

選択肢の選別過程に関する実証比較分析：交通手段選択行動を対象として*

Comparative Analysis on Cut-off Process of Alternatives: An Application to Travel Mode Choice*

福田大輔**・森地茂***

By Daisuke FUKUDA** and Shigeru MORICHI***

1. はじめに

離散選択モデルを用いた交通行動分析において、意思決定主体の選択肢集合をいかに取り扱うべきかという問題は、モデルが提案された当初から重要な課題であった。しかし、分析者が観測できるのは、あくまでも意思決定主体が選択した結果として顕在化した一つの代替案であり、その代替案が選択されるまでに他のどのような代替案が検討されたのかに関しては、分析が困難なこともあって考察の対象外とされることが多かった。

一方、心理学やマーケティング・サイエンスの既往研究は、多くの実証分析を通じて、人間の選択プロセスが二つの段階から構成され得る可能性を示唆している。それは、「許容できない代替案を個人の選択肢集合から除去する過程」、及び、「除去されずに残った代替案の中から最も望ましいものを選択する過程」の二つである¹⁾。この考えに従えば、交通行動モデルの多くがこの第一段階（代替案の選別過程）を与件として、第二段階のみに着目してきたといえる。

しかし、次章で述べる理由により、個人がどのような候補代替案を想定しているのかを把握すること、すなわち、上記の第一段階に関して精査を行うことの交通政策的な意義は大きいと思われる。そこで、本研究では代替案の選別過程で採用されると考えられる各種の意思決定方略を確率モデルとして定式化し、交通手段選択行動を対象とした実証比較分析を行い、意思決定者がどのような方略を採りうる可能性があるのかを実証的に検討する。

2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

(1) 選択肢の選別過程について

*Keywords：交通行動分析，交通手段選択，意識調査分析

**正会員 修(工)

東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

(〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1

TEL：03-5734-2693 FAX：03-5734-3578)

***フェロー会員 工博

東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

(〒113-8656 文京区本郷 7-3-1

TEL：03-5841-6125 FAX：03-5841-7453)

心理学の既往研究¹⁾²⁾によれば、人間の選択行動を二段階モデルとして考えた場合、選択肢の選別過程に相当する第一段階においては非補償型意思決定方略が、一方、第二段階の選択過程においては補償型方略が採用されやすいことが指摘されている。特に Payne²⁾は、候補代替案の総数が2個程度にまで減少しない限り、補償型の方略は採用されにくいことを、心理実験を通じて指摘している。これらの知見より、候補代替案の数が比較的少ないといわれる交通手段選択行動のような現象においても、代替案の選別過程を精査する意義は大きいと思われる。

一方、マーケティング・サイエンスの分野では、消費者のブランド選択行動理解を目的として、選択肢集合の形成に関する多様な概念が提示されている。例えば Brisoux and Laroche³⁾は、①物理的に選択可能か否か；②代替案を正しく認知しているか否か；③選択候補対象として考慮しているか否か；等の基準で選択肢集合の類型化を行っている。選択肢の集合の定義そのものが多様で、統一的な見解は未だ存在しない。しかし、こうした百家争鳴的状况は、マーケティングにおいて消費者の選別過程を分析することの重要性を示唆していると思われる。

(2) 選択肢集合の形成過程を考慮した選択行動モデル

ところで、Manski⁴⁾の提示した伝統的フレームに立脚して、選択肢集合の確率的形成を明示的に考慮した選択行動モデルの適用例も多い。例えば、森川ら⁵⁾は観光目的地選択行動を、羽藤・朝倉⁶⁾は経路選択行動を、Swait and Ben-Akiva⁷⁾、Gaudry and Dagenais⁸⁾、Ben-Akiva and Boccara⁹⁾は交通手段選択行動を、兵藤ら¹⁰⁾は駐車場選択行動を、藤井ら¹¹⁾は生活行動パターン選択行動をそれぞれ対象とした実証分析を行っている。しかし、選択肢の選別過程で、実際にどのような方略が採用されているのかを、実証的に比較検討している研究は見られない。

一方、効用関数の特定化を工夫することにより、選別過程を間接的に考慮している研究もある。例えば、吉田・原田¹²⁾は確率変動する閾値によって切断された効用関数を、森地ら¹³⁾は等弾力性型効用関数を、Swait¹⁴⁾は選別の影響をペナルティ項として組み込んだ効用関数を用いて選択モデルを構築している。しかし、ここでの考察対象は、あくまでも第二段階目の選択過程であり、第一段階目の選択肢選別過程が精査されることはなかった。

