

シミュレータを用いた自動運転車ドライバの行動分析

Analysis of Driver's Behavior on Autonomous Cars Using Driving Simulator

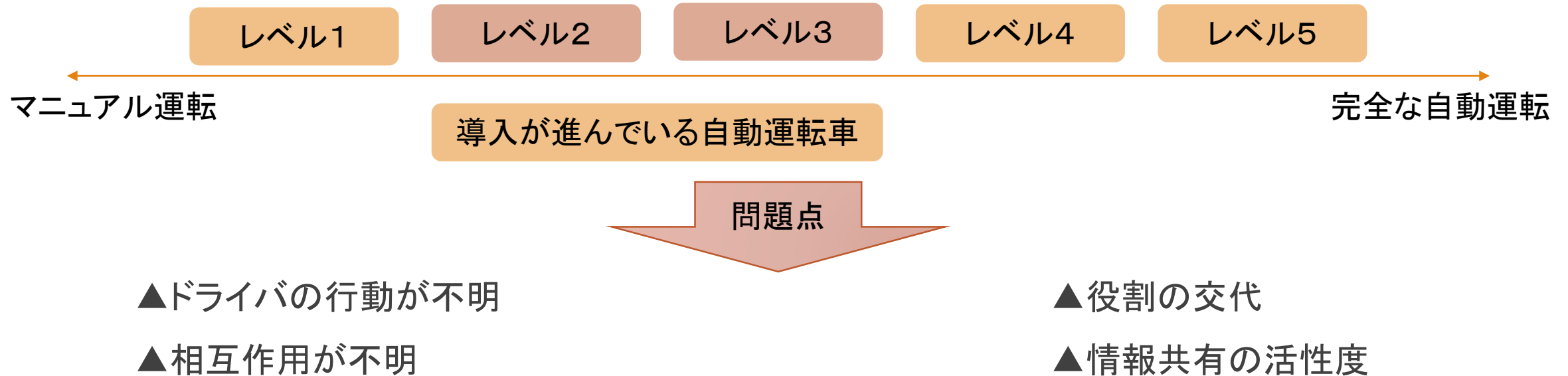
轟 中洋, 小木 哲朗, 三浦 遥夏, 尹 善吉, 西村 秀和
慶応義塾大学

研究背景

自動運転の導入が急速に進んでいる

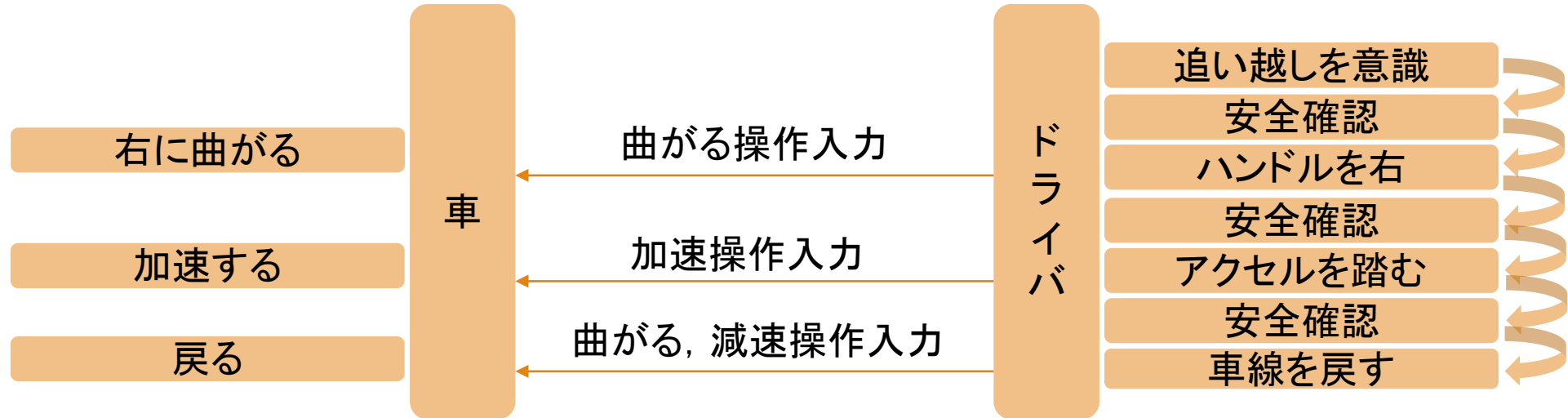
安全性に課題が多い

現存の自動運転車はレベル2～3, SAEによる自動運転レベル分け



