

2012.03.16

科学技術コーディネート事業「育成試験」& 中小企業トライアル事業 合同発表会

平成23年度 科学技術コーディネート事業「育成試験」成果発表

生体磁場測定のための 小型超高感度グラジオ磁気センサの試作



フジデノロ株式会社 技術開発部
宮崎秀樹、熱田諭志



名古屋大学大学院工学研究科・准教授
内山 剛
名古屋大学大学院医学系研究科・准教授
中山 晋介

フジデノロ株式会社 技術開発部 宮崎秀樹

会社紹介

- 会社名 フジデノロ株式会社
- 設立 1970年6月
- 資本金 7200万円
- 売上高 32億9000万円(2011年9月期)
- 従業員 190名
- 所在地 本社・R&Dセンター・第一工場： 愛知県小牧市
営業本部・第二工場： 愛知県小牧市
営業所： 東京、長野県松本

FujiDenolo

Effective August 1st 2008, our company name will be FujiDenolo corporation.
Our new premises has expanded space with modern equipment an facilities to meet your every need.
Due to be operation by early march 2009 to meet our new business needs.



《事業紹介》

- 第一事業部 《工業用途向け 総合加工・製品製造》
- 第二事業部 《商業用途向け 総合加工・製品製造》
- 特別製品部 《アミューズメント製品製造》
- 医療用消耗品開発製造
- 医療測定機器製品開発製造
- コンシューマー向けオリジナル商品企画開発



会社紹介



2011年 グローバル市場において、ヒューマンヘルスにおける自社製品を提供するメーカーとなるべく新社屋を竣工

**自社製品を持つ
メーカーに！！**

2010年 当社オリジナル技術をいかした、ヒューマンヘルスケア製品を発売。



2008年 東海プラスチック工芸との合併により、デザイン性を有する製品の対応も可能となる。
社名を「富士プラスチック」から「フジデノロ株式会社」に社名変更。



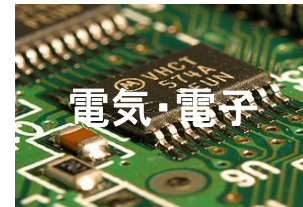
プレス成形、接着・溶接等の一般加工から、旋盤加工、マシニング加工等の機械加工までを手掛け、事業分野が拡大。



航空・宇宙



半導体



電気・電子



医療・健康

1970年 富士プラスチック株式会社を設立
国産旅客機YS-11の亚克力窓の加工からスタート。



生体磁気計測

生体磁気計測とは、

生体の機能的電気活動に伴う活動電流により発生する微小磁界を検出

生体磁気計測の特徴

- 1、従来の体表面から行う電位計測よりも、測定部位の位置分解能に優れる。
- 2、被測定部位とセンサ間の導電性に影響されず、病変部位や活動部位の精密検査に有効である。

