

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
		塩見 康博（しおみやすひろ）		立命館大学	准教授
②研究 テーマ	名称	特殊車両の折進可否判定の自動化と特車フリー道路ネットワーク計画手法の研究開発			
	政策	[主テーマ] 道路ネットワーク形成と有効活用	公募	タイプIV（ソフト分野）	
	テーマ	[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
		4,964	4,942	4,764	14,670
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			
Ali-Gul Qureshi		京都大学大学院・准教授			
Jan-Dirk Schmöcker		京都大学大学院・准教授			
島田 孝司		立命館大学・客員教授			
須崎 純一		京都大学大学院・教授			
坪田 隆宏		愛媛大学・講師			
中尾 聡史		京都大学大学院・助教			
服部 宏充		立命館大学・教授			
安田 昌平		東京大学大学院・助教			
山田 忠史		京都大学大学院・教授			

⑤研究の目的・目標

本研究では国内における効率的で柔軟かつ安定した陸上輸送を実現するため、テーマ1：特車に関する道路システムのDXに向けたデータベース（DB）の構築、テーマ2：特車通行許可判定の自動化に資する技術の開発、およびテーマ3：特車フリー道路ネットワーク計画手法の開発に取り組む。

テーマ1では、特車申請に関わる道路管理者・運送事業者へのヒアリングに基づき、実務上の課題とニーズを把握する（サブテーマ1-1）。さらに道路システムのDXを視野に入れ、一般・特車DRMデータや道路情報便覧データ、特車通行許可申請データ、各種プローブデータなどを取りまとめ、テーマ2・テーマ3の基盤となるDBを構築する（サブテーマ1-2）。

テーマ2では、特車の折進可否とその条件判定、および折進軌跡描画を自動化するために必要な技術要素の構築を行う。具体的には、衛星画像や3次元点群データなどを用いて、歩道や中央分離帯、路面標示、車両などを自動識別することで図面化するアルゴリズムを構築する（サブテーマ2-1）。また、設計車両毎の折進可否と通行条件を交差点図面と併せてデータベース化し、これに深層学習手法を適用することで、交差点平面図および設計車両を入力して、方向別の折進可否と通行条件を判定する学習モデルを構築する（サブテーマ2-2）。さらに、特車の自動車工学的な挙動をモデル化した上で、各領域を車両が通行することへのペナルティを設定し、Path planningアルゴリズムを援用して交差点内の走行軌跡を推定する手法を構築する（サブテーマ2-3）。

テーマ3では、効率的に交差点・道路改良を行い、特車フリー区間をネットワークとして整備するための計画手法を開発する。そのため、まず、特車申請データやETC2.0等のプローブデータを用いることで、特車の経路選択行動を分析、モデル化する（サブテーマ3-1）。それを踏まえた上で、特車に対応した道路ネットワークの改善を図る計画手法を構築する（サブテーマ3-2）。

⑥これまでの研究経過

本研究は、機動的で効率的な陸上輸送を実現するため、特車の通行条件判定の効率化を行うための諸技術の開発、およびそれを前提とした特車フリー道路ネットワーク計画手法の構築に取り組むものである。これらは上述のテーマ1～テーマ3に分類される。以下では、まず、各テーマの関連性を述べた後、各テーマについての進捗状況を説明する。

研究課題の全体像の整理

テーマ間の関連性を図1に示す。

テーマ1-1は、各ステークホルダーにヒアリングやアンケート調査を行うことで、特車行政に関わる課題やニーズを明確化するものであり、他のテーマでの取り組みにおけるユースケースを定め、最終のアウトプット目標を規定するものである。テーマ1-2では、特車に関わってそれぞれ個別に存在する一般DRM、特車DRM、道路情報便覧DB、プローブデータなどを紐づけて管理するための独自のデータベースを構築する。このデータベースを用いて、テーマ2やテーマ3を進めることを意図している。

テーマ2は、本研究課題の核心をなすものであり、交差点における特車の折進可否とその条件判定の自動化、および道路情報便覧への登録情報生成の簡略化を行うための要素技術の開発を行う。テーマ2-1では、3次元点群データを用いて道路部分の抽出を行うアルゴリズムの構築、および空中写真を用いた交差点の各構成要素の自動判別手法の開発を同時並行で行う。これらを統合することで、道路区間に沿って収集された点群データから交差点を特定し、当該地点の空中写真や点群データのRGB情報から交差点の構成要素の判別をすることで、平面図の作成を高効率化、あるいは自動化することを最終目標とする。ここで生成される交差点平面図データは、テーマ2-2やテーマ2-3でのインプット情報として活用することを意図している。テーマ2-2では、構成要素に関

