

## 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（2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）		東京理科大学工学部 土木工学科		准教授
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 領域	[主領域] 新たな行政システムの創造 [副領域] 新たな情報サービスと利用者 満足度の向上	公募 タイプ	タイプIV	
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	
	4,799	4,474	5,000	14,273	
※R3は精算額、R4は受託額、R5は計画額を記入。端数切捨。					
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		東京理科大学工学部土木工学科・准教授			
石垣綾		東京理科大学工学部経営工学科・教授			
西山裕之		東京理科大学工学部経営工学科・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カメラを利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移動体検知手法」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。本研究の具体的な目標として、以下に示す3つのテーマを設定して研究開発を推進する。

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・検証

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4年度は、上記のテーマに関連した複数の具体的なサブテーマ（下記⑥に記述）を設定し、主に実務ニーズに基づくシステムの設計、分析手法の拡張およびブラッシュアップ、先行して実務利用を想定したケーススタディ地域での適用を実施した。

## ⑥これまでの研究経過

（研究の進捗状況について、これまでに得られた研究成果や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。）

### [研究の進捗状況]

#### 【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・検証】

##### (1) 次世代交通計測システムに関する実務者ニーズの把握

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実務的な要件ニーズの把握を目的として、本システムが想定するユーザーである行政（国交省各地方整備局）、道路管理者（警視庁、高速道路会社）およびコンサルタントを中心に産官学を網羅したインタビュー調査を実施した。ここでは、ニーズを①～③の視点で整理した（図1,表1）。以下に概要を示す。

##### ① CCTVとAI技術を活用した交通データのニーズ

- 観測精度は、日交通量で±10%かつバラツキが小さいことが求められており、実務者が安心してデータを利用するためには昼夜で安定した精度（＝信頼性）の確保が求められる。
- 観測対象は、現行の調査体系と整合した車種分類（大きさ、用途、利用形態）への対応が業務遂行上求められており、さらに自転車と歩行者に関するニーズが高い。
- 道路監視ではCCTVカメラを旋回させることが多く、カメラ画角が常に同じとは限らない。デフォルト画角（プリセット）に依存しない計測AIが必要
- 現状ではAI計測により得られたデータの品質に関する議論が十分ではなく、データのV&V（Verification & Validation）による品質管理・保証を議論する体制が早急に求められる。

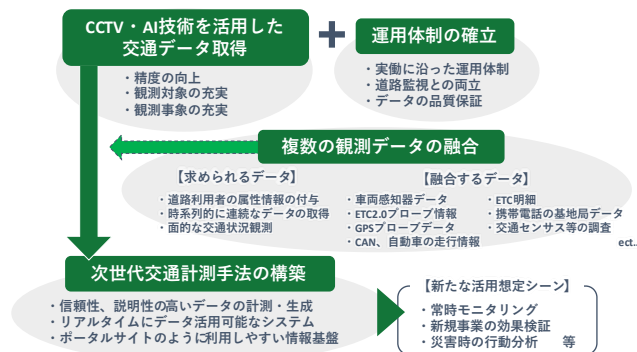


図1 実務者ニーズの概要

◆CCTV・AI技術を活用した交通データ取得に関する知見		◆複数の観測データの融合に関する知見	
観測精度のニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>日交通量で観測誤差±10%以内</li> <li>時間交通量で観測誤差±5%以内</li> <li>車種別(小型・大型)交通量においても同等の精度</li> </ul>	各種データへの属性情報の付与	<ul style="list-style-type: none"> <li>属性(年齢・性別・職業・国籍等)や利用目的等のパーソナルな情報</li> <li>複数の調査・観測データの関連付けによる情報の充実</li> </ul>
観測対象のニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>車道の大きさ(バイク・中型・特大、料金体系区分別)</li> <li>車両用途(貨物・トラック、トレーラー、ダブル連結トラック、バス)</li> <li>利用形態(レンタカー、営業車、車載重量、自動運転車)</li> <li>自動車以外の移動体(自転車、歩行者、次世代モビリティ)</li> </ul>	ハンドリングしやすいデータセット	<ul style="list-style-type: none"> <li>分析範囲・期間に合わせた柔軟なデータ取得</li> <li>ハンドリングしやすい解析システム</li> </ul>
観測データのニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常事象、逆走などの突発事象や渋滞発生状況の観測・検知</li> <li>車両の軌跡や急制動などの挙動の観測・データ化</li> <li>人手の観測に頼っている方向別交通量等のデータ取得</li> </ul>	常時観測かつ面的な交通観測データの充実	<ul style="list-style-type: none"> <li>常時観測、広範囲、多数地点のデータの取得</li> <li>詳細な起終点が分析できるデータの取得</li> </ul>
運用体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>観測のための画角を保持できる運用体制の構築、管制員への周知</li> <li>AIカメラのメーカーと交通量調査の技術者、それぞれの知見の共有</li> <li>ハードウェアとソフトウェアの互換性を踏まえた機能更新</li> </ul>	次世代交通計測手法の将来的な活用場面に関する知見	
道路監視と交通観測の両立	<ul style="list-style-type: none"> <li>常時観測用のCCTVを別途設置</li> <li>道路監視と常時観測を両立できる運用方法の確立</li> <li>プリセットフリーで観測可能なAI技術の確立</li> </ul>	常時観測とリアルタイムなデータ活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>リアルタイム交通状況把握</li> <li>路上駐車観測</li> <li>歩行者・自転車の直横断の観測</li> <li>山間部における中心線からのみだし走行の検知</li> <li>自動運転に関わるビッグデータポータルサイトへのビルドアップ</li> </ul>
		新規事業の効果検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>交通拠点整備による効果検証</li> <li>物流拠点整備による交通流動の変化</li> <li>サイクルツーリズムの効果検証</li> </ul>
		災害時等の有事における行動分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害・龍天時の迂回行動観測</li> <li>冬期の交通実態把握</li> </ul>
		信頼性と説明性が高いデータへの昇華	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI技術による観測データの活用事例の増加と認知度の向上</li> <li>既往データとの併用・補完による信頼性の高いデータの構築</li> </ul>

