

交通需要モデルの構造変化を考慮した 分析手法について

A review of structural changes in transportation demand models

兵藤 哲朗*、 森地 茂**

by Tetsuro HYODO, Shigeru MORICHI

Temporal transferability of transportation models and predictability of explanatory variables are necessary to forecast future demand approximately. It is obvious that "structural changes" should be considered in the models to improve the transferability. So a lot of researches associated with these changes have conducted recently.

The aim of this paper is to survey "structural change" methods in current researches. We viewed these methods from two lights. First is the models with multi points data collected as aggregate data and disaggregate "longitudinal" data. Second is the demand models effected by supply conditions.

Finally, we presented a few directions to be analyzed further in this field.

1. はじめに

一般に、交通需要予測は既存のデータで構築されたモデルにより行われる。正確な予測値を得るには、予測時点におけるデータの精度と、使用する需要モデル構造の時間的・地域的移転性の十分な高さが必要である。このうち、データの精度は需要モデル構築とは別個の問題である。一方、予測精度の良否が後者のモデル構造の移転性に起因するとき、需要モデル構造の変化を考慮した分析手法が必要となる。しかし、需要モデルの構造変化に着目した研究の体系化は充分なされていないため、その方法論の整理が必要である。そこで本研究では、近年の研究成果をふまえた上で、各種方法論の整理と考察を行った。

本研究で扱う需要モデルの構造変化に関する概念を図-1に示す。本研究では需要モデルの構造変化

を大別し、その要因として、①モデル式自体の時間的変化と、②需要モデルに関わる条件の変化（外的条件の変化）の二点を挙げる。

このうち①に対応できない原因は、モデル式自体を時間変化に対応可能なものとしなかったこと、及び、時系列要因を考慮することのない誤差項の設定により、偏ったパラメータが得られたこと、の二点である。前者の問題点の解決方法は、モデル式形を時間的変化に対応可能なようにすることである。後者の対応策は、誤差の時系列変化の要因をもとに、パラメータの時系列変化、モデル誤差項における時系列成分の考慮の二つに分けられる。実際にこれらの分析手法を適用するとき、モデル構築は単一時点のデータだけでは行えないため、多時点データを必要とする。そのため、モデル式の時間変化を伴う分析手法は多時点データに基づくモデル構築方法として捉えることが可能である。本研究では①に関しては多時点データに基づく分析手法という観点で方法

* 学生員 工修 東京工業大学大学院博士課程
(〒152 目黒区大岡山2-12-1)

** 正会員 工博 東京工業大学教授 土木工学科

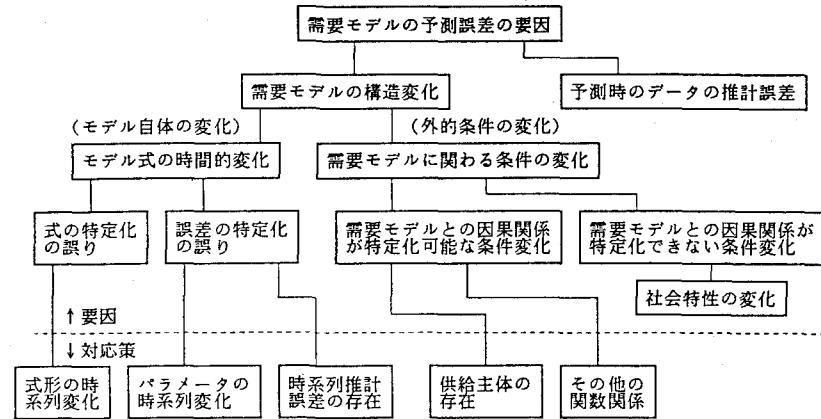


図-1 予測誤差に関する概念図

論の整理を行う(2章)。

②の需要モデルに関わる条件変化は、分析者が取り扱う需要モデルとの因果関係を特定化できる変化と、因果関係を特定化できない変化に分けられる。後者の例として考えられるのは、対象地域の大規模な産業構造変化、消費者のドラスティックな嗜好の変化などで、その変化の予測を数量的に行うことは困難である。また前者の、需要モデルとの因果関係が特定化可能な条件の代表例は、需要と密接な関数関係を持つと考えられる供給条件である。これらのうち、本研究ではモデル分析が可能な、供給条件を考慮した需要モデルの構築方法について整理を行うことにする(3章)。

