

個人の自由目的来訪活動における滞在時間・出費・来訪頻度同時選択モデルの構築

A Simultaneous Choice Model of Monetary and Time Expenditures, Location, and Frequencies of Discretionary Activities

山本俊行*, 阿部昌幸**, 藤井聡***, 北村隆一****

By Toshiyuki YAMAMOTO, Masayuki ABE, Satoshi FUJII, and Ryuichi KITAMURA

1. はじめに

現代人は様々な制約の中で日々の生活を営んでおり、限られた時間や予算を費やし種々の活動を行っている。ここで、仕事等の固定活動は、長期的な観点からは選択可能な活動として考えられるものの、短期的に見れば、既に決定された条件として捉える事が可能である。反対に、自らの意思によって決定される度合の高い自由活動は、利用できる総時間や総予算、そして他の自由活動によって大きく影響を受けるものと考えられる。

一方、交通問題対策として、近年交通需要管理の必要性が頻繁に主張されているが、実際の適用には様々な問題点が存在し、その実施は容易ではない。特に、商業施設が密集する都心部での需要管理は、直接的に商業入れ込み客数、ひいては商業売上高に悪影響を与えかねず、この危惧が交通需要管理実施の妨げとなっているものと考えられる。このように考えた場合、消費活動と交通行動の相互作用を考慮し、交通混雑だけでなく、地域経済への影響も考慮に入れた交通政策評価手法が必要とされるものと考えられる。

近年、個人の交通行動が交通行動以外の種々の活動と強い相互作用を持つ点に着目し、一日の時間資源に基づいた活動と交通行動との連関を捉えようとする試み¹⁾や、所得に基づいた消費行動と交通行動との連関を捉えようとする試み^{2),3)}がなされてきている。この流れの中で、藤井らは、所得と時間資源の双方に基づいた消費行動と交通行動との連関を考慮した、交通需要解析モデルの提案を図っている^{4),5)}。

このモデルは、個人は所得制約と時間資源制約の下で、複数の目的地への来訪頻度を調整することで、種々の消費行動に伴う総効用を最大化するという行動仮説に基づくものであり、行動、出費、時間利用データを合わせて用いて効用関数が推定されている。このモデルの適用上の特徴としては、消費行動との連関を考慮したよりの確かな需要解析が期待できる点、モデルの出力の一つで

ある地域別の出費額に基づいた地域経済の観点からの評価が可能である点、等が挙げられる⁶⁾。しかし、それらの適用の際に重要となる各目的地での滞在時間や出費額については、構造方程式モデルを用いて変数間の共分散関係が記述されているに過ぎない。それに加えて、機関連選択が考慮されていないという点も重要な課題点として残されている。

本研究は、これらの課題に着目して、藤井らのモデルと同様の考え方にに基づき、目的地別、交通機関別の来訪頻度と、個々の目的地での滞在時間と出費を決定変数とした行動モデルの構築を目指す。以下、2.でモデルの概要を、3.で未知パラメータの推定方法を、そして、4., 5.で推定計算のためのデータの概要と推定結果について述べる。

2. モデルの概要

本モデルでは、一定期間における個人の総効用 U_{total} は、来訪目的地 j への来訪行動によって得られる効用 U_j と、来訪行動以外のことに費用を消費して得られる効用 U_G 、来訪行動以外のことに時間を消費して得られる効用 U_O の総和であるものとし、個人はその総効用が最大となるように行動するものと仮定する。その際、個人にとって自由に消費できる総費用、および総時間は限られており、個人はそれらの制約の下で上記の効用を最大化するものと仮定する。また、来訪行動によって得られる効用は、来訪目的地における総滞在時間 T_j 、消費した総費用（出費） P_j 、利用交通機関 i ($i = 1, 2, \dots, n$) 別の来訪頻度 N_{ij} に依存するものと考え、 U_j を以下のように仮定する。

$$U_j = U(P_j, T_j, N_{1j}, \dots, N_{ij}, \dots, N_{nj}) \quad (1)$$

以上より、個人は、式(3)の制約条件のもとで、式(2)で示される効用を最大化するように行動するものと仮定する。

目的関数

$$U_{total} = \sum_j U_j + U_G(G) + U_O(T_O) \rightarrow \max \quad (2)$$

キーワード：発生交通、分布交通、交通手段選択、交通行動分析

* 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5136, Fax: 075-753-5916)

