

TR-351

意識処理／無意識処理の認知モデル(第1版):

意識に上る知識の文脈依存性

岡 夏樹

March, 1988

©1988, 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 (第一版)

意識に上る知識の文脈依存性

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、語ることができない知識の取扱いである。著者らは、語ることができない知識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(C/Uモデル)」の構築を計画しているが、そのうちまず、意識に上る知識の文脈依存性に関する部分に絞って研究を始めた。本論文では、意識に上る知識の文脈依存性のモデル化と並列論理型言語GHCの特徴を生かしたそのシミュレーション法について報告する。

1. 研究の背景

1.1. 語ることができない知識

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をいかにシステムに与えるかということである。PolanyiやKolarsらも、この問題の重要性を指摘している[Polanyi][Kolars]。人工知能システムの構築が“思ったより”難しいのは、語ることのできない知識が存在するためであると著者らは考える。

本論文では、語ることができない知識とは、意識に上らない知識と狭義の記号で表現できない知識(イメージなど)とを含むことにする。

1.2. 入力系と中央系、あるいはその中間的な過程

Fodorは、認知機構をその特徴に応じて入力系と中央系に分けてとらえた[Fodor]。

	入力系	中央系
機能	入力分析	信念固定
主題	領域特異的	領域中立的
計算性格	情報遮蔽的	等方的／クワイン的

辻井は、知的システムの構成を次のようにとらえた[辻井]。

- (1) 入力刺激の構造記述
- (2) 内部化の処理
- (3) 問題解決・推論

(2) は入力刺激の構造記述と問題解決・推論系の使う‘概念’との対応をとる処理である。また辻井は、問題解決や推論を行なうためには、その時点の処理に関連する知識を同定するという、(2)と同じような性質を持った処理が必要であり、それらは半強制的な印象を与えると指摘した。

1.3. 意識処理と無意識処理

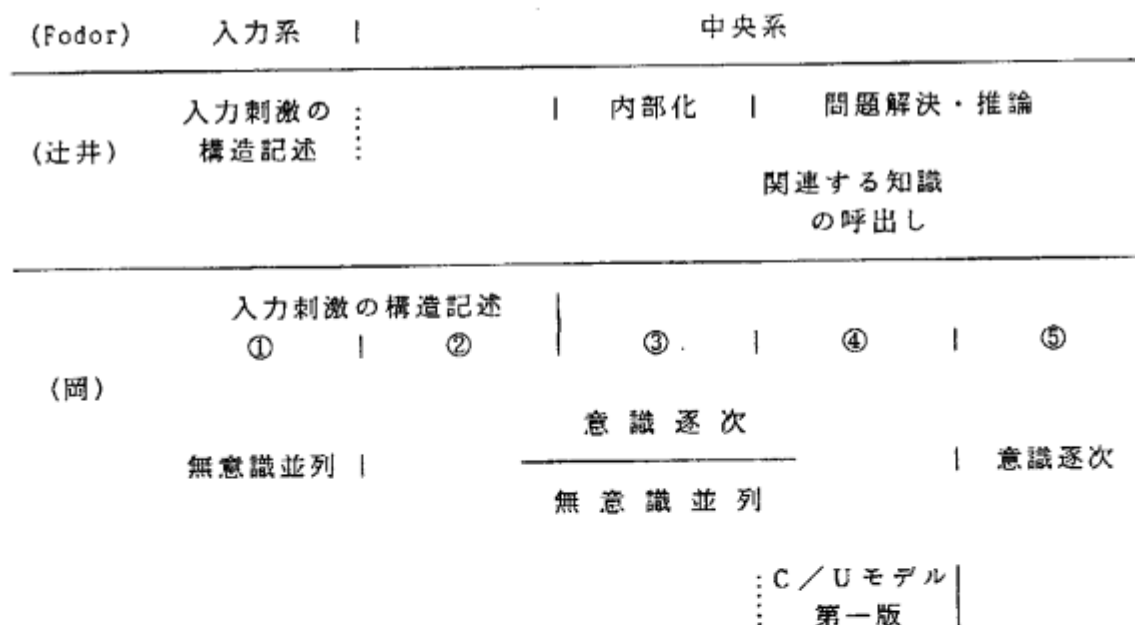


図 1

Fodor, 辻井それぞれの分類の仕方, および著者らの意識・無意識に注目した分類の関係を図 1 に示した。ただし各分類の境界は明確なものではない。なお, 外界への出力に関する過程は省略した。

