ワーキングメモリ容量の個人差と視覚 3 刺激オドボール課題における注意の捕捉の関係

北海道大学大学院教育学研究科

土田 幸男

北海道大学教育学研究院

片山 順一・室橋 春光

Relation between individual differences in working memory capacity and attentional capture in visual three-stimuli oddball tasks

Yukio TSUCHIDA

Graduate School of Education, Hokkaido University,

Kita 11 Nishi 7, Kita-ku, Sapporo 060-0811, Japan

Jun'ichi KATAYAMA and Harumitsu MUROHASHI

Faculty of Education, Hokkaido University,

Kita 11 Nishi 7, Kita-ku, Sapporo 060-0811, Japan

Individual differences in working memory capacity (WMC), as measured by the reading span test, are related to the inhibition of task-irrelevant information during the test. We examined whether this controlled attention is domain-specific using event-related brain potential (ERP) during visual three-stimulus oddball tasks. The reading span test was used to evaluate the WMC of 52 students. Participants were required to respond to rare targets (15%) and ignore both infrequent non-targets (15%) and frequent standards (70%). In one condition the same geometric figure was repeatedly presented as a non-target, while in another condition, novel unrecognizable visual stimuli were non-targets. The low-span group ($n = 13$) showed larger non-target P300 amplitude in response to the repeatedly presented non-target than did the high-span group ($n = 13$). Thus, it is speculated seemed that task-irrelevant information captured more of the participant's attention in the low-span group than in the high-span group. WMC may depend on the inhibition of attention to task-irrelevant information not only in the verbal domain but also in the processing of visual stimuli. (*Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 26(3) : 217-228, 2008.)

Key words : Reading span test, Working memory capacity, P300, Event-related brain potential (ERP), Individual difference, three-stimulus oddball task

【要 約】 リーディングスパンテストで測定されるワーキングメモリ (WM) 容量の個人差はスパンテスト遂行中の課題非関連情報に対する注意を抑制する注意制御機能が関わっていると考えられている。この注意制御機能が領域固有なのかどうか、視覚3刺激オドボール課題遂行中の事象関連脳電位 (ERP) を検討した。リーディングスパンテストを用いて52人の大学生・大学院生のWM容量を評価した。実験参加者は標的刺激 (15%) に対して反応をすることと、非標的刺激 (15%) と標準刺激 (70%) の両方を無視することが要求された。ある条件では同じ幾何学図形が非標的として繰り返し呈示されたが、もう1つの条件では新奇な認識できない視覚刺激が非標的として呈示された。WM容量低群 ($n = 13$) は高群 ($n = 13$) よりも繰り返し呈示された非標的に対して大きな非標的P300振幅を惹起した。このことは、課題非関連情報によってWM容量低群の方が高群よりも注意が捕捉されたと考えられる。WM容量は言語領域だけでなく、視覚刺激の処理においても課題非関連情報に対する注意の抑制に依存することが示唆された。

ワーキングメモリとリーディングスパンテスト

さまざまな認知活動を支える動的な記憶のシステムとして、ワーキングメモリ (以下、WM) が提案されている (Baddeley, 1986)。このWMには制限された容量が存在する。WM容量は二重課題法を用いたスパンテストにより測定され、古典的な短期記憶容量よりも高次認知機能成績を予測することが知られている。こうしたスパンテストには幾つかの種類が存在するが、その中の1つにリーディングスパンテスト (以下、RST) がある。このテストでは実験参加者は文章を音読しながら文中に示されたターゲット語を覚えるよう要求される。音読が終わるとすぐに次の試行に移り、何試行か遂行した後に呈示されたターゲット語を再生する。古典的な短期記憶課題のようなリハーサルによる記憶の保持が困難である点が特徴としてあげられる。