** 正会員 工修 名古屋鉄道株式会社

*** 正会員 博士(工学) 京都大学大学院工学研究科

**** 正会員 Ph.D. 京都大学大学院工学研究科

制約条件

$$\begin{cases} \sum_j P_j + \sum_i \sum_j c_{ij} N_{ij} + G = Y \\ \sum_j T_j + \sum_i \sum_j t_{ij} N_{ij} + T_o = T_{total} \end{cases} \quad (3)$$

$$P_j \geq 0, T_j \geq 0, N_{ij} \geq 0, G > 0, T_o > 0$$

ただし、 G, T_o は、それぞれ対象目的地への来訪行動以外に一定期間に消費する費用、および自由時間を表わし、 Y, T_{total} はそれぞれ一定期間における個人の総自由費用、および総自由時間を表わす。また、 c_{ij}, t_{ij} は、それぞれ利用交通機関 i で、地域 j に来訪する際の 1 回当たりの往復交通費、および往復移動時間を表わす。

ここで、来訪行動によって得られる効用 U_j の効用関数を、式(4)のように定義する。

$$U_j = (\alpha_j P_j^{\vartheta_j} + \beta_j T_j^{\rho_j}) \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) + \sum_i \gamma_{ij} N_{ij} \quad (4)$$

ただし、 $\alpha_j, \beta_j, \gamma_{ij}, \vartheta_j, \rho_j$ は、各々の来訪目的地における出費、滞在時間、来訪頻度の増加に伴う限界効用に影響を及ぼすパラメータを表わす。

式(4)において、第1項は来訪目的地での滞在に伴う効用を表わしており、地域 j への来訪頻度の増加に伴う限界効用が低減する事、ならびにその限界効用が当該地域における総出費と総滞在時間の関数となっている事を意味する。なお、限界効用が低減することを表現するために用いている対数関数の妥当性については、実証的な分析により、その妥当性が確認されている⁷⁾。また、第2項は来訪目的地までの移動抵抗を表わしており、来訪回数が多いほど総移動抵抗が大きくなる事、ならびに各移動抵抗の大きさが、自宅と来訪目的地間の移動に利用する交通機関に依存する事を仮定している。

一方、来訪行動以外に費用・時間を消費することによって得られる効用については、各々の限界効用が逓減することを考慮し、以下のように定式化する。

$$U_o(G) = \eta \ln(G) \quad (5)$$

$$U_o(T_o) = \mu \ln(T_o) \quad (6)$$

ただし、 η, μ は各々の限界効用に影響を及ぼすパラメータである。

さて、以上の定式化による先の最適化問題を、ラグランジェの未定乗数法を用いて解くと、最適解が満たす必要条件が以下のように導かれる。

$$\frac{\alpha_j}{\vartheta_j} P_j^{\vartheta_j-1} \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) - \frac{\eta}{G} \begin{cases} = 0 & \text{if } (P_j > 0) \\ \leq 0 & \text{if } (P_j = 0) \end{cases} \quad (7)$$

$$\frac{\beta_j}{\rho_j} T_j^{\rho_j-1} \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) - \frac{\mu}{T_o} \begin{cases} = 0 & \text{if } (T_j > 0) \\ \leq 0 & \text{if } (T_j = 0) \end{cases} \quad (8)$$

$$\frac{\alpha_j P_j^{\vartheta_j} + \beta_j T_j^{\rho_j}}{\sum_i N_{ij} + 1} + \gamma_{ij} - \frac{\eta}{G} c_{ij} - \frac{\mu}{T_o} t_{ij} \begin{cases} = 0 & \text{if } (N_{ij} > 0) \\ \leq 0 & \text{if } (N_{ij} = 0) \end{cases} \quad (9)$$

次に、各効用に及ぼす影響の大きさを表すパラメータを、定式化の際に仮定した非負条件等を満たすように、式(10)のように定式化する。

$$\begin{cases} \alpha_j / \vartheta_j = \exp(\mathbf{A}Y_j + \xi_j) & \vartheta_j = \mathbf{B}W_j \\ \beta_j / \rho_j = \exp(\mathbf{C}Y_j + \zeta_j) & \rho_j = \mathbf{D}W_j \\ \gamma_{ij} = \mathbf{E}X_{ij} + \varepsilon_{ij} \\ \eta = \exp(\mathbf{F}Z + \xi_G) \\ \mu = \exp(\mathbf{G}Z + \zeta_{T_o}) \end{cases} \quad (10)$$

