

交通手段選択分析における潜在クラスモデルによる起終点位置観測精度の補完*

Latent Class Model for Complementing Accuracy of Observation on Locations of Origin and Destination in Trip Mode Choice Analysis*

山本俊行**・小森陵補***

By Toshiyuki YAMAMOTO**・Ryosuke KOMORI***

1. はじめに

自動車依存から公共交通機関への転換を促進するためには、所要時間や費用に加えて、自動車に比べて圧倒的に条件の悪いアクセス利便性、すなわち、駅やバス停までの端末が重要である¹⁾。しかしながら、アクセス利便性が交通手段選択行動に及ぼす影響を分析する上で、アクセス利便性を規定するトリップ起終点と駅やバス停等の交通結節点の位置に関する観測精度が十分でない場合が多い。調査票への記入により被験者にトリップの出発地や目的地を詳細に報告させる場合、被験者自身が詳細な住所を認識していないケースやプライバシーの問題がある場合もある。近年では、車両位置や人の位置の観測に関して、PHS や GPS 等の情報通信技術を活用した調査が試みられており^{2), 3)}、車両や人といった移動体の時々刻々の位置を把握することによって、従来の方法に比べて格段に位置精度の高いデータを得ることに成功している。しかしながら、これらの調査を実施するためには、個々の車両や人に位置計測機器を取り付ける（携帯させる）ことが必要となり、調査に要する費用が高額となる場合や、被験者が調査されることを過剰に意識して通常とは異なる行動をとる可能性もある。

本研究では、パーソントリップ（PT）調査に代表されるゾーンシステムで記録されるトリップ起終点位置情報を用いて、分析時点で不十分な位置観測精度を補完する方法を構築することを目的とする。既に著者ら¹⁾は、公的施設へのトリップを対象として、

PT 調査データの最小ゾーンレベルで観測された公的施設の位置情報について分析者が地図上で目的施設を特定し、交通手段分担率に関する集計分析を行っている。以上の位置特定方法によって、施設の最寄り駅からの距離と交通手段分担率の明確な関係を把握できたものの、自宅の位置等の一般的なトリップ起終点の特定に用いることは不可能である。本稿では、より一般的な位置観測情報の補完方法として、交通手段選択モデルの推定時に情報を補完することを試みる。

モデル推定時に説明変数の観測精度の補完を試みた研究としては、Bhat^{4), 5)}による年収情報の補完がある。Bhat では年収500万円～700万円等のカテゴリーとして観測される年収について、年収についての回答がないケースも含めて年収を連続変数として予測する方法を構築している。Bhat では年収の期待値を説明変数値として交通手段選択モデルに導入しているが、非線形なモデルでは説明変数の期待値をモデルに導入しても平均値が出力される保障はない。本研究では、自宅から最寄りバス停及び駅までの距離を対象として、説明変数値が居住町丁目によって離散的な確率分布に従うものとして、潜在クラスモデル⁶⁾を用いて非線形モデルである交通手段選択モデルの中で統合的に取り扱う。

本稿では、公的施設へのトリップを対象として、地図上で目的施設を特定する方法と潜在クラスモデルにより自宅位置の観測精度を補完する方法について、交通手段選択モデルの推計精度の観点から有効性を検討する。

2. 起終点位置観測精度の補完方法

(1) 分析者による地図上での施設の特定¹⁾

本研究では、交通手段選択モデルの対象トリップ

*キーワード：交通手段選択，交通行動分析

**正員，博(工)，名古屋大学大学院工学研究科

(愛知県名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-4636，E-mail:yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp)

***正員，修(工)，防衛施設庁仙台防衛施設局(宮城県仙台市宮城野区五輪1丁目3-15，TEL:022-295-1281)

として自宅から公的施設へのトリップを取り上げる。公的施設としては、官公庁、病院、大学等を対象としており、トリップ目的地各ゾーン毎に代表的な施設を特定し、最寄りバス停および駅からの距離を調べ、当該ゾーンへの同一目的施設種別へのトリップは全てその施設へのトリップと見なして分析を行った。その際、代表的と考えられる施設が同一のゾーンに2つ以上ある場合には、そのゾーンを分析対象から除いた。この方法では、仮に同一のゾーンに大学病院のようなトリップ数の多い病院とトリップ数の少ない診療所等が存在している場合、診療所を目的地とするトリップについても大学病院を目的地とするトリップと見なしてしまう可能性がある。ただし、このようなケースは官公庁や学校を対象とした分析ではそれほど問題とはならないと考えられる。

