

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5408873号
(P5408873)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日(2013.11.15)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 B 21/00 (2006.01) GO 1 B 21/00 E
GO 1 B 15/00 (2006.01) GO 1 B 15/00 H

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-513786 (P2007-513786)	(73) 特許権者	500473760
(86) (22) 出願日	平成17年5月24日 (2005.5.24)		ベルス・メステヒニーク・ゲーエムベーハ
(65) 公表番号	特表2008-500521 (P2008-500521A)		ー
(43) 公表日	平成20年1月10日 (2008.1.10)		ドイツ連邦共和国、デー35394 ギー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2005/005598		セン、ジーマンスシュトラーセ 19
(87) 国際公開番号	W02005/119174	(74) 代理人	100077861
(87) 国際公開日	平成17年12月15日 (2005.12.15)		弁理士 朝倉 勝三
審査請求日	平成20年5月16日 (2008.5.16)	(72) 発明者	クリストーフ、ラルフ
審査番号	不服2012-14985 (P2012-14985/J1)		ドイツ連邦共和国、35394 ギーセン
審査請求日	平成24年8月3日 (2012.8.3)		、ジーマンスシュトラーセ 19
(31) 優先権主張番号	102004026357.4	(72) 発明者	ラウ、ヴォルフガング
(32) 優先日	平成16年5月26日 (2004.5.26)		ドイツ連邦共和国、71111 ヴアルデ
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ンブッホ、フオークトランドシュトラーセ
(31) 優先権主張番号	102004050257.9		58
(32) 優先日	平成16年10月14日 (2004.10.14)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 座標測定装置におけるX線感知装置の校正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

X線源(10)及びX線を検出する少なくとも1個のX線センサ(7)からなる第1の感知装置としてのX線感知装置並びに測定物に対して座標測定装置のx、y及び/又はz方向に位置決めすることができる第2の感知装置としての触覚式及び/又は光学式感知装置(8、11;9)を有する、測定物(3、136)の測定のための座標測定装置(110)であって、

該X線感知装置(7、10)が前記第2の感知装置(8、11;9)に対応して、該測定物に対して該座標測定装置のx、y及び/又はz方向に位置決めできるとともに、該X線感知装置(7、10)のための測定範囲の調整が該X線センサ(7)と該X線源(10)の間隔の調整及び/又は該測定物(3)に対する該X線感知装置の相対的変位によって行われる座標測定装置において、

該測定物自体の測定点を触覚式及び/又は光学式感知装置で測定し、これから該測定物の幾何学的特徴としての該測定物の直径又は間隔を決定し、該X線感知装置で該幾何学的特徴を決定した後、該幾何学的特徴を該X線感知装置の校正のために利用するとともに、触覚式感知装置又は光学式感知装置と、X線感知装置で検出される該測定点を共通の座標系で評価することを特徴とする座標測定装置におけるX線感知装置の校正方法。

【請求項2】

触覚式及び/又は光学式感知装置により決定された測定点の測定結果を、該X線感知装置による断層撮影の測定で得られる3次元ボクセルデータから、しきい値法で生成された

測定点図表の修正のために利用することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

触覚式及び / 又は光学式感知装置により決定された測定点の測定結果を、該 X 線（断層撮影）法の 3 次元再構成の計算の際に、考慮することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

該測定物の幾何学的特徴としての直径及び間隔を、X 線感知装置、光学式感知装置又は触覚式感知装置で複合的に測定した点から計算することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 5】

X 線感知装置で検出した測定点及び / 又は触覚的に検出した測定点及び / 又は光学的に検出した測定点から、その後の評価のための共通の点図表を作成することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X 線源、X 線を検出する少なくとも 1 個の X 線センサ及び X 線放射に対する遮蔽からなる第 1 の感知装置としての X 線感知装置並びに測定物に対して座標測定装置の x、y 及び / 又は z 方向に位置決めすることができる第 2 感知装置、例えば触覚式及び / 又は光学式感知装置を有する、測定物の測定のための座標測定装置に関し、特に本発明は少なくとも 1 個の X 線感知装置を有する座標測定装置における X 線感知装置の校正方法に関する。

【背景技術】

【0002】

加工品の幾何学的形状の測定のために、種々のセンサを備えた座標測定装置が周知である。このようなセンサとして光学式及び触覚式センサが記載される（ドイツ刊行物：Die Bibliothek der Technik（技術ライブラリー）248 巻）。また加工品の幾何学的形状、特に欠陥の決定のためのコンピュータ断層撮影装置が知られている。ドイツ特許公開 DE - A - 10331419 には 2 つの装置の組合せが記載される。この場合はコンピュータ断層撮影装置が座標測定装置の基本構造に不動に固定されている。また古典的な座標測定技術感知装置によって測定物の位置が決定され、続いてコンピュータ断層撮影装置の測定範囲内に位置決めされる。

【0003】

上記の先行技術では種々の問題に考慮が払われていない。例えば測定物はコンピュータ断層撮影装置の測定範囲より大きなサイズを有することがあるという問題が未解決である。コンピュータ断層撮影装置は座標測定装置の基本構造に不動に固定されているから、複数のコンピュータ断層写真を組み合わせることは不可能である。

【0004】

さらにコンピュータ断層撮影装置は通常 10 nm 以上の規模の比較的大きな測定誤差を有する。コンピュータ断層撮影装置による測定物の - ドイツ特許公開 DE - A - 10331419 に記載されているように - ただ 1 回の測定では、通常的设计品で幾何学的測定課題を完全に解決するには十分でない。もう一つの問題は、コンピュータ断層撮影装置の幾何学的校正を行うことである。断層撮影測定の性質は測定物自体の性質に大いに左右されるから、これを測定基準で大域的に行うのははなはだ困難である。

【0005】

加工品の厚さの決定方法がドイツ特許公開 DE - A - 10044169 により周知である。その場合測定される部材を透過する X 線が検出器に入射する。マニピュレータで部材を回転し、昇降することができる。部材を完全に照射した後、コンピュータ断層撮影装置のコンピュータ是一群のグレースケール断面像を与える。三次元ボクセルデータレコードを得るために、これらの像を組み合わせる。次にこのデータレコードから部材の肉厚を計

10

20

30

40

50

算する。

【0006】

触覚式センサ、レーザセンサ及びビデオセンサを具備し、測定課題に従ってこれらのセンサの1つを使用する多センサ型スキャンシステムを有する座標測定装置がドイツ特許DE - C - 3806686により周知である。欧州特許公開EP - A - 1389263はこれらのセンサの1つをコンピュータ断層撮影装置に置き換えることを定めている。

【0007】

X線感知装置を使用する場合は、X線防護規則を満足するためにX線遮蔽のための広範な防護対策が必要である。その場合測定装置の外部のX線負荷が所定の限界値を超えないことを保証しなければならない。この要求を満たすために、測定装置の周囲に、これから独立に、例えば鉛又は鉛層を有する複合材料からなるX線防護外被を配置することが知られている。X線防護外被はコンピュータ断層撮影装置で発生するX線放射を吸収することが唯一の任務である。補助外被によって全装置がかさ高くなる。望ましくない重量増加と高いコストがその他の結果である。

