

Mass Point手法による交通機関選択モデルの消耗バイアスの修正 * Correcting Attrition Bias in Mode Choice Models by Using Mass Point Approach*

藤原章正**・杉恵頼寧**・張 峻屹***

By Akimasa FUJIWARA **, Yoriyasu SUGIE **, Junyi ZHANG***

1. はじめに

1980年代後半に交通研究分野でもパネル分析の必要性が認識されて以来, Dutch National Mobility Panel を筆頭に5時点を超えるような多時点の交通パネルデータが数多く蓄積されてきた^{1,4)}。従来からパネルデータの分析は, 前時点から次時点へ調査が移行する際の調査拒否に伴う消耗バイアスが問題視され, その対応方法が研究されてきたが^{3,5)}, 時点数の増加, 調査期間の長期化に伴って問題がやや複雑になり, せっかく収集した情報を十分に活用しないケースも生じている。

問題の複雑さの1つは, 被験者の調査参加履歴の多様化に起因する。ある時点における残留者の中には, サンプル消耗を補うために途中で新規に抽出されたり, 一度離脱した後に再び復帰したサンプルが含まれるため, 2時点間の消耗バイアスの修正方法を単に援用することの妥当性が保証されない。複雑さのもう1つは, 多時点パネルデータには消耗バイアスだけではなく繰り返し回答の疲労から生じる回答バイアスなどが含まれることである。実際に筆者らが広島市で実施した5時点SPパネル調査データの分析においても, 過去の調査参加回数と回答の間に関連性が存在することが実証されている²⁾。

本研究はこのような複雑な問題に対処し得るバイアス修正方法を開発する。具体的には, 第1に筆者らが既に開発した2時点パネルデータを用いた交通機関選択モデルの消耗バイアス修正方法⁶⁾を, 多時点パネルデータのモデルに拡張する。第2に消耗バイアスや疲れによる回答バイアスは母集団全体で必

ずしも同質ではないと考え, 非観測異質性パラメータをモデルに導入する⁷⁾。第3に参加回数の異なるすべてのサンプル情報を同時に用いたモデル推定方法を提案する。最後に提案した修正方法の適用可能性を事例研究によって示す。なお異質性パラメータを導入した交通機関選択モデルの定式化には, 構造が簡単で推定が容易なMass Point法を採用する⁷⁾。

2. Mass Point 法による消耗バイアス修正の基本的考え方

本研究を議論する上で, 参考文献6)の消耗バイアスの修正方法が重要なのでその基本式を再度示す。

消耗モデル: 2項ロジット

$$P_{i,t-1}^s = \frac{1}{1 + \exp[-(V_{i,t-1}^s - V_{i,t-1}^d)]} = \frac{1}{1 + \exp(\sum_{k=1}^K \theta_k x_{k,i,t-1})} \quad (1)$$

ここで,

$P_{i,t-1}^s$: 個人iが前時点t-1から継続参加する確率

$V_{i,t-1}^s, V_{i,t-1}^d$: 個人iが前時点t-1から継続参加する場合

(s)としいない場合(d)の効用確定項

$x_{k,i,t-1}$: 個人iのk番目の説明変数

交通機関選択モデル: 多項ロジット

$$U_{ij,t} = V_{ij,t} + \gamma_{j,t} \Omega_{i,t-1} + \varepsilon_{ij,t} \quad (2)$$

$$\Omega_{i,t-1} = \frac{P_{i,t-1}^d}{1 - P_{i,t-1}^d} \ln(P_{i,t-1}^d) + \ln(P_{i,t-1}^s) \quad (3)$$

ここで,

$V_{ij,t}$: 個人i, 交通機関j, 時点tにおける効用確定項

$\Omega_{i,t-1}$: 消耗バイアス修正項

$\varepsilon_{ij,t}$: ランダム誤差

そして, $\varepsilon_{ij,t}$ にガンベル分布を仮定すると以下のロジットモデルが得られる。

$$P_{ij,t} = \frac{\exp(V_{ij,t} + \gamma_{j,t} \Omega_{i,t-1})}{\sum_{j=1}^J \exp(V_{ij,t} + \gamma_{j,t} \Omega_{i,t-1})} \quad (4)$$

