

18p-D5-4

磁気粒子イメージング用高感度交流磁場計測システムの開発

High-sensitivity ac magnetic field measurement system for MPI

九州大学 圓福研究室 ○宮崎 貴吏、森重 堯文、松尾 政晃、圓福 敬二
 Kyushu Univ., Enpuku Lab., ○Takashi Miyazaki, Takafumi Morishige, Masaaki Matsuo and Keiji Enpuku
 E-mail: t_miyazaki@sc.kyushu-u.ac.jp

1 研究背景

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映像法 (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。今回、この応用のために、冷却コイルを利用した高感度な磁場計測システムを開発し、センサから 50mm 離れた微量なサンプル(Resovist)からの信号磁界マップの取得を目的とした。

2 計測システムの概要

磁気ナノ粒子からの信号測定においては、励起信号の干渉を避けるために、磁気ナノ粒子の非線形特性を利用して第三高調波を測定し、計測システムの高感度化を目指した。

測定では、ヘルムホルツコイルから励起磁界を発生させ、プレート上に置いた磁気ナノ粒子を磁化させ、その磁化信号を検出する。ヘルムホルツコイルは直径 300 mm で、周波数 2.93kHz、10 A の交流電流を流すことで、中心付近で 1.6 mT の均一磁界を発生させた。

検出コイルは、線径 0.02mm の銅線を 540 本撚ったリッツ線を用いて作製した。コイルの平均直径は 27mm、巻数は 200turn であり、液体窒素で冷却することにより、熱雑音電圧を約 1/5 に低減させた。また、検出コイルは励起磁界の影響を受けないようにグラディオメータ化している。さらに、共振回路を利用することで、信号を Q 値 ($Q=115$) 倍に増幅させている。この結果、Fig.1 に示すように、計測システムの感度は測定周波数 (第三高調波) である $f=8.8\text{kHz}$ で、 $11\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ を達成した。

3 実験結果

磁気ナノ粒子のサンプル(Resovist) は x-y-z stage に固定した板の上に置き、x-y 平面をコンピューター制御によって走査させることによって、信号磁界の二次元マップを測定した。

Fig. 2 に $1\mu\text{g}$ の磁気ナノ粒子 (Resovist) を用い、ナノ粒子と検出コイルの距離を $z = 50\text{mm}$ とした場合の信号磁界の二次元マップを示す。同図に示すように、明瞭な磁界マップが得られた。信号対雑音比は $\text{SNR}=4$ であった。

磁気ナノ粒子の量を変化させた場合の信号磁界の強さを Fig.3 に示す。センサ-サンプル間距離は 50mm で測定した。同図に示すように、信号磁界は、サンプルの量に比例して増加していることがわかる。また、検出システムの感度 ($11\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$) とロックインアンプの時定数より算出した雑音磁界も示している。高い SNR で信号検出ができていることがわかる。

4 まとめ

磁気ナノ粒子の高感度な計測システムを開発した。リッツ線を用いた冷却コイルを利用することで Q 値を向上させ、さらに第三高調波を測定することで、システムの高感度化を目指した。その結果、検出深さ 50mm における $1\mu\text{g}$ のサンプル(Resovist)からの信号取得に成功した。

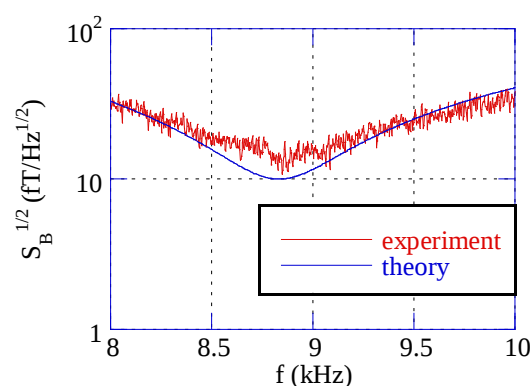


Fig.1. Frequency dependence of the field noise.

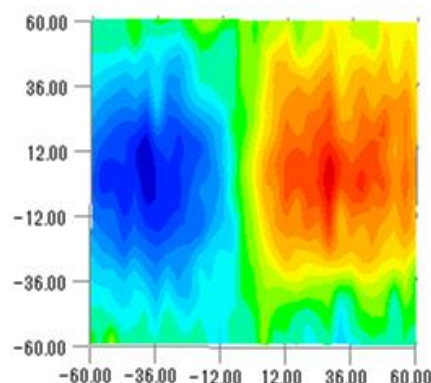
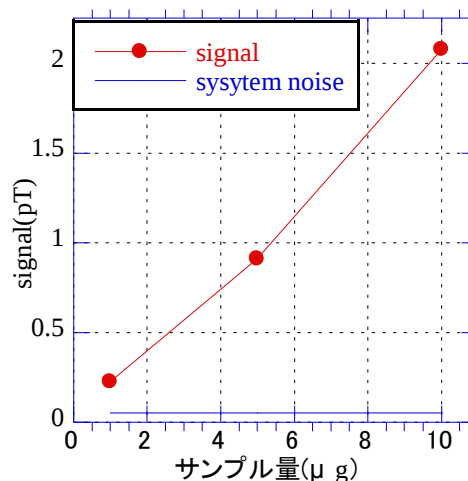
Fig. 2. Contour map of the signal field measured with cooled pickup coil. $1\mu\text{g}$ of magnetic nanoparticles are located at $z = 50\text{mm}$ under the pick up coil.

Fig. 3. Magnetic signal versus weight of nanoparticles.