

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3827548号
(P3827548)

(45) 発行日 平成18年9月27日(2006.9.27)

(24) 登録日 平成18年7月14日(2006.7.14)

(51) Int. Cl.

G O 1 B 21/00 (2006.01)

F I

G O 1 B 21/00

E

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2001-308698 (P2001-308698)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成13年10月4日(2001.10.4)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2003-114112 (P2003-114112A)		神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(43) 公開日	平成15年4月18日(2003.4.18)	(72) 発明者	野田 孝
審査請求日	平成16年6月23日(2004.6.23)		栃木県宇都宮市下栗町2200番地 株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	出口 博美
			栃木県宇都宮市下栗町2200番地 株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	竹迫 康次
			栃木県宇都宮市下栗町2200番地 株式会社ミットヨ内
		審査官	山田 昭次
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 倣いプローブの校正方法および校正プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物を倣い測定する倣いプローブによって校正基準を測定して該校正基準の基準座標値を得る予備測定ステップと、

前記倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローブベクトルとを用いて前記校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、

前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記座標変換関数の校正值と前記校正基準の第2の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、

前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記プローブベクトルの校正值を算出するプローブベクトル校正ステップとを備える倣いプローブの校正方法において、

前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正測定ステップと前記座標変換関数校正ステップとを再度実行させる再実行ステップを備え、

前記校正測定ステップが最初に実行される際には、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を単位ベクトルとし、前記校正測定ステップが再実行される際には、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を、前記座標変換関数校正ステップが前回実行された際に算出された座標変換行列とすると共に、

前記プローブベクトル校正ステップは、前記再実行された座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて前記プローブベクトルの校正值を算出する、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

10

20

【請求項 2】

被測定物を倣い測定する倣いプローブによって校正基準を測定して該校正基準の基準座標値を得る予備測定ステップと、

前記倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローベクトルとを用いて前記校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、

前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記座標変換関数の校正值と前記校正基準の第 2 の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、

前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記プローベクトルの校正值を算出するプローベクトル校正ステップとを備える倣いプローブの校正方法において、

前記校正測定ステップにおける校正測定は、前記校正基準を倣い軌道に沿って倣い測定し

10

、
前記校正測定ステップと前記座標変換関数校正ステップとを複数回だけ実行させる再実行ステップを備え、

前記再実行される校正測定ステップにおいては、再実行毎に、前記校正基準を倣い軌道に沿って倣い測定する前記倣いプローブの倣い速度と、前記倣いプローブと前記校正基準との相対距離、とのいずれかが相違し、

前記再実行される前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果は、前記倣い速度あるいは前記相対距離毎に記憶する、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

20

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の倣いプローブの校正方法において、

前記プローベクトル校正ステップでは、前記再実行された座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正基準を再測定した結果から、前記プローベクトルの校正值を算出する、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

【請求項 4】

被測定物を倣い測定する倣いプローブの測定装置への取付姿勢が変更された場合に、該倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローベクトルとを前記取付姿勢に対応するように変換する変換ステップと、

30

前記変換された、座標変換関数とプローベクトルとを用いて校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、

前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記変換された座標変換関数の校正值と前記校正基準の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、

前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記変換されたプローベクトルの校正值を算出するプローベクトル校正ステップと、を備え、

前記変換ステップにおける前記座標変換関数の変換は、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を前記倣いプローブの測定装置への取付姿勢に対応するように変更する、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

40

【請求項 5】

請求項 4 に記載の倣いプローブの校正方法において、

前記プローベクトル校正ステップでは、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正基準を再測定した結果から、前記変換されたプローベクトルの校正值を算出する、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の倣いプローブの校正方法において、

前記座標変換関数は、前記測長センサ出力と座標変換行列の積の形式である、

ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

50

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の倣いプローブの校正方法において、前記倣いプローブは接触式倣いプローブであり、前記プローブベクトル校正ステップでは、前記接触式倣いプローブの接触子の半径を更に求める、ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の倣いプローブの校正方法において、前記校正基準は球であり、前記基準座標値は、該球の中心座標値である、ことを特徴とする倣いプローブの校正方法。

10

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の倣いプローブの校正方法をコンピュータに実行させること、を特徴とした倣いプローブの校正プログラム。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、倣いプローブの校正方法に関し、特に被測定物の寸法、形状、うねり、粗さなどの表面性状を測定する倣いプローブの誤差を校正する校正方法に関する。

【0002】

20

【背景技術】

被測定物の三次元形状を測定する三次元測定機、二次元の輪郭形状を測定する輪郭形状測定機や画像測定機、真円度を測定する真円度測定機、更に被測定物表面のうねりや粗さ等を測定する表面粗さ測定機などの、被測定物表面の輪郭形状、粗さ、うねりなどを測定する表面性状測定機が知られている。これらは接触式あるいは非接触式のセンサーと被測定物を相対的に移動させる案内機構を 1 軸乃至複数軸備えているものが多い。

【0003】

これらの案内機構はガイドと送りねじとこの送りねじに螺合されたナットを備え、このナットに結合されたスライダを移動させ、そのスライダの移動をリニヤスケールなどで測定する構成のものが多い。また、必ずしも送りねじを備えず、ガイドとスライダから構成され、手動で移動させられるスライダの変位量をリニヤスケールなどで読み取るものもある。通常はスライダにプローブや CCD カメラなどのセンサーが 1 種類あるいは複数種類取り付けられている。

