

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5776080号  
(P5776080)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月17日(2015.7.17)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 1 B 5/20 (2006.01)** G 0 1 B 5/20 R

請求項の数 7 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-145301 (P2011-145301)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成23年6月30日 (2011. 6. 30)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2013-11547 (P2013-11547A)		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25年1月17日 (2013. 1. 17)	(74) 代理人	100092820
審査請求日	平成26年5月9日 (2014. 5. 9)		弁理士 伊丹 勝
		(74) 代理人	100106389
			弁理士 田村 和彦
		(72) 発明者	櫻田 淳二
			北海道札幌市北区北7条1丁目1番2号
			株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	小島 司
			北海道札幌市北区北7条1丁目1番2号
			株式会社ミットヨ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 円形状特性測定方法、装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円形断面を有する被測定物の前記円形断面の輪郭形状を測定し測定データを得る形状測定機と、

前記形状測定機で得られた測定データに対して転がり円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて前記円形断面の円形状特性を算出する演算処理装置とを有し、

前記演算処理装置は、

前記フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における前記円形断面の径と測定子の径の比からなる3つのパラメータのうちのいずれか1つを入力パラメータとして入力する入力装置と、

前記3つのパラメータの関係を記憶し、前記入力装置により入力された入力パラメータから他の2つのパラメータを決定するパラメータテーブルと、

前記パラメータテーブルにより決定された最小サンプリング点数に基づいて前記測定データを間引き処理する間引き処理部と

を備えた

ことを特徴とする円形状特性測定装置。

【請求項 2】

前記演算処理装置は、

前記間引き処理された測定データに対し前記円形断面の径と測定子の径の比により決定

された測定子の径で前記転がり円処理を実行する転がり円処理部と、

前記転がり円処理部で処理された測定データに対し前記カットオフ値に基づいて前記フィルタ処理を実行するフィルタ処理部と  
を備えた

ことを特徴とする請求項 1 記載の円形状特性測定装置。

【請求項 3】

円形断面を有する被測定物の前記円形断面の輪郭形状を形状測定機で測定し、得られた測定データに対して、演算処理装置が転がり円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて前記円形断面の円形状特性を算出する円形状特性測定方法であって、  
前記演算処理装置は、

10

前記フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における前記円形断面の径と測定子の径の比からなる 3 つのパラメータのうちのいずれか 1 つの入力を入力装置から受け付けて入力パラメータとし、

前記 3 つのパラメータの関係を記憶したパラメータテーブルを参照して前記入力装置により入力された入力パラメータから他の 2 つのパラメータを決定し、

前記パラメータテーブルにより決定された最小サンプリング点数に基づいて前記測定データを間引き処理する

ことを特徴とする円形状特性測定方法。

【請求項 4】

円形断面を有する被測定物の前記円形断面の輪郭形状を形状測定機で測定し、得られた測定データに対して、演算処理装置が転がり円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて前記円形断面の円形状特性を算出する円形状特性測定方法であって、

20

前記演算処理装置は、

前記フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における前記円形断面の径と測定子の径の比からなる 3 つのパラメータの関係を記憶したパラメータテーブルから前記 3 つのパラメータの組を順次選択し、

前記パラメータテーブルから選択された前記 3 つのパラメータの組に含まれる最小サンプリング点数に基づいて、前記測定データの間引き処理を繰り返し実行する

ことを特徴とする円形状特性測定方法。

【請求項 5】

30

前記演算処理装置が、前記間引き処理された測定データに対し前記円形断面の径と測定子の径の比により決定された測定子の径で前記転がり円処理を実行し、

前記演算処理装置が、前記転がり円処理部で処理された測定データに対し前記カットオフ値に基づいて前記フィルタ処理を実行する

ことを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の円形状特性測定方法。

【請求項 6】

円形断面を有する被測定物の前記円形断面の輪郭形状を形状測定機で測定し、得られた測定データに対して、転がり円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて前記円形断面の円形状特性を算出する処理をコンピュータに実行させる円形状特性測定プログラムであって、

40

前記フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における前記円形断面の径と測定子の径の比からなる 3 つのパラメータのうちのいずれか 1 つを入力装置によって入力パラメータとして入力するステップと、

