

# 理解の文脈依存性と作業記憶

高 山 草 二

Soji TAKAYAMA

Contextual dependency of comprehension  
and working memory.

## 0. はじめに

人間の情報処理モデルとして提出された記憶の2重構造モデルは、記憶研究を刺激して多くの知見を生み出してきた。しかしながら、これらの研究は簡単な記憶材料を用いた実験に基づくものが多く、現実の問題にはそれほど寄与はしなかった。特に短期記憶は情報の一時的な貯蔵とコントロール諸過程を含むものとされたにもかかわらず、日常我々が経験する課題状況における役割はほとんど研究されてはこなかった。直接記憶の能力は短期記憶を測定しているはずであるが、言語理解の過程にはあまり影響しないということが明らかにされている。2重構造モデルのこの様な限界を超えるために、短期記憶の拡張として作業記憶 (working memory) の概念へと展開されてきた。単なる語のリストの記憶を超えて、文または文章の理解といった言語理解の複雑な心的過程をも取り扱う時、作業記憶は有効な概念となる。言語理解においては統語的、意味的、語用論的な側面の解析が必要であるが、最も困難な問題は語用論的な側面であろう。言語は文脈によって初めて意味が定まるという文脈依存性を持つ。本論文では、これら作業記憶の背景を概観し、言語理解において作業記憶が果たす役割についての実験的研究の検討を行う。そして、作業記憶の問題点について、分散処理システム及び理解の文脈依存性を手掛かりとして予備的な検討を行いたい。

## 1. 2重構造モデルと作業記憶への展開

人間の情報処理過程を短期記憶と長期記憶を持つ2重構造として捉える立場が1960年代に定着した。その代表的なモデルは Atkinson and Shiffrin (1968, 1971)

に示されている。2重構造説に立つモデルでは2種類の記憶構造を STS (short term store) と LTS (long term store) としており、STS は容量に限りがあり、音韻的コードが貯蔵され、LTS は容量の限界はなく、意味的コードが扱われるとした。外界からの情報は感覚記憶をへて、STS に入り、そこに長くともまれば LTS へ転送されると考えた。さらに Atkinson らのモデルでは STS はコントロール諸過程の機能をも持つと仮定されていた。復唱、符号化、決定、検索方略などのコントロール過程が含まれるとする。このような STS の機能を操作記憶、作業記憶とみなしている。しかし、コントロール過程として主に研究されたのは復唱過程のみであった。この作業記憶としての STS の証拠はほとんど見られない。STS の証拠は2つの異なる実験図式、記憶スパンと自由再生の親近効果から得られたが、以下の様な問題点が提出されてきた。

### (1) 神経生理学的な証拠

短期記憶の欠如があるのに日常の課題は問題なく遂行できる患者の症例が Shallice and Warrington (1970) によって報告された。この患者は数字スパンがわずか2程度であるにもかかわらず、日常の学習、記憶、理解には全く支障はなかった。

### (2) 短期記憶と長期記憶の関係

機械的な復唱の繰り返しをしても長期記憶への転送は生じない ( Craik and Watkins, 1973 ) という結果も得られ、短期記憶に保持することが長期記憶への転送を保障するという仮定が成立しなかった。

### (3) 新近性効果の問題

自由再生における親近効果は短期記憶の成分を示すと考えられて来たが、同時記憶負荷により、短期記憶を占有しても親近効果は消えないという結果が得られた。これに対し、長期記憶においても新近性効果が見られた (Baddeley and Hitch, 1974, 1977)。

#### (4) 短期記憶における符号化の問題

音韻的類似性による混同が生じることから、短期記憶は音韻的符号化が行われていることが主張されたが、意味的符号化も起きていることを示す証拠がある (Shurman, 1972)。

以上の様な2重構造説の問題点に対し、*Craik and Lockhart (1972)* は処理水準説を提案した。入力された刺激は様々な処理を受ける。最も表面的な処理として刺激の形態などの物理的な処理、さらに進んで音韻的な処理、最後に意味的な処理という様に、浅い処理水準から深い処理水準まで考えることが出来る。そして、処理水準が深いほど記憶が良くなるのである。2重構造説で仮定した構造的要因を処理過程の問題に置き変えたのである。しかしながら、処理水準説についても多くの問題点が指摘されており (*Baddeley, 1978, Bransford, Franks, Morris and Stein, 1979*), ここではもう一つのアプローチである作業記憶を検討しよう。

*Baddeley and Hitch (1974)* は STS を単に貯蔵機能の側面からのみ研究するのではなく、コントロール諸過程すなわち処理機能も含めたものとして作業記憶を検討した。基本的な考え方は作業空間 (working space) が貯蔵と処理に柔軟に配分されるというものである。

*Baddeley* らは作業記憶の貯蔵成分を別の情報で占有したとき、理解にどのような影響が表れるのかを検討した。記憶負荷をかける方法として、理解課題を提示する前に幾つかの数字を記憶させ、理解課題を終えた後これらを再生させるやり方と、聴覚的に提示される課題を遂行しながら視覚的に提示される数を記憶、再生させるやり方を用いた。すなわち、理解課題を遂行しているあいだ作業記憶に負荷をかけるのである。理解課題として言語的推論課題と文章の理解課題を検討した。言語的推論課題は『AはBに後続する—A B』という刺激を提示し、正しいかどうかを出来るかぎり速く判断させる。文章理解課題は記憶負荷のもとで聴覚的に文章を提示し、後に理解度をテストするものである。テストとしてはクローズ法と標準的な理解内容の質問をする方法を用いた。

