

SQUID 磁気神経イメージング装置の開発

Development of a SQUID magnetoneurograph system

○足立善昭¹, 川端茂徳² (1. 金沢工大, 2. 東京医歯大)

○Yoshiaki Adachi¹, Shigenori Kawabata² (1.Kanazawa Inst. Tech., 2.Tokyo Medical Dental Univ.)

E-mail: adachi.y@gmail.com

われわれは、脊髄・脊髄神経および末梢神経の機能的イメージングを非侵襲的に行うために、超伝導量子干渉素子(SQUID)磁束計を適用した生体磁気計測システムの開発を進めている。生体磁気計測は生体内の神経や筋肉などの電氣的活動に伴って発生する微弱な磁場を、体表面上の複数点に配置した高感度な磁束センサで検知するものである。計測した磁場分布に対して適切な磁場源解析法を適用することによって、もとの電氣的活動、すなわち生体内の機能情報が非侵襲的に得られる。脳や心臓の活動を生体磁場計測で観測する脳磁計や心磁計はすでに製品化され、医療機器として脳疾患や心臓疾患の診断に利用されている。開発中の装置は、特に脊髄・脊髄神経を対象とする「脊磁計」として開発していたが、脊髄のみならず、末梢神経などの脳以外の神経機能診断にも応用できるため、磁気神経イメージング装置に呼称を変更したものである。

体表面で観測される脊髄や神経の誘発磁場は極めて小さく、その強度は地磁気の10億分の1から100億分の1程度である。そのため、脊髄誘発磁場の検出には、SQUID磁束計を適用する。測定システムは、従来の脳磁計と同様に、SQUID磁束計、SQUIDを極低温に保つクライオスタット、SQUIDを駆動する電子回路、SQUIDからの信号をデジタル収録するデータ収録装置などから構成される。とくに対象を脊髄とする場合、信号源が体表面から深いところにあるため、脳磁計などの従来の生体磁気計測よりも強度が小さく、また、軸索を伝搬する信号を対象とするため、信号帯域が比較的広帯域である。このため、SQUID磁束計、クライオスタット、データ収録装置などのそれぞれの構成要素に「小さくて速い」信号を検出できるような独自の工夫が施されている。

脊磁計はSQUID磁束計を極低温に保つために、液体ヘリウムを利用するので、ランニングコストの高さが普及の障害となっていた。われわれはパルスチューブ冷凍機を用いて、蒸発したヘリウムをその場で再凝縮してクライオスタットへ戻す、クローズドヘリウム再凝縮システムを脊磁計に統合した。これにより液体ヘリウムの追加注液なしで長期間の運用が可能になり、ランニングコストが劇的に低減し、医療機器としての普及への道が急速に拓けた。

脊髄は、脳や心臓とは異なり、表面電位計測では診断に必要な分解能が得られないため、これまで非侵襲的に機能情報を得る手段がなかった。そのため、生体磁気計測が唯一の機能評価法であり、脊髄疾患の診断の強力なツールとなりうる。また、脊髄のみならず、末梢神経などの脳以外の神経機能診断にも適用できるため、今後、病院へ幅広く導入されると期待できる。