

例外を含む事例からの不完全知識の獲得法の一提案

7G-4 高橋 淳<sup>1</sup> 岩佐 英彦<sup>1</sup> 大川 剛直<sup>2</sup> 馬場口 登<sup>1</sup> 手塚 慶一<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>大阪大学工学部 <sup>2</sup>大阪大学情報処理教育センター <sup>3</sup>関西大学工学部

1. まえがき

知識処理システムを構築するにあたり、ボトルネックとなっている知識獲得問題を克服すべく、近年盛んに機械学習の研究が進められている。しかしこれらの研究の大半は、完全な知識を獲得することに主眼を置いており<sup>[1]</sup>、不完全な知識の獲得についてはほとんど検討がなされていない。

一般に、人間の保有する知識のほとんどは、完全なものではなく、例えば例外を許容する知識、情報不足の事例から獲得される知識などに代表される不完全な知識である。このような実状を考慮すると、人間のような高度で柔軟な知的活動を行うシステムを構築するためには、不完全な知識の獲得が可能な学習機構を実現することが必要不可欠である。

そこで、本稿では、知識の不完全性を示すものとして例外に着目し、例外を含む事例から例外を許容する不完全な知識を獲得することが可能な学習手法を提案する。

2. 帰納的学習と不完全な知識

2.1 不完全な知識と例外

人間は多種多様な知識を保有しているが、これらの知識の大半は常に正しいとは限らない不完全な知識である。例えば、「鳥ならば飛ぶ」という知識は不完全な知識の1つである。これはこの知識と矛盾するペンギンやダチョウなどの飛ばない鳥が存在するためであり、このような飛ばない鳥は、「飛ぶ」という側面からとらえたときの例外となっている。従って、例外を許容する知識は不完全な知識の一種であると言える。このとき、例外を許容する不完全な知識は、例えば「鳥ならば通常飛ぶ。ただし、ペンギンやダチョウなどの鳥は飛ばない」のように記述される。

2.2 帰納的学習における例外の扱い

帰納的学習とは、目標概念Cに属する事例を正の事例、逆にCに属さない事例を負の事例として与え、目標概念を満足する記述を獲得することと言える。

以下では、例外を含む場合の概念獲得について考察する。但し、誤りの事例は存在しないものと仮定する。ここで目標概念Cを「飛ぶもの」とした場合、図1のように事例が分割されたとしよう。同図では、-、+をそれぞれ負、正の事例とする。

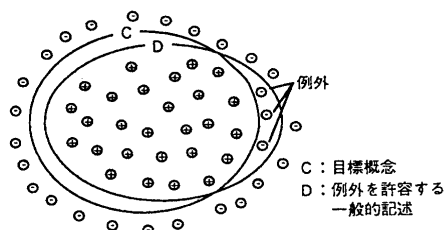


図1 例外の特性

例外の事例は負の事例のなかで、「飛ぶ」というアスペクトに関連する特徴以外については正の事例の特徴と極めて類似性が高く、しかもその例外事例を仮に正の事例として含めた場合、一つのクラスを形成するものと考えられる。図1ではペンギンやダチョウなどの例外事例を含めた部分がDとなり、Dのクラスは「鳥」となる。従って「鳥は通常飛ぶ」という例外を許容する不完全な知識が獲られるのである。

以上の考え方を利用すると、帰納的学習においても例外が取扱可能となる。このとき例外を判別するために目標概念と関連の深い特徴を規定する方が重要となる。

3. 例外を許容する不完全な知識の獲得

3.1 例外の判別と背景知識

例外を許容する知識の獲得は、上述の記述Dを求めることにより実現される。このためには負の事例集合から、目標概念に対する例外を見つけ出すことが必要である。

2節での考察により、目標概念に対する例外とは目標概念とは異なる側面において正の事例と類似している負の事例であると言える。このような例外を見つけ出すためには、事例の特徴記述の中でどの記述が目標概念と関連しているかを知っている必要がある。本手法では、このような知識は背景知識として与えられているものとする。

この知識を利用して、負の事例が例外であるかどうかを判別するために、目標概念とは異なる側面における正の事例間の共通点を求める。各事例の特徴は属性と属性値の集合として記述されるものとする。すると正の事例間の共通点の記述は、背景知識によって目標概念と関係しないとされた各属性の属性値を最小限に一般化することで求められるが、このような一般化を行うためには属性値どうしの一般特殊関係に関する知識が必要である。本手法ではこの知識も背景知識として与えられるものとする。

この共通点が求められると、例外は負の事例の中でこれと同じ特徴を有するものを探索することによって得られる。得られた例外を正の例に改めて事例集合を更新すると、記述Dはこの事例集合を用いて帰納的学習の枠組みのもとで獲得される。以上のことをまとめた具体的な学習手続きを次に示す。

3.2 手続き

まず、入力事例や必要となる背景知識の表現形式を定め、それから学習手続きについて述べる。

[入力事例]

各事例は、事例の名称を表す事例名、目標概念に属するか否かを+、-で表すクラス、事例の特徴を示す多数の属性-属性値対(以下属性記述とよぶ)からなるリストで表現し、以下のように記述する。

(事例名 クラス (属性. 属性値)  
 (属性. 属性値) ...)

