

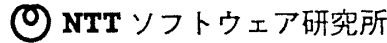
順序構造を用いたプラン一般化手法について

2N-1

伊藤智子

鈴木英明

伊藤正樹



1 はじめに

本稿において、プランニング問題に関して与えられる複数の例題から、プラン一般化を行なう手法を提案する。プランの一般化とは、STRIPSやTWEAKなどの既存のプランナーを用いて得られた具体的なプランから、一般化、及び抽象化の手法を使い一般的なプランを導き出すことである。プラン一般化の典型的な例として3個のブロックを積み上げる具体的なプランから一般的な個数であるN個のブロックを積み上げるプランを導き出す一般化がある。つまり、帰納法を使って証明を導き出す。しかし、帰納法を使った証明を行なうためには、どの定数あるいは変数に対して帰納を適用すべきかを自動的に発見する必要がある。

本研究では、プランの中に含まれるオブジェクトに対して順番をつける順序構造を作成し、その順序構造の特徴から、どのオブジェクトに対して帰納を適用すべきかを自動的に発見する手法を提案する。

2 概要

プランの一般化を行なう時、既存のプランのみから抽象化、一般化を行なうのは、非常に困難である。そこで、帰納変数（帰納に直接関係する変数）に対応するオブジェクトの順序構造を既存のプランから導き出し、その順序構造を用いて一般化を行なう。

従来手法として、Bostrom<sup>1)</sup>によりプラン一般化手法が提案されている。この手法では、プランの目標状態を構成する各要素（リテラル）を達成順に並べた順序構造を用いてプランの一般化を行なう。

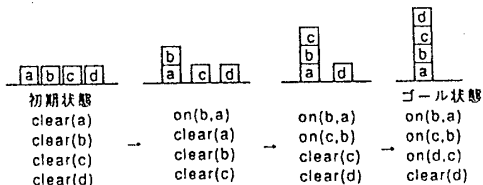


図2.1 プランの状態遷移図

図2.2 on(b,a) → on(c,b) → on(d,c) ゴール状態に含まれるリテラルを達成順に並べたリテラルの順序構造

しかし、プランの一般化を行なう場合に、以下のような問題点が生じる。

- リテラル（論理式）の並びによる順序構造なので、帰納変数（変数）との対応がとれない。

そこで、次のような方法でプランの一般化を行なう。

A Method for Generalizing a Plan based on Ordering of Objects.

Tomoko ITO, Hideaki SUZUKI and Masaki ITO.

NTT Software Laboratories

1. 帰納変数（変数）との対応づけを行ないやすくするために、リテラル（論理式）の順序構造をオブジェクト（リテラルの引数：定数）からなる順序構造に変換する。

リテラルの順序構造： on(b,a) → on(c,b) → on(d,c)

↓ 変換

オブジェクトの順序構造： a → b → c → d

図2.3

2. 導き出されたオブジェクトの順序構造を用いて一般化プランを導き出す。

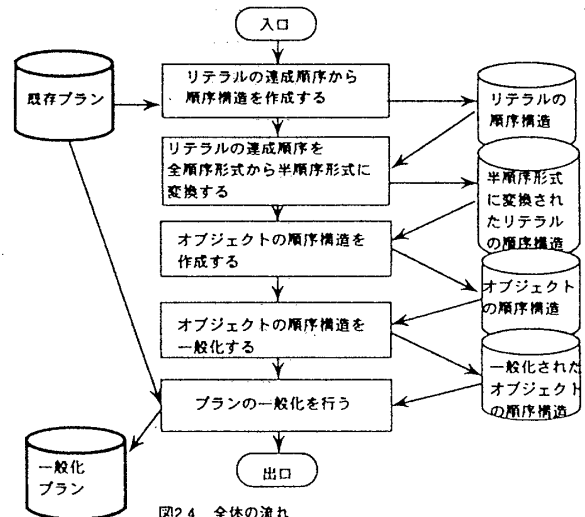


図2.4 全体の流れ

3 個々のアルゴリズム

この章では、全体の流れ（図2.4）に含まれるアルゴリズムを詳しく説明する。

3.1 ゴールに含まれるリテラルの達成順序を示した順序構造の作成

まず、Bostromの手法と同様に、ゴールに含まれるリテラルの達成順序に従いグラフを作成する。（図2.2参照）

3.2 半順序形式への変換

リテラルの達成順序を示した順序構造は、全順序形式で表現されている。この複数の順序構造は、半順序形式に変換することにより、一意に定めることができる。例えば、図3.1のアーチを建てるプランのリテラルの順序構造は、全順序形式で表すと、図3.2の16種類を示さなければならないが、半順序形式で表すと、図3.3の1種類になる。

on(b,a) → on(c,b) → on(d,c) → on(f,e) → on(g,i) → on(h,g) → on2(d,h,i)  
 on(b,a) → on(c,b) → on(f,e) → on(d,c) → on(g,i) → on(h,g) → on2(d,h,i)  
 on(f,e) → on(g,i) → on(b,a) → on(h,g) → on(c,b) → on(d,c) → on2(d,h,i)

図3.2 全順序形式のリテラルの順序構造

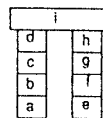


図3.1

on(b,a) → on(c,b) → on(d,c) → on2(d,h,i)  
 on(f,e) → on(g,i) → on(h,g)

