

IV-115

ファジィ推論を用いた
都市高速道路のLP制御に関する研究

名古屋工業大学 学生員 堀尾 朋宏

名古屋工業大学 正 員 松井 寛

1. はじめに

都市高速道路における渋滞に対し本線上のサービス水準を保つための一政策として、流入制御が挙げられる。その手法としては従来から線形計画法によるLP制御が利用されているが、一般にLP制御にはより現実的で多様な判断要因を取り入れることが難しい。また、本来人間が常識、経験等から判断するようなあいまいさを含む値が確定値として扱われている場合が多い。そこで本研究では、より現実的な判断要因を取り入れた制御を行うために、ファジィ推論を適用することにより従来法を改善することを試みた。

2. 交通量の空間的分布を考慮した流入制御モデル

まず、本モデルの基本となるLP制御モデルについて説明する。モデルの作成にあたっては、以下の前提条件を設ける。

- ①本線上の車の速度は一定とする。
- ②ランプ需要量が予測可能である。
- ③ランプ間OD確率が予測可能で、かつ流入制御実行中は変化せず一定とする。
- ④単位制御時間は5分とする。

(1) 目的関数

都市高速道路は一般街路の混雑緩和を主な目的としており、通過交通等、長距離トリップの円滑な処理がその重要な機能の一つとなる。そこで本モデルでは、比較的長距離を利用する者が優先される傾向を示す、総走行台キロ最大化を目的関数として採りあげる。

$$\max_x f = \sum_j \sum_r \alpha_{jr} L_{jr} x_j \quad (1)$$

α_{jr} ; OD確率(オンランプjから流入した車がオフランプrから流出する確率)

L_{jr} ; オンランプjとオフランプrのランプ間距離

x_j ; オンランプjの許容流入台数

(2) 交通量の制約条件

あるオンランプjから流入した交通量が、本線上のある区間iを通過する確率を影響係数といい a_{ij} で表す。この影響係数を用いて、区間iの交通量の制約条件は次のように定式化される。

$$\sum_j a_{ij} x_j \leq c_i \quad (2)$$

c_i ; 区間iの交通容量

さらに本モデルでは、影響係数を5分ごとに考慮することにより、流入5分後、10分後……の交通量の流れを追跡し、前制御時間帯の残留交通量の影響で実際の区間交通容量が減少することを考慮している。

(3) 待ち台数の制約条件

オンランプにおける待ち台数があまり多くなると、一般街路にまで影響を及ぼしかねないため、オンランプでの流入待ち台数に対しても制約条件を設ける。オンランプjの待ち台数の最大値を $W_m(j)$ とすれば、

$$0 \leq Q(j, k) - X(j, k) \leq W_m(j) \quad (3)$$

$Q(j, k)$; オンランプjにおけるk時間帯までの累積需要台数

$X(j, k)$; オンランプjにおけるk時間帯までの累積流入台数

これを整理し、制御変数 $x(j, k)$ で表すと、次の制約条件式が得られる。

$$\begin{aligned} Q(j, k) - X(j, k-1) - W_m(j) \\ \leq x(j, k) \leq \\ Q(j, k) - X(j, k-1) \end{aligned} \quad (4)$$

$x(j, k)$; オンランプjのk時間帯の許容流入台数
ここで(4)式は、 $W_m(j)$ を超えた待ち台数については強制的に本線上に流入させることを意味しており、これを利用することにより許容流入量を調整することが可能である。そこで本研究では、ファジィ推論を用いて適度に $W_m(j)$ を調整することにより、許容流入量を決定するモデルを開発した。

3. ファジィ推論による流入制御

あいまいな事柄を理論的に扱うファジィ理論は、常識や経験、勘などによる人間の大雑把な判断をモデル化するのに大変適しており、これを流入制御に適用することにより、より現実的な制御が期待できる。

