

都市高速道路におけるファジィ流入制御の導入可能性分析

岐阜大学 学生員 ○瀧日 良治
岐阜大学 正会員 秋山 孝正

1. はじめに

都市高速道路では、現実的な交通制御として流入制御が日常的に行なわれている。また、具体的な流入制御方法としてLP制御・ファジィ流入制御を基本としたいいくつかの方法が提案されている。本研究では、特にファジィ制御手法に着目し、既存手法の検討を行うとともに有効性の比較検討を行う。

2. 流入制御方法の定式化

2.1 既存の流入制御手法

既存の制御手法として、逐次ランプ制御やLP制御等が提案がされている。ここでは、代表的な制御手法としてLP制御をとりあげる。

LP制御はさまざまな制約条件より、目的関数を最大または最小にする制御のことである。ここでは高速道路区間の交通量・各ランプの待ち行列長・流入交通量の各制約条件から総利用台数を最大化するものを取りあげる。これは次式で定義される。

$$\sum U_i \Rightarrow \max$$

subject to (1)

$$U_i Q + \varepsilon \leq C$$
 (2)

$$0 \leq U_i \leq L_i + U_{\Delta t}^d$$
 (3)

$$L_i + U_{\Delta t}^d - U_i \leq N$$
 (4)

- U_i : 許容流入交通量 Q : 影響係数行列
- ε : 予測誤差 C : 本線各区間の交通容量
- L_i : 時刻 t における待ち行列長
- N : 許容待ち行列 (台)
- $U_{\Delta t}^d$: 時刻 $t \sim t + \Delta t$ 間の到着台数
- U_i : 流入ランプ i からの許容流入量

LP制御では、本線上に渋滞発生が許容されない。しかし現実には、ある程度の渋滞発生を許容することが現実的であり、実用面での改良が必要である。

2.2 ファジィ制御

ファジィ制御は、知識工学的な方法である「ファジィ推論」を用いた方法である。

ファジィ推論とは、『もし x が…くらいならば y を…くらいとする (IF x is … then y is …)』と

いう「あいまいさ (fuzzy)」を含む推論を構成するための方法である。

「If x is A then y is B 」という推論は、集合 A と集合 B の「ファジィ関係」で表現される。たとえば、ファジィ関係 R は集合 A と集合 B のメンバシップ関数 $\mu_A(x), \mu_B(y)$ より (5) 式で定義することができる。

$$\mu_R(x, y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y)$$
 (5)
 $\wedge$: min 演算

このとき、「If x is A then y is B 」の推論プロセスは、(6) 式で表すことができる。

$$B = A \circ R = \int_y \sup[\mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y)] / y$$
 (6)
 $\circ$: max - min 演算, $\sup$: 上限

これより、「 x is A 」とは異なる入力値「 x is A' 」によって得られる推論結果「 y is B' 」は、次の (7) 式で求めることができる。

$$B' = \int_y \sup[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x, y)] / y$$
 (7)

ファジィ制御の特徴としては、ルール変更の容易性があげられることができる。そして、既存研究では現実的な制御のためのさまざまなルールが提案されている。

3. 都市高速道路における適用性

3.1 対象路線

本研究においては、都市高速道路の例として、阪神高速道路堺線の upper をとりあげる。対象路線の概要を図-1 に示す。対象路線のオンランプは堺・住之江・玉出の3つがあり、それぞれの料金所のブース数は (5, 2, 2) となっている。阪神高速道路の現実的な交通制御は、入路閉鎖・ブース制御が採用されている。これは、LP制御を参考として実行される。たとえば、環状線の信濃橋から渋滞が発生したときの延伸状況により、環状線の上流である堺線の各開口ブース数を (堺・住之江・玉出): (5, 2, 2) $\rightarrow$ (3, 1, 1) にする。これは、「管制パターン表」と交通状況より、交通管制担当官が判断を下し制

