J-039

色と形の情報処理過程における脳の左右差の検討

Brain hemisphere dominance in color and shape information processing:a preliminary study

野々山 俊男† 西平 幸史† 沖田 善光† 高橋 勲† 平田 寿† 杉浦 敏文†
Toshio Nonoyama Kouji Nishihira Yoshimitsu Okita Isao Takahashi Hisashi Hirata Toshihumi Sugiura

1. 目的

近年、脳には両半球間で働きに違いがあることが分かってきている。例えば言語処理や論理処理は左半球優位、視覚情報の空間把握は右半球優位である等、情報の種類によって脳機能に左右差が存在する [1)]。しかし、同じ視覚情報の処理でも色と形の認識や識別における脳機能の左右差については不明な点が多い。また、色と形の情報処理は PET や fMRI といった空間分解能に優れた手法により、後頭から側頭へと進む腹側経路（Fig.1）を通ることが分かっているが、その時間的側面に関しても不明な点が多い。

そこで我々は時間分解能に優れた脳波の事象関連電位（event-related potential, ERP）を測定し、西平等によって報告された色や形の情報処理に関係していると考えられる ERP 波形の N2 成分 [2)]に着目し、主として腹側経路における脳の左右差について検討を行った。

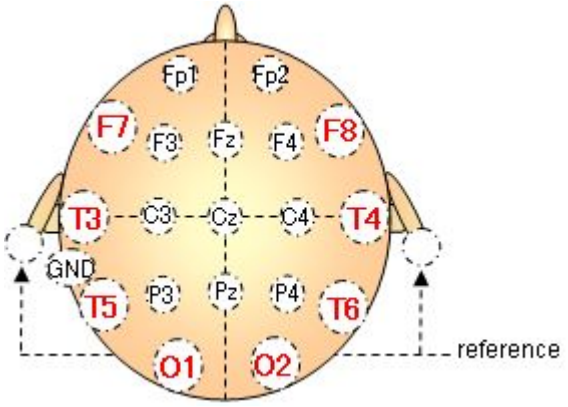

Fig.1 国際式 10-20 電極法

グランド（GND）を乳様突起、基準電極を両耳朶連結とした。また、腹側経路を観察するために O1～F7, O2～F8 の電極に着目した。

2. 対象と方法

被験者は健康な男子大学生 9 名（21～24 歳）である。

本研究では色・形の視覚刺激を有する oddball 課題（Fig.2）を行った。frequent 刺激 115 回と rare 刺激 35 回の合計 150 回の刺激をランダムに呈示する課題を 1 タスクとし、形識別課題として白丸（frequent 刺激）と白三角（rare 刺激）を、色識別課題として白丸（frequent 刺激）と赤丸（rare 刺激）をそれぞれ識別するタスクを課し、形→色→色→形の順に休憩を挿みつつ合計 4 タスクを行った。刺激の呈示時間を 0.2 sec、呈示間隔を 1 - 1.5 sec のランダムに、視野角を 4.11 °、輝度を 1.30 cd/m^2 とした。被験者には、画面中央に常時表示されている赤い十字（注視点）から目を離さず、瞬きを控え、rare 刺激時（形識別課題では白三角、色識別課題では赤丸）になるべく正確に早くマウスの左ボタンを押すように指示を出し、その際の脳波を測定した。サンプリング周波数は 1 kHz とした。

脳波の測定には国際式 10-20 電極法（Fig.1）を用い、グランド（GND）は乳様突起、基準電極は両耳朶連結とし、単電極誘導により脳波を求めた。測定した脳波から瞬きや眼球電位等のノイズが混入したものを目視により取り除き、色と形それぞれ 20 回分の加算平均を行うことで ERP 波形を求めた。

3. 解析方法

このパラダイムにおける反応時間（reaction time, RT：刺激呈示開始からボタンを押すまでの時間）は色識別課題時（n=9）は 357.6±39.7 msec、形識別課題時（n=9）は 364.1±40.4 msec とおよそ 300～400 msec であり、P3 成分の前後に位置する。ここで西平等と同様に、色や形を識別した後、ボタンを押す決断を下してから実際に押すまでに約 100 msec 程度の時間を要すると仮定すると、P3 成分の前で既に識別と判断が終わっていることになる。このようにして少なくとも N2 成分以前の時間帯が色と形の識別に関与しているのではないかと考えるに至った。

