

# 作業記憶における下位システムへのリソース配分方略

西 本 武 彦

1950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、記憶システムに関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)、そして作業記憶モデル (Baddeley & Hitch, 1974) 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 (c) に対する一つの理論的提案である。

本稿では西本 (2000) に引続き、2次的負荷をかけた条件下で中央実行系 (central executive) のリソースが音韻ループ (phonological loop) と視空間スケッチパッド (visuo-spatial sketch pad: VSSP) にどのように配分されるかを実験的に調べた。西本 (2000) では、1次課題としての視覚的探索課題が音韻ループと VSSP を同時に作動させる課題として有効であること、さらに構音抑制下では中央実行系のリソースが2つの下位システムに有効配分されること、リソースが少ない被験者の場合、負荷条件下では特に VSSP のパフォーマンスが有意に低下することが示された。本報告では構音抑制に代えてイメージ生成を2次課題として使った場合でも、同様な結果が得られることを明らかにした。

## 1 作業記憶と視空間スケッチパッド (VSSP)

### 1.1 作業記憶の容量

作業記憶モデル (working memory model) の音韻ループに関する研究は数多く存在するが、中央実行系のリソース配分方略ならびに VSSP の特性については、実験的にまだ十分に解明されていない。中央実行系のリソースに関しては、それが汎用的な性格を持ったソースプールのものか、あるいは領域特異的で、少なくとも言語的情報と視空間的情報をそれぞれ処理する下位システムに予約配分されたものかについての議論がある。

Daneman & Carpenter (1980) が考案したリーディングスパンテストは読解の諸測度と高い相

関をもつが、単語系列に関する従来の記憶幅とは相関しない。すなわち、リーディングスパンと単語記憶幅は作業記憶の別個の要素を測定し、前者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、後者の単語記憶幅は音韻ループの貯蔵容量を測定しているとされる (Just & Carpenter, 1992)。一方、リーディングスパンと並んで発話スパン (Daneman & Green, 1986)、数式スパン、空間スパン (Daneman & Tardif, 1987) は、それぞれ類義語産出能力、数学能力、空間能力と特異的関係をもち、読解や聴解とは相関しない。このことは作業記憶を汎用目的のソースプールとする見方とは相容れない。なぜなら、作業記憶が汎用目的のリソースだとすれば、読解や聴解といった基準変数と処理容量を測定する課題の間には、課題にかわりなく一定の相関が存在しなければならないからである。Daneman らは作業記憶が少なくとも 2 つの別個の処理系から構成されていること、その 1 つは言語記号的情報を表象し操作するものであり、もう 1 つは空間的情報を表象し操作するものであると結論づけている。さらに、Just & Carpenter (1992) は作業記憶が処理容量の大きな集合から構成され、その一部が所定の領域、すなわち少なくとも音韻ループと VSSP のために配分されているとした。

## 1.2 負荷と容量配分

本来、中央実行系の機能はオンライン的であり、必要なリソースは下位システムに流動的に配分される。そうしたダイナミズムを調べるには、中央実行系と下位システムを同時に作動させる課題を必要とする。特定の下位システムだけを切り離して操作しても、作業記憶のもつ統合性を観察することはできない。この点、西本 (2000) が用いた視覚的探索課題は、作業記憶が有する統合的でオンライン的な特性を観察する課題として有効である。

この課題は特定の目標文字を背景文字群の中から出来るだけ速く、かつ正確に探索し抹消するもので、基本的には目標文字の表象と、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課題である。目標文字と背景文字の類似性を音韻的、視覚的次元で操作することにより、音韻ループと VSSP に選択的負荷をかける。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。文字形式の言語情報処理には少なくとも音韻ループと VSSP の 2 つが関わっていると仮定されるので、類似性の関数としての探索所要時間の長短は、2 つの下位システムの相対的なパフォーマンスの比較を可能とする。通常、課題が異なると相互のパフォーマンスレベルを比較することはできない。その意味では、視覚的探索課題を使えば課題遂行に同時に関わる (少なくとも) 2 つの下位システムのパフォーマンスを同一基準で比較することができる。後述する実験ではこの視覚的探索課題を使い、2 次的負荷をかけた場合の下位システムのパフォーマンスと中央実行系のリソース配分との関係を検討した。

