

TM-0732, 0748

日本認知科学会
第6回大会論文集

June, 1989

©1989, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

- TM-0732 帰納的学習の認知モデル —意識処理／無意識処理
の観点から 岡 夏樹
- TM-0748 部分性と情報 橋田浩一

帰納的学習の認知モデル — 意識処理/無意識処理の観点から

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構 岡 夏 樹 oka@icot.junet

概 要

記号処理とパターン処理の差異について考察し、意識レベルの処理と無意識レベルの処理の複合的なモデル化の方法を示す。つづいて、従来帰納ということばで表現されてきた推論には様々のものが含まれており、意識/無意識の観点から分類・区別すべきであることを指摘し、それぞれの場合について検討する。

1 記号処理とパターン処理の差異

本論文では、記号処理とは要素とその組み合わせからなる記号として表象された知識の形式的操作を指し、パターン処理とは活性化付きのノードと重み付きリンクを持ったネットワーク上の活性化拡散処理を意味する。

パターン処理は、並列分散処理、分布表現、類似性を利用できる、文脈依存、ゆるやかな性能劣化などの特徴を持つ。一方記号処理は、記号の組み合わせによる体系的な処理、抽象的な処理、伝達可能などの特徴を持つが、ここで強調したいのはヒトにおける両処理間の次の差異である。

パターン処理では、学習は(生得的な構造をもとにした)リンクの重みの経験に応じた変化であるため、新しいことができるようになるためには経験を積むだけの時間がかかるが、学習後の実行は並列で速い。一方、記号処理では、外部に記号が提示されれば、経験的学習を経ずにすぐにでもそれに従って新しいことを実行することができる¹が、逐次的実行であり、遅い。

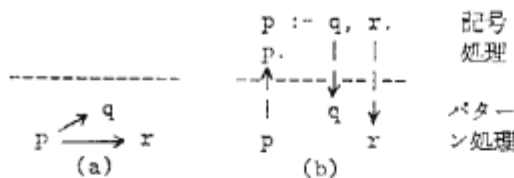


図1

図1に両処理の違いを模式的に示した。(a)はパターン処理だけによる(すなわち、リンクの重みによる)活性化伝播を示し、(b)はリンクの重みが学習されていなくても、記号処理により類似の活性化が起こせる場合があることを示す。なお、図中の記号処理はPrologプログラムの形式で示した。

人間の高度な知的活動を、記号処理とパターン処理の組み合わせとして捉えた研究として、例えば[1]があるが、我々も上述のように性質の異なる記号処理とパターン処理の緊密な相互作用のモデル化と並列論理型言語による小規模のシミュレーションを試みてきた[3, 4]。すなわち、ヒトは記号処理に基づく抽象的な思考や伝達や運動・行動もできるし、経験を積むことにより、パターン処理に若づく認識、推論や運動・行動をすることもできる複合的なシステムとして記述できる。

¹ただし記号処理には、外部に提示された記号を利用する場合と内部の長期記憶に貯えられた記号を利用の場合があり、後者は記憶のための時間がかかる。

2 意識レベル/無意識レベルの処理のモデル

本論文では日常的な意味で意識されている、あるいは気がついている処理を意識レベルの処理、それ以外を無意識レベルの処理と呼ぶ。まず、意識レベル処理/無意識レベル処理と記号処理/パターン処理との対応関係について論じる。

無意識レベルの処理については、内観のような手掛りはないが、心理学実験などによる処理の特性や神経生理学的な知見を参考にして、分散的なパターン処理としてモデル化することにする。

意識レベルにおいて、言語とイメージがどのように表象されており、どのように操作されるかは議論のあるところであるが、我々はイメージのみならず、言語すなわち狭義の記号もパターンの特殊なものであると捉えており、この意味で意識レベルでは、中央集散的にパターンを対象とした検索、操作²が行なわれるものとする。

すなわち、長期記憶のうち無意識レベルの活性化拡散処理により活性化しているものの中から³、ある検索パターンに合うものが検索され、それが操作され、次の検索パターンを決めたり、運動・行動を起こしたり、副次的に長期記憶の活性化やリンクの重みに影響を与えたりする。

