

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許出願公告番号

特公平6-87075

(24) (44)公告日 平成 6年(1994)11月 2日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 33/02	Z A A L	8203-2G		
A 6 1 B 5/05	Z A A A	7638-4C		
G 0 1 R 33/02	Z A A R	8203-2G		
33/035	Z A A	8203-2G		
33/10	Z A A	8203-2G		

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平2-262014	(71)出願人	999999999 工業技術院長 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号
(22)出願日	平成 2年(1990) 9月30日	(74)上記 1名の復代理人	弁理士 津川 友士
(65)公開番号	特開平4-140680	(71)出願人	999999999 ダイキン工業株式会社 大阪府大阪市北区中崎西 2 丁目 4 番12号 梅田センタービル
(43)公開日	平成 4年(1992) 5月14日	(74)上記 1名の代理人	弁理士 津川 友士
		(72)発明者	賀戸 久 茨城県つくば市梅園 1 丁目 1 番 4 工業技 術院電子技術総合研究所内
		(72)発明者	上田 智章 滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の 2 ダイキン工業株式会社滋賀製作所内
		審査官	下中 義之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ベクトル磁束測定方法およびその装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体 (61) の互に直交する 3 つの面 (61 a) (61b) (61c) にそれぞれ SQUID 磁束計のピックアップ・コイル (62a) (62b) (62c) を設けてなるベクトル磁束計 (12) を予め定められた相対位置関係で配置し、各ベクトル磁束計 (12) により得られるベクトル磁束に基づいて所定範囲のベクトル磁束を計測する場合において、各 SQUID 磁束計により得られたベクトル磁束の同じ方向成分を曲面補間し、ベクトル磁束の各方向成分の補間領域同士のオーバーラップ領域について、ベクトル磁束の各方向成分の曲面補間値に基づいて所望の点のベクトル磁束を得ることを特徴とするベクトル磁束測定方法。

【請求項 2】 基体 (61) の互に直交する 3 つの面 (61 a) (61b) (61c) にそれぞれ SQUID 磁束計のピックアッ

2

プ・コイル (62a) (62b) (62c) を設けてなるベクトル磁束計 (12) を予め定められた相対位置関係で配置し、各ベクトル磁束計 (12) により得られるベクトル磁束に基づいて所定範囲のベクトル磁束を計測する装置において、各 SQUID 磁束計により得られたベクトル磁束をベクトル磁束の各方向成分として格納するベクトル磁束格納手段 (1) と、ベクトル磁束格納手段 (1) からベクトル磁束の同じ方向成分を読み出して曲面補間する曲面補間手段 (4) と、各ベクトル磁束計の 3 つのピックアップ・コイルの相対位置関係およびベクトル磁束の各方向成分の曲面補間結果に基づいて、各ベクトル磁束方向成分の補間領域同士のオーバーラップ領域について、所望の点のベクトル磁束を得るベクトル磁束算出手段 (7) とを含むことを特徴とするベクトル磁束測定装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 産業上の利用分野

この発明はベクトル磁束測定方法およびその装置に関し、さらに詳細に言えば、基体の互に直交する3面にそれぞれ、SQUID (Superconducting Quantum Interference Device、超伝導量子干渉素子)を用いたSQUID磁束計のピックアップ・コイルを設けてなるベクトル磁束計を予め定められた相対位置関係で配置して、各ピックアップ・コイルにより検出される磁束に基づいてベクトル磁場の測定を行なう方法およびその装置に関する。

従来技術、および発明が解決しようとする課題  
従来から非常に高感度の磁束検出を行なうことができるという特質に着目して、種々の分野でSQUIDが応用されている。そして、生体磁場の測定を行なう場合等には、複数個のSQUID磁束計を用いて所定の面内における複数箇所の磁束を測定し、これら測定値に基づいて直線補間、スプライン補間等を行なって該当する面内の全ての点の磁束を算出するようにしている。

また、単に磁束強度だけでなく、磁束の向きをも考慮する必要がある場合には、第6図(A)に示すように、マウント用ブロック(61)の互に直交する3面(61a)(61b)(61c)にSQUID磁束計のピックアップ・コイル(62a)(62b)(62c)を設けてなるベクトル磁束計を用いて上記複数箇所のベクトル磁束を測定し、得られた複数箇所のベクトル磁束に基づく補間演算を行なう。したがって、上記各箇所箇所のベクトル磁束が正確に得られていれば、補間演算を行なうことにより該当する面内の全ての点のベクトル磁束を算出できる。

