

簡易脳内ダイポールイメージングのための電極数削減による影響

Reduction of Electrode Number for Simple Brain Cortical Dipole Imaging

城戸岳 堀潤一
Takashi Kido Junichi Hori

新潟大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Niigata University

1. はじめに

高次脳機能の解明やてんかん等の脳内病巣位置特定のために脳内の電氣的活動を把握する方法が望まれている。MRI や PET と比べ、脳波計は計測環境の制限が少なく非侵襲に計測できるため、自然環境で脳機能を測定する有効な手段と考えられる。また、脳波計は高い時間分解能を持つため BCI などへの応用も期待できる。

このような脳機能の画像化には多くの電極を必要とし、利用者にとって負担となると共に高コストである。しかし、電極数を削減すると空間分解能が悪化する[1]。

この問題を解決する手段として、空間逆フィルタを用いて脳内信号強度分布を推定するダイポールイメージングがある[2]。ダイポールイメージングとは、頭皮電位分布から脳内に仮想的に設置した等価ダイポール層での信号強度分布を推定する方法である。空間逆フィルタとは、脳内信号強度分布から頭皮電位への伝達関数の逆関数のことである。

本研究では、簡易脳内ダイポールイメージングを目指して電極数削減後の画像の高精度化を行うことを目的とした。

2. 方法

本研究では、頭蓋骨の低伝導性を模した 3 層不均質同心球頭部モデルを用いた。この頭部モデルの脳内に仮想的に等価ダイポール層を設置し、ダイポール層から頭皮電位までの伝達関数を求めた(順問題)。頭皮電位には雑音が重畳する。得られた頭皮電位からダイポール層の強度を推定するために伝達関数の逆関数を求めた(逆問題)。この逆関数を用いた空間逆フィルタを用いて、頭皮電位からダイポール信号強度分布を推定した。

本研究では電極数削減の影響の評価方法として空間分解能と相対誤差を用いた。空間分解能は、本研究では 2 信号間の識別可能な角度で示した。相対誤差は真の値に対する誤差の割合として評価した。

3. シミュレーション条件

本研究では、電極数削減による影響を検証するためにシミュレーションを行った。注目部位を運動野及び体性感覚野とし、密度不変で範囲による電極数の削減を行い、128 電極を基準に 64 電極、42 電極を作成した。脳内に設置した 2 個の放射方向の正弦波信号源を作成し、脳機能ダイポールイメージングを行った後、空間分解能と相対誤差により評価を行った。背景雑音にはガウシアン白色雑音を用いた。2 信号間の角度は $25^{\circ} \sim 50^{\circ}$ において 5° 刻みで変化させた。空間逆フィルタにはパラメトリック射影フィルタを用いた。パラメトリック射影フィルタ

とは、雑音の統計的情報を考慮した逆フィルタのことで、取得する雑音情報の量によって推定精度が変化することが知られている[3]。本研究では、雑音取得量を 10~120 ポイントにおいて 10 ポイント刻みで変化させ、その影響を調べた。

4. 結果と考察

図 1 より、電極数が少ない程、空間分解能と相対誤差が悪化していることが分かる。しかし、空間逆フィルタに用いる雑音の取得量を減らすことで電極数削減後における空間分解能及び相対誤差を向上させることができた。これは、電極数が多い場合、信号の情報が多く信号は局所化されるが、雑音情報も多く含まれるため雑音除去のために多くの雑音取得量を必要とする。しかし、電極数削減後は、雑音情報が少なくなり雑音の影響も少なくなるが、信号の情報も少なくなるため信号の局所化をする必要があると考えられる。これより、電極数に応じて適切な空間逆フィルタを設計する必要があると考えられる。

5. 参考文献

- [1] R Srinivasan, DM. Tucker, "Estimating the spatial Nyquist of the human EEG", Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 30(1), pp.8-19, 1998.
- [2] J Hori, B He, "Equivalent dipole source imaging of brain electric activity by means of parametric projection filter", Annals of Biomedical Engineering, vol.29, pp.436-445, 2001.
- [3] 青木直智, 堀潤一, "ダイポールイメージングと独立成分分析を用いた脳内信号源の推定", 電子情報通信学会信越支部大会, 2006.

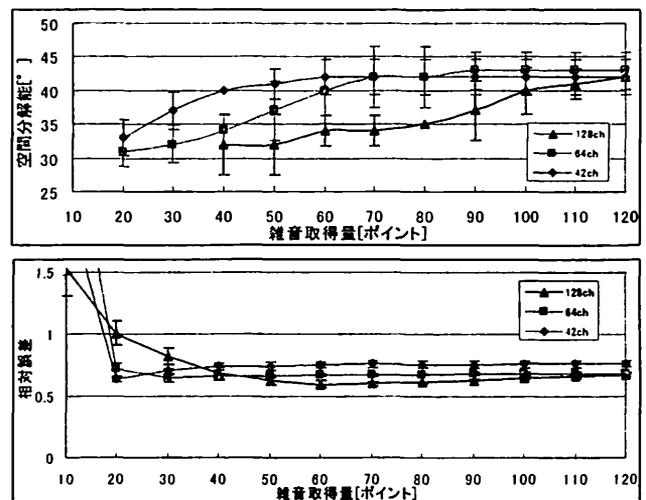


図 1. 空間分解能(上)と相対誤差(下)の結果