

## ファジィ推論モデルの経路選択行動分析への適用性について

岐阜大学 学生員 ○安藤 彰記

岐阜大学 正 員 秋山 孝正

### 1. はじめに

近年、交通情報を用いた交通管理が重要視されている。こうした交通管理の具体的な検討のためには、利用者の交通情報に対する行動変化を把握する必要がある。道路利用者の意思決定行動をファジィ推論によりモデル化する方法が知られている。この方法では、利用者の思考過程を推論形式で表現でき、人間の認知に内在するファジィ性を考慮した判断記述が可能となる。

本研究では、これまで交通行動記述のために作成されてきたファジィ推論モデルに対して、メンバシップ関数の形状決定に実績値を用いた「遺伝的アルゴリズム」による推定方法を提案し推計精度の向上を図る。

### 2. 交通手段選択問題

ファジィ推論の選択問題への応用の例題として、バスと自動車の交通機関選択問題をとりあげる<sup>1)</sup>。この例は本来ロジットモデル作成のために用意されたものである。モデルの説明要因は、乗車時間、乗車外時間／OD距離、費用、専用自動車の有無の4項目、サンプル数は30である。

#### 2-1 ロジットモデルの作成

まず従来型の交通行動モデルの例としてロジットモデルを考える。各交通手段の利用可能性は効用関数により算出される。

$$V_{bus} = \theta_1 x_{1bus} + \theta_2 x_{2bus} + \theta_3 x_{3bus} + \theta_4 \times 0 \quad \dots (1)$$

$$V_{car} = \theta_1 x_{1car} + \theta_2 x_{2car} + \theta_3 x_{3car} + \theta_4 x_4 \quad \dots (2)$$

ここで、バスの選択確率は以下ようになる。

$$P_{bus} = \frac{\exp(V_{bus})}{\exp(V_{car}) + \exp(V_{bus})} \quad \dots (3)$$

本例では、パラメータの推計値は $\theta_1 = -1.072$ ,  $\theta_2 = -0.4168$ ,  $\theta_3 = -0.01282$ ,  $\theta_4 = 1.400$ となる<sup>1)</sup>。

ここで、利用者ごとの選択結果と推計結果の整合性を示すものとして以下のような指標 $\varepsilon$ を考える。

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n |R_i - P_i| \quad \dots (4)$$

また選択確率が、どれだけ0または1に近づいているかを示すものとして以下のような指標 $\delta$ を考える。

$$\delta = \sum_{i=1}^n |0.5 - P_i| \quad \dots (5)$$

ここで作成したロジットモデルによる推計結果については、 $\varepsilon = 9.400$ ,  $\delta = 8.573$ である。

#### 2-2 ファジィ推論モデルの作成

ここでは基本的なファジィ推論モデルとしてMamda-ni法を用いたモデルを作成する<sup>2)</sup>。この方法では、ファジィ数A, Bを定義したとき、推論「IF X is A THEN Y is B」を示すファジィ関係が

$$\mu_R(x, y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad \dots (6)$$

で表現される。このとき $x = A$ についての推論結果が次のように求められる。

$$\mu_{B'}(y) = \sup_y \min_x \{\mu_A(x), \mu_R(x, y)\} \quad \dots (7)$$

説明変数は、ロジットモデルの場合と同じものを用いてファジィ推論のために変数変換をしている。交通手段選択の意思決定過程を表-1のように表現する。推計誤差は $\varepsilon = 7.204$ 、判別指標 $\delta = 10.822$ となり、ロジットモデルに比べて推計精度の向上がみられた。

表-1 ファジィ推論のルール構成

|      |    |                                               |                  |
|------|----|-----------------------------------------------|------------------|
| R-1  | IF | X3 is small                                   | THEN P is SMALL  |
| R-2  | IF | X1 is small and X2 is small and X3 is medium  | THEN P is LARGE  |
| R-3  | IF | X2 is small and X3 is large                   | THEN P is LARGE  |
| R-4  | IF | X2 is medium and X3 is medium                 | THEN P is MEDIUM |
| R-5  | IF | X2 is medium and X3 is large                  | THEN P is LARGE  |
| R-6  | IF | X2 is large and X3 is medium                  | THEN P is SMALL  |
| R-7  | IF | X2 is large and X3 is large                   | THEN P is MEDIUM |
| R-8  | IF | X1 is medium and X2 is small and X3 is medium | THEN P is MEDIUM |
| R-9  | IF | X1 is large and X2 is small and X3 is medium  | THEN P is SMALL  |
| R-10 | IF | X4=1(own)                                     | THEN P is SMALL  |

X1:乗車時間差      X2:(乗車外時間／OD距離)の差      X3:費用差  
X4:専用自動車の有無 (0:無 1:有)      P:バス選択確率

### 2-3 簡略ファジィ推論モデル

ファジィ推論のモデル化の簡潔さと計算の高速化をめざした「簡略ファジィ推論」の利用を考える<sup>3)</sup>。この方法は、通常のファジィ推論の帰結部をクリスプ数とする方法である。この手順は次のようである。

