

パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析

An Analysis of Transportation choice Behaviour Based on Panel Data

鈴木 聡^{*}，毛利 雄一^{**}，中野 敦^{**}，原田 昇^{***}

By Satoshi SUZUKI, Yuuichi MOURI, Atsushi NAKANO and Noboru HARATA

This paper discusses the characteristics of panel data and the methods to analyze transportation choice behaviour based on panel data, in the case of opening of the new transportation system. Our primary conclusions are as follows.

1. In panel data more people who have high possibility to use new transportation system and who make frequent trips are included than other people.

2. SP models have not less explanatory power than RP models.

3. RP models which include habit variable have better explanatory power than normal RP models.

4. In application of RP models to SP data sets, scale parameters of new transportation system utility are between 0 and 1 and recalibration models of scale parameter have better explanatory power than normal RP models.

1. はじめに

交通行動を直接分析するアプローチは、世帯や個人の交通行動に着目し、その意思決定を広範な視点から分析するものであり、従来の集計型のアプローチでは困難であった、選択構造、選択要因、選択肢集合選定に関わる制約条件などを明らかにし、交通計画の評価・立案に有用な情報を提供することができる。しかし、分析手法の開発と適用手法の検討に比較して、分析に必要なデータを収集する手法やそのデータの特性と結び付いた分析手法の整理は遅れている。この論文は、このような問題意識に基づいて、新しい交通手段が導入される状況を取り上げて、

事前・事後調査を行い、パネルデータの特性と、パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析方法を検討したものである。

2. 分析手法

(1) パネルデータの特性-消耗バイアス

交通行動調査には調査の特性に応じて注意すべきバイアスが存在することが指摘されており⁴⁾、継続的な調査により把握可能なパネルデータに関しては、特に、消耗バイアス (Attrition Biases) が問題となる。これは、同一被調査者に調査を繰り返すことによって被調査者が消耗し拒否が増大することによって生ずるバイアスである。一般的には、調査内容に関心の高い人や教育レベルの高い人ほど、繰り返し回答する傾向が指摘されている。このバイアスを避けるためには、適切な外部データとの照合によって、バイアスを相殺するような拡大率を設定する工夫が必要である。

* 正会員 工博 (財)計量計画研究所
** 正会員 工修 (財)計量計画研究所
(〒162 新宿区市谷本村町2-9)
*** 正会員 工博 東京大学都市工学科
(〒113 文京区本郷7-3-1)

ここでは、消耗バイアスの特性を具体的に分析する。そのため、事前調査と事後調査（パネル調査の分析ではWave1、Wave2と呼ばれることが多い）の回答結果から、双方ともに回答したパネルを抽出する必要がある。わが国の交通関連調査では、調査対象者に氏名の記入を求めることは一般的ではないため、このパネル選定は、性別・年齢・職業、ならびに住所の回答結果を用いて行うため、かなり困難な作業となる³⁾。

パネルデータの特性は、ここでは、パネルの選定結果を用いて、パネルと事前調査のみ回答者、事後調査のみ回答者を、その属性や回答特性について比較することによって把握する。

（２） 交通手段選択モデル

パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析に関しては、北村¹⁾のレビュー論文にあるように、事前の行動結果（ $Y(t-1) = (Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_0)$ ）と行動要因（ $X(t) = (X_t, X_{t-1}, \dots, X_0)$ ）によって、現在の行動結果（ Y_t ）を説明する非集計選択モデルの適用が可能である。これは、事前の行動結果のみに依存するマルコフモデルに比べて、適用範囲が広範である。特に、 t 期の行動結果 Y_t を、一期前の行動結果 Y_{t-1} と t 期の行動要因 X_t で説明するモデルは、

$$Y_t = \theta Y_{t-1} + \beta' X_t + \varepsilon_t$$

で表され、過去の履歴を取り入れるモデルの最も節約された形であると指摘されている。ここでは、事前・事後調査を用いて、事前意向（SP）ロジットモデルと事後実績（RP）ロジットモデルの作成を通して、 Y_{t-1} の導入による精度改善を把握する。

