

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

西内 裕晶¹

¹正会員 高知工科大学講師 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

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するものである。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るものとする。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。その結果、公共交通利用者が日々異なる経路と時間帯に公共交通を利用していることを経年的に把握することができた。

Key Words: smart card, spatial-temporal trip pattern, travel behavior, public transport

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に高知市公共交通総合連携計画の策定を進めている。その中で、公共交通機関相互の乗り継ぎや公共交通機関への乗り換えの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、公共交通の利用実態がデータから示された上での検討は少ないのが現状であり、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ず、公共交通活性化のためのマーケティングが行われていない。そこで本研究は、公共交通を活性化させるためのマーケティングを行うために、公共交通機関の料金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トリップの特性を分析する。

IC カードデータを活用し公共交通利用者の交通行動特性を利用パターンの抽出の観点で実施された研究は、筆者ら¹⁾の過去の研究やその他様々な国と地域で行われている^{2)~12)}。ここで、筆者らの研究¹⁾では、1 か月間の IC カードデータを用いて分析がなされており、実際に

は、公共交通事業者らが実施する各種施策に対する利用者の行動の変化を評価することが公共交通のマーケティングでは必要になる。そこで本研究では、高知市都市圏で利用可能な IC カード「ですか」のサービスが開始されてから 8 年間のデータを活用し、時間的・空間的トリップパターン依存度の経年変化を分析する。この分析を通じて、今後、公共交通事業者が実施している各種サービスに対する公共交通利用者の交通行動の変化を分析するための基礎的な特性を把握するものとする。

2. IC カード「ですか」

IC カード「ですか」は、2016年1月25日に利用が開始され、高知市都市圏における路面電車及び路線バスで利用可能な IC カードで、土佐電気鉄道(株)、土佐電ドリームサービス(株)、高知県交通(株)、(株) 県交北部交通と高知県交通のバス車両が運行する高知高陵交通の須崎～杉の川・檮原間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が分類され、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種類が存在する。

本稿で活用する IC カードから得られる情報は、利用者 ID、乗車時刻、乗車停留所、降車時刻、降車停留所である。なお、2014 年 10 月に土佐電気鉄道と高知県交通が経営統合しており、2014 年 10 月以降の情報は新会社であるとさでん交通の情報として処理されている(表-1 参照)。ここで、本稿で利用する IC カードデータの取得期間を整理すると、2,973 日分のデータを分析可能であった。

ここで、データ取得期間である 2009 年 1 月 25 日から 2017 年 3 月 31 日までに出現したカード ID の数を整理すると、128,051 個のユニークなカード ID が出現していることが分かった。これらのカード ID が最初に出現した日の経年変化を図-1 に示す。図より、データ取得期間中に出現した ID の内の約 25% を占める約 30,000 個の ID 数に達するのはサービスが開始されてから約 100 日後の 2009 年 5 月であり、その時期の新規カード利用者が最も多いことが分かった。また、各年の 4 月に新規 ID の数が急増することが分かるが、これは新年度を迎えて定期券等を購入したり公共交通を利用し始める利用者が見られるためである。また、4 月頃の新規 ID 数を調べると、その水準は毎年大きく変化することなく、概ね 400 個の新規 ID 数が各年で出現していることも分かった。

表-1 利用した IC カードデータの概要

データ取得期間	2009 年 1 月 25 日～2017 年 3 月 31 日
データ内容	利用年月日、カード ID、券種、利用交通機関、乗車時間、乗車停留所、降車時間、降車停留所、すかポイント、エコポイント、移動距離
交通機関	路面電車、路線バス (土佐電気鉄道、高知県交通、県交北部交通(2014 年 10 月まで)、とさでん交通(2014 年 10 月以降))
カード ID 数	128,051 個

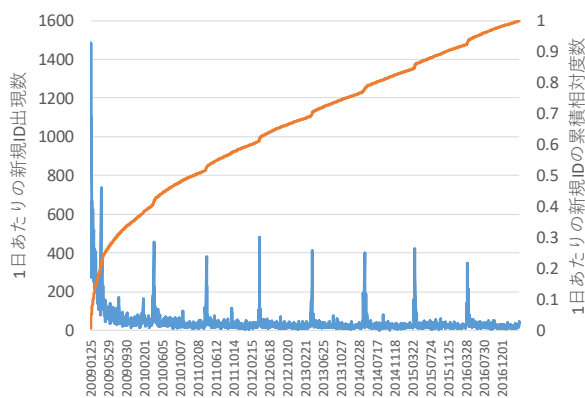


図-1 各日における新規カード ID の出現状況

3. 時間的・空間的トリップパターン依存度

ここでは、本稿で試算する時間的・空間的トリップパターン依存度について説明する。両指標は、筆者らが提案した公共交通利用者の日々の利用経路と利用時間帯を把握するために提案された指標である¹⁾。以下ではそれぞれの求め方を示す。なお、データ取得期間全体で時間的・空間的トリップパターン依存度を計算した結果に加え、データ取得期間の各年で出現が確認された ID のみを対象として時間的・空間的トリップパターン依存度を各年で計算した結果を次章に示す。

