

TM-0685

意識処理と無意識処理の循環構造について

岡 夏樹

February, 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

意識処理と無意識処理の循環構造について

Circular Structure of Conscious Processing and Unconscious Processing

岡 夏樹
Natsuki Oka

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構
Institute for New Generation Computer Technology
oka@icot.junet

概要

知識の検索（あるいは想起）過程は、問題解決における基本的な要素であり、体系的な性質と連想的な性質を合わせ持つ。このような検索過程を意識レベルの記号処理と無意識レベルのパターン処理（連想的処理）の組み合わせ、特に両処理間の「活性化→選択→焦点化→」の循環構造としてモデル化する。意味的な手掛り付きの漢字の想起課題を例として、発見的に体系的な検索を行なう「一般化→特殊化方略」、および対象レベルと検索方略レベルの2重の循環構造について説明する。

Abstract

Knowledge retrieval process in problem solving is both systematic and associative. This kind of retrieval process is modeled as a combination of symbol processing in conscious level and pattern (or associative) processing in unconscious level. The two processing constitute a circular structure of "activate → select → focus →". Double circular structure of object level and strategy level is explained in an example of Kanji retrieval task with semantic cue.

1 はじめに

人工知能の研究における主要な課題の一つは、関連する知識の動的な取り出し（文脈に合わせた知識の探索範囲の絞り込み）をいかに実現するかである。扱う問題の範囲を十分絞った専用のシステムをつくる場合は、これはあまり問題にはならないが、そうでない場合は本質的な問題となる。この実現が難しいのは、それに必要な知識が言語報告困難であるような種類のものであるからだ我々は考えている。エキスパートシステムや自然言語理解システムの構築の難しさも言語報告困難な処理の存在に起因すると考えている。

こうした問題に対して人工知能の研究には大きくは二つの流れがあり、一方は記号処理に基づく研究、もう一方はたとえばコネクショニズム [26] のようなパターン処理に基づく研究である。記号処理に基づく方法は、記号およびそれらの組み合わせによる体系的な処理の扱いに適しているが、上に述べたような言語報告困難であるような知識の扱いに成功していない。一方パターン処理に基づく方法はこの逆の特徴を持っており、たとえばこれだけで体系的な知識検索を説明する（たとえば [12]）のは無理があるように思える。

今後の研究方向としては、

1. 記号処理の拡張
2. パターン処理の拡張

3. 両処理の組み合わせ

4. 新たな記述レベルの導入

などの候補があるが、我々は3.を採用し、さらに人間の情報処理に意識レベルの処理と無意識レベルの処理があることに注目し、意識処理/無意識処理の認知モデル(C/Uモデル)を提案した[5, 6]。このモデルにおいては、意識レベルでは記号処理が時分割的に(基本的には逐次に)行なわれ、無意識レベルではパターン処理(重み付きリンクを持つネットワーク上の活性化拡散処理、連想処理)が並列に実行される。

すなわち、言語報告容易な処理は意識レベルの記号処理で、言語報告困難な処理は無意識レベルのパターン処理でそれぞれ分担させるという方針である。なお、記号処理をするための機構をパターン処理により実現しようとは考えず、記号処理をするための機構が既に与えられているとして出発する。

本論文では、C/Uモデルにおける意識レベル処理と無意識レベル処理の関係、特に両処理間の循環構造に注目し、体系的な性質と連想的な性質を合わせ持ち、関連する知識の動的な取り出しが可能な、知識の検索(あるいは想起)過程をモデル化する。知識の検索過程は一般的に問題解決において基本的な要素であると考えている。

2 意識処理と無意識処理の循環構造：活性化→選択→焦点化→

C/Uモデルでは、意識レベルの処理からアクセスしうるのは無意識レベルの処理により連想的に活性化されている知識だけであるとする。すなわち、意識レベルからは現在の文脈に沿った知識だけが見えるので、効率的に推論がすすめられる。さらに、その活性化された知識のうちある時点では一つだけが選択され意識されるとする。

