

2025/8/7
第45回 交通工学研究発表会

75 研究論文

簡易なドライビングシミュレータの提案

A Tutorial on a Simple and Easy-to-build
Driving Simulator

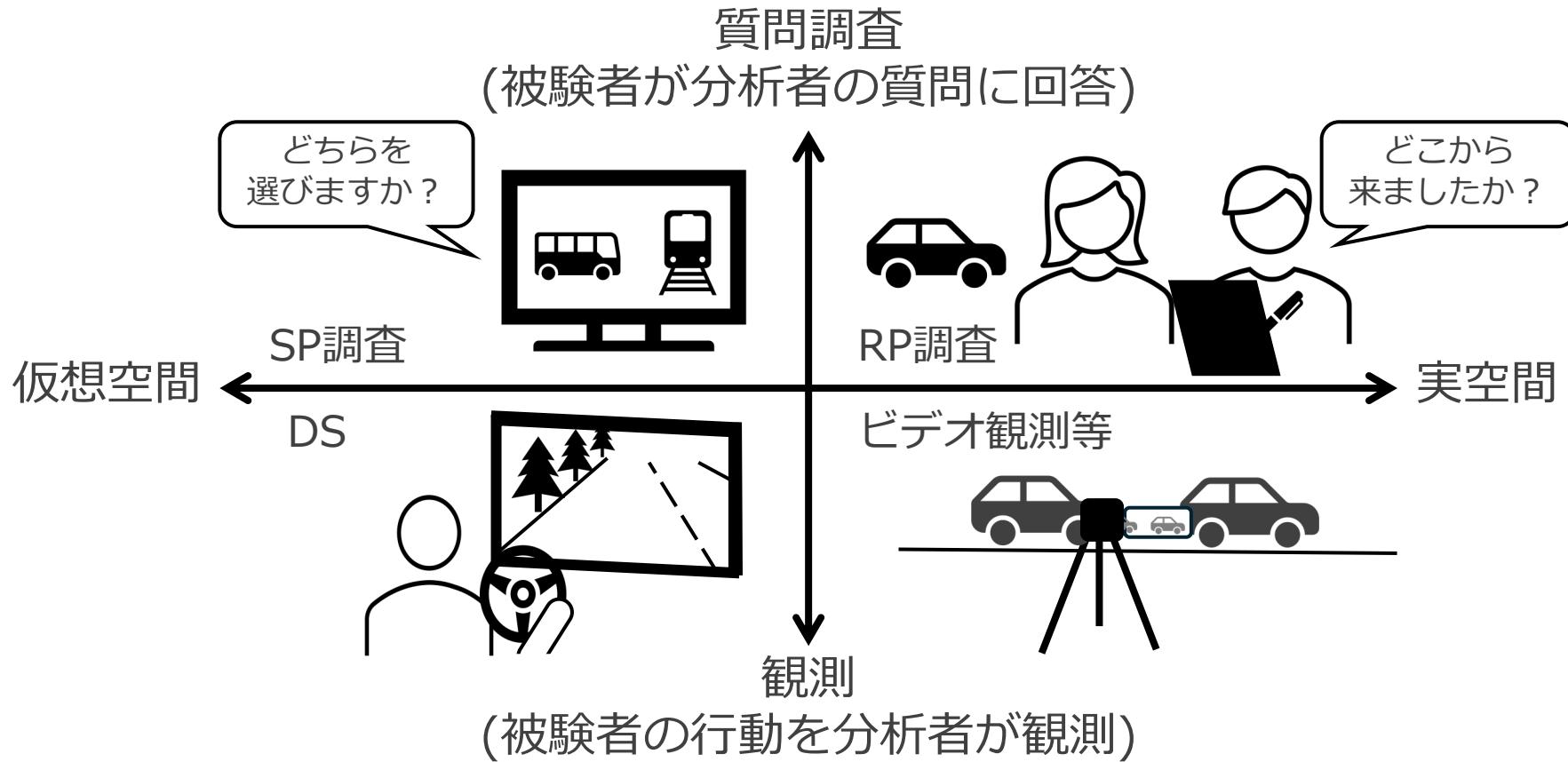
植田真生史¹, 中西航²

1. 学生会員, 学士 (工学), 金沢大学大学院自然科学研究科
2. 正会員, 博士 (工学), 東京科学大学環境・社会理工学院

ドライビングシミュレータの位置づけ

2

- 交通調査の手法は2つの観点で整理可能
- ドライビングシミュレータ(DS)は、仮想空間内の被験者の行動を観測する調査に活用



■ 利点

◆ 高い没入感

- 口頭や文章で実験条件を説明する場合よりも、正確な実験条件を再現可能

◆ 実験条件の制御が容易

- 仮想空間内で任意の実験条件を生成可能

■ 課題

◆ 設備が大規模であるために、大きな設置空間が必要

◆ 導入コストが高額

◆ 高度に専門的であり、熟練者のみが運用可能

⇒ より簡素な実験環境で代用できる場合は、これらの課題を回避できる可能性がある

簡易なDSとその課題

■ 簡易なDS:

- ◆ 必須でない機能を省いた小規模かつ低コストで構築可能なDS
- ◆ 近年は実現可能性が高まっている(詳細後述)
- ◆ 高度に専門的で、技術面に課題が存在
 - 構築方法が不明
 - 活用例が少なく、実証的知見が不足
- ◆ 簡易なDSを容易な調査手法として定着させるために、この課題の解決は重要