* キーワーズ: 交通行動分析, 交通手段選択, 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)

この修正方法は調査参加と交通機関選択の2つの行動モデルの誤差項には共通の非観測要因が存在することを利用して誘導される。誘導過程は前出の文献6)に詳述されている。

上記方法を基礎として、本研究で提案するMass Point法による消耗バイアス修正の基本的考えは以下の通りである。

まず消耗モデルを定義する。継続参加確率 $P_{i,t-1}^s$ は以下のように表される。式(1)の継続参加確率 $P_{i,t-1}^s$ に関してMass Pointごとに異質性パラメータ $\xi_{k,j}$ を設定する点特徴である。

$$P_{i,t-1}^s = \frac{1}{1 + \exp\left(\sum_{k=1}^K \xi_{k,j} + \theta_{k,j} x_{k,j,t-1}\right)} \quad (5)$$

パネル調査への個人の参加履歴の違いを考慮するために参加パターンによってサンプルをグループ分割する。グループ[g]の消耗バイアス修正項は式(5)を式(3)に代入して簡単に求められる。

交通機関選択モデルにおいては式(2),(3)に異質性パラメータを導入する。LindsayのMass Pointモデル式⁸⁾を採用すると、これらの式は以下ようになる。

$$P_i^{[g]} = \sum_{k=1}^m \left\{ \frac{\prod_{j=2}^{T_i} \left[\exp(V_{ij,t}^{[g]} + \xi_{k,j}) \right]^{w_{ij,t}}}{1 + \sum_{j=2}^J \exp(V_{ij,t}^{[g]} + \xi_{k,j})} \right\} \rho_k \quad (6)$$

ただし、

$$\sum_{k=1}^m \rho_k = 1, \quad \rho_k \geq 0 \quad (7)$$

ここでは、 $\xi_{k,j}$ 、 ρ_k は交通機関jのk番目のMass Pointの位置と重みである。

そして、グループ別の確率は相互に独立であるから、サンプル全体の同時確率の対数尤度関数は以下のように表される。

$$\ln(L) = \sum_{i=1}^N \left\{ \ln(P_i^{[1]}) + \ln(P_i^{[2]}) + \dots + \ln(P_i^{[G]}) \right\} \quad (8)$$

最尤推定法により異質性パラメータを含む消耗モデル、交通機関選択モデルの全パラメータが同時推定される。

3. パネル調査データの概要

広島市で行われたパネル調査データを用いて、前節で示した消耗バイアス修正方法の有効性を検討する。同調査は新交通システムの利用意向を尋ねたS

P調査であり、1994年の開業前7年間5時点に渡って実施された。本研究の修正方法は5時点でも適用可能であるが、ここでは1987、90、93年の調査間隔の等しい3時点データを使用することとする。選択肢は自動車、バス、新交通システムの3肢である。

パネル調査へのサンプルの参加および消耗の様子を図-1に示す。図中の数値は以降の消耗バイアス修正モデルの構築に必要な情報が完全に得られた被験者の人数を示している。またSP実験では1人の被験者に対して各時点で3～4回の繰り返し回答を課しているが、ここでは第1回目の回答のみを使用している。

図より新規参加、離脱、復帰が混在しており、同様の参加履歴をもつ個人は7グループに分けられる。各時点における新規参加サンプルは、調査対象地域から無作為に抽出されたサンプルであるので、以下、このサンプルが母集団を代表することを前提に消耗バイアスの修正を行うこととする。

