

作業記憶における容量配分方略

西 本 武 彦

本稿では認知心理学における最近のトピックスである作業記憶モデル (working memory model) の概略といくつかの論点、および中央実行系と呼ばれる監視システムの容量配分方略に関する実験結果について述べる。

50年代後半から70年代年初期にいたる記憶研究の成果が、Atkinson & Shiffrin (1968, 1971) によって始めてモデル化されたことは周知の事実である。二重貯蔵モデルといわれるその理論は、記憶システムに対する実験的アプローチとして先駆的な位置を占め、その後の処理水準理論 (Craik & Lockhart, 1972)、スキーマ理論 (Alba & Hasher, 1983)、そして作業記憶理論 (Baddeley, 1990, 1992) などの理論的發展を促した。その歴史は二重貯蔵モデルが内包する3つの大きな問題点、すなわち (a) 短期記憶から長期記憶への情報の変換・転送・制御のメカニズム、(b) 知識構造としての長期記憶そのもののメカニズム、(c) 現実の会話・読み・思考・問題解決等における短期記憶の能動的な注意配分や情報の選択・処理のメカニズム、をめぐる研究の歴史と言える (西本, 1995, 1999)。作業記憶の概念は、この第3の問題に対する一つの理論的提案である。

1 作業記憶モデル

1.1 モデルの概要

短期記憶は意識的思考を含むあらゆる認知的課題に含まれる。Hitch & Baddeley (1976) は、情報の一時的かつ静的な貯蔵庫として働く短期記憶の概念を、幅広い認知的課題において基本的な役割をもつ積極的な作業記憶の概念に置きかえるべきであると主張し、作業記憶モデルを提案した。

作業記憶モデルには独立した3つの要素が含まれている (図1)。すなわち、固有のモダリティから独立した中央実行系 (central executive)、音韻ループ (phonological loop)、そして視空間的スケッチパッド (visuo-spatial sketchpad) である。中央実行系は作業記憶モデルの中で最も重要な要素としてあらゆる認知的作業に関わり、注意システムの制御、他の要素の監視・調整を担当する。入力情報に注意を配分し、他の要素の操作を方向づける意味で中央実行系なのである。中央実行系はきわめて柔軟性のあるシステムとして、モダリティを問わずさまざまな形で情報を処

理することができる。また、短時間、情報を保持することができるが容量には限界がある。

音韻ループは、それ自身が2つの要素に分割されている。第1の要素は構音制御 (articulatory control) システムであり、発話情報を内声の形で調音しながら保持している。第2の要素は音韻貯蔵 (phonological store) であり、会話ベースの情報を音韻形式で保持し内部の耳としての機能をもつ。音韻貯蔵に保持される記憶痕跡は1秒半から2秒で崩壊するが、構音制御システム内で反復されることで再活性化され (サブボーカルなりハーサル)、再び音韻貯蔵に戻される。読み課題では、書字材料は構音制御システムによって音韻コードに変換されてから音韻貯蔵に入る。構音制御システムで内声化された材料はいかなるものであれ、音韻貯蔵に入ると仮定されている。

音韻ループ内の要素は、2つとも音韻コードを採用する。発話コードは、概念的には異なるレベルを区別することができる。そのうち音響コードは音の高さや強さのような聴覚的特徴に基づいているし、音素コードは / b /、あるいは / s / のような発話音に基づいている。さらに、構音コードは発話音を作るのに必要な筋肉運動に基づいている。しかし、こうした符号化レベルの違いを識別することは経験的には難しく、作業記憶モデルでは音韻的という用語が使われる。

視空間的スケッチパッドは、その名が意味するように視覚的かつ空間的情報を扱うメモ帳であり、視知覚チャンネルから直接入力を受ける場合もあるし、イメージの形で長期記憶からの情報検索によって入力される場合もある。現時点では、視空間スケッチパッドが視覚と空間の2つの情報を扱う単一のシステムなのか、音韻ループのように別の2つのシステムなのかははっきりしていない。

