

認知的作業負荷量の相違が事象関連電位に及ぼす影響

田平 隆行¹・奈良 進弘²

要 旨 認知的な作業遂行能力を向上させる目的で作業課題を導入する際、客観的な認知的負荷量を把握することは重要である。本研究では、二重課題を用いて副課題の認知的難易度を変化させ、その違いが主課題のP300成分に反映するか否かを検討した。主課題は、聴覚的Odd-ball課題とし、副課題は仮名拾い課題と書字課題としてそれぞれ認知的難易度を変化させた。主課題から得られたP300の振幅は、仮名拾い課題では難易度に伴い減衰し、潜時は延長したが、書字課題では難易度の違いにより有意差は認められなかった。これらのことから、二重課題によって注意資源の競合が生じ、仮名拾い課題では認知的負荷量の差が注意資源配分量の差として主課題のP300に反映したことが示唆された。

長崎大学医学部保健学科紀要 17(1): 25-29, 2004

Key Words : 認知的作業負荷量, P300, 二重課題

序 言

認知的な作業遂行能力を向上する目的で各種の作業課題を導入する際、対象者の認知能力に適応した負荷量を設定することは重要であり、作業療法士はそのための負荷量を客観的に把握する必要がある。これまでの作業療法研究では、作業課題の達成度（パフォーマンス）で判断していることが多く、また認知能力を測定する各種の評価バッテリーは、質的に認知的測定が異なるため評価バッテリー間で総合的な認知的負荷量を比較検討することはできないと考えられる。

認知心理学では認知的負荷量を資源（認知的処理に必要な心的努力量）という概念を用い、注意処理資源という言葉で説明している¹⁾。注意は、受動的注意と能動的注意に分けられ²⁾、受動的注意は瞬時に自動的に処理されるものであり、ほとんど資源を使用しないと考えられている。それに対し能動的注意は持続的に注意を払い心的努力を必要とするものであり、作業療法士が提供している作業の多くは能動的注意を要求しているものである。その認知的負荷量を測定する試みとしてMental Workload研究がある。これらの研究の中に課題遂行中に使用される処理資源量の程度を意味するものとして、心拍数変動や事象関連電位（Event Related Potential; ERP）等の生理的指標を用いて処理資源量を測定する試みが多くなされている³⁾。ERPは行動反応を伴わず情報処理過程を示すものとして近年広く使用されており、特に刺激後250-500msに出現する最大陽性電位であるP300成分（以下P3）は認知機能を反映する電位として知られている。研究手法としては同時に2種の課題を試行する二重課題を用い、処理資源配分量を2課題間の成績のトレードオフにて測定するものが多い。つまり、主課題のERPを測定し、同時に他種の作

業課題を遂行して認知的難易度を変化させることにより主課題のP3成分の振幅や潜時が変化し、処理資源配分量の違いを比較できる⁴⁾。Allen J⁵⁾らは、聴覚的Odd-ball課題と視覚的Odd-ball課題（ボタン押し）の二重課題を行い、視覚的Odd-ball課題のPz・CzのP3振幅は単一課題と比較し有意に減衰し、特にPzでその差は大きかったとしており、視覚課題の注意資源配分量が二重課題により減少したと考察している。また、Kramer AF⁶⁾らは、トラッキング課題とトラッキングカーソルが輝度を増す回数を計数する二重課題にて同様にP3振幅の減衰を認めている。篠原⁴⁾は、追跡トラッキング課題を主課題としカーソルの制御速度により認知的難易度を変化させ、副課題の記憶探索課題から得られたPzのP3振幅が難易度順に減衰したとしている。しかし、これらの研究は実験的に作成された課題であるため、作業療法場面で使用する作業課題としては臨床応用が難しいと考えられる。

そこで、本研究では二重課題を用い、副課題を臨床場面で広く使用されている注意課題と書字課題として、認知的難易度を設定し、その難易度が主課題の聴覚的P3に反映するか否かを検討した。

