

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5317569号
(P5317569)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月19日(2013.7.19)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 B 5/20 (2006.01) G O 1 B 5/20 C
 G O 1 B 5/20 R

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-197715 (P2008-197715)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成20年7月31日(2008.7.31)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2010-32474 (P2010-32474A)		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22年2月12日(2010.2.12)	(74) 代理人	110000637
審査請求日	平成23年6月1日(2011.6.1)		特許業務法人樹之下知的財産事務所
		(72) 発明者	野田 孝
			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	坂本 振二郎
			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	小倉 勝行
			栃木県宇都宮市下栗町2200番地 株式会社ミットヨ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状測定装置、及び形状測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物を測定するためのプローブと、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルとを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置であって、

既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定部と、

前記基準器測定部にて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成部と、

前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定部と、

前記測定部にて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記基準器座標系に変換する第1変換部と、

前記第1変換部にて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正部と、

前記補正部にて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記被測定物座標系に変換する第2変換部とを備えることを特徴とする形状測定装置。

【請求項2】

被測定物を測定するためのプローブと、前記プローブを移動させる移動機構と、前記被

測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルと、キャリブレーションをするための基準球とを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置であって、

既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定部と、

前記基準器測定部にて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成部と、

前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記回転テーブルに対して設定されるテーブル座標系、前記テーブル座標系を回転させたときの回転座標系、及び前記基準球の中心位置を原点として設定されるマシン座標系を経由して、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定部と、

前記測定部にて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記移動機構に対して設定されるスケール座標系に変換した後、前記マシン座標系、前記テーブル座標系、及び前記回転座標系を経由して、前記基準器座標系に変換する第1変換部と、

前記第1変換部にて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正部と、

前記補正部にて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記スケール座標系に変換した後、前記テーブル座標系、前記回転座標系、及び前記マシン座標系を経由して、前記被測定物座標系に変換する第2変換部とを備えることを特徴とする形状測定装置。

【請求項3】

被測定物を測定するためのプローブと、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルとを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置に用いられる形状測定方法であって、

既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定ステップと、

前記基準器測定ステップにて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成ステップと、

前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定ステップと、

前記測定ステップにて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記基準器座標系に変換する第1変換ステップと、

前記第1変換ステップにて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正ステップと、

前記補正ステップにて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記被測定物座標系に変換する第2変換ステップとを実行することを特徴とする形状測定方法。

【請求項4】

被測定物を測定するためのプローブと、前記プローブを移動させる移動機構と、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルと、キャリブレーションをするための基準球とを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置に用いられる形状測定方法であって、

既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定ステップと、

前記基準器測定ステップにて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成ステップと、

前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記回転テーブルに対して設定されるテーブル座標系、前記テーブル座標系を回転させたときの回転座標系、及び前記基準球の中心位置を原点として設定されるマシン座標系を経由して、前記被測定物に対

10

20

30

40

50

して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定ステップと、

前記測定ステップにて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記移動機構に対して設定されるスケール座標系に変換した後、前記マシン座標系、前記テーブル座標系、及び前記回転座標系を経由して、前記基準器座標系に変換する第1変換ステップと、

前記第1変換ステップにて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正ステップと、

前記補正ステップにて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記スケール座標系に変換した後、前記テーブル座標系、前記回転座標系、及び前記マシン座標系を経由して、前記被測定物座標系に変換する第2変換ステップとを実行することを特徴とする形状測定方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被測定物を回転させることで被測定物の形状を測定する形状測定装置、及び形状測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被測定物を測定するためのプローブと、被測定物が固定されるとともに、プローブに対して回転させる回転テーブルとを備え、被測定物を回転させることで被測定物の形状を測定する形状測定装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

20

特許文献1に記載の三次元測定機（形状測定装置）では、被測定物に対して設定されたワーク座標系（被測定物座標系）や、回転テーブルに対して設定されたテーブル座標系等の複数の直交座標系を用いることで被測定物の形状を測定している。なお、各座標系は、平行移動や、回転をさせることによって、相互に座標変換することができる。

【0003】

【特許文献1】特開2001-264048号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、テーブル座標系は、一般的に回転テーブルの上面に基準球を固定した状態で、回転テーブルを回転させながら基準球の中心位置を所定の回転角ごとに少なくとも3箇所の回転位置で測定し、各中心位置にて定まる円の中心位置を原点として設定される。なお、テーブル座標系の1軸の軸方向は、各基準球の中心位置にて定まる円の法線方向とされ、他の2軸の軸方向は、法線方向と直交する2方向とされる。そして、ワーク座標系は、被測定物を測定することで設定される。具体的に、例えば、ワーク座標系の1軸の軸方向は、被測定物の軸方向とされ、他の2軸の軸方向は、被測定物の軸方向と直交する2方向とされる。

30

【0005】

しかしながら、このように設定されたワーク座標系、及びテーブル座標系を用いて被測定物の形状を測定すると、各座標系は所定位置に設定されているので、回転テーブルの回転による面振れや、形状測定装置の直角度等に起因して測定誤差が発生するという問題がある。また、この測定誤差は、回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因するものであるため、テーブル座標系の原点、言い換えると回転テーブルの上面から離間すればするほど大きくなるという問題がある。

