

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2018年8月30日(30.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/154672 A1

(51) 国際特許分類:  
G01R 33/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006755

(22) 国際出願日: 2017年2月23日(23.02.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)  
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中野 智仁 (NAKANO, Tomohito);  
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

宮田 健治(MIYATA, Kenji); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

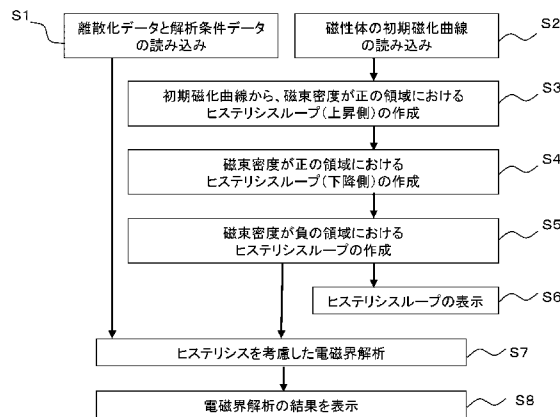
(74) 代理人: 特許業務法人第一国際特許事務所(PATENT CORPORATE BODY DAI-ICHI KOKUSAI TOKKYO JIMUSHO); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目5番12号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: MAGNETIC CHARACTERISTIC ESTIMATION METHOD AND MAGNETIC CHARACTERISTIC ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 磁気特性推定方法および磁気特性推定装置

図2



S1 Read discretized data and analysis condition data  
S2 Read the initial magnetization curve of the magnetic body  
S3 Create a hysteresis loop (ascending side) for when the magnetic flux density is in the positive region from the initial magnetization curve  
S4 Create a hysteresis loop (descending side) for when the magnetic flux density is in the positive region  
S5 Create hysteresis loops for when the magnetic flux density is in the negative region  
S6 Display hysteresis loops  
S7 Carry out electromagnetic field analysis taking hysteresis into consideration  
S8 Display the results of the electromagnetic field analysis

(57) Abstract: In the present invention, to make electromagnetic field analysis, which takes hysteresis into consideration in an approximate manner, possible even if it is difficult to obtain major loop hysteresis data (measurement data) for the hysteresis of a magnetic body, known data for the initial magnetization curve of the magnetic body is used as input to create an ascending-side curve for the major loop from the initial magnetization curve and a straight line having the approximate maximum differential permeability of the initial magnetization curve as the inclination thereof, a descending-side curve for



KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,  
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,  
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,  
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

the major loop is created by using a given curve to join the point of maximum magnetic flux density of the ascending-side curve for the major loop with a point obtained by inverting the sign of the magnetic field value at the point where the ascending-side curve for the major loop has a magnetic flux density of 0, and major loop curves for when the magnetic flux density is in the negative region are created through the point-symmetrical, 180-degree rotation of the ascending-side curve for the major loop and the descending-side curve for the major loop around the origin.

(57) 要約: 磁性体のヒステリシスに関するメジャーループのヒステリシスデータ(測定データ)の入手が困難でも、ヒステリシスを近似的に考慮した電磁界解析を実施することを可能にするために、磁性体の初期磁化曲線の既知データを入力として、初期磁化曲線と当該初期磁化曲線の略最大の微分透磁率を傾きとする直線とから、メジャーループの上昇側の曲線を作成し、メジャーループの上昇側の曲線の最大磁束密度の点とメジャーループの上昇側の曲線が磁束密度0となる点の磁界値の符号を反転させた点とを任意の曲線で結んで、メジャーループの下降側の曲線を作成し、メジャーループの上昇側の曲線および下降側の曲線を、原点を中心に点対称に180°回転させることにより、磁束密度が負の領域におけるメジャーループの曲線を作成する。

## 明 細 書

**発明の名称：磁気特性推定方法および磁気特性推定装置**

### 技術分野

[0001] 本発明は、磁性体のヒステリシスに関するメジャーループを推定する磁気特性推定方法および磁気特性推定装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、磁性体の磁気ヒステリシスを考慮した電磁界解析が普及し始めている。特許文献1には、ヒステリシスを考慮した磁界解析の方法およびシステムが記載されている。この方法では、入力データとして、磁性体の初期磁化曲線（ヒステリシスを無視した電磁界解析でも必要な入力データ）に加え、ヒステリシス特性を記述するメジャーループの測定データが必要である。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特許第4508582号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の方法は、メジャーループのヒステリシスデータ（測定データ）を必要とするが、電磁界解析を行うユーザが、必ずしもメジャーループを測定するための装置や技術を有しているとは限らない。このため、メジャーループを簡単に推定できれば、近似的に磁気ヒステリシスを考慮した電磁界解析が可能になる。

[0005] 本発明の目的は、磁性体のヒステリシスに関するメジャーループのヒステリシスデータ（測定データ）の入手が困難な場合であっても、ヒステリシスを近似的に考慮した電磁界解析を実施することを可能にするために、メジャーループに関する近似的な推定データを提供することである。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明は、磁性体のヒステリシスに関するメ

ジャーンプを推定する磁気特性推定方法として、磁性体の初期磁化曲線の既知データを入力として、初期磁化曲線と当該初期磁化曲線の略最大の微分透磁率を傾きとする直線とから、メジャーンプの上昇側の曲線を作成する第1のステップと、磁束密度が正の領域で、メジャーンプの上昇側の曲線の最大磁束密度となる第2の点と、メジャーンプの上昇側の曲線が磁束密度0となる点の磁界値の符号を反転させた第3の点とを任意の曲線で結んで、メジャーンプの下降側の曲線を作成する第2のステップと、メジャーンプの上昇側の曲線および下降側の曲線を、原点を中心に点対称に $180^{\circ}$ 回転させて、磁束密度が負の領域におけるメジャーンプの曲線を作成する第3のステップとを有する。

### 発明の効果

[0007] 本発明によれば、メジャーンプの測定データの入手が困難で手元に無い場合であっても、メジャーンプに関する近似的な推定データを提供し、磁性体のヒステリシスを近似的に考慮した電磁界解析を可能にする。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本発明に係る電磁界解析システムの一構成例を示す図である。

[図2]図2は、本発明に係る電磁界解析プログラムのフローチャートを示す図である。

[図3]図3は、実施例1として、磁束密度が正の領域における上昇側の曲線を作成する具体的方法を示す図である。

[図4]図4は、磁束密度が正の領域における下降側の曲線を作成する具体的な方法を示す図である。

[図5]図5は、2つの放物線を用いて下降側の曲線を作成する方法を示す図である。

[図6]図6は、下降側の曲線を2次のベジェ曲線で作成した例および測定データによるメジャーンプとの比較を示す図である。

[図7]図7は、実施例2として、下降側の曲線を、初期磁化曲線をアフィン変換して得られる曲線により作成する方法を示す図である。

[図8]図8は、実施例2によって推定したメジャーLOOPと、測定したメジャーLOOPとの比較を示す図である。

[図9]図9は、実施例3として、メジャーLOOPの幅を変更する方法を示す図である。

[図10]図10は、アフィン変換によりLOOP幅を変更したメジャーLOOPを示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態および実施例について、図面を用いて説明する。