また、第2の検討として、「新しい交通手段に関する意向調査では新しい交通手段の効用に関する情報が既存交通手段の効用に関する情報よりも不確かで偏りがあることがモデル誤差の重大な要因である」との仮説を立てて、モデルの転用テストによって、検定する。具体的には、推定された事後モデルをそのまま事前データに転用した際の精度と、推定された事後モデルを新しい交通手段に関する効用のスケール・パラメータを再推定する際の精度を比較し、スケール・パラメータの再推定が有効な手法かどうかを検定する。スケール・パラメータは、効用の差の分散に逆比例することから、事前の情報が不確か

なためにばらつきが大きい場合には0と1の間に、逆に、不確かなために、平均値により近く認識される場合（あるいは、乗換時間などの要因が見落とされる場合）には1より大きくなると考えられる。

3. 実証分析

（１） 調査概要とパネル抽出

a) 調査の概要

本論文で分析に使用するデータは、千葉県の都市部で行った、千葉都市モノレール開通影響調査の事前調査ならびに事後調査のデータである。

千葉都市モノレールは、昭和63年3月28日に、スポーツセンター駅からJR都賀駅を経由して千城台駅に至る、約8.1kmの区間が開通している。

事前調査はモノレール開業の約2ヵ月前の昭和63年2月上旬、事後調査はモノレール開業約8ヵ月後の昭和63年11月下旬に実施している。調査対象地域はいずれもモノレール沿線約1.5km以内の範囲とし、対象地域内約32,500世帯中約2,000世帯を調査対象とし、住宅地図上でサンプリングを行っている。なお、事後調査では、事前調査と同じ世帯を対象に実施するパネル調査となっている。調査の実施形式は、家庭訪問配布、留置訪問回収で行っている。

いずれの調査も、通勤者および15才以上の通学者を対象とする通勤・通学目的と、15才以上の通勤・通学者以外を対象とする買物目的に分かれている。

調査項目は、個人属性（性別、年齢、職業など）と、利用交通手段についての詳細などであり、事前調査ではモノレール開通後の利用意向についても調査を行っている。配布・回収結果は表1に示す通りであり、事後調査では、転居、拒否、不在などによって調査不能者が多いために、事前調査に較べて低い回収率となっている。

表1. 配付・回収結果

	目的	対象者数	回収数	回収率
事前	通勤・通学	3081	2749	89.2%
	買物	2138	1989	93.0%
事後	通勤・通学	2928	2119	72.4%
	買物	2049	1628	79.5%

b) パネル票の抽出（マッチングの結果）

事前調査と事後調査それぞれのデータから、同一人物が回答したデータを選定する作業がマッチングである。マッチングにおいては、事前調査と事後調

査の個人属性（性別、年齢、職業）と居住地コードが一致することを条件とし、通勤・通学ではさらに事前と事後の通勤・通学先のコードが一致することを条件に加えている。

マッチング結果は表2に示す通りであり、パネル票と、事前のみ、事後のみの3種類のデータに分類される。

表2 マッチング結果

	パネル票	事前のみ	事後のみ
通勤・通学	802	1947	1317
買物	883	1106	745

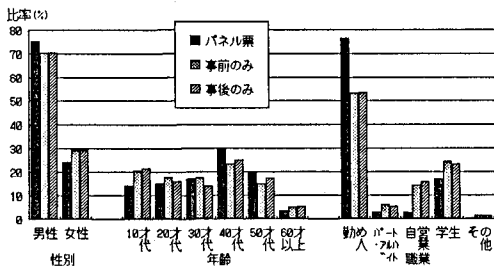
(2) パネルデータの特性

本節では、パネル票と事前のみと事後のみのデータについて、個人属性ならびに利用交通手段の相違を、目的別に検討する。

a) 通勤・通学

個人属性のパネル票と事前のみの比較においては、性別についてはパネル票で男性が75.6%で4.9%事前のみのよりも高く、女性では逆になっている。年齢については、パネル票で40代が29.6%、50代が20.2%とそれぞれ6.0%、5.2%パネル票の方が高く、パネル票で10代が14.2%、20代が15.2%、60才以上が3.7%、30代が17.1%と、それぞれ6.4%、2.7%、1.5%、0.5%事前のみのの方が高い比率となっている。職業については、勤め人が76.7%で23.4%パネル票の方が高く、自営業は2.9%、学生は17.0%、パート・アルバイトは3.1%、その他は0.4%で、それぞれ11.4%、7.5%、3.1%、1.3%事前のみのの方が高い比率となっている（図1）。

