

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職
	吉田 長裕（よしだ ながひろ）		大阪市立大学大学院工学 研究科		准教授
②研究 テーマ	名称	車道基本の自転車通行環境整備による交通事故特性と新たな道路交通安全改善策に関する研究開発			
	政策 テーマ	[主テーマ] 交通事故対策	公募	タイプ I	
		[副テーマ] 新たな行政システムの創造	タイプ		
③研究経費（単位：万円） ※R3 は受託額、R4 以降は計画 額を記入。端数切捨。	令和3年度	令和4年度	令和5年度	総合計	
	1,642	1,677	1,326	4,645	
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）					
氏名		所属・役職			
山中英生		徳島大学大学院社会産業理工学研究部・教授			
松本修一		文教大学情報学部・准教授			
平岡敏洋		東京大学生産技術研究所・特任教授			
川合康央		文教大学情報学部・教授			
小嶋 文		埼玉大学大学院理工学研究科・准教授			
稲垣具志		東京都市大学建築都市デザイン学部・准教授			
⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）					
<p>本研究の目的は、車道上自転車と自動車の交通事故に着目し、とくに重大事故に至りやすい夜間や単路、坂道、大規模交差点等での交通コンフリクト状態を、個別開発されてきたツールと連携しながらサイクルシミュレータ上で再現・実験することにより、高い安全性を発揮できる事故対策案と、道路交通システムの設計段階に反映すべき持続可能な安全を段階的に高める方策の提案である。研究目標としては、(1)ドライブレコーダや事故データ等による車道上の自転車関連事故を類型化、(2)モバイル型プローブ自転車を用いて国内外の自転車走行環境の評価、(3)自転車と自動車との協調行動をDS上で表現するためのシステムを構築、(4)協調型サイクルシミュレータシステムによる交通コンフリクト実験・マニピュレート実験できるシステム構築、(5)自転車の重大事故発生危険箇所において、設計段階に反映できる持続可能な安全を段階的に高めるための方策の提案、の5つである</p>					

⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、これまでの研究目標の達成状況とその根拠(データ等)を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。また、研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入。)

本研究は、令和2年度にFS研究として採択され、令和3年度より本格研究として採択された研究課題である。令和2年度FS研究時には、対象や範囲を限定し、(1)の限定版として「信号交差点における左折時の事故を対象として、自転車運転者と自動車運転者の意思決定プロセスにおける仮説の作成」、(3)の限定版として「協調型サイクルシミュレータの構築」、(4)の限定版として「自転車と自動車の錯綜現象を対象とした仮想道路空間での実験」を行った。これらの研究成果については、⑦に記載の通り、学会や会議などで公表を進めている状況にある。

令和3年度は、FS研究の成果を一部活かしながら、当初申請した研究計画通りに進めることとした。以下に、具体研究課題(1)～(5)と進捗状況についてそれぞれ示す。

令和3年度の研究目的

本研究は、自転車の車道走行と広域化に伴う事故特性を把握し、自動車・自転車のコンフリクトを再現する仮想道路空間での実験により、新たな道路交通安全改善策と持続可能な安全の段階的向上策を提案するものである。令和3年度は、車道通行自転車の重大事故に関わる意思決定プロセスの仮説(実験シナリオ)を作成するとともに、モバイルプローブ自転車、サイクルシミュレータ(CS)及び協調型サイクルシミュレータ(CCS)の改良を行い、再現性の確認及び課題を把握するものである。

(1) 車道通行自転車の事故の類型化と特性分析

以下①～③を実施することにより、国内における車道通行自転車の事故の類型化及び運転挙動のモデル化を行う。

- ①自転車に関するインフラ整備が行われた場所で現地検討会を実施し、道路管理者、警察などへ自転車に関わる重大事故や走行環境について、ヒアリング調査を行い、課題を把握する。
- ②マクロデータを用いて、自転車の重大事故の特性を分析する。
- ③ドライブレコーダデータを用いてヒヤリハット現象と自転車の重大事故等の関連性を分析する。

