

「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30年度分 成果報告書

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

2018年度の実施内容

- 調査A-4: 自動運転技術に関する理解度調査(アンケート調査)
- 実験A-5: システム状態の最低限の知識項目についての検討(テストコース)
- 実験A-6: システム状態に関する知識習得についての詳細検討(ドライビングシミュレータ)
- 実験A-7: 自動運転レベルの動的遷移におけるレベル認識維持の検証(ドライビングシミュレータ)
- 実験A-8-1: システムによるハザード見落としに対するドライバー認識向上のための、認識対象共有HMIの効果検証(ドライビングシミュレータ)
- 実験A-8-2: システムによるハザード見落としに対するドライバー認識向上のための、確信度情報の効果検証(ドライビングシミュレータ)
- 調査A-9: 学習スタイルに係る調査(アンケート調査)
- 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の指針検討(テストコース)

調査A-4: 自動運転技術に関する理解度調査(アンケート調査)

- 【目的】
 - ここ数年で急増している「自動運転」に関わる用語について、一般の方(自動車等に関係する方ではない方)の理解や誤解について現状を把握することを目的とする。
- 【方法】
 - Webによるアンケート調査として実施し、回答者の属性別にその傾向を検証する。
- 【評価項目】
 - ①自動走行システムの目的・機能・限界に関するニュースへの関心の度合、②自動走行システムの目的・機能・限界に関する理解(イメージ)について設問を設定し、「原因系:どれくらい積極的に情報を入手しようとしているか」と「結果系:最近の事例をどの程度知っているか」の2系列から評価する。
- 【まとめ】
 - 自動運転に関するニュースについては、40%が聞いたことがあると回答し、年齢が上がるほどその割合は増加していた。(61位歳以上では「聞いたことがある」と回答した方は半数を超えている。)
 - 自動運転のレベルの理解については、LV1ならびにLV3については、理解しているが60%を超える結果であった(LV2では理解しているが50%を切る結果)。レベルの理解を操作系(前方監視ならびにハンドル操作)とシステムからの要請に分けると、操作系での理解は高いが、システムからの要請の理解は50%程度となっていた。

実験A-5-1: システム状態の最低限の知識項目についての検討(テストコース)

- 【目的】

- システム状態に関する最低限の知識項目に関する仮説を検証する。

- 【仮説】

- 運転引継ぎの必要性、RtI表示の意味、介入が必要な場面例までを知識として事前に持たせることが、RtI発生時の適切な引継ぎのために有用である。



工事現場による
車線減少場面

- 【被験者】

- 32名(平均37歳、男女各16名)

- 【方法】

- 日本自動車研究所(JARI)のテストコース(外周路)及びレベル3相当機能を有する実車で走行
- サブタスクとしてSuRTを実施

- 【独立変数】: 事前知識(被験者間要因)

- 条件a (FY16実験1条件2 介入場面の存在)
- 条件b (FY16実験1条件4 要介入場面例)

- 【評価項目と結果】

- 障害物を回避した人の割合(結果は右図)
- 条件bによって、ドライバーが適切な対応をできることを確認した。

イベント	条件a	条件b
工事現場	2/16 (0.13) [1:1]	12/16 (0.75) [6:6]
故障車両	1/16 (0.06) [0:1]	5/16 (0.31) [0:5]

実験A-5-2: システム状態の最低限の知識項目についての検討(テストコース)

- 【目的】
 - A-5-1の実験を、被験者を高齢者にして検証する。
- 【仮説】
 - 運転引継ぎの必要性、Rtl表示の意味、介入が必要な場面例までを知識として事前に持たせることが、Rtl発生時の適切な引継ぎのために有用である。
- 【被験者】
 - 24名(平均71歳、男女各12名)
- 【方法】
 - 日本自動車研究所(JARI)のテストコース(外周路)及びレベル3相当機能を有する実車で走行
 - サブタスクとしてSuRTを実施
- 【独立変数】: 事前知識(被験者間要因)
 - 条件a (FY16実験1条件2 介入場面の存在)
 - 条件b (FY16実験1条件4 要介入場面例)
- 【評価項目と結果】
 - 障害物を回避した人の割合(結果は右図)
 - 条件bによって、ドライバーが適切な対応をできることを確認した。



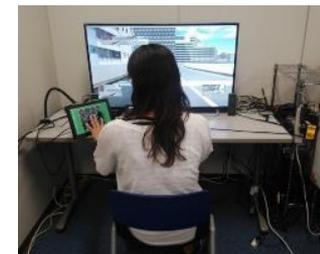
工事現場による
車線減少場面

イベント	条件a	条件b
工事現場	0/12 (0.00) [0:0]	6/12 (0.50) [2:4]
故障車両	2/12 (0.17) [0:2]	5/12 (0.42) [3:2]

実験A-6 :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

【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最低限必要な知識項目の抽出及び機能失陥経験有無による介入行動への影響の確認。(自動運転レベル3・非運転タスクあり・ハンズオフ)

【仮説】 (前半) HMI知識の理解が引継ぎ要請にうまく対処でき、機能失陥にもうまく対処できる。(後半) 習得した知識・経験が長期間にわたって有効であり、とくに厳しい状況と考えられる「機能失陥(故障)」を想定し、事前にその経験をしておくことが実際の場面に遭遇したときに有効である。



前半に使用したDS

【被験者】 72名(前半) / 72(前半経験者) + 18(後半新規)

【実験装置】 右の写真をご参考

【実験計画】 (前半)「事前知識」の1要因(2水準) 被験者間

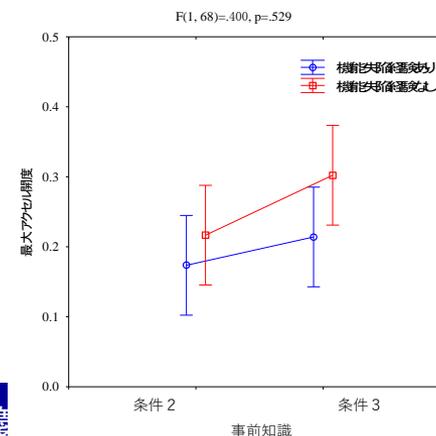
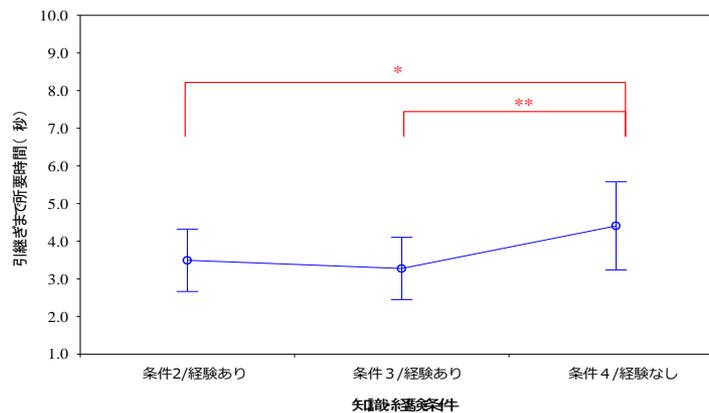
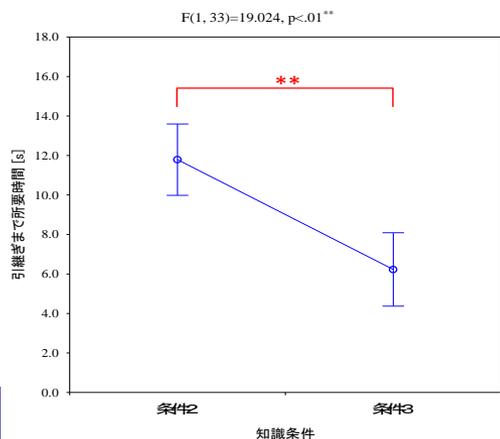
(後半) (1)「トレーニング経験」の1要因(3水準) 被験者間

(2)「事前知識」と「失陥経験」の2要因(2×2) 被験者間



後半に使用したDS

【結果】 システムが急に機能しなくなるような厳しい状況においては、事前にその経験をしておくことが実際の場面に遭遇したときにドライバーの引継ぎ行動に有効であった。さらに、事前に習得した知識及びトレーニング経験が長期間にわたっても有意な効果があった。



実験A-7: 自動運転レベルの動的遷移におけるレベル認識維持の検証 (ドライビングシミュレータ)

【目的】

- 自動運転のレベルが動的に変更しうる環境下でドライバーによるシステムの制御モード(レベル)の認識が、HMIによって適切に維持されるかを検証する。

【仮説】

- レベルを動的に切り替えるシステムであっても、レベル遷移時の情報提供が適切であればモード誤認は発生しない。

【被験者】

- 60名(平均40歳、男女各30名)

【方法】

- ドライビングシミュレータ上で、自動運転レベルが動的に切り替わる環境下において実験を行う。

【独立変数】被験者間要因

- レベル遷移時のメッセージ(状態を通知、とるべき行動を通知)
- レベル遷移方法(単、複)

【評価項目と結果】

- 自動運転レベル遷移時の、自動運転レベルのドライバーの対応行動を評価する(右表)
- 行動提示のほうが、ドライバーが適切な対応をしやすい。

レベル遷移時のメッセージ

状況	モード提示	行動提示
レベル2へ	レベル2に移ります	周囲環境を監視して下さい
レベル1(ACC解除)へ	LKAのみのレベル1に移ります	ペダル操作をして下さい
レベル1(LKA解除)へ	ACCのみのレベル1に移ります	ハンドル操作をして下さい
レベル0へ	レベル0に移ります	手動運転に移って下さい
レベル3自動運転可能	レベル3の自動運転が利用可能です	自動運転が利用可能です

