

Title	情報処理過程から見た知的行動についての検討
Author(s)	中島, 義明; 太田, 耕平
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1995, 21, p. 137-155
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/12841
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

情報処理過程から見た知的行動についての検討

中島義明・太田耕平

目次

- 1 知的行動への情報处理的アプローチ
- 2 情報処理能力とはどのような能力か
- 3 情報処理能力はいかに評価され得るか
- 4 情報処理システムの構成要素
- 5 結論

情報処理過程からみた知的行動についての検討

中島義明・太田耕平

近年の認知心理学では、人間の認知過程を情報処理過程として捉えることが、有力な立場の一つとなっている。高次の認知過程である思考や言語理解などの研究は、このような立場により大きく発展した。また、その影響を受けて人間の知的行動の個人差の研究にも変化が生じた。しかし、個人差についての研究においては、人間一般に対する情報处理的アプローチによる研究成果が十分に生かされているとは思われない。

本論文では、人間の認知過程を情報処理という視点から分析した過去の研究を概観し、情報処理能力の評価を適切に行うためにはどのような分析が有効であるかを検討した。

1. 知的行動への情報处理的アプローチ

認知過程を情報处理的過程として捉える立場が現れるまでは、知的行動の個人差の研究は、知能テストによって得られた結果から知能の因子を推測するという方法が主流であった。この方法における最も大きな問題は、知的行動（知能）を知能テストによってしか定義できないという点である。すなわち、このような知能の因子は実験心理学的、または神経生理学的な研究によって理論化されたいかなる内的過程とも無関係に抽出されたものなのである。

これに対して、情報处理的アプローチでは、まず認知過程を情報処理という視点からモデル化し、そこから理論的に知的行動の個人差を説明しようとする。このようなアプローチを最初に行ったのは、Hunt(1971, 1976)であろう。彼は伝統的な差異心理学的な知能研究と認知過程の情報处理的な研究を融合させようと試みた。彼は認知過程を短期記憶、中期記憶、長期記憶、制御システムから成る情報処理機構としてモデル化し、各過程の遂行力と知能テストなどの成績との相関を調べた。つまり、Huntの研究では、知能テストから推測された因子を認知過程から説明することが目指されたのである。例えば、Hunt, Lunneborg, & Lewis(1975) は次ような実験を行い、言語的能力は意味記憶の検索速度に還元されると主張した。彼らは被験者

に2つのアルファベットを提示し、それらが物理的に同じか否か、名前が同じか否かという2種類の課題を与えた。前者の課題では、(A, A)は同じで(A, a)は異なるが、後者の課題ではどちらの対も同じものである。被験者は、前者の課題では、物理的相違に関してのみ判断を行えばよいが、後者の課題では、名前を長期記憶から検索してから判断を行わなければならない。従って、後者の反応時間から前者のものを引けば、意味記憶の検索時間が得られる。彼らは被験者を言語的適性検査(Verbal Scholastic Aptitude Test : VSAT)の成績の上位者と下位者に分類し、両群の意味記憶の検索速度の差を比較した。その結果、上位者は下位者より有意に検索速度が速いことが見いだされた。彼らはこのことから、言語能力の個人差は意味記憶の検索速度という認知過程の差異から生じると主張したのである。

Huntの目的は、知的行動の個人差(すなわち、知能テストなどの成績の差)を特定の情報処理過程における遂行力の差(すなわち、説明の対象となる能力を測定しているテストとは異なる課題の遂行力)に置き換えることであった。しかし、この方法は、知的行動にいくつの情報処理過程が関与しているかを特定できないという問題点がある。すなわち、言語能力と意味記憶の検索能力の間に相関が見いだされたからといって、前者が後者のみによって規定されているとは限らないのである。

一方、Sternberg(1977)は、情報处理的アプローチを採りながらも、Huntとは異なる方法で知的行動の分析を行った。彼は知的行動を測定する課題そのものの解決過程を情報処理過程として分析した。彼の方法(構成要素的アプローチと呼ばれる)では、特定の課題解決に必要な心的過程(すなわち、構成要素)が分析され、個々の過程の遂行力から全体の遂行力が説明される。例えば、Sternberg(1977)は類推(比例的推理)を材料として、次のような研究を行っている。類推とは、AとBの関係がCとDの関係に等しくなるような4つの項目を題材として、被験者にA、B、Cを提示し、Dを推理させるという課題である。具体的には、「赤と停止の関係は緑と[?]の関係に等しい([?]に何が入るかを答える)」というような問題である。彼はこの類推に含まれる心的過程を、Fig.1のように仮定した。

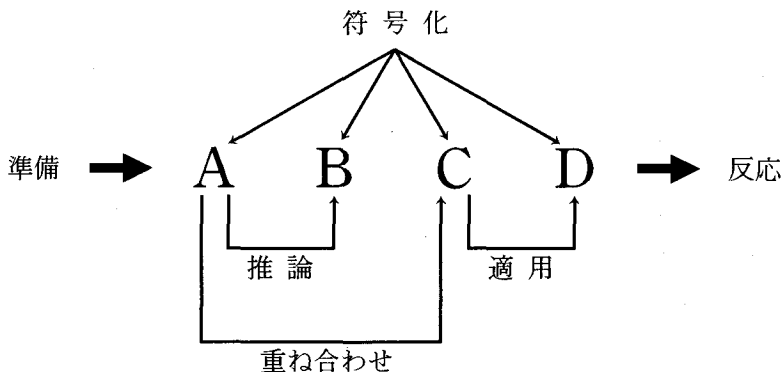


Fig. 1 類推過程の構成図 [Sternberg, 1977]

