

観光目的地選択行動に対する精緻化された個人選択モデルの適用可能性の検討*
*Applicability of Improved Individual Choice Models to Recreational Destination Choice Behavior**

福田大輔**・森地茂***

By Daisuke FUKUDA and Shigeru MORICHI

1. はじめに

近年、パラメータ推定におけるシミュレーション法および数値積分法の発展と共に、誤差項の構造を精緻化した個人選択モデルが実用化されつつある。本研究では、多数の選択肢を有する行動に対して個人選択モデルを適用する際の問題点、および従来の対処方法を概観し、このような行動に対する精緻化された個人選択モデルの適用可能性を検討することを目的とする。多数の選択肢を有する行動、あるいは分析者側で個人が選択肢を多数有すると想定して分析せざるを得ない状況として、自動車日帰り旅行における観光目的地選択行動を取り上げ、全国観光交通実態調査(1992年、建設省土木研究所)のデータを実証分析で使用する。またモデルとして、Heteroscedastic-Extreme-ValueモデルとMixed-Logitモデルを考え、それらの推計精度を検証する。なおモデル構築においては、①目的地間の類似性、②各目的地に対する認識のあいまいさの相違を考慮する。

2. 個人選択モデル適用に際しての注意点の整理

土木・交通計画において、個人の選択行動を記述するのに多く用いられてきたのは、ロジットモデルベースの個人選択モデルである。これは通勤交通手段選択など、行動上の制約が厳しくて個人の有する選択肢集合が比較的小さく、分析者が選択肢集合を容易に判定できる場合に適用が成功してきた。

一方、観光目的地選択のような行動に対する個人選択モデルの適用に関しては、なかなか研究が進んでおらず実際の適用例も少ない。このような行動は、個人の自由裁量の度合いが高く、個人が実行可能性の高い選択肢を自分の選択肢集合の中に多く有し、

かつ、分析者にとってその判断が難しい状況であると考えられる。適用例の少なさは、観光目的地選択行動の持つ以下の特性に起因すると考えられる。

(1) 1つの選択肢として認識される範囲

個人が一つの目的地だと認識する観光地域の大きさは、観光活動や来訪する距離によって大きく異なってくる。例えば国内旅行の観光目的地として北海道を考える場合、東京在住の人と札幌在住の人では、目的地に対する認識圏域、すなわち選択対象とする目的地の広がり方が明らかに異なってくる。前者にとっては、北海道も阿寒国立公園も一つの選択肢とみなされる観光地域であるが、後者にとっては、道内の個別の観光スポットが一つ一つの選択肢として認識されることが直感的に想定される。このような一つの選択肢として設定される地域の大きさは、分析結果に大きな影響を与えることが従来指摘されており、例えば Peasons *et al.*(1992)²⁾ では、観光目的地の異なるゾーン設定がパラメータや便益の推定値に大きな影響を与えることを指摘している。

(2) 選択肢集合の形成

個人の各選択肢に対する実行可能性を何らかの方法によって調べる事が可能であれば、それに基づいて選択肢集合を個人毎に特定化できる。そうでない限り、何らかの制約条件や判断基準に基づいて、分析者がアドホックに選択肢集合を設定することになる。しかし、観光目的地選択行動のような自由な行動では、制約条件が緩いために(あるいは、どのような制約条件を付すべきかの判断が難しいために)理論上、選択肢集合に含まれる選択肢の数が膨大になることが多い。このとき「パラメータ推定上、安定した収束解を得られない³⁾」といったモデル推定上の指摘や、行動論的観点からは、「人間がそんなに多くの選択肢を同時に評価しているとは現実には考えられない⁴⁾」といった批判も寄せられている。

* Keywords : 観光・余暇、交通行動分析、個人選択モデル

** 学生員、工修 *** 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)

(3) 選択肢間の類似性

選択肢の数が増えると、類似性の高い選択肢を取り扱う可能性が高くなる。そのような選択肢が選択肢集合の中に混在する場合、通常のロジットモデルを用いた分析では、IIA特性によって推定結果にバイアスが生じることが従来指摘されている。しかし、観光目的地選択のような行動では選択肢の数が多く、中には類似している選択肢も少なからず存在しているはずである。このような状況では、IIAによるバイアスの影響は大きいと思われる。