(1) 時間的トリップパターン依存度

各利用者が 1 ヶ月間で毎日同じ時間帯に公共交通を利用しているか否かについて、本研究では、ある 1 日において出現した乗車・降車の時間帯(1 時間単位)の組合せを、その日の利用時間帯のトリップパターンとして定義する。例えば、図-2 に示すように、ある人が 1 ヶ月間に 3 トリップした場合に、トリップ 1 とトリップ 3 は同じ 1 時間帯(6 時台乗車、7 時台降車、12 時台乗車、13 時台に降車)に公共交通を利用している。一方で、トリップ 2 では前述の 2 トリップとは異なる時間帯(例えば、17 時台乗車、18 時台降車)も公共交通を利用しており、利用時間帯パターンとしてこの利用者は、データ取得期間で 3 日公共交通を利用し、その内の 2 日は同じ時間帯に利用している。ここで本研究では、公共交通利用の時間帯が全く同じ組み合わせで最も多く出現した日数が、公共交通を利用した全トリップ日数に対する構成比を時間的トリップパターン依存度として定義する。よって、図-2 の例であれば、この利用者の時間的トリップパターン依存度は、3 日の内で 2 日同じ時間帯に利用しているため、約 0.67 となる。

(2) 空間的トリップパターン依存度

本研究で分析する空間的トリップパターン依存度は、前述の時間的トリップパターン依存度と同様に、ある利用者がデータ取得期間中に、最も多く利用したある 1 日のバス/電停の組合せの出現率を空間的トリップパターン依存度として定義する。具体的には、図-3 に示すように、ある利用者が 3 日の公共交通利用があり、2 日分は同じ停留所の組合せが同じ順序で出現した場合、この利用者の空間的トリップパターン依存度は約 0.67 となる。なお、本稿では、ある日に出現したバス/電停の組合せをその日の利用「経路」として捉え、以降でも空間的トリップパターン依存度で高頻度に出現するバス/電停の組合せを、利用者が高頻度に利用している「経路」として考察を加えることとする。

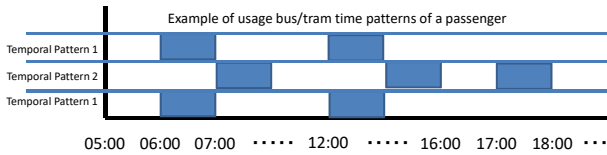


図-2 時間的トリップパターンの集計例

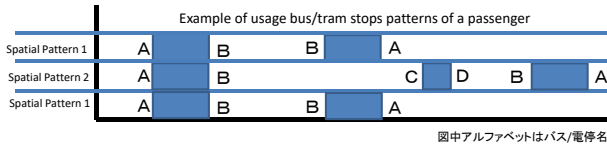


図-3 空間的トリップパターンの集計例

表-2 分析対象利用者の出現日数の基本統計量 [単位：日]

最大値	2,850
最小値	2
平均	243.9
標準偏差	371.7

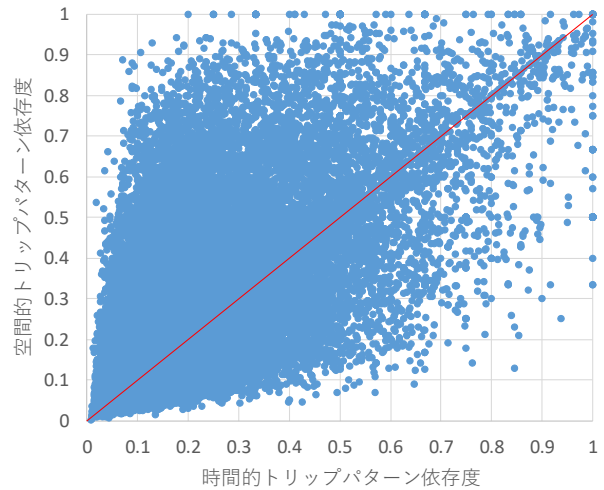


図-4 時間的・空間的トリップパターン依存度

4. 時間的・空間的トリップパターン依存度の経年変化

(1) データ取得期間全体での時間的・空間的トリップパターン依存度の試算

ここでは、IC カード「ですか」データが取得された 2009 年 1 月 25 日から 2017 年 3 月 31 日を対象とし、期間内に 2 日以上出現した利用者を対象として時間的・空間的トリップパターン依存度をそれぞれの利用者で算出し、約 8 年間での両指標の傾向を把握する。分析の対象となったのは、2009 年の 1 年間に両トリップパターン依存度を計算可能な 2 日以上出現した利用者で 47,316 名である。データ取得期間は 2,973 日であり、対象利用者の内、出現した日数の最大値は 2,850 日、最小値は 2 日であった(表-2)。図-4 に試算した結果を示す。

