

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7672576号
(P7672576)

(45)発行日 令和7年5月7日(2025.5.7)

(24)登録日 令和7年4月24日(2025.4.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 F 30/10 (2020.01)

G 0 6 F 30/10 1 0 0

G 0 1 B 11/24 (2006.01)

G 0 1 B 11/24 A

請求項の数 10 (全18頁)

(21)出願番号	特願2024-514811(P2024-514811)	(73)特許権者	000006208
(86)(22)出願日	令和5年2月2日(2023.2.2)		三菱重工株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/003426		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(87)国際公開番号	WO2023/199575	(74)代理人	100149548
(87)国際公開日	令和5年10月19日(2023.10.19)		弁理士 松沼 泰史
審査請求日	令和6年3月13日(2024.3.13)	(74)代理人	100162868
(31)優先権主張番号	特願2022-65661(P2022-65661)		弁理士 伊藤 英輔
(32)優先日	令和4年4月12日(2022.4.12)	(74)代理人	100161702
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 橋本 宏之
		(74)代理人	100189348
			弁理士 古都 智
		(74)代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
		(72)発明者	水見 俊介
			東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 モデル生成装置、モデル生成システム、モデル生成方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象物の3次元形状の測定データを取得する取得部と、
前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートに設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な3次元モデルを生成する簡易3次元モデル生成部と、
前記簡易的な3次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位の寸法又は位置情報を測定する寸法測定部と、
測定された前記寸法又は位置情報を、前記テンプレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック3次元モデルを生成するモデル生成部と、
を備えるモデル生成装置。

10

【請求項2】

前記寸法測定部は、前記所定部位の寸法について、複数の方法で測定を行い、その測定結果に基づいて、前記所定部位の寸法を算出する、
請求項1に記載のモデル生成装置。

【請求項3】

前記寸法測定部は、前記所定部位について、三角形、円、円弧、楕円、矩形の平面、多角形、直方体、多面体、円筒、球、直線のうちの何れかの図形で近似し、近似に用いた前記図形に基づいて、前記所定部位の寸法を測定する、
請求項1または請求項2に記載のモデル生成装置。

20

【請求項 4】

前記測定データは前記対象物を撮影した画像であって、前記簡易 3 次元モデル生成部は、前記画像に基づくフォトグラメトリ法によって、前記簡易的な 3 次元モデルを生成する、請求項 1 または請求項 2 に記載のモデル生成装置。

【請求項 5】

前記測定データは前記対象物の形状を示す 3 次元位置情報であって、前記簡易 3 次元モデル生成部は、前記 3 次元位置情報に基づいて、前記簡易的な 3 次元モデルを生成する、請求項 1 または請求項 2 に記載のモデル生成装置。

【請求項 6】

対象物の 3 次元形状を測定する測定装置と、
請求項 1 又は請求項 2 に記載のモデル生成装置と、
を備えるモデル生成システム。

10

【請求項 7】

前記対象物は、内部に空間を含む形状を有し、
前記測定装置を移動体に装着し、前記移動体を前記空間内で移動させることによって、
前記測定データを測定する、
請求項 6 に記載のモデル生成システム。

【請求項 8】

前記対象物は、内部に空間を含む形状を有し、
所定の部材に前記測定装置を装着して、前記部材を前記空間に挿入することによって、
前記測定データを測定する、
請求項 6 に記載のモデル生成システム。

20

【請求項 9】

対象物の 3 次元形状の測定データを取得するステップと、
前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルのテンプレート
に設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な 3 次元モデル
を生成するステップと、
前記簡易的な 3 次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位
の寸法又は位置情報を測定するステップと、
測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルのテン
プレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック 3 次
元モデルを生成するステップと、
を有するモデル生成方法。

30

【請求項 10】

コンピュータに、
対象物の 3 次元形状の測定データを取得するステップと、
前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルのテンプレート
に設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な 3 次元モデル
を生成するステップと、
前記簡易的な 3 次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位
の寸法又は位置情報を測定するステップと、
測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルのテン
プレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック 3 次
元モデルを生成するステップと、
を実行させるプログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モデル生成装置、モデル生成システム、モデル生成方法及びプログラムに関
する。本開示は、2022 年 4 月 12 日に、日本に出願された特願 2022 - 06566

50

1号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

蒸気タービン低圧車室などの大型機器は、一般に製造公差も大きく、必ずしも図面通りにできていない場合が多い。運転後のタービン内部構造は熱変形などを起こしており、製造時の形状や寸法からずれている可能性がある。長期間運転された後のタービン内部構造について、実際の形状をモデルに起こし、実機の流動状態を把握することは、性能評価などを行ううえで非常に重要である。特に性能に影響を与えるディフューザ流路部の寸法を、ある程度実形状に近い形で素早く評価できることは、非常に重要である。他社製のタービンを自社製のタービンに交換することが決まった場合、従来であれば車室解放後に、数日から1週間程度をかけて、メジャーやレーザ計測器などを用いて車室の寸法計測作業を行っている。関連する技術として、特許文献1には、レーザ等の非接触型の計測手段を用いて対象物の全体形状を測定し、測定により得られたデータに基づいて、対象物の3次元形状を円筒、曲面、平面等の組み合わせで表現した合形状データを作成し、合形状データからCADデータを作成する技術が開示されている。しかし、レーザ等によって対象物の全体形状を測定し、CADデータを生成する処理の場合、対象物の全体形状を定義する多数のデータを漏れなく測定する必要があるため、やはり、3次元モデルの生成には多くの時間が必要となる可能性がある。例えば形状の欠落なく情報を取得できたとしても、レーザやLiDAR (Light Detection and Ranging) 等の非接触多点計測装置で得られる点群データは、直接解析用に利用するには、データ点数が多過ぎ(データ点密度が高すぎ)、かつ細かいノイズを含むため、合理的にデータ点を間引く作業が必要となり、さらに時間がかかることになる。

10

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2013-32922号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

図面情報が無くても、短時間で対象物の3次元モデルを生成することができる技術が求められている。

30

【0005】

本開示は、上述の課題を解決することのできるモデル生成装置、モデル生成システム、モデル生成方法及びプログラムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様によれば、モデル生成装置は、対象物の3次元形状の測定データを取得する取得部と、前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートに設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な3次元モデルを生成する簡易3次元モデル生成部と、前記簡易的な3次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位の寸法又は位置情報を測定する寸法測定部と、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック3次元モデルを生成するモデル生成部と、を備える。

40

【0007】

本開示の一態様によれば、モデル生成システムは、対象物の3次元形状を測定する測定装置と、上記のモデル生成装置と、を備える。

【0008】

本開示の一態様によれば、モデル生成方法は、対象物の3次元形状の測定データを取得するステップと、前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック3次元モデル

