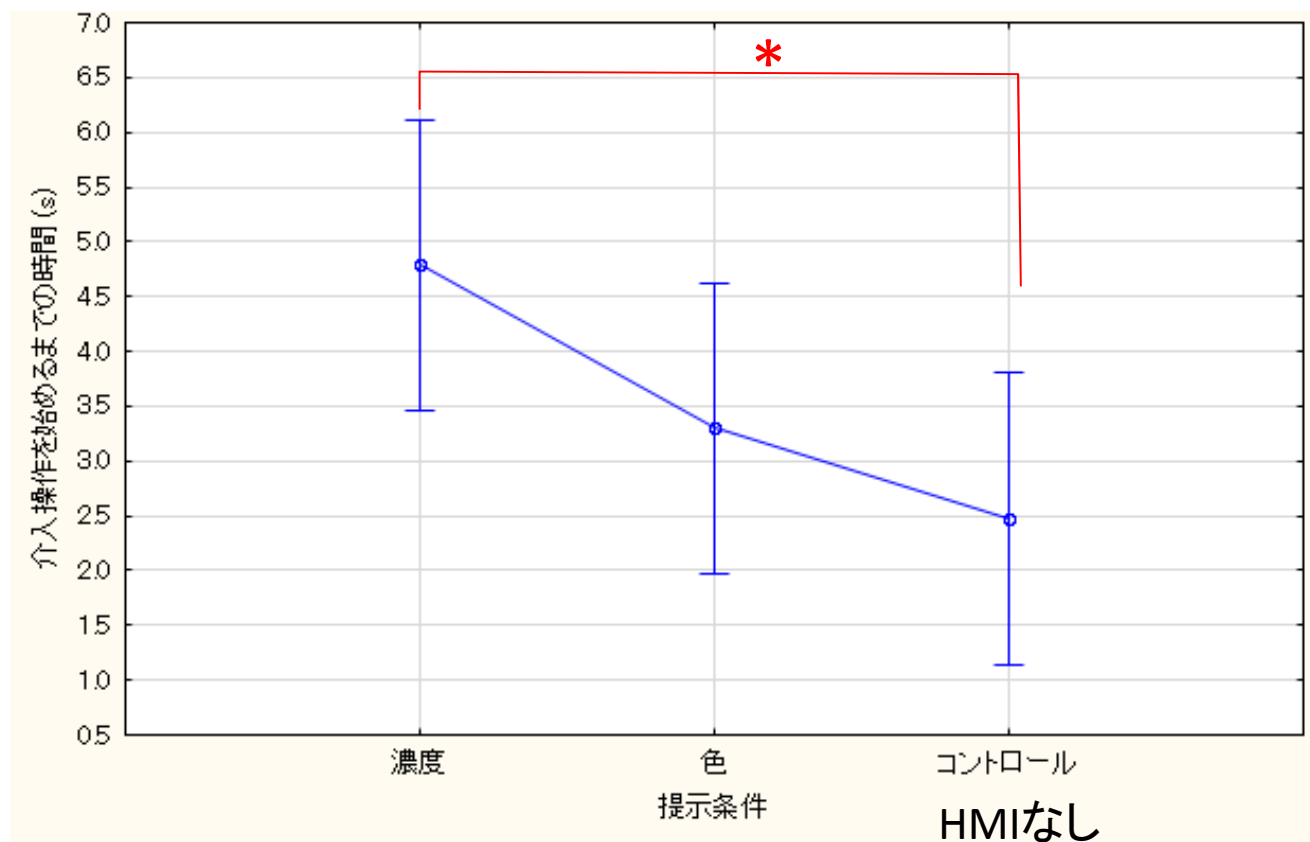
シナリオ:

- 霧により見通し悪化: 緩やかな状況変化 or 急な状況変化
- レーンカスレ: 緩やかな状況変化 or 急な状況変化

使用設備:

- JARI 動揺装置付きドライビングシミュレータ

## 実験A-2-2実験結果の例(白線かすれ, 急な状況変化)



この実験では、外界の手掛かり情報(白線カスレ)があり、制御解除までの時間が短い。

HMI表示の意味を理解するための時間だけ、HMIあり条件では反応が遅れる。  
色は瞬時に識別できるが、濃度は、良く見ないとわからないため遅れが顕著。

## A-2-1: RtI発出時のドライバー周辺認識支援(DS実験)

(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)RtIが出される場合の、周辺認識を支援するディスプレイの有効性を評価する

(自動運転レベル) レベル3 カテB2 (セカンダリアクティビティ: SuRT)

(方法)

被験者: 若年層の36名(平均37歳)、各条件に12名ずつ

独立変数: 事前知識(被験者間要因)

- 条件a: 状況認識支援ディスプレイ なし(コントロール)
- 条件b: 電子ミラー(中央に集約)
- 条件c: 魚眼レンズ

従属変数:

- 事故率、介入場面での操舵開始タイミング、介入時の他車両との衝突リスク

作業仮説:

- 状況認識支援ディスプレイによって、周囲の状況を適切に判断でき、「いつ、何をなすべきか」が適切に判断できる

使用設備:

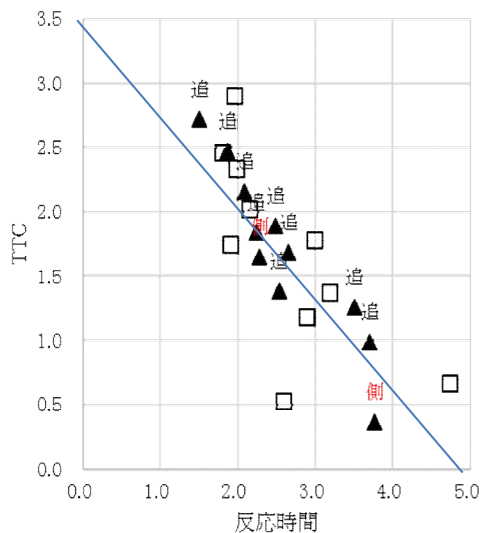
- 筑波大 ドライビングシミュレータ



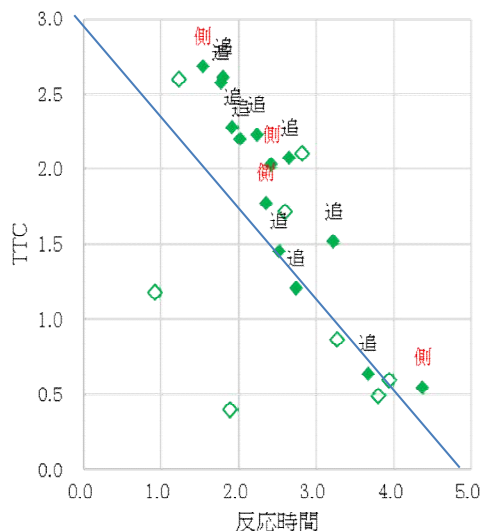


結果の例:シナリオ(9), (10)における介入までの時間、介入時の後続車とのTTC,事故

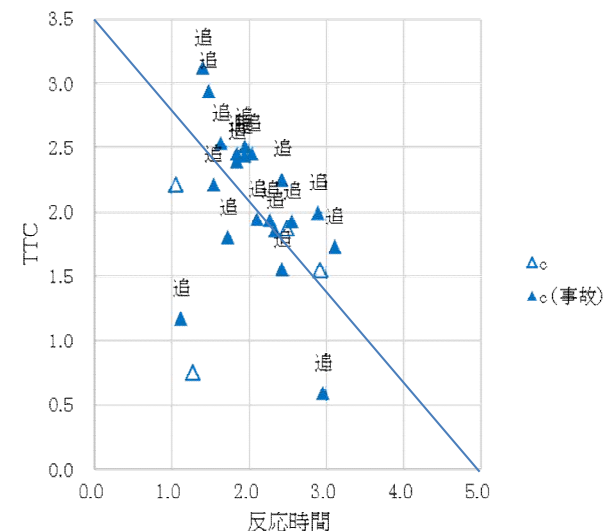
(後続車に追い抜かれる前に車線変更を行ったケース)



条件a  
コントロール



条件b  
電子ミラー



条件c  
魚眼レンズ

側: 自車が後側方から高速でくる車両に側面衝突  
追: 自車車線変更後に後続車が追突(後側車減速せず)

- 追い抜かれる前に車線変更を行った件数(図中の点の数)は、条件によらずほぼ同じ
- 電子ミラー条件では、TTC高めの時に迅速な車線変更判断をしているが、側面衝突が目立つ
  - 距離感がうまくつかめていない?
- 魚眼レンズでは全体として判断が早い

## A-2-1: RtI発出時のドライバー周辺認識支援(DS実験)の課題

- 電子ミラー
  - サイドミラー+ルームミラーの統合により広視野の支援画面の提示を考えていたが、特殊な形状のディスプレイ(横長)が必要となる
    - 大きなスペースを確保するか
    - あるいは、小さなディスプレイに表示する
- 魚眼レンズ方式
  - 限られたスペースを有効に活用する一方式として、魚眼レンズ的な表示がありうるが、認知負荷は大きい
- 周辺状況認識支援の方式として、以下を比較検討していくことが必要
  - 電子ミラー、魚眼レンズのように生の映像を限られたスペース内に表示する方法か
  - 他車両の存在、接近を知らせる注意喚起・警報のフェーズで伝える方式か

← FY17の実験結果は、不用意な支援ディスプレイではかえってユーザーを混乱させる可能性があることを示唆している

## 実験A-3-3:「ココドコ？」問題の抑制支援(DS実験)

(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、何の情報が運転引継ぎ時の行動に影響を及ぼすか調査する。

(自動運転レベル) レベル3 カテB2 (セカンダリアクティビティ:TV視聴)

(方法)

被験者:若年層の60名(平均44歳)、各条件に20名ずつ

独立変数:事前知識(被験者間要因)

- 条件1:ナビと連動しない自動運転システム(目的のJCTでもRtIなし)
- 条件2:ナビと連動した自動運転システム
- 条件3:条件2+ランドマーク通過時にアナウンス

従属変数:

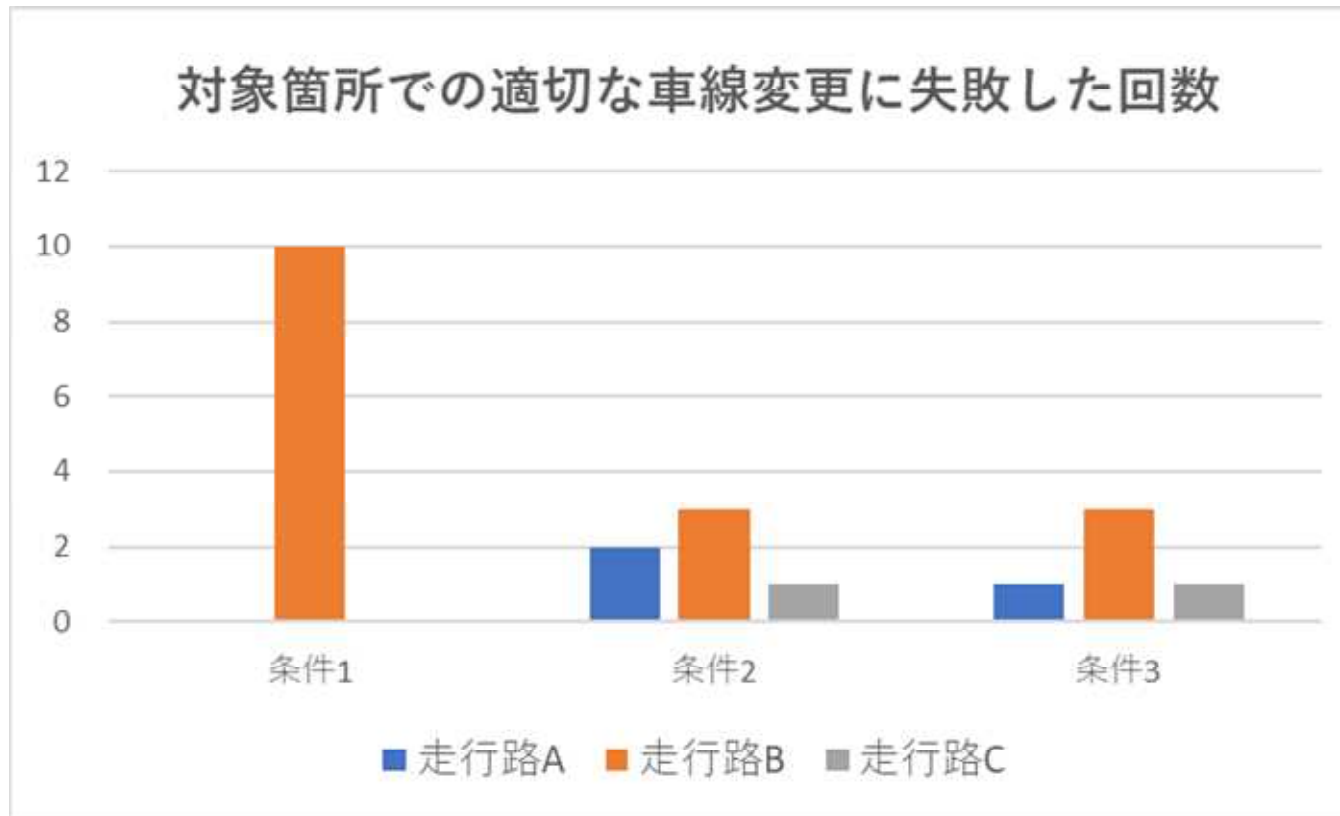
- 方向選択の正否、介入タイミング
- 作業仮説:
  - ランドマーク通過時のアナウンスにより、運転引継ぎを前もって認識でき、道の選択を誤らない

使用設備:

- 筑波大 ドライビングシミュレータ



実験A-3-3:実験結果(対象箇所での適切な車線移動に失敗した回数)



条件1:  
ナビ自走Sys非連動

条件2:  
ナビ自走Sys連動

条件3:  
ナビ自走Sys連動&  
定期的な音声案内

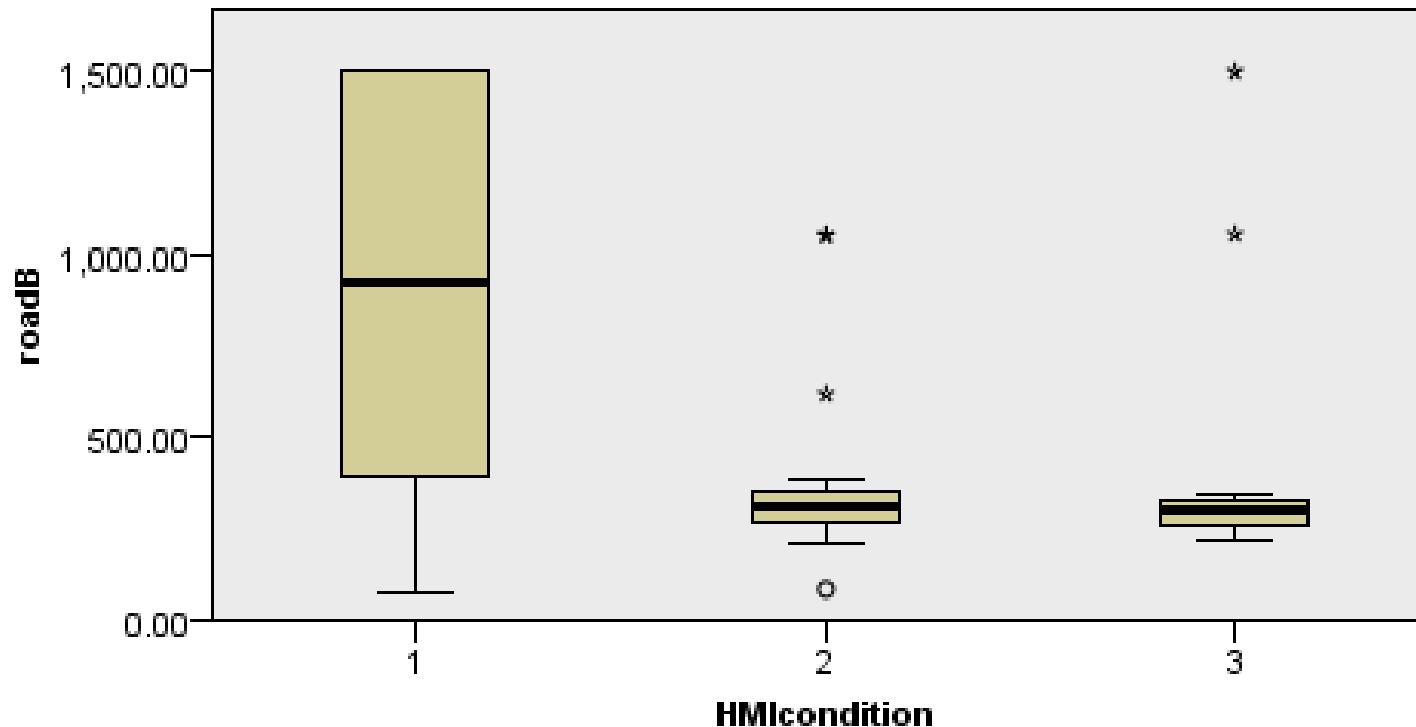
各走行20名ずつ

走行路A: 左側IC  
走行路B: 右側JCT  
走行路C: 料金所

- 適切なナビゲーション表示と、降りる出口・JCTの情報を提示することが重要

## 実験A-3-3:実験結果(手動に切り替えた時の距離、走行路B)

## 独立サンプルによる Kruskal-Wallis の検定



むしろ条件1(ナビ非連動)で介入が早い  
ただし、走行路Bでは条件1で判断誤りが多い  
?? 単に道に不慣れなだけ??

## 実験A-3-3:「ココドコ？」問題の抑制支援(DS実験)追加実験

(目的) 自車の現在地を把握する能力において自動運転及び手動運転間において差がみられるかを検証する

(自動運転レベル) レベル3 カテB2 (セカンダリアクティビティ:TV視聴)

(方法)

被験者:高齢者層の17名(平均72歳)

独立変数:運転モード(被験者間要因)

- 手動: 8名、自動: 9名

従属変数:

- 方向選択の正否、介入タイミング

作業仮説:

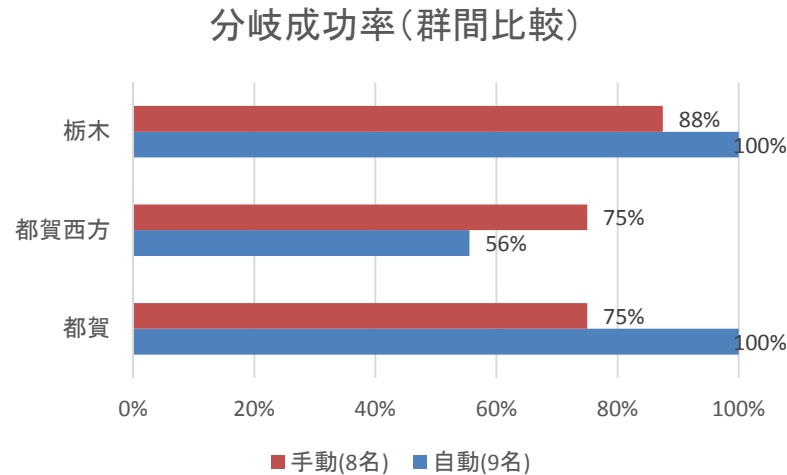
- 自動運転のほうが、運転の文脈から切り離される分、方向選択を誤りやすい

使用設備:

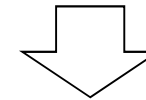
- 筑波大 ドライビングシミュレータ



実験A-3-3:実験結果:方向選択



右へ分岐する都賀西方PA方面への走行では、自動運転条件で間違いが多い



不慣れなルートでは分岐の誤りは手動・自動問わず発生しうるが、複雑な場面では自動運転による影響が顕著

《自動運転群》

ゼブラゾーンを走行できないと勘違いした  
 介入すべきタイミングがわからなかった  
 いつの間にか過ぎていた

《手動運転群》

いつの間にか過ぎていた  
 PAとICを勘違いした  
 「都賀」と「栃木都賀」を同じだと思っていた

## 実施項目B:ドライバーの状態の評価と状態維持のHMI



## 今年度の実施内容

---

1. 自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討と  
ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現性検討
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：  
ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動  
(transition behavior)に及ぼす影響の検討

## DMSの実現性検討



評価用DMS

- ・フレームレート : 60fps以上
  - ・解像度 : VGA(640×480)以上
- <昨年度成果より>



DMS搭載

- ・顔距離 : 650mm
- ・場所 : メータフード左上部



被写体: 開発担当者

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	<b>頻度:</b> 直近2分間の回数
目瞑り	開瞼度20%以下、持続時間500ms以上	<b>PERCLOS:</b> 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	<b>視線持続時間:</b> 直近1分間の各視線場所における平均持続時間(秒/回) <b>視線割合:</b> 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	<b>サッカード(小), (大)生起回数:</b> 直近2分間のサッカード(小),(大)の発生回数

