

東京工業大学 正員 森地 茂
京都大学 正員 屋井 鉄雄
日本国有鉄道 正員 ○竹内 研一

1. はじめに

非集計行動モデル構築にあたり、交通サービス特性(LOS)データは不可欠である。LOSデータは、アンケート調査による主観値を用いる場合もあるが、予測作業等の実用面からは分析者が客観的に作成することが望ましい。作成するデータは細かく精確であることが望ましいが、一方で作業量の増大をもたらす恐れがある。実際に採用されるデータ作成方法は種々あるが、作業量軽減の面からは、ゾーン或いはメッシュ単位でLOSデータを設定する方法のメリットが高い。本研究の第一の目的は、メッシュを設定してLOSデータを作成する場合に採用すべきメッシュサイズの決定を、モデルパラメータの安定性の面から行なうことである。ところで、モデルの安定性を実証検討した従来の研究は、数ケースの検討例に基づくものが多く、充分とは言えない。これは、①最尤法による計算量、及び②入力データ再作成の作業量が大きく、充分な繰返し計算が不可能なためである。これらの問題点を解決し、実証検討における簡便で高精度な方法を開発することを本研究の第二の目的とする。

2. 基礎モデル

本研究で使用するデータは、昭和58年12月に前橋高崎都市圏で行われた調査より得た買回品買物トリップ(サンプル数1481)である。これより、鉄道、バス、車、自転車及び徒歩の5機関選択モデルを構築した結果を表1の最左欄に示す。これを基礎モデルとする。

3. 分析方法

3-1: メッシュ設定によるLOS誤差発生……本研究では、200~2000mの6種類のメッシュサイズに対して検討を行なった。実際のLOS誤差計算は各メッシュサイズ毎に1通りのみ行なった(結果の一部を図1に示す)。これより、各メッシュサイズに対応するLOS誤差の平均値ベクトル $\bar{M}$ 及び分散共分散行列 $\bar{\Sigma}$ を知れば、標準正規乱数ベクトル $\bar{Z}$ を利用して、同じメッシュサイズに対するLOS誤差を多数回(本分析では40回)得ることが出来る。即ち、 $\Delta X = A \cdot \bar{Z} + \bar{M}$ よりLOS誤差 ΔX が求まる。但し、 A は $A \cdot A^T = \bar{\Sigma}$ を満たす下側三角行列とする。

3-2: テイラー展開によるパラメータ誤差推定……基礎モデルのパラメータを θ_0 とすれば、個人 n の交通機関に対する選択確率は、特性値 X_{in} の下式(1)式となる。一方、LOSデータ誤差を含む特性値 X'_{in} によりパラメータ $\theta' (= \theta_0 + \Delta\theta)$ が推定され

