

色に基づく選択と組み合わせた文字探索課題遂行中の視的探索陰性電位¹⁾

宮谷 真人
(1998年9月30日受理)

Visual search negativities during a letter search task combined with selection by color

Makoto Miyatani

This experiment investigated the scalp distribution of visual search negativities during a letter search task combined with selection by color. Event-related potentials (ERPs) were recorded from 12 undergraduate subjects when they were required to detect the target letters defined by shape and color. Display load was manipulated by the number of letters presented in the test display, while memory sets always consisted of two alphabets. The results show that a larger display load caused a negative shift of ERPs between 400–650 ms latency range, which was dominant over frontal and central recording site. The time course and the distribution of the visual search negativities were different from those in other studies where subjects were required a simple letter search, and the earlier (about 300 ms) and occipital and posterior temporal effects of display load on ERPs were observed. These differences among experiments suggest that two different systems are involved in a visual search process, and that the functional organization of these systems can change according to the task requirement.

Key words : visual search, display load, event-related potentials (ERPs), selection by color

視覚における選択的過程の性質を調べるための課題の一つに視覚探索課題がある。視覚探索課題では、あらかじめ被験者に、検出すべき標的を一つ以上覚えてもらう。被験者には、その後呈示されるテスト刺激について、標的の有無やその位置に関する判断を求める。検出すべき標的の集合を記憶セット、それに含まれる標的の数を記憶セットの大きさという。テスト刺激には、標的や標的以外の項目(妨害項目)が一つ以上含まれ、その項目の数を刺激セットの大きさと呼ぶ。標的を含むテスト刺激を標的刺激、標的以外の項目だけで構成されるテスト刺激を非標的刺激と呼ぶ。

視覚探索研究における検討課題の一つに、視的探索過程と記憶探索過程の性質の違いがある。視的探索過程とは、視覚探索課題で記憶セットを一定とし、テスト刺激に関わる変数(例えば、刺激セットの大きさ)を操作することによって影響を受ける過程、記憶探索過程とは、テスト刺激を一定としたとき、記憶セット

の変化によって影響を受ける過程である。視的探索過程が標的と妨害項目の区別のしやすさ(Duncan & Humphreys, 1989)や妨害刺激の抑制の程度(Flach, 1986)に影響されるのに対し、記憶探索過程は、記憶セットを構成する複数の対象が“標的”という一つのカテゴリーに統合される程度(Flach, 1986; Schneider & Fisk, 1984)に依存する。また、非標的刺激に対する反応時間の分布を調べたHockley(1984)は、刺激セットが大きくなるにつれて反応時間の分布が右全体に移動する(反応時間が長くなる)のに対し、記憶セットが大きくなると反応時間分布の歪度が大きくなる、すなわち分布の右裾が広がることを報告した。さらにFisk & Rogers(1991)は、視的探索課題と記憶探索課題では、加齢に伴うパフォーマンス変化の現れ方が異なることを示した。

行動測定を用いた研究とは別に、事象関連電位(event-related potentials, ERP)を指標とした研

究も行われてきた。ERPとは、感覚・知覚・認知などの脳の情報処理に関わる神経集団の同期的活動で生じる電場電位（沖田，1989）である。認知過程の測度としてのERPの長所は、被験者の課題遂行に依存せずに記録できる点と、時間的分解能に優れる点である。前者から、被験者が無視した刺激に対する処理や、自動的な処理過程の性質についての情報を得ることが可能になる。また、刺激入力から行動出力にいたるまでの過程をミリ秒単位で連続的に比較できることから、その過程に介在する心的機能の順序や重なり、持続時間などについて、比較的直接的に推測することができる。さらに、多数の部位から記録したERPの時間的・空間的分布を分析することによって、特定の課題遂行に関わる神経活動の時間的・空間的活動パターンを推測することができる。

ERPを指標として、視的探索過程と記憶探索過程の違いを検討した研究として、宮谷（1992）がある。宮谷（1992）は、ERPを指標とした視覚探索研究では、視覚負荷（刺激セットの大きさ）効果と記憶負荷（記憶セットの大きさ）効果が必ずしも明確に区別されてこなかったことを指摘し、特に探索陰性電位（Okita, Wijers, Mulder, & Mulder, 1985, 視覚探索課題や記憶探索課題遂行中に記録され、刺激呈示後約300ms前後から課題の負荷によって振幅が増大する陰性電位）に及ぼす、視覚負荷効果と記憶負荷効果を比較した。その結果、刺激後300-450ms区間のERP波形は、負荷の種類に関わらず負荷が大きくなるにつれて陰性方向にシフトした。2種類の負荷効果は頭皮上分布の点で異なっており、視覚負荷による陰性シフトが後頭部（O1, O2）および後部側頭部（T5, T6）に優勢に出現したのに対し、記憶負荷の効果はCzを中心に頭部全体で認められた。この結果から、宮谷（1992）は、探索陰性電位には、視的探索過程を反映するもの（視的探索電位）と記憶探索過程を反映するもの（記憶探索電位）の2種類があると結論した。

