

多様な意思決定方略のモデリング

Modeling various decision making strategies

山本俊行 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

Toshiyuki YAMAMOTO Department of Civil Engineering, Nagoya University

Summary: Decision making strategies in travel behavior are discussed. Weighted additive strategy has been assumed in conventional discrete choice models of travel behavior, and heterogeneity among decision makers are represented by including socio-demographic variables and probabilistic distributions into random error terms and coefficients of explanatory variables. Mixed multinomial logit model well represents unobserved heterogeneity. Contrary, non-compensatory models are difficult to be estimated, thus it is difficult to find the decision making strategy actually used. Thorough investigations on the adaptive nature of the decision making strategies are needed for better understanding and prediction of travel behavior.

1. はじめに

都市解析の一つの側面は、都市を動き回る人間の解析であり、様々な都市環境において人々はどのように行動しているのか理解・予測することは、交通行動分析の主要な課題である。交通行動分析では、行動の理解や予測を行うために、行動モデルを構築することが多い。また、人々の行動はそれぞれの意思決定に基づいて実行されることから、行動モデルは個々人の意思決定をモデル化したものとなる。本稿では、交通行動に関する意思決定のモデリングについて考えるが、はじめに以下の 2 つの交通行動とは無関係な私の身の回りの事を紹介したい。

(a) キャラクター当て手品

私の子供の持っている手品グッズに、キャラクターを当てる類のものがあります。初めに手品師（子供）が、客（私）にキャラクターが 10 ほど描かれた一枚のリストを見せ、その中の 1 つのキャラクターを選ぶように指示します。客はキャラクターを選びますが、どのキャラクターを選んだかは手品師に言いません。手品師は、次に、10 のキャラクターのうちいくつかのキャラクターのみ描かれたカードをいくつか見せ、それぞれのカードに選んだキャラクターが含まれているかいないかを聞きます。すると、手品師はたちどころに客が選んだキャラクターを当ててしまう、というものです。これはあくまで対象年齢が就学前の手品ですので、何も不思議な要素がないではないか、と大人が文句を言ってはいけません。私の他の子供たちは「すごーい」と大喜びです。いくつか見せるカードには穴が

開いていて、それを重ねると客が選んだキャラクターが直ぐに分かる、というのが手品グッズの仕掛けです。

(b) 筆記試験免除制度

私の所属する専攻では、この夏も大学院入試があり、数年前から導入された筆記試験免除制度による選抜も実施されました。筆記試験免除制度では、願書の記載内容、学部時の成績等に基づく書類選考によって、希望者のうち一定の人数が選抜されます。そして、書類選考に通過した者に対して更に面接試験を実施し、最終的な筆記試験免除者が決定されます。ここではもちろん手品のようなことは行われておりませんが、書類選考や面接でどのような項目がどの程度評価されているのか、等の詳細については外部に公表されていませんので、学生を送り出す側（例えば、高等専門学校先生等）や受験生自身は詳細な評価基準を知りえません。ちなみに、筆記試験免除制度で選抜されなかった場合でも、その他の受験者と同様に筆記試験を受験することになるだけで不利益はありません。

キャラクター当て手品の場合、横から見ている大人（分析者）が客の選んだキャラクターを当てるには、紙に全てのキャラクターを書いておき、カードを見せられた客の答えに応じて可能性の無くなったキャラクターを消していけば、手品師より早く答えることが出来るかも知れない。しかしながら、子供がカードを数枚なくしてしまっていたら、いくつかの候補は消去できるが、一つに絞り込めないかも知れない。もちろん、手品師（子供）も困るだろう。一方、筆記試験免除制度の場合、高等専門学校先生は自分の学生が筆記試験免除制度に通るかどうかが、前もって予測したいとすると、それまでの受験生の合否の結果から、どのような評価基準が用いられているかを考え、自分の学生の学力や適性等から合否を予測することになるだろう。