自動運転の情報共有

マニュアル運転で追い越しの場合

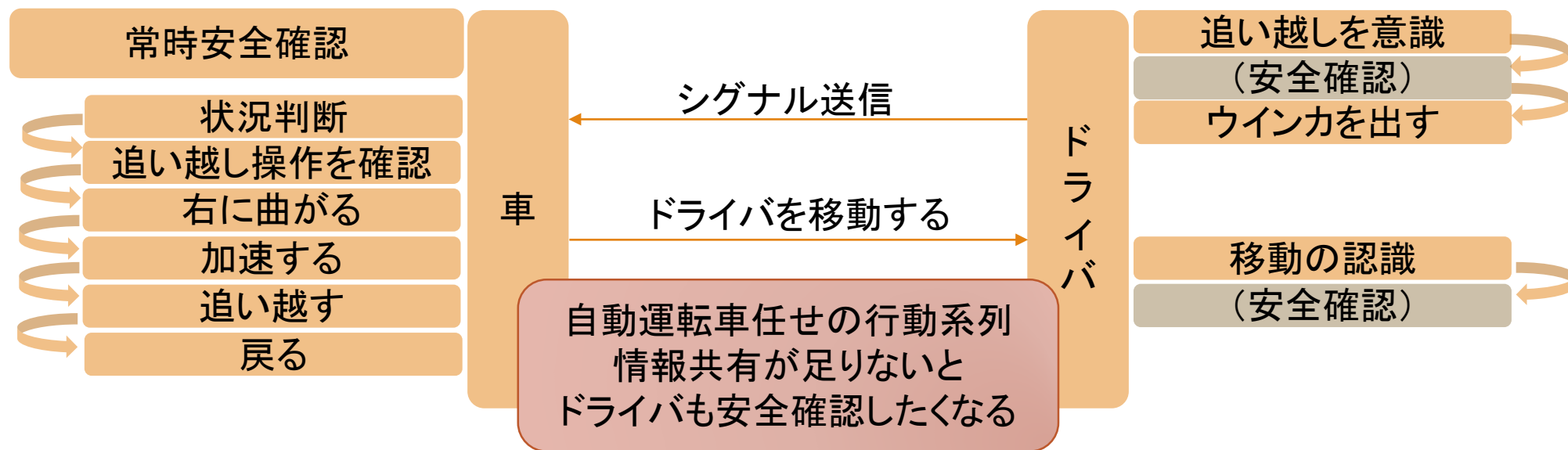


- ▲ドライバが中心
- ▲情報共有がない, 必要もない
- ▲安全確認はドライバ側が必要に応じて複数回実行した

- ▲直観的な物理操作入力のみ
- ▲ドライバの行動系列が比較的複雑

自動運転の情報共有

自動運転で追い越しの場合



- ▲共同操作が中心
- ▲自動運転車の行動系列はドライバーに反応していない
- ▲自動運転車が安全を常時確認
- ▲ドライバーが車が移動する度に安全確認をしたくなる習慣

