

個人の交通機関選好とパネル調査参加との関連性*

Interaction between Individual Stated Preference for Travel Modes
and Participation in Panel Survey *

藤原章正**・杉恵頼寧***・野浜慎介***

By Akimasa FUJIWARA**, Yoriyasu SUGIE*** and Shinsuke NOHAMA***

1. はじめに

個人の交通行動の意思決定には、当該時点の交通環境や制約条件に加えて以前の社会経済属性や過去に経験した交通環境、それまでの行動履歴なども影響することが実証されている¹⁾。これはパネルデータを用いた分析によってはじめて明らかにされる事実であり、従来のクロスセクションデータを用いた分析では不可能である。

パネル分析は交通計画や交通政策の実施前と実施後の行動(RP)を個人単位で比較し、インパクト評価を行う場合に特に威力を発揮する。計画や政策により新規に代替案が提供されたり、サービス水準が大きく変化する場合には、実施前のデータは選好意識(SP)データになる²⁾。

一方、計画や政策の実施前のSPデータだけを対象にしたパネル分析は、次のような場合に有効となる。第1に回答を個人またはグループ別に経時的に比較し、一貫性によりSPデータの安定性を点検する場合、第2に実験実施時点で固有の外部要因の影響を明らかにし、SPデータの一般性を保つ場合、第3に個人の好みの異質性を測定し、政策に対して異なった反応をする個人や集団を実施前に予測する場合である。いずれの場合もSPデータの信頼性の向上を目的とした分析であり、SPモデルの予測精度の改善が期待される。

しかし対象がRPであるかSPであるかによらず、パネル調査には時点の進行につれて被験者がしだいに離脱(dropout)して行くというサンプル消耗耗

(sample attrition)の問題と、それによってサンプル属性の構成や行動や意識の分布に偏りが生じるという消耗バイアス(attrition bias)の問題が存在する。

サンプル消耗はパネル調査の間隔、調査回数、サンプリング、中間時点での被験者とのコンタクト、調査協力に対する謝礼など、調査方法に深く関連する。また調査方法の工夫では完全にサンプル消耗を回避できないことから、減少分だけ新規に被験者を追加して、各時点で総サンプル数を一定数確保するパネル更新(panel refreshment)方法が通常とられる。この場合調査への参加回数の異なる被験者が混在するサンプルとなるため、参加回数と行動や意識との関連性を明らかにしておくことが重要であろう。

消耗バイアスを交通行動のモデル推定の過程で補正する手法が提案されている。例えばBrownstone等は次回の調査への参加・不参加を記述するモデルを構築し消耗確率を推定し、その逆数を尤度関数に組みつけするモデル推定法を提案した³⁾。またPendyala等は選択肢別サンプリングによるバイアスの補正方法をパネルデータに応用した⁴⁾。これらの方法は1時点前の消耗過程と現時点の行動との相関を考慮した手法である。しかしパネル調査が3時点以上に及び、参加回数が増えるにつれて、行動や意識が変化するような場合には、この相関関係はより複雑になることが予想される。

本研究はパネル調査の意義は認めた上で、上記問題を解決するための基礎分析として、回答者のパネル調査への参加回数と個人属性の構成分布及び交通機関選好との関連性について分析を行う。具体的には、パネル更新を行いながら4時点で収集したSPパネルデータを用いて、パネル調査への参加回数別時点別に個人をセグメント分割し交通機関選択モデルを構築し、セグメント間の好みの変動(taste variation)の大きさを検定する。

*キーワード：交通行動分析、交通手段分析、意識調査分析

**正員、工博、広島大学大学院国際協力研究科

(東広島市鏡山1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7825)

***学生員、工修、広島大学大学院工学研究科

(東広島市鏡山1-4-1, TEL&FAX 0824-24-7825)

2. SPパネル調査の概要

1987, 88, 90, 93年の4時点において15歳以上の通勤通学者を対象として、1994年8月に開業した広島市新交通システム「アストラムライン」に対するSPパネル調査を実施した。調査地域は計画路線の沿線に位置する広島市北西部住宅団地である。4時点とも家庭訪問配布回収式で行い、季節変動を避けるためにいずれも11月に実施した。