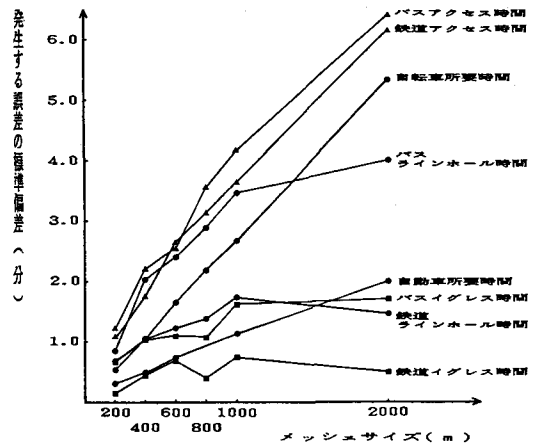


図1 メッシュ設定によるLOS誤差発生状況

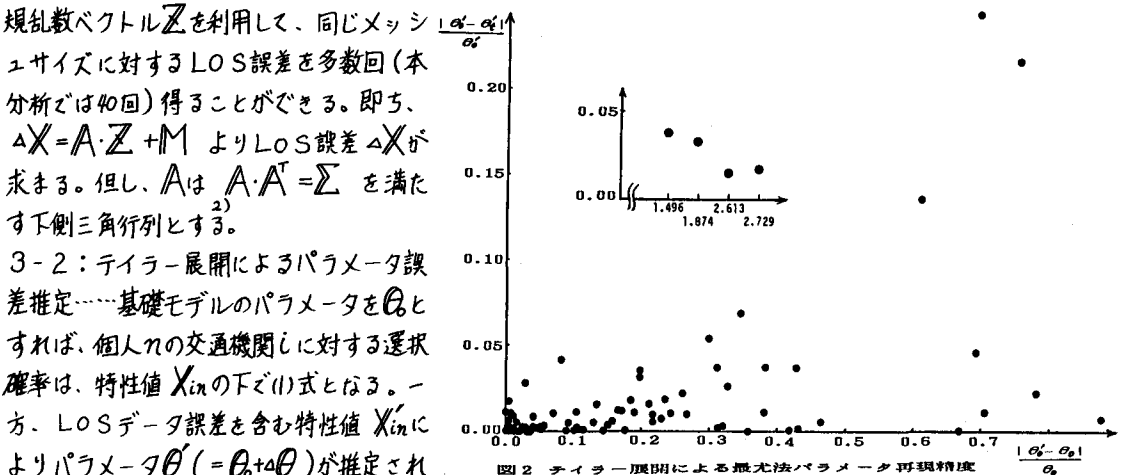


図2 テイラー展開による最尤法パラメータ再現精度

る場合、選択確率は(2)式となる。

$$P_{in}^0 = \exp[\theta_0^T X_{in}] / \sum_j \exp[\theta_0^T X_{jn}] \cdots (1) : P_{in}^* = \exp[\theta^{*T} X_{in}] / \sum_j \exp[\theta^{*T} X_{jn}] \cdots (2)$$

ここで $\Delta\theta \ll \theta_0$ という条件を仮定し、(2)式を θ_0 のまわりでテイラー展開し、2次以上の項を無視すると(3)式となる。

$$P_{in}^* = P_{in}^0 \{1 + \Delta\theta^T (X_{in} - \sum_j P_{jn}^0 X_{jn}^0)\} , P_{in}^* = \exp[\theta_0^T X_{in}] / \sum_j \exp[\theta_0^T X_{jn}^0] \cdots (3)$$

一方、(2)式から対数尤度を求めると、その最大化の過程で(4)式が得られ、これに(3)式を代入すると(5)式が導ける。

$$\sum_{n=1}^N X_{in}^T = \sum_{n=1}^N \sum_j P_{jn}^* X_{jn}^T \quad (i_n \text{ は個人 } n \text{ が選択した交通機関を表わす}) \cdots (4)$$

$$g^T = \Delta\theta^T \cdot F^T \quad \text{但し } g^T = \sum_{n=1}^N \{X_{in}^T - \sum_j P_{jn}^* X_{jn}^T\} , F^T = \sum_{n=1}^N \{P_{in}^* (X_{in}^T - \sum_j P_{jn}^* X_{jn}^T) \cdot X_{in}^T\} \cdots (5)$$

従って、パラメータ誤差は、 $\Delta\theta = F^{-1} \cdot g$ より求まる。

4. 方法論の有効性の検討結果

上記方法による結果の一部を最尤法により確認した結果を図2に示す。横軸は、LOS誤差による真のパラメータ誤差(最尤法による値)の絶対値を θ_0 で除したものである。一方縦軸は、同一のLOS誤差から得られる最尤法とテイラー展開による2つのパラメータ(それぞれ θ_0, θ')の差の絶対値を θ_0 で除したものであり、上記方法の精度を表わす。図より本方法の信頼性が確認できる。

5. メッシュサイズの検討結果

各メッシュサイズ毎に40回求めたパラメータの平均値及び標準偏差(表1に示す)によると、LOS変数に対するパラメータの標準偏差は、比較的大きいことがわかる。メッシュサイズによるパラメータ誤差の発生状況を調べる為、LOS変数のパラメータについて、各メッシュサイズ毎に次式で表わされる数値を算出した。

$$(\theta'_i - \theta_0) / \sqrt{V_{\theta'_i}} \quad (V_{\theta'_i} \text{ は } 40 \text{ 個の } \theta'_i \text{ の分散}) \cdots (6)$$

3-2の考察より、 $\theta'_i \approx \theta_0$ であり、 $\sqrt{V_{\theta'_i}} \approx \sqrt{V_{\theta_0}}$ と仮定すれば、(6)式は θ_0 に対する θ'_i の値となる。この値により、 θ'_i が θ_0 と有意な差がないという帰無仮説が危険率5%で棄却されるものが、40回の繰返し中に生じる割合(RR)をプロットしたものが図3である。これによると、RRはメッシュサイズ400mまでは20%程度以下で安定しており、600m以上で急激に上昇している。RRが20%程度以下を許容範囲とすれば、パラメータ誤差に大きな影響を与えないメッシュサイズは400~600m程度以下であると言える。

6. おわりに

本稿では、機関選択モデルについてのみ検討しているが、このモデルを基に構成した合成変数を導入したネステッドタイプの目的地選択モデルへの影響についても検討を加えている。