40

【0006】

本発明の目的は、回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因する測定誤差を適切に補正することができ、測定精度を向上させることができる形状測定装置、及び形状測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

本発明の形状測定装置は、被測定物を測定するためのプローブと、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルとを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置であって、既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定部と、前記基準器測定部にて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成部と、前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定部と、前記測定部にて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記基準器座標系に変換する第1変換部と、前記第1変換部にて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正部と、前記補正部にて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記被測定物座標系に変換する第2変換部とを備えることを特徴とする。

10

また、本発明の他の形態の形状測定装置は、被測定物を測定するためのプローブと、前記プローブを移動させる移動機構と、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルと、キャリブレーションをするための基準球とを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置であって、既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定部と、前記基準器測定部にて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成部と、前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記回転テーブルに対して設定されるテーブル座標系、前記テーブル座標系を回転させたときの回転座標系、及び前記基準球の中心位置を原点として設定されるマシン座標系を経由して、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定部と、前記測定部にて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記移動機構に対して設定されるスケール座標系に変換した後、前記マシン座標系、前記テーブル座標系、及び前記回転座標系を経由して、前記基準器座標系に変換する第1変換部と、前記第1変換部にて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正部と、前記補正部にて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記スケール座標系に変換した後、前記テーブル座標系、前記回転座標系、及び前記マシン座標系を経由して、前記被測定物座標系に変換する第2変換部とを備えることを特徴とする。

20

30

【0008】

ここで、既知の径を有する基準器を基準器測定部にて測定した場合において、測定される基準器の径は、回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因する測定誤差を含んで測定される。したがって、所定の測定位置において基準器測定部にて測定された基準器の径と、その所定の測定位置における基準器の既知の径との差は、回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因する測定誤差に相当する。

なお、基準器の径は、既知の径であればどのような大きさであってもよい。形状測定装置は、被測定物の表面に近接または当接するプローブの位置を測定値として出力するため、基準器の径が異なる場合であっても回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因する測定誤差は同じになるからである。

40

【0009】

本発明によれば、形状測定装置は、基準器測定部と、補正関数生成部とを備えるので、基準器測定部にて測定された基準器の径と、基準器の既知の径との差を、基準器測定部の測定位置に対する測定誤差とした補正関数を生成することができる。

したがって、補正関数生成部にて生成した補正関数を測定値に適用することにより、回転テーブルの面振れや、形状測定装置の直角度等に起因する測定誤差を適切に補正することができ、測定精度を向上させることができる。

【0010】

50

また、補正関数は、基準器座標系における測定位置に対する測定誤差の関数として生成され、測定値は、測定部にて被測定物座標系における測定位置で測定される。

本発明によれば、形状測定装置は、第1変換部と、補正部とを備えるので、測定部にて被測定物座標系で測定された測定値を、第1変換部にて基準器座標系に変換し、基準器座標系に変換された測定値を補正関数にて補正することができる。すなわち、第1変換部にて座標変換を行うことによって、基準器座標系における測定位置と、被測定物座標系における測定位置とを対応させることができ、基準器座標系で生成された補正関数を、被測定物座標系で測定された測定値に対して適用することができる。

さらに、形状測定装置は、補正部にて基準器座標系で補正された測定値を、被測定物座標系に変換する第2変換部を備えるので、補正部にて補正された測定値を被測定物座標系における測定値として出力することができる。

【0011】

本発明の形状測定方法は、被測定物を測定するためのプローブと、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルとを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置に用いられる形状測定方法であって、既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定ステップと、前記基準器測定ステップにて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成ステップと、前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定ステップと、前記測定ステップにて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記基準器座標系に変換する第1変換ステップと、前記第1変換ステップにて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正ステップと、前記補正ステップにて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記被測定物座標系に変換する第2変換ステップとを実行することを特徴とする。

また、本発明の他の形態の形状測定方法は、被測定物を測定するためのプローブと、前記プローブを移動させる移動機構と、前記被測定物が固定されるとともに、前記プローブに対して回転させる回転テーブルと、キャリブレーションをするための基準球とを備え、前記被測定物を回転させることで前記被測定物の形状を測定する形状測定装置に用いられる形状測定方法であって、既知の径を有する円柱状または円筒状の基準器を前記回転テーブルに固定した状態において、前記基準器に対して設定された基準器座標系で前記基準器の径を軸方向に沿って測定する基準器測定ステップと、前記基準器測定ステップにて測定された径、及び前記既知の径の差と、前記基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成する補正関数生成ステップと、前記被測定物を前記回転テーブルに固定した状態において、前記回転テーブルに対して設定されるテーブル座標系、前記テーブル座標系を回転させたときの回転座標系、及び前記基準球の中心位置を原点として設定されるマシン座標系を経由して、前記被測定物に対して設定された被測定物座標系で前記被測定物を測定する測定ステップと、前記測定ステップにて前記被測定物座標系で測定された測定値を、前記移動機構に対して設定されるスケール座標系に変換した後、前記マシン座標系、前記テーブル座標系、及び前記回転座標系を経由して、前記基準器座標系に変換する第1変換ステップと、前記第1変換ステップにて前記基準器座標系に変換された測定値を、前記補正関数にて補正する補正ステップと、前記補正ステップにて前記基準器座標系で補正された測定値を、前記スケール座標系に変換した後、前記テーブル座標系、前記回転座標系、及び前記マシン座標系を経由して、前記被測定物座標系に変換する第2変換ステップとを実行することを特徴とする。

