

交通需要管理施策の効果を評価する手法に関する一考察

広島大学 正会員 張 峻屹
 広島大学 正会員 杉 憲 頼
 広島大学 正会員 藤原 章正

1. はじめに

個人所得の向上、乗用車価格の低下などにより国民2人に1台の車を保有している今日の日本において、自動車交通需要が道路整備を上回る勢いで増加し、交通施設の整備のみでは交通混雑などの問題を解決することには限界が生じている。このため、交通需要管理(TDM)の必要性が叫ばれるようになっていく。TDM施策として車の効率的利用、経路の変更、出発時刻の変更、公共交通への転換などが挙げられる。しかし、これら施策の効果を評価する手法には多くの問題が残されている。その1つは利用者各々の意識の違いをモデルの中でどう反映するかのことである。

2. 既往モデルの問題点

1950年代後半にアメリカで確立された四段階推定法にしても、今日において脚光を浴びている非集計モデルにしても、分析対象(ゾーンや個人)間に共通の構造をもつ交通行動モデルはほとんどである。しかし、現実的に地域レベルにしろ個人レベルにしろ、その交通行動の構造は同一であるとは考え難い。この場合に異質性の問題が存在する。異質性とは地域特性または個人特性により生じる交通行動の違いのことで、観測異質性と非観測異質性に分けられる¹⁾。

また、交通行動分析は基本的にアンケート調査から得たデータを基に行われてきている。しかし、プライバシー保護やアンケートの不備な設計などにより収入の記入が拒否されたり、意向が正確に回答されなかったりすることはしばしばである。特に意向を尋ねる時に、いくら調査内容を精密に設計しても、回答者は将来の不確実性により利用するかどうかを曖昧に答えざるを得ない可能性が大きい。例えば、パネル調査では同一個人に対して追跡調査を行うため、無回答バイアス、無記入バイアス、消耗バイアスなど、パネルデータ独自のバイアスをもつことは知られている²⁾。従来、以上のようなバイアスは誤差項の一部として扱われ、個人間において同一な分布が仮定されてきた。しかし、これらのバイアスは個人間で異なると考えられるため、個人意識の違いを考慮した方法論が必要となる。

3. 異質性を考慮したモデル

調査対象の全サンプルを用いてモデルのパラメータ

を推定する場合、その母集団は同質であることを前提にしている。未知の母集団からいかに同質のサンプルを抽出するかについては厳密な方法がないため、調査サンプルを何らかの観測情報をもとにセグメントすることが必要である。このセグメントにより個人の観測異質性を考慮することができる。

3.1 観測異質性を扱うモデル

確率効用理論に基づく離散選択モデルを対象に、今まで以下のようなものが研究されてきている。

(1) 個人モデル

$$U_{ijt} = \sum_{k=1}^K \beta_{k,j} x_{k,jit} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

ただし、 U_{ijt} は個人*i*が時間*t*において選択肢*j*を選ぶ効用、 $x_{k,jit}$ はその*k*番目の説明変数、 $\beta_{k,j}$ は $x_{k,jit}$ のパラメータで、個人によって異なる。 ε_{ijt} は*i,j,t*に対してi.i.d.に従う誤差項である。

この個人モデルはマーケティング・リサーチでよく用いられるものである。例えば、SP調査では各個人に対して複数の回答を求めるため、その複数回答のデータを用いて個人ごとのパラメータを推定することができる。コンジョイント分析³⁾はこれに当たる。ただし、個人ごとのデータ数が少ない時に、推定した個人パラメータの信頼性が疑問視される。

(2) マーケット・セグメンテーションモデル

$$U_{ijt} = \sum_{k=1}^K \beta_k^g x_{k,jit} + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

ただし、 β_k^g はセグメント*g*によって異なる。

セグメント基準により個人の社会経済属性を基準とするア・プリオリ・セグメンテーション法と多次元変数を基準とするクラスターリング・セグメンテーション法の2つに大別される³⁾。

(3) 確率係数モデル⁴⁾

$$U_{ijt} = \sum_{k=1}^K \left(\sum_{q=1}^Q \beta_{q,k} Z_{iq,t} + \omega_{k,jit} \right) x_{k,jit} + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

ただし、 $Z_{iq,t}$ は時間*t*における個人*i*の*q*番目の属性変数、 $\beta_{q,k}$ は $Z_{iq,t}$ のパラメータ、*Q*は個人属性の総数、 $\omega_{k,jit}$ は*k,i,j,t*に対してi.i.d.に従う誤差項である。

3.2 非観測異質性を扱うモデル

非観測異質性パラメータ δ_{ij} を取り入れた離散選択モデルの効用関数は以下になる。

$$U_{ijt} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{k,jit} + \delta_{ij} + \varepsilon_{ijt} \quad (4)$$

