

自動運転中の作業負荷定量化手法に 関する基礎的検討

自動車安全研究部 関根 道昭

背景

- 自動運転技術の市場投入が目前
- 米国自動車技術会(SAE)におけるレベル3以上の自動運転は、認知、判断、操作をすべて車両が行う
 - ◆ ドライバは運転以外の作業も可能(以下、副次タスク)
- 改正道路交通法(2019年5月)
 - ◆ 自動運転中ドライバーが直ちに適切に対処できる場合
 - 携帯電話の保持通話
 - カーナビなどの画像注視
- 許容可能な副次タスクの種類や安全性の評価方法が課題

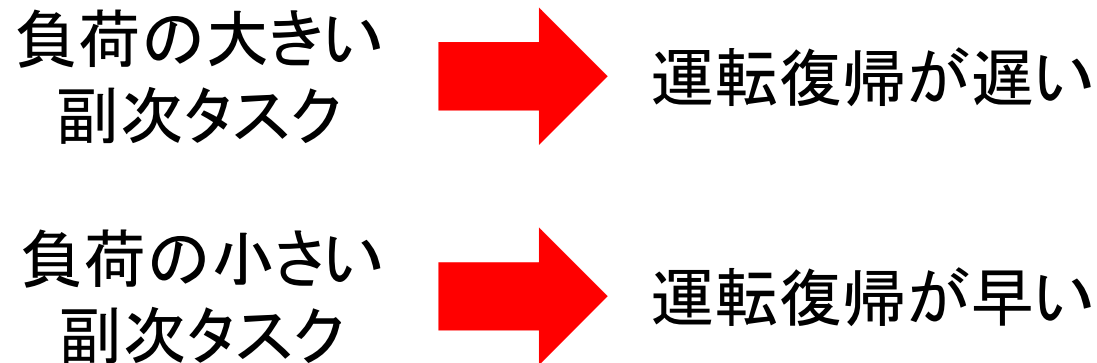
自動運転におけるドライバの役割

- レベル3の自動運転システム
 - ◆ システムからドライバへの権限委譲(運転操作の引き継ぎ)
 - ◆ システムが運転引き継ぎ要請(Take Over Request、**TOR**)を提示したら、ドライバは直ちに運転を引き継ぐ
- レベル4の自動運転システム
 - ◆ 設計運行領域(Operational Design Domain、**ODD**)を限定
 - ◆ ODDから外れる前に、システムがTORを提示してドライバに運転操作の引き継ぎを求める



