

学会（研究委員会）主催の外国人研究者の講演 [2001年7月7日(土)に筑波大学東京キャンパスで開催された講演に基づく] 作業認知——いわゆる「作業記憶」を含めた一時的保持機構

井 沢 千鶴子

Working Cognition: A Temporary Maintenance System Incorporating so Called "Working Memory"

Chizuko IZAWA

(Department of Psychology, Tulane University, Louisiana)

The Atkinson-Shiffrin (A-S, 1968) model enhanced James' (1890) dual memory processes (short-, long-term memory/STM, LTM) over Ebbinghaus' (1885) unitary process. But, Baddeley and Hitch (B-H, 1974) attempted to replace STM by working memory (WM).

The Japanese Monbu-sho previously translated WM as "Sagyō Kioku," but later changed to "Sado Kioku." All 30 Japanese-English bilinguals (Exp. 1) and 19 Chinese-English bilinguals (Exp. 2) selected "Sagyō Kioku" as expressing WM best, and 98% rejected "Sado Kioku". Results underscore the necessity for reviving the older, more accurate terminology, "Sagyō Kioku" henceforth.

The alleged demise of STM/replacement of STM by WM claimed by some WM enthusiasts/sympathizers appears inappropriate: No objective signs of the diminution of STM research, contrasted with WM activities, emerged via *Psychological Abstracts*, Citation Indices, and the thrusts of 39 critiques in Cowan (2001). Both STM research and the evolution of A-S type models continue to thrive with greater vigor than those of WM.

Definitions of WM differ greatly among individual models/experiments. Such difficulties are compounded because WM does not adequately describe the psychological processes by excessively limiting itself to the memory components alone, stifling creative development of this field.

To resolve current terminological chaos, Izawa (2001) proposed Working Cognition (WC), a far more comprehensive construct that involves all cognitive processes (including memory) necessary for solving any task. The strengths of WC dwell in its capacity to accommodate many problems/issues raised by representative models because WC includes all cognitive processes and their dynamic and flexible properties toward a Newell (1990) type unified theory.

心理学歴史上初の記憶学習の権威的実験研究を設立した *Über das Gedächtnis* (1885) で、心理学者 Ebbinghaus は人間の記憶を一過程 (Unitary Memory) として扱った。5年後、哲学/心理学者 James(1890) は記憶を二過程 (Dual Memory) — 短期記憶 (Primary/Short-term Memory, STM) と長期記憶 (Secondary/Long-term Memory, LTM) — に分割した。

議論だけではなく、組織的に実験データで探究した為、Ebbinghaus の記憶一過程説は大々的に受け入れられた。特に20世紀前半、Functionalism の波に乗り、Ebbinghaus 的記憶学習実験研究が主流となり、伝統的に標準化された。記憶一過程的な説は現在でも矍鑠、依然として継続している (例えば、Avons, Ward, と Russo, 2001; Crowder, 1993; Melton, 1963; Murdock, 1974; Taatgen, 2001)。

Über das Gedächtnis より前の83年、時の Cognitive

Revolution (認知革命) が永らく型に入っていた記憶学習部門をも容赦無く、大いにゆさぶり、先例に無い見事な大発展をもたらした。1968年出版の Atkinson と Shiffrin (A-S) による Rehearsal Buffer 又は Modal モデルとも呼ばれているのがそれである。この A-S モデルは以前に無い最高度に洗練され、精巧極めた数理モデルであり、質的に言語で検討するばかりでなく、数式で理論的にデータを量的に予言し得た。ここに数理モデル特有の無比の威力がひそんでいる。その強力な数理検討力を利用して、A-S が永らく無視されていた James の記憶二過程説に新機能を与え、正式にモデルに組込んだ (1968, 図1と2, 夫々93と113頁参照)。Control Processes (制御機構) に加えて3機構—瞬間的な Sensory Register (知覚記録), 不安定な STM/STS (短期記憶), と安定した LTM/LTS (長期記憶) を仮定した。Input Information (外

からの刺激、情報)は感覚記録を経て、(1)直接長期記憶に入るものもあるが、(2)他は先ず短期記憶に入り、しっかり安定する迄、被験者が Rehearsal (暗習) してから長期記憶として貯蔵し、必要に応じて短期記憶にもどして、反応するとした。A-S が短期記憶の暗習保持 (Rehearsal Buffer) のメカニズムを精密に明確化 (1968, 図2, 113頁) した特長に、A-S モデルが、又 Rehearsal Buffer, 又は単に Buffer Model と呼ばれるゆえんがある。

筆者の最も尊敬するのは、Atkinson と Shiffrin (A-S) の独想的数理力に加えて、モデルの理論的仮説を多大の実験で、徹底的に実証した事である。彼等は107頁の論文のうち68頁 (63.55%) を実証に当てた。A-S モデルの強烈な影響は出版後直ちに認められたばかりか、33年後の現在でも依然として、世界の実験心理学上最頻に引用されている文献の1つとして、トップの座を占め続けている。ここに、A-S モデルが Ebbinghaus 以後の最大の進歩と賞されるゆえんがひそんでいる。

A-S モデルの偉業の30周年記念祝賀書を井沢 (1999) が編集した。その執筆者はアメリカ版ノーベル賞、米国々会科学賞に輝いた William K. Estes を始め、Atkinson, Shiffrin 自身に加え、彼等の同僚、恩師、学友、及び三代に亘る愛弟子達(夫々最上級の記憶学者)で、世界4大陸5ヶ国より集合し、最新実験、モデル、考察に新しく貢献した。

この A-S モデル30周年祝賀書 (井沢, 1999) の反響も目立った。大半の本は評論なしで、あってもせいぜい2~3頁のものが1つと言うのが相場である。ところが、この祝賀書は、名のある心理学雑誌が2つも評論を出したばかりか、スペースを惜しまず、両者共に、何と10頁を使うという力の入れ方だった。その1つは米国最初の心理学専門雑誌、1887年に、かの G. Stanley Hall によって創刊された The American Journal of Psychology で、Cowan, Roudner と Stadler (2000) が書いた。他のは、ずっと新しく1964年創版の Journal of Mathematical Psychology で Hockley (2000) によった。両者共に好評満載。

