

ICカード乗車券システムから得られる改札通過データを用いた鉄道旅客流動の分析*

Analysis of a railway passenger flow using ticket gate passage data provided from IC card ticket system

高木勇弥**・日下部貴彦***・井料隆雅****・中島良樹*****・朝倉康夫*****

By Yuya TAKAGI**・Takahiko KUSAKABE***・Takamasa IRYO****・Yoshiki NAKAJIMA*****・Yasuo ASAKURA*****

1. 背景と目的

ICカード乗車券は、2000年3月にその規格が定められて以後、都市圏を中心にJRや私鉄などで導入が進んでいる。交通系ICカードの利用履歴（ICカードデータ）の特徴は、①改札通過時刻を1分単位と短いスパンで取得できる、②長期にわたる多量の定点観測データが収集できる、さらに、入出場記録が完結されなければ継続利用できないため、③データの欠損がないことなどが挙げられる。このためICカードデータは、ラッシュ時やオフピーク時など時間帯別の利用者の動きの分析や、利用者行動の長期にわたる変動の分析に適している。

磁気券データを用いた旅客流動の分析例として、岡村ら¹⁾は、磁気プリペイドカードの乗車記録データを用い、乗車記録の特性について分析している。鉄道利用者の行動を推定する研究として、明星²⁾は自動改札機の時間帯別ODデータを利用し、乗車列車を推定する手法を提案している。しかし、ODデータが時間「帯」ということもあり、精緻な乗継経路モデルの設定は難しく、同一時間帯の利用者は全て同じ経路を選択するというシンプルな前提であるため、列車運行と利用者行動の相互作用の明確な結びつけが難しく、精度を向上する余地がある。

これらをふまえ、利用者を「最早列車選択型」、「乗換回避型」、「混雑回避型」といった数種類の行動属性に分類し、目的地までの所要時間や混雑度から、列車ダイヤを評価するシミュレーション手法も開発されつつある³⁾。しかし、大都市交通センサスデータを用いているため対象となる利用状況データが少なく、十分な検証ができていないという課題が残されている。さらに、現時点ではICカードデータを用いた研究はほとんどなく、磁気券とICカードの利用特性の違いも含めて、明らかに

なっていないことは多い。従来、磁気券で行われてきた分析手法がICカードでも有効であるかを明らかにするとともに、さらにICカードを用いた新たな分析手法を提案していくことが必要である。

本研究では、ICカード乗車券システムにより取得できる1分単位の改札通過データを用いて、ICカードデータと磁気券データとの比較とICカードデータの基礎的な集計を行う。さらに、利用者の入場・出場時刻と列車のダイヤを重ね合わせることで、鉄道旅客流動の分析を試みる。

2. 分析対象データ

(1) 分析対象のデータについて

本研究では、鉄道会社2社（以下A社、B社）のICカード乗車券システムにより取得できる1分単位の改札通過データを用いる。使用したICカードデータの項目は、①使用年月日、②出発駅、③入場時刻、④到着駅、⑤出場時刻の5つである。

分析の対象とした日は、両社がダイヤ改正を行った日を挟んだ、ある2ヵ月間のうち、ダイヤ改正前12日間、ダイヤ改正後12日間の計24日間である。ほとんどの休日に両社で何らかのイベントが企画されており、その影響を排除するため、分析は平日に限定した。曜日による変動を考慮するため、分析対象とした各曜日の合計日数は同じである。

(2) ICカードデータと磁気券データとの比較

ICカードデータが、磁気券データと比較してどのように異なるかを調べるため、長期間の変動傾向を比較した。1つのトリップが複数の交通手段の乗り継ぎで行われるとき、個々の手段による移動をun-linked trip、またはジャーニーと呼ぶが、以下では「単一の社局の路線を使った移動を1つのジャーニー」と定義する。また、ジャーニー数は乗客数とも考えることができる。

図-1では、分析対象日に土日を含めた47日間の各日のICカード（両社）・磁気券（A社のみ）のジャーニー数を全ジャーニー数で基準化し、各1日のジャーニー数が占める割合を求めた。各曜日を数字で1から順に（1が日曜日、2が月曜日のように）表してある。図-1よ

