

交通選択の段階モデルと同時モデルについて

名古屋大学 正 河上省吾

名古屋大学 正 磯部友孝

1. はじめに

非集計型の交通需要モデルは、交通現象をトリップ主体の選択問題として考えて構築されたものである。初期の研究においては交通手段選択段階のみの開発が進められてきたが、現在では他の段階も同様な選択問題としてモデル化がなされている。しかし、複数の段階の選択問題を考えると各段階の間には選択の連続性があり、これをどのように考慮してモデル化を行うかが問題であり、明確にする必要がある。そこで本稿は、連続した段階の非集計モデルの構成法について検討を加え、さらに交通目的連関を考慮した非集計モデルの統合方法を提案する。

2. 連続した段階の非集計モデルの考え方

ここでは連続した需要推計段階を非集計モデルで構築する方法を考える。非集計連続型モデルの構成法は2通りある。ひとつは各々の段階の選択肢の組合せを一つの選択肢とし、その中から効用最大のものであると同時にモデルである。たとえば2つの交通手段があり、各々に経路が3本ずつある場合は、6つの選択肢を設定する。他のひとつは、*nested logit model* の考え方のように、たとえば「経路」などの細かい選択肢をまとめて「交通手段」といった粗い選択肢を設定する段階モデルである。これは、切り離して選択の考えられない場合に有効であり、交通手段選択時の各経路の情報が単なる平均値ではなく実際の行動に基づいて統合されたものであることが利点である。

3. 各段階の連続モデル

ここでは、連続した段階のモデルについて各々考察する。

① 分担、配分の連続モデル……交通手段選択は、個人の属性（たとえば自動車保有）、交通施設条件（たとえば鉄道路線の有無）に大きく影響を受ける。同一手段の経路選択は、個人属性の影響は小さくなく、交通施設条件（混雑度、乗換回数等）に大きく影響を受ける。よって交通手段選択の先決性の方が強いと思われる。

② 分布、分担の連続モデル……目的地選択時の距離抵抗は利用手段により異なる。分布と分担の連続モデルはこれを明確に表そうとするモデルである。両段階の先決性を考えてみる。人はある目的を達成するために目的地へ行く。特に通勤通学交通の目的地は特定の場所だが、買物・レジャー交通の場合は特定の場所とは限らないことから、目的地選択の先決性は通勤通学交通で強く、手段選択の先決性は、大きな荷物を運ぶ必要のある買物交通やドライブ等のレジャー交通で強いと思われる。

③ 発生、分布の連続モデル……このモデルのひとつは、目的地の選択肢に「トリップしない」という選択肢を加えて、各目的地へ行く効用とどこへも行かない効用を比較する形式である。他のひとつは、*nested logit model* の考え方に基づき、各目的地へ行くことを想定した「トリップする」効用の期待値と、「トリップしない」効用を比較する形式である。通勤通学交通の場合、トリップ頻度、目的地ともに固定的であるので発生・分布段階の選択モデルは必要としない。1日単位の短期の買物・レジャー交通の場合、どちらの先決性が強いかは一概には言えない。

4. 目的連関を考えた非集計モデルの統合方法

これまでの考察から、非集計モデルのうち特に発生、分布モデルは交通目的別に作成する必要があることがわかった。しかし、3. に示したモデルを用いて交通現象全体を表現するためには、交通目的毎に作成された非集計交通需要モデルを目的連関を考慮して統合しなければならない。

トリップチェーンを吸収マルコフ連鎖モデルにより記述する方法が近藤勝直によって提案されている¹⁾。このモデルの仮定のひとつに「目的間遷移行列は対象とする人口のメンバーの各々について同一である」というものがある。本稿では、この仮定を緩めて「目的間遷移行列は対象とする市場セグメント毎に異なり、同一市場セグメントのメンバーについては同一である」とし、さらにゾーン間遷移確率、トリップ発生確率を市場セグメント毎に非集計モデルから求め、吸収マルコフ連鎖モデルの構築を試みる。この方法を用いることにより、非集計モデルではホームベース(HB)トリップ発生確率しか求まらないとか、交通目的連関が考慮できないという短所を補える。