50

のテンプレートに設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な3次元モデルを生成するステップと、前記簡易的な3次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位の寸法又は位置情報を測定するステップと、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック3次元モデルを生成するステップと、を有する。

【0009】

本開示の一態様によれば、プログラムは、コンピュータに、対象物の3次元形状の測定データを取得するステップと、前記測定データに基づいて、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートに設定するための寸法又は位置情報を測定するための前記対象物の簡易的な3次元モデルを生成するステップと、前記簡易的な3次元モデルにおける、前記テンプレートの設定項目に含まれる所定部位の寸法又は位置情報を測定するステップと、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック3次元モデルのテンプレートの前記所定部位に対応する設定項目に設定し、前記対象物のパラメトリック3次元モデルを生成するステップと、を実行させる。

10

【発明の効果】

【0010】

上記したモデル生成装置、モデル生成システム、モデル生成方法及びプログラムによれば、短時間で対象物の3次元モデルを生成することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0011】

【図1】本開示の一実施形態におけるモデル生成システムの一例を示すブロック図である。

【図2】対象物の図面情報に基づく3次元モデルの一例を示す図である。

【図3】本開示の一実施形態に係る対象物の形状を測定する処理の一例を示す図である。

【図4】本開示の一実施形態に係る簡易的な3次元モデルの生成処理の概略図である。

【図5】本開示の一実施形態に係る寸法測定処理を説明する第1の図である。

【図6A】本開示の一実施形態に係る寸法測定処理を説明する第2の図である。

【図6B】本開示の一実施形態に係る寸法測定処理を説明する第3の図である。

【図6C】本開示の一実施形態に係る寸法測定処理を説明する第4の図である。

【図6D】本開示の一実施形態に係る寸法測定処理を説明する第5の図である。

30

【図7】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第1の図である。

【図8A】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第2の図である。

【図8B】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第3の図である。

【図9】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第4の図である。

【図10A】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第5の図である。

40

【図10B】本開示の一実施形態に係るディフューザの寸法測定処理を説明する第6の図である。

【図11】本開示の一実施形態に係るテンプレートへの寸法の設定について説明する図である。

【図12】本開示の一実施形態に係るモデル生成処理の一例を示すフローチャートである。

【図13】本開示の一実施形態におけるモデル生成装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

<実施形態>

50

(システム構成)

以下、本開示の一実施形態によるモデル生成方法について、図 1 ~ 図 1 3 を参照して説明する。図 1 は、本開示の一実施形態におけるモデル生成システムの一例を示すブロック図である。モデル生成システム 1 0 0 は、測定装置 1 0 と、モデル生成装置 2 0 と、表示装置 3 0 と、を備える。モデル生成システム 1 0 0 は、図面情報が無い対象物の 3 次元モデルを短時間で生成する。対象物は、特に限定されず、タービンやボイラ等の各種の大型機械や機器を対象として 3 次元モデルを生成することができる。以下、一例として、対象物が、蒸気タービンの車室の場合を例に説明を行う。

【 0 0 1 3 】

図 2 に蒸気タービンの車室の C A D (computer-aided design) データ (図面情報) に基づく 3 次元モデル 2 0 0 の一例を示す。車室の内部には、平面や円筒面で囲まれた空間が設けられており、その空間には、配管など様々な構造物が設けられている。車室の内部および外部の形状は、円、楕円、矩形平面、円筒などの組み合わせで表現される複雑な形状を形成しており、図面情報が無い状態で、図 2 に例示するような C A D データに基づく 3 次元モデル 2 0 0 を構築するためには、長時間をかけて、車室の各部位の寸法や位置情報を測定する必要がある。車室の側面に設けられたマンホール 2 0 1 を開けると、人が内部へ入って点検等を行うことができるが、内部の空間や各構造物の形状を測定する為には、足場を組む必要があり、図面情報の代替となるような寸法等を測定することは容易ではない。そこで本実施形態では、パラメトリック C A D の機能を利用して、予め車室形状の 3 次元モデルのテンプレートを作成しておき、このテンプレートに、実際の車室の寸法を適用することにより、対象物のパラメトリック C A D モデルを生成し、このパラメトリック C A D モデルを使って性能等の解析を行う。テンプレートに適用する車室の寸法については、測定装置 1 0 によって、車室の内部形状を測定し、この測定結果に基づいて、一旦、簡易的な 3 次元モデルを生成する。そして、生成した簡易的な 3 次元モデルに基づいて必要な寸法を測定する。これにより、実機を使った測定時間を大幅に短縮し、短時間で 3 次元モデル生成を実現する。

【 0 0 1 4 】

測定装置 1 0 は、対象物の形状を測定する非接触のセンサである。例えば、測定装置 1 0 は、動画または静止画を撮影するカメラなどの撮像装置、レーザスキャナや L i D A R などの 3 次元距離計である。測定装置 1 0 は、3 次元モデルを生成する対象物の内部および外部の 3 次元形状を測定する。

【 0 0 1 5 】

図 3 に、測定装置 1 0 としてカメラを用いて、蒸気タービンの車室の内部の形状を測定する様子を示す。例えば、作業員が、マンホール 2 0 1 などの開口部からカメラを内部に向けて撮影することにより内部形状を測定してもよいし、カメラや照明が搭載されたドローンを車室の内部にて移動させて撮影を行うことにより内部形状を測定してもよい。あるいは、棒状部材のような補助具の先端にカメラや照明を装着し、作業員が、補助具を排気室内部に挿入して内部の様子を撮影してもよい。これら、開口部からの撮影、ドローンによる撮影、補助具を用いた撮影を同時に並行して行ってもよい。カメラによって撮影する画像は、動画でも静止画でもよい。ドローンや補助具を用いることで、蒸気タービンの車室の内部のように、人が直接立ち入ることが難しい場所でも対象部位に接近して測定を行うことができる。ユーザが運用している蒸気タービンの形状を測定できる機会や時間は限られているが、カメラによる測定では、一度に広範囲の画像が取得できるので、測定を短時間で完了させることができる。開口部からの撮影、ドローンや補助具を用いた撮影を並行して行うことで、さらに測定時間を短縮することができる。3 次元計測についても、ドローンや補助具を使用して、カメラの場合と同様に対象物の形状の測定を行うことができる。カメラを用いた画像撮影による測定と 3 次元距離計による測定の両方を並行して行ってもよい。3 次元距離計による測定では、画像撮影に比べて一度に測定できる範囲は狭くなるが、測定精度は向上する。従って、測定精度が求められない箇所については、画像撮影による測定を行い、測定精度が要求される箇所については、3 次元距離計による測定を

10

20

30

40

50

行うようにしてもよい。

【0016】

モデル生成装置20は、データ取得部21と、入力受付部22と、テンプレート作成部23と、簡易モデル生成部24と、寸法測定部25と、モデル生成部26と、出力部27と、記憶部28とを備える。