表1 各視点における実務者ニーズ詳細

## ② 複数の観測データの融合に関するニーズ

- CCTVとAIを活用した交通計測では固定点での観測に留まり、面的な把握が難しい。複数の観測データから広範囲かつ多地点でのデータを常時観測できることが求められる。
- OD交通量、個人属性(性、年齢、職業など)や移動目的に関するニーズが高い。

## ③ 次世代交通計測手法の将来的な活用場面に関するニーズ

- 常時観測や施策・事業の評価、非平常時での状態把握での利活用が期待されている。
- 自動車のみならず自転車や歩行者を対象に、現状では対応が難しい詳細な交通状況モニタリングや交通拠点整備などの新たな施策の評価に資するデータのニーズが高い。
- 昨今では豪雨や降雪での交通対策が喫緊の課題であり、災害時交通マネジメントに資するデータ(交通量、速度、迂回経路など)が求められている。

## (2) 道路DXに資する次世代交通計測システムの開発方針と基本設計・実装

国土交通省道路局では、道路DXの一環として道路データプラットフォーム「xRoad」の構築が進められており、本研究も最終的にはxRoadとの接続もしくは統合を目指した開発検討を行っている。本研究では、交通計測およびデータ生成におけるDX化を念頭に、①ユーザーニーズに基づく人間中心設計(Human Centered Design: HCD)と②ペインリリーバーによるユーザー体験(User eXperience: UX)の改善を開発方針とした(図2)。

まず、①はシステムの「仕様」ではなくユーザーの「要求事項」に基づく設計が概念であり、その上で解決策およびシステム設計と評価をPDCAサイクルで改善をするプロセスである。本研究では、要求事項を実務者ニーズから明らかにするアプローチを採用した。これにより、現場の実務者が持つニーズに寄り添ったシステムの構築を目指す。②はプロダクト開発で用いられるバリュープロポジションキャンバスユーザーにおいて、ユーザーが現状で直面している障害を取り除くこと(ペインリリーバー)でプロダクトの価値向上と

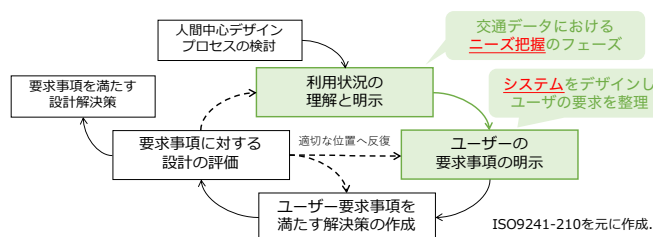


図2 人間中心設計における4つのプロセス

ユーザーの体験を改善するフレームワークである。本研究では、実務者がCCTVカメラから交通量データ取得する業務を想定し、実際の行動と状態をカスタマージャーニーマップ（CJM）として整理し、現場の実務者が日々直面している業務量や業務時間の削減に資するシステム構築を目指す。これらを基本的な開発方針として、クラウド上に設計・実装した提案システムを示す。