以下の説明は、本発明に係る具体例を示すものであるが、本発明がこれらの具体例に限定されるものではなく、本明細書に開示する技術思想の範囲内において、当業者による様々な変更および修正が可能である。また、本発明を説明する図面において、同一の機能を有するものには同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0010] 図1は、本発明に係る電磁界解析システムの一構成例を示す図である。本発明に係る電磁解析システムの主要なポイントは、対象とする磁性体の磁気特性の推定にある。本発明に係る電磁界解析システムの一般的な構成は、計算機1、表示装置2、記憶装置3および入力装置4から成る。図1では、記憶装置3は、それを明示するために、計算機1に外付けする形で提示しているが、計算機1に内蔵する形で設置してもよいことは言うまでもない。

[0011] 計算機1には、電磁界解析プログラムとして、磁界強度と磁束密度の空間で形成される原点に関して点対称なヒステリシスLOOP（メジャーLOOP）を推定するための一連のプロセスをコーディングしたプログラムが格納されている。また、この電磁界解析プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録することも可能である。その際には、計算機1は、この電磁界解析プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を介してプログラムを読み込む、内部に格納することができる。

[0012] 入力装置4は、例えばキーボードやマウスであり、電磁界解析に必要なデータを計算機1へ入力するため、また、入力データを保存したデータファイ

ルの読み書きの指定や計算の実行などを行うため、に使用される。

[0013] 計算機 1 は、入力装置 4 を介して必要なデータが入力されると、格納されている電磁界解析プログラムに従い、入力データの読み取りや電磁界解析に必要な演算処理を実行する。そして、計算機 1 は、演算結果を、表示装置 2 に表示するとともに、データファイルとして記憶装置 3 に記憶する。得られた計算結果の一部を表示したり記憶したりしてもよい。

[0014] 図 2 は、本発明に係るヒステリシスを考慮した電磁界解析プログラム（以下、単に「プログラム」と記す）のフローチャートを示す図であって、特に、磁気特性を推定しヒステリシスループ（メジャーループ）を作成する処理過程を詳細に記したフローチャートである。なお、以下では、ヒステリシスループ（メジャーループ）を、単に「メジャーループ」と記す。

[0015] まず、プログラムは、ステップ S 1 で、電磁界解析の対象とする磁性体の離散化データ（例えば、対象となる磁性体製品等の形状など）および解析条件データを読み込み、また、ステップ S 2 で、対象とする磁性体の初期磁化曲線のデータを読み込む。この初期磁化曲線のデータは、対象となる磁性体製品に対してそのメーカ等から提供されているデータや測定により得られたデータ等の既知データである。

[0016] ステップ S 3 で、プログラムは、ステップ S 2 で読み込んだ初期磁化曲線のデータから、磁束密度が正の領域におけるメジャーループの上昇側の曲線を作成する。

ステップ S 4 で、プログラムは、磁束密度が正の領域におけるメジャーループの下降側の曲線を作成する。

[0017] 続いて、ステップ S 5 で、メジャーループが原点に対して点対称であることから、プログラムは、ステップ S 3 および S 4 で作成した磁束密度が正の領域におけるメジャーループの一部をなす曲線を  $180^\circ$  回転させて、磁束密度が負の領域の曲線を生成する。これにより、先のステップで作成した正の領域と当該ステップで作成した負の領域の 2 つの曲線から、メジャーループを作成することができる。

[0018] ステップS 6で、プログラムは、作成したメジャーLOOPを表示する。

また、ステップS 7で、プログラムは、ステップS 1で読み込んだ離散化データおよび解析条件データと、ステップS 2からS 5で作成したメジャーLOOPを用いて、ヒステリシスを考慮した電磁界解析を実施する。

ステップS 8で、プログラムは、ステップS 7で求められた電磁界解析の結果を表示する。

[0019] 次に、上記ステップS 3～S 5に示したメジャーLOOPの曲線を作成する具体的方法として、実施例 1～3について説明する。

### 実施例 1

[0020] 図3は、実施例 1として、磁束密度が正の領域における上昇側の曲線を作成する具体的方法を示す図である。まず、初期磁化曲線（図3に示す実線）のデータから、初期磁化曲線の傾き、すなわち微分透磁率が、略最大になる点（最大微分透磁率を与える点10）を求める。

[0021] 次に、この点10よりも磁束密度Bが高い領域に関しては、上昇側の曲線を、初期磁化曲線をそのまま用いて構成する。また、この点10よりも磁束密度Bが低い領域に関しては、この点10を通り、かつ略最大の微分透磁率を傾きとする直線（最大微分透磁率を傾きとする点線の直線20）を作成して、磁束密度が正の領域における上昇側の曲線（図3に示す破線）を構成する。

[0022] 図4は、磁束密度が正の領域における下降側の曲線を作成する具体的な方法を示す図である。まず、初期磁化曲線（図4に示す実線）上で、磁界Hおよび磁束密度Bが最大になる点（ $H_{max}$ 、 $B_{max}$ ）を求める。また、初期磁化曲線上で略最大の微分透磁率を与える点（最大微分透磁率を与える点10）を通り、傾きを略最大の微分透磁率とした直線（最大微分透磁率を傾きとする点線の直線20）上で、磁束密度Bが0になる点（ $H_c$ 、0）を求める。

[0023] 次に、求めた磁束密度Bが0になる点（ $H_c$ 、0）を磁界Hの負側にとった点（ $-H_c$ 、0）を求め、下降側の曲線を、（ $H_{max}$ 、 $B_{max}$ ）およ

び  $(-H_c, 0)$  の 2 点を通り、かつ点  $(H_{max}, B_{max})$  での傾きを初期磁化曲線の点  $(H_{max}, B_{max})$  における微分透磁率とし、さらに点  $(-H_c, 0)$  での傾きを初期磁化曲線の略最大の微分透磁率とした曲線（図 4 で一点鎖線で示す、下降側のメジャーループの推定曲線 30）によって構成する。

[0024] ここで、曲線の関数としては、例えば、ベジェ曲線や円弧、または、図 5 に示すように、二つの異なる放物線を組み合わせたものなどを用いることができる。図 5 は、点  $(-H_c, 0)$  を通る放物線 1（破線 50 で示す）および点  $(H_{max}, B_{max})$  を通る放物線 2（一点鎖線 60 で示す）の二つの異なる放物線を変曲点付近で組み合わせるようにして、下降側の曲線を作成したものである。

