

時空間脳内ダイポールイメージングにおける瞬目アーチファクトの低減

◎相場 雅彰*, 堀 潤一**, 斉藤 義明**, Bin He***

*新潟大学大学院自然科学研究科, **新潟大学工学部福祉人間工学科, ***イリノイ大学シカゴ校

1. はじめに

頭皮表面の電位分布から脳内の仮想表面上ダイポール強度分布を推定する脳機能イメージング(脳波マッピング)に関する研究が進められている。ここでダイポールとは電気双極子のことであり、脳内に発生する信号源は、脳内の仮想表面上の複数のダイポールによって等価的に表現できる。従来から、このダイポールの強度分布を求める際に、空間逆フィルタが用いられていた[1]-[3]。

これらの方法では、誘発脳波などのある一時点における脳波マッピングを推定することを問題としていた。しかし、実際の脳波は時系列データであるため、より詳細に脳機能を解明するためには時空間解析が必要となる。脳波を測定する際には、たえず電極インピーダンスなどの影響による背景雑音が発生する。また、時空間解析を行う際には、瞬目運動(まばたき)によるノイズのような時変性ノイズが問題になる[4]。本研究では、背景ノイズと時変性ノイズを考慮した時空間フィルタを開発し、その有効性を計算機シミュレーションによって確認することを目的とする。

2. 方法

空間分解能の改善を実現するために、まず頭部を不均質3層同心球によりモデル化する。この頭部モデルの脳内に仮想的にダイポール層を設置し、このダイポール層から頭皮電位までの伝達関数を求める(順問題)。頭皮で計測された電位には背景雑音と時変性ノイズが重畳する。頭皮電位からこのダイポール層の強度を推定するためには、伝達関数の逆関数を求めることになる(逆問題)。

本研究では統計的ノイズ情報を積極的に取り入れ、非一樣ノイズに対応可能なパラメトリック射影フィルタを用いる。パラメトリック射影フィルタとは、ノイズの共分散行列を組み込んだ空間逆フィルタであり、正則化パラメータを導入することにより、復元精度と雑音抑制の程度を調節できる。瞬目運動によるノイズが発生したときには、通常時とノイズ分布が異なる(Fig. 1)。正則化パラメータを時変とし、背景雑音と瞬目アーチファクトに対応したノイズ共分散行列を切り替えることによって、瞬目アーチファクトなどの時変性ノイズの影響を低減する。背景ノイズは誘発脳波の刺激前部より、瞬目アーチファクトは自発的な瞬目運動により推定する。

3. シミュレーション実験

瞬目アーチファクトの低減を検証するため、等価ダイポール層を用いた脳機能イメージングについて計算機シミュレーションを行った。背景雑音にはガウシアン白色雑音

を使用した。また背景雑音のほかに、眼球に近い2点に瞬目運動によるノイズを加えた。

様々なダイポール信号源について実験を行い、理論値と推定値との相対誤差で評価した。正則化パラメータとノイズ共分散行列が可変の場合、従来法に比べて有意な改善が見られた(Fig. 2)。

参考文献

- [1] J. Hori and B. He, World Congress Med. Physics Biomed. Eng., 2000.
- [2] J. Hori and B. He, Annals Biomed. Eng., vol.29, pp.436-445, 2001
- [3] J. Hori and B. He, Asian-Pacific Radio Science Conf., p.265, 2001.
- [4] 相場雅彰, 堀潤一, 斉藤義明, B. He, 第11回電気学会東京支部新潟支所研究発表会, Vol.11, p.76 2001.

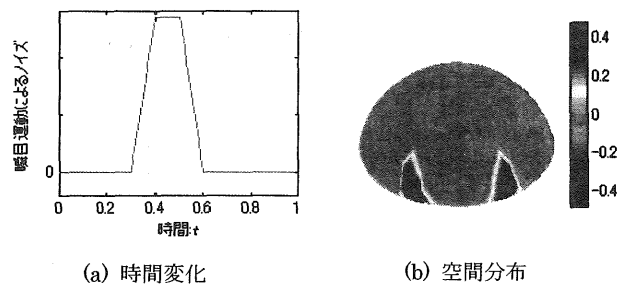


Fig. 1 瞬目運動によるアーチファクト

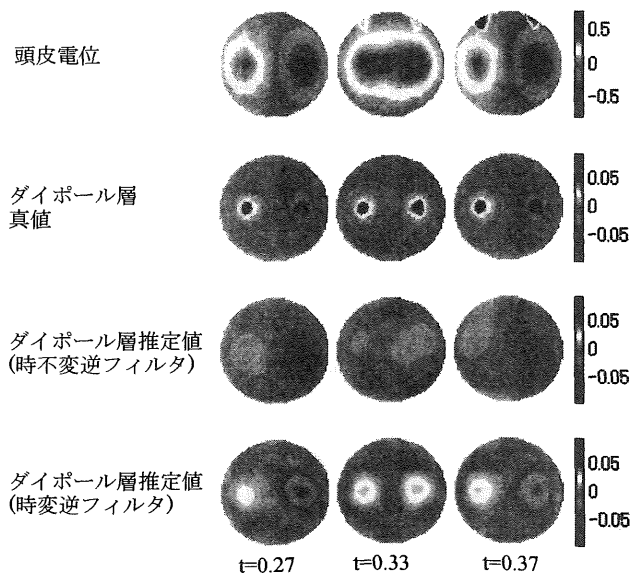


Fig. 2 時空間分布の推定結果