

IV-390

Nested Paired Combinatorial Logit Model *

—観光周遊行動モデルを対象として—

森山地域計画研究所

正会員

森山昌幸 **

広島大学

正会員

杉恵頼寧 ***

広島大学

正会員

藤原章正 ***

広島大学

正会員

奥村 誠 ***

パシフィックコンサルタンツ

正会員

張 峻屹 *****

1. はじめに

MNL (Multinomial Logit) モデルは、交通行動分析における離散選択のモデル化で最も幅広く適用されている。MNL モデルでは、異なる選択肢における効用の誤差項の分布が独立で同一であると仮定している。この仮定によって MNL モデルは、シンプルで数学的にも推定が容易なモデルとなっている。しかしながら、この仮定によって MNL モデルは IIA (Independence from Irrelevant Alternatives) 特性という問題点を有している。この IIA 特性によって、有名な「青バス-赤バス問題」のように、選択肢の特性に類似性が高い選択肢の選択確率を過大に評価し、それ以外の選択肢については逆に過小に評価する傾向が生じる。

IIA 特性を緩和するためのアプローチとして広く適用されているモデルとしては、NL (Nested Logit) モデルと MNP (Multinomial Probit) モデルが挙げられる。また、この他にも GEV (Generalized Extreme Value) モデルから導出した PCL (Paired Combinatorial Logit) モデルや CNL (Cross Nested Logit) モデル等多くのモデルが提案されている。

本研究では、NL モデルのような階層構造を持つ段階選択問題において、選択肢間の類似性を考慮できる NPCL (Nested PCL) モデルを、既存研究の多くと同様に GEV モデルから導出する。次にケーススタディとして、SP データを用いた観光周遊行動モデルに適用する。

2. NPCL モデルの導出

GEV モデルの一般式は、下式となる。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in}) G_i [\exp(V_{1n}), \exp(V_{2n}), \dots, \exp(V_{mn})]}{G[\exp(V_{1n}), \exp(V_{2n}), \dots, \exp(V_{mn})]} \quad (1)$$

(1) 式の G を以下のように定義する。

$$G = \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=k+1}^K (1 - \alpha_k) \left[\gamma_k \left[\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - \sigma_{ij}) \left\{ \frac{1}{(1 - \sigma_{ij})^{\lambda}} + \frac{1}{(1 - \sigma_{ij})^{\lambda}} \right\} (1 - \sigma_{ij}) \right]^{\frac{\lambda}{1 - \sigma_{ij}}} \right. \\ \left. + \gamma_l \left[\sum_{g=1}^{m-1} \sum_{h=g+1}^m (1 - \sigma_{gh}) \left\{ \frac{1}{(1 - \sigma_{gh})^{\lambda}} + \frac{1}{(1 - \sigma_{gh})^{\lambda}} \right\} (1 - \sigma_{gh}) \right]^{\frac{\lambda}{1 - \sigma_{gh}}} \right]^{1 - \sigma_{kl}} \quad (2)$$

ここで

$$i, j \in B_k \quad g, h \in B_l \quad \alpha > 0 \quad 0 < \lambda \leq 0 \quad 0 \leq \sigma_{ij} < 1$$

(2) 式を(1)式に代入して、選択肢 i の選択確率 P_i を条件付き確率 $P_{i|Bk}$ と周辺確率 P_{Bk} の積として表わすと以下のように示される。

$$P_i = P_{i|Bk} P_{Bk} \quad \text{ただし, } i \in B_k$$

$$P_{i|Bk} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} (1 - \sigma_{ij}) \{Q_{i,j} + Q_{j,i}\}^{-\sigma_{ij}} Q_{i,j}}{\sum_{q=1}^{n-1} \sum_{r=q+1}^n (1 - \sigma_{qr}) \{Q_{q,r} + Q_{r,q}\}^{-\sigma_{qr}}} \quad (3)$$

ここに

$$Q_{i,j} = \exp \left(\frac{aX_{ik}}{(1 - \sigma_{ij})} \right)$$

$$P_{Bk} = \frac{\sum_{l=k}^{K-1} (1 - \sigma_{kl}) \{R_{k,l} + R_{l,k}\}^{-\sigma_{kl}} R_{k,l}}{\sum_{g=1}^{K-1} \sum_{h=g+1}^K (1 - \sigma_{gh}) \{R_{g,h} + R_{h,g}\}^{-\sigma_{gh}}} \quad (4)$$

ここに

$$R_{k,l} = \exp \left(\frac{bY_k + \lambda_k L_k}{(1 - \sigma_{kl})} \right)$$

$$L_k = \ln \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - \sigma_{ij}) \left\{ \exp \left(\frac{aX_{ik}}{(1 - \sigma_{ij})} \right) + \exp \left(\frac{aX_{jk}}{(1 - \sigma_{ij})} \right) \right\}^{1 - \sigma_{ij}} \quad (5)$$