2. 多時点データによる需要分析手法

2.1 多時点データの利用可能性

従来の分析手法との比較を目的とし、多時点データの持つ意義を、交通需要全般にわたるデータ整備状況に基づいて考えることとする。近年の交通需要データ整備状況の向上の内容としては、①データ量自体の増加、②個人単位のデータの増加、③多時点にわたるデータの存在、などが挙げられる。①のデータ量自体の増加はモデル構築時の推計精度・パラメータの安定性を向上させる。また②の個人データの増加は非集計モデルに代表される、より詳細な情報を持つモデル構築を可能としてきた。さらに近年、集計データと非集計モデルとの統合利用方法や(森地他(1987))、種類の異なる集計データの結合など

(Ben-Akiva(1987))、種々のデータを効率よく使用するツールが整いつつある。一方、多時点データの利用状況については、従来の利用形態は①と同様のクロス分析におけるデータ数の増加効果や、単に時系列分析(time series analysis)を目的としたものが中心であった。しかし②の個人単位のデータに関しては、近年

年多時点データを前提とする分析が多くなされつつあり、多時点データの持つ有用性が需要分析にいかされている。

多時点データによる需要分析手法のうち、クロス分析におけるデータ数増加以外の目的を持つ従来の手法としては、異時点間の交通行動を取り扱った河上他(1984)、河上他(1985)の転換行動分析や、一日の交通行動連鎖を扱った、西井(1985)・Kitamura et al.(1984)・近藤(1987)らの交通行動モデルなどが挙げられる。これらはいずれも時間経過に依存する個人行動を記述することを目的としており、多時点の情報は複数時点の一個人の行動結果として用いられる。ただし、本研究では交通需要量推計を中心に捉えるため、後者の交通行動連鎖分析は詳しくはとりあげない。

2.2 被説明変数のデータ単位に着目した

各手法の整理

交通需要モデルは、被説明変数のデータに関し、連続変数(continuous)か、離散変数(discrete)か、の二つに分類される。前者は集計量を説明する集計タイプのモデルであることが多く、後者は個人の選択行動結果を説明する非集計タイプのモデルとして利用されることが多い。また、同一個人の行動結果が多時点に渡って捉えられるとき、それは特にパネルデータ(panel data)或は longitudinal data と呼ばれる。

本節では、現実の適用面における需要モデルの分類が可能となることから、データ単位を考慮した方

法論の整理を行う。

2.2.1 集計型モデルに関する分析手法

集計型モデルの式形として線形式をとりあげると、一般の計量経済モデルと同様の取扱が可能であるが、交通需要推計には非線形型のモデルが多く取り扱われる。そのため本項では、多時点集計量に関するモデル推計方法として、まず最初に線形式の場合の取り扱い方法を、次に交通需要推計モデルとして一般的な、集計ロジットモデルをとりあげ、各々について考察を加える。

1) 線形型モデルに関するモデル推計

単一時点のクロスセクション分析に比べ、多時点のプーリングデータによる分析が有利となる点は、①時間的に相関のある誤差を考慮することができる②被説明変数と時点の異なる説明変数を導入したときに有効なモデル推計が行える、といったことにある。②の具体的なモデル例は、time-lag を伴った変数を導入したモデルや、時間的増分を説明する差分形のモデルなどである。ここではモデル分析手法に着目するため、①の分析手法について考察を行う。

プーリングデータを利用した推計方法として代表的なものとしては、①共分散モデル②誤差成分モデルが挙げられよう (Pindyck et al. (1976))。また、パラメータの時系列変化を扱うモデルとしては、パラメータの傾向推定値をもとに推定を行う方法、パラメータの時系列変化を理論的に取り扱う Kalman filter に基づく方法 (Bennett (1979)) などがある。共分散モデルは結果としてダミー変数を多く含み、モデルの自由度を大幅に減少させる点、実用上問題となる。それに比して、一般化最小自乗法に基づく誤差成分モデルは自由度を減じることもなく、適当な条件のもとで共分散モデルより高い有効性を持つため、より有効なモデルである (Pindyck et al. (1976))。Kalman filter など時間的パラメータ変動を伴う分析手法は、1970年代より理論的展開がなされ、交通流に対する適用は見られる (奥谷 (1979)) もの、交通需要モデルとして用いられたものは少なく、その適用性は未知である。柏谷 (1984) ではこのうち、パラメータの傾向推定値を用いる方法を土地利用モデルに対して検討しており、実データに基づく、同方法と他の時系列方法との精度比較を行っ

