

第19回 ITSシンポジウム2021

# L4自動運転車のeHMIと課題

ー自動運転車と周囲交通参加者のコミュニケーションー

慶應義塾大学 理工学部  
大門 樹

# eHMI: External HMI (外向けHMI)

- 自動運転車から周囲交通参加者（歩行者やドライバーなど）へのコミュニケーションを支援するためのヒューマン・マシン・インタフェース



'After You' on the windshield (Nissan, 2015)



Tracking eyes and red-green headlights (Jaguar Land Rover, 2018)



'Waiting for You to Cross' and pedestrian on zebra crossing on car side (drive.ai, 2018)



Door opening projection (Mitsubishi Electric, 2015)



Car moves on road; '11th street' on the bumper, the car stops in front of zebra crossing; 'go ahead' and '>' sign appears on the bumper, and headlights turn into animated eyes; the pedestrian crosses (Daimler, 2017)



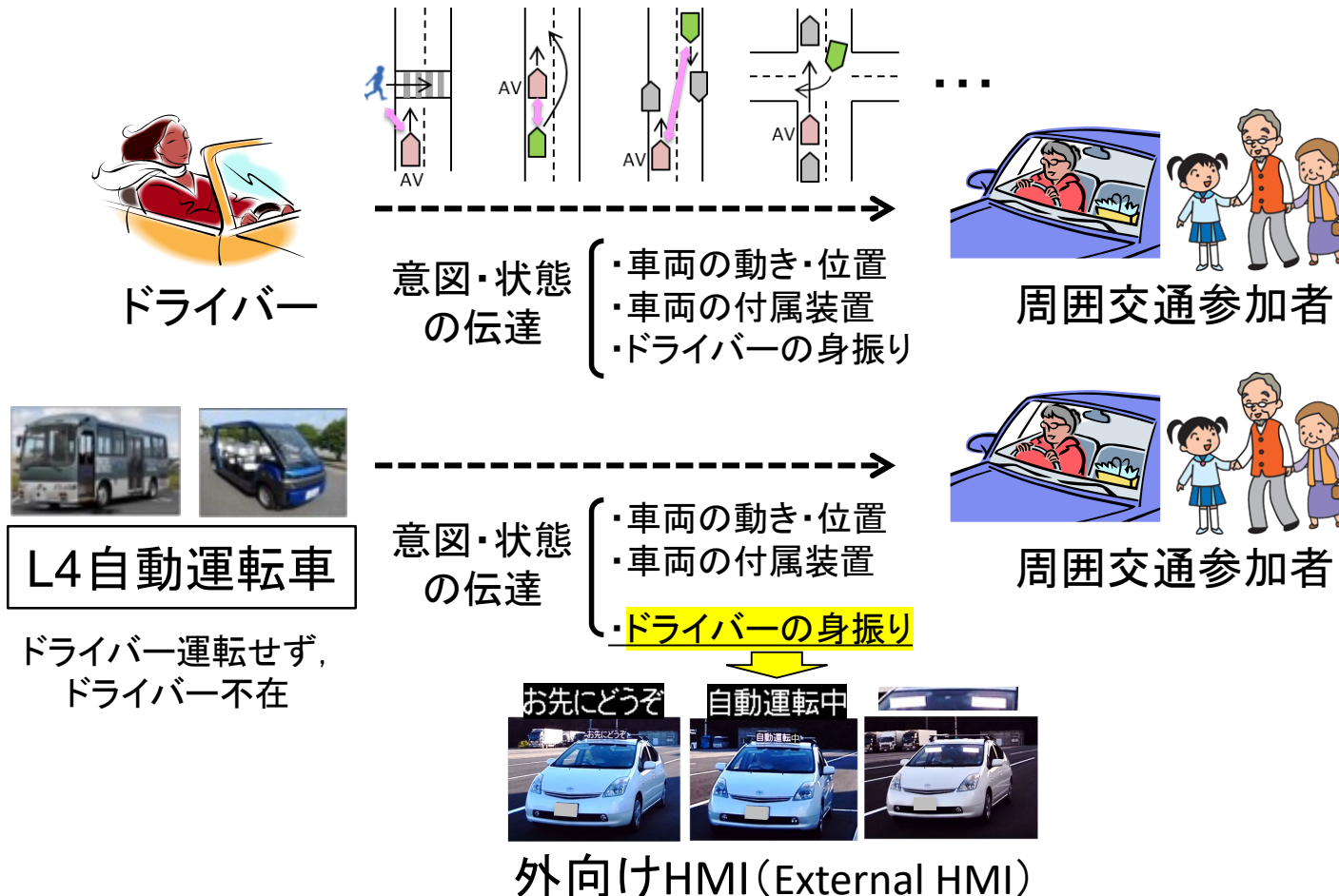
A cyclist is seen from inside the car; the car stops at zebra crossing; the light bar moves outwards and inwards while the cyclist crosses the road, after which bar centralizes, flashes four times, and becomes static when the car starts moving again (Ford Media Center, 2017)



