

人口分布を考慮したマルチモーダル移動需要推定モデルの開発 Development of multimodal travel demand estimation models considering population distribution

小澤 遼^{*} 兵頭 章彦^{*}
Ryo Ozawa Akihiko Hyodo

1. はじめに

今日、都市部では、人口集中が世界的に加速しており、交通混雑による経済的な損失が著しく増加している。一方で地方では、過疎化に伴い交通事業が経営困難に陥ることによるサービス低下が深刻である。このような都市と地方の双方の交通事情は SDGs10.7[1]でも取り上げられる重要な社会問題である。この解決の手段の一つとして、交通事業の運営主体に縛られずに人の移動を中心とする複数の交通手段の統合サービス「MaaS (Mobility as a Service)」によるシームレスな移動の実現に期待が集まっている。実際、MaaS 市場は、年平均成長率 36%と 2023 年には 30 兆円規模にも達するグローバルな急成長が見込まれている。このような MaaS の実現に向けて、シームレスな移動を提供するには、移動需要の正確な推定が必要である。

2. 移動需要推定技術の動向

移動需要推定は従来より、都市開発における鉄道や高速道路の計画において重要であり、人の移動のマクロな規模推定のため国勢調査などが実施されてきた。また近年、運行ダイヤの最適化などさらなる利便性が追求される中、各交通機関でミクロな移動需要を推定するために、デジタル化の潮流に合わせ、詳細な移動データが収集されている。

本研究がめざす、人の移動を中心とする MaaS 実現に向けては、上述のマクロな規模推定をベースとしてミクロに移動需要を推定することが重要である。そのため、本研究では、上述の国勢調査の結果をベースにしたデータ分析により、各交通機関におけるミクロな移動需要の再現技術について紹介する。この再現技術により、マクロな移動規模を踏まえて、新交通手段を含む様々な交通機関の移動需要を推定し、シームレスな移動の実現に向けた最適化へのデータ提供を行う。

このようなデータ分析において、近年オープンデータ化の潮流で、国や各自治体、民間団体による移動にまつわる居住、生活、道路といった様々な調査データが入手可能になってきている、というのは特記すべきことである。このようなオープンな調査データを用いた移動の需要推定における具体的な課題を次章で述べる。

3. MaaS 実現に向けた移動需要推定の課題

MaaS における人の移動を中心とする複数の交通手段の統合サービスを実現するために必要なことは「何人が、いつ、どこから、どこまで、どのような目的で、どのような交通手段で、どの経路を選択して移動するか」を明らかにすることである。これに対し、我々は従来の 4 段階推定に対して、大きく以下の 4 つの課題を見出している。

- ・必要な空間分解能を満たすか
- ・必要な時間分解能を満たすか
- ・交通手段の選択に人の嗜好を反映できるか
- ・経路の選択に渋滞状況や嗜好を反映できるか

本研究では、この中の最も根本的な課題である空間分解能に関する課題に取り組む。

MaaS 実現に必要な空間分解能は、複数の交通手段の連携には主に公共交通機関との連携が重要になるであろうことから、駅の間隔である 100 メートル単位である。一方で、「どこから、どこまで、どのような目的で」といった分析をするためには、大規模かつアンケートなどによる移動者の意思を反映できる PT (パーソントリップ) 調査データ[2]の目的別の OD (Origin-Destination) 表活用がほぼ必須である。しかし、PT 調査データで用いられる空間分解能は計基ゾーンという主に 1~数キロメートル単位であり、前述の駅の間隔より粒度が粗い。そこで、この PT 調査データの OD 表の起終点を細分化する必要がある。

4. マルチモーダル移動需要推定モデル

4.1 提案モデルの概要

上述の課題の解決に向け、本研究では、図 1 に示すマルチモーダル移動需要推定モデルを提案する。本モデルでは、PT 調査データの OD 表を、各自治体による町丁目別の人口分布を用いて、細分化する（図 1 の起終点細分化）。これで得られる細分化 OD 表を用いて、従来の経路選択（図 1 の経路選択）により断面交通量の推定を行い、マルチモーダル経路データを出力する。ここで経路選択に必要な地図データとして、例えば、民間団体から公開されている OSM (OpenStreetMap) データがある。

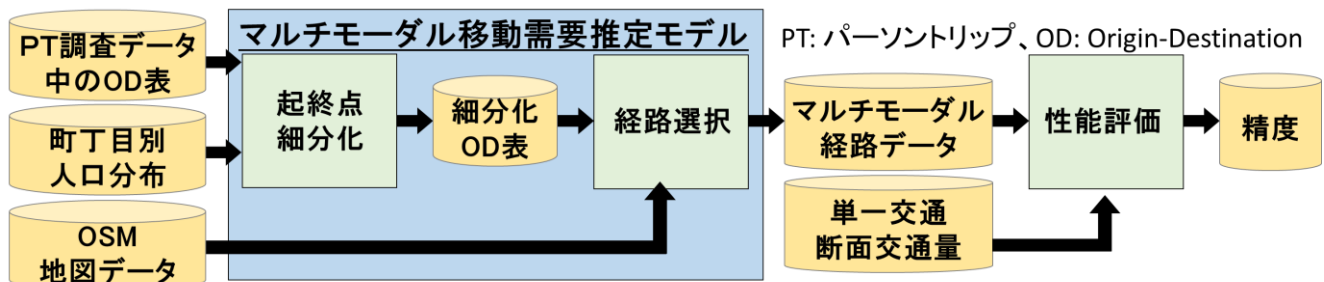


図 1 マルチモーダル移動需要推定モデルのアーキテクチャ概要

出力結果であるマルチモーダル経路データに対する推定性能を評価するために、単一交通における断面交通量との比較を行う（図1の性能評価）。単一交通における断面交通量のデータは、例えば、鉄道会社などの民間団体により調査され、一部公開されている。