ている。

以上に挙げたように、プーリングデータに関する様々な分析手法はあるものの、プーリングデータを単なるサンプル数の増大効果としてだけでなく、時系列情報をいかした推定パラメータの改善方法として取り扱った例はまだ少ない。そのため、如何なる方法が如何なる状況において有効であるかといった問題点を明らかにすることは意義の高いことと思われる。その際、モデル構造の複雑さと、算出される結果の改善の度合との関係を、実利的観点から評価することが必要である。

2) 集計ロジットモデルを用いたモデルの推計

ここでは、対象を交通需要に絞り、近年その中心的分析手法となっている、配分型の集計ロジットモデルを用いたモデルの構築を考える。尚、本研究における配分型モデルとは、分担モデルなどシェアタイプモデルの総称である。ここでは総量推計に時系列モデル、配分モデルとしてクロスセクションモデルを使用することを考える。すると結果として算出される各時点の配分された交通量は、クロスセクション・時系列の二成分からなる量となるため、前述した誤差成分モデルの適用が可能である。これより、多時点情報を利用した、総量モデル・配分モデルのより有効なパラメータ推定が可能となることが考えられる。この方法の式展開の例を以下に簡単に示す。

集計ロジットモデル中の誤差成分を $\exp(V_{mt} + \varepsilon)$ 、($\varepsilon \sim$ 正規分布) の様に仮定する。配分量の推計は、線形式の場合は、

$$\begin{aligned} T_{mt:ij} &= T_{t:ij} \times P_{mt:ij} \\ &= (\hat{T}_{t:ij} + \eta_t) \cdot (\hat{P}_{mt:ij} + \varepsilon'_{mt}) \\ &\quad (i: \text{発地}, j: \text{着地}, m: \text{モード}, t: \text{時間}) \end{aligned}$$

また対数線形式の場合は、

$$\begin{aligned} \ln(T_{mt:ij}) &= \ln(T_{t:ij}) + \ln(P_{mt:ij}) \\ &= (\ln(\hat{T}_{t:ij}) + \eta_t) + (\ln(\hat{P}_{mt:ij}) + \varepsilon'_{mt}) \end{aligned}$$

なる式で行える。上式の ε' は集計ロジットモデル中の誤差成分 ε を変数変換したものである。パラメータ推計は ε' 、 η 両誤差項を合成して得られる mixed distribution を有する尤度関数を通じて求めることができる。その際、 ε は正規分布でないため、合成された誤差項を明示的に表すことはできず、求解は数値計算を伴い煩雑である。

また視点を変えれば、モデル式形のみに着目し、誤差に関するパラメトリックな仮定を行わないノンパラメトリック推計（次節）も考えられるが、パラメータの統計的検定や、モデルの説明力の定義などが従来モデルと異なったものとなるため、その適用にはまだ課題が残されている。しかし、その効率的求解方法が近年開発されつつあり（Laird(1978)等）誤差の式形に関する制約がない同方法の持つ利点をいかした適用方法を考える価値はあるものと思われる。

2.2.2 個人選択行動モデルに関する分析手法

個人選択行動を表すモデルにおいて、多時点データ分析手法が持つ大きなメリットは、異時点の要因が影響する行動モデルが構築できることにある。その結果として、時系列情報の欠如に起因した推定パラメータの偏りを改善することができる。ここでは、上記の点に対応し、モデル構造・パラメータ推定問題の面からモデル整理を行う。

1) 行動に対する時間情報の導入方法

多時点にわたる個人の離散的な選択を表すモデルを、扱う時間に関し大別すると、Markov モデル、duration モデルに分けられる。Markov モデルは discrete-time のケース、duration モデルは continuous-time のケースである。Markov モデルの例としては、Kanaroglou et al. (1986)における migration モデルへの適用、de Palma(1983)における住宅宅替えモデルなどへの適用がみられる。両モデル共にモデル構造は、「同地に留まるか否か」という選択を上位に、下位に「どこに移住するか」という選択を持つ段階形の選択モデルを考えている。モデルの式形は Nested Logit を採用している。また、河上他(1984,1985)では新規交通機関への転換行動を取り扱ったモデルを開発している。ただし、この転換モデルは特定された選択肢からの二項選択となる点、通常の Markov モデルの定義とは異なったモデルである。