さて、ここで交通行動のモデリングについて考える。ここでは、交通行動モデリングの最も伝統的な分析対象である交通手段選択行動を取り上げる。交通手段選択行動は、様々な交通環境において人間がどのような交通手段を利用しているかを表すものである。利用できる交通手段はいくつか存在し、人間は意思決定方略を用いて利用する交通手段を選択している、と見なすことが出来る。交通行動のモデリングを行う場合も上記の例と同様の構造を持っていると言えなくも無い。すなわち、図 1 に示すように、キャラクター当て手品のカードや筆記試験免除制度の受験生は交通行動における各交通環境に対応し、キャラクター当て手品で客が各カードを見せられた時の答えや筆記試験免除選抜での各受験生の合否結果は交通行動における利用交通手段に対応する。この時、キャラクター当て手品において客の選んだキャラクターを当てようとするのが交通行動モデリングにおいて人間の意思決定方略を理解することに相当し、筆記試験免除制度の受験を考えている学生の合否を予測することが交通行動モデリングにおいて交通環境が変化した場合等の交通需要を予測することに相当する。

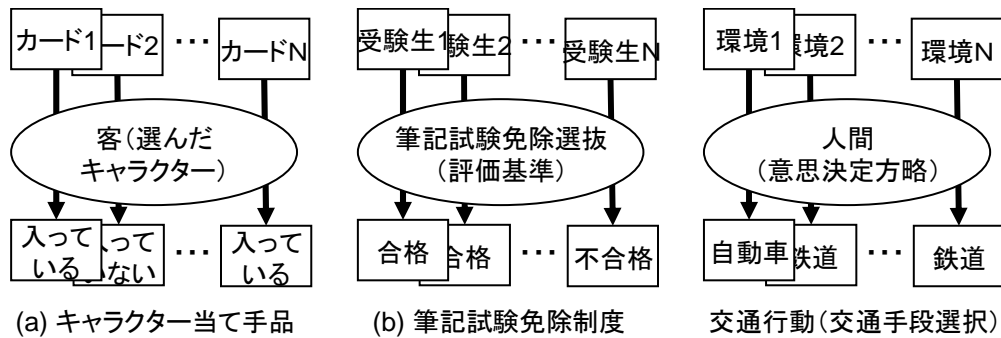


図1 交通行動モデリングの構造

キャラクター当て手品で客の選んだキャラクターを当てるのは簡単であったが、筆記試験免除制度の評価基準を知ることにはなかなか難しい。ただし、受験を考えている学生の可否を予測することは評価基準を知ることよりは簡単な場合もあるかも知れない。では、交通行動のモデリングにおいて人間の意思決定方略を理解したり交通環境が変化した場合の交通需要を予測するのはどうか。やはり、どちらかと言えばキャラクター当て手品よりも筆記試験免除制度の例に近いのではないかと思われる。

その一番の根拠は理解したい意思決定方略の候補の数である。キャラクター当て手品の場合は、最初に手品師が見せたリストに全ての可能性が含まれており、その数は限られている。一方で、筆記試験免除制度の場合は、評価基準として書類審査や面接試験の段階でどのような項目が考慮されているのか、提出した書類や面接試験の応答に含まれていることは分かるがそれ以上のことははっきりしない。さらに、それらの複数の項目がどれぐらいの重要度をもっており、最終的な判断につながるのかが不明である。交通手段選択行動の場合も筆記試験免除制度の場合と同様に、交通環境として様々な要因が意思決定に影響を及ぼすことが考えられ、それらの項目がどれぐらいの重要度をもっているのかも不明である。一般的には、交通環境として各選択肢を利用した場合の所要時間や費用、乗り換え回数、等々の要因が考慮される。

交通行動のモデリングに際しては、従来、意思決定方略を把握する方法として最尤推定法¹⁾が用いられてきた。最尤推定法は、各交通環境においてどの交通手段が利用されているかというデータをたくさん集めてきて、そのようなデータが得られる確率が最も高くなるような意思決定方略を関数最大化の繰り返し計算によって見つける方法である。この時、意思決定方略の種類としては、各項目を重み付きで平均し、最も点数の高いものを選ぶという方略を仮定することが多く、その場合、最尤推定法では各項目の重みを見つけることになる。

2. ランダム係数モデル

最尤推定法を用いる際に、データをたくさん集めてくる、と言ってもどのぐらいのデータが必要なのか。筆記試験免除制度の例で、過去の数人の受験生の合否データを眺めるぐらいではなかなか評価基準がはっきり分からないのと同様に、交通行動モデリングにおいても、数回の過去の交通手段選択行動データを得たぐらいではなかなか意思決定方略を特定することは難しいが、データ数を増やす方法はいくつかある。多くの人の交通手段選択行動データを取得する方法や、一人の交通手段選択行動を長期間に渡って継続的に観測する方法、同じ人に仮想的ないくつもの交通環境を提示してそれぞれの交通環境でどの交通手段を選択するかを尋ねる方法などである。1番目の方法は最も一般的に行われている方法であり、2番目の方法、3番目の方法はそれぞれパネル調査、SP (stated preference) 調査²⁾と呼ばれる方法である。ここでは、最も一般的な1番目の方法について考えるが、1番目の方法では、異なる人からデータを収集することが問題となる。筆記試験免除制度の例では、数年間の受験生の合否から評価基準を推定しようとしても、評価基準そのものがその間に変化してしまっているかも知れない。交通行動モデリングにおいても、異なる人の意思決定方略はそれぞれ異なる可能性がある。