SP実験は4時点とも3つの交通機関（自動車、バス、新交通システム）の順位づけ方式で行った。SP実験に使用した交通サービス要因は表1に示すとおりで延べ11種類である。各々の要因には3水準を設定した。4時点（ウェーブ）の間で、新交通システム計画や周辺の交通環境に変化があったため、ウェーブによって水準値は異なっている。

L₂₇(3¹¹)直交表にこれらの要因を割り付け27種類のプロファイルを作成した。このプロファイルは自動車、バス、新交通システムのサービス水準を組合せた仮想的な選択肢を表す。一人の回答者に複数のプロファイルをランダムに提示し、各々の選択状況の下で3つの交通機関の選好順位をつけてもらった。

サンプリングは、ウェーブ1では住宅地図から世帯を無作為に抽出した。ウェーブ2では初回の調査であるウェーブ1の調査票の中で、次回調査への継続参加の意向を設問として尋ね、協力が得られた人（氏名と電話番号も併記してもらった）のみを抽出した。その結果サンプル消耗率が非常に高くなった。一方、ウェーブ3及び4においては、調査の度に過去に調査対象となったことのある世帯を訪問し調査を依頼した。またパネル更新のための新規対象世帯は、ウェーブ1と同様に無作為抽出を行った。調査依頼時には、前回までの調査結果の概要を依頼状と一緒に配布した。またウェーブ1から3まではパネル調査の協力に対する謝礼は行わず、ウェーブ4で初めて調査票配布時に簡単な粗品を進呈した。

3. SPパネル調査のサンプル特性

4時点の調査における回答者の参加状況の変化を図1に示す。図1の横軸は時間を表し、縦方向の数値は各ウェーブの残留者、離脱者、パネル更新によ

表-1 実験計画した交通サービス要因と水準値

要因	自動車	バス	新交通
乗車時間(分)	○	○	○
自動車駐車料金(円/月)	○	---	---
運賃(円)	---	○ ^{a)}	○
待ち時間(分)	---	○	○
アクセス時間(分)	---	×	○
車内混雑度	---	○ ^{b)}	○ ^{c)}

注) ○：実験計画に使用，×：使用せず，---：該当せず

a)：ウェーブ1では使用せず，b)：ウェーブ2のみ使用，c)：ウェーブ1では使用せず

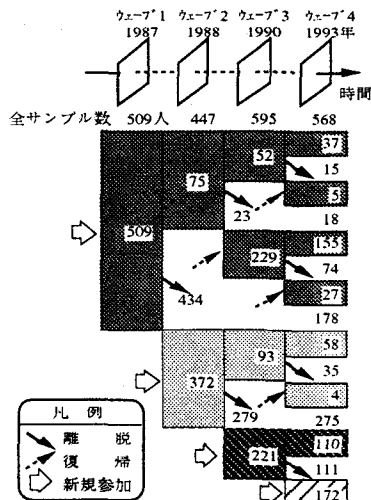


図-1 パネル調査に参加した回答者数の変化

る新規参加者、離脱から再び調査対象者に戻った復帰者の各々の該当人数を表している。例えば4回のウェーブのすべてに継続して参加した残留者数は37人であり、ウェーブ2から新規に参加し続く3ウェーブの残留者は58人である。なお本分析において離脱者とは、1) 引越などにより被験者とのコンタクトが不可能になった場合、2) 回答者が調査対象となる15歳以上の通勤・通学者に該当しなくなった場合、3) 同一個人であることが確認できない場合、4) 調査の回答を拒否した場合、のいずれかに該当して回答が途絶えた者と定義する。

パネル更新を行った結果、各ウェーブにおける全サンプル数は447～595人となり、統計分析を行うのに十分なサンプル数が確保された。ウェーブ2のサンプル数が少ない主な理由は、被験者へのコンタクト方法と調査内容が他のウェーブと異なり434人という予想を越える離脱者がでたためである。

パネル調査への参加回数とSPとの関連性を検討するために、図1に示す各ウェーブの回答者の合計を総サンプル(2119人)とし、ウェーブ別参加回数別に16個のセグメントに分けた。各セグメントの回答者数は表-2に示すとおりである。