一般的に、巨大な理論が出れば、殆んど必ず良い反論が出る。A-S モデル (1968) もその例外ではなかった。その王冠宝石たる短期記憶 STM に反対し、Baddeley と Hitch (B-H) が Working Memory (WM, 1974) を発表した。B-H モデルは数理を使わず、言葉で質的に (Qualitative) 表現するもので、短期保持過程に視聴覚を明確に分割し、Visuo-spatial scratch-pad 及び Articulatory loop と称する奴隷組織 (slave system) をもうけたのに特色がある。最新版で Baddeley (2000, 2001) は Episodic Buffer (図1, 421頁) 等々を加えたものの、2 奴隷組織を依然として保持持続 (2001も参照)。

B-H の一主目的は A-S モデルの成功で、世界中一般

化した短期記憶を Working Memory (WM) で取替えんとするものであった (例えば、Baddeley, 1986, 33-34頁; B-H, 1974, 81頁, 86頁参照)。

WM の概念を支持する心理学者も次第に増し、特に数理的に高級知識を必ずしも要しないので万人向き、一般的に近寄り易く、この分野の研究も増加を重ねた。B-H モデルの25周年の1999年には三宅と Shah が、10個の既製(9)及び未製(1)の WM モデルを編集した。彼等の主目的は Newell (1990) の主張する大きな認知理論作成の準備として、各 WM モデル提案者に8質問を出し、その答より共通点を見つけようとするものであった。

Working Memory (WM) の和訳、「作動記憶」に御意見

1960年に Miller, Galanter と Pribram が生理学的に Working Memory (WM) と称する用語を使ってから、B-H (1974) を経て頻々使用されるにつき、その和訳が必要となった。後検討する如く、WM の定義に多大の問題がある。それを反映してか、その日本語への最新の翻訳にも、真の心理学的過程を表現していないのではないかと言う懸念がある。

最新の日本学術振興会発行文部省学術用語集心理学編 (1986年版, 1999年第5刷) によれば、WM は「作動記憶」と訳されている。筆者は日頃文部省の優秀さに敬服しているが、この和訳は、まれに見る例外で、その Communicability (読者の理解) に難があると思える。Memory が記憶なのは明確だが、心理学術語としての「作動」に問題がある。この和訳を暗記した記憶専門家を除いた一般心理、又は一般の読者に真の心理学的過程 WM が通じ難いのではなかろうか。

というのは、正しい日本語の「作動」とは、「機械の運動部分の動き」、又は「…動くこと」(例えば岩波書店の広辞苑, 1980年, 896頁; 国語辞典, 1986年, 432頁)、とか「機械やしかけが働くこと」(三省堂国語辞典, 1985年) と定義しており、どこにも、人間の精神活動と関係した定義が見当たらないからである。機械的、Mechanical な動き又は動き始めるといふのは WM の真の精神過程とは程遠い。

或いはそう思えるのはアメリカに長年住んでいる筆者に特異で、日本の読者に一般的ではないのかもしれない。念の為、この夏日本の記憶専門家に聞き合せた所、「作動」に不満な人々も少くなかった。又、以前の公認和訳語が「作業記憶」であった事ばかりか、旧訳語から新訳語への変更が何らの研究も調査もなく1学者の「意見」により決定されたという噂を知り、益々懸念が激化した。

この論文の中に、WM の和訳の使用上にも、又日本一般読者の為にも「作動」記憶の分り (通じ) やすさ (Reader Friendliness) の程度を此の際、客観的に判定すべきであ

る。更に人間の思考過程が人の使う言語に左右されるとする Sapir-Whorfian 仮説 (1949, 1956; 後欄参照) を考え合せ、日本でのこの分野の健全な発展の為にも、正確且つ誤解の無い学術語が必要である。従ってこの客観的判定を早速実行に移すべく、直接インタビュー (実験) で、被験者数 $N > 1$ のデータを集めた上で検討する事にした。

実験1—日本人調査

仮説—もし和訳、作動記憶 = Working Memory (WM) が適切なら、日本語で高度の教育を受けた日英 Bilinguals の日本人被験者に日本語から英語、及び英語より日本語への翻訳が上記の「=」の符号が保持できる筈である。もし、不適切なら、≠、つまり「=」符号が不保持となる筈である。

又、被験者に Working Memory の和訳語として旧新両和訳語を見せ、望ましい訳語を選ばせた場合 (2-Choice Question), もし、新語が旧語に勝り、理解し易いなら、被験者は新語を選ぶ筈である。もしこの仮説が不成立の場合は、旧語が勝る筈である。

被験者—日英 Bilinguals で日本語を母国語とする日本出身者30名の志願者。そのうち28名は日本で大学教育を受けた。25名 (83.33%) は明らかな知識層で大学教授、外交官、医師、及び大学院学生であった。すでに WM = 作動記憶を丸暗記している認知心理学者を含まなかった。男女は半々、年齢範囲は24才から83才。被験者30名のうち25名は現在日本に住むか、5年以内に日本より渡米した人々で、日本の近況に知識のある人々であった。

実験場所は日本 (筑波、徳島) 及びアメリカ (ニューオーリンズ) で、Interview は1人ずつ個別に日本語で遂行した。

実験材料と手続—実験材料はノート帳5頁。1頁づつ、大きく楷書で夫々、「作動」、「作動記憶」、「作業」、「作業記憶」と「Working Memory」と習字用黒インクで太く書いたもの。

各被験者より実験調査の同意を得た後、上記5用語を1語づつ被験者に上記の順に提示し、先ず、(1)見識の有無を質問した。(1a)もし有なら、その意味もしくは定義を求めた。(1b)もし無なら、被験者の望みによって、推測を許した。(2)その他、何時でも自由にコメントが被験者より出た場合はノートした。(3)「Working Memory」の和訳として、「作動記憶」と「作業記憶」の新旧文部省用語から選択を求めた。30人の被験者のうち23名は日本語のみで、7名は日英両語で反応した。反応時間は無制限で、被験者にまかせたが、全員5分以内に5質問に口頭返答を終えた。

実験結果—反応のパターンに職業及び年齢間に有意差が無いので、結果を一括して報告する。驚いた事に、関心の的、「作動」という語を聞いた事が無いと答えたのが30人のうち6名、20%と高率。聞いた事はあるが、意味が分からないと言うのが1名。合せて30人中7名、23.33%の知識層 (大学教授、医師、外交官、大学院学生を含む) に理解できない用語は一般読者にとって安易ではなからう。

