

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6210841号
(P6210841)

(45) 発行日 平成29年10月11日(2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日(2017.9.22)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 B 15/04 (2006.01) GO 1 B 15/04 H
GO 6 T 1/00 (2006.01) GO 6 T 1/00 3 0 0

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2013-224627 (P2013-224627)	(73) 特許権者	506209422
(22) 出願日	平成25年10月29日(2013.10.29)		地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター
(65) 公開番号	特開2015-87182 (P2015-87182A)		東京都江東区青海二丁目4番10号
(43) 公開日	平成27年5月7日(2015.5.7)	(74) 代理人	100079108
審査請求日	平成28年8月5日(2016.8.5)		弁理士 稲葉 良幸
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(74) 代理人	100117189
			弁理士 江口 昭彦
		(74) 代理人	100134120
			弁理士 内藤 和彦
		(74) 代理人	100144325
			弁理士 小澁 高弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線三次元測定装置及びX線三次元測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元座標軸上における測定対象物のX線CT画像を取得する画像取得手段と、
 前記三次元座標軸上における前記測定対象物の三次元形状の位置情報を取得する位置情報取得手段と、

前記X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュを設定し、前記位置情報取得手段で取得した前記測定対象物の三次元形状の位置情報を点群として前記メッシュ上に配置し、前記点群からなる実測エッジと前記X線CT画像のエッジとの差分を算出し、前記差分が所定の範囲内に収まるように前記X線CT画像を補正する画像補正手段と、

前記実測エッジの一部分と前記X線CT画像のエッジの一部分との間の相関関係情報を取得する相関情報取得手段と、

前記相関関係情報と前記X線CT画像のエッジの他の部分とに基づいて前記実測エッジの他の部分を推定するエッジ推定手段と、

を備え、

前記画像補正手段は、前記エッジ推定手段で推定した実測エッジと前記X線CT画像のエッジとの差分を算出し、前記差分が所定の範囲内に収まるように前記X線CT画像を補正する、

X線三次元測定装置。

【請求項2】

前記補正は、前記X線CT画像の拡大、縮小、平行移動及び回転移動の少なくとも何れ

か一つを含む、請求項 1 に記載の X 線三次元測定装置。

【請求項 3】

三次元座標軸上における測定対象物の X 線 CT 画像を取得する画像取得工程と、
前記三次元座標軸上における前記測定対象物の三次元形状の位置情報を取得する位置情報取得工程と、

前記 X 線 CT 画像の画素サイズよりも小さいメッシュを設定し、前記位置情報取得工程で取得した前記測定対象物の三次元形状の位置情報を点群として前記メッシュ上に配置し、前記点群からなる実測エッジと前記 X 線 CT 画像のエッジとの差分を算出し、前記差分が所定の範囲内に収まるように前記 X 線 CT 画像を補正する画像補正工程と、

前記実測エッジの一部分と前記 X 線 CT 画像のエッジの一部分との間の相関関係情報を取得する相関情報取得工程と、

前記相関関係情報と前記 X 線 CT 画像のエッジの他の部分とに基づいて前記実測エッジの他の部分を推定するエッジ推定工程と、

を含み、

前記画像補正工程では、前記エッジ推定工程で推定した実測エッジと前記 X 線 CT 画像のエッジとの差分を算出し、前記差分が所定の範囲内に収まるように前記 X 線 CT 画像を補正する、

X 線三次元測定方法。

【請求項 4】

前記補正は、前記 X 線 CT 画像の拡大、縮小、平行移動及び回転移動の少なくとも何れか一つを含む、請求項 3 に記載の X 線三次元測定方法。

【請求項 5】

コンピュータに、請求項 3 又は 4 に記載の X 線三次元測定方法を実行させる、X 線三次元画像補正プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X 線三次元測定装置及び X 線三次元測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、製造業のデジタル化が進行している。三次元プリンタは、そのデジタル化の中心的存在であり、従来の製造法では作り出すことができなかった複雑な部品や製品を生み出すことができることから、少量多種の高付加価値部品を必要とする航空機産業等において部品生産の一角を担っている。このような三次元プリンタを用いて生み出される高付加価値製品にとって、品質保証・性能評価は生命線であるため、今後は精密測定技術を採用した寸法精度保証が不可欠になるものと予想される。但し、そのような高付加価値製品を従来の精密測定技術（三次元測定機、デジタイザ等）のみで対応することには限界があることから、複雑形状や内部構造を精密に測定する技術の開発が望まれてきた。

