

Title	ワーキングメモリモデルの再検討：神経心理言語学の立場から
Author	井狩, 幸男
Citation	人文研究. 55 巻 7 号, p.1-10.
Issue Date	2004-03
ISSN	0491-3329
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学大学院文学研究科
Description	

Placed on: Osaka City University Repository

ワーキングメモリモデルの再検討 — 神経心理言語学の立場から —

井 狩 幸 男

1. はじめに

1980年代の後半から1990年代にかけて、ワーキングメモリと呼ばれる新しい記憶システムの実体を明らかにするための実証的な研究が行われるようになって来ている。また、1990年代の後半からは、言語理解・言語産出とワーキングメモリの関係に関する実証的な研究が増えてきている。本論文は、このような流れを踏まえつつ、神経心理言語学の立場から、最近のワーキングメモリのモデルでも捉え切れていない部分があることを指摘し、代替モデルの構築を目指して、ワーキングメモリについて再検討することを目的とする。

2. ワーキングメモリの概要

本章では、ワーキングメモリの定義、先行研究、特徴を扱い、ワーキングメモリについての全体像を明らかにしていくことにする。

2.1 ワーキングメモリとは

言語産出並びに言語理解の際に、記憶を有効に利用していることは経験的に分かっている。認知心理学の研究分野においても、以前は、短期記憶と長期記憶の観点から言語処理過程が説明されていた。ところが、Baddeley (1986) 以来、言語処理過程をワーキングメモリを使って説明しようとする流れが少しずつ増えてきている。このワーキングメモリは、短期記憶や長期記憶のような単独で機能するものではなく、一つのシステムと考えられ、具体的には、次のように図式化されている。

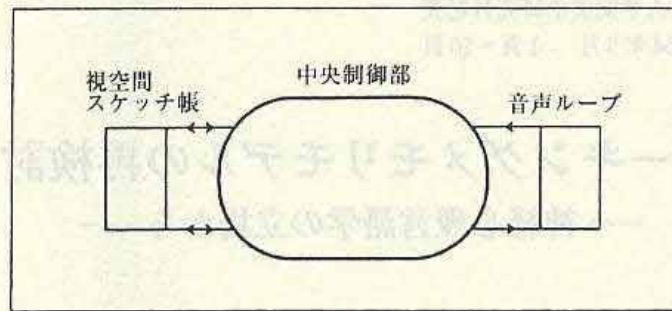


図1 ワーキングメモリの初期モデル

また、苧坂 (2000) は、ワーキングメモリについて、次のように述べている。

ワーキングメモリ (working memory) は作業記憶あるいは作動記憶とも呼ばれ、近年その高次認知に果たす重要な役割が認識されるようになってきた。ワーキングメモリのかかわる分野は非常に多様で裾野も広い。私たちが営んでいる毎日の生活が無駄なくなめらかに進行しているのは、まさにワーキングメモリのはたらきのおかげである。しかしその定義は必ずしも明確ではない。例えば動物とヒトではワーキングメモリについての考え方に違いがあるし、またヒトの場合でもワーキングメモリに高次な心的機能を含めるか表象の保持の機能に限定するかによっても異なる。注意や意識との関わりについては未だ手つかずの状態であるといつてよい。...

ワーキングメモリを明確に定義することは現時点では困難であるが、次のような合意はあるように思われる。すなわち、ワーキングメモリは「目標志向的な課題や作業の遂行にかかわるアクティブな記憶」だということである。またワーキングメモリは容量制約的環境ではたらき、そこには情報が時間的制約のなかで統合されるはたらきが含まれる。

