Ⅳ-20　非対称混雑効果を考慮した機関分担-配分統合モデルの実用性

岐阜大学　正会員　宮城　俊彦
岐阜大学　学生会員　○奥田　豊

1. 本研究の目的

本研究では、機関分担と交通量配分を同時に行う問題を取り扱い、特に自動車とバスが同一リンクを共有し、各モードの交通量がお互いのサービス水準に影響を与える交通均衡モデルについて計算効率性、及び予測性の精度等をとおして、その実用性を検討することを目的とする。この場合、両モード相互の混雑効果は非対称であると仮定する。対象地域としては大垣市を取り上げ、両モードの混雑効果が独立であるとしたケースとの比較も試みる。

2. 交通機関分担－配分統合モデルの定式化

マストラシステムを含む交通ネットワークには、次の２種類のタイプが考えられる。

〔タイプ１〕マストラが、自動車のネットとは全く独立したネットを持ち、走行時間が他のモードと独立かつ一定と仮定できる場合。

〔タイプ２〕道路ネットを自動車ネットとマストラネットが共有し合っており、自動車とマストラの走行時間が相互に影響し合う場合。

ＯＤペアｒ－ｓ間のマストラ交通量と自動車交通量を $\hat{q}_{rs}$、q_{rs}とし、全ＯＤ間のトリップ数 $\bar{q}$ は固定されているものとし、両モードともWardrop均衡が成立すると仮定する。

各ＯＤ間の機関分担量は、ロジット式で表現できる。

$$q_{rs}=\bar{q}_{rs}\frac{1}{1+\exp\left(\theta\left(u_{rs}-\hat{u}_{rs}-\psi_{rs}\right)\right)} \quad \forall r,s \quad [1a]$$

$$\hat{q}_{rs}=\bar{q}_{rs}-q_{rs} \quad \forall r,s \quad [1b]$$

ここで、θ:パラメータ，ψ_{rs}:モード特定化要因

u_{rs}, $\hat{u}_{rs}$:自動車，バス所要時間

【タイプ１の最適化問題】

超過需要関数を用いたBeckmann型モデルの再定式化を利用することによって、次式のような最適化問題として定式化できる。（以下、モデル１とする。）

$$\min Z(\mathbf{x},\hat{\mathbf{x}},\hat{\mathbf{q}})=\sum_a\int_0^{x_a}t_a(\omega)\,d\omega+\sum_{rs}\int_0^{\hat{q}_{rs}}\left(\frac{1}{\theta}\ln\frac{\omega}{\bar{q}_{rs}-\omega}+\psi_{rs}\right)d\omega+\sum_b\int_0^{\hat{x}_b}\hat{t}_b(\omega)\,d\omega \quad [2a]$$

$$\text{s.t.}\ \sum_k f_k^{rs}=\bar{q}_{rs}-\hat{q}_{rs},\quad f_k^{rs}\geqq 0 \quad \forall k,r,s \quad [2b]$$

$$\sum_l \hat{f}_l^{rs}=\hat{q}_{rs},\qquad \hat{f}_l^{rs}\geqq 0 \quad \forall l,r,s \quad [2c]$$

【タイプ２の最適化問題】

自動車とバスのリンクパフォーマンス関数は次のようになる。

$$t_a=t_a(x_a,\hat{x}_a) \quad \forall a\in A,\ \hat{a}\in\hat{A} \quad [3a]$$

$$\hat{t}_a=\hat{t}_a(\hat{x}_a,x_a) \quad \forall \hat{a}\in\hat{A},\ a\in A \quad [3b]$$

t_aのx_aに関するヤコビ行列は次に示すように非対称である。

$$\frac{\partial t_a(x_a,\hat{x}_a)}{\partial\hat{x}_a}\neq\frac{\partial\hat{t}_a(\hat{x}_a,x_a)}{\partial x_a} \quad [4]$$

この場合、交通機関分担－配分統合問題はBeckmann型数理計画問題のように定式化し解くことが不可能であるため、対角化法を利用する必要がある。ｎ回反復計算を行ったときの補助計画問題は、次のように定式化できる。（以下、モデル２とする。）

$$\min \overset{n}{Z}(\mathbf{x},\hat{\mathbf{x}},\hat{\mathbf{q}})=\sum_a\int_0^{x_a}t_a(\omega,\overset{n}{\hat{x}}_a)\,d\omega+\sum_{rs}\int_0^{\hat{q}_{rs}}\left(\frac{1}{\theta}\ln\frac{\omega}{\bar{q}_{rs}-\omega}+\psi_{rs}\right)d\omega+\sum_a\int_0^{\hat{x}_a}\hat{t}_a(\omega,\overset{n}{x}_a)\,d\omega \quad [5]$$

s.t. [2b], [2c]