10

【0008】

また周知のコンピュータ断層撮影装置の欠点は、測定速度が光学式センサを備えた座標測定装置で得られるものより劣っていることである。コンピュータ断層撮影装置が座標測定装置の基本構造に不動に固定されているので、測定のための使用可能性が限られていることも欠点である。

【0009】

胴体内部でクレーンから張り出すX線源と胴体外部で同じくクレーンから張り出すセンサを具備する飛行機胴体の検査システムが米国特許公開US - A - 2003 / 0043964により周知である。センサの位置を決定するために、三角法が利用される。

20

【0010】

ドイツ特許公開DE - A - 10001239による測定装置は位置検出器のほかに、支持部材により互いに剛結された非光学式測定系、例えばAFM (Atomic Force Microscope (原子間力顕微鏡)) を備えている。

【0011】

ドイツ特許公開DE - A - 4445331による多センサ型測定ヘッドは垂直軸を具備し、これに複数のセンサを取り付けることができる。

30

【0012】

欧州特許公開EP - A - 0504609では測定ヘッドのほかに、ヒンジ付きフライスヘッドも使用される。

【0013】

米国特許US - A - 5,038,378によるX線検査装置では、X線検出器を互いに独立に3つの軸に沿って移動できるようになっている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明の課題は、第1の感知装置としての少なくとも1個のX線感知装置及び例えば触覚式及び/又は光学式感知装置の形の第2の感知装置を有する測定物の測定のための方法及び座標測定装置を、大きなサイズの測定物も問題なく測定できるように改良することにある。さらに先行技術と比較して、より高い測定精度を得なければならない。またX線感知装置(コンピュータ断層撮影装置)の幾何学的校正が簡単にできなければならない。装置の構造がコンパクトであると同時に、X線放射に対する十分な遮蔽を保証しなければならない。簡単な処置と高い測定速度で高い測定密度を実現しなければならない。さらに解像度の改善と信号雑音比の減少を可能にしなければならない。X線放射に対して僅かなコントラストしか生じない測定物の測定を十分な精度で行うことができなければならない。

40

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0015】

50

本発明の上記課題の解決のために、X線源及びX線を検出する少なくとも1個のX線センサからなる第1の感知装置としてのX線感知装置並びに測定物に対して座標測定装置のx、y及びz又はz方向に位置決めすることができる第2の感知装置、例えば触覚式及び/又は光学式感知装置を有する、測定物の測定のための座標測定装置において、X線感知装置が第2の感知装置に対応して座標測定装置に位置決めされることを特徴とする座標測定装置を提案する。換言すれば、X線感知装置は座標測定装置に第2の感知装置と同等に配置されており、X線感知装置の位置決め及びその測定データの評価のために、原則として別の感知装置にも使用される同じ部品又はハード及びソフトウェアを使用することが原則として可能である。一方、第2の感知装置自体は2個以上のセンサからなることができる。

10

【0016】

そこで本発明に基づきX線感知装置(コンピュータ断層撮影装置)を座標測定装置に不動に付設するのではなく、感知装置として座標測定装置に完全に組み込むようにした。そのためにコンピュータ断層撮影装置の送信器と受信器を、通常透過光照明及び画像処理センサで実現されるように、座標測定装置に配置した。X線受信器と画像処理センサ又は機械式探触子を共通の機械軸に移動可能に配置することができる。各センサごとに別個の軸を使用することも可能である。光及びX線放射のための各線源を当該のセンサに対置することができる。

【0017】

本発明に基づく構造によって、測定物の複数の部分を周知の断層撮影法(部材の回転及び複数の透過像の撮影)によって逐次検出することが可能である。続いて、組み合わせた透過像の全体について3次元構成を行うことができる。こうして断層撮影装置の視野に制約されたものより大きな測定物を測定することが可能である。

20

【0018】

本発明によれば座標測定装置又は測定装置の座標系を関連させて、複数の断層像が相接して配列される。

【0019】

さらに測定物のより詳細に測定すべき特徴を多センサ型座標測定装置のセンサ(例えば触覚式-光学式)により伝統的方法で測定することが可能である。X線センサ及び画像処理センサ及び触覚式センサが多センサ型座標測定装置で慣用のように共通の座標系で測定するから、測定結果を直接相互に関連させることができる。

30

【0020】

そこで、与えられた構造で測定の校正をX線感知装置により断層撮影の原理に従って測定物自体で直接行うことが可能である。こうして測定物の主要点が座標測定装置の触覚式及び光学式感知装置により周知の精度で測定される。コンピュータ断層撮影装置の3次元再構成の計算を評価するときに、この再構成プロセスの幾何学的校正を行うために、これらの点が考慮される。

【0021】

コンパクトな構造でX線放射に対する十分な遮蔽を保証するために、本発明はとりわけ遮蔽又は少なくともその1つの区域が座標測定装置の必要な測定技術的構造のための機能部材として形成されるようにした。これは例えば機械軸の支承又は機械軸自体、台板、軸受装置等であるが、これによって本発明は限定されない。換言すれば、X線防護のために必要な遮蔽の全部又は一部を座標測定装置の測定技術的構造の機能部材が受け持つのである。

40

【0022】

特に座標測定装置の台板及び少なくともハウジングの後壁を、必要な遮蔽が同時に得られるように設計し、又はそのような材料で作製することが可能である。また台板又は側部隔壁を同様に形成することもできる。そのために特に遮蔽に関連する部材は硬質岩石、例えば花崗岩からなる。他の材料、特に場合によっては適当なX線吸収材料を混合した人工石を使用することもできる。

50

【0023】

本発明の強調すべき改良においては、座標測定装置の遮蔽又はこれを構成する部材、例えば隔壁が座標測定装置の機能部品の取付け場所であるように構成されている。その結果、遮蔽部材を同時に座標測定装置、特に使用されるコンピュータ断層撮影装置の機能部品の取付けのために使用することができる。その場合機能部品は機械軸又は移動軸及び/又はセンサ及び/又は線源又は光源である。

【0024】

十分な遮蔽を保証するために、遮蔽に使われる部材を測定技術的又は静力学的観点から必要なものより厚手に設計することができる。

【0025】

本発明に基づく提案によれば、測定物を貫く照射角が互いに異なる複数のセンサがX線源に配属され、特に測定物の測定のためにX線が同時に入射するn個のセンサがX線源に配属され、順次続く測定の間X線源が測定物に対して基準角 だけ移動され、順次続くセンサがそれぞれ隣接のセンサに対して角 / n だけねじって配置されるように構成される。

【0026】

本発明に基づく配列は、各検出器又はセンサにより様々な照射角でそれぞれ1つの透過像が撮影されるように配置されたn個のX線検出器を具備する。このため断層像の作成に必要な角位置を減少することが不可避である。

【0027】

本発明によれば、X線センサは以下で明らかな相互の差角だけ調整される。線源と一方ではセンサの間、他方では測定物との間で使用されるステップ角の整数倍である基準角が使用される。その場合特に測定物はX線感知装置に対して回転可能な回転テーブル上にある。第2のセンサの角は値 $1 / (\text{センサの数})$ だけ増加され、第3のセンサの角は値 $2 / (\text{センサの数})$ だけ増加される。従ってn番目のセンサは $(n - 1) / (\text{センサの数})$ だけ増加される。こうして1回の回転でu倍の数の角位置を評価することが可能になる。ここにuは $n = \text{センサの数}$ と $m = \text{X線感知装置に対する測定物の位置決めの回数}$ との積である。

