

ファジィ理論に基づくフレーム・システムの実現

7C-3

角井将史* 馬野元秀** 宮原秀夫**

*大阪大学 基礎工学部 情報工学科、 **大阪大学 大型計算機センター

1 はじめに

知識の表現手法の1つにフレームがある。これは、人間の記憶構造や推論を理解するための基礎として、1975年に M.Minsky によって提案された[1]。その後、フレーム理論は多くの研究者によって利用され、フレームをベースにしたソフトウェアもいくつか作成されている。

ところが、現実の世界においては、多くの知識はあいまいである。人間はこのようなあいまいな知識をもとにして推論、思考、判断を行っている。これらによりあいまいな知識を表現することは、従来のフレームにおいては困難であった。そこで、本研究では、あいまいさをファジィ集合[2]で表現することにより、従来のフレームの拡張を行った。

2 ファジィ・フレーム

2.1 スロット値のファジィ集合化

動物などの大きさは、通常「小さい」や「大きい」と表現される。これらはあいまいな概念であるので、ファジィ集合で表現するのが自然である。そこでスロットの値としてファジィ集合を記述できるようにした。本システムでは「小さい」や「中くらい」や「大きい」などをファジィ集合として

```
(setq small {1/0, 1/1, 0.7/2, 0.2/3, 0.1/4})
(setq middle {0.1/3, 0.8/4, 1/5, 0.8/6, 0.1/7})
(setq large {0.1/6, 0.2/7, 0.7/8, 1/9, 1/1})
```

と定義しておく、スロット値としてこれらを与えることができる。

2.2 スロット値に対する確信度の設定

スロット値の確信度を設定できるようにした。さらに、その値にファジィ集合も使用できるようにした。

2.3 継承の度合いの設定

各クラスの継承に関して「継承がある」と「継承がない」というだけではなく度合いをつけて、「少し継承がある」などが記述できるようにした。

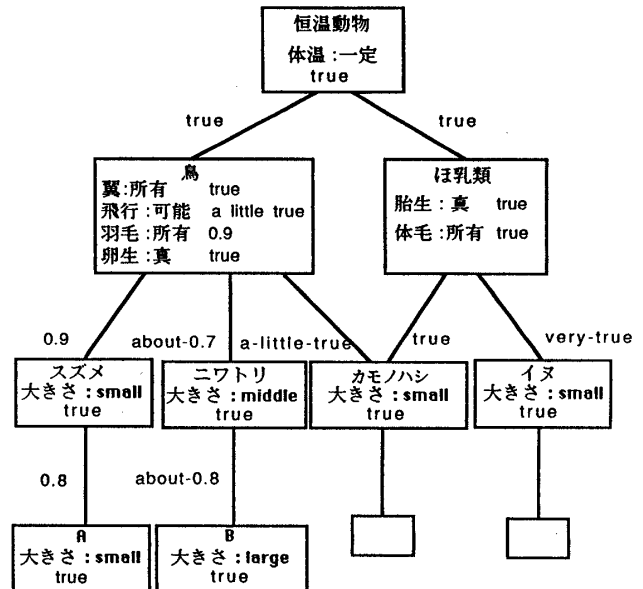


図 1: 恒温動物についての知識を表現したフレーム

[例 1] 図 1 のスズメのクラスを定義するには、

```
(%def-class スズメ
  (super (鳥 0.9))(sub (A 0.8))
  (大きさ (%value small true)))
```

とすればよい。さらに、図 1 のように、true などのファジィ集合の継承の度合いも使うことができる。

2.4 スロットの重要度の設定

クラスから見たときに、どのスロットが重要であるかの程度は異なる。例えば、鳥のクラスの例では翼やくちばしを持つことは重要であるが、飛ぶことは翼を持つことの副次的なものであまり重要ではない。そこで、各スロットにクラスにおける重要度を表現できるようにした。これにより、「鳥の重要な属性は?」というような質問に答えることが可能になる。スロットの重要度はファジィ%importanceで記述する。