[0025] また、メジャーループにおける磁束密度が負の領域の曲線は、磁束密度が正の領域の曲線を原点に対して点対称に回転させたものであるから、最終的に作成するメジャーループは、磁束密度が正の領域の曲線を原点を中心に  $180^\circ$  回転させることにより、磁束密度が負の領域の曲線（図示せず）を生成して、これらの 2 つの曲線から得ることができる。

[0026] 図 6 は、下降側の曲線を 2 次のベジェ曲線で作成した例（一点鎖線で示す、推定したメジャーループ）を示し、併せて測定データによるメジャーループ（破線で示す）との比較を示す図である。測定したメジャーループよりも推定したメジャーループの方が、ループ内の面積が小さいが、メジャーループの測定データが入手できない場合であっても、この推定したメジャーループを用いることにより、ヒステリシスの影響を考慮した解析が可能となる。

## 実施例 2

[0027] 実施例 2 は、下降側の曲線を、初期磁化曲線をアフィン変換（線形写像と平行移動の組み合わせによる変換）して得られる曲線を用いて作成する。以下では、実施例 1 との相違点を中心に説明する。

[0028] 図 7 は、下降側の曲線を、初期磁化曲線をアフィン変換して得られる曲線により作成する方法を示す図である。

[0029] 初期磁化曲線の最大微分透磁率を与える点10よりも磁束密度Bが高い領域では、初期磁化曲線（実線）の一部の曲線をアフィン変換して得られる下降側の曲線40（一点鎖線）を生成する。この下降側の曲線40（一点鎖線）は、初期磁化曲線（実線）の一部の曲線を、その磁界Hが最大の点から磁界Hが負の方向に至る領域まで引き伸ばして得られる曲線である。

[0030] また、初期磁化曲線の最大微分透磁率を与える点10よりも磁束密度Bが低い領域は、最大微分透磁率を傾きとする直線（点線20の直線）を、磁界Hが正で磁束密度Bが0となる点（ $H_c$ 、0）から、磁界Hが負で磁束密度Bが0となる点（ $-H_c$ 、0）を通る直線として平行移動させ（点線20'の直線）、それにより平行移動した最大微分透磁率を与える点10'から点（ $H_c$ 、0）に至る直線部分（一点鎖線部分）を用いる。ここで、最大微分透磁率を傾きとする直線（一点鎖線部分）に限定されるものではなく、点10'から前記のアフィン変換により得られる下降側の曲線40（一点鎖線）を延長し点（ $H_c$ 、0）に至る別の曲線であってもよい。

[0031] その後、実施例1と同様に磁束密度が負の領域の曲線を生成し、両方を接続してメジャーループを作成する。

[0032] 図8は、実施例2によって推定したメジャーループと、測定したメジャーループとの比較を示す図である。実施例2のように、初期磁化曲線をアフィン変換して得られる曲線を用いることにより、初期磁化曲線がどのような軌跡を描いていても、初期磁化曲線と交差しないようにメジャーループを作成することができる。

### 実施例 3

[0033] 実施例3は、実施例1または2で作成したメジャーループをアフィン変換することで、メジャーループの幅を変更するものである。以下、実施例1および2との相違点を中心に説明する。

[0034] 図9は、メジャーループの幅を変更する方法を示す図である。図9に示すように、実施例1または2で作成したメジャーループの上昇側および下降側のそれぞれの曲線を、矢印の方向に引き伸ばすようにアフィン変換すること

により、メジャーループの磁界軸方向の幅を変更することができる。

[0035] 図10は、実施例2で作成したメジャーループ（一点鎖線で示す、幅変更のためのアフィン変換前）と、実施例3によりアフィン変換してループ幅を変更したメジャーループ（破線で示す、幅変更のためのアフィン変換後）を示す図である。ここで、メジャーループで囲まれる2次元空間の面積は、単位体積あたりのメジャーループ一周あたりのヒステリシス損に相当する。電磁界解析を行うユーザが、初期磁化曲線のほかに、ヒステリシス損または保持力の測定データを入力していれば、それらの測定データと合うように、メジャーループの幅を変更することができる。

### 符号の説明

[0036] 1 計算機、2 表示装置、3 記憶装置、4 入力装置、  
10 最大微分透磁率を与える点、  
20 最大微分透磁率を傾きとする直線、  
30 下降側の推定曲線、  
40 初期磁化曲線をアフィン変換して得られる曲線、  
50 放物線1、60 放物線2

## 請求の範囲

- [請求項1] 磁性体のヒステリシスに関するメジャーループを推定する磁気特性推定方法であって、
- 前記磁性体の初期磁化曲線の既知データを入力として、
- 前記初期磁化曲線と当該初期磁化曲線の略最大の微分透磁率を傾きとする直線とから、前記メジャーループの上昇側の曲線を作成する第1のステップと、
- 磁束密度が正の領域で、前記メジャーループの上昇側の曲線の最大磁束密度となる第2の点と、前記メジャーループの上昇側の曲線が磁束密度0となる点の磁界値の符号を反転させた第3の点とを任意の曲線で結んで、前記メジャーループの下降側の曲線を作成する第2のステップと、
- 前記メジャーループの上昇側の曲線および下降側の曲線を、原点を中心に点対称に180°回転させて、磁束密度が負の領域における前記メジャーループの曲線を作成する第3のステップと
- を有する磁気特性推定方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の磁気特性推定方法であって、
- 前記第1のステップは、前記初期磁化曲線の略最大の微分透磁率を与える第1の点より大きい磁束密度領域では前記初期磁化曲線を用い、該第1の点より小さい正の磁束密度領域では該第1の点を通る前記略最大の微分透磁率を傾きとする直線を用いる
- ことを特徴とする磁気特性推定方法。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の磁気特性推定方法であって、
- 前記任意の曲線として、ベジェ曲線、円弧または二つの異なる放物線の組み合わせのいずれか一つを用いる
- ことを特徴とする磁気特性推定方法。
- [請求項4] 請求項1または2に記載の磁気特性推定方法であって、
- 前記任意の曲線は、前記第2の点から発し前記初期磁化曲線の一部

を線形写像と平行移動との組み合わせによるアフィン変換で得られる曲線と、前記第3の点に至る前記略最大の微分透磁率を傾きとする直線または前記アフィン変換で得られる曲線を延長して前記第3の点に至る別の曲線とを組み合わせた曲線であることを特徴とする磁気特性推定方法。

