

平成28年度内閣府委託事業

「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」

成果報告 概要版

平成29年3月3日

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
調査検討コンソーシアム

コンソーシアム組織構成と分担

全体統括	国立研究開発法人 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 研究センター長 北崎智之
課題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	国立大学法人筑波大学 システム情報系 教授 伊藤誠
課題B ドライバーの状態と自動走行システムの動作に関わる課題	国立研究開発法人 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 行動モデリング研究チーム チーム長 佐藤稔久
	株式会社デンソー ADAS推進部 情報HMI開発室 担当部長 田中裕章
課題C 自動走行システムと他の交通参加者とのインターフェースに関わる課題	学校法人慶応義塾 理工学部 教授 大門樹
先行研究調査、事務局業務	東京都ビジネスサービス株式会社 プロモーションサービス部 部長代理 保坂圭太

課題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

筑波大学

課題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

□ H28年度目標

システムの機能や限界に関する知識情報が、運転引継ぎに及ぼす影響を明らかにする。また、ユーザーが最低限知っておかなければならないシステム機能の知識とその適切な情報形態の要件を導出する。

□ H28年度成果

- 1) レベル2, 3において、TOR発信後の確実な運転引継ぎのためには、「引継ぎが必要な場合の存在」、「引継ぎ要請HMIの意味」、「引継ぎ場面の具体例」を簡潔にドライバに事前に教示することが必要。情報量が多すぎると特に高齢者には逆効果となる。
- 2) 運転引継ぎに関しては、「システムが制御継続できない」という説明は不十分。「あなたが運転を引継ぐ必要がある」のようにドライバ目線で説明することが有効である
- 3) 運転引継ぎ場面を経験することによって、その後の引継ぎの成功率が上昇する。
- 4) TOR発信なしに機能限界により危険事象が発生する場合のオーバーテイクに関して(レベル2)、機能についての抽象的な説明よりも、具体的な場面で説明をする方が望ましい。また、「自動運転中に監視義務がある」との教示は不十分。「システムからの要請が出ない場合がある」ことを教示する必要がある。とくにパイロンのような車以外の物体の不検知については、できるだけ具体的な事前説明が必要である。

課題Aのアプローチ

- 文献調査：
 - 結果の例：事前にドライバーに知識を与え、その効果を分析した研究はほとんどない
- ウェブ調査：現状の一般市民の知識レベルを確認する
 - 結果の例：2000人を対象とした調査で、「自動運転のレベル」を正しく理解していると答えた人は5%程度。
- 実験1：どこまでの知識を与えるか、体験は必要か。若年層、高齢層とを比較
 - 引継ぎ必要性、引継ぎ要請HMIの意味、引継ぎ場面の情報の必要性
 - 体験の効果
 - (机上の)知識があれば対応できるか、(DS)体験が必要か
- 実験2：与える知識の表現方法
 - 実験2α：若年層(B課題産総研実験に織り込んで実施)
 - 介入・引継ぎの必要性についての説明の主語の影響
 - システムの立場、ドライバの立場
 - 実験2β：若年層、高齢層とを比較
 - 遷移条件についての知識の汎化可能性
 - 機能で説明(想像しづらい、汎化しやすい)
 - 場面で説明(想像しやすい、汎化しづらい)
 - 監視義務についての説明の主語の影響
 - システムの立場(TOR不発可能性)、ドライバの立場(監視義務がある)

実験1：自動運転レベル3想定

- 実験計画： 静的情報の与え方(5条件)と年齢(若年:50歳以下、高齢60歳以上)

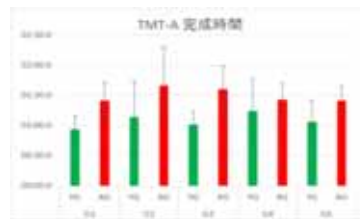
条件	引継必要 場面の 存在	引継要請 HMI意味	引継ぎ場面	与える知識の例
1	×	×	×	「このシステムは高速道路で自動運転を行います」
2		×	×	1に加え 「制御に介入しなければならない場合があります」
3			×	2に加え 「***という表示が出たら、システムがあなたに運転の引継ぎを要請していますので、あなたが運転をしてください」
4			(一部)	3に加え 「たとえば、目的のICに来たらシステムは制御を終了しますので、以降の運転はあなたが行ってください」
5				運転引継ぎを必要とする場面・条件をすべて知らせる

ドライビングシミュレータは
三菱プレジジョン社製D3Sim ver 5
(産総研と同型機)を使用

ステアリングに製反力提示装置を使用し、自動運転制御中は制御入力に応じてステアリング角が変化する



- 実験参加者： 100人
 - 各条件 若年10人、高齢10人
 - 静的情報の条件間での認知機能の差異はなし
- 自動運転中のドライバ状態
 - 覚醒、SuRTを実行
- 評価指標：
 - ハンドルを握るまでの時間 [s]



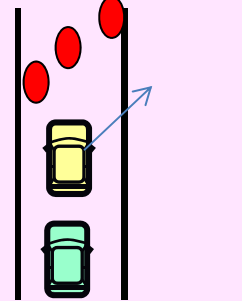
運転引継ぎイベントと、作業仮説

図の数值は、経験順
これら以外に、ダミー3走行シナリオ3, 6, 7

1. ジャンクション到着

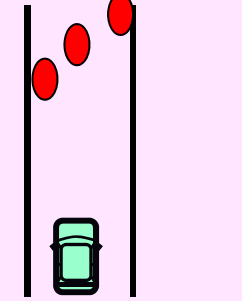


2, 9 レーンクローズ



先行車有.
TOR理由が
わかりにくい

5. レーンクローズ

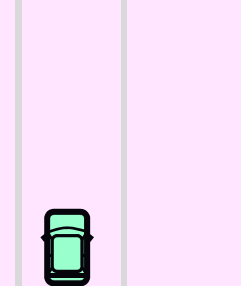


先行車無.
TOR理由
わかりやすい

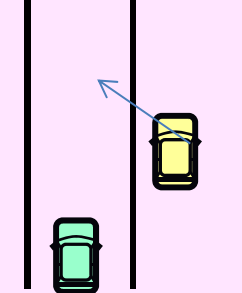
4. 霧での車線区分線認識不可



8. 車線区分線のかすれ



10. 不安



他車両が割込
んでこようとする。
十分な余裕時間を
確保できないので
TOR

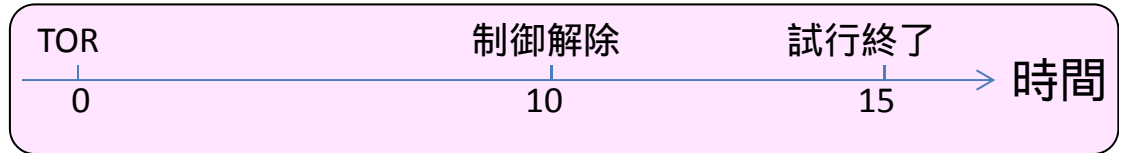
11. 機能喪失(故障): カメラの汚れによる車線区分線の不認識

仮説群の例

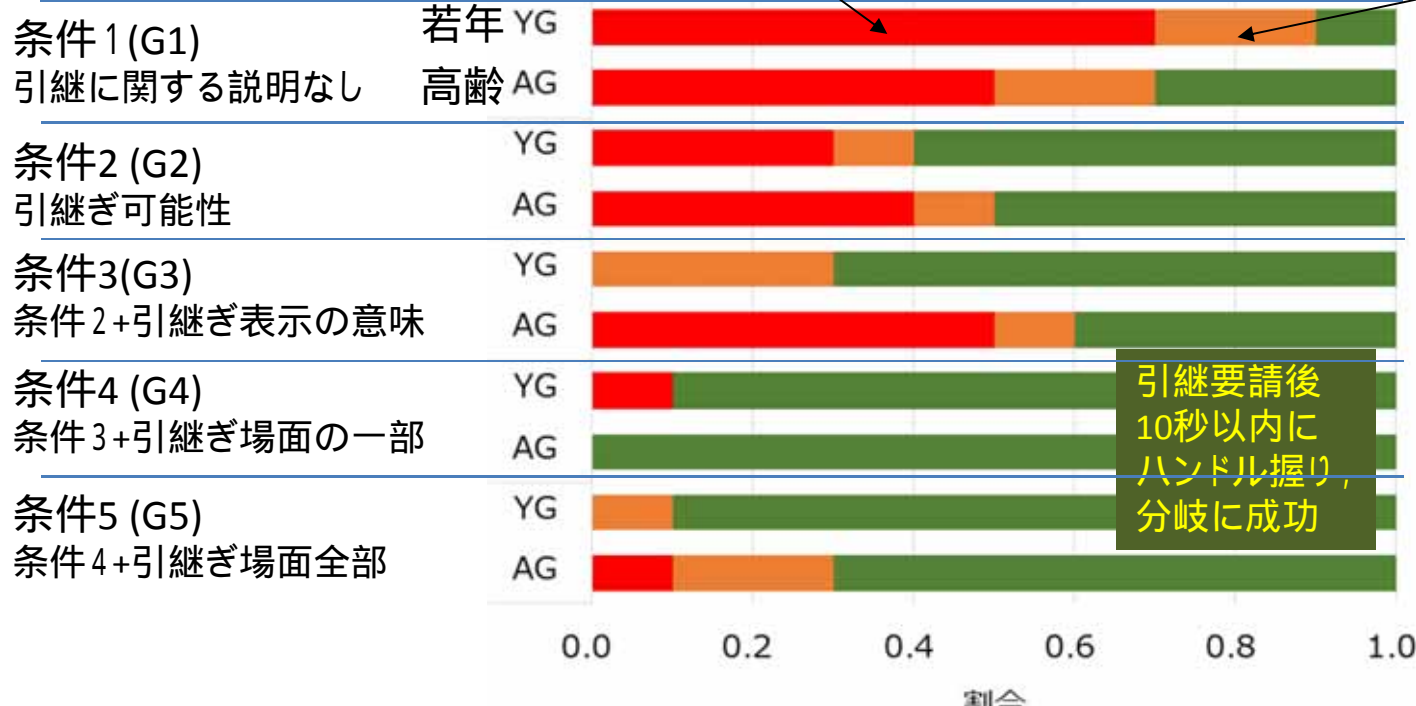
- 最初のイベント(JCT)経験の際, 条件1,2では成績悪い(引継可能性・TOR表示理解)
- 2回目のイベント(レーンクローズ, 先行車有)では, 条件1 - 3は成績悪い(遷移条件知識)
- 同一种(レーンクローズ, 先行車有)では, 1回目よりも2回目の方がよい(「経験」)
- 霧を経験した後のかすれに対しては, 成績悪くない(知識の汎用可能性)
- 「不安」は, 条件5以外は成績悪い(知識の汎用可能性の限界)

実験1の主な結果(ジャンクション到達・制御終了場面)

制御解除前(10秒以内)にハンドルを握ることのできた人の割合



被験者への説明内容

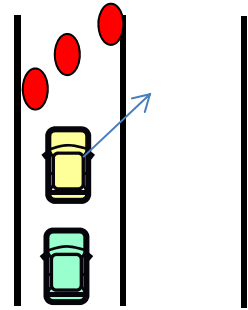


引継が必要な場面の可能性、TOR表示、引継ぎ場面の具体例までの知識が必要
場面を説明し過ぎると、特に高齢者はかえって混乱してうまく引き継げない(条件5)(要検証)

実験1の主な結果(レーンクローズ, 先行車有)

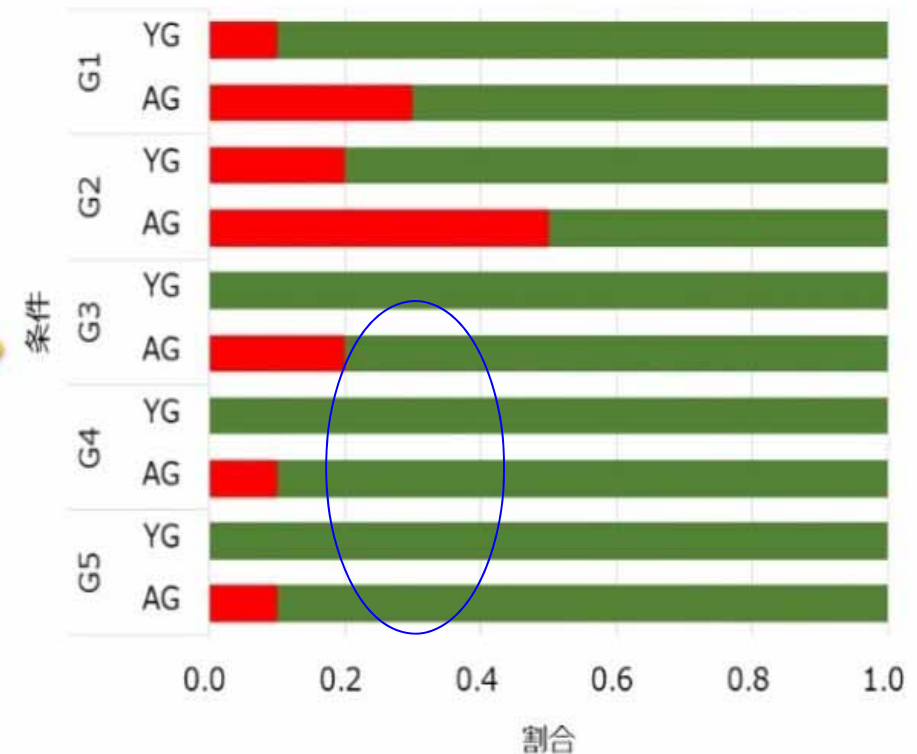
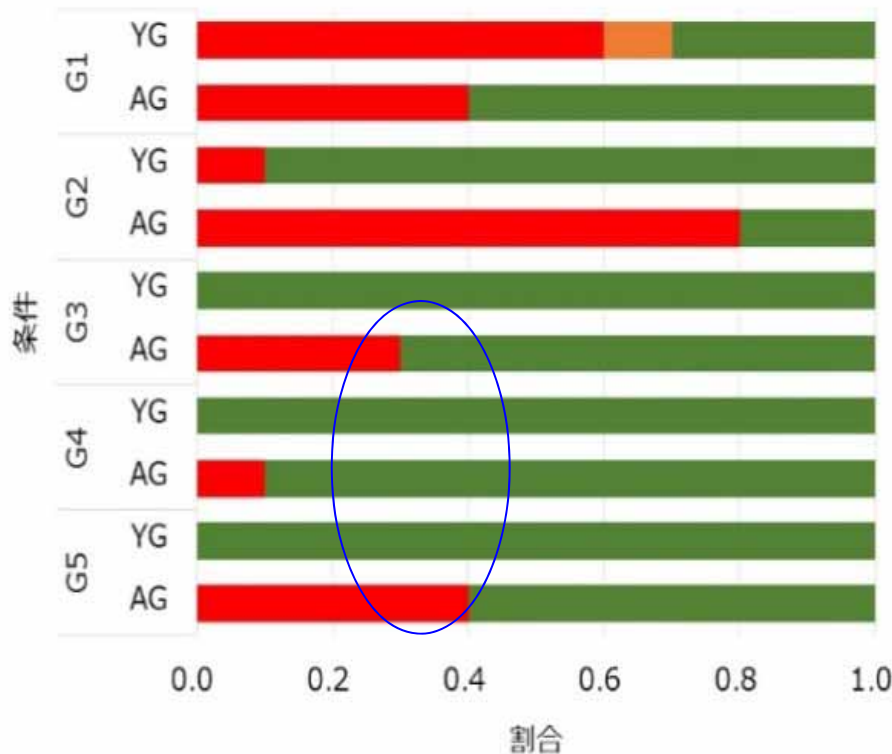
制御解除前(10秒以内)にハンドルを握ることのできた人の割合

