

道路政策の質の向上に資する技術研究開発 【研究終了報告書】

氏 名（ふりがな）		所 属		役 職	
①研究代表者		塩見 康博 (しおみ やすひろ)		立命館大学 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 テーマ	[主テーマ] 新たな行政システムの創造	分科会／ 公募タイプ	タイプIV (ソフト分野)	
		[副テーマ] 道路ネットワーク形成と有効活用			
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
※端数切り捨て。実際の研究期間に応じて記入欄を合わせること		4,875	4,939	4,313	14,127
④研究者氏名（研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。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（※令和6年3月31日現在）			
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・准教授			
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

・提案書に記載した研究の目的を簡潔に記入下さい。

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。以下，各テーマの具体的な内容を述べる。

【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】

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，実務上のニーズを把握する（1-1）。さらに道路システムのDXを視野に入れ，交差点図面や走行軌跡，経路といった特車申請に関わるデータや，各種プローブデータなどを取りまとめ，特車行政の効率化に資するDBを構築する（1-2）。

【テーマ2：特車通行許可判定の自動化技術の開発】

本テーマでは，折進可否とその条件判定を自動化するために必要な技術要素として以下のサブテーマを設ける。

2-1：衛星画像等を用いた交差点平面図生成手法の開発

折進可否を判定するためには交差点平面図データの取得が必要不可欠であるが，ファースト・ラストマイルに使われる一般都道府県道・市町村道の交差点では，必ずしも交差点図面の電子データが存在するとは限らない。そこで，衛星画像などを用いて，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。

2-2：交差点平面図データを用いた折進可否と通行条件の自動判定手法の開発

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。

2-3：深層強化学習等を用いた交差点内走行軌跡生成手法の開発

交差点内は構造的に車両が通行できない領域と，例えば対向車線など望ましくはないものの通行可能な領域，そして適切に通行できる領域に分類できる。自動車工学に基づいて特車の挙動をモデル化した上で交差点内の通行可能領域における折進軌跡を推定し，条件判定を行う手法を開発する。

【テーマ3：特車物流を考慮した特車フリー道路ネットワーク計画手法の開発】

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。具体的には以下の課題に取り組む。

3-1：特車申請データと特車フリーETC2.0データ等を用いた経路選択行動の分析

特車申請データからは，ODごとに経路の選択肢集合を把握することができ，また，ETC2.0等のプローブデータを用いることで，実際の経路選択結果を得ることができる。両データを統合的に分析することで，迂回を強いられるなど道路ネットワークにおける経路選択上のボトルネックを特定するとともに，特車の経路選択行動を分析，モデル化する。

3-2：特車の経路選択行動を考慮した特車フリー道路ネットワーク計画モデル

道路区間・交差点改良により通行可能な経路を拡大することで，交通状況や道路状況に応じて柔軟な経路選択が可能となり，輸送効率の大幅な改善に寄与することが考えられる。そこで，サブテーマ3-1で構築した経路選択行動を踏まえ，費用便益の観点から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。

⑥これまでの研究経過、目標の達成状況

- ・研究の進捗や、研究の目的に沿って研究期間内に目指した目標の達成状況、各研究者の役割・責任分担、本研究への貢献等（外注を実施している場合は、その役割等も含めて）について、必要に応じて組織図や図表等を用いながら、具体的かつ明確に記入下さい。）
- ・研究期間内に目指した目標、実施方法等に当初の提案書から変更があれば、その理由を含めて記入下さい。
- ・研究目的と役割分担

本研究は、特殊車両（特車）に関わる諸課題の改善・解決に向け、社会的認知（Cognitive fix）、データ利活用に関わる構造（Structural fix）、折進条件判定技術（Technological fix）、道路計画（Political fix）の4つの観点から取り組んだものである。具体的な諸テーマと役割分担を図1に示す。

テーマ1-1はCognitive fixに相当する。ここでは、特殊車両の運行に関わる諸ステークホルダーへのヒアリングを通して、その課題意識の構造化を図るとともに、本研究で開発する諸技術へのニーズをくみ取り、ユースケースの明確化を行った。テーマ1-2は、Structural fixに相当するものであり、通行許可の取得から特車の運行に至るまでに生成される諸データを構造化、データベース化を行った。また、行政担当者へのヒアリングを通して、データベースのユースケースを明確化し、それに適した可視化手法の開発を行った。なお、1-2のデータベースの運用を外注した。

テーマ2はTechnological fixに相当する。2-1では、比較的容易に入手可能な交差点の空中写真から交差点構成要素を抽出する方法を開発し、それを入力として折進条件を判定するマクロ・ミクロの2つの異なるモジュールの開発（2-2）を行った。なお、提案書の時点ではマクロ判定を2-2、ミクロ判定を2-3と設定していたが、両者の結果を比較することが有効であることから、図1内ではミクロ判定とマクロ判定はテーマを統合して表記している。2-3では、車両の折進軌跡の評価に向けた車両の筐体を識別する折進軌跡データの自動収集ツールの開発を行った。なお、2-1で教師データを生成するにあたり、外注を行った。

