

処理容量と記憶 ——批判的検討——

高 橋 雅 延

Processing capacity and memory: A critical review

TAKAHASHI Masanobu

1. はじめに—注意と記憶保持—

注意 (attention) と記憶 (memory) が密接な関係にあることは誰もが認めることである。例えば、カクテルパーティなどで、ある特定の人物の話に注意を傾けると、他の人の話は耳に入らず、記憶にも残らない。古く、James (1890) は、注意の本質を「意識の焦点化と集中」と述べ、「将来の結論がどうなるにせよ、一度注意されたものは記憶内に残り、注意を払わずに通る過ぎていったものは後に何の痕跡も残さないということだけは否定できない」(p. 427) と結論している。この James (1890) の主張は、左右別々の耳に異なる情報を呈示する両耳分離聴 (dichotic listening) において、どちらか片方の耳の情報に注意して、それをたどる追唱 (shadowing) 法などを使った選択的注意 (selective attention) の研究の中で、注意されない情報が記憶に残らないという事実から支持されてきた(渡辺, 1980の評論を参照)。そして、このような選択的注意の現象を説明するために、情報が感覚的分析から意味的分析へと処理されていく情報処理の系列内に一種の「瓶の口」(bottleneck) のような選択機構が仮定され、この選択機構を注意と考える構造モデルが現れたことはよく知られている (Broadbent, 1958; Treisman, 1969)。しかしながら、その後の研究で、注意を向けられなかった情報であっても、まったく記憶に残っていないとは言い切れないことが明らかにされると、注意を選択機構と考えることや、単純に注意の有無と記憶保持の有無を対応させることの限界が認識されるようになった (Lachman, Lachman, & Butterfield, 1979; Norman, 1976; Wickens, 1984 などを参照)。

そこで、注意を心的操作が働く際に必要となる一種の心的エネルギー、すなわち、リソース (resource)、認知的努力 (cognitive effort)、心的努力 (mental effort)、ないしは処理容量 (processing capacity) としてとらえ、その容量に限界があると考えた容量モデルが現れた。このモデルでは、意図 (intention) などの様々な要因によって、注意量が複数の活動に振り分けられると考えられている (Kahneman, 1973; Norman, 1976; Norman & Bobrow, 1975)。例えば自動車の運転の初心者運転と同時に、同乗者と会話をするのが難しい。これは、限界のある注意の容量のうち、自動車の運転に多量の注意が奪われ、同乗者の会話に対してはごくわずかの注意量しか向けられないことから説明される。同様に、両耳分離聴においても、追唱しなければならない情報に多くの注意量が向けられることにより、注意されない情報に向けられる注意量が少なくなり、情報の処理が十分に行えなくなって、その結果、その記憶保持も悪くなると考えることができる。このように、入力情報に向けられた注意量によって、情報の処理水準 (levels of process-

ing) が規定され、この処理水準の深さ (depth) が記憶保持と密接に関連することは、*Craik & Lockhart (1972)* によって明らかにされていることである。

このような考え方を受けて、最近、記憶の際に注がれる注意量と記憶保持の関係が問題とされるようになってきた(神谷, 1988; *Mitchell & Hunt, 1989* の評論を参照)。すなわち、一般に、やさしい課題に比べて実行が困難な課題になるほど、課題実行に必要とされる注意の容量は多くなると考えられることから (*Kahneman, 1973*)、課題の困難度と記憶保持の関係が検討されている。また、注意量には一定の限界があるとの仮定のもとに、記憶課題と同時に別の課題を行わせ、この課題の実行に使われる注意量を調べることによって、記憶課題に対する注意の配分量を推定し、この注意量と記憶保持の関係が検討されることもある。さらにはまた、記憶課題に対する注意の配分量を様々な生理的指標によって明らかにしようという試みも行われている。これらに加えて、発達や加齢 (aging) にもとづく記憶能力の年齢差についても、記憶課題に注がれるこのような注意量の違いにもとづく解釈が現れてきている (*Bjorklund & Harnishfeger, 1989; Craik, 1986; Craik & Simon, 1980; Guttentag, 1985, 1989a, 1989b; Salthouse, 1988*)。

しかしながら、これらの研究には、次のような2つの問題点が指摘できる。すなわち、第1の問題点は、記憶保持の規定因としてこれまでに明らかにされてきた様々な処理様式 (リハーサル、精緻化、体制化など) と、注意量がどのように関係し合っているのかが明らかにされてはいないということである(神谷, 1988も参照)。第2に、注意に一般的な限界容量があるという仮定や、この仮定に根拠を置いている実験方法そのものに、数多くの問題点を指摘することができる (*Guttentag, 1989a; Salthouse, 1988; Wickens, 1984*)。本論文では、主として、この第2の問題点を明らかにすることを目的とする。そこで、(1)課題の困難度、(2)二重課題法、(3)処理容量の生理的指標、(4)記憶の年齢差と処理容量、のそれぞれの研究の現状を簡単に述べ、理論的・方法的問題点を検討することとする。

なお、リソース、認知的努力、心的努力、ないしは処理容量という用語は、研究者によりその使用法や定義が微妙に異なることがあるが、いずれの用語も、課題の実行に限界をもたらしと仮定される概念を指している (*Wickens, 1984*)。本論文では、以下、リソースと処理容量という用語を用いる。そして、リソースという用語はある課題の実行時に我々が利用できる注意の総容量を指すことにする。また、処理容量という用語はその課題の実行に必要とされる注意の量であると考え。したがって、処理容量はリソースの一部であることもあれば、それがリソースを越えることもある。

2. 記憶に及ぼす処理容量の効果—研究の現状と問題点—

(1) 課題の困難度

一般に、単語記憶において、符号化時の課題の困難度 (difficulty) が高くなるほど、その記憶保持のすぐれることが知られている (*Gardiner, Smith, Richardson, Burrows, & Williams, 1985; Griffith, 1976; Jacoby, 1978; Jacoby, Craik, & Begg, 1979; 神谷, 1986; 北尾・金子, 1981; Krinsky & Nelson, 1981; McDaniel, Einstein, & Lollis, 1988; McDaniel, Einstein, Dunay, & Cobb, 1986; McFarland, Frey, & Rhodes, 1980; Tyler, Hertel, McCallum,*

& Ellis, 1979)。このような結果は、先に述べたように、やさしい課題に比べて課題が困難になるほど、課題実行に必要とされる処理容量が多くなることから解釈される。

例えば, Tyler et al. (1979, 実験 1) は, アナグラム解読課題と文完成課題のそれぞれの困難度を変えて, 処理容量(彼らは心的努力という用語を用いている)を操作し, 偶発自由再生の成績を検討している。すなわち, アナグラム課題では, 解読単語の文字の変換数によって, 困難度, すなわち処理容量を操作した。例えば, 解読単語が “doctor” である場合, 処理容量の少ない(やさしい)アナグラムは “dortoc” であるのに対し, 処理容量の多い(難しい)アナグラムは “croodt” であった。また, 文完成課題では, 空所をもった文が呈示され, その文がどれだけターゲット単語を限定するかによって, 処理容量を操作した。例えば, ターゲット単語が “dream” である場合, 処理容量が少ない(やさしい)文は “The girl was awakened by her frightening—” であるのに対し, 処理容量が多い(難しい)文は “The man was alarmed by the frightening—” であった。その結果(図 1), アナグラム課題 [Anagrams] では課題の困難度と再生率との間には何の関係も認められなかったが, 文完成課題 [Sentences] では, 努力の少ない場合 [Low Effort] よりも努力の多い場合 [High Effort] の方が再生成績がよいという処理容量の効果 (processing capacity effect) が認められた。この他に, 文章記憶の研究においても, 理解しにくい文の方が, 理解しやすい文よりも, その再生成績の優れることが見いだされている (Auble & Franks, 1978; Auble, Franks, & Soraci, 1979; Walker, Jones, & Mar, 1983)。

