

選択行動間の相互依存性に着目した観光交通行動分析*

*Recreational Travel Behavior Analysis Focusing on Interdependence of Multidimensional Choices**

福田大輔**・森地茂***

By Daisuke FUKUDA** and Shigeru MORICHI***

1. はじめに

観光交通行動は、出発時刻、目的地、交通手段、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。これらの各選択行動間の相互依存関係は、旅行者が意思決定を行う上で重要な役割を果たす場合が多いと思われる。例えば、バック旅行のように、供給者が提示する組合せメニューに対して旅行費用が割安に設定されている状況では、旅行者が各選択肢の組合せ（例えば、交通機関と目的地の組合せ）を意識しながら意思決定を行っていると考えられる。一方供給者側も、旅行者が目的地と交通手段のどのような組合せをより好みやすいのか、あるいは逆にどのような組合せを好みにくいのか等といった情報を把握できるようになれば、それに基づいてバック旅行のメニュー構築等を合理的に行うことが可能となるであろう。

このように、相異なる次元の選択行動間の関連性（相互依存性）を定量的に把握可能になれば、観光地のマーケティング戦略等の立案に大いに貢献すると考えられる。なぜなら、旅行者にとって好まれにくい交通手段と目的地の組合せ、あるいはその逆の組合せ等が明らかになることによって、観光地に旅行者を呼び寄せるためにはどのようなツアーパッケージを組むことが望ましいのかに関して、合理的な提言が可能になるからである。しかし、既存の観光交通行動分析においては、異なる選択行動間の相互作用に関心を持たれることは少なかった。

一方、マーケティング・サイエンス（以下、MS）の分野では、消費者が様々な要素選択肢の組合せを選択するというバンドリング（Product Bundling）の概念に基づいた消費者行動分析が精力的に行われており、要素選択肢間の相互作用を考慮した選択行動の定式化^{1)・4)}、代替・補完関係の実証的把握⁵⁾、最適価格設定に関する考察⁶⁾等、多くの研究蓄積が見られる。もちろん観光交通行動に関しても、これを出発時刻、目的地、交通手段等の各

要素選択肢の中から最も望ましい組合せのメニューを選択する行動であると想定することは可能である。そうすることにより、MSにおけるバンドリング研究の知見を援用することにより、交通手段選択と目的地選択のような異なる選択行動間の関連性を把握することが可能になると期待される。

本研究では、MSにおけるバンドリングに関する諸研究の知見に基づいて、異なる選択行動間の関連性を考慮可能な離散選択モデルを構築する。そして、観光交通行動調査より得られるデータを用いた実証分析を行うことにより、どのような相互依存関係が生じているのかを実際に把握する。同時に、構築した選択モデルの妥当性に関する考察を行う。

2. 既存研究の整理と本研究の方向性

交通行動分析のフレームで多次元選択行動をモデル化したものとして、まず、ネスティドロジットモデル⁷⁾が挙げられる。ネスティドロジットモデルでは、通常、上位レベルが交通手段選択、下位レベルが目的地選択というように、選択行動の種類別に階層化が行われる。そして、上位レベルの選択行動を規定する確率効用項と、下位レベルの選択行動を規定する確率効用項は独立と仮定している。したがって、交通手段選択に関する選好と目的地選択に関する選好の間に、どのような相関関係があるのかを判断することはできない。

また、旅行者が、目的地、滞在時間、トリップ数という要素選択肢の組合せを選択すると想定したポートフォリオ選択モデル⁸⁾も見られるが、異なる選択行動間の相互依存性は明示的に考慮されていない。

一方、MSにおいては、消費者の意思決定において、ある選択行動の結果が同一個人の他の選択行動に影響を与える可能性が古くから指摘されており⁹⁾、近年では、Multiple-Category Decision-Making と称する一連の研究が多様な視点から行われている¹⁰⁾。特に、消費者がどのような組合せで、複数のカテゴリーにまたがる製品を購入するのかを分析対象としている研究は多く、電話契約時のオプションの選択¹⁾や、電子ジャーナルの定期購読行動²⁾等を実証分析の対象としている。

さらには、消費者が複数の商品を同時に購入する際に、

*キーワード：交通行動分析、観光・余暇

**正会員、修士(工学)

東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻
(〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1
TEL: 03-5734-2693 FAX: 03-5734-3578)

***フェロー会員、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 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL: 03-5841-6129 FAX: 03-5841-7453)

対象とする商品間にどのような相互作用が生じているのかを離散選択モデルの枠組みで分析している例も存在する。例えば、Manchanda *et al.* は、消費者が複数の商品のうちでどの製品を同時に購入するかを決定する問題を、多変量プロビットモデルによって定式化している。ここでは、誤差項の共分散を直接推定することにより、確定効用項から欠落している非観測要因間の相互作用の影響に関して考察している。同時に、説明変数の一部分に商品間の相互作用を具体的に明示する説明変数（他商品の価格やプロモーション変数）を導入して推定することにより、他商品が代替的、補完的のいずれの役割を果たしているのかをパラメータ推定値の符号によって判断している。一方、Russell and Petersen は、他ブランドの購買に関する意思決定が完了しているという条件付きの当該ブランド購買確率を二項ロジットモデルで表現し、分解定理を適用することによって、ブランド品の組合せを購買する同時確率を多項ロジットモデルの形で定式化した。これらの研究では、当該商品の購入行動を規定する効用関数の一部分として、他商品の属性やその選択結果を明示的に導入した、ブランド選択モデルを構築し、それによって、異なる選択行動間の相互作用を考慮している。

以上を踏まえ、ここでは基本的な構造を Manchanda *et al.*, Russell and Petersen にそれぞれ準拠したバンドリングモデルを構築し、これらの特性比較を行う。具体的には、観光交通行動を対象として、どのような交通手段と目的地の組合せが旅行者にとって好まれやすいのかを把握可能な離散選択モデルを構築し、実証分析を通じてその妥当性を検証する。

