

TR-319

意識処理／無意識処理の認知モデル

岡 夏樹

November, 1987

©1987, 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

意識処理／無意識処理の認知モデル

A Cognitive Model of the Conscious/Unconscious Processes

岡 夏樹

(財)新世代コンピュータ技術開発機構

oka@icot.junet

＜概要＞ 人工知能の研究における主要な問題の一つは、語ることのできない知識の取扱いである。本論文では、これに関連した諸現象を説明できる「意識処理／無意識処理の認知モデル」を提案し、並列論理型言語GHCの特徴を生かしたインプリメントを示す。我々は並列性や、意識に浮かぶのが全知識のほんの一部にすぎないことは、人間の知的処理の本質的性質であると考えている。

1. 語ることのできない知識（問題提起）

人工知能の研究における主要な問題の一つは、我々が語ることのできない知識[Polanyi][Kolers]をいかにシステムに与えるかということである。これは、次のような考え方を前提としている。我々が意識することができる（注意をして観察できる、すなわち、どのような処理をしているかを語れる）のは並列に行われている処理の一部だけ、しかもある時点では一つだけである。また、同じ処理をしている別の時点にさっきとは別の部分を意識できるわけではないし、意識には決して上つてこない処理が存在する（すなわち、語ることのできない知識が存在する）。

例えば、エキスパートシステムにおける、いわゆる知識獲得のボトルネックは、専門家が報告することのできない知識を獲得するところにある。専門家がある例題を見て、「こういう場合は、xxである。」と述べた場合を考えてみよう。ここに、xxは、診断結果、適用されるルール、設計のプリミティブ等である。たいていの場合専門家は、「こういう場合」に対応する適切に一般化された条件を述べることはできない。これは、この種の判断が無意識のうちに行われていることが多いからである。つまり専門家にとって、特定の例題についてどうであると言うことは易しいが、一般的なルールを述べることは難しい。

また、例えば自然言語における“語結合(collocation)”^{*}の知識について、我々は通常、「そういう言い方はしない。」というような報告しかできない。一般的な規則を記述できる場合もあるが、その記述のためには関連する例の収集と非常に綿密な分析が必要となる。

^{*} 語結合とは、ある語がどういう意味範囲の他の語と結びつきうるかということである[池上]。例えば、「腹が減ッタ」と言うが、「減ル」と反対の意味の「増エル」に置きかえて「腹が増エタ」[植田]とは言わない。

これらの他に、発想、パターンの認識、熟練した技など、そのやり方を語ることはできない例は枚挙にいとまがない。本論文の第一の目的は、以上のような現象のあるレベル（後述）で説明できる認知モデルを提案することにある。

2. 語ることのできない知識（補足）

ここで、「語ることのできない」という言葉で我々が何を意味しているかについて補足しておく。

「語ることのできない知識」の他に、「意識できない知識」、「内観できない知識」、「注意を払って観察することができない処理に関する知識」、「自動的に為される処理に関する知識」等の言い方もほぼ同じ意味で使う。

ただし、「（ある時点でたまたま）意識していない」とことと「（いつの時点でも）意識できない」とことは区別する必要がある。ある時点でたまたま意識されていなくても、適当な文脈を与えれば意識できる知識も存在する。それを引き出してやることは、インタビュー等の知識獲得における一つの課題であろう。これに対して、前節で問題にしたのは後者に属する知識である。本論文で提案するモデルは、ある時点でたまたま意識されていないという現象も説明できるし、いつの時点でも意識できないという現象も説明できる。

知識を語ることはできないのは、それが記号表現されていないためか、処理が並列に行われていて意識できないためであると考ええる。また、後にも述べるが、記号表現できない知識と同様の働きをする知識を（事後）分析により記号表現できる可能性は否定できない。

語ることのできない知識を問題にしても、その正当性を証明あるいは否定する手段はないのだから、不毛であるという立場には我々は反対する。意識していない処理の存在に注目して初めて知識獲得等の問題が正しく把握できると思われる。また、逆に人間の行なっている情報処理は、すべて語ることのできないものであるという見方にも我々は賛成しない。意識に浮かぶものを最大限利用すべきであると考えている。

3. 記号表現と結合表現

以上のように脳で行われている知的処理のかなりの部分は語ることはできないにもかかわらず、計算主義(computationalism)ではこれを記号で表現しようとする。「語ることはできない」とことは必ずしもその知識が「記号表現できない」ことを意味するのではないが、それは

著しく困難である。現在までの計算主義の成功は、語る
ことのできる知識ですむ問題に限った場合か、非常に綿
密な分析に成功した場合に限定される。語ることのでき
ない知識をシステムに学習させることは魅力的な課題で
あるが、実用的な成果はまだ上がっていない。

