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

DESTINATION CHOICE ANALYSIS OF VACATION TRIPS CONSIDERING ATTRACTIVENESS OF REGIONS AND PROBABILISTIC CHOICE SETS

森川高行*・竹内博史**・加古裕二郎***
By Takayuki MORIKAWA, Hiroshi TAKEUCHI and Yujiro KAKO

The research has three objectives: i) to develop a methodology for identifying latent variables that are used as explanatory variables in choice models; ii) to develop a methodology for incorporating latent choice sets in discrete choice models; and iii) to apply the proposed methods to destination choice analysis of vacation trips. Linear structural equation models are employed to identify latent variables. Latent choice sets are described by random constraint models. A practical estimation method for probabilistic choice set models with large number of alternatives is also proposed. A case study of the destination choice analysis of vacation trips shows effectiveness of the proposed methods.

1. はじめに

わが国は労働時間の短縮と精神的豊かさの時代を迎え，国民の余暇活動は活発になる一方である．休日における道路や公共交通機関の混雑が交通計画上の大きな問題となり，リゾート地開発がその没個性や環境破壊で社会問題となるなど，土木計画学の分野でも余暇活動に係わる問題がクローズアップされてきている．

交通計画の問題に焦点を絞れば，四段階推計法を代表とするマクロな現象記述の時代から，個人の交通行動の構造を解明する時代に移り変わってきたことは周知のとおりであるが，交通行動分析もこれまでは通勤交通のような定型的な交通の分析がほとんどであった．これは，日常的定型的な交通行動と比べて，観光交通に代表される非日常的な交通は「行動の自由度が高い」ために，その行動をモデルで記述することが困難であったからであろう．例えば，観光行動は通勤行動と比べた場合，次のような特徴を持つ．

1) トリップの発生（観光に行くかどうか，いつ行くか），活動（何をしに行くか），目的地，交通手段などあらゆる局面が個人や世帯の自由意思で決定できる．
2) 意思決定が個人の嗜好や観光地の魅力度など定量化の困難な要因によって支配されている．
3) 「まれ」な行動であることからデータの収集が困難である．

このように行動の構造がかなり不明瞭な観光交通の需要予測には，マクロな分析を行なうことも一案であるが，日常交通の需要予測で集計分析から非集計分析へと移り変わってきた時期に指摘されたマクロ分析の短所がそのままあてはまることは否めない．このような自由度の高い行動であるからこそ個人の行動分析を行なう意義が高いのであり，また逆に言えば観光行動をモデルでうまく表せるようならばミクロ行動分析の実用性・適用性が飛躍的に高まるものと思われる．

本研究は，このような観光行動分析に一石を投じようとするものであり，基本的には非集計レベルの離散型選択モデルを用いた目的地選択の問題を取り扱っている．また，本論文は，ミクロ行動分析における２つの新しい方法論を提案するものである．

１つ目は，観光地の「魅力」といった潜在的な変数を物理的変数と心理評価値を用いて定量的に表す手法である．これは，線形構造方程式モデル，潜在構造モデル，LISRELモデル[1]などと呼ばれる手法で，これ

キーワード：観光行動，目的地選択モデル，魅力度，選択肢集合，LISRELモデル

* 正会員 Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
（〒464-01 名古屋市千種区不老町）
** 正会員 工修 農林水産省水産庁漁港部建設課
（〒100 東京都千代田区霞が関1-2-1）
*** 学生員 京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻
（〒606 京都市左京区吉田本町）

によって同定された潜在変数が目的地選択モデルの説明変数として用いられる．潜在変数同定のモデルについては，2.で述べられる．

2つ目は，異なる意思決定構造に基づく2段階の選択モデルを構築したことである．これは，選択可能な代替案の数が非常に多いときには，意思決定者がすべての代替案の中から効用最大になるものを選択するのではない，という仮定に基づいている．つまり，意思決定者は様々な制約条件や満足度基準を持ち，それらを満たす代替案のみを「選択肢集合」として見なし，その中から効用最大の代替案を選択するのである．この意思決定構造とそれに基づく選択モデルの構築については，3.で詳しく解説する．

2.，3.で提案された方法を実際の観光目的地選択問題に適用した事例研究については，4.で述べられる．

なお，観光需要に関する学術的研究は土木計画学の分野でも何件かあるが，本研究で取り扱う理論的展開には直接関連しないので本論文では紙幅の都合上それらのレビューを省略する．理論展開上必要な参考文献については随時紹介していく．