結果の例:レベル2へ遷移する際の適切な対応行動の頻度

HMIの種類	適切行動数
モード提示	39/60(0.65)
行動提示	49/60(0.82)

実験A-8-1:システムによるハザード見落としに対するドライバー認識向上のための、
認識対象共有HMIの効果検証(ドライビングシミュレータ)

【目的】

- 自動運転システムがハザードを見落とす事態をドライバーが自分で適切に対処できるために、システムによる認識対象物や制御意図を提示する方策の効果を検証する。

【仮説】

- 状況認識共有ディスプレイをシンプルな構成にしても、システムのハザード見落としをドライバーが見抜くことができる。

【被験者】

- 40名(平均35歳、男女各20名)

【方法】

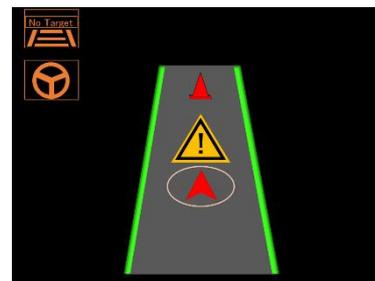
- レベル2のシステムによる認識対象物や制御意図を提示するHMIを用い、ハザード見落とし場面を含む走行実験を行う。

【独立変数】

- 条件A:簡素化HMI
- 条件B:対照HMI(FY17 A-3-1 のHMIと同等)

【評価項目と結果】

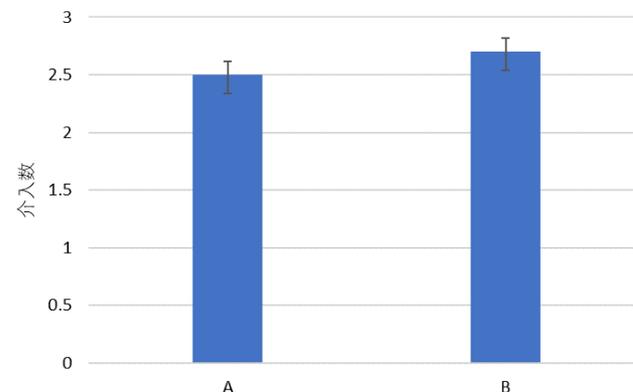
- システムが見落としした対象物に対する、回避操作正否を評価する。
- 簡素化したHMIでも、システムがハザードを見落としした際にドライバーが適切に対応できることを確認した。



条件A:簡素化HMI



条件B:対照HMI



実験A-8-2:システムによるハザード見落としに対するドライバー認識向上のための、確信度情報の効果検証(ドライビングシミュレータ)

【目的】

- 自動運転システムがハザードを見落とす事態においてドライバーが自分で適切に対処できるための方策として、システムがその時々においてどの程度安全を確信して制御をしているかについての情報を提示するHMIの効果を検証する。

【仮説】

- 状況認識に関する確信度情報を提示することによって、低確信度状況におけるハザード見落としに対して、ドライバーが適切に見抜くことができるようになる。

【被験者】

- 60名(平均42歳、男女各30名)

【方法】

- システムがその時々においてどの程度安全を確信して制御をしているかについての情報を提示するHMIを用いて、システムによるハザード見落とし場面を含む走行実験を行う。

【独立変数】

- 条件A: 確信度情報あり。認識情報あり。
- 条件B: 確信度情報あり。認識情報なし。
- 条件C: 確信度情報なし。認識情報なし。

【評価項目と結果】

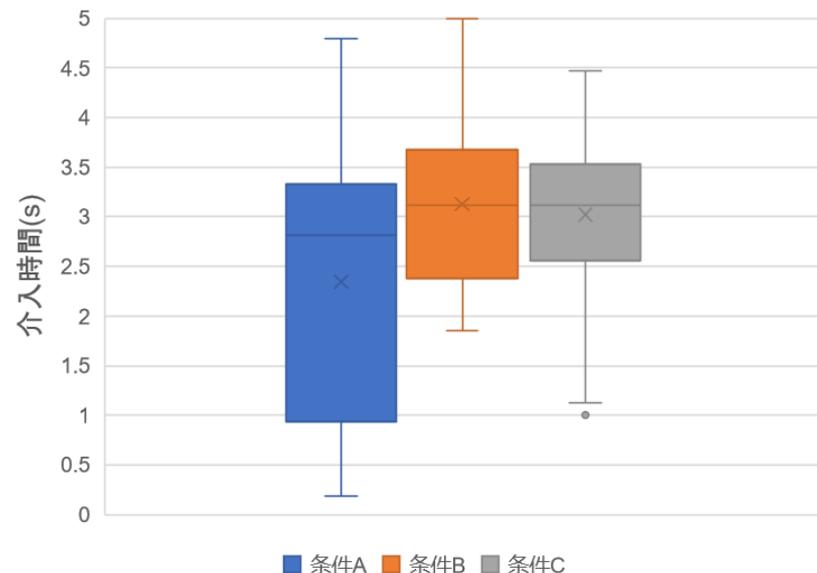
- システムが見落としした対象物に対する、回避操作の開始タイミングを評価する。
- 確信度情報があると、確信度が低下する(ハザードを見落としやすい)場面において実際にハザードを見落としした事態においてドライバーが適切に対応しやすくなる。



確信度情報あり。
認識情報あり。



確信度情報あり。
認識情報なし。



調査A-9: 学習スタイルに係る調査(アンケート調査)

• 【目的】

- 「自動走行システムのドライバーの知識項目と表現に関する指針の策定」において、ドライバーへの教示とその反応について個人の持つ学習スタイルに準じた指針を検討するために大規模な調査(Web調査等)を実施し、ドライバーの属性に応じた指針の構築を行う。

• 【仮説】

- ドライバーの学習スタイルに応じて、ドライバーが有すべき事前知識を効率的に修得する方法は異なる。

• 【方法】

- 平成29年度に実施した学習スタイル・性格に応じた教示への反応調査をベースとして、大規模な調査(Web調査等)を実施して評価を行う。

• 【評価項目】

- 学習スタイル(フェルダー・シルバーマンモデル)に着目し、自動走行システムの機能に関する教示前後でのドライバーの反応をアンケート形式で調査する。(A-5, A-6などの実験に組み込む)

• 【まとめ】

- 教示方法としては、動画での教示での理解度が高い結果がみられた。
- 動画教示について学習スタイル別で見ると、「Visual」ならびに「Sequential」の方でより高い効果がみられた。

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の指針 検討(テストコース)

- 【目的】
 - A-5の実験と同等の実験を行う。
- 【仮説】
 - 運転引継ぎの必要性、Rtl表示の意味、介入が必要な場面例までを知識として事前に持たせることが、適切な引継ぎのために必要である。
- 【参加企業と方法】
 - 右上表
- 【独立変数】: 事前知識(被験者間要因)
 - 条件a (FY16実験1条件2 介入場面の存在)
 - 条件b (FY16実験1条件4 要介入場面例)
- 【評価項目と結果】
 - 障害物を回避した人の割合(結果は右図)
 - 条件bによって、ドライバーが適切な対応をできることを確認した。

	A社	B社	C社
先行車	あり	なし	あり
障害物	LED警告灯	「車線減少」の看板とLED警告灯をゴムマットに設置	LED警告灯をゴムマットに設置
自動運転レベル	レベル3	レベル2	レベル3
ハンズオン/オフ	ハンズオフ	ハンズオン	ハンズオフ
Rtl発生時のHMI(音声)	警告音(実験A-5と同じ)	「運転交代」のアナウンス	「運転交代」のアナウンス
条件aにおけるHMIの説明	なし	なし	あり
HMI(音声)の事前提示	あり	あり	なし
SuRT	連続	1回/10秒	1回/10秒
システム解除	ハンドル、アクセル、ブレーキの操作によって解除	Rtlと同時にシステムが解除される	Rtlと同時にシステムが解除される

参加者	条件a	条件b
A社	1/10(0.10)	8/12(0.70)
B社	1/9(0.11)	6/9(0.67)
C社	2/13(0.15)	5/14(0.36)

C社の実験では、「運転交代」のアナウンスを事前に知識として伝えていなかった
⇒「音を聞かせる」ことが重要

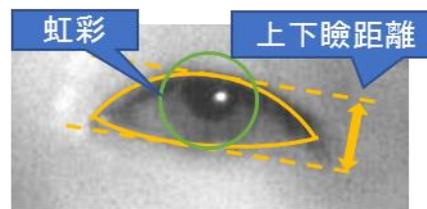
実施項目B:ドライバーの状態の評価と状態維持のHMI

2018年度の実施内容

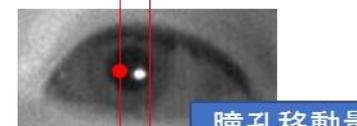
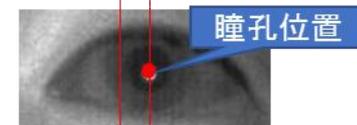
- 1.自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討と
ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現性検討
- 2.ドライバー状態維持のためのHMI基本要件の策定：
覚醒度維持HMIの効果検討