## 1.自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討と ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現可能性

### テストコース実験

目的：2016年度のドライビングシミュレータ(DS)実験にて，DMSの基本構成を明らかにした。

2017年度はテストコース実験を行い，DSで得られた評価指標の実環境での適用可能性と，実環境でのDMSによるドライバー状態の推定可能性を検討する。

**概要：自動走行機能を有する実験車両を使って，RtI提示前のドライバー状態（意識のわき見／わき見）と提示後の運転行動を計測する。**

自動運転レベル：レベル2相当

実験協力者：ドライバー80名

- －意識のわき見(N-backタスク)：40名
- －わき見(SuRTタスク)：40名

# テストコース実験の概要

切替表示(パイロン到達6秒前に提示)

自動運転

手動運転

- 周回路を先行車追従
- 意識のわき見(N-backタスク), または, わき見(SuRTタスク)
- 一人4条件 (手動のみ, 自動のみ, 易しいサブタスク, 難しいサブタスク; 被験者内計画)
- 認知・生理データを計測

- 先行車が車線変更, その先にパイロン
- ドライバーは手動でパイロン回避
- ダミーイベントあり(先行車が車線変更してもパイロンなし)
- Rtl後の車両・運転行動データを計測



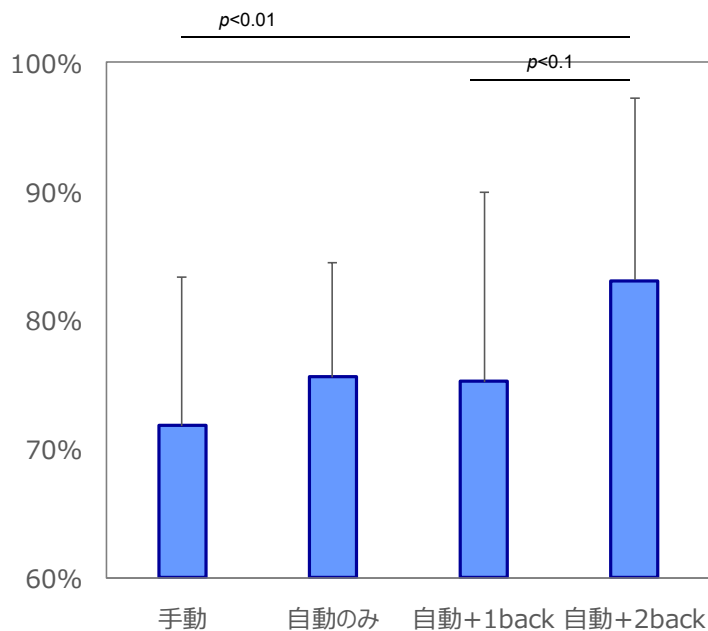
自車の前方映像

先行車から見た自車映像

## テストコース実験の結果(1/3)

意識のわき見の負荷が高まるにつれ、小さめのサッカードの発生割合が増加する。わき見中でも負荷が高いほど小さめのサッカードの発生割合が増加する。→2016年度のDS実験と同様の結果

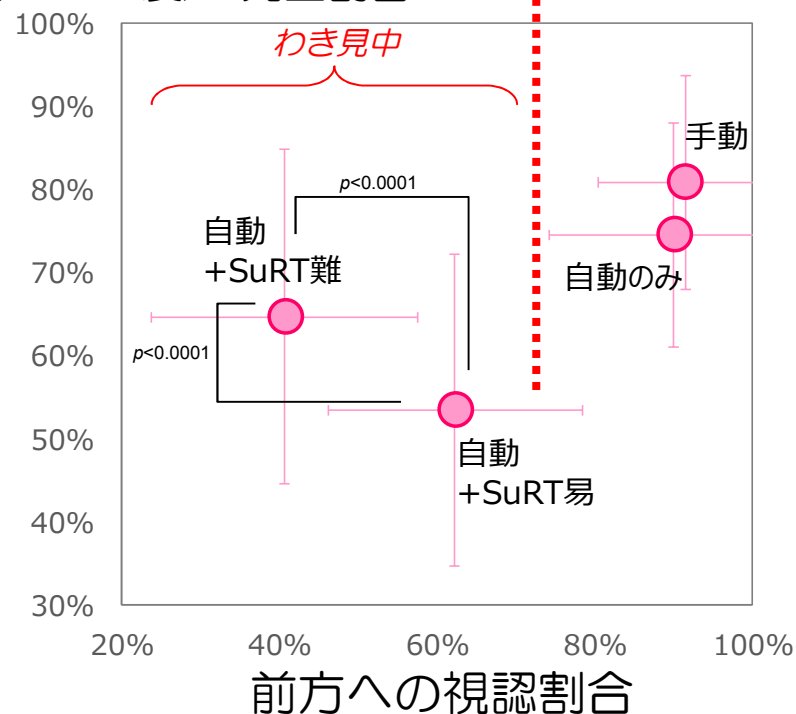
### RtI前の実験条件別のReadiness指標値



切替表示前1分間のサッカード (5~16度) の発生割合

### N-back条件

### 切替表示前1分間のサッカード (5~16度) の発生割合



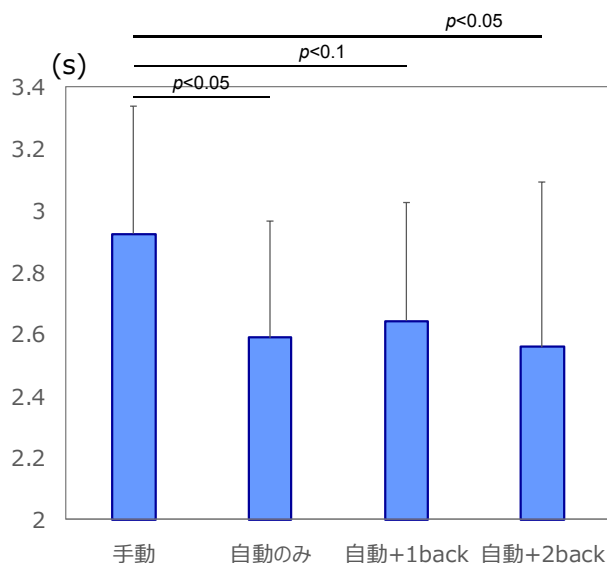
前方への視認割合

### SuRT条件

テストコース実験の結果(2/3)

手動運転に比べて、意識のわき見によって回避時のパイロンとの余裕時間が短くなり、わき見によって回避時のハンドル操作が速くなる→2016年度のDS実験と同様の結果

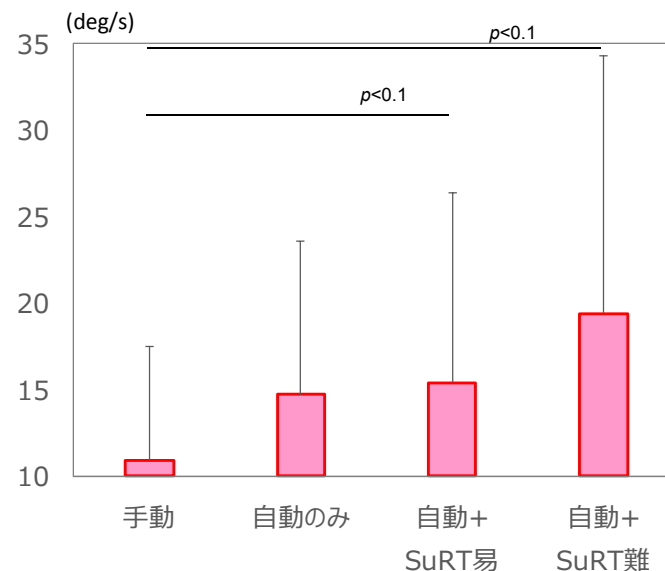
RtI前の実験条件とRtI後の運転パフォーマンス



車線変更時点におけるパイロンまでの余裕時間

**N-back条件**

→車線変更までに“遅れ”が発生している可能性



最大ステアリング操舵角までの操舵速度

**SuRT条件**

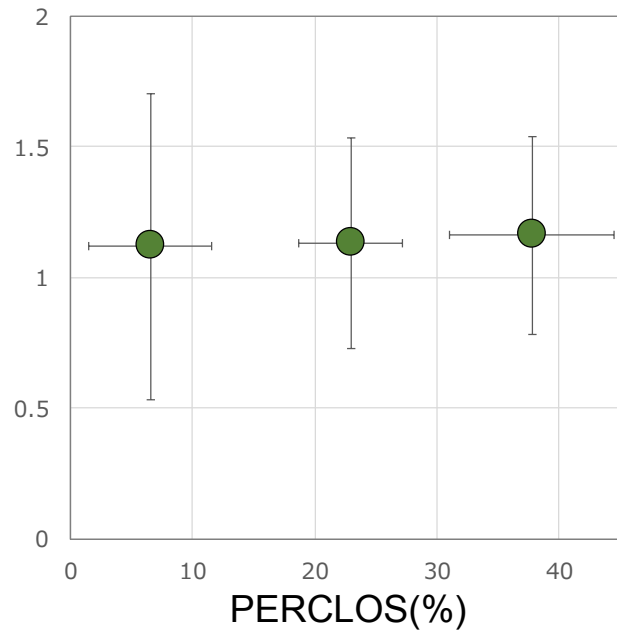
→車線変更後に操舵が安定しない可能性

## テストコース実験の結果(3/3)

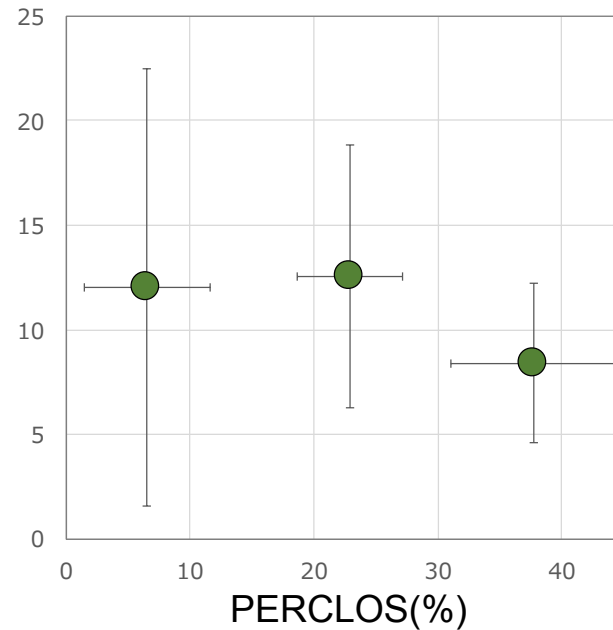
DS実験に比べて、テストコースではそれほど眠気は発生していない模様。  
 少し眠い場合に、車線変更時のパイロンまでの余裕時間が減少する傾向。

※自動運転のみの条件を対象とし、切替表示前1分間のPERCLOSを算出。  
 手動運転後の運転パフォーマンスとの関係性を分析。

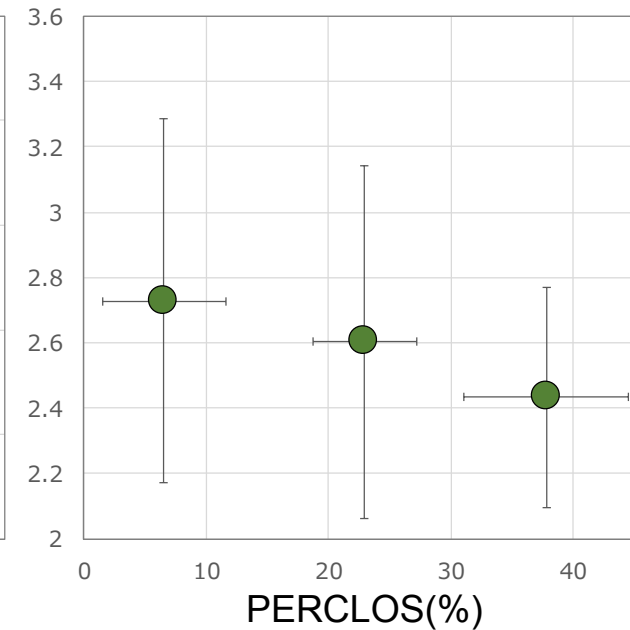
切替表示からステアリング  
 を持つまでの時間(s)



ステアリング最大舵角までの  
 操舵速度(deg/s)



車線変更時のパイロンまでの  
 余裕時間(s)



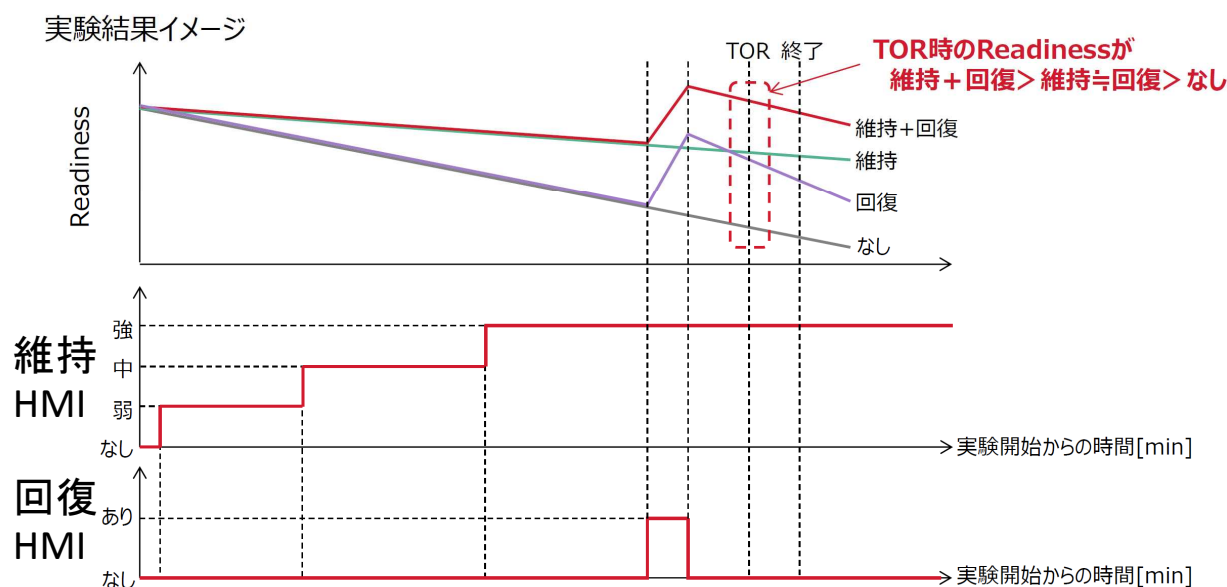
## 2.ドライバー状態維持のためのHMI基本要件の策定：覚醒度維持HMIの効果検討

目的：ドライバーReadinessを維持・回復できるHMIの検討（定置型DS実験）

- Readiness維持：Readinessレベルが一定以下になるのを防ぐ
- Readiness回復：Readinessレベルを一定以上に戻す

HMI：1事例として“触覚・冷覚”を対象

- Readiness維持：走行開始から刺激を連続提示；シート前後左右からの冷風・シート冷却・振動の組み合わせ
- Readiness回復：RtIの1分前に刺激（強い振動）を一度だけ提示

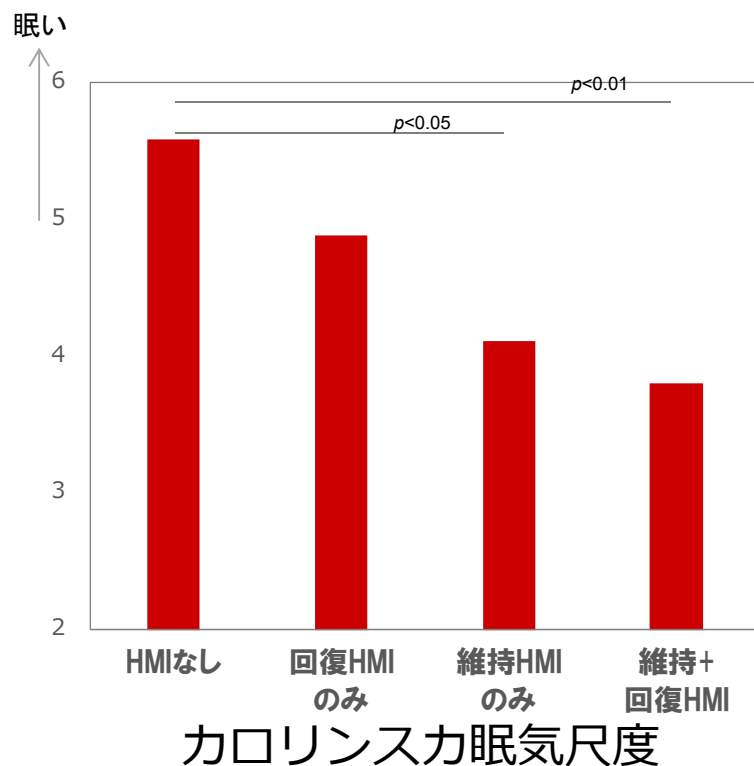


- ドライバー36名
- 自動運転：レベル3相当
- HMI：4条件（HMIなし，維持，回復，維持+回復；被験者内計画）
- 走行シナリオ：自動運転30分→RtI（手動運転に切り替え）→クリティカルイベント（前方停止車両の回避）



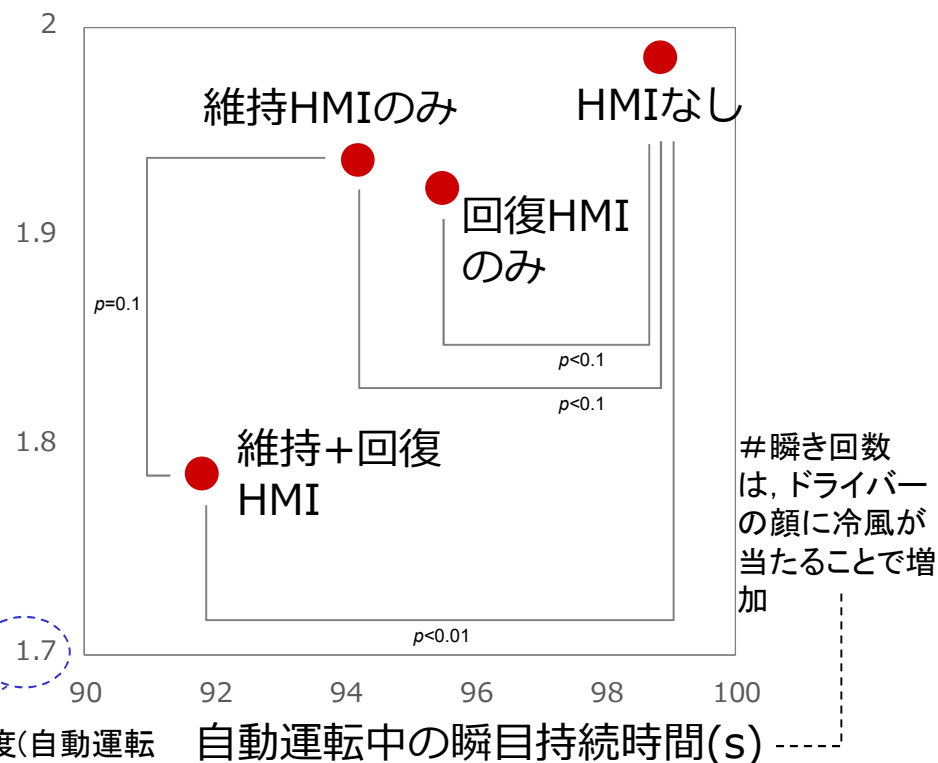
## 覚醒度維持HMIの効果検討の結果

維持HMIと回復HMIの両方あることで、Readiness維持の効果ありと示唆



主観的な眠気(事後評価)では、維持+回復HMIが最も覚醒度低下に効果あり

RtI後のステアリング反応時間(s)



高覚醒度(自動運転3分後のRtI)での平均反応時間

維持+回復HMIにより、RtI後により早く反応できる

#瞬き回数は、ドライバーの顔に冷風が当たることで増加

### 3.ドライバー状態と遷移時間の関係性の導出:

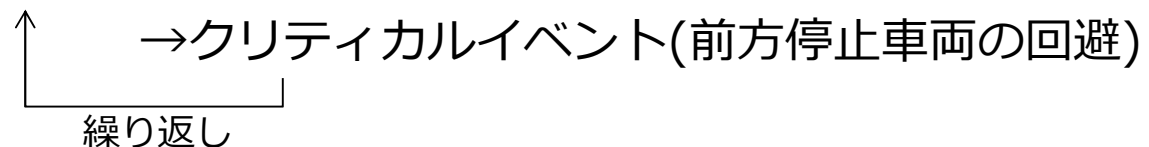
ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動に及ぼす影響の検討  
(モーション付DS実験)

目的:異なるRtIの発生タイミングにて,自動走行中のドライバー状態(意識のわき見,またはわき見)と各発生タイミングでの運転パフォーマンスとの関連を検討し,ドライバー状態と遷移時間との関係を明らかにすることを目的とする.

また,昨年度のDS実験で得られた「自動走行中の“意識のわき見”により,運転引継ぎ場面で障害物の回避行動に遅れが見られたこと」と,「自動走行中の“わき見”により,障害物の回避後の車両安定に時間がかかること」を回避場面での実験的工夫により検証する.