RSTで測定されたWM容量の個人差は、文章理解などの高次認知機能成績を予測することが知られている (Daneman & Carpenter, 1980)。WM容量の個人差が生じる要因の1つとして抑制機能が指摘されている (Conway & Engle, 1994; De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998)。これはWM容量低群ではターゲット語以外の課題非関連情報を適切に抑制できないためと考えられている。苧阪 (2006) はこの考えをもとに、RST中のWM容量高・低群における注意のフォーカスと抑制機能の違いについて検討している。WM容量高群の方が低群よりも、より記憶が困難な条件において上頭頂小葉の活動増強が認められた。このことから、WM容量高群はひとたび注意を向けた対象を適切に抑制し、注意のフォーカスを移行することができたと考えられている。一方、低群ではひとたび注意を向けた対象の抑制ができず、注意のフォーカスを切り

替えることができないと考えられる。

これに類似した研究として、WM容量とカクテルパーティ現象の関係を調べた Conway, Cowan, & Bunting (2001) がある。彼らによれば、オペレーションスパンテストで測定されたWM容量の低群では、両耳分離聴課題中に非注意側で呼ばれた参加者自身の名前に高群よりもよく気付いていたというものである。これは、WM容量低群は注意の制御能力が劣るため、自分の名前に注意が捕捉されたと考えられる。Conway et al. (2001) の用いたスパンテストはRSTではなく、計算を回答した後に呈示されるターゲット語を覚えるというオペレーションスパンテストであったが、このオペレーションスパンテストとRSTは基盤となる構造を共有していると考えられている (Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm, & Engle, 2005)。また、スパンテストの成績には、処理と貯蔵の両方が反映される。各スパンテスト間の相関に重要なのは処理ではなく貯蔵であると考えられている (Conway et al., 2005; 齋藤・三宅, 2000)。従ってRSTとオペレーションスパンテストは処理という点では文章読解と計算というように異なっているが、貯蔵という点では言語刺激である点が共通しているため、高い相関がある。Conway et al. (2005) は領域固有 (domain-specific) な貯蔵と領域一般 (domain-general) な実行系注意という観点でWM容量を捉えている。

苧阪 (2006) により、WM容量低群における注意の抑制が困難であるという問題が指摘されているが、これはあくまでRST遂行中の現象である。しかしながら、RSTに関わる抑制・注意の機能は言語という領域に限定されていない可能性がある。Engle, Kane, & Tuholski (1999) は、WM容量は注意制御機能によっ

て決まり、それは領域自由 (domain-free) であると提唱しており、Conway et al. (2005) では実行系注意は領域一般であると考えられている。これらの注意制御機能および実行系注意は Baddeley の WM モデルにおける中央実行系に相当すると考えられている。RST により測定された WM 容量が、言語領域に限らず他の領域においても注意の制御に関わっている可能性が考えられる。また、WM 容量低群における注意の抑制という問題は RST 遂行中であるため、二重課題下という特殊な状況下の現象である。低群の抑制が困難であるという点で類似した研究である Conway et al. (2001) は選択的注意課題遂行時における WM 容量低群の課題非関連情報の問題を報告しているが、用いられた刺激は言語刺激であった。WM 容量の個人差による注意の抑制の問題は負荷の高い特殊な状況下でのみ表れるものなのかどうか、言語領域に関わらない刺激に対しても表れるものなのかは未解明である。そこで本研究では図形を用いた視覚刺激による単独課題による検討を行った。

RST で測定される WM 容量の個人差は中央実行系の注意機能を反映している。この注意機能に関わる具体的な機能の 1 つが注意の抑制機能であるが、この注意機能が言語だけでなく領域一般に関わるかもしれない。本研究では WM 容量の個人差を注意の捕捉という観点から検討した。

注意と P300

事象関連脳電位 (event-related brain potential ; ERP) は人間の認知機能を探る生理指標の 1 つであり、外的あるいは内的な事象に時間的に関連して生じる脳の一過性の電位変動である。各事象に伴い惹起する ERP 成分は生理心理学において研究が行われており、認知的な意味付けがなされている。ERP は時間分解能に優れ、反応を求めない試行も分析の対象にできることなど、注意研究に適したツールであるといえる。