図1. 個人属性の比較（通勤・通学）



パネル票と事後のみの比較では、性別についてはパネル票で男性が75.6%と4.9%パネル票が高く、女性では逆に事後のみのの方が高い。年齢については、40代(4.4%)、30代(3.1%)、50代(2.7%)ではパネル票が高く、10代(7.4%)、60才以上(1.8%)、20代(1.0%)では事後のみのの方が高い比率となっている。職業に

ついては、勤め人(23.1%)ではパネル票の方が高く、自営業(12.9%)、学生(6.5%)、パート・アルバイト(2.4%)、その他(1.1%)では事後のみのの方が高い。

モノレールの利用意向に関しては、パネル票では14.7%が利用すると回答しているのに対して、事前のみでは9.3%が利用すると回答しているにすぎない（表3）。

表3. モノレールの利用意向（通勤・通学）

	パネル票	事前のみ
	頻度 (比率)	頻度 (比率)
利用する	118 (14.7%)	180 (9.3%)
利用しない	684 (85.3%)	1761 (90.7%)

事前の代表手段の分担率については、鉄道55.1%ではパネル票の方が13.4%事前のみのよりも比率が高いのに対して、自転車4.7%、自動車30.3%、徒歩1.4%、バス7.1%、原付0.7%、オートバイ0.6%では、それぞれ5.5%、4.7%、1.3%、1.0%、0.7%、0.3%事前のみのの方が高くなっている（表4）。

表4. 事前の代表手段（通勤・通学）

	パネル票	事前のみ
	頻度 (比率)	頻度 (比率)
徒歩	11 (1.4%)	47 (2.7%)
自転車	38 (4.7%)	177 (10.2%)
原付	6 (0.7%)	24 (1.4%)
オートバイ	5 (0.6%)	16 (0.9%)
自動車	243 (30.3%)	610 (35.0%)
バス	57 (7.1%)	141 (8.1%)
鉄道	442 (55.1%)	727 (41.7%)

モノレールの利用実績については、パネル票では14.7%が利用しているのに対して、事後のみでは11.0%が利用している（表5）。

表5. モノレール利用実績（通勤・通学）

	パネル票	事後のみ
	頻度 (比率)	頻度 (比率)
利用している	118 (14.7%)	145 (11.0%)
利用していない	684 (85.3%)	1172 (89.0%)

表6. 事後の代表手段（通勤・通学）

	パネル票	事後のみ
	頻度 (比率)	頻度 (比率)
徒歩	6 (0.7%)	26 (2.3%)
自転車	39 (4.9%)	107 (9.3%)
原付	7 (0.9%)	10 (0.9%)
オートバイ	5 (0.6%)	12 (1.0%)
自動車運転	254 (31.7%)	391 (33.9%)
自動車送迎	13 (1.6%)	17 (1.5%)
バス	36 (4.5%)	63 (5.5%)
鉄道	324 (40.4%)	383 (33.2%)
モノレール	9 (1.1%)	16 (1.4%)
鉄道+モノレール	109 (13.6%)	129 (11.2%)

事後の代表交通手段の分担率については、鉄道40.4%、鉄道+モノレール13.6%、自動車送迎1.6%では、それぞれ7.2%、2.4%、0.1%パネル票の方が高いのに対して、自転車4.9%、自動車運転31.7%、徒歩0.7%、バス4.5%、オートバイ0.6%、モノレール1.1%では、それぞれ4.4%、2.2%、1.6%、1.0%、0.4%、0.3%事後のみの方が高い（表6）。

パネル票について事前と事後での代表手段の変化を見ると、802人中610人(76.1%)は変化が見られないのに対して、鉄道+モノレールへの転換は、鉄道からが97人(12.1%)、バスと自動車からがそれぞれ5人(0.6%)、自転車からが2人(0.3%)であり、モノレールへの転換は、鉄道とバスからが3人(0.4%)、自動車と自転車と徒歩からが1人(0.1%)となっており、残りはその他の手段間での転換となっている。

同様に事前と事後の代表手段がいずれも鉄道およびモノレールの人についてのアクセス手段の変化を見ると、411人中287(69.8%)人は変化が見られないのに対して、バスから徒歩への転換が58人(14.1%)見られる。

