

意思決定プロセスの異質性を考慮した潜在クラスモデルの推定特性に関する研究

名古屋大学大学院 学生員 大橋 聡子

名古屋大学大学院 正会員 ○倉内 慎也

名古屋大学大学院 正会員 森川 高行

1. はじめに

交通行動分析において、嗜好や制約条件などの個人差，すなわち異質性を考慮する必要性が叫ばれて以来，様々なモデリング技法が開発されてきている．マーケットセグメンテーションはその代表例であり，嗜好すなわち効用パラメータや選択肢集合など，様々な異質性を明示的に扱ったモデルが提案されている．セグメンテーションに際して，特に重要となるのは，分析者が母集団を構成する各個人を真に同質なグループに分別できるかという点である．一方，時間価値や情報に対する価値など，交通行動分析において特に考慮すべき異質性の多くは個人ごとに直接計測することが困難であり，その場合，分析者は何らかの仮定をおいて各個人が所属するセグメントを特定する必要に迫られる．その点において，各個人が所属するセグメントを観測可能な個人属性に基づいて確定的に定めず，帰属度モデルを用いて確率的に表現した潜在クラスモデルは強力なツールとなり得るものと期待される．潜在クラスモデルの一般形は次式のように表される．

$$P_n(i) = \sum_k P_n(i|k) Q_n(k) \quad (1)$$

ここに， $P_n(i)$ ：個人 n が代替案 i を選択する確率， $P_n(i|k)$ ：個人 n がグループ k に所属して代替案 i を選択する確率， $Q_n(k)$ ：個人 n がグループ k に所属する確率（帰属確率），である．

そこで本研究では，筆者らがこれまで提案してきた，意思決定プロセスの異質性を考慮した潜在クラスモデルに着目し，シミュレーションデータを用いて，その推定特性の比較分析を行う．

2. 分析に用いるモデル

本研究では，意思決定プロセスの異質性を考慮した潜在クラスモデルとして，嗜好すなわち効用パラメータの異質性を考慮した潜在クラスモデル（佐々木（1997））と，代替案評価に際して着目する属性の差異を考慮した潜在クラスモデル（倉内ら（2001））を分析の対象とする．また，交通行動モデルのプロトタイプである，母集団に関して同一の効用パラメータを仮定した，線形効用関数を用いた多項ロジットモデルを，比較検討のために分析対象に加えた．

2.1 同一の効用パラメータを持つ多項ロジットモデル

このモデルでは，効用パラメータは母集団で同一であると仮定しているため，嗜好の異質性は考慮されていない．ただし，線形効用関数の中に含まれる個人属性により，定数項の異質性は考慮されている．

2.2 線形効用関数を用いた潜在クラスモデル

実際の意思決定においては，所要時間や費用などの属性の重要度は個人によって様々であり，パラメータの値は個人ごとに異なると考えられる．そこで嗜好の異質性を明示的に考慮するため，サンプルを k 個の潜在的なグループに分け，各グループで異なるパラメータ値を持つと仮定する．

$$U_{nk}(i) = \beta_{ik} x_{nik} + \varepsilon_{nik} \quad (2)$$

ここに， $U_{nk}(i)$ ：個人 n がグループ k に所属した場合の代替案 i の効用， β_{ik} ：グループ k の代替案 i に関する効用パラメータベクトル， x_{nik} ：説明変数ベクトル， ε_{nik} ：効用関数の誤差項，である．誤差項に i.i.d.ガンベル分布を仮定すれば，式（1）の $P_n(i|k)$ はロジットモデルで表される．

各個人の嗜好は分析者にとっては不明瞭であるため，どのグループに所属するのかが確率的に表される．本研究では，帰属確率 $Q_n(k)$ を記述するモデルとして，ロジットタイプの帰属度モデルを採用した．このモデルは， k 個のグループのうち，あるグループへの帰属確率が 1 で，その他のグループへの帰属確率が 0 となるときの，2.1 の異質性を考慮しない多項ロジットモデルと等価になるため，それを特殊型にもつ一般性の高いモデルであると言える．なお，本研究では簡略化のために，2 つの潜在的なグループを仮定して推定を行った．

2.3 PAS (Probabilistic Attribute Set) モデル

線形効用関数を用いた多項ロジットモデルでは「意思決定者はそこに含まれる全ての属性を同時に評価している」という強い仮定をおいている．しかし，意思決定者の評価する属性は必ずしも一定ではなく，「とにかく早く目的地に着きたい」などの場合には所要時間のみを評価して選択すると考えられる．このモデルでは，評価属性集合ごとにサンプルをグループ分けし，グループごとに異なる効用関数を持つと仮定することで評価属性集合の異質性を考慮する．

キーワード：交通行動分析，異質性，潜在クラスモデル，意思決定方略

連絡先：〒464-8603 名古屋市中種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻，Phone: 052-789-3565，Fax: 052-789-3738

$$P_n(i) = \sum_{A \in G} P_n(i|A) Q_n(A) \quad (3)$$

ここに、 $P_n(i|A)$ ：個人 n の評価属性集合が A である場合に代替案 i を選択する確率、 $Q_n(A)$ ：個人 n の評価属性集合が A である確率、 G ：評価属性集合の全部分集合の集合、である。属性集合が1つの属性からなる場合、属性間での補償が効かなくなるため、非補償型の意思決定方略を明示的に考慮したモデルとなる。また、特に全ての属性が属性集合に含まれる場合、効用関数は2．1の多項ロジットモデルと同様の形になるため、それを特殊型として内包した一般性の高いモデル構造となっている。