【0028】

本発明によればX線センサは回転テーブルのステップ角の整数倍だけ相互に調整され、その際それぞれの角位置での照射時間を短縮することができる。このことは別として、何倍もの数のセンサによって何倍ものX線量が記録されるから、信号雑音比が減少される。

【0029】

本発明の独特な改良として、写真撮影又は画像伝送のときに、そのつどセンサの複数個の画素エレメントが1つの画素に統合され、適当に減少した画素数の像から計算した立体像でコンピュータ補間により元の解像度に到達し、又は超過するようにした。こうして断層撮影により2次元像を撮影した後、例えば隣接する画素から平均値を求めることによって、今ある2次元像を画素情報の少ない低解像度の像に換算することができる。次に種々の2次元透過像から3次元ボクセル像を得るために、解像度の低いこれらの像から3次元再構成が行われる。このボクセル像を決定した後、複数のボクセルの間で補間することによって、ボクセル像を元の解像度の像に逆算する。その場合所定のアルゴリズムを使用して同じ手法をさらに適用することにより補助ボクセルを計算して、ボクセル像のより高い解像度を得ることも可能である。

【0030】

測定時に測定物が連続的に回転されるが、運動によるぶれを回避するために、例えば機械式又は電子式シャッターもしくは同様な効果の処置、例えば高周波変調によってX線源を何回も短時間開放するという思想も本発明独特のものである。

【0031】

また、さらに発展させて、X線放射の種々のスペクトル領域を利用して、測定物から複数の断層像を作ることにもできる。X線放射のスペクトル領域はX線放射装置の陰極電圧に

10

20

30

40

50

よって決まる。代表的には - 但し単なる一例として - 例えば測定物を 50 kV 及び 90 kV 及び 130 kV の陰極電圧で断層撮影し、次に異なる陰極電圧、即ち異なる X 線光色又は X 線放射周波数での測定結果の差から系統的測定偏差、例えば人為結果を推定し、その上でこれを修正することができる。

【0032】

測定物の複数の断層像を撮影することもでき、その際測定物を支える回転テーブルの回転軸と X 線源及び所属のセンサとの間の角を機械式回転旋回軸により、又は複数の検出器を異なる角で使用することによって変化することができ、その際センサは特に回転テーブルの回転軸と平行な直線に沿って延びている。

【0033】

断層像の解像度を高めるために、複数の写真を撮影し、その間にセンサ又は測定物をセンサの感覚素子の一辺の長さより小さな距離だけ移動する。

【0034】

また本発明は、互いに平行な X 線が測定物を貫くものとする。そのために適当な装置によって X 線放射を平行化する。

【0035】

さらに、又は代案として、測定物と X 線源 / センサの間の並進相対運動によってセンサの面より大きな区域を撮影することが可能である。

【0036】

X 線放射に対して僅かなコントラストしか示さない加工品も撮影するために、本発明は測定物自体より高い吸収を有する材料で測定物を取り囲むものとする。例えば小さな質量数の物質、例えばリチウムからなる測定物では、重い材料で測定物を型取りすることによって、断層撮影で検出される 2 次元透過像のコントラストを改善することができる。こうして測定物のめす型から、測定物の表示を可能にする十分にコントラストに富んだ像が得られる。

【0037】

測定の最適化を得るために、種々のセンサで測定することができる。そのために X 線源及びこれに割り当てられたセンサのほかに、測定物の測定技術的検出のためのその他のセンサ、例えば機械式探触子、レーザスキャナ、画像処置センサを装置に設けた構成とする。場合によってはこれらのセンサは別個の移動軸に配置される。

【0038】

また断層像の撮影に必要な、測定物の回転のための回転軸を移動軸上に配置することができる。それによって測定範囲が回転軸の方向に拡張される。換言すれば、測定物を回転軸の方向に移動することができる。

【0039】

座標測定装置の X 線感知装置の校正のための本発明特有な提案は、測定物の主要点を触覚式及び / 又は光学式感知装置で測定し、これから幾何学的特徴、例えば直径又は間隔を決定し、同じ幾何学的特徴を X 線感知装置で決定した後に X 線感知装置の校正のために利用するものである。

【0040】

こうして触覚式及び / 又は光学式感知装置により主要点、例えば測定域の周縁区域について確かめた測定結果を、しきい値法で 3 次元ボクセルデータから生成された測定点図表の修正のために利用することができる。

【0041】

断層撮影の後に使用したしきい値演算の結果、ASCII フォーマット又は STL フォーマットで表示することができる 3 次元点図表が得られる。この点図表は触覚的又は光学的に検出した測定点の間で、触覚的及び / 又は光学的測定と断層撮影測定との偏差が最小になるように修正される。この場合偏差の決定のために触覚的及び / 又は光学的測定点の間で補間が行われる。

【0042】

10

20

30

40

50

3次元再構成によりボクセルを計算するときは、断層撮影した測定物の物境界（測定域の周縁部）にあるボクセルの位置を、触覚式又は光学式対照測定で確かめた修正値だけ変更する。続いて測定された修正位置の間で補間することによって、再始動点の間にあるボクセル位置を修正する。このため3次元空間に不規則なボクセル格子が生じ、ボクセルスポットは測定物の実際の幾何学的形状に原ボクセル像よりよく対応する。このボクセル像を次に規則的な格子にリサンプリングすることが好ましい。これは、ボクセル像に対して基準格子を指定し、基準格子の各点ごとに、周囲にあるボクセル振幅から補間によって新しいボクセル振幅を計算することによって行うことができる。

【0043】

高い測定精度を得、かつX線感知装置（コンピュータ断層撮影装置）の幾何学的校正が簡単に行えるようにするために、本発明は所定の倍率及び測定範囲の指定でX線源及びX線検出器の位置を1回の校正の後に当該の校正データと共に記憶し、次にソフトウェア制御に基づき別に再校正せずに次の測定のために任意に呼び出すことを提案する。

10

【0044】

換言すれば、本発明に基づき所定の倍率又は所定の測定範囲による断層撮影に必要なすべての調整パラメータ - 断層撮影装置又は座標測定装置の種々の軸の位置がこれに属する - 及びこの位置に対応する倍率値及び当該の距離測定システムが与える位置測定値に関する軸位置の修正値を含むその他の校正データを座標測定装置の1回の校正操作で測定技術的に検出し、記憶する。この記憶された値を次に座標測定装置の通常の実行時に操作者がボタンを押すことにより、又はCNC（計算機数値制御）プログラムから呼び出すことにより呼び出し、機械を適当な位置に移動し、当該の校正データを次の測定プロセスで利用する。

20

【0045】

特に、あらかじめ校正した倍率及び測定範囲設定が座標測定装置の測定プログラムによって自動的に呼び出され、装置の当該のハードウェア部品が位置決めされるようにした。

【0046】

また倍率及び/又は測定範囲だけを変更するために、X線源とX線検出器を同期移動し、又は倍率及び/又は測定範囲を変更するために、X線源とX線検出器を互いに独立に移動することが可能である。

