

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】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)		所属	役職
	ちからいし まこと 方石 真		広島大学	准教授
②研究 テーマ	名称	AI技術に基づく短期交通予測手法と総合的な交通需要マネジメントの研究開発		
	政策 領域	[主領域] 新たな情報サービスと利用者満足度向上	公募 タイプ	タイプIV
		[副領域] 新たな行政システムの創造		
③研究経費 (単位: 万円)	平成30年度	令和元年度	令和2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	4,769	4,899	4,049	13,717
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3年3月31日現在)			
浦田淳司	東京大学・助教			
美添一樹	理化学研究所・ユニットリーダー			
円山琢也	熊本大学・准教授			
塩見康博	立命館大学・准教授			
Varun Varghese	広島大学・研究員			
早川敬一郎	株式会社豊田中央研究所・プロジェクトマネージャー			
⑤研究の目的・目標	(提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
<p>本研究では、多様な交通サービス供給主体が協調する交通市場の実現に向けて、動的プライシング等の種々の交通需要マネジメント施策の影響を統一的に評価するために必要となる短期需要予測手法、および、短期需要予測手法を活用した総合的な交通需要マネジメント手法の開発を行う。以上の目的を達成するため、(1) AI技術に基づく短期予測手法の開発、(2) 新たな観測・介入ツールの開発と交通需要マネジメントへの適用、(3) (1)及び(2)の成果を踏まえ、供給サイドのマネジメントへの拡張可能性、災害時の交通マネジメントへの拡張可能性について検討した上で、総合的な交通需給マネジメントに向けた次世代のICTアーキテクチャの検討を行った。</p>				

⑥これまでの研究経過・目的の達成状況

(研究の進捗や目的の達成状況、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。)

【研究の進捗や目的の達成状況】

本研究プロジェクト開始直後に平成30年7月豪雨災害が発生したため、当初想定していた平時の交通需要マネジメントだけでなく、災害時の交通需要マネジメントも視野に入れて研究を進めた。また、新たなモビリティの出現に伴い供給側も重要なマネジメントの対象になりつつあることを踏まえ、交通供給のマネジメントについても新たに検討を加えることとした。プロジェクト期間中に以上の研究課題を新規に追加したものの、以下の通り、当初計画していた研究目的を達成できたと考える。

(1) AI技術に基づく短期予測手法の開発

交通分野における機械学習手法の短期予測適用例を網羅的にレビューし、学術雑誌にて公表されている結果を整理したデータベースを作成、メタ解析を実施し、対象とする交通事象や使用するデータと解析手法の選択の関係を定量的に明らかにした。レビュー成果をもとに、車両感知器データやETC2.0データ、モバイル空間統計、公共交通ICカードデータ等のパッシブデータを利用し、平時及び災害時の交通状態/OD交通量の短期予測を行う一連の手法を整理し、その精度を実証的に検証した。交通理論が提供する交通現象の明快な解釈と、機械学習手法が提供する予測精度の大幅な向上の双方のメリットを享受するハイブリッド型の短期予測手法についても併せて開発した。

(2) 新たな観測・介入ツールの開発と交通需要マネジメントへの適用

RP行動結果をもとにリアルタイムで政策に対する選好情報を尋ねるreal-time context-aware 表明選好(SP)調査手法を開発し、混雑課金の影響評価に適用した。また、個々人の時間価値の異質性を手掛かりに、パーソナライズされたインセンティブを生成するためのアルゴリズムを開発し、生成したインセンティブが付与される状況(行動結果に応じて謝金額を増減させることで対応)下及びレコメンデーション情報提供下における交通行動を観測・評価する介入実験を行った。さらに、GojekやGrabといったマルチサービス交通プラットフォーム(MSTPs)が生活・交通行動に及ぼす影響を確認することを目的に、インドネシア・ジャカルタ市を対象としたプローブパーソン(PP)-表明選好(SP)調査を設計・開発し、特にオンラインフード配達サービスの影響評価に焦点を当てた分析を実施した。

(3) 総合的な交通需給マネジメントに向けた次世代のICTアーキテクチャの検討

上述の(1)、(2)で開発した要素技術に基づく総合的な交通需給マネジメントを実装するためのICTアーキテクチャを検討した。具体的には、「供給マネジメントへの拡張」、「災害時の交通マネジメントへの拡張」について追加の検討を行った後、ICTが交通行動に及ぼす影響の包括的レビューに基づき、次世代型ICTアーキテクチャについて検討した。