(3) 選択肢選別過程を精査する意義

では、選択肢の選別は、実際どれほど重要なのであろうか。ここでは、選択肢の選別を分析する意義に関して新たな交通サービスが導入される場合を例に説明する。導入初期においては、そのサービスを利用することが想定される人々も、自分達がどれほどの利益・不利益を被るのかに関する情報を持たないために、新規サービスの利用を控えるといった状況が起こり得るだろう。これは意思決定者の候補選択肢集合に新規サービスが含まれないことを意味しているが、これを回避するためには、その新規サービスの性質がいかなるものなのかを利用候補者に的確に認知させ、比較検討の対象に含ませるような政策を施すこと¹⁵⁾が、まずは重要となるであろう。

また、地方路線におけるバス路線の衰退抑止や、高齢者のモビリティ確保のような問題においては、意思決定主体が当該代替案を選択することが物理的に可能となる、すなわち、当該代替案を実行可能集合に含ませるように誘導するような政策が重要であるとの指摘も過去に行われている¹⁶⁾。このような状況を鑑みると、新規サービスに関するマーケティング戦略や、交通主体の選択の多様性¹⁷⁾を確保するための方策等が、選択肢の選別過程に対して及ぼす影響を分析する意義は大きいと考える。

(4) 本研究の位置付け

以上のような問題意識のもと、本研究では選択行動を二段階プロセスとして考えることを大前提として、そのうちの選択肢選別過程に着目する。具体的には、個々の代替案が選別されるのか否かを対象に、多属性評価理論において提示されているヒューリスティックな意思決定方略を確率モデルとして定式化し、実際のデータに適合させることによって、どの方略が採られている可能性が高いかを検証する。従って、全選択肢の選別の結果として形成される選択肢集合に関しては言及しない。

なお、本研究では実証分析対象として交通手段選択行動を取り上げる。これは、①今回対象とする交通手段選択行動は出発地と目的地固定の私的目的地トリップであることから行動そのものの反復性が高く、過去の選択履歴からどのような代替案が選別されているのかをある程度推察できること；②分析者が先見的にリストアップできる候補代替案数が少ないため、各々の代替案に関する詳細な調査が可能なこと；③目的地や経路のように空間構造そのものを代替案とみなす選択行動に比べ、各々の代替案の定義が明確に行えること；等といった理由による。

3. 選択肢選別過程の定式化

(1) 意思決定方略に関して

本研究では、選択肢選別過程の実証分析において比較検討する意思決定方略¹⁸⁾として、代表的な非補償型モデルである a) 連結型モデル、b) 分離型モデル の二つを取り上げる。また比較のため、補償型モデルの代表例である c) 線形加算型モデルについても検討する。以上3つのモデルを、それぞれ確率モデルとして定式化する。

(2) 選別モデルの定式化

a) 連結型モデル

この方略は、「代替案を規定する各属性の値に関して最低でもこれだけの属性値を持たねばならないという基準が決まっており、全ての属性に関して基準が満たされた場合に限り、その代替案が選別される」というものである。ここで、属性毎の許容水準は意思決定者によってばらつきがあり、このばらつきがロジスティック分布に従って確率的に変動すると仮定すれば、意思決定者 n が代替案 i を選別する確率は次式で表される。

$$\begin{aligned} \Pr(\delta_{in} = 1) &= \Pr(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik} + v_{ink} \geq 0, \forall k) \\ &= \prod_k \Pr(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik} + v_{ink} \geq 0) \\ &= \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(\bar{Z}_{ik} - Z_{ink})]} \end{aligned} \quad (1)$$

但し、 δ_{in} ：選別判定指標（意思決定者 n が代替案 i を選別したとき1をとり、そうでないとき0をとる変数）、 Z_{ink} ：代替案 i を規定する k 番目の属性に対して意思決定者 n が有する評価値、 $\bar{Z}_{ik}$ ：代替案 i の k 番目の属性値の最低許容水準の平均値、 v_{ink} ：ランダム項（スケールパラメータ ω_{ik} のロジスティック分布に従うと仮定）であり、未知パラメータは、 $\bar{Z}_{ik}$ と ω_{ik} である。