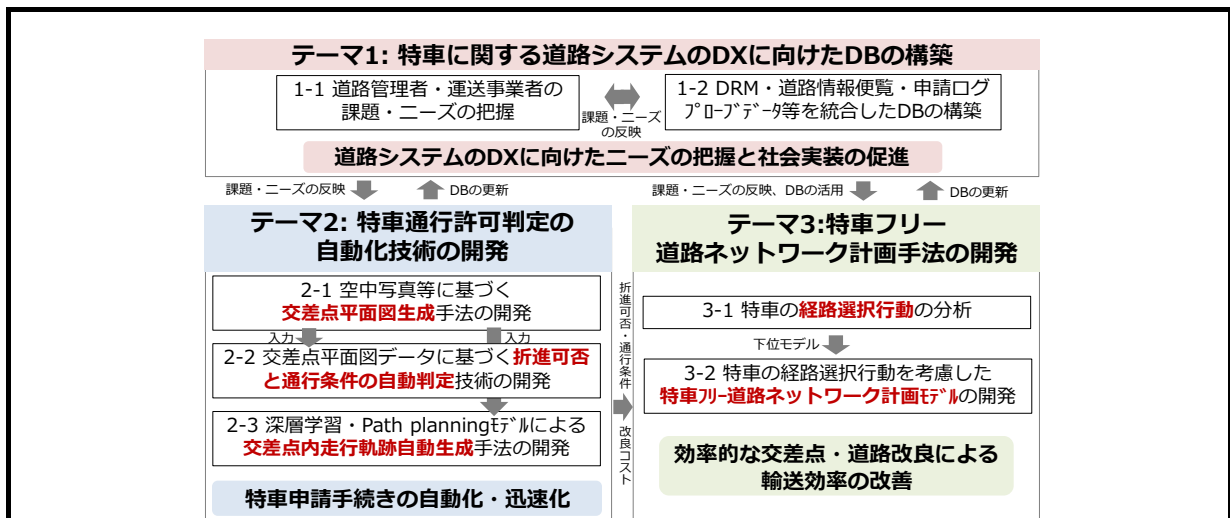


図1 テーマ間の関連性

する情報が既知である交差点の折進可否と通行条件を自動判定するモデルを構築するものであり、このモデルはテーマ1-2で構築するデータベースのうち、道路情報便覧データの更新を高効率化するために活用される。テーマ2-3は深層学習とPath planningの2つのアプローチで交差点構造と対象車両諸元を与件とした場合の折進軌跡を自動生成することに取り組むものである。この結果は、テーマ2-2と同じく道路情報便覧データの更新の効率化に活用されることを想定しているほか、テーマ3で考慮する交差点改良コストの算定にも活用することを予定している。

テーマ3は、テーマ3-1として通行可能な道路に制限を受ける特車の経路選択行動をモデル化し、その知見を明示的に組み込む形でテーマ3-2にて特車フリー道路ネットワーク計画手法を構築するものである。このテーマは、テーマ1-2で構築するデータベースを前提として行う。また、テーマ3-2で折進条件を緩和すべき交差点を特定することで、道路情報便覧の更新に役立てることが可能となる。

これらを連関したシステムとして確立することで、特車通行許可に関する新制度上でも課題となる、幹線道路へのアクセス・イグレスとなる道路区間も含めた道路情報便覧データ整備の高効率化、ひいては機動的な陸上輸送システムの確立に貢献することを目指す。

テーマ1 特車に関する道路システムのDXに向けたDBの構築

【サブテーマ1-1：道路管理者・運送事業者の課題・ニーズの把握】

特車の通行許可協議業務の効率化のためには、道路情報便覧データの拡充が必須であるが、その登録が滞っている地方自治体の道路管理者、実際に特車申請をしている運送事業者、およびその委託を受けた行政書士にヒアリングを実施した。

① 地方自治体の道路管理者へのアンケート調査、およびヒアリング状況

近畿管内215市町村を対象に、2021年9月1日～9月28日にかけて電話依頼、郵送・メール・FAX回答とするアンケート調査を実施した。アンケートでは、自治体基礎情報・特車通行許可協議に関する状況・道路管理の状況について設問した。各府県ともほぼ半数の自治体から回答があり、合計で108のサンプルを得た。その結果、図2に示す通り、各市町村での管理路線数に占める道路情報便覧登録路線数は平成30年度に代行収録がなされた結果、増加しているものの、平均で2%にも満たないことが分かった。また、近年の特車申請許可件数の増加傾向を受け、多くの自治体では協議件数が増加しており(図3)、限られた人員での日々の協議業務の中で道路情報便覧登録業務に時間が割けないこと、また、代行収録により便覧登録路線数が増加したものの協議件数が減らない現状があり、登録業務が協議業務の軽減につながる実感が得られにくい

という実情が明らかとなった。アンケート対象の215自治体中、政令指定都市の4市では他の市町村の状況とは、事業者からの申請件数においても、国道事務所などからの協議件数においても大幅に多く、業務形態が異なることが明らかになった。

そこで、府県と政令市に関しては、対面でのヒアリング調査を実施した。これにより、2021年5月13日にA運送事業者が大阪市福島区鷺島のJR神戸線の高架下でおこした事故が端緒となり、コンプライアンス強化策の煽りを受ける形で同年6月以降に申請件数が顕著に増加し、業務を圧迫している実態が判明した。また、いずれの地方自治体においても、審査プロセスにおける折進判定には国土交通省版の特殊車両通行許可に関する電子データ収集支援ツールを用いるか、トレースペーパーと道路台帳を用いて手作業で行っており、審査の効率化においては新たなツールが強く求められていることを確認した。

② 運送事業者およびその委託を受けた行政書士へのヒアリング

8月以降新型コロナの蔓延が全国的に広まった影響を受け、予定していた運送事業者へのヒアリング調査の実施を延期したため、当初予定より遅れている状況である。11月以降になり、実際の物流事業者へのヒアリングを開始しており、研究期間内での情報収集に努める予定である。また、運送事業者の代行を行う行政書士が実質的に特車の運行経路を指定している実態も明らかとなったことから、今後、行政書士へのヒアリング調査も実施する予定である。

③ まとめと今後の取り組み

上述の調査を通して、

- ・ 道路情報便覧に登録されている交差点であっても折進条件が個別審査となっている箇所が多く、自動審査の障害となっていること
- ・ 便覧未収録の交差点が膨大にあり、その新規登録が地方自治体の負担となっており、便覧登録に必要な情報を簡易に整理するツールに加えて、効率的に登録路線を選定するための方法論が必要であること
- ・ 自治体間で協議業務負担に大きな差があり、その偏頗性を可視化し、負担の平準化を行うための方法論に検討の余地があること