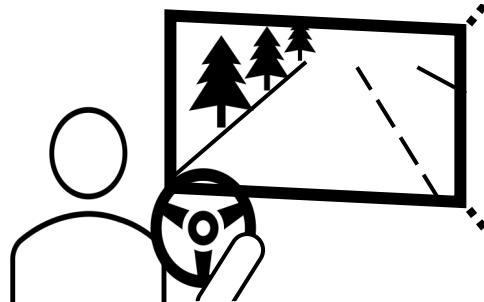
■ 本稿の目的:

- ◆ 簡易なDSの適用範囲を検討
- ◆ 簡易なDSの構築方法を体系的に整理
- ◆ 簡易なDSを実際に構築し、適用できる実験例を提示

既往のDSの構築事例の整理

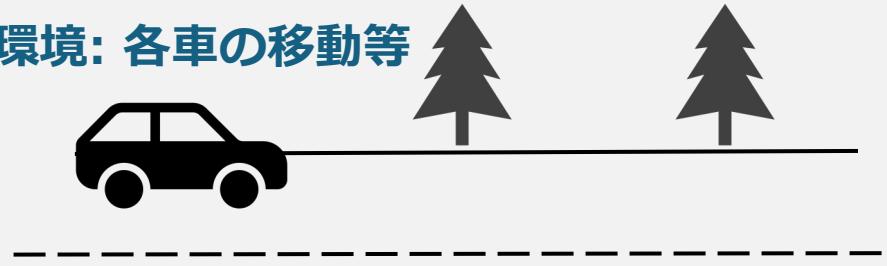
- 過去の研究例から各DSの特徴を確認
 - ◆ 小規模かつ低コストなDSの活用例は限定的
 - ◆ 使用したDSに関する説明が不十分である例も一定程度存在
- 3つの観点で特徴を整理し、簡易なDSの適用範囲を検討
 - ◆ 3次元データ：道路及び周辺地物のデータ
 - ◆ 開発環境：視点や車両の移動を表現する環境
 - ◆ 入出力装置：操作入力、映像出力等を行う装置

入出力装置：コントローラ等



仮想空間内

開発環境：各車の移動等



3次元データ：構造物等

各要素の例と簡易なDSの適用範囲

- 3次元データ:道路及び周辺地物のデータ
 - ◆ 活用例: PLATEAU(無償)/ゼンリン都市モデル(有償・高精度)
⇒ 安価なデータでも必要十分な精度を有する可能性がある
- 開発環境:視点や車両の移動を表現する環境
 - ◆ 活用例: UC-win/Road(有償・高機能)/Unity(無償)
⇒ 安価な環境でも必要十分な機能を有する可能性がある
- 入出力装置:操作入力, 映像出力等を行う装置
 - ◆ 入力装置: キーボード/ハンドルコントローラ
 - ◆ 出力装置: 動搖装置/ヘッドマウントディスプレイ
⇒ 必要十分な臨場感を提供できる装置を選択すれば良い

必要最低限の構成要素を選択すると、簡易なDSの適用可能性が高まる

DSの構築の流れ

1.仮想空間の構築

走行環境としての仮想空間を構築する

- ✓ 走行する道路の路面の作成
- ✓ 道路上や沿道の道路付属物や建築物の作成

2.自車の準備

仮想空間内に車両(自車)が存在し、それを被験者が運転できるようにする

- ✓ 車両(自車)の作成
- ✓ 実験時に被験者に提供する情報の選定と提示方法の実装
- ✓ 運転操作の入力機器と自車の挙動の連動

3.自車以外の準備

自車以外の動的な要素が、実験目的に応じた動作を行うようにする

- ✓ 自車以外に動作させる要素と動作パターンの決定
- ✓ 動作させる要素の作成
- ✓ 決定した動作パターンによる動作の実装

1.仮想空間の構築(1/2)

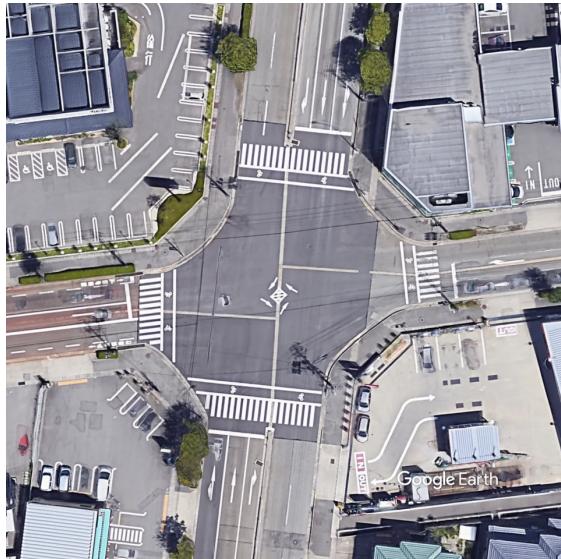
- 走行環境とするための仮想空間を構築
- 構築に際する工夫(1):
 - ◆ 航空写真をもとに実在する道路の路面を模造