先行車有.
TOR理由が
わかりにくい



1回目(全11イベント中2回目)

2回目(全11イベント中9回目)



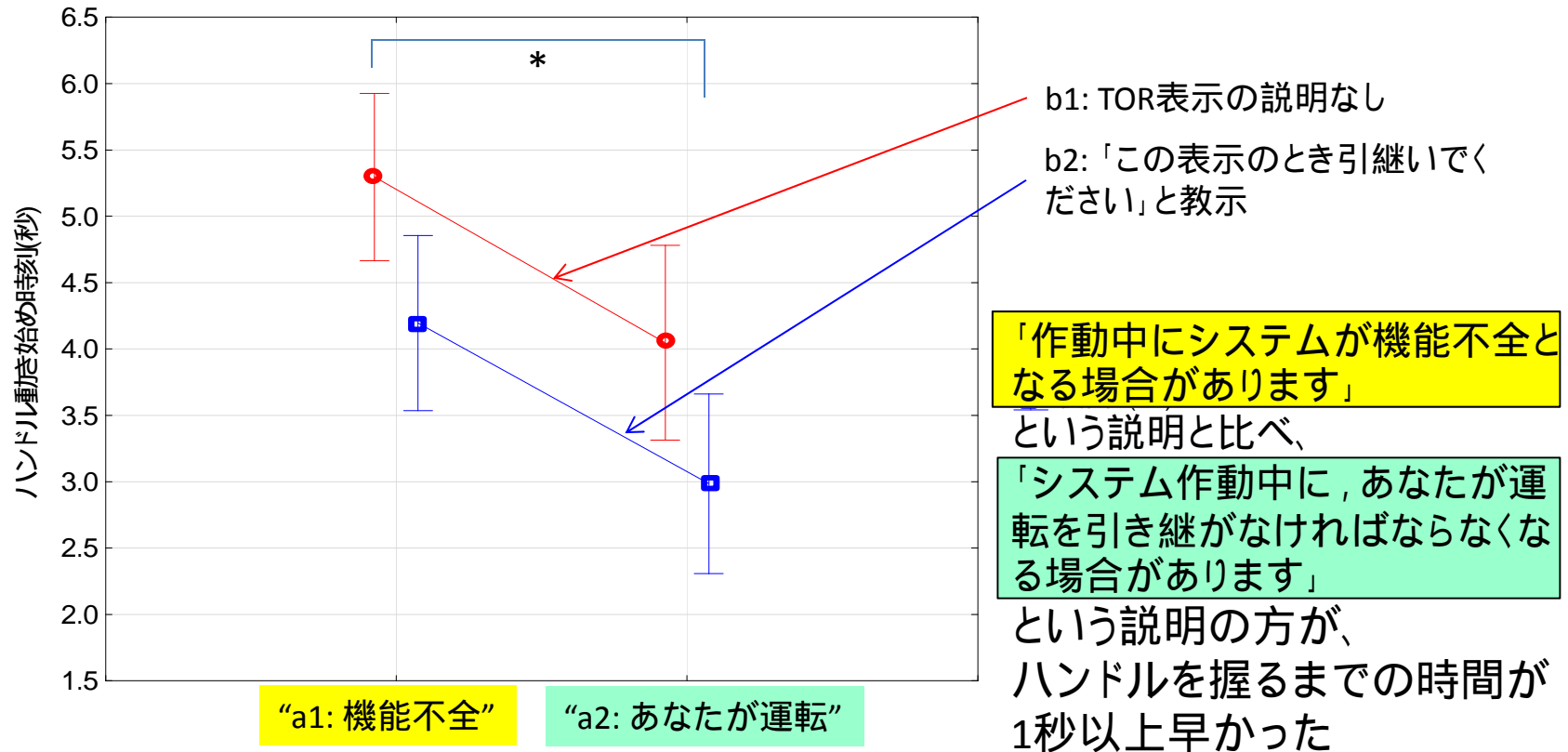
条件5を含め、同一のシーンであれば2度目はうまく引き継げる(「**経験**」の重要性)
机上の知識の提供だけでなく、シミュレータでも経験をさせるべきでは？

実験2α: 運転への介入・引継ぎの必要性を、誰の視点で説明すべきか？

- 独立変数:
 - 介入・引継ぎ必要性についての主語(被験者間要因):
 - a1: この自動運転システムでは、作動中にシステムが機能不全となる場合があります
 - a2: この自動運転システムでは、システム作動中に、あなたが運転を引き継がなければならなくなる場合があります
 - TOR表示説明(被験者間要因): なし(b1), あり(b2) (被験者間要因)
- 実験参加者:
 - B課題産総研実験の参加者 各条件の組み合わせ(a1+b1, a1+b2, a2+b1, a2+b2)ごとに22か23名(ほとんどは若年ドライバ)
- 自動運転と自動走行中の前提条件
 - レベル2を想定
 - 自動運転中は、サブタスクは行わない。(与えた知識の影響のみを分析するため)
- 介入を要するイベント
 - 自動運転システム故障による機能喪失(環境の手がかり情報なし)
- 作業仮説
 - ドライバ主語で説明する方がTORに適切に対応できる(何をすべきかが明確にドライバに伝えられているから)
- 評価指標
 - 自動走行中に前方を見る頻度, 時間、ハンドルを握るまでの時間、運転パフォーマンス

実験2α結果

TOR発信後ハンドルを握るまでの時間(秒)



システムがどうなるかを説明するのでは十分ではない。
「あなたが運転を引き継ぐ必要がある」ということを明示的に伝えることが必要。

実験2β: 遷移条件知識の汎化可能性と、監視義務についての説明の視点

• 独立変数

• (X) 監視の必要性知識

x1: TOR不発可能性を伝える、x2: 監視義務を伝える

• (Y) 遷移条件知識の形態(機能・場面)

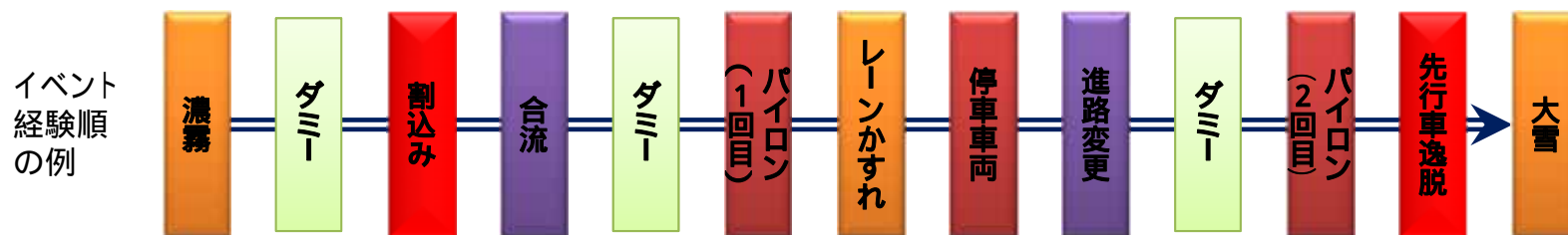
y1: 機能 例: レーンが見えないと制御できない

y2: 場面 例: 悪天候では制御できない

• (Z) 年齢

z1: 若年層(55歳以下)、z2: 高齢層(65代以上)

• 経験するイベント(ダミーを除き全10回、経験順は2種類を設定)



「場面」条件で提供する知識

運転の引継ぎが必要な場面が発生しうる理由

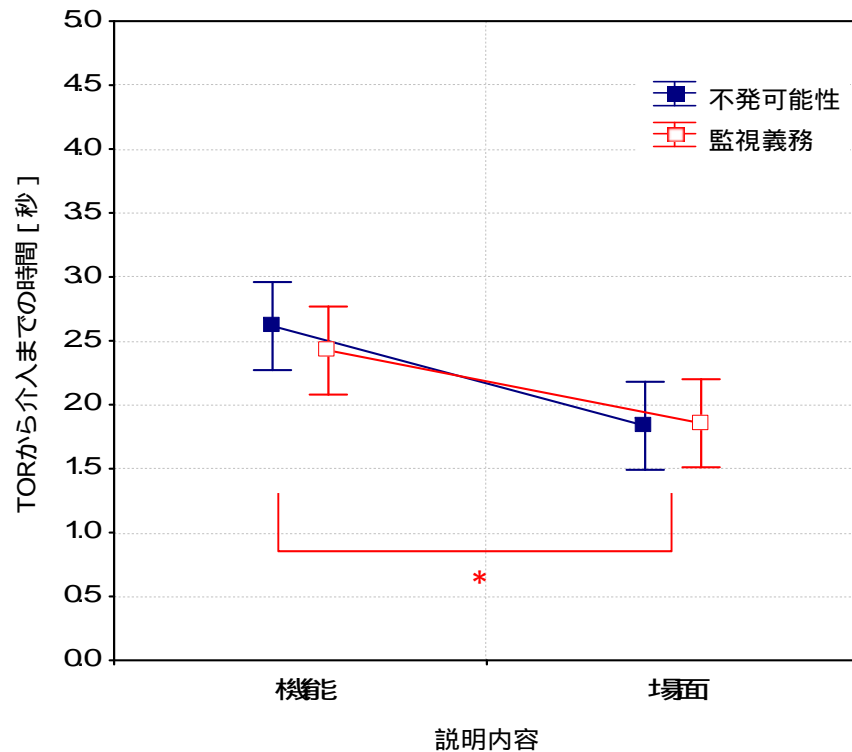
- このシステムは、車線変更を自動では行いません。
- このシステムは、車線を認識できていないときは制御を行えません。
- このシステムは、路上にとまっている物体を認識できないことがあります。
- このシステムは、近くを走っている他車でも、場合によっては認識できないことがあります。

• 作業仮説

- 監視義務の説明だけでは、TOR不発への対応が不十分。TOR不発可能性を伝えればドライバーはうまく対応できる
- 機能についての説明を理解できれば、知識を活用してTOR不発事象を含め、運転介入が必要な場面にうまく対応できる(若年層なら対応可、高齢層なら対応不可)
- 場面についての説明では、教えられた場面への対応はできるが、教えられた場面以外の類似の事例に対してはうまく対応できない

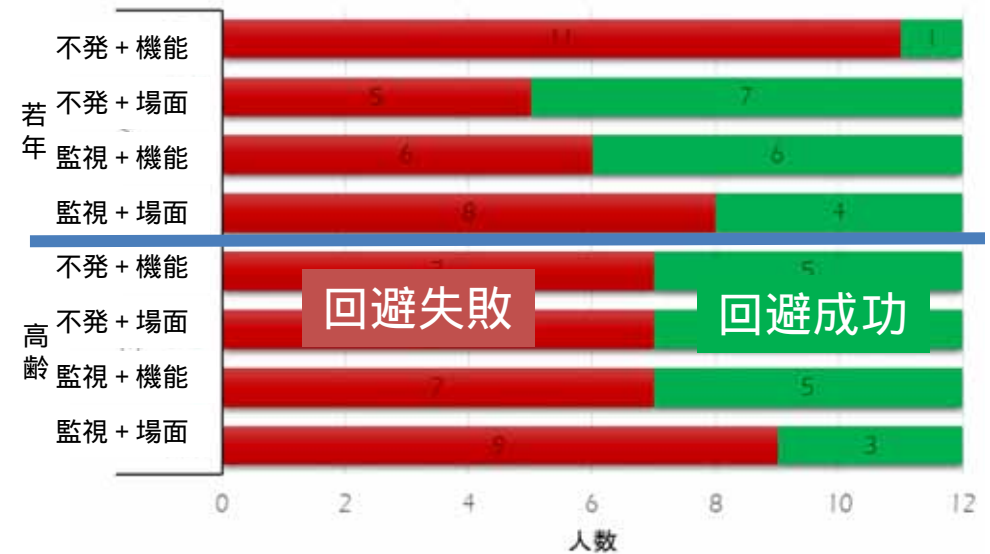
実験2β結果(代表的なもの)

TOR発信後ハンドルを握るまでの時間
(全イベント平均)



「レーンが見えないと制御できない」のように機能の視点で説明されても、一般のドライバーには、いつ介入が必要かはイメージしづらい。介入が必要な場面を具体的に説明すべき

TOR発信のない介入必要場面
(車線上に放置されたパイロン見落とし)での
ドライバーの対応



知識表現の形態によらず、TOR発信のない要介入場面では、多くのドライバーが適切な対応できていない。
(本実験では、どのような場合に不検知が起こるかについては、情報を提供していない)