このように、意識レベルの処理をパターンを対象とした中央集散的な操作として統一的に記述できると思われるが、無意識レベルの処理と対比した場合に特徴的であるのは、このうちの記号を対象とした操作である。さらに、この操作を形式的操作で近似できると考えられるので、結局意識レベルの処理は近似的に記号処理であると言ってよいと思われる。そこで以下では簡単のため、意識レベルでは記号処理が行なわれているとする。

以上のような複合的な意識/無意識レベルの処理をつぎのように並列論理型言語[2]の処理系および計算機との比喩でモデル化することは、それが、フォンノイマン型コンピューティングとニューロコンピューティングとのある意味で中間的な性質を持っていることから考えて、有用であろう。

意識レベルの処理は、ひとつのプロセッサ(意識プロセッサと呼ぶ)に割り当てられる。このプロセッサ上では、短期記憶を利用した近似的な時分割実行のインタプリタ(意識インタプリタと呼ぶ)が逐次に中央集散的に処理をすすめる。意識インタプリタは、長期記憶のうち活性化しているものにアクセスでき、またその実行は逆に長期記憶の活性化に影響を与える。意識があるという状態は意識インタプリタが走っている状態であり、意識に上る内容は意識インタプリタの扱う内容である。

なお、ヒトは意識インタプリタを意識的に書き換えることはできないが、その下に各種のインタプリタをつくり、走らせる(すなわち、意識インタプリタをメタインタプリタとする)ことにより、様々な問題解決の方略の使用

²ここでいうパターンを対象とした中央集散的な処理と1節で定義した分散的なパターン処理とは異同してはならない。

³この絞り込みを利用して意識レベルでは効率的な推論が行なわれる。

や、メタ認知が可能になっていると我々は考えている。

無意識レベルの処理は、それぞれのノードでの処理が各ノード専用のプロセッサに割り当てられ、分散的にメッセージ通信(スカラー量の伝達だけであるが)による活性化拡散処理とそれに伴うリンクの重みの更新(学習)を行なう。意識プロセッサはそれらの実行過程には関知しない。

3 帰納的学習の分類とそのモデル

本論文では、狭義の記号で表現された知識を明示的な知識と呼び、ネットワークのリンクの重みとして表現された知識を暗黙の知識と呼ぶ。また本論文では、帰納的学習とは、例からそれを一般化した明示的な知識を獲得することによる能力の向上と、暗黙の知識の獲得による能力の向上との総称とする。

ヒトは、意識レベルの処理と無意識レベルの処理の相互作用により与えられた課題を遂行すると考える。ある課題の遂行のための知識としては、ヒトは明示的な知識と暗黙的な知識の両方を冗長に持っていることもありうる(これを互いに対応する知識と呼ぶ)とする。すなわち、ある課題を記号処理でも遂行できるし、パターン処理でも遂行できるということがありうる。この点に注意しながら、さまざまな種類の帰納的学習を、以下の観点で分類・整理する。

1. 明示的な規則が獲得される($i \rightarrow e+$)か、暗黙的な知識が獲得される($i \rightarrow i+$)か。
2. すでに暗黙的に能力を持っている($i+ \rightarrow$)ことに対して説明のため対応する明示的な規則を求めるか、暗黙的な能力も持っていない($i- \rightarrow$)ところから始めるか。
3. 対応する明示的な規則を利用して($e+ \rightarrow$)、暗黙的な知識を学習するか、対応する明示的な規則は持っていない($e- \rightarrow$)か。

これらの観点に従い、($i- \rightarrow e+$)型、($i+ \rightarrow e+$)型、($e- \rightarrow i+$)型、($e+ \rightarrow i+$)型、に分類し、それぞれの型について、意識レベル処理/無意識レベル処理に注目して検討する。

