

エキスパートシステム構築用ツールMES (2)

5D-8

— 推論システム —

荒木 修 阿部 昭博 西 宏幸  
松下電器産業(株) 東京研究所

1. はじめに

MESの推論システムは、ルール指向とオブジェクト指向(スキーマ)とが統合された形で構築されており、逐次実行系ルールシステム、競合解消系ルールシステムおよびそれらを制御する推論制御機構から構成される。

本稿では、MESの推論システムについて報告する。

2. 推論システムの特長

推論制御機構は、MESにおける複数の知識表現、推論機構をユーザーが自在に選択し、組み合わせるための枠組みを提供する。これにより、推論を規定する問題解決戦略にバリエーションが持てる。また、単純な問題の場合にはシステムが提供するデフォルトの推論制御機構を利用することにより、これらの概念を意識しなくても使えるようになっている。

汎用シェルでは、高速化のためにルールシステムでRETEマッチアルゴリズムを採用したものが多く。しかし、問題を記述する際に、パターンマッチング表現が必ずしも適当でない場合も多い。MESでは、順次モジュール化されたルール群を適用していくような問題には逐次実行系、パターンマッチングによる高速推論を行なう問題には競合解消系を用意し、これらを自在に組み合わせて使用できるようになっている。

3. 推論制御機構

推論制御機構の概念として、コントローラー、キュー、イベントがあり、これらはスキーマで統一的に記述されている。推論の流れを図1に、コントローラー、キュー、イベントの例を図2に示す。

3.1 コントローラー

コントローラーは、複数のキューを管理しながら推論の全体的な戦略を規定するものであり、応用システムごとに指定することができる。具体的には、使用するキュー、各キュー間の優先順序、デフォルトキュー、初期イベントなどを定義する。

推論過程において、使用するキューの活性化状態や各キュー間の優先順位は動的に操作することが可能である。

3.2 イベント

イベントタイプの定義として、焦点スキーマ、イベントの優先度、イベント実行時に起動するルールセット、関数などが記述できる。

3.3 キュー

キューは、実行待ちのイベントをスケジューリングし、保持する。これらイベントの登録、取り出しは、すべてキューのタイプに依存する。

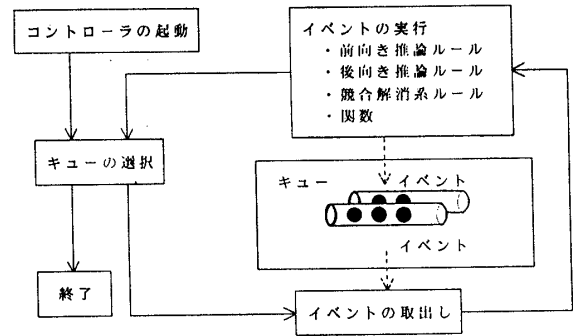


図1 推論の流れ

( 農夫のジレンマ

IS-A : CONTROLLER  
QUEUES : 対岸に渡るキュー 状態チェックキュー  
INIT-EVENTS : (対岸に渡る 対岸に渡るキュー 初期状態)  
DEFAULT-QUEUE : 対岸に渡るキュー )

( 対岸に渡るキュー

IS-A : QUEUE  
ENQUEUE : ENQUEUE-FIRST  
DEQUEUE : DEQUEUE-FIRST  
WAITING-EVENTS : )

( 対岸に渡る

IS-A : EVENT  
FOCUS-SCHEMA :  
ACT-RULESET : 対岸に渡るルールセット  
ACT-FUNCTION :  
PRIORITY : 50 )

図2 コントローラー、キュー、イベントの例

キューのタイプとして、LIFO、FIFO、優先度付きLIFO、優先度付きFIFOの4種類が用意されており、このほかにユーザー固有のキューを定義(登録、取り出しのメソッド)することができる。

3.4 ルールセット

ルールを機能単位にモジュール化したものがルールセットであり、ルールセットに基づく管理によって、推論時のルール探索の効率化やメンテナンス性の向上が図られる。

ルールセットには、逐次実行系の前向き推論および後向き推論、競合解消系の3種類があり、ルール適用戦略、ルール発火方法、ゴールなどが記述できる。

3.5 推論制御用操作関数

キュー、イベントに関するユーザー公開操作関数が多数用意されており、ユーザーが自由に使用できる。

3.6 推論制御機構の利用

推論における大まかな問題解決戦略をトップダウン的に示すプランの記述は優先度が一番低いキューを利用することによって、また制約、拘束条件を監視する矛盾チェック機構は優先度が一番高いキューを利用することによって容易に実現できる。

#### 4. 逐次実行系ルールシステム

##### 4.1 前向き推論

逐次実行系における前向き推論は、ルールの適用順序をあらかじめルールセットで指定し、指定されたルールの適用順序に基づいて、発火したルールを実行していく。前向き推論用ルールセットのスキーマによる定義の例を図3に示す。対象となる問題に応じて、いくつかのルール適用戦略(normal,onceonly,always)、ルール発火方法(single,multiple)などが指定できる。

```
( 対岸に渡るルールセット
INSTANCE      : FORWARD-RULESET
DOCUMENTATION : "農夫と買物品が対岸に渡るためのルールセット"
STRATEGY     : NORMAL
RULE-HIT     : MULTIPLE
PRE-FUNCTIONS : (PRINT "対岸に渡るルールセットの実行開始")
POST-FUNCTIONS : (PRINT "対岸に渡るルールセットの実行終了")
RULES        : 対岸に渡るルール1
               対岸に渡るルール2
               農夫が戻るルール)
```

```
( 対岸に渡るルール1
INSTANCE      : RULE
DOCUMENTATION : "農夫と買物品のひとつが対岸に渡るルール"
RULESET      : 対岸に渡るルールセット
PREMISE      : (EQ (GET-VALUE '農夫 '現在位置) '川岸1)
ACTION       : (MAKE-EVENT '状態チェック
                :QUEUE '状態チェックキュー
                :FOCUS-SCHEMA *fSchema*) ....)
```