[請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の磁気特性推定方法であって、

作成した前記メジャーロープの磁界軸方向の幅を、当該メジャーロープを構成する曲線にアフィン変換を施すことによって変更する第4のステップを有する磁気特性推定方法。

[請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の磁気特性推定方法であって、

作成した前記メジャーロープを表示させる第5のステップを有する磁気特性推定方法。

[請求項7] 磁性体のヒステリシスに関するメジャーロープを推定するための磁気特性推定装置であって、

入力部と、記憶部と、処理部と、表示部とを備え、

前記入力部は、磁性体の初期磁化曲線の既知データを入力とし

前記記憶部は、少なくとも前記磁性体のヒステリシスに関するメジャーロープを推定するためのプログラムを格納し、

前記処理部は、前記記憶部から読み出した前記プログラムに基づいて、

前記初期磁化曲線の略最大の微分透磁率を与える第1の点より大きい磁束密度領域では、前記初期磁化曲線を用い、該第1の点より小さい正の磁束密度領域では、該第1の点を通る前記略最大の微分透磁率を傾きとする直線を用いて、前記メジャーロープの上昇側の曲線を作成し、

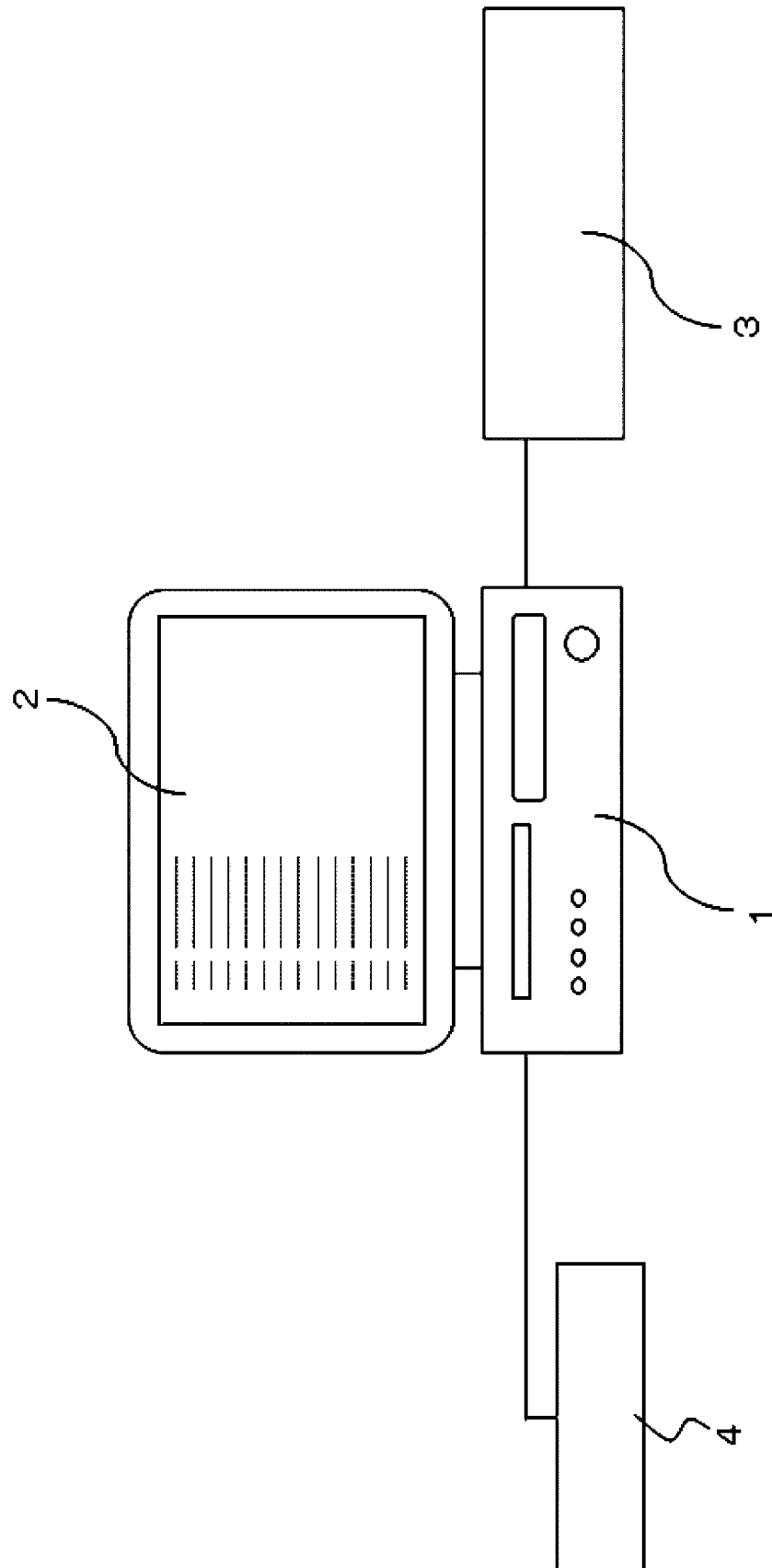
磁束密度が正の領域で、前記メジャーLOOPの上昇側の曲線の最大磁束密度となる第2の点と、前記メジャーLOOPの上昇側の曲線が磁束密度0となる点の磁界値の符号を反転させた第3の点とを任意の曲線で結んで、前記メジャーLOOPの下降側の曲線を作成し、

前記メジャーLOOPの上昇側の曲線および下降側の曲線を、原点を中心に点対称に $180^{\circ}$ 回転させて、磁束密度が負の領域における前記メジャーLOOPの曲線を作成し、