各セグメントの男性の構成割合を表-3に示す。参加回数別に構成割合を比較すると、いずれのウェーブにおいても参加回数が3回を越えると男性の割合が高く、女性の方が離脱しやすいことがわかる。特に4回とも継続して参加した者の83%が男性を占め、1回だけで離脱する回答者よりも15~37%も高い。これは調査対象が通勤通学者という制約があり、6年間継続して対象となるのはフルタイムの就業率の高い男性に偏ることが考えられる。3時点以上のパネルデータを利用する場合には、サンプルの社会経済属性の母集団代表性が低下する可能性があることを示している。

サンプル消耗が分析上問題となるのは、サンプル数が減少し統計分析に支障を来す場合に加えて、残留者の属性の分布に偏りが生じ、さらにその偏りがSPと相関をもつ、すなわち消耗バイアスが発生する場合である。そこで次に、回答者のパネル調査への参加回数とSP回答及びSPモデルの推定結果との関連性について分析する。

(%)	ウェーブ 1	ウェーブ 2	ウェーブ 3	ウェーブ 4	全サンプル
1回	178	275	111	172	736
2回	119	57	219	141	536
3回	175	78	228	218	699
4回	37	37	37	37	148
全サンプル	509	447	595	568	2119

(%)	ウェーブ 1	ウェーブ 2	ウェーブ 3	ウェーブ 4	全サンプル
1回	66.5	68.4	55.5	46.5	60.8
2回	61.3	66.7	61.6	55.3	60.4
3回	77.1	78.2	75.9	75.7	76.4
4回	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8
全サンプル	70.2	71.2	67.3	62.3	64.3

4. 交通機関選好とパネル調査参加との関連性

(1)新交通システムの選好割合と参加回数

使用するデータは前節の2119サンプルの中で、

交通機関選択モデルの推定に必要なデータが揃っている2088サンプルである。

新交通システムの選好順位を1位と回答した割合(以下、選好割合)と参加回数の関係を表-4に示す。また参加回数が連続する2つのセグメントの選好割合の差のt検定(片側検定)を行った結果を表-5に示す。表-4よりウェーブ2の3回目を除き、いずれのウェーブにおいても参加回数が4回のセグメントの選好割合が他のセグメントよりも高く、特に1回参加のセグメントとは7~13%の違いがみられる。この結果は表-5のt検定結果においてより明らかである。全サンプルのt検定では、3回と4回のセグメント間に有意水準1%で差が認められた。またその他のセグメント間においても有意差が認められる場合があり、参加回数の異なる個人では新交通システムの選好割合が異なることが考えられる。

同一の個人でも時点が進行するにつれて選好が変化する。具体的に参加回数4回のセグメントの選好割合の全サンプルの選好割合に対する比率を調べると、ウェーブ1~4において各々1.1, 1.1, 1.2, 1.4と増加する傾向がみられた。

表-4 ウェーブ別参加回数別の新交通システムの選好割合

(%)	ウェーブ 1	ウェーブ 2	ウェーブ 3	ウェーブ 4	全サンプル
1回	51.1	59.4	53.2	50.2	54.5
2回	53.0	63.7	53.9	41.4	52.1
3回	51.4	70.7	54.6	41.6	52.5
4回	58.3	69.0	65.2	63.0	64.3
全サンプル	52.3	63.3	54.8	45.5	53.9

表-5 新交通システム選好割合の参加回数間の差のt検定

t検定量	1回→2回	2回→3回	3回→4回
ウェーブ 1	0.50	0.45	1.31
ウェーブ 2	1.16	<u>1.68</u>	0.37
ウェーブ 3	0.21	0.30	<u>2.44</u>
ウェーブ 4	<u>2.63</u>	0.05	<u>4.22</u>
全サンプル	1.51	0.28	<u>4.98</u>

下線: 連続する2ウェーブ間に5%有意差あり

二重下線: 連続する2ウェーブ間に1%有意差あり

(2)好みの変動と参加回数

選好割合は実験条件により影響を受けるため、これと参加回数の影響を区分する必要がある。そこで交通機関選択モデルを推定し、好みの変動と参加回数との関連性について検討する。MNLモデルを採

用し、効用関数の確定項Vは以下の線形式で表されるものとする；

$$V = \beta^t \text{time} + \beta^c \text{cost} + \beta^a \text{c.user} + \beta^n \text{n.asc} + \beta^b \text{b.asc} \quad (1)$$

ここで time : 総所要時間
cost : 費用
c.user : 自動車利用者ダミー
n.asc : 新交通固有定数
b.asc : バス固有定数
 β : 好みを表すパラメータ

