

## エキスパートシステム構築用ツールMES (4)

5D-10

## — 計画問題向き機能 —

石川 幹人 中野 剛  
松下電器産業(株) 東京研究所

1.はじめに

MES上で計画問題向きの機能を開発した。この機能は、MESに備わっている推論制御機能、ルールシステム、スキーマシステムなどの諸機能によって実現されている。このようにMESの汎用シェル機能を組み合わせて利用する方法で、MES上にドメイン固有の機能を実現し、ドメインシェルを構築できる。

本稿では、ドメインシェルの考え方を示したのち、今回MES上で開発した1つの計画問題向き機能の概要と、そのMES上の実現方法を述べる。そして、最後にドメインシェルのインターフェースについて触れる。

2.ドメインシェルの考え方

設計、計画のような問題領域では、多くの場合、ドメイン固有の特徴ある知識表現や、複雑な推論機構が必要になる。このような機能を実現するには、多彩な知識表現形式や、知識を柔軟に操作できる推論機構が、あらかじめ準備されている必要がある。MESでは、ドメイン固有の機能が容易に実現できるように、必要な要素機能を豊富に準備している。

ドメインシェルでは、いくつかのドメイン固有の機能を実現し、それらを簡単に操作できるインターフェースを備える必要がある。ドメインシェル開発には汎用シェル機能を利用するが、ドメインシェルを使用するユーザーにはその機能が見えないようにすることによって、初心者でも使いやすいドメインシェルが構築されよう。

3.計画問題向き機能の概要

我々は以前に、計画型ドメインシェルを構築するのに有用な、ドメイン固有の機能のひとつを開発した。[1.2]

またそれは、人間の問題解決モデルである、中心／周縁モデルから自然に導かれる機能である。[2.3] つぎにその機能の概要を述べる。

3.1 対象とする問題領域

生産計画、運行計画などの問題には、仕事の質や期限、人間にに対する配慮などの対立する制約が、多数存在する。これらの入り組んだ制約に対する処置は、コストなどの量的評価に還元できない。むしろ、処置の妥当性は状況によって大きく変化する。これらの問題の解決を行うエキスパートシステムでは、システム内での解の評価はなかなか行えず、複数の解を生成して最終判断を人間に委ねることとなる。

我々が開発した制約の緩和による推論は、このような目標がひとつに定まらない問題を、状況に応じてダイナミックに解決するのに、とくに有効な方法である。

Expert System Building Tool MES (4)

- Function for Planning -

Masato ISHIKAWA, Go NAKANO

Tokyo Research Laboratory

Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

3.2 制約の緩和による推論

制約の緩和による推論を行うには、通常の状態にオペレータを適用する探索がなるべく早期に行き詰まるほど、多種多様な制約を導入する必要がある。導入する制約の中には、曖昧なもの、相反するもの、ちょっとしたノウハウに相当するものが含まれる。制約の緩和による推論は、探索が行き詰まつたならば適当な制約を選択して緩和し、また探索を続けるという手順を、満足すべき解が得られるまで繰り返す。

知的バックトラックを用いる推論は、バックトラックのノウハウの定式化が難しいとか、推論の進行のトレースやモニタが難しいとかの欠点があった。それに対し、制約の緩和による推論は、ノウハウが表現しやすく、推論の進み具合いもわかりやすい。また制約の緩和による推論では、緩和履歴を用いて解の生成理由の説明や、解の採用時の注意点などを容易に出力できる。

3.3 状況の考慮

制約の緩和による推論は、あまり重要でない制約から順次緩和していく操作によって進む。制約緩和の順番はあらかじめ決まっているわけではない。緩和する制約を選ぶには、そのときの推論の状況、問題に関する大局的状況を考慮する必要がある。

状況を考慮して緩和制約を選定するひとつの方法は、制約の緩和のしやすさを与えるメタルール群を、制約の種類ごとに定義しておくことである。メタルールが与える数値を制約ごとに確信度計算して比較し、最も緩和のしやすい制約を見い出すのである。

また状況はたびたび変化するものであるから、外部から状況を操作できるインターフェースを完備するのも重要な課題である。こうした機能はインタラクティブなスケジューリングシステムには欠くことができない。

4.計画問題向き機能の実現

制約の緩和による推論を、MESの汎用シェル機能を利用して、MES上に実現した。その実現の仕方についてつぎに述べる。話を具体的にするため、会議室の予約システムを作成する例に沿って説明する。

4.1 状態とオペレータの表現

まず状態をスキーマに表現する。たとえば、会議室スキーマに予約スロットを設け、予約名を割当てられるようにする。(図1参照)

○ 役員会議室	CONTEXT : 戦略会議予約
IS-A	: 会議室
定員	: 18
設備	: 円卓 テレビ会議システム
予約	: 常務会 戰略会議
IS-A	: SLOT-CONSTRAINT
DEMON	: 定員チェック 設備チェック )

図1 スキーマの表現例

つぎに状態を変更するオペレータを逐次実行ルールで表現する。変更する状態の種類によって、オペレータを別々のルールセットにまとめておく。たとえば、単純に割り当てるオペレータのルールセット、予約が重なったときの調整オペレータのルールセット、満室で予約を拒絶するオペレータのルールセットなどと分けておく。

スキーマで表された状態にオペレータを適用し、ノードが生成されて探索が進む。制約の緩和による推論では、各末端ノードの状態を比べ、どのノードにかかる制約を緩和するかを決定するので、スキーマのコンテキスト機能を利用する。MESのコンテキスト機能は、同一名のスキーマでもノードによって異なる値を保持できる。

