(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6474587号
(P6474587)
(45)発行日　平成31年2月27日(2019.2.27)　(24)登録日　平成31年2月8日(2019.2.8)

| (51)Int.Cl. | | | F I | | |
|---|---|---|---|---|---|
| G01B | 5/00 | (2006.01) | G01B | 5/00 | P |
| G01B | 5/20 | (2006.01) | G01B | 5/20 | C |

請求項の数 9　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2014-227235(P2014-227235)
(22)出願日　平成26年11月7日(2014.11.7)
(65)公開番号　特開2016-90478(P2016-90478A)
(43)公開日　平成28年5月23日(2016.5.23)
審査請求日　平成29年10月5日(2017.10.5)

(73)特許権者　000137694
株式会社ミツトヨ
神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目２０番１号
(74)代理人　100166545
弁理士　折坂　茂樹
(72)発明者　後藤　智徳
北海道札幌市北区北７条西１丁目１番２号
株式会社ミツトヨ内

審査官　國田　正久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】測定値補正方法、測定値補正プログラム及び測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ワークの表面をスタイラスでトレースして得られた測定値を補正する測定値補正方法であって、

同じ設計データから作製された複数のワークを用意する工程と、

前記複数のワークのうちの１つをマスターワークとして前記スタイラスによって基準測定値を得る工程と、

前記基準測定値と前記設計データとの差に基づく校正用データを得る工程と、

前記複数のワークのうち前記マスターワーク以外を測定対象ワークとして前記スタイラスによって対象測定値を得る工程と、

前記校正用データを用いて前記対象測定値を補正して補正済み測定値を得る工程と、

を備え、

前記ワークの表面は非球面であることを特徴とする測定値補正方法。

【請求項２】

前記スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であることを特徴とする請求項１記載の測定値補正方法。

【請求項３】

前記校正用データを得る工程では、前記スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、前記基準測定値の前記モデル式による補正値と前記設計データとの関係からフィッティングし、

前記補正済み測定値を得る工程では、前記パラメータがフィッティングされた前記モデル式を用いて前記対象測定値を補正して前記補正済み測定値を得ることを特徴とする請求項１または２に記載の測定値補正方法。

【請求項４】

ワークの表面をスタイラスでトレースして得られた測定値を補正する測定値補正プログラムであって、

コンピュータを、

同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとして前記スタイラスによって測定した基準測定値を取得する手段、

前記基準測定値と前記設計データとの差に基づく校正用データを演算する手段、

前記複数のワークのうち前記マスターワーク以外を測定対象ワークとして前記スタイラスによって測定した対象測定値を取得する手段、

前記校正用データを用いて前記対象測定値を補正して補正済み測定値を演算する手段、

として機能させ、

前記ワークの表面は非球面であることを特徴とする測定値補正プログラム。

【請求項５】

前記スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であることを特徴とする請求項４記載の測定値補正プログラム。

【請求項６】

前記校正用データを得る手段では、前記スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、前記基準測定値の前記モデル式による補正値と前記設計データとの関係からフィッティングし、

前記補正済み測定値を得る手段では、前記パラメータがフィッティングされた前記モデル式を用いて前記対象測定値を補正して前記補正済み測定値を得ることを特徴とする請求項４または５に記載の測定値補正プログラム。

【請求項７】

ワークの表面をスタイラスでトレースして測定値を得る測定部と、

校正用データを取得する校正用データ取得部と、

前記測定部で得た前記測定値を前記校正用データで補正する補正部と、

を備え、

前記校正用データ取得部は、

同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとして前記スタイラスによって測定した基準測定値を取得する基準値取得部と、

前記基準値取得部で取得した前記基準測定値と前記設計データとの差に基づき前記校正用データを演算する演算部と、を有し、

前記補正部は、前記複数のワークのうち前記マスターワーク以外を測定対象ワークとして前記スタイラスによって測定した対象測定値を前記校正用データを用いて補正し、

前記ワークの表面は非球面であることを特徴とする測定装置。

【請求項８】

前記スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であることを特徴とする請求項７記載の測定装置。

【請求項９】

前記演算部は、前記スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、前記基準測定値の前記モデル式による補正値と前記設計データとの関係からフィッティングし、

前記補正部は、前記パラメータがフィッティングされた前記モデル式を用いて前記対象測定値を補正することを特徴とする請求項７または８に記載の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ワークの表面をスタイラスでトレースして取得した測定値を補正する測定値補正方法、測定値補正プログラム及び測定装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

ワークの表面の形状を測定する測定装置として、ワークの表面をスタイラスでトレースしてスタイラスの変位に基づき測定値を得る形状測定機が知られている。例えば、スタイラスが支点を中心として円弧運動するピボット式の形状測定機では、ワークの表面にスタイラスを接触させた状態でワークとスタイラスとを所定方向に相対移動させ、その際の移動方向に沿った位置とスタイラスの変位とからワークの表面の形状（高さ）を取得している。

【０００３】

ここで、ピボット式のスタイラスを用いた形状測定機においては、スタイラスの円弧運動を考慮して測定値を補正する必要がある。例えば特許文献１～５には、ピボット式のスタイラスを用いた測定装置の校正方法が開示される。いずれの技術においても、理想的な球面や円筒面が校正の基準として用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特許第２７２７０６７号公報

