(IV－21)　複数の行動の一体性に着目した観光交通行動分析*

Recreational Travel Behavior Analysis Based on Cross-Category-Dependent Choice Model *

福田大輔**・川久保素子***・森地茂****

*By Daisuke FUKUDA**, Motoko Kawakubo*** and Shigeru MORICHI*****

1. はじめに

観光交通行動は,出発時刻,目的地,交通機関,利用経路,滞在時間等に関する多次元選択行動によって構成されている．これらの選択行動間には,パック旅行のように,幾つかの組合せパターンに対して旅行費用が割安に設定されたり,特定の目的地には特定の乗り物で行く方が周遊可能な範囲が広がって魅力度が増大するなどの相互依存関係が存在している．しかし,既存の観光交通行動分析で用いられる,Nested-Logit モデルや Portfolio Choice モデル[1]では,選択行動の種類別に階層化が行われるなど,選択行動間の相互作用は考慮されていない.

一方,マーケティング・サイエンスの分野では,要素選択肢間の相互作用を考慮した選択行動の定式化[2),3)],代替・補完関係の実証的把握[4)]等,消費者が様々な要素選択肢の組合せを選択するというプロダクト・バンドリングの概念に基づいた消費者行動分析が精力的に行われている．本研究ではバンドリングの概念を援用して離散型選択モデルを拡張し,観光交通を構成する出発時刻,目的地,交通機関等,各選択行動間の関連性を把握するための方法論を提示することを目的とする．選択行動の関連性を定量的に把握できれば,観光地のマーケティング戦略等への貢献が可能になると期待される.

2. バンドリングモデルの定式化

(1) モデル化に際しての前提

以下の議論では,旅行者 n が2種類の交通機関から1つを選択し,2つの候補目的地の中から1つを選択するという意思決定状況を考える．また定式化では,説明変数は全て 2 つの代替案の差(代替案 1 の属性値－代替案 2 の属性値)として表されている.

(2) モデル１：誤差項の共分散による相互作用の表現

Manchanda et al. (1999)[2)]は,複数の商品を同時に購入する問題を,対象とする商品間に生じている相互作用を考慮して,多変量プロビットモデルによって定式化している．本研究のモデルの基本構造もそれに準拠し,交通機関選択と目的地選択が相互に及ぼしあう影響を,互いの効用に交差的に影響を与える説明変数,及び,それぞれの行動を規定する効用関数の誤差項間の相関を仮定することによって表現する.

交通機関選択モデル

$$u_n^{Mode} = \boldsymbol{\beta}^{Mode}\mathbf{x}_n^{Mode} + \boldsymbol{\gamma}^{Dest}\mathbf{z}_n^{Dest} + \varepsilon_n^{Mode} \quad (1)$$

$$d_n^{Mode} = \begin{cases} 1 & if\ u_n^{Mode} > 0 (\text{交通機関1を選択した場合}) \\ 0 & if\ u_n^{Mode} \le 0 (\text{交通機関2を選択した場合}) \end{cases} \quad (2)$$

目的地選択モデル

$$u_n^{Dest} = \boldsymbol{\beta}^{Dest}\mathbf{x}_n^{Dest} + \boldsymbol{\gamma}^{Mode}\mathbf{z}_n^{Mode} + \varepsilon_n^{Dest} \quad (3)$$

$$d_n^{Dest} = \begin{cases} 1 & if\ u_n^{Dest} > 0 (\text{目的地1を選択した場合}) \\ 0 & if\ u_n^{Dest} \le 0 (\text{目的地2を選択した場合}) \end{cases} \quad (4)$$

ここで,u_n^{Mode}, u_n^{Dest} ：交通機関選択,目的地選択を規定する各効用,$\mathbf{x}_n^{Mode}$, $\mathbf{x}_n^{Dest}$ ：交通機関選択,目的地選択にそれぞれ固有に影響を与える説明変数ベクトル,$\mathbf{z}_n^{Dest}$ ：交通機関選択に対して交差的に影響を与える目的地選択に関連した説明変数ベクトル,$\mathbf{z}_n^{Mode}$ ：目的地選択に対して交差的に影響を与える交通機関選択に関連した説明変数ベクトル,$\boldsymbol{\beta}^{Mode}$,$\boldsymbol{\beta}^{Dest}$, $\boldsymbol{\gamma}^{Mode}$,$\boldsymbol{\gamma}^{Dest}$ ：未知パラメータベクトル,ε_n^{Mode},ε_n^{Dest} ：共に平均が 0,分散が 1 で,共分散が ρであるような 2 変量正規分布に従うランダム項である.