まず、 IP_{kl} ($IP_{kl} = \{P_{ij}^{kl}\}$) をセグメント k に属するメンバーの交通目的 l におけるゾーン間遷移確率行列とし、 Y_k をセグメント k に属するメンバーの目的間遷移確率行列とする。ここで IP_{kl} は式(1)の非集計目的地選択モデルによって求められる。式(2)の要因 t_{ij} は手段選択モデル、配分モデルの結果から得ることができ、よって要因 t_{ij} を式(2)に入れることにより他の推計段階のモデルとの結合が可能である。この IP_{kl} 、 Y_k を式(3)(4)のように対角行列に直せば近藤と同様な方法で各ゾーンからの発生交通量、集中交通量、 $\bar{O}$ 交通量が求まる。たとえば着エンドの集中量をみていくと、第1トリップ後の各着エンドに集まる確率は $W_1 = IP$ となり、さらに第 n トリップ後の着エンドに集まる確率は $W_n = IP(I - \tilde{Y}IP)^{n-1}$ となる。 $n \rightarrow \infty$ とすれば式(5)となる。

セグメント k の人口を M_k とし、第1トリップ(HBトリップ)の発生確率行列を A_k とする。この A_k は式(6)のようにどの交通目的で発生するのがあるいは発生しないのかを示す確率行列であり、これは非集計発生モデルから求められる。よって $M_k \cdot A_k$ はセグメント k に属する人の交通目的別発生量となる。これを式(7)のように対角行列表示し、式(5)とかけると、集中交通量は式(8)のように求まる。同様に発生交通量は式(9)、 $\bar{O}$ 交通量は式(10)で求まる。

5. おわりに

以上、本稿では nested 型の段階モデルと同時モデルの考え方をまとめ、各需要推計段階にあてはめた場合について検討した。さらに交通目的別に作成されたモデルを吸収マルコフ連鎖モデルにより、全目的のゾーン発生・集中交通量、 $\bar{O}$ 交通量を求める方法を提案した。今後は、実際のデータに基づいて現在のところ推論でしかない部分の検証を行う必要がある。〈参考文献〉1) 近藤勝直: マルコフ手法を用いた都市交通需要推計プロセス, 1977.

$$P_{ij}^{kl} = \frac{\exp(u_{ij}^{kl})}{\sum_m \exp(u_{im}^{kl})} \quad (1)$$

$$u_{ij}^{kl} = f(t_{ij}, m_j, S_k, P_l) \quad (2)$$

ここに u_{ij}^{kl} , P_{ij}^{kl} はセグメント k に属するメンバーがゾーン i にいた場合、次にゾーン j へ交通目的 l で行く効用と選択確率。
 t_{ij} はゾーン i とゾーン j の間の交通条件。
 m_j はゾーン j の魅力度。
 S_k はセグメント k の属性。
 P_l は交通目的 l の特性。

$$IP = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ IP_{kl} & & \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (3) \quad \tilde{Y} = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_k & & \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$W = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n W_k \\ = IP(I - \tilde{Y}IP)^{-1} \quad (5)$$

ここに I は単位行列

$$A_k = \begin{bmatrix} a_w \\ a_s \\ a_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

a_w, a_s は通勤、買物トリップ発生確率
 a_n は発生しない確率

$$A = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ M_k \cdot A_k & & \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$AIP(I - \tilde{Y}IP)^{-1} \quad (8)$$

$$A + A(I - \tilde{Y}IP)^{-1}\tilde{Y} \quad (9)$$

$$AIP(I - \tilde{Y}IP)^{-1}P \quad (10)$$

$$\text{ただし } \tilde{X} = \begin{bmatrix} x_1 & & \\ & \ddots & \\ & & x_n \end{bmatrix}$$