対 象

対象は、神経学的既往のない健康成人11名（男性8名、女性3名、年齢20-22歳）であった。尚、被験者全員に対し本研究の目的、実験方法を口頭及び書面で十分な説明を行い、同意を得た。

方 法

1. 課題

主課題：単一聴覚条件では、P3を検出するものとして

1 長崎大学医学部保健学科作業療法専攻

2 国際医療福祉大学大学院福岡サテライトキャンパス

頻繁に使用されている聴覚的Odd-ball課題とした。両ヘッドホンからの刺激される2種の周波数の内、低頻度音を計数する課題である。標的刺激は80dbの音量で周波数2 KHz, 刺激頻度20%で非標的刺激は周波数1 KHz, 刺激頻度80%とした。刺激頻度0.5Hz, 持続時間50ms, 記録回数は35回とした。

副課題：

1. 仮名拾い課題：浜松方式高次脳機能スケール⁷⁾を一部変更して使用し、下記の3課題を6分間試行し、正答数とエラー数を計数した。

- ①仮名拾い課題A：浜松式無意味綴り
- ②仮名拾い課題B：浜松式物語文
- ③仮名拾い課題C：①, ②に比し難易度を高くするため独自に漢字も含めた物語文を作成し、物語の内容も理解しながら平仮名だけでなく漢字の読みに「あ・い・う・え・お」が在中すればそれも拾うという課題とした。

2. 書字課題：下記の3課題を6分間試行し、正答数とエラー数を計数した。

- ①平仮名模写課題：17×10の表中に記載されている無意味な平仮名を模写する。
- ②文章模写課題：17×10の表中に記載されている有意義な漢字を含む文章を模写する。
- ③語想起課題：動物の名前を可能な限り列挙する。

2. 記録とデータ解析

ERP及び眼球運動 (EOG) は、誘発電位・筋電図検査計 (日本光電社製 Neuropack MEB5500) を用いた。ERPは、国際10-20法に基づきFz, Cz, Pzから両耳朶結合を基準にサンプリング周期1000Hzで導出し、周波数帯域は0.1-30Hzとした。電極は全て銀塩化銀電極を用い、接触抵抗地を5 KΩ以下とした。導出した全ての電極からの脳波は、主課題の刺激呈示時点をトリガにしてEOGの著明に混入している波形は、除外して6分間約30回の加算平均を行った。条件設定は、主課題のみを単一条件、主課題と注意課題の二重課題をそれぞれ仮名拾い①, ②, ③条件とし、主課題と書字課題の二重課題を書字①, ②, ③条件とした。各条件それぞれ得られた主課題のFz, Cz, PzのERP波形よりP3の潜時と振幅を算出し、各条件間で比較した。また、二重課題条件では、仮名拾い条件、書字条件のそれぞれにおいて副課題の計数値を各条件間で比較した。主観的指標として単一条件に対する認知的難易度をVisual Analog Scale (以下VAS) を用いて評価した。尚、統計処理は、ANOVAを用いて検定した。

結 果

図1に単一条件と仮名拾い条件のERP波形の一例を示す。図2にCz・Pzの単一条件に対する仮名拾い①, ②, ③条件及び書字①, ②, ③条件の振幅を示し、図3に潜時を示す。つまり、単一条件を基準とした各二重課題条件のP3振幅の減衰率および潜時の遅延率であり、

