

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06605

研究課題名(和文) 地方都市における公共交通利用者の利用頻度変化モデルの構築

研究課題名(英文) Trip frequency change model of public transport passengers at local city in Japan

研究代表者

西内 裕晶 (Nishiuchi, Hiroaki)

高知工科大学・システム工学群・准教授

研究者番号：40548096

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、主に、高知市都市圏における公共交通利用者の利用頻度の変化検知、料金感度ならびにバス路線網評価に着目して研究を遂行した。その結果、公共交通の利用間隔について、ランダムに出現する低頻度利用者層や徐々に利用間隔が広がる利用者層のそれぞれが存在していることを実証的に把握した。また、それらの変化の把握について、部分空間法により利用間隔の変化を検知できる可能性を示すことができた。これに加えて、公共交通割引施策前後の行動特性や定額運賃サービスの導入可能性についても検討し、今後の地方都市における長期的に蓄積される様々なデータを活用した公共交通マイクロマーケティングの必要性を示唆することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、地方都市においてもICカードデータのような公共交通の利用状況を把握可能なデータを様々蓄積されている。そのデータを活用に基づき、本研究で試みたような交通行動を把握する手法や公共交通の利用状況を評価する方法を活用することが可能となる。これにより、個々の公共交通利用者やある属性に対する行動特性に応じた公共交通サービスの提供やそのマーケティングの導入が期待される。

研究成果の概要(英文)：This research conducted change detection of trip frequency of public transport passengers, price elasticity and bus route efficiency evaluation at Kochi city. Especially this research empirically analyzes existence of low frequent passengers and passengers who gradually spreading their interval of public transport use using long term recorded smart card data in Kochi city. And this research showed the possibility of public transport usage interval change detection by applying subspace method. In addition, this research analyzes the characteristics of price elasticity of the passengers for public transport fare discount in study site using smart card data, and possibility of subscription of the fare in Kochi eastern area based on questionnaire survey. Through the discussion of above studies, results of this study suggested the necessity of public transport individual marketing by public transport data which are accumulated over a long period in the local cities in Japan.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：公共交通 ICカード 変化検知 路線網評価

1. 研究開始当初の背景

わが国の地方都市では公共交通利用者が減少する中、事業継続のための路線再編、サービス改正や利用促進策の検討がなされているが、利用者のトリップ特性に基づく議論は少ない。そんな中、様々な公共交通機関で利用されている IC カードは、利用者の乗降時刻、乗降駅、カード ID 等の利用履歴が蓄積され、関連研究が世界各地で存在する。わが国での研究事例も、本研究の申請者らの成果をはじめ多数存在する。

しかしながら、その多くは、数ヶ月程度蓄積されたデータを用いて、利用者の行動パターンを断片的に把握するものが主であり、利用者の季節変動等を考慮した長期的な行動モニタリングに基づく分析は申請者らが知る限り存在しない。したがって、地方都市においては、長期間の行動モニタリングに基づき、公共交通利用の中断と取止めを峻別した上で交通行動モデルを構築し、公共交通利用特性の変化を明確に把握する研究が重要である。

公共交通利用離れが進む地方都市においては、複数年以上の長期的な行動モニタリングにより、公共交通の『利用を止める』行動のメカニズムを明確に把握し、利用者の特性に応じた利用促進策を検討すべきである。したがって、長期的なデータに基づき、地方都市における利用者に対する利用促進策の検討を可能にするための先駆的な交通行動モデルの構築が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、研究代表者が研究を続けている高知市都市圏を対象に、公共交通利用者の利用特性の変化（公共交通の『利用を止める』行動）のメカニズムの解明に向けて、以下の点に着目して研究を遂行した。

目的 公共交通利用者のトリップ特性変化検知手法の構築：公共交通利用者の利用特性が変化したことを検知する手法を構築する。具体的には、公共交通利用者が減少し続けていることを踏まえ、時系列データの変化や異常を検知するアルゴリズムを適用し、ある利用者が公共交通の『利用を止める』行動を判定する。

目的 生存時間モデルの適用による利用者の利用頻度変化モデルの構築：利用者個人の公共交通利用頻度の変化を考慮した形で、公共交通利用者の利用頻度や出現間隔の変化を表現可能な交通行動モデルを構築する。具体的には、生存時間分析の適用により利用頻度変化モデルを構築し、『利用を止める』行動に影響を与えるトリップの特性（定期の有無、カード種別や時間的・空間的なトリップ特性等）を把握する。

これらに加えて、利用者特性に応じた公共交通マーケティングを展開するためにより実践的な知見が必要となるため、利用者の公共交通運賃に対する感度解析手法の構築や路線網評価手法の検討も進めた。

