

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
		松本 修一 (まつもと しゅいち)		文教大学 情報学部		准教授
②研究 テーマ	名称	自転車 DX 技術を活用したサイクルルート等の整序化に向けた研究開発				
	No. 道路行政 技術開発 ニーズ	新規提案 項目名		DX 技術を用いた自転車の 交通安全に資する技術開 発		政策 テーマ
③研究経費 (単位：万円) <small>※R6 は受託額、R7 以降は計画額を記入。 端数切捨。</small>		令和 6 年度	令和 7 年度	令和 8 年度	総合計	
		3,685	4,585	3,350	11,620	
④研究者氏名 (研究代表者以外の共同研究者の氏名、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				
吉田 長裕		大阪公立大学大学院工学研究科・准教授				
高橋 清		北見工業大学地域未来デザイン工学科・教授				
大森 宣暁		宇都宮大学地域デザイン科学部・教授				
小嶋 文		埼玉大学大学院理工学研究科・准教授				
間邊 哲也		埼玉大学大学院理工学研究科・助教				
櫻井 淳		文教大学情報学部・専任講師				
⑤研究の目的						
<p>本研究では、今後利用者が増えると想定されるサイクルルート等における快適な走行空間の確保に資する支援施策に資する研究として、DX 技術を自転車に適用する事で、(1) 自転車注意喚起の検討とその効果検証を行う、(2) 自転車走行空間における快適性などの評価指標の構築を行う、(3) 自転車の危険事象に関して、自転車ヒヤリハット類型を提案し、その実態を解明することを目的とする。</p>						

⑥これまでの研究経過、目標の達成状況

最終審査時におけるコメントに「現場において具体的な安全対策を導く事ができるような成果をとりまとめて頂きたい」との記載があったことから、本研究を始めるにあたり、現場のニーズや実務の状況、研究コンセプトに関する反応を把握するため、東北地方整備局の協力のもと「東北における自転車の課題・ニーズ座談会」を実施して頂いた。

令和6年度は、当初申請した研究計画を予定通り進める事とし、研究目的に記した（1）～（3）に関する研究経過と令和6年度の目標の達成状況について記す。

1. 自転車注意喚起システムの検討およびその効果検証

1.1：プローブ自転車を用いた情報提供の効果検証実験

申請書では、樺立トンネルのみでの実験を予定していたが、自動車の走行速度、交通量や総延長の異なるトンネルでの効果検証も行うべく研究代表者の勤務地に近い静岡県の黄金崎トンネルでの実験を追加することとし、トンネル形状等の実験場所の概要およびは下表の通りである（表-1参照）。

表-1：実験場所の概要

		樺立トンネル	黄金崎トンネル
交通量(台/日)		2,559	8,890
車線数		片側1車線	片側1車線
延長(m)		2,001	965
規制速度(km/h)		60	50
その他		山間部・矢羽根なし	海岸部・矢羽根あり
実験日		2024年9月9日～13日	2024年10月22日～25日
収集 データ	情報なし	161	162
	情報あり	156	172
	ハンドルライト	156	159
	合計	473	493
実験時の風景			

なお、走行実験としてはカメラやセンサー等の必要機器をとりつけたプローブ自転車（図-1参照）を用いるとともに、実験条件は情報提供の有無以外に、北海道開発局におけるヒアリング時の議論を参考に、自転車側からの配慮としてハンドルライト（図-2参照）の活用の可能性も検討する事とした。



図-1：プローブ自転車の概観



図-2：ハンドルライト装着時の走行

1.2：自転車注意喚起システムの改良（可搬式システムの開発）

令和5年度に北海道開発局で作成したトンネル内自転車注意喚起システムにおける幾つかの課題に対し、表-2のように対応した。また、動画(画像)解析用 CNN アルゴリズムである Yolov8 に各 300BBOX の追加学習を行い、自転車・自動車のタイヤ及びナンバープレートを認識する AI を作成し、それらの情報から OpenCV や Pandas 等を利用し 1fps 毎に動体検出を行う（図-3参照）等の手法を用いて内製する事で、設置費用も含め 325万円程度を見込まれたシステムを 210万程度までコストダウンを実現する目途がついた。また、改良した機材を試験走路に設置し、動作確認を行った。

表-2：トンネル内自転車注意喚起システムの課題と今年度の対応策

現場ニーズ	申請者らの改良策
固定式から可搬式への変更	ループコイル式からAIカメラ方式に変更
商用電源を用いないシステム化	ソーラー式に変更
情報板の変更	内照式からLED式に変更

