

# LabVIEW を用いた磁化特性測定システムの開発

佐藤昌也

岩手大学工学部 技術部

## 1 はじめに

筆者が派遣されている岩手大学工学部附属金属材料保全工学研究センターでは、プラントや橋梁などの大型構造物の経年劣化を、それらを構成している金属材料の磁気特性を測定することにより非破壊的に評価する手法を研究している。これまでの研究から、材料の劣化の状態と磁性との間には密接な関係があることが知られている。この両者の関係と劣化のしくみを明らかにし、金属材料の磁気特性を測定することにより材料内部の劣化を評価する手法を確立することが同センターの目的である。

同センターでは現在、構造材料として一般的に用いられている鉄鋼やステンレス鋼などの劣化のメカニズムと磁気特性との関係を調べるとともに、それらの様々な環境における磁気特性の測定をサポートするためのシステム開発も行われている。その一環として今回、日本ナショナルインスツルメンツ（株）の計測・制御ソフト LabVIEW とデータ集録システムを用いて、磁化特性測定システムを開発した。現在はまだ実験室レベルでの技術であるが、将来的には現場で用いることも考慮し、システム全体の小型軽量化を念頭においた。また、LabVIEW を採用することで、測定条件を柔軟に変更できるシステムを構築した。

## 2 磁性材料の磁化曲線の測定<sup>[1]</sup>

磁性材料を磁界の中に置き、この磁界を強くしてゆくと、磁性材料は磁化してゆき、材料内部に磁束が発生する。磁界  $H$  と磁束密度  $B$  との関係を示す曲線が、磁化曲線(magnetizing curve)または B-H 曲線といわれるものである。

消磁した試料に、はじめて磁界を加えたときの磁化曲線を初磁化曲線という。一度飽和させた後の磁化曲線は、磁界の変化に対して図 1 のような、いわゆるヒステリシス特性(hysteresis loop)を描く。

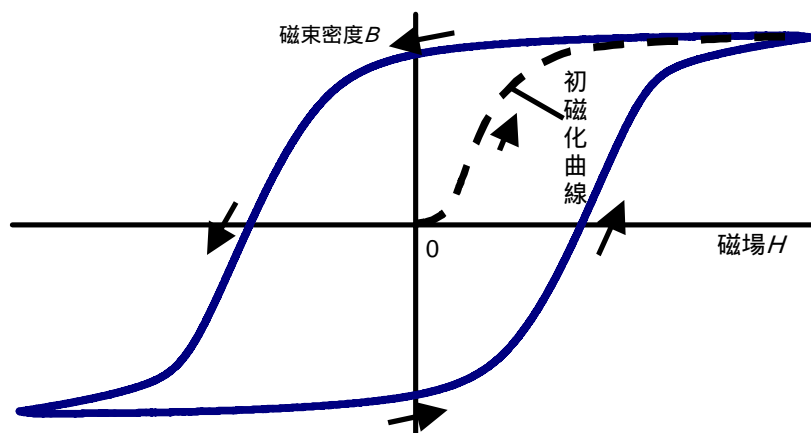


図 1 磁化曲線

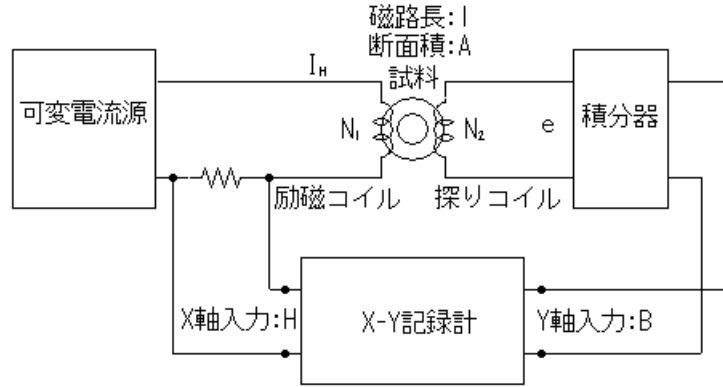


図 2 直流磁化特性測定の実理

### 3 直流磁化特性の測定

直流磁化特性の測定は、外部磁界をゆっくり変化させた場合に内部磁束の変化により探りコイルに発生する電圧を時間積分することで得られる磁束密度の曲線を求めることである。その原理を、図 2 に示す。環状にした試料に励磁コイルを巻き、これに流す励磁電流  $I_H$  をゆっくり増加させる。このとき試料に加わる磁界  $H$  は、次のように  $I_H$  に比例して増加する。