宮谷（1992）は、2種類の探索陰性電位を区別する根拠として頭皮上分布の違いを挙げた。しかし、視的探索電位の頭皮上分布については、研究間で必ずしも一致した結果が得られていない。宮谷（1992）と同様に、後頭部・後部側頭部優勢な電位変化を示した研究（Ritter, Simson, & Vaughan, 1988）がある一方で、Wijers, Okita, Mulder, Mulder, Lorist, Poiesz, & Scheffers（1987）では、視的探索電位は後頭部（Oz）で最大の振幅を示したものの、前頭部（Fz）、中心部（Cz）、頭頂部（Pz）にも広く分布していた。

宮谷・前堂・赤井（1994）は、これらの頭皮上分布の違いは、各研究における標的の選定方法の違いによるものと考えた。前頭部や中心部への広範な分布を認めたWijers et al.（1987）では、記憶セット（アルファベットまたは数字）が実験系列ごとに変更された。それに対し、後頭部・後部側頭部優勢な視的探索電位を報告したRitter et al.（1988）では、記憶セットは常にA, I, U, E, Oの5母音で構成された。また宮谷（1992）の用いた記憶セットも、大きさが1の場合にはAに、3の場合にはA, B, Cに、5の場合にはA, B, C, D, Eに固定されており、これらが妨害項目になることはなかった。宮谷他（1994）は、宮谷（1992）の手続きを、実験系列ごとに標的を変化させるように変更した結果、後頭部・後部側頭部と同様、中心部でも視的探索電位が大きく出現し、記憶探索電位との分布の違いがあまりなくなることを示した。実験を通じて標的が一定か、それとも系列によって同じ刺激が標的になったり妨害項目になったりするかは、練習による視覚探索の自動化過程を決定する重要な要因（Schneider & Shiffrin, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977）であり、これらの視的探索電位の分布の相違が、探索過程の性質の違いを反映していることが推測できる。

ところで、標的の選定方法は、自動化の程度以外の点からも、視覚探索のメカニズムに影響すると考えられる。宮谷（1992）や宮谷他（1994）の課題は単純な文字探索課題であり、被験者は文字の形あるいは音という1種類の情報に基づいて判断を行うことができた。ここで標的を、例えば緑色のBと定義し、テスト刺激として、例えば赤色のBや緑色のXのような妨害項目を呈示すると、被験者は、色と形あるいは色と音という2種類の情報のそれぞれについて、比較照合を行わなければならない。

このような事態では、現代の注意研究において中心的研究テーマの一つであった、“初期選択”対“後期選択”の問題が関わってくる。注意に関するほとんどのモデルでは、感覚貯蔵庫、各種の感覚や意味の分析器、短期記憶、長期記憶、および刺激の認知や意志決定に関わる高次な認知機構が想定されており、モデル間の主な違いは、情報の選択がどの段階で行われるかという点にある（沖田，1993）。注意を選択的フィルターとしてではなく、処理資源の問題として考える立場（Kahneman, 1973; Norman & Bobrow, 1975）の登場や、選択過程を特定の処理段階に固定するのではなく、その作動部位が課題の性質によって変化する柔軟性のあるものとして捉えるべきであるとする主張（石口，1983）により、初期選択か後期選択かという問題そのもののは、それほど重要なものではなくなっ

ている。しかし、特定の状況において選択的処理が働く段階を規定する要因を明らかにすることは、視覚探索に限らず、ヒトの認知過程を明らかにする上で不可欠な課題であると思われる。

探索陰性電位のうち、記憶探索電位については、初期選択過程の存在を支持する結果が報告されている。Okita et al. (1985) では、注目していない位置に呈示されたテスト刺激に対するERPには、記憶探索電位は生じなかった。また、Wijersらは、一連の実験(Wijers, Mulder, Okita, & Mulder, 1989; Wijers, Mulder, Okita, Mulder, & Scheffers, 1989; Wijers, Otten, Feenstra, Mulder, & Mulder, 1989) で色に基づく選択と記憶探索を組み合わせた課題を遂行中の被験者からERPを記録した。その結果、テスト刺激が注目色である場合には、Okita et al. (1985) と同様、記憶負荷にともなう探索陰性波の振幅増大が認められたが、無視してよい色で呈示されたテスト刺激に対しては、探索陰性波は認められなかった。これらは、色や場所といった特性に基づく選択が記憶探索に先行して生じること、また、記憶探索は先行する選択過程で選択された項目に対してのみ行われることを示している。

