

信号交差点を考慮した交通配分モデルに関する一考察

岐阜大学 正会員 宮城 俊彦
 岐阜大学 学生員 ○松葉 秀樹
 岐阜大学 学生員 末松 正年

1. はじめに

都市内交通における走行遅れのうち大部分が、信号交差点での遅れに起因するものである。交通配分においても、ネットワークのボトルネックとなっている信号交差点での遅れを考慮することによって、現実に近いフローパターンを得ようとする配分モデルが考案されているが、それらのモデルは、右、左折リンクに、一定の遅れ時間を仮定する場合が多い。また、交差点遅れをフローの関数として求めるにしても、その場合は、流入部のリンクフローより求めた遅れ時間を付与しているのみで、交差点における右、左折、直進ごとの遅れ時間を関数として求めるモデルではない。フローに依存した交差点遅れを求める方法は、井上によって数理計画問題として定式化されているが、井上法は交差点容量制約にかかるラグランジ乗数として遅れを求めているため、容量以下のフローが被る遅れは求められない。また、対向交通量に伴う右折交通の遅れの増大を求めることができない等の理由によって現実的なフローパターンを求めるためには、まだ十分な方法とは言えない。

本研究では、交差点遅れをフローの関数として捉える交差点モデルを考え、既存の均衡モデルを用いて右左折のフローパターンを求める方法を検討している。

2. 交差点遅れを考慮した均衡配分

信号交差点における遅れを考慮した均衡配分モデルは、遅れを考慮しない均衡配分モデルと同様に次のように定式化できる。

[P-1]

目的関数 : $F \rightarrow$ 最小化

$$F(f_j) = \sum_{j \in L} \int_0^{f_j} C_j(x) dx \quad (1)$$

制約条件

$$f_j = \sum_k \sum_r \delta_{jr}^k x_r^k, \quad x^k = \sum_{r \in P_k} x_r^k, \quad x_r^k \geq 0$$

$$f_j \leq S_j \quad (j \in M)$$

- L : 単路部および交差点の右折、左折、直進リンクの集合
- M : 信号交差点リンクの集合
- f_j : リンクjのリンク交通量
- x_r : ODペアA-Kのr番目経路の交通量
- x^k : ODペアA-Kの分布交通量
- P_k : 経路集合
- δ_{jr} : 経路行列要素

交差点は図-1に示すような右左折、直進リンクを付加した形で表現するものとし、その各々の交差点リンクの遅れを次式示すWebsterモデルによって求める。

$$d_j = 0.9 \frac{C(1-\lambda_j)^2}{2(1-f_j/S_j)} + \frac{3600 X_j^2}{2 f_j (1-X_j)} \quad (2)$$

- d_j : 信号交差点リンクj($\in M$)のi番目の現示の車両1台当たりの平均遅れ時間 d_j (sec)
- C : 周期長(sec)
- λ_j : i番目の現示のスプリット
- f_j : i番目の現示のリンク($\in M$)におけるリンク交通量(台/車線/時)
- S_j : 飽和交通量(台/車線/時)
- X_j : 飽和度

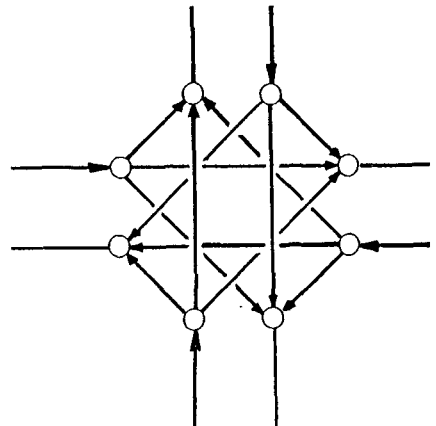


図-1 交差点モデル

本研究では、式(2)を単に流入リンクに適用するのではなく、交差点での右左折、直進リンクに適用する。したがって、各方向ごとのスプリットが必要となるが、方向ごとのスプリットは以下のような考え方を与える。

