

IV-31

渋滞を考慮した時間帯別交通量配分手法に関する研究

名古屋工業大学 学生員 ○藤田素弘

名古屋工業大学 正員 松井 寛

1. はじめに

著者ら¹⁾はすでに1時間程度の時間間隔で交通量配分が行える2つの時間帯別交通量配分モデルを開発している。一つは、通常の静的配分の後に、互いに隣り合う時間帯での交通流の保存条件のための修正をリンク交通量レベルで行うリンク修正法であり、他の一つは、その修正をOD交通量レベルで行うOD修正法である。しかし、リンク修正法はリンクレベルで渋滞をより現象に忠実に再現することが可能であるが、修正後の等時間原則の均衡解を得ることができず、またOD修正法は修正後の均衡解を得ることはできるが、リンクレベルの渋滞現象を表現するには不十分である。よって、本研究ではリンク修正法を修正後の均衡解が得られるように改良することによって、リンクレベルで渋滞現象をより忠実に再現できる均衡リンク修正法を新たに開発し、その実績再現性を検討するものである。

2. 均衡リンク修正法

以下に本研究で用いる仮定を示す。

仮定1: 時間帯の幅(T) > 最長トリップ時間

仮定2: 各OD交通量は時間帯内で一様に発生し、また、各リンクの流入交通量は時間帯内で一様に流入する。

まず、互いに隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足するための修正方法について説明する。この方法は基本的には、文献(1)のリンク修正法と同一である。いま、通常の静的配分によってn時間帯のi ODペア経路kの経路交通量 u_{ik}^n が与えられているものとする。しかし、その時間帯nの終端時刻においては、仮定2より、 u_{ik}^n の一部はまだ経路上のすべてのリンクを通過していない。よって、各リンクでその通過していない交通量を削るという修正が必要となる。その修正は以下の式から分かるように、一度では行えず、収束計算を行って不動点を見付けるという手順が必要となる。従来のリンク修正法ではこの収束計算を行っていないため、その解は等時間原則を満たしていない。時間帯の幅をT、n時間帯におけるi ODペア間経路kの出発ノードからj番目のリンクの終端までの所要時間で収束回数m-1回目のものを $t_{ik}^{n,m-1}(j)$ とすると、収束回数m-1回目において経路交通量 u_{ik}^n のうちj番目のリンクの起点をまだ通過し

ていない交通量は、

$$u_{ik}^n t_{ik}^{n,m-1}(j-1) / T \quad (1)$$

で表される。上式をネットワーク上の各リンクaについてi ODペア、経路k、および、その経路の各リンクの順位jで総和すると、リンクaを通過していない総交通量 $X1_a^{n,m-1}$ を以下のように求めることができる。

$$X1_a^{n,m-1} = \sum_i \sum_k \sum_j \theta_{ikja}^n u_{ik}^n t_{ik}^{n,m-1}(j-1) / T \quad (2)$$

ここで、

$$\theta_{ikja}^n = \begin{cases} 1: i \text{ ODペア間経路 } k \text{ の } j \text{ 番目のリンクがリンク } a \text{ であるとき} \\ 0: \text{そうでないとき} \end{cases}$$

よって、均衡リンク修正法における交通流の保存条件のための修正の収束計算は、各リンクごとに次式のように与えられることがわかる。

$$t_{ik}^{n,m-1}(j-1) = \begin{cases} \sum_p \theta_{ikpa}^n C_a(X_a^{n,m-1}) & (t_{ik}^{n,m-1}(j-1) \leq T \text{ のとき}) \\ T & (t_{ik}^{n,m-1}(j-1) > T \text{ のとき}) \end{cases} \quad (3)$$

$$X_a^{n,m} = X1_a^{n-1,*} + \sum_i \sum_k \delta_{ik,a}^n u_{ik}^n - \sum_i \sum_k \sum_j \theta_{ikja}^n u_{ik}^n t_{ik}^{n,m-1}(j-1) / T \quad (4)$$

ここで、

$X1_a^{n-1,*}$: n-1時間帯での均衡解として得られたリンクaを通過できない総交通量 {式(2)} で、n時間帯では定数

$\delta_{ik,a}^n$: $\begin{cases} 1: \text{リンク } a \text{ が } i \text{ ODペア間経路 } k \text{ に含まれるとき} \\ 0: \text{そうでないとき} \end{cases}$