▼詳しくはこちら

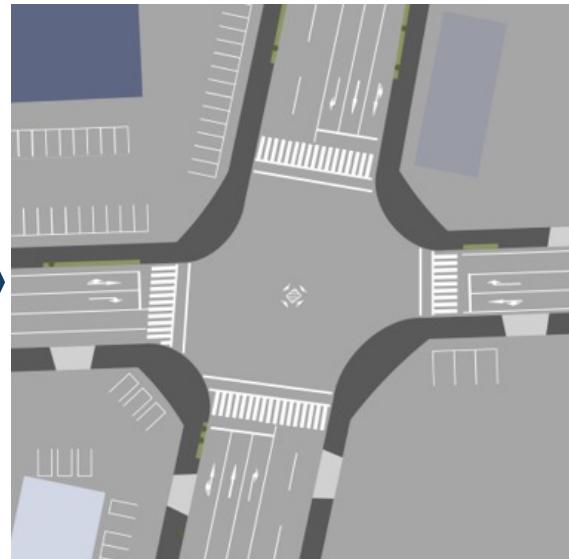


路面の模造の手順

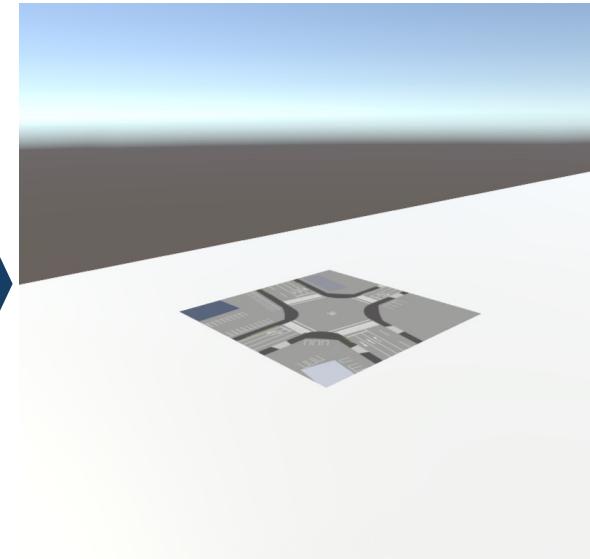
a) 現地航空写真の取得



b) 路面標示画像の作成



c) 空間に内に画像を配置



1.仮想空間の構築(2/2)

- 走行環境とするための仮想空間を構築

- 構築に際する工夫(2):

- ◆ 既成の3次元モデルやPLATEAUのモデルを使用

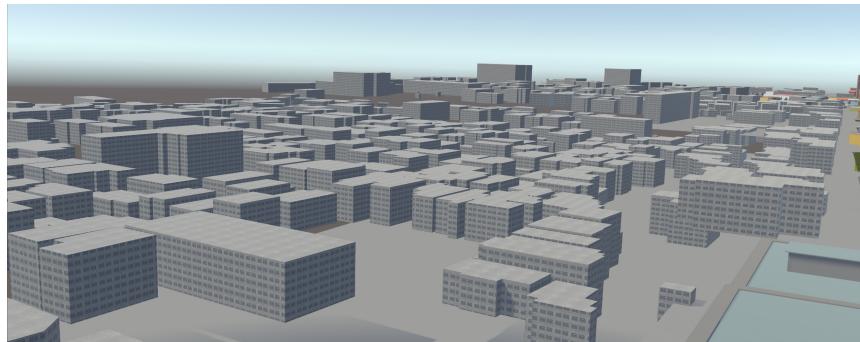


構造物の模造方法の比較

PLATEAUのモデルを配置

- 国土交通省主導のプロジェクトで公開されている都市モデルを使用
- 広範囲の建築物を一括で作成したい場合に有効

配置例:



既成の3次元モデルを配置

- 既成の3次元モデルから適当なものを選択し、現実に合わせて配置
- PLATEAUで取得できるモデルが不完全である場合に有効

配置例:



2.自車の準備

10

- 仮想空間内に被験者が運転できる自車を準備
- 準備に際する工夫:
 - ◆ 後方と走行速度が確認できる視点映像を作成
 - ◆ ゲーム用コントローラで操作できるように設定



ハンドル操作の様子



ペダル操作の様子

被験者が視聴する画面



ルームミラー

スピードメータ

サイドミラー

3.自車以外の準備

11

■ 自車以外の動的な要素とその動作の実装

■ 準備に際する工夫:

- ◆ 他車: 任意の経路/速度/車間で自動走行
 - ◆ 信号機: 任意のきっかけで、任意の時間点灯
 - 例: 交差点から100m手前で黄色に切り替わり3秒間点灯
- ▼自動走行と信号機の点灯の様子



構築したDSと実験環境

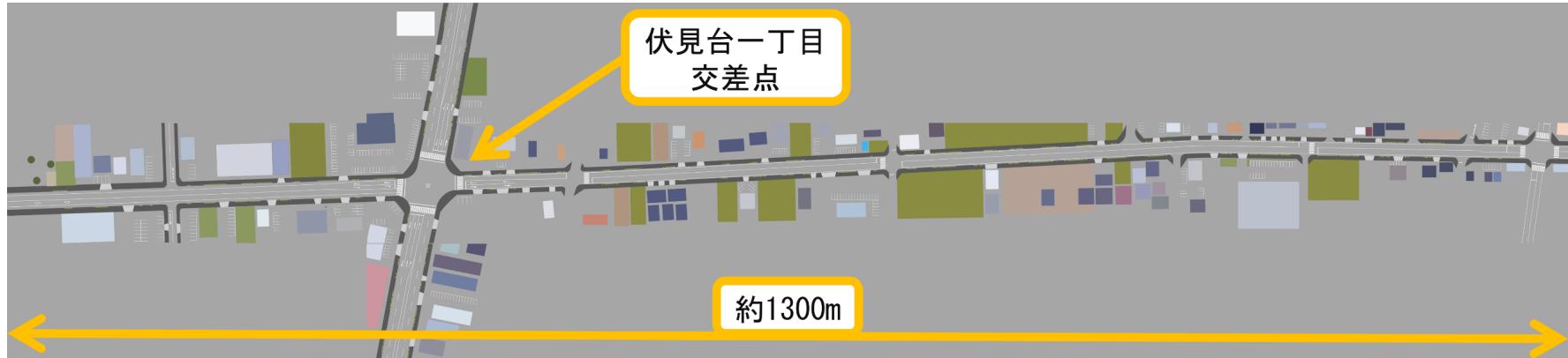
■ 仮想空間の構築:

