

ファジィ推論による道路網利用者行動分析モデル

岐阜大学 正 員 秋山 孝正
岐阜大学 学生員 ○坪井 兵太

1. はじめに

近年、交通情報を用いた都市道路網の交通管理が行われている。こうした交通管理方策の具体的な検討のためには、道路利用者の交通情報に対する行動変化を把握することが必要である。

道路利用者の意思決定行動を言語変数によりモデル化する方法として、ファジィ推論によるモデルが提案されている。これはロジットモデルなどの関数型モデルに対して、人間の認知に内在するファジィ性を考慮した推論形式からモデル化するものである。

本研究では、これまで交通行動記述に作成されてきたファジィ推論モデルに関連したいくつかの方法を利用する。そして、道路ネットワーク上における道路利用者の道路選択行動モデルを作成する。また、交通現象の分析を行い、交通管理についての検討を行う。

2. ファジィ推論モデル¹⁾

2-1. 基本的なファジィ推論モデル

ファジィ推論の基本的概念は、「IF～THEN…」形式でとられる推論モデルをファジィ理論で記述することである。推論過程を最も基本的な「Mamdani法」で定式化すると以下の式で表現される。

$$\int \mu_y(y)/y = \int \sup [\min\{\mu_A(x), \mu_R(x, y)\}] / y$$

推論の演算手順を示したものが図-1である。この図から分かるように、ファジィ推論モデルの構築は以下の5点に集約できる。①ファジィ数の決定($\mu_A(x)$ 、 $\mu_B(y)$)、②ルール構成の決定(「IF～THEN…」構成)、③含意公式の決定($\mu_R(x, y)$)、④合成規則の決定(sup-min)、⑤非ファジィ化方法($\int \mu_y(y)/y \rightarrow y^*$)の決定である。各部分の具体的な構成段階が一般的ファジィ推論モデル構築手順といえる。

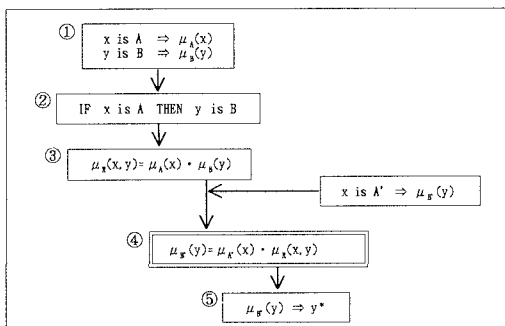


図-1. ファジィ推論の演算手順

2-2. 簡略ファジィ推論モデル

通常のファジィ推論を演算時間の容易性、モデル化の簡潔さと計算の高速化を目指した簡略ファジィ推論モデルが提案されている。この方法は、通常のファジィ推論の手順のうちで、帰結部のファジィ数をクリスプ数(確定値)とする方法である。

結論である確定値を求めるには、いくつかの方法が提案されている。制御規則が次のように与えられた場合に、

規則 1 : IF x is A_1 and y is B_1 THEN z is c_1

規則 2 : IF x is A_2 and y is B_2 THEN z is c_2

⋮

規則 n : IF x is A_n and y is B_n THEN z is c_n

(i=1, 2, …, n)

A_i, B_i : ファジィ数 c_i : クリスプ数

いくつか提案されている中の1つの演算手順を示すと以下ようになる。

a) 各規則の適合度 h_i をmin計算を用いて求める。

$$h_i = \min \{ \mu_{A_i}(x^*), \mu_{B_i}(y^*) \} \quad \dots\dots(1)$$

b) 後件部の定数 c_i を適合度 h_i で荷重平均して推論結果 z^* を算出する。

$$z^* = \frac{\sum h_i c_i}{\sum h_i} \quad \dots\dots(2)$$

3. 関連モデルの比較検討

ファジィ推論の関連モデルやロジットモデルの作成を例題として行う。

ロジットモデルとファジィ推論モデルとの比較が明確にできるよう、交通手段選択を問題にしたロジットモデル作成用のサンプルデータ²⁾を利用した。サンプル数が30個、説明変数が乗車時間・乗車外時間/OD距離・費用・専用自動車の有無のデータ内容である。

ロジットモデル、マムダニ法を用いたファジィ推論モデル、簡略ファジィ推論モデル、ファジィ・ニューロモデルの4つのモデルを作成した。そして、推計誤差・判別指標・適合率の3つの評価指標を用いて各モデルの特徴を比較した。また、モデルの整理も行った。

ここで、モデルの比較を行うために用いた評価指標について説明する。推計誤差は選択結果と推定結果の整合性を示し、判別指標は選択確率がどれだけ0.5から離れているかを示すもので、適合率は全体のサンプル数のうち誤判別でないものの割合を示している。

