

構造化プロビットモデルのパラメータ推定に関する考察*

A Parameter Estimation Method of Multinomial Probit Model with Structured Covariance*

坂井康一** 屋井鉄雄***

By Koichi SAKAI** and Tetsuo YAI***

1. はじめに

プロビットモデルは誤差項の仮定より、選択肢間の相関関係を表現することが可能である。筆者らは誤差項の構造化を行い、誤差の発生を規定する要因として距離（経路長、重複区間長）を用いたモデルをすでに提案し、この仮定の妥当性を明らかにしてきた。しかし距離を用いていることにより、経路選択において同一路線の急行・緩行の選択が考慮できていない。また、パラメータ推定において同じ選択肢数のサンプルしか同時に扱うことができない。

本研究では距離に代わる新たな要因を提案し、また、異なった選択肢数、異なった計算手法を同時に扱えるハイブリッド型のパラメータ推定モデルを構築した。

2. 駅数を用いた分散共分散行列によるパラメータ推定

(1) 距離を用いた分散共分散行列の欠点

経路長・重複区間長を用いた分散共分散行列では、分散項に経路長、共分散項に重複区間長を用いている。初乗り駅・最終降車駅が同一路線上にあり、急行・緩行が存在する場合を例に考える。急行・緩行を別経路のものと考え、重複区間長が経路長と等しくなり、2つの選択肢は同じものと見なされてしまう。急行と緩行は明らかに異なるものであるため距離を用いた仮定では列車等級の区別ができないということになる。ラッシュ時は急行と緩行では乗車時間、混雑率などに大きな差があり、列車等級の選択は無視できない事柄である。

(2) 駅数を用いた分散共分散行列の構造化

経路 r に関する効用のランダム項を相互に独立な2つの誤差項（経路の駅数に依存する誤差 ε^1 と経路選択肢に固有の誤差 ε^0 ）に分離して考える。このとき誤差 ε_r およびその分散共分散行列 Σ は以下の式で表現できる。

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r^1 + \varepsilon_r^0 \quad r = 1, \dots, R \quad (1)$$

$$\Sigma = \Sigma^1 + \Sigma^0 \quad (2)$$

ε_r^1 は1駅ごとに独立に発生すると仮定する。 ε_r^1 の分散は経路の駅数に依存することになる。経路 r の総駅数 N_r と1駅ごとの分散 σ^2 とを用いると

$$Var(\varepsilon_r^1) = N_r \sigma^2 \quad (3)$$

と表すことができる。

次に重複区間を含む2経路 r, q 間の共分散について考えてみる。経路 r, q 間の重複駅数 N_{rq} を用いれば、(3)式と同様に

$$Cov(\varepsilon_r^1, \varepsilon_q^1) = N_{rq} \sigma^2 \quad (4)$$

と表すことができる。つまり重複駅数が多いほど、経路間の類似性が大きくなる傾向が共分散の大きさによって表現されることになる。

一方、経路固有の誤差 ε_r^0 は経路ごと独立に発生し、分散 σ_0^2 、共分散ゼロの正規分布に従うと仮定することができる。

$$Cov(\varepsilon_r^0, \varepsilon_q^0) = \sigma_0^2, \quad q = r \\ = 0, \quad q \neq r \quad (5)$$

以上より、列車等級と経路とを統一的に扱った分散共分散行列を、経路総駅数 N_r と重複駅数 N_{rq} とを用いて次のように表すことができる。

$$\Sigma = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} \eta N_1 + 1 & \eta N_{12} & \cdots & \eta N_{1R} \\ \eta N_{12} & \eta N_2 + 1 & \cdots & \eta N_{2R} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta N_{1R} & \eta N_{2R} & \cdots & \eta N_R + 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$\eta = \sigma^2 / \sigma_0^2 : \text{分散パラメータ}$$

(3) 駅の重複の考え方

*Key Words: 経路選択、交通行動分析、構造化プロビットモデル

**学生員 東京工業大学 理工学研究科 土木工学専攻

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

Tel: 03-5734-2693, Fax: 03-3726-2201

***正会員 工博 東京工業大学 工学部 土木工学科

2 経路間に同一路線が存在する場合（図 1 (a)）、双方に共通な駅を通過するごとに重複駅を 1 つ加える。同一駅を通るが路線が異なる場合（図 1 (b)）は重複駅とは数えない。ただし、初乗り駅または最終降車駅において相互乗り入れなどを行っている場合（図 1 (c)）は、同一ホームで発していると考え、2 つの経路は別路線で別方向に延びている場合でもその駅を重複駅と考える。

