

料金支払方法間の価格感度の差異に関する実証的分析 —都市鉄道経路選択行動を対象に—

加藤浩徳¹・家田 仁²・中嶋義全³

¹正会員 博(工) 東京大学大学院講師 工学系研究科社会基盤工学専攻(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

²正会員 工博 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤工学専攻(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

³正会員 修(工) 国土交通省 北海道開発局(〒084-0914 北海道釧路市西港1丁目)

近年、各種交通サービスでは、多様な料金支払方法が提供されており、特に現金を取扱わない支払方法が普及しつつある。ここで、現金を取扱わない支払方法には、カード破産に見られるように、費用意識を希薄にさせる効果が考えられ、支払方法の違いによって価格感度の差異が存在する可能性が予想される。そこで、東京圏の私事目的の鉄道経路選択行動を対象に、利用者の運賃に対する感度が、支払方法によって異なるという仮説を立て、その検証を行った。アンケート調査データに基づいて鉄道経路選択に関する MNL モデルを推定し、支払方法間で価格感度を統計的に比較した結果、その感度は、プリペイドカード保有者層と非保有者層とは変わらないこと、ならびに選択する支払方法の異なる乗車区間の間では、ある程度異なる可能性があることが明らかとなった。

Key Words: perception of cost, payment mode, railway route choice, MNL model, farecard

1. はじめに

(1)本研究の背景と目的

IT 技術の進歩に伴い、各種交通サービスにおいては、料金の支払に関する新たな仕組みとして、カードシステムや ETC 等の導入あるいは導入の検討が、急速に進みつつある。今後も市場全体における電子決済の普及等により、交通サービスにおいても、現金を直接やりとりしない支払方法を利用者が活用する機会は、ますます増加するものと推測される。

こうした新たな料金支払システム導入の検討にあたっては、支払方法の変化が利用者の交通行動に与える影響を分析することによって、新システム導入による社会経済的効果を的確に予測・検討することが必要不可欠である。そこで、本研究は、料金支払方法と人間の交通行動との関係を分析の対象とする。

ところで、消費者の費用意識が、料金支払方法によって異なる可能性は、常識的に想像されることである。例えば、カードによる支払いについて見れば、近年のカード破産に象徴されるように、クレジットカード等の利用は、利用者の価格感度を麻痺させる効果を持っていることが既に指摘されている(例えば、文献 1)2))。したがって、交通サービスにおいても、プリペイドカードや回数券のような現金を直接扱わない形式の支払方法では、少なくとも同様の心理的効果が発生する可能性が予想される。

ところが、これまで、料金支払方法の違いによる交通行動の差異を明示的に分析した研究・調査がほとんどなかった。

そこで本研究では、都市鉄道サービスを対象とし、運賃に対する利用者の感度が、運賃の支払方法によって異なるという仮説をたて、実際の利用者の行動結果より、この仮説の是非を検討することを目的とする。

(2)既存の関連する研究と本研究の位置づけ

人間の各種経済行動における価格感度に関する研究は数多い。特に、マーケティング・リサーチの分野において、消費者の購買行動における価格感度に関する研究が多数なされている。価格感度の人による違いや商品による違いを取り扱った研究についてみれば、Urbany *et al*³⁾、Bawa and Shoemaker⁴⁾、Hirschman⁵⁾、上田⁶⁾、江原⁷⁾、片平⁸⁾等が挙げられる。これらの研究では、世帯属性、教育水準、商品に対する認知度等が価格感度格差の主な要因として結論づけられている。

同様に、交通経済学や土木計画学等においても、交通行動を対象に価格に対する感度に関する研究が多数なされている。例えば、Oum *et al*⁹⁾や Goodwin¹⁰⁾は、広く交通行動における価格弾力性に関する研究についてレビューしている。我が国においても、岸ら¹¹⁾は航空を、野村・片谷¹²⁾は高速道路を対象にそれぞれ利用者の価格弾力性を分析している。また、経済的手法による TDM

施策(ロードプライシング等)に関連して、料金と利用者行動との関係に関する実証的な分析も数多くなされている(例えば、Small and Gomez-Ibanez¹³⁾、高橋ら¹⁴⁾、山本ら¹⁵⁾、新田ら¹⁶⁾。

次に、交通サービスへの非現金型支払システムの導入効果に関する研究についてみると、まずミクロな視点から効果を分析したものとして、道路交通における自動料金収受システムの導入効果に関するもの(例えば、谷口ら¹⁷⁾)や、鉄道におけるICカード導入の効果に関するもの(例えば、運輸政策研究機構¹⁸⁾)等がある。これらの研究の中では、カードシステム等の導入によって、料金を支払う際の時間やエネルギーロスを削減できるという点から効果の分析が行われている。また、マクロな視点から複数のチケット種の需要動向を分析した研究として、ロンドンにおけるTravelcard導入に関するもの¹⁹⁾がある。

さらに、クレジットカードの及ぼす効果についても少なからず研究がなされている^{20),21),22)}。

以上のように、様々な財・サービスの購入における価格感度あるいは非現金型支払システムの導入効果に関して多数の研究がなされている。しかし、購買者の支払方法の違いによる価格感度の差異を定量的かつ実証的に分析した研究は、筆者らの知る限り見あたらない。

