

事象関連電位を用いた誘目性の評価と定量化の検討

Evaluation and quantification of attention effect using Event-Related Potentials

キーワード: 誘目性、事象関連電位(ERP)、P100、N145

人間生活工学研究室: 原田 裕也

■Abstract:

Attention effect is an important factor in order not to miss important information that is in a visual field. However, attention effect is defined complicated by various factors, it is difficult to quantify. In this study, we examined by measuring the event-related potentials (ERP) when the attention is induced, whether it can be evaluated the attention effect. As a result, the six ERP components were identified; significant differences were observed between conditions. Interesting results were obtained in the early component within 0-300 ms. P100 and N145 component of the visual evoked potentials were observed. It was found that P100 latency is shortened and N145 amplitude is increased by stimulus with higher attention effect. It was suggested that Event-related potential is effective as an evaluation measure of attention effect.

■背景

ヒトは視界に映るものすべてを詳細に認識することは出来ない。視野内にある重要な情報を逃さないために、目立ちの指標である誘目性は重要である。情報密度の濃い場所や顔、人体などの人的パターンは特に誘目性が高いと言われている¹⁾²⁾。また、第一サッケードの誘導率やサッケードの誘導潜時を測定することで、誘目性を定量的に評価できるという報告もある³⁾⁴⁾。このようにヒトの行動計測による誘目性の評価は行われているが、物体に誘目されたときのヒトの神経プロセスを誘目性の観点から考察している研究は少ない。

■目的

本研究では、誘目性の定量化への試みの1つとして事象関連電位に着目した。何かに注意を誘導されている状況下でのヒトの脳内メカニズムを調査し、事象関連電位が誘目性を定量化するための指標になり得るかどうかの検討を行った。

■方法

正常な視覚を持つ 12 名の男子大学生が実験に参加した(24±1.6 歳)。被験者に視覚探索タスクを課し、刺激イメージ内のターゲット刺激の有無を手元のスイッチによって応答した。図1に使用した刺激イメージを示す。被験者の視角7° の位置8方向に「H」「N」を交互に円環状に配置した。呈示刺激にはターゲットと有無と誘目要因の2つの変数によって条件化された。ターゲットには「K」を使用し、1方向の文字と置き換える形で配置した。誘目要因は、各文字色と背景色のコントラスト比によって規定された。ディスプレイの背景色は白色(黒:0%)、背景および非誘目要因の視標は灰色(黒:50%)で呈示された。対する誘目刺激は黒色(黒:100%)で呈示された。呈示イメージ中におけるターゲットの有無(Target/Non Target: 2水準)、誘目要因の有無(Attention/Non Attention: 2水準)の組み合わせによって、ターゲット/誘目要因: なし/なし条件(Non Target(NT)), あり/なし条件(Target(T)), なし/あり条件(Attention Non Target(ANT)), あり/あり条件(Attention Target(AT))の4条件があった。しかし、誘目要因はターゲットの有無とは無関係に出現するため、あり/あり条件下において、ターゲット刺激と誘目刺激の呈示方向が重なる場合と重ならない場合の2つの条件があった。そこで、あり/あり条件下におけるターゲット

刺激と誘目刺激が重なる条件を Attention Target 条件(AT)、重ならない条件を Attention Decoy 条件(AD)とし、全5条件とした。図2に実験タスクの1試行の流れを示す。5000 ms のインターバルをはさみつつ、刺激イメージが 3000 ms の間呈示された。被験者は呈示されるイメージ中からターゲットを探索し、ターゲットがある場合(Yes)と、ない場合(No)でそれぞれ別のボタンによって応答した。被験者が何らかの応答をする、もしくは応答をせずに3000 ms が経過した場合、刺激の呈示を終了した。5000 ms のインターバルと3000 ms の探索タスクを合わせて1試行とし、1試行の終了後すぐさま次の試行に移行した。刺激呈示は SuperLab 4.5(Cedrus)によって制御され、各条件ランダムに112回、合計で560試行を行った。また、タスク中は視線を常にディスプレイ中央の注視点に固定した。すべての被験者は計測の前にタスクに十分慣れるまで練習を行った。タスクパフォーマンスとしてボタン応答による反応時間と正答率が記録された。