中でも、P300 は刺激呈示後 300 ～ 600ms 付近に惹起する陽性の成分であり、内因性活動を反映しているとされている。P300 を惹起するのに頻繁に用いられる課題がオドボール課題である。この課題では 2 種類の刺激の一方が高頻度で (標準刺激)、他方が低頻度で (標的刺激) ランダムな順序で呈示され、実験参加者には標的刺激に対する反応が求められる。この課題

関連刺激に対する P300 は P3b として分類される (Polich, 2007)。P3b は様々な理論的説明がなされているが、仮説の 1 つでは P3b の振幅は注意資源の配分量を反映すると考えられている (Sirevaag, Kramer, Coles, & Donchin, 1989; Wickens, Kramer, Vanasse, & Donchin, 1983)。

オドボール課題に低頻度の非標的を組み込んだ 3 刺激のものも存在する。毎回同一の単純な刺激による非標的に対しては標的刺激に対するものより小さいが標準刺激に対するものよりは大きい P300 が惹起することが知られている (Polich, 2003, 2007)。毎回異なる新奇な属性を持った非標的に対して惹起される P300 は特に新奇 P3 (Novel P3) とも言われている (Courchesne, Hillyard, & Galambos, 1975)。この非標的に対して惹起する P300 は P3a として分類され、注意の捕捉の程度を反映すると考えられている (Friedman, Cycowicz, & Gaeta, 2001)。

P300 は P3a や P3b といった下位分類によって分けられるが、この P3a と P3b といった成分は単独で ERP 成分として表れるわけではない。P300 は複数の成分が時間的・空間的に重畳した成分であると考えられている (Dien, Spencer, Donchin, 2003)。そこで本研究では標的刺激に対して惹起した P300 を標的 P300 と分類し、非標的刺激に対して惹起した P300 を非標的 P300 と分類する。課題関連刺激である標的に対して惹起した標的 P300 振幅は注意資源の配分量を反映する。課題非関連刺激である非標的に対して惹起した非標的 P300 振幅は、必要でないにも関わらず捕捉された注意を反映する。また、本研究では標的 P300 と非標的 P300 を併せた総称として P300 という語を用いる。

本研究では WM 容量低群では課題非関連情報に対する抑制ができずに注意が捕捉されるという現象が言語領域以外でも表れるのかどうか、視覚 3 刺激オドボール課題により惹起した P300 成分を指標として検証した。特に、課題非関連情報である非標的に対して惹起する非標的 P300 に焦点を当てた。非標的 P300 は課題非関連情報に対して捕捉される注意を反映すると考えられる。WM 容量低群が課題非関連情報に注意を捕捉されたならば、非標的 P300 振幅が大きくなると考えられる。

方 法

実験参加者

実験参加者は18歳から33歳までの大学生・大学院生52名(平均23.1歳, $SD=3.2$, 男性31名, 女性21名)であった。

リーディングスパンテスト

WM容量を測定するテストとしてRST日本語版(苧阪, 2002; 苧阪・苧阪, 1994)を実施した。完全に正答できたリストにある単語数の合計である, 重み付けられた再生数を得点として算出した(齋藤・三宅, 2000)。RST得点の上位1/4を高得点群($n=13$), 下位1/4($n=13$)を低得点群として分類した。

ERP課題

RSTと別の日にERP測定を実施した。課題として2条件の視覚3刺激オドボール課題を用いた。刺激は標準刺激(70%), 標的刺激(15%), 非標的刺激(15%)で構成した。新奇条件では標準刺激に黒いXを, 標的刺激に黒い線による円を, そして非標的刺激に意味が同定できない毎回異なる新奇な刺激をランダムな順序で呈示した。単純条件では, 標準刺激に黒いXを, 標的刺激に赤い三角を, そして非標的刺激に青い丸をランダムな順序で呈示した。各刺激の持続時間は120msとし, SOAは1200msとした。視角は $2.3 \times 2.3^\circ$ とした。Table 1に条件ごとの刺激一覧を示す。