実験シナリオ:実験1とほぼ同様(DSなのでパイロンではなく停止車両を設置)

- 自動運転中は先行車に追従
- 高速道路を模した片側3車線道路
- 自動運転5~6分→RtI表示(手動運転に切り替え)



RtI発生タイミング：4条件を設定[手動運転後に回避する停止車両とのTTCで表現]

TTC：10秒（自工会[JARI]で使用）

TTC：6秒（昨年度実験で使用）

TTC：4秒（自工会ユースケース）

TTC：2秒（文献調査で最短時間）

実験協力者：ドライバー72名【N-back群(意識のわき見)とSuRT群(わき見)】

自動運転：レベル2相当

### **レベル 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」

ドライバー状態：「意識のわき見(2-backの実施)」と「わき見(SuRT難の実施)」

<検証するための実験的工夫>

①停止車両の回避方向の選択判断を設定：

- ・停止車両が左端に停止している場合は右から回避
- ・停止車両が右端に停止している場合は左から回避

②停止車両の回避後のカーブ曲率を変化：

- ・直線区間に停止車両を配置し，停止車両の回避後にカーブに進入する道路
- ・ある試行では，回避後のカーブ曲率がきつくなる[きついカーブに進入]

①

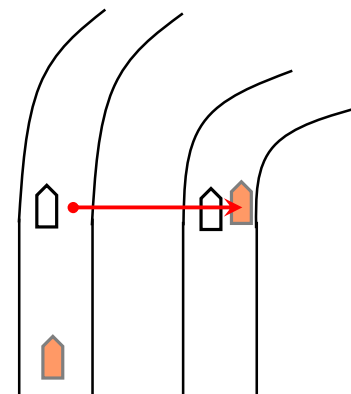


右回避：全試行の2/3 左回避：全試行の1/3

仮説 自動走行中の認知負荷は，ワーキングメモリーの干渉／判断速度の低下により，障害物回避行動に遅れが生じる．選択判断処理の追加により，以下がより顕著となる．

- ・衝突率が増加する
- ・回避時に障害物により接近する

②

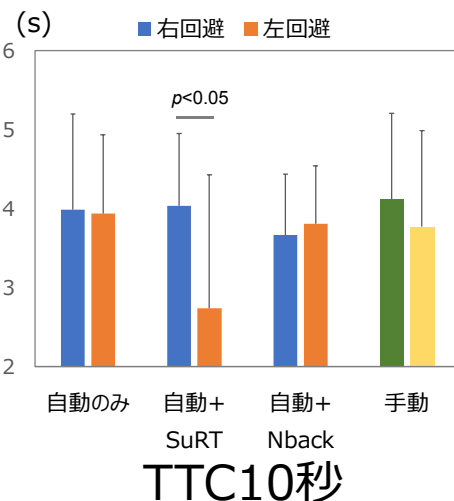
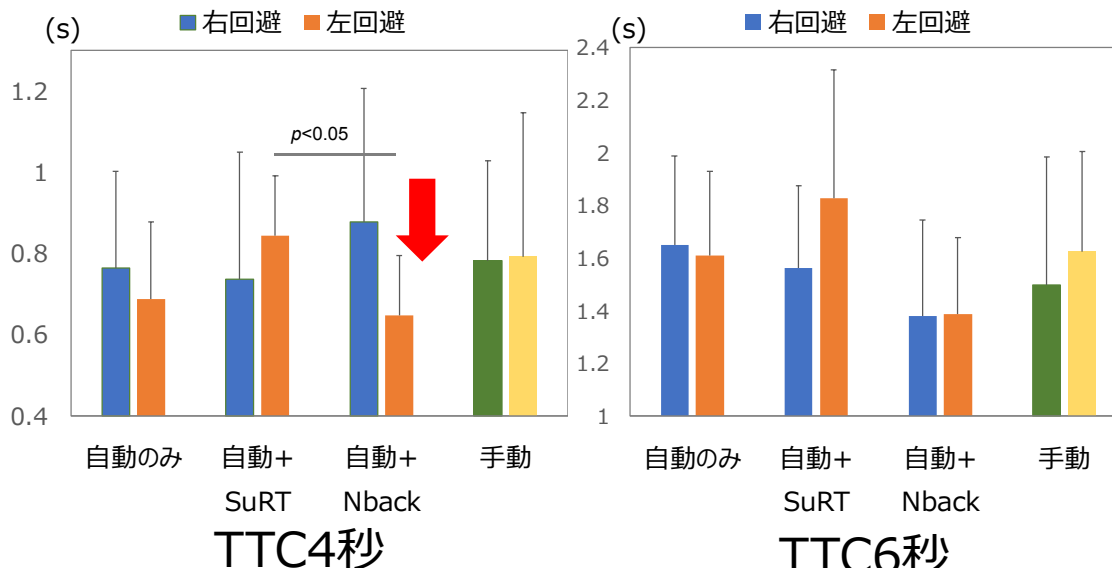
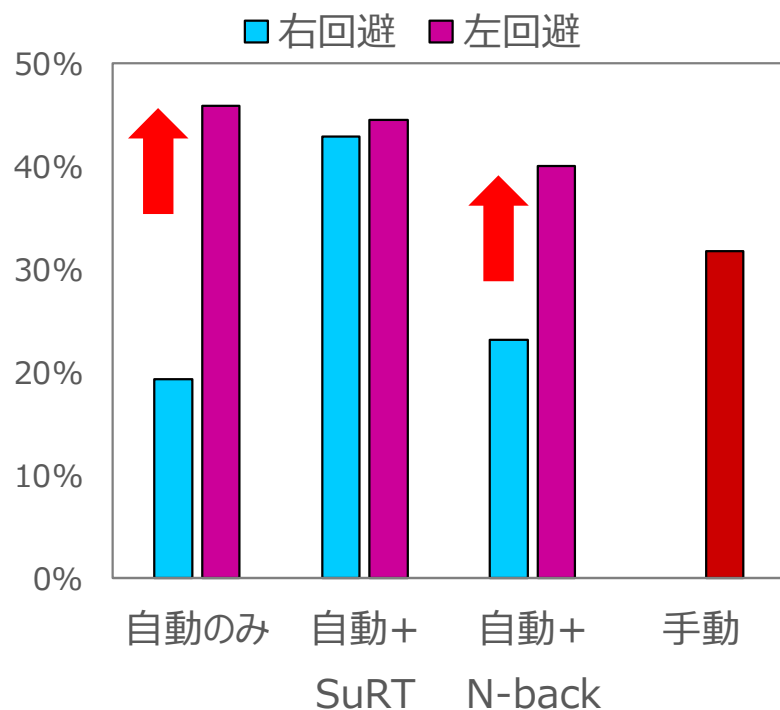


仮説 自動走行中のわき見を伴う視覚・操作負荷は，周囲状況の理解の低下により，とっさに反応した障害物への反応行動が急となり，反応後に車両挙動が不安定になる．

- ・車線逸脱率が増加する
- ・回避後のステアリング操舵がばらつく

ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動に及ぼす影響の検討結果

レベル2相当の教示－認知負荷の影響－

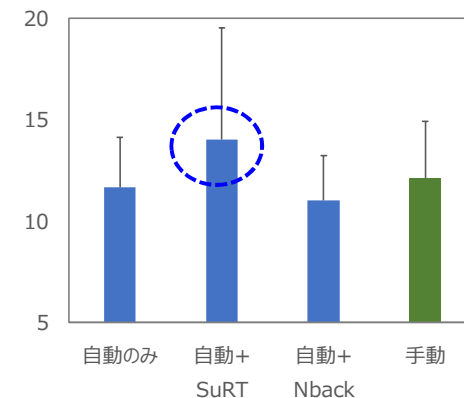
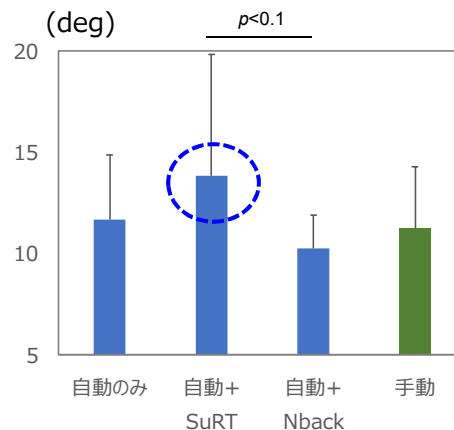
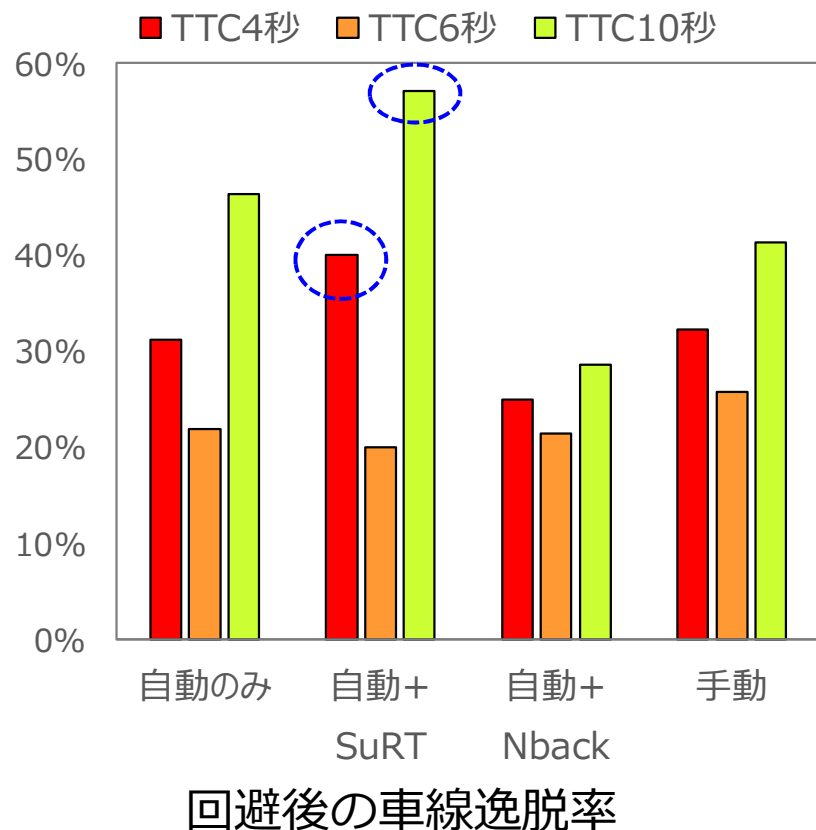


車線変更時の停止車両との余裕時間

意識のわき見により、TTC2秒条件で衝突率が増加し、TTC4秒条件で余裕時間の減少が見られた。

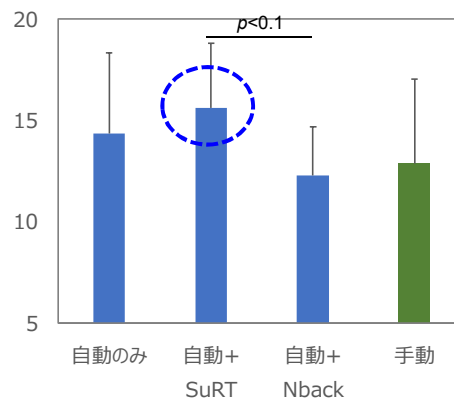
ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動に及ぼす影響の検討結果

レベル2相当の教示－視覚・操作負荷の影響－



TTC4秒

TTC6秒



TTC10秒

車線変更後のステアリング操舵のばらつき

わき見により、車線変更後の操舵のばらつきが大きく、TTC4秒条件で車線逸脱率が増加した。

## ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動に及ぼす影響の検討結果

## レベル2相当の教示 ーまとめー

	TTC2秒	TTC4秒	TTC6秒	TTC10秒
意識の わき見 (N-back)	回避場面で選 択・判断プロセス の追加により、 衝突率が増加	回避場面で選 択・判断プロセス の追加により、 停止車両との余 裕時間が減少	他の条件に比べ て、停止車両と の余裕時間が少 ない	手動や自動のみ と同様のパフォー マンス
わき見 (SuRT)	衝突率が高い [あまりにも余裕 の少ない回避状 況では、衝突を 避けられない]	他の条件に比べ て、回避後の カーブで車線逸 脱率が高い	他の条件に比べ て、回避後の カーブでステアリ ング操舵のばら つきが高め	回避後のカーブ で車線逸脱率が 増加

課題BからのRecommendation <平成30年4月4日時点>

- **ドライバー状態として, “意識のわき見”, “わき見”, “覚醒度”をそれぞれモニタリングする必要があると考えられる**
- **自動走行中のドライバー状態が異なることで, 手動運転へ切り替え後に影響の見られる運転パフォーマンス指標が異なると示唆される**
- **Readinessを維持するために, 定常的な刺激の提示と一時的な刺激の提示の組み合わせが必要であると思われる**



## 2017年度の成果

- 1.自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討と  
ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現可能性の検討  
2016年度成果であるドライバー状態の評価指標を  
テストコース環境にて測定可能であることを確認
- 2.ドライバー状態維持のためのHMI基本要件の策定：  
状態維持HMIの効果の検討  
RtIに対するドライバーの反応を向上できる可能性の  
あるHMI要件を確認
- 3.ドライバー状態と遷移時間の関係性の導出：  
ドライバー状態が自動から手動運転への切替行動に及ぼす影響の検討  
“意識のわき見”と“わき見”というドライバー状態別に、  
異なるRtIの提示タイミングにおける切替行動に及ぼす  
影響を明確化

## 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する課題

## 課題Cの取り組み概要と目標

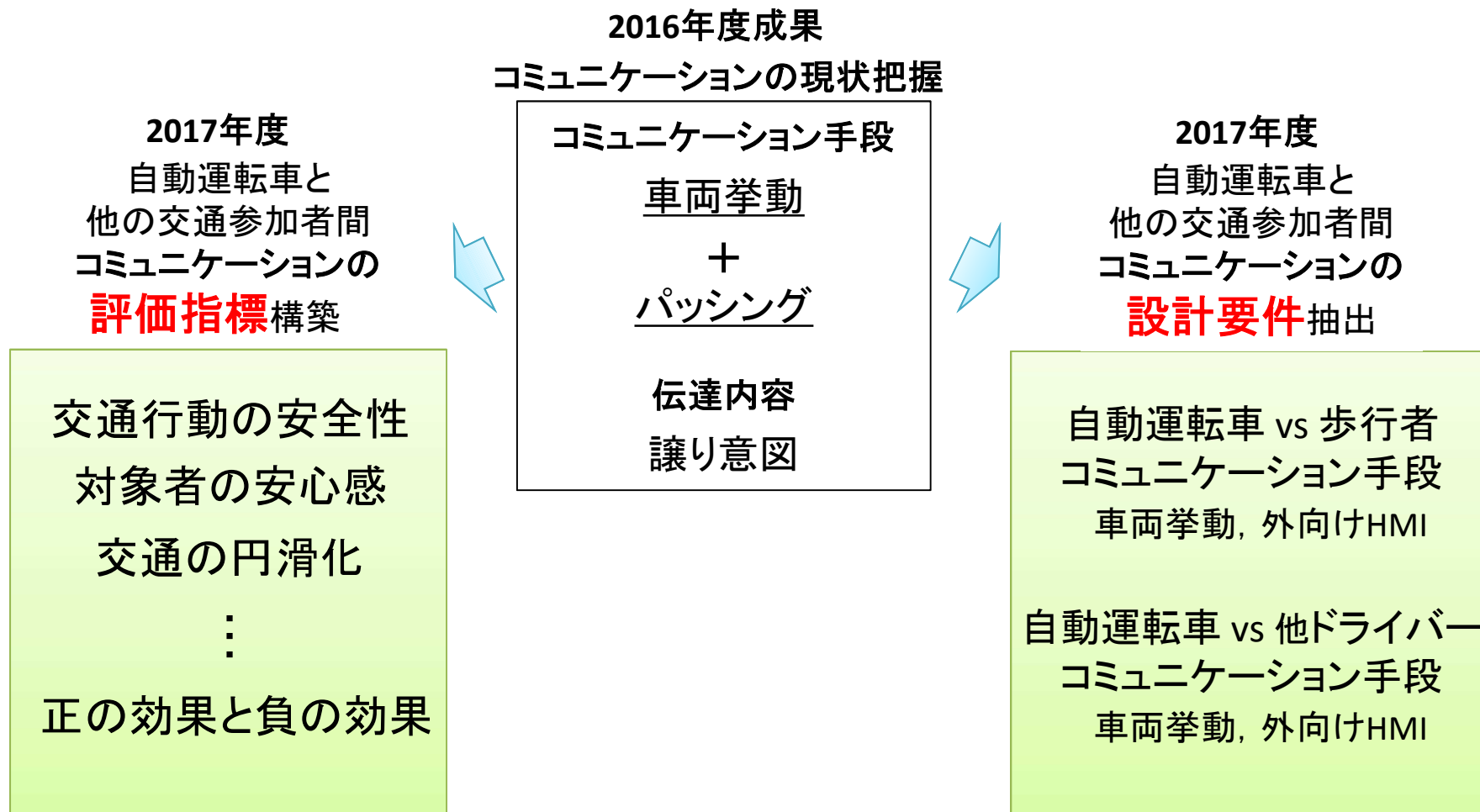
### 平成29年度

- 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  
実道走行による観測実験(公道)
- ii) 外向けHMIの試作と車両挙動による効果検証  
対ドライバー&対歩行者(試験走路)
- 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  
対ドライバー&対歩行者(試験走路)
- iv) 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

### 平成30年度

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および自動運転車であることを周囲に表明する外向けHMIを自動運転車に実装し、実証実験を通じて得られた結果に基づいて、道路環境や交通状況、他の交通参加者の存在を踏まえた上での、自動運転車の車両挙動や外向けHMI仕様に関する知見や指針を抽出する。

自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションの課題



## ドライバー間コミュニケーション実験

外向けHMIの試作と車両挙動による効果検証，自動運転を表明を外向けHMIの試作と効果検討

### ■ 実験目的

ドライバー間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・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と外向けHMIの要件や指針を策定する

- 交差点内の右折待ち車両ドライバーとのコミュニケーション場面对象
- H28年度で得られたコミュニケーション時の車両挙動の検証

### ■ JARI殿試験走路内での実験の実施状況（自動運転車を想定した実験車両）



被験者への指示

- 譲られていると感じたとき
- 右折可能と判断したとき

それぞれのタイミングで反応用ボタンを押下

自動運転車-右折待ちドライバー（被験者）の実験

## 実験方法(ドライバー間コミュニケーション実験)

### ■ 自動運転車の減速挙動と外向けHMIの組合せによる意図・状態の伝達

車両挙動: 速度一定(30km/h→30km/h), 減速①(30km/h→10km/h, ノーズダイブ小), 減速②(30km/h→10km/h(→0km/h), ノーズダイブ大)

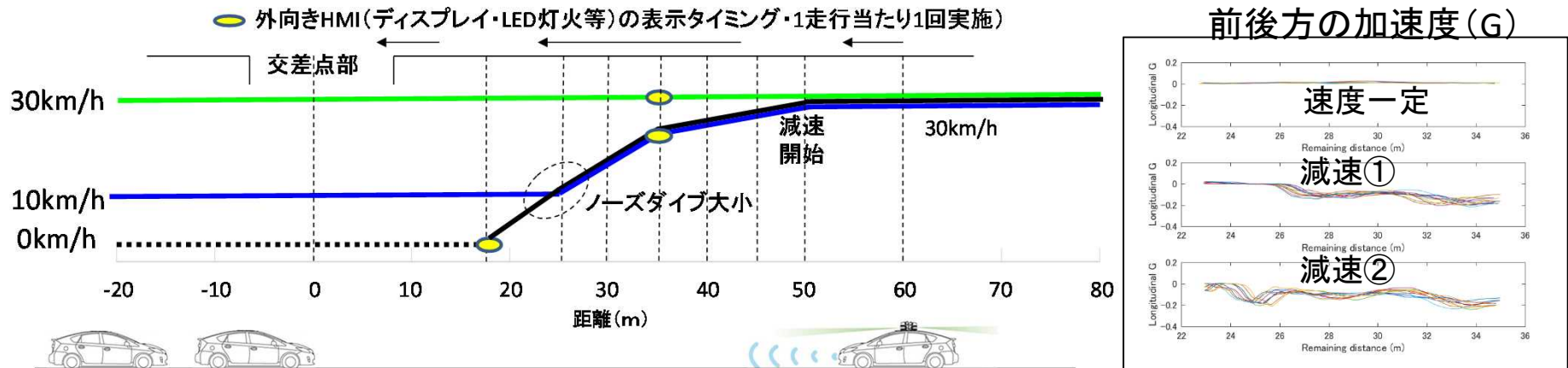


図: 実験車両(自動運転車役)の車両挙動と外向けHMIの提示タイミング



(とまります)



(お先にどうぞ)



(自動走行中)



(LED点減光)

