

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-35656

(P2019-35656A)

(43) 公開日 平成31年3月7日(2019.3.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 B 15/04 (2006.01)	G O 1 B 15/04 K	2 F 0 6 5
G O 1 B 11/24 (2006.01)	G O 1 B 11/24 K	2 F 0 6 7
G O 6 T 7/00 (2017.01)	G O 6 T 7/00 3 0 0 D	5 B 0 5 0
G O 6 T 19/00 (2011.01)	G O 6 T 19/00 A	5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-156886 (P2017-156886)	(71) 出願人	501241645
(22) 出願日	平成29年8月15日 (2017.8.15)		学校法人 工学院大学
			東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 4 番 2 号
		(74) 代理人	110001519
			特許業務法人太陽国際特許事務所
		(72) 発明者	馬場 則男
			東京都新宿区西新宿 1-24-2 学校法人工学院大学内
		F ターム (参考)	2F065 AA52 AA53 CC16 DD03 FF04
			FF05 FF44 JJ19 JJ26 MM23
			PP24 QQ24 QQ31 RR07
			2F067 AA53 CC19 EE04 GG06 GG07
			JJ05 KK04 LL16 NN05 RR35
			5B050 BA13 DA02 DA07 EA07 EA12
			EA18 EA27 FA02
			最終頁に続く

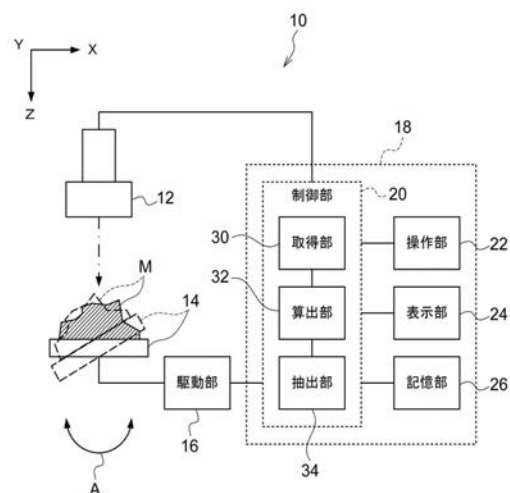
(54) 【発明の名称】 3次元形状測定装置、3次元形状測定方法、及び3次元形状測定プログラム

(57) 【要約】

【課題】複雑な3次元形状を精度良く測定することができる3次元形状測定装置、3次元形状測定方法、及び3次元形状測定プログラムを提供する。

【解決手段】3次元形状測定装置18は、物体Mの表面を複数の角度から撮影した複数の撮影画像を取得し、取得した複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により物体Mの複数の断層像を算出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体の表面を複数の撮影角度から撮影した複数の撮影画像を取得する取得部と、
前記複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する算出部と、
を備えた 3 次元形状測定装置。

【請求項 2】

前記撮影画像の一部の画像をテンプレート画像として、前記複数の断層像の中から前記テンプレート画像と一致する断層像を抽出する抽出部
を備えた請求項 1 記載の 3 次元形状測定装置。

10

【請求項 3】

前記算出部は、前記複数の撮影角度の前記断層像の位置から算出した輪郭形状を合成し、合成した前記輪郭形状の欠損部分を補間する
請求項 1 又は請求項 2 記載の 3 次元形状測定装置。

【請求項 4】

前記算出部は、前記複数の撮影画像の位置合わせを行ってから、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する
請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載の 3 次元形状測定装置。

【請求項 5】

前記複数の撮影画像は、走査型電子顕微鏡により撮影された画像である
請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載の 3 次元形状測定装置。

20

【請求項 6】

取得部及び算出部を備えた 3 次元形状測定装置における 3 次元形状測定方法であって、
前記取得部が、物体の表面を複数の撮影角度から撮影した複数の撮影画像を取得し、
前記算出部が、前記複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する
3 次元形状測定方法。