作成した前記メジャーLOOPの曲線を前記表示部に表示させることを特徴とする磁気特性推定装置。

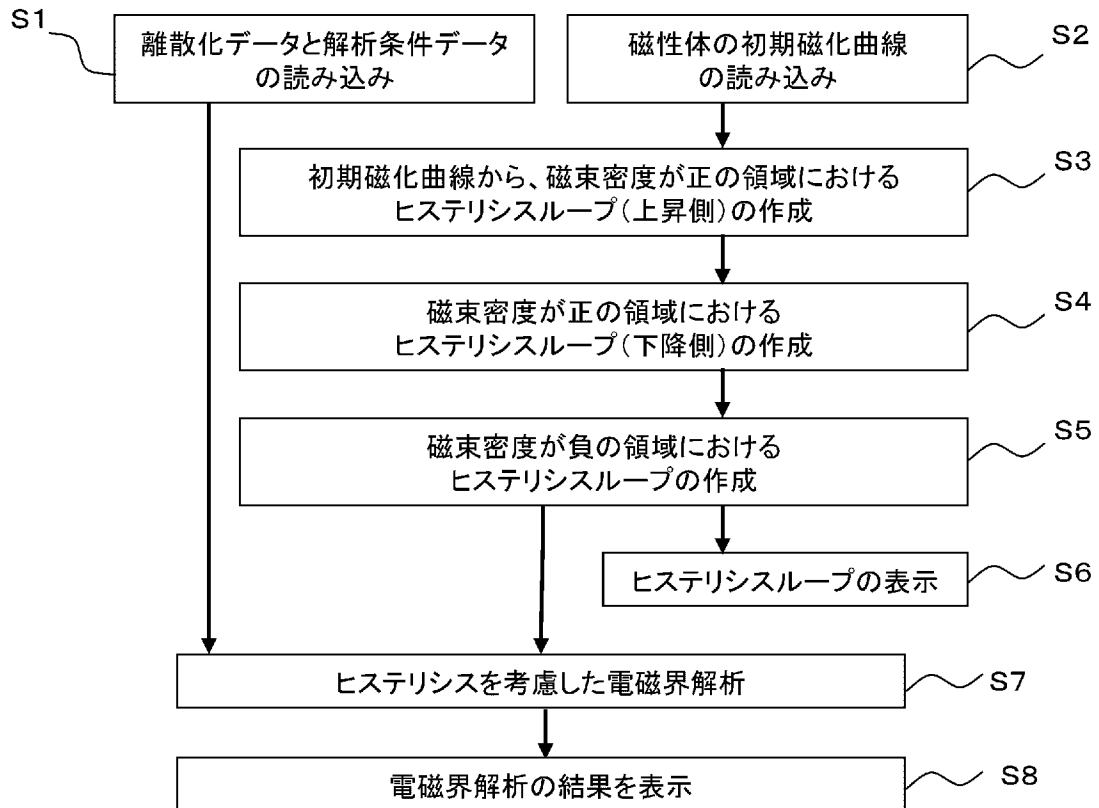
[図1]

図1



[図2]

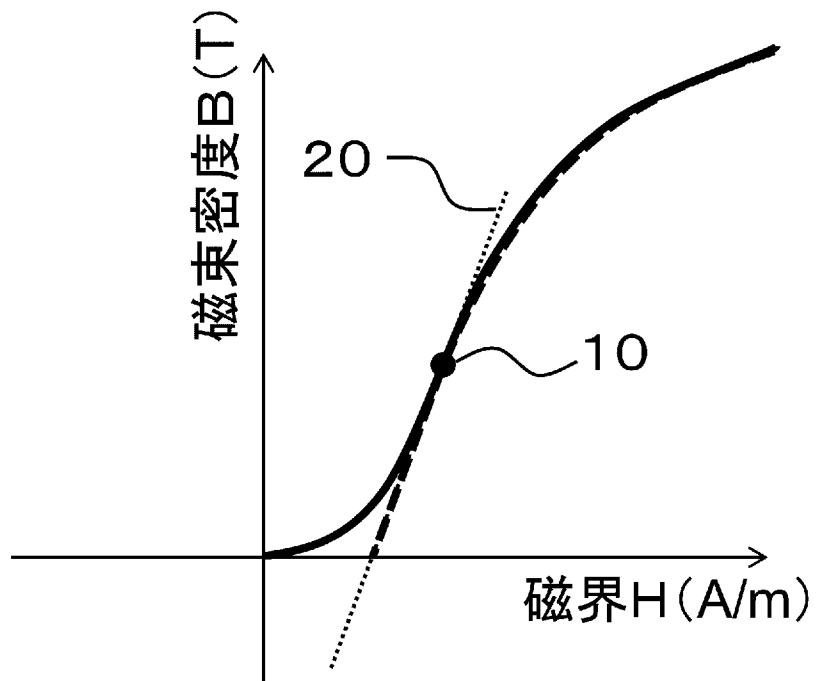
図2



[図3]

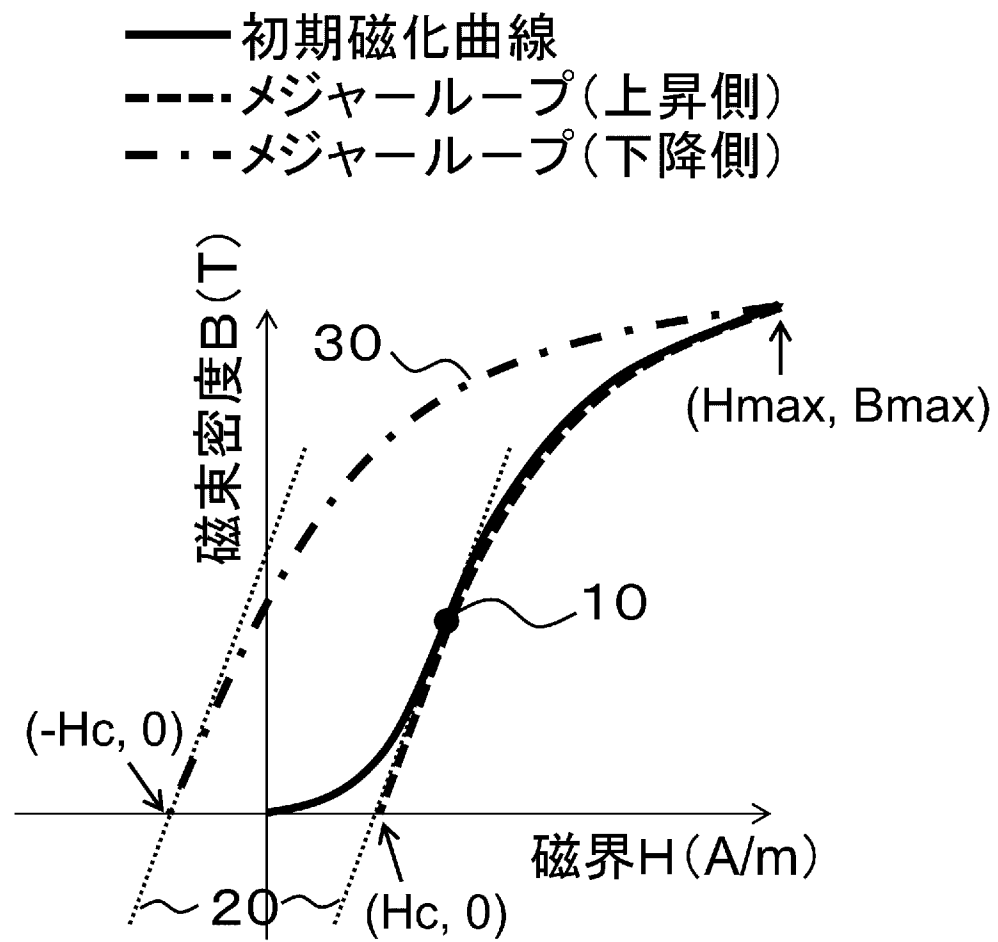
図3

— 初期磁化曲線  
--- メジャーLOOP(上昇側)