しかし、上記ベクトル磁束計により得られるベクトル磁束はかなりの誤差を含んでいるので、算出されたベクトル磁束には必然的にかなりの誤差が含まれてしまうという不都合がある。誤差が生じる理由を詳細に説明すると、上記ベクトル磁束計は、マウント用ブロック(61)の先端部(61d)を被測定箇所にも最も近接させた状態で使用されるのであり、得られるベクトル磁束の各成分は磁束計中心としての先端部(61d)において測定されたものと仮定している。しかし、実際には、第6図(B)に示すように、磁束計中心(61d)と各ピックアップ・コイル(62a)(62b)(62c)の中心とはそれぞれ約1cm程度離れているのであるから、互に異なる測定点においてベクトル磁束の各方向成分を測定することになり、磁束計中心(61d)における真のベクトル磁束を測定することはできない。また、一般的に磁場を多点で測定する場合には、複数個のベクトル磁束計を2.5~4cm間隔で配置するのであるから、ベクトル磁束計の配置間隔に対する磁束計中心(61d)とピックアップ・コイルとの中心との距離の割合がかなり大きくなり、この点からもベクトル磁束の測定誤差が生じてしまう。特に、生体磁場の計測を行なう場合には比較的大きな空間磁場勾配を持つことがあり、このような場合には、磁束計中心(61d)

と各ピックアップ・コイルの中心との距離に起因して実際に測定された各方向成分と真の方向成分との誤差が著しく大きくなってしまふ。

このような不都合を解消させるためにピックアップ・コイルの直径を小さくし、ピックアップ・コイル同士の間隔を小さくすることが考えられるが、ピックアップ・コイルの直径を小さくすると必然的に感度が低下し、S/N比が劣化してしまうという新たな不都合を生じてしまふ。

## 10 発明の目的

この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、ベクトル磁束計が本来有している測定誤差を大幅に低減して正確なベクトル磁束を測定できるようにしたベクトル磁束測定方法およびその装置を提供することを目的としている。

## 課題を解決するための手段

上記の目的を達成するための、この発明のベクトル磁束測定方法は、ベクトル磁束計を構成する各SQUID磁束計により得られたベクトル磁束の同じ方向成分を曲面補間し、ベクトル磁束の各方向成分の補間領域同士のオーバーラップ領域について、ベクトル磁束の各方向成分の曲面補間値に基づいて所望の点のベクトル磁束を得る方法である。

上記の目的を達成するための、この発明のベクトル磁束測定装置は、ベクトル磁束計を構成する各SQUID磁束計により得られたベクトル磁束をベクトル磁束の各方向成分として格納するベクトル磁束格納手段と、ベクトル磁束格納手段からベクトル磁束の同じ方向成分を読み出して曲面補間する曲面補間手段と、各ベクトル磁束計の3つのピックアップ・コイルの相対位置関係およびベクトル磁束の各方向成分の曲面補間結果に基づいて、各ベクトル磁束方向成分の補間領域同士のオーバーラップ領域について、所望の点のベクトル磁束を得るベクトル磁束算出手段とを含んでいる。

## 作用

以上のベクトル磁束測定方法であれば、基体の互に直交する3面にそれぞれSQUID磁束計のピックアップ・コイルを設けてなるベクトル磁束計を予め定められた相対位置関係で配置し、各ベクトル磁束計により得られるベクトル磁束に基づいて所定範囲のベクトル磁束を計測する場合に、各SQUID磁束計により得られたベクトル磁束の同じ方向成分を曲面補間することにより所定範囲内のベクトル磁束の各方向成分を得る。そして、得られた各方向成分に基づいて所望の点における各方向成分を抽出し、抽出された各方向成分に基づいて、ピックアップ・コイル間の間隔が0になったのと等価なベクトル磁束を得ることができる。

したがって、各ベクトル磁束計により得られる各方向成分がピックアップ・コイル同士の間隔だけ離れた箇所でも測定された各方向成分になり、これら方向成分に基づい

て得られるベクトル磁束が必然的に誤差を含んでいるにも拘らず、各方向成分を曲面補間し、曲面補間結果に基づいて、仮想的にピックアップ・コイル同士の間隔が0になった状態における各方向成分を得ることができ、誤差を大幅に低減したベクトル磁束を得ることができる。以上の構成のベクトル磁束測定装置であれば、基体の互に直交する3面にそれぞれSQUID磁束計のピックアップ・コイルを設けてなるベクトル磁束計を予め定められた相対位置関係で配置し、各ベクトル磁束計により得られるベクトル磁束に基づいて所定範囲のベクトル磁束を計測する場合に、各SQUID磁束計により得られたベクトル磁束をベクトル磁束の各方向成分としてベクトル磁束格納手段に格納し、ベクトル磁束格納手段からベクトル磁束の同じ方向成分を読み出して曲面補間手段により曲面補間することにより所定範囲内のベクトル磁束の各方向成分を得る。そして、各ベクトル磁束計の3つのピックアップ・コイルの相対位置関係およびベクトル磁束の各方向成分の曲面補間結果に基づいて、ピックアップ・コイル間の間隔が0になったのと等価なベクトル磁束を得ることができる。

