

都市鉄道の運賃支払方法選択に関する基礎的研究*

Payment Mode Choice Model Considering Route Choice Model in Urban Railway Service

加藤浩徳**・中嶋義全***

Hironori KATO** and Yoshimasa NAKAJIMA***

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

都市鉄道サービスの運賃支払においては、プリペイドカードや時差回数券などの多様な方法が提供されている。特に最近では、大都市圏の大手私鉄を中心に共通乗車カードが導入され、さらにICカード乗車券活用の検討の動きが話題になっている。こうした新しい運賃支払システム導入を検討するにあたっては、利用者の支払方法選択のメカニズムを解明することが必要である。そこで本研究では、鉄道サービスにおける運賃支払方法選択行動のモデル構築を目的とする。

ここで、モデル全体の構造を、短期的な行動の経路選択と長期的な行動の運賃支払方法選択の二段階の選択問題と考える。そして、アンケート調査により得られたデータを元に、実証的な分析を行うものとする。

(2) 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とし、私事目的での鉄道利用の運賃支払方法選択行動に着目する。本研究で取り扱う支払方法はプリペイドカード(以下、カードと呼ぶ)、回数券、普通券である。カードとは改札を直接通過することの可能なカード(パスネット、イオカード)を指し、定期券ならび普通券購入のためのカード(JRのオレジンカード等)は含まない。

2. モデル分析の基本的考え方

(1) モデルの基本フレームについて

まず、対象としている支払方法のうち、カードと回

数券については、交通サービスを消費する権利を事前に購入しているものとする。事前購入を行う場合、その権利を複数回交通サービスを消費することで行使する。一方で、普通券を利用する場合は、乗車の度に、その権利を購入しサービスを消費するものとする。

事前購入は、①払い戻しがないため利用者の経路選択行動の問題を不可逆的に変化させる、②複数回の経路選択行動の集計値で効用が決定される、という特徴を持っている。そこで本研究においては鉄道利用者が支払方法選択の際に1)事前購入選択という長期的選択、2)毎回の経路選択という短期的選択という二段階選択問題に直面していると考え、(図1)

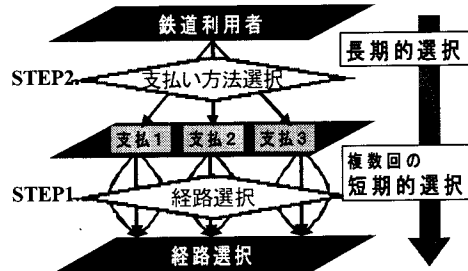


図1 選択構造の基本的フレーム

各利用者は日々繰り返されてゆく複数回の経路選択行動を考慮しながら、事前購入の有無を決定する。支払方法選択における長期的意思決定は、短期的な経路選択行動がなされる以前の時点に行われるために、個人は経路選択行動に対し期待効用を形成し、それらを考慮した上で効用が最大となる支払方法を選択するものと考えられる。

(2) モデル分析の方法

別途、筆者らが構築した経路選択モデル¹⁾を支払方法選択問題における短期的選択モデルとして取り込むこととする。上位のモデルである支払方法選択モデルにおいては、経路選択の期待効用(最大効用の期待値)

* Key Words 交通行動分析
** 正員 博(工) 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1) kato@trip.t.u.tokyo.ac.jp
*** 正員 修(工) 国土交通省

をログサム変数として用いる。ここで、NLモデルの推定方法としては段階推定法を採用する。

3. モデルの構造

(1) 期待効用関数の考え方

多々納ら²⁾は、長期的・短期的な二段階選択問題に直面する個人の選択行動について、期待効用理論と整合のとれたランダム効用モデルを提案している。このモデルを参考に、利用者が支払い方法 k を選択する期待効用を次式のように定式化する。

$$EU(k) = w_k(x_k) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_k} \ln \sum_r \exp(\lambda_k \cdot v_k(z_r^k)) + \varepsilon_k \quad (1)$$

ここで、

$EU(k)$: 支払方法 k を選択した場合の期待効用

$w_k(x_k)$: 支払方法 k での経路選択行動以外により得られるサービス水準 x_k により決定される部分効用

$v_k(z_r^k)$: 支払方法 k での経路 r の効用

λ_k : 支払方法 k の分散パラメータ

ε_k : 支払方法 k の確率項

である。

また、本研究で用いる経路選択モデルの効用関数は、以下の通りである。

$$v_k(z_r^k) = \theta_r T_r + \theta_N N_r + \sum_m \theta_m F_r^m + \theta_B B_r \quad (2)$$

ここで、 T_r : 経路 r の鉄道乗車時間、 N_r : 経路 r の乗換回数、 F_r^m : 経路 r 上の支払方法 m を用いている区間の運賃、 B_r : 経路 r の切符購入回数である。ここで、選択される支払方法と整合するように、運賃や切符購入回数を設定した。