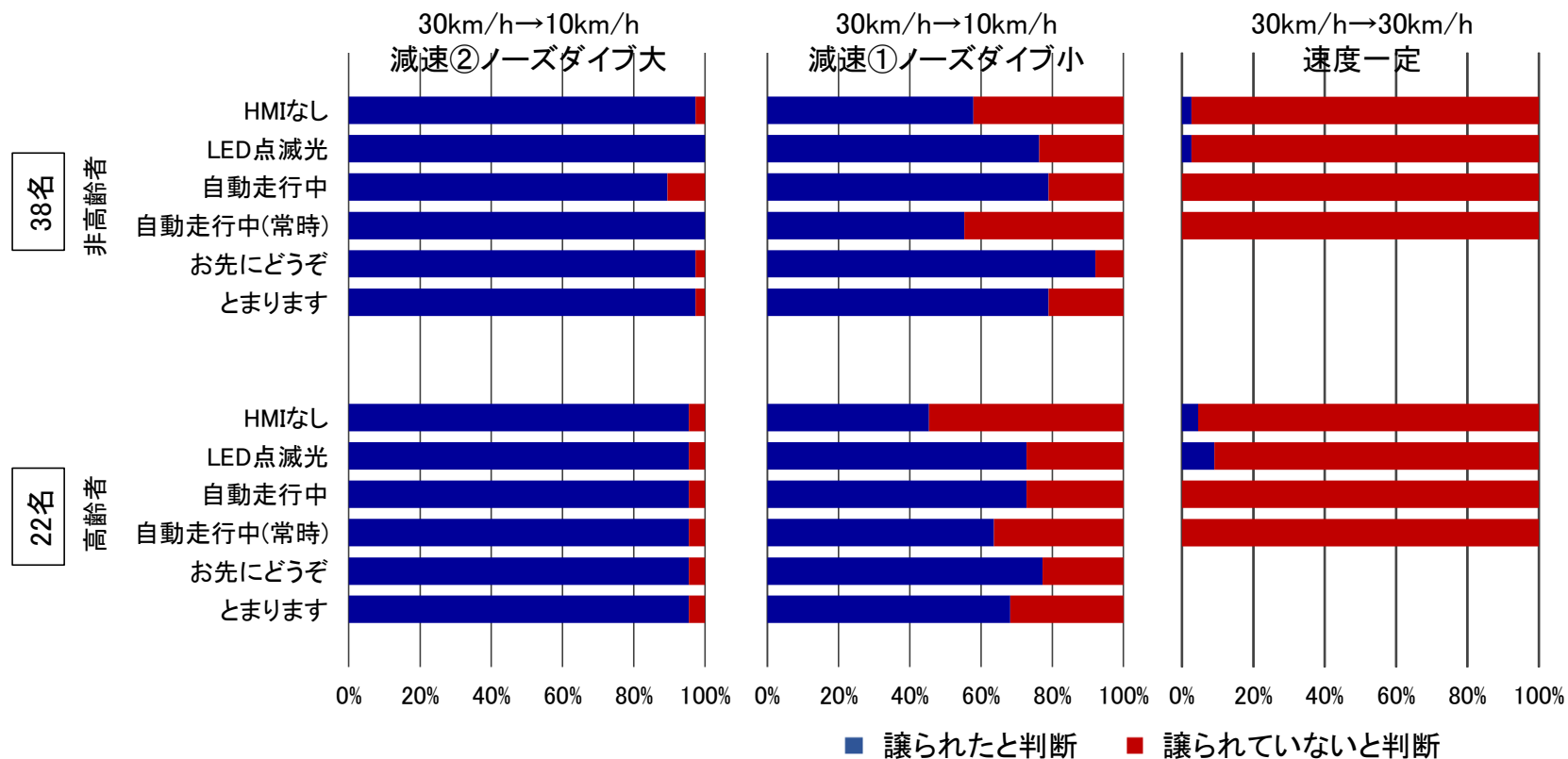
意図・状態の伝達: 意図(停止, 譲り), 状態(自動走行)等  
(伝達の確実性を考慮して, テキストによるメッセージ表示で代用)

灯火による伝達  
(意味の教示なし)

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 譲られたかどうかのドライバー判断の結果(反应用スイッチ押下)

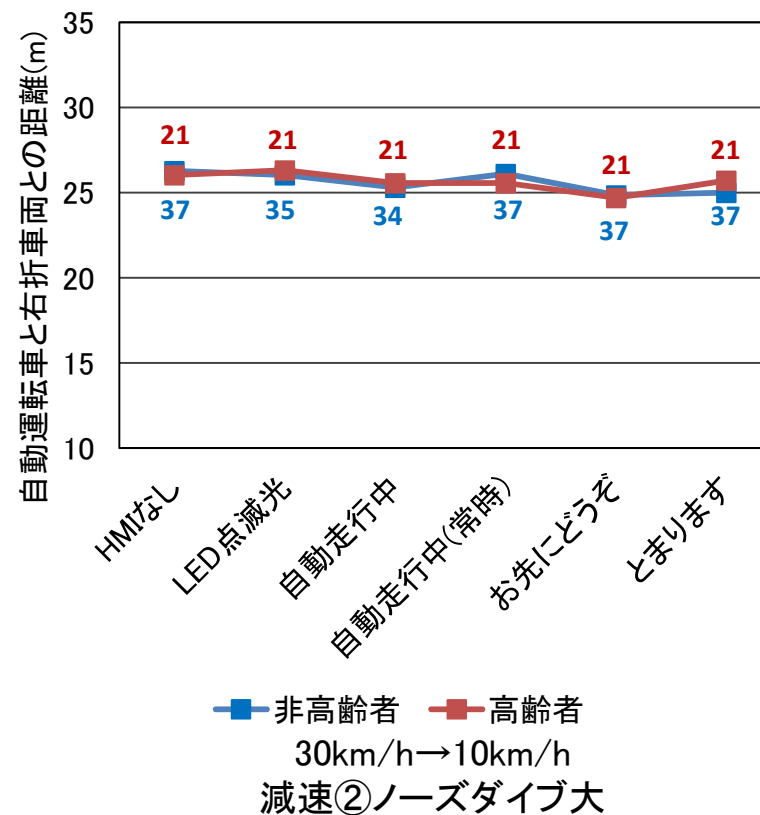
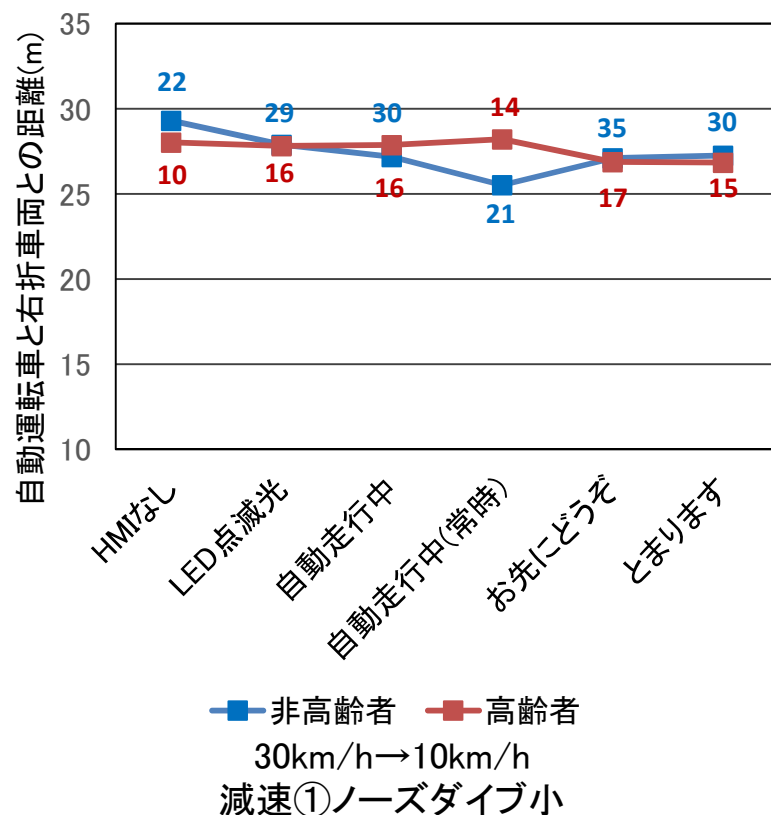


- ①大きな減速挙動だけで自動運転車からの譲り意図をドライバーに認識させることが可能である
- ②減速挙動が十分でない状況でドライバーに譲りを認識させるためには外向けHMIが必要である
- ③常時「自動走行中」と表示すると、非高齢ドライバーで減速挙動に対する譲り認識が低下する  
高齢者でもやや同様な傾向がある

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 譲られたと判断した時の自動運転車と右折車両の距離



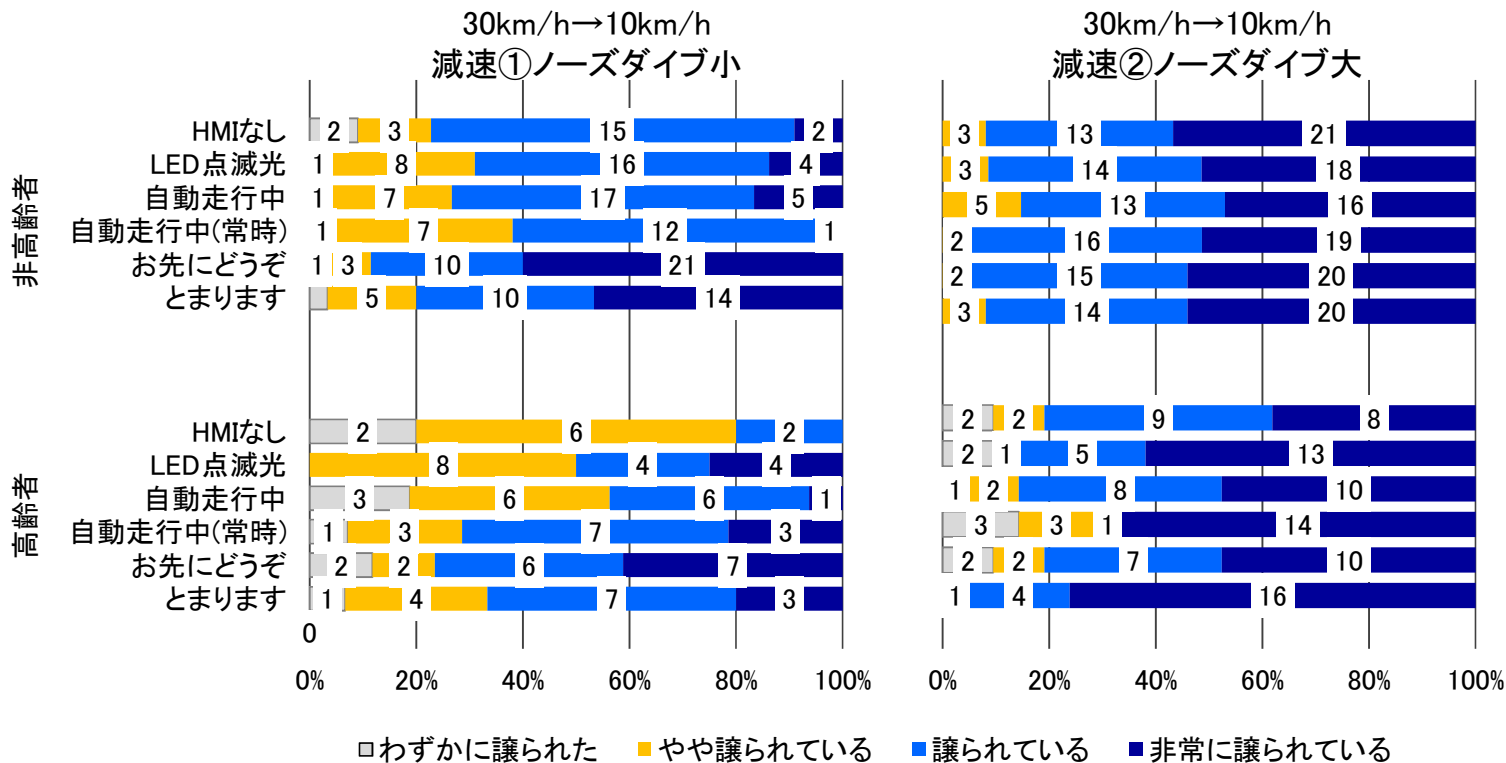
①大きな減速挙動を伴わない状態では、外向けHMIで停止意図を右折待ちドライバーに伝達する場合、やや早いタイミングでの譲り認識を促せる



実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

安心感

■ 譲られたと判断したドライバーが感じた譲りの程度

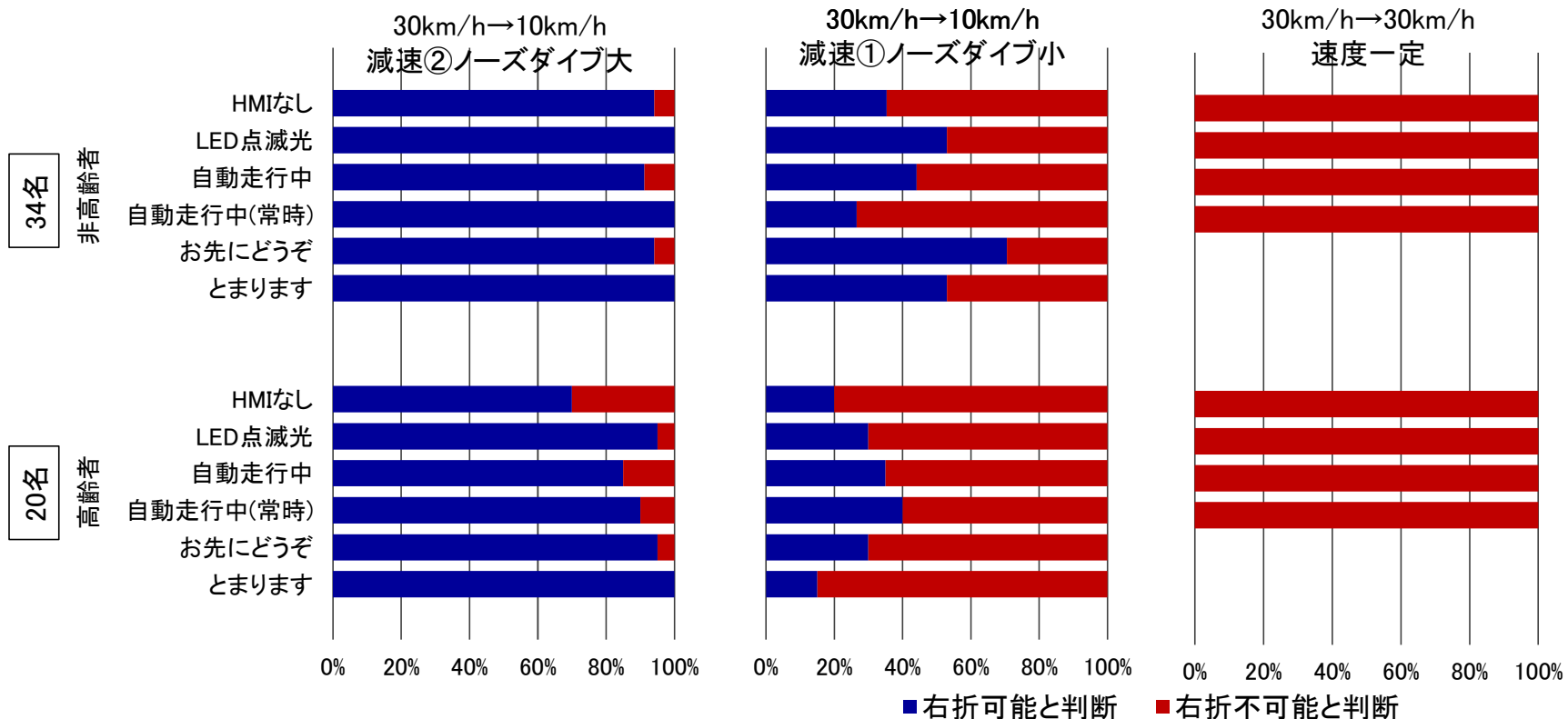


- ①減速挙動を大きく再現することで自動運転車からの譲り意図をドライバーに強く認識させることが可能である
- ②減速挙動が十分でない状況で、外向けHMIで譲りの意図を伝達すると、大きな減速挙動の場合と同程度に、自動運転車からの譲り意図をドライバーに譲りを認識させることが可能である

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 右折可能かどうかのドライバー判断の結果(反応用スイッチ押下)

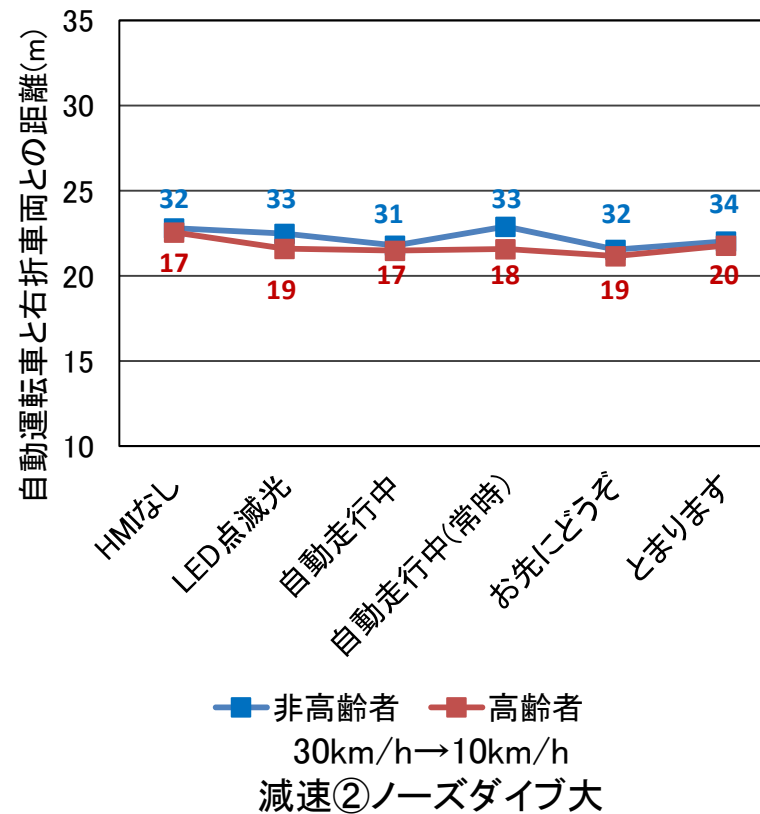
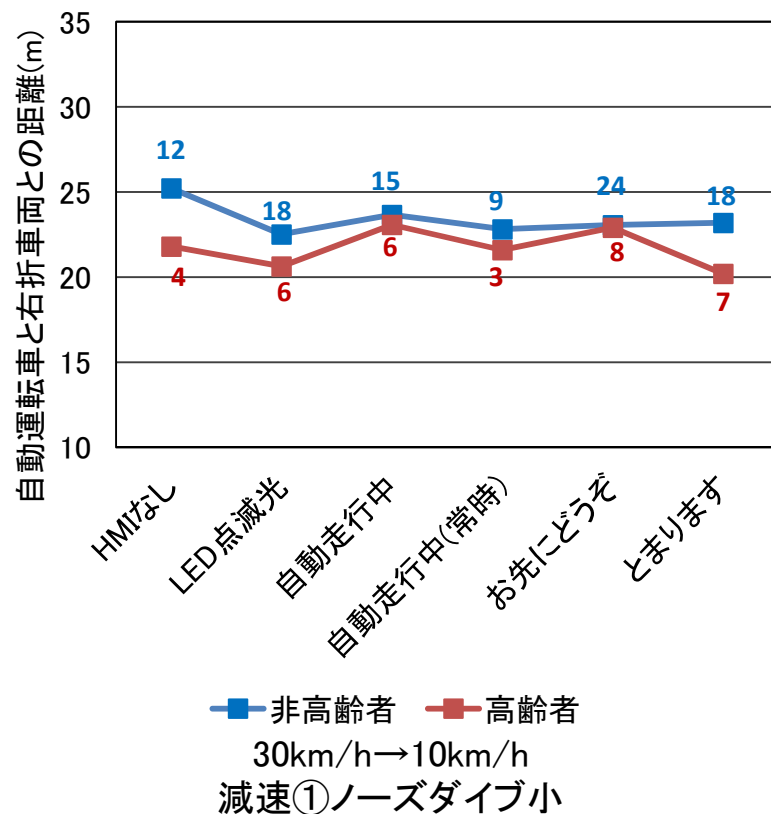


- ①車両挙動が大きい場合, 非高齢ドライバーに右折可能との判断を促せる
- ②減速挙動の大小に関わりなく, 外向きHMIを伴う場合には, ドライバーに右折可能との判断を促せる可能性が高められる

