

磁気回路式交流磁場発生装置のコアおよびコイル形状が ギャップ間磁場に与える影響

佐伯優樹, 中川貴, 清野智史, 山本孝夫
(大阪大学)

Effects of coil and core shape of the magnetic circuit type alternating magnetic field generator
on magnetic field in core gap

Y. Saeki, T. Nakagawa, S. Seino, T. A. Yamamoto,
(Osaka University)

1. 研究背景

磁気ハイパーサーミアとは、交流磁場により発熱する発熱体をがん患部に挿入し体外から磁場を印加することでがん組織のみを局所的に加温する方法である。近年、磁性ナノ粒子は磁気ハイパーサーミア用発熱体として有望で研究報告数は増え続けている。磁性ナノ粒子を発熱体とした磁気ハイパーサーミアの場合、その発熱量は磁場強度に強く依存する。したがって、磁性ナノ粒子を集積させた生体内のどの部位も均一に加熱するためには、大型で人体内の広い領域に均一かつ強力な高周波の磁場を発生でき、かつ消費電力が少ない磁場発生装置の開発が求められている。本研究では磁気回路のギャップ間に強力な磁場を発生できるという特徴に注目し、磁場発生装置をシミュレーター上で構築し、均一な磁場を得る回路構造について検討した。実際に製作することを想定して、磁場発生装置のコア形状とコイルの巻き方を変えて、均一と見なせる磁場強度領域の比較を行った。

2. 実験

計算には電磁場シミュレーター(Ansoft Maxwell 3D 12)を用いた。先行研究¹⁾よりシミュレーションの整合性は確認されている。ギャップ幅が 50~300 mm の磁気回路を組み、磁場強度分布を解析した。E 字が向い合せになるようなフェライトコアの中央部突起にコイルとして銅線を 5 ターンずつ巻く構造にした。先行研究の成果から均一な磁場を得るためにギャップ幅とコア半径を同程度とした。コア断面形状とコイルの巻き方を円および角形とした(図 1)。どちらの形状でもコア断面積を一定にし、コイルに交流(1 MHz)20 A の電流を流し、ギャップ間の磁場強度を計算した。

3. 計算結果と考察

解析の一例としてコアのギャップ幅が 50 mm の場合の結果を示す。コア断面形状、巻き方にかかわらずギャップ間の広い空間に磁場強度が均一(45~50 Oe)と見なせる領域が得られることがわかった(図 2)。ギャップ幅を 300mm とした場合でも同様の結果となった。臨床に供する大型の磁場発生装置ではコアの加工・接着が必要となり、従来検討していたコア断面が円形のものでは製作の困難が予想される。今回の結果から加工に有利な角型であってもその性能を維持できることが示された。

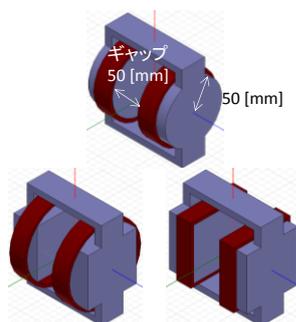


図 1. 設計回路全体図
上: 円形コア円形巻
左: 角形コア円形巻
右: 角形コア角形巻

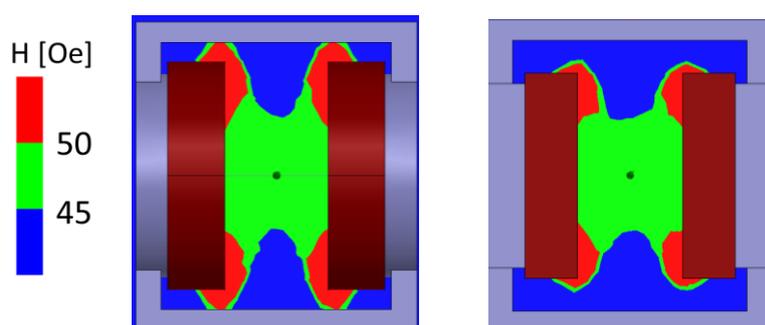


図 2. 円形コア円形巻(左)と角形コア角形巻(右)の中心面上の磁場分布比較。均一な磁場領域(45~50 Oe)はどちらの形状でも同程度の体積となる結果が得られた。

1) M. Takahashi, T. Nakagawa, S. Seino, T. A. Yamamoto, "Design of magnetic circuit for radiofrequency hyperthermia", J. Magn. Soc. Jpn. 38 (2014) 102-106.