

「食の安心・安全技術開発プロジェクトP2公開セミナー2013」

平成25年5月13日(月)13:00—16:30

⑫

MRI(磁気共鳴画像):

小型化で見えてきた食品の異物検出への展開

- 豊橋技術科学大学 研究員 八田純一
- 豊橋技術科学大学 教授 田中三郎
- 豊橋技術科学大学 准教授 廿日出好
- 豊橋技術科学大学 研究員 大谷剛義
- 名古屋工業大学 准教授 吉野明広
- 愛知県がんセンター 科長 松島秀

所属グループ:2

「食品等の固形異物を検出できる高度な計測デバイスの開発」

グループリーダー:福田光男

所属サブテーマ:1

「SQUIDおよび小型低磁場MRIを用いた異物検出装置開発」

サブテーマリーダー:廿日出 好

MRI(磁気共鳴画像):食品検査への応用

- ✓ MRI(磁気共鳴画像)は、体内の**プロトン¹H**の磁気共鳴信号から人体の輪切り像を作る技術
- ✓ 高解像度を得るため、3T(テスラ)の高磁場を使用
- ✓ チョコレート内の異物などの**検出、判別**が可能

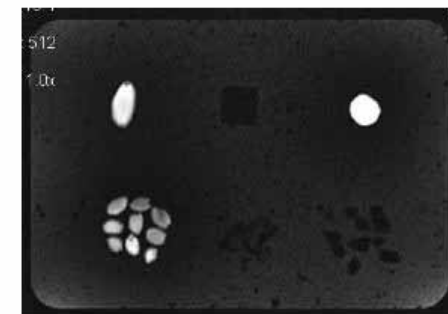


従来MRIによる食品のMRI撮影結果

T2強調画像



Out phase T1強調画像



上段左から【アーモンド】 【クッキー】 【マカダミア】

下段左から【ピーナッツ】 【乾燥苺】 【ココアクッキー】

超電導磁石を用いた従来MRI

従来MRIのメリット

- 超伝導磁石による強力な磁場を使用 → 高い空間分解能を誇る
- 長年の研究・開発 → 強力な画像化ツール、およそ完成された技術

デメリット

- 大型な装置、高いコスト → 食品応用は原理的に可能、**実用上は？**

SQUIDを用いた超低磁場MRI

超低磁場NMR/MRIのメリット

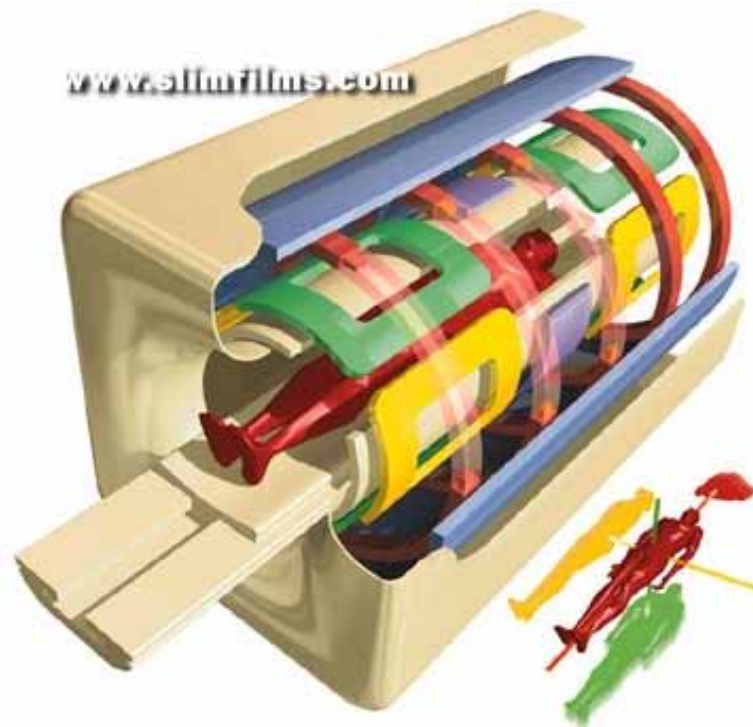
- 超伝導磁石が不要、磁気遮蔽が容易、液体窒素 → オープン、**低コスト**
- 金属があってもよい、低消費電力で実現 → **実用的**

