

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6076103号  
(P6076103)

(45) 発行日 平成29年2月8日(2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>GO 1 N</b>	<b>21/954</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 N</b>	21/954	A
<b>GO 6 T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 6 T</b>	1/00	3 0 0
<b>HO 4 N</b>	<b>1/387</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 4 N</b>	1/387	
<b>GO 1 B</b>	<b>11/30</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 B</b>	11/30	A
<b>GO 1 N</b>	<b>21/84</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 N</b>	21/84	D

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-10426 (P2013-10426)	(73) 特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22) 出願日	平成25年1月23日(2013.1.23)	(74) 代理人	100127801 弁理士 本山 慎也
(65) 公開番号	特開2014-142243 (P2014-142243A)	(72) 発明者	及川 聡 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台6-1 ホンダ エンジニアリング株式会社内
(43) 公開日	平成26年8月7日(2014.8.7)	(72) 発明者	村岡 浩太郎 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台6-1 ホンダ エンジニアリング株式会社内
審査請求日	平成27年11月26日(2015.11.26)	(72) 発明者	大久保 巖謙 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台6-1 ホンダ エンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

全方位撮像装置により検査対象物の穴の側壁面を撮像した環状画像を極座標変換によりパノラマ展開画像に変換する画像処理方法であって、

前記検査対象物と同じ形状を有し、穴の側壁面の上部及び下部に線がそれぞれ設けられたマスターワークの穴を前記検査対象物が配置される位置と同じ位置で前記全方位撮像装置により撮像する工程と、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換の基準となる内円及び外円をそれぞれ求める工程と、

前記極座標変換する基準となる処理中心を前記求めた内円の中心と前記求めた外円の中心との間で順次移動させながら前記極座標変換を行い、前記検査対象物の環状画像をパノラマ展開画像に変換する工程と、

を備え、

前記内円及び前記外円を求める工程は、前記マスターワークの上部及び下部の線に対応する環状画像中の像を、それぞれ仮外円及び仮内円とし、

前記仮外円及び仮内円を通る円錐が、前記マスターワークの穴の環状画像の最外周円と内接する位置における前記円錐の軸に垂直な断面、及び前記マスターワークの穴の環状画像の最内周円と外接する位置における前記円錐の軸に垂直な断面を、それぞれ前記前記極座標変換の基準となる前記外円及び前記内円とすることを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】

前記マスターワークには、穴の側壁面に周方向に所定長さで軸方向に等間隔で複数の線がさらに設けられており、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換により前記環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求める工程と、

をさらに備え、

前記視野角を求める工程は、前記マスターワークの穴の環状画像を複数の視野角でパノラマ展開画像に展開し、各視野角に対するパノラマ展開画像における前記複数の線の像の線間距離の差が最小となるような視野角を、パノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータとして選定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】

10

全方位撮像装置により検査対象物の穴の側壁面を撮像した環状画像を極座標変換によりパノラマ展開画像に変換する画像処理方法であって、

前記検査対象物と同じ形状を有し、穴の側壁面に周方向に所定長さで軸方向に等間隔で複数の線が設けられたマスターワークの穴を前記検査対象物が配置される位置と同じ位置で前記全方位撮像装置により撮像する工程と、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換により前記環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求める工程と、

を備え、

前記視野角を求める工程は、前記マスターワークの穴の環状画像を複数の視野角でパノラマ展開画像に展開し、各視野角に対するパノラマ展開画像における前記複数の線の像の線間距離の差が最小となるような視野角を、パノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータとして選定することを特徴とする画像処理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理方法、特に構造物に形成された穴の側壁面の品質を検査するために全方位撮像装置によって撮像された穴の側壁面の環状画像をパノラマ展開画像に変換する画像処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

30

例えば、エンジンのインジェクタ（燃料噴射装置）の穴の側壁面のシール範囲に巣穴や縦傷などがあると、燃料ガスが逆流する虞がある。そこで従来、内視鏡などの全方位撮像装置を使用して、このような穴の側壁面を撮像した画像から、欠陥や損傷などを検査することが行われている。このとき、全方位撮像装置で撮像した環状画像（円形画像）をパノラマ展開画像に変換して検査することが一般的に行われている。

【0003】

ここで、全方位撮像装置の光軸が穴の中心軸からずれている場合、環状画像からパノラマ展開画像への変換時に、このようなカメラの光軸のずれを補正する補正処理を行う必要がある。この補正処理として、特許文献 1 には、ビデオカメラで管渠内面を撮像するとき、データマッチング処理を行って、ビデオカメラの光軸と管渠の中心軸とのずれ量を求め

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2000 331168 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の技術では、予め光軸と管渠の中心軸を一致させてビデオカメラを設置した状態での、基準となる画像データを保持しておく必要がある。

50

そのため、製品のロットに変化が生じた際や、レンズを交換する際には、基準となる画像データを新たに取得する必要がある。さらに、補正処理が複雑なプロセスを経て行われ、またパターンマッチング処理には長時間を要するため、数多くの検査をこなすには非常に効率が悪くという問題がある。

【0006】

また、このようなカメラの光軸と穴の中心軸とのずれ問題の他に、カメラのレンズの公差（光学製品の製品誤差）によりカメラの視野角にバラツキがあるため、環状画像をパノラマ展開画像に展開する際、精度の良いパノラマ展開画像が得られないという問題もある。

【0007】

本発明は、前述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、パノラマ展開画像の精度をより向上させることが可能な画像処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、請求項1の発明は、

全方位撮像装置（例えば、後述の実施形態における全方位撮像装置10）により検査対象物の穴の側壁面を撮像した環状画像を極座標変換によりパノラマ展開画像に変換する画像処理方法であって、

