

相関にもとづく論理プログラムの自動合成

1M-7

—多数の入力例の解析法—

加藤 研介†

東京電機大学大学院理工学研究科*

中村 克彦‡

東京電機大学理工学部**

1. まえがき

逆融合 (inverse resolution) にもとづいた帰納推論により、例から論理プログラムを合成する各種の方法が研究されている。

われわれは、与えられた単位節の例に対して相関と呼ばれる解析を行うことにより論理プログラムを自動合成するシステムSYNAPS (SYNthesis by Analyzing Positive Samples) を作成している。相関は、入出力例からこれに含まれる再帰的構造をLeast General Generalization (LGG) を用いて解析する方法であり、あるアトム内部に他のアトムの構造が含まれることを検出する。SYNAPSシステムでは、まず入出力例を相関によって解析し、その結果よりいくつかのオペレータを用いて確定節を合成する。

2. システムの概要

SYNAPSシステムでは、次のように処理が進められる(図1)。

- (1) 入出力例の入力：システムの入力は、ある述語の正と負の具体例を表す単位節の集合である。
- (2) データベースの検索：正の単位節の集合に対してバックグラウンドの知識のデータベースを調べて、これを満足する述語の定義が存在するか否かを決定する。このプロセスはメタインタプリタによってある述語を定義するプログラムをすべての単位節の例に対して実行し、これが成功するか否かによって行われる。
- (3) 相関：適切な単位節の対を選択して、相関の結果を求める。

- (4) 相関の結果の解析：複数の相関の結果を後に述べる方法で解析し、基本となる相関を求める。
- (5) 確定節の合成：上の解析の結果にもとづいて確定節を合成する。
- (6) 検証：合成された確定節が入出力を満たす場合、確定節を出力し終了する。満たさない場合、節の合成をやり直す。
- (7) ホーン節の合成：生成されたホーン節間の関係、およびこれらと入力単位節の関係を調べて、プログラムとして必要なホーン節の集合を決定する。

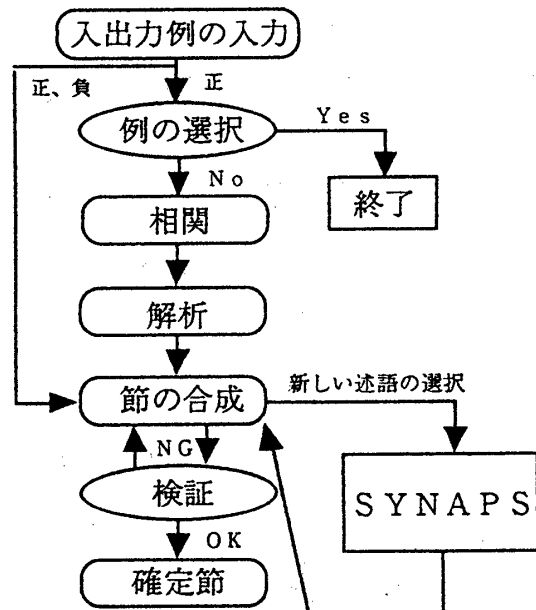


図1 SYNAPSシステムの構成

3. 相関(Correlation)

相関は入出力例の再帰的構造をLGGを用いて解析し、検出した構造の一致度を類似度(SF: Similarity Factor) と呼ばれるパラメータにより評価するプロセスである(図2)。

<相関アルゴリズム>

入力：任意の2つのアトム $p(\bar{T}), p(\bar{S})$ 。

出力：以下に定義される4字組 $(FD, p(\bar{U}), BD, SF)$

Automatic Synthesis of Logic Programs by Correlation

† Kensuke KATOU ‡ Katuhiko NAKAMURA
 * Tokyo Denki Univ. Graduate School of Science and Engineering Department of System Engineering
 ** The Faculty of Science of Engineering Department of System Engineering

の集合。

手続き: $p(\overline{T})$ の各部分アトム $p(\overline{T'})$ について

$lgg(p(\overline{S}), p(\overline{T})) = (p(\overline{U}), \theta, \sigma)$ を計算する。

出力の4字組は以下のように定義される。

(1) Front Difference(FD): $p(\overline{T})$ と $p(\overline{T'})$ の差。

$p(\overline{T}) - p(\overline{T'})$. ここで、差 FD はその終端の各変数に $p(\overline{T'})$ 中の対応する引数を代入すると $p(\overline{T})$ の一般化したものになるように定義される。

(2) 共通のアトム(CSA): $p(\overline{U})$.