テーマ3はPolitical fixに相当するものであり、特車運行の効率化・生産性向上に資する道路政策を提案するものである。3-1では、特殊車両を含む大型車のプローブデータをを用い、複数の手法による経路選択モデルを構築した。3-2では、3-1で構築した経路選択モデルを内包する道路ネットワーク整備計画問題を構築、求解アルゴリズムを開発し、具体的に拡張すべきリンク・ノードの特定を行った。3-1におけるプローブデータのマップマッチング、3-2でのネットワークデータの整理において、外注を行った。

研究を進めるにあたっては、テーマごとに分科会を組織して研究を進めるとともに、年に数回の全体会合を実施した。



図1 研究テーマの概要と役割分担

・ 研究目的の達成状況

研究開始時の研究計画を表 1に示す。以下、各テーマへの達成状況を自己評価する。

テーマ1-1は、市町村・都道府県のほか、行政書士や事業者を含めてヒアリングを実施することで、特車に関わる課題を明確化するとともに、本研究開発のニーズやユースケース想定フィードバックを得たため、目標を達成できたと考えている。

テーマ1-2は、実際にデータベースを運用し、大阪府・兵庫県を対象とした可視化システムを開発し、行政担当者に使ってもらった。そのフィードバックも反映し改善を行えたことから、目標を達成できたと考えている。

テーマ2-1については、衛星画像と3次元点群データを活用するモデルを開発し、その精度向上やgoogle mapなどの汎用性の高いデータへの適用可能性を見出すことができたため、目標を達成できたと考えている。

テーマ2-2は上述の通り、テーマ2-3と併せて取り組みを進めた。草津市・京都市を対象に、提案モデルの精度評価を行い、さらにそのユースケースについても提案できたため、目標を達成できたといえる。ただし、牽引車への適用はできておらず、今後、継続的に取り組む予定である。

テーマ3-1、テーマ3-2については、大阪・神戸エリアの実ネットワーク規模でモデルを適用し、対策が必要なリンクやノードを見出すことができたため、当初の目標を達成できたと考えている。

表 1 研究開始時の研究計画

	令和3年度	令和4年度	令和5年度
テーマ1-1：ヒアリング	ヒアリング実施	事業者へのフィードバック	事業者へのフィードバック
テーマ1-2：DB構築	DB仕様の検討	DBの構築・運用	モデルエリアへの適用
テーマ2-1:衛星画像等を用いた交差点平面図生成手法の開発	プロトタイプ構築	推定精度の検証とアルゴリズム改良	
テーマ2-2:折進可否と通行条件の自動判定手法の開発	プロトタイプ構築	推定精度の検証とアルゴリズム改良	
テーマ2-3:交差点内走行軌跡自動生成手法の開発	プロトタイプ構築	推定精度の検証とアルゴリズム改良	
テーマ3-1:特車の経路選択行動の分析	データ整理と特車経路選択行動の分析	特車の経路選択行動モデルの構築	
テーマ3-2:特車フリー道路ネットワーク計画モデル	ネットワーク計画モデルの定式化と求解アルゴリズムの基礎的検討	ネットワーク計画モデルの構築と数値計算	

⑦中間・F S評価で指摘を受けた事項への対応状況

・ 中間・F S評価で示された「修正内容」「指摘事項」等を記載するとともに、それへの対応状況を記入下さい。

【2021年度中間評価】

(参考意見) テーマ3の「特車フリー道路ネットワーク」のイメージが不透明である。これらを明確化するとともに、それに向けた検討の加速化と具体化が必要である。

・ 2022年度時点で、簡易ネットワークを対象としたアウトプットを示し、内容の明確化を行った。

（参考意見）自動判定、自動生成によって100%の判定が困難であるとする、最終段階では人間による確認が必要になる可能性がある。それを受け入れるならば、人間による最終確認を容易にするシステムや仕組みも検討が必要かもしれない。

- ・ ダブルチェック、フェールセーフを考慮したモデルのユースケースを考案した。

（参考意見）MMS での道路上空間の把握が必須の場合、費用面での実装可能性についても検討をお願いしたい。

- ・ MMSはオクルージョンを補完するための補足的な利用にとどめ、空中写真による自動判別手法を構築した。

【2022年度中間評価】

（参考意見）テーマ1について、道路情報便覧への市町村管理道路の収録率が低いことから、市町村担当者が確実に入力するよう、業務実態を踏まえ、図示・精度比較等、担当者に扱いやすいDBとしていただきたい。

- ・ 全国の都道府県を対象としたアンケートや、ヒアリングを通して、市町村の道理管理者が道路情報便覧の登録・更新を積極的に行わない心理的・構造的な要因を明らかにした。
- ・ 構築したデータベースの可視化システムを兵庫県・大阪府・近畿地整の担当者に試用してもらい、フィードバックを得て改善を行った。