(3)本研究の対象

本研究では、東京圏の都市鉄道ネットワークを対象に、私事を目的とする利用者の鉄道経路の選択行動に着目して、支払方法の違いによる価格感度の差異を分析する。ここで、私事目的の行動とは、通勤、通学、業務目的以外の個人的な目的(例えば、買い物や知人の訪問等)のための行動を指し、本研究では、特に自宅を起点とする行動を想定する。なお、私事目的に対象を限定するのは、次のような理由による:①通勤・通学目的では同一OD間(自宅と職場あるいは自宅と学校との間)の往復旅行頻度が高いことから、ほとんどの利用者が定期券を利用することが期待されるため、支払方法に選択の余地が少ないと考えられる一方で、私事目的では同一目的地への旅行頻度が比較的低いことから、定期券以外の多様な支払方法が選択されている可能性が高く、本研究の分析に適している;②業務目的では、職場と目的地との距離が短いことが多く、鉄道経路の選択の余地が限定される(実際、本研究でアンケート調査を実施した結果そうだった)一方で、私事目的では比較的遠距離の移動を行うため、鉄道経路の選択の余地が存在し、本研究の分析に適している。

次に、本研究で考慮する支払方法は、定期券、プリペイドカード、回数券、普通券の4種類とする。なお、プリペイドカードとは、改札を直接通過できる磁気カード(2001年現在、東京圏では、パスネットとイオカードに相

当する)を指し、普通券等購入のための磁気カード(JRが発行するオレンジカード等)と定期券を含めない。また、回数券には、利用区間を限定したもの、利用可能運賃を限定したもの等の種類がありうるが、モデルパラメータ推定用のデータ作成の段階ではこれらの違いを考慮するものの、チケット種別間の比較分析を行う際には、便宜上これらの区別は行わない。

2. 分析の基本的な考え方

(1)支払方法に関する人間行動の基本仮説

本研究では、人間の支払方法及び購買行動との関係について、次のような基本仮説をたてることとする。

基本仮説: 特定の財・サービスを購入するケースにおいて、現金によってその対価を支払う場合と、現金以外の方法によって支払う場合とでは、価格差に対する需要の感度が異なる。

基本仮説の背景となる考え方は次の通りである。

まず、人間は、現金以外の支払方法の場合には、価格を正しく認知できなくなる可能性があると考えられる。この理由として、①現金以外の支払方法の場合、購入の際、価格の数値(=金額)のみを見れば良く、紙幣や硬貨を直接見なくて済むため、「お金」を取り扱っているという実感がわきにくくなり、財・サービスの費用の意識が希薄となる、②現金で支払う場合には、購入の度に自分の財布内の残額をある程度把握できるので、購買の制約条件を意識しやすくなる、ことが挙げられる。ただし、購買者が費用を強く意識せざるを得ないほど、財・サービスの価格が高額な場合には、費用意識の希薄化効果は低減する可能性がある。

次に、現金以外の方法による支払の頻度が増加すると、費用意識の希薄化がエスカレートし、価格を十分検討することもなく、直感的に必要と思う財・サービスの購入を選択する習性を持つようになると考えられる。つまり、日頃より、現金以外の方法で支払いを済ます人は、そうでない人よりも価格に対する感度が小さくなる傾向にあると思われる。そして、現金以外の支払が常態化した状態が、例えば、クレジットカードの過剰利用による「カード破産」に至る人々の状態だと思われる。ただし、人間がこのような状態に陥るか否かは、現金以外の支払方法をどの程度常用しているかに依存すると考えられる。

(2)鉄道利用者の行動に関する仮説

以上の基本仮説を踏まえ、本研究では、都市鉄道利用者を対象に、支払方法が異なることによって運賃感度

がどの程度異なるか、という点に関して、次の2種類の仮説を取り上げることとする。

仮説1: プリペイドカード保有の有無による価格感度の差異に関する仮説

全利用者を「プリペイドカード保有者層」と「プリペイドカード非保有者層」にセグメント化するとき、これらの利用者層間で価格感度が異なるものとする。ここでは、「プリペイドカード保有者」を「プリペイドカード常用者」、「プリペイドカード非保有者」を「プリペイドカード非常用者」とそれぞれ見なしている。なお、プリペイドカード保有者層とは、少なくとも1枚以上の鉄道サービスのプリペイドカード(種類を問わない)を保有している利用者群を指し、プリペイドカード非保有者層とは、鉄道サービスのプリペイドカードを1枚も持っていない利用者群を指す。仮説1は、基本仮説の「現金以外の(支払)方法」のうち、特にプリペイドカードに着目したものと見える。

仮説2: 支払方法の異なる乗車区間の価格感度の差異に関する仮説

一連の乗車経路を、支払方法ごとに乗車区間に分割した場合、同一の人物の1トリップ中であっても、プリペイドカードの利用区間、回数券の利用区間、普通券の利用区間、定期券の利用区間では、運賃に対する感度が、それぞれ異なるものとする。

なお、以上の2つの仮説には、「都市鉄道サービスの価格は、その『費用』を強く認識せざるを得ないほどには高くない」という前提がおかれていることを付け加えておく。

以下では、これらの2つの仮説について、実際の鉄道経路選択データを用いて、それらの是非を検証することとする。

(3) プリペイドカード保有の有無による価格感度の差異に関する仮説(仮説1)の検証方法

今、特定の OD 駅間において、複数の利用可能な鉄道経路があり、これらの経路を利用する際の運賃の支払方法として、プリペイドカードとそれ以外(以下、非プリペイドカード)の2種類があるものとする。ここで、鉄道利用者を、プリペイドカード保有者(card)とプリペイドカード非保有者(noncard)の2種類の利用者層に分類でき、各利用者層の鉄道経路の効用関数が、式(1)のような線形関数として表されると考える。

$$U_i^m = \beta_C^m + \beta_T^m T_i^m + \beta_F^m F_i^m + \varepsilon_i^m \quad (1)$$

$$= V_i^m + \varepsilon_i^m$$

ここで、 U_i^m : 利用者層 m の経路 i の効用、 T_i^m : 利用者層 m の経路 i の所要時間、 F_i^m : 利用者層 m の経路 i の運賃、 ε_i^m : 利用者層 m の経路 i の効用の確率項、 β_k^m : 利用者層 m の特性変数 k のパラメータ、 V_i^m : 効用の確定項である。