意識レベルの処理において、現在意識している知識と最近意識された知識(これは近時記憶中に貯えられており、意識レベルからアクセスできるとする)を使い、次の連想のための焦点を記号処理(記号の組み合わせを伴う操作)により決めることができるとする。決めた場合次の連想はこの新しい焦点にしたがって行なわれ、そこで活性化された知識が次に意識に上る。ただし、この焦点を決めるもとになった知識は無意識レベルの処理により活性化されたものであったことに注意しなければならない。すなわち知識の検索過程において、意識レベルの処理と無意識レベルの処理は「活性化→選択→焦点化→」の循環構造を成す(図1)。

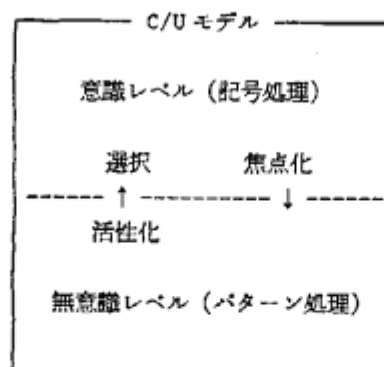


図1

C/Uモデルでは、意識できるものは元をたどれば無意識処理により活性化されたものであるから、意識的に焦点化する働きがあるとはいえ、それは単にパターン処理により活性化されたものを強調して戻しているにすぎないのではないかという疑問が生じるかもしれない。これに対する我々の見解は、以下の点で意識処理に能動的、本質的な働きがあるとするものである。

- 意識処理では、単に現在活性化されているものを強調するだけでなく、近時記憶を利用して次の焦点を決めることができる。

- 記号の組み合わせによる体系的な処理により、新たな焦点を決めることができる。（この例としては、以下に述べる検索方略の学習およびそれに基づく検索を参照）

なお、関連する知識の絞り込みに関して、我々は次の三つの場合を区別する。

1. 図1における焦点化の矢印とは無関係にパターン処理自身で、関連するものに絞られる。（たとえば、ブライム刺激を意識できなかった場合のブライミング効果（たとえば [24, 25]））
2. ある項目を意識したことにより、自動的にそれに関連したものに連想が絞られる（すなわち、図1における焦点化の矢印は使われる）が、絞り込んでいる意識はない。1.を含む。（たとえば、ブライム刺激を意識した場合のブライミング効果（たとえば [24, 25]）や、特に検索方略を意識しない想起や、通常の自然言語理解における多義語の意味の絞り込み）
3. 意識的に連想の範囲を絞り込む。1.と2.を含む。（たとえば、後述するような検索方略に基づいた想起）

3 例：漢字の想起課題に見られる意識処理と無意識処理の循環構造

3.1 例の解説

斎藤 [8] の取り上げた想起課題を少し変更したものを例にして、意識処理と無意識処理の循環構造を説明する。ここでは意味の手掛り付きの漢字の想起課題として、

□の中に適当な漢字1文字を入れる（制限時間20分以内にできるだけ多く書き出す）
「□は植物である。」

を考える。

このような課題の遂行のしかたは、課題の種類（想起手掛りの有無、種類など）や課題遂行の制限時間、被験者などにより異なる。さまざまな検索方略があり得るし、検索方略や検索の焦点が意識されることもされないこともあるだろう。

ここでの目的はこれらさまざまな場合をすべて説明し尽くすことではなく、C/Uモデルにおける意識レベルの記号処理と無意識レベルのパターン処理それぞれの働きが本質的であること、および両処理間の2重の循環構造とその働きを例を使って説明することである。したがって、比較的難しい想起課題に対する可能な遂行方法のうちの一つだけをとりあげる。この種の想起課題は常にそのように遂行されると主張するものではないが、それは一般的な問題解決において有効で、しかもしばしば使われる方法であると我々は考えている。

