

## 動的な磁場に対応する磁場計測可視化システムの開発(第1報)

桧垣和生, 長谷川浩治, 藤原義也, 馬場祥宏\*, 田尾博幸\*\*  
山根秀之\*\*\*, 中平 宏\*\*\*, 榎 芳美\*\*\*

### Development of visible dynamically changing magnetic field measurement system ( 1 st Report)

HIGAKI Kazuo, HASEGAWA Koji, FUJIWARA Yoshinari, BABA Yoshihiro TAO Hiroyuki  
YAMANE Hideyuki, NAKAHIRA Hiroshi and ENOKI Yoshimi

The GMR(Giant Magneto Resistance) element changes electric resistance with magnetic field, and has an excellent change with lapse of time compared with the hall element used so far, and there is no directivity .Then, we developed the measurement system for dynamically changing of two or more point magnetic field by using these few elements simultaneously.

This system is composed of few GMR elements, 16 fixed current amplifiers, analog to digital translation board and computer system (Windows 2000). The fixed current amplifier can throw current (40mA) to GMR element and take out strange resistance as a voltage change. In this system, it is possible to display magnetic data as voltage crimp and data processing may become possible later.

This system confirmed it was possible to input the magnetic data changing dynamically to the computer system.

キーワード：GMR, 磁場, 可視化, センサ

## 1 緒 言

磁石は様々な分野で製品に利用されている。しかしながら,人体に接触して使用する製品に応用する場合,製品から漏洩する磁気の人体への影響が重要な問題となっている。そこで、磁気応用製品から発生する磁場の3次元的な測定への要求が高くなっている。これまでに、筆者らはホール素子を使用したテスラメータを使用して磁場を3次元的に測定し、表示するための空間磁場可視化システムを開発した。<sup>1)</sup>

一方、GMR ( Giant Magneto Resistance ) 素子は薄膜形成の応用技術として、パルスレーザーデポジションやRFスパッタリング等の製膜法によってその特性改善が進められてきており<sup>2) 3)</sup>, 磁気によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果が大きく、従来の磁気センサであるホール素子やMR素子に比べ磁気検出能力が高い素子が開発されている。さらに、ホール素子に比べ経時変化に優れかつ指向性がないことが特徴である。

GMR素子は回転センサ, 角度センサ, 位置検出センサとして、ハードディスクの磁気ヘッド<sup>4)</sup>や自動車のクランク角センサ, 自動変速機用回転センサ, ABSホイールセンサ等に使用されている。また、複数のGMR素子を組み合わせることによって様々な応用展開が考えられる。

本報告では、GMR素子を複数個使用することによって、同時に多点で、かつ動的に変化する磁気測定が可能なシステムとし、3次元に分布する磁場を自動的

に計測し、可視化する空間磁場可視化計測システムを開発した。

## 2 システム構成

システムは試作した4つのGMR素子と定電流アンプ, AD変換ボード, コンピュータシステムで構成され、さらにRS232Cにより従来から使用されているホール素子を使用したテスラメータおよび3次元移動テーブルを制御できるようにしている。また LAN( Local Area Network ) を利用した遠隔測定も可能なシステム構成としている。

図1及び表1にGMR素子を使用した空間磁場可視化計測システムの構成を示す。

空間磁場可視化計測システムはCPU ( Intel Celeron

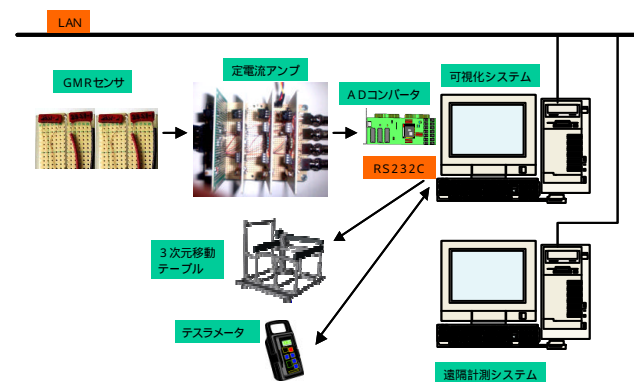


図1 磁場計測可視化システムの構成

\*広島県産業科学技術研究所, \*\*広島県商工労働部産業技術振興室, \*\*\*(株)デルタツーリング

表1 システムの仕様,構成

CPU	Intel Celeron 500MHz
OS	Windows 2000
GMR素子	4
定電流アンプ	16チャンネル
A/D変換ボード	16チャンネルアナログ入力 16ビット分解能 200ks/secサンプリングレート
RS232C	テスラメータ接続 3次元移動テーブル制御用
データ出力	Excel, テキストファイル
リモート制御機能	LAN

