

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

Dynamic Analysis of Stated Preference for Travel Modes Using Panel Data

杉恵頼寧*・羽藤英二**・藤原章正***

By Yoriyasu SUGIE, Eiji HATO and Akimasa FUJIWARA

Dynamic analysis of stated preference for the New Transit System was carried out using the panel data collected in Hiroshima at three points in time; 1987, 88 and 90. It was first empirically demonstrated that changes of stated preference do not exhibit the Markovian assumptions which indicates the individual's response to a change of travel environment. This signifies the importance of dynamic approach in model building. It was also shown that the dynamic mode choice models of logit type introducing time lagged variables such as personal car use history could improve the goodness-of-fit of models as compared with traditional cross sectional models. Furthermore, the LISREL was applied to SP dynamic models to analyze the attitudinal structure of stated preference for the NTS. Results could show the significance of serial correlation and state dependence in SP model structure, confirming the above conclusion.

1. はじめに

個人の行動を時間を追って複数時点に渡り追跡する調査はパネル調査と呼ばれ、パネルデータを用いたダイナミック分析が欧米を中心に盛んに行なわれている。Pas が1989年交通行動分析に関する第2回オックスフォード会議の冒頭論文で述べた「ダイナミック分析が交通需要分析の新しいアプローチになるであろう」という言葉がこのアプローチの将来への発展性を示している¹⁾。ダイナミック分析は従来のクロスセクションモデルの改良と交通行動のよりよい理解という二つの側面から有効なアプローチといえる。その大きな特徴はダイナミック分析の焦点が、従来のクロスセクション分析では「状態の差異」に置かれていたのに対して、

「状態の変化」に移行している点にある。例えば交通機関の料金等が変化した時の需要の変化予測を行なう場合、1時点の交通環境の差異に基づいたクロスセクション分析よりも、料金の変化に対する需要の変化が動的なものであることから、実際の交通環境等の時間的変化に基づいたダイナミック分析の方が有効と考えられる。

そこで本研究では、欧米で蓄積されつつある交通行動のダイナミック分析手法を交通機関の選好意識（以下SPと略す）の分析に適用し、その時間的な変化の構造を明らかにする。さらにLISRELモデルを用いて従来のクロスセクションモデルを改良したダイナミックモデルを構築し、ケーススタディを行なって、ダイナミックモデルの有効性を検討する。

SP技法は現存しない交通機関の需要予測に有効な手法と考えられているが、過去のSPがどの程度現況のSPあるいは建設後の実際の交通機関の選択（以下RPと略す）を説明するのかわかることは、需要予測を行なう

キーワード：パネルデータ、ダイナミック、選好意識、LISREL

* 正会員 工博 広島大学教授 工学部第四類（建設系）
〒724 東広島市鏡山1丁目4番1号

** 正会員 工修 日産自動車株式会社 総合研究所
〒104-23 東京都中央区銀座6丁目17番1号

*** 正会員 工修 呉工業高等専門学校助手 土木工学科
〒737 呉市阿賀南2丁目2番11号

上で重要である。その意味においてSPのパネルデータを用いたダイナミックな交通機関選択意識構造の分析は意義あるものと考えられる。

2. 従来の研究のレビュー

2.1 ダイナミック分析に関する研究

ダイナミック分析は、非集計アプローチとアクティビティアプローチの次の世代の交通研究のアプローチとして位置づけられ、欧米においてここ数年、同テーマを研究目的とした論文数の増加からダイナミック分析への関心の高さがうかがえる。

Goodwinらはライフサイクルの変化とそれに伴うモビリティの変化の分析を行ない、従来のクロスセクション分析が実際のモビリティの変化を説明しきれないことを示した。³⁾ HensherやMeursらは誤差項の系列相関と状態依存を考慮したダイナミックモデルを構築し、初期状態と系列相関の制約条件についていくつかの提案を行なっている。⁴⁾⁵⁾ Kitamuraは自動車保有形態について、プロビットモデルを用いて状態依存と系列相関を考慮したモデル構築を行なっており、⁶⁾ さらに公共交通利用、自動車利用と自動車の保有形態の因果分析を行なっている。⁷⁾

こうした研究はいずれもウエーブ間隔を1年あるいは半年とし、調査が全体で3年から5年継続して行なわれるパネルデータ（例えばDutch Mobility Panel）⁸⁾を基に行なわれたものであるが、パネルデータは調査が長期間に渡ることから様々な形でバイアスが生じやすく、データには補正が必要とされる。Meursらはウエーブ間バイアスとウエーブ内バイアスの推計を行ない、調査への連続参加者(stayer)は中途離脱(drop out)する人に比べてトリップの記入漏れが少ないことを示した。⁹⁾