- ◆ 金沢市内の伏見台一丁目交差点とその周辺を模造

■ 実験環境:

- ◆ コントローラと椅子を仮想空間内の視点と一致するように配置
- ◆ 24インチモニタ4枚を設置して、運転席からの映像を投影

▼仮想空間内に構築した街路の鳥瞰図

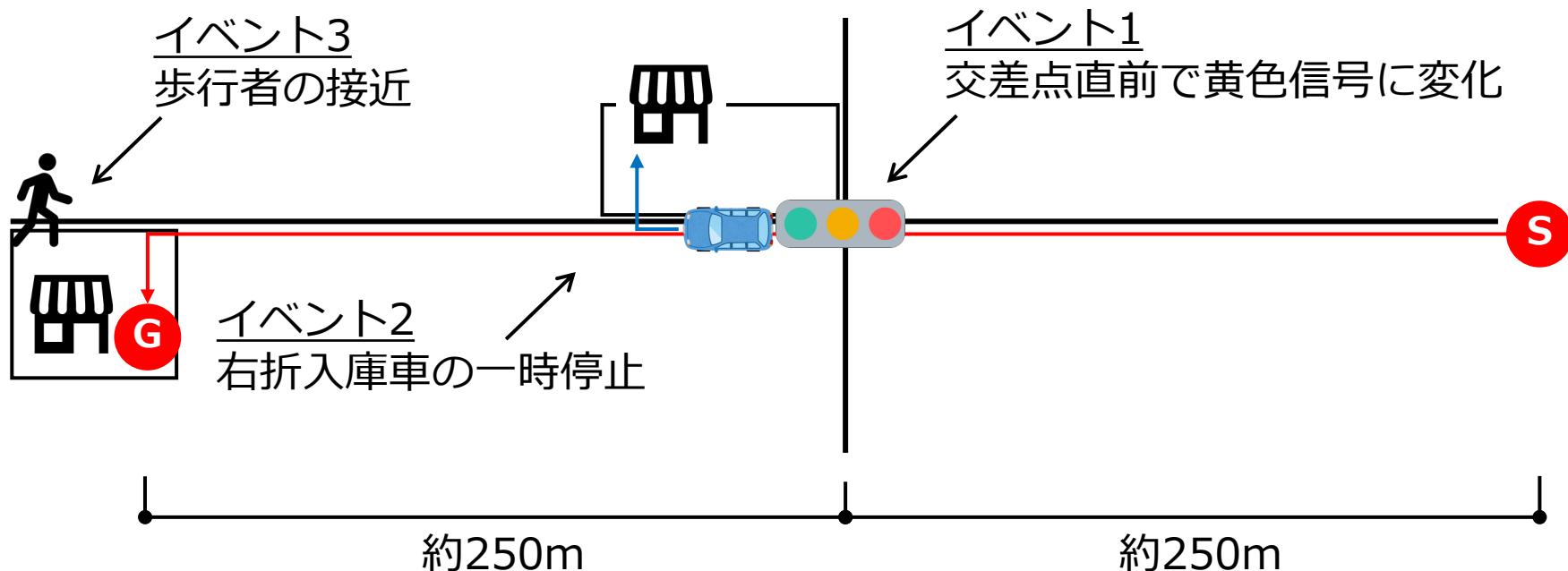


▼実験風景



実施した実験の概要

- 9人の被験者の運転行動を観測する簡単な実験を実施
 - ◆ イベント1 (2種類): 交差点直前で信号現示が黄色に変化
 - ◆ イベント2 (4種類): 先行の右折入庫車が道路上で一時停止
 - ◆ イベント3 (2種類): 左折入庫時に歩道上に歩行者が接近
- 本発表では、イベント2について説明



実験条件

- 先行の右折入庫車が道路上で一時停止
- 4種類のシナリオで入庫車の左側方を通過するかを観測

		側方の幅	
		狭い	広い
対向車	少ない	狭-少	広-少
	多い	狭-多	広-多

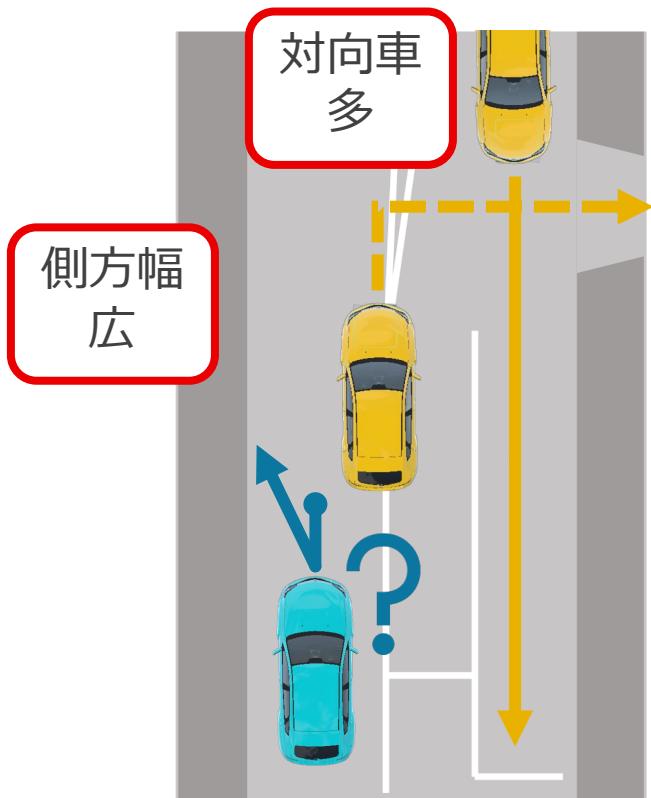
The table illustrates four experimental scenarios based on the side gap width (narrow vs. wide) and the number of oncoming cars (few vs. many). Each scenario shows a view from inside a car looking out onto a road. A yellow double-headed arrow indicates the side gap between the subject's vehicle and the turning-in库 vehicle. In the 'narrow' gap scenarios, the gap is visually smaller than in the 'wide' gap scenarios. In the 'few' oncoming car scenarios, there is one car visible in the distance. In the 'many' oncoming car scenarios, there are multiple cars visible in the distance.