Fodor の分類は前節に挙げた特徴に基づいたものであり、したがって中央系にはさまざまな処理が含まれる。たとえば入力処理過程について言えば、情報遮蔽的な過程が入力系に属し、それ以後の認知的に侵入される過程は中央系に属するとする。また、入力系の内部での上から下への情報の流れや、入力系における語彙的レベルでの連合関係の情報の利用は認めている。

辻井の“入力刺激の構造記述”は、ほぼ Fodor の“入力系”に相当するようであるが、計算機処理の立場からは厳密な情報遮蔽性は要求していないようである。

著者らはほぼ辻井の分類に従ったが、入力刺激の構造記述は情報遮蔽的な過程①と認知的に侵入される過程②とから成るとし、また問題解決・推論は、関連する知識の呼出し機能を伴ったもの④とそうでないもの⑤とを区別した。人工知能の研究は⑤から始まったが、人間においては、④が日常行なわれる問題解決・推論であり、⑤はむしろ特殊なものであろう。

著者らは、①は人間では無意識の並列処理により実現されていると考えており、②、③、④については意識的な逐次処理と無意識の並列処理の相互作用により実現されていると考えている。⑤は意識的な処理だけにより実現される過程である。なお本論文で提案する C/U モデル第一版は、おおよそ過程④に相当するモデルである。

1.4. 記号表現と結合表現

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。記号表現に対してこれを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、語ることを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。したがって、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。

初期の神経回路網の研究は、図 1 の①の過程のうちでも単純なものを扱っていたが、コネクショニストモデルの研究は、①の複雑な場合を扱い、さらに②、③、④をもモデル化しようと試みていると言えよう。著者らは、⑤をコネクショニストモデルで説明しようとするのは適切ではないと予想している。

一方、計算主義 (computationalism) では知識は記号表現され、形式的に操作できるとされる。「語ることをできない」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 (たとえば文法規則など) 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、語ることをできる知識ですむ問題に限った場合や、扱う世界を限定して関連する知識の呼出しの問題を免れた場合、または語ることをできない知識に相当する記号表現された知識を非常に綿密な分析により得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。

すなわち、計算主義は図1の⑤で成功し、④を扱う努力をしていると言えよう。辻井も指摘しているように[辻井]、フレーム、スクリプト、スキーマなどは静的な記憶単位への知識の囲い込みにより、④を扱う試みであると見なすこともできる。

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]。

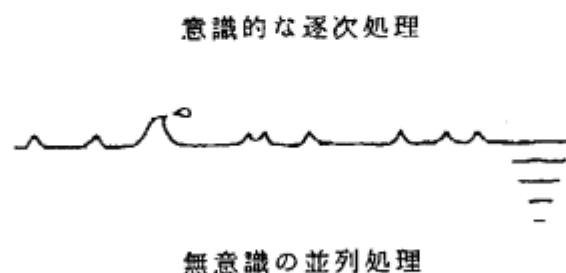
また安西は、パターン認識機構（ネットワークモデル）と推論機構（ルールシステム）を組み合わせたモデルを提案した[安西]。両機構はある程度独立であり、また、意識／無意識という観点は入っていない。これは図1の①②と⑤とを組み合わせる試みであると思なせる。

2. 意識処理／無意識処理の認知モデル（C/Uモデル）

著者らは、語ることができない知識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（C/Uモデル）」の構築を計画している。この研究の最終的な目標は、図1の全体（①～⑤）に渡る現象を説明できるモデルをつくることであるが、そのうちまず、④の部分のモデル化から始めることにした。すなわち、C/Uモデル第一版として、関連する知識の動的な呼び出し機能を持った問題解決・推論のモデルを考える。ただし②③との境界は明確なものではない。

2.1. C/Uモデル第一版

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（関連する知識がずっと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。海面上に浮かび上がった知識は意識的にアクセスできるものとする。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。意識された知識は次の無意識による活性化のきっかけになる。つまり意識的な処理と無意識の処理は相互に作用しあう。

外界からの入力、C/Uモデル第一版の外側で処理されて（図1の①②③の過程）C/Uモデル第一版の意識処理の部分に入ることになる。

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、本モデル自体は実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、あれこれの部分が活性化され、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（図1の③の過程に相当すると思われる）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、著者らは、知識獲得の問題から出発して、図1の④の過程を対象にし、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。