ここで、(3)式および(4)式は Chu¹⁾によって提案された PCL モデルの式形である。PCL モデルは選択肢のペアごとの類似性を考慮することにより、MNL モデルの IIA 特性を緩和するものであり、 σ_{ij} は選択肢 i と選択肢 j 間の類似性の指標であると解釈できる。類似性パラメータが $0 \leq \sigma_{ij} < 1$ ならば、PCL モデルは効用最大化の枠組みの中にある。も

* キーワード：NPCL モデル、観光周遊行動、一般化平均、SP データ

** 〒693-0004 島根県出雲市渡橋町 374

TEL 0853-22-9690 FAX 0853-22-9690

*** 〒739-8529 広島県東広島市鏡山 1-5-1

TEL 0824-24-6921 FAX 0824-24-6921

**** 〒206-8550 東京都多摩市関戸 1 丁目 7 番地 5

TEL 0423-72-6006 FAX 0423-72-6393

し全ての ij ペア間の類似性パラメータが $\sigma_{ij}=0$ であるならば、PCL モデルはMNL モデルとなる。

つまり、NPCL モデルは、条件付き確率、周辺確率共に PCL モデルで表わされ、logsum 変数は(5)式で表わされる。

3. ケーススタディ：観光周遊行動モデルの推定

本研究で構築する観光周遊行動モデルは、ある重要目的地（当該観光周遊行動で必ず訪問する観光スポット）に対する「ルート選択」と選択したルートから立寄り可能な「スポット群選択」からなる段階選択行動で表現した。（図1）また、対象とする観光交通の空間スケールは、日帰り可能な観光圏域内に点在する観光スポットへの周遊行動とした。

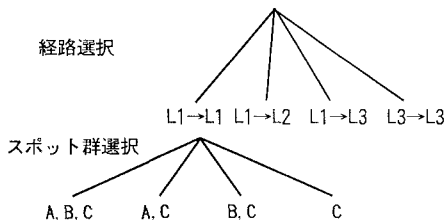


図1 周遊行動モデルのツリー（重要目的地C）

経路選択モデルでは、移動にかかる所用時間と経路の持つ魅力（観光スポット群モデルから導出される logsum 変数）を説明変数とする。また、観光スポット群選択モデルでは、スポット群の魅力度、自宅滞在時間（余裕時間）、各スポットへの訪問経験ダミーを説明変数とする。

スポットの魅力度は、各スポットの持つ属性ごとの行動者の主観評価値を用いており、複数スポット組み合わせ時における属性間の不完全代替性を一般化平均概念²⁾を適用して考慮する。また日帰り観光での訪問スポット数は最大3箇所と制約を与える。

本研究で構築する観光周遊行動モデルにおいては、ルートの選択肢では重複するリンク及び同じスポット群を含み、スポット群では共通するスポットを含んでおり、共に選択肢間の類似性を無視できない。そのため、上述の NPCL モデルを適用して推定を行う。また、比較のために類似性を考慮しない NL モデルについても併せて推定を行う。

使用するデータは、鳥根県中央部の観光圏域を対象とした SP 調査によるデータとした。経路選択モ

デルの推定結果を表1に示す。

尤度比では、NL モデルと NPCL モデルがほぼ同じとなり、本データを使用したモデルの比較では、NPCLモデルの統計的優位性は確認できなかった。しかしながら、類似性パラメータが高い値を示す選択肢ペアには、明らかに共通する要因が確認され、類似性の存在は否定できない。このような類似性を考慮する場合には、NPCL モデルを適用する必要がある。

また、各 logsum 変数のパラメータ値は0から1の間にあり、本モデルのネスト構造は妥当であることが確認される。

表1 経路選択モデル推定結果

説明変数		NLモデル	NPCLモデル
経路所要時間		-0.547 *	-0.518 *
ログサム 変数	L1	0.387 **	0.362 **
	L2	0.419 **	0.389 **
	L3	0.410 **	0.390 **
	L4	0.449 **	0.421 **
	L5	0.295 *	0.273 *
定数項	C2	-3.047 **	-2.848 **
	∴		
類似性 パラメータ	σ_{12}		0.520
	σ_{13}		0.007
	∴		
	σ_{25}		0.353
	σ_{34}		0.464
	σ_{35}		0.032
	σ_{45}		0.069
初期尤度		-1094.4	-1094.4
最終尤度		-908.5	-908.3
尤度比		0.167	0.164
サンプル数		680	680
1～5：ルート		** 1%有意, * 5%有意	

6. 結論

本研究では、階層構造を持つ類似性を考慮した離散選択モデル（NPCL モデル）を提案し、ケーススタディから、その実用可能性も明らかにすることができた。今後はより多くのデータを用いて、さらなるモデルの実用可能性を分析する必要がある。

参考文献

- 1) Chu, C. : A paired combinatorial logit model for travel demand analysis, Proceedings of the Fifth World Conference on Transportation Research, Vol.4, Yokohama, pp295-309, 1989
- 2) 杉恵頼寧他：主観評価値を用いた観光スポット群選択行動の分析，第50回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，1998，（印刷中）