30

これらの用途に用いられるプローブには、タッチ信号プローブと倣いプローブがある。

【0004】

図 6 はこのような倣いプローブ 118 を三次元測定機 100 のスピンドル 117 の先端に取り付けて用いる場合の例を示している。

この三次元測定機 100 は次のように構成されている。

除振台 111 の上には、定盤 112 がその上面をベース面として水平面と一致するように載置され、この定盤 112 の両側端から立設されたビーム支持体 113a, 113b の上端で X 軸方向に延びるビーム 114 を支持している。ビーム支持体 113a は、その下端が Y 軸駆動機構 115 によって Y 軸方向に駆動される。また、ビーム支持体 113b は、その下端がエアベアリングによって定盤 112 に Y 軸方向に移動可能に支持されている。ビーム支持体 113a、113b の移動現在位置は Y 軸スケール 245 によって検出される。

40

【0005】

ビーム 114 は、垂直方向 (Z 軸方向) に延びるコラム 116 を支持する。コラム 116 は、ビーム 114 に沿って X 軸方向に駆動される。コラム 116 の移動現在位置は X 軸スケール 244 によって検出される。コラム 116 には、スピンドル 117 がコラム 116 に沿って Z 軸方向に駆動されるように設けられている。スピンドル 117 の移動現在位置

50

はZ軸スケール246によって検出される。

【0006】

スピンドル117の下端には、接触式の測定子119と接触球121を備えた倣いプローブ118が装着されている。このプローブ118が、定盤112上に載置された被測定物を測定する。X軸スケール244、Y軸スケール245、Z軸スケール246には例えば光学式のリニヤスケールなどが使用される。

図7のブロック図に示すように、倣いプローブ118にはX軸センサ251、Y軸センサ252、Z軸センサ253が内蔵されており、測定子119のX軸、Y軸、Z軸方向への変位に従って、その変位量を各々出力する。

【0007】

駆動装置260には、X軸駆動機構105を駆動するX軸駆動回路261、Y軸駆動機構115を駆動するY軸駆動回路262、Z軸駆動機構125を駆動するZ軸駆動回路263、X軸スケール244の出力を計数するX軸カウンタ264、Y軸スケール245の出力を計数するY軸カウンタ265、Z軸スケール246の出力を計数するZ軸カウンタ266、X軸センサ251の出力を計数するX軸Pカウンタ267、Y軸センサ252の出力を計数するY軸Pカウンタ268、Z軸センサ253の出力を計数するZ軸Pカウンタ269が含まれており、各々は計算機270に接続されている。従って、三次元測定機100のX軸、Y軸、Z軸の各軸は計算機270の指令によって任意速度で任意位置に位置決めが可能である。又、計算機270は各カウンタ264～269の計数値を入力して、スピンドル217のX軸、Y軸、Z軸の各軸の現在位置および倣いプローブ118の測定子119の現在変位を知ることが出来るように構成されている。

【0008】

計算機270は、駆動装置260と情報交換を行うための図示しない接続装置を備えるほかは、公知の計算機と同様で、中央演算装置、記憶装置、入力装置、表示装置、印字装置、出力装置を備えており、記憶装置に格納されたプログラムによって、三次元測定機100の誤差補正、倣いプローブデータの収集、誤差の算出、誤差の表示、誤差の関数化、補正データの出力などの校正処理全般が自動制御あるいは必要に応じてそれぞれの機能を半自動制御あるいは手動制御される。

【0009】

計算機270と駆動装置260との情報交換は通常は有線通信でIEEE488などの伝送制御手順を利用して行われるが、必要に応じて無線通信や光通信などを用いても良い。倣いプローブ118は、被測定物の位置を連続的に測定することが可能なため、被測定物の複数箇所を測定して輪郭データを密に高速に求めることが容易に出来るので、環境変動の影響を受け難く、全体として高精度測定ができる可能性がある。

【0010】

このような倣いプローブとしては、特開平5-256640に示されたプローブがある(図8参照)。このプローブは、基台に対してそれぞれ直交方向に移動自在なX軸スライダとY軸スライダとZ軸スライダを介して触針が支持されており、この基台及び3つのスライダの間の摺動部には加圧空気が送出され空気軸受けを構成することにより極めて摩擦が少ない案内機構が構成されている。また、この基台とZ軸スライダ、Z軸スライダとY軸スライダと、Y軸スライダとX軸スライダとの各々の相対変位を検出するZ軸センサ、Y軸センサ、X軸センサの3つのセンサが設けられており、これら3つのセンサによって触針の三次元的な変位量を求めることができるようになっている。

【0011】

これらのセンサは例えばアブソリュート光学式直線スケールが用いられる。従って、この倣いプローブの触針(測定子)を被測定物の表面に接触させたまま、被測定物に対して倣いプローブを、被測定物の表面方向に相対移動させれば、触針は被測定物の表面の輪郭形状に沿って変位するので、被測定物の輪郭形状データを連続的に収集することが出来る。この場合、輪郭形状データは、倣いプローブから出力される3つのセンサの出力と、三次元測定機の駆動機構の変位を測定するリニヤスケールの値を合成して求める。

10

20

30

40

50

なお、触針が被測定物に接触していない場合の倣いプローブのX軸スライダ、Y軸スライダ、Z軸スライダの通常停止位置（復帰位置）は、各々のアブソリュートセンサの原点位置とされる。

このように、倣いプローブには高速でデータ収集が可能という特徴を備えているが、反面、タッチ信号プローブに比べて案内機構やセンサなどを内蔵していることから構造が複雑となり、十分な測定精度を確保するのが難しいという問題点がある。

【0012】

これらの案内機構には加工上の誤差や環境変動によって生じる変形その他による誤差の発生が避けられず、その結果Z軸スライダ、Y軸スライダ、X軸スライダは正しく移動することができなくなり、このスライダの変位を測定するZ軸センサ、Y軸センサ、X軸センサで測定された触針の変位を示すデータには誤差が含まれることになる。