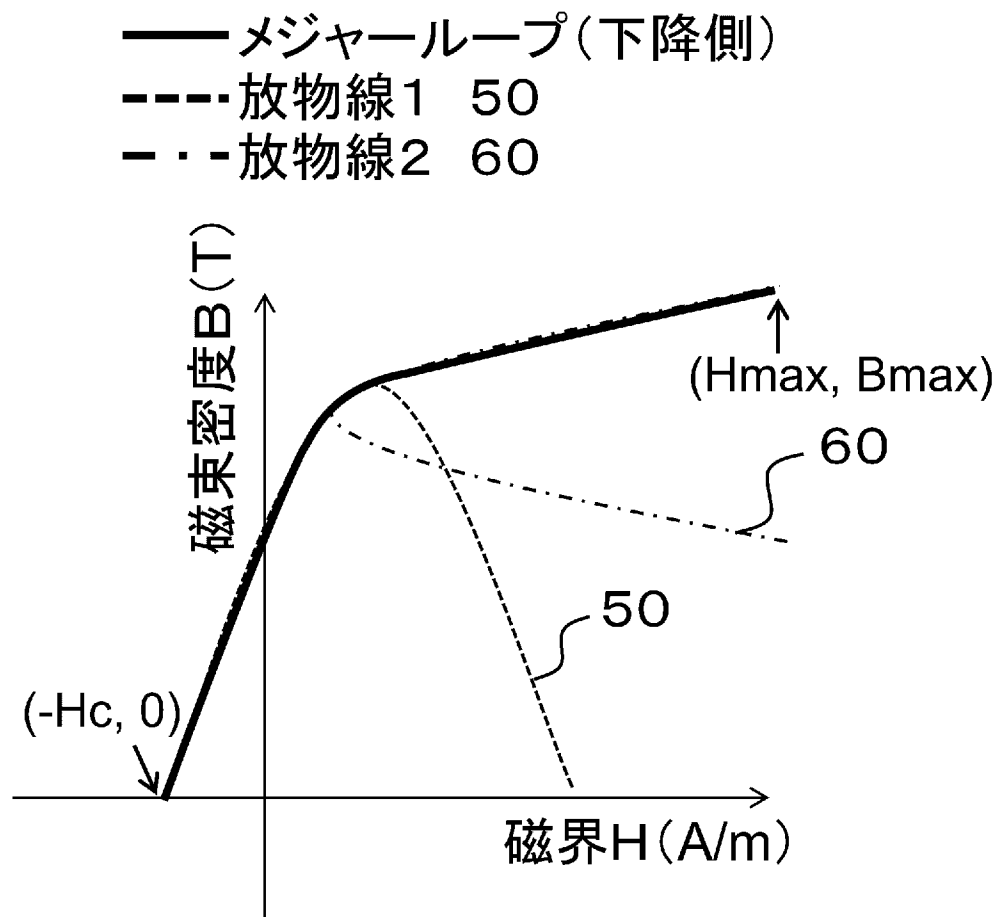
[図4]

図4



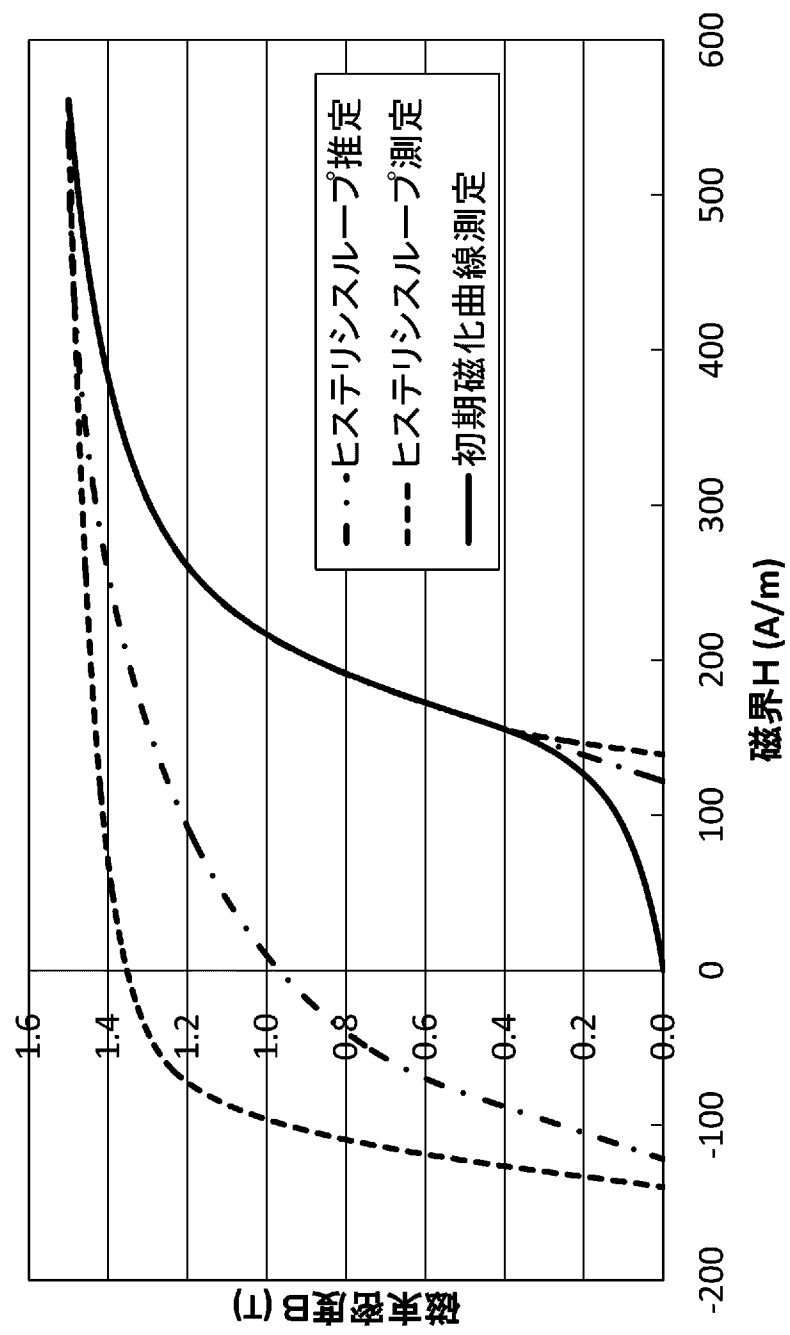
[図5]

