

埋め込み操作を用いたプラン一般化とその評価

3 J-4

伊藤 智子 内藤 昭三 伊藤 正樹

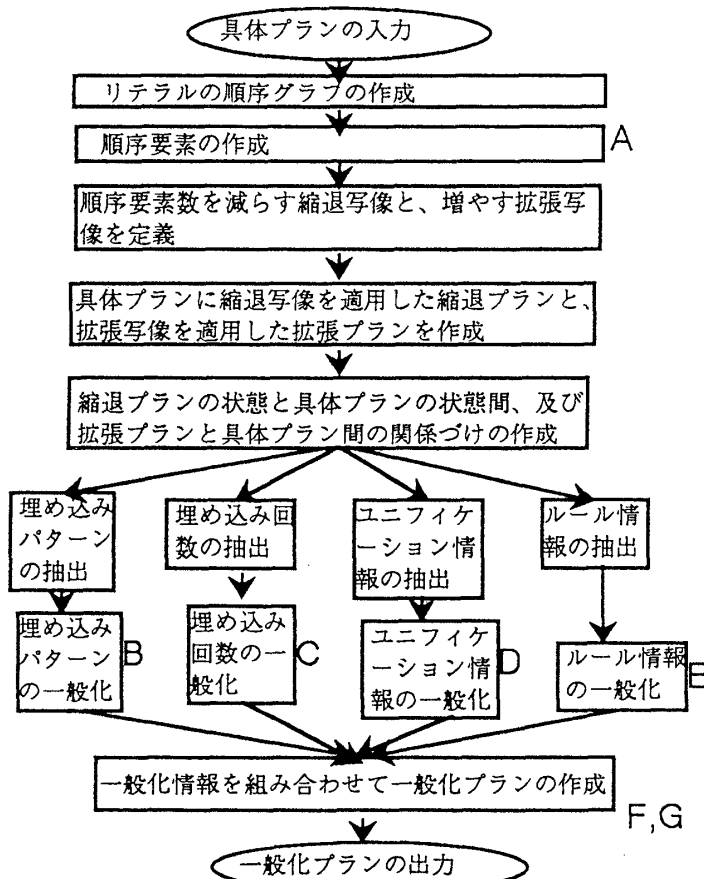
NTT ソフトウェア研究所

1 はじめに

我々は、数の一般化と呼ばれる帰納法を使ったプラン一般化の従来手法¹⁾を拡張し、埋め込み操作を用いたプランの一般化手法⁵⁾を提案した。提案手法は、プランの中の再帰部分に縮退プランを埋め込むという操作を行なうことによりプランを拡大し一般化を行なう。本稿では提案手法の評価を行なう。

2 埋め込み操作を用いたプラン一般化手法の概略

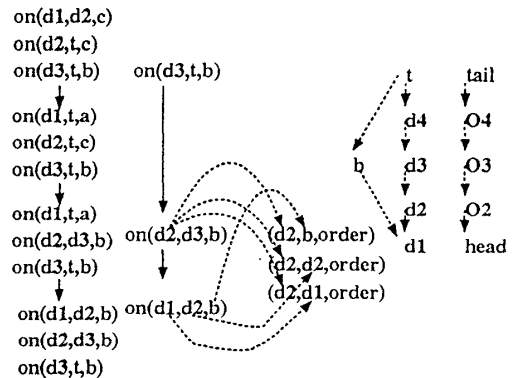
以下にプラン一般化手法の概略を示す。図中の A ~ G は 3 章の表の項目 A ~ G に対応する。



2.1 リテラルの順序グラフと要素の順序グラフの作成

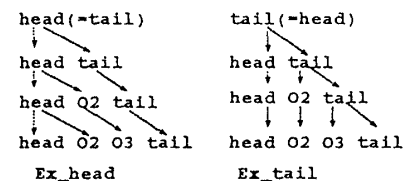
オペレータで表された具体プランから、状態遷移図で表されたプラン P を作成する。ゴール状態に含まれるリテラルを達成順に並べることで、リテラルの順序グラフを作成する。次に、リテラルの順序グラフから述語