DMSの実現性検討

- ドライビングシミュレータ、テストコースで収集したデータに基づき検出仕様の設定
- 公道で収集したデータにて検出性能を評価・改善し、実現性検討



開瞼度 = 上下瞼距離 / 虹彩直径



項目	指標値	検出仕様	評価機仕様 (FHD,120fps)	廉価仕様 (VGA,30fps)
まばたき	頻度:直近2分間の回数(回)	上下瞼と虹彩を検出し、開瞼度を算出。単位時間当たりの移動量から瞬きを判定。	発生タイミング検出性能で評価 F値:0.85	発生タイミング検出性能で評価 F値:0.81
目瞑り (めつむり)	PERCLOS:直近1分間の目瞑りの時間の割合(%)	開瞼度が20%以下の場合を閉眼と判定。直近1分間内の閉眼 $\geq 500\text{msec}$ の割合をPERCLOSとして算出。	平均誤差:0.61%	平均誤差:0.62%
サッカー ド	頻度:直近2分間の回数(回) 振幅:瞳孔の動きの振幅(角度)	瞳孔位置の横方向の移動速度を算出し、閾値を超えた時の瞳孔の移動量(px)から振幅(deg)に変換し分類。小:5~8度 中:8~16度 大:16~32度	振幅毎の発生タイミング検出性能で評価大F値:0.77 中F値:0.71 小F値:0.55	振幅毎の発生タイミング検出性能で評価大F値:0.69 中F値:0.65 小F値:0.47
視線	視線持続時間:直近1分間の各場所での平均持続時間(秒/回) 視線割合:直近1分間の各場所への視線割合(%)	視線の角度などから注視対象(Frガラス、サブDisp)を推定。2秒以上の連続した注視を抽出し、平均時間と単位時間内の割合を算出。	FrガラスF値:0.90 サブDispF値:0.92	FrガラスF値:0.91 サブDispF値:0.90

短時間の高速な眼の動き

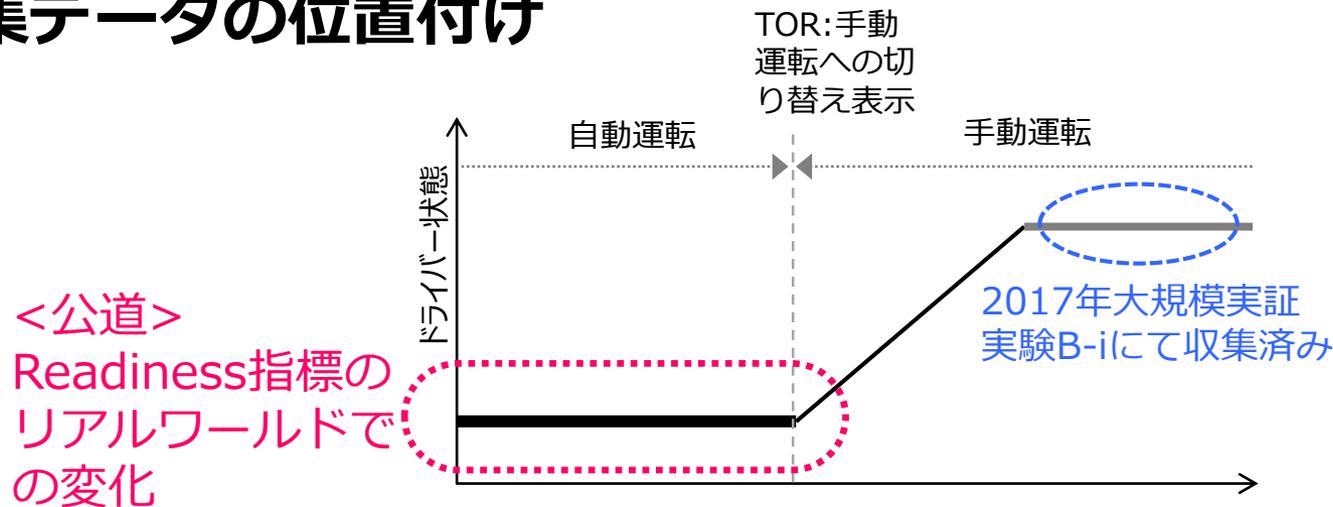
1.自動走行中のドライバー状態の評価指標の検討と ドライバーモニタリングシステム(DMS)の実現可能性

実験B-1-3：Readiness構成指標のリアルワールドデータ取得 実験目的

Readiness構成指標のデータ取得

実際の環境で、約3時間という長時間のデータ取得を行い、
環境の変化や多様なドライバー状態のReadiness構成指標
のデータを収集する。

収集データの位置付け



実験B-1-3：Readiness構成指標のリアルワールドデータ取得 実験規模 (1/2)

実験協力者：40名

年齢：20歳～50歳代／男女比は半々(予定)

条件：－ 普段定期的に運転している方（目安：週1日以上）

－ 高速道路を月1回以上の頻度で走行経験のある方

－ モータースポーツ教習、Aライセンス・Bライセンスの訓練など、運転技能向上を目的とした講習を受けたことが無い方

－ 運転中に眼鏡を装着していない方（ソフトコンタクトレンズは可）

実験車両：自動運転レベル2

（テスラモデルS，またはベンツEステーションワゴン）



自動から手動への切り替え時
自動運転ON/OFFの表示＋
音声提示あり→2017年度テスト
コース実験と同様のデザイン



実験B-1-3 : Readiness構成指標のリアルワールドデータ取得 実験規模 (2/2)

実験期間：一人当たり3日（手動運転，自動運転，自動運転）
一回の走行時間は約3時間30分

自動運転使用中：ハンズON



被写体: 研究担当者

自動運転中の教示：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をすること。
RtI提示可能性のある場面について、その状況と具体的な地点を地図上で明示(課題A成果)。

実験B-1-3 : Readiness構成指標のリアルワールドデータ取得 走行ルート

東京近郊高速道

長距離高速道

往路：横須賀IC→新保土ヶ谷IC→横浜町田IC→御殿場JCT→新清水JCT

復路：横須賀IC←新保土ヶ谷IC←横浜町田IC←御殿場JCT←清水JCT←



伴走車

実験車両：テスラS

伴走車

実験車両：ベンツE

監督員1名

実験協力者2名
(往路と復路で運転交代)
計測員1名

監督員1名

実験協力者2名
(往路と復路で運転交代)
計測員1名

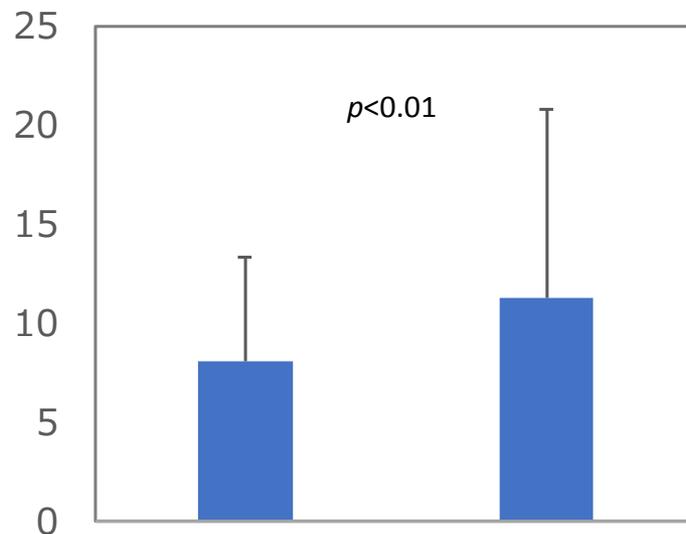
実験B-1-3 : Readiness構成指標のリアルワールドデータ取得

計測項目

- ドライバー, 車両, 交通環境データ
 - DMSによる視線, 開瞼度, まばたき, サッカーカード(瞬間的な目の動き)
 - 車両情報 (CAN情報)
 - GPS情報
 - 車両周囲ビデオ映像

- その他の計測項目
 - ドライバー状態のヒアリング
 - ※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.)

わき見：ナビタスク（地図の縮尺切替・地図の向き変え）



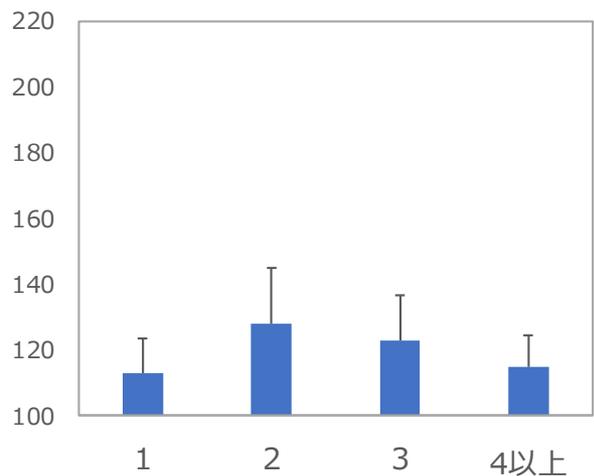
テスラ (タッチパネル) ベンツ (コントローラー)

ディスプレイへの
総視認時間(sec)

