

IV-443

RPデータと複数のSPデータの個人内相関を考慮したRP/SP融合推定モデル

名古屋大学工学部 学生会員 田中小百合
名古屋大学工学部 正 会員 森川 高行

1. はじめに

非集計タイプの交通行動モデルを推定する際に用いられるデータには、大分して実際の行動結果を示すRPデータと、仮想の状況における選好結果を示すSPデータがあるが、一般に、RPデータまたはSPデータの一方のみを用いた場合においては、需要予測において重要となる信頼性、操作性の両者を兼ね備えたモデルを構築することは難しい。そのため、RPデータの長所である信頼性とSPデータの長所である操作性のそれぞれを助長するRP/SP融合推定モデル¹⁾が提案されている。しかし、RP/SP融合モデルにおいても、推定されたモデルのパラメータの一部に明らかなバイアスが現れることがある。これは、SPデータにはSP質問の回答が実際の行動に大きく影響を受ける「状態依存」の性質を持つこと、および独立であると仮定されている効用関数の誤差項間に「系列相関」が存在することによると考えられる。

SPデータに見られる状態依存は、SPモデルの説明変数としてRPデータの選択結果を用いることによりその影響を取り除くことができることが確かめられている。また、系列相関においても、RPデータとSPデータ間に存在するものについては、通常の誤差項を分解し、「個人・選択肢に共通なシステムチックな誤差項」を明示的に取り入れることによってパラメータ推定値のバイアスを取り除くことができることが示された²⁾。しかし、同一個人においてRPデータとともに複数のSPデータが存在するようなデータを用いて融合推定を行う場合においては、多くのSP質問を繰り返し行うと後の回答が以前の回答の影響を受けるなどの「繰り返し質問における回答の相関」などSPデータ間のみに存在する系列相関をも考慮する必要があると考えられる。逆に、SPデータ間のみに存在する系列相関を考慮しない場合、後述するように結果的に同一個人内におけるRPモデルとSPモデルの誤差項の共分散構造に、ある種の拘束条件を課すこととなり、より一般的な共分散構造を仮定するためにも、SPデータ間のみに存在する系列相関を考慮する必要があると考えられる。

そこで本研究では、SPデータ内の系列相関を考慮したRP/SP融合推定モデルの定式化を行い、その事例研究として交通機関選択モデルの推定を行った。

2. 系列相関を考慮したRP/SP融合推定モデル

RP/SP融合推定法のフレームワークでは、RPデータを発生させるRPモデルとSPデータを発生させるSPモデルの2つを考え、同一個人に対しては主要な属性間のトレードオフ関係はRPモデルとSPモデルで共通と考える。

$$\text{RPモデル: } U_{in}^{RP} = \beta' x_{in}^{SP} + \alpha' w_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP} \quad (1)$$

k番目のSP回答に対するSPモデル:

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

U_{in} : 個人nの選択肢iに対する総効用

ε_{in} : 総効用の U_{in} の誤差項

x_{in}, w_{in}, z_{in} : 個人nの選択肢iの確定効用の説明変ベクトル

この時、状態依存を表すRPデータの選択結果は、 z_{in}^{SPk} の説明変数として取り込まれている。また系列相関を考慮する場合、誤差項は次のように分解される。ここで λ は個人・選択肢に共通な誤差であり、 τ はその中でもSPモデルの中でのみ共通なものと解釈される。 θ と η は未知パラメータ、 v は独立なホワイトノイズである。

$$\varepsilon_{in}^{RP} = \lambda_{in} + v_{in}^{RP} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{in}^{SPk} = \theta_i \lambda_{in} + \eta_i \tau_{in} + v_{in}^{SPk} \quad (4)$$

また、RPモデルとSPモデルのホワイトノイズの分散が同じである必要はないのでスケールパラメータ μ を導入して効用関数のスケールを統一する。

$$\text{Var}(v_{in}^{RP}) = \mu^2 \text{Var}(v_{in}^{SPk}) \quad (5)$$

このとき、RPデータとSPデータの共分散行列は次のようになる。

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} RP & SP_1 & SP_2 & SP_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} RP \\ SP_1 \\ SP_2 \\ SP_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 2 & \mu\theta & \mu\theta & \mu\theta \\ \mu\theta & \mu^2(1+\theta^2+\eta^2) & \mu^2(\theta^2+\eta^2) & \mu^2(\theta^2+\eta^2) \\ \mu\theta & \mu^2(\theta^2+\eta^2) & \mu^2(1+\theta^2+\eta^2) & \mu^2(\theta^2+\eta^2) \\ \mu\theta & \mu^2(\theta^2+\eta^2) & \mu^2(\theta^2+\eta^2) & \mu^2(1+\theta^2+\eta^2) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ただし、 λ 、 τ 、 ν の分散を1と設定し、1人に対して3つのSP回答を得たものとしている。ここで、 $\eta=0$ のとき ε^{RP} と ε^{SPk} の系列相関を考慮したモデル、 $\theta=\eta=0$ のとき、RPとSPの独立性を仮定したRP/SP融合推定モデルとなる。また、式(4)の右辺第2項を考えない場合、すなわち $\eta=0$ の時、