【特許文献２】特許第５１８３８８４号公報

【特許文献３】特許第５１５５５３３号公報

【特許文献４】特許第３２１５３２５号公報

【特許文献５】米国特許第５１５０３１４号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

近年、レンズなどを中心とした工業製品では、ワークの輪郭測定における高精度化の要求が高くなっている。例えば、非球面レンズの輪郭を測定する場合、設計値に対する形状誤差が数１０ｎｍ以下、サグ量が測定装置のダイナミックレンジに匹敵するといった製品もある。このようなワークの輪郭測定を行うためには、測定装置において真球度の非常に高い基準球を用いた校正が必要になる。

【０００６】

しかし、数１０ｎｍオーダーの製品評価に耐えうるためには、少なくとも数ｎｍオーダーの真球度を持った基準球が必要であり、そのような基準球の入手は容易でない。仮に入手できたとしても非常に高価なものとなり、商品として供給するには現実的ではない。また、球面を使った校正では球面のワークに対して最適な校正となっており、ワークが球面以外（例えば、非球面）の場合には校正精度の低下を招くという問題がある。

【０００７】

本発明の目的は、測定対象となるワークの形状に合わせて最適な補正を行うことができる測定値補正方法、測定値補正プログラム及び測定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記課題を解決するため、本発明の測定値補正方法は、ワークの表面をスタイラスでトレースして得られた測定値を補正する測定値補正方法であって、同じ設計データから作製された複数のワークを用意する工程と、複数のワークのうちの１つをマスターワークとしてスタイラスによって基準測定値を得る工程と、基準測定値と設計データとの差に基づく校正用データを得る工程と、複数のワークのうちマスターワーク以外を測定対象ワークとしてスタイラスによって対象測定値を得る工程と、校正用データを用いて対象測定値を補正して補正済み測定値を得る工程と、を備えたことを特徴とする。

【０００９】

このような構成によれば、同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとして基準測定値を得るため、マスターワークと同じ設計データから作製された測定対象ワークの形状に最適な校正用データを得ることができる。

【００１０】

本発明の測定値補正方法において、スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であってもよい。このような構成によれば、ピボット式のスタイラスの動作に適した校正用データを得ることができる。

【００１１】

本発明の測定値補正方法において、ワークの表面は非球面であってもよい。このような構成によれば、非球面の測定に最適な校正用データを得ることができる。

【００１２】

本発明の測定値補正方法において、校正用データを得る工程では、スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、基準測定値のモデル式による補正値と設計データとの関係からフィッティングし、補正済み測定値を得る工程では、パラメータがフィッティングされたモデル式を用いて対象測定値を補正して補正済み測定値を得るようにしてもよい。

【００１３】

このような構成によれば、スタイラスによる測定値を補正するモデル式に校正用データを含めることができ、モデル式を用いて対象測定値を補正することにより精度の高い補正済み測定値を得ることができる。

【００１４】

本発明の測定値補正プログラムは、ワークの表面をスタイラスでトレースして得られた測定値を補正する測定値補正プログラムであって、コンピュータを、同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとしてスタイラスによって測定した基準測定値を取得する手段、基準測定値と設計データとの差に基づく校正用データを演算する手段、複数のワークのうちマスターワーク以外を測定対象ワークとしてスタイラスによって測定した対象測定値を取得する手段、校正用データを用いて対象測定値を補正して補正済み測定値を演算する手段、として機能させることを特徴とする。

【００１５】

このような構成によれば、同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとして基準測定値を得るため、マスターワークと同じ設計データから作製された測定対象ワークの形状に最適な校正用データをコンピュータによって演算することができる。

【００１６】

本発明の測定値補正プログラムにおいて、スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であってもよい。このような構成によれば、ピボット式のスタイラスの動作に適した校正用データをコンピュータによって演算することができる。

【００１７】

本発明の測定値補正プログラムにおいて、ワークの表面は非球面であってもよい。このような構成によれば、非球面の測定に最適な校正用データをコンピュータによって演算することができる。

【００１８】

本発明の測定値補正プログラムにおいて、校正用データを得る手段では、スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、基準測定値のモデル式による補正値と設計データとの関係からフィッティングし、補正済み測定値を得る手段では、パラメータがフィッティングされたモデル式を用いて対象測定値を補正して補正済み測定値を得るようにしてもよい。

【００１９】

このような構成によれば、スタイラスによる測定値を補正するモデル式に校正用データを含めることができ、モデル式を用いて対象測定値を補正することにより精度の高い補正

済み測定値をコンピュータによって得ることができる。

【００２０】

本発明の測定装置は、ワークの表面をスタイラスでトレースして測定値を得る測定部と、校正用データを取得する校正用データ取得部と、測定部で得た測定値を校正用データで補正する補正部と、を備え、校正用データ取得部は、同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとしてスタイラスによって測定した基準測定値を取得する基準値取得部と、基準値取得部で取得した基準測定値と設計データとの差に基づき校正用データを演算する演算部と、を有し、補正部は、複数のワークのうちマスターワーク以外を測定対象ワークとしてスタイラスによって測定した対象測定値を校正用データを用いて補正することを特徴とする。

