

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 of Choice Set Formation Process with an Application to Travel Mode Choice*

福田大輔**・森地茂***

By Daisuke FUKUDA** and Shigeru MORICHI***

1. はじめに

交通行動分析研究の多くは、意思決定者の選択肢集合を分析者の判断に基づいて先見的に与えた上で選択行動の分析を行ってきた。一方、心理学やマーケティングサイエンス等の研究の多くは、実証分析等を通じて、人間の意思決定プロセスが2つの段階から構成され得る可能性を示唆している。ここで、意思決定プロセスの第一段階とは、「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」であり、第二段階とは、「除去する過程を経て生き残った代替案の中から最も望ましい代替案の一つを選び出す過程」である¹⁾。交通行動モデルの多くは、この第一段階を与件として、主に第二段階の過程のみを確率的選択モデルを用いて定式化してきた。

一方、第一段階のいわゆる選択肢集合形成過程に着目した分析も見られる^{2), 3), 4), 5), 6), 7)}が、第一段階でどのような意思決定方略が採られ得るのかに関しては深い議論は行われてこなかった。すなわち、代替案の選別過程として複数の意思決定方略の可能性を検討し、実際にどのような決定方略が採用されているのかを比較した研究は見られない。

個人の選択行動を追究するとき、個人がどのような候補代替案を想定しているのかを的確に把握することは極めて重要である。例えば、地域に新たな交通サービスが導入される際、それらのサービスを利用することが想定される人々も、当初は、それらのサービス利用によって自分達がどれほどの便益を享受したり、費用を支出したりしなければならないのかに関する情報を持たないため、新規サービスの利用を控えるといった状況が現実には起こり得る。こ

れは、選択肢集合に新規代替案が含まれないことを意味する。そのような状況を考えると、新規サービスに関するマーケティング戦略としては、選択よりもまず、どのようにして当該サービスを選択の候補に(選択肢集合)含ませることができなのか⁸⁾を厳密に分析する必要が生じてくる。

このような問題意識のもと、本研究では、交通手段選択行動における代替案の選別過程を対象として、幾つかの意思決定方略を確率モデルとして定式化し、それらの実証的比較分析を行う。

2. 選択肢選別過程の定式化

(1) 意思決定方略に関して

心理学の既往研究^{1), 9)}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の意思決定方略が、一方、第二段階のいわゆる選択肢の選択過程においては補償型の方略が採用されやすいことが従来指摘されている。特に Payne⁹⁾は、人間の実際の意思決定において、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、心理実験を通じて確認している。これらを鑑みると、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厳密に精査する意義は大きい。

ここでは、代替案の選別過程の分析において適用を検討する意思決定方略¹⁰⁾として、まず非補償型モデルである、①連結型モデル、②分離型モデルを検討する。また比較のために、補償型モデルの例として、③線形加算型モデルに関しても検討する。

(2) 選別モデルの定式化

a) 連結型モデル

これは、代替案を選別する各要因に関して、その

*Keywords : 交通行動分析, 交通手段選択, 意識調査分析

学生員, 修(工), *フェロー, 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 : 03-5841-6129, FAX : 03-5841-7453)

要因に関する最低許容水準（基準）が決まっており、全ての要因に関して基準を満たした場合のみ、その代替案が選別されて、選択肢集合に残るというものである。意思決定者による各属性値に対する判断が確率的に変動すると想定すれば、意思決定者 n が代替案 i を選択肢集合に残す確率は次式で表される。

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

ここで、 δ_{in} ：選別判定指標（1 又は 0）， Z_{ink} ：代替案 i における k 番目の選別要因に対して意思決定者 n が有している評価値， $\bar{Z}_{ik}$ ：代替案 i における k 番目の選別要因の最低許容水準（全ての意思決定者に共通）， 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、また、選別要因間の相関も無しとする）である。

b) 分離型モデル

これは、代替案を選別するために用いられる各要因のうち、どれか一つでもその基準値を満たす要因があればその代替案を選別するというモデルである。連結型モデル同様、これを確率モデルとして定式化すると以下ようになる。

$$\Pr(\delta_{in}=1)=\Pr(\exists k \quad Z_{ink}-\bar{Z}_{ik}+v_{ink}\geq 0) \\ =1-\prod_k \frac{1}{1+\exp\left[\omega_{ik}\left(Z_{ink}-\bar{Z}_{ik}\right)\right]} \quad (2)$$

c) 線形加算型モデル

評価属性値の重みつき線型和によって規定される選別モデルであり、以下のように定式化される。

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

ここで、 w_{ik} ：代替案 i の k 番目の選別要因に対する重み， $\bar{Z}_i$ ：総合化された指標に対する閾値， ω_i ：スケールパラメータである。