以上の(1)～(3)のうち、現時点である程度の対処が可能である問題は(2)と(3)であろう。このうち、(2)の選択肢集合の選定方法としては、従来様々な方法が採られており、(a) SP 調査に基づく選択肢集合の設定(Peters *et al.*, 1995⁵⁾)、(b) 選択肢集合形成過程の確率的表現(Morikawa, 1995⁶⁾, Haab *et al.*, 1997⁷⁾) などが代表的である。しかし、本研究が実証分析の対象としている全国観光交通実態調査は RP データである。そのため、選択肢集合に関する上記の各対処方法を適用することができない。したがって、本研究では(3)の問題に着目し、誤差項に関する仮定を緩和した精緻化された個人選択モデルを用いて観光目的地の選択行動を表現することを試みる。

(3)の問題は誤差項に関する独立・同一分散分布という通常のロジットモデルの強い仮定に起因するものである。この問題を考慮したモデルとしては、まず Nested-Logit モデルや多項 Probit モデルが思い当たるが、前者に関しては今回の適用対象の場合、ツリー構造の特定化が困難であること、また後者に関しては近年効率的な推定手法が開発されつつあるものの、多数の選択肢を有する選択問題に対しては未だに適用が困難であることを踏まえ、本研究では対象としない。ここでは誤差項に関する強い制約を緩和し、実際の推定計算が比較的容易な Mixed-Logit モデルと HEV モデルを取り上げる。

3. モデル構造の概要

(1) Mixed-Logit モデル

Mixed-Logit モデル⁸⁾は、線形の効用関数を持ったロジットモデルにおいて、その説明変数のパラメータがサンプルによってランダムに変動することを仮

定したモデルである。パラメータの確率的な変動は、直接的には母集団におけるサンプルの嗜好の相違を表現したものであるが、説明変数の設定を特定化することで、選択肢間の類似性を明示的に表現することが可能となり IIA に対処することができる。本研究では、Brownstone *et al.*(1998)⁹⁾、清水他(1998)¹⁰⁾ を参考に、意思決定者 n の目的地 i に対する効用 U_{ni} を式(1)のように特定化する。

$$U_{ni} = \beta' \cdot X_{ni} + \mu' \cdot Z_i + \varepsilon_{ni} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 β : 固定パラメータベクトル (t は転置)

X_{ni} : 説明変数ベクトル (図 1 参照)

μ : 各要素が平均 0 の同時正規分布に従うランダムパラメータベクトル

Z_i : 目的地 i と他の目的地の間の類似度ベクトル

ε_{ni} : 誤差項 ($\sim$ i.i.d. Gumbel)

第 2 項の存在により、目的地間の類似性が明示的に表現できる。まず Z_i を式(2)のように特定化する。

$$Z_i = (z_{i,1}, z_{i,2}, z_{i,3}, \dots, z_{i,J_n}, z_{i,2J_n}, \dots, z_{i,J_n \cdot J_n})' \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 Z_i の要素の数は $(J_n - 1) \times J_n / 2$ 個となる (J_n : 個人 n の選択肢集合に含まれる選択肢数)。さらに、 Z_i の m 番目の要素を $z_m (= z_{pq})$ とし、次式で与える。

$$z_m = \begin{cases} w_{pq} & \text{if } p = i \text{ or } q = i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 w_{pq} : p 番目の目的地と q 番目の目的地の類似度である。さらに μ の各要素が独立で同一の分散 ω^2 を有すると仮定すれば、結局、目的地 i と目的地 j の共分散は式(3)のように簡潔に表される。

$$E[(\mu' \cdot Z_i + \varepsilon_{ni}) (\mu' \cdot Z_j + \varepsilon_{nj})] = w_{ij} \cdot \omega^2 \dots \dots \dots (3)$$