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 右折可能と判断した時の自動運転車と右折車両の距離

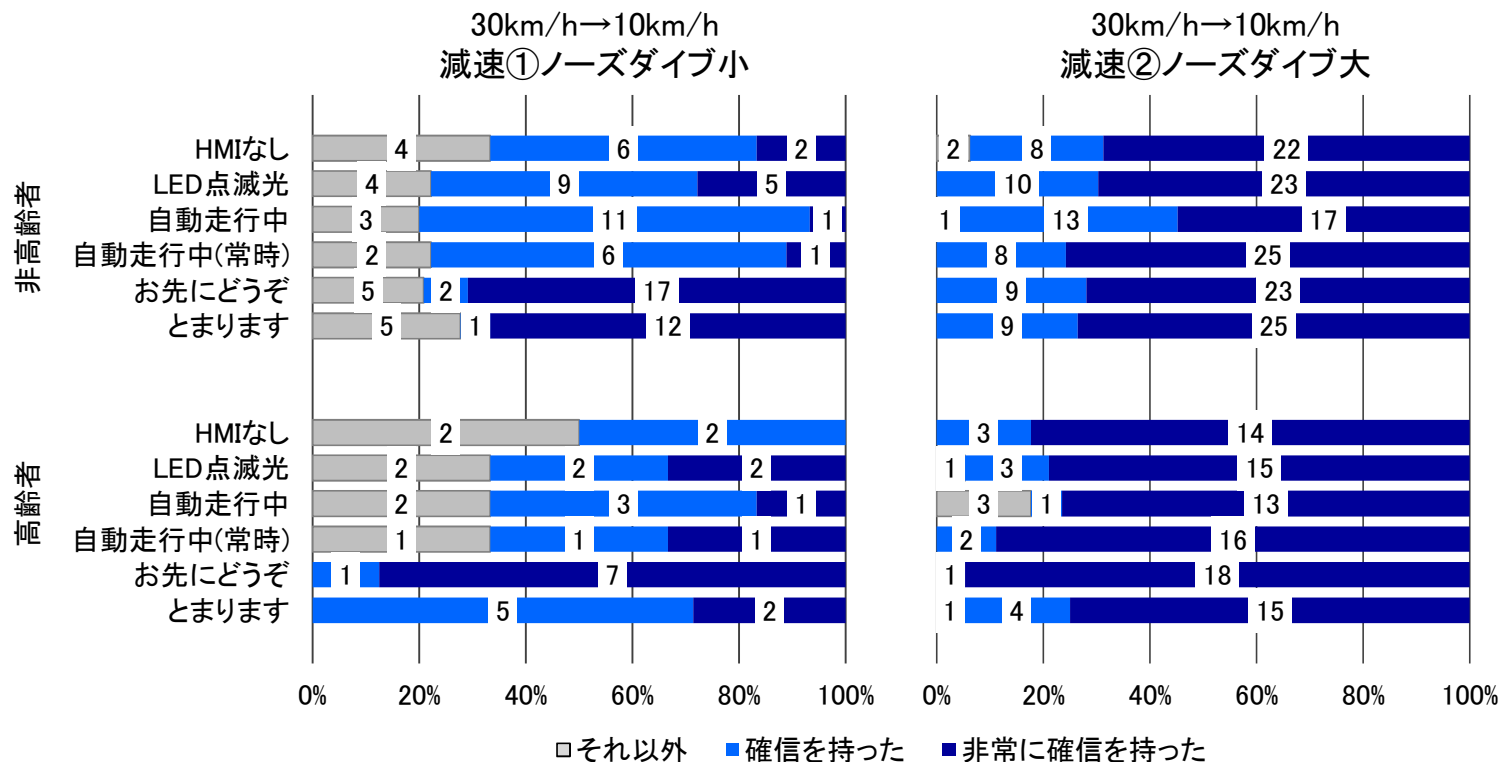


①ドライバーが右折可能と判断した時の自動運転車と右折車両の距離は、車両挙動に依存せず、おおむね同様であり、右折可能かどうかの判断タイミングは、減速挙動の違いや外向けHMIの有無にはあまり依存しない可能性がある

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

安心感

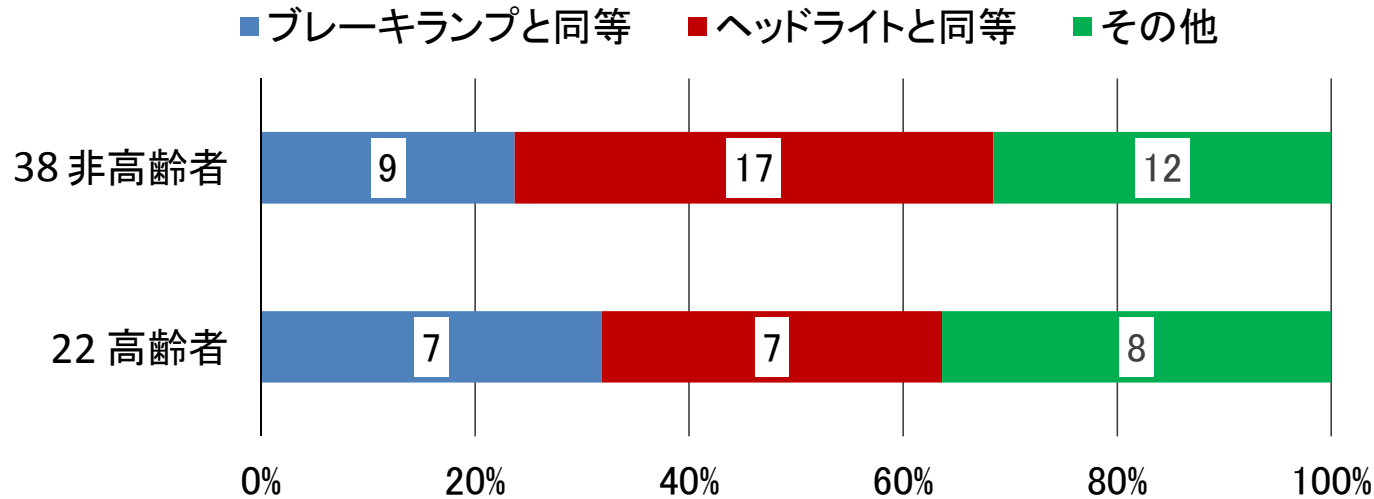
■ 右折可能と判断したドライバーが感じた確信の程度



- ① 大きな減速挙動は、右折可能と判断する際のドライバーの確信を高めることが可能である。
- ② 外向けHMIで「自動走行中」を表示すると、非高齢者において右折可能と判断する際の確信をあまり高められない
- ③ 減速挙動が十分でない状況であっても、外向けHMIで譲りの意図を表示すると、ドライバーに右折可能と判断した際の確信を高められる

実験結果(ドライバー間コミュニケーション実験)

■ 実験終了後のLED点滅光に対するドライバーの認識



① 非高齢ドライバー, 高齢ドライバーに関わりなく, LED点滅光の外向けHMIを車両に既存する灯火器類として解釈する傾向  
(歩行者実験の場合の運転免許を所有する被験者と同様な傾向)

## ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験

外向けHMIの試作と車両挙動による効果検証，自動運転を表明を外向けHMIの試作と効果検討

### ■ 実験目的

ドライバー・歩行者間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・歩行者間コミュニケーション手法のための車両挙動と外向けHMIの要件や指針を策定する

- 無信号横断歩道での横断待ち歩行者とのコミュニケーション場面を対象
- H28年度で得られたコミュニケーション時の車両挙動の検証

### ■ JARI殿試験走路内での実験の実施状況（自動運転車を想定した実験車両）



自動運転車-横断待ち歩行者（被験者）の実験

#### 被験者への指示

- 譲られていると感じたとき
- 横断可能と判断したとき

それぞれのタイミングで反应用スイッチを押下

## 実験方法(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

### ■ 自動運転車の減速挙動と外向けHMIの組合せによる意図・状態の伝達

車両挙動: 速度一定(15km/h→15km/h), 減速小(25km/h→15km/h, 平均  $-2.1\text{m/s}^2$ ),  
減速大(25km/h→10km/h, 平均  $-1.7\text{m/s}^2$ )

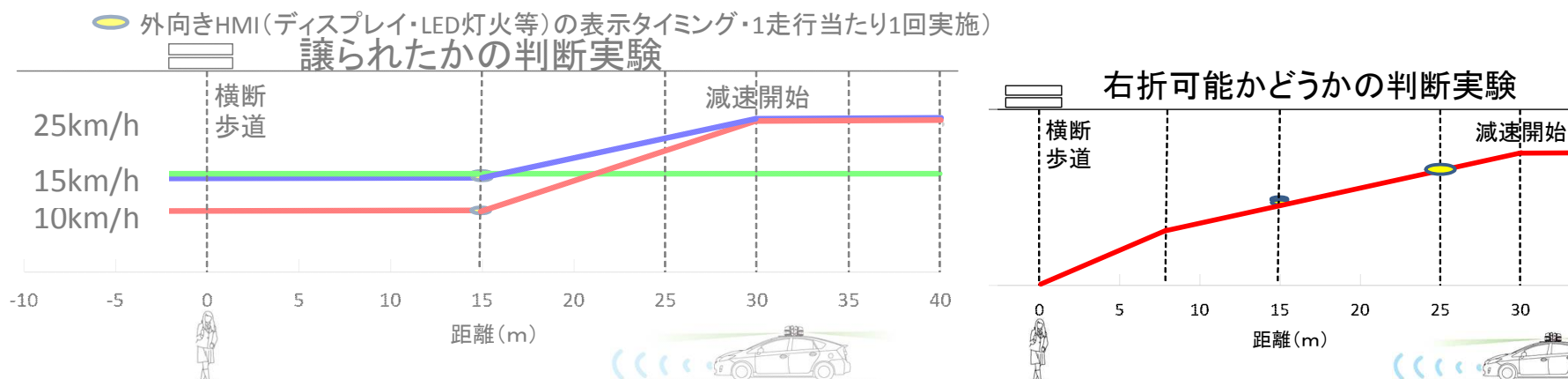


図: 実験車両(自動運転車役)の車両挙動と外向けHMIの提示タイミング



(とまります)



(お先にどうぞ)



(自動走行中)



(LED点滅光)

意図・状態の伝達: 意図(停止, 譲り), 状態(自動走行)等  
(伝達の確実性を考慮して, テキストによるメッセージ表示で代用)

灯火による伝達  
(意味の教示なし)

## 実験方法(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

### ■ 実験条件(車両挙動 × 外向けHMI)

#### 譲られたかの判断実験

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

13	減速大	—	—
14	25km/h? 10km/h	「お先にどうぞ」	25m 手前
15		「とまります」	25m 手前
16		LED アレイ点滅	25m 手前
17		「自動走行中」	25m 手前
18		「すすみます」	25m 手前

#### 横断可能かの判断実験

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

### ■ 実験参加者(被験者)

非高齢者(免許有): 男性6名(20~38歳), 女性8名(29~53歳)      学童: 男性11名(8~10歳),  
 非高齢者(免許無): 男性3名(19~25歳), 女性10名(18~59歳)      女性4名(8~10歳)  
 高齢者(免許無): 男性2名(73~75歳), 女性12名(68~82歳),

### ■ 計測項目

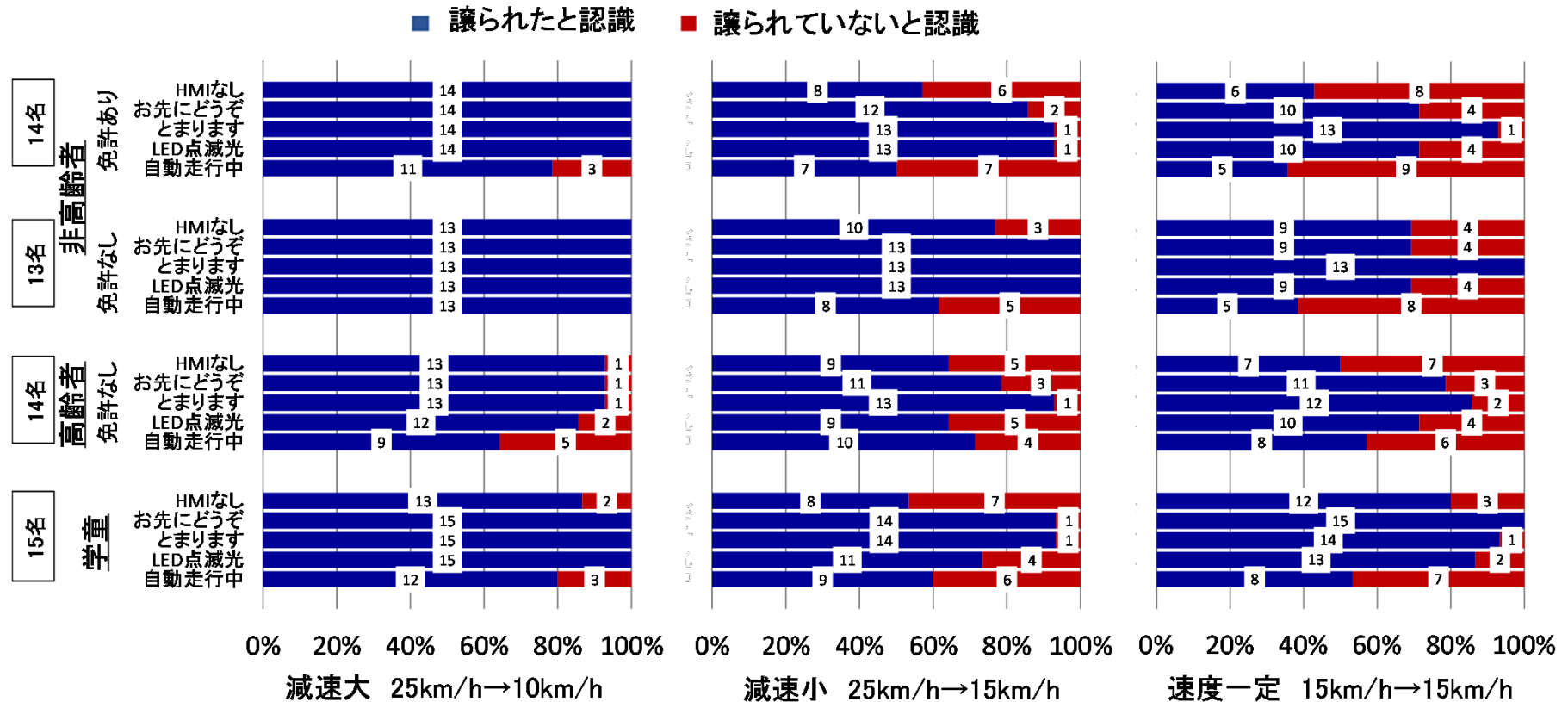
自動運転車と横断歩道までの距離, 自動運転車の速度, ...  
 譲られたと感じたタイミング, 横断可能と判断したタイミング, 横断判断時の確信, ...



実験結果 (ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 譲られたかどうかの歩行者判断の結果 (反应用スイッチ押下)

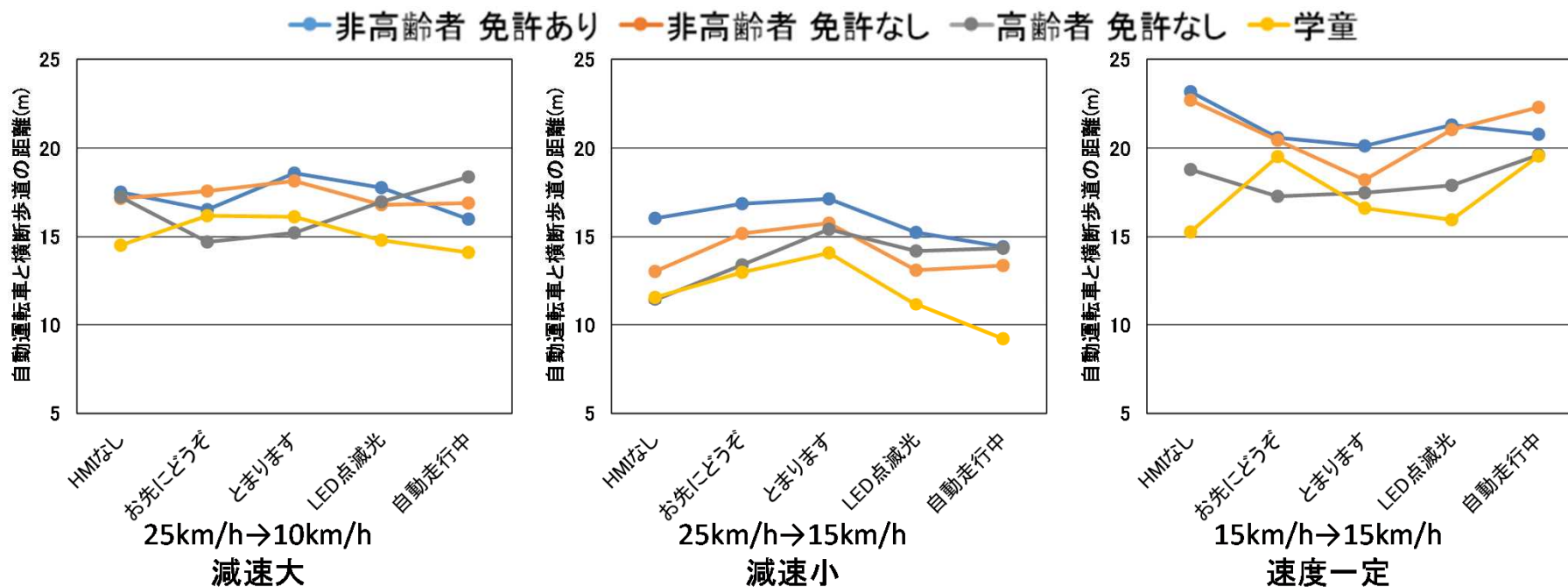


- ①大きな減速挙動だけで自動運転車からの譲り意図を歩行者に認識させることが可能である
- ②減速挙動が十分でない状況で歩行者に譲りを認識させるには外向けHMIが必要である
- ③外向けHMIで「自動走行中」と表示すると、減速挙動に対する歩行者の譲り認識が低下する

## 実験結果 (ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

交通円滑化

## ■ 譲られたと判断した時の自動運転車と横断歩道の距離

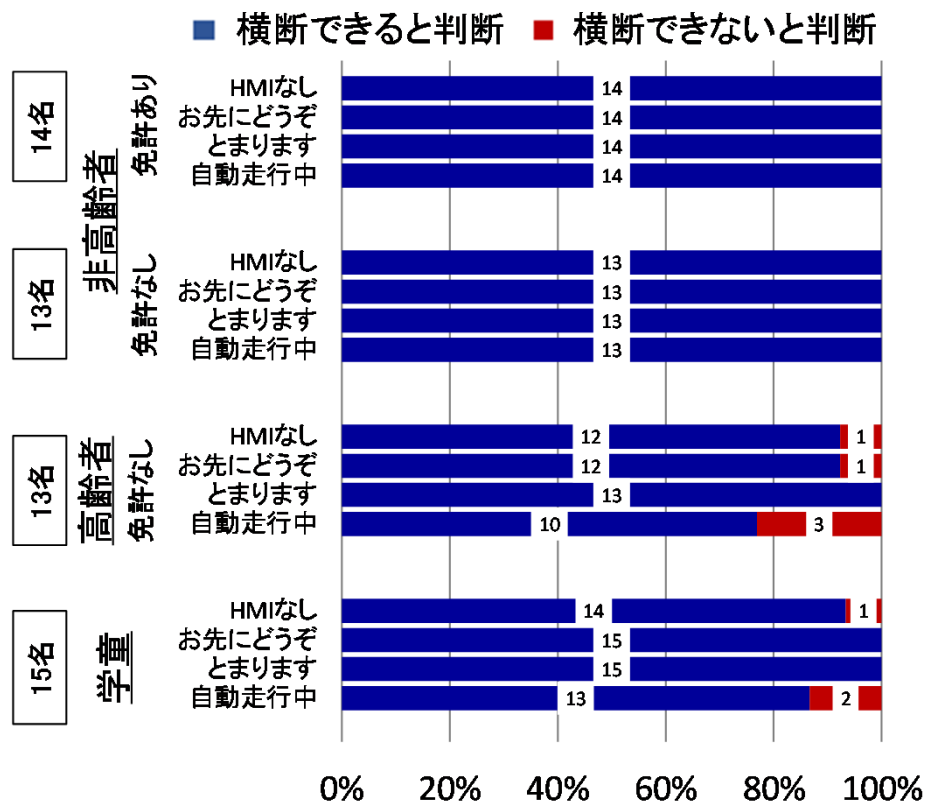


- ①大きな減速挙動は、歩行者に早いタイミングでの譲り認識を促せる
- ②大きな減速挙動を伴わない状態で、外向けHMIで停止の意図を歩行者に伝達する場合、早いタイミングでの譲り認識を促せる
- ③外向けHMIで「自動走行中」を表示すると、学童において譲り認識タイミングが遅れる