1.2 長期記憶との関係

Atkinson & Shiffrin (1968) の二重貯蔵モデルでは、短期記憶と長期記憶の区別が記憶システムの基本的な特徴であると仮定されている。しかし、「われわれの理論は2つの貯蔵が必ずしも異なった大脳部位に存在するとか、異なった生理学的構造を含むことを要求しているわけではない。短期記憶は単に長期記憶のある一部の一時的な活性化状態と考えることができる」(Atkinson & Shiffrin, 1971, p. 83) と言うように、必ずしもこの2つが全く別個の情報処理単位であるとは想定されていない。一方、当時すでに Norman (1968) は、この2つが単一の貯蔵メカニズムの異なった側面であると指摘しており、この考えは「作業記憶は構造的には長期記憶と分離されておらず、長期記憶の一時的な活性化部分である」とする Anderson & Bower (1973) の主張や、記憶システムに関する計算論的アプローチ (例えば、Anderson, 1983) に受け継がれている。

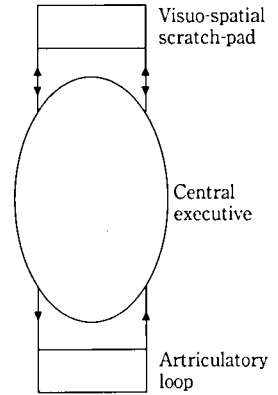


図1 作業記憶モデル (Baddeley, 1986, p.71)

Baddeley (1986) に代表される作業記憶の概念は、基本的には二重貯蔵の立場に立つ。作業記憶は複雑システムであり、その要素は互いに、そして長期記憶とも構造的に区別されると考える。この観点に立つと、作業記憶と長期記憶の結合関係の実証的解明が課題になる。中間的な立場は、短期記憶もしくは作業記憶は認知システムの別個の構造的要素ではあるが、その内容は解釈過程によって現時点で活性化された長期記憶内の表象集合であるとする考えである (Logie, 1995)。

1.3 容量とゲートウェイ仮説

認知システムに関する基本的アーキテクチャが異なると、作業記憶容量についての見解も異なる。伝統的な短期記憶の理論では、直接記憶幅は短期記憶の貯蔵容量そのものを表し、特定のチャンク数で定義される。しかし、二重貯蔵モデルの立場に立ちながらも Baddeley らのモデルでは、作業記憶の容量はチャンク数というような固定的な制約ではなく、作業記憶が作動する際に全体として「浮かび上がってくる特徴 (emergent feature)」と見る。限界容量は中央実行系によって制御される注意配分メカニズムや、その他の下位システム全体の活動から決まるとされるのである (Baddeley, 1990)。

他方、作業記憶が現時点で活性状態にある長期記憶内の表象集合であるとするれば、作業記憶容量は長期記憶内の活性化拡散や崩壊に含まれる自動的処理に依存する。情報処理速度は現在の活性水準によって決まり、直接記憶幅は瞬間的に活性化された情報量ではなくて、作業記憶の補給、維持能力 (sustained capacity) を示すもので、原理的にはより多量である。中央実行系が制御する注意メカニズムを重視する立場と、活性化拡散という自動的処理を重視する立場は一見すると競合するが、Woltz (1988) によれば、新しい技能習得の初期段階では注意メカニズムが、後期段階では自動的活性化がパフォーマンスに影響しており、2つの立場は必ずしも競合しないとされる。

作業記憶が長期記憶とは性質の異なる独立して働く処理システムなのか、それとも現在活性化している長期記憶の部分領域なのか、この問題は情報ゲートウェイとしての作業記憶の位置づけに関係する。明らかに性質の異なる処理システムと捉えれば、単純に作業記憶が長期記憶の出入り口であるとは言えない。しかし、長期記憶の活性化された領域とすれば、「貯蔵における永続的变化は、最初の痕跡が先行的に活性化することにより発生する」(Norman, 1968, p. 525) と言うように、情報は先ず作業記憶に作用し、その処理の結果として長期記憶に永続的に保存されるはずである (ゲートウェイ仮説)。この見方に対しては、脳損傷患者の研究から、言語学習と長期保持は正常であるが、言語的短期記憶のみが選択的に劣化している事例が示され (Shallice & Warrington, 1970)、短期記憶の損傷は必ずしも全体的な認知機能の損傷につながるものではないこと、したがって短期記憶と長期記憶を担うシステムは機能的には分離している可能性が示唆されている。

