

認知心理学における中央実行系概念の変遷

齊藤 智*

Key Words : 認知心理学, 作動記憶, 中央実行系, リソース, 制御機能
cognitive psychology, working memory, central executive, resources, executive functions

中央実行系 (central executive) は、現在の作動記憶研究の中心的テーマの一つである。一方で、この概念はとらえにくく、その多義性と曖昧性は作動記憶概念の混乱の原因でもある。中央実行系は、もともと情報の処理と保持にリソースを供給するリソース・プールとして誕生したが、次第に純粋な情報制御システムとして位置づけられるようになってきた。この概念がとらえにくいのは、良く言えば成長を続けているためで、それ自身が変化のプロセスにあるからである。本稿では、中央実行系概念の理論的変遷を追うとともに、その概念の変化が、作動記憶システム全体のモデリングにも影響を与えてきていることを示す。その中で、中央実行系が担うとされている制御機能 (executive functions) に関する最近の研究を紹介し、今後の中央実行系および作動記憶研究の方向性を考える。

1. 作動記憶と中央実行系

作動記憶 (working memory) とは、さまざまなかつては認知課題の遂行中に一時的に必要となる情報保持機能のことを指す。また、この機能を実現しているメカニズムやそれを支えるシステムを指すこともある。類似した概念である短期記憶 (short-term memory) は、同じく一時的な情報の保持機能を担うが、それは短期性の記憶課題の遂行を説明する概念であり、記憶以外の認知過程を説明するための作動記憶とはそのターゲットとなる現象が異なる。作動記憶は、記憶過程にのみ焦点を当てているのではなく、認知過程全体の中に位置づけられた記憶機能を強調しているのである。ただし、作動記憶と短期記憶の機能を支えているそ

れらのシステムは、かなりオーバーラップしていると考えてよい。したがって、これら二つの記憶概念は、機能的なレベルでは異なるといえるが、システム構造のレベルでは類似しているということができる (三宅・齊藤, 2001)。

中央実行系 (central executive) とは、よく知られた Baddeley (1990) の作動記憶モデルの中で、制御機能 (executive functions) を担うとされているサブシステムである。Baddeley のモデルには、この中央実行系の他に、音韻ループ (phonological loop) と視空間的記録メモ (visuo-spatial sketch pad) という二つのサブシステムの存在が仮定されている。音韻ループは音韻的な形式で情報を系列的に保持し、視空間的記録メモは映像的・空間的な形式で情報を保持する。中央実行系は、これら二つのサブシステムの調整

* 京都大学大学院教育学研究科教育認知心理学講座 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町) Satoru Saito : Department of Cognitive Psychology in Education, Graduate School of Education, Kyoto University. Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan.

The central executive : A concept and its variants in cognitive psychology

や注意の焦点化と切り替え、ならびに情報の更新といった、制御機能を担うと考えられている。Baddeley のモデル以外にも作動記憶のモデルはあるが、領域固有の保持システムに加え、情報制御機能を担うシステムを備えたモデルの構成は、広く受入れられるようになってきている（たとえば、Cowan, 1999；Engle, et al, 1999）。本論文では、Baddeley & Hitch (1974) の作動記憶モデルから出発し、1990 年代の理論的混乱期を経て現在に至るまでの中央実行系概念の変遷を追う。続いて中央実行系に関する最近の研究動向を簡単に紹介し、その流れに影響を受けた Baddeley の新しい作動記憶モデルを紹介する。その中で今後の中央実行系および作動記憶研究の方向性を示したい。

