Test-retest 法を用いた MEG/EEG 電流源推定の再現性の比較

○国見充展¹・廣江総雄¹ (非会員)・町澤まる² (非会員)・山下宙人¹ (非会員)

(¹ ATR 脳情報解析研究所・² 広島大学)

キーワード: 電流源推定, magnetoencephalography, electroencephalography

Test-retest comparison of current source densities between MEG and EEG

Mitsunobu Kunimi¹・Nobuo Hiroe¹・Maro Machizawa²・Okito Yamashita¹

(¹ATR Neural Information Analysis Laboratories, ²Hiroshima University)

Key Words: source-estimation, magnetoencephalography, electroencephalography

目 的

高い時間分解能を持つ magnetoencephalography (MEG) および electroencephalography (EEG) は、脳活動を非侵襲的に計測できる手法として頻繁に使用される。その際、脳内の活動位置 (電流源) は、計測データと電磁場の法則を用いる電流源推定によって推定される。しかし電流源推定は、原理的に生体外から取得されたデータから脳内活動分布を推定する逆問題であり、解くのが困難な不良設定であることが指摘されている。そのため推定の信頼性に関してしばしば議論されるが、その定量的評価指標はいまだ確立されていない。本研究では同時計測によって得られた MEG, EEG それぞれのデータから推定された電流源の再現性を直接的に比較することを試み、test-retest 法を用いた MEG および EEG の電流源推定の再現性の評価法を提案し、その結果を考察する。

方 法

9 名の実験参加者 (1 female, mean age: 28.4) が本研究に参加した。400 チャンネル MEG (210-channel axial gradiometer and 190-channel planar gradiometer; PQ1400RM; Yokogawa Electric Co., Japan) と 63 チャンネル EEG (BrainAmp; Brain Products GmbH., Germany) の同時計測を二日間、同一の手法で実施した。実験参加者は装置内で視覚的短期記憶課題 (visual color change-detection task; cf., Vogel & Machizawa, 2004) を行った (Fig. 1)。実験条件はセットサイズ (1 vs. 4) × 注意視野側 (右視野 vs. 左視野) とした。96 試行を 1 セッションとし、5 セッション行った。

Figure 1: The schematic illustration of a trial.

行動データは Cowan's K formula (Rouder, et al., 2011): $K = (\text{hit rate} + \text{correct rejection rate} - 1) \times \text{memory set size}$ によって評価した。電流源推定は事前分布として minimum-norm algorithms を使用する Variational Bayesian multimodal encephalography (VBMEG; Sato et al., 2004) によって行った。電流源の空間的位置の再現性は空間的相関によって求めた。電流波形の条件間の差の再現性は、セットサイズ効果が顕著に出現する 400-800ms における $F = \text{variance across conditions} / \text{variance across days}$ によって求められた F 値から p 値を計算した。その後比較対象として beamformer および minimum-norm algorithms 単一の推定法でも推定を行った。

結 果 と 考 察

行動データ K に差があった二名を除外し、電流源推定およびその再現性検定を行った。電流源は MEG, EEG とともに頭頂および後頭間溝周辺に認められた。推定された電流源の空間的位置の再現性を比較すると、MEG による電流源推定の有意なアドバンテージが示された (Fig. 2)。

Figure 2: Comparison of spatial correlation between current source estimation techniques.

また、電流波形の条件間の差の再現性は頭頂間溝周辺領域において MN, VBMEG で推定した場合に MEG と EEG との間で有意差および有意傾向があったが、後頭間溝では MEG と EEG との差は認められなかった (Fig. 3)。

Figure 3: Comparison of reproducibility rate of set size effect between current source estimation techniques.

以上から視覚的短期記憶の電流源推定を行う場合、MEG による推定の優位性が示された。しかしその差は脳領域、推定方法によって異なることが明らかになった。

引用文献

- Sato, M et al., 2004. Hierarchical Bayesian estimation for MEG inverse problem. *Neuroimage* 23, 806–826.
 Vogel, E.K., Machizawa, M.G., 2004. Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature* 428, 748–751.

本研究は情報通信研究機構の研究委託により実施したものである (委託研究 173 番)。