

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 | |
| | 日下部 貴彦（くさかべたかひこ） | | 東京大学空間情報科学研究センター | | 講師 | |
| ② 研究 テーマ | 名称 | マルチスケールな交通連携を想定した拠点配置と交通マネジメントについての技術研究開発 | | | | |
| | 政策 領域 | [主領域] 道路ネットワークの形成と有効活用 | 公募 | タイプIV | | |
| | | [副領域] 新たな情報サービスと利用者満足度向上 | タイプ | | | |
| ③ 研究経費（単位：万円） ※R1 は受託額、R2 以降は計画額を記入。端数切捨。 | 令和元年度 | 令和2年度 | 令和3年度 | 総合計 | | |
| | 4,999（受託額） | 5,000（計画額） | 5,000（計画額） | 15,000（計画額） | | |
| 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・講師 | | | | |
| | 山口裕通 | 金沢大学理工研究域 地球社会基盤学系・助教 | | | | |
| | 福田大輔 | 東京工業大学大学院理工学研究科・准教授 | | | | |
| | 内田賢悦 | 北海道大学大学院工学研究院・教授 | | | | |
| | 瀬尾亨 | 東京大学大学院工学系研究科・助教 | | | | |
| | 川崎洋輔 | 東北大学情報科学研究科・助教 | | | | |
| | 三谷卓摩 | 東京大学空間情報科学研究センター・特任助教 | | | | |
| | Anaya Roy | 東京大学空間情報科学研究センター・特任研究員 | | | | |
| 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。） | | | | | |
| | <p>本研究では、多様な交通関連ビッグデータおよび、ETC2.0やカメラなどのセンシング技術を活用し、交通結節点の配置、機能分担に関する計画・設計・運用・政策評価を通貫するフレームワーク構築を行い、拠点機能検討に資する方法論構築を目的とする。これにより、交通結節点評価方法及び、都市間交通機能、地域交通機能などを発揮するための交通マネジメントの方法論を確立する。</p> <p>「i 拠点配置・機能分担検討のためのエビデンスベース評価システム」では、既往の交通拠点事例の整理を通じ、ii, iiiで収集されたデータや構築した手法の評価への適用方法や体系化を検討し、シミュレーションでの検証を行う。</p> <p>「ii マルチスケール・マルチモーダル環境での交通運用施策の検討」では、ビッグデータからの交通運用施策・交通拠点の状態把握、次世代モビリティ等を考慮した拠点配置に関するモデルなど、計画・設計に関連するモデルの構築を行う。また、フィールドでの実験を通じて、運用施策の検討と同時に、i~iiiへの適用を想定したデータ収集を行う。</p> <p>「iii 結節点での機能連携の円滑化に必要なデマンド・サプライの予測・異常検知手法」では、データ収集、異常検知、交通状態推定などの運用での適用を目指した要素技術の開発を行う。</p> | | | | | |

⑥これまでの研究経過

i 拠点配置・機能分担検討のためのエビデンスベース評価システム

近年の拠点整備について、国土交通省道路局・総合政策局・国土政策局・都市局等の事業に関する公表資料のレビューを実施し、交通結節点と関連する拠点の事例を整理した。既往の拠点の特性、結節する交通機関等（図1）を把握したうえで、今後の整備に関わるニーズを整理し、本研究開発での実施内容との関係性を整理（図2）した。

【交通結節点の特性】

図1に示すように、結節点機能を持った拠点は大きく分けると従来からの「交通施設」を中心とした拠点と「地域の拠点」に分類できる。大都市では、駅やバスターミナルなど交通施設を中心として拠点が整備されている一方で、地方都市では、商業施設など既往の地域の拠点への集約による合理化が必用なことが指摘されている。共通の課題として、規模や移動者の属性に応じたラストワンマイルの交通手段にニーズがあることが分かった。

地方圏では、既往施設跡地や道の駅等を活用した「小さな拠点」の構築が行われ、交通結節点の機能も整備されているものがある。これらの施設に結節する交通手段は、乗換を目的とするものでなく拠点への来訪を目的としたものとなっていることが分かった。また、これらの施設で機能を充足できない場合に、医療や行政、金融、食料品、日用品の販売等のサービス等での拠点や交通機能の多層化のニーズがあることが分かった。