【各研究者の役割・責任分担、本研究への貢献、外注の役割】

各研究者が担当した役割は図1に示す通りである。すべての研究者が学術論文として成果を公表している(⑨参照)。プローブパーソンシステムを活用した調査、介入実験実施の補助業務を外注している。これらの業務を外注することにより、研究代表者及び共同研究者は、学術的な貢献に直接つながる研究内容の精査に時間を使うことができた。

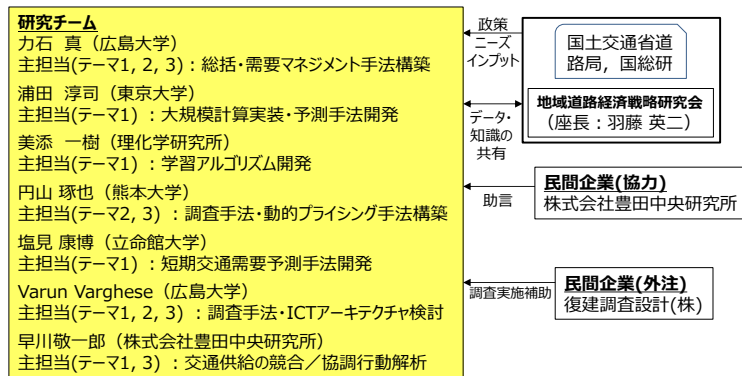


図1. 研究体制

⑦中間・FS評価で指摘を受けた事項への対応状況

(中間・FS評価における指摘事項を記載するとともに、その対応状況を簡潔に記入下さい。)

中間評価においては、平成30年度、令和元年度ともに「現行通り推進することが妥当である」という評価を受け、特段の指摘事項を受けていない。参考意見については、以下の通り可能な限り反映させた上で研究を進めた。

【参考意見1】交通需要マネジメントにとどまるのではなく、交通需給マネジメントにつなげることを常に念頭に置き、研究を進めていただきたい。

【対応】供給側を扱う重要性を明確にするために、交通供給の協働行動/協調行動が発現する条件を明らかにする理論研究を追加的に実施するとともに、インドネシアの配車サービスを事例とした実証研究を追加し、需要に閉じて議論を展開することの問題点が明らかとなるように努めた。

【参考意見2】平常時、災害時の仕分けに留意しつつ、結果をまとめていただきたい。なお、災害時のように、いわば前例のないケースの予測にAIを適用する場合の工夫については、より明確化するよう留意いただきたい。

【対応】「共変量シフト」と「概念シフト」という2つの概念を導入することで、方法論としても平時と災害時の仕分けの方針を明確にするよう努めた。また、ICTアーキテクチャの検討において災害時の対応を明記することにより、平時との違いを明確にするように努めた。

【参考意見3】利用者への実効性のあるレコメンデーション方策など、社会実装時の課題にも留意いただきたい。

【対応】社会実装時の課題を明確にするために、次世代のICTアーキテクチャの在り方を検討した章を新たに設け、社会実証時の留意点について整理した。

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。)

本研究で得られた知見を、「AI技術に基づく短期予測手法の開発」、「新たな観測・介入ツールの開発と交通需要マネジメントへの適用」、「総合的な交通需給マネジメントに向けた次世代のICTアーキテクチャの検討」の3つの観点から整理する。

(1) AI技術に基づく短期予測手法の開発

(1-1) 機械学習手法を用いた交通事象の短期予測に関する包括的レビューとメタ解析

既往研究交通分野における機械学習手法の短期予測適用例を網羅的にレビューし、学術雑誌にて公表されている短期予測モデルの種類、データサイズ、予測期間、予測精度等を格納したデータベースを構築した。また、本データベースを用いたメタ解析を行い、短期予測を行うモデル構築の際に指針となる情報を整理した。成果の一部を査読付き国際雑誌「Journal of Big Data Analytics in Transportation」にて公表した。

