

# ハイパーサーミアの為のナノ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ のヒステリシス計算法

米田守重、小畑修二\*

(日本電子専門学校、\*電機大理工)

Hysteresis calculation method in nano  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  for hyperthermia

M.Yoneda, S.Obata

(Japan Electronics College, \*Tokyo Denki University.& School of Science & Engineering)

## はじめに

最近、癌治療の手法として、癌細胞に磁性体を Implant して、交流磁場中の印加による誘導加熱で熱死させる磁性ハイパーサーミアに関する研究が注目されている。本講演では、誘導加熱過程について、使用する磁性ナノ粒子として、フェリ磁性体である  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (マグネタイト) を想定した磁気ヒステリシス損の計算手法を理論的に検討し、その計算機シミュレーション結果について報告する。

## シミュレーション手法と結果

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  ナノ粒子は粒子合成が簡便で、粒子径の制御が容易であること、高い生体適合性を有していること等から、磁性ハイパーサーミア用 Implant 磁性体として用いられている。粒子径が約 20 nm 程度で超常磁性になることが知られ、交流磁場中で磁気モーメントの緩和遅れが生じることで、磁気ヒステリシス損が生じ、磁気エネルギーが熱に変換されると考えられている。磁気モーメントの緩和機構としては、Brown 緩和機構と Néel 緩和機構の二種類が存在することが知られている。我々は、独自に開発したシミュレーションの手法である Retarded Trace method<sup>1),2)</sup>を用い、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ナノ粒子に交流磁場を印加した場合の磁化のシミュレーションを行った。以下の図 1 と図 2 は、温度が  $T=300[\text{K}]$  で、印加磁場の周波数がそれぞれ  $2[\text{kHz}]$  と  $10[\text{kHz}]$  の場合に結果を示している。

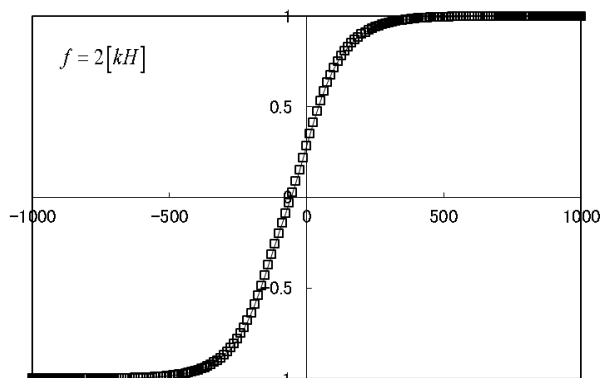


図 1

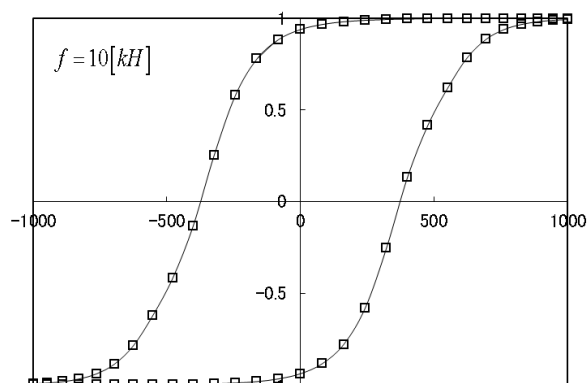


図 2

本講演でこのモデルをシミュレーションの手法として、一般化された Retarded Trace method を用い、温度、周波数、緩和時間等の各種条件及び、様々なナノ粒子内部とナノ粒子間の相互作用の各種パラメータによる磁化過程のシミュレーション結果について報告する予定である。

## 参考文献

- 1) S. Obata. Journal of the Magnetics Society of Japan 36(3), 161-168, 2012
- 2) S. Obata. IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials, Vol.131(2011)No.10 P 838-845