

視覚運動情報に対する予測と認知の関係性 Relationships between Prediction and Cognition for Moving Object in Display

豊田 雄基[†] 青山 敦[‡] 小山 裕徳[†] 川澄 正史[†]
Yuki TOYODA, Atsushi AOYAMA, Hironori KOYAMA, Masashi KAWASUMI

1. はじめに

人間はスポーツ,車の運転など様々な日常場面において,視覚運動情報に対し予測を行っている.その結果,視覚運動情報処理の効率化・高速化が可能となっている.予測と視覚認知には密接な関係があると考えられるが,脳内における視覚運動に対する予測と認知の関係性は殆ど明らかになっていない.我々の先行研究においては,手掛かり法(Cuing Task)を基に作成した,ボールの跳弾・通過の映像を用いた課題を採用し,視覚運動情報が予測と一致する場合と一致しない場合の脳活動の比較検討によって予測と認知の関係の解明を試みてきた.^[1]

本研究では,非侵襲的で高い時間分解能を有する脳磁図計測装置(MEG)を用いて,同様の課題遂行時におけるMEG(Magnetoencephalography)計測を行い,MNE(Minimum Norm Estimation)法を用いた詳細な脳活動源推定および,Wavelet 解析を用いた時間周波数領域での脳活動強度の算出を行うことにより,予測と認知の関係を検討した.

2. 実験

2.1 実験環境

計測は Neuromag 社製の 122 チャンネル全頭型脳磁図計測装置(MEG)を使用し,外部変動磁界などによる磁気雑音を遮断するために高性能磁気シールドルーム内にて計測を行った.視覚刺激の呈示には被験者から 1m 離れた場所にスクリーンを設置し,シールドルーム外部に設置したプロジェクタを使用し後方から投影した.シールドルーム内部は暗くして実験を行った.

2.2 実験方法

被験者は 20 代学生 11 名とした.倫理的配慮として,事前に実験内容と注意事項を説明し被験者の同意を得て実験を行った.課題は手掛かり法を用いて作成した.手掛かり法では,判断するターゲットの手掛かり情報である先行刺激が呈示され,間隔をあけてターゲット刺激が呈示される.この手掛かり刺激とターゲット刺激の間に予測の脳活動が行われる.本研究では図 1 のように,手掛かり刺激である板の形状(穴あり/穴なし)と,ターゲット刺激であるボールの動作(通過/跳弾)を対応付けた 4 パターンの視覚刺激を使用し,図 1 内の各刺激を VS1,2,3,4 と定義した.板の形状にボールの動作が対応しない VS1,VS2 は標的刺激(20%)とし,対応する VS3,VS4 は標準刺激(80%)とした.これらは常に左視野に呈示した.

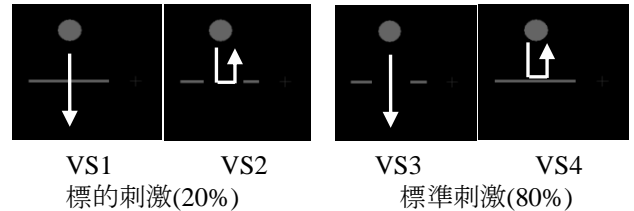


図 1 視覚刺激

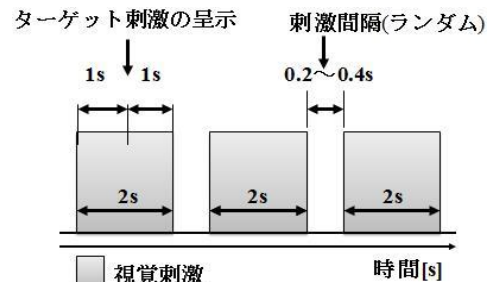


図 2 視覚刺激の呈示方法

刺激の呈示方法を図 2 に示す.通過/跳弾までの時間は 1s,刺激休止間隔は 0.2~0.4s として,4 パターンの刺激をランダムに呈示し,標的刺激を 100 回計測した時点で計測を終了とした.被験者には,スクリーン中央の固視点を見て貰いつつ,標準刺激/標的刺激を各々右示指/右中指で弁別応答させた.

