



Title	脳磁界律動の時空間特性：全頭型SQUIDシステムによる検討
Author(s)	小林, 哲生
Citation	電子科学研究, 5, 84-86
Issue Date	1998-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24420
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_P84-86.pdf



脳磁界律動の時空間特性 ～全頭型SQUIDシステムによる検討～

量子計測研究分野 小林哲生

多チャンネルSQUID (Superconducting QUantum Interference Device) システムにより同時計測される誘発脳磁界に、加算平均後にも残存する空間的規則性の高い自発脳磁界成分を低減するための手法として新たに考案した主成分除去法を述べ、さらに本手法で除去される自発脳磁界律動の時空間特性について、64並びに143チャンネルの全頭型SQUIDシステムにより得られたデータを基に検討する。

1 はじめに

近年、脳磁界計測は多チャンネルのSQUIDシステムを用いて行われるのが一般的となってきた。しかし、多チャンネルSQUIDシステムにより同時計測された誘発脳磁界には、加算平均後にも空間的な規則性の高い律動的な自発脳磁界が残存し、信号源推定の誤差の原因となることが指摘されている[1]。

本稿では、新たに考案した残存自発脳磁界成分の低減法を述べると共に、全頭型SQUIDシステムを用いて計測された頭部全体にわたる脳磁界律動の時空間特性について述べる。

2 主成分除去法

最初に誘発脳磁界の高精度計測のために考案した主成分除去法[2],[3]について説明する。

各試行毎に計測される脳磁界 \mathbf{B} はSQUIDシステムのチャンネル数 p とデータサンプル数 k の積の成分からなる行列となる。 \mathbf{B} は誘発脳磁界 \mathbf{B}_e と自発脳磁界 \mathbf{B}_b および、外来磁気雑音やシステム雑音との和からなっている。

各試行毎の \mathbf{B} を主成分分析[4]-[6]すると、固有ベクトル行列

$$\mathbf{A} = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_j, \dots, \mathbf{a}_p] \quad (1)$$

が得られる。ここで、 \mathbf{a}_j は p 個の成分からなる第 j 主成分の固有ベクトルである。行列の性質を利

用すると \mathbf{B} は次式の様に変形できる。

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \mathbf{B}\mathbf{I}_p = \mathbf{B}\mathbf{A}\mathbf{A}' \\ &= \mathbf{B}\mathbf{a}_1\mathbf{a}_1' + \mathbf{B}\mathbf{a}_2\mathbf{a}_2' + \dots + \mathbf{B}\mathbf{a}_p\mathbf{a}_p' \quad (2) \end{aligned}$$

ここで $'$ は転置を示す。 \mathbf{I}_p は p 次単位行列である。

式(2)から $\mathbf{B}\mathbf{b}$ を主に表現する項を次式のように除去して新たな磁界データ \mathbf{B}_{new} を得た後加算平均することにより、得られる誘発脳磁界に残存する自発脳磁界の寄与の低減が期待できる。

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{\text{new}} &= \mathbf{B} - \mathbf{B}\mathbf{a}_j\mathbf{a}_j' = \mathbf{B} - (\mathbf{a}_j'\mathbf{B}')'\mathbf{a}_j' \\ &= \mathbf{B} - (\mathbf{a}_j\mathbf{S}_j)' \quad (3) \end{aligned}$$

ここで \mathbf{S}_j は第 j 主成分の主成分得点のベクトルであり、次式となる。

$$\mathbf{S}_j = (\mathbf{a}_j'\mathbf{B}') = [S_{j1}, S_{j2}, \dots, S_{jk}] \quad (4)$$

3 全頭型SQUIDシステム

使用した全頭型SQUIDシステムはカナダ、CTF Systems社製で、64チャンネルと143チャンネルの2つのタイプである。いずれのタイプも磁界の検出に、ハードウェア的には1次微分グラジオメータを使用しているが、さらにソフトウェアにより2次あるいは3次微分グラジオメータが実現できる様になっている。このため磁気シールドルームなしで高精度の計測が可能である。

グラジオメータのコイル径20mm、上下コイル間隔50mmは両タイプのシステム共通である。コ

イル中心間距離は64チャンネルシステム、143チャンネルシステム各々45と32mmである^[7]。

4 結果および検討

図1に64チャンネルシステムにより計測された自発脳磁界の任意の1エポックに対して求めた主成分の内、第1～第3主成分の空間分布、寄与率並びに時間波形として表した主成分得点ベクトルを示す。被験者は年齢31歳右利きの男性（開眼状態）である。脳磁界はサンプル周波数250Hzで1エポックにつき1.0s間、これを100エポック分収集した。グラジオメータは3次であり、0～100Hzの帯域通過フィルタをかけて計測した。

