

個人選択モデルの再構築と新展開

NEW DEVELOPMENTS AND REFORMULATION OF INDIVIDUAL CHOICE MODELS

森 川 高 行 *

Takayuki MORIKAWA

1. はじめに

個人の合理的選択とは、いったい何を言わんとしているのだろうか。効用最大化理論でいったいどこまでの行動を表現できるのだろうか。

すべての選択行動は合理的選択であり、それを表現する効用が定義できそうにも思えるし、極めて限られた行動にしか適用できないようにも思えてくる。すべての行動に効用最大化を当てはめると、その他の行動基準を考えなくて済む分すっかりしているが、そこでいう効用関数はあるとあらゆる要素を含んだ化け物のようなものになる。我々は、個人の選択行動をどのように、どこまで深く追求して行くべきなのであろうか。

「所詮我々は工学者である。実務的に役に立つレベル以上のことを研究するのは罪である。」という意見もある。しかし、ここでくせ者は「役に立つ」という言葉である。個人の行動を分析したミクロ経済学の消費者行動論やそれを応用した土木計画学の分野は本当にこれまで役に立ってきたのであろうか。現在の中途半端な研究レベルを考えると著者は大いに疑問を持つものである。

本論文は、個人行動分析が役に立つかどうかというような大きな問題に結論を出そうという大それたものではとうていない。個人行動分析の分野において著者らがこれまで行ってきた研究の総括に始まり（第2章）、次に個人の選択行動をもう少し広い視野で眺める（第3章）、さらに、この分野の研究が今後どのように役に立っていくのかを著者なりに論じてみる（第4章）。このような順番は、通常の学術論文の構成の逆である。通常は、まず広い視野で問題を捉え、その中で当該研究が取り組める範囲を限定し、実際に成果を上げたごく狭い分野を詳細に

論じるものである。ここで敢えて反対にしたのは、先に広大な夢を論じると著者の行った研究成果があまりに矮小に見えるのと、尻すばみに退屈になっていく論文にしたくなかったためである。したがって著者らのこれまでの研究の概要を御存知の方及び興味のない方は第3章からお読みいただきたい。

2. 個人選択モデルの新展開

土木計画学の中では、個人選択モデル（非集計モデル、離散型選択モデルとも呼ばれる）は主に交通需要研究において理論的發展が見られた。これらに関するレビューはすでに何度か行われている^{1)~3)}のでここでは省略する。本章では、この分野における研究の新展開のひとつとして著者らがこれまでに行ってきた「選択の意思決定構造の解明と複数データソースの利用によるモデルシステムの構築」に関する研究の概略を紹介する。

(1) フレームワーク

まず、図-1を見ていただきたい。これは、消費者選択行動の意思決定過程を表す一般的な図である。ここでは、あくまで一消費者がごく日常的な選択を

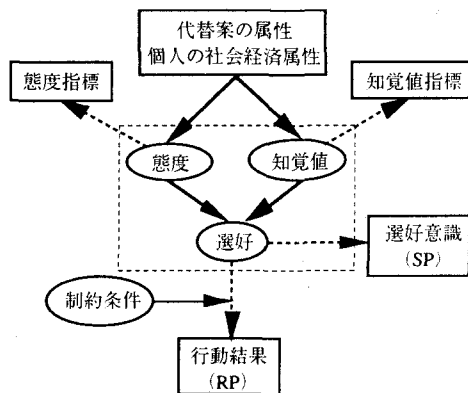


図-1 選択行動意思決定のバスダイアグラム

Key Words : 計画手法論, 交通行動分析, 意識調査

* 正会員 Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市中千種区不老町)

TEL 052-789-3564 FAX 052-789-3738)

行う場合を想定している。つまり、自分の選択行動が他人や社会に大きく影響し、それが巡り巡って自分の選択を左右するようなことは考えていない。厳密に言えば、例えば、自動車の経路選択結果は経路の混雑状況を変化させ、自分の効用を変化させるが、ここではミクロ経済学で通常仮定されるように、一消費者の行動は価格などを変化させないとする。

このパスダイアグラムでは、直接観測することができない潜在変数を楕円で、観測できる顕変数を四角で囲って区別している。このフレームワークでは、①態度、②知覚値、③選好、④制約条件という4つの潜在変数を仮定している。

態度は、意思決定のルールに関するもので、属性の線形和による効用の最大化モデルでは、属性の係数値に影響を与える。知覚値は、属性値の主観的な捉え方で、客観的には同じ属性値でも、主観的な受け取り方が異なることは一般に見られる現象である。選好は、選択肢の望ましさを表す変数で、ミクロ経済モデルでは通常、効用という一次元の潜在変数を仮定する。また、制約条件は物理的に選択不可能な選択肢の排除や、効用最大化以外のルールによる選択肢の選別などを表している。ミクロ経済学に基づく伝統的な交通行動分析では、図中の破線で囲まれた部分を効用関数といういわばブラックボックスで表していた。

潜在変数を同定するための指標としての顕変数には次のようなものが考えられる。どのような属性を重視して選択を行うかという質問は、多くの選択行動調査に含まれるが、態度の指標として利用することができよう。知覚値指標では、選択肢の属性の主観的評価値が代表的である。選好の指標としては、実際の行動結果であるRP(Revealed Preference)と仮想の状況における選好の意思表示であるSP(Stated Preference)が挙げられる。

これらの変数間の関係を矢印で表しているが、実線の矢印は構造関係、破線の矢印は測定関係を示している。構造関係は、意思決定機構における重要な因果関係であり、測定関係は、潜在変数と顕変数を結び付けるものである。これらの関係は、それぞれ構造方程式、測定方程式によって定式化される。

著者らは、このフレームワーク全体の定式化も行った²⁾が、操作性の高いモデルの構築と比較的容易な

実証分析という観点から、全体フレームワークに含まれる3つのサブモデルの構築を主に行ってきた。本章の以降でこれらのサブモデルについて簡単に述べていくことにする。

(2) RPデータとSPデータを同時に用いた非集計行動モデル (RP/SP融合推定モデル)

(a) 基本的な考え方

潜在的な選好を計測するための指標として、RPとSPは補完的な性質を有している。つまり、RPは実際の最適化行動（合理的選択仮説が成り立てばの話であるが）であるため、指標として信頼性が高い。一方、SPは一種の実験データであるため操作性が高い。両データの特徴をより詳しく比較したものが表－1である。