1.4 リーディングスパンと直接記憶幅

Daneman & Carpenter (1980) が考案したリーディングスパン・テスト (reading span test) では、被験者は相互に無関係な一連の文章を声に出して読み、後で文の末尾の単語を呈示順に再生しなければならない。課題の処理と保持が同時に要求されるこのテストは読解 (reading comprehension) や聴解 (listening comprehension) と高い相関をもつが、従来の数字記憶範囲 (digit span) に代表される直接記憶幅との間には有意な相関がない。こうした事実は他の研究でも確認されており (Turner & Engle, 1989)、2つの記憶幅は作業記憶の別個の要素を測定したものであって、リーディングスパンは一時的に活性化された長期記憶表象を検索する際の中央実行系の処理効率を測定し、直接記憶幅は音韻ループの貯蔵容量を測定していると考えられている (Just & Carpenter, 1992)。

作業記憶が認知処理の性質を問わず汎用のリソースを提供するものであれば、リーディングスパンも直接記憶幅も、読解との間で一定の相関を持たなければならない。しかし、発話スパンや算術スパン、空間スパンなどもリーディングスパンと同じく課題特異的な高い相関をもち、それら課題と直接記憶幅との相関は低い。このことから、作業記憶のリソースは汎用ではなくて領域特異的 (domain specific) であり、少なくとも言語的情報と空間的情報をそれぞれ別個に処理する要素に配分されていると考えられる。そしてリーディングスパンの測定は作業記憶の容量に個人差があることを示している。

1.5 中央実行系

中央実行系に関しては未だ十分に検討されていないが、機能的にはいくつかに分けられる。(a) 複数の課題遂行を調整する能力、(b) 検索プランや方略の切替え能力、(c) 一つの刺激に注意を集中し、他の刺激の妨害を抑止する能力、(d) 一時的に活性化された長期記憶情報を保持し操作する能力、などである。Baddeley (1990) は、基本的には中央実行系は多くの貯蔵システムの仕事量を調整する一時的な注意リソースであり、Norman & Shallice (1986) の注意制御モデルにおける監視注意システム (supervisory attentional system : SAS) に対応するメカニズムと捉えている。

中央実行系の機能を調べる実験をデザインするのはむずかしい。なぜなら、中央実行系は高度に統合されたシステムとして働き、二重課題パラダイムを使って簡単に特性を分析することができないからである。そこで Morris & Jones (1990) が用いた方法は、記憶更新 (memory updating) によって中央実行系に負荷をかけつつ、同時に二重課題条件下で音韻ループのパフォーマンスがどのように変化するかを観察するものであった。記憶更新とは、呈示する項目数 (系列長) を知らせないで連続的に項目 (文字もしくは数字) を呈示した後、系列の末尾の最も新しい項目を、予め指定した数 (例えば、6 個) だけ系列再生させる課題である。指定された数が 6 で系列長が

12文字であれば、6回の記憶更新と直近の6項目の系列再生が必要となる。被験者は系列学習中にはリアルタイムで各項目への注意の配分を行い、それを順次更新しなければならない。Morrisらは、記憶更新自体は一定のリソースを必要とする中央実行系の機能であり、系列再生の方は音韻ループのリソースを必要としていると仮定した。この系列再生を主課題とし、音韻ループに選択的に干渉すると考えられる構音抑制 (articulatory suppression) を負荷課題とする二重課題実験を行った結果、記憶更新と構音抑制の間に交互作用は存在せず、それぞれ独立してパフォーマンスを低下させるが、更新回数そのものは数が増えても中央実行系のリソースを消費しないことが分かった。この結果はリソースが中央実行系と音韻ループにそれぞれ独立に配分され、消費されることを示すとともに、中央実行系は過負荷を防ぐために記憶更新という認知処理を高速かつ系列的に行っているか、もしくは高速に回復する能力をもつか、いずれかを意味している。

Morrisらの結果は、記憶更新が構音抑制と同程度の負荷を音韻ループに与えることを示している。しかし影響のメカニズムまでは説明していない。この点を問題とした斎藤 (1993) は、音韻類似性効果 (phonological similarity effect) が構音抑制で消滅することに注目し、記憶更新でも同様な効果が生じるかどうかを調べた。実験はMorrisらの記憶更新パラダイムで行われ、構音過程に関与しない記憶更新では音韻類似性効果が消滅しないことを確認した。記憶更新は中央実行系のリソースを消費するために、結果として音韻ループに対するリソース配分量を減少させる。そのため音韻ループの機能は低下するが、低下の程度は構音抑制の場合に比較して相対的に少ない。構音抑制の方は音韻ループの中の構音制御部に直接作用して、音韻類似性効果が生じなくなるほど、極度に構音機能を低下させるのである。