生体磁気計測の応用例

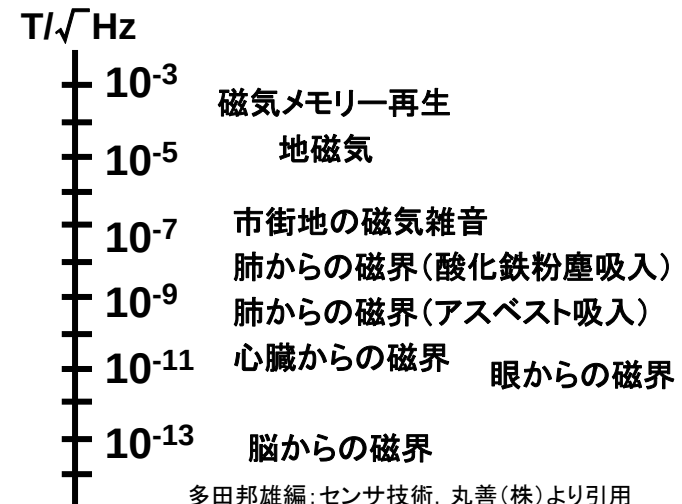
■心磁

- ・早期の虚血性心疾患の診断
- ・早期高血圧症の診断
- ・胎児の心臓疾患の診断

■脳磁

- ・てんかんの異常部位の推定
- ・外部刺激による反応部位の推定 など

生体磁界の強さ



多田邦雄編: センサ技術, 丸善(株)より引用
pp.82-85, pp.95-98, pp.183-184, 1991

生体磁気計測のためには、

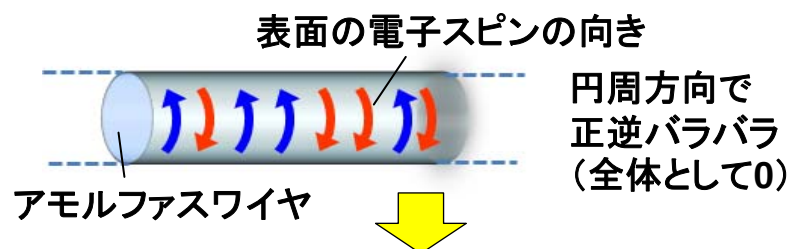
磁気分解能pTレベルの
磁気センサが必要

MIセンサとは、

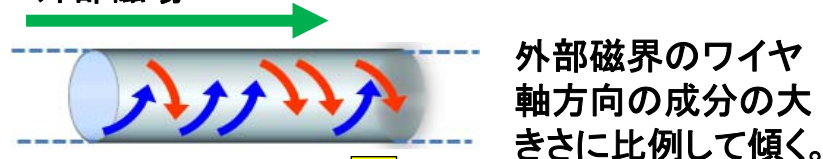
MIセンサは、**アモルファスワイヤ**の**磁気インピーダンス(MI)**効果を応用した超高感度磁気センサである。

磁気インピーダンス(MI)効果

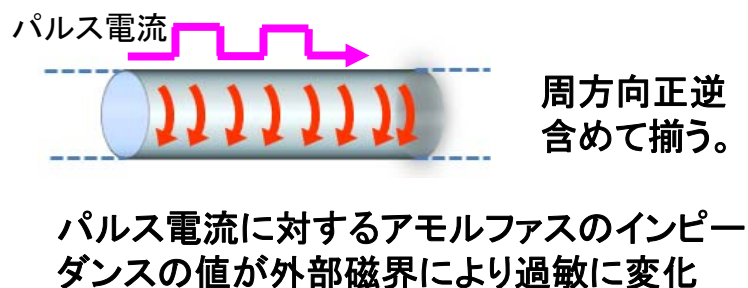
■外部磁界が無い場合



■外部磁界が加わった場合 外部磁場

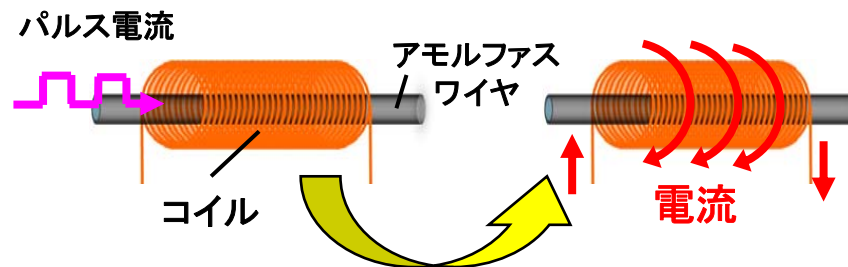


■パルス電流を通電



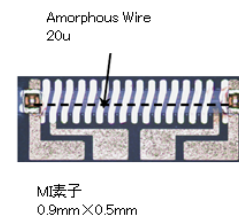
MIセンサの原理

MIセンサは1993年に当時、名古屋大学工学研究科の毛利教授らによって発明された技術である。



コイルに**起電力**が発生し、それを**計測**する。

MIセンサの応用例



現在、携帯電話やスマートフォンの電子コンパス機能に応用され、**数 μ Tレベル**の磁気分解能を有する**MIセンサ**が製品化されている。

MIセンサの感度

■MIセンサの感度の理論限界

生体磁気を安定して計測するためには、**1pT以下**の磁気分解能が必要である。

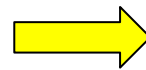
$$\beta = 8.4 \sqrt{\frac{f}{l}} \text{ (fT)}$$

f: 測定する磁気信号の周波数
l: アモルファスワイヤの長さ(cm)
* 室温(25°C)

"Optimization of the magnetic noise and sensitivity of giant magneto impedance sensors", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 103, 033903, 2008