表－1 RPデータとSPデータの比較

	RPデータ	SPデータ
選好の情報	・実際の行動結果 ・得られる情報は「選択結果」	・仮想の状況における意思表示 ・選択、順位付け、評価付けなど
代替案	・現存しない代替案は取り扱えない	・現存しない代替案も取り扱える
属性	・測定誤差があることが多い ・属性値の範囲が限られている ・属性値間で重共線性がある	・測定誤差はない ・属性値の範囲を拡張できる ・属性値間の相関を制御できる
選択肢集合	・多くの場合不明瞭	・明瞭

SPは明らかに人間の潜在的な選好と関連しているが、必ずしも実際の行動をそのまま表すとは限らない。すなわち、SPとRPとは異なる意思決定機構に支配されていることがあるので、SPデータには特有のバイアスが含まれている可能性がある。SPデータの信頼性に問題を与えるものとして、回答によって政策に影響を与えようとする「政策操縦バイアス」、実際の行動を正当化するように回答する「正当化バイアス」、仮想の選択が実際の効用に影響を与えないのでいい加減に答えてしまうバイアスなどが代表

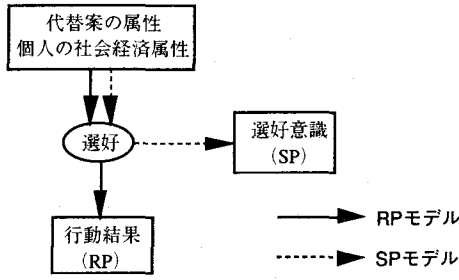


図-2 RP/SP融合推定モデルの模式図

的である。

ここで考えられることは、互いに補完的な性質を持つRPデータとSPデータを同時に利用することによって両方のデータの長所を助長し合うことはできないか、ということである。つまり、両データを統計的に融合して、RPデータだけでは正確に推定できないパラメータをSPデータの情報によって同定すると同時に、SPデータに含まれるバイアスやランダム・エラーを修正するような手法を開発することである。

このような手法を開発する際の著者らの基本的な考え方では、図-2で示したように、潜在的な「選好」はRPデータおよびSPデータとそれぞれRPモデルおよびSPモデルというような別の関係で結ばれている。換言すれば、両モデルはそれぞれRP、SPという観測値を生み出すデータ発生過程(Data Generating Process)を表している。そして、その2つの発生過程には共通する部分も多くあると考え、その共通部分と別個の部分でRPデータとSPデータを用いてシステマティックに推定するというものである。

複数のデータソースからモデルの未知パラメータを推定する手法は、計量経済学の分野では "Mixed Estimation" と呼ばれている。RPデータとSPデータの同時利用もこれらの研究の発展と考えられ、次のような3つの特徴を持つ。

- ① バイアスの修正：2つのデータ発生過程を別々にモデル化することによってSPバイアスの影響を需要予測から除去することができる。
- ② 統計的有効性の増大：属性間のトレードオフを表すパラメータをRPデータとSPデータから同時推定することによって統計的有効性が増大する。
- ③ パラメータの同定：全く新しいサービスに関する

変数の係数など、RPデータだけでは同定できないパラメータをSPモデルによって推定することができる。

(b) 定式化

ここでは、RPモデル、SPモデル共にランダム効用理論に基づく離散型選択モデル（ロジット・モデル、プロビット・モデルなど）を仮定している。SPデータが順位付けデータや一対比較によるカテゴリカル・データの場合もSPモデルのパラメータの推定量が変化するだけで、以下に示す定式化の基本的な考え方は変わらない。

先に述べたように、RPデータを発生するRPモデルとSPデータを発生するSPモデルの2つを考え、同一の個人に対しては主要な属性間のトレードオフ関係は両データの発生過程で共通と考えている。以下の定式化では、添字のRP、SPは変数がそれぞれRP、SPデータから得られるものであることを表す。

RPモデル：

$$U_{in}^{RP} = \beta' x_{in}^{RP} + \alpha' w_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP} \quad (\equiv V_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP}) \quad (1)$$

SPモデル：

$$U_{in}^{SP} = \beta' x_{in}^{SP} + \gamma' z_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP} \quad (\equiv V_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP}) \quad (2)$$

ただし、

U_{in} ：個人 n の代替案 i に対する総効用

V_{in} ：個人 n の代替案 i に対する効用の確定項

ε_{in} ：個人 n の代替案 i に対する効用のランダム項

x_{in}, w_{in}, z_{in} ：個人 n の代替案 i に対する説明変数ベクトル

α, β, γ ：未知係数ベクトル

さらに両モデルの効用のランダム項のばらつきの大きさが同じであるという根拠はないため、このばらつきの差（厳密には比）を表す未知パラメータ μ を以下のように定義する。

$$\text{Var}(\varepsilon_{in}^{RP}) = \mu^2 \text{Var}(\varepsilon_{in}^{SP}) \quad (3)$$

この定式化において、 x はRPモデルとSPモデルで共通の係数ベクトル β を持つ説明変数ベクトルであり、 w, z はそれぞれRPモデル、SPモデルで異なる

係数を持つ説明変数ベクトルである。つまり、 $\beta'x$ が両データ発生過程で共通なルールを、 $\gamma'z$ がSPバイアスおよびSPデータにしか含まれ得ない属性項（例えば新しいサービスの影響）を表している。

例えば、RPモデルのランダム効用項に独立で同一なガンベル分布を仮定すると式(4)で選択確率を与えるロジット・モデルが得られる。

$$P_n^{RP}(i) = \frac{\exp(V_{in}^{RP})}{\sum_j \exp(V_{jn}^{RP})} \quad (4)$$

SPモデルについても同様に式(5)のロジット・モデルが得られるが、式(3)に定義したスケール・パラメータ μ が確定効用値にかけられている点に注意が必要である。

$$P_n^{SP}(i) = \frac{\exp(\mu V_{in}^{SP})}{\sum_j \exp(\mu V_{jn}^{SP})} \quad (5)$$

(c) パラメータの推定

SPデータとRPデータをプールしたデータを用いて最尤推定法により、未知パラメータ・ベクトル α , β , γ およびスケール・パラメータ μ を同時にまたは段階的に推定することができる。

RPモデルとSPモデルの効用のランダム項が統計的に独立と考えられるならば、式(4)から得られるRPデータの尤度関数と式(5)から得られるSPデータの尤度関数の積が全データの尤度関数となり、これを最大化することにより一致性と漸近的有効性を持つすべてのパラメータの最尤推定量を得ることができる。この同時対数尤度関数は μ の導入によりパラメータについて非線形であるため通常のロジット・モデルの推定ソフトを使用することはできず、尤度関数のプログラミングが必要である。