パイロンのような車以外の物体の不検知については、できるだけ具体的な事前説明が必要

課題B

ドライバーの状態と自動走行システムの動作に関わる課題

産業技術総合研究所

課題B: ドライバーの状態と自動走行から手動走行への遷移に関わる課題

□ H28年度目標

ドライバー状態の評価指標の抽出と、ドライバーモニタリングシステム基本構成の導出。

□ 28年度成果

- 1) 自動走行中のドライバー状態は、TOR発信後の運転引継ぎおよび引継ぎ後のパフォーマンスに影響する。またパフォーマンスの低下の仕方は、自動走行中のドライバー状態の種類によって異なる。
 - 認知的な注意散漫状態 → 引継ぎ後の認知・判断・操作プロセスに遅延が生じ、回避対象との衝突リスクが高まる。
 - わき見を伴う機器操作状態 → 周辺状況の認知が不完全なため、引継ぎ後の危険回避操作が急であり、車両安定化のための操舵がばらつき、時間もかかる(カーブ走行のように、引継ぎ後に精度の高い操舵が求められる状況においてリスクが高まる)。
 - 低覚醒度状態 → TOR発信後の引継ぎ開始までの時間が遅延する。
- 2) 運転引継ぎおよび引継ぎ後のパフォーマンスを低下させるドライバー状態を検出可能な生理指標を抽出した。車載装置で測定可能な指標は、「目の瞬間的な動き(サッカード)の幅と生起頻度」、「まばたきの頻度」、「車内の画面を見ている時間割合」、「目を閉じている時間割合」。
- 3) 上記結果に基づいてドライバーモニタリングシステムのスペックを導出。プロトタイプを製作し車両搭載検証を完了した。

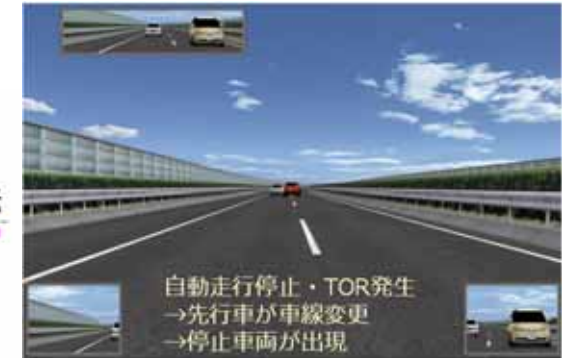
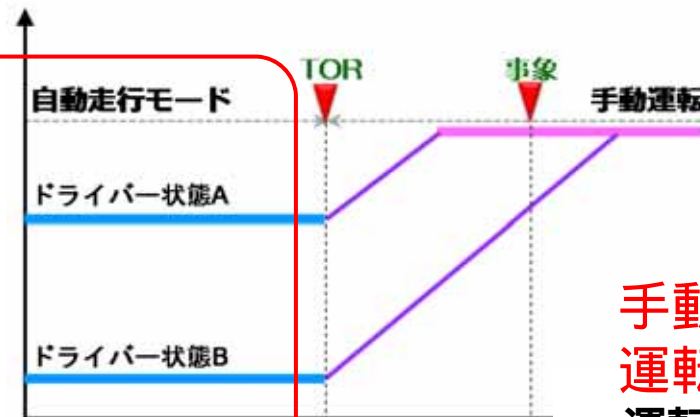
ドライバー状態評価指標の抽出

実験方法: DSでの高速道路の走行実験

自動走行モード中の
ドライバー状態を評価

計測項目

- ・脳波
- ・頭部運動
- ・視認行動
【視線, 瞬目, 眼球運動】
- ・心拍
- ・血圧
- ・主観評価
など



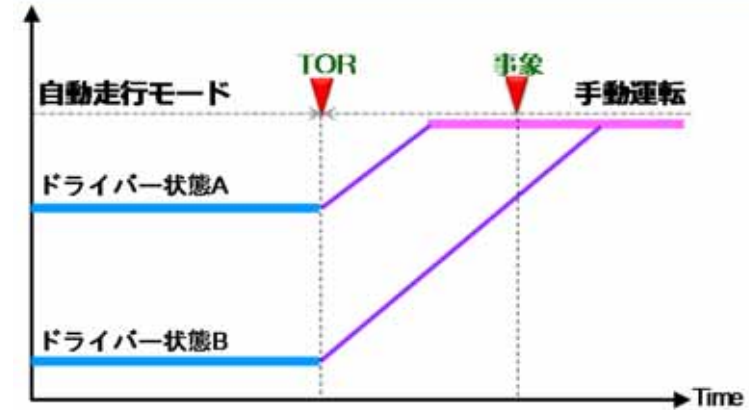
手動運転への切替え後の
運転パフォーマンスを評価
運転行動・車両挙動

- ・反応時間
- ・ステアリング操舵量
- ・ペダル操舵量
- ・車間距離
- ・横位置偏差 など



実験方法: 対象とするドライバー状態

視線は道路にあるが意識は他にある
(意識のわき見)



自動走行中に認知的なサブタスクを実施

N-back

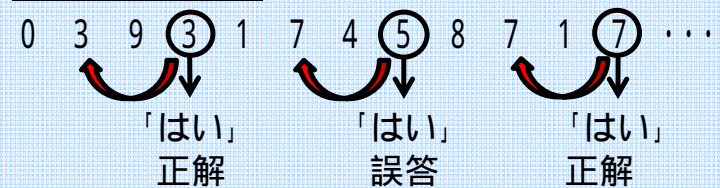
- ・音声で呈示し, 声で回答する
- ・4秒に1回, 0~9のいずれかを提示

(Mehler et al., 2009)

難易度低: 1-back

難易度高: 2-back

2-backの例



視線が道路にない時もある(わき見)

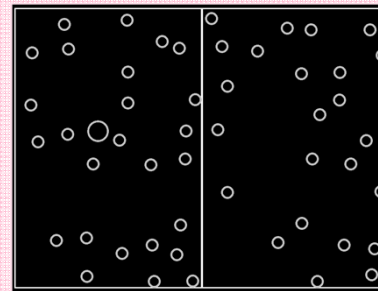
自動走行中に視覚的なサブタスクを実施

SuRT (Surrogate Reference Task)

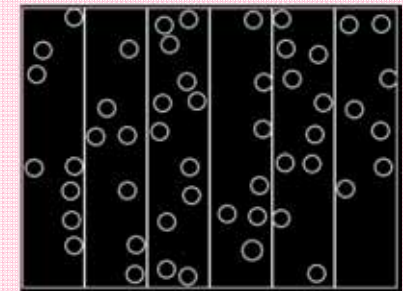
- ・刺激: ISO/TS14198に準拠
- ・10秒に1回刺激を提示
- ・タッチパネル上で回答



難易度: 低



難易度: 高

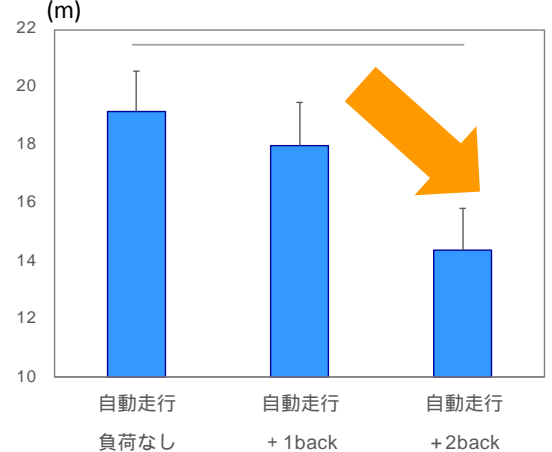


実験結果：TOR後の運転行動

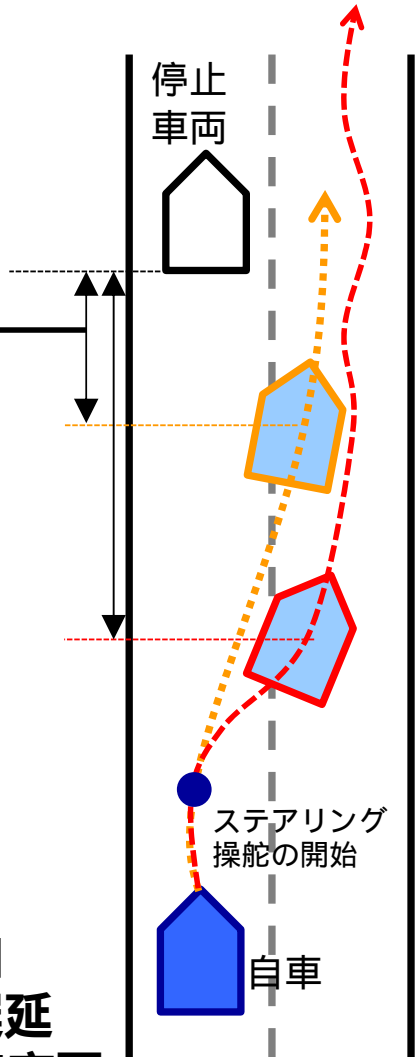
TOR前のドライバー状態が異なると，TOR後の不適切な運転行動の発現場所が異なる

-➤ N-backでのTOR後の自車の回避行動
- - - ➤ SuRTでのTOR後の自車の回避行動

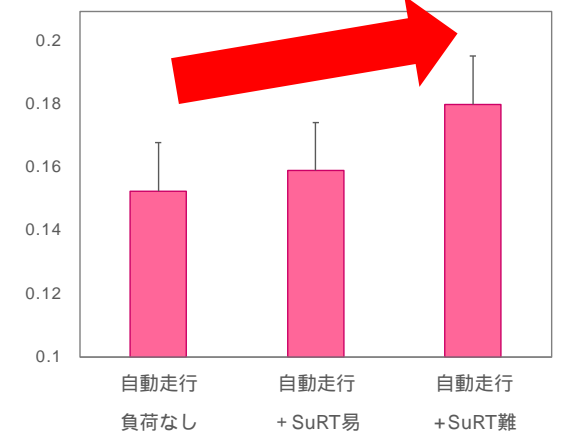
車線変更中の停止車両との最小距離 (m)



意識のわき見により，認知判断 操作のプロセスに遅延
→ 停止車両と近距離で車線変更



車線変更後5秒間のステアリング操作のばらつき

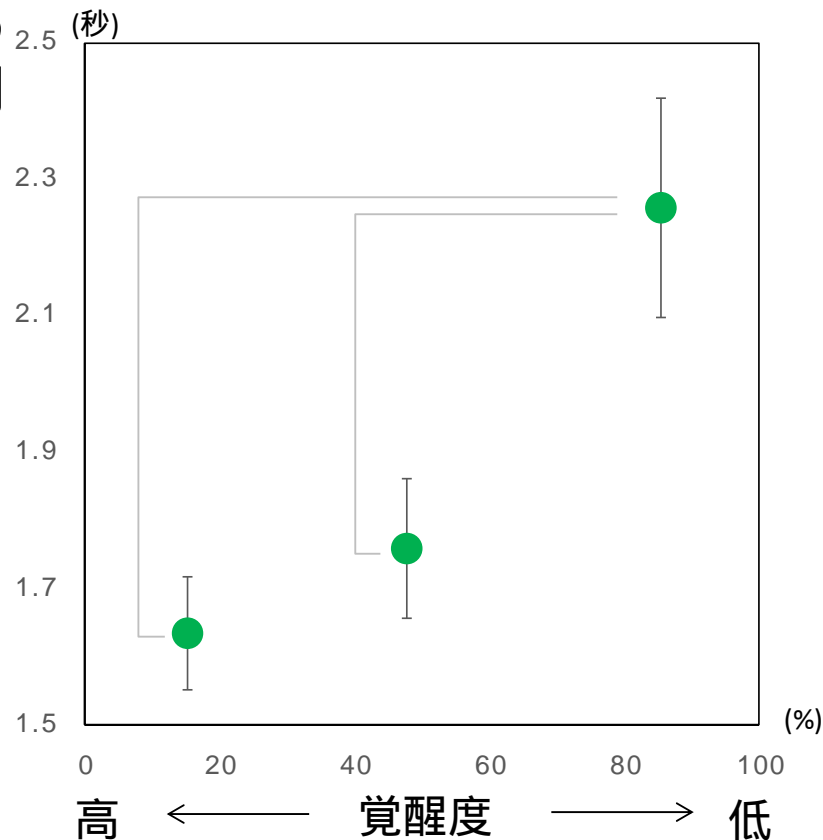


わき見により，道路交通状況を十分に認知せずに車線変更
→ 操舵が大きくなり，車線変更後の操舵が不安定で，車両の安定までの時間が長い

実験結果：TOR後の運転行動[覚醒度の低下]

TOR前の覚醒度が低下すると，TOR後のステア操舵の開始までの時間が長くなる

ステアリング操舵の
開始までの時間



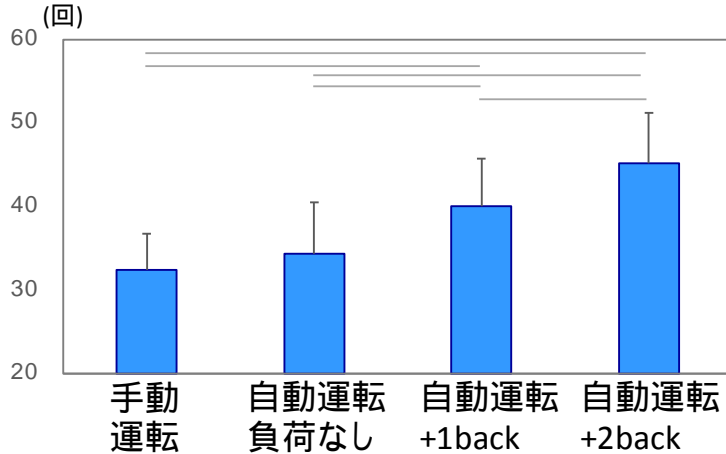
TOR前の
覚醒度低下の
評価指標

PERCLOS(1分あたりの閉眼割合)