2. リソース・プールとしての中央実行系

認知心理学において作動記憶の研究が本格的に開始されたのは、Baddeley & Hitch (1974) の論文 “Working Memory” が *The Psychology of Learning and Motivation* 誌に公刊されて以降である。その巻の編者である Gordon H. Bower が彼らに執筆を依頼したことがこの論文のはじまりであるが、Alan D. Baddeley と Graham J. Hitch は依頼を受けるかどうか悩んだという。理由は、“自分たちのモデルがまだまだ不十分であり、改善の余地があったから” である。一方で、“とてもよい機会だったので、逃すのには惜しく、結果的に依頼を受けることにした (Baddeley & Hitch, 2001)”。たしかに、彼らのモデルには不十分なところが多く、その後の研究によって何度も改定された。そして現在でもまだ改定され続けている（たとえば、Baddeley, 2000）。Baddeley & Hitch (2001) は言う “もし、あの時、まだ不十分であるという理由で出版を待ったとしたら、われわれは今でもまだ待っているだろう” と。

Baddeley & Hitch (1974) のモデルの中心的概念でありながら、理論的なレベルでも実証研究の観点からも最も不十分であったのが中央実行系である。その後の研究の混乱を招き、一方で、多

くの理論的な展開を導いたこの概念は、当初、情報の処理と保持に割り振ることのできるリソース・プールとして想定されていた。その基盤となる証拠は、処理活動と保持活動の間にトレード・オフが起こるという実験データであった。まず、その実験を紹介しよう。

約 40 ページにわたる Baddeley & Hitch (1974) 論文には 10 の実験が含まれているが、そのうち最初の四つの実験が、有名な言語的推論課題 (verbal reasoning task) を用いたものである。この課題では、たとえば、“A is preceded by B-AB” がスクリーン上に提示され、被験者は、右側にある二つの文字（ここでは A と B）の関係が、左側の命題によって表現されているものと一致しているか否かを判断する。反応は、“True” か “False” のボタン押しによってなされ、反応の正誤と反応までの時間が記録された。命題は、受動態か能動態であり、また、肯定文か否定文であった。さらに動詞には precede か follow が用いられ、8 種類の命題がそれぞれ 4 文、合計 32 文、ランダムな順序で提示された。Baddeley & Hitch は、こうした言語的推論課題の遂行に、すなわち、命題から A と B の関係を読み取る際に、作動記憶が必要であると考えた。

この仮説を検証するためには、作動記憶を言語的推論課題以外のことにつけて用いなければならないような実験事態のもとで、この課題の成績を検討すればよい。具体的には、数桁の数字系列を覚えるという記憶課題を行いながら、同時に言語的推論課題を遂行することを被験者に求めるのである。もし、ここで用いられた言語的推論課題の遂行に作動記憶が必要であるのならば、記憶に負荷をかけた状態では、課題成績が低下するはずである。Baddeley & Hitch (1974) の実験 2 では、このような記憶負荷の手続きを用いて、情報の処理と保持のトレード・オフを示している。

記憶負荷 (memory load) 条件と統制 (control) 条件では、いずれも、言語的推論課題と記憶課題が課せられていたが、二つの条件では、言語的推論課題と記憶課題の時間的関係が異なっていた。統制条件では、被験者は記憶課題を遂行しそれを終了したのちに言語的推論課題に従事す

表1 Baddeley & Hitch(1974, 実験2)の結果

	推論時間(秒)		記憶成績(Max=6)	
	統制条件	記憶負荷条件	統制条件	記憶負荷条件
両課題強調	3.27	3.46	5.5	3.7
記憶課題強調	2.73	4.73	5.8	5.0

る。一方、記憶負荷条件では、数字系列の記憶を求める前に（すなわち記憶負荷のもとで）言語的推論課題に従事することになる。このような二重課題法 (dual-task method) を用いた実験では、通常、被験者は“どちらの課題も同じように重要である”と教示されるが、Baddeley & Hitch (1974) の実験2では、このような教示を受ける両課題強調群 (equal stress) の被験者とは別に、もう一つ別の被験者群 (memory stress, 記憶課題強調群) を設定し、“記憶課題の成績が一定以上でなければ、言語的推論課題の成績は評価されない”という教示を与えた。

