

IV-169

ファジィ推論による利用率推計モデルの構成と推計精度

京都大学工学部 正 員 秋山 孝正
J R 西 日 本 正 員 中村 恭子
京都大学工学部 正 員 佐佐木 綱

1. はじめに

ファジィ推論は、人間の推論を自然な形で表現するための方法であり、高速道路・一般道路間の経路転換現象を記述するモデルが構築されている¹⁾。この演算手順のなかで、推論結果であるファジィ数を確定数に変換する非ファジィ化 (defuzzification) は人間認知のモデル表現とその解釈を考慮する上で重要である。本研究ではファジィ推論モデルを構成する場合の代表的な非ファジィ化法を取り上げ、これらの具体的な演算方法の整理と高速道路利用率推計時の推計精度の点から各方法の比較検討を行った。

2. ファジィ推論による経路選択モデル

まず非ファジィ手法の比較検討のための基本となる利用率推計モデルを構築した。基本モデルの推論は Mamdani法を採用しており、これまで同種のモデルについて含意公式等の比較検討を行っている¹⁾。

モデルの基本構造は、図-1に示す「IF-THEN」形式の推論ルールを用い、説明変数(時間差・OD距離・単位距離料金)をファジィ数表現している。すなわち、[IF x is A THEN y is B]なる推論ルールを用いて、入力[x is A']に対する出力[y is B']を次式ように求めるものである。

$$\int \mu_{B'}(y)/y = \int \sup \cdot \min[\mu_A(x), \mu_R(x, y)]/y$$

このファジィ推論モデリングの上で考慮を要する点は、①メンバシップ関数、②ルール構成、③含意公式、④前件部AND演算、⑤合成規則、⑥非ファジィ化が挙げられるが¹⁾、推論結果の解釈と実用的利用の点で重要となるのが非ファジィ化である。

3. 非ファジィ化の方法

ファジィ数から確定値を得るための非ファジィ化法には、数多くのものがあるが代表的な方法として以下の4種類を取り上げた²⁾。

①重心法 推論結果のファジィ集合C'の重心を

R-1: IF L IS PS,	THEN Y IS PVS
R-2: IF X ₁ IS PVS,	THEN Y IS PVS
R-3: IF X ₁ IS PS and X ₂ IS PS,	THEN Y IS PM
R-4: IF X ₁ IS PS and X ₂ IS PM,	THEN Y IS PS
R-5: IF X ₁ IS PS and X ₂ IS PB,	THEN Y IS PS
R-6: IF X ₁ IS PM,	THEN Y IS PM
R-7: IF X ₁ IS PB and X ₂ IS PS,	THEN Y IS PB
R-8: IF X ₁ IS PB and X ₂ IS PM,	THEN Y IS PB
R-9: IF X ₁ IS PB and X ₂ IS PB,	THEN Y IS PM
R-10: IF X ₁ IS PVB,	THEN Y IS PVB

注) L: OD距離, X₁: 時間差, X₂: 単位距離料金
Y: 高速道路利用率

図-1 ファジィ推論モデルのルール群

代表点zとする。

②中央値法 推論結果のファジィ集合C'の面積を2等分する点を代表点とする。

③高さ法 C_iの代表点z_iをファジィ集合C_i'の高さh_i'で荷重平均を取る。すなわち、

$$z = \frac{z_1 \cdot h_1' + z_2 \cdot h_2' + \dots + z_n \cdot h_n'}{h_1' + h_2' + \dots + h_n'}$$

④面積法 C_iの代表点z_iをファジィ集合C_i'の面積S_i'で荷重平均を取る。すなわち、

$$z = \frac{z_1 \cdot S_1' + z_2 \cdot S_2' + \dots + z_n \cdot S_n'}{S_1' + S_2' + \dots + S_n'}$$

ここで大別すれば、①、②は統合されたファジィ集合から代表点を求める方法であり、③、④は各推論規則から得られた個々のファジィ集合の特性を利用して代表点を求める方法であると考えられる。

4. 非ファジィ化法の比較

(1) 非ファジィ化法と推計精度

非ファジィ化等ファジィ推論モデルの演算構成が規定されると、良好な推計精度を得るための検討が必要である。ここでは各非ファジィ化法に対して、メンバシップ関数の幅を変化させた場合の推計精度の比較を行う。具体的には3個の入力説明関数のうち「時間差」と出力「利用率」のメンバシップ関数