図5



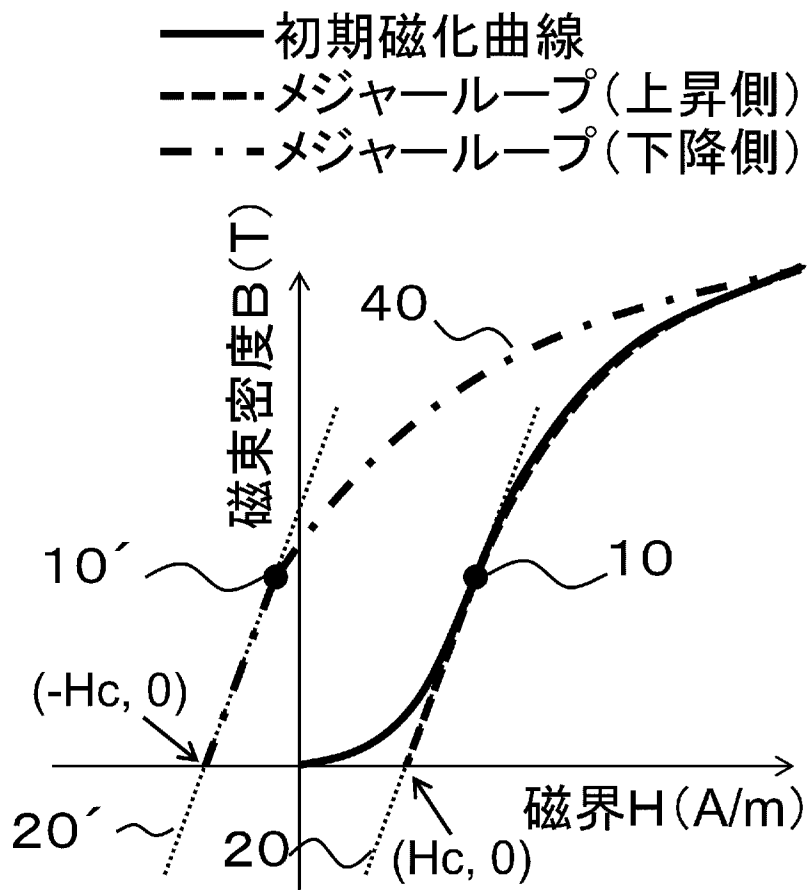
[図6]

図6



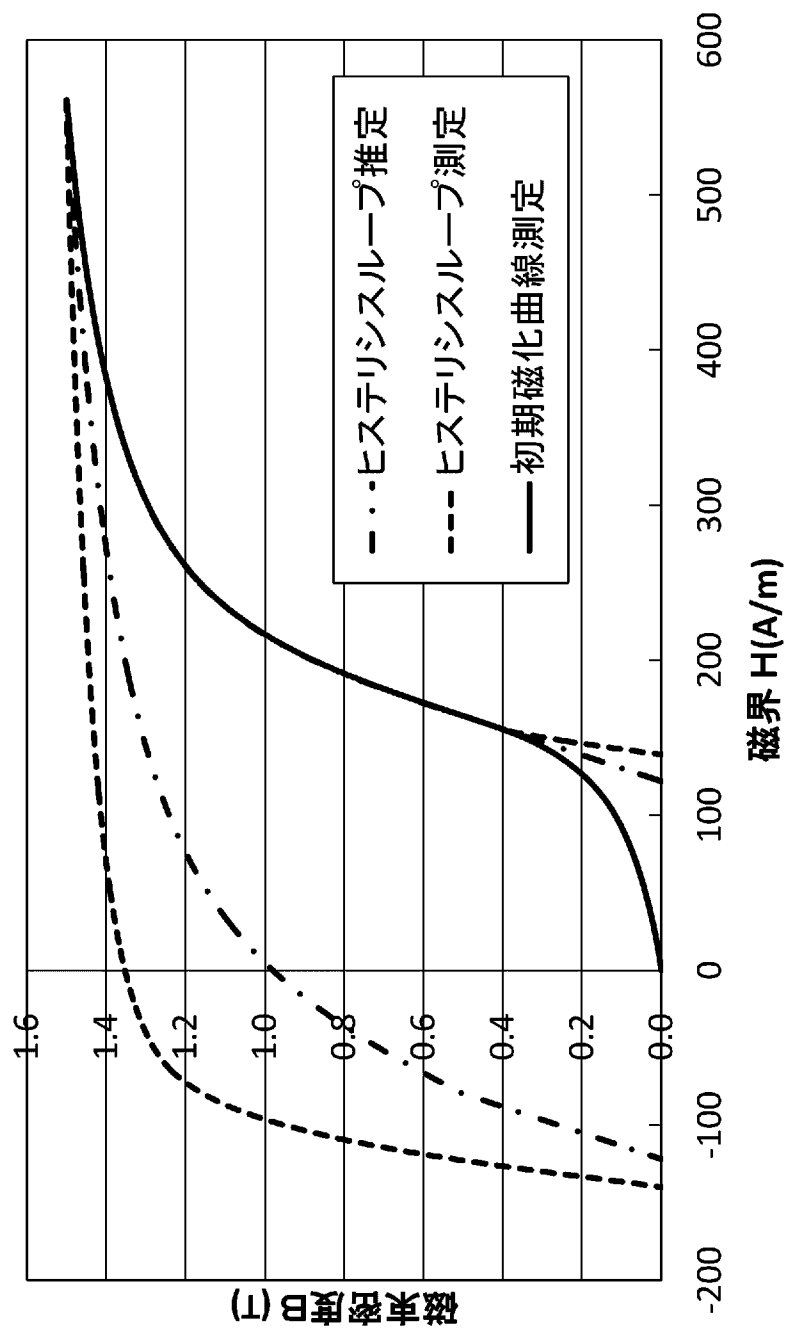
[図7]

図7



[図8]