したがって、各ベクトル磁束計により得られる各方向成分がピックアップ・コイル同士の間隔だけ離れた箇所測定された各方向成分により、これら方向成分に基づいて得られるベクトル磁束が必然的に誤差を含んでいるにも拘らず、各方向成分を曲面補間し、3つのピックアップ・コイルの相対位置関係および曲面補間結果に基づいて、仮想的にピックアップ・コイル同士の間隔が0になった状態における各方向成分を得ることができ、誤差を大幅に低減したベクトル磁束を得ることができる。

#### 実施例

以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。第6図はベクトル磁束計の構成の一例を示す図であり、基体としてのマウント用ブロック(61)の互いに直交する3つの面(61a)(61b)(61c)にSQUID磁束計のピックアップ・コイル(62a)(62b)(62c)を設けている。そして、マウント用ブロック(61)を支持する支持部材(63)の上部側所定位置に超伝導トランス(64)を設けている。

上記マウント用ブロック(61)は、第6図(B)に破線で示す立方体を所望の頂点と隣合う3つの頂点で規定される平面で切断し、さらに上記3つの頂点を含む所定範囲を切除することにより得られるものであり、上記所望の頂点を共有する3つの面(61a)(61b)(61c)が互に直交している。そして、上記所望の頂点側からみた場合に120°回転対称である(第6図(C)参照)。上記ピックアップ・コイル(62a)(62b)(62c)はdc-SQUID(65)と一体形成されたものであり(第6図(D)参照)、上記面(61a)(61b)(61c)の、上記頂点に近接する箇所に貼り付けられている。そして、上記所望の頂点が磁束計中心(61d)に設定される。また、上記各d

c-SQUID(65)からの出力信号は図示しない磁束ロック・ループ(以下、FLLと略称する)に供給され、各FLLから対応するピックアップ・コイルにより検出された磁束に比例する磁束検出信号が出力される。

第7図は上記ベクトル磁束計の配置を概略的に示す図であり、20×20cmの領域を5×5の格子に区分し、各格子点上にベクトル磁束計を配置している。

第1図はこの発明のベクトル磁束測定方法の一実施例を示すフローチャートであり、ステップ①において、各格子点における各SQUID磁束計(対応するピックアップ・コイル、dc-SQUID、磁束ロック・ループを含む概念として使用される)から出力される時系列データ(各方向成分毎の時系列データ)を取り込んで保持し、ステップ②において時系列データの取り込みを終了すべきことが指示されるまでステップ①の処理を反復する。ステップ②において時系列データの取り込みを終了すべきことが指示された場合には、ステップ③において、保持されている時系列データの中から同一事象(同一時刻)で生じた各格子点における時系列データを読み出し、ステップ④において各ピックアップ・コイル同士のずれ量を得、ステップ⑤において、得られたずれ量を考慮しながら、読み出された時系列データに基づいて各方向成分毎に直線補間、スプライン補間、最小二乗法、空間フィルタ等の曲面補間演算を施し、ステップ⑥において、各方向成分毎の曲面補間演算結果に基づいて、各方向成分毎の補間演算領域がオーバーラップする領域(第2図中斜線が施された領域参照)の全ての点のベクトル磁束を得、ステップ⑦において未処理の時系列データが存在しているかを判別し、未処理の時系列データが存在していれば、ステップ⑧において次の事象または時刻を選択し、再びステップ③の処理を行なう。逆に、未処理の時系列データが存在していないと判別された場合にはステップ⑨においてベクトル磁束計の各SQUID磁束計により定まる座標系(第3図(A)参照)を被測定対象物に基づいて定まる座標系(第3図(B)参照)に変換し、ステップ⑩において、被測定対象物に基づいて定まる座標系に変換された値に基づいてベクトル磁束を3次的に表示し、そのまま一連の処理を終了する。

以上の説明から明らかなように、各ベクトル磁束の各SQUID磁束計により得られる各方向成分は空間的に異なる箇所における磁束であるが、各方向成分毎に曲面補間を施して該当する領域内の全ての点における各方向成分に基づいて正確なベクトル磁束を得ることができる。

そして、6×6個のベクトル磁束計を用いて従来方法によりベクトル磁束を測定し、3次的に表示した結果が第4図(A)(B)に示すとおりである場合に、この発明の方法によりベクトル磁束を測定して3次的に表示することにより、それぞれ第4図(C)(D)に示すベクトル磁束分布が得られた。即ち、ベクトル磁束計の各ピックアップ・コイルの相対位置に基づく所定範囲だけ

狭くなった領域の内部におけるきめ細かいベクトル磁束分布が得られた。

尚、上記曲面補間としては、最小二乗法または空間フィルタを用いることが好ましく、ベクトル磁束の測定精度を最も高めることができる。但し、生体磁場のような微弱磁場の測定を行なう場合には、ノイズの影響を最も効果的に除去できる最小二乗法が好ましい。