*キーワード：ICカード、磁気券、旅客流動

**学生員、学士、神戸大学大学院工学研究科

(神戸市灘区六甲台町1-1、

TEL078-803-6360、FAX078-803-6360)

***学生員、学士、神戸大学自然科学研究科

****正会員、工博、神戸大学大学院工学研究科

*****非会員、工学修士、神戸大学大学院工学研究科

*****正会員、工博、神戸大学大学院工学研究科

り、ICカードも磁気券も2から5にかけてジャーニー数が増加する傾向がある。ICカードと磁気券の差が後半にかけて大きくなったのは、ICカードの普及により利用者数が相対的に増加したものと推測される。A社のICカード・磁気券利用者が特に多くなっている日（2週目の4）はA社の沿線でイベントが行われており、その影響があると考えられる。分析の結果、ICカードと磁気券は似た傾向があり、変動に著しい違いはないことがわかる。

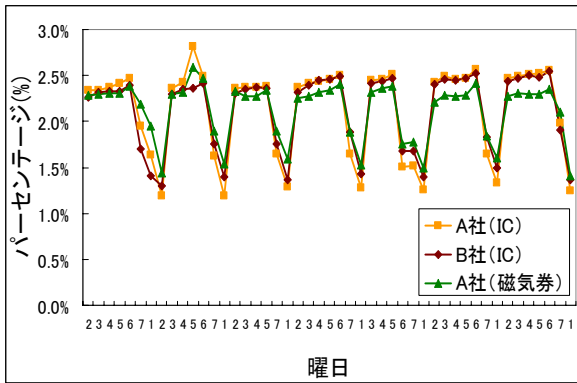


図-1 磁気券データとICカードデータの日変動

3. 分析手法

ICカードデータを用いて、基礎的な集計や旅客流動の推定を行うための基本的な考え方を図-2に示す。利用者がある駅間を利用したとき、出発駅の入場時刻、到着駅の出場時刻を図-2のようにそれぞれ縦軸、横軸として時刻軸上にプロットする。

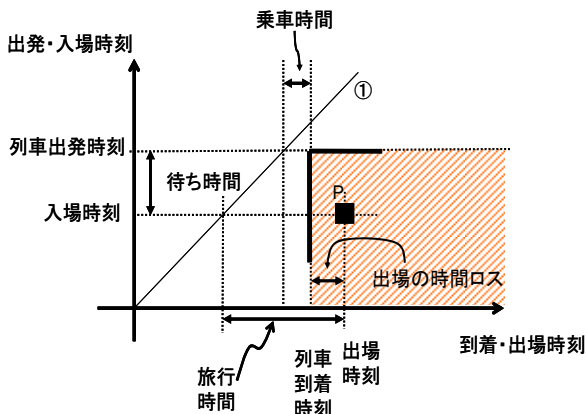


図-2 列車と利用者の対応関係

図-2中にある点Pは、ある利用者の特定の駅間を移動したときの入場時刻、出場時刻を表している。入場時刻後に駅を出発する列車の出発時刻を水平の実線で、同列車が到着する時刻を垂直の実線で示す。このとき、入場時刻と列車の出発時刻の差は待ち時間、列車到着時刻と出場時刻の差は出場時間のロスと考えることができる。入場時刻、出場時刻ごとに利用者数を集計すれば、特定のOD間の利用者の駅への入場時刻と入場者数の分布、駅

からの出場時刻と出場者数の分布を描くことができる。斜線①が縦軸と横軸の時刻が同一であることを表す直線と考えれば、改札間の旅行時間を表すことも可能である。

本分析では、この考え方を用いた分析の例として利用者の駅への入場時刻と入場者数の分布、改札間の旅行時間の分布、利用者の入出場時刻とダイヤとの重ね合わせについての分析を行う。

(1) 利用者の駅への入場時刻と入場者数の分布

ICカード利用者が、列車の到着時刻にあわせて、どのように駅に入場しているかを明らかにするために、ICカード利用者の駅への入場者数（利用者数）を1分毎に合計する。各時刻の総入場者数を集計し、全入場者数に占める割合を求める。この割合と入場時刻の分布から、特定の駅における入場者数の分布の特徴を明らかにする。

(2) 改札間の旅行時間の分布

特定のOD間の旅行時間の変化を知るために、ある特定のOD間におけるICカード利用者の旅行時間の分布を求める。ICカード利用者の旅行時間ごとに利用者数を集計し、そのOD間の総利用者数に占める割合を求める。この割合と旅行時間の分布を描く。