2．LISRELモデルによる潜在変数の同定

ここでは，地域に固有な観光地としての「魅力度」と，ある地域からその地域までの「心理距離」という2つの潜在変数を定量化し，後の観光目的地分析の説明変数として用いる方法について論ずる．

本手法を適用するに当たって必要なデータは，重要文化財の数や宿泊施設数，またその地域までの旅行時間や費用などの，その地域に存在する観光資源およびその地域までのアクセシビリティに関する客観的属性値と，アンケート調査によって得られたその地域の観光魅力度やアクセシビリティに関する主観的評価データである．

後者の主観的評価データは，意識データとも呼ばれるもので，「この地域の自然は美しいと思いますか」「この地域に自動車を使っていきやすいと思いますか」などの質問に対する5段階評価などで得られるものである．交通行動モデルの発展過程において，説明変数として客観的属性値よりも主観的知覚値を用いるべきである，という議論が出現してきた時期には，このような主観的評価値がそのままモデルの説明変数に用いられることが多かった．しかし，主観的評価値は，政策変更や将来に対する予測値が得られないために予測モデルへの使用には適していない．

本研究で提案する手法は，「魅力度」や「心理距離」といった潜在変数の存在を仮定し，潜在変数は客観的属性値によって構成され，主観的評価値は潜在変数の指標であると考える．潜在変数と客観的属性値の関係は構造方程式で，主観的評価値と潜在変数の関係は測定方程式で表される．両方程式は，通常未知パラメータについての線形式で表されるため，このようなモデルを線形構造方程式モデル，またはその代表的な推定プログラムの名前からLISRELモデルと呼ばれる[1]．以下にその定式化を行なう．

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{B}\mathbf{z} + \zeta \quad ［構造方程式］ \tag{1}$$

$$\mathbf{y} = \Lambda\mathbf{x}^* + \varepsilon \quad ［測定方程式］ \tag{2}$$

ここに，

$\mathbf{x}^*$：潜在変数ベクトル

$\mathbf{z}$：$\mathbf{x}^*$に影響する客観的変数ベクトル

$\mathbf{y}$：主観的評価値ベクトル

$\mathbf{B}, \Lambda$：未知パラメータ行列

ζ, ε：$\zeta \sim MVN(0,\Psi)$, $\varepsilon \sim MVN(0,\Theta)$に従うランダム項ベクトル

式(1),(2)のすべての未知パラメータは，LISREL[1]などのプログラムを用いて最尤推定することができる．いったんパラメータを推定すれば，次式によって潜在変数の推計値が計算される．

$$\widehat{\mathbf{x}^*} = \hat{\mathbf{B}}\mathbf{z} + \hat{\Psi}\hat{\Lambda}'\left(\hat{\Lambda}\hat{\Psi}\hat{\Lambda}' + \hat{\Theta}\right)^{-1}\left(\mathbf{y} - \hat{\Lambda}\hat{\mathbf{B}}\mathbf{z}\right) \tag{3}$$

政策変更の評価や将来予測に用いる場合は，$\mathbf{y}$の値が得られないので，式(1)の構造方程式のみから，つまり式(3)の第1項のみを用いて潜在変数を計算する．なお，この方法論の詳しい理論展開と試験的利用例は，著者らがすでに発表している[2]．

3．確率的選択肢集合を用いた離散型選択モデルの構築

ロジットモデルやプロビットモデルなどの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す．例えば，

費用を重視する個人が，費用の非常に安いある選択肢の存在を全く知らなかったために比較的費用の高い選択肢を選んだとする．分析時にその費用の安い選択肢をその個人の選択肢集合に含めることは，費用のパラメータだけでなく全てのパラメータに大きなバイアスをもたらすことは明白であろう．

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[3]．

$$P(i)=\sum_{C\in G}P(i\mid C)\cdot Q(C\mid G) \tag{4}$$

ここに，

$P(i)$：選択肢 i を選択する確率

$P(i\mid C)$：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，$G=\{\{1\},\{2\},\{3\},\{1,2\},\{2,3\},\{1,3\},\{1,2,3\}\}$）

$Q(C\mid G)$：Gの中で選択肢集合がCである確率

このような選択肢集合が分析者にとって確率的であるモデルは，その確率表現が妥当であれば，通常の離散型選択モデルより一般化されており，より妥当と言える．国内における適用例では，宮本・宮地[4]による住宅タイプの選択モデルがある．

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．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個ある．

