

G-003

脳磁界計測による視覚性運動の変化に対する予測と認知の関係の検討 MEG Study of Relationships between Prediction and Cognition for Visual Motion Changes

三尾 恭史†
Takafumi Mitsuo

林 伴明†
Tomoaki Hayashi

青山 敦†
Atsushi Aoyama

川澄正史§
Masashi Kawasumi

1. はじめに

ヒトはスポーツやコミュニケーションなどの日常の中で、視覚的な運動情報である視覚性運動を認知する場面が多くある。予測を行うことにより効率的な反応や危険回避が可能なることが考えられ、予測と視覚認知には密接な関係が示唆される。しかし、予測を行うことが、結果となる情報の認知にどのような影響を及ぼしているかは明らかではない。予測を行っている際の脳内では、標的に対するヒトの期待を反映するSPNm(Stimulus Proceeding Negativity)と呼ばれる脳活動が知られている¹⁾。標的となる情報に対する認知には、P300mと呼ばれる脳活動が知られており²⁾、視覚性運動における両者の共通の活動源として、視覚野のMT野(Middle Temporal Area)が挙げられる。今回、MT野におけるSPNmとP300mに着目し、標的が入力される前の予測と、入力後の視覚認知の関係について脳磁図(Magnetoencephalography:MEG)を用いて検討した。

2. 実験方法

2.1 視覚刺激

視覚刺激をFig.1に示す。視覚刺激は、手掛かりの情報である板の形状(穴なし/穴あり)と、標的となる情報であるボール動作(通過/跳弾)を対応付け、計4パターンの視覚性運動を用いた。4パターンの視覚性運動を、板の形状にボール動作が対応する標準刺激と、板の形状とボール動作が対応しない標的刺激の2種に分類した。標準刺激は、(穴なし=跳弾/穴あり=通過)の組み合わせとし、標的刺激は、(穴なし=通過/穴あり=跳弾)の組み合わせとした。

2.2 実験デザイン

被験者は、正常な視覚機能を有する20代学生6名とした。なお、倫理的配慮とし、被験者には事前に実験内容、注意事項、被験者自身の負うリスクについて説明し、同意を得て、実験を行った。実験デザインをFig.2に示す。視覚刺激の呈示時間は、1100ms(550msで標準刺激/標的刺激の判明)とし、刺激間隔は200~400msの範囲とした。視覚刺激は、標準刺激は高頻度(90%)で、標的刺激は低頻度(10%)で、ランダムに呈示した。視覚刺激は、呈示100回毎に30sの休憩時間を挟み、合計800回呈示した。

被験者の課題として、標準刺激/標的刺激を右手指で弁別させた。弁別には非磁性の光スイッチを用いた。出現した標準刺激には、右手中指で応答させ、標的刺激には右手人差し指で応答させた。視覚刺激に注意を向けさせるため、被験者に可能な限り早く応答するよう指示した。

今回の実験は、予測条件と非予測条件の2つの条件で行った。予測条件では、刺激開始から標準刺激/標的刺激の判明までの550ms間に板の形状を呈示し、被験者に対応するボール動作を予測させた。非予測条件では、刺激開始から標準刺激/標的刺激の判明までの550ms間に、板の形状を呈示せず、標準刺激/標的刺激の弁別のみを行わせた。

2.3 計測および解析

計測にはNeuromag社製122チャンネル全頭型脳磁図計測装置を用い、超高性能磁気シールドルーム内にて計測を行った。このときオンラインで0.03-200Hzのバンドパスフィルタに通し、サンプリング周波数は1kHzとした。解析時間は、標準刺激/標的刺激に対し視覚刺激呈示開始を基準として-100ms~1000msの区間(550msで標準刺激/標的刺激の判明)を対象とし、各刺激に対して80回以上加算平均を行った。解析はRMS(Root Mean Square)解析を行った。RMS解析では、右手での弁別に伴う左運動野の活動による影響を考慮し、右半球のMT野を含む14チャンネルに着目した。予測(SPnm)と視覚認知(P300m)の比較には、SPnmとP300mの相関関係を調べた。SPnmは、標的となる通過/跳弾を基準に-200~0msの平均RMS値を評価とし、ボール動作開始に対する脳活動は混入しないようにした。標的の認知を反映するP300mは、通過/跳弾後を基準に200~400msの範囲の平均RMS値を評価とした。