3. バンドリングモデルの定式化

(1) 定式化に際しての前提

以降の議論では、旅行者 n が2種類の候補交通手段の中から1つを選択し、一方で、2つの候補目的地の中から1つを選択するという、2肢-2肢の同時選択行動を考える。なお、ここで各カテゴリーの選択肢数を2個に限定しているのは、本研究が準拠する Manchanda *et al.*、及び Russell and Petersen の各モデルが、「ブランドAを選択する or 選択しない、ブランドBを選択する or 選択しない、…」といった、2項選択の組合せを対象とした意思決定状況までしか定式化していないためである^[3]。

以下では、まず(2)で二変量プロビットモデルを用いた定式化(モデル1)を示し、次に(3)で異なる選択行動間の相互依存性をダミー変数の形で導入した多項ロジットタイプモデルの定式化(モデル2)を行う。

(2) モデル1

モデル1では、交通手段選択行動と目的地選択行動が相互に及ぼしあう影響を、

- (i) 互いの選択行動に交差的に影響を与える変数
- (ii) 各選択行動を規定する効用関数間の相関構造

の2つを導入することによって表現する。

まず、各選択行動を次のように定式化する。

交通手段選択モデル

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

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

目的地選択モデル

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

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

ここで、

u_n^{Mode} : 旅行者 n の交通手段選択行動 (Mode) を規定する確定効用項

u_n^{Dest} : 旅行者 n の目的地選択行動 (Dest) を規定する確定効用項

$\mathbf{x}_n^{Mode}$: 交通手段選択行動を規定する説明変数ベクトル

$\mathbf{x}_n^{Dest}$: 目的地選択行動を規定する説明変数ベクトル

$\mathbf{z}_n^{Dest}$: 交通手段選択に対して交差的に影響を与える、各目的地に固有の説明変数ベクトル

$\mathbf{z}_n^{Mode}$: 目的地選択に対して交差的に影響を与える、各交通手段に固有の説明変数ベクトル

$\varepsilon_n^{Mode}, \varepsilon_n^{Dest}$: 共に平均が0、分散が1であり、また、共分散が ρ (未知パラメータ) であるような、二変量正規分布に従う誤差項

$\beta^{Mode}, \gamma^{Dest}, \beta^{Dest}, \gamma^{Mode}$: 未知パラメータベクトル

である。ここで、 $\mathbf{x}_n^{Mode}$ 、 $\mathbf{x}_n^{Dest}$ の各説明変数は、あらかじめ2つの選択肢の差(選択肢1の説明変数値-選択肢2の説明変数値)として表記されていることに注意が必要である。また、誤差項 $\varepsilon_n^{Mode}, \varepsilon_n^{Dest}$ の分散を、共に1に基準化しているのは、以下で構築する二変量プロビットモデルにおいて、誤差項の分散・共分散行列が他のパラメータに対して0次同次であるからである。

さて、異なる選択行動間で交差的に影響を与える説明変数 $\mathbf{z}_n^{Dest}$ 、 $\mathbf{z}_n^{Mode}$ の性質を明確にするため、仮に、

$\mathbf{z}_n^{Dest}$: 個人 n の目的地1に対する魅力度指標値

$\mathbf{z}_n^{Mode}$: 個人 n の交通手段1に対する快適性指標値

と特定化して考えてみよう。この場合、データより推定されたパラメータ γ^{Dest} の値が正ならば、目的地1の魅力度が増すことによって交通手段1の効用が増すことを意味する。すなわち、目的地1の魅力度と交通手段1の効用が正の共変関係にあることになる。一方、 γ^{Mode} の推

定値が負ならば、交通手段1の快適性が向上することによって、目的地1の効用が低下することを意味する。この場合、交通手段1の快適性と目的地1の効用が負の共変関係にあることになる。

このように、 γ_n^{Dest} 及び γ_n^{Mode} の推定値を求めることによって、交通手段選択行動に関連するマーケティング政策を行った場合に、目的地選択行動に対してどのような影響が及ぶのかを判断することができる。

次に、交通手段選択の効用 u_n^{Mode} と、目的地選択の効用 u_n^{Dest} の相関構造を規定するパラメータ ρ について考えてみよう。もし、 ρ の推定値が負ならば、これは、非観測要因間に負の相関が生じているために、交通手段1と目的地1が同時に選ばれにくくなることを意味している。このように、 ρ の推定値に関して考察することにより、交通手段選択及び目的地選択をそれぞれ規定する非観測要因が、どのような依存関係にあるのかを判断することができる。

以上の設定のもと、旅行者 n の交通手段-目的地の同時選択確率は、二変量プロビットモデルとして定式化される。

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

ここで、

$$w_n^{Mode} = (2d_n^{Mode} - 1) (\beta^{Mode} x_n^{Mode} + \gamma^{Dest} z_n^{Dest}) \quad (6)$$

$$w_n^{Dest} = (2d_n^{Dest} - 1) (\beta^{Dest} x_n^{Dest} + \gamma^{Mode} z_n^{Mode}) \quad (7)$$

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

$$\Phi_2(s_1, s_2, \sigma) \equiv \int_{-\infty}^{s_1} \int_{-\infty}^{s_2} \phi(q_1, q_2, \sigma) dq_1 dq_2 \quad (9)$$

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

である。未知パラメータ β^{Mode} , γ^{Dest} , β^{Dest} , γ^{Mode} , ρ は、式(5)に最尤法を適用することによって推定される。