【0003】

そこで、近年においては、X 線 CT 装置を用いた三次元測定技術が種々提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。このような X 線 CT 装置を三次元測定機として用いる場合には、X 線発生装置や X 線検出器等の機械系の歪みを補正する必要がある。このため、機械系の歪みの補正を可能にした三次元測定用の X 線 CT 装置が提案されている（例えば、非特許文献 1 及び 2 参照）。このような補正を可能にした X 線 CT 装置においては、ルビー球を多数配置した校正治具を計測標準として採用し、ルビー球の中心間距離を測定することで一定の測定精度を維持している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 14710 号公報

10

20

30

40

50

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】高辻 利之、阿部 誠、佐藤 理、大澤 尊光、「光三次元計測の産業応用と標準化」、月刊OPTRONICS、独立行政法人産業技術総合研究所、平成25年 8月、No.380、p.86-90

【非特許文献2】高辻利之、大澤尊光、藤本弘之、「三次元計測における光学と機械の融合 Dimensional CT装置を用いた幾何学量計測」、光技術コンタクト、独立行政法人産業技術総合研究所、平成23年2月20日、Vol.49、No.2、p.18-26

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

ところで、従来の三次元測定用のX線CT装置は、非特許文献1及び2に開示されているような計測標準(校正治具)を用いた場合には一定の寸法精度を維持できるものの、実際の測定対象物を用いた測定においては寸法精度を維持できないことが知られている。この理由としては、X線検出器の解像度が実際の測定精度と比較して低いことや、実際の測定対象物の形状・材質が様々であること等が挙げられる。X線検出器としては、半導体を集積させたフラットパネルが最も高解像度であり、その画素サイズは100 μ m程度に設定されている。しかし、測定対象物を透過したX線が様々な方向から混入すること等の理由により、現状ではこれ以上画素サイズを小さくすることが困難となっている。

【0007】

20

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、X線CT画像を補正して測定対象物のエッジを精確に特定することができるX線三次元測定装置等を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記目的を達成するため、本発明に係るX線三次元測定装置は、三次元座標軸上における測定対象物のX線CT画像を取得する画像取得手段と、三次元座標軸上における測定対象物の三次元形状の位置情報を取得する位置情報取得手段と、画像取得手段で取得した測定対象物のX線CT画像を位置情報取得手段で取得した測定対象物の三次元形状の位置情報で補正する画像補正手段と、を備え、画像補正手段は、X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュを設定し、位置情報取得手段で取得した測定対象物の三次元形状の位置情報を点群としてメッシュ上に配置し、点群からなる実測エッジとX線CT画像のエッジとの差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正する。

30

【0009】

本発明に係るX線三次元測定装置は、実測エッジの一部分とX線CT画像のエッジの一部分との間の相関関係情報を取得する相関情報取得手段と、相関関係情報とX線CT画像のエッジの他の部分とに基づいて実測エッジの他の部分を推定するエッジ推定手段と、をさらに備えることができる。かかる場合において、画像補正手段としては、エッジ推定手段で推定した実測エッジとX線CT画像のエッジとの差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正する手段を採用することができる。

40

【0010】

また、本発明は、三次元座標軸上における測定対象物のX線CT画像を取得する画像取得工程と、三次元座標軸上における測定対象物の三次元形状の位置情報を取得する位置情報取得工程と、画像取得工程で取得した測定対象物のX線CT画像を位置情報取得工程で取得した測定対象物の三次元形状の位置情報で補正する画像補正工程と、を含み、画像補正工程にて、X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュを設定し、位置情報取得工程で取得した測定対象物の三次元形状の位置情報を点群としてメッシュ上に配置し、点群からなる実測エッジとX線CT画像のエッジとの差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正する、X線三次元測定方法を提供する。