図3.3 半順序形式のリテラルの順序構造

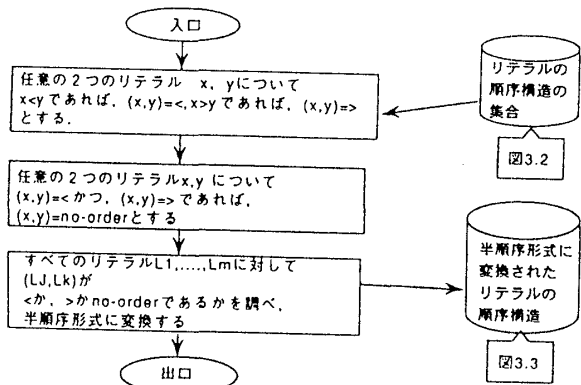


図3.4 リテラルの順序構造を半順序形式に変換するフローチャート

3.3 オブジェクトの順序構造の生成

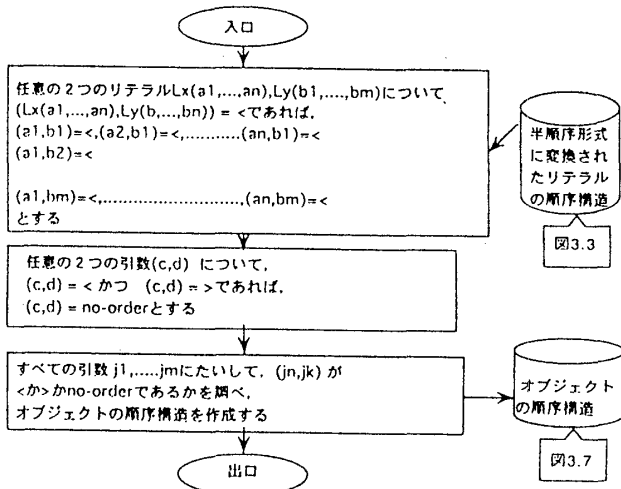


図3.5 リテラルの順序構造をオブジェクトの順序構造に変換するフローチャート

リテラル (論理式) からなる順序構造をオブジェクト (リテラルの引数: 定数) からなる順序構造に変換することにより、より帰納変数との対応がつけやすい順序構造を導き出すことができる。

3.4 オブジェクトの順序構造の一般化

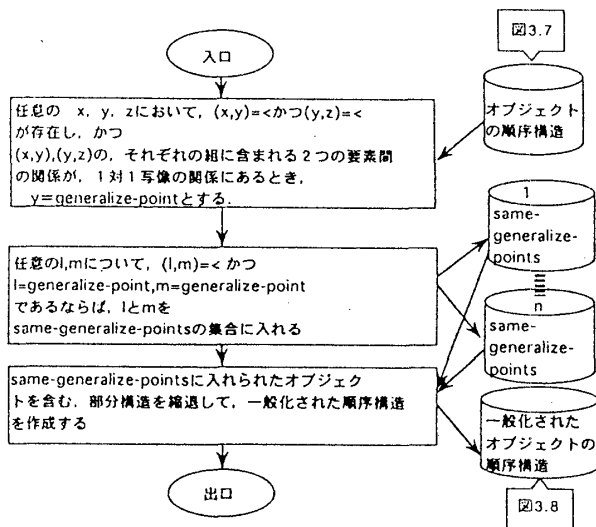
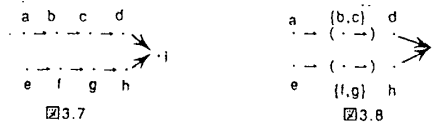


図3.6 オブジェクトの順序構造の一般化のフローチャート



順序構造の一般化により作成された縮退部分構造に対してそれぞれ帰納変数を割り当てる。ここでは、図3.8の b,c に1つ、及び f,g に1つ帰納変数を割り当てる。

3.5 一般化されたオブジェクトの順序構造を用いたプラン一般化手法

一般化されたオブジェクトの順序構造により、どのオブジェクトを帰納変数として扱えばよいか分かる。従来の研究により、順序構造に含まれる定数個のオブジェクトを一般的な個数である N 個と対応づけることによりプランを一般化する手法<sup>2)</sup>が提案されている。以下に一般化された順序構造のプラン一般化手法への適用方法を示す。適用方法の詳細については文献<sup>2)</sup>に譲る。

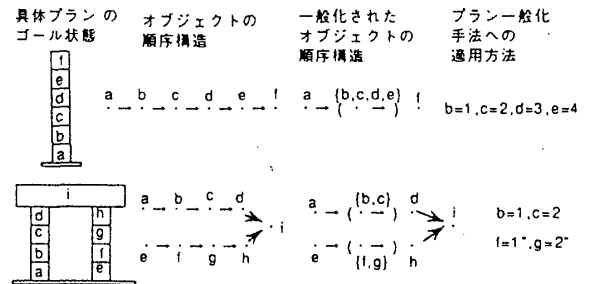


図3.9 一般化された順序構造のプラン一般化手法への適用方法

4 考察

プランを一般化する場合、プランに含まれるどのオブジェクトが帰納変数であるかを見つけ出す必要がある。本手法により導き出されるオブジェクトの順序構造とは、まさにこの帰納変数を見つけ出す作業にほかならない。本稿では、プランに含まれるオブジェクトに対して、帰納変数に変換できるオブジェクトを見つけだし、そのオブジェクトを順序づけるアルゴリズム (オブジェクトの順序構造) を示した。次に、順序構造の一般化を行ない、一般化により縮退された部分構造上のオブジェクトを、1つの帰納変数で置き代えることにより、プランの一般化を行なう方法を示した。この手法により、独立の複数変数に対する帰納法まで扱えるようになった。今後は、2つ以上の帰納変数が相互に影響を及ぼしあうようなプランに対する順序構造の一般化について検討を行なっていく予定である。最後に、日頃御指導頂く後藤部長ならびにソ技部の皆様に深謝します。

参考文献

- 1) I. Bostrom: "Generalizing the Order of Goals as an Approach to Generalizing Number", 7<sup>th</sup> 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 回情報処大全, 2p-10, 1993