3. 結果

3.1 MNE による活動源解析結果

予測と認知時における脳の活動源を推定するために MNE 法を使用した.事前に MRI(Magnetic Resonance Imaging)を使用し取得した脳画像と MNE 法で求めた大脳皮質活動の電流分布を重ね合わせるにより活動源解析を行った.通過/跳弾前の予測期間においては,標的刺激と標準刺激で共通して MT 野を含む右側頭部に持続した活動が見られた.そこで MT 野における脳活動強度の時間変化を被験者 6 名分加算平均して求めたところ,図 3 のように通過/跳弾,共に 600ms から 700ms 付近において活動が増大していることが分かった.

通過/跳弾後においては,標的刺激の MT 野を含む右側頭部において標準刺激よりも強い活動が観測された.そこで再度 MT 野に着目し,通過/跳弾前後の脳活動強度の時間変化を求めた結果,図 3 のように通過/跳弾後 300ms 付近で,標準刺激よりも大きな強度を持つピーク活動が標的刺激において見られ,図 4 のような MT 野の活動分布が確認できた(最も顕著に活動分布が得られた被験者 1 名の分布図).

[†] 東京電機大学 Tokyo Denki University

[‡] 慶應義塾大学 Keio University

3.2 Wavelet による時間周波数解析結果

予測と認知時の周波数帯域による関係性を調べるために Wavelet 解析を行った。MNE 法によって活動が見られた後頭右半球に着目した。後頭右半球における標準刺激 (V3) と標的刺激 (V2) の結果を図 5 に示す。 θ 波帯域において標的刺激、標準刺激ともに刺激開始から終了時までにおいて持続した活動が観測された。また、 β 波帯域において標的刺激で視覚刺激開始時から終了時まで持続した活動が観測された。通過/跳弾後 300ms 付近の θ 波帯域で、標準刺激よりも標的刺激において周波数強度が高い傾向が見られた。通過/跳弾前後を比較すると、 β 波帯域において跳弾前の周波数強度が高いほど、跳弾後の周波数強度が高い傾向が見られた。

4. 考察

通過/跳弾前後で最も顕著な活動部位は視覚運動処理を行う部位である MT 野を含む右側頭部であった。標的刺激と標準刺激で、通過/跳弾前における活動に差がなかったことは、予測が両条件で同程度に達成されていたことを示している。一方で通過/跳弾後 300ms 付近の MT 野においては、標準刺激よりも標的刺激で活動が強かった。これはターゲット検出・認知・認識を反映する誘発活動成分 P300^[2] であると考えられる。さらに、通過/跳弾前後の MT 野を比較すると、通過前の活動強度が大きい程、通過後の標的刺激の活動強度が大きかった。これは予測時の MT 野の活動と予測に反する認知を行った時の MT 野の活動には相関関係があることを示している。

Wavelet 解析では、標的刺激において β 波帯域で視覚刺激開始から終了時まで持続した活動が見られた。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覚醒度が上昇したためと考えられる。また標的刺激において刺激開始後 100ms 後付近から θ 波帯域の活動が見られ、MNE 法で求めた標的刺激の誘発活動 P300 の強度と相関していた。このことは、MT 野の θ 波帯域の活動も P300 に影響を及ぼすことを示している。

5. おわりに

手掛かり法を用いて作成した、ボールの通過/跳弾の映像を用いて、視覚運動情報が予測と一致する場合と一致しない場合における脳活動を MEG を用いて調べ、MNE 法による活動源解析、Wavelet による時間周波数解析を行った。結果、予測時の MT 野の誘発活動・ θ 活動と、予測に反する認知を行った時の MT 野の誘発活動には相関関係が見られ、予測活動から認知活動を推定することが可能であることが分かった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、数々のご助言をいただいた本学総合研究所の先生方および生体情報研究所各位に感謝致します。

参考文献

- [1] 三尾 恭史, 林 伴明, 青山 敦, 川澄 正史, “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性の検討”, 第9回情報技術フォーラム, Vol.11, pp.535-536 (2011).
- [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).

