

視覚運動情報の予測と認知に対する脳活動の関係性

Relationships of Brain Activity between Prediction and Cognition for Moving Object in Display

○ 豊田雄基(東京電機大学) 青山敦(慶應義塾大学) 小山裕徳 川澄正史(東京電機大学)

Yuki TOYODA, Tokyo Denki University

Atsushi AOYAMA, Keio University

Hironori KOYAMA and Masashi KAWASUMI, Tokyo Denki University

Abstract: In our daily lives, we often predict visual information to achieve effective cognition. Though there exist close relationships between prediction and cognition for visual motions, the relationships at the neural level is still unclear. In this study, we adopted the cueing task with a motion of disk and a static bar. Based on whether the bar had a hole or not, the participants were asked to predict the motion (pass/bounce) and to discriminate if the actual motion was correct (match/mismatch). As a result, we found that activity in the middle temporal area (MT) during the prediction for motions was correlated with the differential activity in the MT for the match and mismatch conditions during the cognition, indicating that the MT activity is crucial to link predictive and cognitive visual-motion information.

Key Words: MEG, MNE, Brain, Prediction, Cognition

1. はじめに

人間はスポーツ、車の運転などの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とはなっていない。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、非侵襲的で高い時空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)法を用いた詳細な活動源推定を行うことによって、活動源に基づく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9名とした。倫理的配慮とし、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Fig.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、Fig.1内の各刺激をV1,V2,3,4と定義した。板の形状にボールの動作が対応するV1,V2は標準刺激(80%)とし、対応しないV3,V4は標的刺激(20%)とした。これらは常に左視野に呈示した。

刺激の呈示方法をFig.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、スクリーン中央に表示された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。

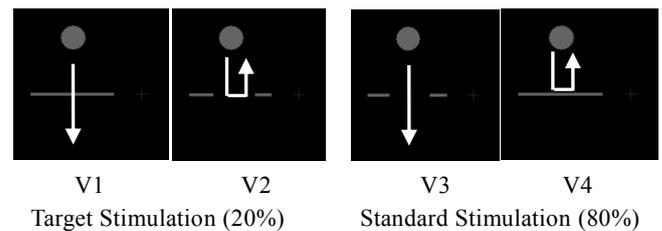


Fig.1 Visual motion stimulation.

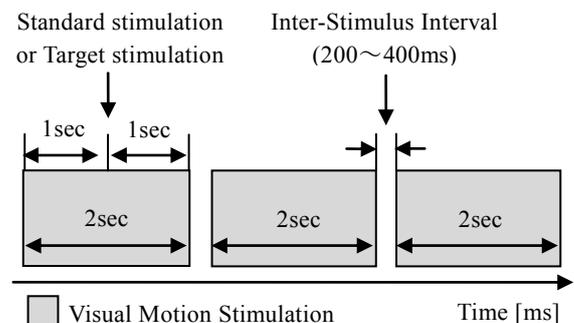


Fig.2 Experimental design.

3. 脳活動解析の結果

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ことで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(Fig.3)を含む右側頭部に持続した活動が見られた。そこで被験者6名についてMT野における脳活動強度の時間変化を加算平均して求めたところ、Fig.4(a), (b)のように通過、跳弾ともに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、Fig.4(b)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的刺激において見られ、Fig.5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)。

次に、左側頭部も同様に跳弾時におけるV1, V3の脳活動波形をFig.4(c)に示す。左側頭部においては、右側頭部における通過/跳弾前の予測期間に見られた持続した活動が認められなかった。また、通過/跳弾後に右側頭部、標的的刺激呈示時に300ms付近で見られたピーク活動も認められなかった。

4. 考察

通過/跳弾前後で最も顕著な活動部位は MT 野を含む右側頭部であった。視覚運動処理を行う部位である MT 野が活動し、視覚刺激を呈示した左視野と反対の半球が優位となることが確認できた。標的的刺激と標準刺激で、通過/跳弾前における活動に差が無かったことは、予測活動が共通に観測され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・認識を反映する脳活動成分 P300m⁽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。

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 により調べ、MNE 法を用いて活動源を解析した。結果、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が分かった。今後は、一般性を検証するために被験者を増やし、統計的検定を行って検証していく必要がある。

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.