δ_{ij} が確率的に変動しない場合、固定効果アブロー

チが必要で、 δ_{ij} が確率的に変動する場合、確率効果アプローチが必要である。

固定効果アプローチは時点間において選択行動を変えない個人を扱えず、少なくとも1時点において他の時点と異なった選択を行う個人しかモデルの中で考慮できない。このため、選択行動を変える個人の数が少ない時に、推定パラメータの統計的有効性に影響する可能性がある。さらに、線形とロジット以外の式形には適用しにくく、時間的不変変数のパラメータを推定できないなど幾つかの問題を抱えているため、確率効果アプローチの適用が望まれる¹⁾。

確率効果アプローチには δ_{ij} の連続分布を仮定するパラメトリック手法と δ_{ij} の離散分布を仮定するMass Point手法に分けられる。特にMass Point手法は一般性をもっており、推定も簡単であるために、個人の意識の違いを考慮した交通需要管理施策の効果を評価する手法として適用性が高いものと考えられる。

4. Mass Point 手法¹⁾

説明変数ベクトル x 、そのパラメータベクトル β および非観測異質性パラメータベクトル δ を条件とする目的変数ベクトル y の関数を $h_i(y|x, \beta, \delta)$ (例：個人 i の選択確率)として、 δ の分布関数を $F_i(\delta|x, \alpha)$ とする。 α は $F_i(\delta|x, \alpha)$ を表すパラメータベクトルである。すると、パラメトリック手法による y の関数の一般式 $P_i(y)$ は以下のように表される。

$$P_i(y) = \int_{\delta} h_i(y|x, \beta, \delta) dF_i(\delta|x, \alpha) \quad (5)$$

もし、 $h_i(y|x, \beta, \delta)$ が有限関数(bounded function)で、しかも、 $F_i(\delta|x, \alpha)$ が右連続、非減少関数であれば、Mass Point手法による $P_i(y)$ は下式のようにになる。

$$P_i(y) = \sum_{k=1}^m h_i(y|x, \beta, \xi_k) \rho_k \quad (6)$$

$$\rho_k \geq 0 \text{ and } \sum_{k=1}^m \rho_k = 1 \quad (7)$$

ただし、 ξ_k, ρ_k は非観測異質性パラメータの分布を表すMass Pointの位置パラメータとその重みパラメータである。 m はMass Pointの数である。

このMass Point手法の非集計交通機関選択モデルへの適用可能性は張¹⁾によって明らかにされた。TDM施策の中で、カープール、経路の変更、公共交通への転換などの離散選択行動分析への適用も可能である。

5. 期間モデル(duration model)⁵⁾

期間モデルは状態が変化するまでの時間(生存時間)を解析の対象とする。生存時間の分布は生存関数 $S(t)$

とハザード関数 $h(t)$ を用いて表現する。生存関数は確率変数 T がある時点 t を越える確率を意味する。ここで、 $T \leq t$ となる確率を示す分布関数を $F(t)$ 、確率密度関数を $f(t)$ とすると生存関数は式(8)のように表される。

$$S(t) = \text{Prob}(T \geq t) = 1 - \text{Prob}(T \leq t) = 1 - F(t) \quad (8)$$

ハザード関数は式(9)に示すように、 $t \leq T$ となる条件の下で、次の瞬間に状態が変化する確率を意味する。つまり、時刻 t まで生存し続けたものが時刻 $t + \Delta t$ までに状態が変化するという条件付き確率である。

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\text{Prob}(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (9)$$

期間モデルには比例ハザードモデルと加速モデルなどがある。前者は式(10)のように、生存時間の分布に影響する要因の効果が基準ハザード関数 $h_0(t)$ に $\exp(\beta x)$ という比例定数を掛けることによって明示的に扱うことができる。後者は生存時間をモデル化するもので、そのハザード関数は式(11)のように表される。 β は未知パラメータである。

$$h(t|x) = h_0(t) \exp(\beta x) \quad (10)$$

$$h(t|x) = h_0(t \exp(\beta x)) \exp(\beta x) \quad (11)$$

この期間モデルを利用して、利用者が情報提供の下で出発時刻をどのぐらい変更するか、あるTDM施策の効果がいつ現れるかなどを分析することができる。さらに、期間モデルの中で個人意識の違いを考慮するため、3節で記述した異質性を扱う手法であるMass Point手法などを適用することができる。

6. おわりに

TDM施策の効果をどのぐらい発揮できるかはその施策が実際に利用者各々の特性をどれだけ考慮しているにかかると。このように、利用者意識の違いをモデルに取り入れるような分析手法に関する議論が非常に重要であると思われる。

参考文献

- (1)張 峻(1996): 異質性を考慮した交通行動のダイナミックモデル、広島大学博士学位論文。
- (2)原田 昇(1989): 交通行動調査のバイアスに関する研究のレビュー、交通工学、Vol.24, No.5, pp.73-80。
- (3)片平秀貴(1993): マーケティング・サイエンス、東京大学出版社、pp.147-166。
- (4)Train K.(1986): Qualitative choice analysis - Theory, econometrics and an application to automobile demand, MIT Press, pp.29-59。
- (5)Hensher D. A. and Mannering F. L.(1994): Hazard-based duration models and their application to transport analysis, Transport Review, Vol.14, No.1, pp.63-82。