

日本人参加者における作業記憶容量の測定

—オペレーション・スパン・テストを用いて—

小林晃洋¹・大久保街亜²

The measurement of working memory capacity in Japanese participants using the Operation Span Test

Akihiro Kobayashi and Matia Okubo

Abstract : The present study investigated an effective measurement of individual differences in working memory (WM) capacity among Japanese participants. The Operation Span Test (OSPAN), where participants alternate between solving math problems and learning words, is widely used among researchers. In this study, we employed Japanese college students as participants and conducted two experiments using an automated version of the OSPAN. The OSPAN scores reached the ceiling ($M=95\%$) in the present study and were much higher than those in the previous studies ($M=52\%$), which were carried out in the United States. This result suggests that the original OSPAN is too easy for Japanese participants and, thus, should be improved to increase the levels of difficulty. On the basis of the present results, we compared various measurements of WM capacity and discussed practical suggestions for the measurement.

Keywords : 作業記憶, オペレーション・スパン・テスト, 個人差

日本における作業記憶測定

人間が推論や計算, 問題解決などの高度な認知的活動を行う際に, 情報の保持や処理に関して中心的な役割を担うのが作業記憶 (Working memory) である (e.g., Baddeley, 1986)。作業記憶についてこれまで Baddeley and Hitch (1974), Baddeley (2000), Cowan (2001), Oberauer (2002) などさまざまなモデルが提唱されてきた。これらのモデルは一度に情報を保持しておける作業記憶容量は限られているという点で一致している。作業記憶の容量は人によって異なると考えられており (Daneman & Carpenter, 1980; Baddeley, 1992; Just & Carpenter, 1992), 作業記憶の容量を測定することは人間の思考プロセスを探るうえで重要であると考えられる (Cowan, 2005)。

作業記憶の容量を測定する課題としてこれまでリーディング・スパン・テスト (Daneman & Carpenter, 1980; 以下 RSPAN), オペレーション・スパン・テスト (Turner & Engle, 1989; 以下 OSPAN) など多くの方法が考案されてきた。作業記憶容量の測定精度を高めるために, これらの課題を複数用いる研究もある (e.g., Beilock & Carr, 2005; Beilock & DeCaro, 2007; McVay

& Kane, 2009)。日本における作業記憶研究では主に RSPAN が用いられているが (e.g., 大塚・宮谷, 2008; 土田・室橋, 2009), RSPAN は何を測定しているのか統一した見解がない (齊藤・三宅, 2000) など現在に至るまで議論が続いている。日本人を対象とした研究で, OSPAN など RSPAN 外の課題を用いる研究もあり (e.g., Kondo, Morishita, Osaka, Osaka, Fukuyama, & Shibasaki, 2004), これら日本人を対象として用いられた作業記憶測定課題について概観し, その有効性や問題点をまとめることは, 日本における今後の作業記憶測定について不可欠なことであると考えられる。本論文では, これまでに日本人を対象として用いられた作業記憶測定課題についてとりあげた。特に今回は, 世界的に広く用いられている OSPAN について, 日本人に対して用いることの妥当性について検討した。

オペレーション・スパン・テスト (Operation span test)

OSPAN は, 提示された数式の正誤判断をしながら並置された単語を記銘し, 単語の再生成績を基に作業記憶容量を測定する方法である。Turner and Engle (1989) が開発した OSPAN は, レーヴン漸進マトリクスで測定された流動性知能の高さと高い相関をもつことが知られ (Unsworth & Engle, 2005), OSPAN の成績は注意制御能力の高さとかかわると考えられている (Engle, 2002)。

受稿日2011年9月29日 受理日2011年11月23日

1 専修大学大学院文学研究科 (Graduate School of Humanities, Senshu University)

2 専修大学人間科学部心理学科 (Department of Psychology, Senshu University)

OSPAN の手続きと得点化

Turner and Engle (1989) における OSPAN では、実験者が数式・単語の組を提示する。参加者は数式を読み上げ、式の正誤判断を行った後に単語を読み記銘することが求められる。これを数試行行い、合図とともに提示された単語を再生する。これを何度か繰り返し、単語の再生成績によって得点を算出する。

