

(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7-104403

(24) (44) 公告日 平成7年(1995)11月13日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 33/035	Z A A	8203-2G		
A 6 1 B 5/05		A		
G 0 1 R 33/10	Z A A	8203-2G		
G 0 6 F 17/17				
			G 0 6 F 15/ 353	
				請求項の数2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平2-237962
(22) 出願日 平成2年(1990)9月7日
(65) 公開番号 特開平4-116481
(43) 公開日 平成4年(1992)4月16日

(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
(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
(74) 代理人 弁理士 津川 友士

審査官 下中 義之

(56) 参考文献 特開 平2-180243 (J P , A)
特開 昭59-105573 (J P , A)
特開 平1-171062 (J P , A)
特開 昭56-30653 (J P , A)
特開 昭53-24242 (J P , A)
特開 昭61-136177 (J P , A)

(54) 【発明の名称】 磁場測定方法、およびその装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数個のSQUID磁束計(1)を用いて2次元格子状の複数の点における磁束を測定し、測定値に対して、2次元格子の一方における標準化関数を畳み込むとともに、他の方向における標準化関数を微分して得られる関数を畳み込んで測定点間を補間することを特徴とする磁場測定方法。

【請求項2】 2次元格子状の複数の点における磁束を測定する複数個のSQUID磁束計(1)と、測定値に対して、2次元格子の一方における標準化関数および他の方向における標準化関数を微分した関数を畳み込んで補間関数を得る補間関数算出手段(21)(22)と、得られた補間関数に基づいて測定点間の任意の点の磁束の偏微分値を算出する偏微分値算出手段(22)とを含むことを特徴とする磁場測定装置。

2

【発明の詳細な説明】

<産業上の利用分野>

この発明は磁場測定方法およびその装置に関し、さらに詳細にいえば、複数個のSQUID (Superconducting Quantum Interference Device、超伝導量子干渉素子) 磁束計を用いて2次元格子状の複数の点における磁束を測定し、測定値に基づいて任意の点の磁束の偏微分値を得るための方法および装置に関する。

<従来の技術、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、または最小2乗法による補間を行

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。そして、補間により得られた全ての点の磁束に基づいてアローマップ表示、磁場源解析等の後処理を行なうようにしている。

これら補間方法のうち、直線補間方法は、計算負荷が小さく、高速処理が可能であるという利点を有しているが、測定点間の補間結果の精度が低く、しかも等磁図線表示を行なった場合に折れ線状に等磁線が表示されてしまうという不都合がある。また、直線補間方法により得られた補間結果によっては、アローマップ表示に必要な偏微分値を得ることができず、この結果、アローマップ表示を必要としない用途にしか適用できないという不都合がある。

スプライン補間方法、最小2乗法による補間方法は、曲面を補間できるのであるから、直線補間方法が有している不都合を解消できるのであるが、直線補間方法と比較して演算負荷が著しく大きくなり、到底リアルタイムの磁場測定、磁場表示を行なうことができないという不都合がある。そして、演算負荷が著しく大きいのであるから、大型計算機が必要になり、しかも大型計算機を採用してもリアルタイムの磁場測定、磁場表示は達成できないという不都合がある。さらに、アローマップ表示に必要な偏微分値を算出するに当たっては、補間演算により磁束を得ておき、その後、得られた磁束に基づいて数値微分法により偏微分値を算出することが必要であるから、偏微分値を得るまでの所要時間が著しく長くなってしまいうという不都合もある。

<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、任意の点の偏微分値を簡単に、かつ高速に得ることができる磁場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、第1の発明の磁場測定方法は、複数個のSQUID磁束計を用いて2次元格子状の複数の点における磁束を測定し、測定値に対して、2次元格子の一方における標準化関数を畳み込むとともに、他の方向における標準化関数を微分して得られる関数を畳み込んで測定点間を補間する方法である。

第2の発明の磁場測定装置は、2次元格子状の複数の点における磁束を測定する複数個のSQUID磁束計と、測定値に対して、2次元格子の一方における標準化関数および他の方向における標準化関数を微分した関数を畳み込んで補間関数を得る補間関数算出手段と、得られた補間関数に基づいて測定点間の任意の点の磁束の偏微分値を算出する偏微分値算出手段とを含んでいる。

<作用>

第1の発明の磁場測定方法であれば、複数個のSQUID磁束計を用いて2次元格子状の複数の点における磁束を測定し、測定値に対して、2次元格子の一方における標準化関数を畳み込むとともに、他の方向における標準化関数を微分して得られる関数を畳み込んで測定点間を補間するのであるから、任意の点の磁束が予め補間関数に基づいて得られている必要がなく、簡単に磁束の偏微分値を算出することができる。この結果、アローマップ表示等を簡単に達成できる。

第2の発明の磁場測定装置であれば、複数個のSQUID磁束計により2次元格子状の複数の点における磁束を測定し、測定値に対して、補間関数算出手段により、2次元格子の一方における標準化関数および他の方向における標準化関数を微分した関数を畳み込んで補間関数を得、得られた補間関数に基づいて偏微分値算出手段により測定点間の任意の点の磁束の偏微分値を算出するのであるから、任意の点の磁束が予め補間関数に基づいて得られている必要がなく、簡単に磁束の偏微分値を算出することができる。この結果、アローマップ表示等を簡単に達成できる。