前記検査対象物と同じ形状を有し、穴（例えば、後述の実施形態における穴H）の側壁面の上部及び下部に線（例えば、後述の実施形態における線51、52）がそれぞれ設けられたマスターワーク（例えば、後述の実施形態におけるマスターワーク50）の穴を前記検査対象物が配置される位置と同じ位置で前記全方位撮像装置により撮像する工程と、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換の基準となる内円（例えば、後述の実施形態における内円C）及び外円（例えば、後述の実施形態における内円C）をそれぞれ求める工程と、

前記極座標変換する基準となる処理中心を前記求めた内円の中心（例えば、後述の実施形態における内円Cの中心O）と前記求めた外円の中心（例えば、後述の実施形態における外円Cの中心O）との間で順次移動させながら前記極座標変換を行い、前記検査対象物の環状画像をパノラマ展開画像に変換する工程と、

を備え、

前記内円及び前記外円を求める工程は、前記マスターワークの上部及び下部の線に対応する環状画像中の像を、それぞれ仮外円（例えば、後述の実施形態における仮外円C2）及び仮内円（例えば、後述の実施形態における仮内円C1）とし、

前記仮外円及び仮内円を通る円錐（例えば、後述の実施形態における円錐C）が、前記マスターワークの穴の環状画像の最外周円（例えば、後述の実施形態における最外周円O<sub>out</sub>）と内接する位置における前記円錐の軸（例えば、後述の実施形態における円錐の軸L）に垂直な断面、及び前記マスターワークの穴の環状画像の最内周円（例えば、後述の実施形態における最内周円O<sub>in</sub>）と外接する位置における前記円錐の軸に垂直な断面を、それぞれ前記前記極座標変換の基準となる前記外円及び前記内円とすることを特徴とする

【0010】

請求項2に係る発明は、請求項1の構成において、

前記マスターワークには、穴の側壁面に周方向に所定長さで軸方向に等間隔で複数の線（例えば、後述の実施形態における複数の線53）がさらに設けられており、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換により前記環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求める工程と、

をさらに備え、

前記視野角を求める工程は、前記マスターワークの穴の環状画像を複数の視野角でパノラマ展開画像に展開し、各視野角に対するパノラマ展開画像における前記複数の線の像の線間距離の差が最小となるような視野角を、パノラマ展開画像に変換する際の展開パラメ

10

20

30

40

50

ータとして選定することを特徴とする。

【0011】

上記目的を達成するために、請求項3に係る発明は、

全方位撮像装置（例えば、後述の実施形態における全方位撮像装置10）により検査対象物の穴の側壁面を撮像した環状画像を極座標変換によりパノラマ展開画像に変換する画像処理方法であって、

前記検査対象物と同じ形状を有し、穴（例えば、後述の実施形態における穴H）の側壁面に周方向に所定長さで軸方向に等間隔で複数の線（例えば、後述の実施形態における複数の線53）が設けられたマスターワーク（例えば、後述の実施形態におけるマスターワーク50）の穴を前記検査対象物が配置される位置と同じ位置で前記全方位撮像装置により撮像する工程と、

前記マスターワークの穴の環状画像を用いて、前記極座標変換により前記環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求める工程と、  
を備え、

前記視野角を求める工程は、前記マスターワークの穴の環状画像を複数の視野角でパノラマ展開画像に展開し、各視野角に対するパノラマ展開画像における前記複数の線の像の線間距離の差が最小となるような視野角を、パノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータとして選定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

請求項1の発明によれば、検査対象物と同じ形状を有し、穴の側壁面の上部及び下部に線がそれぞれ設けられたマスターワークの穴の環状画像を用いて、検査対象物の環状画像をパノラマ展開画像に展開する際の極座標変換の基準となる内円及び外円を求めるようにしたため、カメラの光軸と検査対象物の穴の中心軸とのずれを補正して、より歪みのないパノラマ展開画像を得ることが可能となる。

また、マスターワークの上部及び下部の線に対応する環状画像中の像を、それぞれ仮外円及び仮内円とし、これら仮外円及び仮内円を通る円錐を考えることにより、検査対象物の環状画像をパノラマ展開画像に展開する際の極座標変換の基準となる内円及び外円を簡単により正確に求めることが可能となる。

【0015】

請求項2の発明によれば、カメラ光軸のずれを補正するとともに、マスターワークの穴の側壁面に周方向に所定長さかつ軸方向に等間隔に設けられた複数の線の像を用いて、極座標変換により環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求めることで、歪みのない、より精度の良いパノラマ展開画像を得ることが可能となる。また、パノラマ展開画像を得るのに最適な視野角を正確に求めることができ、より精度の良いパノラマ展開画像を得ることが可能となる。

【0016】

請求項3の発明によれば、マスターワークの穴の側壁面に周方向に所定長さかつ軸方向に等間隔に設けられた複数の線の像を用いて、極座標変換により環状画像をパノラマ展開画像に変換する際の展開パラメータの視野角を求めるようにしたため、より精度の良いパノラマ展開画像を得ることが可能となる。また、パノラマ展開画像を得るのに最適な視野角を正確に求めることができ、より精度の良いパノラマ展開画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係る全方位撮像システムにより穴側壁面を撮像する状態を示す説明図である。

【図2】本発明の一実施形態で用いられるマスターワークを示す（a）は軸方向に沿った断面図、（b）は斜視図である。

【図3】図2に示すマスターワークの穴の環状画像を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図4】本発明の一実施形態に係る全方位撮像システムによるマスターワークに対する処理を示すフローチャートである。