500MHz)、主記憶(128MB)、OS(Windows 2000)上にインプリメントし、Microsoft社のVisual Basicを使用してプログラム開発を行った

試作した4つのGMR素子の構造は表2に示すようにFeCo/CoAgの多層薄膜構造で、電流は10~100mAを流すことが可能であるが、本システムでは40mAの定電流で使用した。

磁場のない状態でのGMR素子の電気抵抗は各素子によって1.7~2.0の間でばらつきがあった。

表2 GMR素子の仕様,特性

構造	多層薄膜構造 (FeCo/CoAg)
許容電流	10~100mA
指向性	無指向性
M R 比	12.7%
磁界のない状態での電気抵抗	1.7~2.0

図2<sup>3)</sup>にGMR素子のMR(磁気抵抗)曲線を、写真1にGMR素子を表裏に4個並べた磁気センサヘッドの外観を示す。

GMR素子は磁場に対し垂直方向、横方向、縦方向いずれの方向においてもほぼ同様なMR曲線を示すことから無指向性であることがわかる。また、試作したGMR素子は磁界の強さ0~15kOe(0~1.2MA/m)の変化に対し、約0.2の電気抵抗の変化を示した。本システムではGMR素子を表、裏にそれぞれ2個配置した磁気センサヘッドを作成し、これら4つのGMR素子から定電流アンプにより磁場の強さを電圧値に変換したデータをコンピュータに取り込むことにした。

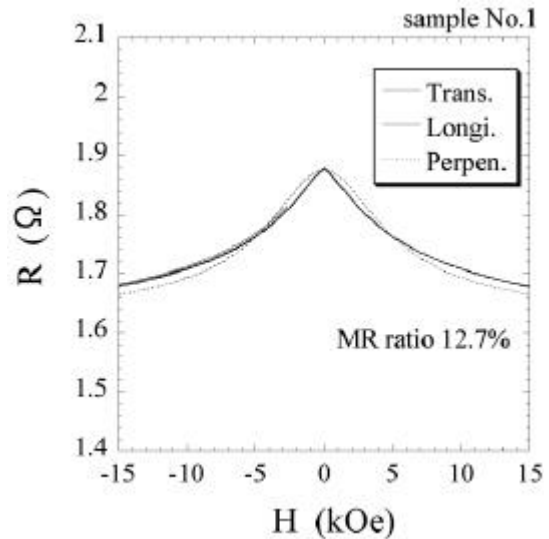


図2 GMR素子のMR曲線

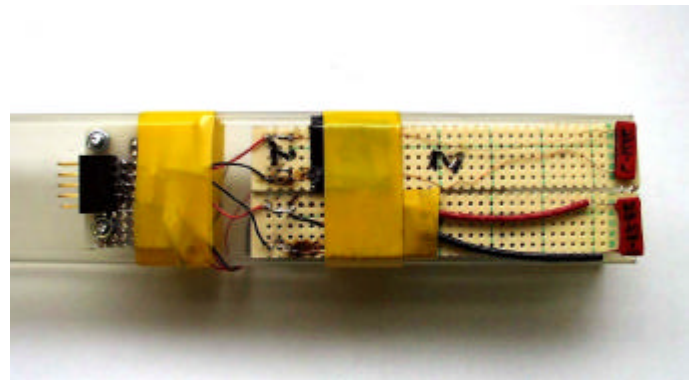


写真1 GMR素子を4個並べたセンサヘッド(表,裏各2個)

GMR素子からの抵抗変化を電圧値で取り込むための定電流アンプの仕様を表3に、その外観を写真2に示す。

定電流アンプは16個までGMR素子が接続可能な仕様とするため、16個のアンプとスイッチング電源で構成されている。スイッチング電源からアンプに供給する電源は+12Vおよび-12Vで、電流は16個のアンプにそれぞれ40mAを供給し、各アンプから1V/1の電圧出力を得ている。