【００２１】

このような構成によれば、同じ設計データから作製された複数のワークのうちの１つをマスターワークとして基準測定値を得るため、マスターワークと同じ設計データから作製された測定対象ワークの形状に最適な校正用データを得ることができる。

【００２２】

本発明の測定装置において、スタイラスは、支点を中心として円弧運動するピボット式であってもよい。このような構成によれば、ピボット式のスタイラスの動作に適した校正用データを得ることができる。

【００２３】

本発明の測定装置において、ワークの表面は非球面であってもよい。このような構成によれば、非球面の測定に最適な校正用データを得ることができる。

【００２４】

本発明の測定装置において、演算部は、スタイラスによる測定値を補正するモデル式のパラメータを、基準測定値のモデル式による補正値と設計データとの関係からフィッティングし、補正部は、パラメータがフィッティングされたモデル式を用いて対象測定値を補正するようにしてもよい。

【００２５】

このような構成によれば、スタイラスによる測定値を補正するモデル式に校正用データを含めることができ、モデル式を用いて対象測定値を補正することにより精度の高い補正済み測定値を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】（ａ）及び（ｂ）は、本実施形態に係る測定装置の構成を例示する模式図である。

【図２】本実施形態に係る測定装置の機能ブロック図である。

【図３】（ａ）及び（ｂ）は、本実施形態に係る測定値補正方法を説明する図である。

【図４】ピボット式のスタイラスのピックアップ機構を幾何的に表した図である。

【図５】測定値補正プログラムのメインルーチンを例示するフローチャートである。

【図６】測定値補正プログラムのサブルーチンを例示するフローチャートである。

【図７】（ａ）～（ｆ）は、検出位置に対するパラメータの感度曲線を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

【００２８】

〔測定装置〕

図１（ａ）及び（ｂ）は、本実施形態に係る測定装置の構成を例示する模式図である。図１（ａ）には測定装置１の構成図が表され、図１（ｂ）にはコンピュータ３０のブロック図が表される。

【００２９】

図１（ａ）に表したように、本実施形態に係る測定装置１は、測定の対象物であるワークＷの表面をスタイラス１０でトレースしてワークＷの表面の位置（高さ）を測定する装置である。測定装置１は、スタイラス１０と、検出部２０と、コンピュータ３０とを備える。ワークＷはステージＳＴ上に配置される。ワークＷとスタイラス１０とは相対的に一方向に移動可能に設けられる。この相対的な移動によって、スタイラス１０がワークＷの表面をトレースすることになる。本実施形態では、ワークＷとスタイラス１０との相対的な移動方向をＸ軸方向とする。また、Ｘ軸と直交する方向（ステージＳＴの基準面と直交する方向）をＺ軸方向とする。測定装置１では、ワークＷはステージＳＴに固定され、スタイラス１０がＸ軸方向に移動する。

【００３０】

スタイラス１０は、所定の支点１０ａを中心として円弧運動するピボット式である。スタイラス１０の円弧運動は、ＸＺ平面に沿って行われる。検出部２０は、スタイラス１０をＸ軸方向に移動させる駆動源となるモータ２１と、スタイラス１０のＸ軸方向の位置を検出するＸ軸検出部２２と、スタイラス１０のＺ軸方向の位置を検出するＺ軸検出部２３とを有する。

【００３１】

モータ２１はコンピュータ３０からの指示に応じて駆動機構（図示せず）に駆動力を与え、スタイラス１０をＸ軸方向に移動させる。Ｘ軸検出部２２は、測定の際にＸ軸方向に移動するスタイラス１０のＸ軸に沿った位置を検出してコンピュータ３０へ送る。スタイラス１０の先端には測定子１１が設けられる。スタイラス１０をＸ軸方向に移動させることで測定子１１がワークＷの表面と接触しながら進んでいくことになる。

【００３２】

Ｚ軸検出部２３は、測定の際にワークＷの表面形状に追従して円弧運動するスタイラス１０のＺ軸に沿った位置を検出してコンピュータ３０へ送る。このような構成により、測定装置１では、スタイラス１０のＸ軸に沿った位置に対応し、ワークＷの表面に接触する測定子１１のトレースラインに沿った高さ（Ｚ軸方向の位置）を得ることができる。これにより、トレースラインに沿ったワークＷの表面形状が得られる。また、例えばステージＳＴをＹ軸方向（Ｘ軸方向及びＺ軸方向と直交する方向）に移動させて同様な測定を行うことで、ワークＷの表面の３次元形状を得ることもできる。

【００３３】

図１（ｂ）に表したように、コンピュータ３０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）３１、インタフェース３２ａ～３２ｃ、出力部３３、入力部３４、主記憶部３５及び副記憶部３６を備える。

【００３４】

ＣＰＵ３１は、各種プログラムの実行によって各部を制御する。インタフェース３２ａ～３２ｃは、検出部２０との情報入出力を行う部分である。本実施形態では、インタフェース３２ａを介して検出部２０のＺ軸検出部２３からの検出情報を取り込む。また、インタフェース３２ｂを介して検出部２０のモータ２１へ指示を与える。また、インタフェース３２ｃを介して検出部２０のＸ軸検出部２２からの検出情報を取り込む。なお、図示しないインタフェースを介してコンピュータ３０をＬＡＮ（Local Area Network）やＷＡＮ（Wide Area Network）に接続してもよい。