副次タスクと運転復帰

- 副次タスクはTOR後の運転への復帰時間に影響する
- 副次タスクには様々な種類があり、負荷の大きさが異なる



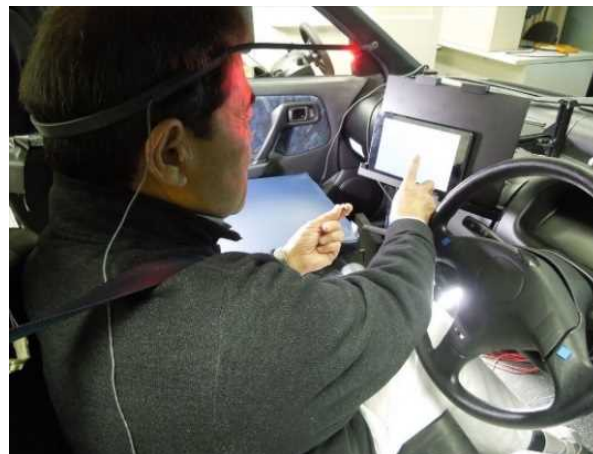
副次タスクの負荷を定量化して、運転復帰への影響を評価する



検出反応課題(DRT)による評価の可能性を検討する

実験の概要

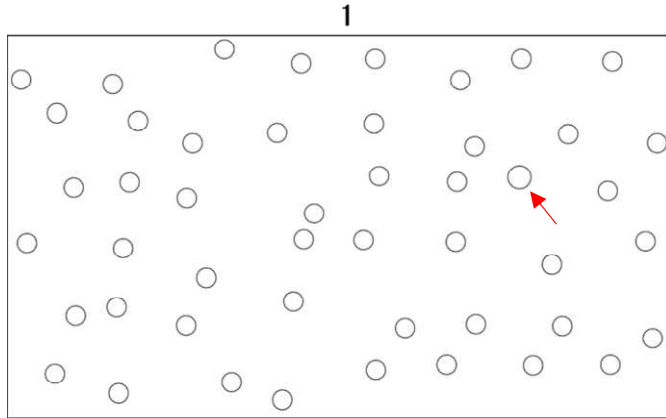
- 実験参加者、シナリオ
 - ◆ 若年者18名(平均38.6歳)、高齢者18名(平均75.8歳)
 - ◆ ドライビングシミュレータにより高速道路を自動走行
 - ◆ 自動運転区間(ODD)終了の合図(TOR)で速やかに運転に復帰
- 自動運転中の副次タスク
 - ◆ 複数の円の中から大きい円を探して選択(SuRT)
 - ◆ 固定画面(カーナビ)と携帯画面(スマホ)を比較



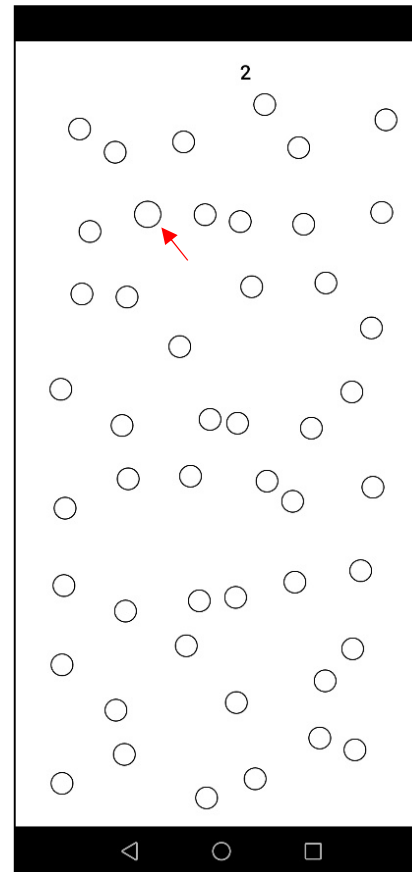
副次タスク (ISO/TS14198)

- SuRT (Surrogate Reference Task)

- ◆ 複数の円の中から大きい円を探して選択(カーナビ操作を模擬)



固定画面(カーナビ)の例



携帯画面(スマホ)の例

副次タスクの安全性評価手法

- **Detection Response Task (DRT法)** ISO 17488:2016
 - ◆ 平均4秒間隔で視覚／触覚刺激を提示し、ボタンを押させる
 - ◆ 副次タスクと並行してDRTを行う
 - ◆ 副次タスクの作業負荷が大きいとDRTの反応時間が長い



視覚刺激(赤色LED)



触覚刺激(振動モータ)

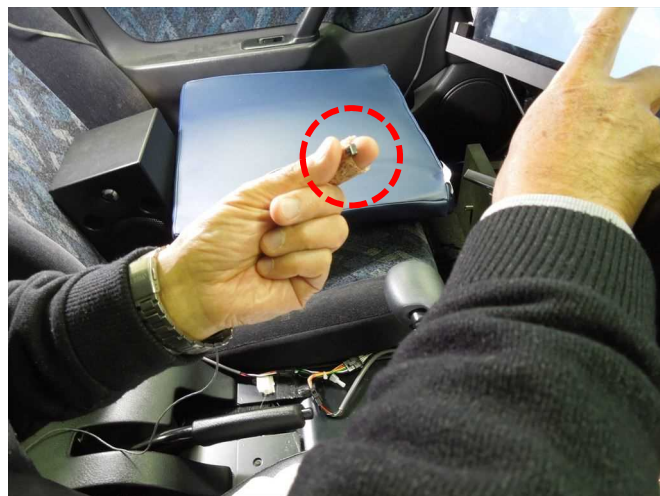
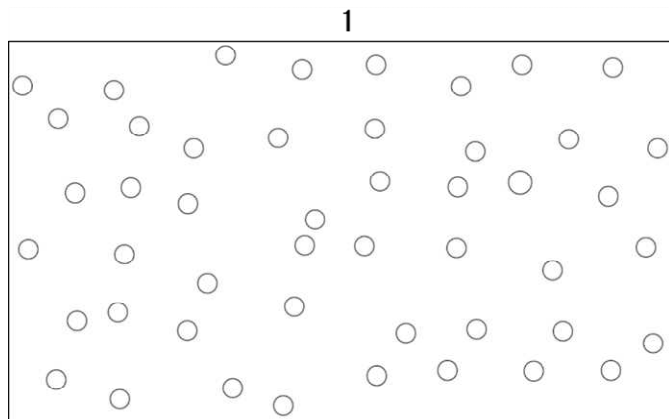