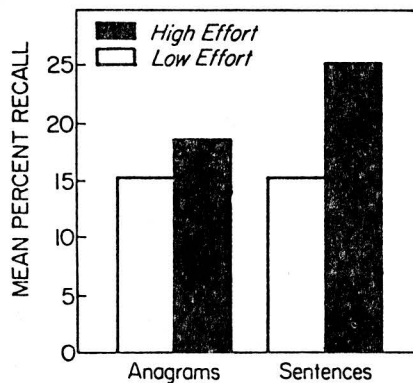


図1 アナグラム課題, 文完成課題における努力量ごとの平均再生率 (Tyler et al., 1979)

これに対して, 課題の困難度と記憶保持が関係しないという報告もなされている (Gollub & Healy, 1987; Jacoby, 1978; Kellogg, 1984; Walsh & Jenkins, 1973; Zacks Hasher, Sanft, & Rose, 1983)。例えば, Zacks et al. (1983) では, Tyler et al. (1979) と同様のアナグラム課題と文完成課題, さらにはまた, 線画の命名課題の困難度が操作されたが, 処理容量の違いと偶発再生の間に何の関係も認められなかった。また, 文章を材料とした研究においても, 課題の困難度と文章記憶との間に何の関係も認められないという結果が数多く報告されている (Britton, Glynn, Meyer, & Penland, 1982; Britton, Holdredge, Curry, & Westbrook, 1979; Britton, Piha, Davis, & Wehausen, 1978)。

さらに、被験者の様々な特性によって、処理容量の効果が認められないことが明らかにされている。例えば、Ellis, Thomas, & Rodriguez (1984) は、実験的に抑鬱ムードに導入した被験者と普通の被験者を使って、文完成課題の困難度の効果について検討している。その結果(図2)、普通の被験者 [NEUTRAL] では、努力の少ない場合 [LOW EFFORT] よりも努力の多い場合 [HIGH EFFORT] の方が再生成績がよかったのに対して、抑鬱状態の被験者 [DEPRESSED] では、このような処理容量の効果が認められなかった。また、Swanson (1984) は、読み能力の優れた児童と劣る児童について、アナグラム課題の困難度とリスト構造(関連語リスト, 無関連語リスト)を変えて、処理容量を操作した。その結果、読み能力の優れた児童では、多くの処理容量が必要とされる困難度の高い単語の方が再生成績がよかったのに対して、読み能力の劣る児童では、逆に、困難度の低い単語の再生成績の方がよかった。

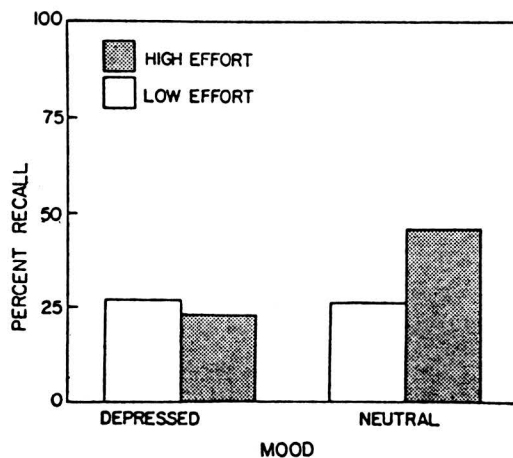


図2 異なるムードにおける認知的努力ごとの平均再生率
(Ellis et al., 1984)

この他に、保持テストが異なると処理容量と記憶保持の関係が変化することも報告されている。Jacoby et al. (1979, 実験4) は、カテゴリ名の呈示後に現れるターゲット単語がそのカテゴリに属するかどうかの判断を被験者に行わせ、各カテゴリ内でのターゲット語の出現頻度を3段階設け、判断の困難度を操作した。その結果、再認では、判断が簡単な(典型例の)ターゲット単語よりも、判断の難しい(非典型例の)ターゲット単語の方が、その成績がよかった。これに対し、カテゴリ名を手がかりとした手がかり再生では、逆に、判断が難しいターゲット単語よりも簡単なターゲット単語の方が、その成績の優れることを見いだしている。

このように、課題の困難度によって処理容量を操作している研究においては、その結果が一致していないのが現状であり、被験者の特性や保持テストの種類と処理容量との関係も十分に解明されていない。さらに、これらの研究におけるもっとも大きな問題点は、処理容量の指標がないということである (Auble & Franks, 1978; Auble et al., 1979; Ellis et al., 1984; Gardiner et al., 1985; Jacoby, 1978; Jacoby et al., 1979; 北尾・金子, 1981; McFarland et al., 1980; Tyler et al., 1979, 実験1; Zacks et al., 1983)。すなわち、処理容量の指標がない限り、

処理容量と記憶保持との関係は循環論に陥り、これら課題の困難度の研究において、処理容量による解釈を行うことはできない。このようなことを受けて、いくつかの研究では、課題の処理時間や(神谷, 1986; McDaniel et al., 1986, 1988; Swanson, 1984; Walker et al., 1983), 被験者による課題の困難度の評定 (Gollub & Healy, 1987; Kellogg, 1984) などを困難度の指標とすることもがあるが、課題の困難度と処理容量とがどのように対応しているのかの理論的見解の一致がないので、このような困難度の指標があっても循環論の問題からは逃れることができない。

(2) 二重課題法

ここでとりあげる二重課題 (dual task) 法とは、記憶課題を一次課題 (primary task) として行うと同時に別の課題を二次課題 (secondary task) として行わせる方法である。すなわち、二次課題だけを行った場合の遂行成績(反応時間, エラー率など)が、同時に一次課題(記憶課題)を行うことによって、悪化すれば、それは一次課題の方に処理容量が奪われたためと仮定され、この二次課題の遂行成績の低下が一次課題に注がれた処理容量の指標とされるのである (Kerr, 1973 などを参照)。二次課題としては、視覚プローブ (probe) や聴覚プローブの検出反応課題 (Britton et al., 1978, 1979, 1982; Eysenck & Eysenck, 1979; Griffith, 1976; Johnston & Heinz, 1978; Johnston, Griffith, & Wagstaff, 1972; Kellogg, 1984; 桑原・三宮・野村, 1983; 都築, 1986; Tyler et al., 1979), 画面上のターゲットを追跡するトラッキング課題 (Johnston, Greenberg, Fisher, & Martin, 1970; Martin, 1970; Trumbo & Milone, 1971), 指を使ったタッピング課題 (Hiscock & Kinsbourne, 1978) などが用いられる。また、認知課題の実行中、課題に関係しない数字系列や文字系列を記憶しておかなければならない記憶負荷 (memory load) 法が使われることもあるが、あまり一般的ではないので、ここでは述べないことにする (Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, Lewis, Eldridge, & Thomson, 1984 などを参照)。