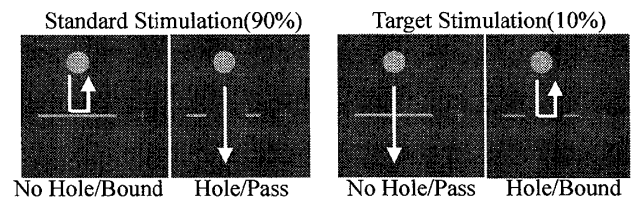


Fig.1. Visual motion stimulation

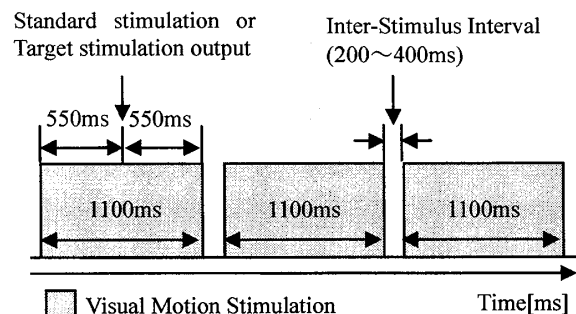


Fig.2. Experiment design

† 東京電機大学大学院未来科学部情報メディア学専攻

‡ 東京電機大学先端工学研究所

§ 東京電機大学工学部情報メディア学科

3. 結果

MT野を含む右側頭葉14チャンネルにおける、標準刺激/標的刺激に対する全被験者間の総加算平均波形をFig.3に示す。標準刺激/標的刺激の判明後250~350msの間に、標的刺激に対してP300mとみられる脳活動が現れた。

標準刺激/標的刺激を加算平均した予測条件と非予測条件の波形をFig.4に示す。予測条件にのみ、刺激呈示後400ms付近から、SPNmとみられる緩やかなRMS強度の増大が確認された。

最もP300mが顕著に現れた被験者Aにおける、刺激の単一試行毎にRMS解析を行って得られた、SPNmの平均RMS強度とP300mの平均RMS強度における相関関係をFig.5に示す。SPNmの平均RMS強度の増大に伴い、P300mの平均RMS強度が増大する正の相関関係が見られ、相関係数は、標準刺激に対し $R^2=0.80$ となり、標的刺激に対し $R^2=0.87$ となった。SPNmの平均RMS強度は85.58fT/cmであり、P300mの平均RMS強度は90.17fT/cmであった。

4. 考察

全被験者の総加算平均波形において、視覚刺激の標準刺激/標的刺激の判明後250~350msにおけるRMS強度の増大は、標的刺激に対し現れた。これは視覚認知を反映するP300mと考えられ、標準刺激/標的刺激の判明後250~350msの間に、MT野において標準刺激/標的刺激の弁別をしていることを示している。

今回行った予測条件と非予測条件から得られた結果において、予測条件にのみSPNmとみられる緩やかなRMS強度の増大が確認された。このことから、視覚性運動に注意を向けている際、対象に対する期待・注意といったヒトの認知機能を反映する脳活動が、MT野に現れることが示唆された。

単一試行毎にRMS解析を行い、SPNmとP300mの相関関係を調べた結果、SPNmとP300mの間に正の相関がみられた。これは、可能な限り早く弁別を行わせるという課題下において、手掛かりとなる情報に対する期待のレベルに依存して、視覚認知処理が行われたためと考えられる。このことから、標的に対する認知を反映するP300mは、標的を呈示する前に出現したSPNmに依存し、SPNmの平均RMS値からP300mの平均RMS値をある程度推測できることが示唆された。