幾つかの実験の結果を総合すると、3個以下の負荷の場合は理解課題の遂行には全く影響は見られなかった。しかし、6個の負荷になると、言語的推論課題において判断の正確さは変わらないが、判断に要する時間が増加した。しかし、判断時間が増加を始める負荷量は被験者により大きく変動する。文章理解課題では理解度の正答率が減少した。

*Baddeley & Hitch (74)* では汎用、共用の作業空間

を処理を貯蔵機能に柔軟に配分して利用するという側面を強調するが、この中のどの領域も柔軟に貯蔵と処理に割り当てられるとはしていない。この理由として、処理と貯蔵を区別する論理的な基盤はないこと、及びスパン以下で記憶負荷は干渉効果を示さないことを挙げている。これらの結果から、単一の短期記憶システムという仮定を捨てて、調音ループ (articulatory loop) と視覚-空間スクラッチパッド (visuo-spatial scratch-pad) を下位システムとする中枢実行機構 (central executive) から成る作業記憶モデルを提案した。音声ループは音声的符号を記憶し復唱が行われる下位システムであり、これにより音声上の類似性の効果、語の長さの効果、注意しない音声の効果、調音抑制効果等をすべて説明できる。視覚-空間スクラッチパッドとは空間的な記憶についての下位システムであり、別の実験系列によって示唆されたものである。記憶負荷実験の結果は調音ループをスパン以上の数字が占めると、中枢実行機構が貯蔵の問題に能力を配分する必要が生じ、その結果、理解や言語的推論の遂行が阻害されると考えるのである。

中枢実行機構は容量に限界を持ち、コントロール過程や方略を選択したり操作するシステムと考えられている。このシステムが作業記憶の中で最も複雑な側面であり、それゆえ、分析、概念化が最も困難であるとされている (*Baddeley, 1983*)。しかし、この様なあらゆる処理に関与する中枢のシステムを想定することについては、疑問がないわけではない。限界容量の中枢実行機構の概念は明らかに現在のコンピュータの構造から引き出されたものである。コンピュータは汎用の中央処理装置 (CPU) を一つ持っており、これがすべての情報を処理する。また、中央処理装置はどのような処理内容に対しても利用される点で汎用の装置である。情報の処理はすべてこの装置で行われ、情報の貯蔵はその内容にかかわらず記憶装置が使われる。つまりコンピュータは情報の処理と貯蔵とを全く分離しており、情報をその内容とは全く独立に取り扱うのである。その意味で人間の情報処理の2重構造モデルと同様、*Baddeley* の作業記憶モデルもコンピュータメタファーということが出来よう。

*Allport (1980)* はこうしたコンピュータメタファーに対する批判を行い、あらゆる過程をコントロールする容量限界を持つシステムを想定する必要性はないと主張している。むしろ、あらゆる過程が相互作用をしながらシステム全体が働く様な、いわば分散処理システムの方が人間の認知システムのモデルとして適切なメタファーを与えるとする。*Allport* は分散処理システムの一つの例としてプロダクションシステムを取り上げて検討して

おり、プロダクションシステムの中心になるのもまた作業記憶である。プロダクションシステムは認知過程のシミュレーションに多く利用されている(安西 1986)。そこで次に、プロダクションシステムを用いた読書過程のシミュレーションモデルを検討しよう。

## 2. プロダクションシステムによる読書過程のモデル

Just and Carpenter (1980) は読書過程における眼球運動を調べて、幾つかの特徴を発見した。ほとんどすべての内容語に眼球が停留しており、停留時間は語の長さ、出現頻度の対数、未知の語かどうか、文の最後の語か、などによって変動することが明らかになった。これらの停留時間と処理時間を関係づけるために、2つの仮定をもうけた。第一の仮定は直接性(immediacy)の仮定であり、読者は語を見たらすぐに解釈を試みるのであり、その他の語を読むまでバッファリングをすることはない。第二は眼と心(eye-mind)の仮定であり、語が処理されている間は眼球はその語に停留している。これらの考え方を基礎にして彼らはシミュレーションモデルを構成した。

Thibadeau, Just, and Carpenter (1982) 及び Carpenter and Just (83), は READER という人間の読書過程のシミュレーションモデルを提案している。この READER は CAPS というプロダクションシステムの上に作られており、225のプロダクションから成る。通常のプロダクションシステムは条件部と実行部からなるプロダクションが一つずつ順番に作業記憶の要素と照合され、条件部が一致すれば発火(fire)して実行部が遂行される。もし複数のプロダクションが一致した場合は競合の解消を行い、常に一つのプロダクションのみが実行される。しかし、CAPS とは Collaborative Activation-based Production System の略であり、同時に複数個のプロダクションが発火し、実行されることが可能である。CAPS の特徴は以下のものである。

(1) CAPS はプロダクションとして手続き的知識を表現する。

(2) システムの宣言的知識は概念—関係—概念の3つ組の命題から成る。

(3) 各命題は量的な賦活レベルまたは確信の程度と関連づけられている。

(4) すべてのプロダクションの条件が作業記憶の知識と照合され、条件が満足されたプロダクションはすべて実行される。条件の満足はその条件が作業記憶内にあるかどうかという事の他に、命題の賦活レベルの決められ

