

代替交通機関の主観的評価値を考慮した交通機関選択モデルの分析

ANAYSIS OF MODE CHOICE MODELS TAKING INTO CONSIDERATION
OF THE SUBJECTIVE INDICATORS OF ALTERNATIVE MODES

鄭 丙斗 * ・ 西村 昂 ** ・ 日野泰雄***

Byung Doo JUNG, Takashi NISHIMURA and Yasuo HINO

1. はじめに

交通需要予測における交通機関選択モデルの分析には、交通行動研究の選好意識データの活用とともに、個人の主観的評価値や選好特性要因を考慮した非集計モデルの適用が多く行われている。本研究では、大阪市南港ポートタウン地区における交通機関利用者に対して行ったアンケート調査結果を用いて、代替交通機関の選好順位と個人の選好特性を考慮した交通機関選択モデルの構築を目指した。

本研究の主な内容は次の通りである。

- ①線形構造方程式の適用による交通機関選択の意識構造モデルの構築；各交通機関の通行費用、所要時間に加えて、交通選択要因と代替手段の主観的評価値の潜在的な変数間の因果関係を表す線形の意識構造モデルを構築する。
- ②個人の選好特性を考慮した交通機関選択モデルの分析；代替交通機関の選好順位と主観的評価値の関係をLISRELモデルの相関回帰分析により定量化し、個人の主観的評価値を反映する交通機関選択モデルを提案する。

2. 交通機関選択意識調査

個人の交通機関選好特性を分析するため、いくつかの代替交通機関と経路の利用が可能な大阪南港ポートタウン地区の通勤・通学目的の交通を対象にアンケート調査を行った。本調査は、1994年8月に直接配布・郵便回収方式で実施し、得られた回答総数は561票、有効回答者は448人（有効回答率：18.7%）であった。調査内容は、個人の属性、利用交通機関

別のトリップ属性に加えて、当該交通機関の選択理由、ならびに、選択手段以外の代替利用可能手段の選好順位とそれぞれの所要時間、費用、さらには快適性、利便性、到着時間の信頼性などの主観的な評価値を含むものとなっている。なお、主観的評価の回答は、1)非常に悪い、2)悪い、3)普通、4)よい、5)非常に良い、の5段階評価データである。

3. 交通機関選択の意識構造モデル

(1) 交通機関に対する意識分析

アンケート調査の結果より、新交通システムのニュートラム（以下新交通）を選択した人を対象として、利用可能と思われる代替交通機関のサービスレベルをどのように評価（知覚）しているのかを分析し、さらに、これらの選好意識と代替手段の順位付けとの関係から、それぞれの知覚値が交通行動に与える影響を調べることにした。なお、ここで選択の対象とした交通機関は、①新交通②自動車③バスである。図-1は、新交通利用者の代替交通機関に対する快適性、利便性、到着時刻の信頼性、費用面に

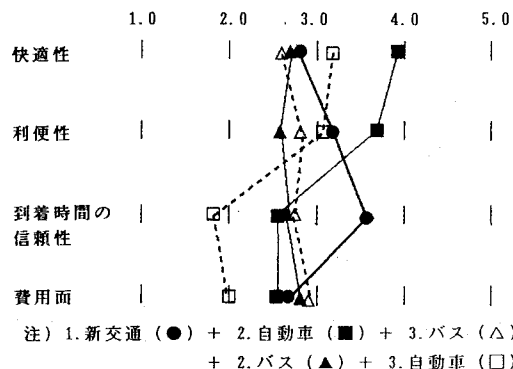


図-1 代替手段に対する知覚平均値（新交通利用者）

キーワード：交通手段選択、交通行動分析

*学生員 工修 大阪市立大学大学院 工学研究科
(〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138)

**正会員 工博 大阪市立大学教授 土木工学科

***正会員 工博 大阪市立大学講師 土木工学科

ついて、評価値の平均を表したものである。これより、新交通利用者のうち、代替手段としての自動車に対する知覚平均値をみると、自動車の選択順位が低くなると、いずれの項目も0.74レベル程度低く評価されており、とくに到着時刻の信頼性に対する値は、1.87とかなり低い水準（ゆるい評価）となっている。一方、バスに対する評価値は、順位にほとんど関係のないことがわかった。また、選択された新交通に対する評価をみると、到着時間の信頼度が3.58と他手段に比べてかなり高い水準となっているのに対して、快適性・利便性は自動車より多少低い値を示す結果となった。このことは、交通機関の選好態度や知覚値が、選択肢の状況と個人の選好順位によって異なることを意味していると考えられることから、新交通、自動車とバスそれぞれに対する選択要因と代替手段の主観的評価値を用いて、個人の選好特性を反映する交通機関選択の意識構造モデルの構築を目指すことにした。