【請求項 7】

コンピュータを、請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の 3 次元形状測定装置の各部として機能させるための 3 次元形状測定プログラム。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、3 次元形状測定装置、3 次元形状測定方法、及び 3 次元形状測定プログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、物体に向けて放出可能な電磁パルスを放出するための手段と、前記物体で反射される前記電磁パルスの輝度レベルを検出することができる 2 D 光センサと、通信手段と、前記 2 D 光センサが捕捉した 2 D 画像から三次元の物体を再構成し、当該再構成に基づいて物体を識別可能にするコンピュータ処理手段とを含むオプトロニックスシステムであって、前記 2 D 光センサが、前記物体周囲の何通りかの観測角で捕捉される該物体の表面で反射される電磁放射の輝度レベルを表す物体の画像を記録し、前記通信手段が、反射モードで行われた逆ラドン変換を使用する前記物体の画像を処理すべく構成された断層撮影機能によって、三次元で物体を再構成できるよう、前記画像を前記コンピュータ処理手段に送信することを特徴とするオプトロニックスシステムが開示されている。

40

【0003】

特許文献 2 には、複数のカメラで撮影された複数枚の被写体の画像を取得するステップと、前記被写体を見る位置である仮想視点を決定するステップと、前記取得した被写体の画像をもとに、前記視点から被写体を見たときの画像である仮想視点画像を生成するステ

50

ップとを有する仮想視点画像生成方法において、前記仮想視点画像を生成するステップは、多層構造をもつ投影面を設定するステップ１と、前記投影面上の各投影点と対応する、前記各被写体の画像上の対応点を求めるステップ２と、複数の対応点の色情報または輝度情報に基づいて前記投影点の色情報または輝度情報を決定するステップ３と、空間上のある基準視点から見て重なり合う複数の投影点について、前記各投影点の位置に相当する距離に前記被写体が存在する可能性の度合いを、前記対応点もしくはその近傍領域の相関の度合いに基づいて計算するステップ４と、前記仮想視点から見て重なり合う基準点の色情報または輝度情報を、前記被写体が存在する可能性の度合いに応じた混合処理をして、前記仮想視点画像における各画素の色情報または輝度情報を決定するステップ５と、前記仮想視点画像の画素に相当するすべての点について、前記ステップ１からステップ５までを繰り返すステップ６とを有することを特徴とする仮想視点画像生成方法が開示されている。

10

【０００４】

特許文献３には、立体像の標準モデルデータからなるデータベースと、複数枚の多視点画像の画像データを取得する画像データ取得手段と、３次元データ作成装置を、前記複数枚の多視点画像から３次元形状データを生成する３次元形状データ生成手段として機能させる３次元形状データ生成プログラムと、前記画像データ取得手段により取得した複数枚の画像データからそれぞれ人物領域を抽出し、抽出した人物領域から検出した顔の特徴部位と前記データベースの標準モデルデータとの対応点を取得してから、前記３次元形状データ生成プログラムにより３次元形状データを生成する３次元データ作成制御手段と、前記３次元形状データを補正して顔の表情変化モデルデータを生成する表情変化補正手段と、を備え、前記表情変化補正手段は、表情の種類と表情動作単位の組合せを対応付けた対応表データと、表情動作単位と顔の筋肉の収縮部位を対応付けた対応表データを含み、顔の表情を表情単位動作の組合せで表現し、各表上単位動作を対応する部位の顔の筋肉の収縮に変換することにより、喜怒哀楽を示している表情のデータを中立顔のデータに補正する、または中立顔のデータを喜怒哀楽を示している表情のデータに補正する、ことを特徴とする３次元データ作成装置が開示されている。