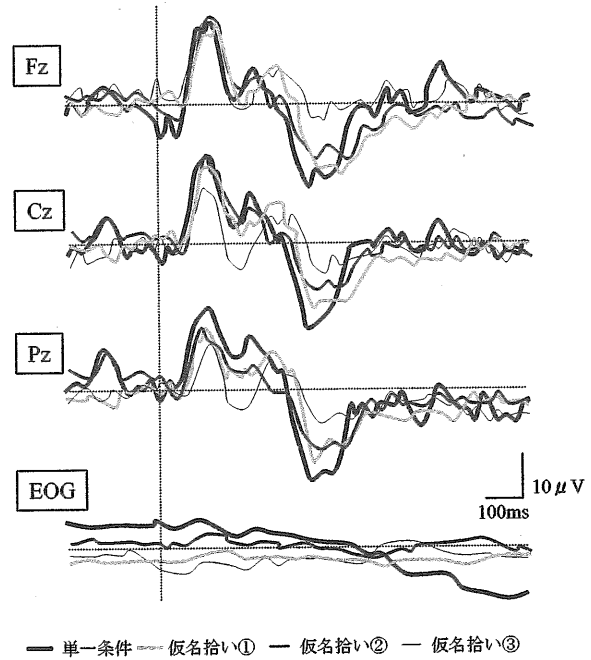


図1. 単一条件, 仮名拾い①, ②, ③条件それぞれのERP加算平均波形の一例

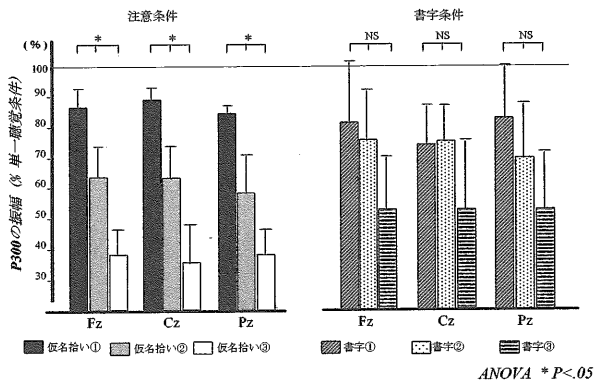


図2. 単一聴覚条件に対する各注意条件, 各書字条件のP300振幅の比率表示は平均値±標準誤差

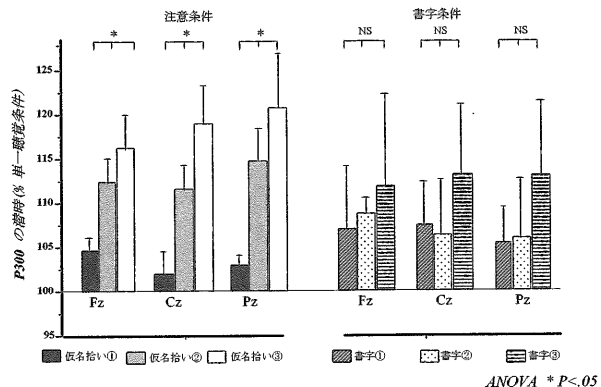


図3. 単一聴覚条件に対する各注意条件, 各書字条件のP300潜時の比率表示は平均値±標準誤差

副課題の難易度の相違に対する主課題のP3の影響を意味している。全ての二重課題条件は、単一条件と比較し振幅は減衰し、潜時は遅延した (P<.01)。仮名拾い①,

表 1. 仮名拾い条件・書字条件における課題成績

	仮名拾い条件				書字条件			
	条件①	条件②	条件③		条件①	条件②	条件③	
正答数	118±5.6	98.7±7.1	92.4±6.6	P<.05	253±12.3	298±11.8	198±19.6	NS
エラー数	3.6±1.5	4.2±2.1	4.8±2.3	NS	2.1± 0.8	3.5± 1.1	0.8± 0.4	NS

表示はCount数 平均値±標準偏差

ANOVA P<.05

②, ③条件の条件間では, ①, ②, ③と認知的難易度が高くなるに従い振幅は小さくなり, 潜時は大きくなった ($P<.05$). しかし, 書字①, ②, ③条件の条件間では, ③条件が①・②条件と比し振幅は減衰する傾向であったが有意差は認められなかった. 仮名拾い条件の正答数は, ①, ②, ③と難易度に伴い有意に減少したが ($P<.05$), エラー数は①, ②, ③と条件間で有意差は認められなかった. 書字条件では, 正答数, エラー数共に条件間で有意差は認められなかった (表 1). VASは, 仮名拾い条件では, ①条件 5.3 ± 1.5 , ②条件 6.1 ± 0.8 , ③条件 8.8 ± 1.6 と難易度に従い高値を示し, 書字条件では①条件 2.3 ± 0.9 , ②条件 2.9 ± 1.1 , ③条件 7.6 ± 2.2 となり③条件と①・②条件間のみに差が認められた.