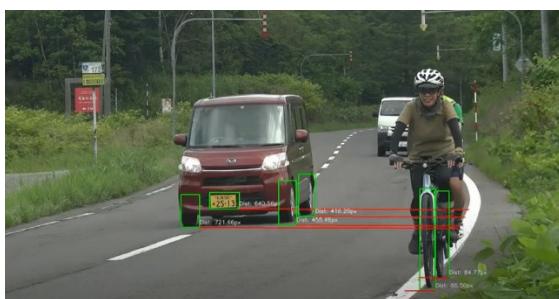


図-3：自転車判定のイメージ

1.3 : シミュレーション実験およびWebアンケート

トンネル内において、自転車を追越しするドライバの意識や運転行動に関して、シミュレーション実験およびWebアンケート調査を行い、トンネル内での自転車追越しや情報提供によるドライバの意識や行動面への影響の解明を試みた。

(1) シミュレーション実験

過去の研究では、トンネル内自転車注意喚起システムの効果検証として、プローブ自転車を用いて、ドライバへの注意喚起を行った場合の自動車の自転車追越し挙動に関して解析を行った。その結果、普通車等の速度抑制効果がある可能性が示唆された。その一方、大型車の速度が減少しなかったと指摘している。そこで、シミュレーション実験では、大型車に特化して、1. 注意喚起用の情報板を用いた場合、2. 車載情報として、注意喚起を行った場合の効果を検証した。実験機材は、文教大学松本研究室が所有するドライビングシミュレータおよび大型車用筐体（図- 4 参照）を使用した。なお、実験の被験者に関しては、日頃から大型車を運転するドライバ 15 名に協力頂いた。



図- 4 : 大型車筐体の概観

(2) Webアンケート調査

Webアンケート調査に関しては、関連する既存研究を整理して得られた仮説として、「1. トンネル内では、明るさの影響で自転車との離隔距離が遠く感じてしまっているのではないか」、「2. トンネルの壁という道路環境がドライバの意識に影響を与えていているのではないか」、「3. トンネル内では壁によって、流体刺激が弱いため、無意識に速度が速くなってしまっているのではないか」、「4. トンネル内では、トンネル外よりも壁の影響で対向車を恐れ、左側によって走行していたり、自転車の追い越し時の離隔距離が短くなったりてしまっているのではないか」という 4 点に着目して、各状況に対応するドライビングシミュレータから動画を作成（図- 5 参照）し、質問項目を設定した。今後アンケートシステム上に調査画面を構築し、回答取得、分析を行った。



図- 5 : Web アンケート調査で示す動画画面のイメージ

(3) 他地域へのトンネルや狭隘区間への展開に向けた検討

可搬式の注意喚起システムの適用可能性を検討するため、サイクリルート等の中からトンネルや狭隘区間を抽出するとともに、注意喚起システムによる課題解決の可能性を検討した。

区間の抽出においては、サイクリストが多く走行することが期待できるナショナルサイクリルート※が望ましいと考えられ、対象箇所の基礎的検討を実施した。

※ナショナルサイクリルート：ルートの魅力や自転車の走行環境、サイクリストの受入環境などが高い水準にあるサイクリルートとして国が指定したもの。現在国内には、①トカブチ400、②つくば霞ヶ浦りんりんロード、③太平洋岸自転車道、④富山湾岸サイクリングコース、⑤ビワイチ、⑥しまなみ海道サイクリングロードの6ルートが指定されている。