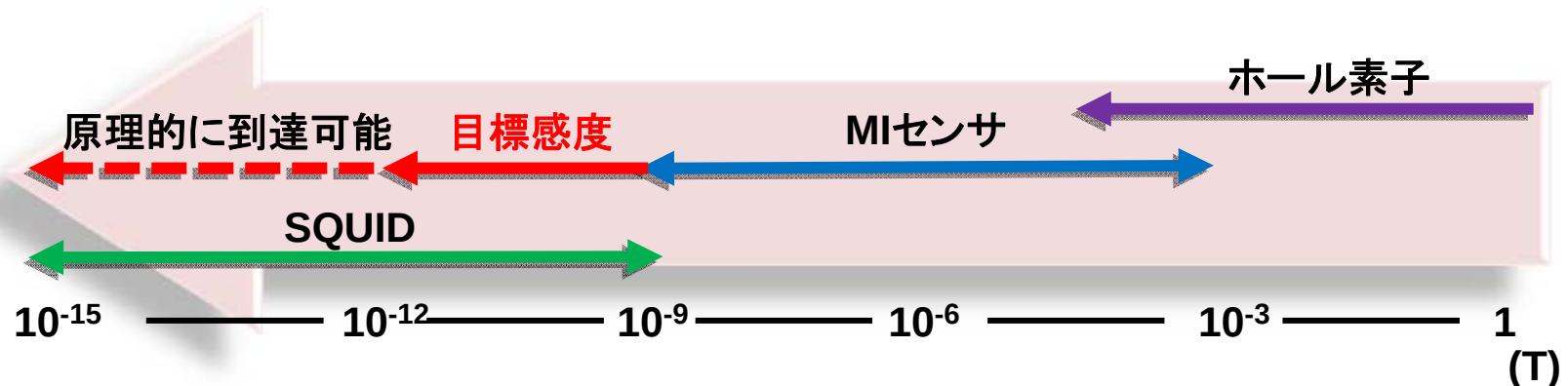
例えば、アモルファスワイヤが1cm長であるMIセンサの感度の理論限界は

心磁: 1Hzレベル ⇒ 10fTオーダ
脳磁: 100Hzレベル ⇒ 100fTオーダ



理論上**1pT**の磁気分解能は、
原理的には達成可能である。

■磁気センサの感度比較



既存の高性能磁気センサとの比較

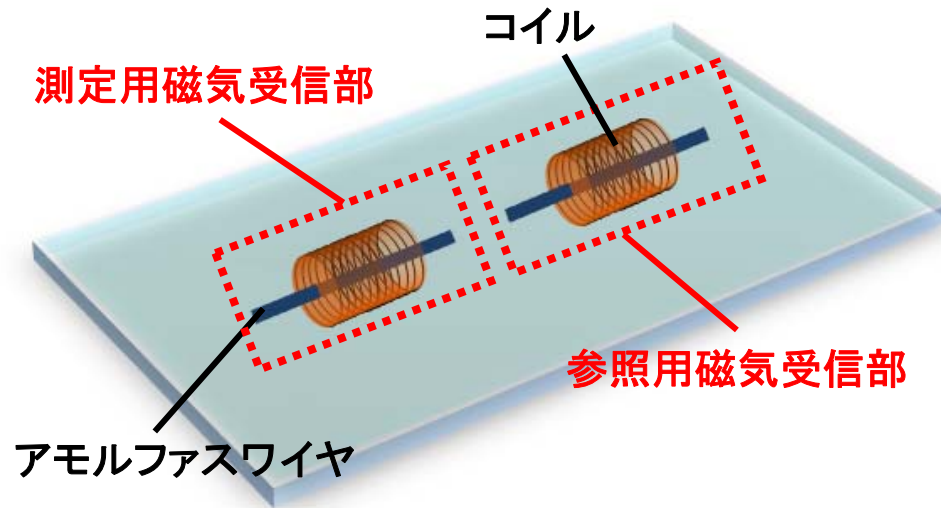
■SQUIDとの比較

	SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)	本研究センサ
磁気分解能	10fT程度	磁気シールドレスで1pT
測定空間分解能	10mm～数10mm	1mm以下
時間分解能	0.25ms程度	原理的には2μs
磁気シールド必要性	必要	必要なし
動作可能温度	極低温(超伝導温度)	室温動作可能
システム可搬性	磁気シールド、極低温冷却部、測定部本体合わせ、大規模システムであり可搬性が乏しい。	システム全体が小型であり、可搬
バッテリー駆動の可否	不可	処理回路は主にCMOS ICで構成され、電池駆動可能。
システムコスト	磁気シールド、極低温冷却部等があり、極めて高価	磁気シールドレスであり、安価に提供可能

