

# ICカードを用いた交通・買い物動態 に関する基礎的研究

岩本 武範<sup>1</sup>・中村 俊之<sup>2</sup>・宇野 伸宏<sup>3</sup>・Jan-Dirk Schmöcker<sup>4</sup>・渡邊 悠介<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 静岡鉄道株式会社 (〒420-8510 静岡県静岡市葵区鷹匠1丁目1-1)

E-mail: tiwamoto@shizutetsu.co.jp

<sup>2</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-434)

E-mail: nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8530 京都府京都市京都大学桂C1-2-436)

E-mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-436)

E-mail: schmoecker@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

<sup>5</sup>学生会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8530 京都府京都市京都大学桂C1-2-438)

E-mail: watanabe@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

我が国の地方中核都市である静岡都市圏においても、近年人口減少や高齢化の進行とともに、公共サービスの質・量が低下している。例えば、公共交通のサービスレベルの低下し、買い物や病院等へのアクセスが困難になるなど日常生活上で支障が生じてきている。一方、情報技術の進歩により、スマートカードデータを用いることで、継続的に個人の行動（公共交通利用や買い物行動）を捉えることが可能となってきた。

本研究は、長期間蓄積されたデータを用いて、個人の公共交通利用、買い物行動について焦点をあて、利用回数や利用金額の傾向に関して基礎的な分析を行うものである。

**Key Words :** long term panel data, smart card data, travel behavior, shopping behavior

## 1. はじめに

我が国では 2011 年を境に総人口が減少傾向にある一方で、高齢化は極めて早いペースで進行しており、世界に先駆けて、超高齢化社会へと突入した。超高齢化社会とは、世界保健機関の定義によると高齢化率が 21% を超えた社会である<sup>1)</sup>。特にその傾向は、都心部よりも地方都市において顕著なことは知られている通りである。

地方中核都市である静岡都市圏においても、近年人口減少や高齢化が進行しており、それに伴う、公共サービスの質・量の低下による公共交通空白地域や高齢者を中心に移動弱者による買い物難民の問題が生じている。公共交通のサービスレベルの低下することで、買い物や病

院等へのアクセスが困難になるなど日常生活上で支障が生じてくることは明らかである。

上述のような問題に対して、個人の交通行動や購買行動を捉えることで、その行動がどのように変化しているのかを把握し、対策を立案・実施することが行政、自治体は求められている。このとき個人の交通行動や購買行動をある断面やある期間において、把握することはこれまでアンケート調査（例えば、都市圏において、5 年、10 年間隔で実施されているパーソントリップ調査）が実施されてきた。しかしながら、こうして収集された断面データについて、北村<sup>2)</sup>は、「断面データを用いた「個人間の違い」に基づいて構築した行動モデルが、各個人の行動の「変化」を表現しているという保証は無い

と述べている。それに対して、同一の個体に対して、複数時間断面に渡ってデータを収集するパネルデータは、非常に豊富な情報が含まれているといえる。断面データが各個人の行動の「変化」を表現しているという保証がないことを考慮すれば、変化情報を含んだパネルデータを用いた行動分析こそが、的確に政策評価を行い得ることが可能であるともいえる。これまでも経時してきたデータ収集手法としてのパネル調査の必要性については、多くの研究により述べられてきた<sup>例えば、3)5)</sup>。その上で、パネル調査の実施には同一被験者への負担によるサンプル数の減少（パネル消耗）や複数調査実施によるデータバイアス、複数調査による被験者の知識や行動、態度への影響、調査間隔、調査コスト等の問題をはじめとして、そのデータ収集に多くの問題を抱えていることはこれまでも指摘されている。

近年の情報技術の進歩により、個人の行動について、継続的かつ自動的にデータ収集が可能な仕組みが社会全体で整備されてきた。具体的には、日常的に利用している自家用車のプローブカーデータ、携帯電話・スマートフォンより収集される位置情報を基にしたモバイルデータ、公共交通の運賃支払のために用いられる IC カードデータ等が挙げられる。こうしたデータは 365 日 24 時間収集がされる一方で、データを収集に対して、プライバシーの問題、個人情報保護に関する議論が現在においても問われている。しかしながら、こうしたデータを利用すること継続的な個人の行動をモニタリングすること、つまりパネル調査の代替性を有した活用が可能となり、これまで困難であった長期間、個人を対象とした行動分析が可能となるのは言うまでもない。