ただし、 Z, Y_j, W_j, X_{ij} は個人属性等の説明変数ベクトル、 $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}, \mathbf{E}, \mathbf{F}, \mathbf{G}$ は未知パラメータベクトルを表わす。また、 $\xi_j, \zeta_j, \varepsilon_{ij}, \xi_G, \zeta_{T_o}$ はそれぞれ正規分布に従う誤差項を表わす。なお、本稿では、各誤差項は独立と仮定して以下の分析を行う事とした。

3. 未知パラメータの推定方法

本研究では、式(7)、式(8)、式(9)、および式(10)で定式化した最適解が満たす必要条件に含まれる未知パラメータを段階推定によって推定する。まず、式(7)、式(8)の条件式を用いて、各々に含まれる未知パラメータを推定し、それを与件として式(9)の条件式に含まれる未知パラメータを推定する。

式(7)、(8)を式変形することによって、 $P_j > 0, T_j > 0$ の場合には、以下の式が導かれる。

$$\begin{aligned} \ln P_j - \ln G - \ln \left\{ \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) \right\} \\ = \mathbf{A}Y_j + \mathbf{B}W_j \ln P_j - \mathbf{F}Z + \xi_j - \xi_G \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \ln T_j - \ln T_o - \ln \left\{ \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) \right\} \\ = \mathbf{C}Y_j + \mathbf{D}W_j \ln P_j - \mathbf{G}Z + \zeta_j - \zeta_{T_o} \end{aligned} \quad (12)$$

一方、個人が地域 j に来訪しなかった場合や、来訪したものの出費を伴わなかった場合には、 $P_j = 0$ 、あるいは $T_j = 0$ となるが、その場合、式(7)、(8)がそれぞれ常に成り立つため、未知パラメータと観測変数との関係についての情報は提供されない。よって推定に際しては、それぞれ $P_j > 0, T_j > 0$ であるケースのみをデータとして用いる。なお、このように一部のサンプルのみを用いてパラメータの推定を行った場合には、推定結果が選択性バイアス (Selectivity bias) の影響を受けることが知られているが、本稿ではそれに対する修正は行っていない。

ここで、両式ともに、目的地に関わらず共通な誤差項 ξ_G, ζ_{T_o} がそれぞれ含まれているため、これらの密度関数を導入した Mixing Distribution Model⁸⁾を用いた推定計算を行う。すなわち、式(11)、(12)より誘導される、

式(13), (14)で示される各個人の対数尤度関数を全ての個人について足し合せたものをそれぞれ最大化することによって未知パラメータの推定を行なう。Mixing distribution model を適用する事によって、来訪活動に伴う関数の誤差項と、来訪活動以外の活動に伴う誤差項を個別に推定する事が可能となる。ただし、誤差項 ξ_j, ζ_j の分散は、それぞれ地域によらず一定と仮定する。

$$L_P = \ln \int_{\xi_G=-\infty}^{\infty} \prod_j \frac{1}{\sigma_P} \phi \left(\frac{f_j^P + \xi_G}{\sigma_P} \right) \frac{1}{\sigma_G} \phi \left(\frac{\xi_G}{\sigma_G} \right) d\xi_G \quad (13)$$

$$L_T = \ln \int_{\zeta_{T_0}=-\infty}^{\infty} \prod_j \frac{1}{\sigma_T} \phi \left(\frac{f_j^T + \zeta_{T_0}}{\sigma_T} \right) \frac{1}{\sigma_{T_0}} \phi \left(\frac{\zeta_{T_0}}{\sigma_{T_0}} \right) d\zeta_{T_0} \quad (14)$$

$$f_j^P = \ln P_j - \ln G - \ln \left\{ \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) \right\}$$

ここに $-AY_j - BW_j \ln P_j + FZ$

$$f_j^T = \ln T_j - \ln T_0 - \ln \left\{ \ln \left(\sum_i N_{ij} + 1 \right) \right\}$$

$$-CY_j - DW_j \ln P_j + GZ$$

また、 ϕ は標準正規確率密度関数を表わし、 $\sigma_P, \sigma_T, \sigma_G, \sigma_{T_0}$ は、それぞれ $\xi_j, \zeta_j, \xi_G, \zeta_{T_0}$ の標準偏差を表わす。