10

例えば図9（a）のX軸案内機構の模式図を例にして示すと、X軸スライダがX軸方向に変位するとき、X軸スライダがX軸の回りに回転するローリング、X軸スライダがY軸の回りに回転するピッチング、X軸スライダがZ軸の回りに回転するヨーイングが発生する。

また、これらの回転運動に起因する誤差の他に、X軸案内機構の運動の直線性に起因する真直度誤差がある。これには、X軸スライダがX軸方向に変位するとき、Y軸方向に変位するY軸真直度誤差と、Z軸方向に変位するZ軸真直度誤差がある。

【0013】

さらに、X軸センサ自体にも、変位量に対する指示値の誤差（指示誤差）が測定全領域に渡って存在する。すなわち、1軸あたり6種類の誤差が考えられるが、これらの誤差の他に直交性に起因する直交誤差があり、三次元倣いプローブの場合には、X軸とY軸、Y軸とZ軸、Z軸とX軸の3種類の直交誤差があるので、少なくとも21種類の幾何学的な誤差が発生する可能性がある。

20

すなわち、回転運動に起因する誤差（回転誤差）は、X軸回りの回転をA、Y軸回りの回転をB、Z軸回りの回転をCとすると、 $A(x) = X$ 軸ロール誤差、 $A(y) = Y$ 軸ピッチ誤差、 $A(z) = Z$ 軸ピッチ誤差、 $B(x) = X$ 軸ピッチ誤差、 $B(y) = Y$ 軸ロール誤差、 $B(z) = Z$ 軸ヨー誤差、 $C(x) = X$ 軸ヨー誤差、 $C(y) = Y$ 軸ヨー誤差、 $C(z) = Z$ 軸ロール誤差となる。

真直度誤差は、 $X(y) = X$ 軸方向のY軸真直度誤差、 $X(z) = X$ 軸方向のZ軸真直度誤差、 $Y(x) = Y$ 軸方向のX軸真直度誤差、 $Y(z) = Y$ 軸方向のZ軸真直度誤差、 $Z(x) = Z$ 軸方向のX軸真直度誤差、 $Z(y) = Z$ 軸方向のY軸真直度誤差となる。

30

【0014】

指示誤差としては、 $X(x) = X$ 軸指示誤差、 $Y(y) = Y$ 軸指示誤差、 $Z(z) = Z$ 軸指示誤差となる。

直交誤差は、 $P_{yx} = Y$ 軸X軸間直交誤差、 $P_{zx} = Z$ 軸X軸間直交誤差、 $P_{zy} = Z$ 軸Y軸間直交誤差となる。

これらの誤差は、案内機構を介して支持されている測定子の姿勢を変動させて、測定子の正確な位置の決定を困難にし、その結果、測定精度を劣化させることになる。

倣いプローブの場合は、同一の案内機構であっても測定子の長さによって、測定子の姿勢の変動量が変わるので、同一の倣いプローブであっても長さの異なる測定子に交換した場合は、測定誤差が変化する。一般的には、長い測定子を用いた場合の方が測定誤差が大きくなる傾向がある。

40

【0015】

図9（b）はX軸回りの回転A（X軸ローリング）が測定子119の接触球121に与える位置誤差の様子を模式的に示したもので、Y軸方向に dY 、Z軸方向に dZ の誤差が生じることがわかる。

これらの誤差は一般に次式に示す関数処理を行うことによって補正することができる。

$$C = F(s)$$

ここで、 s は倣いプローブのX軸センサ、Y軸センサ、Z軸センサの出力を示し、また、

50

Cは補正後の倣いプローブの座標値(X、Y、Z)で、両者ともベクトルである。

【0016】

この式は、座標変換行列Kを用いて、次のようにあらわすこともできる。

$$C = K \cdot s$$

すなわち、座標変換行列Kが求まれば、倣いプローブのセンサ出力は補正することが出来る。

更に倣いプローブの校正において考慮すべきものとして、プローブベクトルP及び補正ボール径rがある。プローブベクトルPはスピンドルの基準位置から、測定子先端の接触球121の中心位置までのオフセットを与えるものであり、プローブが交換された場合に、このプローブベクトルも新しいプローブに対応するものを用いれば、プローブが異なっても、同一のパートプログラムを使用可能にする。また、補正ボール径rは測定子先端の接触球121の半径を与えるものである。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、倣いプローブにおいては、座標変換行列K、プローブベクトルP、補正ボール径rを求めることによって校正が行われる。

これらの校正作業は通常、図10に示すように次のようにして行われる。

(a)倣いプローブ118を三次元測定機のスピンドル117の先端に取り付ける。(ステップ320)

(b)倣いプローブ118の接触球121を基準球120に押込んで4箇所以上の点測定による手動予備測定を行い、各々の測定点における倣いプローブのセンサ出力(以下、センサ出力)と三次元測定機の駆動機構のスライダ変位を測定するリニヤスケール出力(以下、リニヤスケール出力)を合成した座標値から、基準球120の第1の中心座標値を算出する。測定箇所は、例えば基準球の北極位置(1箇所)、赤道位置(4箇所)のように選択する。(ステップ330)

【0018】

(c)基準球120の第1の中心座標値、基準球の半径値(既知)、仮のプローブベクトルP(プローブ設計図面から求まる設計値)、仮の補正ボール径r(プローブ設計図面から求まる設計値)、を用い、座標変換行列Kは単位ベクトルを用いて、点測定による基準球測定用のパートプログラムを作成する。この時の測定点は、200乃至300点程度とする。(この測定は手動で行っても良いが、膨大な測定時間を要することから、通常はパートプログラムを作成して自動測定を行う。)(ステップ340)