デメリット

- 信号が低周波数、微弱(**6桁**) → **低周波帯で超高感度なSQUIDで対応**

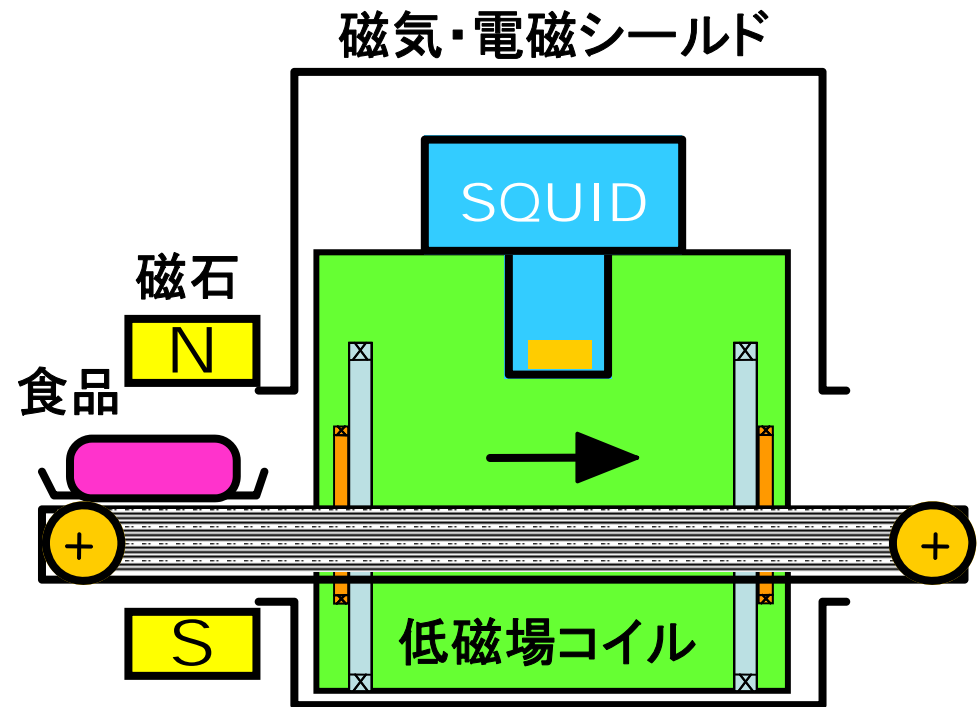
食品検査への実用化の課題

従来MRI



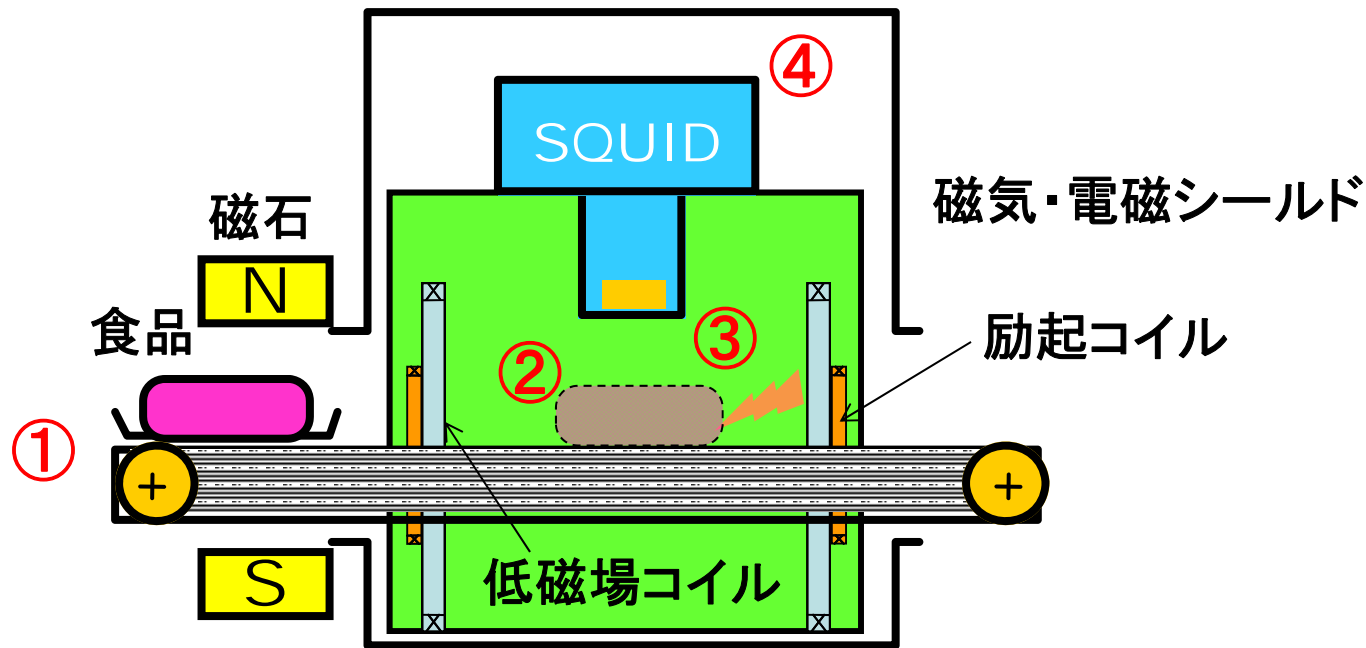
- 超伝導磁石の磁場中に人体を配置
- 高磁場を常に印加 → 高磁場中では動作しないSQUIDへの適用は困難