（参考意見）テーマ3について、特車通行のラストマイルで支障になりやすいと考えられる県道・市町村道を、可能な範囲で道路ネットワーク計画手法の検討対象としていただきたい。

- ・ 特車のOD特性を踏まえ、ボトルネックを含む現実的なサイズのネットワークを構築し、ケーススタディを行った。

（参考意見）モデルエリアにおける検討において、各テーマで開発した手法の組合せ検討を効果的に実施し、組合せ方法の提示、到達技術レベルの確認、今後に向けた課題抽出を適切に行っていただきたい。

- ・ テーマ2では、折進可否の判定結果が重大な事故につながりかねない交差点を中心に選定し、提案手法による判定結果の妥当性の検討を行った。また、ミクロ手法とマクロ手法を組み合わせることで判定結果の妥当性を担保するとともに、人手による確認プロセスも含めたユースケースを提示した。テーマ3については、上の指摘への対応の通りである。

⑧研究成果

・本研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等について、具体的にかつ明確に記入下さい。

テーマ1

1-1 特殊車両通行制度の行政課題に関する研究

本テーマでは、令和3年度に近畿圏の市町村へのアンケート（215市町村中108件の回答）、令和4年度に19都道府県を対象にヒアリング調査、令和5年度に都道府県へのアンケート（47都道府県中30件の回答）を実施した。得られた主な知見は以下の通りである。

- ・都道府県道に市町村道が交差している場合、市区町村との協力が必要である一方、市区町村との連携に課題を感じている都道府県が少なくないこと（図2参照）
- ・市区町村道で道路情報便覧の登録が進まない要因として、担当者の知識、人員不足だけでなく、登録するための動機や方針が不明確であること（図3参照）
- ・市区町村道の道路情報便覧登録や運送事業者の通行許可取得に関わる課題は、いずれも社会的ジレンマとして捉えることができ、構造的方略・心理的方略の両アプローチでの改善が有効であること

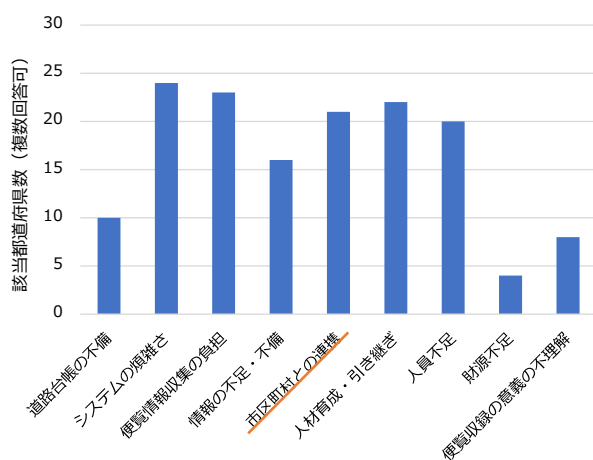


図2 都道府県による道路情報便覧への収録上の課題

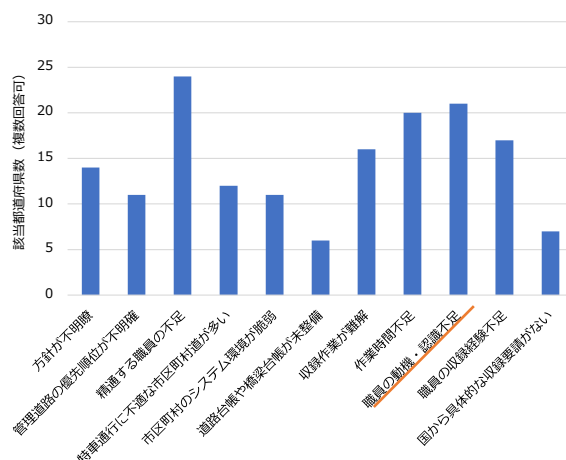


図3 市区町村道の道路情報便覧への収録が進まない理由

1-2 特車関連データベースの構築と運用

特車に関わるデータベースとそれを可視化する特車データビューアーを開発した。開発したビューアーの画面イメージを図4に示す。また、道路管理者へのヒアリング結果などに基づき、今後の道路情報便覧収録作業に関わるデータベースや各種ツールの改善の方向性を整理した。



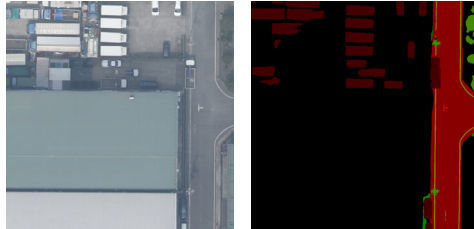
※ データビューアー上ではポップアップは1つずつしか開かない仕様であるが、比較を容易にするため本イメージ図を作成するための目的でポップアップを2つ表示している。