ここで、$\overset{n}{x}_a$、$\overset{n}{\hat{x}}_a$:ｎ回反復時の自動車リンク交通量、マストラリンク交通量

3. 交通機関分担－配分統合モデルの計算手法

目的関数のパフォーマンス関数の積分項を線形近似して解く二段階法を用いる。

4. 大垣市への適用

【リンクパフォーマンス関数の設定】

自動車のパフォーマンス関数にはＢＰＲ関数を用い、また、モデル２のときはバスのパフォーマンス関数を次のように設定した。

$$t(x) = \begin{cases} t(x)\cdot\tau : & \text{自動車とバスが共通リンク上にあるとき} \\ t(0) : & \text{そうでないとき} \end{cases} \quad [6]$$

ここで、$t(0)$:ゼロフロー時の所要時間

τ:バス所要時間のペナルティ

モデル１の場合、バスは時刻表に従って運行していると仮定し、時刻表から運行速度を15km/hと設定した。

【ロジットモデルのパラメーターθ,ψの決定】

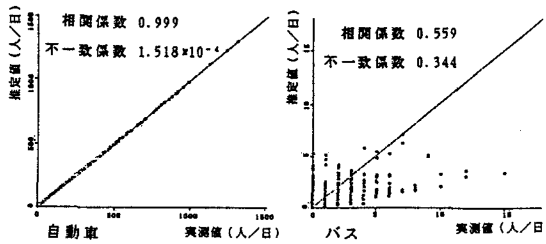
ゼロフロー時の所要時間を用いてパラメーター推定を行い、これを固定したまま均衡計算を行う。及び、パラメーター推定と均衡計算を反復して行い同時に決定する方法の２通りについて検討した。

【適用結果】

表-1 に推定結果を、図-1 に分担量の相関図を示す。自動車分担量の実績再現性が極めて良好であるが、バス分担量があまり良くない。これは、バス利用者が最高でも15人程度と少ないために、精度良く推定することが困難であると考えられる。また、機関分担をロジット式で行うと、バス分担量の相関図からわかるように、実測値がゼロであっても推定値は必ずいくらかの交通量が存在する。これが誤差となるわけである。両モデルを比較すると、バス分担量においてはモデル２の方が多少良い結果となった。モデル１についてパラメーターを固定して均衡計算を行った場合と、パラメーター推定と均衡計算を反復して行った場合の予測精度を比較して、両手法の差はあまり見られなかった。

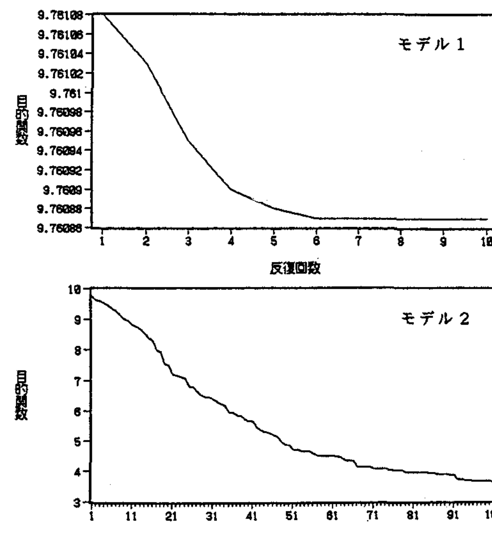
表－１　分担交通量の推定結果

		相関係数		不一致係数	
		自動車	バス	自動車	バス
モデル 1	反復10回	0.999	0.477	1.331×10^{-4}	0.346
	同時推定	0.999	0.477	1.499×10^{-5}	0.346
モデル 2	反復20回	0.999	0.559	1.518×10^{-5}	0.344
	反復101回	0.999	0.517	1.631×10^{-5}	0.533
	同時推定	0.999	0.522	1.517×10^{-5}	0.316



図－１　分担交通量の相関図

ゼロフロー時のパラメーターを使って均衡計算を行ったときの目的関数の値と反復回数のグラフを図-2 に示す。モデル１はモード間の所要時間が相互独立なために、目的関数の収束が早い。また、モデル２は最適解を求める方法として、対角化法を使用しているために収束性が非常に悪いと言える。



図－２　目的関数の収束状況

5. まとめ

本研究では、バスと自動車の混雑効果が非対称である機関分担-配分統合モデルを実際の都市に適用し、ある程度満足のいく結果を得た。しかし、このモデルを大都市圏に適用する際には、多大な計算時間を要することが予想される。また、精度的にも飛躍的な向上は認められなかった。ただ、バスと自動車の所要時間の関係式については、今後検討の余地を残している。これらの点の改良が今後の課題とされよう。

参考文献

(1) Sheffi, Y:Urban Transportation Networks, Prentice-Hall, INC, pp. 231-259, 1985