またウエーブ間隔が数週間と短い短期の交通政策の影響分析を行なった例としては、Guliano & Golobがホノルルのダウンタウンにおける時差出勤導入のインパクト測定にパネルデータが有効であることを示した。¹⁰⁾ またChang & Mahamassaniが通勤行動の時間的な推移の分析を行なっている。¹¹⁾

我が国におけるこの種の研究として、河上らの交通施設整備に伴う交通手段選択の変化に関する研究が見られる。¹²⁾ また鈴木らは、千葉都市モノレール開通影響調査の事前と事後に調査を行ない、事前利用交通手段

の履歴が、事後の交通手段選択に対して大きく影響を及ぼしていることを示した。¹³⁾

パネルデータは誤差の系列相関や状態依存といった性質を有するため、モデル推定に複雑な手法が必要とされる。兵藤はモデルの構造変化を前提とした需要推計方法について研究を行ない、¹⁴⁾ Daganzoらのプロビットモデルを前提とした時系列モデルをロジットモデルに拡張している。柏谷らはGLS（一般化最小二乗法）によって発生集中交通の誤差の分散共分散行列に時間的な相関を仮定して系列相関の有効性を示した。¹⁵⁾ また森川らはSP（交通機関の選択意識）モデルとRP（実際の交通機関選択）モデルの誤差項に系列相関を仮定した同時推定法を提案した。¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾

2.2 LISRELを用いた研究

LISRELは、因子分析が発展した統計アプローチで、構造方程式と測定方程式から構成されており、社会学や心理学の分野で政策分析などに有効なモデルとして用いられてきた。¹⁹⁾ 交通需要分析へのこうしたモデルの適用については、MorikawaがLISRELを用いて交通機関の定性的変数を潜在変数に置き換え、これを説明変数としてロジットモデルによる推計を行なって良好な結果を得ている。²⁰⁾ またMeursがDutch Mobility Panelデータに同様なモデルであるLISCOMPを用いて交通機関分担の時間的な因果関係を分析した例がある。²¹⁾

また我が国においては、屋井らが駐車場選択の意志決定モデルにLISRELを用いて、個人の社会経済属性を価値観に、駐車場に対する意識データを認識値に、利用頻度を態度にそれぞれ変換し、変換された潜在変数間の関係を明らかにしている。²²⁾ 屋井らは同様のアプローチを駐車問題のほかに、商業地選択、ヘリコプター需要分析、住空間価値を用いた住宅販売に適用している。²³⁾ また森川らはLISRELとロジットモデルの段階推計を行ない、観光地選択にこれを適用している。²⁴⁾

3. SPのダイナミクス

3.1 調査概要

ダイナミック分析では、同一個人を時間を追って追跡調査するパネルデータが必要とされる。広島大学交通工学研究室では、1987年から1990年にかけて、同一世帯を対象に公共交通機関利用に関する意識調査を行った。調査対象地域は、1994年秋のアジア大会開催を

表-1 調査概要

ウェーブ	日時	有効回答者数	質問項目
1	1987年11月	46 8 226 259 =539人	SP+RP (家庭訪問)
2	1988年11月	46 8 89 420 =563人	SP+RP+ 祇園新道の 意識調査 (家庭訪問)
3	1990年11月	46 226 89 268 =629人	SP+RP+ 回想形式の 利用交通手段等 の履歴調査 (家庭訪問)

目処に建設が進んでいる新交通システム沿線の広島市北西部の高取・毘沙門台の新興住宅地である。調査概要を表-1に示す。調査実施に際しては、季節変動がないように、3ウェーブとも11月にSP調査とRP調査を家庭訪問形式で行ない、SPとRPのパネルデータを収集した。

SP調査では、仮想的な交通環境（プロファイル）のもとで3つの交通手段（新交通システム、バス、自動車）の選択肢を好みの順に番号を付けてもらった。プロファイル作成には実験計画法を用い、1人の回答者につきウェーブ1で3、ウェーブ2で5、ウェーブ3で4種類のプロファイルをランダムに抽出して提示した。またRP調査では、各時点での通勤・通学形態に関して利用交通手段・出発時刻等を尋ねた。

3.2 マルコフの仮説の検証

個人の状態が変化するときSPと個人特性の関係がマルコフ過程にあるとすれば、Kitamuraらが既に発生トリップで検討しているように²⁵⁾、以下の仮説が成り立つ。

表-2 マルコフの仮説

1. 状態の変化と同時にSPも変化する。
2. SPの変化量は状態の変化の方向に依存しない。
3. 状態が変化しなければSPは変化しない。

このマルコフの仮説は、従来のクロスセクション分析の前提条件であり、この前提条件が満たされる時以下の仮想的な図-1が導かれる。図-1は交通機関の利用形態別の新交通システムの選択割合の時間的な推移を示しており、縦軸に新交通システムの選択割合を横軸に観測年度をとったものである。図-2は表-1の調査データから集計された実際の変化である。マルコフの仮説