「作動」の意味を知っていると答えた23名のうち21名 (この Category では91.30%) の定義の内容は日本の辞書的で、「機械の動き」、「機械が動き出す事」、「止っていた機械が運動を始める事」、「コンピューターが活動又は activate する事」で、「作動」は機械の活動に限られ、人間活動とは無関係と断言した。他の1名は (4.3%) は「機械が動き出す事」は確かだが、人間にも関係できる可能性もあるのかもしれないと疑い気味。自信を持って「作動」が人間でも機械でも「動き出す事」を示すと主張したのはわずかに1名。全被験者の中たった3.33%、定義した人のうちでも4.35%という微々たるものに過ぎなかった。

「作動」に見識のある被験者 (23名) の英訳は、Machine movement, Machine that is moving, operating, 又は Acting (Action) と殆んど一致した。「作動」を「Work」と訳したのは全被験者30名中ただ1人 (3.33%)、「作動」の意味が分る人の中でも、わずかに4.35%という統計学的に無視すべき少数に過ぎなかった。最近日本から来たアメリカでの大学の日本語教師は、「作動」は機械の動きに限られ、人間の動きには適応しない事を強調した。

「作動記憶」という用語を聞いた事のある人は全30人の被験者を通じて皆無であった。「機械の動きに記憶があるんですかネエ」と信じられない、矛盾したものと不思議がる被験者が殆んどであった。全被験者のうち唯一のコンピューターの専門家は、「コンピューターが活動し出した時の記憶かな、それでも人間の記憶とは違いますネ」と答えた。若者の被験者の1人は、「作動記憶」という語を聞いた事がないが、恐らくコンピューターの Operation の Memory と指すのかな」と推測した。

「作動記憶の英訳依頼に対し、全被験者一致して、その困難さを訴え、不可能としたが、Machine activation/operation memory とは訳が分からないと不満を訴えた。結局、全被験者30名中、誰一人として「作動記憶」を Working Memory と英訳する人はなかった。又、逆に「Working Memory」を「作動記憶」と和訳した者も皆無であった。従って上仮説、作動記憶 = Working Memory, は明らかに不成立。

正反対にして、「作業」の場合、この日本語を知らなかった被験者は皆無。全30人共に辞書的に正確な定義をした。仕事をする事、課題を解く事、働く事、又は製作や操作

の仕事をする事であるとし、各被験者共に人間の活動である事実を明確化した。

「作業記憶を一括として聞いた事は無いが、作業も記憶もよく分るので、この英訳はし易い」という感想が多く、13名は「Work Memory」で2名は「Working Memory」と的に命中したのさえ居た。後は「Task Memory」, 「Activity Memory」, 「Activation Memory」, 「Operation Memory」, 「Business-work Memory」が夫々、8, 2, 2, 2, 1名であった。

次の質問の「Working Memory」の和訳は、合計19名が「作業記憶」, 「作業をする記憶」, 又は「作業に関係した記憶」とし、7名が「仕事記憶」, 「仕事時の記憶」, 「仕事に関係した記憶」とし、後の4名は「活動記憶」, 「アクティブな記憶」, 又は「オペレーションの記憶」と訳した。

最後に、「Working Memory の和訳として、「作動記憶」と「作業記憶」のどちらを選ぶかとの質問に被験者全員圧倒的に「作業記憶」を選んだ。30名のうち29名(96.67%)は文句なしに作業記憶を選んだが、1名(3.33%)の被験者は両者共に「同じ」と見、「作動記憶」を拒否しなかった。

完璧な「作業記憶」の勝利の理由は、被験者のコメントの要約より、(1)「作業」は「作動」より分り易い、(2)記憶は人間に関する事でこの言葉は他の人間のする事、作業とよく合うが、(3)人間の記憶と機械が動き出す「作動」とはよく合わず、「作動記憶」は何か「矛盾しているのではないか」とか。先述の日本語教授は「作動記憶」と「Working Memory」は全く異なり、機械と人間が異なる様に「この両語は全然関係ありません。」と断言した。

実験2—中国人調査

日増しに強調される日本の国際化に協力する意味からも、又、もともと漢字が中国より輸入された関係からも、「作動記憶」が中国人に理解できるかどうか調査するのも意味がある。手近に居る中国語を母国語とする中英Bilinguals 19名に実験1と同じ手続、材料及び仮説で実験2をニューオーリンズにて遂行した。

被験者—19名(女8名, 男11名)のうち、3名は台湾、11名は中国本土、5名はホンコン出身で、年齢範囲は30~55才であった。実験インタビューは中/英語で遂行した。被験者は約80%が中国語のみで、後の20%は中英両語で反応した。

実験結果—中国被験者に独特又は目立つもののみを強調して報告する。注目すべきは中国は広大な国である上、長期伝統があり、地方により言語に差がある事である。

中国人被験者19名中12名(63.16%)は「作動」と言う中

国語はなく、従って、「見識無し」と答えた。彼等の主張を裏付けるかの如く、手持ちの中々辞典(台湾の文化図書公司出版の文化標準国語辞典, 1972)にも、中日辞典(千代田書院出版の字源, 1951)にも、「作動」という語は無い。同じくOxford, 牛津大学出版精造英漢, 漢英詞典(1986, 1999), チャールス・E・タトル出版の新版ネルソン漢英中辞典(1999), Yale大学出版のCantonese Dictionary(1970), The Asian Associate, NY出版の劉氏漢英辞典(1978)にも「作動」たる中国語は無い。

但し、関東方面出身の年輩の5名は「作動」という語を耳で聞いた事があるが、書物では見た事が無いと反応した。5名のうち1名は「作動」の意味を知らなかったが、残りの4名は「出産」, お産で赤子が生れ始める事、「出産/陣痛開始」の事を指すとした。心理学専攻の中国人助手は、辞書に載る標準中国語でなく、方言又はSlangであろうと解釈した。だが念の為、Fai Feng出版のChinese-English Dictionary of Modern Chinese Slang(1997/1998)を調べた所、この方言、なまり的な中国語辞典でさえ「作動」を中国語として認めていない。

日本人と同じく、中国人被験者全員は「作業」という中国語を知っており、その定義も辞書的であった。19全名「作動記憶」, 「作業記憶」, 「Working Memory」の用語に見識はなかったが、「Working Memory」の中国語訳としては、全被験者19名共に何のこだわりもなく「作業記憶」を選んだ。上記よりその理由は明確である。