20

【０００５】

特許文献４には、立体形状である対象物を複数の撮影点から撮影して得られたテクスチャ画像を用いて、指定された任意の仮想視点から見える映像を生成する任意視点映像生成装置であって、前記テクスチャ画像の各撮影点の視線方向と前記仮想視点の視線方向との間でなされる角度が小さい順に各テクスチャ画像に優先順位を付与し、該優先順位に従って混合する複数のテクスチャ画像を選択するブレンドテクスチャ画像選択手段と、該ブレンドテクスチャ画像選択手段により選択された前記複数のテクスチャ画像の各撮影点における前記角度が小さい程混合率が高くなるように各テクスチャ画像の各ブレンド率を決定し、該各ブレンド率に従って前記複数のテクスチャ画像を混合してブレンドテクスチャ画像を生成するブレンドテクスチャ画像生成手段と、該ブレンドテクスチャ画像生成手段により生成された前記ブレンドテクスチャ画像を３次元モデルにテクスチャマッピングし、前記仮想視点から見える前記対象物の２次元の内挿映像を生成する内挿映像生成手段と、を有することを特徴とする任意視点映像生成装置が開示されている。

30

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特許第５８９１５６０号公報

【特許文献２】特許第４０５２３３１号公報

【特許文献３】特許第５２０６３６６号公報

【特許文献４】特許第５０１１２２４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

50

今や肉眼で又は光学顕微鏡で視認できる物体の立体形状は、比較的手軽に３次元プリンタで複製することができる。

【０００８】

しかしながら、例えば電子顕微鏡でしか視認できないマイクロ・ナノレベルの複雑な３次元形状については、３次元プリンタで複製するのは困難である。

【０００９】

本発明は、複雑な３次元形状を精度良く測定することができる３次元形状測定装置、３次元形状測定方法、及び３次元形状測定プログラム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】

【００１０】

10

上記課題を解決するため、請求項１記載の発明の３次元形状測定装置は、物体の表面を複数の撮影角度から撮影した複数の撮影画像を取得する取得部と、前記複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する算出部と、を備える。

【００１１】

請求項２記載の発明は、前記撮影画像の一部の画像をテンプレート画像として、前記複数の断層像の中から前記テンプレート画像と一致する断層像を抽出する抽出部を備える。

【００１２】

請求項３記載の発明は、前記算出部は、前記複数の撮影角度の前記断層像の位置から算出した輪郭形状を合成し、合成した前記輪郭形状の欠損部分を補間する。

【００１３】

20

請求項４記載の発明は、前記算出部は、前記複数の撮影画像の位置合わせを行ってから、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する。

【００１４】

請求項５記載の発明は、前記複数の撮影画像は、走査型電子顕微鏡により撮影された画像である。

【００１５】

請求項６記載の発明の３次元形状測定方法は、取得部及び算出部を備えた３次元形状測定装置における３次元形状測定方法であって、前記取得部が、物体の表面を複数の撮影角度から撮影した複数の撮影画像を取得し、前記算出部が、前記複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により前記物体の複数の断層像を算出する。

30

【００１６】

請求項７記載の発明の３次元形状測定プログラムは、コンピュータを、請求項１～５の何れか１項に記載の３次元形状測定装置の各部として機能させるための３次元形状測定プログラムである。

【発明の効果】

【００１７】

本発明によれば、複雑な３次元形状を精度良く測定することができる、という効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

40

【図１】３次元形状測定システムの構成図である。

【図２】３次元形状測定処理のフローチャートである。

【図３】複数の撮影角度で物体を撮影した場合について説明するための図である。

【図４】物体の撮影画像の一例である。

【図５】撮影画像の一部の濃度分布の一例を示す図である。

【図６】逆投影処理について説明するための図である。

【図７】ＸＺ平面における逆投影像の一例を示す図である。

【図８】ＸＹ平面における逆投影像の一例を示す図である。

【図９】テンプレート画像について説明するための図である。

【図１０】テンプレートマッチング処理について説明するための図である。

50

【図 1 1】テンプレートマッチング処理について説明するための図である。

【図 1 2】逆投影像について説明するための図である。

【図 1 3】逆投影像について説明するための図である。

【図 1 4】逆投影像について説明するための図である。

【図 1 5】輪郭形状の合成及び補間について説明するための図である。

【図 1 6】3次元形状の他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態について説明する。

【0020】

10

図 1 には、本実施の形態に係る 3 次元形状測定システム 10 の構成を示した。図 1 に示すように、3 次元形状測定システム 10 は、走査型電子顕微鏡 12、テーブル 14、駆動部 16、及び 3 次元形状測定装置 18 を備えている。