3.2 対象レベルと方略レベルの2重の循環構造



図2

図2に示すように2重(内側、外側)の循環(ある検索されたものを使って次を検索する)構造を考える。内側は対象レベル、外側は方略レベルのループであるが、まず内側(対象レベル)のループから説明する。

3.2.1 対象レベルの循環構造とその例

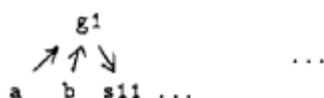
以下のような場合を考える。ある検索方略とすでに検索された対象(この場合植物を表す漢字)に従って次の対象の連想のための焦点が意識的に決められ、その焦点の下で次の対象(複数でありうる)が想起される。想起された対象は課題の条件に合っているかどうか意識的にテストされ、また、新たに想起された対象も含めて次の焦点が決められる。

検索方略の例としては発見的に(つまり、しらみつぶしではなく)体系的な検索を行なう一般化→特殊化方略($G \rightarrow S$ 方略と呼ぶ)を考える。この方略は、次のようなものである。 $is_a(X,Y)$ は、 Y は X の一般化である(X は Y の特殊化である)ことを表すとして、

- i) 検索対象のある例 a に対して、 $is_a(a,Y)$ なる $Y=g1, g2, \dots$ を検索せよ。
- ii) 検索した各 Y に対して、 $is_a(X,Y)$, $X \neq a$ なる $X=s11, s12, \dots$ を検索せよ。

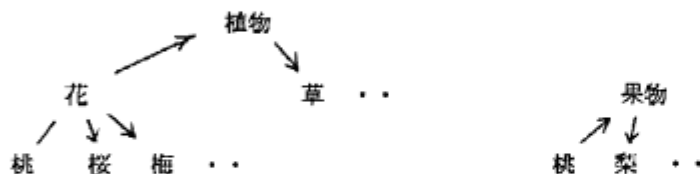


同様に、下図に示すように2つ以上の例(たとえば a, b)の共通の一般化を求めることから始めることもできる。



対象レベルでこの $G \rightarrow S$ 方略適用の例を示す。問題(□は植物である)を与えられて、まず特に方略を意識することなく「花」と「桃」を思い付いたとしよう。この時点で $G \rightarrow S$ 方略を適用する場合を考える。(なお、一般的にはこの後も特に方略を意識することなくしばらく想起を続けることも可能であるし、他の方略を使用することも可能であり、それぞれの場合で想起される対象が異なってくると考えられる。)すると、

1. 「花」に注目し、その一般化の一つである「植物」に対する「花」と同列の特殊化である「草」などの想起を試みる。
2. 「桃」と「花」が is_a 関係にあることに気が付き、「花」に対する「桃」と同列の特殊化である「桜」「梅」などの想起を試みる。
3. 「桃」に注目し、その一般化の一つである「果物」に対する「桃」と同列の特殊化である「梨」などの想起を試みる。



などいろいろな場合が考えられる。このように、すでに想起された対象が同じであるときに同じ $G \rightarrow S$ 方略を適用するにしても、意識的に何にどのように焦点を当てるかによって引き続き想起される対象は異なってくるし、使う方略によっても想起される対象は異なる。これは記号的な知識に基づいた意識処理の効果の一つである。