などが判明してきた。また、2022年4月からは通行許可に関する新制度が開始されることから、次年度以降も継続してヒアリング調査を行い、通行許可審査の自動化を阻む要素の洗い出し・体系化を行う予定である。

【サブテーマ1-2：DRM・道路情報便覧・申請ログ・プローブデータなどを統合したDBの構築】

今年度は、特車申請や経路情報に関するデータを一元的に管理するデータベースの仕様を検討するため、関連する各データの特性、および対応関係について整理した。

特車申請許可データや道路情報便覧データは特車DRMデータに紐付けられ管理されている。道路情報便覧データには交差点折進可否などの情報が含まれており、これらの情報と特車申請許可情報を同一のネットワークデータ上で比較することは可能である。一方で、現実に観測された特車の走行軌跡である特車プローブデータは位置座標の時系列情報として得られるため、何らかのネットワークデータに紐付ける処理を必要とする。また、センサスデータや商用車プ

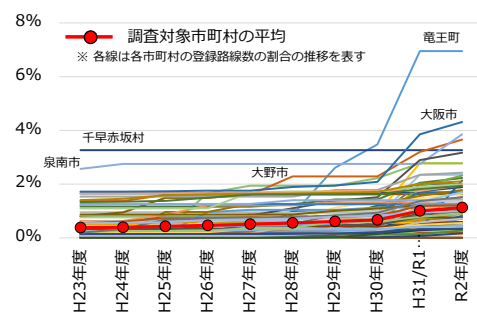


図2 管理路線に占める情報便覧登録路線の割合の推移

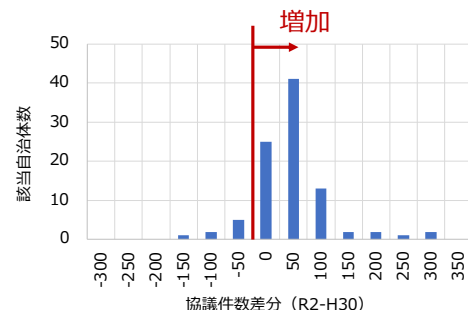


図3 R2年度と平成30年度の協議件数の差

ロープデータ（以下、商プロデータと呼ぶ）は一般DRMデータに紐付けて管理されることが多いが、図4に示す通り、一般DRMと特車DRMは必ずしも対応しておらず、データに紐付けられた情報と横断的な比較をすることは容易ではない。

これらのデータを一元的に管理し、横断的な比較を可能とするため、一般DRMに紐づけられた状態で管理されたデータベースの仕様を検討した。具体的にはAmazon Web Services（以下、AWSと呼ぶ）クラウドサービスを活用し、webサーバー上に関連データのサンプルデータを用いたデータベースの仕様を図5の通りに検討した。このデータベース上では、本研究で利用する関連データを一般DRMに紐付けて整理する。これにより、各種データを必要に応じて抽出し、特車の経路選択行動や申請経路と利用経路の比較等の分析、当該データに対するディープラーニングなどの学習モデルの適用が可能となる。

今年度中には、小規模なデータを用いてデータベースの試作を行い、次年度にはデータを追加してデータベースを構築、運用を開始できるよう取り組みを進める予定である。



(a) 一般 DRM のネットワーク



(b) 特車 DRM のネットワーク

図4 同一箇所における一般 DRM と特車 DRM の比較

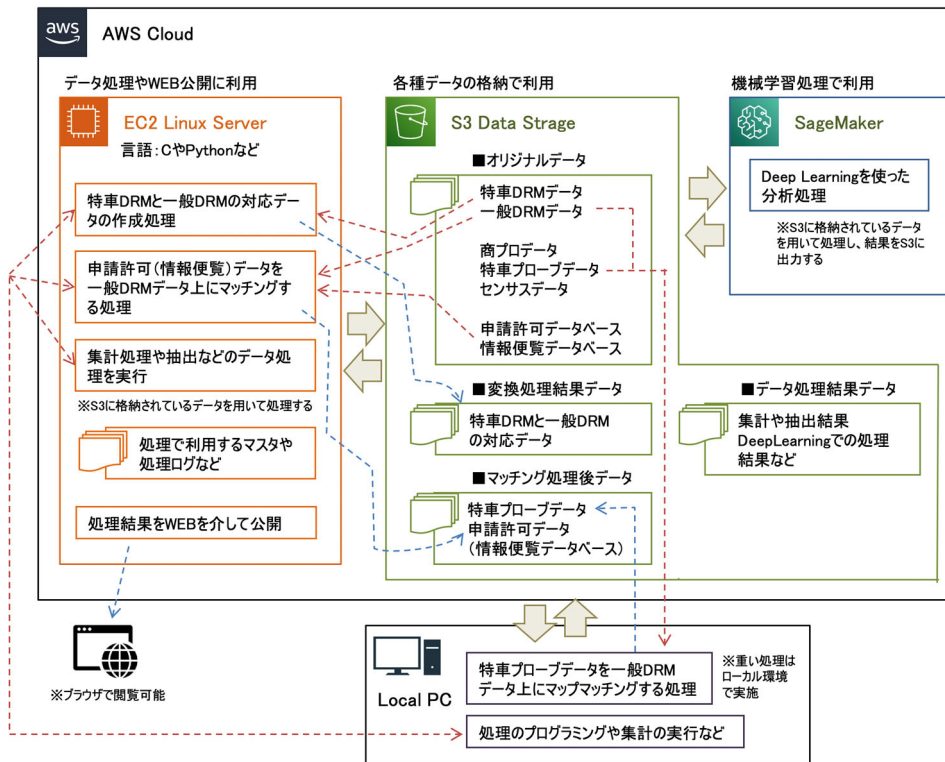


図5 AWSクラウドサービス上のデータベースディレクトリ構成案

テーマ2 特車通行許可判定の自動化技術の開発

【サブテーマ2-1：空中写真等に基づく交差点平面図生成手法の開発】

交差点における特車の折進の可否を判定するためには、交差点の隅角部構造や路面標示などが明記された、道路基盤地図情報に類する図面データが必要となるが、地方道では必ずしも整備が進んでいない実態がある。そこで、本研究では三次元点群データと空中写真の2つの異なるデータに基づき、道路空間・交差点構造を抽出するための手法を開発している。なお、今年度・次年度では、それぞれ独立した開発を行うが、それぞれの完成度が高まった最終年度を目標に、両者を統合して交差点平面図を生成する手法を検討する。

