

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4015270号
(P4015270)

(45) 発行日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(24) 登録日 平成19年9月21日(2007.9.21)

(51) Int.C1.

F 1

GO 1 N 23/04 (2006.01)
GO 6 T 1/00 (2006.01)GO 1 N 23/04
GO 6 T 1/00 300

請求項の数 9 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-115827
 (22) 出願日 平成10年4月27日(1998.4.27)
 (65) 公開番号 特開平11-30595
 (43) 公開日 平成11年2月2日(1999.2.2)
 審査請求日 平成17年1月26日(2005.1.26)
 (31) 優先権主張番号 08/850673
 (32) 優先日 平成9年5月2日(1997.5.2)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (72) 発明者 フランシス・ハワード・リトル
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
 ィ、ローブス・ドライブ、5861番
 (72) 発明者 ジョン・チャールズ・ジャニング
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
 ィ、ペイウインド・ドライブ、7485番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】物体の実際の形状を予定の形状と比較する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部空所から物体の外壁を通り抜ける少なくとも1組の複数個の冷却孔を持ち該各々の孔が予定の軸線を持つ軸対称である物体の実際の形状を予定の形状と比較する方法において、

計算機式断層写真法(C T)を使って前記物体を3次元走査して該物体の実際の形状のデータの多重スライスを作り、実際の形状の前記多重スライスを処理する工程と、

前記物体の内部及び外部の実際の境界並びに該物体の特徴を限定する実際の境界のデータにする工程と、

前記実際の境界のデータからポイント・クラウド・データを発生する工程と、

前記ポイント・クラウド・データを物体の形状の予定のデータと比較する工程と、
を含み、

前記ポイント・クラウド・データを前記予定のデータと比較する工程が、前記冷却孔を表す前記ポイント・クラウド・データに各々の前記冷却孔の予定の形を曲線で当てはめる事によって冷却孔の曲線を当てはめた形状を作成し、前記予定の軸線を前記曲線を当てはめた形状から計算された実際の軸線と比較する工程を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記ポイント・クラウド・データを予定のデータと比較する工程が、ポイント・クラウド・データを前記予定のデータの座標に対して位置合せする事を含む請求項1記載の方法。

10

【請求項 3】

前記予定のデータが計算機支援設計（C A D）データであり、前記予定のデータのC A D座標に対する位置合せが行われる請求項2記載の方法。

【請求項 4】

前記比較する工程が、前記ポイント・クラウド・データを予定のデータと比較する画像を出力する事を含む請求項1乃至3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 5】

前記画像が物体の内部の特徴の画像である請求項4記載の方法。

【請求項 6】

前記出力する事が、前記ポイント・クラウド・データと前記予定のデータの間の不一致の形状を表す画像を表示する事を含む請求項4又は5記載の方法。 10

【請求項 7】

前記画像を表示する事が、前記ポイント・クラウド・データと、前記物体の内部の特徴の予定のデータの間の不一致の形状を表す複数個の画素を表示する事を含む請求項6記載の方法。

【請求項 8】

前記画像を計算機のカラー・モニタに表示する工程を含む請求項4乃至7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 9】

前記画像をモニタ上で回転させる工程を含む請求項4乃至8のいずれか1項に記載の方 20 法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の背景】****【0002】****【発明の分野】**

この発明は全体的に計算機式断層写真法（C T）及び計算機支援設計（C A D）、更に具体的に云えば、特に部品の非破壊的な検査のために、計算機式断層写真法（C T）を使って、3次元の実際の物体のポイント・クラウド・データを作成し、それを計算機支援設計（C A D）データのような予定の物体のデータと比較する事に関する。 30

【0003】**【従来技術】**

内部の空所及び通路を持つ部品の製造は、自動車及びガスタービン機関産業のような多くの産業にとって非常に重要である。ケーシングのような部品は、冷却及び潤滑のような目的のために使われる多数の内部の空所及び通路を持つように設計された鋳物で作られる場合が多い。このように製造された部品は、それに合わせて製造した設計の定義と同じでない場合が多い。これはシステムの製造上の許容公差、材料の収縮又は残留応力によって起こる部品の反りによるためである事がある。従って、設計された部品に対して解析を行う時、部品の物理的な寸法があまりに違っていて、解析が疑わしい事がある。部品を受理するためには、その前に、このように製造された部品の定義と設計又は予定の部品の定義との間の食違いを判定して検査しなければならない。従って、予定の部品の定義又は設計の形状に対して部品の形状の精度について部品を検証する方法が必要である。 40