それぞれの構成要素は次のような働きをもつ。符号化とは A、B、C、D の各項に対して属性を識別する過程である。「推論」は A 項と B 項を関係づける規則の発見、「重ね合わせ」は A 項と C 項を関係づける規則の発見を行う過程である。「適用」とは仮説的な正答として D' を形成し、D を評価する規則を生成する過程である。また、「正答化」という付加的な過程があり、ここでは遂行された操作の妥当性がテストされる。「準備-反応」は制御過程であり、類推を行う準備、解決過程の管理、解の反応への翻訳を行う。つまり、これらの構成要素から、解決に要する時間、解決の難しさは次のように予測される。

- ・ 解決時間 = 符号化時間 + 推論時間 + 重ね合わせ時間 + 適用時間 (+ 正答化時間) + 準備・反応時間
- ・ 解決難易度 = 符号化難易度 + 推論難易度 + 重ね合わせ難易度 + 適用難易度 (+ 正答化難易度) + 準備・反応難易度

また、Sternberg(1977) はこのように従属変数を加法により示しただけではなく、詳細な解決過程のモデルを流れ図により表現し、その過程の妥当性を実験により検証している。

構成要素的アプローチは、知的行動の個人差の研究に対する非常に有力な方法である。このアプローチの優れている点は、理論的モデルから、課題遂行力を評価したり、予測したりできるという点である。つまり、同じ課題遂行力をもつ異なる被験者に対して、その内的過程の遂行力の違いに言及したり、個々の情報処理過程の遂行力から課題遂行力を推測することが可能となることに大きな利点がある。

しかし、この方法にも問題点があると思われる。このアプローチでは、対象となる課題ごとに、過程分析が行われなければならない(例えば、Sternberg(1980) は類推の他に、線形三段論法についても同様な課題分析を行っている)。従って、特定の課題の遂行力の評価、予測はできて、知的行動の一般的な遂行力については、理論的な定義はできない(ちなみに、Sternberg(1977) は類推の各過程の反応時間と知能テストとの相関も調査しているが、この相関は Hunt の分析とあまり異なる意味をもたない)。

情報处理的アプローチは、知的行動の個人差を記述するための有力な手法であるが、上記のように問題点も残されている。これらの欠点を補い、さらに情報处理的アプローチを有効なものとするには、どうすればよいであろうか。

相対的にみて、認知過程に対する情報处理的アプローチは、個人差の研究よりは、人間一般に対する研究において、多くの成果が生み出されている。つまり、このことは、人間一般に対する認知過程の研究が十分に個人差の研究に生かされていないことも示唆している。このように両者の研究が融合していない理由の一つには、二つの研究領域における「知的行動」に対する「情報処理過程」の位置づけの相違があると思われる。人間一般の認知過程に対する情報处理的アプローチでは、人間を情報処理システムとみなすという絶対的仮定が置かれている。

従って、この研究の目的はシステムの構造を解明することである。これに対して、前記のような個人差の研究においては、知的行動自体が研究の対象とされている（すなわち、知的行動、または知能とは何かが問われる）。つまり、情報処理能力（情報処理システムの性能）とは独立した「知的能力」の存在が暗に想定されていると考えられる。例えば、上記の Hunt の研究においては、知能テスト（または、言語能力テスト）により測定された能力を説明するために情報処理過程という概念が使用されていた。また、Sternberg の研究では、分析の対象となる課題は、知能テストなどでしばしば使用されるものが選択された。つまり、彼の研究の目的は、「知的能力」を測定する課題を解くためには、どのような認知過程が関与しているかを明らかにすることであったともいえる。

人間一般の認知過程に対する情報処理的アプローチが発展してきたのは、上記のような絶対的仮定を設けたことによる。従って、知的行動の個人差の研究が情報処理的研究の成果を十分に生かすためには、同様な仮定を前提として受け入れることが必要である。ただし、この仮定を設けた場合、知的行動を遂行する能力は、情報処理能力、または情報処理システムの性能として定義されなければならない。つまり、このような能力は知能テストにより抽出された「知能」（または、情報処理的アプローチ以外の立場から定義された知的能力）と無関係なものとして提出されることになる。

2. 情報処理能力とはどのような能力か

情報処理能力の評価は、情報処理過程を基にして行われる。以下では、認知過程の研究において、一般的に情報処理過程がどのように捉えられているかを簡潔に示し、本論文で問題とする情報処理能力とはどのような能力であるか、ということについて述べる。

人間の認知過程を情報処理過程とみなすということは、基本的には次のような見方のことである。

情報処理という概念は、本来は計算機科学などで使用されていたものである。このような概念を心理学に導入した理由の一つは、認知過程をコンピュータからのアナロジーによって理解しようしたことによる。すなわち、情報処理的な見方とは、人間における刺激から反応に至るまでの過程を、コンピュータの処理のように、データの入力から結果の出力までの情報の流れとして捉え、その内的過程を情報の加工や保存という視点で記述しようとする立場である。

さらに、認知過程が情報処理過程として捉えられるとき、その対象である認知過程は、次のような2種類のものに区別されるであろう。この区別は立場の違いによるものではなく、分析のレベルによるものである。

第一のレベルでは、固有の材料に対する認知過程が情報処理過程として記述される。つまり、言語理解や問題解決といった固有の問題に含まれる内的過程が分析の対象とされる場合である。例えば、前記の Sternberg (1977, 1980) の研究はこの種に該当する。彼が分析した情報処

理過程とは、類推や線形三段論法のような課題に固有の過程である。

第二のレベルでは、人間の認知過程全体が対象とされる。すなわち、この場合には、刺激から反応までの一般的な内的過程が情報処理過程としてみなされている。例えば、Fig.2 のような Shiffrin & Atkinson の記憶の情報処理モデルでは、内的過程全体が取り扱われている。