図4 データビューアーのイメージ画面

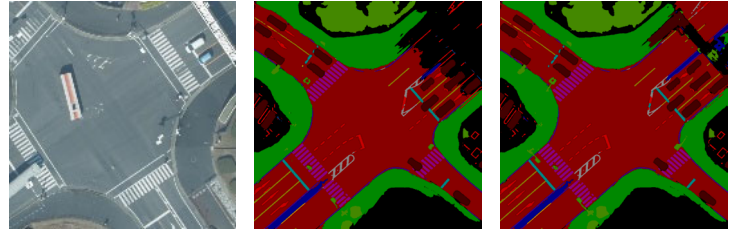
テーマ2

2-1 交差点構成要素の自動セグメンテーション手法の構築

ImageNet学習済みSegFormer-B5を5cm解像度航空写真のアノテーション画像でファインチューニング（FT）することで、交差点構成要素を高精度に識別可能であることを確認した（図 5）。一方、歩道橋などのオクルージョン物体がある場合には、その周辺領域において大きく精度が低下する。それに対し、3次元点群データを用いて、空中写真内でのオクルージョン物体をマスクして推論にかけることにより、大幅な精度向上が見込まれることを明らかとした（図 6）。



(a) 元画像 (b) 推論画像
図 5 空中写真からの
セグメンテーション



(a) 元画像 (b) 補完なし (c) 補完あり
図 6 3次元点群データによる
オクルージョン物体の補完

2-2 交差点構成要素セグメンテーション（SS）画像に基づく通行条件の自動判定

提案するシステムの概略は図 7の通りであり、2-1で生成した交差点構成要素を識別した画像を入力し、多層パーセプトロンニューラルネットワークモデル（NN）で折進条件を推測するマクロ判定モジュール、車両の通行可能領域内での折進軌跡をHybrid A* Path Planningで探索して折進条件を推測するミクロ判定モジュールで構成される。それぞれでの折進条件（折進不可、C条件、B条件）の判別結果を図 8に示す。マクロ判定モジュールは全体的に精度が高いものの、安全性に重大な影響を及ぼす折進不可の判定時に精度が下がること、ミクロ判定モジュールでは折進不可の判定においては極めて高い精度で推定が可能であることが分かった。このように推定結果に相補的な関係性があり、判定結果が一致する場合の正解率は折進不可条件で95%、B or C条件で83%と高く、一定の信頼性が確認された。

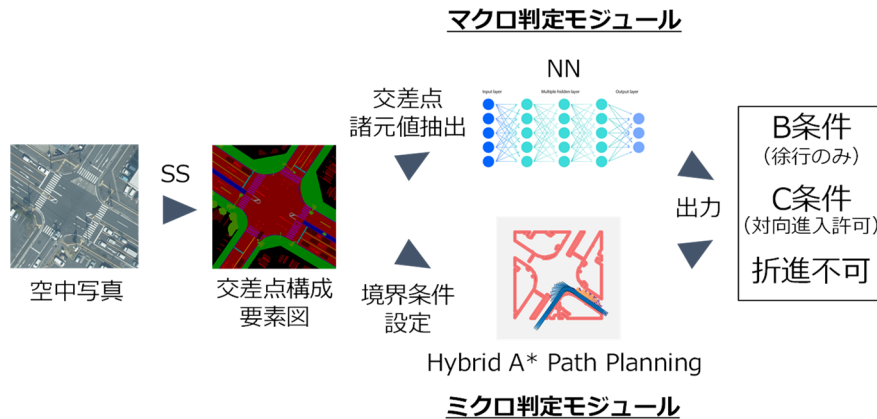


図 7 折進条件判定システムの概要

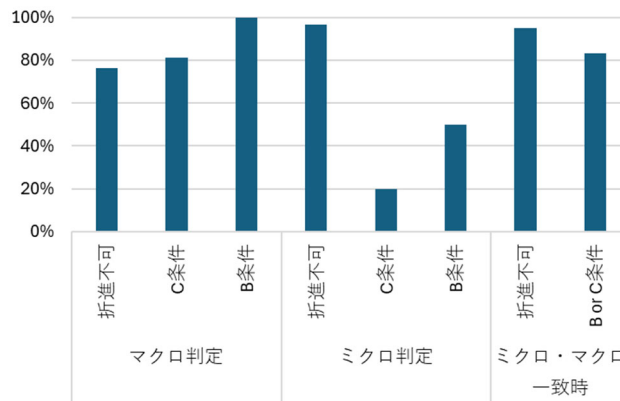


図 8 折進条件判定システムの正解率

2-3 空撮動画に基づく特殊車両軌跡の自動収集

軌跡推定精度向上のためのデータ収集ツールとして、UAV画像から特殊車両を検出し、その筐体をセグメンテーションで特定することで、複雑な牽引構造の車両の走行軌跡を特定する手法を開発した。構築した手法では、図 9(a)に示す通り、セミトレーラーのヘッドとトレーラー部分を識別することが可能となる。これにより、交差点内で車両筐体が通過した空間をヒートマップで表示する（図 9 (b)）など、折進軌跡推定の精度向上のみならず、交差点の安全性の検証などへの活用も期待される。