下位システムと中央実行の関係性を Brooks 課題 (Brooks, 1967, 1968; Baddeley & Lieberman, 1980) で検討したものに、Logie & Salway (1990) の実験がある。この課題は  $4 \times 4$  のマトリッ

クスを被験者にイメージさせ、指定したセルから “In the next square to the right put a 2”、“In the next square down put a 3”、“In the next square to the left put a 4”、“In the next square down put a 5”、“In the next square to the right put a 6”、“In the next square to the right put a 7”、の順に実験者が文章を読み上げ、被験者はイメージ上でセルを移動しながら呈示文を記憶する (Brooks マトリックス課題)。一方、その変形版は文中の ‘up’、‘down’、‘left’、‘right’ を、それぞれ ‘good’、‘bad’、‘slow’、‘quick’ に置き換えた文章を機械的にリハーサルさせて (イメージさせないで) 記憶させる課題である (Brooks 言語課題)。パフォーマンスは、呈示された文章の系列再生の正確さで評価する。Logie らの実験の特色は、最初に上記両課題の困難度を調整してパフォーマンスレベルをほぼ一定に設定してから、中央実行系と下位システムそれぞれに選択的負荷をかけてパフォーマンスの変動を調べたところにある。中央実行系に対する負荷はランダム数列生成 (Baddeley, 1966)、音韻ループと VSSP に対する負荷は、それぞれ構音抑制とタッピング (4つのスイッチを正方形パターンでタップ) を使用した。結果は、(a) ランダム数列生成は両課題のパフォーマンスを大きく低下させ、低下の程度は統計的にはマトリックス課題で著しい、(b) 構音抑制は言語課題のパフォーマンスを低下させるが、マトリックス課題には影響しない、(c) 正方形パターンでタップする課題はその逆の効果をもつ、であった。

この実験結果は、Brooks 課題が中央実行系のリソースを必要とする課題であり、ランダム数列生成によって配分リソースが減少すると、下位システムのパフォーマンスが有意に低下することを示している。西本 (2000) と同様に、中央実行系のリソース配分方略を調べる実験方法として有効であるが、問題はマトリックス課題と言語課題のパフォーマンスレベルを事前にほぼ同一レベルに揃える操作を必要としている点である。視覚的探索課題の場合はそうした操作は必要がなく、1つの課題の中で同時に複数の下位システムを作動させることができる。

### 1.3 視空間スケッチパッド (VSSP)

視空間作業記憶はもともとは視空間スケッチパッド (visuo-spatial sketch pad : VSSP) と言われ、のちに視空間スクラッチパッド (visuo-spatial scratch pad : VSSP) に変更された。単に絵画的素材を扱うだけでなく、単語や文字の形態を含むあらゆる種類の視覚素材を扱うことができる、という意味を持たせるためである。

VSSP に関する明示的なモデルは現在のところ確立されていないが、基本的には短期記憶の要件を備えていることが求められる。したがって、(a) 感覚器官もしくは長期記憶から情報を取り込む機構があること、(b) 短期記憶に取り込まれた情報は時間の経過とともに、記憶痕跡の崩壊ないしは新しい情報との干渉によって失われること、(c) 短期記憶の情報は必要なら保持期間を延長する手段を有していること、(d) こうした短期記憶が視空間的材料を保存もしくは操作するものであれば、それに含まれる記憶表象は、視空間的材料の特性となんらかの関連をもつはずであること、

が求められる。

こうした特性は音韻ループモデルに組み込まれており、音韻ループに相対するものとして想定された VSSP の基本特性でもある (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986, 1990)。音韻ループでは、発話システム (発話処理と発話出力) と言語的短期記憶との相互関係が問題となる。これを VSSP に置き換えれば、視知覚システムと視空間短期記憶との関係の問題として、以下の点が検討課題となる。