'Safe to Cross' and pedestrian on zebra crossing on car top (drive.ai, 2018; image taken from Golson, 2016)

# External communication (外向けコミュニケーション)

## 自動運転車から周囲の歩行者やドライバーへのコミュニケーション



コミュニケーションの方法	
媒体	手段
クルマ	<b>付属装置</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウィンカ, ハザードランプ</li> <li>・ヘッドライト, パッシングライト</li> <li>・ブレーキランプ, バックランプ</li> <li>・クラクション, サイレン</li> </ul>
	<b>車両本体</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両挙動</li> <li>・ポジション</li> </ul>
ドライバー	<b>非言語的手段</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・身振り, アイコンタクト, 表情</li> </ul>
	<b>(言語的手段)</b>

(蓮花一己: 対人交通コミュニケーション, 記号と情報の行動科学 (木下富雄, 吉田民人編), p. 149 — 166, 福村出版(1994)を参考に作成・一部変更)

自動運転車から周囲交通参加者へのコミュニケーションはeHMIだけに依存しない？

# External Communication (eHMI)に関する動向

- 自動運転車から周囲の歩行者やドライバーへのコミュニケーションを支援するためのExternal CommunicationとしてISOでも検討
  - 自動運転車から周囲交通参加者へのコミュニケーション(External Communication)は、車両挙動なども重要な要素であり、外向けHMI(eHMI)はExternal Communicationの一つの要素

参考: ISO/TC22/SC39 (Road Vehicle/Ergonomics:自動車の人間工学)

- ISO/TR23735(外向けコミュニケーション(視覚)の設計ガイダンス, 策定中)
  - Road vehicles — Ergonomic design guidance for external visual communication from automated vehicles to other road users
- ISO/TR23720(外向けコミュニケーションの評価方法, 策定中)
  - Road Vehicles — Methods for evaluating other road user behavior in the presence of automated vehicle external communication

# eHMIを利用したコミュニケーション研究

- eHMI仕様
  - テキスト型, 非テキスト型
  - 色
  - 表現方法
  - 擬人化, 非擬人化
  - 自己中心, 他者中心



(f) 外向けHMIを利用したクルマの擬人化  
(顔表情)

Semcon: Who sees you when the car drives itself?,  
<https://semcon.com/smilingcar/> (参照2020.01.08)