一方、duration モデルでは Markov モデルと異なり、対象とする行動の間隔は定期的でなく、任意の行動間隔のサンプルを取り扱うことができる（Amemiya(1985)）。従来の主な適用対象は労働市場における雇用期間の推計である（Heckman(1984)等）。交通

表－1 多時点データ分析事例の分類

被説明変数	モデルの扱う時間	
	離散的(discrete)	連続的(continuous)
	離散的 ・河上(1984,1985) (・Markovit' M)	・Kitamura(1984) ・兵藤(1988) (・durationit' M)
連続的	{・時系列分析) (・集計多時点分析)	

選択モデルとして duration モデルを構築した場合（兵藤他(1988)）、①時間の大小が交通行動に影響を及ぼす効果が直接表現可能となる、②行動の時間的变化と、時間に無関係な行動要因パラメータとの分離推計が可能となる、といった利点を有する。①のモデル構造の有する利点を必要とする状況は多くはないが、多時点情報によるパラメータ推定精度の向上方法としては、②の持つ意義は大きいと思われる。

2) 各種パラメータ推定方法

多時点の個人データを分析する際に問題となる点の一つとして、モデル誤差項の特定化がある。いま個人行動モデルとして2肢選択のロジット型を取りあげる。そして誤差項を明示的に効用項に取り込んだ尤度関数を考える。尤度関数は、

$$L = \prod_{n=1}^N \int_{\epsilon_n} \prod_{i=1}^T \frac{\exp[V_{ni} + \epsilon_n]}{1 + \exp[V_{ni} + \epsilon_n]} f(\epsilon_n) d\epsilon_n$$

という形になる。通常のクロスセクションモデルでは、 ϵ_{itn} を各個人・各時点・各選択肢において独立の誤差分布を仮定する。しかし、多時点での個人行動の場合は、同一個人において各時点における独立性は仮定できない。そのため、通常のIID (Independently and Identically Distributed) 仮定を用いることができず、この点、新たに誤差に関する仮定を必要とする。

Hensher(1986)において述べられているように、この誤差に関する仮定としては、ベータ関数などを用いたパラメトリックなもの、誤差分布型を特定化しないノンパラメトリック推計法によるもの、の2つが挙げられる。このうち、Wrigley et al. (1984)にみられるベータ関数による方法は、推計結果を通じて感度が高すぎる点（Hensher(1986)）問題があるとされている。また一方 Mass Point methods によるノンパラメトリック推計法は、実際の推計を通じて、

設定する Mass point の数が少量で十分な結果が得られることが確認されている。そのため、今後より多く用いられるべき方法であるとしている。Mass point methods の具体事例としては、Davis et al. (1984), Davis et al. (1985), Dunn et al. (1987) が挙げられるが、EMアルゴリズムの利用法（宮川(1987)、Little et al. (1987)）を含め、より詳細な検討が必要であろう。

2.3 実用化に関する考察

多時点データを用いることの最大の意味は、構築されるモデルの精度を向上させることにある（Duncan et al. (1987)）。この点、2.2.1において提案した形で、一般的交通需要予測方法である四段階推定法においても、多時点データに基づく分析手法は意味を持つものと思われる。またモデル推計問題を離れ、需要の予測について考えた場合、多時点データに基づく分析手法は時間経過を一情報として取り込む予測を可能とする。従来の一時点分析では、対象とする予測年次を明確にモデルに反映させることはなかった。それに対し、時間軸の情報を取り込んだ分析手法を用いれば、対象期間を考慮すべき政策課題をより合理的に評価可能となろう。

データ採取の問題についてみたとき、集計多時点データは十分なストックが存在すると考えられるが、国内においては個人多時点データの採取は十分なされているとはいえない。個人単位 of 多時点データの効率的採取方法は、その分析手法と併せて、同方法の持つ課題であり（Fischer et al. (1987), Kitamura et al. (1987)）、従来手法に比べよりきめ細かい調査方法を必要とする。

3. 供給条件を考慮した需要分析

3.1 交通需要モデルにおける供給条件

交通需要推計に関する既往の研究において、供給条件を考慮したモデルとしては、均衡交通配分モデルが挙げられる。同モデルにおける供給条件は、需要関数とは無関係に別途推定される、供給パフォーマンス関数である。しかし、本研究で対象とする供給条件は、需要関数に対する外部条件としての供給条件である。そのため、その範囲は、パフォーマンス

