

ランダム効用理論に基づく所得制約下での国内・海外旅行行動の連続・離散選択モデル*
A Random-Utility-Based, Discrete-Continuous Choice Model of Domestic-Oversaes Travel
That Accounts for Income Constraints*

藤井 聡**, 池田泰敏***, 北村隆一****

By Satoshi Fujii**, Yasutoshi Ikeda***, and Ryuichi Kitamura****

1.はじめに

(1) 研究の背景

近年、女性の消費行動は活発なものとなり、それに伴う交通需要も増大してきているものと考えられる。女性の消費活動の拡大の背景には、女性の社会的立場についての社会的共通認識の変化や家電製品の普及に伴う家事労働時間の短縮等様々な原因が考えられるが、女性の就業率の向上とそれに伴う収入の増加を直接的な原因の一つとして挙げる事ができよう。すなわち、個人的に利用可能な収入が増加し、市場に存在する種々の財、サービスを自由に購入することが可能となり、その結果、女性の消費活動が活性化したものと考えられるのである。

特に、旅行やレジャーなどの自由な活動(以下、趣味娯楽活動)の活性化は、将来の交通需要をその構造的、質的な変化を考慮した上で検討する場合には、無視できないものの一つであると考えられる。なぜなら、女性の趣味娯楽活動の活性化は、それに伴う交通需要の増大を直接的に意味するからである。そして、その傾向は今後も進行するものと推測される。

ここで、女性個人の趣味娯楽活動への需要の活性化の重要な要因の一つが収入の増加であるということ考えた場合、女性個人の交通需要解析を行うためには、収入と交通需要との関係を明示的にモデル構造に取り込むことが必要となる。一般的な交通需要解析手法である効用理論に基づいた交通行動モデルによるアプローチにおいて収入と交通行動との関係を考慮する場合には、交通行動についての効用関数の説明変数として収入を導入するという方法が従来より頻繁に用いられてきた^{1), 2)}。しかし、所得の変化は、交通行動のみ影響を及ぼすものではなく、家計の消費行動全般に影響を及ぼすものである。所得の変化の交通行動への影響は、その消費活動全般の変化

を通じて間接的にもたらされるものに過ぎない。したがって、交通行動のみに着目した行動モデルで、収入の変化に伴う交通需要の変化を十分に分析できるかどうかには議論の残るところであろう。この視点から、女性個人の交通需要解析モデルの構築を目指す場合、他の消費行動にまで視野を広げることが必要であると考えられる。

(2) 交通サービス以外の消費行動を考慮した従来の行動モデル

交通行動以外の消費行動を考慮した行動モデルを開発するに当たって有効なアプローチとして、効用最大化仮説に基づく行動モデルが挙げられる。このアプローチを適用することの最大の利点は、交通行動とそれ以外の消費行動とのトレードオフ、相関関係を明示的に考慮することができるという点であり、古くから様々な行動モデルがこのアプローチに基づいて提案されてきている。

この効用最大化仮説の枠組みで個人や世帯の消費と活動の双方をモデル化した最も初期的な研究は、Becker のものである³⁾。このモデルは、世帯は、利用可能な時間と収入に基づいて財・サービスを自己生産し、それを消費することで得られる効用を最大化するように消費行動を規定しているものとするものである。この Becker のモデルは、それ以後、De Serpa⁴⁾やEvans⁵⁾等によって一般化、発展が図られたが、1984年には Kitamura⁶⁾によって交通需要予測を行うための基礎的分析ツールの開発のために適用された。Kitamuraの研究では、宅外活動時間が0の場合にはその個人は交通行動を実行していないという自明の関係に着目し、宅内活動と宅外活動の双方への時間配分を交通需要解析における基礎的な指標であると位置づけ、効用最大化の枠組みで配分モデルを構築している。

この Kitamura のモデルと Becker や De Serpa, Evans のモデルとの最大の相違点は、後者が現象を記述し、説明するために開発された一方で、Kitamura のモデルは需要解析ツールとして開発された、という点である。それ故、Kitamura のモデルでは、実証的な非集計データに基づいて、効用関数の未知パラメータが推定されている。推定に

* キーワーズ:交通行動分析, 発生・集中, 消費行動
** 正会員 工博 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
*** 正会員 工修 住友商事
**** 正会員 Ph.D 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
(〒606-01 京都市左京区吉田本町, tel: 075-753-5136, fax:075-753-5916)

あたっては、双方に活動時間が配分される場合、一方にのみ活動時間が配分される場合のそれぞれを想定した Tobit モデルの枠組みが適用されている。なお、このモデル考え方は、後に RDC⁷⁾、Kitamura et al⁸⁾らが提案するモデルにも適用されている。

また、時間制約ではなく、所得制約を考慮した交通需要解析ツールは室町⁹⁾、森杉¹⁰⁾らによっても提案されている。これらのモデルは、Kitamura のモデルと同様に、交通サービスに関する複数の財・サービスを想定して、それらの財・サービスへの資源の配分問題を解くことにより需要解析を目指すものである。ただし、室町が買い物場所、買い物頻度選択行動に適用した離散-連続モデルは、物流システムにおける交通手段とロットサイズの同時選択問題¹¹⁾、¹²⁾や、交通機関と移動時間の同時選択問題¹³⁾等に適用する場合には極めて有効なモデルであると考えられるが、複数の財に資源を同時に配分するような現象を記述することはできない。逆に、森杉らのモデルは特定の財への資源の配分量が 0 となる現象を記述することはできない。

当然ながら現実には、個人の一定期間での目的地や活動内容の選択行動における各々の選択肢は、必ずしも一つのみが選択されるものでも全てが選択されるものでもない。この点をモデル上で再現するためには、Kitamura のモデルで考慮されている各々の財への資源配分量が 0 となる条件⁶⁾を明示的に導入することが有効な方法であるものと考えられる¹¹⁾。なお、交通行動以外の消費行動をモデル化する際においても、消費量が 0 となること、すなわち zero expenditure and corner solution を考慮することの重要性は従来より認識されており、Tobit モデルを用いた分析がなされた例もいくつか挙げられる¹⁴⁾。

ただし、森杉らのモデルを実質的な個人ではなく「代表的個人¹⁰⁾」に適用する場合には、全ての選択肢に資源が配分されるという仮定は、十分に許容しうるものとなると思われる。なぜなら、集計指標算出のために想定される代表的個人には、目的地選択の機会が非常に多く(すなわち、その代表的個人が代表している実際の人数分だけ)存在するからである¹²⁾。しかし、個人間や世帯間の異質性を無視した代表的個人の行動を予測することで、どこまで妥当な、そして、偏りのない需要解析ができるかどうかについては十分に議論することが必要であろう。