(1-2) 機械学習手法を用いた交通状態の短期予測

平成30年7月豪雨発生時の交通状態を理解するための基礎分析をもとに、機械学習手法による交通状態の予測可能性について検討を加えた。その結果、(1) 機械学習手法を用いることで、災害時の交通状態についても一定程度の精度を持つ予測モデルは構築できること、(2) XGboostやRandom Forestといった決定木タイプのモデル精度が高い傾向にあること、(3) 一方で、これらのモデルは交通流理論と整合的な説明が可能なモデルとはならない可能性が高く、精度のみでモデル選択を行うと解釈可能性の低いモデルを採用してしまう可能性があること、(4) 決定木タイプのモデルよりも深層学習の方が解釈可能性は高い傾向にあること等が明らかとなった。成果の一部を査読付き雑誌「土木学会論文集B1」、査読付き国際雑誌「Transport Policy」にて公表した。

(1-3) 機械学習手法を用いたOD交通量の短期予測

OD交通量の短期予測を行う2種類のモデルを構築した。第一に、災害前後のOD交通量を取得可能なモバイル空間統計データを用いて、再帰型ニューラルネットワークの枠組みに基づきOD交通量の短期予測を実装し精度検証を行った。第二に、OD交通量の予測モデルとして広く使われているentropyモデルと、交通分野への適用が広がりつつある機械学習分野の一手法である Tucker decomposition を統合したモデルを新たに開発し、公共交通ICカードを利用した実証分析を行った。前者については、再帰型ニューラルネットワークの利用により一定の精度でOD交通量の予測が可能であること、一方、モデルの解釈可能性が低い点が問題として残ることが明らかとなった。後者については、従来手法(Tucker decomposition)に比べて約13%の精度向上が確認され、また、従来モデルに比べ高い解釈可能性を有することが示唆された。成果の一部を国際会議等で公表した。

(1-4) 転移学習による災害時交通状態の予測

災害時のように、非定常的な交通状態の短期的な予測のための機械学習モデルの利用は制限されてきた。これは、災害前後の交通状態が異なる(共変量シフトと概念シフトが発生する)ことに起因する。本研究では、この問題に対し、災害前のデータを用いて構築したモデルを、災害後に得られたデ

⑧研究成果（つづき）

ータを用いて更新する転移学習モデルを開発し、その性能をナイーブ深層学習モデルと比較した。より具体的には、ソース領域(災害前の大規模データセット)において訓練されたパラメータを、対象領域(災害後の小規模データセット)からのデータを用いてファインチューニングした。分析の結果、すべてのシナリオを通して、長・短期記憶（LSTM）型転移学習モデルは転移学習を実施しない場合と比較して交通流や時間占有率の予測精度を向上させることが示された。交通流予測の方時間占有率の予測と比較して優れた精度を示すことを確認した。また、時間占有率の予測精度の改善率(最大32.04%)は交通流における改善率(最大6.75%)に比べて大きいことが確認された。

(2) 新たな観測・介入ツールの開発と交通需要マネジメントへの適用

(2-1) Real-time context-aware表明選好(SP)調査手法の提案と混雑課金への適用

RP行動結果をもとにリアルタイムで政策に対する選好情報を尋ねるreal-time context-aware表明選好(SP)調査手法を開発した。また、混雑課金を事例とした調査を広島市・熊本市を対象に実施し、(1) 回答遅れにより、選択結果に系統バイアスが生じる可能性が高いこと、(2) 回答遅れは、RP属性がSP回答時に与える影響が小さくなる調整変数として働く傾向があること、(3) 回答遅れは、SP属性がSP回答時に与える影響が大きくなる調整変数として働く傾向があること、が実証的に示され、選好をリアルタイムかつ文脈の影響を考慮した形で尋ねることの重要性が確認された。また、混雑課金の影響を評価した結果、料金レベルやトリップ属性、個人属性が行動選択に影響を与えることに加え、自動車から他の手段への転換可能性は、トリップの出発地が都心部の場合のみ高く、課金エリア内で選択確率が不均一であることが示された。以上の成果の一部を国内外の会議にて公表した。