【0004】

このような部品を試験して検査するために使われる典型的な方法は、部品を切り取って検査する破壊的方式を使う。これは非常にコストがかかると共に時間がかかる方式である。複雑な部品の設計の場合、こういう方式では、部品を設計した目的にとって十分な精度が得られない事がある。

従来、複雑な外部の形状を持つ製造部品の精度の非破壊的な形状の評価を使う事が取り上げられてきた。義歯のような独特な形状を持つ部品の製造に關係して計算機で発生したモデルを使う事を開示する一群の特許として、ライリー他の米国特許第5,257,203

号、同第5, 121, 334号及び同第5, 121, 333号と、エルドマン他の同第5, 184, 306号及び同第5, 128, 870号と、リコー他の同第5, 027, 281号がある。ここに引用した各々の特許は、フライス盤に使われる計算機モデルを作成する事に関する工程を開示している。キリデナ他の米国特許第5, 442, 572号、発明の名称「高密度点データ・モデルを使って自由形式の形状を比較する方法とシステム」には、マスター形状に対して部品の形状の精度を検証する方法が開示されており、その終りには、部品とマスタ形状の間の距離差データに基づいて、画像を出力装置に表示する工程がある。この方法は、部品の形状を作成するためにレーザ走査を使う事を開示している。画像は、マスタと部品の間の不一致を表し、マスタの形状に対する部品の形状の精度を検証するために使われる。これらの引用文献は外側の形状の走査を開示しているが、そのどれも、内部の空所並びに／又は通路を持つ製造部品が計算機モデルと同形であるかどうかを検証する方法や、内部の空所及び通路を持つ部品に使う事が出来るような走査方式を使う方法を開示していない。どの引用文献も、予定の部品の形状に対する部品の形状の精度を検証するためにその画像を使う事が出来るような、予定の部品と実際の部品の間の内部通路、空所及び特徴の不一致を表す画像を作る方法を開示していない。10

【0005】

この発明は、空所及び通路のような内部の中空の特徴を持つ物体の実際の形状データ及び予定の形状データの3次元画像を比較し、これらの内部の特徴を表示し、これらの内部の特徴の実際の形状データ及び予定の形状データの間の不一致の形状の3次元表示を表示する方法を提供する問題を取り上げる。ガスタービン機関の部品、ロケット・エンジンの部品などの大きな物体を検査するためのCTシステム、方法及び装置がこの分野でよく知られている。これは典型的には、放射源と関連する検出器とを含んでおり、その両方を検査される物体に対して動かして、放射を物体に透過させ、放射源とは物体の反対側で物体によって生じた放射の減衰を検出する事によって、物体上の選ばれた場所における物体を通る断面又はスライスを再生する。この発明を使おうとする計算機式断層写真法(CT)を用いる1つのX線検査方法及び装置が、米国特許第5, 119, 408号に更に詳しく説明されている。20

【0006】

【発明の要約】

この発明は物体の実際の形状を予定の形状と比較する方法を提供する。この方法は、A) 計算機式断層写真法(CT)を使って物体を3次元走査して、物体の実際の形状のデータの多重スライスを作り、B) 実際の形状のデータの多重スライスを処理して、物体の内部及び外部の境界を限定する実際の境界のデータにし、C) 実際の境界のデータから実際のポイント・クラウド・データを発生する工程を含む。更にこの方法は、実際のポイント・クラウド・データを物体の形状の予定のデータと比較する事を含む。この比較は、ポイント・クラウド・データを予定のデータの座標に対して位置合せすることを含む事が好ましく、一実施例では、予定のデータは計算機支援設計(CAD)データであり、位置合せは予定のデータのCAD座標に対して行われる。この比較は、ポイント・クラウド・データを予定のデータと比較する画像を出力する事を含んでいて良く、この画像をカラーで計算機モニタに表示する事が出来る。画像は、ポイント・クラウド・データと予定のデータの間の不一致の形状を表す事が出来る。画像は物体の内部の特徴の画像であってよく、画像はポイント・クラウド・データと予定のデータの間の不一致の形状を表す事が出来る。この表示は、ポイント・クラウド・データと物体の内部の特徴の予定のデータとの間の不一致の形状を表す複数個の画素を表示する事を含む事が出来る。この方法を使って、コアのような物体の1つ又は複数の内部の特徴の不一致を表示する事が出来る。この発明の別の実施例はこの発明の3D CT計測方法を使って、タービン静翼又は動翼にあるような空冷エーロフォイルの冷却孔を走査し、冷却孔の予定の形を冷却孔のポイント・クラウドに面で当てはめ、予定の形状の定義に対する実際の形状の定義を計算する事が出来る。30