形状を考えた。たとえば時間差の場合、図-2に示すように幅(W)を規定し、これを変化させる。ここでは、時間差関数の幅については、7.5(min)を中心に11ケース、利用率については、12.5(%) 中心に11ケース、計121ケースの推計精度を比較した。

(2) 推計結果の比較

ファジィ制御での基本形式とされる「min-max-重心法」を参考として、「min-max-*」型の推論において非ファジィ化部分(*)を重心法[基本モデル]および上記3種として利用率推計計算を実行した。

実際の利用率推計は阪神高速道路および一般道路利用のODペアより無作為抽出した100サンプルについて行った。また推計精度の指標として、実績値と推計値の間のRMS誤差と相関係数を算出した。

表-1は、各非ファジィ化法を用いた場合の全ケースの中でのRMS誤差の最小値、最大値を示したものである。誤差最小のケースを取り出すと、各方法とも同程度の推計が可能であるといえる。また本例では、若干ではあるが面積法が最も良好な推計結果を与えている。さらに、メンバシップ関数幅変更の影響は最大値・レンジによりわかるが、重心法以外は比較的ケース間の推計差異は少ないといえる。

つぎに時間差関数幅の影響を見るために、転換率関数幅を固定し、Wを変化させた場合の推計誤差を図-3に示す。W(メンバシップ関数の重複)が小さい場合には、重心法の推計誤差が小さく、またWの増加に伴って重心法では他に比べて急激に誤差が大きくなることがわかった。さらに相関係数を用いて以上の検討を行ったが傾向は同様であった。

5. おわりに

経路選択現象を記述するファジィ推論モデルを構築する場合の非ファジィ法について比較検討を行った。この結果以下の諸点が明らかになった。

- ①推計精度の点では各方法ともケース間の大きな差異がない。したがって、非ファジィ化法設定の面ではメンバシップ関数形状の細微な変化の影響を受けにくい頑健なモデル構築が可能である。
- ②標準的手法とされる重心法は、メンバシップ関数の設定に関連して推計精度の変化が大きい。これは、頑健性の点からは好ましくないが、モデルの推計条件の改善は容易であるといえる。

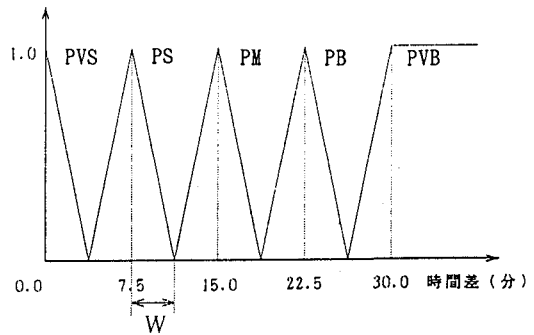


図-2 時間差メンバシップ関数の幅(W)

表-1 各方法の推計誤差の比較

方法	最小値	最大値	レンジ
重心法	16.523	19.061	2.538
中央値法	16.440	16.958	0.518
高さ法	16.421	16.928	0.507
面積法	16.404	16.959	0.555

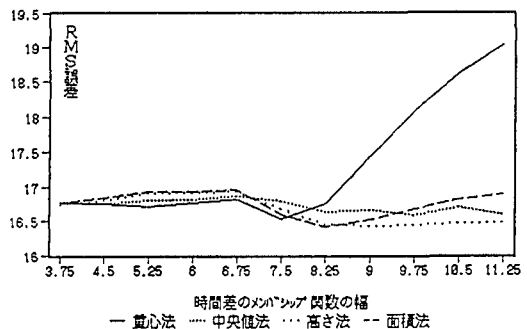


図-3 ファジィ数の幅と推計誤差の関係

以上のようにファジィ推論モデルは、経路選択行動記述においても、多数の演算形の規定が容易で、頑健性を持った推計が可能であることがわかる。今後は、含意公式、合成規則と併せて非ファジィ化の妥当な構成方法について議論を進める必要がある。

なお本研究の遂行に当たっては、京都大学院邵春福氏の御協力を得た。感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 秋山・邵・佐佐木：ファジィ理論を用いた転換率推計モデルについての比較研究，土木計画学研究・論文集，No. 8，pp. 185-192，1990
- 2) 水本雅晴：わかりやすいファジィ理論Ⅲーファジィ推論とファジィ制御，コンピュータロール，No. 28，pp. 32-45，1989