(3)本研究の位置づけ

本研究では、上記(1)で述べた背景のもと、将来の交通需要の構造変化の原因の一つとなりうる、女性個人の趣

味娯楽活動に伴う交通需要を予測／解析するための評価ツールの提案を目指す。

女性個人の趣味娯楽活動に伴う交通需要の解析を目指す始めの試みとして、消費時間と出費の双方ともが他の趣味娯楽活動よりも大きな国内旅行、海外旅行を解析対象とすることとした。また、女性の社会進出とそれによる収入の増加に伴って顕著に増加することが予想される、家族以外の友人や同僚等と連れ立って行く旅行に着目することとした。なお、家族同伴の旅行については、女性個人のみを対象とするのではなく、世帯を対象としたモデルが別途必要とされるものと考えられる。

このような国内/海外旅行と収入との関係を記述する方法論としては、(2)で概観した、収入に基づいて自己生産される旅行活動とそれ以外の財・サービスとのトレードオフを考慮することができる効用最大化仮説に基づいた行動モデルを用いることとする。すなわち、最大の効用が与えられるという形で、世帯収入が国内旅行、海外旅行、および、それら以外の財・サービスのそれぞれへに配分され、その配分された所得に基づいて各旅行の形態が決定されるものとするのである。

このような考え方でモデルを構築する際、本章(2)で述べたような従来の研究を参考とするとともに、それらの研究で課題として残されている点に対処する形でモデルの構築を図る事とした。本研究で提案するモデルの特徴は、以下のものである：

- 1) 個人間、世帯間の異質性を考慮することのできる非集計タイプのモデルであり、実証的な非集計データに基づいて効用関数を推定することができる。
- 2) 対象とする財・サービス(すなわち、海外旅行、国内旅行とその他の財・サービス)に収入が配分されないという条件も明確に考慮した上で、モデルを定式化する。
- 3) ランダム効用を仮定する。

これらの特徴は、いずれも Kitamura, RDC, Kitamura et al に見られる時間配分モデルが持つものである。すなわち、本研究で提案するモデルは、これらの時間配分モデルの考え方を適用した収入配分モデルであると位置づけることができる。特に、上記 2) の特徴を持つという点において、本モデルは連続・離散選択モデル¹³⁾と言える⁹⁾。

2.モデルシステムの概要

本研究では前章 1. で述べたように、女性個人が家族と

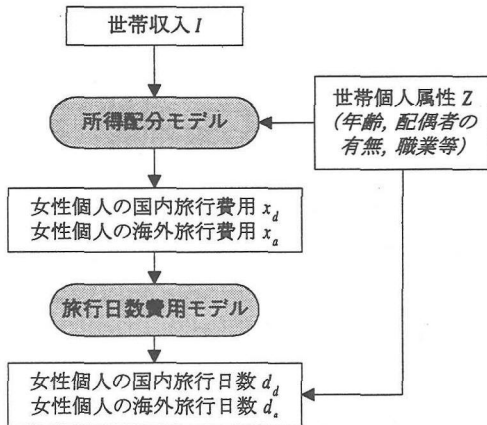


図-1 モデルシステム構成図

は独立に行く、すなわち、家族との同伴ではない海外旅行需要、国内旅行需要の予測を目的としたモデルシステムを提案する。このモデルシステムは、図-1 に示したように、世帯個人属性と世帯収入を与件として与えることで、国内旅行、海外旅行のそれぞれに費やす費用と日数を出力するモデルシステムであり、「所得配分モデル」「旅行日数費用モデル」の 2 つのサブモデルから構成されている。以下、それぞれのサブモデルについて述べる。

(1) 所得配分モデル

所得配分モデルは、女性個人の世帯の収入と世帯・個人属性より、その女性個人が 1 年間に費やす海外旅行費用、国内旅行費用を出力するサブモデルである。

a) 世帯の意思決定についての仮定

世帯は式(2a)(2b)の制約条件の下で、式(1)に示した年間世帯効用を最大化するように、当該世帯の一構成員である女性個人の海外旅行、国内旅行のそれぞれの費用と、それ以外に費やす費用を決定していると考え。

$$U_{all}(x_a, x_d, x_o) = U_a(x_a) + U_d(x_d) + U_o(x_o) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\text{S.T. } I = x_a + x_d + x_o \quad (2a)$$

$$x_a \geq 0, x_d \geq 0, x_o \geq 0 \quad (2b)$$

I : 世帯収入(単位:万円, ≥ 0)

x_a : 女性個人が一年間に家族とは独立に行く海外旅行に伴う総費用(単位:万円, ≥ 0)

x_d : 女性個人が一年間に家族とは独立に行く国内旅行に伴う総費用(単位:万円, ≥ 0)

x_o : 世帯が、女性個人が家族とは独立に実行する海外旅行・国内旅行以外の財、サービスの消費に費やす総費用(単位:万円, ≥ 0)

$U_{all}()$: 一年間の世帯収入に基づく消費活動に伴う、

その世帯の直接効用関数

$U_a(), U_d(), U_o()$: それぞれ、 x_a, x_d, x_o で自己生産される財・サービスの消費に伴う世帯の効用に関する部分直接効用関数

I : 世帯総収入(単位:万円, ≥ 0)

部分効用関数 $U_a(), U_d(), U_o()$ を定式化するにあたっては、それぞれの財、サービスに投入される所得の増加に伴って限界効用が逓減するものとする。そして、その限界効用関数は、個人属性や世帯属性、ならびに、それらでは説明できない要因を表す誤差項によって異なったものとなるものとする。これらの仮定に基づいて、 $U_a(), U_d(), U_o()$ を以下のように定式化する。

$$U_a(x_a) = e^{A_a Z + \varepsilon_a} \ln(x_a + 1) \quad (3a)$$

$$U_d(x_d) = e^{A_d Z + \varepsilon_d} \ln(x_d + 1) \quad (3b)$$

$$U_o(x_o) = e^{A_o Z + \varepsilon_o} \ln(x_o + 1) \quad (3c)$$

Z : 世帯属性、個人属性ベクトル

A_a, A_d, A_o : 未知パラメータベクトル

$\varepsilon_a, \varepsilon_d, \varepsilon_o$: それぞれ独立な正規分布に従う誤差項

これらの式において対数関数を用いているのは、先述の限界効用の逓減を表現するためであり^{6), 7), 8), 19)}、それぞれの費用に 1 を加えているのは費用が 0 となった場合に限界効用が ∞ に発散することを避けるためである¹⁹⁾。また、指数関数を用いているのは、限界効用の非負条件を考慮したためである^{6), 7), 8), 19)}。

b) 所得配分モデルによる海外・国内旅行費用の導出

式(1)の効用を、式(2a)の所得制約、(2b)の非負条件の下で最大化する問題を解くと以下の需要関数 F が誘導される。

$$\begin{pmatrix} x_a^* \\ x_d^* \\ x_o^* \end{pmatrix} = F(I, Z, B_a, B_d, \xi_a, \xi_d) \quad (4)$$

x_a^*, x_d^*, x_o^* : それぞれ x_a, x_d, x_o の最適解

B_a, B_d : 未知パラメータベクトル ($B_a = A_a - A_o, B_d = A_d - A_o$)

