

SPデータの回答バイアスと非観測異質性を考慮した交通機関選択モデル* Mode Choice Model Considering Reporting Error in SP Data and Unobserved Heterogeneity*

杉恵頼寧**・張 峻屹***・藤原章正**・宮地岳志**

By Yoriyasu SUGIE **, Junyi ZHANG***, Akimasa FUJIWARA ** and Takeshi MIYAJI**

1. はじめに

今まで経験したことのない選択肢に直面して個人がどう反応するかを調査する手法として、SP手法が挙げられる。この手法は実際の交通行動を直接尋ねるRP手法と比べて1回の調査において1人の被験者から複数の回答を得ることができる。このため、調査の効率性は優れている。しかし、個人の意識は時間的に変化するものと考えられるので、新しい選択肢に関する個人の利用意識をより正確に捉えるために、SPパネル調査の実施が望まれる。

ところが、仮想の状況を想定した調査であるがゆえに、RPパネル調査より多くのバイアスが含まれる。本研究ではSPデータの回答バイアスを合理的に修正できるRP/SP融合モデルの中にMass Point手法により個人の非観測異質性の影響をも考慮した交通機関選択モデルを構築し、実証的に分析することを目的とする。実証例として、当研究室によって実施した広島市新交通システムの利用意識に関する4時点SPパネルデータと開通後のRPデータを分析に用いる。

2. SPパネルデータにおけるバイアス

まず、以下のような調査者側の配慮不足に起因し、被験者の回答にバイアスをもたらす可能性があることを指摘しておく。ただし、これらはSP調査に限らない。

1) 調査の目的が被験者にとって分かりにくい。これはアンケート調査全般の問題で、調査の成功を左右する。

2) 調査の内容が被験者にとって分かりにくい。こ

れは調査票の設計において、専門用語を多く羅列したり、難しい言葉を使ったりする場合に生ずる。

3) 設問数やSP実験の要因数が多い。被験者に負担をかけすぎることにより回答疲労に伴うバイアスが生ずる。

4) 調査員の熟達度により回答バイアスが影響を受ける。

つぎに、被験者側からくるバイアスを整理してみる。

1) 回答バイアス：設問に答える時に、設定した要因に基づいて答えなかったり、その要因間のトレードオフ関係を誤解したりすることによって生じるものである。これはさらに従属変数に関するものと独立変数に関するものに分けられる。

2) 無回答バイアス：すべての調査項目に答えなかったり、いくつかの調査項目を答えなかったりすることに起因するものである。前者はunitに関する無回答バイアス、後者はitemに関するバイアスである。

3) 消耗バイアス：サンプリング理論に基づいて抽出したサンプルは何らかの原因でパネル調査に継続的に参加しなくなり、しかも、その離脱行動はランダムではなく、滞留サンプルと何らかの関係をもつ時に生じるものである。

4) *panel conditioning*(PC)バイアス：過去にとつた複数回の回答行動が被験者の思考回路に影響を与えることにより生じるものである。

5) *panel fatigue*(PF)バイアス：被験者が複数回の回答を行う時の疲労によって生じるバイアスのことである。

上述のバイアスを除去する基本的な方法として、まず調査を工夫するのは先決である。例えば、事前通達（電話、依頼ハガキ）、謝金（礼金、プレゼント）、調査の設計と管理（内容の分かりやすさ、言葉遣い、グラフやコンピュータを活用して被験者を引きつける

* キーワード：SPパネルデータ、回答バイアス、異質性

** 正会員、工博、広島大学工学部第四類（建設系）
（東広島市鏡山1-4-1、TEL & FAX: 0824-24-7849）

*** 正会員、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: 0824-24-7826）

ような調査票の設計)が対策として講じられる。

つぎに、講じられる手法として交通行動モデルを構築する際に、モデル構造上からこれらのバイアスを修正する方法がある。この場合、バイアス修正を行う目的はおもに2つに分けられる。1つは、母集団代表性の欠如の補正、もう1つは記入データの歪みの補正である。回答バイアス以外のものに関して、本研究の分析対象外であるためにここでは詳しく述べない。以下では、特にSP回答バイアスに関する修正方法を簡単に整理しておく。