- 狭-少: Few oncoming cars, narrow side gap. The gap is visually smaller than in the 'wide' gap scenario.
- 広-少: Few oncoming cars, wide side gap. The gap is visually larger than in the 'narrow' gap scenario.
- 狭-多: Many oncoming cars, narrow side gap. The gap is visually smaller than in the 'wide' gap scenario.
- 広-多: Many oncoming cars, wide side gap. The gap is visually larger than in the 'narrow' gap scenario.

実験条件の例(1/2)

■ 広-多パターンの運転行動の比較

- ◆ 側方幅が広い: すり抜けを行いやすい
- ◆ 対向車が多い: 先行する右折入庫車の停止時間が長い
⇒ 自車はすり抜けを選択しやすい



▶すり抜ける場合



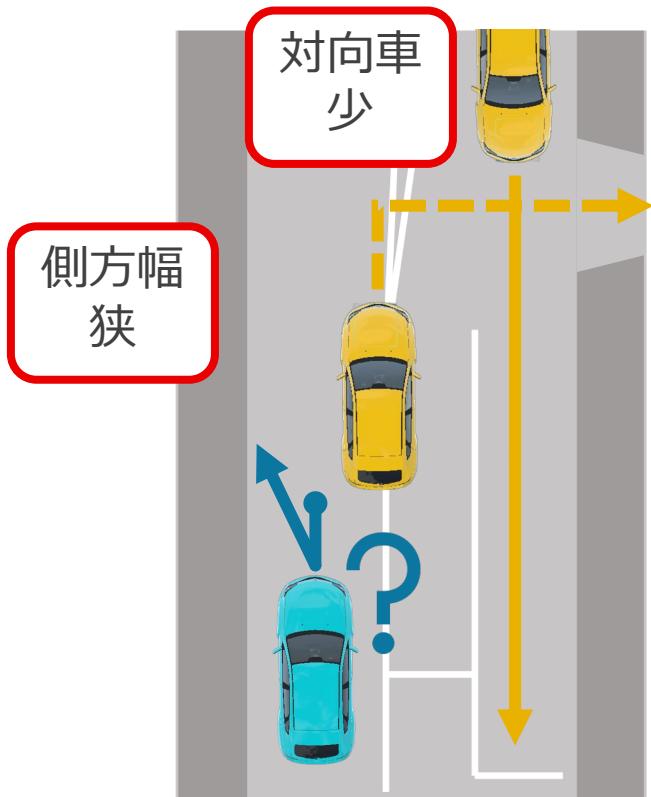
▶停止する場合



実験条件の例(2/2)