次に、式(13), (14)より推定された各未知パラメータを与件として式(9)を変形すると、以下の式が導かれる。

$$\frac{\hat{\eta}}{G} c_{ij} + \frac{\hat{\mu}}{T_0} t_{ij} - \frac{\hat{\alpha}_j P_j^{\hat{\rho}_j} + \hat{\beta}_j T_j^{\hat{\rho}_j}}{\sum_i N_{ij} + 1} \quad (15)$$

$$\begin{cases} = \mathbf{E}X_{ij} + \varepsilon_{ij} & \text{if } (N_{ij} > 0) \\ \leq \mathbf{E}X_{ij} + \varepsilon_{ij} & \text{if } (N_{ij} = 0) \end{cases}$$

ただし、 $\hat{\eta}, \hat{\mu}, \hat{\alpha}_j, \hat{\rho}_j, \hat{\beta}_j, \hat{\rho}_j$ は式(13), (14)による推定結果を用いた各パラメータの期待値を表わす。式(15)は、片側打ち切りを受けるケースを含む Tobit 方程式と捉えることが可能である。よって、未知パラメータベクトル $\mathbf{E}$ に関しては、式(16)で示される各個人の対数尤度関数を全ての個人について足し合せたものを最大化することによって推定を行う。

$$L_N = \sum_{ij} \left[\delta_{ij} \ln \frac{1}{\sigma_{N_{ij}}} \phi \left(\frac{f_{ij}^N}{\sigma_{N_{ij}}} \right) + (1 - \delta_{ij}) \ln \Phi \left(\frac{f_{ij}^N}{\sigma_{N_{ij}}} \right) \right] \quad (16)$$

$$f_{ij}^N = \frac{\hat{\eta}}{G} c_{ij} + \frac{\hat{\mu}}{T_0} t_{ij} - \frac{\hat{\alpha}_j P_j^{\hat{\rho}_j} + \hat{\beta}_j T_j^{\hat{\rho}_j}}{\sum_i N_{ij} + 1} - \mathbf{E}X_{ij}$$

$$\delta_{ij} \begin{cases} = 1 & \text{if } (N_{ij} > 0) \\ \leq 0 & \text{if } (N_{ij} = 0) \end{cases}$$

ただし、 $\sigma_{N_{ij}}$ は ε_{ij} の標準偏差を表わす。

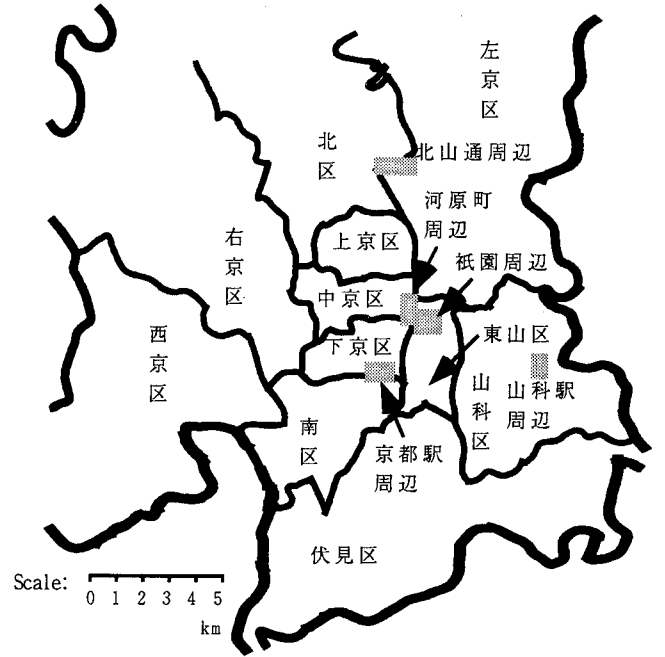


図1 対象地域

4. データの概要

分析に際しては、平成9年に京都市民を対象として行われたアンケート調査「京都市民の交通行動についての調査」の一部、および、対象地域におけるネットワークデータ、来訪目的地ゾーンの社会経済指標データを用いた。この調査では、アンケート調査に先立って行われた予備調査において調査への参加を表明した3,171世帯に対し、世帯調査票1枚と、予備調査で被験者の回答した参加人数分の個人調査票を郵送配布した。得られたサンプル数は、1,954世帯（回収率61.6%）、回収個人票総数は3,943枚となった。分析には、アンケート調査より得られたデータのうち、世帯属性・個人属性・日帰りの娯楽レジャー等の活動に関するデータを用いた。

日帰りの娯楽レジャー等の活動に関する質問では、最近約1ヶ月（8月1日から調査日まで）に行ったそれぞれの日帰りによる娯楽レジャー活動毎に、来訪地域、利用交通機関、自宅出発時刻、帰宅時刻、総移動時間、総出費、交通費を尋ねている。