#### 実施例2

第5図はこの発明のベクトル磁束測定装置の一実施例を示すブロック図である。各ベクトル磁束計から順次出力される時系列データを保持する時系列データ保持部

(1)と、時系列データ保持部(1)から、同一事象(同一時刻)で生じた時系列データを切り出す時系列データ切り出し部(2)と、ベクトル磁束計の各ピックアップ・コイル同士のずれ量を得て保持するずれ量保持部(3)と、ずれ量保持部(3)から供給されるずれ量を考慮して、時系列データ切り出し部(2)により切り出された時系列データをベクトル磁束の各方向成分毎に曲面補間する曲面補間部(4)と、曲面補間により得られた補間値を保持する方向成分保持部(5)と、方向成分保持部(5)に保持されている各方向成分に対して被測定対象物に基づいて定まる座標系への変換処理を行なう座標変換部(6)と、座標変換が施された各方向成分から所望の点における各方向成分を選択してベクトル磁束を得るベクトル磁束算出部(7)と、算出されたベクトル磁束を3次元的に表示する表示部(8)とを有している。

上記構成のベクトル磁束測定装置であれば、まず、各ベクトル磁束計の各SQUID磁束計により得られる時系列データを時系列データ保持部(1)に保持する。そして、時系列データ切り出し部(2)により、同一事象(同一時刻)で生じた時系列データを切り出し、ずれ量保持部(3)に保持されているずれ量を考慮して上記切り出された時系列データに基づいて曲面補間部(4)により上記方向成分毎の補間演算を行なって方向成分保持部(5)に補間値を保持する。その後、方向成分保持部(5)に保持されている各方向成分に対して座標変換部(6)により、被測定対象物に基づいて定まる座標系への変換処理を行ない、ベクトル磁束算出部(7)により、座標変換が施された各方向成分から所望の点における各方向成分を選択してベクトル磁束を得、得られたベクトル磁束を表示部(8)により3次元的に表示する。したがって、各ベクトル磁束計の各SQUID磁束計により得られる各方向成分は空間的に異なる箇所における磁束であるが、各方向成分毎に曲面補間を施して該当する領域内の全ての点における各方向成分を得ることができるので、同一箇所における各方向成分に基づいて正確なベクトル磁束を得ることができる。

第8図はベクトル磁束測定装置を心磁図計測装置に適用した具体例を示す概略図であり、繊維強化プラスチック

などからなるデュワ(11)にベクトル磁束計を收容していると同時に、液体ヘリウムを封入している。そして、ベクトル磁束計(12)の各SQUID磁束計と接続される磁束ロック・ループ回路(13a)(13b)(13c)からの出力信号をA/Dコンバータ(14)によりデジタル信号に変換して第5図の構成のベクトル磁束測定装置に供給している。

尚、デュワ(11)に收容されたベクトル磁束計(12)は、例えば、6×6の格子点上に位置するように配置されている。

したがって、ベクトル磁束計(12)の配置位置に基づいて定まる領域内におけるベクトル磁束を正確に、かつきめ細かく測定でき、測定結果に基づいて心臓の状態を正確に把握できる。

尚、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、例えば、一旦全ての時系列データを保持した後に曲面補間を施す代わりに、ベクトル磁束計から測定データを取り込む毎に曲面補間を施してリアルタイムに正確なベクトル磁束を得、3次元的に表示することが可能であるほか、この発明の要旨を変更しない範囲内において種々の設計変更を施すことが可能である。

#### 発明の効果

以上のように第1の発明は、各ベクトル磁束計により得られる各方向成分がピックアップ・コイル同士の間隔だけ離れた箇所測定された各方向成分になり、これら方向成分に基づいて得られるベクトル磁束が必然的に誤差を含んでいるにも拘わらず、各方向成分を曲面補間し、曲面補間結果に基づいて、仮想的にピックアップ・コイル同士の間隔が0になった状態における各方向成分を得ることができ、誤差を大幅に低減したベクトル磁束を得ることができるという特有の効果を奏する。

第2の発明も、各ベクトル磁束計により得られる各方向成分がピックアップ・コイル同士の間隔だけ離れた箇所測定された各方向成分になり、これら方向成分に基づいて得られるベクトル磁束が必然的に誤差を含んでいるにも拘わらず、各方向成分を曲面補間し、曲面補間結果に基づいて、仮想的にピックアップ・コイル同士の間隔が0になった状態における各方向成分を得ることができ、誤差を大幅に低減したベクトル磁束を得ることができるという特有の効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図はこの発明のベクトル磁束測定方法の一実施例を示すフローチャート、  
第2図は各方向成分毎の補間演算領域の関係を示す概略図、  
第3図はSQUID磁束計により定まる座標系と被測定対象物に基づいて定まる座標系とを示す概略図、  
第4図はベクトル磁束測定結果の表示例を示す概略図、  
第5図はこの発明のベクトル磁束測定装置の一実施例を示すブロック図、

