

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：34404

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04718

研究課題名（和文）強化学習とデータ同化を用いた携帯データからの日々の変動を捉えた人流データの生成

研究課題名（英文）Development of Human Mobility Data Capturing Daily Variations from Mobile Data Using Reinforcement Learning and Data Assimilation

研究代表者

榎山 武浩（Kashiyama, Takehiro）

大阪経済大学・経済学部・准教授

研究者番号：10611155

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、日々変化する表現する人の移動データを生成するための手法を開発した。提案手法では、研究者が一般的に入手可能な携帯電話データと各種の統計データを組み合わせることで、初期分布推定、行動パターン推定、行動場所の推定、交通モードの推定のためのモデルを構築し、これらを統合することで人流データの生成を行う。これにより、入手可能となったデータを速やかにモデルに反映できるようになり、時間的な鮮度が高い人流データの生成を実現する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、非集計レベルの人流データ生成を可能とすることで、研究者がより気軽に人流データを用いた研究を気軽に取り組むことが可能となる点である。これにより、潜在的な人流データの価値を引き出し、これまで解明されてこなかった様々な事象と人の行動との関係を解明する機会を創出される。これらの成果に基づくことで、都市や交通の開発計画などのデータを根拠とした意思決定が可能となり、その結果として、人々の生活の質の向上に寄与することが、本研究の社会的意義である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed a method for generating human mobility data that reflects daily changes. The proposed method constructs models to estimate initial distribution, action patterns, action locations, and traffic modes using commonly available cell phone data and various statistical datasets. These models are subsequently integrated to produce human flow data. This approach enables the model to promptly incorporate newly available data, resulting in the generation of human flow data with high temporal freshness.

研究分野：空間情報学

キーワード：人の移動 行動モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人の移動を理解することは、都市計画、商業開発や災害対策において重要である。近年では、スマートフォンに搭載された GPS や基地局ログの携帯電話データを使うことで、人の移動を分析する研究が注目されている。ただし、研究者が使用できる携帯電話データには、サンプリングレートの低さや、メッシュや道路単位に集計されたレベルのデータしか入手できないといったデータ粒度に関する課題がある。もちろん、携帯キャリアや GPS データの収集アプリの提供する企業、それらの企業と共同研究を行う一部の研究者は、高サンプルレートかつ非集計のデータを使用することができるが、より多くの研究者が人流データを入手する機会を得ることで、携帯電話データという貴重なデータソースの価値を効率的に引き出すことが可能となる。

これらの背景から、これまでの研究では、人流データを用いた研究の活性化を図ることを目的として、パーソントリップ調査をもとにした「人の流れデータセット」、「Open PFLOW」を開発し、そのデータセットを研究者向けに公開してきた。これらの成果は、100 以上の研究プロジェクトで使用されており、この結果からも、人流データを使用したいと考える研究者が多いことが確認されている。

2. 研究の目的

人の流れデータセット、Open PFLOW などのパーソントリップ調査ベースの疑似的な人流データは、高いサンプルレートを持つ点において、GPS データに対する優位性を持っている。一方で、データソースであるパーソントリップ調査は、平均的な日常の人々の移動をアンケート調査したものであり、さまざまな要因によってダイナミックに変化する現実の人の移動を表現できていないという課題があった。そこで、本研究では、複数の携帯電話のデータや統計データ、道路や鉄道ネットワーク等の空間情報を組み合わせることで、日々の変動を反映した人流データを生成するための手法を考案することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、以下のステップで研究を進める。

- (1) 人流データ分析：人々の典型的な行動パターンを把握するために、GPS データとパーソントリップ調査をモチーフ分析することで、複数の都市圏における行動パターンの分析を実施する。また、古典的な行動モデルの精度を把握するために、アクティビティベースモデルを調査し、目的地選択モデルや滞在時間モデルの精度を検証する。
- (2) 行動モデルの構築：人流データの分析結果をもとに行動モデルの構築をする。この中では、過去の情報だけでなく、集計された形ではあるが、逐次的な観測データや新たに公開された統計データが得られる環境を想定し、日々の変動を反映した人流データを生成することを目指す。
- (3) データ同化：観測によって得られた集計データを同化することで、行動モデルと実世界との違いを把握し、モデルの予測精度を向上させる。ここでは、先行研究で使用されているパーティクルフィルターを用いる。

4. 研究成果

本研究の成果は、以下の点である。

- (1) 人流データ分析の結果、図 1 に示すように、大都市圏、地方都市圏などの都市規模に関係なく、80%程度の人々の移動が4つの行動パターンほどで表現できることがわかった。また、活動時間や目的別トリップ量などの特性についても、都市圏によって大きな違いがないことが分かった。目的地選択モデルについては、パーソントリップ調査を学習データとして、重力モデル(Gravity model)やMNL(multinomial logit model)、先行研究で提案されるパラメータフリーモデルなど主要な手法の精度を確認したが、いずれも十分な精度が達成できなかったことがわかった。
- (2) 上記の結果から、複数の都市圏のPT調査データをもとにTime-inhomogeneous Markov chain modelを構築した。そのモデルをもとに、統計データから得られた国内の全地域を対象として、人流データを開発(図2)した。この過程では、国勢調査データに基づく施設レベルの人口初期分布の生成手法を導入した。また、都市圏の規模や属性ごとの目的地の選択傾向を

