

地磁気計測 SQUID 磁力計のシステムノイズの改善と観測結果

Improvement of system noise in SQUID magnetometer system for geomagnetic measurement and observation results

金沢工大電子研,[○]河合 淳, 宮本政和, 河端美樹, 春田康博, 上原 弦

KIT-AEL¹,[○] Jun Kawai, Masakazu Miyamoto, Miki Kawabata, Yasuhiro Haruta, and Gen Uehara

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

我々は、100Hz 以下の周波領域における地磁気変動を高感度に観測するための SQUID 磁力計の開発と検証を行っている。これまでの野外観測試験では、0.5～30Hz の帯域で $1\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下のレベルである Schumann 共鳴 (SR) および電離層 Alfvén 共鳴 (IAR) の検出に成功している[1-2]。また前回の発表では、SQUID センサの改良と SQUID センサの周りに施した電磁シールドの熱雑音と遮蔽効果による周波数帯域の検討についても報告した[2]。今回その結果をもとに、システムノイズと周波数帯域を改善し、再び観測試験を行ったので報告する。

図 1 に改善後のシステムノイズ (黒色) を示した。計測は SQUID センサを超伝導シールド中に置いて行った。1Hz 以上の帯域において従来のシステムノイズの約 1/10 の $0.02\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ を実現した。また周波数帯域も、データロガーのアンチエイリアジングフィタで制限されている 80Hz 以上を確保した。30Hz 付近のノイズはケーブル経由で回り込んだ実験室由来の電磁ノイズである。

このシステムを用いて観測した地磁気信号 3 成分のスペクトル (南北が赤, 東西が青, 鉛直方向が緑色) を図 1 に重ねて表示した。実験場所は以前と同じ白山市白峰地区で、2016 年 10 月 1 日 16:00～17:00 (UT) の観測結果を FFT したものである。以前はシステムノイズで制限されていた Z 成分についても SR を確認することができた。SR の Z 成分は、南北、東西成分に比べ理論上小さいことを裏付けている結果と言える。一方で、鉛直成分のバックグラウンド信号レベルも東西、南北成分のそれに比べ約一桁小さく観測された。この理由はまだ定かではないが、大地に誘導される渦電流の効果が考えられる。尚、3 軸に構成された各 SQUID センサ間のクロストークは 100Hz 以下で -70dB 以下であることを確認している。また、東西、南北成分に関しては、周波数帯域が延びたことで SR の 8 次成分まで検出することができた。Z 成分の 10～12Hz にはデュワの固有振動と思われるノイズがあり今後の対策課題ではあるが、今回改良したシステムを用いて地磁気の 3 成分について十分信頼性のある高感度計測が可能であることが確認された。

今後は、1Hz 以下の低周波の特性についても詳細な検討を行いながら、より長期間の継続観測を続ける予定である。

謝辞

地磁気変動に関して助言を戴いた京都大学地磁気世界資料解析センターの能勢正仁先生に、また観測実験の場所をご提供頂いた白山市および白山高山植物研究会に感謝致します。

[1] 河合 淳 他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 14p-4A-5(2015)

[2] 河合 淳 他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 14p-D61-8(2016)

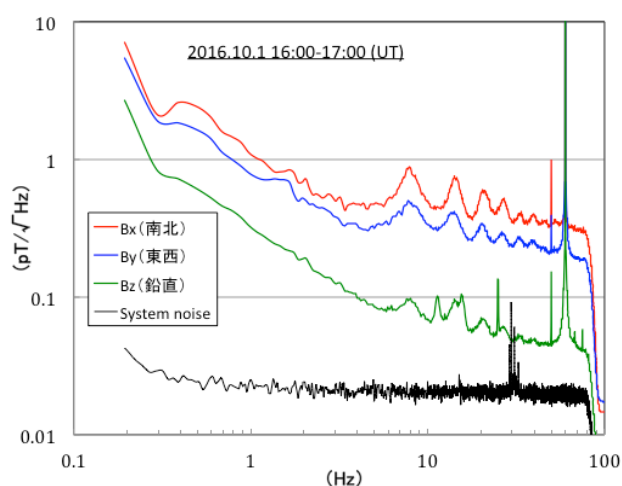


Fig. 1 System noise (black), and the spectra of the geomagnetic signals measured at Shiramine, Hakusan. The red, blue and green lines are the north-south (Bx), east-west (By), and vertical (Bz) components, respectively.