これは、許容水準が代替案毎に異なることを仮定した、より一般的なモデルである。一方、各属性の許容水準のランダム項間の相関がゼロであることを暗黙に仮定している。この仮定により、式(1)のような属性別の許容確率の積という簡略な形式で選別確率を与えることができる。

b) 分離型モデル

この方略は、「代替案を選別するために用いられる各属性値のうち、いずれか一つでもその基準値を満たすものがあればその代替案を選別する」というものである。連結型モデル同様、基準値が意思決定主体によって異なり、そのばらつきがロジスティック分布に従うと仮定すると、次式のような選別確率の式が導出される。

$$\begin{aligned} \Pr(\delta_{in} = 1) &= \Pr(\exists k \quad Z_{ink} - \bar{Z}_{ik} + v_{ink} \geq 0) \\ &= 1 - \Pr(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik} + v_{ink} < 0, \forall k) \\ &= 1 - \prod_k \Pr(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik} + v_{ink} < 0) \\ &= 1 - \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(\bar{Z}_{ik} - Z_{ink})]} \end{aligned} \quad (2)$$

すなわち、分離型ルールに従う選別確率は、どの属性も選別基準を満足しない確率を 1 から引いたものに等しくなる。なお、連結型モデル同様、未知パラメータは、 $\bar{Z}_{ik}$ と ω_{ik} である。

c) 線形加算型モデル

この方略は、「評価属性値の重みつき線形和が、ある基準値を超えた場合に、その代替案が選別される」というものである。すなわち、通常の線形効用関数と同様の形式で選別判定関数が定式化される。基準値の個人間のばらつきがロジスティック分布に従うと仮定すると、選別確率は以下のように表される。

$$\Pr(\delta_m = 1) = \Pr\left(\sum_k w_{ik} Z_{ink} - \bar{Z}_i + v_{im} \geq 0\right) \\ = \frac{1}{1 + \exp\left[\sum_k \omega_i (w_{ik} Z_{ink} - \bar{Z}_i)\right]} \quad (3)$$

ここで、 w_{ik} ：代替案 i の k 番目の属性に対する重み、 $\bar{Z}_i$ ：代替案 i の評価属性値の重みつき線形和に対する閾値、 ω_i ：スケールパラメータである。このモデルの未知パラメータは $\bar{Z}_i$ 、 w_{ik} 、 ω_i である。但し、ここではパラメータ識別のために、予め ω_i を 1 に基準化する。

(3) 選別判定指標に関して

以上の定式化のもとで実証分析を行う際に特に重要となるのは、個人の選別判定指標 δ_m をどのようにして定義すべきか、すなわち、どのようなときにその代替案が選別されたと判断すべきかという点である。既往研究では、物理・時間制約等から分析者が先見的に選別の有無を判断したり、意思決定主体に直接尋ねることによって判定したりする等といったアドホックな方法に基づく場合が多かった¹⁹⁾。

一方、Chiang *et al.*²⁰⁾は、各選択肢の選別の有無が過去一定期間内の利用動向より類推できるという想定のもと、消費者のブランド選択行動における選択肢集合の形成確率を、スキャナー・パネルデータを用いて導出する手法を提案している。このように、本来ならばパネル調査等を通じて意思決定主体の選択履歴を精査することによって、ある程度合理的に選択肢集合を推定することも可能である。しかし、本研究で用いる調査はパネルではないため、上記の方法は適用できない。そこで、本研究では、調査の中で「ある一定期間（ここでは過去 1 年以内）に、どの交通機関を利用したことがあるのか？」という選択経験を尋ね、それに対する回答結果を選別判定指標として用いるという簡便な方法に基づいている。

(4) 評価属性値に関して

3. (2) で提示した各選別モデルを特定化するためには、選別判定指標に加え、選別に用いられる属性評価値 Z_{nk}

を定義する必要がある。その際にまず思い浮かぶのは、所要時間などの客観的な属性値を用いることであろう。しかし、心理実験等の場面とは異なり、実際の交通行動の場面では、意思決定主体が所要時間等の客観的な属性値を正しく認知しているとは限らない。むしろ、属性値に対する主観的な判断に基づいて、選別の判断を行っていると考えられることもできよう。

そこで、本研究では、意思決定主体が当該交通機関までのアクセス性や、交通機関そのもののサービス水準等に関する主観的な評価値に基づいて選別を行っているものとする。この主観的な評価値を潜在変数とみなし、構造方程式を用いて主体毎に同定する。その際、森川・佐々木²¹⁾の用いた多重指標多重要因モデルを援用する。

(5) 選別モデルのパラメータ推定

各代替案に対する選別判定指標と選別要因変数（評価属性）が与えられたとき、式(1)～式(3)の各選別モデルに含まれる未知パラメータは、それぞれ次の尤度関数を最大化することによって求められる。

$$L = \prod_n \prod_i \Pr(\delta_m = 1)^{\delta_m} \{1 - \Pr(\delta_m = 1)\}^{(1-\delta_m)} \quad (4)$$