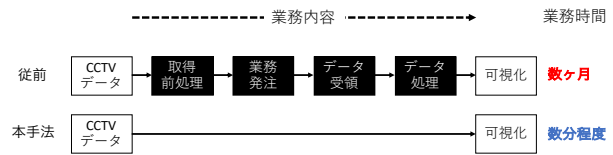


図3 業務におけるペインと改善方針

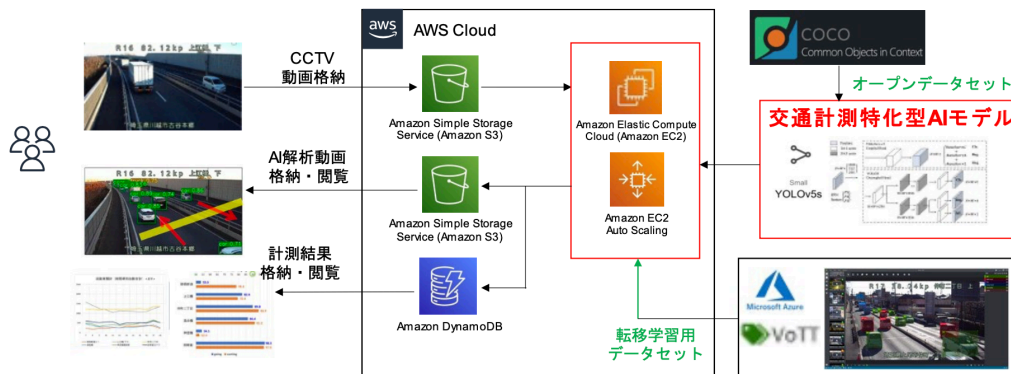


図4 本研究が提案するクラウド型 CCTV 交通計測システム

- 従前では業務完了までに様々な付随業務が存在し、結果数ヶ月の時間を要している。業務上のペインを可能な限り除去し、工数削減と業務効率化を実現するシステムを検討した（図3）。
- その結果、ブラウザ上からCCTVデータをアップロードするだけで数分後に計測結果を閲覧可能とするクラウド型交通計測システムを設計・実装した（図4）。
- 後述するAIモデルを組み込むことで、高精度な交通量計測をほぼリアルタイムで実行可能とした。また、CCTVカメラの増加にも自動的に対応するオートスケーリングを導入した。
- 本システムをコンテナ化することで、事務所等のオンプレミス環境での運用も可能とした。

### (3) 提案システムの実務適用に向けた実務者ニーズの継続調査

過年度に調査を実施した実務者を対象に、ニーズ調査結果のフィードバックや本年度構築したシステムに関する意見や評価、新たな交通計測ニーズについてインタビュー調査を実施する。これにより人間中心設計に基づくPDCAプロセスを継続して実施する協働体制を構築する。

現在、実務者インタビューを実施しており、本年度中に結果の取りまとめと最終成果に向けた提案システムの開発方針を策定する予定である。

## 【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】

### (1) 交通計測特化型AIモデルの改良による高度化

国土交通省が運用しているCCTVカメラ画像を対象に、過年度に開発した「交通計測特化型AIプロトタイプモデル」の精度検証結果と実務ニーズを踏まえて、改良モデルを開発した。本論の交通計測特化型AIは主に「検知」と「追跡」の2つの手法で構成されている。ここでは「検知」に対して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）を活用した。主として以下の3点を重点的に改良した。なお、学習・検証用データとして過年度に適用した関東地整管内のCCTVカメラ画像にくわえて、国総研より追加で全国複数箇所のデータを貸与頂き本検討に利用した。

#### ① 夜間環境に対応した移動体検知精度の向上

実務者ニーズの把握において、**昼夜での安定した精度の確保**が実務でのAI計測を普及・促進する上で最重要課題となる。過年度の関東地方整備局管内における複数のCCTVカメラ画像での検証結果より、カメラ画素数や画角、周辺環境に依存するが、ほぼ全ての箇所で夜間の精度低下が確認され、ある地点では検知率がほぼ0%となるケースが見られた。また、夜間の学習データを追加した転移学習した場合、夜間の検知精度は向上するが逆に昼間の検知精度が低下することが確認されている。すなわち、全てのCCTVカメラ画像を対象に、昼夜間でオールラウンドなAIモデルを過学習させる事なく構築することが難しいと考える。

そこで本研究では、**昼間と夜間の2つのAIモデルに分けて転移学習により高精度化**し、両モデルのアンサンブルで検知精度を高めるアプローチを採用した。その結果、某地点の20時台では夜間AIモデルを適用した場合、昼間AIモデルと比較して**38ポイントの検知率の改善**を確認した（図5）。引き続き、夜間データの転移学習と他地点での汎化性能の確認を行い、夜間検知率の更なる向上を目指す。なお、本手法では検知精度の向上と計算量の増加のトレードオフが存在するため、実適用では**AIモデルの推論速度向上が課題**となる。