ここで仮に$\mathbf{z}_n^{Dest}$, $\mathbf{z}_n^{Mode}$ を,それぞれ目的地に対する魅力度指標,交通機関に関する快適性指標とすると,パラメータ$\boldsymbol{\gamma}^{Dest}$ の推定値が正であれば,それは目的地1の魅力度の増加によって交通機関１の効用が増すことを意味する．また,$\boldsymbol{\gamma}^{Mode}$ の推定値が負であれば,交通機関１の快適性が向上することによって,目的地 2 の効用が増すことを意味する．このように,$\boldsymbol{\gamma}^{Mode}$,$\boldsymbol{\gamma}^{Dest}$ の各符号によって,各交通機関と各目的地がどのような相互依存関係にあるのかを判断することができる．また,誤差項の共分散 ρ の推定値の符号から,交通機関選択の効用 u_n^{Mode} と目的地選択の

* Keywords：交通行動分析，観光・余暇
** 学生員，工修　*** 学生員　**** フェロー，工博
東京大学大学院　工学系研究科　社会基盤工学専攻
(〒113-8656　文京区本郷7-3-1
TEL：03-5841-6129，FAX:03-5841-7453)

効用 u_n^{Dest} 間の相関関係を判断することもできる.

以上の設定のもと,旅行者 n が交通機関と目的地を同時に選択する確率は,2 変量プロビットモデルとして次式で与えられる.

$$\Pr\left(d_n^{Mode}, d_n^{Dest}\right) = \Phi_2\left(w_n^{Mode}, w_n^{Dest}, \rho^*\right) \tag{5}$$

$$w_n^{Mode} = \left(2d_n^{Mode} - 1\right)\left(\boldsymbol{\beta}^{Mode}\mathbf{x}_n^{Mode} + \boldsymbol{\gamma}^{Dest}\mathbf{z}_n^{Dest}\right) \tag{6}$$

$$w_n^{Dest} = \left(2d_n^{Dest} - 1\right)\left(\boldsymbol{\beta}^{Dest}\mathbf{x}_n^{Dest} + \boldsymbol{\gamma}^{Mode}\mathbf{z}_n^{Mode}\right) \tag{7}$$

$$\rho^* = \left(2d_n^{Mode} - 1\right)\left(2d_n^{Dest} - 1\right)\rho \tag{8}$$

$$\Phi_2\left(s_1, s_2, \sigma\right) = \int_{-\infty}^{s_2}\int_{-\infty}^{s_1}\phi\left(q_1, q_2, \sigma\right)dq_1 dq_2 \tag{9}$$

$$\phi\left(q_1, q_2, \sigma\right) = \frac{1}{2\pi\left(1-\sigma^2\right)^{1/2}}\exp\left(\frac{q_1^2 + q_2^2 - 2\sigma q_1 q_2}{2\sigma^2 - 2}\right) \tag{10}$$

(3) モデル2：選択結果ダミーによる相互作用の表現

Russell and Petersen(2000)[3]は,他の商品の購買完了しているという条件下での当該商品の条件付き購買確率を 2 項ロジットモデルで表現し,マルコフ確率場における分解定理 (Factorization Theorem) [5]を適用することによって,商品の組合せの同時購買確率が多項ロジットモデルの形に帰着することを示した. この研究同様,ここでも交通機関選択行動と目的地選択行動が相互に及ぼしあう影響を,一方の選択結果をダミー変数として当該選択行動の効用関数に明示的に取り込むことによって表現する. まず,旅行者 n が目的地の選択を行ったという条件のもとで,交通機関を選択する意思決定状況を考える. このとき,交通機関に対する条件付き効用を以下のように定義する.

$$u_n^{Mode} = \boldsymbol{\beta}^{Mode}\mathbf{x}_n^{Mode} + \boldsymbol{\gamma}^{Dest}\mathbf{z}_n^{Dest} + \theta_{Dest}^{Mode}d_n^{Dest} + \nu_n^{Mode} \tag{11}$$

交通機関の選択を完了した条件のもとでの,目的地に対する条件付き効用に関しても,同様に定義する.

$$u_n^{Dest} = \boldsymbol{\beta}^{Dest}\mathbf{x}_n^{Dest} + \boldsymbol{\gamma}^{Mode}\mathbf{z}_n^{Mode} + \theta_{Mode}^{Dest}d_n^{Mode} + \nu_n^{Dest} \tag{12}$$