$$H = N_1 \frac{I_H}{l} \quad (1)$$

ここで、 $N_1$  は励磁コイルの巻数、 $l$  は試料の平均磁路長である。 $H$  が増加すると磁束  $\phi$  が増加するが、この値は、探りコイルに発生する電圧  $e$  が

$$e = N_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

であることから、磁束密度は次のように求まる。

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{\int e dt}{N_2 A} \quad (3)$$

ここで、 $N_2$  は探りコイルの巻数、 $A$  は試料の断面積である。

### 4 システム構成

図 3 に今回開発した磁化特性測定システムの構成を示す。磁場・磁束信号ならびに励磁電流制御信号は AD-DA 変換ボードを通じて LabVIEW のプログラムに入出力される。LabVIEW と DA 変換器により生成された励磁電流制御信号は可変電流源を励起し励磁電流  $I_H$  を制御する。励磁電流  $I_H$  の値は、励磁コイルに直列に挿入された 1.0 の抵抗の降下電位差を AD 変換ボードより取り込み、プログラム上で電流値に変換する。その後、式 1 により磁場の値に変換する。探りコイルに発生した誘導起電力は、ノイズフィルタ（ローパスフィルタ）を通り、アンプ（差動増幅器）により増幅された後、AD 変換ボードより取り込まれる。その後、プログラム上で式 3 の積分などを施し、磁束密度の値に変換する。これらの操作により得られた磁場  $H$  を X 軸に、磁束密度  $B$  を Y 軸にプロットし磁化特性を表示する。

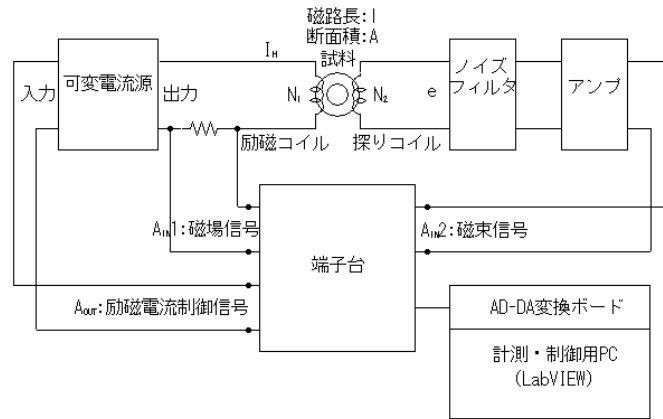


図 3 直流磁化特性測定の実理

## 5 装置ならびに測定値の比較

図 4 に今回開発した磁化特性測定システム、図 5 にセンターに最初に導入されたアナログ式のシステム( 理研電子販売株式会社 : BHS-40 ) を示す。磁束計や積分器などの従来のアナログ計測器をソフトウェア上で代行することにより、大幅な小型軽量化を実現できた。

図 6、図 7、に、両者のシステムを用いて測定した結果を示す。試料は、BHS-40 に付属のソフトフェライトで詳細は次のとおりである。

形状 : 矩形断面リング

寸法 : 内径 30.8mm、内径 19mm、厚さ 8mm

1 次巻数  $N_1=50$  回、2 次巻数  $N_2=50$  回

10Oe ( エルステッド ) の磁場における磁束密度  $B_{10}=5260\text{Gauss}$  ( ガウス )

