

## 中空クライオスタットを用いた SQUID 顕微鏡の開発

## Development of a SQUID microscope with a hollow cryostat

金沢工大電子研<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, (株)フジヒラ<sup>3</sup>, <sup>○</sup>河合 淳<sup>1</sup>, 小田啓邦<sup>2</sup>, 藤平潤一<sup>3</sup>, 河端美樹<sup>1</sup>, 宮本政和<sup>1</sup>, 尾形久直<sup>1</sup>AEL-KIT<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, Fujihira Co., Ltd.<sup>3</sup>, <sup>○</sup>Jun Kawai<sup>1</sup>, Hirokuni Oda<sup>2</sup>, Junichi Fujihira<sup>3</sup>,Miki Kawabata<sup>1</sup>, Masakazu Miyamoto<sup>1</sup>, and Hisanao Ogata<sup>1</sup>

E-mail: j-kawai@neptune.kanazawa-it.ac.jp

高い空間分解能で微小な磁気マッピングを行うことができる SQUID 顕微鏡は、電子回路の配線不良検査やマウスの心磁計測など様々な分野で応用されている [1, 2]。現在我々は、岩石サンプルの微細な磁気イメージング [3, 4] を目的として走査型 SQUID 顕微鏡の開発を行っているが、断熱層の距離 (リフトオフ) を調整し易い手法として、中空構造のクライオスタットを用いた SQUID 顕微鏡を開発したのでその基本特性を報告する。

Fig. 1 に開発した SQUID 顕微鏡の外観を示す。直径は 370mm, 高さは約 900mm である。装置は液体ヘリウムリザーバ, 真空断熱層に配置された伝導冷却機構および SQUID の位置調整機構, サファイア窓から構成される。液体ヘリウムリザーバ中央部分は中空構造を成しており, その部分にマイクロメータを取付けたシャフトが貫通している。シャフトはフレクチャー機構を経て伝導冷却用の銅ブロックに接続され, 銅ブロックにはサファイアロッドが取り付けられている。サファイアロッドの先端直径は 2mmφ で, この表面に 1mm□ の SQUID チップが実装され, 電気的接続はサファイアロッドにメタライズされた配線および高抵抗ケーブル, 高周波フィルタを通じて室温側に引き出される。SQUID は 200 μm□ のワッシャタイプの Nb 系マグネトメータで, 磁場の垂直成分 (Bz) を検出するように実装されている。室温側でサンプルに接触させるサファイア窓は直径 3mmφ, 厚さは 40 μm である。リフトオフの粗調はサファイア窓が取付けられたペローズの伸縮によって行



Fig. 1 An overview of the SQUID microscope.

われ, さらにマイクロメータを回すことで微調整することができる。液体ヘリウムリザーバの容量は約 10L で, 保持時間は約 72 時間と長時間のスキャン計測が行える低い蒸発量を実現した。

SQUID を冷却し, 直接読み出し方式の FLL で動作させた際のシステムノイズは Fig. 2 に示すように 1.7pT/√Hz@100Hz であった。リフトオフは, 線径 25 μm のアルミ線を用いた直線電流が作る磁場をスキャン計測し, 計算結果と比較することで見積もった。現在のところリフトオフは約 800 μm まで調整できているが, 最終的には 200 μm 以下の実現を予定している。

今後は本システムを非磁性 XY ステージおよび磁気シールドと組み合わせ, マンガンクラストや隕石等の岩石サンプルの磁気イメージングを行う計画である。

## 謝辞

本研究は科学研究費・基盤研究 A「SQUID 顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓」(246541660) の支援を受けて行われた。

- [1] S. Chatraphorn et al., *Appl. Phys. Lett.*, **76**, No. 16, 2304-2306 (2000).
- [2] Y. Ono et al., *Appl. Phys. Lett.*, **85**, No. 2, 332-334 (2004).
- [3] F. Baudenbacher et al., *Appl. Phys. Lett.*, **82**, No. 20, 3487-3489 (2003).
- [4] Oda, H. et al., *Geology*, **39**, 227-230 (2011).

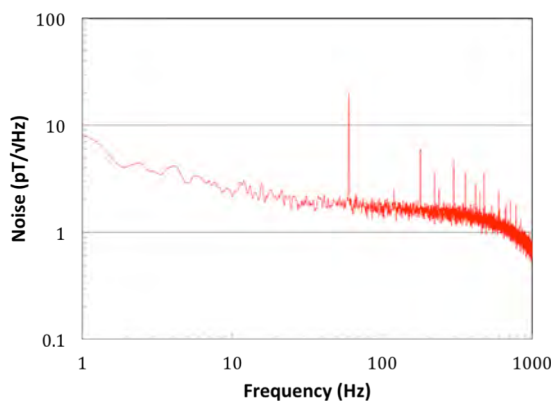


Fig. 2 Magnetic noise of the SQUID microscope.