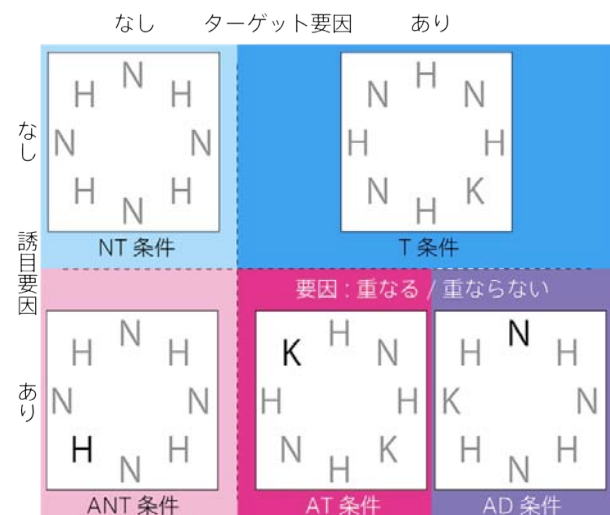


図1 呈示イメージと2要因による条件分けの概略図



図2 実験タスク1試行の流れ

事象関連電位は国際 10-20 法に従い Fz, Cz, Pz, T3, T4, O1, O2 の7部位より脳波を導出し、刺激呈示-100-1000 ms の区間において、各条件で最低 70 回以上の加算平均を行い算出した。EOG によって被験者の眼球運動を監視し、タスク中に瞬目や視線移動が見られた試行は解析から除外した。脳波は脳波計測装置(Neurotop; 日本光電)から A/D 変換器(MP150; BIOPAC)を経て波形解析ソフト(Acqknowledge 4.1; BIOPAC)に入力されサンプリングレート 1000 Hz で記録された。事象関連電位の総加算平均波形(図3)より、P1, N2a, N2b, P3, N4, P5 の6成分を抽出した。N2成分は立ち上がりの違いに

よりN2a, N2bの2成分に分けられた。P1, N2a, N2b, P3成分はピーク振幅とピーク潜時, N4, P5成分は区間中の最大振幅を代表値として解析に用いた。すべての測定項目でNT, T, ANT, AT, ADの5条件における一元配置反復測定分散分析を行った。有意水準はすべて5%とし, 事後検定にはBonferroni法を用いた。統計解析は, 統計解析ソフトウェアKaleidaGraph(Ver. 4.01; Synergy Software)を用いた。

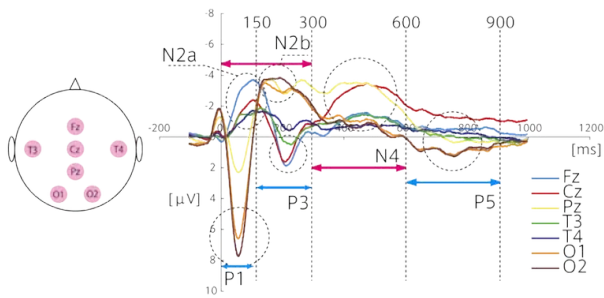


図3 全被験者・全条件における事象関連電位の総加算平均波形

■結果と考察

タスクパフォーマンス

反応時間はターゲットの有無に大きな影響を受けた(図4)。ターゲットの発見という試行の終了を示す明確にプロセスの有無が原因と思われる。ターゲットあり条件では, ターゲットを発見した時点で試行が終了するのに対し, ターゲットなし条件は, 8方向の視標すべてを確認し, ターゲットが発見できないことから総合的に「No」と判断しているため, 反応時間が長くなったと思われる。これは視覚探索タスクにおける一般的な結果といえ, 多くの先行研究が同様の結果を示している⁴⁵⁾。また, AT条件は他のすべての条件に対して有意に反応時間が短かった。AT条件はターゲット視標に誘目要因が重なった条件であり, ターゲット視標のコントラスト比が増加したことで, ターゲットに注意が誘導されたことが原因と思われる。AD条件は反対に非ターゲット視標に注意が誘導されたため, 反応時間が遅くなったのだろう。正答率は, AD条件で最も低くなっており, 誘目要因が妨害刺激として機能し他と考えられる。これらの結果より, 本研究のタスクがヒトの注意を誘導する効果を有していたことが確認できた。

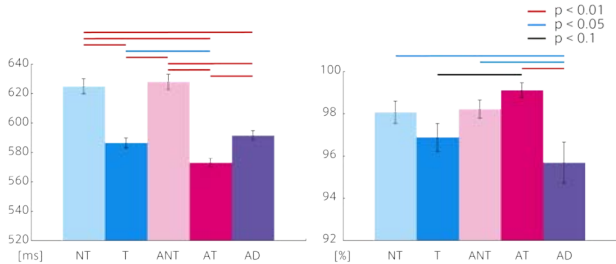


図4 タスクパフォーマンス(左:反応時間, 右:正答率)

事象関連電位(ERP)