OSPAN では試行ごとに数式・単語の組が提示される (e.g., $4 \times 2 - 3 = 4$? BEAR)。参加者は数式を読み上げ、式の正誤判断を行う。その後式に並置された単語を読み上げる。2 文条件ではこの試行を 2 試行行ったのち、合図とともに提示された単語を提示された順に再生する。OSPAN では 2～6 文条件をランダムな順で行い、2～6 文条件を 1 ブロックとして 3 ブロック繰り返す。各条件において再生できた単語数の総計が OSPAN 得点となり、式の正誤判断は考慮されない。ただし、式の正誤判断は常に正答することが求められ、試行ごとに正誤判断の正答率を提示して正答を促すこともある (e.g., Unsworth, Heitz, Schrock, & Engle, 2005)。

OSPAN の特長と問題点

OSPAN の特長として、注意制御機能がかかわる計算と、保持機能がかかわる記銘を行うことで、何を測定しているかが RSPAN に比べ明らかであることがあげられる (Turner & Engle, 1989)。ただし OSPAN の問題点として、RSPAN に比べほかの認知課題成績との相関が低いことがあげられる。OSPAN は流動性知能との相関は高いものの (Unsworth & Engle, 2005)、さまざまな学力検査との相関は RSPAN ほど高くない (Mukunda & Hall, 1992)。この理由について Cowan (2005) は、OSPAN は簡単な課題であるため、子供の作動記憶を測定するうえで有用であるが、大人においては適さない課題であると述べている。OSPAN と RSPAN は作業記憶容量を測定するうえで有用な尺度である一方、それぞれ問題を抱えることから、作業記憶の個人差における研究では OSPAN と RSPAN をバッテリー検査として用いることで、作業記憶容量の精度を高めようとするものもある (e.g., Beilock & Carr, 2005; Beilock & DeCaro, 2007; McVay & Kane, 2009)。

日本人に対する OSPAN 実験

RSPAN は日本において葎阪・葎阪 (1994) による日本語版が開発されるなど広く用いられているが、日本人

を対象とした OSPAN は RSPAN ほど用いられておらず (e.g., Kondo et al., 2004)、その有用性に関して十分な検討がなされていない。そこで今回 Unsworth et al. (2005) の OSPAN を用い、日本人参加者における作業記憶の測定を試みた。

実験 1 : Span 3-6

方法

実験 1 における参加者は専修大学に通う正常または矯正された視力をもつ学生 84 名 (女性 44 名, 男性 40 名) であった。実験参加への同意を得た後、参加者はコンピュータ画面の前に座り課題を行った。

手続き

実験 1 では Unsworth et al. (2005) の開発した OSPAN を用いた。この課題は Turner and Engle (1989) が開発した OSPAN をコンピュータ上で行えるようにしたものである (Figure 1)。課題は 1 試行が記銘課題と再生課題からなった。記銘課題は、画面に呈示される計算式の正誤判断と、その後呈示される 1 文字のアルファベットを記銘することが求められ、この計算-記銘を何度か繰り返すものだった。記銘課題の後、再生課題では、文字再生を促す画面が呈示された。この画面では、その試行で呈示された文字を呈示された順にマウスで選ぶことが求められた。回答後フィードバックとして、各試行における再生文字数の成績と、これまでの試行全体における計算成績が呈示された。計算成績は 85% 以上を維持することが求められ、85% を下回っている間はフィードバック画面に赤字で警告の文章が呈示された。

1 試行における記銘課題での計算-記銘の繰り返し回数 (span) は 3, 4, 5, 6 回の 4 条件が設定され、ランダムな順で 4 試行行われた。この 4 試行を 1 ブロックとし、作業記憶測定では 3 ブロック計 12 試行が行われた。この課題で行われた全試行で計何文字再生できたかが作業記憶の成績、すなわち OSPAN 得点となった。OSPAN 得点は再生できた文字ごとに 1 点ずつ与えられたため、全試行における OSPAN 得点の上限は 54 点であった。また本番への練習として、Unsworth et al. (2005) にならい、課題前に練習試行が行われた。練習試行は 3 段階からなり、(1) 計算のみを行う、(2) 記銘と再生のみ行う、(3) 記銘グループの繰り返し回数が少ない試行、となっていた。各段階では、計算の正誤判断のみを行う試行を 15 試行、計算は行わず記銘のみ 2 回繰り返し再生させる試行を 3 試行、記銘課題での計算-記

