

3503 鉄道系 IC カードデータによる鉄道施策の実証的評価

学 [土] ○中島 良樹 (神戸大院) 学 [土] 北野 誠一 (神戸大院)

学 [土] 日下部貴彦 (神戸大院) 正 [土] 井料 隆雅 (神戸大院)

正 [土] 朝倉 康夫 (神戸大院)

Empirical Evaluation of Railway Measure Using Smart Card Data for Automated Fare Payment

Yoshiki NAKAJIMA, Kobe Univ. Rokkodai 1-1, Kobe City

Seiichi KITANO, Kobe Univ.

Takahiko KUSAKABE, Kobe Univ.

Takamasa IRYO, Kobe Univ.

Yasuo ASAKURA, Kobe Univ.

Smart card systems for public transport have been rapidly growing in the world. When a smart card holder goes through a ticket gate, the gate passing time of the card holder is recorded very short time interval such as every one minute. When those data are stored, the historical record of the smart card usage can provide an accurate data set for analyzing the movement of users of public transport. Smart card data are attractive for railway companies when they discuss train operation designs and pricing strategies. It becomes possible to evaluate the detailed effects of transport policies and operations on user's behavior. The smart card data could show how the introduction of a measure of railway changes user's behavior. The aims of this paper are to propose the methodologies for estimating the behavior of railway passengers using the smart card data, and to analyze the effects of new train operations.

Keywords: smart card, railway, public transport, travel behavior analysis, measure of traffic

1. はじめに

鉄道に何らかの施策が実施されると、新たな鉄道需要や利用形態の変更といった利用者の行動変化を生じさせる可能性が高い。特に都市部における新線開業やダイヤ改正は、通勤・通学という日常的な鉄道利用を中心に、その行動変化も大きなものになると考えられる。

2009年3月20日に阪神西九条駅から近鉄難波駅間が延伸され、阪神なんば線(以下、なんば線という)として開業した(図-1)。なんば線開業により、神戸・阪神地域と大阪ミナミの繁華街である難波、国際観光都市である奈良、大阪上本町駅または鶴橋駅乗換で三重・名古屋方面とのアクセスが大幅に改善、強化された。

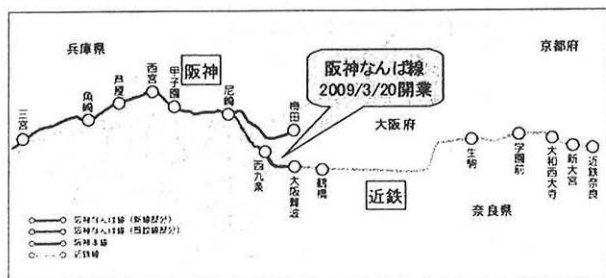


図-1 阪神なんば線位置図

開業1年後で67,000人/日の利用見込みに対し、2009年5月10日時点で約54,000人/日と、既に目標の約8

割を達成し、多くの利用者に日常的な行動変化が生じていることを示している。

特に、阪神本線沿線の利用者にとって大阪市西部・南部へのバイパス路線となり、旧来、神戸方面から難波・近鉄沿線への鉄道アクセス経路であった梅田駅や野田駅を経由し地下鉄等へ乗り換えるルートから、新たに、なんば線で直通するルートができたことで、所要時間短縮による速達性や乗換不要による所要時間信頼性が向上し、行動変化に繋がったと考えられる(図-2)。

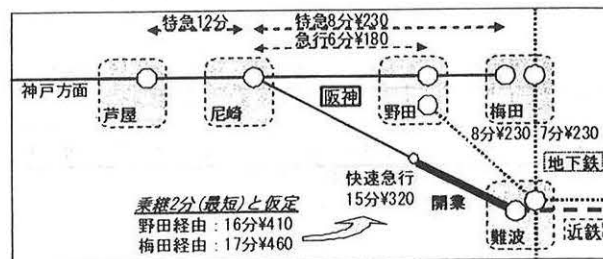


図-2 神戸方面と難波駅間の主要経路

筆者らは、これまで、普及しつつある鉄道系 IC カードのデータ(以下、IC データという)を用いて、ダイヤ改正による鉄道利用時刻の変化の検証や、利用者の集改札時刻をもとにした乗車列車推定など、時間的な行動変化を把握する手法を開発してきたが、経路変更を伴う空間的な要素を含んだ行動変化は実証できていない。