(d)点測定による基準球測定用のパートプログラムを実行して測定点の座標値(センサ出力とリニヤスケール出力)を求め、その結果から、基準球120の第2の中心座標値(ステップ330で求めた値より正確である)を求めると共に、座標変換行列Kを求める。(ステップ350)

(e)座標変換行列Kを用いて、プローブベクトルP、補正ボール径rを求める。(ステップ360)

【0019】

以上の(a)から(e)の校正処理は、プローブを交換した場合や、プローブ取付姿勢を変更した場合にもその都度行う必要がある上、その作業には温度管理の徹底など、細心の注意を要する。従って、これらの校正作業は熟練した校正作業者が多大な時間を費やして行う必要があるが、それにもかかわらず、必ずしも十分な校正精度が得られていなかった。

【0020】

本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、倣いプローブの校正の高精度化が可能な校正方法を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記目的を達成するために、被測定物を倣い測定する倣いプローブによって

10

20

30

40

50

校正基準を測定して該校正基準の基準座標値を得る予備測定ステップと、前記倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローブベクトルとを用いて前記校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記座標変換関数の校正值と前記校正基準の第2の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記プローブベクトルの校正值を算出するプローブベクトル校正ステップとを備える倣いプローブの校正方法において、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正測定ステップと前記座標変換関数校正ステップとを再度実行させる再実行ステップを備え、前記校正測定ステップが最初に実行される際には、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を単位ベクトルとし、前記校正測定ステップが再実行される際には、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を、前記座標変換関数校正ステップが前回実行された際に算出された座標変換行列とすると共に、前記プローブベクトル校正ステップは、前記再実行された座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて前記プローブベクトルの校正值を算出する、ことを特徴とする。

10

【0022】

この発明によれば、予備測定を行って校正基準の概略の基準座標値を求めた後、この校正基準を測定するパートプログラムを作成、測定実行する。その結果から一旦、仮の座標変換関数と基準座標値を求め、その結果を基にして再度パートプログラムを作成、測定実行させて、その結果から再度、座標変換関数と基準座標値を求めるので、1回目のパートプログラムによる校正基準測定結果よりも2回目のパートプログラムによる校正基準測定結果のほうが高い精度で測定ができる。従って、座標変換関数とプローブベクトルを、より高精度で求めることが出来るので、倣いプローブの校正精度が向上する。

20

【0023】

また、本発明は、被測定物を倣い測定する倣いプローブによって校正基準を測定して該校正基準の基準座標値を得る予備測定ステップと、前記倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローブベクトルとを用いて前記校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記座標変換関数の校正值と前記校正基準の第2の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記プローブベクトルの校正值を算出するプローブベクトル校正ステップとを備える倣いプローブの校正方法において、前記校正測定ステップにおける校正測定は、前記校正基準を倣い軌道に沿って倣い測定し、前記校正測定ステップと前記座標変換関数校正ステップとを複数回だけ実行させる再実行ステップを備え、前記再実行される校正測定ステップにおいては、再実行毎に、前記校正基準を倣い軌道に沿って倣い測定する前記倣いプローブの倣い速度と、前記倣いプローブと前記校正基準との相対距離、とのいずれかが相違し、前記再実行される前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果は、前記倣い速度あるいは前記相対距離毎に記憶する、ことを特徴とする。

30

【0024】

この発明によれば、予備測定を行って校正基準の概略の基準座標値を求めた後、この校正基準を測定するパートプログラムを作成、測定実行し、その結果から座標変換関数の校正值を求める。この際、パートプログラムを作成、測定実行、校正值算出を複数回実行させ、その1回毎に倣い速度と、倣いプローブと校正基準との相対距離（接触式プローブの場合は押込み量）、とのいずれかを異なる条件にしておく。この結果、異なる倣い速度と押込み量毎の、座標変換関数とプローブオフセットを求めることができる。このようにすれば、実際の被測定物の倣い測定において、この倣い速度と押込み量が最も近い座標変換関数と、プローブオフセットを用いれば、より精度の高い誤差補正を行うことが出来る。

40

【0025】

また、本発明は、前記プローブベクトル校正ステップでは、前記再実行された座標変換関

50

数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正基準を再測定した結果から、前記プローブベクトルの校正値を算出することが好ましい。

このようにすれば、より精度の高い座標変換関数と基準座標値を用いて再度、高精度で校正基準を測定することが出来るので、より高い精度でプローブオフセットを求めることが出来る。

【0026】

さらに、本発明は、被測定物を倣い測定する倣いプローブの測定装置への取付姿勢が変更された場合に、該倣いプローブの測長センサの出力を校正する座標変換関数と、測定子のオフセットを示すプローブベクトルとを前記取付姿勢に対応するように変換する変換ステップと、前記変換された、座標変換関数とプローブベクトルとを用いて校正基準を測定するパートプログラムを作成すると共に該パートプログラムを実行して校正測定を行う校正測定ステップと、前記校正測定ステップにおける測定結果から、前記変換された座標変換関数の校正値と前記校正基準の基準座標値とを算出する座標変換関数校正ステップと、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果から前記変換されたプローブベクトルの校正値を算出するプローブベクトル校正ステップと、を備え、前記変換ステップにおける前記座標変換関数の変換は、前記座標変換関数に含まれる座標変換行列を前記倣いプローブの測定装置への取付姿勢に対応するように変更する、ことを特徴とする。