（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場合、特に

重要となるのは、個人の選別判定指標 δ_{in} をどのようにして与えるかという点である¹¹⁾。本来ならばパネル調査等を通じて、選択過程の変遷をたどることによって選択肢集合を推定することも可能であるが、今回の分析では簡略化のため、意識調査の中で「ある一定期間中（ここでは過去 1 年間に）、どの交通機関を利用したことがありますか？」という設問を設け、それに対する回答結果を選別判定指標として使用する。

（4）評価属性値に関して

（2）で提示した各選別モデルを特定化するためには、選別に用いる要因変数 Z_{ink} を規定する必要がある。本研究では、意思決定者は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判断に基づいて選別を行っていると考えられる。このような仮定に基づき、選択肢の選別を定式化するために規定するために必要な変数（各代替案の属性値）としては、主観的要因を選別要因変数として考慮する。そのためには潜在変数を別途同定する必要があるが生じるが、その方法は森川・佐々木¹²⁾に準拠する。すなわち、構造方程式モデルによって同定される潜在変数（の推計値）を、選別要因変数として用いる。

（5）選別モデルのパラメータ推定

(1)-(3)の各選別モデルに含まれるパラメータは、それぞれ以下の尤度関数を最大化することによって求める。

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

3. 意識調査の概要

2. で定式化した選別モデルの実証的比較分析を行うために、アンケート調査（平成 13 年 1 月 15 日～17 日）を実施した。対象地域は東京都渋谷区、目黒区の一部で、JR 渋谷駅の南西部に位置する（図-1）。この地域在住の住民が私用目的で渋谷駅周辺の商業地区へ出かけることを想定した場合、利用可能な交通手段として、多くの代替案が存在すると考えられる。例えば、路線バス、鉄道、東急トラ

ンセバス（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、図-2）等の公共交通や、自動車、自転車やオートバイ、徒歩等である。今回の分析では、特に、公共交通機関同士の競合関係に着目し、対象地域住民が過去 1 年以内に娯楽目的で渋谷駅周辺に出かける場合に、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に着目する。

調査票では表-1 に示したような質問を設けて、過去 1 年間に渋谷駅周辺の商業地区に買い物で出かける際に用いた公共交通手段と、それに関する各種の主観的評価等に関する意識調査を行った。調査は、配布員が対象地区の住宅に質問票を投函し、一週間後までに回答結果を郵送回収する方式で行った。そ

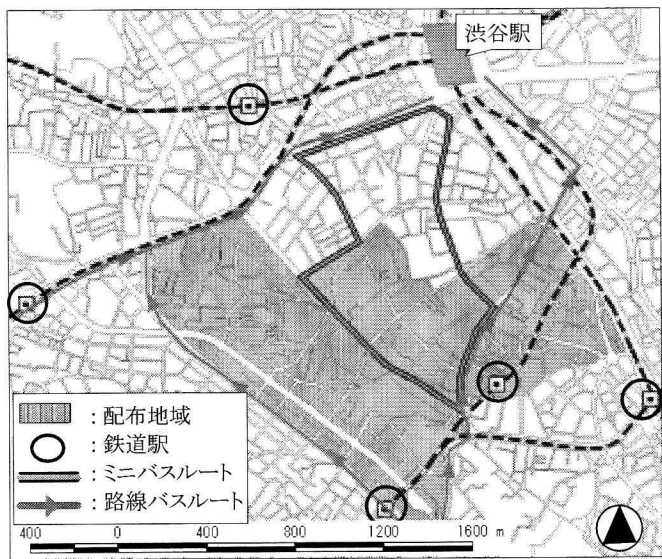


図-1 調査地域

表-1 質問内容の概要

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、目的、最も頻繁に利用した交通手段、交通手段の選択理由、他の候補交通手段
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
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
問 4	鉄道を利用した状況	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
問 5	徒歩による移動状況	全所用時間、徒歩の利用などに関する各種主観的評価
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

