Repertory Gridによる推移的属性間含意関係抽出方法の検討*

4Q−2

三田村 保　　大内 東†

北海道大学工学部‡

1 はじめに

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といわれている．知識獲得過程の中心である知識の抽出は，専門家の頭の中で明確に体系化されていない問題領域に内在する属性を収集し，整理，分類する重要な工程である．

現在，有用な知識獲得法の一つとしてPersonal Construct Psychology (PCP) [1] を用いた知識獲得法がある [2]．今回は Repertory Grid から抽出する属性集合上の含意関係の特性を満たす条件を検討する．

2 諸定義

- 要素：問題領域に実在する事象例
- S_E：要素の集合
- 属性：要素を区別する特性
- S_T：属性の集合
- Repertory Grid
  - ・$G = \{g_{ie} \mid i \in S_T, e \in S_E\}$
  - ・g_{ie}：要素 e が属性 i 属する度合い
  - ・$0 \leq g_{ie} \leq 1$
- ファジィ集合：全体集合 U におけるファジィ集合 A は $\mu_A : U \to [0,1]$ なるメンバーシップ関数μ_A によって特性づけられた集合である．$\mu_A(u)$ は $u \in U$ が A に属する度合いを表す．ファジィ集合 A は以下のように表現する．
  $A = \int_U \mu_R(u)/(u)$
- ファジィ関係：U から V へのファジィ関係 R とは
  $R = \int_{U \times V} \mu_R(u,v)/(u,v)$
  なる$\mu_R : U \times V \to [0,1]$ によって特性づけられた $U \times V$ 上のファジィ関係である．
- ファジィ関係の合成：R を U × V 上の，S を V × W 上のファジィ関係とすると，R と S の合成とは
  $R \circ S = \int_{U \times W} \vee_v [\mu_R(u,v) \wedge \mu_S(v,w)]/(u,w)$
  と与えられる．
- 含意関数 I : [0, 1] × [0, 1] → [0, 1] は，条件
  $I(0,0) = I(0,1) = I(1,1) = 1$
  $I(1,0) = 0$
  を満たすものとする．

*A method for eliciting transitive implication of traits from Repertory Grid

†Tamotsu Mitamura and Azuma Ohuchi

‡Hokkaido University

3 Repertory Grid

知識獲得は問題領域に内在する属性間の含意関係を抽出することである．しかし属性の抽出，属性間の含意関係を直接抽出することは非常に困難である．現在有用な知識獲得法として G.A.Kelly の Personal Construct Psychology (PCP) [1] を用いた知識獲得がある [2]．PCP は人間の思考モデルを Repertory Grid を用いて構築する手法である．Repertory Grid は列に要素集合，行に属性集合から構成されている行列である．要素は問題領域に実存する事象例であり，属性は要素を区別することのできる特質である．Repertory Grid は要素と属性との比較によって問題領域を表現することが可能となる．Repertory Grid の値は各要素の属性に対する尺度づけされた値が入力される．値は0から1までの数字で表されている．例えば g_{ie} の値には要素 e が属性 i の特性を有する度合いを入力する．1に近いほど要素 e が属性 i の持つ特性を有するということになり，値が0であれば特性を有しないということになる．

Repertory Grid が生成し問題領域をモデル化した後に，属性集合上の含意関係を抽出する．抽出された属性間の含意関係が専門知識となる．

4 属性集合上の含意関係抽出

属性集合上の含意関係を抽出する際にファジィ理論を導入する．Repertory Grid の属性 i は要素集合 S_E上のファジィ集合であり，Repertory Grid の値は属性 i の各要素におけるメンバーシップ関数μ_iのグレードとみなすことが可能となる．つまり属性 i は$\mu_i : S_E \to [0,1]$ なるメンバーシップ関数μ_iによって特性づけられたファジィ集合となる．

ファジィ集合である属性間の含意関係 R_1は要素集合 $S_E \times S_E$上のファジィ関係であり，$\mu_{R_1} : S_E \times S_E \to [0,1]$ なるメンバーシップ関数によって特性づけられる集合となる．属性 i から属性 jへの含意関係は，$e_1, e_2 \in S_E$とすると

$R_1(i,j) = \int_{S_E \times S_E} \mu_{R_1}(e_1,e_2)/(e_1,e_2)$

$\mu_{R_1}(e_1,e_2) = I(\mu_i(e_1), \mu_j(e_2))$

と定義できる．

属性集合 $S_T \times S_T$上の含意関係 R はファジィ関係で，$\mu_R : S_T \times S_T \to [0,1]$ なるメンバーシップ関数によって特性づけらた関係となる．ただし，$i,j \in S_T$である．

$R = \int_{S_T \times S_T} \mu_R(i,j)/(i,j)$

含意関係 Rのメンバーシップ関数$\mu_R(i,j)$ は，ファジィ集合としての属性間の含意関係 $R_1(i,j)$ の対角要素(e,e) の必然性を取ることにより求められる．ただし，$i,j \in S_T, e \in S_E$ である．

$$\begin{aligned}\mu_R(i,j) &= \Box(i \to j)\\ &= \wedge_e(\mu_{R(i,j)}(e,e))\\ &= min_e(\mathrm{I}\ (\mu_i(e),\mu_j(e)))\\ &= min_e(\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{je})) \qquad (1)\end{aligned}$$