表 3 定電流アンプの仕様

使用電源電圧	+ 12V, -12V
供給電流	40mA
出力電圧	1V / 1
内部基準電圧	2.5V



写真 2 16チャンネル定電流アンプ

定電流アンプの抵抗値の変化にともなう出力電圧の変化を図 3 に示す。異なる抵抗についてそれぞれ40mAの定電流を流し、そのときの出力電圧をプロットしたものである。測定結果から、このアンプの線形性は±5%以内であることがわかる。

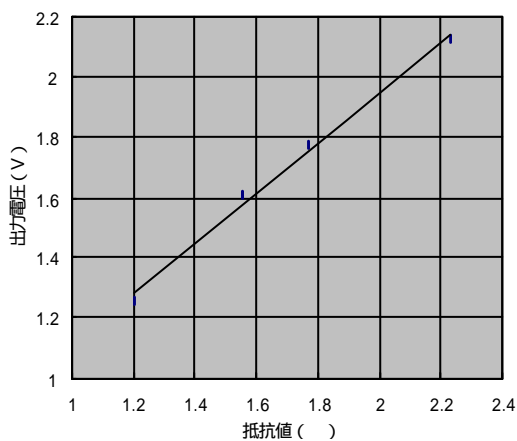


図 3 定電流アンプの抵抗値の変化にともなう出力電圧

図 4 に地場計測表示画面を示す。この図において上部の波形画面は定電流アンプ調整用で、チャンネル毎に電圧値をみながら調整できるようにしている。一方、下部の波形画面はMR曲線から3次の多項式近似により、抵抗値を磁界強度に変換した結果を表示したものである。

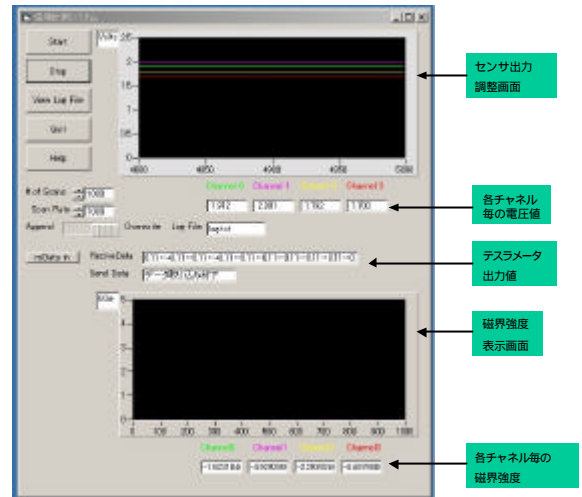


図 4 磁場計測システム表示画面

図 5 はAD変換ボードに100Hzの正弦波を入力したときの磁場計測表示画面で、この結果から本システムでは100Hzまでの磁場の变化の測定が可能であることがわかる。

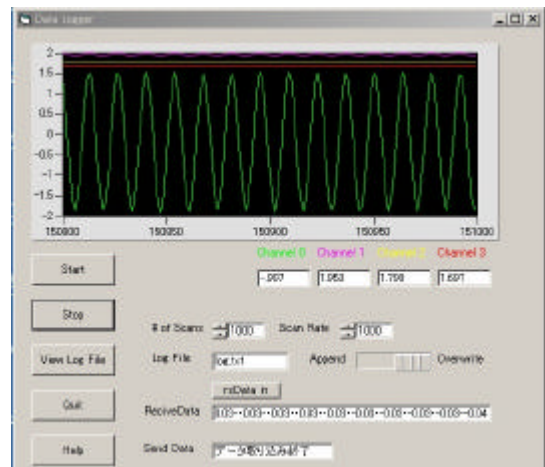


図 5 100 Hzの正弦波を加えたときの出力画面

### 3 計測結果

図 6 に動的に変化する磁場を加えたときの磁場計測表示画面を示す。磁気センサヘッドに磁場を加えたときの測定結果で、GMR素子の3と4に最大値で1 K0e (80kA/m)の磁場の变化が表示されている。