図2に例を示すように、最も基本的で儉約的なモデル(1)では、このような個人間の意思決定方略の異質性は特定の確率分布に従う単一の誤差項を交通環境の各項目の重み付き平均に加えることで表現される。図では、 x_1 と x_2 が評価する項目、 b_1 と b_2 が重み、 ε が誤差項を表している。なお、重み付き平均という場合、 b_1 と b_2 の和が1になる必要があるが、他の選択肢と大小関係を比較するだけなので特に基準化の必要はない。基本モデル(1)をもう少し構造化したモデル(2)では、いくつかの個人属性の荷重和を重み付き平均に加えることで異質性を表現する。図では、 z_1 と z_2 が個人属性、 c_1 と c_2 が重みを表す。このモデルでは、男性の方が女性より自動車を選択する確率が高い、等の個人属性と特定の選択肢を選択する傾向の関係を把握することが可能となる。ただし、このモデルでも最も儉約的なモデルと同様に、交通環境の各項目の重みは個人間で同一と仮定していることになる。それに対して、各項目の重みの個人間の異質性を考えるモデル(3)には、所得の高い人ほど交通費用の重みを低くする等、各項目の重みを個人属性によって異なるものにするモデルがある。図では、 $f_1(z_1, z_2)$ 、 $f_2(z_1, z_2)$ によって各項目の重みが個人属性の関数であることを表している。ここでの関数としては一次関数が用いられることがほとんどである。さらに自由度の高いモデル(4)では、各項目の重みが確率分布に従うものとして捉えたものもある。図では、 ζ_1 、 ζ_2 は確率分布を表し、各項目の重みの関数に導入されていることで重みが確率分布することを表している。仮定する確率分布が離散分布の場合を潜在クラスモデル、連続分布の場合をランダム係数モデルと呼ぶ。各項目の重みに確率分布を仮定すると最尤推定法によって最大化する関数が複雑になり、従来は意思決定方略の同定が困難であったが、近年の計算機の計算速度及び数値積分技術の向上により、何次元もの確率分布を仮定したかなり自由度の高いモデルでも容易に推定が可能となってきた³⁾。特に、ランダム係数

モデルを含む MMNL モデル (mixed multinomial logit model) ⁴⁾ というモデル形式を用いた分析が数多く行われるようになってきている。MMNL モデルは各項目の重み付き平均に追加する誤差項の確率分布を同一で独立な分散を持つガンベル分布と仮定し、各項目の重みの確率分布を連続分布と仮定したモデルである。各項目の重みの確率分布は項目間で相関を持つことも可能である。

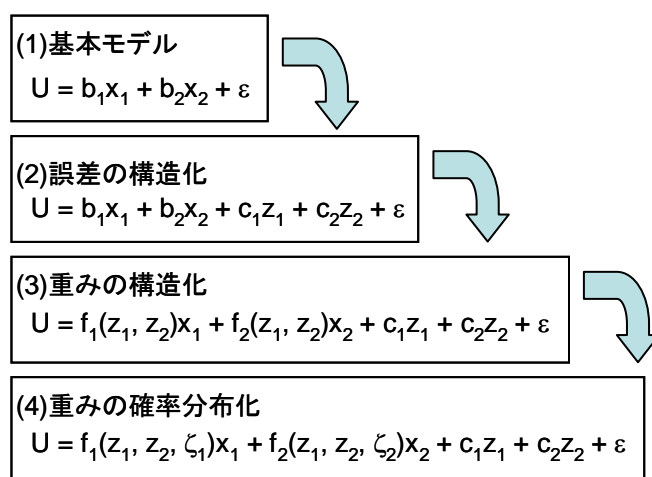


図2 モデルの精緻化

多くの分析事例で、MMNL モデルは従来のモデルに比べデータへの適合度が高く、意思決定方略をよりよく再現できているという結果が得られている。これは、意思決定における個人間の異質性の存在を示しており、交通行動の理解や交通需要の予測において個人間の異質性を考慮することが必要であることを明らかにしている。