応答ボタン

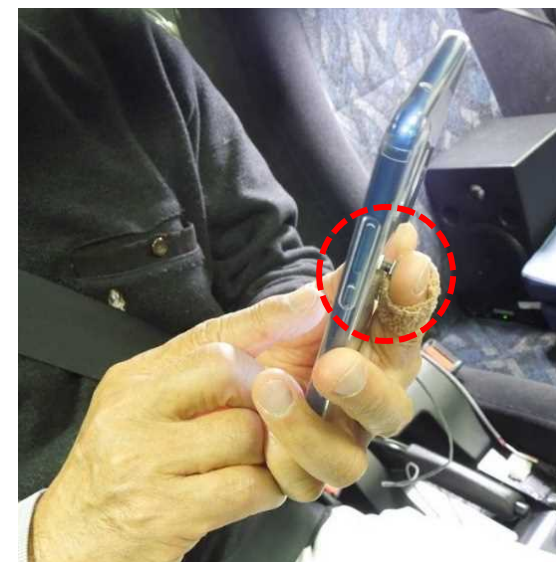
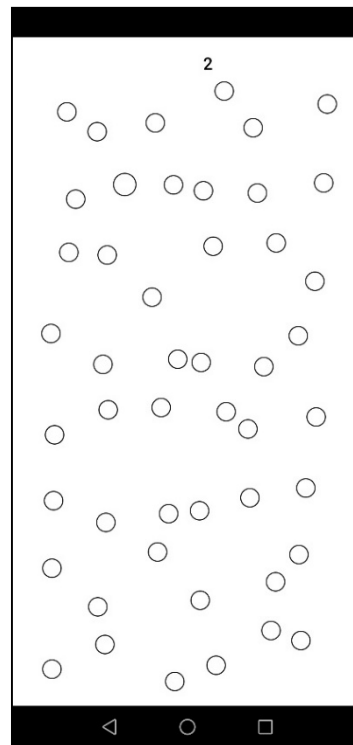
- **解析対象**