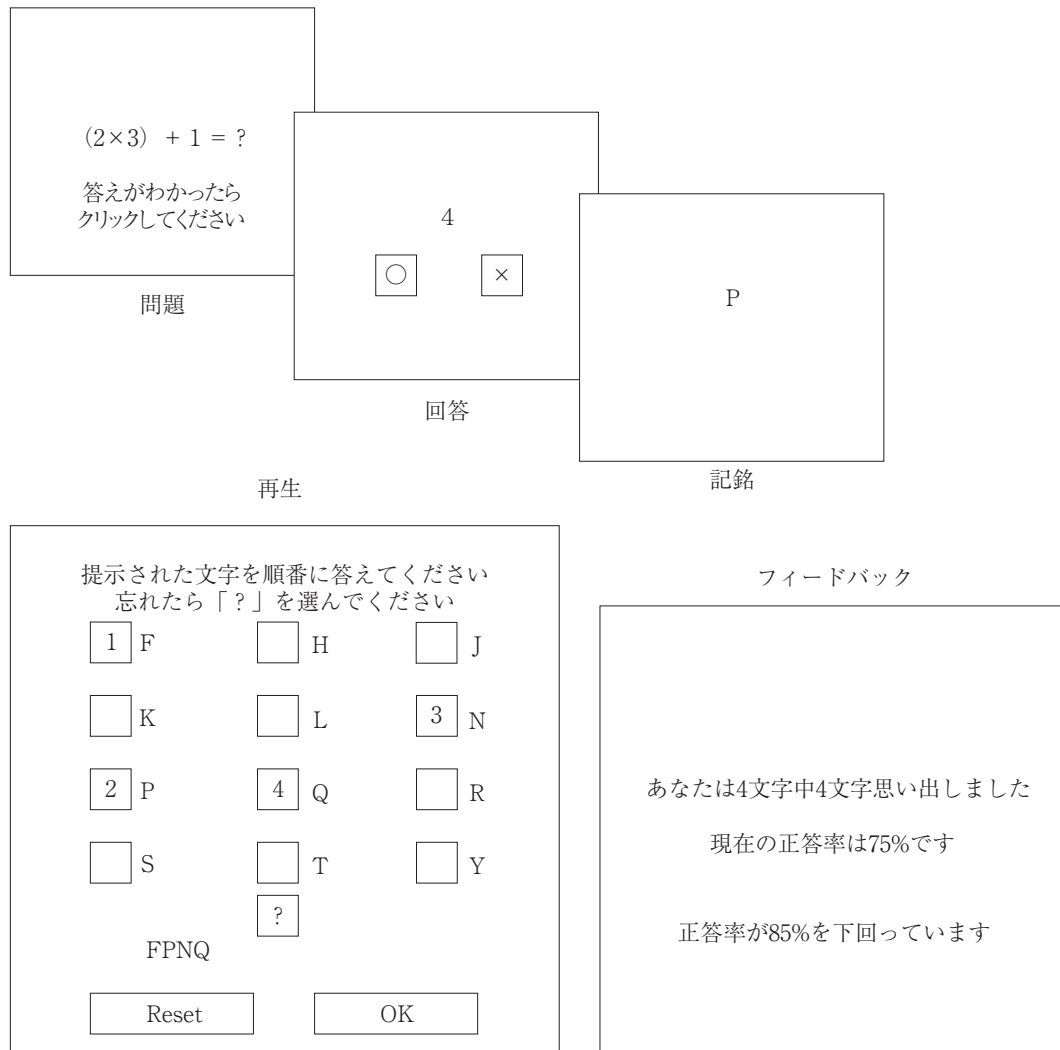


Figure 1 : OSPAN の試行例

Table 1 : OSPAN 実験結果の比較

	実験 1 (Span 3-6)	実験 2 (Span 5-7)	Unsworth et al. (2005)
平均 Span 得点 (%)	96	95	52
SD	1.87	2.12	17.41

銘の繰り返し回数が2回である試行を3試行行った。

結果・考察

各参加者における OSPAN 得点の平均と分布を Table 1 と Figure 2 に示した。Table 1 から、実験 1 における OSPAN 得点は Unsworth et al. (2005) の研究に比べ非常に高いことがわかった ($M=96\%$, $SD=1.87$)。また Figure 2 から参加者の成績が明らかに上限に偏っていることから、OSPAN 得点によって参加者の作業記憶容量を表すことは難しいことが示唆される。ただし Miller (1956) において処理資源容量が 7 ± 2 と述べられてい