そこで、本研究では、阪神なんば線開業により経路選択が可能となった特定の駅を対象として、空間的な要素も含めて利用状況がどのように変化したのかを確認し、なんば線開業による所要時間信頼性の変化が、実際の鉄道利用者の日常的な行動(時刻・経路選択)にどのような影響を及ぼしたかについて、ICデータを用いて実証する。

2. 分析方法

2.1 ICデータの特徴

ICデータは、鉄道乗車1件毎の利用情報が記録されており、①改札通過時刻を1分単位と詳細に取得できる、②長期にわたる定点観測データが収集できるという特徴がある。加えて、入出場記録が完結しなければ継続利用できないため、③データの欠損がない④カードIDによって個別の利用履歴が識別可能などの特徴を持っており、様々な交通現象の観測と分析が可能となる。

なお、本研究で用いるICデータのIDは、実際のカードIDごとにランダムなIDを割り付けたものである。個人の特定はできないが、カードごとの利用履歴を追跡できるよう処理されている。

2.2 分析対象データ

比較分析の対象日は、なんば線開業前後の2008年および2009年の4～6月のそれぞれ20日間とする。定常的な利用状況の変化を把握するため、長期休暇前後や流感による休校が集中した期間を除き、曜日など暦上ほぼ同条件の平日を抽出した。また、分析対象日のラッシュ時間帯である7:00～9:00に入出場が記録されたICデータに絞り分析を行う。

以下では、阪神本線の中規模駅である芦屋駅で入場し梅田駅もしくは難波駅で出場している利用状況を例にあげ検証する。(以下、芦屋駅から梅田駅を区間AU、芦屋駅から難波駅を区間ANという)

3. 所要時間の信頼性検証

3.1 鉄道利用状況の変化

なんば線開業後の主要駅における平日終日の全降車人員数(ICカードだけでなく磁気券利用者も含む)を表-1に示す。なんば線開業に伴い梅田駅・野田駅が減少し、難波駅の利用が新たに発生していることから、利用者による路線の選択変更が行われたといえる。また、野田駅に比べ梅田駅の減少が大きいことから、難波駅利用者の7割近くは、梅田駅経由からの転換であると考えられる。

表-1 主要駅利用状況の変化

	芦屋駅	尼崎駅	野田駅	梅田駅	難波駅
開業前	1.2万人	2.2万人	1.8万人	8.7万人	
開業後	1.2万人	2.2万人	1.6万人	8.0万人	1.0万人
増減	0.0万人	0.0万人	▲0.2万人	▲0.7万人	1.0万人

※降車人員数で記載(乗降人員数はほぼ倍)

※難波駅は阪神線を経由して降車した人員数のみ

3.2 所要時間の変化

なんば線開業前後の区間AU、区間ANの所要時間を対象ICデータの全利用から抽出し、各経路利用件数の構成比で示したものが図-3である。図中枠内の数字は平均所要時間を示す。なんば線開業後はダイヤ改正にて優等列車が難波方面に分散し梅田方面への直通列車の本数が減ったことや、本線となんば線の分岐となる尼崎駅で列車の連絡時間が設けられた。このため、区間AUでは同一区間にもかかわらず平均所要時間が長くなり、グラフの