【0011】

50

本発明に係るX線三次元測定方法は、実測エッジの一部分とX線CT画像のエッジの一部分との間の相関関係情報を取得する相関情報取得工程と、相関関係情報とX線CT画像のエッジの他の部分とに基づいて実測エッジの他の部分を推定するエッジ推定工程と、をさらに含むことができる。かかる場合において、画像補正工程として、エッジ推定手段で推定した実測エッジとX線CT画像のエッジとの差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正する工程を採用することができる。

【0012】

また、本発明は、コンピュータに、三次元座標軸上において取得した測定対象物のX線CT画像を三次元座標軸上において取得した測定対象物の三次元形状の位置情報で補正する画像補正工程を実行させ、該画像補正工程にて、X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュを設定し、測定対象物の三次元形状の位置情報を点群としてメッシュ上に配置し、点群からなる実測エッジとX線CT画像のエッジとの差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正するX線三次元画像補正プログラムも提供する。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施形態に係るX線三次元測定装置の機能的構成を説明するためのブロック図である。

【図2】本実施形態に係るX線三次元測定装置の側面図である。

【図3】本実施形態に係るX線三次元測定装置の平面図である。

【図4】本実施形態に係るX線三次元測定装置の表示画面に表示された一例としての測定対象物のX線CT画像を示す図である。

20

【図5】本実施形態に係るX線三次元測定装置の位置情報取得手段で取得した測定対象物の三次元形状の位置情報をX線CT画像上にプロットした状態を示す図である。

【図6】本実施形態に係るX線三次元測定方法を説明するためのフローチャートである。

【図7】本実施形態に係るX線三次元測定方法における位置情報のプロット方法を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

【0015】

まず、図1～図5を用いて、本実施形態に係るX線三次元測定装置1の構成について説明する。X線三次元測定装置1は、三次元座標軸上における測定対象物OのX線CT画像を取得する画像取得手段10と、三次元座標軸上における測定対象物Oの三次元形状の位置情報を取得する位置情報取得手段20と、画像取得手段10で取得した測定対象物OのX線CT画像を位置情報取得手段20で取得した測定対象物Oの三次元形状の位置情報で補正する画像補正手段30と、を備えるものである。

30

【0016】

画像取得手段10は、測定対象物Oに対してX線を照射し測定対象物Oの回転角毎の投影データを検出することにより、所定の三次元座標軸上における測定対象物OのX線CT画像を取得する。このために、画像取得手段10は、例えば、X線を照射するX線源2と、測定対象物Oを透過した特性X線を検出する検出器3と、X線源2と検出器3との間に配置され測定対象物Oを設置するための設置台4と、これらX線源2と検出器3と設置台4とを設置するための共通ステージ5と、検出器3で計測された特性X線量(特性X線ピーク)を数値化する信号処理手段11と、信号処理手段による数値データに基づいて画像を再構成する画像再構成手段12と、を有している。

40

【0017】

検出器3としては、フラットパネルディテクタやCdTe検出器等を採用することができる。設置台4は、図示されていない移動機構によって所定の回転軸を中心に回転運動を行うとともに、回転軸に直行する軸に沿って直線運動を行うように構成されている。設置台4は、高い剛性を有するグラナイトやダクティル鋳鉄で構成することが好ましい。画像

50

取得手段10で使用される三次元座標軸(XYZ軸)の中心は、図2及び図3に示すように、平面視で共通ステージ5の中央の位置であって共通ステージ5の上面から所定の高さだけ上方の位置に配置されている。

【0018】

信号処理手段11及び画像再構成手段12は、コンピュータC等のハードウェアと、これに実装されるプログラム等のソフトウェアと、によって構成されている。具体的には、信号処理手段11及び画像再構成手段12のためのプログラムが、インターネット等の通信媒体やUSB等の記録媒体を介してコンピュータCに読み込まれると、CPU等の演算処理部やメモリ等の記憶部等により各種処理が実行される。かかる実行に必要な各種データや結果データは適宜、入力部や通信部を介して入力され、出力部や表示部(例えば表示画面D)を介して出力される。ここで、画像再構成手段12は、フィルタ補正逆投影法、逐次近似法、総当り法(ブルートフォースサーチ)、欲張り法、山登り法、焼きなまし法、誤差逆伝播法、遺伝的アルゴリズム、遺伝的プログラミング、進化戦略、進化的プログラミング等の様々なアルゴリズムを用いて、検出X線量の数値データに基づき、測定対象物OのCT画像を再構成することができる。