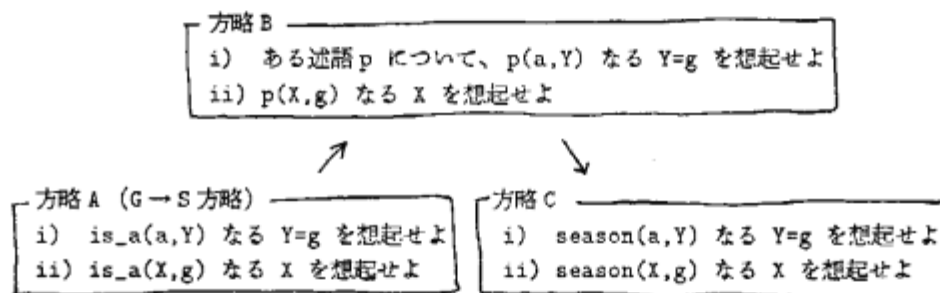
$G \rightarrow S$ 方略を使った対象レベルの想起は、いろいろなものが入り混じった explicit な知識(記号表現された知識)と implicit な知識(重み付きリンクで結ばれたネットワークとしてパターン表現された知識)から、興味のある部分を発見的に抽出し、explicit な is_a 階層の知識として動的に構成する過程と見ることができる。

この抽出・構成の過程では、すでに得られた explicit な is_a 階層の知識を使って決めた焦点の下で implicit な知識に従う連想が行なわれ、そこで想起された対象は、explicit な知識と implicit な知識によりテストされ、適当なら explicit な is_a 階層に加えられる。

3.2.2 方略レベルの循環構造とその例

次に図2の外側（方略レベル）のループを説明する。これは検索方略（の構成要素）自身を検索の対象とするメタレベルのループである。すなわち、ある（検索方略の）検索方略とすでに検索された対象（この場合検索方略（の構成要素））に従って次の対象の連想のための焦点が意識的に決められ、その焦点の下で次の対象（複数でありうる）が想起される。想起された対象は検索方略として組み立てられ、適切かどうかテストされ、また、新たに想起された対象も含めて次の焦点が決められる。このような検索方略の探索は、課題遂行の制限時間が十分長ければ実際に起こりうると予想される。ただし、新しく方略を作ることよりは、いくつかの手持ちの方略を切り替えるように使うことの方が実際には多いだろう。

例として、 $G \rightarrow S$ 方略を $G \rightarrow S$ 方略自身に適用して新しい検索方略を想起する場合を取り上げる。方略 A ($G \rightarrow S$ 方略) から出発すると、その一般化にはいろいろありうるが、その構成要素である述語 is_a を一般化するのも一つの方法であり、ここではそれを 2 変数述語 p に一般化し方略 B とした。次に述語 p の特殊化の一つとして述語 season(a,b) (a は季節 b に見られる) を考え、方略 C を得た。方略 C を対象レベルで使うと、たとえば「桃」から出発し、season(桃,Y) $\rightarrow$ Y=春 $\rightarrow$ season(X,春) $\rightarrow$ X=? のように想起を進めることができる。



同様に述語 location(a,b) (a は場所 b に見られる) を考え、ある場所に見られるものを次々想起していく方略をとることもできる。この述語は、たとえば述語 season から、



このような階層構造を意識して想起することができる。

以上のような方略の想起およびその使用の例において注目すべきことは、想起された対象を直接次の焦点として使うだけでなく、それを構成要素として使い、記号処理をして（すなわち記号を組み合わせることで複雑な構造を作り、それを操作することにより）新しい焦点を決めていることである。これは意識的な記号処理を導入する大きな利点であり、これをパターン処理だけで説明するのは困難であると我々は考えている。

このように、メタレベルも含めた 2 重の循環構造により、記号処理の長所（体系的な探索）とパターン処理の長所（連想的な想起）を合わせ持った想起モデルを構成した。

3.3 課題遂行のシミュレーションに必要な機能

本例題に対して「is_a(桃,花)」や「is_a(is_a, 述語)」などの単位でひとまとまりに知識が想起されるというモデル化も可能であるかもしれないが、本論文では想起の単位は概念（単語、たとえば「桃」など）であると

し、焦点化はしているが課題の条件に合わないものも想起され、後で意識的にテストされる（たとえば、植物であるかどうか、漢字1文字で書けるかどうか）ことにする。この仮定の下で課題遂行に必要な機能のうち主要なものについて以下に記す。