来訪対象地域は、繁華街4ヶ所、京都市内の11区、京都市外の5府県を対象としており、各対象地域の位置関係は図1に示す通りである。本研究では、同じ区内においても繁華街とそうでない地域ではその性質が異なるものと考え、繁華街を他の地域とは別個の地域として扱っている。繁華街を独立に扱う事によって、需要予測を行う際にも消費活動や滞在時間、利用交通機関に関して各繁華街を単位とした検討を行う事も可能となっている。

被験者の各来訪地域への平均総出費、平均総滞在時間、平均来訪頻度を表-1に示す。この表に示すように、対象期間内に来訪地域において消費する総費用の平均は約26,500円、来訪目的地に滞在している総滞在時間の

表一 地域別平均総費用・滞在時間・頻度

	平均総出 費(円)	平均総滞 在時間(回) (分)	平均頻度
繁華街			
河原町周辺	7337	167.6	0.659
祇園周辺	868	23.2	0.089
京都駅周辺	2083	54.8	0.246
北山通周辺	268	8.5	0.043
京都市内			
北区	607	29.9	0.110
左京区	776	51.0	0.201
上京区	406	17.5	0.078
中京区	938	30.5	0.150
下京区	979	19.8	0.100
東山区	835	24.3	0.119
山科区	488	19.3	0.105
伏見区	1196	39.4	0.179
南区	143	9.2	0.039
右京区	638	37.8	0.158
西京区	260	12.1	0.052
京都市外			
滋賀県	3001	170.7	0.426
京都府	1378	88.3	0.239
大阪府	2816	100.3	0.305
T225 ・ 庫県	1139	38.7	0.117
奈良県	378	19.3	0.055
合計	26535	962.4	3.470
平均	1327	48.1	0.173

表二 来訪地域別の利用交通手段分担率(ケース数)

	電車	バス	タクシー	自動車	徒歩・自 転車等
全体 (5496)	31.2% (1713)	11.3% (621)	3.8% (207)	40.7% (2238)	13.0% (717)
繁華街 (1642)	35.6% (584)	21.3% (350)	6.5% (107)	18.5% (303)	18.1% (298)
京都市内 (2045)	17.7% (362)	13.3% (271)	4.9% (100)	43.7% (893)	20.5% (419)
京都市外 (1809)	42.4% (767)	—	—	57.6% (1042)	—

平均は約 16 時間、期間中の総来訪頻度の平均は約 3.5 回となっている。地域別に見ると、京都市内の中心的な繁華街である河原町周辺において総出費、総滞在時間、来訪頻度のいずれもが非常に大きく、娯楽レジャー活動が集中している事が読み取れる。京都市内では、左京区において総滞在時間と来訪頻度の値が大きいものの、総出費においてはそれほど大きな値をとっていない。また、京都市外では滋賀県が総出費、総滞在時間、来訪頻度ともに最も大きな値をとっている。これは、調査時期が夏という事もあり、琵琶湖を目的地とした娯楽レジャー活動が多く行われている事を示しているものと考えられる。

次に、各来訪地域への交通手段分担を表二に示す。全体としては自動車が最も高く約 40%の娯楽レジャー活動において利用されている。来訪地域別に見ると、繁華街では電車の分担率が約 35%を占めており、バスも

表三(A) 式(13)の推定結果

変数名	推定値	t 値
パラメータベクトル A		
滋賀県ダミー	-0.125	-4.33
京都府ダミー	-0.117	-3.86
大阪府ダミー	-0.352	-5.51
兵庫県ダミー	-0.446	-4.89
奈良県ダミー	-0.273	-3.78
自宅からの距離	0.009	5.99
名所・寺社数	-0.024	-2.18
小売業商店密度	0.172	3.61
アミューズメント施設数	0.038	2.68
定数項	-12.71	-
パラメータベクトル B		
就業者ダミー	0.008	3.10
世帯構成員数	-0.003	-3.80
定数項	0.924	-
パラメータベクトル F		
世帯収入500万円未満ダミー	-1.278	-51.61
世帯収入1500万円以上ダミー	0.809	24.56
一人暮らしダミー	-0.114	-1.94
会社員・公務員ダミー	0.051	2.23
世帯内10才未満子どもダミー	-0.143	-6.25
サンプル数	3686	
σ_p^2	0.057	
σ_G^2	0.097	
R ²	0.914	