【0017】

データ取得部21は、測定装置10が測定した対象物の形状を示す測定データを取得する。測定データとは、例えば、カメラが撮影した画像や、3次元距離計が測定した3次元座標データである。

【0018】

入力受付部22は、キーボード、マウス、タッチパネル、ボタン等の入力装置を用いて構成され、入力装置を用いたユーザの入力を受け付ける。例えば、入力受付部22は、後述する簡易的な3次元モデルを使用した寸法の測定において、寸法を測定すべき部位の入力や測定方法の入力を受け付ける。

【0019】

テンプレート作成部23は、パラメトリック型のCADのソフトウェアが備えるパラメトリック機能を利用して、対象物の3次元形状を模したテンプレートとそのテンプレートに設定する設定項目の一覧を作成する。汎用型のCADソフトウェアを使用すると、任意のモデルを作ることができる代わりに、1つ1つの形状を手作業で作るためモデル化には時間がかかる。これに対し、パラメトリック型のCADソフトウェアを使用すると、必要な寸法情報を入力するだけで、モデルの生成に必要な残りの作業をソフトウェア側が自動的に実行するため短時間でモデルの生成が可能である。ただし、この機能を利用するためには、事前にテンプレートを準備する必要がある。テンプレートが準備されていれば、基本的にはトポロジ的に破綻をきたさない範囲の任意の寸法値にパラメータを変更してモデルを構築できる。テンプレートでは、そのテンプレートを構成する各構成要素が、その生成方法（例えば「押し出し」等）ごとに構成要素単位で管理され、各構成要素については、その要素の種類（線分、円、円筒など）や位置、水平方向および垂直方向の寸法、角度、円の場合であれば半径、構成要素に含まれるある2点間の距離、複数の構成要素間の接続関係などが設定できるように構成されている。ここに例示した要素の種類～複数の構成要素間の接続関係は、後述する設定項目の一例である。設定項目に適切な値を設定することで、テンプレート化した元の対象物の形状の特徴を維持しつつも、柔軟に各構成要素のサイズ等を変更した3次元モデル（パラメトリックCADモデル）を生成することができる。3次元のCADデータを1から作成することは非常に手間がかかるが、パラメトリックCADモデルであれば、予め作成しておいたテンプレートの設定項目に寸法や位置情報などの数値を設定するだけで容易に3次元モデルを生成することができる。テンプレートは、一旦、作成しても、後に変更や調整を加えることが可能である。

【0020】

簡易モデル生成部24は、データ取得部21が取得した測定データに基づいて、対象物の簡易的な3次元モデルを生成する。簡易的な3次元モデルは、例えば、点群（対象物表面の座標データの集合）、STL（Standard Triangulated Language、ポリゴンデータ）等である。画像や3次元座標データから3次元モデルを生成する方法には、フォトグラメトリ法、光造形法などの任意の公知の方法を使用することができる。図4に、フォトグラメトリ法によって3次元モデルを生成する処理の概略を示す。データ取得部21は、複数の画像を取得する（401）。簡易モデル生成部24は、それぞれの画像の共通部分を重ね合わせて統合画像を生成し（402）、その統合画像を3次元モデル化する（403）。簡易的な3次元モデルは、そのままでは、性能解析などに用いることができる精度を有しないが、パラメトリックCADモデルを生成するために必要なテンプレートに設定する寸法等を測定する目的で生成される。

【0021】

寸法測定部25は、簡易モデル生成部24が生成した簡易的な3次元モデルに基づいて

10

20

30

40

50

、対象物の各所の寸法や位置情報を算出する。例えば、寸法測定部 25 は、3 次元モデルを読み込んで、3 次元モデルの断面を計算して図示する機能、3 次元モデルの各所のサイズ、面積、角度などを測定する機能を有するソフトウェアを含んで構成される。例えば、図 5 に例示する範囲 501 のパイプについて、寸法測定部 25 は、円筒近似を行ってパイプの直径を測定する。角度 502 について、部材 503 と “ - X の方向 ” の角度を計算して、角度 502 を測定する。例えば、部材 600 の直径について、寸法測定部 25 は、図 6 A に例示するように、ノギス 601 を、部材 600 を挟むようにして部材 600 の外径を測定する。あるいは、寸法測定部 25 は、図 6 B に例示するように、ノギス 601 で、部材 600 の内径を測定する。図 6 C に例示するように、ユーザが、入力受付部 22 を通じて、点 602 と点 603 を指定して 2 点間の距離を測定するように指示すると、寸法測定部 25 は、この 2 点間の長さを測定する。同様に、ユーザが、入力受付部 22 を通じて、点 604 と点 605 を指定して 2 点間の距離を測定するように指示すると、寸法測定部 25 は、この 2 点間の長さを測定する。このように同じ部位についても測定位置を少しずつすることによって、複数の測定結果が得られる。図 6 D に例示するように、部材 600 を別の角度から見たときの 3 次元モデルについて、点 606 と点 607 が指定されると、寸法測定部 25 は、この 2 点間の長さを測定し、点 609 と点 610 が指定されると、寸法測定部 25 は、点 609 から点 610 までの長さを測定する。このように、ユーザが寸法を取得する部位（例えば、部材 600 の直径）を指定すると、寸法測定部 25 は、簡易的な 3 次元モデルを使用して、様々な方法で測定することができる。従って、例えば、ある方向から見た部材 600 に欠けなどが存在し、長さ等の寸法が測定しにくくても、他の方向から見た 3 次元モデルを使って同じ部分の寸法を測定することができる。あるいは、同じ方向から見た 3 次元モデルであっても、複数の方法（例えば、図 6 A , 6 B の外径と内径、図 6 C , 6 D 各々について異なる 2 点間の距離）で同じ部位についての寸法測定を行うことができ、測定精度を担保することができる。複数の方法で、測定を行った場合、寸法測定部 25 は、全ての測定値の平均、又は、最大値と最小値を除いた残りの測定値の平均を計算して、この値を当該部位の最終的な寸法の測定値として出力してもよい。

【0022】

寸法測定部 25 は、所定の位置を原点としたときの各部位の位置情報を測定することができる。例えば、ユーザが、点 606 を指定して、座標情報の表示を指示すると、寸法測定部 25 は、点 606 の位置情報を測定し、出力する。例えば、テンプレートにて、部位の位置情報の設定が要求される場合、ユーザは、テンプレートの当該設定項目に対して、寸法測定部 25 が測定した位置情報を設定することができる。