尖度も小さくなっている。一方、区間ANでは、区間AUに比べ移動距離が長くなる分、平均所要時間は長くなるが、グラフの尖度は比較的大きくなっている。

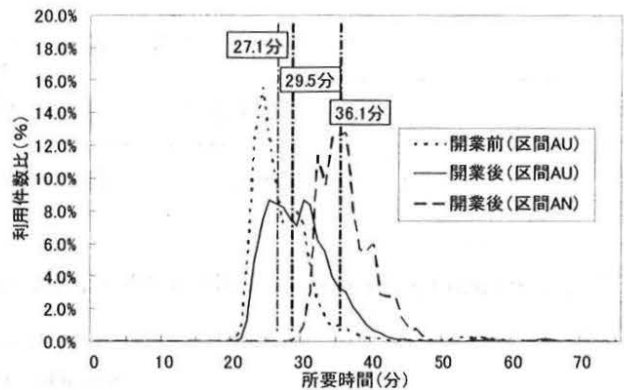


図-3 対象区間の所要時間

3.3 所要時間信頼性の評価

①所要時間信頼性の評価指標

なんば線開業前後の利便性の変化を定量的に検証するため、所要時間信頼性にて評価を行う。その指標として道路交通の信頼性評価指標であるPT(Planning Time)、BT(Buffer Time)、PTI(Planning Time Index)、BTI(Buffer Time Index)を用いた。

PTは95%タイル所要時間、BTはPTと平均所要時間(Tave)の差、PTIは自由流所要時間に対するPTの比率、BTIは平均所要時間に対するBTの比率である。なお、自由流所要時間は分析対象期間内に出現した最小所要時間(Tmin)としている。

②なんば線開業前後の信頼性指標の変化

区間AUおよび区間ANのICデータから所要時間信頼性指標を算出した結果を表-2に示す。

区間AUでは、先述のダイヤ改正のため、Tave、PTとも2～3分程長くなってしまっている。BT、PTIとも大きくなっており、なんば線開業前に比べ所要時間信頼性は若干悪化しているといえる。

一方、区間ANをみると、区間AUに比べ距離が長いことから、Tmin、Tave、PTは9分程長い、BT、PTI、BTIは改善し、開業前に区間AUを利用していたときよりも正確に難波に到着することができている。なんば線開業前は、利用者が梅田駅から別の交通機関に乗り継いで難波駅に到着していた事を勘案すると、信頼性は大きく向上したといえる。

指標	開業後			備考
	区間AU	区間AU	区間AN	
Tmin (分)	20.0	19.0	29.0	最小所要時間
Tave (分)	27.1	29.5	36.1	平均所要時間
PT (分)	35.3	38.1	43.5	95%タイル所要時間
BT (分)	8.2	8.6	7.4	PT-Tave
PTI	1.77	2.01	1.50	PT/Tmin
BTI	0.30	0.29	0.20	BT/Tave

表-2 信頼性指標の変化

4. 利用時刻の変化

4.1 分析手法

ICデータを用いて旅客流動の推定を行う際の基本的な考え方を図-4に示す。この図では、縦軸に出発駅の

時刻、横軸に到着駅の時刻をとり、利用者の入出場時刻に対応する点をプロットしている。同じ図上に列車の出発時刻を横線で、到着時刻を縦線で示すことで、各利用者の乗車列車を推定することも可能である。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なる。入場時刻、出場時刻ごとに利用件数を集計すれば、特定の区間における利用者の駅への入場時刻と入場件数の分布、駅からの出場時刻と出場件数の分布を示すことができる。

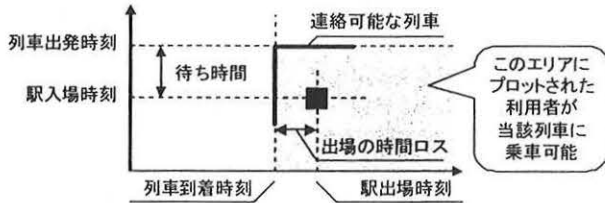


図-4 利用時刻と列車の関係

4.2 利用時刻変化の状況

ラッシュ時間帯の区間 AU および区間 AN の利用状態の分布を利用件数の構成比で着色したものを図-5～図-7に示す。

図-5はなんば線開業前の区間 AU の分布で、分布の塊が横方向に連続的に帯状に配置されている。これは、随時駅に入場してくる利用者が存在し、高頻度な列車ダイヤで梅田駅へ移動していることを示している。また、高密度な大きな分布の帯の下に、小さく低密度な分布があり、優等列車ではなく普通列車で梅田駅へ移動する利用者の集団を確認できる。これは混雑を避けた行動と思われる。