手続き

実験参加者は新奇条件と単純条件の両方に参加した。各条件は320試行からなり, 実施順序はカウンターバランスした。標的刺激に対してできる限り速く正確に利き手でボタンを押し, 非標的刺激には反応をしないように求めた。両条件ともに遂行前に練習を行った。

記録及び処理

EEGは, 正中線上前頭部(Fz), 中心部(Cz), 頭頂部(Pz), そして後頭部(Oz)から両耳朶の平均を基準として導出した。EOGは左目上下と両眼眼角の外側に電極を配置し, それぞれ双極導出した。バンドパスは0.05 – 30Hz, サンプリング周波数は250Hzとした。ERPは刺激開始前の100msから1024ms間について加算平均した。EEGまたはEOGが $\pm 80 \mu V$ を超えた試行と誤反応は分析から除外した。Ozを除いたFz, Cz, そしてPzを分析対象とした。標的刺激呈示後250 – 600ms間での最大陽性点を標的P300頂点とした。単純条件での非標的刺激呈示後250 – 600ms間での最大陽性点, また新奇条件での非標的刺激呈示後210 – 600ms間での最大陽性点を非標的P300頂点とした。

RST得点による高・低群のP300および行動指標についての統計分析には反復測定分散分析(ANOVA)を行った。分散分析に際し, Mauchlyの球面性検定を行い, 球面性が仮定できなかった時にはGreenhouse-Geisserのイプシロン(ϵ)を用いて自由度を補正した。多重比較はBonferroniの方法を用いた。全実験参加者によるRST得点とP300の関係についての統計分析にはピアソンの積率相関係数を使用した。

結 果

リーディングスパンテスト

全実験参加者におけるRST得点は5から66の範囲であった。平均得点は28, SD は13であった。WM容量高・低群はテスト得点の上位1/4, 下位1/4の構成とした。Table 2に各群の特性を示す。

行動指標

行動指標の結果をTable 3に示す。WM容量高・低

Table 1 Stimuli in each condition

	Standard	Target	Non-target
Condition	224 (70%)	48 (15%)	48 (15%)
Novel	×	○	novels
Simple	×	▲	●

The target circle was a black line, the target triangle was red, and the non-target circle was blue.

Table 2 Characteristics of the high- and low-span groups

Group	Gender		Age		Reading span score	
	Female	Male	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
High-span (<i>n</i> = 13)	4	9	24	3	44	8
Low-span (<i>n</i> = 13)	6	7	23	4	13	4

Table 3 Behavioral performance for high- and low-span groups

		High-span		Low-span	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Reaction time (ms)	Novel	371	36	385	47
	Simple	362	27	373	52
Hit rate (%)	Novel	100.00	0	99.52	0.01
	Simple	99.84	0.01	99.52	0.01
# errors	Novel				
	Standard	0.00	0.00	0.23	0.44
	Non-target	0.08	0.28	0.31	0.48
	Simple				
	Standard	0.23	0.44	0.08	0.28
	Non-target	0.23	0.60	0.38	0.65

群で反応時間が異なるかどうかを調べるために、群×条件の分散分析を行った結果、新奇条件よりも単純条件の方が反応時間が短かったが ($F(1,24) = 8.79, p < .01$)、群の主効果と交互作用は有意でなかった。標的刺激のヒット率、非標的刺激のエラー数それぞれで群×条件の2要因の分散分析を行ったが、統計的に有意な効果は見られなかった。

標的 P300 振幅

Figure 1 に WM 容量高・低群ごとの ERP 総平均波形を、Figure 2 左に両群の各刺激に対して惹起した P300 振幅を示した。両条件で標的刺激は Pz 優勢な標的 P300 を惹起した。標的 P300 振幅が WM 容量高・低群で異なるかどうか、群×条件×部位の3要因の分散分析を行った。その結果、部位の主効果が見られたが ($F(2,48) = 69.85, p < .01, \eta^2 = .63$)、条件、群、各交互作用は統計的に有意ではなかった。