先に述べた Tyler et al. (1979) の別の実験では、課題の実行時の処理容量の指標として、二次課題(聴覚プローブの検出課題)の反応時間が測定されている。すなわち、アナグラム課題と文完成課題のそれぞれにおいて、被験者は、課題実行と同時に、ヘッドホンから音が聞こえたらできるだけ速くボタンを押さなければならなかった。その結果、課題が困難になるほど、再生率がよくなるとともに、二次課題の反応時間もそれに対応して、長くなることが見いだされた。また、文章を材料とした桑原他(1983)は、文章読解中に、検出すべき聴覚プローブの信号数を変えることによって、文章読解に注がれる処理容量を操作した。その結果、検出信号数の少ないほど、すなわち処理容量の多いほど、その再生率のよくなることを見いだしている。

これに対して、Kellogg (1984) では、処理容量と記憶保持との間に何の関係も見いだされていない。彼は、無意味綴りの記銘と同時に、聴覚プローブの検出課題を二次課題として被験者に行わせた。その結果、二次課題の反応時間にもとづく処理容量の違いと、再認成績との間には何の関連も認められなかった。また、Eysenck & Eysenck (1979, 実験 2) は、ターゲット単語の意味的属性(液体で自然物であるかなど)や文字的属性(文字 E が含まれているかなど)を被験者に「はい」「いいえ」の二件法によって判断させると同時に、二次課題として、視覚・聴覚プローブの検出課題を行わせた。その結果、二次課題における反応時間からみれば、否定項目の方が肯定項目よりも多くの処理容量が注がれていたにもかかわらず、再生成績に関しては、逆に、肯定

項目の方が否定項目よりもよかった。また、先に述べた Britton et al. (1978, 1979, 1982) の文章記憶の研究においても、聴覚プロープの検出課題によって測定した処理容量の違いと再生成績との間には、何の関係も認められていない。

このように、二重課題法を使って測定された処理容量と記憶保持との関係についても、現在のところ、一致した結論が出されるに至っていない。さらにまた、二重課題法のもとにある、単一のリソースを一次課題と二次課題が奪い合うという仮定そのものの妥当性がいくつかの理由から疑問視されるようになってきている (Brainerd & Reyna, 1989; Guttentag, 1989a; Navon, 1984; Navon & Gopher, 1979; Salthouse, 1988; Wickens, 1984)。すなわち、第1に、一次課題自体の成績が悪化するほど一次課題の困難度が増大しても、二次課題には影響がないという結果や (Kantowitz & Knight, 1974, 1976)、課題の種類によっては、一次課題と二次課題が干渉し合うことなく、どちらも完全に遂行されることがあるという結果などが明らかにされている (Allport, Antonis, & Reynolds, 1972; Wickens, 1976)。例えば、Kantowitz & Knight (1976) は、ヘッドホンから聴覚呈示される数字 (N) を一定の規則 (その数字 (N) から 1 を減算するなど) にしたがって変換する課題を一次課題として被験者に行わせ、その困難度を 4 水準で操作した。また、同時に、二次課題としてタッピングを行わせ、そのタッピングの困難度も 2 水準で操作した。その結果、一次課題の困難度の増大とともに、一次課題自体の成績は悪化したにもかかわらず、一次課題の困難度は二次課題の成績にはまったく影響しなかった (図 3)。これらの結果は、二次課題の成績をもとに一次課題の処理容量を推定することの妥当性に疑問を投げかけるものと言える。

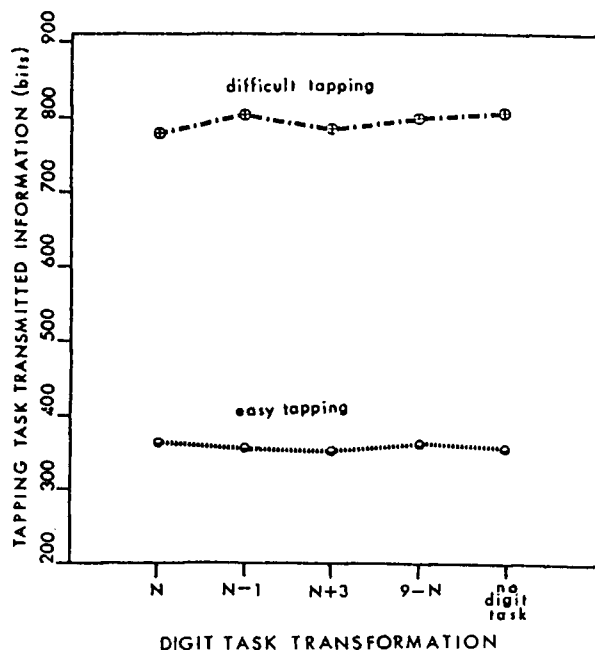


図3 数字変換課題の困難度、タッピングの困難度ごとのタッピング課題での平均伝達情報量 (Kantowitz & Knight, 1976)

第2に、練習による熟達化により自動的に行えるようになった課題は、処理容量が少なくなるか、あるいは、まったく不要となるので (Hasher & Zacks, 1979; Shiffrin & Schneider, 1977 を参照)、一次課題と二次課題を同時に行っても干渉の起こらなくなることが報告されている (Hirst, Spelke, Reaves, Caharack, & Neisser, 1980; Shiffrin & Schneider, 1977; Spelke, Hirst, & Neisser, 1976; Underwood, 1974)。例えば、Hirst et al. (1980) は、8名の被験者に物語を読ませると同時に聴覚呈示した単語を書きとらせる訓練を毎週5時間ずつ14週間にわたり実施した。その結果、はじめのうちは単語の書きとりによって読解速度や理解力が著しく妨害を受けていたにもかかわらず、訓練期間の終わり頃になると、どの被験者においても、単語の書きとりによる妨害が認められなくなった。また、Underwood (1974) は、両耳分離聴課題において、この課題の熟達者と熟達していない被験者に対して、どちらか片方の耳に呈示される文字を追唱させた。そして、追唱中に数字をどちらかの耳にランダムに呈示し、それが呈示されたときに報告するように求めた。その結果、注意(追唱)されている耳に出現する数字の報告率においては、熟達者と非熟達者の間にはほとんど差が認められなかったが、注意されていない耳に出現する数字の報告率においては、熟達者は非熟達者の8倍以上も優れていた。このような結果は、熟達化によって、追唱が自動化され、注意されていない耳の情報を処理するための処理容量が増大したことから解釈されている。したがって、これらの結果から、二次課題の成績により一次課題の処理容量を最初のうちは推定できるとしても、少なくとも、熟達化が進めば、このような推定