第1主成分の分布を見ると左半球から磁界が湧き出し、右半球に吸い込まれるという全頭にわたる大きなパターンを示していることがわかる。また第1主成分の主成分得点の時間変動から約8～9Hzの周波数を有していることが分かり、第1主成分には α 波が抽出されていると判断できる。他

のエポックについても、空間分布に変動はあるものの、第1主成分が全頭全体に広がる相関の高い α 波の時空間特性を示すと判断できる結果であった。先に直径144mmの円形の測定領域をカバーできる37チャンネルSQUIDシステム(BTi社製)により同様の解析を行った結果、その第1主成分も α 波の時空間特性を示すと判断できたが^{[2],[3]}、その空間分布は測定範囲内でほぼ平坦なモノポールのパターンを示していた。本研究の結果は、このモノポールのパターンが全頭全体に広がる大きな同期的活動の一部を示していることを示唆している。また本研究により先に述べた主成分除去法が全頭型SQUIDシステムにも適用可能であることが確認できた。

最後に、本研究を遂行するにあたり、全頭型SQUIDシステムの使用を快く許可して頂いたSimon Fraser大学、Weinberg教授並びにCTF社、Burbank博士、実験にご協力頂いたCTF社、Cheyne博士並びにRobinson博士に深謝する。

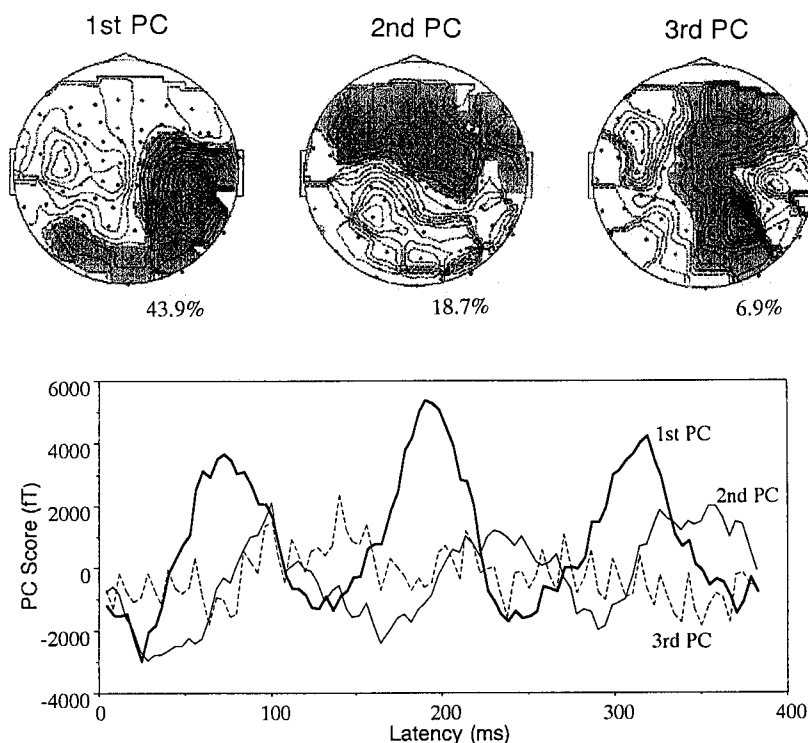


図1 64チャンネル全頭型SQUIDシステムにより計測された自発脳磁界の任意の1エポックにおける第1～第3主成分の空間分布（等高線間隔は0.05ステップ、グレーの部分が負の値）、寄与率並びに時間波形として表した主成分得点ベクトル

[参考文献]

- [1] Kuriki S., Takeuchi F. and Kobayashi T., *Electroenceph Clin. Neurophysiol* , vol. 92, pp.56-63, (1994)
- [2] 小林哲生、栗城真也、電子情報通信学会技術研究報告、MBE96-35, pp.7-12 (1996)
- [3] 小林哲生、栗城真也、日本生体磁気学会誌、Vol.9, No.1, pp.64-65 (1996)
- [4] Maier J., Dagnelie G., Spekreijse H. and Van Dijk B.W. *Vision Res.* 27 165-177 (1987)
- [5] Baumgartner C., Sutherling W.W., Di Shi and Barth D.S., *J. Neurosci. Meth.* 30 175-184 (1989)
- [6] Kobayashi T., Kuriki S. and Takeuchi F., *Physics in Medicine and Biology*, Vol.38, pp.1271-1282 (1993)
- [7] Vrba J, In *SQUID Sensors: Fundamentals, Fabrication and Applications*, (Kluwer Academic Pub., 1996) pp.117-178.