これらの目的に資するため、本研究では、主に以下のテーマについて取り組んだ。1) 長期的な変化に着目した公共交通利用者の移動特性分析、2) 公共交通利用者の利用間隔のパターンに関する分析、3) 公共交通利用者の利用間隔変化検知手法の検討、4) 割引施策に対する公共交通利用者の価格弾力性に関する分析、5) 公共交通定額利用サービスの導入可能性に関する研究、6) 包絡分析法によるバス路線評価方法の検討

3. 研究の方法

1) 長期的な変化に着目した公共交通利用者の移動特性分析：本研究は、高知市都市圏の公共交通機関で利用可能な IC カード「ですか」のサービスが開始された 2009 年～2017 年の 8 年分のデータを活用して公共交通利用者の移動特性を把握した。分析方法は、筆者が過去に提案している時間的・空間的トリップパターン依存度を用いた時間的・空間的トリップパターン依存度とは、ある利用者の IC カードに出現した最も多く出現する経路（ある 1 日に出現するバスもしくは電停の順番）と最も多く出現する時間帯（ある 1 日に出現する乗車時刻と降車時刻の順番）の組み合わせを集計し、その利用者が観測期間中に出現した日数のうち、それが何日出現したかを各利用者で集計するものである。

2) 公共交通利用者の利用間隔のパターンに関する分析：本研究は、高知市都市圏における公共交通利用者の利用日の間隔を、当該地域で利用される IC カード「ですか」の 1 年分の利用履歴を活用して分析した。具体的には、各公共交通利用者の利用間隔の日々のパターンを集計し、その変化にどのような特性があるのかを把握した。分析では、各日の利用の有無を出現した全ての利用者について集計し、そのパターンをクラスター分析にて分類し、分類結果の特性を整理した。

3) 公共交通利用者の利用間隔変化検知手法の検討：本研究は、地方都市における公共交通利用者について、どのような利用者がその利用を止めていくのかを明らかにするために、IC カードデータを用いた利用特性の変化検知手法を検討した。具体的には、日々の公共交通の利用の有無を利用間隔として集計した時系列データを整理し、変化検知手法の一つである部分空間法を適用することで、各 ID の利用間隔の特徴が変化した時点（特に利用頻度が減少しているかどうか）を検知する手法を検討した。本研究では、高知県にあるとさでん交通が導入している IC カード「ですか」のデータを、そのサービスが開始されてから約 10 年分のデータを各カード ID につい

て分析した。

4) 割引施策に対する公共交通利用者の価格弾力性に関する分析：本研究では、とさでん交通を中心として利用者の利用履歴である乗車日時や停留所等のデータ取得が可能な IC カード「ですか」のデータを用いて、現在実施されている公共交通機関の割引サービスでの各利用者の利用履歴を分析し、利用者のトリップパターン特性を考慮しながら割引サービスに対する利用者の価格弾力性を把握した。具体的には、IC カード「ですか」データ取得期間である 2009 年 1 月 25 日から 2017 年 3 月 31 日までの利用履歴のある ID を抽出した。次に、はりやま橋周辺での割引サービスの一つである乗継サービスに注目し、乗継サービス実施日である 2016 年 4 月 1 日の前後 2 年間(2015 年 4 月 1 日から 2017 年 3 月 31 日間)での乗継サービス利用者の価格弾力性を求め、利用者の乗継サービスに対する反応の高さを把握した。

5) 公共交通定額利用サービスの導入可能性に関する研究：高知県東部地域を対象として、公共交通定額利用サービスに対する需要やサービス導入時の料金感度を把握することを目的とした。ここでは、安芸市内に勤務する社会人及びごめん・なはり線(土佐くろしお鉄道)を利用する生徒にアンケート調査及びヒアリング調査を実施し、公共交通定額利用サービスに対する興味や支払い意思額を明らかにする。その後、調査結果を用いて、仮想的市場評価法(CVM:Contingent Valuation Method)により支払い意思額を分析した。

6) 包絡分析法によるバス路線評価方法の検討：ここでは、地方都市における公共交通網再編の検討に資するための IC カードデータを用いたバス路線の効率性の評価手法を検討した。具体的には包絡分析法(DEA 手法)を用いて経営的視点からバス路線を評価した。更に IC カードから得られる利用者の乗継履歴データより明らかとなる利用者行動特性を加味し、サービス変化が利用者にもどのような影響を与えているかを分析し、多角的視点からバス路線の評価を試みた。