このとき、効用の確率項に IID ガンベル分布を適用し、効用最大化理論を用いれば、いわゆる MNL モデルとなり、利用経路の選択確率は、式(2)のように表すことができる。

$$P_i^m = \frac{\exp(\lambda^m V_i^m)}{\sum_{i'} \exp(\lambda^m V_{i'}^m)} \quad (2)$$

なお、 P_i^m : 利用者層 m の経路 i の選択確率、 λ^m : 利用者層 m のスケールパラメータ(= $\pi / \sqrt{6} \sigma_m$) である。

ただし、 σ_m^2 はガンベル分布の分散である。

ここで、両利用者層間で運賃に対する感度が異なるか否かを検証するため、2つの利用者層の効用関数中のパラメータベクトルが互いに一致するか否かを統計的にテストする。具体的には、次のような帰無仮説を立て検定を行うものとする。

【帰無仮説 H_0^1 】プリペイドカード保有者層とプリペイドカード非保有者層の効用関数の特性変数パラメータベクトルが一致する。すなわち、 $\beta^{card} = \beta^{noncard}$ が成立する。

本研究では、Swait and Louviere²³⁾を参考に、尤度比検定(likelihood ratio test)をベースにした判定方法を用いて、この仮説検定を行うものとする。この方法の特徴は、2つの利用者層間のスケールパラメータ(あるいは分散)の違いを明示的に考慮した検定を行えるところにある。つまり、MNL モデルには、パラメータとしてスケールパラメータと特性変数パラメータが含まれるが、これらは常にセットでのみ推定される(つまり、 $\lambda\beta$ のみが推定される)ため、もし仮に $\lambda\beta$ を対象に検定を行って帰無仮説 $(\lambda\beta)^{card} = (\lambda\beta)^{noncard}$ が棄却されても、さらに両利用者層間でスケールパラメータが異なる可能性を否定できないという問題を解消するための方法である。

具体的には、以下のステップにしたがって検定を行う。

【ステップ1】

いずれかの利用者層のスケールパラメータ(ここでは、 λ^1 とする)を1に基準化する。その上で、各利用者層のサンプルデータをもとに、 β^1 と $\lambda^2\beta^2$ をそれぞれ以下の最尤推定法により推定する。

$$\text{Max}_{\beta^m} L^m = \text{Max}_{\beta^m} \left[\sum_n \sum_i \delta_{ni} \ln P_{ni} \right] \quad (3)$$

ただし、 δ_{ni} :個人 n の選択肢 i の選択結果(選択した場合は1, それ以外は0), P_{ni} :個人 n の選択肢 i の選択確率である。その結果、各利用者層の最大対数尤度 L^1 と L^2 が得られる。

【ステップ2】

帰無仮説 $H_0^1: \beta^1 = \beta^2$ を適用した上で、両利用者層のデータをプーリングし、 λ^2 の数値を変化させることによって、最大対数尤度 L_λ を求める。

【ステップ3】

帰無仮説 H_0^1 をテストする。この帰無仮説を棄却できるか否かのテストは、

$$\gamma_a = -2[L_\lambda - (L^1 + L^2)] \quad (4)$$

が自由度 $K+1$ の χ^2 分布に従うことから、適当な有意水準 α を設定し、 χ^2 検定することによって行う。ただし、 K :効用関数中の特性変数の数。

以上の手法を活用するためには、使用する各MNLモデルが妥当なものであり(例えば、IIA特性を有している等)、かつ変数として使用する各種要因が必要にして十分なものでなければならないものとされる。

(4)支払方法の異なる乗車区間の価格感度の差異に関する仮説(仮説2)の検証方法

仮説1のケースと同様に、特定のOD駅間において、複数の利用可能な鉄道経路があり、これらの経路を利用する際の運賃の支払方法として、複数の種類があるものとする。

ここでは、説明の便宜上、運賃の支払方法が2種類($J = \{j|a, b\}$)のケースを説明する。このとき、特定の鉄道経路の効用関数として式(5)のような線形関数を採用する。

$$U_i = \theta_C + \theta_T(T_i^a + T_i^b) + \theta_F^a F_i^a + \theta_F^b F_i^b + \varepsilon_i \quad (5)$$

ここで、 U_i :経路 i の効用、 T_i^j :経路 i 上における支払方法 j を用いている区間の所要時間、 F_i^j :経路 i 上における支払方法 j を用いている区間の運賃、 ε_i :経路 i の効用の確率項、 θ_k :特性変数 k のパラメータである。

表-1 アンケート調査の主な質問項目

大項目	質問項目
個人属性	年齢, 性別, 自宅最寄り駅
各種チケットの保有状況	定期券:有無, 区間, 期間 プリペイドカード:有無, 種類, 金額 回数券:有無, 種類, 区間
利用実績	乗車駅, 降車駅, 利用経路, 利用頻度

そして、仮説1のケースと同様に、確率項にIIDガンベル分布を適用して、鉄道経路の選択確率をMNLモデルとして定式化するものとする。

このとき、次のような帰無仮説を立てる。

【帰無仮説 H_0^2 】支払方法 a の区間と支払方法 b の区間の効用関数の特性変数パラメータが一致する。すなわち、 $\theta_F^a = \theta_F^b$ が成立する。

この仮説検定では、既存研究(例えば、Ben-Akiva and Lerman²⁴⁾)を参考に、漸近t検定(asymptotic t test)を行うものとする。ここでは、式(6)で表される統計量がt分布に従うことを用いる。

$$\frac{\theta_F^a - \theta_F^b}{\sqrt{\text{var}(\theta_F^a - \theta_F^b)}} \quad (6)$$