全体としては、パネル票は、男性で40代から50代の勤め人で代表手段として鉄道を利用している人が多いことから、定常的な通勤をしている人がパネル票により多く含まれているといえる。

b) 買物

個人属性のパネル票と事前のみの比較では、性別についてはパネル票では女性が88.7%と3.3%事前のみよりも高い比率となっている。年齢については、40代30.7%、50代19.3%、30代22.3%でそれぞれ2.3%、1.8%、1.6%パネル票の方が高く、10代0.1%、20代5.4%、60才以上22.2%ではそれぞれ2.5%、2.2%、0.9%事前のみの方が高い。職業については、パネル票で専業主婦の70.3%は21.1%事前のみよりも高く、パネ

ル票でその他5.7%、主婦+パート9.5%、無職14.0%、家事手伝い0.5%は、それぞれ10.9%、4.2%、3.2%、2.8%事前のみの方が高い（図2）。

個人属性の事後のみの比較では、パネル票で女性が4.7%事後のみよりも高く、男性は逆に低い。年齢については、30代と20代でそれぞれ7.9%、1.9%パネル票が事後のみよりも高く、60才以上、50代、40代、10代ではそれぞれ3.4%、3.0%、2.3%、1.1%事後のみの方が高い。職業については、専業主婦で28.1%パネル票が事後のみよりも高く、主婦+パート、その他、無職、家事手伝いはそれぞれ11.3%、8.4%、5.0%、3.4%事後のみの方が高い。

モノレール開通後の利用意向は、東京方面ではパネル票で利用するが29.0%と5.7%事前のみよりも高く、都賀方面ではパネル票で利用するが32.9%と5.6%事前のみよりも高く、千葉方面ではパネル票で20.0%と3.7%事前のみよりも高い（表7）。

モノレールの利用実績については、東京方面では利用しているがパネル票で16.1%で、事後のみよりも2.9%高い比率となっている。都賀方面では利用しているがパネル票で16.2%で、事後のみよりも2.9%高い比率となっている。千葉方面では、利用しているがパネル票で5.7%で、事後のみよりも0.5%低い比率となっている（表8）。

図2. 個人属性の比較（買物）

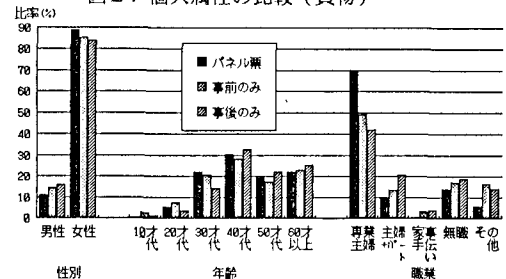


表7. 方面別のモノレール利用意向（買物）

	東京方面		都賀方面		千葉方面	
	パネル票 頻度 (比率)	事前のみ 頻度 (比率)	パネル票 頻度 (比率)	事前のみ 頻度 (比率)	パネル票 頻度 (比率)	事前のみ 頻度 (比率)
利用する	255 (29.0%)	257 (23.3%)	290 (32.9%)	301 (27.3%)	176 (20.0%)	180 (16.3%)
利用しない	625 (71.0%)	845 (76.7%)	591 (67.1%)	803 (72.7%)	706 (80.0%)	924 (83.7%)

表8. 方面別のモノレール利用実績（買物）

	東京方面		都賀方面		千葉方面	
	パネル票 頻度 (比率)	事後のみ 頻度 (比率)	パネル票 頻度 (比率)	事後のみ 頻度 (比率)	パネル票 頻度 (比率)	事後のみ 頻度 (比率)
利用している	142 (16.1%)	91 (12.2%)	143 (16.2%)	99 (13.3%)	50 (5.7%)	46 (6.2%)
利用していない	741 (83.9%)	654 (87.8%)	740 (83.8%)	646 (86.7%)	833 (94.3%)	699 (93.8%)

パネル票について事前と事後での交通手段の変化を方面別にみると、東京方面では代表手段で416人中268人(64.4%)は変化が見られないのに対して、鉄道から鉄道+モノレールへの転換が110人(26.4%)見られる。アクセス手段では361人中188人(52.1%)では変化が見られないが、バスから徒歩への転換が94人(26.0%)見られる。