ドジット(Dogit)モデル[5]は，この問題を解消するために，可能な選択肢集合は全ての選択肢を含む集合または選択された選択肢のみを含む集合の２通りであると仮定したモデルである．つまり個人は，全ての選択肢を評価して最適代替案を選ぶか，そうでないときはキャプティブである，という強い仮定をおいたもので，この仮定の現実性が問題となる場合が多い．

本研究で提案するモデルは，基本的には式(4)で表されたManski[3]の確率的２段階モデルを踏襲する．また，本研究で提案するモデルは，観光目的地選択問題のみに適用可能なものではなく一般的なものであるが，以降の定式化では具体例をあげた方が説明が容易であるため，観光目的地選択問題として定式化する．

ここで，第１段階のモデルは，式(4)の$Q(C|G)$を評価するもので，対象とするすべての観光地から，個人が選択肢集合として意識する観光地の集合を「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観光地の集合を見つける，と言った意味合いである．

第２段階のモデルは，式(4)の$P(i|C)$を評価するもので，個人が観光地選択肢集合から１つの観光地を「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．

ここで注意すべきことは第１段階と第２段階では意思決定構造が全く異なることである．第１段階は，いくつかの制約条件による「足切り」の過程であり，１つでも足切り条件を満たさない項目があるとその選択肢は選択肢集合には入り得ないという「非補償型」の選好構造を持っている．第２段階は，通常の線形効用関数を用いる「補償型」のモデルである．すなわち，望ましくないある属性値は，望ましい他の属性値によって「補償」され得る．

(1) 観光地選択肢集合選別モデル

例えば次の３つの制約条件を満たす代替案が選択肢集合に入るとする．

i) 個人がその観光地に対し十分な情報を持っている．（観光地に関する情報量による選別）

ii) 個人がその観光地に対してある程度以上の魅力を感じる．（観光地の魅力度による選別）

iii) 個人の持つ予算制約，休暇期間，過去行ったことがある，など．（個人属性による選別）

前述したように，この「選別の段階」において，ある観光地について個人が全く情報を持っていなかった場合，その観光地に魅力があっても観光地選択肢集合には含まれないため，各選別は補償し合わず，互いに独立であるとするべきである．

ここで，「観光地に関する情報量による選別モデル」によって観光地代替案 i が個人nによって選別される（選択肢として意識される）確率を$Q_{1n}(i)$，「観光地の魅力度による選別モデル」によって選別される確率を$Q_{2n}(i)$，「個人属性による選別モデル」によって選別される確率を$Q_{3n}(i)$とする．３つのモデルは，それぞれ独立であると仮定しているので，個人nにとって観光地代替案　i　が観光地選択肢集合に入る確率$Q_n(i)$

は，次のように表される．

$$Q_n(i) = Q_{1n}(i)\,Q_{2n}(i)\,Q_{3n}(i) \tag{5}$$

各選別モデルは，「選別値」という連続的な潜在変数がある一定の閾値を越えたときのみ，その観光地代替案を選別する，という一種の離散型選択モデルと考えることができる．この考えはSwait & Ben-Akiva[6]による確率的制約条件と同様なものである．例えば，情報量による選別モデルでは，ある観光地に対して個人が有する情報量を総括的に表したものが選別値となる．ここで観光地代替案 i に対する個人nの選別値を$E_n(i)$とする．また，この選別値は個人nにより異なる潜在要因であり，分析者にとっては直接観測不可能なものであるため，これを確率変数として表す．

このように定義された「選別値」は，次のように表される．

・観光地に関する情報量 $E_{1n}(i) = \alpha_1'\mathbf{X}_{1in}+\zeta_{1in}$ (6a)

・観光地の魅力度 $E_{2n}(i) = \alpha_2'\mathbf{X}_{2in}+\zeta_{2in}$ (6b)

・個人属性 $E_{3n}(i) = \alpha_3'\mathbf{X}_{3in}+\zeta_{3in}$ (6c)

ここに，

$\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3$：未知パラメータベクトル

$\mathbf{X}_{1in},\mathbf{X}_{2in},\mathbf{X}_{3in}$：各選別における個人$n$ および観光地 i に関する変数ベクトル