本実験では、色に基づく選択と文字探索を組み合わせた複合探索課題における視的探索波の性質について検討する。

方 法

被験者 視力(矯正視力を含む)の正常な右利きの大学生12名(男性5名、女性7名、年齢:20-23歳)を被験者とした。

刺激と装置 パソコンのCRT(NEC PC-KD853)上に、アルファベット2, 4または6文字を呈示した。各文字(大きさは視角で0.7度×0.7度、観察距離:約90cm)は、画面中央に呈示した凝視点(0.7度×0.7度の十字)を中心とする半径1.5度の仮想円周上に呈示した。文字は、文字数が2の場合(P2条件)には凝視点の左右、4の場合(P4条件)は凝視点を中心とする正方形の4隅、6文字の場合(P6条件)は凝視点の上下を含む正六角形の各隅に配置した。刺激は、黒い背景上に緑色または赤色で表示し(ただし凝視点は白)、すべての文字を同じ色で表示した。

C, G, O, Q, U, Vを除くアルファベット20文字から2文字を選び、記憶セットとした。テスト刺激は、残り18文字の中から2, 4または6文字選んで作成した。テスト刺激が標的刺激の場合には、その中の1文字を記憶セットのどちらかの文字と入れ替えた。

記憶セットのどちらの文字を選ぶか、および標的文字がどの位置に出現するかは、ランダムかつできるだけ等確率になるように決定した。

各テスト刺激の呈示時間を300ms、刺激間隔(SOA)を1,800-2,200msの範囲でランダム(矩形分布)として、180刺激を連続して呈示した。刺激の制御と反応の取り込みにはパソコン(NEC PC-9801 VX2)を用い、その時間的制御と反応時間の測定には、吉田(1994)のタイマー・プログラムを用いた。

課題 色と形を組み合わせた文字探索課題を実施した。被験者は、あらかじめ覚えた文字があらかじめ指定された色(注目色)で呈示された場合(注目色標的刺激)に右手でスイッチを押して反応した。テスト刺激が、注目色ではあるが標的文字が含まれていない場合(注目色非標的刺激)、標的文字は含まれているが注目色でない場合(無視色標的刺激)、および無視色で標的文字も含まない場合(無視色非標的刺激)には、何も反応しなかった。

被験者には、凝視点から眼を動かさないこと、反応はできるだけ正確に、かつ速やかに行うよう教示した。テスト刺激呈示後、スイッチが押されるまでの時間を1ms単位で測定した。注目色標的刺激に対して刺激オンセット後200-1,200msの間に反応した場合と、その他の刺激に対して1,200msまでに反応しなかった場合を正反応とした。誤反応時には、反応直後に1,000Hzの純音を100ms呈示して、被験者に知らせた。

手続き 180試行からなる実験系列を6系列実施した。各系列の前に、記憶セットを注目色で呈示した。各系列では、刺激の種類(注目色標的、同非標的、無視色標的、同非標的)と呈示文字数を組み合わせた12種類の刺激をランダムな順序で呈示した。ただし、注目色標的刺激は各系列の最初の5試行では呈示されず、また連続して出現しないようにした。注目色および無視色標的刺激の呈示確率はそれぞれ15%、非標的刺激の確率は、注目色、無視色ともに35%とした。

前半3系列と後半3系列で、注目色を変えた。被験者の半分は、前半の注目色が赤で、後半の注目色が緑であった。残りの被験者では、この順序を逆にした。各系列の間に短い休憩をいれた。第1系列と第4系列の前に、50試行ずつ練習を行った。

脳波の記録 銀・塩化銀皿電極を用い、両耳朶連結を基準電極として、国際10-20法によるFz, Cz, Pz, Oz, T5, T6, O1, O2の8部位から脳波を導出した。同時に、左右眼窩外側から水平眼球電図(EOG)を、右眼窩上下から垂直EOGを記録した。導出した脳波とEOGは、脳波計(NECメディカルシステムズ1A97A)を用いて帯域通過周波数0.05-30Hz

で増幅し、データ・レコーダ (TEAC XR-50E) に記録した。

ERPの分析 テスト刺激呈示前100msから呈示後1,000msの区間の脳波とEOGを、サンプリング周波数100HzでAD変換した。刺激呈示前の区間の平均電位をベースラインとして、各試行における脳波電位を算出し、12種類の刺激条件別に加算平均した。誤反応試行および眼球運動などのアーチファクトによりいずれかのチャンネルが±100 μ V (水平EOGでは±30 μ V)以上の振幅を示した試行は分析から除いた。

刺激の種類や呈示文字数の効果を調べるために、各条件で得られたERPを50msごとの20区間に区切り、それぞれの区間における平均振幅を部位別に算出した。結果の分析に繰り返し測度の分散分析を使用する場合、分散・共分散の非等質性によるタイプIエラーの確率増加 (Vasey & Thayer, 1987) を避けるため、必要に応じてGreenhouseとGeisserの ϵ で自由度を調整した。多重比較にはBon Ferroniの方法を用いた。なお、平均振幅に関する分析では、記述の煩雑さを避けるため、F値等の統計量の報告を省いた。分散分析および多重比較の有意水準は、5%に設定した。