前記 3 つのパラメータの関係を記憶したパラメータテーブルを参照して前記入力装置により入力された入力パラメータから他の 2 つのパラメータを決定するステップと、

前記パラメータテーブルにより決定された最小サンプリング点数に基づいて前記測定データを間引き処理するステップと

をコンピュータに実行させる円形状特性測定プログラム。

【請求項 7】

前記間引き処理された測定データに対し前記円形断面の径と測定子の径の比により決定

50

された測定子の径で前記転がり円処理を実行するステップと、  
前記転がり円処理部で処理された測定データに対し前記カットオフ値に基づいて前記フ  
ィルタ処理を実行するステップと

をコンピュータに実行させる請求項6記載の円形状特性測定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象を測定して得られた計測データから真円度、円筒度、同心度、同軸  
度、円周振れ、全振れ等の円形状特性を算出する円形状特性測定方法、装置及びプログラ  
ムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年、粗さセンサーや非接触センサー等の高密度かつ定ピッチサンプリングを可能とす  
るセンサーが搭載された形状測定機が開発されている。このような形状測定機では、微小な  
凹凸を検出して分解能の高い表面粗さ測定を行うことが可能である。

【0003】

一方、真円度や円筒度などの円形状特性を測定する場合、ワーク表面の微小凹凸による  
ノイズを除去する為に転がり円処理やフィルタ処理が行われることがある(特許文献1)  
。このような円形状特性の測定に際しては、フィルタ処理に用いるカットオフ値、転がり円  
処理に用いる最小d/r比及び間引き処理に用いるサンプリング点数等のパラメータを適  
切に設定することが望ましい。

20

【0004】

しかしながら、これらのパラメータを操作者が測定現場で適切に設定することは、経験  
的、時間的に困難なことが多い。このため、測定条件に適したサンプリング点数が設定さ  
れず、演算処理に必要な以上の時間がかかったり、適切な精度の測定値が得られないとい  
う問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-225380号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明はこの様な点に鑑みなされたもので、操作者の負担を増すことなく、最適な条件  
で精度の良い測定が可能な円形状特性測定方法、装置及びプログラム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】

【0007】

本発明に係る円形状特性測定装置は、円形断面を有する被測定物の円形断面の輪郭形状  
を測定し測定データを得る形状測定機と、形状測定機で得られた測定データに対して転が  
り円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて円形断面の円形状特性  
を算出する演算処理装置とを有する。演算処理装置は、フィルタ処理のカットオフ値、最  
小サンプリング点数、及び転がり円処理における円形断面の径と測定子の径の比からなる  
3つのパラメータのうちのいずれか1つを入力パラメータとして入力する入力装置と、3  
つのパラメータの関係を記憶し、入力手段により入力された入力パラメータから他の2つ  
のパラメータを決定するパラメータテーブルと、パラメータテーブルにより決定された最  
小サンプリング点数に基づいて測定データを間引き処理する間引き処理部とを備える。

40

【0008】

又、本発明の一実施形態に係る円形状特性測定装置において、演算処理装置は、間引き  
処理された測定データに対し円形断面の径と測定子の径の比により決定された測定子の径

50

で転がり円処理を実行する転がり円処理部と、転がり円処理部で処理された測定データに対しカットオフ値に基づいてフィルタ処理を実行するフィルタ処理部とを備える。

【0009】

本発明に係る円形状特性測定方法は、円形断面を有する被測定物の円形断面の輪郭形状を形状測定機で測定し、得られた測定データに対して、演算処理装置が転がり円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて円形断面の円形状特性を算出する円形状特性測定方法である。フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における円形断面の径と測定子の径の比からなる3つのパラメータのうちのいずれか1つを入力装置によって入力パラメータとして入力し、3つのパラメータの関係を記憶したパラメータテーブルを参照して入力手段により入力された入力パラメータから他の2つのパラメータを決定し、パラメータテーブルにより決定された最小サンプリング点数に基づいて測定データを間引き処理する。

10

【0010】

又、本発明の一実施形態に係る円形状特性測定方法において、演算処理装置が、間引き処理された測定データに対し円形断面の径と測定子の径の比により決定された測定子の径で転がり円処理を実行し、演算処理装置が、転がり円処理部で処理された測定データに対しカットオフ値に基づいてフィルタ処理を実行する。