ただし、

$$\text{var}(\theta_F^a - \theta_F^b) = \text{var}(\theta_F^a) + \text{var}(\theta_F^b) - 2\text{cov}(\theta_F^a, \theta_F^b) \quad (7)$$

である。ここで、 $\text{var}(\cdot)$:分散、 $\text{cov}(\cdot, \cdot)$:共分散をそれぞれ表す。したがって、ケース1と同様に、適当な有意水準 α を設定することによって、仮説の検証を行うことができる。

3. データを用いた仮説の検証

(1)アンケート調査の実施とその結果

2000年現在、最新の首都圏の鉄道利用に関するデータとしては、平成7年大都市交通センサス((財)運輸経済研究センター)が挙げられる。しかし、これには、鉄道利用者の利用チケット種別の詳細データが含まれていない。そこで、本研究では、東京圏を対象に、独自にアンケート調査を行い、データを収集した。

アンケート調査では、回答者に表-1に示すような項目

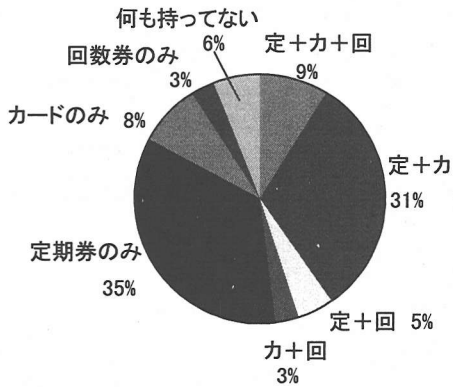


図-1 回答者の各種チケット保有状況(468 サンプル)
注:カはプリペイドカード, 定は定期券, 回は回数券を表す

について回答してもらった。調査を実施した時期は、2000年11～12月である。

調査は、同一のアンケート票について、Webを通じたものと、郵送配布・郵送回収との組み合わせによって行った。これは、当初Web上のみで調査を行ったところ、若年層のデータに偏ったため、より幅広い年齢層のデータを入手しようとしたためである。その結果、468サンプル(Web:270, 郵送:198)を回収できた。これらのサンプルの定期券、プリペイドカード、回数券の保有状況を示したものが図-1である。

しかし、それらのうち、回答結果に欠損等の問題のなく、分析に使用可能な有効回答サンプルは、最終的に205サンプルであった。この205サンプルを用いて以下の分析を行うものとする。このサンプルデータの乗車時間、乗換回数、運賃、普通券購入回数の分布をそれぞれ示したものが、図-2～5である。

(2)特性変数の選定と代替経路の設定について

調査で得られたデータを用いて、モデルパラメータ推定を行う。ここで、効用関数中の特性変数として、各経路の運賃と乗車時間に加えて、乗換回数、乗換時間(いずれも乗車時、降車時を乗換に含めない)、普通券の購入回数、精算回数、2種類以上のチケット種を使用するか否かのダミー変数等について検討した。

試行錯誤の結果、乗車時間、乗換回数、運賃、普通券購入回数が統計的に有意な変数となる傾向が見られた。そこで、以下の分析では、これらの変数を用いてモデルのパラメータ推定を行うものとする。

ここで、モデル中の選択肢としては、利用者ごとに、実際に選択された経路を含めて最大で6経路を設定した。選択肢集合の設定にあたっては、平成7年大都市交通センサスにおける定期券利用者の実績を勘案しながら、

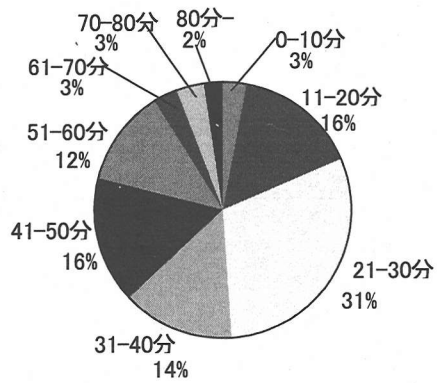


図-2 分析対象データの乗車時間分布(205 サンプル)

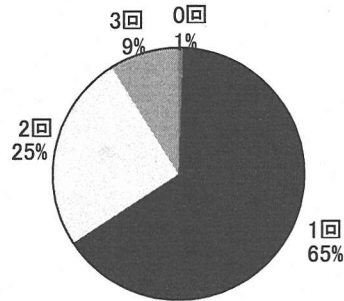


図-3 分析対象データの乗換回数分布(205 サンプル)

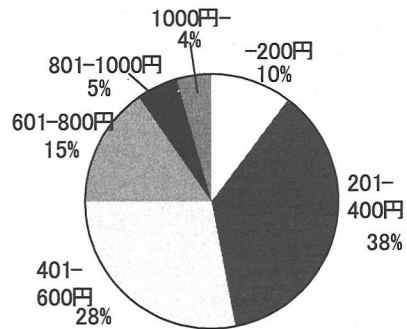


図-4 分析対象データの運賃分布(205 サンプル)

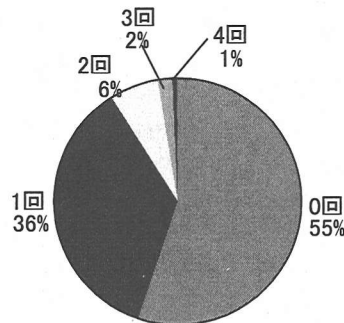


図-5 分析対象データの普通券購入回数分布(205 サンプル)

表-2 各種利用層の鉄道経路選択モデル推定結果(仮説1)