都賀方面では、代表手段で485人中245人(50.5%)では変化が見られないのに対して、バスからモノレールへの転換が65人(13.4%)、自動車からモノレールへの転換が18人(3.7%)、自転車からモノレールへの転換が10人(2.1%)見られる。

千葉方面では、代表手段で752人中486人(64.6%)では変化が見られないのに対して、バスから鉄道+モノレールへの転換が37人(4.9%)見られる。アクセス手段では92人中69人(75.0%)では変化が見られず、自転車から徒歩への転換が6人(6.5%)、バスから徒歩への転換が5人(5.4%)見られる。

全体としては、パネル票には、女性で、30代の専業主婦が多いことから、日常的に買物をする頻度の高い人が多く含まれているといえる。

(3) 交通手段選択モデル

ここでは、導入された新しい交通手段(モノレール)が現状では鉄道端末手段としての機能が主であるため、通勤・通学、買物ともに、千葉市外方面への鉄道利用者に対象を限定して、駅と端末手段の同時選択モデルを構築する。選択肢は、4駅(都賀駅、千葉駅、西千葉駅、稲毛駅)と4アクセス手段(モノレール、バス、二輪車、自動車)であり、調査対象地域から利用可能な組合せは10選択肢である(表9)。

a) 事前SPモデルと事後RPモデル

通勤・通学と買物について、事前のモノレール利

表9. 利用可能な選択肢

選択肢番号	アクセス駅	アクセス手段
選択肢1	都賀駅	モノレール
選択肢2	"	バス
選択肢3	"	二輪車
選択肢4	"	自動車
選択肢5	千葉駅	バス
選択肢6	"	自動車
選択肢7	西千葉駅	バス
選択肢8	"	二輪車
選択肢9	稲毛駅	バス
選択肢10	"	二輪車

用意向(事前SPモデル)と事後のモノレール利用実績(事後RPモデル)を被説明変数としてロジットモデルを推定した。

通勤・通学(表10のモデル1とモデル2)では、総所要時間と総費用に加えて、選択肢1固有定数(都賀駅にモノレールアクセス)、選択肢4固有定数(都賀駅に自動車アクセス)、選択肢6固有定数(千葉駅に自動車アクセス)の3変数を説明変数としている。パラメータの符号条件はいずれも適合し、モデルの説明力は事前SPモデルの方が若干高い。

買物(表11のモデル4とモデル5)では、総所要時間と総費用に加えて、選択肢1固有定数(都賀駅にモノレールアクセス)、選択肢2固有定数(都賀駅にバスアクセス)、選択肢7固有定数(西千葉駅にバスアクセス)、選択肢9固有定数(稲毛駅にバスアクセス)の4変数を説明変数としている。パラメータの符号条件はいずれも適合し、モデルの説明力は事前SPモデルの方が高い。

b) 履歴を考慮した事後RPモデル

事後のRPモデルを改良するために、事前利用手段ダミーを導入した結果は、表10のモデル3(通勤・通学)と表11のモデル6(買物)である。いずれのモデルも事前利用手段ダミーがプラスで、説明力が高くなっており、選択に大きな影響を与えているといえる。

c) 効用の分散差を考慮したモデル

スケールパラメータの再推定が有効な手法かどうかを検討するため、推定された事後RPモデルを事

表10. 通勤・通学モデル推定結果

	モデル1 事前SP	モデル2 事後RP	モデル3 事後RP
総費用	-0.008817 [-7.027]	-0.008510 [-7.018]	-0.001926 [-2.667]
総所要時間	-0.02526 [-5.017]	-0.02636 [-5.290]	-0.02723 [-5.720]
事前利用手段 固有ダミー			2.106 [15.15]
選択肢1 固有定数	1.532 [8.963]	1.581 [9.188]	
選択肢4 固有定数	1.780 [4.418]	2.053 [5.374]	
選択肢6 固有定数	-1.753 [-2.779]	-0.6596 [-1.583]	-1.508 [-4.037]
サンプル数	290	296	296
最終尤度	-381.3	-410.3	-332.6
的中率	48.07%	47.30%	63.51%
尤度比	0.2188	0.1911	0.3442

