

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	
				柳沼秀樹（やぎぬまひでき）		東京理科大学理工学部 土木工学科	
②研究 テーマ	名称	カメラ画像および複数の観測データを融合した次世代交通計測手法に関する研究開発					
	政策 テーマ	[主テーマ] 新たな行政システムの創造		公募 タイプ	タイプⅣ		
[副テーマ] 新たな情報サービスと利用者満足度向上							
③研究経費（単位：万円）		令和3年度	令和4年度	令和5年度	総合計		
※R3は受託額、R4以降は計画額を記入。端数切捨。		4,799	5,000	5,000	14,799		
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			
柳沼秀樹				東京理科大学理工学部土木工学科・准教授			
石垣綾				東京理科大学理工学部経営工学科・教授			
西山裕之				東京理科大学理工学部経営工学科・教授			
谷口行信				東京理科大学工学部情報工学科・教授			
石坂哲弘				日本大学理工学部・准教授			
小嶋文				埼玉大学大学院理工学研究科・准教授			
原祐輔				東北大学大学院情報科学研究科・准教授			
和田健太郎				筑波大学システム情報系・准教授			
瀬尾亨				東京工業大学環境・社会理工学院・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。）

本研究は、既設のCCTVカメラを活用した常時交通計測体制の実現と実務への速やかな展開を念頭に、「AI画解析技術に基づく高精度な車両検知手法」と「複数の観測データを融合した交通量等データの生成・補正手法」をコアとする次世代交通計測システムの構築を目的とする。本研究を遂行する上で、以下に示す3つの具体的な目標テーマを設定した。

テーマ1：次世代型交通計測による道路DX推進に向けたデータ利活用の検討・検討

テーマ2：AI解析とカメラ画像を活用した交通移動体の高精度検知手法の開発

テーマ3：複数の観測データを融合した交通量等データの生成・補正手法の開発

令和3年度は、上記のテーマに関連した5つのサブテーマ（下記⑥に記述）を設定し、主として実務ニーズ調査、モデル構築、ケーススタディ適用を実施した。

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。）

[研究の進捗状況]

令和3年度の研究実施内容の進捗状況を下記の通り、テーマ別に示す。

【テーマ1:次世代型交通計測による道路DX推進に向けたデータ利活用の検討・検討】

① 次世代交通計測システムの開発に向けたヒアリング調査と開発要件の抽出

本研究で開発する次世代交通計測システムが具備すべき要件の抽出を目的として、実務者・開発者にヒアリング調査を実施し、実務での利活用で求められる交通データを抽出した。

- ヒアリングは、行政（国土交通省地方整備局）、道路管理者（警視庁、高速道路会社）、コンサルタント、民間開発企業、学識者を対象に産官学を網羅した調査を実施した。
- 交通計画や交通対策の実務におけるニーズやシーズ、現場におけるAI交通調査の課題と実態、必要となる計測項目等の整理を踏まえて、道路DXに資する次世代交通計測システムの要件ならびに開発方針を検討した。