両実験の討論及び結論—科学とはよく象牙の塔で一般人に分らない言葉を使うという相場になっているものの、心理学は人間の精神過程を扱う為、一般社会人に近く、彼等の理解を深める使命がある。従って最大限一般の人に分り易い用語を使いたいものである。つまる所は、未来の記憶心理学者、心理学入門の学生達も初めて専門誌に接する時は一般知識人に過ぎない事を忘れてはならない。実験1の示す如く、作動記憶の「作動」に日本の知識層の23.33%に見識が無いが、解釈不可能であり、76.67%に見識があっても、「作動記憶」を機械活動記憶と誤解され、Working Memory の和訳として、日本被験者の100%が「作業記憶」を選択した。

漢字の故郷中国では、「作動」たるや標準的には無存在。地方方言的に口頭のみ存在しても、「出産」, 「分娩開始」とかで、当心理経過とは無関係。中国人被験者全員も100%「作業記憶」を「Working Memory」の翻訳として選択し、「作動記憶」を100%拒否した。

現2小実験結果は明確。かつて文部省が公認した「作業記憶」の復活を要求している。新訳語、「作動記憶」は読者に不正確な意味を伝えて理想的ではない事が判明し

た事実を無視するのは、この分野の健全な発展に有害であろう。「Working」を「作業」と訳するのはこの語を含む他の用語が同じ文部省学術用語編(1986, 384頁)で殆んど「作業」となっている事実と一貫している。従って、今後、日本の筆者、編集者及び文部省に「作業記憶」再採用を強く推薦する。早速現筆者は現実験の結果を尊重し、Working Memory を作業記憶してこの論文を続ける。日本心理学繁栄を望む者としての責任であるからである。

過激誇張で不真実且つ不当なる論敵攻撃と我田引水宣伝に要注意

2001年の夏、筑波大学で外国人研究者として招待を受ける光栄に恵まれ、日本の記憶研究グループより、短期記憶(A-Sタイプ)の死去をねらう作業記憶(B-Hタイプ)の共鳴者達の宣伝語を日本語でくり返されて、全く愕然とした。そればかりか、「短期記憶研究は時代遅れで、現代的にはWorking Memory(WM)作業記憶を研究すべきだ」とか。

もしそうだとすると、日本の記憶専門家達はいささか誤導されているのではなかろうか。それとも、高級数理知識を要するA-S式よりも、それが不要で言葉で物になり得るB-H式が万人向きで、それを好むのであろうか。又、英語で読聞しなければならぬハンデキャップで、正直な誤解があったのだろうか。しからば、この際、その面の清掃をする意味からも、この論文を日本語で啓上する事にした。

筆者はB-Hモデル及びその支持者達の貢献には多大のものがあると高評する。作業遂行に必要な心理過程(現筆者の言う第三の機構)を短、長期記憶(第一、二組織)以外に開拓したのには天才的ひらめきがあった。

ただ残念なのは、彼等がいわゆる「作業記憶」以外の研究法や方針(特にA-S式短期記憶)への棄却、放逐、非絶や極めて過剰で、真実に程遠い不当な攻撃を、過去27年間くり返し続けている事である。日本心理学者中にもそれを、宣伝とは気づかず、まともな物と信じている向きがあっても不思議ではない。

次の少数の例からだけでも、その間の消息を物語るものがある。例えばCrowder(1982)は短期記憶の「死亡記事」を書き、B-Hはその死亡を再報導した(1993, 147頁)。作業記憶の御本尊Baddeleyはそれだけでは満足せず、短期記憶の葬儀を行い、A-Sモデルの最後を見たと言明した(1986, 22頁)。同じく彼は、作業記憶が短期記憶に取って替ったとも主張した(Baddeley, 1992)。又、同主張が事につけ、繰り返している(例えばB-H, 1993, 146頁)。全く驚いた事に、彼の共鳴者達が、「右へ倣え」で何

らの客観的な証拠に基づかない、この不正確な主張を幾度も幾度も繰り返し伝言を続けている。例えば、Kintsch, Healy, Hegarty, PenningtonとSalthouseは短期記憶は作業記憶によって取替えられた(1999, 437-438頁)とか。又、三宅-Shahによれば、B-H(1974)後、短期記憶は急速に時代遅れの廃語とは相なれりとか。

これら上記の主張は、B-Hの作業記憶研究グループの願望の夢であっても、事実とは程遠い幻覚に過ぎない。この機会に、これらを客観的に正確であるかどうか検討する必要がある。まず、Baddeley(1986, 22頁)のA-Sモデルが怠慢、無視で老化減衰したとの主張とは正反対に、A-Sモデルの確たる基礎概念は着々前進進行発展中。A-Sを土台とし、過去33年間、桁違いの目覚しい進歩、進化の蓄積には枚挙の暇が無い。その顕著な精巧、洗練した数理理論的、実験的研究の花形と評価されている2例は、SAMモデル(RaaijmakersとShiffrinによるSearch of Associative Memory, 1980)及びREMモデル(ShiffrinとSteyversによるRetrieval Effectively from Memory, 1997)である。その他幾多のA-Sに基づく新発展をも加えて、これらの見事な進展が認められ、Shiffrinは幾多の光栄(Honors)を得た(そのうちの少数例、井沢, 1999, 5頁参照)。わけても今年(2001)には、これ又天才的な学友にちなんだDavid E. Rumelhart賞初年に心理学では最高価(\$100,000)とも言うべき賞に輝いた。これら無比の功績を「減衰」又は「死去」と独断するのはあまりにも真実を無視した非科学的観測であり、読者を誤導する。

次に、作業記憶研究派の限りなく繰り返す短期記憶の死去と、作業記憶が短期記憶に置換えたとする主張(例えば、Crowder, 1982; Baddeley, 1986; B-H 1993; Kintsch et al, 1999; 三宅-Shah, 1999)の正確さを、この際、彼等の様な主観的妄想に訴えるのではなく、徹底的に客観的なデータにて科学的に検討する必要がある。幸にして次の3つの客観的な資料がある。

(1)もしBaddeley派の主張が正しいなら、短期記憶に関する研究数はB-H(1974)後、次第に減少し、現在迄には零(本当の死)になっている筈である。同時に、それとは反比例的に作業記憶研究数のみが激増している筈である。