た値を超えていないといけない。

(5) 一つの処理サイクルは照合過程と満足されたプロダクションの発火として定義される。

(6) ひとたびプロダクションが発火したら、後続するサイクルにおいて発火を続ける。

(7) 命題の賦活はプロダクションによって引き起こされる。それは賦活の重みによって決定される。

(8) 知識表象はすべての過程から接近可能であり、様々な過程が協調的に作動する。低次レベルの過程が高次レベルの過程に影響を与えることができるし、その逆も生じうる。

CAPS である処理を実行するのに必要なサイクル数は人間を処理過程において必要な時間に対応するものとされる。プロダクションの条件部は常に命題であり、実行部は命題の付加、削除または命題の賦活レベルの増減を遂行する。命題の賦活には指向的賦活と自己賦活がある。指向的賦活はプロダクションの条件部の命題の賦活レベルが実行部の賦活レベルを決定するものであり、その大きさは賦活の重みに比例する。自己賦活は命題が自分自身の賦活レベルに、その時の賦活レベルと賦活の重みを掛けて加算するものであり、これにより出現頻度効果を説明できる。この様に、CAPS という名前の一部である賦活(activation)が CAPS のもう一つの重要な特徴になっており、処理の時間的な側面のシミュレーションを可能にしているのである。

作業記憶内の命題は2種類の関連によって表わされる。一つは: HAS であり2つの変項の依存関係を表わし、もう一つは: IS であり、等価であることを示す。例えば、

(WORD 2: IS ARE)

(WORD 2: HAS SUBJECT 2)

(SUBJECT 2: IS WORD 1)

は WORD 2 は ARE であり、この ARE は SUBJECT 2 つまり主語を持っており、それは WORD 1 である。

ということを表現している。この様な命題が作業記憶の中に記憶され、プロダクションによって処理されてゆくのである。変項はレベルによって異なっており、語のレベルでは WORD-PERCEPT は語の特徴つまり文字を表わし、WORD は語を表わす。統語レベルでは SUBJECT, OBJECT, HEAD などがあり、概念レベルでは概念的な述部が設定され、星印をつけて\*CONTAIN\*などと表わす。作業記憶にはすべてのレベルの命題を同時に保持出来るので、すべてのレベルの分析が相互作用を持ちながら、同時に進行するのである。

READER は CAPS 上に構成されており、幾つかの

種類のプロダクションが含まれている。語の符号化で働く知覚的符号化のプロダクションは条件として視覚的特徴、実行部として WORD-PERCEPT の賦活を行う。語彙的接近のプロダクションは条件として WORD-PERCEPT を、実行するのは語の意味の賦活である。符号化は特徴すなわち文字を単位として、継時的に実行されるので長い語ほど時間がかかる。語彙的接近は同定された語の命題の自己賦活によりおこなわれ、ここで出現頻度が生ずる。語の最終的な解釈は様々な文脈によって影響を受ける。意味的、統語的な文脈が語彙的にあいまいな語の様々な意味を賦活させる。READER では最も早く基準の賦活レベルに達した意味を選択するようになっている。

READER の構文解析プロダクションは語概念の系列を概念表象に変換する。この概念表象は格文法 (Fillmore, 1975) に類似している。例えば, "This flywheel stores... energy..." という文の一部は, flywheel を道具に, energy を対象とする概念述部 \*CONTAIN\* の事例として分析される。例えば道具については次の様な表象が構成される。

(\*CONTAIN\* 1: HAS CONTAINEE 1)

(CONTAINEE 1: IS FLYWHEEL 2)

構文解析は条件が一致すればすぐに実行される点で直接性の仮定を実現しているが、語の入力ごとにこれが可能なわけではない。文の最後の語で初めて解析が実行される可能性は高く、これが文の最終語の停留時間が増加することに対応する。また、構文解析の変数は停留時間の変動をそれほど多くは説明できないという実験結果について、CAPS のプロダクションは同時に実行されるため、構文解析以外の時間にかかる符号化やテキストレベルの統合過程の実行時間に隠れてしまい表面的には表れてこないと解釈できる。

言語理解の最終段階として、語、節、文の表象から、テキストレベルの表象に統合する必要がある。この統合過程には長期記憶に存在するスキーマが利用される。READER で利用できるスキーマは一種類だけで MECHANISM と呼ばれる。これは人間の作成した装置、または生物学的機構で人間か動物によって使われるものに関する情報を指定する。このスキーマは名前、原理、目的、物理的性質、物理的運動、誰によって作られ、使われるか、事例などのスロットを持ち、抽出された概念レベルの命題によって例示化される。

プロダクションシステムでは全体の処理過程をコントロールしている部分は存在しない。すべて作業記憶の内容によってプロダクションが選択され実行されるのであ

る。可能になればあらゆるレベルで同時に処理が実行される。この処理の全体を決定するのは作業記憶の内容であるが、作業記憶には最初入力情報が入り、その後の処理結果が蓄積されてゆく。それゆえ、作業記憶は現実を反映したものであり、現実が処理過程を進めてゆくとも考えることが出来よう。この意味で中枢に全体をコントロールするシステムを想定するモデルとは対照的である。

