

観測リンク交通量に基づくOD交通量予測法に関する一考察

名古屋大学 正会員 河上省吾
豊橋技術科学大学 正会員 広島康裕
名古屋大学 学生会員 ○陸 化普

1: はじめに

OD分布交通量を調査することは交通需要分析及び予測において極めて重要な位置を占めている。この調査は、基本的にはパーソントリップ調査によって行われるが、この実施には膨大な資金と時間を要する。従って、より調査し易い観測リンク交通量からOD交通需要を予測できるモデルの構築は、交通計画の研究分野での研究課題の一つとなっている。そこで、本研究では従来のBoyceFiskらの研究成果を踏まえ、分布、分担、配分統合モデルという形で目的地選択、手段選択、経路選択を齊合的に与える最適化問題を定式化し、観測リンク交通量データを用いてそれを解くことによってOD分布交通量予測モデルのパラメーターを求めると同時に現況分布交通量を推計する方法について検討することを目的とする。

2. 最適化問題による統合モデルの定式化

(1) エントロピーによる交通行動の表現

交通行動の分析を行う際、経路選択については、一般に、Wardrop原理すなわち私的交通費用の最小化原理が用いられる。しかしながら、手段選択については、人の交通費用の認識に個人差が存在する為、こうした原理は必ずしも説得力を有するものではない。さらに、目的地選択に関しては、こうした原理によっては説明できない部分が大きい。これは、人の交通費用の認識においては、手段選択、目的地選択に関して、ばらつき (dispersion) が大きいことにも起因している。これらにおける私的交通費用の最小化原理からの交通行動の偏差についてはエントロピー関数で測ることが可能である¹⁾。そこで、本研究では、基本的には私的交通費用最小化原理に基づきつつ、手段選択、目的地選択については、そのばらつきを考慮する必要があるので、エントロピー最大化原理をも適用することにより、分布、分担、配分を統合した形で交通量を与えるモデルの定式化を行うものである。

(2) 最適化問題の定式化

a. 用いる記号の定義

i, j, m, r はそれぞれトリップの発生地、目的地、交通手段及び経路を表す。 P_{ijmnr} , V_a^m , S_a^m はそれぞれ ij 間の手段 m の経路 r の交通量の総トリップに対する割合、リンク交通量及び一般化費用を表す。 T はトリップ総数、 $\bar{P}_i$ は i の発生交通量の総発生量に対する割合、 D_m は手段分担に対する与えられたエントロピーの制限である。 $\hat{C}$ は観測リンク交通量から求められる常数である。それを求める方法は後に述べる。 $\bar{V}_a$ は観測リンク交通量である。

$$\text{Max} - \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r (\sum P_{ijmnr}) \ln (\sum P_{ijmnr}) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{1}{T} \sum_m \sum_a \int_0^{V_a^m} S_a^m(x) dx = \hat{C} \quad (2)$$

$$V_a^m = \sum_i \sum_j \sum_r P_{ijmnr} \delta_{ijmnr}^a T \quad (3)$$

$$\sum_j \sum_m \sum_r P_{ijmnr} = \bar{P}_i \quad (4)$$

$$- \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r (\sum P_{ijmnr}) \ln (\sum P_{ijmnr}) \geq D_m \quad (5)$$

$$P_{ijmnr} \geq 0 \quad (6)$$

b. 分布、分担、配分統合モデルの定式化

本研究では、分布、分担、配分統合モデルは式(1)から式(6)までに示すような最適化問題として定式化することができる。さらに、これらはLagrangianを考えることによって以下のような形を得られる。

$$\begin{aligned} \text{Min } L = & \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r (\sum P_{ijmnr}) \ln (\sum P_{ijmnr}) + \alpha \left[\frac{1}{T} \sum_m \sum_a \int_0^{V_a^m} S_a^m(x) dx - \hat{C} \right] + \sum_i \rho_i \left(\bar{P}_i - \sum_j \sum_m \sum_r P_{ijmnr} \right) \\ & + \gamma \left[D_m + \sum_j \sum_m \sum_r (\sum P_{ijmnr}) \ln (\sum P_{ijmnr}) \right] + \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r \tau_{ijmnr} (-P_{ijmnr}) \quad (7) \end{aligned}$$