3 ファジィ・フレームにおける検索

ファジィ・フレームからスロット値を検索する場合には、確信度を考慮する必要がある。そこで、質問にしきい値を設け、確信度がそれ以上の値のみを検索する。

[例2] 鳥のスロット「羽毛」について、しきい値 0.8 で検索を行なう。

```
(%get-slot-val '鳥 '羽毛 0.8)
```

この場合は、スロット「羽毛」の確信度 0.9 は、しきい値 0.8 より確信度として大きいので、検索が行なわれ、

```
(所有 0.9)
```

という答えが返ってくる。

継承を伴う検索の場合には、継承の度合いも考慮する必要がある。クラス間の継承の度合いを d とし、確信度を c とすると、全体の確信度は関数 f_g を用いて、

$$f_g(d, c) \quad (1)$$

で計算する。実際には、 f_g は `grade-func$` というグローバル変数に設定されている。この関数のデフォルトはかけ算となっている。

また、継承が多段の場合には、各継承の度合いを d_1, d_2, \dots, d_n とすると、全体としての継承の度合い d は次のように定義される。

$$d = f_i(d_1, d_2, \dots, d_n) \quad (2)$$

実際には f_i は、グローバル変数 `inherit-func$` に設定されている。そして、全体としての確信度は式(1)で計算できる。

[例3] 図1のフレームについて考える。まず次の質問について考えよう。

```
(%get-slot-val 'A '羽毛 0.6)
```

このフレームにおいて、「スズメ」のインスタンスである「A」は「羽毛」のスロットを持たないのでそのスーパークラス(上位概念)である「スズメ」にそのスロットを探しに行く。そして、そこにもないので更にそのスーパークラスである「鳥」に探しに行く。そこにスロット「羽毛」があることがわかる。そこで、「A」-「スズメ」-「鳥」の継承の度合いはまず「A」と「スズメ」の継承の度合い 0.8 と「スズメ」と「鳥」の継承の度合い 0.9 を `inherit-func$` で計算し 0.72 を得る。これはしきい値 0.6 より大きいので、さらにその結果とスロットの確信度 0.9 を `grade-func$` で計算して 0.648 を得る。これもしきい値 0.6 より大きいので、結果は次のようになる。

```
(所有 0.648)
```

次に「ニワトリ」のインスタンスである「B」の飛行のスロットを検索しよう。

```
(%get-slot-val 'B '飛行 0)
```

「B」から飛行のスロットを「ニワトリ」-「鳥」の順に探しに行く。そこにスロット「飛行」があることがわかる。ここで現れる確信度と継承の度合いはそれぞれ

```
about-0.7 = { 0.7/0.6, 1/0.7, 0.6/0.8 }
```

```
about-0.8 = { 0.6/0.7, 1/0.8, 0.7/0.9 }
```

```
a-little-true = { 0.3/0.9, 1/1 }
```

のようなファジィ集合とする。そこで、「B」-「ニワトリ」-「鳥」の継承の度合いはまず継承の度合い `about-0.7` と `about-0.8` を拡張原理[3]により `inherit-func$` で計算する。結果は

$$\begin{aligned} &(\text{inherit-func\$ about-0.7 about-0.8}) \\ &= \{ 0.6/0.42, 0.7/0.48, 0.6/0.49, 0.7/0.54, \\ &1/0.56, 0.7/0.63, 0.6/0.64, 0.6/0.72 \} \end{aligned}$$

というファジィ集合となる。

それからその結果とスロットの確信度 `a-little-true` を `grade-func$` で拡張原理により計算して

$$\begin{aligned} &(\text{可能 } \{ 0.3/0.378, 0.3/0.432, 0.3/0.441, 0.6/0.42, \\ &0.7/0.48, 0.3/0.486, 0.6/0.49, 0.3/0.504, \\ &0.7/0.54, 1/0.56, 0.3/0.567, 0.3/0.576, \\ &0.7/0.63, 0.6/0.64, 0.3/0.648, 0.6/0.72 \}) \end{aligned}$$

を得る。

4 結論

本研究ではファジィ理論を利用したフレーム・システムについて述べた。フレームにファジィ理論を応用することにより、今までは表現できなかったあいまいな情報を表現できるようになった。なお、本稿では説明できなかったが、本システムは様々な付加手続きを書くこともできる。

本システムは UNIX 4.2 BSD 上の Franz Lisp を用いて作成した。ただし、ファジィ集合の表現と処理についてはファジィ集合処理システム[3]を用いた。

本研究で作成したのは、ファジィ・フレームを表現・操作する基本関数群である。このままでは、記述が面倒であるので、非手続き的な検索言語の作成を行ないたいと考えている。

References

- [1] Minsky, M.: "A Framework for Representing Knowledge", in *The Psychology of Computer Vision*, edited by P.H. Winston, McGraw-Hill Book Company (New York, USA), 1975. (白井、杉原訳: コンピュータービジョンの心理、産業図書、1979)
- [2] Zadeh, L.A.: "Fuzzy sets", *Inform. Control*, 8, pp.338-353, 1965.
- [3] 馬野、久米: 「Lisp によるファジィ集合処理システムの概要」、情報処理学会第 35 回(昭和 62 年後期)全国大会, pp.791-792、No.7Q-1、1987。