ξ_a, ξ_d : 誤差項 ($\xi_a = \varepsilon_a - \varepsilon_o, \xi_d = \varepsilon_d - \varepsilon_o$)

式(4)は、総世帯収入 I 、個人属性ベクトル Z 、未知パラメータベクトル B_a, B_d 、および、誤差項 ξ_a, ξ_d が与えられれば、 x_a^*, x_d^*, x_o^* を導くことができることを示している。なお、需要関数 F の誘導方法の詳細については注[4]に示した。

c) 未知パラメータの推定

本研究では、各世帯の出費データは、本節 a) で述べた各世帯の最適化の結果として実行された出費行動を観測

したものであるという前提のもと、パラメータベクトル B_a, B_d および誤差項 ξ_a, ξ_d の分散共分散行列を世帯出費データを用いて推定する。推定にあたっては、上述の最適化問題を解くことで導かれる、最適解 x_a^*, x_d^*, x_o^* が満たす以下の条件式を用いる¹⁵⁾。

$$\ln\left(\frac{x_a^*+1}{x_o^*+1}\right) \begin{cases} = B_a Z + \xi_a & \text{if } (x_a^* > 0) \\ \geq B_a Z + \xi_a & \text{if } (x_a^* = 0) \end{cases} \quad (5)$$

$$\ln\left(\frac{x_d^*+1}{x_o^*+1}\right) \begin{cases} = B_d Z + \xi_d & \text{if } (x_d^* > 0) \\ \geq B_d Z + \xi_d & \text{if } (x_d^* = 0) \end{cases} \quad (6)$$

ここで、 ξ_a, ξ_d をそれぞれ $N(0, \sigma_a^2), N(0, \sigma_d^2)$ に従うものとする。また、式(4)で定義したように、 ξ_a と ξ_d には、双方ともに ε_o が含まれるため、両者の間には相関が存在するのが自明である。ここで、両者の相関係数を ρ とすると、各個人について以下の尤度関数が誘導される。

$$L_1 = \begin{cases} \phi_{\xi_a, \xi_d}(\delta_a, \delta_d) & \text{if } (x_a^* > 0, x_d^* > 0) \\ \int_{-\infty}^{\delta_a} \phi_{\xi_a, \xi_d}(s, \delta_d) ds & \text{if } (x_a^* = 0, x_d^* > 0) \\ \int_{-\infty}^{\delta_d} \phi_{\xi_a, \xi_d}(\delta_a, t) dt & \text{if } (x_a^* > 0, x_d^* = 0) \\ \int_{-\infty}^{\delta_a} \int_{-\infty}^{\delta_d} \phi_{\xi_a, \xi_d}(s, t) ds dt & \text{if } (x_a^* = 0, x_d^* = 0) \end{cases} \quad (7)$$

ここに、

$$\phi_{\xi_a, \xi_d}(s, t) = \frac{1}{2\pi\sigma_a\sigma_d\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left(\frac{s^2}{\sigma_a^2} - 2\rho\frac{st}{\sigma_a\sigma_d} + \frac{t^2}{\sigma_d^2}\right)\right\}$$

$$\delta_a = \ln\left(\frac{x_a^*+1}{x_o^*+1}\right), \quad \delta_d = \ln\left(\frac{x_d^*+1}{x_o^*+1}\right)$$

そして、式(7)、ならびに、総世帯収入 I 、個人属性ベクトル Z, x_a^*, x_d^*, x_o^* の観測値に基づいて尤度関数を定式化し、これを最大化することで、 B_a, B_d および誤差項 ξ_a, ξ_d の分散共分散行列を推定する。

なお、式(5)(6)に示される連立方程式は、誤差相関を考慮した連立型の Tobit モデル¹⁴⁾と解釈することができる。

(2) 旅行日数費用モデル

所得配分モデルは世帯の意思決定についてのモデルであったが、このモデルは、女性個人の意思決定を対象とするモデルである。このモデルは、図-1 に示したように、個人属性、および、所得配分モデルの出力である海外・国内旅行費用から、旅行日数を出力するサブモデルである。なお、当然ながら、海外・国内旅行費用が 0 である女

性個人は海外旅行、国内旅行を実行することは不可能であるため、このモデルは、海外・国内旅行費用が正である女性個人にのみ適用される。

a) 女性個人の意思決定についての仮定

女性個人は、式(9)、(11)の制約条件の下で、式(8)、(10)で定式化される効用を最大化するように、海外旅行、国内旅行のそれぞれの旅行日数と一日あたりの費用を決定していると仮定する。

$$U_a(m_a, d_a) = m_a \exp(\beta_a Z + \pi_a) \ln(d_a + 1) \rightarrow \max \quad (8)$$

$$\text{S.T. } x_a = m_a d_a \quad (9)$$

$U_a()$: 一年間に家族とは独立に実行する海外旅行に伴う、女性個人の総効用関数

d_a : 女性個人が、一年間に家族とは独立に実行する海外旅行の日数

m_a : 女性個人が海外旅行を行う場合の、一日あたりの費用

x_a : 一年間に女性個人が海外旅行に費やす費用(所得配分モデルの出力)

$$U_d(m_d, d_d) = m_d \exp(\beta_d Z + \pi_d) \ln(d_d + 1) \rightarrow \max \quad (10)$$

$$\text{S.T. } x_d = m_d d_d \quad (11)$$

$U_d()$: 一年間に家族とは独立に実行する国内旅行に伴う、女性個人の総効用関数

d_d : 女性個人が、一年間に家族とは独立に実行する国内旅行の日数

m_d : 女性個人が国内旅行を行う場合の、一日あたりの平均費用

x_d : 一年間に女性個人が国内旅行に費やす費用(所得配分モデルの出力)

なお、 β_a, β_d はパラメータベクトル、 π_a, π_d は誤差項である。

ここで、式(8)(10)における $\ln(d_d + 1)$ 、 $\ln(d_s + 1)$ なる項は、先述の所得配分モデルにおける定式化の考え方と同様に、旅行日数の増加に伴って総効用は増加するが限界効用は低減していくことを意味している。また、それぞれの日数に 1 を加えることで旅行日数が 0 となった場合に限界効用が ∞ に発散することを回避した。また、 $m_a \exp(\beta_a Z + \pi_a)$ 、 $m_d \exp(\beta_d Z + \pi_d)$ なる項は、旅行日数についての限界効用は一日あたりの平均旅行費用と正の相関を持ち、かつ個人属性によっても影響を受けるとの考え方を意味している。