【0011】

又、本発明の一実施形態に係る円形状特性測定方法において、演算処理装置が、入力パラメータを順次変えて、間引き処理、転がり円処理及びフィルタ処理を繰り返し実行する。

20

【0012】

本発明に係る円形状特性測定プログラムは、円形断面を有する被測定物の円形断面の輪郭形状を形状測定機で測定し、得られた測定データに対して、円処理及びフィルタ処理を行って得られた輪郭データに基づいて円形断面の円形状特性を算出する処理をコンピュータに実行させる円形状特性測定プログラムであって、フィルタ処理のカットオフ値、最小サンプリング点数、及び転がり円処理における円形断面の径と測定子の径の比からなる3つのパラメータのうちのいずれか1つを入力装置によって入力パラメータとして入力するステップと、3つのパラメータの関係を記憶したパラメータテーブルを参照して入力手段により入力された入力パラメータから他の2つのパラメータを決定するステップと、パラメータテーブルにより決定された最小サンプリング点数に基づいて測定データを間引き処理するステップとをコンピュータに実行させる。

30

【0013】

又、本発明の一実施形態に係る円形状特性測定プログラムは、間引き処理された測定データに対し円形断面の径と測定子の径の比により決定された測定子の径で転がり円処理を実行するステップと、演算処理装置が、転がり円処理部で処理された測定データに対しカットオフ値に基づいてフィルタ処理を実行するステップとをコンピュータに実行させる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、操作者の負担を増すことなく、最適な条件で精度の良い測定が可能な円形状特性測定方法、装置及びプログラムを提供することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1実施形態に係る真円度測定方法を実現する為のシステム構成を示す外観斜視図である。

【図2】同実施形態に係る真円度測定方法を実現する為のシステムの構成の一例を示すブロック図である。

【図3】同実施形態における真円度測定方法の内容を示すフローチャートである。

【図4】同実施形態におけるパラメータ入力用ユーザインターフェイスの一例を表す図である。

50

【図5】同実施形態におけるパラメータ入力用ユーザインターフェイスの一例を表す図である。

【図6】同実施形態におけるパラメータ入力用ユーザインターフェイスの一例を表す図である。

【図7】同実施形態におけるパラメータテーブルの一例を表す図である。

【図8】転がり円処理を説明する為の概略図である。

【図9】本発明の第2実施形態に係る真円度測定方法を実現する為のシステムの構成の一例を示すブロック図である。

【図10】同実施形態における真円度測定方法の内容を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0016】

[第1実施形態]

以下、添付の図面を参照してこの発明の好ましい実施の形態について説明する。

【0017】

[システム構成]

先ず、図1を参照して、本発明の一実施形態に係る円形状特性測定方法を実現する為のシステム構成について説明する。なお、ここでは、「円形状特性」として「真円度」を測定する例について説明するが、円筒度、同心円、同軸度、円周振れ、全振れ等の他の円形状特性の測定にも同様に適用可能である。図1は、この発明の一実施形態に係る真円度測定方法を実現する為のシステム構成を示す外観斜視図である。この真円度測定システムは、真円度測定機1と、演算処理装置2とから構成される。真円度測定機1は、基台3と、この基台3上に設けられて円柱状又は円筒状のワーク4を載置すると共に回転させる求心テーブル5と、この求心テーブル5に載置されたワーク4の周面の径方向変位を検出する変位検出装置6と、これら进行操作するための操作部7とを備えて構成されている。

20

【0018】

求心テーブル5は、円板状の載物台11を、その下側に配置された回転駆動装置12により回転駆動して、載物台11の上に載置されたワーク4を回転させるものである。回転駆動装置12の側面には、心ずれ調節用の心出しつまみ13, 14及び傾斜調節用の水平出しつまみ15, 16が周方向にほぼ90度の間隔で配置されており、これらのつまみ13~16を操作することにより、手動操作で載物台11の心出し及び水平出しが行えるようになっている。

30

【0019】

変位検出装置6は次のように構成されている。即ち、基台3には上方に延びるコラム21が立設されており、このコラム21にスライダ22が上下動可能に装着されている。スライダ22にはアーム23が装着されている。アーム23は水平方向に駆動され、その先端に設けられた測定子24がワーク4の外周面と接触し、且つワーク4が回転することによって、ワーク4の外周面の径方向変位が測定データとして得られるようになっている。