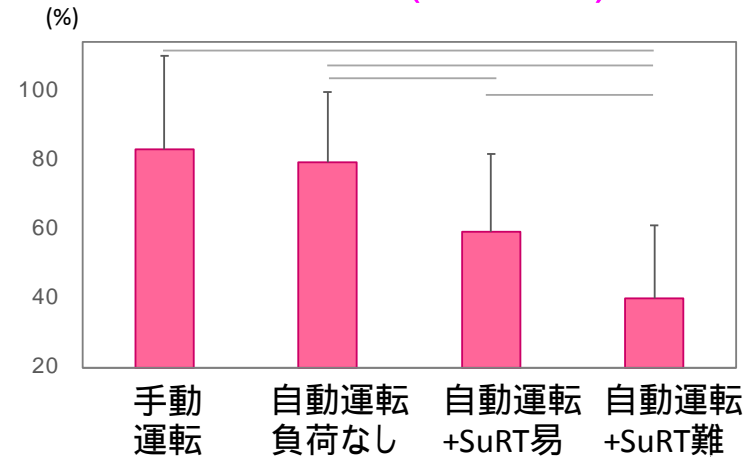
実験結果：TOR前のドライバー状態

TOR前の異なるドライバー状態を検知可能な評価指標を抽出

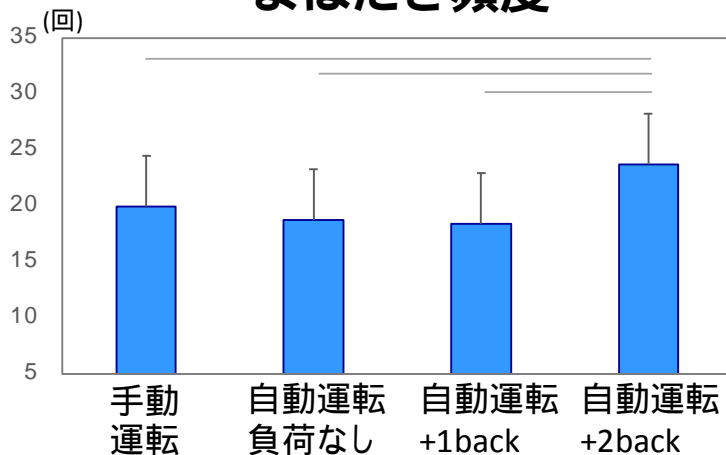
意識のわき見(N-back)



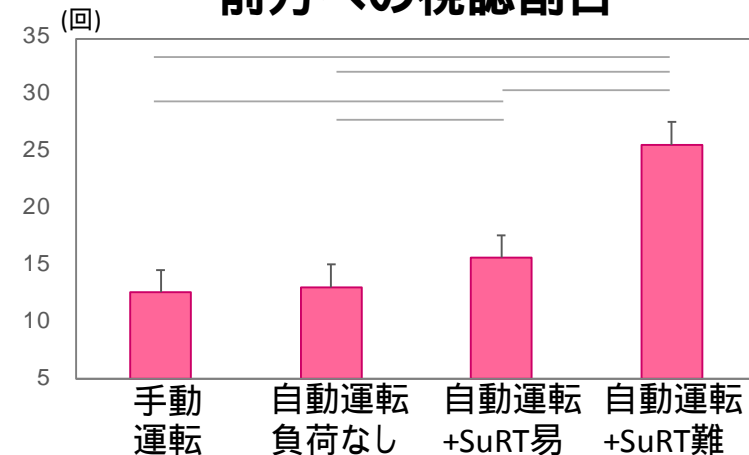
わき見(SuRT)



まばたき頻度



前方への視認割合



サッカード(5~8度)の生起回数

サッカード(5~8度)の生起回数

実験結果：ドライバー状態によって差の見られた評価指標

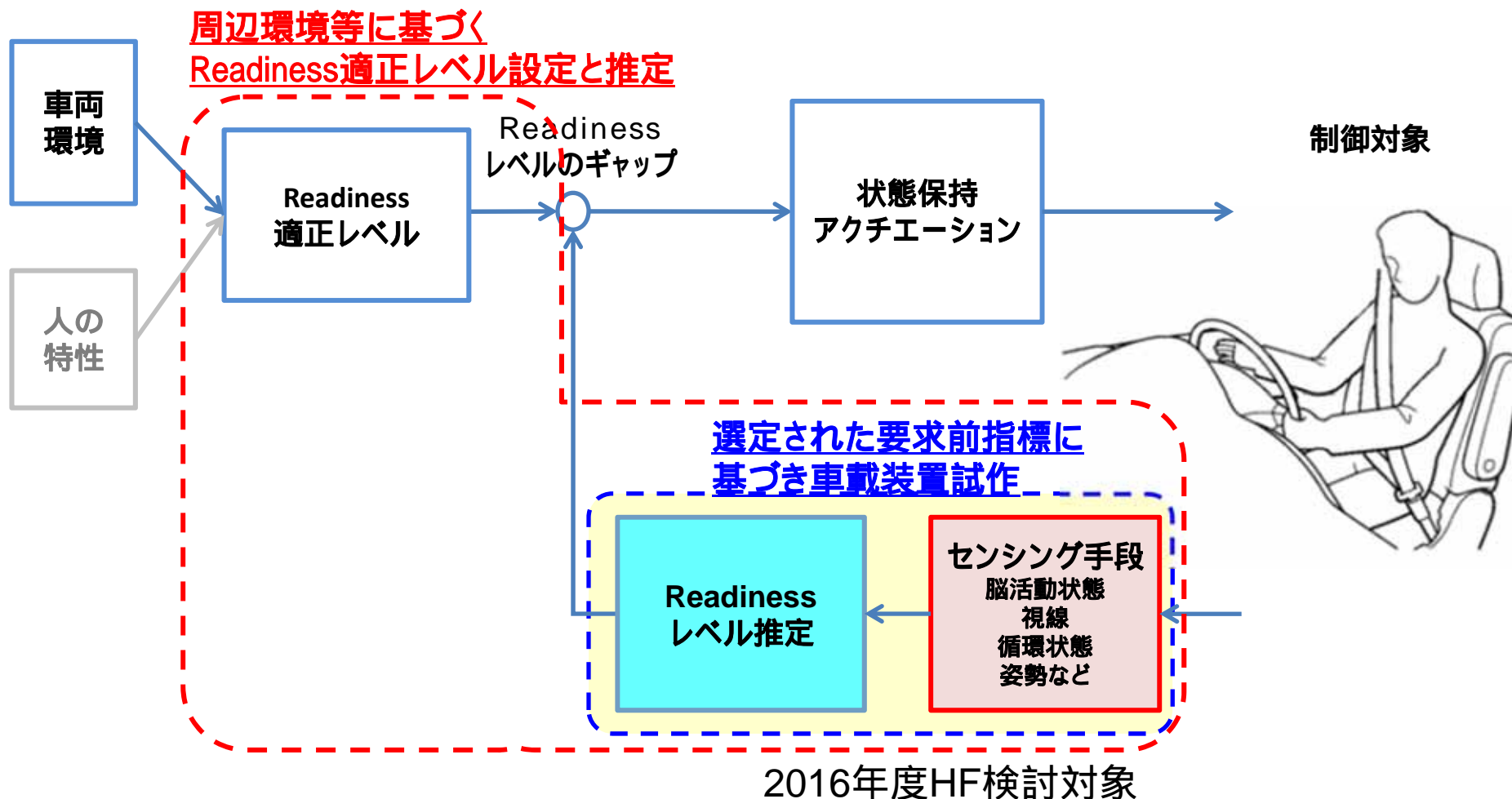
TOR前の異なるドライバー状態の評価指標と車載デバイスへの適用可能性を明確化

		意識の 脇見	脇見	覚醒度	ドライバーモニタ リング(非拘束・非 接触)への適用
脳波	課題非関連プローブ法によるP2-N1振幅				
	小さいサッカードでの眼球停留関連電位				
顔向き	頭部運動のばらつき				
視線	前方への視認割合				
	車載ディスプレイへの視認割合				
目の動き	サッカード(5~8度)の生起頻度				
	サッカード(20~40度)の生起頻度				
	サッカード振幅のばらつき				
	マイクロサッカード(1度以下)の頻度				
	瞳孔径				
まぶたの動き	まばたきの頻度				
	まばたきの持続時間				
	PERCLOS(閉眼割合)				
自律神経	心拍数				
	血圧				

ドライバーモニタリングシステム基本構成の導出

ドライバーモニタリングシステムの試作

Readiness状態保持モデル



有効な生理指標の選定と車載可能な検知装置の試作

車載装置にて測定可能な指標の選定

----- 選定された生理指標 -----

	認知：主に脳活動状態、視線	生理：主に循環状態	行動：主に姿勢
計測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・課題非関連プローブ法 ・眼球停留関連電位 ・サッカード ・瞬目 ・視線方向 	<ul style="list-style-type: none"> ・心拍 ・血圧 	<ul style="list-style-type: none"> ・頭部運動
車載計測器	カメラ   	ウェアラブルセンサ 	カメラ (認知用と共通) シート圧センサ 

評価指標の測定要件

手動切り替え後の運転成績	視線移動	測定要件(変化量)
認知的注意散漫状態、 意識の脇見 停止車両とのTTC	目の瞬間的な動き(サッカード)の幅と生起頻度	滞留時間: 200ms以上 移動量(角度): 5deg以上
	瞬きの頻度 ^a	瞬き時間: 70ms ~ 500ms
視覚的注意散漫状態、 脇見 回避行動後の操作のばたつき	目の瞬間的な動き(サッカード)の幅と生起頻度	滞留時間: 200ms以上 移動量(角度): 5deg以上
	車内の画面を見ている時間割合 ^b	視線滞留時間: 2s以上 視線方向: (頭部運動含む): 滞留位置 ± 20deg
覚醒度 ステアリング保持までの時間遅れ	目を閉じている時間割合 ^c	閉眼時間: 500ms以上

参考: 各要件の定義

a)瞬き時間の定義

目が閉じている時間とする。

b)車内の画面を見ている時間

本実験ではSuRT実験に使用したディスプレイと前方の視線滞留時間で推定した。

このため、実車環境では別途視線方向の意味付けが必要となる。

c)目を閉じている時間の割合

PERCLOS(開瞼度ベースの算出): 開瞼度 (= 上瞼から下瞼までの距離 ÷ 虹彩の直径) が20%未満で、

目が閉じている時間が500ミリ秒以上の区間

要件に基づく車載機(主に視線)の仕様策定

仕様策定用試作カメラ

	要件	詳細
顔位置検出カメラ	解像度	VGA
	フレームレート	25fps
眼球追従カメラ	解像度	480 × 480
	フレームレート	200fps
	その他	ズームインアウト機能 追従用可動式



顔位置検出カメラ

- 1 . 顔位置検知
- 2 . 顔向き検知

眼球追従カメラ

- 1 . 瞬き検知
- 2 . 視線検知
- 3 . サッカー検知 (新規項目)

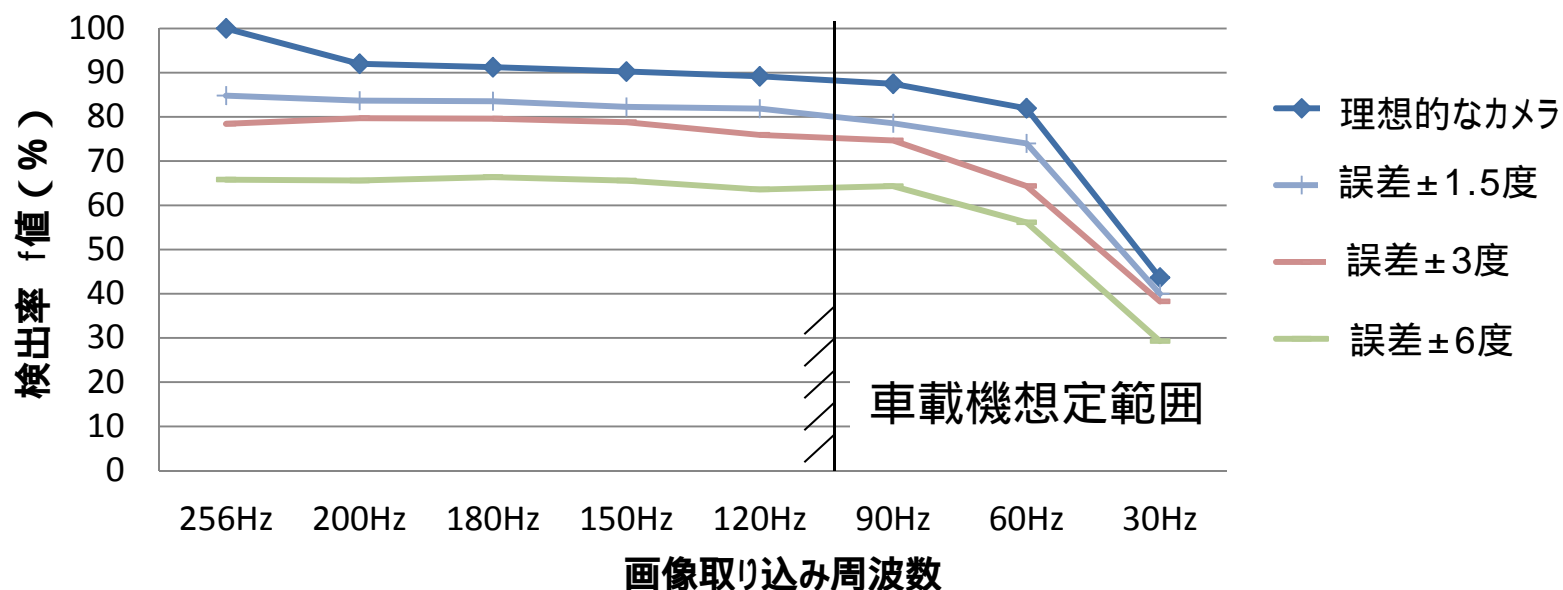
車載カメラ仕様の策定をするため、ハイスペックな試作カメラを作成し検証

仕様策定試作機によるサッカーカード検出率のシミュレーション

サッカーカード検出条件

- ・眼球回転の角速度・角加速度のどちらかが閾値以上であればサッカーカードと判定する
- ・角速度閾値：80deg/s
- ・角加速度閾値：800deg/s²

移動量2度以上の検出率



試作器の搭載例



課題C

自動走行システムと他の交通参加者とのインターフェース
に関わる課題

慶應義塾大学 理工学部

課題c: 自動走行システムと他の交通参加者とのインターフェース に関わる課題

□ H28年度目標

ドライバー間, およびドライバーと歩行者間の現状のコミュニケーション行動を計測し, その手段と手続きの基本要素を抽出してモデル化する. 加えてコミュニケーションの地域性に関する予備調査を実施する.