#### 4.2 制約の表現

制約は、それが制限するスキーマやルールにデーモンの形で埋め込む。MESのルールはスキーマで表現されているので、ルールでもデーモン機能が使用できる。デーモンが設定されたスキーマなり、ルールなりが操作される（された）とき、デーモンが起動されて制約のチェックを行う。制約が緩和されているときは、もちろん常にチェックはパスである。

たとえば、予約会議の人員は会議室定員を上回らないという制約は、会議室スキーマに定員スロットを設け、そこにデーモンとして入れる。また、予約の拒絶はしないという制約は、予約を拒絶するルールにデーモンとして入れる。各制約の緩和状態は、制約スキーマを設けて記録する。

制約チェックにより制約の抵触がないか、あるいは制約が緩和されていることがわかれれば、そのノードにオペレータを適用するなどの探索を続けてよい。探索続行は、ふつう、そのノードを焦点とするイベントをキューへ発行する。

```
( 緩和候補制約のメタキュー
INSTANCE : PRIORITY-LIFO-QUEUE
WAITING-EVENTS :
    役員会議室戦略会議予約定員チェック抵触
    特別会議室戦略会議予約設備チェック抵触 )
( 役員会議室戦略会議予約定員チェック抵触
INSTANCE : 緩和候補制約イベント
FOCUS-CONTEXT : 戰略会議室予約
FOCUS-SCHEMA : 役員会議室
ACT-RULESET : 予約割当ルールセット
PRIORITY : 87
制約種類 : 定員チェック
制約対象 : (役員会議室 定員))
```

図2 メタのキューとイベントの表現例

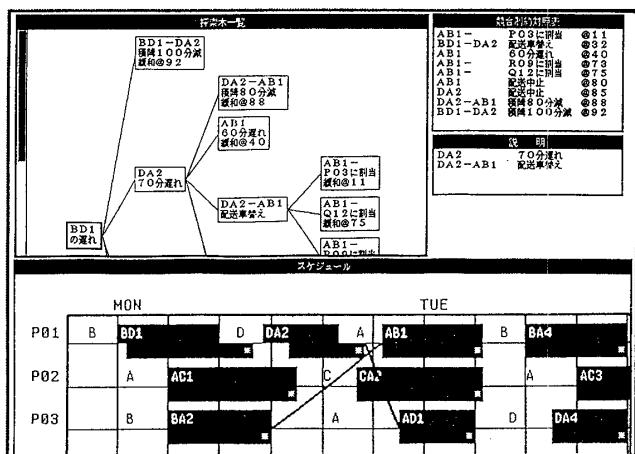


図3 ドメイン用ワークベンチのイメージ

ことで行う。逆に制約の抵触があったときには、イベントを制約情報とともにメタのキューへ向けて発行する。メタのキューは制約緩和時まで使われないので、そのノードにおける探索続行は保留される。メタのキューとは制約緩和時に使用するイベントを蓄える、優先順位の低いキューである（図2参照）。MESでは複数のキューを自由に扱えるので、ドメイン固有の推論方式を実現しやすい。

#### 4.3 緩和制約の決定

すべての末端ノードについて制約の抵触があり、探索が続行できなくなると、制約の緩和を行うこととなる。その時点では、メタのキューにイベントがたまっているので、そこから適切なイベントを選び、制約の緩和を行えば探索の続行ができる。この選択を効率よくするには、イベントの生成時にその優先度を設定しておくとよい。この優先度が、制約の緩和のしやすさにあたる。

優先度を求めるには、諸々の状況を調べるルールが与える数値を確信度計算する。各種の制約について、それに関する大局的状況と推論の状況とを調べるルールセットを準備する。大局的状況は前もって調べられる。たとえば、それまでの会議室の予約状況は、つぎの新たな予約が入る前に調べておける。推論の状況は必要の都度調べる。

緩和制約の決定は、一種の意思決定問題と考えられる。そして我々の用いている、確信度計算で制約を比較決定する方法は、意思決定理論のひとつである、多属性効用理論[4]の範疇に含まれるといえる。ただし緩和制約の決定は計画問題に対するメタの決定問題であるので、決定の確実性はそれほど問われない。つまり緩和制約の選択順が、部分的に多少変わっても、せいぜいある解の生成時期が遅れるだけである。反対に全体的な選択順は、生成される解の性質を大きく左右する、推論上のノウハウである。

#### 5. ドメイン用ワークベンチ

ドメイン固有の機能をひとまとめの画面上で操作できるユーザーインターフェース環境が、ドメイン用ワークベンチである（図3、文献[1]参照）。ユーザーにドメイン固有のイメージを見せ、ドメイン固有の言葉で語りかけることによって、円滑なエキスパートシステム構築が可能となる。

現在開発中のワークベンチは、制約の緩和による推論機能の移植、起動、結果出力、モニタ、ならびに推論中の制約の変更、属性値の変更ができるようになっている。

#### 6. おわりに

計画問題向き機能をMES上で実現し、MESの汎用シェル機能が上位のドメイン固有機能の実現に、十分に役立つことを明らかにした。

今後はさらに、ドメイン固有の機能やユーザインターフェースの機能を整備して、いくつかの計画型のドメインシェルを確立したい。

#### 7. 参考文献

- [1] 石川、中野：「制約の緩和にもとづくエキスパートシステムの構築」、日本ソフトウェア科学会第5回大会論文集、pp.105-108、1988。
- [2] 石川、中野：「問題解決モデルとエキスパートシステム」、人工知能学会知識ベースシステム研究会、Dec., 1988。
- [3] 石川：「中心／周縁モデル—問題解決の認知モデル」、人工知能学会ヒューマンインタフェースと認知モデル研究会、Feb., 1989。
- [4] 小橋：「決定を支援する」、認知科学選書18、東京大学出版会、1988。