

IV-212

ファジィ推論によるモデル構築手順とその応用的意義について

京都大学工学部 正 員 秋山 孝正

1. はじめに

従来、土木計画分野におけるファジィ理論の適用では個別の方法論（例えばファジィ積分、FSM など）を用いた研究が多く見られた¹⁾。しかし昨今ファジィ理論の各種方法のなかで、現実的な問題解決方法として注目されているのが、ファジィ推論とこれを応用したファジィ制御である。土木計画分野においても数種の研究例があるが、一般的な手順についての方法論的整理と応用性の検討が必要である。

以下では行動現象記述を中心としたファジィ推論によるモデル化について述べ、さらにその応用的意義について考察を行う。ここでは、特に土木計画における問題として交通量転換のような選択行動記述モデルを主として例示して検討する^{2), 3)}。

2. ファジィ推論モデルの構築手順

ファジィ推論法の基本的概念はエキスパートシステム等で一般に用いられる「IF~THEN...」形式の推論モデルをファジィ理論を用いて一般的記述とするものである。推論過程を最も基本的な「Mamdani 法」で定式化すると以下のように表現される。

$$\int \mu_B(y)/y = \int \sup[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x, y)]/y$$

また推論の構成過程を示したものが図-1である。本図よりわかるように、ファジィ推論モデルの概略は以下の5点に集約することが可能である。つまり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含意形式の決定 ($\mu_R(x, y)$)、④合成規則の決定 ($\sup-\wedge$) ⑤非ファジィ化方法 ($\int \mu_B(y)/y \rightarrow y^*$) の決定であり、この各部分の具体的な構成段階が一般的なファジィ推論モデル構築手順といえる。以下では各々の本質的意味と標準的決定方法について整理する⁴⁾。

(1) ファジィ数の決定

従来の関数型モデル等と同様、モデルの説明変数と被説明変数を抽出し、これらをファジィ数表現する。人間の認知上、通常漠然と「大きい」「小さい」等の概念により判断される変数（たとえば通行料金、

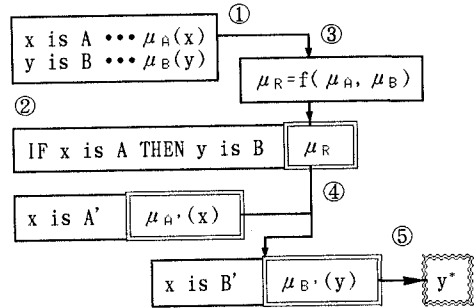


図-1 ファジィ推論モデルの概念図

時間価値など³⁾)には、このファジィ数表現が適するといえる。実際のモデルではPB (Positive Big), NS (Negative Small) 等の言語表現を用いる場合が多い。またメンバシップ関数形状については、通常三角型や正規関数などが用いられる。

(2) ルール構成

ファジィ推論は形式的にはプロダクションルールと同様といえる。つまり「IF~THEN...」形式で設定されたルール群により判断を記述するものである。当然ながらルール数の増大とともにモデルは精密となる。しかし本来ファジィ推論は一般論理を包含し、過剰なルールを統合する役割を持つので、少数構成で記述することを目指すべきであろう。

また実際のモデル構築においては規則変更が容易であり適合性の向上させることができる。

(3) 含意公式の決定

ファジィ推論の含意公式とは、前件部と後件部との関係の定義である。具体的には、さきの $\mu_R(x, y)$ [x, yの2変数関数]を $\mu_A(x)$, $\mu_B(y)$ により定義することである。Mamdani 法の場合 $\mu_R = \mu_A \wedge \mu_B$ とするが、 $\wedge$ の代替的演算は積 [$\mu_A \cdot \mu_B$]、Zadeh 公式 [$1 \wedge (1 - \mu_A + \mu_B)$] 等多数あり、各演算の特徴と算出結果を比較し妥当性を議論すべきである。

(4) 合成規則の決定

合成規則には、max-min 演算が最も多く利用されるが一般的には演算子の組合せで定義される。特に積演算 (min部分) には限界積 ($x \odot y = 0 \vee (x + y - 1)$)、激烈積 ($\wedge = 1, [x \text{ or } y = 1], = 0 [x, y < 1]$) など