3.1 ($i- \rightarrow e+$)型

($i- \rightarrow e+$)型の帰納的学習は、人工的なクイズや分類問題を解く時にしばしば見られる。この型の学習は典型的には、例と文脈と意識的な焦点に応じて、帰納のために注目すべき属性が想起され、想起された属性は意識的にテストされ、また次の焦点が決められる、といったことを繰り返す問題解決の過程であるとみることが出来る。なお、想起は対象レベルだけでなく、焦点を何にするかのレベルや、想起方略レベルで行なわれることもある。

このような過程は、意識レベル/無意識レベルそれぞれの特徴を生かした、両処理間の循環構造 [4] としてモデル化できる。なお、すでに持っている明示的な知識は当然利用される。また、明示的な知識の学習と同時に対応する暗黙的な知識も自動的に獲得されることが多いと思われる。

3.2 ($i+ \rightarrow e+$)型

($i+ \rightarrow e+$)型の帰納的学習は、ナレッジエンジニアにインタビューされる専門家や、母国語の文法規則を書き

出そうとする人などに典型的に見られる。($i- \rightarrow e+$)型と比べると、すでに持っている暗黙の知識を、対応する明示的な知識を求めるときに利用できるかどうかの問題となる。

暗黙の知識は対応する明示的な知識の獲得には利用できず、自分自身の入出力を教師にできるため入出力の実験が自由にできるにすぎないと我々は考えている。すなわち、自分自身の入出力をもとに、ブラックボックスの中の処理を想像、分析するしかない。

無意識に学習したネットワークの中間のノードに、ルールの構式要素に対応するものがたまたま現われ、それを明示的な知識の学習に利用できるようなことは、起こりえないとはいえないが、例外的なことだと我々は考えている。その理由は、ある機能のネットワークの実現形態には通常多くの自由度があり、そのうちの特殊なものだけが明示的な規則に直接対応すると考えられるが、それらが学習によって獲得される可能性が特別に高くなる理由はないと考えられるからである。

3.3 ($e- \rightarrow i+$)型

($e- \rightarrow i+$)型の帰納的学習は、母国語の獲得過程や、自然物の概念の獲得過程に典型的に見られる。この型は、ニューラルネットワークなどで研究されている学習過程(無意識レベル)を基本とし、それに意識レベル処理からの焦点化の効果を加えてモデル化する。すなわち、ニューラルネットワークの学習に関しては、ネットワークのサイズが膨大になるという問題と学習の収束が遅いという問題があるが、ヒトは注目すべきノードの活性度を意識レベルから上げてやることにより、それらの問題を軽減していると考えられる。

3.4 ($e+ \rightarrow i+$)型

($e+ \rightarrow i+$)型の帰納的学習は、文法規則を習った外国語に習熟する過程や、理論と例からのジャズの即興演奏の学習過程、車の運転技能の獲得過程の一部などに典型的に見られる。($e- \rightarrow i+$)型と比べると、すでに持っている対応する明示的な知識を利用することにより、無意識レベルの学習がいかに効率化されるかが問題となる。

ヒトは、明示的な知識に対応する暗黙の知識に直接変換する手段は持たないが、つぎの2つの意味で明示的な知識が利用できると思われ。

1. 明示的な知識に従った実行を繰り返すことにより、ネットワークのリンクの重みが学習され自動的に実行できるようになる。
2. 対応する明示的な知識を利用してネットワークの注目すべきノードがわかるので、意識的にそこに焦点を当てることにより重みの学習が効率化される。

参考文献

- [1] Norman, D. A., and Shallice, T.: Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior, in R. J. Davidson et al. (eds.), *Conscious and Self Regulation: Advances in Research*, Vol. IV, Plenum Press, 1986.
- [2] 上田 和紀 他: 並列論理型言語 GHC とその応用, 共立出版, 1987.
- [3] 岡 夏樹: 意識処理/無意識処理の認知モデル, 日本ソフトウェア科学会第4回大会論文集, pp. 459-462, 1987.
- [4] 岡 夏樹: 意識処理と無意識処理の循環構造について, 人工知能学会ニュー・マンインタフェースと認知モデル研究会資料, SIG-HICG-8804-7, pp. 61-70, 1989.