この2つの研究における最大の問題点は、記憶更新という実験操作が一体なにを意味しているのかということである。記憶更新の特徴は、更新回数を指標とすることで中央実行系に対する負荷を定量的に操作できる点である。しかし、斎藤 (1993) が言及しているように、多くの被験者は系列全体を一時的に保持し、再生の指示と同時にそれを探索する方略をとった。このことは、系列の学習中にリアルタイムで各項目への注意の配分を行ったり、それを変更したりする活動が行われるとする記憶更新の前提を否定する。多くの被験者がとった方略は、系列全体を音韻ループに保持することであり、中央実行系が記憶更新を行っているとは言えないのである。Morrisらの前提が成立しなければ、中央実行系が過負荷を防ぐために高速かつ系列的な認知処理を行っている可能性も疑わしい。

作業記憶はその性質上、統合的でオンライン的である。必要なリソースも流動的に配分され、さらに処理の効率化のために柔軟な方略がとられる。特定の下位システムの機能だけを切り離して抽出することは難しく、またそれは作業記憶のもつ統合性を無視することにつながる。次節では作業記憶が有する統合的でオンライン的な特性を観察できる課題と、それを使った実験を紹介する。

2 作業記憶の容量配分方略に関する実験

2.1 目的

この実験の目的は、中央実行系を含む3つの下位システムを同時に作動させ、個人差のある作業記憶容量がどのように配分されるかを観察することにある。このため、一次課題には系列再生や言語推論課題ではなくて、再認パラダイムに基づくリアルタイム処理の視覚探索課題を用いる。ここで言う視覚探索課題とは、特定の目標文字 (target letter) を背景文字群の中から出来るだけ速く、かつ正確に探索しチェックする課題である。基本的には目標文字の表象と、文字系列の連続的走査により入力される背景文字の表象との比較照合であり、再認課題に分類される。目標文字と背景文字の類似性を音韻的、視覚的次元で厳密に操作することにより、音韻ループと視空間スケッチパッドの下位システムに負荷をかける。認知処理の原則から、類似している刺激の比較照合は非類似の場合より時間を必要とすると仮定する。したがって、目標文字を背景文字群から探す場合、背景が目標と視覚的に類似しているときの方が、音韻的に類似しているときよりも探索に時間がかかれば、作業記憶の表象は音韻的特性よりも相対的に多くの視覚的特性を備えていると推論出来る。従来の研究によればアルファベットを日常的に使用する欧米人にとっては、文字形式で入力された言語情報は音韻ループに符号化される。ところが、アルファベットを常用しない日本人では同じ文字材料に対して、音韻的特性と同時に視覚的特性をもった表象が形成される(このことは、後述する)。作業記憶モデルの立場からは、文字形式の言語情報処理には音韻ループと視空間スケッチパッドの2つが関わっていることを意味する。したがって、アルファベットを材料とする視覚探索課題は、日本人を対象とした場合、作業記憶本来の統合的働きを観察する課題として適している。

2.2 作業仮説

次の3つの基本仮説を前提とする。(a) 課題要求に応じて、中央実行系はリソース(本稿では、リーディングスパン・テストで測定される作業記憶容量をリソースと定義し、容量とリソースという用語を区別しないで使用する)を下位システムに最適に配分する。特定の下位システムに選択的に負荷がかかる場合、その下位システムの機能を一定に保つためのリソースが中央実行系から補充される、(b) リソースには上限と個人差がある、(c) 視覚探索課題の遂行には中央実行系を中心に、音韻ループのみならず視空間スケッチパッドも関与する、の3つである。

このうち、(a) と (b) はこれまでの研究結果に基づく作業記憶モデルの基本要件であるが、(c) は前節で述べた視覚探索課題の特性から導かれる。これらの基本仮説に基づき、本実験では以下の5つの作業仮説を検証する。