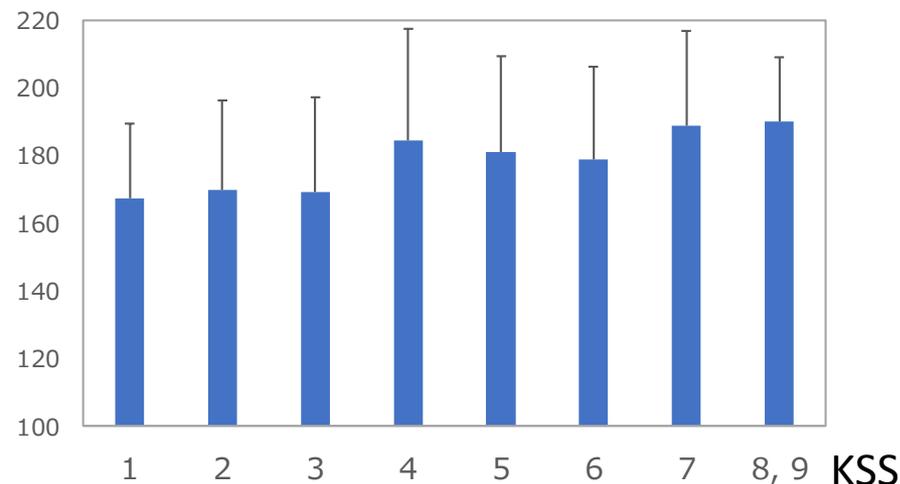
ナビタスク開始後1分間での
ナビへの視認時間の合計

覚醒度
低下

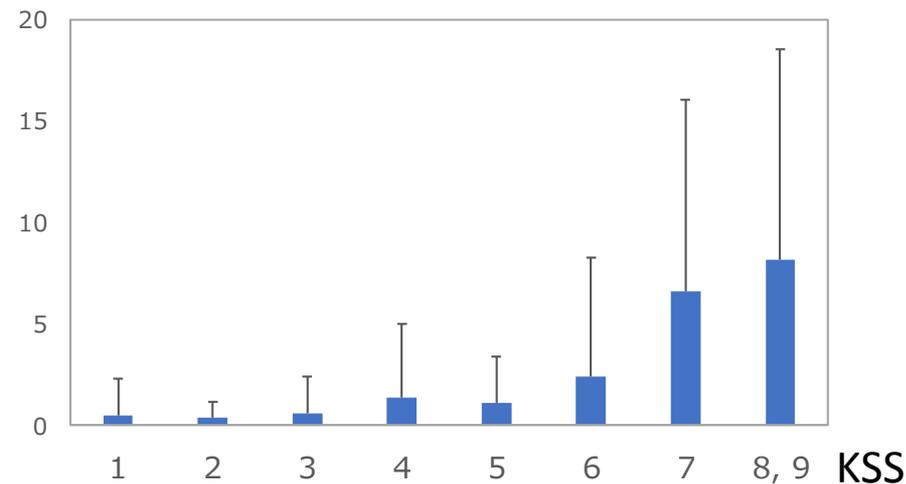
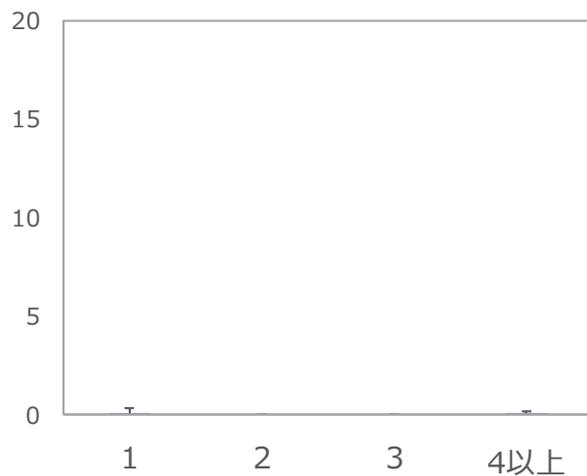
手動運転
(FY2017 OEM実証実験)



自動運転
(本公道実験)



まばたき持続時間(sec)

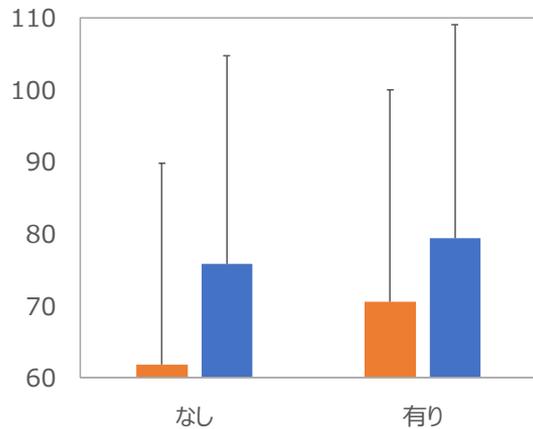


Perclos(%)

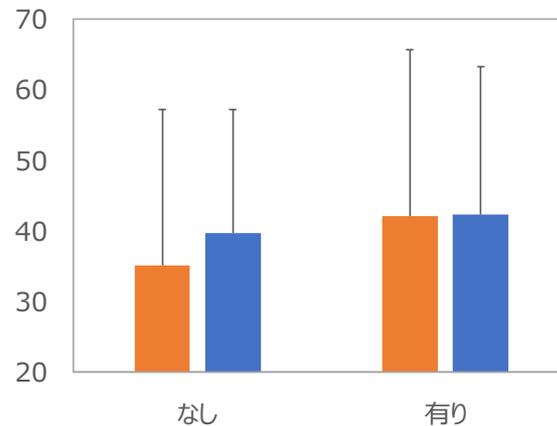
考え事の有無：ベースライン（手動運転）との比較

手動運転に比べて、自動運転中はまばたき回数とサッカー大の発生回数が多い

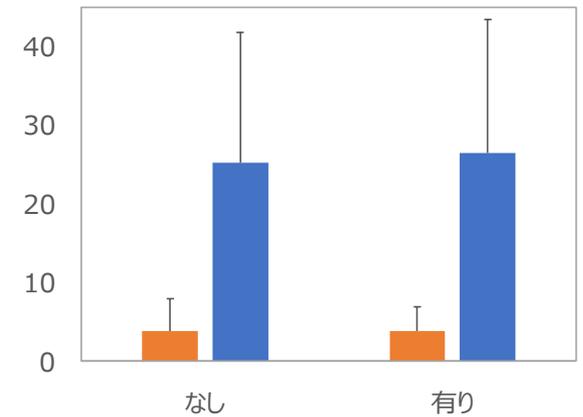
■ 自動運転 (本公道実験)
 ■ 手動運転 (FY2017 OEM実証実験)



まばたき回数(回)



小サッカー発生回数(回)



大サッカー発生回数(回)

※考え事有りは、これまで実施してきたNbackほどの意識のわき見にはなっていない

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

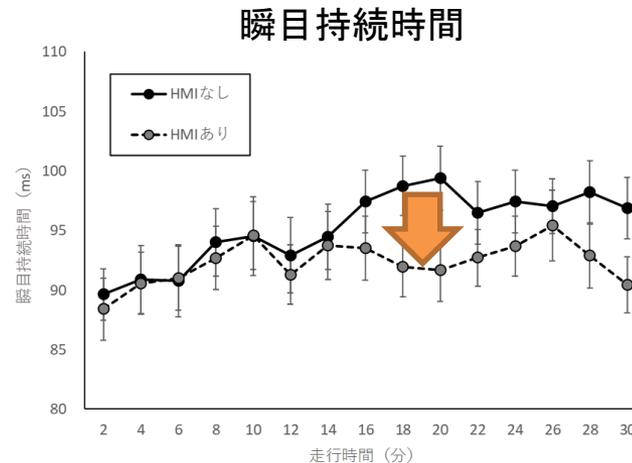
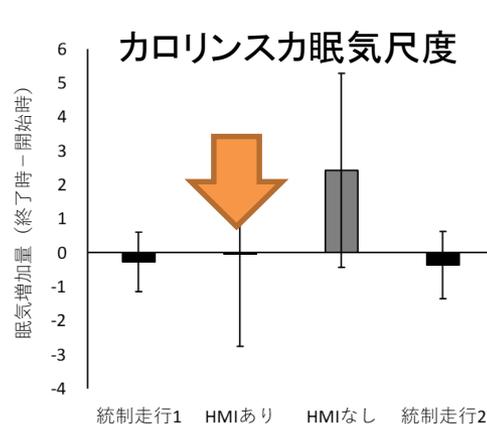
実験B-4-2:冷風・振動HMIの検討

【方法】

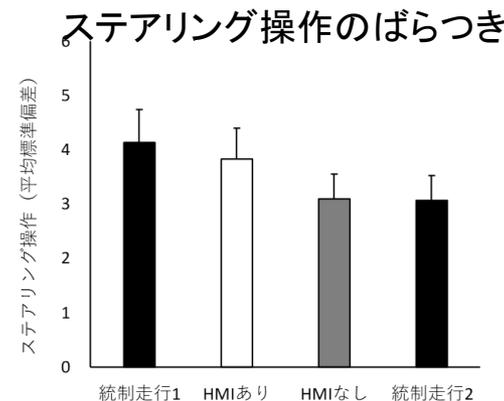
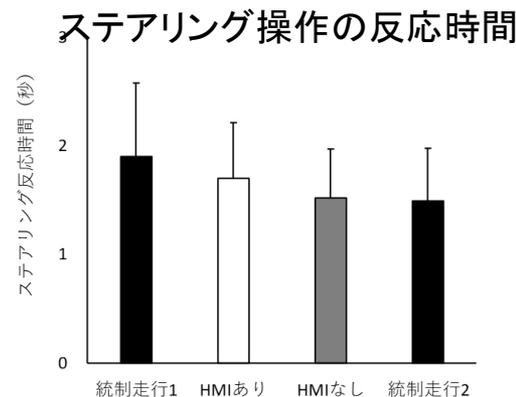
- 維持・回復HMI・・・自動運転中に冷風と振動をドライバーに提示
- 実験環境・・・産総研・北サイト試走路
- 走行環境・・・自動運転(先行車追従)→RtI発生→パイロンを手動で回避
- 走行条件
 - ①統制走行1(3分間の自動走行)
 - ②HMIなし(30分間の自動走行)
 - ③HMIあり(30分間の自動走行中に刺激提示→RtI1分間に強く提示)
 - ④統制走行2(3分間の自動走行)
- 参加者・・・36名(男性18名、女性18名)、平均年齢45.4歳(21～75歳)
- 覚醒指標・・・主観的指標:日本語版カロリンスカ眠気尺度(走行前後の差)
客観的指標:瞬目持続時間(RtI直前2分間の平均)
- Readiness指標・・・ステアリング操作の反応時間
ステアリング操作のばらつき

