

金沢大学 正員 飯田 恭敬

金沢大学 正員 高山 純一

金沢大学 学員 ○榎本 雅之

1. 概説

OD交通量を重力モデル構造で表わすと、道路区間交通量は発生交通量 A_i 、OD間交通抵抗係数 R_{ij} およびOD別道路区間利用率 P_{ij}^m の3変数で決定される。ここで添字 i と j はトリップエンドノードを示し、 m は道路区間を示す。本報告では R_{ij} および P_{ij}^m が既知で、 A_i のみが未知であるモデルタイプについて、従来用いられてきた方法にくわえ別の A_i 修正式を提案し、それぞれの場合について収束状態を比較検討する。さらにSteffensenの収束加速法を適用した場合についても検討する。

2. 発生交通量の修正

本来なら、個々の道路区間ごとに推計交通量が実測交通量に等しくなるように計算を進めることが望ましいが、本モデルでは各ノードについての流出交通量の推計値が実測値に等しくなるように式(1)、(2)、(3)を用いて逐次修正を行い、 A_i を決定する。ただし、 k は修正回数、 RX_{ik} は真実道路区間交通量、 X_{ik} は推計道路区間交通量である。式(1)は、ノード i からの流出交通量の推計値が実測値に比べて大となれば次回の A_i を小さくし、また逆の場合には大きくなるように修正する式である。式(3)は原理的には式(1)と同じであるが、流出交通量の実測値と推計値の比を用いることにより A_i が負値を取ることを防いでいる。また流出交通量は発生交通量と通過交通量の和であるので、発生交通量のみの影響を考慮するように式(1)の右辺第1項に係数をつけたものが式(3)である。

3. Steffensenの収束加速法

方程式の根を数値解析的に求める1つの方法に不動点反復法がある。この方法は、方程式 $f(x)=0$ から $x=g(x)$ という形式の方程式を導出し、反復関数 $g(x)$ が求まると、初期値 X_0 を仮定して、式(4)により逐次繰り返し計算を行うことにより不動点 α ($=g(\alpha)$)を求める方法である。(図-1参照) さらに、この不動点反復法を収束加速させる方法としてSteffensen法がある。この方法は、不動点反復法により求められた3点 X_{n-1}, X_n, X_{n+1} を式(5)に代入し、新しい近似値 $\hat{X}_n$ を求め、これを次回の初期値にする方法である。(図-2参照) $\hat{X}_n$ とは、点 $\{X_n, g(X_n)\}$ と点 $\{X_{n-1}, g(X_{n-1})\}$ を通る直線 $y=s(x)$ と $y=x$ の交点である。

不動点反復法の式(4)が A_i 修正式(1)、(2)、(3)と同様の形式を取るところに注目し、 A_i の修正計算にSteffensen法の使

$$A_i^{(k)} = \left(\sum_k RX_{ik} - \sum_k X_{ik}^{(k-1)} \right) + A_i^{(k-1)} \quad (1)$$

$$A_i^{(k)} = \frac{\sum_k RX_{ik}}{\sum_k X_{ik}} \cdot A_i^{(k-1)} \quad (2)$$

$$A_i^{(k)} = \frac{A_i^{(k-1)}}{\sum_k RX_{ik}} \left(\sum_k RX_{ik} - \sum_k X_{ik}^{(k-1)} \right) + A_i^{(k-1)} \quad (3)$$

$$X_n = g(X_{n-1}) \quad (4)$$

$$\hat{X}_n = X_{n+1} + \frac{X_{n+1} - X_n}{\frac{1}{X_{n-1}} - 1} \quad (5)$$

(ここで $\frac{1}{X_{n-1}} = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_{n+1} - X_n}$)

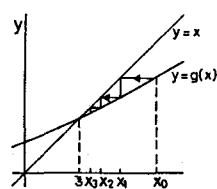


図-1 単純不動点反復法

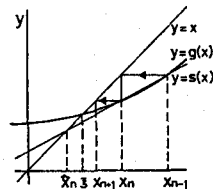


図-2 STEFFENSEN法

用を試みた。図-2の $y=g(x)$ が十分直線近似出来る場合のみSteffensen法へ移るものとし、その条件に式(6),(7)を用いた。式(6)は X_n が収束しつつあることを示し、式(7)は r_n^1 の値が一定値に近づいていることを示す。

4. 結果および考察

対象道路網として図-3を、収束状態を見る指標として重み付標準比率誤差(式(8),(9))を使用した。

Ai修正方法別の収束状態を図-4,図-5に示す。精度の良い順に修正方法が式(3),(2),(1)となっているが、これは本例のみならず、これまで行ってきた他の多くの計算結果についてもいえることである。また式(1)を使用すると振動しながら収束する場合もあるので、収束速度を重視しない限りにおいては式(3)が最良であると言える。