【図5】マスターワークの環状画像を示す説明図である。

【図6】内円及び外円を求める様子を示す説明図である。

【図7】視野角を求める様子を示す説明図であり、(a)、(b)はそれぞれ異なる視野角によるパノラマ展開画像を示す。

【図8】ピッチの測定法を示す説明図である。

【図9】実際の検査対象物である各ワークに対する処理を示すフローチャートである。

【図10】補正後のパノラマ展開画像を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0019】

以下、本発明の一実施形態に係る画像処理方法について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の画像処理方法を実行するための全方位撮像システムを示すブロック図である。

なお、本実施形態の画像処理方法で撮像される穴は、インジェクタを配置するために形成された穴としているが、その用途、形状、穴径、深さなどは限定されない。例えば、穴は、貫通穴であっても、底壁を有する穴であってもよく、穴径が一定のストレート穴や、穴径が漸次変化するテーパ穴であってもよい。

【0020】

図1に示すように、全方位撮像システム100は、全方位撮像装置10、画像処理装置20及び表示装置30から構成されている。全方位撮像装置10は、周囲360°の全方位にある穴Hの側壁面を撮像して得た環状画像(円形画像)データを出力する。全方位撮像装置10は、360°を撮像可能な広角レンズ(全方位撮像レンズ)11、及び広角レンズ11を介して入射光が入力されるイメージセンサ12などを備えている。

20

【0021】

広角レンズ11は、イメージセンサ12の受光面の前方に配設される。これにより、イメージセンサ12の受光面には、広角レンズ11による環状(円形)の像が結像する。

【0022】

イメージセンサ12は、CCDやCMOS等からなる受光素子が2次元状に配列されており、各受光素子は受光光量に応じた値を出力する。これにより、イメージセンサ12は、複数の受光素子から出力される複数の受光光量値を有する輝度分布データを生成する。イメージセンサ12が生成した環状の輝度データ分布はA/D変換され、環状画像データとして画像処理装置20に出力される。

30

【0023】

画像処理装置20は、その機能ブロックとして、環状画像入力部21、画像変換部22、展開画像出力部23、及び補正データ取得部24を有している。なお、画像処理装置20は、CPU、ROM、RAM、画像メモリ等を備えた所謂マイクロコンピュータから構成されている。

【0024】

全方位撮像装置10から入力された環状画像データは、環状画像入力部21を介して画像処理装置20に取り込まれる。画像処理装置20に取り込まれた環状画像データは、画像変換部22でパノラマ展開画像データに変換され、展開画像出力部23を介して表示装置30に出力される。表示装置30は、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、あるいはCRTディスプレイなどの周知の表示装置からなる。

40

【0025】

表示装置30に表示されたパノラマ展開画像は、検査員の目視により、穴の側壁面の欠陥の有無等が検査される。あるいは、図示を省略するが、パノラマ展開画像データを画像解析装置で解析することによって自動的に穴の側壁面の欠陥の有無等を判定するようにしても良い。

【0026】

50

ところで、全方位撮像装置 10 によって撮像される穴 H の環状画像は、外円（最外周円）と内円（最内周円）とに挟まれた環状の領域からなる。ここで、外円（最外周円）は、環状画像の外周側境界であり、穴 H の上側開口または全方位撮像装置 10 の撮像限界を示す。また、内円（最内周円）は、穴 H の下側開口、穴 H の底面縁、穴 H 内の角部など、穴 H の断面円形状部分の下側端を示す。このように、内円は、穴 H が貫通穴でなくとも発現する。なお、穴 H 内に角部がない場合であっても、光の当て方を工夫することによって、内円を発現させることは可能である。

【 0 0 2 7 】

画像変換部 22 は、環状画像の画像データ（環状画像データ）を極座標変換して、パノラマ展開画像データを生成する。

【 0 0 2 8 】

ところで、図 1 において、L1 を全方位撮像装置 10 の光軸とし、L2 を穴 H の中心軸としたとき、全方位撮像装置 10 の光軸 L1 と穴 H の中心軸 L2 との間に位置ずれがない場合には、環状画像の内円の中心と外円の中心とが一致し、同じ高さの部位を撮像したそれぞれの画像は、環状画像ではすべて同心円上に位置し、極座標展開したとき、水平線状になる。

【 0 0 2 9 】

一方、全方位撮像装置 10 の光軸 L1 と穴 H の中心軸 L2 との間に位置ずれが存在する場合には、環状画像において、外円（最外周円）の中心と、内円（最内周円）の中心とは、位置がずれており、さらに穴 H の側壁面の同じ高さの部位を撮像したのも、同心円状とはならず少しくずれてしまう。このため、光軸 L1 と穴 H の中心軸 L2 との間に位置ずれがある場合の環状画像を単に極座標変換しただけでは、実際には穴 H 側壁の同じ高さの部位を撮像したものが、水平線状ではなく、波打った線状になってしまう。

【 0 0 3 0 】

また、歪みが全くない理想的な広角レンズ 11 で撮影した環状画像では、等間隔の高さの穴壁面を撮像した画像が等間隔の同心円を描く。しかし、広角レンズ 11 に鉛直方向の歪みがあると、その環状画像は同心円の間隔が不均一となってしまう。

【 0 0 3 1 】

例えば、広角レンズが魚眼レンズであるとき、一般的に、被撮像体の画像は周辺部ほど歪みが大きい。したがって、全方位撮像装置 10 の広角レンズ 11（図 1 参照）に魚眼レンズを使用すると、被撮像体は画角的に中心部に撮像される場合に比べて、周辺部に撮像される場合の方が大きく撮像される。