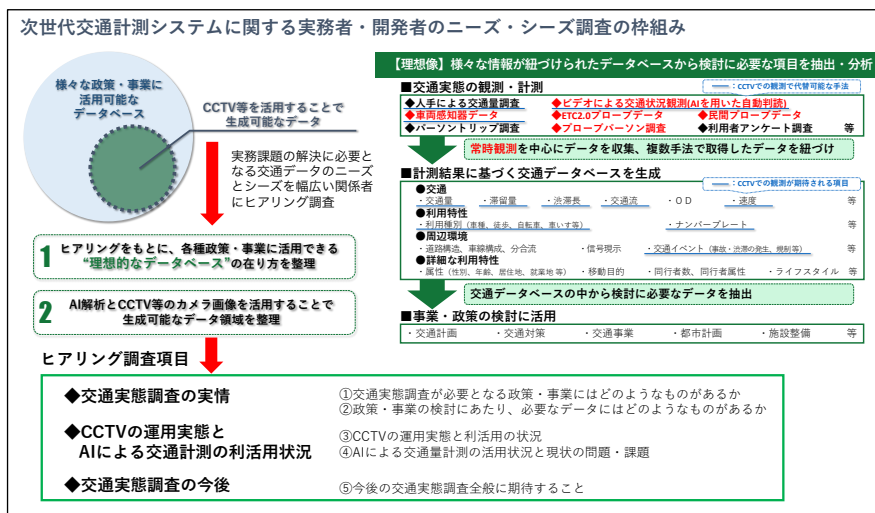


図1 次世代交通計測システムの開発に向けた実務ニーズ調査の枠組み

【テーマ2:AI解析とカメラ画像を活用した交通移動体の高精度検知手法の開発】

国土交通省が運用しているCCTVカメラ画像を前提として、AI解析を用いた交通量計測に関する包括的なレビューを実施して、計測の精度が低下する要因を明らかにした。その上で、本研究が開発する交通計測特化型AIモデルに導入すべきAI解析手法や精度向上策を検討した。

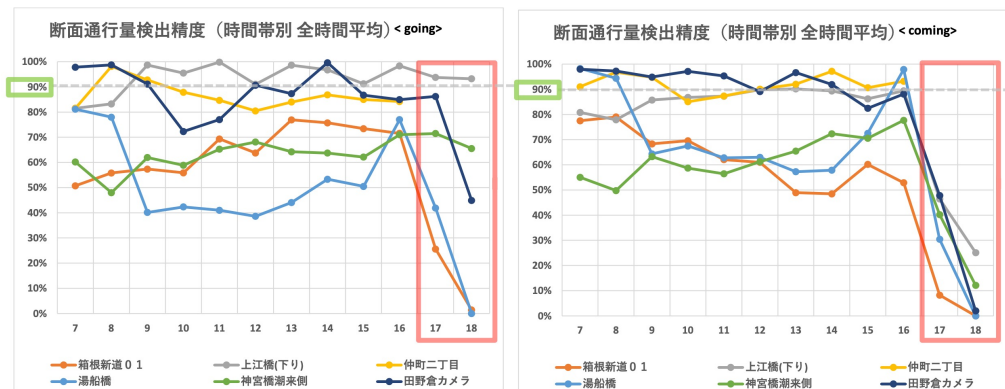
② AI解析によるCCTVカメラ画像の精度検証

- AIベース物体検知手法の総合的なレビューを踏まえて、検知に畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を下敷きとするYOLO（You Look Only Once）と追跡にDeep SORTを組み合わせた手法（基本AIモデル）を構築し、関東地方整備局管内のCCTVカメラに適用した。
- また、Grad-CAMを用いた説明可能AI（explainable AI:XAI）を適用し、移動体の検知性能と精度低下要因の総合的な検証を実施した。
- 適用の結果、素朴な基本AIモデルで比較的高い性能を有する地点が存在するが、夜間、日照条件、画質、画角、AIの学習不足（車種の誤検知）等の詳細な精度低下要因を明らかにした。