図-6はなんば線開業後の区間 AU の分布で、図-5に比べ縦方向に長い分布の塊が横方向に断続的に配置されている。これは、開業前と同様、随時駅に入場してくる利用者は存在するが、優等列車の一部が本線からなんば線への直通となったことで梅田駅への列車ダイヤの頻度が低下し、梅田駅での出場が断続的になったことを示している。一方、開業前に見られた普通列車を利用する集団は少なくなっている。

図-7はなんば線開業後の区間 AN の分布で、縦方向にも横方向にも密度の高い分布の塊が断続的に配置されている。これは、利用者が難波駅への優等列車を選択し駅への入場時刻も調整しながら利用している傾向が強いことを示している。

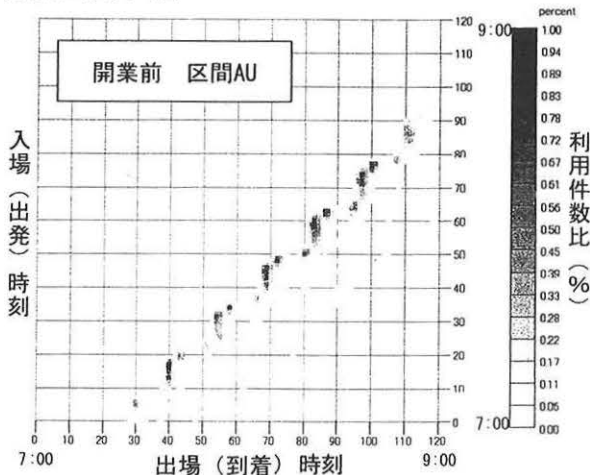


図-5 利用時刻変化（開業前 区間 AU）

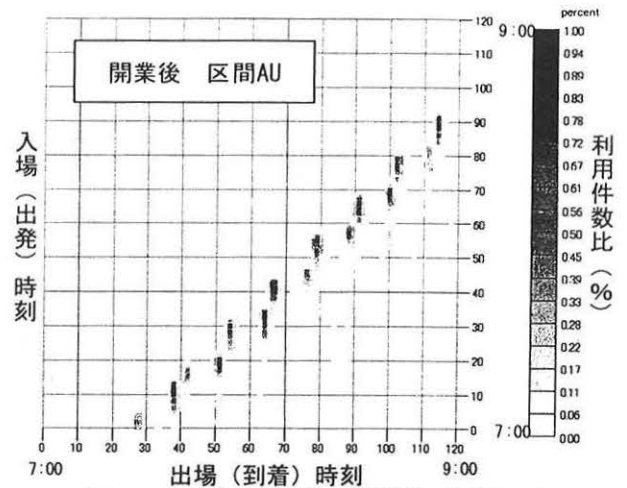


図-6 利用時刻変化（開業後 区間 AU）

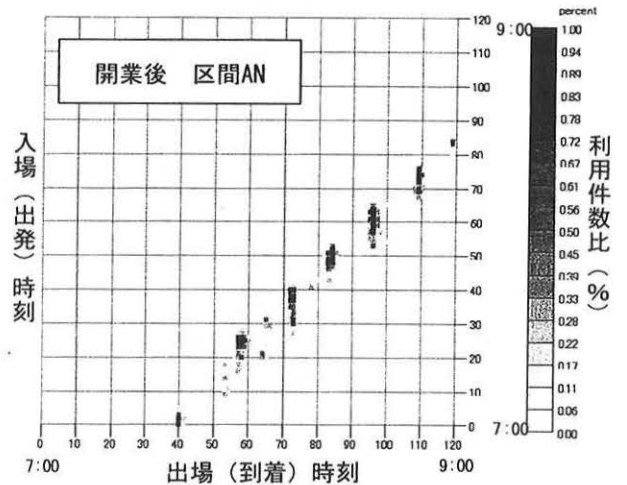


図-7 利用時刻変化（開業後 区間 AN）

4.3 行動変化の定常化の変更

ラッシュ時間帯の同一利用者の空間的な利用状況を確認するため、なんば線開業後の対象期間中に1回でも芦屋駅を出発し梅田駅もしくは難波駅で出場した実績のある利用者を抽出した。利用者の各駅の利用回数分布をプロットし対象利用者数を度数(%・対数)で着色したものを図-8に示す。