【0023】

寸法測定部 25 は、回転対称な形状に対しては、その回転中心を通る複数の断面を解析して、その形状を推定し、寸法を測定する。図 7 に蒸気タービン車室に設けられたディフューザの簡易的な 3 次元モデルの一例を示す。ディフューザの中心部は、ロータが通る穴が形成されており、穴の周りのすり鉢状の部位はベアリングコーンと呼ばれている。ユーザが、ディフューザの中心 P を通る平面 1 ~ 4 を指定する。すると、寸法測定部 25 は、平面 1 ~ 4 で切断したときの断面を計算し図示する。一例として、平面 1 の切断面と平面 2 の切断面とをそれぞれ、図 8 A、図 8 B に示す。図 8 A、図 8 B に、ベアリングコーン 801、フローガイド 802 を示す。ベアリングコーン 801、フローガイド 802 は、蒸気タービンの性能に関係が深く、モデル化の際には、精度が要求されるパーツである。ユーザは、図示されたベアリングコーン 801 およびフローガイド 802 の良し悪しを判断し、判断結果を、入力受付部 22 を通じてモデル生成装置 20 へ入力する。例えば、図 8 B のベアリングコーン 801 の場合、欠け（範囲 803）があり、角が出ていない（範囲 804）ため、ユーザは、「悪い」と判断する。

【0024】

寸法測定部 25 は、ベアリングコーン 801 については、「良い」と判断されたデータに対して、ユーザの指示に基づいて直線近似を行い、その寸法を計算する。一例として、平面 1 で切断した断面図に対する直線近似と寸法測定の結果を図 9 に示す。図中、線 17

10

20

30

40

50

～ 2 4 で示された各線が、所定の区間ごとにベアリングコーン 8 0 1 の形状を近似する直線である。寸法測定部 2 5 は、線 1 7 ～ 2 4 それぞれの長さ（正確には、近似直線 1 7 ～ 2 4 それぞれの両端の座標位置）を計算する。平面 2 の切断面については、ユーザの評価は「悪い」であったので、直線近似および測定は行わない。図示を省略するが、寸法測定部 2 5 は、平面 3 および平面 4 の切断面についても、図 9 に例示するものと同様に、所定の区間ごとに直線近似を行って、各直線の長さ（正確には、各直線の両端の座標位置）を測定する。そして、寸法測定部 2 5 は、各切断面の測定結果を平均してベアリングコーン 8 0 1 の各区間の近似直線とその長さを算出する。ベアリングコーン 8 0 1 の形状は、点 P を中心として、回転対称であるから、平均して求めた各近似直線によって、ベアリングコーン 8 0 1 の形状を推定することができる。ベアリングコーン 8 0 1 のモデリング精度を向上したい場合には、より多数の平面で切断するようにしてサンプル数を多くすることで精度の向上が期待できる。

10

【 0 0 2 5 】

寸法測定部 2 5 は、フローガイド 8 0 2 については、「良い」と判断されたデータに対して、ユーザの指示に基づいて円弧による近似を行い、その寸法を計算する。一例として、平面 1、2 で切断した断面図に対する円弧近似と寸法測定の結果をそれぞれ図 1 0 A、図 1 0 B に示す。寸法測定部 2 5 は、各フローガイド 8 0 2 をそれぞれ円弧 c 1 ～ c 4 で近似する。寸法測定部 2 5 は、円弧 c 1 ～ c 4 の中心の位置情報と直径の長さを測定する。寸法測定部 2 5 は、平面 3 および平面 4 の切断面についても、各フローガイド 8 0 2 を円弧で近似し、円弧の中心の位置情報と直径の長さを測定する。そして、寸法測定部 2 5 は、各切断面を測定した結果を平均してフローガイド 8 0 2 を近似する円弧の座標位置や直径の平均を算出する。フローガイド 8 0 2 の形状は、点 P を中心として、回転対称であるから、平均して求めた円弧によって、フローガイド 8 0 2 の形状を推定することができる。フローガイド 8 0 2 のモデリング精度を向上したい場合には、より多数の平面で切断するようにしてサンプル数を多くすることで精度の向上が期待できる。ベアリングコーン 8 0 1 を複数の直線で近似することやフローガイド 8 0 2 を円で近似することについては、蒸気タービンの工学的な知見を有するものであれば公知であって、車室の製造メーカを問わず、同様の手法でベアリングコーン 8 0 1 とフローガイド 8 0 2 の寸法を精度よく測定することができる。

20

【 0 0 2 6 】

モデル生成部 2 6 は、テンプレート作成部 2 3 が作成したパラメトリック C A D モデルのテンプレートに、寸法測定部 2 5 が測定した寸法を設定して、対象物の 3 次元モデル（パラメトリック C A D モデル）を生成する。例えば、モデル生成部 2 6 は、パラメトリック C A D の機能を有するソフトウェア（パラメトリック型の C A D ソフトウェア）を含んでいる。このようなソフトウェアでは、図 1 1 に例示するように、テンプレートの設定項目に値を設定するインタフェース T 2 0 0 を備えている。ユーザは、インタフェース T 2 0 0 を通じて、寸法測定部 2 5 が測定した寸法や位置情報を入力する。モデル生成部 2 6 は、入力された寸法や位置情報を読み込んで、各値をテンプレートに設定し、対象物の 3 次元モデル 2 0 2（パラメトリック C A D モデル）を生成する。図 1 1 の 3 次元モデル 2 0 2 を図 2 に例示する C A D データに基づく 3 次元モデルと比較すると、簡易な 3 次元モデルが生成される。図 2 に例示する 3 次元モデルの場合、汎用型の C A D ソフトウェアを用いて 1 からモデルを生成する為、非常に時間がかかる（例えば、1 ～ 2 カ月）。細部の寸法データが無いと、モデルを生成することができない。これに対し、本例における蒸気タービンの車室（低圧排気室）の性能は「圧力回復性能」で評価され、その値は、排気室本体と主だった内部部材、例えば、上述のベアリングコーンやフローガイドを含むディフューザの寸法、形状、配置などでほぼ規定される。言い換えると、その他の小型の内部部材の性能への影響は小さく、別の方法である程度は見積もることができるため、図 1 1 に例示する小型の内部部材を省いた 3 次元モデル 2 0 2 による性能評価でも目的を果たすことができる。しかも、3 次元モデル 2 0 2 であれば、細かな測定データの漏れや、簡易的な 3 次元モデルに欠損があったとしても生成することができ、且つ、短時間（例えば、1

30

40

50

～ 2 週間) で生成することができる。

【 0 0 2 7 】

出力部 2 7 は、簡易モデル生成部 2 4 が生成した簡易的な 3 次元モデル、寸法測定部 2 5 が計算した切断面の図、モデル生成部 2 6 が生成した 3 次元モデル 2 0 2 等を表示装置 3 0 へ表示する。

【 0 0 2 8 】

記憶部 2 8 は、データ取得部 2 1 が取得した測定データ、簡易モデル生成部 2 4 が生成した簡易的な 3 次元モデル(点群のデータや S T L)、テンプレート作成部 2 3 が作成したパラメトリック C A D モデルのテンプレート及び設定項目の情報などを記憶する。