5 属性集合上の含意関係の特性

抽出された属性集合上のファジィ含意関係の特性について考慮する．ファジィ含意関係は通常の属性集合上の二項関係である含意関係の特性を持つ．二項含意関係は反射性と推移性を有する．反射性，推移性は属性 $i,j,k \in S_T$ において，

$${}_iR_i \qquad (反射性)$$
$${}_iR_{k},{}_kR_j \Rightarrow {}_iR_j \quad (推移性)$$

である．よってファジィ含意関係も反射性，推移性の特性を有する必要がある．ファジィ含意関係が反射的であるとは

$$\mathrm{R} \supseteq \mathrm{I} \qquad (2)$$

が成立することである．I は恒等関係である．メンバーシップ関数を用いると

$$\mu_R(i,i) = 1 \qquad (3)$$

が成立することである．(3) 式に (1) 式を代入すると，要素 $e \in S_E$ において

$$min_e(\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{ie})) = 1 \qquad (4)$$

となる．以下の条件が成立する．

$$\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{ie}) = 1 \qquad (5)$$

ファジィ含意関係の推移性は，属性 $i,j,k \in S_T$ において，

$$R(i,j) \supseteq R(i,k) \circ R(k,j) \qquad (6)$$

が成立する．これをメンバーシップ関数を用いると，

$$\mu_R(i,j) \geq \vee_k \mu_R(i,k) \wedge \mu_R(k,j) \qquad (7)$$
$$\mu_R(i,j) \geq max_k min(\mu_R(i,k),\mu_R(k,j)) \qquad (8)$$

となる．(8) 式に (1) 式を代入すると，

$$\begin{aligned}&min_e(\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{je}))\\ &\quad \geq max_k min(min_e(\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{ke})), min_e(\mathrm{I}\ (g_{ke},g_{je}))) \quad (9)\end{aligned}$$

となる．(9) 式を展開すると，

$$\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{je}) \geq min(\mathrm{I}\ (g_{ie},g_{ke}),\mathrm{I}\ (g_{ke},g_{je})) \qquad (10)$$

となる．つまり (5), (10) 式の条件が満たされるとき属性集合上のファジィ含意関係は反射性，推移性を満たすことになる．

［定理］ $S_T \times S_T$ 上のファジィ含意関係 R が反射性，推移性を満たすためには，含意関数 I が以下の条件を満たさなければならない．a, b, c は，[0, 1] の値をとる要素が属性に属する度合いである．

$$\mathrm{I}(a,a)=1 \qquad (反射性)$$
$$\mathrm{I}(a,c) \geq min(\mathrm{I}(a,b),\mathrm{I}(b,c)) \quad (推移性)$$

6 含意関数の特性

含意関数は様々な種類が存在する [3]．主な関数として下記の関数が挙げられる．

$$\begin{aligned}
\mathrm{I}_m(a,b) &= max(min(a,b),1-b) & \\
\mathrm{I}_a(a,b) &= min(1,1-a+b) & \text{(Lukasiewicz)}\\
\mathrm{I}_c(a,b) &= min(a,b) & \text{(Mamdani)}\\
\mathrm{I}_s(a,b) &= \begin{cases} 1 & (a \leq b)\\ 0 & (a > b)\end{cases} & \text{(Gaines-Rescher)}\\
\mathrm{I}_g(a,b) &= \begin{cases} 1 & (a \leq b)\\ b & (a > b)\end{cases} & \text{(Gödel)}\\
\mathrm{I}_\sharp(a,b) &= max(1-a,b) & \text{(Dienes)}\\
\mathrm{I}_\triangle(a,b) &= \begin{cases} 1 & (a \leq b)\\ b/a & (a > b)\end{cases} & \text{(Goguen)}\\
\mathrm{I}_\Box(a,b) &= \begin{cases} 1 & (a \neq 1 or b = 1)\\ 0 & others\end{cases} & \\
\mathrm{I}_*(a,b) &= max(0,b-a) &
\end{aligned}$$

各含意関数の反射性，推移性を比較すると以下の表となる．

	I_m	I_a	I_c	I_s	I_g	$\mathrm{I}_\sharp$	$\mathrm{I}_\triangle$	$\mathrm{I}_\Box$	I_*
反射性	×	○	×	○	○	×	×	×	×
推移性	×	×	○	○	○	×	×	○	○
反射性かつ推移性	×	×	×	○	○	×	×	×	×

含意関数関数の中で反射性，推移性を満たすものは I_s, I_g である．しかし含意関数 I_s は，その含意関数の値が二値となるためより詳細な含意関係が算出できないという問題点が挙げられる．

7 おわりに

今回は Repertory Grid より抽出される属性集合上のファジィ含意関係の特性である反射性，推移性を検討した．結果として含意関数の反射性，推移性を考慮することによって反射的，推移的な属性集合上の含意関係が抽出できることが判明した．反射性，推移性を満たす含意関数を用いれば，直接的に推移的属性間含意関係が得られる．しかし，推移性を満たさない含意関数を使用する場合には，我々の提案している F^2ISM を利用した知識獲得 [4] をおこなう必要がある．

参考文献

[1] G.A.Kelly : "The Psychology of Personal Constructs", Norton, New York,(1955).

[2] B.R.Gaines and M.L.G.Shaw : Induction of inference rules for expert systems, Fuzzy Set and Systems,18:315-328 (1986).

[3] 水本："種々のファジィ推論法 - If … then … の場合 -", 電気通信学会論文誌,Vol.J64-D,379-386 (1981).

[4] 三田村，大内：PCT と F^2ISM を融合した知識獲得の検討，第 5 回人工知能学会全国大会 (1991).