

4E-2

PCTとF²ISMを融合した知識獲得

大内 東

三田村 保

(北海道大学工学部)

1. はじめに

現在エキスパート・システム構築における最大のボトルネックは知識獲得問題である。知識獲得過程の中心である知識の抽出は、問題領域に関する専門家の頭の中で明確に体系化されていない知識の断片を収集し、整理、分類する知識獲得の重要な工程である。

知識獲得において有用な方法としてJ.H. Bouse¹⁾が提案したETS (Expertise Transfer System)がある。ETSはPCT (Personal Construct Theory)²⁾に基づいて知識獲得を支援している。PCTはRating gridを使用して属性間の含意関係を計算するものであり、属性の抽出方法、個々の属性間の包含関係の計算においては非常に有用である。しかし、抽出された属性間の含意関係全体の推移性は考慮されていない。

我々はF²ISM (Fuzzy Flexible Interpretive Structural Modeling)を利用した知識獲得を提案している。属性間の関係を決定していく、推移性を前提として他の関係を含意するものである。しかし、属性の抽出方法、属性間の関係の決定が困難な問題領域に対して、改良の余地が残されている。今回はPCTとファジィISMを融合した新しい知識獲得を提案する。

2. F²ISM

2.1. 諸定義

- ・ $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$: 要素集合
- ・ N : 要素集合 S に対応する添字集合
- ・ ファジィ行列 M : 関係 R の含まれる帰属性を表わす値を要素とする行列
 $0 \leq m_{ij} \leq 1, \forall i, j \in N$
- ・ ファジィ行列 M に対して反射性、推移性
 反射性: $m_{ii} = 1, \forall i \in N$
 推移性: $m_{ij} = \max_k [\min (m_{ik}, m_{kj})]$
 $\forall i, j, k \in N$
- ・ ファジィ行列 A, B に対して次の演算を定義する。
 $(A+B)_{ij} = \max (a_{ij}, b_{ij})$ (1)
 $(AB)_{ij} = \max_k [\min (a_{ik}, b_{kj})]$ (2)
 $(A \alpha B)_{ij} = \min_k (a_{ik} \alpha b_{kj})$

$$a \alpha b = \begin{cases} 1 : a \leq b \\ b : a > b \end{cases} \quad (3)$$
- ・ ファジィ行列が可到達行列であるための条件は以下の式を満たさなければならない。
 反射性: $M = M + I$ (4)
 推移性: $M^2 = M$ (5)

2.2. F²ISMにおける推移的結合³⁾

F²ISMは構成要素間の関係に注目し、関係を多値行列を用いて表現、解析する手法である。F²ISMを利用する知識獲得は、F²ISMにおける推移的結合に相当する。これは二つのサブファジィシステムを A, B を、一つのファジィシステム M に結合するものである。つまり

$$M = \begin{bmatrix} A & X \\ Y & B \end{bmatrix} \quad (6)$$

を求める問題である。ここで A, B は既知のファジィ可到達行列である。 A, B の次数はそれぞれ s, t とする。 X, Y は未知のファジィ行列である。 X, Y の全ての要素に0から1までの値を決定し、ファジィ可到達行列 M を生成することがF²ISMの推移的結合問題である。(6)式より A, B, X, Y は以下の条件を満たさなければならない。

$$A^2 + XY = A \quad (7a)$$

$$AX + XB = X \quad (7b)$$

$$YA + BY = Y \quad (7c)$$

$$YX + B^2 = B \quad (7d)$$

ここで $B=1$ とする推移的拡大を利用する。 X, Y はそれぞれ s 次の列ベクトル、行ベクトルとなるので x, y^T とおく。また A, B が可到達行列であるので(7)式を変形すると、以下のような未知要素に対する含意式が得られる。

$$x \rightarrow x \text{ 含意: } x = Ax \quad (8a)$$

$$x \rightarrow y \text{ 含意: } y^T \leq x^T \alpha A \quad (8b)$$

$$y \rightarrow y \text{ 含意: } y^T = y^T A \quad (8c)$$

$$y \rightarrow x \text{ 含意: } x^T \leq y^T \alpha A^T \quad (8d)$$

2.3. F²ISMを利用した知識獲得

F²ISMを利用した知識獲得は以下の通り。

```
while (追加要素が存在する)
begin
  ・要素を追加する。
  ・要素間関係を決定し、(8)式を用いて他の未知の要素間関係を含意する。
  ・階層化
    しきい値 (0~1) を決定し、ファジィ可到達行列を二値化し、従来のISM法を用いて階層化する。
end
```