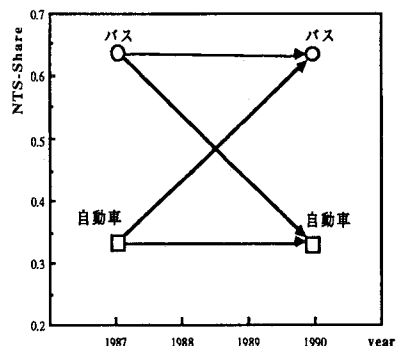


図-1 新交通システム選択割合の同時マルコフ推移

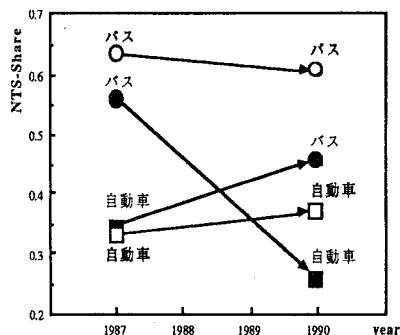


図-2 実際の新交通システム選択割合の時間的推移

の検証を図-1、図-2を用いて行なっていく。ここで、表-2に示した状態とは、その時点の交通機関（バス、自動車）の利用形態であり、SPはそれに対応する新交通システムの選択割合を意味している。

仮説1は現在の交通機関の利用形態が、バスから自動車へ変化する場合、変化のベクトルのODが図-1のように、自動車を続けて利用する人の新交通システムの選択割合に、また自動車からバスへと変化する場合、バスを続けて利用する人の新交通システムの選択割合に一致しなければならないことを示している。これに対して図-2の実際の選択割合の変化においてベクトルのODは一致しておらず、仮説1は成り立たないことになる。

仮説2はバスから自動車、自動車からバスと交通機関の利用形態が対称に変化するとき、新交通システムの選択割合の変化の絶対量が、図-1のように両者が等しくならなければならないことを示している。図-2をみると自動車からバスに利用交通手段が変化した場合では、新交通システムの選択割合の増加が少ないのに対して、逆にバスから自動車に利用交通手段が変化した場合、選択割合は大きく減少していることがわかる。これから仮説2は成り立たず、変化の方向性と非

対称性がうかがえる。

仮説3は、利用交通手段がバスでモード変換しない場合、図-1のように新交通システムの選択割合は変化しないことを示している。図-2から新交通システムの選択割合は、バスあるいは自動車が続けて利用する場合、大きな変化はなく、仮説3は成立することがわかる。

したがってマルコフの仮説は常に三つとも満たされるわけではなく、新交通システムのSPは時間的に独立であるとは言えないことがわかった。

3.3 時差変数を用いた選好意識モデル

従来のクロスセクションモデルでは、現在のSPは現在の交通環境あるいは社会経済属性によってのみ決定されるとされてきた。しかし前節のマルコフの仮説の検証の結果から、現在のSPは過去の個人の状態に対して時間的に独立であるといえないことが示された。そこでMNL(多項ロジット)モデルを用いて、過去の交通機関利用の経験が、現在の交通機関のSPに対してどのような影響を与えているかを検討する。

表-3に1990年の新交通システム、自動車、バス選択のMNLモデルの推定結果を示す。推定データは3ウェーブとも回答した46人の有効回答188サンプルを用いた。説明変数は共通変数として、乗車時間(In-vehicle time)、待ち時間(Waiting time)、料金(Travel cost)を、さらに自動車については現在自動車を利用しているどうかをダミー変数(Car dummy)として用いた。モデル2、モデル3は時差変数(過去の経歴を示す変数:Car dummy(t-1),Car dummy(t-2))を取り込んだモデルである。1988年の時差変数(Car dummy(t-1))を取り込んだモデル2は、尤度比(Adj. Rho-squared)の値が0.194、時差変数のt値は3.42と、従来のモデル1とはほぼ同じであり、時差変数の有効性を示している。1987年の時差変数(Car dummy(t-2))を取り込んだモデル3は、時差変数を用いない従来のモデル1と比べて尤度比が0.211と高いことがわかる。また時差変数そのもののt値も、従来のモデル1の3.50に対して、4.24と高く、時差変数のモデル内での有効性が示された。

表-4は1988年のMNLモデルの推計結果であり、推定データは3ウェーブとも回答した46人を用い、有効回答数は170サンプルであった。ここでは時差変数を用いたモデル5で尤度比は0.342、Car dummy(t-2)のt値は2.44と従来のモデル4よりも高く、現在の交通機関のSPに及ぼす過去の交通機関の利用形態の影響の強い事がわかる。

表-3 時差変数を用いたMNLモデル(1990)