- 新たな焦点や新たな検索方略に変えるタイミングを制御する

対象レベルの想起において、ある焦点の下での想起が行き詰まったらそこで中断(suspend)して、新しい焦点に切り替えるが、それでも行き詰まったら新しい方略に切り替えることにする。中断したものは何かのきっかけで再開(resume)することもある。このような再開は実際、想起実験中に観察される。

- 活性化されたものから意識される一つを選択する

C/Uモデルのシミュレーションには並列論理型言語の一つGHC [2]を使っている。活性化がいき値を越えたもののうちで意識される一つの選択は、言語の処理系のOR候補節のcommitted choiceをそのまま利用している。すなわちいき値を越えたものの内どの一つが選ばれるかは定められていない（典型的にはいき値を越えた順に依存する）。活性化の高いものを優先すべきであるかどうかは、並列性の問題と関連しており（活性化のいちばん高い物を探すとすると並列度が下がる）検討の余地がある。

- これまでの想起内容と方略に従って次の焦点を決める

これまでに抽出・構成されたexplicitなis_a階層と方略に従って次の焦点を決める。これは基本的には通常の記号処理の手法でプログラム可能であると思われる。すなわち、いくつか選択の可能性があるときにそのうちのどれに注目するかは、記号処理の範囲外で（たとえば無意識レベルの処理による活性化度により、あるいは偶然により）決まるが、いったん注目するところが決まれば、その後どのように次の焦点が決められるかは、explicitなis_a階層の知識と方略に従う記号処理として記述できると考えられる

- すでに持っている方略とこれまでの想起内容から新たな方略を構成する

この機能は通常の記号処理の手法でプログラム可能であると考えている。

- 想起された対象が植物であるかどうかをテストする

植物（の一種）に焦点を当てた連想の結果想起された語でも、必ずしも植物であるとは限らず、テストが必要であると仮定する。

ヒトは経験により学習したimplicitな知識と教えられたり分析によって得たりしたexplicitな知識とを使って、この種の判断（たとえばあるものが植物であるかどうか）を行なっていると思われる。また、このimplicitな知識は、連想するときに使われるimplicitな知識と何らかの関係があると思われる。我々はこれらimplicitな知識についても検討中であり、最終的にはexplicitな知識とimplicitな知識を両方利用する方法を目指したいが、まず、下記のようなexplicitな知識だけを使う方法から始めることにする。ヒトも場合によってはこのような方法で判断していると思われる。

is_a(a,b)は、「aはbである（ただしaとbは隣り合った階層に属する）」ことを表し、a_kind_of(a,b)は、「aはbである（ただしaとbは隣り合った階層に属さなくてもよい）」ことを表すとして、

is_a(椿,花), is_a(花,植物), is_a(松,木), is_a(木,植物),

などの事実と、

```
a_kind_of(X,Y):- is_a(X,Y).  
a_kind_of(X,Z):- is_a(X,Y), a_kind_of(Y,Z).
```

のような規則を使って判断する。

ただし、ここに挙げたexplicitな「is_a(椿,花)」などの知識は、活性化されていないと見えないものであると仮定する。すなわち、「椿は花か？」と聞かれれば、その聞かれたことにより「is_a(椿,花)」が活性化されるので、答えられるが、「花」であるものを想起しようとしたときに、いつでもこの「is_a(椿,花)」の知識

をアクセスできて「椿」と答えられるわけではない。そこで単純化して、ここでの知識はテスト専用の知識とし、連想には別の知識が使われることにする。

- 想起された対象が漢字1文字であるかどうかをテストする

植物（の一種）であるという焦点の下に意味的な連想を行えば、大部分は植物であるものが想起されると予想されるが、それが漢字1文字で書けるかどうかは、植物であるという意味的な焦点とは一応無関係であると考えられる。したがって、想起された対象が漢字1文字であるかどうかテストする必要がある。（ただし、漢字1文字で書ける植物と意味的な連想関係にあるものはやはり漢字1文字で書けることが多いということはあるだろうし、また、漢字1文字で書けるということを日本に昔からある植物というように意味的な焦点に置き換えることも可能であり、意味的な焦点と漢字1文字で書けるかどうかが全く無関係だというわけではない。なお、漢字の形からの連想をする場合は、このテストは不要であろう。）