□ H28年度成果

- 1) ドライバー間コミュニケーションの手段や手続きとして, 減速や停止などを伴う車両挙動が主として用いられていることが分かった. しかし速度や距離によっては意味の理解にばらつきが見られ, これを低減するためにはドライバー(車両)の意図を伝達するための“外向きHMI”が必要であると考えられる.
- 2) 歩行者は主に減速を伴う車両挙動から「譲られている」と認識する. しかしより早くにドライバー(車両)の譲る意図を歩行者に伝達するためには, “外向きHMI”の利用が有効であると考えられる.
- 3) 代表的場面における, 車両挙動や灯火器類を用いた基本的なドライバーコミュニケーション手続きの定量的モデルを構築した.
- 4) 歩行者の属性や地域の違いにより, コミュニケーション手段の理解が異なる場合があるため, 配慮が必要である.

観測方法・実験方法

定点観測による調査



首都高速CCTV¹⁾ 料金所後広場, 分合流部, 車線減少
 一般道ビデオカメラ 交差点部(右直, 無信号) 無信号横断歩道(駅前, 商店街)

ドライバー間, ドライバー・歩行者間
 コミュニケーションの現状

車両同乗による調査



首都高速 料金所後広場, 分合流部, 車線減少
 一般道 交差点(右折, 無信号), 駐車両回避 無信号横断歩道(駅前, 商店街)

ドライバー間, ドライバー・歩行者間
 コミュニケーションの手段・手続き

Webアンケートによる調査



コミュニケーションの地域性(予備調査)

歩行者の「譲り」認識の実験調査



車両接近時の特徴
 車両挙動(速度・減速度)
 灯火器操作(パッシングライト)



歩行者の認識
 接近車両の特徴と「譲られ
 ている」の判断・手掛かり

接近車両からの「譲り」に対する歩行者の認識

1) TOKYO SMART DRIVER ARCHIVE REPORT Vol.16 December2009
 自己分析レポート POINT OF DECEMBERより <http://www.smartdriver.jp/challenge/vol16.html>

実験車両・計測機器

プリウス50系

レーザレンジファインダー

周囲の交通参加者との距離

360度カメラ

周囲の交通参加者の状態

車載カメラ・室内カメラ

前方状況, 後方状況,

ドライバーの状況

CANデータ

車速, 加速度, ブレーキペダル操作,

アクセルペダル操作, 車間距離,

ウィンカ操作, ヘッドライト状態ほか

GPSデータ

緯度経度データ, 車速など



実験車両



360度カメラ

レーザレンジファインダー
(前後方向)



記録データのモニタリング



車室内

内省報告の収集

走行終了後, 実験参加者が記録映像中の車両間および歩車間のコミュニケーション場面を確認
コミュニケーション場面での実験参加者の認識や考え, 心理状態などを収集

ドライバー間コミュニケーション(首都高速道路)

車両挙動分析のため、コミュニケーション候補に関する前処理を実施

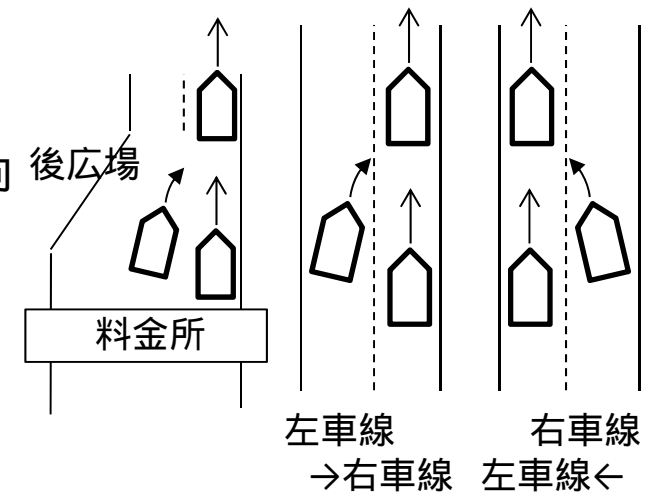
- 5号線上り志村本線料金所：料金所前広場，料金所後広場，料金所手前
- 3号線上り用賀本線料金所：料金所後広場
- 中央環状線外回り小菅JCT→堀切JCT：合流地点から分流方向
- 中央環状線内回り堀切JCT→小菅JCT：合流地点から分流方向
- 中央環状内回り熊野町JCT→板橋JCT：合流地点から分流方向
- 中央環状外回り板橋JCT→熊野町JCT：合流地点から分流方向
- 湾岸線西行き大井料金所：料金所後広場

観測時間帯

- ウィークデイ, ウィークエンド

交通状況

- 渋滞時(~ 20km/h) や混雑時(20 ~ 40km/h) を中心に



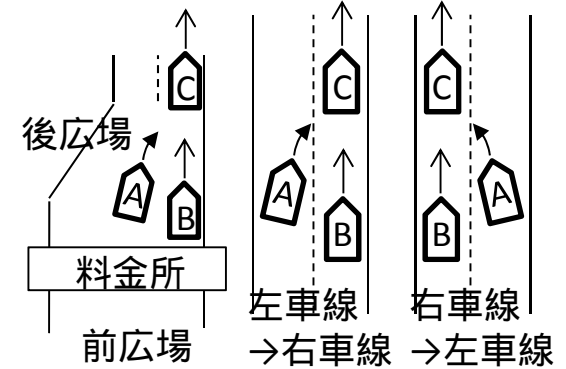
TOKYO SMART DRIVER ARCHIVE REPORT Vol.25 SEPTEMBER
 2010 自己分析レポート POINT OF SEPTEMBER
<http://www.smartdriver.jp/challenge/vol25.html>

首都高速道路株式会社 料金・ルート案内
<http://search.shutoko.jp/>

ドライバー間コミュニケーション(首都高速道路)

本分析でのドライバー間コミュニケーション(進路譲り)の取り扱い:

1. 車両Aが、ウィンカーや車両挙動により、車線変更の意思を表明する
2. 車両Bが車両Aの車線変更の意図を認識する
3. 車両Bは、車両Aの車線変更に備えて減速や停止、合図をしている
4. 車両Aが車線変更を行い、車両Bの前に(車両Cの後に)入り込む



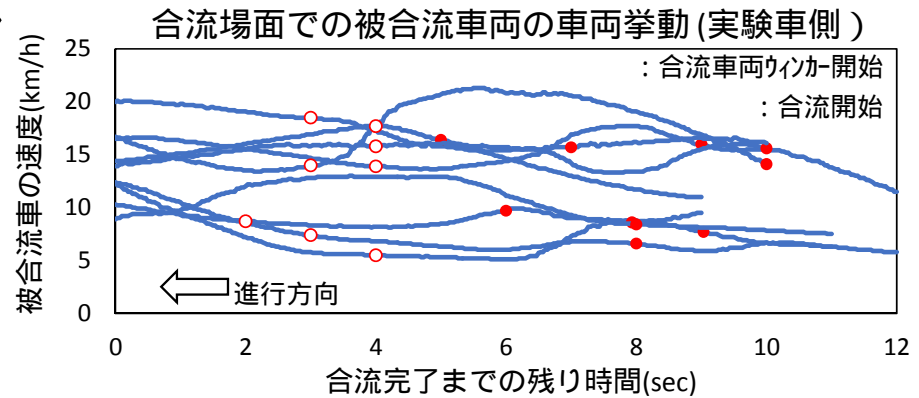
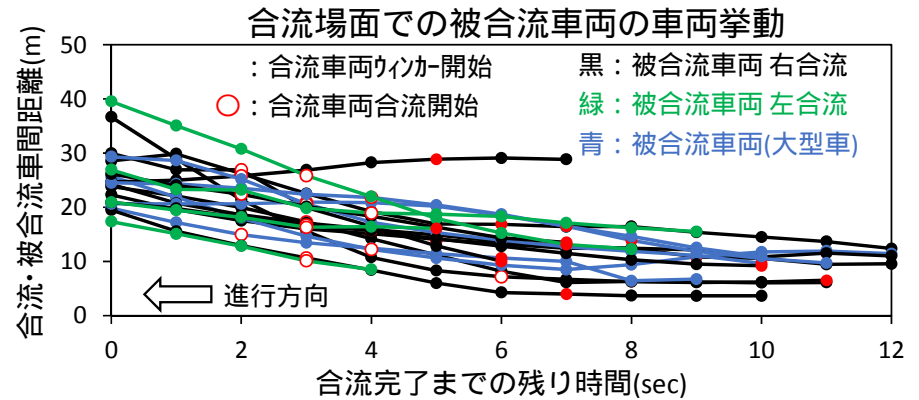
	志村料金所		板橋-熊野町JCT	用賀料金所	大井料金所	
	前広場 (PA) 10/12(水) 6:00-7:00	後広場 10/12(水) 12:30-13:30	上り・内回り 10/12(水) 7:00-8:00	後広場 11/13(日) 11:00 ~ 11:30	後広場 10/14(金) 10/15(土) 11:30-12:15 16:30-17:00	
右車線 → 左車線	50/144	0/3	71/96	2/17	62/113 (車線まとめ)	61/119 (車線まとめ)
左車線 → 右車線	2/85	187/197	81/107	97/148		

	小菅-堀切JCT			堀切-小菅JCT	
	外回り			内回り	
	10/9(日) 17:00-17:45	10/10(月祝) 7:00-7:30	10/12(水) 17:30-18:00	10/10(月祝) 16:00-16:30	10/11(火) 9:30-10:00
車線まとめ	271/430	131/279	114/211	130/252	130/160

コミュニケーション該当数 / 車線変更総数

車両Aがウィンカーで車線変更の意思表示
車両Bが車間距離の増加・一定等で受入

ミス・コミュニケーションや警告(早く進め)などの
コミュニケーション数例観測



被合流車が速度調整, 車間距離増加・一定

ドライバー間コミュニケーション(一般道路・定点観測)

1月21日(土)および1月24日(火)の2日間 各日7:00~13:00で収集

対象区間・対象地点

大学キャンパス近郊の横浜市内の一般道・生活道路(約10地点)

・ドライバー間コミュニケーション

- ・菊名駅西口周辺 1地点
- ・菊名駅周辺綱島街道沿い 1地点
- ・大倉山駅周辺 1地点
- ・日吉駅周辺 1地点
- ・矢向駅周辺 1地点
- ・白楽駅周辺 2地点

・ドライバー・歩行者間コミュニケーション

- ・大倉山駅周辺 1地点
- ・矢向駅周辺 1地点
- ・白楽駅周辺 1地点



ドライバー間コミュニケーション(一般道路・車両同乗観測)

実験走行の概要

大学キャンパス近郊の横浜市内・川崎市内の一般道・生活道路

走行ルート

前半: 矢上キャンパス 武蔵小杉駅 平間駅 鹿島田駅 K2キャンパス(休憩) 約10km 約50分

後半: K2キャンパス 矢向駅 菊名駅 大倉山駅 矢上キャンパス 約20km/h 約90分

経路指示

カーナビゲーションと助手席の

実験者からの指示

実験参加者

若年ドライバー

男性15名 21~34歳(平均25.5歳)

女性16名 24~34歳(平均27.4歳)

高齢ドライバー

男性5名 65~72歳(平均69.2歳)

女性5名 66~78歳(平均69.6歳)

若年・高齢ともに週1回以上運転する方

(計測機器の不調のため、若年女性1名のデータ欠損)

運転に関する教示

安全に配慮した運転, 歩行者や車両が交差点や横断歩道で待機していたら自然な流れで譲るよう指示. ただし, 急ブレーキなどで無理に譲る必要はない.