MMNL モデルの適用例として特徴的なものに、時間価値の算出がある。時間価値は多くの交通政策のプロジェクト評価等に用いられる重要な指標であり、交通行動モデルの出力の一つである。意思決定方略を各項目の重み付き平均と仮定した場合、所要時間の重みを費用の重みで除した値が時間価値となる。MMNL モデルでは、各項目の重みに確率分布を仮定しているため、時間価値も分布を持つ。初期の MMNL モデルでは、各項目の重みの確率分布として正規分布を仮定することが多かったが、正規分布は分布の裾がどこまでも続くため時間価値の符号が一意に定まらず、移動に要する所要時間が短縮することにお金を払っても良いという人だけでなく、所要時間が増加することにお金を払っても良いという人の存在も仮定することになるという問題がある。近年では、そのような問題の生じない、分布が正負の一方に限定された、いくつかの分布形が提案されている。切断正規分布、対数正規分布、一定区間内の一様分布、三角分布、ジョンソンの S_B 分布等である。このうち、ジョンソンの S_B 分布 ⁵⁾ は以下の式で表され、データへの適合度が高いことが確認されている ⁶⁾。

$$\zeta = a + (b - a) \cdot \frac{\exp(\xi)}{1 + \exp(\xi)} \quad (1)$$

ここで、 ξ は正規分布に従う誤差項、 a 、 b は分布の下限値、上限値を表すパラメータである。ただし、時間価値の分布が特定の確率分布に従っている保証はなく、より自由度の高いノンパラメトリック、セミパラメトリックな時間価値分布の推定も試みられている⁷⁾。

3. 多様な意思決定方略

前章まででは、意思決定方略の種類として、評価基準である各項目を重み付きで平均し、最も点数の高いものを選ぶという方略のみを考えてきたが、実際の意思決定方略がそのような方略であるという保証はない。筆記試験免除制度の例でも、書類選考によって一定数の受験者を選抜した後で面接試験を行う、といった2段階選抜が実施されている。交通行動の意思決定方略としてどのような意思決定方略の種類が用いられているか分からない場合にはどうすればよいのか。さいわい、たとえ実際の意思決定方略が重み付き平均で点数の高いものを選ぶという方略以外の場合であっても、重み付き平均はそれ以外の意思決定方略をうまく再現できると言われている^{8), 9)}。筆記試験免除制度の例では、2段階選抜を行う主な理由は希望者全員を面接するには時間がかかり過ぎるためであり、書類選考によって一定数を選抜することで面接試験に要する労力を削減してはいるが、全員を面接した場合と出来るだけ同様の結果が得られるように書類選考を実施している。よって、全員を面接して選考したと仮定して評価基準の予測を行っても予測結果にはそれほどの違いはない可能性がある。すなわち、実際の意思決定方略は意思決定に掛かる労力を削減しつつ最も重み付き平均の点数の高い選択肢を選択するための何らかの方略であり、その方略がうまく機能する限りは重み付き平均で意思決定方略をモデル化してもうまくいくことを意味する。

一方で、項目間に負の相関がある場合には、重み付き平均による再現力は低くなることを示した文献¹⁰⁾もある。交通行動分析が対象とする選択行動には、所要時間が短いが料金が必要な高速道路か所要時間は長いが料金のかからない一般道路かの選択のように、項目間に負の相関を持つ場合が多く、重み付き平均以外の意思決定方略を表現するモデルの構築によって、交通行動の再現力が向上する可能性があると考えられる。

市場で観測される代表的な意思決定方略には表1のようなものがある^{11), 12)}。表中では、これまで重み付き平均として説明してきた方略を荷重加算型としており、最も労力が掛かるが最も正確な方略である。等加重型は重みを無視した平均で、荷重加算型に比べると正確性は劣るもののある程度良好な結果が得られる方略である。その他、勝率最大化や連結型、分離型、辞書編纂型、EBA等、選択に要する労力を削減しつつある程度の正確性を保持するための方略が実際の意思決定において観測されている。これらの意思決定方略のうち、荷重加算型、等加重型、勝率最大化はある項目の評価が低くても他の項目の評価が高ければ互いに補償しあい、その選択肢の総合評価は保たれる補償型の意思決定方略と呼ばれる。一方で、その他の意思決定方略では、ある項目の評価を他の項目の評価で代替出来

