

# 磁気ナノ粒子の3次元イメージング法の開発

牟田 雅浩, 辻田 祐也, 吉田 敬, 笹山 瑛由, 圓福 敬二  
(九州大学大学院システム情報科学府)

## 1 はじめに

磁気ナノ粒子を体内に注入して疾患部位に結合させ、その位置と量を検出する磁気粒子イメージング(MPI : magnetic particle imaging)は、癌等の疾病の早期画像診断技術として期待されている。このMPIの技術を乳がん検査に応用するため、高感度かつ高空間分解能な磁気粒子検出システムの開発を目指している。今回、磁気ナノ粒子から発生する信号磁界を二つの検出コイルで測定することで、磁気ナノ粒子の3次元的な画像化を行った。

## 2 磁気粒子検出システム

本システムでは直径300 mmの励起コイルによって、実効値1.6 mT, 3 kHzの交流励起磁界をy方向に発生させ、磁気ナノ粒子サンプルを磁化する。さらに傾斜コイルにより、磁界ゼロのいわゆるFFL(field free line)をz軸( $x = y = 0$ の直線上)に形成し、x-y平面内で0.17 T/mの勾配で増加する直流傾斜磁界を発生させる。FFL上のサンプルから発生する信号磁界のz成分を、液体窒素で冷却した検出コイルにより検出するが、このとき、磁気ナノ粒子の非線形磁化特性により発生する、第3高調波成分を計測する。

磁気ナノ粒子サンプルは、Resovistを直径5 mmの円筒状容器に注入したものを使用し、サンプルをx-y平面上で走査させることによって、信号磁界の2次元マップを得る。その後、最小二乗問題を非負制約で解くことによって3次元濃度分布画像を再構成する。

## 3 実験

二つのピックアップコイルを、FFLからy方向にそれぞれ15 mm, 50 mm離れた位置に配置して測定を行った。各コイルより得られた2次元データをベクトル $\mathbf{v}$ とする。実験値より構成したシステム行列 $\mathbf{A}$ より、式(1)の最小二乗問題を非負制約で解くことによって磁気ナノ粒子の濃度ベクトル $\mathbf{c}$ を求め、3次元濃度分布画像を再構成する。

$$\|\mathbf{Ac} - \mathbf{v}\|^2 + \lambda\|\mathbf{c}\|^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

なお、濃度分布画像のx-y平面の画素は $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 、z方向は5 mm刻みの平面とした。Fig. 1, Fig. 2に、磁気ナノ粒子10  $\mu\text{g}(\text{Fe})$ を含む二つのサンプルの位置を、Table 1に示す様に  $(x, y, z) = (-7.5, -7.5, 35), (7.5, 7.5, 50)$ とした時の、磁気粒子分布の再構成画像を示す。Table 1にはサンプルの推定位置も示している。Table 1に示す様に、やや広がりがあるものの異なる深さ位置に配置されたサンプルの位置が正しく推定できている。

## 4 まとめ

二つの検出コイルで磁気ナノ粒子から発生する信号磁界を測定し、最小二乗問題を非負制約で解くことによって3次元濃度分布画像を再構成した。その結果、や

や広がりがあるものの異なる深さ位置に配置されたサンプルの位置を正しく推定することができた。今後は検出コイルのマルチ化を進めることで推定精度の向上を図る。

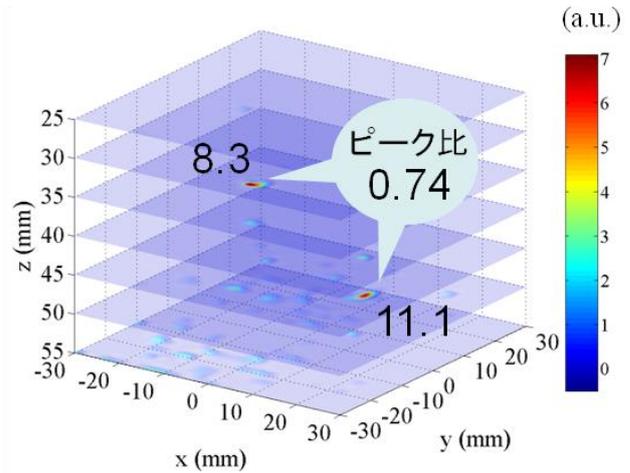


Fig.1. Reconstructed image of the magnetic nanoparticle distribution (x-y-z plane).

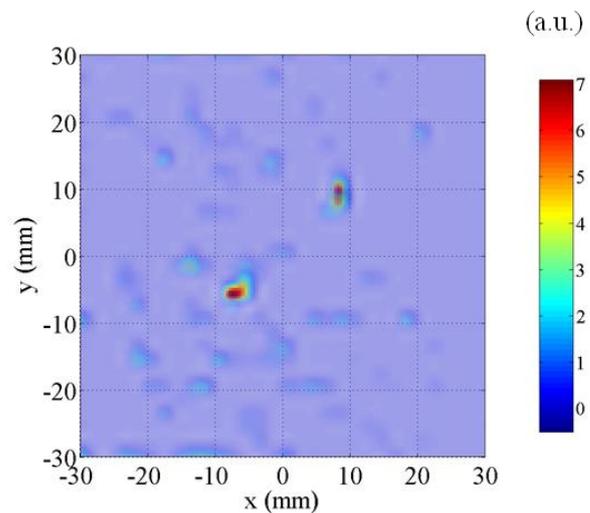


Fig.2. Reconstructed image of the magnetic nanoparticle distribution (x-y plane).

Table 1. Comparison between the sample position and the estimated position.

サンプルの位置 (mm)			推定された位置 (mm)		
x	y	z	x	y	z
-7.5	-7.5	35	-8	-6	35
7.5	7.5	50	8	8	50