【本研究課題と拠点整備の関係】

図2に示すように、パーソナルモビリティや自動運転技術の開発の進展、ETC2.0、AIカメラ、ビッグデータ、IoTを活用した新たな観測手法など、本研究課題に関連するシーズをもとに、近年中の実装が見込まれる実装領域、中期的に実現される手法領域、中長期的な計画に資する理論領域の研究内容に関連することが整理でき、上記に示したニーズを満たすことで、マルチスケール・マルチモーダル環境の高度化が見込まれる。

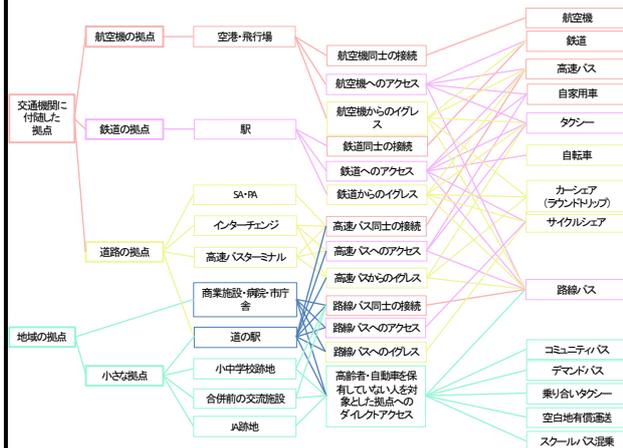


図1 交通結節点の特性

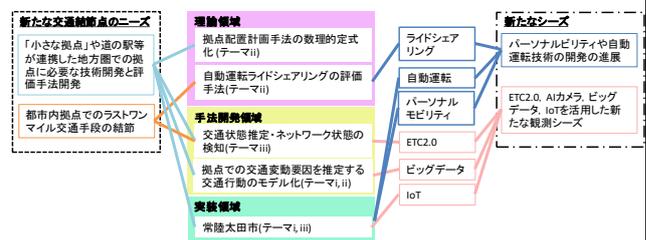


図2 本研究課題と拠点整備の関係

ii マルチスケール・マルチモーダル環境での交通運用施策の検討

本年度は、マルチスケール・マルチモーダル環境でのより効果的な拠点配置のために必要な理論構築である「拠点配置計画手法の数理的定式化」と、運用施策等の計画や評価のために交通変動についてビッグデータから実態把握するための「交通変動要因を推定する交通行動のモデル化」に取り組んでいる。

【拠点配置計画手法の数理的定式化】

従来、拠点配置計画で用いられるモデルは、ラウンドトリップを想定した分析手法や訪問順序を考慮しない分析手法が主流であり、都市間での周遊や公共交通での施設間の買い回りなどの行動を考慮した拠点配置計画への適用には課題があった。本研究では、ツアーを考慮した都市間ネットワーク構造の最適化問題の定式化を行い、都市間交通ネットワークでのケーススタディを実施した。ツアーベースの特徴（同じ場所への訪問回数・出発地・目的地の魅力度など）を考慮して、社会的余剰の最大化問題を混合整数計画問題として定式化した。ケーススタディでは、ツアーを考慮することでハブが増加。ツアーを考慮しない場合と比べ適切に拠点を評価できることを確認した（図3、図4）。