非標的 P300 振幅

単純条件の非標的刺激は標的 P300 と同様に Pz 優勢な非標的 P300 を惹起した。新奇条件の非標的刺激に

対する非標的 P300 は単純条件のものとは分布が異なり、最も優勢な部位は Pz であったが、Cz でも Pz と同様に大きかった。Figure 2 右に両群の非標的刺激に対して惹起した非標的 P300 振幅を、Figure 3 の下部に両群の部位ごとに表した非標的 P300 振幅を示す。非標的 P300 振幅について群×条件×部位の3要因の分散分析を行った結果、群と条件の間に交互作用が見られた ($F(1,24) = 4.58, p < .05$)。単純主効果の検定では、群による非標的 P300 振幅の違いは新奇条件 ($F(1,24) = .23, p = .64$) では有意ではなかったが、単純条件 ($F(1,24) = 3.38, p = .08$) では有意傾向であった。単純条件の非標的 P300 振幅は WM 容量高群の方が低群よりも小さい傾向が見られた。

非標的 P300 振幅の時系列的な分析

非標的 P300 のような定位反応は馴化により振幅が減衰する。WM 容量高・低群で非標的 P300 振幅が時系列にどのように変化したか検討した。非標的 48 試行のうち、前半 24 試行と後半 24 試行に分割した。それぞれの試行の平均加算回数は 21 回であった。Figure 3 に各群と時系列に分割した非標的 P300 振幅

の変化を示した。振幅がどのように変化したか、群×条件×時間の3要因の分散分析を行った。その結果、群と時間の間に有意な交互作用が見られた ($F(1,24) = 4.30, p < .05$)。また、群と条件の間の交互作用は有意傾向が見られた ($F(1,24) = 3.23, p = .085$)。WM容量高群の方が低群より後半試行の非標的に対する非標的

P300 振幅が小さかった。

P300 潜時

各 P300 振幅は Pz において最も優勢であった。Table 4 に各群、各条件における Pz の標的 P300 および非標的 P300 の潜時を示す。Pz の標的刺激に対する

Figure 1. Grand mean event-related brain potentials (ERPs) in the Novel (left panel) and Simple (right panel) conditions, for the high- and low-span groups.

Figure 2. Mean P300 peak amplitudes (and SD) at Pz for the target and non-target stimuli in the Novel and Simple conditions for the high- and low-span groups.

Figure 3. Mean P300 peak amplitudes as a function of the midline electrode site for the target and non-target stimuli in the Novel and Simple conditions for the high- and low-span groups.

標的P300潜時について群×条件の2要因分散分析を行った。条件の主効果に有意傾向が見られ、新奇条件よりも単純条件の方が標的P300潜時が短い傾向にあった ($F(1,24) = 3.83, p = .06$)。しかし、群の主効果、交互作用は見られなかった。続いて非標的刺激に対する非標的P300潜時について群×条件の2要因分散分析を行った。その結果、群の主効果が見られ、WM容量高群の方が低群よりも非標的P300潜時が短かった ($F(1,24) = 6.70, p < .05$)。しかし、条件の主効果と交互作用は統計的に有意ではなかった。

相関分析

Table 5に全実験参加者52名で計算されたRST得点と非標的P300、標的P300の振幅および潜時の間におけるピアソンの相関係数を示す。新奇条件と単純条件の標的に対する標的P300振幅、および新奇条件の非標的に対する非標的P300振幅とRST得点の間に関係は見られなかった。単純条件の非標的に対する非標的P300振幅とRST得点の間の関係はPzでのみ有意な弱い相関を示した ($r = -.30, p < .05$)。Figure 4に両条件の非標的に対する非標的P300振幅とRST得点の散布