表-1は、モデル作成によって得られた評価指標と、モデル作成時において、どのような原理や方法によって作られたのかをまとめたものである。

ファジィ推論を用いた3つのモデルは、ロジットモデルに比べ推計誤差が小さくなり、判別指標および適合率が高くなっている。

項目	BL	MF	KF	FN ¹⁾
知識保存形式	推定係数	ルール	ルール	ルール・結合荷重
モデル変数	数値変数	言語変数	言語変数	言語・数値変数
モデル化原理	ランダム効用理論	推論	推論	推論・誤差最小
推論方式	-----	マムダニ	簡略推論	マムダニ
パラメータの決定	最尤推定	試行錯誤	試行錯誤	試行錯誤
推計誤差	9.400	7.027	6.920	3.489
判別指標	8.573	10.817	12.000	12.535
適合率	0.767	0.767	0.800	0.933

BL: ロジットモデル

MF: マムダニ法によるファジィ推論モデル

KF: 簡略ファジィ推論モデル

FN: ファジィ・ニューロモデル

表-1. 各モデルの特徴と評価指標

以上のことから、ファジィ推論モデルを3つの特徴に分けることができる。第一に、モデル構造が「IF～THEN…」形式の推論によって人間の意思決定過程を記述することができる。第二に、モデルの頑健性である。推論ルールが幅を持ったファジィ数で表されているため、非現実なデータをうまくカバーさせることができる。第三の特徴として、下の図を見ると分かるように、高度な非線形関係を表していることである。

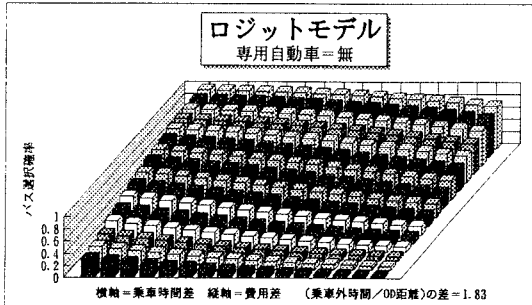


図-2

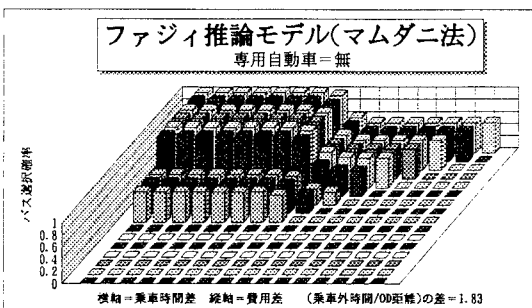


図-3

図-2のロジットモデルでは滑らかな非線形関係が示されている。図-3のファジィ推論では不連続な非線形関係が示されている。

4. 経路選択モデルの作成

次に、現実の道路ネットワークにおける経路選択について考える。図-4のように、岐阜大学からJR岐阜駅までの選択経路行動を実際の例として分析する。

アンケート調査によって得られるデータから、経路選択行動を関数型モデルのロジットモデルと、ファジィ推論モデルを用いて経路選択モデルを作成する。

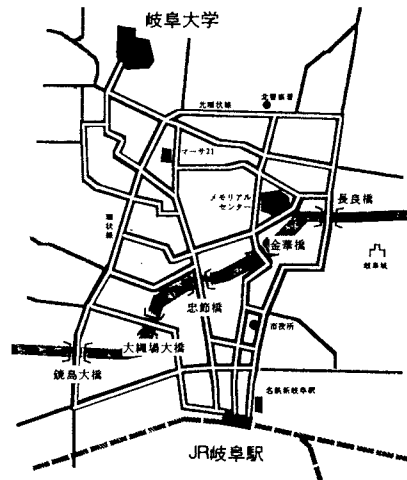


図-4. 岐阜大学からJR岐阜駅までの経路図

経路誘導において重要性の高い時間帯である朝の通勤ラッシュ時の8:00に、岐阜大学を出発するという設定にする。そして、JR岐阜駅までの経路を選択するアンケート調査を実施する。今回は、パソコンを用いた2段階のアンケート調査を行う。

それぞれの橋を経由した経路数を調べてみた。

- (1) 鏡島大橋経由 : 52通り
- (2) 大縄場大橋経由 : 52通り
- (3) 忠節橋経由 : 160通り
- (4) 金華橋経由 : 220通り
- (5) 長良橋経由 : 310通り

以上の経路数は、非現実的な経路を含んでいる。1回目のアンケートの目的は現実的経路を抽出することである。また、経路を少なくすると、2回目のアンケートでの被験者の作業が容易になる。

5. おわりに

本研究では交通管理の基礎となる利用者行動の分析を行った。従来、主要な統計的モデルとしてロジットモデルが知られる。個人の交通行動を的確に表現することに関して、本研究と同様である。ファジィ推論モデルでは、効用最大の経済原則に従おうとせず、経験的知識による判断過程の記述を目的としている。

このモデルの具体的な構成や計算結果等を講演時に発表致します。

【参考文献】

- 1) 秋山孝正: 土木学会第45回年次学術研究会講演要集A, pp. 454-455, 1990
- 2) 浅野光行: やさしい非集計モデルの計算手順, 交通工学, Vol. 26, no. 5, pp37-41, 1991