ないため非補償型の意味決定方略と呼ばれる。補償型の意味決定方略では、一つの項目についての判断はその他の項目の判断と組み合わせて評価するため意思決定に掛かる労力が大きい。一方、非補償型の意味決定方略では、一つの項目についての判断を直ぐに選択肢の選別に反映させることが出来るため、意思決定に掛かる労力を削減可能である。また、荷重加算型、等加重型、連結型、分離型の意味決定方略では一つ一つの選択肢について順番に全ての項目について評価することから選択肢型と呼ばれる一方で、その他の意思決定方略では項目毎に順番に全ての選択肢について評価することから項目型と呼ばれる。選択肢型は選択肢の数が多く各選択肢の評価項目が少ない場合に労力の削減が大きく、項目型は選択肢の数が少なく各選択肢の評価項目が多い場合に労力の削減が大きい。

表 1 意思決定方略の種類

種類	概要	項目間の代替性	評価の順序
荷重加算型	各項目の重み付き平均で最も点数の高い選択肢を選ぶ	補償型	選択肢型
等加重型	各項目の単純平均で最も点数の高い選択肢を選ぶ	補償型	選択肢型
勝率最大化	項目毎に最も望ましい選択肢を選び、選ばれた回数の最も多い選択肢を選ぶ	補償型	項目型
連結型	各項目について許容できる最低基準を設定し、全ての項目について最低基準を上回る選択肢を選ぶ	非補償型	選択肢型
分離型	各項目について十分選択に値する水準を設定し、ひとつでもその水準を超える項目があればその選択肢を選ぶ	非補償型	選択肢型
辞書編纂型	最も重要な項目について最も望ましい選択肢を選び、もしその項目について最も望ましい選択肢が複数ある場合には、次に重要な項目について同様の手順を繰り返して最後まで残った選択肢を選ぶ	非補償型	項目型
EBA	項目を重要度に応じて確率的に選び、別途設定したその項目の最低基準を超える選択肢を選ぶ。選択肢が複数ある場合には、次の項目を同様に確率的に選び、同様の手順を繰り返して最後まで残った選択肢を選ぶ	非補償型	項目型

(参考文献 12 を修正)

さらに、1つの意思決定を行う際に最初から最後まで同じ意思決定方略を使っているとは限らない。Manski¹³⁾は選択肢集合を形成する選別段階と選択を行う段階の2段階からなる意思決定方略を提案しており、各段階で異なる意思決定方略の種類を用いることを仮定している。Swait and Ben-Akiva¹⁴⁾は選別段階では閾値を用いる形の意味決定方略、選択段階では荷重加算型の意味決定方略を仮定したモデル化を行っている。最近でも複数の研究^{15), 16)}で同様の2段階意思決定方略を仮定したモデルが構築されている。

このような多様な意思決定方略が存在することが分かっている場合、意思決定方略をモデリングする際には、全ての方略によるモデルを構築し、データへの適合度等の指標により最も利用されている可能性の高い意思決定方略を推定するという作業が必要となる。しかしながら、表 1 で示した全ての意思決定方略を検証可能な定量的モデルとして構築し、

パラメータの推定作業を行うことは容易ではない。これは、荷重加算型と等加算型以外の意思決定方略をモデル化した場合、関数の非線形性が強くなり関数最大化がうまく出来なかったためである。さらに、表に示したものの以外にも考えうる意思決定方略が存在し、表中の意思決定方略の中に分析対象の交通行動で実際に使われている意思決定方略が含まれている保証もない。これまでの分析では、従来から用いられてきた荷重加算型とそれ以外の一種類の意思決定方略のモデルを推定して比較したことが多い^{15),16)}。Kurauchi and Morikawa¹⁷⁾では、辞書編纂型を取り上げ、パークアンドライドの選択に関して荷重加算型と比較した結果、辞書編纂型の優位性を確認しているが、辞書編纂型のモデル推定作業が困難である点も指摘されている。辞書編纂型に対して項目毎に若干の劣位を許容した修正辞書編纂型を仮定した人工データを用いた分析では、データを作成した際に仮定した項目の重要度の順序をそのままモデル推定時に用いた場合でも推定が収束しない確率が非常に高いという結果が得られている¹⁸⁾。