READER ではスキーマの例示化によって理解が達成されるのであるが、その過程で一時的なすべてのレベルの処理結果が作業記憶に蓄えられる。この点において作業記憶として機能している。しかし、初期のプロダクションシステムでは人間の短期記憶に対応づけて作業記憶の限界を想定していた (Newell, 1973)。CAPS の作業記憶の場合、一文の処理が終了したらその表層構造は作業記憶から消去されるが、特に容量の限界を設けてはいない。Thibadeau らは人間の個人差に対応するものとして、CAPS では一度に符号化される表層構造のサイズ、符号化や語彙接近にかかわるパラメータの操作、知識構造や読書方略などの操作の検討が可能だとする。符号化と語彙接近の操作の場合、賦活の重みを大きくすれば、命題の賦活レベルの増加が急速になり速く処理されることになる。知識構造と読書方略についてもプロダクションの適用のされ方が効率化することになる。もし CAPS において作業記憶の大きさに制限を設ける場合、各分析レベルの処理が効率的になれば、必要な情報を作業記憶に保持しておく時間が少なくとも良いので、それだけ作業記憶を有効に使えることになる。CAPS ではこの様な形で、処理と貯蔵の関係を明確に概念化することも可能である。CAPS において一度に発火できるプロダクションの数には制限がないが、処理容量の限界として、発火できるプロダクションの個数に制限を設けることも考えられる。この限界によっても作業記憶に保持すべき情報量に変化が生ずる。

CAPS の機構と READER は科学的説明文の理解を目標としているが、現在のところ、はずみ車についての短い説明文章のみしか解析できない。しかし、語彙情報、構文解析機構、スキーマ等の知識を組み込むことにより、一般的な説明文の理解過程のシミュレーションも可能のはずである。分散処理システムモデルとしてのプロダクションシステムの可能性と、中枢実行機構を仮定するモデルとの対比が今後の重要な課題になるものと考えられる。

### 3. 読書過程における作業記憶の役割の実験的研究

これまで、Baddeley らの作業記憶のモデルと中枢実行機構の仮定についての問題点、及び分散処理システムとしてのプロダクションシステムを用いた読書過程のシミュレーションモデルを検討してきた。プロダクションシステムの作業記憶の概念は必ずしも Baddeley らのそれに対応するものではないが、作業記憶の概念化について根本的に異なるアプローチがみられた。これらの議論は理論的なものであったが、次に作業記憶を実際に測定し、これが読書過程にどの様に影響するかを実験的に検討した研究を調べてみよう。

読書の過程において理解が生ずるためには、文章の既に読んだ部分の語用論的、意味的、統語的な情報を保持しておき、これらを新たに読む部分の構文解析や意味解析等に利用しなくてはならない。読書過程における作業記憶の役割を検討した研究では、作業記憶の概念は Baddeley らのモデルの様に詳細なものではなく、仕事台のアナロジー (Klatzky, 1980) で直観的に捉えることが出来る。ある作業を行う仕事台を考えてみよう。この仕事台の上には作業に必要な材料を置くスペースとこの材料を加工するためのスペースが必要である。もし材料を置くスペースが大きいと仕事をするスペースは小さくなる。逆に、仕事用のスペースを取りすぎると必要な材料を置けなくて仕事はかどらない。ここで材料を情報と、仕事を情報の操作または処理と置き換えれば、作業記憶とはちょうどこの仕事台のようなものと考えられよう。狭い仕事台よりは広い仕事台の方が作業がやりやすいのと同様に、作業記憶の容量が大きいほど、多くの情報を貯蔵しつつ処理を行うことができる。

Daneman and Carpenter (1980, 1983) は作業記憶を読みにおける理解過程に適用し、その測定方法として、リーディングスパン (reading span) の方法を用いた。彼らは、従来のスパン課題で測定した短期記憶が読書理解にはあまり影響しないことから、記憶の2過程理論で想定された短期記憶の概念は限界があると考えた。そしてこれに代わるものとして、当面必要な情報を保持する貯蔵機能と、文を理解する処理機能の2つの機能を持つものとして作業記憶の概念を設定したのである。

Daneman らの用いたリーディングスパンの測度は上記の2つの機能、貯蔵機能と処理機能を測定するようになっている。従来のスパン測度は幾つかの項目を提示し、これを提示された順序で再生させるが、リーディングスパンでは項目の代わりに文を用いる。たとえば、5個の文を1文ずつ提示し、各文の意味を把握させ、なお

かつ各文の最後の単語を後に再生するため記憶させる。そして5文をすべて提示した後、各文の最後の単語5個を再生させた。文の理解という処理と同時に単語の貯蔵を行わせることによって作業記憶を測定できると考えるのである。Daneman らはこのリーディングスパンで測定される作業記憶が文章の理解の過程にどれほどかわわっているのかを調べるために、作業記憶の容量と文章の理解度との関係を検討した。彼らは幾つかの短い文章を構成し、各文章を被験者に読ませた直後、その内容についての想起と代名詞の指示対象の算定という2つの側面から理解度を測定した。その結果、理解度はリーディングスパンと強い相関があるのに対し、従来の単語を用いたワードスパンと理解度はほとんど関連は見られなかった。代名詞とその指示対象の距離が近い場合にはリーディングスパンの大きさの影響はなかったが、距離が遠い場合はリーディングスパンの大きな被験者ほど正確に指示対象を指摘出来た。文章の理解過程で大きな役割をになうのは、単なる貯蔵機能ではなく、処理をしながら貯蔵するものとしての作業記憶であると考えられた。