2.2. C/Uモデル第一版で説明できる現象

人間は全部の可能性を網羅的に尽くすのは得意ではないが、無意識の絞り込み（すなわち意識に上る知識の文脈依存性）により効率的な処理を行なっている。C/Uモデル第一版は、このような関連する知識の動的な呼出し機能をもった問題解決・推論のモデルである。本節では、このモデルで説明できる現象の例をいくつか挙げる。

C/Uモデル第一版の範囲では、つぎの3種類の知識が考えられる。

A：ある文脈で活性化されている知識

B：別の文脈を与えれば活性化される知識

C：A、Bの知識がどのような文脈で活性化されるかについての知識

Aはその時点で語ることができ、Bは適切な文脈を与えられれば語ることができる。一方Cは語ることができない。

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が、上記のBは適切な文脈が与えられないと報告できない知識の例であり、Cは報告することのできない知識の例である。Bに対してはインタビューの技法などが研究されているが、Cに対してはナレッジエンジニアや専門家の問題分析に頼るしかないのが現状であろう。たとえば、専門家がある例題

を見て、「ooならば、xxである。」と規則Rを述べた場合を考えてみよう。実際はこの規則は、さらにある文脈Cのもとでしか適用できないことが多いが、専門家は文脈Cで意識に浮かんだ規則Rを報告したのであり、無意識にしかとらえられていない文脈Cを報告させることは難しい。

自然言語理解においてもいくつかの例を挙げることができる。たとえば

「3年間車を運転している」

の解釈をするときに活性化されている知識は、

A:「ている」は習慣相を表わす

であるが、

「3時間車を運転している」

の解釈をするときに活性化されている知識は、

A:「ている」は継続相を表わす

となる。(この例は[杉村]によった。)また、多義語の意味の文脈依存性については後のプログラム例(その1)のところで説明する。ただしこれらの例の処理はむしろ③の過程で行なわれているとみた方が妥当かもしれない。

人間が意識的に帰納、分類や類推を行なうときには、どのような属性に注目してそれらを行なうかは文脈依存的な性格をもっており、効率良く関連する属性に絞ることができる[岡 1]。たとえば、つぎのような4つずつの言葉の中から異質なものをひとつ選ぶ問題の解決はC/Uモデル第一版でモデル化できる。(この例は[試験]によった。)この例については後のプログラム例(その2)のところで説明する。

例1: くるくる, みるみる, つるつる, ぬるぬる

例2: 反応, 因縁, 春雨, 観音

これらの他に、「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、「思いついた」という現象に対応する。

本モデルにおいて、「活性化されている知識の範囲内ではxxと言える」という状態は、「デフォルト値はxxである」という表現と関係がある。また、関連する知識の呼出しの問題はフレーム問題と関係が深い。

2.3. 心理学実験からのデータ

心理学におけるプライミング効果の実験は、C/Uモデル第一版に直接的にはないが、参考になるデータを提供する。プライミング効果とは、意味的に関連した語を続けて処理する(たとえば「パン」→「バター」と)、2番目の語の処理(有意味語か無意味語かの判断[Neely][Marcel 1][Marcel 2], 文字の対が同じ文字から成っているかどうかの判断[Posner]など)に促進効果が認められることをいう(たとえば[Loftus])。

さらに、第一刺激の呈示直後から観測される促進効果(自動的な活性化の拡散による

とみられる)と、遅れて生起する促進、抑制両効果(意識的な処理によるとみられる)を区別した報告もある[Posner][Neely]。

また、多義語の呈示時間が短く被験者が多義語を認知できない場合には、多義語の意味は文脈で示される意味と別の意味に関しても促進効果(自動的な活性化の拡散によるとみられる)があるが、被験者が多義語を読み取ることができた場合には、文脈で示される意味と別の意味に関しては抑制効果(意識的な処理によるとみられる)があり、文脈で示される意味に関しては促進効果(意識的な処理によるとみられる)があると報告されている[Marcel 1][Marcel 2]。

これらの結果のうち自動的な活性化の拡散によるとみられているプライミング効果は、図1の①の過程での語彙的レベルの連合に基づく活性化処理に起因すると言えよう。一方、意識的な処理によるとみられているプライミング効果は、②③の過程での意識的なトップダウンの予測に起因すると言えよう。以上のようにプライミング効果の実験からは、直接的には①②③の過程のデータが得られるわけだが、④の過程が②③の過程と似ていると予想するのはわりあい妥当ではないかと思われる。