$\zeta_{1in},\zeta_{2in},\zeta_{3in}$：平均値０を持つ確率項

ある観光地に対し，(6a),(6b),(6c)のすべての選別値が，それぞれの選別における閾値を越えるとき，つまり，以下の(7a),(7b),(7c)の３式を満足したときに観光地代替案 i は観光地選択肢集合の要素となる．

$$E_{1n}(i) \geq \lambda_{1n} \tag{7a}$$

$$E_{2n}(i) \geq \lambda_{2n} \tag{7b}$$

$$E_{3n}(i) \geq \lambda_{3n} \tag{7c}$$

$\lambda_{1in},\lambda_{2in},\lambda_{3in}$：選別値の閾値

例えば，観光地に関する情報量による選別モデルを考えると，(6a),(7a)より，

$$E_{1n}(i) = \alpha_1'\mathbf{X}_{1in}+\zeta_{1in} \geq \lambda_{1n} \tag{8}$$

である．閾値λ_{1n}は，個人n によって異なる潜在要因であるが，分析者にとっては直接観測不可能なものであり，確率変数として扱う．ここで，$\lambda_{1n}=\mu_1+\xi_{1n}$ と表し，μ_1を閾値の母集団の平均値，ξ_{1n}を平均値０の確率項とすることができる．このとき，(8)は，

$$\alpha_1'\mathbf{X}_{1in}-\mu_1 \geq -\zeta_{1in}+\xi_{1n} \tag{9}$$

となる．ζ_{1in}とξ_{1n}を同一のスケールを持つガンベル分布に従うと仮定すると，$v_{1in}=-\zeta_{1in}+\xi_{1n}$ はロジスティック分布に従い，観光地に関する情報量による選別確率は，以下のように表わされる．

$$Q_{1n}(i) = \frac{1}{1+\exp\{\omega_1(\alpha_1'\mathbf{X}_{1in}-\mu_1)\}} \tag{10}$$

ただし，ω_1はガンベル分布のスケールパラメータである．上式は，２項ロジットモデルと同型となり，通常，ω_1は１に正規化される．

他の２つの選別モデルも同様に選別確率が与えられ，これら３つのモデルは独立であるとの仮定から，個人nにとって観光地代替案 i が観光地選択肢集合に入る確率$Q_n(i)$は，以下のように表される．

$$Q_n(i) = \prod_{k=1}^{3} \frac{1}{1+\exp(\alpha_k'\mathbf{X}_{kin}-\mu_k)} \tag{11}$$

これより，観光地選択肢集合がCである確率は，以下のように計算される．

$$Q_n(C) = \prod_{i\in M} \{Q_n(i)^{d_{iC}} \cdot 1-Q_n(i)^{1-d_{iC}}\} \tag{12}$$

ここに，

M：観光地の全体集合

d_{iC}：代替案 i が選択肢集合Cの要素であるとき１；そうでないとき０．

(2) 観光地選択モデル

第２段階のモデルは，各個人が第１段階で選別した観光地選択肢集合の中で最も効用の高い選択肢を選択するもので，効用関数は，通常の補償型の線形効用関数を用いる．ここで，個人nの観光地選択肢 i に対する効用を，次のようなランダム効用関数で定義する．

$$U_{in} = \beta'\mathbf{X}_{in}+\varepsilon_{in} \equiv V_{in}+\varepsilon_{in} \tag{13}$$

ここに，

β：未知パラメーターベクトル

$\mathbf{X}_{in}$：説明変数ベクトル

ε_{in}：確率項

V_{in}：効用の確定項

確率項に独立で同一なガンベル分布を仮定すると，選択確率が次式で表される多項ロジットモデルが導出される．

$$P_n(i|C) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j\in C} e^{V_{jn}}} \tag{14}$$

式(12),(14)より確率的選択肢集合を考慮した離散型

選択モデルは，選択肢集合が空集合である場合の確率を考慮して，次式で選択確率が与えられる．

$$\mathrm{P}_n(i)=\frac{1}{1-\mathrm{Q}_n(\phi)}\sum_{C\in G}\left\{\mathrm{P}_n(i\,|C)\cdot\mathrm{Q}_n(C)\right\}$$
$$=\frac{1}{1-\mathrm{Q}_n(\phi)}\sum_{C\in G}\left[\frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j\in C}e^{V_{jn}}}\prod_{j\in M}\left\{\mathrm{Q}_n(j)^{d_{jc}}\cdot 1-\mathrm{Q}_n(j)^{1-d_{jc}}\right\}\right] \tag{15}$$

選択肢の全体集合Mの要素が少ない場合（例えば4以下の場合），式(15)をそのまま評価し，最尤推定によって全ての未知パラメータを推定することが可能である．しかし，前述した通り観光地代替案がJ個の場合，すべての観光地選択肢集合は2^J-1個となり，観光地の代替案数が5つ以上の場合においては，すべての選択肢集合を考慮して式(15)を適用することは，計算上現実的でない．