4.2 重力モデルによる起終点細分化

提案モデルで重要な起終点細分化について説明する。本研究では、従来の4段階推定において、発生・集中交通量から分布交通量を算出するために用いられる重力モデルを活用して、細分化OD表を計算する。

重力モデルは以下の式で示す通り、起点の町丁目Oから終点の町丁目Dまでの移動量 X_{OD} を、Oの人口 N_O とDの人口 N_D にそれぞれ比例し、OD間の距離 R_{OD} の2乗に反比例するとして配分する。

$$X_{OD} \propto \frac{N_O \cdot N_D}{R_{OD}^2}$$

この配分に対して、総量をPT調査データのOD表の要素として、 X_{OD} を計算する。

5. 提案モデルの性能評価

5.1 評価方針

提案モデルの評価は、図1の性能評価に関して述べた通り、推定したマルチモーダル経路データと独立に調査された単一交通断面交通量とを比較し、相関係数により定量的に示した。提案モデルの先行評価のために、国分寺エリアにおけるJR東日本の中央線沿いの移動に関して実装を行った。具体的に推定した移動量は、西国分寺駅、国分寺駅、武蔵小金井駅、東小金井駅の4地点を経由する断面交通量である。入力データはPT調査データのOD表と、国分寺市、小金井市の町丁目別人口分布を用い、ロジックは上述の重力モデルと交通流シミュレーターVISUMによる経路選択機能を用いた。検証用の単一交通断面交通量としては、JR東日本が公表している各駅の1日当たりの乗降者数を用いた。

また、提案モデルとの比較のため、PT調査データの計基ゾーンをランダムに細分化する手法（ランダム細分化手法）でも評価を行った。ここでは、計基ゾーン1つあたりに複数のゾーンセントロイドをランダムに配置して、総和が元のOD表と一致するように分布交通量をランダムに配分している。

5.2 評価結果

国分寺エリアにおける提案モデルの評価結果を表1に示す。表に示す通り、ランダム細分化手法では、相関係数が0.37と実測値と弱い相関のある推定に留まるが、提案モデルでは相関係数0.90と強相関な推定が可能になっている。中央線を利用する移動においては、西国分寺駅～東小金井駅間の距離の違いは大勢に影響がないため、この結果は鉄

道を利用する移動に関する細分化OD表の推定において、人口分布が重要な役割を果たすことを示す。

表1

	ランダム細分化手法	提案手法
相関係数	0.37	0.90

5.3 考察

本研究により、駅の間隔である数100mの空間分解能をもつ移動需要の推定には町丁目別の人口分布を考慮した重力モデルが有用であることを、国分寺エリアにおける実データを用いて明らかにした。人口分布は通勤・通学の起点あるいは、帰宅の終点としての情報を提供する役割しか本来はないはずであるが、少なくとも国分寺エリアにおける電車利用者は、勤務地や商業施設といった移動の目的の密集度と居住の密集度にも強い相関があることが推定できる。今後は他のエリアや他の交通機関利用者においても実証をして、提案モデルの汎用性の検証が重要である。

また移動需要推定の今後の課題への検討は以下の通り。

- ・時間分解能に関しては、5~10分刻みの時間分布を推定する必要があり、オープンデータとしては国勢調査の生活データによる24時間の就寝、通勤などの生活形態の分布が有用であると考えられる。

- ・交通機関選択に関しては、移動時間や料金のほかに、人の交通機関に対する嗜好性などを調査したアンケート調査データなどを取り入れた選択モデルの構築が有用であると考えられる。

- ・経路選択に関しては、近年のIT技術の発達に伴う、渋滞情報や遅延情報の入手容易性に伴う動的な経路選択に関する移動行動モデルの構築が有効であると考えられる。

6. まとめ

我々は、人の移動を中心とした複数の交通手段の統合サービスであるMaaSの実現に向けて問題となっている、「何人が、いつ、どこから、どこまで、どのような目的で、どのような交通手段で、どの経路を選択して移動するか」の移動需要の推定に取り組んだ。PT調査データのOD表の空間分解能が1~数kmと、求められている数100mより粗いことに対して、重力モデルを活用して町丁目別の人口分布を考慮してOD表を細分化するマルチモーダル移動需要推定モデルを提案した。先行評価として、国分寺エリアでのJR東日本の中央線沿いの移動に対して、提案モデルを実装した。その結果、推定精度は相関係数が0.90と、ランダムに細分化した場合の相関係数0.37と比べ大きく精度が向上することを確認した。

参考文献

- [1] United Nations, "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development", (2015).
- [2] 塚口博司他, "交通システム", オーム社, (2016).

† (株)日立製作所 Hitachi, Ltd.