考慮するために、目的地選択や交通モード選択のための離散選択モデルを組み合わせている。図3は、人口の初期分布と時間帯別の人口分布の比較精度を示したもので、正解データとして、初期分布には国勢調査データ、時間帯別には携帯電話データを使用している。この結果から、生成した人流データと正解値において、高い相関値を確認することができる。

- (3) メッシュ人口分布データを観測データとして、パーティクルフィルターを用いた逐次データ同化の精度を確認した。ここでは、尤度関数として、人口メッシュのRMSEとEMD(Earth Movers Distance)の精度を比較した。実験の結果、データ同化による効果を確認したが、RMSEとEMDの指標による違いを確認できなかった。今回は、一つの小地域を対象として、限られた条件の事件であったため、さらなる実験が必要であると考えられる。

本研究の初期の計画として、強化学習をベースとして手法を予定していたが、収集できるデータ分析や予測精度を検討した結果、図2のようなフレームワークを採用した。一方で、収集できるデータに基づいて全国規模の人流データを生成するためのフレームワークを構築できたことは、評価できる成果である。

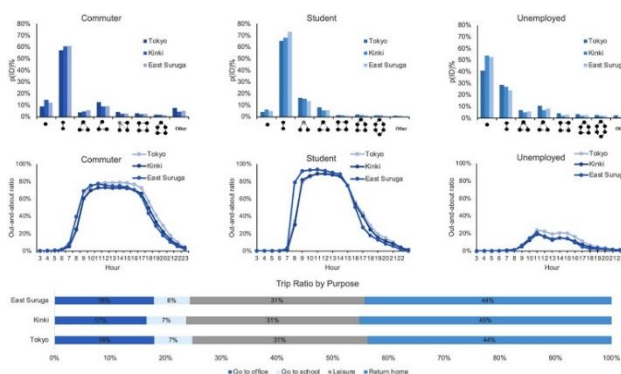


図1 移動データの分析結果

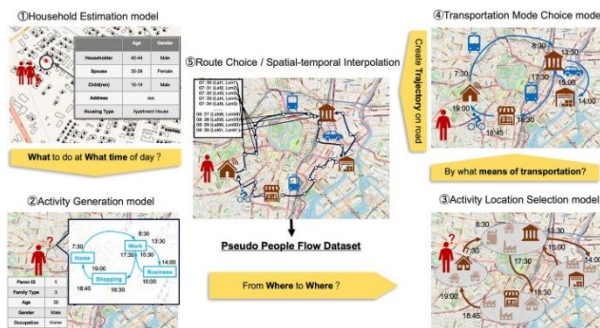


図2 人流生成のフレームワーク

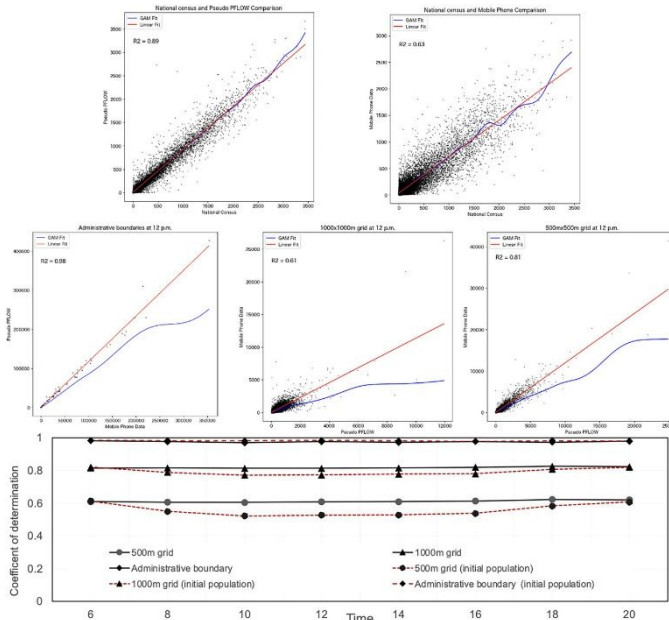


図3 人口分布の精度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takehiro Kashiyama, Yanbo Pang, Yoshihide Sekimoto, Takahiro Yabe	4. 巻 0
2. 論文標題 Pseudo-PFLOW: Development of nationwide synthetic open dataset for people movement based on limited travel survey and open statistical data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.48550/arXiv.2205.00657	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Takehiro Kashiyama, Yanbo Pang, Yuya Shibuya, Takahiro Yabe, Yoshihide Sekimoto	4. 巻 0
2. 論文標題 Nationwide synthetic human mobility dataset construction from limited travel surveys and open data	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/mice.13285	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 櫻山 武浩、沖 拓弥、小川 芳樹、今泉 允聡、大山 雄己
2. 発表標題 グラフニューラルネットワークとデータ同化を用いた 避難者分布予測モデルの改良
3. 学会等名 第32回地理情報システム学会研究発表大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------