この Mixed-Logit モデルで推定されるべきパラメータは β と ω である。また選択確率は、 $g(\mu; \omega)$ を多変量正規分布関数として式(4)で表される。

$$P_{ni} = \int \dots \int \frac{\exp(\beta' \cdot X_{ni} + \mu' \cdot Z_i)}{\sum_j \exp(\beta' \cdot X_{nj} + \mu' \cdot Z_j)} \cdot g(\mu | \omega) d\mu \dots (4)$$

類似度 w_{ij} の定義としては従来、目的地間の距離の負のべき乗などが考えられてきた¹¹⁾。しかし、観光目的地間の類似度としては距離的なもの以外も考えられるのではないだろうか。本研究ではそのような認識のもと、他の指標として観光資源に基づく類似度指標を独自に定義し、距離の類似度と観光資源による類似度とではどちらを適用した方がモデルの説

明力が向上するのかを検証する。なお観光資源による類似度指標は、各目的地に

- ・ 自然の風景観賞
- ・ 名所巡り、祭り見物
- ・ アトラクション
- ・ 温泉
- ・ ゴルフ
- ・ スキー
- ・ アウトドア
- ・ 水辺の活動

の各活動を目的として存在する施設の数に基づいて、目的地を多次元空間上に布置し、点間の重み付きユークリッド距離の逆数をもって定義した。一方距離的類似度としては、目的地ゾーン中心間の物理的距離(km)の逆数を使用した。

(2) Heteroscedastic-Extreme-Value(HEV)モデル

HEV モデル¹²⁾は、誤差項間の独立の仮定は選択肢間で保持されているものの、分散の大きさが選択肢によって異なるモデルである。この仮定により HEV モデルは I.I.A.特性を厳密には保持していない。このモデルでは、選択確率は式(5)で表される。

$$P_{n,i} = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j \neq i, 1 \leq j \leq J_n} F[\theta_j (V_{n,i} - V_{n,j} + \varepsilon_{n,i})] \theta_i f(\theta_i \varepsilon_{n,i}) d\varepsilon_{n,i} \dots (5)$$

ここで、 $f(\theta_i \varepsilon_{n,i})$: 誤差項 $\varepsilon_{n,i}$ の確率密度関数

$F(\theta_i \varepsilon_{n,i}) = \exp(-\exp(-\theta_i \varepsilon_{n,i}))$: 分布関数

$V_{n,i} = \beta' \cdot X_{n,i}$

θ_i : 選択肢 i の誤差項スケールパラメータ

このモデルで推定されるのは β と各 θ_i である。このとき誤差項の分散は $\pi^2/6 \theta_i^2$ で与えられるため、推定された θ_i の値が小さい選択肢ほど、効用のばらつきが大きいことになる。誤差項には確定項に含まれない全ての要因が含まれるはずであるが、本研究では、誤差項の分散が不均一となる理由をあえて行動論的な観点のみから考え、個人の認識が曖昧であ

る目的地ほど θ_i の値が小さくなるのではと想定し、次節にて考察を行う。

4. 実証分析

用いるデータは、全国観光交通実態調査の中から抽出された自動車日帰り旅行のデータである。モデル化は、全国を地方建設局毎に九つに分類した出発地ブロック単位で行う。なお基本選択肢集合の設定方法、使用する説明変数は、Okamoto *et al.*(1995)¹³⁾ に依拠しているので詳細はそちらを参照されたい。パラメータ推定は、式(4)、(5)共に積分が閉じていないため、Mixed-Logit モデルはシミュレーション法⁸⁾を用いて、また HEV モデルは Gauss-Laguerre 積分法¹⁴⁾を用いて式(5)を近似してから最尤推定を行う。

(1) Mixed-Logit モデルによる類似性の表現

通常の多項ロジットモデルと、Mixed-Logit モデルで類似度として距離と観光資源をそれぞれ採用したモデルの計 3 つを比較した。紙面の都合上、中国エリア居住者 (1,158 サンプル、基本選択肢 13 個 : 図 1 参照) を対象とした推定結果のみを表 1 に示す。

