

目的地の空間的類似性を考慮した観光目的地選択モデル*

Destination Choice Model for Recreational Trip Considering Spatial Similarity among Destinations

清水 哲夫**, 小林 亜紀子***, 屋井 鉄雄****

By Tetsuo SHIMIZU, Akiko KOBAYASHI and Tetsuo YAI

1. はじめに

観光交通に限らず、目的地の選択行動には非常に多くの選択肢が存在する。そのため、モデルの推定や予測に際しては、適切な選択肢集合の設定が重要となる。また、観光目的地の選択は非定期的な行動であり、個人の嗜好や過去の選択履歴などがその決定に大きく影響すると考えられる。

このような選択行動を表現するモデルとして、従来から確率効用理論に基づいた非集計型のモデルが研究されてきた。全国規模の観光実態調査を契機に、岡本¹⁾は非集計ロジットモデルにより観光目的地選択モデルを構築し、20程度の選択肢数に対応することに成功している。一方、選択肢集合を形成するモデルを構築し、選択肢数を事前に減らす工夫も行われてきている²⁾。また、選択肢の選別と選択を同時に表現するようなモデル³⁾も提案されている。しかし、非集計型の目的地選択モデルはこのような努力によっても、実用上成功したとは言い難いと考えられる。

このような現状において、近年より精緻な需要予測を目的として、Mixed Logit Modelやプロビットモデルの研究が進んでいる。これらは選択肢間の相関を考慮できるIIA特性を持たないモデルであるが、選択肢集合に含まれる選択肢間の誤差相関に応じて推定特性が変化することになる。すなわち、これらのモデルを適用する場合には、より合理的に選択肢集合を設定する必要が生じる。

本研究では、自動車による日帰りの観光目的地の

選択を対象に、目的地間の空間的な類似性を考慮した非IIA型の選択確率モデルの提案を行う。

2. 目的地選択行動における非IIA型モデルと本研究の関係

目的地選択モデルに非IIA型のモデルを適用した例として、Bolduc *et al.*の自己回帰型のプロビットモデル⁴⁾がある。ここでは、目的地の効用の誤差がその他の目的地からの位置関係によって構造化し、目的地間の類似性を表現している。その後目的地と出発地の位置関係によっても誤差を構造化する工夫が行われた⁵⁾。しかし、実際のモデル推定は非常に困難であると考えられる。一方、福田らは目的地間の類似性を目的別施設数に応じて定義している⁶⁾が、推定の効率性などその有効性については今後の課題となっている。

本研究では、これら両方の概念を包含した類似性の定義を試みる。すなわち、利用アクセス経路が同じであったり、相互に近接しているといった空間的な類似性と、同一の施設を観光地が共有していることによる類似性を考える。ただし、これらは後に展開するように、これら類似性の定義は観光地間の位置関係による記述に集約が可能である。

3. 観光目的地選択モデルの定式化

(1) 目的地の効用関数の誤差と類似性の関係

本研究は、確率効用理論による選択モデルの定式化を行うため、各観光目的地 i の効用 U_i を、以下のように確定項 V_i と確率項 ε_i で表現する。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

ここで ε_i が目的地間で独立であると仮定するとロジ

*Keywords: 交通行動分析, 分布交通

** 正会員 工修 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻
Tel. 03-5734-2693, Fax. 03-5734-3578, E-mail: sim@plan.cv.titech.ac.jp

*** 正会員 工修 (株)日本ユニシス

**** 正会員 工博 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

ットモデルが導出される。

さて、個人はどのように「観光目的地」を想定するのだろうか？「伊豆」,「箱根」などの漠然とした地域を想定して、その地域にある個別の施設を想起するケースと、逆に、ある個別の施設を想起してからその周辺を含めて目的地として選択するケースが考えられる。後者のケースでは、個人が想起している施設が近接する2つの目的地の範囲内に存在する場合、この個人はこれら目的地をある程度類似していると考えられるかも知れない。そして類似性は目的地で共有する施設数が多いほど高いと考えられる。この場合、目的地の効用の誤差項は何らかの相関を持つことになる。ただし、いずれのケースでも「観光目的地」ほぼ同じ一般的な地域名称で認識するが、その範囲（以下、圏域と呼ぶ）は個人で異なると考えられる。