【0007】

【発明の利点】

この発明は、予定の部品の形状に対する部品の形状の精度を検証するために、予定の部品と実際の部品の間の内部通路、空所及び特徴の不一致を検査する点で、従来の方法よりも時間及びコストを節約するという利点を提供する。この発明は、この比較を行うため3次元方法を提供する点で、特に有利である。この発明の別の利点は、開発段階でも製造中も、部品の正確な非破壊的な評価が出来、従来の破壊的な方法に比べて時間及び金銭の両方の点で相当の節約をする事が出来る事である。この発明は、部品のどの区域を更に検査すべきであるかを、一層正確に且つ素早く指摘する事が出来る。

【0008】

この発明に特有と考えられる新規な特徴は、特許請求の範囲に区別して述べられているが、この発明のその他の目的及び利点は以下図面について更に具体的に説明する。

10

【0009】

【詳しい説明】

この発明は空所及び通路のような内部の中空の特徴を持つ物体の実際のCT走査データと予定の形状データの3次元画像を比較し、これらの特徴を表示し、実際のCT走査データ及び予定の形状データの間の不一致の形状の3次元表示を表示する方法を提供する。この発明は、冷却孔を持つ鋳造によるタービン静翼及び動翼や、トランスマッショング・ケース及び燃料制御ハウジングのような鋳造によるケーシングのような開発途中の並びに生産用の部品に対して素早く、効率よく、そして低廉に非破壊試験を実施するのに、品質管理の目的にとって特に役に立つ。

【0010】

次に図面について説明すると、図1には、適当なX線計算機式断層写真走査装置の治具62に装着された燃料制御ケーシング2が図式的に示されている。この走査装置を以下CT装置24と呼ぶが、これは例えば米国特許第5,119,408号に記載されている工業用計算機式断層写真装置のような装置である。適当なX線計算機式断層写真走査装置は周知であり、一例はGEエアクラフト・エンジンズ部門の工業用計算機式断層写真装置である。ケーシング2（これはこの発明の方法を説明するための一例の物体として役立つ）は、図2に更に詳しく示した通路4のような多数の内部の中空の特徴を持っており、これらを内部のコアと総称する。こういう特徴が一例としてフォーク状流体通路8を含む。この発明の目的は、設計された又は予定の内部の特徴又はコアの形状に対して、実際のコアの形状を3次元で比較する事である。予定のデータは、この発明の実施例でもそうであるが、CADデータとして記憶する事が好ましい。この方法の初めに、図1の治具62に取付けた図3に示す較正基準22を使って、CT装置24を較正する。

20

【0011】

再び図1について説明すると、CT装置24は、前に引用した米国特許第5,119,408号に詳しく記載されているが、フィリップスMG型450の420kV高安定度電圧X線装置、リントロン2MeV電源などのようなX線源26と、キセノン・ガス形検出器、固体シンチレータなどのようなX線検出器28とを有する。公知の多重標本化方式を使う事により、一層高い分解能が可能である。検出器素子（図面に示していない）は、線形配列内で中心間を約0.005吋乃至約0.01吋隔てて、高い分解能を持たせる事が好ましい。

30

【0012】

X線源26及び検出器28が、夫々支持部材34、36により、ガントリー型構造32に取付けられる。ガントリー構造32が少なくとも1つの垂直部材38と、この垂直部材38から伸びる水平部材40を有する。一部分を図2に示した2番目の垂直部材42を設けて、支持を強める事が出来る。支持部材34及び検出器28を、軸線Uで示す方向に、サーボモータ44によって水平部材40に沿って直線的に移動させる事が出来る。検出器28及びそれに関連した支持部材36は不動であってよいが、支持部材36は源支持部材34に相互接続して、X線源26及び検出器28の統制のとれた移動を行う事が出来る。水平部材40をサーボモータ46によって軸線Zに沿っても移動し、X線源26及び検出器28の高さを制御する事が出来る。