【００３５】

出力部３３は、コンピュータ３０で処理した結果を出力する部分である。出力部３３としては、例えば、図示しないディスプレイやプリンタが用いられる。入力部３４は、オペレータから情報を受け付ける部分である。入力部３４には、例えば、図示しないキーボード、ジョイスティック及びマウスが用いられる。また、入力部３４は、記録媒体ＭＭに記録された情報を読み取る機能を含む。

【００３６】

主記憶部３５には、例えばＲＡＭ（Random Access Memory）が用いられる。主記憶部３５の一部として、副記憶部３６の一部が用いられてもよい。副記憶部３６には、例えばＨ

ＤＤ（Hard disk drive）やＳＳＤ（Solid State Drive）が用いられる。副記憶部３６は、ネットワークを介して接続された外部記憶装置であってもよい。

【００３７】

図２は、本実施形態に係る測定装置の機能ブロック図である。

測定装置１の機能ブロックとしては、測定部１１０、校正用データ取得部１２０、補正部１３０、出力部１４０及び制御部１５０を備える。このうち、測定部１１０は、モータ制御部１１１と検出制御部１１２とを有し、校正用データ取得部１２０は、基準値取得部１２１と演算部１２２とを有する。

【００３８】

測定部１１０のモータ制御部１１１は、モータ２１の回転を制御するための指示を与える。検出制御部１１２は、Ｘ軸検出部２２及びＺ軸検出部２３を制御して、これらから送られるＸ軸の座標値及びＺ軸の座標値（測定値）を取得する。

【００３９】

校正用データ取得部１２０は、測定部１１０で取得した測定値を補正するための校正用データを取得する部分である。校正用データ取得部１２０の基準値取得部１２１は、同じ設計データから作製された複数のワークＷのうちの１つをマスターワークとして、このマスターワークの表面をスタイラス１０によって測定した基準測定値を取得する。また、校正用データ取得部１２０の演算部１２２は、基準値取得部１２１で取得した基準測定値と設計データとの差に基づき校正用データを演算する。

【００４０】

補正部１３０は、測定部１１０で取得した測定値を、校正用データ取得部１２０で取得した校正用データによって補正して、補正後の測定値を演算する部分である。

【００４１】

出力部１４０は、測定結果を出力する部分である。制御部１５０は、測定部１１０、校正用データ取得部１２０、補正部１３０及び出力部１４０を制御する部分である。

【００４２】

このような機能ブロックを備えた測定装置１では、ワークＷの表面の測定値を校正用データで補正して、誤差を抑制した測定結果を得ることができる。特に、同じ設計データから作製された複数のワークＷのうちの１つをマスターワークとして基準測定値を得るため、マスターワークと同じ設計データから作製された他のワークＷの形状に最適な校正用データを得ることができる。したがって、最適な校正用データに基づいて測定値を補正することにより、精度の高い測定結果を得ることが可能になる。

【００４３】

〔測定値補正方法〕

次に、校正用データの取得を含めた測定値の補正方法について説明する。

なお、ここでは測定装置１を用いて測定値を補正する方法を例として説明する。

先ず、図３（ａ）に表したように、同じ設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎを用意する。次に、作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうちの１つをマスターワークとする。ここでは、一例としてワークＷ１をマスターワークとする。そして、測定装置１の測定部１１０によってマスターワークの表面の測定し、基準測定値を取得する。基準測定値は、基準値取得部１２１によって取得される。

【００４４】

次に、基準測定値と設計データＤＴとの差に基づき校正用データを取得する。校正用データは、校正用データ取得部１２０の演算部１２２によって演算される。図３（ｂ）には、設計データＤＴと、マスターワークの測定値ＭＤとの差を例示する図である。図３（ｂ）の横軸はＸ軸方向の座標、縦軸はＺ軸方向の座標である。マスターワークの測定値ＭＤは、複数のＸ軸座標のそれぞれに対応したＺ軸座標として取得される。演算部１２２は、各測定値ＭＤのＺ軸座標の値と、その測定値ＭＤと対応する設計データＤＴのＺ軸座標との差を求め、例えば最小二乗法によってモデル関数のパラメータを演算する。このモデル

関数のパラメータが校正用データとなる。

【００４５】

次に、測定部１１０によって複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうちのマスターワーク以外のワークＷ２，Ｗ３，…，Ｗｎを測定対象ワークとして、スタイラス１０により測定対象ワークの測定値（対象測定値）を取得する。

【００４６】

次に、補正部１３０によって、対象測定値を校正用データを用いて補正する。すなわち、対象測定値のＺ軸方向の座標値から先に求めたパラメータを適用したモデル関数によって補正後の測定値を求める。このような測定値補正方法では、同じ設計データＤＴから作製されたマスターワークによって求めた校正用データによって対象測定値を補正しているため、測定対象ワークの形状に最適な校正用データによって精度の高い測定結果を得ることが可能になる。

【００４７】

例えば、設計データＤＴが球面である場合には、その設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのちの１つをマスターワークとして校正用データを取得し、同じ設計データＤＴから作製されたマスターワーク以外の測定対象ワークの測定値をこの校正用データで補正する。測定対象ワークとマスターワークとは同じ設計データＤＴから作製されているため、そのマスターワークから求めた校正用データは、同じ設計データＤＴから作製された測定対象ワークについても最適な校正用データとなる。