■ 狹-少パターンの運転行動の比較

- ◆ 側方幅が狭い: すり抜けを行いづらい
- ◆ 対向車が少ない: 先行する右折入庫車の停止時間が短い
⇒ 自車はすり抜けではなく、停止を選択しやすい



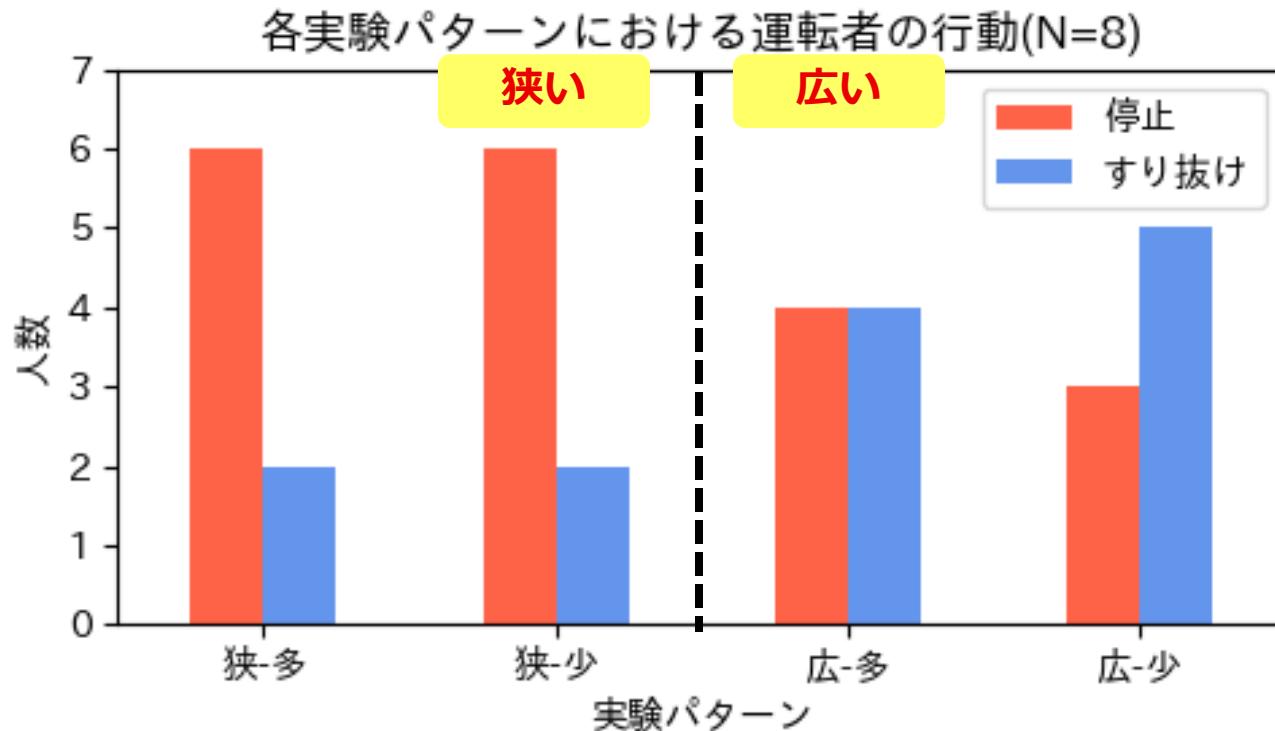
▶すり抜ける場合



▶停止する場合



- 各シナリオにおけるすり抜け実施人数を集計
 - ◆ 側方幅が狭い場合に比べて、側方幅が広い場合に多くの被験者がすり抜けを実施
- 側方幅がすり抜け実施判断に影響することを確認



異なる情報提示方法との比較

18

- 狹-多パターンの行動を静止画と文章でも質問
- 簡易な情報提示方法では、すり抜け選択者が増加

提示方法

結果

DS

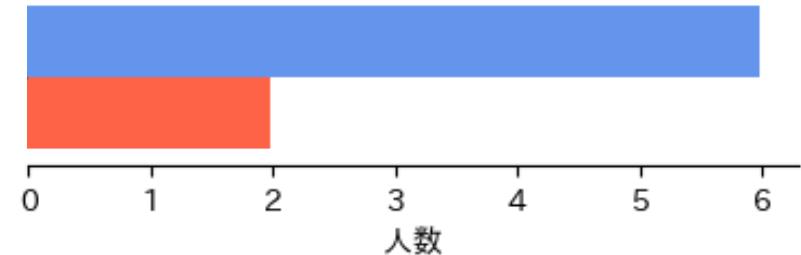


静止画



文章

あなたが乗車する車両の車幅は2.5mです。今、あなたの前方で1台の車両が沿道店舗への右折入庫のために一時停止を行いました。対向からは10台の直進車が連続して接近しており、これらが全て通過してから、右折入庫車は発進します。また、一時停止した右折入庫車の左側方には3.5mのスペースがあります。



構築したDSの適用範囲の検討

19

- DSでは、実態に即した運転行動結果を観測
- 静止画や文章による調査では、DSとは異なる行動結果
→ 簡素な調査手法よりも実態に即した運転行動結果を得られる可能性がある
- 被験者からの感想を踏まえた運転環境の再現性の課題
 - ◆ 加速度に関する違和感
 - ◆ モニタの配置や大きさ
→ 運転環境の再現性の向上と、課題点を踏まえた実験内容の検討が重要

■ 成果:

- ◆ 簡易なDSを提案し、その適用可能性に言及
- ◆ 簡易なDSの構築方法を体系的に整理
- ◆ 実際の構築例と構築した簡易なDSによる実験例の提示

■ 課題:

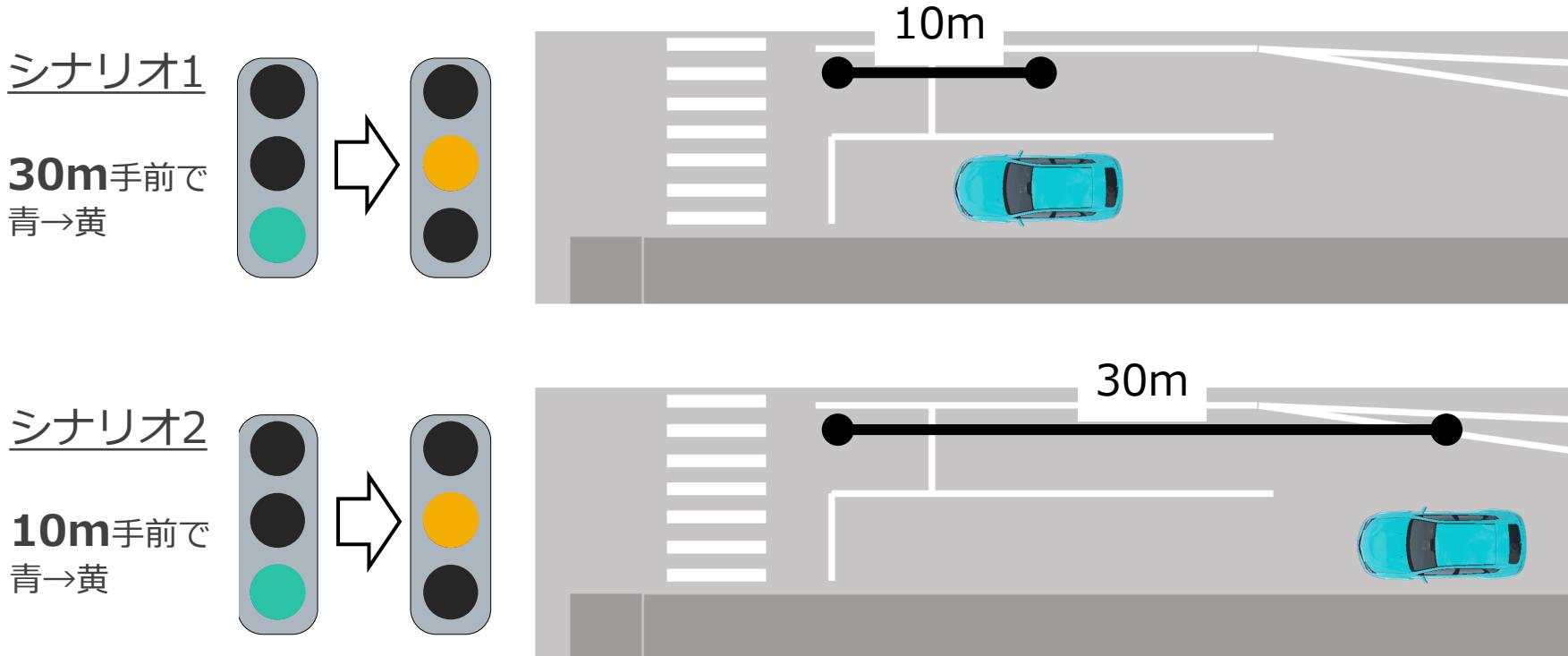
- ◆ より多彩な構築方法との比較
- ◆ 実際の運転環境をどの程度再現できているかの検証
 - 速度や加速度、ハンドルコントローラの操作感の確認
 - これらの調整可能性の検討