一方、RS232Cによりシステムに接続したテスラメー

タからの磁束密度も同時に測定することが可能で、GMR素子による磁場計測データとともにテキストファイルとして保存し、後でEXCEL等によるデータ処理ができるようにした。

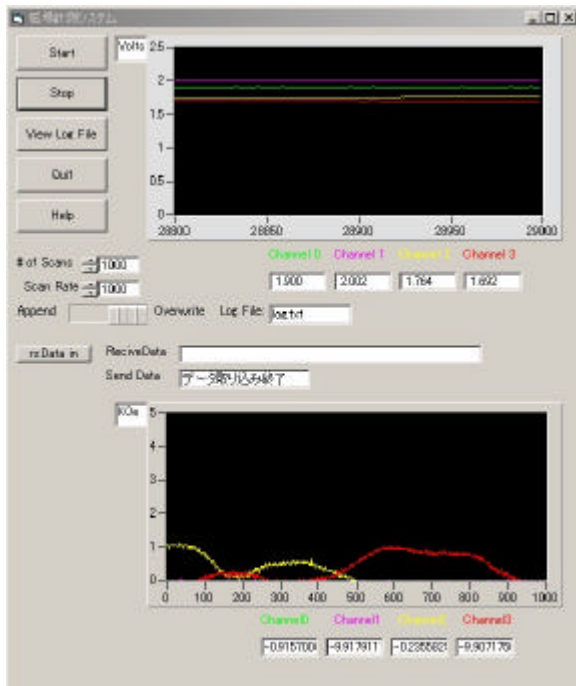


図6 センサヘッドに動的に変化する磁場を加えた場合の波形

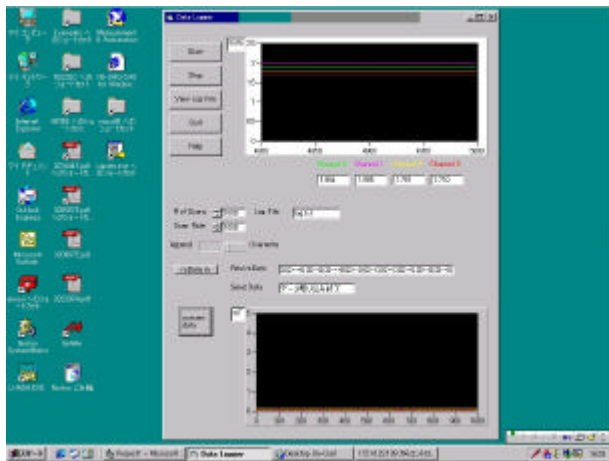


図7 磁場計測システムの遠隔操作画面

図7はLAN (Local Area Network) で接続された他のコンピュータから磁場計測システムを遠隔操作した画面で、本システムは離れた場所からでも遠隔計測ができるようにした。

#### 4 結 言

GMR素子は磁場によって電気抵抗が変化する磁気抵抗効果を示す。従来からテスラメータなどに使用されているホール素子に比べ、経時変化に優れかつ無指向性であることが特長である。そこで、この素子を複数個使用し動的に変化する磁場を複数ポイントで同時測定し、結果を表示するシステムを開発した。

システムは4つの試作したGMR素子、定電流アンプ、AD変換ボード、パーソナルコンピュータ(Windows 2000)で構成される。

定電流アンプはGMR素子に40mAを供給し、抵抗値の変化を電圧変化として取り出すためのアンプで、16チャンネル分を用意した。動的に変化する磁場の測定結果は使用するチャンネル毎に波形を表示するようにした。また、後で、データ処理を可能とするためテキストファイルで保存できるようにした。

この結果から動的に変化する磁場データをコンピュータに取り込み、表示することが可能であることを確認した。開発したシステムはGMR素子の組み合わせ、配置を考慮することによって多様な分野への応用が可能である。

今後の課題として、ユーザのニーズに合わせたインタラクティブな可視化および評価支援が可能なGUI (Graphical User Interface) を考慮したシステム開発を目指す。

#### 文 献

- 1) 田尾他：広島県立西部工技研究報告 40(1997),12
- 2) 光木他：T.IEE Japan, Vol. 120-A, No. 11, 1032(2000)
- 3) 長谷川他：広島県立西部工技研究報告 43(2000),79
- 4) 三浦：電子材料, 18(2001)