を用いた演算も有効である。合成規則により判断形式が規定され、特に推論結果の変化程度に影響する。

(5) 非ファジィ化方法

ファジィ推論では判断帰結部がファジィ数で得られる。ファジィ制御等で推論結果を一意的数値として用いる場合、非ファジィ化(defuzzification)手順が必要となる。集合の重心を代表点とする重心法が一般的であるが、他に最大平均法、最大中央値法、中央値法、面積法などがある。応用的には対象問題の性質と合致した方法を採用すべきである。

3. ファジィ推論モデルの適用意義

土木計画問題へのファジィ推論の応用的意義に関して、以下の3つの視点から見解をまとめる。

(1) 非関数型モデル化

機関選択、転換率などの交通現象記述にはロジットモデルに代表される関数型モデルが広く用いられている²⁾。このモデルは論理的構造(数式)により関係が記述され導出が容易であるが、反面一義的判断で記述されておりモデルの融通性が存在しない。

ファジィ推論の場合は非線形関係の比較的容易な記述方法であるといえ、演繹的に得られたモデル構造でなくても利用できる点に大きな意義がある。

また「推論」形式によるモデル化が有効とされる分野も多く存在すると考えられる。特に明確な理論的根拠を示し難い問題、あるいはシステム構造が明確化されても、これに複雑な数理演算な解法を用いる場合には、複雑化の増大から構成把握の容易なモデル化は難しい。この点の補完としてファジィ推論モデルは有効であると考えられる。

(2) 表現形式の自由性

ファジィ推論によれば、推論結果がファジィ量として表現される。モデリングにおける表現方法は、当然、①ファジィ数の形状自体を用いることができるが、②たとえば制御のような一意的判断が必要な場合には前述の非ファジィ化方法を用いることができ、③さらにファジィ数を「言語表現」に対応させることも可能である。人間認識と表現形式の関係からいづれの方法が妥当であるかは吟味されるべきである。たとえば、転換現象記述においても交通量推計等に直接的に用いる場合には非ファジィ化が必要不可欠であるが、個々の判断結果を吟味する場合

にはファジィ表現された量の検討が有効である。

(3) 拡張モデルとしての利用

ファジィ推論は(ファジィ理論の各種方法も共通した性質を持つ)、従来のクリस्प論理で構築された論理を含んでいる。したがって、既存のルール記述型モデル(プロダクションシステムはこの典型)を自然な形でファジィ推論として拡張することが可能である。これは、従来型モデルの長所を残しながら、さらに一般的知識の導入が可能であり、モデルの汎用化と集約化へ大きな有意義と考えられる。

4. おわりに

本稿では、ファジィ推論を利用して特に交通現象記述モデルを作成する場合の基本的手順を整理するとともに、応用面からみた意義について述べた。

結局、ファジィ推論を用いるには計画問題の性質に依存した展開が必要となるが、常に合理的判断のみでなく、自然言語の変数の付加が意味を持つ場合には、有意義な方法であるといえよう。

現実的なモデル構築上はさきに述べたように、推論形式決定の各段階で設定の自由度が大きく、一義的なモデルの導出手順はない。科学的という概念が、普遍的、解析的といった言葉とほぼ同義であるとするれば、ファジィ推論は非科学的方法となる。また、現実事象を忠実に模倣することを、工学的、実用的とするならば、これは十分に工学的に優れた方法である。

つまり非科学的であるが工学的であることがファジィ推論の特徴である。現在のファジィ制御等では後者の実用性と適合性が過度に誇張されており、今後の応用的側面としては、非科学的論理の有効利用を目指した発展が期待される。

【参考文献】

- 1) 秋山孝正：ファジィ理論の土木計画分野における適用に関する整理と展望，土木学会論文集，第39号/VI-9，pp. 23-32，1988.
- 2) 秋山孝正・佐佐木綱：ファジィ推論と交通行動の記述，交通工学，Vol. 23，No. 3，pp. 21-27，1988
- 3) 秋山孝正・佐佐木綱・有倉陽司：ファジィ理論を用いた都市高速道路転換率モデル，土木計画研究・論文集，No. 7，pp. 259-266，1989.
- 4) 例えば、水本雅晴：わかりやすいファジィ理論Ⅲ ファジィ推論とファジィ制御，コンピュータロム 28，1989.