関数に加え、需給均衡分析で考慮されるような供給主体の行動をも含む。過去の研究成果の蓄積の度合から、ここでは均衡交通配分モデルに関する記述は省略し、いまだ多く試みられることのない、供給主体の行動をとりこんだ交通需要推計手法について考察を行うこととする。

供給主体の行動形態を需要主体の行動との interaction に着目して見た場合、以下の3点に関する分類が行える。即ち、①供給者の行動が需要量にどの段階で影響を及ぼしているか、②モデル式形の違いに依存するモデル推計方法、③需給両主体の行動の手順、或は時間的前後関係はどのような形態となるか、の3点である。次節においてはこの3点に着目し、供給主体の行動を取り扱う各種の方法に関する体系的整理を行う。

3.2 モデルの体系的整理

3.2.1 需給の係わり方

需給の係わり方に着目し考えた場合、供給者の行動規範の有無によりモデル形態が異なる。供給者が需要行動、あるいは需要行動結果を考慮した行動をとる場合、モデルは需給両関数を含む同時方程式体系になる。また、需要量・供給量両情報により説明される量が考えられるとき、その関数の説明変数として需要・供給が捉えられる。前者については一般の同時方程式体系がそのまま適用可能であり、線型都市モデルなど、地域計量モデルにその適用例がみられる。後者の明解な例としては、観測需要量が供給制約を受ける、供給制約問題が挙げられる。これは需要量・供給量を説明変数とする関数として minimum-condition を考えた例である。

以上の関係を模式的に表すと以下のようなになる。

変数が内生化するケース

$$\left. \begin{array}{l} D = f(X, S) \\ S = g(Y, D) \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} D = f(X, g(Y, D)) \\ D: \text{需要量} \quad S: \text{供給量} \end{array}$$

共に説明変数となるケース

$$\left. \begin{array}{l} D = f(X) \\ S = g(Y) \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} Q = h(f(X), g(Y)) \\ Q: \text{観測交通量等} \end{array}$$

1) 供給が需要量の決定変数に係わるケース

ここでは上記の需給の方程式において、需給方程式が内生変数を含むケースをとりあげる。具体例としては、観光交通量推計や、商業地への買物交通量推計などが挙げられる。観光交通量を発生、分布と段階的に推計するとき、分布モデルとしては個人の観光目的地選択を表すモデルや、集計ロジットモデル等を用いるのが一般的である。その際の説明変数には目的地である観光地の魅力を表す変数を含む必要がある。新たな観光開発を分析対象とするととき、魅力変数の値は、供給量施設規模で決定されることが予想される。また供給主体の行動を考慮したとき、その供給量は需要量を説明変数とする関数により表されるであろう。つまり観光交通量は、需給両主体の関数の interaction により決定されることになる。この観点に基づいた分析を行えば、需要の直接的増加政策だけでない、供給量増加・供給誘致を通じた観光開発政策の評価が可能となる。また、商業地への買物交通も、観光交通と同じ需要モデル構築が考えられる。観光交通との違いは、対象地域が狭いこと、供給主体を特定化しやすいことにある。そのため、利潤最大化を規範とする供給関数を取り込んだ需給関係式を設定することにより、需給両主体の行動結果により決定される商業地規模の推定が行える。具体的には、新規開発地域における商業配置問題や、交通サービスレベルの向上による商業圏変化の推定などに応用が可能であろう。

この様な観光交通行動・商業地選択行動をもとにした分析は、Wilson et al. (1978)を始めとするロジット型のモデルを含む空間相互モデルの発展型として捉えられることが多い (Clarke(1983)、吉川他(1986)、森地他(1986))。その主な理由は、①非集計モデル、エントロピーモデル、両モデルの形式的同値性に基づくモデル操作性の高さ、②コブ=ダグラス型供給関数の需要関数への導入の容易さ、といったことにある。

2) 需給量が共に説明変数となるケース

これは観測された顕在化した需要量が、例えば、供給制約の存在などにより、真の需要量 (潜在需要量) を表し得ないような局面で起こり得るケースである。このとき、観測された需要は供給側の影響を

