

視覚記号の情報処理過程における事象関連電位反応

Event-Related Potentials in information recognition process of visual sign

キーワード: 視覚記号、認知、脳波、事象関連電位、評価

人間生活工学研究室: 水沼 天佑

■Abstract: The analysis of information process in the human aiming at optimization of visual sign is necessary. In this study, sign information cognitive process in the brain was observed using ERP and index of evaluation of sign was examined. In the experiment, subjects did matching task of instruction theme and sign image using four kinds of target images. The brain waves of subject in the task were derived from seven points of head. The result showed revitalization of three components (P1, N2, P3) in the processing of sign, and it showed difference between points. The analysis of the components showed the existence of component that reflected the difference of the image, and it was suggested that attention and concern for the image were evaluated. Though a further examination is necessary, this study suggested that ERP is a useful evaluation index in the design of sign.

■背景

情報の溢れる現代の社会環境の中で、視覚記号の果たす役割は大きく、最適化に向け、様々な研究や評価が行われている。視覚記号では、記号表現と情報認知の関係、つまりヒトの中で起こっている情報処理のプロセスが重要であると言え、記号を最適化する上で、このプロセスを詳細に分析することが有効であると考えられる。そこで本研究ではヒトの内部で起こっている記号の情報処理過程を脳波(事象関連電位)によって観測することとした。

事象関連電位(ERP)とは、ヒトに与えられた特定の刺激や課題に反応して瞬時に発生する脳の微小な電位変動をいう。ERPはいくつかの成分から構成され、成分の潜時、振幅は刺激や実験方法によって異なる。成分の詳細な分析により、事象に対する脳の働きを知る事ができる。先行研究では、文字とイメージのマッチングタスク中に、事象関連電位を測定し、イメージの 카테고리間(自然物 vs 人工物)で脳電位成分の振幅の差異を検出した¹⁾。

■目的

視覚記号の評価に、認知・判断の客観的指標である脳波:事象関連電位を用いる事を検討する。具体的には、①事象関連電位を用いて記号イメージからの情報認知過程の脳内メカニズムを探る。②事象関連電位が記号の評価指標として有用かどうかの検討を行う。

■方法

○記号対象と実験刺激

本実験では記号化する対象を道具とし、その中でハンマーとハサミの2テーマを設定した。記号化の際には、道具を取り巻く条件要素として、道具を使用するヒトと道具を使用する行為(以下動き)を抽出した。条件ごとに、ヒト条件は Human/Non-Human(以下 H/NH)、動き条件は Move/Non-Move(以下 M/NM)として'あり/なし'の2水準を設け、2×2の4イメージをターゲット刺激として作成し、この条件差を視覚記号の評価検討に用いた。1テーマにつきターゲット刺激4+妨害刺激8の計12のイメージ刺激を用意した(図1)。脳波データの加算平均処理のため、1イメージ当り30回ランダム提示した。1イメージの提示時間は300msであり、イメージの間には2000ms間注視点を提示した。

○実験手順

被験者は電極装着後、椅子に座り、タスク提示画面に対して姿勢と

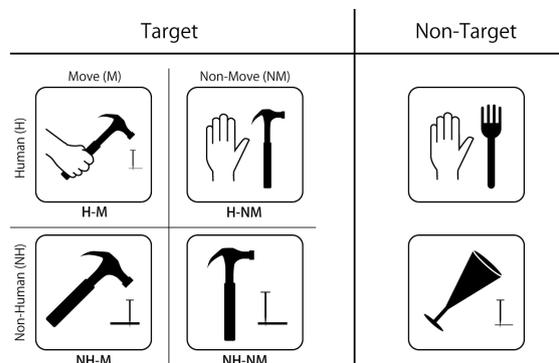


図1 刺激イメージの例(ハンマー)

目線を適当な位置に固定した。その後、十分なタスク練習を行った後に本実験へと進んだ。実験タスクは指示されるテーマと次々に提示されるイメージが一致(ターゲット)か不一致(ノンターゲット)かを弁別するボタン押し判別タスクであった。図2にタスクの流れを示す。各テーマセッション終了後には主観評価を行った。2テーマの順序はランダムであった。