食品用超低磁場MRI(提案)

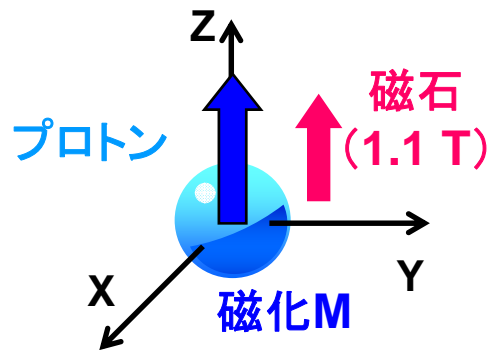


- 離れた磁石でプロトンを磁化
- コンベアなどで対象を移動
- 低磁場中で、SQUIDによる信号読出
- 検出対象は金属、虫、樹脂など

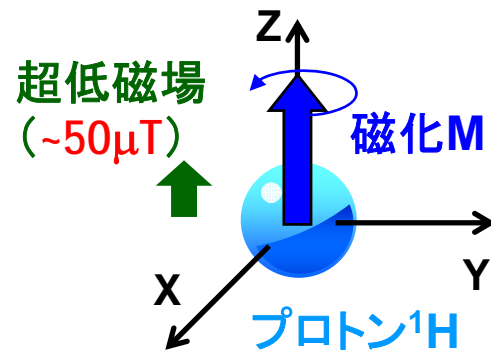
超低磁場NMRの原理(移動式)