3. PCT²⁾

3.1. 諸定義

- Rating grid: 行を属性, 列を要素とする行列 M
 $M = \{m_{ij} \mid i=1 \dots n_t, j=1 \dots n_e\}$
 $(n_t: \text{属性の総数}, n_e: \text{要素の総数})$
 $m_{ij}: \text{要素 } j \text{ に対しての属性 } i \text{ の帰属度}$
 $0 \leq m_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in n_t, \forall j \in n_e$

・含意関係計算

$$\mu(x \rightarrow y) = \text{MIN}[m_{ix}, 1 - m_{xj} + m_{yj}] \quad (9)$$

・含意関係の重要度

$$\rho(x \rightarrow y) = \alpha(y) - \alpha(y \mid x \rightarrow y) \quad (10)$$

但し,

$$\alpha(y \mid x \rightarrow y) = \sum -\log_2(p(m_{yj} \mid m_{xj}, x \rightarrow y)) \quad (11)$$

$$p(x) = \sum -\log_2(p(m_{xj})) / n_e \quad (12)$$

3.2. PCTを利用した知識獲得

PCTを利用した知識獲得は以下の通り。

- 要素の抽出
- 属性の抽出 (属性は任意の3要素を区別できるもの)
- Rating gridの入力
 (属性・要素間関係の決定)
 入力時は1, 2, 3, 4, 5のいずれかを選択する。多値行列への変換は,
 $1 \rightarrow 0.00, 2 \rightarrow 0.25, 3 \rightarrow 0.50, 4 \rightarrow 0.75, 5 \rightarrow 1.00$
- 属性間含意関係の決定
- 属性間含意関係重要度の計算
- 階層化
 しきい値を決定し, (10)式より求められた含意関係重要度でしきい値以上のものを採用, 階層化する。

4. PCTとF²ISMを融合した知識獲得

4.1. 知識獲得工程

知識獲得工程は以下の示す手順で進める。

- 要素の抽出
- while (追加属性が存在する)
 - begin
 - 属性を追加抽出する
 - Rating gridの入力
 - 属性間含意関係決定 (ファジィ可到達行列生成)
 - end
 - しきい値を決定し, ファジィ可到達行列を二値化し, 従来のISM法を用いて階層化する。

4.2. 属性間含意関係決定

- (10)式より属性間含意関係重要度を計算する。
- 重要度の最も高い属性間含意関係を採用
- 採用された属性間含意関係の値を(9)式より取得し, 他の未知の関係を(8)式を用いて含意する。

4.3. 知識獲得精練

要素, 属性の追加, 削除または, しきい値の修正は以下の手順で行う。

- 要素の追加: 該当する要素の列をRating gridに追加, Rating grid入力し, 属性間含意関係を決定する。
- 要素の削除: 該当する要素の列をRating gridから削除し, 再度, 属性間含意関係を決定する。
- 属性の追加: 該当する属性の行をRating gridに追加, Rating grid入力し, 属性間含意関係を決定する。
- 属性の削除: 該当する属性の行をRating gridから削除し, 再度属性間関係を決定する。
- しきい値の修正: 修正されたしきい値を用いてファジィ可到達行列を二値化し, 階層化する。

5. おわりに

PCTとF²ISMを融合した知識獲得を提案した。今後の展開としては, 属性間含意関係決定の戦略の研究, 属性を順次追加してファジィ可到達行列を生成する方法ではなく, 抽出された要素を一括して処理し, ファジィ可到達行列を求めていく方法などが挙げられる。

参考文献

- 1) J.H.Boose(1985): 「A Knowledge acquisition program for expert systems based on Personal Construct Psychology」 Int. J. of Man-machine Studies, 23:495-525
- 2) B.R.Gaines and M.L.G.Shaw(1986): 「Induction of inference rules for expert systems」 Fuzzy Set and Systems, 18:315-328
- 3) 若林・大内: 「ファジィISMにおける推移的結合」 第41回情報処理学会全国大会
- 4) 大内他: 「2項関係理論による知識獲得ツールとしての階層構造分析法の構成」 電学論(C), 107, 2 (昭62)