4. 調査の概要

3. で定式化したモデルの実証比較に必要なサンプルデータを取得するため、平成 13 年 1 月 15 日～17 日の期間に、公共交通の利用に関する意識調査を実施した。対象地域は、東京都渋谷区及び目黒区の一部で、JR 山手線渋谷駅の南西部に位置する住宅街である（図-1）。

調査票では表-1 に示したような質問を設け、過去 1 年間に渋谷駅周辺の商業地区に私用目的で出かける際に、どのような公共交通手段を選択候補の交通機関として検討したのかを詳細に尋ねている。この地域の住民が渋谷駅周辺地区へ出かけるときに利用可能な公共交通手段としては、路線バス、鉄道、東急トランセミニバス（1998 年に運行を開始した最大乗車人員 20 人程度のミニバス、写真-1）が考えられる。今回の調査では、これら公共交通間の競合関係を把握することを目指しており、特に、上記 3 種の交通手段に関する詳細な設問が行われている。

また、この調査では、アクセスの近さ、アクセスの容易さ、乗降の容易さ、着席可能性、運行本数の多さ、到着時間の確かさ、運賃の安さの各項目に関する 5 段階の主観的な評価を尋ねている。利用したことが無い交通手段に関しても、現時点で抱えている「イメージ」に関して尋ねており、これらの主観的な評価値は、構造方程式を用いて主観的・潜在的な選別要因変数を意思決定主体毎に同定する際に用いられる。

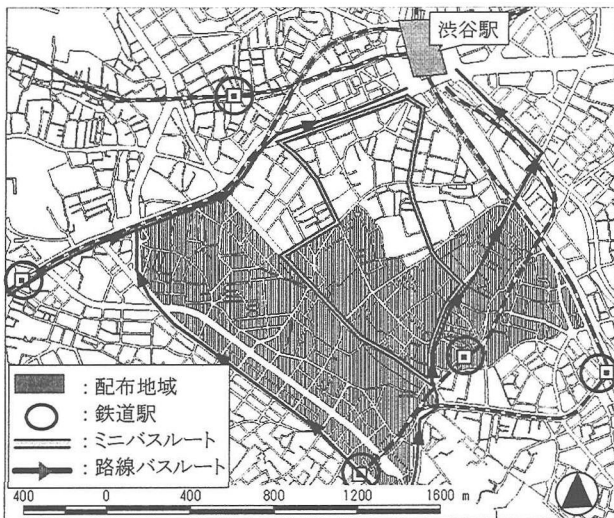


図-1 調査地域

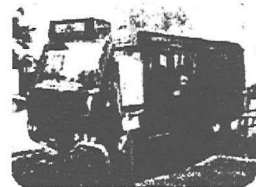


写真-1 東急トランセミニバス
(<http://www.tokyubus.co.jp>)

表-1 質問内容

	大項目	詳細項目
問1	過去1年間に私用目的で渋谷へ出かけた時の状況	訪れる地区、訪れる施設の名称、主な目的、最も頻繁に利用した交通手段、交通手段の選択理由、他の利用交通手段
問2	東急トランセミニバスを利用する状況	認知度、乗車するバス停、時刻表情報等に関する認識度、アクセス時間、待ち時間、乗車時間、運賃の支払方法、利用頻度、トランセの利用などに関する各種主観的評価（5段階）
問3	路線バスを利用する状況	乗車するバス停、時刻表情報等に関する認識度、アクセス時間、待ち時間、乗車時間、運賃の支払方法、利用頻度、路線バスの利用などに関する各種主観的評価（5段階）
問4	鉄道を利用する状況	乗車する駅、時刻表情報等に関する認識度、アクセス時間、待ち時間、乗車時間、運賃の支払方法、利用頻度、鉄道の利用などに関する各種主観的評価（5段階）
問5	徒歩による移動状況	全所要時間、徒歩の利用などに関する各種主観的評価（5段階）
問6	個人属性	性別、年齢、未婚、職業、住所、各運転免許の保有、自動車・原付・オートバイ・自転車の保有、最大徒歩可能時間



図-2 調査の基礎集計結果（全665サンプル）

表-2 最もよく利用する交通手段の選択理由

理由	回答数
所要時間の短さ	289
バス停・駅までの近さ	133
運賃の安さ	83
荷物運搬の容易さ	28
混雑度の高さ	15
同伴者への配慮	15
運行頻度の多さ	14
景色の良さ	10
その他	64
無回答	14
合計	665