【0047】

X線測定（断層撮影）に必要なすべての調整を事前に校正して記憶し、当該のX線測定操作、例えば断層撮影操作の際に校正操作がもはや必要でないことも可能である。

30

【0048】

ソフトウェアで校正操作及び/又は回転中心のずれの適当な修正によって回転中心の調整を実現することができる。

【0049】

さらに発展させて、断層撮影のための倍率及び/又はX線源及びX線検出器に対する回転中心の位置の決定が、少なくとも2個の球からなる基準によって決まるように構成する。特に基準は4個の球からなるものとする。

【0050】

座標測定装置の回転中心の位置の決定方法は特に次の手順を特徴とする。

40

即ち

- 長方形、例えば正方形の頂点に配置された4個の球からなり、球の相互間隔が既知又は校正済みである四球基準を回転軸上に位置決めし、
- 張る平面が検出器と平行になるように、四球基準を回し、
- 検出器の測定域で四球位置を測定し、
- 測定された4つの球距離、基準球距離及び検出器の基準画素サイズから平均倍率M1を計算し、
- 回転軸を180°回転し、
- 像の4つの球位置を測定し、

50

- 測定された 4 つの球距離、基準球距離及び検出器の基準画素サイズから平均倍率 M 2 を計算するのである。

【 0 0 5 1 】

回転の前後の 4 つの球位置に基づく回転中心の Y 位置の計算は次式

$$P_{dyn} = (P_{kyn1} * M2 + P_{kyn2} * M1) / (M1 + M2)$$

ここに P_{dyn} は球 n に対する検出器上の回転軸の Y 位置、P_{kyn1} は回転角 0 ° での球 n の Y 位置、P_{kyn2} は回転角 180 ° での球 n の Y 位置、M1 は回転角 0 ° での平均倍率、M2 は回転角 180 ° での平均倍率により行われる。

10

【 0 0 5 2 】

触覚式及び / 又は光学式感知装置で測定を行うことができるように、X 線感知装置 (コンピュータ断層撮影装置) のほかに別のセンサを有する座標測定装置により測定物の測定を行うことも可能である。ここで特に触覚式 - 光学式測定に触れなければならない。X 線感知装置又は断層撮影で測定した、測定物又はこれから計算した三角面要素の測定点図表の修正を、触覚的又は光学的に得た測定点によって行うことが可能である。その場合触覚的及び / 又は光学的に測定された修正点の間で補間することができる。

【 0 0 5 3 】

触覚式及び / 又は光学式感知装置で得た修正点の間で、X 線測定、例えば断層撮影で得た点図表の機能曲線を考慮して補間し、及び / 又は基準 C A D (計算機援用設計) モデルを考慮して補間することができる。

20

【 0 0 5 4 】

別の提案は、まず当該の種類 of 測定物の見本品を X 線により (断層撮影法で) かつ触覚的及び / 又は光学的に走査し、2 つの測定の差から断層撮影測定値の修正のための網状修正図表を計算し、量産品の測定では 1 回だけ決定した修正値で断層撮影測定を修正するものである。

【 0 0 5 5 】

これに関する手法は、最初の測定操作で測定物の典型的な代表について多数の測定点を X 線で断層撮影法により、かつ触覚的又は光学的に測定するというものである。この場合十分に密な網状修正図表を得るために、触覚式及び / 又は光学式測定でも非常に多くの測定点を取り扱われる。次に断層撮影される測定物の各表面部位ごとに、この網状修正図表から当該の修正値を決定する。修正値は触覚的及び / 又は光学的測定値と断層撮影による測定値の比較から得られる。この修正値は別の品物のその後の断層撮影の際に直接評価される。再度の触覚式又は光学式対照測定は不要である。

30

【 0 0 5 6 】

そこで測定物の校正品を断層撮影し、測定時の測定偏差から断層撮影測定値の修正のための網状修正図表を計算し、量産品の測定では断層撮影測定をあらかじめ調整した修正値で調整するようにした。

【 0 0 5 7 】

量産品の測定で光学的及び / 又は触覚的に測定された個々の修正点を補足的に考慮することができる。

40

【 0 0 5 8 】

修正のために触覚的及び / 又は光学的測定点を操作者が断層撮影により決定された点図表で図式的に確定し、その上で座標測定装置により自動的に測定することができる。

【 0 0 5 9 】

さらに発展させて、修正のために触覚的及び / 又は光学的測定点を操作者が測定物の基礎をなす C A D モデルで図式的に確定し、その上で座標測定装置が自動的に測定するものとする。その場合修正のために触覚的及び / 又は光学的測定点が自動アルゴリズムにより、測定物の基礎をなす C A D モデルの表面にほぼ均等に又は均等に分布し、座標測定装置によって自動的に測定することができる。また修正のために触覚的及び / 又は光学的測定

50

点を操作者がCADモデルで図式的に確定し、CADモデルをロードした後に座標測定装置が自動的に測定することもできる。

【0060】

また本発明によれば、断層撮影操作の際に原則として1個の基準体、特に球配列を共に断層撮影し、これから座標測定装置及び/又はX線源及び/又はX線センサに対する回転軸の相対位置を決定し、続いて数学的に修正する。その場合回転軸上の基準体の位置を光学式及び/又は触覚式センサで決定し、回転軸の位置の修正のために利用することができる。

【0061】

但し特に基準体、例えば少なくとも2個の基準球は測定物のマウント、即ち回転テーブルでX線に対する吸収が小さい材料に内蔵されるようにした。こうして基準体により回転テーブルの回転中心の位置、即ち回転軸を確かめることができるから、基準体の検出によって測定物を回転テーブル上に位置決めすることができる。

10

【0062】

本発明に基づきX線源及びX線検出器に対する回転軸の空間位置をX線感知装置及び/又は触覚式感知装置及び/又は光学式感知装置で測定技術的に決定し、測定物の断層撮影の際にこの位置偏差を数学的に修正することができる。

【0063】

特に基準位置から偏る回転軸位置を2次元個別像の回転及び/又は並進及び/又はゆがみによって修正することができる。

20

【0064】

また基準位置から偏る回転軸位置を再構成アルゴリズムで考慮することができる。

【0065】

本発明のもう一つの提案は、触覚式及び/又は光学式センサ及び/又は断層撮影を使用することによって、測定装置の回転テーブル上の、即ち機械の座標系での測定物の位置を決定し、続いてX線センサの校正位置で2次元透過モードで画像処理法により測定するものである。

【0066】

この処置によって、X線感知装置を組み込んだ本発明座標測定装置の別の利用原理が明らかになる。即ち2次元透過像で測定することが可能になる。測定物の現実の倍率は不明であるから、通常これは不可能である。X線光路上の測定物の位置は未知であるが、この位置が照射による倍率をおおむね決定するのである。そこで座標測定装置での測定物の位置を光学式及び/又は触覚式感知装置で正確に決定すれば、この位置から現在照射される測定物の倍率が分かり、画像処理法による2次元測定のためにX線感知装置を使用することが可能である。

30

【0067】

X線検出器が本来の断層撮影操作時にX線源の放射円錐の中に位置決めされ、この時間以外では放射円錐の外で休止位置に置かれるように、X線検出器を装置ソフトウェアにより自動的に制御することができる。

【0068】

この処置によってX線センサの放射負荷が最小化され、こうしてその寿命が延長される。

40

【0069】

独自の発明として、多センサ型座標測定装置の画像処理感知装置及びX線感知装置は同じ画像処理ハードウェア及び同じ画像処理ソフトウェア又はその一部を備えている。その場合画像処理感知装置で周知の画像処理方法をX線感知装置にも適用することができる。