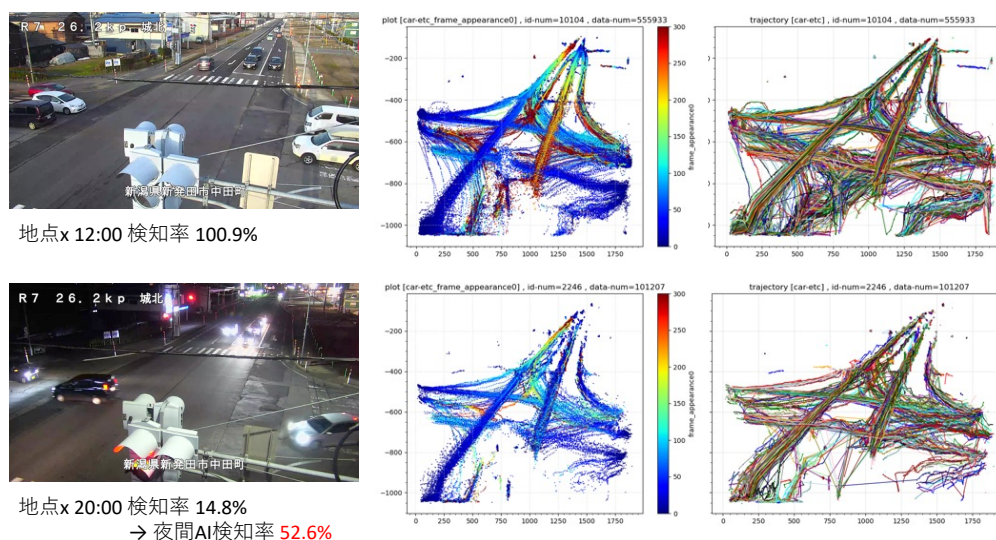


図5 改良モデルの適用結果（カメラ画角、車両検知点および車両軌跡の結果）



## ② 車種および車線に対応した自動車車両検知の高度化

車種別・車線別の交通量計測は、実務で用いられているためニーズは高く、AIモデルの改善が望まれる。

車種は、既存調査や料金体系を加味して車両を7つに分類し、学習データを作成して転移学習を実施した。その結果、学習データが比較的少ない種別（バス、特殊車両）や車両背面での検知精度は低い、多様な車種分類を学習することに成功した（図6）。引き続き、過年度に提案した説明可能AI（eXplainable AI: XAI）を活用したAIの判断根拠から戦略的アノテーションによる効率的な学習データの収集を行い、更なる検知精度の改善を試みる。

車線は、セマンティックセグメンテーションを活用した車線特定を試みたが誤検知が多く、白線が存在しない区間では適用が困難であることが確認された。そこで本研究では、車両軌跡にカーネル密度推定を適用し、走行方向と位置から車線を特定する方法を提案した（図7）。その結果、計測対象となる車線を特定することに成功したが、移動軌跡の観測数と精度に依存するため、後述するテーマ3の車両軌跡生成アルゴリズムの改良を並行して検討を進めている。

## ③ 二輪車および歩行者対応したモード別検知の高度化

交通拠点整備や道路空間の賑わい、自転車道の安全性などの把握に向けて、二輪車（自動二輪車と自転車）と歩行者の計測ニーズが高まっている。本研究では、多様な交通モードに対応した移動体検知を目指す。本研究では、各交通モードの学習データを作成して転移学習を実施した。二輪車については、従前のモデルでは自転車と人を別のラベルとして扱うため、走行もしくは手押しの自転車と停車している自転車を区別できないことが交通量を計測する上で課題となる。そこで「person on bicycle」や「person by bicycle」としてラベル付けを行い、転移学習を実施した。その結果、CCTVカメラ画角内における歩道区間内の二輪車および歩行者を精度良く検知することが可能となったが、画角や画質によっては「person on bicycle」が「person」もしくは「bicycle」にラベルスイッチするケースが見られ、引き続きの転移学習を実施する。

### 車種区分（7種類）

1. 普通乗用車
2. 軽乗用車
3. 軽貨物車
4. 小型貨物車
5. 普通貨物車
6. バス
7. 特殊車両

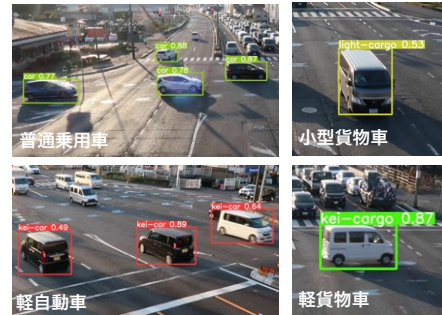
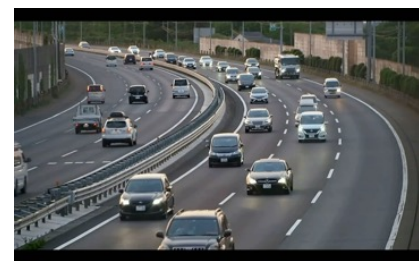


図6 車種別交通の計測結果



↓ 車両軌跡にカーネル密度推定を適用



図7 提案手法による車線特定

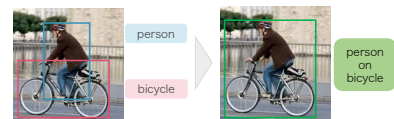


図8 二輪車と歩行者の計測結果

## (2) CCTVカメラの自己学習アルゴリズムの検討

AIモデルは学習データを転移学習することで新たなモードの検知やその精度を改善することが可能である。一方、学習データを作成するアノテーション作業は未だ手作業で多くの労力と時間を要しており、AI開発におけるボトルネックとなっている。さらに、各種条件が異なる複数のCCTV画像に対して、安定した精度を確保するオールラウンドなAIモデルを開発することは困難であり、個別の学習必要となるが、数千箇所のCCTVを個別に学習させることは現実的ではない。