の引数のみを取り出し、引数（要素）の順序グラフを作成する。



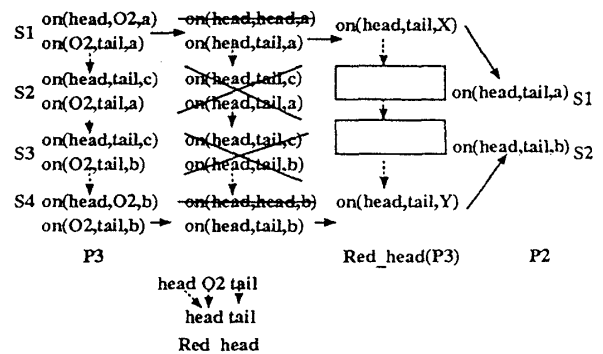
2.2 要素の拡張写像と縮退写像

最初の要素 (head) に対する拡張写像 (Ex_head) およびその逆写像である縮退写像 (Red_head) と、最後の要素 (tail) に対する拡張写像 (Ex_tail) およびその逆写像である縮退写像 (Red_tail) の 4 種類の写像を定義する。



2.3 縮退プランと具体プランの状態間の関係づけ

要素の縮退写像により誘導される縮退プランと具体プランとの間の状態間の関係づけを行なう。下図は head, O2, tail の 3 つの順序要素を持つプラン P3 の 1 番目の状態 S1 が 2 つの順序要素を持つプラン P2 の S1 に、P3 の S4 が P2 の S2 に対応づけられたことを示している。



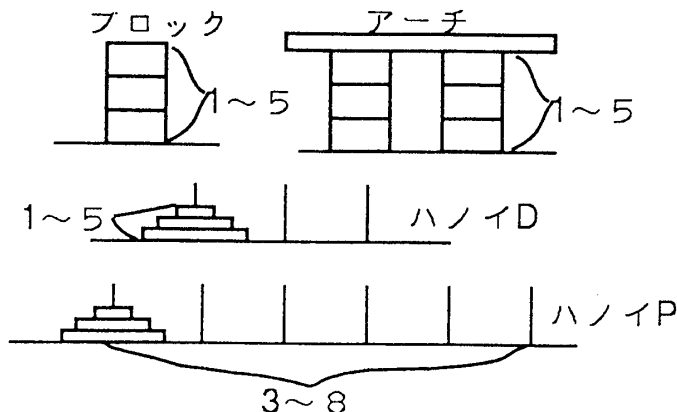
2.4 関係づけにより得られる情報と情報の一般化

プラン間の関係づけによりプラン一般化に有効な以下の情報を収集する。

- 対応づけパターン (P_y の第 j 番目の状態が P_x の第 k 番目の状態に対応付けられる)
 - 対応づけパターンが同一パターン⁶⁾で表された時に一般化対応づけパターンとする。
- 埋め込み回数 (P_x には P_y が i 回埋め込まれる)
 - すべての具体プランと縮退プラン間の写像に関して、埋め込み回数が同じであればその値を一般化埋め込み回数とする。
- ユニフィケーション情報 (定数 a は変数化されて定数 b とユニフィケーションされる)
 - すべてのプランに対する第 i 回目の埋め込み時のユニフィケーション情報の和集合に矛盾が生じなければ、その和集合を一般化ユニフィケーション情報とする。
- 対応付けられた状態間の状態構造の変化情報
 - すべての具体プラン間の状態構造の変化情報が同一であれば、一般化状態構造変化情報として出力する。