実験結果(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

交通円滑化

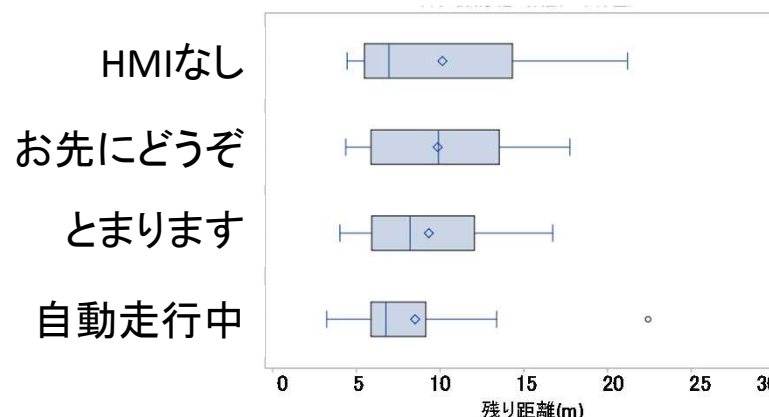
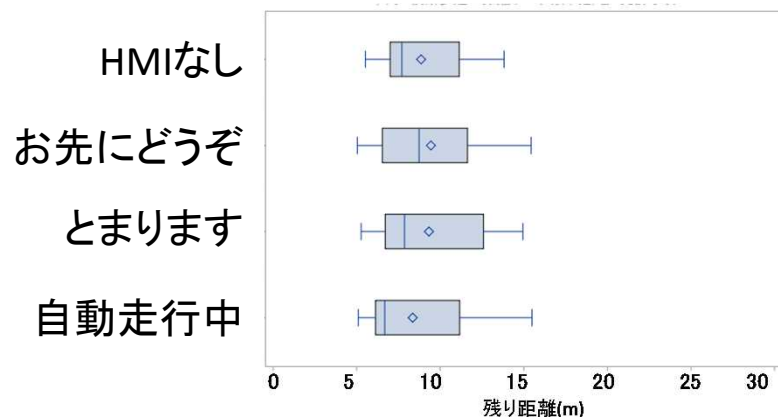
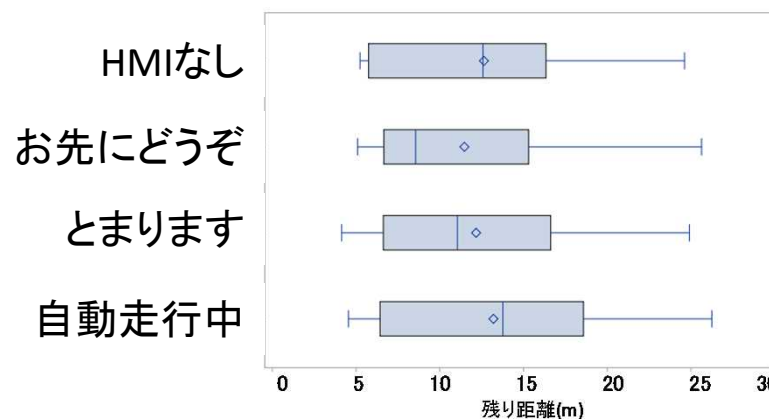
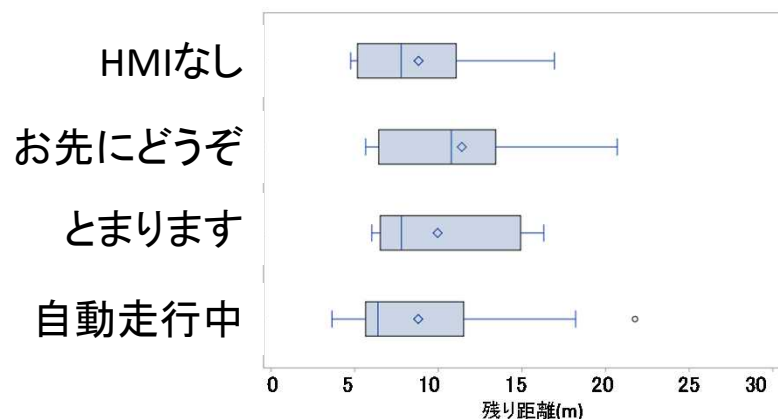
■ 横断可能かどうかの歩行者判断の結果(反応用スイッチ押下)



- ①外向けHMIで「とまります」と表示すると、どの歩行者属性に対しても、横断可能との判断を促せる
- ②非高齢者では、外向けHMIの有無に関わりなく、また運転免許保有/非保有に関わりなく、横断可能との判断を促せる
- ③外向けHMIで「自動走行中」と表示すると、高齢者において横断可能でないと判断される可能性がある

実験結果 (ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

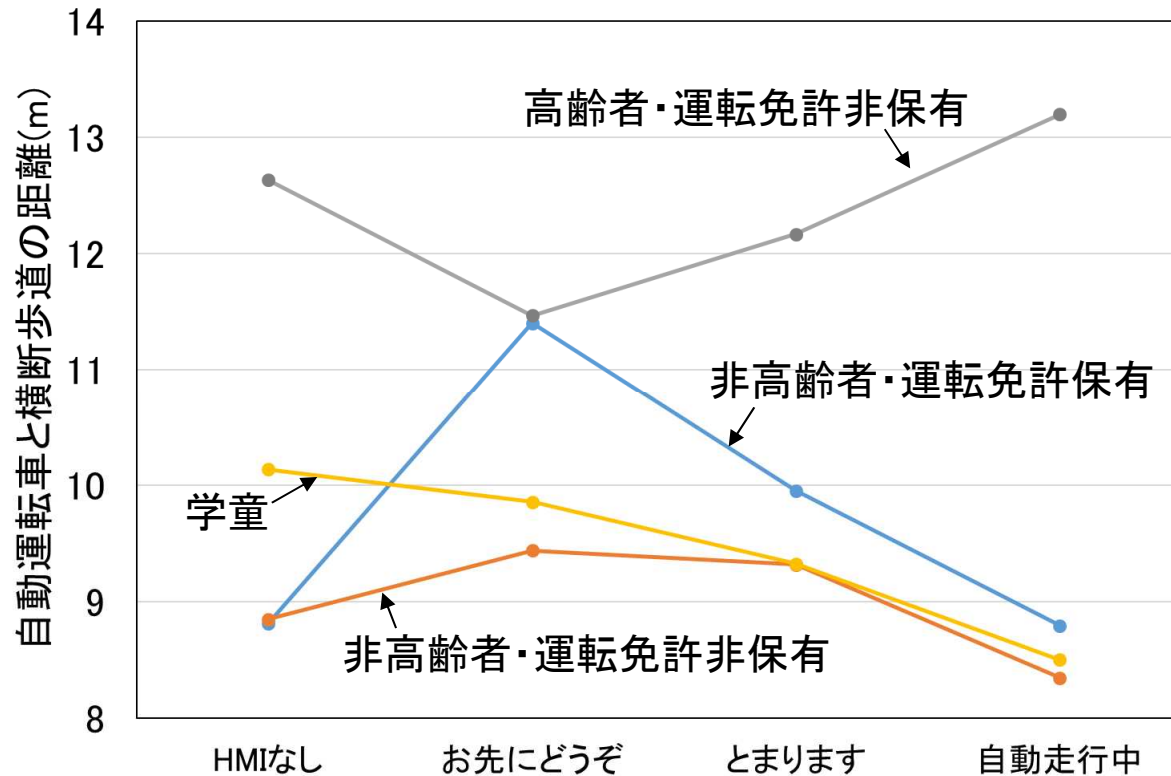
■ 横断可能と判断した時の自動運転車と横断歩道の距離



実験結果 (ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

交通円滑化

■ 横断可能と判断した時の自動運転車と横断歩道の距離

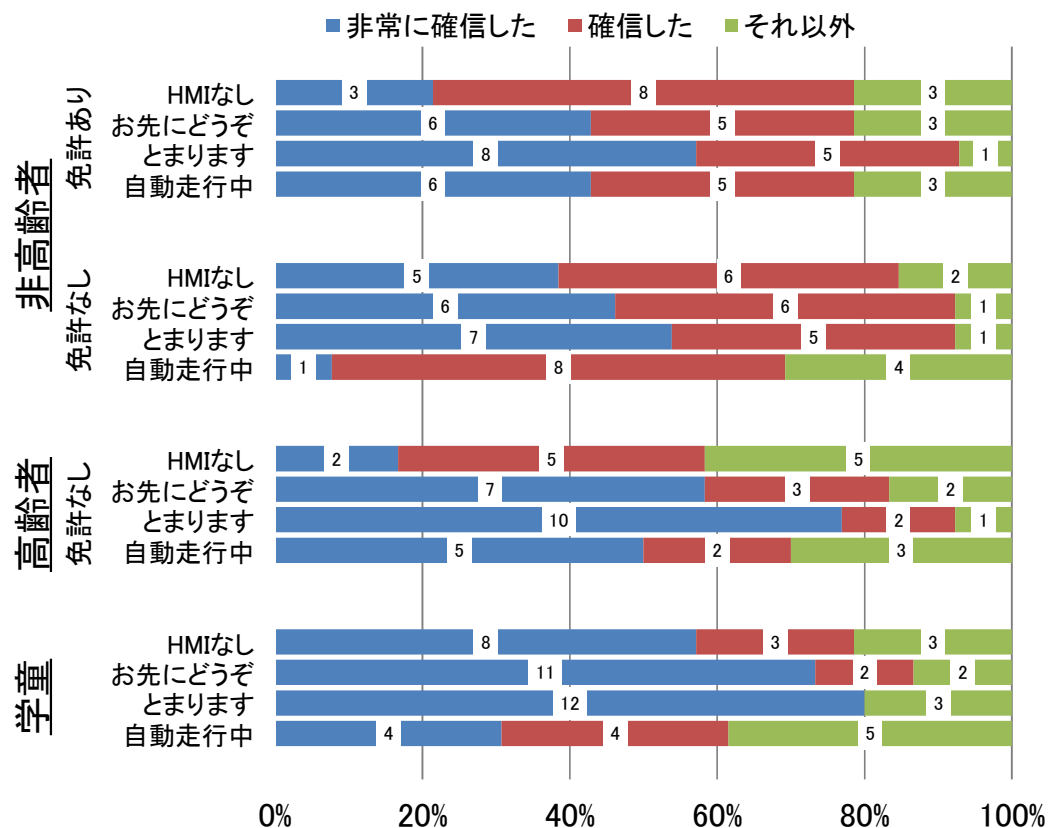


①歩行者が横断可能と判断した時の自動運転車と横断歩道の距離は、歩行者の属性と外向けHMIの有無によってやや異なる傾向

実験結果(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

安心感

■ 横断可能と判断した歩行者が感じた確信の程度



- ①自動運転車が、外向けHMIを介して歩行者側に停止意図や譲り意図を伝達することで、横断判断時の確信を高められる
- ②外向けHMIで「自動走行中」を表示すると、歩行者の属性によっては、横断判断時の確信が低くなる

## 実験結果(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

安全

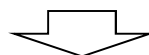
## ■ 横断可能かどうかを判断する際の歩行者の確認行動の変容

外向けHMIを利用した条件で左方向  
(自動運転車とは逆方向)への視認  
が完全に欠落した歩行者

番号	年齢	年齢・属性	性別	外向けHMI
Subj15	10	学童	男性	自動走行中
Subj16	10	学童	男性	自動走行中
Subj37	8	学童	女性	お先にどうぞ とまります
Subj35	73	高齢者・免許なし	女性	自動走行中
Subj25	46	非高齢者・免許あり	女性	自動走行中
Subj31	44	非高齢者・免許あり	女性	とまります
Subj46	29	非高齢者・免許あり	女性	お先にどうぞ

外向けHMIを利用した条件で左右方向  
複数回の視認が左右1回ずつの視認に  
減少した歩行者

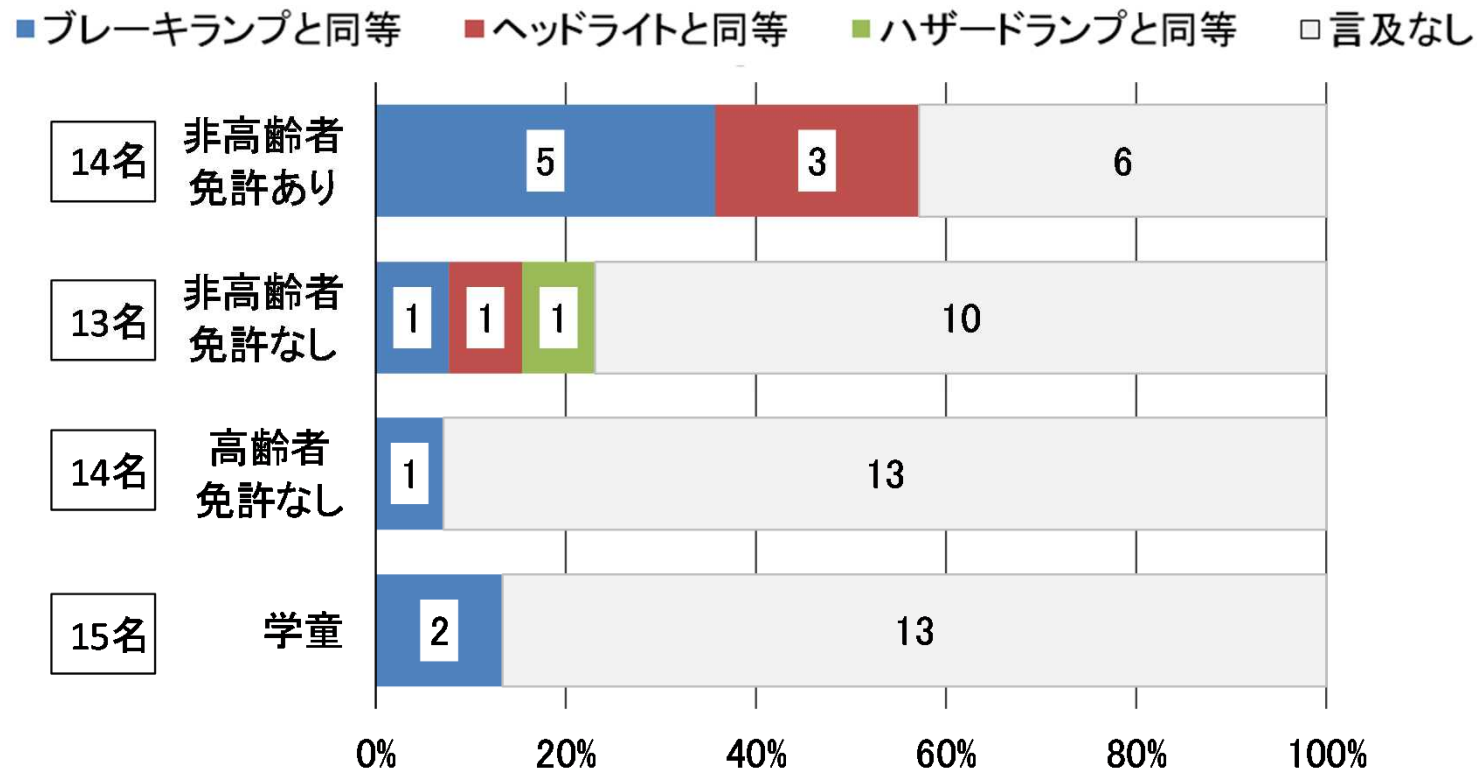
番号	年齢	年齢・属性	性別	外向けHMI
Subj09	10	学童	男性	お先にどうぞ とまります
Subj23	77	高齢者・免許なし	女性	お先にどうぞ
Subj24	68	高齢者・免許なし	女性	自動走行中
Subj52	77	高齢者・免許なし	女性	とまります
Subj45	21	非高齢者・免許なし	女性	お先にどうぞ とまります
Subj20	31	非高齢者・免許あり	男性	お先にどうぞ
Subj54	35	非高齢者・免許あり	男性	自動走行中



① 外向けHMIを介した意図や状態の伝達に関して、外向けHMIに横断判断のすべてを依存させない、歩行者自身による確認行動を促せるような配慮が必要である

実験結果(ドライバー・歩行者間コミュニケーション実験)

■ 実験終了後のLED点滅光に対する歩行者の認識



- ① 運転免許保有の非高齢者は、LED点滅光の外向けHMIを、車両に既存の灯火器類として解釈する可能性が高い
- ② 運転免許非保有の非高齢者、高齢者、学童でも、LED点滅光の外向けHMIを、車両に既存の灯火器類として解釈してしまう可能性が示唆される



## 外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査

### 外向けHMIと車両挙動によるドライバー・歩行者への影響・効果の検討

#### ■ 調査目的

試験走路実験，一般道・構内道路観測を通じて抽出された外向けHMIの仕様と車両挙動の組合せ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

- 交差点内の右折待ち車両ドライバーとのコミュニケーション場面を対象  
実験で設定した車両挙動と外向けHMIの組合せの一部を設定
- 無信号横断歩道脇で横断待ち歩行者とのコミュニケーション場面を対象  
実験で設定した車両挙動と外向けHMIの組合せの一部を設定

#### ■ 調査方法

動画を利用したWeb調査を実施

調査対象地域

札幌市，東京23区，大阪市，鳥取県・島根県

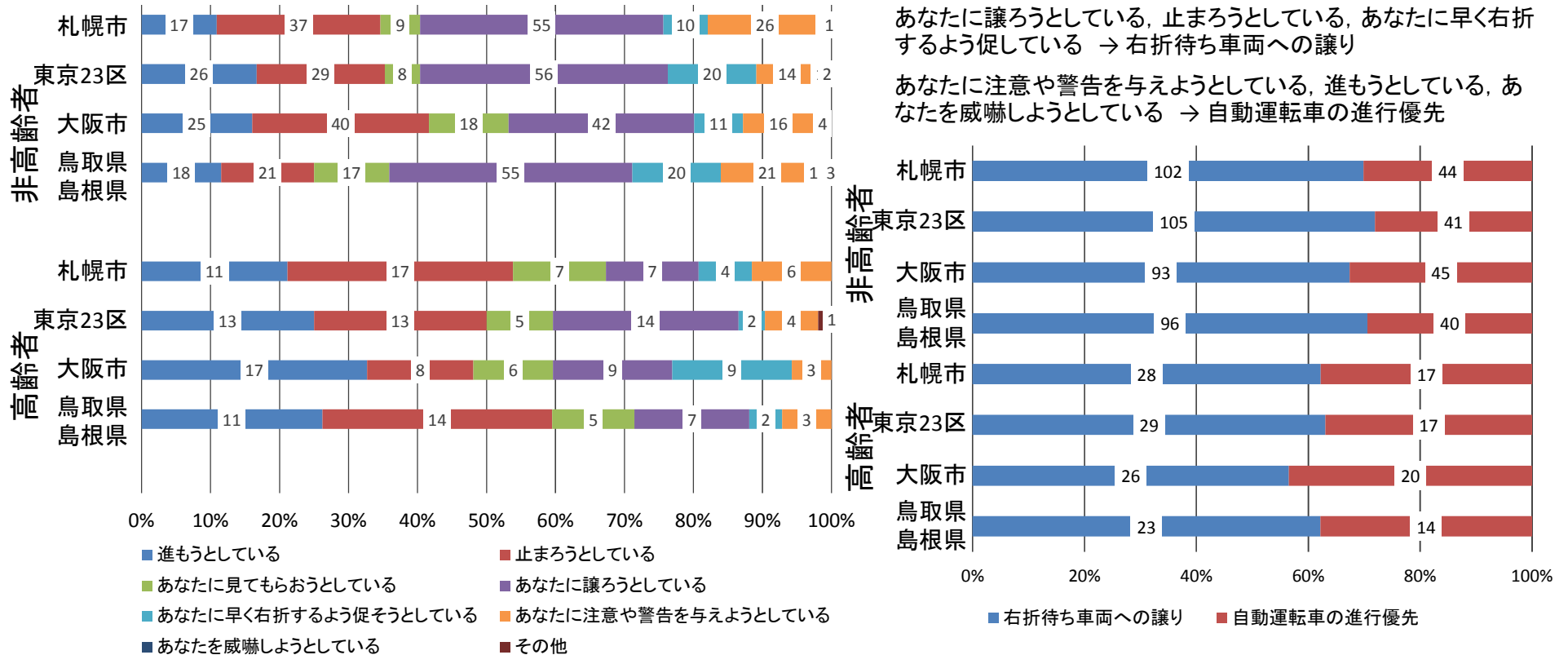
調査対象者

非高齢者 男性・女性，10代～60代（～64歳），運転免許取得者/非取得者  
高齢者 男性・女性，60代（65歳～）～80代，運転免許取得者/非取得者

調査結果(ドライバー間, 外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査)

交通円滑化

札幌市, 東京23区, 大阪市(それぞれの地域で非高齢者156名, 高齢者52名)  
鳥取県・島根県(非高齢者156名, 高齢者42名)