(3) 利用者の入出場時刻とダイヤの重ね合わせ

利用者が乗車したと思われる列車の判別を試みるために、利用者の入場時刻、出場時刻とダイヤの重ね合わせを行う。図-2において、列車の出発時刻を表す直線と到着時刻を表す直線が交差する点より右下の領域にプロットされた利用者は、その列車に乗車することが可能である。そして、入出場に要する時間が列車運行間隔より十分に小さい場合、この列車の利用者は2つの直線の交差点に最も近い点にプロットされることが予想される。同一の出発駅、到着駅を利用した複数の利用者についてこの図を描き、各領域の利用者数を数え上げることで、駅からその列車にどれくらいの人数が乗車したかを知ることができる。出発駅から到着駅の途中で乗換が可能な場合、乗換可能な列車を抽出し、最後に乗換を行った列車の到着時刻を図に示す。

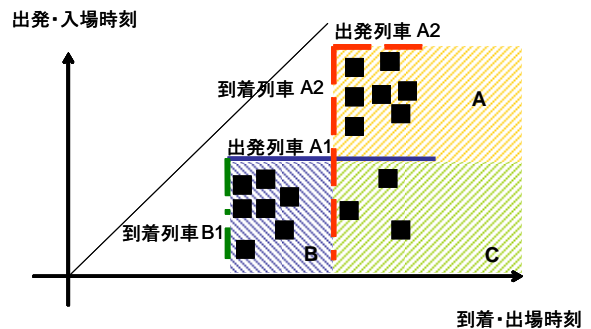


図-3 乗車列車の推定

図-3では、出発列車A2の出発時刻の線と到着列車A2の到着時刻の線に囲まれる領域Aにプロットされた利用者は、出発駅で列車A2に乗り、そのまま到着駅に向かったと推測される。同様に、出発列車A1と到着列車B1の線に囲まれる領域Bにプロットされた利用者は、出発駅で列車A1に乗り、列車B1に乗り換え移動したと推測される。ただこの方法では、出発列車A1の線と到着列車A2の線の交点より右下の領域Aと領域Bが重なる領域Cにプロットされた利用者は、出発駅で列車A1に乗り、列車A2に乗り換えた可能性などが考えられ、何らかのルールを導入しないかぎり、乗車列車を判別することは難しい。

4. 実証分析

分析で用いた駅はA社のA-1駅、B社のB-1駅、B-2駅、B-3駅である。A-1駅とB-1駅は、ダイヤ改正により、それまで停車しなかった優等列車が停車するようになった駅である。