Daneman and Carpenter (1983) はさらにリーディングスパンと理解の諸側面との関係を検討した。文章はすべてを同時に提示するのではなく、一度に1語又は2語を提示し、被験者が理解できたらボタンを押し、次の語を提示するという様に被験者ペースで理解させた。この方法は聴覚提示に似ており記憶への負荷は大きくなる。この実験では文章中の多義語の解釈の正確さをスパンとの関係で調べている。例えば、多義語として bat を含む文章の場合、文脈から野球のバットとして解釈させておいて、後の文で、この解釈で良いか、コウモリのことであるかがわかるようにしてある。テストでこの多義語の意味を質問されたときの正答率はリーディングスパンの大きい被験者の方が高かった。

さらに、文が多義語の所で終り、多義語とその意味を指定する部分が別の文となる条件と、この様な文の境界を設定しない条件とを比較した。これらの条件の差は大きなスパンの被験者ではほとんど見られない。しかし、小さなスパンの被験者では境界の設定により正答率がかなり減少した。スパンの小さい被験者では読書過程に多くの作業記憶を配分するため、文章の前の方の語を多くは貯蔵出来ない。その結果、多義語の解釈の誤りを検出できないのではないかと考えられる。

リーディングスパンの特徴は各文の最後の単語を貯蔵しながら、同時に文の意味を理解するという負荷をかける点である。このように情報処理の負荷のもとでの貯蔵が作業記憶の容量を表わしているのである。従来のスバ

ン測度は処理負荷を十分にかけていなかったために現実  
に働いている作業記憶を反映させることができなかつた。  
より大きな負荷をかけたとき処理と貯蔵の間での交換  
が生ずる。仕事台アナロジーでいうならば、大きな仕  
事をするために、材料を置くスペースを仕事用のス  
ペースに明け渡さねばならない。しかし同じ規模の仕事  
でもやりかたが上手であれば少ないスペースでもよい  
ので、材料を置くスペースはあまり減らさなくてもよい。  
これと類似したことが理解の過程でもいえる。処理負  
荷をかけたとき表れる貯蔵容量が情報処理と貯蔵の両  
機能を含めた形での作業記憶の測定になるのである。

しかしながら、作業記憶の測度としてのリーディング  
スパンは問題点を持たないわけではない。Baddeley,  
Logie, and Nimmo-Smith (1985) はリーディングス  
パンが非常に複雑な測度であり、理解、方略の選択と  
操作、学習、再生など、多くの下位プロセスを含むこ  
とを指摘している。むしろそれゆえに作業記憶の諸側  
面を捉えることに成功したともいえる。しかし、その  
結果として、解釈を困難にもしている。強い解釈と  
しては作業記憶をリーディングスパンが正確に反映し  
ているとするものであり、弱い解釈としてはリーディ  
ングスパンも読書過程も理解の成分に依存している  
ので両者に高い相関が得られるのは当然ということ  
である。

Baddely らはそこで、リーディングスパンの性質  
を明らかにするため、カウンティングスパン (counting  
span) とよばれる新たなスパン測度を用い、リーディ  
ングスパンとの比較を試みた。この測度は、幾つかの  
点をランダムに配置した視覚刺激を提示し、その点の  
個数を数えさせることが基本になっている。このよう  
な点の視覚刺激を一枚のスライドにおさめ、例えば、  
5枚連続して提示する。被験者は各スライドが提示さ  
れるたびにスライドに含まれている点の個数を数えて  
記憶する。5枚のスライドすべてが提示された後、そ  
れぞれのスライドの点の個数を再生するのである。こ  
のスパンはリーディングスパンにおける文の代わり  
に点のパターンを用い、文の理解ではなく点の個数  
を数えるという処理課題を要求するのである。カウン  
ティングスパンの特徴は言語的な材料を使わないで  
作業記憶を測定する点にある。この測度により、読  
解に介入する作業記憶が言語に特殊化されたものか  
、またはより一般的な領域に汎用の貯蔵システムか  
を明らかにできると考えた。その結果、リーディ  
ングスパンとカウンティングスパンとの相関は0.44  
3と有意であったが、前者が読書テストの成績と高  
い相関(0.485)があるのに対し、後者はかなり低  
い相関(0.279)であった。また同時に測定した他の  
測度との相

関パターンも異なるものであった。Baddeley らは  
この否定的な結果から、作業記憶が言語に特殊化さ  
れたシステムである可能性が高いとしたが、カウン  
ティングスパンそのものが作業記憶を測定するの  
には不適切であったという可能性も捨ててはいない。

Carpenter らは短い文章を読んだ後直ちに文章  
内容の再認と代名詞の指示対象の算定という側面  
とリーディングスパンとの相関を調べている。これ  
に対し、Masson and Miller (1983) は直後の  
テストではなく、他の課題を間に挿入した後に  
テストを行うことによって、いわば長期記憶に  
対するリーディングスパンの影響を調べた。さら  
に、代名詞が何を指示するかといった単純な推  
論ではなく、2つの前提から1つの結論を引き  
出すような推論を行うこととリーディングス  
パンとの関係をも検討した。

