

MEG 電流源のオンライン変分ベイズ推定

兼村 厚範

ATR 脳情報解析研究所

脳磁計 (MEG; magnetoencephalography) は、脳活動により発生した磁場を頭外で計測する。よって、脳に電極を直接置く侵襲的な方法より安全性が高く、臨床医料に限らず神経科学や BMI (brain machine interface) など広い目的に適用可能である。ただし、MEG の時間分解能は数 ms 程度と神経細胞活動の時間スケールとほぼ同じであるものの、数百個のセンサに様々な電流からの磁場が重ね合わさって観測されるため、空間分解能は数 cm 程度と粗い [1]。

脳内の電流分布をより高い空間分解能で知るためには、皮質上に相互距離が数 mm 程度の数千～数万個の電流源を仮定し、その強度を推定することが標準的である (図 1)。これは、マクスウェル方程式により記述される脳内電流から頭外磁場への順過程を逆転する逆推定問題である。逆問題を高精度で解くには、一般に良い拘束条件 (事前知識、正則化) が必要とされる。MEG 逆問題に対する拘束条件としては、L2 ノルム最小化 [1]、スパース性 [2] などが提案されている。皮質上の電流源を知ることには、神経科学的な解釈が可能となったり、BMI の精度が向上したりといった利点がある [3]。

脳活動は非定常であるため、MEG 逆推定法もオンライン性を持つことが望ましい。すなわち、1 セットの磁場計測データを受け取るたびに、電流源推定をデータに応じて適応的に変化させることで、その時その時の脳活動に適した推定をすることで、電流源推定の精度向上に繋がると考えられる。本発表では、オンライン変分ベイズ推定 [4] を MEG 逆問題に適用した、オンライン MEG 逆推定法について述べる。

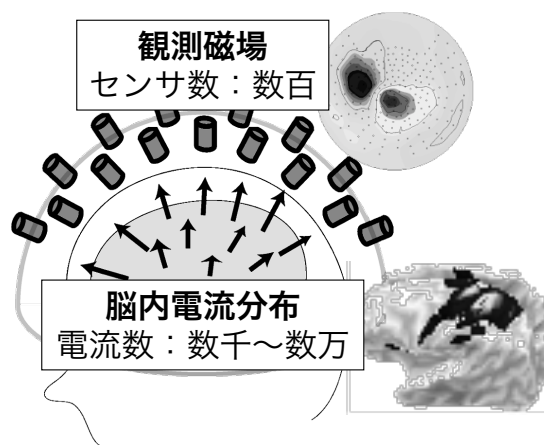


図 1 磁場計測と電流逆推定。矢印は電流を、円筒は磁気センサを表す。

謝辞

本研究は情報通信研究機構の研究委託および科研費(23700281)の助成により実施したものである。

参考文献

- [1] M. Hämmäläinen, R. Hari, R. J. Ilmoniemi, J. Knuutila, and O. V. Lounasmaa, “Magnetoencephalography—theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain,” *Reviews of Modern Physics*, vol. 65, no. 2, pp. 413–497, Apr. 1993.
- [2] M. Sato, T. Yoshioka, S. Kajihara, K. Toyama, N. Goda, K. Doya, and M. Kawato, “Hierarchical Bayesian estimation for MEG inverse problem,” *NeuroImage*, vol. 23, no. 3, pp. 806–826, Nov. 2004.
- [3] A. Toda, H. Imamizu, M. Kawato, and M. Sato, “Reconstruction of two-dimensional movement trajectories from selected magnetoencephalography cortical currents by combined sparse Bayesian methods,” *NeuroImage*, vol. 54, pp. 892–905, 2011.
- [4] M. Sato, “Online model selection based on the variational Bayes,” *Neural Computation*, vol. 13, no. 7, pp. 1649–1681, Mar. 2001.