(1) 刺激間の視覚的類似性と記憶の混同：VSSP が視覚的符号化に依存しているなら、視覚的に類似している刺激は短期記憶中で混同されるはずである。

(2) 視覚的情報と空間的情報の関係：視覚的情報も空間的情報も同じ方法かつ同じシステムで処理されるのか、それとも完全に分離したシステムなのか。

(3) 視覚的短期記憶と視覚的イメージのつながりの問題

このうち (1) については、視覚的に類似しているものを記憶しようとする、あきらかに視覚的混同が起きる (Hue & Ericsson, 1988)。視覚的短期記憶中のイメージは分析されず、カテゴリー化もされない。したがって、文字の保持で混同が発生する場合、それは文字全体ではなく、その文字を構成する部分が劣化していると考えられる。例えば、文字 P は文字 R と混同されやすい。Hitch, Halliday, Schaafstal, & Schraagen (1988) の発達の研究によれば、絵の再認で低学年の児童は視覚的混同を引き起こすが、高学年になると構音抑制による負荷をかけないかぎり、視覚的混同は消失する。すなわち、視覚的類似性効果は存在するがそれは比較的弱く、通常は言語的符号化を使うことでかき消されている。しかし、構音抑制によって文字の音韻的符号化が抑制されると、被験者は視覚的符号化に依存するようになるからだと考えられる。

VSSP が視覚的であるか空間的であるかの問題に関しては、Brooks マトリックス課題の遂行が空間的なトラッキングで妨害され、視覚的トラッキングでは妨害されないこと、また場所づけ法のような空間的暗記方法はトラッキングによって妨害されること、しかしペグワード法に代表される数字—単語押韻対として知られているような、視覚イメージを使った暗記法には弱い妨害効果しかないことが明らかにされている (Baddeley & Lieberman, 1980)。Baddeley らはこれらの結果から、VSSP は (a) 視空間的な情報保持、(b) 視空間知覚、(c) 運動制御、の 3 つの機能を持ち、(a) に関しては視覚的というより空間的システムの可能性が高いとした。ただし Logie (1986) は、Brooks マトリックス課題や場所づけ法はもともと空間的性質をもつ課題であり、Baddeley らの結果が直ちに VSSP そのものの性質を示すものではないとした。二重課題パラダイムにおいて、1 次課題と 2 次課題の組み合わせを変えることで VSSP の性質を研究することは可能であるが、‘視覚的’ と ‘空間的’ の概念を一義的に定義することは難しい。空間におけるアイテム間の幾何学的関係を空間的と定義しても、視覚対象の運動的要素、アイテムからアイテムの視覚的走査も空間の概念に含まれる。視覚的といわれる対象には、レイアウトの幾何学的特性を組み込んだ静

的な視覚的配列も含まれる。このような意味では、複数の対象の配列と、複数の要素を含む単一物体とを区別できない。区別が必要になるのは、場面中の物体を認識するときとその視覚的形態に加えて、場面の中の他の物体と相対的な空間配列を保持する必要が生じたときである。

## 2 作業記憶における下位システムへの リソース配分方略に関する実験

### 2.1 目的と仮説

中央実行系ならびに2つの下位システム（音韻ループとVSSP）を同時に作動させ、個人差のある中央実行系のリソースがどのように配分されるかを調べた。1次課題にはリアルタイム処理の視覚的探索課題を用いた。この課題は前述のように、特定の目標文字を背景文字群の中から出来るだけ速く、かつ正確に探索し抹消する課題として、西本（2000）においてその妥当性が明らかにされている。当該実験では2次課題に構音抑制を用いたが、今回は後述のマトリックスイメージ生成を使いVSSPに選択的負荷をかけた。実験パラダイムは基本的に同じであり、次の3つを前提としている。

**前提1**：課題要求特性に応じて、中央実行系はリソース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パフォーマンス低下を防止するためのリソースが中央実行系から補充される（本報告では、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た）。

