

単関節運動時の脳波を用いた大脳皮質とアーチファクト源の同時電流源推定

岩井 拓磨[†] 表 純嗣[†] 森重 健一^{††}

[†] 富山県立大学大学院工学研究科 ^{††} 富山県立大学工学部知能ロボット工学科

1. はじめに

非侵襲的な手法によって計測されたヒトの脳活動から、手先の位置や速度などの軌道を再構成しようとする研究が行われてきており、Toda らの研究では、脳磁図によって計測された脳活動データから脳内電流を推定することにより、実験参加者の指先の運動軌道を時系列的に再構成している[1]. 肘関節の到達運動では、脳に近く大きい肘の筋肉や肩の筋肉が使われるので、指先の到達運動よりも筋電位によるアーチファクトが EEG に大きく影響することが予想される。よって、本研究では肘関節の到達運動遂行中の軌道を EEG (Electroencephalography) から再構成することを目的とし、到達運動中の脳内電流とアーチファクト源を同時推定し、EEG に混入するアーチファクトについて予備的な検討を行った。

2. 実験

2.1 実験参加者

実験には正常な視覚を有する健常な男性 2 名 (23 歳および 24 歳) が参加した。背もたれのある椅子に座り、すべての試行は右腕で行われた。

2.2 実験内容

実験は、シールドルーム内に設置した安楽椅子に座った状態で行われ、実験中は実験参加者の関節の角度、EEG、筋電位、眼電位を計測した。実験参加者は右肘を伸ばした状態から最大限曲げた状態まで曲げる到達運動を水平面で行い、それぞれこの運動について早い運動と遅い運動、回内位と中間位の計 4 つの組み合わせの条件で実験が行われた。

3. 解析

3.1 脳内電流推定

皮質構造モデル上に仮定された I 個の電流源に流れる電流 \mathbf{J} が、 M 個の EEG センサの位置に作る電場 \mathbf{E} は

$$\mathbf{E} = \mathbf{G}\mathbf{J} \quad (1)$$

によって与えられる。ここで \mathbf{G} はリードフィールド行列である。EEG センサの計測値 \mathbf{E} の時の、電流源の電流強度 \mathbf{J} は式 (1) の逆問題を解き線形逆フィルタを導出することによって求めることができる。しかし、 $I > M$ であるため、式 (1) を満たす \mathbf{J} は無数に存在する。この線形逆フィルタを、fMRI 統計情報を拘束条件としたベイズ推定の枠組みから導出し、皮質構造モデル上に仮定された電流源の電流強度 \mathbf{J} を推定する[2]。また、この手法を拡張して皮質外に電流源を仮

定することで、脳内電流と同時にアーチファクト源の電流強度を推定して分離する手法が提案されている[3]。本研究では皮質外電流源は左右の眼球の中心と腕の位置に仮定することで、眼電位と筋電位によるアーチファクトを電流レベルで分離する。

5. 解析結果

図 1(a) では、右側の前方の端と後方にアーチファクトとみられる大きな電位が現れているが、電流推定後の結果 (図 1(b)) では、頭皮上の電位マップで見られた前方の端での大きな推定電流は見られず、対側の一次運動野や、一次体性感覚野付近で大きな電流が推定されている。このことから、皮質外電流源を配置することで脳活動からアーチファクトを分離することができたと考えられる。

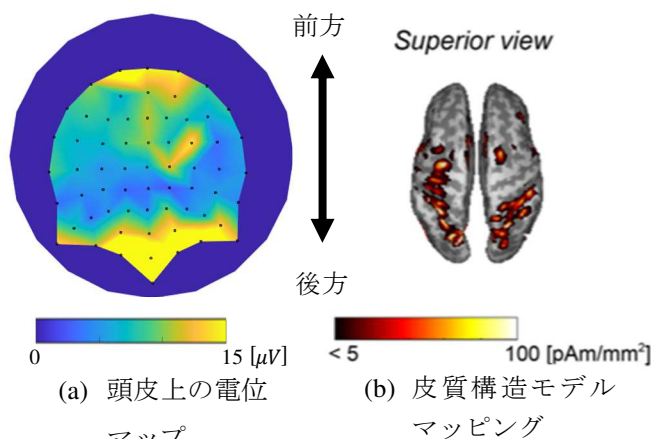


図 1: 頭皮上の電位マップ(a)と、推定した電流強度の皮質構造モデルマッピング(b)

5. 今後の活動

今後は、推定された電流から到達運動遂行時の手先の軌道の再構成を行うとともに実験を開始する。

参考文献

- [1] A. Toda, *et al.*, "Reconstruction of two-dimensional trajectories from selected magnetoencephalography cortical currents by combined sparse Bayesian methods", *NeuroImage* 54, pp. 892-905, 2011.
- [2] M. Sato, *et al.*, "Hierarchical Bayesian estimation for MEG inverse problem", *NeuroImage* 23, pp. 806-826, 2004.
- [3] K. Morishige, *et al.*, "Estimation of hyper-parameters for a hierarchical model of combined cortical and extra-brain current sources in the MEG inverse problem", *NeuroImage*, 101, pp.320-336, 2014.