

氏名	内山 剛
所属機関	名古屋大学大学院・工学研究科
研究題目	生体情報を非接触で計測するためのモバイル型超高感度磁気センサモジュールの開発
<p>1. 研究の目的</p> <p>生体情報を用いて人間の体調や気分を認識する技術があるが、従来の脳波計等による計測方法では皮膚に直接電極を張り付ける必要があり、被験者に負担を与える要因となっていた。また非接触での生体磁気信号の計測は、生体磁気信号が周辺磁気ノイズと比較してとても微小であり、現在の SQUID 等による測定では電磁シールドや冷却装置等の大規模な測定機器が必要であり、容易な測定が困難となっていた。</p> <p>本研究では、アモルファス磁性ワイヤを用いたマイクロ磁気センサを用いて、特殊な測定環境を必要としない通常環境下での微小磁界を計測するセンサを開発し、非接触での生体磁気信号の検出および検出信号を用いた被験者の体調、気分などの状態検出を目的としてモバイル型（小型、可動性）の超高感度磁気センサモジュールの開発を目指す。</p> <p>モバイル型超高感度磁気センサモジュールを使用することで、被験者に負担を与えず容易に生体情報の測定が可能になり、日常生活内で使える生体情報測定器具となり医療分野への適用が期待できる。加えて任意の複数個所の生体情報検出も容易となることで、ヒューマン・マシン・インタフェース分野にも応用が可能となると考える。</p>	
<p>2. 研究の内容（手法、経過、評価など）</p> <p>I. 測定感度の向上</p> <p>外部磁気ノイズに対し生体磁気信号はとても微弱である。この生体磁気信号を測定するために MI センサの測定感度の向上を検討した。</p> <p>i) 機械巻検出コイルによる計測用磁気ヘッドの試作：</p> <p>検出コイルを手巻きから機械加工に変更する事で、検出コイルによるセンサヘッド毎の検出感度のばらつきを数%から 1%以下にすることを検討した。研究成果として、バランス補正用の抵抗回路と組み合わせることにより、感度差 1%以下を実現した。</p> <p>ii) 磁気受信部に用いる素子のパラメータ最適化：</p> <p>生体磁気計測用に MI センサの磁気ヘッド部に用いるコイルやアモルファスワイヤなどの各素子パラメータ（コイルの巻数、長さ、内径やワイヤ径など）について、最適な定数を求め感度の向上を目指した。研究成果として、コイル巻数 600 ターン以上で、100kV/T 以上の高感度を実現した。</p> <p>iii) デジタルフィルタによる信号処理システムの高度化：</p> <p>検出コイルおよび周辺回路からの信号に含まれるノイズ分を除去するために用いる最適なフィルタを定める。信号処理回路を従来のアナログフィルタからデジタルフィルタに変更し、モジュール化に向け集積化を目指した。デジタルフィルタについては FBGA による実装を試みた。</p>	

## 2. 研究の内容（続き）（書ききれない場合には、同一形態のページを追加しても結構です）

### II. 超高感度 MI センサモジュールの開発

MI センサ及び周辺回路をセンサモジュール化するために、モジュール化に向けたセンサヘッドの加工及び周辺回路の基板設計および試作を行った。

#### i) センサヘッドおよび基板の小型化

モジュール化に際し必要となる、センサヘッド基板の小型化を行った。マイクロコイルによる MI センサを搭載した基板実装の写真を図 1 に示す。

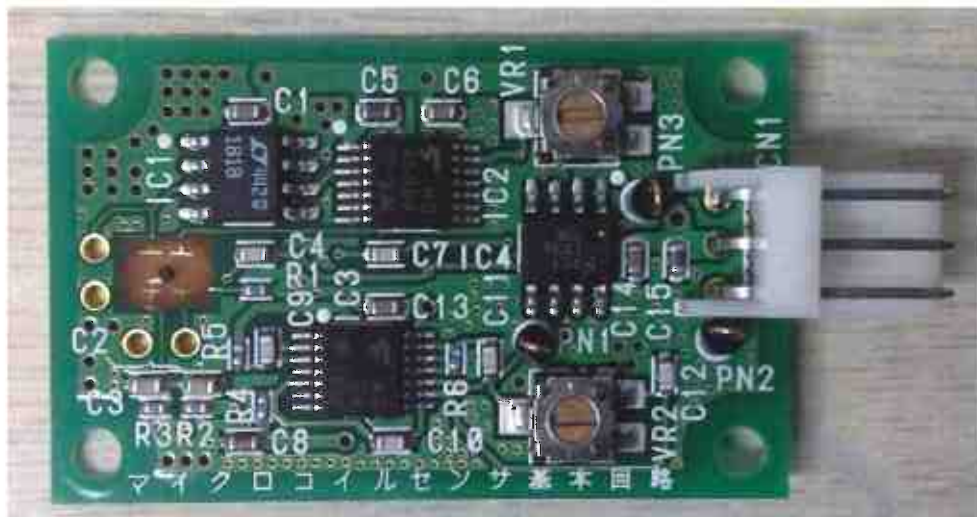


図 1 マイクロコイル MI センサ実装基板

#### ii) 高精度センサヘッドに対応した電子回路の設計：

センサモジュール化に向けて最適な電子回路を設計する。MI センサ信号処理部に外乱磁界のアクティブキャンセル機能を加えて、モジュール化することで、外乱となる環境磁場ノイズの状況に応じて、磁場ノイズの影響を最小限に抑えることを検討した。