(a) ヘッドとトレーラーの識別



(b) 通行空間のヒートマップ

図 9 車両軌跡の自動収集システム

テーマ3

3-1 特車の経路選択モデルの構築

商用車データやETCデータを対象に、経路集合を事前に特定する多項ロジットモデル(MNL)・Path Size Logit Model(PSL)・C-Logit Model(CL)（表 2），経路集合を特定しない再帰型ロジットモデル（表 3）を適用し、特殊車両を含む大型車両の経路選択特性の把握を行った。MNL・PSL・CLの推定結果より、特殊車両を含む大型車両は折進やUターンを避ける傾向にあり、折進やUターンは非常にコストの大きい選択になっていることなどが確認できた。また、再帰型ロジットモデルの推定結果から、起点・終点の違いにより経路選択特性が異なることなどを明らかとした。

表 2 全 OD を対象とした推定結果（商用車データ）

説明変数	大型車			特大車		
	MNL	PSL	CL	MNL	PSL	CL
経路長	$5.49 \times 10^{-4} **$	$5.30 \times 10^{-4} **$	$5.52 \times 10^{-4} **$	$2.39 \times 10^{-4} *$	$2.32 \times 10^{-4} *$	$3.58 \times 10^{-4} *$
最小幅員	0.09 **	0.08 **	0.08 **	0.08 **	0.08 **	0.21 **
左折回数	-0.39 **	-0.38 **	-0.39 **	-0.11 †	-0.11 *	-0.78 *
右折回数	0.03	-0.05	-0.02	-0.01	0.00	0.81
Uターン回数	-0.75 **	-0.76 **	-0.74 **	-0.52 **	-0.50 **	-1.15 **
合流部通過回数	-0.68 **	-0.69 **	-0.68 **	-0.29 *	-0.71 *	-0.70 *
補正項		-0.084 †	-0.017		0.057	0.117 *
サンプル数	772	772	772	349	349	349
Rho-square	0.061	0.061	0.061	0.015	0.015	0.017
Adj. Rho-square	0.059	0.058	0.058	0.010	0.009	0.011
LL(final)	-2474.60	-2473.33	-2474.54	-1138.59	-1138.11	-1136.32

**: $p < .01$, *: $p < .05$, †: $p < .10$

表 3 再帰型ロジットモデルの推定結果

説明変数	起点:CT	終点:CT	起点:TT	終点:TT	起点:BA	終点:BA
幹線道路	0.166***	-0.106***	-0.039	-0.022	-0.02	-0.021
道路長	-0.143***	-0.087***	-0.137***	-0.119**	-0.128***	-0.088***
2車線以上道路	-0.227***	0.103***	-0.138***	-0.136***	-0.114***	-0.123***
中央分離帯の幅	-0.083	-0.096	0.084	-0.056	-0.02	-0.034*
有料道路	0.283***	-0.467	0.037	-0.383	0.034	-0.183*
上下非分離道路	-0.171***	-0.029	-0.218***	-0.039	-0.062*	-0.125***
側道	-0.962***	-0.662**	-0.581***	-1.203***	-1.048***	-0.901***
左折	-0.802***	-0.760***	-0.667***	-0.857***	-0.951***	-1.125***
右折	-1.559***	-1.486***	-1.471***	-1.468***	-1.702***	-1.659***
Uターン	-3.643***	-0.890***	-1.414***	-0.724***	-2.164***	-1.382***
トリップ数	518	158	210	280	980	882
リンク数	1080	910	1168	1616	2171	2488
初期対数尤度	-13.621	-37.362	-21.144	-29.456	-20.848	-27.664
最終対数尤度	-0.682	-1.620	-1.053	-1.530	-1.435	-2.237

***: $p < .001$, **: $p < .010$, *: $p < .050$, CT: コンテナターミナル, TT: トラックターミナル, BA: 保税地域

3-2 特車フリー道路ネットワーク計画モデル

特車の走行円滑化に資するための道路網改良に焦点を当て、特車の経路選択特性を考慮して、道路網を最適化する手法を提案した(図 10)。提案した手法を、京阪神都市圏を対象とした実際的な道路網(図 11)に適用した。結果を図 12に示す。図中、赤で示したリンク・ノードが改良候補である。これより、費用と効果の関係から、施工費用の低廉な郊外部の交差点やリンクを改良することが望ましいことが示唆された。また、効果の下限値を設定して評価を行った結果、主要なOD間の連結性を確保するための代替経路の少ない幹線道路に含まれるリンク、特車のOD間や主要な物流拠点を結ぶ経路上のリンク、交通が集中している交差点を改良するのが望ましいことが示された。

