

京都大学工学部 正員 佐佐木 綱
 京都大学工学部 正員 ○秋山 孝正
 南海電気鉄道 正員 奥村 透

1. はじめに

都市高速道路の交通制御は、時々刻々変化する周囲の状況に対して、管制担当者が判断を下す「入路閉鎖・ブース制限」が行なわれている。制御行動の判断が、人間に任されていることは、管制担当者の労力の増大し、判断のおくれや錯誤を生じること、また管制担当者ごとの判断の差異があることなどから収集された情報を処理し適切な交通管制を実施する場合の効率性を妨げる一因となっている。そこで本研究では都市高速道路の現状の交通制御構造を記述するモデルを作成し、これを交通管制の効率化を図るための検討資料とすることを目的とする。

2. ファジィ推論方法

交通管制担当者の判断をファジィ推論の方法によってモデル化する。以下この方法の説明と判断に内在するあいまい性の取扱いについて述べる。

(1) ファジィ推論

ファジィ推論は人間のあいまいな判断過程のモデル化を目的とした方法である。この方法は従来の推論と同様に条件付命題『もし x が A ならば y が B である。』といった推論の定式化である。図-1に示すように命題『 x is A 』と命題『 y is B 』から状態 A 、 B の間の関係 R を求め、この R によって x の異なる状態 A' のときの y の状態 B' を推論するものである。具体的には、メンバシップ関数($\mu_A(x)$: x が A に属する割合を示し0~1の値をとる。)を用いてファジィ集合 A 、 B を定義する。

$$A = \int_X \mu_A(x) / x, \quad B = \int_Y \mu_B(y) / y$$

(ただし X 、 Y は全体集合) このときファジィ関係 R は X と Y のファジィ部分集合となり $\mu_A(x)$ と $\mu_B(y)$ との合成により以下のように記述される。

$$R = \int_{X \times Y} \mu_R(x, y) / (x, y)$$

またこれを用いた推論式は次のようになる。

$$A \circ R = \int_Y \sup [\mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y)] / y$$

(2) あいまい性の表現

ファジィ推論において表現されるあいまい性は上述のメンバシップ関数の設定に依存している。たと

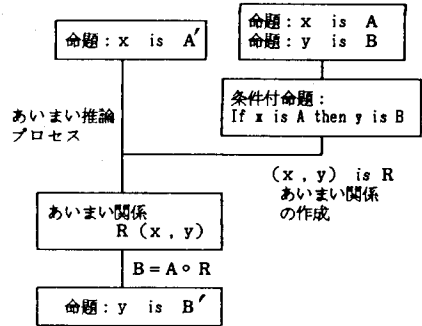


図-1 ファジィ推論の概要

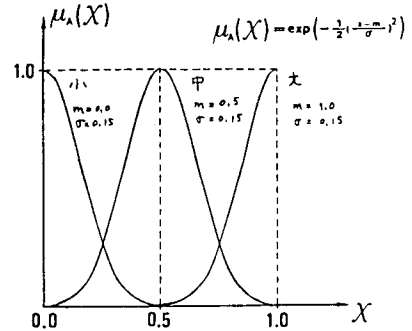


図-2 ファジィ変数の例

えば、渋滞長が「長い」という場合の「長い」はファジィ変数である。そこで現実の入力値(k km)をどの程度「長い」と認識しているかを関数として考えたものが、メンバシップ関数である。この関数形については、いくつかの形が提案されているが、ここでは一般に用いられている次の関数を用いる。

$$\mu(x) = \exp(-1/2((x-m)/\sigma)^2)$$

(m, σ : パラメータ)

図-2よりわかるように、2つのパラメータ m, σ によって分布の形状が変化する。特に σ の値が大きくなることは、あいまい性の増大を示し、分布の広がりとなりまた関数間の重なりも大きくなる。

3. モデルの作成と適用

モデルは阪神高速道路堺線入り入路での交通制御を例とした。これは環状線から発生した渋滞の緩和のために堺、住之江、玉出の3つの入路ランプを閉鎖またはブース制限するものである。この際交通管

