

## 二次高調波を用いた MPI 技術の基礎的検討

### Basic Study of MPI Technique Using Second Harmonics of Magnetization

豊橋技術科学大学, °村田 隼基, Yi Zhang, 大石 朋弥, 廿日出 好, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol. °H. Murata, Y. Zhang, T. Oishi, Y. Hatsukade, and S. Tanaka

E-mail: h081037@edu.imc.tut.ac.jp

#### 1. はじめに

特殊なコーティングを行った磁気ナノ粒子を体内の腫瘍などの特定部位に固定し、磁化特性を磁気センサで検出することにより、特定部位の位置推定が可能となる。この位置推定を 3D で精密に行うための技術として、近年、MPI が提案されている。従来の MPI では、三次高調波を計測して位置推定を行っているが、三次高調波を得るためには、微粒子の飽和磁化特性によっては、大きな交流磁場を加える必要がある。一方で、適切な DC 磁場と、交流磁場を組み合わせることで、二次高調波を得ることができる。この場合、交流磁場が小さくてもよいため、比較的弱い電力で MPI が実現できる。そこで、本研究では、二次高調波を利用する新しい MPI 技術の検討を目的とし、試験装置を構築して、上記の原理の実証実験を行った。

#### 2. 実験装置

磁気ナノ粒子には、70  $\mu\text{L}$  の、鉄 0.78  $\mu\text{g}$  に相当するフェルモキシデスを含むフェリデックスを用いた。磁気ナノ粒子からの磁化応答を得るために試作した試験装置を Fig.1 に示す。試験装置は、磁気ナノ粒子からの磁化応答を得るための差動型検出コイル、交流磁場を印加する AC コイル、DC 磁場を印加する DC コイルからなる。印加する交流磁場の周波数は 20.02 kHz として、交流磁場の振幅を変化させた場合の、二次と三次の高調波の大きさを計測した。

#### 3. 二次高調波と三次高調波の比較結果

実験によって得られた磁化応答を Fig.2 に示

す。交流磁場のみを印加した場合、8 mT<sub>p-p</sub> 以上でなければ、三次高調波は計測できなかった。一方で、飽和磁化である 6.89 mT 付近の適切な DC 磁場を印加した場合、2 mT<sub>p-p</sub> 程度の小さな交流磁場でも二次高調波を計測できた。さらに、二次高調波は三次高調波に比べ、交流磁場の振幅に関わらず、常に大きい結果となった。今後は、高感度化のために SQUID を検出器として使用することを検討する。

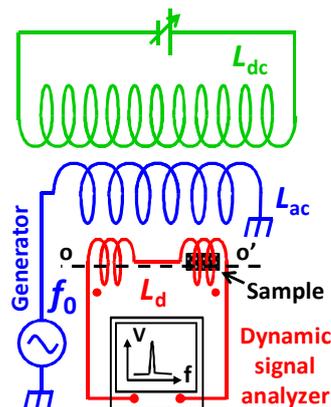


Fig.1 Schematic of the equipment

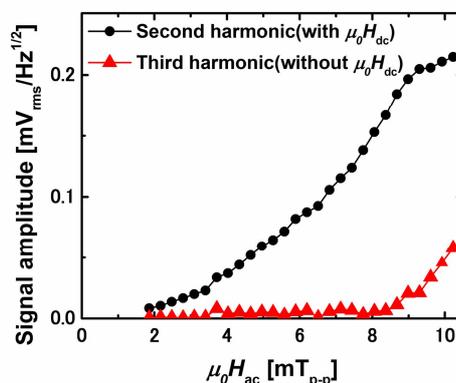


Fig.2 Magnetic harmonics on varying  $\mu_0 H_{ac}$

#### 4. まとめ

以上より、DC 磁場と交流磁場を組み合わせた二次高調波の計測の方法の有効性を示した。