考 察

Sutton Sら⁸⁾によって発見されたERPのP300成分は, 認知機能を反映する指標として1970年代より盛んに使用され, 1980年代より臨床応用がなされてきた. P3の起源は, 未だ十分には同定されていないが中隔-海馬が基本的なシステムとされており, その潜時は, 時間分解能としての認知処理時間を示し⁹⁾, 振幅は認知処理資源の量を示す指標¹⁰⁾として活用されている.

本研究では, そのP3の潜時と振幅指標として, 二重課題遂行時の副課題の認知的難易度を変化させ, それがP3に影響するか否かを検討した. その結果, 二重課題条件は, 単一課題と比し全条件においてP3の潜時は延長し, 振幅は減衰した. このことは, 二重課題により副課題への注意資源が増加し, その分の主課題への注意資源が減少したことを示唆しており, これまでの報告と一致している¹¹⁻¹³⁾. 認知的難易度の変化では, 仮名拾い条件において①, ②, ③の順に振幅の減衰率及び潜時の延長率は大きくなった. これは, 仮名拾い①条件では, 文字綴りであるため文字探索のみの注意資源を要するのに対し, 注意②条件では, それに加え物語の理解を要す同時処理であり, さらに注意③条件では, 漢字の読みが必要で表面上に標的文字がないことが②以上に認知的努力を要したものと考えられる. これらのことが正答数, エラー数及びVASの成績に反映したと推察される. 一方, 書字条件においては, ③が①, ②と比較し振幅は減衰し, 潜時は延長する傾向を示した. このことは, ①と②が模写課題であったのに対し③の語想起課題は, 記憶されて

いる動物の名称を想起するため多大な認知的努力を要すると考えられ, その結果, VASの得点が高値であったという主観的指標にも影響したと推察された.

従来の注意資源に関する概念モデルは, 注意資源の一定の限界容量から認知情報処理の各段階に配分する立場の単一競合モデル¹⁾と個別の注意資源が入力モダリティ, 処理段階, 処理・反応様式の各段階に存在するという立場の複数競合モデル¹⁴⁾に大別される. 複数競合モデルは, 二重課題で2つの課題がどの段階でどの程度の注意資源を競合しているかを重視しており, 2つの課題が異なる注意資源, 認知処理段階を用いる場合には, 注意資源の競合はないとしている. ただし, いずれのモデルも注意資源に限界容量を推定しており, どのような課題も限界容量内の注意資源に基づいて遂行されるとしている¹⁵⁾.

今回の研究では, 二重課題によりP3の振幅が減少したことから, 2課題間で資源の競合が生じた結果と考えられる. 従って, 共有の注意資源を使用する単一競合モデルを支持するものと考えられる. また, 今回は聴覚情報と視覚情報という異なったモダリティの二重課題であるが, 複数競合モデルでは異なったモダリティでは資源の競合は生じないとされていたが, Treismanら¹⁶⁾や中島¹⁷⁾は複数競合モデルでもモダリティ間で資源が独立しているのは符号化の処理段階であり, 中枢処理段階では共有されているとしており, 今回の結果らはこのモデルとの関連性を完全に否定することはできない.

このように, 仮名拾い課題では認知的難易度順にP3潜時の延長と振幅の減衰及びパフォーマンスの低下が認められた, これは, 単一条件では測定できない方法であり, 限界処理資源量内での処理資源配分量つまり認知的負荷量に差が認められたと言える. しかし, 書字条件のように認知的負荷量に十分な差がなければP3の振幅や潜時に反映しないため, 厳密な認知的負荷量を測定することはできなかった. 二重課題は, あらゆる課題の組み合わせが可能であるので今後は厳密な条件設定と同時に臨床場面で有効に活用できるよう簡便な課題を考案していく必要がある.

