

# 双極子モデルによる直接的な脳機能の逆解析

## Direct inverse analysis of human brain activity with dipole model

齋賀 大賢、谷本 直隆、山谷 克  
静岡大学工学部

Hiroyoshi Saiga, Naotaka Tanimoto, Katsu Yamatani  
Department of Systems Engineering, Faculty of Engineering, Shizuoka University

### 1. はじめに

神経系の活動によって生じる生体磁場は、SQUID と呼ばれる高感度磁気センサーで健康を害せずに測ることができる。測定された生体磁場を用いて脳内の電気生理学的活動を解析するためには、測定磁場から脳内の磁場発生源を同定する必要がある。この問題は、結果（測定磁場）から原因（磁場発生源）を同定する問題であり、生体磁気逆問題と呼ばれている。生体磁気逆問題において、一般に、磁場源は等価な電流双極子によってモデル化される。単純な磁場分布を対象とする問題に関しては、単一双極子モデルを用いた磁場源同定法が既に提案され、臨床的にも応用されている。一方、より複雑な問題に対しては、複数双極子モデルを用いた磁場発生源の同定法が、近年、積極的に開発されている。

脳内部における電氣的活動の同定問題に関しては、頭部の領域モデルとして、区分的に一樣な導電率分布を仮定する球対称モデルが一般に用いられている<sup>(1,2)</sup>。本研究では、脳外部の磁場データ（MEG）を用いた脳内部の電流源同定問題を想定し、球対称領域内に存在する複数個の双極子のパラメータに関する先験的情報を必要としない直接的な同定法を提案する。提案する手法の有効性を数値シミュレーションの結果および生理的食塩水中に配置した電流源の同定結果によって確認するとともに、実際の生体反応による脳内電流源の同定結果についても考察する。

### 2. 問題の定式化

導体からなる有界領域  $G$  内部の起電流  $J_0(x)$  による静電ポテンシャル  $V(x)$  および磁束密度  $B(x)$  の支配方程式として、マクスウェル方程式の準定常近似

$$\left. \begin{aligned} \nabla \times B(x) &= \mu_0 J(x), \\ \nabla \cdot B(x) &= 0, \\ J(x) &= J_0(x) - \sigma(x) \nabla V(x) \end{aligned} \right\}$$

を用いる。導電率  $\sigma(x)$  は  $G$  内で正、外部で零、および透磁率は  $R^3$  で正定数  $\mu_0$  とする。導電率  $\sigma(x)$  が区分的に一定な球対称導体  $G$  を仮定すると、起電流  $J_0(x)$  による導体外部の磁束密度の動径方向成分は

$$B_r(x) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \int_G \frac{J_0(x') \times x'}{|x - x'|^3} \cdot e_r dG(x'), \quad e_r = x/|x|$$

で与えられる<sup>(1,2)</sup>。球対称導体  $G$  を内包する滑らかな曲面を  $S$  とし、曲面  $S$  上における  $B_r$  の観測データを用いて、起電流  $J_0(x)$  の同定を試みる。

### 参考文献

1. Sarvas J. (1987) Basic mathematical and electromagnetic concepts of the biomagnetic inverse problem. Phys. Med. Biol. 32:11-22.
2. Grynszpan F. and Geselowitz D. B. (1973) Model Studies of the Magnetocardiogram. Biophys. J. 13:911-925.