(a) 道路面へのシンボル  
投影



(b) ラジエタグリル部  
でのテキスト表示



(c) ウィンドスクリーン部での  
ストリップライト表示



(d) ウィンドスクリーン部  
でのシンボル表示



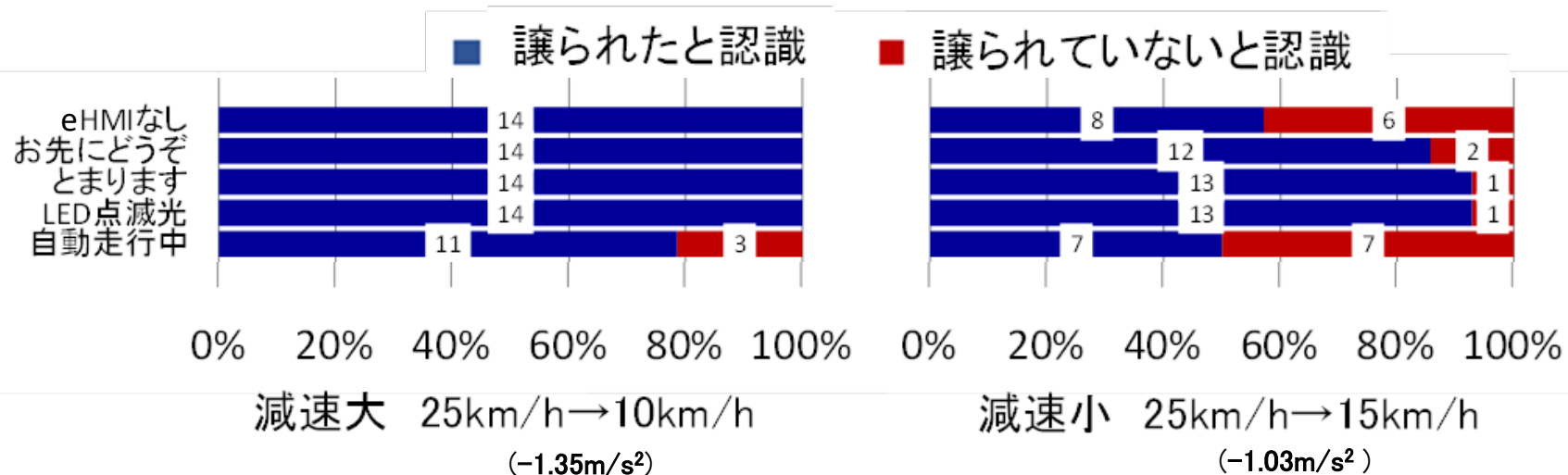
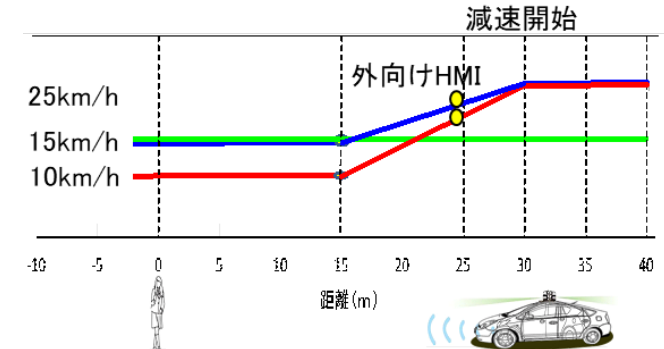
(e) ウィンドスクリーン部  
でのテキスト表示

C. Ackermann, et al.: An experimental study to investigate design and assessment criteria: What is important for communication between pedestrians and automated vehicles?, Applied Ergonomics, Vol.75, pp.272-282 (2019)



# 自動運転車のExternal Communication実験

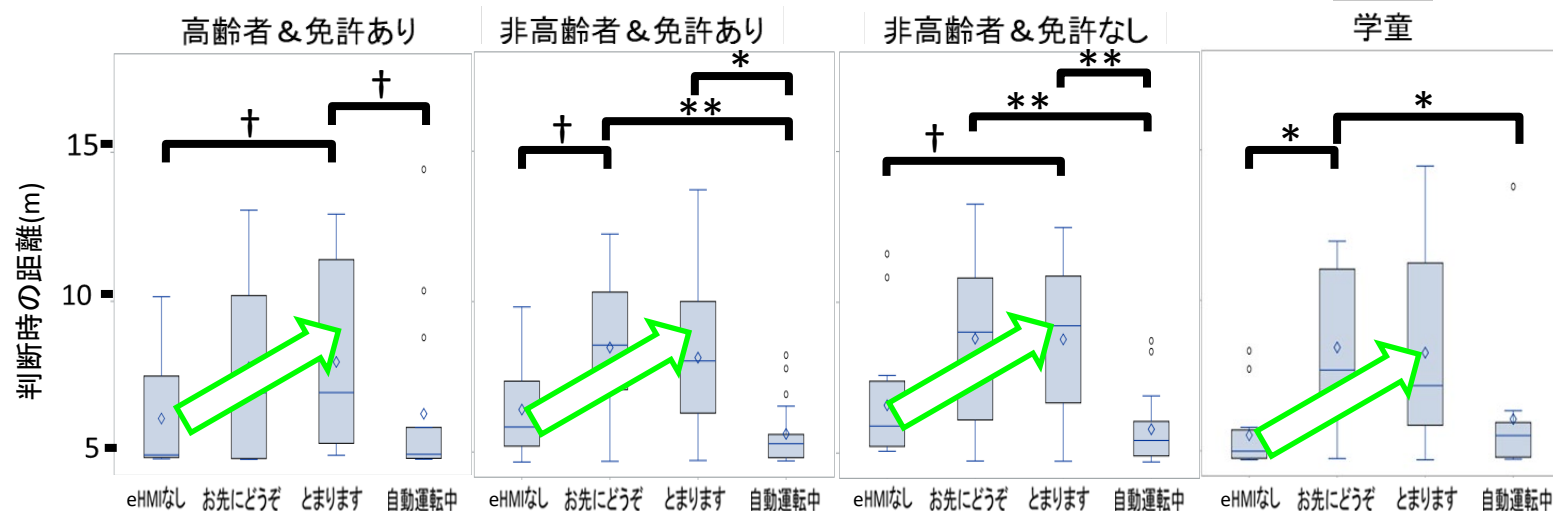
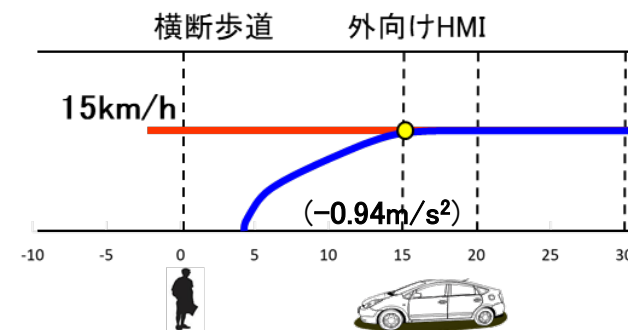
- 自動運転車から歩行者への進路譲りの意図伝達の事例
  - 車両挙動(減速)とeHMIによる譲りに対する歩行者の認識実験