そこで本研究では、各カメラが自動で精度改善を試行する自己学習アルゴリズムを開発する。なお、このようなタスクは自己学習 (self-learning) や半教師あり学習 (semi-supervised learning) と呼ばれており、本研究では「正解ラベル付き画像を自動生成」と「生成データによる転移学習」を精度が改善するまで繰り返す手法を提案した (図9)。現在、横断歩道における歩行者検知の改善に提案手法を適用しており、試算段階であるが検知率の向上を確認した。また、自動車に対しても同手法の適用を試みており、提案手法の汎用性と有効性を引き続き検証する。

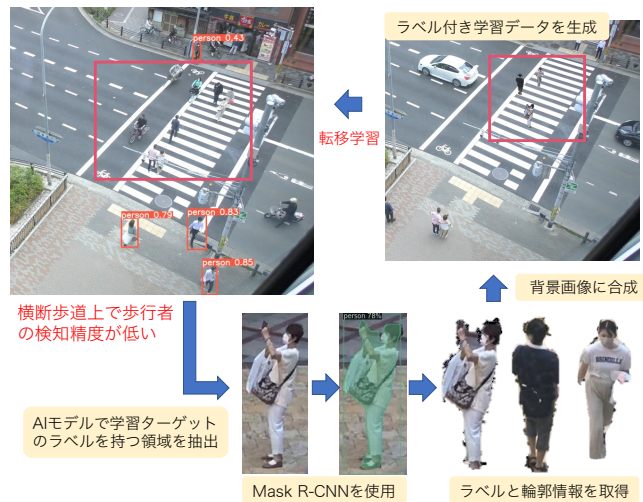


図9 横断歩道における歩行者検知の自己学習プロセス

テーマ2に関連する他の取り組みについて、以下に概要を示す。

- AI検知はYOLOを基本とした改良を進めているが、方法論の陳腐化を防ぐために最新の手法であるVision Transformer (ViT) についても適用可能性について検討を進めている。
- CCTVカメラ画像によっては樹木や信号機などの遮蔽物が映り込み車両そのものが見えないケースが存在する。これはAIモデルで対処することは困難であり、設置の見直しなど物理的な対処が必要である。このような本研究では対処不可となる事例を整理し、将来的にはCCTVカメラ新設時の設置方針として示したいと考えている。
- 実務上はAIの推論速度が課題となるため、FPGA (Field Programmable Gate Array) による高速演算装置の開発検討を進めている。併せてエッジ処理での検討も進めている。
- テーマ1にあったAI計測データの品質管理・保証は喫緊の課題であり、V&V手法の調査を開始している。また、産官学で議論する体制の構築を進めている。

### 【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】

#### (1) 複数の観測データを融合したマイクロ交通データの生成および検証

テーマ2において、CCTVカメラ画像から取得した移動体の検知結果を活用し、複数の観測データを融合した「カメラ画角内でのマイクロな車両挙動データ」を生成する手法を構築する。

##### ① 追跡アルゴリズムの改善による移動体軌跡データの高度化

先述のとおり、本論の交通計測特化型AIは移動体の主に「検知」と「追跡」の2つの手法で構成されている。ここでは「追跡」を対象に検討を行う。

追跡アルゴリズムの精度改善は、テーマ2における車線別交通量や後述する交通計測ラインの自動最適化の結果に影響する。本研究では、過年度に提案したFair MOTにドメイン知識を導入した改良モデルにくわえて、Deep SORTやByte Track等のアルゴリズムのチューニングと有効性を検証した。

その結果、Byte Trackは高い精度で走行軌跡を生成することが確認された(図10)。当該手法は、AI検知の際に車両の遮蔽等によって生じるIDスイッチ(IDが振り直される)に対して、ハンガリアン法によるIDマッチングが有効に機能したためである。内部のカルマンフィルタを合わせて改良することでより高い精度向上が期待される。また、遮蔽に対するAIの検知性能を高めることで提案する計測システムの相乗的な改善が見込まれる。

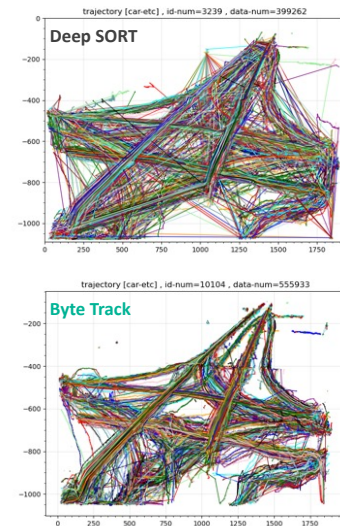


図10 追跡アルゴリズムの検証

##### ② カメラ画角の変化に対応した計測ラインの自動最適化

交通量や速度は画像内に計測ラインを設定して計測を行うが、実務では手作業で設定しており、画角が変化すると再設定が必要となる。また、計測ラインの設定位置によって交通量カウント結果が変化することが過年度の検討より明らかになっている。本研究では、画角変化にロバストな計測ラインの自動最適化手法を構築する。具体的には、テーマ2の車線判定に用いた手法を拡張しており、車線別のカーネル密度から車両軌跡の数が最大となる点を最適化問題として探索して最適な計測ラインと設定する手法である(図11)。これにより、感覚的な手作業による設定を排した計測が可能となる。また、車線毎に計測ラインが最適化するため、交通量や速度だけでなく交差点部における方向別交通量および利用率を計測することが可能となった(図12)。