【 0 0 2 9 】

表示装置 3 0 は、液晶ディスプレイ等を用いて構成される。表示装置 3 0 は、出力部 2 7 が出力した情報を表示する。

【 0 0 3 0 】

(動作)

次に図 1 2 を用いて、モデル生成システム 1 0 0 を用いたモデル生成処理の流れを説明する。

まず、テンプレート作成部 2 3 が、パラメトリック C A D モデルのテンプレートを作成する(ステップ S 1)。ユーザは、テンプレート作成部 2 3 の機能を使って、蒸気タービンの車室など、対象物のテンプレートを作成する。対象物の形状に複数のタイプが複数存在する場合、ユーザは、テンプレートを複数作成しておく。テンプレート作成部 2 3 は、作成したテンプレートを記憶部 2 8 に記録する。

【 0 0 3 1 】

次に、測定装置 1 0 を使用して、対象物の 3 次元形状を測定する(ステップ S 2)。例えば、ユーザは、カメラ、3 次元距離計などを使用して、車室の内部形状を測定する。カメラで画像を撮影することにより、短時間で測定することができる。3 次元距離計を使用して測定を行うことによって、より高精度に内部形状を測定することができる反面、測定範囲に制限があるため、測定に時間が掛かる。3 次元距離計を使用して測定した場合、複数の画像を統合して画像を生成する処理や、画像から S T L 等の 3 次元モデルを生成する処理が省けるため処理時間を短縮することができる。ユーザは、測定装置 1 0 の性質に基づいて、カメラと 3 次元距離計を併用してもよい。例えば、3 次元モデル生成後の性能の解析で性能に大きな影響がある箇所については、3 次元距離計を使用して測定を行い、性能にあまり関係しない箇所については画像の撮影によって測定を行ってもよい。

【 0 0 3 2 】

次に、データ取得部 2 1 が、測定装置 1 0 が測定した測定データを取得する(ステップ S 3)。データ取得部 2 1 は、取得した測定データを記憶部 2 8 に記録する。次に簡易モデル生成部 2 4 が、記憶部 2 8 に記録された測定データに基づいて、簡易的な 3 次元モデルを生成する(ステップ S 4)。簡易的な 3 次元モデルは、寸法の採取を目的とするものであるから、欠けや歪みがあっても、主要な寸法や位置情報が測定できれば問題ない。簡易モデル生成部 2 4 は、フォトグラメトリ法などの公知の技術を使用して、対象物の簡易的な 3 次元モデルを生成する。

【 0 0 3 3 】

次に、寸法測定部 2 5 が、簡易的な 3 次元モデルに基づいて寸法の測定を行う(ステップ S 5)。寸法測定部 2 5 は、ユーザの指示に基づいて、対象物のテンプレートの設定項目に含まれる寸法を測定する。例えば、ある部材の長さを測定する場合、その部材の長さを複数の方法で測定し(測定位置を少しずらす等)、平均値などを計算することによって、部材の長さを測定する。これにより、簡易的な 3 次元モデルに欠けなどの欠陥があったとしても測定する寸法の精度を保つことができる。ユーザは、寸法の測定を指示する場合、近似方法を指定してもよい。例えば、ユーザは、配管の側面に対して円筒で近似するよう指示し、円筒近似により、その配管の直径を測定してもよい。例えば、ユーザは、配管の断面に対して円で近似するよう指示し、円近似により、その配管の直径を測定してもよ

10

20

30

40

50

い。円近似による配管直径の測定精度を向上するために、配管の数多くの位置で断面を生成し、各断面について円近似を行ってもよい。同様に、寸法測定部 25 は、測定対象となる部位の形状に応じて、三角形、楕円、矩形の平面、多角形、直方体、多面体、球などの図形に近似して、近似した図形に基づいて、対象部位の寸法や位置情報を測定することができる。図 8 A 等で例示したベアリングコーン 801 やフローガイド 802 などの曲面については、曲面を所定区間ごとに区切り、区切った各区間を直線で近似してもよいし、曲面全体を円弧や楕円などで近似してもよい。出力部 27 は、寸法測定部 25 が測定した寸法や位置情報を簡易的な 3 次元モデル、又はその断面図などと共に表示装置 30 へ出力する（ステップ S6）。ユーザは、必要な寸法が測定されているかどうかを確認し、足りないところがあれば、所定の操作を行って、寸法測定部 25 に測定を実行させる。

10

【0034】

次に、モデル生成部 26 がステップ S1 で作成したテンプレートの設定項目に、ステップ S6 で出力された寸法等を設定する（ステップ S7）。例えば、ユーザは、インタフェース T200 に寸法測定部 25 によって測定された寸法を入力する。ステップ S1 で複数のテンプレートを作成した場合、ユーザは、簡易的な 3 次元モデルの形状や寸法を確認して、最も近い形状のテンプレートを選択し、そのテンプレートの設定項目に、測定された寸法や位置情報を入力する。設定項目に寸法や位置情報が設定されると、モデル生成部 26 は、対象物の 3 次元モデル（パラメトリック CAD モデル）を生成する（ステップ S8）。出力部 27 は、表示装置 30 へ生成された 3 次元モデルを出力する（ステップ S9）。ユーザは、表示装置 30 が出力した 3 次元モデルを確認して、修正が必要かどうかを判断する（ステップ S10）。修正が必要ない場合（ステップ S10；No）、3 次元モデルの生成処理を完了する。ユーザは、生成された 3 次元モデルを使用して性能の解析などを行う。修正が必要な場合（ステップ S10；Yes）、ユーザは、パラメトリック CAD モデルのテンプレートを修正する（ステップ S11）。テンプレートを修正した場合、必要に応じて、ステップ S5 からの処理を繰り返し行う。

20

【0035】

以上説明したように、本実施形態によれば、（1）対象物のモデル生成用のパラメトリック CAD モデルのテンプレートを準備しておく、（2）3 次元モデルの生成に必要な寸法情報を取得するために、対象物の 3 次元の形状を非接触で測定する、（3）測定結果を用いて、簡易的な 3 次元モデル（点群や STL）を構築する、（4）簡易的な 3 次元モデルからテンプレートに設定する寸法や位置情報を抽出する、（5）パラメトリック CAD モデルのテンプレートを利用して 3 次元モデルを生成する、という処理により、図面情報が無い対象物の 3 次元モデルを短時間に生成することができる。非接触による形状の測定や測定データを用いて簡易的な 3 次元モデルを生成することにより、蒸気タービンの車室（特に低圧の排気室）やボイラなど、簡単に人が立ち入って測定を行うことができない構造物（例えば、内部に空間がある構造物や、内部空間に配管等の様々な構造物が設けられている構造物など）についても 3 次元モデルを生成することができる。これにより、他社製品からのリブレース時、低圧タービン等の大型機械の換装、改造工事時などに評価目的の 3 次元モデルを短時間で生成することができる。