段階推定法では、まずRPデータから α , β を推定し、その推定値 $\hat{\beta}$ を用いて計算される $\hat{\beta}'x_{in}^{SP}$ を式(2)のSPモデルの一つの属性として代入し、SPモデルを推定する。これにより $\hat{\gamma}$ はもとより $\hat{\beta}'x_{in}^{SP}$ の係数推定値として $\hat{\mu}$ が得られる。この段階推定は、市販のロジットモデル推定ソフトを用いて行うことができ、有効性はないが一致性を持つ推定量を得ることができる。

RP, SP両モデルの未知パラメータが推定されると、その推定値を用いて需要予測を行なう。その際使用すべきモデルは実際の選択行動を表す式(1)のRP

モデルである。つまり期待効用の予測値は、

$$\hat{V}_{in} = \hat{\beta}'x_{in}^{RP} + \alpha'w_{in}^{RP} \quad (6)$$

与えられる。

SPモデルに特有な説明変数ベクトル z の中で、将来予測に必要な属性（たとえば、ある代替案にまったく新しいサービスを加える場合そのサービス・レベル）がある場合には、その属性の効用項をRPモデルの効用関数に加えて予測を行なう。すなわち、そのような属性ベクトルを $\hat{z}_{in}^{SP}$ ($\hat{z}_{in}^{SP}$ は z_{in}^{SP} の部分ベクトル)、それに対応する係数ベクトル推定値を $\hat{\gamma}$ ($\hat{\gamma}$ は γ の部分ベクトル)とすると、予測に用いる期待効用値は式(7)で与えられる。

$$\hat{V}_{in} = \hat{\beta}'x_{in}^{RP} + \alpha'w_{in}^{RP} + \hat{\gamma}'\hat{z}_{in}^{SP} \quad (7)$$

ここで $\hat{\gamma}$ はスケール・パラメータ μ の導入によってRPモデルのスケールに変換されているためにこのような効用関数の融合が可能である。

本手法のより詳しい説明及び実証的研究については文献(5),(6)を参照されたい。

(d) 発展形：RPモデルとSPモデルの系列相関を考慮した分析

上記のシステムでは、RPモデルとSPモデルで表される両データの発生過程に含まれる誤差が、同一個人内においても独立であるという仮定に基づいてパラメータ推定を行っていた。

この方法論を用いたいくつかの実証的研究によると、SP質問の回答が実際の行動に大きく影響を受けることが多いことがわかった^{5),(6)}。これは、過去の行動結果が現在の状態を形成し、その状態が将来の行動に影響を与えるという「状態依存」に近い性質と考えられる。これに対してこれまでの定式化では、SPモデルの効用関数の中に実際の行動結果を表すダミー変数を入れることで対処してきた。また、一部のケーススタディでは、SPデータとRPデータの独立性を仮定した定式化で推定されるパラメータの一部に明かなバイアスが現れた⁶⁾。これは同一個人内で、RPモデルおよび複数回答のSPモデルの効用の誤差項が独立でない「系列相関」と、先に述べた「状態依存性」が同時に存在するために生じたバイアスであると考えられる。ここではまず、RPモデルとSPモデルの間に存在する系列相関の内容について検討してみる。

通常の交通機関選択モデルでは、旅行時間や費用、

乗り換え回数、意思決定者の性別といった計測が容易な属性のみを効用関数の確定項の説明変数に用いている。このようなモデルでは、計測が困難であるために説明変数に加えられなかった要因が誤差項に多く含まれると考えられる。つまり、快適性や安全性など主観的な属性や、「車の運転が好きである」とか「費用は全く問わない」といった潜在的な態度は、誤差項にすべて入ってしまう。このような要因は、RPデータ、SPデータに関わらずその個人の選好に大きく影響を与えることが多く、通常の説明変数で表現することは困難なものの、モデル構築の際になんらかの形で考慮されることが望ましい。ここでは、このような要因が選択肢および意思決定者ごとに特有なものであることから、「個人・選択肢に共通なシステマティックな誤差」と呼ぶことにする。

システマティックな誤差が存在する場合、同一個人から取ったRPデータとSPデータの発生過程を、それぞれランダム効用モデルでRPモデル、SPモデルと表したときには、それぞれのモデルの誤差項間で、同一個人内の、とくに同一選択肢間で強い相関が生じる。RPモデル、SPモデルの効用関数の誤差項間の相関は、一種の系列相関(Serial Correlation)と考えられる。

そこで、本項で紹介するモデルでは、誤差項を個人・選択肢に共通なシステマティックな部分と、分析者にとって真にランダムなホワイトノイズの部分に分解する。このとき、RP/SP融合推定モデルのフレームワークでは、システマティックな誤差項を両モデルで共有することになる。つまり、システマティックな誤差項を λ 、ホワイトノイズを表す部分を v とすると以下のような誤差項の分解が可能である。

$$\begin{aligned} \varepsilon_{in}^{RP} &= \theta_i^{RP} \lambda_{in} + v_{in}^{RP} \\ \varepsilon_{in}^{SP} &= \theta_i^{SP} \lambda_{in} + v_{in}^{SP} \end{aligned} \quad (8)$$

ここでは選択肢ごとのシステマティックな誤差の大きさの違いを未知係数 θ によって表している。

ホワイトノイズ v を独立で同一なガンベル分布に従うと仮定すると、システマティックな誤差 λ を所与(定数)としたとき、前項で示したRP/SP融合推定モデルの(λ に関する条件付き)尤度関数が得られる。これに λ の確率密度関数(標準正規分布など)を乗じて λ について積分、つまり λ に関する期待値をとると、このモデルの尤度関数を計算することがで

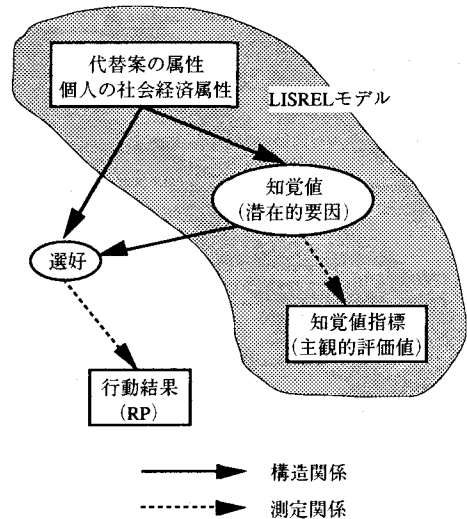


図-3 選択モデルとLISRELモデルの融合の模式図

きる。これにより前述の効用関数の係数の大きなバイアスを除去することが示された⁷⁾。この手法に関するより詳しい説明と実証的研究については、文献7)~9)を参照されたい。