るように、OSPAN の span 数を 7 まで増やすことで参加者の作業記憶を表すことができるかもしれない。実験 2 ではこの可能性について検討した。

実験 2 : Span 5-7

実験 2 では span 数の上限を 7 とした。また実験 1 における 1 試行当たりの span 数は 3, 4, 5, 6 であったが、実験 2 の OSPAN 得点を実験 1 と比較できるように、実験 2 における span 数は 5, 6, 7 とした。これにより実験 2 の OSPAN 得点の上限は実験 1 と同じ 54 点となった。

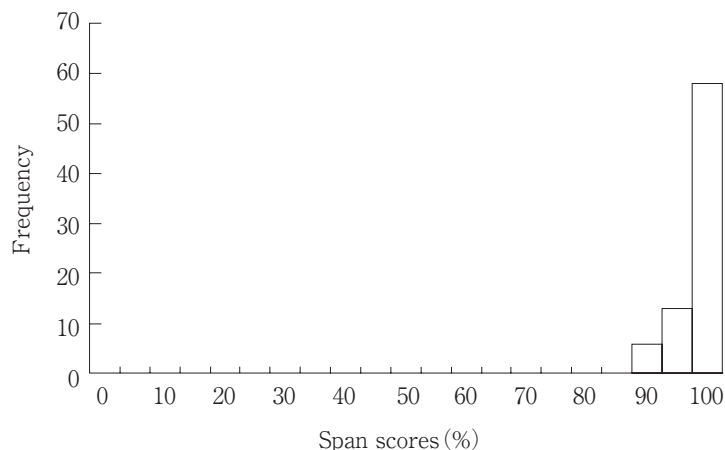


Figure 2：実験1における OSPAN の得点分布

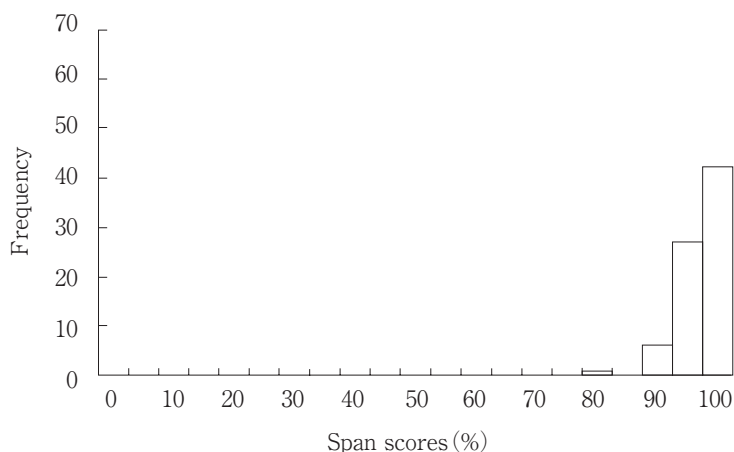


Figure 3：実験2における OSPAN の得点分布

方法

実験2における参加者は、実験1に参加していない、専修大学に通う正常または矯正された視力をもつ学生80名（女性40名、男性40名）であった。本実験では span が5-7, 全試行数が3ブロック計9試行である点を除いて実験1と同じであった。

結果

各参加者における OSPAN 得点の平均と分布を Table 1 と Figure 3 に示した。Table 1 から、実験1と同様に実験2でも OSPAN 得点は非常に高かった ($M=95\%$, $SD=2.12$)。また Figure 3 から参加者の成績は実験1と同様に明らかに上限に偏っていることがわかった。作業記憶を示す指標として OSPAN を用いることは難しいことが示唆される。

考察

実験1, 2ともに平均の OSPAN 得点が非常に高く、

また上限に偏ったという結果を得た。日本人の作業記憶を示す指標として OSPAN を用いることは難しいことが示唆される。この結果が生じた原因として文化差の影響 (Stevenson, Lee, & Stigler, 1986) が考えられる。今回用いた OSPAN はアメリカ人学生の成績を基に開発がなされたが (Turner & Engle, 1989; Unsworth et al., 2005), 一般的に日本人学生はアメリカ人学生よりも計算が得意だとされ (Stevenson, et al., 1986), 計算による負荷が低いことで記銘成績に差が生じにくいかもしれない。日本人に対し OSPAN を用いる場合は計算をより複雑にするなどの改良が求められるだろう。