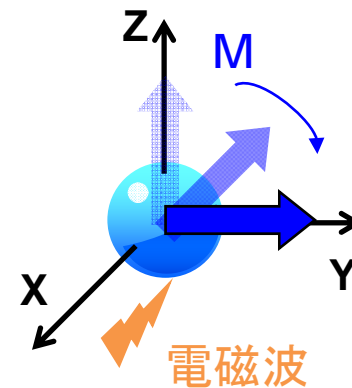
① 磁石でプロトンを磁化



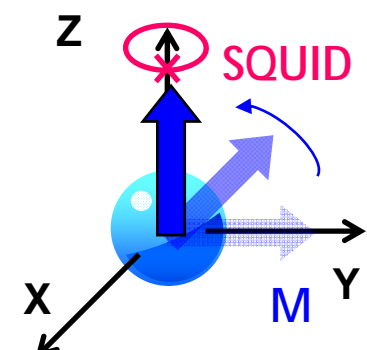
② 超低磁場中でプロトンは低速歳差運動



③ 磁化Mを電磁波で励起

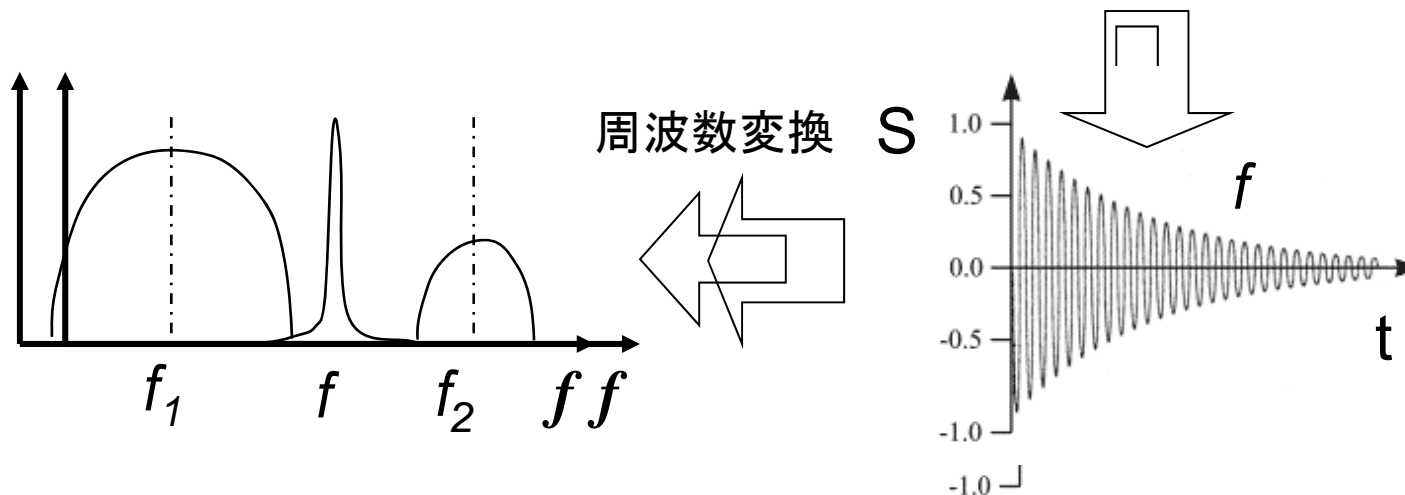
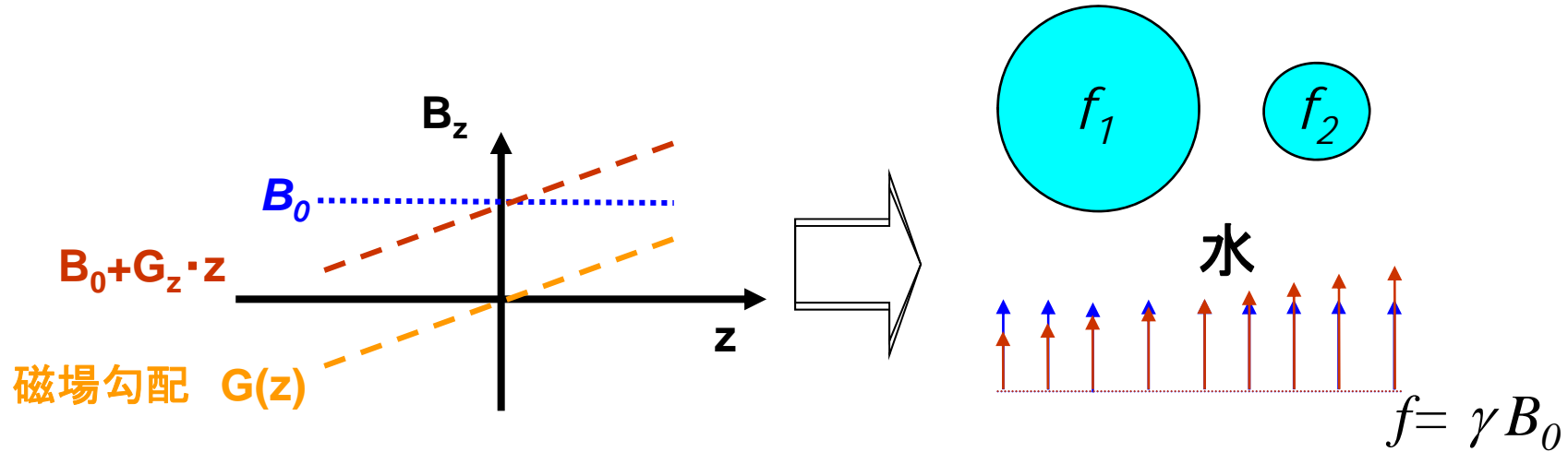