(3) 属性の主観的評価値の利用による潜在説明変数を取り入れた離散型選択モデル

(a) 基本的な考え方

伝統的な交通行動モデルでは、所要時間や費用など工学的・客観的に計測される要因を説明変数に用いることがほとんどであった。しかし、実際にはこれらの客観的要素のほかに、快適性、利便性、信頼性、プライバシーなど主観的・潜在的な要因も大きく行動に影響を与えている。

一方、交通行動に関する多くのアンケート調査には、旅行中の快適性や利便性に関するいくつかの主観的評価を尋ねることが多い。本節では、このような主観的評価値データを用いて、交通行動に関する潜在的な要因を選択モデルに取り入れる方法論について論ずる。

ここで提案される手法は、図-3に示されたバスダイアグラムに従い、線形構造方程式モデル(LISRELモデル)を援用して定式化を行うものである。本手法では、個人個人について選択データと選択肢の属性に関する主観的評価値が得られているとする。

(b) 定式化と推定法

ここでは簡単のため二項選択問題を取り上げ、すべての変数は2つの選択肢間の差で表されているとする。

構造方程式

$$U^* = \mathbf{a}'\mathbf{x} + \mathbf{c}'\mathbf{w}^* + v \quad (9)$$

$$\mathbf{w}^* = \mathbf{B}\mathbf{s} + \boldsymbol{\zeta} \quad (10)$$

測定方程式

$$d = \begin{cases} 1: \text{if } U^* \geq 0 \\ -1: \text{if } U^* < 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A}\mathbf{w}^* + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (12)$$

ただし、

U^* : 効用

$\mathbf{x}$: 選択肢及び意思決定者の観測可能な属性

$\mathbf{w}^*$: 潜在的な説明変数ベクトル

$\mathbf{a}, \mathbf{c}$: 効用関数中の未知係数ベクトル

$\mathbf{s}$: $\mathbf{w}^*$ に影響を与える観測可能な変数ベクトル

$\mathbf{B}, \mathbf{A}$: 未知係数行列

v : 正規分布に従う効用の誤差項

$\boldsymbol{\zeta} \sim \text{MVN}(0, \boldsymbol{\Psi})$, $\boldsymbol{\varepsilon} \sim \text{MVN}(0, \boldsymbol{\Theta})$ に従う誤差ベクトル (MVNは多変量正規分布)

このシステムでは、式(9)と(11)がプロビット型の離散型選択モデル、式(10)と(12)が線形構造方程式モデル (LISRELモデル) を構成している。

すべての変数が正規分布に従うと仮定すると、観測可能な変数 $\mathbf{Y}, \mathbf{x}, \mathbf{s}$ が与えられたときの $\mathbf{w}^*, U^*$ の条件付き分布が以下のように表される。

$$\begin{bmatrix} \mathbf{w}^* \\ U^* \end{bmatrix} \sim \text{MVN}(\mathbf{M}, \boldsymbol{\Omega}) \quad (13)$$

ただし、

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}\mathbf{s} + \boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}'[\mathbf{A}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}' + \boldsymbol{\Theta}]^{-1}(\mathbf{Y} - \mathbf{A}\mathbf{B}\mathbf{s}) \\ \mathbf{a}'\mathbf{x} + \mathbf{c}'\{\mathbf{B}\mathbf{s} + \boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}'[\mathbf{A}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}' + \boldsymbol{\Theta}]^{-1}(\mathbf{Y} - \mathbf{A}\mathbf{B}\mathbf{s})\} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\boldsymbol{\Omega} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\omega} & \boldsymbol{\omega}\mathbf{c} \\ \mathbf{c}'\boldsymbol{\omega} & 1 + \mathbf{c}'\boldsymbol{\omega}\mathbf{c} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$\boldsymbol{\omega} = \boldsymbol{\Psi} - \boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}'[\mathbf{A}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}' + \boldsymbol{\Theta}]^{-1}\mathbf{A}\boldsymbol{\Psi} \quad (16)$$

である。

このとき離散型選択モデルの選択確率は、式(17)で与えられる。

$$P(d=1 | \mathbf{Y}, \mathbf{x}, \mathbf{s}) = \Phi\left(d \frac{\mathbf{a}'\mathbf{x} + \mathbf{c}'\{\mathbf{B}\mathbf{s} + \boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}'[\mathbf{A}\boldsymbol{\Psi}\mathbf{A}' + \boldsymbol{\Theta}]^{-1}(\mathbf{Y} - \mathbf{A}\mathbf{B}\mathbf{s})\}}{\sqrt{1 + \mathbf{c}'\boldsymbol{\omega}\mathbf{c}}}\right) \quad (17)$$

このモデル段階推定法は、まず式(10)と(12)で構成される線形構造方程式モデルをLISRELなどのプログラムで推定し、そのパラメータ行列の推定値より $\mathbf{w}^*$ の推計値(Fitted Value)を計算し、その値を用いて式(9)と(11)で表されるプロビット型の離散型選択モデルを推定する。これにより、最終的には式(17)で表される選択確率によってプロビット・モデルを推定することになる。この段階推定により、一致性のある推定量を得ることができる。

この手法に関する詳しい説明及び実証的研究は、文献10),11)を参照されたい。

(c) 発展形1：同時推定モデル

これは、(a)で示されたモデルの式(9)～(12)の4式を同時に推定するものである。この場合、個人の尤度関数は観測されるデータ $\mathbf{Y}, d$ の同時生起確率である。これは、 $\mathbf{w}^*$ が与えられたときの条件付き確率の $\mathbf{w}^*$ に関する数学的期待値として表される。この推定方法により得られる推定量は漸近的有効性と一致性を持つ。

(d) 発展形2：主観的評価回答値の離散性を考慮した同時推定

主観的評価値データは一般に、1)「悪い」、2)「やや悪い」、3)「普通」、4)「やや良い」、5)「良い」といった選択肢から選ばれた離散的な数値である。これまで提案したモデルでは、この知覚値指標をそのまま連続変数として用いていたが、本来離散的な数値として定式化されるべきである。

この場合、属性の主観的評価の潜在的な値を $\mathbf{Y}^*$ とし、それがある閾値の間に入ったときに観測される回答値 $\mathbf{Y}$ が測定されると考える。尤度関数は基本的に(c)で論じた同時推定型であるが、主観的評価値の閾値も未知パラメータとして同時に推定される。