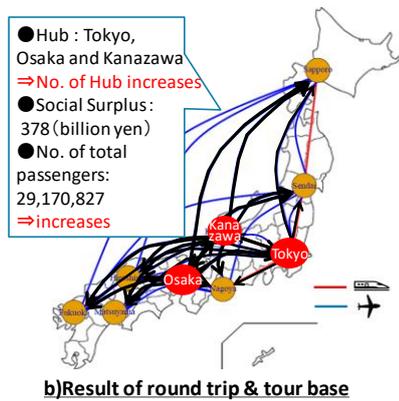


図3 往復トリップのみを考慮したハブ

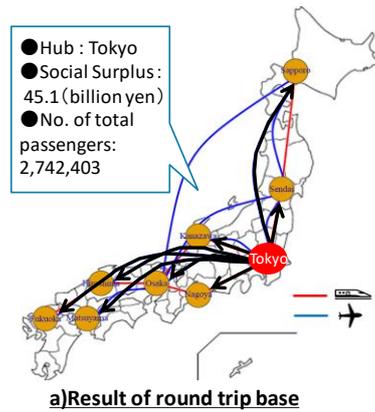


図4 ツアーを考慮したハブ

【交通変動要因を推定する交通行動のモデル化】

地方などでの拠点の開業前後などの交通変動についてビッグデータから実態把握するための手法を構築し、2017年7月7日に石川県羽咋市に新規開業し、地域の拠点として期待される「道の駅のと千里浜」の開業に伴う来訪者の特徴把握をケーススタディとして実施した。具体的には、2016年4月1日～2018年9月30日に収集された人流ビッグデータ（モバイル空間統計）やPOSデータなどのデータフュージョンを行いNMF (Nonnegative Matrix Factorization)による特徴把握手法を構築した。分析の結果、NMFによりパターンの異なる来訪者のグループを把握（図5）でき、それらのグループより来訪者の特徴を考察することができることを確認した（図6）。

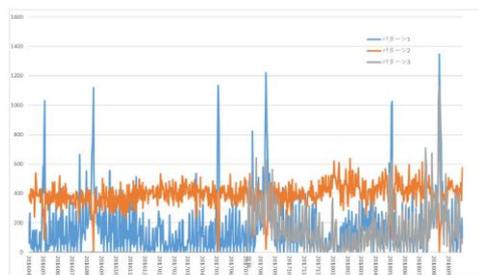


図5 来場者パターンの分類結果

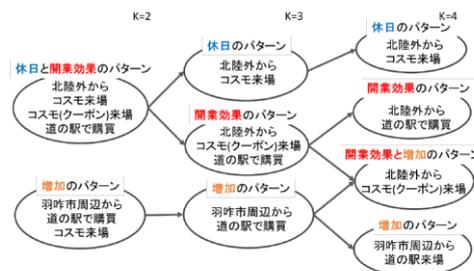


図6 来訪者の各グループの特徴

iii 結節点での機能連携の円滑化に必要なデマンド・サプライの予測・異常検知手法

次世代モビリティターミナルなどの交通結節点の運用に必要な交通ネットワークのリアルタイム状態把握や需要の予測に必要な手法として「交通状態推定」及び、「ETC2.0データを用いたネットワークの状態検知」の構築を行う。IoTなどを活用した交通結節点での実験を実施（常陸太田市高倉地域，他1地域（協議中））し，今後の検討に必要なデータ収集を行う。

【交通状態推定】

トラカンやETC2.0プローブカーデータのように取得項目が異なりかつそれぞれのデータで収集箇所が偏在している交通データを用い，一方のデータあるいは双方のデータが取得されていない道路区間での交通状態（交通量及び旅行時間）を推定する方法を構築し，仮想ネットワーク上で検証を行った。

本手法は，ネットワーク上の生成交通量は対数正規分布に従う，リンク交通容量が互いに独立な対数正規分布に従うという仮定のもと，確率的利用者均衡配分（SUE）での均衡制約付き最尤推定法により，時間帯別の交通変量の事前分布推計する方法（図7）である。仮想ネットワークで実験を行い，交通量予測や異常検知等への応用が可能であることを確認した（図8）。