【0020】

変位検出装置6で得られた測定データは、演算処理装置2に取り込まれ、ここでワーク4の測定断面(円形断面)の真円度等が求められる。演算処理装置2は、演算処理を実行するコンピュータ31、入力装置32、及び出力装置33を有する。

40

【0021】

図2は、本実施形態に係る真円度測定方法を実現する為の真円度測定システムの構成の一部を示すブロック図である。コンピュータ31は、演算部34及び記憶装置35を備えて構成されている。真円度測定機1によりワーク4を測定して得られた測定データは、演算部34に入力される。なお、測定データは、他の真円度測定機から取得されたものであっても良いし、測定済みデータを記憶する記憶装置35から読み出された計測点群であっても良い。

【0022】

演算部34には入力装置32が接続されており、この入力装置32を介して真円度の算

50

出の際に必要な計算パラメータを入力する。入力する計算パラメータとしては後述するフィルタ処理部39のカットオフ値UPR (Undulations Per Rotation)、一周当たりの最小データ数(サンプリング点数)、後述する最小d/r比等が挙げられるが、本実施形態においてはカットオフ値UPRを入力パラメータとした場合の構成について説明する。

#### 【0023】

演算部34は、図示しないCPUが、記憶装置35に記憶された真円度算出プログラムを実行することにより、次の各機能を実現する。

#### 【0024】

すなわち、パラメータテーブル36は入力パラメータ(カットオフ値UPR)を入力して、その他のパラメータ(サンプリング点数及び最小d/r比)を出力する。間引き処理部37は、測定データに含まれている測定点からサンプリング点数分の測定点を均一に選出し、間引きデータとして出力する。転がり円処理部38は、パラメータテーブル36から出力された最小d/r比を入力し、間引きデータに対して後述する転がり円処理を行い、転がり円データを出力する。フィルタ処理部39は、カットオフ値UPRに従って転がり円データにフィルタ処理を行い、輪郭データを出力する。真円度算出部40は輪郭データを入力して真円度を算出し、出力装置33に出力する。

10

#### 【0025】

入力装置32としては、マウスやキーボード等、各種入力装置が使用可能である。又、出力装置33としては、ディスプレイやプリンタ等が使用可能である。

20

#### 【0026】

##### [動作]

次に、本実施形態に係る真円度測定方法を実現するシステムの動作について、図3~8を参照して詳細に説明する。図3は、本実施形態に係る真円度測定方法の処理内容を示すフローチャートである。

#### 【0027】

本実施形態に係る真円度測定方法においては、まず入力パラメータを入力する(ステップS1)。入力パラメータの入力の際には、図4に示す様な入力用ユーザインターフェイス50を出力装置33として用いるディスプレイ上に表示して使用することが可能である。入力用ユーザインターフェイス50には、フィルタ処理を行う測定データの情報を表示する測定データ情報表示部51及びフィルタ処理部39において行われるフィルタ処理の内容を指定する各種入力部を設けることが可能である。図4に示す通り、測定データ情報表示部51には測定要素及び測定方向等の情報を表示することが可能である。

30

#### 【0028】

上述した各種入力部としては、フィルタ処理の種類を指定するフィルタ指定部52、フィルタ処理の内容を低域通過フィルタと帯域通過フィルタとから選択する通過帯域指定部53、及びカットオフ値UPRの入力を行うカットオフ値入力部54等を設けることが可能である。

#### 【0029】

本実施形態に係る真円度測定方法においては、高周波のノイズ成分の除去等を目的として、低域通過フィルタ処理又は帯域通過フィルタ処理を行うフィルタ処理部39を使用する。このフィルタ処理としては、図5に示す通り、CRフィルタやガウシアンフィルタ等、種々のフィルタを適用することが可能である。フィルタ指定部52においては、このフィルタ処理の内容を選択することが可能である。又、通過帯域指定部53によって帯域通過フィルタが選択されている場合には、図6に示す通りカットオフ値入力部54の表示を変化させても良い。

40

#### 【0030】

次に、パラメータテーブル36がカットオフ値UPRに対応した適切なサンプリング点数を求める(ステップS2)。パラメータテーブル36は、例えば図7に示すように、ISO規格やJIS規格等で提案されている対応表に従って作成された入力パラメータ(カ