図3 前向き推論ルールセットの例

##### 4.2 後向き推論

逐次実行系の後向き推論は、ゴールとして指定されたスキーマのロット値を順次求めていく。後向き推論用ルールセットも前向き推論ルールセットとほぼ同様な形で定義できる。

#### 5. 競合解消系ルールシステム

競合解消系では、現在の状況とルールとのパターンマッチングによって推論が進んで行くので、推論手順が推論の途中の状況によって決まるような問題に向いている。MESの競合解消系の特長は、スキーマという高度な知識表現を持ちながら高速な推論を実行するという点である。次に、ルール表現と高速推論に関して述べる。

##### 5.1 ルール表現

競合解消系のルール表現は、基本的にはOPS5のルール表現に準拠している。しかし、ルールセット、スキーマとの結合、コンテキストの部分機能を拡張することによりさらに高い表現力を持つ。特長は次のとおりである。

- (1) ルールセットとルールをスキーマで表現
- (2) 条件部パターンにスキーマやコンテキスト指定が可能
- (3) 実行部に任意のLISP関数を記述可能

##### 5.2 高速推論

RETEマッチアルゴリズム[1]による高速推論を実現している。RETEネットとそれを解釈するルールインタプリターを、LISP版からC版へ書き換えた。RETEネット構造を固定化したRETEネットテーブルとトークンデータ管理機構をCでインプリメントすることによって、LISP版に比べて一層の高速推論を実現した。

#### 6. WMスキーマ

推論システムでは、プロダクションルールとワーキングメモリ(WM)とのマッチングによって推論実行が行われ

る。マッチング時にWMのスキーマデータの変化すべてをRETEネットに流すと膨大な量になってしまう。MESでは、スキーマの一部をWMスキーマとして宣言することによってこの問題を解決している。あるスキーマに対してWM宣言を行なうと、その子孫スキーマ(is-a,instanceの関係)もWMスキーマとなる。WMスキーマは、通常のスキーマに比べて次の点異なる。

- (1) スキーマデータに変更があるとデーモン機能によりRETEネットにデータが流される
- (2) 推論の初期化の時にスキーマ内容を初期化することができる
- (3) WMの表示、編集機能を利用できる

#### 7. 仮説推論的機能

MESでは、スキーマのコンテキスト機能を利用してスキーマ単位で多重世界を形成することによって、仮説推論的機能を実現している。例えば、黒板機能、知的バックトラックの実現はコンテキスト機能によって容易に実現できる。図4にコンテキスト機能の利用例を示す。

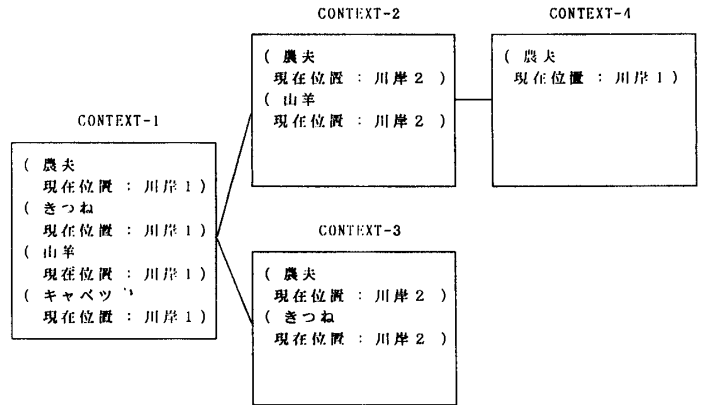


図4 コンテキスト機能の利用例

スキーマは親コンテキストから子コンテキストへ継承される。ただし、子コンテキストでは、この例のように親コンテキストのスキーマ内容に変更が加えられたスキーマだけを持つ。

知識の一貫性管理などを汎用シェルとしてはサポートしていない。これは、仮説推論機能を利用するのは高度なユーザーであるので、実現方法はユーザーにまかせるという方針を取ったからである。汎用シェルに組み込まれている仮説推論機能には、TMSやATMSを応用したものがあるが、熟練していないユーザーには簡単に使えないのが現状である。今後、応用システム側からみて、どのような仮説推論機能が有効かという判断ができてからインプリメントしたいと考えている。

#### 8. おわりに

本稿ではMESの推論システムについて述べた。複数の知識表現と推論機構を対象とする問題に応じて選択したり、推論制御機構によって組み合わせたりすることにより、多様で柔軟な推論が可能な枠組みを実現できた。

#### 9. 参考文献

[1] Forgy,C.L.."Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem".Artificial Intelligence,Vol.19,pp.17-37,1982.