変数名	単位	全サンプル	カード利用者層	非カード利用者層
乗車時間	分	-0.1492 (-5.930**)	-0.1196 (-3.754**)	-0.1913 (-4.629**)
乗換回数	回	-1.7427 (-7.812**)	-1.5149 (-5.391**)	-2.0988 (-5.584**)
運賃	円	-0.0058 (-3.752**)	-0.0059 (-3.052**)	-0.0060 (-2.389*)
普通券購入回数	回	-0.6091 (-2.626**)	-0.5326 (-1.363*)	-0.6498 (-2.155*)
サンプル数		205	112	93
的中率	%	60.98	58.93	63.44
初期対数尤度		-331.38	-181.53	-149.85
最大対数尤度		-215.52	-127.42	-86.77
尤度比		0.349	0.298	0.421
DF調整尤度比		0.346	0.292	0.415

注1) カッコ内は、t値を示す。

2) *は5%危険度で有意、**は1%危険度で有意であることを示す。

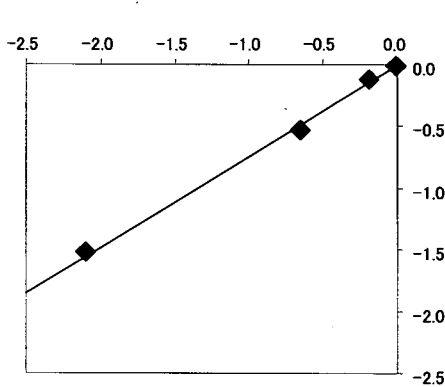


図-6 カード保有者と非保有者のモデルパラメータ

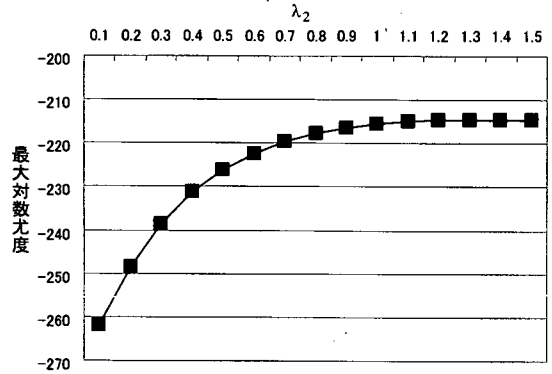


図-7 スケールパラメータ比と最大対数尤度の関係

各 OD 駅ペアごとに適宜決定した。

また、代替経路における使用チケット種別とその使用区間については、各利用者の所有するチケット種別を勘案しながら、本文末の「付録」に示すルールに従って設定した。

(3) 仮説の検証結果

a) 仮説1の検証

全サンプルを用いた場合、プリペイドカード保有者のみのサンプルを用いた場合、プリペイドカード非保有者のみのサンプルを用いた場合のそれぞれについて、パラメータ推定を行った結果が、表-2 である。ここで、全サンプルを用いた推定では、利用者層間のスケールパラメータには差異はなく、同一と見なしている。なお、これらの推定における運賃データについては、①プリペイドカード、普通券:利用1回あたり運賃(割引を含む);②回数券:利用者の所有する回数券のセット購入価格を1枚あたりに換算した値;③定期券:ゼロ(定期券購入コストは既に埋没されている可能性が高く、私事交通の経路選択の際に、利用者が購入した定期券のコストを考慮し

表-3 $\lambda_2 = 1.3$ のケースの推定結果

変数名	単位	$\lambda_2 = 1.3$
乗車時間	分	-0.1345 (-6.006**)
乗換回数	回	-1.5706 (-7.881**)
運賃	円	-0.0052 (-3.851**)
普通券購入回数	回	-0.4982 (-2.503**)
サンプル数		205
的中率	%	60.98
初期対数尤度		-331.38
最大対数尤度		-214.47
尤度比		0.353
DF調整尤度比		0.350

注1) カッコ内は、t値を示す。

2) **は1%危険度で有意であることを示す。

ているとは考えにくい)を用いて、各鉄道会社の定める規定通りに設定した。表-2 より、いずれのモデルも統計的に有意な結果が得られていることがわかる。

表-2 より、各利用者層の最大対数尤度は、-127.42 と -86.77 である。次に、全サンプルデータをプールした上で、プリペイドカード保有者層のスケールパラメータを1

表-4 各ケースの鉄道経路選択モデル推定結果(仮説2)

変数名	単位	ケース1		ケース2	
乗車時間	分	-0.1473	(-5.625**)	-0.1497	(-5.646**)
乗換回数	回	-1.8733	(-7.865**)	-1.8984	(-7.826**)
定期券	円			0.0012	(0.586)
カード運賃	円	-0.0096	(-5.574**)	-0.0090	(-4.548**)
回数券運賃	円	-0.0058	(-1.786*)	-0.0054	(-1.640*)
普通券運賃	円	-0.0104	(-5.801**)	-0.0098	(-4.768**)
普通券購入回数	回	-0.1820	(-0.677)	-0.1989	(-0.732)
サンプル数		205		205	
的中率	%	64.88		65.85	
初期対数尤度		-331.38		-331.38	
最大対数尤度		-193.41		-193.24	
尤度比		0.416		0.417	
DF調整尤度比		0.412		0.412	

注 1)カッコ内は、t 値を示す。

2) *は 5%危険度で有意、**は 1%危険度で有意であることを示す。

に基準化し、プリペイドカード非保有者層のスケールパラメータを変化させて、対数尤度の最大化を行った。最大化に先立って、両利用者層間のスケールパラメータ比率のレンジを定めるため、表-2 で得られた各利用者層の変数を比較したものが、図-6 である。これより、両利用者層のモデルパラメータ値の相関は非常に高くなっていることがわかる ($R^2=0.999$)。これは、両利用者層間では、スケールパラメータ(あるいはデータの分散)は異なるが、特性変数パラメータはほぼ同一である(つまり、帰無仮説 H_0^1 が棄却されない)可能性が高いことを示している。

