

マルチチャンネル検出コイルと低傾斜磁界による磁気ナノ粒子分布の三次元画像化

Three-dimensional Imaging of Magnetic Nanoparticles Distribution Using Multi-channel

Pick-up Coils and Low Magnetic Field Gradient

○辻田 祐也、牟田 雅浩、笹山 瑛由、円福 敬二(九州大学)

○Yuya Tsujita, Masahiro Muta, Teruyoshi Sasayama, Keiji Enpuku (Kyushu Univ.)

E-mail: tsujita@sc.kyushu-u.ac.jp

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。我々はこの MPI による乳がん検査を実現するため、高感度・高空間分解能な磁気ナノ粒子検出システムの開発を目指している。これまでの実験で、検出コイル個数を 1 個から 2 個に増やすことで磁気ナノ粒子分布の三次元画像化の可能性を確認できたため、今回コイル個数を増やすことで、その精度向上を図るべく、5 個の検出コイルによる三次元画像化のシミュレーションを行った。

実験においては、1.5 mT、3 kHz の励起磁界を印加することで、磁気ナノ粒子サンプルを磁化し、さらに xy 平面内に傾き G の直流傾斜磁界を発生させる。そして、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し、その第三高調波成分を計測する。サンプルを xy 方向に走査することで信号磁界の二次元のデータが得られるため、これをもとに NNLS (nonnegative least square method) によって磁気ナノ粒子の三次元分布画像を再構成する。

本実験システムを模擬したモデルにより、5 個の検出コイルで信号を検出した場合のシミュレーションを行った。Fig. 1(a) に示すように、検出コイルからの深さ $z = 30\text{--}50$ mm の 5 mm 刻みの各平面に 1 個ずつ 10 $\mu\text{g}(\text{Fe})$ の磁気ナノ粒子を含む点信号源を仮定した時の二次元データを生成し、三次元分布画像を再構成した。なお、分布画像の xyz 軸の刻みは $2 \times 2 \times 5$ mm とした。Fig. 1(b) は傾斜磁界を加えない場合、Fig. 1(c) は $G = 0.12\text{--}0.23$ T/m ($z = 30\text{--}50$ mm) の傾斜磁界を加えた場合の結果である。Fig. 1(c) に示すように低い傾斜磁界でも、正確に磁気ナノ粒子の位置を推定できることが確認できた。今後は実際にマルチチャンネル検出コイルのシステムを製作し実験を行う。

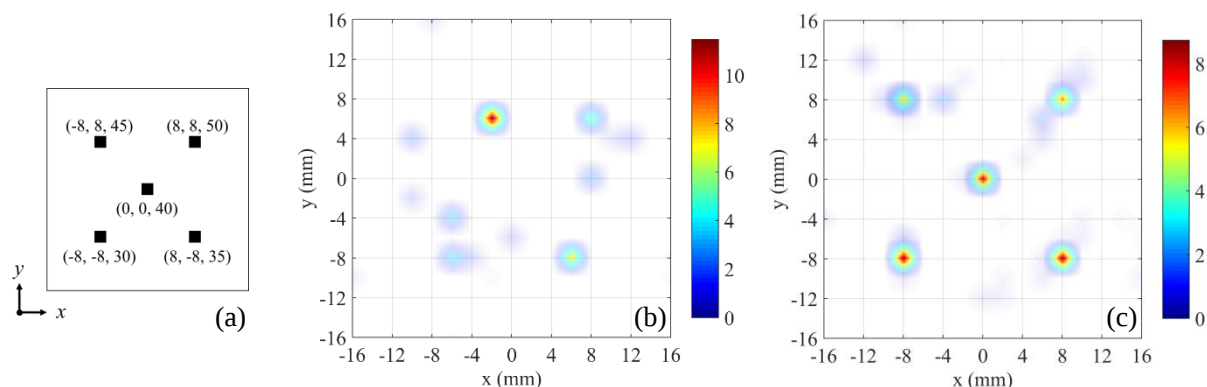


Fig. 1. (a) Arrangement of signal sources. (b) and (c) Reconstructed images of the magnetic nanoparticle distribution projected on the xy plane. (b) is obtained with no gradient field ($G = 0$ T/m), while (c) is obtained under application of low field gradient ($G = 0.12\text{--}0.23$ T/m).