ほとんどの推定値は統計的に十分有意であるが、値の大きさはモデル間でかなり異なっている。特に旅行費用のパラメータは、通常のロジットモデルと Mixed-Logit の間で差が比較的大きく、時間価値等の算出におけるモデルの誤差構造の及ぼす影響の大きさが確認される。また AIC 等の比較結果からは、Mixed-Logit を採用することにより推計精度が大きく向上していることもうかがうことができる。

次に、二つの Mixed-Logit モデル間の比較を行う。

表 1 より、距離を類似度指標として用いた場合は、

標準偏差パラメータ ω は統計的に十分有意であるが、一方、観光資源を類似度として用いた場合はそうでない。したがって、観光目的地間の類似度指標としては、従来の多くの目的地選択行動研究と同様に、距離的類似度を用いる方が統計的に妥当であるとこのデータからは判断される。

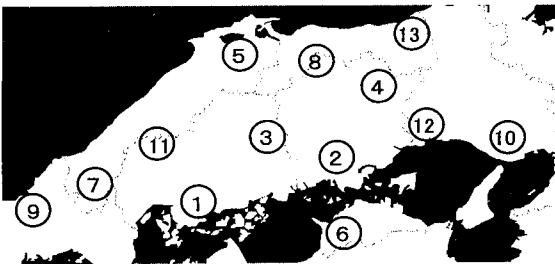


図1 目的地の空間的分布
(中国地方 : 13目的地)

No	目的地
①	広島・尾道
②	岡山・倉敷
③	帝釈・道後
④	津山
⑤	松江・出雲
⑥	讃岐
⑦	津和野
⑧	大山
⑨	萩
⑩	神戸
⑪	西中国山地
⑫	姫路
⑬	鳥取

表1 多項ロジットと Mixed-Logit の推定結果の比較

説明変数 (t 値)	多項 Logit	Mixed Logit 1 (距離)	Mixed Logit 2 (観光資源)
所要時間 (分)	-9.54×10^{-3} (-20.12)	-9.61×10^{-3} (-17.92)	-9.53×10^{-3} (-18.63)
交通費用 (円) /ln(年収[万円])	-5.55×10^{-4} (-3.81)	-6.89×10^{-4} (-3.99)	-6.91×10^{-4} (-3.97)
見物・観光 魅力度	7.76×10^{-1} (10.42)	3.64×10^{-1} (4.29)	3.57×10^{-1} (4.32)
海・水辺レジャー 魅力度	14.69×10^{-1} (7.09)	12.93×10^{-1} (7.26)	12.81×10^{-1} (7.36)
温泉魅力度	5.06×10^{-1} (2.65)	3.98×10^{-1} (1.71)	4.01×10^{-1} (1.74)
山レジャー 魅力度	8.59×10^{-1} (6.85)	7.69×10^{-1} (5.93)	7.63×10^{-1} (5.99)
μ の標準偏差: ω	—	10.8×10^{-4} (1.78)	4.43×10^{-4} (0.41)
最大対数尤度	-2296.6	-2060.5	-2061.71
自由度修正済 尤度比	0.227	0.306	0.305
AIC	4605.2	4135.0	4138.0

(2)HEV モデルによる認識の曖昧さの相違の表現

次に HEV モデルを関東エリア居住者 (2,464 サンプル、基本選択肢 20 個) のデータに対して適用し、誤差項の分散均一性という仮定の妥当性を検証した。紙面の都合上、誤差項の標準偏差 ($\pi\sqrt{6}\theta_i$) の推定結果のみを図 2 に示す。図より標準偏差の大きさには目的地間でかなりのばらつきが見られ、通常のロジットモデルの分散均一という仮定がいかに強いものであるかが再確認された。

また、図 2 は横軸に目的地を東京からの距離が小さい順に並べている。これより、当初の「発地からの距離が大きいほど分散が大きくなる」という想定は確認できなかった。やはり分散の大きさをそのまま目的地に対する認識の曖昧さの度合いとして考えることには無理があるようである。距離以外の指標 (目的地の知名度など) との関係に関しても考察したが、顕著な対応関係は見出すことができなかった。