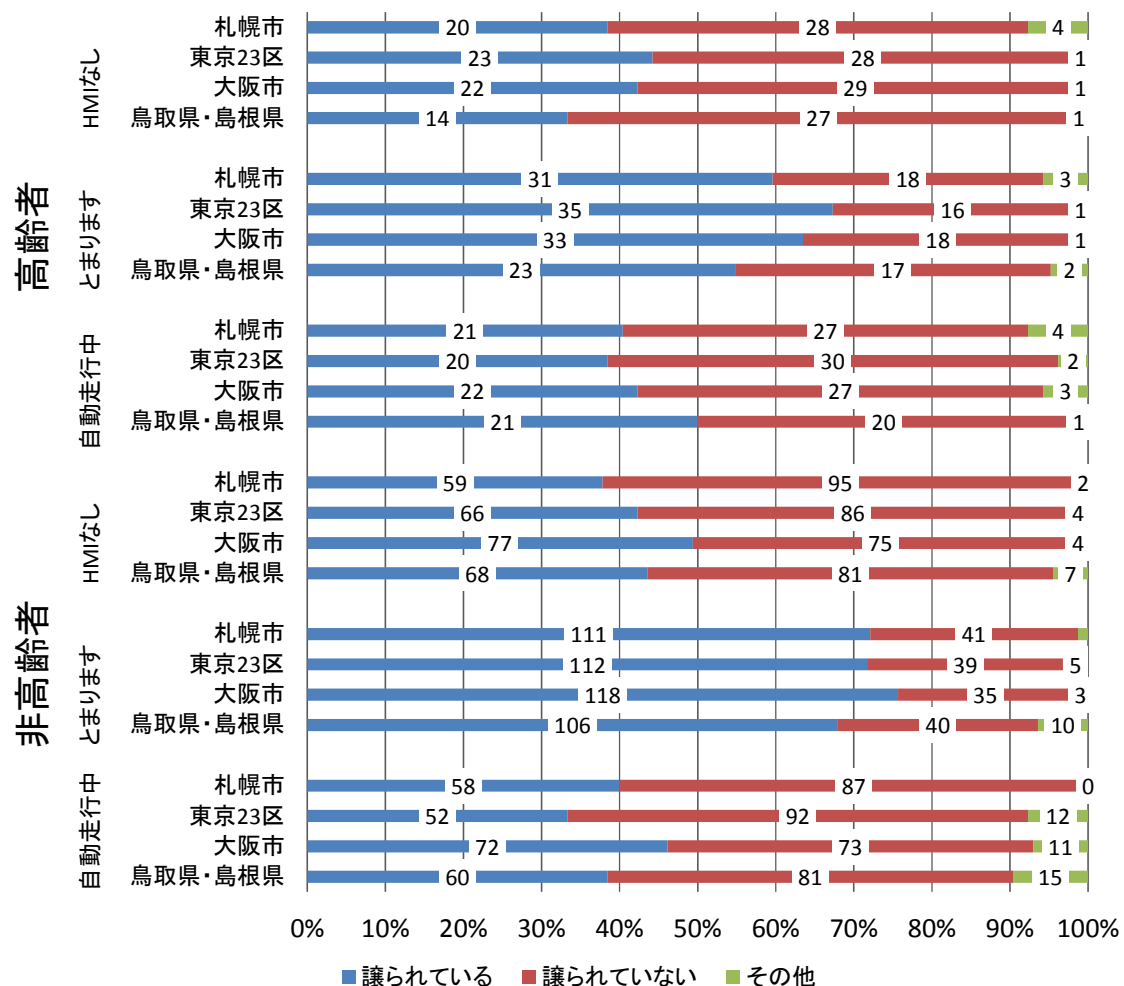
- ① 非高齢ドライバーと比較して, 高齢ドライバーではLED点滅光に対して「譲り」の解釈割合が減少し「進行」の解釈割合が増加する
- ② 地域によって, 高齢ドライバーにおける「進行」と「停止」の解釈割合がやや異なる

調査結果(ドライバー間, 外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査)

■ 外向けHMI(停止意図, 自動走行状態)に対する解釈の地域性調査結果

札幌市, 東京23区, 大阪市(それぞれの地域で非高齢者156名, 高齢者52名)  
鳥取県・島根県(非高齢者156名, 高齢者42名)

交通円滑化



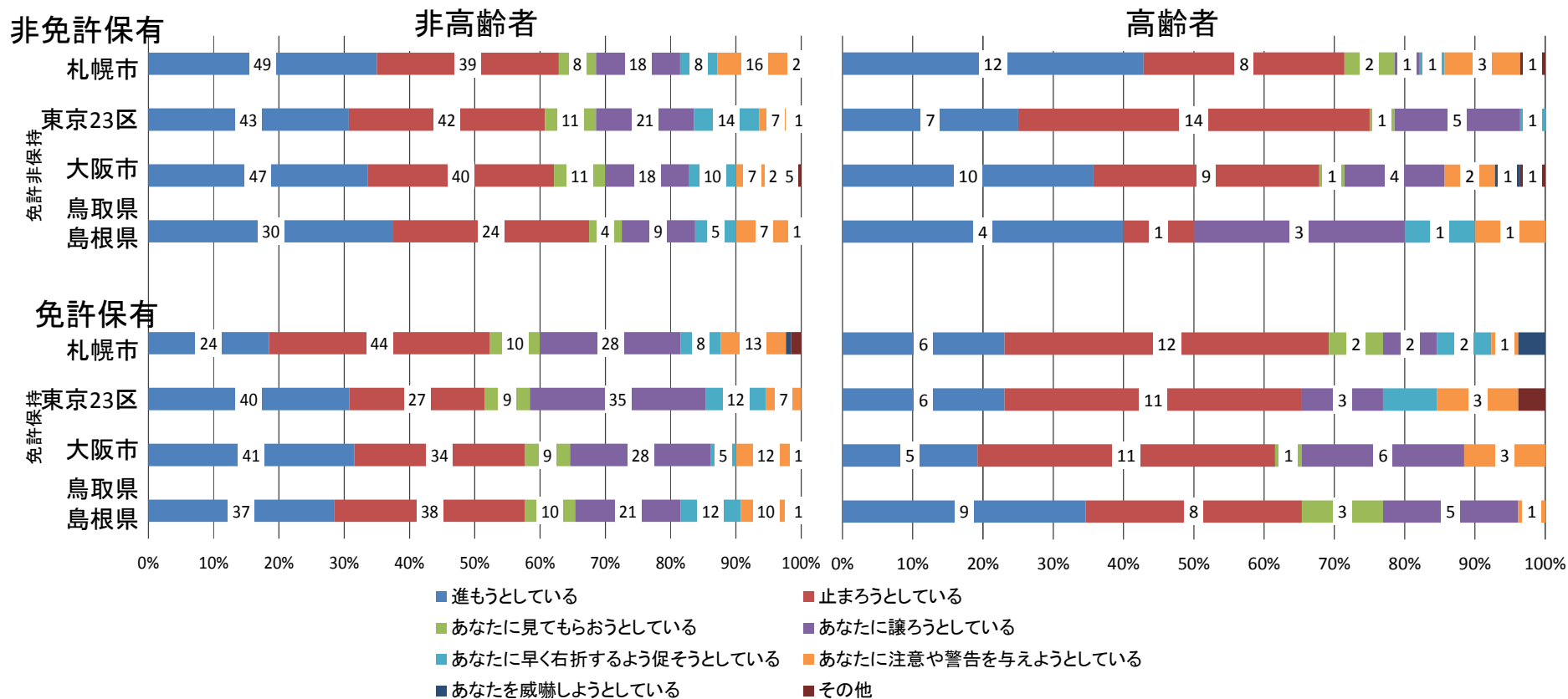
- ① 外向けHMIで「停止」の意図を伝達することで, 高齢ドライバー・非高齢ドライバーともに「譲り」の意図を認識させることが可能であり, 地域による違いも少ない
- ② 外向けHMIで「自動走行中」の状態を伝達してもドライバーに「譲り」の意図を認識させられない可能性がある
- ③ 外向けHMIで「自動走行中」の状態を伝達すると, 地域によって非高齢ドライバーへの「譲り」の意図の認識割合を低下させる

調査結果(ドライバー・歩行者間, 外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査)

■ 外向けHMIのLED点滅光に対する解釈の結果

交通円滑化

札幌市, 東京23区, 大阪市, 鳥取県・島根県(非高齢者266名, 263名, 266名, 207名, (高齢者58名, 61名, 58名, 39名)



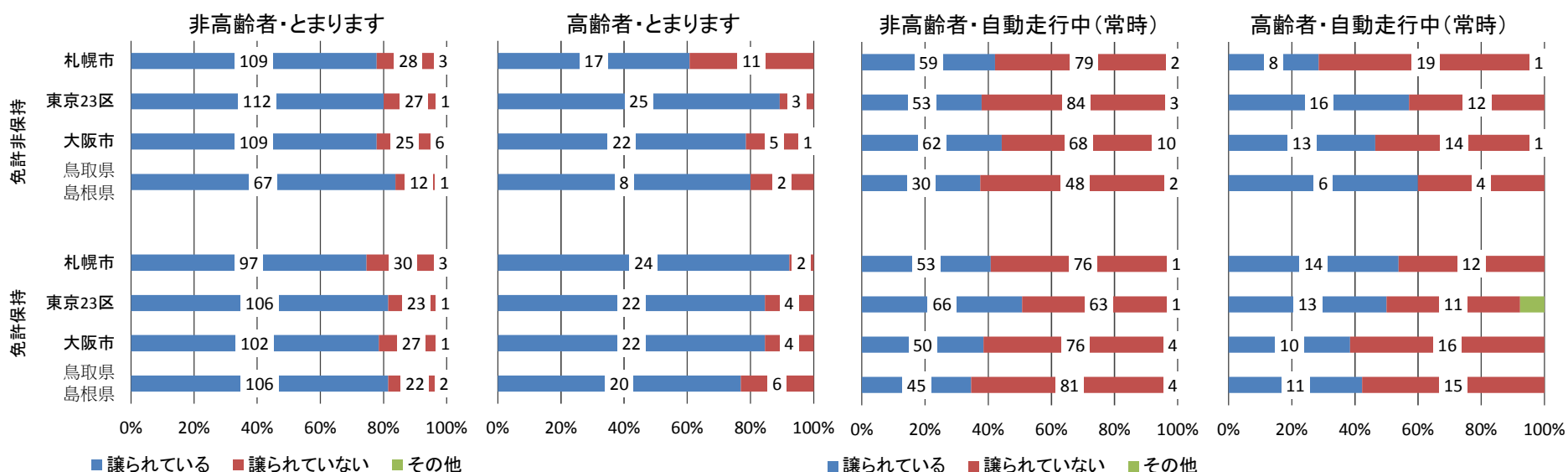
- ①LED点滅光は, 免許非保有の非高齢者に対しては, ほぼ同様な割合で「進行」と「停止」に解釈され, 地域による解釈の違いはほとんどない. 免許保有者では, 地域によって「停止」の解釈がやや強い可能性がある
- ②LED点滅光は, 免許非保有の高齢者に対して, 地域によって異なる割合で「進行」, 「譲り」, 「停止」に解釈される可能性がある

調査結果(ドライバー・歩行者間, 外向けHMIを用いたコミュニケーションの地域性調査)

■ 外向けHMI(停止意図, 自動走行状態)に対する解釈の地域性調査結果

交通円滑化

札幌市, 東京23区, 大阪市, 鳥取県・島根県(非高齢者266名, 263名, 266名, 207名,  
(高齢者58名, 61名, 58名, 39名)



- ① 外向けHMIで「停止」の意図を伝達する場合, 地域による違いや運転免許保有/非保有の違いに関わりなく, 「譲り」と認識される可能性が高い
- ② 外向けHMIで「自動走行中」を伝達する場合, 非高齢者では約6割程度「譲り」とは認識されず, 地域による違いもほとんどない. 高齢者では, 地域による違いや運転免許保有/非保有により, 「譲り」の認識割合が低下する可能性がある

## 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

## 構内道路と一般道での他の交通参加者の行動等への影響調査

## ■ 調査目的

自動運転等を表明する実験車両を一般道や構内道路にて走行させて、周囲の交通参加者が実験車両に遭遇する状況を観測し、自動運転等を表明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

## ■ 観測方法

一般道、構内道路を対象に、手動運転にて観測用実験車両を走行させて、他の交通参加者とのコミュニケーション場面を記録する。構内道路では、外向けHMIにより車両側の意図や状態を表示する

## ■ 観測用実験車両



調査結果(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)

■ 構内道路でのコミュニケーション観測例



構内道路での歩行者とのコミュニケーション場面例

構内道路での車両(後続車)とのコミュニケーション場面例

観測されたコミュニケーション

- ①歩行者が外向けHMI(「停止」「譲り」等)の視認後、左右方向を確認して横断開始
- ②歩行者が外向けHMI(「停止」「譲り」等)の視認後、実験車両方向のみを確認して横断開始 **安全確認の依存?**
- ③歩行者が外向けHMI(「停止」「譲り」等)の視認後、すぐに横断せず、並行に移動しつつ、何度も実験車両を確認、離れた地点で横断開始 **外向けHMIへの不審?**
- ④外向けHMI(「自動走行中」)の表示中、実験車両が減速開始、停止前に後続車が追越開始

- 外向けHMIによる「譲り」等の意図伝達が、歩行者の確認行動を簡略化させる可能性がある
- 外向けHMIによる伝達が、車両に対する歩行者の不審を一時的にいだかせる可能性がある
- 横断前の歩行者の左右確認、確認時間、横断開始タイミング(車両挙動との関係)などが歩行者とのコミュニケーションの評価指標(安全、円滑)の候補となる可能性がある

## 調査結果(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)

### ■ 一般道でのコミュニケーション観測例



無信号横断歩道における歩行者とのコミュニケーション観測例



駐車車両回避時の車両とのコミュニケーション観測例

### 観測されたコミュニケーション

- ①歩行者が横断歩道脇で実験車両の減速挙動の視認後、左右方向を確認して横断開始（外向けHMIの掲示を横断終了後に視認）
- ②歩行者が歩行しながら横断歩道に接近、歩行中に実験車両の停止のみを視認して横断開始（外向けHMIの掲示を視認せず）
- ③相手車両が駐車車両の回避待ちの停止中、実験車両が減速開始、停止前に相手車両がウィンカー点灯直後に発進

- 横断前の歩行者の左右確認、確認時間、横断開始タイミング(車両挙動との関係)、他の交通参加者とのコンフリクトの有無などが歩行者とのコミュニケーションの評価指標(安全、円滑)の候補となる可能性がある
- 車両挙動後(あるいは外向けHMIの表示後)の相手車両のウィンカー点灯のタイミング、発進タイミング、他の交通参加者とのコンフリクトの有無などがドライバーとのコミュニケーションの評価指標(安全、円滑)の候補となる可能性がある



## H29年度 課題Cの中間報告のまとめ

- 主として自動運転車の減速挙動から「譲り」を認識
- 減速挙動等が十分でない場合に外向けHMIを活用することで、自動運転車からの「譲り」意図を早く、強く認識させ、行動の判断や確信にも効果あり
- 外向けHMIでの「自動走行中」の表示は、他の交通参加者における自動運転車からの「譲り」意図の認識を低下
- 外向けHMIで「譲り」を伝達すると、横断判断時における歩行者の確認行動を変容させ、周囲への視認を減少させる可能性あり
- LED点滅光は、他の交通参加者に既存の灯火器類と同様と認識させる可能性あり。様々な解釈を誘発する可能性あり
- 歩行者に対する「停止」意図の伝達は、地域の違いや高齢・非高齢の違いによる影響が少なく、「譲り」の意図を認識させやすい可能性あり
- 外向けHMIによる伝達が、車両に対する歩行者の不審を一時的に招く可能性あり
- コミュニケーションの評価指標として、歩行者の確認行動に伴う指標候補を抽出

## 自動運転車と他の交通参加者間コミュニケーション設計への推奨

- 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提案・推奨 (ISO/TC22/SC39検討中)

## 実施項目D: ガイドライン化・国際標準に向けた活動

ガイドライン化・国際標準に向けた活動 平成29年度の成果

- 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。

## 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

## 研究開発課題と大規模実証実験の位置づけ

### A 課題: 自動走行システムの機能・状態・動作の理解に関わる課題

- 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
- 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
- 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
- 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

### B 課題: ドライバーの状態と運転引継ぎに関わる課題

- i. **ドライバーの Readiness の定義**
- ii. ドライバーモニタリングシステム(DMS)の開発
- iii. ドライバーの状態と遷移時間の関係性の導出
- iv. ドライバーReadiness を維持するための HMI の基本要件の策定

### C 課題: 自動走行車と他の交通参加者とのコミュニケーションに関わる課題

- 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

### HMI実証実験

- 平成29年度 企業参加実証実験(公道): レベル0~2市販車によるベースラインデータの取得
- 平成30年度 企業参加実証実験(テストコース): レベル2, 3開発車を用いた検証データの充実

## 「(B-i)ドライバーのReadinessの定義」実験の目的

課題B-i受託者公道実験(H30年5月より実施)のベースラインとして、レベル0～レベル2走行時のドライバーReadiness構成指標を様々な状況において取得する。

### ベースライン

手動運転中のReadinessの変動(ばらつき)を把握

→ Readinessは上記を検出できているかを検証

#### ■ ドライバーの内的要因

- ドライバー属性(年齢違いを含む)
- ドライバーの機器操作
- わき見や疲労
- 運転継続時間

#### ■ 道路交通環境等の外的要因

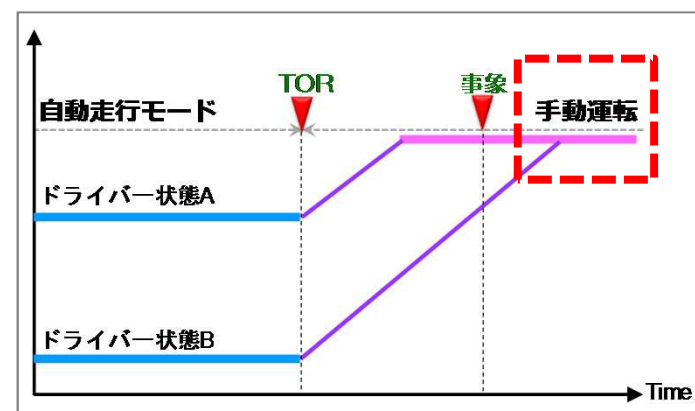
- 割り込みや渋滞等の交通環境変化
- 交通環境の複雑さ

郊外長距離走行 vs 東京近郊走行



### 受託者実験

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。



Readinessの概念図

## 「(B-i)ドライバーのReadinessの定義」実験の条件と計測項目

### 実験の条件

- 実験車両: レベル0~2の市販車両
- 被験者
  - ・ 可能な限り一般ドライバーに近い被験者
  - ・ 年齢層: 20~39歳 3人, 40~59歳 3人, 60歳以上 3人
- 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.

### 計測項目

- ドライバー, 車両, 交通環境データ
  - ・ 車両情報(CAN情報)
  - ・ GPS情報
  - ・ 車両周囲ビデオ映像
  - ・ ドライバー映像
- その他の計測項目
  - ・ ドライバー状態の自己評価
    - ※同乗スタッフが定期的にドライバーに質問
  - ・ 同乗スタッフによる周囲環境(天候, 渋滞, 割り込み, 合流車両, 車線変更etc.)の観察記録とドライバー状態観察記録(副次タスクの実行etc.)