結 果

行動測定

注目色標的の刺激に対する正反応時間の平均値を呈示文字数条件別に求め、12名の被験者について平均した値をTable 1に示した。呈示文字数に関する1要因の分散分析の結果、主効果が有意 ($F(2, 22) = 68.32, \epsilon = .965, p < .01$) であり、反応時間は呈示文字数が多いほど長くなった ($P2 < P4 < P6$)。

さらに、刺激条件別に誤反応率を求め、同様の分析を行った。Table 1には、注目色標的の刺激に対するミス率と注目色非標的の刺激に対するフォールス・アラーム率を示した。誤答率を開平変換した値に基づく分散分析の結果、ミス率 ($F(2, 22) = 49.45, \epsilon = .871, p < .01 : P2 < P4 < P6$) もフォールス・アラーム率 ($F(2, 22) = 9.49, \epsilon = .735, p < .01 : P2 = P4, P2 < P6, P4 = P6$) も、呈

Table 1

Performance Data as a Function of Display Set Size

Display Set Size	Reaction Time in ms	Miss Percent for Attended Target	False Alarm Percent for Attended Nontarget
2	602.3 (85.8)	3.7 (4.0)	0.6 (0.9)
4	676.7 (70.7)	7.7 (5.1)	1.7 (2.1)
6	721.8 (86.7)	17.5 (7.6)	2.8 (3.8)

Note. Values enclosed in parentheses represent SDs.

示文字数が多くなるほど大きくなった。無視色刺激に対する誤反応は非常に少なく、全実験を通じて無視色標的の刺激に対する2試行のみであった。

ERP

無視色刺激に対するERPをFigure 1に、注目色刺激に対するERPをFigure 2に示す。どちらも、呈示文字数に関する3条件の波形を重ね書きしてある。Figure 1を見ると、波形は呈示文字数によって異なっている。ERPの特に短潜時の成分は刺激の物理的性質の影響を受ける。本実験では呈示文字数を操作することにより、刺激強度なども変化している。また、Miyatani & Maedo (1994) は、呈示する刺激の数は同じでも、その配置 (例えば凝視点の左右と上下) によってERPの波形が異なり、その違いは刺激後500ms以降も持続することを報告している。したがって、Figure 2に示す注目色刺激ERPの条件差には、呈示文字数の変化に伴う物理的特性の変化と心理的過程の変動の両方が影響していることになる。そこで、ERPを分析するに当たり、Figure 2の波形からFigure 1の波形を引き算した差波形を算出した (Figure 3)。Figure 1の標的波形 (左側) と非標的波形 (右側) を比較すると、ほとんど違いはない (区間平均電位に関する刺激の種類 (無視色標的・無視色非標的) \times 呈示文字数 \times 部位の分散分析を区間別に実施し、刺激の種類効果が得られないことを確認)。また、無視色刺激に対するフォールス・アラームはほとんど生じなかったことから、無視色刺激は色に基づく初期選択より後の処理をほとんど受けていないと考えられる。したがって、Figure 3の差波形には、Figure 2の注目色刺激ERPに含まれる呈示文字数効果のうち、物理的特性による条件差を相殺した、心理的過程の変動の影響のみが反映されると考えられる。

標的の刺激に対するP300 Figure 2でもFigure 3でも、標的の刺激に対する波形は潜時400msあたりから非標的の波形と異なってくる。標的の波形には、潜時500-700msの間で最大となる緩やかな陽性成分が現れている。課題に関連した標的の刺激に対して特異的に出現していることや、Pz最大の頭皮上分布から、この陽性成分はP300であると考えられる。Figure 3の標的の波形について潜時300-900ms間で最大の陽性電位を示した点をP300頂点と定め、PzにおけるP300の潜時と振幅を測定した。12名の被験者について平均した結果をTable 2に示す。分散分析の結果、呈示文字数が増えるにしたがって潜時は延長し ($F(2, 22) = 9.79, \epsilon = .671, p < .01 : P2 = P4, P2 < P6, P4 = P6$)、振幅は減少 ($F(2, 22) = 8.29, \epsilon = .682, p < .01 : P2 = P4 > P6$) した。