Table 4 Mean P300 peak latencies (ms) at Pz for high- and low-span groups

Stimulus	Condition	High-span		Low-span	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Target	Novel	377	16	390	25
	Simple	379	55	418	41
Non-target	Novel	370	19	380	32
	Simple	375	66	428	62

Table 5 Correlation coefficients between reading span score and P300

	Novel		Simple	
	Target	Non-target	Target	Non-target
P300 amplitude				
Fz	.16	.07	.09	-.10
Cz	.19	.07	.14	-.23
Pz	.10	.06	.10	-.30*
P300 latency				
Fz	-.02	-.05	-.14	-.14
Cz	-.15	-.03	-.12	-.14
Pz	-.12	-.16	-.14	-.16

Note: $N = 52$. * $p < .05$. Figure 4. Mean non-target P300 peak amplitudes (and SD) at Pz for the non-target in the first and latter half in the Novel and Simple conditions for the high- and low-span groups.

図を示す。各 P300 潜時と RST 得点の間には関係が見られなかった。

考 察

非標的 P300 振幅

本研究では、RST で測定された WM 容量の個人差が言語領域以外でも注意の制御に関わっているのかどうか、特に WM 容量低群における注意の抑制の問題

について検討した。WM 容量低群では課題非関連情報に対して注意が捕捉されやすい可能性があることから、言語領域ではない視覚 3 刺激オドボール課題における非標的に対して惹起される非標的 P300 振幅が WM 容量高・低群で異なるかどうか検討した。WM 容量高・低群で非標的 P300 振幅は新奇条件では違いがなく、単純条件では WM 容量低群の方が高群よりも振幅が大きかった。実験参加者全員のデータを用い

た相関分析で、RST 得点と有意な相関を示したのは単純条件における非標的 P300 振幅のみであったことも、WM 容量の高低による群間比較の結果と一致している。新奇条件の顕著性が高い新奇非標的に対しては、WM 容量両群で同様に注意が捕捉された。一方、単純条件における本来注意を向ける必要のない単純非標的に対し、WM 容量低群は高群よりも注意が捕捉された可能性が示唆された。

時系列的な非標的 P300 の変化

非標的 P300 振幅を前半試行と後半試行に分割した時系列的な検討も行った。WM 容量低群より高群の方が前半試行よりも後半試行で非標的 P300 振幅が減少した。これは WM 容量低群ではひとたび注意を向けた対象の抑制ができない（荳阪, 2006）ことと関連している。人間にとって外的環境で生じた事象に注意を向けて事象を評価するという行為は生存する上で重要な機能であると考えられる。そのため、非標的 P300 振幅が大きいということは逸脱および新奇な刺激に対してより注意が捕捉されたということであって、本来は悪い意味を持たない。しかしながら、非標的刺激は課題遂行のためには無視すべき刺激である。試行数を重ねることによって、WM 容量高群は低群よりも注意を抑制することができたと考えられる。また、WM 容量高群は実際に RST を遂行する際も低群に比べ、方略の駆使などモニタリングに優れていることが報告されている（荳阪, 2002）。そのことが本研究でも反映され、WM 容量高群は試行数を重ねることにより

適切な処理ができたのに対し、低群ではそのような注意の制御が行われなかったため非標的 P300 振幅に違いが見られたのかもしれない。

WM 容量の個人差と非関連情報処理

WM 容量低群では RST において課題非関連情報である覚えるべき標的語ではない刺激に向けた注意を抑制することができないと考えられている（Conway & Engle, 1994 De Beni et al., 1998; 荳阪, 2006）。これらのことは Conway et al. (2001) の実験結果とも関連している。彼らは選択的注意課題遂行時における WM 容量低群の注意の抑制が弱いことを報告している。彼らの研究で用いられた刺激は聴覚呈示による言語刺激と実験参加者名であった。本研究で用いた課題は視覚刺激という異なるモダリティであったが、WM 容量低群における課題非関連情報への注意の捕捉されやすさは再現された。今回の結果から、RST に関わる注意の制御機能は言語に限った領域固有なものというよりはむしろ領域一般な機能である可能性が示唆された。