【００４８】

本実施形態では、設計データＤＴが非球面の場合に特に有効である。すなわち、設計データＤＴが非球面の場合、校正用データを取得するため、一般的には精度の高い球面マスターワークを用いる。しかし、精度の高い球面マスターワークを用意することは難しい。この点、本実施形態では、同じ非球面の設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのちの１つをマスターワークとして用いるため、別途、精度の高い球面マスターワークを用意する必要はない。また、同じ非球面の設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのちの１つをマスターワークとして校正用データを取得するため、測定対象ワークに最適な校正用データによる補正によって精度の高い測定結果を得ることが可能になる。

【００４９】

なお、同じ非球面の設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎからマスターワークを選択する場合、複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうち最も設計データＤＴとの誤差の少ないものをマスターワークにすることが望ましい。これによって、より精度の高い補正を行うことが可能になる。

【００５０】

〔ピボット式スタイラス〕

ここで、ピボット式のスタイラス１０を用いた測定装置１における具体的な校正用データの取得について説明する。

図４は、ピボット式のスタイラスのピックアップ機構を幾何的に表した図である。

ピボット式のスタイラス１０を用いたピックアップ機構では、スタイラス１０の円弧運動を考慮して測定値を補正する必要がある。

【００５１】

ピボット式のスタイラス１０のピックアップ機構を用いて得られる測定データのＸ軸方向の座標及びＺ軸方向の座標を（$x_m$，$z_m$）とすると、正しい測定位置（$x_r$，$z_r$）は以下の数１、数２によって求められる。

【００５２】

【数１】

$$x_r = x_m + l \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{g \cdot z_m}{l} \right)^2} \right\} - h \cdot \frac{g \cdot z_m}{l}$$

【００５３】
【数２】

$$z_r = g \cdot z_m + h \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{g \cdot z_m}{l} \right)^2} \right\}$$

【００５４】
数１及び数２において、ｇはゲイン係数、ｌはスタイラス１０の支点１０ａからアーム先端までの長さ（アーム長）、ｈはスタイラス１０のアーム先端から測定子１１までの長さ（エッジ長）である（図４参照）。
【００５５】
本具体例では、上記数１及び数２をモデル式として、このゲイン係数ｇ、アーム長ｌ及びエッジ長ｈをパラメータとし、基準測定値のモデル式による補正値と設計データＤＴとの関係からパラメータのフィッティングを行う。
【００５６】
すなわち、先ず、ピボット式のスタイラス１０によってマスターワークの表面を測定し、基準測定値（$x_k^m$，$z_k^m$）を得る。ここで、ｋ＝１，２，…，ｎである。次に、基準測定値（$x_k^m$，$z_k^m$）を、上記数１及び数２により補正する。そして、補正によって得られた補正値と、設計データＤＴとをＸ軸方向に位置合わせ（ベストフィット）し、ベストフィット後の最短距離（または、Ｚ軸方向の座標値の差）を評価量として照合誤差の例えば二乗和が最小になるように各パラメータ（ゲイン係数ｇ、アーム長ｌ及びエッジ長ｈ）を推定する。
【００５７】
各パラメータが推定された数１及び数２を用いて測定対象ワークの測定値を補正すれば、マスターワークの測定によって得られた校正用データを反映した補正済み測定値を得ることができる。このように、ピボット式のスタイラス１０の円弧運動に基づくモデル式の各パラメータのフィッティングによってモデル式に校正用データを含めることができる。したがって、校正用データの取得に用いたマスターワークと同じ設計データＤＴで作製された測定対象ワークの測定値をモデル式で補正すれば、最適な校正用データによる補正を行うことが可能になる。
【００５８】
なお、上記では説明を省略するが、スタイラス１０の先端に設けられた測定子１１の先端形状を含めた補正を行ってもよい。測定子１１の先端形状に関する補正については、例えば特許第４３７２７５９号公報に記載された技術を適用すればよい。
【００５９】
〔測定値補正プログラム〕
次に、測定値補正プログラムについて説明する。

上記説明した測定値補正方法は、コンピュータ３０のＣＰＵ３１によって実行される測定値補正プログラムによって実現してもよい。

図５及び図６は、測定値補正プログラムを例示するフローチャートである。

先ず、図５のステップＳ１０１に示すように、基準測定値の取得を行う。すなわち、コンピュータ３０は、同じ設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうちの１つをマスターワークとして、スタイラス１０によって測定したマスターワークの測定値（基準測定値）を取得する処理を実行する。

【００６０】

次に、ステップＳ１０２に示すように、校正用データの演算を行う。コンピュータ３０は、先に取得した基準測定値とマスターワークの設計データＤＴとの差に基づく校正用データを演算する処理を実行する。この処理は、図６に示すサブルーチンによって行われる。

【００６１】

先ず、図６のステップＳ２０１に示すように、パラメータの初期値を設定する処理を行う。例えば、上記数１及び数２をモデル式として、このゲイン係数ｇ、アーム長ｌ及びエッジ長ｈをパラメータとした場合、これらのパラメータについてスタイラス１０の設計値に沿った幾何的な値を初期値として設定する。