【結果】

覚醒度・・・HMIによる眠気増大の抑制効果を確認した



Readinessレベル・・・HMIによる運転行動の改善効果は確認できなかった



【結論】 冷風・振動HMIは眠気を抑制するが、Readinessレベルの維持・回復効果は認められない。体感温度の低下が影響した可能性がある。

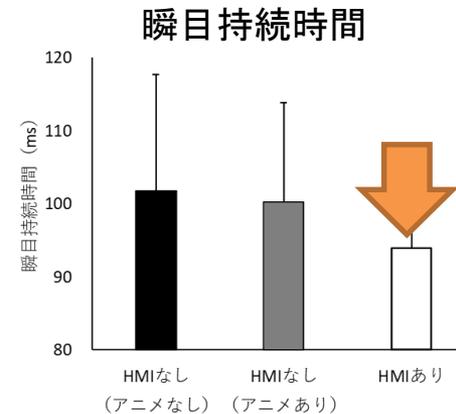
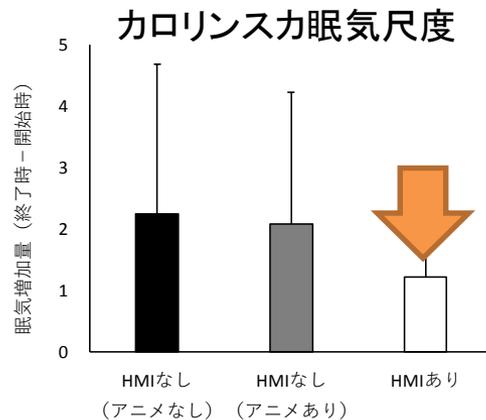
実験B-4-3-1：能動的認知課題(ビデオゲーム)HMIの検討

【方法】

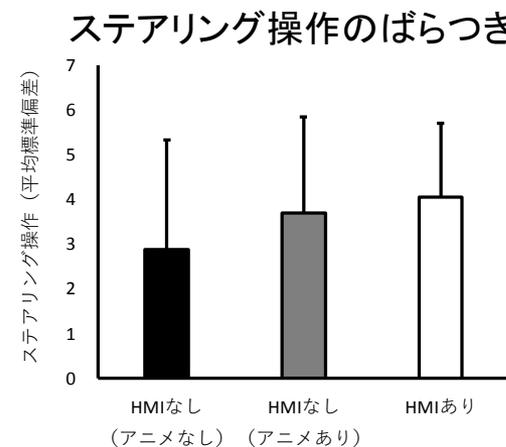
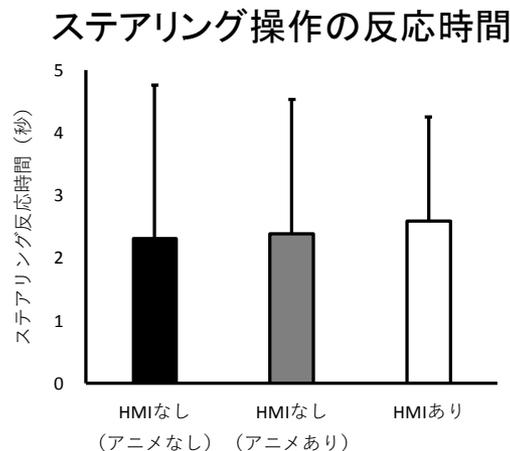
- 維持・回復HMI・・・自動運転中にビデオゲーム(テトリス)を10分間実施
- 実験環境・・・産総研・6軸モーション型ドライビングシミュレータ
- 走行環境・・・自動運転30分間→RtI発生→停止車両を手動で回避
- 走行条件
 - ① HMIなし(アニメ視聴なし)
 - ② HMIなし(アニメ視聴あり)
 - ③ HMIあり(アニメ視聴10分→ビデオゲーム10分→アニメ視聴10分)
- 参加者・・・36名(男性18名、女性18名)、平均年齢44.3歳(19～74歳)
- 覚醒指標・・・主観的指標：日本語版カロリンスカ眠気尺度(走行前後の差)
客観的指標：瞬目持続時間(RtI直前2分間の平均)
- Readiness指標・・・ステアリング操作の反応時間
ステアリング操作のばらつき

【結果】

覚醒度・・・HMIによる眠気増大の抑制効果を確認した



Readinessレベル・・・HMIによる運転行動の改善効果は確認できなかった



【結論】 能動的認知課題HMIは課題終了10分後の眠気を抑制するが、Readinessレベルの維持・回復効果は認められない。

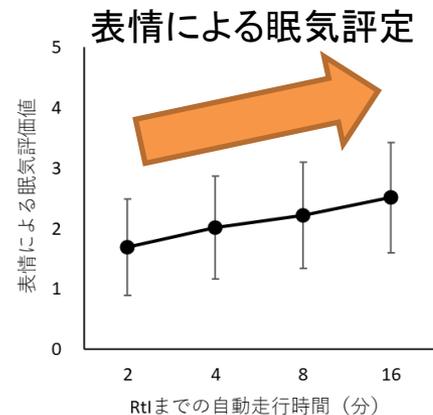
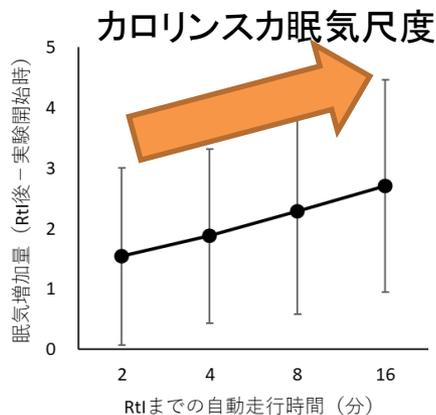
実験B-4-3-2：覚醒度とReadinessに対する自動走行時間の影響

【方法】

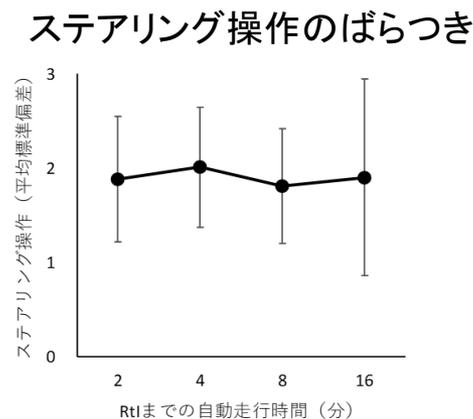
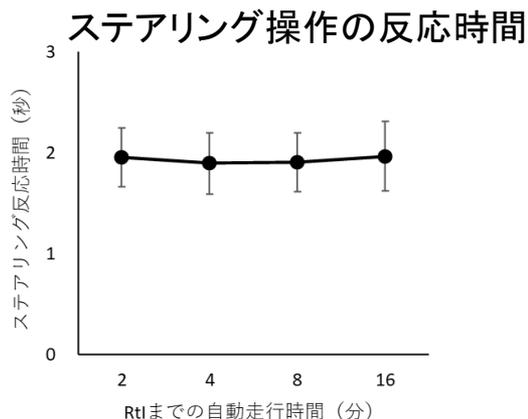
- 実験環境・・・産総研・定置型ドライビングシミュレータ
- 走行環境・・・自動走行(先行車追従)→RtI発生→停止車両を手動で回避
→自動走行再開→(3回繰り返し)
- 走行条件
 - ① 自動走行時間2分
 - ② 自動走行時間4分
 - ③ 自動走行時間8分
 - ④ 自動走行時間16分
- 参加者・・・40名(男性20名、女性20名)、平均年齢39.1歳(21～56歳)
- 覚醒指標・・・主観的指標：日本語版カロリンスカ眠気尺度(走行前とRtI後の差)
客観的指標：表情による眠気判定(RtI直前1分間以内)
- Readiness指標・・・ステアリング操作の反応時間
ステアリング操作のばらつき

【結果】

覚醒度・・・自動走行時間に応じた眠気増大を確認した



Readinessレベル・・・自動走行時間に応じた運転行動の変化は確認できなかった



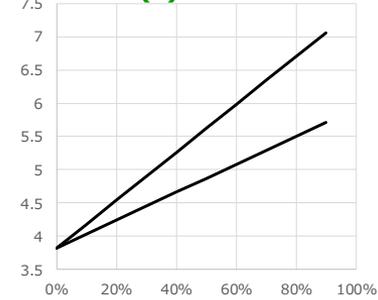
【結論】 16分間以内の自動走行では、走行時間に応じて眠気が増大するが、必ずしもReadinessレベルの低下に直結するとは限らない。

Readiness指標の使い方一例

自動運転中のドライバ状態データと手動運転切り替え後の運転行動データから得た**ドライバ状態指標**と**手動運転後のパフォーマンス**との関係を基に、Readinessレベルを推定

覚醒度の低下

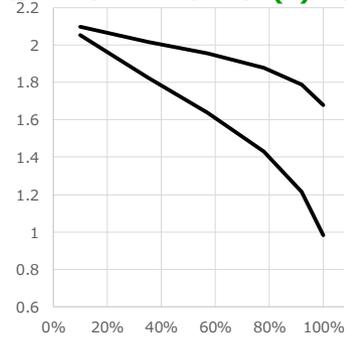
手動運転切り替え後、
車線変更を開始する
までの時間(s)



PERCLOS

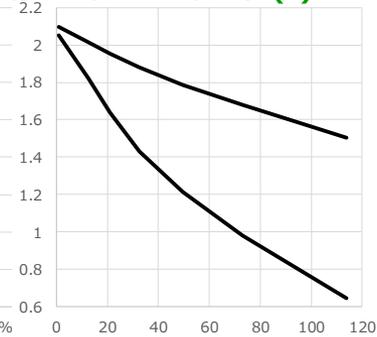
意識のわき見

回避時における
停止車両との余裕時間(s)