従来のMIセンサ

グラジオ方式

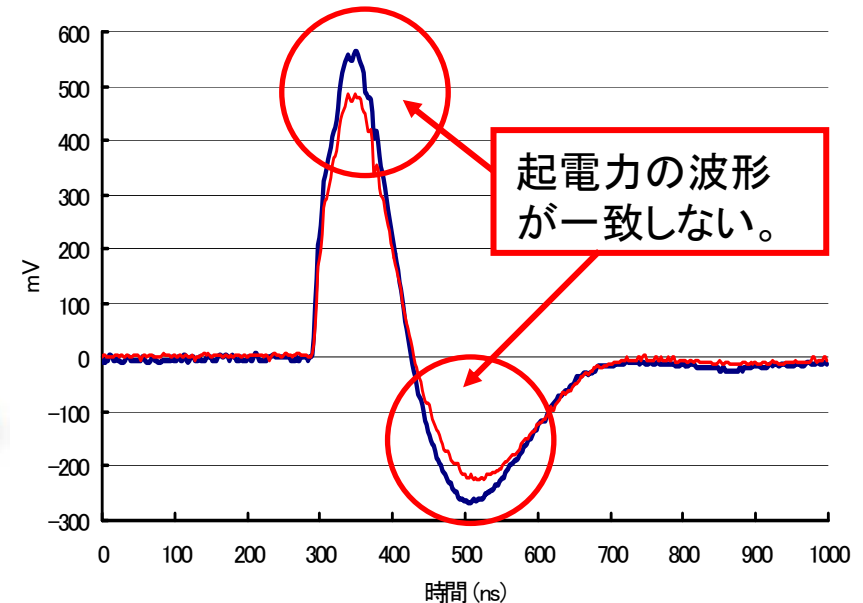
測定用と参照用の2つの受信部を組み付けて、その差を測定出力とする。



《課題》

測定用受信部と参照用受信部のアモルファスワイヤ上で外乱磁界に対する**磁束分布**が異なる。

■起電力の波形



グラジオ方式が機能しない。

- ・磁気分解能が低い(1nT)
 - ・外乱ノイズが除去できない。
- ⇒磁気シールドが必要



特許技術を開発

■特許技術センサ構造

新ラジオ方式の
センサ構造を開発

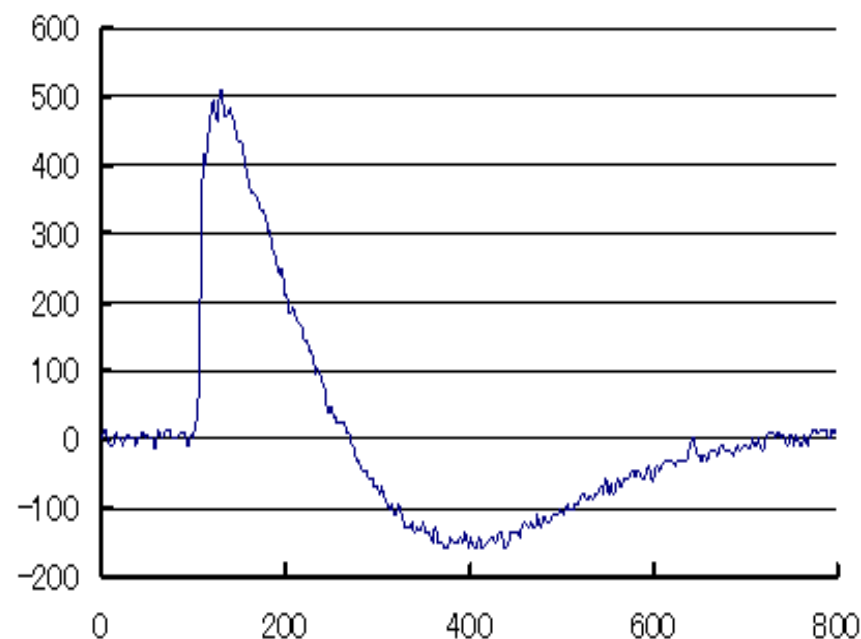
名古屋大学との共同出願

特許技術のセンサ構造により

- ・磁気ノイズを高精度で**除去**できる。
- ・被測定物からの磁気信号のみを**選択的に**測定できる。

■検出回路の信号採取方法

コイルの径、巻き数、長さにより**L・C・R**を調節



信号波形の**安定化・最適化**

高性能なセンサヘッドを製作にあたり、以下の**2点**に着目

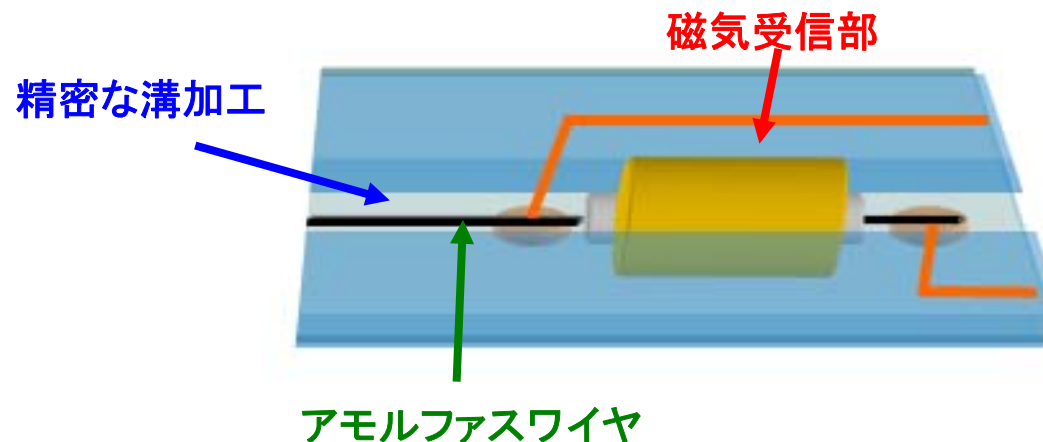
