

京都大学工学部 学生員 熊田善亮

京都大学工学部 正会員 藤井 聡

京都大学工学部 正会員 北村隆一

1. はじめに

レジャーや旅行といった非日常的な活動は、その個人の収入や自由時間に大きく制約されるものと考えられる。本研究ではこの点に着目して、個人の非日常活動の集積である非日常活動の生活圏を、制約条件下での効用最大化の考え方をういて再現するモデルシステムを提案する。

2. モデルシステムの概要

個人の生活圏は、各地域への来訪頻度を要素とする以下のベクトル ND で表現できるものとする。

$$ND = (ND_1, ND_2, \dots, ND_k, \dots, ND_K)$$

ND_k : 一月間に地域 k を訪れる回数（来訪頻度）

本研究では、以上のベクトル ND を出力とすることを目的に、図-1 に示すモデルシステムを構築する。

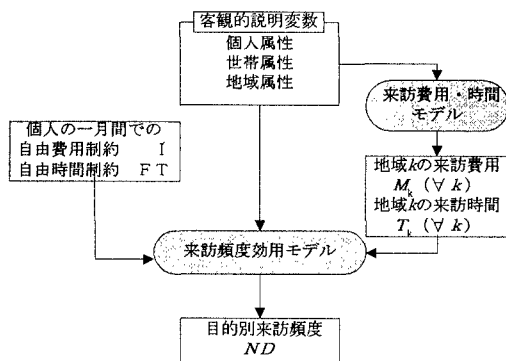


図-1 モデルシステムの構成

図-1 に示したように、本モデルシステムは来訪費用・時間モデルと対象目的での来訪頻度効用モデルの2つのサブモデルから構成される。以下に各サブモデルについて述べる。

3. モデルシステムにおける各サブモデルの概要

(1) 来訪費用・時間モデル

このモデルは、各地域への来訪行動一回あたりに費やされる費用 $M_k(vk)$ ならびに時間 $T_k(vk)$ を出力するものである。本研究では、来訪行動に費やされる費用と時間は、地域属性と個人属性によって影響を受け

る確率変数であり、かつ費用と時間の間にも相関があるものと考え、以下のような構造方程式を定式化する。

$$\begin{pmatrix} \log M_k \\ \log T_k \end{pmatrix} = \Gamma \begin{pmatrix} \log M_k \\ \log T_k \end{pmatrix} + \beta X_k + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix}$$

X_k : 外生変数ベクトル

Γ, β : 未知パラメータ行列

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$: 多変量正規分布に従う誤差項

なお、 M_k, T_k に対数形を用いているのは、その場合の推定時の適合度が最も高かったからである。

(2) 来訪頻度効用モデル

このモデルは、個人の一月間における来訪頻度ベクトル ND を推定するものである。この際、個人は費用制約・時間制約のもとで、以下の式で表される個人の総効用を最大化するように非日常活動を行うものとして定式化する。ただし個人の総効用は、対象目的における各地域への来訪行動を行うことにより得られる効用と、その他の行動に費用・時間を費やすことにより得られる効用の総和で表されるものとする。

$$OBJ \quad U = \sum_{k \in \Omega} U_k(N_k) + UO(MO) + UH(TH) \rightarrow \max$$

$$ST \quad \sum_{k \in \Omega} M_k N_k + MO = I \quad \text{自由費用制約}$$

$$\sum_{k \in \Omega} T_k N_k + TH = FT \quad \text{自由時間制約}$$

$$N_k \geq 0 \quad (\forall k \in \Omega), \quad MO \geq 0, \quad TH \geq 0$$

k : 地域番号 ($k=1, 2, \dots, K$)

Ω : 来訪行動の対象となる地域全体の集合

N_k : 地域 k に一月間に来訪する回数（来訪頻度）

$U_k(N_k)$: 地域 k に N_k 回来訪することで得られる効用

M_k, T_k : 地域 k に来訪する際の所要費用ならびに時間

TH : 対象目的の来訪行動以外に消費できる総自由時間

$UH(TH)$: TH を消費することで得られる効用

MO : 対象目的の来訪行動以外に消費できる総自由費用

$UO(MO)$: MO を消費することで得られる効用

I, FT : 一月間の総自由費用ならびに時間

ここで、各効用 $U_k(N_k), UH(TH), UO(MO)$ をそれぞれ対象目的の来訪行動、対象目的以外への自由時間消費行動ならびに自由費用消費行動についての選好の程度を表す非負の係数 $\alpha_n^k, \alpha_u, \alpha_m$ を用いて、総効用

式を以下のように定式化する.

$$\sum_{k \in \Omega} \{ \alpha_n^k \ln(N_k + 1) \} + \alpha_l \ln(TH) + \alpha_m \ln(MO) \rightarrow \max$$

以上の最適化問題を解き, かつ, Kitamura ら¹⁾の定式化と同様にして, 共変量ならびにパラメータベクトル A, B, C を導入すると以下の式が誘導される.