【００６２】

次に、ステップＳ２０２に示すように、基準測定値の補正を行う。すなわち、ステップＳ１０１で取得したマスターワークの測定値（基準測定値）を、上記数１及び数２によって補正して補正値を演算する。

【００６３】

次に、ステップＳ２０３に示すように、補正値と設計データＤＴとの位置合わせを行う。この位置合わせでは、マスターワークによる基準測定値の補正値と設計データＤＴとのＸ軸方向の位置合わせ（ベストフィット）を行う。例えば、スタイラス１０の測定子１１の形状（球体など）によって、基準測定値のＸ軸方向の座標値を測定子１１の形状に応じて補正する必要がある。この補正が位置合わせ（ベストフィット）である。

【００６４】

次に、ステップＳ２０４に示すように、誤差照合を行う。誤差照合は、ベストフィット後の補正値と設計データＤＴとの最短距離（または、Ｚ軸方向の座標値の差）を照合誤差としてもめる処理である。

【００６５】

次に、ステップＳ２０５に示すように、パラメータの更新を行う。ここでは、先のステップＳ２０４で求めた照合誤差が小さくなるようにモデル式のパラメータを変更する処理を行う。例えば、上記数１及び数２をモデル式では、ゲイン係数ｇ、アーム長ｌ及びエッジ長ｈを調整する処理を行う。

【００６６】

次に、ステップＳ２０６に示すように、照合誤差が最小であるか否かの判断を行う。すなわち、ステップＳ２０５でパラメータを調整した後、再度照合誤差を求める。そして、照合誤差が最小でない場合にはステップＳ２０２～ステップＳ２０５の処理を繰り返す。照合誤差が最小であるか否かの判断は、例えば予め設定された範囲内に照合誤差が収まっているか否かで判断してもよい。照合誤差が最小になった場合には、ステップＳ２０７に示すようにパラメータの決定を行う。

【００６７】

次に、図５のステップＳ１０３へ戻る。ステップＳ１０３では、対象測定値の取得を行う。すなわち、同じ設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうちマスターワーク以外を測定対象ワークとして、この測定対象ワークの表面をスタイラス１０によって測定した対象測定値を取得する処理を実行する。

【００６８】

次に、ステップＳ１０４に示すように、対象測定値の補正を行う。ここでは、図６に示

すサブルーチンで決定したパラメータを用いたモデル式によって対象測定値の補正を行い、補正済み測定値を得る処理を行う。

【００６９】

このような測定値補正プログラムによれば、同じ設計データＤＴから作製された複数のワークＷ１，Ｗ２，Ｗ３，…，Ｗｎのうちの１つをマスターワークとして校正用データを取得し、この校正用データをモデル式に反映させることができる。これにより、マスターワークと同じ設計データＤＴから作製された測定対象ワークの形状に最適な補正による測定結果をコンピュータ３０によって演算することが可能になる。

【００７０】

なお、測定値補正プログラムにおけるパラメータのフィッティングにおいて、複数のパラメータのうち位置精度に対する感度の低いパラメータをフィッティングの対象から除外してもよい。

【００７１】

図７（ａ）～（ｆ）は、検出位置に対するパラメータの感度曲線を示す図で、（ａ）、（ｃ）及び（ｅ）はＸ軸方向の検出位置に対するパラメータの感度曲線、（ｂ）、（ｄ）及び（ｆ）はＺ軸方向の検出位置に対するパラメータの感度曲線である。

図７（ａ）にはゲイン係数ｇのＸ軸方向の座標変化（微分値）が示され、図７（ｂ）にはゲイン係数ｇのＺ軸方向の座標変化（微分値）が示される。図７（ｃ）にはアーム長ｌのＸ軸方向の座標変化（微分値）が示され、図７（ｄ）にはアーム長ｌのＺ軸方向の座標変化（微分値）が示される。図７（ｅ）にはエッジ長ｈのＸ軸方向の座標変化（微分値）が示され、図７（ｆ）にはエッジ長ｈのＺ軸方向の座標変化（微分値）が示される。

【００７２】

図７（ａ）～（ｆ）に表したパラメータの感度曲線を参照すると、ゲイン係数ｇ、アーム長ｌ及びエッジ長ｈのうちアーム長ｌの感度が最も低いことが分かる。したがって、パラメータをフィッティングする際にアーム長ｌを除外しても影響は少ないことになる。このように、感度の低いパラメータをフィッティングの対象から除外する（固定にする）ことで、パラメータの最適化処理にかかる収束時間を短くすることができる。

【００７３】

なお、上記説明した測定値補正プログラムは、コンピュータ読取可能な記録媒体ＭＭに記録されていてもよいし、ネットワークを介して配信されてもよい。

【００７４】

以上説明したように、実施形態に係る測定値補正方法、測定値補正プログラム及び測定装置１によれば、測定対象となるワークＷの形状に合わせて最適な補正を行うことが可能になる。

【００７５】

なお、上記に本実施形態およびその具体例を説明したが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。例えば、本実施形態ではピボット式のスタイラス１０を用いた測定装置１や測定方法を例としたが、ピボット式以外のスタイラス１０を用いた測定装置１や測定方法であっても適用可能である。補正のモデル式としては、スタイラス１０の機構に合わせたものを用いればよい。また、前述の実施形態またはその具体例に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除、設計変更を行ったものや、各実施形態の特徴を適宜組み合わせたものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含有される。

