

5J-8

プロダクションシステムを用いた
行動計画型問題向けタスク特化シェルの開発

平原 明* 前田 猛* 高良 理†

*(株) 東芝 重電技術研究所 †(株) 東芝 府中工場

1 まえがき

エキスパートシステム (以下, ES) の構築では, 近年, 対象とする問題のタイプ毎に専用の問題解決機構を備えたタスク特化シェルを用いるアプローチが増えている。

我々は, 初期状態から目標状態に達するための手順を作成する行動計画型問題に着目し, このタイプの問題を解く ES の構築支援を目的としたタスク特化シェル ARES/ACT を, 当社で開発済みの ES 構築システム ARES™ のプロダクションシステム (以下, PS) 上に開発した。行動計画型問題の解法には手続きネットワークを用いた階層的プランニングを用いた。

本論文では, PS 上での手続きネットワークの表現, 問題解決に必要な知識のプロダクションルールへの変換, 行動計画型問題専用の問題解決機構について述べる。

2 問題定義

行動計画型問題とは, 与えられた初期状態, 達成すべき目標状態, 取り得るアクションの定義の3つから, 初期状態から目標状態へ状態を変化させるアクションの系列を求める問題である。例えば, 図1に示すようなブロックを積み変える手順を求める問題は行動計画型問題の典型的な例である。

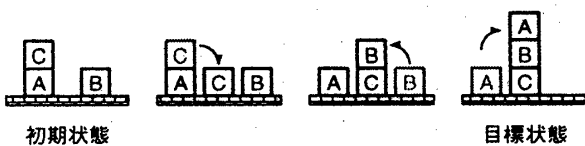


図1: ブロックワールド問題

3 手続きネットワーク

手続きネットワークは NOAH^{[1],[2]} で提唱されたもので, 図2に示すようなアクションとゴールをノードとする半順序ネットワークである。ゴールは達成したい状態を表し, アクションはそれを達成するための行動を表す。この2つを表す基本的なノードの他にプランニングの開始や終了を表すノードやネットワークの分岐や結合を表すノードなどの補助的なノードがある。

各ノードにはそのノードの状態を表す論理式が付加情報として存在する。また, 開始ノードには初期状態を表す論理式が付加情報として存在している。

ノードで状態の成立が表明されると, その状態が成立しなくなったことが表明されるノードまで, その状態は成立したままである。

手続きネットワークは, 最終的にはプリミティブなアクション (以下, PA) を表すノードと補助ノードのみとなる。その時の PA の系列が計画を表している。

4 階層的プランニング

我々が開発した問題解決機構では階層的なプランニング手法を採用した。この手法ではゴールノードとアクションノードを展開し, 計画を徐々に詳細化して最終的な計画を生成する。例えば図2に示すように, 手続きネッ

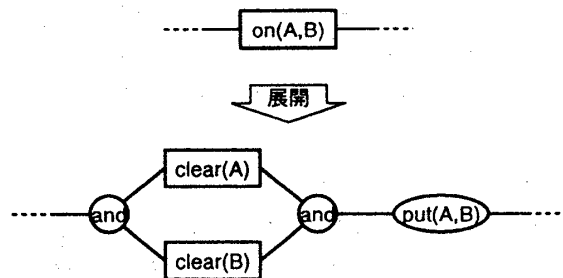


図2: 手続きネットワークの展開

*Information Processing Development Section
Akira Hirahara, Takeshi Maeda
Heavy Apparatus Engineering Lab., TOSHIBA Corp.
†Power-use Micro-electronics Instrument Department
Osamu Kora
Fuchu Works, TOSHIBA Corp.