さらに、同じアクセス道路を用いる2つの観光目的地を考える。例えば、この道路の所要時間の不確実性が高い場合、両方のアクセス時間の不確実性が高くなる。この不確実性を誤差と考えれば、両目的地を選択する際の誤差の傾向が似ていることを意味する。すなわち、アクセス経路によっても観光目的地の類似性を考慮することができる。

(2) 効用関数の誤差項の構造化

以上の考え方によれば、効用関数の誤差の要因を特定し、これらの間の相関を何らかの形で仮定することにより、目的地間の類似性が表現されることになる。なお、この考え方は都市圏鉄道の経路選択モデルにおいて研究の蓄積があり⁷⁾、経路の重複により類似性を表現することの有効性を確認しているが、本研究ではアクセス経路に関する類似性は従来のアイデアを踏襲し、これに加えて新たに圏域による類似性を表現することになる。

今、目的地の効用の誤差が、以下のように、互いに独立な目的地に含まれる施設による誤差 η_i 、アクセス経路による誤差 λ_i 、およびその他の誤差（目的地に固有） ξ_i に分割されるとする。

$$\varepsilon_i = \eta_i + \lambda_i + \xi_i \quad (2)$$

次に、図1のように部分的に共通のアクセス経路を持ち、圏域が重複している2つの観光目的地 i, j

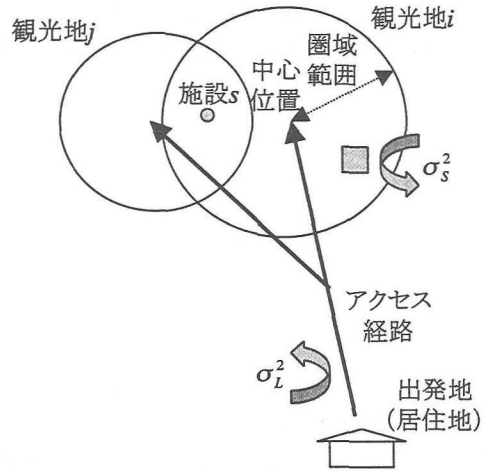


図1 観光目的地間の類似性の概念図

を考える。ここで、重複圏域にある施設 s が立地しているとする。この施設の存在による目的地効用の誤差が正規分布 $N(0, \sigma_s^2)$ に従うと仮定すると、 i, j の両方にこの誤差が反映される。逆に、 i のみに含まれる施設については、その誤差は i のみに反映される。簡便のため、圏域を単位面積に分割し、それぞれに施設が1つ存在し、そこから発生する誤差は互いに独立であり、かつその分散は一定であると考えれば、 i の誤差分散、および i, j の誤差共分散は以下のように表現できる。

$$\text{var}(\eta_i) = S_i \sigma_s^2 \quad (3)$$

$$\text{cov}(\eta_i, \eta_j) = S_{ij} \sigma_s^2 \quad (4)$$

ここで、 S_i は i の圏域面積、 S_{ij} は目的地 i, j の重複圏域面積、 σ_s^2 は単位面積当たりの誤差分散である。なお、圏域に含まれる施設の目的種別（温泉、ゴルフ等）別に単位誤差を設定することも可能である。アクセス経路による誤差については、鉄道経路選択モデルと同様に、経路上のリンク（単位距離）ごとに互いに独立かつ分散の等しい誤差が発生していると考えれば、 i の誤差分散、および i, j の誤差共分散は以下のように表現できる。

$$\text{var}(\lambda_i) = L_i \sigma_L^2 \quad (5)$$

$$\text{cov}(\lambda_i, \lambda_j) = L_{ij} \sigma_L^2 \quad (6)$$

ここで、 L_i は i のアクセス経路長、 L_{ij} は i, j のアクセス経路の重複距離、 σ_L^2 は単位距離当たりの誤差分散である。目的地に固有の誤差に関しては、その分散が σ_0^2 で等しいと仮定すれば以下ようになる。