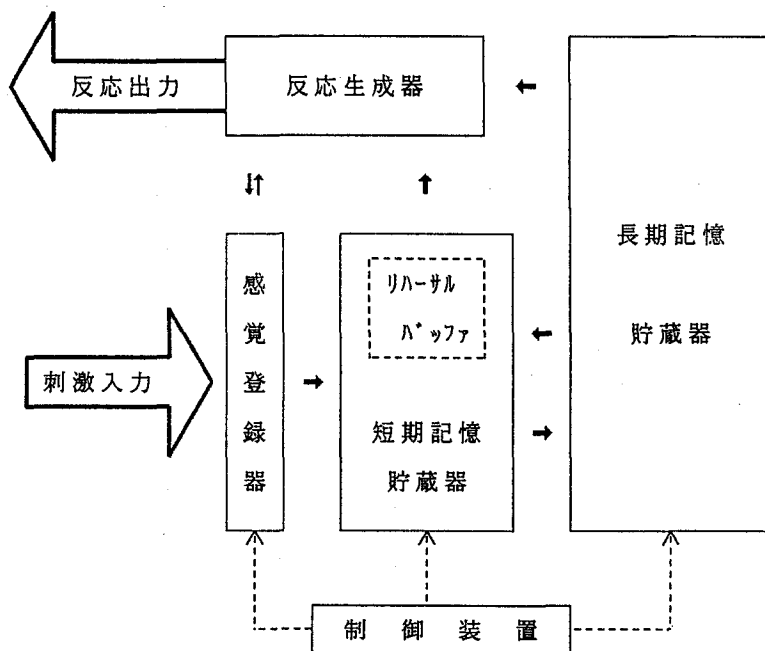


Fig. 2 記憶システムにおける情報処理モデル

[Shiffrin & Atkinson, 1969]

彼らのモデルでは、主に記憶の情報処理過程に重点が置かれてはいるが、その記憶のシステムは認知過程全体のなかで位置づけられている。また、前記の Hunt(1971, 1975) の研究もこれに属する。彼は認知過程全体を視野にいたれた情報処理過程を想定していた。

情報処理能力の評価は、以上の2つのレベルについて行うことができる。つまり、第一のレベルでは、課題の遂行力が評価され、第二のレベルでは、情報処理システム自体の能力が評価されることになる。

ところで、知的行動の個人差の研究において問題とされてきた能力は、特定の課題の遂行力ではなく、一般性をもった能力である。この立場を情報处理的アプローチから捉え直せば、問題となる能力には第二のレベルにおける情報処理能力が該当する。すなわち、本論文で考察する情報処理能力とは、人間を情報処理システムとみなした場合のシステム自体の能力のことである。

3. 情報処理能力はいかに評価され得るか

情報処理システムの能力を評価するためには、入力から反応までの情報処理過程を明らかにし、個々の過程についての遂行力を評価しなければならない。しかし、個々の過程のもつ機能は多様であり、想定されるすべての過程について、評価を行うことは適切ではない。以下では、様々な機能をもつ過程のうち、どのような過程について評価を行うのが適切であるかという点について述べる。

コンピュータにおける情報処理の機能は、基本的にはソフトウェアとハードウェアに区別される。ソフトウェアとは、コンピュータを動作させるために必要なプログラム体系の総称である。すなわち、ある入力から特定の出力を行うために必要な手続きを記述したもの、及びそのさい利用されるデータを指す。一方、ハードウェアとは、入出力、演算、制御、記憶などを行う装置を指す。

人間の認知過程を、コンピュータの情報処理機能に見立てて記述すれば、人間の場合も上記のような機能の区別がなされる。人間の情報処理機能の場合には、ソフトウェア、すなわちプログラムやデータに該当するものは「知識」である。例えば、認知過程を分析するさいにしばしば使用される「手続き的知識、宣言的知識」、「スキーマ」、「方略」、「メタ認知」などの概念は、人間の情報処理過程におけるソフトウェア機能と見なせる。また、ハードウェアには、刺激を知覚する受容器や、情報を記憶しておく貯蔵庫のような装置に関する概念が該当する。

コンピュータの場合、全体の機能、及び性能はソフトウェアを書き換えたり、装備したりすることによって変化するが、ハードウェアの機能、性能は固定している。従って、コンピュータの基本的性能としては、ハードウェアの性能について記述されるのが一般的である。同様に、人間の情報処理システムにおいても、安定性のある能力を評価するためには、認知過程の基礎になるハードウェア機能について評価することが適切であろう。

知能テストや前記の Sternberg の分析した構成要素においては、ソフトウェアとハードウェアの機能が混在している。先にも述べたように、Sternberg の分析法が特定の課題遂行力の評価においては有効であるが、一般性のある能力の評価には適さないことの理由として、構成要素に多くのソフトウェア機能が働いていることをあげることのできるであろう。また、Hunt の研究では、ハードウェアを基礎にした評価を行っているが、彼がその評価のために使用した課題は、言語能力に特有な過程を想定して作られたものであった。すなわち、意図的にソフトウェア機能を介させた課題によって、ハードウェア機能の評価が行われたのである。

しかし、実際に人間の情報処理能力を評価するさいには、ハードウェア機能についての純粋な評価を行うことは不可能である。ハードウェアの性能のみを評価しようとしても、ソフトウェアである知識がなければ、いかなる反応も取り出すことはできない。教示の理解、刺激の符号化、ハードウェアの制御など、あらゆる過程においてソフトウェアが関与している。従って、

実際のハードウェアの評価にさいしては、ソフトウェアの影響ができる限り排除されるように考慮し、その影響がどの程度残っていると想定されるかを明確にしておくことが必要である。

以上のことを要約すると、本論文において考察される情報処理過程とは次の2つの特性をもつものといえる。(1) ある課題に特有の過程ではなく、認知過程全体の基礎にある情報処理過程である。(2) ハードウェアの機能からみた情報処理過程である。

