

Ⅳ－37 信号交差点を考慮した配分交通量推計モデルの構築*

北海道大学 学生員 内田 賢悦
 北海道大学 正員 高野 伸栄
 北海道大学 フェロー 佐藤 馨一

1. はじめに

交通量配分は道路ネットワークの計画や運用の検討が主な目的である。そして、計算が簡単、扱いやすい等の実用的な理由で広く用いられているのが、等時間配分法の簡便法である分割配分法である。しかし、この分割配分法に代表される既存の配分法では信号交差点の影響を考慮していないものが多い。そのため、通常利用者が利用しないような信号交差点が多く、通りにくい経路にも交通量配分をするといった問題点があった。

一方、信号交差点を考慮した交通量配分法もいくつか構築されているが、それらのモデルでは信号交差点を疑似ノード、リンクで表現する等の複雑な方法で配分計算している。そのため、コンピュータの計算容量の制限等の技術的問題により、地域全体のような大規模な道路ネットワークを対象とした配分計算には限界がある。

このような理由から、大規模な道路ネットワークを対象とした交通量配分計算は信号交差点の影響は考慮されずに行われているのが現状である。しかし、その運用段階では信号交差点を考慮する必要があるため、計画と運用がうまく整合した道路ネットワークの管理ができなかった。

そこで本研究の目的は、等時間配分モデルで実用的に用いられている分割配分法を取り上げ、その最短経路探索アルゴリズムのプロセスで信号交差点の影響を考慮した配分交通量推計モデルを構築することである。

2. ファジィ交差点遅れ時間

これまでの交通量配分モデルの研究のなかには、リンク所要時間をファジィ数で表現した、ファジィリンク所要時間を用いた交通量配分モデルが秋山(京都大学)らによって構築されている。^{2),3)}

このモデルに対して、本モデルでは交差点遅れ時間をファジィ数で表現する(下図参照)ことにより、結果として経路所要時間をファジィ数で表現する。

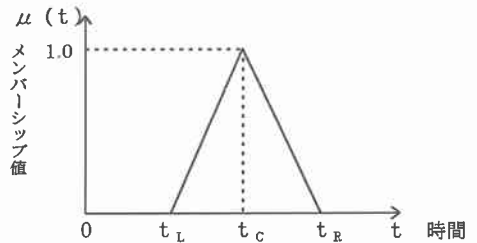


図1. ファジィ交差点遅れ時間

ここで、中央値 t_C は予め定めた交差点遅れ時間である。また t_R はファジィ数の右端(右スプレッド)、 t_L は左端(左スプレッド)の値を示している。ここでは、パラメータ β , γ を用いて次のように定める。

$$t_R = \beta \cdot t_C \quad \beta \geq 1$$

$$t_L = \gamma \cdot t_C \quad 0 < \gamma < 1$$

つまり、交差点を通過した場合、リンク所要時間は交差点遅れ時間(ファジィ数)とリンク所要

*A Study on Estimation of Assigned Volume in consideration of Signalized Intersection
 by Ken-etsu UCHIDA, Shin-ei TAKANO and Keiichi SATOH

時間（クリस्प数）の和（ファジィ数）となり、交差点を通過しない場合は通常のリンク所要時間（クリस्प数）となる。なお、リンク所要時間は BPR 関数で得られた値とする。そして、最短経路探索ではこれらのファジィ経路所要時間の大小比較をする必要があるが、そのためにはファジィ数の代表値として重心値を用いる。すると、分割配分の拡張として従来通りの分割配分計算が可能となる。

3. ファジィ交差点遅れ時間の推定

交差点遅れ時間に対する影響には、車線数、大型車混入率など様々な要因が考えられるが、本モデルではリンク交通量と交差点交通容量および交差点での進路（直進、左折、右折）によって交差点遅れ時間を推定する。

3.1 交差点遅れ時間推定における仮定

本モデルの交差点遅れ時間の推定プロセスでは、以下に示す4つの仮定を前提としている。

- 仮定 1) 運転者は交差点遅れ時間をファジィ数として認知している。
- 仮定 2) 運転者が認知する交差点遅れ時間は、そこに接続するリンク上の交通量が増加するにつれて（交差点交通容量と相対的に）増大する。
- 仮定 3) 運転者が認知する交差点遅れ時間は、交差点での進路、つまり直進、左折、右折によって変化する。また、その大小関係はそこに接続するリンクの交通量が増大するにつれて直進→左折→右折の順に大きくなる。
- 仮定 4) 運転者は交差点遅れ時間を加味した最短経路を選択する。

他の仮定は、通常の分割配分と同様である。

つきに、この推定プロセスを説明する。

3.2 ファジィ交差点遅れ時間推定プロセス

交差点交通容量は交差点での連結度として考慮する。そして、この連結度は図2に示すようにメンバーシップ関数を定めることによって求める。つまり、ある交差点の交通容量に対して、その交差点に接続するリンク上の交通量により、連結度を求めるという考え方である。