(2) LISRELを用いた交通機関選択の意識構造モデル

(a) モデルの概要

本研究では、次のように表わせるLISRELのフルモデルを用いて交通機関選択の意識構造モデル化を試みた。

- 構造方程式 $\eta = B \eta + \Gamma \xi + \zeta \cdots \cdots (1)$
- 測定方程式 $y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \cdots \cdots (2)$
- $x = \Lambda_x \eta + \delta \cdots \cdots (3)$

ただし、
 η : 知覚値を表す潜在的な内生変数のベクトル
 ξ : 選好態度を表す潜在的な外生変数のベクトル
 y : 潜在的な説明変数のベクトル
 x : 観測可能な説明変数のベクトル
 $B, \Gamma, \Lambda_y, \Lambda_x$: 未知パラメータ
 $\zeta, \varepsilon, \delta$: 誤差項

これらの方程式の構造からも明らかなように、知覚値を表す潜在的な内生変数のベクトルである(η)と選好態度の外生概念のベクトルである(ξ)についての構造方程式(1)、アンケート調査で得られた各選択肢の通行費用、所要時間の外生変数(x)及び選択手段と代替交通機関の主観的評価値(y)についての測定方程式(2)、および(3)の3つの式

に基づいてそれぞれ未知のパラメータが推計されることになる。

(b) モデルの推定

図-2に、交通機関選択の意識構造モデルに基づくパラメータの推定結果と因果関係の例(選択手段;新交通 + 代替手段;自動車)をパスダイアグラムを用いて示した。ここで、新交通の選択要因のうち、「利便性が良い」だけが負の関係をもつが、それ以外はすべて正の関係であり、中でも「到着時間があまり遅れない」との相関の強いことがわかった。

一方、自動車に対する主観的評価値の場合、「快適性」、「利便性」、「到着時間の信頼性」の各要因間に大きな差が認められない結果となった。表-1は、新交通利用者のうち、自動車あるいはバスを選んだ場合のそれぞれの推定結果の一部を表したものである。両モデルとも自由度 $df = 52$ 、 $\chi^2 = 61.26$ ($p = 0.178$)、 $\chi^2 = 61.43$ ($p = 0.174$) となって有意であり、適合度指標 $GFI = 85.0\%$ 程度とその適合度

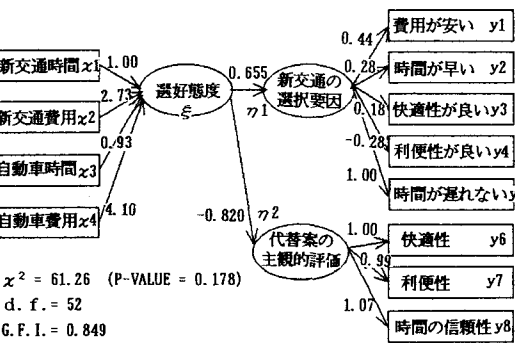


図-2 交通機関選択に対する意識構造の推定例 (選択手段;新交通 + 代替手段;自動車)

表-1 新交通利用者に対する意識構造モデル

区 分	項 目	モデル1	モデル2
新交通の 選択要因	費用が安い	0.44(1.67)	1.54(1.64)
	時間が早い	0.28(1.17)	1.19(1.95)
	快適性が良い	0.18(1.08)	0.25(0.63)
	利便性が良い	-0.28(-1.27)	0.39(1.12)
	到着時間が遅れない	1.00(-)	1.00(-)
代替案の 主観的評価	快適性	1.00(-)	0.58(2.49)
	利便性	0.99(2.83)	1.00(-)
	到着時間の信頼性	1.07(2.86)	0.68(2.57)
CHI-SQUARE : χ^2		61.26	61.43
PROVE VALUE : P		0.178	0.174
自由度 : df		52	52
適合度 : GFI		0.849	0.862
サンプル 数		54	63

注) モデル1 : 新交通+自動車、モデル2 : 新交通+バス

は十分であると言える。

(C) 潜在意識が新交通選好態度に及ぼす影響

LISRELで求められる新交通選好態度に及ぼす影響、すなわち $\gamma \rightarrow y$ の全効果(間接効果)は、 $\Lambda_y(I - B)^{-1}\Gamma$ の関係式から推計される¹⁴⁾。その推計結果をみると(表-2)、新交通の利用者は、代替手段の自動車に対して、「到着時間があまり遅れない」の寄与度が高く、自動車に対しては、やはり「到着時間の信頼性」が負の効果として大きく現れている。また、新交通+バス(モデル2)の場合には、新交通の「快適性」、「利便性」の低さと対比して、バスの「利便性」が高く評価されていることがわかる。