【 0 0 3 2 】

これに対して、パノラマ展開画像では、被撮像体は、本来の大きさのバランスで表示されることが望ましく、極座標変換の処理円の半径を順次大きくしながら環状画像をパノラマ展開画像に変換するようしている。

【 0 0 3 3 】

さらに、広角レンズ 11 は光学製品であるため、製品誤差があり、どうしても製品毎にバラツキがあり、実際のレンズの視野角にはバラツキがある。そのため、画像変換部 22 で単に環状画像を極座標変換しただけでは、変換時に使用する視野角との間に誤差が生じることから、実際の間隔に対応しない間隔を有するパノラマ展開画像として表現されてしまい、正しい検査を行うことができない。

【 0 0 3 4 】

そこで、補正データ取得部 24 は、光軸の位置ずれや視野角のバラツキを補正するための補正データを取得し、画像変換部 22 は、この補正データを用いて環状画像データをパノラマ展開画像データに変換し、より精度の高いパノラマ展開画像を得るようにしている。

【 0 0 3 5 】

本実施形態においては、全方位撮像装置 10 の光軸の位置ずれ及び視野角のバラツキを補正するための補正データを取得するために、所定のマスターワーク 50 が用いられる。

10

20

30

40

50

図 2 に示すように、このマスターワーク 50 は、検査対象物と同じ形状を有した穴 H を有する円筒であり、穴 H の上部で、上側開口から若干下方の位置にはその側壁面を一周する線 51 が設けられ、穴 H の下部で、下側開口縁部から若干上方の位置にも側壁面を一周する線 52 が設けられている。また、マスターワーク 50 には、さらに、これらの線 51、52 の間に、周方向に所定長さで且つ軸方向に等間隔で複数の線 53 が設けられている。なお、図 2 ( a ) 中、 $\theta$  は穴 H を撮像する際の全方位撮像装置 10 の視野角を表わしている。

【 0 0 3 6 】

次に、マスターワーク 50 を用いて、全方位撮像装置 10 の光軸の位置ずれ及び視野角のバラツキを補正するための補正データを取得する、全方位撮像システム 100 の処理動作について、図 4 に示すフローチャートに沿って説明する。

10

【 0 0 3 7 】

まず、図 4 のステップ S 100 において、図 1 に示すように、マスターワーク 50 の穴 H に対して、全方位撮像装置 10 の先端部を向けて、穴 H の側壁面を撮像する。例えば、図 1 において、全方位撮像装置 10 の光軸とマスターワーク 50 の穴 H の中心軸との間に位置ずれがないとして、2 つの線 51、52 を含むように全方位撮像装置 10 で穴 H の環状画像を撮像した場合には、図 3 に示すような同心円状の環状画像が撮像される。

【 0 0 3 8 】

そして、全方位撮像装置 10 が撮像して取得した環状画像データは、画像処理装置 20 の環状画像入力部 21 に出力される。画像処理装置 20 に入力された環状画像データは前記画像メモリに格納される。

20

【 0 0 3 9 】

補正データ取得部 24 は、画像メモリからマスターワーク 50 の環状画像データを受け取ると、全方位撮像装置 10 の位置ずれ及び視野角のバラツキを補正するための補正データを取得する処理を行う。

【 0 0 4 0 】

図 5 は、マスターワーク 50 の環状画像を示し、穴 H の上側開口に対応する像である最外周円を  $C_{out}$ 、穴 H の下側開口に対応する像である最内周円を  $C_{in}$ 、穴 H の上部の線 51 に対応する像を仮外円  $C_2$ 、穴 H の下部の線 52 に対応する像を仮内円  $C_1$  としている。そして、補正データとして求めるべき、極座標変換の基準となる処理円である外円及び内円をそれぞれ  $C$  及び  $C'$  とする。

30

【 0 0 4 1 】

補正データ取得部 24 における処理として、まずステップ S 110 において、図 5 の環状画像から、最外周円  $C_{out}$ 、及び最内周円  $C_{in}$  を抽出する。これらの円は、上記環状画像から画像処理の円エッジ探傷によって求められる。

【 0 0 4 2 】

また、ステップ S 120 において、補正データ取得部 24 は、図 5 の環状画像から、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  を抽出する。これらの円も、上と同様の画像処理の円エッジ探傷によって求められる。

【 0 0 4 3 】

40

そして、補正データ取得部 24 は、ステップ S 130 において、これら 4 つの円、最外周円  $C_{out}$ 、最内周円  $C_{in}$ 、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  から、極座標変換の基準となる処理円である外円  $C$  及び内円  $C'$  の中心及び半径を算出する。

【 0 0 4 4 】

具体的には、外円  $C$  及び内円  $C'$  は、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  を通る円錐を考え、この円錐が最外周円  $C_{out}$  及び最内周円  $C_{in}$  とそれぞれ接する位置における円錐の軸に対する垂直断面の円として求められる。すなわち、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  をある高さに設定した円錐を膨らませていき、最外周円  $C_{out}$  と内接するとき、その接点での円錐の軸に対する垂直断面を外円  $C$  とする。また、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  をある高さに設定した円錐を小さくしていき、最内周円  $C_{in}$  と外接するとき、その接点での円錐の軸に対する垂直