Ignored Target

Ignored Nontarget

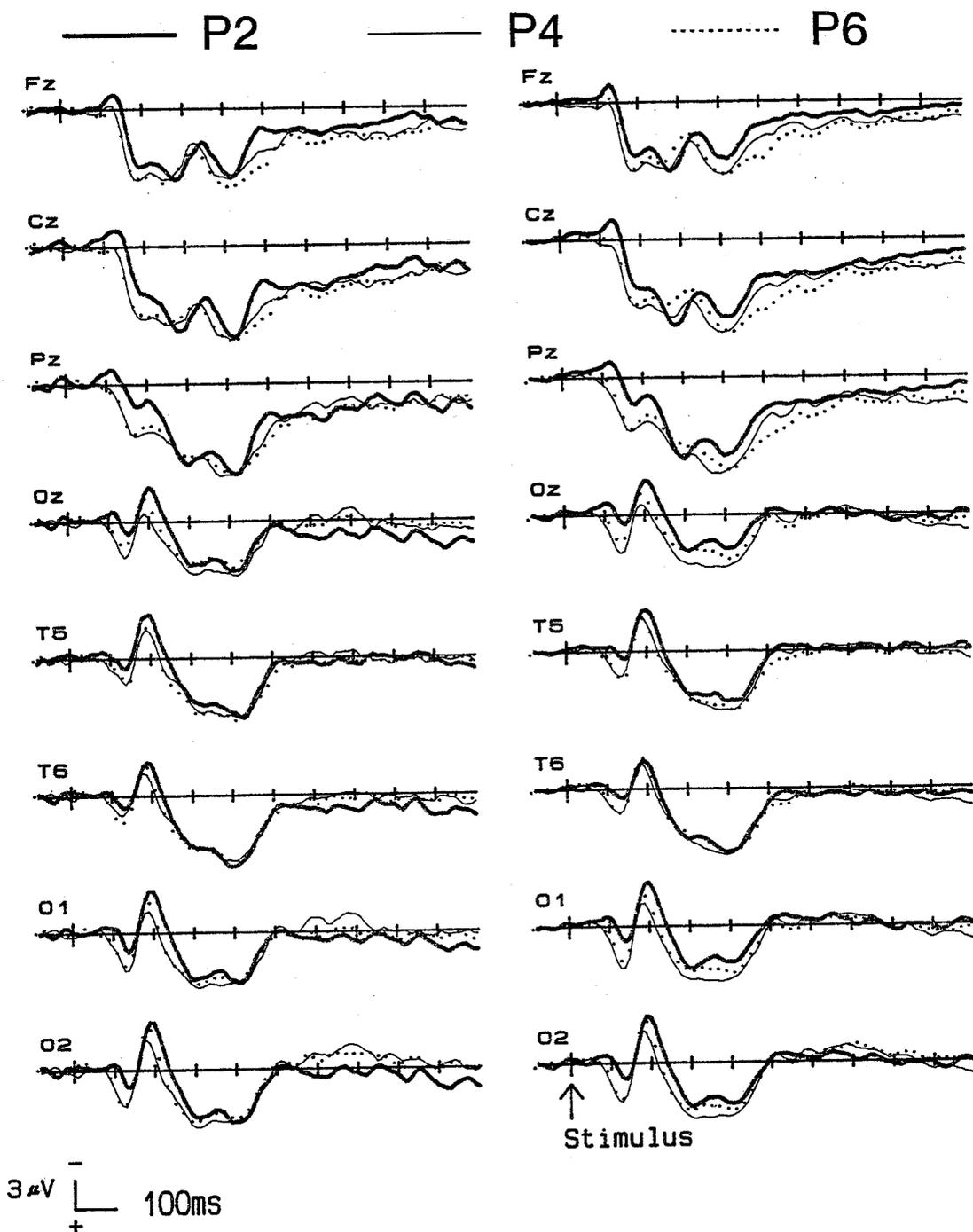


Figure 1. Grand averaged ERPs to the to-be-ignored target (left side) and non-target (right side). ERPs for three display set size conditions (thick line: P2, thin line: P4, dotted line: P6) are superimposed.