モデル推定作業を効率化する方法としてはいくつかの方法が考えられる。1つはMMNLモデルの推定に際して発展してきた効率的な数値積分技術の様々な意思決定方略モデルの推定への応用である。非補償型の意思決定モデルでは、多くの閾値を設定する必要があり、それらは誤差を含むと考えられるため、モデルの推定には多くの数値積分が必要となる。そこで効率的な数値積分技術を応用することで、ある程度の推定作業の効率化が可能である。ただし、非線形性の高い関数に対して最尤推定法を用いる場合、局所解に陥る危険性が高くなる点に注意が必要である。局所解による問題を回避する方法としては、ベイズ推定¹⁹⁾を用いることが考えられる。ベイズ推定は、パラメータの事前分布を設定し、仮定した意思決定方略が正しいとした場合のデータが得られる尤度と組み合わせることで、データが得られたという条件付きのパラメータの事後分布を求めるものである。ベイズ推定では、局所解を回避できる他、識別不可能なパラメータがモデルに含まれる場合もそのパラメータの事後分布を平らな分布として推定し、その他のパラメータについては問題なく推定することが可能である。

モデル推定作業を効率化するもう1つの方法は、データマイニング手法²⁰⁾の適用である。データマイニング手法は大規模なデータから何らかのパターンを発見するための手法であり、非線形性の高い意思決定方略についても効率的に導出できる可能を持っている。人工データを用いた前述の研究¹⁸⁾では、データマイニング手法として決定木を用いた分析の結果、項目間に負の相関がある場合に重要度の順序を正しく推定し、各項目に対する閾値も精度良く推定可能であるという結果が得られている。しかしながら、同様に決定木を用いて実際のデータに適用した分析²¹⁾では、荷重加算型の意思決定方略を仮定したモデルと同程度のデータ適合度しか得られないという結果となっている。意思決定方略は労力を削減しつつ正確な選択を行うためのものであるため、その意思決定方略がうまく機能しているほど荷重加算型の意思決定方略と同様の選択結果をもたらす。その場合、選択結果の再現性は荷重加算型と同程度となることが十分に考えられる。よって、選択結果だけを用いた

データ適合度では意思決定方略の特定は困難なものとなる。

選択結果以外の情報を用いて意思決定方略の特定可能性を高めることも有効である。どの項目を重視したかという情報を得ることが出来れば、意思決定方略の推定可能性が向上するという結果も得られている²²⁾。ただし、直接に意思決定主体に選択結果以外の情報を尋ねたとしても、得られる情報が正確であるかについては注意する必要がある、記憶が不正確であったり、記憶が正確であったとしても情報の伝達が不正確であることも考えられる。

選択結果以外の多くの情報を意思決定主体から得る方法として、SP 調査を活用することが考えられる。Hensher²³⁾は経路選択に関する SP 調査時に、どの項目について選択に考慮したか、しなかったか等を聞くことで意思決定方略の特定を試みている。分析の結果より、SP 調査で被験者に提示する選択肢数や選択肢毎の項目数等の設定条件によって意思決定方略が変化するとの結果を得ているが、これは既に述べたように、意思決定方略毎に正確性を保ちつつ労力を削減できる設定条件が異なっているためであり、一般の意思決定方略に関する従来¹¹⁾の知見と整合的である。今後は SP 調査と通常の RP 調査との設定条件の違いが意思決定方略に及ぼす影響を明らかにした上で、実際の交通行動における意思決定方略の解明への寄与が期待される。

本章では、様々な意思決定方略の種類から、実際に利用されている意思決定方略を特定する方法について考えたが、通常の RP 調査を用いる場合、モデル化するのは一人の意思決定主体ではなく、複数の意思決定主体となる。よって、前章で述べたような個人間の異質性は意思決定方略の種類¹⁷⁾の異質性をも含むことが十分考えられる。複数の意思決定方略を確率的に利用することを仮定した潜在クラスモデルを適用した分析^{17),22)}も行われているものの考慮されている意思決定方略の種類はそれほど多くなく、今後はより包括的なモデル化が望まれる。

4. おわりに

本稿では、交通行動分析における多様な意思決定方略のモデリングについて、個人間のパラメータの異質性および意思決定方略の種類¹⁷⁾の多様性の観点からその推定可能性について検討した。計算機の計算速度と数値積分技術の向上によりかなり複雑な意思決定方略のモデルでもパラメータの推定可能性が高まっている。そのため、いくつかの代替的な意思決定方略を用いた分析が進められているが、それらの意思決定方略が実際に用いられている方略であるかどうかは明らかでない。今後は意思決定方略の解明に向けた包括的な分析が必要とされている。分析によって個人属性が意思決定方略の選択に及ぼす影響や選択条件による意思決定方略の変化に関して明らかになれば、人々の交通行動のよりよい理解及び交通需要のより正確な予測が可能となるものと期待される。