【0012】

このような形状測定方法によれば、前述した形状測定装置と同様の作用効果を奏することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。

〔三次元測定機の概略構成〕

図 1 は、本発明の一実施形態に係る三次元測定機 1 を示す全体模式図である。図 2 は、三次元測定機 1 の概略構成を示すブロック図である。なお、図 1 では、上方向を + Z 軸方向とし、この Z 軸に直交する 2 軸をそれぞれ X 軸、及び Y 軸として説明する。以下の図面においても同様である。

【 0 0 1 4 】

形状測定装置としての三次元測定機 1 は、図 1 に示すように、三次元測定機本体 2 と、三次元測定機本体 2 の駆動制御を実行するモーションコントローラ 3 と、操作レバー等を介してモーションコントローラ 3 に指令を与え、三次元測定機本体 2 を手動で操作するための操作手段 4 と、モーションコントローラ 3 に所定の指令を与えると同時に、三次元測定機本体 2 上に設置されたワーク 10 の形状解析等の演算処理を実行するホストコンピュータ 5 と、ホストコンピュータ 5 に接続される入力手段 6 1、及び出力手段 6 2 とを備える。なお、入力手段 6 1 は、三次元測定機 1 における測定条件等をホストコンピュータ 5 に入力するものであり、出力手段 6 2 は、三次元測定機 1 による測定結果を出力するものである。

【 0 0 1 5 】

三次元測定機本体 2 は、ワーク 10 の表面に当接される測定子 2 1 1 A を先端側（- Z 軸方向側）に有し、ワーク 10 を測定するためのプローブ 2 1 と、プローブ 2 1 の基端側（+ Z 軸方向側）を保持するとともに、プローブ 2 1 を移動させる移動機構 2 2 と、移動機構 2 2 が立設される定盤 2 3 とを備える。

移動機構 2 2 は、プローブ 2 1 の基端側を保持するとともに、プローブ 2 1 のスライド移動を可能とするスライド機構 2 4 と、スライド機構 2 4 を駆動することでプローブ 2 1 を移動させる駆動機構 2 5 とを備える。

【 0 0 1 6 】

スライド機構 2 4 は、定盤 2 3 における X 軸方向の両端から + Z 軸方向に延出し、Y 軸方向に沿ってスライド移動可能に設けられる 2 つのビーム支持体 2 4 1 と、各ビーム支持体 2 4 1 にて支持され、X 軸方向に沿って延出するビーム 2 4 2 と、Z 軸方向に沿って延出する筒状に形成され、ビーム 2 4 2 上を X 軸方向に沿ってスライド移動可能に設けられるコラム 2 4 3 と、コラム 2 4 3 の内部に挿入されるとともに、コラム 2 4 3 の内部を Z 軸方向に沿ってスライド移動可能に設けられるスピンドル 2 4 4 とを備える。

【 0 0 1 7 】

駆動機構 2 5 は、図 1、及び図 2 に示すように、各ビーム支持体 2 4 1 のうち、+ X 軸方向側のビーム支持体 2 4 1 を支持するとともに、Y 軸方向に沿ってスライド移動させる Y 軸駆動部 2 5 Y と、ビーム 2 4 2 上をスライドさせてコラム 2 4 3 を X 軸方向に沿って移動させる X 軸駆動部 2 5 X（図 1 において図示略）と、コラム 2 4 3 の内部をスライドさせてスピンドル 2 4 4 を Z 軸方向に沿って移動させる Z 軸駆動部 2 5 Z（図 1 において図示略）とを備える。なお、図示は省略するが、駆動機構 2 5 には、スライド機構 2 4 の各軸方向の移動量を検出するためのセンサがそれぞれ設けられ、各センサは、スライド機構 2 4 の移動量に応じたパルス信号を出力する。

【 0 0 1 8 】

定盤 2 3 は、図 1、及び図 2 に示すように、上面の略中央位置に設けられ、ワーク 10 が固定される回転テーブル 2 3 1 と、回転テーブル 2 3 1 を定盤 2 3 の上面に沿って Z 軸回りに回転させる回転駆動部 2 3 2（図 1 において図示略）とを備える。すなわち、回転テーブル 2 3 1 は、ワーク 10 をプローブ 2 1 に対して回転させる。なお、図示は省略するが、回転駆動部 2 3 2 には、回転テーブル 2 3 1 の回転量を検出するためのセンサが設けられ、このセンサは、回転テーブル 2 3 1 の回転量に応じたパルス信号を出力する。また、定盤 2 3 には、図 1 に示すように、三次元測定機本体 2 のキャリブレーションをするための半径既知の基準球 2 3 3 が設置され、この基準球 2 3 3 は、定盤 2 3 上の複数位置

10

20

30

40

50

に設置することができる。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、円筒スコヤ 1 0 1 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態を示す図である。図 4 は、ボールネジ 1 0 2 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態を示す図である。

