

# 高空間分解能・高時間分解能・磁気力顕微鏡の開発と先端磁性材料・磁気デバイスへの適用



齊藤 準

Hitoshi Saito

教授 博士(工学)

理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻 電気電子工学コース

## 研究キーワード

高空間分解能・磁場イメージング、高周波磁場イメージング、3次元磁場イメージング、高空間分解能探針、GHz磁場検出探針

## 研究概要

先端磁性材料・磁気デバイスの進展に伴い、磁気イメージング分野では、空間分解能、時間分解能の向上が強く求められています。磁気イメージングは、磁性体試料から発生する磁場を検出する手法と、磁性体の磁化と電子線や電磁波等との相互作用を検出する手法に大別できます。本稿の磁気力顕微鏡(MFM; Magnetic Force Microscopy)は前者に属し、数10nmの空間分解能で磁場勾配を検出できるので、研究開発の現場で広く用いられています。

MFMの大幅な空間分解能の向上には試料表面近傍での磁気力検出が有効ですが、これまで困難とされてきました。本研究では、この試料表面近傍での磁気力検出を、独自の手法により実現することで、直流磁場勾配および交流磁場勾配に係わる空間分解能を、世界最高水準の5nm以下まで高めた交番磁気力顕微鏡(A-MFM; Alternating Magnetic Force Microscopy)を開発しました。(JST先端計測事業、他の支援による)

A-MFMは大気中・室温環境で使用でき、観察試料の前処理は特に必要ありません。本研究では、産業界からの様々なニーズに応えるために、観察対象に合わせて同時に開発した各種の磁気力顕微鏡探針を使用することで、これまでに、高密度磁気記録媒体では磁化遷移領域の3nm分解能観察、磁気記録ヘッドでは動作周波数1GHz以上での高周波磁場観察、永久磁石では、直流磁場勾配の3次元計測や、磁気特性劣化が少ないとされる粒界破断面での磁区観察を実現しています。

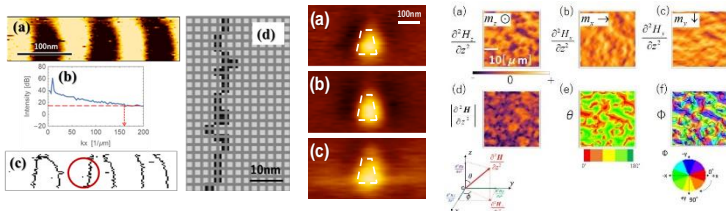
現在はA-MFMを用いて、MFM分野で未達の、数10 GHz帯の時間分解能の実現や、検出量を従来の磁場勾配ではなく、解釈が容易な磁場に変化した3次元磁場イメージングの実現に向けた研究を進めています。磁気イメージングにおいて、優れた特長をもつA-MFMは、先端磁性材料・磁気デバイスの微細磁化状態評価の一翼を担えるものと考えています。

### 【関連する特許】

1. “表面状態計測装置及び該装置を用いた表面状態計測方法”、日本国特許5424404号、米国特許US 8,490,209
2. “磁場観察装置及び磁場観察方法”、日本国特許4769918号、米国特許US 8,621,658

### 本手法の特長と他の手法との比較

	A-MFM (本手法)	他の手法との比較
検出対象 (検出量)	磁場 (直流磁場勾配、交流磁場勾配)	磁性体の磁化 分解能に優れた下記の手法有り。
空間分解能	5 nm以下 (磁場の検出では、世界最高水準)	5 nm以下(スピンSEM) 10 nm以下(XMCD顕微鏡)
時間分解能	DC~数 GHz	DC~数 10 GHz(磁気光学顕微鏡、XMCD顕微鏡)



左図 磁気記録媒体の磁化遷移領域のジグザグ構造の直流磁場観察  
 中図 磁気記録ヘッドの高周波磁場観察 (上より 100 kHz, 10 MHz, 1 GHz)  
 右図 永久磁石の磁場勾配の3次元計測

## 予想される応用例

- ・磁性材料、磁気センサー、磁気デバイス産業に資する、高空間分解能・高時間分解能な磁気イメージングが可能です。
- ・磁化に関する情報(電子線や光等を利用する手法による)と相補的な磁場に関する情報が得られます。

## 産業界へのアピールポイント

- ・ご使用の汎用MFMに、追加で簡単に導入できます。
- ・観察試料に合わせた各種の磁性探針も供給可能です。
- ・実験室規模の装置でありながら、高い空間分解能・時間分解能が得られます。
- ・磁気イメージングに関するニーズをお寄せください。