4. 情報処理システムの構成要素

過去の研究では、ハードウェア機能を基にした情報処理過程はどのように捉えられてきたのであろうか。

人間の認知過程についての情報処理モデルは、多くのものが提案されている。それらのなかで、前記の Shiffrin & Atkinson(1969) のモデルは代表的なものである (Fig.2)。彼らのモデルは、ハードウェアである情報処理装置を基にして、未加工の情報が、高度に組織化されるまでの処理の流れを統合的に捉えている。しかし、個々の情報処理装置についてのその後の研究は、ソフトウェア機能との関連（主に長期記憶における知識との関連）において論じたものが多い。本論文では、特にハードウェアの機能について、Shiffrin らのモデルがどのように発展していったかについて考察する。そして、認知過程の基礎として、最低限どのような情報処理機構が想定され得るかを示したい。

以下では、情報処理モデルのその後の発展を、「作動記憶」と「視覚的イメージの処理機構」の問題を中心にして考察していく。

4-1. 作動記憶の働き

思考のような高次の認知現象を処理する情報処理装置としては、Atkinson らのモデルは静的であり不十分である。すなわち、彼らのモデルでは、情報の貯蔵と転送という点に焦点があてられており、心的表象の操作や注意の配分といった、高次の認知過程において重要な能動的処理を行う機構が扱われていない。そこで、このような問題点を修正するため、Baddeley らは情報の一時的保持装置であった短期記憶の概念を発展させ、作動記憶 (Working memory) という概念を提唱し、認知過程に含まれる能動性をこの機構に組み入れた (Baddeley, 1986)。

Baddeley(1986) は作動記憶装置を、3つの下位機能（構音ループ、視覚-空間的メモ領域、中央制御部）に分割している。

構音ループとは、音声的なりハーサルを行う部分である。この維持リハーサルによって、作動記憶内の情報が活性化され、一時的な保持が行われる。構音ループの存在は、多くの実験から検証されている。例えば、Baddeley, Thomson & Buchanan(1975) は、次のような実験を行っている。彼らは被験者に音節数の異なる単語（例えば、短音節のものは *sum*, *wit*, *hate* などで、長音節のものは、*opportunity*, *university*, *aluminium* など）を視覚的に提示し、被

験者の記憶範囲を測定した。その結果、音節数が多いほうが、再生数は少なくなるが、並行課題として音声化抑制課題が与えられることによって音節数の効果が消失することが示された。すなわちこの結果は、音節数が多ければ、音声ループによるリハーサルに時間を要するために、単純再生課題での再生数が減少するが、音声化抑制課題が並行して与えられれば、リハーサルが妨げられるために、音節数が少なくとも再生数は減少するものと解釈される。

視覚-空間的メモ領域とは、視覚的または空間的な非言語的情報のリハーサルと一時的な保持を行う部分である。この部分の存在を示すために、Baddeley(1986) は次のような実験を紹介している。被験者は、4×4のマトリックス図形を示され、実験者が言葉で指示する方向と数値を聞いて、セルを埋めていくことを求められた。方向の指示の仕方には2条件あり、空間条件では、「出発点の正方形に1を置け」、「その右の正方形に2を置け」、「その上の正方形に3を置け」のように空間関係を示す言葉で方向の指示が行われた。一方、無意味条件では、「出発点の正方形に1を置け」、「その速い正方形に2を置け」、「その良い正方形に3を置け」というように無意味な形容詞によって方向が指示された。つまり、無意味条件では実際の方向に翻訳を行わなければならないので視覚化が困難になると仮定された (Fig.3 に、両条件における指示の言葉と、正しく再生された場合の例を示す)。

		3	4
	1	2	5
		7	6
		8	

Spatial material

- In starting square put a 1.
- In the next square to the right put a 2.
- In the next square up put a 3.
- In the next square to the right put a 4.
- In the next square down put a 5.
- In the next square down put a 6.
- In the next square to the left put a 7.
- In the next square down put an 8.

Nonsense material

- In starting square put a 1.
- In the next square to the quick put a 2.
- In the next square to the good put a 3.
- In the next square to the quick put a 4.
- In the next square to the bad put a 5.
- In the next square to the bad put a 6.
- In the next square to the slow put a 7.
- In the next square to the bad put an 8.

Fig 3. 視覚-空間的メモ領域についての実験課題の例 [Baddeley, 1986]

さらに、並行課題として視覚的な資源を使用する回転追跡版課題が与えられる条件と記憶課題のみの条件が設定された。実験結果は視覚的資源の存在を示すものであった。並行課題は無意味条件に対しては影響を与えなかったが、空間条件においては、再生数を低下させた。この結果は、視覚的に情報を貯蔵した場合には、視覚的な並行課題により同じ資源が消費され、成績が低下するが、情報の視覚化が困難な場合には、そのような資源の競合は生じないので、並行

課題による成績の差は生じないものと解釈される。すなわち、作動記憶には、言語的情報の処理とは別に、視覚、空間的情報を処理する機能と領域が存在することが示唆された。

中央制御部は、上記の2機能を管理する部分であり、特に注意の制御を行う部分として、捉えられている。中央制御部の注意資源の容量には限界があり、並行課題を行う場合には、この容量が遂行力に影響する。中央制御部の存在は、異なる資源を使用する課題を並行して行ったときの成績が、それらを個別に行ったときの成績よりも悪くなることを示すことによって確かめられる。例えば、Hunt(1980)は、運動課題と視覚的な処理を必要とする知能テスト(レーブン・マトリックステスト)を被験者に同時に課すと、知能テストの問題が難しくなるにつれて、運動課題の成績が低下することを示している。また、このような注意資源の容量を測定するために、Johnston & Heinz(1978, 1979)は、例えば、次のような方法を行っている。被験者は2つの課題を同時に行うことが求められた。1つは提示された光点が明るくなったときに素早くボタンを押すという課題であり、もう1つは聴覚提示される単語のうち、標的であるものを追唱するという課題であった。つまり、前者の課題の反応時間によって、聴覚課題に注意を消費した後の残余処理容量を示すことができるのである。