また、最新の自転車シミュレータの研究成果や自転車に類するマイクロモビリティ(電動キックボード等)の動向、自転車に関するインフラ整備、自転車のIoT化動向などの情報収集を行う。情報収集の方法は、ICSC(自転車安全の国際会議)やVelo-city(自転車国際会議)への会議参加(オンライン開催)や関係者へのヒアリング等を想定している。

進捗状況: ①に関して、現地検討会については、2022年1月末に信号交差点の隅角部設計(信号交差点×自転車道)に関して、名古屋にて開催予定である。②に関して、SIP交通事故パターンデータ(ITARDA)、埼玉県自転車事故データを整理済みである。今後は、ITARDAデータを使った全国を対象とした同様の分析を行い、自転車重大事故に至る要因の統計分析を予定である。③に関して、新たな年度のドライブレコーダデータを用いて、自動車視点からみた対自転車のヒヤリハット状況を抽出する予定である。自転車シミュレータ、マイクロモビリティ、自転車IoT化に関する情報については、国内の関連企業(パナソニックサイクルテック(株)、マゼランシステムズジャパン(株))を対象にオンラインミーティングを2回開催しヒアリングを行った。2つの国際会議(Velo-city2021, International Cycling Safety Conference 2021)では、マイクロモビリティの動向や新たな信号交差点設計に関する情報を収集した。今後、さらに関係企業を対象に2回程度のオンラインミーティングを予定している。

(2) 協調型サイクルシミュレータ (CCS) で再現する周辺交通環境のデータ等の取得

①事故多発地点における走行環境と利用者挙動の関係（選択的認知状況）についてビデオ観測調査を実施し、協調型サイクルシミュレータによる錯綜実験で再現すべき周辺交通環境のデータ等を明確化する。

②協調型サイクルシミュレータに入力するデータを効率的に取得するため、モバイルプローブ自転車（受託者が保有する自転車の速度や振動などの走行状況を計測することができる自転車）の改良を行う。具体には、LIDAR センサーを搭載し、動作検証を行う。

進捗状況：①については、全国交通事故多発交差点マップ（日本損害保険協会）から自転車関連事故の発生している信号交差点を抽出し、東京都内の3つの信号交差点（環7沿い大原（杉並区）、板橋中央陸橋（板橋区）、熊野町（板橋区））においてビデオ観測調査を行った。観測動画データについては、画像解析手法（図1）を用いて左折車×複数自転車及び歩行者の錯綜分析（選択的認知状況）を行い、昨年度の結果も踏まえ、交差点隅角部開口部と自転車通行との関係を整理する予定である。整理した結果については、次年度以降にシミュレータ上実験においてシナリオ作成で活用する。②については、既存のプローブ自転車を改良してLidarセンサーを搭載（外注含む）して動作検証済みである（図2）。