表1からわかるように、両課題強調群では、記憶負荷の推論課題遂行時間への影響はみられないが、記憶負荷条件の記憶成績が統制条件のものとくらべて低い。一方、記憶課題強調群では、記憶負荷条件の記憶成績が統制条件と同等にまで改善するが、記憶負荷条件の推論時間は統制条件とくらべて有意に長くなっている。重要な点は、推論課題の遂行成績に記憶負荷が影響を及ぼしていること、記憶課題と推論課題の間には、トレードオフの関係が成立していることの2点である。このことから、Baddeley & Hitch (1974) は、処理活動（言語的推論）と情報の保持活動に共通の作動記憶システムの存在を仮定し、特に、中央実行系 (central executive) というサブシステムを、リソース・プールシステムとして考案した。さらに、処理と保持へのリソースの割り振りは、比較的柔軟に制御できることから、そうした制御機能もまた中央実行系が担うものとして仮定されていた。

こうした実験結果に加え、Baddeley & Hitch (1974) の実験1では、記憶負荷の量が小さい場合には（2文字の記憶など）、推論課題の成績は低下しないことも示されていた。そのため、彼ら

は、比較的少ない情報を保持できる、中央実行系から独立して機能するサブシステムも作動記憶システムに加えた。それらが音韻ループと視空間スケッチパッドである。

3. リソース・プール概念の展開

リソース・プールとしての中央実行系（作動記憶）の概念は、Daneman & Carpenter (1980) が考案した RST (reading span test) の登場によって大きく飛躍することになる。Baddeley & Hitch (1974) によって用いられた二重課題法とならんで、RST は作動記憶研究の有益な研究道具として広く普及している。RST はもともと、読みにおける作動記憶の容量を測定するために開発されたもので、このテストの得点は、読みの理解や速度といった言語処理成績ではなく、記録単語の再生による記憶成績から算出される。それにもかかわらず、この得点が読み能力テストの成績と高い相関を示すことから、RST は実際の読み過程に必要となるような作動記憶の容量をうまく測定していると考えられてきた。

RST だけでなく、その変型版である計数スパン (counting span; Case, Kurland, & Goldberg, 1982), 演算スパン (operation span; Turner & Engle, 1989), 空間スパン (spatial span; Shah & Miyake, 1996) などのいわゆる作動記憶スパン課題は、その課題成績が作動記憶容量を反映していると考えられており、それらの指標は、相関分析や重回帰分析といった個人差分析の対象となることが多い。これらのスパン課題の特徴は、関連情報の保持（たとえば、各文の最後の単語）と同時に、何らかの処理活動（文の音読や正誤判断など）が要求されるという点にあり、情報を単に保持することが中心の短期記憶課題（たとえば、

数唱範囲) とは異なっている (Daneman & Merikle, 1996 を参照: RST の実施方法やスコアリング方法については、齊藤・三宅 (2000) に詳しい)。

こうした処理と保持を同時に求める課題の誕生の背景には、処理と保持が共通のリソース・プールに依存しているという考えがあったといえよう。Daneman & Carpenter (1980) の仮説の中心にもそのような“リソースの共有”という考えがみられる。さらにこの考えは、さまざまな認知課題における発達的変化を説明しようとした Case (1974, 1985) の M space (心的空間) の概念にも影響を受けている。Case の仮説によれば、すべての心的活動は、限界のあるリソース・プール、すなわち M space で行われる。さまざまな心的動作（処理）を行った後に残された空間は、そうした操作の結果や長期記憶から検索された情報の保持に割り当てられるのである。そして、その心的動作は子どもが発達するにつれて効率がよくなるので、それにともなって記憶に割り当てる空間が多くなり、結果的に記憶範囲は発達的に増加すると仮定されている (Case, et al, 1982)。