Variable	Model 1	Model 2	Model 3
In-vehicle time(t)	-0.032(7.30)	-0.033(7.29)	-0.033(7.40)
Waiting time(t)	-0.012(0.16)	-0.009(0.13)	-0.000(0.01)
Travel cost (t)	-0.002(1.82)	-0.002(1.72)	-0.002(2.04)
Car dummy(t)	1.194(3.50)		
Car dummy(t-1)		1.160(3.42)	
Car dummy(t-2)			1.475(4.24)
L(0)	-194.45	-194.45	-194.45
$\hat{L}(\beta)$	-154.76	-155.06	-151.74
Adj. Rho-squared	0.195	0.194	0.211

t=90, t-1=88, t-2=87, N=188, ()=t-Statistic

表-4 時差変数を用いたMNLモデル(1988)

Variable	Model 4	Model 5
In-vehicle time(t-1)	-0.049(8.75)	-0.050(8.82)
Waiting time(t-1)	-0.118(2.45)	-0.113(2.37)
Travel cost (t-1)	-0.004(3.07)	-0.004(3.10)
Car dummy(t-1)	0.783(2.12)	
Car dummy(t-2)		0.912(2.44)
L(0)	-206.54	-206.54
$\hat{L}(\beta)$	-135.17	-134.43
Adj. Rho-squared	0.339	0.342

t-1=88, t-2=87, N=170, ()=t-Statistic

4. LISRELを用いたSPダイナミックモデル

4.1 状態依存

前節までのマルコフ仮説の検討結果とMNLモデルの推定結果から、SPが時間的に独立であるとは言えないことが示された。しかし従来のクロスセクションモデルではSPは時間的に独立なものとして扱われており、そこでは図-3のようなSPの時間的推移が前提とされる。図は縦軸にある交通機関に対するSPを、横軸に時間をとったものである。ある人が最初世帯で自動車を保有していなかったとする。次にこの世帯が1台目の自動車を購入したとする。この時クロスセクションモデルでは、環境の変化に対して即時的にSPが変化しているとされる。したがってt-1時点のY(t-1)とt時点のY(t)は、他の社会経済属性や交通環境を無視するなら、世帯が自動車を1台保有しているというX2によってのみ決定される。またY(t-1)とY(t)は同様に静的な均衡状態Y*に達しているため、それぞれの時点の推定モデルには時間的な移転性が確保される。さらに状態が変化する以前と以後において両者のSPは独立な関係にあるといえる。

前節の結果よりSPは新しく変化した状態に即時的に適応しないことは明らかであり、こうした時図-3のような適応の即時性は否定され、推定モデルにはバイアス

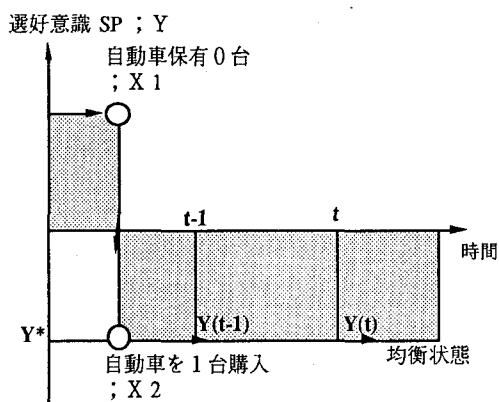


図-3 SPの時間的な推移（クロスセクション）

が生じる。

そこで本研究では図-4のような状態の変化に対して緩やかな適応過程を前提としたダイナミックモデルを本章3節で構築する。縦軸はSPを横軸は時間をそれぞれ示している。ここで個人の状態が世帯の自動車保有台数が1台で変化しないとき、SPのYが均衡状態Y*に達するとすれば、均衡状態Y*はX2によってのみ決定され、以下の式が成り立つ。

$$Y^* = \alpha X(t) + \zeta \quad (1)$$

ここで α はパラメータ、 ζ は誤差項である。この時、

$$|Y^* - Y(t-1)| : |Y^* - Y(t)| = 1 : \beta \quad (2)$$

とすれば、t時点のSPのY(t)は、

$$\begin{aligned} Y(t) &= (1-\beta)(Y^* - Y(t-1)) + Y(t-1) + \zeta \\ &= \beta Y(t-1) + (1-\beta)\alpha X(t) + (2-\beta)\zeta \end{aligned} \quad (3)$$

ここで $(2-\beta)\zeta$ を改めて ζ と置けば、

$$Y(t) = \beta Y(t-1) + (1-\beta)\alpha X(t) + \zeta \quad (4)$$

と表すことができる。式(4)で現在のSPのY(t)は、過去のSPのY(t-1)に依存しており、これを状態依存モデルという。ここで誤差が0の理想状態では、

$$\begin{aligned} \text{if } \beta &= 1 \quad \text{then } Y(t) = Y(t-1) \\ \text{if } \beta &= 0 \quad \text{then } Y(t) = Y^* \end{aligned} \quad (5)$$