表-2 需給情報を扱うモデルの分類

		モデルの扱う時間	
		静的(static)	動的(dynamic)
需給関係	変数が内生	Wilson(1978), 吉川(1986), 森地(1986)	Clarke(1983)
	共に説明変数	森地(1988)	奥村(1988)

受けた値であり、その値自体は供給制約が存在しなかったときの、真の需要量ではなく、真の需要モデルの推計には直接は使用できない。このような場合、偏りのないパラメータを持つ需要関数を推計する上で、需給条件を考慮したモデル構築が必要となる。さらにパラメータの推計問題以外でも、制約のない場合の潜在需要の推計が可能となるなど、その利用価値は高いものと考えられる。供給量の上限值が明確な航空需要の推計がその具体例である (森地他(1988))。

3.2.2 モデル形式

近年の交通需要モデルにおいては、総量を各選択肢やブロックに配分する、配分型のモデルがロジット形を中心に多く用いられる。計量経済学における同時方程式では需給方程式は線形式であるため、ロジット形を中心とする交通需要モデルへのその適用は取り扱いの困難さを伴う。ここでは、需要モデルとしては配分形を前提とし、供給関数の関数形 (配分形か否か) に着目した考察を行う。

1) 供給関数が総量モデルの場合

需要関数にロジット形を考え、かつ供給関数の一変数に需要の output が含まれるとき、式の取扱の容易さから、供給関数にコブ=ダグラス形の関数を考えることが多い。前述した Wilson タイプのモデルがこの代表例である。この場合、需給関係によって決定される交通量は、需給式から導出される式に関する不動点として求めることになる。モデル推計の面からみた場合の問題点として、需要・供給モデルを各々独立に推計し、その後に不動点計算をすることが挙げられる。需給構造に基づいたモデル推計としては、各々のモデル推計精度を考慮した上での不動点算出方法が必要と考えられる。

2) 供給関数が配分型モデルの場合

この場合、供給関数として配分型のモデルを使用

することになる。一般に施設供給をする供給主体の行動を考えた場合、その選択肢は「いつ」「どこに」「どれだけ」といった多次元に渡っているため、供給側の選択肢の設定が問題となる。Miller et al. (1981)では、衣類小売業の出店モデルを構築しているが、店舗規模をカテゴリーわけすることにより、選択肢を決定している。しかし連続量をモデル構築者の設定する基準で離散化する点は問題がある。また Roy(1984)においては、供給者の行動規範を利潤最大化行動とおき、限界収入が限界費用と等しくなる規模、即ち、 $\partial \pi_j / \partial W_j = 0$ (π_j は利潤)となる W_j を各時点での規模とし、規模に関する選択肢を、所与の収入・費用の2変数で内生的に与えられるものとしている。土地利用モデルである Anas(1982)では、専ら一時点における各区画の土地供給行動(「土地を供給するか否か」の binary choice)を取り扱っており、時間・規模に関する選択肢は存在しない。

以上に述べた様な、明確な行動規範に基いた、詳細な変数を持つ供給関数を推定するとき、実際の問題として、供給主体の費用変数を代表とする実データの入手の困難さが考えられる。交通需要のより正確な予測を目標とするモデル構築において、このような供給側の情報の不確実性をどこまで許容できるかといった、モデル精度面からの検討が必要であろう。

3.2.3 時間軸の有無

交通需要推計に関わる供給主体の行動として一般的なものは需要を受け入れる交通施設の供給(建設)である。交通施設の供給には無視し得ない時間を要する。そのため供給主体の行動を、一時点で完結する行動モデルで記述することは合理的といえない場合が多く、その際、前章において述べた多時点データに基づく分析手法が必要となろう。

以上の観点に基づき、本項では供給関数における時間軸の取扱方法に着目したモデル方法論の整理を行う。

1) 過去の変数を含む供給関数

供給主体の行動結果である集計量変数の時間的關係を、過程分析(process analysis)を通じて表現する場合、一般にモデルは被説明変数より過去に遡った変数を含むものとなる。単純な例としては説明

変数に lag-time 変数を含んだモデルや、時間的変化量を説明するモデルが挙げられる。しかし、交通施設のように output が時間的に discrete な場合、個別の供給主体行動はこの様なモデルでは説明し難い。そのため、ある程度複数供給主体の行動結果を集計し、集計量としてのモデル構築が必要となることから、本方法は意思決定行動を直接反映するモデルではなく、相関分析的性格を有するモデルといえる。