図2 検証用CCTVカメラ画像および精度検証のフロー

基本AIモデルの地点別時間帯別検出精度



Grad-CAMを用いた特徴量の可視化と解釈

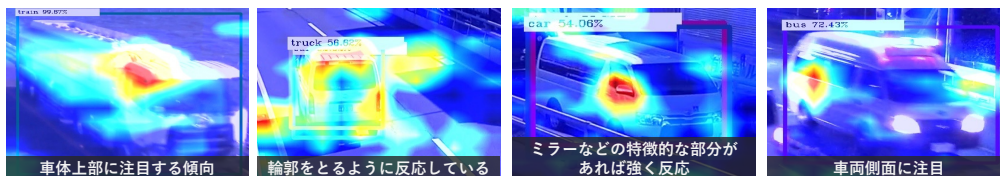


図3 検証結果（上段：地点別時間帯別検出精度，下段：XAIによる特徴量の解釈）

③ 交通計測特化型AIプロトタイプモデルの開発

- ②の検証結果を踏まえて、精度低下要因に関する改良方針を検討した結果、既存の学習済みYOLOを基本として「入力画像に対する各種フィルタ処理」と「我が国の交通に対応した転移学習」による交通計測特化型AIを提案した。
- 入力画像の処理では、日照条件に対応するために輝度に関するフィルタ処理を適用し、画質を維持するために分割入力処理アルゴリズムを組み込むことで精度の向上を確認した。
- 転移学習では、移動体検知の精度は学習データの量に依存するため、CCTVカメラ画像から学習用のアノテーションとオーグメンテーションを実施し、日々更新と改善を行っている状況にある。

id	課題	課題発生動機	対応セクション	改良方法(案)
1	時間帯による検知精度の低下	全動画共通	・検知 ・検知	・日照条件に対応したフィルタの検討 ・全時間帯に対応した学習データの拡充
2	夜間の検知精度の低下	全動画共通	・検知 ・分析	・ライト点灯時正面車両の学習データの拡充 ・異なる通過交通量計測手法の検討
3	車両方向による検知精度変化	全動画共通	・検知	・ミニバン等、日本特有車両データを追加学習
4	車種・大型車両(truck, bus)の検知精度	全動画共通	・検知	・ミニバン等、日本特有車両データを追加学習
5	計測断面の位置による検知精度変化	全動画共通	・分析	・距離を考慮した計測断面位置の検討
6	Trainの誤検知が発生	箱根新道 0.1 神奈川環状線	・検知	・交通のみの学習データを再構築
7	日照条件による検知の影響	上江橋 0.1 湯河原 田原カメラ	・検知	・日照条件に頑健なフィルタ、検知方法の検討
8	洗車時のダブルカウント	神明二丁目	・追跡 ・分析	・トラッキング精度の高度化 ・計測方法の精緻化
9	画質の低いカメラによるノイズ	湯河原橋	・検知	・ノイズ除去フィルタ(鮮鋭化等)の適用
10	太陽フレアの影響による誤検知	田原カメラ	・検知 ・分析	・学習データ拡充による誤検知の排除 ・移動量の分析に計測対象からの除外

図4 精度低下要因に対する改良方法案

【テーマ3:複数の交通データを融合した交通量等計測データ生成・補正手法の開発】

AI解析から得られる交通量や速度データは計測誤差が含まれるため補正が必須であり、さらに実務での利活用を踏まえるとマイクロな車両の移動軌跡やマクロなリンク交通量やOD交通量などの交通データが求められる。本研究では、複数の交通データを融合した生成・補正手法を検討した。

④ 車両軌跡データ生成手法の基礎的検討

- 多くの既往研究では、画像内で検知した移動体座標を近傍探索やカルマンフィルタ等で時間方向に接続して車両軌跡を生成しており、また画像外の車両軌跡を生成することは困難である。
- 本研究では、画像内外の移動軌跡をAI計測とETC2.0プローブ等の複数のデータを用いて交通流理論におけるVariational TheoryやLink Transmissionによる生成手法を検討した。

⑤ 交通量補正ならびにOD交通量生成手法の基礎的検討

- トラカンを用いた実務的な補正手法が提案されているが、時々刻々と変化する交通状況に対応した方法論は確立されていない。また、実務ではOD交通量が求められるケースが見られるが調査規模が大きくなるため基本的には入手が困難である。観測リンク交通量を用いたOD逆推定手法が存在するが計算コストが高い状況にある。
- 本研究では、複数のデータを用いたガウス過程回帰による交通量生成・補正手法を検討した。機械学習に基づく手法は、メカニズムがブラックボックスとなるため解釈性が乏しいが、高精度かつ低計算コストであるため、常時での運用を念頭においた次世代交通計測システムに有効である。
- 本年度は道路交通センサスを真値として、ETC2.0を常時観測データと想定した試算を実施した結果、高精度でのリンク交通量補正とOD交通量生成が可能であることを示し、提案手法の有効性が明らかとなった。