- 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
- 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
- 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

# 自動運転車のExternal Communication実験

- 自動運転車から歩行者への進路譲りの意図伝達の事例
  - 低速走行でのeHMIによる譲りに対する歩行者の横断判断



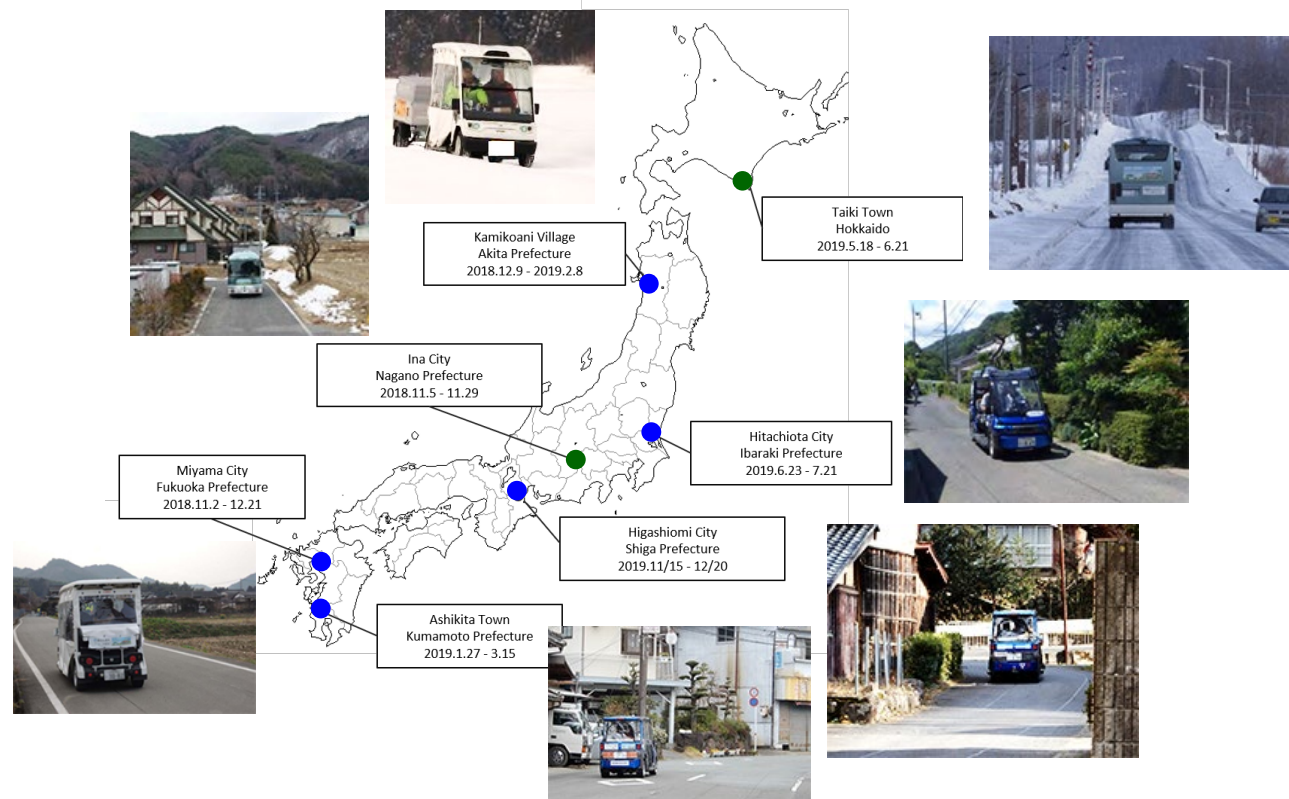
\*\*:  $p < 0.01$  \*:  $p < 0.05$  †:  $p < 0.10$