(3) Back Difference(BD): 代入 (θ', σ') ここで

$$\theta' = \{x/t \in \theta \mid t \text{ は複合項} \}$$

$$\sigma' = \{y/s \in \sigma \mid s \text{ は複合項} \}$$

(4) 類似度(SF): $f-v$. ここで f は $p(\overline{U})$ に含まれる変数と定数の出現の個数, v は $p(\overline{U})$ の変数と定数の種類の個数である。

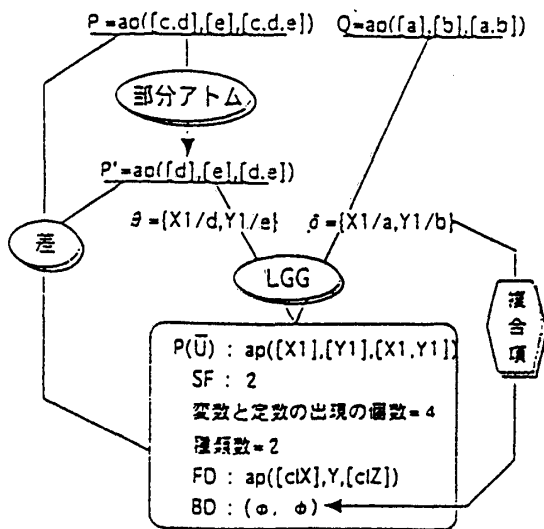


図2 append(ap)の入出力例に対する相関

4. 相関の結果の解析

多数の入力例に対して、いくつかの入力例の対が選択され、これらの相関の結果が得られる。これらの中から基本的な相関の結果を次の(1), (2), (3)によって求める。

- (1) 類似度 (SF) の大きな結果のみを選択する。
- (2) ある相関の結果が、他の2つ以上の相関の結果の合成となっているか否かを調べる。
- (3) 類似した相関の結果の比較と一般化。

5. 相関にもとづく確定節の合成

(1) ホーン節規則の分類

入出力例に対する相関の結果にもとづいて、確定節の合成を行う。相関の結果 (FD, $p(\overline{U})$, BD, SF) から FD, BD の内容が空集合か否か、また、入出力例の述語の型が構造型か関係型か、それらの違いにより合成する確定節の形式が決定される。ここで、構造型の述語とは、真理値が引数となる項の構造のみによって決定される。一方、関係型述語とは、真理値がその引数の定数のみによって決定される。

合成されるホーン節規則は次の4種類に分類される。PP型の例として、図2で示した述語append, PPQ型の例としては、リスト反転用の述語reverseなどがあげられる。PRPQ型は、関係型述語のアトム $r(\overline{V}_i)$ を含む。

P型 $p(\overline{V})$.

PP型 $p(\overline{U}) : -p(\overline{V}_i)$.

PPQ型 $p(\overline{U}) : -p(\overline{V}_1), r(\overline{V}_2)$.

PRPQ型 $p(\overline{U}) : -r(\overline{V}_1), q(\overline{V}_2), p(\overline{V}_3)$.

(2) 単位節の生成

相関の結果より合成された確定節規則に対して、入出力例を与えて解析し、さらに、LGGのアルゴリズムを適用することによって、単位節を生成する。

6. まとめ

本報告では、多数の入力例に対して、相関の結果を解析して、規則を合成する方法について述べた。現在のシステムで正しい規則が導き出されるのは、主にリストに対して操作を行う構造型述語である。

今後の課題として、

- (1) PPQ型の特別な場合であるPPP型を判別できるようにする。
- (2) 正と負の両方の入力例に対してや、関係型述語を含む規則に対しても規則が合成できるようにする。

などがあげられる。

参考文献

- [1] 中村 克彦: 帰納推論による論理プログラムの自動合成に関する調査研究報告書、財団法人機会システム振興協会, 1993
- [2] 斉藤、中村: SYNAPS (相関にもとづく論理プログラムの自動合成システム)、情報処理学会第45回 (平成4年後期) 全国大会, pp.5-15~16, 1992