回転テーブル 2 3 1 は、図 3、及び図 4 に示すように、上面側に取り付けられた円盤状のチャック 2 3 4 を備える。このチャック 2 3 4 は、外周に沿って等間隔で配設された 3 つの爪部 2 3 4 A を備え、各爪部 2 3 4 A にて内側に向かって押圧することでワーク 1 0 (円筒スコヤ 1 0 1, ボールネジ 1 0 2) を把持する。すなわち、ワーク 1 0 は、回転テーブル 2 3 1 に固定される。

【 0 0 2 0 】

なお、図 3 に示すように、円筒スコヤ 1 0 1 は、円筒スコヤ 1 0 1 の下面、及びチャック 2 3 4 の上面を当接させた状態で、円筒スコヤ 1 0 1 の中心軸と、回転テーブル 2 3 1 の回転軸 (図 3 中一点鎖線) とが略一致するようにチャック 2 3 4 の爪部 2 3 4 A にて把持される。

また、図 4 に示すように、ボールネジ 1 0 2 は、チャック 2 3 4 の中央に形成された孔 (図示略) に挿入され、ボールネジ 1 0 2 の中心軸と、回転テーブル 2 3 1 の回転軸 (図 4 中一点鎖線) とが略一致するようにチャック 2 3 4 の爪部 2 3 4 A にて把持される。

【 0 0 2 1 】

モーションコントローラ 3 は、図 2 に示すように、操作手段 4、またはホストコンピュータ 5 からの指令に応じて駆動機構 2 5、及び回転駆動部 2 3 2 を制御する駆動制御部 3 1 と、駆動機構 2 5、及び回転駆動部 2 3 2 に設けられたセンサから出力されるパルス信号を計数するカウンタ部 3 2 とを備える。

カウンタ部 3 2 は、各センサから出力されるパルス信号をカウントしてスライド機構 2 4 の移動量、及び回転テーブル 2 3 1 の回転量を計測する。そして、カウンタ部 3 2 にて計測されたスライド機構 2 4 の移動量、及び回転テーブル 2 3 1 の回転量は、ホストコンピュータ 5 へ出力される。

【 0 0 2 2 】

ホストコンピュータ 5 は、CPU (Central Processing Unit) 等を備えて構成され、モーションコントローラ 3 に所定の指令を与えることで三次元測定機本体 2 を制御し、回転テーブル 2 3 1 にてワーク 1 0 を回転させることでワーク 1 0 の形状を測定する。このホストコンピュータ 5 は、図 2 に示すように、基準器測定部 5 1 と、補正関数生成部 5 2 と、測定部 5 3 と、第 1 変換部 5 4 と、補正部 5 5 と、第 2 変換部 5 6 と、記憶部 5 7 とを備える。

【 0 0 2 3 】

基準器測定部 5 1 は、図 3 に示すように、円筒スコヤ 1 0 1 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態において、円筒スコヤ 1 0 1 に対して設定された基準器座標系 $B (X_B, Y_B, Z_B)$ で円筒スコヤ 1 0 1 の直径を軸方向に沿って測定する。

基準器としての円筒スコヤ 1 0 1 は、三次元測定機 1 と比較して高精度な他の三次元測定機 (以下、標準機とする) にて中心軸に沿った複数の測定位置で予め直径が測定されている。すなわち、円筒スコヤ 1 0 1 の直径は既知である。なお、本実施形態では、円筒スコヤ 1 0 1 の高さは 3 0 0 mm であり、円筒スコヤ 1 0 1 の下面から 1 0 mm の高さ位置を始点とし、2 9 0 mm の高さ位置を終点とした 1 0 mm 間隔の測定位置で標準機にて予め直径が測定されている。また、標準機による測定は、回転テーブルによる面振れの影響を回避するため、回転テーブルを用いることなく、標準機のプローブを円筒スコヤ 1 0 1 の表面に沿って移動させることで行っている。

【 0 0 2 4 】

また、基準器座標系 B は、円筒スコヤ 1 0 1 の中心軸に沿った 2 箇所の高さ位置で測定された円筒スコヤ 1 0 1 の表面形状からなる 2 つの円の中心を通る軸を Z_B 軸とし、チャック 2 3 4 の上面、すなわち円筒スコヤ 1 0 1 の下面を通る 2 軸をそれぞれ X_B 軸、及び Y_B 軸として設定される。なお、チャック 2 3 4 の上面の位置は、三次元測定機 1 にて測

10

20

30

40

50

定することで設定される。また、 X_B 軸、及び Y_B 軸は、 Z_B 軸に直交する 2 軸として設定される。

【0025】

補正関数生成部 5 2 は、基準器測定部 5 1 にて測定された円筒スコヤ 1 0 1 の直径、及び既知の直径、すなわち標準機にて測定された円筒スコヤ 1 0 1 の直径の差と、基準器測定部 5 1 にて測定を行った際の軸方向の測定位置とに基づいて補正関数を生成する。

測定部 5 3 は、図 4 に示すように、ボールネジ 1 0 2 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態において、ボールネジ 1 0 2 に対して設定された被測定物座標系 W でボールネジ 1 0 2 を測定する。