2.2 言語処理とワーキングメモリの関係に関する先行研究

ワーキングメモリという概念が最初に使用されたのは、Miller, Galanter, and Pribram (1960) の *Plans and the Structure of Behavior* と言われているが、現在に至るワーキングメモリの研究は、先述の Baddeley (1986) において、図1のワーキングメモリモデルが示されてからということになる。その後、多くの研究者によって、様々な観点からワーキングメモリについて検討がなされている。Just and Carpenter (1992) は、3 CAPS (Capacity Constrained Current Activation-based Production System) モデルを提案し、言語に関係するワーキングメモリの容量が、言語処理過程において制約として機能しているという見解を示している。Ericsson and Delaney (1999) は、ワーキングメモリを長期記憶の観点から検討し、Barnard (1999) は、ワーキングメモリとその下位モジュールから成る分散型モデルを提唱し、Engle, Kane and Tuholski (1999) は、注意との関連でワーキングメモリを考察している。また、Friedman and Miyake (2000) は、サブシステムとして状況モデルを組むことにより、読解過程を説明しようとしている。Baddeley (2000) は、長期記憶を考慮し、エピソード・バッファを追加した新たなモデルを構築している。日本においても、苧坂 (2000) や苧坂 (2002) に見られるように、ワーキングメモリに関する包括的な研究や実証的な研究が行われている。

2.3 ワーキングメモリの特徴

上述のように、ワーキングメモリのモデルについては、それを実証するために数多くの実験が行われ、その結果に基づき、様々なモデルが構築されているが、なかなか共通項の部分が見えにくい。そこで、ここでは、ワーキングメモリのモデルに関する共通的な特徴を探ることにする。三宅(2000)では、自ら行った調査結果が扱われている。まず三宅氏は、ワーキングメモリのモデルの提唱者に対して、次の8項目について尋ねている。

- (1) ワーキングメモリの基本的メカニズム(符号化、保持、検索など)と表象
- (2) ワーキングメモリにおける情報のコントロール(つまり、制御機能の位置付け)
- (3) ワーキングメモリの単一性、非単一性
- (4) ワーキングメモリの容量制限の要因
- (5) 複雑な認知活動におけるワーキングメモリの役割
- (6) ワーキングメモリの長期記憶や知識との関係
- (7) ワーキングメモリの注意や意識との関係
- (8) ワーキングメモリの生物学的、神経学的基盤(つまり、脳との関係)

上記の質問に対して、三宅氏は、以下のような同意点が認められるとしている。但し、以下の番号は、上記の番号と符合するものではない。

- 同意点1 ワーキングメモリは、構造的に分離した「箱」や「場所」でない。
- 同意点2 ワーキングメモリの保持機能は、複雑な認知活動を支えるためのものである。
- 同意点3 制御機能(または実行機能)は、ワーキングメモリにとって不可欠である。
- 同意点4 ワーキングメモリの容量制限は、複数の要因の影響を受けている。
- 同意点5 ワーキングメモリを完全に単一的なものとする見方には問題がある。
- 同意点6 ワーキングメモリの課題遂行に、長期記憶が深く関与している。

このことから、ワーキングメモリに関するモデルにおける違いを超えた共通の部分が見えてくる。即ち、ワーキングメモリとは、それ自体が一定の容量を持ち、長期記憶とも密接に関係するシステムであり、同時に他のシステムとも相互的に作用するという姿が、浮き彫りになる。

3. ワーキングメモリに関するモデルの問題点

ワーキングメモリは、この約20年間に様々な角度から検討され、繰り返し実験が行われるなかで、様々なモデルが提唱されると同時に、個々のモデル自体が洗練されたものになってきている。しかし、その一方で、言語獲得過程で観察される言語現象からは、最近のワーキングメモリのモデルでも説明できない問題がいくつかあるように思われる。ここでは、その問題点の中から、言語情報の処理方略と意味の扱いについて考察することとする。

3.1 言語処理方略について

一般に、幼児は、12ヶ月で一語期、18ヶ月で二語期、24ヶ月で三語期、それ以降は多語期、という言語発達段階を経て母語を獲得することがよく知られている。この12ヶ月から18ヶ月の間の一語期と二語期の言語発達を観察していると、言語表現の中に、成人の文法を基準とした場合に、複数の語で構成されていると考えられる表現が含まれていることがある。これは、この時期の幼児には、語という概念がなく、音声とそれによって表される意味を結びつけて言葉を覚えようとすえる際に、全体を一つの固まりとして捉える能力が生得的に備わっていると考えられるためである。これに関して、井狩（1993）は次のように考察している。

