

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: フラックスゲート心磁計の要素技術開発とプロトタイプによる計測実証
プロジェクトリーダー	: (株)ウッドボックス
所属機関	
研究責任者	: 笹田一郎 (九州大学)

1. 研究開発の目的

室温動作心磁計測システムを実現するため、基本波直交フラックスゲート磁束計を使った要素技術開発と、マルチチャンネル心磁計測の技術検証を併せて行う。心磁計測では、超低雑音の磁界センサが数十チャンネル同時に動作するばかりでなく、SN の高い生体信号を得るために環境磁気雑音の効果的な低減技術が必要である。研究ではセンサの低雑音化と温度ドリフトの改善を目指すとともに SQUID 心磁計に匹敵する実用的なセンサ数による心磁界計測を実証する。また、環境磁界計測用フラックスゲート磁束計の要素技術開発を行うとともに、プロトタイプの 3 軸フラックスゲートセンサ及び計測回路の技術試作を行う。さらに試作機を使って心磁計測時の環境ノイズの低減を検証する。

2. 研究開発の概要

①成果

取り扱い容易で低コストな心磁図計測装置の実現のために、室温動作基本波型フラックスゲート磁界センサの低雑音化とそれによる多チャンネルアレイ化(36 ch)、およびポスト処理による外乱磁気雑音分離のための要素技術(ベクトル磁束計と信号処理系)開発を行った。その結果、室温で動作するセンサによって世界で初めて人の心磁図を 30ch 以上の多点で同時計測するのに成功した。また、ベクトル磁束計による環境磁界 3 成分を外乱レファレンスとした外乱分離手法によって 36 ch 心磁波形の高 SN 化と明瞭で滑らかな等磁場線図の獲得に大きな効果があることを実証した。

研究開発目標	達成度
①センサの低雑音化 コイルの長さ 40mm のセンサにおいて、雑音が $2\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ (1Hz) 以下	①磁気シールドルーム内で 40mm 、 $2\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @ 1Hz の達成を確認し当初の目標を達成した。一方で、熱処理磁性ワイヤ、低雑音区間選別、分離巻 コイルなどの低雑音化のための可能性確認を実施 できた。(達成度100%)
②センサのドリフト抑制 周囲温度変動 3°C 以内において、センサのドリフト が 1 時間で 1nT 以下	②バイアススイッチング機構を取り入れた回路の 製作、温度試験装置製作、温度ドリフト試験を行っ た。 $-15^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ の範囲で全変動 12 nT 程度であ り、 $0.13\text{ nT}/^{\circ}\text{C}$ の安定度が得られ当初の目標を達 成した。(達成度100%)
③環境磁界低減技術の要素技術開発 1) 環境磁界計測用磁束計: センサを組合せた 3 軸 磁束計において、雑音性能が $10\text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下 2) 高周波磁界計測: 周波数特性 10kHz 以上	③1) 単体のセンサでは 50mm 長で $1.9\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @ 100Hz まで確認した。(40mm 長で 10Hz 以上では $1\text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ が得られるが) 22mm 長のセンサを組合 せて 3 軸磁束計を試作し最大 $8.2\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @100Hz

<p>3) 雑音キャンセラ: 環境磁気雑音低減効果 -20dB 以上</p>	<p>を確認した。 2) 高周波用磁界計測は開ループで 10kHz まで計測できることを確認した。 3) 心磁計測と同時に試作した 3 軸磁束計でレファレンスを取り、信号処理による雑音キャンセル試験を実施、磁気シールドルーム外より印加した疑似雑音信号を-22dB まで低減できていることを確認した。(達成度100%)</p>
<p>④心磁計測の実証: 4チャンネル以上のセンサにより、同時に心磁実証データを取得すること</p>	<p>④36chの心磁計測用にセンサ及びセンサ駆動回路を製作し、既存のパーマロイ2層の磁気シールドルーム中で心磁計測実証試験を実施した。その結果 32chの同時測定に成功し、当初の目標を大幅に超過達成した。(達成度100%)</p>

②今後の展開

本課題を通してフラックスゲート心磁計の実現可能性の検証と製品実現のために必要な要素技術を示すことができた。今後は更なる低雑音化研究を進めるとともに、臨床評価に耐えうる製品化のための要素技術の高度化と大規模実証機開発に向けて大学を軸とする新たなフォーメーションで取組む所存である。当社は培ったノウハウやシステム技術の提供で新しい医療に貢献するとともに低雑音磁束計の応用製品展開を視野に関わっていく。

3. 総合所見

目標通りの成果が得られているが、イノベーション創出の可能性を見出すためには、さらなる研究開発が必要である。

フラックスゲート心磁計のセンサー機能が、SQUID 型に比べて特性が劣るものの、常温での心磁図計測等実用上適用可能であることを実証した。しかし、雑音対策やキャリブレーション方法など、新たな課題も判明した。

脱ヘリウムで、デバイスコスト、磁気シールドコストなどを大幅に圧縮できる可能性もあり、イノベーション創出の可能性もうかがえる。