この2つの発展形に関しては、文献11)を参照されたい。

(4) 潜在的選択肢集合を考慮した離散型選択モデル

離散型選択モデルは、個人が選択可能な選択肢集合を確定的に定めることから定式化が始まる。しかし、多くの場合個人の持つ真の選択肢集合は、分析者には不明であり、誤った選択肢集合を仮定することはしばしばパラメータ推定値に重大なバイアスをも

たらず、このような、分析者にとっての選択肢集合の不確実性は、次のようなより一般化された選択確率の導入によって表される¹²⁾。

$$P(i) = \sum_{C \in G} P(i|C) \cdot Q(C|G) \quad (18)$$

ここに、

$P(i)$: 選択肢 i を選択する確率

$P(i|C)$: 選択肢集合 C から選択肢 i を選択する確率

G : 全ての選択肢による空集合以外の全ての部分集合の集合 (例えば、3つの選択肢{1,2,3}の場合、

$$G = \{ \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1,2\}, \{2,3\}, \{1,3\}, \{1,2,3\} \})$$

$Q(C|G)$: G の中で選択肢集合が C である確率

選択肢集合が分析者にとって確率的であるこのようなモデルは、通常の離散型選択モデルをより一般化したものである。ただし、選択肢の数が多いときには、上記の G の要素数が膨大になり、計算が事実上不可能になる。つまり、選択肢の数が J 個のとき G の要素数は空集合を除いて $2^J - 1$ となり、選択肢が 10 個の場合でも可能な選択肢集合は 1,023 個になる。

本節で紹介するモデルは、基本的には式(18)で表された確率的 2 段階モデルを踏襲する。第 1 段階のモデルは、式(18)の $Q(C|G)$ を評価するもので、対象とするすべての選択肢から、個人が選択肢集合として意識する選択肢の集合を「選別」するモデルである。ここで言う「選別」は、必ずしも意思決定者が積極的に行なう選別ではなく、種々の制約条件により振り落とされた後に残る選択肢の集合を見つける、といった意味合いである。より具体的には、いくつかの独立な制約条件のすべてを満足する選択肢のみが選択肢集合に残るといった、いわゆる「非補償型」のモデルが考えられる。

第 2 段階のモデルは、式(18)の $P(i|C)$ を評価するもので、個人が選択肢集合から 1 つの選択肢を「選択」するモデルである。これはロジットやプロビットなどの通常の離散型選択モデルで表すことができる。

森川ら¹³⁾は、ロジスティック型の独立な確率的選別条件と、ロジット型の選択モデルの組み合わせの場合、すべての選択肢を一对比較していくことによって、 $2^J - 1$ の組み合わせを考慮するのと同値である推定法を提案した。そして確率的選択肢集合を考慮した選択確率が、たかだか誤差項に関する一重積分の形で表せることを示した。この方法論を、選択肢が

18 個ある観光目的地選択問題に適用し、その有効性を検証した。

(5) 嗜好の異質性を考慮したモデル

土木計画学で用いられる選択モデルでは、母集団全体が同じ嗜好を持っている、つまり効用関数のパラメータ値が全員同じであると仮定することが多い。しかし実際には「十人十色」といわれるようにこのような嗜好の同質性の仮定は現実的でなく、何らかの形で異質性を明示的に取り入れることが望ましい。このような嗜好の問題は、図-1における「態度」の形成部分に相当する。

最も簡便に異質性を取り入れる方法は、アプリアリオリマーケットセグメンテーションである。交通行動モデルの場合は、交通目的、自動車の保有・非保有、職業、性別などでセグメント分けされる場合が多い。実務的には扱いやすい手法であるが、理論的根拠が乏しいという欠点がある。

パラメータ値を確率変数としたランダム係数モデルも提案されている¹⁴⁾が、選択確率が多重積分形になり推定計算が極めて煩雑になる欠点を持っている。

SP調査手法の発展とともに注目されてきた方法は、一人当たり多くのSPデータを取り、個人ごとのモデルを推定して予測を行うか、個人ごとのパラメータ値の類似性によってクラスター化し、このセグメントごとにパラメータを推定し直すというものである。森川・白水¹⁵⁾は、交通手段選択に関するSPデータより個人別に推定したパラメータの主成分分析結果からセグメンテーションを行った。また、このようにして得られた本来の嗜好の異質性によるセグメントを個人社会経済属性によってうまく再現することはできず、アプリアリオリセグメンテーション手法に対して疑問を呈した。

また図-1に示すように、潜在的態度を表すような指標が得られる場合(「あなたはどのような要因を重視して選択しますか」などの質問はよく行われる)、LISRELモデルなどを用いて潜在的態度変数を同定することも可能である。ここではさらに進んだ潜在セグメント分析について概説する。

各個人が潜在セグメントに帰属する確率は潜在的態度変数や社会経済属性によって決まるとし、個人 n が潜在セグメント s に帰属する確率を決定する関数

Y^* を定義する。

$$Y_{ns}^* = \Gamma_{G^*} \cdot G_{ns}^* + \Gamma_{z} z_n + \delta_{ns} \quad (19)$$

ただし、

G^* : 潜在的態度変数

z : 帰属度に影響する客観的変数

Γ : 未知パラメータベクトル

δ : 誤差項

ここで、誤差項を独立で同一のガンベル分布とすると、セグメント帰属確率は以下の式で与えられる。

$$W_{ns} = \frac{e^{(\Gamma_{G^*} G_{ns}^* + \Gamma_z z_n)}}{\sum_k e^{(\Gamma_{G^*} G_{nk}^* + \Gamma_z z_n)}} \quad (20)$$

従って、個人 n がセグメント s に帰属し、選択肢 i を選択する確率は

$$P_{ni|s} = P_{ni|s} W_{ns} \quad (21)$$

で与えられ、これの s に関する周辺確率をとること、個人 n が選択肢 i を選択する確率が得られる。

$$P_{ni} = \sum_s P_{ni|s} W_{ns} \quad (22)$$

このモデルを用いた試験的分析結果については佐々木ら¹⁶⁾に紹介されている。

3. 個人の行動分析の再構築

前章では、著者らが行った個人選択モデルにおける新しい試みを紹介したが、これも従来の効用理論に基づく合理的選択の枠組みに従ったものである。本章では、個人の選択問題をより根本的に捉えてみたい。