なお、図-6 の回帰直線の傾きより、プリペイドカード非保有者層/プリペイドカード保有者層=1.3 程度であることから、スケールパラメータ比 λ^2 も同程度となる可能性が高いことがわかる。

そこで、 λ^2 を 0~1.5 の間で 0.1 刻みで変化させ、それぞれの最大対数尤度をプロットしたものが図-7 である。予想された通り、 $\lambda^2 = 1.3$ で最大対数尤度は最大となり、その値は-214.47 となった。また、そのときの推定結果は、表-3 のようになった。以上の結果に基づいて仮説検定のための χ^2 値を求めると、 $\gamma_a = -2(-214.47 - (-127.42 - 86.77)) = 0.56$ となる。また、 λ^2 が 0.1 刻みであることから精度が低い可能性もあるので、 $\lambda^2 = 1.2$ と $\lambda^2 = 1.4$ のケースについても同様の計算をしたところ、それぞれ 0.82 と 0.64 となった。自由度5の χ^2 分布表をもとに検定をおこなったところ、いずれも帰無仮説 H_0^1 は棄却されないことがわかった。

仮説2の検証

次に、仮説2の検証を行う。ここでは、仮説1の分析と同一のデータセットを用いることを原則とする。ただし、定期券運賃については、次の2種類の取り扱いを行い、これらの比較を行うものとする。

(i) ケース1: 定期券利用区間の料金をゼロとするケース(仮説1と同一の条件)

(ii) ケース2: 定期券利用区間が途中に含まれる場合、もしその区間を普通券で利用すると仮定したときに支払うべき発駅から着駅までの全料金と、当該区間の料金をゼロとしたときの全料金との差額を説明変数とするケース。ただし、この場合には「節約できる金額」と定義されるので、パラメータの符号は「+」になると期待される。

以上のように、定期券運賃に関して2種類の取り扱いを行った理由は、定期券コストが埋没されている効果を、利用者が消極的に捉えると仮定する場合(ケース1)と積極的に捉えると仮定する場合(ケース2)との意識の違いによって、他のチケット種の運賃感が異なる可能性を考慮したためである。

これらの2ケースについて、パラメータの推定結果を示したものが表-4 である。いずれのケースも十分説明力のある結果が得られたと考えられる。これより、いずれのケースについても、普通券利用区間の運賃パラメータの絶対値が最も大きく、ついでプリペイドカード利用、回数券利用の順になっていることがわかる。このことは、普通券利用時の価格感が最も大きく、プリペイドカードや回数券ではやや感が低くなる傾向にあることを意味する。また、ケース間でこの傾向に大きな違いがないこともわかる。

次に、これらの差異が統計的に有意であるか否かを漸近 t 検定によって確かめた。まず、プリペイドカードと普通券とのパラメータについて検討したところ、いずれも、帰無仮説が棄却することはやや困難(25%危険度でのみ棄却できる)であることがわかった。一方で、プリペイドカードと回数券、あるいは普通券と回数券との間については、いずれも 10%危険度で帰無仮説は棄却できることがわかった。したがって、いずれについても、強く棄却されるというわけではないが、支払方法によってその感度は、ある程度異なる傾向にある可能性が明らかとなった。

(4) 仮説検証のまとめ

以上の分析より、まず仮説1の帰無仮説 H_0^1 は棄却されることがわかった。これは、プリペイドカードを所有する人とプリペイドカードを所有しない人とは、運賃に対する感度がほとんど変わらないことを示している。つまり、少なくとも本研究で使用したサンプルのプリペイドカード保有者に関しては、費用意識が希薄になるほどには、カード利用が常態化していない、という可能性が示された。

また、仮説2については、帰無仮説 H_0^2 は、ある程度ならば棄却できる傾向にある可能性が示された。これは、同一人物による1トリップ中であっても、運賃支払方法の異なる区間では、価格に対する感度が異なる可能性を意味している。

また、プリペイドカードと回数券の価格感度は、普通券よりも小さい傾向があり、特に回数券の価格感度は他の2つのチケット種よりも小さい傾向にある可能性が示された。これは、人間は、現金による支払いの場合よりも、現金以外の支払方法の場合の方が、価格差を小さく評価する傾向にあることを示していると思われる。この理由としては、現金以外の支払方法の場合、基本仮説の背景で示したように、費用意識が希薄になるため、費用と効果を比較するとき、費用よりも効果を重視して購入の意思決定が行いがちになると思われるからである。例えば、価格と効果の異なる2つの財・サービスがあるとき、現金以外の支払方法による場合には、多少価格が高くても、より大きな効果が得られる方の財・サービスを選択するようになる可能性が高いと考えられる。

4. 結論及び考察

(1) 本研究における分析成果のまとめ

本研究では、料金支払方法の違いによる交通サービス利用者の価格に対する感度の違いを、鉄道経路の選択行動から実証的に分析した。その結果、プリペイドカード保有者層とプリペイドカード非保有者層との間では、価格感度に統計的に有意な差が見られないこと、ならびに同一人物による1トリップ中であっても支払方法の異なる利用区間では、価格感度が異なる可能性があることが明らかとなった。また、現金以外の支払による場合は、現金による支払による場合よりも、価格感度が低い可能性も示された。

(2) 分析結果に基づく考察

もし仮に、都市鉄道サービスにおいて、支払方法による価格感度の差異が認められるならば、次のような考察が可能である。

まず、第1は、交通需要予測に対する示唆である。支払方法によって価格感度が異なるならば、今後の新たな運賃支払システムの普及、例えば共通乗車カードや IC カード等の広範な普及によって、個々の利用者の行動特性が変化し、その結果、マーケット全体としても需要特性が変化する可能性がある。

