

三次元磁気粒子イメージングにおける 液相・固相サンプル識別法の開発

野口裕希、吉田敬
(九州大学)

Development of Discrimination Method of Mobile and Immobilized Magnetic nanoparticle samples in 3D
Magnetic Particle Imaging.

Yuki Noguchi, Takashi Yoshida
(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、その中の一つに粒子からの高調波信号を検出し対象の位置を特定する、磁気粒子イメージング(MPI)がある。本研究では、検査対象と結合した磁性ナノ粒子を「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、それぞれの高調波磁化特性の違いにより両者を三次元的に識別することを目指した。

2 原理

2.1 高調波磁化特性

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、励起されたサンプルに直流傾斜磁界をかけた際の高調波信号の減衰に差異が生じる。MPIではx, y, z軸方向に直流傾斜磁界をかけているため、サンプル状態によって三次元的な信号の広がりや違いがでることになる。

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ることでさらなる違いを生み、この違いを利用して識別を目指す。なお磁性ナノ粒子サンプルとしてMS1を用いた。

2.2 画像再構成

液相・固相サンプルからの第三高調波が混在した検出信号 v から、それぞれの空間分布 c_{liq} と c_{sol} を再構成する手法として、液相・固相サンプルのシステム行列以下に示す NNLS(Nonnegative Least Squares)法を用いる。

$$\text{minimize} \quad \left\| [A_{liq} \ A_{sol}] \begin{bmatrix} c_{liq} \\ c_{sol} \end{bmatrix} - v \right\|^2 + \lambda \left\| \begin{bmatrix} c_{liq} \\ c_{sol} \end{bmatrix} \right\|^2$$

ここで、 A_{liq}, A_{sol} は、液相・固相サンプルのシステム行列である。

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 μL に精製水 139.2 μL を加えて作成し、固相サンプルはMS1を 10.8 μL にエポキシ樹脂 180 mg を混ぜ合わせて作成した。液相サンプルは(x,y,z)=(7mm,0mm,0mm)、固相サンプルは(x,y,z)=(21mm,0mm,0mm)を中心として並べて配置した。

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。

しかしながら、固相サンプルの一部が液相として識別されていたり、本来サンプルの存在しない位置にアーチファクトが推定されたりしているため、改善は必要である。

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.

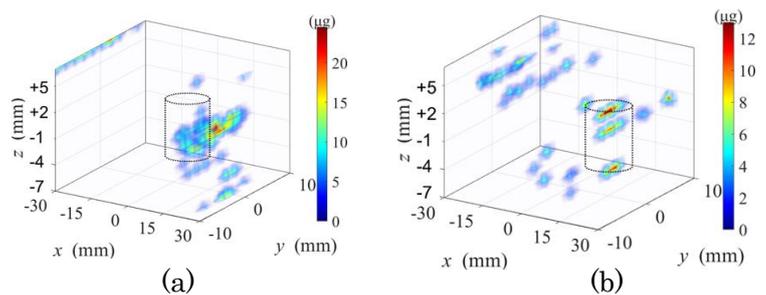


Fig 1. MPI 3D images for (a) liquid sample and (b) solid sample.