【0021】

走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope、SEM) 12 は、電子顕微鏡の一種であり、電子線を絞った電子ビームをテーブル 14 上の物体 M に照射する。そして、物体 X から放出される二次電子等を検出することにより物体 M を撮影する。走査型電子顕微鏡 12 は、通常のカメラでは撮影が困難である微少な表面構造を有する物体を鮮明に撮影することができる。

【0022】

20

駆動部 16 は、図 1 に示すように、テーブル 14 を X Z 平面内で矢印 A 方向に回転させる。これにより、複数の撮影角度で物体 M を撮影することができる。

【0023】

3 次元形状測定装置 18 は、制御部 20、操作部 22、表示部 24、及び記憶部 26 を備える。

【0024】

制御部 20 は、図 1 に示すように、機能的には、取得部 30、算出部 32、及び抽出部 34 を備える。

【0025】

取得部 30 は、物体 M の表面を複数の撮影角度から撮影した複数の撮影画像を取得する。

30

【0026】

算出部 32 は、複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により物体の複数の断層像を算出する。

【0027】

抽出部 34 は、撮影画像の一部の画像をテンプレート画像として、複数の断層像の中からテンプレート画像と一致する断層像を抽出する。

【0028】

制御部 20 は、ハードウェア構成としては、図示しない CPU、ROM、及び RAM 等を含んで構成される。CPU は、後述する 3 次元形状測定処理を CPU に実行させるための処理プログラムが記憶された記憶部 26 から当該処理プログラムを読み出して実行する。なお、制御プログラムは、CD-ROM、メモリーカード等の記録媒体により提供するようにしてもよく、図示しないサーバからダウンロードするようにしてもよい。

40

【0029】

操作部 22 は、各種操作を行うためのマウス、キーボード等を含んで構成される。

【0030】

表示部 24 は、例えば液晶ディスプレイ等で構成される。

【0031】

記憶部 26 は、後述する 3 次元形状測定処理の処理プログラムや、測定した 3 次元形状の形状データ等を記憶する。

50

【 0 0 3 2 】

以下、制御部 20 で実行される 3 次元形状測定処理について図 2 に示すフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 1 0 0 では、物体 M の表面を複数の撮影角度から撮影するように走査型電子顕微鏡 1 2 及び駆動部 1 6 を制御する。例えば、図 1 に示すように、テーブル 1 4 を X Z 平面内において矢印 A 方向に回転させながら、走査型電子顕微鏡 1 2 により物体 M が撮影されるように、走査型電子顕微鏡 1 2 及び駆動部 1 6 を制御する。これにより、複数の撮影角度から物体 M を撮影した撮影画像が得られる。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、例えば図 3 に示すような物体 M の 3 次元形状を測定する場合について説明する。物体 M は、物体 M 1、M 2 を含む。物体 M 1 は、球の一部を切断した面に突起 M 1 - A、穴 M 1 - B、及び模様 M 1 - C が形成された形状となっている。また、物体 M 2 は、物体 M 1 の近傍に離間して設けられ、棒状の形状となっている。

【 0 0 3 5 】

図 2 には、物体 M を複数の角度から撮影した撮影画像 G 1 ~ G 7 の一例を示した。なお、撮影画像 G 1 ~ G 7 は、X Y 平面における撮影画像である。図 3 の例では、Z 軸に沿った方向から物体 M を撮影した場合の撮影角度を 0 度とする。そして、図 3 において Z 軸の右側をプラス側、Z 軸の左側をマイナス側として、X Z 平面内において Z 軸から例えば右側に 30 度傾けた角度から撮影した場合の撮影角度を + 30 度、左側に 30 度傾けた角度から撮影した場合の撮影角度を - 30 度とする。図 3 では、説明を簡単にするために、一例として撮影角度が 0 度、+ 30 度、+ 60 度、+ 90 度、- 30 度、- 60 度、- 90 度の場合について示した。