サッカード(小)の発生割合

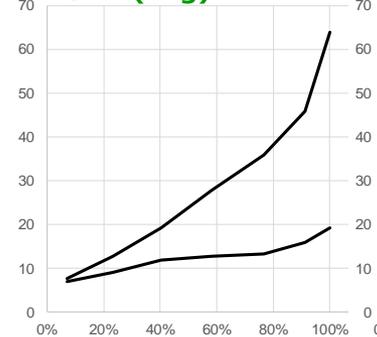
回避時における
停止車両との余裕時間(s)



まばたき頻度(回)

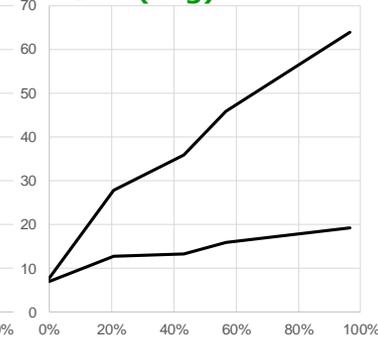
わき見

回避後のステアリング操舵
のばらつき(deg)



サッカード(小)の発生割合

回避後のステアリング操舵
のばらつき(deg)



ディスプレイへの視線割合

<覚醒度, 意識のわき見, わき見のそれぞれにて, ドライバ状態指標と運転行動指標との線形回帰係数と95%信頼区間より算出>

パフォーマンスへの影響を推定

※検証ケース: -複数車線区間
-車線変更で回避する状況



ドライバ状態

計測

DMS

指標(PERCLOS, まばたき,
サッカード, 視線)

介入方法の選択・実行

緊急停止

警告提示:ドライバ状態の回復

2018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・2017年度成果であるドライバー状態の評価指標を公道環境(リアルワールド)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：
覚醒度維持HMIの効果検討

自動走行中のドライバーの眠気増大の抑制効果を
確認できたが、運転交代後のパフォーマンス向上の
効果は見られなかった

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

2018年度の実施内容

- C-5. 一般道を対象にした低速域での自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションに関する要件の検討
 - C-5-1. 試験走路実験によるコミュニケーション要件の検討
 - C-5-2. シミュレータ実験によるコミュニケーション要件の検討
 - C-5-3. 一般道実験によるコミュニケーション要件の検討

- C-6. 自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションにおける地域性や交通参加者の属性の影響に関する調査方法の提案
 - C-6-1. 地域性や交通参加者の属性の影響に関する調査方法の検討・日本・英国の比較検討
 - C-6-2. 低速走行の自動運転車と歩行者のコミュニケーションに関する地域性・属性の影響に関する調査

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

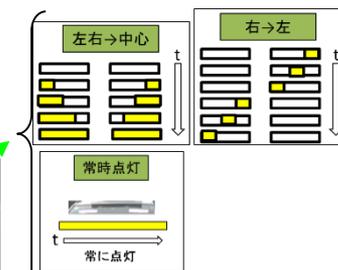
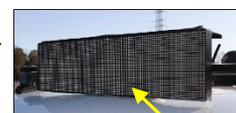
C-5-1 低速域での自動運転車・歩行者間コミュニケーションの基本要件の抽出(試験走路)

目的: 低速域で走行する自動運転車から意図や状態を外向けHMIを利用して他の交通参加者に伝える際のコミュニケーションについて、歩行者の認識や判断について調査し、コミュニケーション要件を抽出する



お先にどうぞ
とまります
自動運転中

外向けHMIによる意図・状態の伝達(テキスト型)



外向けHMIによる意図・状態の伝達(灯火型)

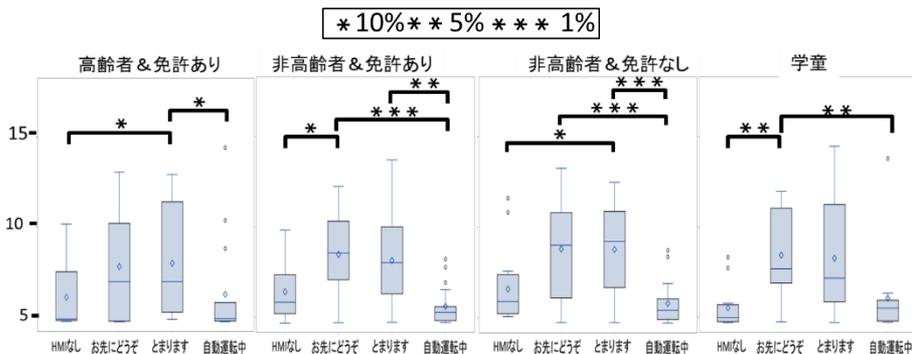
被験者: 79名, 非高齢者[免許所有], 非高齢者[免許非所有], 高齢者[免許所有], 学童

実験方法: 前方車, 自動運転車が15km/hの低速状態で横断歩道に接近, 被験者が自動運転車の車両状態(外向けHMIを含む)を観察して安全に横断開始可能と判断した際に手元のボタンを押下

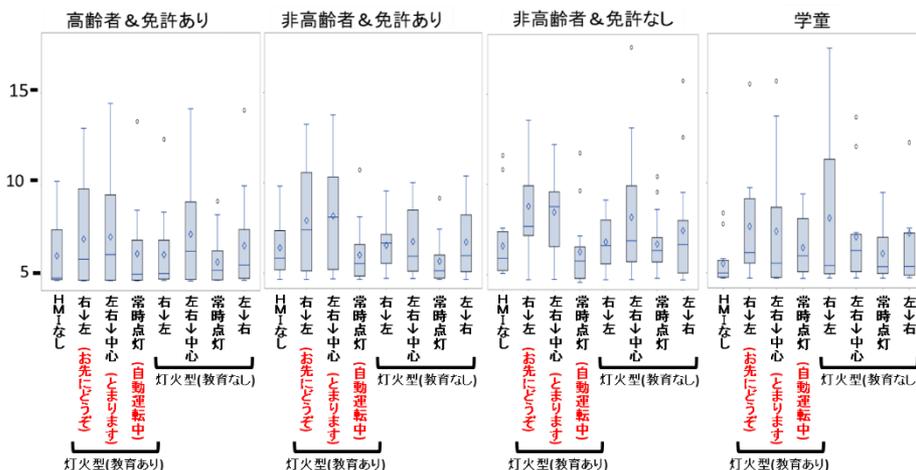
実験条件: 統制条件(HMIなし), テキスト型, 灯火型(灯火意味の教育なし/あり)

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

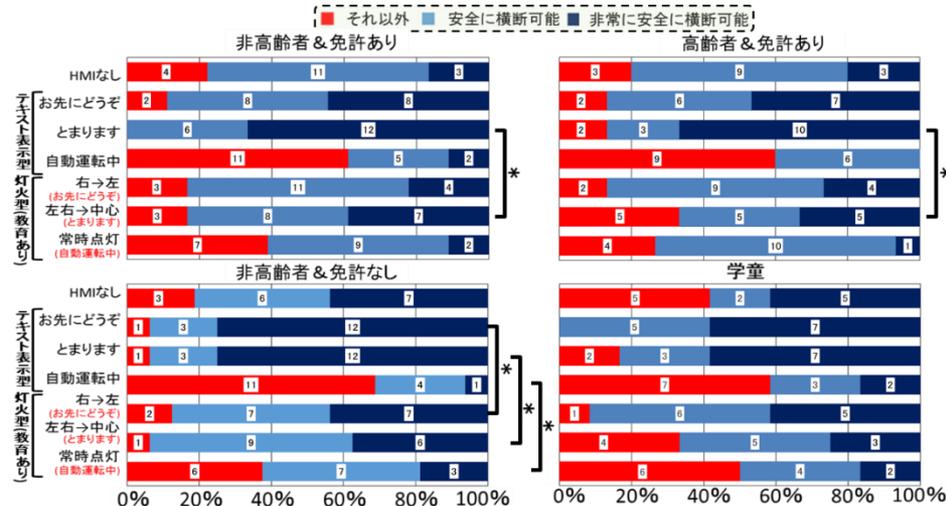
C-5-1 低速域での自動運転車・歩行者間コミュニケーションの基本要件の抽出(試験走路)



テキスト表示型外向けHMI



灯火型外向けHMI(教育なし・教育あり)



外向けHMIを装備した際の横断判断時の安心感の比較

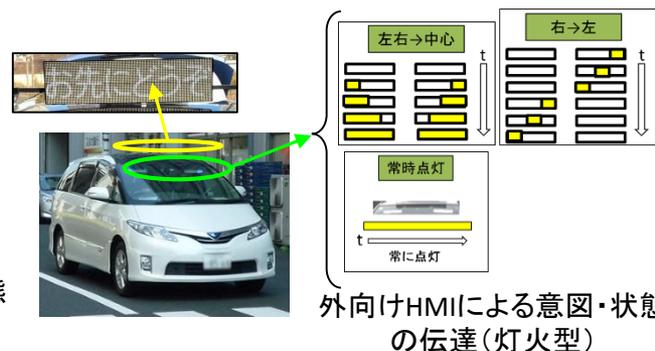
結果:

- 低速走行で「お先にどうぞ」「とまります」など意図をテキスト型で伝達することで早期タイミングでの判断を促進, 判断時の安心感等を向上
- 「自動運転中」の伝達は判断タイミングを遅らせ, 判断時の安心感を低下 → 警戒の意識
- 灯火型では学習により判断のタイミングを改善可能であり, 灯火型には学習が必要

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

C-5-1 低速域での自動運転車・非優先側ドライバー間コミュニケーションの基本要件の抽出(試験走路)