4. 研究成果

1) 長期的な変化に着目した公共交通利用者の移動特性分析：ここでは、まず、8 年間の IC カードデータを集計した結果、各年次における時間的・空間的トリップパターンに変化があったかどうかを把握する。分析の対象とした利用者は、2009 年から 2017 年までの各年で 2 日以上出現した利用者であり、対象利用者数は 7,211 人であった。データ収集期間の内、2009 年、2012 年、2016 年における対象利用者の時間的・空間的トリップパターン依存度を計算した。具体的には、各年の両指標を各利用者ごとに計算し、2009 年の両指標の値に対して以降の年で増加し続けた利用者数と減少し続けた利用者数がどの程度を占めるかを把握した。その結果、75%以上の利用者は、2009 年の依存度に対して増減を繰り返しながら公共交通を利用しており、8 年間の間に依存度が下がったり、上がったりする利用者がそれぞれ約 10%程度存在していることが分かった。

2) 公共交通利用者の利用間隔のパターンに関する分析：ここでは、公共交通利用者が 1 年間で公共交通を利用した日の間隔の変化にどのようなパターンがあるのかを把握した。また、それらのパターンについて公共交通事業者がマーケティングすべきパターンを整理した。ここで分析する公共交通利用日の間隔は、各利用者がある日に出現したかどうかを判定し、その前後の利用日との間隔の変化を対象である 55,748 人分集計し把握した。その後、全ての利用者のある日の公共交通利用の有無を整理したデータを非階層クラスター分析によりグループ分けをした。その結果、1) ランダムに出現する低頻度利用者層、2) 継続的に出現する高頻度利用者層、3) ある日を境に利用する/利用しなくなる利用者層、4) 徐々に利用間隔が狭くなる利用者層、5) 徐々に利用間隔が広がる利用者層のそれぞれが存在していることを把握した。特に、公共交通の利用を止める可能性が高いと思われる低頻度利用者や徐々に利用間隔が広がる利用者が存在することが明らかとなった。地方都市における公共交通の維持のためには、このような利用者の利用頻度をいかに維持するか、もしくは増やしていくかが求められる。一方で、利用間隔が狭くなる利用者の層も見られ、その要因も探っていく必要がある。

3) 公共交通利用者の利用間隔変化検知手法の検討：本稿では、約 10 年分計測された IC カードデータを用いて部分空間法により、利用間隔データの変化点を検出することを試みた。その結果、公共交通利用者の出現パターンに応じて利用間隔の変化度を計算できることを示し、その変化度の計算結果も異なる可能性があることを示した。しかしながら、具体的なトリップパターンと利用間隔データの変化点の検出結果との関係までには至らなかった。したがって、今後は、計算された利用間隔の変化度の基礎的な集計を含め、より利用者の特性を加味しながら、どのような利用間隔の変化度の状況が公共交通利用者のその利用を止めているかを説明可能か考察する必要がある。加えて、部分空間法で定義する部分時系列データの個数等のパラメータの精緻化についても考察する必要がある。

4) 割引施策に対する公共交通利用者の価格弾力性に関する分析：ここでは、IC カード「ですか」のデータ取得期間である 2009 年 1 月 25 日から 2017 年 3 月 31 日間の全利用者は 128,051 ID のうち、対象停留所で乗継サービスの実施前後両方で最低でも一回は利用した 3,804 ID (全利用者の約 3%) について、割引施策前後の利用頻度の変化を価格弾力値により計算した。その結果、価格弾力性が 1 以上の利用者は 2,096 ID であり、計算対象となった利用者の 55%を占めている。また、0 を含めて、実施前後で利用回数が増加した利用者は 2,304 ID であり 61%を占め、利用回数が減少した利用者は 883 ID で 23%であり、乗継割引サービス前後で利用回数が増加した ID が過半数を占めていることが分かった。また、価格弾力値が利用者でばらつく要因を検討するため、

各利用者の移動の特長と価格弾力値の特長の関係を把握する。具体的には、利用者ごとに、「休日に出現する割合」、「最も多く利用する路線が出現する割合」、「1日に乗車する距離の平均」に着目し、各指標と価格弾力値との関係を把握した。その結果、価格弾力値が高い利用者は、1日に乗車する距離の平均が低い傾向にあることが分かった。したがって、日々、相対的に短い距離で公共交通に乗車している利用者程、乗継サービス開始後に利用頻度が高く煮る傾向にあることが分かった。

5)公共交通定額利用サービスの導入可能性に関する研究：ここでは、通学時に主に公共交通を利用する生徒及び、通勤時に主に自家用車を利用する社会人の、公共交通の定額利用サービスに対する需要やサービス導入時の支払意思額の感度を把握した。また、アンケート調査及びヒアリング調査の結果やCVMにより、生徒は社会人より定額利用サービスに対して興味を示すことや、タクシーの利用を必要としない傾向にあることが明らかとなった。一方で、ほぼ自家用車を普段利用している社会人においても、定額利用サービスを提示することにより、一定量の方がサービス購入について興味を示すことが明らかとなった。