④ 放出されるNMR信号をSQUIDで読出



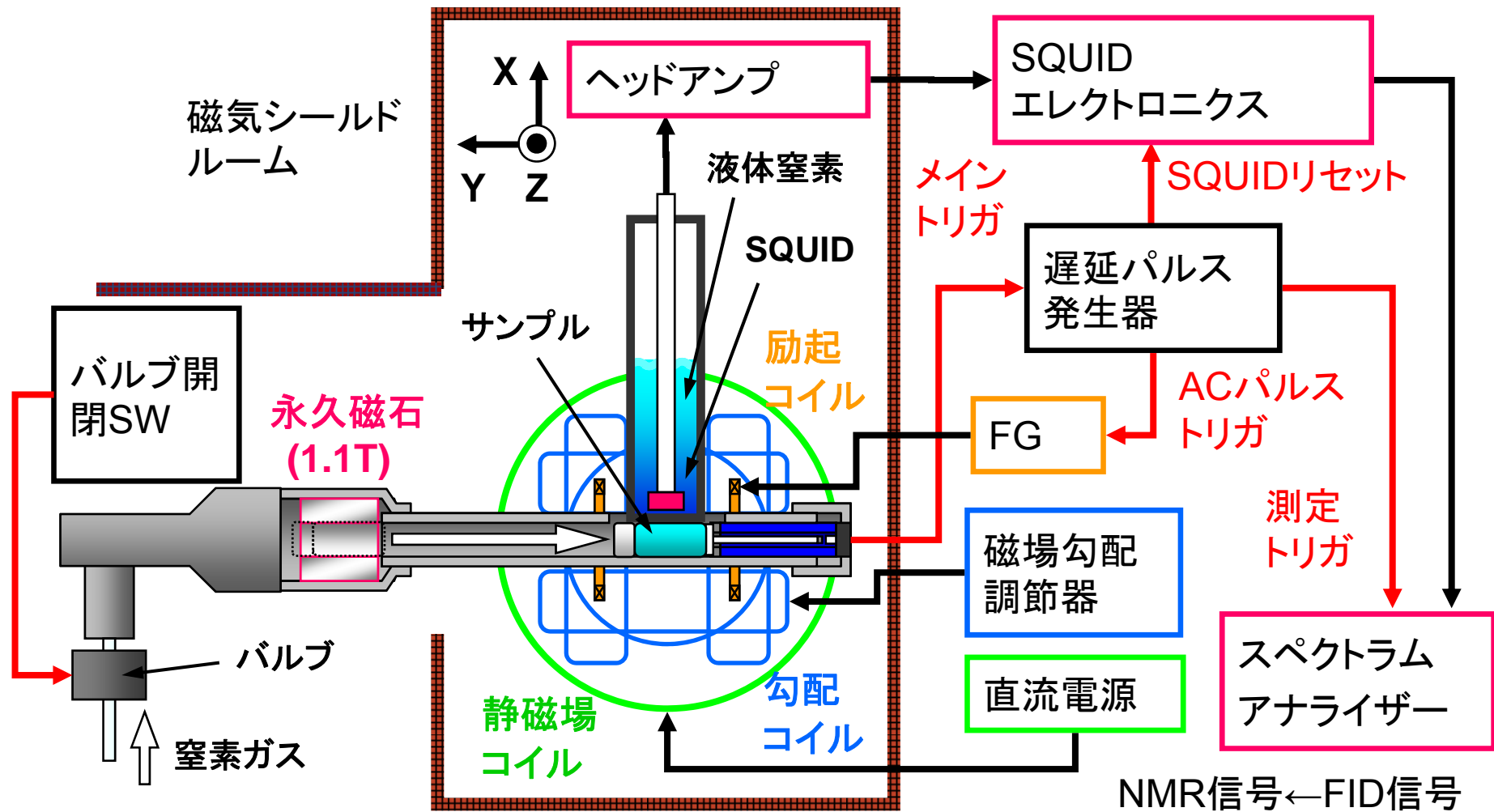
MRIの原理

一様な静磁場 B_0 中では、全プロトンの回転周波数は同じ $f = \gamma B_0$

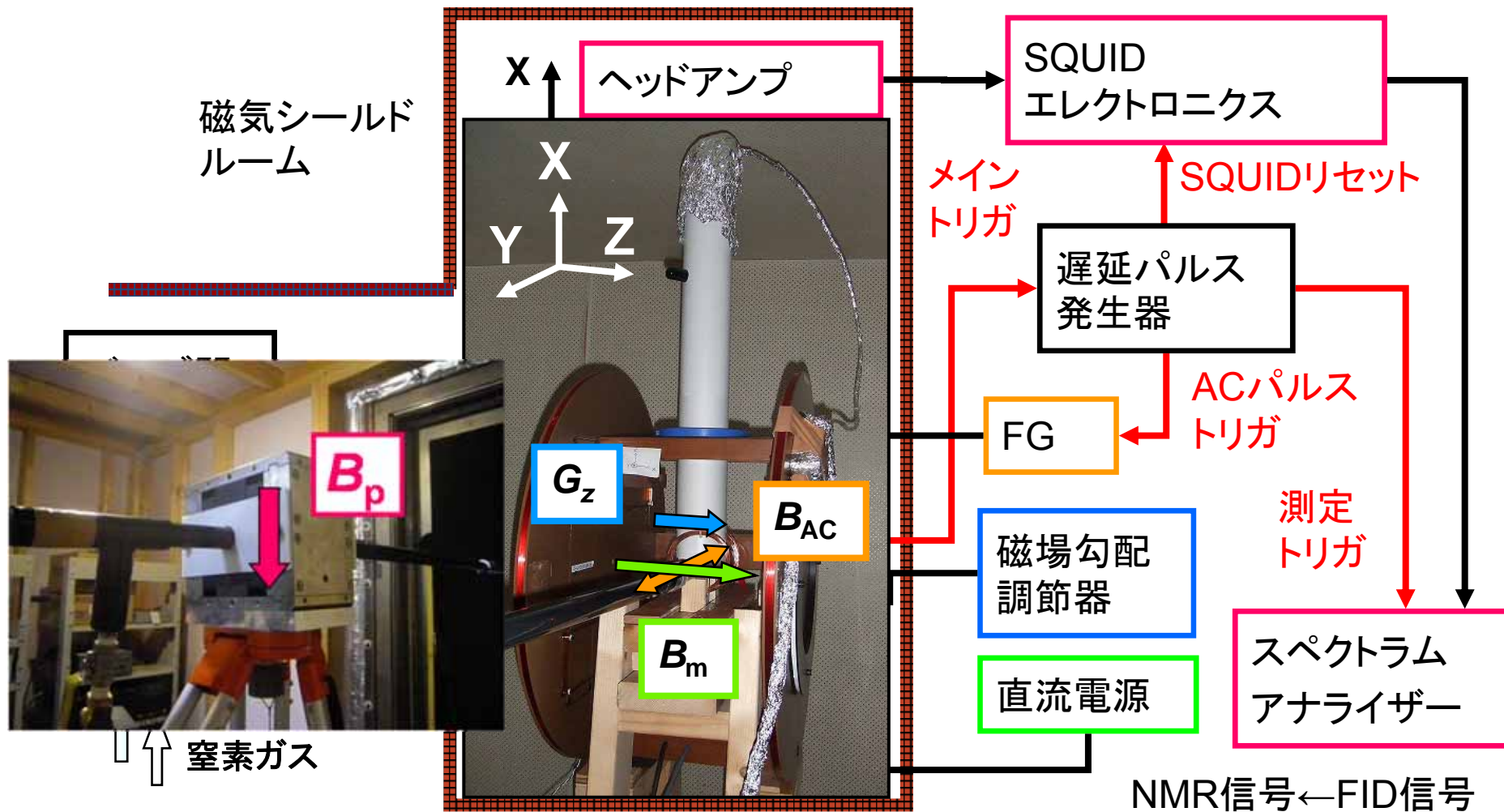