第6図はベクトル磁束計の構成の一例を示す図、  
 第7図はベクトル磁束計の配置を概略的に示す図、  
 第8図はベクトル磁束測定装置を心磁図計測装置に適用  
 した具体例を示す概略図。

(1).....時系列データ保持部、(4).....曲面補間  
 部、

\* (7).....ベクトル磁束算出部、(12).....ベクトル磁  
 束計、

(61).....マウント用ブロック、

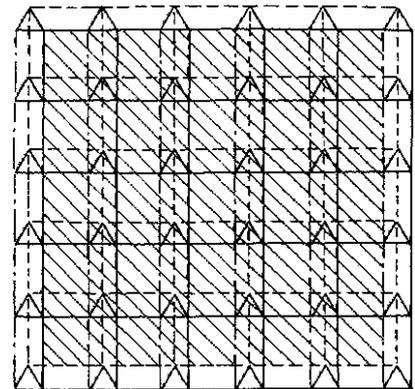
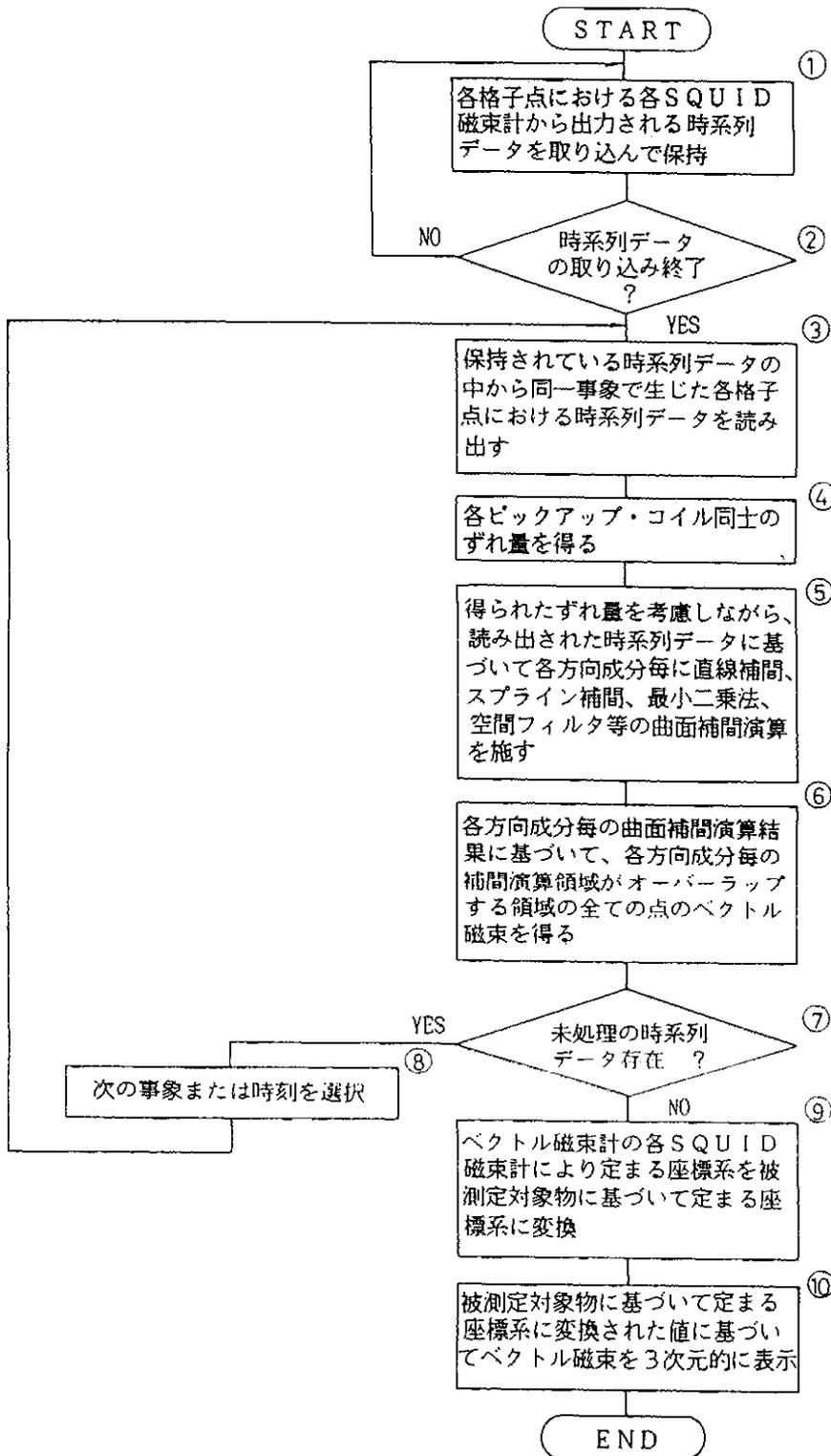
(61a) (61b) (61c).....面、