(3) モデル2

次にモデル2では、交通手段選択行動と目的地選択行動が相互に及ぼしあう影響を、

- (i) 互いの選択行動に交差的に影響を与える変数 (モデル1と同じ)
- (ii) もう一方の選択行動の結果を示すダミー変数

の2つの変数を説明変数として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（選ぶ目的地を決定した）という条件のもとで、交通手段の選択を行う状況を考える。そのため、目的地を選択したという条件下での交通手段に対する条件付き効用を次のように

定義する。

$$u_n^{Mode} = \beta^{Mode} x_n^{Mode} + \gamma^{Dest} z_n^{Dest} + \theta_{Dest}^{Mode} d_n^{Dest} + v_n^{Mode} \quad (11)$$

交通手段を選択したという条件下での目的地選択に対する条件付き効用に関しても、同様に定義する。

$$u_n^{Dest} = \beta^{Dest} x_n^{Dest} + \gamma^{Mode} z_n^{Mode} + \theta_{Mode}^{Dest} d_n^{Mode} + v_n^{Dest} \quad (12)$$

ここで、

d_n^{Mode} : 旅行者 n の交通手段選択結果を示すダミー変数

$$\begin{cases} \text{交通手段1を選択したとき: 1} \\ \text{交通手段2を選択したとき: 0} \end{cases}$$

d_n^{Dest} : 旅行者 n の目的地選択結果を示すダミー変数

$$\begin{cases} \text{目的地1を選択したとき: 1} \\ \text{目的地2を選択したとき: 0} \end{cases}$$

v_n^{Mode}, v_n^{Dest} : ロジスティック分布に従う誤差項

$\theta_{Dest}^{Mode}, \theta_{Mode}^{Dest}$: 交通手段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

である。

このような定式化を行ったとき、目的地の選択結果が既知であるという条件下で、交通手段1を選択する条件付き確率は、次式で与えられる。

交通手段選択モデル(条件付き)

$$\begin{aligned} \Pr(d_n^{Mode} = 1 \mid d_n^{Dest}) &= \Pr(u_n^{Mode} > 0 \mid d_n^{Dest}) \\ &= \frac{1}{1 + \exp\left[-(\beta^{Mode} x_n^{Mode} + \gamma^{Dest} z_n^{Dest} + \theta_{Dest}^{Mode} d_n^{Dest})\right]} \end{aligned} \quad (13)$$

交通手段の選択結果が既知であるという条件下で、目的地1,2を選択する条件付き確率も、同様に定式化できる。

目的地選択モデル(条件付き)

$$\begin{aligned} \Pr(d_n^{Dest} = 1 \mid d_n^{Mode}) &= \Pr(u_n^{Dest} > 0 \mid d_n^{Mode}) \\ &= \frac{1}{1 + \exp\left[-(\beta^{Dest} x_n^{Dest} + \gamma^{Mode} z_n^{Mode} + \theta_{Mode}^{Dest} d_n^{Mode})\right]} \end{aligned} \quad (14)$$

以上、式(13)、式(14)のように、二項ロジットモデルの形式で、それぞれの選択行動における条件付き選択確率を表現することができる。しかし、これらはあくまでも、もう一方の選択結果が既知であるという条件付きの選択確率であり、最終的には交通手段と目的地の同時選択確率として定式化する必要がある。ここでは Russell and Petersen と同様に、相互作用を示すパラメータの対称性、すなわち、

$$\theta_{Dest}^{Mode} = \theta_{Mode}^{Dest} = \theta \quad (15)$$

を仮定し、さらに、マルコフ確率場における分解定理¹¹⁾を式(13)、式(14)に適用する。すると、意思決定者 n の交通手段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 $d_n^{Dest} = b$ となる確率が次式で表

される (a, b は共に, 0 もしくは 1 のいずれかをとる変数).

$$\Pr(d_n^{Mode} = a, d_n^{Dest} = b) = \frac{\exp(V_n(a, b))}{\sum_{a' \in \{0, 1\}} \sum_{b' \in \{0, 1\}} \exp(V_n(a', b'))} \quad (16)$$

ただし,

$$V_n(a, b) = a(\beta^{Mode} x_n^{Mode} + \gamma^{Dest} z_n^{Dest}) + b(\beta^{Dest} x_n^{Dest} + \gamma^{Mode} z_n^{Mode}) + ab\theta \quad (17)$$

である.

式(16) は, 多項ロジットモデルにおける通常の効用最大化の枠組みに基づいて定式化されたものではなく, 各選択カテゴリー (交通手段, 目的地) に対する条件付き選択確率の集合に分解定理を適用した論理的帰結として導出されたものである. しかし, そのようにして導出された式(16) の形式は, 交通手段と目的地の組合せに対する効用関数確定項を式(17) に特定し, 交通手段と目的地の組合せとして起こりうる $2^2 = 4$ 通りの組合せから 1 つの組合せを選択すると設定した多項ロジットモデルと解釈することも可能である. ゆえに, 通常多項ロジットモデルの推定方法に従って, 未知パラメータ $\beta^{Mode}, \gamma^{Dest}, \beta^{Dest}, \gamma^{Mode}, \theta$ を求めることができる.

モデル 1 における共分散パラメータ ρ と同様, モデル 2 における θ も, 交通手段選択行動と目的地選択行動との相互関係を規定するパラメータである. すなわち, θ の推定値が正であれば, 旅行者が目的地 1 を選択していることによって, 交通手段 1 に対する効用が増し, 逆に負であれば交通手段 2 に対する効用が増すことになる.

4. 実証分析

(1) データの概略と選択肢の設定

前章で提示した 2 つのモデルを用いて実証分析を行う. 今回用いるのは, 奈良県観光交通調査 (実施主体: 建設省奈良県国道工事事務所, 平成 9 年 11 月実施) における, 奈良県北部地区訪問者に対するアンケート調査のデータである. 調査方法や集計結果に関しては, 溝上・古市¹²⁾ に詳しいのでそちらを参照されたい.

