

減衰振動磁場下における酸化鉄ナノ粒子回転運動の周波数解析

Frequency analysis of rotational motion of iron oxide nanoparticle under damped oscillating magnetic field

○諏訪雅頼¹, (M1)東條友紀¹, (M2)魚谷明良¹, 塚原 聡¹

Osaka Univ.¹

E-mail: msuwa@chem.sci.osaka-u.ac.jp

【序論】ベシクル内水相や多孔質材料の細孔内、ゲル架橋分子間のような微小空間に制限された水は、バルク水と異なる物性を示すことが予想されるが、測定する手法は限られる。最近、交流磁場下における磁気ナノ粒子 (MNP) の配向運動を光で観測できることが分かった[1]。磁場はほとんどの物質を透過するため、MNP をプローブとした微小空間の粘性測定が期待できる。本研究では、MNP 配向運動観測の周波数解析による粘性率測定と高感度化を目指した。

【実験】共沈法によりマグヘマイト ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) 磁性ナノ粒子 (MNP) を合成した。分散媒の粘性率はグリセロールの添加により調節した。LCR 回路の放電により、初期振幅 ~ 0.8 T の減衰振動磁場を発生させた。磁場の周波数 f は、回路内のキャパシタにより 27 kHz $\sim$ 180 kHz の間で変えた。MNP 分散液は光路長 3 mm のガラスセルにいれ、コイル内に設置した。波長 405 nm のレーザを用い、入射偏光角を磁場に対して 45° に調節した。ウォラストンプリズムによって透過光を 0° と 90° の直線偏光に分け、その強度差をバランス検出器で測定し、磁気誘起直線二色性による偏光角変化を見積もった。信号はオシロスコープで直接観察すると同時に、ロックインアンプ (LA) により f の高調波成分を測定した。

【結果と考察】減衰振動磁場に伴う偏光角変化をフーリエ変換すると、 f の偶数倍となる周波数にピークが現れた (Fig.1)。 $2f$ 成分と $4f$ 成分の強度比 (a_{4f}/a_{2f}) は MNP 濃度に依存せず、分散液の粘度に対して依存性を示した。従って、これを粘性率測定のパラメタとして利用できることが分かった。さらに LA の参照信号の周波数を $2f$ に設定すると極微量の MNP (検出下限: 15 ng cm^{-3}) が検出可能であり、高感度化も成功した。

[1] M. Suwa, A. Uotani, S. Tsukahara, J. Appl. Phys. **125**, 123901 (2019).

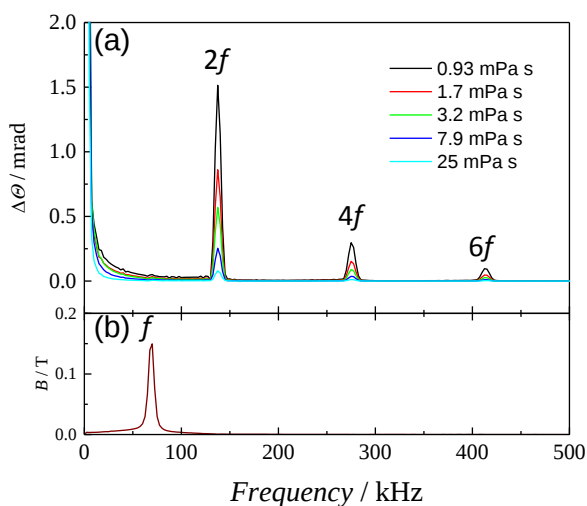


Fig.1 FT spectra of the polarizing angle (a) and the damped oscillating magnetic field(b).