全体の考察

本研究では日本において用いられている作業記憶測定課題をとりあげ、OSPAN を日本人参加者に対し用いることの妥当性について検討した。現在、日本では RSPAN 以外の課題については有効性についての検証が不十分なままである。世界的には RSPAN と並んで OSPAN も広

く用いられているが、今回行った実験から日本で OSPAN を用いるためには計算課題の難易度を高めるなどの改良が求められることも示唆された。現時点で日本人を対象として作業記憶研究を行う際には、RSPAN を用いるのが妥当であると考えられる。

今後日本人を対象とした作業記憶測定を行ううえで、RSPAN 得点が何を表しているかを統一することが課題としてあげられる。本来 RSPAN は読みの作業記憶容量を反映するものだと考えられていた (Daneman & Carpenter, 1980)。しかし現在 RSPAN が何を測定しているのかはさまざまな立場があり (e.g., 齊藤・三宅, 2000; Engle, 2002), 現在でも議論が続いている。日本で RSPAN を用いた研究においても、RSPAN を注意制御の容量を測定するもの (土田・室橋, 2009) とした研究もあれば、「処理機能, 貯蔵機能, 注意制御機能といった複雑な要因を反映した課題」(大塚・宮谷, 2008, p.49) としている研究もあるなど RSPAN の解釈は研究者によって異なる。

こうした RSPAN に対する見解の相違によって生じる問題を防ぐために現在考えられるのは、OSPAN など測定対象が明確である課題を併せて行うことである。RSPAN の得点のみを作業記憶容量とみなすのではなく、Beilock and Carr (2005) で実施されているように、OSPAN などほかの課題とバッテリーを組むことが作業記憶容量をより正確に測定するうえで有効だろう。ただし、OSPAN を RSPAN と併せて実施するためには、今回行った実験の結果から、日本人に併せて計算課題の難易度を高めるなどの改良が必要だと考えられる。

そのほかの作業記憶測定尺度

日本では作業記憶を測定するうえで、RSPAN など OSPAN 以外にもいくつかの測定課題が用いられ検討されている。ここでは OSPAN 以外に日本人を対象に用いられている測定尺度について紹介する。なお世界的には RSPAN, OSPAN と並んでカウンティングスパンテスト (Counting span test) が広く用いられているが (Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm, & Engle, 2005), これまで日本人を対象として用いられた研究はない。そのためカウンティングスパンテストの実施方法や課題としての有効性については Conway et al. (2005) を参照されたい。

リーディング・スパン・テスト (Reading span test)

RSPAN は提示された文章を読みながら文中に指定さ

れた単語を記録し、その再生成績を基に作動記憶容量を測定するものである。RSPAN は Daneman and Carpenter (1980) によって開発され、RSPAN の成績が言語理解課題の成績と高い相関を示す (Daneman & Merikle, 1996) ことから、文章読解に必要な作業記憶の容量を測定できるものとして考えられてきた。苧阪・苧阪 (1994) によって開発された日本語版 RSPAN は、国立情報学研究所論文情報ナビゲータ CiNii によると、2011年9月22日現在で15件の論文に引用されるなど、RSPAN は日本における作業記憶研究において広く用いられている。

RSPAN の手続きと得点化

Daneman and Carpenter (1980) における RSPAN では、実験者がいくつかの文章を提示し、参加者は提示された文章を読みあげながら文末の単語を記録することが求められる。その後合図とともに記録した単語を再生する。これを何度か繰り返し、再生成績によって得点を算出する。

一般に RSPAN は2文条件から開始する。2文条件では二つの文が書かれた刺激が提示され、参加者は二つの文の間を置かず読みあげながら、ターゲットとなる文末の単語 (2文条件では2個) を記録する。その後、参加者は合図とともにターゲットを提示された順に再生する。提示された順に再生させる操作は新近性効果を防ぐためであり、再生された順序は得点化の際に考慮されない。この操作を1試行とし、試行ごとに異なる文章を用いながら3試行を行う。3試行のうちターゲットをすべて再生できた試行が2試行以上あった場合、次は文章を1文増やした3文条件を行う。3文条件も達成できた場合は4文条件と、達成するごとに文を増やしながらかつて3試行ずつ行い、ターゲットをすべて再生できた試行が2試行を下回るまで繰り返す。RSPAN 得点は2試行以上達成できた条件における文の数となる。ただし2試行以上達成できなかった条件で1試行達成できたときは、0.5点が RSPAN 得点に加算される。