また、このように定式化される女性個人にとつての旅行行動に関する効用は、所得配分モデルで仮定した世帯の

表-1 所得配分モデル推定結果

変数	パラメータ	T値
居住地域が町村の場合1, それ以外0	-0.33	-1.69
30歳未満の夫を持つ時1, それ以外0	-2.26	-3.67
30歳以上の夫を持つ時1, それ以外0	-2.70	-10.45
海外旅行 親と同居している時1, それ以外0	-0.30	-1.56
B_a 子供の人数	-0.05	-1.34
職業を持つ時1, それ以外0	0.77	2.55
定数項	-7.07	-16.49
30歳未満の夫を持つ時1, それ以外0	-2.48	-5.66
30歳以上の夫を持つ時1, それ以外0	-2.99	-6.70
国内旅行 親と同居している時1, それ以外0	-0.29	-2.63
B_d 子供の人数	-0.16	-4.18
職業を持つ時1, それ以外0	0.59	7.82
定数項	-6.91	-7.25

$\sigma_a=1.32, \sigma_d=1.49, \rho=0.86$
 Sample Size = 1054, L(C) = 829.82, L(B) = 632,
 χ^2 (df = 13) = 395.38

表-2 旅行日数費用モデル(国内)

変数	パラメータ	t値
定数項	-0.16	-3.28
親と同居している時1, それ以外0	-0.05	-2.73
最終学歴が大学以上の時1, それ以外0	-0.11	-5.01
海外旅行費用の対数 $\ln(x_d)$	-0.21	-16.22
職業を持つ時1, それ以外0	-0.06	-1.79

Sample Size = 174, Adj. R² = 0.67

表-3 旅行日数費用モデル(海外)

変数	パラメータ	t値
定数項	-0.24	-3.43
30歳未満の夫を持つ時1, それ以外0	-0.21	-1.70
最終学歴が大学以上の時1, それ以外0	-0.08	-2.43
海外旅行費用の対数 $\ln(x_d)$	-0.18	-8.91

Sample Size = 87, Adj. R² = 0.50

効用とも相関をもつことが十分に想像される。しかし、この関係を考慮した上で、需要関数を誘導するとともに、効用関数内の未知パラメータを推定することは極めて困難である。それとともに、女性個人の旅行行動に関する効用と世帯の効用との関係を考慮するという立場をとる場合には、女性個人以外の消費活動を考慮し、世帯構成員全員の効用に基づいて世帯の効用水準を定義することが望ましいものと考えられる。しかし、そのような定式化に基づいて推定計算を行うために必要とされる十分なデータが本研究では得られなかった。これらを踏まえ、本研究では所得配分モデルにおける世帯の効用と旅行日数費用モデルにおける女性個人の効用との相関関係を考慮しないこととした。なお、当然ながら、本研究の枠組みにおいても、両効用関数に世帯属性、個人属性を導入するため、それらの外生変数で説明可能な相関関係は考慮している。

b) 旅行費用日数モデルによる海外・国内旅行日数の導出

式(8), (10)で表される総効用についての、式(9), (11)で表される制約条件の下での最大化問題を解くと、最適解

$m_a^*, m_d^*, d_a^*, d_d^*$ についての以下の式が誘導される^[6]。

$$\ln \left[\frac{d_a^*}{(d_a^* + 1) \ln(d_a^* + 1)} \right] = \beta_a Z + \pi_a \quad (12)$$

$$x_a = m_a^* d_a^* \quad (13)$$

$$\ln \left[\frac{d_d^*}{(d_d^* + 1) \ln(d_d^* + 1)} \right] = \beta_d Z + \pi_d \quad (14)$$

$$x_d = m_d^* d_d^* \quad (15)$$

これらの式(12)~(15)の4つの式を用いると、個人属性Zと旅行費用 x_a, x_d , ならびに未知パラメータ β_a, β_d と誤差項 π_a, π_d が与えられていれば、最適解 $m_a^*, m_d^*, d_a^*, d_d^*$ をそれぞれ算定することができる。なお、式(12)~(15)からなる最適解 $m_a^*, m_d^*, d_a^*, d_d^*$ についての連立方程式は解析的に解くことはできない。したがって、連立解の算定にあたっては、数値的な方法を用いることが必要である。

c) 未知パラメータの推定

誤差項 π_a, π_d を互いに独立な正規分布に従うものと仮定し^[7]て、式(12), (14)を重回帰式とみなしてパラメータ β_a, β_d を推定する。なお、式(12), (14)の左辺は、 d_a^*, d_d^* が観測されていれば算定できる。

3. 数値計算例

モデルの推定にあたっては、財団法人家計経済研究所が、全国の25歳~35歳までの女性個人を対象として、94年10月に行った消費行動に関する調査¹⁵⁾結果を用いた。この調査は、女性個人の消費行動全般と、それに影響を及ぼすであろう種々の要因とを定量的に把握することを主な目的として、地域別に対象女性個人を無作為抽出し、1500サンプルを抽出している。収集されている主なデータ項目は、世帯収入を含む世帯の家計や趣味娯楽活動、ならびに、個人属性、世帯属性等である。

(1) 所得配分モデルの推定結果

所得配分モデルの推定計算を行うにあたり、上記のデータから、各調査項目を不備なく回答した1054サンプルを抽出した。抽出した各サンプルの尤度を式(7)に基づいて算定して、これらの対数を全て足しあわせて対数尤度関数を誘導し、これを最大化することで推定計算を行った。推定結果を表-1に示す。なお、式(3a)~(3c)および式(4)の定式化から、パラメータベクトル B_a, B_d はそれぞれ、女

表-4 仮想個人を対象としたシミュレーション結果

	独身 仕事無し	独身 仕事有り	夫有り 仕事有り	夫有り 仕事無し
国内旅行日数*	5.4日/年	9.4日/年	4.9日/年	4.1日/年
海外旅行日数*	3.7日/年	5.4日/年	4.6日/年	2.7日/年
国内1日あたりの費用*	¥8,557	¥11,829	¥13,305	¥16,956
海外1日あたりの費用*	¥14,988	¥20,509	¥19,717	¥11,959
国内旅行実行確率**	7.90%	8.10%	2.70%	1.80%
海外旅行実行確率**	7.00%	8.80%	3.50%	1.80%