本研究では，代替案数が多い場合にも適用可能なモデルとして，ロジットモデルの選択確率導出の段階に逆のぼって選別モデルと選択モデルの積の同時確率を評価する方法を提案する．

まず，簡単のため観光地代替案の全体集合が2つである場合を考える．個人nが，観光地代替案1を選択する確率は，観光地選択肢集合が{1,2}の場合と，{1}の場合が考えられる．式(12)より，それぞれが観光地選択肢集合である確率は，以下のように表される．

$$\mathrm{Q}_n(C=\{1,2\})=\mathrm{Q}_n(1)\cdot\mathrm{Q}_n(2) \tag{16}$$
$$\mathrm{Q}_n(C=\{1\})=\mathrm{Q}_n(1)\cdot\{1-\mathrm{Q}_n(2)\} \tag{17}$$

これより，選択肢1が選択される周辺確率は，

$$\mathrm{P}_n(1)=\frac{\mathrm{Q}_n(1)}{1-\{1-\mathrm{Q}_n(1)\}\cdot\{1-\mathrm{Q}_n(2)\}}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-\varepsilon_{1n}}\cdot e^{-e^{-\varepsilon_{1n}}}\times\left[\mathrm{Q}_n(2)\cdot e^{-e^{-V_{1n}+V_{2n}-\varepsilon_{1n}}}+\{1-\mathrm{Q}_n(2)\}\right]d\varepsilon_{1n} \tag{18}$$

となる．また，この式の積分を評価すると，

$$\mathrm{P}_n(1)=\frac{\mathrm{Q}_n(1)}{1-\{1-\mathrm{Q}_n(1)\}\cdot\{1-\mathrm{Q}_n(2)\}}\times\left\{\mathrm{Q}_n(2)\cdot\frac{e^{V_1}}{e^{V_1}+e^{V_2}}+1-\mathrm{Q}_n(2)\right\} \tag{19}$$

となり，式(15)と同形となる．

式(18)を3つ以上の観光地代替案の場合に一般化すると，観光地の全体集合Mから観光地代替案 i を選択する確率は，式(20)のようになる．基本的な考え方は，選択肢 i と他の選択肢を一対比較し，選択肢 i の選択モデルのランダム項がgivenのときに，比較される選択肢が選択肢集合に入りかつ選択肢 i の効用の方が大きい確率と，比較される選択肢が選択肢集合に入らない確率の和を求め，最後にそのランダム項について数学的期待値を求めている．これは，選別モデルでは選択肢集合に入る確率が各選択肢間で独立であるために導かれるものである．

$$\mathrm{P}_n(i)=\frac{\mathrm{Q}_n(i)}{1-\mathrm{Q}_n(\phi)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-\varepsilon_{in}}\cdot e^{-e^{-\varepsilon_{in}}}\times\prod_{j\in M,j\neq i}\left[\mathrm{Q}_n(j)\cdot e^{-e^{-V_{in}+V_{jn}-\varepsilon_{in}}}+\{1-\mathrm{Q}_n(j)\}\right]d\varepsilon_{in} \tag{20}$$

この選択確率を評価することは，εについての一重の積分計算を必要とするが，前述したような2^J-1個の選別可能な選択肢集合すべてに選択モデルを適用することに比べ，格段に現実的である．このモデルを用いることによって代替案数の多さに関する問題を解決し，パラメータ推定を可能にしている．

(3) 推定方法

式(20)で表される個人の選択確率からサンプル全体の尤度を求め，最尤推定によって未知パラメータを求める．推定に用いるデータの被説明変数として，実際に行った観光地の選択結果のみしか与えられない場合と，それに加えて選択肢集合に関する何らかの情報が与えられる場合がある．前者は，第2段階の選択モデルの被説明変数であり，後者は第1段階の選別モデルの被説明変数となる．選択結果と選択肢集合の両方の情報が与えられたときは，まず選択肢集合情報を用いて選別モデルを推定し，その推定結果と選択結果を用いて選択モデルを推定する，という段階推定法が可能である．選択結果の情報のみの場合には，選別と選択の両モデルを式(20)から得られる尤度関数を最大化して同時に推定する．

4．事例研究

京都大学，熊本大学，岐阜大学の土木工学系教室に属する学生約600名に対して，過去1年間に行なった国内宿泊観光旅行についてアンケート調査を行なった．回収数は412部，有効回答数は324部であった．