10

【0027】

この発明によれば、倣いプローブの取付姿勢が変更された場合に、姿勢変更前の座標変換関数とプローブベクトルを姿勢変更量に対応するように変換し、その結果を用いて校正基準を測定するパートプログラムを作成、測定実行して、その結果から座標変換関数と基準座標値を求めるので、姿勢変更後に行う1回のみの校正測定であっても、高い精度で座標変換関数と基準座標値を求めることが出来る。さらにプローブオフセットの校正値の精度も高い。従って、高精度で倣いプローブ校正を行う必要がある場合であっても、校正時間を短縮できるので、被測定物測定のための段取り時間が短くなり、全体として測定効率が向上する。

20

【0028】

また、本発明は、前記プローブベクトル校正ステップでは、前記座標変換関数校正ステップにおける算出結果を用いて、前記校正基準を再測定した結果から、前記変換されたプローブベクトルの校正値を算出する、ことが好ましい。このようにすれば、より高精度で求められた座標変換関数と基準座標値を用いて、精度の高い校正基準測定が行えるので、プローブベクトルの校正値を高精度で算出できる。

30

【0029】

さらに、本発明は、前記座標変換関数は、前記測長センサ出力と座標変換行列の積の形式である、ことが好ましい。このようにすれば、計算処理が容易となる。

また、本発明は、前記倣いプローブは接触式倣いプローブであり、前記プローブベクトル校正ステップでは、前記接触式倣いプローブの接触子の半径を更に求める、ことが好ましい。このようにすれば、実際の測定において、被測定物表面と測定子中心とのオフセットを正確に求めることができる。

さらに、本発明は、前記校正基準は球であり、前記基準座標値は、該球の中心座標値である、

40

ことが好ましい。このようにすれば、精密加工が容易な球を用いて、極めて高精度な倣いプローブの校正を行うことが出来る。

【0030】

また、本発明による倣いプローブの校正方法をコンピュータに実行させる校正プログラムとすることが好ましい。このようにすれば、例えば、安価な汎用のコンピュータを用いて、そのコンピュータに本プログラムを実行させることが容易になり、本発明の利用促進を大幅に図ることができる。

【0031】

【発明の実施の形態】

50

以下、本発明を用いた好適な実施の形態について図面を用いて説明する。なお、全図中において同一符号を付したものは同一構成要素を表わしている。

図1は、第1実施形態にかかる倣いプローブの校正方法を示す。

まず、ステップ10で処理を開始し、次に倣いプローブ118を三次元測定機のスピンデル117の先端に取り付け、基準球の半径値（校正済で既知）、仮のプローブベクトルP（プローブ設計図面から求まる設計値）、仮の補正ボール径r（プローブ設計図面から求まる設計値）などを計算機270へ入力して校正の準備を行う。（ステップ20）

【0032】

次に、倣いプローブ118の接触球121を基準球120に押込んで4箇所以上の点測定による手動予備測定を行い、各々の測定点における倣いプローブのセンサ出力と三次元測定機の駆動機構の変位を測定するリニヤスケール出力を合成した座標値から、基準球120の第1の中心座標値を算出する。測定箇所は、例えば基準球の北極位置（1箇所）、赤道位置（4箇所）のように選択する。（ステップ30）

【0033】

その後、基準球120の第1の中心座標値、基準球の半径値（既知）、仮のプローブベクトルP（プローブ設計図面から求まる設計値）、仮の補正ボール径r（プローブ設計図面から求まる設計値）を用い、座標変換行列Kは単位ベクトルを用いて、点測定による第1の基準球測定用のパートプログラムを作成する。この時の測定点は、200乃至300点程度とする。（ステップ40）

次に、点測定による第1の基準球測定用のパートプログラムを実行して測定点の座標値（センサ出力とリニヤスケール出力）を求め、その結果から、基準球120の第2の中心座標値（ステップ30で求めた値より正確である）を求めると共に、第1の座標変換行列Kを求める。（ステップ50）

【0034】

その後、これらの基準球120の第2の中心座標値と第1の座標変換行列Kを用いて、点測定による第2の基準球測定用のパートプログラムを作成する。この時の測定点は、50乃至100点程度とする。（ステップ60）

次に、点測定による第2の基準球測定用のパートプログラムを実行して、再度、測定点の座標値を求め、第2の座標変換行列Kを求める。（ステップ70）

この後、第2の座標変換行列Kを用いて、基準球120の4点以上の点測定を行い、基準球120の第3の中心座標値（ステップ50で求めた値より正確である）、プローブベクトル、補正ボール径を求める。尚、このステップにおける測定処理は手動測定でも良いし、パートプログラムを作成して自動測定としても良いが、自動測定の方が測定精度が高い。（ステップ80）

その後、ステップ90において処理を終了する。

【0035】

この図1に示す第1の実施形態によれば、次に示す効果がある。

（1）単位ベクトルによる座標変換行列Kを用いた第1の測定用パートプログラムによる第1の測定によって第1の座標変換行列Kを求めた後、この第1の座標変換行列Kを用いた第2の測定用パートプログラムによる第2の測定によって第2の座標変換行列Kを求めたので、座標変換行列Kの誤差が減少する。従って、第2の座標変換行列Kによる倣いプローブの校正精度が向上する。

（2）誤差の減少した第2の座標変換行列Kを用いて、再度校正測定を行って基準球120の中心座標値、プローブベクトルおよび補正ボール径の校正値を求めたので、これらの校正誤差が減少し、倣いプローブの総合校正精度が更に向上する。