ここで、 α 、 ρ_i 、 γ 、 τ_{ijr} はLagrangianの未定乗数である。

もし、 $\alpha = \eta$ 、 $\rho_i = \eta \lambda_i$ 、 $\gamma = \eta / \mu$ 、 $\tau_{ijr} = \eta \theta_{ijr}$ とおけば、 (8)

この最適化問題は次のように改められる。

$$\begin{aligned} \text{Min } L = & \eta \left[\frac{1}{\eta} \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r (\sum_r P_{ijr}) \ln (\sum_r P_{ijr}) \right] + \frac{1}{T} \sum_a \sum_o \int_0^{V_a^*} S_a^*(x) dx - \hat{C} + \sum_i \lambda_i (\bar{P}_i - \sum_j \sum_m \sum_r P_{ijr}) \\ & + \frac{1}{\mu} \left[\sum_i \sum_j \sum_m \sum_r (\sum_r P_{ijr}) \ln (\sum_r P_{ijr}) + D_a \right] + \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r \theta_{ijr} (-P_{ijr}) \end{aligned} \quad (9)$$

(3) 最適化条件とNested Logit モデル

式(9)の定式化はBoyceらの統合モデルの定式化と同じであるので、こうした問題を解くことによってNested Logit モデルを導くことができる。

まず、式(9)の関数を変数 P_{ijr} に対して微分すれば、次の最適化条件が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_{ijr}} = & \sum_a S_a^*(V_a^*) \delta^a_{ijr} + \lambda_i (-1) + \frac{1}{\mu} [L_n(\sum_r P_{ijr}) + 1] \\ & + \frac{1}{\eta} [L_n(\sum_j \sum_m \sum_r P_{ijr}) + 1] + \theta_{ijr} (-1) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

目的関数の微分式(10)と制約条件式(4)を整理すると次のNested Logitモデルが導出される。

$$\sum_r P_{ijr} = \bar{P}_i \cdot \frac{e^{-\beta \tilde{C}_{ij}} \cdot e^{-\mu C_{ijr}}}{\sum_j e^{-\beta \tilde{C}_{ij}} \cdot \sum_m e^{-\mu C_{ijr}}} \quad (11)$$

ただし、

$$\tilde{C}_{ij} = \frac{1}{\mu} L_n \sum_m e^{-\mu C_{ijm}}, \quad \beta = \frac{\mu}{\eta + \mu} \quad (12)$$

3. 観測リンク交通量を用いるOD分布交通量予測モデルのパラメーター推定方法

まず、観測リンク交通量から $\hat{C}$ を求める。そして、定式化された問題(9)を解くことにより、OD分布交通量とそのモデルのパラメーター μ と η を同時に求める。

$\hat{C}$ の決め方には次の二つの場合が考えられる。

(1) すべてのリンク交通量が観測された場合、式(2)より求められる。

(2) 部分的な観測リンク交通量しか与えられていない場合、リンクのタイプによって、観測リンク交通量がKグループに分ける。グループKの $\bar{C}_K$ を式(13)で求める。これはリンクパフォーマンス関数の積分値の平均値である。ただし、 L_K はグループKに属するリンクの集合、 n_K は L_K のリンク数である。この時、 $\hat{C}$ は式(14)で求められる。

$$\bar{C}_K = \frac{1}{n_K} \sum_{a \in L_K} \int_0^{V_a^*} S_a(x) dx \quad (13)$$

$$\hat{C} = \sum_{K=1}^K P_K \bar{C}_K \quad (14)$$

ただし、 P_K はグループKに属するリンクが全ネットワークの中に占める割合である。

4. おわりに

以上のようなリンク交通量から統合モデルのパラメーターとOD交通量を同時に求める方法を名古屋市の事例に適用する。なお、具体的な計算結果は講演時に発表することにする。

参考文献

1. D.E. Boyce, K.S. Chon, Y.J. Lee, K.T. Lin: Implementation and computational issues for combined models of location, destination, mode, and route choice, Environment and Planning A, 1983, volume 15, pages 1219-1230, 1983.
2. C.S. Fisk and D.E. Boyce: A note on trip matrix estimation from link traffic counts data, Trans. Res. 17B, 245-250, 1983.