【0070】

また本発明は再構成の前に2次元X線像にゆがみ修正及び/又は輝度修正及び/又は暗信号修正及び/又は数学的並進及び/又は数学的回転及び/又はリサンプリング法及び/又は線形特性修正及び/又は画像処理フィルタリングを施すことを定めている。

50

【 0 0 7 1 】

本発明の好ましい改良構成が独立請求項でも従属請求項でも明確にされている。

【 0 0 7 2 】

本発明のその他の細部、利点及び特徴は特許請求の範囲及び特許請求の範囲に見られる特徴 - 単独で及び / 又は組合せとして - だけでなく、図面に見られる好ましい実施例の下記の説明でも明らかである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 7 3 】

図 1 に X 線感知装置並びに光学式及び触覚式感知装置の複合使用のための座標測定装置の概要が示されている。但し本発明の学説の基本的特徴は、コンピュータ断層撮影装置以外に補助感知装置を具備しない座標測定装置にも適している。

10

【 0 0 7 4 】

座標測定装置の X 軸と平行な軸 1 8 に回転テーブル 2 が配置されている。回転テーブル 2 の上に測定物 3 があり、従って回転軸 1 8 の周りに回転し、軸 1 8 によって X 方向に移動させることもできる (二重矢印)。Y 軸と平行なスライド 4 の上に Z 軸と平行な 2 つの軸 5、6 が配置されている。機械軸 5 の上に X 線センサ 7 及び画像処理センサ 8 がある。さらに機械軸 6 に触覚式センサ 9 がある。X 線センサ 7 に X 線源 1 0 が対置され、X 線源 1 0 は選択に応じて Y 方向に移動可能に又は不動に取り付けることができる。画像処理センサ 8 に対して透過光源 1 1 がある。座標測定装置の X、Y 又は Z 軸に沿って延びる機械軸又はスライドは、座標測定装置の中又は上に設置されたセンサがそれぞれ回転テーブル 2 の上の全測定範囲をカバーできるように設計されている。

20

【 0 0 7 5 】

コンピュータ断層撮影 (CT) を多センサ型座標測定装置に組み込むことによってまったく新規な可能性が作り出される。断層撮影による迅速、無故障の完全測定が触覚式又は光学式感知装置による機能サイズの高精度測定と統合される。その場合本発明に基づき X 線感知装置 (センサ、線源) が第 2 の感知装置 (例えば画像処理センサ、透過又は反射光源もしくは触覚式センサと場合によっては所属の画像処理センサ) に対応して座標測定装置に位置決めされ、こうして X 線感知装置が第 2 の感知装置と同等に配置されるように構成されている。その場合 X 線感知装置を少なくとも触覚式感知装置及び / 又は光学式感知装置と共に共通の機械軸に配置し、又は触覚式及び / 又は光学式感知装置のための機械軸と同様に動作する別個の機械軸に配置することができる。

30

【 0 0 7 6 】

図 2 に基づき 3 次元コンピュータ断層撮影の機能原理を再度説明することにする。なお図 1 に見られる部材には同じ参照符号を使用する。

【 0 0 7 7 】

加工品 3 は回転テーブル 2 の上に据え付けられ、X 線が照射される。例えば接合形検出器の形のセンサ 7 が X 線像をその後の処理のためにデジタル 2 次元像に変換する。測定物 3 が 3 6 0 ° 回転され、複数の回転位置で X 線像が撮影される。続いて 2 次元像に基づき測定点の 3 次元再構成が行われる。この 3 次元再構成は測定される加工品のすべての幾何学的形状を記述する。その他のセンサ 8、9 の 1 つ又は幾つかを組み入れることによって、コンピュータ断層撮影の使用範囲が拡張される。画像処理センサ 8 によってコントラストが極めて乏しい複雑な加工品の透過及び反射光による全自動測定が可能である。接触式スキャンシステムは光学的にアクセスできない特徴の高精度測定を可能にする。

40

【 0 0 7 8 】

センサ 7 と X 線源 1 0 を測定物 3 と同期して、即ち不変の相互間隔で移動することが可能である。これによって測定範囲を適応させることが可能であり、場合によってはこれを自動的に行うことができる。加工品の大きさ及び精度の要求への適応を可能にするために、代案としてセンサ 7 に対して測定物を移動することもできる。測定物 3 をセンサ 7 寄りに移動すれば低い倍率が生じ、これに対して測定物 3 を X 線源 1 0 寄りに移動すれば高い倍率が得られる。X 線源 1 0 を測定物 3 に対し定置して、センサを移動することもできる

50

。

【 0 0 7 9 】

本発明においては特に次の利点をもたらす。

即ち

加工品のすべての標準及び自由形式幾何学的形状の1回の測定操作での完全な検出、
内部の幾何学的形状及びアクセス不能な特徴（例えば隠れた端縁、裏側の切り落とし）の
測定、

多感知装置による断層撮影測定結果のフィードバック、
触覚式又は光学式感知装置による機能サイズの高精度測定、
断層撮影とその他のセンサによる1回の測定プロセスでの複合測定、

形状、寸法及び位置の2次元及び3次元測定、

X線像での2次元測定のための広範な機能、

3次元CADモデルと比較した3次元偏差表示としての3次元目標実際比較、

得たCTデータからの3次元CADデータの生成。

10

【 0 0 8 0 】

本発明を特徴づける別の方法を図6に基づいて説明しよう。これによって解像度の不利を
背負い込まずにデータ圧縮が可能である。むしろ当該の学説によれば元の解像度を超える
ことさえ可能である。これを2次元像に基づき説明する。

【 0 0 8 1 】

図6の正方形は2次元像の画素を表す。今ある2次元像は、例えば隣接の画素から平均値
を形成することによって、画素情報の少ない低解像度の像（画素を十字で示す）に換算さ
れる。次に3次元ボクセル像の計算のために、当該の低解像度の2次元透過像から3次元
再構成を行う。このボクセル像を決定した後に、図6に見られる2次元表示で同じく十字
でシミュレートしたボクセル像が複数のボクセル像の間の補間により元の解像度の像に逆
算され、- 同じく2次元表示で - 再び正方形付きの像が生じる。またボクセル像の高い解
像度を得るために、同じ手法をさらに適用して補助ボクセルを計算することが可能である

20

【 0 0 8 2 】

こうして最終的に解像度の損失をこうむらずに、低い解像度をまず基礎とすることができ、
むしろこれを超えることさえできるから、より迅速に計算することができる。

30

【 0 0 8 3 】

図7を参照して、断層像の解像度を高めることができる別の本発明方法を明らかにしよう。
そのために複数の写真を撮影し、その間にセンサの感覚素子の一辺の長さより小さな距離
だけセンサを測定物寄りに、又は測定物をセンサ寄りに移動する。図7では使用したX
線検出器（センサ）の解像度を、正方形で表す画素で表示した。断層撮影の際に各回転位
置で、正方形で示すX線検出器位置での像並びにXを記した円で表すX線検出器位置、Y
を記した円で表すX線検出器位置及びZを記した円で示すX線検出器位置での像を撮影し
た。すべての像を1つの像にまとめ、全体として断層撮影再構成プロセスで考慮した。こ
うして検出器により物理的に与えられるものより高い解像度が得られる。