(2-2) インセンティブ生成アルゴリズムの提案と介入実験の実施

個々人の時間価値の異質性を手掛かりに、パーソナライズされたインセンティブを生成するためのアルゴリズムを開発した。提案アルゴリズムの有効性を確認するために、まず、2019年度に広島にて収集したプローブパーソン(PP)調査データを用いて混合ロジット型の交通手段選択モデルを構築し、自家用車利用を最小化するインセンティブの最適値を生成する最適化問題として、個人毎の最適なインセンティブを計算した。次に、2020年度に同一の被験者に介入実験に参加してもらい、生成したインセンティブが付与される状況（行動結果に応じて謝金額を増減させることで対応）下及びレコメンデーション情報提供下における交通行動を観測した。介入実験の結果、行動変容の予測と実態に一定の剥離があることが明らかとなり、その原因について考察を加えた。以上の成果の一部を国外の会議にて公表した。

(2-3) マルチサービス交通プラットフォームが交通行動に及ぼす影響

国内においてもMaaSの議論が盛んに行われていることを背景として、GojekやGrabといったマルチサービス交通プラットフォーム(MSTPs)が生活・交通行動に及ぼす影響を確認することを目的に、インドネシア・ジャカルタ市を対象としたプローブパーソン(PP)-表明選好(SP)調査を設計・開発し、実施した。得られたデータを用いて、GrabやGojekのようなマルチサービス交通プラットフォーム（以下MSTPs）によって提供されるオンラインフード配達サービスが、人々の外食行動や長期的な視線で見た飲食店の空間的分布を大きく変える可能性があることを念頭においた実証分析を行った。傾向ス

⑧研究成果（つづき）

コアにより重み付けしたパネル混合ロジットモデルを用いた実証分析の結果、商品配達時間の節約価値は1時間当たり52,241 IDRと、既の実証されているインドネシアにおける平均的な移動時間節約価値（1時間当たり52,478 IDR）とほぼ等しいという結果を示した。これは、人々は現在地から遠い場所にあるオンラインフード配達サービスを利用しない傾向にあることを示し、顧客から離れたエリアに店舗を立地することはサービスの低下を招く可能性が高く、MSTPsが店舗の空間的な分布に対して与える影響は限定的であることが示唆された。以上の成果の一部を国外の会議にて公表した。

(3) 総合的な交通需給マネジメントに向けた次世代のICTアーキテクチャの検討

上述の(1)、(2)で開発した要素技術に基づく総合的な交通需給マネジメントを実装するためのICTアーキテクチャを検討した。検討の事前準備として、研究を進める上で追加の検討が必要となった「供給マネジメントへの拡張」、「災害時の交通マネジメントへの拡張」に関する研究成果について整理し、次に、総合的な交通需給マネジメントに向けたICTアーキテクチャの試案結果の概要を整理した。

(3-1) 供給マネジメントへの拡張

(1)及び(2)において扱った需要マネジメントに加えて、供給側のマネジメントの必要性について検討を加えるため、以下の2つの分析を実施した。第一に、1次元都市モデルと確定的交通機関選択モデルを用いて、配車サービスと従前の公共交通機関の関係が協調もしくは競合となるような条件を明らかにする研究を実施した。提案モデル適用の結果、特に人口規模が小さい自動車依存型の都市においては、公共交通と配車サービスは競合関係になりやすいことが明らかとなった。このことは、需要側だけでなく、供給側のマネジメントも併せて実施する必要性を示唆する。第二に、オンラインフード配達サービスが施設分布に及ぼす影響を確認するため、サービス対応している施設とそうでない施設の空間分布の差異について考察を加えた。その結果、特に都心部と郊外部においてオンラインフード配達サービスに対応した店舗が増加していること、原因として、需要量に対する収益増のメカニズム、配達距離の増大に伴うサービスの質の低下が考えられる点を明らかにした。以上の結果は、配車サービスの利用は、需要側で閉じて決まるものではなく、ドライバー（供給）側、ひいては土地利用規制等にも影響を受けることを示唆しており、MSTPsの導入に伴う生活・交通行動の変化を議論するためには、供給側及び土地利用の変化も含めた枠組みを採用する必要性が示された。

(3-2) 災害時の交通マネジメントへの拡張

交通需給マネジメントの災害時への拡張を念頭に、交通網の脆弱性評価、災害時の交通状態予測、災害時における選好情報の抽出について検討を加えた（レポートの構成上、災害時の交通状態予測については(1)の中で記載）。全国69都市の交通網の脆弱性評価を行った結果、平成30年7月豪雨時に道路網が大きく被災した呉市は、全国の中でも極めて脆弱性の高い道路網を持つ都市であること等が明らかとなった。道路網の脆弱性の改善には時間を要することから、交通マネジメントを通じて被災していない限られた道路網を賢く利用する交通マネジメント体系を構築することの重要性が改めて確認された。また、災害時の交通マネジメントに資する情報を得るための選好情報の抽出手法として、災害時の出発時刻選択を尋ねる新たな表明選好調査の設計手法を提案した。成果の一部を、国内外の