40

50

【0013】

部品マニピュレータ48がガントリー構造32の基部にあって、X線源26及び検出器28に対する検査される物体1の動きを制御する。部品マニピュレータ48が方向を表す矢印X及びYで示した2つの直線運動軸線と、矢印Cで示した回転運動軸線を持つ事が好ましい。直線軸線X及びYに沿った動きが、サーボモータと歯車の組合わせ50、52のような公知の方法によって制御される。回転プラットフォーム54が回転方向を表す矢印Cで示すように、回転軸線93の周りの回転運動が出来るようになる。サーボモータ60がプラットフォーム54の回転運動を制御する。プラットフォーム54は、検査しようとする物体1を取付ける治具62を持っている。

【0014】

10

CT装置24がシステム外被64の中に収容されていて、CT装置24の動作を制御するためのシステム計算機66が設けられている。データ収集装置(DAS)68が、検査される部品を通過する減衰したX線ビーム70に対応する検出器28からの電気信号を受取り、この受取った低電圧のアナログ検出器変化信号を量子化されたディジタルの値に変換し、このディジタルの値が記憶され、後で、スライス・データを発生するための、検査される物体の断面画像を再生するために、他の受取って変換された信号と多重化されたために呼び出される。この発明の1例の方法では、こういう値が使われる。

【0015】

20

CT装置24と、計算機66、DAS68及びオペレータ・コンソール72の組合わせとの間の通信が破線で示した複数個の通信リンク78を介して行われる。この発明は計算機を使って自動的に走査を行う。物体を通過する減衰したX線ビームに対応する電気信号が、通信リンク78の内の1つを介して、検出器28から計算機66及びDAS68にも伝送される。

【0016】

30

この発明では、CT装置24を較正した後、ケーシング2が、較正の間に較正基準22を保持したのと同じ治具62に取付けられ、扇形ビームであるX線ビーム70の扇形の角度Aの範囲内でマニピュレータ48によって動かされる。扇形ビームは、約5°と約30°の間の扇形ビームの角度Aを持っていてよいが、この扇形ビームの境界82及び84の範囲内で、ケーシングを連続的に回転させる事により、ケーシング2が扇形ビーム70内で3次元走査される。X線源26によってX線ビーム70が発生された後、回転軸線93の周りで物体を180°+走査用の扇形の角度Aだけ回転させて、完全な360°のCT走査を行う。回転中にケーシング2を通過する減衰したX線ビームが、検出器28の素子によって収集される。検出器28が、収集された減衰したX線ビームに応答して多数の電気信号を発生し、これらの信号が通信リンク78によって計算機66及びDAS68に伝送される。回転は、Z軸に沿った増分的な高さの所で行われ、各々の高さの所で収集されたデータが、文献にも記された周知の適当な方法で、スライス・データを作るために使われる。

【0017】

40

物体を通る1つのスライスの画像を再生した後、Z軸に沿ってガントリーの水平部材40を移動する事により、物体を通る次のスライス又は画像が異なる増分的な高さの所で撮影される。このように、ケーシング2全体が3次元走査されるまで、Z軸に沿って水平部材40を増分的に上昇させる事により、物体全体が3次元走査される。物体を通る異なる高さの所で得られたスライスの画像を表すスライス・データ100が、この後、図4のフローチャートに示すこの発明の方法に従って処理される。

【0018】

50

簡単にいうと、図4のフローチャートは内部にフォーク状流体通路8を持つケーシング2をCT装置24を使って走査して、ケーシングの3次元X線走査を行い、物体の断面を通る薄いスライス・データ100の形で2次元画像を発生する事を示している。走査過程は、スライス・データ100に非常に多くの隣接した断面スライス110を作るように実行される。走査は、Z方向に軸線93に沿った相異なる高さの所で、ケーシング2を通る物

体の回転軸線 93 の周りの 360° 又は 180° + 走査用扇形の角度 A に亘って行われ、回転軸線 93 に沿って約 0.005 吋ずつ隔てたスライス 110 の集合を作る。生の走査データは密度データであり、これが図のポイント・クラウド・データの画像によって表されるポイント・クラウド・データ 140 に変換される。ポイント・クラウド・データは、ケーシング 2 の内部及び外部の特徴の縁を限定する縁検出計算機コード 128 を使う事により、生の走査データ又はスライス・データ 100 から取出される。これは、フォーク状流体通路 8 のようなケーシングの内部の特徴に特に役に立つ。米国特許第 5,345,490 号に記載されているものも含めて、計算機式縁検出方法は公知である。種々の適当な計算機式縁検出方法、プロセス及び計算機コード及びルーチンが周知であり、文献があり、市場で入手し得る。物体を 3 次元走査し、スライス・データを作り、有限要素で離散的な固体モデルを構成するために、計算機断層写真法を使う事は公知である。