$$\text{var}(\xi_i) = \sigma_0^2 \quad (7)$$

$$\text{cov}(\xi_i, \xi_j) = 0 \quad (8)$$

式(3)~(8)をまとめて、分散共分散行列の形で表現すれば、

$$\Sigma = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} 1 + \gamma S_1 + \delta L_1 & \cdots & \gamma S_{1I} + \delta L_{1I} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma S_{I1} + \delta L_{I1} & \cdots & 1 + \gamma S_I + \delta L_I \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\gamma = \sigma_s^2 / \sigma_0^2 \quad (10)$$

$$\delta = \sigma_L^2 / \sigma_0^2 \quad (11)$$

となる。

(3) 観光目的地の圏域の考え方

ここでは、観光地の圏域の設定方法を考える。本研究で対象とする日帰りの観光行動では、これに要する全時間のうち、往復の所要時間を除いた時間が観光地内で活動可能な時間である。ここでは、観光地の圏域はこの活動可能時間で到達することが可能な範囲であると考え、この考え方によれば、アクセスに時間がかかる目的地を選択すれば、到達可能な範囲が小さくなる(圏域が小さくなる)。逆に、近い目的地では圏域が大きくなる。

今、近接する2つの観光地 i, j を考え、出発地からこれら観光地までの距離(アクセス時間)が短い場合と長い場合を考える。図2に示すように、目的地までが遠い場合には、活動可能範囲が小さくなるため重複する圏域の面積は小さくなるが、アクセスは途中までほぼ同じ経路であると考えれば重複が大きくなる。逆に、近い場合には、活動可能範囲が大きくなるため重複する圏域の面積は大きくなるが、アクセス経路の重複は短くなることが考えられる。すなわち、近い出発地では重複圏域による類似性の認識が高くなり、遠い出発地ではアクセス経路の重複による類似性の認識が高くなることになる。

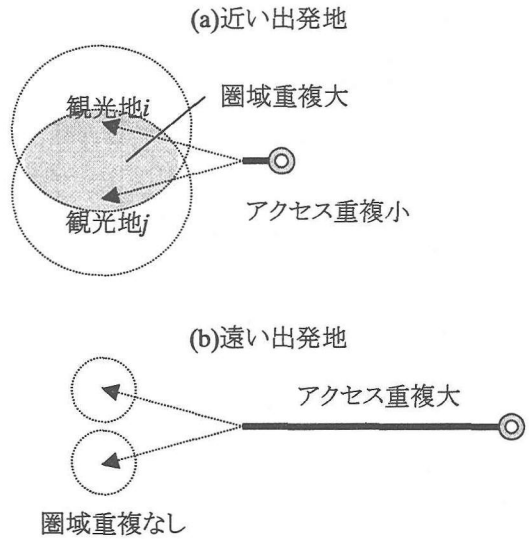


図2 出発地の遠近と観光地間の類似性の関係

(4) MXL およびプロビットモデルの定式化

(2)の目的地間の類似性の表現を用いれば、Mixed Logit Model とプロビットモデルによる目的地 i の選択確率は以下の式で与えられる。

(Mixed Logit Model)

$$P_i = \iint \frac{\exp(V_i + \eta_i + \lambda_i)}{\sum_i \exp(V_i + \eta_i + \lambda_i)} f(\eta) g(\lambda) d\lambda d\eta \quad (12)$$

(プロビット)

$$P_i = \int_{\epsilon_1=-\infty}^{V_1-V_i+\epsilon_1} \cdots \int_{\epsilon_j=-\infty}^{V_j-V_i+\epsilon_j} \cdots \int_{\epsilon_I=-\infty}^{V_I-V_i+\epsilon_I} \phi(\epsilon) d\epsilon \quad (13)$$

$$\phi(\epsilon) = (2\pi)^{-I/2} |\Sigma|^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2} \epsilon \Sigma^{-1} \epsilon^T\right) \quad (14)$$