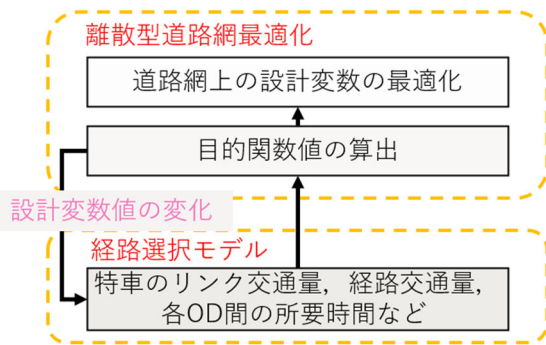


図 10 提案手法の概要

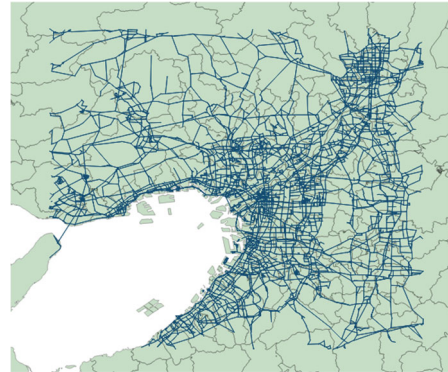
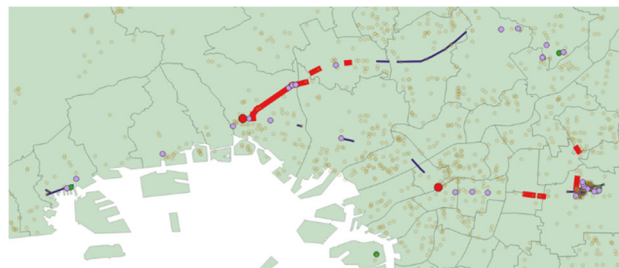


図 11 対象とする実際的な道路網



(a) 効果下限値を設けない場合



(a) 効果下限値を50億円に設定した場合

図 12 最適解

⑨研究成果の発表状況

・本研究の成果について、これまでに発表した代表的な論文、著書（教科書、学会抄録、講演要旨は除く）、国際会議、学会等における発表状況を記入下さい。なお、学術誌へ投稿中の論文については、掲載が決定しているものに限ります。

学会発表

テーマ1

1. 島田孝司, 塩見康博, 中尾聡史: ヒアリング調査に基づく地方自治体における特殊車両通行許可制度の実務課題に関する研究, 第66回土木計画学研究・講演集, 2022.
2. 島田孝司, 塩見康博, 中尾聡史: ヒアリング調査に基づく地方自治体における特殊車両通行許可制度の実務課題に関する研究-都道府県を対象に-, 第68回土木計画学研究・講演集, 2023.

テーマ2

1. Yufeng Gong, Junichi Susaki, Kakuya Matsushita, Hitomu Kotani: Automatic Extraction of Crossroads Position from MMS Data, 第66回土木計画学研究・講演集, 2022.
2. Yufeng Gong and Junichi Susaki: Extraction of crossroads area utilizing MMS data, 第47回土木情報学シンポジウム 2022.
3. 島津弘輝, 坪田隆宏, 中谷勇太, 塩見康博: 交差点諸元による特殊車両の折進可否判定モデルの構築, 第66回土木計画学研究・講演集, 2022.
4. 志野有, 塩見康博: 交差点における特殊車両の折進条件の自動判定アルゴリズム, 第20回 ITSシンポジウム2022. (ベストポスター賞)
5. 塩見康博, 出口 智宏: セマンティックセグメンテーションによる交差点構成要素抽出手法のモデル間精度比較, 第35回日本道路会議, 2023.
6. 岸嵩人・塩見康博: GANによる超解像を用いたオープンソース空中写真の交差点構成要素の自動識別精度の向上, 第68回土木計画学研究・講演集, 2023.
7. 坪田隆宏, 島津弘輝, 藤村和紀: 特殊車両の交差点折進可否自動判定手法の検討と考察, 第35回日本道路会議, 2023.
8. 志野有, 塩見康博: 車両諸元を考慮した特殊車両の折進軌跡推定手法の構築, 第68回土木計画学研究・講演集, 2023.
9. Wang Junnan, 塩見 康博: UAV観測による特殊車両の交差点折進軌跡の分析, 第35回日本道路会議, 2023.

テーマ3

1. Yue Ma, Jan-Dirk Schmöcker, Wenzhe Sun, 中尾聡史, 山田忠史, Ali Gul Qureshi: GPS軌道クラスタリングを利用した特車の経路選択における影響要因の分析, 第66回土木計画学研究・講演集, 2022.
2. 松岡直, Jan-Dirk SCHMÖCKER, 西垣友貴, 中尾聡史, 山田忠史, Ali Gul QURESHI: 商用車プローブデータを用いた特殊車両の経路選択特性に関する基礎的検討第66回土木計画学研究・講演集, 2022.
3. 池宮大智, 山田忠史, Ali Gul Qureshi, 村上裕樹: 特殊車両を対象とした粒子群最適化法による道路網の最適化, 第68回土木計画学研究・講演集, 2023.
4. Yue Ma, Jan-Dirk Schmöcker, Wenzhe Sun, Satoshi Nakao: Route Choice Analysis of Oversized Trucks in Osaka-Kobe Area Using Binomial Logit and Recursive Logit Models, Proceedings of the 27th HKSTS international conference, 2023.
5. Yue Ma, J.-D. Schmöcker, Wenzhe Sun, Satoshi Nakao: Estimating Oversized Truck Route Choice Behavior Using GPS Trajectory Data and Recursive Logit Models, Proceedings of the 103rd TRB annual meeting, 2024.