走行ルート(前半)

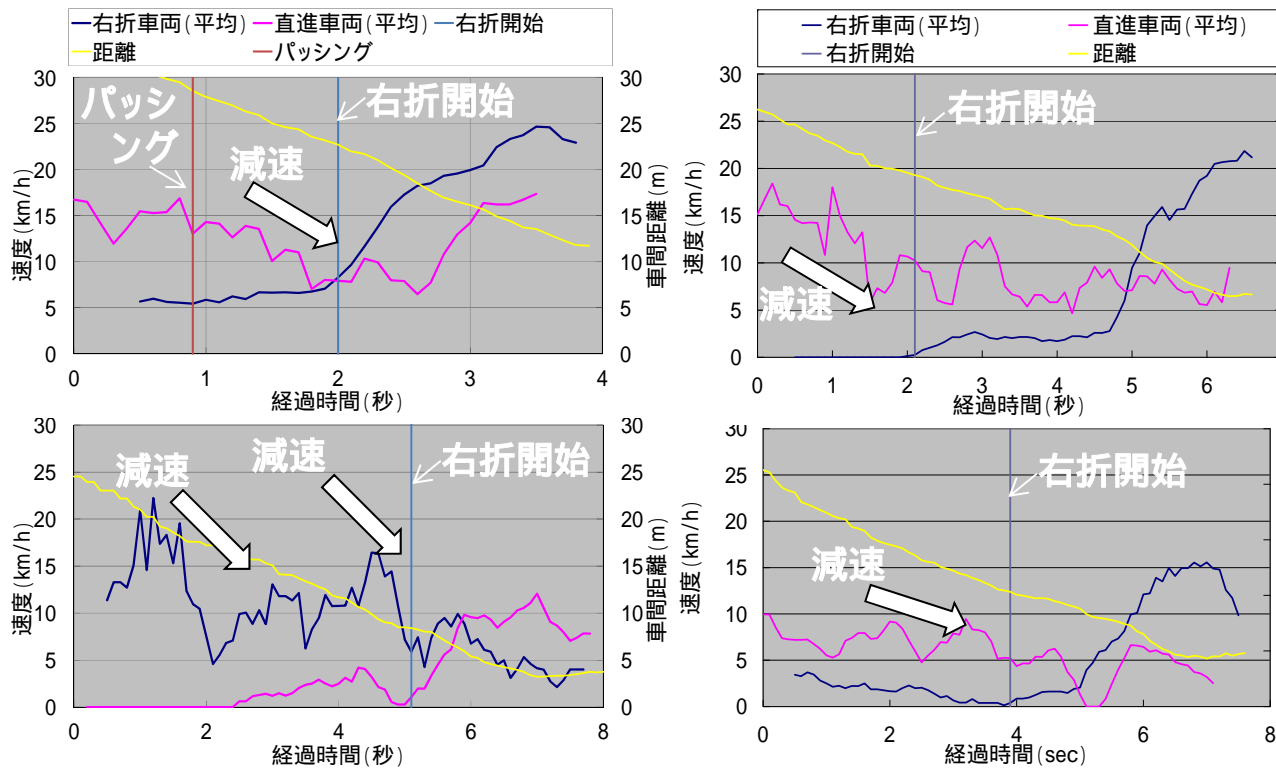
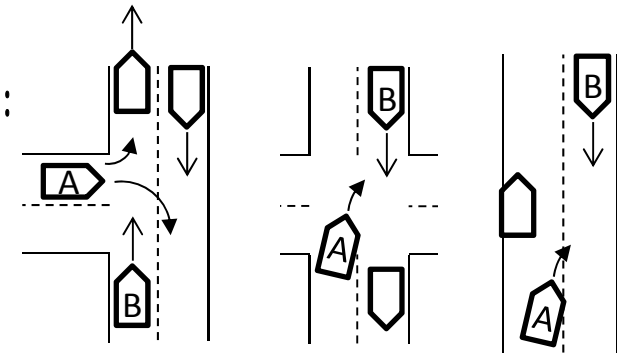


走行ルート(後半)

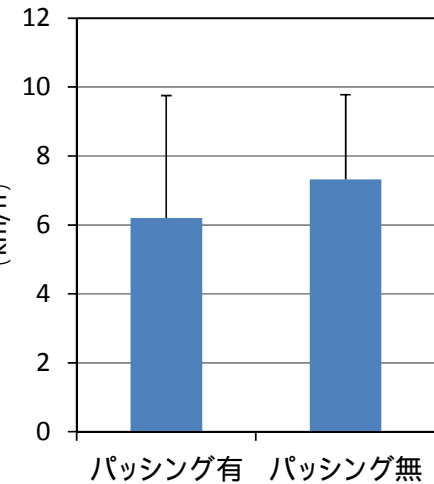
ドライバー間コミュニケーション(一般道路・定点観測)

本分析でのドライバー間コミュニケーション(進路譲り)の取り扱い:

1. 車両Aが、ウィンカー等により、進行に関する意思を表明する
2. 車両Bが車両Aの車線変更の意図を認識する
3. 車両Bは、車両Aの進行に配慮して車両挙動や灯火器類等で進路を譲る意図を表明する
4. 車両Bからの譲りを車両Aが認識し進行を開始する



右折車発進時の直進車速度



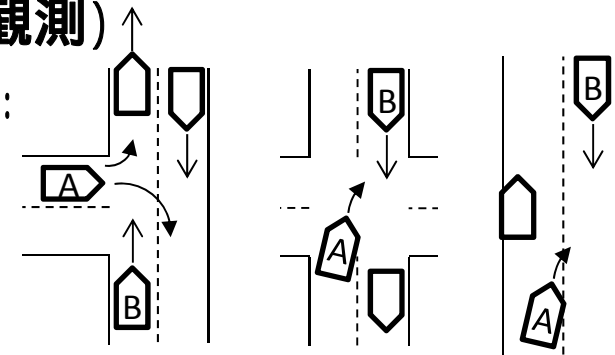
パッシングの有無で
車両挙動(速度)に
大きな違いはない

相手車両の減速やパッシングなどから譲られていることを判断

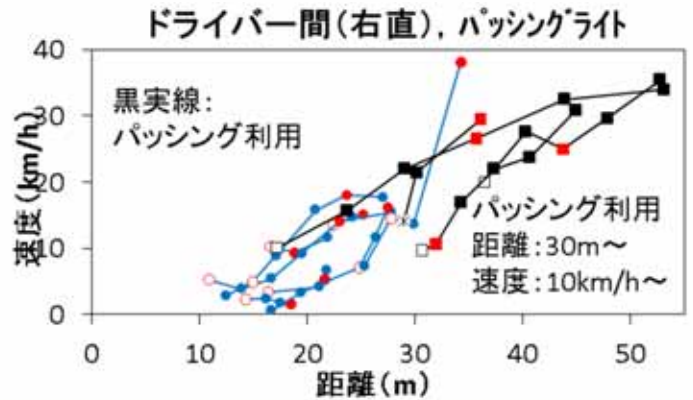
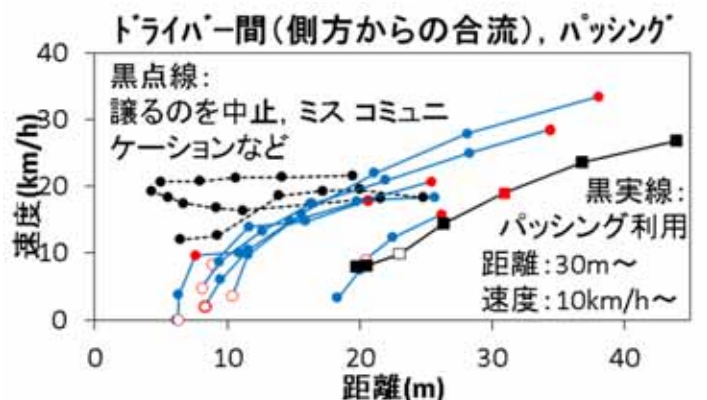
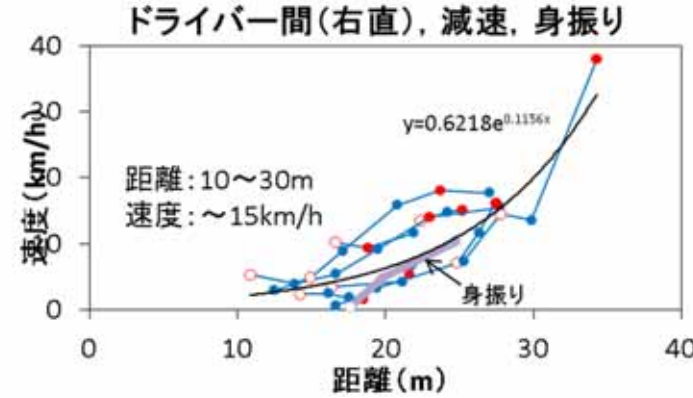
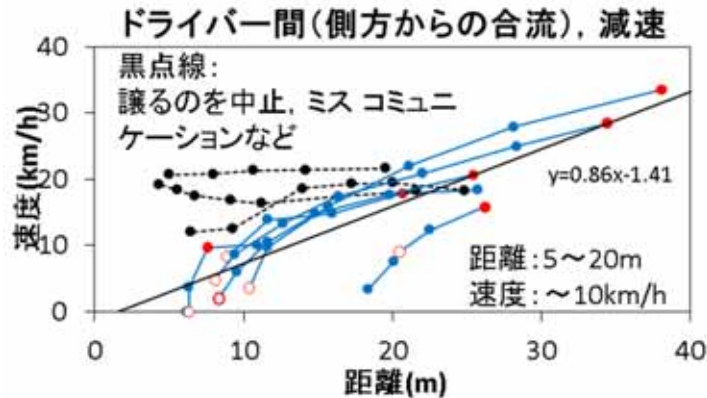
ドライバー間コミュニケーション(一般道路・車両同乗観測)

本分析でのドライバー間コミュニケーション(進路譲り)の取り扱い:

1. 車両Aが, ウィンカー等により, 進行に関する意思を表明する
2. 車両Bが車両Aの車線変更の意図を認識する
3. 車両Bは, 車両Aの進行に配慮して車両挙動や灯火器類等で進路を譲る意図を表明する
4. 車両Bからの譲りを車両Aが認識し進行を開始する



●: ブレーキ踏み込みもしくは譲る意思決定(パッシングライト含む), ○: 非優先車の進行開始

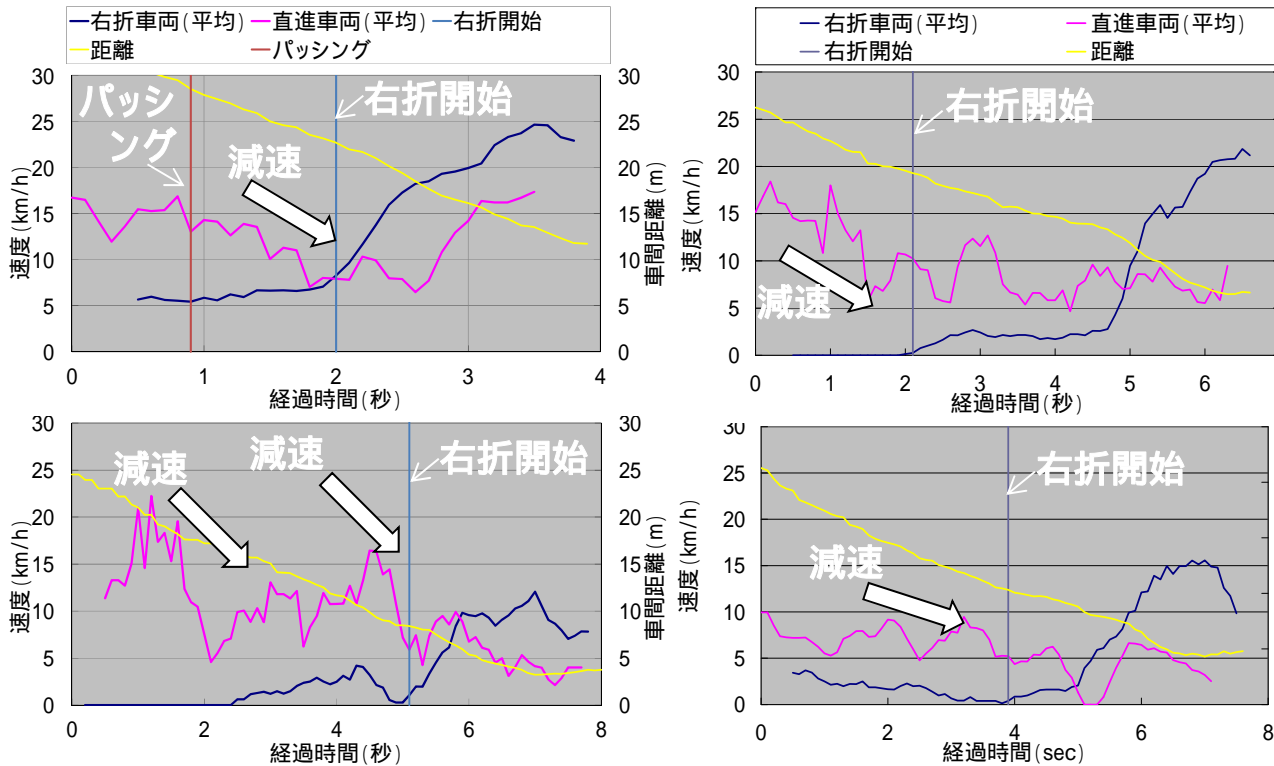
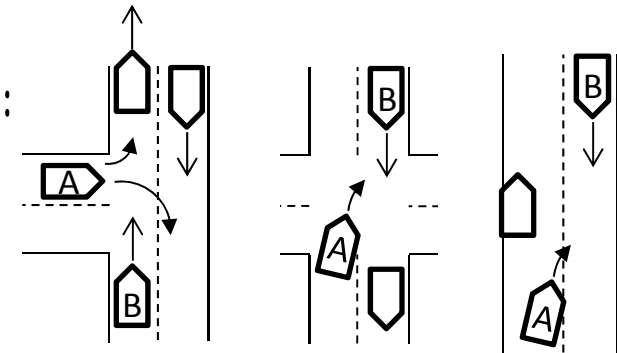


優先車両側の減速挙動が主
優先車両の速度が15km/h以下で非優先車両側が進行開始
優先車両側のパッシングライトの利用は30m以上で多く, 30km/h以下

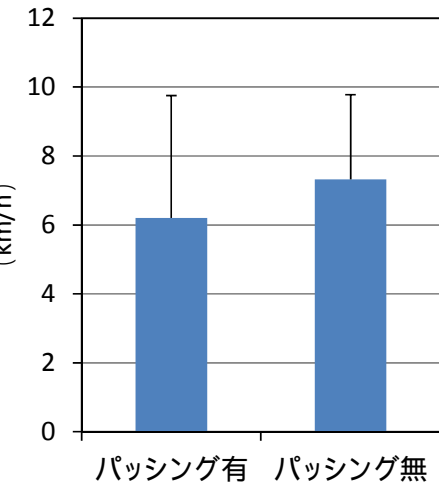
ドライバー間コミュニケーション(一般道路・定点観測)

本分析でのドライバー間コミュニケーション(進路譲り)の取り扱い:

1. 車両Aが、ウィンカー等により、進行に関する意思を表明する
2. 車両Bが車両Aの車線変更の意図を認識する
3. 車両Bは、車両Aの進行に配慮して車両挙動や灯火器類等で進路を譲る意図を表明する
4. 車両Bからの譲りを車両Aが認識し進行を開始する



右折車発進時の直進車速度



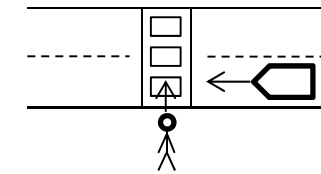
パッシングの有無で車両挙動(速度)に大きな違いはない

相手車両の減速やパッシングなどから譲られていることを判断

ドライバー・歩行者間コミュニケーション(一般道路・車両同乗観測)