(1) 合理的選択と効用

我々が依ってたつ代表的な基礎理論であるミクロ経済学では、個人の「合理的選択」が大前提になっている。合理的選択とは、ある条件下で目標を最もよく達成できるような行動を選択することである。経済学におけるより近代的な定義によると、合理的選択とは選択肢の選好に関して「完全律」や「推移律」が成立する、つまり複数の選択肢を完全に選好の順位に並べることができる、というものである¹⁷⁾。選好の順位が決まれば、それに応じた序数尺度を持つ「効用」がそれぞれの選択肢に対して定義できる。

それでは、非合理的な選択つまり効用が定義でき

ないような選択行動とは何であろうか。犯罪や自殺はしばしば非合理的選択の例として挙げられるが、これとてそのときの選択肢で一番望ましかったから行った行動であろうから合理的選択とも言える。また、あるとき選択肢Aより選択肢Bを選好して、次にはAの方を選好しても、必ず時間の経過があるので、微妙な条件の変化や選好構造の変化で、完全律を説明することができる。推移律にしても同様に擁護できるであろう。そうすると、古典的な「利己的行動」だけでなく、利他的、博愛的、破滅的、一見矛盾の、などすべての行動を広義には合理的選択といえ、それらに対して効用が定義できることになる。顯示的選好理論が言うように、「行動は選好によって説明され」、「選好は行動によってのみ定義される」という循環的議論とも無矛盾であると言える。

このような広義の合理的選択によって定義される「効用関数」は、とてつもなく多くの要因を含むことになる。当該の選択肢の属性はもとより、他の選択肢の属性、過去の経験、他人の選択状況、社会からの期待、将来への思惑、神からのお告げ、などおよそ選択に関わるすべての要素である。最終的には、実務につながることを期待する我々工学者は、このような化け物のような効用関数を相手にすることはできない。

このような状況で、我々にとって非常に頼もしい味方が「確率効用理論」であろう。効用の中の分析者にとって不明な部分を確率項として処理し、(いくつかの限定的な仮定は必要であるが)結果として非常に操作性の高い確率的選択モデルを導出した功績¹⁸⁾は、極めて高いと思われる。

ただし、現在実証的側面で最も成功を収めているロジットモデルなどの「確率効用理論に基づく離散型選択モデル」の適用できる選択現象はかなり限られている。つまり、利己的な意思決定者が、自分の行動だけに関心を持ち、それぞれの選択肢の属性だけからなる主観的に確定的な効用が最大となるただ一つの選択肢を選択する、というものである。

しかし、このような狭義の効用を最大化するような行動規範では説明できない状況は無数にあらう。以下では、狭義の非合理的選択を含んだ、より一般的な選択状況とそれに対するアプローチの可能性について述べていきたい。

(2) 関与の低い選択における代替的行動原理

人間は、一日に無数の選択を行わなくてはならない。ほとんど無条件に行われるルーティンワークを除いても、多少は判断を要する選択は数限りない。これらの一つ一つに思慮をめぐらした意思決定をとうてい行うことはできない。これらの選択の多くは、より長期的スパンで見た効用最大化意思決定に従って、毎日の微調整で行っているだけであろう。例えば、朝何時に起きる、どのような手順で身づくろいをする、どのルートで出勤する、などという行動はより長期的な、勤務地選択、居住地選択、通勤交通手段選択、などの長期的意思決定に沿って、毎日代替的選択肢をほとんど考慮せずに行われている。

それでは、長期的、短期的含めて、我々が通常効用最大化行動として捉えている選択行動は、本当に最適化行動なのであろうか。

効用最大化に対する代替的な行動原理の一つは、「満足化原理(Satisfying Principle)」である。つまり、ある程度の満足度を与える選択肢ならばどれでも良い、という基準である。選択に対する関与の程度が低い場合にはしばしば見られるもので、一般消費財のブランド選択、買い物場所の選択、交通経路の選択など我々に関係する選択文脈にも多く存在しよう。

多くの行動がこのような原理に従って行われていると思われる理由は、意思決定者の頭の中の選好の完全なランク付けにかなりの費用(労力)を要するためであろう。つまり、選択肢の物理的な属性を情報処理したり、新たな属性を探索したり、未知の選択肢を探索したりすることに対する費用と比べて、更なるランク付けのための思考を停止させて「てきとう」な選択肢を選び後悔するかもしれないことの費用の方が安いと判断するためである。

これを別の側面から見ると、客観的には最善のものを選択でずに「後悔する」に違いないと思われることを、主観的には「後悔しない」ように考えているとも思える。つまり、途中で思考を停止させた代わりに、後で後悔しないことを自分に納得させるわけである。これは、心理学で言う「認知的不協和理論」にも通じる。知覚された結果と自分の(最適を目指す)態度の間に不協和が生じると非常に不快になるので、態度を変化させて不協和を解消させるものである。

意思決定者の関与が低い選択状況における他の行動原理に「非補償型選好原理」がある。通常の効用関数では、ある属性のレベルの低下による効用の減少分は、他の属性のレベルアップによって埋め合わせ(補償する)ことが可能な「補償型」になっている。

非補償型選好の一種である「辞書編纂型選好」では、最も重要視する属性が最も望ましい値をとる代替案を選択する。この属性について望ましさが同じならば、次に重要視する属性で決定する、というように順番に属性を比較していくものである。また、すべての属性について、ある足切り基準を満たしていない代替案は削除されるという足切り型選好もある。これは、2.(4)で紹介したモデルの代替案の絞り込みに用いたモデルである。

前述の満足化原理に基づく選択のモデル化にこの足切り型選好を用いて満足度を満たす代替案を絞り込むこともできよう。絞り込んだ後の選択は、等確率の場合もあろうし、時系列データがある場合は慣性による選択なども考えられよう。足切り型選好の代表的なモデルに、EBA(Elimination by Aspects)¹⁹⁾が挙げられる。

(3) 他人の影響

「効用」は、経済学で言うようにはたして自分の消費レベルだけで決まるものであろうか。例えば、A、Bの二人からなる社会では、A氏の効用は、A氏の消費レベルはもちろん、B氏の消費レベルまたはA氏が想像するB氏の効用レベルに大きく依存すると思われる。これは、B氏の消費量がA氏の消費量に影響を与えるという「稀少資源の配分」という経済学上の問題ではない、稀少資源問題は、経済学フレームの中の均衡分析で取り扱うことができる。

同程度の仕事をしていると思われる同僚がいて、自分が20万円の給料、他の全員が25万円の給料を得ている状態よりも、自分だけが18万円、他の者が15万円をもらっている状態の方が満足度が高い、というのはよく引き合いに出される例である。ゴミの有料回収が始まったときに、自分だけが以前通り無料で回収してくれる特典を与えられれば、自分の状況は全く変化しないのにずいぶんと得をした気持ちになろう。