勾配磁場を加えると、プロトンの分布が画像化される

移動式超低磁場MRIプロトタイプ装置の開発

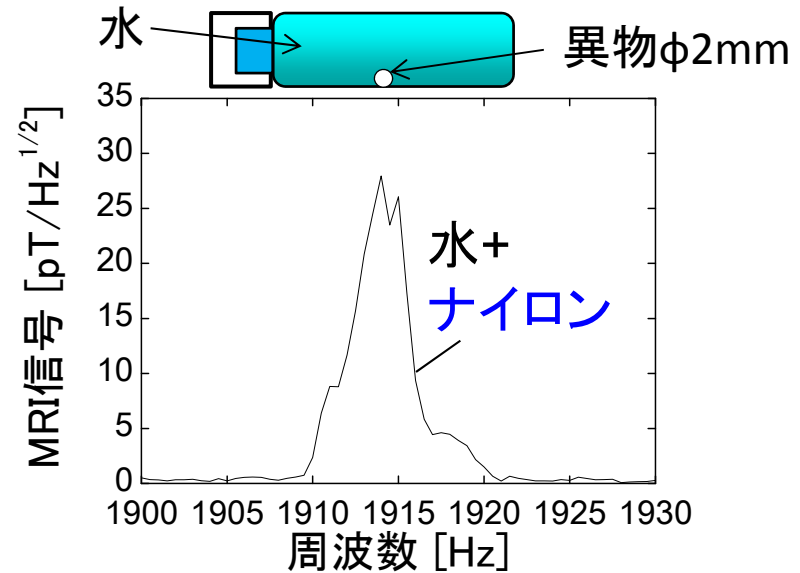
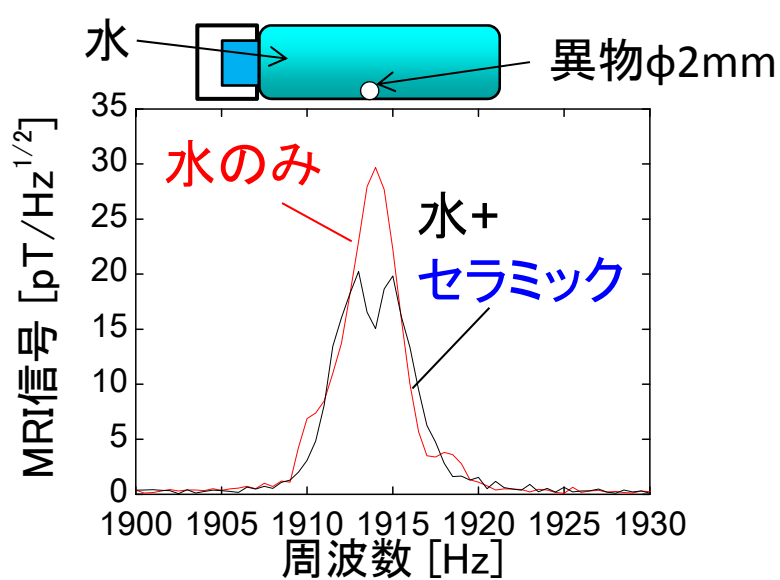