ここで, $\theta_{Dest}^{Mode}, \theta_{Mode}^{Dest}$ ：交通機関選択行動と目的地選択行動の交互作用を規定する未知パラメータ,ν_n^{Mode}, ν_n^{Dest}：ランダム項(～ロジスティック分布)である. このとき,目的地の選択結果が分かっている条件のもとで交通機関 1 を選択する確率は,次式で与えられる.

$$\begin{aligned}\Pr\left(d_n^{Mode} = 1 \middle| d_n^{Dest}\right) &= \Pr\left(u_n^{Mode} > 0 \middle| d_n^{Dest}\right)\\ &= 1/\left(1 + \exp\left(-\boldsymbol{\beta}^{Mode}\mathbf{x}_n^{Mode} - \boldsymbol{\gamma}^{Dest}\mathbf{z}_n^{Dest} - \theta_{Dest}^{Mode}d_n^{Dest}\right)\right)\end{aligned} \tag{13}$$

交通機関の選択結果が分かっている条件のもとで,目的地 1,2 を選択する確率も同様に定式化できる.

このように 2 項ロジットモデルの形式で,それぞれの選択行動の条件付き確率が表現されるが,これらはあくまで条件付き確率であり,最終的には交通機関と目的地の同時選択確率を求める必要がある. Russell and Petersen(2000)は,相互作用を示すパラメータの対称性 ($\theta_{Dest}^{Mode} = \theta_{Mode}^{Dest} = \theta$) を仮定することによって,この同時選択確率が多項ロジットモデルの形に帰着することを示した. これに従えば,意思決定者 n の交通機関に関する選択結果が $d_n^{Mode} = a$ で,かつ目的地に関する選択結果が $d_n^{Dest} = b$ となる確率は次式で表される (a,b はそれぞれ,0-1 のいずれかをとる変数) .

$$\Pr\left(d_n^{Mode} = a, d_n^{Dest} = b,\right) = \frac{\exp\left(V_n(a,b)\right)}{\sum_{a' \in \{0,1\}, b' \in \{0,1\}}\exp\left(V_n(a',b')\right)} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}V_n(a,b) = &\, a\left(\boldsymbol{\beta}^{Mode}\mathbf{x}_n^{Mode} + \boldsymbol{\gamma}^{Dest}\mathbf{z}_n^{Dest}\right)\\ &+ b\left(\boldsymbol{\beta}^{Dest}\mathbf{x}_n^{Dest} + \boldsymbol{\gamma}^{Mode}\mathbf{z}_n^{Mode}\right) + ab\theta\end{aligned} \tag{15}$$

ここで θ は,交通機関選択と目的地選択との相互関係を規定するパラメータであり, θ の推定値が正であれば,目的地 1 を選択していることによって,交通機関 1 に対する効用が増し,負であれば交通機関 2 に対する効用が相対的に増すことを意味している.

3. おわりに

本研究では,バンドリングによる要素選択肢間の相互作用を考慮した観光交通行動のモデル化を試みた. なお,奈良県観光交通調査のデータを用いた実証分析結果については,紙面の都合上発表時に紹介したい.

今後は,本バンドリングモデルは,経路選択等を加味した 3 種以上の選択カテゴリーがある場合への拡張や,周遊スポットの組合せ選択問題等への適用を行い,それらの実証分析も行いたい. その一方で, 3 個以上の代替案が存在する場合には,本モデルを適用することは困難であり,より一般的なモデルへと展開する必要がある.

参考文献

1) Tay, R., McCarthy, P. and Fletcher, J.: A Portfolio Choice Model of the Demand for Recreational Trips, *Transportation Research B*, Vol.30, pp.325-337, 1996.
2) Manchanda, P., Ansari, A. and Gupta, S.: The "Shopping Basket": A Model for Multicategory Purchase Incidence Decisions, *Marketing Science*, Vol.18, pp.95-114, 1999.
3) Russell, G. and Petersen, A.: Analysis of Cross Category Dependence in Market Basket Selection, *Journal of Retailing*, Vol.76, pp.367-392, 2000.
4) Eppen, G., Hanson, W. and Martin, R.: Bundling-New Products, New Markets, Low Risk, *Sloan Management Review*, Summer, pp.7-14, 1991.
5) Besag, J.: Spatial Interaction and the Statistical Analysis of Lattice Systems, *Journal of the Royal Statistical Society B*, Vol.36, pp.192-236, 1974.