以上のような作動記憶は、言語理解や思考のような高次の認知過程において、重要な役割を果たしている。このことについては、次節で考察する。

4-2. 作動記憶と言語理解

思考や言語理解のように、複雑な処理を必要とする現象においては、特に作動記憶の果たす役割は重要である。以下では、このことを示す例として、作動記憶と言語理解の関係に関する研究を概観する。

作動記憶の容量が言語理解能力に影響を与えていることを、実証的に示した最初の研究は、Daneman & Carpenter(1980, 1983)によるものであろう。彼らは言語理解における作動記憶の役割で重要なのは、単なる「貯蔵」の働きだけではなく「処理」を含めた機能であると主張した。

Danemanら(1980)の実験では、被験者に次の3種類の課題が与えられた。(1)作動記憶の容量を測定するための、「読書-記憶範囲(reading span)課題」。(2)3種類の言語理解能力テスト。(3)単語を使用した通常の単純記憶範囲課題。

「読書-記憶範囲課題」とは、提示された1文を声を出して読み、最後の単語を記憶するという課題である。再生が求められるまでに提示される文の数は、2つから6つまでの5種類あり、この5種類の課題を1組として3組のものが用意された。被験者は、文の書かれたカードを1枚ずつ順に提示され、白紙のものが現れたときに、記憶した単語を提示された順に従って再生することが求められた。同数の文で構成される3つの課題のうち、2つについて正しく再生された場合に、「読書-記憶範囲」として認められた。

3種類の言語理解能力テストのうち、2つはこの実験のために作られた読解力の測定課題(内

容自体に関して問うものと代名詞が何を指すかを問うもの)であり、1つは言語的適性検査 (Verbal Scholastic Aptitude Test : VSAT)である。

単純記憶範囲課題では、1音節の単語の再生が求められた。手続きは「読書－記憶範囲課題」と類似していた。記憶すべき単語数は2語から7語までであり、この6種類のものを1組として3組のものが用意された。単語の提示は、実験者が口頭で行った。記憶範囲は、3組のうち2組に成功した語数が採られた。

以上のような課題をすべての被験者に行い、3種類の言語理解能力テストと2種類の記憶範囲課題の成績の相関が求められた。その結果、読書－記憶範囲は、3種類の言語理解能力テストとの間に有意な相関があり、単純記憶範囲は、どの言語理解能力テストとも相関はないことが見いだされた。すなわち、言語理解能力は、言語情報の処理を伴った作動記憶の容量に依存することが示されたのである。

Danemanら(1980,1983)は、要するに言語理解能力にとって重要な要因は、作動記憶の処理成分である「読み」の技能であると仮定した。「読書－記憶範囲課題」における成績とは、作動記憶容量全体から「読み」という処理により消費された容量を差し引いた容量である。従って、「読み」が効率的に行われるほど、貯蔵に利用できる容量が大きくなる。この余った容量が、文章中の特定の情報を貯蔵し、指示代名詞の指示内容を理解したり、文全体を統合したりすることに利用され、その結果、言語理解が促進されると、彼らは主張した。

以上の研究により、処理と貯蔵の2つの機能を働かせた場合の記憶容量が、言語理解能力を予測することが示されたが、その後の研究では、この処理成分は上記のような「読み」に関わる課題である必要はないことが示されている(Engle, Cantor, & Garullo, 1992; Engle & Hamilton, 1991; Engle, Nations, & Cantor, 1990; La Pointe & Engle, 1990; Turner & Engle, 1989)。例えば、Turnerら(1989)は、記憶材料の提示前の背景課題として「数的操作」と「文の読み」を使用して作動記憶の容量を測定し、どちらの場合も言語的理解能力と相関があることを見出した。彼らの行った「数的操作」とは、数式(例えば、 $9 \div 3 - 2 = 1$)を声に出して読み、それが正しいかどうかを判断するというものであった。

さらに、単純記憶範囲課題と言語理解力テストの成績の間に有意な相関が生じたという結果も報告されている(Engle, Cantor, & Garullo, 1992; Engle, Nations, & Cator, 1990; La Pointe & Engle, 1990)。これらの実験における単純記憶範囲課題では、Danemanら(1980)、Turnerら(1989)の手続きとは異なり、単語の提示のさい、実験者が単語を声に出して被験者に聞かせるということはしなかった。La Pointeら(1990)は、先行研究で相関が生じなかったのは、実験者が単語を読むことにより、構音ループが妨害されたことが影響したのではないかと推測している。彼らは、単純記憶範囲課題、数的－操作記憶範囲課題の両方に対して、音声化抑制課題を与えた。その結果、後者の成績のみ言語理解能力テストとの相関が見いだされた。すなわち、Danemanら(1980)の実験と同じ結果が得られたのである。La Pointeら(1990)は、この結果について詳細な検討は行っていないが、彼らの実験結果を信じるならば、言語理

解に有効に働く作動記憶の機能として、心的操作を行う機能と、情報維持のための構音ループがあると考えられる。

言語理解に関わる作動記憶の機能として、研究の初期には、言語理解に直接関わるような処理を行う能力が重要であると考えられていた。このような見方は、前記の Hunt(1971,1976)と同様に、特定のソフトウェア機能の関与を意識したものといえる。しかし、その後の研究では、ソフトウェア機能とは無関係に、作動記憶の機能が言語理解にとって重要であることが示された。このことは、ハードウェア機能の評価が、一般性のある能力についての評価であることを示唆するものといえるであろう。