<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1図はこの発明の磁場測定方法の一実施例を示すフローチャート、第2図は磁場測定動作を説明する概略図であり、ステップ①において複数個のSQUID磁束計により2次元格子状に磁束を測定し(第2図(A)参照)、ステップ②において、2次元格子状に測定した特定時刻の磁場計測データをインパルス応答として取り扱った関数 $f(x, y)$ に対して、2次元格子の何れかの方向(x方向またはy方向)の標準化関数 $(\sin x)/x$, $(\sin y)/y$ および残余の方向の標準化関数をを微分して得た関数 $d\{(\sin y)/y\}/dy = (y \cos y - \sin y)/y^2$, または $d\{(\sin x)/x\}/dx = (x \cos x - \sin x)/x^2$ を畳み込んで偏微分補間関数 $z(x, y)/y = h(x, y)/y = f(x, y) * \{(\sin x)/x\} * d\{(\sin y)/y\}/dy$, または $z(x, y)/x = h(x, y)/x = f(x, y) * d\{(\sin x)/x\}/dx * \{(\sin y)/y\}$ を得る(但し、*はコンボリューション演算記号である)。尚、標準化関数として $\sin x/x$, $\sin y/y$ ではなく、 $(\sin x)/x$, $(\sin y)/y$ を用いているのは、2次元格子状の測定点間隔を1にするためである。そして、ステップ③において、上記補間関数に基づいて、

$$\delta z / \delta y = \sum_{j=0}^{m-1} [\{ (y-j) \cos(y-j) - \sin(y-j) \} / (y-j)^2] \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \{ \sin \pi (x-i) / \pi (x-i) \} \cdot f(i, j)]$$

5

$$\text{または } \delta z / \delta y = \sum_{j=0}^{m-1} [\{ \sin \pi (y-j) / \pi (y-j) \} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} [\{ (x-i) \cos(x-i) - \sin(x-i) \} / (x-i)^2] \cdot f(i, j)]$$

6

(但し、nはy方向の測定点数、mはx方向の測定点数である)の演算を行なうことにより任意の点の磁束の偏微分値を算出する(第2図(B)中二点鎖線参照)。この場合に、具体的には、第2図(C)に示すように、x方向の任意のラインを選定してこのライン上の測定値(同図中丸印参照)に基づいて測定点間の任意の点(同図中三角印参照)の値を得、次いで、この任意の点を含むy方向のライン上の算出値(同図中三角印参照)に基づいて任意の点(同図中X印参照)の値を得ることにより演算速度を向上できる。その後、ステップ④において必要な全ての点の磁束の偏微分値が算出されたか否かを判別し、算出されていない点が存在すると判別された場合には、再びステップ③の処理を行なうが、全ての点の磁束の偏微分値が算出されたと判別された場合には、そのまま一連の処理を終了する。

したがって、以上の一連の処理を行なうことにより、複数個のSQUIDで規定される2次元格子状領域の全範囲における磁束の偏微分値を簡単に、かつ正確に得ることができる。この結果、磁束の勾配分布等を測定することが可能となり、ひいては、この偏微分値を用いて磁場解析*

$$\delta z / \delta y = \sum_{j=0}^{m-1} [\{ (y-j) \cos(y-j) - \sin(y-j) \} / (y-j)^2] \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \{ \sin \pi (x-i) / \pi (x-i) \} \cdot f(i, j)]、$$

または、

$$\delta z / \delta x = \sum_{j=0}^{m-1} [\{ \sin \pi (y-j) / \pi (y-j) \} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} [\{ (x-i) \cos(x-i) - \sin(x-i) \} / (x-i)^2] \cdot f(i, j)]$$

の演算を行なう補間演算部(22)と、補間演算結果を一時的に保持する補間結果メモリ(5)とを有している。尚、上記SQUID磁束計(1)としては、例えば磁束検出感度が高いdc-SQUIDを用い、磁束ロック・ループを組み込むことにより超伝導ループに導かれる磁束を磁束-電圧特性の谷に維持するとともに、dc-SQUIDからの出力電圧の積分値を磁束検出信号として取り出すようにしている。但し、磁束を磁束-電圧特性の山、単調変化部分の任意の点にロックすることが可能である。

したがって、この実施例の場合にも、各点における磁束ではなく、磁束の偏微分値を簡単に、かつ正確に得ることができる。この結果、磁束の勾配分布等を測定することが可能となり、ひいては、この偏微分値を用いて磁場解析等を行なうことができる。

*等を行なうことができる。また、f(x,y)はx,yが整数である場合のみ値を有しており、測定の範囲内しか値を有しないので、標準化関数(sin x) / x, (sin y) / yについても測定の範囲内のx,yについて要求される補間分解能の間隔でのみ値を算出しておけばよく、予め必要周期分だけ値を算出しておくことにより演算を高速化できる。