(2) 潜在クラスモデルによる補完

離散選択モデルにおいて、潜在クラスモデルは主に意思決定主体間のパラメータの非観測異質性を表現することを目的として用いられている⁶⁾。すなわち、個人 n が選択肢 i を選択する確率、 $P_n(i)$ は以下の式で表される。

$$P_n(i) = \sum_{z=1}^{Z_n} \{Q_n(z) P_n(i|\beta_z, X_n)\} \quad (1)$$

$$\sum_{z=1}^{Z_n} Q_n(z) = 1$$

ただし、 $Q_n(z)$ は個人 n がクラス z に属する確率、 $P_n(i|\beta_z, X_n)$ は個人 n が説明変数 X_n 及びクラス z のパラメータ β_z を持つ時、選択肢 i を選択する確率を表す。また、 Z_n は潜在クラス数を表し、クラス数は通常、個人に依存しない ($Z_n = Z$)。これに対して、本研究では、パラメータは個人間で共通であると仮定する一方で、個人 n の説明変数値 X_n が離散的な確率分布 ($X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nz}$) に従うものとし、潜在クラスは説明変数値が特定の値を取る確率を表す。すなわち、 $P_n(i)$ は以下の式で表される。

$$P_n(i) = \sum_{z=1}^{Z_n} \{Q_n(z) P_n(i|\beta, X_{nz})\} \quad (2)$$

$$\sum_{z=1}^{Z_n} Q_n(z) = 1$$

本研究では、個人 n は居住ゾーン内のいずれかの町丁目に居住しており、分析者は個人 n の居住町丁

目を確率分布として観測するものとする。すなわち、 $Q_n(z)$ は個人 n が町丁目 z に居住している確率となり、 X_{nz} は個人 n が町丁目 z に居住している場合の説明変数値を表す。居住ゾーンによって含まれる町丁目の数は異なるため、潜在クラス数は個人によって異なる。

3. 事例分析

(1) データの概要

本研究で用いたデータは2001年に実施された第4回中京都市圏PT調査データである。トリップの起終点はゾーン単位で観測されており、階層的なゾーンシステムが用いられている。分析目的に応じた階層のゾーンシステムが用いられているが、本研究では、最小のゾーン単位である最小ゾーン、および、比較のために次に小さい基本ゾーンを用いた分析を行う。本研究では、自宅から官公庁、病院、大学等へのトリップを対象としており、PTデータからの対象トリップの抽出はPTデータに含まれているトリップ目的地の施設分類コードによる。すなわち、出発地が自宅のトリップのうち、目的地の施設コードが1.官公庁、2.医療・厚生・福祉施設、3.学校・教育施設のトリップをそれぞれ抽出した。ただし、3.については高校や中学校等、運転免許を持たない個人によるトリップが多く含まれるため、18才以上の個人によるトリップのみを対象とした。

次に、抽出したトリップを目的地最小ゾーン毎に集計し、各目的地施設別に、集中トリップ数が最も多い20個のゾーンを抽出した。本研究では、分析者が地図上で目的地施設位置を特定する必要があるため、それら各20個のゾーンを目的地とするトリップのみを対象とした分析を行っている。分析対象としたトリップ数は4018である。

本研究では、交通サービス水準に関する説明変数として、代表交通手段所要時間、費用、駅アクセス距離、駅イグレス距離、バス停アクセス距離、バス停イグレス距離が交通手段選択に及ぼす影響を分析している。このうち、駅イグレス距離、および、バス停イグレス距離については、GISソフトを用いて目的地施設位置から最寄りの駅、バス停までの道のりを地図上で実測した。また、駅アクセス距離、お

よび、バス停アクセス距離については、自宅のある最小ゾーン内の全ての町丁目の重心から最寄りの駅、バス停までの道のりを同様に実測した。なお、代表交通手段所要時間と費用はゾーン毎に共通の値を用いている。

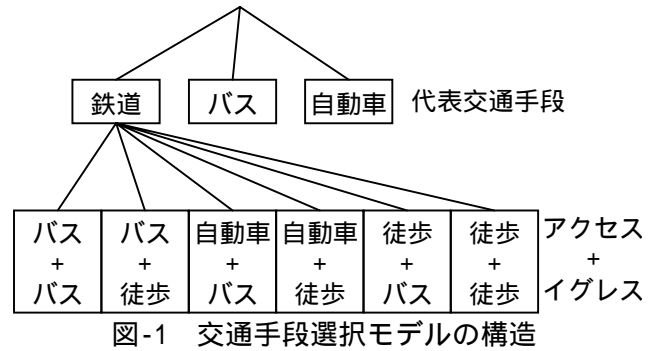
自宅が最小ゾーン内のどの町丁目に属するかを表す確率、 $Q_n(z)$ 、としては、2000年の国勢調査小地域統計に含まれている町丁目別の性年齢別人口より、各町丁目に居住する当該個人と同じ性年齢階層の人口を算出し、最小ゾーン内での人口比を算出して用いた。最小ゾーンあたりの町丁目数は平均で約31個であった。