40

【 0 0 8 4 】

X線源10又はセンサ7に関連して断層撮影の倍率及び/又は図1の回転テーブル2の回
転中心を決定するために、図8の実施例で50で示す基準を利用することができる。この
原理図で支脚52から支持材54が出ている。支持材54はX線に対する吸収が小さい材
料からなる。X線をよく吸収する材料、例えば鋼材からなる少なくとも2個の球56、5
8が支持材54に配置されている。次に基準50を、図1の回転テーブル2に相当する断
層撮影装置の回転テーブル60の上に配置する。回転テーブル60は、座標測定装置のX
軸と一致する軸62の周りに回転することができる。そこで球形基準の種々の回転位置で
X線センサ7に対する球56、58の位置を測定することによって、座標測定装置内の断
層撮影装置の回転軸62の位置を決定する校正操作が決まる。

【 0 0 8 5 】

50

倍率を決定しようとするれば、センサ 7 に対する 2 つの異なる距離で測定することが必要である。

【 0 0 8 6 】

より高い精度を得るために、基準 5 0 は 2 つの別の球 6 4、6 6 を有することができる。

【 0 0 8 7 】

次に、本例で正方形の頂点に配置された 4 個の球を備えた 4 球基準からなる基準により、X 線源 1 0 とセンサ 7 の間隔をいかにして決定するかを説明しよう。

【 0 0 8 8 】

球の間隔は既知（校正済み）である。

10

4 球基準を回転軸上に配置する。

張る平面が検出器と平行になるように、4 球基準を回す。

位置 Z 1 の像で 4 つの球位置を測定。

測定された 4 つの球間隔から平均倍率 M 1 を計算。

基準球間隔及び検出器の基準画素サイズ。

線源の方向への回転軸の（又は回転軸に垂直に線源及び検出器の）移動。

位置 Z 2 の像で 4 つの球位置の測定。

測定された 4 つの球間隔から平均倍率 M 2 の計算。

基準球間隔及び検出器の基準画素サイズ。

次式による線源・検出器間隔の計算。

20

$$A Q D = d Z * M 1 * M 2 / (M 2 - M 1)$$

ここに A D Q : 線源・検出器間隔

M 1 : 位置 Z 1 での倍率

M 2 : 位置 Z 2 での倍率

d Z : 位置 Z 1 及び Z 2 の間隔

次式による線源と Z 1 の間隔の計算

$$D 1 = d Z * M 2 / (M 1 - M 2)$$

次式による線源と Z 2 の間隔の計算

$$D 2 = D 1 + d Z = d Z * M 1 / (M 1 + M 2)$$

次式による検出器上の円錐軸の位置の計算

30

$$P d = (P k n 1 * D 1 - P k n 2 * D 2) / d Z$$

ここに P d : 検出器の中心からの円錐軸位置の偏差ベクトル

P k n 1 : 位置 Z 1 の検出器上の球 n の位置ベクトル

P k n 2 : 位置 Z 2 の検出器上の球 n の位置ベクトル

・各球位置ごとに 4 つの偏差ベクトルから平均偏差ベクトルの計算

【 0 0 8 9 】

同じく正方形の頂点に球を配置した 4 球基準に基づく回転軸中心の Y 位置の決定方法は次のように行われる。

即ち

球の間隔は既知（校正済み）である。

40

4 球基準を回転軸上に配置する。

張る平面が検出器と平行になるように、4 球基準を回す。

像で 4 つの球位置を測定。

測定された 4 つの球間隔から平均倍率 M 1 を計算。

基準球間隔及び検出器の基準画素サイズ。

回転軸を 1 8 0 ° 回転。

像で 4 つの球位置の測定。

測定された 4 つの球間隔から平均倍率 M 2 の計算。

基準球間隔及び検出器の基準画素サイズ。

回転の前後の 4 つの球位置に基づく回転中心の Y 位置の次式による計算、

50

$$P d y n = (P k y n 1 * M 2 + P k y n 2 * M 1) / (M 1 * M 2)$$

ここに P d y n : 球 n に対する検出器上の回転軸の Y 位置

P k y n 1 : 回転角 0 ° での球 n の Y 位置

P k y n 2 : 回転角 1 8 0 ° での球 n の Y 位置

M 1 : 回転角 0 ° での平均倍率

M 2 : 回転角 1 8 0 ° での平均倍率

【 0 0 9 0 】

本発明のその他の特有の特徴は図 3 , 図 4 及び 5 で明らかである。なお図 3 にはハウジング 1 1 2 を有する座標測定装置 1 1 0 の同じく純原理図が示されている。ハウジング 1 1 2 は台板 1 1 4 、 後部隔壁 1 1 6 、 側部隔壁 1 1 8 、 1 2 0 及び上部隔壁 1 2 2 からなり、上部隔壁 1 2 2 はカバープレートとも呼ばれる。

10

【 0 0 9 1 】

座標測定装置の x 軸、 y 軸及び z 軸を図面に参照符号 1 2 4 、 1 2 6 及び 1 2 8 で表示した。ハウジング 1 1 2 の後部隔壁 1 1 6 の内側 1 3 0 に案内が x 方向に延びており、これに沿って、即ち x 方向に回転テーブル 1 3 4 のマウント 1 3 2 を移動することができる。回転テーブル 1 3 4 の上に測定物 1 3 6 が配置されている。換言すれば、 x 軸 1 2 4 に回転テーブル 1 3 4 が配置されている。

【 0 0 9 2 】

y 軸 1 2 6 に沿って案内が延びており、これに沿って受座 1 3 8 を移動することができる。マウント 1 4 0 が z 軸 1 2 8 に沿って移動可能に受座 1 3 8 から出ている。

20

【 0 0 9 3 】

また台板 1 1 4 から X 線源 1 4 2 が出ており、その X 線放射は回転テーブル 1 3 4 の上に配置された測定物 1 3 6 を貫通する。一方、 X 線放射は X 線放射に敏感な適当なセンサ、例えば C C D (電荷結合素子) センサによって検出される。

【 0 0 9 4 】

また z 軸 1 2 8 から、即ち本例ではマウント 1 4 0 からセンサ 1 4 4 が張り出すことが可能である。これは座標測定装置で慣用のセンサ、例えば触覚式又は光学式センサである。こうして断層撮影することも、例えば画像処理センサ、レーザ距離センサ等で触覚的は光学的に測定することもできる。

【 0 0 9 5 】

X 線を使用することによって、座標測定装置を外部に対して十分に遮蔽することが必要である。そのために本発明に基づき支持部材の少なくとも幾つかは遮蔽機能を遂行するようになっている。例えば台板 1 1 4 及び / 又は後壁 1 1 6 を必要な遮蔽機能が保証されるように設計又は形成することができる。

30

【 0 0 9 6 】

その場合当該の隔壁 1 1 4 、 1 1 6 は同時に測定技術的構造に必要な機能、即ち本例では x 及び y 軸のための案内を遂行する。

【 0 0 9 7 】

十分な遮蔽効果を持たない隔壁の内面及び / 又は外面に放射阻止層を設けることが差当り可能である。これは特に鉛板である。

40

【 0 0 9 8 】

支壁、特に遮蔽機能を遂行する隔壁については、硬質岩石、例えば花崗岩又は適当な材料を使用することが好ましい。また X 線吸収材料、例えば磁鉄鉱等を必要な範囲で混合することができる人工硬質岩石、例えばポリマーコンクリートも考えられる。

