

# 4E-11 メタレベルの記述と学習が可能な知識ベースシステム

西川明男<sup>+</sup> 沖野教郎<sup>++</sup><sup>+</sup>郵政省通信総合研究所 <sup>++</sup>京都大学工学部

## 1. はじめに

近年、知識情報処理技術は成熟の段階を向かえて、より高度な応用を求める方向へも目が向けられるようになった。我々は、このような流れの中で生物が持っているような高度な学習能力と柔軟性をもった知識ベースシステムの実現を目指して、メタレベルの知識の記述ができ、システムによる知識の運用と知識の持つパラメータ情報についての学習が可能な知識ベースシステムの構築を試みた。本報告では、記号によるマッチングを取るためのLHSとマッチングが取れたときに実行するためのRHSとLHSやRHSのための付属的な情報を含んだPARAMのLISTからなるルールで通常のルールの記述とできるだけ近い形でメタな記述を試み、パラメータの学習などの実験を行い、メタルールのみを対象とした学習で最も大きな速度の改善の効果が得られたことを報告する。

## 2. システムの構成

本システムは、Kyoto Common LISP上に構築した。本システムは、ルール、メタルール、メタメタルールの3つのレベルのルールによって成り、ルールやメタルールで競合が起こったとき、より上位のルールによって競合を解消できるようにして、従来の知識ベースより柔軟にシステムを変更していける構造を目指した。

ルールもメタルールもメタメタルールも、基本的に(LHS RHS PARAM)という形のLISTで、必要となる関数はLISPで記述する。ルール、メタルールそしてメタメタルールの記述は、文法的にはほぼ対等なものとする。(ルールの命名が異なるのみ)

ルールの具体例としては、例えば、東京大阪間を移動するためのルールは

```
(rule 'tokyo 'osaka
      '( (dist . 550) (time . 3) (via . nagoya) ) )
```

といった記述を行って与えて、これをシステムが利用するときには例えば、rule-12 (この数字はシ

ステムが重複がないように自動的に割り振る。) というシンボルにバインドされた

```
(tokyo osaka ( (dist . 550) (time . 3) (via . nagoya) ) )
```

というLISTとしてシステムに利用される。この例では、tokyoがLHS、osakaがRHS、((dist . 550) (time . 3) (via . nagoya))という部分がPARAM部になる。PARAM部は、このような項目名と項目の値のドットペアを幾つでも持てるLISTとした。

## 3. メタレベルの記述

今回報告するシステムは、基本的にはルールの競合解消のためのメタルール群、及びメタルールの競合集合ができて解消できるようにメタメタルール群の記述を可能にして、メタルールの記述力を落とさないようにインプリメントした。今回のシステムでは、メタルールの記述力がある程度保証できれば、メタな記述ができるという目的は、一応達成できると思われるので、メタメタルール群は、原則としては、予めシステムで用意したものをを用いることで、メタメタルール群には競合が起こらないことを保証して、より高次の記述をしなくてもよいようにした。言い替えると、このシステムでは、リフレクション<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>を用いていないので、リフレクティブ・タワーの問題も生じず、停止性の問題はルールのRHSで停止しない関数を用いない限り起こらない。このようなインプリメントを行うことにより、ルールを選択する際の評価関数が明確にわかっていなくても複数のメタルールを組み合わせたことにより柔軟に記述することができる。例えば、ルールのPARAM部を参照して、成功例の多いルールを選ぶメタルールと失敗例の少ないルールを選ぶメタルールと成功率の高いルールを選ぶメタルールを用意して、できる限り確実なルールを実行するといった具合である。

しかし、このシステムでは主として、停止性を確保しようとしたことなどに起因して、制限を設ける必要があった。まず、ルールとメタルール、さらにメタメタルールはユーザーの責任で明確に区別し、メタメタルールの集合はユーザーが定義する場合は、ユーザーが競合しないように記述しなければならない。また、

A Knowledge Base System Including Meta Level  
Description And Learning

<sup>+</sup>Akio Nishikawa, <sup>++</sup>Norio Okino

<sup>+</sup>Communications Research Laboratory, <sup>++</sup>Kyoto Univ.