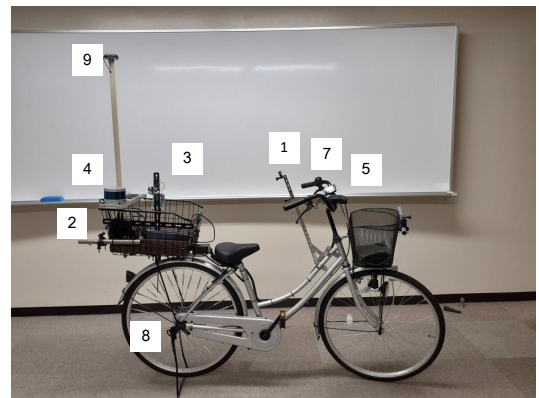


図1 画像解析による物体検知の例（東京都亀戸交差点 左：朝、右：夜）



図：プローブ自転車1号機（改良前）

番号	機材
1	前カメラ
2	後カメラ
3	超音波センサ
4	赤外線センサ
5	自転車速度メーター
6	騒音計
7	イベントボタン
8	速度ロガー



図：プローブ自転車1号機（改良後）

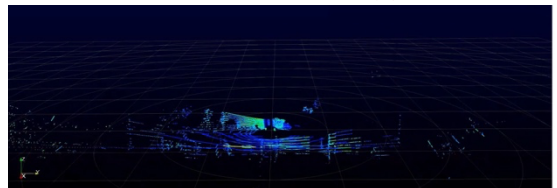


図2 改良したプローブ自転車の概要とLidarセンサーによる自転車視点の周辺自動車の状況

(3) サイクルシミュレータ (CS) システムの再現性検証実験

(2) のモバイルプローブ自転車等から得られたデータをもとに、サイクルシミュレータ (CS) の走行性能に関する再現性検証を行う。また、夜間の走行環境条件に対するサイクルシミュレータの適用可能性について簡易実験を行うことで、課題を把握する。

進捗状況：モバイルプローブ自転車の実走実験とCS実験において、走行する自転車を自動車が進路変更時の挙動（相対距離、離隔距離、自動車速度、危険感）を比較するために、実験環境の構築を行い（図3）、基礎的な走行調査を行った。現在、結果を分析中である。夜間に関しては、駐車車両を自転車が追い越す挙動を対象に、同様な手法で比較を行う予定である（図4）。