**前提2**：リソースには上限と個人差がある。

**前提3**：視覚的探索課題には中央実行系を中心に、少なくとも音韻ループとVSSPが関与する。

このうち、前提の1と2は先行研究に基づく作業記憶モデルの基本要件であり、前提3の成立（視覚的探索課題の妥当性）は西本（2000）の実験から明らかである。これらの前提から導かれる次の6つの作業仮説のうち、今回は仮説5と6を検証するために、後述するマトリックスイメージ生成を2次課題として使用した。

**仮説1**：視覚的探索課題において、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VSSP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**：2次課題が音韻ループに関与するものであるとき、音韻的類似性の高い探索条件のパフォーマンスは、負荷なしの場合に較べ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**：2次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

パフォーマンスは、負荷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。この仮定は、中央実行系のリソースが音韻ループに配分されることで、結果的にVSSPへの配分量が減少する可能性を意味している。

仮説5：2次課題がVSSP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6：2次課題がVSSP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。この仮定は仮説4に対応し、中央実行系のリソースがVSSPに配分されることで、結果的に音韻ループへの配分量が減少する可能性を意味している。

## 2.2 方法

被験者：大学生72名（平均年齢21.9歳）。全員にリーディングスパンテスト（苧阪・苧阪,1994）を実施した。

実験材料（課題）：1次課題は20字×30行の探索シート（図1）を先頭から末尾へ視覚的に走査し、目標文字Fを背景文字群から検出・抹消する。目標文字に対して背景文字は、(a)視覚的類似（EPTRH）、(b)音韻的類似（MNSXZ）、(c)非類似（統制条件）（CGQVJ）とした（表1）。目標文字はシート上でランダムに100回出現した（全体文字数の6分の1）。2次課題は4×4のマトリックスイメージ上で、与えられた始点からポインターを1マス単位で移動させた（図2）。移動方向は1次課題遂行中の目標文字Fの色によって指示し、青色Fは右へ1マス、赤色Fは下へ1マスとした（黒色Fは移動なし）。

要因計画：(a)リソース要因（高低：被験者間）、(b)1次課題の類似性要因（視覚的類似・音韻的類似・非類似：被験者内）、(c)2次課題（マトリックスイメージ生成による2次的負荷の有無：被験者内）の2×3×2の要因配置とした。従属変数は1次課題における目標文字の探索所要時間（秒）である。

手続き：1次課題と2次課題の各水準を組み合わせた計6条件を被験者毎にランダム呈示した。リーディングスパンテスト得点分布の上位25%（平均4.1点）、下位25%（同2.0点）に該当する各18名を分析対象とした。

表1 視覚的探索課題における類似性要因

類似性の次元	背景文字群	類似性の説明
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1に探索シートの一部を示す。