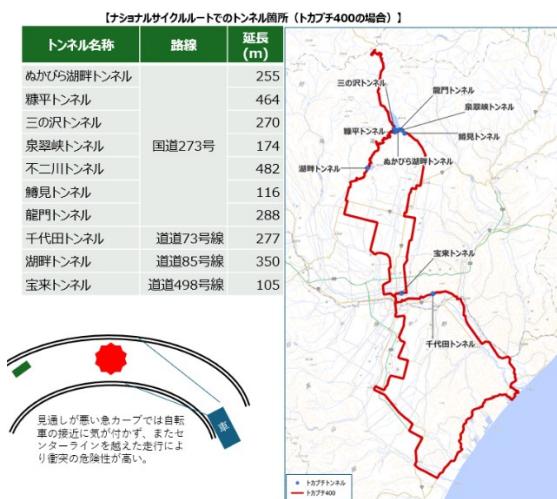


図- 6 : 他地域展開の検討イメージ

2. 自転車走行空間における走行状態を評価する手法の考案に向けた検討

自転車の走行快適性等の走行状態に関する研究では、従来交通工学の研究者を中心に追越し車両等の自転車周辺の交通状況に特化した研究、舗装工学などの研究者を中心に路面状態の凹凸等に注目した研究等が行われてきた。自転車を走行する際の快適性等の走行状態に関しては、周辺の交通状況、路面からの振動等複合的な要素が影響を与える事は容易に想像できる。国内での既存研究では、このような複合的な視点での検証が殆どなされて来なかった。そこで、本研究では、路面等の交通状況、振動と快適性に関する研究と並行して、図-7のような枠組みで、路面状態および交通状況を加味した自転車の快適性指標に関する研究の準備を行っている。なお、研究協力者として参画していた室蘭工業大学浅田准教授のアドバイスを得つつ研究を行った。

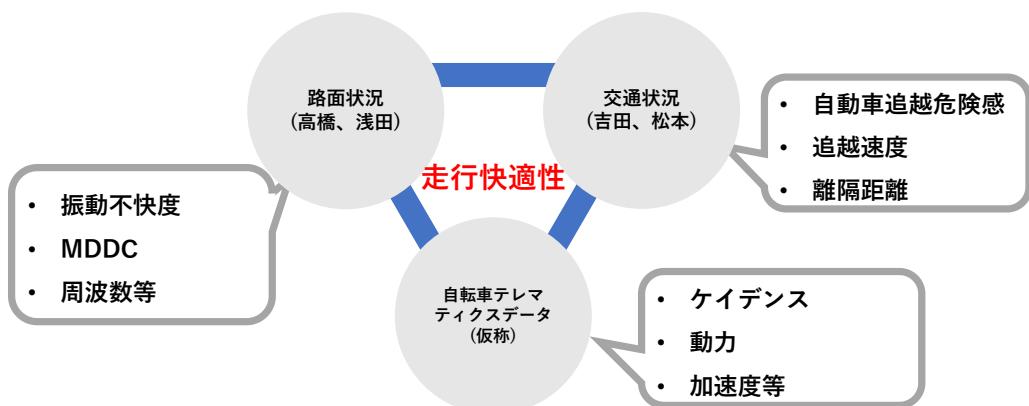


図-7：走行快適性に関する研究の枠組み

上記を踏まえ、令和6年度は、以下の研究を行った。

2.1：路面標示等が自転車走行に与える影響

ナショナルサイクルルートのような交通量の比較的少ない地方部の道路において、自転車に関する路面表示(矢羽根型路面表示、車道の路側に推奨ルートを明示するブルーライン等)等が自転車走行時の自動車に追い越される際の安全感/危険感に与える影響を把握するため、しまなみ海道でプローブ自転車等を用いて実走調査を行った。自車通行位置、通行帯幅員、追越自動車の速度や離隔距離等をデータ化し、自転車利用者の安全感/危険感に与える影響要因の関係を分析した。

2.2 : 路面状況を考慮可能な自転車振動モデルの開発と路面評価指標の構築

本研究では、車道の路面評価として一般的に用いられている国際ラフネス指数 IRI のベースとなる乗用車の振動モデルを援用し、自転車の路面評価を行うために新たに自転車振動モデルの開発を行う。さらに開発された自転車振動モデルを基に、自転車からみた路面評価指標となる BRI (Bicycle Ride Index) の構築を目指している。現段階は、車種によって異なると想定される各種パラメータを、振動実験により解析するとともに、実道における適応性について検証を行っている。



図- 8 : BRI の構築イメージ

3. ドラレコ自転車からの取得データにより危険事象等を把握する技術の検討

3.1 : 自転車ヒヤリハット類型の提案

ドライブレコーダを自転車に装着した実験機材を本稿では、「ドラレコ自転車」(図- 9 参照) と記す。このデータ収集機材は、自転車からみた危険事象やヒヤリハット事象を定量化するため、令和4年から文教大学において、システム設計等を行ってきた。今年度は、ドラレコ自転車を複数台作成し、宇都宮大学、埼玉大学、文教大学の3大学において、AI を用いたデータ処理の簡略化、データ収集の試行を行った。