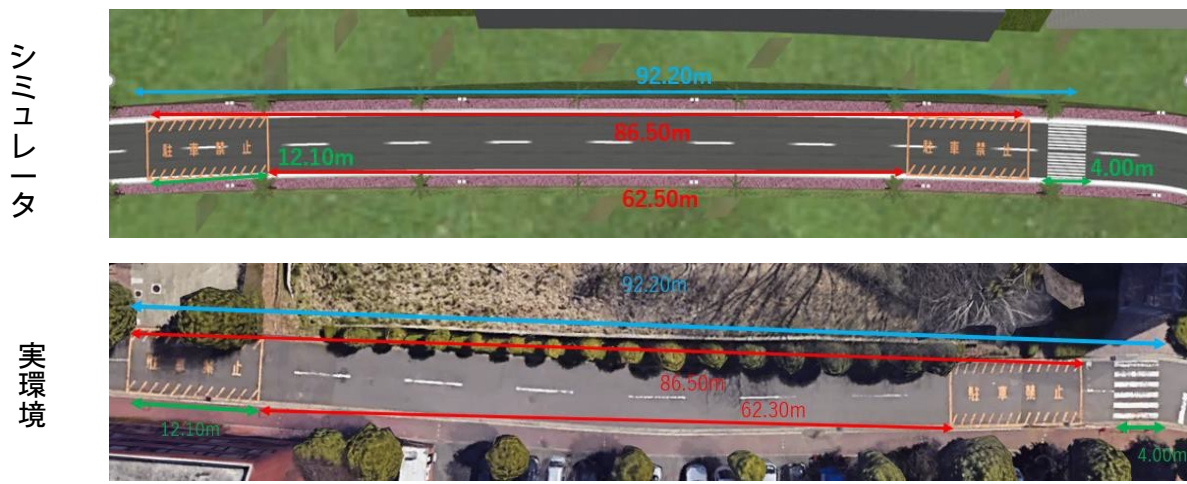


図3 構築した実験環境（実環境：文教大学構内道路）

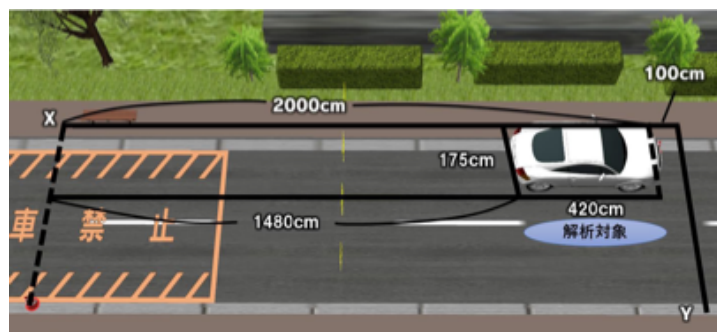


図4 夜間状態における実験条件

(4) 協調型サイクルシミュレータ (CCS) を使用した錯綜再現実験

ドライビングシミュレータ (DS) とサイクルシミュレータ (CS) との協調行動に関する機能を拡張し、自動車と自転車等の衝突回避等の錯綜状況の再現性を確認する。また、錯綜実験から自転車の走行挙動の危険性を確認する。

進捗状況：自動車の左後方の死角部分を通行する自転車との錯綜再現実験を行うために、DSとCSの一部を改修した（図5）。具体的には、自転車からの視認範囲を前方・後方を含む4/6面確保、ドライバー視点から左後方の自転車を見えるようにサイドミラーの設置（図6）、左後方ウィンドウへのプロジェクタ投影（図7）を行った。また、人間操作の自動車・自転車に対して、コンピュータ操作の自動車・自転車の追従・衝突回避挙動ができるように、シミュレータプログラムの改修を行った（外注含む）。調整後、車道自転車が事故に至るケースとして、FS時にヒヤリハット事例から抽出された3パターンについて、車道上の自転車通行帯種別（2種類）×横断帯シフト量（2種類）×ミラー等による視認条件（2種類）を組み合わせた計10パターンに対して、繰り返しありの錯綜実験を行う予定である。