(2) 交通手段選択モデル

本研究では、 $P_n(i|\beta_z, X_n)$ を規定する交通手段選択モデルの構造として、上位レベルを代表交通手段選択、下位レベルを末端交通手段選択としたネスティッドロジットモデルを用いた分析を行う。モデルの構造を図-1に示す。代表交通手段としては、鉄道、バス、自動車の3手段、アクセス末端交通手段としては、バス、自動車、徒歩・二輪の3手段、イグレス末端交通手段としてはバス、徒歩・二輪の2手段を仮定し、アクセス末端交通手段とイグレス末端交通手段を組み合わせたものを下位レベルの選択肢とした。より複雑なモデル構造の検討は今後の課題とする。

(3) 推定結果

本研究では、一観測精度の補完による効果を分析するため、トリップの起点と終点の観測精度の組み合わせとして、モデル1(潜在クラス、実測値)、モデル2(最小ゾーン、実測値)、モデル3(基本ゾーン、実測値)、モデル4(最小ゾーン、最小ゾーン)、モデル5(基本ゾーン、基本ゾーン)の5つのモデルを推定した。モデル1が最も位置観測精度が高く、モデル2,3は起点の観測精度を段階的に低下させたもの、モデル4,5は起終点の観測精度を同時に低下させたものである。モデルの推定結果を表-1に示す。なお、モデルの推定作業の結果、ログサム変数の係数値が1と有意に違わないとの結果が得られたため、表中では、ログサム変数の係数値を1に固定した結果を掲載している。



最終尤度より、モデル1の適合度が最も高く、一観測精度が低下するに従って適合度も低下することが確認できる。ただし、モデル2とモデル3の適合度には差がなく、トリップ起点の観測精度の低さによる影響は最小ゾーンと基本ゾーンで変わらないことを示している。

代表交通手段選択レベルのパラメータのうち、バス停イグレス距離を見ると、モデル1,4,5の順で係数推定値(絶対値)が大きくなっている。また、末端交通手段選択レベルの駅イグレス距離についても、モデル1はモデル4,5に比べて絶対値が大きくなっている。これらの結果より、地図上での施設の特定法を含め、トリップ終点位置に関する観測精度を向上させることで、バス停イグレス距離が交通手段選択に及ぼす影響をより正確にモデルに反映することが出来たことを示すと考えられる。

次に、代表交通手段選択レベルのバス停アクセス距離については、モデル1の係数推定値(絶対値)がモデル2,3に比べて非常に大きくなっていることが分かる。また、末端交通手段選択レベルにおけるバス停アクセス距離、および、駅アクセス距離についても、代表交通手段選択レベルのバス停アクセス距離ほど変化は大きくないものの、同様の傾向が見られる。これらの結果は、潜在クラスモデルを適用することで、アクセス距離の観測精度が補完された結果であると考えられる。

モデル1の推定結果より、代表交通手段選択レベルにおけるバス停アクセス距離とバス停イグレス距離の影響を比較すると、アクセス距離の方が代表交通手段選択に及ぼす影響が大きいという結果が得られた。これは、バスの利用は自宅から最寄りバス停までの距離が支配的な要因であることを示しているものと考えられる。一方で、末端交通手段選択レベルの駅アクセス距離と駅イグレス距離を比較すると、