調査は、配布員が対象地区内の世帯に質問票を無作為に配布し、回答結果を郵送回収する方式で行った。結果、全部で 2,831 通の調査票を配布し、665 通を回収した。その基礎集計結果、及び、最もよく利用する交通手段を選択する際の第一理由をそれぞれ図-2、表-2 に示す。実証分析では、この 665 サンプルのうち、必要な項目に漏れなく回答していた 166 サンプルを用いる。

5. 実証分析と考察

(1) 選別要因変数の特定化

まず、各交通手段利用に関する 7 種類の主観的評価値 ($y_{m1} \sim y_{m7}$: ベクトル表記 y_m)、及び、年齢や性別等の客観的属性変数 ($x_{m1} \sim x_{m6}$: ベクトル表記 x_m) を用いて構造方程式モデルの特定化を行う。表-2 に示した選択理由の集計結果を参考に、「各交通機関へのアクセスの容易性 (Z_{m1})」、及び、「各交通機関の移動中の快適性 (Z_{m2})」という 2 つの主観的、かつ、潜在的な選別要因変数 (ベクトル表記 Z_m) の存在を仮定し、これらを表現できるよう、以下のように構造方程式を特定化した。

構造方程式 (for $\forall i$) :

$$Z_{m1} = \gamma_{11}x_{m1} + \gamma_{21}x_{m2} + \gamma_{31}x_{m3} + \gamma_{41}x_{m4} + \gamma_{51}x_{m5} + \zeta_{m1} \quad (5)$$

$$Z_{m2} = \gamma_{61}x_{m6} + \gamma_{71}x_{m2} + \gamma_{81}x_{m3} + \gamma_{91}x_{m1} + \zeta_{m2} \quad (6)$$

測定方程式 (for $\forall i$) :

$$\begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \\ y_{m3} \\ y_{m4} \\ y_{m5} \\ y_{m6} \\ y_{m7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{1i} & 0 \\ 0 & \lambda_{2i} \\ 0 & \lambda_{3i} \\ 0 & \lambda_{4i} \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{5i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{m1} \\ Z_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_{m1} \\ \xi_{m2} \\ \xi_{m3} \\ \xi_{m4} \\ \xi_{m5} \\ \xi_{m6} \\ \xi_{m7} \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここで、 $\zeta_{m1} \sim \zeta_{m2}$, $\xi_{m1} \sim \xi_{m7}$ は誤差項 (ベクトル表記でそれぞれ ζ_m, ξ_m)、 $\gamma_{1i} \sim \gamma_{9i}$, $\lambda_{1i} \sim \lambda_{5i}$ は未知パラメータ (行列表記でそれぞれ Γ_i, Λ_i) である。

以上の特定化のもと、最尤法を用いて未知パラメータを推定した結果を表-3 に示す。パラメータは代替案 (ミニバス: $i=1$, 路線バス: $i=2$, 鉄道: $i=3$) 毎に推定されるが、例えば、女性ダミーや高齢者ダミーのように、同じ変数であってもパラメータの符号が代替案によって異なっている場合も見られる。これは、同一個人でも、代替案が異なれば、選別属性に対する主観的評価の動向が異なる可能性を示唆している。

表-3 のパラメータ推定値を用い、次式によって選別要因変数の推計値をサンプル毎、代替案毎に算出する。

$$\hat{Z}_m = \hat{\Gamma}_i x_m + \hat{\Phi}_i (\hat{\Lambda}_i \hat{\Phi}_i \hat{\Lambda}_i + \hat{\Psi}_i)^{-1} (y_m - \hat{\Lambda}_i \hat{\Phi}_i x_m) \quad (8)$$

ここで、上付の $\hat{}$ は推計値を意味する。また、 Φ_i, Ψ_i は、それぞれ、 ζ_m, ξ_m の分散共分散行列を表す。

表-3 構造方程式モデルのパラメータ推定結果 (括弧内 t -値)

