

IV-59

交通量分布・分担・配分統合モデルに関する研究

名古屋大学 工学部 正員 河上 省吾
〇運輸 省 正員 佐々木 宏

1. はじめに

本研究では、従来のエントロピー最大化とコスト最小化の結合モデルが、同時生起確率最大の交通ネットワーク均衡問題として導かれ、最も起りやすいパターンを表現している事を示し、またこの方法による分布・分担・配分統合モデルを定式化する。河上・住田¹⁾による分布・分担・配分過程を結合した交通量予測モデルのアルゴリズムは本モデルの近似解法となっており、本研究の定式化は、河上・住田のモデルの理論的根拠の一つになる。また、先に著者らは河上・住田モデルの現況再現性と時間移転可能性とを検討したが、その成果を受けて同モデルの改良案を示す。

2. 同時生起確率最大化による交通ネットワーク均衡モデル

OD交通量を固定とした時の経路交通量の同時生起確率は、式(1)で与えられる。

$$W = \prod_j \left[\frac{X_{ij}!}{\prod_r (x_{ijr}!)} \prod_r (p_{ijr})^{x_{ijr}} \right] \quad (1)$$

$$p_{ijr} = w_{ijr} \exp(-c_l t_{ijr}) \quad (2)$$

ここに、 X_{ij} ; ODペア i, j のOD交通量

x_{ijr} ; X_{ij} のうち経路 r を利用する交通量

p_{ijr} ; X_{ij} のうち経路 r を利用する確率

ODペア i, j 間の経路 r を利用するトリップの所要時間 t_{ijr} は、次式(3)に示す、宮城の定義する私的交費用の平均値と置く。

$$t_{ijr} = \sum_l \delta_{ijr}^l \frac{1}{f_l} \int_0^{f_l} c_l(f) df \quad (3)$$

ここに、 δ_{ijr}^l ; リンク・ルートインシデンス行列

f_l ; リンク l の交通量

$c_l(f)$; リンク l の平均費用関数

式(1)に式(2)、(3)を代入し、両辺の対数を取ることに次式を得る。

$$\min F = \sum_{ij} x_{ijr} \ln x_{ijr} + c \cdot \sum_l \int_0^{f_l} c_l(f) df \quad (4)$$

$$\text{制約条件; } \sum_r x_{ijr} = X_{ij} \quad (5)$$

$$x_{ijr} \geq 0 \quad (6)$$

これをラグランジェの未定乗数法により解くと次式を得る。

$$x_{ijr} = \frac{\exp \left[-c \sum_l \delta_{ijr}^l c_l \left(\sum_{ij} \delta_{ijr}^l x_{ijr} \right) \right]}{\sum_r \exp \left[-c \sum_l \delta_{ijr}^l c_l \left(\sum_{ij} \delta_{ijr}^l x_{ijr} \right) \right]} X_{ij} \quad (7)$$

ここで、 $c_l(\cdot)$ はリンク l の平均費用関数であるから、式(4)の形よりこの問題はエントロピー最大とユーザー最適の中間状態を表現しているといえる。

従来、式(4)の目的関数は、①コスト制約のもと

でのエントロピー最小化、②エントロピー制約のコスト最小化、③コスト最小化とエントロピー最大化の結合、の3種類の考え方によって示されてきたが、本研究のアプローチにより上記の目的関数はコスト最小化とエントロピー最大化の中間を表現するものであり、同時生起確率最大、即ち最も起りやすいパターンを表現するものであることがわかる。