① 三次元点群データを用いた道路の抽出

国総研から入手した四国の三次元高度地図データ（MMSデータ）を用いて、特車の折進可否の判断に利用可能な道路属性データを自動抽出する手法の開発を検討した。具体的には、道路の幅員や道路の境界線、歩道橋や標識等の上空の障害物を対象とした。

図6に示すフローチャートに従って、道路面の抽出、道路周辺の地物の抽出、道路境界線の抽出、道路上空の障害物の抽出を順次実施した。図7には、徳島県鳴門市鳴門港周辺における道路境界線を抽出した結果を、図8には道路上空の障害物を抽出した結果を示している。道路境界線に関しては、道路面と同じ高さで商店等の駐車場が存在したり、また境界線自体が明瞭でない状況も存在したりする。その観点では、道路境界線の自動抽出はMMSデータからの自動抽出に於いて困難な作業の一つといえる。その中で、図7の結果は、道路面を抽出した後に道路中心線に沿って小区間に分割し、境界線候補を推定した上で、より大きな区間で境界線候補を統合しながら推定されたものである。図7の結果はまだ不完全とはいえ、今後に発展する可能性を示唆しているといえる。

なお、国交省の過年度業務でMMSを用いた幅員推定や障害物検知の取り組みがなされており、今後、これらの既往技術を参照しながら精度向上を図るとともに、当該の取り組みでは対象外であった地方道や交差点部への適用を進めていく予定である。

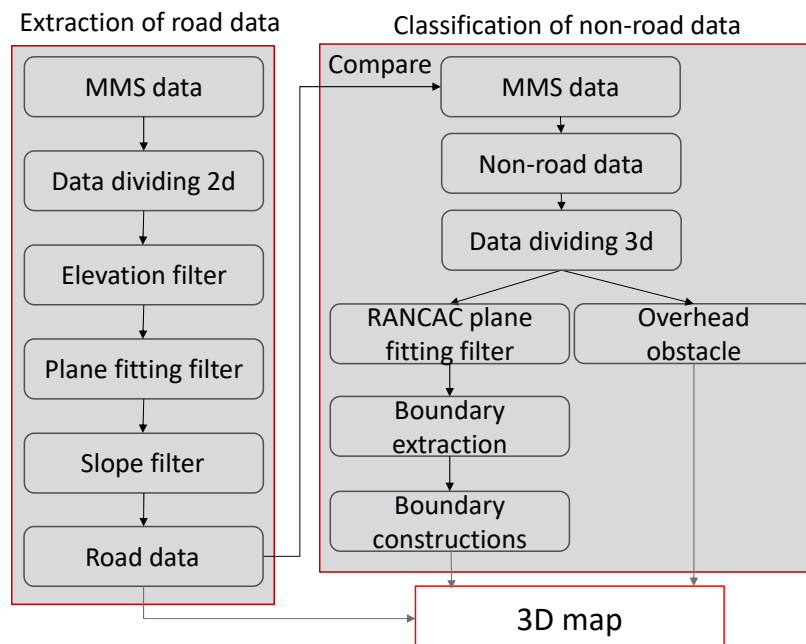


図6 三次元高度地図データ（MMSデータ）からの道路属性自動抽出フローチャート

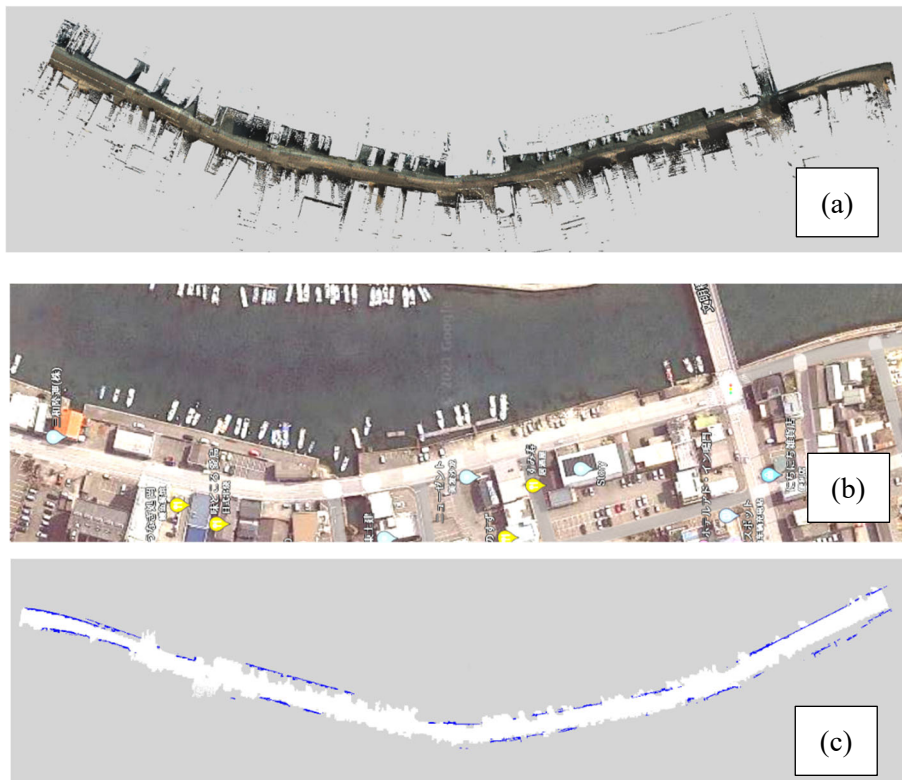


図7 鳴門港周辺でのMMSデータ(a), 航空写真(b), 抽出した道路境界線(青線)(c)