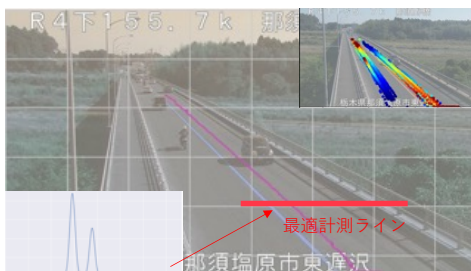


図11 計測ラインの最適化

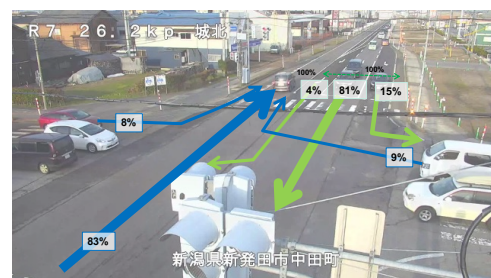


図12 方向別利用率の計測



## (2) 複数の観測データを融合したマクロ交通データの生成および検証

実務者ニーズを踏まえて、エリア全体のリンク交通量や速度、OD交通量などの「ネットワークレベルでのマクロな交通データ」を生成・補正する手法を構築する。

### ① 複数のデータを融合したリンクおよびOD交通量生成手法

過年度に提案した道路ネットワーク上における時間帯別リンクおよびOD交通量データ生成手法の改良を実施した。特に、時間帯別リンク交通量の生成では、道路交通センサスおよびETC2.0プローブを入力としてLSTMによる学習モデルを構築したが、精度と計算コストの面で課題があった。本年度は、グラフ畳み込み演算(GCN)を活用した道路ネットワーク構造の特徴量をLSTMに導入して精度改善を試みた。また、LSTMに代わりにリザーバコンピューティング手法のEcho State Network (ESN) を適用して計算コスト改善を試みた。なお、時間帯別OD交通量の生成では、ガウス過程回帰(GPR)を活用して、生成したリンク交通量からOD交通量を推定する学習モデルを構築した。現在、検証を進めているが、生成したOD交通量の精度向上を確認している(図13)。また、ESNはLSTMよりも数百倍高速で推論可能であるが、予測精度が劣ることを合わせて確認している。

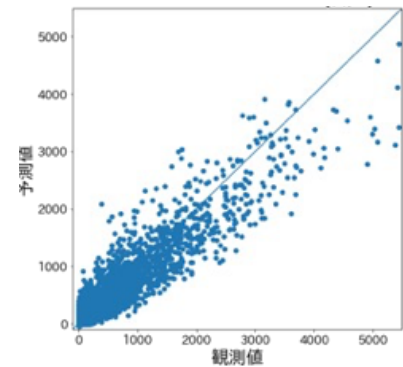


図13 生成ODデータの精度検証

### ② GANを活用したアクティビティデータ生成手法

実務者インタビューでは、多様な施策評価に対応すべく個人の属性や移動目的などのアクティビティデータに関するニーズが挙げられた。本研究では、生成モデルの一種である敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Network: GAN)を活用したデータ生成手法を提案する。具体的には、データセットに含まれる変数の分布を学習して仮想的なデータテーブルを生成する手法であり、本研究ではCTGAN(Conditional Table GAN)とTVAE(Table Variational Auto Encoder)のアルゴリズムを東京都市圏パーソントリップ調査データに適用した。連続値である滞在時間と離散値である移動目的を分析した結果、概ね観測分布と一致するデータを生成することに成功した(図14, 15)。今後は上記の①と②をデータフュージョンすることで属性情報等を付与した常時交通データの生成を目指す。