【0019】

ポイント・クラウド・データ 140 はフォーク状流体通路 8 の内側コアのような内部の特徴の実際の面が明確に限定されるように、約 0.005 吋毎というように、非常に密接して計算される。一部又は全部の実際のポイント・データが、物体のある又は全部の内部及び外部の特徴の面を限定するポイント・クラウド・データ 140 と呼ばれるものとして集成され、面作成計算機プログラム 150 又はコードにロードされる事が好ましい。

【0020】

面作成プログラム 150 で、ポイント・クラウド・データが、物体並びに物体の内部及び外部の特徴及びその面を限定する前もって記憶されている又は予定のデータと比較される。予定のデータは、CAD データ 156 のファイルとして記憶されている事が好ましく、希望する場合、IGES のような標準化された CAD データ・ファイル・フォーマットに変換される。予定の CAD データ 156 及びポイント・クラウド・データ 140 が、米国ミシガン州アン・アーバ(Ann Arbor) 所在のイメージウェア・インコーポレーテッド社(Imageware, Inc.) のサーフェイサ(Surfer) のような計算機面作成プログラム 150 (又は面作成ルーチン) にロードされる。

【0021】

予定の CAD データ 156 とポイント・クラウド・データ 140 を比較する次の工程は、1 組のデータを別の 1 組のデータと位置合せをする事である。この発明は、好ましくはポイント・クラウド・データを予定のデータの座標に対して設定し、予定のデータの CAD 座標に対して位置合せをする。サーフェイサの計算機コードは、この発明の場合のような検査の目的のため、多数の走査からのポイント・データを精密に整合させて、それらを組立て又は CAD の形状にポイント・データを整合させる位置合せ方法を含んでいる。ポイント・クラウド・データ及び CAD データにある位置合せの特徴 167、典型的には外部の特徴が、サーフェイサ・プログラムに確認され、その時、このプログラムはポイント・クラウド・データと CAD データとの最善のはめ合せ及び位置合せを行う。

【0022】

サーフェイサは、精度及び品質管理の点でポイント・クラウド・データ 140 によって表される実際のケーシング 2 の形状を操作して 3 次元解析するのに使う点処理及び曲線並びに面当てはめ能力を持っている。これは、ポイント・クラウド・データ 140 を予定の CAD データ 156 と 3 次元的に比較する事によって行われる。この発明の方法は、サーフェイサ又はその他の面作成ルーチンを使って、フォーク状流体通路 8 のような実際の又はポイント・クラウド・データ 156 の個別の特徴を、図 4 の計算機モニタ 170 に対する出力として示すように、表示する。

【0023】

この方法は、特に品質管理に役立ち、その場合、この方法を使って、フォーク状流体通路 8 のような部品の内部の特徴の実際のポイント・クラウド・データ 140 をその予定の CAD データ 156 と比較する事などにより、設計上の部品の形状に対する実際の部品の形状の精度を検査する事が出来る。面の作成は、可視表示装置を用いて、実際の部品からのディジタル化したポイント・クラウド・データを CAD モデル形状からの予定のデータと

10

20

30

40

50

比較する手段を含んでおり、サーフェイサは、実際のデータ及び予定のデータの間の変動を全面的に報告する能力を持っている。更に、図5及び6に示すように、部品の周りの異なる場所及び異なる観点からの比較を観察する事により、こういう変動を3次元的に観察する事が出来る。図5及び6は、実際のデータ及び予定のデータの間の変動又は不一致をカラーで例示しており、符号220は、フォーク状流体通路8の変動の範囲を表す、図5では-O乃至O、図6では-P乃至Pの異なる色を持つ目盛を含んでいる。変動を3次元的に観察する事により、観察者又は検査官は、部品の品質又は同形性をずっと良く正確に評価する事が出来る。不一致の品質管理評価は、自動的に又はオペレータが観察する事によって行う事が出来る。変動の範囲全体は、夫々図5及び6で対応する数値範囲NR及びNRの違いによって示されるように、観点によって異なる事がある事に注意されたい。これは、従来行われていたように、単にCT走査され又は切断されたスライス・データを組立てるのとは対照的に、この発明のデータの利点を更に明らかにするものである。