本研究では、長期間、継続に収集されたスマートカードデータによる交通、買い物動態に着目した基礎的な分析を行う。具体的には対象エリアについて、継続的に交通行動、買い物行動をし続けている人はどの程度存在するのか、特に利用が多い個人の属性はどのような人であるのかを把握することを目的とする。

## 2. 既往研究と本研究での着眼点

パネル調査により収集したデータを用い交通行動の変化の特性に関する研究<sup>例えば、6) 8)</sup>や連続的な時間軸に対して滞在時間に関する研究<sup>例えば、9)10)</sup>、交通行動の特性<sup>例えば、11)</sup>などが行われてきており、その研究蓄積は非常に多い。第 1 章でも述べたような交通行動の解析にパネルデータを用いることによるメリットとして、効率的な交通行動の変化を統計的な解析により、交通計画や交通施策や政策の評価が可能となるためである。

一方で本研究で利用する IC カードデータを用いた研

究として、牧村ら<sup>12)</sup>は IC カードデータの交通計画への活用に向けて研究を整理している。

交通現象の解明として、Agerd<sup>13)</sup>らは利用者行動をデータマイニングにより、4 つのグルーピングが可能であることを示している。北野ら<sup>14)</sup>は特定路線の利用特性や居住地や駅間利用頻度の空間分布などを分析し、IC カードデータのデータ特性を生かす分析手法の低温を行っている。日下部ら<sup>15)</sup>は、IC カードを用いて鉄道利用者の利用周期に基づいた潜在クラスの抽出と利用者の潜在クラスの推定を試み、鉄道開業前後のでの利用者への影響を評価している。

交通調査への活用として、CHUら<sup>16)</sup>は、カナダオタワ地域を対象に、IC カードデータとインタビュー調査による新たな交通調査手法の提案を行い、公共交通利用者の特性分析を実施した。

交通計画への利用として、Bagchiら<sup>17)</sup>はバスとバスの乗り継ぎ特性を分析し、IC カード利用者の乗り継ぎ特性を行っている。Seabornら<sup>18)</sup>はメトロとバス、バスとメトロ、バスからバスへの乗り継ぎを IC カードより行い、公共交通利用のトリップ数を推計し、既往のアンケート調査による結果との比較分析を実施している。

さらには IC カードデータの特性や特徴を考慮し、利用方法のについて包括的に整理した嶋本ら<sup>19)</sup>の研究も存在する。上述のように、IC カードを利用した研究は近年数多く存在している。そのような中で、IC カードデータの特徴の大きなメリットの 1 つを改めて述べると、特定の個人が把握できるパネルデータとして、長期間、継続的に収集していることである。そうした観点で、IC カードデータを用いた研究を捉えてみると、前者の特定の個人の行動特性を把握することは多くの研究でなされているものの、後者の長期間のデータを用いた研究はほぼ存在していない。

そこで本研究では、IC カードで収集されたデータのうち、比較的長期間のデータを用いて、利用者の交通、買い物行動動態に着目し、研究を進めることとする。

## 3. 分析対象地域及びデータ概要

### (1) 分析対象地域

本研究は静岡県静岡市を分析対象地域とする。分析対象地域の公共交通のうち、バスサービスはしずてつジャストライン株式会社により、路線バスが運行されており、エリア全体を包括している。また、しずてつグループでは、静岡市内には 19 のしずてつストアを展開しているとともに、新静岡駅に併設してショッピングセンターである新静岡セノバが存在する。IC カードによるバス利用、買い物利用により、ポイントを溜まる仕組みである。

表-1 利用データ概要

項目	内容
カード種別	LuLuCa ポイント/LuLuCa パサール LuLuCa プラス/LuLuCa パレット ※公共交通利用が可能なICカード
データ期間	2012年/2013年/2014年/2015年の 10月・1ヶ月(各年1ヶ月間)
データ項目	【バス利用】 カードID, カード利用日時, 利用金額, 定期有無 【買い物利用】 カードID, カード利用日時, 利用金額