(62a) (62b) (62c).....ピックアップ・コイル

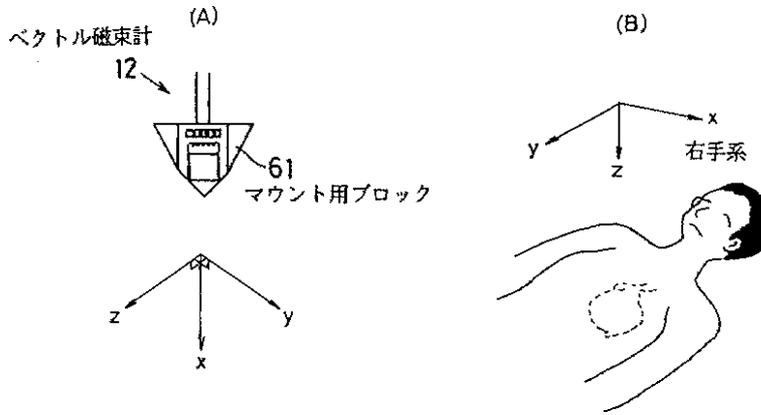
\*

【第1図】

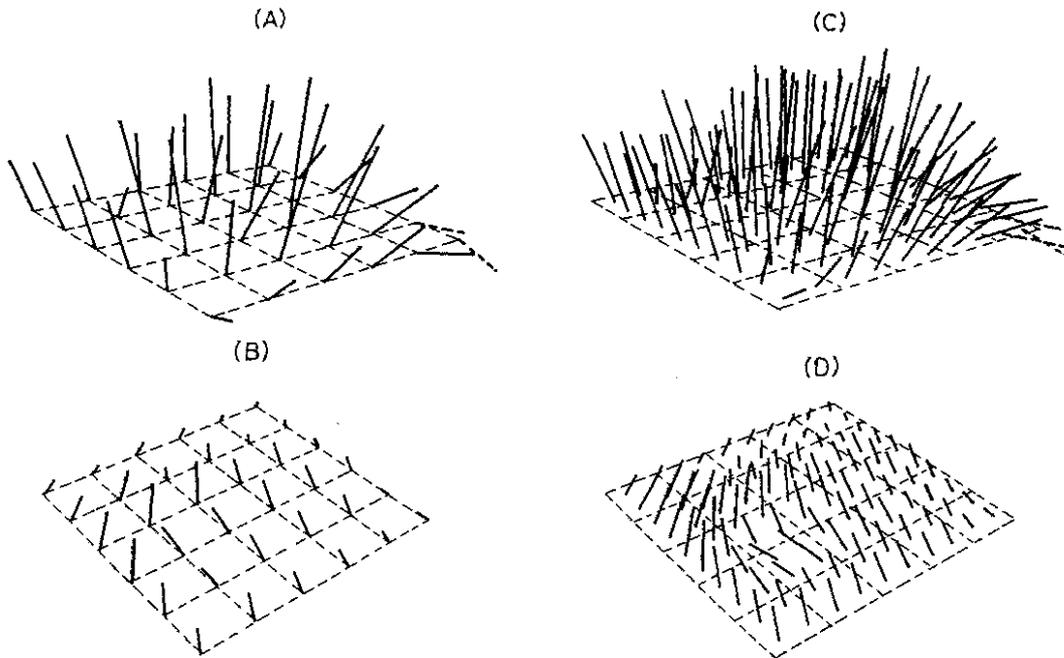
【第2図】



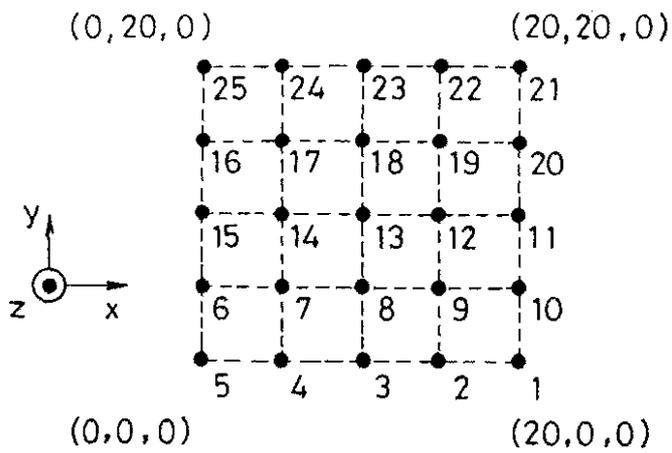
【第3図】