【0024】

図7は、ターピン羽根の壁214内に配置された冷却孔212を持つ冷却式ターピン羽根210の吟味並びに/又は検査に用いる事が出来るこの発明の第2の実施例を示している。この発明は、実際の中心線の場所及び向きの両方について、冷却孔212の実際の中心線215の精度を検査するためにも使う事が出来る。この発明の3DCT計測方法は、X線源26からのX線ビーム70及びX線検出器28を用いてターピン羽根210を走査して、前に述べたスライス・データを求め、その後羽根のポイント・クラウド・データ216をサーフェイサ・プログラムに供給する。サーフェイサを使って、図8に示す実施例では円筒形であるが、冷却孔212の予定の形218を、冷却孔の羽根のポイント・クラウド・データ216に面として当てはめる。その後、サーフェイサを使って、予定の形218に対応する実際の羽根のポイント・クラウド・データ216を使って、冷却孔212のような実際の特徴の実際の形状のデータ又は形状の定義を計算する。今の場合は、円筒形の孔であるが、この予定の形の1つの形状の定義は、実際の中心線215及びそれに対応する実際の中心線の位置ALを含む。この後、サーフェイサが、空間におけるその向き並びに中心線の位置ALを含めて実際の中心線215を、サーフェイサにCADフォーマットで予め記憶されている、その空間における向き及び中心線の位置ALを含む予定の中心線215の予定の形状の定義と視覚的に比較する。その後、サーフェイサは、自動的な又はオペレータの視覚手段による不一致の品質管理用の検査のために使う事が出来る。図8に示す映像を異なる観点から観察するために回転させて、実際の冷却孔212を3次元的に検査する事が出来る。

【0025】

この発明の上に述べた実施例は、この発明を説明するために提示したものである。これはこの発明を網羅するものではなく、或いはこの発明をここに開示したままの形に制限するものではなく、以上述べたところから、色々な変更が可能である。この発明の原理を説明するために、この発明の好ましい実施例を詳しく説明したが、特許請求の範囲に定めたこの発明の範囲を逸脱せずに、好ましい実施例に種々の変更を加える事が出来る事を承知されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】CT X線検査装置に取付けられた燃料制御ケーシングの斜視図で、この発明の第1の実施例に従って3次元CT走査データを予定のCADデータと比較する方法を例示している。

【図2】図1の燃料制御ケーシングの拡大斜視図で、ケーシングの内部コア又は通路を示す。

【図3】図1に示したCT X線検査装置を較正するために使われるCT X線較正基準の斜視図。

【図4】この発明の第1の実施例に従って、物体を3次元走査し、図1に示した燃料制御ケーシング内のフォーク状流体通路の実際の走査データと予定のCADデータとを比較する方法を例示する簡略フローチャート。

10

20

30

40

50

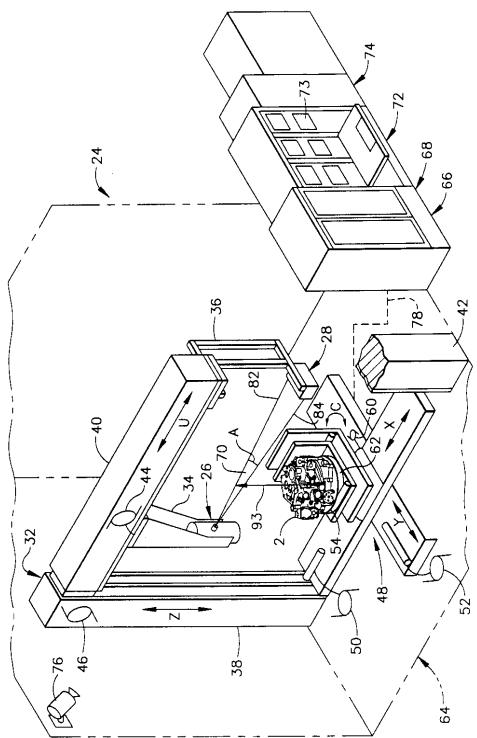
【図5】図4で用いるモニタの斜視図で、この発明の第1の実施例でフォーク状流体通路の実際の走査データの予定のCADデータに対する不一致の3次元表示をする事を示している。