の結果、2,831 通の調査票を配布し、664 通を回収した。今回はこのうち、必要な項目に漏れなく回答していた 166 サンプルのデータを用いる。

4. 分析結果と考察

まず、各交通手段利用に対する 5 段階の主観的評価値 ($y_{1i} \sim y_{7i}$)、及び客観的属性変数 ($x_{1i} \sim x_{6i}$) を用い、構造方程式モデルを特定化する。パスダイアグラムの作成を試行錯誤した結果、最終的に次のような特定化を行った。その推定結果を表-2 に示す。

構造方程式：

$$Z_{1i}^* = \gamma_{1i} x_{1i} + \gamma_{2i} x_{2i} + \gamma_{3i} x_{3i} + \gamma_{4i} x_{4i} + \gamma_{5i} x_{5i} + \zeta_{1i} \tag{5}$$

$$Z_{2i}^* = \gamma_{6i} x_{6i} + \gamma_{7i} x_{2i} + \gamma_{8i} x_{3i} + \gamma_{9i} x_{1i} + \zeta_{2i} \tag{6}$$

測定方程式：

$$\begin{bmatrix} y_{1i} \\ y_{2i} \\ y_{3i} \\ y_{4i} \\ y_{5i} \\ y_{6i} \\ y_{7i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \lambda_{1i} & 0 \\ 0 & \lambda_{2i} \\ 0 & \lambda_{3i} \\ 0 & \lambda_{4i} \\ 0 & 1 \\ 0 & \lambda_{5i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1i}^* \\ Z_{2i}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_{1i} \\ \xi_{2i} \\ \xi_{3i} \\ \xi_{4i} \\ \xi_{5i} \\ \xi_{6i} \\ \xi_{7i} \end{bmatrix} \tag{7}$$

ζ_{*i}, ξ_{*i} ：誤差項， $\gamma_{*i}, \lambda_{*i}$ ：未知パラメータ



図-2 東急トランセバス
(<http://www.tokyubus.co.jp>)

次に、式(5)-(7)によって同定される2つの潜在的
要因 (Z_{11}^* : 交通機関へのアクセスの容易性, Z_{12}^* :
交通機関そのものの利便性) を選別変数と想定して、
式(1)-(3)で与えられる各選別モデルのパラメータ推
定を行う。その結果を表-3 に示す。各モデル共、
路線バスの選別に関する部分のパラメータ値が負で
あったり、 t 値が小さいものも幾つか見られる。し
かし、AIC 基準から判断する限りにおいては、分離
型のモデルが最も説明力が高いことが確認される。

5. おわりに

今回用いたデータセット、並びに今回設定した選
別要因の限りにおいては、代替案の選別過程に関す
る既往の心理研究の多くが指摘しているように、非
補償型の意思決定方略を用いると想定した方が妥当
であり、その中でも分離型の決定方略の説明力が大
きいことが確認された。今後は、同様の実証分析の
蓄積を重ねて妥当性を検証すると同時に、今回採り

上げられなかった他の決定方略(辞書編纂
型や EBA 型)の実証比較の可能性につい
ても検討する必要がある。

なお、意識調査を行うにあたり、東急バ
ス株式会社のご協力を賜った。またデー
タ解析においては、Lee Eng-Hong 氏(シンガ
ポール国土開発省)のご尽力を賜った。こ
こに記して感謝の意を表したい。

また、今回分析に用いたデータは、Web
ページ <http://planner.t.u-tokyo.ac.jp/enquete01/>
で公開している。

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) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Gaudry, M. and Dagenais, M.: The Dogit Model, *Transportation Research B*, Vol.13, pp.105-111, 1979.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 奇藤嘉一: 考慮集合形成における広告効果, 行動計量学, Vol.26, pp.99-106, 1999.
- 9) 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.
- 10) Harte, J. and Koele, P.: Modelling and Describing Human Judgement Processes: The Multiattribute Evaluation Case, *Thinking and Reasoning*, Vol.7, pp.29-49, 2001.
- 11) Thill, J.: Choice Set Formation for Destination Choice Modeling, *Progress in Human Geography*, Vol 16, pp.361-382, 1992.
- 12) 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.