しかし、実際の計画における HEV モデルの利用法

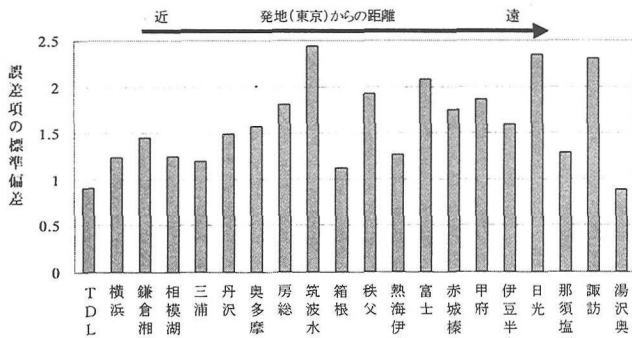


図2 HEV モデルの誤差分布 (標準偏差) の相違

としては、他と大きく異なった $\pi\sqrt{6}\theta_i$ の値を持つ目的地に関しては、そのエリア設定を再検討するなどといったことが考えられる。このように利用することで、観光交通調査設計上の一判断材料となりうる可能性は大いにあると思われる。

5. おわりに

本研究では、誤差項に関する仮定を緩和した観光目的地選択モデルの適用可能性を検討した。一事例に過ぎないが、AIC 基準等から判断しても、HEV モデルおよび Mixed-Logit モデルによって、推計精度が向上することが確認された。しかし、今回の分析はまだまだ実験的な段階に過ぎない。今後は、どのような選択行動に対して、こうしたモデルの適用が従来のシンプルなモデルよりも有効であるかを、実証分析の蓄積を通じて検討していくことが必要である。

最後に本研究を進めるにあたり、貴重なデータをご提供いただいた建設省土木研究所、および有益なご助言をいただいた岡本直久先生 (筑波大学)、西村徹氏 (建設省) に感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 国際交通安全学会(編): 魅力ある観光地と交通, 技報堂出版, 1998.
- 2) Parsons, G. R. and Needelman, M. S.: Site aggregation in a random utility model of recreation, *Land Economics*, Vol.68, No.4, pp.418-433, 1992.
- 3) 例えば、屋井鉄雄: 非集計行動モデルによる交通需要予測手法, 東京工業大学博士論文, 1986.
- 4) 例えば、市川伸一(編): 認知心理学 4「思考」, 東京大学出版会, 1996.
- 5) Peters, T., Adamowicz, W. L. and Boxall P. C.: Influence of choice set considerations in modeling the benefits from improved water quality, *Water Resources Research*, Vol.31, No.7, pp.1781-1787, 1995.
- 6) Morikawa, T.: A hybrid probabilistic choice set model with compensatory and noncompensatory choice rules, *Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research*, Vol.1, pp.317-325, 1995.
- 7) Haab, T. C. and Hicks, R. L.: Accounting for choice set endogeneity in random utility models of recreation demand, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.34, pp.127-147, 1997.
- 8) McFadden, D. and Train, K.: Mixed multinomial logit models for discrete response, *Working Paper*, Department of Economics, University of California at Berkeley, Berkeley, CA, USA, 1997.
- 9) Brownstone, D. and Train, K.: Forecasting new product penetration with flexible substitution patterns, *Journal of Econometrics*, Vol.89, pp.1-2, pp.109-129, 1998.
- 10) 清水哲夫, 屋井鉄雄, 坂井康一: 鉄道経路選択モデルにおける選択肢間の類似性の表現方法, 土木計画学研究・講演集, No.21(1), pp.459-460, 1998.
- 11) Bolduc, D., Fortin, B. and Gordon, S.: Multinomial probit estimation of spatially interdependent choices: An empirical comparison of two new techniques, *International Regional Science Review*, Vol. 20, 1&2, pp.77-101, 1997.
- 12) Bhat, C. R.: A heteroscedastic extreme value model of intercity travel mode choice, *Transportation Research Part B*, Vol.29, pp.471-483, 1995.
- 13) Okamoto, N., Yai, T., Morichi, S. and Nishimura, T.: A study on regional difference of recreational destination choice behavior, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.1, No.1, pp.351-360, 1995.
- 14) Judd, K. L.: *Numerical Methods in Economics*, The MIT Press, pp.263-64, 1998.