図-4 より、図内右上は日々同じ時間帯に同じ経路を利用している利用者がプロットされているはずであるが、試算の結果から全体的に少数の利用者のみがプロットされている結果となった。一方で、図内左下は日々異なる時間帯に異なる経路を利用している利用者を示しており、多くの利用者が日々異なる時間帯に異なる経路を利用していることが分かった。また、時間的、空間的にそれぞれのトリップパターン依存度の傾向を把握すると、見た目の分布として、時間的トリップパターン依存度は 0.5 未満と高くはないものの、空間的トリップパターン依存度が比較的高い利用者が一定量存在することが分かった。ここで両指標に関する各利用者の数値の分布を把握する。表-3 より、両指標とも約半数の利用者は 0.3 未満であり、特定の利用経路と利用時間帯に偏った利用をしていないことや若干空間的傾向にあることが分かった。

この傾向は筆者らの過去の研究とも一致しているものの、時間帯の区切りが 1 時間と設定していることから、時間的トリップパターン依存度の定義を引き続き検討していく必要がある。また、図内の各点には複数名が存在し得ることに注意する必要がある。

表-3 時間的・空間的トリップパターン依存度の分布

データ区間	空間的トリップパターン		時間的トリップパターン	
	利用者数	相対度数	利用者数	相対度数
0-0.1	7,776	0.167	11,228	0.241
0.1-0.2	14,280	0.307	16,128	0.197
0.2-0.3	8,872	0.191	8,569	0.130
0.3-0.4	6,082	0.131	4,964	0.087
0.4-0.5	4,180	0.090	3,113	0.060
0.5-0.6	1,972	0.042	1,068	0.022
0.6-0.7	1,579	0.034	731	0.015
0.7-0.8	965	0.021	371	0.008
0.8-0.9	523	0.011	176	0.004
0.9-1	309	0.007	190	0.004
合計	46,538	1	46,538	1

(2) 時間的・空間的トリップパターン依存度の経年変化

ここでは、時間的・空間的トリップパターン依存度の経年変化を分析する。本稿では、まず、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。分析の対象となる利用者は、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。

図-5 には、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結果である。基本的な特性としては、前節で示した全体的な傾向と概ね一緒であり、また、2014 年 10 月に実施された交通事業者の合併後

(2016 年)の公共交通利用者の時間的・空間的な利用特性に大きな変化は見られないものと考えられる。

ここで、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する。図-6, 7 には、時間的・空間的トリップパターン依存度別に、2009 年の依存度の値に対して以降の依存度が増加し続けた人あるいは減少し続けた人の割合を示している。図より、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。今後は、利用の曜日や時間帯、利用者の利用頻度や利用日数の間隔の変化に加えて、カード種別などの情報も加味しながら、長期的な視点で公共交通利用者の移動パターンの変化の特性を把握する必要がある。

5. おわりに

本稿では、筆者らが過去に提案した公共交通利用者の時間的・空間的トリップパターン依存度に着目し、高知市都市圏において利用可能な IC カード「ですか」のサービスが開始されてから 8 年間の IC カードデータを活用して分析した。その結果、公共交通利用者は日々異なる経路と時間帯で公共交通を利用していることを経年的に把握することができた。

今後は、前述した通りに、利用の曜日や時間帯、利用者の利用頻度や利用日数の間隔の変化に加えて、カード種別などの情報も加味しながら、長期的な視点で公共交通利用者の移動パターンの変化の特性を把握することと、これらの情報を活用した公共交通利用者の行動モデルを構築し、今後の公共交通の利用状況の改善に向けた取り組みの検討が必要である。

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) Hiroaki Nishiuchi, James King, and 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(1), pp 1-10, 2013.
- 2) Marie-Pier Pelletier, Martin Trépanier, Catherine Morency: Smart card data use in public transit: A literature review, Transportation Research Part C Vol. 19, pp.557-568, 2011.
- 3) Catherine Morency, Martin Trépanier, Bruno Agard: Ana-