招待講演

1. 塩見康博: 特殊車両の通行許可申請の事例から紐解くインフラDX実現における草の根課題, 日本不動産学会 2021年度秋季全国大会 シンポジウム「大阪市スーパーシティ構想と近未来

におけるスーパーシティの都市社会の課題」,
http://www.jares.or.jp/events/2021_aftermeeting/2021_autumn_meeting_program1.pdf.

⑩研究成果の社会への情報発信

・ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。

1. 第68回 土木計画学研究発表会におけるスペシャルセッション「特殊車両を取り巻く諸課題」の開催
 - a) 実施日：2023年11月26日（日）
 - b) 場所：東京都立大学
 - c) 概要：特車に関わる各ステークホルダーからみる取り組みや課題を共有することで、今後の柔軟かつ機動的な物流体系実現のための取り組みの方向性を見いだすことを目的に、パネルディスカッションを行った。
 - d) 登壇者：国土交通省 渡邊 望, (株)建設技術研究所 鈴木 裕一, 佐久間行政法務事務所 佐久間 翔一, センコー(株) 殿村 英彦, 兵庫県 田村 晃慈, 立命館大学／データバイザー(株) 島田 孝司, 立命館大学 塩見康博
 - e) 参加者数：25名程度
 - f) ウェブサイト：<http://shiomi.rits-ese.jp/smart-logi/> および <https://youtu.be/wY8Vok2DjHE>
2. 新道路研究プロジェクト合同報告会「道路DXに向けた最新の取り組み」の開催
 - a) 実施日：2024年3月8日（金）
 - b) 場所：東京理科大学
 - c) 概要：道路行政のデジタルトランスフォーメーションの実現に向けた課題抽出や技術開発・研究動向を共有することを目的に、新道路技術会議の特定課題である「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（代表：柳沼秀樹）」と合同で研究成果報告を行った。
 - d) 登壇者：東京理科大学 柳沼秀樹, 立命館大学 塩見康博
 - e) コメンテーター：東京大学の羽藤英二教授, 国土交通省道路局企画課道路経済調査室の四童子隆室長
 - f) 参加者数：50名程度（オンライン含む）

⑪研究の今後の課題・展望等

・研究の目的に沿って研究期間内に目指した目標の達成状況や、得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や道路政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。

各テーマについて、今後の課題、展望をまとめる。

テーマ1

- ・ 1-1：ヒアリングに基づく実務上のニーズの把握
都道府県、行政書士、運送事業者へのアンケート調査やヒアリング調査に基づいて、特車行政に関わる課題とその構造を体系的に整理できた。今後、特車運行の効率化に向けては確認制度の普及が必要不可欠であり、その促進に向けた課題解決や制度改善に向けた取り組みを進める予定である。
- ・ 1-2：特車に関わるデータベースの構築
各データを連携した上で、可視化するビューアーを構築し、一定の有用性を確認できた。ただし、ヒアリングを通して、特車の通行許可実績や実際の通行実績から、道路情報便覧データを生成する仕組みへのニーズは高く、それに資するデータベース設計について、検討を行いたい。

テーマ2

・ 2-1：交差点構成要素の自動セグメンテーション手法の構築

空中写真から交差点構成要素をセグメント化する手法のベースを確立することができたが、推論結果をテーマ2-2の入力にするには、ノイズの除去などの課題が残る。新しいセグメンテーションモデルの適用や、停止線や車道外側線など交差点の図面化に必要な情報の抽出に注力したロス関数の定義など、さらなる精度改善に向けた取り組みを進めている。

・ 2-2：通行条件の自動判定手法の構築

マクロ判定モジュールでは、精度の高い条件判定が可能であることが示されたが、学習用のデータ整理コストが高く、現状では車両分類0にしか対応できていない。道路情報便覧データと統合すれば自動でデータ化できるように見えるが、便覧情報の正確性には疑念がある。実際の車両の通行履歴などを用いて学習データを整理するなどの手法の開発が必要である。

ミクロ判定モジュールでは、過度に安全側に条件判定をする傾向にあることが分かった。これは、セミトレーラーなどの牽引車に対応できていないことの影響が大きい。現在、牽引車のキネティクスを考慮した経路探索モデルの導入に向けて、検討を進めている。

また、道路政策の質の向上に向けては、サブテーマ2-1のモデルと連携し、一連の条件判定をパッケージ化することが求められる。その実現に向けて、継続して取り組む。

・ 2-3：特殊車両軌跡の自動収集

サブテーマ2-2で開発している特殊車両の経路探索結果の精度向上に向けては、実観測データの収集は必要不可欠である。そのための手法はすでに構築できたため、今後は実際に活用を進めたい。

