不整合入力データのもとでの OD 交通量修正手法に関する研究

名城大学学生員堀場 庸介名城大学正会員松本 幸正名城大学フェロー松井 寛

1. はじめに

経路交通量は,情報提供や交通制御などの交通運用施策を実施する上で,重要な指標の1つとなるが,経路交通量を直接観測することは容易ではない.

観測交通量に基づいて経路交通量を推定するには, 事前OD交通量,経路利用率,観測リンク交通量などの 入力データが一般に必要である.本研究では,事前OD 交通量が適切に与えられない場合においても経路交通 量を推定可能な手法を示し,リンク交通量観測値を用 いてOD交通量を修正する手法を提案し,経路交通量の 推定精度の向上を図る.

2. 経路交通量の推定手法

本研究では,経路交通量を推定するモデルを同時生起確率最大化による方法で定式化する.このモデルでは,先験確率である経路利用率を事前に与える必要があるが,プローブデータを用いることにより経路利用率を推定することが可能である.以下,リンク交通量を確定値とするモデル確定値としないモデルの2種類を定式化する.

(1) リンク交通量確定的モデル

リンク交通量を確定値とする場合 ,事前OD交通量の もとで経路交通量に関する同時生起確率最大化により , 以下の数理最適化問題として定式化される .

$$\max \left[\prod_{i} \frac{\hat{q}_{ij}!}{\prod_{k} h_{ijk}!} \prod_{k} (\hat{p}_{ijk})^{h_{ijk}} \right]$$
 (1)

subject to
$$\hat{q}_{ij} = \sum h_{ijk}$$
 (2a)

$$\hat{v}_l = \sum_i \sum_i \sum_k \delta^l_{ijk} h_{ijk}$$
 (2b)

ここで,記号^は与件であることを表し,各変数の 意味は以下のようである.

 \hat{q}_{ij} : ゾーンi-j間の OD 交通量

 v_i : リンクlのリンク交通量

 h_{iik} : ゾーンi-j間の第k 経路の交通量

 \hat{p}_{ik} : ゾーンi-j間の第k 経路の経路利用率

 δ_{iik}^{l} : ゾーンi-j間の第k 経路がリンクl を通る時

1,その他を0とするダミー変数

(2) リンク交通量確率的モデル

リンク交通量を確定値としない場合,事前OD交通量のもとで経路交通量,リンク交通量に関する同時生起確率最大化により,以下の数理最適化問題として定式化される.

$$\max \left[\prod_{i} \prod_{j} \frac{\hat{q}_{ij}!}{\prod_{k} h_{ijk}!} \prod_{k} (\hat{p}_{ijk})^{h_{ijk}} \right] \cdot \left[\frac{\hat{V}!}{\prod_{l} v_{l}!} \prod_{l} (\hat{g}_{l})^{v_{l}} \right]$$
(3)

subject to
$$\hat{q}_{ij} = \sum h_{ijk}$$
 (4a)

$$v_l = \sum \sum_{i} \sum_{j} \delta_{ijk}^l h_{ijk}$$
 (4b)

$$\hat{V} = \sum_{i} v_{i} \tag{4c}$$

ここで,各変数の意味は以下のようである.

V: 観測リンク交通量の総和g,: リンクlの観測リンク比率L: 観測リンク交通量の集合

3. 経路交通量推定モデルの比較

上記に示した経路交通量推定モデルを,図 1,3 に示すテストネットワーク 1 (ノード数 3,リンク数 4)とテストネットワーク 2 (ノード数 12,リンク数 25)に適用する.検証データとして,OD 交通量は,OD ペアごとに異なる値とし,リンクコスト関数には BPR 関数を利用し,利用者均衡配分を行った.配分結果から得られたリンク交通量を観測リンク交通量とし,経路交通量は,観測リンク交通量に一致するように求めた.