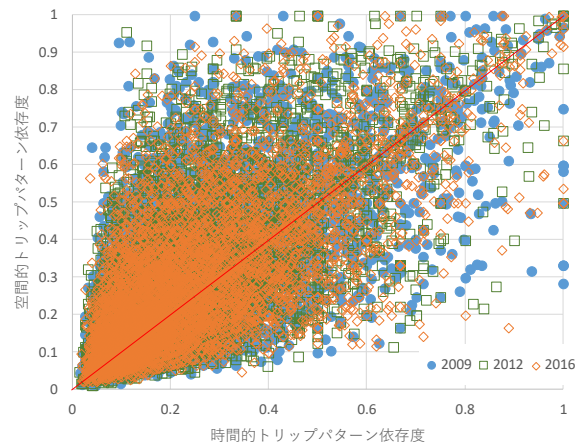


図-5 3か年における時間的・空間的トリップパターン依存度

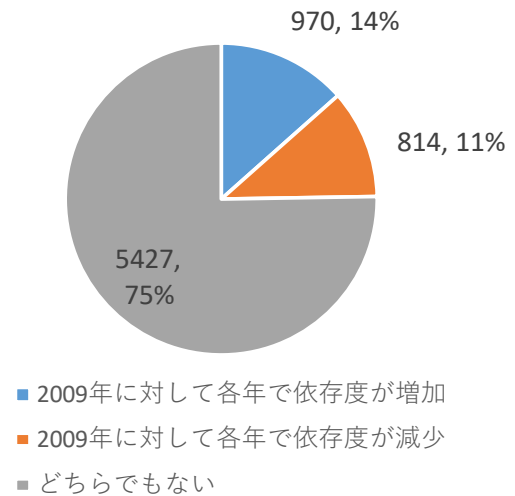


図-6 空間的トリップパターン依存度の変化の概要

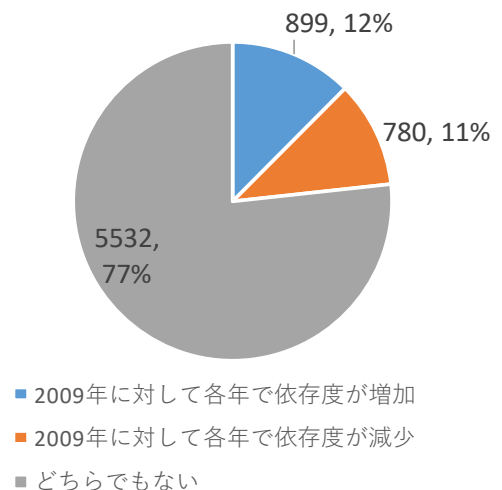


図-7 時間的トリップパターン依存度の変化の概要

- lysing the variability of transit users behavior with smart card data, Proceedings of the IEEE ITSC 2006, 2006.
- 4) Le Minh Kieu, Ashish Bhaskar, Edward Chung: Mining temporal and spatial travel regularity for transit planning, Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings, 2013.
 - 5) Mohamed K. El Mahrsi, Etienne Côme, Johanna Baro, Latifa Oukhellou: Understanding Passenger Patterns in Public Transit Through Smart Card and Socioeconomic Data - A Case Study in Rennes, France-, UrbComp'14, 2014.
 - 6) Sui Tao 旯, David Rohde, Jonathan Corcoran: Examining the spatial-temporal dynamics of bus passenger travel behaviour using smart card data and the flow-comap, Journal of Transport Geography, Vol. 41, pp.21-36, 2014.
 - 7) Mohammad Sajjad Ghaemi, Bruno Agard, Vahid Partovi Nia, Martin Trépanier: Identifying Temporal User Behavior through Smart Card, CAPST 2015, 2015.
 - 8) GainHan, Keemin Sohn: Activity imputation for trip-chains elicited from smart-card data using a continuous hidden Markovmodel, Transportation Research PartB, Vol. 83, pp.121-135, 2016.
 - 9) Gabriel Goulet-Langlois, Haris N. Koutsopoulos, Zhan Zhao, and Jinhua Zhao: Measuring Regularity of Individual Travel Patterns, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, pp.1-10, 2017.
 - 10) Hamed Faruqi, Mahmoud Mesbah, and Jiwon Kim: Spatial-Temporal Similarity Correlation between Public Transit Passengers Using Smart Card Data, Journal of Advanced Transportation, Volume 2017, Article ID 1318945, 2017.
 - 11) Jiwon Kim, Jonathan Corcoran, Marty Papamanolis: Route choice stickiness of public transport passengers: Measuring habitual bus ridership behaviour using smart card data, Transportation Research Part C, Vol. 83, pp.146-164, 2017.
 - 12) Xiaolei Ma, Congcong Liub, HuiminWen, Yunpeng Wang b, Yao-JanWue: Understanding commuting patterns using transit smart card data, Journal of Transport Geography, Vol. 58, pp.135-145, 2017.