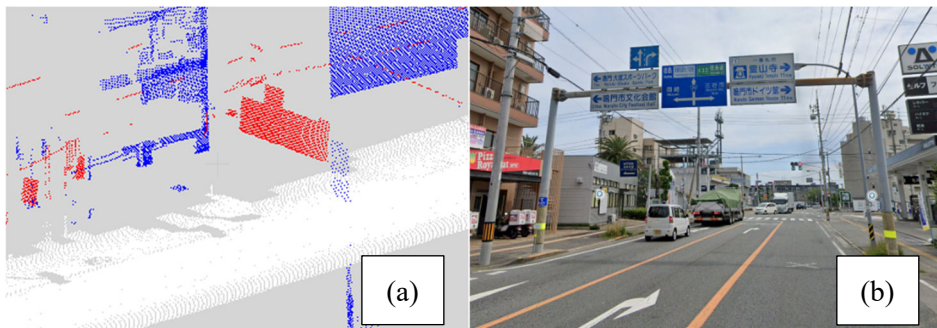


図8 MMSデータから抽出した道路上空の障害物(赤点)(a), 現地の様子(b)

② 空中写真を用いた交差点構成要素の自動抽出

国際興業(株)の提供するPAREA超高解像度航空写真(地上解像度5cm)を用い、セマンティックセグメンテーションにより交差点の構成要素を自動抽出する手法を開発した。ここで識別する構成要素は、サブテーマ2-2(折進可否と通行条件の自動判別)、およびサブテーマ2-3(交差点における折進軌跡の自動描画)の入力として用いることを考慮し、背景・車道・歩道・区画線・中央分離帯・横断歩道・停止線・ゼブラゾーン・自動車・その他白線・その他オクルージョン部分をクラスとして設定した。

大阪府内を対象に、交差点の規模が大きいものから小さいものまでを可能な限り網羅できるように配慮しながら500地点を選定し、そのうち400地点を学習用、50地点をバリデーション用、50地点を検証用に用いた。学習データ数が必ずしも多くないため、それを補うため、車載画像から物体検知を行う公開学習モデルであるImagenet学習モデルをベースに学習を進めた。また

SkyScapesnetによりデータを複製することで8,820枚を学習データとして用いた。

ハイパーパラメータを調整したのち、HRnetとOCRnetを組み合わせた学習モデルを適用し、損失関数をLovasz Loss、OptimizerをAdamW、学習率を0.001として学習を行った。検証データに対するクラスごとのIoU (Intersection over Union、クラス付けされたピクセルと正解クラスのピクセルの重複率) を表1に、クラス付けをした結果の画像の例を図9に示す。これより、概ね道路部分や白線、画像内の車両が高精度に識別されていることが分かる。一方で、図9(c)に示すように特殊な形状の交差点では識別精度が低いことが明らかとなった。

以上の結果より、セマンティックセグメンテーションの手法を用いることで、空中写真から交差点の構成要素を識別可能であることが示された。今後は、この方向性で検討を深め、学習モデル改良・ハイパーパラメータの調整を行うとともに、クラス数の設定による精度の影響の検証などを行う。また、次年度以降では学習に用いるデータ数を増やすなどして精度の向上を図る。最終年度には、3次元点群データのRGBデータを用いたセグメンテーションの可能性を検討するほか、サブテーマ2-2、2-3で用いる入力データの自動生成に取り組む予定である。

表1 検証データのIoU

クラス	IoU
0.背景	0.8056
1.車道	0.9465
2.歩道	0.7633
3.区画線	0.8554
4.中央分離帯	0.6207
5.横断歩道	0.9247
6.停止線	0.8989
7.ゼブラゾーン	0.4951
8.自動車	0.9311
9.その他白線	0.7617
10. オクルージョン部分(街路樹、電柱等)	0.5816