テストのためには、漢字を想起しなければならないが、読みから漢字を検索できる辞書のような explicit な知識を持っていると近似的に仮定するのも一つの方法である。しかしここでは簡単のため、漢字で書けるものははじめから漢字で想起され、それが漢字1文字であるかテストすればよいとする。

- is_a 関係に基づく焦点化も反映した連想的な想起をする

C/U モデルではこの部分は、重み付きリンク（意味を持ったリンクではない）で結ばれたネットワークで実現する方針である。最終的には分布表現を採用したいが、とりあえず局在表現を使用する。G→S 方略に従った検索（たとえば、「桃」をきっかけとして他の「花」を連想する）を可能にするためには、is_a 階層に従った意味的な焦点化ができなければならない。すなわち、「花」の下階層を検索するという焦点により、その階層に属する想起対象（「桜」「スミレ」など）がある程度活性化される必要がある。もちろん、いわゆる連想のためにはリンクの重みは is_a 関係以外の関係にも対応していなければならない（たとえば、「桃」をきっかけにしているのであれば、「スミレ」より「桜」の方が連想されやすい等）。

また他の戦略（たとえば文字「あ」で始まる植物を検索したり、漢字の形から連想したり）を使用するためには、それを可能にするリンクの重みが存在していなければならない。つまり、意味を反映したリンク以外に別のレベルのリンクとして音（読み）を反映したリンクや、漢字の形を反映したリンクが必要となる。

このようなネットワークをいかに作るかあるいは学習させるかは今後の課題であるが、コネクショニズムなどの研究成果の中に利用できるものがあることを期待している。

4 今後の課題

今後の課題のうち主なものを以下に挙げる。

- 並列論理型言語による本例題のシミュレーション

本論文で扱った例題のシミュレーションを計画している。C/U モデルでは、これまでに並列論理型言語 GHC の特徴を生かした小規模なシミュレーションを行なった経験がある [8]。言語とモデルの対応は以下の通りである。意識レベルの記号処理を節の呼び出しとして記述し、無意識レベルのパターン処理はプロセス間通信として記述する。言語の choice nondeterminism（ガード部の実行が成功した OR 候補節のうちから任意の一つが選ばれ、他の候補は捨てられる）は、モデルの意識処理の基本的性質とよく合う。無意識レベルのパターン処理は、単に実行速度向上のための並列処理ではなく、本質的な並列処理となっている。なお、モデルの意識レベル処理内には言語の AND 並列性と対応する並列性はないものとしている。

- モデルの本例題に対する妥当性の検証

モデルの妥当性の検証は、我々の内観、心理学実験のデータとの定性的、定量的照合、モデルからの記号表現の出力の妥当性の検討などにより行なう予定である。このうち、心理学実験による再生反応時間のデータ（たとえば [8]）との定性的な整合性については、以下のような見通しを持っている。

データに見られる引き続くひとまとまりの想起は、ある焦点における一連の想起（並列に活性化されたものの逐次的な選択と逐次的な活性化とを含む）と対応付けられ、想起の途切れているところが、新しい焦点の設定や新しい方略の設定に対応付けられると考えている。

- 本例題に関して、他の検索方略のモデル化

たとえば、五十音順の想起、漢字の形による連想、エピソード記憶や空間的な記憶に基づく想起などを検討する予定である。

- モデルの一般的な問題解決への適用

本論文で扱ったような想起過程は、問題解決一般においてその解決の鍵となる概念の想起が必要であると我々は考えており、類推、意識的な帰納、比喩理解・生成、いくつかの項目の中から仲間外れを選ぶ問題 [9]、線画の奥行き知覚をモデル化するヒューリスティクスの発見 [4]、系列外挿課題 [16] 等への適用を検討している。