目的: 低速域で走行する自動運転車から意図や状態を外向けHMIを利用して非優先側ドライバーに伝達する際のコミュニケーションについて、非優先側ドライバーの認識や判断について調査し、コミュニケーション要件を抽出する



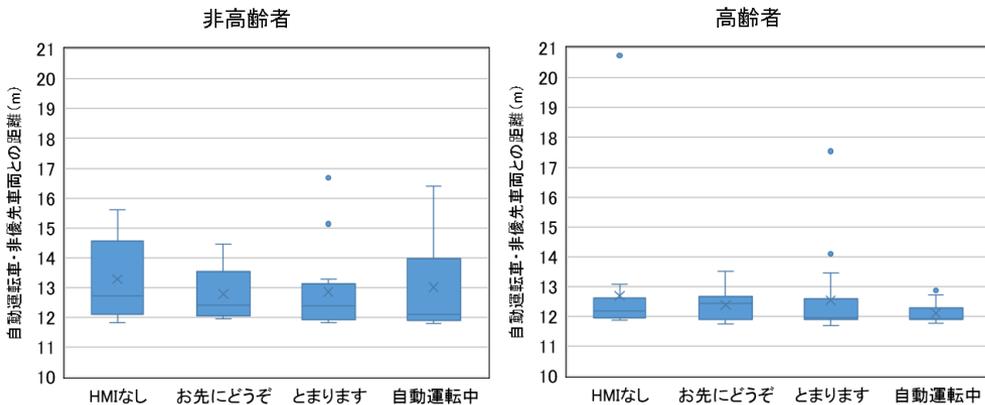
被験者: 40名, 非高齢者, 高齢者

実験方法: 前方車, 自動運転車が15km/hの低速状態でT字交差点に接近, 被験者が自動運転車の車両状態(外向けHMIを含む)を観察して安全に進行開始可能(優先交通側へ合流可能)と判断した際に手元のボタンを押下

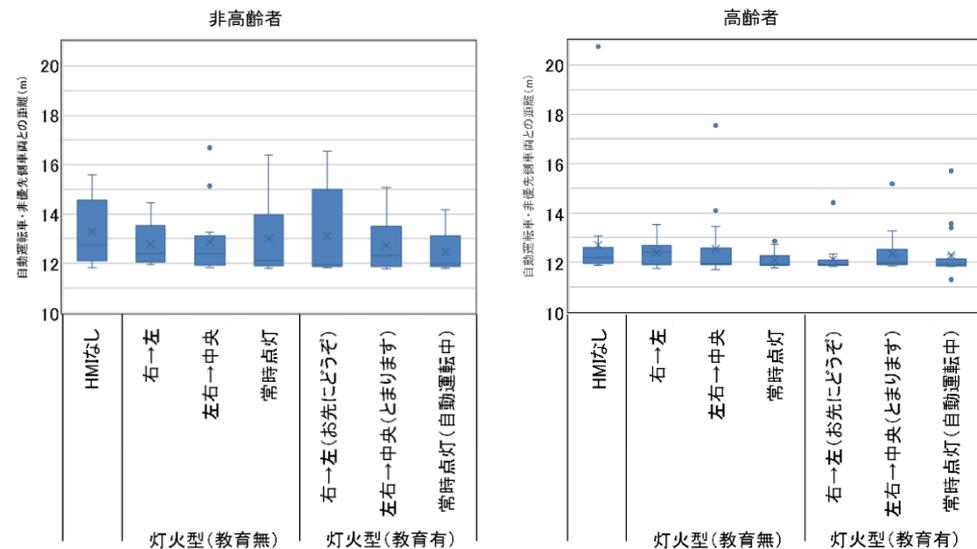
実験条件: 統制条件(HMIなし), テキスト型, 灯火型(灯火意味の教育なし/あり)

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

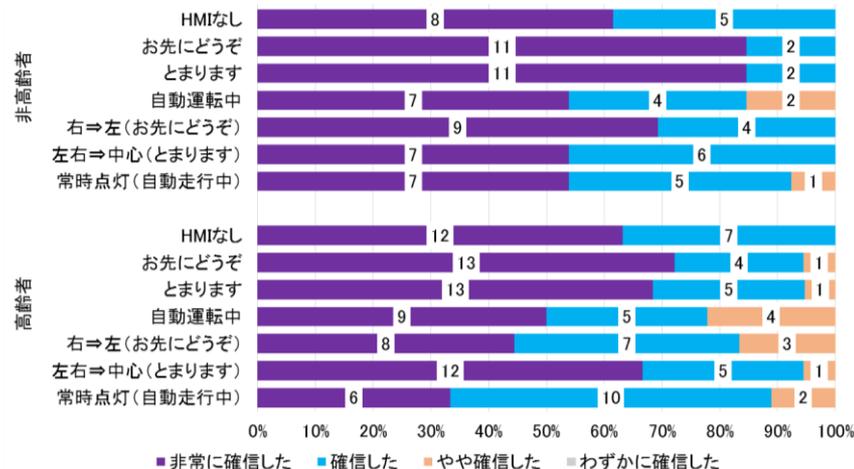
C-5-1 低速域での自動運転車・非優先側ドライバー間コミュニケーションの基本要件の抽出(試験走路)



テキスト表示型外向けHMI



灯火型外向けHMI(教育なし・教育あり)



外向けHMIを装備した際の進行判断時の確信の比較

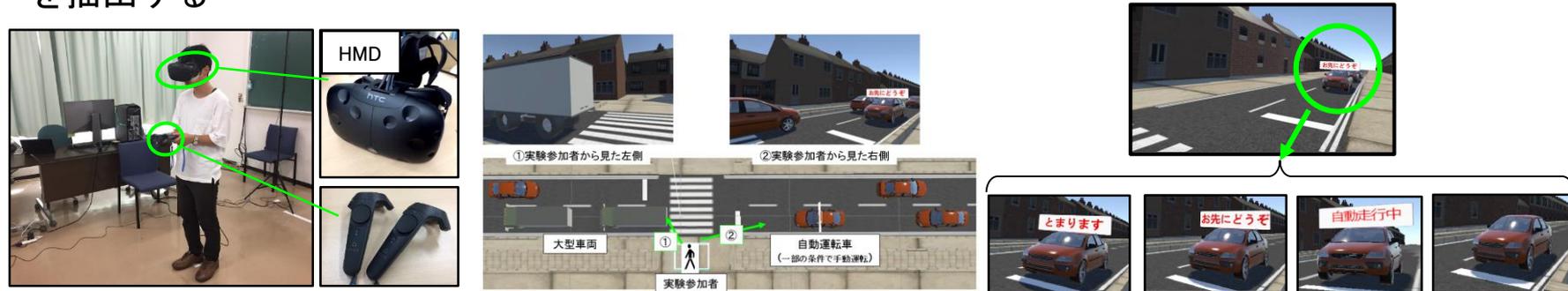
結果:

- 低速走行で「お先にどうぞ」「とまります」意図や状態をテキスト型で伝達すると、判断時に確信等を向上、ただし判断タイミングは外向けHMIなしと同様 → 低速走行では、車両状態が停止に近い状態に至ってからの判断
- 灯火型では、学習により判断のタイミングを改善 → 灯火型の使用には学習が必要
- ただし、学習により判断時の確信がやや低下する可能性あり → 学習する灯火パターン数の影響

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

C-5-2 低速域での自動運転車・歩行者間コミュニケーションの基本要件の抽出 (VR実験)

目的: 低速域で走行する自動運転車から意図や状態を外向けHMIを利用して歩行者に伝達する際のコミュニケーションについて歩行者の認識や判断, 負の影響について調査し, コミュニケーション要件を抽出する



被験者: 50名, 非高齢者 (運転免許所有)

実験方法: 自動運転車が15km/hから低速状態に減速して横断歩道に接近, 被験者が自動運転車の車両状態 (外向けHMIを含む) を観察して安全に横断可能と判断した際に手元のボタンを操作して横断行動を実施 (左右確認を含む)

実験条件: 統制条件 (HMIなしの自動運転車, 手動運転車), テキスト型

結果:

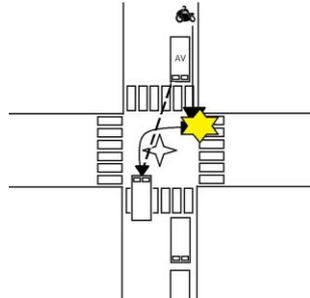
- 「お先にどうぞ」「とまります」意図伝達によっては歩行者の周囲確認行動に影響を及ぼす可能性を確認 → 歩行者は外向けHMIに対して確認行動を依存させてしまう可能性あり

負の効果を抑制するために外向けHMIによる意図伝達の方法を精査する必要
→ 道路環境や交通状況に応じた外向けHMIの伝達の制御

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

C-5-2 低速域での自動運転車・非優先側ドライバー間コミュニケーションの基本要件の抽出(DS実験)

目的: 低速域で走行する自動運転車から意図や状態を外向けHMIを利用して非優先側ドライバーに伝達する際のコミュニケーションについて非優先側ドライバーの認識や判断, 負の影響について調査し, コミュニケーション要件を抽出する



お先にどうぞ
とまります
自動走行中

被験者: 40名, 非高齢者, 高齢者

実験方法: 前方車, 自動運転車が25km/h, 15km/hから低速状態に減速して横断歩道に接近, 被験者が自動運転車の車両状態(外向けHMIを含む)を観察して安全に右折開始可能と判断した際に実際に右折行動を実施

実験条件: 統制条件(HMIなしの自動運転車, 手動運転車), テキスト型

結果: (交差点右直場面での自動運転車と右折待ちの非優先側ドライバーを対象)