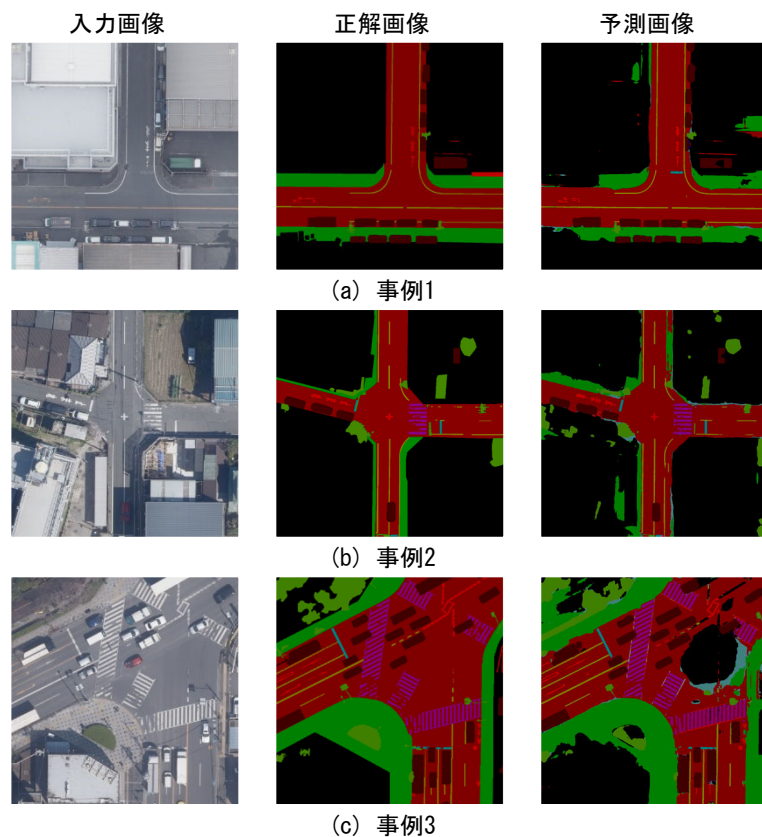


図9 クラス分類結果の例

【サブテーマ2-2：交差点平面図データに基づく折進可否と通行条件の自動判定技術の開発】

交差点における特車の右左折時における折進可否の自動判定手法の構築を目指し、1) 交差点構造と設計車両分類ごとの折進条件を対応付けたデータセットの整理と、2) 同データセットを用いた折進条件判定アルゴリズムの構築に向けた検討を行った。

道路情報便覧における折進可否は、当該交差点において特車が折進する際に対向車線を侵さなければ折進できないのか、侵さなくても折進できるのか否かに応じて定義されている。具体的には、交差点での車両の進行方向毎に、車両分類0の車両の折進可否を示す“分類値1”と、車両分類1,2,3に対する“分類値2”が存在する。道路情報便覧に記載されている分類値1と分類値2の情報に基づき、車両分類毎の折進可否判定を表2のように整理した。

表2 分類値と折進判定可否の関係

分類値組み合わせ		車両分類ごとの折進可否判定			
分類値1	分類値2	0	I	II	III
01	02	B	B	B	B
11	02	C	B	B	B
11	12	C	C	B	B
91	12	×	C	B	B
91	02	×	B	B	B
91	13	×	×	C	B
91	14	×	×	×	C
91	94	×	×	×	×

区分記号	×	C	B
内容	対向車線を侵しても折進できない	対向車線を侵して折進できる	対向車線を侵さず折進できる

次に、特車の折進条件に影響を与えると考えられる交差点構造の特徴量を整理した。特車の折進条件判定に関する調査要領を参考に抽出した交差点構造諸元は、交差点面積、停止線間距離、流入/流出道路幅員、中央分離帯/歩道部の侵入可否、折進角度等であり、いずれも航空写真やGoogleストリートビューから判読した。愛媛県松山市と香川県高松市の116交差点を対象に、車両分類毎に739方向の折進条件と交差点構造を対応付けたデータセットを作成した。

現段階では、折進可否の自動判定モデルの検討のため、構築したデータセットの基礎集計を行っている。図10は車両分類0についての交差点面積と折進条件の関係を示しているが、交差点面積が大きくなるに従って、折進条件×の割合が減少し、Bの割合が増加していることが読み取れる。図2に示す折進角度や、その他の交差点構造についても同様に、交差点構造の特徴量と折進条件の関係を示す集計結果が得られた。今後、整備したデータセットに対して、決定木やサポートベクトルマシン、ニューラルネットワーク等の手法を適用し、折進可否自動判定モデルに適したアルゴリズムの検討を行う予定である。

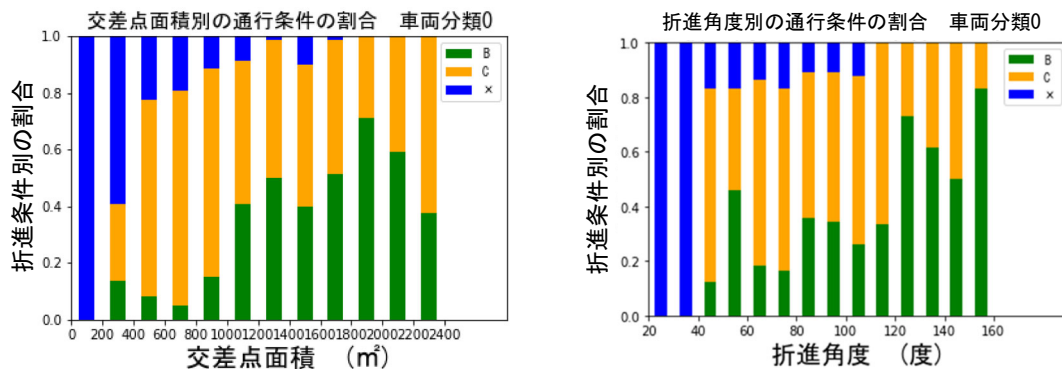


図10 交差点構造の特徴量と折進可否条件の基礎集計結果

【サブテーマ2-3：深層学習・Path planning¹⁾による交差点内走行軌跡自動生成手法の開発】

交差点における特車の折進軌跡を自動生成するにあたっては、2つのアプローチを採用した。具体的には、一方は、交差点での空撮画像から実際の特車の走行軌跡データを抽出し、その挙動をAIによって学習させる方法であり、他方は、ロボットが障害物を検知しながら所定の目的地まで移動する経路を推定するために用いられる、2次元空間におけるPath planningアプローチとした。