(2) サービス変数 x_k の考え方

支払方法選択に固有のサービス変数について検討する。

まず、チケットの事前購入のメリットとして、1) 切符購入の手間を省くことができること(カード、回数券)、2) プレミアムがつくこと(回数券)が挙げられる。まず1)については、鉄道経路選択モデルの中で既に切符購入の手間を考慮した説明変数が導入されている。また、2)については、鉄道経路選択モデル

の中で、一回あたりの運賃として回数券の割引を考慮している。そこで、これらは x_k に取り込まないものとする。

次に、事前購入によるデメリットとしては、1) 使用中止あるいは紛失の際に払い戻しが無い、2) 金額が大きくなるので支払いに抵抗がある、3) 金利負担が考えられる。まず1)については、回数券は使用期限を有するため期限内に使用できない可能性があるもので、使用期限制約を考慮する必要がある。一方、紛失に関しては、その危険は無視できるほど小さいと見なし、取り扱わないものとした。2)については、カードや回数券は、一括前払いであるために支払抵抗が考えられるので、支払抵抗として説明変数を設定する。3)については、金利負担の金額が小さいと思われるので本研究では考慮しないこととした。

そのほか、支払方法の選択には、クレジットカードのような非現金型の支払方法に慣れている利用者ほどカードを選択する可能性がありうること、ならびに定期券の保有によっても影響を受ける可能性があると思われる。そこで、これらも変数として考慮した。

(3) 説明変数 x_k の設定

以上の基本的な考え方に基づいて、次に示す説明変数を設定した。

① 回数券を期限内に償却できないリスク

使用期限が限定されていることに対して、以下のよう期待未使用残額という変数を設定した。

$$R = Z^{coupon} - \sum_{ij} \sum_r f_r \cdot \frac{\exp(v_r^k)}{\sum_r \exp(v_r^k)} \quad (3)$$

ただし、

R : 償却期限がきた時の未使用期待残額(円)。負になる場合は0とする

Z^{coupon} : 回数券の購入価格(円)

f_r : 経路 r を利用したときに回数券で支払う金額(円)である。

② 一括前払いによる支払抵抗

日常的な所持金が多い人ほど支払抵抗が減少すると仮定し、次式を説明変数として用いた。

$$PR_i = \frac{Z^k}{M_i} \quad (4)$$

ただし、 PR_i ：利用者 i の支払抵抗値、 z^k ：支払方法 k の購入額（円）、 M_i ：サンプル i の日常的所持金額（円）である。

③クレジットカード・定期券の有無

クレジットカードおよび定期券が有りで1、無しで0となるダミー変数である。

$$credit_i = 1 \text{ or } 0, \quad pass_i = 1 \text{ or } 0 \quad (5)$$

4. データセットの準備

(1) アンケートの実施

本研究ではWeb上ならびに郵送配布郵送回収の両方の方法によって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、個人属性（年齢、性別、最寄り駅）、各種チケットの保有状況（定期券：有無とその区間、カード：有無と種類、回数券：有無とその区間）、利用実績（乗車駅、降車駅、利用頻度）、クレジットカードの保有状況、日常の保有金額について質問を行った。調査の結果、205 サンプルが有効回答したサンプルとして得られた。

(2) 選択肢集合の設定

支払方法選択の際の選択肢集合としては表1の8肢選択で構成されるものとする。

表1 支払方法選択肢集合

①なにも所有しない	⑤回数券のみ所有
②イオカードのみ所有	⑥回数券+イオカード
③パスネットのみ所有	⑦回数券+パスネット
④イオカード+パスネット	⑧回数券イオカード+パスネット

5. モデル分析

(1) パラメータ推定

得られたデータをもとに、モデルパラメータの推定を行った結果が、表2である。ここでは、三ヶ月間の期待効用を考慮したパラメータ推定を行っている。モデル全体としてはある程度の有意な結果が得られた。説明変数は全体的に支払方法選択に有意に関与するのに十分なt値を伴っており符号条件も整合的である。

例えば、ログサム変数にかかるパラメータ値は0と1の間となっており本研究で考慮した二段階選択問題の構造に問題がないことなどが確認できる。また、事

表2 パラメータ推定結果

パラメータ	推定量	t値
経路選択の期待効用	0.0294	2.740
支払抵抗値事前購入)	-0.2918	-1.282
使用期限リスク回数券)	-0.0028	-2.738
定期券(普通券)	1.9248	5.924
クレジットカード(普通券)	-0.4939	-1.483
ダミー回数券)	-0.8241	-2.606
初期尤度	-436.7	
最終尤度	-335.2	
尤度比	0.229	

前購入の支払抵抗値のパラメータ値が負であることは購入する金額が日常的に持ち歩く金額に占める割合が高くなるほど購入しなくなることを説明している。クレジットカードダミーが負であることは、保有者では普通券以外の多様な支払方法に対して抵抗をあまり感じず、非保有者にとっては普通券以外を忌避する傾向があることを示唆していると解釈できる。回数券ダミーにおける負の値は回数券が「持ち運びにくい」「かさばる」といった定性的なデメリットを有していることを説明している。