走行ルート: 長距離高速道路および東京近郊高速道路





## B-i実験の実施状況

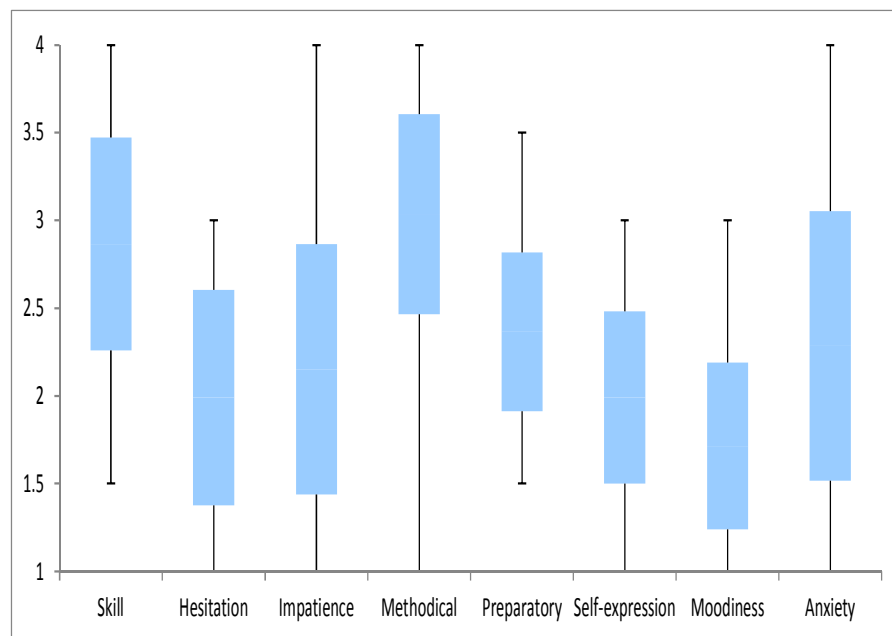
実験参加者	延べ被験者数	走行実験期間	総走行距離
E社	9人	2017年11月27日～2017年12月8日	約2,241Km
C社	20人	2017年12月4日～2017年12月18日	約3,583Km
A社	9人	2018年1月9日～2018年1月26日	約2,225Km
B社	9人	2018年1月25日～2018年1月31日	約2,826Km
D社	9人	2018年1月31日～2018年2月22日	約2,066Km
F社	5人	2018年3月13日～2018年3月20日	約815Km

## 走行経路

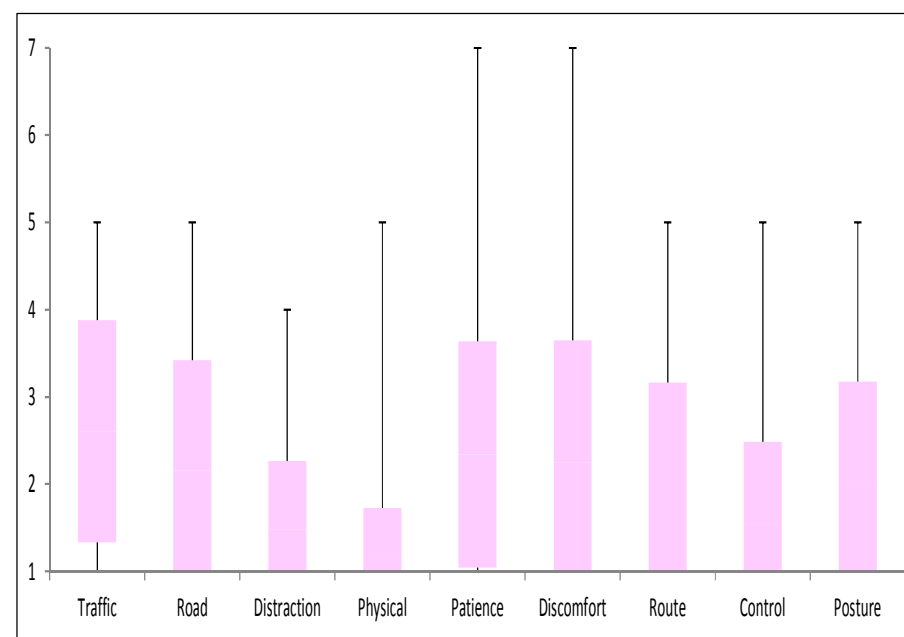
時間帯	走行経路		計
	東京近郊 →長距離	長距離 →東京近郊	
AM	15		15
AM/PM	7	9	16
PM	14	16	30
計	36	25	61

## B-i実験: 被験者属性 運転スタイルと運転中の負担

b-1 参加者実証実験 被験者の運転スタイル (5社分 n=56)

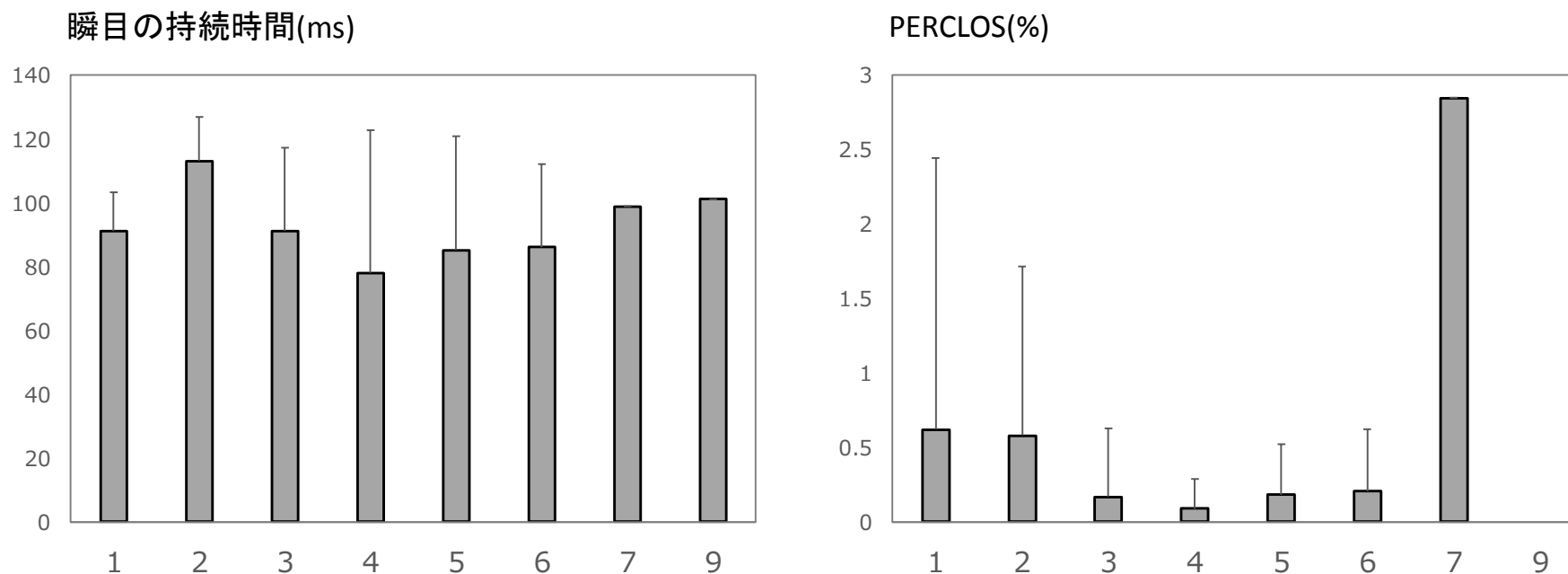


b-1 参加者実証実験 被験者の運転中の負担 (5社分 n=56)



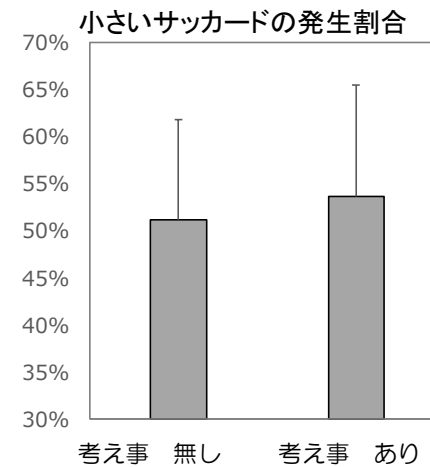
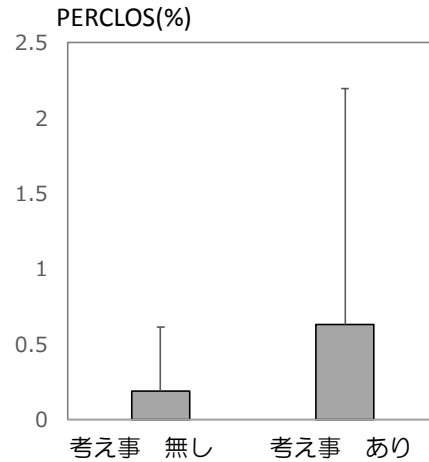
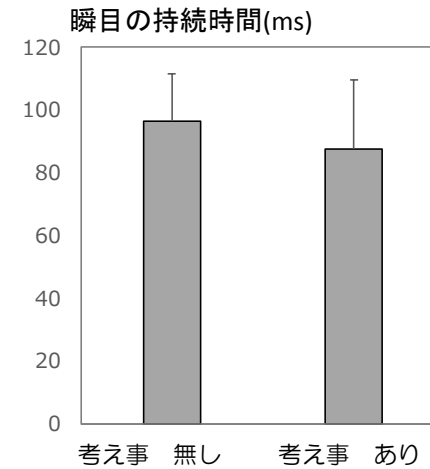
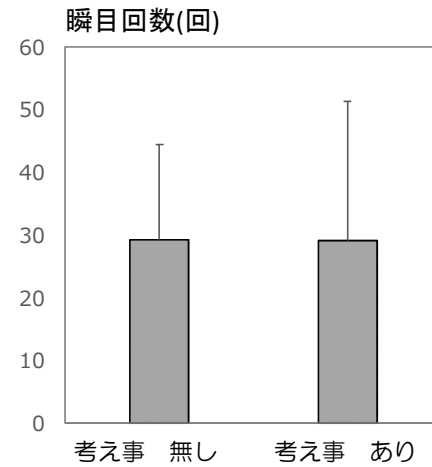
- 被験者の運転スタイルを見ると、「Skill」と「Methodical」が高い傾向がみられる。また、「Preparatory」についても比較的高い結果がみられることから、運転に自信があり自らが交通流に対しても主体的に運転動作を行うスタイルをもつ被験者が多い傾向がみられる。
- 被験者の運転中の負担を見ると、「走行状況」に対する負担感が最も高く出ているものの、総じて負担を感じてはいなかった。

B-i実験結果：定量評価(眠気とDMS出力値)

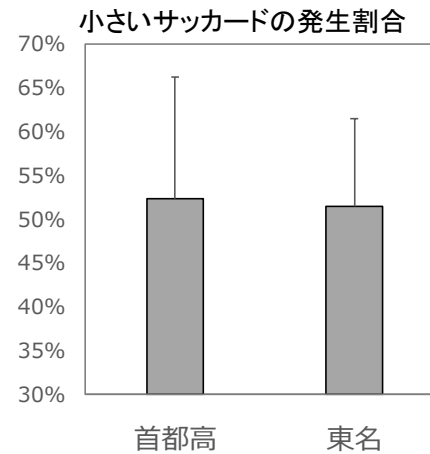
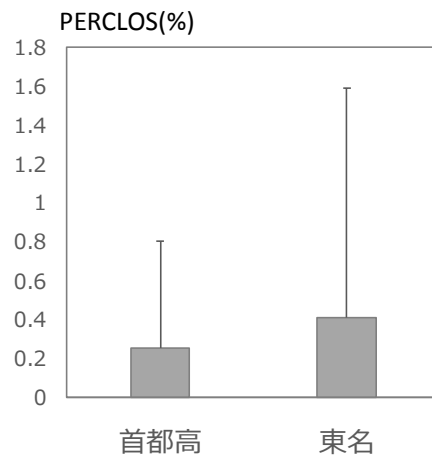
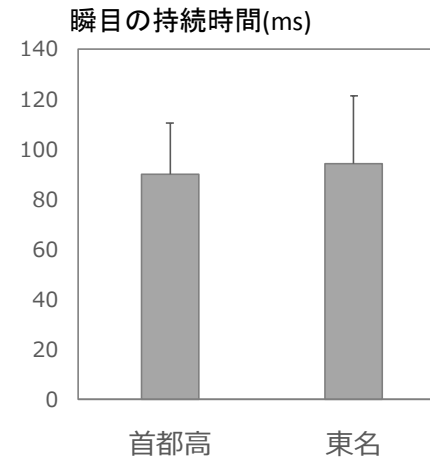
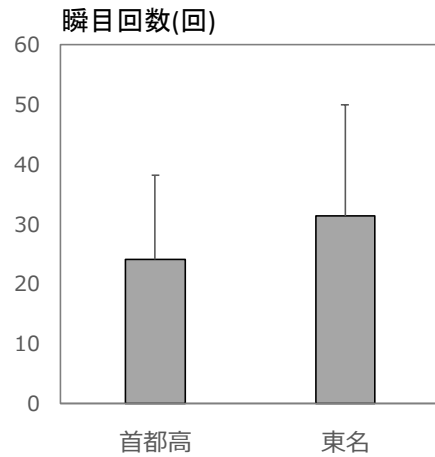


眠気の主観評価値

B-i実験結果：定量評価（考え事の有無とDMS出力値）



B-i実験結果：定量評価（走行経路とDMS出力値）



## DMSデータ確認状況

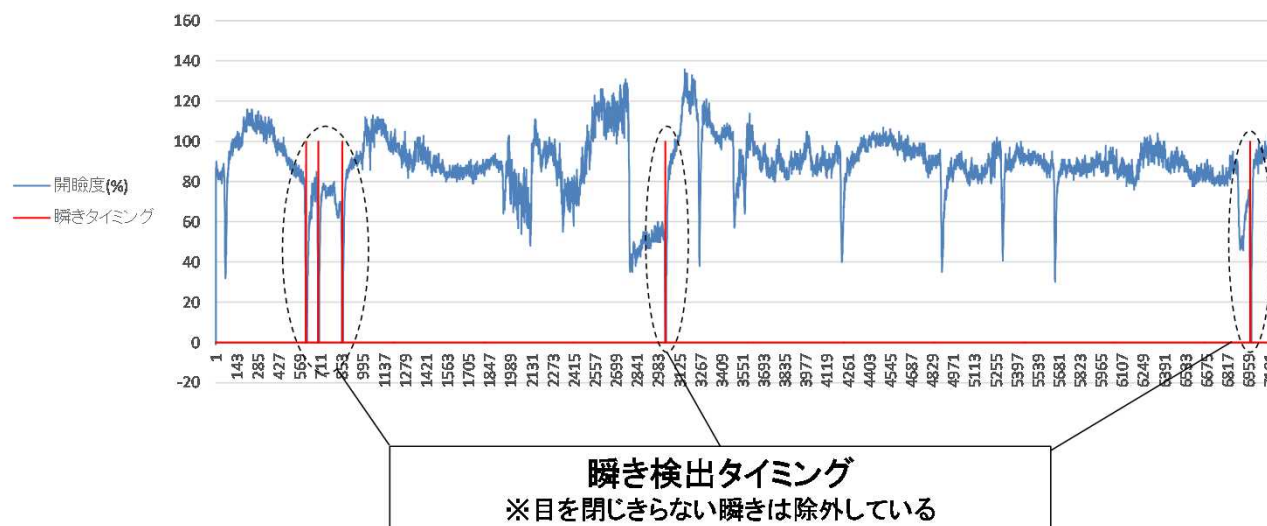
## ■ 16年実験で導出されたドライバーモニタリングシステムで測定可能な指標

- 目の瞬間的な動き(サッカード)の幅と生起頻度(サッカード)
- まばたきの頻度(開瞼度)
- 車内の画面を見ている時間割合(視線)
- 目を閉じている時間割合(開瞼度)

## ■ 実証実験測定画像データでの測定確認

- 16年度抽出したカメラ仕様でDMSで撮像し、指標となる項目を確認できた
- 今後、走行データとDMSデータの対応させた解析により、運転交代後の目標Lv0, 1のReadinessレベルを定義を進める

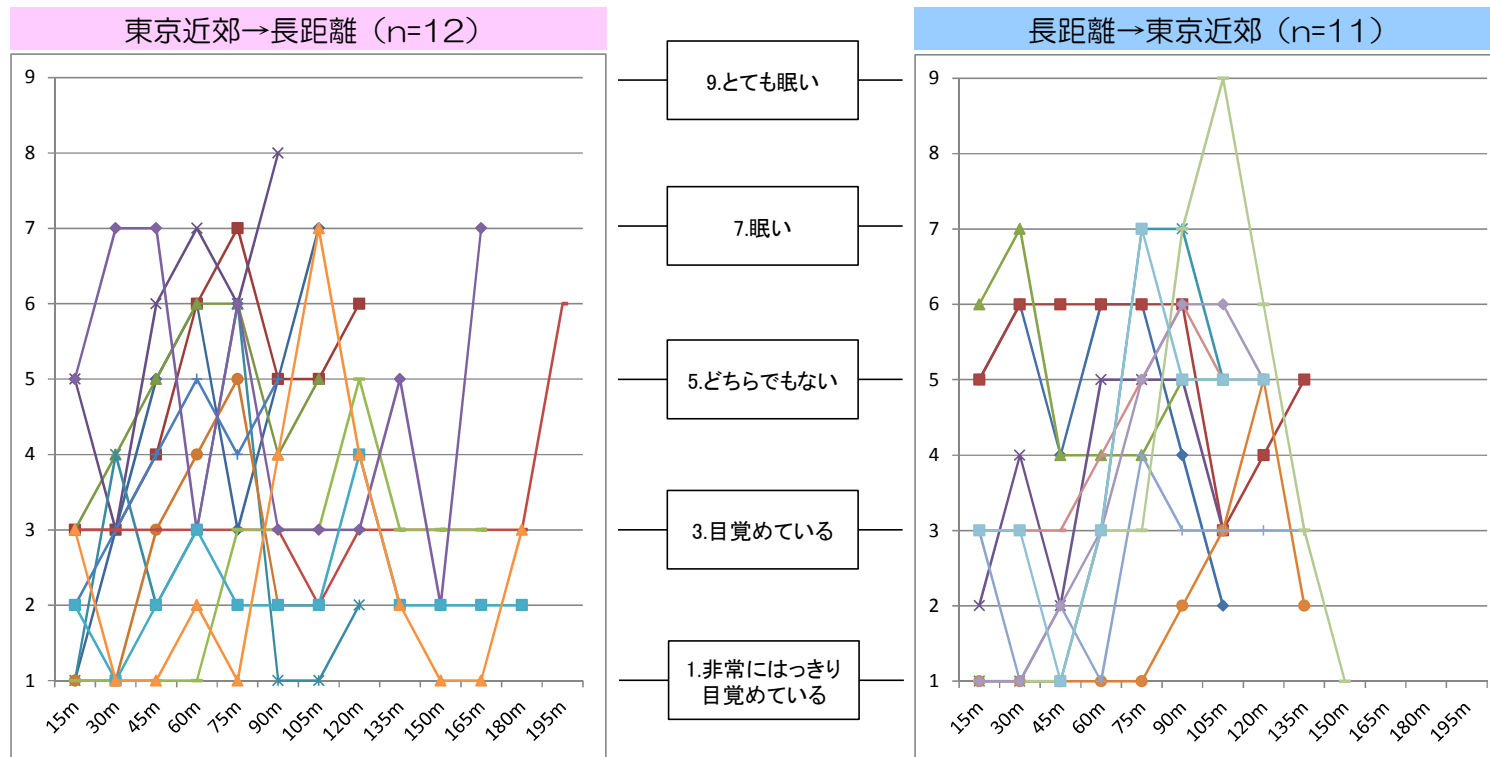
参考: 開瞼度と瞬きの検出結果



走行実験時の主観評価(眠気)

b-1 参加者実証実験 走行経路別の覚醒度変化 (n=23)

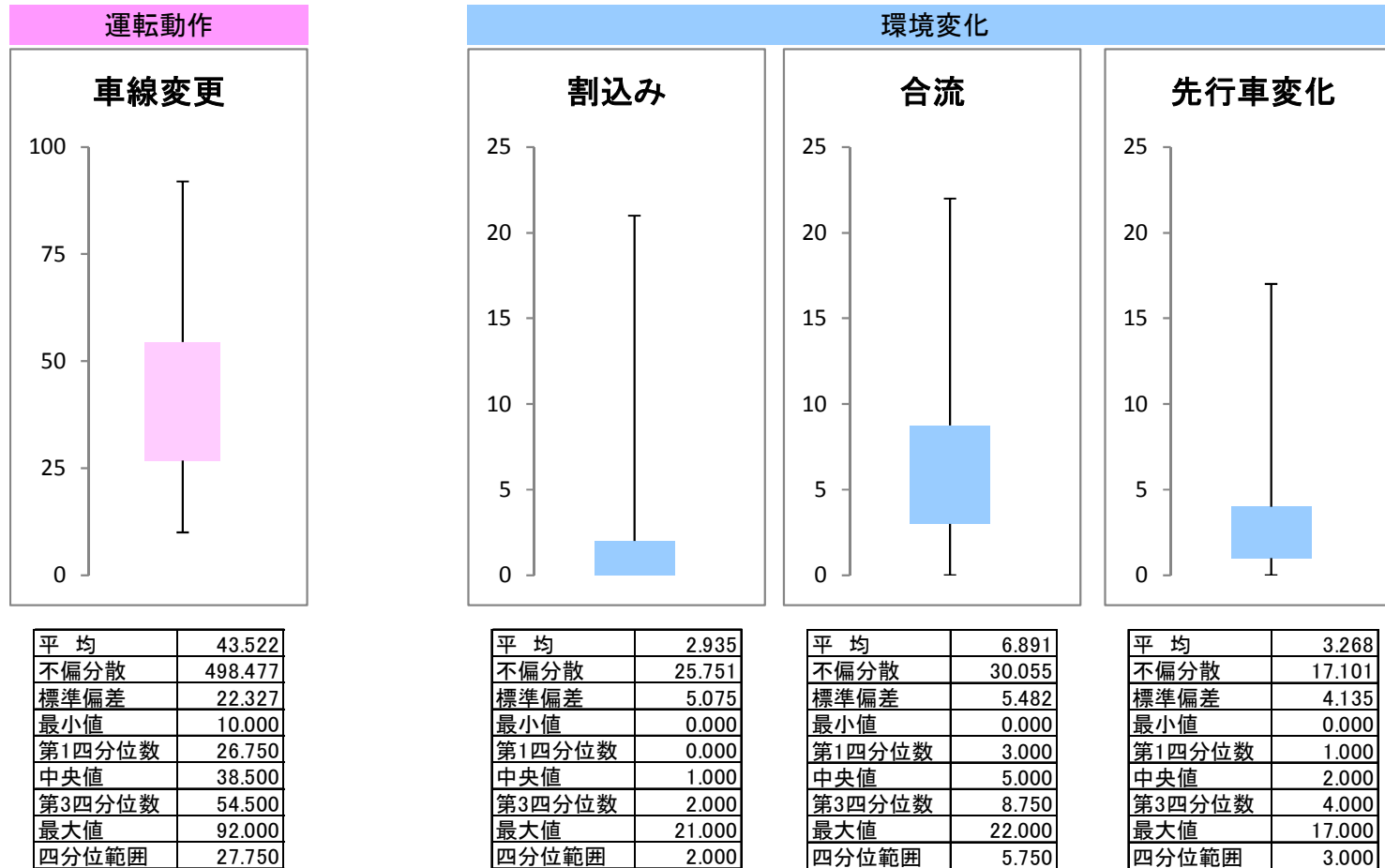
※眠気の変化量が1~2の被験者データは除く



- 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おり、覚醒度が一時的に回復する傾向が表れている。

走行実験時のイベント記録

b-1 参加者実証実験 走行イベント (n=47)



➤ 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。



## 課題B-i実証実験のまとめ

- 課題B-i実証実験(公道実験)は計画通りに進捗しているが、総合データの解析は来年度になる。
- 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。
- 今後、実験の継続と並行して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。