

## 対話型意思決定支援システム「FISM/fuzzy」の構築

1E-4

三田村 保 大内 東  
北海道大学工学部

## 1. はじめに

人間の意思決定を支援するためには、対象問題の構造を明確化する必要がある。意思決定支援手法は、数多く提案されており、DEMATEL[1],ISM,[2],AHP[3],FSM[4, 5]などが代表的手法である。

著者らの提案している「FISM/fuzzy」は対象領域を構成要素集合上のファジィ擬順序関係として捉え、ファジィ可到達行列としてモデル化するものであり、意思決定を支援する方法論である [6, 7, 8, 9, 10]. FISM/fuzzy のファジィ推移的具象化 (Fuzzy Transitive Embedding) は、モデル生成者の対象領域に対するあいまいな認識を、ファジィ部分可到達行列と含意規則を用いて対話的に具象化する過程である。

本稿は、FISM/fuzzyによる意思決定支援システムの構成を述べ、その中心となる具象化プロセスについて述べる。

## 2. 諸定義

理論的背景となるファジィ部分可到達行列理論について述べる。

- $N = \{1, 2, \dots, n\}$ : 要素集合.

## 定義 2.1 ファジィ部分可到達行列

行列  $M$  がファジィ部分可到達行列であるとは、その行列の要素が上限値と下限値をもつ行列であり、

$$M = [m_{ij}, \bar{m}_{ij}], \quad 0 \leq m_{ij} \leq \bar{m}_{ij} \leq 1 \quad i, j \in N \quad (1)$$

と表す。また以下のファジィ反射性とファジィ部分可到達性を有する。

ファジィ反射性：行列  $M$  の対角要素の値は 1 である。

ファジィ部分可到達性：行列  $M$  がファジィ部分可到達であるとは、全ての要素の三組  $(i, j, k)$  が以下の条件を満たす。

$$m_{ij} \geq \min(m_{ik}, m_{kj}), \quad (2)$$

$$\bar{m}_{ij} \geq \min(\bar{m}_{ik}, \bar{m}_{kj}), \quad (3)$$

$$\bar{m}_{ij} \geq \min(m_{ik}, \bar{m}_{kj}). \quad (4)$$

## 定義 2.2 含意規則

$(i, j)$  要素の値  $[m_{ij}, \bar{m}_{ij}]$  を  $[m'_{ij}, \bar{m}'_{ij}]$  としたとき、以下の 4 通りの規則を適用すれば、 $(l, m)$  要素の値  $[m_{lm}, \bar{m}_{lm}]$  は新たな値  $[m'_{lm}, \bar{m}'_{lm}]$  となる。ただし、 $0 \leq m_{ij} \leq m'_{ij} \leq \bar{m}'_{ij} \leq \bar{m}_{ij} \leq 1$  とする。

$$\frac{m'_{lm}}{m'_{lm}} = \frac{m_{lm} + m_{li}m_{jm}m'_{ij}}{\bar{m}_{lm}((m_{li}m_{mj}) \textcircled{a} m'_{ij})}, \quad (5)$$

$$\frac{\bar{m}'_{lm}}{\bar{m}'_{lm}} = \frac{\bar{m}_{lm}((m_{li}m_{mj}) \textcircled{a} m'_{ij})}{m_{lm} + m_{li}m_{jm}m'_{ij}}, \quad (6)$$

$$\frac{m'_{lm}}{\bar{m}'_{lm}} = \frac{\bar{m}_{lm}(m'_{ij} \textcircled{a} (m_{jl} \textcircled{a} \bar{m}_{im}))}{\bar{m}_{lm}((m_{li}m_{mj}) \textcircled{a} m'_{ij})}, \quad (7)$$

$$\frac{\bar{m}'_{lm}}{m'_{lm}} = \frac{\bar{m}_{lm}(m'_{ij} \textcircled{a} (m_{mi} \textcircled{a} \bar{m}_{lj}))}{m_{lm} + m_{li}m_{jm}m'_{ij}}. \quad (8)$$

$$a \textcircled{a} b = \begin{cases} 1 & : a \leq b \\ b & : a > b \end{cases}$$

## 3. FISM/fuzzy セッション

FISM/fuzzy による意思決定支援プロセスの実行は、「FISM / fuzzy セッション」とよばれる。FISM/fuzzy セッションにおいて、利用者が行なうべき事は、「ファジィ擬順序関係の性質を満たす関係を定義し、対象の要素集合  $N$  を構成するすべての要素を明確にし、これらの要素の一対比較により関係  $R$  を決定すること」である。この結果をもとに FISM/fuzzy は、対象とする問題を組織化、体系化し、その表現形式として一般的に用いられる階層グラフで表現する。

FISM/fuzzy セッションは以下のプロセスから構成される。

- (1) 具象化プロセス：扱う問題に対する代替案や評価基準を決定し、評価基準集合上のファジィ関係  $R$  を決定する。
- (2) 構造化プロセス：関係  $R$  を階層構造に整理する。
- (3) 表現プロセス：扱う問題にとって適切な形式に、結果を表現する。