仮説1：視覚探索課題において音韻的類似性が高い条件では音韻ループに負荷がかかり、視覚的

類似性が高い条件では視空間スケッチパッドに負荷がかかる。

仮説2：負荷によるパフォーマンス低下を補償するためにリソースが補充されるが、その配分量は個人の全体のリソースに依存する。リソースに余裕がある場合には十分な量が補充されてパフォーマンス低下は少なく、十分でないとパフォーマンス低下を引き起こす。

仮説3：二重課題における負荷（二次）課題が音韻ループに関与するものであれば、音韻的類似性の高い探索条件のパフォーマンスは、負荷課題なしの場合に比較して相対的に低下する。低下の度合いはリソースの少ない個人において大きい。

仮説4：負荷課題が音韻ループに関与するものであるとき、視覚的類似性の高い探索条件のパフォーマンスは、負荷課題なしの場合と同じか、それより低下する。低下の度合いはリソースの少ない個人において大きい。

仮説5：負荷課題が視空間スケッチパッドに関与するものであれば、視覚的類似性の高い探索条件のパフォーマンスは、負荷課題なしの場合に比較して相対的に低下する。低下の度合いはリソースの少ない個人において大きい（ただし、この作業仮説については今回の実験計画に組み入っていない）。

2.3 方法

被験者：大学生48名。全員に日本語版リーディングスパン・テスト（荻阪・荻阪、1994）を実施し、得点分布の上位25%（H群：12名）と下位25%（L群：12名）の計24名を選んだ。H群とL群の平均得点はそれぞれ、3.7（0.50）、2.0（0.14）であった（カッコ内は標準偏差）。

要因計画：3つの独立変数からなる $2 \times 3 \times 2$ の要因計画とした。第1の変数は作業記憶容量（リソース）の要因であり、日本語版リーディングスパン・テストによる高低の2水準を設定した（被験者間要因）。第2の変数は刺激の類似性要因であり、目標文字Fに対して（a）視覚的類似、（b）音韻的類似、（c）視覚的、音韻的に非類似（対照条件）の3水準を設定した（被験者内要因）。表1に3水準それぞれで用いたアルファベットを示す。このアルファベットを用いて、次節に述べる視覚探索リストを構成した。第3の変数は記憶負荷の要因であり、負荷の有無の2水準（被験者内要因）とした。負荷課題は、声に出さず「あ・え・い・お・う」と口を動かす構音抑制課題である。従属変数は目標文字探索の所要時間である。

刺激材料：図2に例を示すように、3種類の類似条件ごとに1枚のシートにした探索リストを作成した。目標文字Fはリスト中にランダムに挿入し、その出現回数は3種類のリストで同率に設定した。

手続き：最初に被験者全員に日本語版リーディングスパン・テストを実施し、前述のようにH群とL群それぞれ12名を選んだ。次に、これらの被験者に視覚探索リストを与えて目標文字探索に要した時間を測定した。課題の試行に当たって次の教示を与えた。

「アルファベットが並んでいるシートの中から、目標文字Fを左から右、上から下へと1行ずつ探し、Fを見つけたら斜線でチェックをしてください。鉛筆を持って眼を閉じた状態から、実験者の【始め】と言う合図により作業を開始してください。シートの最後まで達したら【終わり】と合図して、目を閉じてください。目標文字を探す上で見落としや後戻りがないように、正確にできるだけ速く探してください。なお、『あ・え・い・お・う』と声に出しながら探してもらう場合と、それを行わずに探してもらう場合がありますが、どちらであるかは【始め】の合図の前に指示します。」

本実験を行う前に、上述の材料と手続きを使い予備実験を行った。4名の被験者を対象に第2要因の類似性と第3要因の構音抑制課題の効果を調べた結果、探索時間は視覚的類似条件が最も長く、次いで非類似条件、音韻的類似条件はその中間に位置した。構音抑制は類似性の3条件に

表1 視覚探索課題における類似性要因

類似性の次元	背景文字群	類似性の内容
視覚的類似	E P T R H	Fに対して視覚的に類似で、音韻的に非類似
音韻的類似	M N S X Z	Fに対して音韻的に類似で、視覚的に非類似
非類似	C G Q V J	Fに対して視覚的にも音韻的にも非類似