30

【0036】

図 13 は、本開示の一実施形態におけるモデル生成装置のハードウェア構成の一例を示す図である。コンピュータ 900 は、CPU 901、主記憶装置 902、補助記憶装置 903、入出力インタフェース 904、通信インタフェース 905 を備える。上述のモデル生成装置 20 は、コンピュータ 900 に実装される。そして、上述した各機能は、プログラムの形式で補助記憶装置 903 に記憶されている。CPU 901 は、プログラムを補助記憶装置 903 から読み出して主記憶装置 902 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。CPU 901 は、プログラムに従って、記憶領域を主記憶装置 902 に確保する。CPU 901 は、プログラムに従って、処理中のデータを記憶する記憶領域を補助記憶装置 903 に確保する。

40

【0037】

50

モデル生成装置 20 の全部または一部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各機能部による処理を行ってもよい。ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。「コンピュータシステム」は、WWW システムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、CD、DVD、USB 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。このプログラムが通信回線によってコンピュータ 900 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 900 が当該プログラムを主記憶装置 902 に展開し、上記処理を実行しても良い。上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよい。モデル生成装置 20 は、複数のコンピュータ 900 によって構成されていても良い。記憶部 28 は、コンピュータ 900 とは別体の外部記憶装置に記憶されていても良い。

10

【0038】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。この発明の技術範囲は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

20

【0039】

< 付記 >

各実施形態に記載のモデル生成装置 20、モデル生成システム 100、モデル生成方法及びプログラムは、例えば以下のように把握される。

【0040】

(1) 第 1 の態様に係るモデル生成装置 20 は、対象物の 3 次元形状の測定データを取得する取得部と、前記測定データに基づいて 3 次元モデルを生成する簡易 3 次元モデル生成部と、前記 3 次元モデルに基づいて、前記対象物の所定部位の寸法又は位置情報を測定する寸法測定部と、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルのテンプレートに設定し、前記対象物のパラメトリック 3 次元モデルを生成するモデル生成部と、を備える。

30

これにより、対象物の図面情報が存在しない場合でも短時間で、対象物の 3 次元モデルを生成することができる。

【0041】

(2) 第 2 の態様に係るモデル生成装置 20 は、(1) のモデル生成装置 20 であって、前記寸法測定部 25 は、前記所定部位の寸法について、複数の方法で測定を行い、その測定結果に基づいて、前記所定部位の寸法を算出する。

これにより、3 次元モデルに欠損や歪みなどがあっても寸法の測定精度を維持することができる。

【0042】

(3) 第 3 の態様に係るモデル生成装置 20 は、(1) ~ (2) のモデル生成装置 20 であって、前記寸法測定部は、前記所定部位について、三角形、円、円弧、楕円、矩形の平面、多角形、直方体、多面体、円筒、球、直線のうちの何れかの図形で近似し、近似に用いた前記図形に基づいて、前記所定部位の寸法を測定する。

40

これにより、3 次元モデルに欠損や歪みなどがあっても所定部位の寸法を測定することができる。

【0043】

(4) 第 4 の態様に係るモデル生成装置 20 は、(1) ~ (3) の何れかに記載のモデル生成装置 20 であって、前記測定データは前記対象物を撮影した画像であって、前記簡易 3 次元モデル生成部は、前記画像に基づくフォトグラメトリ法によって、前記 3 次元モデルを生成する。

50

これにより、寸法の測定に用いる簡易的な３次元モデルを生成することができる。

【００４４】

（５）第５の態様に係るモデル生成装置２０は、（１）～（４）の何れかに記載のモデル生成装置２０であって、前記測定データは前記対象物の形状（例えば、対象物外部の表面形状、対象物内部の表面形状）を示す３次元位置情報であって、前記簡易３次元モデル生成部は、前記３次元位置情報に基づいて、前記３次元モデルを生成する。

これにより、寸法の測定に用いる簡易的な３次元モデルを生成することができる。例えば、簡易的な３次元モデルは、３次元距離計によって計測された位置情報の集合（点群）であってもよい。

【００４５】

（６）第６の態様に係るモデル生成システム１００は、対象物の３次元形状を測定する測定装置と、（１）～（５）に記載のモデル生成装置と、を備える。

これにより、図面情報が無い対象物の３次元モデルを短時間で生成することができる。

【００４６】

（７）第７の態様に係るモデル生成システム１００は、（６）に記載のモデル生成システム１００であって、前記対象物は、内部に空間を含む形状を有し、前記測定装置を移動体に装着し、前記移動体を前記空間内で移動させることによって、前記測定データを測定する。

これによって、人が立ち入って測定することが難しい内部形状を有する対象物についても、内部形状を測定し、３次元モデルを生成することができる。

【００４７】

（８）第８の態様に係るモデル生成システム１００は、（６）～（７）の何れかに記載のモデル生成システム１００であって、前記対象物は、内部に空間を含む形状を有し、所定の部材（棒状部材や板状部材、竿の先端に吊す等）に前記測定装置を装着して、前記部材を前記空間に挿入することにより、前記測定データを測定する。

これによって、人が立ち入って測定することが難しい内部形状を有する対象物についても、内部形状を測定し、３次元モデルを生成することができる。

【００４８】

（９）第９の態様に係るモデル生成方法は、対象物の３次元形状の測定データを取得するステップと、前記測定データに基づいて３次元モデルを生成するステップと、前記３次元モデルに基づいて、前記対象物の所定部位の寸法又は位置情報を測定するステップと、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック３次元モデルのテンプレートに設定し、前記対象物のパラメトリック３次元モデルを生成するステップと、を有する。

【００４９】

（１０）第１０の態様に係るプログラムは、コンピュータに、対象物の３次元形状の測定データを取得するステップと、前記測定データに基づいて３次元モデルを生成するステップと、前記３次元モデルに基づいて、前記対象物の所定部位の寸法又は位置情報を測定するステップと、測定された前記寸法又は位置情報を、前記対象物のパラメトリック３次元モデルのテンプレートに設定し、前記対象物のパラメトリック３次元モデルを生成するステップと、を実行させる。

