

連想記憶モデルによる知識表現

馬 青

平井 有三

通信総合研究所

筑波大学

5N-5

1. まえがき

記号的な手法で知識処理をシーケンシャルに行う場合、大規模知識ベースから必要な情報を取り出すにはパターン照合及び集合演算に多大なコストを要する。これに対し、多くの並列分散処理モデルではこの二つの処理を効率的に行うことが可能である。

既に提案されている知識表現の並列分散処理モデルに、FahlmanのNETLとHintonのモデル[1]が挙げられる。しかしながら、Fahlmanのモデルでは、属性継承機能をマーカーの伝播により実現しているため、何らかの制約条件を加えない限り属性継承の例外を扱うことができない。一方、Hintonのモデルでは、属性継承機能を、上位概念が下位概念に包含されるように符号化することによって実現している。そのため、属性継承に例外がある場合、その例外と例外でないもの間に干渉が起こり、処理時間が長くなり、処理精度が落ちてしまう。従って、大規模知識ベースの場合、その干渉がひどくなることが予測され、正しい処理ができなくなる恐れがあると思われる。

そこで、新しいアプローチとして、連想記憶モデルの枠組みによる知識表現モデルを提案する。本報告では、モデルがどのように連想記憶モデルを用いて構成され、どのように例外を許す属性継承性を利用することによって、記憶している属性継承階層から属性の想起及び概念の同定を効率的に行うかについて述べる。

2. 知識表現と属性継承

属性継承とは、上位概念の属性がそのまま下位概念に継承されることである。図1には、実世界の知識に関する属性継承階層の一例を示している。たとえば、この階層に明示している知識：“動物は葉緑素を持っていない”から、その下位概念の象や鳥類、更にはClydeという名の象やツバメ等も、暗示的に葉緑素を持っていないことになる。

ところが、属性継承には例外も存在する。図1からもわかるように、鳥類は飛べるとい属性を持っているにもかかわらず、その下位概念のペンギンは飛べない。

このような例外を許す属性継承は、人間の知識表現の中の基本性質とされ、その実現の容易さは知識表現モデルの妥当性を判断する尺度になっている[1]。

3. モデル

3.1 モデルの構築にあたって

これから、図1について、便宜上、ノード名(象、Clyde等)をすべて概念、リンク名(職業、色等)を属性、リンクの末端に示しているもの(グレー、飛べる等)を属性値と呼ぶことにする。リンク名のないリンクはその属性値に対応する属性と見なす。たとえば、“飛べる”という属性値に対しては、“飛ぶ”という属性がついているとする。

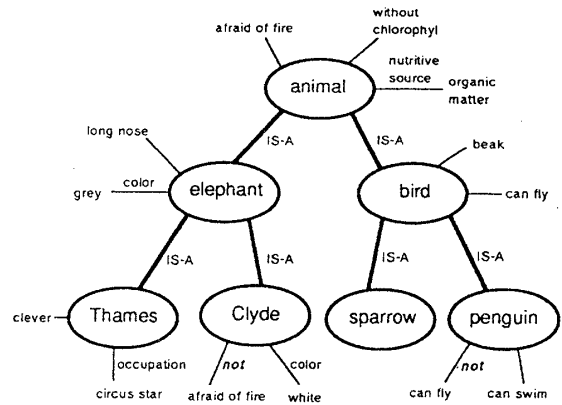


図1 例外を持つ属性継承階層の例

例外を許す属性継承階層モデルの構築にあたって、いかに図1のような属性継承階層をその階層に明示している知識だけを用いてできるだけ簡潔な形で記憶でき、かつ、問題に応じて適切な情報をこの属性継承階層から自動的に導いて次の二つの処理、[1]概念と属性による属性値の想起、[2]属性と属性値による概念の同定を、効率的に行えるかを考えなければならない。

上述した二つの処理のうち、概念と属性による属性値の想起は更にwhat typeとyes-no typeの二種類のものに分けて考える。what typeの想起は、概念と属性による属性値の想起で、一種のパターン補完処理を行っているものと考えられる。yes-no typeの想起は、たとえば“ペンギンは飛べるか?”のような、概念と属性に関する属性値の確認/検証である。一方、属性と属性値による概念の同定は、たとえば、“角質な口を持ち、かつ泳げるものは何か?”のようなもので、一種の認識問題とみなせる。

3.2 モデルの構成

モデルは図2に示しているように、概念想起ネット、属性想起ネット、ISAネット、及び作業記憶から構成される。この四つのネットワークはすべて連想記憶モデルHASP[2]の枠組みで構成される。ISAネットと属性想起ネットを併せて属性想起モジュールと呼び、概念と属性による属性値の想起と、概念の同定を行う時の例外チェックの二つの役割を演じる。

たとえば、“Thamesの色は?”のような概念と属性による属性値の想起は次のように行われる。まず、ISAネットには“Thames→象”のような下位概念から上位概念への連合を記憶し、属性想起ネットには“象、色→グレー”のような概念&属性から属性値への連合を記憶しているとする。“Thames”がISAネットに入力されることによって、“Thames”を含むすべての上位概念“象”、“動物”

