



室温動作磁界センサで心磁図計測に成功

概要

九州大学大学院総合理工学研究院の笹田一郎教授らの研究グループは、液体ヘリウムや液体窒素で冷却することなく、室温で動作する磁界センサによって心磁界分布の計測に成功しました。心電図の計測では胸部等に電極を直接取り付ける必要がありますが、心磁界の場合は衣服を着たままで計測できます。従来は冷却が必要な超伝導磁界センサを用いていましたが、今回初めて、取り扱いが容易で安価な室温動作磁界センサ^{*1}による多点同時計測が可能となりました。人体表での電圧計測に基づく心電図と、心臓の神経に流れる電流が作る磁界の計測に基づく心磁図^{*2}の両方を利用すれば、心臓の健康に関するより多くの情報が得られることが期待できます。

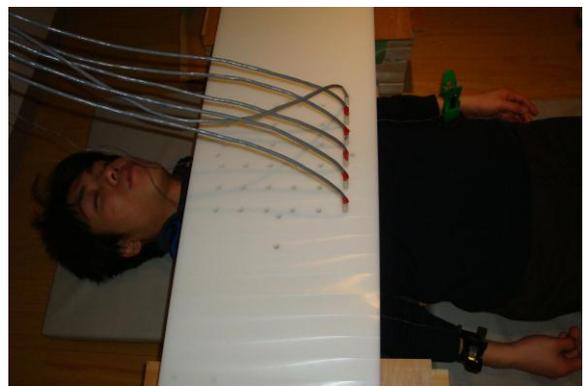
背景

現在は、心臓の動作を体表面に現れる電圧に基づく心電図を用いる診断技術法が広く普及していますが、心電図による計測では胸部等に電極を直接取り付ける必要があります。一方、心磁界の場合は衣服を着たままで計測できますが、心磁界は自動車や地下鉄車両の往来、エレベータの稼働などによって簡単に消えてしまうほど微弱で、液体ヘリウムや液体窒素で冷却された多数の SQUID（超伝導量子干渉素子）^{*3}を用いて計測する必要があるため、装置が大がかりになり、心磁図を用いる診断技術法は普及していませんでした。

内容

九州大学大学院総合理工学研究院の笹田一郎教授らの研究グループは、基本波型直交フラックスゲート磁界センサ^{*4}の原理を 2001 年に発見し、その高感度化と低雑音化に関する研究を押し進めてきました。このたび、長さ 45 mm 外径 3 mm のセンサヘッド 6 本を 4 cm 間隔に配置し、頭部側から足部側へ 4 cm 間隔で 6 回計測を繰り返し（1 回当たり 2 分間計測して平均）、36 チャンルの心磁界を高精度に計測することに成功しました。これまで国内外で、室温動作磁界センサ一つを用いた心磁界の計測例は報告されていましたが、複数のセンサで同時計測した例はありませんでした。これはセンサ同士が干渉したり、センサヘッドが複数配置に適したコンパクトなサイズにできなかったりしたためでした。

研究グループは、センサの直径が 3 mm 程度と細く、センサヘッド間の干渉が生じない方法を開発することで、複数のセンサで同時計測することを可能にしました。心磁界は磁気シールド^{*5}ルーム内で計測し、両腕から簡単な電子回路で取り込んだ心電波形を基に 2 分間加算平均して雑音のほとんど無い心磁波形を計測することに成功したものです。健康な 20 歳代男性の心磁波形から心磁図の等高線図を描くこともでき、心室の収縮直前に現れる R 波の前後 0.1 秒間にわたって動画にしたものでは、N 極と S 極に対する山と谷が明確に現れ、それが回転移動する様子も確認することができます。今回は直線上に配置された 6 チャンルのセンサを用いて 6 回計測を繰り返しましたが、36 個のセンサを正方形領域に格子状に配置するように発展させることができます。また、センサヘッドに使用する部品はアモルファス磁性ワイヤと呼ばれる直径 120 μm（マイクロメートル）の金属線と、銅線からなるコイルのみのため、安価に製作できます。さらに、それを駆動する電子回路も簡単で、研究グループでは、既に AC アダプタで電源を供給すれば動作する小型の装置を製作済みです。このセンサの開発には科学技術振興機構（JST）の研究成果最適展開プログラム（A-STEP）シリーズ顕在化タイプによる支援を受けています。