Attended Target

Attended Nontarget

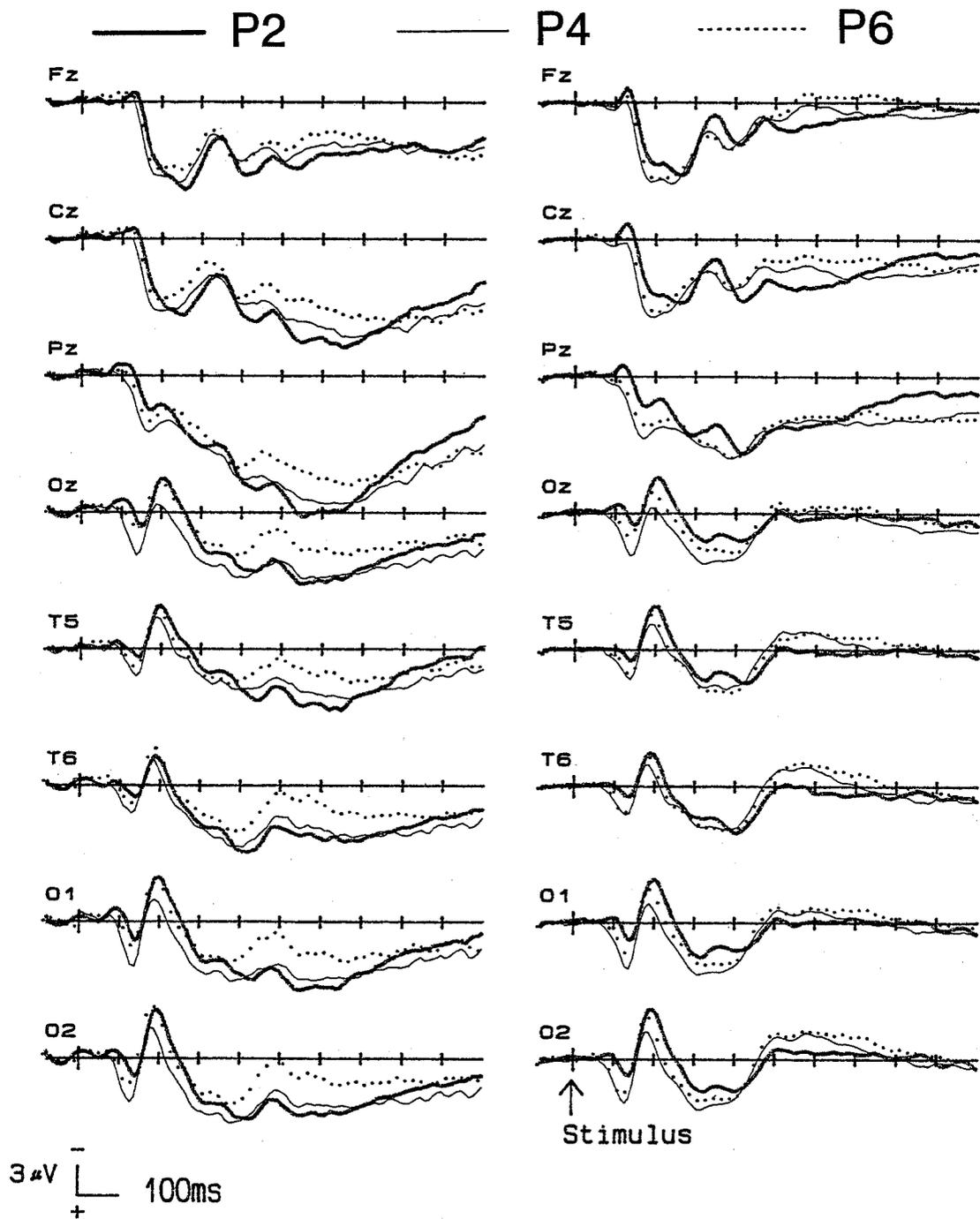


Figure 2. Grand averaged ERPs to the to-be-attended target (left side) and non-target (right side). ERPs for three display set size conditions (thick line: P2, thin line: P4, dotted line: P6) are superimposed.

考 察

Table 2

Latency and Amplitude of P300 for Attended Target				
Display Set Size	Latency in ms		Amplitude in microvolts	
2	590.0	(73.2)	13.5	(7.1)
4	648.3	(60.4)	13.2	(8.0)
6	703.3	(113.6)	10.1	(6.9)

Note. Values enclosed in parentheses represent *SD*.

非標的刺激に対するERP Figure 3の波形は、注目色刺激に対する波形から無視色刺激に対する波形を引き算して求めたものなので、波形の基線からのずれは、色に基づく選択的注意効果を現している。注意効果は、中心線上のCzで最大に出現し、T5、T6でも持続的に出現している。部位ごとに刺激(注目色非標的・無視色非標的)×呈示文字数の分散分析で確認したところ、Czでは250-500ms、T5では200-500ms、T6では250-600msの区間で注目色波形が無視色波形よりも有意にネガティブであった。また、Fzの150-250ms区間では、逆に注目色波形が無視色波形よりも有意にポジティブであった。

Figure 3を見ると、標的波形でも非標的波形でも、潜時400msあたりから呈示文字数による条件差がはっきりと出現し、文字数が多いほど波形は陰性方向にシフトしている。これが、視的探索電位であると考えられるが、この電位は前述したP300とかなりの潜時帯で重複して出現している。したがって、視的探索電位についてはP300の影響が小さい非標的波形を用いて検討する。非標的波形の区間平均電位について、呈示文字数×部位の分散分析を区間別に実施した結果、以下のことがわかった。潜時400-650msの区間で、呈示文字数の主効果と、呈示文字数×部位の交互作用が有意であった。部位ごとに呈示文字数の効果を調べると、その現れ方に2種類あることがわかった。まず、Fz、Czでは、呈示文字数が増えるほど波形は陰性方向にシフトし、特にCzでは450-650ms区間で3条件間すべてに有意差が認められた。それに対し、T5とT6では、P2条件は他の2条件に比べて波形がポジティブであったが、P4条件とP6条件の間に振幅の差はなかった。この点が統計的に支持されるかどうかを調べるために、P4-P2、P6-P2の2種類の差波形を算出し、450-650ms区間の平均電位を求めた。ベクトル長による規準化(McCarthy & Wood, 1985)を行った値について、波形の種類(P4-P2、P6-P2)×部位の分散分析を行った結果、交互作用は有意でなかった。したがって、部位によって呈示文字数の効果の現れ方が異なることは、統計的には示せなかった。