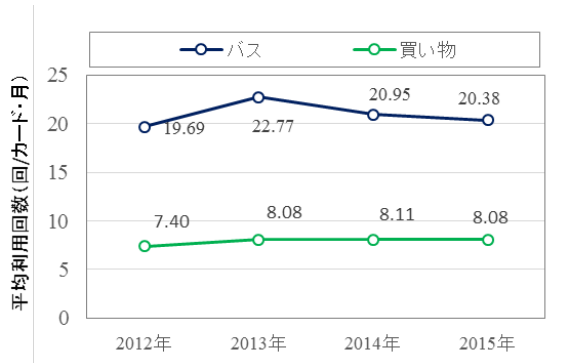


図-1 月あたり・カードあたりの平均利用回数

## (2) 利用 IC カードデータ

本研究ではしずてつグループが導入している IC カード「LuLuCa」により収集されるデータを利用する。表-1 にカード種別、データ期間、データ項目を示す。なお、表-1 に示すデータ項目は本研究の遂行に対して、利用したデータ項目であり、IC カードからは、より多くの情報が収集されている。例えば、バス利用であれば乗降バス停留所、利用系統、利用車両など、買い物利用であれば、利用店舗、購買商品などである。

また、利用者はカード作成時に年齢や性別等の個人属性に関する情報も登録しており、カード ID を介してバス利用、買い物利用と紐づけることも可能である。

## 4. 長期利用傾向に関する分析結果

### (1) カードあたりの平均利用回数・金額に関する傾向

収集されたカードデータにより、バス、買い物について、カードあたりの平均利用回数 (図-1)、平均利用金額 (図-2) を示す。分析にあたっては、2012年10月時点でカード利用があったユーザーをデータベースから抽出し、2013年以降の分析にも利用している。このとき、転居や生活環境の変化により、利用がなくなったカード分は考慮していない。

図-1からは、月当たりカードあたりの利用回数は20回前後、買い物回数は8回程度で推移していることが確認

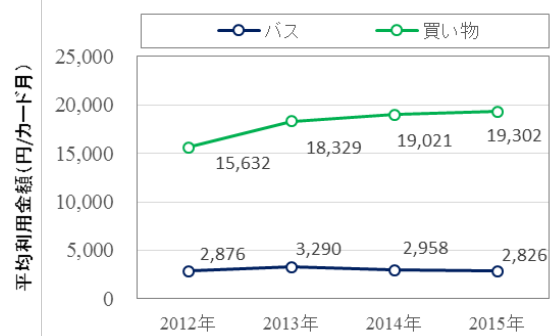


図-2 月あたり・カードあたりの平均利用回数

表-2 一元配置分散分析による多重比較

	2013年	2014年	2015年	
バス利用回数	***	***	***	2012年
		***	***	2013年
			***	2014年
バス利用金額	***	***	***	2012年
		***	***	2013年
			***	2014年
買い物回数	***	***	***	2012年
				2013年
				2014年
買い物金額	***	***	***	2012年
				2013年
				2014年

できる。この結果はバス利用は平日1回程度、買い物は1週間に2回程度に該当する。図-2からは2013年、2014年において、2012年、2015年と比較してややバス利用金額が高く、買い物利用金額は2012年から一貫して向上していることが確認できる。

年度別の平均利用回数、平均利用金額に対して、一元配置の分散分析を実施し F 値を確認したところ、バス利用、買い物利用の利用回数、利用金額ともに、1%水準で有意な結果となった。表-2 には平均利用回数、平均利用金額に関する一元配置の分散分析における多重比較の結果を示す。バス利用回数、金額で 2012 年、2013 年との有意な差が生じている一方で、買い物回数、金額は 2012 年のみに有意な差が生じる結果となった。この一元配置の分散分析による多重比較からだけでは、その要因の特定は困難であり、要因特定には追加的な分析が必要となる。

### (2) 利用者の買い物金額の分布

前項では、バス利用、買い物利用における月あたり、カードあたりの回数、金額に対する平均値についての傾向を示した。本節ではそのうち月あたり、カードあたりの利用金額について分布を確認する。金額の範囲を連続的に扱うことで、傾向が捉えにくくなることから、利用金額を 5,000 円単位のレンジに分けて作成した分布が図-3 である。なお、実際の利用金額は連続値であり、その金