移動式超低磁場MRIプロトタイプ装置の開発

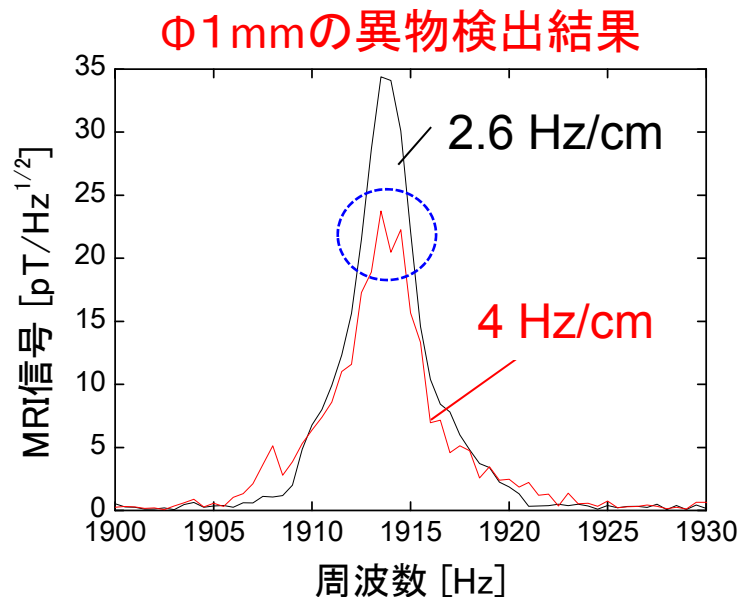


小型で強力な永久磁石(1.1T)の導入により、超低磁場NMR/MRIが実現

非磁性、非金属を入れたサンプルの1D-MRI



非磁性、非金属の異物も検出可能

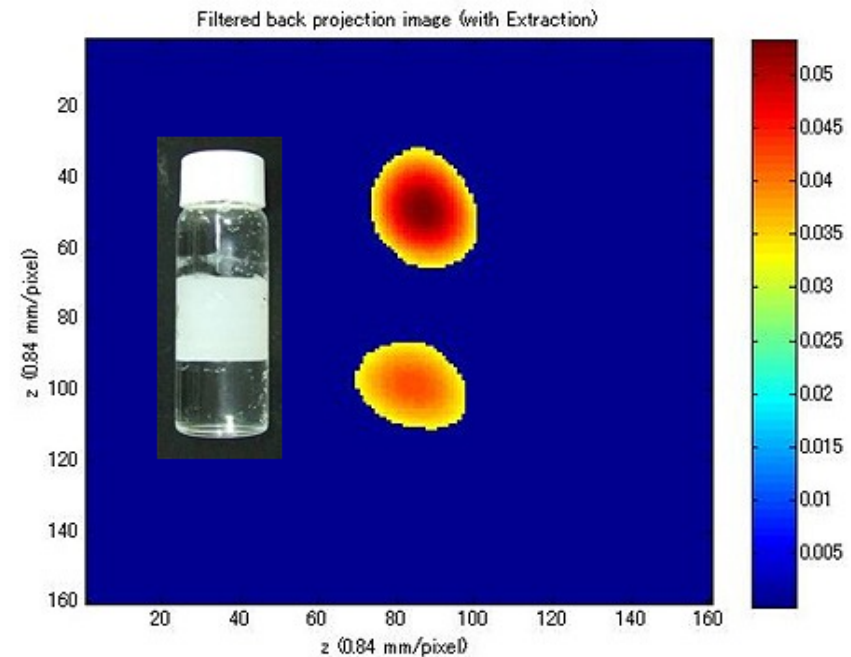
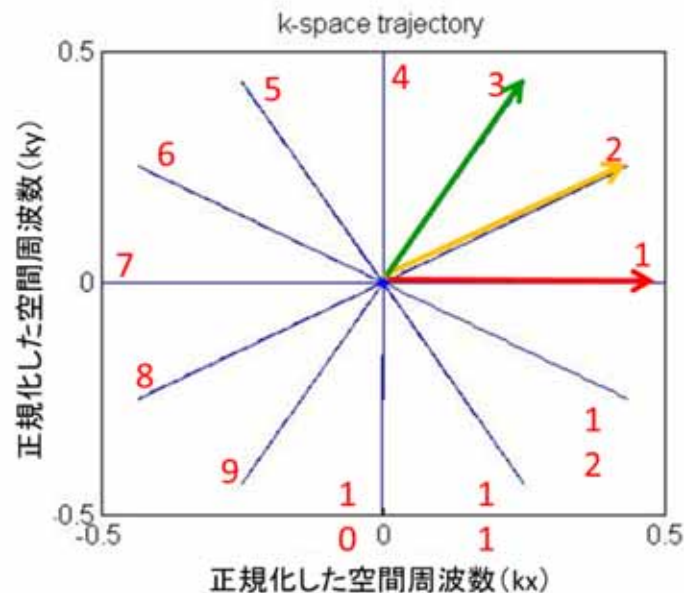