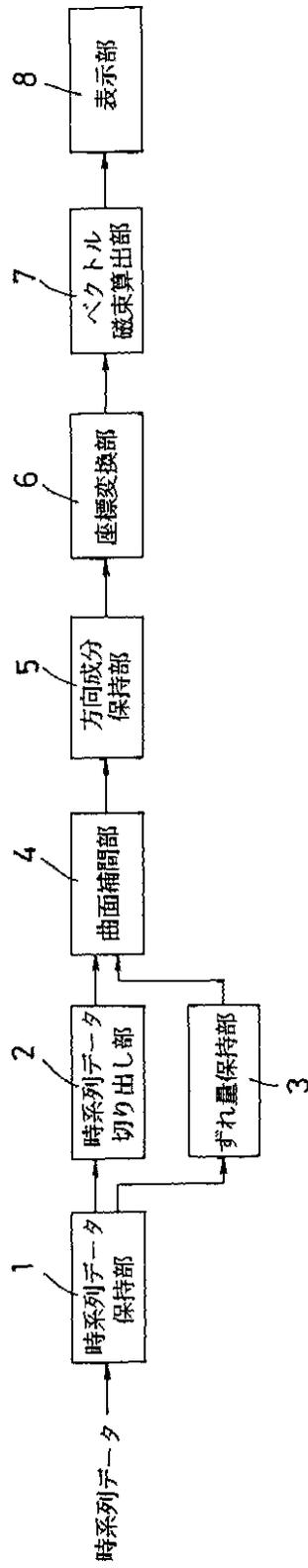
【第4図】



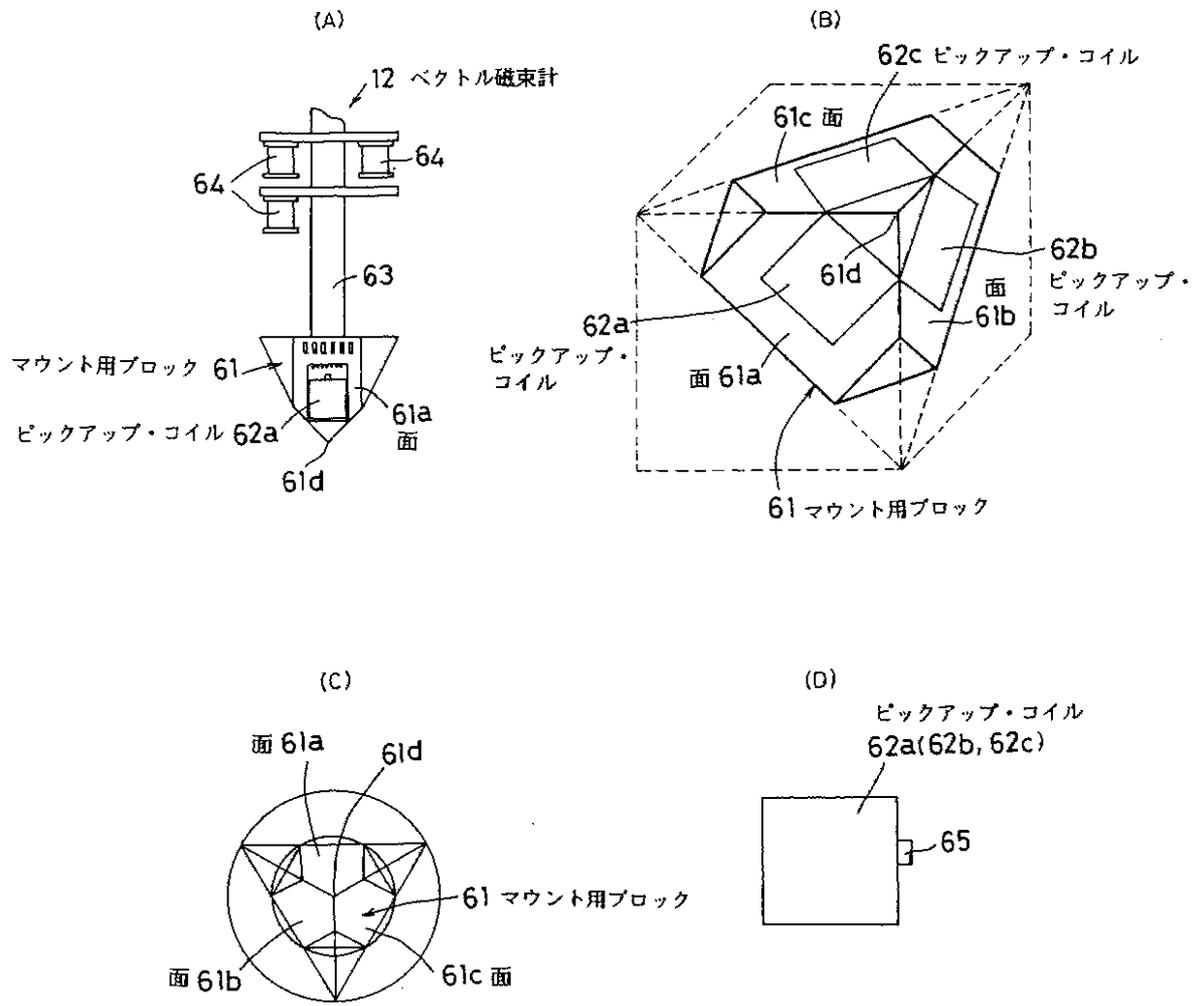
【第7図】



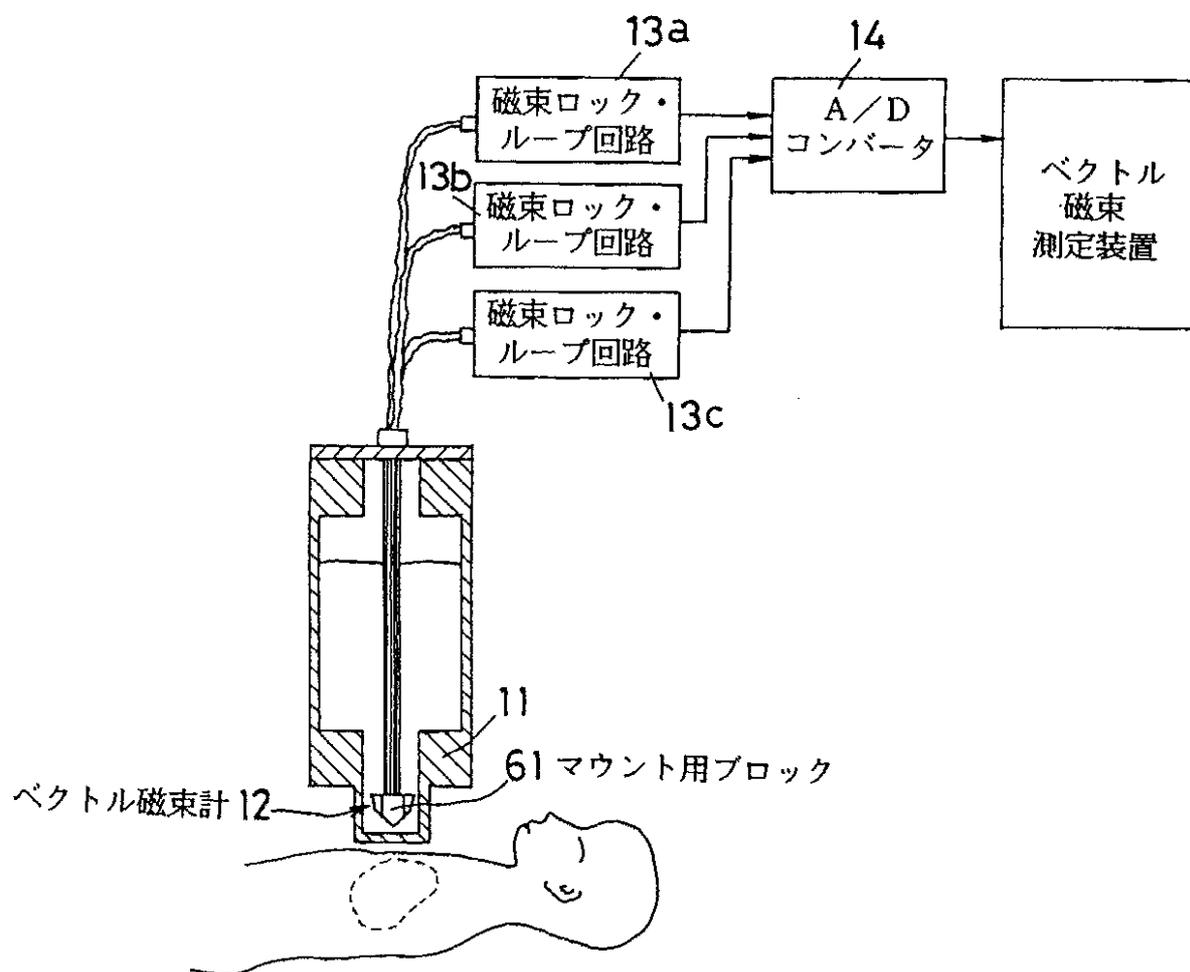
【第5図】



【第6図】



【第8図】



フロントページの続き

- (56) 参考文献 特開 昭63 - 158477 ( J P , A )
- 特開 平 2 - 27281 ( J P , A )
- 特開 昭59 - 105573 ( J P , A )
- 特開 昭59 - 132380 ( J P , A )
- 特開 昭60 - 108769 ( J P , A )
- 実開 平 2 - 9886 ( J P , U )