* 一年間の旅費が0でない場合の平均値

** 各ケース 100,00 回のテスト計算のうち一年間の旅費が0でなかった割合

性個人の旅行行動に対する世帯選好の程度と、それ以外の財・サービスの消費行動に対する世帯選好の程度との比を表すものとなっている。したがって、パラメータの符号が正ならば、世帯収入に占める女性個人の国内・海外旅行の出費の割合が増加することを示していると解釈できる。

表-1 から、居住地域についての変数以外の変数については、海外旅行 B_o 、国内旅行 B_d の双方について同じ符号の係数が推定されていることがわかる。また、誤差項の相関係数も 0.86 と非常に高い値が推定されている。これらの結果は、一年間に使える海外旅行費用と国内旅行費用の間には極めて強い相関が存在し、海外旅行に活発に行く女性個人は、国内旅行にも活発に行く、あるいは、その逆の傾向が存在することを示している。

個々のパラメータに着目すると、国内旅行・海外旅行共に、既婚で子供を持ち、親と同居している女性個人ほど、家族とは独立に行う旅行に費やす所得が少なくなる傾向が示されている。また、職業についてのパラメータ値を見てみると、国内旅行費用、海外旅行費用ともに正になっており、仕事を持っている女性個人ほど、家族とは独立に旅行に行くことが多くなることがわかる。

(2)旅行日数費用モデルの推定結果

上述のデータより、国内旅行費用が 0 でない女性個人 174 人、海外旅行費用が 0 でない女性個人 87 人を抽出し、2.(2)c) で述べた方法で推定した結果を、表-2、表-3 に示す。ここで、それぞれのパラメータ値が正ならば、その変数が大きな女性個人は旅行日数を短くして、贅沢な旅行をすることを示している⁸⁾。この旅行日数費用モデルの推定結果から、高学歴の女性個人ほど、国内旅行においても海外旅行においても旅行期間の短い贅沢な旅行をするよりは、一日あたりの出費を押さえて長い期間の旅行を楽しむ傾向にあることが分かる。この傾向は、旅行費用が高

い女性個人についてもみられる。また、国内旅行に限れば、親と同居している女性個人、職業をもっている女性個人についても同様の傾向が、また、海外旅行に限れば、30 才未満の夫を持つ女性個人についても同様の傾向がみられる。このように、旅行の質と旅行日数のトレードオフは、個人属性、世帯属性の影響を受けており、かつ、家計から捻出される海外旅行費用・国内旅行費用の水準によっても規定されていることが示された。

(3)モデルシステムの適用例

本節では、仮想的な女性を想定し、その女性が結婚、就職等で所属する世帯が変遷するにつれて、海外・国内旅行の費用、日数等がどのように変遷するかを、本研究で構築したモデルシステムを用いてシミュレーション解析した結果を示す。ここでは、独身の就職前の女性個人が、就職し、結婚し、退職するという 4 つのケースを想定するとともに、両親の収入、この女性個人の就職時の収入、および夫の収入をそれぞれ 1000 万円、500 万円、800 万円とした。すなわち、独身就職前は 1000 万円、独身就職後は 1500 万円、結婚後退職前は 1300 万円、結婚後退職後は 800 万円の世帯収入をそれぞれ仮定した。また、この女性個人の最終学歴は大学以上、居住地域はいずれのケースにおいても都市部であるとした。

シミュレーションを行う際には、所得配分モデル、旅行日数費用モデルの双方の誤差項のランダム性を考慮するために、1) 所得配分モデルにおける誤差項をその推定された分散共分散行列に基づいてランダム発生させて旅行費用を決定する、2) その旅行費用の下での旅行日数と費用を、旅行日数費用モデル内の誤差項を 100 回独立に発生させることで、旅行日数費用モデルを用いて 100 回算定する、3) 再び所得配分モデルにおける誤差項を発生させて、2) の計算を行う、という計算を 100 回繰り返して、合計 10,000 回 (=100×100) のシミュレーション計算を行った。そして、想定した 4 ケースのそれぞれの国内旅行、海外旅行の双方における、旅行実行確率、および、旅行する場合の旅行日数と 1 日あたりの費用の平均値を算定した。以上の結果を表-4 に示す。

表-4 より、国内旅行、海外旅行のそれぞれの実行確率が、結婚することによって半分以下に大幅に減少することが分かる。また、独身で職業を持っている場合が、国内旅行、海外旅行の双方において最も旅行日数が長く、かつ、最も旅行実行確率が高いことが分かる。さらに、独身/既婚を問わず、仕事を持っている方が旅行日数が長いことも

わかる。

このように、本モデルシステムでは、退職や結婚といった個人属性や世帯属性の変化が、女性個人の旅行行動に及ぼす変化を分析することが可能であり、この点が、本モデルの大きな特徴である。

4.まとめ

本研究では、将来における構造的変化を考慮した交通需要予測を的確に行うためには、今後より一層の社会進出が進行するものと予想される女性個人の交通需要を、その社会進出の進行が及ぼす影響を十分に考慮した上で予測することが必要であると考へた。この認識のもと、女性個人の旅行行動を対象とする非集計型の行動モデルシステムの構築を図った。

このモデルシステムは、女性個人の一年間の国内、海外旅費総計を収入や個人属性に基づいて出力するモデル(所得配分モデル)、海外、国内旅行の日数、一日あたりの平均費用を一年間の国内、海外旅費総計に基づいて出力するモデル(旅行費用日数モデル)、の2つから構成される。これらの両サブモデルは、いずれも所得制約条件下でのランダム効用最大化の考え方に基づく、非集計型の行動モデルである。特に、前者の所得配分モデルは、旅行行動以外の消費行動も視野にいれたものであり、旅行行動とその他の消費行動とのトレードオフを考慮することができる点が特徴である。

両サブモデルで仮定した効用関数内の未知パラメータについては、世帯収入や消費行動に伴う世帯と個人の出費、ならびに、旅行行動の形態に関する非集計データを用いて推定した。推定にあたっては、所得配分モデルについて連立型 Tobit モデルを、旅行日数費用モデルについては重回帰モデルの枠組みを用いた。推定の結果、女性個人の国内旅行費用と海外旅行費用との間には強い相関関係が存在すること、仕事をもっている女性個人の方が旅行費用が多いこと、ならびに、高学歴の女性個人ほど旅行期間の短い贅沢な旅行をするよりは一日あたりの出費を押さえて長い期間の旅行を楽しむ傾向にあること等が分かった。

最後に、本モデルシステムを用いて、仮想女性個人を対象としてシミュレーション計算を行ったが、これによって、本モデルシステムで、個人属性、世帯属性の変化に伴う海外・国内旅行行動の変化を解析できることが確認できた。