(注) 探索目標文字はF。図2に探索リストの一部を示す。

F B F R F P P R F R T F T E R T E F B P
P T E P F R F F P P B R F E R B B T T E
R B T F E F R F E P R T F P R E R B E P
F P R E R B B E E F E B F F P P F B B F
P T T R F R P E T E T F B P F R E P B P
R T P F P E F R P E B T F R B T R R T E
P P R P F F B R P E B T E R F B P E T B
R T F E P E B R B T P P E B R R T R E P
R T B P F F R F T B F P F B F P P B R F
E E F B T T P P T P E E R F T F B P B T
E E B B R T R T R T T B P P T P F F R P
R P F B R P B B T T B T T P B F P P E P

図2 視覚探索リストの一部 (視覚的類似条件の場合)

共通して探索時間の増加をもたらした。すなわち、この2要因ともに主効果をもつ傾向が見られた。

2.4 結果

本実験の結果を図3に示す。探索時間をデータとする3要因の分散分析を行った結果、類似性の主効果 [$F(2,44)=166.857, p < .001$]、構音抑制の主効果 [$F(1,22)=10.312, p < .005$]、リソースと構音抑制の交互作用 [$F(1,22)=5.092, p < .05$]、および3要因の交互作用 [$F(2,44)=8.706, p < .001$] が有意であった。リソースの主効果はなかった [$F(1,22)=.870, p > .10$]。

類似性要因の主効果における多重比較 (Ryan 法) では、全ての水準間に有意差 ($p < .001$) が見られた。図3に示されるように、類似性の効果については音韻的類似よりも視覚的類似性の方が強い。構音抑制については、全体としてみると探索時間の延長という形で抑制効果が現れている。

リソースと構音抑制の交互作用における単純主効果は、L群においてのみ見られた ($p < .001$)。これは図3から分かるように、構音抑制の効果がL群に特に強く現れていることに対応している。

3要因の交互作用で有意なものは、構音抑制下におけるリソースと類似性の間 ($p < .005$)、視

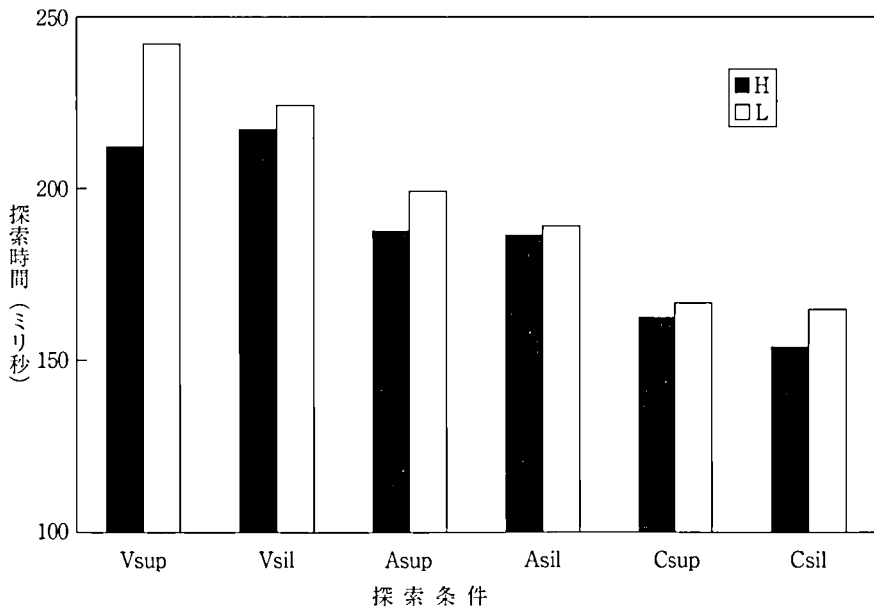


図3 視覚探索課題における1文字当たり探索時間の比較

H: 高リソース群 L: 低リソース群
 Vsup: 視覚的類似+構音抑制 Vsil: 視覚的類似+抑制なし
 Asup: 音韻的類似+構音抑制 Asil: 視覚的類似+抑制なし
 Csup: 非類似+構音抑制 Csil: 非類似+抑制なし
 (類似性の次元については表1、構音抑制については本文2.3節の手続きを参照)