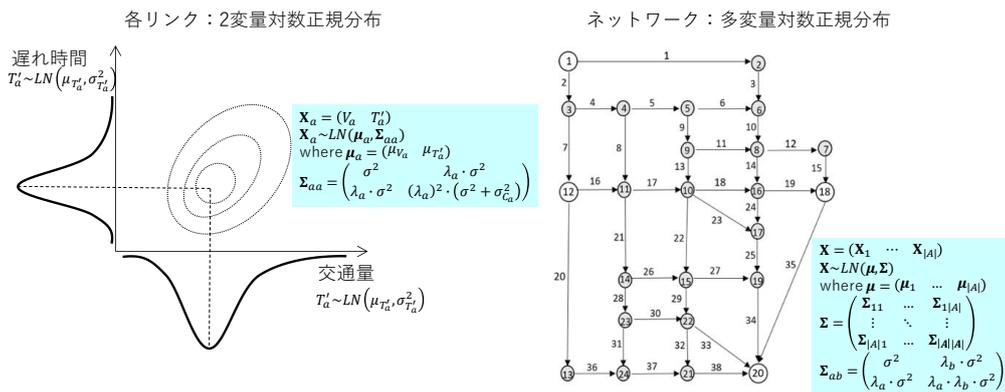


図7 定式化の概要

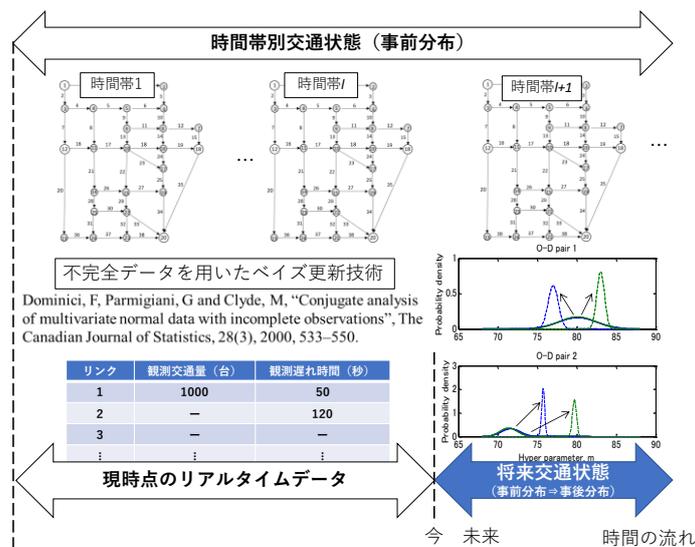


図8 仮想ネットワークでの解析結果

【ETC2.0データを用いたネットワークの状態検知】

プローブデータからの需要特性を自動的に抽出手法として、抜け道や迂回交通発生の検知手法を構築した。プローブ軌跡データ（ETC2.0）による客観的な特徴量（DTW(Dynamic Time Wrapping)）を提案した（図9）。抜け道利用や主経路を特定可能であることを確認した（図10）。この結果経路のカーブ（角度）や急制動を嫌うドライバーが抜け道を利用するなど経路の特性が抜け道利用に影響があることを確認した。