1、アモルファスワイヤの高い位置精度を確保

- ・ ワイヤを含めた電子部品を配置するための精密な**溝加工**

2、配線から発生する磁界ノイズを低減化

- ・ ヘッドの配線をパターン化（現行試作品は銅線により配線）
- ・ さらに測定用と参照用センサの周辺の配線パターンを最適に配置

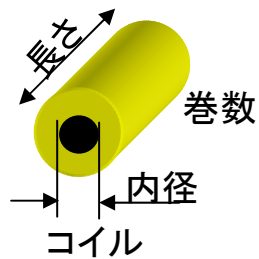
■センサヘッドイメージ図



コイルの設計

高出力で低ノイズなコイルを設計

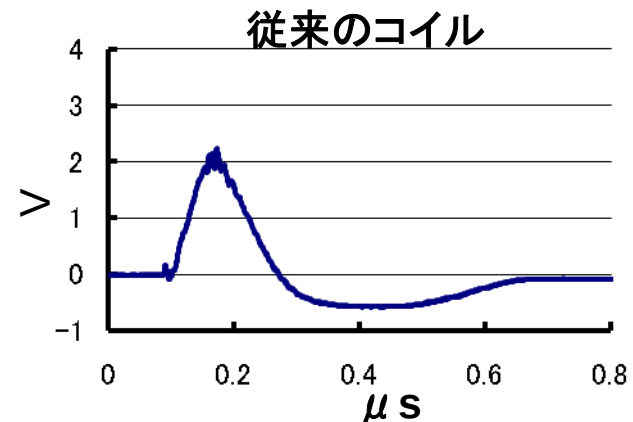
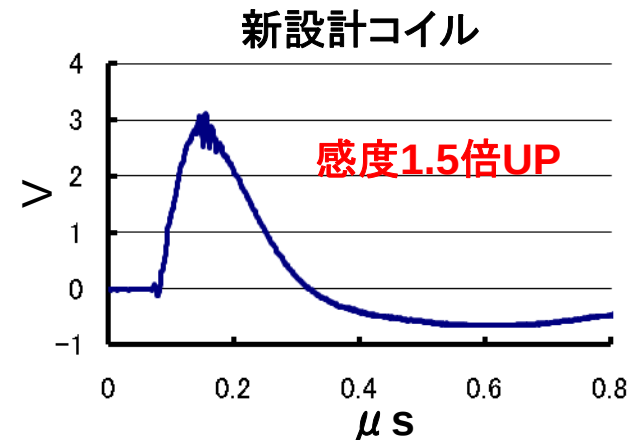
巻数・内径・長さを調節し、 $f_o \cdot L \cdot Q$ の最適化することを試みた。



f_o ; 自己共振周波数
 L ; インダクタンス
 Q ; Q値

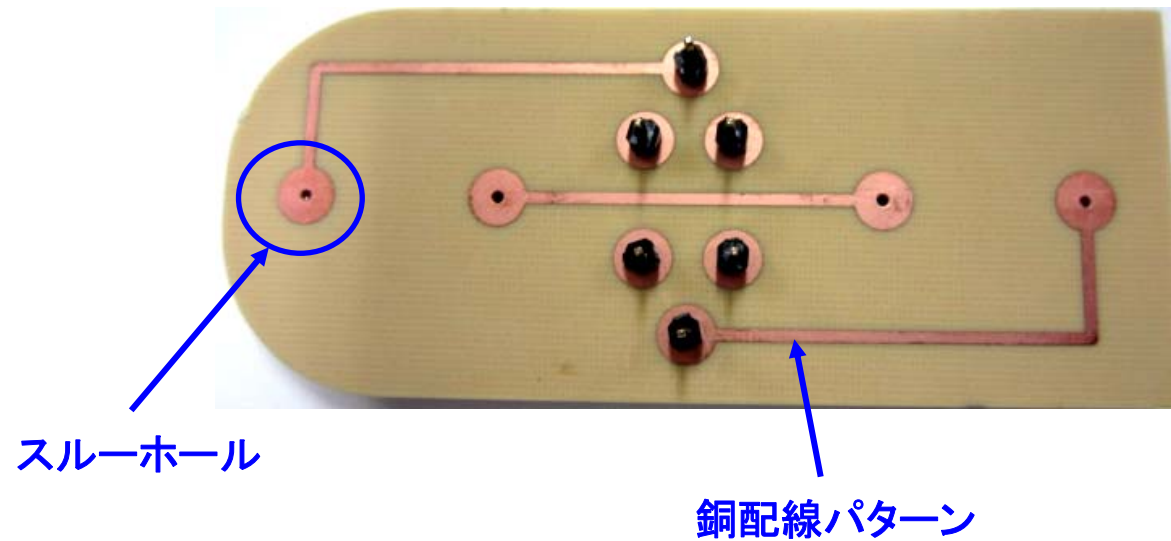
巻数・内径・長さとお $f_o \cdot L \cdot Q$ の関係式を基に
コイル試作を行い、また評価することにより、
コイルの巻数・内径・長さを選定した。