交通手段としては, 自家用車 (交通手段①) と鉄道 (交通手段②) を取り上げる. 一方, 目的地に関しては, 地域性を考慮して, 奈良市, 生駒市, 大和郡山市にまたがる都市部 (目的地 1) と, 南部の郊外地域 (目的地 2) の 2 つにゾーン区分した (図 1). ここでは便宜上, 観光目的地ゾーンを都市部と郊外地域という区分を行ったが, 本来は当該観光地のマーケティング戦略に対応して設定されるべきである.

以上の選択肢設定のもと, 実証分析においては, 関西

及び中部の一部を出発地とする日帰り旅行者が, 自宅を出てから最初に訪れる際の, 交通手段と目的地の組合せの選択行動を分析対象とする. 調査より, 各説明変数 (後述) に関する回答が得られている旅行者のみを抽出し, 最終的に合計で 1,243 の有効サンプルが得られた. 選択結果のクロス集計表を表 1 に示す.

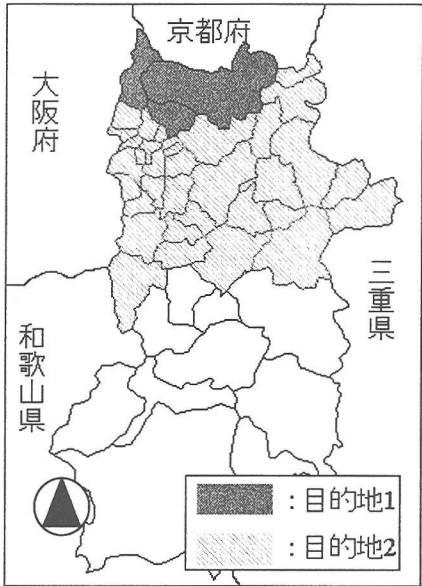


図 1: 対象地域 (奈良県北部)

表 1: 選択結果のクロス集計表

	交通手段① (自家用車)	交通手段② (鉄道)	合計
目的地1 (都市部)	425	145	570
目的地2 (郊外地域)	501	172	673
合計	926	317	1,243

(2) 用いる説明変数

説明変数としては, 表 2 に示した各変数を用いる. このうち Gender, Age, Accom, NVehicle に関しては, 調査結果から得られる値をそのまま使用する.

所要時間や費用に関しては, 旅行者自身が利用した交通機関, 及び, 訪れた目的地に関しての値しか調査結果から知ることはいない. そこで, 実際に選択していない選択肢の所要時間, 及び, 費用の情報に関しては, サンプルより得られる所要時間及び費用の各平均値を用いた. そのような設定のもと, MTime, MCost, DTime, DCost の各変数を, 表 2 に示したような形で定義した.

交差的説明変数 z_n^{Dest} としては, 各目的地に固有で, かつ, 交通手段選択に影響を及ぼす可能性が高い変数を用いる必要がある. 目的地固有の変数としては, 例えば, 当該目的地内の観光施設数等が考えられるが, このような変数は, 目的地のゾーニングの仕方次第で算出方法が大きく変動する可能性が高い. したがって, ここでは便宜的に, 観光地自体に対する満足度評価値 (旅行者が今

回の旅行で訪れた観光地・観光施設自体の魅力に関して〔5：満足である～1：不満である〕という5段階評価で判定した結果〕を用いる。ここで、変数 Att1 は、目的地1の評価値、Att2 は、目的地2の評価値である。

z_n^{Mode} も z_n^{Dest} 同様、各交通手段に固有で、かつ、目的地選択に影響を及ぼす可能性が高い変数を用いなければならない。ここでは、自動車・鉄道利用に対する5段階の満足度評価値（旅行者が今回の旅行使用した交通手段の利用のしやすさに関して〔5：満足である～1：不満である〕という5段階評価で判定した結果）を用いる。ここで、変数 Comf1 は、交通手段①の評価値、Comf2 は、交通手段②の評価値である。

表 2：説明変数の定義（左列：略称、右列：説明）

①交通手段選択モデル（式(1)、式(11)）の中で用いられる変数： z_n^{Mode}	
MTime	当該交通手段による、各目的地への所要時間の平均値（分）
MCost	当該交通手段による、各目的地への交通費用の平均値（円）
Gender	男性-1、女性-0
Age	年齢
Accomp	旅行の同伴者あり-1、なし-0
NVehicle	当該世帯の自動車保有台数
Comf	$\equiv \text{Comf1-Comf2}$
②目的地選択モデル（式(3)、式(12)）の中で用いられる変数： z_n^{Dest}	
DTime	当該目的地への各交通手段による所要時間の平均値（分）
DCost	当該目的地への各交通手段による交通費用の平均値（円）
Gender	男性-1、女性-0
Age	年齢
Accomp	旅行の同伴者あり-1、なし-0
Attract	$\equiv \text{Att1-Att2}$
③交差的説明変数 z_n^{Dest} として、式(1)、式(11)の中で用いられる変数	
Att1	観光地1の魅力度評価値（5段階評価）
Att2	観光地2の魅力度評価値（5段階評価）
④交差的説明変数 z_n^{Mode} として、式(3)、式(12)の中で用いられる変数	
Comf1	交通手段1の利便性の評価値（5段階評価）
Comf2	交通手段2の利便性の評価値（5段階評価）