本モデルにおけるファジィ推論の部分では、現制御時間帯における各オンランプの待ち台数と、各オンランプ直後の区間における区間交通量を考慮して、許容

流入量を決定する。その制御ルールは次のようなものである。

① IF 待ち台数が大

& 区間交通量が小 THEN 許容流入量は大

② IF 待ち台数が大

& 区間交通量大 THEN 許容流入量是小

③ IF 待ち台数が小 THEN 許容流入量是小

これらのルールに従って、待ち台数、区間交通量および許容流入量のメンバーシップ関数により許容流入量が推論される。メンバーシップ関数は、それぞれ大と小の2つのレベルからなる簡単なものを用いた。図-1にその一例として待ち台数のメンバーシップ関数を示す。推論の方法は、ファジィ推論の代表的な方法である頭切り法を用い、重心の値をもって許容流入量とした。なお本モデルでは、前述のLP問題に適合させるため、 $W_m(j)$ に換算したものを最終出力としている。

4. 計算例

本研究では、仮定の計算例を用いてモデルを適用した。従来の方と比較するために、次の2つのモデルについて計算を行った。

モデル1; $W_m(j)$ の値を確定値(60台とした)としたモデル

モデル2; ファジィ推論を用いて $W_m(j)$ を調整したモデル

計算例の路線図を図-2に示す。交通容量は300台/5分、本線上の走行速度は60km/hとした。OD確率、需要交通量は、仮定のデータを用いた。図-3に全オンランプ合計の需要交通量を示す。

図-4はオンランプ2における流入台数の変動を、図-5は待ち台数の変動を示したものである。モデル1では混雑時に流入台数が少なめに制御され、待ち台数がしばしば飽和状態に達している。それに対しモデル2では、ファジィ推論により待ち台数を考慮して流入制御を行うことで、全体に待ち台数が減少している。流入台数の変動もなめらかで、実際に制御を行うとしても有利であろう。また、混雑時の目的間数値もモデル2の方が高くなっており、本線上のサービス水準を低下させることなく効率的に利用されていると言える。

5. 結論

本研究では、ファジィ推論を用いて各オンランプの待ち台数および区間交通量を考慮したLP制御モデルを提案し、本モデルによって、より現実的な制御が可

能となることを示した。今後は、制御ルールやメンバーシップ関数の変更によりモデルの改良を試みるとともに、より効果的なファジィ理論の適用方法についても考察していく必要がある。

【参考文献】

橋本峰雄：待ち時間を考慮した都市高速道路のLP制御，交通工学研究発表会論文集，1990

向殿政男：ファジィのはなし，日刊工業新聞社，1989

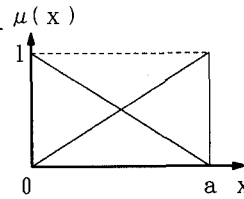


図-1 メンバーシップ関数(待ち台数)

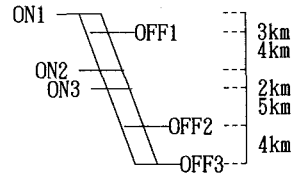


図-2 計算例路線図

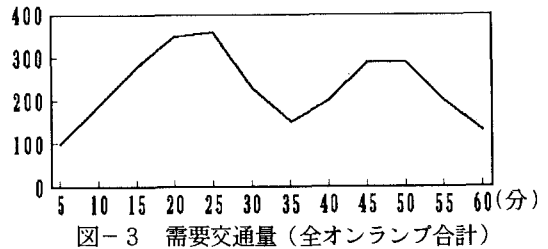


図-3 需要交通量(全オンランプ合計)

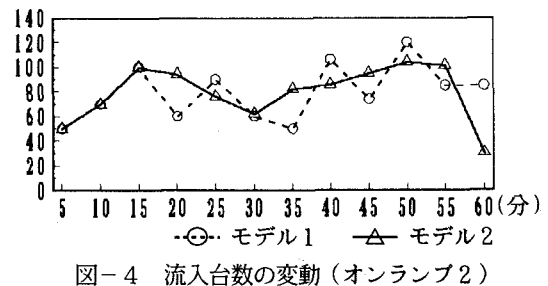


図-4 流入台数の変動(オンランプ2)

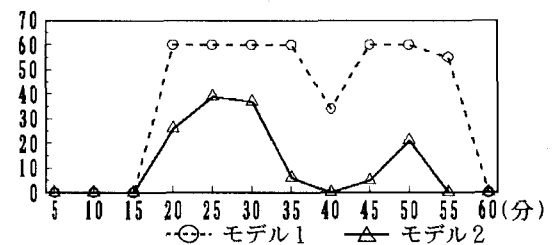


図-5 待ち台数の変動(オンランプ2)