【0026】

被測定物座標系 W は、ボールネジ 1 0 2 の中心軸に沿った 2 箇所の高さ位置で測定されたボールネジ 1 0 2 の表面形状からなる 2 つの円の中心を通る軸を Z_W 軸とし、2 つの円のうち下方側（ $-Z$ 軸方向側）の円の中心を通る 2 軸をそれぞれ X_W 軸、及び Y_W 軸として設定される。なお、 X_W 軸、及び Y_W 軸は、 Z_W 軸に直交する 2 軸として設定される。

【0027】

第 1 変換部 5 4 は、測定部 5 3 にて被測定物座標系 W で測定された測定値を、基準器座標系 B に変換する。

ここで、ホストコンピュータ 5 は、複数の直交座標系を用いることで被測定物の形状を測定している。

【0028】

図 5 は、ホストコンピュータ 5 で用いられる複数の直交座標系の関係を示す図である。なお、図 5 では、図面を簡素化するため、回転テーブル 2 3 1 の中心位置からずらした位置にワーク 1 0 を配置している。

ホストコンピュータ 5 は、前述した基準器座標系 B、及び被測定物座標系 W の他、図 5 に示すように、スライド機構 2 4 に対して設定されるスケール座標系 S (X_S, Y_S, Z_S)、基準球 2 3 3 の中心位置を原点として設定されるマシン座標系 M (X_M, Y_M, Z_M)、回転テーブル 2 3 1 に対して設定されるテーブル座標系 T (X_T, Y_T, Z_T)、及びテーブル座標系 T を回転角 だけ回転させたときの回転座標系 T (図示略) などの複数の座標系を用いることでワーク 1 0 の形状を測定している。例えば、三次元測定機本体 2 の制御は、スケール座標系 S で行われている。

【0029】

スケール座標系 S は、三次元測定機 1 の絶対座標系として予め設定されており、マシン座標系 M は、基準球 2 3 3 の中心位置を測定することで設定される。

また、テーブル座標系 T は、回転テーブル 2 3 1 の上面に基準球 2 3 3 と同様の構成を有する基準球 (図示略) を固定した状態で、回転テーブル 2 3 1 を回転させながら基準球の中心位置を所定の回転角ごとに少なくとも 3 箇所の回転位置で測定し、各中心位置にて定まる円の中心位置を原点として設定される。なお、テーブル座標系 T の 1 軸 (Z_T 軸) の軸方向は、各基準球の中心位置にて定まる円の法線方向とされ、他の 2 軸 (X_T 軸, Y_T 軸) の軸方向は、法線方向と直交する 2 方向とされる。

【0030】

なお、基準器座標系 B、及び被測定物座標系 W は、回転テーブル 2 3 1 の回転、すなわち回転座標系 T の回転に伴って回転する。

また、各座標系は、平行移動や、回転をさせることによって、相互に座標変換することができる。例えば、被測定物座標系 W (図 5 参照) で測定された点 P は、平行移動行列を用いて座標系を平行移動させることで回転座標系 T に座標変換することができる。また、回転座標系 T に座標変換された点 P は、回転行列を用いて座標系を回転させることでテーブル座標系 T に座標変換することができる。

【0031】

本実施形態では、第 1 変換部 5 4 は、回転座標系 T、テーブル座標系 T、及びマシン座標系 M を経由して被測定物座標系 W で測定された測定値をスケール座標系 S に変換した

10

20

30

40

50

後、マシン座標系 M、テーブル座標系 T、及び回転座標系 T を経由して基準器座標系 B に変換する。

【 0 0 3 2 】

補正部 5 5 は、第 1 変換部 5 4 にて基準器座標系 B に変換された測定値を、補正関数生成部 5 2 にて生成された補正関数にて補正する。

第 2 変換部 5 6 は、補正部 5 5 にて基準器座標系 B で補正された測定値を、被測定物座標系 W に変換する。本実施形態では、第 2 変換部 5 6 は、マシン座標系 M、テーブル座標系 T、及び回転座標系 T を経由して基準器座標系 B で補正された測定値をスケール座標系 S に変換した後、回転座標系 T、テーブル座標系 T、及びマシン座標系 M を経由して被測定物座標系 W に変換する。

記憶部 5 7 は、基準器測定部 5 1、及び測定部 5 3 にて測定された測定値の記憶や、補正関数生成部 5 2 にて生成された補正関数などの情報を記憶する。また、記憶部 5 7 には、後述する形状測定処理を実行するためのプログラムが記憶されている。

【 0 0 3 3 】

〔三次元測定機の形状測定処理〕

図 6 は、三次元測定機 1 の形状測定処理を示すフローチャートである。

形状測定処理が実行されると、ホストコンピュータ 5 は、図 6 に示すように、以下のステップ S 1 ~ S 6 を実行する。

基準器測定部 5 1 は、図 3 に示すように、円筒スコヤ 1 0 1 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態において、円筒スコヤ 1 0 1 に対して設定された基準器座標系 B (X_B, Y_B, Z_B) で円筒スコヤ 1 0 1 の直径を軸方向に沿って測定する (基準器測定ステップ S 1)。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、基準器測定部 5 1 の測定範囲は、ボールネジ 1 0 2 の測定範囲に応じて設定される。具体的に、基準器測定部 5 1 は、ボールネジ 1 0 2 におけるネジ部 1 0 2 A (図 4 参照) の形状を測定するので、このネジ部 1 0 2 A の範囲であるチャックの上面から 2 0 mm の高さ位置を始点とし、2 2 0 mm の高さ位置を終点とした 4 0 mm 間隔の測定位置で円筒スコヤ 1 0 1 を測定する。なお、基準器測定部 5 1 の測定範囲や、測定位置の間隔は、被測定物の測定範囲や表面形状の滑らかさ等に応じて適宜設定すればよい。