10

【0019】

なお、X線源2と検出器3との間にリニアスケールを配置してもよい。このようにすると、設置台4の位置を正確に把握することができ、測定対象物OのX線CT画像を正確に取得することができる。

【0020】

20

位置情報取得手段20は、図2及び図3に示すように、プローブPを有するブリッジ型の装置であり、所定の三次元座標軸上における測定対象物Oの三次元形状の位置情報を取得する。位置情報取得手段20で使用される三次元座標軸は、画像取得手段10で使用される三次元座標軸と共通とされている。

【0021】

ここで、測定対象物O、画像取得手段10、及び実測手段40のプローブPの位置関係を一致させるように、三次元座標軸、より具体的には例えばプローブPの原点、を自動的に又はオペレータの操作により設定する。かかる設定方法としては、例えば、特開2012-137301号公報に記載されたゲージを用いて、このゲージのX線CT画像上の球の中心座標と、実測手段40のプローブPで測定した当該ゲージの球の中心座標とを一致させる方法等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

30

【0022】

位置情報取得手段20は、設置台4上に設置された測定対象物Oに対してプローブPを相対的に移動させる移動機構6を有している。移動機構6は、支持部材に上下方向へ昇降可能に支持され先端にプローブPを有する筒状のスピンドル、スピンドルを上下方向へ昇降させるZ方向駆動機構、設置台4とスピンドルとを上下方向に対して直交しかつ互いに直交する方向へ相対移動させるX方向駆動機構およびY方向駆動機構等によって構成することができる。また、プローブPを含むスピンドルの重量に見合う押上力をスピンドルに発生させるエアバランス機構を移動機構6若しくは位置情報取得手段20の一部として採用することもできる。これらプローブP及び移動機構6は、前述したX線源2及び検出器3並びに測定対象物Oの設置台4が配置される共通ステージ5上に設置される。すなわち、X線CT画像撮影のための要素と三次元形状測定のための要素が一つのステージ上にて組み合わせられて一つの測定装置を構成している。この装置構成における三次元座標軸の設定については上述したとおりである。

40

【0023】

また、位置情報取得手段20は、オペレータが操作可能な入力部7を有するとともに、入力部7からの操作入力に応じてプローブPを移動させるプローブ移動手段21を有している。さらに、プローブPの先端には感圧式センサSが設けられている。オペレータの入力部7の操作によってプローブ移動手段21を介して移動させられたプローブPが測定対象物Oに接触すると、感圧式センサSがその接触を検知して、接触した位置の三次元情報

50

が検出されるようになっている。検出された測定対象物Oの三次元位置情報は、コンピュータC等に送られて処理されることとなる。プローブ移動手段21もまた、コンピュータC等のハードウェアと、これに実装されるプログラム等のソフトウェアと、によって構成されており、プローブ移動手段21のためのプログラムがコンピュータCに読み込まれると、CPU等の演算処理部やメモリ等の記憶部等により各種処理が実行される。

【0024】

画像補正手段30は、画像取得手段10で取得した測定対象物OのX線CT画像を位置情報取得手段20で取得した測定対象物Oの三次元形状の位置情報で補正するものである。画像補正手段30は、図1に示すように、画像取得手段10で取得したX線CT画像を表示画面Dに表示する画像表示手段31と、X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュMを設定して表示画面Dに表示するメッシュ設定手段32と、位置情報取得手段20で取得した測定対象物Oの三次元形状の位置情報を点群 P_M としてメッシュM上にプロット(配置)する位置情報配置手段33と、を有している。