こうすると、信号交差点に少ない交通量が進入しようとしたときは、交差点でのリンク間の連結度は1に近い値となる。そして、信号交差点に進入する交通量が交差点容量に近くなるにつれて連結度が小さくなり、交通量がさらに増えると連結度が0になる（交通量制限の自然な拡張と考えられる）。この考えは、交差点間のリンクの接続はファジィ連結的であり、それは信号交差点交通容量と信号交差点に接続するリンクの交通量に依存するといえる。

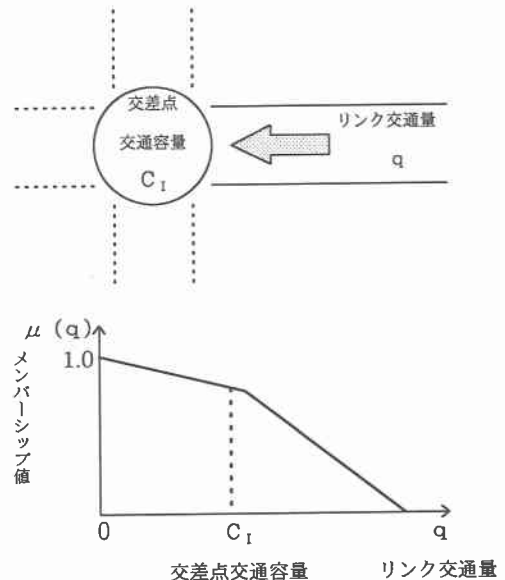


図2. 交差点でのリンク間連結度

信号交差点における進路（直進、右折、左折）は、交差点遅れ時間をファジィ数で表現しようとする、信号交差点での進路が直進よりは左折、左折よりは右折の方が各時間で右スプレッドが大きくなる（時間の大きい方に偏る）のは経験上明らかである。そこで、右スプレッドのを求める

ときのパラメータ β を直進、左折、右折それぞれについて $\beta_S, \beta_L, \beta_R$ ($\beta_S < \beta_L < \beta_R$) と中央値 (t_c) および左スプレッドのパラメータ γ を予め定めておく。

そして、このように求めたファジィ数の中央値より左側の関数を $\mu(x)=0.5$ の軸で折り返した関数にし、さらに中央値より右側の関数を中央値から左スプレッド間での長さ分を右にシフトさせた関数をファジィ交差点遅れ時間の基準形とする。

次に、先に述べた交差点での連結度と交わる点を実際のファジィ交差点遅れ時間とする。(下図参照)

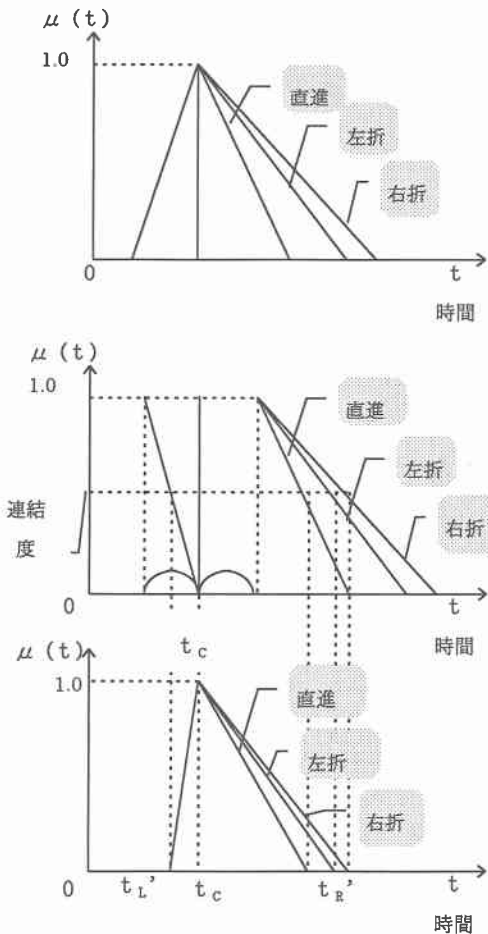


図3. 交差点遅れ時間の推定プロセス

ファジィ交差点遅れ時間推定の関数をこのよ

うな形にしたのは、通常リンク間連結度が低くなるにつれて(交差点付近で混雑するにつれて)、人間が認知するファジィ交差点遅れ時間の左、右スプレッドは右にシフト(時間が増大)すると考えられ、この関係を再現するためである。また、この推定法では、連結度が1のとき(交差点に交通が進入しないとき)は、ファジィ交差点遅れ時間は中央値を中心に左右対称なファジィ数となるため、そのファジィ数の代表値(重心値)は中央値と一致する。

このようにみても、ファジィ交差点遅れ時間の推定プロセスは、交通状況の変化(渋滞など)に対して、予め設定したファジィ交差点遅れ時間のズレ(遅れ)を推定するプロセスと換言できる。

4. 経路所要時間の計算例

ここでは、以下に示すネットワークを取り上げ、経路所要時間の計算方法を説明する。ただし、 $N(t_L, t_C, t_R)$ はファジィ数であり、 t_L, t_C, t_R はそれぞれファジィ数の左スプレッド、中央値、右スプレッドを表している。さらに、 T_{ij} はノード*i*からノード*j*までのリンク所要時間であり、BPR関数より求めた値とする。