図- 9 : ドラレコ自転車の概観



図- 10 : 記録用 Web システムの IF

3.2 : ドラレコ自転車データサーバの整備

ドラレコ自転車から得られた映像と位置情報、自転車挙動データ等をクラウド上にアップし、危険な事象や交通状況等を記録可能なWebシステム上で格納する仕組みを作成した（図- 11）。このシステムでは、ドラレコ自転車で収集した走行データに関して、地図上における走行位置、前方と後方カメラの録画映像や、道路環境・事象類型・自転車通行状況等の入力に基づいたデータ検索が可能である。今年度は、ドラレコ自転車のデータ収集用のクラウドプラットフォームおよびWebサーバの構築を行った。

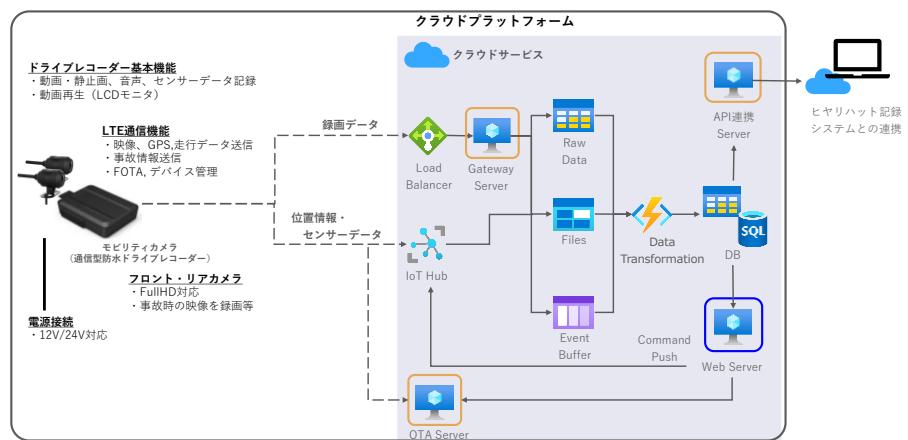


図- 11 : ドラレコ自転車データサーバのシステム概要

3.3 : AI 技術を用いたデータ処理の簡略化

ドラレコ自転車から取得される動画ファイルを用いて、自転車の周辺の自動車等の状況のデータをAI技術を活用し、簡易的かつ効率的に分析する手法として、令和6年度は以下①～③の手法案を検討する。

- ①自車通行位置、通行帯幅員の自動推定
- ②追越し自動車の離隔距離の計測
- ③追越し自動車の速度の計測

進捗状況 :

①に関して、カメラ映像に対する物体検出や特定色抽出により通行帯幅員の測定を行った後、前方カメラ映像から自車通行位置を測定する。これまでに前方カメラ映像から矢羽根型路面標示を検出する仕組みを構築した（図- 12）。今後は、ブルーライン等を検出する仕組みを構築する予定である。

②に関して、カメラ映像から追越し自動車の離隔距離を測定するため、画像セグメンテーションによって追越し自動車を特定する仕組みを構築した（図- 13）。今後は、特定した追越し自動車との離隔距離を測定する仕組みを構築に加え、ヒヤリハット分析の高度化のため、車種も同時に判別する仕組みを構築する予定である。

③に関して、プロープ自転車から得られた2方向のカメラ映像を用いて、物体検出の深層学習モデルを構築し、追越し自動車の車体とタイヤの自動検知を行った（図- 14）。今後、これらをもとに追越し自動車の速度を測定する手法のプログラムを実装し、その測定精度を検証する予定である。



図- 12 : 矢羽根型路面標示の検出例



図- 13 : 追越自動車の特定例



図- 14 : 自動車検出モデルの構築



3.4 : ドラレコ自転車を活用したデータ収集の試行

本研究助成で作成したドラレコ自転車を 10 月 16 日、17 日の 2 日間で、埼玉大学、宇都宮大学に輸送し、データ収集方法等の打合せを行い、3 大学でデータ収集可能な体制を構築した。これらの結果、令和 6 年 12 月 2 日時点で、総走行距離 542km のデータ収集走行を行い、240 件の自転車ヒヤリハットデータを収集した。これらの自転車ヒヤリハットの発生状況に関する内訳を図- 15 に示す。次年度以降、これらのデータをもとに、研究代表者らが作成した自転車ヒヤリハット類型を精査し、今後の自転車等への交通安全対策に資するデータとしての活用方法を検討する予定である。