これらは、モンテカルロ法などの乱数シミュレーションにより近似計算を行う。その際の推定アルゴリズムは文献7),8)による。

4. モデルの選択肢集合形成の考え方

(1) 本研究における選択肢集合の形成方法

既に述べたとおり、IIA 特性がないモデルでは選択肢集合の設定に注意しなければならない。しかし、観光目的地選択においては、需要予測上の特性として、以下の問題があると考え、

1) 物理的に選択可能な選択肢が大変多い。

表1 空間パターンと分散比の推定特性

	空間配置パターン	γ	δ
A		—	大
B		大	—
C		—	小
D		小	—

○ 選択観光地 ○ 代替観光地 □ 出発地

2) 非正常性のため選択肢集合が固定的でない。すなわち、前回訪れた観光地は選択肢集合から外れるかも知れない。

3) 選択肢となる観光地の数やその範囲が固定的でない。(ただし、2(3)で基本的には解決)

2)および3)の理由により、選別モデルなどを用いた選択肢集合の形成はあまり実用的でない。しかし、1)のように考えられる全ての選択肢を取り込むモデルも実用的でない。すなわち、分析者側が何らかの合理的な機械的方法で選択肢集合を形成した後で、モデル推定や予測計算を行うことが実用上望ましいと考える。

(2) 選択肢集合がモデル推定に与える影響

ここでは、選択肢集合に含まれる選択肢間の類似度の構成により、モデル推定結果がどのような影響を受けるか定性的に考察する。簡便のため3肢選択を例に取る。本研究における観光地選択モデルでは、出発地と観光地の位置関係により類似性が定義されるが、実際に選択された観光地と代替の2観光地の空間パターンは、相互に独立した場合を除けば図3のように整理できる。既存の研究⁸⁾も参考にすれば、各分散比パラメータ γ および δ の推定特性に与える影響は図3のように予想される。例えば、Aのケースでは選択観光地が出発地から近かつ独立、代替観光地が遠かつ類似しているが、効用関数の確定項のパラメータが一定のもとで選択観光地の選択確率を上げようとすれば、分散比パラメータを大きく

すればよい。すなわち、Aのタイプの選択肢集合が卓越するサンプルによる推定では δ （アクセス経路による類似性が卓越するため）が有意となる可能性が高い。

5. おわりに

本研究では、観光目的地の選択行動を表現するモデルの提案を行った。その中で、目的地間の空間的位置関係からその類似性を定義して、観光地の圏域およびアクセス経路の重複により構造化された類似度を効用関数の誤差項として表現することができた。また、観光地選択モデルで課題となる選択肢集合の形成方法に関して実用的な考え方を示した。

なお、本モデルを用いたモデル推定など結果は講演時に示す。その際、可能な限り多くの選択肢に対する推定可能性をチェックし、機械的な選択肢の統合および消去の条件の検討を通じて、適切な選択肢集合の設定方法を検討することが挙げられる。

(参考文献)

- 岡本直久：観光交通計画のための調査および分析手法に関する研究，東京工業大学平成8年度博士論文，1996。
- 森川高行，竹内博史，加古裕二郎：定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地選択分析，土木計画学研究・論文集 No.9, 117-124, 1991。
- 吉田郎，原田昇：選択肢集合の確率的形成を考慮した集計型目的地選択モデルの研究，土木学会論文集，No.618, 1-13, 1999
- Denis BOLDUC and Moshe BEN-AKIVA: A Multinomial Probit Formulation for Large Choice Set, 6th International Conference of Travel Behavior, 244-258, 1991.
- Tetsuo YAI and Tetsuo SHIMIZU: Multinomial Probit with Structured Covariance for Several Choice Situations with Similar Alternative, Transportation Research Record, 1645, 68-75, 1998.
- 福田大輔，森地茂：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，土木計画学研究・講演集，No.22(2), 655-658, 1999.
- 屋井鉄雄，中川隆広，石塚順一：シミュレーション法により構造化プロビットモデルの推定特性，土木学会論文集，No.604, 11-21, 1998.
- 清水哲夫，屋井鉄雄：Mixed Logit Modelとプロビットモデルの推定特性に関する比較分析，土木計画学研究・論文集，No.16, 587-590, 1999.