左折リンクに関しては、直進方向に与えられているスプリットに等しいものとする。右折リンクに関しては、右折車両は対向直進車両によって右折の可能な時間が低減させられるために、対向直進車両の交差点への到着がポアソン分布に基くものと仮定して、右折のスプリットを式(3)によって求めるものとする。

$$\lambda = \begin{cases} \text{(右折専用現示がある場合)} \\ \lambda'' \cdot \exp(-f_j \cdot t/3600) + \lambda' \\ \text{(右折専用現示がない場合)} \\ \lambda'' \cdot \exp(-f_j \cdot t/3600) \end{cases} \quad (3)$$

- λ : 右折リンクのスプリット
- λ' : 右折専用現示のスプリット
- λ'' : 直進リンクのスプリット
- C : 周期長(sec)
- f_j : 対向直進車両数(台/時)

ここで t (sec)は、対向直進車両が全くない状況のもので、青現示において右折するのに要する時間を表す。このように、右折フローを求めるには対向交通量を求めなければならず、均衡フローを求めるプロセスは、複雑になる。本研究では、この問題を回避するため、式(3)の f_j には、反復計算において1つ前の反復計算時に行なわれた交通量を用いる。均衡解が得られる時点では、 $f^{k-1} \simeq f^k$ となるので、このような操作は式(1)の均衡解の性質にさして影響を及ぼさないと考えられる。

ところで、式(2)で示されるWebsterの遅れ時間の式は、飽和度 X_j が1になると遅れは無限大となり、飽和度が1を越えるともはや遅れを定義することはできなくなる。すなわち、信号交差点部ではその交差点のもつ交通容量以上の交通量が流れなくなる。したがって、信号交差点での遅れを考慮した均衡配分問題は、一般の均衡配分問題に容量制約を加えたものとなる。こうした容量制約付きの均衡配分問題を解く方法として、均衡配分において、すでに交差点部分のリンクの容量内に収まっているリンクについては、次に求めるべき交通量を容量以下に抑さえ、また、前回の計算で求めた交通量が交差点リンクの容量を越えている場合には、容量内にもっていくように交通量を減少させようとするDaganzoの方法²⁾を用いる。

なお、緑時間の始点の各リンクにおける平均待ち行列台数は、Websterによって提案された近似公式により次式で与えられる。

$$n_j = \frac{V_j R_i}{2} + V_j d_i \text{ または } n_j = V_j R_i$$

のどちらか大きい方 (4)

- n_j : 緑時間の始点の交差点でのリンクに並んでいる車両平均台数
- V_j : 交差点リンクの交通量、台/車線/sec
- R_i : i 番目の現示、sec

3. 適用例

配分対象ネットワークは、昭和56年度岐阜市ネットワークで、規模はノード数452(城内セントロイド29、域外セントロイド27、中間ノード396)、リンク数1016、ゾーン56である。パフォーマンス関数は修正BPR関数を使用した。なお、現時点においては、右折リンクのスプリットは対向直進車両による影響を考慮していないが、表-1に示すように信号交差点での遅れを考慮した場合(ケース1)と、遅れを考慮しない場合(ケース2)とでは、遅れを考慮した場合の方が、Teilの不一致係数が小さく、実際のネットワークの交通フローパターンに近い配分結果が確かめられた。

なお、右折リンクの遅れを対向直進交通との関係で求める方法の計算結果は、当日発表する予定である。

表-1

Teilの不一致係数	
ケース1	ケース2
0.2163	0.2245

反復回数 10

4. まとめ

これまでの交通量配分では、ネットワークを構成する要素として、リンク(単路部)の交通容量、車線数などを用いているのみであったが、信号交差点での遅れを考慮することによって、新たに信号パラメーター、および交差点のもつ交通容量を加味することができ、より精度の高い交通パターンを求めることができると考えられる。今後の課題としては、他の信号パラメーターであるオフセットを考慮することにより、道路網における系統制御ならびに面制御を組み入れたモデルに改良する必要がある。

【参考文献】

- 1)井上 博司(1980)混雑した道路網における交通均衡-概念および解法-,第40回土木学会講演概要集, pp.501~502
- 2)Daganzo, C.F. (1977) On the traffic assignment problem with flow dependent cost-I, Trans Res., Vol.11 pp 433~437