2) 将来期待変数を含む供給関数

交通施設供給を行う供給者の行動を行動モデルとして記述するとき、利潤最大化など適切な規範に基づくモデル構築を行う必要がある。その際、施設供給は一般に将来需要を見越した行動と見なせるため、供給主体の考える将来期待値を取り込んだモデル構築が望ましい。供給主体が正確に需要関数の情報を有しているという前提があれば、実現する施設供給量は合理的な期待形成値であるといえる。需給関係をより詳細に表すことを目的とする場合、このような、需要関数を供給関数に取り込んだ需給モデルの構築が有意義であろう。

また同一供給主体の多時点・多段階にわたる決定問題を、確率効用理論に基づく DP(Dynamic Programming)として表現したモデルとして Rust(1988)が挙げられる。Rust(1988)ではバス運輸業者の最適なバスエンジン更新時の決定問題を具体事例として取り扱っている。

以上の供給主体の将来期待変数を取り扱う分析手法の交通分野への適用例としては、新規鉄道開発における沿線地域の開発過程や、リゾート地域の多年にわたる施設供給計画など、単一供給主体の多時点・多段階行動の記述が考えられる。しかし、精度の高い交通需要量予測値を得ることを目的とするときには、モデル構造の複雑さや、仮定の特殊性に起因する予測精度の低下を考慮する必要がある。

4. おわりに

本研究では交通需要モデルに構造変化をもたらす要因のうち、モデルや現象の時間的変動と、供給条件の存在の二つをとりあげ、各々の分析手法を体系化した。これらの論文の整理を通じて得られた今後

の研究方向について、筆者の見解を以下にまとめる。
(1) 多年時にわたるPT調査など、蓄積されている既存データの使用を前提とした需要モデル精度の向上方法は十分比較分析が行われていないため、その詳細な検討が必要である。(2) 近年、パネルデータ分析に代表される、新たな個人交通行動分析手法が多く開発されつつある。そのため、その予測力の比較分析と、各手法の適用対象領域の拡充が課題である。その際、検討項目の一つとしてデータ採取の問題をと

りあげる必要がある。(3) 供給条件を考慮した需要分析に関しては、供給主体の行動を明確に記述するモデルを取り込んだ例が少なく、多時点データによる詳細な情報を持つ供給関数の構築など、モデルの精緻化が必要である。