⑧研究成果（つづき）

会議及び査読付き国際雑誌「Environment and Planning B」，「Transportation Research Record」にて公表した。

(3-3) ICTが交通行動に及ぼす影響の包括的レビュー

上述のマルチサービス交通プラットフォームの出現等に起因して，ICTの全体的なアーキテクチャ（設計），サブコンポーネント（要素），およびそれらの相互作用がますます複雑になり，全体像の把握が困難になってきていることから，本研究では，以下の2つを達成することを目的に包括的なレビューを実施した．第一に，サブコンポーネント間の相互関係を特定し，ICTと交通行動の関係の背後にあるアーキテクチャを確立すること．第二に，ICTの交通政策に対する影響を包括的に捉えるための概念モデルを提案すること．これらの目的を達成するため，186件に及ぶ広範な文献レビューを実施した．レビュー結果より，ICTによる交通行動のアーキテクチャは4つの異なるタイプの類型に分類できることが示され，それぞれのタイプの分析におけるメリット，デメリット，および課題を整理した．さらに，1) ICTシステム，2) 交通行動要因，3) 高次の影響等の想定される関係性を考慮した概念モデルを構築した．

(3-4) 次世代型ICTアーキテクチャの試案

(3-3)のレビュー結果，及び，諸外国の交通マネジメントのための次世代型ICTアーキテクチャの構築事例のレビューをベースに，次世代型ICTアーキテクチャの試案を行った．(3-3)のレビューを踏まえ，細部まで作り上げたICTアーキテクチャは大きな不確実性を孕む今後の技術革新に脆弱である可能性が高いことが明らかとなったことから，ICTアーキテクチャそのものを提示するのではなく，その設計に当たって留意すべき点を整理する方針をとった．主要な論点として，(1) 新たな交通サービスの導入が交通システム全体のパフォーマンスを低下させる恐れがあることから，collectiveに機能する交通システム構築に向けデータ提供を義務付ける方策が望ましいこと，(2)利用者への負担を考慮し，可能な限りパッシブデータに基づき介入の強度を決める枠組みを採用することが望ましいこと，(3) ただし，災害等のノンリカレントな交通事象の予測においては，リアルタイムに選好情報を抽出する機能が備わったICTアーキテクチャであることが望ましいこと，(4) 技術革新や価値判断の変化といった不確実性に対応するために，時間的・空間的な適応的分散処置を実施する形でICTアーキテクチャの社会実装を進めていくことが望ましいこと，等を整理した．

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。)

【査読付き論文】

1. Santos, J.R., Varghese, V., Chikaraishi, M.*, Uchida, T. (2021) An Integrated Framework for Risk and Impact Assessment of Sediment Hazard on a Road Network, Transportation Research Record (Accepted).
2. Santos, J.R., Safitri, N.D., Safira, M., Varghese, V., Chikaraishi, M.* (2021) Road Network Vulnerability and City-level Characteristics: A Nationwide Comparative Analysis of Japanese Cities, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science (Accepted).
3. Watanabe, H., Chikaraishi, M., Maruyama, T.* (2021) How different are daily fluctuations and weekly rhythms in time-use behavior across urban settings? A case in two Japanese cities, Travel Behavior and Society, Vol. 22, 146-154.
4. Chikaraishi, M.*, Garg, P., Varghese, V., Yoshizoe, K., Urata, J., Shiomi, Y., Watanabe, R. (2020) On the possibility of short-term traffic prediction during disaster with machine learning approaches: An exploratory analysis, Transport Policy, 98, 91-104.
5. Varghese, V. Chikaraishi, M.*, Urata, J. (2020) Deep Learning in Transport Studies: A Meta-Analysis on the Prediction Accuracy, Journal of Big Data Analytics in Transportation, Vol. 2, 199-220.
6. 力石真*, 浦田淳司, 吉野大介, 藤原章正 (2019) 交通ネットワーク被災時の発生・集中・内々交通量及び旅行時間の変動特性, 土木学会論文集B1, 75 巻 1 号, 214-230.

