

(様式2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏 名 細江 美欧 印

題 目 経路検索データを用いた公共交通の需要予測手法

### 学位論文の概要及び要旨

需要応答型交通やMobility as a Serviceなど、新しい交通サービスの運用においては、平均的な交通需要ではなく、日々変動する交通需要の予測が必要である。特に、突発的に交通需要が増減する場合は、サービス利用者の満足度の低下や交通事業者の収益機会の損失を招く可能性があるため、事前に変動を予見し、対応策を講じることが重要である。従前、突発的な需要変動は天候やイベントなどの変動を引き起こす要因を外生変数とした仮説的因果構造分析によってモデル化されてきたが、その外生変数の予測が難しく、過去の現象の記述に留まっていた。

一方で、公共交通の経路検索システムに蓄積される経路検索データは検索者の外出計画段階における移動意向を反映すると考えられ、公共交通の需要変動の先行指標になりうる可能性がある。そこで、本研究では、経路検索データを用いた突発的需要を含む日々変動する交通需要の予測モデルの構築とその有用性の検証を目的とする。

経路検索データはあくまでWeb上に表明される潜在需要であり、実空間上の公共交通における顕在需要との関連性は明らかにされていない。ここで、個人レベルでの経路検索行動と公共交通利用行動を直接紐づけるデータは存在しないため、分析対象とする交通機関で集計した経路検索数と公共交通利用者数の関係性を分析する必要がある。本研究では、個人レベルの「行動」は、集計レベルでは「需要」として観測され、経路検索数と公共交通利用者数には定常的需要と突発的需要が異なる割合でそれぞれ包含されると仮定する。そして、経路検索数と公共交通利用者数に内在する需要の関連のある部分をモデル化し、経路検索数から公共交通利用者数の変動を予測するための方法論を提案する。

実証分析に際して、本研究では、経路検索データに加え、公共交通利用者数を表すデータに交通系ICカードデータを用いる。両データの蓄積がある香川県を分析対象地域とし、鉄道路線「ことでん」を対象に、

- (1) 経路検索データが表す潜在需要の特性把握、
- (2) 経路検索数と交通系ICカード利用数の関連性分析、
- (3) 経路検索数に基づく交通需要予測モデルの構築、
- (4) 提案モデルの有用性の検証

の手順で、研究を遂行した。

本論文は7章で構成される。

第1章では、研究の背景および動機付けを明確にするとともに、本研究の目的を示した。

第2章では、近年の交通需要予測モデルに関する研究と経路検索データに関する研究を整理し、本研究の位置づけを示した。

第3章と第4章では、経路検索数と交通系ICカード利用数を関連づけるための事前分析として、経路検索データが表現する潜在需要を明らかにした。

第3章では、ことடன்において「いつ」「どこから」「どこへ」の移動が検索されるのかを表現する曜日×乗車駅×降車駅の3次テンソルを構築し、経路検索データが持つ特徴を抽出した。3次テンソルのような高次数データから特徴抽出する際、次数の組合せによって分析結果に違いが出る。これを回避するために、非負値テンソル因子分解を用いたパターン抽出方法を提案した点に特徴がある。

第4章では、第3章の結果を踏まえ、経路検索数と駅周辺環境の関連性から、検索者が指定する駅間の移動が検索される要因を明らかにした。そして、検索者がどのような移動目的があるときに経路検索システムは利用されるのかを推察した。その際、本事例で扱う経路検索データが地方都市のデータであることに起因する、(A) ゼロデータ問題、(B) データ分布の偏在性問題の2つのデータの性質上の問題と、(C) モデルに導入する説明変数選択問題のモデル推定上の問題を回避するために、Bayesian Adaptive Lasso トービット分位点回帰モデルを構築した。分析の結果、検索者は普段とは異なる移動の際に経路検索システムを利用し、表明される潜在需要は通院や買い物、観光を目的とする移動との関連が示唆された。

以上、第3章、第4章に基づいて経路検索データが表す潜在需要を整理すると、個人レベルでの普段は行わない非定期的行動に関わる検索が集計された結果、集団レベルでの定常的需要と突発的需要となり、経路検索データには両者が内在する。同様に、交通系ICカードデータが表す需要にも個人レベルでの定期的行動と非定期的行動があり、集団レベルでの定常的需要と突発的需要となるが、経路検索データと交通系ICカードデータでは、内在する定常的需要と突発的需要の比率が異なることを示した。

第5章では、両データを関連づける有効な方法論を提案し、経路検索数に基づく交通需要予測モデルを構築した。具体的には、(I) 2変量状態空間モデルによる経路検索数と交通系ICカード利用数の突発的需要の抽出、(II) 重み付き回帰モデルによる突発的需要間の関係性を定量化した。その上で、経路検索データを用いた2段階の予測モデルを提案した。そして、提案モデルと従前モデルの予測精度の比較から、経路検索データを用いた突発的な交通需要の予測によって、予測精度が向上することを示した。

第6章では、(A) 分析対象期間の変更と (B) 分析対象路線の変更によるモデルの適用可能性の検証から、提案モデルの汎用性と適用限界を示した。さらに、(C) 交通需要の事前予測可能性の検証から、提案モデルの有用性と経路検索データが交通需要の変動の先行指標になることを示した。

第7章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の展望を述べた。経路検索データは公共交通の需要を捉える新たなデータとして活用が期待されていたが、実際の公共交通利用者数との関係が不明確であったため、交通需要予測への有用性が真に言及されてこなかった。本研究は、一見関連がないように変動する2つの時系列データの背後に潜む関係性を抽出する方法論を提案し、経路検索数と交通系ICカード利用数の関係性を明らかにした。そして、経路検索データを用いた新たな交通需要予測モデルを提案し、交通需要予測への経路検索データの有用性を実証した。さらに、提案手法をWeb上と実空間上の複数のデータ間の関係性分析へと拡張することで、より詳細に需要予測できるモデルへの発展可能性を示した。