<実施例2>

第3図はこの発明の磁場測定装置の一実施例を示すブロック図であり、2次元格子状に磁束を測定する複数個のSQUID磁束計(1)と、各SQUID磁束計(1)から出力される磁束測定データ(x,y)を一時的に保持する測定データ・メモリ(2)と、標準化関数(sin x) / x, (sin y) / yおよびこれら標準化関数を微分した関数(x cos x - sin x) / x², (y cos y - sin y) / y²の値を保持する関数値テーブル(21)と、測定データ・メモリ(2)から順次データを読み出すとともに、関数値テーブル(21)から(sin x) / xおよび(y cos y - sin y) / y²の値、または(sin y) / yおよび(x cos x - sin x) / x²の値を読み出して、

<発明の効果>

以上のように第1の発明は、補間関数を変更するだけで簡単に磁束の偏微分値を算出することができ、アローマップ表示等を簡単に達成できるという特有の効果奏する。

第2の発明も、補間関数を変更するだけで簡単に磁束の偏微分値を算出することができ、アローマップ表示等を簡単に達成できるという特有の効果奏する。

【図面の簡単な説明】

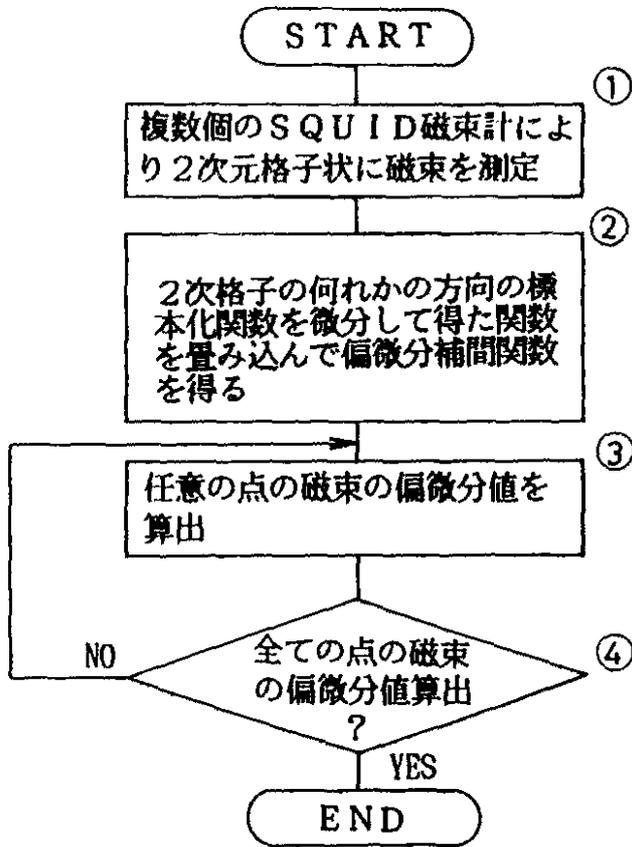
第1図はこの発明の磁場測定方法の一実施例を示すフローチャート、

第2図は磁場測定動作を説明する概略図、

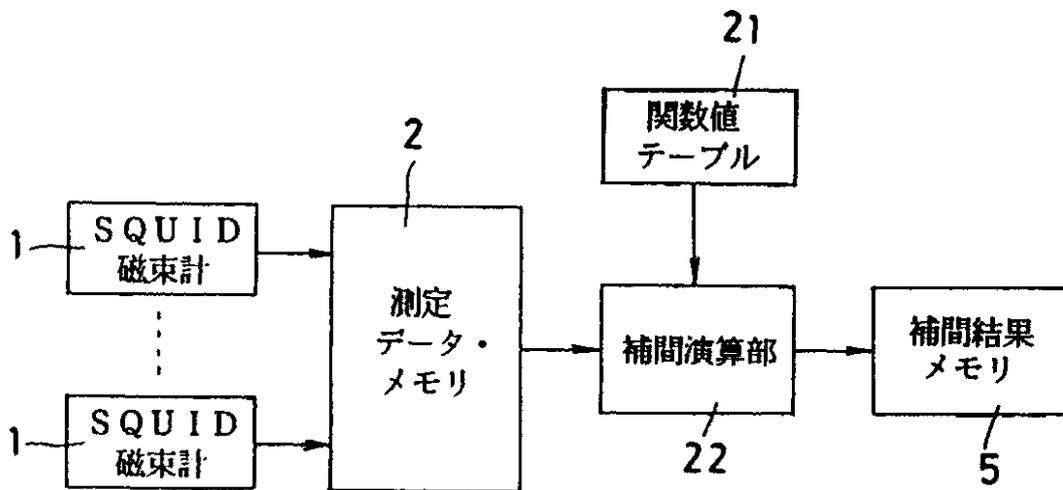
第3図はこの発明の磁場測定装置の一実施例を示すブロック図。

(1)SQUID磁束計、 (21)関数値テーブル、 * * (22)補間演算部

【第1図】



【第3図】



【第2図】