1. 合田理人, 外井哲志, 大枝良直: 車線規制渋滞時の交互合流定着に向けた情報提供によるドライバー心理と運転挙動の変化, 交通工学論文集, Vol.8, No.2, pp.A_82-A_90, 2022.
2. 岡崎泰勢, 高橋翔, 丸山凌平, 萩原亨: Virtual Reality Driving Simulator を用いた市街地交差点における右折ドライバーの横断歩行者認知に関する研究, 交通工学論文集, Vol.8, No.2, pp.A_185 -A_193, 2022.
3. 古賀亮太郎, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 康楠, 田中皓介: ドライビングシミュレータを用いた大地震における運転行動解析, 交通工学論文集, Vol.6, No.4, pp.A_71-A_78, 2020.
4. 稲木万玲, 富山和也, 伊藤将光, 佐藤正和: 車両乗員の生理反応に基づくストレス要因を考慮した路面変状評価, 土木学会論文集, Vol.79, No.21, 23-21019, 2023.
5. 頇部真大, 浜岡秀勝, 萩原亨, 佐々木伸, 高木一誠: 視線誘導標設置区間における帯状ガイドラインの機能評価, 交通工学論文集, Vol.8, No.4, pp.A_16-A_23, 2022.
6. 小山天城, 丸山喜久: 地震後の道路交通状況と渋滞情報を反映した津波避難実験, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.74, No.4, pp. I_429- I_440, 2018.
7. 小松香貴, 小根山裕之, 柳原正実: 様々な信号制御方式を対象とした信号灯器位置と車両挙動の関係, 交通工学論文集, Vol.10, No.1, pp.A_324-A_332, 2024.
8. 田部井優也, 小早川悟: 駐車場出入口における入庫車両の通行実態と一時停止が交通流へ与える影響に関する分析, 交通工学論文集, Vol.9, No.2, pp.A_145-A_151, 2023.

補足 | イベント1の実験概要

22

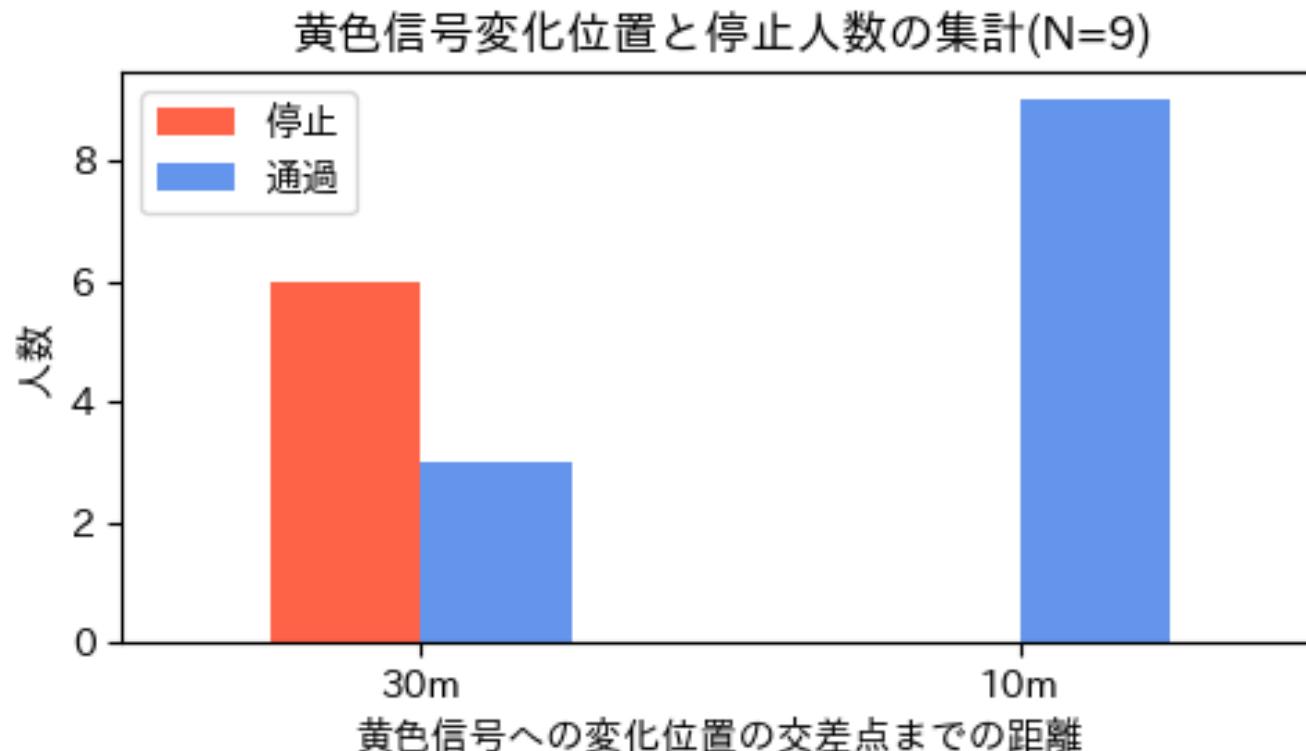
- 交差点直前で信号現示が黄色に変化
- 2種類のシナリオで被験者が停止するか否かを観測
 - ◆ シナリオ1: 交差点の30m手前で現示が変化
 - ◆ シナリオ2: 交差点の10m手前で現示が変化