が成り立つ。 β が0から1の間に存在し、1に近いほどt-1からt時点までのSPの変化が少ない。また逆に β が0に近いほどY(t-1)とY(t)は独立であり、Y(t)は均衡状態に近づくと考えられる。

4.2 系列相関

従来モデルにおいて「誤差項は時間的に独立である」とされている。しかしながら、これは疑問であり、

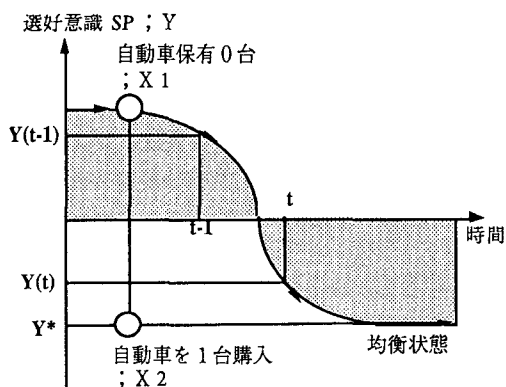


図-4 SPの時間的な推移（ダイナミック）

適切な補正がなされない場合、推定パラメータにバイアスが生じる。²⁶⁾

$$Y(i,t) = \alpha X(i,t) + \zeta(i,t) \quad (6)$$

$$Y(i,t-1) = \alpha X(i,t-1) + \zeta(i,t-1) \quad (7)$$

式(6)は個人iのt時点のSPであるY(i,t)が個人iの社会経済属性X(i,t)によって推計されることを示している。式(7)はt-1時点の同様な関係を示したものである。ここで誤差項 $\zeta(i,t)$ と $\zeta(i,t-1)$ は説明変数Xによって説明しきれないSPに対する個人iの好みを示していると考えられる。そこでこの個人iの好みとに時間的な相関を考える。

$$\zeta(i,t) = \phi \zeta(i,t-1) + \mu \quad (8)$$

ここで μ は新たな誤差項であり、 ϕ は式(6)、(7)の誤差項の時間的な相関の程度を表現するパラメータと解釈される。 ϕ が1に近い程、誤差項の時間的な相関の程度は強いといえる。これを誤差項の系列相関といい、ダイナミックモデル推定時に状態依存パラメータ β とあわせて系列相関パラメータ ϕ を推定する。

4.3 SPパネル分析へのLISRELの適用

LISRELモデルでは、パネルデータを用いることによって変数間の時差的な因果構造を明らかにできる。また自己相関誤差構造を導入することにより、系列相関によるアプローチが可能となり、LISRELモデルはダイナミクスの分析に有効である²⁷⁾。2ウェーブモデルの場合、推計モデルは式(9) - (11)で表される。

$$\eta_t = B \eta_{t-1} + \Gamma \xi_t + \zeta_t \quad (9)$$

$$y_t = \Lambda_y \eta_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$x_t = \Lambda_x \xi_t + \delta_t \quad (11)$$

ここで初期条件として

$\eta_{t-2} = 0$ (12)

y_t はt時点の新交通システムのSP（新交通システムを選出した場合1、しない場合0）で内生変数、 x_t は外生変数、 η_t 、 ξ_t は潜在変数、 δ_t 、 ε_t 、 ζ_t は誤差を表している。B、 Γ 、 Λ_y 、 Λ_x はパラメータ、式(9)が構造方程式、式(10)、(11)が測定方程式である。ここで先に示した状態依存モデル式(4)が構造方程式(9)で表されていることがわかる。従って式(9)のパラメータBの要素は β で、状態依存の程度を表している（即ち $\beta_{t,t-1}$ ）。その他の構造方程式のパラメータも含めて整理すると表-5のようになる。

表-5 構造方程式のパラメータ β 、 γ の解釈		
目的変数 説明変数	η_{t-1}	η_t
η_{t-1}	——	状態依存効果($\beta_{t,t-1}$)
η_t	——	——
ξ_{t-1}	即時効果($\gamma_{t-1,t-1}$)	遅れ効果($\gamma_{t,t-1}$)
ξ_t	期待効果($\gamma_{t-1,t}$)	即時効果($\gamma_{t,t}$)

パラメータ Γ の要素は γ で、パネルデータを用いたダイナミックモデルの場合、式(6),(7)中で右辺と左辺の変数の観測時点が等しい時、即時効果を示している（即ち $\gamma_{t,t}$ 、 $\gamma_{t-1,t-1}$ ）。また説明変数の観測時点が目的変数の観測時点に先んじている時、パラメータ $\gamma_{t,t-1}$ は遅れ効果を示している。これとは逆に説明変数の時点が目的変数の観測時点に遅れているとき、パラメータ $\gamma_{t-1,t}$ は期待効果を示しているといえる。