【産業上の利用可能性】

【００５０】

上記したモデル生成装置、モデル生成システム、モデル生成方法及びプログラムによれば、短時間で対象物の３次元モデルを生成することができる。

【符号の説明】

【００５１】

- １０・・・測定装置
- ２０・・・モデル生成装置
- ２１・・・データ取得部

10

20

30

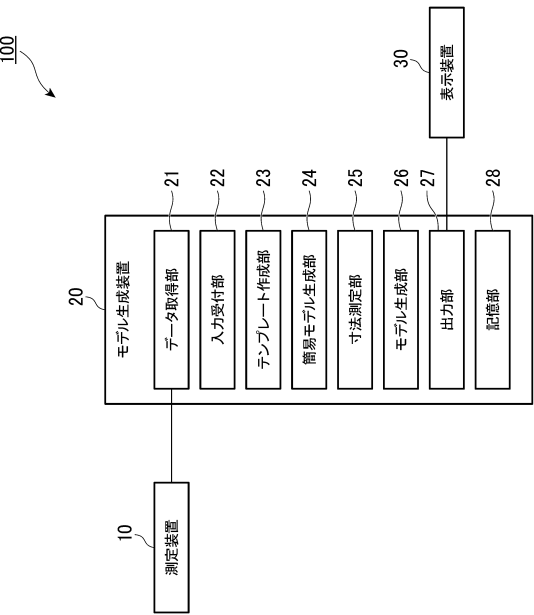
40

50

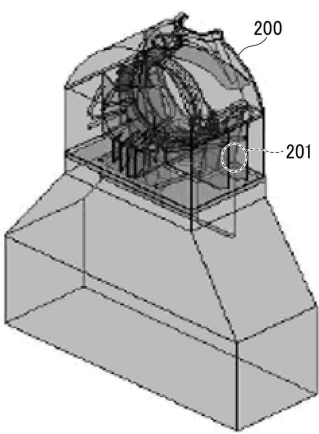
- 2 2 . . . 入力受付部
- 2 3 . . . テンプレート作成部
- 2 4 . . . 簡易モデル生成部
- 2 5 . . . 寸法測定部
- 2 6 . . . モデル生成部
- 2 7 . . . 出力部
- 2 8 . . . 記憶部
- 3 0 . . . 表示装置
- 1 0 0 . . . モデル生成システム
- 9 0 0 . . . コンピュータ
- 9 0 1 . . . C P U
- 9 0 2 . . . 主記憶装置
- 9 0 3 . . . 補助記憶装置
- 9 0 4 . . . 入出力インタフェース
- 9 0 5 . . . 通信インタフェース