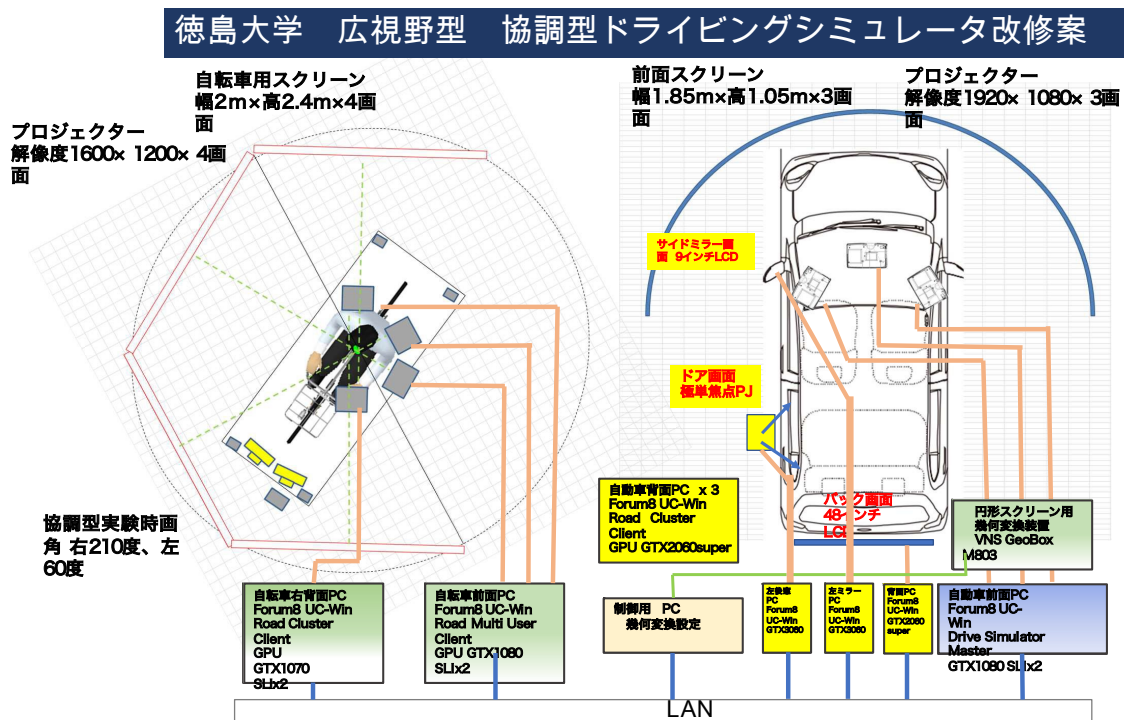


図5 夜間状態における実験条件



図6 改修内容：左後方の自転車を見えるようにサイドミラーの設置



図7 改修内容：左後方の自転車を見えるようにプロジェクタによるガラス面への投影

(5) 研究検討会の開催

分析・実験の前後、とりまとめ段階において、有識者との研究検討会を計3回行う。

進捗状況：第1回検討会を2021年9月29日（水）にオンラインで開催した。第2回については、2021年12月17日（金）に文教大学においてプローブ自転車等の見学会を行い、翌12月18日（土）にオンラインにて検討会を開催した。第3回については、2022年2月上旬に開催予定である。

研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性

令和2年度のFS研究を実施した結果、本研究で到達したい目標が具体化され、本年度において実施すべきことについても明確になった。研究計画で示した大枠は変わらないものの、各分担研究を進める過程で新たな課題等が明らかとなったが、当初予算の配分を変更することで対応する予定である。

実施方法に関しては、とくに新型コロナウイルスの影響で国内外調査に影響があったが、大きな変更点はない。オンラインなどの手法も活用して実施していく予定である。

体制に関しては、共同研究者の1名に所属変更があったが、それ以外に変更点はない。研究の遂行にあたっては、共同研究者に加えて関係する研究協力者等にも随時協力頂き、当初の予定通り進めることができている。とくに、外部協力委員、外部協力機関のメンバーからは、検討会を通じて様々な角度からの確かなコメント等を頂いており、引き続き、こういった体制・機会を維持していきたい。

⑦特記事項

（研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。）

令和2年度のFS研究の成果公表（投稿中を含む）については以下の通り。（下線：関連研究者）

- 1) 小嶋文，瀬下希奈：自転車の走行位置に着目した自転車と左折自動車の事故の特徴に関する研究，交通科学，Vol. 51，No. 2，pp. 34-38，2021年7月．<https://doi.org/10.34398/kokaken.51.2.34>
- 2) 稲垣具志，吉田長裕：ドライブレコーダデータを活用した車道における自転車と左折車の錯綜の類型化，交通科学，Vol. 51，No. 2，pp. 28-33，2021年7月．<https://doi.org/10.34398/kokaken.51.2.28>
- 3) 澤田和樹，吉田長裕，瀧澤重志：信号交差点における高速畳み込みニューラルネットワーク手法による軌跡データを用いた自転車と左折車の錯綜分析，第41回交通工学研究発表会論文集（研究論文），pp. 177-182，2021年8月．

- 4) 吉田長裕, 澤田和樹：信号交差点における疑似一次元衝突余裕時間を用いた自転車と左折車の錯綜分析, 土木学会, 第64回土木計画学研究発表会・講演集, 4 pages, 2021年12月.
- 5) 山中英生, 楠瀬 史浩, 吉田長裕, 松本修一：広視角協調型サイクリングシミュレータを用いた左折自動車との錯綜現象の安全性評価, 土木学会, 第64回土木計画学研究発表会・講演集, 6 pages, 2021年12月.
- 6) 吉田長裕, 澤田和樹：信号交差点における高速畳み込みニューラルネットワーク手法による軌跡データを用いた自転車と左折車の錯綜分析, 交通工学論文集 (投稿中)
- 7) 松本修一, 櫻井淳：サイクリングシミュレータ環境におけるピクトグラムの拡大率に関する一考察, ヒューマンインタフェース学会論文誌 (投稿中)

研究の見通しや進捗については、新型コロナウイルス感染症などの影響により、現地検討会の開催など一部スケジュールに遅れが生じているものの、概ね順調に進捗しているものと理解している。