【0036】

次に、図2に第2実施形態にかかる倣いプローブの校正方法を示す。

図2におけるステップ110、120、130はそれぞれ図1に示す第1実施形態のステップ10、20、30と同一であるので、説明は省略する。

ステップ140では、基準球120の第1の中心座標値、基準球の半径値（既知）、仮の

10

20

30

40

50

プローブベクトル P (プローブ設計図面から求まる設計値)、仮の補正ボール径 r (プローブ設計図面から求まる設計値) を用い、座標変換行列 K は単位ベクトルを用いて、倣い測定による基準球測定用のパートプログラムを作成する。この測定においては、基準球 120 が球状であるから、倣い軌道も円形となり、例えば図 3 に示すような軌道となる。ここで、接触球 121 の、基準球 120 に対する押込み量は、所定量 (例えば 0.1mm、0.2mm など) になるように軌道を設定する。この場合の測定点は、軌道上において一定距離進む毎あるいは、一定時間毎の位置とし、例えば、軌道 1 周あたり 100 点程度とする。この軌道を進む周速度は所定速度 (例えば、0.25mm/sec、0.5mm/sec など) とする。なお、測定は基準球の複数の緯度において行うのが好ましい。

【0037】

次に、ステップ 150 では、所定の押込み量、所定の周速度によって倣い測定による基準球測定用のパートプログラムを実行して測定点の座標値 (センサ出力とリニアスケール出力) を求め、その結果から、基準球 120 の中心座標値を求めると共に、座標変換行列 K を求める。この中心座標値及び座標変換行列 K は、押込み量と周速度に固有の値として算出され、記憶される。

その後、ステップ 160 において、所定の押込み量と所定の周速度の全ての測定が終了したか否かを判定し、終了していない場合は、異なる押込み量あるいは異なる周速度を設定してステップ 150 を再実行する。ここで押込み量と周速度については、常に一定の押込み量で複数の周速度としても良いし、一定の周速度で複数の押込み量、あるいは互いに異なる複数の組み合わせとしても良い。要は、ステップ 150 において、中心座標値及び座標変換行列 K が、押込み量と周速度に固有の値として算出されて記憶されれば良い。

【0038】

ステップ 160 において所定の測定が終了した場合は、次にステップ 170 を実行する。ステップ 170 では、ステップ 150 において記憶したそれぞれの座標変換行列 K を用いて、基準球 120 の 4 点以上の点測定を行い、基準球 120 の中心座標値、プローブベクトル、補正ボール径を求める。この中心座標値、プローブベクトル、補正ボール径は、押込み量と周速度に固有の値として算出されて記憶される。尚、このステップにおける測定処理は手動測定でも良いし、パートプログラムを作成して自動測定としても良いが、通常、押込み量と周速度の組み合わせは複数となるので、自動測定の方が能率的且つ高精度である。

その後、ステップ 180 において処理を終了する。

【0039】

この図 2 に示す第 2 の実施形態によれば、第 1 実施形態における (2) の効果の他に次に示す効果がある。

(3) 基準球の周囲を円軌道によって倣い測定しながら、所定の押込み量と周速度で校正測定を行ない、中心座標値、座標変換行列 K 、プローブベクトル、補正ボール径が、押込み量と周速度に固有の校正値として算出されるので、実際の倣い測定にあたっては、その押込み量と周速度に最も近い校正値を用いて倣いプローブの校正が行えるので、校正精度がより向上する。

【0040】

次に図 4 によって、第 3 実施形態にかかる倣いプローブの校正方法を示す。

この第 3 の実施形態にかかる倣いプローブの校正方法は、三次元測定機のスピンドル 117 の先端に取り付けられる倣いプローブの取付姿勢が変更された場合の校正作業の簡単化を図るものである。

倣いプローブの取付姿勢の変更は例えば、図 5 (a) に示す、XY 平面内における回転、あるいは図 5 (b) に示す YZ 平面内における回転、その他、XZ 平面内における回転、さらにそれらの複合が有る。このような倣いプローブの姿勢変更を行った場合に、図 3 に示す手順によって校正処理を行う。

【0041】

まず、ステップ 210 によって処理を開始する。この処理においては、倣いプローブの基

10

20

30

40

50

準姿勢（通常はX Y平面内、Y Z平面内、X Z平面内のいずれの回転角度も0度）における校正処理が従来技術あるいは本発明の第1実施形態などによって既に行われており、基準姿勢における座標変換行列K、基準球120の中心座標値、基準球の半径値、プローブベクトルP、補正ボール径rが求められている状態で実施する。

次に、倣いプローブのスピンドルへの取付姿勢を変更する。この姿勢変更は、手動で行うものでも、あるいは自動で姿勢変更が可能なものであってもいずれでも良い。（ステップ220）

その後、基準姿勢における座標変換行列Kを姿勢変更状態に従って変更する。（ステップ230）

【0042】

10

例えば図5（a）に示すX Y平面内における回転の場合は、次の計算処理によって変更前の座標変換行列Kに対して、変更後の座標変換行列Kcを求めることが出来る。

【数1】

$$[Kc] = \begin{bmatrix} \cos B & -\sin B & 0 \\ \sin B & \cos B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [K]$$

【0043】

20

また、図5（b）に示すY Z平面内における回転の場合は、次の計算処理によって変更前の座標変換行列Kに対して、変更後の座標変換行列Kcを求めることが出来る。

【数2】

$$[Kc] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos A & \sin A \\ 0 & -\sin A & \cos A \end{bmatrix} [K]$$

【0044】

30

さらに、図5（a）と図5（b）の両方の回転が与えられた場合は、次の計算処理によって変更前の座標変換行列Kに対して、変更後の座標変換行列Kcを求めることが出来る。

【数3】

$$[Kc] = \begin{bmatrix} \cos B & -\sin B & 0 \\ \sin B & \cos B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos A & \sin A \\ 0 & -\sin A & \cos A \end{bmatrix} [K]$$