(2) 感度分析・シナリオ分析

本節では前節に提示された支払方法選択モデルの感度分析等を行う。あるサンプルを取り上げ、各々の説明変数を変化させた場合の選択確率の推移を示すこととする。

調査から得られたサンプルのうち、あるサンプルの鉄道利用履歴が表3のようであった。

表3 サンプル鉄道利用履歴

利用ODペア		利用頻度	利用可能路線
本厚木	八王子	週に一回	小田急、JR
本厚木	横浜	月に二回	小田急、相鉄
本郷三丁目	新宿	週に一回	丸の内、大江戸、JR

定期券を所持している。
私事目的での鉄道利用回
は33回/三ヶ月

①利用頻度の変化による感度分析

上記サンプルについてODの比率を保ちつつ、鉄道の利用頻度を変化させた場合の選択確率の推移を示したものが図2である。

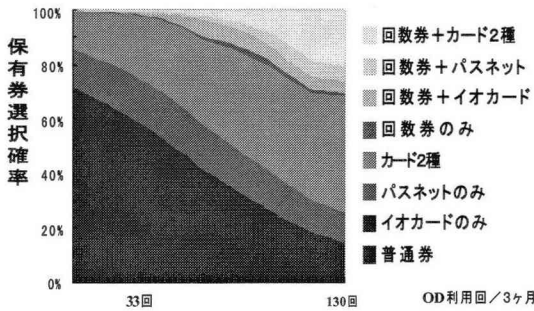


図2 利用頻度に関する支払方法選択の感度分析

支払方法の選択確率をみると、利用頻度があがるほど普通券選択の確率は減少していくことがわかる。

また、回数券購入確率は事前購入により発生する期待未使用残額が少なくなるころから急激に上昇をはじめ、ために非線形な形となる。カードの所有状況を見るとどちらのカードも頻度の上昇と共に所有する確率が上がっていく様子を読み取ることができる。

② 日常の所持金による感度分析

支払抵抗値は日常に所持している金額の逆数であるがこの所持金を変化させた場合の選択確率の推移を図3に示す。

所持金が少ない部分では若干の影響が見られ、すくないほど事前購入チケットの購入確率が下がる傾向が現れている。相対的にその場合では、普通券利用の選択確率が上昇している。ある程度の金額を所持するようになるとほとんど影響を与えなくなることが確認できる。

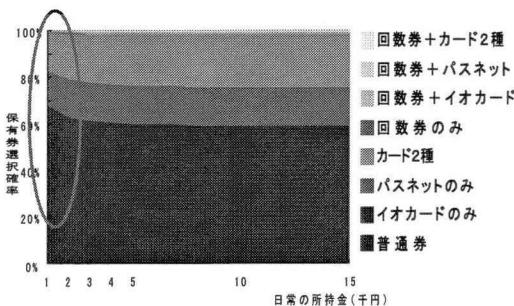


図3 所持金による支払選択の感度分析

③ カード共通化によるシナリオ分析

最後に、JRにおけるイオカード、私鉄を中心とするパスネットの共通化のシナリオ分析を行った。前項

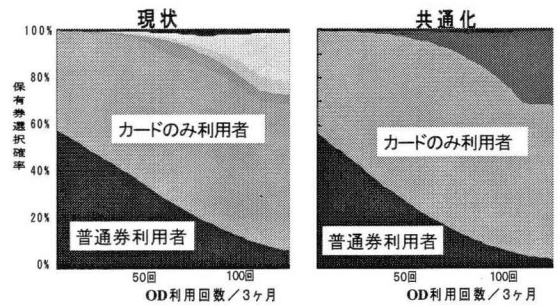


図4 カード共通化のシナリオ分析

と同様のサンプルにおける選択確率の変化を推移を図4に示す。

共通化によりカード利用の魅力が増大するため、相対的に普通券選択の確率は三月月での鉄道利用頻度が50回利用時には、35%であったものが27%へと減少する。また、回数券と併用するという確率は50回利用時近辺において減少傾向を示している。

また、利用頻度がそれほど無い場合では、共通化による選択確率への影響はほとんどないことがわかる。

6. まとめ

本研究では支払方法の選択問題を短期的な経路選択問題との二段階選択問題として構築し、モデル分析に際しては鉄道利用者の経路選択行動・支払方法選択行動から実証的に分析を行った。その結果、精度が必ずしも十分とは言えないものの、選択要因を明示的に示すことのできるモデルを得ることができた。実際の利用者の行動をもとに利用頻度や日常の所持金額を変化させた場合においても各券種における選択確率の推移の様子は合理的に理解できるものとなっている。

選択肢間の類似性等の問題については今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 加藤浩徳・中嶋義全・家田仁：「都市鉄道サービスにおける運賃支払方法による価格弾力性の差違に関する分析」, 土木計画学研究・講演集 No.24, 2001 (投稿中)
- 2) 多々納裕一・小林潔司・喜多秀行：「危険回避選好を考慮した二段階離散選択モデルに関する研究」, 土木計画学研究・論文集 No.13, pp.553-562, 1996
- 3) (財) 運輸経済研究センター：『オフピーク通勤による混雑緩和効果の解析調査報告書』, 1995