約 20%と自動車の分担率よりも高くなっている。一方、京都市内や京都市外では自動車の分担率が高くなっており、来訪地域によって利用交通機関が異なる事が示された。

5. 推定結果の考察

2. で構築した来訪行動モデルを 4. で述べたデータのうち不備のない 1584 人を分析の対象として、3. で述べた推定方法によって未知パラメータの推定を行った。

式(13)のパラメータの推定結果を表三(A)に示す。式(13)の推定に際しては、3. で述べたように、出費を行っていない地域に関する行動データは推定に用いる事が出来ないため、個人が来訪行動している地域で、かつ、その地域で出費を伴っている来訪行動データを抽出し、3,686 ケースを推定サンプルとして未知パラメータの推定を行なった。表三(A)より、決定係数が 0.914 と非常に大きく、概ね個人の来訪行動を説明できていることが分かる。

推定されたパラメータを解釈するにあたり、式(4),(5)及び式(10)より、まずパラメータベクトル A は、来訪目的での出費と来訪頻度の増加に伴う限界効用を規定するパラメータベクトルであり、ベクトルの要素が正(負)の場合、その要素に対応する属性値が増加する事で当該地域での出費と来訪頻度が増加(減少)する事を示す。同様に、パラメータベクトル B は、出費の増加に伴う限

表-3(B) 式(14)の推定結果

変数名	推定値	t 値
パラメータベクトル <i>C</i>		
滋賀県ダミー	-0.047	-1.54
京都府ダミー	-0.043	-1.34
大阪府ダミー	-0.391	-5.34
兵庫県ダミー	-0.520	-4.93
奈良県ダミー	-0.263	-3.15
自宅からの距離	0.011	6.20
小売業商店密度	0.126	2.45
アミューズメント施設数	0.255	6.79
定数項	-8.29	-
パラメータベクトル <i>D</i>		
アミューズメント施設数	-0.040	-6.43
年齢	0.001	1.52
定数項	0.791	-
パラメータベクトル <i>G</i>		
年齢	0.010	3.50
女性ダミー	-0.048	-1.84
就業者ダミー	-0.317	-11.61
一人暮らしダミー	-0.140	-1.94
サンプル数	3895	
σ^2_{ϵ}	0.043	
σ^2_{η}	0.211	
R ²	0.668	

表-3(C) 式(15)の推定結果

変数名	推定値	t 値
パラメータベクトル <i>E</i>		
総駐車場容量×自動車	0.0121	3.49
駐車場料金×自動車	-0.0049	-6.98
移動距離	0.0017	22.55
高齢者×バス	0.0099	3.39
電車所要時間	-0.0106	-3.27
電車乗り換え回数	-0.0035	-3.06
バス所要時間	-0.0191	-6.88
バス料金	-0.0010	-1.55
バス乗り換え回数	-0.0106	-4.64
女性ダミー	0.0033	3.81
世帯収入1500万円以上ダミー	-0.0032	-2.01
世帯内10才未満子どもダミー	0.0032	3.07
電車ダミー	0.0204	15.35
バスダミー	0.0080	4.95
自動車ダミー	0.0312	23.05
定数項	-0.1146	-
サンプル数	136,460	
$\sigma^2_{N_i}$	0.057	
L(C)	-4267.4	
L(β)	-2926.0	
χ^2 (df=18)	2682.9	
ρ^2	0.314	

界効用の低減率を規定し、パラメータベクトル *F* は来訪活動以外での出費の限界効用を規定する。

個々のパラメータ値についてみると、パラメータベクトル *A* では、名所・寺社数の推定結果が -0.024 となっており、名所やお寺を来訪するような行動では、来訪頻度が低く、あまり出費をしない傾向があるものと考えられる。また、小売業商店密度やアミューズメント施設数の推定値が正となっていることから、商店や娯楽施設が集積しているような地域では、より来訪頻度や出費が大きくなることが分かる。パラメータベクトル *B* に関しては、属性値によって多少の違いはあるものの、 ρ_j の値が 0.9 程度と計算されることから、出費の増加に伴う限界効用がわずかに逓減していることが確認できる。パラメータベクトル *F* に関しては、低収入世帯において負、高収入世帯において正の推定値が得られており、収入の高い世帯ほど、来訪活動以外の出費が大きくなる事が示された。一人暮らしや世帯内に 10 歳未満の子供のいる世帯を示すダミー変数が負の推定値をとっていることから、このような世帯においては来訪活動以外に費やす出費が小さく、相対的に来訪活動に対する出費が大きくなる事が示された。