変数 \ 代替案	ミニバス ($i=1$)		路線バス ($i=2$)		鉄道 ($i=3$)	
構造方程式の 係数パラメータ行列 Γ_i	(Z_{m1})	(Z_{m2})	(Z_{m1})	(Z_{m2})	(Z_{m1})	(Z_{m2})
x_{m1} (女性ダミー)	0.126 (1.68)	0.115 (1.58)	0.0168 (0.222)	-0.171 (-2.00)	-0.105 (-1.56)	0.0815 (1.16)
x_{m2} (60 歳以上ダミー)	-0.0040 (-0.047)	0.171 (2.05)	0.0379 (0.434)	-0.142 (-1.45)	-0.164 (-2.11)	0.117 (1.42)
x_{m3} (勤労者ダミー)	-0.00801 (-0.10)	0.00541 (0.066)	-0.182 (-2.15)	-0.117 (-1.24)	-0.128 (-1.71)	0.0936 (1.12)
x_{m4} (アクセス時間[時間])	-13.9 (-9.16)	-	-14.2 (-8.23)	-	-8.58 (-10.6)	-
x_{m5} (最大徒歩可能 時間[時間])	2.13 (2.21)	-	2.68 (2.64)	-	2.50 (2.82)	-
x_{m6} (乗車時間[時間])	-	-0.705 (-1.63)	-	-1.65 (-3.37)	-	-0.921 (-1.62)
測定方程式の 係数パラメータ行列 Λ_i	(Z_{m1})	(Z_{m2})	(Z_{m1})	(Z_{m2})	(Z_{m1})	(Z_{m2})
y_{m1} (アクセス時間の短さ)	1	-	1	-	1	-
y_{m2} (アクセスの容易さ)	0.942 (13.0)	-	0.981 (15.7)	-	0.747 (12.4)	-
y_{m3} (乗降の容易さ)	-	0.466 (3.83)	-	0.378 (3.98)	-	0.412 (3.23)
y_{m4} (着席の容易さ)	-	0.622 (5.08)	-	0.357 (3.76)	-	0.345 (2.70)
y_{m5} (運行本数の多さ)	-	1.19 (7.88)	-	0.929 (8.17)	-	1.29 (5.46)
y_{m6} (到着時間の確かさ)	-	1	-	1	-	1
y_{m7} (運賃の安さ)	-	0.812 (6.57)	-	0.304 (3.20)	-	0.553 (4.24)
適合度指標 (GFI)	0.883		0.870		0.855	
修正適合度指標 (AGFI)	0.774		0.747		0.720	

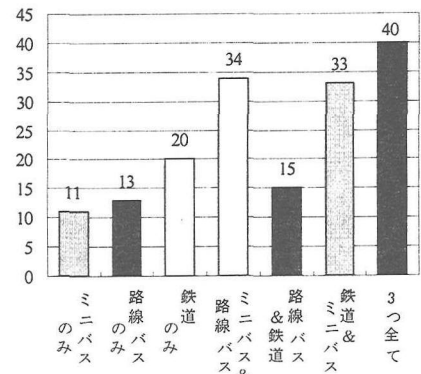


図-3 過去一年間の選択結果 (縦軸: 度数, 166 サンプル)

表-4 選別モデルのパラメータ推定結果の比較

	(a)連結型				(b)分離型				(c)線形加算型			
	推定値		t-値	部分AIC	推定値		t-値	部分AIC	推定値		t-値	部分AIC
ミニバス (<i>i</i> = 1)	$\bar{Z}_{11}$	1.44	2.55	167.1	$\bar{Z}_{11}$	0.965	5.15	165.0	$\bar{Z}_1$	2.2	2.76	176.2
	ω_{11}	2.19	2.81		ω_{11}	1.56	5.24		w_{11}	1.47	1	
	$\bar{Z}_{12}$	0.08	1.658		$\bar{Z}_{12}$	2.09	4.21		w_{12}	0.75	1.3	
	ω_{12}	1.65	1.57		ω_{12}	3.82	1.68		ω_1	1	—	
路線バス (<i>i</i> = 2)	$\bar{Z}_{21}$	2.13	1.32	227.8	$\bar{Z}_{21}$	-2.33	-2.7	223.0	$\bar{Z}_2$	-0.597	-1.22	231.4
	ω_{21}	0.485	1.22		ω_{21}	0.325	1.3		w_{21}	-0.281	-1.13	
	$\bar{Z}_{22}$	-0.842	-0.673		$\bar{Z}_{22}$	1.83	9.12		w_{22}	0.285	0.909	
	ω_{22}	0.361	1.22		ω_{22}	4.89	2.56		ω_2	1	—	
鉄道 (<i>i</i> = 3)	Z_{31}	0.671	1.75	182.3	Z_{31}	1.67	10.8	178.3	Z_3	2.37	2.19	182.0
	ω_{31}	1.14	5.71		ω_{31}	3.21	3.05		w_{31}	1.05	1.29	
	$\bar{Z}_{32}$	0.222	0.719		$\bar{Z}_{32}$	2.15	2.61		w_{32}	1.09	1.59	
	ω_{32}	2.55	3.62		ω_{32}	0.855	1.829		ω_3	1	—	
未知パラメータ数	12				12				9			
集約AIC	577.2				566.4				589.7			