50

断面を内円  $C$  とする。

【 0 0 4 5 】

以下、この外円  $C$  及び内円  $C$  の算出方法を詳しく説明する。

まず、全方位撮像装置 10 の光軸  $L_1$  は、マスターワーク 50 の穴  $H$  の中心軸  $L_2$  に対して傾いており、位置ずれを有し、図 5 の環状画像に示されるように、各円は同心円状にはないものとする。そこで仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  をある高さで断面として含む円錐を考えると、その軸は鉛直方向に対して傾いている。また、上記円、最外周円  $C_{out}$ 、最内周円  $C_{in}$ 、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  は、すべて平行な平面上にあるものとし、これらの平面に平行な平面を  $x y$  平面にとり、円錐の軸に平行な直線を  $z$  軸とする。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  を通る円錐、及びこれらの円を示す。上述したように、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  を通り最外周円  $C_{out}$  に内接する円錐と、仮外円  $C_2$  及び仮内円  $C_1$  を通り最内周円  $C_{in}$  に外接する円錐とは一般には別の円錐となるであろうが、ここでは簡単のため一つの円錐  $C$  で表している。

【 0 0 4 7 】

そして、仮内円  $C_1$  の中心を  $O_1(x_1, y_1)$ 、半径を  $R_1$ 、高さを  $z_1$ 、仮外円  $C_2$  の中心を  $O_2(x_2, y_2)$ 、半径を  $R_2$ 、高さを  $z_2$  とし、最内周円  $C_{in}$  の中心を  $O_{in}(x_{in}, y_{in})$ 、半径を  $R_{in}$ 、高さを  $z_{in}$ 、最外周円  $C_{out}$  の中心を  $O_{out}(x_{out}, y_{out})$ 、半径を  $R_{out}$ 、高さを  $z_{out}$  とし、また求めるべき外円  $C$  の中心を  $O(x, y)$ 、半径を  $R$ 、高さを  $z$ 、内円  $C$  の中心を  $O(x, y)$ 、半径を  $R$ 、高さを  $z$  とする。

【 0 0 4 8 】

まず外円については、図 6 より、次の式 (1) が成り立つ。

【 0 0 4 9 】

【数 1】

$$\sqrt{(x_a - x_{out})^2 + (y_a - y_{out})^2} + R_a = R_{out} \quad \dots (1)$$

【 0 0 5 0 】

外円を求めるために、以下の式 (2) のように  $a$ 、 $b$ 、 $c$  をとり、また、任意の基準  $x_0$ 、 $y_0$ 、 $R_0$  をとり、高さ  $z$  をパラメータにとり

$$x = a z + x_0$$

$$y = b z + y_0$$

$$R = c z + R_0$$

として、円錐の高さ  $z$  における断面の円を、中心  $(x, y)$ 、半径  $R$  で表す。

【 0 0 5 1 】

【数 2】

$$a = \frac{x_2 - x_1}{z_2 - z_1}, \quad b = \frac{y_2 - y_1}{z_2 - z_1}, \quad c = \frac{R_2 - R_1}{z_2 - z_1} \quad \dots (2)$$

【 0 0 5 2 】

例えば、高さ  $z = z_1$  のとき、この円は仮内円  $C_1$ 、すなわち中心  $(x_1, y_1)$ 、半径  $R_1$  となるので、 $x = x_1$ 、 $y = y_1$ 、 $R = R_1$  となる。

【 0 0 5 3 】

ここで、例えば  $z_1 = 0$ 、 $z_2 = 1$  とすると、上記  $x$ 、 $y$ 、 $R$  の式で  $z = 0$  とおくと、 $x = x_0$ 、 $y = y_0$ 、 $R = R_0$  となる。よって、 $x_1 = x_0$ 、 $y_1 = y_0$ 、 $R_1 = R_0$  となる。一方、式 (2) において  $z_1 = 0$ 、 $z_2 = 1$  とすると、 $a = x_2 - x_1$ 、 $b = y_2 - y_1$ 、 $c = R_2 - R_1$  となる。

【 0 0 5 4 】

これより、上記  $x$ 、 $y$ 、 $R$  の式は、

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}x &= a z + x_1 \\y &= b z + y_1 \\R &= c z + R_1\end{aligned}$$

となる。

【 0 0 5 5 】

$z = z$  のとき、円錐の断面の円は外円  $C$  となるので、その中心及び半径より、

$$\begin{aligned}x &= a z + x_1 \\y &= b z + y_1 \\R &= c z + R_1\end{aligned}$$

となる。

10

【 0 0 5 6 】

また、図 6 より、最外周円  $C_{out}$  の中心  $O_{out}$  と外円  $C$  の中心  $O$  との距離は、それぞれの円の半径の差  $R_{out} - R$  に等しい。また、 $x - x_{out} = a z + x_1 - x_{out}$ 、 $y - y_{out} = a z + y_1 - y_{out}$ 、及び  $R_{out} - R = R_{out} - (c z + R_1) = -(c z + R_1 - R_{out})$  となる。

【 0 0 5 7 】

ここで、 $d = x_1 - x_{out}$ 、 $e = y_1 - y_{out}$ 、及び  $f = R_1 - R_{out}$  とおくと、次の式 (3) が成り立つ。

【 0 0 5 8 】

【数 3】

20

$$\sqrt{(a z_a + d)^2 + (b z_a + e)^2} = -(c z_a + f) \quad \dots (3)$$

【 0 0 5 9 】

式 (3) の両辺を二乗して  $z$  の二次方程式を解くと、次の式 (4) のように  $z$  が求まる。ただし、 $A = a^2 + b^2 - c^2$ 、 $B = 2(a d + b e - c f)$ 、 $C = d^2 + e^2 - f^2$  である。また、ここで外円としては、図 6 に示すように最外周円  $C_{out}$  の内接円を求めたいので、上記  $z$  の 2 つの解のうち小さい方の値をとる。