表-1 推定結果*

アクセス イグレス 変数名**	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4		モデル5	
	潜在クラス		最小ゾーン		基本ゾーン		最小ゾーン		基本ゾーン	
	実測値		実測値		実測値		最小ゾーン		基本ゾーン	
	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
代表交通手段選択レベル										
定数項(R)	3.26	14.82	2.85	14.20	2.79	13.87	3.04	15.35	2.87	14.35
定数項(B)	2.91	8.01	1.54	6.83	1.67	7.39	1.62	7.14	1.76	7.87
所要時間(共通)	-2.45	-10.30	-2.10	-10.49	-2.14	-10.58	-2.09	-10.21	-2.24	-10.75
費用(共通)	-0.33	-18.01	-0.31	-17.78	-0.30	-17.61	-0.31	-18.14	-0.31	-18.06
バス停アクセス距離(B)	-9.17	-5.62	-2.51	-8.79	-2.53	-9.31	-2.32	-8.38	-2.30	-8.38
バス停イグレス距離(B)	-1.82	-3.13	-1.97	-3.57	-1.85	-3.35	-1.71	-4.21	-0.78	-2.42
男性ダミー(C)	0.02	0.20	0.01	0.11	0.03	0.27	-0.14	-1.56	-0.08	-0.89
自動車保有ダミー(C)	1.23	7.96	1.21	8.14	1.23	8.21	1.22	8.50	1.23	8.49
免許保有ダミー(C)	1.97	13.88	1.90	13.99	1.90	13.86	1.86	14.14	1.82	13.81
病院ダミー(R,B)	-0.64	-5.41	-0.68	-5.95	-0.68	-5.91	-0.79	-7.11	-1.10	-9.77
学校ダミー(R,B)	0.62	4.87	0.59	4.82	0.55	4.53	0.56	4.50	-0.04	-0.32
鉄道端末交通手段選択レベル										
定数項(BB)	-6.19	-19.44	-5.63	-19.59	-5.51	-19.19	-5.87	-19.93	-5.34	-18.59
定数項(BW)	-2.44	-13.39	-2.02	-13.59	-1.93	-13.16	-2.04	-13.55	-1.86	-12.63
定数項(CB)	-8.25	-18.95	-7.59	-18.34	-7.49	-18.15	-7.85	-18.69	-7.39	-17.81
定数項(CW)	-4.29	-12.28	-3.77	-11.35	-3.68	-11.10	-3.84	-11.57	-3.69	-11.18
定数項(WB)	-3.65	-25.07	-3.58	-25.43	-3.59	-25.53	-3.79	-24.40	-3.46	-24.00
バス停アクセス距離(BB,BW)	-1.39	-3.97	-1.15	-4.56	-1.07	-4.67	-1.25	-4.84	-1.18	-4.96
免許保有ダミー(CB,CW)	1.56	4.55	1.55	4.61	1.56	4.62	1.53	4.55	1.58	4.70
駅アクセス距離(WB,WW)	-1.36	-11.84	-0.83	-11.80	-0.74	-11.00	-0.89	-12.64	-0.73	-11.15
駅イグレス距離(BW,WW)	-2.89	-18.73	-2.83	-18.85	-2.83	-18.93	-1.77	-17.75	-2.07	-16.24
最終尤度	-2900		-2944		-2944		-3063		-3081	
自由度修正済み決定係数	0.651		0.645		0.645		0.631		0.629	

*サンプル数 4018, 初期尤度 -8355, ログサム変数の係数は 1 に固定

**括弧内は選択肢固有変数の選択肢を表す。R: 鉄道, B: バス, C: 自動車, W: 徒歩・二輪。端末の選択肢はアクセス・イグレスの順。

イグレス距離の方が端末交通手段選択に及ぼす影響
 が大きいという結果が得られた。これは、出発地最
 寄り駅に比べて目的地最寄り駅付近の地理の方が不
 案内であることが影響しているものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、PT 調査データを対象として、トリッ
 プ起終点位置観測精度の補完方法を提案し、その効
 果を統計的に確認した。ただし、対象トリップは公
 的施設を目的地とするトリップに限られており、今
 後は、起点と終点の両方に潜在クラスモデルを用い
 ることで、より一般的なトリップへの適用可能性を
 検討することが課題である。

参考文献

- 1) 山本俊行, 小森陵補: 公共施設立地がアクセス交通に及ぼす影響の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 27, CD-ROM, 2003.
- 2) 朝倉康夫・羽藤英二・大藤武彦・田名部淳: PHS による位置情報を用いた交通行動調査手法, 土木学会論文集, No. 653/IV-48, pp. 95-104, 2000.
- 3) 三輪富生・森川高行・岡田良之: プローブデータによる OD 表の作成と経路選択行動の分析, 第 1 回 ITS シンポジウム 2002, プロシーディングス, pp. 591-596, 2002.
- 4) Bhat, C.R.: Imputing a continuous income variable from grouped and missing income observations, *Economics Letters*, Vol. 46, pp. 311-319, 1994.
- 5) Bhat, C.R.: Estimation of travel demand models with grouped and missing income data, *Transportation Research Record*, No. 1443, pp. 45-53, 1994.
- 6) Geene, W.H. and Hensher, D.A.: A latent class model for discrete choice analysis: contrast with mixed logit, *Transportation Research Part B*, Vol. 37, pp. 681-698, 2003..