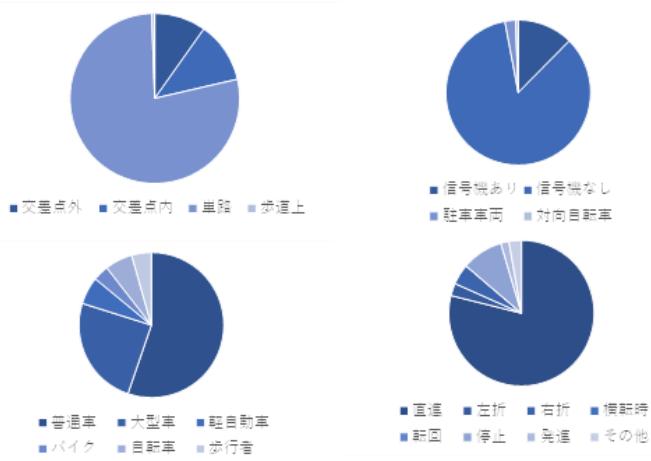


図- 15：自転車ヒヤリハットの発生状況の内訳

4. 検討会の開催

研究のとりまとめ方法や今後の研究方針を議論するため、有識者との研究検討会を年2回開催する。具体的には、令和6年12月6日（金）および令和7年2月にオンライン形式の開催を予定している。

研究期間内に目指す目標に当初の提案書から変更

申請時には、トンネル内自転車注意喚起システムに関するフィールド実験を北海道での実施を予定していた。しかし、以下の理由により、静岡県および神奈川県をメインフィールドに変更する事とした。

1. 実験実施期間に関する問題

北海道では、11月以降積雪の影響で、自転車走行が困難であり、予算執行時期等の関係もあり充分な実験期間を確保できないリスクが顕在化した。

2. 代替地の確保

研究代表者および分担者の多くが関東圏に在住しているため、実験場所を静岡県、神奈川県内において効率的な研究実施体制に改善する。

研究期間内に目指す目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性

研究初年度である今年度実施した取組みの結果、ドラレコ自転車および走行快適性評価に関しては、実験用機材やデータ収集の枠組みを構築する事が出来た。今後、研究分担者と実験機材を活用することで順調に推移すると考えている。トンネル内自転車注意喚起システムに関しては、実務における情報板の設置に関するニーズ等を踏まえ、トンネル内での注意喚起からトンネル入口での注意喚起をする方法を模索したが、今年度の結果を踏まえ、必要に応じ仕様を変更する必要が出る可能性がある。また、実験フィールドの変更による予算配分の変更を行う予定である。

研究体制に関しては、研究協力者を2名追加したが、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、研究協力者、研究協力機関のメンバーからは、検討会等を通じて様々な角度からの確なコメント等を頂いており、引き続き、このスタイルを維持していきたい。

また、研究の実施には、静岡県下田土木事務所、茅ヶ崎市役所、北海道開発局小樽開発建設部、横浜国道事務所、沼津河川国道事務所、東北地方整備局等多くの実務担当者、西伊豆町等実験実施場所の地元住民の方々の協力を得て進めて参りました。このような現場の方々との連携体制についても、引き続き継続していく予定である。

⑦特記事項

研究初年度の成果発表（投稿中を含む）は以下の通りである。

また、研究の自己評価に関しては、表-3にまとめる。

1. Shuichi Matsumoto," Driving characteristics of automobiles when overtaking bicycles in tunnels" Vehicle Technology and Automotive Engineering, Intech Open (登載決定)
2. 片山竣介, 間邊哲也:画像生成と視点変換を組み合わせた画像セグメンテーションによる特定小型原動機付自転車の歩道走行検出の一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2024年12月(投稿中)
3. 土屋悠斗, 櫻井淳:複数カメラを用いた機械学習による自動車の自転車追越し速度算出手法に関する研究, 情報処理学会 第87回全国大会, 2025年3月(発表予定)

表-3: 研究の自己評価

研究項目	自己評価	概要
自転車注意喚起システムの検討 およびその効果検証	○	<ul style="list-style-type: none">・現場のニーズに答えシステム改修を実施し、システムの導入コスト削減等を実現・北海道、静岡において効果検証実験を実施済
自転車走行空間における快適性 などの評価指標の構築	○	<ul style="list-style-type: none">・路面状況等の評価実験を実施済・次年度に向け、新たな評価方法を考案中
自転車ヒヤリハット類型の提案	○	<ul style="list-style-type: none">・ドラレコ自転車の配備済・AIでの処理方法、実験方法の検討中
その他	○	<ul style="list-style-type: none">・最終審査のコメントを踏まえ、現場担当者との意見交換を北海道開発局、東北地整、静岡県等で実施・年2回(12月、3月)に有識者を交えた検討会を実施予定