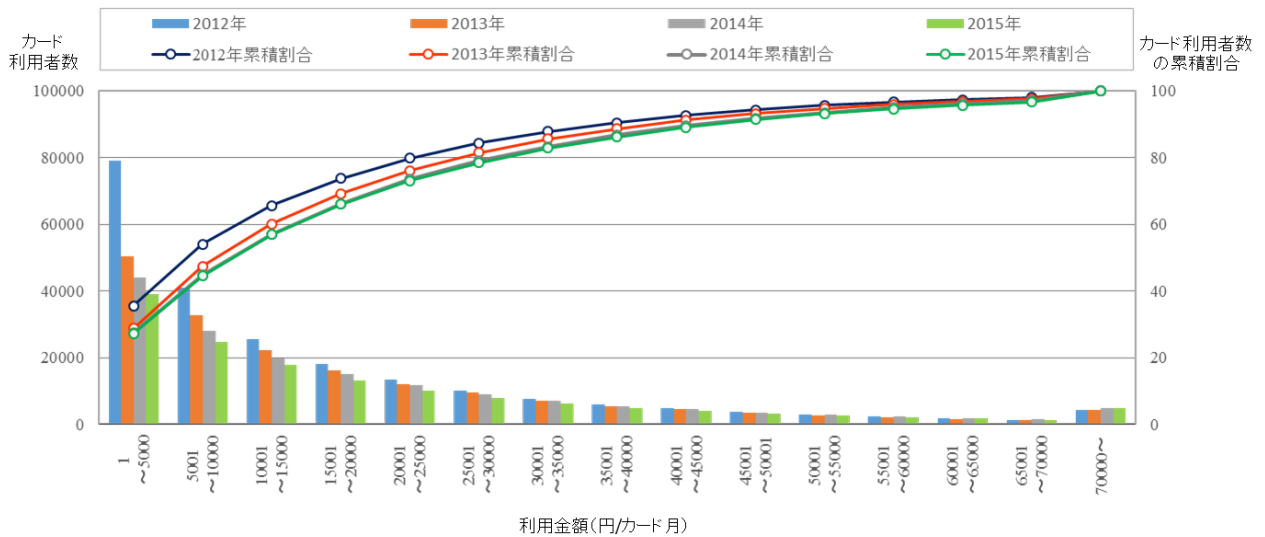


図-3 カードあたりの利用金額分布

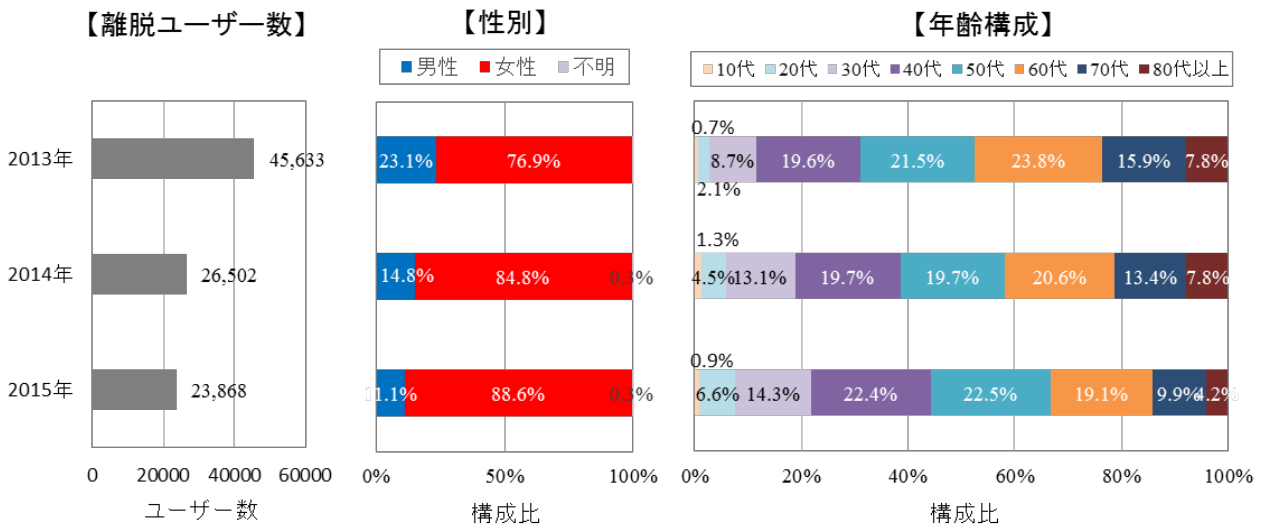


図-4 離脱ユーザー数と性別・年齢の構成比

額を連続的に捉えた場合には、分析対象期間すべてにおいて、指数分布となることを確認している。

ここで、カードあたりの利用金額（回数）の分布に対して2つの母集団の確率分布に違いが生じているのかを、連続する2か年を対象にKolmogorov-Smimov検定を適用した結果を表-3に示す。2014年と2015年において、棄却されず、すなわち、分布が同じであるとの結果となった。確かに図-3からも、カード利用者数の累積割合の曲線はほぼ重なっていることから検定結果の妥当性を示している。2012年から2014年にかけては少額利用のユーザーの構成比が低くなっていることから、少額利用のユーザーが離脱した可能性が考えられる。