【 0 0 6 0 】

【数 4】

30

$$z_a = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad \dots (4)$$

【 0 0 6 1 】

この  $z$  の値を上記  $x$ 、 $y$ 、 $R$  の式に代入して、

$$\begin{aligned}x &= a z + x_1 \\y &= b z + y_1 \\R &= c z + R_1\end{aligned}$$

のように、外円の中心 ( $x$ 、 $y$ ) と半径  $R$  を求めることができる。

【 0 0 6 2 】

40

次に、内円の算出についても外円と同様である。すなわち、内円については、図 6 より、次の式 (5) が成り立つ。

【 0 0 6 3 】

【数 5】

$$\sqrt{(x_\beta - x_{in})^2 + (y_\beta - y_{in})^2} + R_\beta = R_{in} \quad \dots (5)$$

【 0 0 6 4 】

内円の場合にも外円の場合と同様に上記式 (2) のように  $a$ 、 $b$ 、 $c$  をとり、任意の基準  $x_0$ 、 $y_0$ 、 $R_0$  をとり、高さ  $z$  をパラメータにとり、

50

$$\begin{aligned}x &= a z + x_0 \\y &= b z + y_0 \\R &= c z + R_0\end{aligned}$$

として、円錐の高さ  $z$  における断面の円を、中心  $(x, y)$  半径  $R$  で表す。

【0065】

$z_1 = 0$ 、 $z_2 = 1$  とすると、 $x_1 = x_0$ 、 $y_1 = y_0$ 、 $R_1 = R_0$  及び  $a = x_2 - x_1$ 、 $b = y_2 - y_1$ 、 $c = R_2 - R_1$  となる。これより、外円の場合と同様に、

$$\begin{aligned}x &= a z + x_1 \\y &= b z + y_1 \\R &= c z + R_1\end{aligned}$$

10

となる。

【0066】

また、図6より、最内周円  $C_{in}$  の中心  $O_{in}$  と内円  $C$  の中心  $O$  との距離は、それぞれの円の半径の差  $R - R_{in}$  に等しい。また、 $d = x_1 - x_{in}$ 、 $e = y_1 - y_{in}$ 、及び  $f = R_1 - R_{in}$  とおくと、次の式(6)が成り立つ。

【0067】

【数6】

$$\sqrt{(a z_\beta + d)^2 + (b z_\beta + e)^2} = -(c z_\beta + f) \quad \dots (6)$$

20

【0068】

式(6)の両辺を二乗して  $z$  の二次方程式を解くと、上記式(4)の右辺と同様の式で  $z$  が求まる。ただし、 $A = a^2 + b^2 - c^2$ 、 $B = 2(ad + be - cf)$ 、 $C = d^2 + e^2 - f^2$  である。また、ここで内円としては、図6に示すように最内周円  $C_{in}$  の外接円を求めたいので、上記  $z$  の2つの解のうち大きい方の値をとる。

【0069】

この  $z$  の値を上記  $x$ 、 $y$ 、 $R$  の式に代入して、

$$\begin{aligned}x &= a z + x_1 \\y &= b z + y_1 \\R &= c z + R_1\end{aligned}$$

30

のように、内円の中心  $(x, y)$  と半径  $R$  を求めることができる。

【0070】

以上のようにして求めた極座標変換の基準となる処理円として、外円  $C$  の中心  $O$  と半径  $R$  及び内円  $C$  の中心  $O$  と半径  $R$  は補正データ取得部24に保存される。そして、実際の各ワーク(検査対象物)の処理において、画像変換部22は、これらの補正データを補正データ取得部24から得て、環状画像データをパノラマ展開画像データに変換する。

【0071】

次に、補正データ取得部24は、もう一つの補正データとして、環状画像をパノラマ展開画像に展開する際の視野角を求める。

40

【0072】

まず、ステップS140において、図3に示すようなマスターワーク50の環状画像を、上で得た外円  $C$  及び内円  $C$  の設定を用いてパノラマ展開画像に展開する。その際、展開パラメータの視野角を、全方位撮像装置10の製品誤差の範囲内で振り、複数のパノラマ展開画像を作成する。

【0073】

本実施形態においては、もともと製品の視野角が  $108^\circ$  であるところ、誤差を考慮して、 $80^\circ$  から  $125^\circ$  まで  $1^\circ$  刻みで視野角を振り、それぞれの視野角でパノラマ展開画像に展開した。

【0074】

50

図7に、図2のマスターワーク50の穴Hの環状画像を展開したパノラマ展開画像の例を示す。図7(a)は、視野角80°で展開したものであり、図7(b)は、視野角120°で展開したものである。

【0075】

マスターワーク50の穴Hの側壁面に形成された複数の線53(図2参照)のピッチは、一定間隔(例えば、1mmピッチ)であり、これら複数の線53のパノラマ展開画像における像は、所定のピッチとなる。図7に示すようなパノラマ展開画像において、補正データ取得部24は、これらの線の像について画像処理により各ピッチの距離を測定する。

【0076】

図7のようなパノラマ展開画像において、全方位撮像装置10のレンズの特性上、どうしても画面の下の方がぼやけてしまう。そこで、図8に示すように、線の両側からエッジ処理をかけ、エッジEとエッジFの中点 $P = (E + F) / 2$ を線の中心とする。こうすることにより、測定誤差を小さくすることができる。

【0077】

このようにして求めた各線の位置を $P_i$ として、各線間距離(ピッチ) $L_i = P_{i+1} - P_i$ を求める。

【0078】

そして、ステップS150において、補正データ取得部24は、求めた線間距離 $L_i$ に対して各線間距離の差が最小となるような視野角を選定する。この線間距離の差の最小の算出には、最小絶対残差を用いる。すなわち、次の式(7)の値Dを最小とするような視野角を求める。

【0079】

【数7】

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |L_{ave} - L_i| \quad \dots (7)$$