表 3：比較検討する構造（モデル1）

交差的 説明変数 z	パラメータ ρ	
	考慮しない	考慮する
考慮しない	モデル 1-①	モデル 1-②
考慮する	モデル 1-③	モデル 1-④

表 4：比較検討する構造（モデル2）

交差的 説明変数 z	パラメータ θ	
	考慮しない	考慮する
考慮しない	モデル 2-①	モデル 2-②
考慮する	モデル 2-③	モデル 2-④

(3) 推定結果とその考察

ここでは比較のため、表 3 及び表 4 に示すようなモデルを構築する。すなわち、(I) 交差的説明変数 z の導入の有無、及び、(II) 相互依存性を規定するパラメータ ρ (又は θ) を予め 0 と設定するか否かの組合せによって、モデル 1、モデル 2 各々に対して 4 種類のモデルを構築する。それらの推定結果を表 5（モデル 1）、及び、表 6（モデル 2）にそれぞれ示す。以下、考察を行う。

- 表 5、表 6 におけるいずれのモデルにおいても、定数項や一部の交差的説明変数を除いた、多くのパラメータが統計的に有意となっている。また、絶対値に若干の相違があるものの、ほとんどのパラメータ推定値は、各モデル間で同一の符号となっている。
- 時間や費用に関連するパラメータの符号が、直感に反して正となっている。これは時間や費用が必ずしも選択の抵抗になるとは限らない観光交通の特質によると考えられる。
- 目的地の魅力度に関連する変数（Attract、Att1、Att2）の t 値が低い一方で、交通手段の利便性に関連する変数（Comf、Comf1、Comf2）の t 値は、概して高くなっている。これは、各目的地の魅力度に対する主観的評価値のばらつきがあまりなく、Att1 及び Att2 の標本分散が小さくなっていることに起因すると考えられる。一方、交通手段の利便性の主観的評価値は大きくばらついているため、有意な結果が得られている。
- AIC 統計量から判断すると、モデル 2-④、すなわち、交差的説明変数 z を導入し、かつ、Cross-Category パラメータ $\theta \neq 0$ と仮定した多項ロジットタイプのモデルが、モデル適合度が最も大きいことが分かる。ただし、モデル 2-③とモデル 2-④の適合度の差異は小さく、 θ の導入によってモデルの説明力が飛躍的に向上したとは言い難い。
- 交差的説明変数 $z_n^{Dest} = (\text{Att1}, \text{Att2})$ 、 $z_n^{Mode} = (\text{Comf1}, \text{Comf2})$ の各係数パラメータは、先に述べた理由で、Att1、Att2 の t 値が若干小さいものの、全体的には有意な推定値が多く得られている。また、符号に関しても全てのモデルで同一となっている。その結果、「観光目的地の魅力度が増大すれば、旅行者は、当該目的地までの交通手段として鉄道をより選ぶようになる」、「自動車の利便性が低下する、あるいは、鉄道の利便性が増加するほど、旅行者は、都市内の観光地を訪れるようになる」等といった判断が可能となる。説明変数の組合せによって、考えられるモデルは無数にあるが、ごく限られた変数設定の範囲内において、交差的説明変数 z の導入効果が確認できたといえる。
- モデル 1-②、1-④におけるパラメータ ρ として、有意な負の推定値が得られている。すなわち、自動車で奈良都市部地域を訪問する旅行者には、これらの組合せによって弱い負の相互作用が働いていることになる。 ρ は、説明変数として導入していない非観測要因が交

表5：モデル1の推定結果

交差説明変数 z 、共分散 ρ を共に考慮しない場合(モデル1-①)				共分散 ρ のみを考慮する場合(モデル1-②)			
交通手段選択		目的地選択		交通手段選択		目的地選択	
説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)
(x^{Mode})		(x^{Dest})		(x^{Mode})		(x^{Dest})	
MTime $\times 10^{-3}$	0.593 (2.57)	DTime $\times 10^{-3}$	3.44 (4.08)	MTime $\times 10^{-3}$	0.633 (2.90)	DTime $\times 10^{-3}$	3.42 (4.19)
MCost $\times 10^{-5}$	10.0 (3.55)	DCost $\times 10^{-5}$	16.0 (4.05)	MCost $\times 10^{-5}$	10.4 (3.70)	DCost $\times 10^{-5}$	16.5 (4.22)
Age $\times 10^{-2}$	-1.86 (-6.14)	Age $\times 10^{-2}$	-1.78 (-6.45)	Age $\times 10^{-2}$	-1.87 (-6.11)	Age $\times 10^{-2}$	2.07 (0.571)
Gender	0.385 (4.42)	Gender	0.0914(1.18)	Gender	0.383 (4.41)	Gender	0.0900(1.16)
Accomp	0.922 (5.17)	Accomp	0.547 (2.90)	Accomp	0.921 (5.19)	Accomp	0.548 (2.90)
NVehicle	0.337 (9.02)	Attract $\times 10^{-2}$	3.76 (0.92)	NVehicle	0.333 (8.68)	Attract $\times 10^{-2}$	3.70 (0.91)
Comf	0.143 (4.27)			Comf	0.136 (4.00)		
定数項 $\times 10^{-2}$	-2.30 (-0.936)	定数項 $\times 10^{-2}$	17.0 (0.740)	定数項 $\times 10^{-2}$	-2.66 (-1.08)	定数項 $\times 10^{-2}$	16.7 (0.724)
—				誤差項共分散パラメータ $\rho = -0.117 (-2.10)$			
$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1419.5$, 自由度修正済尤度比=0.173, AIC = 2868.9				$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1417.2$, 自由度修正済尤度比=0.174, AIC = 2866.3			

表5 (続き)

