

認知的加齢変化の測定手法に関する一考察(2)

— 計算スパン課題による言語性作業記憶容量測定の試み —

生涯学習教育研究センター 木暮照正

1 はじめに

老性自覚とは、自分が年をとったということの自覚である。例えば、「体力がなくなった」「物覚えが悪くなった」と感じるような場合である。一般に、老性自覚を感じるのは高齢期になってからと言われる。しかしながら、実際の認知機能の加齢変化は20歳代以降徐々に進行していると言う (e. g., Park & Hedden, 2001)。この加齢に関する自覚と実際とのギャップはなぜ生じるのであろうか？ Park and Hedden (2001) によれば、若年のうちは例え加齢による損失分があるとしても有効に機能している割合が相対的に多いためにそれに気づかないと言う。一方、高齢期になると有効に機能している割合が相対的に小さくなるためにそれに気づきやすくなると言う。以上のことから、認知的加齢をより正確に捉えるためには、高齢期のみを対象とするのではなく、20歳代以降から高齢期までの幅広い年齢範囲に渡って認知機能の変化を横断的に調査したり、縦断的に追跡したりする必要がある。

近年、認知的加齢の中でも作業記憶 (Baddeley, 1986; Carpenter & Just, 1989) の加齢変化に注目が集まっている。作業記憶とは、何か作業をしながらも一時的に情報を保持しておくような場合に機能する記憶のことであり、日常的な活動にも密接に関わる記憶機能であると言える。加齢に伴って、この記憶に関わる課題成績が低下することはすでに多くの報告から実証されている (e. g., Salthouse, 1991)。前報 (木暮, 2002) でも紹介したが、前頭葉の構造および機能の両面が加齢に伴って低下する傾向にある。この事実と作業記憶成績の加齢変化との関連性から、前頭葉機能と作業記憶機能との関係が想定され、加齢に伴う前頭葉機能の低下が結果として作業記憶機能の低下を導くという仮説が提起されている (West, 1996)。

欧米では、作業記憶に関する加齢変化について、20歳代以降から高齢期までの幅広い年齢を対象とした体系的な検討がすでに行われている (e. g., Park, Lau-

tenschlager, Hedden, Davidson, & Smith, 2002; Park, Smith, Lautenschlager, Earles, Frieske, Zwahr, & Gaines, 1996)。一方本邦では、体系的データが十分に収集されている段階とは言い難い。この原因の一つには、作業記憶能力を測定する認知課題が確定していないということが挙げられる。例えば、欧米では作業記憶を測定する際にはリーディング・スパン課題 (読みスパン課題) やリスニング・スパン課題 (聞き取りスパン課題) と言った認知課題を利用することが多い (Daneman & Carpenter, 1980)。リーディング・スパン課題とは、文を視覚的に呈示して被験者に音読させつつ、文末にある単語を覚えてもらうという課題である。文をいくつか連続して読み上げてから、文末にあった単語全てを正確に報告しなくてはならない。記憶しておける最大の単語数とその人の作業記憶容量と推定される。リスニング・スパン課題とは、文が聴覚的に呈示される以外はほぼリーディング・スパン課題と同じである。但し、聞き取りだけでは被験者が実際にどの程度文全体を理解しようと試みているのか不明であるため、文の呈示直後に、その文に関わる質問を呈示し、被験者はそれに答えることが求められる。

当然のことながら、これらの課題は英語などで作成されているために、日本語話者に対して実施するためには日本語版の課題を欧米版に準拠する形で作成して、標準化を行う必要がある。すなわち、日本語でほぼ同様の課題を作成してから、標準的なサンプルに対して実施して、おおよそのデータを収集しておかなければならない。例えば、苧坂・苧坂 (1994) はリーディング・スパン課題の日本語版を作成している。しかしながら、英語版の課題を日本語版に改訂するに当たって避けられない問題もある。英語では構文上文末が名詞になる文を作成することは比較的たやすいが、日本語では名詞が文末に来ることは稀で、多くは動詞や助動詞・助詞が文末に来る。このような単語は記憶課題としてあまり適切な材料とは言えず、やはり名詞のほうが望ましい。しかし、文末に名詞を配置するような日