- ▲物理操作に行動系列を定義
- ▲情報共有が必要

情報共有の方法



現時点での情報共有方法一例

- ▲ インstrumentクラスタで情報共有
- ▲ 音声アラーム

問題点

- ▲ 直観性
- ▲ 即時性
- ▲ 情報入力と出力が分けている
- ▲ 一方的に提示する, 共有とは言い難い

研究目的

▲ドライバと車が情報共有できる最適化したインタフェースの構築

▲運転体験の改善

第一歩の基礎実験として、ドライバが自動運転モードを使用する時に視覚情報の即時性を評価します

その後、ドライバが自動運転モード使用時、安全確認したいと推測される場所にて音声インタフェースで情報を一部共有し、その効果を確認する

実験装置

ドライビングシミュレータで運転環境を模擬

▲ソフトウェア: PreScan

▲ハードウェア: スクリーン 3台, 運転席装備一式



ドライビングシミュレータ

アイマークレコーダで視線移動を記録

▲EMR9

心電計でドライバの精神負荷を計測

▲チェック・マイ・ハート

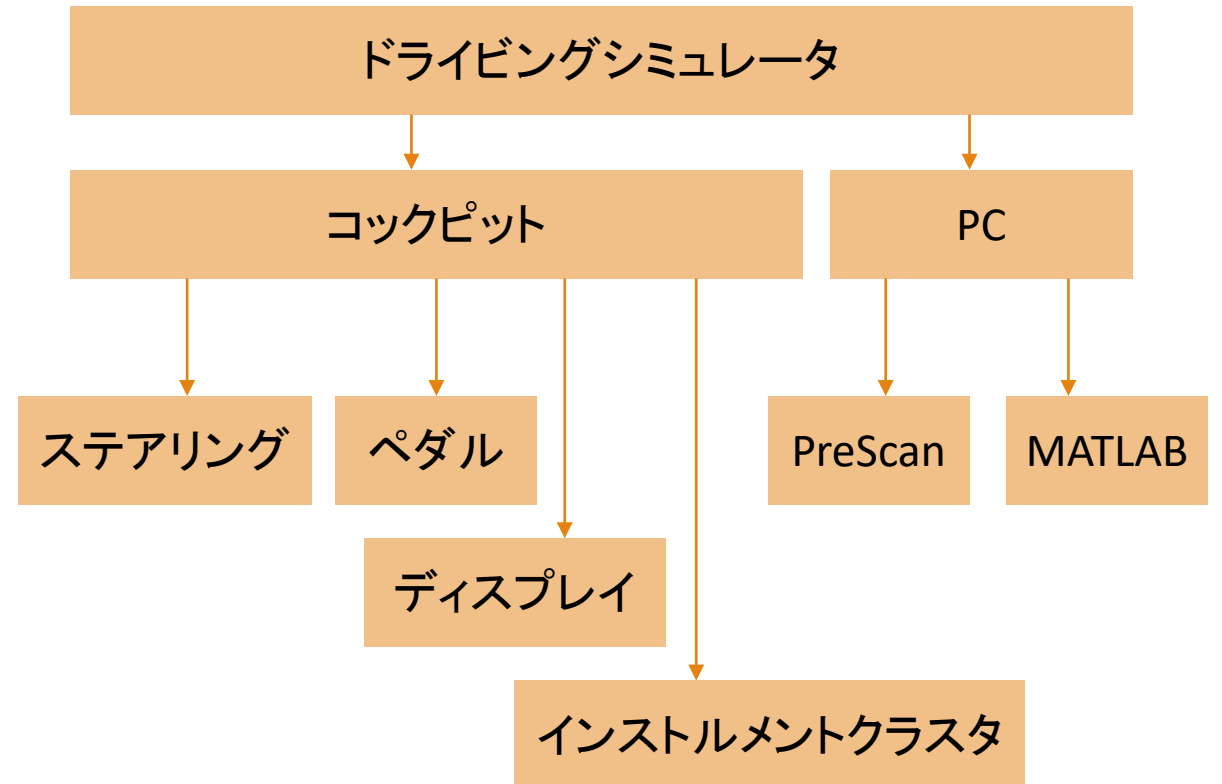
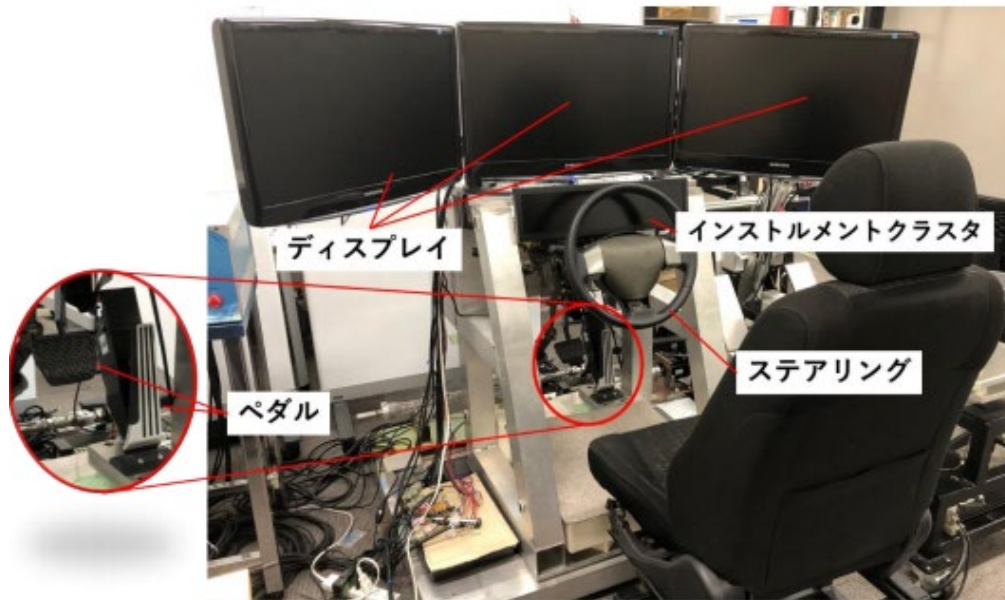