(3) 利用がなくなった（離脱）ユーザー属性  
前節までの分析では、2012年10月に交通行動、買い

表-3 一元配置分散分析による多重比較

比較対象		p 値
2012年	2013年	0.007 **
2013年	2014年	0.000 **
2014年	2015年	0.997

\*\* 1%有意

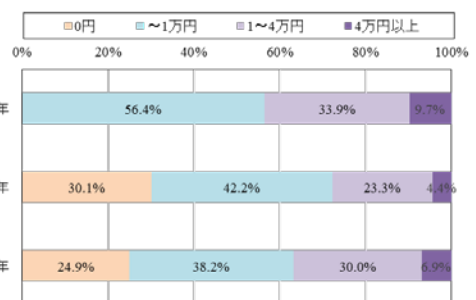


図-5 離脱ユーザーの前年同月の買い物金額

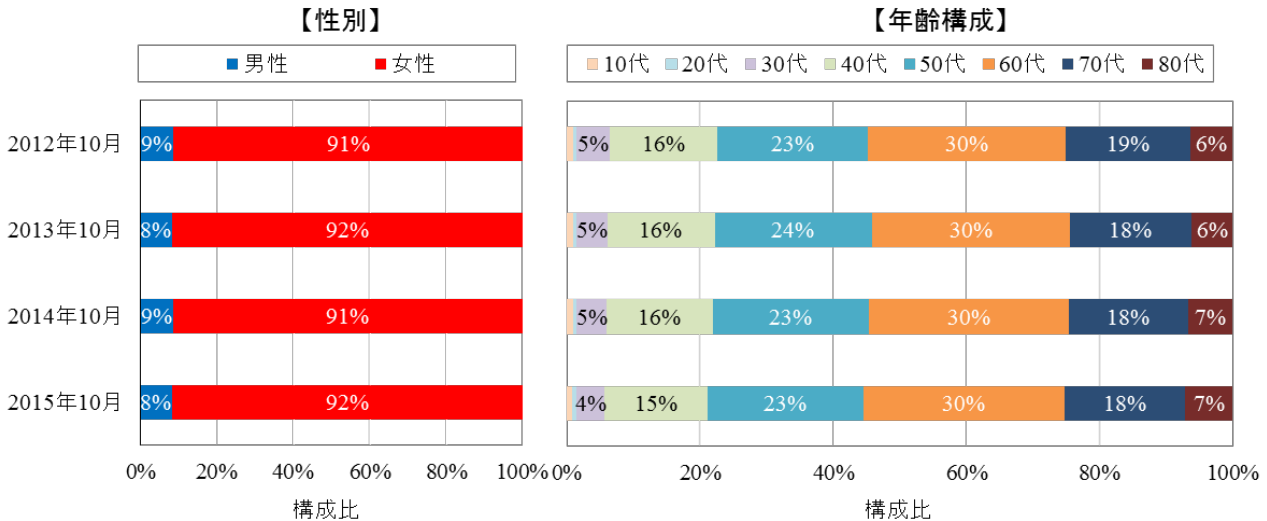


図-7 ロイヤルユーザーにおける性別・年齢構成割合

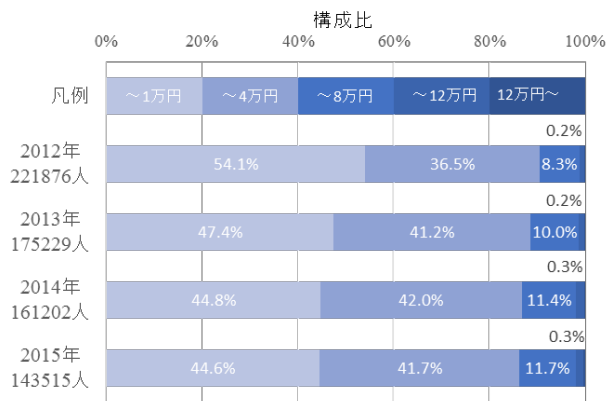


図-6 年別利用金額別カードユーザーの構成比

物行動を行ったカードユーザーを対象として、その後の利用が「0」となったカードユーザーは集計対象外としていた。本節では、各年次で利用がなくなったカードユーザーのうち、離脱したカードユーザー数、年齢、性別の個人属性、離脱した前年における利用金額について整理する。

図4は離脱ユーザー数と性別・年齢の構成比である。性別で見ると女性が離脱する割合が高くなっているが、これはスーパーマーケットでの買い物を行っているのは多くの場合女性であることも影響した結果である。年齢では50代までは年月を重ねるごとに離脱者の割合が高くなるのに対して、60代以上では反対の傾向がみられる。図5の離脱ユーザーの前年同月の買い物金額からは、より多くの金額を消費しているユーザーほど離脱しにくい可能性がみられる。

### 5. 買い物行動におけるロイヤルユーザーの把握

本章ではロイヤルユーザーに着目した分析を行う。ロイヤルユーザーとは、ある企業や商品やサービスに対しての忠誠心の高い顧客のことを指す。公共交通に置き換えた場合には、継続的にバスを利用し続けるユーザーとして置き換えられる。このような顧客が存在するならば、需要が存在した場合には他社を利用することなく利用し続けてくれることから、交通事業者にとっては安定した収益や利用が期待でき、サービスレベルの維持が可能となり、行政にとっても都市政策を検討する際にも移動による都市の活性化に寄与することが期待される。