新旧コイルの起電力波形の比較



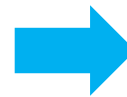
コイル仕様の最適化により、感度 (V/G) を1.5倍向上

センサヘッドの製作



測定用と参照用センサの周辺の配線パターンを**最適化**

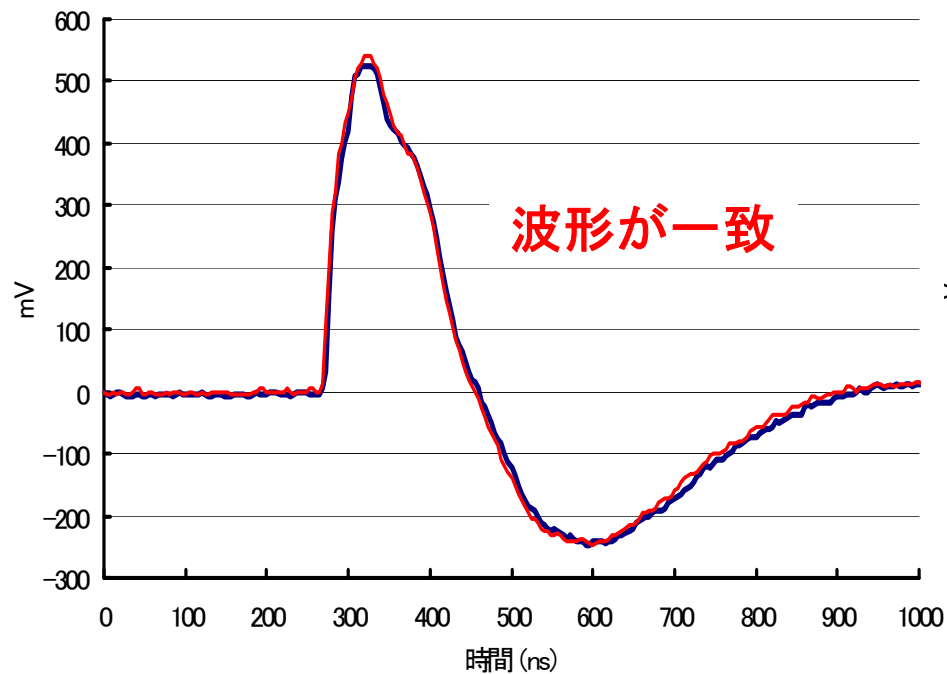
性能評価



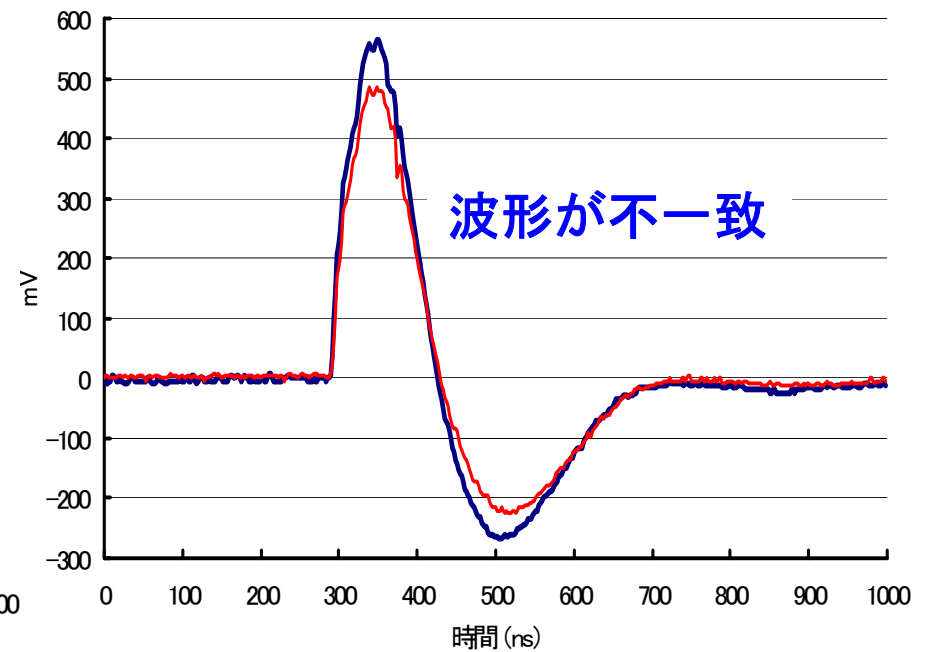
**心磁計測に適した
センサヘッドを製作**