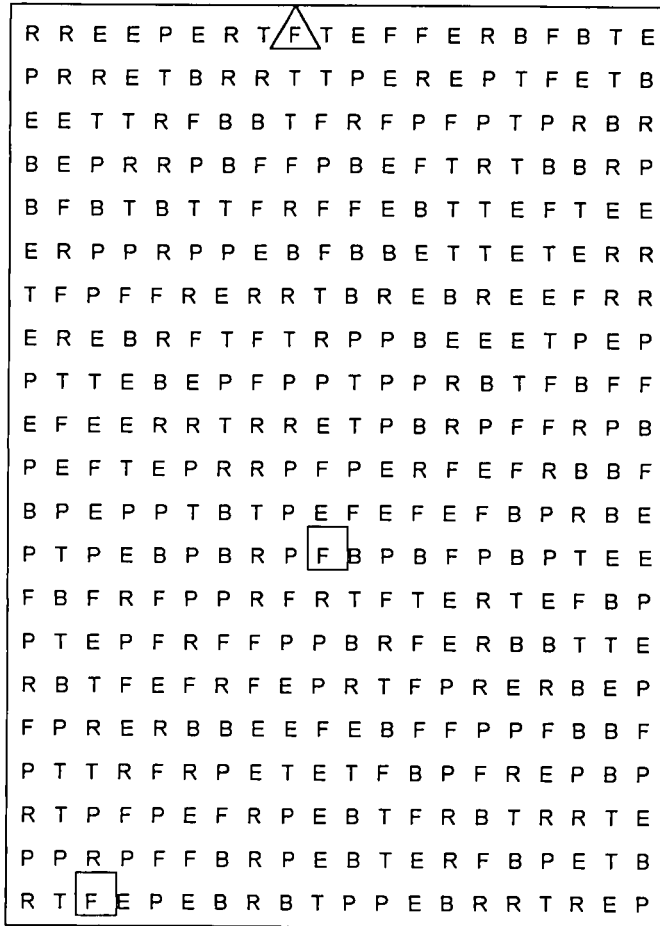


図1 探索シートの一部（視覚的類似条件の場合）

△と□は文字の色が、それぞれ青と赤であることを示す。実際のシートでは文字を△と□で囲むことはない。シートの長さは20字×30行。

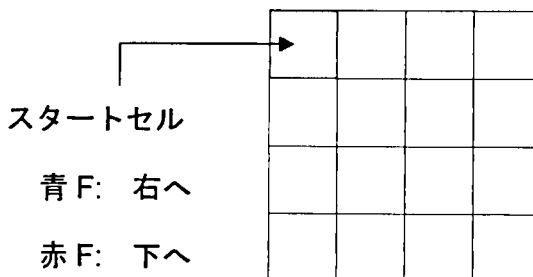


図2 マトリックスのイメージ生成

イメージされた4×4のマトリックス上で、目標文字Fが青の場合は右へ1マス、赤の場合は下へ1マス移動する。黒の場合は移動しない。

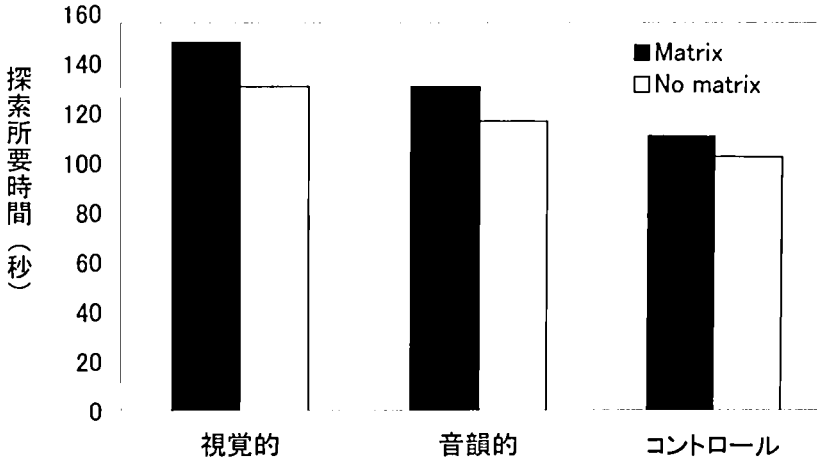


図3 2次的負荷（マトリックスイメージ生成）の全体的影響

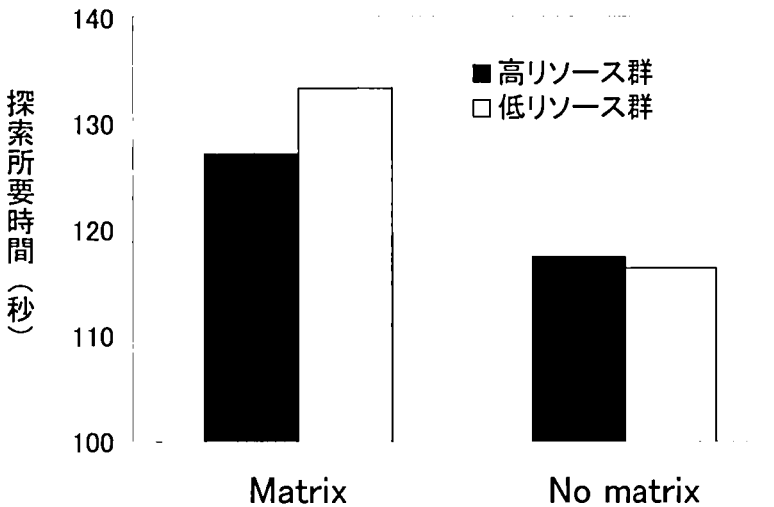


図4 リソースと2次的負荷の交互作用

### 2.3 結果

結果を図3と図4に示す。図3から明らかなように、コントロール条件（非類似条件）に比較して視覚的類似条件と音韻的類似条件のパフォーマンスは共に低下し、低下の程度は前者の方が大きい。このことは、視覚的探索課題の遂行にVSSPと音韻ループが同時に関与し、関与の程度はVSSPの方が相対的に大きいことを意味している。さらに2次的負荷がかかると、全体的なパフォーマンス低下が生じる。図4はそうしたパフォーマンス低下がリソースの高低とどのような関係にあるかを示すもので、低下の程度は高リソース群の方が相対的に小さい傾向にある。

探索所要時間をもとに3要因の分散分析を行った結果、類似性要因の主効果  $[F(2,68) =$



109.55,  $p < .001$ ] とマトリックスイメージ生成（負荷課題）の主効果 [ $F(1,34) = 44.21, p < .001$ ] はそれぞれ有意であったが、リソース要因の主効果は見られなかった。図4で示唆された高リソース効果は、リソース要因とマトリックスイメージ生成の間の交互作用として検出された [ $F(1,34) = 3.02, p < .10$ ]。

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、類似性については視覚的類似性の方が音韻的類似性よりも効果が大きい。負荷課題であるマトリックスイメージ生成については、全体としてみると探索時間の増加という形でパフォーマンスの有意な低下を引き起こしている。この負荷効果は類似性の次元（水準）を問わず有意であり（交互作用として  $p < .05$ ）、とくに視覚的類似条件と音韻的類似条件でその傾向が著しい（同  $p < .001$ ）。交互作用は類似性要因とリソース要因の間にも存在したが [ $F(2,68) = 3.15, p < .05$ ]、下位検定では類似性の各水準でのリソース効果は検出されなかった。交互作用はリソースの各水準で類似性の効果が有意であることによる。