【図6】図4に示したモニタの斜視図で、図5に示したのとは異なる観点から見たフォーク状流体通路の実際の走査データの予定のCADデータに対する不一致の3次元表示を示している。

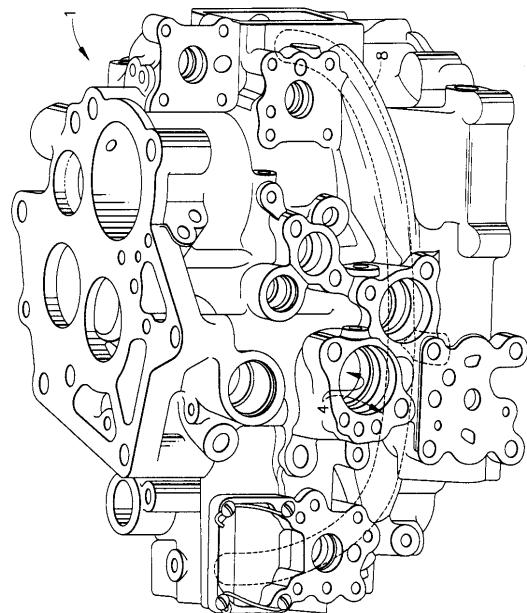
【図7】3次元CT走査を受ける冷却式タービン羽根の斜視図で、この発明の第2の実施例の方法を例示している。