【0045】

40

さらに、プローブベクトルPについても同様に変更後のプローブベクトルPcを求めておく。

このようにして姿勢変更後に対応する座標変換行列Kc、プローブベクトルPcを求めた後、この座標変換行列KcとプローブベクトルPc、基準球120の中心座標値、基準球の半径値、補正ボール径rを用いて、点測定による基準球測定用のパートプログラムを作成する。この時の測定点は、200乃至300点程度とする。（ステップ240）

次に、点測定による基準球測定用のパートプログラムを実行して測定点の座標値（センサ出力とリニヤスケール出力）を求め、その結果から、基準球120の第2の中心座標値を求めると共に、姿勢変更後の第2の座標変換行列Kcを求める。（ステップ250）

この後の、ステップ260、270の処理は、第1実施形態におけるステップ80、90

50

と同一であるので、説明を省略する。

【0046】

この図4に示す第3の実施形態によれば、第1実施形態における(2)の効果の他に次に示す効果がある。

(4)基準姿勢における座標変換行列KとプローブベクトルPを、姿勢変更量に応じて変更して用い、それによって基準球測定を行うので、単位ベクトルを用いる場合に比べて校正精度が格段に向上する。

【0047】

以上、本発明について好適な実施形態を挙げて説明したが、本発明は、この実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲での変更が可能である。

10

たとえば、図1に示す第1実施形態では、基準球測定の繰返し数は2回に限定して説明したが、3回以上としても良く、このようにすればさらに高精度な倣いプローブ校正が可能となる。

また、図2に示す第2実施形態では、基準球測定の繰返し数は1回に限定して説明したが、2回以上としても良く、このようにすればさらに高精度な倣いプローブ校正が可能となる。

さらに、各実施形態においては、接触式の倣いプローブに限って説明したが、非接触倣いプローブであっても良い。

【0048】

また、倣いプローブの測長センサ出力の補正は、座標変換行列を用いて行う場合に限りて説明したが、一般的な関数を用いて測長センサ出力の補正を行うものであっても良い。

20

さらに、校正基準としては、基準球に限って説明したが、精密加工されたゲージブロックなどを用いても良い。

また、測定装置としては三次元測定機を用いる場合に限りて説明したが、その他の輪郭形状測定機、真円度測定機、画像測定機などに用いられる接触あるいは非接触形の倣いプローブであっても、本発明によって高精度な校正を行うことができる。

【0049】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、倣いプローブの校正を高精度で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】本発明に係る第1実施形態の校正方法を示すフローチャートである。