一語期や二語期の言語発達段階での幼児の言語に対する処理方法は、Peters（1983）で観察されている14カ月の男児 Minh の発話 [ˈʌsəː], [dʊkədəː], [ˈoʊ?ɔː], [ˈɒbədədɛ] (what's that, look at that, uh-oh!, open the door) から考察されるように、分析的というよりはむしろ包括的である。それに加えて、幼児の発話はかなり場面に依存し、場面と発話が一体化している。

また、幼児が言語を発達させるためには、上述の全体処理方略だけでなく、分析処理方略を使うことができるようになることが必要不可欠である。英語の不規則動詞の獲得過程において、過剰一般化と呼ばれる言語現象が観察されている。たとえば、それまで went と言っていた子が、急に goed を使い出す。この現象は、英語を母語として獲得する全ての幼児に起こるものではなく、確率からすると三分の一から四分の一と言ってよいが、このような現象が見られるのは、大体三歳から五歳の間で、それよりも以前に起こることはほとんどない。これは、全体処理方略とは別に分析処理方略を使うことができるようになる時期と関係しているのではないかと筆者は考える。

さて、上では発達の観点から言語処理方略を検討したが、同様のことが、共時的な視点から成人の言語処理に関しても言える。河野（2001）は、リスニングの処理過程において、この二つの言語処理方略が作用していることを実験により実証し、次のような洞察を行っている。

また、全体的音声処理機構と分析的音声処理機構は心理学的に異質の機構なのだから、この2つの機構は同時並行的に作動することができる。すなわち、全体的音声処理機構である音声刺激を7±2音節あたりで区切りながら、瞬間的に知覚し、それを直接記憶にごく短時間保持する一方で、その記憶された chunking unit を分析的音声処理機構が解析していくことが可能で、このお陰で listening ができるのである。

それではここで、本節で検討した全体処理方略と分析処理方略について、ワーキングメモリのモデルで説明可能かどうか検討する。先行研究でも述べた Baddeley（2000）は、新たにエピソード・バッファを追加した次のようなモデルを提案している。

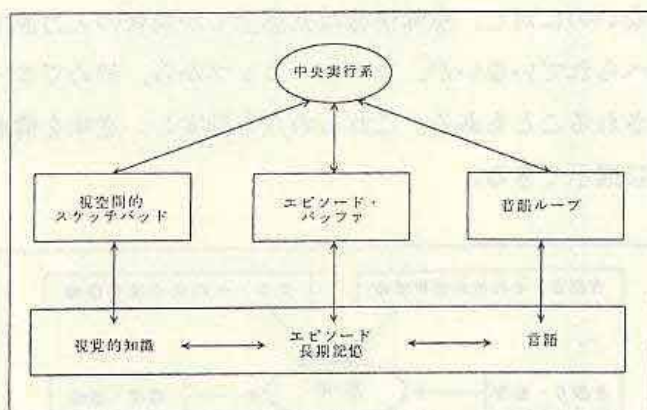


図2 Baddeley 氏の新モデル

上図は、中央実行系が保持機能を持たない代わりに導入されたエピソード・バッファに力点が置かれている。これは、ワーキングメモリの中で長期記憶の果たす役割を積極的に新モデルに取り込もうとしている点で評価される。しかし、その一方で、中央実行系とサブシステムの視空間的スケッチパッド・音韻ループの間の相互作用については、まだ十分に吟味されているとは言えない。上で検討した全体処理方略と分析処理方略が、言語処理に関わっていることが実験によって確かめられていることから判断して、中央実行系の有する作用として、この方略を組み込む必要があると考えられる。