交差説明変数 z のみを考慮する場合(モデル1-③)				交差説明変数 z 、共分散 ρ を共に考慮する場合(モデル1-④)			
交通手段選択		目的地選択		交通手段選択		目的地選択	
説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)
(x^{Mode})		(x^{Dest})		(x^{Mode})		(x^{Dest})	
MTime $\times 10^{-3}$	0.610 (2.61)	DTime $\times 10^{-3}$	3.41 (4.15)	MTime $\times 10^{-3}$	0.654 (2.96)	DTime $\times 10^{-3}$	3.38 (4.22)
MCost $\times 10^{-5}$	9.89 (3.50)	DCost $\times 10^{-5}$	15.8 (3.99)	MCost $\times 10^{-5}$	10.3 (3.63)	DCost $\times 10^{-5}$	16.3 (4.15)
Age $\times 10^{-2}$	-1.88 (-6.14)	Age $\times 10^{-2}$	-1.80 (-6.50)	Age $\times 10^{-2}$	-1.87 (-6.10)	Age $\times 10^{-2}$	-1.79 (-6.41)
Gender	0.383 (4.38)	Gender	0.0929(1.19)	Gender	0.380 (4.36)	Gender	0.0913(1.18)
Accomp	0.914 (5.08)	Accomp	0.580 (2.82)	Accomp	0.911 (5.09)	Accomp	0.582 (2.83)
NVehicle	0.335 (8.89)	Attract $\times 10^{-2}$	2.59 (0.626)	NVehicle	0.331 (8.52)	Attract $\times 10^{-2}$	2.65 (0.644)
Comf	0.143 (4.21)			Comf	0.142 (4.20)		
(z^{Dest})		(z^{Mode})		(z^{Dest})		(z^{Mode})	
Att1 $\times 10^{-2}$	-8.89 (-1.40)	Comf1 $\times 10^{-2}$	-7.65 (-2.33)	Att1 $\times 10^{-2}$	-9.22 (-1.44)	Comf1 $\times 10^{-2}$	-7.98 (-2.42)
Att2 $\times 10^{-2}$	-7.44 (-1.22)	Comf2 $\times 10^{-2}$	14.5 (3.00)	Att2 $\times 10^{-2}$	-8.40 (-1.40)	Comf2 $\times 10^{-2}$	13.9 (2.86)
定数項	0.645 (1.47)	定数項	-0.144 (-0.450)	定数項	0.699 (1.58)	定数項	-0.114 (-0.356)
—				誤差項共分散パラメータ $\rho = -0.119 (-2.14)$			
$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1410.6$, 自由度修正済尤度比=0.177, AIC = 2859.2				$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1408.3$, 自由度修正済尤度比=0.179, AIC = 2856.6			

表6：モデル2の推定結果

交差説明変数 z 、選択ダミー係数 θ を共に考慮しない場合(モデル2-①)				選択ダミー係数 θ のみを考慮する場合(モデル2-②)			
交通手段選択		目的地選択		交通手段選択		目的地選択	
説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)
(x^{Mode})		(x^{Dest})		(x^{Mode})		(x^{Dest})	
MTime $\times 10^{-3}$	1.12 (2.17)	DTime $\times 10^{-3}$	6.26 (2.99)	MTime $\times 10^{-3}$	1.12 (2.15)	DTime $\times 10^{-3}$	6.32 (3.02)
MCost $\times 10^{-5}$	19.0 (3.82)	DCost $\times 10^{-5}$	25.1 (4.69)	MCost $\times 10^{-5}$	18.8 (3.77)	DCost $\times 10^{-5}$	25.1 (4.69)
Age $\times 10^{-2}$	-3.48 (-7.06)	Age $\times 10^{-2}$	-3.01 (-6.86)	Age $\times 10^{-2}$	-3.58 (-6.61)	Age $\times 10^{-2}$	-3.08 (-6.58)
Gender	0.693 (4.62)	Gender	0.188 (1.48)	Gender	0.684 (4.52)	Gender	0.185 (1.43)
Accomp	1.68 (6.68)	Accomp	1.07 (4.14)	Accomp	1.60 (5.36)	Accomp	0.986 (3.19)
NVehicle	0.704 (8.91)	Attract $\times 10^{-2}$	5.90 (0.892)	NVehicle	0.695 (7.21)	Attract $\times 10^{-2}$	5.93 (0.897)
Comf	0.258 (4.62)			Comf	0.260 (4.64)		
定数項	0.365 (1.32)	定数項 $\times 10^{-2}$	-7.02 (-0.256)	定数項	0.484 (1.28)	定数項 $\times 10^{-2}$	6.97 (0.170)
—				Cross-Category パラメータ $\theta = -0.297 (-2.19)$			
$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1412.0$, 自由度修正済尤度比=0.177, AIC = 2853.9				$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1411.9$, 自由度修正済尤度比=0.177, AIC = 2855.7			

表6 (続き)