覚的類似条件下におけるリソースと構音抑制の間 ($p < .001$)、およびリソースのH、L両群における類似性と構音抑制の間である (それぞれ、 $p < .05$ 、 $p < .01$)。

このことは、全体としてのリソースの主効果は存在しないが、部分的に見ると構音抑制下、および視覚的類似の条件下で探索に影響を及ぼし、図3に示されるようにH群に比較してL群の方がパフォーマンスが低下することを意味している。

2.5 考察

作業仮説1「視覚探索課題で音韻的類似性が高い条件では音韻ループに負荷がかかり、視覚的類似性が高い条件では視空間スケッチパッドに負荷がかかる」に関しては、類似性の主効果の存在とその多重比較結果が仮説の成立を示している。すなわち、音韻的類似性効果があることは文字探索に音韻ループが関与していることを示し、視覚的類似性効果があることは、文字探索に視空間スケッチパッドが関与していることを示す。さらに、音韻ループと視空間スケッチパッドの相対的な関与の度合いは前者よりも後者の方が強く、非類似性条件との差は視覚的類似条件の方が音韻類似条件よりも大きい。いずれにしても、視覚的類似条件と音韻的類似条件の2つが共に非類似条件に較べて有意にパフォーマンスを低下させることから、この課題が中央実行系を含む下位システムを同時に作動させる課題であることが分かる。

作業仮説2「リソースに余裕がある場合には十分な量が補充されてパフォーマンス低下は少なく、十分でないパフォーマンス低下を引き起こす」、換言すれば「H群はL群に比較して全体としてのパフォーマンスの低下が少ない」は、見かけ上検証できなかった。しかし、リソースの影響は交互作用の形で構音抑制下と視覚的類似条件下に現れている。構音抑制下では全体としてL群はH群に比べて探索時間が長く、類似性の3水準を通していてもL群はH群より探索時間が長い。また、視覚的類似条件下においてはL群の探索時間が長い。このことは、構音抑制あるいは視覚的類似条件という、リソースをより多く必要とする状況下では、中央実行系のリソースの少なさが下位システムの機能低下を引き起こすことを示しており、作業仮説2は検証されたとと言える。

作業仮説3「二重課題における負荷(二次)課題が音韻ループに関与するものであれば、音韻的類似性の高い探索条件のパフォーマンスは、負荷課題なしの場合に比較して相対的に低下する。低下の度合いはリソースの少ない個人において大きい」は、3要因の交互作用においてリソースと構音抑制の単純交互作用が音韻的類似条件で有意か否かで判断できる。この交互作用 [$F(1,66) = 2.736, p > .10$] は有意でなかった。図3を見ても、音韻的類似条件では構音抑制による探索時間の増加がないことが読み取れる。したがって、作業仮説3は検証されなかった。

一方、リソースと構音抑制の単純交互作用は視覚類似条件で有意である [$F(1,66) = 16.981, p < .001$]。構音抑制は音韻ループに対してではなく、視空間的スケッチパッドに対してパフォーマンス

スの低下をもたらしているのである。これは作業仮説4が予想する結果とは必ずしも一致しない。この事実は次のように解釈される。すなわち、構音抑制は文字どおり音韻ループの構成要素である構音制御システムに干渉する負荷課題であって、音韻貯蔵には無関係な課題であること、そのため中央実行系のリソースは音韻ループの構成要素である構音制御システムで消費され、視空間的スケッチパッドに十分に配分されなかったと考えられる。視覚探索課題は、音韻貯蔵システムに基づく目標文字と背景文字の照合課題であり、発話リハーサルを担当する構音制御システムの関与は少ないと考えれば、中央実行系のリソースは音韻貯蔵ではなく、構音制御システムに配分された可能性が高い。そして、リソースを必要とする視覚的類似条件下では、特にリソースの少ないL群で配分量の減少に伴うパフォーマンス低下が起きたと考えられる。今回、仮説5は実験に組入れなかった。その理由は、二重課題条件下で視空間スケッチパッドに負荷をかける課題の構成が困難だったことによる。視覚探索課題の視覚的類似条件は音韻的類似条件に較べてより多量のリソースが必要であることから、適当な負荷課題を考案すれば、仮説5は肯定されるであろう。

