

相対性効用にに基づく複合交通機関選好意識モデルの実証的分析

パシフィックコンサルタンツ株式会社総合計画本部 正会員 ○張 峻屹
パシフィックコンサルタンツ株式会社総合計画本部 正会員 玉置 善生

1. はじめに

四段階推定法の問題点を解消するために登場した非集計行動モデルは地域、都市、交通関連政策の立案、評価などに大きく貢献してきた。言うまでもなく、多項ロジット(MNL)モデル、ネステッドロジット(NL)モデルはその代表であり、公共部門・民間部門に問わず、分野に問わず、先進諸国をはじめ、世界の多くの国々において幅広く応用されてきている。

一方、MNLモデルのIIA特性、NLモデルの同一選択レベルにおける選択肢間の相互依存性に代表されているような、いくつかの方法論上の問題点をも抱えている。活動日誌データに適したモデルの開発などへの関心の高まりにより選択モデルの開発は低調気味であるが、最近いくつかの新しい選択モデルが提案されている(Zhangら、2001)。

そこで、本研究では著者のひとりである張によって提案された相対性効用にに基づく交通行動選択モデル(Zhangら、2001)のひとつであるr-MNLモデルを、複合交通機関選択に関する選好意識データへの適用可能性について検証する。

2. 既存の選択モデルに関するレビュー

これまでIIA特性を持たない選択モデルとして以下の3種類のモデルが開発されてきた。

- (1) 誤差項の分布に関する仮説を緩和し、または誤差項の構造を見直した選択モデル
- (2) 文脈依存性を明確に考慮した選択モデル
- (3) 階層的選択構造を仮定する選択モデル

1つ目の選択モデルとして、誤差項の任意の分散共分散を許容する多項プロビットモデル、選択肢の異なる誤差項分散を考慮したHEVモデル、選択肢間の相関を考慮したGEVモデル、新たな誤差成分を導入した混合ロジットモデルはその例である。理論的に多項プロビットモデルは最も望ましいが、選択肢が増える場合にその推定は困難になる。他のモデルに関する行動的な解釈及び予測時における分散共分散パラメータの処理が課題である。

2つ目の選択モデルとして universal ロジットモデル、Dogit モデル、文脈依存性を考慮した選好意識モデル、

Borgers ら(1988)が開発した context-sensitive 空間選択モデルが挙げられる。

3つ目の選択モデルとして GEVモデルから誘導されたモデル(PCL、NPCLとGNLモデルなど)及び選択肢の属性による選択肢の段階的取捨を行うEBAモデルがその代表例である。特にGNLモデルは多くの階層型選択モデルを特殊ケースとして含めることができるため、今後の展開に期待したい。EBAモデルは選択肢の属性による選択肢の段階的選別プロセスが伴うためそれを実用化させるための課題がまだうまく解決されていない。

既存選択モデルの問題の解決に新たな糸口を与えたのはZhangら(2001)の相対性効用にに基づく選択モデル(r-MNLモデルとr-NLモデル)である。これに関しては第3節で概説する。

なお、ここでのレビューに関する詳細はZhangら(2001)を参照されたい。

3. 相対性効用にに基づく選択モデルの概要

相対性効用は選択肢に関する効用が相対的な概念であり、その特定において選択肢集合にある他の選択肢の影響や過去・将来の選択行動の影響や他人からの影響を受けると主張する。Zhangら(2001)は相対性効用に関する総括的な定義をした上で、他の選択肢の影響に着目して、以下のような相対性効用を提案し、個人が伝統的な効用ではなく、この相対性効用を最大化すると仮定する(相対性効用最大化原則)。

$$U_j = r_j \sum_{j' \neq j} (u_j - u_{j'}) = r_j \sum_{j' \neq j} (v_j - v_{j'}) + e_j \quad (1)$$

上式の中で、 U_j は選択肢jの相対性効用で、 e_j がその誤差項である。 u_j は伝統的な効用で、 v_j がその確定項である。 r_j は選択過程における個人の選択肢jへの関心度またはその相対的重要性を表す正值のパラメータである。J個の選択肢がある場合にJ-1個の関心度パラメータが唯一に得られることが証明されている。この関心度パラメータは集団意思決定理論から借用された概念であり、それを推定するための方法はいくつか考えられるが、ここでは、すべての選択肢への関心度の総和

が1であると仮定する。

誤差項が個人間、選択肢間において独立で同一なリブル分布に従うと仮定すれば、以下の選択肢 j の選択確率 P_j を表す **r-MNL** モデルが得られる。

$$P_j = \frac{\exp\left\{ \sum_{j \neq j'} (v_j - v_{j'}) \right\}}{\sum_k \exp\left\{ \sum_{k' \neq k} (v_k - v_{k'}) \right\}} \quad (2)$$