【図8】図7に示した走査から取出された実際のポイント・クラウドを図7に示したタービン羽根の冷却孔の予定のCADデータと比較する方法を例示している。

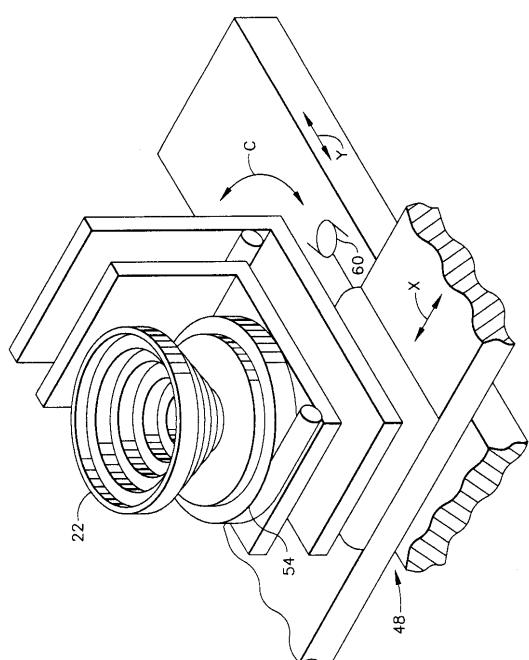
【図1】



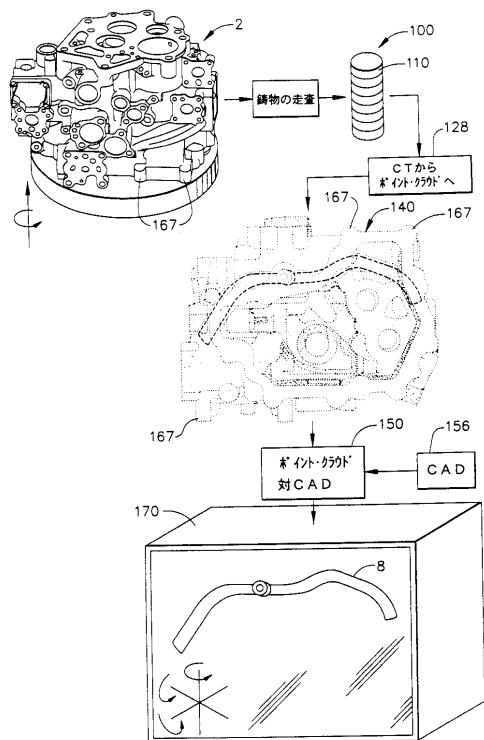
【図2】



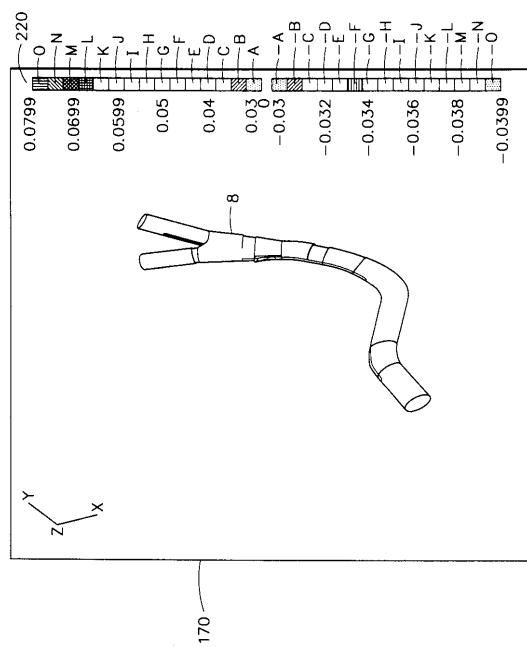
【図3】



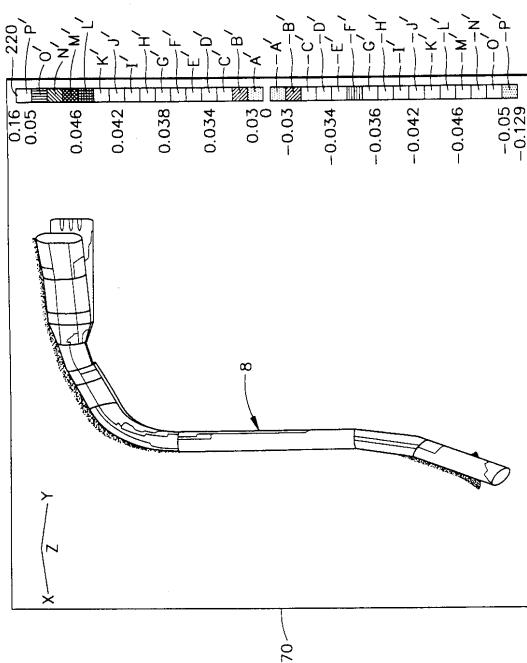
【図4】



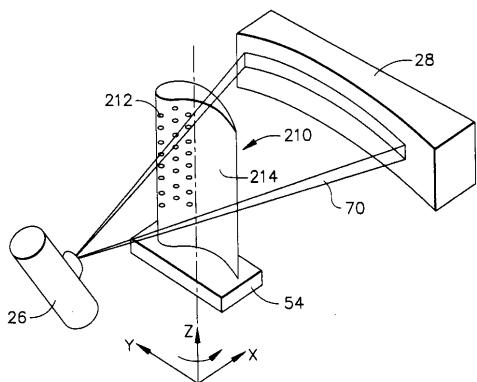
【図5】



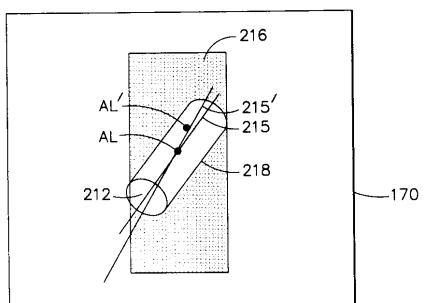
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

審査官 遠藤 孝徳

(56)参考文献 特表平3 - 5 0 0 5 8 0 (J P , A)

特開平2 - 8 8 9 5 1 (J P , A)

米国特許第5 3 4 5 4 9 0 (U S , A)

米国特許第5 1 1 9 4 0 8 (U S , A)

米国特許第5 6 2 1 6 4 8 (U S , A)

特表平4 - 5 0 6 0 3 7 (J P , A)

特開平7 - 4 9 9 6 8 (J P , A)

特開昭6 2 - 2 4 9 0 4 0 (J P , A)

A. Noble, R. Hartley, J. Mundy and J. Farley , "X-Ray Metrology for Quality Assurance" , IEEE International Conference on Robotics and Automation , 米国 , IEEE , 1994年 , 第2巻 , p . 1 1 1 3 - 1 1 1 9

Robert N. Yancey, Dennis S. Eliasen, Roosevelt Gibson, and Robert Dzugan , "CT-Assisted Metrology for Manufacturing Applications" , PROCEEDINGS OF SPIE Nondestructive Evaluation for Process Control in Manufacturing , 米国 , The International Society for Optical Engineering , 1996年12月 3日 , 第2948巻 , p . 2 2 2 - 2 3 1

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G01N 23/00 - 23/227

G06T 1/00

JST7580(JDream2)

JSTPlus(JDream2)