本語の文（例えば、体言止め文）のみを読み上げさせることは却って不自然である。苧坂・苧坂（1994）は記銘すべき文中の名詞にアンダーラインを引くことで、この問題を補っている。被験者は文を読み上げつつ、アンダーラインの引いてある単語を記憶することになる。

英語版リーディング・スパン課題では、文を全て読み上げて文末に辿り着いてから、その単語を記憶するという自然な方略で課題を実施することが出来る。しかし、日本語版課題では、読み上げている最中にアンダーラインという視覚的目印を捕捉し、該当単語を記憶するという方略を被験者は取ることになる。英語と日本語の構文上の差異のために起こる避け難い問題ではあるが、被験者の取る課題方略が異なってしまう可能性は否定できない。また以上のような問題から、リスニング・スパン課題の日本語版を作成することは甚だ困難になる。文を聴覚呈示する際に記銘すべき単語の前後に聴覚的目印（例えば、純音）を追加するような手法を取らない限り不可能であろう。また、そのような手法で日本語版を作成したとしても、本来の目的である作業記憶を測定する上で妥当な課題とは言い難いであろう。

以上のような問題のために、言語刺激を用いた作業記憶測定課題をそのまま日本語版課題に修正することには常に困難が伴う。欧米版の作業記憶課題を容易に日本語版とするためには、両言語圏で共通に利用されている言語記号を利用するのが最も有効と考えられる。例えば、数字はどちらの言語圏でもアラビア数字が利用されている。また、数字を使った作業記憶課題として計算スパン課題というものがある（Babcock & Salthouse, 1990; Salthouse & Babcock, 1991; Salthouse, Mitchell, Skovronek & Babcock, 1989; Salthouse & Prill, 1987）。計算スパン課題とは、被験者に聴覚的に簡単な計算問題（例えば、 $5 + 3 = ?$ ）を呈示し、その問題を解かせつつ、2つの数字の内、後者を記憶してもらうというものである。加減計算という作業を行いながらも、記憶をしなければならない課題である。本報告では、計算スパン課題を日本語話者を実施した結果を述べ、作業記憶容量を測定する上でこの課題を用いることの有効性と問題点について議論する。

2 実 験

2.1 目 的

日本語話者に対して計算スパン課題（e. g., Salthouse & Babcock, 1991）を実施し、作業記憶容量を測定する上でこの課題を用いることの有効性および問題点について検討することを目的とした。

2.2 方 法

2.2.1 被 験 者

被験者は福島県内の専門学校生23名（男性6名、女性17名）であった。平均年齢は19.3歳（標準偏差1.46）であった。

2.2.2 課 題

課題はSalthouse and Babcock（1991）に準拠して作成した。呈示する計算問題は一桁の数字の加減算で、解答がマイナスにならないように前者と後者の数字を配置した。なお、記銘材料となる後者の数字は計算の答えと一致しないように選ばれた。作業記憶容量（スパン）は1から最大7までとし、各スパンに対応して3試行を設けたので、 $(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7)$ （スパン） $\times 3$ （試行） $= 84$ 計算分を用意した。また、各試行で同じ数字が記銘材料にならないようにも配置した。各計算問題には解答候補として3つの選択肢を設けた。被験者はこの中から正解を選択することで回答を行った。3つの選択肢の内、正解でないものは、計算問題の後者の数字とは異なるものを選別した。

2.2.3 手 続

実験は講義の時間を利用して集団で行った。被験者には一冊の冊子を配布し、まず表紙の該当欄に個人情報（氏名や年齢など）を記入するように依頼した。

被験者は、実験者が読み上げる1桁どうしの加減算を暗算し、回答冊子中の解答候補から選択することと、加減算で読み上げられた数字の内、後者のものを記憶しておくことが課題であると教示された。また、記憶した数字は実験者の合図があるまで覚えておくようにとも教示された。