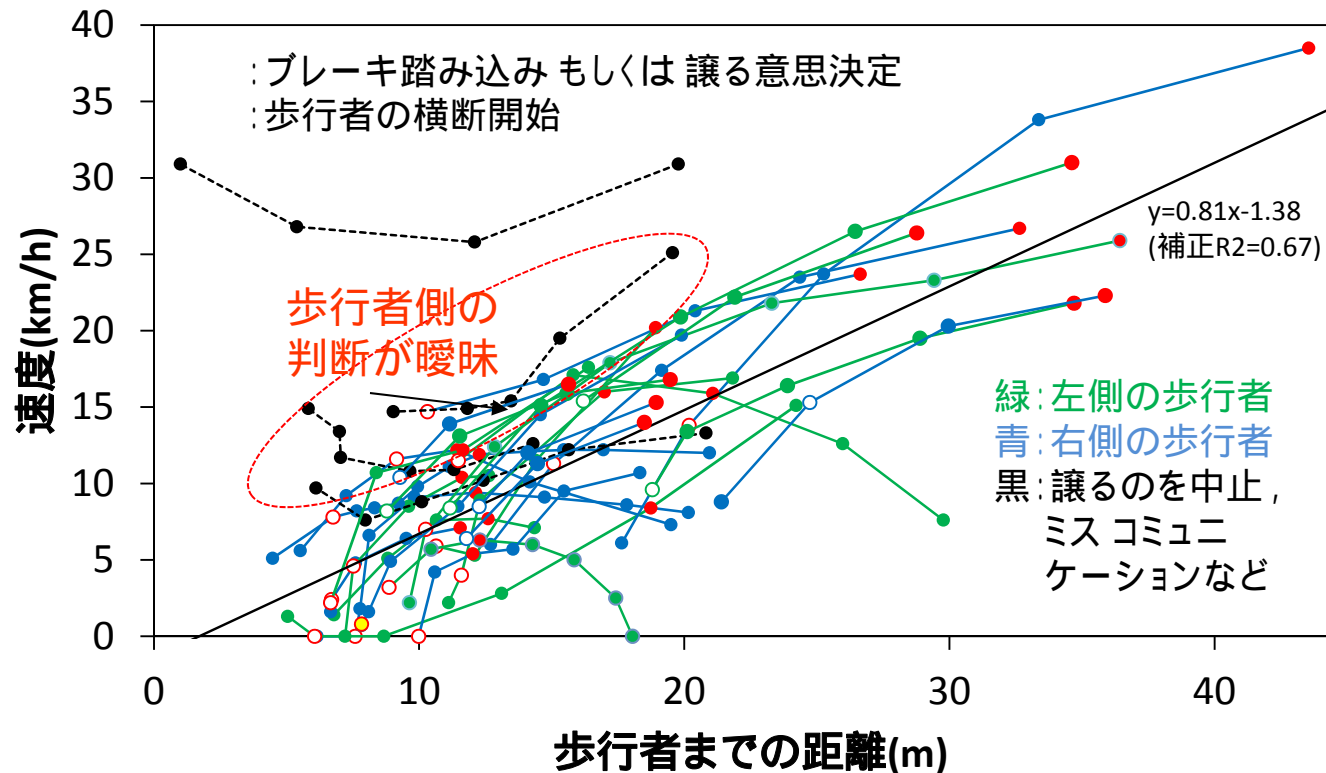
本分析でのドライバー・歩行者間コミュニケーション(進路譲り)の取り扱い:

1. 車両が、車両挙動や灯火器類の操作により、歩行者に進路を譲る意思を表明する
2. 歩行者が車両の意図を認識し、横断を開始する



無信号横断歩道等

歩行者-実験車間(26 データ分)

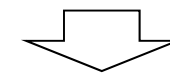


歩行者の状態(急ぎ)や属性などによっても判断が異なる

歩行者が譲られていると判断して歩行開始

距離: 5m ~ 15m

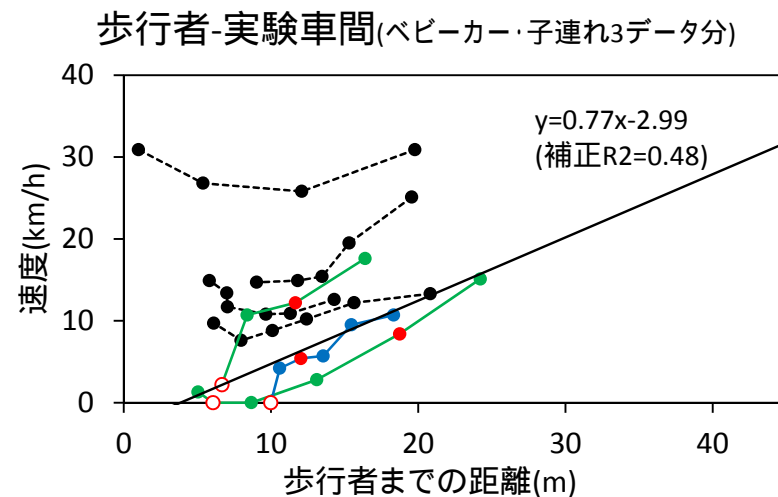
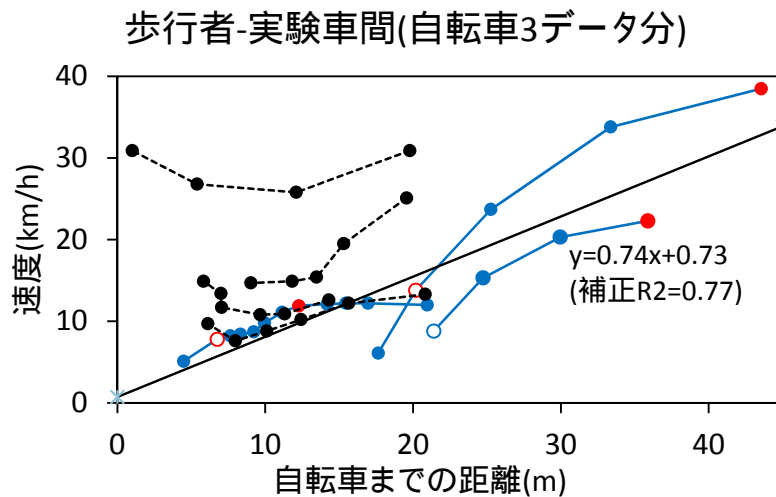
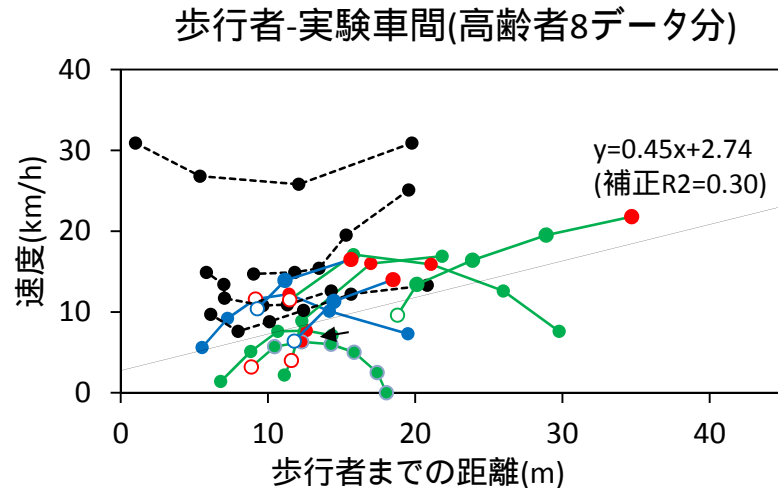
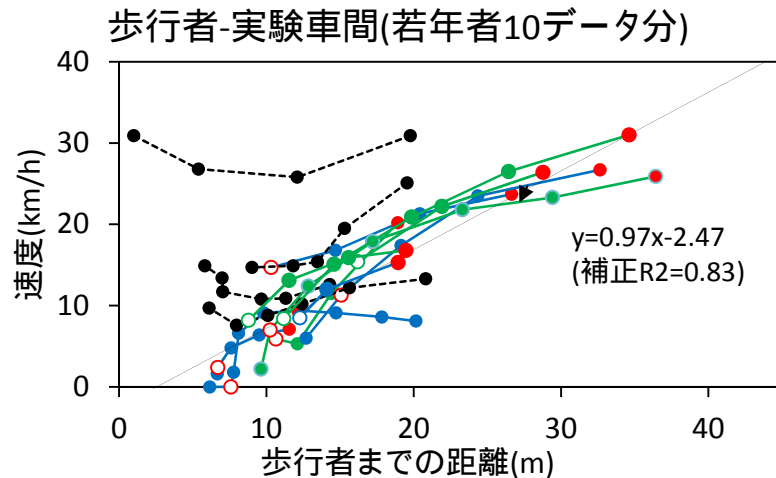
車速: ~ 15km/h



歩行者とのコミュニケーションのためのHMI仕様の手掛かり

ドライバー・歩行者間コミュニケーション(一般道路・車両同乗観測・歩行者属性別)

(黒線はミスコミュニケーションや途中で譲ることを中止) :ブレーキ踏み込み,譲る意思決定 :歩行者の横断開始



歩行者の属性により歩行開始タイミングが異なる他,譲る側の車両挙動もやや異なる

車両側からの「譲り」に関する歩行者認識

定点観測や車両同乗観測で得られたコミュニケーション手続きに基づいて、新川崎(K2)タウンキャンパスにて車両側から「譲られているか」の歩行者側の認識について実験調査



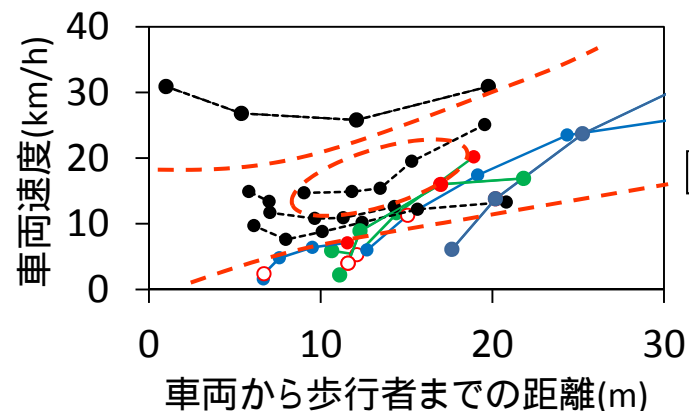
実験車両からの映像

実験参加者

非高齢者5名, 高齢者5名, 学童(中高学年)5名

実験条件

車両速度, 減速度, 灯火器類の組合せ



どの条件についても約30m手前までは25km/h

- ・減速と低速値を基本的な実験因子
- ・パッシングランプ操作を補助的な実験因子
- 「譲られていない」と判断する組合せ
- 「譲られていない」「譲られている」と判断する組合せ
- 「譲られている」と判断する組合せ

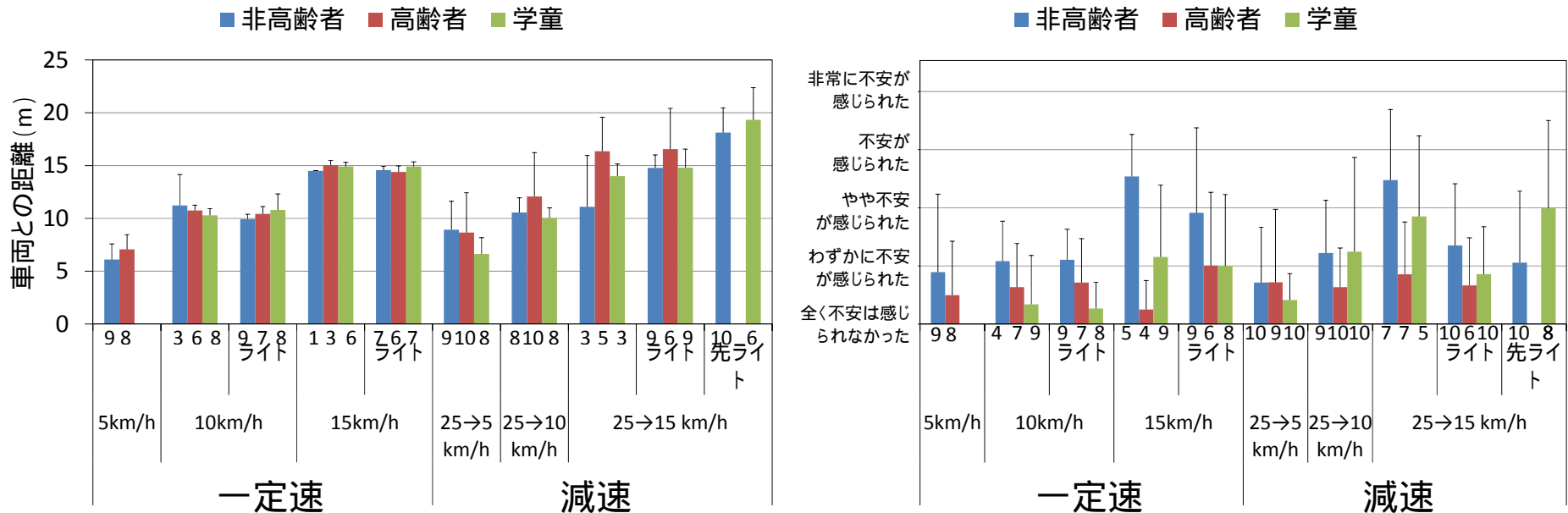
実験条件

実験条件名 記号	30m地点速度 進入速度	15m地点 速度	パッシング ライト操作	備考
D-2505N	25km/h	5km/h	なし	減速
D-2510N	25km/h	10km/h	なし	減速
D-2515N	25km/h	15km/h	なし	減速
C-0505N	5km/h	5km/h	なし	統制・一定速
C-1010N	10km/h	10km/h	なし	統制・一定速
C-1515N	15km/h	15km/h	なし	統制・一定速
H-1515P	15km/h	15km/h	あり	パッシング(P)
H-2515P	25km/h	15km/h	あり	減速 + P
H-1010P	10km/h	10km/h	あり	パッシング(P)
H-P2515	25km/h	15km/h	あり ただし35m～30m の区間で実施	P + 減速 パッシングが先