(a) 各規則の適合度  $w_i$  を計算する。

$$w_i = \mu_{A_{i1}}(x_1^*) \times \mu_{A_{i2}}(x_2^*) \quad \dots\dots\dots (8)$$

(b) 推論結果を算出する。

$$y^* = \sum_{i=1}^n w_i b_i / w_i \quad \dots\dots\dots (9)$$

推論結果は後件部の定数  $b_i$  を適合度  $w_i$  で加重平均したものである。この簡略ファジィ推論を用いると、重心計算などの非ファジィ化手順が除かれるので全体の計算が簡単になる。さきの問題を簡略ファジィ推論において作成した。ルールの基本構成を同様として、帰結部の種類増加に対して修正を行った。このときのルールを表-2に示す。簡略ファジィ推論モデルによる推計誤差は  $\varepsilon = 7.076$ 、判別指標  $\delta = 11.325$  となり、Mamdani法による推論結果に比べて若干の推計精度の向上となっていることがわかる。

### 3. 遺伝的アルゴリズムによるファジィ推論の改良

ファジィ推論では判断プロセス全体が非線形関係で説明される。このためモデルのパラメータ推定においては、微分勾配を考慮した推定（最急勾配法など）を用いることができない。ここでは、遺伝的アルゴリズム（GA）の利用を考えた<sup>4)</sup>。このアルゴリズムは、対象問題のパラメータを数字列で表現された遺伝子として表現し、集団の発生、個体の評価、自然淘汰、交差・増殖、突然変異を繰り返すことで適合性の高い個体で集団が形成される状態を求めるものである。ここでは、簡略ファジィ推論モデルに対してメンバシップ関数の幅と後件部の値を最適化すべきパラメータと考える。遺伝的アルゴリズムでの適合性を推計誤差  $\varepsilon$  が小さいものほどよいと考える。第80世代目で同世代集団での最小誤差の値が収束したものと計算を終了した。こうして得られた推論モデルによる推計誤差は  $\varepsilon = 6.210$ 、判別指標  $\delta = 11.325$  となり、簡略ファジィ推論モデルの最適パラメータ設定が可能となった。

表-2 簡略ファジィ推論のルール構成

|      |    |                                               |               |
|------|----|-----------------------------------------------|---------------|
| R-1  | IF | X3 is small                                   | THEN P is VSL |
| R-2  | IF | X1 is small and X2 is small and X3 is medium  | THEN P is LAR |
| R-3  | IF | X2 is small and X3 is large                   | THEN P is VLG |
| R-4  | IF | X2 is medium and X3 is medium                 | THEN P is MED |
| R-5  | IF | X2 is medium and X3 is large                  | THEN P is LAR |
| R-6  | IF | X2 is large and X3 is medium                  | THEN P is SML |
| R-7  | IF | X2 is large and X3 is large                   | THEN P is MED |
| R-8  | IF | X1 is medium and X2 is small and X3 is medium | THEN P is MED |
| R-9  | IF | X1 is large and X2 is small and X3 is medium  | THEN P is VSL |
| R-10 | IF | X4=1(OWN)                                     | THEN P is VSL |

VSL:VERY SMALL SML:SMALL MED:MEDIUM LAR:LARGE VLG:VERY LARGE

### 4. おわりに

実際の例として岐阜大学～J R岐阜駅前の経路選択を遺伝的アルゴリズムを援用した簡略ファジィ推論を用いてモデル化する。この選択経路を図-1に示す。

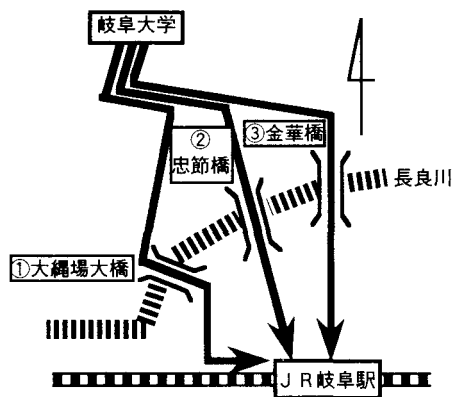


図-1 岐阜大学～J R岐阜駅前の経路

経路選択調査として、3つの時間帯について各経路の認知所要時間・選択経路・選択理由等を質問した。この交通経路選択モデルの詳細については現在検討中である。

### 参考文献

- 1) 浅野光行：やさしい非集計分析 4. 非集計モデルの計算手順，交通工学，Vol.26, No.5, pp37-41, 1991
- 2) 秋山孝正・邵春福：ファジィ推論の交通行動分析への応用，第1回ファジィ土木応用シンポジウム講演論文集，pp67-78, 1993年11月
- 3) 日本ファジィ学会編：講座ファジィ② ファジィ集合，日刊工業新聞社，1992
- 4) 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，No.11, pp13-27, 1993