

MPIにおける未結合粒子と結合粒子の識別手法の開発

東大路、野口裕希、吉田敬、圓福敬二
(九州大学)

Development of the discrimination method of mobile and immobilized magnetic nanoparticles in MPI

Oji Higashi, Yuki Noguchi, Takashi Yoshida, Keiji Enpuku
(Kyushu University)

1 はじめに

近年、磁気応用による医療診断技術が注目されており、その中の一つに磁気粒子イメージング(MPI)が挙げられる。本研究では、MPIで用いられる磁気ナノ粒子MS1において、検査対象と結合した粒子を「固相サンプル」、未結合の粒子を「液相サンプル」として疑似的に再現し、それぞれの高調波信号特性の違いにより両者の識別を行うことを目指した。

2 原理

2.1 高調波磁化特性

MPIで用いられる直流傾斜磁界に対する、高調波の信号特性を利用して識別を行う。液相サンプルと固相サンプルでは、磁気緩和に違いが生じるため、直流傾斜磁界に対する信号の減衰に差異が生じる。

本研究では、固相サンプルの磁化容易軸を交流励起磁界と同じ方向に揃え、また検出信号として第三、第五高調波を用いることで、精度の高い状態識別を目指した。

2.2 画像再構成

第三、第五高調波の検出信号 v_{3rd} と v_{5th} から、液相及び固相サンプルの空間分布 c_{liq} と c_{sol} を再構成する手法として、以下に示すNNLS(Nonnegative Least Squares)法を用いる。

$$\begin{pmatrix} v_{3rd} \\ v_{5th} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A_{liq3rd} & A_{sol3rd} \\ A_{liq5th} & A_{sol5th} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{liq} \\ c_{sol} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\left\| \begin{bmatrix} A_{liq3rd} & A_{sol3rd} \\ A_{liq5th} & A_{sol5th} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{liq} \\ c_{sol} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_{3rd} \\ v_{5th} \end{bmatrix} \right\|^2 + \lambda \left\| \begin{bmatrix} c_{liq} \\ c_{sol} \end{bmatrix} \right\|^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

ここで、 A_{liq3rd} , A_{sol3rd} は、液相・固相サンプルの第三高調波 PSF(Point Spread Function)、 A_{liq5th} , A_{sol5th} は、液相・固相サンプルの第五高調波 PSF である。

3 実験結果

サンプル容器のサイズは、直径 6 mm、深さ 13 mm の物を使用した。液相サンプルは MS1 を 10.8 μ L に精製水 139.2 μ L 加えて作成し、固相サンプルは MS1 を 10.8 μ L にエポキシ樹脂 180 mg 混ぜ合わせて作成した。

本研究では液相サンプルを $(x, y) = (7 \text{ mm}, 0 \text{ mm})$ に置き実験を行った。測定条件は交流励起磁界の振幅 3.5 mT、周波数 3 kHz、直流傾斜磁界が x 軸方向に 1 mT/mm、y 軸方向に 2 mT/mm とした。

Fig 1. に示すように、高調波信号特性を利用することで、状態識別が行えていることが分かる。固相サンプルと液相サンプルを同時に配置し、イメージングを行った結果についても報告する予定である。

参考文献

- 1) Yoshida, Takashi, et al. "Effect of alignment of easy axes on dynamic magnetization of immobilized magnetic nanoparticles." Journal of Magnetism and Magnetic Materials 427 (2017): 162-167.

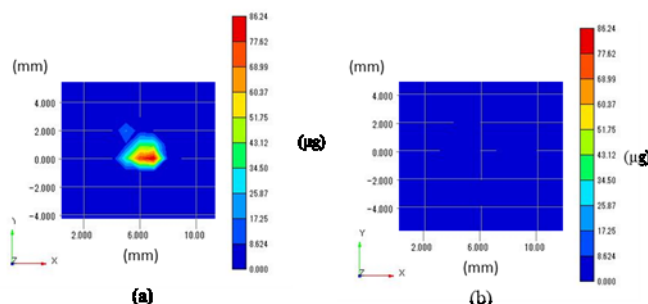


Fig. 1 MPI images for (a) mobile and (b) immobilized samples.