(1) 利用者の駅への入場時刻と入場者数の分布

A社のA-1駅における朝のラッシュのある1時間を対象に、1分毎の入場者数を集計した。分析では、A-1駅から上り方面に向かった利用者を集計した。

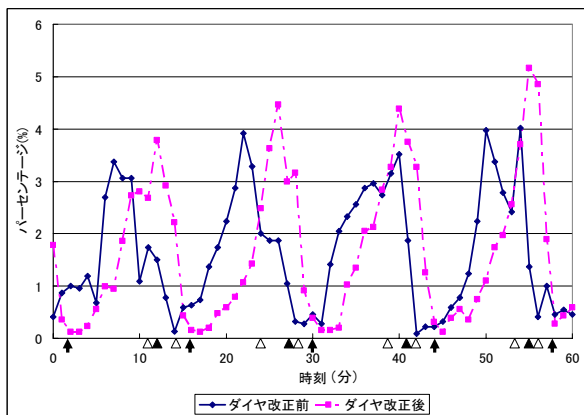


図-4 A-1 駅の入場時刻と入場者数の分布

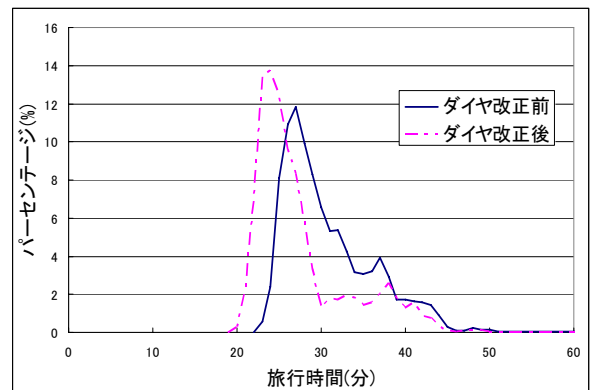
図-4中の三角点及び矢印は、上り列車が出発する時刻を示し、白抜き三角点がダイヤ改正前の列車の出発時刻である。黒色の三角点がダイヤ改正後、黒色の矢印はダイヤ改正後、停車するようになった優等列車の出発時刻である。図-4より、列車の出発時刻にあわせて利用者が駅に入場する傾向がみられ、列車出発の約5分前に入場者数はピークを迎えている。また、ダイヤの変更にあわせて利用者の入場時刻のピークが変化していることもわかる。特にダイヤ改正後、優等列車の停車にあわせて利用者の入場時刻が変化していることがわかる。

A-1駅の駅勢圏が狭く、徒歩が主要なアクセス手段で

あるとすれば、優等列車の出発時刻にあわせて駅に到着するような行動を利用者がとりやすいためと考えられる。

(2) 改札間の旅行時間の分布

B社のB-1駅から、主要な駅の一つであるB-2駅へ向かった利用者を対象にし、旅行時間を求めた。集計した時刻は朝のラッシュである7時から9時の2時間とし、7時から9時の間にB-1駅の改札を通過し、9時までにB-2駅の改札を通過した利用者を集計対象とした。分析の結果を図-5に示す。



平均旅行時間 ダイヤ改正前 30.85分 改正後 27.57分

図-5 B-1 駅から B-2 駅間の旅行時間

図-5より、ダイヤ改正によって優等列車が停車するようになったことで、グラフのピークが左に寄り、旅行時間が短縮されていることがわかる。

図-5には記載していないが、B-1駅の利用者数はダイヤ改正後、約11%増加していた。利用者増大は、①周辺駅から利用者が移動した、②ICカード利用者が増加した、③ダイヤが変更されたことで7時から9時の両側の時間帯から7時から9時へ利用時間帯の変化があったことなどが考えられる。別途に行った集計によると①から③の効果よりも、旅行時間短縮による旅客の純増があったことが推測される。

(3) 利用者の入出場時刻とダイヤの重ね合わせ

B社のB-1駅からB-2駅へ向かった利用者を対象にし、各利用者が乗車したと思われる列車を判別する。B-1駅はダイヤ改正前には、列車カテゴリB-a、B-bの列車が停車していた。列車カテゴリB-bは、B-aよりも優等列車である。ダイヤ改正後、さらに優等列車である列車カテゴリB-cが停車するようになった。

図-6にダイヤ改正前のB-1駅の人動き、図-7にダイヤ改正後のB-1駅の人動きを示し、それぞれB-1駅からB-2駅へ向かった利用者の乗車した列車を推定した。色が濃い部分は利用者数が多いことを表している。縦軸、横軸の時刻はある時刻からの経過時間(分)を表し、斜めの線は同一時刻を表している。

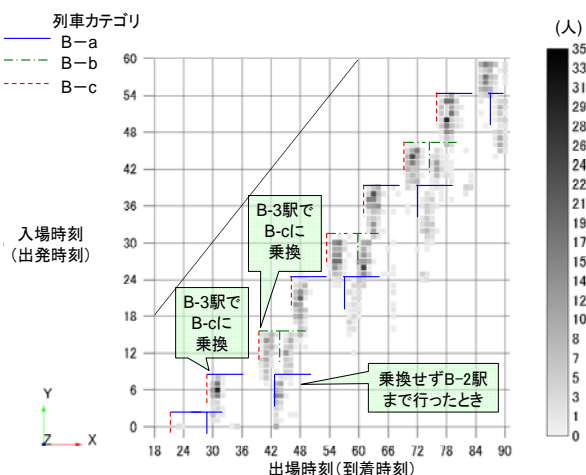


図-6 B-1 駅の人動き (ダイヤ改正前)