3. 同時生起確率最大化による交通量分布・分担・配分結合モデル

OD交通量 X_{ij} の同時生起確率は式(8)で与えられ、またOD交通量が決定したとした時の、手段別OD交通量 X_{ijm} の同時生起確率は式(9)で与えられる。

$$W_1 = \frac{X_{ij}!}{\prod_m (X_{ijm}!)} \prod_m (p_{ijm})^{X_{ijm}} \quad (8)$$

$$W_2 = \prod_m \left[\frac{X_{ijm}!}{\prod_n (X_{ijnm}!)} \prod_n (p_{ijnm})^{X_{ijnm}} \right] \quad (9)$$

$$p_{ijm} = k G_i^\alpha A_j^\beta \exp(-\gamma_1 t_{ijm}) \quad (10)$$

$$p_{ijnm} = w_{ijnm} \exp(-\gamma_2 t_{ijnm}) \quad (11)$$

ODペア i, j の所要時間 t_{ij} 及び手段別の所要時間 t_{ijm} は経路の所要時間 t_{ijnr} (式(3)の形を用いる)の重み付き平均として定義する。

式(9)の最大化を考え、手段別OD交通量の同時生起確率 W_2 最大化の制約下での、OD交通量の同時生起確率 W_1 の最大化を考えることにより、次式を得る。

$$\min F = \sum_{ij} \left\{ \sum_{mr} x_{ijnr} \ln \left(\sum_{mr} x_{ijnr} \right) \right\} + \gamma_1 \sum_l \int_0^{f_l} c_l(f) df \quad (12)$$

制約条件

$$-\sum_{ij} \left\{ \sum_{mr} x_{ijnr} \ln \left[\left(\sum_{mr} x_{ijnr} \right) \cdot w_{ij} \right] \right\}$$

$$+ \sum_{ijn} \left\{ \sum_r x_{ijnr} \ln \left(\sum_r x_{ijnr} \right) \right\}$$

$$+ \gamma_2 \sum_{ijn} \int_0^{f_l} c_l(f) df = F_{2min} \quad (13)$$

式(12)を、制約条件(13)、発生・集中制約のもとで最小化問題として解くと式(14)を得る。

$$\sum_r x_{ijnr} = G_i \frac{\beta_j K_{ij} \exp(-\xi \widetilde{C}_{ij})}{\sum_j [\beta_j K_{ij} \exp(-\xi \widetilde{C}_{ij})]} \cdot \frac{\exp(-\xi C_{ijn})}{\sum_m \exp(-\xi C_{ijn})}$$

ここに

$$C_{ijn} = \sum_r \delta_{ijnr}^l c_l \left(\sum_{ijnr} \delta_{ijnr}^l x_{ijnr} \right) \quad (15)$$

$$\exp(-\gamma C_{ijn}) = \exp \left[\sum_{ijn} \exp(-\xi C_{ijn}) \right]^{\frac{1+\xi}{\xi}} \quad (16)$$

なお、 K_{ij} は地域間調整係数で、 β_j は集中制約を満たすように決めればよい。

4. 河上・住田の結合モデルの改良

4-1 所要時間の補正

従来の河上・住田のモデルの分布・分担両過程では、観測データによる所要時間 (t^D) を用いて決定したパラメータを用いる一方、モデルの中で用いる交通量の説明変数としては、対象地域で設定したネットワークにOD交通量を分割配分した時に得られる所要時間 (t^N) を用いている。そこで本研究では、著者らの提案した所要時間の補正式を結合モデルに組み込み、パラメータと説明変数との整合性をとりつつ、モデルの予測精度を向上させることを試みた。(図1) その結果、従来のモデル (MODEL-1) と比べて現況再現性の有意な改善が認められた。(表1)

4-2 交通手段分担過程の改良

著者らは、先に河上・住田のモデルの交通手段分担過程の予測精度が悪いという結論を得た。そこで本研究では、従来の集計型ロジットモデルに変えて、次式 (17) に示す交通目的別のドジットモデルを適用し、利用者をChoice層とCaptive層に分けて分担率を求めることを試みた。

$$P_{ij}^{MP} = (1 - \alpha_i^p) + \alpha_i^p \frac{1}{1 + \exp [a^p (t_{ij}^C - t_{ij}^M) + b^p]} \quad \dots (17)$$