10

【0025】

図4は、画像表示手段31によって表示画面Dに表示された測定対象物Oの三次元X線CT画像のエッジ、つまり画像エッジ E_X を例示するものである。本実施形態においては、X線CT画像の画素サイズを $100\mu\text{m}$ に設定している。図5は、メッシュ設定手段32によって表示画面Dに表示されたメッシュMと、位置情報配置手段33によってメッシュM上にプロットされた測定対象物Oの三次元形状の位置情報の点群 P_M と、点群 P_M を結んで形成した測定対象物Oのエッジ、つまり実測エッジ E_M と、を例示するものである。メッシュMのサイズは、例えば $1\sim 25\mu\text{m}$ 程度に設定することができる。画像表示手段31、メッシュ設定手段32及び位置情報配置手段33もまた、コンピュータC等のハードウェアと、これに実装されるプログラム等のソフトウェアと、によって構成されており、これら画像表示手段31、メッシュ設定手段32及び位置情報配置手段33のためのプログラムがコンピュータCに読み込まれると、CPU等の演算処理部やメモリ等の記憶部等により各種処理が実行される。

20

【0026】

また、画像補正手段30は、点群 P_M からなる実測エッジ E_M と画像エッジ E_X との差分を算出する差分算出手段34と、差分算出手段34で算出した差分が所定の範囲内に収まるようにX線CT画像を補正する補正手段35と、をさらに有している。差分算出手段34で算出される差分としては、例えば、図5に示されるような実測エッジ E_M と画像エッジ E_X との間の距離の特定抽出範囲内における平均二乗誤差を採用することができる。補正手段35で行われる画像補正としては、X線CT画像を拡大又は縮小したり、X線CT画像を特定の方向に平行移動させたり、X線CT画像を所定の回転軸を中心に回転移動させたりすることを含み、差分の最小化あるいは少なくとも所定範囲内への減少を実現できる限り、拡大、縮小、平行移動及び回転移動の少なくとも何れか一つが補正として実行されれば良い。これら差分算出手段34及び補正手段35もまた、コンピュータC等のハードウェアと、これに実装されるプログラム等のソフトウェアと、によって構成されており、差分算出手段34及び補正手段35のためのプログラムがコンピュータCに読み込まれると、CPU等の演算処理部やメモリ等の記憶部等により各種処理が実行される。

30

40

【0027】

本実施形態に係るX線三次元測定装置1は、実測エッジ E_M の一部分と画像エッジ E_X の一部分との間の相関関係情報を取得する相関情報取得手段40と、相関関係情報と画像エッジ E_X の他の部分とに基づいて実測エッジ E_M の他の部分を推定する(推定エッジ E_E を取得する)エッジ推定手段50と、をさらに備えていてもよい。これらの手段により、測定対象物Oの三次元形状のエッジを全て実測する手間を省くことができ、作業効率を向上させることができる。相関情報取得手段40及びエッジ推定手段50もまた、コンピュータC等のハードウェアと、これに実装されるプログラム等のソフトウェアと、によって構成されており、相関情報取得手段40及びエッジ推定手段50のためのプログラムがコンピュータCに読み込まれると、CPU等の演算処理部やメモリ等の記憶部等により各種処

50

理が実行される。なお、画像補正手段30の差分算出手段33で推定エッジ E_E と画像エッジ E_X との差分を算出し、差分が所定の範囲内に収まるように補正手段35でX線CT画像を補正することもできる。

【0028】

X線三次元測定装置1は、外部からの振動対策として除振機能を有していることが好ましい。また、三次元測定装置1は、鉛やタングステン等からなる遮蔽体によって遮蔽されることが好ましく、空調手段によってその内部の温度及び湿度が一定に維持されることが好ましい。このようにすると、画像情報取得の際や三次元形状の位置情報取得の際に外部環境の影響を抑制することができ、より正確な三次元情報を得ることができる。

【0029】

次に、本実施形態に係るX線三次元測定装置1を用いて測定対象物OのX線CT画像を補正する方法について、図4、図5及び図7を適宜参照しながら図6のフローチャートを用いて説明する。

【0030】

まず、画像取得手段10のX線源2から測定対象物Oに対してX線を照射し、測定対象物Oの回転角毎の投影データを検出器3で検出することにより、所定の三次元座標軸上における測定対象物OのX線CT画像を取得する(画像取得工程:S1)。

【0031】

次いで、画像取得工程S1で取得した測定対象物OのX線CT画像を、例えば図4に示したように画像表示手段31で表示画面Dに表示し、従来から採用されているエッジ抽出方法を採用してX線CT画像のエッジ(ここで画像エッジと呼ぶ) E_X を抽出する(画像表示工程:S2)。画像表示工程S2においては、画像取得手段31の検出器3の仕様等により決まるX線CT画像の画素サイズと同じサイズの初期メッシュを設定しており、当該初期メッシュを一例として図4に表示している。