参考文献

- 1) 北村隆一, 森川高行, 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊行: 交通行動の分析とモデリング, 技報堂出版, 2002.
- 2) Louviere, J.J., Hensher, D.A. and Swait, J.D.: *Stated Choice methods*, Cambridge University Press, 2001.
- 3) Yamamoto, T., Hyodo, T. and Muromachi, Y.: Advances in choice modeling and Asian perspectives, *Proceedings of the 11th International Conference on Travel Behavior Research*, 2006.
- 4) Train, K.E.: *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, 2003.
- 5) Train, K. and Sonnier, G.: Mixed logit with bounded distributions of correlated partworths, *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics* (Edited by R. Scarpa and A. Alberini), Kluwer Academic Publishers, pp. 117-134, 2004.
- 6) Hess, S., Bierlaire, M. and Polak, J.W.: Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models, *Transportation Research Part A*, Vol. 39, pp. 221-236, 2005.
- 7) Fosgerau, M.: Investigating the distribution of the value of travel time savings, *Transportation Research Part B*, Vol. 40, pp. 688-707, 2006.
- 8) Dawes, R.M. and Corrigan, B.: Linear models in decision making, *Psychological Bulletin*, Vol. 81, pp. 95-106, 1974.
- 9) Dawes, R.M.: The robust beauty of improper linear models in decision making, *American Psychologist*, Vol. 34, pp. 571-582, 1979.
- 10) Johnson, E.J., Meyer, R.J. and Ghose, S.: When choice models fail: Compensatory representations in negatively correlated environments, *Journal of Marketing Research*, Vol. 26, pp. 255-270, 1989.
- 11) Payne, J.W., Bettman, J.R. and Johnson, E.J.: *The Adaptive Decision Maker*, Cambridge University Press, 1993.
- 12) 森川高行, 倉内慎也: 合理的選択の拡張とモデリングへのインプリケーション, 土木学会論文集, No. 702/IV-55, pp. 15-29, 2002.
- 13) Manski, C.F.: The structure of random utility models, *Theory and Decisions*, Vol. 8, pp. 229-254, 1977.
- 14) Swait, J. and Ben-Akiva, M.: Incorporating random constraints in discrete models of choice set generation, *Transportation Research Part B*, Vol. 35, pp. 643-666, 1987.
- 15) Başar, G. and Bhat, C.: A parameterized consideration set model for airport choice: an application to the San Francisco Bay Area, *Transportation Research Part B*, Vol. 38, pp. 889-904, 2004.
- 16) Cantillo, V. and Ortúzar, J. de D.: A semi-compensatory discrete choice model with explicit attribute thresholds of perception, *Transportation Research Part B*, Vol. 39, pp. 641-657, 2005.

- 17) Kurauchi, S. and Morikawa, T.: An exploratory analysis for discrete choice model with latent classes considering heterogeneity of decision making rules, *The Leading Edge of Travel Behaviour Research* (Edited by D.A. Hensher), pp.409-423, 2002.
- 18) 大橋聡子, 山本俊行, 倉内慎也, 森川高行: 修正辞書編纂型意思決定モデルの再現性に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, CD-ROM, 2004.
- 19) Gilks, W., Richardson, S. and Spiegelhalter, D. J.: *Markov Chain Monte Carlo in Practice*, Chapman and Hall, 1996.
- 20) 岩崎学: データマイニングと知識発見, 行動計量, Vol. 26, No. 1, pp. 46-58, 1999.
- 21) 山本俊行: 非補償型意思決定方略を表現するためのデータマイニング手法の適用に関する分析, 土木学会論文集, No. 765/IV-64, pp. 79-89, 2004.
- 22) 倉内慎也: 代替的な意思決定方略ならびに選好構造の可変性を考慮した離散選択モデル, 名古屋大学博士論文, 2006.
- 23) Hensher, D.A.: Towards a practical method to establish comparable values of travel time savings from stated choice experiments with differing design dimensions, *Transportation Research Part A*, Vol. 40, pp. 829-840, 2006.