ここに、 P_{ij}^p ; 交通目的 p, ゾーンペア i j のマストラの選択比率

t_{ij}^M, t_{ij}^C ; ゾーンペア i j 間のマストラ及び自動車による所要時間

a^p, b^p ; パラメータ

α_i^p ; 発ゾーン i, 交通目的 p のChoice層比率

結果は、分担率モデルのみの現況再現性は改良されたが、結合モデルに用いたときには有意な改善がみられなかった。(表2, MODEL-5)

4-3 発生・集中過程の考慮

本研究では、交通サービスの改善による発生・集中交通量の誘発交通量を表現する目的で各ゾーン別の発生原単位 u_i に着目し、次式 (18) 及び河上・住田の結合モデルを用いて、発生・集中過程を考慮した結合モデルを構築した。(図2, 表2, MODEL-6)

$$u_i = a Q_i + b A_{ci}^g + c \quad \dots (18)$$

$$A_{ci}^g = \sum_j P_{ij} t_{ij}^{-\gamma} / \sum_j D_j$$

Q_i ; 車の保有率

A_{ci}^g ; アクセシビリティ

D_j ; 昼間人口

a, b, c, γ ; パラメータ

モデルの検討を行ったところ、交通サービスの改善に対する発生原単位の増加の分析という点において本モデルの有効性が確認された。

参考文献

河上省吾・住田公資：分布・分担・配分過程を結合した交通量予測モデル，土木学会論文報告集，第306号 (1981.2) , pp.45~58

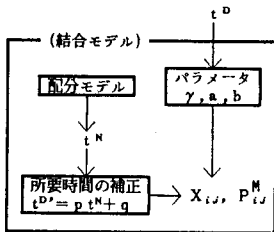


図1 所要時間の補正

表2 発生・集中過程の考慮 (将来予測)

予測モデル	年度	W.R.M.S.値			相 関 係 数		
		全手段	自動車	マストラ	全手段	自動車	マストラ
MODEL-4	46→56	0.259	0.312	0.367	0.951	0.951	0.846
MODEL-5	46→56	0.255	0.316	0.378	0.953	0.949	0.850
MODEL-6	46→56	0.355	0.383	0.527	0.898	0.918	0.711

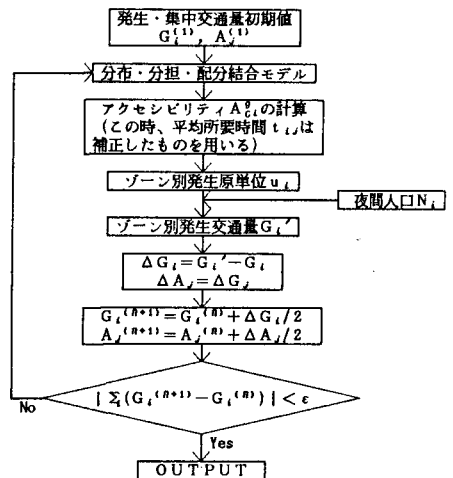


図2 発生・集中過程を考慮した交通量予測結合モデル

表1 所要時間の補正による現況再現性の改良

予測モデル	年度	W. R. M. S. 値			相 関 係 数		
		全手段	自動車	マストラ	全手段	自動車	マストラ
MODEL-1	4 6	0.321	0.298	0.392	0.918	0.942	0.860
	5 6	0.180	0.185	0.387	0.972	0.983	0.850
MODEL-2	4 6	0.178	0.231	0.202	0.975	0.973	0.957
	5 6	0.167	0.255	0.244	0.980	0.970	0.938
MODEL-3	4 6	0.155	0.214	0.182	0.982	0.978	0.970
	5 6	0.159	0.250	0.223	0.983	0.973	0.953
MODEL-4	4 6	0.157	0.208	0.175	0.983	0.980	0.973
	5 6	0.180	0.257	0.244	0.980	0.973	0.951