一方、神経回路網に基礎を置くコネクショニストモデ
ル(McClelland)では、局在表現にせよ分布表現にせよ、
重み付けられた結合パターンとして知識が表わされる。
この意味でこれを記号表現に対して結合表現と呼ぶこと
にする。結合表現は、並列性があり、故障や雑音に強く、
状況の変化に対してゆるやかに性能劣化する等の人間の
処理に似た長所を持ち、語ることのできない知識や類推、
一般化を自然に表現できる可能性を持つが、記号表現さ
れた知識との対応をとったり、動作を人間に分かるよう
に説明するのは難しい。従って、結合表現ではシステム
に学習させることは不可欠であると言われている。記号
処理をコネクショニストモデル上で実現しようとする研
究には、まだ十分な成果はない。

このように記号表現、結合表現にはそれぞれの長所と
短所があり、それらの中間的なシステムの研究もいくつ
か報告されている。例えばStanfillは、例を一般化せず
そのまま保持して、その中から一番近いものを選ぶ方式
を提案した[Stanfill]。Jones はコネクショニストモデ
ルに似た、ルールベースシステムの並列実行モデルを提
案した[Jones]。

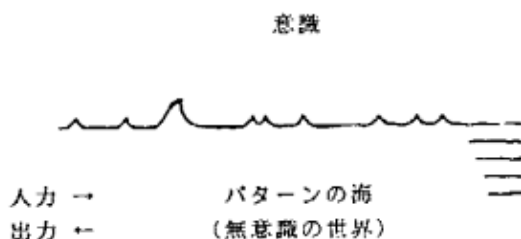
以下では記号表現と結合表現を組み合わせたシステム
を検討する。安西は、パターン認識機構(ネットワーク
モデル)と推論機構(ルールシステム)を組み合わせた
モデルを提案した[安西]。両機構はある程度独立であり、
また、意識/無意識という観点は入っていない。

4. 意識処理/無意識処理の認知モデル

以上のような研究に対して本論文では、冒頭で述べた
語ることのできない知識という現象に注目し、以下のよ
うなモデルを提案する。

4. 1. モデルの概要

まず、モデルの直感的なイメージを表わす図を示す。



意識できない処理(パターンがつぎつぎに活性化されて
いく様子)を海の水の動きにたとえる。活性化は海面へ
の浮上に対応する。パターンの海は外界からの入力を受
けている。海面上に浮かび上がった知識(のうちの対応す
る言葉を持つもの)は意識的にアクセスできるものとし
る。アクセスできる知識すべてが意識に浮かぶわけでは
ない。意識は、アクセスできる知識のうちの一つを逐次
選んでゆく。

本モデルにおける短期記憶とは、一度意識されたチャ
ンクが海面下に沈むまでの再度アクセスできる状態であ
る。短期記憶保持のためのリハーサルは、チャンクが海
面下に沈む前に繰り返しアクセスすることであり、短期
記憶の容量は、海面下に沈む前にいくつアクセスできる
かを反映している。

意識は、無意識処理の断片を観測しているだけの受動
的な存在ではなく、上に記したような意味と活性化され
たものの中での選択をするという意味、また意識したこと
による活性化という意味において能動性を持つものと
我々は見なす。

意識された知識は記号表現とし、パターンの海の深部
は分布的結合表現とし、両者を局在的結合表現でつなぐ
という実現方法が典型的であると思われるが、本モデル
自体は表現方法まで指定するものではない。

なお、井筒は表層的「意味」の底に伏在する深層的
「意味」の問題を提起し、これを「アラヤ識の深部に流
動する「意味」エネルギーの、あれこれの部分の活性化
され、表層意識に浮かび上がってくる」と説明し、さら
に意味分節理論を展開している[井筒]。井筒が「意味」
の問題を念頭に置き、仏教の唯識哲学などを背景として
このような考えに至ったのに対し、我々は、知識獲得の
問題から出発して、コネクショニズムにヒントを得て本
モデルに至った。両者の目的と背景のこのような違いに
もかわらず、モデルの構成に基本的な一致が見られる
ことは我々を大いに勇気付ける。

4. 2. 本モデルで説明できる現象

本モデルはこれまでに述べたような、判断・処理はで
きるがやり方を語ることはできない(あるいは断片的に
しか述べられない)という現象を説明できる。この他に、
「忘却」(活性化されていなくてアクセスしたくてもで
きない状態)や、「のどまで出かかった」という現象も
説明する。無意識処理による活性化は、「思い付いた」
という現象に対応する。また、本モデルは関連するもの
だけが見えるという人間の効率の良い処理を説明する。
この仕組みにより、知識の優先度付け、文脈依存性、モジ
ュール化等を自然に実現できると予想される。これに伴
い、無矛盾性の管理が局所的で済む可能性がある。