冊子の2ページ以降には、計算スパン課題の計算回答用と再生回答用のページが交互に配置された。スパン数は1から始まり、最大7までであり、用紙も上からそのように配置された。計算回答用のページには各計算の解答候補が書かれていた。再生回答用のページ

は白紙であった。

被験者は、実験者が日常会話程度の速度で読み上げる計算問題を聞いた上で、3つの候補の中から正解を選択した。なお、候補の中に正解がないと思う場合には余白部分に回答を直接書き込むようにとも教示された。記憶スパン分の計算を実施した時点で、実験者は被験者に対して計算回答用のページをめくって再生回答用の白紙のページに覚えている数字を書くように指示した。思い出す順番は特に指定しなかった。再生時間は1つの数字当たり4秒と設定した。例えば、記憶スパンが1のときは4秒で再生を中止するように指示し、スパンが7のときは28秒で中止の指示を出した。試行はスパン1から始まり、3試行全てを行った上で、一つ上のスパンに移行し、最大7スパンまで実施した。実験には約15分の時間がかかった。

2.3 結果

結果は Salthouse and Babcock (1991) と同様の方法によって分析した。各試行で全ての計算に正解し、かつ全ての数字を正しく再生した試行のみを成功試行と認定した。Salthouse and Babcock (1991) では、呈示された順番と同じ順序で再生されていない場合は不正解としているが、本実験では再生の順序は問わなかった。各記憶スパンで3試行あったが、内2試行成功した場合に、その記憶スパンを通過したと認定した。

通常、通過した最大の記憶スパンをもって各人の作業記憶容量とみなす。本研究では、結果の傾向を詳細に吟味することを目的に、通過率の分析に加えて、各記憶スパンにおける計算の正答率と記憶の正答率をそれぞれ算出し分析を行った。

なお、23名中2名は課題を誤解していたと思われる回答であったため、以下の分析からは除外した。また、記憶スパンが6のときの3番目の試行において、実験者が読み上げた計算問題の回答が選択肢中に存在しない場合が発生した。しかし、事前の教示において、選択候補がないと思う場合には回答を直接記入するように指示していたため、以下の分析には支障がないと判断し、その試行も含めて分析を行った。

2.3.1 通過率の分析

Figure 1. に各記憶スパンの通過率、すなわち全被験者中で該当スパンを成功した人の比率を示した。通過率50%を目安とすると、最大の記憶スパンは5前後と言える。しかしながら、スパン4で50%以下に低落

している。

各記憶スパンの通過率が50%と有意に異なっているかどうかを検討するために、記憶スパン毎に二項検定を行った。その結果、記憶スパン1から3まではそれぞれ有意に50%を超えていた(スパン1: $z = 4.36$, $p < .01$; スパン2: $z = 3.93$, $p < .01$; スパン3: $z = 2.62$, $p < .01$)。記憶スパン4では有意差はなかったが($z = 0.44$, ns)、記憶スパン5では有意傾向であった($z = 1.75$, $p < .1$)。記憶スパン6では有意差はなかったが($z = 1.31$, ns)、スパン7では有意であった($z = 3.06$, $p < .01$)。分析結果から、記憶スパン4では通過率の落ち込みが起きていると考えられる。用紙の選択候補にない解答が発生したのは記憶スパンが6のときであり、スパン4における低落現象とは直接には関係がないと言える。

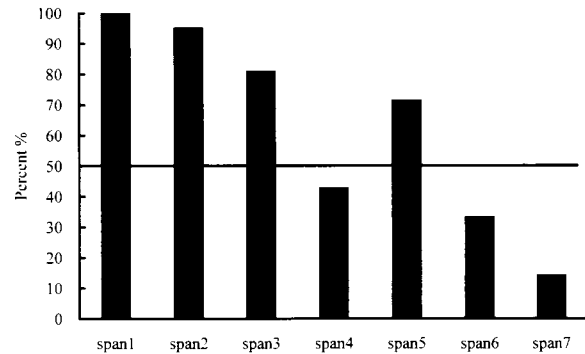


Figure 1. Percentages (%) of successful persons on each working memory span.