【図2】本発明に係る第2実施形態の校正方法を示すフローチャートである。

【図3】同第2実施形態の校正方法の説明図である。

【図4】本発明に係る第3実施形態の校正方法を示すフローチャートである。

【図5】同第3実施形態の校正方法の説明図である。

【図6】本発明を実施する三次元測定機の斜視図である。

【図7】同三次元測定システムのブロック図である。

【図8】本発明を実施する倣いプローブの断面図である。

【図9】倣いプローブの回転誤差を示す模式図である。

【図10】従来技術による倣いプローブの校正方法を示すフローチャートである。

40

【符号の説明】

100 三次元測定機

118 倣いプローブ

119 測定子

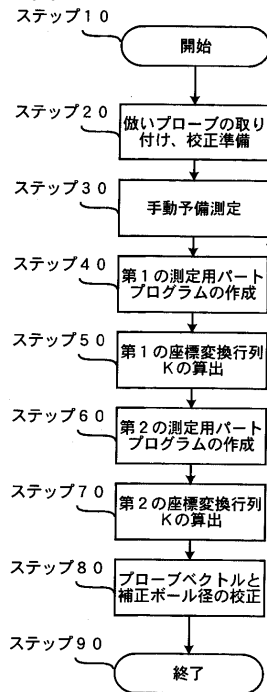
120 基準球

121 接触球

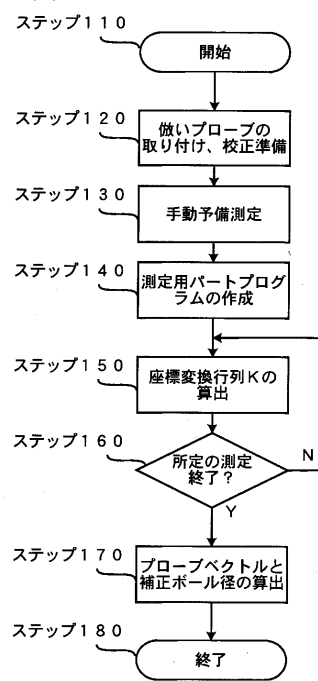
260 駆動装置

270 計算機

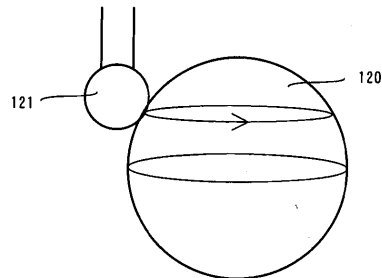
【図 1】



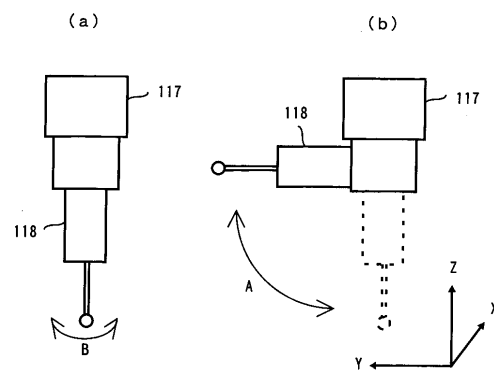
【図 2】



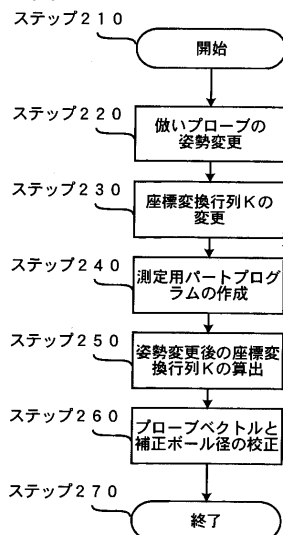
【図 3】



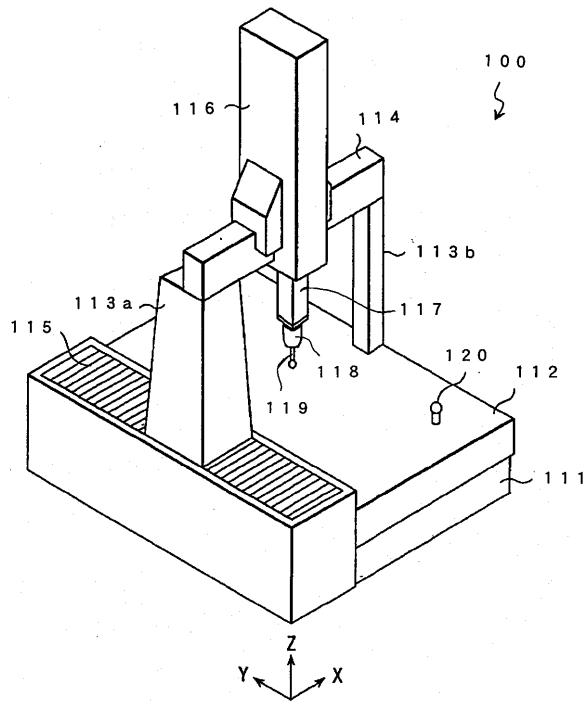
【図 5】



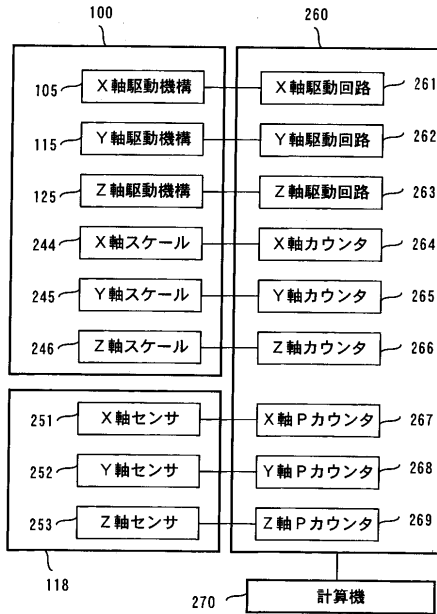
【図 4】



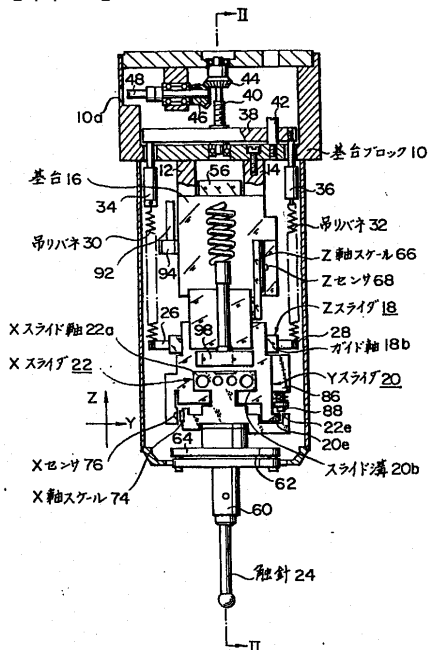
【図 6】



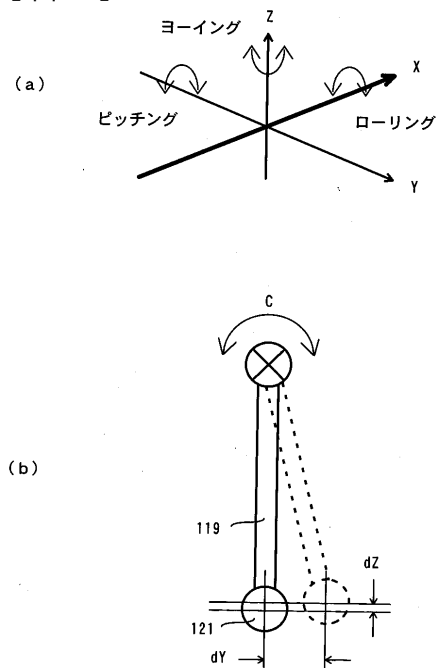
【図 7】



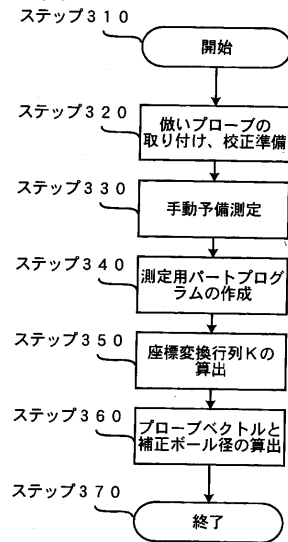
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-146130(JP,A)
特開昭59-030005(JP,A)
特開平10-311715(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 21/00-32
G01B 5/00-30
G01B 7/00-34