土木学会第44回年次学術講演会（平成元年10月）

Ⅳ-17　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　広畠康裕
日建設計　正会員　○陸　化普

１．はじめに

観測リンク交通量に基づくＯＤ分布交通量を推計する手法はこれまで多く提案されてきた。しかしながら、それぞれ問題点を有しているので、より優れた方法が開発される必要がある。そこで、本研究では従来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、経路選択を斉合的に取り扱う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ＯＤ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)定式化の考え方：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ため、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。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需要交通量を取り扱うモデルの定式化を行うものである。

(2)最適化問題による分布、分担、配分統合モデルの定式化

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_{ijmr}，$V_a{}^m$、$S_a{}^m(V_a{}^m)$ 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、手段mのリンク交通量及び一般化費用を表す。Tはトリップ総数、$\overline{P}_i$ はゾーン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。$\overline{V}_a{}^m$ は観測リンク交通量である。

b. 分布、分担、配分統合モデルの定式化

本研究ではFiskとBoyceなどの研究結果を踏まえて、観測リンク交通量から手段別のＯＤ分布交通量を予測できるモデルを求めるため、Fiskのモデルを拡大して、式(1)から式(6)までに示すような最適化問題として分布、分担、配分統合モデルを定式化する。

$$\mathrm{Max}\ -\sum_i\sum_j\left(\sum_m\sum_r P_{ijmr}\right)\ln\left(\sum_m\sum_r P_{ijmr}\right) \qquad (1)$$

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

$$V_a{}^m=\sum_i\sum_j\sum_r P_{ijmr}\,\delta^a{}_{ijmr}\,T \qquad (3)$$

$$\sum_j\sum_m\sum_r P_{ijmr}=\overline{P}_i \qquad (4)$$

$$-\sum_i\sum_j\sum_m\left(\sum_r P_{ijmr}\right)\ln\left(\sum_r P_{ijmr}\right)\geq D_m \qquad (5)$$

$$P_{ijmr}\geq 0 \qquad (6)$$

目的関数式(1)は分布に対す

るエントロピーを表現するものである。制約条件式(2)はネットワークの均衡条件で、制約式(5)は交通手段に対するエントロピーの限界値である。このモデルが表している交通状態は均衡制約条件と交通手段に関するエントロピーの制約条件とのもとで、交通分布に関するエントロピーを最大化するような交通状態である。

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

さらに、これらはラグランジェ関数を考えることによって式(7)のように変形できる。

ここに、 η，ρ_i，γ，τ_{ijmr} はラグランジェ関数の未定乗数である。

(3)最適化条件と Nested Logit モデル

ラグランジェ関数式(7)を変数 P_{ijmr} 及びラグランジェの未定乗数で微分し、その結果を整理することによって、手段別のＯＤ交通量率を表すNested Logitモデルを導くことができる。

$$
\sum_r P_{ijmr} = \bar{P}_i \cdot \frac{e^{-\beta(\eta,\mu)\tilde{C}_{ij}}\ e^{-\mu C_{ijm}}}{\sum_j e^{-\beta(\eta,\mu)\tilde{C}_{ij}}\ \sum_m e^{-\mu C_{ijm}}} \qquad (8)
$$

ここに、

$$
\tilde{C}_{ij} = \frac{1}{\mu} \ln \sum_m e^{-\mu C_{ijm}}, \qquad \beta(\eta,\mu) = \frac{\mu^2}{\eta+\mu} \qquad (9)
$$

３．観測リンク交通量を用いるＯＤ分布交通量を推計する方法

まず、観測リンク交通量から制約条件式(2)の右辺の常数 $\hat{C}$ を求める。そして、定式化された問題を解くことにより、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。

(1) $\hat{C}$ の決め方には次の二つの場合が考えられる。

a. 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。

b. 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、観測リンク交通量をＫグループに分ける。各グループの $\bar{C}_k^m$ を式(10)で求める。$\bar{C}_k^m$ は手段ｍのグループＫにおけるリンクパフォーマンス関数の積分の平均値である。ただし、L_k^m はグループＫにおけるリンクの集合。n_k^m は L_k^m におけるリンク数である。

さらに、$\hat{C}$ は次の式(11)で求められる。ここに、P_k^m は手段ｍのグループＫにおけるリンク数の全ネットワークリンク数に対する割合である。

$$
\bar{C}_k^m = \frac{1}{n_k^m} \sum_{a \in L_k^m} \int_0^{\bar{V}_a^m} S_a^m(x)\, dx \qquad (10)
$$

$$
\hat{C} = \sum_m \sum_{k=1}^{K} P_k^m \bar{C}_k^m \qquad (11)
$$

(2)定式化された最適化問題の解き方

$\hat{C}$ が求められた後、式(8)に示すＮＬモデルと微分式とを同時に解くことによって、現状ＯＤ交通量率 P_{ijmr} とＮＬモデルのパラメーター γ と η が斉合的に求められる。しかしながら、ＯＤ交通量率 P_{ijmr} は γ と η の関数であるので、この問題は解析的には解けない。それゆえに、繰り返し計算法を用いて観測リンク交通量から手段別のＯＤ交通量を求めることにする。

４．おわりに

以上のような観測リンク交通量からＯＤ交通量と統合モデルのパラメーター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。