

# 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

西内 裕晶<sup>1</sup>・力石 真<sup>2</sup>・塩見 康博<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 高知工科大学准教授 システム工学群 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185)  
E-mail: nishiuchi.hiroaki@kochi-tech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 広島大学大学院准教授 国際協力研究科 (〒739-8529 広島県東広島市鏡山1丁目5-1)  
E-mail: chikaraishim@hiroshima-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 立命館大学准教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)  
E-mail: shiomi@fc.ritsumeai.ac.jp

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する。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を検知する手法を構築するものである。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 について分析する。これにより、膨大な行動データの中から利用を止める行動を判定することで、今後の公共交通マーケティングを進めていく上での基礎的な知見を整理することが可能となる。

**Key Words:** 公共交通, IC カードデータ, 利用間隔, 変化検知, 部分空間法

## 1. はじめに

近年、わが国の地方都市における公共交通路線の再編は、その都市の活性化のためにも急務であり、既に路線再編に向けた様々な検討がなされている。例えば高知市では、市全域における路面電車や路線バスなどの公共交通機関を活性化し、持続的な公共交通体系を構築するための検討が公共交通事業者や自治体により進められている。例えば、公共交通機関相互の乗り継ぎや利便性が確保できるように、交通結節点の設定を将来的な公共交通体系の指針として計画を進めている。しかしながら、路線の再編を検討する際に、公共交通の利用実態がデータから示された上での検討が少ないのが現状である。したがって、公共交通利用者がどのようなトリップ特性を持っているのかが分からないため、公共交通活性化のためのマーケティングが実態に伴って検討されているとは言えないのが実情である。

一方で、筆者らを含む多くの研究者が、公共交通機関で利用が可能となってきてきた IC カードから得られる情

報を活かして研究を進めている<sup>1)4)</sup>。特に筆者らは、公共交通を活性化を目指したマーケティングや路線再編のための基礎的な知見を整理することを目的とし、公共交通機関での運賃払いで利用されている IC カードから得られる利用者の公共交通利用履歴を用いて、各利用者の日々の公共交通利用特性を分析している。具体的には、各利用者の公共交通を利用した日の間隔を集計し、その変化にどのような特性があるのかを把握したものである。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、公共交通の利用間隔の変化に関する知見を整理した。特に、公共交通の利用日の間隔の変化について着目し、公共交通の利用促進のために重要となるランダムに出現する低頻度利用者層、徐々に利用間隔が広くなる利用者層が存在したことを確認している<sup>5)</sup>。しかしながら、当該研究は、観測データ全体の傾向を把握したのみであり、具体的にどのような利用者の利用間隔が変化しているかについての考察までには至っていない。考察を進めるためには、当該研究の分析に加えて、公共交通利用者の利

用間隔が変化するタイミングを正確に把握し、どのような利用者の利用間隔がどのように変化したのかを考察することが必要である。それらの知見を整理することにより、公共交通の利用を止めそうな利用者を事前に把握し、対策を事前に検討することが重要であると考えられる。

そこで本稿では、筆者らの研究をベースとして、利用間隔が変化するタイミングを検知する手法の構築を検討する。具体的には、IC カードデータから得られる各利用者の利用間隔の時系列データを用いて、時系列データの変化を検知するアルゴリズムで知られる部分空間法を適用する。これにより、利用間隔の変化度合いをデータが観測された日ごとに評価し、利用を止める行動特性を変化可能かどうかを検証するものである。

## 2. 研究の対象

### (1) ICカード「ですか」

ICカード「ですか」は、平成21年1月25日に利用が開始され、路面電車及びバスで利用可能なICカードである。2017年4月現在、とさでん交通、県交北部交通、高知東部交通、高知西南交通、高知高陵交通、高知駅前観光の各路線(貸切・高速バス除く)、ジェイアール四国バスの大柵線、土佐市ドラゴンバスで利用することができる(図-1参照)。カードは主に無記名式、紛失時対応の記名式と定期券で構成されている。さらに、年齢によってもカードは分類され、本研究では、小学生まで(12歳となる年度の4月1日まで利用可能)の小児用と、65歳以上のナイスエイジ、それ以外の、大人(記名、無記名)、身障者を加えた合計5種類のカードを分析の対象とする。