① 特車の折進挙動に空撮に基づく軌跡推定

特車の交差点内における走行軌跡を計算するために、まず実際の環境における走行の実態を把握、分析したい。本研究では、特車の交差点内走行軌跡のデジタルデータ化を低負荷で実現する方法の開発を試みる。具体的に本年度は、ドローンを使い上空から撮影した動画を分析し、車両の位置を逐次検出・予測しながら、各車両の経時的な座標の変化を記録することで追跡し、走行軌跡をデジタルデータ化する手法について、その基礎技術の確立を試みた。



図11 走行軌跡抽出用動画スナップショット

提案手法の基本的な手続きは、1) 深層学習に基づいたオブジェクト検出アルゴリズムYOLO (You Look Only Once) に基づく (車両と思われる) オブジェクトの検出、2) オブジェクトマッチングに基づく新規検出、または既検出オブジェクトの判別、3) 画面内のオブジェクトに対する挙動予測処理、の3ステップから成る。

図11にスナップショットを示した動画に対して提案手法を適用し検証を行った。まず、動画中で走行する車両の検出精度は88%となった。また、乗用車だけでなく、大型の車両も検出することを確認できたため、本開発手法を特車に適用できる可能性を確認できた。

車両の追跡処理では、以前のフレームで検出したオブジェクトと、現フレームで取得したオブジェクトのマッチング処理を行い、新たな車両の軌跡として記録するか、または既に軌跡を記録してきた車両の新たなデータとして追加するかを判定する。本年度は、マッチングの方法として、誤検出を抑える工夫を施した貪欲法に基づく手法を適用する事とした。その結果、94%程度の追跡の精度を得ることができた。

走行軌跡を記録するオブジェクトの挙動予測処理は、時折失敗することが避けがたいオブジェクト (車両) 検出を予測情報で補間することが目的である。今年度は、車両が存在する可能性が高い領域を、二次関数近似と組み合わせたパーティクルフィルタによって予測する事とした。動画処理の過程において、あるフレームでYOLOによる検出が失敗した場合の車両の位置として本手法による予測位置を用いて補い、軌跡データの記録を継続することで追跡精度の向上を図った。精度に関する検証は今後厳密に行う必要があるが素朴な評価により97%程度の精度が得られた (図12参照)。

今後は、提案手法の性能をより厳密に評価すると共に、他の動画を対象とした場合の有効性についても評価を進めたい。そのために処理対象となる動画の収集・蓄積が必要である。



図12 パーティクルフィルタによる予測と連動した車両の追跡例

② Path planningアプローチによる特車の折進軌跡推定

当初は深層強化学習による移動経路推定手法を援用することを想定していたが、交差点での折進は必ずしも不確実性が存在するものではなく、静的な条件のもとで決まることから、確定的な環境での経路推定手法としてPath planningアプローチを採用することとした。当該アプローチは、2次元空間内でのロボットの移動軌跡の決定に用いられる他、自動運転車両の駐車場内の駐車時の移動経路推定にも適用されている。また、自動車工学的な特性を考慮し、トレーラー・トラクターの力学的挙動を考慮したモデルも提案されている。その一方で、交差点を対象とした事例はないほか、交差点内での折進挙動のように条件付きで進行するなど、必ずしも通行可/不可の2値で定義される平面上での経路探索ではない（侵入するのは望ましくないが、通行のためにはやむを得ない空間）点で新規性のある取り組みとなることを確認している。

基本的なモデルとしては、Extended Hybrid A* Algorithm (Li et al, 2020)を拡張し、2次元フィールド内に侵入ペナルティ領域を設定し、その中で起点から終点までの最短経路探索を行うモデルとする。解くべき問題は以下の通りに定式化される。

$$\min C = \sum_{ij \in A} w_{ij} x_{ij} + \sum_{ij \in A} c_{ij}(B) x_{ij}$$

s.t. *Kinematic constraints*
Two-point boundary conditions

ここで、 w_{ij} はリンク ij 間の移動距離、 c_{ij} は車両諸元 B が与えられたときにリンク ij を通行する際に交差点内の空間要素から受けるペナルティを表す。これを、自動車工学的に決定される車両挙動のキネティクスに関わる制約、および起点終点に関する制約のもとで最小化する形となる。

現時点では、交差点内での侵入コストマップを任意に設定した上で、車両挙動のキネティクスは考慮をしない、通常のグリッドネットワークにおけるA* Algorithmに車両筐体による空間侵入ペナルティを考慮した経路探索モデルを実装している。具体的な事例として、単純化した交差点上を左折する際の走行軌跡の探索結果を図13に示す。なお、交差点に色付けられた各部分は侵入の可否、あるいはその望ましさに応じたペナルティが与えられている。車両挙動のキネティクスを考慮せず、縦・横・斜めのグリッドネットワークを仮定しているため、離散的な動きとなっているが、車両サイズが大きい場合には回り込んで左折する状況など、概ね想定される移動軌跡が推定されていると考えられる。

今後は、以下の順に研究を進めていく予定である。

1. 単車を想定した車両挙動キネティクスの考慮
2. セミトレーラーなど連結部のある車両のキネティクスの考慮
3. 前述①により収集した実観測走行軌跡に基づく交差点内のペナルティマップの推定
4. 車両に対する折進を保証するための交差点内ペナルティマップの更新手法の開発