2.3.2 計算正答率と記憶正答率との比較

本研究では結果の傾向を詳細に吟味することを目的に、各記憶スパンにおいて計算の正答率と記憶の正答率をそれぞれ算出し分析を行った。Figure 2. に各記憶スパンの計算および記憶正答率を示した。全体的な傾向として、計算正答率よりも記憶正答率の方が低かった。また、Figure 1. の傾向と同様に、記憶スパン4において落ち込みが生じていた。

記憶スパン(1~7)×タイプ(計算, 記憶)を被験者内要因とした分散分析を実施した。全ての効果において有意差が認められた(記憶スパン: $F(6, 120) = 18.93$, $MSE = 71.21$, $p < .0001$; タイプ: $F(1, 20) = 16.81$, $MSE = 268.70$, $p < .001$; 交互作用: $F(6, 120) = 5.41$, $MSE = 59.27$, $p < .0001$)。

記憶スパンの主効果は、記憶スパンの増加に伴い正答率が低下する傾向を示している。より詳細に分析す

るために、Bonferroni/Dunnの下位検定を実施したところ、有意差が認められなかったのはスパン1と2、スパン3と5、スパン4と6、スパン4と7、スパン6と7の間であり、それ以外の間には有意差が認められた ($ps < .01$)。記憶スパンの3と5の間とスパン4と6の間に差異が見られないことから、通過率同様に、記憶スパン4において一時的な低落が起きていると考えられる。

タイプの主効果は、計算よりも記憶の正答率の方が低いことを示している。また、交互作用も認められている。各記憶スパンにおける単純主効果を求めたところ、記憶スパン1と2では有意でないが ($F_s < 1$)、スパン3以降は全て有意であった ($ps < .005$)。このことから、交互作用は記憶スパンが2まではタイプの差異がないのに、3以降では差異があるために生じたと言える。

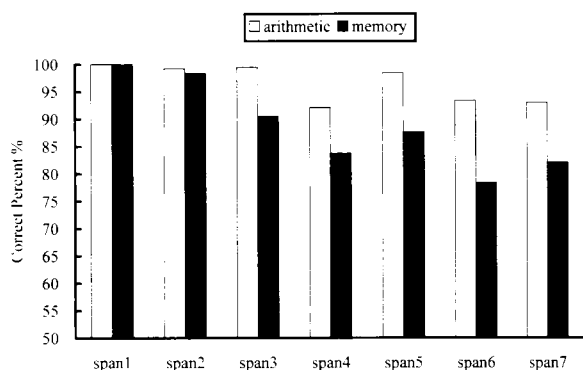


Figure 2. Correct percentages (%) of arithmetic and memory performances as the function of memory spans.

3 考 察

本研究では、計算スパン課題の有効性と問題点を検討するために、日本語話者に対して当該課題を実施した。Figure 1より読み取れるように、日本語話者の若年者の記憶容量は5前後と推定できた。但し、記憶スパン4において一時的な低落が認められたことから即断はできない。また、通常の計算スパン課題では全ての計算に正解し、かつ全ての数字を再生できた場合を成功とみなし、さらに3試行中2試行において成功した場合においてのみその記憶容量を通過したと推定している。本研究では各人が記憶容量を通過したか否かだけでなく、どの部分で失敗しているのかを吟味するために、計算正答率と記憶正答率をそれぞれ算出し比較を行った。その結果、全体的に記憶正答率の