次に上記修正方法それぞれにSteffensen法を適用した。その一例を図-6,図-7に示す。さらにサンプルOD ST_{ij} 、道路区間利用率 P_{ij}^m として別のデータを使用した結果を表-1,表-2に示す。表中の値は、収束が終わったと見なせる修正回数(30回)における α, β の値である。

図-6,図-7よりSteffensen法による効果が認められるが、今回用いた道路網においてはモデルの収束速度そのものが速く、その効果は大とはいいがたい。収束速度が遅くなると予想される大きな道路網での本方法論の適用が期待される。

表-1,表-2より、Ai修正方法の中で式(3)が最良であると言える。なぜなら

Steffensen法に移らない Δ 印や、2つの方法による α, β の値が著しく異なる $\times$ 印の存在する修正式(1),(2)は、収束が安定していないからである。

以上より、発生交通量 A_i の修正式には式(3)が最も適当であると言える。

<参考文献>

- 1) S.D.Conte
Carl de Boor 共著：古澤正訳、電子計算機による数値解析と算法入門、ブレイン図書出版株式会社
- 2) 飯田恭敬：発生交通量のみを定数とした実測交通量による交通需要推計法、土木学会論文報告集、第283号

$$|r_n^{-1}| > 1.0 \quad (6)$$

$$\left| \frac{r_n^{-1} - r_{n-1}^{-1}}{r_{n-1}^{-1}} \right| < 1.0 \quad (7)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{\sum_k R X_m} \cdot \sum_k R X_m \left(\frac{X_m - R X_m}{R X_m} \right)^2} \quad (8)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i,j} R T_{ij}} \cdot \sum_{i,j} R T_{ij} \left(\frac{T_{ij} - R T_{ij}}{R T_{ij}} \right)^2} \quad (9)$$

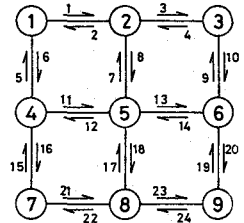


図-3 対象道路網

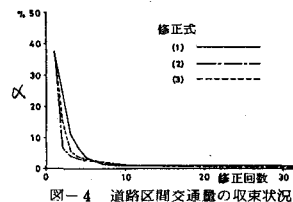


図-4 道路区間交通量の収束状況

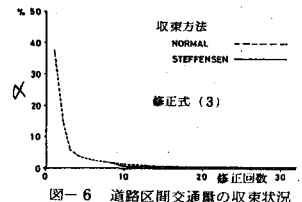


図-6 道路区間交通量の収束状況

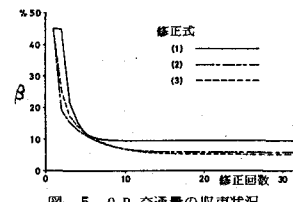


図-5 OD交通量の収束状況

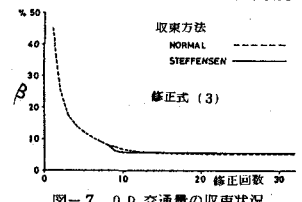


図-7 OD交通量の収束状況

表-1 道路区間交通量の重み付き標準比率誤差 (α)

DATA	修正式	ST _{ij}		
		DATA 1	DATA 2	DATA 3
DATA (a)	(1)	0.1105 0.1106	0.2781 0.2781	0.3887 0.3889
	(2)	0.1003 0.0991	0.1447 2.308	0.1309 0.1584
	(3)	0.0984 0.0950	0.1358 0.2796	0.0740 0.0998
DATA (b)	(1)	0.3104 0.3068	0.8736 0.8736	0.8579 0.8540
	(2)	0.2391 0.1031	0.5350 0.5895	0.2724 0.2739
	(3)	0.2367 0.2324	0.4770 0.5142	0.1446 0.1447

上段 単純不動点反復法
下段 STEFFENSEN法

表-2 OD交通量の重み付き標準比率誤差 (β)

DATA	修正式	ST _{ij}		
		DATA 1	DATA 2	DATA 3
DATA (a)	(1)	3.671 3.675	8.407 8.407	7.046 7.050
	(2)	3.371 3.326	4.329 69.86	2.385 2.865
	(3)	3.306 3.187	4.042 5.311	1.357 1.806
DATA (b)	(1)	4.422 4.370	9.563 9.563	7.410 7.376
	(2)	3.381 1.458	5.817 6.440	2.350 2.363
	(3)	3.348 3.282	5.179 5.613	1.247 1.248

上段 単純不動点反復法
下段 STEFFENSEN法