誤差項の分散の推定結果からは、来訪行動の出費に関するパラメータの誤差項 σ^2_{ϵ} より、来訪行動以外の出費に関するパラメータの誤差項 σ^2_{η} の方が大きい事が分かる。これは、来訪行動に関する出費よりも来訪行動以外に関する出費の方が個人間の非観測異質性が大きい事を示すものである。

次に、式(14)の推定結果を表-3(B)に示す。ここでも

式(13)の推定の場合と同様に、個人が来訪していない来訪地域に関する行動データは推定に用いる事が出来ないため、個人が来訪行動している地域の来訪行動データを抽出し、3,895 ケースを推定サンプルとして未知パラメータの推定を行なった。表-3(B)より、決定係数が 0.668 となっており、出費に比べると来訪行動を説明できている割合が低い。これについては、データの信頼性の問題や、時間消費に関する影響要因をうまくモデルに導入できていない事、時間消費行動はもともと不規則性が強い等、様々な原因が考えられる。誤差項の分散の推定結果からは、来訪活動以外の時間消費に関する誤差項が大きい事が示されており、来訪行動以外の時間消費に関する個人間の非観測異質性が非常に大きい事が全体の適合度を下げる原因になっているものと考えられる。

推定されたパラメータを解釈するにあたり、式(13)の推定結果と同様に、パラメータベクトル *C* は滞在時間と来訪頻度の増減、パラメータベクトル *D* は滞在時間の増減に影響を及ぼし、パラメータベクトル *G* は来訪活動以外の時間利用に影響を及ぼすパラメータベクトルである。いずれも正(負)の場合に増加(減少)を表わす。

パラメータベクトル *C* は、パラメータベクトル *A* と同様に、小売業商店密度とアミューズメント施設数の推定値が正となっており、これらの地域において滞在時間が長く、来訪頻度が多い事が示された。パラメータベクトル *D* に関しては、 ρ_j の値が 0.8 程度と計算されることから、滞在時間の増加に伴う限界効用が低減する事が確認できる。また、アミューズメント施設数は負の推定値となっており、滞在時間の増加による限界効用の低減率

が大きい事を示している。パラメータベクトル **G** では、年齢の推定値が正の値をとっており、年齢が高いほど来訪活動以外の時間利用が多くなる事、女性ダミー、就業者ダミー、一人暮らしダミーの推定値のいずれもが負の値をとっている事から、それらの個人は来訪活動以外での時間利用が少なくなり、相対的に来訪活動での滞在時間が長くなる事が示された。

最後に、表-3(A), (B)の推定結果を与件として、式(16)のパラメータを推定した結果を表-3(C)に示す。ここでは、利用交通機関別（京都市内は5交通機関、京都市以外の目的地は電車と自動車の2交通機関）の、各個人の目的地 20 地域それぞれへの来訪頻度を抽出し、134,640 ケース（15 地域×5 交通機関+5 地域×2 交通機関）×1584 人）を推定サンプルとして未知パラメータの推定を行なった。表-3(C)より、 χ^2 値が 2682.9 であり、パラメータベクトル **E** の要素の符号も妥当なものであることから、構築したモデルが統計的に有意なものであることが分かる。推定されたパラメータを解釈するにあたり、パラメータベクトル **E** は交通機関別の移動抵抗を規定するパラメータベクトルであり、ベクトルの要素が正(負)の場合、その要素に対応する属性値が増加する事で、来訪行動 1 回当たりの移動に伴う抵抗が減少(増加)する事を示す。各パラメータの推定結果を見ると、バス所要時間と電車所要時間を比較すると絶対値はバス所要時間の方が大きなものとなっている。電車費用が有意とはならなかったことも合わせると、電車よりもバスの方が、所要時間、料金ともに移動抵抗が大きいことを示していると考えることができる。一方、自動車の利用者にとっては、駐車場容量が大きいほど、駐車場料金が安いほど移動抵抗が小さくなるということが分かる。また、移動距離が正である事から、同じ所要時間であれば、遠くに行ける方が移動抵抗が低くなる事を示している。