その他、結婚によって家族とは別の旅行をする機会が大きく減少すること、仕事をもった独身の女性が家族とは別の旅行をする機会が最も多く、また、旅行をする場合の旅行期間も長くなること等も分かった。

なお、本モデルの枠組みでは、旅行日数といった要素だけではなく、旅行先での出費を予測することが可能であることが、大きな特徴の一つである。すなわち、本稿で示した枠組みを適用し、発展させることで、交通需要予測だけでなく交通需要に伴う出費を予測することが可能であり、混雑の緩和、交通需要の管理といった観点のみならず、観光産業の発展を視野に収めた政策評価を行うことができるものと期待される。

ただし、本研究で構築したモデルシステムでは、旅行目的地を予測することができない。この点に対処するためには、熊田ら¹⁶⁾、室町⁹⁾、森杉ら¹⁰⁾が提案するモデルのように、目的地別の来訪行動のそれぞれを個別のサービスとみなして、それらについての資源配分問題を定式化することが必要であろう。また、本モデルは、3.(3)で示したような世帯構成の変化に伴う交通需要の変化を分析することが可能であり、したがって、長期的な個々の世帯構造の変化を予測することを通じて¹⁷⁾長期的な交通需要の構造変化の解析ができることが大きな特徴の一つであるが、観光資源開発や交通基盤整備、空港路線の確保といった政策変数のモデルへの導入が重要な今後の課題として残されている。その他、世帯効用と個人効用との相関を考慮した定式化、より詳細な項目の消費行動データや制約条件データの収集とそれに基づく効用関数の再定義と再推定、などが今後の課題として残されている。

謝辞

本研究は、財団法人家計経済研究所にご提供いただいた女性個人の消費データなくしては成立し得ない研究である。ここに記して深甚なる謝意を表したい。

注

[1] Kitamura の方法⁹⁾以外にも、想定する複数の財の中から資源が配分される財のモデル上で識別する方法として、離散-連続モデルを一般化し、離散的な変数の全ての組み合わせで構成される選択肢からの離散選択を、その選択肢が選択されるという条件のもとでの条件付き間接効用関数に基いて定式化するアプローチも考えられる^{18), 19), 20), 21)}。このアプローチは、離散的選択肢によって制約条件が大きく異なるような現象、例えば、離散的活動パターンと活動時間の同時選択問題や、物流の交通手段とロットサイズと同時選択問題などに適用する際には有効である。前者では離散的活動パターンによって活動に配分可能な総時間が、そして、後者では交通手段によってロットサイズを規定する予算が、それぞ

れ異なったものとなるのである。しかし、本研究で対象とする、旅行活動とその他の消費活動への所得配分問題は、そのような性質を持つような現象ではない。ある活動が実行されない、という離散的事象は直接的にその活動への配分所得が0であることを意味しているのである。このような現象を再現するためには、各活動が実行される／されない全ての組み合わせ(本研究では3つの活動への所得配分を考慮しているため、 $2^3=8$ の組み合わせ)を選択肢とする離散選択を、それぞれの選択肢が選択されるという条件の下での最適所得配分時での効用を表す条件付き間接効用関数に基づいて定式化する、という手順をわざわざ踏む離散-連続モデルよりは、Kitamuraが提案したモデルのように「それぞれの財への資源配分量が0となる条件」を明示的に考慮した連続モデルを適用する方が適切であると、本研究では判断した。

- [2] いわゆる大数の法則が成立しうる程度の選択機会が存在する場合には、全ての目的地に資源が配分されるという仮定、すなわち、全ての目的地に少なくとも一回以上は訪れるという仮定の現実性が確保される。それに加えて、その場合には、「複数の目的地選択行動を集計して求められる個々の目的地の来訪シェア(以下、選択シェア)」と「個々の選択の選択確率」が等しいと見なし得ることもできる。

なお、選択シェアと選択確率が近似的に一致するものと考えても差し支えない程度に目的地選択の機会が十分に存在するのは、代表的個人を対象とする場合だけではなく、一個人を対象とし、かつ、十分に長い期間を想定する場合も考えられる。当然ながら、そのために必要とされる期間はトリップ目的によって異なったものとなる。例えば、日常的な買い物トリップの場合には比較的短いものとなるが、本研究で対象とするような非日常的な旅行等の場合には、頻繁に旅行に行く人であっても少なくとも非常に長い期間が必要とされるものと考えられる。

ここで、もし、選択確率と選択シェアが異なったものであると考えた場合、個人の行動のランダム性、すなわち、来訪頻度や来訪シェアのランダム性をどのような形で導入するかということも課題の一つとして挙げることができよう。なお、ここに言うランダム性とは、いわゆる omitted variables の効果、すなわち、限定された情報しか持ち得ない分析者にとつてのモデル対象に関する不確実性を意味するものである。

- [3] モデルは、室町ら、溝上ら、あるいは、McFadden et al, Hamed and Mannering の離散-連続モデルとは異なり収入の配分に関する連続選択をモデル化しているものの、連続選択の結果として、海外旅行/国内旅行への配分所得が0となるという事象をもってして海外旅行/国内旅行には出かけないという離散的な事象を再現するものである。この点から、本研究ではこのモデルを、連続・離散選択モデルと呼称する。

- [4] 式(1)(2a)(2b)の最適化問題をラグランジェの未定定数法を用いて解くと、最適解 x_a^*, x_d^*, x_o^* が満たすべき、以下の7つの条件が誘導される。

(条件1) $x_a^* > 0$ かつ $x_d^* > 0$ かつ $x_o^* > 0$ という条件(1a)は

$$K_1 = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_a} \\ = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_d} \text{ かつ } I = x_a^* + x_d^* + x_o^* \\ = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_o}$$

という条件(1b)の必要十分条件である。

(条件2) $x_a^* > 0$ かつ $x_d^* > 0$ かつ $x_o^* = 0$ という条件(2a)は、

$$K_2 = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, 0)}{\partial x_a} \\ = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, 0)}{\partial x_d} \text{ かつ } I = x_a^* + x_d^* \\ > \frac{\partial U_{all}(x_a^*, x_d^*, 0)}{\partial x_o}$$

という条件(2b)の必要十分条件である。

(条件3) $x_a^* > 0$ かつ $x_d^* = 0$ かつ $x_o^* > 0$ という条件(3a)は、

$$K_3 = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, x_o^*)}{\partial x_a} \\ = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, x_o^*)}{\partial x_o} \text{ かつ } I = x_a^* + x_o^* \\ > \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, x_o^*)}{\partial x_d}$$

という条件(3b)の必要十分条件である。

(条件4) $x_a^* = 0$ かつ $x_d^* > 0$ かつ $x_o^* > 0$ という条件(4a)は、

$$K_4 = \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_o} \\ = \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_d} \text{ かつ } I = x_d^* + x_o^* \\ > \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, x_o^*)}{\partial x_a}$$