【査読付き国際学会発表(簡易査読のみ含む)】

7. Varghese, V.*, Chikaraishi, M. (2021) Personalized Incentive Design for Travel Behavior Modification: Preliminary Results from a Novel Experiment in Hiroshima, Accepted for 2021 EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies) conference.
8. Puspitasari, S., Varghese, V.*, Chikaraishi, M., Maruyama, T. (2021) Exploring the Effects of Congestion Pricing on Travel Behavior Responses Using Real-Time, Context-Aware, Stated-Preference Data, Accepted for 2021 EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies) conference.
9. Safitri, N.D., Chikaraishi, M.* (2021) Impact of Transport Network Disruption on Travel Demand: A Case Study of July 2018 Heavy Rain Disaster, Japan, Accepted for 2021 EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies) conference.
10. Fujiwara, Y., Urata, J., Fujiwara, A., Chikaraishi, M.* (2021) Exploring Diversity of Public Transport Usage with Smart Card Data and Its Associations with Accessibility and Land Use Patterns, Accepted for 2021 EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies) conference.
11. Safira, M., Varghese, V., Chikaraishi, M.*, Gershenfeld, S., Zhao, F. (2021) Toward a Comprehensive Understanding of ICT Impacts on Activity-Travel Behavior: Preliminary Results from a Two-week Smartphone-based Survey in Jakarta, Indonesia, Accepted for 2021 EASTS (Eastern Asia Society for Transportation Studies) conference.
12. Matsumoto, N., Chikaraishi, M.*, Fujiwara, A., Kanda, Y. (2021) Exploring firms' adaptive behavior on work start time during disaster with the consideration of traffic congestion and temporal agglomeration economies, Paper presented at the 100th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 25-29, online conference.
13. Watanabe, H., Chikaraishi, M., Maruyama, T. (2019) A flexible MDCEV Approach to Analyze Holiday Time-use Behavior for Leisure Activities, International Choice Modelling Conference 2019, 19-21 August, Kobe, Japan.
14. Urata, J., Chikaraishi, M. (2019) Application of Deep Learning to Destination Choice for Improving Predictability and Generating a Choice Set, International Choice Modelling Conference 2019, 19-21 August, Kobe, Japan.
15. Safitri, N.D., Santos, J.R., Safira, M., Varghese, V., Chikaraishi, M. (2019) Road Network Vulnerability: A Nationwide Analysis of 69 Cities from Japan, 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management and Environmental Sustainability, Kumamoto, September 19-21, 2019.
16. Safira, M., Chikaraishi, M. (2019) Association Between Facility Location Agglomeration and Car Dependency: A Case of Japanese Cities, 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management and Environmental Sustainability, Kumamoto, September 19-21, 2019.
17. Varghese, V., Chikaraishi, M., Urata, J. (2019) Big data, deep learning, and transportation: A meta-analysis, Paper presented at the 24th HKSTS International Conference, 14-16 December, 2019, Hong Kong.
18. Varghese, V., Chikaraishi, M., Urata, J. (2019) Deep learning in transportation studies: A meta-analysis of methods, Paper presented at the 5th Conference of Transportation Research Group of India (CTRG-2019), 18-21 December, 2019, Bhopal, India.
19. Chikaraishi, M., Watanabe, R., Varghese, V., Urata, J., Yoshizoe, K., Shiomi, Y. (2019) On the possibility of short-term traffic forecasting under road network disruption: A case study of Hiroshima, Japan, presented in the 15th World Conference on Transport Research, May 2019, Mumbai, India.

【国内学会発表】

20. 早川敬一郎*, 力石真 (2020) 配車サービス導入評価のための確定的利用者均衡モデルの提案, 土木計画学研究・講演集, Vol. 62 (CD-ROM).
21. 平井健二, 山下大輔, 吉野大介, 力石真 (2019) プローブパーソン調査を活用した災害時の行動モニタリングと交通サービス設計, 土木計画学研究・講演集, Vol. 60 (CD-ROM).
22. Santos, J.R., Varghese, V., Chikaraishi, M., Uchida, T. (2020) An integrated framework for risk and impact assessment of sediment hazard disruption on a road network, Proceedings of Infrastructure Planning, Vol. 62, CD-ROM.
23. Safitri, N.D., Chikaraishi, M. (2020) The impacts of transport network disruptions on travel demand: A case of July 2018 heavy rain disaster in Japan, Proceedings of Infrastructure Planning, Vol. 62, CD-ROM.