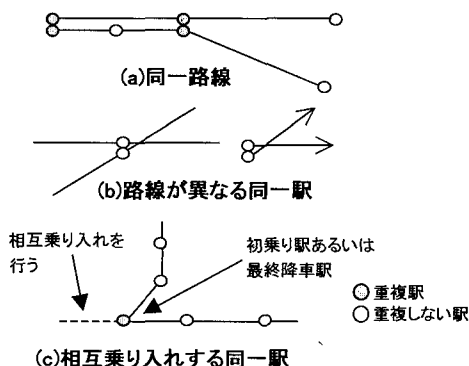


図 1 2 経路間における駅の重複の考え方

経路長が短い場合、分散共分散に距離を用いて表したときに比べ、大きな差が現れることが予想される。サンプルの平均経路長が約 20km であることを踏まえ、経路長が 20km を越えるサンプルを用いた。

表 1 駅数の分散共分散行列によるパラメータ推定結果

説明変数	3 選択肢		4 選択肢		5 選択肢	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
運賃(円)	-0.00180	4.49	-0.00209	5.26	-0.00181	5.16
アクセス時間(分)	-0.0853	9.12	-0.0744	9.20	-0.0699	9.68
イグレス時間(分)	-0.0572	7.01	-0.0526	6.33	-0.0431	5.87
乗車時間(分)	0.00535	0.892	-0.00166	0.275	-0.00572	1.11
乗換時間(分)	-0.0188	2.19	-0.0208	2.46	-0.0306	4.03
待ち時間(分)	-0.0802	3.98	-0.0702	3.58	-0.0513	3.02
乗換回数(回)	-0.156	1.88	-0.203	2.51	-0.168	2.35
混雑指数(※)	-0.00813	4.98	-0.00607	4.08	-0.00455	3.57
分散	0.230	1.62	0.324	2.17	0.0877	1.30
尤度比	0.153		0.144		0.146	
サンプル数	1280		1047		857	

※混雑指数の単位は((%/100)²*分)

パラメータ推定結果を表 1 に示す。乗車時間、分散での t 値が低いが、駅数により分散共分散行列を表現する方法も実用性があることがいえる。緩行しか走らない路線において、急行を設けた場合の利用客の選択確率、支払い意志額などの算出へも発展させることができる。

3. ハイブリッド型のパラメータ推定モデル

列車等級の選択を含めると、選択できる経路数は

増加する。またサンプルごとに選択肢数が異なる場合も多くなるため、多くの選択肢に対応したパラメータ推定法が必要である。従来から 4 選択肢までは積分法で、それ以上はシミュレーション法を用いた推定を行ってきたが、ここでは両者を組み合わせたハイブリッド型の推定法を提案する。計算時間を考慮して最大選択肢数は 5 肢とし、3、4、5 肢選択が混在するデータを用いてパラメータ推定を行った。case1 では 3 肢は積分法、4、5 肢はシミュレーション法を、case2 では 3、4 肢は積分法、5 肢はシミュレーション法を用いた。

表 2 ハイブリッド型のモデルでのパラメータ推定結果

説明変数	case1		case2	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
運賃(円)	-0.001872	6.13	-0.001891	6.18
アクセス時間(分)	-0.0777	12.31	-0.0777	12.26
イグレス時間(分)	-0.0445	7.14	-0.0443	7.13
乗車時間(分)	-0.00912	1.92	-0.00894	1.87
乗換時間(分)	-0.0384	5.51	-0.0383	5.49
待ち時間(分)	-0.0725	4.26	-0.0722	4.24
乗換回数(回)	-0.196	3.05	-0.194	3.04
混雑指数(※)	-0.00595	4.92	-0.00603	4.96
分散	0.0734	1.81	0.0722	1.80
尤度比	0.182		0.183	
サンプル数	1334		1334	
うち 3 選択肢	209		209	
4 選択肢	190		190	
5 選択肢	935		935	

※混雑指数の単位は((%/100)²*分)

パラメータ推定結果を表 2 に示す。3、4、5 肢が混在していてもパラメータ推定が行え、3、4、5 肢でそれぞれ方法が異なっても推定値はほぼ同じ値となった。この方法は 6 肢以上の選択肢が混在するデータに発展させられると考える。

4. おわりに

本稿では構造化プロビットモデルのパラメータ推定に関して以下の成果を得た。分散共分散行列において距離に代わる新たな概念を提案し、列車等級の選択を含む経路選択への新たな発展の可能性を示すことができた。また、異なる選択肢数に異なる計算手法で同時に対応するハイブリッドなモデル化を検討し、その発展可能性を示すことができた。

参考文献

- 1) 屋井鉄雄, 中川隆広, 石塚順一: 鉄道サービスの改善効果の計測法, j-rail 論文集, 1996
- 2) 屋井鉄雄, 中川隆広, 石塚順一: シミュレーション法によるプロビットモデルの推定可能性, 土木計画学研究・講演集, No19(2), 1996