作業記憶が事実の記憶に影響するのは、理解  
された意味内容が作業記憶に長くともまれば、  
それだけ良く記憶されると考えられ、作業記憶  
が大きいなら記憶された意味内容も多くなる  
はずだからである。又は、作業記憶が大きい  
ければ多くの事実を同時に保持できるので、  
これらをまとめ上げる可能性が高くなり、  
体制化された長期記憶を形成できる。また、  
推論の前提文が作業記憶に残っていればもう  
一つの前提文が入力されたとき統合されて  
推論が生じ易いと考えられる。また前提文  
がもはや作業記憶にとどまっていなくても、  
作業記憶が大きいならば事実の長期記憶  
も優れているので、検索により呼び出して  
きて統合し推論を構成することが可能であ  
る。上記の機制により事実や推論の長期  
記憶が作業記憶の影響を受けるとすれば、  
事実と推論の間に高い相関が期待でき  
るはずである。結果はリーディングス  
パンと推論、事実の理解度との間に0.56,  
0.53の高い相関がみられた。

一般に読書過程における眼球運動成分の  
効率が低いと読みが遅くなることが知ら  
れている。この要因を回避する有効な方法  
としてRSVP (rapid serial visual pre-  
sentation) が利用できる。RSVPはCRT  
ディスプレイ上の一定の場所にテキストの  
一部を順番に高速で提示する方法である。  
提示速度が速い場合、当然ながらテキ  
ストの内容の理解は阻害される。Chen  
(1986)はこのRSVPを用い、結束構  
造(coherence)を持つ文章と持たない  
文章の内容理解を検討した。結束構造を持  
たない文章とは文章中の文の並べ方を  
ランダムにしたものである。RSVPの  
提示速度は1分当たり300語と600語  
の2条件であり、通常の印刷形態での  
読みの条件と比較された。さらに、  
Carpenterらのリーディングスパン  
を用いて作業記憶の大きさについて  
大小2群を設定し、読み

と作業記憶の関係を調べた。結束構造の文章の方がそうでない文章よりも意味の記憶は良いが、この結束性の効果は RSVP の速度にかかわらず同じであった。これは RSVP が記憶の固定過程を阻害するが、文章内容の統合過程には影響しないことを示す。

印刷形式の文章の場合、作業記憶の大きい被験者は小さい被験者よりも成績は良いが、RSVP では両被験者の差異はなくなった。RSVP は作業記憶容量の問題を回避させることができる。作業記憶は読みの眼球運動成分にも関与していることが示唆される。

読書過程の成分として、作業記憶の他に形態的、音韻的、意味的な符号化の過程も重要である。Perfetti ら (Perfetti & Goldman, 1976, Goldman, Hogaboam, Bell, nad Perfetti, 1980) は読書技能と短期記憶の関係を探るプローブ法 (Waugh and Norman, 1965) を用いて検討した。プローブ法というのは数字の系列を継続的に提示し、最後にプローブとして先の数字系列の中の一つを指定する。被験者の課題は提示された数字系列の中からプローブ数字の次の数字を報告するものである。数字を記憶材料とした場合、読書技能の高低による短期記憶の差は見られないが、文章の中に提示した単語を再生させると読書技能の低い子どもの方が記憶成績が悪いという結果になった。Perfetti らは読書技能の低い子どもでは符号化の効率が悪いので、これが短期保持に干渉を引き起こすと考えた。文章理解においては符号化の過程が大きな効果を持ち、むしろ短期記憶は符号化の効率の結果として変化するとする。

記憶材料として数字を用いた場合と文の中の単語を用いた場合で、個人差のパターンに大きな差異が生ずる点は作業記憶の性質を検討する上で重要である。数字材料では個人差はなく、言語材料で個人差が表れるのは作業記憶の容量は固定されたものではなく、処理内容によって変化することを意味する。言語材料の処理負荷が大きいなら (低技能) 貯蔵容量は減少し、これが小さいなら (高技能) 貯蔵容量は増加する。これらの実験結果から、作業記憶が処理と貯蔵の間で柔軟に交換が行われる場であると解釈しうる。

#### 4. まとめと問題点の整理

読書過程における作業記憶の役割を検討する実験では、以上見てきた様に、Baddeley らの3つの部分過程から成る作業記憶モデルに従っているわけではない。むしろ、貯蔵しつつ処理をする場として作業記憶を捉えているが、そこに何らかの容量の限界が存在すると考えて

いるのである。しかし、ここで容量の限界は Baddeley らの想定する中枢実行機構に由来するものと考えerる必要性はない。

Neisser ら (Spelke, Hirst, and Neisser, 1976, Hirst, Spelke, Reaves, Caharack, and Neisser, 1980, Neisser, Hirst, and Spelke, 1981) は一定の処理容量という立場に反対し、練習によりこれらの限界を超えることが可能であることを示している。彼らは読書をしてしながら、同時に横で読み上げられる文を筆記するという2重課題を長期間練習させた (例えば14週間)。この結果、この2重課題を遂行できるようになり、読書の内容の理解と同時に、口述筆記した文の意味を理解できるし、連続した文を統合して推論もできた。これらから、Neisser らは汎用 (general-purpose) の処理容量の限界といったものを過程する必要はなく、個別の内容に依存した技能水準によって、みかけの限界が生ずると考えた。Hatno, Miyake, and Binks (1977) もソロボンの熟達者は暗算をしながら単純な事実に関する質問に答えることが出来ることを示している。