【0032】

次いで、位置情報取得手段20により、三次元座標軸上における測定対象物Oの三次元形状の位置情報を取得する(位置情報取得工程:S3)。勿論この位置情報取得工程S3は上記画像表示工程S2の前に予め行われていてもよい。

【0033】

次いで、例えば図5に示したように、メッシュ設定手段32により、X線CT画像の画素サイズよりも小さいメッシュ、つまり詳細メッシュMをX線CT画像上に設定する(メッシュ設定工程:S4)。図5においては、一例として、当該詳細メッシュMを表示している。詳細メッシュMの設定は、例えば、最近傍補完法、線形補完法、バイキュービック補完法等の従来公知の手法により画像全体を拡大することにより、個々の初期メッシュの画素サイズを見かけ上縮小して詳細メッシュMとする方法等が挙げられる。

【0034】

続いて、位置情報取得工程S3で取得した測定対象物Oの三次元形状の位置情報を点群 P_M として、上記詳細メッシュM上にプロットし、これら点群 P_M を結んで形成した実測エッジ E_M を抽出する(位置情報配置工程:S5)。

【0035】

ここで、位置情報配置工程S5におけるプロットの具体的な方法を、図7を用いて説明する。まず、X線CT画像の外寸から詳細メッシュMの画素サイズを算出する。例えば図7に示すX線CT画像においては、詳細メッシュM18個の外寸が $90\mu\text{m}$ であることから、詳細メッシュMの画素サイズは $5\mu\text{m}$ と算出される。そして、測定対象物Oの三次元形状の位置情報に基づいて、X線CT画像にプロットすべき詳細メッシュM上の画素の位置を決定する。例えば、位置情報取得工程S3で取得した測定対象物Oの測定点のX座標及びY座標がそれぞれ $20\mu\text{m}$ 及び $40\mu\text{m}$ である場合には、X線CT画像の原点からX軸方向に沿って $4(20 \div 5)$ 画素分、Y軸方向に沿って $8(40 \div 5)$ 画素分、それぞれ移動した画素(図7における「ア」)が選択される。

【0036】

10

20

30

40

50

次いで、画像表示工程 S 2 で抽出した画像エッジ E_x と、位置情報配置工程 S 5 で抽出した実測エッジ E_M と、の差分を算出し、差分が所定の範囲 R 内に収まるか否かを判定する（差分判定工程：S 6）。

【0037】

差分判定工程 S 6 において差分が所定の範囲 R 内ないと判定した場合には、画像補正手段 30 を用いて X 線 CT 画像を補正し（補正工程：S 7）、差分が所定の範囲 R 内に収まるまで位置情報取得工程 S 3 以降の工程群を再度実施する。

【0038】

一方、差分判定工程 S 6 において差分が所定の範囲 R 内であると判定した場合には、画像の補正を行わずに作業を終了する。メッシュ設定工程 S 4、位置情報配置工程 S 5、差分判定工程 S 6 及び補正工程 S 7 は、本発明における画像補正工程を構成する。

10

【0039】

これらの工程を経て得られた画像エッジ E_x は実測エッジ E_M に近い比較的正確なものであり、それ以降の各種測定に有効利用され得る。例えば、図示していない仮想プローブにプローブ P を連動させるような機構を搭載しておき、X 線 CT 画像を仮想プローブとともに表示画面 D に表示し、仮想プローブを自動的に X 線 CT 画像のエッジ E_x に沿って移動させ、仮想プローブに連動するプローブ P によって測定対象物 O の三次元形状の位置情報を自動的に取得する、というような測定を実施することもできる。