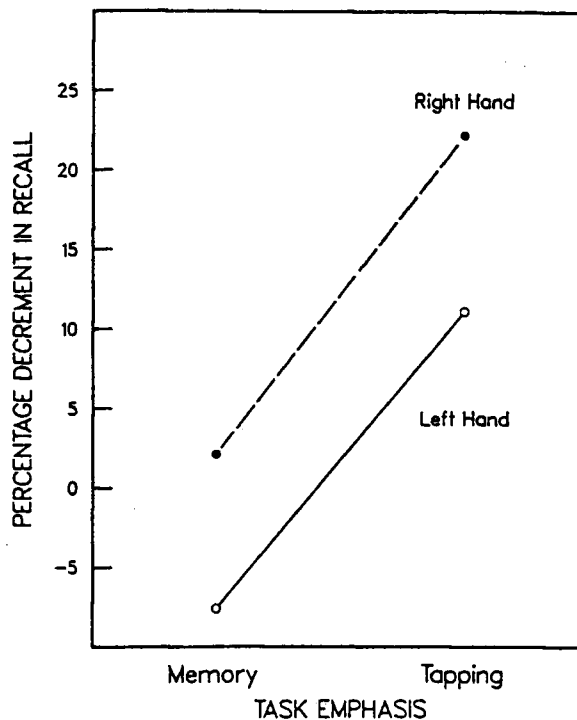


図4 タッピングを行う手、課題強調指示ごとの再生成績の低下率 (Friedman et al., 1988)

が無意味なものになると言える。

第3に、一次課題と二次課題の干渉は同一のリソースの競合から起こると考えなくても、他に様々な説明が可能である。例えば、どちらか一方の課題の実行が、特に習熟していない場合、うまくいかないことによって、被験者が不安を喚起されれば、もう一方の課題の遂行成績も悪くなる。あるいはまた、一次課題と二次課題の干渉は、入力時の構造的干渉や出力時の反応競合(Wickens, 1984 を参照)、あるいはまた、出力干渉 (output interference) により解釈することができる (Brainerd & Reyna, 1989; Reyna & Brainerd, 1989 を参照)。

第4に、脳の左半球と右半球に特殊化した2つのリソースプールの存在が実験的に明らかにされてきている (Ballesteros, Manga, & Coello, 1989; Friedman, Polson & Dafoe, 1988; Friedman, Polson, Dafoe, & Gaskill, 1982; Hirst & Kalmer, 1987)。例えば, Friedman et al. (1988) は、一次課題として、無意味綴りの記憶保持を行わせ、二次課題として、右手か左手によるタッピングを行わせた。また、記憶課題かタッピング課題のどちらの遂行に重点を置くかを教示によって指示した。その結果(図4)、いずれの課題を強調するかということと関係なく、左手タッピング [Left Hand] よりも右手タッピング [Right Hand] の方が記憶成績の低下率が大きかった。このような結果は左半球と右半球の活性化の違いから解釈されている。すなわち、言語記憶課題の実行は左半球を活性化させるので、同じ左半球を活性化させる課題(右手タッピング)の場合には干渉が起こるが、右半球を活性化させる課題(左手タッピング)では、干渉が起

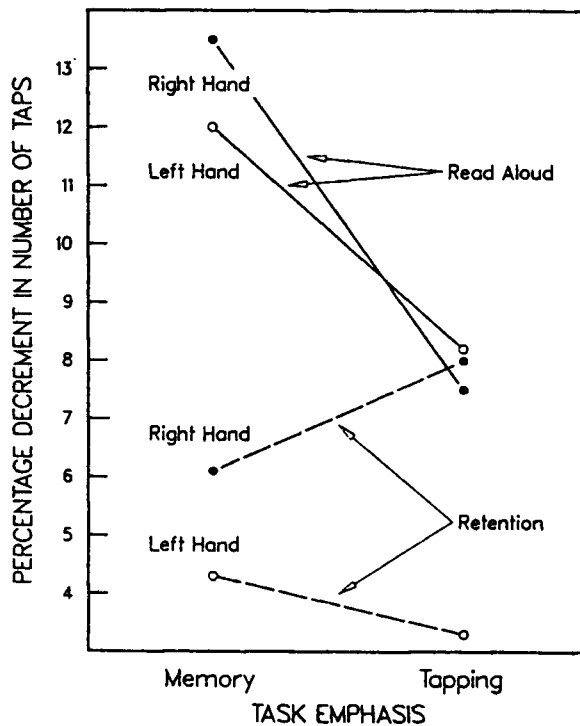


図5 タッピングを行う手、課題強調教示、記憶段階ごとのタッピング回数の減少率 (Friedman et al., 1988)

こらないことによって解釈される。したがって、大脳の右半球と左半球のそれぞれに特殊化した別々のリソースプールを考えることが必要と思われる。さらにまた、二次課題のタッピング回数について、タッピングだけの場合から記憶課題も同時に行われる場合にかけての減少率を調べると(図5)、刺激項目を声に出して読む段階 [Read Aloud] においては、タッピング課題強調条件[Tapping] よりも記憶課題強調条件 [Memory] の方が、タッピング回数の減少率が大きい。このことから、記憶の際の発声行為とタッピングが同じリソースを競合していることが示唆される。これに対して、声を出さない保持期間中 [Retention] においては、記憶課題強調条件とタッピング課題強調条件の間でタッピング回数の減少率にほとんど差がないことから、記憶保持期間中の処理過程とタッピングが別々のリソースに依存していることが示唆される。これらの結果は、符号化、中央処理、運動出力のそれぞれの処理過程において異なるリソースがあるという主張 (Wickens, 1984) とも一致している。

このような問題点から、現在では、単一のリソースを仮定するのではなく、複数のリソースの存在が考えられるようになっている (Navon & Gopher, 1979, 1980; Wickens, 1984 など)。もちろん、Wickens (1984) も指摘するように、あまりにも多くの異なるリソースプールを考えることは、理論としての説明力を失うことになる。しかしながら、少なくとも、二重課題法がそのよりどころとしてきた単一リソースの仮定はあまりにも単純すぎたことだけは明らかであるし、そのような仮定のもとに行われてきたこれまでの研究はすべて検討しなおさなければならないと言えよう。

(3) 処理容量と生理的指標

上に述べてきた研究とは異なり、処理容量の指標を生理的なものに求めようとする研究がある。すなわち、我々が様々な認知的活動を行う際、それに応じた生理的活動が生じるので、これを処理容量の指標にしようというのである。Kahneman (1973) は、処理容量の生理的指標に必要な3つの基準として、同一課題内、異なる課題間、個人間、のそれぞれの処理容量の変化に敏感であることをあげている。Beatty (1982) は、これら3つの基準を満たす処理容量の生理的指標として、瞳孔の直径の変化、すなわち瞳孔散大 (pupillary dilation) が適切であると述べている。事実、課題の困難度に応じて、瞳孔散大の程度が大きくなることが報告されている (Beatty & Wagoner, 1978; Colman & Paivio, 1970; Hess & Polt, 1964; Kahneman & Beatty, 1966; Kahneman, Tursky, Shapiro, & Crider, 1969; Krinsky & Nelson, 1981)。例えば、Krinsky & Nelson (1981) は、各単語の呈示後の方向づけ質問によって、処理様式(意味的属性か文字の構造的属性についての判断)と処理容量(判断の困難度)をそれぞれ操作し、同時に、処理容量の指標として、符号化時間中の瞳孔散大の変化を測定した。その結果、構造的 [STRUCTURAL] 条件、意味的 [SEMANTIC] 条件のいずれにおいても、その再生率は、課題がやさしい [EASY] 場合よりも難しい [HARD] 場合の方がよかった。また、瞳孔散大も課題の困難度に応じて変化することが認められた(図6)。この他にも、Kahneman et al. (1969) は、数字の変換課題の困難度を3水準で操作し、同時に、瞳孔散大、心拍数 (heart rate)、皮膚伝導 (skin conductance) 水準を測定した。その結果、この3つの生理的指標はすべて課題の困難度に応じて変化することが見いだされている。