この予言の客観的判定の為、米国心理学会(APA)のPsychological Abstractに基づき、過去33有余年の全世界の年平均出版数を調査した(井沢, 2001)。簡便上33年余を5期に分割して検討すると、井沢の表1(2001)に見る如く、成程作業記憶の研究数は初期(1967-83)の年平均2.06出版より、最近(1996-2/2001)の173.86と激増した。

しかし、井沢が明確化した(2001, 119頁)如く、作業記憶に限らず記憶研究全体の年版数が猛烈に増加し続ける事実注目すべきである。合計にして初期より現在迄、

何と年版約1,400も向上。現在では2,007.61年版と莫大な数に登っている。記憶分野全体が進展しているのであって、作業記憶のみが成功しているわけではない。

何よりも関心の的は短期記憶に関する統計である。もし Baddeley 派の死亡通知と作業記憶乗取り説が正しいなら、短期記憶研究数は1974年後激減し、今日では零を続けて居る筈である。

否、この予言は全く的はずれの大失敗。その正反対が統計に出た。A-S モデルの最初からの好評を反映して、短期記憶 STM の年出版数は初期より強大で、1989以後の最新3期の激増振りは劇的である。上記作業記憶派の連続出版死亡通知とは逆に、最初から最後まで全5期を通じて短期記憶研究年平均出版数は作業記憶のを約100も上回り、現在の(1996-2/2001)年版は293.05で、毎年120も作業記憶より多い。全期通じての短期対作業記憶平均比率は177.66対44.14、約4対1と短期記憶に確たる軍配が上がる。死去どころか作業記憶をはるかに上回り、短期記憶研究は益々健在にて発展を続けているのが現実である。

(2)更に、B-H (1974) が A-S (1968) を置換したとする主張 (例えば、Kintsch et al, 1999; 三宅-Shah, 1999) の客観的判定は井沢調査 (2001) の如く、Citation Indexes にても可能である。上記 APA の統計と一貫し、2000年2月現在、科学雑誌累積引用数では A-S モデルが701に対し B-H モデルは276。社会科学雑誌では A-S が1,231で、B-H が733。両者合計で A-S 対 B-H が1,932対1,009で、約2対1の比率となって居る。この統計でも A-S モデルが多分に B-H モデルを上回っているのは火を見るよりも明らかである。A-S モデルは、その基礎概念が進化進展して新学説 (SAM, REM, その他多数) に生存し続けると共に、それ自体今日でも依然として、実験心理学のトップ引用の1文献たる首座を他に許していない。B-H モデルで取替えたとかの誤説支持の客観的証拠はどこにも無い。

(3)少々間接的ながら関連した客観的な新資料が Cowan (2001) の最新の Magical Number に関する論文中に含まれている。賛否を示す39評論がそれである。彼は記憶範囲保持力を短期記憶過程として書き始めたが、途中でも結論でも作業記憶として扱っている (例えば114頁)。又批判家への返答 (例えば154頁) にも Magical Number を作業記憶として云々した。従って読者には短期記憶と作業記憶を同一視、少なくとも相当な重なりがあるという印象を与える。もし、短期記憶=作業記憶に近いなら、Cowan の批評家の強調、又は見識によって、Magical Number 問題を短期又は作業記憶として論議を進めるであろう。これは丁度、多義、あいまい図形が観測者の人格、望み、精神状態の判定に役立つのと似ている。

分析結果—39評論のうち、記憶範囲過程を作業記憶問題と解釈したのはわずかに7論文 (17.95%) で、そのうち4論文は作業及び、短期又は直後両記憶から論じ、単に作業記憶のみより議論したのは何と3論文 (7.69%) に過ぎなかった。

一方、記憶範囲問題を短期記憶現象としたのが39のうち29論文 (74.36%) と圧倒的に多かった。残りの評論は単に直後記憶 (例えば、Baars, 2001; Murray, 2001) とか、記憶範囲現象 (例えば、Bachelder, 2001) として検討し、短期及び作業記憶の問題を避けている。

ここだけの統計でも短期対作業記憶の比率は29対3 (~7) % にすると、74.36対7.69 (~17.95) %、すなわち山約4対1程度と明確に短期記憶過程が優勢的に使用/探究されている。

尚、この Cowan (2001) の書き振りから、もし短期記憶=作業記憶なら、別に後者は必要ではあるまいとする向きもあろう。御説ごもっとも、作業記憶必要なしとする学者も少なくない。例えば、Taatgen (2001), ACT-R Architecture (例えば Anderson と Lebiere, 1998), 又は Barnard の Architecture (1999) にも作業記憶の場はない。

要約—以上3種類の客観的データから一貫した結論が明確化した。短期記憶死去説も作業記憶乗取説をも支持する客観的証拠はどこにも無い。正反対に、短期記憶研究は益々繁栄を続け、作業記憶研究数をはるかに(時には数倍も)上回っているのが真実である。

他の我田引水議論にも要注意—短期記憶の生埋めを計るグループの他の議論の正確さをも検討する必要がある。次の1例だけでも十二分にその間の消息を雄弁に物語るものがある。

元村、高橋、及び、斉藤 (1997, 184頁) によれば、Baddeley は1996年11月18日大阪教育大学での講演で、A-S モデルの反証として、情報は「短期記憶から長期記憶へ」転送されるので、「短期記憶課題において成績が劣るにもかかわらず、長期の事態で記憶成績には問題が無い患者がある」、又その逆の患者もある事とを挙げたとか。この Baddeley の主張は部分的にしか正しくない。A-S の図1を参照されたい (1968, 93頁)。A-S によれば、2つの情報通路がある。その1つは、Baddeley の主張通り、短期記憶經由長期記憶に入る。大切なのは、その2つめで、Baddeley が無視したものである。つまり、一部の情報は短期記憶を経ず、感覚記録から一気に長期記憶に直行する。この後者の情報は短期記憶に入る機会が無いのだから、彼の論じる短期—長期記憶の一致説は当てはまらない。従って、全 A-S モデルの反論としては不成立/不十分であるのは明確である。