表11. 買物モデル推定結果

	モデル4 事前SP	モデル5 事後RP	モデル6 事後RP
総費用	-0.01162 [-10.78]	-0.005951 [-7.679]	-0.001786 [-2.092]
総所要時間	-0.02343 [-5.463]	-0.01819 [-4.928]	-0.01592 [-3.904]
事前利用手段 固有ダミー			2.135 [12.73]
選択肢1 固有定数	2.517 [18.77]	1.985 [17.53]	2.646 [18.94]
選択肢2 固有定数	-1.154 [-3.776]	-0.2926 [-1.255]	-0.05713 [-2.500]
選択肢9 固有定数	5.667 [12.60]	3.717 [11.12]	1.800 [4.605]
サンプル数	494	499	499
最終尤度	-477.6	-631.5	-539.3
的中率	67.51%	59.24%	64.26%
尤度比	0.4345	0.2826	0.3873

前データへそのまま適用した場合と、新しい交通手段に関する効用のパラメータを再推定する場合の精度を比較した結果が表12である。通勤・通学、買物のいずれの場合も、スケールパラメータが0と1の間にあり、説明力も高くなっていることから、「新しい交通手段に関する情報が既存交通手段の効用に関する情報よりも不確かであることが意向モデルの誤差の重大な要因である」という仮説が検証された。

表12. 事後RPモデルの事前データへの適用結果

	通勤・通学		買物	
	事後RP	再推定	事後RP	再推定
スケールパラメータ [t値]		0.9926 [0.29]		0.8651 [3.66]
的中率	48.07%	48.07%	67.09%	67.09%
尤度比	0.2077	0.2077	0.4017	0.4099

注. t値はスケールパラメータ=1に対するt値

4. まとめ

この論文は、新しい交通手段（モノレール）導入の事前・事後調査を基に、パネルデータの特性（消耗バイアス）と、パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析方法を検討したものである。主な結論は以下の通りである。

① パネルは、事前調査と事後調査をともに回答した人であり、調査内容に関心の高い層に偏る傾向が指摘されている。本論文の対象のように、新しい交通手段導入に伴う事前・事後調査では、通勤・通学、買物を通じて、新しい交通手段を利用する可能性の高い人とともに、移動頻度が高く新しい交通手段導

入の影響をより多く受け易い人がパネルとなり易いことが明らかとなった。

② 事前SPモデルと事後RPモデルの比較では、通勤・通学では若干事前SPモデルの説明力が高く、買物では事前SPモデルの方が説明力が高いことから、事前の利用意向を被説明変数としても説明力の高いモデルを推定できることが明らかとなった。

③ 履歴を考慮した事後RPモデルは考慮しない事後RPモデルに比べて、説明力が大幅に改善されており、履歴の重要性が確認できた。

④ 新しい交通手段に関する情報の不確実性を効用の差の大小と関連づけて説明する試みは、事前意向モデルを事後に適用していく際の有効な考え方の一つであると言える。

クロスセクションデータに比べて、パネルデータや縦断データはより多くの情報を含んでおり、その適切な活用によって、現象の解明はもちろん、特に、将来予測の精度が改善されることが期待できる。しかし、調査費用、調査誤差の問題をはじめとして、時間に依存する誤差と依存しない誤差との明確で簡潔な取扱方法など、検討すべき課題は多い。本論文は、対象を新しい交通手段の導入という状況に限定したものであり、より一般的な状況を説明するモデルや考え方への発展は今後の課題である。

最後に、実証分析データは、千葉都市モノレール開通影響調査の一部を使用したものであり、関係各位に深謝する次第である。

参考文献

- 1) Kitamura, R. :Panel Analysis in Transportation Planning: An Overview, International Conference on Dynamic Travel Behavior Analysis, pp.1-21, 1989
- 2) Ortuzar, J. D. and Achondo, F. J. :A Pseudo-Panel Discrete Mode Choice Model: Preliminary Findings, 13th PTRC Seminar I, pp.1-14, 1985
- 3) 鈴木聡:意識データを用いた交通需要予測モデルの改良に関する研究, 東京大学都市工学科修士論文, 1986
- 4) 原田昇:交通行動調査のバイアスに関する研究のレビュー, 交通工学 Vol.14, No.5, pp.73-80, 1989