第2は、便益計測に対する影響の可能性である。もし、利用者の「時間」に対する感度は支払方法によらず共通で、「価格」に対する感度のみが支払方法によって異なるという仮定をおくことができるならば、利用者の価格感度の差異は、時間評価値の差異と解釈し直すことが可能となる。ちなみに、表-4 のケース1の結果をもとに時間評価値を計算すると、プリペイドカード利用、回数券利用、普通券利用の時間評価値はそれぞれ、921 円/時、1,524 円/時、850 円/時となる。このとき、例えばプリペイドカードや回数券が現在よりも普及し、これらを利用する乗車時間が普通券利用の乗車時間よりも相対的に増加すると、利用者の平均的な時間評価値は、見かけ上、高くなっていく可能性がある。このことは、プリペイドカードや回数券の普及率によって、たとえ同一の鉄道プロジェクトであっても、(見かけ上の)便益額が変化する可能性があることを示していると思われる。

(3) 今後の課題

本研究の課題は以下の通りである。

まず、第一の課題は、「価格感度」の取り扱いについてである。本研究では、ある一時点での利用者の行動データに基づいて、パラメータの静的な比較により、価格感度の差異を分析するという手法を採用している。しかし、本来「価格感度」とは、価格が変化したときの動的

な行動変化のほずであり、この意味で、本研究で得られた静的特性が、そのまま動的特性にも当てはまるとは言えない側面もある。したがって、4.(2)で述べた考察を確固たるものとするためには、料金の変化に対する行動のパネルデータ等を収集し、それをを用いた分析が今後必要と考えられる。

第二の課題は、行動仮説に関するものである。本研究は、消費者の「費用意識」に特に着目して、支払方法間の行動の比較を行っている。だが、消費者の支払方法間における行動の差異を厳密に議論するためには、支払方法の選択肢集合を消費者がどう決定しているのか、あるいは、鉄道サービスについていえば、利用者がどの種類のチケットを所有するのかという、チケット種別選択問題についても言及しなければならないであろう。チケット種別選択では、本研究では取り扱われなかった変数、例えば回数券の使用期限や家計の収入レベル等も大きな影響を及ぼしうる。したがって、行動仮説を厳密に検証していくためには、こうした関連する利用者の行動についても考慮に入れていく必要がある。

第三の課題は、鉄道経路選択モデルに関するものである。今回対象とした東京圏の鉄道ネットワークは、非常に密であることから、経路間の類似性が高くなり、MNLモデルの IIA 特性が保持されない可能性がある。一方で、本研究で行った仮説検定は、MNLモデル自体が妥当であることを前提としている。したがって、本研究で取り扱った行動仮説を厳密に検証するためには、使用したモデルの妥当性についても、緻密な検討を行う必要があると思われる。

第四の課題は、分析結果の信頼性に関するものである。今回の研究における仮説検定結果の統計的な有意性は必ずしも高いと言えない。これには、モデルパラメータ推定において、2種類のアンケート調査によるデータを組み合わせていること、サンプルデータ数が必ずしも十分とは言えないこと等の理由が考えられる。今後、精度の高い議論を行うためには、さらに多くのサンプルデータの収集と調査方法の改善が必要と考えられる。

最後に、本研究で取り扱った、支払方法の違いによる価格感度の差異は、都市鉄道サービスにおけるカードシステムのみならず、他の交通サービスにおける料金支払システム(高速道路におけるETC等)あるいは一般的な財・サービスの支払システム(クレジットカード等)にも存在する可能性がある。ただし、これらの支払方法では、本研究で取り扱っている先払い式(プリペイド)のみならず、後払い式のものも含まれる。したがって、こうした支払時期の違いをも考慮しつつ、さらに多様な実証分析を実施することによって、電子決済等の導入が、どのような社会経済的インパクトを与えるのかを、今後、定量的に分析していく必要があると思われる。

謝辞:本研究の実施にあたっては、東日本鉄道文化財団平成13年度調査・研究助成(助成番号01-1-2-1)による助成を受けた。また、アンケート調査においては、多くの方々にご協力をいただいた。さらに、匿名の査読者からは本研究に関する貴重な意見をいただいた。ここに深く感謝の意を示したい。

付録 代替経路の使用チケット種別とその区間の設定方法

鉄道経路選択モデルの代替経路において、利用者が使用するチケット種別とその区間については、以下のルールに従って設定した。

- ①定期券保有者は、その定期券を利用することにより、運賃が少しでも安くなる場合には、その定期券を使用する
- ②回数券保有者は、その回数券が使用可能な区間ではその回数券を使用する。ただし、回数券とプリペイドカードの両方の所有者で、かつその両方が使用可能な区間において、これらを併用するとプリペイドカードのみの場合よりも運賃が高くなる場合には、プリペイドカードを使用する。
- ③プリペイドカード保有者は、保有しているプリペイドカードが使用可能な区間では、そのプリペイドカードを使用する。
- ④JRとそれ以外の会社の鉄道を乗り継ぐ場合等で、普通乗車券に割引運賃が適用される部分では、プリペイドカードや回数券は使用しない。

参考文献

- 1) 晝間文彦:アメリカにおける自己破産研究:実証研究を中心として、クレジット研究, Vol.13, pp.6-25, 1995.
- 2) 晝間文彦:消費者破産はなぜ起きるか:消費者の時間不整合的行動モデル, クレジット研究, Vol.15, pp.6-24, 1996.
- 3) Urbany, J. E., Dickson, P. R. and Kalapurakal, R.: Price Search in the Retail Grocery Market, *Journal of Marketing*, Vol.60, pp.91-104, 1996.
- 4) Bawa, K. and Shoemaker, R. W.: The Coupon-Prone Consumer: Some Findings Based on Purchase Behavior Across Product Classes, *Journal of Marketing*, Vol.51, pp.99-110, 1987.
- 5) Hirschman, E. C.: Consumer Payment Systems: The Relationship of Attribute Structure to Preference and Usage, *Journal of Business*, Vol.55, Issue4, pp.531-545, 1982.
- 6) 上田高穂:SCAN PANEL DATAの経営における有効活用, 学習院大学経済経営研究所年報, 第2巻, 3月, pp.1-29, 1989.
- 7) 小川孔輔・法政大学産業情報センター編:POSとマーケティング戦略, 有斐閣, pp.281-306, 1993.
- 8) 片平秀貴:「価格コンシャス」を検証する, マーケティング・