本実験は、色選択と組み合わせた文字探索課題で記録される視的探索陰性電位の性質を調べる目的で行った。無視色刺激に対する誤反応がほとんど見られなかったことと、無視色標的刺激に対するERP波形と無視色非標的刺激に対する波形に違いが見られなかったことから、本実験においては、まずテスト刺激の色に基づく初期選択が行われ、その後注目色刺激に対する文字探索が行われたと考えることができる。

このような事態で記録された視的探索電位は、単純な文字探索課題で記録されたものと、2つの点で異なっている。まず、その出現潜時が宮谷他(1994)に比べて約100ms遅い。宮谷他(1994)では本実験とはテスト刺激の配列が異なり、そのP2条件では横1列に並んだ5文字のアルファベットの両端の文字に注意を向けさせている。本実験のP2条件と比べると、注意を向ける範囲の広さや注意の分割という点から、やや困難な条件設定になっていると考えられる。そこで、それよりも簡単なP1M2条件と、本実験のP2条件の反応時間を比べてみると、504.3 vs. 602.3msと約100msの差となり、視的探索電位の開始潜時のずれとはほぼ一致する。ただし、P300潜時と同様な比較を行うと、543.3 vs. 590.0msと、約50ms程度の差しかない。本実験における視的探索電位の開始潜時の遅れは、文字探索過程が始まるまでの色に基づく初期選択の所要時間を反映すると考えられる。しかし、この開始潜時のずれと、P300潜時あるいは反応時間の遅れとの関係については、刺激配列や視覚負荷の操作方法を同じにした実験間で比較検討する必要がある。

単純な文字探索と色選択との複合探索のもう一つの違いは、視的探索電位の頭皮上分布である。宮谷(1992)では、後頭部、後部側頭部で大きな視的探索電位が見られた。宮谷他(1994)では、それに加えて中心部や頭頂部でも大きな電位変動が見られた。本実験では、後頭部では呈示文字数によるERP波形の違いはあまり認められず、逆に、宮谷らによる2つの実験ではわずかな視覚負荷効果しか得られなかったFzで、大きな電位変動が観察できる。

このような、課題による頭皮上分布の違いは、視覚探索の過程には性質の異なる少なくとも2つの処理過程が関わっていることを示すと考えらる。一つは、後頭部・後部側頭部優勢な電位変化に反映される処理過程、もう一つは、中心部から前頭部にかけて出現する電位変化に反映される処理過程である。Mecklinger, Kramer, & Strayer (1992)は、記憶負荷に伴って中心部に発達する陰性電位はワーキング・メモリにおけ

る処理容量を反映すると考えている。ワーキング・メモリとは、理解、試行、推理といった複雑な認知活動を支える、情報の一時的貯蔵と操作のための脳システム (Baddely, 1992) である。また、ワーキング・メモリは、単一のシステムではなく、複数の下位システムからなる複合システムであると捉えられており、その下位システムとして、音声的符号に基づいた言語的情報の一時的保持を行う音韻ループ、視空間的材料を何らかの画像的コードによって維持する視空間スケッチパッド、それら2つの働きを調整し、協調的に機能させる中央実行系の3つが考えられている (Baddeley, 1986)。

このように考えると、頭皮上分布の異なる2つの探索電位は、ワーキング・メモリの音韻ループと視空間スケッチパッドの活動を反映している可能性がある。聴覚刺激を用いた記憶探索課題 (Okita, 1989) でも視覚刺激を用いた場合と同様の中心部優勢な分布を示す探索陰性電位が報告されていることから、本実験で顕著に認められた中心部から前頭部にかけて優勢な探索電位は、刺激の音声的符号に基づく探索過程 (音韻ループの働き) を反映していると考えられる。また、後頭部から後部側頭部に出現する電位は、その分布が視覚系において“見ているものは何か”を知るための情報処理に関連する腹側経路 (藤田, 1994) と一致することから、視覚的符号 (本実験の場合は形) に基づく探索過程 (視空間スケッチパッドの働き) を反映していると考えられる。単純な文字探索では、主として視覚的符号に基づく比較が行われたのに対し、色選択と組み合わせた探索課題では、探索過程の開始が遅れることでテスト刺激の視覚的符号が利用しにくくなり (テスト刺激の呈示時間は300ms)、かわって音声的符号が用いられるようになったのかも知れない。これが、視的探索電位の課題による分布の違いの原因であったと考えることが可能である。もちろん、探索陰性電位とワーキング・メモリとのこのような対応づけは、非常に大まかなものであり、他の実験データにより裏付けられたものではない。この考察の妥当性については、今後検討していきたい。