3.2 意味の扱いについて

これまでの神経心理学の研究から、言語情報を扱う処理回路と意味情報を扱う処理回路が別であることが分かっている。このことは、ワーキングメモリのモデルで、サブシステムが視空間的スケッチパッドと音韻ループに別れているところにうまく反映されている。

本節では、ワーキングメモリのモデルの中で言語の意味がどのように扱われるのかについて、検討することにする。その前にまず、神経心理言語学の立場から、言語の意味について明らかにされている点について概観する。

ダマジオ (1992) は、コーヒーカップを例に挙げて、次のように述べている。

概念はそれぞれ「休眠状態の記録」として脳内に記録されている。その記録が活性化されると、特定の事物あるいは特定のカテゴリーに属する事物に関する様々な感覚や運動が再生される。例えば、コーヒーカップからは、その形、色、手触り、温かさといった視覚的・触覚的表象が、コーヒーの香りや味、またカップをテーブルから口に持ってくる時の手や腕の軌跡などとともに想起される。これらのすべての表象は、脳の個々の領域で想起されるが、かなり同時に再編成される。

このことから、言語の意味は、ある特定の神経細胞に情報として蓄えられるのではなく、ある表現を見たり聞いたりした時に、関係する神経細胞パターンが、殆ど一斉に活動することによって生じる活性化された情報の集合体であると考えられる。また、同時に、言語情報が視覚

と聴覚からしか得られないのに対し、意味情報は五感全てが情報の入力源であることが理解される。更に、上では述べられていないが、コーヒーカップから、初めてコーヒーを飲んだ時の気持ちなどが思い起こされることもある。これらの点を勘案し、意味を構成する要素について検討すると、次のように図示できる。

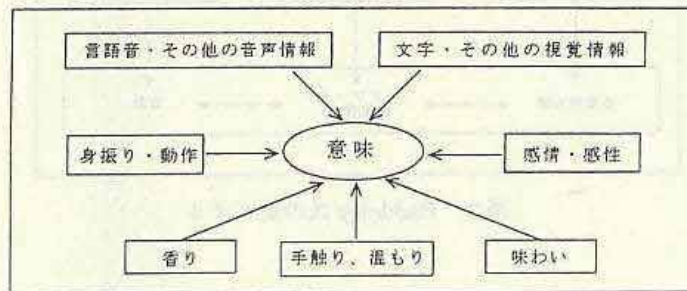


図3 意味への接近法

それでは、ここで、比較的新しいワーキングメモリモデルにおいて、意味処理がどのように反映されているのか見ていくことにする。次に示すモデルは、荻坂（2003）である。