交差説明変数 z のみを考慮する場合(モデル2-③)				交差説明変数 z 、選択ダミー係数 θ を共に考慮する場合(モデル2-④)			
交通手段選択		目的地選択		交通手段選択		目的地選択	
説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)	説明変数	パラメータ(t 値)
(x^{Mode})		(x^{Dest})		(x^{Mode})		(x^{Dest})	
MTime $\times 10^{-3}$	1.14 (2.19)	DTime $\times 10^{-3}$	6.28 (2.96)	MTime $\times 10^{-3}$	1.14 (2.22)	DTime $\times 10^{-3}$	6.35 (3.00)
MCost $\times 10^{-5}$	18.9 (3.79)	DCost $\times 10^{-5}$	25.0 (4.65)	MCost $\times 10^{-5}$	18.5 (3.70)	DCost $\times 10^{-5}$	25.0 (4.65)
Age $\times 10^{-2}$	-3.37 (-6.47)	Age $\times 10^{-2}$	-2.98 (-6.43)	Age $\times 10^{-2}$	-3.54 (-6.54)	Age $\times 10^{-2}$	-3.08 (-6.52)
Gender	0.696 (4.61)	Gender	0.186 (1.46)	Gender	0.684 (4.52)	Gender	0.177 (1.38)
Accomp	1.69 (6.00)	Accomp	1.13 (3.76)	Accomp	1.57 (5.24)	Accomp	0.995 (3.19)
NVehicle	0.708 (7.35)	Attract $\times 10^{-2}$	4.11 (0.613)	NVehicle	0.694 (7.16)	Attract $\times 10^{-2}$	4.33 (0.643)
Comf	0.250 (4.45)			Comf	0.255 (4.51)		
(z^{Dest})		(z^{Mode})		(z^{Dest})		(z^{Mode})	
Att1 $\times 10^{-2}$	-9.03 (-0.888)	Comf1	-0.108 (-2.02)	Att1 $\times 10^{-2}$	-16.6 (-1.37)	Comf1	-0.117 (-2.16)
Att2 $\times 10^{-2}$	-9.53 (-1.00)	Comf2	0.251 (3.43)	Att2 $\times 10^{-2}$	-16.1 (-1.46)	Comf2	0.224 (2.96)
定数項	-0.339 (-0.817)	定数項 $\times 10^{-2}$	0.884 (0.129)	定数項 $\times 10^{-2}$	-2.71 (-0.557)	定数項 $\times 10^{-2}$	1.36 (1.74)
—				Cross-Category パラメータ $\theta = -0.230 (-1.61)$			
$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1404.2$, 自由度修正済尤度比=0.180, AIC = 2846.9				$L(0) = -1723.2, L_{Max} = -1403.5$, 自由度修正済尤度比=0.181, AIC = 2846.3			

通手段選択と目的地選択の双方に及ぼす影響を規定するパラメータであり、説明変数の吟味（特に交差的反変数 α ）を行うことによって、より相関が小さい推定結果を得る可能性は大きい。それにより、具体的にどのような要因が、異なる選択行動間でどのように影響を及ぼしあっているのかを、より明確に特定化することができると思われる。

- 一方、モデル2-②、2-④におけるパラメータ θ としても、 ρ 同様に有意な負の推定値が得られている。すなわち、自動車を選ぶという意味決定行為自体は、旅行者が奈良の郊外地域を目的地として選択するように作用していることになる。

もちろん今回の実証分析は、まだまだ実験的段階に過ぎないため、以上の定性的知見に関する一般性は保証されていない。考察でも述べたが、説明変数の設定等に関するさらなる吟味が、ますます重要になると思われる。

(4) 弾性値分析結果の比較

交差的反変数や誤差項の相関の存在が、予測分析に与える影響を把握するため、モデル1を用いて弾性値分析を行った。比較に用いるモデルは以下のとおりである。

- モデル1-①：交差的反変数、誤差項の相関を、共に考慮していないモデル
- モデル1-②：誤差項の相関のみを考慮したモデル
- モデル1-④：交差的反変数、誤差項の相関を、共に考慮したモデル

これらの各モデルに対して弾性値分析を行った。今回は、説明変数の値がそれぞれ1%上昇したときに、自家用車を選択する確率が何%変化するか(点弾性値)を、表7に示した各説明変数の標本平均値を用いて計算した。変化させたのは、今回のパラメータ推定値の中で比較的信頼性の高かったAcomp（同伴ダミー）、NVehicle（自動

車保有台数）、Comf（交通手段利便性評価値）の3つの反変数である。その結果を表8に示す。同一の反変数であっても、交差的反変数や誤差項の相関の有無によって弾性値の試算値はモデル間で異なっており、選択行動間の相互依存性の仮定を設けることによって、予測を行う際にも少なからぬ影響が生じる可能性が示唆される。

5. まとめ

本研究では、観光交通行動を構成する交通手段選択行動や目的地選択行動の間に、旅行者の意思決定上重要となる何らかの相互依存性が存在しており、それを把握することが、観光地のマーケティング戦略上重要であるという問題意識に立ち、異なる選択行動間の関連性を明示的に考慮可能な離散選択モデルの構築、及び、その実証分析を行った。具体的には、交差的反変数、誤差項間の相関、あるいは、選択結果ダミーといった形で、異なる選択行動間の相互依存性を考慮した離散選択モデルを2種類構築し、実際の観光交通調査データを用いて、交通手段－目的地の同時選択モデルのパラメータ推定を行った。そして、各パラメータの推定値に基づいて、例えば、都市域の観光地の魅力度向上が、旅行者の自動車選択行動にどのような影響を与える可能性があるのかなど、相互依存性に関するいくつかの具体的知見を得ることができた。さらに、選択モデルの弾性値分析を行い、相互依存性の存在が予測分析にどのような影響を与えるのかに関しても、若干の考察を行った。

しかし、今回検討した各モデル及び実証分析は、まだまだ実験的段階に過ぎず、ある程度の信頼性を持って旅行者の選好構造を把握できると言えるまでには至っていない。そのため、今後は次に示すような課題を改善していくことが重要であると考える。

表 7：説明変数の標本平均値
(弾性値分析で使用)

説明変数	平均値
MTime	16.32
MCost	597.3
Gender	0.587
Age	42.96
Accomp	0.947
NVehicle	1.422
Att1	3.997
Att2	4.000
DTime	-18.91
DCost	-237.4
Comf1	3.145
Comf2	3.649

表 8：モデル1の弾性値分析結果
(シェアの変化量を%値での変化ポイントとして表したもの)

	変化させる説明変数		
	Acomp	NVehicle	Comf
モデル1-①	0.2782	0.1017	0.0433
モデル1-②	0.3130	0.1083	0.0441
モデル1-③	0.3108	0.1076	0.0462