- 「お先にどうぞ」「自動走行中」意図・状態伝達によって, 非優先側ドライバーにおいて不十分な確認行動を誘発(自動運転車脇をすり抜ける二輪車と接触. 「お先にどうぞ」1名, 「自動走行中」3名. 外向けHMIなしの条件で1名)

負の効果を抑制するために外向けHMIによる意図伝達の方法を精査する必要
→ 道路環境や交通状況に応じた外向けHMIの伝達の制御

C-5 一般道を対象にした低速域でのコミュニケーションに関する要件の抽出

C-5-3 低速域での自動運転車・歩行者間コミュニケーションの基本要件の抽出(一般道実験)

目的: 自動運転車の表明・ドライバーのアイコンタクト等の有無を伴う接近車両に対する歩行者の認識や横断判断, 心理面への影響について検討する。



被験者: 152名, 非高齢者(運転免許所有/非所有), 高齢者(運転免許所有/非所有)

実験方法: 前方車両と実験車両が約20~30km/hから低速状態に接近, 被験者が横断歩道脇に到着するタイミングで前方車両が横断歩道を通り, 実験車両は横断歩道手前で停止. 歩行者は実験車両の状態等を見て普段通りの手続きで横断歩道を横断

実験条件: 手動運転車, 自動運転表明(ドライバー前方監視), 自動運転表明(ドライバーわき見), 自動運転表明(ドライバー不在)

結果:

- 手動運転車では, 歩行者は車両挙動(停止・減速)のほか, ドライバーのアイコンタクト・身振りを手掛かりに横断可否を判断, 判断時の安心や確信が向上
- 自動運転表明車では, ドライバーの状態に関わりなく, 車両挙動(停止・減速)を手掛かりに横断可否の判断, 自動運転表明で横断時の不安感がやや増加(ドライバーの状態に気づかない歩行者が多く存在)

C-6 コミュニケーションにおける地域性や交通参加者の属性の影響に関する調査方法の提案

C-6-1 HMD環境を利用した調査方法の有用性検討と日英比較

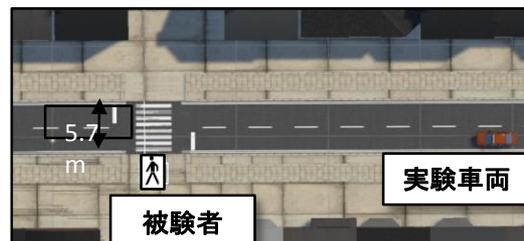
目的：外向けHMIによる意図伝達に対する歩行者・非優先側ドライバーの認識に関して、HMD環境評価可能な項目について検討し、日本・英国間で認識タイミングや心理面への影響等を抽出する。また、日英間での外向けHMIの実装・運用について検討する。



日本での実験



英国での実験



日本・英国共通の道路環境 (VR)



外向けHMIの有無とコンテンツ

被験者：日本 20名 非高齢者（運転免許所有） 英国 20名 非高齢者（運転免許所有）

実験方法：自動運転車が25km/hから15km/hへ、さらに低速状態に減速して横断歩道・交差点に接近、被験者が自動運転車の車両状態（外向けHMIを含む）を観察して安全に横断可能・進行可能と判断した際に手元のボタンを操作して横断行動・右折行動を実施（左右確認を含む）

実験条件：減速挙動（25km/h→10km/h, 25km/h→0km/h）、外向けHMIの有無、外向けHMIによる意図・状態の伝達

結果：

- HMD (VR) 環境と実道環境でほぼ同様な結果が得られる可能性を示唆
- 外向けHMIを伴う意図伝達に対する歩行者の主観的な認識の地域差を抽出できる可能性を示唆（外向けHMIを利用した横断判断の日英間比較）

2018年度の成果に基づくコミュニケーション設計への推奨

- 低速走行する自動運転車からの譲り意図をドライバーや歩行者に認識させるには、主として停止挙動を活用するが、自動運転車からの譲り意図を早いタイミングでドライバーや歩行者に認識させ、行動判断を確信させるためには外向けHMIの活用が有効
- 外向けHMIのコンテンツによっては、交通参加者の確認行動の変容、負の影響を誘発する可能性あり
- 「自動走行中」(自動運転中を含む)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。また自動運転車に対する解釈が交通参加者によって多様であり、安心して円滑なコミュニケーションを実現するには教育等が必要
- 灯火を伴う外向け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。ただし、自動運転車の意図や状態に対応する複数の灯火パターンを学習させる場合、学習後に交通参加者の判断タイミングを遅延させる可能性あり
- 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
- コミュニケーション評価に対して、分析目的に応じた方法論の適用(Web調査, HMD実験, 試験走路実験等)を提案

実施項目D: ガイドライン化・国際標準に向けた活動

- TR21959 Road vehicles: Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Part 1-Common Underling Concept(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:共通基盤概念)を日本主導で作成し技術文書として発行した。
- 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反映し、共通基盤的な概念を整理し、それに係わる用語を定義した。
- DTR21959 Part 2: Considerations in designing experiments to investigate transition processesのドラフト作成作業を始めた。

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

参加者実証実験の実施概要

※被験者数の()は計画

実験参加者	実験参加項目と被験者数					合計	実験期間・場所	実験車両等	
	A課題	B課題			計				
		意識のわき見 (Nback)	わき見 (SuRT)	覚醒度低下					
A社	34人 (20人)	18人 (10人)		16人 (10人)	34人 (20人)	AB合同 68人 (40人)	【実験期間】 2018/11/5-12/11 【実験場所】 自動車安全運転センター 安全運 転中央研修所(茨城県)	LV3相当 (ハンズ OFF)	
B社	20人 (20人)	10人 (10人)		9人 (10人)	19人 (20人)	AB合同 39人 (40人)	【実験期間】 2018/11/21-11/26 【実験場所】 JARI 城里 外周路(茨城県)	LV2相当 (ハンズ ON)	
C社	24人 (20人)			13人 (10人)	12人 (10人)	25人 (20人)	A/B単独 49人 (40人)	【実験期間】 2018/10/1~11/14 【実験場所】 自社TC(静岡県)	LV3相当 (ハンズ OFF)
合計	78人 (60人)	28人 (20人)		22人 (20人)	28人 (20人)	78人 (60人)	156人 (120人)		

実証実験の目的

LV2/LV3相当の車両にて、ドライバーへのシステム機能に関する教示情報・教示方法と運転引継ぎパフォーマンス(ドライバー挙動と車両挙動)の関係を検証する。具体的には「運転引継ぎの必要性、RtI表示の意味、介入が必要な場面例」までを知識として事前に持つことが、適切な引継ぎのために有用との仮説を検証する。(FY2017までのDS実験での成果に基づく)

実証実験のシナリオ

- 被験者を事前知識の程度の異なる2群(右表)に分ける。
- 低速度域(時速30-50km程度)でサブタスク(SuRT)を実施し、同じイベント(前方障害物の回避)でRtIを発生させる(TTC:6秒)。

	情報量が少ない群(条件2)	情報量が多い群(条件4)
共通する教示	<ul style="list-style-type: none"> 実験内容の説明 自動運転についての説明 自動走行システムの使い方 走行中実施してもらうこと 	
RtIの教示	<ul style="list-style-type: none"> 運転引継ぎについて 	<ul style="list-style-type: none"> 運転引継ぎについて 運転引継ぎを要請した時の表示 運転引継ぎが必要な場面

実証実験結果(速報)

- LV2/LV3相当では、「運転引継ぎの必要性、RtI表示の意味、介入が必要な場面例」までが事前知識としては必要であるとの仮説が、3社の結果から概ね検証された。(条件2に比べ、条件4での障害物回避の割合が高くなっている)

実証実験の目的

LV2/LV3相当の車両にて、統制されたドライバー状態とDMS出力値、及び運転引継ぎパフォーマンス（ドライバー挙動と車両挙動）の関係を検証する。統制されたドライバー状態は、「意識のわき見」、「わき見」、「覚醒度低下」の3つを検証する。

実証実験のシナリオ

- 手動走行、自動走行のみ、自動走行+サブタスクの3セッションを実施する。（覚醒度低下では手動走行、自動走行のみの2セッション）
- サブタスクは、「意識のわき見:Nback(2バック)」、「わき見:SuRT(difficult)」とする。
- 先行車がいる状態で自動走行(低速度)かつサブタスクを実施し、前方障害物の回避イベントとしてRtIを発生させる(TTC:6秒)。先行車は、RtI発生1秒後に車線変更を行う。（覚醒度低下では、走行開始後25分(または同乗者が被験者を観察し、覚醒度が低下していると判断した)時点でRtIを発生させる)

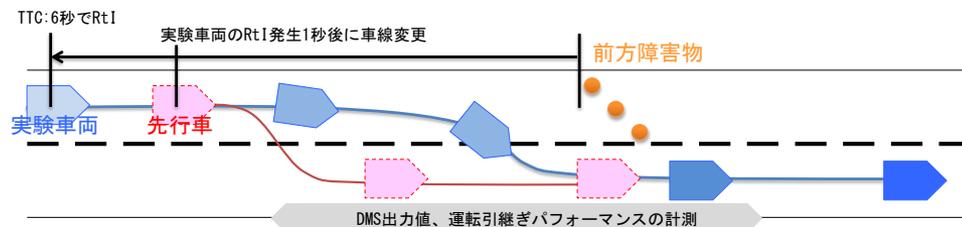


図 RtIイベント発生の様式図

実証実験結果

- 統制されたドライバー状態でのDMS出力値、ならびに運転引継ぎパフォーマンスとの関係については、課題Bの研究開発(Readiness指標の導出)にて、検証データとして利活用されている。