3．分析方法

交通手段選択問題として自動車、バス、鉄道の3肢選択を想定し、シミュレーションにより仮想の選択データを生成してモデルの推定を行った。具体的な手順は以下の通りである。

- 1) 中京都市圏 PT 調査データから 1000 人をランダムサンプリングし、各個人の属性データを抽出すると同時に、OD データから全代替案の LOS データを作成
- 2) 上記 3 つのモデルから 1 つを選択し、意思決定者がそのモデルで表される意思決定プロセスに従っていると仮定
- 3) 選択したモデルの帰属度モデルに含まれる未知パラメータに適当な値を定め、次いで誤差項に乱数を発生させて、各個人が所属するグループを決定
- 4) 当該グループの効用パラメータを設定し、次に誤差項に乱数を発生させ効用値を計算し、各個人が選択する代替案を特定
- 5) 生成された選択データに対して、LOS データ及び個人属性を用いて 3 つのモデルを推定

シミュレーションデータ作成の際、効用関数の誤差項に乱数を用いるため、個人のデータが同じであっても誤差項の値によっては異なる選択結果が得られる。そこで本研究では誤差項の乱数の生成を 10 回行い、各回ごとにモデルを推定し、その推定結果の平均を用いて比較検討を行った。

4．推定結果と考察

具体的な推定値は省略し、それぞれのモデルが 10 回の推定のうちどの程度収束したか、またそれぞれのモデルの適合度を表 1 に示す。以下に、MNL：線形効用関数を用いた多項ロジットモデル、LC2-L：線形効用関数を用いた潜在クラスモデル、と略記する。

表1 各モデルの収束可能性と適合度 (AIC)

データ \ 推定	MNL	LC2-L	PAS
MNL	○ 1526.8	○ 1719.9	○ 1684.7
LC2-L	1575.1	1322.0	1607.8
PAS	× 1659.5	1558.5	1489.6

○：収束する ○：収束しないことがある ×：収束しない

MNL モデル、LC2-L モデル、PAS モデルと尤度関数の非線形が進むにつれ、尤度関数が収束する確率が低くなっている。また、パラメータ推定値のばらつきも複雑なモデルほど大きく不安定であった。LC2-L モデルと PAS モデルは MNL モデルを内包しているため、適合度は常に MNL モデルを上回ると予想されたがそうはならなかった。また、MNL モデルはどのデータの推定に対しても安定した推定値を得ることができたが、複雑なモデルを仮定した際の適合度は極めて低くなっている。

5．PAS モデルの改良

PAS モデルのような複雑な構造を持つモデルを、選択結果のみを被説明変数として推定した場合、推定されるパラメータ値は極めて不安定になる。しかし、実際の選択状況において非補償型の意思決定方略が頻繁に採用される以上、我々は実際の意思決定方略を忠実に再現するよう努力を続ける必要がある。そこで、PAS モデルの意思決定を仮定したシミュレーションデータ作成の際に、選択結果と併せて、それぞれの属性を評価するか否かのデータを生成し、それを被説明変数として同時に用いて推定を行った。表 2 から分かるように、情報を付加することにより、パラメータ推定値が真値に近づき良好な推定結果を得ることができた。

表2 PAS モデルを仮定したときの PAS モデルの推定結果

		真値	情報なし		情報あり	
			推定値	分散	推定値	分散
効用関数	バス定数項	4.00	4.14	0.33	3.91	0.12
	鉄道定数項	3.00	3.19	0.39	2.82	0.16
	幹線時間(時間)	-7.00	-7.27	0.97	-7.05	0.60
	費用(千円)	-7.00	-8.44	10.44	-6.42	1.98
	端末時間(千円)	-8.00	-8.95	1.84	-7.69	0.72
メンバーシ	定数項	4.00	8.84	1417.36	4.08	0.12
	費用	1.00	1.02	4.32	1.06	0.03
	年齢(歳100)	-4.00	-7.92	222.81	-4.04	0.30
	車保有台数(台)	-2.00	-4.66	1229.28	-2.06	0.02

6．おわりに

従来用いられてきた多項ロジットモデルは、その操作性や推定安定性は高いものの、意思決定プロセスの多様性が増すとその適合度は大きく低下する。一方、PAS モデルなど複雑な構造のモデルを適用した場合、適合度は高いが推定安定性は極端に低くなってしまう。しかし、このようなモデルは選択結果に加え意思決定プロセスに関する新たな情報を付加することで安定した推定結果を得ることが可能になる。

参考文献

- ・倉内慎也、森川高行、祖父江誠二(2001) 評価属性の差異を考慮した離散型選択モデルに関する研究、土木計画学研究・講演集、No.24、(CD-ROM)。
- ・佐々木邦明(1997) 潜在的評価構造の差異を考慮した離散型選択モデル、京都大学博士論文。