Working Memory (WM, 作業記憶) の定義

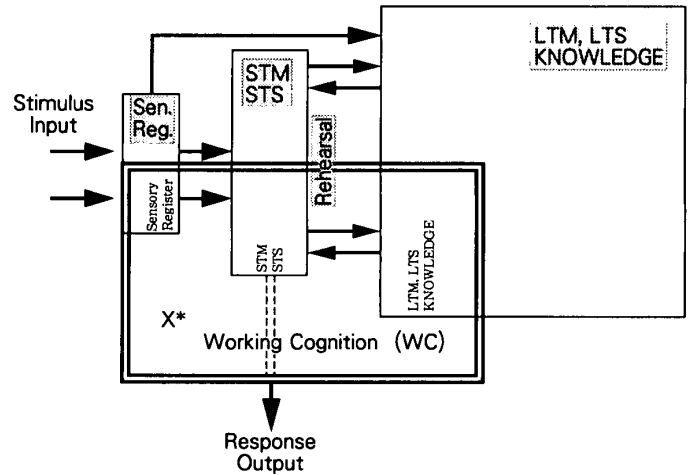
作業記憶とは何か。誠に奇妙ながら、B-H (1974) よりすでに27年の長い年月が経過しているにもかかわらず、未だに、明確な作業記憶の定義がない。「So, what is working memory, anyway? (それで、とにかく作業記憶とは何ですか)」が最近のこの分野の代表的なモデルを編集した三宅-Shahの本の最初から最後迄、大専門家達が問い続けている問題である。筆者の察する所、Working(作業) Memory (記憶) の2語よりなるこの用語の両者共に問題がある。

(1)まず、第1語、Working/作業/仕事とは何か。作業の特定は心理学分野によりけりであるし、記憶心理学のみに幅をしぼっても、実験条件により、「簡単な」字、数字、言葉、ドット図、絵等の知覚記憶範囲の作業から「複雑な」数学又は文章による問題や謎解決、物語理解、哲学、経済、法律的推理や判断、コンピュータープログラム、チェスゲーム、その他数々の日常生活に必要な問題解決等々、数あまた。困難の源は、個々の研究者が、その特殊な実験条件下のみに適応するモデルを製作し、そのモデル下にて作業記憶の定義を試みる事実である。従って、百人百様、モデルにより、作業記憶の定義が異なる。かくて、10モデルを編集した三宅-Shahは10の定義を得た上に、彼等自身の第11番目の定義を出した。つまり、現在の所、作業記憶研究者間に同意し得る定義が未だに無い。

筆者の尊敬するNewell(1990)の夢実現を目指し、統一した作業記憶のモデルを築く為には、現在の様に実験課題の個々に注目するのではなくて、作業全般に適応できる大きなモデルを製作しなければならない。その第一条件として、一般的に受け入れられる、確たる作業記憶の定義が必要となる。

(2)第2に、より重要且つ困難な問題は「作業記憶」の「記憶」である。筆者にとっては、作業中(例えば問題解決に取り組んでいる)の被験者の心理過程は「記憶」だけではなくて、作業遂行と反応に必要な全認知過程(注意、判断、比較、作業上の仮説、反応の選択、仕方等々を含む)が活動的に参加する。「記憶」は単にその広大な作業に必要な「認知」のごく一部(Subsubset)に過ぎない。従ってこの作業遂行中の心理過程を「記憶」と呼ぶのは誤りである。そればかりかあまりにも限られた概念になり過ぎてこの分野の研究の健全な発展を障害しているとさえ思える。

Baddeley自身、「作業記憶」は誤語である事を認めている(例えば1993, 168頁)。現筆者を含め、Kintsch他(1999, 438頁)及び三宅-Shah(1999, 445頁)その他も同感である。にもかかわらず、実に残念ながら、BaddeleyもKintsch他もよい新用語創作が不成功に終わった(例えば、



X* : Non-memory and non-sensory register cognitions are represented by areas that do not overlap.

Figure 1: An illustration of rudimentary Working Cognition (WC, adapted from Izawa, 2001) construct, the temporary maintenance system [Non-overlapping areas constitute all non-memory and non-sensory-register cognitions required for the temporary maintenance system including but not limiting to (a) general processes and (b) task specific processes. The latter determines degrees of overlap with sensory register, STM, and LTM (see the text).]

Kintsch 他, 1999, 438頁)と告白している。しからば、筆者(井沢, 2001)は次の新機構、従って、新用語を提案した。

難問題解決, 新心理過程, 作業認知(Working Cognition, WC)

よく認められているSapir-Whorf仮説(Sapir, 1949; Whorf, 1956; Lucy, 1999)によれば人間の思考過程は言語に強く影響される。従って、この分野の原理及び研究の健全な発展の為には、研究の対象となる心理過程を正確に表現する用語が必要となる。(日本の記憶学者にも、正確な和訳が必要なものと同じ理由に基づく。)特にNewell的にこの分野を統一するモデルを創案する為には、被験者の経験する全心理過程を統合的且つ正確に示す新用語が肝心である。

課題を受けた被験者が懸命に作業に挑む過程はダイナミックで、その精神活動は、各記憶(感覚、短期、長期)が必要なのは勿論だが、それはごく一部に過ぎず、それを利用して、作業遂行に必要な全認知過程が含まれている。後者には、注意、選択、判断、評価、刺激分析、総合、仮説テスト等々はもとより、反応に必要な操作、活動の全過程が含まれている。この心理過程は「作業認知」Working Cognition (WC) とするのがより正確に表現していると考えられる。

井沢の提案、「作業認知」(Working Cognition, WC)はEricssonとDelaney(e.g., 1999, 260頁)の広大な過程の必

要性に依るばかりか、他の認知分割、過程、又は操作を含める Baddeley と Logie (1999, 28-29頁), Cowan (1999, 62-63頁) や Schneider (1999, 341頁) にも依るものがある。

誠に興味深いのは、近日 Baddeley 曰く、WM は「記憶そのものというよりは、複雑な認知」である事を強調している(2000, 417頁)。しからば、この際、いわゆる過去の Working Memory (作業記憶) を Working Cognition (作業認知) と Rename (改名) して、現在の混乱を終え、研究を新出発する事を推薦する。

井沢(2001)を少々適応した Figure 1 は作業又は課題仕事遂行上、一時的に必要な活動的ダイナミックな組織/機構である。長年大々的に成功している A-S モデルの3機構：感覚、短長期記憶組織を承認し、作業認知は夫々部分的にこれら3組織と重複する。重複の程度、作業認知の大きさ及び位置は特定の作業によりけり。例えば、字、数字、語等の記憶範囲作業では、感覚、短期記憶と重複度は大きい、長期記憶の重複は小さい。ところが難しい問題解決、思考力を要する数学問題や倫理作業での作業認知は長期記憶との重複が大きい、短期記憶はあまり必要が少なく、重複度も少なくなる。