【 0 0 9 9 】

本発明によれば座標測定装置 1 1 0 のハウジング 1 1 2 又はその一部は二重機能、即ち必要な遮蔽機能及び測定技術的構造の機能部材の機能を遂行する。こうしてコンパクトな構造が生まれる。

【 0 1 0 0 】

図 4 の図示によれば、高い測定密度を得るために、又は各測定位置で測定精度の損失が

50

生じることなく僅かな放射時間で済ませられるように、複数の断層像を様々な放射角で同時に - 即ち測定物 1 3 6 の各測定位置で - 撮影するように構成されている。図 4 では図 3 の構成と同様に台板 1 1 4 から回転テーブル 1 3 4 が張り出し、図示しない測定物 1 1 2 がその上に配置される。X 線放射装置 1 4 8 から来る X 線放射が測定物 1 1 2 を透過する。本例では合計 3 個の X 線センサ 1 5 2、1 5 4、1 5 6 によって放射が検出されるから、測定物の 1 つの測定位置で異なる放射方向に 3 つの断層像が生じる。各側定位置、即ち回転テーブル 1 3 4 の各角位置でセンサ 1 5 2、1 5 4、1 5 6 が読み出され、断層像のための投影像が得られる。その場合センサ 1 5 2、1 5 4、1 5 6 の角位置は、センサ 1 5 2、1 5 4、1 5 6 の間の角がコンピュータ断層撮影装置の操作時に使用される回転テーブル 1 3 6 のステップ角の整数倍だけそれぞれ異なるように設計されており、第 2 及び第 3 のセンサ 1 5 4、1 5 6 は先行の第 1 のセンサ 1 5 2 又は第 2 のセンサ 1 5 4 に対してステップ角の 3 分の 1 だけ回して配置されている。

10

【 0 1 0 1 】

回転テーブル 1 5 4 の回転軸 1 5 8 と X 線放射 1 5 0 の間の角を見掛け上変えて、測定物 1 3 6 の複数の断層像を撮影するために、図 5 の実施例では 3 個のセンサ 1 6 0、1 6 2、1 6 4 が X 線源 1 4 8 の主放射方向に対して異なる角度で配置され、それによって回転軸 1 5 8 に対する X 線源の見掛けの旋回がシミュレートされる。

【 0 1 0 2 】

図 5 に記載した二重矢印 1 6 6 は、回転テーブル 1 3 4 が回転軸 1 5 8 に沿って x 軸と平行に移動可能であることを表示するためのものである。

20

【 0 1 0 3 】

図 9 に基づき原理的に明らかにされるように、断層撮影の際に原則としてとりわけ球 3 0 0、3 0 2 の形の基準体を共に断層撮影することができ、それによって測定物 1 3 6 が配置された回転テーブル 1 3 4 の回転軸 1 5 8 の相対位置が明らかになる。球 3 0 0、3 0 2 は X 線に対して僅かな吸収を示す受座 3 0 4 に配置することができ、一方、球 3 0 0、3 0 2 は吸収が大であり、例えば鋼材からなる。こうして断層撮影時に座標測定装置又は X 線源 1 0 又はセンサ 7 に対する回転軸 1 5 8 の位置を問題なく決定し、続いて数学的に校正することができる。

【 0 1 0 4 】

本発明によれば座標測定装置で触覚式及び / 又は光学式感知装置によって測定物で測定点が記録され、X 線感知装置で検出された測定点の修正のために利用される。このことを図 1 1 に基づいて明らかにしよう。当該の修正方法の原理がこの図で明らかである。図 1 1 の (a) には測定物 4 0 0 が示されており、その選ばれた点が触覚的及び / 又は光学的に測定される。一例として当該の測定点を参照符号 4 0 2、4 0 4、4 0 6 で表示する。続いて同じ座標測定装置で行われる断層撮影で、断層撮影の典型的な誤差により変化した形状が断層撮影点図表 4 0 8 で得られる。これは例えば断層撮影特有の人為結果である。断層撮影した測定点の位置を、光学式及び / 又は触覚式感知装置で正確に測定した利用可能な測定点に基づき修正する。この測定点を図 1 1 の (b) に再び記載した。その場合触覚的及び光学的に測定された測定点の間で補間することができる。その結果幾何学的に修正された、断層撮影測定による点図表 4 1 0 が得られる。これは測定物 4 0 0 の形状に、断層像の原データよりもよく対応している。図 1 1 の (b) と (c) の比較がこのことを示す。

30

40

【 0 1 0 5 】

測定及び測定結果の評価を行うときに、透過光法 - 場合によっては反射光法 - で可視光による測定のための画像処理感知装置を同じ画像処理評価ユニット又は同じ画像処理ボード、例えば X 線感知装置と連結することができる。次にソフトウェア制御に基づき 2 つのセンサの間で切り換えを行い、同じハードウェアでデジタル化し、計算することができる。その概要が図 1 0 で明らかである。前述のように動作するために、図 1 0 で画像処理感知装置 5 0 0 と X 線感知装置 5 0 2 が同じ画像処理ボード 5 0 4 に接続されている。

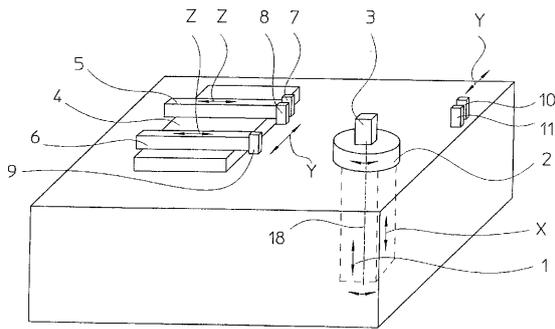
50

【図面の簡単な説明】

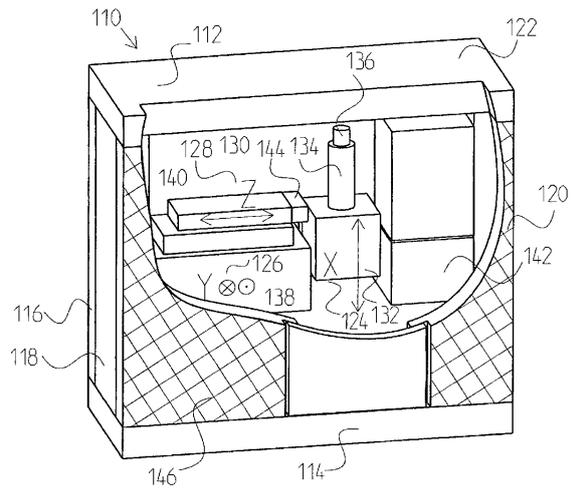
【0106】

- 【図1】多センサ型座標測定装置の原理図を示す。
- 【図2】3次元コンピュータ断層撮影装置の機能図を示す。
- 【図3】座標測定装置の別の原理図を示す。
- 【図4】X線源と所属のセンサの第1の配列の原理図を示す。
- 【図5】X線源と所属のセンサの第2の配列の原理図を示す。
- 【図6】画像解析の原理図を示す。
- 【図7】断層像の解像度を高める方法の説明のための原理図を示す。
- 【図8】基準体の原理図を示す。
- 【図9】基準体を有する回転テーブルの原理図を示す。
- 【図10】ブロック構成図を示す。
- 【図11】修正方法の説明のための原理図を示す。