4-3. 視覚的イメージの情報処理

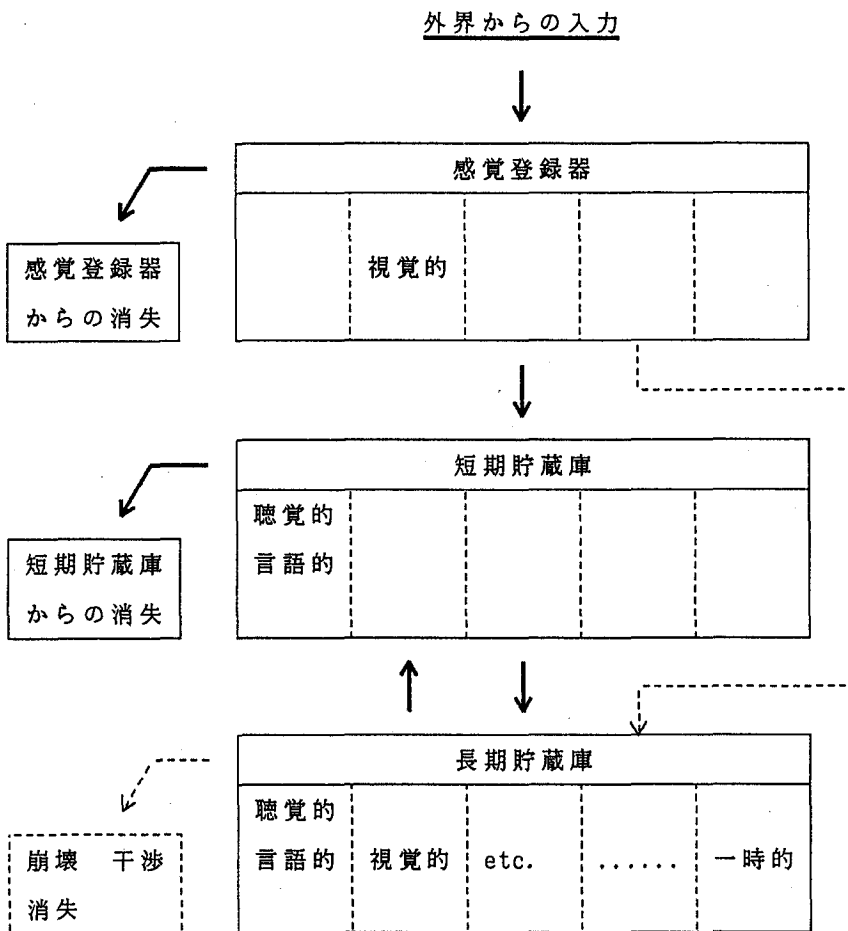


Fig. 4 記憶システムの構造 [Atkinson & Shiffrin, 1968]

Atkinson & Shiffrin(1968) の情報処理モデル (Fig.4) においては、すでに言語的な情報と視覚的な情報を区別する機構が想定されていた。彼らのモデルは前記 (Shiffrin & Atkinson; 1969) のとおり、3種類の貯蔵庫 (感覚登録器、短期貯蔵庫、長期貯蔵庫) を仮定しているが、それぞれの貯蔵庫において、言語的な情報と非言語的なもの (モダリティーの違い) を区別する領域を設定した。彼らのモデルの流れを簡単に追ってみよう。まず外界からの情報が感覚登録器に入力される。この貯蔵庫は容量は大きいが保持時間は短く、視覚情報の場合は数百ミリ秒で消失する。しかし、情報は符号化されることにより、短期貯蔵庫へと転送される。このとき感覚登録器には、各モダリティーに対応した登録器があり、さらに、符号化の様態の違いにより、異なる短期貯蔵庫に転送される。例えば、聴覚的言語的に符号化されれば、聴覚的言語的短期貯蔵庫に転送される。短期貯蔵庫から長期貯蔵庫には、リハーサルにより転送されるが、このときもリハーサルの違いにより、異なった長期貯蔵庫へと転送がされる。

Atkinson ら (1969) は、実験に基づいて非言語的貯蔵庫に対するモデルを作ったわけではなかった。しかし、その後の研究では、非言語的な貯蔵庫の存在を主張するものが数多く現れている。なお、感覚登録器については、まず Sperling(1960) によって視覚的感覚記憶の存在が発見され、その後、聴覚的感覚記憶 (Darwin, Turvey, & Crowder;1972)、触覚的感覚記憶 (Bliss, Crain, Mansfield, & Townsent;1966) の存在も認められている。

視覚的記憶と言語的記憶が異なるものであることは、Brooks(1968) や、前記の Baddeley(1986) によって示されている。Brooks(1968) は、記憶した情報を再生するとき、再生の様式と情報の性質によって、選択的干渉が生じることを示した。彼の実験では、2種類の記憶材料 (視覚的なものと、言語的なもの) が用意され、被験者は材料を再生してから、その内容に関して Yes か No かを答えるように求められた。言語的材料の場合は、提示された文の各単語の品詞に関する質問、また、視覚的材料の場合は、提示された図形の各頂点の位置に関する質問であった。反応様式には、口頭で Yes, No を言う条件、空間的に配置された文字 Y, N を指さす条件 (Y は Yes, N は No を意味する)、机を叩いて答える条件があった。実験の結果、言語的材料の場合は口頭で答える条件、視覚的材料の場合は、指さすことによって答える条件で、反応時間が長くなることが示された。すなわち、視覚的情報は視覚的な反応に、言語的情報は言語的反応によって干渉されたのである。従って、この結果は言語的な情報と視覚的な情報が異なる様式で貯蔵されていることを示していると考えられる。また、Baddeley(1986) は前記のとおり、作動記憶に視覚的情報の保持と処理を行う領域が存在することを示している。

その後、視覚的イメージの情報処理の研究では、Kosslyn(1980) が、視覚的長期記憶、視覚バッファ、生成、視覚的検査の4つ要素から成る情報処理過程 (Fig.5) を提案している。