苧阪・苧阪 (1994) における日本語版 RSPAN では、文中のターゲットに下線を引き、下線の引かれた単語を記録することが求められる。これは日本語の文章においては文末が動詞となることが多く (石王・苧阪, 1994), ターゲットを常に文末におくことが困難であるためである。下線部のターゲットを記録させる点が Daneman and Carpenter (1980) と異なるが、そのほかの手続きや得点化の操作は元の RSPAN に従う。

RSPANの特長と問題点

RSPANは単語の記銘課題であるにもかかわらず、言語理解課題の成績と高い相関をもつ (Daneman & Merikle, 1996)。また言語理解だけでなく、さまざまな学力検査とも高い相関をもつとされ (Mukunda & Hall, 1992)、作業記憶の役割を研究するうえで有用な尺度であると考えられている (齊藤・三宅, 2000)。

RSPANが抱える問題点として、RSPANが何を測定しているのか統一的な結論がないことがあげられる (森下・近藤・苧阪, 2000)。具体的にはRSPANはなぜさまざまな学力検査と高い相関をもつのか、どのような心的作業が反映されているのか、それらの心的作業と作業記憶がどうかかわっているのか未だ不明な点が多い (森下・近藤・苧阪, 2000)。齊藤・三宅 (2000) はRSPANが何を測定しているのかについて、これまで提案されてきた仮説を検証し、「単に一つの要因をあげてその答えとすることはできない (p. 407)」と述べたうえで、RSPANは処理機能と貯蔵機能、注意制御機能 (または中央実行系機能) の複雑な相互関係を反映したものである可能性を示唆した。これを裏づけるように、Otsuka, Osaka, and Osaka (2008) はRSPAN遂行中の脳活動をfMRIによって測定し、注意の切り替えや維持、注意管理などの注意制御にかかわる脳部位が活発に働くことを示した。

これまでRSPANは言語理解にかんする作業記憶容量を測定していると考えられてきたが、現在では処理機能と貯蔵機能、注意制御機能の複雑な相互関係を反映しているという考え (齊藤・三宅, 2000) や、単純にRSPANが注意制御機能にかかわる機能を測定しているのではないかと考える立場など (Engle, 2002)、さまざまな解釈がなされている。RSPANを作業記憶容量を測定する課題として用いる際には慎重に考慮することが求められるだろう。

リスニング・スパン・テスト (Listening span test)

未就学児など、文字を読ませるRSPANの実施が困難な参加者を対象として、RSPANの聴覚版であるリスニング・スパン・テスト (Listening span test: 以下LSPAN) が開発されている (Daneman & Carpenter, 1980)。これはRSPANで本来視覚提示される文章を聴覚提示し、文頭または文末のターゲットとなる単語を再生させるものであり、得点化の方法はRSPANと同一である。石王・苧阪 (1994) における日本語版LSPANでは、文頭の語のみをターゲットとしている。この理由は、先述と同様に日本語では文末が動詞となることが多く、より

多くの語をターゲットとできる文頭のほうがよいためとされる (石王・苧阪, 1994)。日本語版LSPANにおいて、参加者が文頭の語だけ再生できればよいとする方略を防ぐため、石王・苧阪 (1994) は刺激となる文の内容理解を問う課題を追加している。また水本 (2008) が用いたLSPANでは、内容理解を問う課題ではなく、文末の語を問うダミーの刺激文を挿入するという操作を行っている。

単語逆唱スパン課題 (Backward word span test)

単語逆唱スパン課題 (Backward word span test, Carlson, Moses, & Breton, 2002) は、Case, Kurland, and Goldberg (1982) が開発した単語スパンテスト (word span test) を発展させたものである。小川・子安 (2008) では未就学児を対象として実施されている。単語逆唱スパン課題では、実験者はターゲット語を読み上げ、参加者は提示されたターゲット語を提示されたのと逆の順序で再生することが求められる。課題は2語条件から始めて課題を達成するごとに単語数を増やし、参加者が正しく再生できる最大の単語数が逆唱スパン得点となる。例えば5語条件を達成した参加者が6語条件を達成できなかった場合、逆唱スパン得点は5点となる。また2語条件で不正解だった場合の得点は1点となる。