さらに、入力事例集合は上述のリストで表現された各事例を要素とする集合で記述する。

A method of incomplete knowledge acquisition from examples containing exceptions

Kiyoshi TAKAHASHI<sup>1</sup>, Hidehiko IWASA<sup>1</sup>, Takenao OHKAWA<sup>1</sup>, Noboru BABAGUCHI<sup>1</sup>, Yoshikazu TEZUKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Osaka University, <sup>2</sup>Kansai University

[背景知識]

a) 目標概念 C に対して、C と関連する属性が何であるかを示す背景知識を以下のように記述する。

(C : 属性, 属性, ...)

b) ある属性の属性値の間に一般特殊関係が存在する場合は、その属性に関する属性値の階層木を領域に関する背景知識として与える。

以下に学習手続きを示す。

step1) 個々の正の事例の記述から、背景知識によって目標概念と関連する属性であることが示されている属性記述を削除する。このとき生成されるすべての正の事例の集合を {Dr} とする。

step2) 集合 {Dr} 中の個々の属性に対して、  
a) 属性値が一般特殊関係をもつ場合、背景知識に存在する属性値の階層木から、すべての正の事例の属性値に対して最小限に一般化した属性値が求めれば、その属性記述の値を保持する。

b) 属性値が一般特殊関係をもたない場合、すべての正の事例に共通する属性値が求めれば、その属性記述の値を保持する。

このとき保持した属性記述の集合を {Dco} とする。

step3) 集合 {Dco} 中に示された個々の属性に対して、その属性値と同じであるかあるいは特殊な値をもつ負の事例、すなわち例外の事例をすべて抽出する。

step4) 例外となる負の事例をすべて正の事例に変更した後、すべての正の事例を包含し、すべての負の事例を排除するような記述を帰納的学習によって求めると、それが一般的記述 D となる。その結果、「D ならば、通常 C である。ただし、D に含まれる事例のうちで C でない事例が存在する」という例外を許容する不完全な知識が獲得される。

3.3 適用例

目標概念 C : 「飛ぶものはどんなものか?」を学習する例について検討する。飛ぶものを正、飛ばないものを負として、つぎのように入力事例集合を与える。

入力事例集合 :

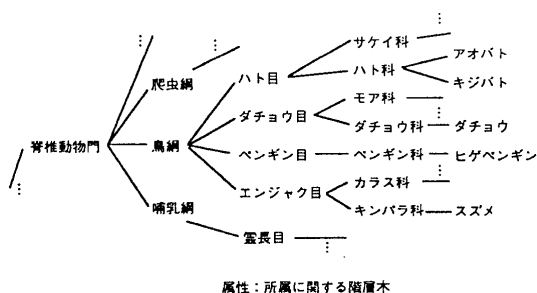
- { (事例 1 + (所属. ハト科) (体表面. 羽毛) (骨格. 軽い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. 小翼) ...)
- (事例 2 + (所属. 鳥綱) (体表面. 羽毛) (骨格. 軽い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. 中翼) ...)
- (事例 3 - (所属. ペンギン科) (体表面. 羽毛) (骨格. 軽い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. ひれ) ...)
- (事例 4 - (所属. ダチョウ目) (体表面. 羽毛) (骨格. 重い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. 小翼) ...)
- (事例 5 - (所属. 哺乳綱) (体表面. 毛) (骨格. 重い) (体温. 恒温) (誕生. 胎生) (前足. 手) ...)
- (事例 6 - (所属. 魚綱) (体表面. 鱗) (骨格. 重い) (体温. 変温) (誕生. 卵生) (前足. ひれ) ...)
- ...

また、目標概念「飛ぶ」と関連する属性が何であるかを示す背景知識を次のように与える。

背景知識 :

(飛ぶ : 体表面, 骨格, 前足, ...)

また、属性値が一般特殊関係をもつ属性「所属」に関しては、図2のような領域に関する背景知識を与える。



属性 : 所属に関する階層木

図2 領域に関する背景知識

- step1終了後の集合 {Dr} は、  
{Dr} :  
{ (事例 1 + (所属. ハト科) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) ...)  
(事例 2 + (所属. 鳥綱) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) ...)  
... }
- となる。この集合に対して、集合 {Dco} を求めると、  
{Dco} :  
{ (所属. 鳥綱) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) }  
となる。この集合 {Dco} に対して、step3で示した条件を満たす負の事例を探索すると、  
(事例 3 - (所属. ペンギン科) (体表面. 羽毛) (骨格. 軽い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. ひれ) ...)  
(事例 4 - (所属. ダチョウ目) (体表面. 羽毛) (骨格. 重い) (体温. 恒温) (誕生. 卵生) (前足. 小翼) ...)  
...

が抽出される。  
抽出された負の事例、即ち例外となる事例を正の事例に変更すると、学習される一般的記述 D の1つとして D : (所属. 鳥綱) が得られる。  
以上のような過程を経て得られる学習結果を、自然言語的に表現すると次のようになる。  
(所属. 鳥綱) ならば、通常飛ぶ。  
ただし、(所属. 鳥綱) に属する事例のうち、事例 3, 事例 4, ... は飛ばない。  
これは例外を許容する不完全な知識が獲得されていることを意味している。

4. むすび

本稿では、不完全な知識として例外を許容する知識をとりあげ、例外を含む事例から例外を許容する不完全な知識を獲得することが可能な学習手法を提案した。本手法は、負の事例となっている例外が目標概念とは異なる側面において正の事例集合と類似しているという例外の性質を利用することにより、例外を検出することを特徴としている。

[参考文献]

[1] Quinlan, J.R., Learning Efficient Classification Procedures and Their Application to Chess EndGames, in Machine Learning : An Artificial Intelligence Approach (1983)