表-2 選択肢の知覚値による新交通選択の全体効果

外生潜在変数		モデル1	モデル2
費用が安い	y1	0.290	0.080
時間が早い	y2	0.185	0.062
快適性が良い	y3	0.116	0.013
利便性が良い	y4	-0.182	0.020
到着時間が遅れない	y5	0.655	0.052
快適性	y6	-0.820	-0.278
利便性	y7	-0.819	-0.481
到着時間の信頼性	y8	-0.881	-0.328

注) y1~y5: 新交通、y6~y8: 代替手段の外生潜在変数を示す。

4. 個人の選好特性を考慮した交通機関選択モデル

(1) 意識データを用いた従来の研究

意識データを用いた交通行動分析の研究では、近年、新しい交通サービスに対する需要予測のためにSPデータ(選好意識データ)を用いることが多くなっている⁵⁾。一方、本研究で扱う知覚値データは、意識データの中でも属性の主観的評価を表すものであり、これを用いてLISRELと選択モデルと結びつける新しいタイプの交通行動分析が注目されている⁴⁾⁵⁾。これらは、態度や知覚値など属性の主観的評価値を選択モデルに取り込む方法であり、Koppelman⁸⁾⁹⁾は、交通機関選択のベースである各選択肢の状況に対する交通手段の意識(Perceptions)、知覚値(Feelings)及び選好(Preference)などの因子スコアを因子分析によって求め、さらに、これをロジットモデルに適用することで、知覚値と選好の交通行動との関連について研究を行っている。また、McFadden⁵⁾は、線形構造方程式(LISRELモデル)を用いて潜在変数を定量化する方法を提案しており、森川、佐々木⁷⁾は実証的研究として、知覚値を取り

入れた交通機関選択の分析を行っている。

(2) 推定方法

本研究で提案する代替交通機関の主観的評価値を考慮した交通機関選択モデルの分析では、既に3.で述べたように、選択肢の状況と選好順位によって態度や知覚値が異なるため、その順位づけした代替案の主観的評価値と客観的変数をリンクさせ、個人の選好特性の差異を表現することを試みている。ここでは、アンケートデータから選択手段と利用可能な代替案の選択順位別に表-3のようなケースに分け、LISRELを用いて選択手段の選好態度と代替案の知覚値の因果関係をそれぞれ分析することにした。

表-3 選択手段に対する代替案のケース別分類

選択手段	区 分	代替交通機関の選好順位	サンプル数	
新交通	ケース①	・自動車+バス	・自動車のみ	54
	ケース②	・バス+自動車	・バスのみ	63
自動車	ケース①	・新交通+バス	・新交通のみ	83
	ケース②	・バス+新交通	・バスのみ	41
バス	ケース①	・新交通+自動車	・新交通のみ	24
	ケース②	・自動車+新交通	・自動車のみ	36

上記の方法に基づいて、LISRELモデルの相関回帰分析より選好態度(外生潜在変数: ξ)に対する選択肢の知覚値(内生潜在変数: η_1, η_2)の相関関係を求めた(表-4)。これらは、選択肢に対する主観的評価から定量化した選好指数(Preference Index)を表すが、この相関係数を相対比例法により計算し、その絶対値を説明変数として、ロジットモデルのパラメータが推定できると考えられる。

表-4 選好態度に対する選択肢の知覚値の相関回帰分析の推定結果

選択手段	KSI	選択要因評価:ETA_1	代替手段評価:ETA_2
新交通	1.000	新交通 0.381	自動車 -0.508
	1.000	新交通 0.066	バス -0.248
自動車	1.000	自動車 0.045	新交通 -0.348
	1.000	自動車 0.109	バス -0.055
バス	1.000	バス 0.194	新交通 0.017
	1.000	バス 0.002	自動車 -0.046

(3) 交通機関選択モデルの推定結果

推定結果(表-5)をみると、すべてのモデルで乗車時間とアクセス時間のt値が高くなっているものの、モデル1とモデル2の通行費用のパラメータがプラス符号で有意になっていない。その反面、主観的評価値である「快適性」、「利便性」の潜在変数(モデル2)と選好指数(モデル3)を用いること

によって有意性が高まることがわかった。とくに、本研究で提案したモデル3の場合、全てのパラメータの符号に矛盾がなく、t値も高く、 $\rho^2=0.578$ 、的中率=82.01%とモデルの精度がかなり向上することが確認できた。

表-5 交通機関選択モデルの推定結果

区 分	モデル1	モデル2	モデル3
乗車時間	-0.739 (-3.521)**	-0.494 (-2.240)*	-1.105 (-3.706)**
アクセス時間	-0.781 (-3.550)**	-0.714 (-3.013)**	-0.796 (-2.348)*
通行費用	0.387 (1.789)	0.554 (2.398)*	-0.054 (-0.163)
選好指数	—	—	19.237 (6.699)**
快 適 性	—	1.086 (2.778)**	—
利 便 性	—	1.107 (3.866)**	—
分 率 (%)	新 交 通	50.68	50.58
	自 動 車	33.88	33.88
	バ ス	15.44	15.53
	的 中 率 (%)	58.84	62.59
ρ^2	0.105	0.186	0.578
サンプル 数	304	304	304