### (2) 本研究で用いるICカードデータ

本研究で用いる IC カード「ですか」データは、サービスが開始された平成21年1月25日より平成30年12月31日の約10年間に取得されたものである。分析に用いるデータの概要は表-1の通りである。なお、データ取得期間中に出現したICカードID数は141,882人分である。本稿では、同じカードIDが出現した場合には、同じ利用者が公共交通を利用しているものと仮定して分析した。また、データ取得期間におけるICカードの利用率は、地域によりばらつきが大きいものの、ICカードの管理会社へのヒアリングより約70%程度であった。筆者らが1年間のデータで別途集計した利用状況を確認すると<sup>5)</sup>、365日間で1日や数日利用しただけの低頻度利用者が6割以上を占めている。一方で、19日～21日の利用者数も一定量あり、高頻度に公共交通を利用する利用者層が存在していることが分かる(図-2参照)。



図-1. 「ですか」を利用可能な停留所の分布例

表-1. 本研究で使用する「ですか」データの概要

項目	内容
データ収集期間	平成21年1月25日～平成30年12月31日
データ内容	年月日、カードID、券種、利用交通機関、乗車時刻、降車時刻、乗車停留所、降車停留所、利用区分、移動距離
交通機関	とさでん交通、県交北部交通、高知東部交通、高知西南交通、高知高陵交通、高知駅前観光の各路線