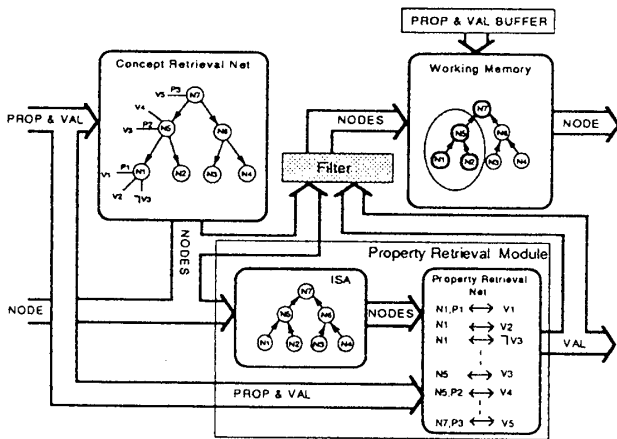


図2 モデルの構造

が次々と重畳していく形でISAネットの出力に現れ、属性想起ネットに入力される。“象、色→グレー”が属性想起ネットに記憶されているため、属性値“グレー”が答えとして想起されることになる。一方、たとえば、“Clydeの色は?”のような例外問題に対しては、“Clyde”が一番先にISAネットから想起されるため、“Clyde”と“色”が属性想起ネットに入力されることによって、例外属性値“白”が答えとしてこのネットから一番最初に想起されることになる。属性値“白”が一旦想起されると、HASPの競合回路によりほかの属性値“グレー”の想起が阻止されることになる。

属性と属性値による概念の同定は2ステージに分けて行われる。たとえば、“有機物を栄養源とし、飛べるものは何か”のような同定は次のように行われる。まず、前述した属性想起モジュールのほかに、概念想起ネットには“色、グレー→象”のような属性&属性値から概念への連合及び“動物→象”のような上位概念から下位概念への連合、作業記憶には下位概念から上位概念への連合を記憶しているとす。ステージ1では、まず一番目の属性“栄養源、有機物”を概念想起ネットに与えることによって、このネットから“動物”及びすべての下位概念、“象、鳥、...”が一つ一つ想起される。想起された概念に例外があるかどうかをチェックするために、これらの概念が更に属性想起モジュールに入力される。現在の属性に対しては例外がないため、属性想起モジュールのチェック結果、概念想起ネットから想起された概念はすべてそのまま作業記憶に“栄養源、有機物”と連合記憶されることになる。次に、二番目の属性“飛べる”についても前と同様な処理が行われる。但し、ペンギンは“飛べる”の例外のため、概念想起ネットから想起された概念“鳥”、“ツバメ”、“ペンギン”のうち、“鳥”と“ツバメ”だけが作業記憶に“飛べる”と連合記憶される。以上の処理で、作業記憶には、(“栄養源、有機物”→“動物”、“象”、“鳥”、...)と(“飛べる”→“鳥”、“ツバメ”)の二つの連合関係が記憶されることになる。ステージ2では、この二つの連合関係のキー項目、“栄養源、有機物”と“飛べる”、の重畳しているパターンを作業記憶に入力することによって

二つのキー項目と対応している連合項目集合の間に積集合演算が行われ、両方のキー項目と連合している概念、“鳥”と“ツバメ”、だけが作業記憶の出力に現れる。更に、作業記憶に下位概念から上位概念への連合が記憶されているため、最終的には一番上位の概念“鳥”が想起されることになる。

### 3.3 本手法と逐次直列手法との比較

逐次直列手法で属性継承階層からある概念の属性を検索するためには、まずその概念の該当ノードをその属性継承階層の全ノードを対象にして照合することによって見つける。そして、そのノードとリンクしている全属性を対象にして照合することによって、該当属性の属性値を見つける。一方、本モデルでは、連想記憶方式を用いているため、該当ノードと該当属性を全ノード数やリンクしている全属性数と無関係にそれぞれ一回だけのパターン照合で見つけることができる。

また、逐次直列手法で大きさ $n$ の $n$ 個の集合の積集合演算を行うためには、 $n$ の $n$ 乗オーダー回の照合が必要になる。一方、本モデルでの積集合演算は、集合数、集合の大きさと無関係に一回だけのパターン照合で完成される。

### 3.4 シミュレーション結果及び考察

計算機シミュレーションによって、モデルが、what type想起、yes-no type想起、概念の同定をすべて正しく、(マクロレベルで記号処理と比較して)効率的に行えることが確認された。また、属性想起は非常に素早く行うことができるが、概念同定の方は属性想起より10倍以上遅いこともわかった。

概念同定に時間がかかったのは、HASPの競合回路で概念想起ネットから個々の概念を取り出すというマイクロレベルの処理に時間がかかったためである。従って、モデルの高速化を図るためには、この操作を素早く行える競合回路の構築が必要になる。

## 4. 結び

本報告で提案したモデルでは、例外を許す属性継承階層を、上・下位概念間の連合、概念とその属性の連合、及び例外を持つ概念とその例外の連合で記憶する。上位概念だけをその上位概念の持つ属性と連合させることによって、例外を除くすべての下位概念もその属性を継承することになる。また例外属性をその例外属性を持つ概念とだけ連合させることによって、その属性はどの上位概念の例外であるかも自動的に表現できる。計算機シミュレーションの結果、モデルが属性想起及び概念同定を属性継承階層を効率的に検索することによって正確に行えることが分かった。

今後は、モデルのスリム化高速化を図る一方、表現機能を充実していく予定である。

## 参考文献

[1] G. E. Hinton, J. A. Anderson: Parallel models of associative memory, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1981.  
 [2] Y. Hirai: A model of human associative processor (HASP). IEEE Trans. SMC-13, 5, 851-857, 1983.