【0040】

以上説明した実施形態に係る X 線三次元測定装置 1 においては、所定の三次元座標軸上における測定対象物 O の X 線 CT 画像を、同一座標軸上における測定対象物 O の三次元形状の位置情報で補正することができる。特に本実施形態においては、X 線 CT 画像の画素サイズよりも小さい詳細メッシュ M を採用して形成した比較的正確な測定対象物 O の実測エッジ E_M と、X 線 CT 画像の画像エッジ E_x との差分が所定の範囲内に収まるように X 線 CT 画像を補正することができる。従って、X 線 CT 画像の解像度の限界を効果的に補うことができ、解像度に限界がある X 線 CT 画像を、従来のような寸法校正用治具を用いることなく補正することができるため、測定環境の相違に起因する測定誤差や、寸法校正用治具と測定対象物 O の形状及び / 又は材質の相違に起因する測定誤差を排除することができる。この結果、測定対象物 O のエッジを正確に特定することが可能となる。

20

【0041】

なお、以上の実施形態においては、プローブ P を用いた接触式の位置情報取得手段を採用した例を示したが、レーザや CCD カメラ等を用いた非接触式の位置情報取得手段を採用することもできる。

30

【0042】

本発明は、以上の実施形態に限定されるものではなく、この実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。すなわち、前記実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前記実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

40

【符号の説明】

【0043】

1 ... X 線三次元測定装置

10 ... 画像取得手段、

20 ... 位置情報取得手段

30 ... 画像補正手段

40 ... 相関情報取得手段

50 ... エッジ推定手段

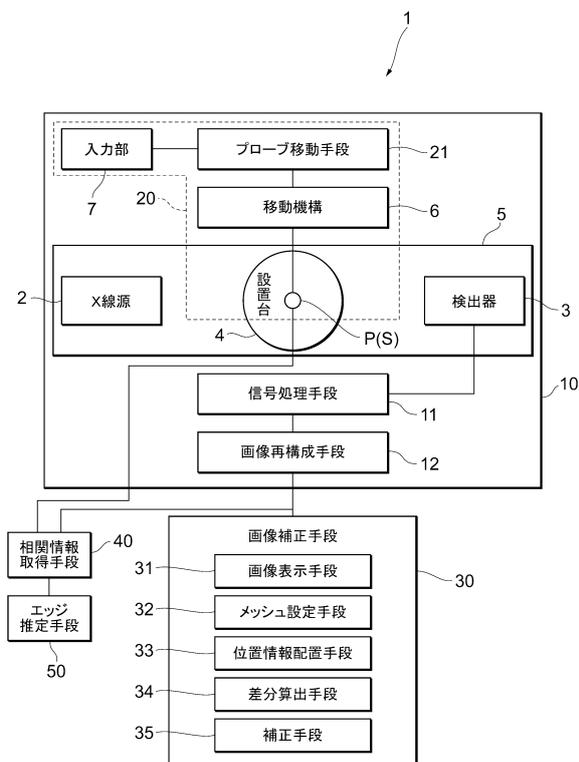
E_M ... 実測エッジ

E_x ... 画像エッジ (X 線 CT 画像のエッジ)

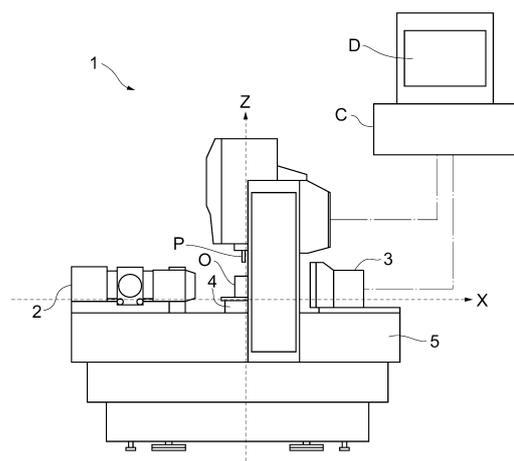
50

- M ... 詳細メッシュ
- O ... 測定対象物
- S 1 ... 画像取得工程
- S 3 ... 位置情報取得工程
- S 4 ... メッシュ設定工程 (画像補正工程)
- S 5 ... 位置情報配置工程 (画像補正工程)
- S 6 ... 差分判定工程 (画像補正工程)
- S 7 ... 補正工程 (画像補正工程)