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

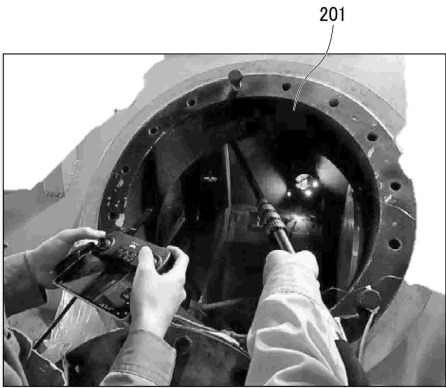
20

30

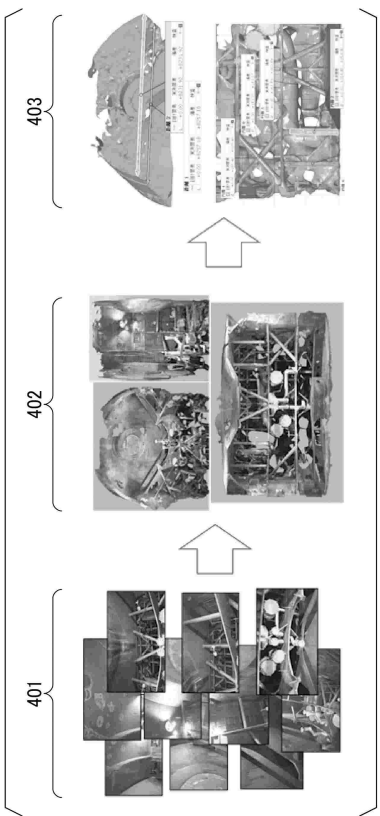
40

50

【図 3】



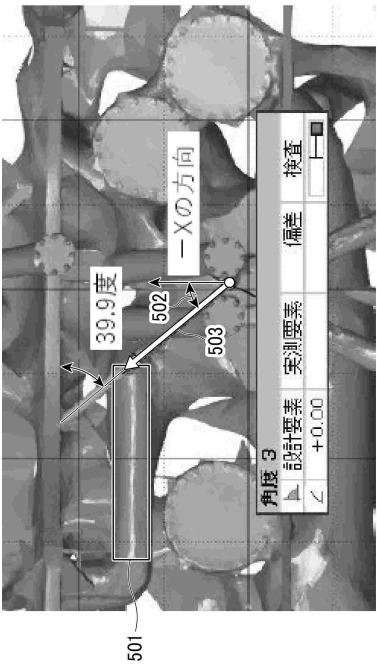
【図 4】



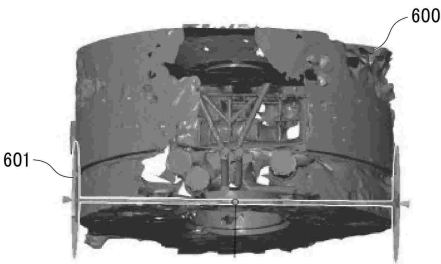
10

20

【図 5】



【図 6 A】

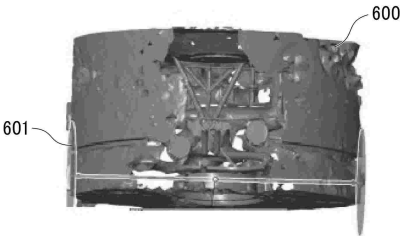


30

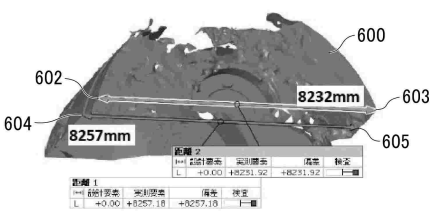
40

50

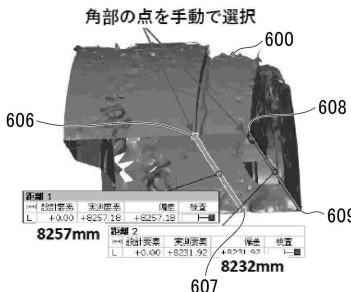
【図 6 B】



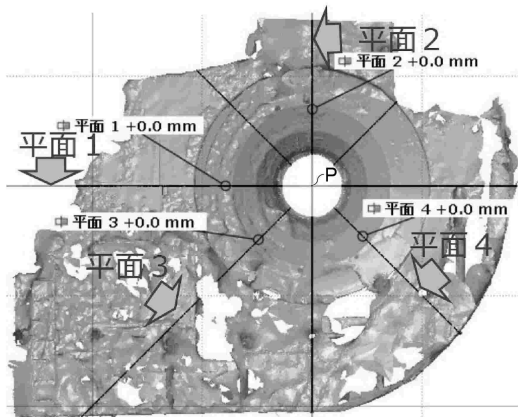
【図 6 C】



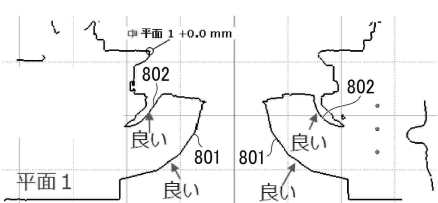
【図 6 D】



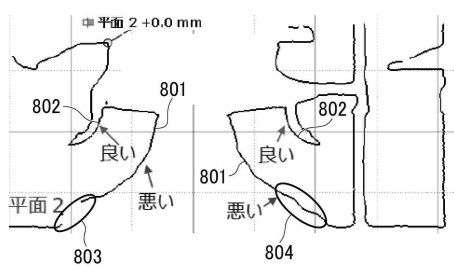
【図 7】



【図 8 A】



【図 8 B】



10

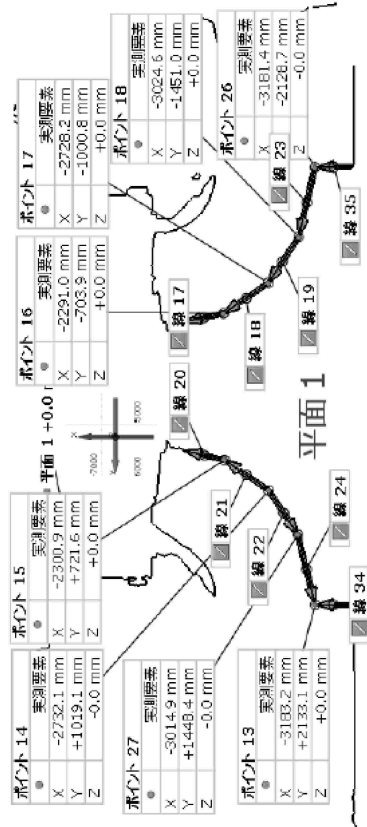
20

30

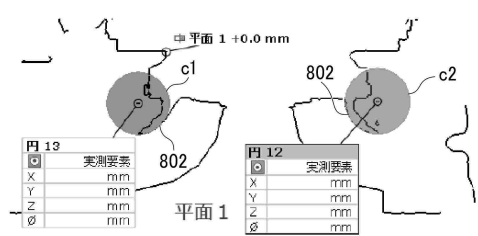
40

50

【図 9】



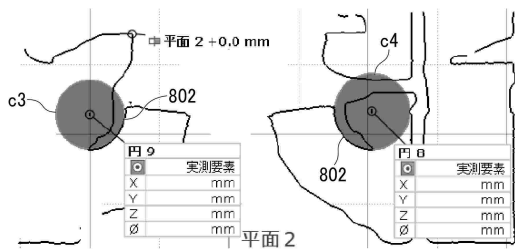
【図 10 A】



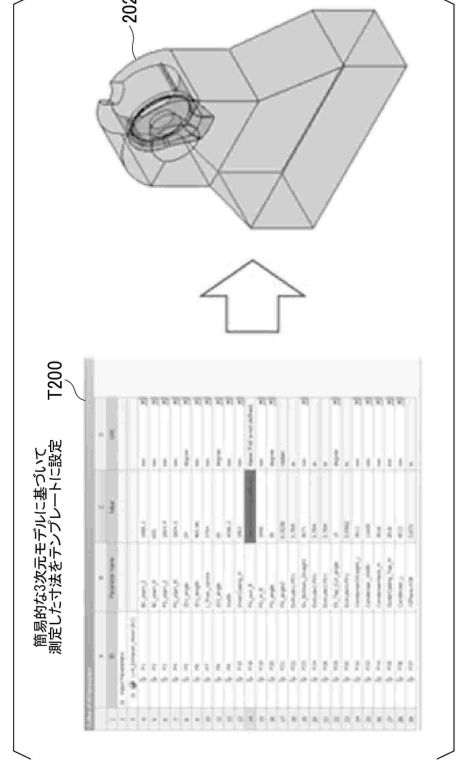
10

20

【図 10 B】



【図 11】

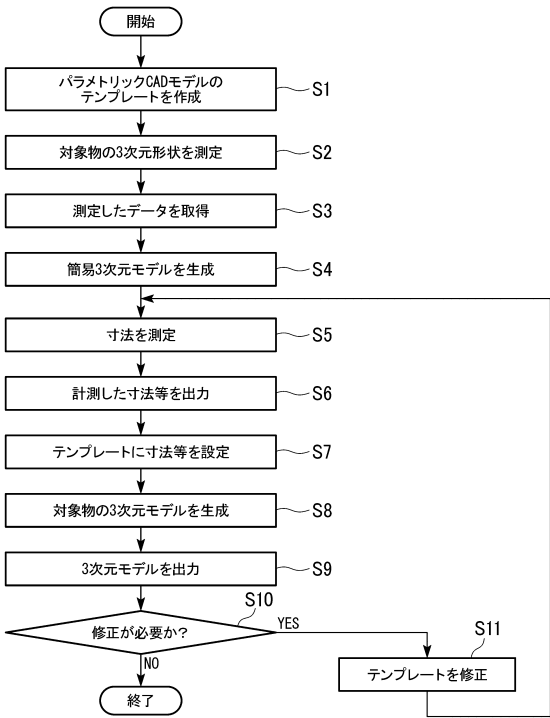


30

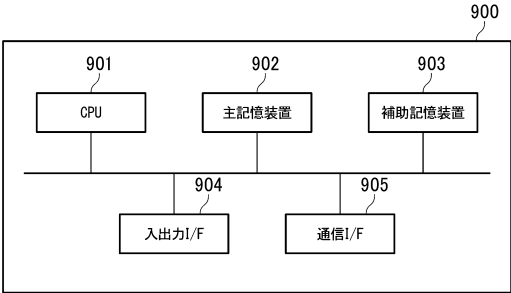
40

50

【図 1 2】



【図 1 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 三菱重工業株式会社内
(72)発明者 田畑 創一郎
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者 石橋 光司
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者 ▲高▼橋 忠志
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
審査官 合田 幸裕
(56)参考文献 国際公開第01/001075(WO,A2)
国際公開第2010/123669(WO,A2)
韓国公開特許第10-2020-0076250(KR,A)
窪田諭 ほか, 点群データを用いた橋梁パラメトリックモデルの生成に関する研究, 情報処理学会論文誌, 日本, 社団法人情報処理学会, 2021年05月15日, Vol. 62, No. 5, pages 1234-1245
松澤裕史 ほか, 三面図上の寸法・属性情報の3次元変換, 情報処理学会研究報告, 日本, 社団法人情報処理学会, 1995年02月17日, Vol. 95, No. 18, pages 1-8(グラフィクスとCAD 73-1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06F 30/00 - 30/398
G06T 17/30
G01B 11/24
G01B 21/20
IEEE Explore
JSTPlus(JDreamIII)