- ◆ 視覚／触覚刺激の検出反応時間 → **作業負荷**の指標
- ◆ 運転復帰(前方確認など)までの時間 → **安全性**の指標

DRT応答ボタンの押し方



固定画面 親指と人差し指で挟む



携帯画面 人差し指をスマホの裏に押し付ける

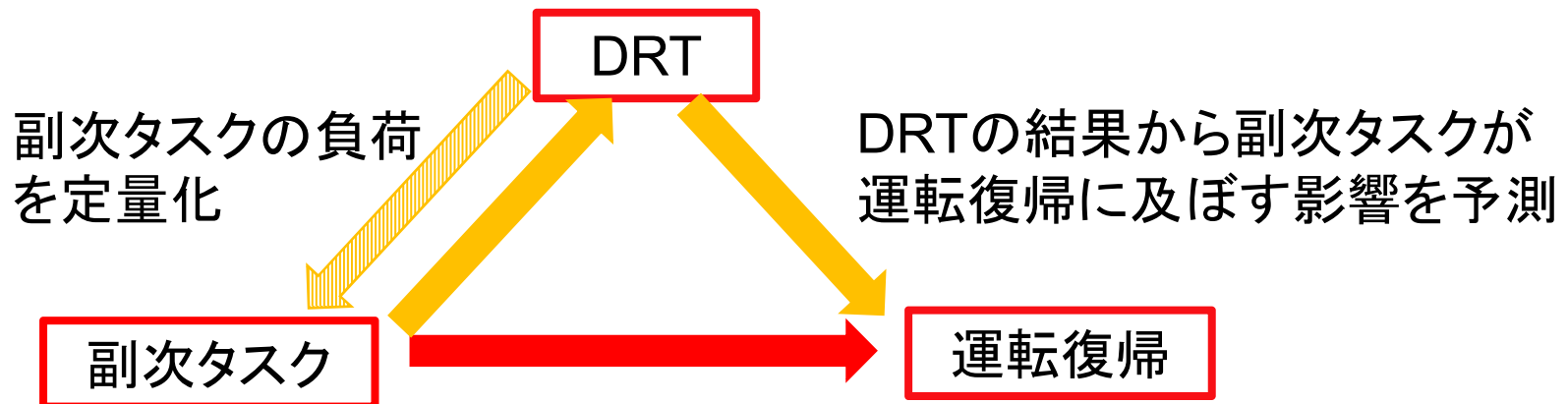
DRTのメリット・デメリット

- メリット

- ◆ 様々な副次タスクの負荷を一つの尺度で比較できる
- ◆ 比較的簡単な装置で効率的に実験できる

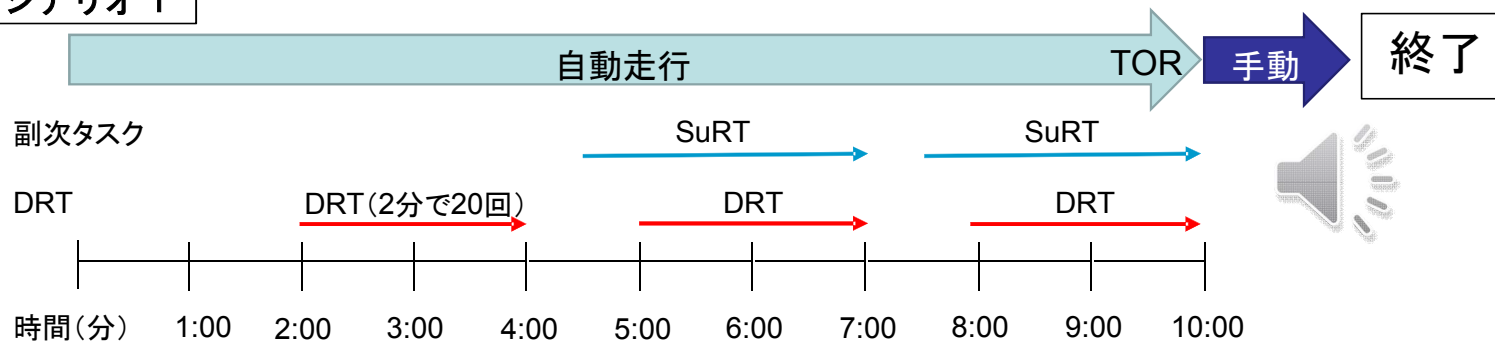
- デメリット

- ◆ DRTが副次タスクの成績に影響する可能性がある(侵襲性)

