

周波数及び磁界強度に依存した 超常磁性ナノ粒子の磁化ダイナミクス計測

大多哲史¹、竹田遼二²、山田努²、竹村泰司²
(¹静岡大学、²横浜国立大学)

Measurement of magnetization dynamics in superparamagnetic nanoparticle
depended on field frequency and intensity

S. Ota¹, R. Takeda², T. Yamada², Y. Takemura²

¹Shizuoka University, ²Yokohama National University

はじめに

磁性ナノ粒子の磁化ダイナミクスを理解することはがん温熱治療や磁気粒子イメージングといった粒子の医療応用を行う上で必要である。本研究では、特に励磁周波数、磁界強度に依存した超常磁性ナノ粒子の磁化回転を観測した。

実験方法・結果

コア粒径が 5 nm のマグヘマイト粒子 (フェルカルボトラン) について最大磁場 2–10 kA/m、周波数 0.2–400 kHz の条件で交流磁化測定を行った。測定は粒子を水中に分散させた液中試料(Liquid)および寒天により固定した固体試料(Fixed)について行った。

Fig. 1 は、各磁界強度における ILP (Intrinsic loss power)の周波数依存性を表している。Liquid において確認されたピークが Fixed には存在しないことから、ブラウン緩和によるピークであると考えられる¹⁾。またピーク周波数が磁界強度の増加に伴い上昇した。これは粒子回転が磁気トルクにより生じているためブラウン緩和時間が磁気トルクの増加に伴い短くなるためと考えられる²⁾。また 0.2 kHz などの低周波では ILP が Liquid よりも Fixed の方が小さい値を示している。この傾向は従来研究でも確認されていて³⁾、本傾向からも超常磁性ナノ粒子の磁化回転に関する知見を示した。さらに Fig. 2 は 1 kHz における Liquid 及び Fixed の磁化と Liquid と Fixed の差を取ることで算出した粒子回転による磁化の増加分についての波形を表している。この見積もりにより粒子回転の位相遅れを算出可能である。本発表では交流磁化測定から見積もった超常磁性ナノ粒子の液中及び固体状態の磁化回転モデルを示す。

謝辞：

本研究の一部は JSPS 科研費 26289124、及び 15H05764 の助成を受けて実施した。

測定に使用した磁性ナノ粒子は、名糖産業株式会社より提供いただきました。ここに深謝申し上げます。

参考文献

- 1) S. Ota et al. *J. Appl. Phys.*, **117**, 17D713, 2015.
- 2) T. Yoshida and K. Enpuku, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **48**, 127002, 2009.
- 3) R. Hergt et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **280**, 358, 2004.

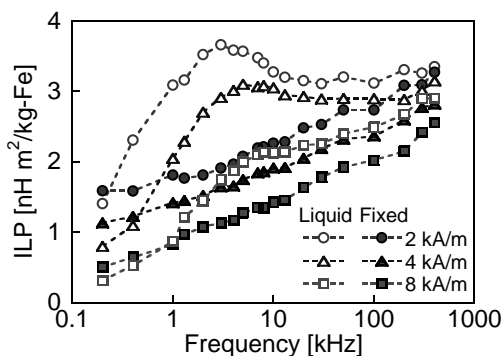


Fig. 1 ILP の励磁周波数及び磁界強度依存性

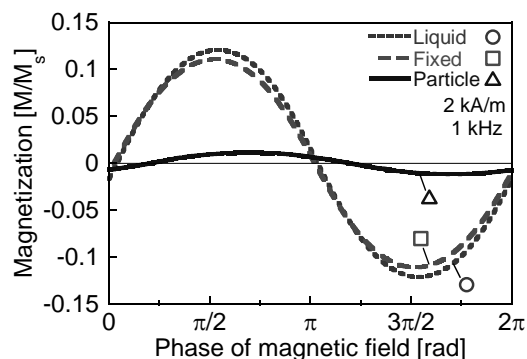


Fig. 2 各試料条件の磁化信号波形