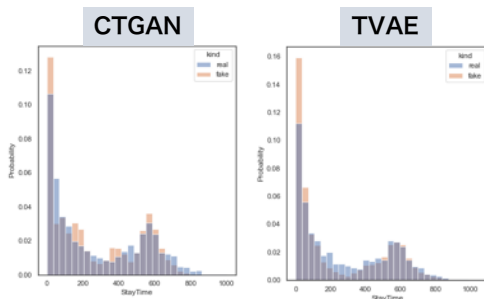


図14 滞在時間の生成結果

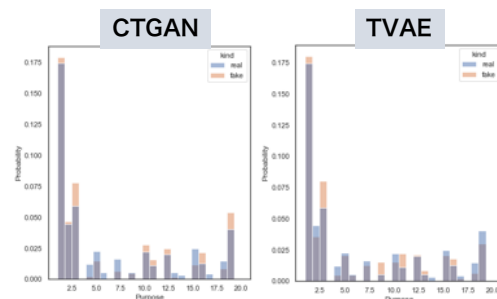


図15 移動目的の生成結果

### 【本提案手法の実務利用を想定したケーススタディ地域での適用】

本研究が提案する次世代交通計測システムの実現に向けて、これまでに各要素技術の研究開発を進めてきた。ここでは、先行してケーススタディ地域での適用を行い、本提案手法の有効性や改良点などを蓄積し、次年度に向けた知見を収集する。実務者ニーズを踏まえて「冬季における降雪時の交通量計測」と「歩行空間整備による歩行者流動計測」をテーマとして設定した。

#### ① 冬季における降雪時の交通量計測

冬季において、降雪時における車両スタックが発生しており、人命にも関わる問題となっている。道路管理者は、気象情報や路温計測データなどを活用しながら道路状態のモニタリングや凍結防止剤の散布などを実施している。CCTVカメラによる交通量および速度をリアルタイムで提供することができれば、道路管理やスタックなどの早期検知に資すると考えられる。

本研究では、関東地方整備局宇都宮国道管内をケーススタディ地域として、積雪時に対応したAI検知モデルの構築に着手している。現在、積雪時のCCTVカメラ画像の収集とAIモデルの改良、CCTVカメラ画像の常時取得・解析処理に向けた検討を行っている。

#### ② 歩行空間整備による歩行者流動計測

昨今、歩行空間に着目した施策や整備が進められている。評価指標として歩行者交通量が必要となるため、Wi-FiやBLE、携帯基地局データなどの活用が進められているが、未だマニュアルカウントによる計測が主流であり、長期間かつ詳細な歩行者流動データの取得が求められる。

本研究では、関東地方整備局東京国道管内に平成31年に整備された渋谷駅東口歩道橋をケーススタディとして、複数カメラ計測による歩行者移動軌跡の取得に着手している。現在、テーマ2およびテーマ3で開発した手法をベースに、射影変換を活用したカメラ同期と移動軌跡データ結合する手法の開発に取り組んでいる（図16）。

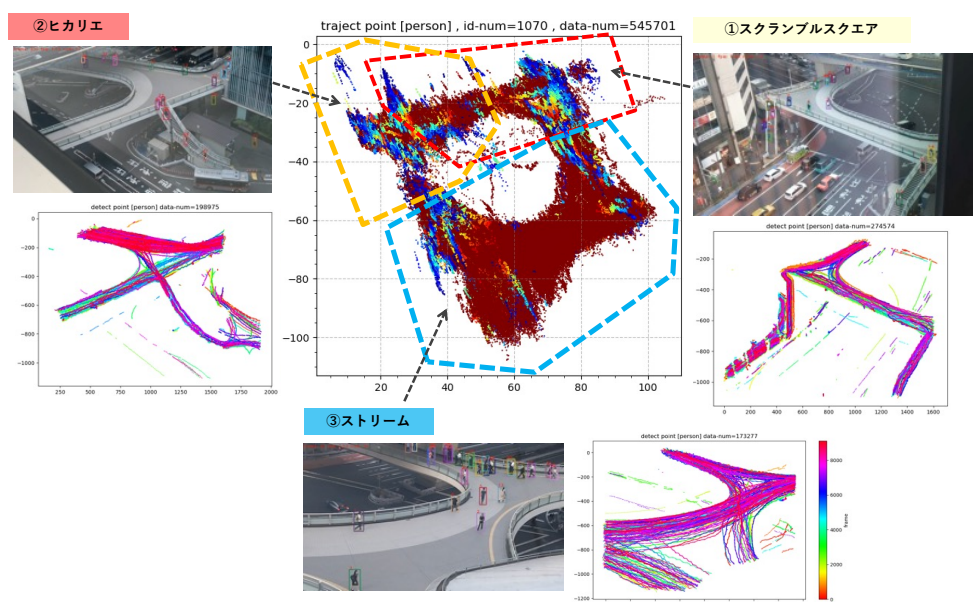


図 16 渋谷駅東口歩道橋における複数カメラを統合した歩行者軌跡の把握

## ⑦研究成果の発表状況

(本研究から得られた研究成果について、学術誌等に発表した論文及び国際会議、学会等における発表等があれば記入。)

- 1) 石嶋悠嗣, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 海野遥香: Explainable AIを活用した機械学習型交通行動モデルの解釈可能性, 第65回土木計画学発表会・講演集, 2022.
- 2) 芳賀柚希, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 海野遥香, 鈴木雄: 説明可能なAIを活用したCNN型交通計測モデルの戦略的高度化, 第66回土木計画学発表会・講演集, 2022.
- 3) 山下聖太郎, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 海野遥香, 鈴木雄: 多変量LSTMとガウス過程回帰を融合した時間帯別OD交通量生成, 第66回土木計画学発表会・講演集, 2022.
- 4) 石嶋悠嗣, 柳沼秀樹, 寺部慎太郎, 海野遥香, 鈴木雄: CTGANとTVAEを活用したアクティビティデータ生成手法の構築, 第66回土木計画学発表会・講演集, 2022.
- 5) Ishijima, Y., Yaginuma, H., Terabe, S., Uno, H., Suzuki, Y., Interpretability of machine-learning based travel behavior models using XAI, *16th International Conference on Travel Behaviour Research (IATBR)*, 2022.