御するものである。この判断過程は、ファジィ制御として表現できることが既存研究に示されている¹⁾。

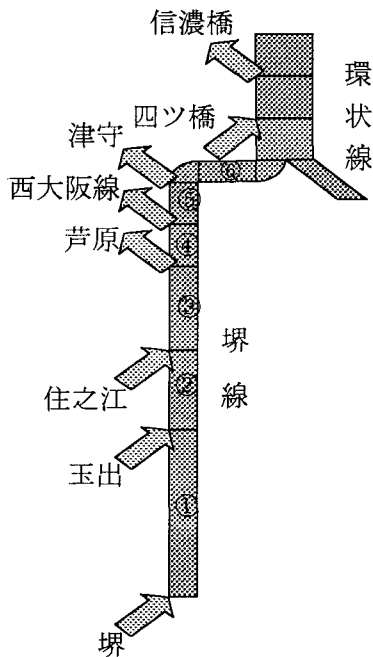


図-1 モデル対象区間（阪神高速道路堺線）

3.2 LP制御の適用

ここでは、現実的な交通制御に利用されるLP制御の算定手順について述べる。

LP制御の算定において入力変数となるのは、五分間における到着台数 $U_{\Delta t}^d$ である。さらに、影響係数行列 Q は、(流入ランプ数 $i \times$ 区間数 j)の行列であり、行列要素 Q_{ij} は流入ランプ i から一台の車が流入したときに区間 j に及ぼす影響係数である。本研究では、実際の区間交通量より、影響係数を表-1のように設定した。この影響係数からODランプ流入交通量が各区間の交通状況に与える影響の大きさが分かる。そして、対象路線に合わせて待ち行列長・待ち行列長・交通容量を設定することによって、(1)~(4)式より最適な制御を行う。

表-1 影響係数

区間	①	②	③	④	⑤	⑥
堺	1	1	1	0.8714	0.7615	0.6767
住之江		1	1	0.9954	0.9002	0.8843
玉出			1	0.9967	0.9413	0.9376

注) 区間の①~⑥は図-1に対応する

3.3 ファジィ制御の適用

ファジィ推論を制御問題に応用するとき、これをファジィ制御と呼ぶがこれは推論ルールで構成される。たとえば、実際の交通管制担当者の判断を、図2のようなルール群を用いて近似的に表現できると

既存研究で提案されている¹⁾。

そして、このファジィ制御モデルを基本として現実的な条件を踏まえたさらに拡張的なファジィ制御を定式化するものである。

- R-1:IF CON=short THEN LEVEL=low
- R-2:IF CON=medium THEN LEVEL=low
- and DEM=small THEN LEVEL=low
- R-3:IF CON=medium THEN LEVEL=medium
- and DEM=medium THEN LEVEL=medium
- R-4:IF CON=medium THEN LEVEL=high
- and DEM=big THEN LEVEL=high
- R-5:IF CON=long THEN LEVEL=high

図-2 ファジィ制御ルール群

3.4 評価方法の手順

阪神高速道路堺線を対象としてLP制御・ファジィ流入制御により現定される制御内容を比較評価するため渋滞シミュレーションを利用する。このとき実際の交通制御と同様に5分ごとに意思決定を行うものとする。具体的な評価手順は図3に示す。また交通制御による効果の評価指標としては渋滞長・所要時間・待ち行列長で表すことが出来ると考えている。

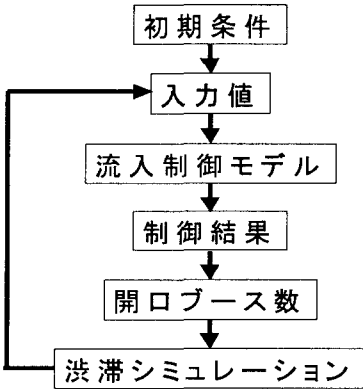


図-3 制御の評価手順

4. おわりに

本研究ではLP制御・ファジィ制御の評価方法を提案した。今後の課題として、①現実的な条件を考慮したファジィ制御モデルの提案、②LP制御との結合モデルの提案があげられる。

<参考文献>

- 1) 秋山 孝正、佐佐木 綱、ファジィ流入制御モデルを用いた交通制御方法の評価と検討、土木学会論文集 第413号 /IV-12 pp77-86、1990。
- 2) 井上 博司、宇野 巧、予見ファジィ理論を用いた都市高速道路の流入制御、土木計画学研究・論文集 No21(1)、1998