Figure 1 で、不重複の部分は記憶(感覚記録、短期、長期)以外の全認知過程を含む。それらの過程にはすべてのコントロール(中央及び末梢)、注意(特別、集中、及び全般的)、活性化、全般保持過程並に全作業遂行過程(刺激分析と総合、完成、操作、達成、予感、仮説、計略、特定の目的への解答策、反応策、及び反応する為の全感覚並に運動制御等々のすべて)を含む。

従って、作業認知は、「被験者が作業課題遂行上必要な全認知より選択し使用する過程のダイナミック(活動的な)一時的な保持機構/組織」と定義できよう。作業認知には少くとも相互に作用する2つの成分がある。その1つは、一般成分で、全認知作業に応用する。他は作業又はモデルに特殊な成分である。もし後者を強調すれば、現状の様に百人百様の多様性が繁栄する。それよりも、一般性成分を強調する事が統一した用語定義に導き、目的の統一したモデルに達成を促進し易いであろう。

勿論、作業認知に限度がある事に注意すべきである。つまり、Newell に従って、特定の作業の特定の実験条件に反応する各被験者が自ら WC、作業認知たるダイナミックな過程から選ぶ事である。その各被験者が使える過程は、各人の生れつきのもの、学習経験の組合せたものによる。従って、一作業であっても、必要な過程のすべては Expert (玄人) のみが使いこなせ、Novice (素人又は新米) はそれを皆使いこなせない。それ故に作業認知は玄人と素人の間に量的にも質的にも異なる(例えば Eric-

sson と Delaney, 1999 参照)。又練習や学習効果(例えば、Lovett, Reder, と Lebiere, 1999; Young と Lewis, 1999; Ericsson と Delaney, 1999; Schneider, 1999; O'Reilly 他, 1999 の如き)も説明できる。従って各種の個人差をも作業認知概念より、理論的にも、資料データからも(例えば Engle, Kane, と Tuholski, 1999 や年令差 Baddeley と Logie, 1999) 問題無く説明ができる。

井沢の作業認知は記憶のみに頼らない、より大きな概念である為、幾多の他のデータ及び理論的な事実も問題も合理的に処理できる。例えば、B-H(1993, 153頁) WM の活動的な多数の部分は作業認知にもある。作業/短期記憶と長期記憶が繋がっていると(例えば Anderson, 1983, cf. 1993; Avons, Ward と Russo, 2001; Cowan, 1988; Crowder, 1993) 見解とか、短・長期記憶が一緒に働く(Cowan, 1988, 1993) とかも、作業認知にてまかなえるばかりか、Schneider の短・長期記憶が総合交流するが作業記憶は単に長期記憶の一部のみならずとする見解をもよく捉えて居る。

そればかりか、作業認知は Baddeley (1986, 135頁), Logie (1995); Baddeley と Logie (1999); Kieras, Meyer, Mueller と Seymour (1999); Barnard (1999) 等々が説く感覚記憶をも何の難なくカバーしている(Figure 1)。又、作業記憶(作業認知の一部)は長期記憶が活動化したもの(例えば, Morra, 2001; Norman, 1968) とする説や、作業遂行には長期記憶や長期知識が必要(例えば, Ericsson と Kintsch, 1995; Baddeley と Logie, 1999; Cowan, 1999; O'Reilly, Braver, と Cohen, 1999; Taatgen, 2001; Young と Lewis, 1999) とする見解も井沢の作業認知でよくまかなえる。

更に作業認知がいわゆる「記憶」のみにこだわらないので、その他の諸々の説を難なくまかなえる能力を持つ。例えば Cowan の説く「作業」には短期記憶に加えて制御した活動力が必要とか、短期記憶は作業記憶の一部であるとする説も、作業認知(Figure 1)の短期記憶の重複及び非重複の規定によりよく説明がつく。又、Engle 他(1999)によれば、短期記憶と作業記憶(作業認知の一部)は関係があるが、別の構成概念であるとする。この主張もあたかも Figure 1 の短期記憶と作業認知の重複、非重複の仮定を説明している如く一致する。この非及び重複両刀の能力は一記憶が他の記憶の中にすっかり埋め込むモデル(例えば, Engle 他, 1999; Cowan, 1993, 1999) よりも実験データからよく支持を受けている。短期記憶と作業記憶(作業認知の一部)は少なくとも部分的には独立した構成概念であるとする Brainerd と Kingma (1985) や、Klapp, Marshburn と Lester (1983) がよい例である。Martin (1993) も頭脳障害者よりのデータからも、短期記憶と作業記憶は完全に重複しないと結論した。これら

の結果は夫々大々的に作業認知の構成概念を支持している。

ところで、作業記憶の存在を否定するモデル(例えば Anderson と Lebiere, 1998; Barnard, 1999; Taatgen, 2001) はどうなるか、作業認知はこれにも困らない (Figure 1 参照)。作業認知の概念内には作業記憶という独立機構は無いからである。但し、これらのモデルは、長期記憶が活発化したものが作業に使うとするものが多いので、これ又、作業認知が長期記憶を含む限り、難なく説明がつく。

勿論、現在の作業認知の推薦は主として単に用語的なものに過ぎない。作業時の心理過程を単なる「記憶」に制限せず、大幅に視野を拡大し、「認知」とした為、以前に問題であった数々の難問が、上述の如く、次々と解決し、そのデータに説明がついた。

何よりも、作業認知は、作業記憶よりも被験者の心理過程をより正確に表現すると共に、筆者が望み、三宅-Shah も目指した Newell 式の大きな統一した認知理論創作には、百人百様各作業、モデルにより異なる現在の「作業記憶」よりも、全作業の共通性を強調する大きな「作業認知」を採用すれば、研究の進歩が促進助長されるのではなかろうか。