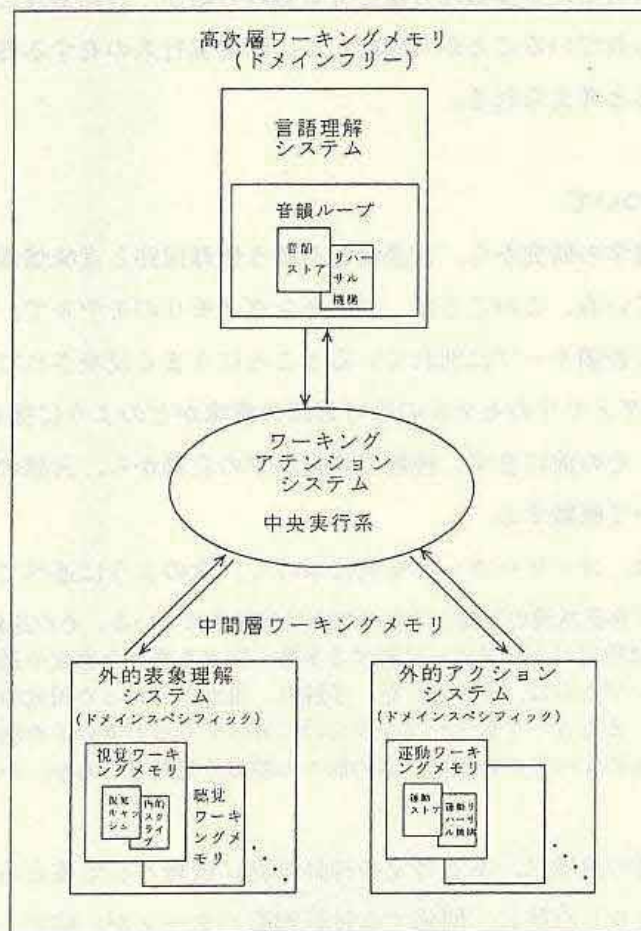


図4 荻坂氏のワーキングメモリ・システム概念図

このモデルは、先の Baddeley (2000) のモデルに比べるとサブシステムが改良され、言語産出・言語理解における意味処理に関して、本節で検討した五感から得られる情報や動作が考慮され、言語獲得過程で観察される意味の獲得に関係する言語現象をかなり説明できるようになった点で評価される。他方、言語発達における言語の意味と形式の関係が、並列的かつ相互的であることから判断すると、言語理解システムと外的表象理解システム・外的アクションシステムを、高次層と中間層に分ける必然性が見つからない。また、上図では情報は全て外から入ることが前提で、感情や感性などの内的情報を包含していないといった問題がある。そして、これらの現象が説明できないということは、人間の言語処理を包括的に捉える上で、検討の余地がある。そこで、次節で、これらの問題を解決するようなモデルが構築可能かどうかを検討することにする。

4. ワーキングメモリモデルの再検討

第3章では、最近のワーキングメモリに関するモデルを紹介し、改良点について一定の評価をしながら、その一方で、提案のモデルでは解決されない問題のあることを指摘した。本章では、従来のワーキングメモリモデルに代わるモデルを提案し、その妥当性について、検討する。

4.1 ワーキングメモリの必然性

ある現象を説明するためにモデルを構築する場合、そのモデルで扱われる概念や処理機構は実在することが前提となる。ワーキングメモリのモデルも例外ではない。しかし、改めてワーキングメモリの心理的実在性を考えると、その在処を見出すことは非常に難しい。もともと、ワーキングメモリという考えは、Atkinson and Shiffrin (1968) の二重貯蔵モデルで扱われている短期記憶の問題点を解決するところから始まった。またその特徴は、従来の保持機能の他に、処理機能を持たせている点、及び、一度に処理できる容量には限りがあり、処理の効率や速度に一定の制約を持たせている点にある。確かに、このように考えることにより、言語を含む様々な情報処理を動的に捉えることができるようになったのは事実である。しかし、現在に至るまで構築されてきたモデルに関しては、認知心理学の分野で実験によって得られたデータを基に改良が重ねられてきているものの、心理的実在性の観点からは裏付けに乏しく、その意味で、ワーキングメモリという捉え方は、情報処理過程を説明するために有効な唯一の方法とは言えないように思われる。

4.2 神経科学とワーキングメモリ

上述のように、ワーキングメモリの研究は、認知心理学の分野において活発に行われてきて

いるが、中央実行系の在処を求めて、神経科学の分野でも、fMRIやPETのような医療機器を利用した脳機能イメージングや前頭連合野の機能に関する実験など、ワーキングメモリに関する研究は行われるようになってきている。舟橋（2000）は次のように述べている。

このように、一時貯蔵される情報の種類によらず、ワーキングメモリの遂行により前頭連合野の背外側部に活性化が生じること、しかし、保持する情報の種類により前頭連合野内で活性化される部位に微妙な相違が生じたり、左右の半球間で差が生じたりすること、また、ワーキングメモリに関与する脳領域は前頭連合野に限局されるわけではなく、処理される情報の種類に応じてさまざまな脳部位が活性化されること、などが明らかにされてきている。また、最近のfMRIを用いた研究により、遅延期間中に前頭連合野の活性化が持続することが見出されている。