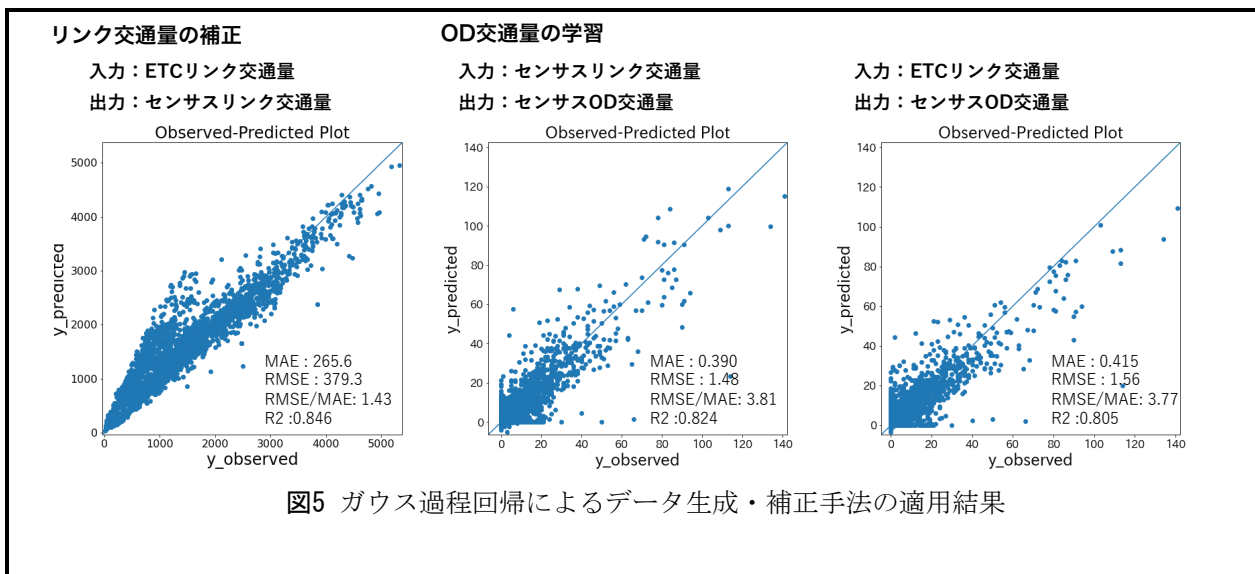


図5 ガウス過程回帰によるデータ生成・補正手法の適用結果

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。)

[研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等]

- 実務者・開発者のヒアリング調査では、地域の実情や実態も含めて幅広く意見収拾した。特に、AI計測に関しては精度と信頼性が十分に担保されない限り、人手観測から自動観測に切り替えることが難しく、データの品質保証する体制の構築が重要となる。
- AIによる移動体検知は畳み込みニューラルネットワーク（CNN）が確固たる地位を確立し、当面の主流となるが、分野の研究スピードは非常に早く、陳腐化を防ぐ意味でも柔軟かつ継続的な研究協力体制を作り上げることが道路DXにおいて重要となる。
- CCTV画像でのAIモデルの学習事例は少なく、本研究で構築したデータセットや学習モデルをオープンにすることは国内外の研究者・実務者に大きなインパクトがある。
- 本研究は都市・交通分野の研究者にくわえて、情報工学や経営工学など他分野の研究者が参画しており、分野を横断した体制での研究開発と実務検討は大きなインパクトがある。

[研究の見通しや進捗の自己評価]

- 令和3年度は、概ね計画通りに研究を遂行しているが、新型コロナの影響により、ヒアリング調査に遅れが生じており、オンライン会議等も含めて柔軟に対応したい。
- 本検討が取り組むAIによる交通計測は実務の関心度が高く、研究成果を早期に実務展開できるようにシステムの一部実装を前倒して実施する。
- 令和4年度は、本年度の3つのテーマを基本軸として、得られた成果をより高度化するために、方法論の拡張ならびにブラッシュアップに取り組む。