しかしながら、瞳孔散大をはじめとした心拍数や皮膚伝導水準は、情動 (emotion) によって

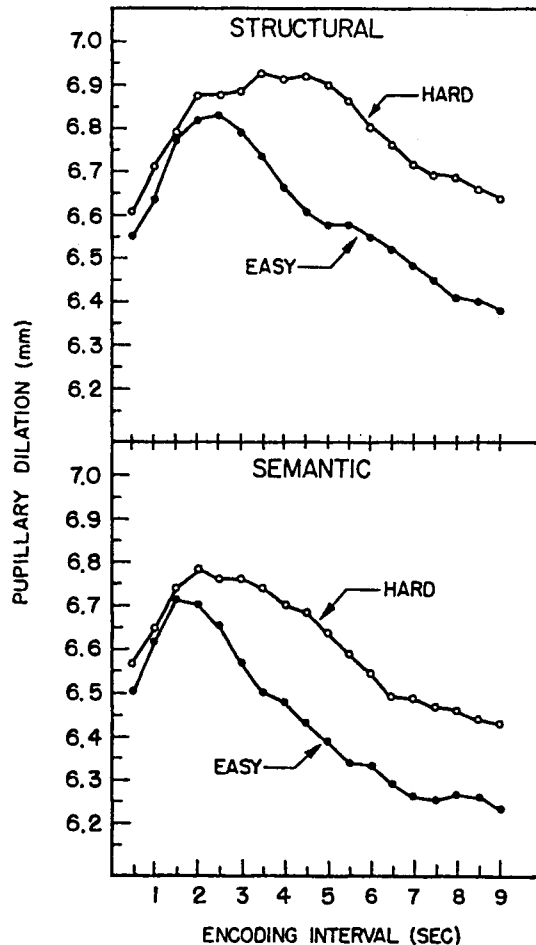


図6 符号化時間中における条件ごとの瞳孔散大量の変化
(Krinsky & Nelson, 1981)

大きく変化することが知られている (Andreassi, 1980; Go'dwater, 1972 を参照)。さらにまた, Kahneman et al. (1969) の結果とは異なり, Andreassi (1966) は, 連想価の異なる刺激語の学習において, 連想価の低い(学習の困難な)語ほど, 心拍数も皮膚伝導水準も低下することを見いだしている。これは, 困難度の高い語のリストでは, 被験者が興味を失い, このため活動水準が低くなったことから解釈されている。このような覚醒 (arousal) 水準が生理的指標と密接な関連にあることは言うまでもないことである。さらにまた, 覚醒水準が高くなりすぎると記憶の悪化することが知られており (Eysenck, 1976; Mandler, 1984), 仮にここで述べた生理的指標と記憶保持とが対応するとしても, 覚醒水準がある一定の限界を越えると, 対応関係がなくなってしまうと考えられる。このように, これらの生理的指標は, 処理容量以外に, 情動, 興味, 覚醒水準, 動機づけ (motivation) などの影響を受けることから, 処理容量の指標としては適切なものとは言えない。

そこで、最近、処理容量の別の生理的指標として、脳内の血流 (blood flow) 量や事象関連電位 (event related potential) が注目されている。例えば、Gur & Reivich (1980) は、言語課題実行時と空間課題実行時の被験者の左半球、右半球の血流量を測定した。その結果、言語課題実行時には、左半球の血流量の方が右半球よりも多いことを見いだしている。この結果は、課題の困難度(処理容量)の指標として、血流量を使うことができるという可能性を示唆している。また、課題実行中の事象関連電位は、Wickens, Kramer, Vanasse, & Donchin (1983) により測定されている。彼らは、コントロールスティックによる追跡トラッキング課題を一次課題として、その困難度を3水準で操作し、聴覚・視覚プローブの検出課題を二次課題とした。その結果、事象関連電位 P 300 の振幅 (ベースからピークまで) は、一次課題の困難度にもなった減少が認められ、P 300 が一次課題に注がれた処理容量の指標になり得ることが示唆されている。しかしながら、これらの生理的指標も、それが処理容量とどのように対応しているかの理論的裏づけが、現在のところ、明確ではない。また、先に述べたように、複数のリソースがあるとすれば、生理的指標とそれぞれのリソースとの対応関係もやはりわからないまま残されている (Wickens, 1984)。さらにまた、これらの生理的指標は処理容量や処理課題よりも、個人差の影響を大きく受けることがしばしば報告されている。例えば、Gur & Reivich (1980) の研究においても、空間課題実行時には、予想されたような右半球の血流量の増大が認められなかったことから、血流量に関しては、課題差だけではなく、もともとの個人差を考慮しなければならないことが主張されている。

(4) 記憶の年齢差と処理容量

一般に、子どもや高齢者は、若者と比べて、記憶能力が劣っている。これは、第1に、子どもも高齢者も、記銘項目同士を関係づけたり、記銘項目を呈示された文脈に関係づけるような、記憶保持に効果的な処理(累積的リハーサル、精緻化、体制化など)をしないことと、第2に、たとえこれらの処理を行うことができても、自発的には行わないという2つの理由から解釈されてきた (Guttentag, 1985 を参照)。

最近、これらの解釈に加え、子どもや高齢者の処理の効率性の悪さとリソースや処理容量を関連させるといことが行われるようになってきた。すなわち、子どもや高齢者は若者と比べて、絶対的なリソース量が少ないので、これらの記憶保持に有効な処理を行う効率が悪く、必要以上の処理容量を使ってしまう。このため、他の処理に使える処理容量が少なくなり、その結果、多様な処理が行えずに記憶保持も悪くなってしまうと考えられているのである (Craig, 1986; Craig & Byrd, 1982; Craig & McDowd, 1987; Craig & Simon, 1980; Guttentag, 1985, 1989a; Salthouse, 1988)。そして、これらの記憶の年齢差の研究においても、若者を使った研究と同様に、タッピング課題や検出課題などによる二重課題法が用いられることが多い。

子どもの場合は、検出課題の実行が難しいことから、ほとんどの場合、タッピング課題が二次課題として使われている (Bjorklund & Harnishfeger 1987; Guttentag, 1984; Hiscock & Kinsbourne, 1978; Kee & Davies, 1988)。例えば、Kee & Davies (1988) は、小学校6年生と大学生を被験者とし、呈示する項目対だけをリハーサルする機械的リハーサルか精緻化のいずれかを行わせると同時に、タッピング課題により処理容量を測定した。その結果、タッピング課題の減少率を調べると(図7)、小学校6年生では機械的リハーサル [Rehearsal] よりも精緻化

[Elaboration]の方が、その減少率が大い(処理容量が多い)のに対し、大学生では逆に精緻化の方が減少率が小さい(処理容量が少ない)ことが明らかになった。また、Guttentag (1984) は複数の項目をまとめて反復する累積的リハーサルを行う際の処理容量をタッピング課題により測定している。その結果、年少児(2年生, 3年生)は、自発的には行うことのない累積的リハーサルを行う際に、年長児(6年生)よりも多くの処理容量が必要であった。同様に、Bjorklund & Harnishfeger (1987) は、教示による体制化方略の使用時の処理容量をタッピング課題によって測定している。その結果、3年生も7年生も体制化方略を使用したときの方が、そうでない場合よりも多くの処理容量が必要であった。ただし、7年生はこのような処理容量の増大にともない再生成績も向上したが、3年生では、再生成績は向上しなかった。これらの研究結果は、一般に年齢が上がるにつれて、処理の効率性がよくなり、記憶に有効な方略を使用するための処理容量が少なくなることを示している。