References

- Anderson, J. R. 1983 *Architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. 1993 *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R., & Lebiere, C. 1998 *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 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*. New York: Academic Press. Pp.89-195.
- Avons, S. E., Ward, G., & Russo, R. 2001 The dangers of taking capacity limits too literally. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 114-115.
- Baars, B. J. 2001 A biocognitive approach to the conscious core of immediate memory. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 115-116.
- Bachelder, B. L. 2001 The magical number 4=7: Span theory on capacity limitations. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 116-117.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. Oxford: Oxford Science Publications.
- Baddeley, A. D. 1992 Working memory. *Science*, **255**, 556-559.
- Baddeley, A. D. 1993 Working memory or working attention? In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. 2000 The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 417-423.
- Baddeley, A. D. 2001 The magic number and the episodic buffer. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 117-118.
- 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. New York: Academic Press. Pp.47-89.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. 1993 The recency effect: Implicit learning with explicit retrieval. *Memory & Cognition*, **21**, 146-155.
- Baddeley, A., & Logie, R. H. 1999 Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.28-61.
- Barnard, P. J. 1999 Interacting cognitive subsystems: Modeling working memory phenomena within a multiprocessor architecture. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.298-339.
- Brainerd, P. J., & Kingma, J. 1985 On the independence of short-term memory and working memory in cognitive development. *Cognitive Psychology*, **17**, 210-247.
- Cowan, N. 1988 Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. *Psychological Bulletin*, **104**, 163-191.
- Cowan, N. 1993 Activation, attention, and short-term memory. *Memory & Cognition*, **21**(2), 162-167.
- Cowan, N. 1995 *Attention and memory: An integrated framework*. New York: Oxford University Press.
- Cowan, N. 1999 An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.),

- Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.62-101.
- Cowan, N. 2001 The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**(1), 87-185.
- Cowan, N., Rouder, J. N., & Stadler, M. A. Conjuring a work from the dream time of cognitive psychology [Review of the book *On Human memory: Evolution, progress, and reflections of the 30th anniversary of the Atkinson-Shiffrin Model*]. *American Journal of Psychology*, **113**, 639-648.
- Crowder, R. G. 1982 The demise of short-term memory. *Acta Psychologica*, **50**, 291-323.
- Crowder, R. G. 1993 Short-term memory: Where do we stand? *Memory & Cognition*, **21**, 142-145.
- Ebbinghaus, H. 1885 *Ueber das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie* [On memory: Investigations in experimental psychology]. Leipzig, Germany : Duncker & Humbolt.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuhoski, 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 A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.102-134.
- Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. 1999 Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.257-297.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. 1995 Long-term working memory. *Psychological Review*, **102**, 211-245.
- Hockley, W. E. The modal model then and now. [Review of the book *On human memory: Evolution, progress, and reflections of the 30th anniversary of the Atkinson-Shiffrin model*]. *Journal of Mathematical Psychology*, **44**, 336-345.
- 井沢千鶴子 Izawa, C. (Ed.) 1999 *On human memory: Evolution, progress, and reflections of the 30th anniversary of the Atkinson-Shiffrin model*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 井沢千鶴子 Izawa, C. 2001 A new temporary maintenance system, working cognition: A Construct to incorporate working memory in unified theories of cognition. [Book review]. *American Journal of Psychology*, **114**(1), 115-126.
- James, W. 1890 *Principles of psychology*. New York: Holt.
- Kieras, D. E., Meyer, D. E., Mueller, S., & Seymour, T. 1999 Insights into working memory from the perspective of the EPIC architecture for modeling skilled perceptual-motor and cognitive human performance. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.183-223.
- Kintsch, W., Healy, A. F., Hegarty, M., Pennington, B. F., & Salthouse, T. A. 1999 Models of working memory: Eight questions and some general issues. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.412-441.
- Klapp, S. T., Marshburn, E. A., & Lester, P. T. 1983 Short term memory does not involve the "working memory" of information processing: The demise of a common assumption. *Journal of Experimental Psychology: General*, **112**, 240-264.
- Logie, R. H. 1995 *Visuo-spatial working memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lovett, M. C., Reder, L. M., & Lebiere, C. 1999 Modeling working memory in a unified architecture: An ACT-r perspective. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.135-182.
- Lucy, J. A. 1999 Linguistic relativity hypothesis. In R. Wilson & F. Keil (Eds.), *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. Cambridge, MA: MIT Press. Pp.475-476.
- Martin, R. C. 1993 Short-term memory and sentence processing: Evidence from neuropsychology. *Memory & Cognition*, **21**, 176-183.
- Melton, A. W. 1963 Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **2**, 1-21.

- Miller, G. A. 1956 The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81-87.
- Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. 1960 *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.) 1999 *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.
- Morra, S. 2001 Nothing left in store. . . but how do we measure attentional capacity? *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 132-133.
- 元村直靖・高橋 登・齊藤 智 1997 学会(研究委員会)共催の外国人研究者の講演とシンポジウム [1996年11月18日(月)に大阪教育大学柏原キャンパスにおいて実施された Alan D. Baddeley 氏の講演会とシンポジウムの要旨] *教育心理学年報*, **36**, 184-188.
- Murray, D. J. 2001 Partial matching theory and the memory span. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 133-134.
- Murdock, B. B., Jr. 1974 *Human memory: Theory and data*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Newell, A. 1990 *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Norman, D. A. 1968 Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, **75**(6), 522-536.
- O'Reilly, R. C., Braver, T. S., & Cohen, J. D. 1999 A biologically based computational model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.375-411.
- Raaijmakers, J. G., & Shiffrin, R. M. 1980 SAM: A theory of probabilistic search of associative memory. *Psychology of Learning and Motivation*, **14**, 207-262.
- Sapir, E. 1949 *Selected writings of Edward Sapir in language, culture, and personality*. Los Angeles, CA: University of California Press.
- Schneider, W. 1999 Working memory in a multilevel hybrid connectionist control architecture (CAP2). In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.340-374.
- Shiffrin, R. M., & Steyvers, M. 1997 A model for recognition memory: REM-retrieving effectively from memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, **4**, 146-166.
- Taatgen, N. A. 2001 Dispelling the magic: Towards memory without capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 147-148.
- Whorf, B. L. 1956 *Language, thought and reality: Selected writings of Benjamin Lee Whorf*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Young, R. M., & Lewis, R. L. 1999 The soar cognitive architecture and human working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp.224-256.

Acknowledgement

The author gratefully acknowledges reliable assistance rendered by devoted research interns, Marc Matrana (references) and K. J. Yuan (Experiment 2 with native Chinese).