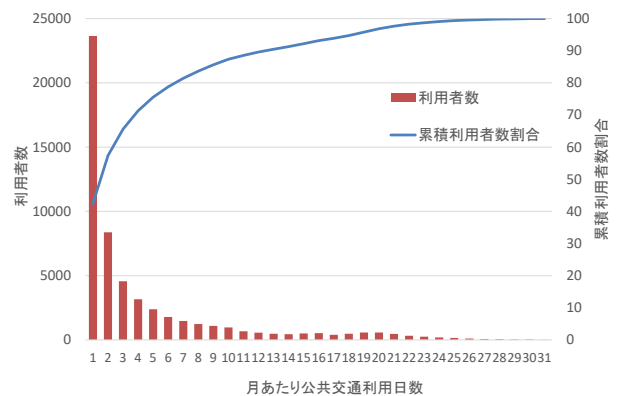


図-2. 「ですか」カード利用者の利用日数分布例

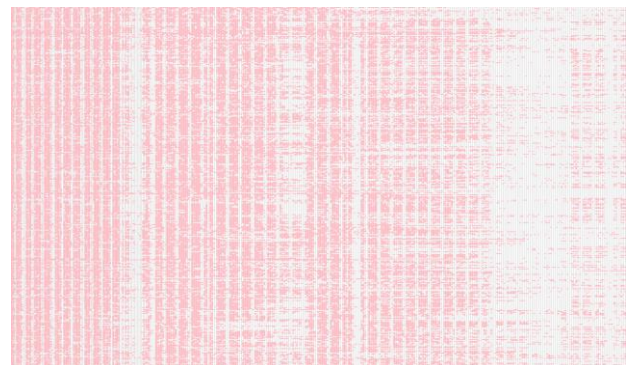


図-3. 公共交通利用者400名分の1年間の利用間隔の集計例<sup>5)</sup>

### 3. 部分空間法の適用

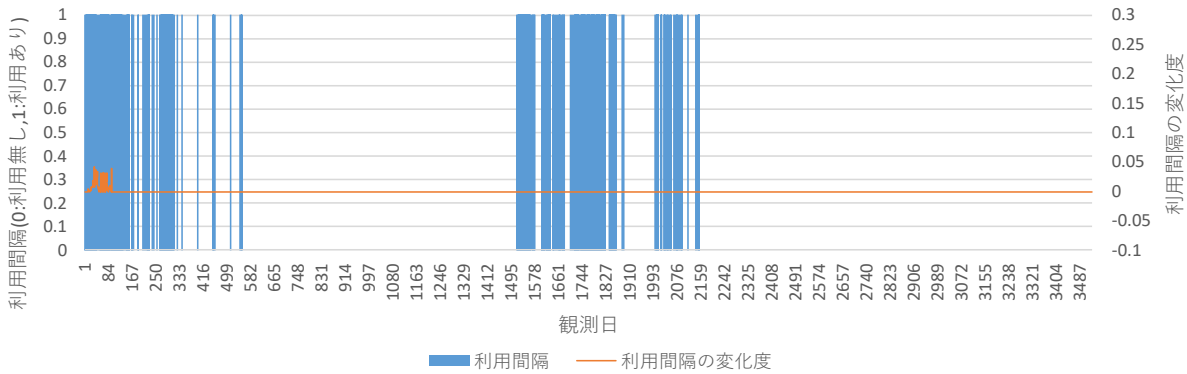
#### (1) 利用間隔データの集計

本研究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把握するものである。図-2には、400名分の1年間の公共交通利用日の間隔を集計した結果を可視化した例を示している。

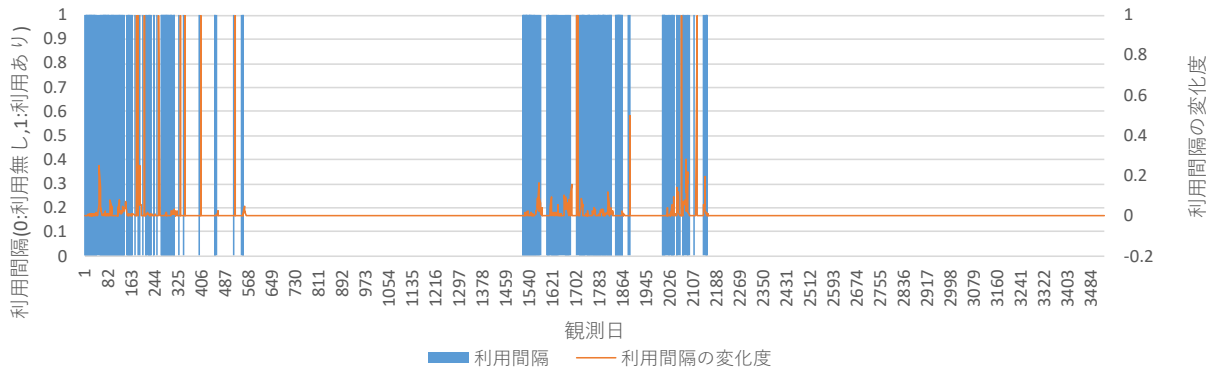
#### (2) 部分空間法の概要

本研究では、公共交通利用者の利用間隔の変化を検知するために、時系列データの変化点を検知することで知られる部分空間法を適用する。

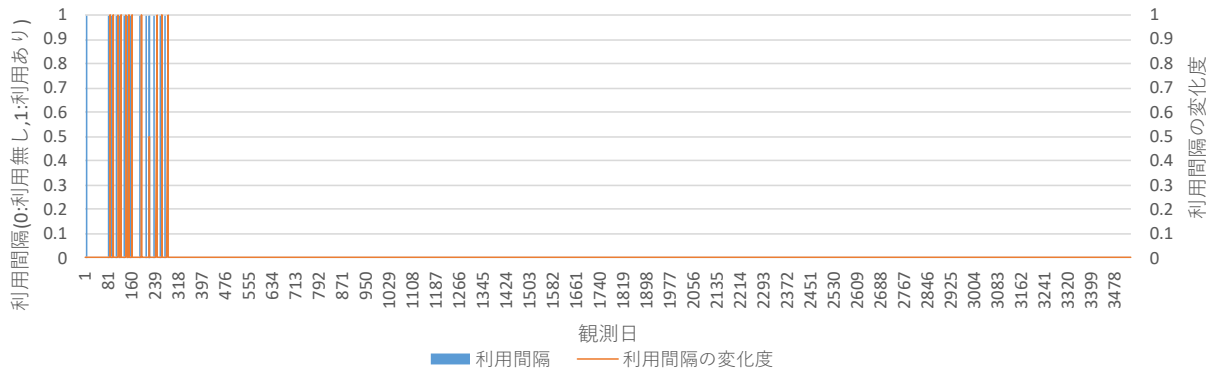
部分空間法は、周波数や心電図データの異常パターンや変化点を検知する手法として知られている。その方法としては、長さ  $T$  の時系列データ  $D = \{\zeta^{(1)}, \zeta^{(2)}, \dots, \zeta^{(T)}\}$  を観測とする時、対象時刻  $t$  の過去側と現在側に  $k$  本の部分時系列データを使い、二