＜磁気シールドルーム内での計測風景＞

6 本の灰色電線でセンサヘッドとその駆動回路をつないでいる。白い板はプラスチック板で、中央の 36 個の穴にセンサヘッドを差し込む。両腕には心電波形を取り込む電極を付けている。

■効果

心臓の動作は、心臓内部にある神経に流れる電流が心筋の収縮弛緩を巧みにコントロールしていますので、その現象を精度良く体外から計測できれば、心疾患の診断に大きな効果をもたらすことが期待できます。電気現象は電圧と電流がわかればより詳細な解析が可能となりますので、心臓についても、現在広く用いられている心電図の情報に心磁図の情報を加えればより詳細な解析が可能となると思われます。心電図の場合とは異なり、心磁図の計測は服を着たまでも可能です。心磁図についても今後症例との対応づけが数多くなされれば、診断により便利なツールとなり、3大成人病の一つである心疾患が早期発見できるようになることが期待されます。

■今後の展開

現段階では心磁図の計測には雑音除去のための平均化が必要であるため、一過性の現象の計測はできませんが、安価で取り扱いが容易な心磁計が提供できるよう進める予定です。心臓の挙動を電界と磁界で捉えることで、心臓電気生理のより深い理解と心疾患診断技術の深化に役立つよう、まずは、実習の現場や研究用途に活用できるような装置にし、心磁計の利用価値が広く認められるよう発展させる予定です。このような実績を積むことで、より高精度の SQUID 心磁計の導入も進むと考えられます。この段階まで進展すれば、本装置で心疾患のスクリーニングを行い、より精密な検査には SQUID 心磁計を用いるというような棲み分けになるのではないかと期待しています。心磁計測には磁気シールドが不可欠ですので、今後はセンサ系と一体として開発を進めていく予定です。

これらの研究成果は、本年 5 月 29 日（木）、30 日（金）に大阪大学（吹田キャンパス コンベンションセンター）で開催される第 29 回日本生体磁気学会で報告する予定です。

【用語解説】

※1 室温動作磁界センサ

冷却や加熱を必要としない磁界センサ。

※2 心磁図

心電図では胸壁に電極を貼ってその電圧波形を観測するが、心磁図は心臓から出る磁場を胸壁に非接触に多点計測し（通常 32～64 チャンネル）、その強弱などを 2 次元画像化したもの。心電図に比べ、心臓の活動に関するより多くの情報を含む。

※3 SQUID

超伝導量子干渉素子と呼ばれ、液体ヘリウム（絶対温度 4.2 度）で冷却して動作させるものと、液体窒素（絶対温度 77 度）で冷却して動作させるものがある。磁場が入力されると電圧へ変換する。

※4 フラックスゲート磁界センサ

室温動作磁界センサの中でも SQUID 磁束計につぐ感度を持つ。研究グループでは、2001 年にフラックスゲート磁界センサの雑音を 1/100 にする技術を開発し、心磁界のような微弱な磁界計測が可能となった。センサヘッドは長さ数 cm の細長い磁性体とその周囲に巻かれた銅線コイルからなり極めて安価。

※5 磁気シールド

外乱となる磁場が計測する空間に入らないようにする装置。

【お問い合わせ】

大学院総合理工学研究院 教授 笹田 一郎（ささだ いちろう）

電話：092-583-7594

FAX：092-583-7596

Mail：sasada@ence.kyushu-u.ac.jp