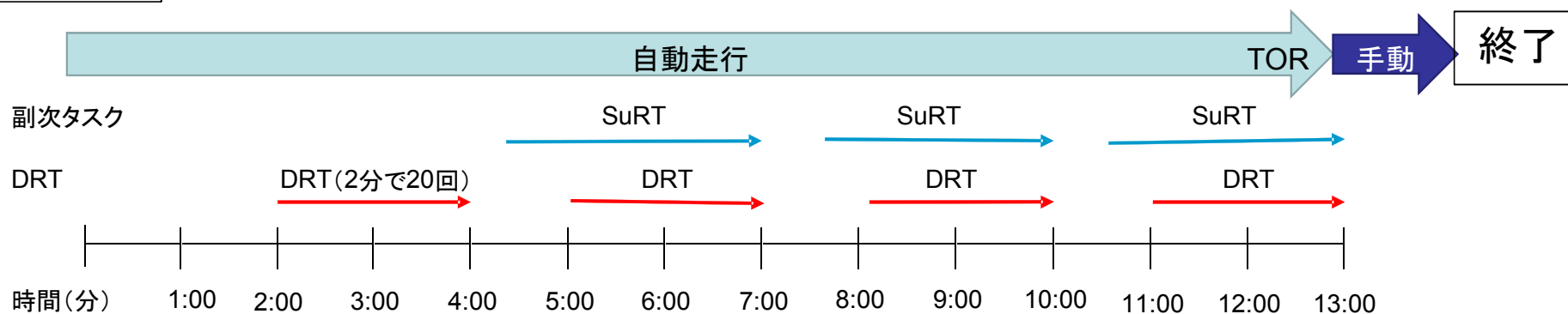


実験の流れ

シナリオ 1



シナリオ 2



- ドライバはTORのタイミングを予想できない
- TORが出たら、前を向き、ハンドルを握り、アクセルを踏み込む

自動運転から手動運転への切り替え(若年者)

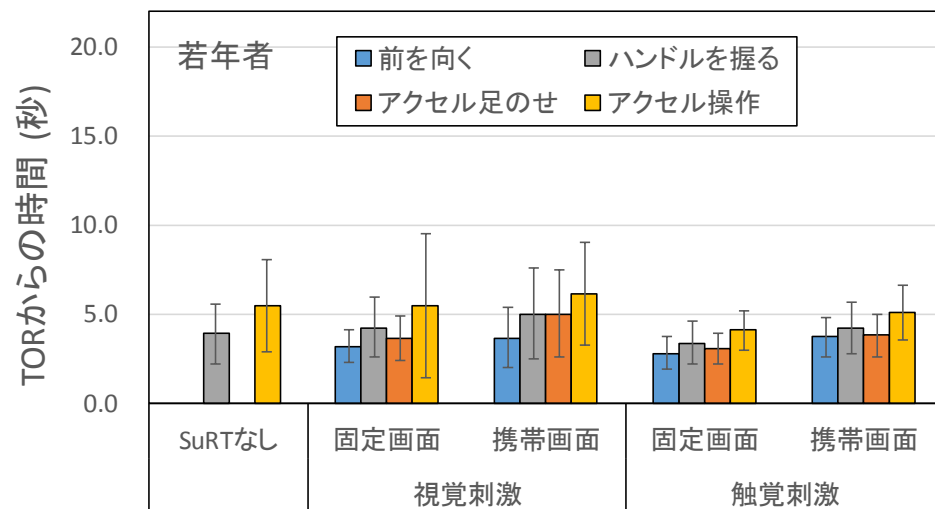


自動運転から手動運転への切り替え(高齢者)