また、このシステムから収集されるデータは、交差点設計においても有用な情報となるため、特殊車両の文脈以外での適用可能性についても検討する必要がある。

テーマ3

・ 3-1：特殊車両の経路選択モデルの構築

経路選択モデルの構築は完了できたが、対象とするODやモデルによって、パラメータの大きさや符号にばらつきがあり、解釈が困難なものも多く存在したことから、モデル推定にあたっては、経路選択枝や道路ネットワークの選定にはさらなる検討が必要である。また本研究では車両諸元のデータを取得することはできなかったほか、トレーラーヘッドだけで走行しているかどうかについても判別できなかった。今後、こうした詳細な車両諸元と走行軌跡が紐づけされたデータの整備を進める必要がある。

・ 3-2：道路ネットワーク計画モデル

実際のネットワークでの適用が可能となり、当初の要求を満たすモデルの構築ができた。最適化計算コストの改良により、より規模の大きいネットワークへの対応や、異なる指標での最適化などを検討する余地がある。

上記は個別の要素技術についての課題であるが、今後の道路政策の質の向上に向けては、これら開発した手法のパッケージ化が求められる。この点について、実務に利用できるよう、行政担当者とも手を携えながら、継続して技術開発を進めていきたい。

⑫研究成果の道路行政への反映

- ・ 本研究で得られた研究成果の実務への反映等、道路政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。

上記で開発した各手法については、都道府県担当者へのアンケート調査やヒアリングを通じて、実務面での有用性は高いことを確認している。特車通行許可制度における審議過程の簡易化や道路情報便覧データの収集の労力低減に貢献することが期待されるほか、令和4年4月より開始された特車確認制度の普及拡大を図る上で、本プロジェクトの成果の活用は必要不可欠であるといえる。

また、シャーシシェアリングなど新たな物流システムを進める上で特車通行の許可取得が大きなボトルネックとなることが指摘されている。本研究で開発した技術は、効率的な輸送システムの確立に向

けても大きく貢献するポテンシャルがある。

本研究の取り組みはまだ実用展開するには至っていないが、開発した要素技術の重要性に疑念はなく、今後の確実な道路政策の質の向上への貢献が期待できる。

しかしながら、本技術の実務展開を行うに当たっては、学の取り組みだけでは不十分である。本研究を進める過程においても、民間サービスとの連携の在り方について研究協力者と密に検討を進めており、実務への貢献が見える形になるよう、今後も本取り組みを継続・発展させていきたい。

⑬自己評価

・研究の目的に沿って研究期間内に目指した目標の達成状況、研究成果、今度の展望、道路政策の質の向上への寄与、研究費の投資価値について、自己評価及びその理由を簡潔に記入下さい。)

・研究目標の達成状況

当初に設定した、特車行政課題の構造化、データベースの構築と可視化、交差点構成要素の自動抽出手法の開発、折進条件判定システムの構築、折進軌跡観測手法の構築、経路選択モデルの構築と道路ネットワーク計画モデルへの実装、実ネットワークでの求解など、すべての目標を適切に達成できたものと考えている。

・今後の展望・道路政策の質の向上への寄与

当初目標は達成できたものの、各技術の実用化に向けては、さらなる改善・発展が必要である。そこで、この取り組みを継続しつつ、実務への展開を検討するためのプラットフォームとして、令和5年11月より土木計画学研究委員会内に「スマート物流研究小委員会 (<http://shiomi.rits-esc.jp/smart-logi/>)」を発足させた。本小委員会内では、ダブル連結・自動運転車両運用研究部会、車両運用制度研究部会、マルチモーダル物流研究部会、次世代物流システム社会実装検討部会を組織し、研究を進めることになっている。

本研究プロジェクトで開発した手法は、特車行政の改善のみならず、例えば、交差点設計の高度化への援用も可能となる。具体的に道路政策の質の向上に貢献できるよう、今後も研究取り組みを継続していきたい。

・研究費の投資価値

本研究で進めた内容はいずれも新規性の高いものである。特に、折進条件判定については、これまでも類を見ない研究取り組みであったと自負している。本プロジェクトが無ければ確立できなかった技術、知見を多数供しており、その点において、研究費の投資価値は高かったものと考えている。

また、特殊車両に関する課題を学の場に位置付けた点においても、本プロジェクトの貢献は大きい。従来、特車の課題は一般に認識されていたものの、あくまで実務上の課題であり、それへの対策についても、実務の範囲で行われてきたという背景がある。実際、本プロジェクトを始める前の2021年以前では、土木計画学研究発表会で特殊車両を扱った論文は2編しか確認できなかった。

しかしながら、本プロジェクトを通して、特車の課題をアカデミックな研究テーマとして位置付け、学の立場から課題解決に貢献できることを示すことができた。今後の技術開発を促進するにあたっては、本テーマについての参画者を広げることも必要不可欠であり、その点においても本研究プロジェクトの果たした役割は大きいと考えている。