本研究で分析対象となる回答バイアスに関していえば、仮想状況を十分に把握していないための誤解、または実際に存在する制約条件の無視に基づくものであるため、従属変数に対する回答バイアスはRPデータより大きくなる。このバイアスを修正するために、まず回答バイアスに影響を与えそうな個人属性を適切な形でモデルに取り込む必要がある。例えば、個人属性値をそのままモデルに入れたり、その属性値を用いて重み修正を行う等々である。その以外の方法として、

1) 弾力性指標による修正：他のデータソースからSP調査に含まれる説明変数の弾力性値を求めて、効用関数に取り入れられる他のすべての変数パラメータの大きさをスケールし直すことに用いる(Bates, 1988)。

2) 転換価値(Transfer Price)データによる修正方法(Bonsall, 1985)もその1つである。

3) LISRELモデルにより潜在変数を推定してSPモデルに導入し、SPバイアスを修正する方法も考えられる(McFadden, 1986)。

4) 変動係数モデル：これは説明変数パラメータの分布を仮定してモデルの中に取り込む方法である。推定が複雑という問題点がある。

5) 明確な誤差構造を仮定する方法：例えば、Mass Point手法がその1つである(藤原ら, 1996)。そこでのMass Pointパラメータは回答バイアスの修正に利用しているが、厳密に言えば、そのMass Pointパラメータは個人の嗜好などによる行動の違いをも考慮している形になっている。

6) Morikawa(1989)によって提案されたRP/SP融合モデルによる修正方法：この手法はRPデータを用いてSP回答バイアスを修正している。

手法6)ではSPデータからの時間価値が同一時点におけるRPデータからのものと等しいことを仮定している。

これは非常に現実的な仮説であり、合理的で実用性の高いSP回答バイアスの修正法であると言える。

3. 実用性の高い交通機関連選択モデルの構築

本研究ではMorikawa(1989)のRP/SP融合モデルの合理的な行動仮説を生かしながら、さらに、Mass Point手法により個人の非観測異質性を考慮し、より実用的で精度の高い予測モデルを構築し、その有効性を検証する。

まず、Morikawa(1989)のRP/SP融合モデルについて簡単に説明する。

以下の2式はRPとSPデータを用いた多項ロジットモデルの効用関数を表している。

$$U_{in}^{RP} = V_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP} = \beta' x_{in}^{RP} + \alpha' w_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP} \quad (1)$$

$$U_{in}^{SP} = V_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP} = \beta' x_{in}^{SP} + \gamma' z_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP} \quad (2)$$

ここでは、 U_{in} は個人 n の選択肢 i に対する総効用、 V_{in} は U_{in} の確定項、 ε_{in} は U_{in} の誤差項、 x_{in} , w_{in} , z_{in} は確定効用の説明変数(個人属性やLOS変数)である。

そして、推定に際して両データを用いた効用関数の誤差項のばらつきの大きさの違いを考慮して以下のようなスケールパラメータ μ を導入する。

$$\text{Var}(\varepsilon_{in}^{RP}) = \mu^2 \text{Var}(\varepsilon_{in}^{SP}) \quad (3)$$

すると、RP/SP融合モデルは以下のように表すことができる。

$$P_n = \prod_{i=1}^{RP} \frac{\exp(V_{in}^{RP})}{\sum_{i=1}^{RP} \exp(V_{in}^{RP})} \cdot \prod_{i=1}^{SP} \frac{\exp(\mu V_{in}^{SP})}{\sum_{i=1}^{SP} \exp(\mu V_{in}^{SP})} \quad (4)$$

式(1)と(2)において共通する変数として乗車時間とコストのようなLOS変数がよく用いられる。そうすると、SPモデル式(2)から得た時間価値はRPモデル式(1)からのものと等しいことが分かる。この点は非常に現実的な仮説であり、RP/SP融合モデルのさらなる応用に大きく寄与している。

本研究では以上のRP/SP融合モデルのRPモデルに状態依存項を導入してSP回答バイアスの修正効果をさらに上げると同時に、Mass Point手法により個人の非観測異質性をも融合モデルの中に取り入れ、モデル全体の精度を高めることを試みる。