試作センサの評価

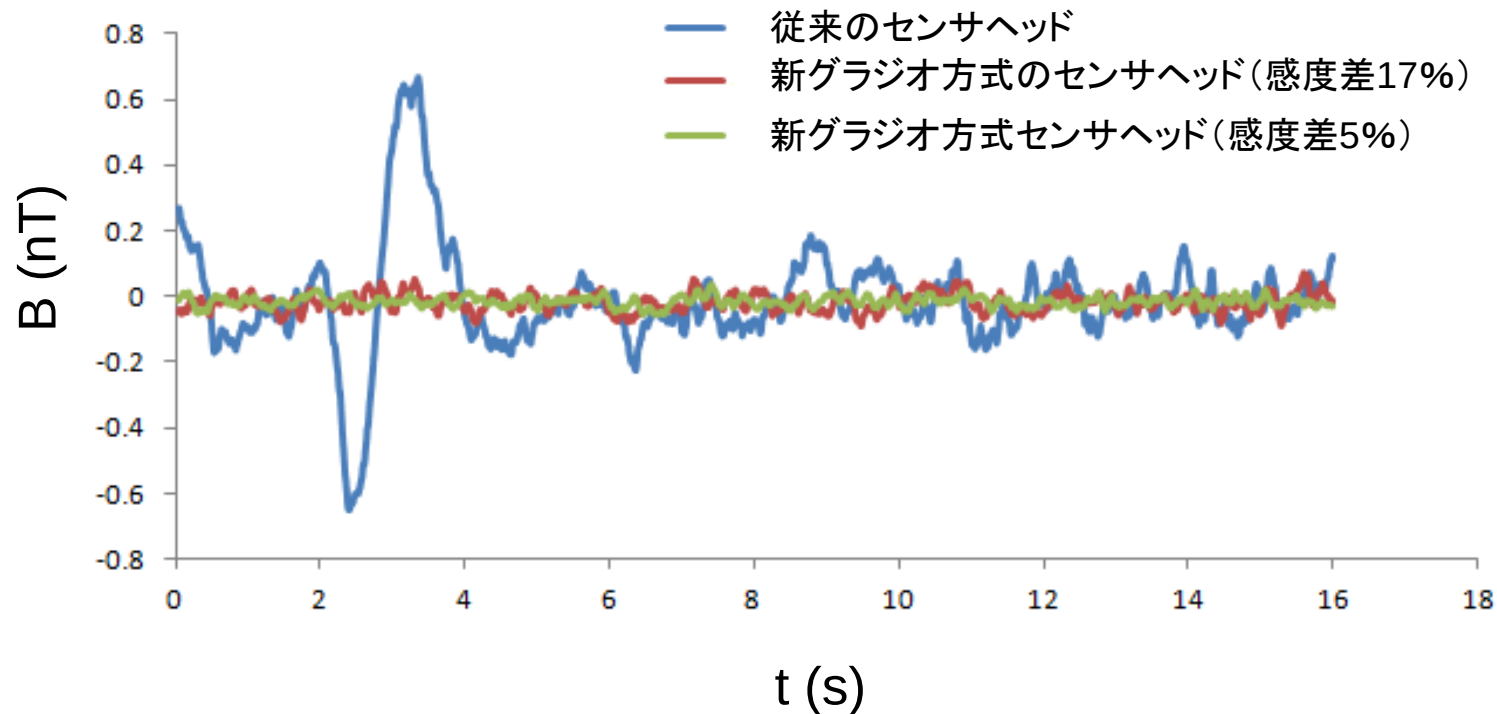
新グラジオ方式センサヘッド



参考：従来のセンサヘッド



センサヘッドのノイズ比較



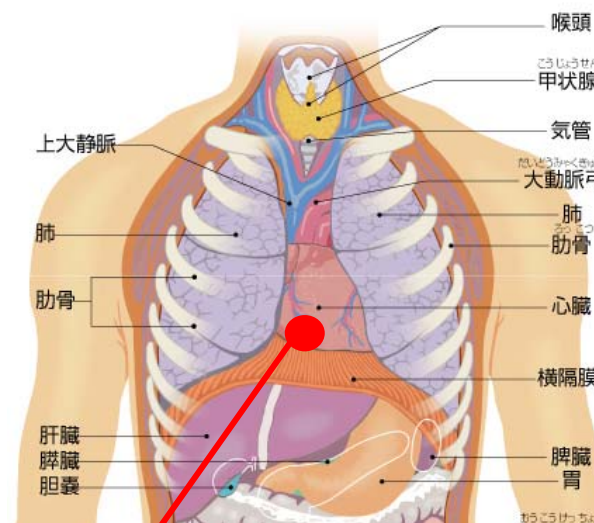
- 従来のセンサヘッドでは400pT程度の揺らぎがあり、1000pT以上の大きなノイズが入る。
- 新グラジオ方式のセンサヘッドでは、50pT程度の揺らぎで安定的で、ノイズの低減化を確認。