なお、本実験では刺激後150-250ms区間のFz波形において、無視色ERPに比べ注意色ERPがポジティブであるという結果が得られた。色選択と記憶探索および心的回転を組み合わせた課題でERPを記録した Wijers, Otten et al. (1989) でも、同じような結果が得られている。彼らは、この結果について色に特異的な選択的処理を反映する成分であると考えている。しかし、本実験では赤色刺激と緑色刺激の輝度については統制しておらず、彼らの報告にも刺激の明るさに

関する報告はない。また、彼らの結果では、Fzにおける注意効果と対になってOzで、注目色ERPが無視色ERPよりもネガティブであったが、本実験では、この潜時間帯では、Ozにおける注意効果は見られない。したがって、これらがどのような選択過程を反映するのかを推論するためには、さらにデータを蓄積する必要がある。

引用文献

- Baddeley, A. 1986 *Working memory*. Oxford: Oxford Press.
- Baddeley, A. 1992 Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. 1989 Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.
- Fisk, A. D., & Rogers, W. A. 1991 Toward an understanding of age-related memory and visual search effects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 131-149.
- Flach, J. M. 1986 Within-set discriminations in a consistent mapping search task. *Perception & Psychophysics*, 39, 397-406.
- 藤田一郎 1994 大脳視覚野の生理学 伊藤正男・安西祐一郎・川人光男・市川伸一・中島秀之・橋田浩一 (編) 岩波講座 認知科学 3 視覚と聴覚 岩波書店 Pp.41-88
- Hockley, W. E. 1984 Analysis of response time distribution in the study of cognitive processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 598-615.
- 石口彰 1983 知覚と注意 心理学評論, 26, 180-201.
- Kahneman, D. 1973 *Attention and efforts*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. 1985 Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 62, 203-208.
- Mecklinger, A., Kramer, A. F., & Strayer, D. L. 1992 Event related potentials and EEG components in a semantic memory task. *Psychophysiology*, 29, 104-119.
- 宮谷真人 1992 視覚探索課題で出現する2種類の探索陰性電位について 生理心理学と精神生理学, 10, 23-33.

- 宮谷真人・前堂志乃・赤井俊幸 1994 視覚探索課題における空間負荷と記憶負荷が事象関連電位に及ぼす影響 心理学研究, 65, 303-311.
- Miyatani, M., & Maedo, S. 1994 Event-related potentials during a visual search task: Effects of the arrangement and the number of display items. *Hiroshima Forum for Psychology*, 16, 1-16.
- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. 1975 On the data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Okita, T. 1989 With-channel selection and event-related potentials during selective auditory attention. *Psychophysiology*, 26, 127-139.
- 沖田庸嵩 1989 事象関連電位と認知情報処理—選択的注意の問題を中心として— 心理学研究, 60, 320-335.
- 沖田庸嵩 1993 聴覚の選択的注意 事象関連電位を用いた生理心理学的分析 二瓶社
- Okita, T., Wijers, A. A., Mulder, G., & Mulder, L. J. M. 1985 Memory search and visual spatial attention: An event-related brain potential analysis. *Acta Psychologica*, 60, 263-292.
- Ritter, W., Simson, R., & Vaughan, H. G., Jr. 1988 Effects of the amount of stimulus information processed on negative event-related potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69, 244-258.
- Schneider, W., & Fisk, A. D. 1984 Automatic category search and its transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 1-15.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. 1977 Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- 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.
- Vasey, M. W., & Thayer, J. F. 1987 The continuing problems of false positives in repeated measures ANOVA in psychophysiology: A Multivariate solution. *Psychophysiology*, 24, 479-486.
- Wijers, A. A., Okita, T., Mulder, G., Mulder, L. J. M., Lorist, M. M., Poiesz, R., & Scheffers, M. K. 1987 Visual search and spatial attention: ERPs in focused and divided attention conditions. *Biological Psychology*, 25, 33-60.
- Wijers, A. A., Mulder, G., Okita, T., & Mulder, L. J. M. 1989 Event-related potentials during memory search and selective attention to letter size and conjunctions of letter size and color. *Psychophysiology*, 26, 529-547.
- Wijers, A. A., Mulder, G., Okita, T., Mulder, L. J. M., & Scheffers, M. K. 1989 Attention to color: An analysis of selection, controlled search and motor activation, using event-related potentials. *Psychophysiology*, 26, 89-109.
- Wijers, A. A., Otten, L. J., Feenstra, S., Mulder, G., & Mulder, L. J. M. 1989 Brain potentials during selective attention, memory search, and mental rotation. *Psychophysiology*, 26, 452-467.
- 吉田弘司 1994 心理学実験におけるコンピュータの利用—NEC PC-98シリーズコンピュータによるミリ秒単位のタイマー— 広島大学教育学部紀要 第一部(心理学), 43, 11-19.

注1) 本実験は、阿比留典子氏(旧姓:村上, 平成4年広島大学教育学部卒業)と共同で実施した。