$$\frac{1}{N_k + 1} \begin{cases} = \left\{ \frac{M_k \exp(BZ - AX_k)}{MO} + \frac{T_k \exp(CZ - AX_k)}{TH} \right\} \exp(\varepsilon_k) & \text{if } (N_k \neq 0) \\ \leq \left\{ \frac{M_k \exp(BZ - AX_k)}{MO} + \frac{T_k \exp(CZ - AX_k)}{TH} \right\} \exp(\varepsilon_k) & \text{if } (N_k = 0) \end{cases}$$

X_k : 地域 k の地域属性ベクトル
 Z : 個人属性, 世帯属性ベクトル
 ε_k : 平均 0, 分散 σ^2 の正規分布に従う互いに独立な誤差項

この時, $N_k, M_k, T_k, MO, TH, X_k, Z$ をデータとして用いることにより, 個人についての尤度関数 L が以下のように誘導される.

$$L = \begin{cases} \frac{N_k + 1}{\sigma} \phi \left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{W_k(N_k + 1)} \right) & \text{if } (N_k \neq 0) \\ 1 - \Phi \left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{W_k(N_k + 1)} \right) & \text{if } (N_k = 0) \end{cases}$$

$$\text{ただし, } W_k = \frac{M_k \exp(BZ - AX_k)}{MO} + \frac{T_k \exp(CZ - AX_k)}{TH}$$

$\phi(\cdot)$: 標準正規確率密度関数
 $\Phi(\cdot)$: 標準正規分布関数

この尤度関数を最大化することにより, 未知パラメータ A, B, C ならびに誤差分散 σ を推定する. なお, このモデルは非線形関数を仮定した離散・連続型のトビットモデル¹⁾である.

4. モデルシステムの推定と感度分析

昨年度実施した, 荒木ら²⁾が用いたものと同様の個人の生活圏調査データに基づいて来訪費用・時間モデル, 来訪頻度効用モデルを推定した. ここでは, 後者の推定結果を表-1に示す. この表において, パラメータベクトル B, C の各要素が正の場合には, Z に含まれる個人属性・世帯属性が増加すると対象目的以外の費用, 時間消費行動に伴う効用の限界効用が増加し, 対象目的の来訪行動には費用, 時間を消費しないという傾向になる. また, ベクトル A の各要素が正の場合には, X_k が増加することで, 非日常活動の来訪行動に伴う効用の限界効用が増加し, 結果的にその地域に費用, 時間の双方の消費量が増加することとなる.

さらに, 本モデルシステムの感度分析を行なった結果を表-2に示す. なお, その対象地域として平均来訪

頻度が最も小さい値であった北河内地域を選定し, 条件が変化するとこの地域への来訪頻度ならびに消費費用がどの程度向上するかを分析した. この表より, 交通時間が短くなることや魅力度が向上することにより, 北河内地域への平均来訪回数が増え, またそれに伴って消費費用が増えるという結果が得られた. このように, 当該地域の金銭的収益の観点からの地域評価が可能である点も本モデルシステムの特徴の一つである.

表-1 来訪頻度効用モデルの推定結果

	パラメータ B		パラメータ C		パラメータ A	
変数	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
年齢	—	—	-0.015	-1.71	—	—
性別	-0.93	-1.57	-0.23	-1.82	—	—
有職者	15.14	18.22	—	—	—	—
収入	-0.00018	-1.51	-0.00077	-1.94	—	—
Bの定数項	-13.13	-15.8	—	—	—	—
Cの定数項	—	—	6.04	9.02	—	—
電車時間	—	—	—	—	-0.016	-2.76
車時間	—	—	—	—	-0.086	-2.12
飲食店数	—	—	—	—	0.095	3.07
サービス事業所数	—	—	—	—	-0.060	-3.28
名所数	—	—	—	—	0.081	2.44

サンプル数: 1980 L(C):-502.8
 χ^2 :79.75 L(B):-462.9

表-2 感度分析の結果

	ケース0	ケース1	ケース2
来訪頻度平均(単位:回/月)	0.0697	0.0836	0.0885
来訪頻度平均の増加量	—	0.0139	0.0188
来訪頻度平均の増加割合	—	20.0%	27.0%
消費費用平均(単位:円)	531	627	652
消費費用平均の増加量	—	96	121
消費費用平均の増加割合	—	18.1%	22.8%

ケース0:条件を変化させない場合

ケース1:北河内地域への自動車ならびに電車での往復所要時間がケース0の75%に変化した場合

ケース2:北河内地域における名所数が21個(7市区町村×3個)増加した場合

5. おわりに

本研究では, 個人の生活圏を予測するために, 非日常活動目的における, 個人の対象期間での各地域への来訪頻度を予測するモデルシステムを構築した. 今後の課題としては, モデル構築の際に仮定した誤差項間の独立性や, 多岐にわたる非日常活動以外の自由費用消費行動, 自由時間消費行動を一つの効用関数でモデル化することなどが挙げられる.

<参考文献>

- 1) R.Kitamura, T.Yamamoto, S.Fujii:A Discrete-Continuous Analysis of Time Allocation to Two Types of Discretionary Activities Which Accounts for Unobserved Heterogeneity, Transportation and Traffic Theory, 1996
- 2) 荒木敏, 藤井聡, 北村隆一:交通行動分析に基づいた個人の生活圏に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 1995