トワーク上に「ブロック A がブロック B の上にある. : on(A,B)」というゴールがあった場合, それは, 「ブロック A の上に何も無い. : clear(A)」, かつ「ブロック B の上に何も無い. : clear(B)」状態にしてから「ブロック A をブロック B の上に移動する. : put(A,B)」とい

う、より詳細な計画を表す手続きネットワークに変換される。これをノードの展開という。

5 プロダクションシステム上での表現

5.1 手続きネットワーク

手続きネットワーク上の1つの基本ノードに対して、PS上には2つのワーキングメモリ要素(以下、WME)を生成する。1つはノードそのものを表し、もう1つはノードの内容を表す。前者はノードのID、ノードのタイプ、親子関係、および後者のWMEのIDを持ち、後者はゴールまたはアクションを表す述語とそのWME自身のIDを持つ。

補助ノードに対してはWMEを1つ生成し、ノードのID、親子関係、ノードのタイプのような情報を持たせる。

さらに、各ノードにはそのノードの状態を表すWMEが付加情報として存在する。WMEの数の爆発を防ぐために、同じ状態を表すWMEはノード毎に生成せずに1つだけ生成し、それがどのノードの付加情報であるかを問題解決機構の内部データとして管理する。

5.2 知識

開発したシェルでは、問題解決に必要な知識を5つの知識として記述する。各知識は知識コンパイラによってPS上のWMEやプロダクションルールに変換される。ここでは、このうち3つの知識について述べる。

5.2.1 状態述語知識

オブジェクトの状態やオブジェクト間の関係を表す。初期状態、目標状態、ノードの状態などは状態述語知識を用いて記述する。例えば、3つのブロックA, B, Cが積み重なっている状態は、「ブロックxがブロックyの上にある。: on(x,y)」という状態述語知識を用いてon(A,B) & on(B,C)のように表される。この状態は、PS上ではon(A,B)とon(B,C)に対応する2つのWMEで表現される。

5.2.2 ゴール展開知識

図2に示したような展開を行うための、ある状態(ゴール)を達成するより詳細な手続きを表す知識である。ゴールを表す状態述語はゴールパターンという。図2の例は以下のような展開知識となる。

ゴールパターン	on(x,y)
展開内容	and_split clear(x) clear(y) and_join put(x,y)

この知識は、次のように、ゴールパターンを左辺、展開内容を右辺に持つプロダクションルールに変換される。

```

if      ゴールパターン on(x,y) を持つノードがある.
then   ノードを表す WME を生成. ノード ID を設定.
        ノードのタイプを設定.
        親ノードと子ノードを設定.
        ノードの内容を表す WME を生成.
        ファクト ID を設定.
...

```

5.2.3 アクション展開知識

この知識は、プリミティブなアクションであるPAとプリミティブでないアクション(以下、NPA)の定義を行う。PS上では、PAを表すノード1つに対して1つのWMEが生成される。NPAは、より詳細な手続きに変換できるアクションであり、どのように変換できるかをゴール展開知識と同様に記述する。

5.3 問題解決機構

問題解決機構では主に、ノード状態の管理、候補チェック、相互作用の解消の3つを行う。

状態を表すWME自身はその状態がどのノードで成立しているかの情報を持たないので、問題解決機構で各ノードでの状態の成立状況を管理する。

また、ゴールノードやアクションノードの展開などが起こって手続きネットワークに変化が生じた時、手続きネットワークがPAのノードと補助ノードのみでスタートノードからゴールノードまで結ばれたか、すなわち解の候補が得られたかどうかをチェックする。

解の候補が得られたならば、相互作用の検出を行い、可能ならば解消する。解消できない場合は計画を生成し直す。相互作用とはあるアクションの効果が他のアクションの前提条件を打ち消すことをいう。このような場合にはアクションの実行順序を正しく定めなければならない。これを相互作用の解消という。

6 結論

行動計画型の問題を解決する過程のモデルとして、階層的なプランニングを考え、これに基づいて問題解決機構と専用の知識表現形式を、当社で開発済みのES構築システムARESTMのPS上で動作するタスク特化シェルARES/ACTとして開発した。今後、電力システムやプラントシステムへの適用を計るとともに、知識記述の容易化を目指して改良を行う。

参考文献

- [1] E.D.Sacerdoti, A Structure for Plans and Behavior, *Technical Note 109*, SRI AI Center, 1975
- [2] E.D.Sacerdoti, The Nonlinear Nature of Plans, *Proc. of IJCAI '75*, 1975