

基本波型直交フラックスゲートの生体磁気計測への 応用に関する研究

加呂, 光

<https://doi.org/10.15017/1807076>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 加呂 光

Name

論 文 名 : 基本波型直交フラックスゲートの生体磁気計測への応用に関する研究

Title

区 分 : 甲

Category

論 文 内 容 の 要 旨

Thesis Summary

本研究は生体磁気計測の一つである心臓磁界を計測するためおよび、体内に蓄積した磁性ナノ微粒子の検出器へ応用するため、基本波型直交フラックスゲート (FM-OFG) を適用する設計指針を示し、かつその有用性を確かめたものである。

心臓の活動により生じた電流が発する磁界を測定する心臓磁界計測技術は、非接触に身体組織の影響を受けることなく、高い空間配列精度で電気生理学的活動を観測することができるため、心疾患の診断に有効な技術とされている。従来から心臓磁界計測装置 (心磁計) には超伝導干渉素子 (SQUID) センサが用いられてきたが、動作には冷却が必要で取り扱いが容易ではないためあまり普及していない。FM-OFG の分解能は SQUID に及ばないが、低雑音で室温で動作するため、これを活かして心磁計ができれば簡易なスクリーニング検査などを通して心磁計測技術の普及・発展に貢献できるものと期待できる。これまでに励磁干渉問題を低減した 6 チャンネルの FM-OFG を用いて心臓の磁界を測定した結果が報告されているが、雑音低減とさらなる多チャンネル化が課題であった。

本研究では、FM-OFG センサのヘッドを構成する磁性ワイヤコアの長さ、検出コイルの配置関係を調節する事により低雑音化を図り、32 チャンネルの FM-OFG を 2 次元配置した心磁計を構築し、環境磁界の影響を排除する部屋型磁気シールドを用いて、被検者胸部より明瞭な心磁波形を得る事に成功した。さらにセンサヘッドに用いる磁性ワイヤコアの特性ばらつきにより、これを駆動するフィードバック回路の動作が不安定となり、雑音が増加することを突き止め、これの解決の為に特性の揃ったコアを用いずとも回路の励磁部分に個別に位相器を設け、これを調節する事でフィードバック系を最適化し、センサの低雑音動作に成功した。このようにして改良した 36 チャンネルの FM-OFG 心磁計と、新たに波形取得装置を開発することで心磁計測システムを構築し、分離型磁気シールド内において、被検者胸部の広い範囲を覆う領域で一斉に心臓磁界を測定し、等高線図を作製する事に成功した。

胸部がん腫瘍にマーカーを注入し、これの移動後の蓄積場所からがん細胞が最初に転移するセンチネルリンパ節のみを特定し、これのみを郭清し検査するセンチネルリンパ生検技術は患者の Quality of Life の向上および、医療従事者の負担を減らす上で有用な技術となっている。磁性ナノ微粒子をマーカーとする方法は、色素および、放射線マーカーと比較して、体表面上で目視により場所を特定する訓練や、放射性物質取り扱いに関する制限を受ける事無く、同等の検出率でセンチネルリンパ節を同定することが可能である。センチネルリンパ節の場所は、体表面から ~17 mm の深さにあるとされ、蓄積する微粒子は鉄原子 100 μg 相当とされている。永久磁石や電磁石を用いて微粒子を磁化し、Hall 素子やトンネル磁気抵抗効果素子を用いてこれを測定するこ

とでセンチネルリンパ節を同定する, 携帯型の検出器の開発がなされているが, いまだ, リアルタイムで 10 mm を越える深さの検出には成功していない.

本研究では, 同相磁界キャンセルコイルをもつ FM-OFG グラディオメータに, 交流磁化コイルと同期検波技術を組み合わせた新たな磁性ナノ微粒子検出器を提案し, これを試作した. 高い SN 比で微粒子の発する磁化信号を得る為には, 大きな強度の磁界で微粒子を磁化し, 高感度な磁界センサでこれを測定する必要がある. 開発した検出器は, 特別に設計した調整機能をもつ磁化コイルの最適配置によりセンサヘッドが受ける微粒子磁化用磁界 (同相磁界) の影響をおよそ 30 分の 1 に低減し, さらにセンサヘッド自身に巻かれた能動補償コイルにフィードバックをかけることで能動的に同相磁界の入力をキャンセルし, 大きな交流磁界を用いた微粒子の磁化が可能となった.

FM-OFG グラディオメータを構成する 2 つのセンサヘッドを平行または, 同軸上に配置した 2 種類の検出器を用いて, 5 μ L の Resovist® (鉄原子 100 μ g に相当) に対する最大検出距離特性を評価した結果, 平行型で 17 mm, 同軸型で 18 mm 位置でリアルタイムに微粒子の発する信号を捉える事に成功した.