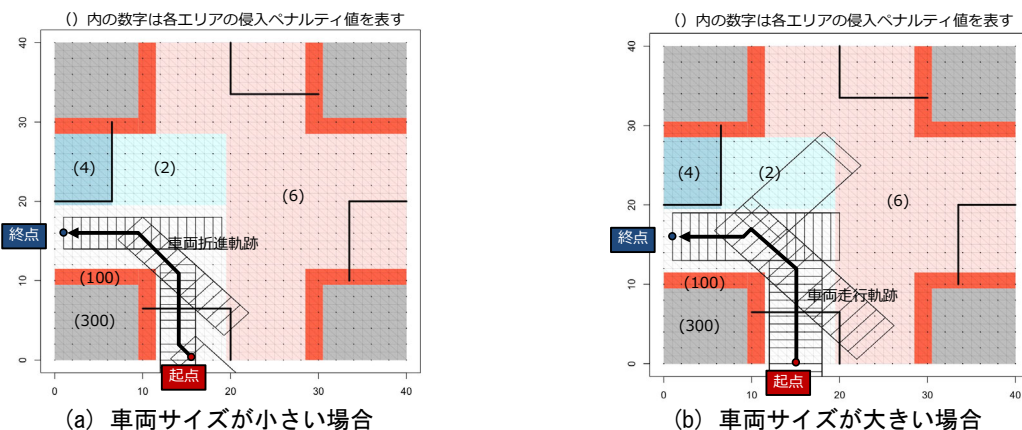


図13 車両筐体を考慮したA*アルゴリズムによる左折時折進軌跡の例

テーマ3 特車フリー道路ネットワーク計画手法の開発

特車の経路選択特性の基礎的な分析を実施するため、ETC車両区分における特大車と大型車の商用車プローブデータを取得した。対象期間は2020年9月1日から2020年11月30日までの3か月、対象エリアは図14に示す二次メッシュ10区画分である。ユニークな車両台数については、特大車、大型車のそれぞれ3,690台、17,710台が抽出された。図15は、特大車に該当する車両の選択経路（複数）と、同様の起終点から算出した最短経路を示したものである。これらの図から確認できるように、特大車は最短経路を選択せずに、迂回するような経路を選択している。

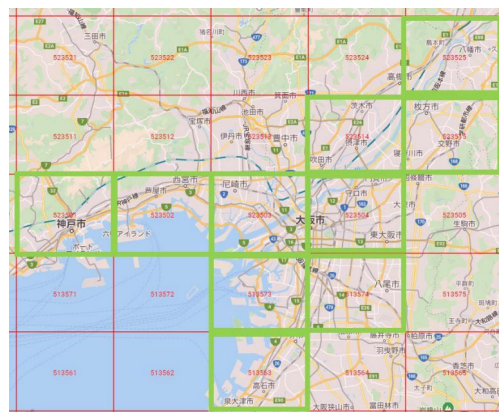


図14 商用車プローブデータの対象エリア

こうした経路選択行動についての基礎的な検討を行うため、まずはロジットモデルを用いた分析を予定している。

なお、経路選択肢集合については、特車が通行可能なリンク以外も含めた最短経路などを含めることを検討している。説明変数には、DRMデータベースから得られる幅員や車線数などの情報のみならず、テーマ1のデータベースから得られる重要物流道路や特車許可不要区間などのリンク情報や、テーマ2の折進可否・通行条件の情報を、準備が整い次第、加えていくことを検討している。

また、上記の進捗に応じて、経路選択モデルを考慮した道路ネットワーク計画モデルの基礎的な検討を行う予定である。



(a) 事例1



(b) 事例2

図15 特大車の選択経路と最短経路

⑦特記事項

- ・ **研究成果のインパクト**
 - 特車行政に関わる自治体や事業者へのヒアリングを通して、本研究課題について強い関心が寄せられていることが分かった。本研究を通して得られた知見や開発した技術について、定期的にも実務の方にフィードバックしながら研究を進めていく予定である。
- ・ **進捗状況の自己評価**
 - **テーマ1-1**: 今年度は地方自治体と運送事業者へのヒアリングを実施する予定であったが、コロナ禍のため運送事業者へのヒアリングの許可を得られないケースが多かった。また、地方自治体へのヒアリングを進める中で、都道府県・政令市とその他の市町村では役割が異なり、それぞれに分けて課題を整理する必要があることが分かった。概ね予定通りに進められていると評価しているが、次年度には、今年度の取り組みの中で明らかとなった課題や積み残している点に注意して進める必要がある。
 - **テーマ1-2**: 本研究テーマに関わるデータとその諸元を把握し、それらの関連性を明確化し、AWSによるデータベースのアーキテクチャを示すことができたため、順調に進捗していると評価できる。
 - **テーマ2-1**: 3次元点群データを用いた道路の抽出、および空中写真を用いた交差点構成要素の識別ともに、アルゴリズムの改善の余地はあるものの、取り組むべき方向性を明確化でき一定の成果を得たため、十分に今年度の目標を達成できている。
 - **テーマ2-2**: 折進可否と通行条件の自動判別について、影響を及ぼす交差点構造要因を見出すことができています。また、一定程度、データ収集も進められており、今年度中に判別アルゴリズムのプロトタイプを示すことができる見込みであるため、順調に進捗していると評価できる。
 - **テーマ2-3**: 検討を進める中で、実観測データに基づいて折進軌跡を学習する手法とモデルベースで交差点内の移動軌跡の探索をする手法の2つのアプローチが適切であると判断した。前者については、軌跡データの自動収集ツールがほぼ完成できており、来年度から具体的なデータ収集とその利用が可能となる見込みである。後者については、コスト付きの2次元空間内でのPath planningアルゴリズムを援用した手法の見通しが明確化できたため、当初の目標を達成できていると判断する。
 - **テーマ3-1**: ETC2.0特定プローブデータ、および商用プローブデータともに、データの取得に当初予定以上の時間を要した。今後の分析方針は明確であるため、データの整理ができ次第、分析に取り掛かる予定である。
 - **テーマ3-2**: 本テーマはテーマ3-1で示されるアウトプットをベースに構築するものであるため、今後、テーマ3-1の進捗に応じて、今年度中にはネットワーク計画モデルの基礎的な検討を行う予定である。