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。)

以下のイベントにおいて研究成果を公表した。

1. 力石真 (2018) 西日本豪雨災害における災害時交通需給マネジメント, 日本都市計画学会中国四国支部 学術講演会, 2018年10月26日, 広島市まちづくり市民交流プラザ (招待講演).
2. 土木学会土木計画学ワンデイセミナーNo.98 「多様なビッグデータを活用した道路技術研究開発」, 主催: 神戸大井料研, 広大塚井研, 東工大福田研, 共催: 国土交通省道路局), 2019年2月22日, 東京大学武田先端知ビル武田ホール, 参加者数: 約250名. 【公表時の演題: AI技術に基づく短期交通予測手法と総合的な交通需要マネジメントの研究開発 (発表者: 力石真)】
3. 国際セミナー「Short-Term Traffic Prediction and its Practical Application」, 主催: 本研究プロジェクト, 2019年9月20日, 立命館大学末川記念会館, 参加者数: 約25名. 【公表時の演題: Introduction of research project: Short-term travel demand prediction and comprehensive transport demand management (発表者: 力石真)】
4. 国際セミナー「Collective Impact in Transportation Systems #1」, 主催: 本研究プロジェクト, 2021年2月2日, オンライン開催, 参加者: 約30名. 【公表時の演題: Modeling Short- and Long-term Influence of E-hailing Services on Regional Public Transport (発表者: 早川敬一郎; Machine Learning for Traffic Prediction During Disaster Situation: Discussions on Accuracy and Interpretability (発表者: Varun Varghese)】
5. 国際セミナー「Collective Impact in Transportation Systems #3」, 主催: 本研究プロジェクト, 2021年2月2日, オンライン開催, 参加者: 約30名. 【公表時の演題: Impact of Transport Network Disruption on Travel Demand: A Case Study of July 2018 Heaby Rain Disaster, Japan (発表者: Diana Safitri)】
6. 2020年度新道路シンポジウム「AIを活用した交通分析・予測・マネジメント手法の開発」, 主催: 東北大桑原研, 東大布施研, 広島大力石研, 共催: 国土交通省道路局), 2021年3月1日, オンライン開催, 参加者数: 約80名. 【公表時の演題: AI技術に基づく短期交通予測手法と総合的な交通需要マネジメントの研究開発 (発表者: 力石真)】

⑪研究の今後の課題・展望等

(研究目的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。)

(1) API連携可能なアプリケーションの開発と実証結果の蓄積

本研究で開発した短期予測手法や選好情報の抽出手法を組み込んだ、API連携可能なアプリケーションを開発することで、様々な施策メニューを対象とした実証実験結果の蓄積が可能になると期待される。さらに、モデル開発者のコミュニティに対してもアプリケーションをオープンにすることで、様々なモデルの社会実装が容易になるような仕組みを採用することが、今後の技術発展を踏まえると望ましい。

(2) データ提供、利用に関するガイドラインの整備

道路のみならず運輸のデータも、需要側のみならず供給側のデータも合わせて統一的に運用することが、より良い交通需給マネジメントを行う上で重要であることが改めて示唆された。例えば発災時には、セクターを横断した一元的なデータの利活用が可能になるよう、データ提供、利用等に関するガイドラインを整備しておくことが重要である。

(3) ステークホルダ間の協調を支援するICTアーキテクチャ

本研究において確認したように、サービス供給主体間で競合状態に陥るなど、関連するステークホルダ間でうまく利害関係を調整しないと、全体最適を達成できない可能性が高い。これに対応するために、ステークホルダ間の協調を支援するプラットフォームとして提案ICTアーキテクチャを発展させる方向性が考えられる。例えば混雑課金や道路整備の際のPIの道具として利用できるようICTアーキテクチャを構成することで、ステークホルダ間のコンフリクトの解消に資することが期待される。

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。)

