

神経磁場計測システム

SQUID system for magnetoneurography

金沢工大¹, [○]足立善昭¹

Kanazawa Inst. Tech.¹, [○]Yoshiaki Adachi¹

E-mail: adachi.y@gmail.com

脊髄・脊髄神経および末梢神経の機能診断を非侵襲的に行うために、神経磁場計測システムの開発を進めている。多数の超電導量子干渉素子(SQUID)磁束計で構成した磁場センサアレイで、生体内の神経や筋肉などの電氣的活動に起因する微弱な磁場の変化を体表面にて観測する。得られた磁場分布に対して、適当な磁場源解析法を適用すれば、生体内の機能情報を電流分布の変化として推定することができる。

神経磁場計測システムの最新の試作機では、188 mm×150 mm の領域の 44 箇所 SQUID 磁束計を配置したセンサアレイを搭載している。脊髄や末梢神経の狭い観測領域からできるだけ多くの磁場情報を得るために、磁場の直交する 3 成分を独立して検出できるベクトル型 SQUID 磁束計を適用している。これにより、体表面に対して法線方向と接線方向の成分を同時に観測できる。駆動回路を含む SQUID 磁束計の磁場分解能は $2 \text{ fT/Hz}^{0.5}$ 以下である。Fig. 1 に示すように、センサを冷やす極低温容器は垂直に立った円筒形液体ヘリウム貯留部の側面から水平に突起がある特殊な形状をしており、センサアレイは突起部の上面に沿って上向きに実装されている。この構造により、センサ部に体幹や四肢などを自由に密着させることができ、簡単に身体の任意の部位の磁場計測が可能である。また、in-situ で測定姿勢でのレントゲン撮像を行い、磁場源解析の補助情報を得たり、解析結果を解剖学的な画像情報に重畳させて表示したりできるようになっている。

パルスチューブ冷凍機と超高効率トランスファチューブにより、極低温容器から蒸発したヘリウムガスを再凝縮して再び極低温容器へ戻すクローズドサイクルのヘリウム再凝縮システムを搭載している。これにより、ほぼ 100%の液体ヘリウムリサイクルを実現し、1 年以上、液体ヘリウムの注液なしでシステムを運用することが可能で、運用コストを激減させることができた。

開発した神経磁場計測システムは、現在、国内 2 箇所の大学病院に設置され、継続的に臨床応用開拓が進められている。脊椎脊髄変性疾患などの神経疾患の機能的診断への医師らの期待が高く、早期の製品化が望まれている。

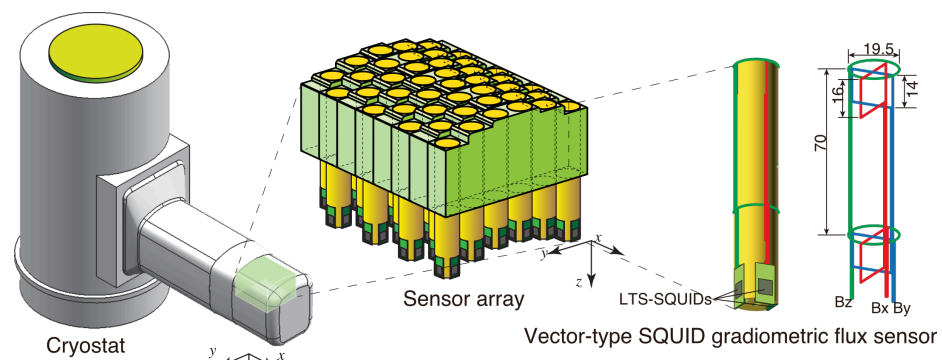


Fig. 1 Appearance of cryostat, sensor array, and vector-type SQUID gradiometric flux sensor. (excerpt from Y. Adachi *et al.*, *IEEE TAS*, 2021, vol. 31, 1600405)