【産業上の利用可能性】

【００７６】

以上のように、本発明は、ワークＷの表面形状を測定する形状測定装置及び表面高さを測定する高さ測定装置、表面粗さ測定装置などに好適に利用できる。

【符号の説明】

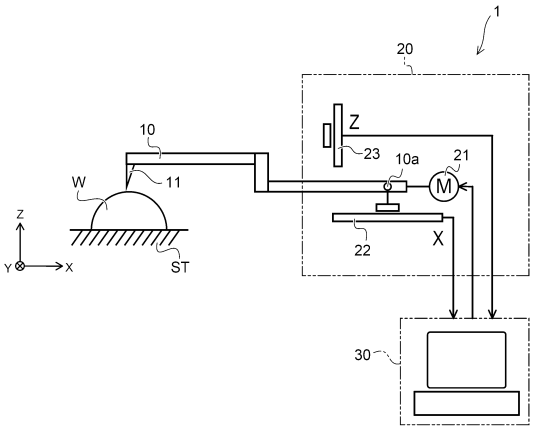
【００７７】

１…測定装置

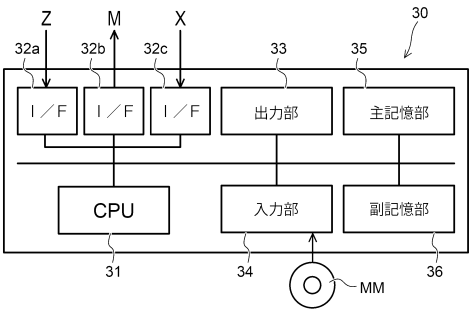
１０…スタイラス

１０ａ…支点
１１…測定子
２０…検出部
２１…モータ
２２…Ｘ軸検出部
２３…Ｚ軸検出部
３０…コンピュータ
３１…ＣＰＵ
３２ａ，３２ｂ，３２ｃ…インタフェース
３３…出力部
３４…入力部
３５…主記憶部
３６…副記憶部
１１０…測定部
１１１…モータ制御部
１１２…検出制御部
１２０…校正用データ取得部
１２１…基準値取得部
１２２…演算部
１３０…補正部
１４０…出力部
１５０…制御部
ＤＴ…設計データ
ＭＤ…測定値
ＭＭ…記録媒体
ＳＴ…ステージ
Ｗ…ワーク

【図１】

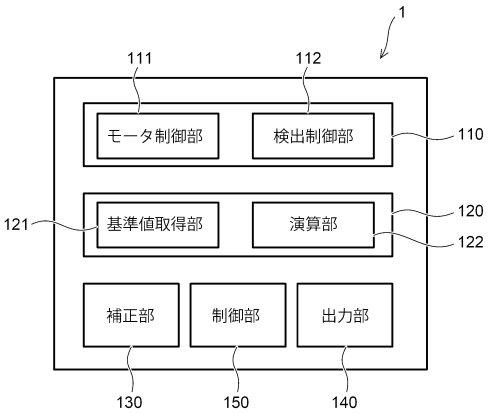



(a)

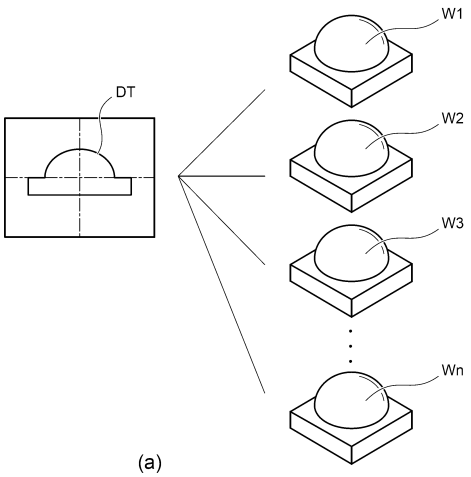



(b)

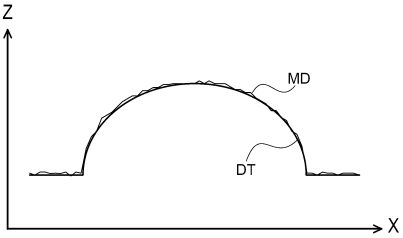
【図２】




【図３】

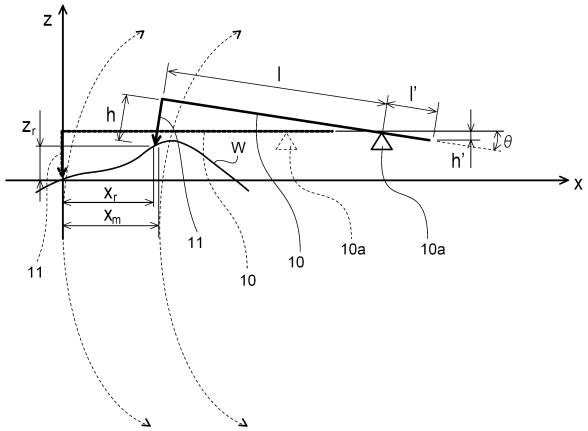



(a)