アンケート調査では，行なった観光旅行の行き先・日数・費用・利用交通機関といった属性のほかに，日本の各地域の観光魅力度やアクセシビリティに関する

意識調査も含んでいる．地域割りについては，ＪＲの周遊券やパッケージツアーの周遊範囲を考慮し，またデータの得やすさからなるべく都道府県境を用いることにして，全国を18の地域に分けた．観光目的地選択も，この地域を選択肢としている．地域割り，変数の作成，アンケートの詳細については文献7)を参照されたい．

(1) LISRELモデルによる観光魅力度と心理距離の定量化

アンケート調査によって全国18の地域に対して次の10項目に対して，1)そう思う，2)どちらかというとそう思う，3)どちらとも言えない，4)どちらかというとそう思わない，5)そう思わない，の５段階によって答えてもらった．

1)名所・旧跡などの見所が多い．
2)スキー場などの野外活動施設が多い．
3)博物館などの文化施設が多い．
4)自然の美が多く残っている．
5)町並みの美しい都市が多い．
6)美味しい食べものが多い．
7)ぜひともその地域へ旅行したい．
8)その地域の観光地の知識を豊富に持っている．
9)出発地からマイカーを使って行きやすい．
10)出発地から公共交通機関を使って行きやすい．

以上の10項目の回答結果が，式(2)における**y**（**y**は10×1のベクトル）を構成する．

Table 1，2に，それぞれ構造方程式のパラメータ行列**B**，測定方程式のパラメータ行列Λの推定値を示す．x_1*, x_2*は潜在変数で，それぞれ「観光魅力度」と「心理距離」を表すように構築している．客観的説明変数**z**の定義は以下のようである．

z_1：その地域への観光経験の有無（有１；無０）
z_2：その地域に友人の有無（有１；無０）
z_3：名所・旧跡の数　　z_4：スキー場の数
z_5：海水浴場の数　　z_6：レジャーランドの数
z_7：自然公園の数　　z_8：温泉地の数
z_9：博物館・美術館の数　z_{10}：観光都市の数
z_{11}：マイカーの有無（有１；無０）
z_{12}：出発地から目的地までの距離（鉄道営業キロ）
z_{13}：出発地から目的地までの公共交通機関の利便性（航空機と鉄道の直行便の本数から３段階に評価）

これらの推定結果を見ると，ほとんどのパラメータが直感に合う符号を持っているが，例えば構造方程式の「自然公園の数」「温泉地の数」「博物館・美術館の数」などが負値をとっている．これは，サンプルが学生であること，他の変数との重共線性，抜け落ちた変数との相関，などの理由が考えるが，LISRELモデル自身が「確認的因子分析」であるにもかかわらず，やはり推定結果を見て潜在変数の意味を考えるという一面を有していることにも原因があろう．

これらのパラメータ推定値を用い，式(3)によって２つの潜在変数の推計値を計算し，続く観光目的地選択モデルの説明変数とする．

Table 1 Structural Parameters (t-statistics)

(x_1*)	(x_2*)	
0.0825 (10.0)	0.180 (16.0)	(z_1:*exper.*)
0.0052 (0.6)	0.112 (10.5)	(z_2:*friends*)
0.0224 (2.0)	0	(z_3:*historic*)
0.340 (18.9)	0	(z_4:*ski*)
0.0927 (10.2)	0	(z_5:*beach*)
0.0785 (5.1)	0	(z_6:*amuse.*)
-0.0403 (-2.5)	0	(z_7:*park*)
-0.127 (-6.4)	0	(z_8:*spar*)
-0.241 (-17.2)	0	(z_9:*museum*)
0.119 (10.1)	0	(z_{10}:*city*)
0	0.0512 (5.1)	(z_{11}:*carown.*)
0	-0.473 (-42.5)	(z_{12}:*dist.*)
0	0.0657 (6.3)	(z_{13}:*conv.*)

Table 2 Measurement Parameters (t-statistics)

(x_1*)	(x_2*)	
1	0	(y_1:*temple*)
1.15 (28.2)	0	(y_2:*sports*)
0.243 (8.02)	0	(y_3:*culture*)
0.915 (25.8)	0	(y_4:*nature*)
1.01 (27.6)	0	(y_5:*city*)
1.14 (29.6)	0	(y_6:*food*)
1.06 (28.3)	0	(y_7:*desire*)
0.549 (17.5)	0	(y_8:*knowldg.*)
0	1	(y_9:*car acc.*)
0	0.452 (22.9)	(y_{10}:*pt. acc.*)