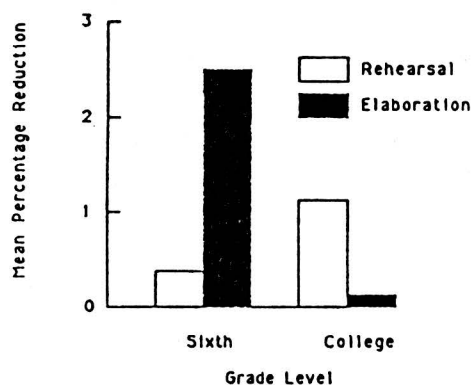


図7 6年生, 大学生における処理様式ごとのタッピングの平均減少率 (Kee & Davies, 1988)

これに対して、高齢者の場合、運動反応の全般的な低下のためにタッピングなどの運動課題を行わせることが難しいので、二次課題としては検出課題を行わせることが多い (Craig & McDowd, 1987; Duchek, 1984; Macht & Buschke, 1983)。例えば、Duchek (1984) は、大学生と高齢者(平均年齢68.3歳)を被験者とし、単語の呈示後の方向づけ質問と同時に、聴覚プローブの検出課題を行わせた。その結果、高齢者は大学生よりも再生成績が悪く、二次課題の反応時間も長くなるが見いだされた。また、Macht & Buschke (1983) は、大学生と高齢者(平均年齢70.3歳)を被験者とし、4試行にわたる学習と再生を行わせ、口頭再生時に視覚プローブの検出課題を行わせた。その結果(図8)、高齢者 [OLD] は大学生 [YOUNG] よりも再生成績(と群化率)が低く(左図)、二次課題の反応時間も長かった(右図)。これらの結果は、子どもの場合と同様に、高齢者の処理の効率性が悪いので、若者と比較して、記憶処理の際に使われる処理容量が多くなっていることを示している。

しかしながら、記憶の年齢差と処理容量を関連づけようとする研究はまだ始まったばかりなので、十分な研究の蓄積が行われているとは言えない。したがって、ここでは、2, 3の一般的な問

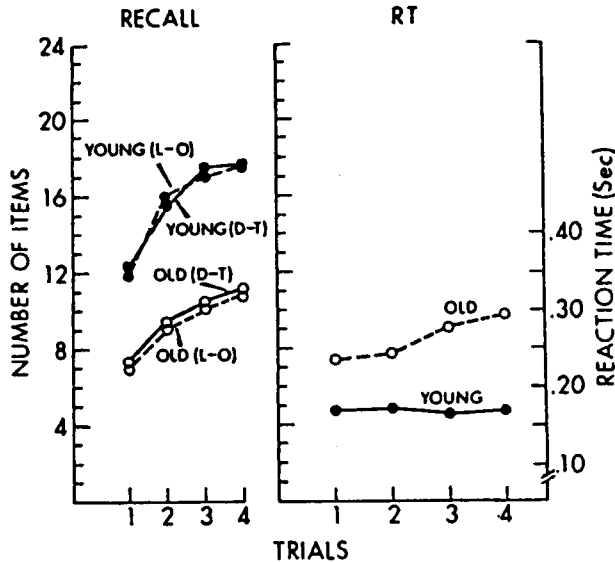


図8 高齢者と若者における二重課題条件 (D-T), 学習だけの条件 (L-O) の試行ごとの平均再生数(左図)と、二重課題条件における試行ごとの反応時間(右図) (Macht & Buschke, 1983)

題点を指摘するにとどめる。まず、リソースや処理の効率性がなぜ年齢によって変わるのかという理論的な問題が指摘できる。例えば、Guttentag (1985) は、生物学的変化、熟達化、知識量の変化という3つの側面からの解釈の可能性をあげている。すなわち、第1に、リソースの容量が発達や加齢による生物学的な変化にしたがって異なるという解釈、第2に、若者は子どもや高齢者に比べて、記憶課題に含まれるような心的操作に熟達化しており、このことが原因で、心的操作の際に必要な処理容量が少なくなって、処理の効率性がよくなるという解釈、第3に、子どもから成人までの間に生じる個人の知識ベース (knowledge base) の増大によって、記憶情報に意味を付与したり、体制化したりする際の効率性がよくなるという解釈、の3つである。しかし、それぞれの解釈の妥当性に関する実験的検討が行われていないので、現在のところ、いずれの解釈も思索の域を出ていない。

さらにまた、高齢者を被験者とした実験の場合、処理容量やリソース以外の様々な要因による解釈ができることが指摘できる。すなわち、高齢者における脳の老化状態の個人差が若者よりもはるかに大きいこと、高齢者の身体的状態(病気など)が精神的機能を低下させている可能性、大学教育を受けていない高齢者が多いという事実などを考慮せずに、結果の解釈が行われている。

この他に、タッピング課題を使う研究全般に当てはまることであるが、子どもの研究で多く行われているタッピング課題の場合、どちら側の手を使うか、あるいはまた、記憶課題において発声を行わせるかどうかによって、干渉の結果が異なってくるという事実が、認識されていない (Hiscock & Kinsbourne, 1978; Kee & Davies, 1988)。このことと関連して、二重課題における干渉量の算出法として、二次課題だけを行った場合の遂行成績との絶対差や比率差のいずれかが

用いられるが、どちらを用いるかを定める際の理論的裏づけが明確ではない (Guttentag, 1989a)。

3. おわりに—処理容量か処理様式か？—

本論文では、処理容量と記憶保持の研究の現状と方法論的問題点について明らかにしてきた。その結果、処理容量と記憶保持が密接な関係にあるとはいいきれないことや、処理容量の操作法や測定法に数多くの問題点のあることが明らかとなった。一般に、現在の記憶研究においては、リハーサル、精緻化、体制化などの処理様式を記憶保持の規定因であるとする考え方が広く受け入れられている。したがって、処理容量と記憶保持が密接な関連を示すとされる実験結果についても、まず、処理様式の違いから解釈できないかどうかを考えるべきであると思われる。例えば、神谷(1986)は、単語のアナグラムの困難度を操作し、偶発再生成績に及ぼす効果について検討した。その結果、最初に呈示される刺激語が無意味な文字列ではなく、有意味な場合(「ミルク」を「クルミ」に変換するなど)においてのみ、課題の困難度、すなわち、処理容量の増加にしたがって、再生成績の優れることを明らかにしている。このことは、処理容量の効果に関して、意味的処理が関与していることを示唆している。また、処理の対象に応じて、項目内 (intra-item) 処理と項目間 (inter-item) 処理の2つが区別され、この2つのタイプの処理様式が補い合うような場合に最良の記憶保持の得られることが見いだされている(高橋, 1986 の評論を参照)。McDaniel et al. (1988) は、刺激材料そのものにより生み出される処理様式と、課題の困難度の操作によって導かれる処理様式が異なることを指摘し、これらの処理が互いに補い合うような場合にだけ、困難度と記憶保持が関連を示すことを実験的に明らかにしている。そして、課題の困難度の効果の一致しない原因をこれらの処理様式の観点から説明している。すなわち、Zacks et al. (1983) の実験の場合、無関連語リストを使ったアナグラム課題であったので、項目内処理しか起こらず再生が促進されなかったのに対し、Krinsky & Nelson (1981) の実験では、無関連語リストからは項目内処理が導かれ、方向づけ質問により項目間処理が促されたので、2つの処理様式が補い合って再生成績が向上したというように解釈している。さらにまた、二重課題法を使った場合においても、二次課題からの干渉を少なくするために、被験者は記憶課題だけのときの処理様式とは異なる処理様式を使っていると思われる。このことは、一次課題だけの実行から二重課題の事態へ移行すると、多くの場合、一次課題の成績が変化することからも裏づけられる。