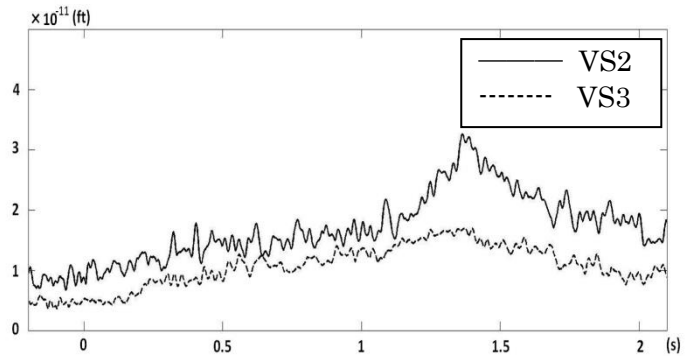


図3 VS2,VS3時の脳活動(板の形状穴なし)

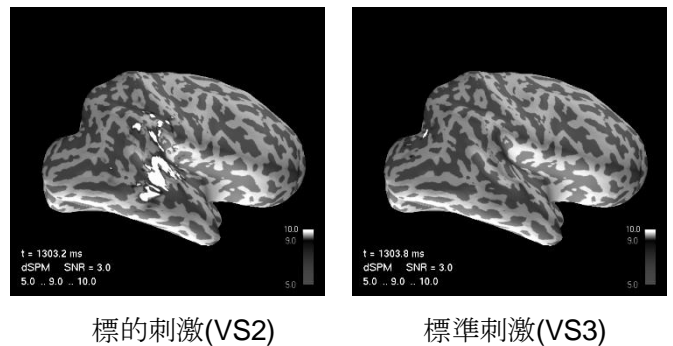


図4 通過/跳弾後 300ms 付近における活動分布

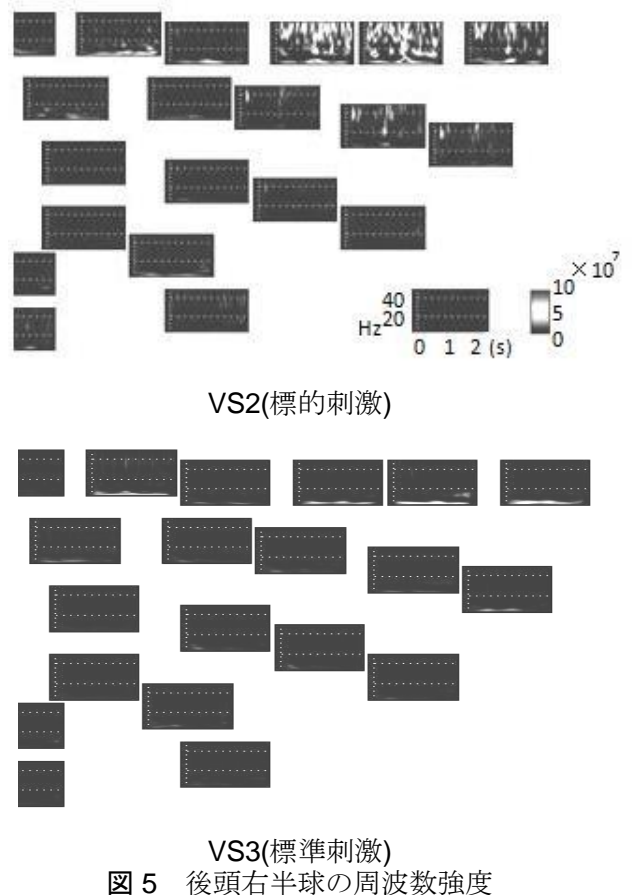


図5 後頭右半球の周波数強度