補足 | イベント1の結果(1/2)

23

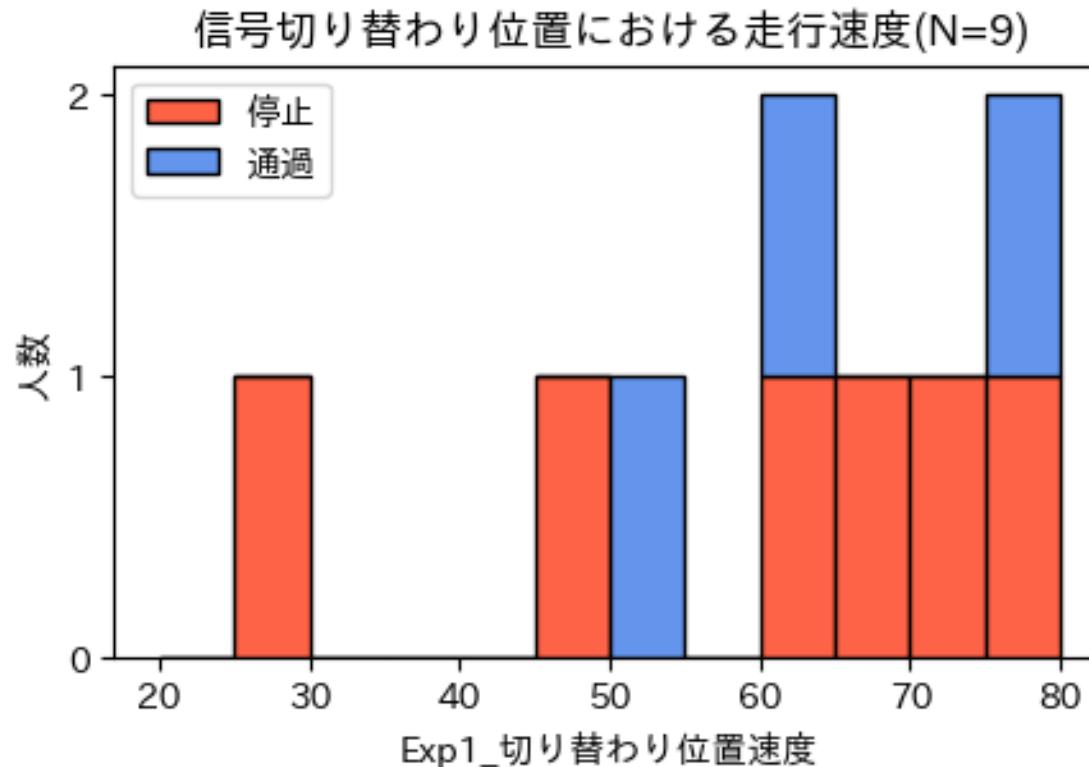
- 各シナリオにおける停止人数を集計
 - ◆ 30m手前で切り替わった場合は、過半の被験者が停止
 - ◆ 10m手前で切り替わった場合は、全ての被験者が通過
- 交差点までの距離が停止判断に影響を及ぼすことを確認



補足 | イベント1の結果(2/2)

24

- シナリオ1における、走行速度と停止有無の関係を整理
 - ◆ 信号切り替わり位置における走行速度を取得
 - ◆ 走行速度と運転行動(停止or通過)を整理
- 50km/h以下で走行していた被験者は必ず停止



補足 | イベント3の実験概要

25

- 左折入庫時に歩行者が接近
- 2種類のシナリオで入庫時に一時停止を行うかを観測
 - ◆ シナリオ7: 入庫時に歩道上に歩行者は不在
 - ◆ シナリオ8: 1人の歩行者が前方から接近

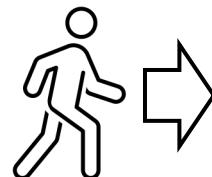
シナリオ7

入庫時に歩道上に
歩行者は**不在**



シナリオ8

入庫時に歩行者が
前方から**接近**



補足 | イベント3の結果

26

- 各シナリオにおける一時停止遵守人数を集計
 - ◆ 歩行者不在の場合は、全ての被験者が一時停止を不実施
 - 田部井・小早川(2023)と類似した結果
 - ◆ 歩行者が接近している場合は、全ての被験者が道路上で待機
- 歩行者の有無で運転行動が大きく変わることを確認

