

磁気ハイパーサーミアに用いる角形励磁コイルの性能評価

杉 和史、藤枝 俊、清野智史、中川 貴、山本孝夫
(大阪大学 大学院工学研究科)

Performance evaluation of square coils for magnetic hyperthermia

K. Sugi, S. Fujieda, S. Seino, T. Nakagawa, T. A. Yamamoto

(Graduate school of Engineering, Osaka Univ.)

緒言

磁気ハイパーサーミア療法は、がん組織周辺に挿入した磁性体に体外から交流磁場を印加し発熱させ、がん細胞を局所的に加温して死滅させる治療法である。磁性体の発熱量は交流磁場の周波数と磁場強度のべき乗に比例するため、治療には広範囲に均一な交流磁場を印加する必要がある。本研究グループでは、実験およびシミュレーションにより丸形励磁コイルを用いた磁場発生装置が、磁極間の比較的広い空間内に均一な交流磁場を発生させる方式として有効であることを明らかにしてきた¹⁾。しかし、この磁極間空間の外部にも漏れ磁場が発生するため、心臓ペースメーカーや銀歯などがあると、それらも発熱させてしまうことが懸念される。本研究では、丸形励磁コイルの代わりに、角形励磁コイルを用いることで磁極間外部に生じる漏れ磁場の抑制に取り組んだ。

実験方法

磁場発生装置には、E型フェライトコア (TDK、PC40) を用いた (Fig. 1 参照)。磁極間距離 (X 軸) は 50 mm である。フェライトコアに銅チューブを 7 巻きして角型励磁コイルを作製した。比較のために、同巻き数の丸形励磁コイルも作製した。1000 pF のマッチングキャパシタンスおよび 7.07 A (実効値) の励磁電流による磁場強度分布をピックアップコイルを用いて測定し評価した。また、角および丸形励磁コイルの磁場印加装置の磁極間の内部と外部の空間に生じる交流磁場を有限要素法でシミュレーション (Maxwell 3D) した。

実験結果

Fig.2 に (a) 磁極間と (b) 磁極間外部で実測した交流磁場強度を示す。交流磁場強度は、Fig.1 に示す X と Y 軸方向に沿って 3 mm 間隔で測定した。角型励磁コイルの共振周波数は 473 kHz であり、丸形コイルの 454 kHz と同程度であった。また、磁極中心における磁場強度は両者で同程度であり、磁極間に発生する交流

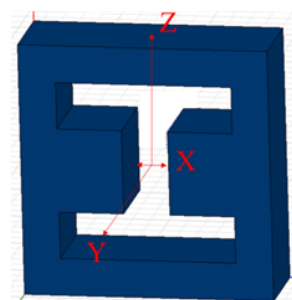


Fig.1 E-type ferrite core

磁場強度と中心値の差は 1% 以内である。つまり、磁極間では角型励磁コイルでも丸形励磁コイルと同程度の励磁能力が得られた。磁極間外部では、磁極から離れると交流磁場強度は減少する。注目すべき点は、角型励磁コイルを用いた方が、丸形励磁コイルを用いるよりも漏れ磁場強度が小さいことである。同様の結果はシミュレーションでも確認された (Fig.2 (c) および (d) 参照)。従って、角形励磁コイルは漏れ磁場の抑制に有効であることが示された。

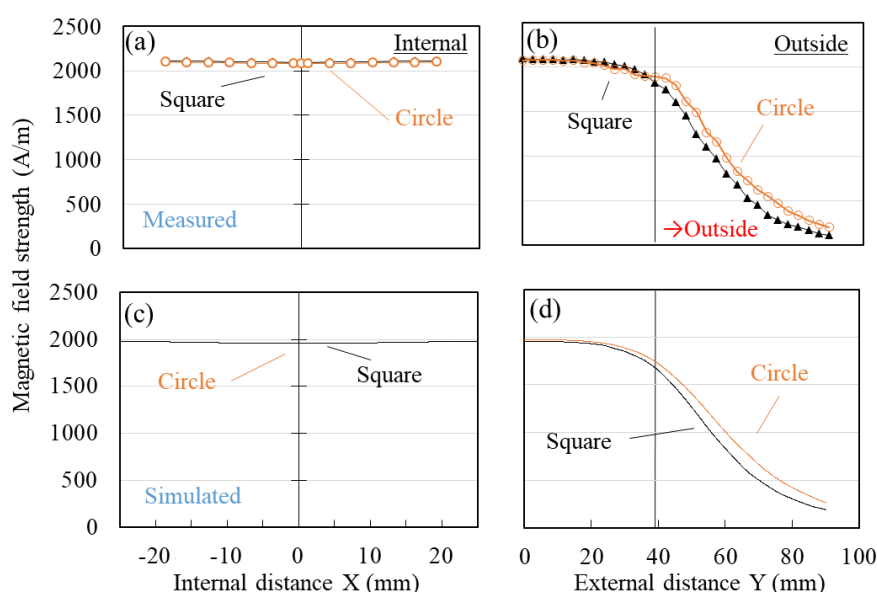


Fig.2 (a), (b) Measured and (c), (d) simulated values of magnetic field strength between magnetic poles and outside of magnetic poles.

参考文献

- 1) M. Takahashi, T. Nakagawa, S. Seino, T. A. Yamamoto, J. Magn. Soc. Jpn. 38 (2014) 102-106