という条件(4b)の必要十分条件である。

(条件5) $x_a^* > 0$ かつ $x_d^* = 0$ かつ $x_o^* = 0$ という条件(5a)は、

$$K_5 = \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, 0)}{\partial x_a} \text{ かつ } I = x_a^* \\ \text{かつ } K_5 > \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, 0)}{\partial x_d} \text{ かつ } K_5 > \frac{\partial U_{all}(x_a^*, 0, 0)}{\partial x_o}$$

という条件(5b)の必要十分条件である。

(条件6) $x_a^* = 0$ かつ $x_d^* > 0$ かつ $x_o^* = 0$ という条件(6a)は、

$$K_6 = \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, 0)}{\partial x_d} \text{ かつ } I = x_d^* \\ \text{かつ } K_6 > \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, 0)}{\partial x_a} \text{ かつ } K_6 > \frac{\partial U_{all}(0, x_d^*, 0)}{\partial x_o}$$

という条件(6b)の必要十分条件である。

(条件7) $x_a^* = 0$ かつ $x_d^* = 0$ かつ $x_o^* > 0$ という条件(7a)は、

$$K_7 = \frac{\partial U_{all}(0, 0, x_o^*)}{\partial x_o} \text{ かつ } I = x_o^* \\ \text{かつ } K_7 > \frac{\partial U_{all}(0, 0, x_o^*)}{\partial x_a} \text{ かつ } K_7 > \frac{\partial U_{all}(0, 0, x_o^*)}{\partial x_d}$$

という条件(7b)の必要十分条件である。

ここに、 K_1 から K_7 は定数である。また、「 $x_a^* = 0$ かつ $x_d^* = 0$ かつ $x_o^* = 0$ 」という条件は I が非負の場合にはあり得ず、かつ、 I が0以下となることもあり得ないため、成立しえない条件である。

ここで、これらの最適解についての条件に式(3a)(3b)(3c)を代入し、かつ、 $B_a = A_a - A_o$ 、 $B_d = A_d - A_o$ 、 $\xi_a = \varepsilon_a - \varepsilon_o$ 、 $\xi_d = \varepsilon_d - \varepsilon_o$ と定義した上で、 x_o^* の需要関数を誘導すると、以下となる。

$$x_o^* = \begin{cases} = \frac{I+3}{1+e^{\beta_o Z_o^* + \xi_o}} - 1 & \text{if } (x_a^{*1} \geq 0, x_d^{*1} \geq 0, x_o^{*1} \geq 0) \\ = I & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} (x_a^{*1} < 0, x_d^{*1} < 0, x_o^{*1} \geq 0) \\ \text{or } (x_a^{*1} < 0, x_d^{*1} \geq 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*4} < 0) \\ \text{or } (x_a^{*1} \geq 0, x_d^{*1} < 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*3} < 0) \end{array} \right\} \\ = 0 & \text{if } \left\{ \begin{array}{l} (x_o^{*1} \geq 0) \text{ or } (x_a^{*1} < 0, x_d^{*1} \geq 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*4} < 0) \\ \text{or } (x_a^{*1} \geq 0, x_d^{*1} < 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*3} < 0) \end{array} \right\} \\ = \frac{I+2}{1+e^{\beta_o Z_o^* + \xi_o}} - 1 & \text{if } (x_a^{*1} \geq 0, x_d^{*1} < 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*3} \geq 0, x_d^{*4} \geq 0) \\ = \frac{I+2}{1+e^{\beta_o Z_o^* + \xi_o}} - 1 & \text{if } (x_a^{*1} \geq 0, x_d^{*1} < 0, x_o^{*1} \geq 0, x_d^{*3} \geq 0, x_d^{*4} \geq 0) \end{cases}$$

ここに、 $x_a^{*i}, x_d^{*i}, x_o^{*i}$ は、上記の条件(ib)を満たす解である。同様に、 x_a^{*i}, x_d^{*i} についても需要関数が誘導され、これらの式をまとめて表記したものが、本文式(4)の需要関数 F である。

[5] パラメータ推定を行う際に用いるデータでは、消費活動費用 x_o^* が 0 の世帯は存在しなかった。すなわち、上記[1]の条件 2, 5, 6 を満たすような出費を行った世帯は推定サンプルには存在しなかったのである。この点を踏まえて、パラメータ推定を行う際には、データとして観測されている出費データは、条件 1, 3, 4, 7 の 4 つの条件のうちのいずれかを満たしているものとする、という仮定に基づいて、パラメータを推定することとした。これらの 4 つの条件に基づいて誘導した方程式が、本文の式(5)(6)である。

[6] 海外旅行、国内旅行のそれぞれの最適化問題にラグランジュの未定乗数法を適用すると、それぞれの最適解 $m_a^*, m_d^*, d_a^*, d_d^*$ に関する以下の条件が誘導される。
(海外旅行の場合)

$$\frac{\partial U_a(m_a^*, d_a^*)}{\partial m_a} = K_a d_a^* \quad \text{かつ} \quad \frac{\partial U_a(m_a^*, d_a^*)}{\partial d_a} = K_a m_a^*$$

$$\text{かつ } x_a = m_a^* d_a^*$$

(国内旅行の場合)

$$\frac{\partial U_d(m_d^*, d_d^*)}{\partial m_d} = K_d d_d^* \quad \text{かつ} \quad \frac{\partial U_d(m_d^*, d_d^*)}{\partial d_d} = K_d m_d^*$$

$$\text{かつ } x_d = m_d^* d_d^*$$

これらの条件に基づいて誘導した条件式が本文式(12)～(15)である。

[7] 国内旅行についての誤差項 π_d と海外旅行についての誤差項 π_o との間には共分散が存在することが予想される。しかし、その共分散を推定するためには、海外旅行と国内旅行の双方を実行した女性個人を推定サンプルとする必要がある。今回推定計算に用いたデータでは、国内旅行と海外旅行の双方を実行した女性個人は 48 名に過ぎなかったため、今回の推定計算例では、やむを得ずそれぞれの誤差項を独立と仮定した。

また、 π_d と ξ_o 、 π_o と ξ_d との間の誤差相関による Selectivity Bias の存在も否定できない。しかし、それらの誤差相関を考慮するためには、本稿に示した推定計算で定式化した尤度関数よりも、教段複雑な尤度関数を定義することが必要となる。ところが、本稿で示した所得配分モデルでの推定計算には、上記の selectivity bias を無視したとしても、誤差相関を考慮した連立型 tobit モデルの適用が必要であったが、この推定計算だけでも、現状の計算機の能力ではかなり長時間の計算時間を要するものであった(別途推定した通常の非連立型の tobit モデルで得られたパラメータ推定値を初期値として与えた上でも、Sun Sparc 5 で収束までに 6 時間程度要した)。したがって、現実的には計算機の能力による推定コスト制約の下で、より適切な需要解析ができる行動モデルを推