本研究では、WM 容量低群の方が高群よりも非標的 P300 振幅が大きかった。これは低群が注意の抑制ができなかった可能性を示唆している。しかしながら、行動指標では WM 容量によるパフォーマンスの違いは見られなかった。荳阪（2006）の研究では RST 遂行中における注意の抑制を見ているため、課題非関連情報に対する注意を抑制できないことが行動指標のパフォーマンスに直結している。対照的に、本研究における課題非関連情報に対する注意の抑制は直接的に行

Figure 5. Scattergrams of P300 amplitude (non-target stimulus) at Pz and the reading span score for all participants ($N = 52$) in the Novel and Simple conditions. Asterisk indicates a significant correlation ($p < .05$).

動指標のパフォーマンスに影響する要因ではないと考えられる。

また、本研究の非標的 P300 振幅の結果はもう 1 つの解釈が考えられる。WM 容量高群の方が低群よりもアンチサックード課題やストループ課題といった優勢な反応を抑制する課題のパフォーマンスが優れている (Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001; Kane & Engle, 2003; Long & Prat, 2002) という報告がある。このため、本研究の結果は注意の抑制というよりはむしろ反応の抑制である可能性がある。しかしながら、標準刺激と標的刺激の弁別が困難である 3 刺激オドボール課題での非標的に対する非標的 P300 振幅は反応抑制ではなく注意捕捉を反映していると報告されている (Sawaki & Katayama, 2007)。本研究の 3 刺激オドボール課題は標準刺激と標的刺激の弁別が容易であったため、先行研究の結果をそのまま適用はできないが、今回の非標的 P300 の結果もまた、反応抑制ではなく注意捕捉を反映している可能性がある。その場合、WM 容量低群は注意が捕捉されるが、WM 容量高群では捕捉の程度が弱いと考えられる。

また、Sawaki & Katayama (2007) は標準刺激と標的刺激の弁別が容易であった場合の単純非標的に対して惹起した P300 は課題関連情報として処理が行われていることを示唆している。本研究の結果は、WM 容量低群は高群よりも課題非関連情報に対して課題関連情報と同様に注意が引き付けられたことを表しているのかもしれない。WM 容量の個人差に関わる要因の 1 つとして課題目的の維持が考えられている (Engle & Kane, 2004)。WM 容量低群は“非標的は無視する”という課題目的の維持が高群と比べて弱いため、高群よりも稀な非標的に対して注意が向いてしまうのではないだろうか。そのため非標的に対して課題関連刺激の処理が行われ、非標的 P300 の結果に反映されるという可能性が考えられる。しかし、本研究の標的と非標的刺激の呈示確率は等しかったため、go/no-go 課題などのように優勢な go 反応が形成されることはなかった。そのため注意は惹き付けられても間違えて反応するまでには至らなかったのではないかと考えられる。一方、新奇な非標的に対しては刺激が毎回異なり特定できる形状ではないため、WM 容量両群で注意が強く捕捉されたのではないかと考えられる。

標的 P300 振幅

本研究の標的 P300 はその分布や潜時などから典型的な P3b と同様の成分であると考えられる。WM 容量の個人差によって標的刺激に対して配分される注意資源の量が異なるかどうか検討した。標的刺激に対して惹起された標的 P300 振幅は新奇条件でも単純条件でも WM 容量による違いはなかった。3 刺激オドボール課題における課題関連刺激に対する注意の配分量は WM 容量の個人差で異ならないことが示唆された。しかしながら、Nittono, Nageishi, Nakajima, & Ullsperger (1999) では WM 容量の個人差と P300 振幅の相関が報告されている。本研究の結果との違いは用いた課題の違いに起因しているだろう。Nittono et al. (1999) では 2 肢選択反応時間課題と 5 肢選択反応時間課題を用いていた。また、WM 容量と P300 振幅の関係が見られたのは 5 肢選択反応時間課題であり、2 肢選択反応時間課題では見られなかった。5 肢選択と課題の負荷、あるいは保持要求が上がることによって WM 容量と P300 振幅の関係が検出されたと考えられる。