表-2 構造方程式モデルの推定結果(括弧内 t 値)

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 パラメータ行列 Γ_i^*	(Z_{11}^*)	(Z_{21}^*)	(Z_{12}^*)	(Z_{22}^*)	(Z_{13}^*)	(Z_{23}^*)
x_{1i} (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_{2i} (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_{3i} (勤労者ダミー)	-0.0080 (-0.10)	0.0054 (0.066)	-0.182 (-2.15)	-0.117 (-1.24)	-0.128 (-1.71)	0.0936 (1.12)
x_{4i} (アクセス時間[時間])	-13.9 (-9.16)	-	-14.2 (-8.23)	-	-8.58 (-10.6)	-
x_{5i} (最大徒歩可能 時間[時間])	2.13 (2.21)	-	2.68 (2.64)	-	2.50 (2.82)	-
x_{6i} (乗車時間[時間])	-	-0.705 (-1.63)	-	-1.65 (-3.37)	-	-0.921 (-1.62)
測定方程式の パラメータ行列 Δ_i	(Z_{11}^*)	(Z_{21}^*)	(Z_{12}^*)	(Z_{22}^*)	(Z_{13}^*)	(Z_{23}^*)
y_{1i} (アクセスの近さ)	1	-	1	-	1	-
y_{2i} (アクセスの容易さ)	0.942 (13.0)	-	0.981 (15.7)	-	0.747 (12.4)	-
y_{3i} (乗降の容易さ)	-	0.466 (3.83)	-	0.378 (3.98)	-	0.412 (3.23)
y_{4i} (着席の可能性)	-	0.622 (5.08)	-	0.357 (3.76)	-	0.345 (2.70)
y_{5i} (運行本数の多さ)	-	1.19 (7.88)	-	0.929 (8.17)	-	1.29 (5.46)
y_{6i} (到着時間の確かさ)	-	1	-	1	-	1
y_{7i} (運賃の安さ)	-	0.812 (6.57)	-	0.304 (3.20)	-	0.553 (4.24)

表-3 各選別モデルの推定結果の比較

	①連結型			②分離型			③線形加算型		
	推定値	t -値		推定値	t -値		推定値	t -値	
ミニバス ($i=1$)	$\bar{Z}_{11}$	1.441	2.547	$\bar{Z}_{11}$	0.9654	5.154	$\bar{Z}_1$	2.204	2.758
	ω_{11}	2.190	2.814	ω_{11}	1.557	5.238	ω_{11}	1.467	4.999
	$\bar{Z}_{12}$	0.07999	0.6583	$\bar{Z}_{12}$	2.086	4.204	ω_{12}	0.7503	1.300
	ω_{12}	1.650	1.571	ω_{12}	3.822	1.676	ω_1	1	-
路線バス ($i=2$)	$\bar{Z}_{21}$	-2.132	-1.318	$\bar{Z}_{21}$	2.334	2.698	$\bar{Z}_2$	-0.5971	-1.214
	ω_{21}	-0.4851	-1.218	ω_{21}	-0.3246	-1.296	ω_{21}	-0.2806	-1.129
	$\bar{Z}_{22}$	-0.8421	-0.6726	$\bar{Z}_{22}$	1.829	9.114	ω_{22}	0.2849	0.9089
	ω_{22}	0.3609	1.218	ω_{22}	4.887	2.562	ω_2	1	-
鉄道 ($i=3$)	$\bar{Z}_{31}$	0.6705	1.753	$\bar{Z}_{31}$	1.668	10.77	$\bar{Z}_3$	2.365	2.187
	ω_{31}	1.135	5.703	ω_{31}	3.209	3.048	ω_{31}	1.053	5.290
	$\bar{Z}_{32}$	0.2220	0.7192	$\bar{Z}_{32}$	2.151	2.611	ω_{32}	1.094	1.586
	ω_{32}	2.552	3.619	ω_{32}	0.8546	0.8289	ω_3	1	-
AIC	577.2			566.4			589.7		