

LC 共振器と HTS-SQUID を用いた超低磁場 MRI 装置の研究

Study of Ultra-low field MRI System using HTS-SQUID with a LC Resonator

豊橋技科大, °山本 将彰, 豊田 裕智, 川越 聡, 八田 純一, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol., °M. Yamamoto, H. Toyota, S. Kawagoe, J. Hatta, S. Tanaka

E-mail: m113835@edu.imc.tut.ac.jp

1. はじめに

我々は、HTS-SQUID を用いた超低磁場 MRI 技術の食品検査応用を検討している。MRI の利点としてプロトンを含む虫や髪の毛などの異物に加え、食品中のプロトン分布からプロトンを含まない金属やガラスなども検出できることが挙げられる。超低磁場ではラーモア周波数が低下するため、周波数に依存しない磁気センサである HTS-SQUID を用いて計測を行うが、一方で HTS-SQUID ではサンプルの大きさに合わせて、計測範囲を拡大することが難しい。そこで、HTS-SQUID の周りに液体窒素温度に冷却した LC 共振器のコイルを設置し、コイルで信号を検出することで、計測範囲を大きくすることを検討している。今回、これまで開発してきた超低磁場 MRI 装置に LC 共振器を組み合わせ 2D-MRI 計測を行った。

2. 実験方法

サンプルとして、円筒状の容器 ($\Phi 35 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$) に 7.7 ml の市水を入れたものを用意した。Fig.1 に使用した 2D-MRI シーケンスを示す。磁気シールドルーム外に設置した 1.1 T の永久磁石を用いて分極したサンプルを、44.4 μT の静磁場 B_m が印加されている SQUID 直下に約 0.7 s で移動させた。サンプル移動後、27.7 nT/mm (1.19 Hz/mm) の傾斜磁場下で、AC パルス磁場コイルにより $\pi/2$ パルスを印加し、500 ms 後に π パルスを印加した。エコー信号は SQUID 周りに取り付けられた LC 共振器のコイルで取得し、磁氣的に結合している HTS-SQUID で計測した。この LC 共振器は 22.9 mH、内径 $\Phi 40 \text{ mm}$ のコイルと共振周波数 1890 Hz に合わせたコンデンサによって構成されている。計測した SQUID 出力はシーケンスの制御や画像化を行う MRI スペクトロメータの「Kea2」でサンプリングした。これを傾斜磁場の角度を変えてラジアルスキャンし、得られたデータを

Filtered back projection 法によって再構成し、2D-MRI とした。この 2D-MRI の画像分解能は 1.65 mm/pixel であった。

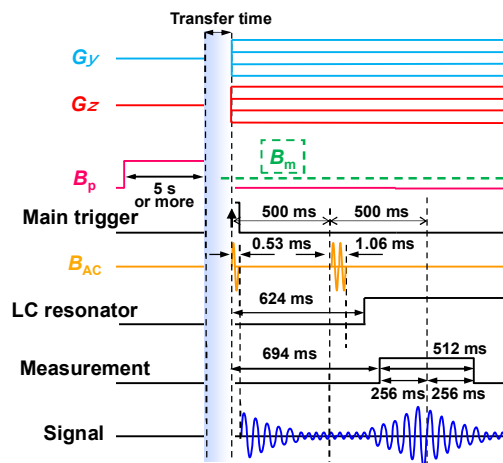


Fig.1 Pulse sequence for 2D-MRI

3. 実験結果

SQUID に LC 共振器を組み合わせ水サンプルの 2D-MRI 測定を行った。Fig.2 に水サンプルの写真と測定結果を示す。

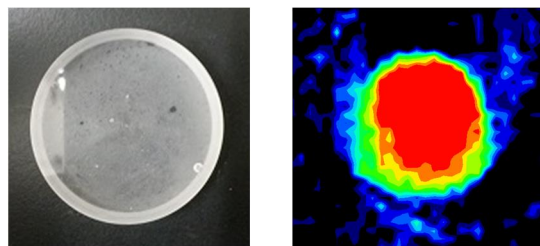


Fig.2 2D-MRI with LC resonator

4. まとめ

これまで開発してきた超低磁場 MRI 装置に LC 共振器を組み合わせ 2D-MRI 計測を行った。その結果、SQUID 単体で計測した 2D-MRI と比べ、計測範囲、SN 比を大きくすることができた。このことから LC 共振器による、超低磁場 MRI 装置の高分解能化、計測範囲の拡大を示すことができた。

本研究は、愛知県プロジェクト「知の拠点あいち」重点研究プロジェクト「食の安心・安全技術開発プロジェクト」において実施した。