たとえば、いくつかの項目の中から仲間外れを選ぶ問題を例にして説明すると、

問題：〔反応、因縁、春雨、観音〕から異質なものを一つ選べ。

この種の問題解決の鍵は、ある概念（この場合は、その概念に関して項目を分類すると仲間外れが一つになるもの）を見つけることであり、これは本論文で説明した問題解決のための想起過程となっている。

- C/U モデルにおける知識獲得と学習

言語報告容易な処理は意識レベルの記号処理で、言語報告困難な処理は無意識レベルのパターン処理でそれぞれ分担させることにより、専門家からの知識抽出および知識移転が容易になることが期待される。また、意識レベル／無意識レベル間の相互作用を考えると、それぞれに必要な知識の学習がそれぞれ他方のレベルの処理の助けを借りて、効率化されることが期待されるが、これら知識獲得・学習の具体的な検討は今後の課題である。

- 自由な無意識処理を導入した発見過程のシミュレーション

通常 C/U モデルでは、無意識の絞り込みを利用した効率的な意識レベルの処理が行なわれるが、この絞り込みは一方では発見的思考に必要な自由な発想を困難にしている。当面の課題の遂行にとらわれない自由な無意識レベルの処理を導入することにより、発見過程のシミュレーションを行ないたいと考えている。

- C/U モデルの拡張

本論文では C/U モデル を想起（意識的な焦点化と無意識的な連想の組み合わせ）を説明するモデルとして位置付け、図 1 の部分だけを考えたが、我々は将来 C/U モデル で、例えば認識と推論の組み合わせを説明することも予定している。図 3 のように外界からの入力を考え、外界からの入力に従ったボトムアップ処理と意識の影響を受けたトップダウン処理の組み合わせを表現できる。この他に外界への出力、感情、欲求、気分からの入力も考えたものがより広い範囲の知識情報処理を表現する。なお、熟練という現象は「意識レベルの処理＋無意識レベルの処理」から、無意識レベルの処理だけへの移行としてモデル化する予定である。