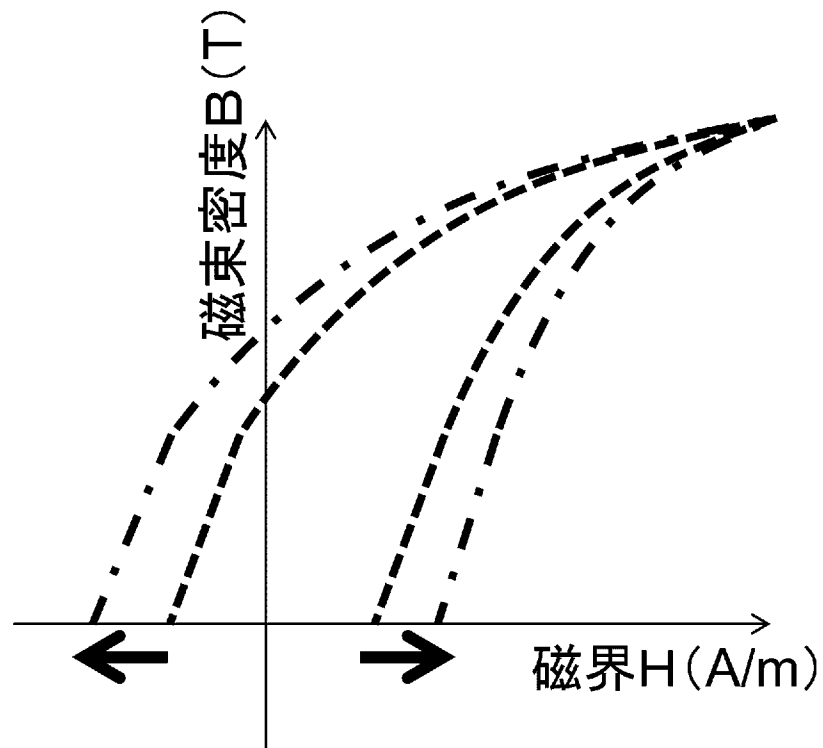
図8



[図9]

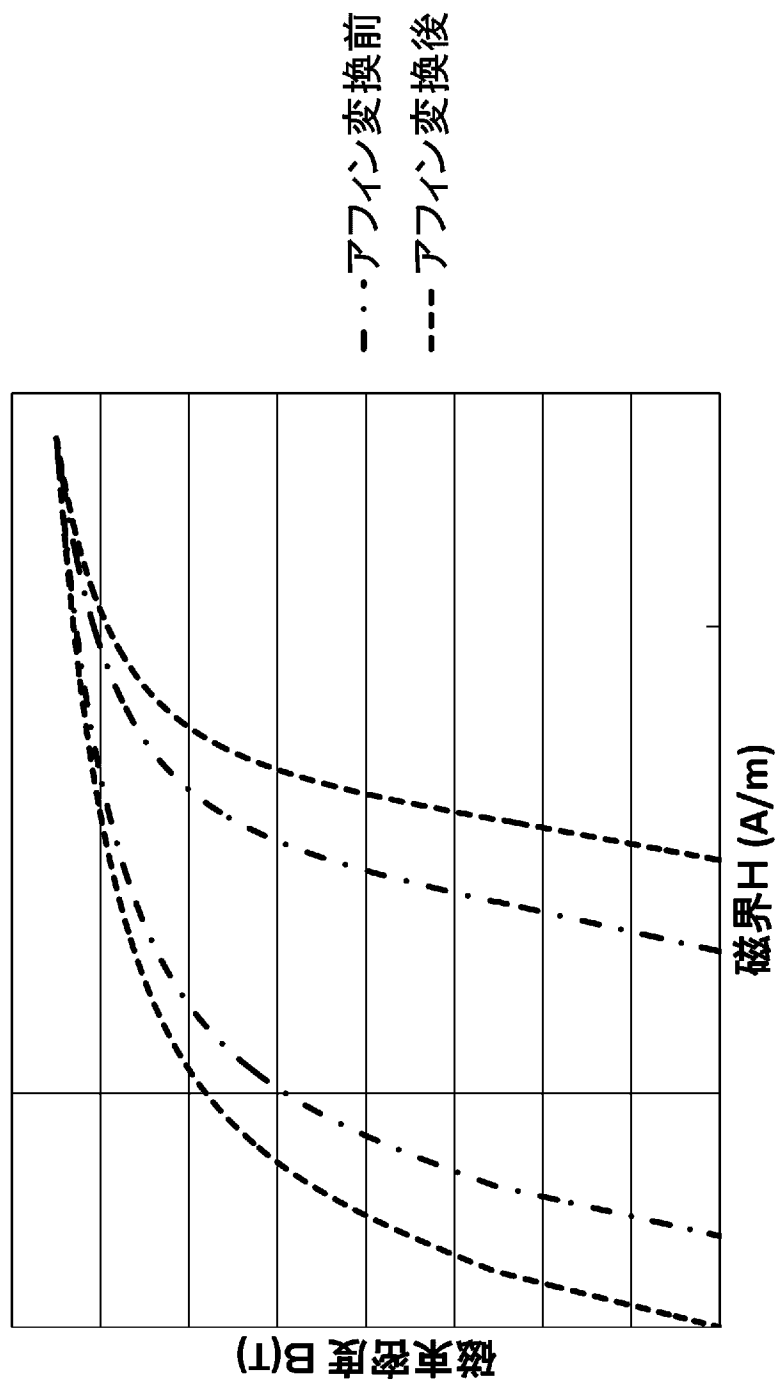
図9

----- メジャーLOOP (ループ幅変更前)  
- . - . - . メジャーLOOP (ループ幅変更後)



[図10]

図10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006755

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R33/14(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R33/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | WO 2011/114492 A1 (Fujitsu Ltd.),<br>22 September 2011 (22.09.2011),<br>entire text<br>& US 2013/0006593 A1 & EP 2549396 A1                                                                                                                                             | 1-7                   |
| A         | US 7502723 B1 (LINEAR TECHNOLOGY CORP.),<br>10 March 2009 (10.03.2009),<br>entire text<br>(Family: none)                                                                                                                                                                | 1-7                   |
| A         | LEE, Chahn, MIYATA, Kenji, KAIDO, Chikara,<br>MATSUO, Tetsuji, "Phenomenological Hysteresis<br>Modeling Based on Asymmetric Transition<br>Probability of Magnetization", IEEE<br>TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 2014.04.10, Vol.50,<br>No.4, DOI: 10.1109/TMAG.2013.2287030 | 1-7                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 May 2017 (10.05.17)

Date of mailing of the international search report  
23 May 2017 (23.05.17)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R33/14(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R33/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | WO 2011/114492 A1（富士通株式会社）2011.09.22, 全文<br>& US 2013/0006593 A1 & EP 2549396 A1 | 1-7            |
| A               | US 7502723 B1（LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION）2009.03.10,<br>全文（ファミリーなし）           | 1-7            |

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.05.2017

国際調査報告の発送日

23.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小川 浩史

2S

9114

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                                                                                                     | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | LEE, Chahn, MIYATA, Kenji, KAIDO, Chikara, MATSUO, Tetsuji,<br>“Phenomenological Hysteresis Modeling Based on Asymmetric<br>Transition Probability of Magnetization” ,<br>IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 2014.04.10, Vol.50, No.4,<br>DOI: 10.1109/TMAG.2013.2287030 | 1-7            |