8ボックス課題

8ボックス課題 (Diamond, Prevor, Callender, & Druin, 1997) は未就学児を対象に情報の保持と操作にかかわる作業記憶を測定するため開発されたものである。小川・子安 (2008) では元の研究 (ターゲットは3個) を修正し8個のターゲットを用いて実施している。実験者は8個の色と模様が異なるターゲット (箱) を提示し、試行ごとに参加者に箱を選ばせる。選ばれたターゲットには報酬 (シール) が入っており、選ばれたターゲットは空となる。選択ごとに8個のターゲットはランダムに並び替えられ、参加者は中身の入った箱を選び続けることが求められる。課題は全部で9試行を行い、報酬を獲得できた試行数が課題得点となる。ただし5回連続で空箱を選んだ場合はそこで中止となる。

多物体恒常性追跡法

(Multiple object permanence tracking)

多物体恒常性追跡法 (multiple object permanence tracking) はSaiki (2003a, b) によって開発された視覚的作業記憶を測定するための課題である (Figure 4)。

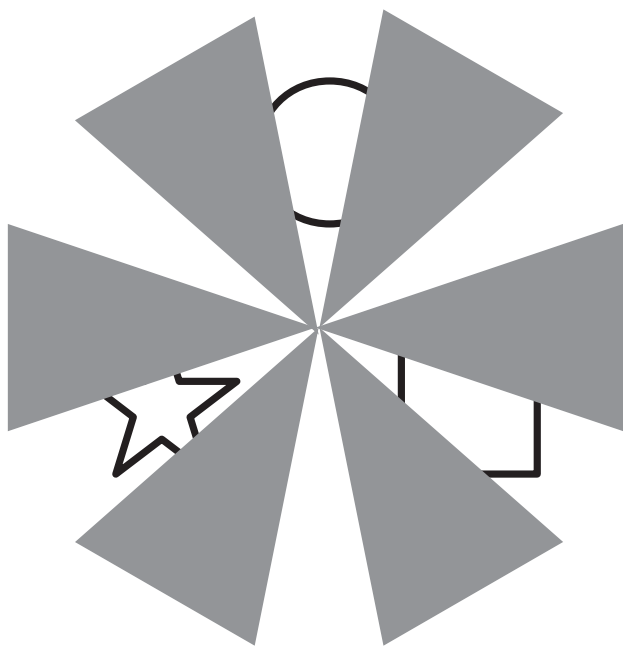


Figure 4 : 多物体恒常性追跡法の刺激例 (Saiki, 2003a を基に作成)

この課題はコンピュータを用いて行われる。刺激は円形に配置されたターゲットとそれを遮蔽する風車状のディストラクタからなる。ターゲットはディストラクタの裏側を回転しながら、色・形・ターゲット間の位置を条件によって変化させる。参加者は提示された刺激について、はじめに提示されたターゲットに対し後に提示されたターゲットがどう変化したのか試行ごとに回答することが求められる。この課題によって Saiki (2003a, b) は人間の視覚的作業記憶容量は Miller (1956) の 7 ± 2 などと比べ非常に少なく、1–2 個程度であることを示している。

Visuo-spatial test

Visuo-spatial test は土田・室橋 (2009) によって開発された視覚的作業記憶を測定するための尺度であり、土田・室橋 (2009) においては音韻的作業記憶を測定する数唱課題 (Wechsler, 1997)、注意制御機能を測定する RSPAN とのバッテリー課題として実施されている。この課題はコンピュータを用いて行われ、学習試行と回答試行からなる。学習試行では画面上にランダムに配置された九つの○がひとつずつ点滅する。回答試行では学習試行と同じ位置に○が配置されているので、参加者は学習試行で○が点滅した順に画面上の○をクリックしていくことが求められる。学習試行で点滅する回数は3回から始まり、2 試行ごとに回数が増え9回まで行われる。課題の得点は全試行のうち正しく再生できた試行数とな

る。

結語

日本において OSPAN を用いる際は計算課題の改良などが求められる。また RSPAN が何を示すか見解を統一することが求められる。それぞれの測定課題が抱える問題を防ぐため現在有効だと考えられるのは、複数の測定課題をあわせて実施することである。