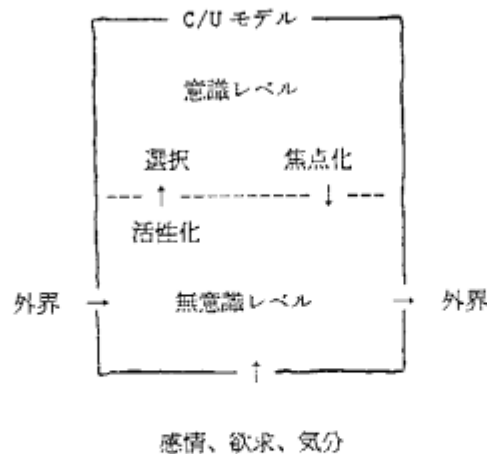


図 3

参考文献

- [1] 井筒 俊彦, 意味の深みへ: 東洋哲学の水位, 岩波書店, 1985.
- [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] 大森 隆司, 3次元物体の内部表現のモデル化, 日本認知科学会 学習と対話研究分科会, Vol.88, No.2, pp. 29-37, 1988.
- [4] 岡 夏樹, 線画の定量的解釈のためのヒューリスティクスの学習, 北海道大学認知科学会シンポジウム: 学習の諸問題 報告論文集, pp. 18-27, 1986.
- [5] 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.
- [6] 岡 夏樹, 意識処理と無意識処理の相互作用のモデル化, 情報処理学会 知識工学と人工知能研究会, No.59-5, pp. 37-46, 1988.
- [7] 川口 潤, ブライミング効果と意識的処理・無意識的処理, 心理学評論, Vol.26, No.2, pp. 109-128, 1983.
- [8] 斎藤 洋典, 四方 義啓, 最小核モデルから見た連想記憶: ヒトの漢字情報検索における優先方略, in 日本認知科学会編, 認知科学の発展, pp. 72-11, 1988.
- [9] 昭和 62 年度日本語教育能力検定試験, 1988.
- [10] 田島 守彦, 実近 憲昭, 岡田 義邦, 学習システム RLS における意識度の利用, 情報処理学会第 37 回全国大会, p. 1390, 1988.
- [11] 辻井 潤一, 知識の表現と利用, 昭晃堂, 1987.
- [12] 中野 肇, アソシアトロン, 昭晃堂, 1979.
- [13] 馬場 雄二, 日本語版遠隔性連想検査の解答過程の知識情報処理的意味, 人工知能学会研究会資料, SIG-HICG-8801-5(6/1), pp. 39-48, 1988.
- [14] 平井 有三, 上じょう 憲一, 連想記憶モデル HASP の心理学的妥当性について, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J70-D No.1, pp. 175-184, 1987.
- [15] Anderson, J. R., *Architecture of Cognition*, MIT Press, 1983.
- [16] Anzai, Y., Mori, H., Ito, M., and Hayashi, Y., A Serial-Parallel Integrated Information Processing Model for Complex Human Problem Solving, in G. Salvendy (ed.), *Cognitive Engineering in the Design of Human-Computer Interaction and Expert Systems*, pp. 175-182, Elsevier Science Publishers, 1987.

- [17] Belew, R. K., Learning and Programming in Classifier Systems, *Machine Learning 3*: pp. 193-223, 1988.
- [18] Diederich, J., Knowledge-Intensive Recruitment Learning, TR-88-010, International Computer Science Institute, 1988.
- [19] Dyer, M. G., Symbolic NeuroEngineering for Natural Language Processing: A Multilevel Approach, *Technical Report UCLA-AI-88-14*, University of California, Los Angeles, 1988.
- [20] Fodor, J. A. and Pylyshyn, Z. W., Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis, *Cognition*, Vol.28, No.1-2, pp. 3-71, 1988.
- [21] Hewitt, C., Metacritique of McDermott and the Logicist Approach, *Comput. Intell. 3*, pp. 185-189, 1987.
- [22] Johnson-Laird, P. N., *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*, Cambridge University Press, 1983.
- [23] Klatzky, R. L., *Memory and Awareness: An Information-Processing Perspective*, W. H. Freeman and Company, 1984.
- [24] Marcel, A. J., Conscious and Preconscious Recognition of Polysemous Words: Locating the Selective Effects of Prior Verbal Context, in R. S. Nickerson (ed.), *Attention and Performance VIII*, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 435-437, 1980.
- [25] Marcel, A. J., Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition, *Cognitive Psychology*, 15, pp. 197-237, 1983.
- [26] McClelland, J. L., Rumelhart, D. E., and the PDP Research Group, *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, MIT Press, 1986.
- [27] McMillan, C. and Smolensky, P., Analyzing a Connectionist Model as a System of Soft Rules, *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 62-68, 1988.
- [28] Polanyi, M., *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan Paul, 1966.
- [29] Pylyshyn, Z. W., *Computation and Cognition: Toward a Foundation for Cognitive Science*, MIT Press, 1984.
- [30] Schank, R. C., *Dynamic Memory*, Cambridge University Press, 1982.
- [31] Seifert, C. M., A Hybrid Model for Controlling Retrieval of Episodes, in *Proc. of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 731-737, 1988.
- [32] Smolensky, P., On the Connectionist Reduction of Conscious Rule Interpretation, *Proceedings of the Ninth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 187-194, 1987.
- [33] Waltz, D. L. and Pollack, J. B., Massively Parallel Parsing: A Strongly Interactive Model of Natural Language Interpretation, *Cognitive Science*, Vol.9, No.1, pp. 51-74, 1985.