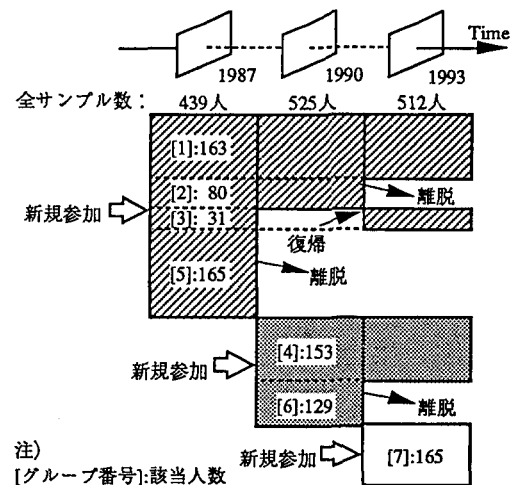


図-1 パネル調査へのサンプルの参加および消耗

4. 消耗バイアス修正方法の適用事例

7グループ別に式(6)の効用確定項 $V_{ij,t}^{[g]}$ を以下のように定義する。

グループ[1]に対して

$$V_{ij,87}^{[1]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,87}^{[1]} \quad (9)$$

$$V_{ij,90}^{[1]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,90}^{[1]} + \gamma_{j,90} \Omega_{i,87}^{[1]} \quad (10)$$

$$V_{ij,93}^{[1]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,93}^{[1]} + \gamma_{j,93} \Omega_{i,90}^{[1]} \quad (11)$$

ただし、式(9)を基準と置き消耗バイアス修正項は90年と93年の効用に加える。また3項選択モデルであるため、各時点につき2つの交通機関に修正項が働く。

グループ[2]に対して

$$V_{ij,87}^{[2]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,87}^{[2]} \quad (12)$$

$$V_{ij,90}^{[2]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,90}^{[2]} + \gamma_{j,90} \Omega_{i,87}^{[2]} \quad (13)$$

グループ[3]に対して

$$V_{ij,87}^{[3]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,87}^{[3]} \quad (14)$$

$$V_{ij,93}^{[3]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,93}^{[3]} + \gamma_{j,93} \Omega_{i,87}^{[3]} \quad (15)$$

グループ[4]に対して

$$V_{ij,90}^{[4]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,90}^{[4]} \quad (16)$$

$$V_{ij,93}^{[4]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,93}^{[4]} + \gamma_{j,93} \Omega_{i,90}^{[4]} \quad (17)$$

グループ[5] or [6] or [7]に対して

$$V_{ij,t}^{[5 \text{ or } 6 \text{ or } 7]} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,ij,t}^{[5 \text{ or } 6 \text{ or } 7]} \quad (18)$$

Mass Point=1~4までの推定結果を次頁の表-1に示す。説明変数の1段目は消耗モデルの説明変数である。ここでは5つの個人属性を採用した。2段目は交通機関選択モデルの説明変数となる交通サービス変数である。4変数とも妥当な符号と1%で有意な説明力を有しており、交通機関の重要な決定要因であることが再確認された。

3段目に消耗バイアス修正パラメータ γ を示す。符号が負であることから、修正を行わないモデルでは消耗バイアスにより自動車とバスの選択確率を過大に評価することが分かる。

4段目は非観測異質性の分布を表すパラメータである。制約条件式(7)が存在するため、推定する際に

ρ_k を ρ_k^* の2乗に置き換えている。異質性パラメータに有意なものが少ないのは、個人の非観測異質性の効果の一部が消耗バイアス修正パラメータとして抽出されているためと考えられる。

尤度比から判断すると、ここで提案したモデルの適合度は十分であると考えられる。しかしMass Point=3の ρ_k^* の値が小さいことと有意な $\zeta_{k,j}$ および $\xi_{k,j}$ が1つしか存在しないことから、同質な母集団のセグメント数について明確な結論は得られない。

5. おわりに

本研究の最大の成果は、Mass Point手法を用いた多時点パネルデータの消耗バイアスの修正方法を理論的に導出し、事例分析を通してその適用可能性を示した点にある。しかし最終的に得られた交通機関選択モデル推定結果は必ずしも満足できるものでないため、消耗モデルの構造と説明変数の取り方について今後さらに検討が必要であろう。また本研究では各時点で得られた新規サンプルが母集団を充分反映していることを前提としたが、新規サンプルの母集団に対する代表性の欠如についてもさらに検討する予定である。