以下では具象化プロセスについて詳細に記述する。

## 4. 具象化プロセス

具象化プロセスは、対象問題の評価基準集合  $S_T$  と  $S_T$  上のファジィ二項関係  $R$  の組  $\langle S, R \rangle$  としてモデリングすることである。ここで  $R$  は、ファジィ反射性とファジィ推移性を満たすファジィ擬順序関係（ファジィ前順序関係）であると仮定する。

以下に具象化プロセスの概略を述べる。

1. 問題設定：具象化を行う対象問題を明確にする。

2. 代替案の抽出.
3. 評価基準の抽出.
4. 代替案と評価基準の一対比較.
5. 評価基準間のファジィ含意関係の類推.
6. 関係定義: 評価基準間のファジィ擬順序関係  $R$  を定義する.
7. 一対比較によるモデル生成: モデル生成者が満足するモデルとなるまで以下を繰り返す.
  - (a) 評価基準対  $(i, j)$  を選択.
  - (b) ファジィ関係  $iRj$  の帰属度の入力.
  - (c) 含意規則を用いた  $M$  の更新.

#### 4.1 代替案と評価基準間の一対比較

評価対象となる代替案の集合  $S_E$

$$S_E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\} \quad (9)$$

を決定する.

次に代替案間を比較検討することが可能な評価基準集合  $S_T$

$$S_T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\} \quad (10)$$

を決定する. 次に代替案と評価基準間の一対比較を意思決定者は, ファジィ関係  $D$  を用いて評価する.

$$D = [d_{ij}] \quad i \in S_T, j \in S_E \quad (11)$$

$d_{ij}$  の値は, 代替案  $e_j$  に対する評価基準  $t_i$  の関係の帰属度を  $[0,1]$  の実数値を入力する.

#### 4.2 評価基準間のファジィ含意関係抽出

意思決定者の評価基準間の評価を支援するために, 代替案と評価基準とのファジィ関係  $D$  より, 評価基準間のファジィ含意関係  $M$  を抽出する. 各代替案における評価基準間のファジィ含意関係の下限值, 上限値をもちいて, ファジィ部分可到達行列を生成する.

$$M = [\underline{m}_{ij}, \overline{m}_{ij}] \quad i, j \in S_T \quad (12)$$

$$\underline{m}_{ij} = \min_e (I_g(d_{ie}, d_{je})) \quad (13)$$

$$\overline{m}_{ij} = \max_e (I_g(d_{ie}, d_{je})) \quad (14)$$

$$I_g(d_{ie}, d_{je}) = d_{ie} \odot d_{je} \quad (15)$$

#### 4.3 評価基準間の一対比較

評価基準間の一対比較を行う. 抽出された評価基準間のファジィ部分関係  $M$  を初期値として, 利用者は一対比較を行う.

[要素対の選択] は, 利用者が任意に指定して入力してもよいし, 計算機が適当な要素対を選択し, その要素対の関係の帰属度を提示してもよい. 後者の場合, 定義 2.2 の含意規則より, 未知の関係と他の未知の関係における含意予測が可能となる [9]. 計算機は, その含意予測を利用し, 他の関係を多く決定することが可能な評価基準対を提示する. それによって意思決定者は, 評価の負担が軽減され, 評価基準間のモデリングを行うことができる.

また, プロセスの途中で, 階層構造が意思決定者の意図と異なる場合でも, 修正アルゴリズム [8] を用いることによって帰属度  $iRj$  の値を変更することが可能である.

#### 5. むすび

本稿は, FISM/fuzzy による意思決定支援システムの構成を述べ, その中心となる具象化プロセスについて詳細に述べた.

今後の課題としては, FISM/fuzzy の機能を充実するため, 複数の個人またはグループの異なる意見をまとめるための合意理論等の理論的基礎を考察する必要があり, 現在開発を行っている.

#### 参考文献

- [1] 木下: わかりやすい意思決定論入門, 啓学出版 (1992)
- [2] J.N.Warfield: *Societal Systems-Planning, Policy and Complexity*, John Wiley & Sons (1976).
- [3] 刀根: ゲーム感覚意思決定法, 日科技連出版社 (1986)
- [4] 田崎: あいまい理論による社会システムの構造化, 数理学特集ファジィ理論, No. 191, pp54-66, サイエンス社 (1979)
- [5] Tazaki, E., Amagasa, M.: Structural Modeling in a Class of Systems Using Fuzzy Sets Theory, *International Journal for Fuzzy Sets and Systems*, Vol 2, No 1, pp.1-17(1979).
- [6] 三田村, 大内: ファジィ構造モデリングにおけるファジィ推移的具象化の理論とアルゴリズム, 情報処理学会論文誌, Vol 35, No 2, pp301-308(1994)
- [7] 三田村, 大内: ファジィ可到達行列モデルの推論構造, 第9回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp581-584(1993)
- [8] 三田村, 大内: ファジィ部分可到達行列の修正アルゴリズム, 第46回情報処理学会全国大会講演論文集, (1993)
- [9] 三田村, 大内: 意思決定支援システムにおける一対比較削減戦略の検討, 第48回情報処理学会全国大会講演論文集, (1994)
- [10] 三田村, 大内: 実例を利用した知識構造ファジィモデリング, 第7回人工知能学会全国大会講演論文集, (1994)