心電計 チェック・マイ・ハート



アイマークレコーダ

シミュレータの物理構成



実験1

合流シナリオの運転モードによる視覚機能の即時性



実験目的

運転時はドライバーはどこを見るのかを明らかにし、視覚の即時性を評価

実験方法

▲シナリオ: 右から合流車

▲ EMR9でドライバーの視線を追跡

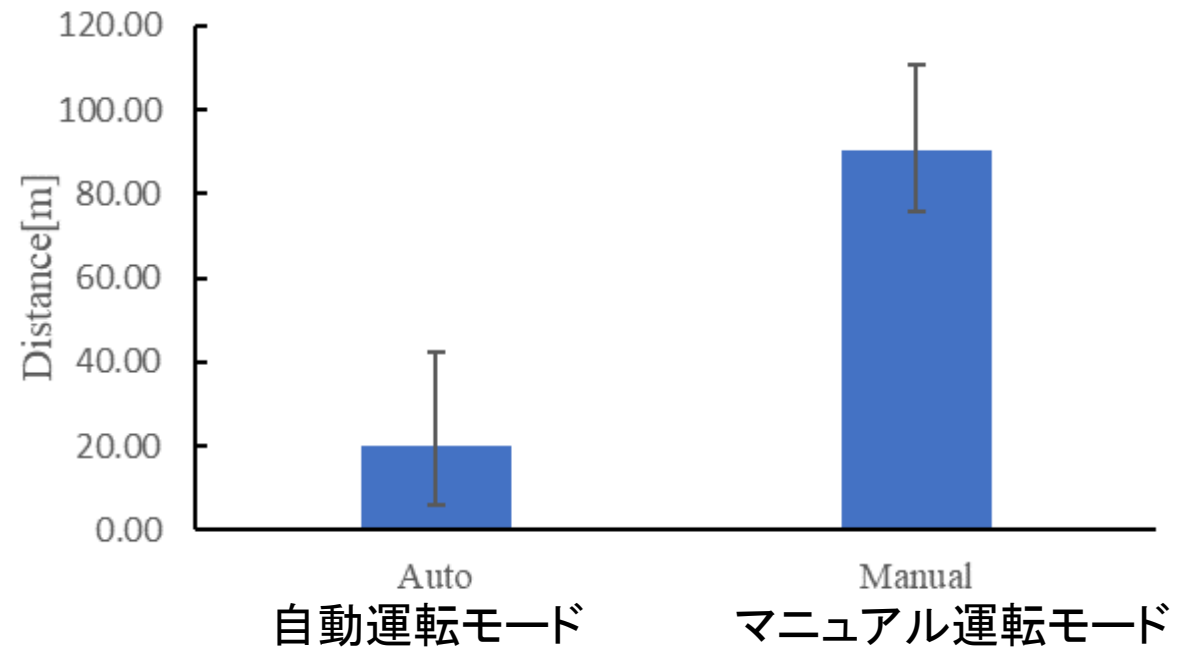
▲合流車を発見した時に、運転している車と合流車の距離(Distance)を測定した