LISRELモデル推定にはサンプルの分散共分散マトリクスSが必要とされる。SP、性別といった離散型変数Xは、平均0、分散1の正規分布である連続変数に変換して求めた。²⁸⁾さらに式 (9) - (11) から求める理論上の分散共分散マトリクス Σ を用いてパラメータ推定を行なう。本研究では推定に最尤推定法を用い、最尤推定法の適合関数は、

$F = \log|\Sigma| + \text{tr}(S\Sigma^{-1}) - \log|S| - (p+q)$ (13)

で表される。ここでpは内生変数の数、qは外生変数の数を示し、このFを最小にするパラメータを推定する。一方Eを期待値を示す演算子とすれば、構造方程式(9)の誤差項 ζ_t と ζ_{t-1} の分散共分散の要素 $\psi_{t,t-1}$ は以下の式で表される。

$\psi_{t,t-1} = E(\zeta_t \zeta_{t-1})$ (14)

ここで、先の式(8)の誤差項の系列相関のパラメータが式

(14)で表され、 $\psi_{t,t-1}$ が式(8)における系列相関パラメータ ψ にあたる事がわかる。

4.4 ケーススタディ

前節で定式化したLISRELを用いてダイナミックモデルの推定を行ない、新交通システムのSPの意識構造を分析した。分析にはウエーブ1(1987年)とウエーブ3(1990年)ともに回答した272人のデータを用いた。ただし我々の過去の研究によれば、現在の自動車利用者と公共交通機関利用者によってその選択構造が異なっているため、²⁹⁾データを両者にセグメントしてモデル推定を行なった。モデル推定にはSPSSxのLISREL 7を用いた。³⁰⁾

図-5は公共交通機関利用者の新交通システム(NTS)のSPモデルの推定結果をパスダイアグラムに示したものである。モデルの適合度を示すPレベル（得られた χ^2 値の確率）は0.35であり、モデルの適合度は高いものと判断される。ダイアグラムからわかるように、潜在変数である新交通システムの選好態度(Attitude)は、外生変数であるバスと新交通システムの料金・所要時間差(Bus Cost, Bus Time)、及び自動車と新交通システムの料金・所要時間差(Car Cost, Car Time)、年齢(Age)、性別(Sex)、世帯の自動車の保有台数(No. of Cars)の影響を受け、さらにウエーブ3ではウエーブ1の新交通システムに対する選好態度の影響を受ける。内生変数は新交通システムのSP(Stated Preference for NTS)である。

ウエーブ1の選好態度からウエーブ3の選好態度へのバスで表される状態依存パラメータ $\beta_{t,t-1}$ の値は0.621と他の交通環境変数のパラメータよりも高い数値となっている。またウエーブ1の誤差 ζ_{t-1} とウエーブ3の誤差 ζ_t の相関を表す系列相関パラメータ $\psi_{t,t-1}$ についても-0.270とパラメータの数値は十分に大きい値となっており、系列相関と状態依存の概念の有効性がうかがえる。

図-6は自動車利用者の新交通システムのSPモデルの推定結果を示したものである。Pレベルをみるとモデルの適合度は良くないので、以下の考察は図-5の結果を中心として、図-6の結果は参考程度に進めていく。図-5のパスダイアグラムのパラメータと比較すると、自動車利用者では、コスト、時間等の自動車の交通環境外生変数のパラメータが大きいものに対して、公共交通機関利用者では、バスの交通環境のパラメータが大きく、利用交通手段によって重視する交通環境が異なっていることがわかる。さらに状態依存パラメータ $\beta_{t,t-1}$ 、系列

相関パラメータ ψ_{t-1} についても自動車利用者ではパラメータは有意でなく、両者の意識構造は異なっているものと考えられる。

また図-5・図-6で、ウエーブ3の世帯の自動車保有台数からウエーブ3の選好態度へのパスで表される公共交通機関利用者、自動車利用者の即時効果 γ_{it} (-0.032, -0.019) よりも、ウエーブ1の世帯の自動車保有台数からウエーブ3の選好態度へのパスで表される遅れ効果 γ_{it-1} (-0.100, -0.192) が、両交通機関利用者ともに大きくなっている。これは表-3、表-4のMNLモデル推定から得られた時差変数の有意性を裏付けるものである。

4.5 状態依存と系列相関の妥当性の検討

図-5のモデルを基本として、従来のクロスセクションモデルと状態依存と系列相関を導入したLISRELモデルの適合度の比較検定を行った。推定したモデルの特徴を表-7に示す。適合度の検定はモデル推定時に算出される χ^2 値の各モデルペア毎の差とモデルの自由度の差を用いて行った。検定結果を表-8に示す。従来のクロスセクションモデルと状態依存、系列相関を考慮したダイナミックモデルの検定結果(Test C)から、ダイナミック