車両側からの「譲り」に関する歩行者認識

接近してくる車両の動きや様子を見て自分に進路を譲ってくれていると思うかどうかを判断

車両挙動と灯火器操作に注目, 非高齢者:5名 高齢者:5名 学童:5名, 1つの条件につき2回実施



(バー下の数字は「譲り」と認識した実験加者の人数, 数字のない所実験実施せず)

- ・減速挙動を伴う(減速挙動が感じられる)場合に「譲り」を認識する傾向
- ・10~15km/hの一定速度でもパッシングライトの利用で「譲り」を認識
- ・減速挙動とパッシングライト組合せはパッシングライトの操作タイミングにより「譲り」を早く認識
- ・最終速度が高い場合に不安を感じる傾向がある
- ・車の動きや様子に対する不安感は様々, 運転免許所有の有無

車両挙動と
外向きHMI
の組合せ

コミュニケーションの地域性に関する調査

ドライバー間、ドライバー・歩行者間においてコミュニケーションが生じる場面を対象に、ドライバーの立場、歩行者の立場から、進路を「譲る」「譲られる」際の手段について、地域による違いの有無について、Web調査を実施

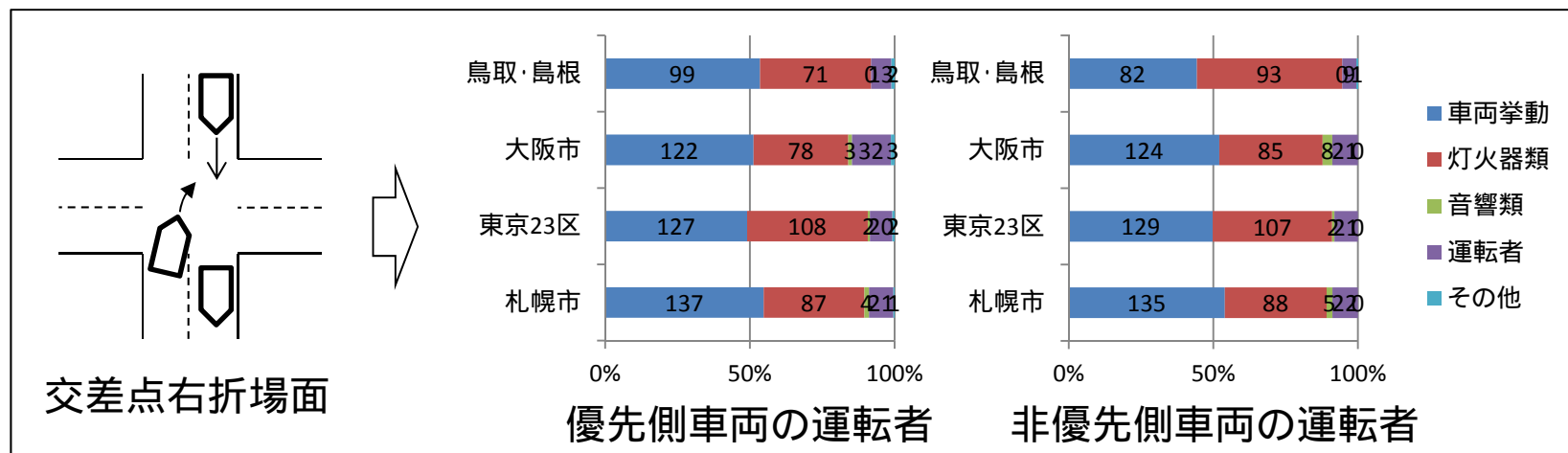
対象地域：札幌市〔運転免許保有者250名（職業ドライバー94名）、運転免許非保有者189名〕

東京23区〔運転免許保有者259名（職業ドライバー103名）、運転免許非保有者208名〕

大阪市〔運転免許保有者238名（職業ドライバー82名）、運転免許非保有者192名〕

鳥取県・島根県〔運転免許保有者185名（職業ドライバー29名）、運転免許非保有者80名〕

・ドライバー間でのコミュニケーション



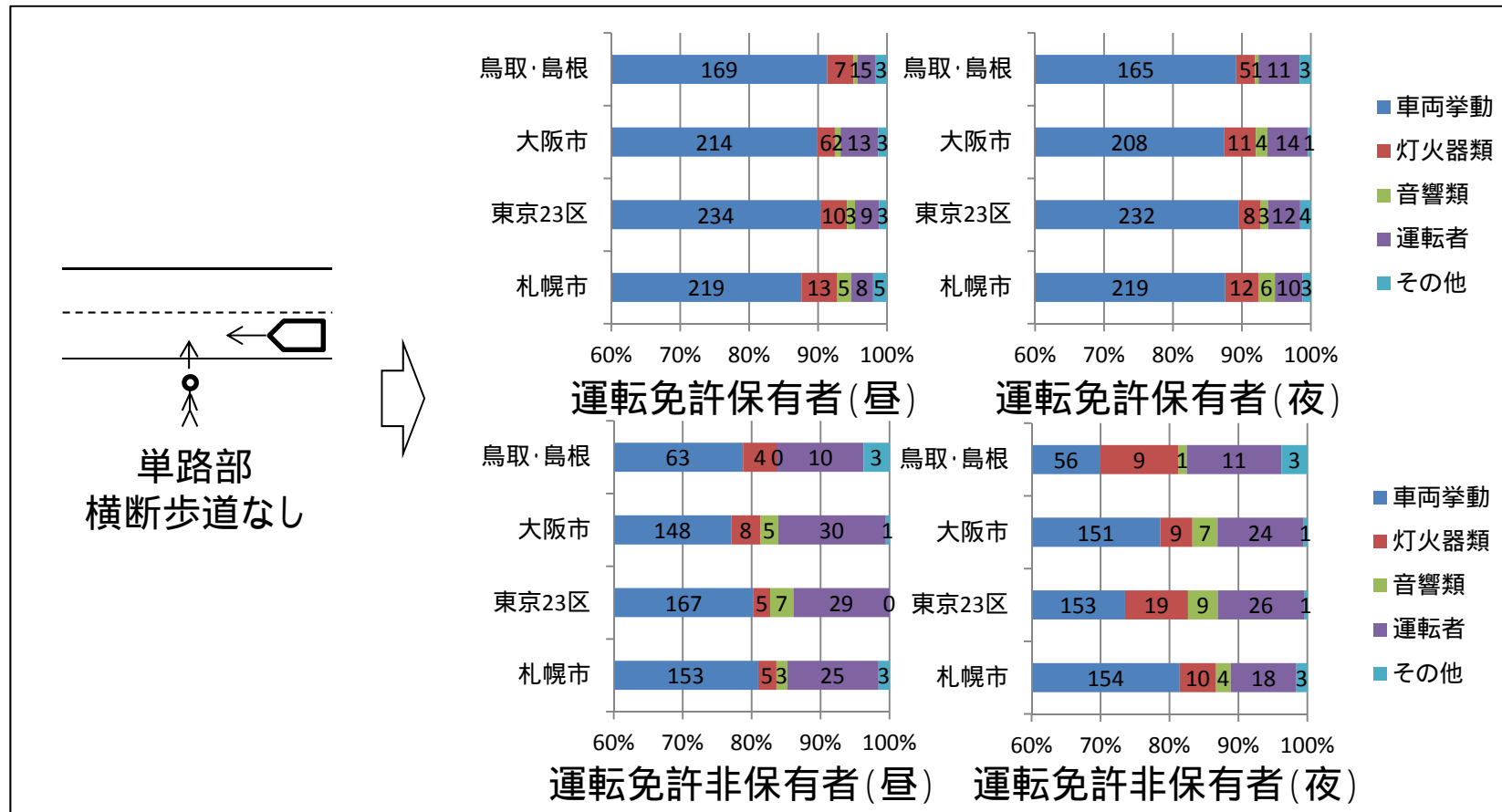
交差点右折だけでなく、T字路での進入、駐車車両回避などの「譲り」場面において

・優先側の運転者では、札幌市での車両挙動を利用した譲りの意思表示の割合が他の地域よりも高い

・非優先側の運転者では、鳥取・島根での灯火器類を譲りの意思表示として認識している割合が高い

コミュニケーションの地域性に関する調査

・ドライバー・歩行者間コミュニケーション



- ・単路部の歩行者横断では、運転免許保有者と非保有者で運転者の身振りを利用割合が異なる傾向
- ・単路部、交差点部において、全体的に鳥取・島根で灯火器類を譲りの意思表示として認識あるいは利用する割合が他の地域よりもやや高い傾向。札幌ではその割合が他の地域よりも低い傾向。

標準化計画

産業技術総合研究所

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

研究開発課題

	課題の内容	補足1	補足2	実験方法と時期			ISO TC22提案候補	自工会ガイドライン (GL) or 配慮事項	国連規則 (R79) へのインプット (自工会経由)			
				FY2016	FY2017	FY2018						
課題A	A-1	ドライバーのシステム機能に関する知識が遷移に及ぼす影響と最低限必要な知識 ドライバーのシステム機能に関する知識の与え方に関する表現方法と情報量	遷移場面の説明をどこまで少なく抑えられるか、TOR不発に備えることのできる知識表現	FY2017追加課題	DS	TC	状態の一部として課題Bに統合(案)	GL/配慮事項	Level2, 3 ・HMIモード制御の基本要件 ・システムの動作状態と適切な情報形態 ・システム機能と適切な情報形態			
	A-2	ドライバーのシステム状態に関する情報が遷移に及ぼす影響と最低限必要な情報				DS				状態の一部として課題Bに統合(案)	GL/配慮事項	
	A-3	ドライバーにシステム状態を効率よく伝えるためのHMI基本要件と妥当性評価	システム状態表示HMI試作と評価			DS(PT)						GL/配慮事項
		車両信号(制御・情報系)とシステム状態表示内容と車両信号との整合性、信号を自動運転システムとして生成する可能性検討 ドライバーにシステム状態を効率よく伝えるためのHMI車載機の調査 ドライバーにシステム状態を効率よく伝えるためのHMI車載デバイス試作	車載機の要件見直しと提示デバイスの調査 車載機の試作と実装性評価			OT OT DS						
A-4	自動運転技術に関する理解度調査(アンケート)				OT	OT						
課題B	B-1	ドライバーのReadinessの定義	遷移中、遷移後の運転パフォーマンスに影響を及ぼすドライバー状態の特定と、ドライバー状態の計測手法および指標化	FY2017追加課題	DS	TC	状態定義と計測方法(案) ドイツがKo-HAFプロジェクトの中で同様の課題設定をしているため、共同提案を検討中。	GL/配慮事項	Level2 (Hands ON) Level2 (Hands OFF) ・カテゴリB1, B2およびEにおけるドライバー状態検知装置の搭載必要性 Level2, 3 ・Readiness状態維持の基本要件 ・ドライバーReadinessの定義 ・モニタリングシステムの基本構成 ・Readinessレベルと遷移時間の関係			
			ドライバーの周辺認識状態の計測手法および指標化			DS	実証実験 準備は2017年度～					
	B-1.5	ドライバーモニタリングシステム開発	実車を観たセンシングシステムの要件化とシステムの試作 DSでの評価項目に基づく車載可能性の調査 実車実験に必要なドライバーモニタリングシステムの要件化と実験車両への搭載			PT OT				TC	GL/配慮事項	
	B-2	ドライバー状態と遷移時間の関係導出	デイクオーパーリクエスト(TOR)のある場合での遷移時間の検討 デイクオーパーリクエスト(TOR)のない場合での遷移時間の検討			DS DS	TC/実環境			GL/配慮事項		
	B-3	Readinessを維持するためのHMI	ドライバーに必要なReadiness状態に維持するためのHMI仮説 実車装着可能な技術調査 維持方法別の車両搭載時の課題の明確化と搭載要件検討 実車環境におけるシステムの試作と評価	ドライバー状態維持HMIの要件と効果予測			DS(PT) OT OT/DS DS				GL/配慮事項	
	B-4	遷移を確実に迅速に行うためのHMI(TOR)	TOR-HMI試作と評価(自工会・JARI)							GL/配慮事項		
	B-x	ビジネス検討会→許容される非運転タスクの範囲の検討	ビジネス検討会資料では、国→OEMとなっている	SIPでは課題設定していない								
課題C	C-1	ドライバー間コミュニケーションの基本要件の導出	コミュニケーションのための車両挙動プロファイルと灯火器やハンドジェスチャー等の使用手続き			OT	・コミュニケーションのための車両挙動プロファイルと灯火器やハンドジェスチャー等の使用手続き ↓ ISO TC22 SC39の動向を見て方針を決める(2017年5月ISO会議にてワーキングショップ#1開催予定)	GL/配慮事項 共有データベース				
	C-2	ドライバーと歩行者間コミュニケーションの基本要件の導出	コミュニケーションのための車両挙動プロファイルと灯火器やハンドジェスチャー等の使用手続き			OT						
	C-3	自動運転を表示することによる周囲への影響								TC/OT		
	C-4	ドライバー間コミュニケーションのための外付けHMI試作・車両挙動と効果検証	外付けHMI(対ドライバー)試作・車両挙動と評価							TC/OT(PT)	GL/配慮事項	
	C-5	ドライバーと歩行者間コミュニケーションのための外付けHMI試作・車両挙動と効果検証	外付けHMI(対歩行者)試作・車両挙動と評価							TC/OT(PT)		
	C-6	ID表示の試作と効果検証	ID表示試作と評価							TC/OT(PT)		
	C-7	コミュニケーションの地域調査(アンケート)								OT	OT	GL/配慮事項

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

自技会, 自工会との連携のもとに, ISO (TC22 SC39) における標準化に加え, 自工会ガイドライン / 配慮事項への反映, および国連規則R79への情報インプットを行ってゆく。