2.4. C/Uモデル第一版における知識獲得・学習(構想)

意識的な帰納や類推における注目すべき属性の絞り込み機能を本モデルで実現できる見通しがあることはすでに述べた。帰納や類推は学習に必要な機能のひとつであるが、これらを効率良く行なうシステムをつくれる可能性があることになる。ただし、データからのボトムアップな属性の発想や枝刈り(統計的な性格をもったもの)[岡 2]は図1の①に相当するところであり、モデル第一版の範囲外である。

これに対して本節では、無意識の処理に相当する部分の知識(すなわち、ある知識がどのような文脈で活性化されるか)をいかに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。したがって学習機能が必要となるが、これについてはまだ構想段階であるので、簡単に可能性を述べるにとどめる。

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、無意識の処理に相当する知識(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。このとき意識的に利用できる情報をバイアスとして使って無意識的な処理の学習を効率良く行なえる可能性がある。(なお、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、これは図1の③の範囲となるのでここでは述べない。)

この方法は、記号表現と結合表現とで知識を分担して表現していることになる。この他に人間では、意識的に行っていた遅い処理から、無意識の速い処理への習熟による移行も観察されるが、これもモデル第一版の範囲外である。

3. 並列論理型言語によるシミュレーション

ここでは並列論理型言語 G H C [上田]の特徴を生かした C/Uモデル第一版のインプリメントの方法を示す。なお、単純化した局在的結合表現で無意識処理を近似することにする。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、G H Cを簡単に紹介する。

3.1. G H C

G H C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、G H C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。

```
H1:- G11, ..., G1m| B11, ..., B1n.  
H2:- G21, ..., G2k| B21, ..., Bsl.
```

| 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。

3.2. C/Uモデル第一版と G H C

人間は記憶容量に限りがあるから、人間の処理のモデルは次のような制約を満足しているべきであると Langley は主張している [Langley]。

- ・ある時点ではひとつの仮説しか保持できない。
- ・過去の仮説を完全には覚えていないので direct backtracking は行なわない。

著者らは、この主張は“意識的な処理の”特徴をとらえていると考える。C/Uモデル第一版は、このような性格を持つ意識的な処理の下に無意識の処理を想定する。すなわち、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」流れるものとする。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。

don't care nondeterminism では、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。ところが応用プログラムを書くときには、活性化した節のうちでも優先度を付けたいことがありうる。この問題への対処は今後の課題である。

3.3. モデルのプログラムのひな形と例題（その1）

説明のため最も基本的な部分だけに簡略化したモデルのプログラムのひな形を示す。ただし、分かり易くするために、プログラムには正確でない表現が含まれている。引数は省略した。

```
メンタルプロセス( ):- true! (1)
    意識プロセス( ),
    無意識プロセス( ).
```

```
意識プロセス( ):- 活性度1>閾値! (2)
    意識処理1.
```

```
意識プロセス( ):- 活性度2>閾値! (3)
    意識処理2.
```

```
..... :
```

```
無意識プロセス( ):- true! (4)
    関連する知識を活性化( ).
```

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)）。無意識プロセスは知識の活性度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、それらの中から任意の一つが選ばれる。選ばれたことが意識されたことに対応する。

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`蛸`である (a)
- ・「たこ」の意味は`蛸`である (b)
- ・「たこ」の意味は`胴体`である (c)

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(a)が活性化する）ように結合表現されているとする。（(c)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(c)の意味は気づかれないことを指している。）

この例とプログラムのひな形との対応を示す。

意識プロセス():- '風'の活性度>閾値! (2)
 'たこ'の意味='風',

.....
 意識プロセス():- '蛸'の活性度>閾値! (3)
 'たこ'の意味='蛸',

.....

3.4. モデルのプログラムのひな形と例題（その2）

短期記憶による近似的なバックトラックを実現したプログラムのひな形を示す。例題としては、関連する属性に注目して帰納や類推を行なう課題を取りあげる。

```
start:- true! % 始め
        unconscious(...), % 無意識プロセス(関連する属性を活性化する)
        branch(none,failure,...). % 意識プロセス(いろいろな属性で次々に試みる)

branch(Attribute,success,...):-
    true! % success であれば,
    output(Attribute). % 終わり
branch(STM,failure,...):-
    true! % failure であれば,
    occur(STM,Attribute,...), % 短期記憶STMにあるもの以外の
                                % 属性Attributeを思いつく
    activate(Attribute,...), % それと関連する属性を活性化させる
    try(Attribute,Result), % 思いついた属性Attributeで試みる
                                % うまくいったら, Result = success
                                % だめだったら, Result = failure
    branch(Attribute,Result,...). % だめだったら, やり直し
```