Zhang ら(2001)によって証明されたように、式(1)の相対性効用により導かれる選択モデルは多くの既存モデルを特殊ケースとして含めることができる。式(2)の場合、関心度パラメータがすべての選択肢において同一であれば、**r-MNL** モデルは伝統的な **MNL** モデルになる。

また、式(1)の相対性効用は選択肢集合の構成・サイズの影響、選択肢属性と選択肢の利用可能性に関する一次交差効果などの文脈依存性を考慮することができる。誤差項に関する追加的な制約を設けないため、モデルの推定が簡単である。例えば、式(2)の **r-MNL** モデルのパラメータは **MNL** モデルと同様に最尤推定法により推定することができる。

さらに **r-MNL** モデルは **IIA** 特性を持たない。階層型選択モデルでは階層を分けにくい場合があることを考えると、式(1)の相対性効用を利用すれば選択肢間の相関を考慮することが可能である。選択の階層構造を導入することが望ましい場合、Zhang ら(2001)によって提案された **r-NL** モデルの適用が考えられる。

4. モデルの推定及び考察

都市内交通・都市間交通に問わず、交通ネットワークが大きくなる場合、個人がトリップを行う際にいくつかの交通機関を組み合わせる。つまり、同じ交通機関は競合するいくつかの複合交通機関に含まれたり、これらの複合交通機関は空間的に重複したりする。よって、モデルの構築にあたって、これらの機関の相関性を考慮することが望ましい。NLモデルを適用する場合、二つ以上の選択階層を想定する必要がある、選択階層の設定やモデルの推定が困難になる。そこで、**r-MNL** モデルを利用すればこれらの複合交通機関の相関性を簡単にモデルのなかで考慮することができる。

ここでは、ある地域で収集した都市間における複合交通機関の選択に関する選好意識データを用いて **r-MNL** モデルの適用可能性を検証する。

MNL モデルと **r-MNL** モデルの推定結果を表1に示す。両モデルを比較するために **MNL** モデルは **r-MNL** の関

表1 モデルの推定結果

パラメータ及び モデル評価指標	MNL モデル		r-MNL モデル		t 検定
	パラメータ値	t 値	パラメータ値	t 値	
定数項	-3.40354	-24.4	-10.34400	-20.3	13.2
所要費用 (円)	-0.00004	-2.8	-0.00012	-2.4	1.5
所要時間 (分)	-0.01205	-12.0	-0.00619	-2.4	2.1
運行頻度 (回/日)	0.29454	8.9	0.32207	9.0	0.6
関心度パラメータ					
交通機関 2			0.37756	11.5	
交通機関 3			0.27938	9.1	
交通機関 4			0.25415	6.9	
交通機関 5			0.08891	3.9	
初期対数尤度	-1786.50				
最終対数尤度	-1188.13		-1127.35		
尤度比	0.3343		0.3678		
サンプル数	1,110				

注：モデル推定前に交通機関1の関心度パラメータを固定した
尤度比は自由度調整済尤度比である

心度パラメータがすべて同じであると設定した上で推定を行った。同表から以下のことがわかる。

- (1) **r-MNL** モデルは **MNL** モデルより精度（自由度調整済尤度比）が高い。
- (2) **r-MNL** モデルの関心度パラメータがすべて統計的に有意になった。これは個人が複合交通機関を同一視しないことを示唆する。
- (3) 両モデルのパラメータに差があるかどうかを t 検定により検証した結果（表1の最後の列）、定数項以外に、所要時間パラメータ間の差が認められた。
- (4) 時間価値は **MNL** モデルでは 16,912 円/時間、**r-MNL** モデルでは 3,131 円/時間であった。

5. 結論

本研究では、既存交通行動選択モデルの問題点に着目し、伝統的な効用最大化に代わる相対性効用最大化を新たな選択ルールとして提案した。式(1)の相対性効用に基づく **r-MNL** モデルを都市間における複合交通機関の選好意識データに適用した結果、**r-MNL** モデルは実際の交通選択行動をよりの確に再現できることがわかった。また、文脈依存性を無視した **MNL** モデルは場合によって誤った結論をもたらすことを実証した。

参考文献

- Borgers A and Timmermans H. (1988) A context-sensitive model of spatial choice behavior, In Golledge R. and Timmermans H. (eds), *Behavioural Modelling in Geography and Planning*, London: Croom Helm, pp.159-178.
- Zhang J, Timmermans H., Borgers A. and Wang D. (2001) Modeling traveler choice behavior using the concepts of relative utility and relative interest, *Transportation Research B* (under review).