Daneman & Carpenter (1980) はこの考えを成人の RST 得点の個人差に適用したのである。読みなどの処理過程と単語を覚えておくという保持過程が、共通のリソース・プールに依存してその機能を実現しているとすると、RST のように処理と保持を一度に要求するような課題では、処理が効率よく行われるとそれだけ多くのリソースを単語の保持のために用いることができるが、一方、処理の効率が悪いと（つまり、処理に多くのリソースを使ってしまうと）保持のためのリソースが減り、覚えられる単語の数も少なくなるというような、処理と保持のトレード・オフの関係が成立つのである。この Daneman & Carpenter (1980) のトレード・オフの考え方は、その後、Just & Carpenter (1992) の言語理解における作動記憶のモデルに受け継がれることになるが、RST の急速な普及によって多くの研究者に受け入れられることになると同時に、いくつかの理論的な対立も生むことになった (Miyake, 2001 を

参照)。

4. 情報制御システムとしての中央実行系

先に述べたように、中央実行系は処理と保持にリソースを供給し、さらにリソースの配分や種々の情報処理を制御するといった役割を担っていると考えられてきた。そして、特にそのリソース・プールとしての役割は、RST の登場によって後押しされ、作動記憶の一つの大きな特徴としてとらえられるに至った。

処理と保持を支え情報を制御する中央実行系は、何でもこなす、いわば“万能システム”である。認知システムの中にそのような“全能の神”を設定すると、どのような現象でもうまく説明できる（ように一見すると思われる）。認知システムの他の仮説構成体によって説明できない現象は、“中央実行系がやっている”といえばよいからである。しかし、このような万能システムは、理論的にはまったく無益であり、このシステムによる説明は、何も説明していないのと同じである。

われわれが知りたいことは、ある認知現象がどのようにして生起しているのかということである。人間という認知システムの中にどのようなメカニズムが存在し、どのように機能しているのかを調べるのが認知心理学の仕事である。この営みの中で、ある現象を“中央実行系がやっている”と説明することは、人間の中に中央実行系という“小さな人間”を想定し、それでもって説明を回避することと同じである。事実、作動記憶研究の初期には、説明を回避するという目的にとって中央実行系は役立っていた (Baddeley, 1996)。しかしながら、このような“小人問題 (homunculus problem)”は、研究の進展にともない解消される必要があった。

こうした理論的な理由から、Baddeley (1993) は中央実行系から保持機能を取り除いた。彼が、領域固有の情報処理（単語認知など）も取り除き、純粋な情報制御システムとして中央実行系を位置づけようとしたことから、現在、中央実行系

は制御機能を担うシステムであるという認識が定着しつつある。制御機能とは、具体的には、特定の情報に注意を向ける、特定の情報処理を抑制する、注意を切り替える、情報を更新する、などの機能である。これら複数の機能がどのように関係しているのかあるいはないのかについては検討の必要がある。例えば、情報の更新には、新しい情報へ注意を切り替えると同時に、古い情報を抑制するという機能が求められるのかもしれない。このように、一見すると異なる機能が、その実現過程では類似の機能から構成されるという可能性があり、後述するように、この点については、概念的・実証的検討が不可欠である。

一つ留意しておく必要のあることは、情報制御の機能は、従来の短期記憶モデルにも組み込まれており（例えば、Atkinson & Shiffrin, 1968），決して新しい考え方ではないということである。ただし、種々の認知活動の中で必要となる記憶機能（すなわち作動記憶機能）を実現するために、かなり複雑な情報制御が求められることになるので、制御機能は、現在の作動記憶研究の中心的テーマであり、理論的にも大きく展開しているのである（Baddeley, 1996；三宅・齊藤, 2001）。

5. 中央実行系研究の最近の動向

情報制御システムとしての中央実行系概念が定着したことによって、これまで手を付けることができなかったこの分野の研究に進展が見られはじめた。最近の研究による大きな収穫の一つは、中央実行系の担う制御機能が単一ではないことが合意されるようになってきたことであろう。