Dwass, Steel, Critchlow-Fligner (DSCF) 多重比較分析

減速挙動が小さい状況であっても、eHMIによる意図伝達を行うことで、より早いタイミングで横断できるかどうかの判断が可能  
(「自動運転中」を除く)

# 道の駅自動運転実証実験でのコミュニケーション観測

- 7地点, 1地点あたり20日間以上, 計233日分を分析



## ● 自動運転ゴルフカート

- 道路に埋設した電磁誘導線上を自動走行
- 自動走行時は最大12km/h (手動運転時は最大20km/h)

## ● 自動運転バス

- 道路に埋設した磁気マーカを検知, GPSやジャイロセンサ等も利用して自動走行
- 自動走行時は最大35km/h

## 地域の特徴:

中山間地(過疎地域) 住宅路(幅員狭い)  
地方都市, 観光地 市街路(一部, 幅員広い)

## 運行の形態:

特定の軌道上のみを低速走行で自動運転  
周囲交通参加者(歩行者, 自転車, 自動車など)  
とのコンフリクト時は手動介入(軌道から外れる)

低速走行の移動・物流サービス  
自動運転車と周囲交通参加者  
とのコミュニケーションに影響



# 低速の自動運転サービスカーでeHMIが必要なケース

- コミュニケーションが取れず非効率/不安全なケースの例



交差点や道路上で歩行者が横断する場面(頻度13件)

- 歩行者集団は左側に移動したいが、右折の自動運転車の挙動がよくわからず、立ち止まった状態となり、停止状態



自動運転車が後方から歩行者に追いつく場面(頻度17件)

- 歩行者が後方から接近する自動運転車を認識、路肩に避けて待機するが、自動運転車の軌道に侵入したままのため、停止状態



自動運転車が後方から自転車に追いつく場面(頻度3件)

- 自転車が自動運転車の軌道に侵入し走行、自動運転車は追い越せない状態が継続



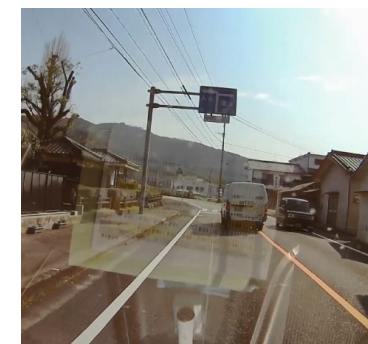
自動車と狭路ですれ違う場面(頻度38件)

- 狭路で対面する自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合い状態



交差点や駐車場で自動車が横断する場面(頻度62件)

- 駐車場で自動運転車と自動車のどちらが先に進むべきかわからず、お見合い状態



自動車が自動運転車を追い越す場面(頻度31件)