$C_a(X_a)$: リンクaの走行時間

式(4)は、通常の静的配分によって得られるリンク交通量(第2項)に、一つ前のn-1時間帯でリンクaを通過できなかった交通量(第1項)を加え、n時間帯で通過できない交通量(第3項)を削るという修正を行っていることを示す。式(3)の $t_{ik}^{n,m-1}(j-1)$ は、仮定1よりTを越えてはならないが、均衡解を求める計算途中でTを越えることがありえる。また、この $t_{ik}^{n,m-1}(j-1)$ は式(4)の第3項で通過できない交通量を求めるために用いるが、これがTを越えると、通過できない交通量が総交通量

(第2項)よりも大きくなるという不都合が生じるため、上限値をTとしておく必要がある。

ところで、式(3),(4)は以下のような不動点問題となっていることがわかる。

$$X_a^{n,m} = D(X_a^{n,m-1}) \quad (5)$$

本研究では、上式で示す収束計算を行って不動点を求めるが、その収束判定の指標には次式を用いた。この収束計算を以下ではリンク収束計算と呼ぶ。

$$\frac{\sum_a |X_a^{n,m} - X_a^{n,m-1}|}{M} \leq \varepsilon_1 \quad (6)$$

M: リンク数

不動点の存在については、式(5)の関数Dが連続であることと、 $X_a^{n,m}$ が常に区間 $[0, A]$ (A: 十分に大きな値)に含まれることから保証される。また、関数Dのリンク交通量 $X_a^{n,m}$ によるヤコビ行列のノルム $\|D\| = \max_j \sum_i |\partial D_i / \partial x_j|$ が1未満であれば、式(5)は収束し解は唯一であるが、関数Dは経路が指定されないと与えることができないなどの理由から、収束性の証明は困難なため、次節の実際の配分においてその収束性を確かめることにする。

さて、不動点が一意に求まるとすれば、式(3),(4)は次のように全経路交通量 u_{ik}^n に応じた各経路所要時間を与える一つのリンクパフォーマンス関数となっていることがわかる。すなわち、経路所要時間のベクトル表示を C_{ik}^n すれば、

$$C_{ik}^n = C_{ik}^n(u_{ik}^n) \quad (7)$$

となる。定式化から明らかなように、上式によって与えられる経路所要時間はその経路交通量ばかりでなく、他の経路交通量にも依存しているが、これはその時間帯に出発し、その時間帯内に到着できる車の割合はその経路交通量ばかりでなく、他の経路交通量にも依存しているという意味を示すものである。よって、このようなリンクパフォーマンス関数を持つ交通量配分問題では、これと等価な数理計画問題に置換えることができないため、Smith²⁾が示した変分不等式条件、

$$C_{ik}^n(u_{ik}^n) (u_{ik}^n - u_{ik}^n) \leq 0 \quad (8)$$

を直接解くことによって、等時間原則を満たす配分交通量を求める必要がある。均衡解の存在はBrouwerの不動点原理によって保証されており、解の唯一性もヤコビ行列 $[\partial C / \partial u]$ が正値行列ならば均衡解は一意である。

しかし、先にものべたように、式(3),(4)は経路が指定されないと関数形が決まらないことから、これを厳密に証明することは困難である。よって、本研究では実際のネットワークに適用し、その収束性を確かめるものとする。

3. 配分結果と考察

本研究では、均衡リンク修正法を豊田市の道路網(528リンク, 171ノード)に適用し、その収束性、実績再現性を検討する。均衡リンク修正法はSmith³⁾の方法とLamphongpanichら⁴⁾の方法を併用して均衡解を得ることにした。それによると、均衡リンク修正法は文献(1)のOD修正法に比べて1.8倍程度計算時間が多く掛かるが、初期値を変えても確実に一意に収束することがわかった。また、ピーク時のOD間所要時間の適合度比較(表-1)では、OD修正法で求めた所要時間が全体的に実測値よりも過大に推定しているが、均衡リンク修正法ではそのようなことはなく、適合度も良好であった。

参考文献

- 藤田素弘・松井寛・溝上章志: 時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究, 土木学会論文集・IV, No.389, pp.111~119, 1988
- Smith, M.J.: The existence, uniqueness and stability of traffic equilibria, Transp. Res., Vol.13B, pp.295~304, 1979
- Lamphongpanich, S. and D.W. Hearn: Simplicial decomposition of the asymmetric assignment problem, Transp. Res. 18B, pp.123~133, 1984
- Smith, M.J.: The existence and calculation of traffic equilibria, Transp. Res. 17B, pp.291~303, 503, 1983

表-1 均衡リンク修正法とOD修正法の

ピーク時のOD間所要時間(分)による適合度比較

	均衡リンク修正法		OD修正法	
	RMS誤差	相関係数	RMS誤差	相関係数
7時台	8.04	0.752	8.85	0.719
8時台	7.91	0.674	11.47	0.581
9時台	8.84	0.607	8.88	0.589