本モデルの説明のレベルは、コネクショニストモデル
で記号処理を実現しようという試みより、やや高いレベ
ルである。つまり、本モデルでは意識の機構までは説明
しない。

4. 3. 本モデルにおける知識獲得/学習

本節では、このシステムにいか知識を与えるかについて考察する。結合表現で表わされる知識については、直接与えるのは難しい。ただし、堀の空間的意味表現〔堀〕のような手法が利用できるかもしれない。記号表現で表わされる知識については、直接与えることができるが、それと合わせてその知識への結合（どのような文脈で活性化されるか）の情報が必要であり、これを直接与えるのはやはり困難である。

従って学習機能が必要となるが、これについてはまだインプリメントしていないので、簡単に構想を述べるにとどめる。例えば下記のようないろいろな場合が考えられる。

- ① 結合表現の学習（無意識の世界の知識の学習）
- ② 記号表現された知識を明示的に与え、それへの結合を例から学習する
- ③ 例からの記号表現された知識とそれへの結合の学習

①については、意識できる知識を活性度のバイアスとして利用することにより、効率的な学習ができる可能性がある。③については、記号表現された知識の学習において、学習すべき概念と関係する属性の発想や、枝刈り〔岡 1〕に無意識の処理が役立つ。上記以外の場合についての考察は別の機会に譲る。なお、大量の例からの学習における統計的な性格〔岡 1〕は、結合表現の学習と対応するものである。

以下では②について述べる。記号表現として概念の名前を与えると概念の学習となるが、これについてはここでは述べない。記号表現として容易に意識することができる知識（適用条件が不十分なルールや、注目すべき属性はどれか等の断片的な知識）をシステムに与え、システムは例から、語ることでできない知識に相当する知識（ある知識がどういう文脈で活性化されるか、すなわちルールの適用条件等（結合表現で表わされる））を学習する。



このような学習は人間においてしばしば見られる。例えば、外国語の習得は、文法規則と例により行われる。ただし人間は、初めは規則に従った遅い処理しかできないが、しだいに習熟して無意識の速い処理ができるようになる。ジャズの即興演奏の習得も同様である。

5. インプリメントの一例

ここでは並列論理型言語GHC(上田)による本モデルのインプリメントの一例を示す。ここではモデルの完全なインプリメントを目指すのではなく、GHCでの記述に適したところ（これがモデルの要点の一部となることを以下に述べる）を取り出して実現することにする。すなわち、局所的結合表現で無意識処理を近似する。つまり、分布的結合表現の長所や、分布的結合表現と記号表現の結び付きは実現されていない。また、学習機能はまだ含まない。まず、GHCを簡単に紹介する。

5. 1. GHC

GHCは並列実行を基本とした論理型プログラミング言語である。Prologの非決定性がdon't know nondeterminism（とりあえず一つの道を選ぶ）であるのに対して、GHCの非決定性はdon't care nondeterminism（任意の道をかまわず選んでしまう）である。節の例を下に示す。

```
head :- goal1 | goal2, goal3.
```

| はコミット演算子で、その左側をガードと呼び、右側をボディと呼ぶ。ガードは受動的に実行されなければならないという制限により、同期機能を実現している。ガードの実行が成功した節のうちから任意の一つが選ばれる。

5. 2. モデルのプログラムのひな形

本モデルでは人間の情報処理は基本的に並列実行であり、その中で一つの意識が「一方向に」流れるものとしている。これをdon't care nondeterminismを基本メカニズムとして記述することはきわめて妥当であるというのがここでの主張である。例えばprologのバックトラックのような機能は、基本メカニズムではなく、必要なら基本メカニズムの上に作るべきものであるという立場を採る。

説明のため簡略化したプログラムのひな形を示すと、

```
mental_process:- true| (1)
```

```
conscious_process,  
unconscious_process.
```

```
conscious_process:- check_state1| (2)
```

```
consciousness1,  
conscious_process.
```

```
conscious_process:- check_state2| (3)
```

```
consciousness2,  
conscious_process.
```

```
unconscious_process:- true| (4)
```

```
renew_states,  
unconscious_process.
```

意識プロセスと無意識プロセスがAND 並列で走っている(節1))。無意識プロセスは状態をつぎつぎに書き替えていく(節4))。意識プロセスの候補節の融合は並列に(OR並列)試みられるが(節2)(3))、無意識プロセスにより対応する状態が活性化されたガードの実行が成功し(check_statel,2)、それらの中から任意の一つが選ばれる。