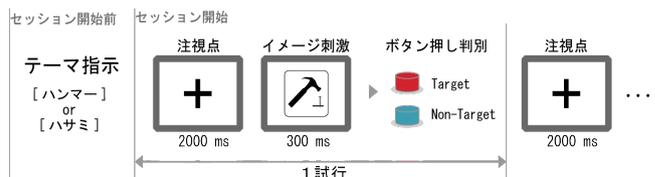


図2 ボタン押し判別タスクの流れ

○被験者

視覚に異常のない健康な男子学生9名(23±1.3歳)が参加した。

○測定項目

事象関連電位、タスクパフォーマンス、主観評価を測定した。

事象関連電位は、国際10-20法によるFz, Cz, Pz, T3, T4, O1, O2の7部位から脳波を導出し、部位ごとに顕著に活性化成分を抽出後、各成分の振幅/潜時を算出した。

タスクパフォーマンスは、タスク実行におけるボタン押し反応時間およびボタン押し正答率を測定した。

主観評価は、VAS法により、実験中の判断しやすさ、イメージの分かりやすさ、嗜好感、面白さ、親近感、躍動感、自然さを評価した。

○分析

・認知過程観測

記号イメージの情報認知過程の観測のため、実験によって得られた脳波からタスク処理中にどのような成分が脳のどの部位で誘発されるかを観察、抽出した。

・記号評価

事象関連電位の視覚記号評価への有効性検討のため、認知過程観測によって抽出した事象関連電位の各成分の振幅、潜時について、部位ごとにヒト条件(2)×動き条件(2)による二元配置反復測定分散分析、Bonferroniの多重比較検定を行った。パフォーマンス、主観評価の各項目も同様の分析を行い、全ての検定で有意水準は5%とした。

■結果

・認知過程観測

図3に示すように計測波形から、大きく3つの成分(P1, N2, P3)の活性が誘発されることが分かった。更に、それは部位の差を示した(P1成分:O1,O2、N2成分:Fz,Cz、P3成分:Fz,Cz,Pz,T3,T4)。

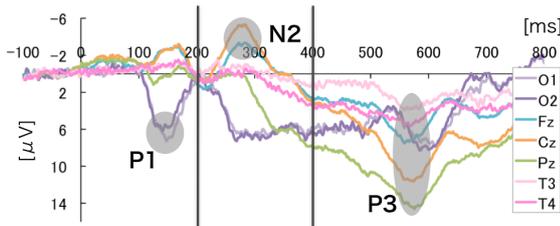


図3 認知過程におけるERP波形の例(全部位)

・記号評価

事象関連電位: P1成分について、O2 部位の潜時は動き条件の主効果があり、NM より M の潜時が長かった ($p < 0.05$, 図4)。O2 部位の振幅は両条件の交互作用があり、事後検定より、M の時に H より NH で大きな振幅があった ($p < 0.05$, 図5)。O2 の一方で視覚野左部位の O1 部位では刺激の差はなかった。N2成分については両部位で潜時、振幅ともに主効果はなかった。P3成分について、潜時は全部位で条件の主効果はなかった。振幅は Pz 部位で両条件の交互作用があり、(Cz、T4 部位でも同様の傾向あり)、事後検定の結果、H の時に M より NM で大きな振幅となる傾向があった ($p < 0.1$, 図6)。また、T4 の一方で T3 部位(左部位)では O1 部位同様に条件差はなかった(図7)。

タスクパフォーマンス: 反応時間については動き条件の主効果があり、NMと比較してMで反応時間が短かった ($p < 0.05$, 図8)。正答率はヒト条件の主効果があり、NHと比較してHで高かった ($p < 0.05$, 図9)。

主観評価: イメージの分かりやすさは、両条件の主効果があり、各々H、M でスコアが高かった。自然さは、動き条件の主効果があり、NMよりMで有意にスコアが高かった ($p < 0.01$)。同様にその他の指標についても、Mでのスコアが有意に高かった。

■考察

・認知過程観測

部位と成分の関係から、P1はイメージ刺激の知覚に関わる成分、N2は認知判断前の準備に関わる成分、P3はイメージ刺激の認知、判断に関わる成分であると考えられる。

・記号評価

事象関連電位: P1成分における O2 部位の潜時、振幅の結果は、各々動き条件の効果が現れる。これはイメージ刺激の雑然と整然といった情報量の違いを抽出したものである。また P3成分の分散分析の結果は、成分振幅の大小がイメージ刺激中の条件差を抽出することを示した。P3振幅は、情報処理に要する脳内資源量を反映すると言われている。一方で、Cz、Pz 部位は空間認知機能を担う部位であり、P3振幅はイメージ刺激の空間的差を評価したものであると示唆される。これについて、イメージ刺激との関係から考察すると、この振幅は刺激の違和感を抽出したと推察できる。例えば振幅の大きかった NH_M(図1参照)は、道具を動かす要素として、現実には存在するはずの“手”が存在しておらず、この事が違和感に繋がっているのである。先行研究では、ターゲット刺激の不自然さがより大きなP3成分の振幅を誘発すると報告している²⁾。更にこの違和感をイメージ刺激に対して、より注意を傾けたと解釈すると、それは一つのデザイン的な注意や関心を評価したと言えるかもしれない。P3振幅と主観評価の面白さの相関分析の結果も2指標の間に正の相関があることを示している。