5. おわりに

本研究において、手掛かりに対応するボール動作を予測させ、視覚性運動におけるヒトの予測と視覚認知の関係について検討を行った。結果、視覚性運動における標的の認知は、MT野において標的呈示後250~350msの間にされていることが示された。さらに、単一試行毎にRMS解析を行った結果、SPNmとP300mの間に正の相関がみられた。これは、可能な限り早く弁別を行わせるという課題下において、手掛かりとなる情報に対する期待のレベルに依存して、期待の外れに対する視覚認知処理が行われたためと考えられる。このことから、右側頭葉MT野においては、標的となるイベント発生後の視覚認知処理に対する脳活動が、イベント発生前の予測(期待)関連脳活動によって既にほぼ決定付けられていることが分かった。

参考文献

- 1) Silvia Poli, "Stimulus-Preceding Negativity and heart rate changes in anticipation of affective pictures", International journal of psychophysiology, Vol.65, pp32-39, 2007.
- 2) Linden DE, "The P300: where in the brain is it produced and what does it tell us?", Neuroscientist, Vol.11, pp. 563-576, 2005.

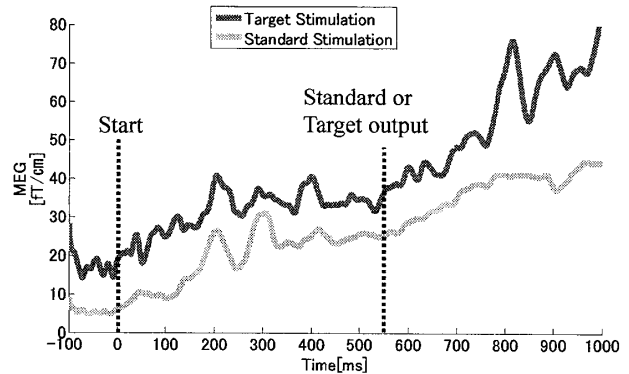


Fig.3. Root mean square waveforms

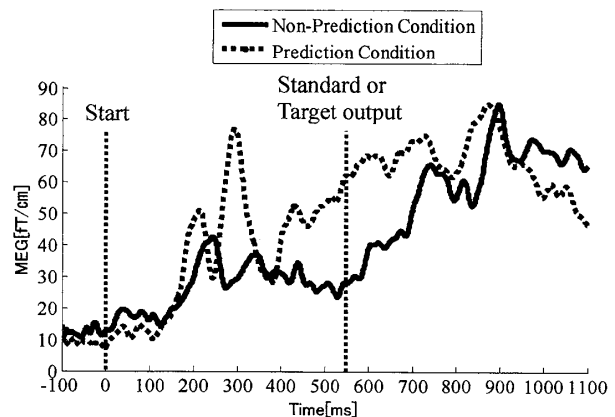


Fig.4. Non-Prediction Conditions RMS waveforms and Prediction Condition RMS waveforms

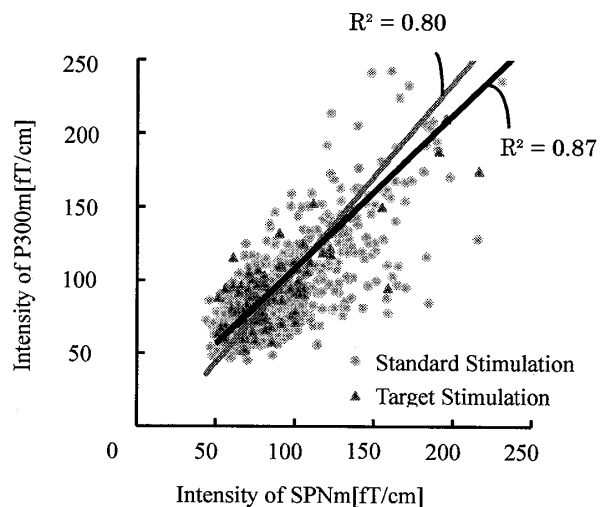


Fig.5. Relationships between SPNm and P300m (Subject A)