引用文献

- Baddeley, A. D. (1986). Working memory. Oxford : Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, **255**, 556–559.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 417–423.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8). New York : Academic Press.
- Beilock, S. L. & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail : Working memory and “choking under pressure” in math. *Psychological Science*, **16**, 101–105.
- Beilock, S. L. & DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress : Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **33**, 983–998.
- Carlson, S. M., Moses, L. J., & Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, **11**, 73–92.
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, **33**, 386–404.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks : A methodological review and user’s guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, **12**, 769–786.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory : A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, **24**, 87–185.
- Cowan, N. (2005). Working memory capacity. Hove, East Sussex, UK : Psychology Press.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 450–466.
- Daneman, M. & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension : A meta-analysis. *Psychonomic*

- Bulletin & Review*, **3**, 422–433.
- Diamond, A., Prevor, M. B., Callendar, G., & Druin, D. P. (1997). Prefrontal cognitive deficits in children treated early and continuously for PKU. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, **62**.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity and executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, **11**, 19–23.
- 石王敦子・荻阪満里子 (1994). 幼児におけるリスニングスパン測定の試み 教育心理学研究, **42**, 167–173.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, **99**, 122–149.
- Kondo, H., Morishita M., Osaka N., Osaka M., Fukuyama H., & Shibasaki, H. (2004). Functional roles of the cingulo-frontal network in performance on working memory. *Neuro-Image*, **21**, 2–14.
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2009). Conducting the train of thought: Working memory capacity, goal neglect, and mind wandering in an executive-control task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **35**, 196–204.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, **63**, 81–97.
- 水本豪 (2008). 幼児の格助詞の理解に及ぼす作動記憶容量の影響: 特にかきませ文の理解から 認知科学, **4**, 615–626.
- 森下正修・近藤洋史・荻阪直行 (2000). リーディングスパンテストにおける処理と保持 荻阪直行 (編) 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 pp.181–201.
- Mukunda, K. V. & Hall, V. C. (1992). Does performance on memory for order correlate with performance on standardized measures of ability? A meta-analysis. *Intelligence*, **16**, 81–97.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **28**, 411–421.
- 小川絢子・子安増生 (2008). 幼児における「心の理論」と実行機能の関連性: ワーキングメモリと葛藤抑制を中心に 発達心理学研究, **19**, 171–182.
- 大塚一徳・宮谷真人 (2008). 問題解決における問題空間とワーキングメモリ容量個人差の影響: Mastermind 課題を用いた検討 認知心理学研究, **6**, 47–55.
- Otsuka, Y., Osaka, N., & Osaka, M. (2008). Functional asymmetry of superior parietal lobule for working memory in the elderly. *Neuroreport*, **19**, 1355–1359.
- 荻阪直行・荻阪満里子 (1994). 読みとワーキングメモリ容量——日本語版リーディングスパンテストによる測定 心理学研究, **65**, 339–345.
- Saiki, J. (2003 a). Feature binding in object-file representations of multiple moving items. *Journal of Vision*, **3**, 6–21.
- Saiki, J. (2003 b). Spatiotemporal characteristics of dynamic feature binding in visual working memory. *Vision Research*, **43**, 2107–2123.
- 齊藤智・三宅晶 (2000). 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.
- Stevenson, H. W., Lee, S. Y., & Stigler, J. W. (1986). Mathematics achievement of Chinese, Japanese, and American children. *Science*, **231**, 693–699.
- 土田幸男・室橋春光 (2009). 自閉症スペクトラム指数とワーキングメモリ容量の関係: 定型発達の成人における自閉性障害傾向 認知心理学研究, **7**, 67–73.
- Turner, M. L. & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, **28**, 127–154.
- Unsworth, N. & Engle, R. W. (2005). Working memory capacity and fluid abilities: Examining the correlation between Operation Span and Raven. *Intelligence*, **33**, 67–81.
- Unsworth, N., Heitz, R. P., Schrock, J. C., & Engle, R. W. (2005). An automated version of the operation span task. *Behavior research methods*, **37**, 498–505.
- Wechsler, D. (1997). Wechsler adult intelligence scale. 3rd ed. San Antonio, TX: Psychological Corporation.