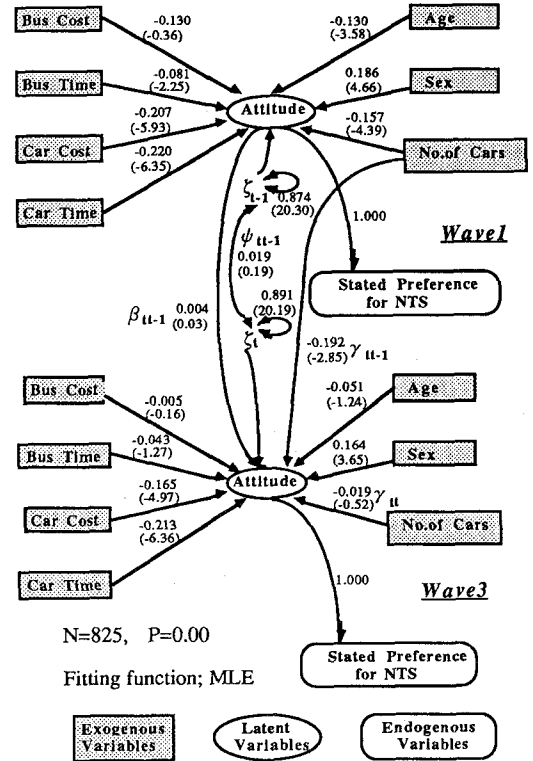


図-6 自動車利用者のダイナミックモデル

モデルがよいモデルといえる。また状態依存モデル、系列相関モデルについても、従来のクロスセクションモデルとの検定結果(Test A,B)から有効なモデルと判断された。

表-7 推定したモデルの特徴

モデル番号	1	2	3	4
系列相関		#		#
状態依存			#	#

#：モデルに取り入れた場合

表-8 モデルの適合度の比較検定結果

** 1 % 有意		
検定組	検定の組み合わせ	χ^2 値の差
A	1.vs.2	81.3 **
B	1.vs.3	167.7 **
C	1.vs.4	203.2 **
D	2.vs.3	86.4 **
E	2.vs.4	121.9 **
F	3.vs.4	35.5 **

i.v.s.jの場合：
 χ^2 値の差 = モデルiの χ^2 値 - モデルjの χ^2 値

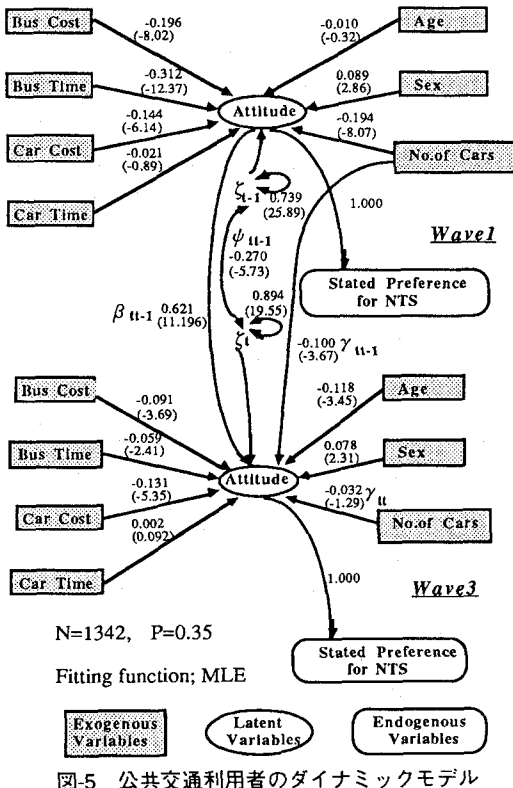


図-5 公共交通利用者のダイナミックモデル

5. まとめ

本研究は広島市で現在建設中の新交通システムに対する3時点のSPパネルデータをもとにダイナミック分析を行なったものである。従来から用いられてきたクロスセクション分析ではSPと社会経済属性の間の関係は均衡状態にあり、適応の即時性、変化の対称性、状態の安定性が仮定されている。しかし、こうした仮定は実際の変化を説明できないことと、SPが時間的に独立ではないことが示された。また、このことから過去の個人の経歴を示す時差変数をMNLモデルに導入した結果、より精度の高いモデルが構築された。さらに適応過程を考慮した状態依存モデルの概念を示し、LISRELを用いてダイナミックなSPモデルを構築した。その結果従来のクロスセクショナルなLISRELモデルに系列相関と状態依存を考慮する事によってモデルの適合度に向上が見られ、ダイナミックモデルの有効性が実証された。

