

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 大多 哲史

学位の種類 博士（工学）

学位記番号 工府博甲第470号

学位授与年月日 平成27年9月25日

学位授与の根拠 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府 物理情報工学専攻

学位論文題目 Analysis on magnetic properties of magnetic nanoparticles in vivo environment for biomedical applications
(生体内環境におけるバイオ医療用磁性ナノ粒子の磁化特性の解明)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 竹村 泰司
横浜国立大学 教授 荻野 俊郎
横浜国立大学 教授 羽路 伸夫
横浜国立大学 教授 吉川 信行
横浜国立大学 准教授 荒川 太郎

論文及び審査結果の要旨

本学位論文は、バイオ医療用磁性ナノ粒子の磁化特性に関するものである。磁性ナノ粒子は、様々なバイオ医療応用が研究開発されている。細胞の磁気誘導や磁気分離、細胞への遺伝子導入など体外での応用に加え、磁気共鳴画像診断法（MRI）の造影剤として体内で使用も薬事承認され、実用されている。傷跡や副作用のないがん温熱治療であるハイパーサーミアや、新しい画像診断法である磁気粒子イメージングへの応用も期待されている。

マグネタイト等の酸化鉄を主成分とする磁性ナノ粒子に交流磁場を印加すると、ヒステリシス損失に加え、磁気緩和損失という、ナノ粒子に特有の発熱機構があることが知られている。この発熱をがん温熱治療に応用する研究が広く行われているが、磁気緩和機構の詳細には不明なことも多く、特に従来より用いられている理論モデルに実験結果が従わないなどの課題もある。そこで本論文の研究目的は、磁性ナノ粒子の交流磁化過程を実測し、その周波数特性などから磁気緩和機構を解明することとしている。

交流ヒステリシス曲線を広域な周波数帯に渡り測定することに初めて成功した。発熱量の指標である SAR（比吸収率）を従来は、交流磁場中で発熱する磁性ナノ粒子の上昇温度から算出していた。しかし温度測定では試料形態や測定環境の影響を排除することが困難であり、SAR の定量評価に課題があった。本研究により交流ヒステリシス曲線から SAR を定量化したことは先導的な研究成果と評価される。特に温度測定のダイナミックレンジは高々1桁であり、他方本研究では磁場強度×周波数で6桁以上の測定範囲を保つことができ、磁気緩和機能の解明に大きく寄与することとなった。さらに従来は液中分散や固体中固定の磁性ナノ粒子を試料としてきたが、本研究では細胞に添加した磁性ナノ粒子の交流磁化特性を測定することに初めて成功した。

以上の研究より、これまでに提案されてきた磁気緩和の理論モデルでは説明できない実験結果を明瞭に提示し、交流磁場中の磁性ナノ粒子の磁気モーメントの動態を解明した。さらに細胞中磁性ナノ粒子の磁気緩和損失の実測へと発展させるとともに、新しい診断技術である磁性ナノ粒子イメージング法への適応とその手段を明らかにした。

これらの研究成果は、磁気緩和をその原理の源とする、磁気損失による発熱を利用するがん温熱治療及び磁気粒子イメージングの発展に貢献する極めて意義のあるものと高く評価される。本論文は、物理情報工学専攻に係る博士（工学）の学位論文としてふさわしい、十分な内容を有すると認める。