(a) ある期間のみ高頻度に出現した例



(b) ある期間のみ高頻度に出現した例



(c) ある期間のみ低頻度に出現した例

図4. 公共交通利用者3名分の利用間隔について部分空間法を適用した例

つのデータ行列  $X_1^{(t)} \equiv [x^{(t-k-w+1)}, \dots, x^{(t-w+1)}, x^{(t-w)}]$

と  $X_2^{(t)} \equiv [x^{(t-k+L-w+1)}, \dots, x^{(t-w+L)}]$  をつくる。これら

のデータ行列について特異スペクトル解析により、両データの食い違い、すなわち、変化度を求める手法として知られている<sup>9)</sup>。

本研究では、図-3に示すような時系列データについて、各公共交通利用者ごとに部分空間法を適用することにより、利用間隔が変化する点を検知することとする。本稿では、部分空間法を利用者の出現間隔の特長ごとに計算例を示すこととする。

### (3) 部分空間法による公共交通利用間隔の変化検知例

本節では、収集した約 10 年分のデータを活用した公共交通利用者の利用間隔の変化検知を試みた結果を示す。

図-3は、利用者の時系列データについて部分空間法を適用した事例を 3 名分掲載している。図内(a)と(b)については、両者とも同様の機関に同じよう出現した利用者に対する計算結果の例である。ここで、両者の利用間隔の変化度に着目すると、出現パターンは視覚的に似ているように見えるものの、計算結果の傾向は異なることが確認できる。これは、出現期間中の頻度の違いであり、(b)の方が比較的高頻度に出現している結果である。また、(c)のように、低頻度で出現した場合においては、まれに出現することによって生じた変化を利用間隔の変化度により適切に表現できていることがわかった。

しかしながら、現段階では、限られた利用者の計算結果のみを示しており、利用間隔の変化度と利用間隔データの間隔を IC カードデータで集計できる利用者の特性ごとに整理する必要がある。

## 4. おわりに

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。

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がその利用を止めているかを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。

**謝辞：**本研究を遂行するにあたっては、とさでん交通株式会社様より大変貴重なデータをお借りするとともに、多くのご支援を頂いております。また、本研究は JSPS 科研費 17K06605 の助成を受けたものです。ここで感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) Pelletier, M., Trepanier, M., and Morency, C. : Smart card data use in public transit: A literature review, *Transportation Research Part C*, Vol.19, pp.557-568, 2011.
- 2) Hiroaki Nishiuchi, James King, Tomoyuki Todoroki : Spatial-Temporal Daily Frequent Trip Pattern of Public Transport Passengers Using Smart Card Data, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, Vol.11, No. 1, pp.1-10, 2013.
- 3) Hiroaki Nishiuchi, Tomoyuki Todoroki and Yusuke Kishi: A Fundamental Study on Evaluation of Public Transport Transfer Nodes by Data Envelop Analysis Approach Using Smart Card Data, *Transportation Research Procedia*, Vol.6 (4th International Symposium of Transport Simulation (ISTS'14) Selected Proceedings), pp. 391-401, 2015.
- 4) Hiroaki Nishiuchi, Yasuyuki Kobayashi, Tomoyuki Todoroki, Tomoya Kawasaki: Impact analysis of reductions in tram services in rural areas in Japan using smart card data, *Public Transport*, Vol.10, No.2, pp.291-309, 2018.
- 5) 西内裕晶, 力石真, 兵藤知, 轟朝幸 : 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, 第 55 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2017.
- 6) 井手剛 : 入門機械学習による異常検知 R による実践ガイド, コロナ社, 2015.

## DETECTION OF PUBLIC TRANSPORT USE INTERVAL CHANGE USING SMART CARD DATA

Hiroaki NISHIUCHI, Makoto CHIKARAISHI and Yasuhiro SHIOMI