作業療法場面においては, このような基礎的な資源配分量を活用し, 痴呆症など認知的な障害を伴っている患者に対し, 認知処理能力に適応した単一課題や二重課題を提供し作業遂行が円滑に実施できるよう課題を工夫していく必要があると思われる.

文 献

- 1) Karneman D: Attention and effort. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall. 13-17, 1973.
- 2) 荻阪直行：注意と意識，脳と神経の科学Ⅱ－脳の高次機能，岩波書店，東京，1999，227-253.
- 3) Haga S, Shinoda H, Kokubun M, Fujinami K: Mental Workload measurement by evaluating effect of task on psychological state, Proceedings of the International Ergonomics Association, 6: 242-244, 1994.
- 4) 篠田晴男，國分三輝，芳賀 茂：二重課題によるメンタルワークロード要因の心理生理的評価，人間工学，34(1)：37-44. 1998.
- 5) Allan J. Nash, Mercedes Fernandez: P300 and allocation of attention in dual-task. *Int. J. Psychophysiology*, 23: 171-180, 1996.
- 6) Kramer AF, et al: Processing of stimulus properties: Evidence for dual task integrity. *J. Exp Psychology: Human Perception and Performance*, 11: 393-408, 1988.
- 7) 今村陽子：臨床高次機能評価マニュアル. 新興医学出版社，東京，1998，43-51.
- 8) Sutton S, Braren M, Zubin J, et al: Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150: 1187-1188, 1965.
- 9) Harrison J, Buchwald J. S, Kaga K, et al: "Cat P300 disappears after spetal lesions. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*, 69: 55-64, 1988.
- 10) 加我君孝，古河良彦，大澤美喜雄，平松謙一：事象関連電位マニュアル－P300を中心に－，篠原出版，東京，1995，45-49.
- 11) 田平隆行，奈良進弘，小川昌宏：軽度痴呆症の注意資源配分に関する研究－二重課題法を用いたP300による検討－，老年精神医学雑誌，15(4)：425-432, 2004.
- 12) Cindy M, Yee and Gregory A, et al: A dual-task analysis of resource allocation in dysthymia and anhedonia. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(4): 625-636, 1994.
- 13) 田中秀明，正木宏明，高澤則美，山崎勝男：エラー処理の注意配分とエラー関連陰性電位，生理心理学と精神生理学，20(1)：29-37, 2002.
- 14) Wicenc CD, Processing Resources in attention. In R. Parasuraman & D.R Davies (Eds), *Varieties of Attention*. NY: Academic Press, 1984: 63-102.
- 15) 志堂寺和則：運動反応の心理メカニズム. 九州大学出版会，福岡，1999，135-139.
- 16) Treisman AM, Davies A: Divided attention to ear and eye. In S. Kornblum (ED), *Attention and performance IV*. New York: Academic Press, 1973, 101-117.
- 17) 中島義明：情報処理の心理学，有斐閣，東京，1995，184-189.

The change in event related potentials with Varying Degrees of cognitive workload

Takayuki TABIRA¹, Nobuhiro NARA²

1 Department of occupational Therapy, Nagasaki University of Health Sciences

2 International University of health and Welfare Graduate School of Health Science, Fukuoka Campus

Abstract When occupational therapists introduce occupational tasks for the purpose of improving Cognitive occupational performance, it is important to understand the effect of cognitive loading.

In this study we used two secondary tasks of differing cognitive degrees of difficulty for dual tasking and examined their influences on the P300 components of the primary task. We used Odd-ball task as the primary task and Kana search task and Writing task as the secondary tasks. Amplitude of P300 obtained from the primary task decreased and the latency extended with the more difficult secondary Kana search test. No significant difference was noticed with the less difficult secondary Writing test.

We believe that a competition of mental resources resulted from the dual task with Kana search. We feel that degrees in cognitive loading influenced the P300 of the primary task, because of the necessity of mental resource allocation.

Bull. Nagasaki Univ. Sch. Health Sci. 17(1): 25-29, 2004

Key Words : cognitive workload, P300, dual task