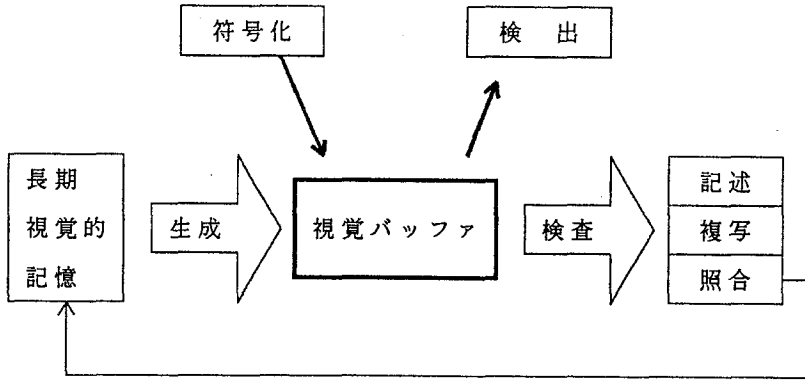


Fig. 5 視覚イメージの処理過程 [Farah, 1984]

例えば、このモデルでは、視覚イメージを思い浮かべるときには、視覚的長期記憶から取り出された情報が生成の過程を経て、視覚的バッファ（作動記憶と同様な機能をもつ）にイメージとして転送される。そして、バッファ内のイメージを内的に観察（視覚的検査）することによって、その内容について記述や複写が行われる。また、外界からの情報に対しても、符号化されることによりバッファ内にイメージとして貯蔵される。

Atkinson ら (1969)、Kosslynら (1980) によって提示された視覚的情報処理過程の各過程の働きは、その後の研究により、さらに詳細に検討されている。例えば、Magnussen & Greenlee (1992) は、速さの異なる2つの運動する物体（円）を間隔をあけて提示し、弁別閾を測定することによって、速度の情報が一定時間、視覚的短期貯蔵庫に保持されることを示している。また、菱谷 (1993) は、イメージの鮮明度が視覚バッファの情報量、及び視覚的長期記憶からの転送情報量を抑制するメカニズム（彼はサプレッサと呼んでいる）に影響されると主張している。さらに、視覚的長期記憶の存在を証明する研究としては、Brandimonte, Hitch & Bishop (1992) のものがある。彼らは材料として、一枚の絵の内部にさらに別の絵が含まれているものを使用した（例えば、車の絵のタイヤの部分が眼鏡に見える）。被験者はまず全体の絵（例えば、車）を提示され、記憶することを求められる（すなわち、長期記憶へ転送される）。その後、被験者は全体の絵を思い出すように求められ、全体からもう一つの絵（例えば、眼鏡）の部分を取り除かれた絵を提示される。課題は、元の絵から提示された部分を取り除いたときに、どのような絵が現れるかを答えることであった。ただし、この実験では、ある条件の被験者たちは記憶を行うときに、音声化抑制課題が与えられた（“la-la”を繰り返す言う）。実験の結果、正答率（正しく意味付けを行った課題の率）は、音声化抑制を行った条件のほうが、それを行わなかった条件よりも高くなることが示された。つまり、音声化抑制により言語的な符号化を妨げられた被験者の方が、イメージ操作を正確に行ったのである。このことは、音声化抑制により、情報が視覚的に長期記憶へ保存されたものと解釈される。

以上、視覚的イメージに関する情報処理過程の研究について概観した。非言語的な情報は、

視覚的なものに限られないが、本論文では過去の研究成果を考慮して、他の研究については触れなかった。以下において、知的行動を評価するための情報処理システムを提示するが、それでも視覚以外の非言語的な情報処理過程については触れない。そのような過程については、今後の検討課題としたい。

5. 結論

以上の考察から、本論文では基礎的な情報処理システムの性能を評価するための基準として、Fig.6 に示されるモデルを提示する。以下で簡単に図の意味について説明を行う。

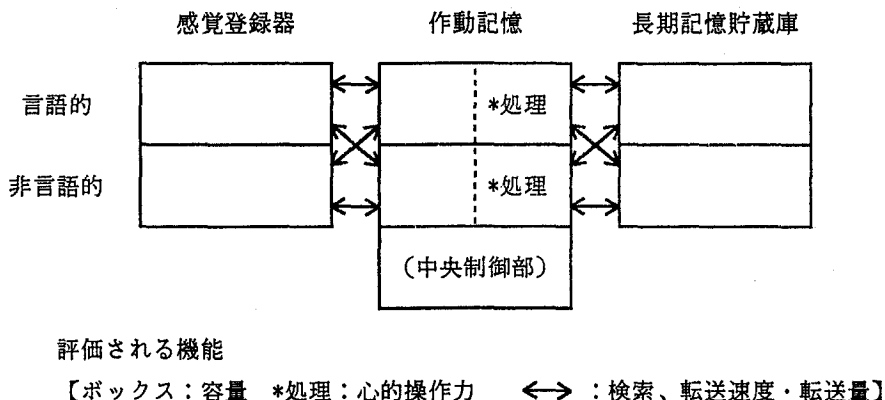


Fig. 6 システムの評価のための情報処理過程

「評価される機能」とは、システムの評価のために、測定されるべき機能を指している。図でボックスになっている部分は、貯蔵庫の容量が評価される機能であることを示しているが、中央制御部においては、注意資源の容量を指している。また、長期記憶の容量については、理論的に提示しただけであり、実質的な測定は不可能である。

作動記憶における処理の部分は、前述のように、文や数的課題を操作する能力のことである。矢印で示される機能は、貯蔵庫間の情報の移動についての性能であり、検索、転送速度と、一定時間あたりの転送量を示している。

言語的、非言語的に区別されているのは、それぞれの貯蔵庫において異なる処理がなされることを意味している。非言語的なものには、いくつかの種類が想定されるが、ここでは同等に扱った。