方が低下していたことが分かった。

本研究の結果を通じて、計算スパン課題を実施する上での問題として、少なくとも2つの点が挙げられる。一つは、本研究でも生じたが、一時的な成績低下をどのように評価するかという問題である。このような現象が生じた原因の一つとして、スパン1から始めて一つずつスパン数を増加させるという実験手続で実施しているために、疲労の効果が一時的に生じた可能性が考えられる。この点を改善するためには、記憶スパン数をランダムな順序で呈示するなどの方法を採用すればよい。また、課題中に被験者が処理方略を変更した可能性も考えられる。課題の中間前後で呈示順に数字を記憶しておく方法から、数字の大小順に記憶しておく方法に切り替えた課題後に内省報告した被験者がいた。オリジナルの計算スパン課題では実験者が呈示した順序で再生することが求められるが、本実験ではその制約は設けなかった。この点を改善するためには、オリジナルで採用されていたように呈示したとおりに再生させるという制約を求めることが有効であると思われる。本研究のみでは一時的な成績低下が、疲労による偶発的な現象なのか、被験者の処理方略変更に伴う現象なのか、あるいはその他の原因によるものなのか判然としない。今後の検討が必要である。

もう一つは、記憶成績の低下ではなくて計算成績の低下が生じていた場合にどのように評価するかという問題である。本実験結果では、基本的に計算よりも記憶において正答率が低下していたことから、作業記憶の側面を測定していたと推察される。しかしながら、被験者の方略によっては、計算過程への認知的資源を割愛し、むしろ記憶過程に対してより多くの資源を投入することも可能である。これは他の作業記憶課題でも同様に起こりうる問題である。日本語版リーディング・スパン課題では、この問題に対処するために、被験者の文音読を観察しておき、記銘単語の位置だけをゆっくり読み上げたり、読みの速度が不安定であったりした場合には実験者が注意を与えることになっている。つまり、通常の読み活動が維持されるよう配慮をすることで、より正確な作業記憶容量の推定を行おうとしている。計算スパン課題においても、被験者の計算活動を監視するような手続を導入することで、作業記憶容量の推定の妥当性が増すものと考えられる。本研究では集団実験で実施したため、各被験者の計算中の行為について観察するというような手続は不可能であった。また、文の音読と異なり、暗算では被験者の

心的活動を推定することは難しい。現時点で有効な監視手続は見当たらないものの、計算の解答を選択制にするのではなく、直接解答を記入させる方式にすることで計算過程に通常の認知的資源を投入するように働きかけることができるかもしれない。この点も今後の検討を要する問題である。

4 付 記

本研究は文部科学省科学研究費補助金（若手B：物性及び空間性視覚短期記憶機構の加齢変容に関する老年認知心理学的研究：課題番号14710038）の助成を受けた。

5 引用文献

- Babcock, R. L., & Salthouse, T. A. (1990). Effects of increased processing demands on age differences in working memory. *Psychology and Aging, 5*, 421-428.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Clarendon Press.
- Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1989). The role of working memory in language comprehension. In D. Klahr & K. Kotovsk (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 31-68). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 450-466.
- 木暮照正 (2002). 認知的加齢変化の測定手法に関する一考察—左右大脳半球機能との関連性から—. 福島大学生涯学習教育研究センター年報, 7, 45-53.
- 苧坂満里子・苧坂直行 (1994). 読みとワーキングメモリ容量：リーディングスパンテストによる検討. 心理学研究, 65, 339-345.
- Park, D. C., & Hedden, T. (2001). Working memory and aging. In M. Naveh-Benjamin, M. Moscovitch, & H. L. Roediger III (Eds.), *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in honour of Fergus Craik* (pp. 148-160). East Sussex, England: Psychology Press.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*, 299-320.
- Park, D. C., Smith, A. D., Lautenschlager, G., Earles, J. L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C. L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging, 11*, 621-637.
- Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology, 27*, 763-776.
- Salthouse, T. A., Mitchell, D. R., Skovronek, E., & Babcock, R. L. (1989). Effects of adult age and working memory on reasoning and spatial abilities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*, 507-516.
- Salthouse, T. A., & Prill, K. A. (1987). Inferences about age impairments in inferential reasoning. *Psychology and Aging, 2*, 43-51.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin, 120*, 272-292.