また部位に注目すると(図7)、主に右半球寄りの部位で刺激の差を識別している。これは、視覚刺激のイメージに関する処理は右脳半球を中心になされるという先行研究³⁾の報告と一致するものである。

タスクパフォーマンス: Mで有意に反応時間が短いという結果は、

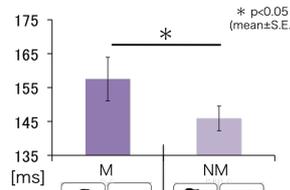


図4 P1潜時(O2 部位)

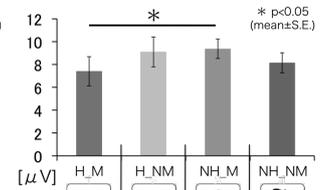


図5 P1振幅(O2 部位)

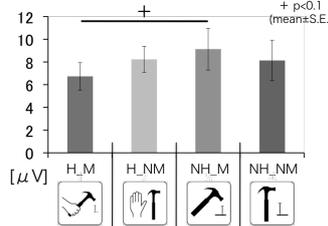


図6 P3振幅(Pz 部位)

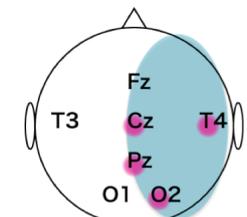


図7 条件差のあった部位

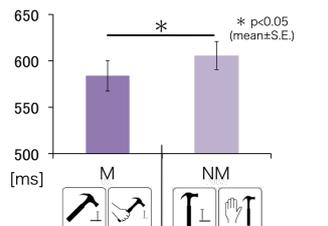


図8 反応時間

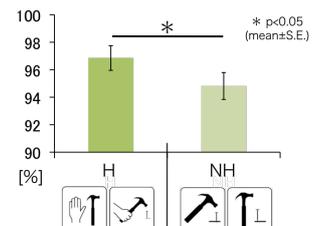


図9 正答率

普段から見慣れた、より馴染みのあるものにスムーズにヒトが反応した結果であると思われる。また、反応時間と事象関連電位の P3潜時の間の相関分析の結果は、2指標間に正の相関関係がある事を示した。潜時は脳内の刺激処理時間を反映する指標であり、その関係がここに現れたものと考えられる。正答率の結果から、道具の認知の際には、道具と使用者(手)は被験者の中で強く結びついているということが言えるだろう。

主観評価: 分かりやすさの項目は、パフォーマンスと関係する指標であると考えられ、実際に正答率、応答時間の結果と一致するスコアであった。また、全指標で静的なイメージより動的なイメージのスコアが高いという結果から、ヒトは普段見慣れているイメージ=動的イメージに対して、親近感などの好意を持つ事が示唆される。

■まとめ

事象関連電位を用いて、記号の情報認知過程の脳内経路を探った。その結果、イメージの提示から、ボタン押し行動までの間に、大きくP1、N2、P3の3成分が活性されることが分かった。更にそれは、部位ごとの違い、すなわち部位ごとの機能差を見せた。

更に、上記3成分の分析により事象関連電位が視覚記号設計の際の評価指標として有用であることが示唆された。イメージ刺激中の条件差を成分の振幅の差という形で抽出し、これは刺激への注意、関心度を評価している事が示唆された。このことは、記号のイメージを脳が客観的に評価したと言え、今後、イメージサンプルを増やして更なる実験、検討を進めることで、記号の評価指標として確立できるだろう。

■参考文献

- 1) Erin L. Mazerolle et al. (2007). ERP assessment of functional status in the temporal lobe: examining spatiotemporal correlates of object recognition. *Journal of Psychophysiology*, 66, 81-92.
- 2) 後藤紀美子ら (2006). オドボール課題における視覚刺激の不自然さが事象関連電位に与える影響. *電子情報通信学会*, 12, 19-24.
- 3) 豊島 恒ら (2006). 向きを表す単語と記号に対する時空間的脳活動の比較. *日本知能情報ファジィ学会*, 18(3), 425-433.