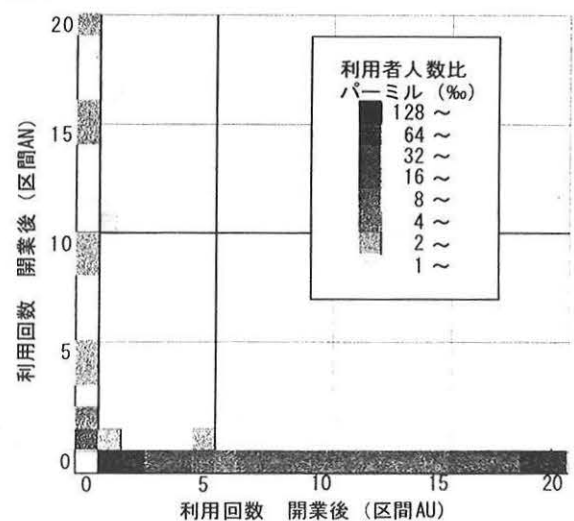


図-8 なんば線開業後の駅別利用頻度

絶対数は、区間 AU の利用者が圧倒的に多いものの、両駅を同程度に利用するという利用者は皆無である。区間 AU を利用するか、区間 AN を利用するかのいずれかであり、梅田駅と難波駅を使い分けるという利用者はいない。このことから、なんば線開業による行動変化が固定化していることが確認できた。

4.4 個人の行動変化の状況

なんば線開業に伴い、ダイヤが変更になるとともに、所要時間や所要時間信頼性が変化している。この状況下で個々の利用者がどのように日常の行動変化を起こしているか検証する。

なんば線開業前後ともラッシュ時間帯に区間 AU を利用する利用者 1 名と、なんば線開業を契機に区間 AU から区間 AN に変更した利用者 1 名の、利用時刻および乗車列車が変化した状況の例を示す。

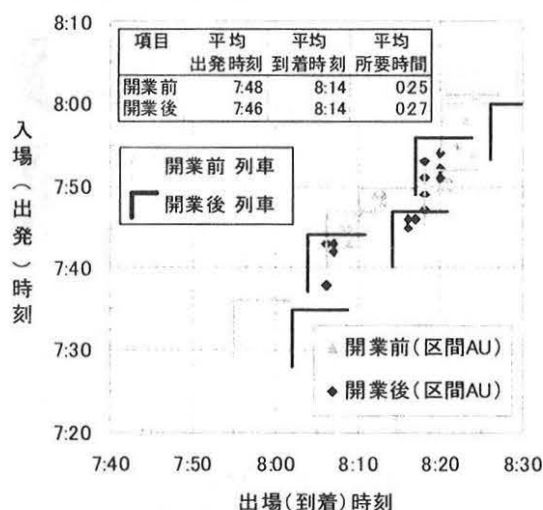


図-9 利用者 A の行動変化(区間 AU で不変)

図-9 に示す利用者 A は、なんば線開業前は 7:40～8:00 に芦屋駅を出発し 8:20 迄に梅田駅へ到着するよう行動していたが、なんば線開業後は、都合の良い時間帯の直通列車が 4 本から 3 本に減ったこともあり、梅田駅の到着時刻が変わらないよう、出発時刻を 2 分程度早めている事例である。