心磁測定

MIセンサと心電計を用いて、磁気・電位同時計測を実施した。



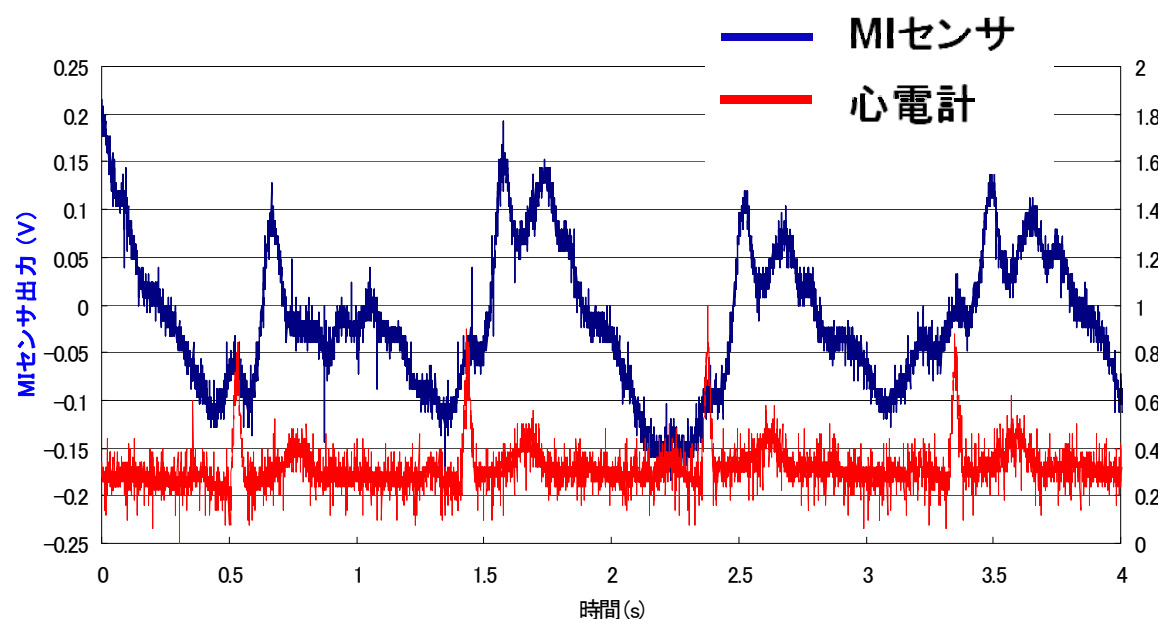
センサヘッド



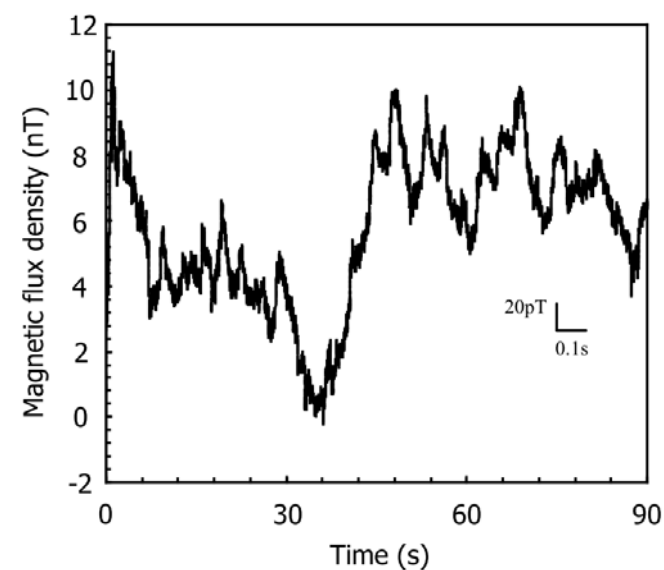
測定部位

胸骨すぐ下の部位に、センサヘッドの測定用
センサ部を近接させる。

磁気・電位同時計測結果



ハンディータイプSQUID



■ 心電図に同期した、磁気波形を得た。

引用
超電導Wed21
2010年8月号 P10
特集:SQUID応用の最新動向
岩手大学工学部
電気電子情報システム工学科
准教授 小林 宏一郎

研究成果

- アモルファスワイヤを高い位置精度で配置可能なプリント基板を試作し、さらにコイルの仕様を最適化し、それらを新グラジオ方式のMIセンサに適用した。
- 試作したMIセンサは、磁気シールドレス下で磁気分解能pTレベルであることが示された。
- 試作したセンサを用いた心磁計測では、心電図に同期した磁気波形が得られた。

今後

- 試作センサを用いた生体計測実験を継続し、計測データの場所依存性、及び被測定物に対するセンサヘッドの角度や距離依存性を調査することにより、計測方法を確立すると共に磁気波形データの有用性を検証する。
- 本研究でのセンサ試作を基に、さらに幾何学的寸法精度を向上させ、さらに電気的特性を計測に適応させたセンサの製造技術を確立し、製品化を進める。