

第三高調波磁化信号を用いた 三次元磁気粒子イメージングシステムの開発

辻村 尚貴、吉田 敬、圓福 敬二
(九州大学)

Development of a three-dimensional magnetic particle imaging system using third harmonic signal
Naotaka Tsujimura, Takashi Yoshida, Keiji Enpuku
(Kyushu University)

はじめに

磁気ナノ粒子を高分子で被覆し、その表面に検査試薬や薬剤等を結合したものは磁気マーカーと呼ばれており様々な医療応用が期待されている。その中で、磁気ナノ粒子からの磁化信号を検出することによって磁気ナノ粒子の位置を特定する、磁気粒子イメージングというものがあり、体内医療診断において注目されている^{1),2)}。本研究では、磁気ナノ粒子サンプルをxyz方向に走査し、磁気ナノ粒子からの非線形磁化応答による第三高調波信号を検出することで磁気ナノ粒子の位置の特定を行った。また、直流傾斜磁界を印加することで、より高空間分解能な三次元磁気粒子イメージングシステムの開発を目指した。

実験

交流励起コイルにより磁気ナノ粒子に交流磁界 (2.8 mT rms, 2.99 kHz) を印加し磁化させる。磁気ナノ粒子からの磁化信号を検出コイルで検出し、ロックインアンプを用いて第三高調波信号の抽出を行う。第三高調波を測定することで、励起磁界の影響を避けることができ、磁化応答信号を高感度に検出することができる。また、直流励起コイルにより直流傾斜磁界を印加する。直流励起が大きい領域では、飽和磁化に近づくため高調波信号が抑制されるため、直流傾斜磁場を用いることで高空間分解能化が可能となる。

Fig1.のように 50 μg (Fe)磁気ナノ粒子サンプル (Resovist, FUJIFILM RI Pharma) 二つをxyz方向に30mmの対角線上に離して置き、サンプルを三次元に走査した。次に、サンプルを走査することで得られた第三高調波信号マップを非負最小二乗法(NNLS)³⁾を用いて画像処理を行い、高空間分解能な三次元の磁気ナノ粒子の濃度分布図を作成した。

実験結果

NNLS法を用いて変換した磁気ナノ粒子の空間的な濃度分布図をFig.2に示す。z=15mm、z=-15mmにおいて濃度分布のピーク値が現れていることがわかる。サンプルが存在しない、z=0平面では、濃度分布が0となっている。これらの方法を用いることで、三次元にサンプルの位置を特定することに成功した。

参考文献

- 1) B.Gleich and J. Weizenecker, *Nature*, vol.435, pp.1214-1217.2005
- 2) 吉田、小川、椿、円福：電気学会マグネティクス研究会 MAG-10-163,MBE-10-164,2010
- 3) Jos van Rijssel, Bonny W.M. Kuipers, Ben H. Ern , *J. of Magn. Magn. Mater.* 353 (2014) 110-115

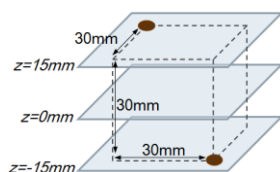


Fig.1 Two Magnetic nanoparticles separated by $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 30$ mm.

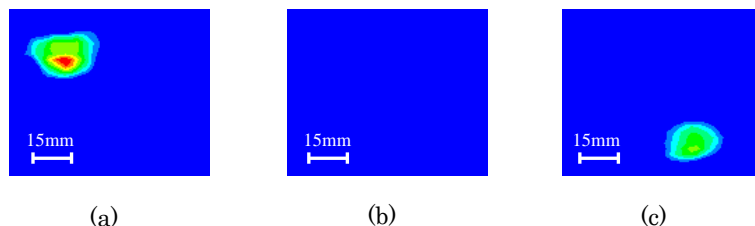


Fig.2 Contour map of the MNP distribution in three dimensions at (a) z = 15 mm plane (b) z = 0 mm plane, and (c) z = -15mm plane.