分かり易くするために、プログラムには正確でない表現が含まれている。引数の一部は省略した。簡単のため短期記憶の容量は1とした。

先にとりあげた、下のような4つずつの言葉の中から異質なものをひとつ選ぶ問題を解く過程は、上記のようにモデル化できると思われる。

例1： くるくる，みるみる，つるつる，ぬるぬる

例2： 反応，因縁，春雨，観音

4. まとめと今後の課題

語ることのできない知識，入力系と中央系，意識的な処理と無意識の処理，記号表現と結合表現などについて考察した。続いて，関連する知識の動的な呼出し機能を持った問題解決・推論のモデルである意識処理／無意識処理の認知モデル（C/Uモデル）第一版を提案し，並列論理型言語 G H C の特徴を生かしたシミュレーション法を示した。

今後の課題としては，以下のようなものがあげられる。

- ・ C/Uモデル第一版の認知モデルとしての妥当性，工学的応用への有効性を検証するための例題のインプリメントと動作実験
- ・ C/Uモデル第一版における知識獲得・学習方式の検討
- ・ 知識の優先度の扱い
- ・ 意識処理／無意識処理に関するその他の現象（図1の①②③の各過程に相当）のモデル化，また，それらおよびC/Uモデル第一版（図1の④の過程に相当）の間の関係の明確化および統合化
- ・ 無意識的な概念学習のモデル化
- ・ 習熟による無意識の速い処理への移行のモデル化

<謝辞>

本論文の草稿に関して討論していただいた I C O T のメンバーおよび I C O T - F A I ならびに K A S ワーキンググループのメンバーに感謝します。

<参考文献>

- [Fodor] Fodor, J.A., 伊藤他 訳, 精神のモジュール形式, 産業図書, 1983.
- [Jones] Jones, M.A., Feedback as a Coindexing Mechanism in Connectionist Architectures, IJCAI-87, 1987, 602-610.
- [Kolers] Kolers, 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.
- [Langley] Langley, P., Gennari, J.H. and Iba, W., Hill-Climbing Theories of Learning, Proceedings of the Fourth International Workshop on Machine Learning, 1987.
- [Loftus] Loftus, E.F., Activation of Semantic Memory, American Journal of Psychology, 86, 1973, 331-337.
- [Marcel 1] Marcel, A.J., Conscious and Preconscious Recognition of Polysemous Words: Locating the Selective Effects of Prior Verbal Context, In Nickerson, R.S., Ed., Attention and Performance VIII, Lawrence Erlbaum Associates, 1980, 435-437.
- [Marcel 2] Marcel, A.J., Conscious and Unconscious Perception: Experiments on Visual Masking and Word Recognition, Cognitive Psychology, 15, 1983, 197-237.
- [McClelland] McClelland, J.L. and Rumelhart, D.E., Eds., Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition, MIT Press.

- Cambridge, Mass., 1986.
- [Neely] Neely, J.H., Semantic Priming and Retrieval from Lexical Memory: Roles of Inhibitionless Spreading Activation and Limited-Capacity Attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 1977, 226-254.
- [Polanyi] Polanyi, M., 佐藤 訳, 暗黙知の次元, 紀伊国屋書店, 1966.
- [Posner] Posner, M.I. and Snyder, C.R.R., Facilitation and Inhibition in the Processing of Signals. In Rabbitt, P.M.A. and Dornic S., Eds., *Attention and Performance V*, Academic Press, 1975, 669-682.
- [Stanfill] Stanfill, C. and Waitz, 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.
- [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, 並列論理型言語 G H C とその応用, 共立出版, 1987.
- [岡 1] 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, 1986, 18-27.
- [岡 2] 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, 17-28.
- [岡 3] 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.
- [岡 4] 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, 1987, 459-462.
- [試験] 昭和62年度日本語教育能力検定試験, 1988.
- [杉村] 杉村領一, ICOT拡大所議資料, 1988.
- [田村] 田村淳, 安西祐一郎, 情報処理学会論文誌, 28, 1987, 202.
- [辻井] 辻井潤一, 知識の表現と利用, 昭晃堂, 1987.