Pz, O1, O2の後頭部位においてP1(0-100 ms), N2b(150-180 ms)成分が観測された。O1, O2部位は視覚野の位置する部位であり, 視覚刺激に対する外因性の早期成分の影響が顕著に現れるといわれている。これらの成分は視覚誘発電位(VEP: Visual Evoked Potentials)と呼ばれ, パターンや色などの刺激条件によって形態を変える⁶⁾。P1, N2b成分は極性とその潜時からそれぞれ視覚誘発電位P100, N145と考えられる。P100, N145を誘発する視覚誘発電位はパターンVEPと呼ばれ, 唐草模様などのパターン性のある視覚刺激によって誘発される。HとNが交互に円環状に並ぶ本研究の刺激イメージは十分なパターン性を有していたと思われる。P1振幅, N2b潜時では, 条件間に有意な差は認められなかったが, P1潜時, N2振幅では, 共にO2部位において条件間で有意な差が認められた(図5)。これは誘目要因の有無が影響したと思われる。誘目性の高い視標は, 大脳

への入力スピードが高まり, 結果として, 他の指標よりも反応しやすいと考えられる。ヒトが誘目性の高いオブジェクトに反射的に目を向けてしまうのは, 大脳上での処理スピードが異なることが原因かもしれない。タスクパフォーマンスではAT条件が最も誘目性が高いという結果が得られたが, P1潜時ではANT条件が最も潜時が短く, 結果に食い違いが起きた。これは刺激のパターン性が原因と考えられる。コントラスト比による誘目要因は刺激の入力強度を高め, 潜時を短くするが, ターゲット要因は刺激のパターン性を崩してしまうため, AT, AD条件ではパターン性の低下とそれに伴う情報量の増加によって誘目要因の効果が低減されたと思われる。N2b振幅では, 誘目要因とターゲット要因の効果が重複しており, 入力された刺激の誘目性が高いほどN2の振幅が大きくなることが示唆された。視覚誘発電位は外因性のERPで試行や判断などの要素が影響しにくいいため, タスク条件による誘目性の影響が強いと考えられる。誘目視標の種類やパラメータを変えることでコントラスト比以外の要因の誘目性を評価できる可能性がある。

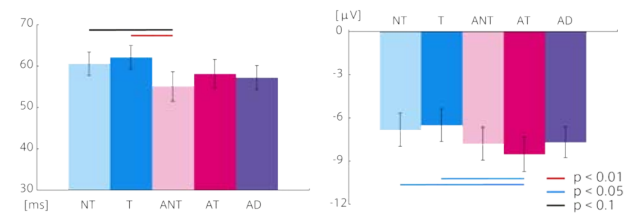


図5 事象関連電位(左:P1潜時(O2), 右:N2b振幅(O2))

N2a(90-130)成分では, Cz部位においてAD条件がNT条件よりも振幅が大きくなった。AD条件はターゲットあり条件であることに加え, 誘目視標がデコイとして働くなど視覚的情報量が最も多い条件である。一方でNT条件は, 視覚的情報量が最も少ない条件といえる。N2a成分は, 呈示刺激の認知プロセスにおける大脳上の処理の大きさを示しているかもしれない。P3成分(190-230 ms)では, 誘目要因が振幅を抑制するような結果が得られたが, それがどのような意味を成す成分かを判断することはできなかった。N4(300-600 ms), P5(600-900 ms)成分では, 多くの部位で条件間に有意差が認められた。探索過程におけるヒトの注意や判断などを反映する内因性の成分と思われる。しかし個人差が非常に大きく, 特徴的なピークも観測できなかった。よって誘目性の評価指標として定量化することは困難と思われる。

■まとめ

本研究は, ヒトが注意を誘導されている状況下での事象関連電位を測定し, 事象関連電位が誘目性の評価指標として有効かどうかを検討した。その結果, 刺激呈示後0-300 ms間の早期成分におけるP1, N2b成分に有用な結果が得られた。P1, N2b成分は視覚誘発電位のP100とN145と思われる。入力された刺激の誘目性によってP1潜時, N2b振幅が影響を受けることが示唆された。誘目刺激の種類やパラメータを変えることでコントラスト比以外の要因の誘目性も評価できる可能性があり, 事象関連電位が誘目性の評価指標として有効に働く可能性が示唆された。

■参考文献

- 1) 小城武彦, カラダの百科事典(2009)
- 2) 釣ら, 顔・人体への誘目性を考慮した視覚探索モデルの提案, 電子情報通信学会 技術研究報告 107(538), 163-166(2008)
- 3) 原口ら, 視覚探索における誘目性の定量化, Vision 23(1), 1-18(2011)
- 4) Shen et al., Distractor ratio influences patterns of eye movements during visual search, Perception 29, 241-250(2000)
- 5) Emrich et al., Visual Search Elicits the Electrophysiological Marker of Visual Working Memory, PLOS one 4(11), e8042(2009)
- 6) 朝倉邦造, 視覚情報処理ハンドブック(2000)