- 後続自動車が自動運転車を追い越し、対向車と衝突しそうになっており、不安全な状態

# 非効率なケースに対するeHMIの適用

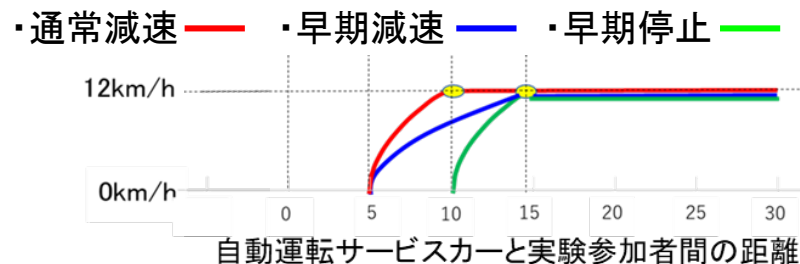
- 道の駅 駐車エリアでの横断ケースを対象に



自動運転  
ゴルフカート



横断ケース-駐車エリア



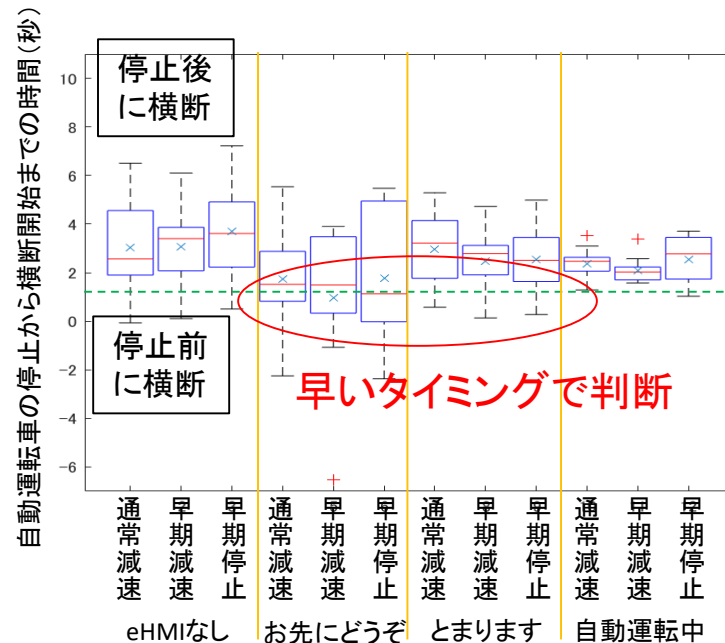
「お先にどうぞ」



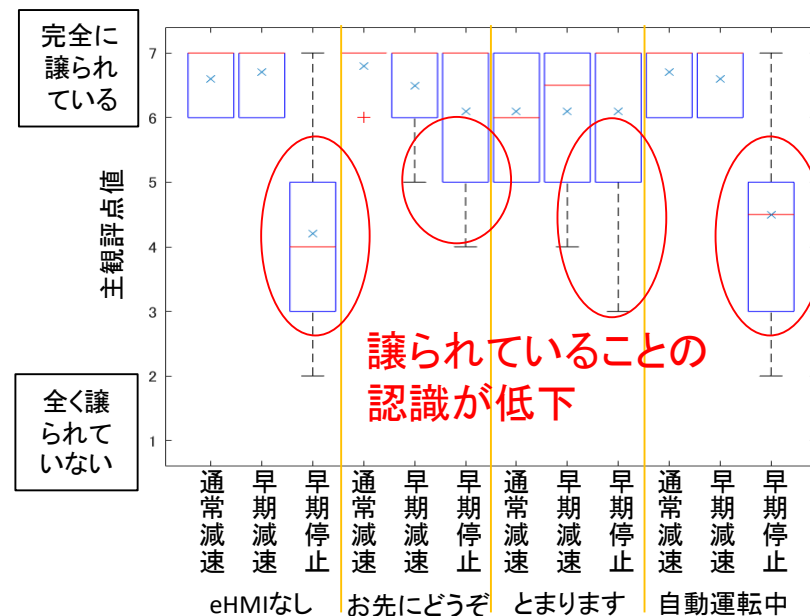
「とまります」



「自動運転中」



自動運転車の停止から横断開始までの時間  
(駐車場(道の駅)・ゴルフカート)