- (1) **交通需給マネジメントを担うICTアーキテクチャの柔軟性の確保**：協調／競合の発現が人口規模に依存すること、技術革新や交通システムの変革が急速に進んでいること等を踏まえると、詳細を作り込んだICTアーキテクチャを設計・実装するのではなく、例えば混雑課金コンポーネントやパーソナライズされたインセンティブ付与のコンポーネントを自由に追加／削除できるような、コンポーネント毎に個別に開発・実装できる柔軟なICTアーキテクチャを採用する必要がある。とりわけ事象毎に対応が異なる災害時の交通マネジメントにおいては、このような柔軟なICTアーキテクチャを構築しておくことが肝要といえる。
- (2) **包括的な災害時の交通需給マネジメント体系の確立**：現在、国土交通省が世界に誇る技術・制度を持つ災害直後の道路インフラ復旧のみならず、被災した交通ネットワーク下におけるより良い交通サービスの提供、交通運用を含めた包括的な災害時の交通需給マネジメント体系の確立が急務である(図2)。特に、(1)で述べたICTアーキテクチャの実装により、インフラ復旧で対応すべき被災箇所と交通運用で対応すべき被災箇所の峻別、インフラ復旧と交通運用の補完的な運用等、より良い災害対応に資することが期待される。

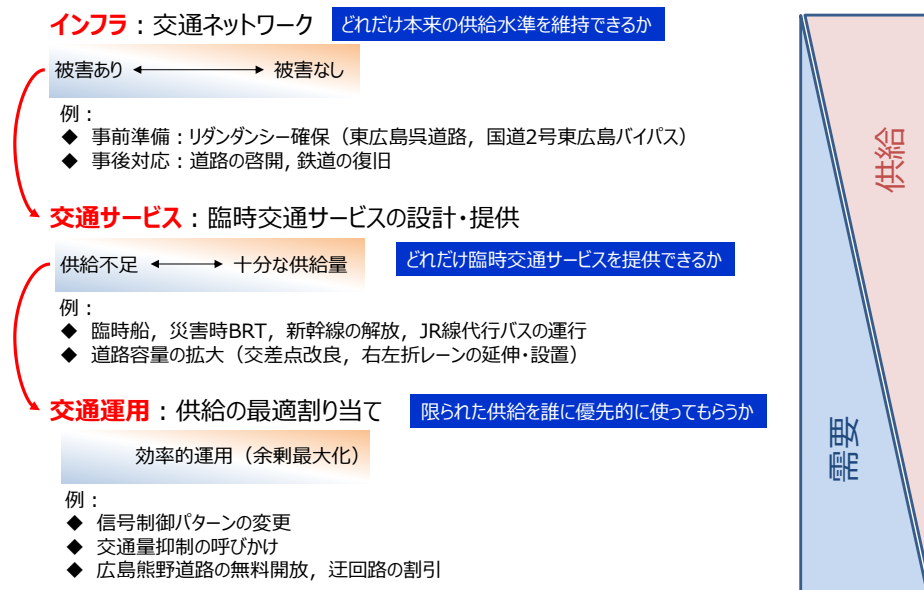


図2. 災害時の交通需給マネジメント

⑬自己評価

(研究目的の達成度、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の自己評価及びその理由を簡潔に記入下さい。)

研究目的の達成度，研究成果

AI技術に基づく短期予測手法の開発，新たな観測・介入ツールの開発と交通需要マネジメントへの適用，総合的な交通需給マネジメントに向けた次世代のICTアーキテクチャの検討を行った．主に広島市，熊本市を対象とした実証研究を重ねることで，平時／災害時における有効性を確認することができたことから，当初の目的を十分に達成したものと考え．また，研究成果の一部はSCI論文として公表しており，学術的にも有用な成果が出せたと考えている．

今度の展望，道路政策の質の向上への寄与

本研究では，MaaSや自動運転，ライドシェアリングといった次世代型交通の実現過程に併せて構築されるICTアーキテクチャの設計において有用な一連のエビデンスを提示した．特に，災害等のノンリカレントな交通事象への対応についても併せて検討しており，日本のみならず災害の多い東南アジア諸国の道路政策の質の向上にも寄与できる成果を得たと考えている．

研究費の投資価値

短絡的なAI技術の実装の問題点を一定程度明らかにし，今後向かうべきICTアーキテクチャ開発の方向性を示すことができたこと，平時のみならず災害時の交通需給マネジメントへの展開可能性についても実証分析を伴って提示できたことから，十分な投資価値があったと自己評価する．