50

ットオフ値UPR)及び他の2つのパラメータ(サンプリング数及び最小d/r比)の関係を規定したテーブルである。又、入力パラメータとしてこの表に記載されていない値を入力された場合には、線形補完等の方法によって出力パラメータを算出することも可能である。尚、必要な場合にはパラメータテーブル36の設定を変更することも可能である。

【0031】

次に、間引き処理部37が、ステップS2において求められたサンプリング点数だけ測定データから測定点を選択し、間引きデータとして出力する(ステップS3)。測定点はそれぞれ角度情報と半径情報とを含んでいるが、間引き処理部37は角度データが等間隔となるように測定点を選出する。尚、間引き処理に際しては、ワーク4の形状の周波数成分が失われないように、デシメーションフィルタ(サンプリング点数をnとすると、 $1/2n$ を遮断周波数とする低域通過フィルタ)処理を行ってから間引き処理を行う。ステップS3の処理によって取り扱うデータ量が削減され、演算時間が短縮される。

10

【0032】

次に、パラメータテーブル36が、カットオフ値UPRに対応した適切な最小d/r比を求め、転がり円処理部38が、求められた最小d/r比と、予め入力又は測定データから求めたワーク4の円形断面の直径dとから、転がり円処理に用いる測定子(スタイラスチップ)の半径rを算出する(ステップS4)。最小d/r比はサンプリング点数と同様にパラメータテーブル36の参照により求められる。

【0033】

次に、転がり円処理部38が、ステップS3において間引きされた測定データに対して転がり円処理を行う(ステップS5)。転がり円処理とは、実際に測定に使用した測定子24よりも大きい測定子を使用してワーク4を測定した場合に得られるワーク4の形状を、小さい測定子24を用いて得られた測定データから演算によって求める方法である。即ち、図8に示す様に、半径r1の測定子を用いて直径dのワーク4を測定した際に得た測定データの表面を、半径r2( $> r1$ )の測定子を用いて倣い測定した場合の、測定子24の中心座標の軌跡を求め、転がり円データとして出力する。尚、算出された転がり円データに対して、計算の際に使用される測定子の半径rによる補正処理を施す事も可能である。

20

【0034】

次に、フィルタ処理部39が、ステップS5において算出された転がり円データに対してフィルタ処理を行い、所定の周波数成分のみを輪郭データとして出力する(ステップS6)。上述の通り、フィルタ処理部39において行われるフィルタ処理はステップS1において設定されたカットオフ値UPRに従って行われる。

30

【0035】

次に、真円度算出部40が、ステップS6において算出された輪郭データから真円度を算出する(ステップS7)。真円度の算出は、輪郭データの外接円と内接円の半径を比較することによって行われる。次に、算出された真円度を出力装置33において表示・出力する(ステップS8)。

【0036】

尚、本実施形態においては入力パラメータとしてカットオフ値UPRを入力パラメータとしていたが、サンプリング点数、最小d/r比等を入力パラメータとすることも可能である。

40

【0037】

本実施形態によれば、フィルタ処理のカットオフ値UPRを入力パラメータとして入力するだけで、適切なサンプリング点数と転がり円処理の測定子の半径rが求まり、これらのパラメータによって測定が実行される。従って、操作者は、カットオフ値UPRのみを入力すれば良く、操作負担は殆ど増えない。又、最適な条件での測定が行われ、処理時間が短く精度の良い測定が可能になる。

【0038】

[第2実施形態]

50

次に、図9及び図10を参照して、本発明の第2の実施形態について説明する。図9は、本実施形態に係る真円度測定方法を実現する為の真円度測定システムの構成の一部を示すブロック図、図10は、本実施形態に係る真円度測定方法の処理内容を示すフローチャートである。

【0039】

本発明の第2の実施形態は基本的には第1の実施形態と同様であるが、以下の点において異なっている。即ち、実施形態1においては入力装置1によって入力パラメータに基づく1組のパラメータに基づいて処理を行っていたが、実施形態2においては複数のパラメータの組、例えば図7に示したパラメータテーブル36に従った5通りのパラメータの組のそれぞれについて真円度を算出する点(ステップS19, S20)において異なっている。尚、予め設定した複数のパラメータの組についてのみ真円度を算出することも可能である。