以上をまとめると、作業仮説1が成立することは基本仮説(c)で定義される視覚探索課題が、下位システムである音韻ループと視空間スケッチパッドを同時に作動させる課題として妥当性をもつことを意味している。作業仮説2の成立は、基本仮説(a)と(b)、すなわちリソースが課題要求特性に応じて下位システムに最適配分されるという主張が、具体的には個人のリソース限界と課題要求特性との関係で妥当性を持つことを示している。作業仮説4は、構音抑制は音韻ループに負荷をかけるが、基本的には視空間スケッチパッドに影響しないことを予想するものであった。しかし、事実は視空間スケッチパッドのパフォーマンスが、特に作業記憶容量の少ない群で低下した。構音抑制の課題要求は視空間スケッチパッドの機能と原理的に競合しないから、この事実は負荷課題の遂行によるリソースの消費が、作業記憶全体のリソース配分に影響することを示している。最後に、作業仮説3が否定されたことは、逆に音韻ループの構成要素である音韻貯蔵と構音制御システムが互いに独立していることの傍証と考えられる。その意味では、負荷課題としての構音抑制は、課題要求特性という点で視覚探索課題の音韻類似条件とマッチしなかった可能性を残す。構音抑制に代わり、音韻貯蔵のリソースを消費する負荷課題を用いると、音韻的類似条件でのパフォーマンスはより低下するであろう。

3 まとめ

認知心理学における最近のトピックスである作業記憶について、その理論の概要を述べ、いくつかの問題点を整理した。さらに、モデルの重要な構成要素である中央実行系の機能を調べるための新たな課題(視覚探索課題)を提案し、それを使った実験結果を示した。この課題の特徴は作業記憶の下位システムを同時に作動させ、課題要求特性に応じた中央実行系のリソース配分方略を観察できる点にある。

結果は、課題要求に応じて中央実行系から下位システムにリソースが配分されるため、下位システムの機能は一定に保たれること、さらに個人のリソース限界との関係から十分な量が配分できないときは、統計的に有意な機能低下が起こることを示している。今回の視覚探索実験では二重課題条件で構音抑制を用いた。これは音韻ループに負荷をかける課題であるが、視覚探索中に視空間スケッチパッドに対する負荷をかけることができれば、今回の作業仮説をより強く肯定することができると考えられる。

謝辞

本論文の執筆に当たり、黒田哲氏の1998年度早稲田大学第一文学部心理学専修卒業論文の実験データを使用した。付記して感謝申し上げます。

引用文献

- Alba, J. W. & Hasher, L. 1983 Is memory schematic? *Psychological Bulletin*, 93, 203-31.
- Anderson, J. R. & Bower, G. H. 1973 *Human associative memory*. New York: Wiley Halstead Press.
- Anderson, J. R. 1983 *The architecture of cognition*. Harvard University Press.
- 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: An advances in research and theory*, vol.2. New York: Academic Press, Pp.89-195.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. 1971 The control of short-term memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. 1990 *Human memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. 1992 Is working memory working? The fifteenth Bartlett Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 1-31.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-84.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Hitch, G. & Baddeley, A. D. 1976 Verbal reasoning and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28, 603-21.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. 1992 A capacity theory of comprehension: Individual difference in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Logie, R. H. 1995 *Visuo-spatial working memory*. Hove, UK: Erlbaum.
- Morris, N. & Jones, M. 1990 Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- 西本武彦 1995 日常記憶. 高野陽太郎 (編) 認知心理学 2 第11章. 東京大学出版会.
- 西本武彦 1999 記憶研究の動向. 早稲田心理学年報, 31, 157-168.
- Norman, D. A. 1968 Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75, 522-536.
- Norman, D. A. & Shallice, T. 1986 Attention to action: Willed and automatic control of behavior: In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advance in research and theory*, vol. 4. New York: Plenum.

- 菅坂満里子・菅坂直行 1994 読みとワーキングメモリ容量—日本語版リーディングスパンテストによる測定—, 心理学研究, 65, 339-345.
- 斎藤智 1993 構音抑制と記憶更新が音韻的類似性効果に及ぼす影響. 心理学研究, 64, 89-295.
- Shallice, T. & Warrington, E. K. 1970 Independent functioning of the verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Turner, M. L. & Engle, R. W. 1989 Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.
- Woltz, D. J. 1988 An invitation of the role of working memory in procedural skill aquisition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 319-331.