そこで、本研究では P2-N2 頂点間と N2-P3 頂点間の電位差（Fig.3）に注目して色・形の識別時における脳の左右差を観察するために、O1-O2, T5-T6, T3-T4, F7-F8 の 4 ペアに関して変化量のより大きい側を優位とし、その人数比を求めた。ここで、振幅の絶対値を用いないのは ERP 波形の個人差の影響を抑えるためである。

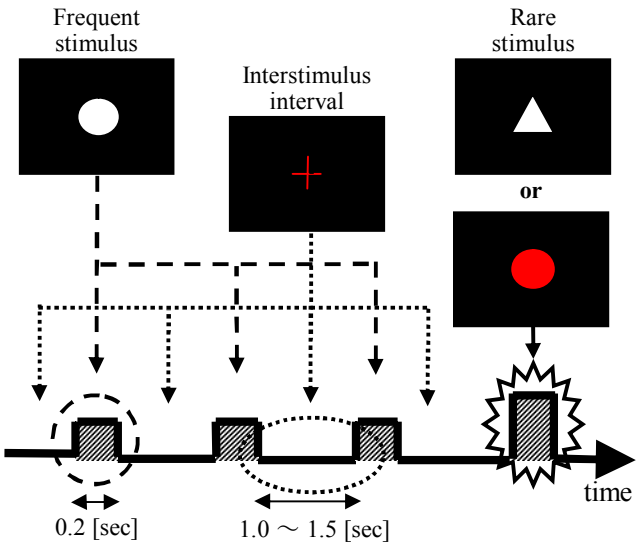

Fig.2 実験パラダイム

Frequent 刺激として白丸を、rare 刺激に白三角（形識別課題時）と赤丸（色識別課題時）を用いた。刺激の呈示時間は 0.2 sec、呈示間隔は 1 - 1.5 sec のランダム、視野角を 4.11 °、輝度を 1.30 cd/m^2 とした。

† 静岡大学 Shizuoka University

4. 結果

Fig.4 に腹側経路における P2-N2 頂点間と N2-P3 頂点間の電位差が大きい側を優位として、その人数比を示す。縦軸が電極部位のペア（上が前頭、下が後頭）を、横軸が人数比を表す。

P2-N2 頂点間電位差（実線）は形識別時には左前頭優位となり、色識別時には右前頭優位となる。また、後頭においてはどちらも左右差が小さい。

N2-P3 頂点間電位差（破線）は形識別時には前頭で左半球優位であり、後頭で左右差が小さいという P2-N2 頂点間と同様の傾向を示し、色識別時には前頭では左半球優位であり、後頭では右半球優位と P2-N2 頂点間とは大きくずれた傾向を示す。

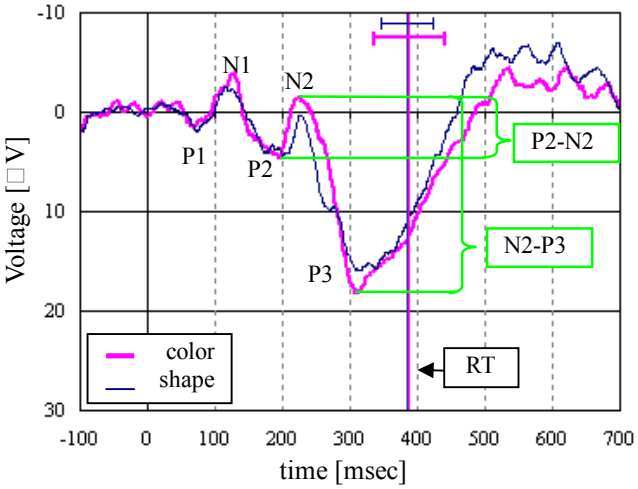

Fig.3 被験者 A の Pz 部位における ERP 波形

横軸の 0 msec は刺激の呈示開始時間である。太線が色識別課題、細線が形識別課題をそれぞれ表し、400 msec 付近の実線が反応時間（RT：刺激呈示開始からボタンを押すまでの時間）である。色識別課題 RT：386.0±53.1 msec 、形識別課題 RT：385.2±37.9 msec. 縦軸はグラフの下側をプラスとしている。