10

【0040】

主要な3つのパラメータが存在する場合、測定条件は多数存在する事となるため、その全ての条件について真円度を算出すると計算量が膨大になってしまう。本実施形態においては3つのパラメータについて適切な対応関係を予め規定するパラメータテーブル36を設けることによって、複数の適切な条件についてのみ計算を行うことが可能である。

【0041】

そして、複数のパラメータの組による測定結果を出力装置33に出力することにより、操作者は適切なパラメータの組を選択することができるので、操作者の測定作業負担を軽減することができる。

20

【0042】

[他の実施形態]

なお、上記実施形態では、接触式の測定子24を用いた真円度測定機1により測定データが得られる例について説明したが、レーザープローブを用いた表面性状測定装置など、非接触式のセンサを用いた測定機から得られた測定データを用いることも可能であることは言うまでも無い。

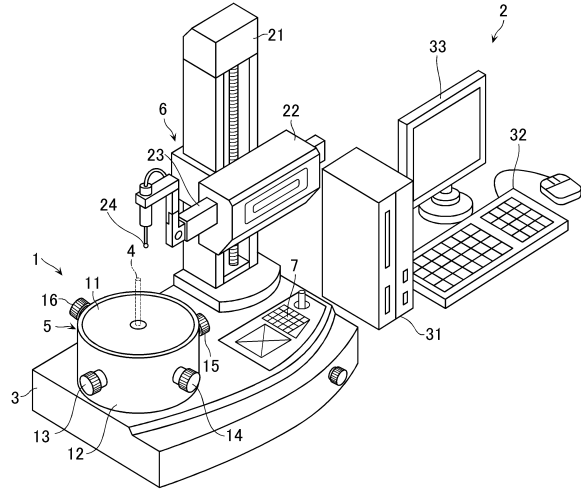
【符号の説明】

【0043】

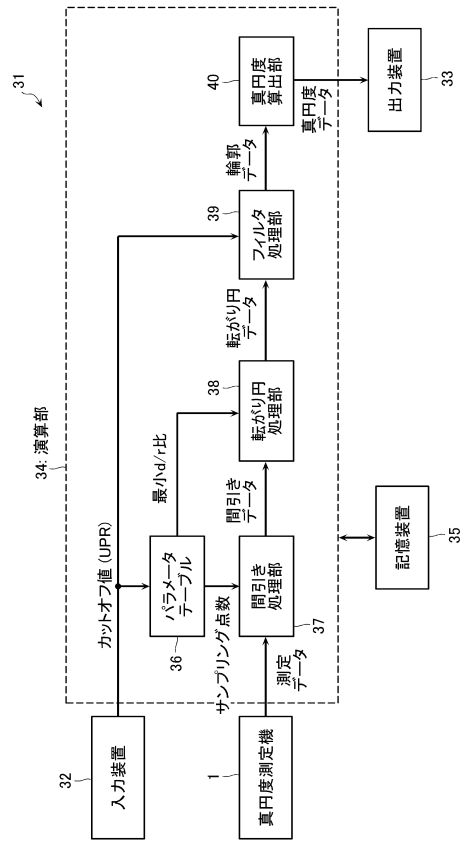
1...真円度測定機、2...演算処理装置、3...基台、4...ワーク、5...求心テーブル、6...変位検出装置、7...操作部、11...載物台、12...回転駆動装置、13, 14...心出しつまみ、15, 16...水平出しつまみ、21...コラム、22...スライダ、23...アーム、24...測定子、31...コンピュータ、32...入力装置、33...出力装置、34...演算部、35...記憶装置、36...パラメータテーブル、37...間引き処理部、38...転がり円処理部、39...フィルタ処理部、40...真円度算出部。