舟橋氏は、「ワーキングメモリの遂行により」と書かれているが、少なくとも、ここに書かれている内容から窺い知ることができるのは、或る特定の情報が脳内において処理される場合、活性化が図られるのは、中央実行系と深い関係にある前頭連合野だけではなく、脳の至る所で活性化が起こるという事実であり、このことから、言語処理に求められるモデルは正に、この脳内情報処理をうまく説明できるものでなければならない。

次に紹介するのは、神経科学分野の研究者から提案されている、ワーキングメモリのモデルの代替モデルの概念についてである。澤口他（2001）は、ワーキングメモリに代わる説明として、動的オペレーティングシステムを提案している。

こうした脳内状況で必要になるのが、体系的操作、つまりは「オペレーティングシステム」である。先述した「ワーキングメモリ過程」は、視点を少しずらせば、「オペレーティングシステムの動作」として捉え直すことができる。①意味のある情報の選択、②選択結果の保持と操作・統合、③目的的情報（「答え」）の生成、④「答え」に基づく制御情報の出力、これらの過程はオペレーティングシステムの過程のそのものではないか。この過程に、結果のフィードバック、つまり、「答え」が適切であったかどうかという回帰的な情報入力加われば、（すなわち、⑤制御結果の評価）、オペレーティングシステムとしての役割はまっとうされる。

このような見解が出てくる背景には、情報処理過程において「ワーキングメモリ」が果たす役割に関して、認知心理学と神経科学の間で、微妙に考え方が異なっていることがある。いずれにせよ、より適切な説明を可能にしてくれるモデルが求められていることは間違いない。

4.3 ワーキングメモリモデルの代替モデル

それでは、本章の最後として、代替モデルについて検討することとする。代替モデルは、次に示す図5である。小論で提案するモデルは、従来のワーキングメモリのモデルを踏襲していない。ワーキングメモリの枠を越え、短期記憶と長期記憶を基本とし、認知システムを中心に据えることで、第2章で検討した問題点の解消を目指したものである。本モデルで使用されているコンポーネントは、全て心理的実在性を考慮して設定している。また、情報処理における2つの異なった処理方略を備え、意味世界の一部を構成する感性や動作も取り込む形となっている。それから、先の澤口氏らの動的オペレーティングシステムの箇所扱った①から⑤まで

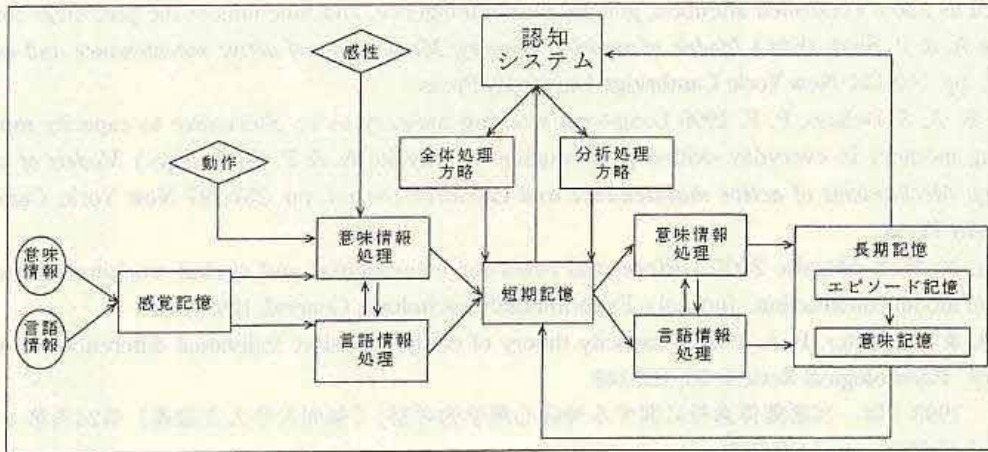


図5 ワーキングメモリモデルの代替モデル

の過程については、図の中に明示されていないが、全ての過程を本図は包含しており、その点においても、ワーキングメモリのモデルを使った説明よりも言語処理を包括的に扱うことができると考えられる。