## ⑧研究成果の活用方策

(本研究から得られた研究成果について、実務への適用に向けた活用方法・手段・今後の展開等を記入。また、研究期間終了後における、研究の継続性や成果活用の展開等をどのように確保するのかについて記述。)

### [実務への適用に向けた活用方法・手段・今後の展開]

- 本研究が開発する次世代交通計測システムは、**実務への適用を前提とした研究開発**を進めており、多くの実務者の意見を可能な限り反映させた技術開発とシステム設計・実装を進めている。
- 本研究の終了後、本研究で開発したシステムを**速やかに国土交通省内で活用**できるように関係各所との連絡・調整を図っている。
- 将来的には、本システムを**道路交通センサスでの活用**や**道路状況の常時モニタリング体制の構築**に展開したい。また、道路局のデータプラットフォームである**xRoadとの連携**させたい。
- 最終的には、需要予測やシミュレーション、施策評価指標（B/CやCO<sub>2</sub>排出量などの各種KPI）の算出、政策リコメンドなどの機能を組み込んだ**統合システムの構築**を目指したい。

### [研究の継続性や成果活用の展開]

- AIをはじめとする機械学習分野の研究開発のスピードは早く、本システムの陳腐化を防ぐ意味でも**柔軟かつ継続的な産官学による分野横断型の研究協力体制**を構築することが求められる。
- 本システムを速やかに実務に導入することで、**長期的かつ継続的に改良・保守を実施する体制**を構築し、その過程で研究開発を推進するスキームを確立したい。
- 新たな交通量データに関する品質管理・保証は実務的に重要な課題であり、産官学で議論する場が必要である。現在、**交通データV&V研究会**の立ち上げを進めており、継続した実務ニーズの把握と研究開発、V&Vの確立を推進したいと考えている。

## ⑨特記事項

(本研究から得られた知見、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、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度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]

- 実務者ニーズ調査では、地域の実情や実態も含めて幅広く意見を伺うことが出来た。このような意見交換の場は**研究と実務のギャップやミスマッチを解消する絶好の機会**となる。
- 実務において、データ取得までに多くの工数を要していることが分かった。実務者は**本来業務（データを用いた分析検討や施策検討）に時間を割けない状況**にあり、本研究がこの状況を打開する一助となることを目指したい。
- 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**があり、当該分野の研究促進にも寄与すると期待される。

### [研究の見通しや進捗の自己評価]

- 本年度は、**概ね計画通りに研究を遂行**しているが、検討内容が多岐にわたるため、開発手法の総合的な精度検証と実務者インタビューの実施と取りまとめに若干の遅れが生じている。
- 本研究は実務サイドからの関心度が高く、**研究成果を早期に実務展開**できるようシステム構築とケーススタディの蓄積を行いたい。

### [中間評価結果コメントへの対応]

1. **費用面も意識しながら実装を見据えた研究を実施**されたい。  
→本研究が提案する次世代交通計測システムはクラウド利用を想定した開発しており、従来のオンプレミス型と比較して初期費用と運用費用を抑えられる可能性が高いです。また、必要に応じて計算リソースを柔軟に拡張できるなどのメリットを有しています。
2. **研究成果の対外的な発表、特に、国際会議や国際ジャーナル等での発表を進めて頂く必要がある**と思われる。  
→本年度の成果を交通および情報分野の国際会議やジャーナルで積極的には発表致します。
3. **カメラ画像のAI解析については技術が確立されつつあると思うが、すでに存在しているその他の情報を融合することで、より推計の精度を上げることは望ましいものである**と思う。今回検討する複数の種類のデータを全て使うのではなくて、出来るだけ少ない労力で効果が上がる方法を示すことが出来ると良いのではないかと？  
→データの性質（CCTVなどの固定観測とGPSなどの移動観測）によっては融合することで面的な情報を新たに獲得することが可能となりますが、データ取得や計算コストがネックとなる場合があります。そのため、並行して可能な限り1つのデータから複数の情報を抽出できるように方法論の開発を行い、データ生成のオプションを増やしたいと思います。
4. **人口減少、担い手不足を踏まえると、人手観測の廃止は重要な取り組みであり、当研究による新しい交通計測手法の確立が期待される**。  
→本システムは可能な限り人が介在せずに実行できるように配慮した設計を試みています。それにより、人手観測よりも低コスト・高精度の計測を実現したいと思います。