## 2.5 考察

仮説1「視覚的探索課題において、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VSSPに負荷がかかる」に関しては、類似性要因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、視覚的類似性効果があることは文字探索にVSSPが関与していることを示し、音韻的類似性効果があることは、音韻ループが関与していることを示す。さらに、VSSPと音韻ループの相対的な関与の度合いは前者の方が統計的に後者よりも強い。したがって、この視覚的探索課題は中央実行系を含む下位システムを同時に作動させていること、下位システムのパフォーマンスについて相互比較ができる課題であることが分かる。

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、十分でないパフォーマンス低下を引き起こす」、換言すれば「高リソース群は低リソース群に比較して、全体としてのパフォーマンス低下が少ない」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現われ、2次の負荷（マトリックスイメージ生成）がかかった状態で低リソース群のパフォーマンスが低下した。このことは、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、仮説2は確認されたと言える。すなわちリソースには個人差があり（前提a）、それ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（前提b）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意味している。

仮説3と仮説4に関しては、すでに西本（2000）において構音抑制を使った検証が試みられている。結果は、音韻ループに選択的負荷をかける課題として設定された構音抑制は、音韻ループではなくVSSPのパフォーマンスに影響を及ぼした。中央実行系のリソースは音韻貯蔵ではなく構音抑制システムに配分され、その影響がリソースを必要とするVSSP作動時に顕著に現われたと推定される。