マーケティングリサーチの分野では、財によっては、その等量の消費についても、社会における普及の度合いが進むにつれてその効用が高まる「バンドワゴン効果」と、逆に効用が低くなる「スノブ効果」が存在することが言われている²⁰⁾。これも、他者の行動の自分の効用への依存性の一部を表しているものである。しかしここではより一般的に、人間の行動原理から議論してみたい。

人間の評価基準には何らかの「準拠点」が必要であることが多い。多くの場合これは「他人と比べて自分が幸せかどうか」というように、他人の効用を準拠点とする。この評価基準が、「他人よりも得をしたい」、裏返して言えば「他人よりも損をしたくない」という行動原理になるであろう。より社会的に言うならば、自分の消費レベルだけから計算される効用と比べた場合、「他人よりも得をした」と思われる場合はその効用よりも高く評価され、「他人よりも損をした」と思われる場合はより低く評価されるであろう。つまり、他者の状況から独立 (Context Independent) に選択行動を表現することは、極めて不正確なものになってしまう恐れが十分にある。消費税、環境税、都心部自動車乗り入れ税などの一連の新税や、ゴミ回収の有料化など広く市民全体に負担を強いる政策では、負担額そのものよりもそれがもたらす「公平性」の変化が最も大きな焦点となることはこの現れであろう。

もう一つの効用の準拠点は、過去の自分の状況または未来に対する現在の自分の状況であろう。絶対的な消費レベルが低くても過去の自分よりもましだと感じられれば効用は高くなろうし、絶対的なレベルが高くても過去よりも悪くなったと感じられれば大きな不満を持つことは明らかである。

(4) 認知的一貫性による行動原理

もちろん前節で述べたように他人との比較ばかりで効用が決まるわけではない。慈善事業に一生を捧げる人もいれば、他人などまったく目もくれず我が道を行く人もいる。合理的選択や満足化などのレベルよりも深いところでの行動原理として「認知的に一貫した意味のある世界を自分の中に築く」²¹⁾ということがありそうだ。強い倫理観に従って行動している人は、その倫理に沿った世界を築いていくよう

に行動して行くであろう。他人のことが非常に気になる人は、他人よりも幸せを感じていくという一貫した世界を築いているのかもしれない。このような認知世界に矛盾するようなことを何かの拍子で行ってしまうと、認知的不協和が起こり、態度を少しずつ変化させるか、原因を他のことに帰着させるかして不協和を解消していくことになるだろう。

しかし、このような認知世界は一般に実証が極めて困難であり、工学者として探求していくことは難しいかもしれない。ただ、有力な基本的行動原理であると思われるため、選択モデル構築の際には、築くべき認知世界の差が意思決定の際の基本的「態度」の相違として現れ、これをセグメント分けなどによって取り入れていくことが考えられる。

(5) 不確実性と情報

意思決定は、将来の結果に対し行うものなので、多かれ少なかれ必ず不確実性が入る。含まれる不確実性が非常に大きい場合や、政策分析の対象が不確実性の減少である場合のように、不確実性が行動分析の主要因であるときには、これを明示的に取り入れた分析を行わなくてはならない。

これまでに提案されてきた不確実性下の意思決定分析では、不確実性の確率分布がある程度わかっている場合は「くじ」の理論と期待効用仮説、確率分布が不明の場合はゲームの理論の応用などが代表的であった²²⁾。これらの既存分析手法では、保険購入に代表されるような「リスク回避型効用関数」と、ギャンブルに代表されるような「リスク指向型効用関数」があるとされる。同じ人間が保険もかけ、ギャンブルもするのは、貨幣換算額の小さい点から大きい点にかけて次第にリスク指向からリスク中立、リスク回避型に効用関数が変化していくという解釈と、主観確率の違いによる解釈が考えられる。

これらに対して「他人との相対効用」によって不確実性下の意思決定を説明するという考え方もできよう。つまり、事故や宝くじ当選などの確率の低い現象は、多くの場合少数の人間に影響を与えるものである。自分への影響として考えると、そのような現象が起こることは、非常に運が良かった（又は悪かった）ことになり、自分だけが得（損）をすることになる。このような他人との相対状況を、前節で

述べたような効用への加算（減算）で考えると、リスク行動を説明できることがあるように思われる。つまり、宝くじ当選のように自分だけが得をすると、その貨幣価値から得られる効用よりもかなり高い効用を得られると考えられるため、それに当選確率を乗じた期待効用が、購入代金による不効用よりも大きくなると考えられる。また、事故のように自分だけが損をすると、事故自体からの不効用よりもおおきな不効用が主観的にはかかると感じられるため、保険を購入してその不効用を減じる方が保険代金の支払いよりも得だと感じるのではなかろうか。まれな現象でも多くの人に影響を与える「天災」などに対して個人があまり備えを行わないことも、この他人との相対効用によって説明できそうである。

また、行動論における「情報」は通常不確実性を減らすものとして取り扱われるが、効用の他者依存性の仮定の下では、他者の状況を知るという効果も大きい。情報がまったくない状況では、効用の準拠点は過去の自分だけであるが、他者の状況を知らせる情報が増えると他者との相対関係で効用を評価し、行動の動機となろう。東欧における共産政権の崩壊も情報のこのような効果であると思われる。このような観点からの情報の価値の分析も非常に興味深いところである。

4. 行動モデル研究の行方

(1) 正しい選択行動の把握が正しい計画論を導く

これまで土木計画学で用いられてきたプロジェクト評価の評価基準は、純便益、消費者余剰、総交通量、環境指標などマクロな総量であることが多かった。この背景には、社会的厚生関数などの社会全体の効用を計る基準がなく、補償原理を仮定したパレート最適性に頼るしかなかったからであろう。パレート基準は、理論的には「効用」レベルの話であるが、現実に適用されるときは補償可能性を仮定して個人レベルの貨幣換算した純便益の積み上げで計られることが多い。

人口問題、環境問題が大きな制約となっている今日では、大きな技術革新がない限り、人間社会全体の物理的なパイを大きくすることは困難であろう。

同じ大きさのパイの配分で、個人の効用レベルを上げるためには、個人間の協力的行動によって社会的ジレンマ状態を解消することが必要である。例えば、これからの環境問題を考える上では、昭和40年代の公害問題のような生産者と消費者の対立的構造でなく、社会のほぼ全員が加害者であり被害者であるような構図がほとんどとなっていくであろう。このような場合の多くは、囚人のジレンマ問題で表されるように、全員の協力的行動により全員の効用を上げることが可能である。