これらのことから明らかなように、処理容量の実験結果は、処理容量という概念をもちださなくても、処理様式の違いだけによって十分に解釈することができる。我々のリソース量に限界が存在するのは確かであるとしても、我々は、処理様式を変えることによってこのような限界を克服することができるのである。そもそも容量という概念は、Neisser (1976) も指摘するように、我々のような能動的で発達する構造には当てはまらないと思われる。我々は、様々な処理様式を課題に応じて能動的に選択し、実行していく存在なのであるから、記憶研究において今後検討されなければならないことは、このような処理様式を選択、実行過程にかかわる要因(メタ認知、動機づけなど)であって、容量の問題ではないのである。

引用文献

- Allport, D. A., Antonis, B., & Reynolds, P. 1972 On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225-235.
- Andreassi, J. L. 1966 Some physiological correlates of verbal learning task difficulty. *Psychonomic Society*, 6, 69-70.
- Andreassi, J. L. 1980 *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*. Oxford University Press. J. L. アンドレアッシ 辻敬一郎・伊藤法瑞・伊藤元雄・杉下守男・三宅俊治訳 1985 心理生理学—ヒトの行動と生理的反応— ナカニシヤ出版
- Auble, P. M., & Franks, J. J. 1978 The effects of effort toward comprehension on recall. *Memory and Cognition*, 6, 20-25.
- Auble, P. M., Franks, J. J., & Soraci, S. A. Jr. 1979 Effort toward comprehension: Elaboration or "aha!"? *Memory and Cognition*, 7, 426-434.
- Baddeley, A. D. 1986 *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. 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., Lewis, V., Eldridge, M., & Thomson, N. 1984 Attention and retrieval from long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 518-540.
- Ballesteros, S., Manga, D., & Coello, T. 1989 Attentional resources in dual-task performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27, 425-428.
- Beatty, J. 1982 Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological Bulletin*, 91, 276-292.
- Beatty, J., & Wagoner, B. L. 1978 Pupillometric signs of brain activation vary with level of cognitive processing. *Science*, 199, 1216-1218.
- Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. 1987 Developmental differences in the mental effort requirements for the use of an organizational strategy in free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44, 109-125.
- Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. 1989 In defense of resources. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 19-25.
- Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. 1989 Output-interference theory of dual-task deficits in memory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 1-18.
- Britton, B. K., Glynn, S. M., Meyer, B. J. F., & Penland, M. J. 1982 Effects of text structure on use of cognitive capacity during reading. *Journal of Educational Psychology*, 74, 51-61.
- Britton, B. K., Holdredge, T. S., Curry, C., & Westbrook, R. D. 1979 Use of cognitive capacity in reading identical texts with different amounts of discourse level meaning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 262-270.
- Britton, B. K., Piha, A., Davis, J., & Wehausen, E. 1978 Reading and cognitive capacity usage: Adjunct question effects. *Memory and Cognition*, 6, 226-273.
- Broadbent, D. E. 1958 *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Colman, F., & Paivio, A. 1970 Pupillary dilation and mediation processes during paired-associate learning. *Canadian Journal of Psychology*, 24, 261-270.
- Craik, F. I. M. 1986 A functional account of age differences in memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities: Mechanisms and performances*. Elsevier Science Publishers. Pp. 409-422.
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. 1982 Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources. In F. I. M. Craik & S. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes*. New York: Plenum Press. Pp. 191-211.

- 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.
- Craik, F. I. M., & McDowd, J. M. 1987 Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 474-479.
- Craik, F. I. M., & Simon, E. 1980 Age differences in memory: The roles of attention and depth of processing. In L. W. Poon, J. L. Fozard, L. S. Cermak, D. Arenberg, & L. W. Thompson (Eds.), *New directions in memory and aging: Proceedings of the George A. Talland memorial conference*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Pp. 95-112.
- Duchek, J. M. 1984 Encoding and retrieval differences between young and old: The impact of attentional capacity usage. *Developmental Psychology*, 20, 1173-1180.
- Ellis, H. C., Thomas, R. L., & Rodriguez, I. A. 1984 Emotional mood states and memory: Elaborative encoding, semantic processing, and cognitive effort. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 470-482.
- Eysenck, M. W. 1976 Arousal, learning, and memory. *Psychological Bulletin*, 83, 389-404.
- Eysenck, M. W., & Eysenck, M. C. 1979 Processing depth, elaboration of encoding, memory stores, and expended processing capacity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 472-484.
- Friedman, A., Polson, M. C., & Dafoe, C. G. 1988 Dividing attention between the hands and the head: Performance trade-offs between rapid finger tapping and verbal memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 60-68.
- Friedman, A., Polson, M. C., Dafoe, C. G. & Gaskill, S. J. 1982 Dividing attention within and between hemispheres: Testing a multiple resources approach to limited-capacity information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 625-650.
- Gardiner, J. M., Smith, H. E. C., Richardson, C. J., Burrows, M. V., & Williams, S. D. 1985 The generation effect: Continuity between generating and reading. *American Journal of Psychology*, 98, 373-378.
- Goldwater, B. C. 1972 Psychological significance of pupillary movements. *Psychological Bulletin*, 77, 340-355.
- Gollub, D., & Healy, A. F. 1987 Word recall as a function of sentence generation and sentence context. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25, 359-360.
- Griffith, D. 1976 The attentional demands of mnemonic control processes. *Memory and Cognition*, 4, 103-108.
- Gur, R. C., & Reivich, M. 1980 Cognitive task effects on hemispheric blood flow in humans: Evidence for individual differences in hemispheric activation. *Brain and Language*, 9, 78-92.
- Guttentag, R. E. 1984 The mental effort requirement of cumulative rehearsal: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 92-106.
- Guttentag, R. E. 1985 Memory and aging: Implications for theories of memory development during childhood. *Developmental Review*, 5, 56-82.
- Guttentag, R. E. 1989 a Age differences in dual-task performance: Procedures, assumptions, and results. *Developmental Review*, 9, 146-170.
- Guttentag, R. E. 1989 b Dual-task research and the development of memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 26-31.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. 1979 Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356-388.
- Hess, E. H., & Polt, J. M. 1964 Pupil size in relation to mental activity during simple problem solving. *Science*, 143, 1190-1192.