3 計算機実験

2章で示したプラン一般化アルゴリズムを用いて、いくつかのプランの状態遷移図に対する実験を行なった。実験は順序要素数が1～5までのプランを入力して、順序要素数が100の時のプランを作成できるかを調べた。ブロックの例題では1個から5個のブロックを積み上げる5つのプランを入力した。アーチでは柱の数を1個から5個まで変えた5つのプランを入力した。ハノイDではボールの数を3本に固定してディスクの数を1枚から5枚まで変えた5つのプランを入力した。ハノイPではディスクの数を6枚に固定し、ボールの数を3本から8本まで変えたプランを入力した。ハノイP'ではディスクの数を6枚に固定し、ボールの数を9本から14本まで変えたプランを入力した。



表のAは要素の順序グラフにより帰納変数が見つかったかを、Bは対応づけパターンが同一パターンで表現できたかを、Cは埋め込み回数が同一であったかを、Dはユニフィケーション情報が矛盾なく得られたかを、Eは状態構造の変化情報が矛盾なく得られたかを示す。

Fは得られた一般化情報のすべてが順序要素数100のプランと適合するかを、GはheadパターンのA, B, C, D, Eの情報とtailパターンのA, B, C, D, Eの情報を組み合わせることにより順序要素数100のプランが作成できるかを示している。但し、アーチ、ハノイP、ハノイP'については、自動的に帰納変数が発見できなかったため、B～Gの実験時において帰納変数を人が明示的に与えた。

	A	B	C	D	E	F	G
ブロック head	○	○	○	○	○	○	○
ブロック tail		○	○	○	○	○	
アーチ head	×	×	×	×	×	×	×
アーチ tail		×	×	×	×	×	
ハノイ D head	○	○	○	○	○	○	○
ハノイ D tail		○	○	○	○	○	
ハノイ P head	×	×	×	×	×	×	×
ハノイ P tail		×	×	×	×	×	
ハノイ P' head	×	×	×	×	×	×	○
ハノイ P' tail		○	○	○	○	○	

4 考察とまとめ

典型的なプランタイプについて埋め込み操作を用いたプラン一般化手法を適用し、その有効性を検証した。1つの興味ある結果は、head写像による関係づけとtail写像による関係づけにより同一のプランに対しても、異なる状態の対応づけが行なわれ、異なる情報が得られることである。この異なる情報を重ね合わせるにより、より詳細な一般化プランが作成できる。埋め込み操作によるプラン一般化が、これまでの数の一般化を用いたプラン一般化と大きく異なる点は、単純なループ構造だけではなく、縮退写像および拡張写像を用いることにより再帰構造を見つけ出せることである。プログラムのトレースデータからプログラム中の再帰構造を発見したり、ユーザが提示する具体的な要求中の類似点や再帰構造を発見し、より洗練された要求を導出するなど、本手法はプログラム理解支援や要求獲得に対しても有効であると考えられる。

謝辞 日頃御指導頂く後藤部長ならびに御討論頂く知的ソフトウェア研究グループの皆様に感謝します。

参考文献

- 1) I. Boström: "Generalizing the Order of Goals as an Approach to Generalizing Number", 7th Conference of Machine Learning, 1991, pp. 260-267.
- 2) 伊藤 (智)、鈴木、伊藤 (正): "非線形的なプランニングにおける一般化手法の提案", 47回情処全大, 2P-10, 1993
- 3) 伊藤 (智)、鈴木、伊藤 (正): "順序構造を用いたプラン一般化手法について", 48回情処全大, 2N-1, 1994
- 4) 後藤 滋樹: "Formal LISPにおけるトレースの標準形とその応用", コンピュータソフトウェア, Vol.7, No.2, (1990)
- 5) 伊藤 (智)、鈴木、内藤、伊藤 (正): "埋め込み操作を用いたプラン一般化手法", 信学会研究会, AI94-23 32, 1994
- 6) Angluin, D.: "Finding Patterns Common to a Set of Strings", Journal of Computer and System Science, 21, pp. 46-62, 1980