$$\text{Cov}(\varepsilon^{RP}, \varepsilon^{SPk}) = \sqrt{\text{Cov}(\varepsilon^{SPm}, \varepsilon^{SPn})} \quad (6)$$

なる拘束条件が存在することに注目したい。

RPモデルとSPモデルの選択確率は λ および τ が与えられたときの条件付き確率の λ と τ に関する数学的期待値をとることにより求められる。また、効用関数中の係数及びスケールパラメータの推定は、RP/SP同時選択確率から得られる尤度関数の（対数の）最大化問題を解くことにより求められる。

3. ケーススタディ

ここでは、鉄道、高速バス、自家用車の3つの交通手段が存在する2地域間において、快適性の高い新型車両を用いた特急を増便した場合の鉄道への転換交通の予測を行うために収集されたデータを用いて先に示したモデルの検証を行う。このデータにおけるSP質問は個人当たり最大4個である。モデルの推定結果を表-1に示す。ここでは、 ν にガンベル分布を仮定した

ロジットタイプのモデルを用い、系列相関を示すシステマティックな誤差項の確率密度関数には互いに独立な標準正規分布を用いている。SP間にのみ存在する系列相関は、パラメーター推定結果から、鉄道に関するものはその影響が大きいことが確かめられたが、バスに関するものはその影響が確認されなかった。これは、今回の調査では同一個人に複数のSP質問を行ったのは鉄道のサービス改善についてのみであったため、繰り返し質問による影響はSP質問で鉄道を選択した人へのみ生じたのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では、RP/SP融合推定において、パラメータ値の推定結果にバイアスを生じさせる原因の1つであるSPデータ間のみの系列相関を考慮する手法を考案し、その有効性の検証を行った。今後実証的研究を重ねて、本方法論の有効性を検証する必要がある。

参考文献

- 森川高行、M.Ben-Akiva：RPデータとSPデータを同時に用いた非集計行動モデルの推定法、交通工学、Vol.27、No13、pp.21～30、1992。
- 森川高行、山田菊子：系列相関を持つRPデータとSPデータを同時に用いた離散型選択モデルの推定法、土木学会論文集、No.476/-21、pp11～18、1993。

表-1 パラメータ推定結果（ ）内 t 値

	RPモデル	SPモデル	RP/SP融合推定モデル		
			系列相関未考慮	RP、SPデータの系列相関のみ考慮	RP、SPデータ及びSPデータのみの系列相関を考慮
鉄道定数項 (RP)	1.53 (4.2)		1.67 (5.1)	1.69 (5.1)	1.65(4.2)
バス定数項 (RP)	1.24 (4.7)		1.26 (4.8)	1.34 (3.9)	1.48(4.2)
鉄道定数項 (SP)		1.84 (7.5)	3.21 (2.8)	1.83 (3.4)	2.90(2.5)
バス定数項 (SP)		0.544 (1.9)	1.01 (1.4)	1.04 (2.0)	0.883(0.8)
業務目的旅行時間 (時間)	-0.553 (-1.5)	-0.0600 (-0.4)	-0.351 (-1.1)	-0.580 (-1.8)	-0.719(-1.5)
一人当たり費用 (1000 円)	-0.354 (-3.8)	-0.225 (-4.5)	-0.382 (-4.4)	-0.411 (-4.9)	-0.387(-3.8)
新型特急ダミー		0.768 (3.6)	1.41 (2.1)	1.16 (2.8)	1.60(2.3)
バス慣性項		1.55 (5.6)	2.79 (2.1)	0.134 (0.3)	2.46(1.5)
自家用車慣性項		3.19 (10.7)	5.84 (2.2)	3.18 (3.3)	6.04(2.1)
θ -鉄道				1.96 (4.0)	1.56(1.6)
θ -バス				1.45 (3.1)	0.211(0.7)
η -鉄道					2.48(2.7)
η -バス					-0.000050(-0.5)
スケールパラメータ μ			0.548 (2.5)	1.22 (3.5)	0.850(2.6)
ρ^2	0.215	0.252	0.241	0.284	0.254
$\bar{\rho}^2$	0.194	0.239	0.227	0.267	0.234