本研究では買い物行動について着目する。あるスーパーマーケットでは、購入金額上位10%のユーザーが、店の総売り上げの60%を占めることも報告されており、ロイヤルユーザーの存在は極めて重要な存在であるといえる。本分析では、図6並びに事業者の確認の上、月あたりの利用金額が4万円以上となるユーザーをロイヤルユーザーとして、その属性の把握を行う。なお、ロイヤルユーザー数は2012年で19,147、2013年で18,293、2014年で20,009、2015年で19,308であり、2012年に買い物行動を行ったユーザーを対象として分析を行った中で、ロイヤルユーザー数にはそれほど大きな変化はない。すなわち、当該スーパーマーケットでの買物をしなくなる人がいる一方で、一定量のユーザーが新たにロイヤルユーザーとなることが示唆されている。

図7より、性別、年齢構成の割合を確認すると、買い物という特性上、女性の割合が90%以上と極めて高いこと、60代以上で55%以上30代・40代で40%程度を占めていることが確認できる。また、年次間で比較しても、その構成比に差異は生じていない。つまり、ロイヤルユーザーは人の入れ替わりはあるものの、同様の層のユーザーにより構成されていることが示唆されている。

## 6. 結論

本研究では、IC カードより得られる大量かつ長期間のデータを利用して、交通・買い物動態に関する基礎的分析を実施した。数値としての分析結果こそ、得られているものの、その要因についての分析までは至っていないことも事実である。分布型が異なる場合にも、その際の要因に関する分析を行うことが求められる。

なお、本研究では一般的に交通調査で利用される周期である 10 月の 4 年間のデータを用いて、交通行動、買い物行動の特徴を捉えることを行ったが、収集されたデータは、より過去から、さらには毎日蓄積されている。今後はデータ期間を増やし、長期的な傾向を捉えるとともに、交通と買い物行動の関係性についても考慮した分析を実施する予定である。