参考文献 1)山形:非集計行動モデルのための調査とデータ作成, 統計学会論文発表, 1984

2)桐越:シミュレーションによる非集計ロジックモデルの誤差解析, 第5回土木計画学研究発表会講演集, 1983

3)原田:鉄道経路選択モデルにおける集計レベルに関する分析, 第38回年報, 1983

4)桐越:非集計ロジックモデルのアプリケーション・バイスに関する研究, 第38回年報, 1983

表1 メッシュサイズによるモデルパラメータの変化

VARIABLE	BASE DATA	MESH SIZE					
		200m	400m	600m	800m	1000m	2000m
RAIL, BUS L.H.TIME	-0.01849 (0.79)	-0.01530 0.00891	-0.01426 0.01088	-0.00775 0.01072	-0.00790 0.00864	-0.01014 0.00970	-0.01126 0.00798
CAR TIME	-0.03259 (1.52)	-0.02804 0.00937	-0.02655 0.01095	-0.01962 0.01070	-0.01683 0.00911	-0.01812 0.00810	-0.01464 0.00679
BICYCLE TIME	-0.07815 (7.35)	-0.07609 0.00216	-0.07476 0.00237	-0.07305 0.00302	-0.07006 0.00361	-0.06677 0.00370	-0.05850 0.00461
WALK TIME	-0.1136 (4.37)	-0.1100 0.0035	-0.1074 0.0078	-0.0961 0.0107	-0.0892 0.0125	-0.0851 0.0142	-0.0428 0.0168
COST	-0.006624 (2.54)	-0.006416 0.000922	-0.006162 0.001033	-0.006489 0.001006	-0.005990 0.000900	-0.004803 0.001384	-0.003778 0.000976
RAIL A.TIME	-0.07764 (2.46)	-0.07394 0.00682	-0.06945 0.00881	-0.05888 0.01483	-0.05694 0.01581	-0.04430 0.01322	-0.02815 0.01870
BUS A.TIME	-0.05346 (1.52)	-0.05104 0.00871	-0.04816 0.01171	-0.04846 0.01582	-0.04250 0.01875	-0.04136 0.01710	-0.02753 0.01844
RAIL E.TIME	-0.3971 (3.73)	-0.3977 0.0122	-0.3826 0.0301	-0.3515 0.0429	-0.3773 0.0302	-0.3321 0.0359	-0.3431 0.0325
BUS E.TIME	-0.09068 (1.93)	-0.08692 0.00891	-0.07829 0.01661	-0.08040 0.01489	-0.08059 0.01490	-0.06394 0.01820	-0.06286 0.00798
SE-1	2.043 (11.05)	2.042 0.007	2.041 0.010	2.034 0.015	2.033 0.017	2.020 0.021	2.003 0.028
SE-2	0.5813 (4.85)	0.5820 0.0037	0.5818 0.0059	0.5807 0.0083	0.5815 0.0091	0.5818 0.0098	0.5773 0.0125
SE-3	0.3496 (4.77)	0.3511 0.0019	0.3503 0.0027	0.3524 0.0030	0.3531 0.0039	0.3536 0.0039	0.3593 0.0068
RAIL CONST.	1.398 (1.92)	1.396 0.202	1.302 0.243	1.256 0.238	1.336 0.262	0.839 0.309	0.828 0.207
BUS CONST.	-0.1378 (0.33)	-0.1789 0.0565	-0.2487 0.0977	-0.2261 0.0938	-0.2257 0.1289	-0.3861 0.1388	-0.3798 0.1419
CAR CONST.	-1.060 (3.03)	-1.089 0.057	-1.096 0.072	-1.132 0.066	-1.120 0.063	-1.076 0.071	-0.969 0.075
WALK CONST.	1.470 (3.01)	1.434 0.051	1.404 0.123	1.214 0.162	1.131 0.190	1.105 0.215	0.605 0.212

SE-1 : 免許保有ダミー (1:保有 0:非保有)

SE-2 : 車保有台数(台)

SE-3 : 自転車保有台数(台)

上段: 平均値

下段: 標準偏差

n = 40

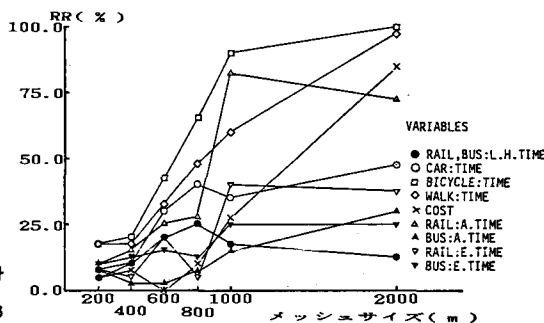


図3 メッシュ設定による有意なパラメータ誤差の発生確率(RR)