- Hirst, W., & Kalmar, D. 1987 Characterizing attentional resources. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 68-81.
- Hirst, W., Spelke, E. S., Reaves, C. C., Caharack, G., & Neisser, U. 1980 Dividing attention without alternation or automaticity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 98-117.
- Hiscock, M., & Kinsbourne, M. 1978 Ontogeny of cerebral dominance: Evidence from time-sharing asymmetry in children. *Developmental Psychology*, 14, 321-329.
- Jacoby, L. L. 1978 On interpreting the effects of repetition: Solving a problem versus remembering a solution. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 649-667.
- Jacoby, L. L., Craik, F. I. M., & Begg, I. 1979 Effects of decision difficulty on recognition and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 585-600.
- James, W. 1890 *The principles of psychology*. New York: Holt. W. ジェームズ 今田恵訳 1939 心理学 岩波書店
- Johnston, W. A., & Heinz, S. P. 1978 Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107, 420-435.
- Johnston, W. A., Griffith, D., & Wagstaff, R. R. 1972 Speed, accuracy, and ease of recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 512-520.
- Johnston, W. A., Greenberg, S. N., Fisher, R. P., & Martin, D. W. 1970 Divided attention: A vehicle for monitoring memory processes. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 164-171.
- Kahneman, D. 1973 *Attention and effort*. NJ: Prentice-Hall.
- Kahneman, D., & Beatty, J. 1966 Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154, 1583-1585.
- Kahneman, D., Tursky, B., Shapiro, D., & Crider, A. 1969 Pupillary, heart rate, and skin resistance changes during a mental task. *Journal of Experimental Psychology*, 79, 164-167.
- 神谷俊次 1986 単語記憶に及ぼす心的努力の効果 心理学研究, 57, 149-155.
- 神谷俊次 1988 記憶における心的努力 南山大学「アカデミア」人文・社会科学編, 47, 39-63.
- Kantowitz, B. H., & Knight, J. L. Jr., 1974 Testing tapping timesharing. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 331-336.
- Kantowitz, B. H., & Knight, J. L. Jr. 1976 Testing tapping timesharing, II: Auditory secondary task. *Acta Psychologica*, 40, 343-362.
- Kee, D. W., & Davies, L. 1988 Mental effort and elaboration: A developmental analysis. *Contemporary Educational Psychology*, 13, 221-228.
- Kellogg, R. T. 1984 Cognitive effort and memory revisited. *Psychological Reports*, 54, 850.
- Kerr, B. 1973 Processing demands during mental operations. *Memory and Cognition*, 1, 401-412.
- 北尾倫彦・金子由美子 1981 子どもの偶発記憶と処理様式の効果に関する発達の研究 教育心理学研究, 29, 267-271.
- Krinsky, R., & Nelson, T. O. 1981 Task difficulty and pupillary dilation during incidental learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7, 293-298.
- 桑原尚史・三宮真智子・野村幸正 1983 文章記憶に及ぼす処理資源の効果 心理学研究, 54, 102-107.
- Lachman, R., Lachman, J. L., & Butterfield, E. C. 1979 *Cognitive psychology and information processing: An introduction*. Lawrence Erlbaum Associates. R・ラックマン・J. L. ラックマン・E. C. バターフィールド 箱田裕司・鈴木光太郎監訳 1988 認知心理学と人間の情報処理 サイエンス社
- Macht, M. L., & Buschke, H. 1983 Age differences in cognitive effort in recall. *Journal of Gerontology*, 38, 695-700.
- Mandler, G. 1984 *Mind and body: Psychology of emotion and stress*. Norton. G. マンドラー 田中正敏・津田彰監訳 1989 情動とストレス 誠信書房
- Martin, D. W. 1970 Residual processing capacity during verbal organization in memory. *Journal*

- of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 391-397.
- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Lollis, T. 1988 Qualitative and quantitative considerations in encoding difficulty effects. *Memory and Cognition*, 16, 8-14.
- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., Dunay, P. K., & Cobb, R. E. 1986 Encoding difficulty and memory: Toward a unifying theory. *Journal of Memory and Language*, 25, 645-656.
- McFarland, C. E. Jr., Frey, T. J., & Rhodes, D. D. 1980 Retrieval of internally versus externally generated words in episodic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 210-225.
- Mitchell, D. B., & Hunt, R. R. 1989 How much "effort" should be devoted to memory? *Memory and Cognition*, 17, 337-348.
- Navon, D. 1984 Resources—A theoretical soup stone? *Psychological Review*, 91, 216-234.
- Navon, D., & Gopher, D. 1979 On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.
- Navon, D. & Gopher, D. 1980 Task difficulty, resources, and dual-task performance. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Pp.297-315.
- Neisser, U. 1976 *Cognition and reality*. San Francisco: Freeman. U・ナイサー 古崎敬・村瀬曼 訳 1978 認知の構図—人間は現実をどのようにとらえるか—サイエンス社
- Norman, D. A. 1976 *Memory and attention: An introduction to human information processing (2nd ed.)*. New York: Wiley. ドナルド・A・ノーマン 富田達彦監訳 1978 記憶の科学 紀伊國屋書店
- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. 1975 On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. 1989 Output interference, generic resources, and cognitive development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 42-46.
- Salthouse, T. A. 1988 Resource-reduction interpretations of cognitive aging. *Developmental Review*, 8, 238-272.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. 1977 Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Spelke, E. S., Hirst, W. C., & Neisser, U. 1976 Skills of divided attention. *Cognition*, 4, 215-230.
- Swanson, H. L. 1984 Effects of cognitive effort and word distinctiveness on learning disabled and nondisabled readers' recall. *Journal of Educational Psychology*, 76, 894-908.
- 高橋雅延 1986 記憶における項目間処理と項目内処理 大阪音楽大学研究紀要, 25, 30-43.
- Treisman, A. M. 1969 Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-292.
- Trumbo, D., & Milone, F. 1971 Primary task performance as a function of encoding, retention, and recall in a secondary task. *Journal of Experimental Psychology*, 91, 272-279.
- 都築誉史 1986 選択的注意課題における処理水準が標的語と非標的語の保持に及ぼす効果 心理学研究, 56, 328-334.
- Tyler, S. W., Hertel, P. T., McCallum, M. C., & Ellis, H. C. 1979 Cognitive effort and memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 607-617.
- Underwood, G. 1974 Moray vs. the rest: The effects of extended shadowing practice. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 26, 368-372.
- Walker, N., Jones, J. P., & Mar, H. H. 1983 Encoding processes and the recall of text. *Memory and Cognition*, 11, 275-282.
- Walsh, D. A., & Jenkins, J. J. 1973 Effects of orienting tasks on free recall in incidental learning: "Difficulty," "effort," and "process" explanations. *Journal of Verbal Learning and*

Verbal Behavior, 12, 481-488.

渡辺功 1980 選択の注意と記憶 心理学評論, 23, 335-354.

Wickens, C.D. 1976 The effects of divided attention on information processing in manual tracking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 1-13.

Wickens, C.D. 1984 Processing resources in attention. In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. Orlando, FL: Academic Press. Pp.63-102.

Wickens, C.D., Kramer, A., Vanasse, L., & Donchin, E. 1983 Performance of concurrent tasks: A psychophysiological analysis of the reciprocity of information-processing resources. *Science*, 221, 1080-1082.

Zacks, R.T., Hasher, L., Sanft, H., & Rose, K.C. 1983 Encoding effort and recall: A cautionary note. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 747-756.