6)包絡分析法によるバス路線評価方法の検討：ここでは、バス路線網評価方法として包絡分析法を適用した。1つの経営体を1つのバス路線とし、最も効率の良いバス路線に対して他のバス路線におけるどのような指標を改善することでバス路線の効率化が検討できるかを可能とするものである。ここでは、バス事業者よりお借りしたバス路線における経営的データならびにICカードデータから得られる情報を包絡分析法へ適用し、評価モデルの構築を試みた。包絡分析法で算出されるパラメータ値を用いてバス路線評価結果を考察した結果、路線によっては高頻度利用者数によりその効率性を継続することが可能であることを示すことができた。しかしながら、地方都市におけるバス路線網の現状を評価するためには、経営的データだけでなく地理的な要因も含めたモデルの構築が必要である。

以上の研究成果により、地方都市においても様々なデータの活用が可能であり、公共交通利用者の交通行動特性を多角的に把握することができた。今後は、これらの知見を統合し、地方都市において利用頻度が低くなっていく利用者のメカニズム解明や低頻度利用者の利用頻度を少しでも増やしていく施策が必要である。また、活用可能な様々なデータを活用した公共交通利用者に対するマイクロマーケティングのための技術開発が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nishiuchi Hiroaki, Chikaraishi Makoto	4. 巻 34
2. 論文標題 Identifying Passengers Who Are at Risk of Reducing Public Transport Use: A Survival Time Analysis Using Smart Card Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transportation Research Procedia	6. 最初と最後の頁 291 ~ 298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trpro.2018.11.021	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 -

1. 著者名 Nishiuchi Hiroaki, Kobayashi Yasuyuki, Todoroki Tomoyuki, Kawasaki Tomoya	4. 巻 10
2. 論文標題 Impact analysis of reductions in tram services in rural areas in Japan using smart card data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Public Transport	6. 最初と最後の頁 291 ~ 309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12469-018-0185-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 9) 轟朝幸, 小早川悟, 金子雄一郎, 石坂哲宏, 関根太郎, 高橋聖, 長田哲平, 西内裕晶, 富永茂, 稲垣具志, 川崎智也	4. 巻 2017
2. 論文標題 スマートトランジットの実現を目指した交通システムのイノベーション	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本大学理工学研究ジャーナル	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11346/cstj.2017.138_17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Hiroaki Nishiuchi and Makoto Chikaraishi
2. 発表標題 Analysis on the change of travel interval pattern characteristics using smart card data
3. 学会等名 The 12th International Symposium of SSMS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soshi Hosokawa and Hiroaki Nishiuchi
2. 発表標題 Bus route evaluation by data envelop analysis using smart card data
3. 学会等名 The 12th International Symposium of SSMS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ICカードデータを活用した公共交通利用者の利用間隔変化検知手法の検討
2. 発表標題 西内裕晶, 力石真, 塩見康博
3. 学会等名 第60回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細川壮司, 西内裕晶
2. 発表標題 ICカードデータを用いた包絡分析法 によるバス路線の効率性評価
3. 学会等名 第58回土木計画学研究・講演集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村井藤紀, 塩見康博
2. 発表標題 路線バスを対象としたエリア内定額乗り放題料金制度の導入可能性の検討
3. 学会等名 第58回土木計画学研究・講演集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細川壮司, 西内裕晶, 力石真
2. 発表標題 ICカードデータを活用した公共交通利用者の利用間隔のパターンに関する基礎分析
3. 学会等名 第43回土木情報学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西内裕晶
2. 発表標題 長期的な変化に着目した公共交通利用者の移動特性分析
3. 学会等名 第57回土木計画学研究・講演集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 折部雄太, 力石真, 嶋本寛, 藤原章正
2. 発表標題 サービス供給絵エリアを内生化した公共交通路線網最適化手法の提案
3. 学会等名 第57回土木計画学研究・講演集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西内裕晶, 力石真, 兵頭知, 轟朝幸
2. 発表標題 ICカードデータを活用した公共交通利用者の利用間隔の変化に関する基礎分析
3. 学会等名 土木学会 第55回土木計画学研究・講演集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西内裕晶, 兵頭知, 轟朝幸
2. 発表標題 ICカードデータを用いた包絡分析法によるバス路線評価に関する基礎的研究~とさでん交通バス路線を例に~
3. 学会等名 日本交通学会 第76回研究報告会予稿集
4. 発表年 2017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
研究分担者	塩見 康博 (Shiomi Yasuhiro) (40422993)	立命館大学・理工学部・准教授 (34315)	
研究分担者	力石 真 (Chikaraishi Makoto) (90585845)	広島大学・国際協力研究科・准教授 (15401)	
研究分担者	日下部 貴彦 (Kusakabe Takahiko) (80604610)	東京大学・空間情報科学研究センター・講師 (12601)	

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
---------	---------