定する必要があり、その一つの検討の結果が、本稿に示した計算結果である。ただし、今後、この誤差項の共分散に関する点についてもさらに検討を加える必要がある。

[8] 式(12)(14)の左辺は、 $d_a > 0, d_d > 0$ の領域で単調減少関数であるため。

参考文献

- 1) 例えば、藤井聡、木村誠司、北村隆一：選択構造の異質性を考慮した生活圏推定モデルの構築、土木計画学研究・論文集、No.13, pp.613-622, 1996.
- 2) 例えば、山本俊行、藤井聡、吉田洋、北村隆一：世帯構成員間の関係に基づいた自動車利用確率を考慮した機関選択モデルの構築、土木計画学研究・論文集、No.13, pp.535-542, 1996.
- 3) Becker, G.: A Theory of the Allocation of Time, *Economic Journal*, 75, pp. 493-517, 1965.
- 4) De Serpa, A.: A Theory of the Economics of Time, *The Economic Journal*, 81, pp. 828-846, 1971.
- 5) Evan. A.: On the Theory of the Valuation and Allocation of Time, *Scottish Journal of Political Economy*, 2, pp. 1-17, 1971.
- 6) Kitamura, R.: A Model of Daily Time Allocation to Discretionary Out-of-home Activities and Trips, *Transportation Research*, 18B, pp. 255-266, 1984.
- 7) RDC: Further Comparative Analysis of Daily Activity and Travel Patterns & Development of a Time-Activity-Based Traveler Benefit Measure, RDC, San Francisco, California, 1994.
- 8) Kitamura, R., Yamamoto, T., Fujii, S. and Sampath S.: A Discrete-Continuous Analysis of Time Allocation to Two Types of Discretionary Activities Which Accounts for Unobserved Heterogeneity, *Transportation and Traffic Theory - Proceedings of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pp. 431-454, 1996.
- 9) 室町泰徳：離散-連続モデルを利用した買い物トリップ発生に関する基礎的分析、土木計画学研究・論文集、No. 10, pp. 47-54, 1992.
- 10) 森杉壽芳、上田孝行、小池淳司、小森俊文：古典的消費者行動に基づく交通行動モデルの地域間旅客需要予測への適用、土木計画学研究・講演集、No. 19(1), pp. 451-454, 1996.
- 11) McFadden, D., C. Winston and A. Boersch-Supan, Joint Estimation of Freight Transportation Decisions under Nonrandom Sampling, In Daughety, A.F. (ed.): *Analytical Studies in Transport Economics*, pp. 137-157, 1985.
- 12) 溝上章志・柿本竜治・竹林秀基：地域間物流の輸送手段／ロットサイズ同時予測への離散-連続選択モデルの適用可能性、土木計画学研究・論文集、No. 14, pp. 535-542, 1997.
- 13) Hamed, M.M and F.L. Mannering: Modeling Travelers' Postwork Activity Involvement: Toward A New Methodology, *Transportation Science*, Vol. 27, No. 4, pp. 381-394, 1993.
- 14) Pudney: *Modelling Individual Choice*, The Econometrics of Corners, Kinks and Holes, Basil Blackwell, Oxford, pp. 138-186, 1989.
- 15) 財団法人家計経済研究所編：消費生活に関するパネル調査、大蔵省印刷局, 1995.
- 16) 藤井聡、北村隆一、熊田善亮：収入制約・自由時間制約下での消費行動を考慮した交通行動のモデル化、土木学会論文集、投稿中-
- 17) 北村隆一：やさしい交通シミュレーション; 5. TDM 評価シミュレーション(その2)、交通工学 Vol. 33, No. 3, pp. 87-108,

- 1998.
- 18) 藤井 聡・北村隆一・瀬戸公平:生活行動に伴う個人の効用を考慮した生活行動—交通行動モデルシステムの開発, 土木学会論文集, No. 562/IV-35, pp. 83-96, 1997.
- 19) Fujii, S., Kitamura, R. and Monma; A Micro-Simulation Model System That Produces Individual's Activity-Travel Patterns Based on Random Utility Theory, *Transportation*, (submitted).
- 20) 藤井 聡, 北村隆一, 長沢圭介:選択肢集合の不確実性を考慮した生活行動モデルに基づく地域評価・政策評価指標の開発, 土木学会論文集, IV-40, -印刷中-, 1998.
- 21) 吉田洋, 藤井 聡, 山本俊行, 北村隆一:ロードプライシングが個人の経路・出発時刻に及ぼす影響に関するモデル分析, 土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第4部, pp. 52-53, 1997.

ランダム効用理論に基づく所得制約下での国内・海外旅行行動の連続・離散選択モデル

藤井 聡, 池田泰敏, 北村隆一

本研究では, 世帯収入に基づいて, 個人の年間を通じての国内, および海外の旅行日数と費用を出力する行動モデルシステムの構築を図った。このモデルシステムは, 所得制約条件下でのランダム効用最大化の考え方に基づく2つのサブモデルから構成されるものであり, 旅行行動とその他の消費行動とのトレードオフを考慮することができる点が特徴である。女性個人の消費データを用いて推定計算を行った結果, 女性個人の国内旅行費用と海外旅行費用との間には強い相関関係が存在すること, 仕事をもっている女性個人の方が旅行費用が多いこと等が分かった。また, 本モデルシステムを用いた, 仮想女性個人を対象としたシミュレーション計算から, 本モデルシステムで, 個人属性, 世帯属性の変化に伴う海外・国内旅行行動の変化を解析できることが確認できた。

A Random-Utility-Based, Discrete-Continuous Choice Model of Domestic-Oversaes Travel That Accounts for Income Constraints

By Satoshi FUJII, Yasutoshi IKEDA, and Ryuichi KITAMURA

A discrete-continuous choice model system which predicts the durations and expenditures of an individual's domestic and international travel is presented in this study. This model system is composed of two sub-models based on the assumption of random-utility maximization under income constraints. Trade-offs between travel and the other types of consumption in resource allocation are taken into consideration in these sub-models. The parameters contained in the model system are estimated using women's expenditure and travel behavior data. The results indicate that; 1) there is a strong relationship between the individual's annual expenditure for domestic travel and that for international travel, and 2) the expenditures for domestic and international travel of working women are higher than those of non-working women. Changes in travel behavior due to changes in personal and household attributes are shown by Monte Carlo simulation using the model system.