S P 実験に使用した交通時間の要因は総所要時間としてまとめ、交通時間に対する好みを β^t で表す。実験に使用しなかった要因に対する好みは選択肢固有定数 β^n , β^b で表される。また調査参加時点で自動車利用者ならば1をとるダミー変数を採用し選択の惰性の大きさ(inertia effect)をパラメータ β^a で表す。

16個のセグメントに対して各々MNLモデルを推定した。そしてセグメント間の好みの違いを尤度比 χ^2 検定により検定した。帰無仮説は“2つのセグメント間で好みの変動はない”である。すなわち

$$H_0: \beta_{g1} = \beta_{g2} \quad (2)$$

ここで β_{g1} :セグメント1のパラメータベクトル

χ^2 検定量は次式で求められる；

$$\chi^2 = -2 \left[L(\hat{\beta}) - (L(\hat{\beta}_{g1}) + L(\hat{\beta}_{g2})) \right] \quad (3)$$

ここで $L(\hat{\beta})$:セグメント1と2をプールして推定したモデルの最大尤度

$L(\hat{\beta}_{g1})$:セグメント1の推定モデルの最大尤度

表-6に参加回数間の好みの変動の検定結果を示す。全サンプルで検定した場合、参加回数間にいずれも有意差が認められる。ウェーブ別にみると有意差のみられないセグメントも存在するが、表-5に示した選好割合のt検定結果と比べると有意差のある場合が多い。パネル調査への参加回数が異なる個人グループ間には好みの変動があるといえる。

最も好みの変動が著しいウェーブ4について、時間価値($=\hat{\beta}^t/\hat{\beta}^c$)と選択の惰性($\hat{\beta}^a$)を比較した(表-7)。参加回数の異なるセグメント間で時間価値、選択の惰性ともに違いが認められる。時間価値が変動していることは、S P実験に用いた要因に対する好み変動することを意味する。また選択の惰性の参加回数間の差のt検定の結果、参加回数1回と2回(t値=5.15)、2回と3回(t値=2.37)の間で有意水準5%で有意差が認められたことから、S P実験で扱っていない要因についても好みの違い

があることが示された。

表-6 参加回数間の好みの変動の尤度比 χ^2 検定

χ^2 検定量	1回→2回	2回→3回	3回→4回
ウェーブ1	4.43	14.0	9.26
ウェーブ2	15.6	14.7	5.83
ウェーブ3	3.52	4.73	4.91
ウェーブ4	36.3	14.0	21.8
全サンプル	18.3	14.0	16.8

下線:連続する2ウェーブ間に5%有意差あり

二重下線:連続する2ウェーブ間に1%有意差あり

表-7 ウェーブ4のMNLモデルの尤度比と時間価値

	1回	2回	3回	4回	全サンプル
時間価値	19.2	22.9	12.0	8.4	12.3
選択の惰性	0.835	2.746	1.878	1.593	1.752

5. おわりに

本研究の分析結果から、パネル調査への参加回数の違いによって個人の交通機関に対する選好が異なることが示された。

パネル参加回数と性別の構成割合に関連性があることも重要な知見であった。このことはパネルサンプルの社会経済属性の母集団代表性を保つための更新サンプルのサンプリング方法について検討する手がかりとなるであろう。

パネル調査に多時点で継続参加するグループは新交通システムの選好が高いことが明らかになったが、同一個人でもパネル調査への参加を重ねていくうちに新交通システムに対する選好が高揚する場合もみられた。参加回数-社会経済属性-個人の選好の間の相互因果関係の解明がさらに必要である。

参考文献

- 1) Kitamura, R.: Panel analysis in transportation planning: An overview, Transportation Research, Vol.24, No.6, pp.405-415, 1990.
- 2) 毛利雄一・中野敦・原田昇:都市モノレールの開業・延伸に伴うパネル調査とその交通行動分析, 行動計量学会発表論文抄録集, No.22, pp.76-79, 1994.
- 3) Brownstone, D. and Chu, X.: Multiply imputed sampling weights: A simple but general method for consistent inference with panel attrition, The 1st U.S. Conference on Panels for Transportation Planning, 1992.
- 4) Pendyala, R. and Kitamura, R.: Weighting methods for choice based panel with attrition, The 1st U.S. Conference on Panels for Transportation Planning, 1992.