参 考 文 献

- 1) Pas, E: Is travel demand analysis and modeling in the doldrums?, In Developments in Dynamic and Activity-based Approach to Travel Analysis (Ed. by P. Jones), Avebury, pp.3-27, 1990.
- 2) Kitamura, R: Panel analysis in transportation planning: an overview, Transportation Research 24A, No.6, pp.401-415, 1990.
- 3) Goodwin, P.B: Family changes and public transport use 1984-1987: Dynamic analysis using panel data, Transportation 16, pp.121-154, 1989/90.
- 4) Hensher, D.A and Smit, N.C: Estimating automobile utilization with panel data: An investigation of alternative assumption and error covariances, Transportation Research 24A, No.6, pp.417-426, 1990.
- 5) Meurs, H: Dynamic analysis of trip generation, Transportation Research 24A, No.6, pp.427-442, 1990.
- 6) Kitamura, R: A panel analysis of household car ownership and mobility, Proc. of JSCE, No.383/IV-7, pp.13-27, 1987.
- 7) Kitamura, R: A causal analysis of car ownership and transit use, Transportation 16, pp.155-173, 1989/1990.
- 8) van der Hoorn, T: Dutch transportation planning and the use of longitudinal analysis, Presented for International Conference on Dynamic Travel Behavior Analysis, Kyoto, 1989.
- 9) Meurs, H, Wissen, L.V, Visser, J: Measurement biases in panel data, Transportation 16, pp.175-194, 1989/90.
- 10) Giuliano, G. and Golob, T.F: Using longitudinal methods for analysis of a short-term transportation demonstration project, Transportation 17, pp.1-28, 1990.
- 11) Chang, G.L and Mahamassani, H.S: The dynamic of commuting decision behavior in urban transportation networks, In Travel Behaviour Research (Ed. by IATB), Avebury, pp.15-26, 1989.
- 12) 河上省吾、広島康裕、奥山拓哉: 交通施設整備に伴う交通手段選択の変化過程に関する研究、土木計画学研究講演集、Vol.5, pp.413-419, 1983.
- 13) 鈴木聡、毛利雄一、中野敦、原田昇: パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析、土木計画学研究講演集、No.13, pp.537-542, 1990.
- 14) 兵藤哲郎: 需要主体の時間的行動変化を考慮した非集計交通需要予測モデル、交通と統計No.18, 交通統計研究所、pp.65-82, 1989.
- 15) Daganzo, C.F. and Sheffi, Y.: Multinomial probit with time-series data: unifying state dependence and serial correlation models, Environment and Planning A, Vol.14, pp.1377-1388, 1982.
- 16) 柏谷増男、朝倉康男、三浦博敏: 発生集中交通量データの経年変化特性、土木計画学研究講演集、No.12, pp.267-274, 1989.
- 17) 山田菊子: 系列相関を持つRPデータとSPデータを同時に用いる交通行動モデルの推定法、京都大学修士論文、1991.
- 18) 森川高行、山田菊子: RPデータとSPデータの系列相関を考慮した交通機関選択行動予測の推定法、土木計画学研究講演集、No.14(1), pp.605-612, 1991.
- 19) 狩野裕: 因子分析における統計的推測: 最近の発展、行動計量学、第18巻、第1号、pp.3-12, 1990.
- 20) Morikawa, T: Incorporating Stated Preference Data in Travel Demand Analysis, PhD Dissertation, Department of Civil Engineering, MIT, 1989.
- 21) Golob, T.F: Structural equation modeling of travel choice dynamics, In Developments in Dynamic and Activity-based Approach to Travel Analysis (Ed. by P. Jones), Avebury, pp.343-370, 1990.
- 22) 矢嶋宏光、屋井鉄雄、森茂茂: 商業地における駐車施設整備のための基礎的研究、土木計画学研究講演集、No.12, pp.349-356, 1989.
- 23) 屋井鉄雄、岩倉成志、伊藤敏克: 需給特性を用いた住空間評価のための基礎的研究、土木計画学研究論文、No.9, pp.253-260, 1991.
- 24) 森川高行、竹内博史、加古裕次郎: 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、No.9, pp.117-124, 1991.
- 25) Kitamura, R and van der Hoorn: Regularity and irreversibility of weekly travel behavior, Transportation 14, No.3, pp.227-252, 1989.
- 26) Maddala, G.S: Recent developments in the econometrics of panel data analysis, Transportation Research 21A, No.4/5, pp.303-326, 1987.
- 27) Long, S.J: Covariance Structure Models: An Introduction to LISREL, Quantitative Applications in the Social Sciences (Sage University Paper Series 34), pp.1-87, 1987.
- 28) SPSS LISREL 7 and PRELIS User's Guide and Reference, SPSS, 1990.
- 29) 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.
- 30) 三宅一郎他: SPSSx III 解析編2、東洋経済新報社、pp.223-307, 1991.