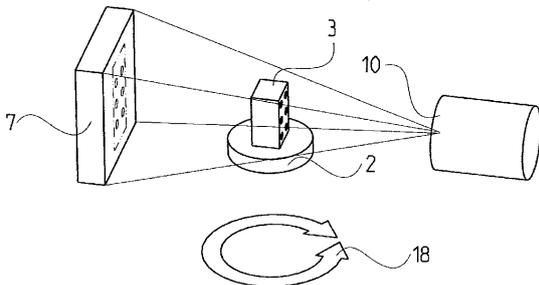
【図1】



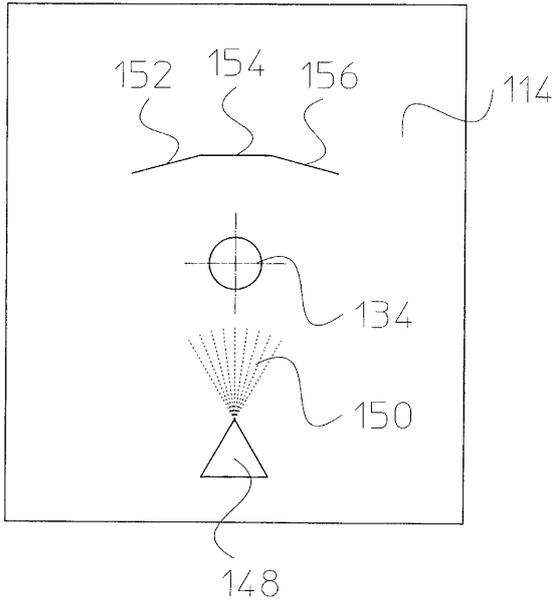
【図3】



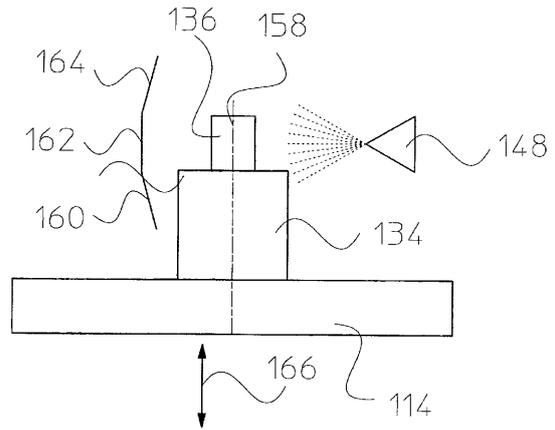
【図2】



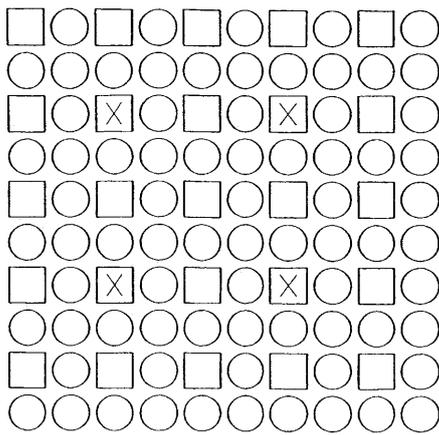
【図4】



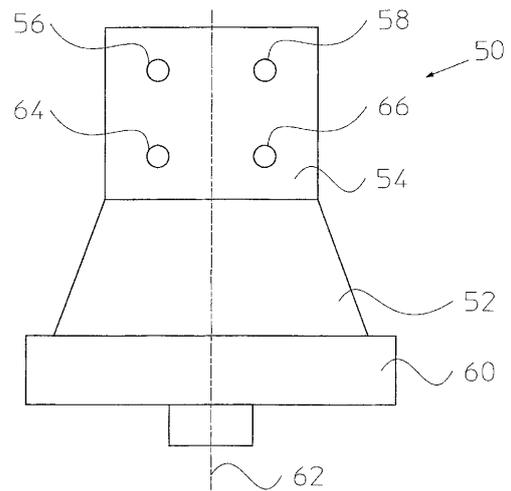
【図5】



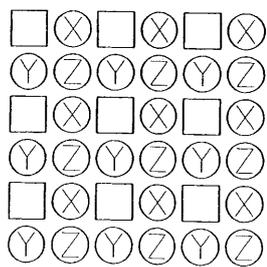
【図6】



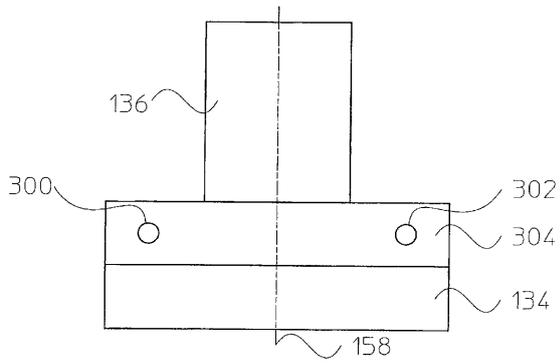
【図8】



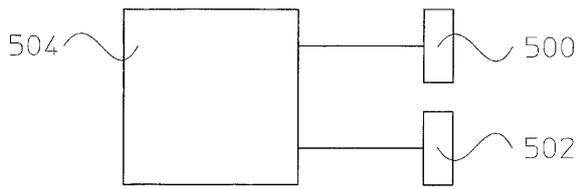
【図7】



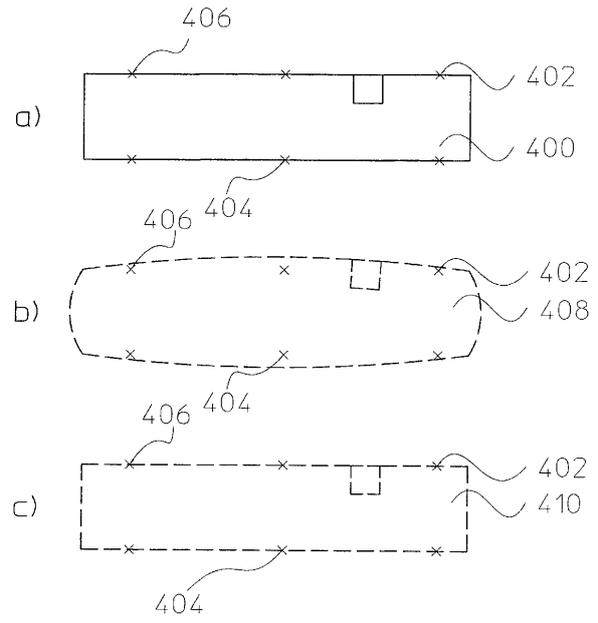
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 102005018447.2
(32)優先日 平成17年4月20日(2005.4.20)
(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

合議体

審判長 飯野 茂
審判官 中塚 直樹
審判官 小林 紀史

- (56)参考文献 特開2004-12407(JP,A)
特開平3-284253(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 15/00-15/08
G01B 21/00-21/32
G01N 23/00-23/227