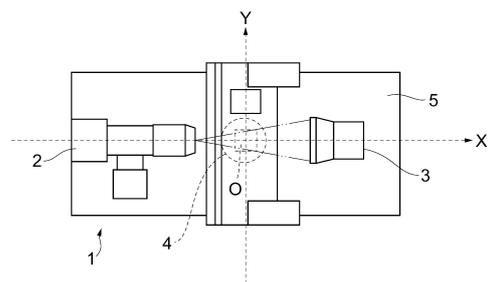
【図 1】



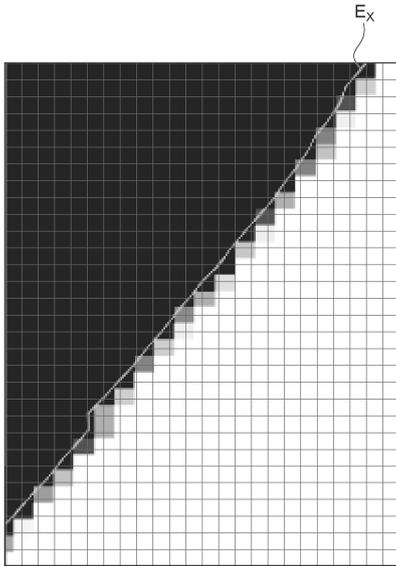
【図 2】



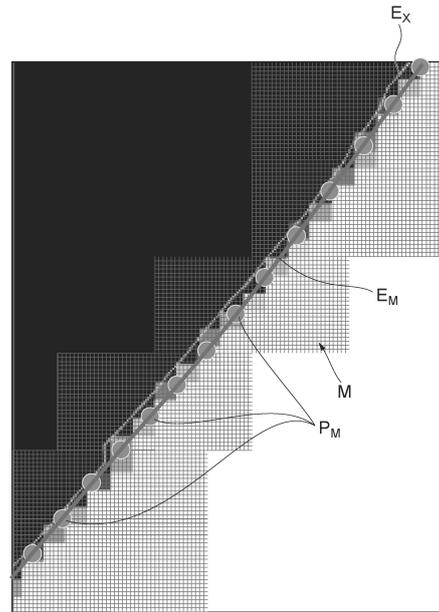
【図 3】



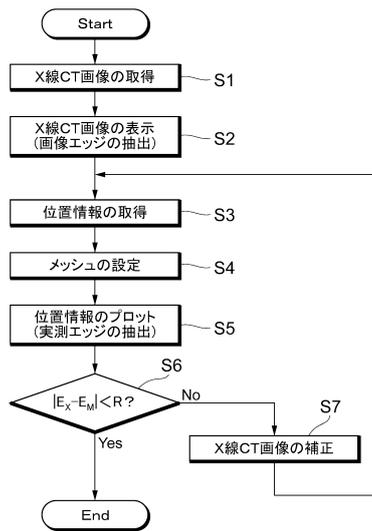
【図4】



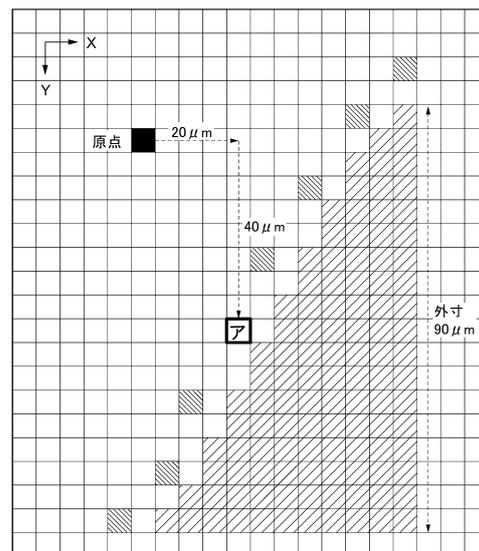
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 紋川 亮

東京都江東区青海二丁目4番10号 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター内

(72)発明者 中西 正一

東京都江東区青海二丁目4番10号 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター内

(72)発明者 阿部 真也

東京都江東区青海二丁目4番10号 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター内

審査官 眞岩 久恵

(56)参考文献 特開2012-233919(JP,A)

特開2005-058428(JP,A)

米国特許出願公開第2008/0075227(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 15/00 - 15/08

G06T 1/00

A61B 6/03