本研究のモデル構造を図1により説明することができる。図1では、例えば $RP_{i1} \rightarrow RP_{i2}$ は時点 $t2$ のRP行動が

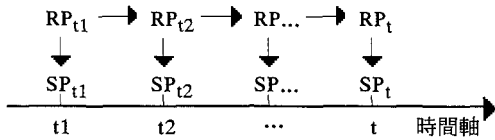


図1 SPパネルデータを用いた
交通需要予測モデルの概念図

時点 t_1 から影響を受けること、 $RP_{t1} \rightarrow SP_{t1}$ はSP回答がRP行動によって修正されることを表す。

このような概念に基づいた交通需要予測モデルは以下のような式で表現することができる。

$$P_n = \sum_{m=1}^M \left\{ \prod_{i=1}^{i^{RP}} \frac{\exp(V_{in}^{RP} + \phi y_{in} + \xi_{im})}{\sum_{i=1}^{i^{RP}} \exp(V_{in}^{RP} + \phi y_{in} + \xi_{im})} \cdot \prod_{i=1}^{i^{SP}} \frac{\exp(\mu V_{in}^{SP} + \xi_{im})}{\sum_{i=1}^{i^{SP}} \exp(\mu V_{in}^{SP} + \xi_{im})} \right\} \rho_m \quad (5)$$

ここでは、 y_{in} はRPデータにおいて個人 n が選択肢 i を選択したら1、そうでなければ0の選択肢ダミー変数、 ξ と ρ はそれぞれ各Mass Pointの位置と重みパラメータである。

式(5)においてRPモデルとSPモデルにおける非観測異質性パラメータが等しいと仮定している。

4. 新たな交通機関選択モデルの推定と考察

4.1 利用するSPパネルデータの概要

本研究室は広島市新交通システム開業後における通勤通学者の交通機関選択行動の予測を目的に、1987年から88、90、93、94年にかけて計5時点にわたってSPパネル調査を実施した。対象交通手段は自家用車、バス、新交通システムである。そして、各時点においてSPパネル調査と合わせて自家用車とバスの利用実態(RP)をも調査した。さらに、1994年に開通後の各交通手段の利用実態(RP)調査をも実施した。今回はこのうちサンプリング手法の異なる1988年を除く4時点継続的に得られたSPパネルデータをモデル式(5)の推定に利用し、開通後のRPデータは式(5)の予測精度を検証するために用いる。

SP調査において被験者に対して1人あたり複数のカードを提示して回答を求めたが、今回はこの複数カードからの回答を異なる個人からのものとしてみなす。そして、個人によって参加回数異なるため、ここでは分析を簡単にするために、4時点にわたりRPとSP調査においてともに有効な回答を得た226サンプルのみをこれからの

分析に利用する。

4.2 モデルの推定

式(5)の有効性とモデル精度を検証するために、以下のモデルも推定し、比較対象とする。

1) RPモデル：これは4時点RPパネルデータを用いて、状態依存効果を取り入れたダイナミックモデルである。そこから得た時間価値を真値とし、以後のモデルの正当性を評価する判断基準とする。

2) SPモデル：4時点SPパネルデータをプールして構築したモデルである。このモデルは回答バイアスを修正していない。

3) RP/SPモデル：状態依存効果を導入しないRPモデルによりSP回答バイアスを修正するものである。

4) Dyna-RP/SPモデル：これは1)のRPモデルによりSP回答バイアスを修正するものである。

5) MP+RP/SPモデル：これは式(5)によって表現されるもので、4)のモデルにさらに個人の非観測異質性を取り入れたMass Pointモデルである。

以上のモデルの推定結果を表1に示す。説明変数として、個人属性には性別(男1, 女0)、年齢、職業(あり1, なし0)、世帯人数であり、LOS変数には、乗車時間(分)、コスト(100円)、待ち時間(分)、アクセス時間(分)を取り上げる。そして、表に示している時間価値は乗車時間パラメータとコストパラメータの割り算の結果で、時間あたりの金額に換算したものである。

まず、SPモデル以外のモデルに関しては、各個人属性のパラメータ推定値は同様な符号をもっており、しかもそのほとんどは有意な値となっている。SPモデルの個人属性パラメータに関しては世帯規模以外のものは他のモデルと逆の符号をとっており、その原因をさらに追及する必要がある。

つぎに、各モデルからの推定時間価値を比較してみる。その結果、RPモデルを真値とする場合、それに最も近いのはDyna-RP/SPモデルである。式(5)のMP+RP/SPモデルは第2位であった。

最後に各モデルの精度を評価する。まず、他のモデルと比較するために、RPモデルとSPモデルを一緒にしてその自由度調整済み尤度比を計算した。これらの5つのモデルが比較できるのは初期尤度が等しいからである。その結果、式(5)のモデルは最も精度が高いものになっていることが分かる。