(2) 確率的選択肢集合を用いた観光目的地選択モデルの推定結果

まず，選択肢集合選別モデルでは，サンプルが学生に限られており個人属性の差がほとんどないことから「情報量による選別」と「魅力度による選別」の2つの独立した足切りによる選別モデルを用いた．すなわち，地域 i が選択肢集合に入る確率は，

$$Q_n(i) = Q_{1n}(i) \cdot Q_{2n}(i) = \frac{1}{1+e^{-(\alpha_1 inf_{in} - \mu_1)}} \cdot \frac{1}{1+e^{-(\alpha_2 attrct_{n} - \mu_2)}} \quad (21)$$

と表される．ここに，

inf_{in}：地域 i に関して個人 n が受け取る情報量
(新聞の旅行案内やパッケージツアー情報量をもとに基準化した無次元量)

$attrct_n$：地域 i に関して個人 n が持つ観光魅力度
(前節で計算した推計値)

$\alpha_1,\alpha_2,\mu_1,\mu_2$：未知パラメータ

また，選択モデルの効用関数は多くの変数を用い，パラメータの有意性の統計的検定を繰り返した結果，最終的に次のように特定化された．

$$U_{in}=\beta_1 attrct_n+\beta_2 dist_{in}+\beta_3 hotel_i +\beta_4 inn_i+\beta_5 cost_i+\varepsilon_{in} \quad (22)$$

ここに，

$dist_{in}$：地域 i に対して個人 n が持つ心理距離
(前節で計算した推計値)

$hotel_i$：地域 i 内のホテルの客室数

inn_i：地域 i 内の旅館の客室数

$cost_i$：地域 i 内のホテル・旅館の平均素泊費用

本アンケート調査では，「その旅行を行なったとき，他に行きたいと思っていた地域」を尋ねることによって，選択肢集合の情報を得ている．この情報を用いて，まず段階推定を行なった結果がTable 3の第1列である．3．(3)で述べたように，段階推定では，まず選択肢集合情報を用いて選別モデルを推定する．次に，その選別モデルによって計算される各選択肢集合の存在確率を用いて各選択肢集合ごとの選択モデルを推定する．実際には，式(20)に選別モデルのパラメータ推定値を代入して選択モデルのパラメータを推定する．

推定結果を見ると，選別モデルからは，情報量と魅力度がある正の閾値を越えたときにはじめて選択肢集合に含まれることが現われている．

Table 3 Choice Models (t-statistics)

	seq. est.	sim. est.	MNL w/ full choice set	MNL w/ determ. choice set
α_1	0.777 (8.0)	0.588 (2.0)		
μ_1	2.25 (31.8)	1.58 (2.7)		
α_2	0.105 (2.7)	0.0114 (0.1)		
μ_2	1.80 (47.8)	0.114 (0.3)		
attrct	1.07 (1.8)	0.574 (2.4)	0.228 (1.2)	-0.0606 (-0.2)
dist	-1.34 (-4.4)	0.487 (2.9)	-0.361 (-2.9)	-0.434 (-2.0)
hotel	0.307 (2.2)	0.338 (3.7)	0.0320 (1.4)	0.0293 (0.8)
inn	0.523 (3.7)	0.0325 (1.3)	0.891 (1.8)	0.0348 (0.4)
cost		-0.808 (-4.1)		

第2段階の選択モデルの推定結果と，全ての個人が18個の選択肢集合を持つと仮定する通常のMNLモデルの推定結果（第3列）と比較すると，すべてのパラメータの推定値において確率的選択肢集合モデルの方がt値が大きく，2段階意思決定モデルの妥当性がある程度実証された．また，推定値を比較すると確率的選択肢集合モデルの方が，魅力度や，旅館・ホテル数の相対的影響が大きく，心理距離の影響が小さくなっている．これは選別の段階で，すでに，近くの観光地に行くか，遠くの観光地に行くか，の意思決定がなされていて，選択の段階においては，距離についてそれほど意識しないのではないかと考えられる．

Table 3の第2列は，同時推定の結果である．この推定法では，選択肢集合に関する情報を用いずに選別・選択モデルを同時に推定する．パラメータの符号は直感に合うものであった．第1段階の魅力度のパラメータのt値が非常に小さいのは，選択モデルにもこれを説明変数に用いたためだと思われる．

最後に，選択肢集合に関する質問の回答から確定的な選択肢集合を個人ごとに設定したモデルの推定結果を第4列に示す．このモデルでは，心理距離の係数のt値が高かったものの，観光魅力度の係数が負になっ