非標的 P300 潜時

非標的に対する注意の捕捉を反映すると考えられる非標的 P300 の頂点潜時が WM 容量によって異なるかどうか検討した。非標的 P300 潜時は WM 容量高群の方が低群よりも潜時が短縮した。このことから、WM 容量高群は低群よりも注意の捕捉の速度が速いという可能性が考えられる。別の可能性としては低群の方が非標的、特に単純条件の非標的に対して注意が抑制できずに捕捉されたため、結果的に頂点潜時が延長したということが考えられる。非標的 P300 潜時が何を反映しているのかについては未解明な部分が多く、更なる基礎的な研究の蓄積が望まれる。

結 語

視覚 3 刺激オドボール課題における低頻度の毎回異なる新奇な非標的に対する注意捕捉は WM 容量による違いは見られなかった。しかし、同様に低頻度ながら繰り返し呈示される単純な非標的に対して WM 容量低群は高群よりも注意が捕捉された。非標的が毎回異なる場合は両群で同じように注意が捕捉され続けたが、非標的が繰り返し呈示される場合は WM 容量低群では注意が捕捉されたが、高群では注意が抑制され

低群ほど惹き付けられなかったことが示唆された。RST 遂行中に見られる注意の抑制は言語情報だけではなく、視覚刺激に対する選択的注意においても影響を及ぼすことが示唆された。

引用文献

- Baddeley, A. D. (1986). Working memory. New York: Oxford University Press.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, **8**, 331-335.
- Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, **123**, 354-373.
- 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.
- Courchesne, E., Hillyard, S. A., & Galambos, R. (1975). Stimulus novelty, task relevance and the visual evoked potential in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **39**, 131-143.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 450-466.
- De Beni, R., Palladino, P., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **51A**, 305-320.
- Dien, J., Spencer, K. M., & Donchin, E. (2003). Localization of the event-related potential novelty response as defined by principal components analysis. *Cognitive Brain Research*, **17**, 637-650.
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. In Ross, B., H. (Ed). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 44. New York: Elsevier Science. pp. 145-199.
- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. pp. 102-134.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., & Gaeta, H. (2001). The novelty P3: An event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, **25**, 355-373.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, **130**, 169-183.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, **132**, 47-70.
- Long, D. L., & Prat, C. S. (2002). Working memory and Stroop interference: An individual differences investigation. *Memory and Cognition*, **30**, 294-301.
- Nittono, H., Nageishi, Y., Nakajima, Y., & Ullsperger, P. (1999). Event-related potential correlates of individual differences in working memory capacity. *Psychophysiology*, **36**, 745-754.
- 荻阪満里子 (2002). 脳のメモ帳 ワーキングメモリ 新曜社.
- 荻阪満里子 (2006). ワーキングメモリにおける注意のフォーカスと抑制の脳内表現 心理学評論, **49**, 341-357.
- 荻阪満里子・荻阪直行 (1994). 読みとワーキングメモリ容量 心理学研究, **65**, 339-345.
- Polich, J. (2003). Theoretical overview of P3a and P3b. In J. Polich (Ed.), *Detection of change: Event-related potential and fMRI findings*. Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 83-98.
- Polich, J., & Comerchero, D. (2003) P3a from visual stimuli: Typicality, task, and topography. *Brain Topography*, **15**, 141-152.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of

- P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, **118**, 2128-2148.
- 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.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2007). Difficulty of discrimination modulates attentional capture for deviant information. *Psychophysiology*, **44**, 374-382.
- Sirevaag, E. J., Kramer, A. F., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1989). Resource reciprocity: An event-related brain potentials analysis. *Acta Psychologica*, **70**, 77-97.
- Wickens, C., 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.