表1 本研究で用いる各種需要予測モデルの推定結果

説明変数		RPモデル	SPモデル	RP/SPモデル	Dyna-RP/SPモデル	MP+RP/SPモデル
個人属性	性別	-1.277 (4.26)**	1.101 (5.21)**	-1.663 (6.73)**	-1.107 (3.37)**	-3.495 (6.57)**
	年齢	0.056 (4.52)**	-0.050 (5.77)**	0.064 (5.76)**	0.046 (3.56)**	0.113 (6.81)**
	職業	-2.289 (2.99)**	1.154 (2.02)*	-2.529 (3.58)**	-2.336 (3.39)**	-0.466 (0.58)
	世帯人数	0.312 (2.47)*	0.274 (2.95)**	0.154 (1.34)	0.306 (2.61)**	0.508 (3.44)**
	乗車時間 (分)	-0.019 (2.22)*	-0.001 (0.23)	-0.036 (5.28)**	-0.018 (2.13)*	-0.028 (2.44)*
LOS変数	コスト (100円)	-0.332 (9.19)**	-0.042 (1.10)	-0.396 (13.8)**	-0.352 (11.4)**	-0.563 (9.35)**
	待ち時間 (分)		-0.039 (2.00)*	-0.315 (1.96)*	-0.128 (0.92)	-0.248 (0.76)
	アクセス時間 (分)		-0.017 (0.75)	-0.316 (1.32)	-0.243 (1.15)	-0.340 (1.07)
	状態依存項 φ	1.976 (12.7)**			1.997 (12.3)**	1.252 (6.58)**
スケールパラメータ μ				0.044 (4.64)**	0.061 (3.17)**	0.036 (6.61)**
異質性パラメータ $\rho^* 1$						0.709 (18.4)**
$\xi^* 21$		0.073 (0.08)	0.219 (0.33)	0.546 (0.68)	0.482 (0.63)	-1.640 (1.88)
$\xi^* 31$			0.938 (1.29)	17.73 (5.03)**	13.21 (3.33)**	48.81 (9.94)**
$\rho^* 2$						0.596 (14.0)**
$\xi^* 22$						-5.630 (5.00)**
$\xi^* 32$						-12.45 (8.17)**
$\xi^* 23$						-0.437 (0.44)
$\xi^* 33$						-5.368 (1.33)
時間価値 (円/時間)		351.50	137.95	538.21	309.76	299.66
初期尤度		-626.61	-993.15	-1619.80	-1619.80	-1619.80
最終尤度		-268.40	-911.51	-1322.55	-1209.26	-1148.75
自由度調整済み尤度比			0.257	0.173	0.243	0.276
サンプル数			4*226	4*226	4*226	4*226

(注: $\xi_{2m} = \xi^*_{2m} \cdot \xi^*_{2m}$, $\xi_{3m} = \xi^*_{3m} \cdot \xi^*_{3m}$ はそれぞれバスと新交通システムに関する Mass Point m の位置パラメータである。 $\rho_m = \rho^*_{m1} \cdot \rho^*_{m2}$)

以上の結果を総括してみると、本研究で構築した交通機関選択モデル式(5)は良好な精度を有しており、しかも、現実に近い時間価値を推定していることが分かる。

5. おわりに

本研究ではSP回答バイアスを修正する有効な方法であるRP/SP融合モデルを改良して、さらに個人の非観測異質性を考慮した新たな交通機関選択モデルを構築した。その結果、合理的で実用性の高いモデルを得ることができた。なお、新交通システム開通後のRPデータを用いた予測精度に関する検討結果を大会時に発表する予定である。

参考文献

- 1) Bates J.(1988): Econometric issues in state preference analysis, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.22, No.1, pp.59-69.
- 2) Bonsall P.(1985): "Transfer Price Data - Its Definition, Collection and Use - ", In "New Survey Methods in Transport", VNU Science Press.
- 3) McFadden D.(1986): The choice theory approach to market research, Marketing Science, Vol.5, No.4, pp.275-297.
- 4) Morikawa T.(1989): Incorporating state preference data in travel demand analysis, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, MIT.
- 5) 藤原章正・杉恵頼寧・張峻屹(1996): Mass Point手法による交通機関選好モデルの消耗及び回答バイアスの修正, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.587-594.