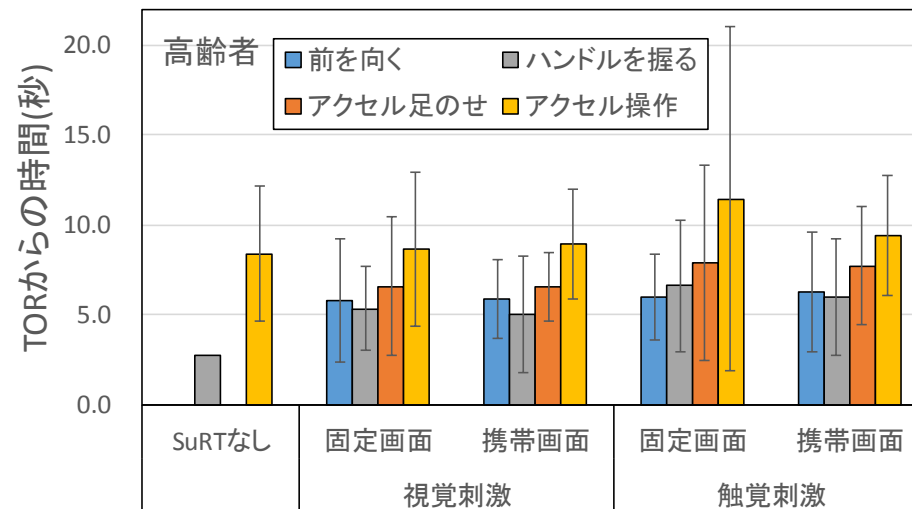


各条件における運転復帰時間

若年者

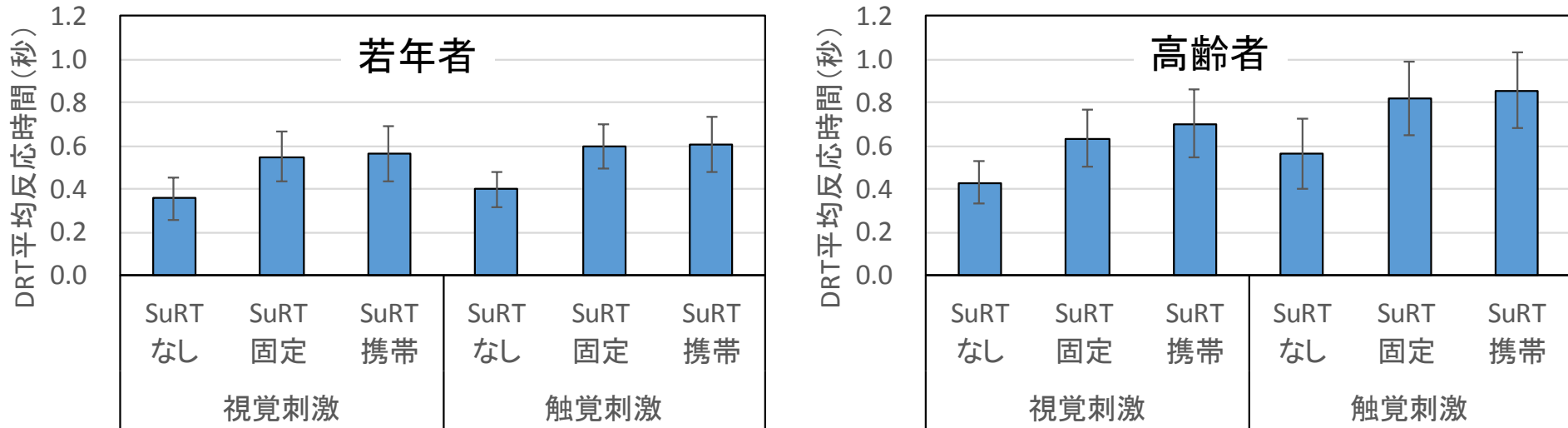


高齢者



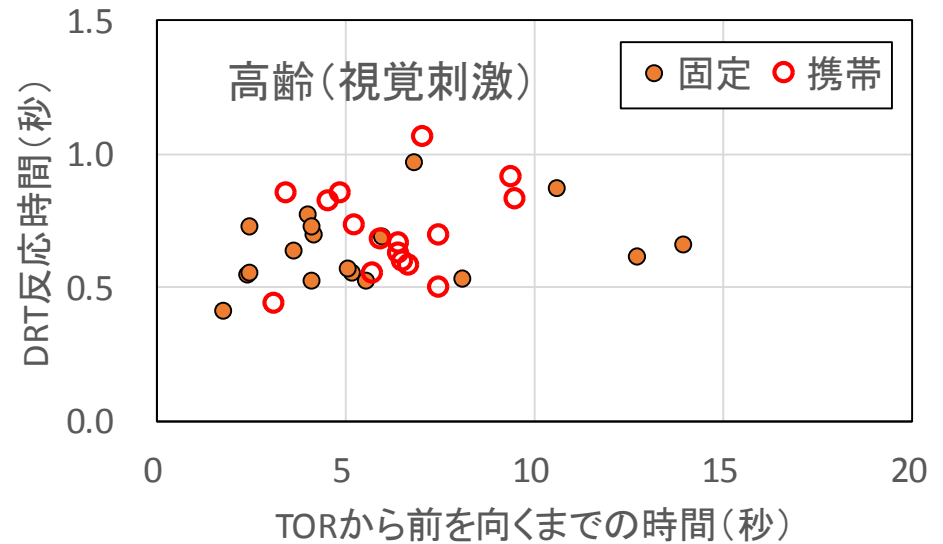
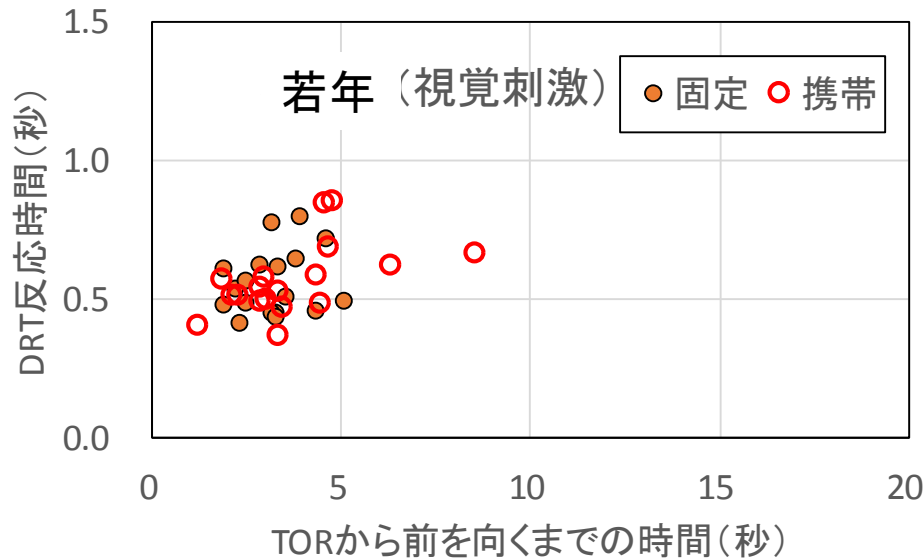
- 高齢者の運転復帰時間は若年者よりも長く、標準偏差が大きい
 - ◆ 高齢者のアクセル操作のタイミングは個人差が大きい
 - ◆ TOR後、すぐに運転復帰が必要なシナリオではなかった
- 画面の種類やDRT刺激の種類の影響は見られなかった