Miyake, et al (2000) は、数ある制御機能の中から特に重要であると考えられている情報の更新機能 (updating), 抑制機能 (inhibition), 課題スイッチ機能 (switching) の三つを取り上げ、これらの関係を共分散構造分析（あるいは潜在構造分析 latent variable analysisともいう）を用いて検討した。その結果、三つの制御機能は、潜在変数のレベルで中程度の相関を示したが、互いに分離した機能であるととらえることが可能で

あった。彼らの研究から示された特に重要な結果は、ウィスコンシンカード分類検査（Wisconsin card sorting test : WCST）やハノイの塔課題（Tower of Hanoi task）といった、いわゆる前頭葉課題の成績が潜在変数と異なる相関のパターンを示したことであった。また、中央実行系の機能を反映していると考えられ、頻繁に用いられている乱数生成課題（random number generation task ; Baddeley, et al, 1998 ; Towse, 1998）の成績は、ランダムさを評価する指標によって、潜在変数との相関パターンが異なるということも示されている。ランダムさの多数の指標を用いて主成分分析を行うと、複数の因子が抽出されるということはすでに知られていたが（Towse & Neil, 1998），Miyake, et al (2000) は、ランダムさの“prepotent associates 因子”と“equality of response usage 因子”が、それぞれ抑制機能と情報の更新機能と強く結びついていることを示した。こうした一連の結果は、中央実行系の担う制御機能が、単一のものではないことを示すとともに、いくつかの“制御機能課題 (executive function tasks)”の遂行が異なる制御機能によって支えられていることを示唆するもので、理論上大きなインパクトをもつだけでなく、これらの課題成績の解釈という実用的な場面でも重要な意味を持つ。

こうした実証的検討によって、現在では、複数の制御機能の存在が認められているものの、これらの機能が実際にどのような仕組みから生まれてくるのかについてはまったくといってよいほど知られていない。そもそも、制御機能それ自体を独立した機能として仮定する必要があるのかどうかについて、いまだ議論が絶えない。たとえば Towse & Houston-Price (2000) は、これまでの作動記憶研究のなかで中央実行系が担うとされてきたいくつかの機能について理論的な考察を行い、単にある機能が存在するということを示すだけでなく、それらの機能を示していると考えられてきた実験結果を、いくつかの可能性から再検討することの重要性を指摘している。場合によっては、当該の機能は、より下位の単純な機能の相互作用から副次的に生まれてきているだけである可

能性もあるのである。事実、Baddeley 自身は中央実行系の機能が創発的 (emergent) に生まれてくるものであってもかまわないと考えており、そのような可能性は、Barnard (1999) の ICS (Interacting Cognitive Subsystems) モデルによる分散型ネットワークなどによって示されている。

6. エピソード・バッファ

Baddeley (1990) の作動記憶モデルには、中央実行系の他に、音韻ループと視空間的記録メモという二つのサブシステムの存在が仮定されていることをすでに述べた。この3部門構成のモデルに、最近、第4のサブシステムとして、エピソード・バッファ (episodic buffer) が加えられた (Baddeley, 2000)。このサブシステムの提案は、作動記憶モデルにおける中央実行系概念の理論的変遷と深く関わっているだけでなく、今後のモデルの展開に大きく影響を与えると考えられるので、ここで簡単に紹介することにする。

Baddeley の初期のモデルでは、音韻ループと視空間的スケッチパッドにそれぞれ音韻情報と視空間的情報が保持されるだけでなく、中央実行系が保持活動にリソースを供給することで、その他のタイプの情報が保持される可能性が残されていた。しかし、先に述べたように、理論的な理由から中央実行系から情報保持機能が取り除かれた。そのため、Baddeley の作動記憶モデルは、二つの種類（音韻、視空間）の領域固有の情報を保持するだけで、その他のタイプの情報（たとえば複数の情報源からの統合情報）の保持を支える仕組みを失ってしまった。さらに、音韻ループの容量を超えるような言語情報の保持がどのようになされるのかも明確ではない。そのため、これまでの Baddeley のモデル（たとえば Baddeley & Logie, 1999）では、たとえば散文記憶 (prose recall) の実験結果などをも説明できなかったのである (Baddeley, 2000)。