【 0 0 3 5 】

基準器測定ステップ S 1 にて円筒スコヤ 1 0 1 の直径が測定されると、補正関数生成部 5 2 は、基準器測定部 5 1 にて測定された円筒スコヤ 1 0 1 の直径、及び既知の直径の差と、基準器測定部 5 1 にて測定を行った際の軸方向の測定位置とに基づいて補正関数を生成する (補正関数生成ステップ S 2)。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、補正関数生成部 5 2 にて生成される補正関数を示す図である。なお、図 7 では、基準器測定部 5 1 にて測定を行った際の軸方向の測定位置 H ($H_1 \sim H_6$) を横軸にとり、基準器測定部 5 1 にて測定された円筒スコヤ 1 0 1 の直径、及び既知の直径の差に基づいて算出された半径差 R ($R_1 \sim R_6$) を縦軸にとっている。

補正関数生成部 5 2 は、図 7 に示すように、半径差 R と、測定位置 H とに基づいて補正関数を生成する。具体的に、補正関数生成部 5 2 は、測定位置 H、及び半径差 R に最小二乗法を適用して多項式近似を行い、補正関数 $R = f(H)$ を生成する。そして、補正関数生成部 5 2 にて生成された補正関数 f は、記憶部 5 7 に記憶される。なお、補正関数の生成は、前述した多項式近似を行う他、例えば、スプライン近似等による近似を行ってもよい。

【 0 0 3 7 】

補正関数生成ステップ S 2 にて補正関数が生成されると、測定部 5 3 は、図 4 に示すように、ボールネジ 1 0 2 を回転テーブル 2 3 1 に固定した状態において、ボールネジ 1 0 2 に対して設定された被測定物座標系 W でボールネジ 1 0 2 を測定する (測定ステップ S 3)。ここで、ボールネジ 1 0 2 の測定に際しては、ボールネジ 1 0 2 のネジ溝に測定子

10

20

30

40

50

2 1 1 Aを当接させた状態で、回転テーブル 2 3 1を回転させながら所定のサンプリング間隔でカウンタ部 3 2にて計測されるスライド機構 2 4の移動量、及び回転テーブル 2 3 1の回転量をサンプリングして複数の測定点（測定子 2 1 1 Aの位置）に係る測定値（ x_w, y_w, z_w ）を取得する。そして、測定部 5 3にて測定された測定値は、記憶部 5 7に記憶される。

【 0 0 3 8 】

測定ステップ S 3にてボールネジ 1 0 2の形状が測定されると、第 1 変換部 5 4は、測定部 5 3にて被測定物座標系 Wで測定された測定値を、基準器座標系 Bに変換する（第 1 変換ステップ S 4）。

第 1 変換ステップ S 4にて測定値が基準器座標系 Bに変換されると、補正部 5 5は、第 1 変換部 5 4にて基準器座標系 Bに変換された測定値（ x_B, y_B, z_B ）を、補正関数生成部 5 2にて生成された補正関数 fにて補正する（補正ステップ S 5）。

10

【 0 0 3 9 】

図 8は、基準器座標系 Bに変換された測定値と、補正部 5 5にて補正された測定値との関係を示す図である。なお、図 8では、補正前の測定値を（ x_B, y_B ）とし、補正後の測定値を（ x_B', y_B' ）としている。

補正部 5 5は、以下の式（ 1 ）～（ 4 ）に基づいて、図 8に示すように、基準器座標系 Bに変換された測定値を補正する。

【 0 0 4 0 】

まず、式（ 1 ）に基づいて、測定値における測定位置 Hを示す z_B を補正関数 fに代入して半径差 Rを算出する。

20

【 0 0 4 1 】

【数 1】

$$R = f(z_B) \quad \dots (1)$$

【 0 0 4 2 】

次に、式（ 2 ）に基づいて、基準器座標系 Bの X Y平面における測定値までの距離 Lを算出する。

【 0 0 4 3 】

30

【数 2】

$$L = \sqrt{(x_B^2 + y_B^2)} \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 4 】

そして、式（ 3 ）,（ 4 ）に基づいて、補正後の測定値（ x_B', y_B' ）を算出する。なお、 θ は、基準器座標系 Bにおける測定点の X_B 軸からの角度である。

【 0 0 4 5 】

【数 3】

40

$$x_B' = (L - R) \cos \theta \quad \dots (3)$$

$$y_B' = (L - R) \sin \theta \quad \dots (4)$$

【 0 0 4 6 】

補正ステップ S 5にて測定値が補正されると、第 2 変換部 5 6は、補正部 5 5にて基準器座標系 Bで補正された測定値（ x_B', y_B', z_B ）を、被測定物座標系 Wに変換する（第 2 変換ステップ S 6）。