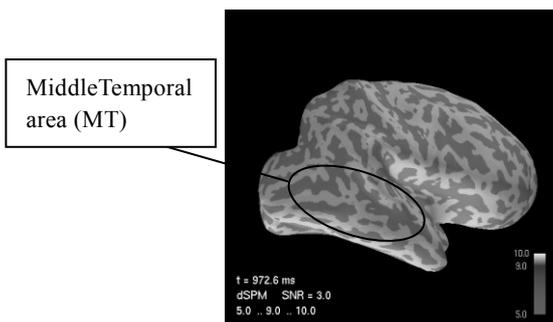


Fig.3 Region of interest. We focused on the activity in the middle temporal area (MT) indicated by an ellipse.

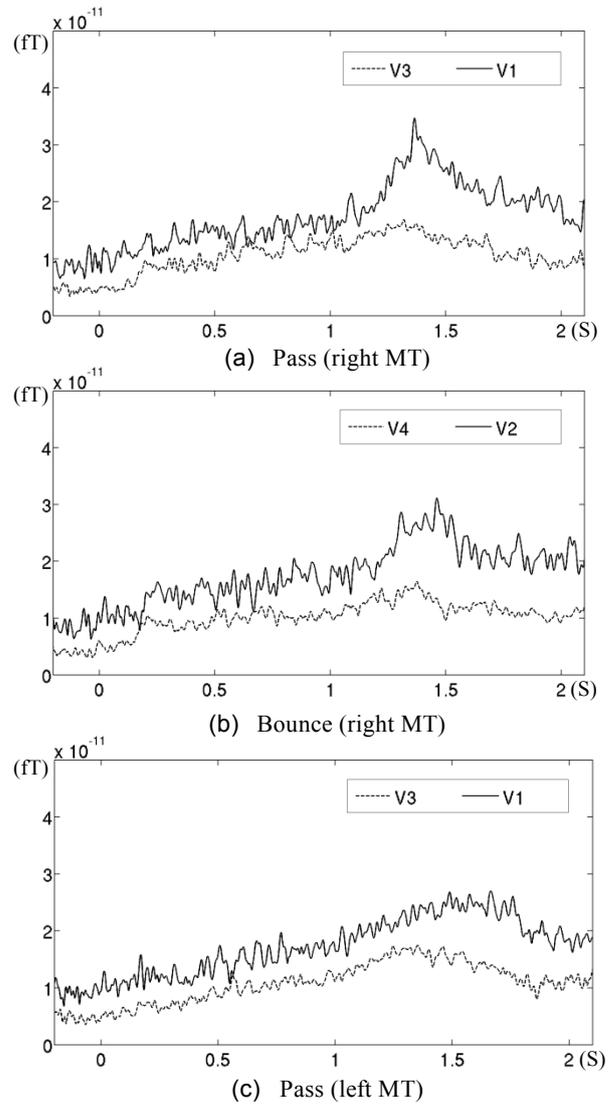


Fig.4 Time courses of the MT activity.

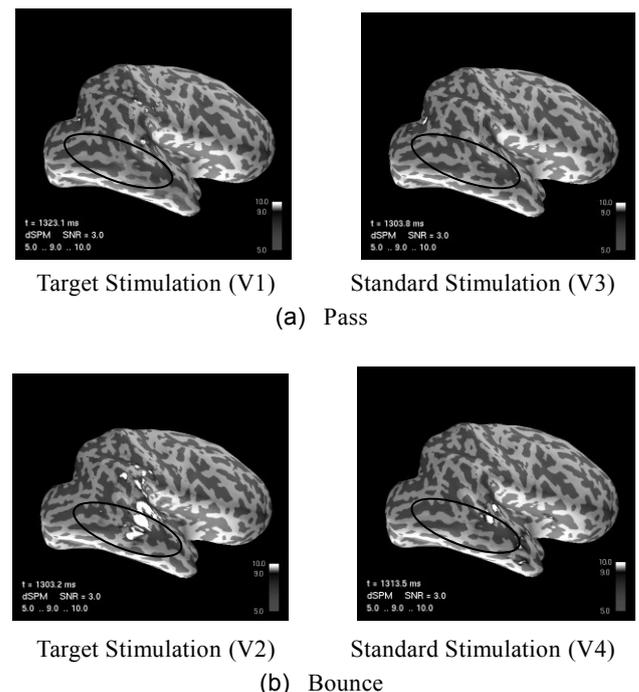


Fig.5 Current distribution of cognitive activity around 300 ms after a pass or bounce of the disk.