なお、 $L_{ave}$ は、式(7)の値Dを最小にする定数である。

【0080】

このようにして補正データ取得部24は、環状画像をパノラマ展開画像に展開する際に最適な視野角を算出し、この視野角を保存する。そして、実際の各ワーク(検査対象物)を処理する際、画像変換部22は、補正データ取得部24から上で算出された視野角を得、この視野角を用いて環状画像データをパノラマ展開画像データに変換する。

【0081】

このように本実施形態においては、マスターワーク50を用いて、全方位撮像装置10の光軸の位置ずれ及び視野角のバラツキを補正するための補正データを算出している。そして、各検査対象物(ワーク)の検査においては、この補正データを用いて極座標変換が行われ、環状画像データがパノラマ展開画像データに展開される。

【0082】

次に、図9のフローチャートに沿って、各検査対象物(ワーク)の処理について説明する。

【0083】

まず、ステップS200において、各検査対象物の穴Hを、図1に示すように全方位撮像装置10によって撮像して、環状画像データを取得する。取得した環状画像データは環状画像入力部21に入力される。

【0084】

次に、ステップS210において、画像変換部22は、環状画像入力部21から検査対象物の環状画像データを受け取り、これをパノラマ展開画像データに変換する。画像変換部22は、先に補正データ取得部24においてマスターワーク50から得られている補正データ(処理外径、内径及び視野角)を用いて、環状画像データを極座標変換してパノラマ展開画像データに変換する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 5 】

パノラマ展開画像データへの変換は、内円C の中心O を中心として、分解能等によって定めた角度毎に周方向に、内円半径R を半径とした処理円上に位置する環状画像データを極座標変換して、水平方向に直線状に展開する。なお、算出された画素位置が環状画像データの最小画素の位置に一致するとは限らない。これらの位置が一致しない場合、算出された画素位置に接している割合で環状画像データ（輝度データ）を補間計算して、算出された画素位置における画素データ（輝度データ）を求めればよい。

## 【 0 0 8 6 】

この展開作業は、処理円中心を内円C の中心O から外円C の中心O に順次、分解能等によって定めた間隔毎に直線状に移動させながら繰り返す。これと同時に処理円半径を、広角レンズ11の鉛直方向歪みを補正するように、内円半径R から外円半径R に向けて順次長くする。このようにして環状画像データを内円C から外円C に向かって順次極座標変換する。

## 【 0 0 8 7 】

ステップS220において、パノラマ展開画像データは展開画像出力部23を介してパノラマ画像として表示装置30に表示される。このようにマスターワーク50から得られた補正データを用いて変換されたパノラマ展開画像は、図10に示すように、水平方向に直線状の展開画像が順次積み上がり、歪みのない等ピッチのパノラマ展開画像となる。検査者は、このパノラマ画像表示を見て検査対象物の穴側壁面の検査を正確に行うことができる。

## 【 0 0 8 8 】

そして、上記マスターワーク50から得られた補正データを用いて、ステップS200からステップS220の処理を繰り返し行い、各検査対象物に対して検査が行われる。

## 【 0 0 8 9 】

このように本実施形態においては、マスターワーク50を用いて補正データを取得しているが、上述したように、このマスターワーク50は、検査対象物と同じ形状を有し、穴Hの側壁面の上部及び下部に線51、52がそれぞれ設けられており、さらにこの穴の側壁面の上部及び下部に設けられた線51、52の間に、周方向に所定長さで且つ軸方向に等間隔で複数の線53が設けられている。そして、マスターワーク50の穴Hを、検査対象物が配置される位置と同じ位置で全方位撮像装置10により撮像した環状画像から、極座標変換の処理円としての外円C 及び内円C を求めるとともに、パノラマ展開画像に展開する際の視野角を求めるようにしている。

## 【 0 0 9 0 】

そして本実施形態では、このようにして取得した補正データにより、各検査対象物を撮像した環状画像データをパノラマ展開画像データに変換するようにしたため、光軸の位置ずれを補正するとともに、視野角のバラツキを補正して、より高精度なパノラマ展開画像を得ることが可能となり、検査精度が向上した。また、一度マスターワークから補正データを取得すれば、これを用いて各検査対象物の検査を行うことができるので検査効率も向上する。

## 【 0 0 9 1 】

尚、本発明は、前述した実施形態に限定されるものでなく、適宜、変形、改良等が可能である。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 2 】