今回の実験の主目的はVSSPに選択的負荷をかけて、仮説5ならびに仮説6を検証することであった。「2次課題がVSSP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5）、ならびにVSSPに対する負荷課題が音韻ループにも影響することを仮定した仮説6は確証されたと考えられる。なぜなら、マトリックスイメージ生成の主効果が、全体的な探索時間の増加という形でパフォーマンスの有意な低下をもたらし、とくに視覚的類似条件と音韻的類似条件でその傾向が著しいからである。

以上の結果は、2次課題に構音抑制を用いた西本（2000）の結果と基本的に一致する。特に興味深いことは、読解能力と相関の高いリーディングスパンテストによって測定されたリソースがVSSPのパフォーマンスと関係している点である。構音抑制によるリソース消費はVSSPのパフォーマンスを低下させ、低下の程度はリソースが低いほど顕著であった。今回の実験においても、低リソース群ほどVSSPに対する負荷の影響を受けている。リーディングスパンは読解という領域特異的な性質だけでなく、視空間的領域をカバーする汎用性を有していることを示唆するものである。

### 3 まとめ

認知心理学における最近のトピックである作業記憶について、モデルの重要な構成要素である中央実行系のリソース配分とVSSPを解説するとともに、それらの機能を調べるための課題（視覚的探索課題）を提案し、それを使った実験結果を示した。

結果は、課題要求特性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が、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生じることを示している。今回の視覚探索実験では2次課題にマトリックスイメージ生成を用いた。これはVSSPに負荷をかける課題であり、構音抑制を使った先行実験（西本，2000）と基本的に同じ結果が得られた。中央実行系のリソース測定にリーディングスパンテストを用いたが、このテストは読解に限定された領域特異的な能力だけでなく、視空間能力も包含する全体的な理解力を反映していることが示唆された。

今後は、ランダム数列生成などを使って中央実行系に直接負荷をかけた場合の下位システムのパフォーマンス変動、視空間能力の測度とされる空間スパンテストでリソースを定義した場合の

配分方略を調べる必要がある。

## 謝辞

本論文の執筆に当たり、松永充代氏の2000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.
- 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, pp. 89-195. New York: Academic Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. 1971 The control of short-term memory. *Scientific American*, **225**, 82-90.
- Baddeley, A. D. 1966 The capacity for generating information by randomization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **18**, 119-130.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. 1974 Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 8, pp. 47-90. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Lieberman, K. 1980 Spatial working memory. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII*, pp. 521-539. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. 1990 *Human memory: Theory and practice*. Hove, UK: Erlbaum.
- Brooks, L. R. 1967 The suppression of visualization by reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **19**, 289-299.
- Brooks, L. R. 1968 Spatial and verbal components in the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, **22**, 340-369.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. 1972 Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **11**, 671-684.
- 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., & Green, I. 1986 Individual differences in comprehending and producing words in context. *Journal of Memory and Language*, **25**, 1-18.
- Daneman, M., & Tardif, T. 1987 Working memory and reading skill reexamined. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading*, pp. 491-508. Hove, UK: Erlbaum.
- Hitch, G. J., Halliday, M. S., Schaafstal, A. M., & Schraagen, J.M.C. 1988 Visual working memory in young children. *Memory and Cognition*, **16**, 120-132.
- Hue, C., & Ericsson, J. R. 1988 Short-term memory for Chinese characters and radicals. *Memory and Cognition*, **16**, 196-205.
- Just, M., & Carpenter, P. 1992 A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, **99**, 122-149.
- Logie, R. H. 1986 Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **38A**, 229-247.
- Logie, R. H., & Salway, A. F. S. 1990 Working memory and modes of thinking: A secondary task approach. In K.

Gilhooly, M. Keane, R. Logie, & G. Erds (Eds.), *Lines of thinking: Reflections on the psychology of thought*, Vol. 2, pp. 99-113. Chichester: Wiley.

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(2)**, 157-168.

西本武彦 2000 作業記憶における容量配分方略. 早稲田大学大学院文学研究科紀要, **45(1)**, 27-39.

李阪満里子・李阪直行 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.