DRTの反応時間



- 若年者、高齢者とも副次タスクなしでDRT反応時間が短い
- 若年者は刺激と画面の種類による差はほとんどない
- 高齢者は触覚刺激のDRT反応時間が長い
 - ◆ 皮膚感度の影響を受ける可能性がある

視覚DRT反応時間と前を向くまでの時間の関係 (作業負荷と安全性の関係)



- 若年者は固定画面、携帯画面のどちらも反応時間が短い
 - ◆ 特に固定画面の反応時間は携帯画面よりも短い
- 高齢者はどちらの画面の反応時間も長い人が多く、個人差が大きかった

DRT反応時間と前を向くまでの時間の相関係数 (作業負荷と安全性の関係)

年齢	視覚DRT		触覚DRT	
	固定画面	携帯画面	固定画面	携帯画面
若年	0.21	0.53*	-0.09	0.52*
高齢	0.28	0.27	0.31	0.24

(*p<.05)

- 若年者は、**携帯画面で有意な相関**が認められた
 - ◆ DRTにより運転復帰時間を予測できる可能性あり
- 高齢者は、どの条件でも相関が認められなかった
 - ◆ 個人差が大きく、DRTによる運転復帰時間の予測が困難

結果のまとめと考察

- DRT反応時間(作業負荷)と前を向くまでの時間(安全性)
 - ◆ 若年者の場合、両者に相関があるが、全体的に時間が短い
 - SuRTは単純なので、副次タスクの作業負荷が小さい
 - 実験参加者にとって動機づけが低い
 - 作業負荷が大きい副次タスクの影響を検討する
 - ◆ 高齢者の場合、両者のばらつきが大きく、相関が無い
 - DRTが副次タスク(SuRT)に影響した可能性がある
 - DRT刺激の時間間隔(平均4秒)が短い
 - ✓ DRTはもともとカーナビ操作の評価課題
 - ✓ 自動運転中の副次タスク評価用に調整が必要

結論と今後の方針

- DRTの反応時間からTOR後の運転復帰時間を予測できるか
 - ◆ 若年者
 - 携帯端末では予測できる可能性がある
 - ◆ 高齢者
 - どの条件でも個人差が大きく、予測が困難
 - 課題の難易度の調整が必要
- 今後の方針
 - ◆ 没入度が高い副次タスクと低い副次タスクの影響を比較する
 - ◆ DRT刺激の時間間隔の調整によりDRT自体の負荷を軽減する

- 本発表は、平成30年度に自動車基準認証国際化研究センター（JASIC）から受託した研究成果の一部を報告したものです。
- この調査にご協力いただいた関係者に謝意を表します。