- 10 全方位撮像装置
- 11 広角レンズ
- 12 イメージセンサ
- 20 画像処理装置
- 21 環状画像入力部
- 22 画像変換部

10

20

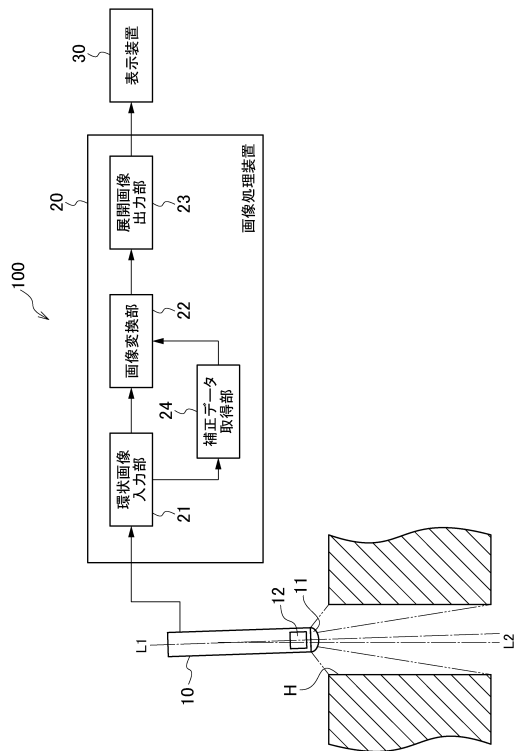
30

40

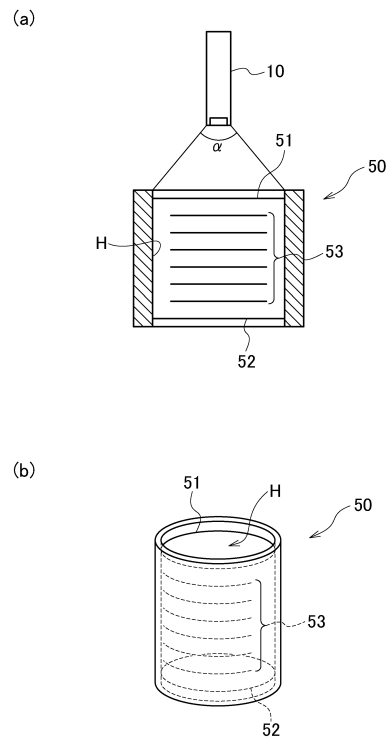
50

- 2 3 展開画像出力部
- 2 4 補正データ取得部
- 3 0 表示装置
- 5 0 マスターワーク
- 5 1 マスターワークの穴上部の線
- 5 2 マスターワークの穴下部の線
- 5 3 マスターワークの穴の等間隔の複数の線

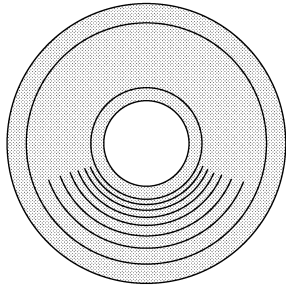
【図 1】



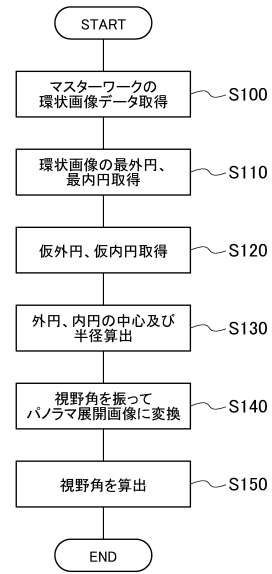
【図 2】



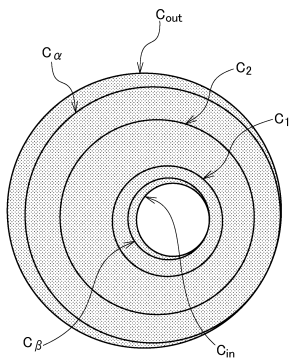
【図3】



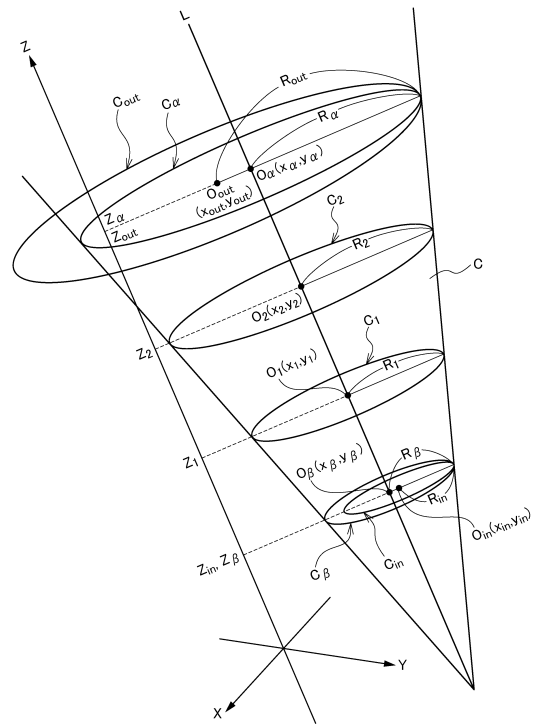
【図4】



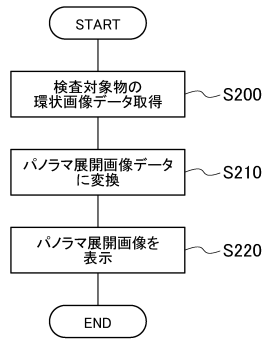
【図5】



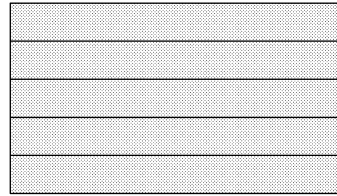
【図6】



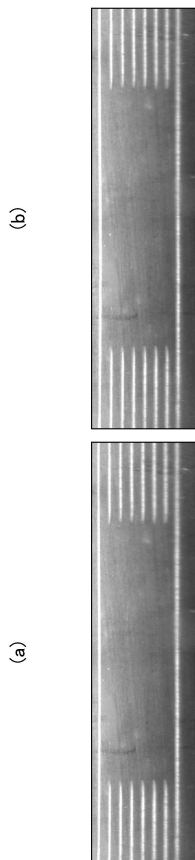
【図 9】



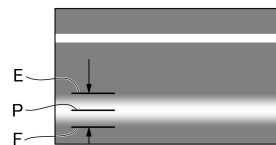
【図 10】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

審査官 深田 高義

- (56)参考文献 特開2003-308539(JP,A)  
特開2000-331168(JP,A)  
特開2003-308526(JP,A)  
特開2005-265489(JP,A)  
特開2011-089826(JP,A)  
特開2013-084156(JP,A)  
特開2004-199416(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N	21/954
G01B	11/30
G01N	21/84
G06T	1/00
H04N	1/387