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) 藤原章正・杉恵頼寧・野浜慎介: 個人の交通機関選択とパネル調査参加との関連性, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.89-92, 1995.
- 3) 西井和夫・近藤勝直・古屋秀樹・鈴木隆: パネルアトリクションを考慮した買物場所選択モデル, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.39-42, 1995.
- 4) 内田敬・飯田恭敬: 交通行動パネル調査の方法論的検討, 土木計画学研究・論文集, No.11, pp.319-326, 1993.
- 5) Pendyala, R. and Kitamura, R.: Weighting methods for choice based panel with attrition, The 1st U.S. Conference on Panels for Transportation Planning, 1992.
- 6) 杉恵頼寧, 藤原章正, 山根啓典: 選好意識パネルデ

表-1 Mass Point手法により消耗バイアスを修正した交通機関選好意識モデルの推定結果

説明変数	Mass Point = 1	Mass Point = 2	Mass Point = 3	Mass Point = 4
消耗モデルの変数				
性別 (θ_1)	-0.553	1.808*	-0.348	-0.352
年齢 (θ_2)	-0.004	-0.035	-0.046	-0.052
免許 (θ_3)	0.023	-0.218	0.277	0.329
主要モード (θ_4)	-1.146	-1.880**	-0.423	-0.410
職業 (θ_5)	-0.083	-0.927	0.039	0.021
LOS変数				
乗車時間 (β_1)	-0.035**	-0.033**	-0.034**	-0.031**
コスト (β_2)	-0.339**	-0.314**	-0.293**	-0.294**
アクセス (β_3)	-0.087**	-0.097**	-0.079**	-0.080**
待ち時間 (β_4)	-0.054**	-0.051**	-0.060**	-0.057**
消耗バイアス修正パラメータ				
$\gamma_{car,90}$	-0.667	-0.601	-0.729	-0.731
$\gamma_{car,93}$	-0.479	-1.475**	-0.338	-0.578
$\gamma_{bus,90}$	0.262	-0.563	-0.199	-0.151
$\gamma_{bus,93}$	0.127	-1.357**	-0.118	-0.509
異質性パラメータ				
ρ^*_1	1.000	0.019	0.053	0.038
ξ_1	0.730	-0.009	0.010	0.054
ξ_{11}	-0.177	0.113	-0.463	-0.382
ξ_{12}	-0.633*	1.795	-0.573	-0.786
ρ^*_2			-0.248	0.486
ξ_2		0.470	0.121	0.084
ξ_{21}		-0.388	-0.278	-0.307
ξ_{22}		-0.976**	-0.569	-0.824
ρ^*_3				-0.032
ξ_3			0.579	0.005
ξ_{31}			-0.120	-0.464
ξ_{32}			-0.642*	-0.698
ρ^*_4				
ξ_4				0.352
ξ_{41}				-0.258
ξ_{42}				-0.773
初期尤度	-1622	-1622	-1622	-1622
最終尤度	-1394	-1391	-1396	-1396
調整済み尤度比	0.133	0.133	0.127	0.125
サンプル数	886	886	886	886

注：(1)*: 5%、**: 1%でパラメータが有意

(2) $\rho_k = \rho^*_{k1} \rho^*_{k2}$ (3) $\xi_{.1}$: 自動車と新交通システムとの効用差に関わる異質性パラメータ(4) $\xi_{.2}$: バスと新交通システムとの効用差に関わる異質性パラメータ

ータに潜在する消耗バイアスの修正, 土木学会土木
計画研究・論文集, No.11, pp.311-318, 1993.

7) 杉恵頼幸・張峻屹・藤原章正: 個人の異質性による
交通機関選択モデルの構造分析, 土木計画学研究・
論文集12, 1995 (印刷中).

8) Heckman, J. and Singer, B.: A method for minimizing
the impact of distributional assumptions in econometric
models for duration data, Econometrica, Vol.52, pp.271-
320, 1984.