5. 3. 説明のための例題

自然言語文「正月-に-たこ-を-あげる」の意味解釈をする例を考える。(この例は[田村]に記されたものである。)このうち「たこ」の意味解釈をするところを取り出して説明する。

記号表現された、活性化されればアクセスできる知識として、

- ・「たこ」の意味は'鼠'である ①
- ・「たこ」の意味は'蛸'である ②
- ・「たこ」の意味は'肝臓'である ③

を持っており、それぞれの知識がそれぞれの関連する文脈で活性化する(例えば「正月」の文脈では①が活性化するように結合表現されているとする。(③は、この文脈では通常活性化されていない知識の例になっている。本論文で知識獲得の難しさと言っているのは、どういう文脈でこの意味が活性化されるかの記述が困難であることを指しており、人間の効率的な処理と言っているのは、通常③の意味は気づかれないことを指している。)

プログラムの一部(説明のため簡略化してある)を下に示す。

```
dictionary(tako,Mean):-  
    State_kite = threshold|  
    Mean=kite.  
dictionary(tako,Mean):-  
    State_octopus = threshold|  
    Mean=octopus.
```

6. まとめと今後の課題

語ることでできない知識に関連した諸現象を説明するための意識処理/無意識処理の認知モデルを提案し、並列論理型言語GHCの特徴を生かしたインプリメント法を示した。

我々は以下の主張が正当であるとの予想の下に、それを確認するための幾つかの例題のインプリメントと実験を計画している。

主張1: エキスパートシステムや、自然言語理解システム構築の難しさは、語ることでできない知識の存在にある。

主張2: 本論文で提案したモデルは、語ることでできない知識に関連した諸現象(語ることでできない知識の存在、関連するものだけが見えるという効率の良い

さ、思い付き等)をうまく説明している。

主張3: 並列処理は人間の知能の本質的性質である。

(我々は計算機科学としての並列処理ではなく、認知科学としての並列処理を目指している)

主張4: 意識処理/無意識処理の認知モデルは、専門的知識(expertise)の一つのプログラミングスタイルを与える。

主張5: 本モデルは、大量の知識を実時間で効率良く扱う一つの方法を与える。

主張6: 語ることでできない知識を本モデルの枠組みで学習させるのは有効な方法である。

主張7: 本モデルの挙動を調べることで、いわゆる知識獲得における問題点が明らかになり、有効な知識獲得法が生まれることが期待される。

主張8: don't care nondeterminism は、意識の記述の基本メカニズムとして妥当である。

<謝辞>

本論文の草稿に関して討論していただいたICOTおよびICOT・FAIワーキンググループのメンバーに感謝します。

<参考文献>

- [Jones] Jones, M.A., Feedback as a Coindexing Mechanism in Connectionist Architectures, IJCAI-87, 1987, 602-610.
- [Kolars] Kolars, P.A. and Smythe, W.E., 佐々木 訳, 記号操作: 心の計算説を超えて, In 認知科学の基底, 産業図書, 1986.
- [McClelland] McClelland, J.L. and Rumelhart, D.E., Eds., Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition, MIT Press, Cambridge, Mass., 1986.
- [Polanyi] Polanyi, M., 佐藤 訳, 暗黙知の次元, 紀伊国屋書店, 1980.
- [Stanfill] Stanfill, C. and Waltz, D., Toward memory-based reasoning, Communications of the ACM 29, 12, 1986, 1213-1228.
- [安西] 安西祐一郎, 認識と推論の情報処理メカニズム, 科学, Vol.57 No.4, 1987, 210-219.
- [池上] 池上嘉彦, 意味の世界, 日本放送出版協会, 1978.
- [井筒] 井筒俊彦, 意味の深みへ 東洋哲学の水位, 岩波書店, 1985.
- [上田] 上田和紀 他著, 並列論理型言語GHCとその応用, 共立出版, 1987.
- [植田] 植田まさし, コボちゃん No.698, 読売新聞, 3月13日, 1984.
- [岡 1] 岡 夏樹, 読み返しによる学習, ICOT Tech. Memo, TM-280, 新世代コンピュータ技術開発機構, 1987.あるいは Workshop on Learning-87, 1987.
- [岡 2] 岡 夏樹, 記号表現と結合表現の接点, 情報処理学会第35回全国大会, 1987, 1853-1854.
- [田村] 田村淳, 安西祐一郎, 情報処理学会論文誌, 28, 1987, 202.
- [堀] 堀浩一, 単語の意味の学習について, コンピュータソフトウェア, Vol.3, No.4, 1986, 65-72.