### 補注

本研究は、静岡鉄道株式会社のルルカカードデータを用いているが、個人情報保護の観点で配慮したデータを利用していることを付記する。

### 参考文献

- 1) 総務省統計局 (2015.7.7 時点) :  
URL : <http://www.stat.go.jp/info/today/009.html>
- 2) 北村隆一：交通計画におけるパネル調査の方法論およびパネルデータ解析手法に関する研究，土木計画学研究・講演集.No.19.617-624, 1996.
- 3) Hensher, D. : Longitudinal surveys in transport: An assessment, In New Survey Methods in Transport, A. Richardson and W. brög(eds.), VNU Science Press, Utrecht, pp.77-97, 1985.
- 4) 杉恵頼寧，羽藤英二，藤原章正：パネルデータを用いた交通機関選好意識のダイナミック分析，土木計画学研究・論文集，No.10, pp.31-38, 1992.
- 5) 内田敬，飯田恭敬：交通行動パネル調査の方法論的検討，土木計画学研究・論文集，No. 11, pp.319-326, 1993.
- 6) 飯田恭敬，内田敬，中原正顕，廣松幹雄：交通情報提供下の経済選択行動のパネル調査，土木計画学研究・講演集，No.16(1)-1, pp.7-12, 1993.
- 7) 藤井聡，北村隆一，長沢圭介：選択肢集合の不確実性を考慮した生活行動モデルに基づく居住地域評価・政策評価指標の開発，土木学会論文集，NO.597/IV-40, pp.33-47, 1998.
- 8) 西井和夫，近藤勝直，古屋秀樹，鈴木隆：パネルアトリプションを考慮した買物場所選択モデル—甲府買物パネルデータを用いて，土木計画学研究・論文集，NO.12, pp.389-396, 1995.
- 9) 小林潔司，北側秀行，後藤忠博：ランダム限界効用に基づく滞在時間モデルに関する研究，土木学会論文集，No.576/IV-37, pp.43-54, 1997.
- 10) 山本俊行，木村誠司，北村隆一：取替更新行動間の相互影響を考慮した自動車の車種選択と利用の分析，土木計画学研究・論文集，NO.15, pp.593-599, 1998.
- 11) 毛利雄一，中野敦，原田昇：モノレール開発に伴う事前・事後調査の活用に関する研究—調査方法と交通需要予測手法の改善—，土木計画学研究・論文集，NO.12, pp.633-642, 1995.
- 12) 牧村和彦，中村俊之，千葉尚，森尾淳，布施孝志：バス IC カードを用いた人の動き～交通計画への活用に向けた可能性と限界～，土木計画学研究・講演集 vol.41, 2010.
- 13) Agard,B.,Morency,C.,Trépanier,M. : Mining public transport user behaviour from smart card data.,12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing-INCOM 2006,Saint-Etienne,France,May 17-19, 2006.
- 14) 北野誠一，中島良樹，井料隆雅，朝倉康夫：交通系 IC カードデータを用いた長期間の鉄道利用履歴の分析，土木計画学研究・講演集，vol.37, 2008.
- 15) 日下部貴彦，朝倉康夫：生存時間モデルによる交通系 IC カードデータの分析，交通工学研究・論文集 vol.29, 2009.
- 16) Chu,k.k.,Chapleau,R.,Trépanier,M.:Driver-Assisted Bus Interview(DABI):Passive Transit Travel Survey using Smart Card Automatic Fare Collection System and its Applications., 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board CD-ROM,Washington, 2009.
- 17) Bagchi,M.,White,P.R.: What role for smart-card data from bus systems?, Municipal Engineer 157,March 2004,pp.39-46, 2004.
- 18) Seaborn,C.,Wilson,N.H.,Attanucci,J. :Using Smart Card Fare Payment Data To Analyze Multi-Modal Public Transport Journeys (London, UK), 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board CDRM,Washington, 2009.
- 19) 嶋本寛，倉内文孝，Schmöcker, Jan-Dirk，羅 罕勳，Hassan, Seham：スマートカードデータを用いた公共交通利用者行動分析の可能性，土木計画学研究・講演集，vol45, 2012.

(2016.4.22 受付)

## DYANMIC ANALYSIS OF TRAVEL AND SHOPPING BEHAVIOR USING SMART CARD DATA

Takanori IWAMOTO, Toshiyuki NAKAMURA, Nobuhiro UNO,  
Jan-Dirk SCHMOECKER and Yusuke WATANABE