注) ()内はt値、**有意水準1%で有意、*有意水準5%で有意

(4) 推定結果の考察

以上、代替交通機関の選好順位と「快適性」「利便性」の知覚値変数を考慮し、LISRELモデルの推定結果から計算された選好指数を用いて機関選択モデルに適用した結果、モデルの適合度が客観的な変数値モデルよりも高く、この選択肢の選好順位と知覚値が選択行動に大きな影響を与えていることが確認された。一方、個人行動の意志決定の方法としては、従来から個々の選択肢に対して順位関係を設定し、その順位関係を再現することにより、各属性の特性を個人別に推定しようとする研究が行われている。この例としては、湯沢ら¹⁰⁾のコンジョイントロジットモデルの交通機関選択への適用、藤原ら¹²⁾の順位づけした意識データを用いたOrderd-Logitモデルなど挙げられる。また、最近のSP調査では、一般に順位づけ(ranking)、評点づけ(rating)、選択(choice)データによって、様々な形の意識データを得ることができるので、これらの順位づけデータを用いた離散型選択モデルの推定、および代替案選好に関する属性値の主観的評価の利用分析方法論についても、比較分析し、より有意な適合度を有する需要

予測モデルに改良する必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究は、代替交通機関の選好順位と主観的評価値の関係をLISRELモデルを用いて定量化し、潜在的・主観的評価を反映することのできる交通機関選択モデルを提案した。さらに、アンケート調査結果に交通機関選択の意識構造モデルを適用することによって、潜在意識が交通行動に与える影響を調べ、交通機関の知覚値と選好態度の因果関係を明らかにした。今後、より精度の高いモデルの構築のためには、潜在変数の算定方法を改善するとともに、推定結果の考察でも述べたように、順位づけデータの情報を取り込むOrderd-Logitモデルに属性の主観的評価値を適用し、これらを比較分析することによって、その特性を検討することが課題となろう。

参考文献

- 1) 三宅一郎他：新版SPSS* III解析編2、東洋経済新聞社、PP.223-307、1991。
- 2) 豊田秀樹：SASによる共分散構造分析、東京大学出版会、PP.179-206、1992。
- 3) 屋井鉄雄：交通計画とマーケティング科学アプローチ、オペレーションズ・リサーチ、VOL.38、NO.2、PP.73-78、1993。
- 4) 屋井鉄雄：外国文献紹介、「The Choice Theory Approach to Market Research, Daniel McFadden,1986」、季刊 MOBILITY、NO.83、PP.107-110、1991。
- 5) McFadden, D. : The Choice Theory Approach to Market Research, Marketing Science, VOL.5, NO.4、PP.275-297、1986。
- 6) 森川高行：ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデルへの適用に関する整理と展望、土木学会論文集、NO.413、PP.9-17、1990。
- 7) 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、NO.470、PP.115-124、1993。
- 8) Koppelman, F.S. and Pas, E.L. : Travel-Choice Behavior: Models of Perceptions, Feelings, Preference, and Choice, Transportation research record, NO.765、PP.26-33、1980。
- 9) Koppelman, F.S. and Patrica, K.L. : Attitudinal Analysis of Work/School Travel, Transportation Science, VOL.15, NO.3、PP.233-254、1981。
- 10) 湯沢昭、須田照、高田一尚：コンジョイント分析の交通機関選択モデルへの適用に関する諸問題、土木学会論文集、NO.419、PP.51-60、1990。
- 11) 鈴木聡、原田昇、太田勝敏：意識データを用いた非集計モデルの改良に関する分析、土木計画学研究・論文集、NO.4、PP.229-236、1986。
- 12) 杉恵頼寧、藤原章正：選好意識データを用いた交通手段選択モデルの有効性、交通工学、VOL.24、NO.5、PP.21-30、1989。
- 13) 杉恵頼寧、羽藤英二、藤原章正：パネルデータを用いた交通機関選好意識のダイナミック分析、土木計画学研究・論文集、NO.10、PP.31-38、1992。
- 14) Joreskog and Sorbom/SPSS Inc. : LISREL7 A Guide to the Program and Applications 2nd Edition, 1989。
- 15) SPSS Inc. : SPSS LISREL7 and PRELIS, 1993。
- 16) Golob, T.F. : Structural Equation Modeling for Transportation Research、Lecture note, Kyoto, Japan, 1994。