このような状況の分析を行う場合、個人の狭義の合理的選択による予測や他者と独立な個人の評価による社会的厚生測定ではmisleadingな結果をもたらす恐れが十分にある。そこで狭義の合理的選択だけでなく前章で論じたような行動基準をも表せるような行動モデルによりインパクト分析を行い、他人との相互依存性を考慮した評価モデルによってその政策の受容可能性と総合評価を行うことが必要であろう。つまり合理的選択だけから導かれる評価指標は現実にそぐわないばかりか、全く誤った計画方針を与えかねないと思われる。これからの計画論では、（他人との相対関係を含めて）人間がどういう状態になったとき幸せを感じるかということを行動面から正しく把握しなくてはならないであろう。

(2) 今後の個人行動分析の行方

そもそも、合理的選択や顕示的選好理論は極めて「合理的」な西洋流の人間の捉え方であると思われる。とくに補償型の効用関数による合理的選択は西洋的に思われ、選択肢は属性値の集合で属性の間に常に明確なトレードオフが存在するという仮定が、我々の日々の選択行動とかけ離れている気がしてならない。わが国のマーケティングサイエンスの第一人者である東京大学の片平教授は日本の消費者の特徴として、次のような3点を挙げている²³⁾。

- ①製品選択においては、個別の要因に分解するよりも「何となく」ホリスティックな評価で選択している。
- ②効用を最大化するというよりも、満足化基準を満たす製品群の中から状況依存的に選択している。満足化基準を満たすためには、大きな長所があることよりも短所がないことが重要である。

③消費者は製品を選択せずに企業を選択している。

これらに消費選択行動以外にもわが国で見られる一般的兆候を著者が付け加えるならば、「他人よりほんの少し得をしたい」という意識が強い」、「倫理観・正義感よりも他人からどう見られているかを重視する」ということである。これから、我々が関与する公共計画における日本人の典型的行動は、

①素性のしっかりしたものはたぶん間違ったことはしまいという相互信頼感を持っているが、

②自分が犠牲になって社会的ジレンマを解消するような協力的行動を行えば皆も協力的行動をするというほどの信頼感はない、

③そして、あまり選択に深く関与せず基本的な信頼に基づいて、他の人が選択するものを選択するという横並び方針で行けばまず間違いはないというほどのものになろうか。

しかし、西洋的観点から見ると一見「いい加減」な行動も、長期的には広義の合理的選択に従い、日々の微調整的行動は「いい加減」に行っているとも考えられる。このような典型的日本人の行動を一つ一つの選択に分解して、それぞれに西洋的合理的選択モデルを当てはめられるのであろうか。どんな選択行動であるかによるが、かなり難しい問題である。

「当たりもしない予測モデルの細かい研究をやって何になる」というような個人行動研究に対する批判があることは十分承知しているが、現在のレベルは中途半端なためにこのような批判があると著者は考える。個人の行動や評価構造の解明の研究を行うことなしに個々の社会現象を分析することは、素粒子論なしに近代物理学を研究するようなものであろう。もっと徹底的な行動／評価分析が成功してこそ社会科学全体の飛躍的進展が望まれ、これに失敗するようでは社会科学は趣味の域を抜け出ないのではなかろうかと著者は危惧するものである。

参考文献

- 1) 屋井鉄雄・森川高行：交通需要モデル研究のダイナミズム—10年の軌跡，土木計画学研究・講演集，No.14(2)，pp.1-8，1991
- 2) 原田昇・兵藤哲朗：交通行動分析のフロンティア混乱と仕切り，土木計画学研究・講演集，No.14(2)，pp.9-16，1991
- 3) 原田昇・森川高行・屋井鉄雄：交通行動分析の展開と課題，土木学会論文集IV，No.470，pp.97-104，1993
- 4) 森川高行：意識データを用いた交通行動分析，計量行動学，Vol.20，No.1，pp.12-20，1993
- 5) 森川高行・M. Ben-Akiva：RPデータとSPデータを同時に用いた非集計行動モデルの推定法，交通工学，Vol.27，No.4，pp.21-30，1992
- 6) Morikawa, T., M. Ben-Akiva & K. Yamada: Forecasting Intercity Rail Ridership Using Revealed Preference and Stated Preference Data, Transportation Research Record 1328, pp.30-35, 1991.
- 7) 森川高行・山田菊子：系列相関を持つRPデータとSPデータを同時に用いた離散型選択モデルの推定法，土木学会論文集IV，No.476，pp.11-18，1993
- 8) Morikawa, T.: Correcting State Dependence and Serial Correlation in the RP/SP Combined Estimation Method, Transportation, No.21, pp.153-165, 1994.
- 9) 森川高行・田中小百合：RP/SP融合推定法における系列相関のモデル化，土木計画学研究・講演集，印刷中，1995
- 10) 森川高行・佐々木邦明：交通行動—意識構造統合モデルに関する研究，土木計画学研究・講演集，No.14(2)，pp.17-24，1991
- 11) 森川高行・佐々木邦明：主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル，土木学会論文集IV，No.470，pp.115-124，1993
- 12) Manski, C.: The Structure of Random Utility Models, Theory and Decision, Vol.8, pp.229-254, 1977
- 13) 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，pp.117-124，1991
- 14) Fisher, G. & D. Nagin: Random versus Fixed Coefficient Quantal Choice Models, In Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, eds. C. Manski & D. McFadden, MIT Press, 1981
- 15) 森川高行・白水靖郎：SPデータを用いた交通需要予測のためのマーケット・セグメンテーションに関する研究，土木計画学研究・講演集，No.14(1)，pp.589-596，1991
- 16) 佐々木邦明・森川高行・杉本直：潜在セグメントを考慮した動的な休日買物目的地選択分析，土木計画学研究・講演集，印刷中，1995
- 17) Nicholson, W.: Microeconomic Theory, Dryden, 1985
- 18) McFadden, D.: Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, In Frontiers in Econometrics, ed. P. Zarembka, Academic Press, 1973
- 19) Tversky, A.: Elimination by Aspects: A Theory of Choice, Psychological Review, Vol.79, No.4, 1972
- 20) 片平秀貴：マーケティングサイエンス，東京大学出版会，1987
- 21) 原岡一馬・長田雅喜：社会の中の人間，福村出版，1990
- 22) 市川惇信：意志決定論，共立出版，1983
- 23) 片平秀貴：日本版「新製品成功の秘密」，ていくおふ，No.65，pp.22-29，1994