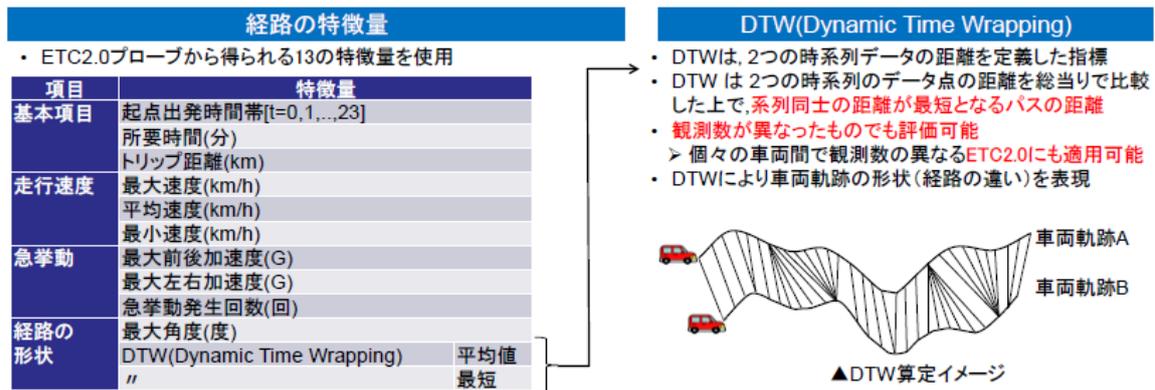


図9 方法の概要

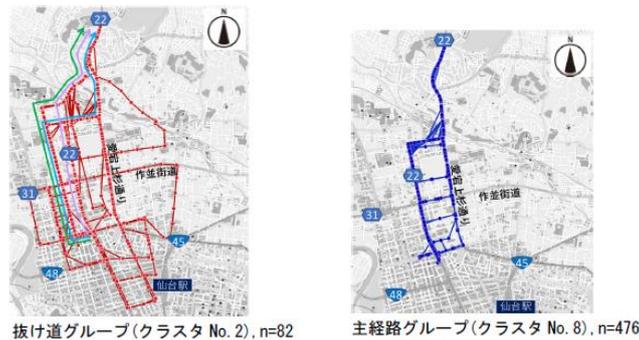


図10 結果の例

【中山間地域での道の駅等が担う拠点機能の分析に必要なデータを収集】

交通結節点の整備、公共交通の再編、自動運転など次世代モビリティシステムの導入などには、交通需要調査が欠かせない。都市部では、パーソントリップ調査のように定期的な交通需要調査が行われているが中山間地域をはじめとした地方圏では、定期的な調査は実施されていない。また、近年注目されているビッグデータに関しても匿名性確保の観点などから地方圏での小さな拠点等を含む結節点进行评估できるようなデータセットは確立されていない。本研究では、充電等のメンテナンスの頻度が少なく調査対象者の負担の少ないBluetooth Low Energy (BLE)タグを用いた交通需要調査の観測環境を構築（図11）し、茨城県常陸太田市高倉地区居住者（約50名）を対象に、令和元年8月～令和2年2月末に調査を実施した。調査結果より、別途取得したGPSデータと比較検証したうえで、買い物・通院など生活に必要な交通需要の頻度等を把握した（図12）とともに、インタビュー調査等で取得するデータとも乖離があることを確認した。



図11 観測環境の概要

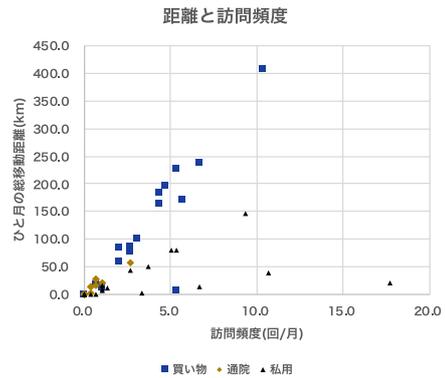


図12 訪問頻度と移動距離の関係

⑦特記事項

- ・いずれのテーマも、概ね順調に進行していると自己評価している。
- ・各研究テーマの成果についても国内外で発表を行い、評価を得ている。

【発表リスト】

1. 日下部貴彦, 三谷卓摩, 湊裕一, 川田蒼葉, 柳沼秀樹; BLE (Bluetooth Low Energy)タグを用いた中山間地域での交通需要データ収集, *CSIS DAYS 2019*, 東京大学空間情報科学研究センター, 2019.
2. 湊裕一, 川田蒼葉, 三谷卓摩, 菅芳樹, 増田精, 柳沼秀樹, 日下部貴彦; BLE (Bluetooth Low Energy)タグを用いた中山間地域での交通需要データ収集, *第60回土木計画学研究発表会・秋大会*, 富山大学, 2019.
3. 鈴木新, 山口裕通, 福田大輔; OPTIMIZING INTERCITY TRANSPORTATION NETWORK CONSIDERING PASSENGERS' TOUR BEHAVIOR, *2019 INFORMS Annual Meeting*, Washington State Convention Center, Seattle, USA, 2019.
4. 川崎洋輔, 梅田祥吾, 桑原雅夫; プローブ軌跡データを用いた抜け道の検出, *ITSシンポジウム2019*, 石川県地場産業振興センター, 2019.
5. 浅井隆之介, 山口裕通, 中山晶一郎; 非負値行列因子分解を用いた複数情報の融合による道の駅開業効果の分析, *土木学会中部支部研究発表会*, 長野工業高等専門学校, 2020.