#### iii) 計測用回路の基板化：

モジュール化に際し、外乱磁界アクティブキャンセル機能を加えた基板を設計・外注試作を行った。

### III. センサモジュールの実装・試作

設計、開発した高感度センサヘッド、外乱磁界アクティブキャンセル回路を組み合わせることでセンサモジュールの試作を行い評価した。研究の成果として、簡易なシールド環境で  $2\text{pT}/\text{Hz}^{1/2}$  のノイズレベルを達成した。

### IV. 試作超高感度磁気センサモジュールによる生体情報計測実験

試作したセンサモジュールを用いて生体情報計測実験を行った。研究の成果として、心磁図 (MCG) および脳磁図 (MEG) の計測に成功した。脳磁図については、N100 や P300 信号の検出および、 $\alpha$  波や  $\theta$  波を利用した覚醒度の評価が可能であることを明らかにした。

### 3. 研究の結論、今後の課題

本研究では、通常環境下での微小磁界を計測するセンサを開発し、非接触での生体磁気信号の検出を可能とする、（小型、可動性）の超高感度磁気センサモジュールの開発に成功し、通常環境下における、脳磁図（MEG）や心磁図（MCG）の計測に一定の成果が得られた。また、通常環境化での微小磁界計測について、アクティブノイズキャンセル技術の有効性を明らかにし、ナノテクノロジーを利用したマイクロコイル型の素子を利用した超高感度センサデバイスについても、その開発に着手した。

今後の課題としては、ナノテクノロジーを利用したマイクロコイル型の素子についても  $pT$  オーダーの検出感度を実現するとともに、計測モジュールの多チャンネル化を進め、脳磁図（MEG）などを通常環境化で計測できるウェアラブルなデバイスを完成するとともに、そのデバイスを利用したドライバーモニタリングや、高齢者の認知機能の評価などの応用技術を発展させ、本研究開発によって得られた、技術により社会に貢献することが挙げられる。

#### 4. 成果の価値（とくに判りやすく書いて下さい）

##### 4. 1. 社会的価値

本研究では、通常環境下での微小磁界を計測するセンサを開発し、非接触での生体磁気信号の検出を可能とする、（小型、可動性）の超高感度磁気センサモジュールの開発に成功した。開発に成功した超高感度磁気センサモジュールにより検出可能な脳磁図により被験者の覚醒度を推定できることを明らかにした。覚醒度の検出は、ドライバーモニタリングなどの技術へ応用することにより、居眠り運転などのヒューマンエラーに起因した自動車事故の防止につながると考えられる。また、試作デバイスにより、認知に係る脳波 P300 と類似な誘発性脳磁場の信号の検出にも成功した。試作した超高感度磁気センサモジュールを、簡易型の脳磁場計測装置として高齢者の認知機能の判定に利用できれば、認知症の予防や、早期発見につながることが期待できる。

##### 4. 2. 学術的価値

本研究では、アモルファス磁性ワイヤを用いた超高感度磁界センサデバイスにより、生体磁気信号の検出を可能であることを明らかにした。特に、細胞磁気の計測や、通常環境における脳磁図の検出に学術的な価値がある。その成果は下記の論文の発表や、平成27年度における、7件の国際会議の招待講演の発表などにより、国際的にその価値が認められていると考えられる。

##### 4. 3. 成果論文（本研究で得られた論文等を年代順に書いて下さい。未発表のものは公表予定を書いて下さい）

- 1) Tajima S, Uchiyama T, Okuda Y, Wang K, "Brain activity measurement in the occipital region of the head using a magneto-impedance sensor, Sensing Technology (ICST), 2013 Seventh International Conference on Publication", 267 - 270 ,(2013)
- 2) Uchiyama T, Hamada N, Cai C., "Highly Sensitive CMOS Magneto-Impedance Sensor Using Miniature Multi-core Head Based on Amorphous Wire", IEEE Transactions on Magnetics, 50(11), 40054042, (2014)
- 3) Tajima S, Okuda Y, Watanabe T, Aoyama H, Yamamoto M, Uchiyama T, "High Resolution Magneto-impedance Sensor with TAD for Low Noise Signal Processing", IEEE Transactions on Magnetics, 50(11), 4005504, (2014)
- 4) Nakayama S, Uchiyama T, "Real-time Measurement of Biomagnetic Vector Fields in Functional Syncytium Using Amorphous Metal", Scientific Report 5, 8837 1-9,(2015)

Wang K, Tajima S, Song D, Hamada N, Cai C, Uchiyama T, "Auditory evoked field measurement using magneto-impedance sensors", Journal of Applied Physics 117, 17B306 (2015)