5. おわりに

小論では、言語処理過程を説明するモデルとして、ワーキングメモリのモデルが適切かどうか検討し、Baddeley氏や荻坂氏の提案するモデルには評価できる部分も多々あるが、様々な言語処理過程を説明するモデルとしては解決しなければならない問題が残されていることを指摘し、最後に、ワーキングメモリの枠を越えた新たな言語処理モデルを提案した。今回は紙面の関係で取り上げなかったが、注意と意識、及び、処理回路の自立性をどのように組み込むかがこれからの課題となる。

本論文は、昨年12月にシンガポールで開催された第13回応用言語学会世界大会で行った研究発表を基に加筆したものである。

参考文献

- Adams A. & Wills C. Language processing and working memory: A developmental perspective. In Andrade J. (Ed.) *Working Memory in Perspective*. pp. 79-100 East Sussex: Psychology Press Ltd.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working Memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. 2000 The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423
- Barnard, P. J. 1999 Interacting cognitive subsystems: Modeling working memory phenomena within a multiprocessor architecture. In Miyake A. & P. Shah (Eds.) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. pp. 298-339 New York: Cambridge University Press.
- Engle, R. W., Kane, M. J. & Tuholski, S. W. 1999 Individual differences in working memory capacity and what

- they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In Miyake A. & P. Shah (Eds.) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. pp. 102-134 New York: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A. & Delanö, P. F. 1999 Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In Miyake A. & P. Shah (Eds.) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. pp. 257-297 New York: Cambridge University Press.
- Friedman, N. P. & Miyake 2000 Differential roles for visuospatial and verbal working memory for situation model construction. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 61-83
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. 1992 A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149
- 井狩幸男 1993「第一言語獲得過程に関する神経心理学的考察」『福岡大学人文論叢』第24巻第4号福岡大学総合研究所 pp. 1163-1174
- 石王敦子 2001「作動記憶」『おもしろ記憶のラボラトリー』森 敏昭 編著 pp. 193-212 京都：北大路書房
- 苧坂直行 (編) 2000『脳とワーキングメモリ』京都：京都大学学術出版会
- 苧坂直行 2003「意識とワーキングメモリ」『脳の謎に挑む ブレイクスルーへの胎動』pp. 126-134 東京：サイエンス社
- 苧坂満里子 2002『脳のメモ帳：ワーキングメモリ』東京：新曜社
- 河野守夫 2001「音声言語の認識と生成のメカニズム：ことばの時間制御機構とその役割」東京：金星堂
- 齊藤 智 2000「作動記憶」『記憶研究の最前線』太田信夫, 多鹿秀継 編著 pp. 15-44 京都：北大路書房
- 齊藤 智 2001「ワーキングメモリと言語処理」『認知科学の新展開 3 運動と言語』乾 敏郎, 安西祐一郎 編 pp. 127-155 東京：岩波書店
- 澤口俊之, 射場美智代, 依岡幸子, 福士珠美 2001「前頭連合野における情報統合と決断のニューロン機構—ワーキングメモリ過程と動的オペレーティングシステム仮説—」『脳の高次記憶』丹治 順, 吉澤修治 編 pp. 251-281 東京：朝倉書店
- ダマジオ, A.R. & ダマジオ, H. 1992「脳と言語」『日経サイエンス特集 脳と心』11月号 pp. 62-71 東京：日経サイエンス社
- 舟橋新太郎 2000「ワーキングメモリの神経機構と前頭連合野の役割」『脳とワーキングメモリ』苧坂直行 編著 pp. 21-49 京都：京都大学学術出版会
- 三宅 晶 1995「短期記憶と作動記憶」『認知心理学 2 記憶』高野陽太郎 編 pp.71-99 東京：東京大学出版会
- 三宅 晶 2000「ワーキングメモリ：過去, 現在, 未来」『脳とワーキングメモリ』苧坂直行 編著 pp. 311-329 京都：京都大学学術出版会