たことや，宿泊施設の係数のｔ値が低いなど，あまり良好な結果が得られなかった．これは，観光地選択肢集合に関する設問に対して被験者は主として「行きたかったが，予算や日程的に不可能であった観光地」を記入する場合が多く，真の選択肢集合とは異なるものを回答しているためと思われる．段階推定を行なう際にも，このような信頼性の低い情報を用いることに疑問が残り，データ収集の簡便性の点からも選択肢集合に関する情報を用いない同時推定の方が望ましいと言えよう．

5．おわりに

本研究は，離散型選択モデルの構築に２つの新しい方法論を加えるものである．また，提案した手法を自由度の高い観光行動に適用することによりその有用性を確かめた．

１つ目の理論的発展は，定性的潜在変数を選択モデルの説明変数に取り入れる手法の開発である．LISRELモデルの利用により，潜在変数の指標となる主観的評価データと潜在変数を説明する客観的変数の関係を同定し，政策分析や将来予測にも使用できるようになった．

２つ目の理論的発展は，２つの異なる意思決定構造に基づく，確率的選択肢集合を用いた選択モデルの開発である．選択行動における人間の選好構造が補償型か非補償型かという議論は数理心理学やマーケティング・リサーチの分野で古くからなされている[8]．本研究で提案した，第１段階が非補償型，第２段階が補償型という構造は，人間がまず無数の選択肢からいくつかの制約条件を満たす選択肢の集合を暗黙のうちに形成し，その中から総合的にもっとも望ましいものを選ぶというストーリーに基づいている．また，このモデルは選択肢集合が１つの選択肢だけからなる場合と，全ての選択肢からなる場合を含んでいるので，完全非補償型選択と完全補償型選択の両方を含む極めて一般的なものにもなっている．

確率的選択肢集合の概念は，前述のManski[3]以降幾人かの研究者が適用を試みているが，選択肢の数が多くなると選択肢集合の数が指数的に増えていく問題を対処することができなかった．本研究で提案した推定方法は，第１段階の制約条件関数と第２段階の効用関数を同時に評価することによってこの問題を解消した．

また，選択肢集合に関する信頼性のある情報が得られる場合には，まず第１段階のモデルを推定することによって情報を有効に使い，また計算時間を短縮することができる．

しかし，本論文がこの手法の初めての試みの報告であり，多くの課題を残していることは言うまでもない．まず，どのような選択問題に対してこのような段階的モデルの適用が従来のシンプルなモデルよりも有効であるかの検討が必要である．また，選択肢集合の数が多くなったとき（例えば５以上）でも本研究で提案したモデルは適用可能であるが，計算時間はかなり長くなり，より解析的にシンプルな形に誘導が可能がどうかの検討と計算方法の効率化も課題である．

事例研究の観光目的地選択問題に関する課題も多く，地域割りの方法，観光資源を表す変数の検討，主観的評価データの質問法の問題，観光行動の他の局面（活動，季節，日数，旅行手段などの選択）との関係の考慮などが挙げられる．本論文の冒頭で述べたように，自由度の高い観光行動の分析は，ほとんど進んでおらず，その発展が強く望まれるところである．

最後に，アンケート調査の実施に御協力頂いた岐阜大学の森杉壽芳教授，宮城俊彦教授，大野栄治助手，熊本大学の安藤朝夫助教授に感謝の意を表します．

参考文献

1) Joreskog, K. and Sorbom, D.: LISREL VI, User's Guide, Dept. of Statistics, Univ. of Uppsala, Sweden, 1984.
2) 森川高行・佐々木邦明：構造方程式モデルと離散型選択モデルによる定性的要因を取り入れた交通機関選択分析，土木計画学研究・講演集，No.13, pp.967-973, 1990.
3) Manski, C.: The Structure of Random Utility Models, Theory and Decision, Vol.8, pp.229-254, 1977.
4) 宮本和明・宮地淳夫：非集計型住宅タイプ選好モデル，昭和57年度日本都市計画学会論文集，pp.139-144, 1982.
5) Gaudry, M. and Dagenais, M.: The Dogit Model, Transp. Res. B, Vol.13B, pp.105-111, 1979.
6) Swait, J. and Ben-Akiva, M.: Incorporating Random Constraints in Discrete Models of Choice Set Generation, Transp. Res. B, Vol.21B, pp.91-102, 1987.
7) 竹内博史：選択肢集合の不確実性を考慮した観光地選択モデルの構築，京都大学工学研究科応用システム科学専攻修士論文，1991.
8) Tversky, A.: Elimination by Aspects: A Theory of Choice, Psychological Review, Vol.79, No.4, 1972.