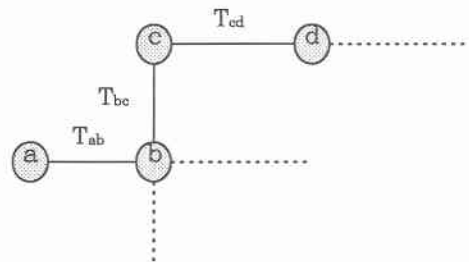


図4. ネットワーク

・経路 a→b の所要時間

$$T_{a \rightarrow b} = T_{ab}$$

・経路 a→b→c の所要時間(交差点 b を左折)

$$T_{a \rightarrow b \rightarrow c} = T_{ab} + N(t_L^b, t_C^b, t_R^b) + T_{bc}$$

$$= N(T_{ab} + t_L^b + T_{bc}, T_{ab} + t_C^b + T_{bc}, T_{ab} + t_R^b + T_{bc})$$

$N(t_L^b, t_C^b, t_R^b)$: 交差点 b を左折する際のファジィ

交差点遅れ時間

- ・経路 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の所要時間 (交差点 b を左折、交差点 c を右折)

$$\begin{aligned} T_{a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d} &= T_{a \rightarrow b \rightarrow c} + N(t_L^c, t_C^c, t_{Rl}^c) + T_{cd} \\ &= N(T_{ab} + t_L^b + T_{bc} + t_L^c + T_{cd}, \\ &\quad T_{ab} + t_C^b + T_{bc} + t_C^c + T_{cd}, \\ &\quad T_{ab} + t_{Rl}^b + T_{bc} + t_{Rl}^c + T_{cd}) \end{aligned}$$

$N(t_L^c, t_C^c, t_{Rl}^c)$: 交差点 c を右折する際のファジィ交差点遅れ時間

ここで用いたファジィ交差点遅れ時間は、先に述べた推定プロセスより得られた値である。また、経路所要時間は、交差点を通過してからファジィ数となっていることが分かる。さらに、最短経路探索については、先に述べたようにファジィ経路所要時間の代表値として重心値を用いることによって可能である。

5. 成果

本研究の成果は、交通量配分で実用的に用いられている分割配分法の最短経路探索アルゴリズムに信号交差点の影響を取り込んだことによって、信号交差点の影響を考慮した交通量配分モデルの構築をしたことである。さらに本モデルの最短経路探索アルゴリズムは従来の方法と基本的に変わらないため、従来の信号交差点を考慮した交通量配分モデルで限界があった大規模ネットワークに対しても計算が可能と考えられる。

また、本モデルは交差点でのリンク間接続性をファジィ連続的と考え、その指標をリンク間接続度で表現している。そして、その接続度は交差点容量とそこに接続するリンク上の交通量によって求められ、この値によってファジィ交差点遅れ時間を推定している。つまり、それぞれのリンク所要時間は BPR 関数で評価し、交差点遅れ時間を (交差点交通容量を考慮した) 連結度で評価している。よって、最短経路を探索するのにあたり、リンク交通容量の影響を (BPR 関数で) 考慮するだけでなく交差点交通容量の影響も交差点遅れ時間として考慮しているのが特徴である。

6. おわりに

本研究では、信号交差点を考慮した配分交通量の推計モデルの構築を行ったが、このモデルではリンク間連結度のメンバーシップ関数の設定、右スプレッドのパラメータ β (直進、左折、右折それぞれについて $\beta_S < \beta_L < \beta_R$) の設定および左スプレッドのパラメータ γ の設定を適正に行なわれていることが前提である。そのため、今後の課題としては、実際の交通現象の観測によりこれらのパラメータを推定し、さらに実際の交通量の配分計算を行い、本モデルの妥当性を検証することが挙げられる。

また、本モデルでは最短経路を求める過程でファジィ理論の手法を用いたが、その配分ではファジィ経路所要時間の代表値が最小な経路に “all or nothing” で配分をしている。一方、実際の交通現象を考えると、運転者はファジィ経路所要時間の重心値だけでなく右スプレッドおよび左スプレッドでの最短経路を選択するといえる。そのため、本モデルの配分方法もファジィ的にする必要があると考えられる。よって配分方法についてもファジィ的に行うことも今後の課題として挙げられる。

なお、配分結果の詳細については発表時に示すこととする。

7. 参考文献

- 1) 加賀屋誠一・菊池慎也：地域交通政策の評価方法のためのファジィモデリングの応用に関する研究、1994
- 2) 秋山孝正・邵春福・佐佐木綱：ファジィ経路情報に基づくネットワーク交通流解析、土木学会論文集、No449/IV-17, pp. 145~154、1992
- 3) 秋山孝正：ファジィ理論を用いた道路交通流解析、土木計画学研究・論文集、No11, pp. 13~27、1993
- 4) 本多中二・大里有生：ファジィ工学入門、海文堂、1991
- 5) 横内稔充・高野伸栄・佐藤馨一：札幌市における地下道路ネットワークの計画と評価に関する研究：土木学会講演概要集、1996