三次元測定機 1は、以上のようなステップ S 1～S 6を実行することで回転テーブル 2

50

31の面振れや、三次元測定機1の直角度等に起因する測定誤差を補正する。そして、補正された測定値に基づいてボールネジ102の直径値等が算出される。

【0047】

このような本実施形態によれば以下の効果がある。

(1)三次元測定機1は、基準器測定部51と、補正関数生成部52とを備えるので、補正関数生成部52にて生成した補正関数 f を測定値 (x_w, y_w, z_w) に適用することにより、回転テーブル231の面振れや、三次元測定機1の直角度等に起因する測定誤差を適切に補正することができ、測定精度を向上させることができる。

(2)三次元測定機1は、第1変換部54と、補正部55とを備えるので、基準器座標系Bにおける測定位置と、被測定物座標系Wにおける測定位置とを対応させることができ、基準器座標系Bで生成された補正関数 f を、被測定物座標系Wで測定された測定値 (x_w, y_w, z_w) に対して適用することができる。

(3)三次元測定機1は、第2変換部56を備えるので、補正部55にて補正された測定値 (x_B', y_B', z_B') を被測定物座標系Wにおける測定値として出力することができる。

【0048】

〔実施形態の変形〕

なお、本発明は前記各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記実施形態では、基準器測定部51は、円筒スコヤ101の直径を測定し、補正関数生成部52は、基準器測定部51にて測定された円筒スコヤ101の直径、及び既知の直径の差に基づいて算出された半径差 R と、基準器測定部51にて測定を行った際の軸方向の測定位置 H とに基づいて補正関数を生成していた。これに対して、例えば、基準器測定部は、基準器の半径を測定し、補正関数生成部は、基準器測定部にて測定された基準器の半径、及び既知の半径の差と、基準器測定部にて測定を行った際の軸方向の測定位置、及び回転テーブルの回転角とに基づいて立体的な補正関数を生成するようにしてもよい。要するに、基準器測定部は、基準器に対して設定された基準器座標系で基準器の径を軸方向に沿って測定し、補正関数生成部は、基準器測定部にて測定された径、及び既知の径の差と、基準器測定部の測定位置とに基づいて補正関数を生成するように構成されていけばよい。

【0049】

前記実施形態では、基準器として円筒スコヤ101を採用していたが、既知の径を有する円柱状または円筒状の部材であれば他の部材を基準器として採用してもよい。

前記実施形態では、第1変換部54、及び第2変換部56は、回転座標系T、テーブル座標系T、及びマシン座標系Mを経由して、基準器座標系B、及び被測定物座標系Wの座標変換を行っていた。これに対して、例えば、基準器座標系B、及び被測定物座標系Wの座標変換を直接行う変換行列を生成し、生成した変換行列にて座標変換を行うようにしてもよい。

前記実施形態では、形状測定装置として三次元測定機1を例示したが、プローブと、回転テーブルとを備え、被測定物を回転させることで被測定物の形状を測定する形状測定装置であれば他の測定機に本発明を適用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の一実施形態に係る三次元測定機を示す全体模式図。

【図2】前記実施形態における三次元測定機の概略構成を示すブロック図。

【図3】前記実施形態における円筒スコヤを回転テーブルに固定した状態を示す図。

【図4】前記実施形態におけるボールネジを回転テーブルに固定した状態を示す図。

【図5】前記実施形態におけるホストコンピュータで用いられる複数の直交座標系の関係を示す図。

【図6】前記実施形態における三次元測定機の形状測定処理を示すフローチャート。

【図7】前記実施形態における補正関数生成部にて生成される補正関数を示す図。

【図8】前記実施形態における基準器座標系に変換された測定値と、補正部にて補正された測定値との関係を示す図。

【符号の説明】

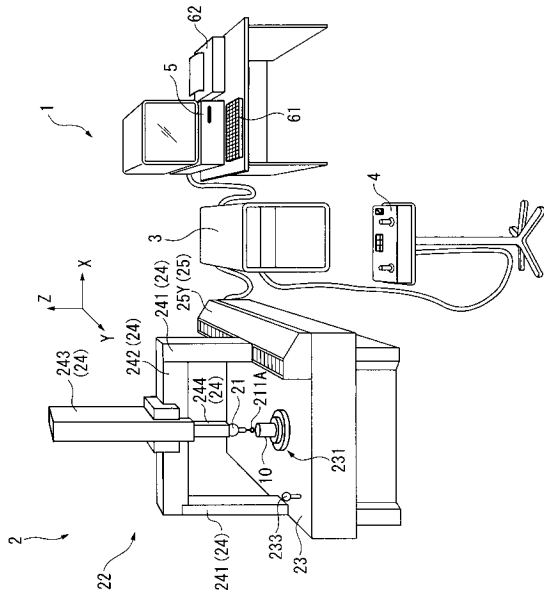
【0051】

- 1 ... 三次元測定機 (形状測定機)
- 2 1 ... プローブ
- 5 1 ... 基準器測定部
- 5 2 ... 補正関数生成部
- 5 3 ... 測定部
- 5 4 ... 第1変換部
- 5 5 ... 補正部
- 5 6 ... 第2変換部
- 101 ... 円筒スコヤ (基準器)
- 102 ボールネジ (被測定物)
- 231 ... 回転テーブル
- S 1 ... 基準器測定ステップ
- S 2 ... 補正関数生成ステップ
- S 3 ... 測定ステップ
- S 4 ... 第1変換ステップ
- S 5 ... 補正ステップ
- S 6 ... 第2変換ステップ。