リーディングスパンで測定しているのは貯蔵と処理を含めた作業記憶の容量と考えることも可能だが Neisser らに従えば、語を貯蔵し、文の統語、意味などの解析をするという幾つかの課題を同時遂行するときの技能水準を測定しているのかもしれない。プローブ法での数字と文の成績の違いも数字に関する技能水準には個人差はないが、言語材料については大きな技能差があることを示すのではないか。それゆえ、読書過程における作業記憶の研究結果は汎用の一定の処理容量を想定する必要はなく、リーディングスパンなどは汎用ではなく特殊な個別の技能水準を測定し、それが読書過程に影響すると考えることも可能であろう。

作業記憶の成分としての限界容量を持つ中枢実行機構に関しては、以上の様に別の解釈も可能であり、今後の研究を待たなければならない。しかし、経験的には作業記憶の測度は読書理解の有効な予測を与えることは今まで見てきた通りである。むしろ、作業記憶の種々の測度がどのように読書理解に影響するのかが検討する必要がある。Baddeley ら (1985) が行ったようにカウンティングスパンとリーディングスパンの性質の違いなどの検討は有効な方法であろう。リーディングスパンで語を貯蔵しつつ文の理解をさせるが、文の理解以外にも、様々な課題が与えられる。言語的材料について、処理負荷は大きいが必要も読書理解には関与しない課題も考えられる。高山 (1986) は3つの語の категорияが同一かどうかの判断課題という処理負荷を用いたスパン測度の効

果を調べた。この結果、事実の想起とスパンとの間に弱い相関が見られたが、リーディングスパンとの間には相関はなく、明確な結論は得られていない。しかし、こういった検討によって読書理解における作業記憶の性質を実験的に調べることが期待できる。作業記憶が汎用かそうでないかの問題は分散処理モデルとの関係で非常に重要な問題である。

読書理解における作業記憶の効果に関する実験的研究では、影響する理解の諸側面として、理解した内容の記憶と推論などが検討されていた。推論には代名詞の指示対照の算定という単純なものから、2つの前提から結論を推論する様な、ある程度複雑な側面まで研究されていた。しかし、一般に言語理解にはもっと重要な問題が存在する。小谷津(1979, 1982)は car が先に提示された場合、後に提示される body という語は車体を意味するという例を引用して、car は body の意味を限定した点で作業記憶として機能したと考えた。つまり作業記憶は文脈を形成する場としての機能を持つのである。

理解の本質的な側面は文脈依存性にある。Winograd(1984)は自然言語をコンピュータにより解析することが非常に困難な原因として、言語が開いた意味領域を持ち、周囲の文脈によって意味が変化する点を挙げている。読書過程における文脈効果の研究は多いが、それらは文脈によって語の認知過程が促進されるかどうか、促進されるとすればどのような意味においてかなどを研究してきた。しかし、文脈とは促進のかどうかの問題ではなく、そもそも文脈が存在しなければ理解などは生じないはずである。

文の意味は文脈によって初めて分節化される。Bransford(1979)はあいまいな文章を読む時、ある情報を事前に与えることによって理解が劇的に改善されることを示した。Bransford(Bransford and Franks, 1976 Bransford, McCarrel, Franks, and Nitsch, 1977)は、過去経験は後続の情報を分節化するためのステージを設定する拘束条件を用意すると考えた。理解における文脈効果は比較的短期の経験効果と考えることが出来る。理解は単に記憶された意味成分の発見、選択、融合ということではないとする。この様な考え方に基づく理解の文脈依存性に作業記憶が関与する可能性は高いが、実験的な検討は行われていない。今後、文脈依存性と作業記憶の関係を明らかにすることによって、理解の解明と共に作業記憶が理解のどの様な側面までかわるのかを検討でき、作業記憶の性質がより明確にされることが期待できよう。

文脈によって語の意味が分節化するという事は、貯

蔵された情報が処理過程として機能したと見なすことも出来る。ある語の意味を分節化するプロセスとは情報が貯蔵されているということに他ならない。この様な機能を作業記憶が持つということは、処理と貯蔵の両機能は実際上同じ事柄であり、実際には両機能は区別すべきではないということになる。この事は語の意味の分節に限らず文の意味、文章の意味についても一般化出来るはずである。必ずしも作業記憶との関連ではないが、貯蔵と処理を区別することは出来ないという考え方は以前から主張されている。Johansson(1979)は事象知覚が記憶とは区別できないとする。また、Nickerson(1979)もクロスワードパズルを解く過程の研究から貯蔵と処理とは同一の事柄であるという可能性を検討すべきだとした。理解の文脈依存性を扱えるシステムとは貯蔵と処理が一体になったものであるかもしれない。このことは処理が内容に依存して働くことを意味しており、汎用の処理機構ではなく分散処理システムに近いことになる。