制担当者の制御意志決定機構を表現するために作成したモデルの概略を以下に示す。

- 実際の管制担当者取材し、計測項目のなかで交通制御意志決定のための主要な判断項目として渋滞長と経験的な交通需要量を取り上げた。

- ファジィ推論による制御モデルでは、判断の内容は推論ルールの組合せによって規定される。担当者への取材より以下の点が明らかとなった。

① 基本的には、制御意志決定時点で延伸している渋滞長が長いほど制御の程度を増大させる。

② 交通需要量により、今後渋滞が解消に向かう否かを判断し制御程度を変更する。

この検討結果からモデル作成のためのルール群を構成した。具体的な内容を表-1に示す。

- 堺線上りの交通制御は(堺、住之江、玉出)の各開口ブース数を表-2のいずれかのパターンに随時変化させる運用が行なわれている。本モデルでは推論結果をこれらのパターンに変換して出力としてブース開口状態が得られる構造とする。

4. モデルの計算結果

(1) パラメータの推定

モデルの導出には、ファジィ変数のパラメータを決定する必要がある。実際の推定は、初期にパラメータの変化範囲と変化巾を定め、総あたりに計算しモデルの判断結果が最も実際の制御パターンと適合したものによって決定値とする方法をとった。

この結果あいまい性を示すパラメータ σ は両変数とも0.15となり、二変数は同等のあいまいさで判断に用いられていることがわかった。

(2) モデルの適合性

モデルの適合性は、実際の管制担当者による管制結果とモデルの比較により検討した。ここでは、平日8:00~18:45の15分ごと計44断面についてモデルを作成したが、適合率(制御結果の一致した断面数/全断面数)は0.818であった。また誤判断も一段階のずれが大半で良好な適合結果であるといえる。

(3) モデルの実用性

このモデルが一般的かどうかを検討するためにパラメータを固定し、いくつかの実際のケースについて計算を実施した。その一例を図-3に示す。本例では、制御の過渡期に若干の誤判断が生じているが全体としてこの場合もモデルの判断結果は、実際の

表-1 モデル内のルール構成

①	もし 渋滞長が短い	ならば	制御は弱い
②	もし 渋滞長が中くらい かつ 需要量が少ない	ならば	制御は弱い
③	もし 渋滞長が中くらい かつ 需要量が中くらい	ならば	制御は中くらい
④	もし 渋滞長が中くらい かつ 需要量が多い	ならば	制御は強い
⑤	もし 渋滞長が長い	ならば	制御は強い

表-2 制御パターンの分類

パターン	開口ブース数		
	堺	住之江	玉出
1	5	2	2
2	5	1	1
3	4	1	1
4	3	1	1

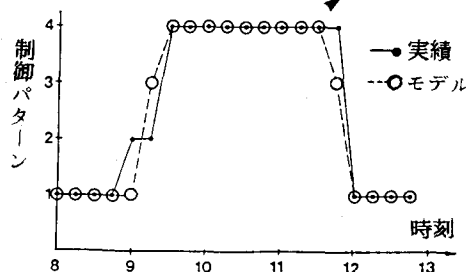
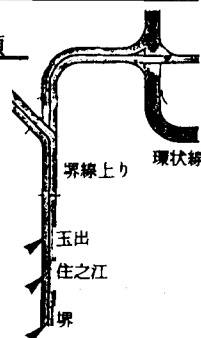


図-3 モデルの適用例

管制担当者の判断結果とかなり良く適合している。これは前述した構造(ファジィ変数, ルール群)を持つモデルの記述の妥当性を示すものである。

5. おわりに

本研究では、ファジィ推論の方法を用いたモデルにより交通管制の現状を記述した。そしてこれは、①管制担当者に代る交通管制の判断の自動化のための定式化が可能である点、②判断構造を明確にすることから判断内容の非効率な点を抽出できる点などから交通管制の効率化のための資料として有効であると考えられる。この具体的な展開に関しては実用面からの検討が必要であり今後の課題としたい。

最後に、研究に対して貴重な御意見を賜りまたデータ収集に御協力いただいた阪神高速道路交通管制センターの皆様に感謝の意を表する次第である。

[参考文献] 山崎東、菅野道夫：ファジィ制御；システムと制御, Vol.28, No.7, pp.442~446 (1984)