

## Prologを用いた帰納的学習

5L-4

奥村 晃\*

加藤 安彦

(沖電気工業株式会社

総合システム研究所)

## はじめに

論理型言語Prologを対象としてプログラムの変換や合成の研究が進んでいる<sup>[1]</sup>。本稿ではその技術を用いた帰納的学習の方式について考察する。全体の処理を大きく3つにわけ、それぞれについて解決すべき課題について述べ、現在開始している実験について紹介する。

真にユーザフレンドリな機械は、この世界の種々の事象とそれに関する概念を人類と共有する必要がある。たとえば、「赤い」ということについて、それがポストの色であり、交通信号の「生まれ」であり、哺乳類の血液でもあり、また女性の唇でもあって、…といった様々な「赤い」を、機械が人間と同様に理解してはじめてスムーズなコミュニケーションが可能と考える。しかし、それを人間が体系立てて機械に与えるとなると、量が多すぎて、しかも逐次更新されるべきものであるために事実上不可能である。よってそれは、人間の子供がするように機械自ら習得する外ないものであろうと考える。我々はそのための機構を機械に与えなくてはならない。

事象と概念を習得するための基本的なものは何であろうか。我々はそれを「対応付け」の能力と考える。「あれは犬よ」という母親の言葉と、目に見えている生き物の姿を対応付ける。日暮れとともに辺りを覆う闇の暗さと、肌を感じる気温の低下を対応付ける。そして、教えられたもの、感じたものをただ丸覚えするだけでなく、一般化して拡張する。つまり、いろんな犬を教えられるうちに「犬というもの」の概念を生成し、はじめての犬についても「犬だ」と判断できるようになる。

我々はこの対応付けの能力を計算機上を実現することを目指し、その成果となるシステムを仮に「対応付けシステム」と呼ぶことにする。

## 基本方式

対応付けシステムは、2つのパターンからなる対を多数入力することによって、対を形成しうるパターンの対応付けを習得する。対応付けはホーン節で表現し、その操作にはプログラム変換の技術を用いる。

処理の内容は大きく3つに分けられる。

## 1) 暗記学習

与えられた各パターン対について各1つの対応付け(プログラム)を生成する。つまり、1つのパターン対専用の対応付けをいくつも生成することになる。対応付けは、対を成す2つのパターンの特徴抽出部の連言で表現される。

対応付け :-

パターン1の特徴抽出部.  
パターン2の特徴抽出部.

各特徴抽出部は基本特徴抽出器の連言である。したがって、対応付けは次のようなプログラムとなる。

対応付け (Pattern1, Pattern2) :-

基本特徴11 (Pattern1),  
基本特徴12 (Pattern1),  
:  
基本特徴1m (Pattern1),  
  
基本特徴21 (Pattern2),  
基本特徴22 (Pattern2),  
:  
基本特徴2n (Pattern2).

各基本特徴抽出器は、入力パターンの示す特徴をチェックするもので、各パターンを同定するのに充分なだけの抽出器が生成されなくてはいけない。

## 2) 類似する対応付けのマージ

複数の対応付けの間に共通部分が認められる場合に、それらを統合する。つまり、

対応付け :- A, B.  
対応付け :- A, C.

の2つの対応付けを考える。ただし、Aは2つの対応付けのボディに共通している基本特徴を集めたもので、B、Cはボディの残りの部分である。これら2つを統合して、

対応付け :- A, 部分対応1.  
部分対応1 :- B.  
部分対応1 :- C.

に置き換える。生成された新しいプログラムも処理の対象とし統合を進める。

## 3) カテゴリ統合

2)の統合を押し進めた結果として1対の基本特徴だけから成る部分対応が出現するものと仮定し、それをカテゴリと呼ぶ。複数のカテゴリを形成する基本特徴の集合が類似している場合に、それらを統合して1つのカテゴリにする。つまり、2つのカテゴリが同じ物であると判断してその和を新しいカテゴリとする。この操作によって未知のパターンへの対応が可能となる。

\*61年6月より ICOT 出向

たとえば、色鉛筆とカラーサインペンについて色の名前と目に見える色との対応付けを習得しているものとする。それぞれについてまだ見たことのない色があるとしても2つの対応付けは多くの共通する基本特徴で構成されているであろうから、2つを統合することによって初めての色鉛筆の色（ただしカラーサインペンではすでに知っている）についても対応付けが出来るようになる。