本論文では作業記憶の概念の理論的問題点として限界容量の中枢実行機構に対して、分散処理システムの可能性として、プロダクションシステムと作業記憶を検討した。さらに、理解の文脈依存性に関与するシステムとしての作業記憶を考えたい。ここでは表面的な指摘しか出来なかったが、理解の文脈依存性を検討することは、実は分散処理システムの可能性をも視野におさめた考察を要求するものであるかもしれない。

## 引用文献

- Allport D. A. 1980 Patterns and actions : Cognitive mechanisms are content-specific. In G. Claxton (ed.), *Cognitive psychology: New directions*. Rortledge and Kegan Paul.
- 安西祐一郎 1986 知識と表象—人工知能と認知心理学への序説 産業図書.
- Atkinson, R. C., and Shiffrin, R. M. 1971 The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- Atkinson, R. C., and Shiffrin, R. M. 1968 Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence and J. T. Spence (eds.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Vol. 2. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. 1978 The trouble with levels: Reexamination of Craik and Lockhart's framework for memory research. *Psychological Review*, 85, 139-152.

- Baddeley, A. D. 1983 Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society London*, B 302, 311-324.
- Baddeley, A. D., and Hitch, G. T. 1974 Working memory. In G. A. Bower (ed.), *The Psychology of learning and motivation*, vol. 8. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., and Hitch, G. 1977 Commentary on "working memory". In G. Bower (ed), *Human Memory: Basic Processes*. Academic Press.
- Baddeley, A., Logie, R., and Nimmo-Smit, I. 1985 Components of fluent reading. *Journal of Memory and Language*, 24, 119-131.
- Bransford, J. D. 1979 *Human Cognition: Learning, understanding and remembering*. Wadsworth.
- Bransford, J. D., and Franks, J. J. 1976 Toward a framework for understanding learning. In G. Bower (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- Bransford, J. D., Franks, J. J., Morris, C. D., and Stein, B. S. 1979 Some general constraints on learning and memory research. In L. S. Cermak and F. I. M. Craik (eds.), *Levels of processing in human memory*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bransford, J. D., McCarrel, N. W., Franks, J. J., and Nitsch, K. E. 1977 Toward unexplaining memory. In R. E. Shaw and J. D. Bransford (eds.), *Perceiving, acting and knowing: Toward an ecological psychology*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carpenter, P. A., and Just, M. A. 1983 What your eyes do while your mind is reading. In Rayner, K. (ed.) *Eye movements in reading: Perceptual and language processes*. Academic Press.
- Chen, H. 1986 Effects of reading span and textual coherence on rapid-sequential reading. *Memory & Cognition*, 14, 202-208.
- Craik, F. I. M., and Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Daneman, M., and Carpenter, P. A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M., and Carpenter, P. A. 1983 Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 561-584.
- Fillmore, C. J. 1975 *Toward a modern theory of case and articles*. 田中春美・船城道雄(訳) 格文法の原理一言語の意味と構造 三省堂.
- Goldman, S. R., Hogaboam, T. W., Bell, L. C., and Perfetti, C. A. 1980 Short-term retention of during reading. *Journal of Educational Psychology*.
- Hatano, G., Miyake, Y., and Binks, M. G. 1977 Performance of expert abacus operators. *Cognition*, 5, 57-71.
- Hirst, W., Spelke, E. S., Reaves, C. C., Caharak, G. and Neisser, U. 1980 Divided attention without alternation or automaticity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 98-117.
- Johansson, G. 1979 Memory function in visual event perception. In L. Nilsson (ed.) *Perspectives on memory research*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Just, M. A., and Carpenter, P. A. 1980 A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 20, 1-23.
- Klatzky, R. L. 1980 *Human memory: Structure and Processes*. 2nd edition, W. H. Freeman and Company. 箱田裕司 中溝幸夫(訳) 1982 記憶のしくみ サイエンス社.
- 小谷津考明 1978 文章理解と記憶構造. 神経研究の進歩 22, 104-114.
- 小谷津考明 1982 作業記憶. 小谷津考明(編) 記憶 東京大学出版会.
- Masson, M. E., and Miller, J. A. 1983 working memory and individual differences in comprehension and memory of text. *Journal of Educational Psychology*, 75, 314-318.
- Neisser, U., Hirst, W., and Spelke, E. S. 1981. Limited capacity theories and the notion of automaticity: Reply to Lucas and Bub. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 499-500.
- Newell, A. 1973 Production systems: Model of control structures. In W. G. Chace (ed.), *Visual Information Processing*, New York: Academic Press.
- Perfetti, C. A., and Goldman, S. R. 1976 Discourse memory and reading comprehension skill. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 33-42.
- Shallice, T., and Warrington, E. K. 1970 Independent

- functioning of verbal memory: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Shulman, R. M. 1972 Semantic confusion errors in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 221-227.
- Spelke, E., Hirst, W., and Neisser, U. 1976 Skill of divided attention. *Cognition*, 4, 215-230.
- 高山草二 1986 作業記憶と読書過程 島根大学教育学部紀要 人文・社会科学, 7-13.
- Thibadeau, R., Just, M. A., and Carpenter, P. C. 1982 A Model of the time course and content of reading. *Cognitive Science*, 6, 157-203.
- Waugh, N. C., and Norman, D. A. 1965 Primary memory. *Psychological Review*, 72, 89-104.
- Winograd, T. 1984 自然言語処理 サイエンス 14, 66-81.