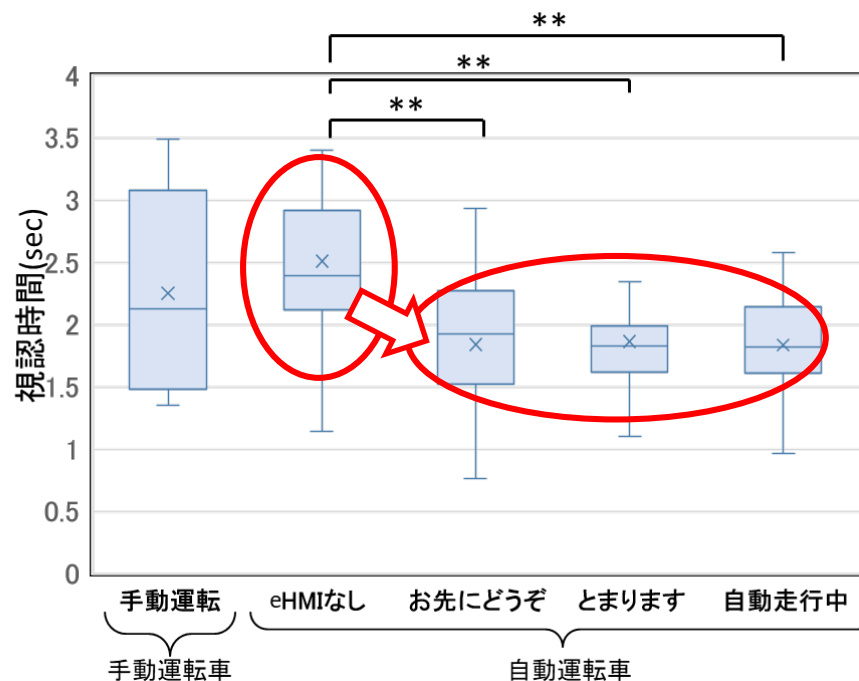
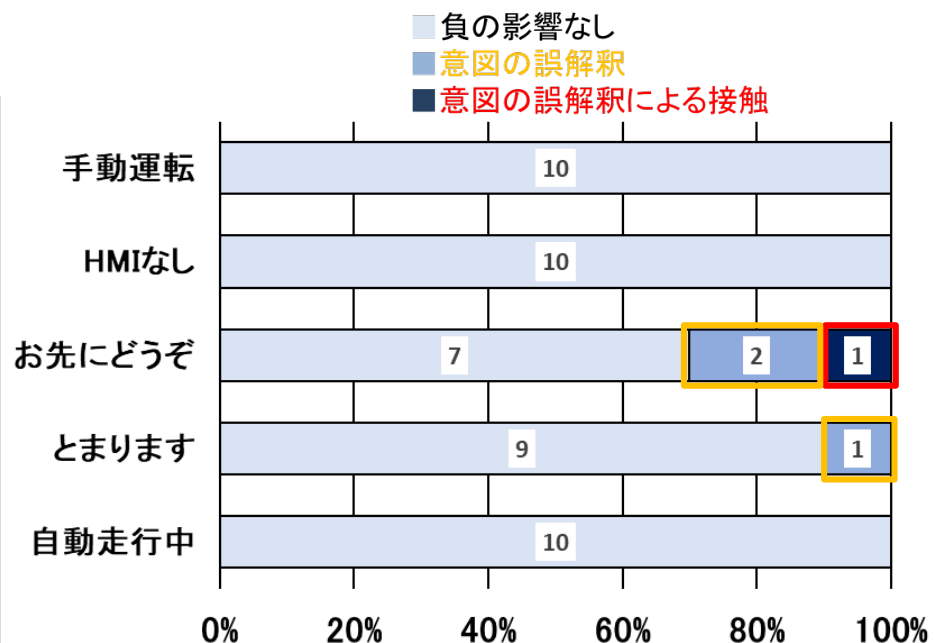


自動運転車からの譲りの意図の認識  
(駐車場(道の駅)・ゴルフカート)

- ①減速挙動だけでは横断開始の判断が遅く, eHMIの実装により, 横断判断を早めることが可能
- ②早期停止の車両挙動は, 譲られている認識が低下(駐車場での早期停止は, 他の歩行者に向けられたものと認識)

# eHMIによる負の影響の懸念

- eHMIへの過度な依存により不安全行動の誘発
  - eHMIを介したコミュニケーションを繰り返し経験
    - 自動運転車が周囲確認を代わりに行っていると認識



外向けHMIによる意図伝達が、歩行者の周囲確認がeHMIに依存してしまい、対向車を確認する際の視認時間が減少

※ 他の研究事例でも車両挙動をほとんど確認せずeHMIのメッセージのみで判断する傾向が報告

# L4自動運転車のeHMIに期待される効果と課題

- eHMIに期待される効果
  - 車両挙動等がコミュニケーションとして認識できない状況下にて、自動運転車の意図や状態を周囲交通参加者に認識。安全・安心の向上、交通円滑化への寄与が期待
- eHMIの課題
  - 自動運転車からのExternal Communicationとして交通参加者に伝える意図や状態の種類
  - eHMIの必要性の有無：自動運転車の普及過渡期だけか？ドライバー（乗務員）が乗車しない場合は？
  - 国際間でのExternal Communicationの認識差異と標準化，デザイン