(2)選別モデルのパラメータ推定と意味解釈

次に、式(8)によって個人毎に同定される2つの潜在変数を、意思決定主体が選別のときに用いる属性値とみなし、式(1)～式(3)で与えられる各選別モデルのパラメータ推定を行った。その結果を表-4に示す。なお、選別判定指標 δ_m として、前章で述べたように過去1年間に選択した交通手段の選択結果を採用する。結果を図-3に示す。

まず、連結型と分離型の推定結果を比較する。平均的な最低許容水準 $\bar{Z}_{ik}$ の推計値は、選択肢と選別要因がいずれの組合せであっても、連結型と分離型とで大きく異なっている。これは、連結型と分離型の確率モデルの構造そのものが異なっていることに起因すると考えられる。一方、最低許容水準のサンプル集団内でのばらつきを表すスケールパラメータ ω_{ik} の推定結果を比べると、決定方略間、及び、交通手段間で推計値が大きく異なっている。 ω_{ik} は、各選別要因の最低許容水準に対する評価が個人間で多様であることを表す指標であり、決定方略と対象代替案の組合せ次第で、選別要因に対する評価基準が多様化する可能性が示唆される。

次に、線形加算型モデルの推定結果を解釈する。重みパラメータ w_{21} が直感に反して負となったり、t値の絶対値も全体的に小さくなったりしている。従って、推定値の妥当性や信頼性から判断する限り、選別過程において線形加算型のような認知的負荷の大きい方略が採られていると考えることは妥当ではないと思われる。これは、心理学等の研究で提示された仮説を支持している。一方で、選別要因変数が主観的評価値の線形和になっていることに起因する重共線性の可能性も否定できない。これに関する考察は、選別要因変数の特定化等と併せて、今後の課題としたい。

最後に、方略毎・交通手段毎に算出したAIC（ここでは部分AICと称する）、及び、それらを方略毎に集計したAIC（集約AICと称する）に基づいて、モデルを比較

する。これより、交通手段別に見ても、あるいは、全体として見ても、分離型の方略を選別モデルに用いた場合が最も適合度が大きいことがわかる。すなわち、今回用いたデータの限りにおいては、従来の選択肢集合形成モデルの多くが採用している連結型の選別方略よりも、分離型の方略を想定する方が妥当であることが伺える。

6. おわりに

本研究では、交通手段選択における代替案の選別過程が、現実にはどのような意思決定方略に支配されているのかを把握するための実証比較分析を行った。ここでは、利用者が利用可能性に基づいて無数の候補選択肢の中から無意識に選別を行った結果形成される入手可能集合³⁾ではなく、利用者の認知に基づいた意識的な選別によって形成される考慮集合に着目して考察を行った。結果、今回用いたデータセット、選別要因変数、選別判定指標の組合せの限りにおいては、非補償型の意思決定方略、その中でも特に分離型の決定方略が採用されている可能性が大きいことが確認された。選択肢の選別が現実にとどのような方略によって行われているのかを推察することは、2.で例示したような交通政策を厳密に分析する上で不可欠である。従って、今後は実証分析を積み重ねることはもちろんのこと、モデル構造や変数設定等に関する吟味を行い、分析の妥当性を検証する必要がある。

なお、今回の実証分析に用いたデータは、Webページ <http://planner.t.u-tokyo.ac.jp/enquete01/>にて公開しているので、興味ある方は参照されたい。

謝辞

意識調査の実施にあたっては、東急バス株式会社のご協力を賜った。意識調査結果の分析においては、Lee

Eng-Hong 氏 (シンガポール国土開発省) の協力を仰いだ。また、匿名の査読員の方々からは貴重な修正意見を頂いた。ここに記して感謝の意を表したいと思います。