▲自動運転モードとマニュアル運転モード二回分けて実験した

実験1 実験結果

実験結果

- ▲自動運転時はマニュアル運転モードに比べて、最適化より車間距離が短い
- ▲自動運転の時にドライバーが合流車を発見するのが遅い
- ▲集中度の低い状態での視覚の即時性は信頼し難い
- ▲自動運転モードの実験を実行途中、多くの被験者は車を発見する時、ヒヤッとする反応が見られる。



実験2

音声インタフェースによるドライバの行動負荷及び乗車体験への影響

実験目的

- ▲自動運転モード使用する時の精神負荷
- ▲その精神負荷が発生している時間軸の特定
- ▲生体情報で情報共有による負荷軽減効果の確認

実験方法

- ▲同じ合流シナリオ使用
- ▲心電計の装着, 心拍間隔RRIを記録
- ▲二回目の実験で, 合流車との距離が50メートルの時に音声アラームを作動させる

心電計で自動運転モード使用時のドライバの緊張度を評価

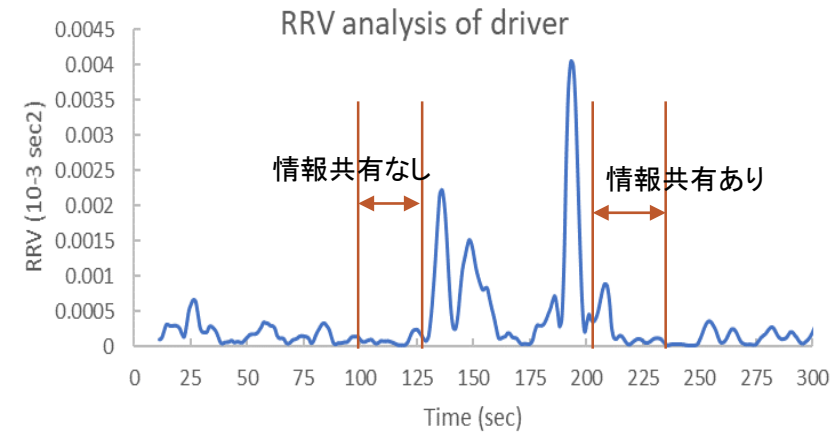
RRV法

心電計で心拍間隔を記録し, 心拍間隔の分散が心拍変動数で, RRVという.

RRVが大きい ➡ リラックス
RRVが小さい ➡ 集中, 緊張

実験結果

- ▲ 自動運転モードが始まると緊張度が増加
- ▲ 情報共有を行うことでRRVの低下が弱まった
- ▲ 少し情報を共有するだけでもより安心して乗れていると推測できる
- ▲ 新しい行動系列に慣れる前には欠けている行動を補足する必要がある



RRVの数値

Time(sec)	101~125	201~225
Average RRV(10 ⁻³ sec ²)	0.000137	0.000896

まとめ

- ▲自動運転車に対するドライバの状態モデルを考えた
- ▲生体データの計測で情報の共有の重要性及び有効性を明らかにした

今後の研究

- ▲情報の共有が人間の状態を安心させる原因の深堀
- ▲情報共有の方法を再検討, より効果的なものを設計
- ▲視覚, 音声, 触覚インタフェースについて検討
- ▲より臨場感のあるリアルなシミュレータで実験を実行する