保磁力 ( 磁化曲線と X 軸との交点 )  $H_c=0.15\text{Oe}$

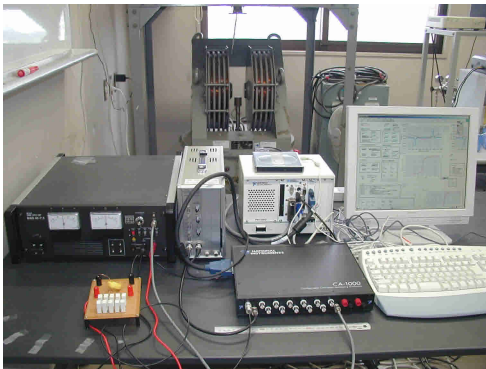


図 4 今回開発したシステム



図 5 理研電子販売株式会社 : BHS-40

奥左より右に電流源、フィルタとアンプ、計測用 PC ( AD-DA ボード含む )、ディスプレイ。手前左より右に試料端子台、AD-DA 端子台、キーボード。

左 : 測定装置本体、右 : 計測・制御用 PC

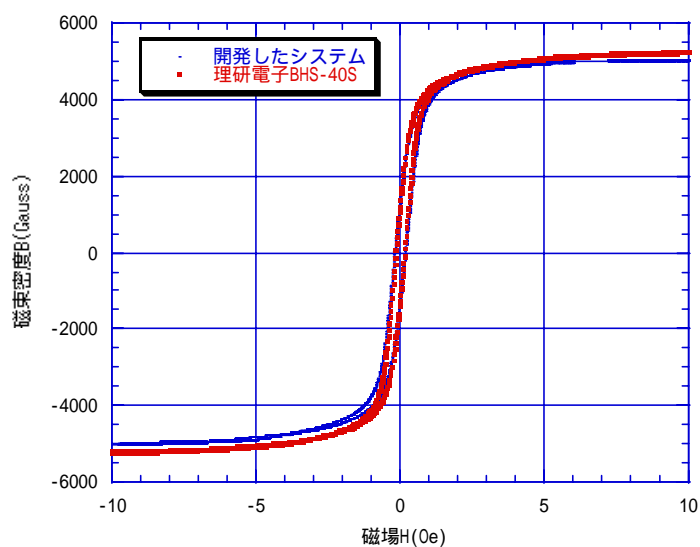


図 6 ソフトフェライトの磁化曲線（フルループ）

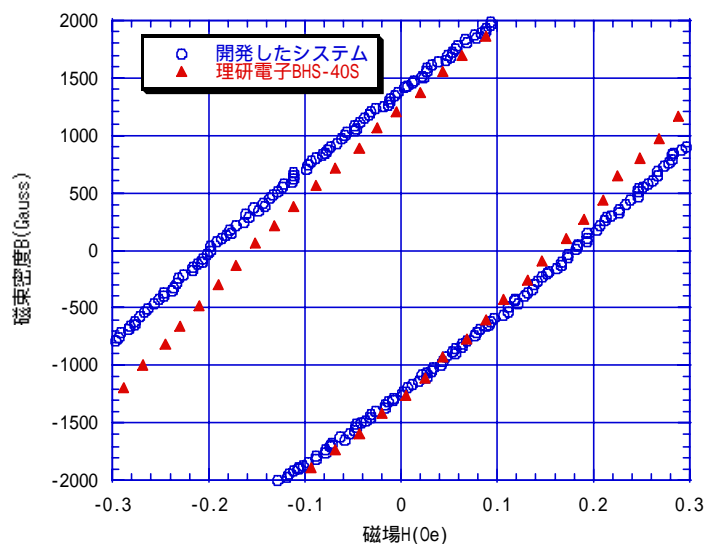


図 7 ソフトフェライトの磁化曲線（ $H_c$  近傍）

図 6 より 10Oe（エルステッド）の磁場における磁束密度  $B_{10}$  は今回開発したシステムの値が理研電子販売株式会社：BHS-40 の値よりも小さかったことがわかる。図 7 より、保磁力  $H_c$  は今回開発したシステムのほうが大きな値となった。

## 6 まとめ

日本ナショナルインスツルメンツ（株）の計測・制御ソフト LabVIEW とデータ集録システムを用いることにより、計測システムの大幅な小型軽量化を実現できた。しかし、同一試料による測定結果の違いが何に起因するのかまだ掴めていない。保磁力  $H_c$  等の諸量は磁気特性を評価する上で重要な値であるので、原因を解明し信頼できる値を得られるよう改良する必要がある。

## 参考文献

- [1] 菅野 充, “改訂 電磁気計測”, コロナ社