30

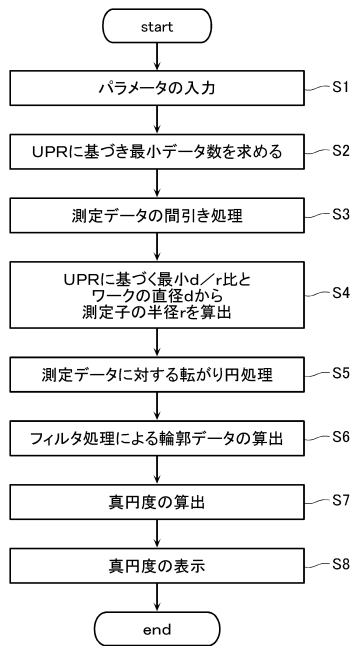
【図1】



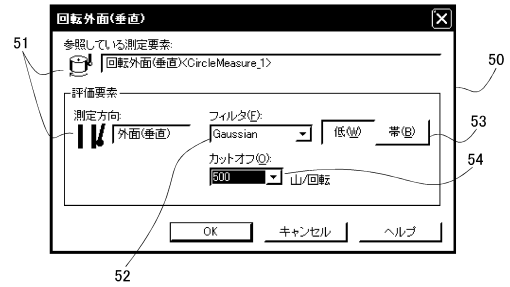
【図2】



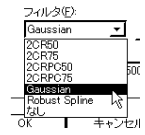
【図3】



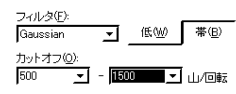
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

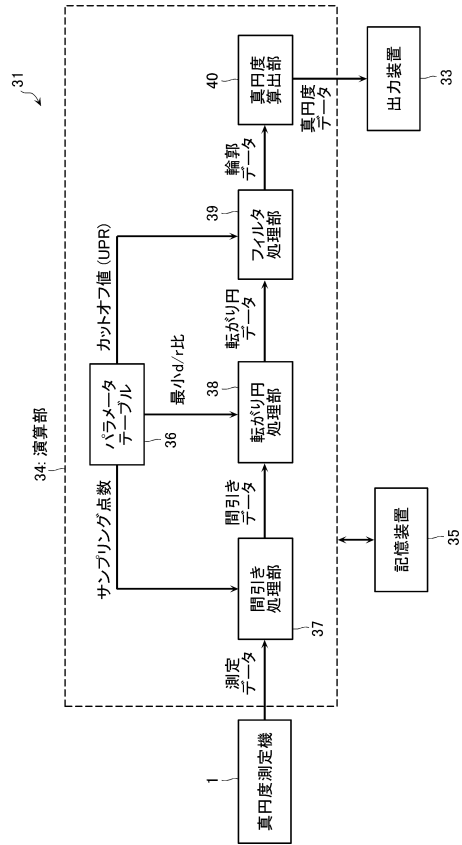
カットオフ値(UPR)	一周当たりの最小データ数(サンプリング数)	最小d/r比
15	105	5
50	350	15
150	1050	50
500	3500	150
1500	10500	500

d: ワーク直径 r: 測定子半径

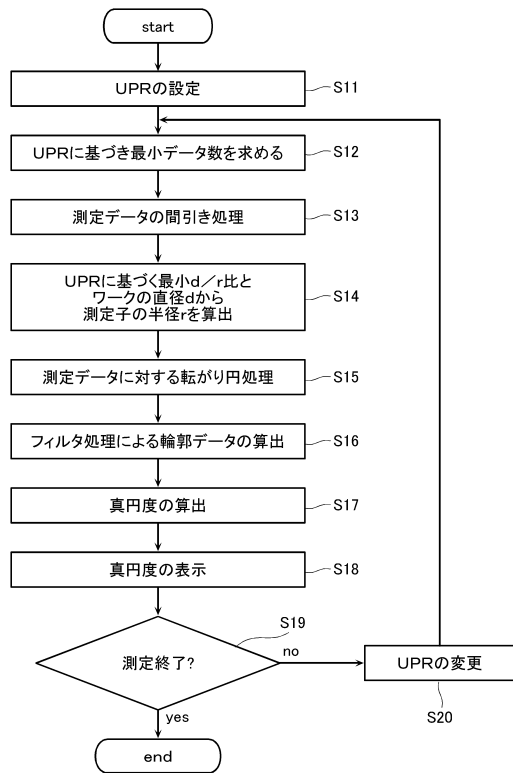
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

審査官 岸 智史

- (56)参考文献 特開2007-225380(JP,A)  
特開2008-261801(JP,A)  
特開2002-005649(JP,A)  
特開平07-280540(JP,A)  
特開2005-345123(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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