5. 考察

Talati らによる形態視は前頭部において左半球優位であるとの報告 [4]は、本研究における P2-N2 頂点間と N2-P3 頂点間の結果両方に合致した。また、佐々木らによる色彩視は左半球優位であるとの報告 [3]は、本研究における N2-P3 頂点間での前頭の結果と一致し、それ以外の結果に反した。

色識別課題時に P2-N2 頂点間と N2-P3 頂点間の結果に違いがあったことより、視覚情報処理過程の左右差を特定するためには、識別に関連した ERP 成分をより確実に特定する必要がある。

Polich らによる P3 成分には心理的要因が強く含まれるとの報告 [5]より、N2-P3 頂点間で誘発された電位は視覚刺激の初期的な処理に依存しているのではなく、認知に関連した比較的後期の処理とそれに関する何らかの心理的状況を反映しているのではないかと考えられる。また，被験者によっては反応時間が P3 成分より早い者もいるため P3 成分が色･形の識別・判断を反映しているとは考え難い。そしてこれを前提とすれば、N2-P3 間よりも P2-N2 間の方が色・形識別時における脳活動をより良く反映していると考えられる。

そこで、fig.4 より P2-N2 間の結果を見ると、前頭に比べ後頭の左右差が小さいことが分かる。これは、V1 などの「目から入った視覚情報を受け取る」といった低次の視覚処理が行われる段階では左右差が無く、後頭から側頭へと処理が進み「目で見たものが何か」とか「今見た物が以前に見たものと同一か」といった高次の視覚処理を行うようになるにつれて左右差が現れることを示唆すると考えられる。今後は課題の工夫や被験者数の増加が課題である。

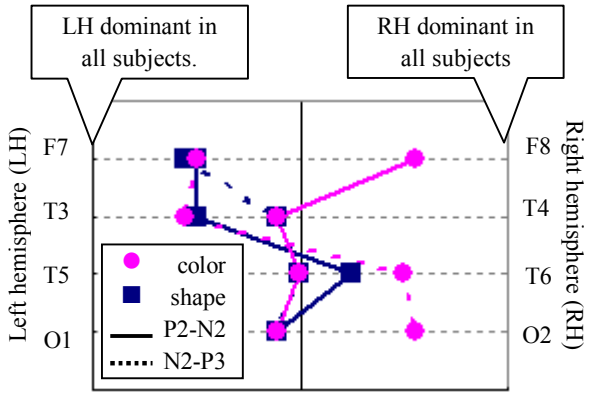

Fig.4 腹側経路における P2□N2 間と N2□P3 間の振幅変化量による左右差の人数比(n=9)

図の左端は被験者全員が左半球優位、図の右端は被験者全員が右半球優位であったことを表し、図の中央は左半球優位・右半球優位それぞれの人数が同じであったことを表す。

6. まとめ

(1) P2-N2 間において前頭では色識別課題時に右半球優位、形識別課題時に左半球優位である。

(2) P2-N2 間において後頭では色識別課題時、形識別課題時ともに左右差は小さい。

(3) N2-P3 間において前頭では色識別課題時、形識別課題時ともに左半球優位である。

(4) N2-P3 間おいては後頭では色識別課題時に左右差が無いのに比べ、形識別課題時には右半球優位である。

参考文献

[1] J. B. Hellige , “ Hemispheric Asymmetry : What’s Right and What’s Left” , Harvard University Press (2001)

[2] 西平幸史他 , “三つの視覚刺激を有するオッドボール課題における事象関連電位早期成分の検討” , 平成 19 年度日本生体医工学会東海支部学術集会論文集 , P-019 (2007)

[3] 佐々木 仁 , “色彩情報処理における左右大脳半球の機能差” , 日本心理学会第 68 会大会論文集, P- 457 (2004)

[4] Ardesheer Talati , Joy Hirsch , “Functional Specialization within the Medial Frontal Gyrus for Perceptual Go/No-Go Decisions Based on ‘‘What,’’ ‘‘When,’’ and ‘‘Where’’ Related Information : An fMRI Study” , Cognitive Neuroscience 17:7 , pp. 981–993 (2005).

[5] John Polich , “Updating P300 : An integrative theory of P3a and P3b” , Clinical Neurophysiology 118 , pp.2128-2148 (2007)