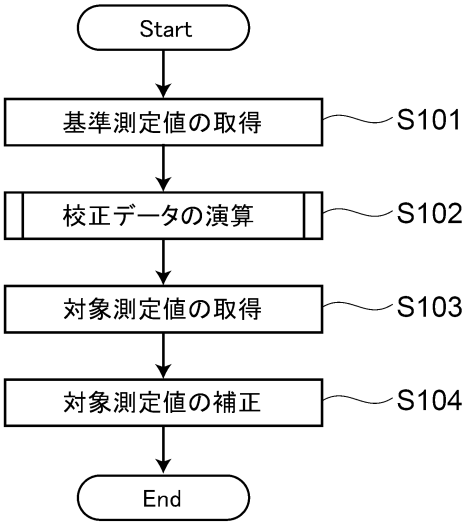



(b)

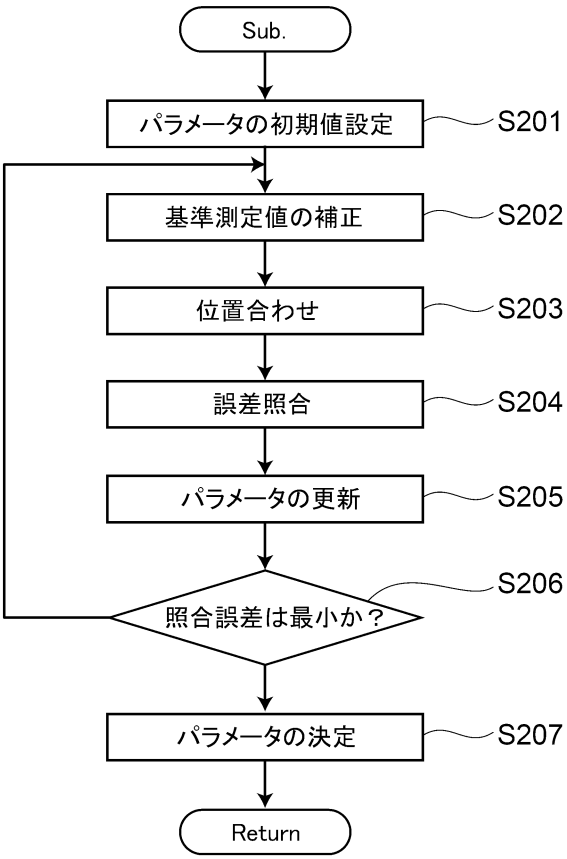
【図４】



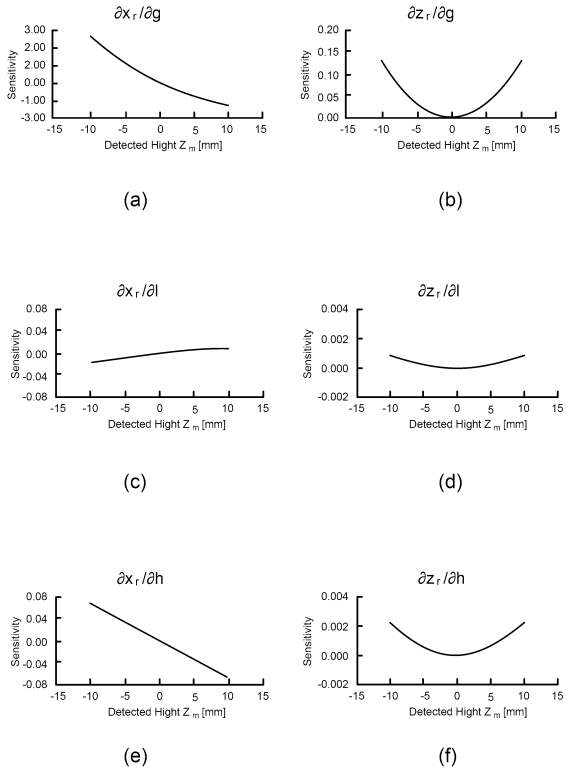
【図５】


Start
基準測定値の取得
S101
校正データの演算
S102
対象測定値の取得
S103
対象測定値の補正
S104
End

【図６】


Sub.
パラメータの初期値設定
S201
基準測定値の補正
S202
位置合わせ
S203
誤差照合
S204
パラメータの更新
S205
照合誤差は最小か？
S206
パラメータの決定
S207
Return

【図７】


∂xr/∂g
∂zr/∂g
∂xr/∂l
∂zr/∂l
∂xr/∂h
∂zr/∂h
Sensitivity
Detected Hight Zm [mm]
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０００－０８１３２９（ＪＰ，Ａ）
特許第５１５５５３３（ＪＰ，Ｂ２）
特開２００２－３４７０３７（ＪＰ，Ａ）
特許第２７２７０６７（ＪＰ，Ｂ２）
特許第５１８３８８４（ＪＰ，Ｂ２）
特開２０１０－０３２４７３（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－１１５９０２（ＪＰ，Ａ）
特許第３２１５３２５（ＪＰ，Ｂ２）
特許第４３７２７５９（ＪＰ，Ｂ２）
米国特許出願公開第２００７／０２６０４１１（ＵＳ，Ａ１）

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