- 実証分析を継続的に行う。特に、他の類似地域への適用を試みることににより、今回の実証分析で得られた各種の帰結が一般性を有しているのかどうかを検証する必要がある。
- 説明変数の設定の吟味、及び、目的地の地域割等に関する精査が必要である。
- 今回の分析では、選択行動間の相互依存性（交差性）として、①説明変数として明示的に導入する、②非観測要因間の相関構造を仮定する、③他方の選択結果そのものを導入する、といった3つの方法を採用した。このうち、モデル1では①と②の組合せを、モデル2では①と③の組合せに関してのみの考察しか行っていない。より一般的には、①、②、③を同時に考慮可能なモデル化が必要となってくる。また③に関しては、今回の分析では選択結果ダミーとしての導入を試みただけであり、これとは別に、異なる行動に関する効用の値そのものを、当該選択行動の説明変数として用いるといったアプローチも考えられる。以上の課題に関しては、再帰的な同時方程式プロビットモデル¹³⁾の適用可能性が大きいと考えられる。
- 交通手段と目的地という2つの選択カテゴリーに、さらに、出発時刻選択や経路選択等を加味した3つ以上の選択カテゴリーが存在する状況を想定したモデルへと展開していく必要がある。これに関しては、モデル1、モデル2共に容易に拡張可能である。
- 今回提示したモデルは、本来、複数のブランド品の集合から、どのブランド品を同時に購入するかという選択行動を定式化したものである。これに類似した状況として、複数の観光スポットのうち、どのスポットを同時に訪問するかといった意思決定状況があり、このような現象への適用可能性を検討する必要がある。
- さらに、複雑な確率型選択モデルの構築を目指すだけでなく、各選択カテゴリーの認識構造に関する心理学的考察¹⁴⁾等も別途進める必要があると思われる。

謝辞

奈良県観光交通調査のデータを使用するにあたり、朝倉康夫先生（愛媛大学）、古市英士氏（地域未来研究所）のご尽力を賜りました。また、匿名の論文査読員の方々からは、貴重な修正意見を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

〔注〕

例えば、モデル1のような方法で、候補交通手段がM個、候補目的地がD個といった一般的状況を考える場合、本来は、M行D列の共分散パラメータ行列を用いて、非観測要因間の相関構造を定義する必要がある。しかし、筆者らの知る限り、このような相異なる多肢選択行動間の相関構造を考慮したモデル化を行っている例は見かけられない。

参考文献

- 1) Ben-Akiva, M. and Gershenveld, S. : Multi-Featured Products and Services: Analyzing Pricing and Bundling Strategies, *Journal of Forecasting*, Vol.17, pp.175-196, 1998.
- 2) Chuang, J. and Sirbu, M. : Optimal Bundling Strategy for Digital Information Goods: Network Delivery of Articles and Subscriptions, *Information Economics and Policy*, Vol.11, pp.147-176, 1999.
- 3) 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.
- 4) Russell, G. and Petersen, A. : Analysis of Cross Category Dependence in Market Basket Selection, *Journal of Retailing*, Vol.76, pp.367-392, 2000.
- 5) Eppen, G., Hanson, W. and Martin, R. : Bundling-New Products, New Markets, Low Risk, *Sloan Management Review*, Summer, pp.7-14, 1991.
- 6) Hanson, W. and Martin, R. : Optimal Bundle Pricing, *Management Science*, Vol.36, pp.155-174, 1990.
- 7) 例えば、森川高行・佐々木邦明・東力也：観光系道路網整備評価のための休日周遊行動モデル分析，土木計画学研究・論文集，No.12, pp.539-547, 1995.
- 8) 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.
- 9) 例えば、Farquhar, P. and Rao, V. : A Balance Model for Evaluating Subsets of Multi-Attributed Items, *Management Science*, Vol.22, pp.528-539, 1976.
- 10) 例えば、Russell, G. : Multiple-Category Decision-Making: Review and Synthesis, *Marketing Letters*, Vol.10, pp.319-332, 1999.
- 11) Cressie, N. : *Statistics for Spatial Data*, John Wiley and Sons, New York, pp.410-433, 1993.
- 12) 溝上章志・古市英士：奈良県観光交通調査と分析，第34回土木計画学シンポジウム，No.34, pp.25-38, 1998.
- 13) 例えば、Wilde, J. : Identification of multiple equation probit models with endogenous dummy Regressors, *Economic Letters*, Vol.69, pp.309-312, 2000.
- 14) 例えば、Hamad, S. : *Categorical Perception : The Groundwork of Cognition*, Cambridge University Press, Cambridge, 1987.

本研究では、観光交通行動を構成する交通手段選択行動や目的地選択行動の間に、旅行者の意思決定上重要となる何らかの相互依存性が存在しており、それを把握することが、観光地のマーケティング戦略上重要であるという問題意識に基づき、マーケティング・サイエンスにおけるバンドリングの概念（消費者が様々な要素選択肢の組合せを選択すると想定した消費者行動分析）を援用して、異なる選択行動間の関連性を明示的に考慮可能な離散選択モデルを構築し、その実証分析を行った。具体的には、どのような交通機関と目的地の組合せが旅行者にとって好まれやすいのかを把握可能な離散選択モデルを2種構築し、観光交通調査を用いた実証分析を通じてそれらの妥当性を検証した。

Recreational Travel Behavior Analysis Focusing on Interdependence of Multidimensional Choices

By Daisuke FUKUDA and Shigeru MORICHI

This paper develops a framework for the recreational travel behavior models, which consider the interrelations among the different choices, such as the destination choice and the travel mode choice. In order to specify the interrelations, the concept of “product bundling” will be incorporated to the discrete choice models. The proposed framework could be useful for formulating the marketing strategies of the recreational sites, because it can make suggestions about what kind of combinations of the recreational travel components are more attractive to travelers. Finally, empirical analyses were performed over the behavioral survey data extracted from the recreational travel survey in Nara-Prefecture, Japan.
