

IV-385 バス研究における2手段と3手段の分担、配分統合モデルの比較研究

名古屋大学工学部 正会員 河上省吾
名古屋大学大学院 学生員 石 京〇

1、はじめに

限られた都市内の交通空間を有効に利用するために、輸送力の大きな鉄道、バス等の公共交通機関が都市交通手段の中心でなければならない。バスは対象地域の道路状況や需要変動に応じた面的な輸送サービスを提供できる唯一の公共交通機関であり、その適切な活用方法を研究すべきである。

従来の四段階推定法では、各段階を分離して需要量を推定するので、不整合の問題が生じる恐れがあった。不整合の問題を解消するために、各段階を統合した交通需要予測手法が望ましい。

現在このような交通需要予測モデルがいくつか開発されている。名古屋大学河上研究室では、短期需要を予測するための2手段と3手段の分担、配分統合モデルを開発しており、本文では、バス輸送について研究するに際して、最も有効な方法を探すために、この二つのモデルの是非について、検討する。

2、提案したモデルについて

提案しているモデルは、交通手段分担、経路配分の両方に、手段別の利用者の時間価値を区別した一般化費用の概念を取り入れ、かつ、バスの所要時間が道路網の混雑の影響を受ける機能を組み込んだものである。

モデル1：2手段分担配分モデル

$$\min Z = \sum_a \int_{X_a^C} U_a^C(X) dX + \sum_{ij} (T_{ij} - X_{ij}^C) U_{ij}^M(C, F, X) - \sum_{ij} T_{ij} \int_0^{\theta_{ij}^C} g^{-1}(t) dt \quad (1)$$

$$s.t \quad X_a^C = \sum_k \sum_{ij} \delta_{aij}^k h_{kij}^C, \quad X_{ij}^C = \sum_k h_{kij}^C,$$

$$X_{ij}^C + X_{ij}^M = T_{ij}$$

$$h_{kij}^C \geq 0, \quad X_{ij}^C \geq 0, \quad X_{ij}^M \geq 0$$

ただし

$$U_a^C(X) = C_a^C + \lambda_c t_a^C(X)$$

$$U_{ij}^M(C, F, X) = C_{ij}^M + \lambda_m t_{ij}^M(F, \sum_a \delta_{aij} t_a^C(X_a^C))$$

$$X_{ij}^C = \theta_{ij}^C T_{ij}$$

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{a} \ln \frac{1 - \theta_{ij}^C}{\theta_{ij}^C} - \frac{b}{a}, \quad (a \geq 0)$$

モデル2：3手段分担配分モデル

$$\min Z = \sum_a \int_{X_a^C} U_a^C(X) dX + \sum_{ij} X_{ij}^B U_{ij}^B(C^B, t_{ij}^B) + \sum_{ij} (T_{ij} - X_{ij}^C - X_{ij}^B) U_{ij}^R(C^R, t_{ij}^R) - \sum_{ij} T_{ij} \int_0^{\theta_{ij}^C} g^{-1}(t) dt \quad (2)$$

$$s.t \quad X_a^C = \sum_k \sum_{ij} \delta_{aij}^k h_{kij}^C, \quad X_{ij}^C = \sum_k h_{kij}^C,$$

$$X_{ij}^C + X_{ij}^B + X_{ij}^R = T_{ij}$$

$$h_{kij}^C \geq 0, \quad X_{ij}^C \geq 0, \quad X_{ij}^B \geq 0, \quad X_{ij}^R \geq 0$$

ただし

$$U_a^C(X) = C_a^C + \lambda_c t_a^C(X)$$

$$U_{ij}^B(C^B, t_{ij}^B) = C_{ij}^B + \lambda_b t_{ij}^B(t_{cw}^B(F^B), t_{ijm}^B(X), t_{wk}^B(X))$$

$$U_{ij}^R(C^R, t_{ij}^R) = C_{ij}^R + \lambda_r t_{ij}^R(t_{cw}^R(F^R), t_{ijm}^R(X), t_{wk}^R(X))$$

$$t_{ijm}^B(X) = 1.5 \sum_a \delta_{aij}^B t_a^C(X_a^C)$$

$$X_{ij}^C = \theta_{ij}^C T_{ij}, \quad X_{ij}^B = \theta_{ij}^B T_{ij}$$

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{a} \ln \frac{\theta_{ij}^C}{1 - \theta_{ij}^C} + \frac{b}{a}, \quad (a \leq 0)$$

モデルの中でXは交通量、Uは一般化費用、Cは走行費用及び運賃、Fは運行回数、Tは総交通量、 θ は分担率を表している。添字のijはODペア番号、aはリンク、C,B,R,Mはそれぞれ手段の車、バス、鉄道及び公共交通機関を表している。 $g^{-1}(\cdot)$ は逆需要関数、a,bはパラメータ、 λ は時間価値である。