本論文において提示されたモデルは、ハードウェア機能に関するシステムの評価のためのモデルであり、非常に単純な構造をしている。しかし、実際にモデルに示されている機能の評価を行うことは容易なことではない。前述のように、被験者に課題を遂行させるとき、一般的にはその課題の解決には、多くのソフトウェア機能が関与している。すなわち、このモデルはさ

らに、このなかで示された機能を適切に評価するための方法について検討されなければ意味をなさないのである。

最後に、ソフトウェア機能の重要性について少し触れておく。本論文では、ハードウェアの機能を中心にして、情報処理過程について論じてきたが、このことは、認知過程におけるソフトウェアの機能を軽視しているわけではない。そもそも、前述のように、ソフトウェアがなければ、ハードウェアは作動しないのである。また、メタ認知として知られているように、ハードウェア、ソフトウェアを有効に活用するのもソフトウェア次第なのである。本論文では、ソフトウェアが関与することによって、一般性、安定性のある評価は難しくなると考えている。しかし、逆にいえば、このことはソフトウェアをうまく活用すれば、情報処理システム全体の能力を効果的に高めることができるということの意味する。

最も望ましいと思われることは、ハードウェアとソフトウェアの能力を正確に把握し、システム全体の能力を高めるための有効な方法について考察を行うことであろう。

引用文献

- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. 1968 Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 2, pp. 89-195. San Diego, CA: Academic Press.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Bliss, J. C., Crain, H. D., Mansfield, P. K., & Townsent, J. T. 1966 Information available in brief tactile presentations. *Perception and Psychophysics*, **1**, 273-283.
- Brandimonte, M. A., Hitch, G. J., & Bishop, D. V. M. 1992 Influence of short-term memory codes on visual image processing: Evidence from image transformation tasks *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **14**, 510-520.
- Brooks, L. R. 1968 Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, **22**, 349-368.
- Cantor, J., Engle, R. W., & Hamilton, G. 1991 Short-term memory, working memory, and verbal abilities: How do they relate? *Intelligence*, **15**, 229-246.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 450-466.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. 1983 Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, & Cognition*, **9**, 561-583.
- Darwin, C. J., Turvey, M. T., & Crowder, R. G. 1972 An auditory analogue of the Sperling partial report procedure: Evidence for brief auditory storage. *Cognitive Psychology*, **3**, 255-267
- Engle, R. W., Cantor, J., & Garullo, J. J. 1992 Individual differences in working memory and comprehension: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **5**, 972-992.
- Engel, R. W., Nations, J. K., & Cantor, J. 1990 Is working memory capacity just another name ?

Journal of Educational Psychology, **82**, 799-804.

- Farar, M. J. 1984 The neurological basis of mental imagery: A componetial analysis *Cognition*, **18**, 245-272.
- 菱谷 晋介 1993 イメージの個人差について：何が鮮明度を決定するか 認知科学の発展
Vol.6 pp81-117. 講談社.
- Hunt, E. 1971 What kind of computer is man? *Cognitive Psychology*, **2**, 57-98.
- Hunt, E. 1976 Varieties of cognitive power. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, N. J. Lawrence Erlbaum.
- Hunt, E. 1980 Intelligence as an information-processing concept, *British Journal of Psychology*, **71**, 449-477.
- Hunt, E., Lunneborg, C., & Lewis, J. 1975 What does it mean to be high verbal? *Cognitive Psychology*, **7**, 194-227.
- Johnston, W. A., & Heinz, S. P. 1978 Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology:General*, **107**, 420-435
- Johnston, W. A., & Heinz, S.P. 1979 Depth of nontarget processing in an attention task. *Journal of Experimental Psychology:Human Perception and Performance*, **5**, 168-175.
- Kosslyn, S. M. 1980 *Image and Mind*. Cambridge, MA, Harvard University Press
- La Pointe, L. B., & Engle, R. W. 1990 Simple and complex word spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology:Learning, Memory, & Cognition*, **16**, 1118-1133.
- Magnussen, S., & Greenlee, M. W. 1992 Retention and disruption of motion information in visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology:Learning, Memory, & Cognition*, **18**, 151-156.
- Sternberg, R. J. 1977 *Intelligence, information processing, and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities*. Hillsdale, N. J. Lawrence Erlbaum.
- Sternberg, R. J. 1980 Representation and process in linear syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology:General*, **109**, 119-159.
- Shiffrin, R. M., & Atkinson, R. C. 1969 Storage and retrieval processes in long-term memory. *Psychological Review*, **2**, 179-193.
- Sperling, G. 1960 The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, **74**, Whole No. 498.
- Turner, M. L., & Engle, R. W. 1989 Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, **28**, 127-154.

The investigation of intelligent activity
in information-processing theory

Yosiaki NAKAJIMA and Kouhei OHTA

In this paper, intelligent activity in information-processing theory was investigated. Theories of intelligent activity have given primary emphasis to defining what intelligence is. In this study, it was assumed that a human is an information-processing system. And it was proposed that individual differences in intelligent activity should be understood in terms of performance of this system. An information-processing system consists of two primary functions: software and hardware. The former performances are variable but the latter ones are constant. The basic goal of this study is to advance measures of constant performances of intelligent activity. Therefore we investigated an information-processing system in terms of function of hardware. In this view, the system consists of three basic storages: the sensory register, the working memory, and the long-term storage. The sensory register is very short-lived memory store which temporally holds incoming sensory information. The working memory is comprised of three functions: storage, mental operation, and control. In this area, information is maintained by means of rehearsal, and attentional resources are distributed to each processing. In previous studies, a relationship has consistently been found between measures of working memory and reading comprehension. The long-term storage is presumed to be without limit in capacity to store information and in duration of that which is stored. These storages can store or process not only verbal but non-verbal information. In this paper, it was proposed that in order to evaluate performance of this information-processing system, it was needed to measure the following performances: capacity of each storage and attentional resources, performance of mental operation, and transfer-speed of information.