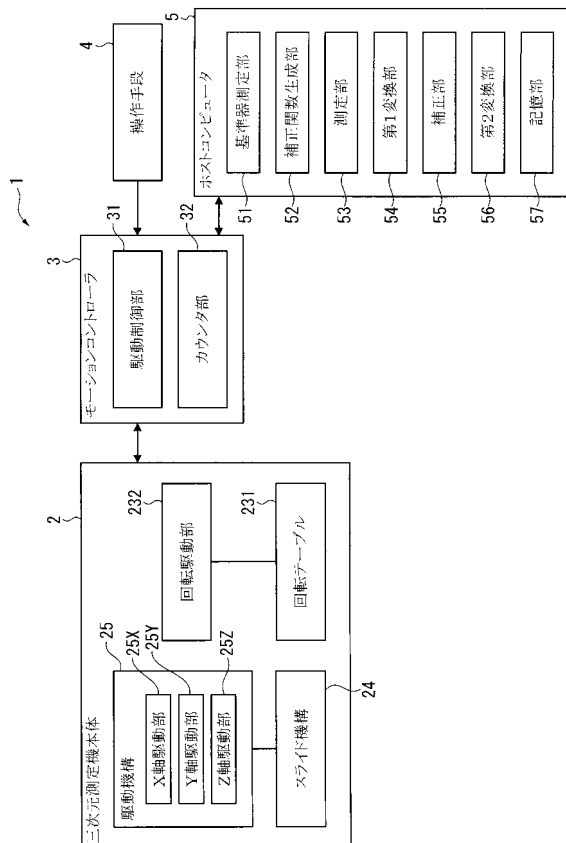
10

20

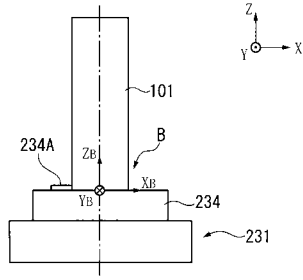
【図1】



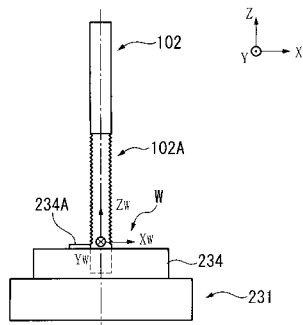
【図2】



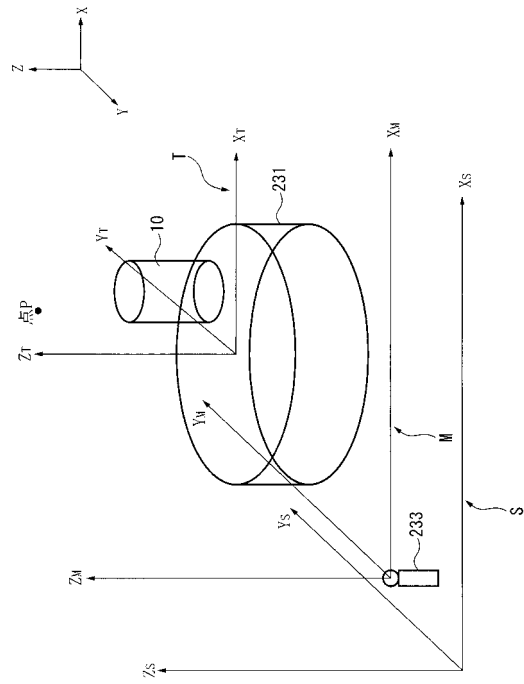
【図3】



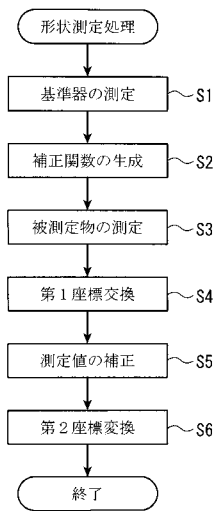
【図4】



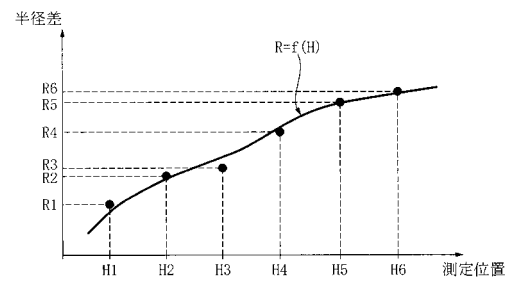
【図5】



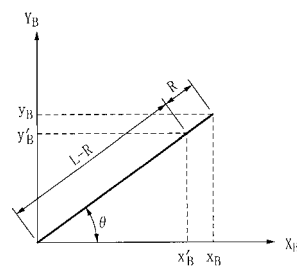
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 菊池 直也
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 森次 顕

(56)参考文献 特開平05-196411(JP,A)
特開2006-153546(JP,A)
特開2001-264048(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 5/00 - 5/30
G01B 21/00 - 21/32