エピソード・バッファは、長期記憶からの情報や他のサブシステムからの情報を統合し、多様相

的な表象を一時的に保持するシステムであると考えられている (Baddeley, 2000)。このシステムを提案することで、これまで保持することが想定できなかったタイプの情報を作動記憶システムで扱うことが可能になり、これまでのモデルの弱点が克服されることになった。またこのシステムは、概念的には長期作動記憶 (Long-term working memory ; Ericsson & Kintsch, 1995) や仮想短期記憶 (virtual short-term memory ; Cowan, 1999) のような働きを持つものであると想定されており、作動記憶に関するその他のモデルと Baddeley のモデルを橋渡しする役割を担うのではないかという展望も見える。

もちろん、この新しいモデルには不明確な点も多く問題が残っている。たとえば、エピソード・バッファと他の二つのサブシステム（音韻ループと視空間的スケッチパッド）の境界はどのくらい明確なのか、また、エピソード・バッファと長期のエピソード記憶は完全に分離しているのかについて、きちんとした議論はなされていない (Baddeley, 2000)。また、エピソード・バッファの提案が、これまでの3部門構成のモデルの時にはなかった新たな理論的問題を引き起こす可能性も指摘されている (Andrade, 2001)。したがって、エピソード・バッファが、認知心理学の中でこれからどのように受け入れられていくのかは現時点ではまだ分からぬ。しかしながら、中央実行系概念の変遷の中で産み落とされたこのエピソード・バッファの成長が、今後の作動記憶研究に大きなインパクトを持つ可能性は高く、このサブシステムと作動記憶をめぐる新たな議論が展開していくことが期待される。

7. 結 語

作動記憶モデルとともに誕生したリソース・プールとしての中央実行系の概念から、純粋な情報制御システムとしての中央実行系の概念まで、その理論的変遷をたどってみた。中央実行系が理解しにくく、誤解の多い概念であるのは、もともとの定義が曖昧であったことに加え、この概念が

大きく変化してきたという歴史的な事情もあるようと思われる。一方で、この変化のプロセスの中で多くの優れた研究が生み出されてきたこと、それらが認知心理学的な作動記憶研究の発展に大きな影響を与えてきたことも事実である。

筆者は、中央実行系の概念的な整理の段階は終わりに近づいてきたと感じている。情報制御システムとしての中央実行系の概念は、現在の多くの作動記憶研究者に受け入れられており、制御機能の詳細なメカニズムと、その情報保持機能との関係についての本格的な検討が、今、世界各地で着実に進行しているからである。