現状での分解能限界: φ1mmの異物 (アルミ球)を検出可能
→磁場勾配の増大により空間分解能を改善できる

二次元MRIへの展開

Filtered Back Projection (フィルタ補正逆投映法)を適用した水の二次元MRI画像の再構成

2方向の磁場勾配 G_y と G_x を 30° ずつ回転させながらMRI信号を計測、二次元k空間の信号をフーリエ変換で画像化

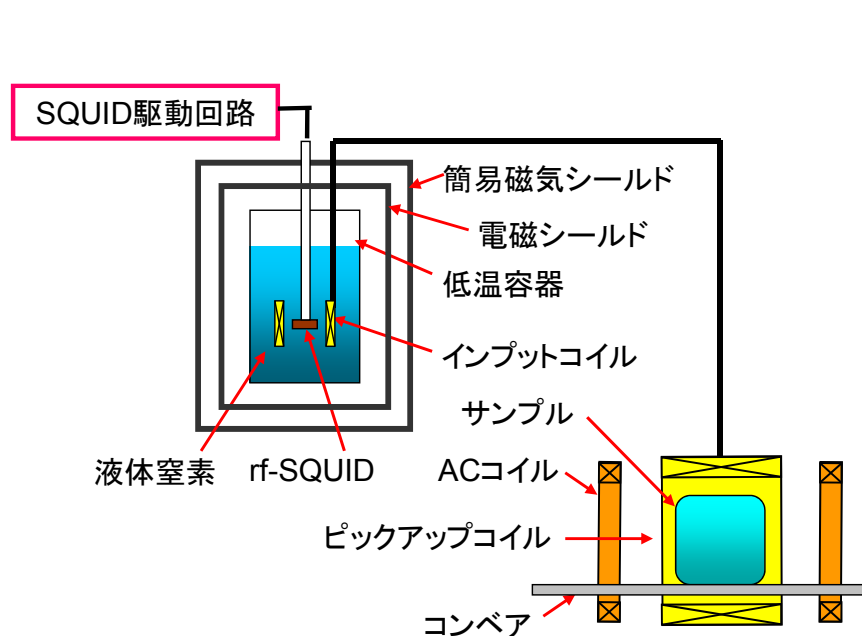


磁場勾配強度に制限があるため (SQUID固有の問題)、歪は生じているが、水の二次元MRIの撮影に成功

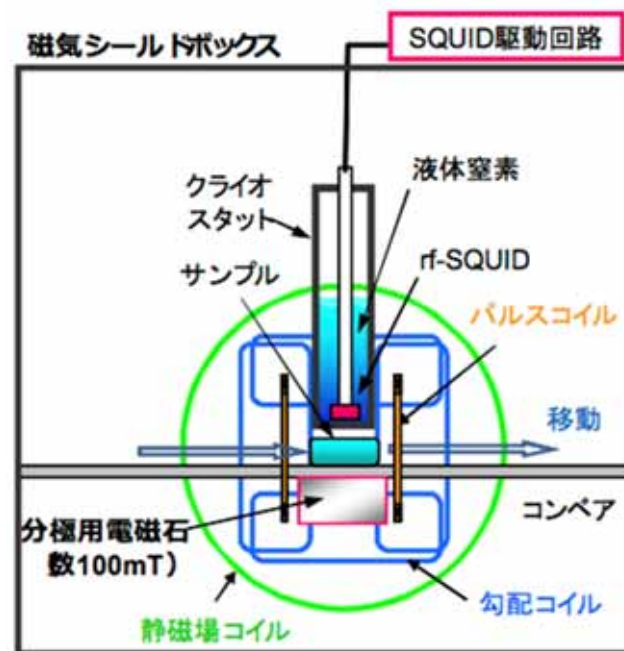
→ 自動化 (加算含む)、高分解能化が課題

H25年度の課題

- ◆ 二次元MRIの分解能を高めるため、信号雑音比(S/N)を増大して、強い勾配磁場を印加する計測を可能にする。SQUID単体での感度改善が困難な場合、**磁束トランス方式**を導入し、高感度化と測定範囲拡大を図る(図a)
- ◆ 脂肪など緩和時間が短い物質のMRI撮影に対応するため、強いパルス磁場を発生させて分極し直後に計測する、**電磁石による分極方式**を導入する。そのための小型電磁石と撮影シーケンスを開発する(図b)
- ◆ 低コスト化を考慮し、静磁場を現状の $50\mu\text{T}$ から 2mT に増加させ、**磁気シールド**でのMRI撮影を検討、プロトタイプ装置を実用に近づける。



(a) 磁束トランス方式の概略図



(b) 電磁石による分極方式の概略図