参考文献

- 1) Beach, L. and Potter, R.: The Pre-Choice Screening of Options, *Acta Psychologica*, Vol.81, pp.115-126, 1992.
- 2) Payne, J.: Task Complexity and Contingent Processing in Decision Making: An Information Search and Protocol Analysis, *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol.16, pp.366-387, 1976.
- 3) Brisoux, J. and Laroche, M.: A Proposed Consumer Strategy of Simplification for Categorizing Brands, In Aaker, D. and Biel, A. (Eds.) *Brand Equity and Advertising*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1993.
- 4) Manski, C.: The Structure of Random Utility Models, *Theory and Decision*, Vol.8, pp.229-254, 1977.
- 5) 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.
- 6) 羽藤英二, 朝倉康夫: 限定合理性を考慮した経路選択モデルと均衡配分手法, 土木計画学研究・講演集, No.22, pp.191-194, 1999.
- 7) Swait, J. and Ben-Akiva, M.: Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model: Mode Choice in SÃO PAULO, BRAZIL, *Transportation Research B*, Vol.21, pp.103-115, 1987.
- 8) Gaudry, M. and Dagenais, M.: The Dogit Model, *Transportation Research B*, Vol.13, pp.105-111, 1979.
- 9) Ben-Akiva, M. and Boccara, B.: Discrete Choice Models with Latent Choice Sets, *International Journal of Research in Marketing*, Vol.12, pp.9-24, 1995.
- 10) 兵藤哲朗, 高橋洋二, 岸井隆幸, 久保田尚, 安田勇作: 選択肢集合の形成確率を考慮した商業・業務地の駐車場選択行動に関する分析, 都市計画論文集, No.36, pp.673-678, 2001.
- 11) 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, pp.33-47, 1998.
- 12) 吉田朗, 原田昇: 選択肢集合の確率的形成を考慮した集計型目的地選択モデルの研究, 土木学会論文集, No.618, pp.1-13, 1999.
- 13) 森地茂, 小川圭一, 目黒浩一郎: 一般化平均概念を用いた交通情報提供の影響分析手法に関する研究, 土木学会論文集, No.555, pp.15-26, 1997.
- 14) Swait, J.: A Non-Compensatory Choice Model Incorporating Attribute Cutoffs, *Transportation Research B*, Vol.35, pp.903-928, 2001.
- 15) 守口剛, 坂巻英一: 選択肢集合を考慮したバラエティー・シーキング行動モデル, 行動計量学, Vol.26, pp.107-113, 1999.
- 16) 森川高行, 倉内慎也, 佐々木邦明: 限定合理性に基づく選択モデルの考え方, 京都大学ワークショップ「均衡分析を越えて」配布資料, 1998.
- 17) 原田哲郎, 多々納裕一, 小林潔司, 喜多秀行: 選択の多様性を考慮した地方バス路線の整備便益評価モデル, 土木学会第 49 回年次学術講演会概要集 IV, pp.892-893, 1994.
- 18) Harte, J. and Koele, P.: Modelling and Describing Human Judgement Processes: The Multiattribute Evaluation Case, *Thinking and Reasoning*, Vol.7, pp.29-49, 2001.
- 19) Thill, J.: Choice Set Formation for Destination Choice Modeling, *Progress in Human Geography*, Vol.16, pp.361-382, 1992.
- 20) Chiang, J., Chib, S. and Narasimhan, C.: Markov Chain Monte Carlo and Models of Consideration Set and Parameter Heterogeneity, *Journal of Econometrics*, Vol.89, pp.223-248, 1999.
- 21) 森川高行, 佐々木邦明: 主観的要因を考慮した離散型選択モデル, 土木学会論文集, No.470, pp.115-124, 1993.

選択肢の選別過程に関する実証比較分析：交通手段選択行動を対象として

福田大輔・森地茂

公共交通手段の選択行動において、選択肢の選別がどのような意思決定方略に従って行われているのかを実証的に検討した。まず、連結型、分離型、線型加算型の各方略を確率モデルとして定式化した。また、選別要因変数を特定化するにあたっては、選別が意思決定者の主観的な評価要因によって行われているとの仮定のもと、構造方程式モデルによって選別要因変数を推計する方法を採用した。以上の設定のもと、東京都渋谷駅周辺を対象とした意識調査結果を用いて各モデルの妥当性を検証したところ、認知的負荷の大きい線型加算型方略よりも、非補償型、特に分離型の方略の適合度が大きいことが示された。

Comparative Analysis on Cut-off Process of Alternatives: An Application to Travel Mode Choice

By Daisuke FUKUDA and Shigeru MORICHI

This study aims to verify several non-compensatory decision strategies, such as conjunctive rule or disjunctive rule in travel mode choice. Decision strategies are formulated as probabilistic models. The attributes specifying the selection of alternatives are defined as latent variables through structural equation modeling. The empirical analysis focuses on the choice of public transportation for private trips to the surrounding inner-city areas in Tokyo. Finally, we concluded that non-compensatory decision rules, particularly the conjunctive strategy, were found to be more prominent compared with the compensatory rules in the process of alternative cut-off.