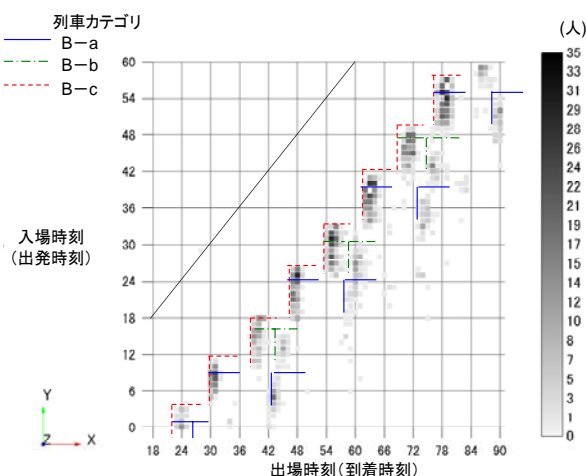


図-7 B-1 駅の人動き (ダイヤ改正後)

図-6より、ダイヤ改正前には、利用者はB-1駅で列車に乗車後、優等列車に乗換可能なB-3駅にて列車カテゴリB-cへ乗り換えてB-2駅に向かうグループと、利用者がB-1駅で列車に乗車後、乗換を行わず、B-2駅に向かうグループの主な2つのグループがあることがわかる。

図-7では、優等列車である列車カテゴリB-cが停車するようになったことで、多くの利用者が列車カテゴリB-cに乗車後、乗換を行わずにB-2駅に向っていることがわかる。しかし、列車カテゴリB-a、B-bに乗車し、乗換を行わず、B-2駅に向かうグループもみられる。このグループの利用者の多くは、旅行時間短縮より、混雑を避け乗車時の快適性を志向する傾向があると考えられる。

図-6と図-7を比較すると、利用者がプロットされている場所が全体的に左上に移動していることがわかる。これは、利用者が遅く出発しても早く到着できるようになったことを表している。ダイヤ改正後、B-1駅で列車カテゴリB-cが停車するようになったことで、B-1駅の利用者の利便性が上がった可能性があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、ICカードデータと磁気券データとの比較を行い、ICカードデータを用いた基礎集計を行った。さらに、利用者の入出場時刻とダイヤとの重ね合わせにより利用者がどの列車に乗車したかを判別できる可能性があることを示した。

今後の検討課題として、判別が難しい部分にプロットされた利用者の乗った列車をどのように判別するかという課題がある。利用者のグループ分けを行うことで（時間短縮志向のグループ、普通電車志向のグループなど）、同じ時間帯に入場した同一のODの利用者の列車選考特性を知ることも可能となる。現在、そのアルゴリズムを開発中である。さらに、ICカード利用者を個人ごとに識別することにより、ダイヤ改正前後における個人の行動の変化を知ることでもできると考えている。例えば図-8のように、ダイヤ変更前に黒色の点にいた人が、ダイヤ変更後、点①を含む斜線部に移動したとすると、遅く出ても目的地に早く着けるようになったことになり、その人の利便性は大きく向上したと考えられる。点②を含む斜線部に移動すれば、入場時刻を早くした分以上に旅行時間が短くなり、利便性が向上したと考えられる。しかし、点③を含む斜線部に移動すれば、逆に早く出ても遅くにしか着けなくなり、その利用者の利便性は悪くなったと考えられる。このように、個人単位でダイヤ改正の影響を知ることが可能である。

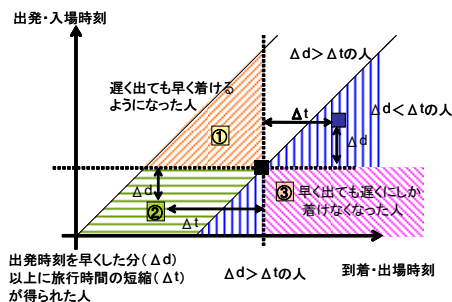


図-8 個人単位でのダイヤ改正による影響

参考文献

- 岡村敏之, 藤原章正, 神野優, 杉恵頼寧: 共通プリペイドカードによる都市圏内公共交通乗車記録の特性分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 19-1, pp. 29-36, 2002.
- 明星秀一: 自動改札機データを活用した旅客流動推定手法, 鉄道総研報告, Vol. 20, No. 2, pp. 23-28, 2006
- 國松武俊, 平井力, 富井規雄: 列車運行・旅客行動シミュレーションシステムの開発, 鉄道総研報告, Vol. 21, No. 4, pp. 5-10, 2007