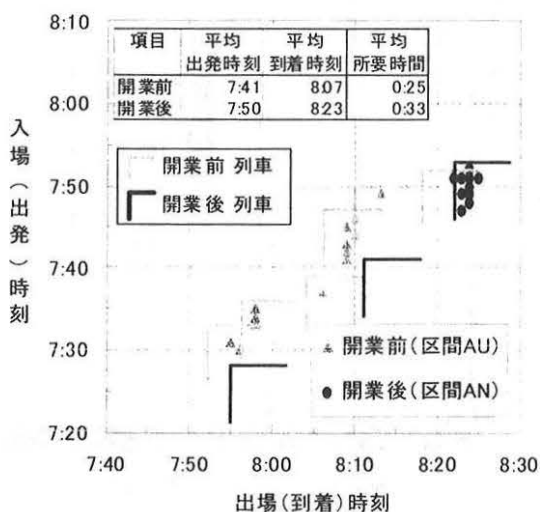


図-10 利用者 B の行動変化(区間 AU から区間 AN へ)

図-10 に示す利用者 B は、なんば線開業前は 7:30～7:50 に芦屋駅を出発し 8:10 迄に梅田駅へ到着(その後、難波駅へ移動)するよう行動していたが、なんば線開業後は、出発時刻を 7:50 頃まで遅くして乗車列車を固定している事例である。難波駅への直通列車ができたことや、所要時間信頼性の向上により生じた行動変化と考える。

5. 利用者の拡大

なんば線開業により新たな鉄道需要が発生したと考えられる。そこで、新たに利用が発生した地域を IC データにて確認した。

図-11 は開業前の 2008 年にはカード ID が存在しないが、開業後の 2009 年にカード ID が確認された利用者の居住地を、その人数で着色したものである。

なんば線開業により、直通区間である奈良方面・神戸西部が大きく増加しているとともに、難波で他線と接続される大阪南部も増加しており、広域的な鉄道ネットワークとして利用され需要増に繋がっている。

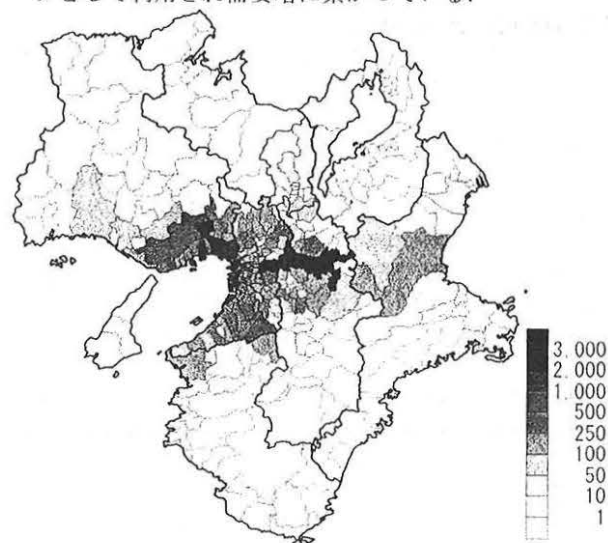


図-11 新線開業後に利用者数が増加した地域

6. おわりに

本研究では、なんば線開業により経路変更が可能となった区間を対象に、空間的な要素を含む行動変化の評価を試みた。

その結果、所要時間の観点では、なんば線は難波方面の利用者にとって信頼性を向上させる一方で、梅田方面の利用者への信頼性の悪化も微少にとどめていることが確認された。IC データの ID を用いた分析でも、この結果を裏付けるような利用者の定常的な行動変化や、利用者の居住地域の拡大を確認することができた。

今後は、対象区間、対象利用者、対象期間を増やすことでより広域かつ長期間の行動変化の実態を明らかにしていく必要がある。

参考文献

- 1) 高木勇弥, 日下部貴彦, 井料隆雅, 中島良樹, 朝倉康夫: 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, 土木計画学研究・講演集, Vol. 36, No. 52, CD-ROM, 2007.
- 2) 足立智之, 藤川謙, 朝倉康夫: 所要時間信頼性の向上に伴う高速道路利用時刻変化の実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, No. 309, CD-ROM, 2009.