3、二つのモデルの比較

まず、モデル自身から考える。二つのモデル共に、変動需要型交通量均衡配分法に基づき、ロジットモデルによって分担交通量を推定し、均衡状態を求めるものである。根本的な区別は、モデル1では、バスと鉄道は連続して同一ネットワークで、モデル2では、バスと鉄道を分けて、二つのネットワークと考えている。また、逆需要関数も異なっている。

一般的に需要関数はOD間最小一般化費用の関数であり、以下の式で表される。

$$\theta_{ij} = D(u_{ij})$$

2手段の場合、車の交通量分担率はロジットモデルの次式で与えられる。

$$\theta_{ij}^C = \frac{1}{1 + e^{a(U_{ij}^C - U_{ij}^B) + b}}$$

この式によって車の交通需要量は手段間一般化費用差の関数であるため、それを逆需要関数と定義している。導いた逆需要関数は単調減であり、以下のようである。

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{a} \ln \frac{1 - \theta_{ij}^C}{\theta_{ij}^C} - \frac{b}{a}$$

3手段の場合、直接車の需要関数を設定することが極めて難しく、逆需要関数の特定化は困難であるので、モデル2では分担率モデルによって車に対する逆需要関数を求める。モデル2の逆需要関数は、車の一般化費用を定義したものである。具体的に、以下のように導いたものである。

車の分担率は次式で示される多項ロジットモデルによって、与えられると考えた。

$$\theta_{ij}^C = \frac{e^{-\alpha U_{ij}^C}}{e^{-\alpha U_{ij}^C} + e^{-\alpha U_{ij}^B} + e^{-\alpha U_{ij}^R}}$$

ここに、 $U_{ij}^C, U_{ij}^B, U_{ij}^R$ は車、バス、鉄道それぞれの一般化費用であり、 α は手段選択時のばらつきを示すパラメータである。

いま、以下のような記号を導入すると

$$\begin{aligned} g^{-1}(t) &= U_{ij}^C \\ a &= -\alpha \\ b &= \ln \left\{ e^{-\alpha U_{ij}^B} + e^{-\alpha U_{ij}^R} \right\} \end{aligned}$$

逆関数は次のようになる。

$$g^{-1}(t) = \frac{1}{a} \ln \frac{\theta_{ij}^C}{1 - \theta_{ij}^C} + \frac{b}{a}$$

この逆関数の中に、バスと鉄道の影響が含まれていると考えられるが、バス、鉄道の一般化費用を直接含んでいないという欠点が存在している。

都市内では、鉄道整備の増加により、バスはそれを補う交通機関になり、バスのフィーダ輸送機能を研究すべきである。3手段の場合は、セントロイドを細かくしなければ、乗り継ぎのことを考えられない。しかしながら、セントロイド数は多くなると、計算は複雑になる。2手段の場合バスと鉄道を同じネットワークに編成するので、適度のセントロイドがあれば手段間の乗り継ぎのことを考えられる。さ

らに、そのうえに、バスと鉄道の共通運賃などの運輸連合問題も検討しやすいであろう。

都市内バスに関する研究には、以下に示している課題があると考えられる。表1に、この二つモデルの適用範囲について簡単に列挙している。

表1 モデルの適用範囲

研究内容	モデル1	モデル2
バス路線設置、調整	可	可
バス運行頻度の検討	可	可
バス運賃システムの影響分析	可	可
バス運行速度	可	可
鉄道との乗り継ぎ	可	不可
運輸連合(運賃、計画)	可	不可
手段別OD分担率の計算	不可	可
鉄道路線少ない地区への適用	可	不可

4. おわりに

以上で、二つのモデルの基本的な点について検討した。実際の大都市の公共交通計画では、一般的に鉄道を中心とし、バスは幹線鉄道を補完するように整備する。また普通の都市では、鉄道だけでネットワークを構成できないこともあるので、バスと鉄道を同じ公共交通ネットワークに組んで、考える場合が多いと思われる。さらに、こういう場合は、モデルの構造も簡単になり、特に逆需要関数の意義も明瞭になり、処理しやすくなる。以上の分析により、一般的に2手段のモデルは使うべきであると考えられる。

バス輸送の研究への応用に際して、二つモデル共に残っている問題は、以下のようである。

- 1) 一般化費用の中に徒歩および待ち時間の時間価値は乗車時間価値から分離する必要がある。
- 2) 公共交通機関特にバス車両の乗車人員の上限を入れることが必要である。
- 3) 長期予測をするために、分布需要変動の影響を考慮する必要がある。

参考文献

- 1、高田 篤：都市交通体系に於ける公共輸送機関の料金システム及び輸送計画の評価に関する研究、名古屋大学修士論文、1990
- 2、石 京：変動需要型手段分担、配分統合モデルを用いたバス輸送計画に関する研究、名古屋大学修士論文、1992