6. おわりに

本研究では、個人は所得制約と時間資源制約の下で、複数の目的地への滞在時間、出費、来訪頻度を調整する事で、種々の消費活動に伴う総効用を最大化するという行動仮説に基づき、一定期間における個人の利用交通機関別来訪頻度、来訪目的地での総滞在時間・総出費を同時に予測する来訪行動モデルを構築した。また、本研究で定式化した理論モデルに対して **Mixing Distribution Model** や **Tobit Model** を適用する事によって統計的に未知パラメータを推定する方法を示し、実際のデータへの適用を行う事によってその有効性を確認した。推定結果から、個人が来訪行動を実施する際には、来訪目的地における総合的な効用が影響するということが定量的に把握できた。

しかしながら、式(13),(14)を用いた推定に際して、来訪行動を行ったケースのみをパラメータ推定時のサンプ

ルとしていることによる問題や、各地域毎の誤差項、および、同一地域での出費と滞在時間の限界効用に関する誤差項は独立と仮定することによる問題などは今後の課題である。さらに、交通行動が消費行動を含むその他の活動と独立ではないという認識のもと、それらの相互作用をいわゆる効用最大化仮説が想定する単純な意思決定プロセスを仮定した上で行動モデルの構築を試みたが、今後の課題は、より現実的な意思決定プロセスをいかにして行動モデルに組み込むか、という問題であるものと考えている。

最後に、本研究は文部省科学研究費基盤研究(B)一般、および財団法人佐川交通社会財団交通安全調査研究振興（地域研究助成）の助成を受けた研究成果の一部である。また、調査の実施に際しては、社団法人システム科学研究所にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 例えば, Kitamura R., S. Fujii, and E.I. Pas: Time use data for travel demand analysis: Toward the next generation of transportation planning methodologies, *Transport Policy*, Vol. 4, No. 4, pp. 225-235, 1997.
- 2) 例えば, Kitamura, R. and S. Fujii: Two computational process models of activity-travel behavior. In T. Garling, T. Laitila and K. Westin (eds.) *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*, pp. 251-279, Oxford, Elsevier, 1998.
- 3) 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.
- 4) 藤井聡, 池田泰敏, 北村隆一: 費用制約を考慮したランダム効用理論に基づく女性の旅行行動モデルの構築, *土木計画学研究・論文集*, No.15, pp. 619-628, 1998.
- 5) 藤井聡, 北村隆一, 熊田喜亮: 交通需要解析のための所得制約・自由時間制約下での消費行動のモデル化, *土木学会論文集*, -印刷中-, 1999.
- 6) 熊田善亮, 藤井聡, 北村隆一: 個人の費用と時間の消費行動を考慮した生活圏の離散・連続モデル分析, *土木学会第 52 年回次学術講演会講演概要集第 4 部*, pp. 142-143, 1997.
- 7) 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居住地域評価・政策評価指標の開発, *土木学会論文集*, No. 597/No. 40, pp. 33-47, 1998.
- 8) 西井和夫, 北村隆一, 近藤勝直, 弦間重彦: 観測されていない異質性を考慮した繰り返しデータに関するパラメータ推定法: Mass Point Model と Mixing Distribution Model, *土木学会論文集*, No.506/IV-26, pp25-33, 1995.

本研究では、個人は所得制約と時間資源制約の下で、複数の目的地への滞在時間、出費、来訪頻度を調整する事で、種々の消費活動に伴う総効用を最大化するという行動仮説に基づき、一定期間における個人の利用交通機関別来訪頻度、来訪目的地での総滞在時間・総出費を同時に予測する来訪行動モデルを構築した。未知パラメータの推定に際しては、Mixing Distribution Model 及び Tobit Model を適用し、段階的に未知パラメータを推定する方法を示した。実際のデータに適用した結果、各地域における娯楽レジャー資源や個人属性、交通サービス水準等によって総合的に来訪行動を決定している事が確認された。

A Simultaneous Choice Model of Monetary and Time Expenditures, Location, and Frequencies of Discretionary Activities

By Toshiyuki YAMAMOTO, Masayuki ABE, Satoshi FUJII, and Ryuichi KITAMURA

In this study, a simultaneous choice model system of monetary and time expenditures, location, and frequencies of discretionary activities is developed under the hypothesis that an individual attempts to maximize the total utility of engaging in activities, by adjusting the monetary and time expenditures, and frequencies of the activities. Mixing distribution models were combined with Tobit models to estimate the unknown parameters. The model components in the system were estimated sequentially. Estimation results using a data set from Kyoto city revealed the effects on the discretionary activities of the attributes of the individual, the travel circumstances as well as the attributes of the destination locations.
