

磁気ナノ粒子イメージングシステムの高空間分解能化

白石、広川 愛生、田辺 一博、吉田 敬、円福 敬二
(九州大学大学院システム情報科学府)

Improvement of Spatial Resolution of Magnetic Nanoparticle Imaging

Shi Bai, Aiki Hirokawa, Kazuhiro Tanabe, Takashi Yoshida, Keiji Enpuku

(Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University)

はじめに

磁気ナノ粒子イメージング (MPI) は磁気ナノ粒子 (MNP) の非線形磁化応答を利用した新しい体内診断技術である。MPI は外部磁場に対する MNP の磁化応答を直接検知するため、高速、高感度、高安全性などの特徴があり、近年多くの研究者に注目されている。ただし、この磁化応答信号はサンプル周辺で空間的に幅広く検出されるため、空間分解能が不足することが MPI の弱点である。そこで、我々は MPI の空間分解能の改善に着目している。先行研究では、AC 励起磁場と直交する方向に設置した DC 傾斜磁場を使うことが空間分解能の改善に有効であることを確認した⁽¹⁾。しかし、用いた傾斜磁場が弱いため 11 mm の空間分解能 (信号の半値幅) しか得られなかった。本研究では先行研究に基づいて、がん検診などの生体応用を想定し、さらに空間分解能を高めることを目指した。

原理とグラディエントコイル

MNP に AC 励起磁場を印加すると交流の磁化信号が発生するが、強い直流磁場が加わると磁気飽和状態となり信号が発生しなくなる。この特性を利用して、中心が 0 mT である DC 傾斜磁場を用いることで、MNP 信号の発生を中心部 (Field Free Point, 略: FFP) に限定出来る。この FFP, 即ち信号が出る領域の大きさが傾斜磁場の勾配で決まる。本研究では、銅線で巻いた線径 0.8 mm、200 Turns の 7 x 7 cm 正方形コイルを四つ並べた、傾斜磁場用四重極グラディエントコイルを作製した。このグラディエントコイルの表面で形成された中心が 0mT の傾斜磁場は x , y 方向に均等な勾配があり、その強さは 0.1 T/m @ 1A である。

検証イメージングと考察

先行研究で構築した MPI システムに今回作製したグラディエントコイルを実装し、イメージング実験を行った。強い傾斜磁場を得るために、グラディエントコイルに 8 A の DC 電流を流して 0.8 T/m の傾斜磁場を形成した。サンプルにかかる AC 励起磁場は $B_{ac} = 1 \text{ mT} @ f = 22.75 \text{ kHz}$ 、直径 2.1 mm 円柱状容器に注入したサンプル (Resovist : Fujifilm RI Pharma) の含量は $100 \mu\text{g}$ である。Fig. 1 は三つのサンプルを間隔 10 mm で配置したときの第三高調波によるイメージング結果である (検出コイルより 35 mm 離れた平面)。

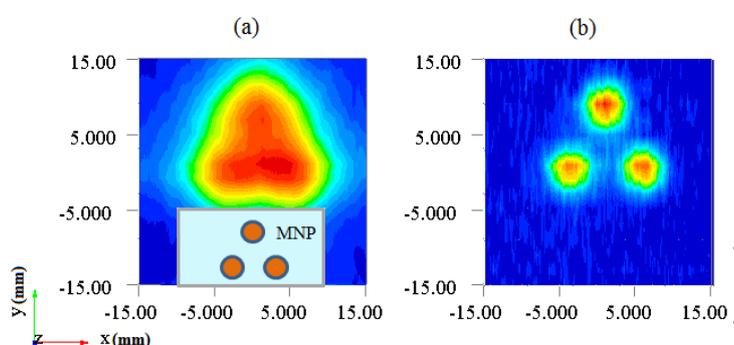


Fig. 1 Contour map of the magnetic field generated from the three MNP samples with spacing of 10 mm. The gradient field is (a) 0.4 T/m and (b) 0.8 T/m.

Fig. 1(a) は先行研究で用いた勾配 0.4 T/m の傾斜磁場を用いた時のイメージング結果である。三つのサンプル影がくっついていることが見える。

Fig. 1(b) は勾配 0.8 T/m の新たな傾斜磁場を用いたイメージング結果である。三つのサンプルが明らかに分離されている。サンプル一個における信号の半値幅は約 4 mm で、空間分解能を 2 倍以上も高めた。

参考文献

- (1) S. Bai, A. Hirokawa, K. Tanabe, T. Yoshida, K. Enpuku, IEEE Transactions on Magnetics, No. EW-04, 2014