はじめに ,テストネットワーク 1 を用いて ,事前 OD 交通量の与え方による 2 種類の提案モデルの差異を検証する . OD ペアは 3OD ペアとし , 経路数は 4 経路 , 観測リンク交通量は $[\hat{v}_1,\hat{v}_2]$ = [3160,2450] とした . まず ,式(2)の制約条件に着目し , 事前 OD 交通量の実行可能解の領域を算出する $^{1)}$.式(2b)から経路交通量の一般解は以下のように表すことができる .

$$\begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3160 \\ 0 \\ 0 \\ 2450 \end{bmatrix}$$
 (5)

 λ_1 、 λ_2 は任意のベクトルである.次に,式(2a)、(5)か

キーワード 経路交通量 , OD 交通量 , 同時生起確率

ら 事前 OD 交通量を以下のように表すことができる.

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3160 \\ 0 \\ 2450 \end{bmatrix}$$
 (6)

OD 交通量,経路交通量は非負なので,これらを解くと OD 交通量の実行可能領域は図 2 のようになる. 一般に事前 OD 交通量は,十分な精度を有しているとは限らない.そこで,事前 OD 交通量を Case1,2 は,図 2 の実行可能領域外にある場合,Case3,4 は OD パターンが異なる場合として与え,2 種類の提案モデルを比較した.その結果,リンク交通量確定的モデルでは経路交通量の解が得られないことが確かめられた.このことから,事前 OD 交通量が適切に与えられない場合において,リンク交通量を確定的制約条件とはできないことがわかる.

4. 事前 OD 交通量修正による経路交通量の推定

前節より,事前 OD 交通量が適切に与えられない場合,リンク交通量確率的モデルが有用であることがわかった.しかしながら,経路交通量の推定精度は事前 OD 交通量の精度に依存していることが知られている.そこで,事前 OD 交通量を修正することにより,データの不整合による誤差を少なくすることを考える.事前 OD 交通量の修正は,経路利用率と観測リンク交通量を用いて,各リンク交通量の誤差を OD ペアごとに比例配分することにより行った.

表 1 はテストネットワーク 1 における経路交通量の 推定結果を示したものである.表より,事前 OD 交通 量の修正前は経路交通量の推定誤差が非常に大きいが, 修正後では経路交通量の推定精度が向上していること がわかる.

テストネットワーク 2 に提案モデルを適用する .ODペア数を 9ODペアとし 真の OD 交通量の範囲を 1008から 6045の間とした.表 2 は経路交通量の推定結果と事前 OD 交通量,観測リンク数との関係を示したものである.事前 OD 交通量は一律に1,100,10000台とした.表より,事前 OD 交通量を修正後では経路交通量の推定精度が向上し,さらに,事前 OD 交通量,観測リンク数は OD 交通量を修正後の経路交通量の推定装差に影響していることがわかる.

5. おわりに

本研究では,2 種類の経路交通量推定モデルを簡単なネットワークに適用し,提案モデルを比較した.そ

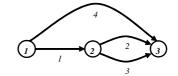
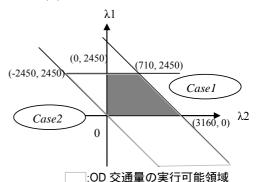


図1 テストネットワーク1



| 経路交通量の実行可能領域

図2 実行可能解の存在範囲

表 1 経路交通量推定結果

RMS 誤差(台)	case1	case2	case3	case4
更新前	895.73	2258.80	2519.29	2518.89
更新後	498.45	1407.07	347.41	276.94

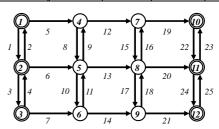


図3 テストネットワーク2

表 2 経路交通量推定結果

観測		RMS 誤差(台)			
リンク数	事前 OD	1	100	10000	
7 リンク	更新前	910.53	881.68	2674.56	
	更新後	253.26	249.16	226.13	
3 リンク	更新前	910.52	880.36	2709.80	
	更新後	908.80	892.36	641.98	

の結果,事前 OD 交通量の与え方により,リンク交通量を確定的制約条件にするモデルでは解が得られない場合があることがわかった.さらに,事前 OD 交通量を修正後の経路交通量の推定値は,観測リンク数や修正前の事前 OD 交通量に依存していることがわかった.

今後の課題として,得られる解の特性やより効率的な解法について研究を進める必要がある.

参考文献

1)楊海,飯田恭敬,佐佐木網:ネットワーク均衡に基づくODマトリックス推計法と誤差限界 交通工学 ,Vol27, No.2, pp.17-25, 1992.