### 問題点

各処理を行う上での問題点を考える。

#### 1) 何を基本特徴として選択するか

視覚刺激を例にとって考えた場合、相当に細かいメッシュと階調とを用意することでパターンに含まれる特徴を、その認識のために充分なだけ保持できる。しかし、そのビットパターンそのものをここでの基本特徴として採用するならば、後の処理における計算量は莫大なものとなってしまふ。

人間の場合は末端の受容器のレベルでもう少し高度の特徴抽出を行っているようである。例えば網膜上には縦横の線分を抽出する機構が備わっているということである<sup>12)</sup>。このように人間の受容器が行っている様々な特徴抽出が解明されれば、それを模倣して機械に装備することが考えられる。

#### 2) 対応付けのマージの対象をどこまでとするか

どれだけの共通部分をもって類似しているかのみならず、実現するにあたって、とりあえず異なる基本特徴が1つだけのものを対象として考えることになるが、それだけでは機能が低過ぎる。基本特徴が2つ以上異なるものまでも対象としようとするか、計算量の問題が生じてくる。我々は相当量の対応付けを想定しているので、効率的な検索手段が必須である。

#### 3) カテゴリ統合の対象をどこまでとするか

各カテゴリを形成する基本特徴の集合にどれだけの割合の共通部分があれば統合していいのか。やみくもな統合は、猫を犬と認めてしまうことになる。ここには教師の介入が考えられる。つまり、間違っただけに対して警告が与えられれば、統合を解除する機構である。しかし、どれだけの間違いを経験すれば正しい統合が行われるようになるのであろうか。

### 実験

我々は、上の問題点や、実現上の問題点への対処を考えるための実験を開始している。

実験の対象は、同じ意味を示す英文と和文の対である。基本特徴としては、文中に含まれる単語とその位置を採用する。具体的には、各特徴抽出部は1つの文をDCGトランスレータで変換したような形をとる。

暗記学習は、入力された文の対から、その対だけを受け付けるプログラムを生成する。

入力: "He runs." <=> "彼は走る".  
"He swims." <=> "彼は泳ぐ"

出力: 対応付け (E0-EE, J0-JJ) :-  
    'C' (E0. he. E1).   'C' (E1. runs. EE).  
    'C' (J0. 彼は. J1). 'C' (J1. 走る. JJ).  
対応付け (E0-EE, J0-JJ) :-  
    'C' (E0. he. E1).   'C' (E1. swims. EE).  
    'C' (J0. 彼は. J1). 'C' (J1. 泳ぐ. JJ).

前記の2つの対応付けは共通部分を持つので、マージが可能である。

マージされたプログラム:

対応付け (E0-EE, J0-JJ) :-  
    'C' (E0. he. E1).   部分対応1 (E1-EE, J1-JJ).  
    'C' (J0. 彼は. J1).  
部分対応1 (E1-EE, J1-JJ) :-  
    'C' (E1. runs. EE). 'C' (J1. 走る. JJ).  
部分対応1 (E1-EE, J1-JJ) :-  
    'C' (E1. swims. EE). 'C' (J1. 泳ぐ. JJ).

部分対応1は、英文用と和文用の基本特徴抽出器各1つからできているので、カテゴリである。これは「he」、「彼は」の後に続いて対応付けを構成するものの集まりである。さらに入力を行うことによって部分対応1のプログラムは増加していく。部分対応2が「she」、「彼女は」に続くものの集まりであったとすると、それを構成する基本特徴は部分対応1のものとは多くは共通するであろう。このとき、カテゴリ統合を行って部分対応1と部分対応2のプログラムを共通化する。

### 終わりに

ここで述べたモデルを定式化し、その制約を明らかにして妥当性を評価することが必要である。しかしその前に、実験を通じてこの方式が実際的であるかどうかを確認しながら必要とあればモデルの変更も行いたい。現状では、SV形式の文の対について対応付けのマージまでを実現しており、それを一般化する作業を行っている。

### 参考文献

[1] H. Tamaki, T. Sato: Unfold/fold transformation of logic programs. Proc. of 2nd Intl. Logic Program. Conf., Uppsala, 1984.

[2] 樋渡潤二: 人間情報工学, 電気・電子工学体系42. コロナ社