

ソレノイド型磁気マーカーコイルの位置推定手法

小山大介, 足立善昭

(金沢工業大学 先端電子技術応用研究所)

Localization Method of a Solenoid Magnetic Marker Coil

Daisuke Oyama, and Yoshiaki Adachi

(Applied Electronics Laboratory, Kanazawa Institute of Technology)

はじめに 脳磁計や心磁計などの生体磁気計測装置では、計測装置に対する被験者の位置を知ることが重要である。被験者にマーカーコイルと呼ばれるコイルを取り付けて磁気信号を発生させ、磁気センサで計測したデータから逆問題を解いてコイルの位置を推定し、被験者と装置の位置合わせがおこなわれる。一般的に、マーカーコイルには被験者に取り付けやすい形状として直径 10 mm 程度の円盤型のコイルが用いられている¹⁾。一方、生体磁気計測は近年、頭部や胸部を対象とした脳磁計や心磁計だけでなく首や四肢を対象とした脊磁計や筋磁計にも拡大しつつある。これらの場合、円盤型よりも円筒型の方が被験者の対象部に貼り付けやすく、後者形状としてソレノイド型のマーカーコイルが適している。しかし、位置推定において広く利用されている磁気ダイポールモデルは軸方向に長さを有するコイルについて想定したモデルではなく、ソレノイド型コイルの位置推定には適切でない。そこで本研究では、ソレノイド型コイルの位置推定に用いるモデルを決定するため、シミュレーションによってソレノイド型コイルの位置推定における逆問題モデルの比較をおこなった。

方法 本研究でのシミュレーションに用いた順問題および逆問題モデルを Fig.1 に示す。従来形状との比較のため、順問題モデルとして従来のマーカーコイルを模した同心円状コイルと、ソレノイド型コイルを設定した。逆問題モデルとしては各コイルを模した円電流モデルと、円筒側面に一様に流れる電流モデル²⁾、磁気ダイポールモデルを設定し、組み合わせ(A)~(E)を使用した場合の位置と角度の推定誤差を比較した。

シミュレーションでは半径 100 mm の球の表面上に約 20 mm 間隔で並べた 289 箇所の観測点を仮定し、半径 75 mm の球体領域内にランダムに配置した同心円状コイルまたはソレノイド型コイルが作る磁場分布を計算した。計算した磁場分布データに仮想的なノイズデータを加え、Fig.1 に示した 5 通りの組み合わせで位置推定をおこなった。信号源の推定には直接探索法を用いた。本実験では信号源の位置と向きをランダムに変えて磁場計算と信号源推定を 1000 回繰り返す。位置推定誤差の平均と標準誤差を導出した。

結果 Fig. 2 に信号源推定結果と真値とのずれを示す。位置のずれはコイルの軸方向(axial) と径方向(radial)に分けて表示している。従来の同心円状コイルの場合には逆問題に円電流モデル、磁気ダイポールモデルを用いた場合で大きな差は無かった。一方、ソレノイド型コイルの場合には、逆問題に円電流モデルや磁気ダイポールモデルを使うと従来手法に比べて推定精度が悪くなるが、円筒側面電流モデルを用いることで従来手法と同程度の精度での位置・向きの計測が可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 久保田他, 第 31 回日本生体磁気学会大会論文集, Vol. 29, pp.178-179 (2016).
- 2) N. Derby, S. Olbert, American Journal of Physics, Vol. 78, 229 (2010).

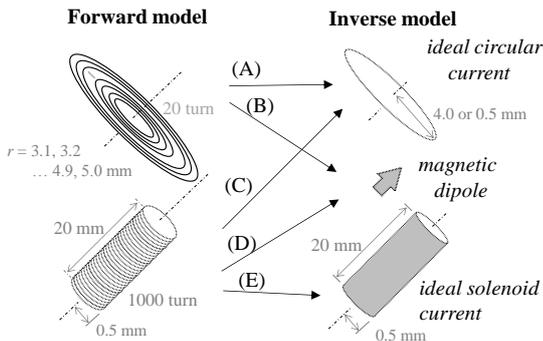


Fig.1 Forward and inverse model of numerical experiments.

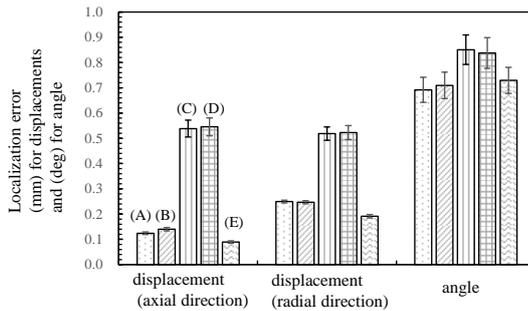


Fig.2 Localization errors corresponding to the forward and inverse model. (A) - (E) correspond to the combination of the models indicated in Fig.1.