付記 本論文の執筆は、科学研究費補助金（課題番号 14710082）によって支援された。

文 献

- 1) Andrade J : The working memory model : Consensus, controversy, and future directions. In Working memory in perspective (Ed. by Andrade, J.). Psychology Press, Hove, 2001, pp. 281-310.
- 2) Atkinson RC & Shiffrin RM : Human memory : a proposed system and its control processes. In The psychology of learning and motivation Vol.2 (Ed. by Spence KW). Academic Press, New York, pp 89-195, 1968.
- 3) Baddeley AD : Human memory : theory and practice. Psychology Press, Hove, 1990.
- 4) Baddeley AD : Working memory or working attention? In Attention : selection, awareness, and control (Eds. by Baddeley AD & Weiskrantz L). Oxford University Press, Oxford pp 152-170, 1993.
- 5) Baddeley AD : Exploring the central executive. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49 A : 5-28 (1996)
- 6) Baddeley AD : The episodic buffer : A new component of working memory? Trends in Cognitive Sciences, 4 : 417-423, 2000.
- 7) Baddeley AD & Hitch GJ : Working memory. In The Psychology of learning and motivation Vol. 8 (Ed by Bower G). Academic Press, New York, pp 47-90, 1974.
- 8) Baddeley AD & Hitch GJ : Foreword. In Working memory in perspective (Ed by Andrade J). Psychology Press, Hove, pp xv-xix, 2001.
- 9) Baddeley AD & Logie RH : Working memory : the multiple component model. In Models of working memory : mechanisms of active maintenance and executive control (Eds by Miyake A & Shah P). Cambridge University Press, New York, pp 28-61, 1999.
- 10) Baddeley AD, Emslie H, Kolodny J, et al : Random generation and the executive control of working memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 51 A : 819-852, 1998.
- 11) Barnard PJ : Interacting cognitive subsystems : modelling working memory phenomena within a multi-processor architecture. In Models of working memory : mechanisms of active maintenance and executive control (Eds by Miyake A & Shah P). Cambridge University Press, New York, 298-339, 1999.
- 12) Case R : Mental strategies, mental capacity, and instruction : A neo-Piagetian investigation. Journal of Experimental Child Psychology, 18 : 382-397, 1974.
- 13) Case R : Intellectual development : Birth to adulthood. Academic Press, New York, 1985.
- 14) Case R, Kurland DM, & Goldberg J : Operational efficiency and the growth of short-term memory span. Journal of Experimental Child Psychology, 33 : 386-404, 1982.
- 15) Cowan N : An embedded-processes model of working memory. In Models of working memory : mechanisms of active maintenance and executive control (Eds Miyake A & Shah P). Cambridge University Press, New York, pp 62-101, 1999.
- 16) Daneman M & Carpenter PA : Individual differences in working memory and reading. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19 : 450-466, 1980.
- 17) Daneman M & Merikle PM : Working memory and language comprehension : A meta-analysis. Psychonomic Bulletin & Review, 3 : 422-433, 1996.
- 18) Engle RW, Kane MJ, Tuholski SW : Individual

- differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In Models of working memory : mechanisms of active maintenance and executive control (Eds Miyake A & Shah P). Cambridge University Press, New York, pp 102-134, 1999.
- 19) Ericsson KA & Kintsch W : Long-term working memory. Psychological Review, 102 : 211-245, 1995.
- 20) Just MA & Carpenter PA : A capacity theory of comprehension : individual differences in working memory. Psychological Review, 99 : 122-149, 1992.
- 21) Miyake A : Individual differences in working memory : Introduction to the special section. Journal of Experimental Psychology : General, 130 : 163-168, 2001.
- 22) 三宅 晶, 齊藤 智 : 作動記憶研究の現状と展開. 心理学研究, 72 : 336-350, 2001.
- 23) Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, et al. : The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks : A latent variable analysis. Cognitive Psychology, 41 : 49-100, 2000.
- 24) 齊藤 智, 三宅 晶 : リーディングスパン・テストをめぐる 6 つの仮説の比較検討. 心理学評論, 43 : 387-410, 2000.
- 25) Shah P & Miyake A : The reparability of working memory resources for spatial thinking and language processing : An individual differences approach. Journal of Experimental Psychology : General, 125 : 4-27, 1996.
- 26) Towse JN : On random generation and the central executive of working memory. British Journal of Psychology, 89 : 77-101, 1998.
- 27) Towse JN & Houston-Price CMT : Reflections on the concept of the central executive. In Working memory in perspective (Ed by Andrade J). Psychology Press, Hove, pp 240-260, 2001.
- 28) Towse JN & Neil D : Analyzing human random generation behavior : A review of methods used and a computer program for describing performance. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 30 : 583-591, 1998.
- 29) Turner ML & Engle RW : Is working memory capacity task dependent? Journal of Memory and Language, 28 : 127-154, 1989.