- リサーチャー, No.71, pp.10-16, 1994.
- 9) Oum, T. H., Waters II, W. G. and Yong, J. S.: Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates: An Interpretative Survey, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp.139-154, 1992.
 - 10) Goodwin, P. B.: A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp.155-169, 1992.
 - 11) 岸邦宏, 内田賢悦, 佐藤馨一: 航空運賃に対する利用者の価格感度に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.187-194, 1999.
 - 12) 野村幸宏, 片谷教孝: 高速道路料金に関する利用者意識の分析, 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp.625-628, 1998.
 - 13) Small, K.A. and Gomez-Ibanez, J.A.: Road pricing for congestion management: the transition from theory to policy, Road Pricing, IN: Button, K.J. and Verhoef, E.T. (ed), *Traffic Congestion and the Environment: Issues of Efficiency and Social Feasibility*, pp.213-246, Edward Elgar, 1998.
 - 14) 高橋洋二, 久保田尚, 木田千尋: 鎌倉地域へのパーク&ライド及びロードプライシング導入の事前評価に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.33, pp.601-606, 1998.
 - 15) 山本俊行, 吉田 洋, 藤井 聡, 北村隆一: ロードプライシング導入時における経路・出発時刻選択行動分析, 第17回交通工学研究発表会論文報告集, pp.201-204, 1997.
 - 16) 新田保次, 今西英樹, 森田啓司, 中平明憲, 神野裕昭, 竹林弘晃: TDM 施策に対する道路利用者の意識と門真南P&Rシステム社会実験について, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.995-998, 1999.
 - 17) 谷口正明, 香月伸一, 羽藤英二: 高速道路自動料金収受システムの省エネルギー効果, 第16回交通工学研究発表会報告集, pp.25-28, 1996.
 - 18) 運輸政策研究機構: 汎用電子乗車券の導入促進のための調査研究報告書, 2000.
 - 19) Christopher L. Gilbert and Hossein Jalilian: The Demand for Travel and for Travelcards on London Regional Transport, *Journal of Transport Economics and Policy*, 25, pp.3-29, 1991.
 - 20) 須斎正幸: クレジットカード消費者需要理論, クレジット研究, Vol.3, pp.34-56, 1990.
 - 21) 須斎正幸: クレジットカード動態調査結果の利用可能性: マクロ経済データとの関連で, クレジット研究, Vol.9, pp.81-104, 1992.
 - 22) 須斎正幸: クレジットカード動態調査データを用いたカードショッピングの傾向の分析, クレジット研究, Vol.9, pp.36-57, 1993.
 - 23) Swait, J. and Louviere, J.: The Role of the Scale Parameter in the Estimation and Comparison of Multinomial Logit Models, *Journal of Marketing Research*, Vol. XXX, pp.305-14, 1993.
 - 24) Ben-Akiva, M. and Lerman, S.: *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge, MA. MIT Press, 1985.
 - 25) Louviere, J., Hensher, D. and Swait, J.: *Stated Choice Methods: Analysis and Application*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
 - 26) Oum, T.H. and Waters II, W. G.: Transport Demand Elasticities, IN: Hensher, D. A. and Button, K. J.(ed.), *Handbook of Transport Modeling*, pp.197-210, Elsevier Science Ltd., 2000.
 - 27) Ben-Akiva, M. and Morikawa, T.: Estimation of Switching Models from Revealed Preferences and Stated Intentions, *Transportation Research A*, 24A(6), pp.485-95, 1990.
 - 28) Morikawa, T.: Correcting stated dependence and serial correlation in RP/SP combined estimation method, *Transportation*, 21(2), pp.153-66, 1994.
 - 29) Ben-Akiva, M. and Morikawa, T.: Estimation of Travel Demand Models from Multiple Data Sources, IN: Koshi, M. (ed.), *Transportation and Traffic Theory*, pp. 461-476, Elsevier Science, 1990.
 - 30) 森川高行, 山田菊子: 系列相関を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散型選択モデルの推定法, 土木学会論文集, No.476/IV-21, pp.11-18, 1993.
 - 31) 吉田 朗, 原田 昇: 鉄道の路線・駅・結節交通手段の選択を含む総合的な交通手段選択モデルの研究, 土木学会論文集, No.542/IV-32, pp.19-31, 1996.
 - 32) 竹村彰通: 現代数理統計学, 創文社現代経済学選書8, 1991.

(2001.6.25 受付)

ANALYSIS ON PRICE ELASTICITIES OF URBAN RAILWAY USERS IN TERMS OF PAYMENT MODES

Hironori KATO, Hitoshi IEDA and Yoshimasa NAKAJIMA

New payment methods, such as farecard, smart card, etc., have been introduced to the transportation service gradually. These make travelers have richer alternatives of payment modes. On the other hand, in general, the cashless payment method may paralyze the consumer's perception of price. Then, this paper aims to analyze price elasticities of travel demand based on the MNL model for a railway route choice, and to compare them among three payment modes: farecard; coupon ticket; and ordinary ticket. The authors group sets up two null hypotheses on the utility function and tests them statistically. As results of the tests, we find that the elasticities do not differ between farecard-holder and non-farecard-holder, but differs to some extent between the payment modes used.