最後に、本研究を進めるにあたり、様々な御助言、御討議を頂いた屋井鉄雄氏(東京工業大学)に感謝の意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 奥谷(1979): カルマン・フィルター理論を用いた道路交通状態の推定と予測, 土木学会論文集289
- 2) 奥村・吉川・上野(1988): Wilson-Typeの商業立地モデルの推定方法に関する研究, 第43回土木学会年次学術講演会
- 3) 柏谷(1984): 土地利用モデルと長期推定, 土木計画学シンポジウム18, 「都市の土地利用モデル」, pp. 67-77
- 4) 河上・広島・溝上(1984): 意識データに基づく非集計交通手段転換モデルの構築の試み, 土木計画学研究・論文集, pp. 11-18
- 5) 河上・広島(1985): 利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル, 土木学会論文集, No. 353, pp. 81-92
- 6) 西井・佐佐木(1985): トリップチェーン手法を用いた都市交通需要分析, 土木計画学研究・講演集No. 7, pp. 271-278
- 7) 森地・屋井・兵藤(1986): 施設供給関数を用いた観光交通の需要予測手法に関する研究, 第21回都市計画学会学術研究論文集
- 8) 森地・屋井・平井(1987): 個人データと集計データとの統合利用によるモデル構築方法, 土木計画学研究・論文集
- 9) 兵藤・森地・屋井(1988): 需要定着過程を考慮した交通選択モデル, 第43回土木学会年次学術講演会
- 10) 森地・屋井・兵藤(1988): 供給制約を考慮した航空需要モデル, 土木計画学研究・論文集
- 11) 宮川(1987): EMアルゴリズムとその周辺, 応用統計学, vol. 16, pp. 1-21
- 12) 吉川・小林・文(1986): 大都市近郊地域を対象とした商業地再開発モデルに関する二三の考察, 土木計画学研究・講演集9
- 13) 「計量経済学」, R. S. 小田切, D. L. 小田切 著(1976), 金子敬生監訳, マグロウヒル学社
- 14) 近藤(1987): 交通行動分析, 晃洋書房
- 15) Anemiyu(1985): Advanced Econometrics, Blackwell
- 16) Anas, A. (1982): Residential location markets and urban transportation, Academic Press
- 17) Ben-Akiva, M. (1987): "Methods to combine different data sources and estimate origin-destination matrices", Transportation and Traffic Theory, Gartner, M., et al. (eds), Elsevier
- 18) Bennett, R. (1979): Spatial time series: analysis, forecasting and control, London: Pion
- 19) Bennett, R., et al. (1985): "Spatial structure, spatial interaction, and their integration: a review of alternative models", Environment and Planning, vol. 17, pp. 625-645
- 20) Clarke, M., et al. (1983): "The dynamics of urban spatial structure: progress and problems", J. of Regional Science, vol. 23, pp. 1-18
- 21) Daganzo, C., et al. (1982): "Multinomial probit with time-series data: unifying state dependences and serial correlation models", Environment Planning A, vol. 14, pp. 1377-1388
- 22) Davis, R., et al. (1984): "Calibrating longitudinal models of residential mobility and migration", Regional Science and Urban Economics, vol. 14, pp. 231-247
- 23) Davis, R., et al. (1985): "Control for omitted variables in the analysis of panel and other longitudinal data", Biometrical Journal, vol. 17, pp. 1-15
- 24) de Palma, A., Ben-Akiva, M. (1983): "Modelling and analysis of dynamic residential location choice", working paper
- 25) Duncan, G., et al. (1987): "The role of panel studies in research on economic behavior", Transp. Res. A, vol. 21A, pp. 249-263
- 26) Dunn, R., et al. (1987): "A nonparametric approach to the incorporation of heterogeneity into repeated polytomous choice models of urban shopping behaviour", Transp. Res. vol. 21A, pp. 327-343
- 27) Fischer, M., Nijkamp, P. (1987): "From static towards dynamic discrete choice modelling", Regional Science and Urban Economics 17, pp. 3-27
- 28) Hensher, D. (1986): "Statistical modelling of discrete choices in discrete time with panel data", Behavioural Research for Transport Policy, pp. 97-116
- 29) Johnson, L., et al. (1982): "Application of multinomial probit to a two-period panel data set", Transp. Res. A, vol. 16A, pp. 457-464
- 30) Heckman, J., et al. (1984): "A method for minimizing the impact of distributional assumptions in econometric models for duration data", Econometrica, vol. 52, No. 2, pp. 271-320
- 31) Hsiao, C. (1986): Analysis of panel data, Cambridge University Press
- 32) Kananoglou, P., et al. (1986): "Disequilibrium in the Canadian Regional System", Transformations through Space and Time, ed. by Griffith, D., et al., NATO ASI Series, pp. 212-233
- 33) Kitamura, R. (1984): "A model of daily time allocation to discretionary out-of-home activities", Transp. Res., vol. 18B, pp. 255-266
- 34) Kitamura, R., et al. (1987): "Analysis of attrition biases and trip reporting errors for panel data", Transp. Res. A, vol. 21A, pp. 287-302
- 35) Laird, N. (1978): "Nonparametric maximum likelihood estimation of a mixing distribution", J. of the American Statistical Association, December, pp. 805-811
- 36) Little, R. J. A., et al. (1987): Statistical analysis with missing data, John Wiley & Sons.
- 37) Maddala, G. (1983): Limited-dependent and qualitative variables in econometrics, Cambridge University Press
- 38) Miller, E., Lerman, S. (1981): "Disaggregate modelling and decisions of retail firms: a case study of clothing retailers", Environment and Planning A, vol. 13, pp. 729-746
- 39) Roy, J. (1984): "Some location and price equilibria in facility investment with uncertain demand", working paper
- 40) Rust, J. (1988): "Statistical models of discrete choice processes", Transp. Res. B vol. 22B, No. 2, pp. 125-158
- 41) Wilson, A., Harris, B. (1978): "Equilibrium values and dynamics of attractiveness terms in production-constrained spatial-interaction models", Environment and Planning A, vol. 10, pp. 371-388
- 42) Wrigley, N., et al. (1984): "Stochastic panel-data models of urban shopping behaviour: 2. Multistore purchasing patterns and the Dirichlet model", Environment Planning A, vol. 16, pp. 759-778