メタレベルの記述は、個々のルールに対してそれぞれメタルールがあるというのではなく、ルールの集合に対してメタルールの集合があるという形を取ることしかできない。メタルールとメタメタルールの関係も同様である。

メタメタルールは、メタルールの集合が、メタルールの競合集合自身の中から実行すべきメタルールをリフレクティブ・タワーの無限再帰的な呼び出しに陥ることなく選択することができないことから必要になったというだけではなく、メタルールレベルでの競合が起こっても良いようにして、アルゴリズムがはっきりと与えられないものに対しても十分な記述力を与えようという意図を実現するために必要になったものである。具体的には、何かの判断をしなければならないが、判断基準が不明確で評価関数などを明示的にシステムに組み込むことが困難なとき、メタレベルで競合可能な記述力があれば、個別の判断指標（例えば、そのルールの成功率、失敗率、成功回数、失敗回数）についてのメタルールをメタルール相互の関係を考慮せずに記述して、後に述べる学習の能力を用いて実行時の失敗の履歴から競合解消を行うことのできるシステムを構築できる可能性がある。これにより、柔軟性を記述力の面で部分的には実現できたと考えられる。

#### 4. 学習

本システムでは、システムによる実行履歴の保存機能を用いて、次の3種類の学習が可能である。

##### ① 既存パラメーターの値の変更

##### ② 新パラメーター及びそのデフォルト値の付加

##### ③ 利用された複数のルールからの新ルールの作成

①は、既にあるパラメーターの値を変更するもので、例えばルールの成功例の中で用いられていれば、そのルールのPARAM部について、  
( ( success . 1 ) . . . ) を  
( ( success . 2 ) . . . ) と変更するといったものである。

②は、まだないパラメーターの値を項目を作って加えるもので、例えば、成功した履歴の中に  
( ( hindo . 5 ) ( success . 3 ) ) というPARAM部があれば、これを  
( ( hindo . 5 ) ( success . 3 ) ( suc-rate . 0.6 ) ) と変更するといったものである。

③は、実行履歴の中で連続して現れたルールをまとめて新しいルールを作るもので、例えば、成功した履歴の中に

( osaka tokyo ( ( hindo . 1 ) . . . ) )  
( tokyo sendai ( ( hindo . 1 ) . . . ) )

という2つのルールが連続して現れたとき、  
( osaka sendai ( ( hindo . 1 ) . . . ) )

という新しいルールを作るというものである。

これら3種類の学習を用いて、簡単な例（旅行プランの作成支援システム）で実際に学習を行わせてみると、学習による実行の高速化が確認できた。（表1参照）

表1 学習実験の結果

	ルール	メタルール	両方
短縮率	47%	56%	48%

この結果は、ユーザーの成功、失敗の評価の与え方や各ルールのパラメーター部の初期値に大きく依存するものであるが、これによりシステムの挙動が学習によって改善される可能性もあることが示せたと思われる。また、学習の対象がルールのみ、メタルールのみ、ルールとメタルールの双方の3つの場合の比較では、ルールとメタルールの双方の場合ではなく、メタルールのみの場合が最も改善の効果が大きかった。

#### 5. まとめ

本報告では、メタな記述と学習ができるシステムを構築して、学習による高速化ができる例を示した。今後の課題としては、

##### ① 学習進行過程の指標の導入

##### ② リフレクションによる学習の実現

##### ③ 学習手続きのメタルール化

##### ④ 知識の運用についての正確なシステムの評価

といったものがあると思われる。

#### 謝辞

本報告を行うにあたって、御指導、御助言を頂きました山本裕助教授、渡部広一助手をはじめとする応用人工知能論講座の皆様、数理解析研究所の萩谷昌巳助教授、桜川貴司助手にこの場を借りて感謝します。

#### 参考文献

- 1) 田中二郎：メタプログラミングとリフレクション, Bit Vol. 20, No. 5, 1988.
- 2) 菅野博晴、田中二郎：メタ推論とリフレクション, 情報処理 Vol. 30, No. 6, 1989.
- 3) 新井潤：プログラミング言語Gのリフレクションとその応用, 情報処理学会ソフトウェア基礎論研究会報告 35-9, 1990.