【 0 0 3 6 】

なお、本実施形態では、- 90 度から + 90 度までを撮影範囲として、予め定めた角度ずつ撮影角度を変化させて撮影した複数の撮影画像に基づいて物体 M の 3 次元形状を測定する場合について説明するが、撮影範囲は、- 90 度から + 90 度までに限られるものではない。例えば、撮影範囲を - 90 度から + 90 度までの範囲よりも狭くしてもよいし、広くしてもよい。例えば撮影範囲を 360 度としてもよい。また、予め定めた角度は、例えば数度 ~ 数十度の範囲（例えば 1 ~ 10 度）の角度とすることができ、これに限られるものではない。角度を小さくするほど精度良く 3 次元形状を測定することができるが、物体 M の形状の複雑さに応じて適宜設定すればよい。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 1 0 2 では、ステップ S 1 0 0 で複数の角度から撮影した撮影画像の位置合わせを行う。具体的には、複数の撮影画像の各々について特徴点抽出処理を行い、抽出された特徴点に基づいて、複数の撮影画像における物体 M の位置合わせ処理を行う。なお、特徴点抽出処理及び位置合わせ処理は、種々公知の手法を用いることができるため、本実施形態での説明は省略する。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 0 4 では、ステップ S 1 0 2 で撮影した複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により物体の複数の断層像を算出する。

【 0 0 3 9 】

具体的には、撮影画像を撮影角度の軸（以下、撮影軸と称する）と直交させた状態で撮影軸に沿って 3 次元空間上を移動させながら各画素の画素値を 3 次元空間上に配置していく。

【 0 0 4 0 】

図 4 に示すように、撮影角度が - 30 度の物体 M の撮影画像 G 3 のうち例えば破線 H 1 上の画素値、すなわち濃度分布は、図 5 に示すような濃度分布 N となる。なお、図 4 では、濃度値が高い程濃度が薄いことを表している。図 6 は、- 30 度の撮影軸 J 3 に沿って 3 次元空間上に破線 H 1 上の画素値が配置される様子を示している。図 6 に示すように、

10

20

30

40

50

破線 H 1 上の画素値は、撮影軸 J 3 に沿って 3 次元空間上に配置される。撮影画像 G 3 の各画素値が撮影軸 J 3 に沿って 3 次元空間上に配置されることにより、撮影画像 G 3 が 3 次元空間上に逆投影される。

【 0 0 4 1 】

このような逆投影処理を、撮影画像 G 1 ~ G 7 のそれぞれについて行う。このとき、3 次元空間上の同じ位置の画素に異なる撮影画像の画素が配置された場合は、各画素値を合算する。これにより、撮影角度毎に物体 M の複数の断層像が生成される。

【 0 0 4 2 】

ここで、X Y 平面で物体 M をスライスした断層像は、物体 M の輪郭が比較的明瞭となるが、X Z 平面で物体 M をスライスした断層像は、物体 M の輪郭が歪んでしまう場合がある。図 7 には X Z 平面でスライスした断層像の一例を示した。また、図 8 には、X Y 平面で物体 M をスライスした場合の断層像を示した。図 7、8 に示すように、X Z 平面で物体 M をスライスした断層像の方が、物体 M の輪郭が歪んでいるのが判る。これは、X Z 平面に並行な面内で撮影角度を変化させて物体 M を撮影した場合、X Z 平面における物体 M の情報量と比較して、X Y 平面における物体 M の情報量の方が多いためであると考えられる。

【 0 0 4 3 】

そこで、ステップ S 1 0 6 では、撮影画像の一部の画像をテンプレート画像として、複数の断層像の中からテンプレート画像と一致する断層像を抽出する抽出処理、すなわちテンプレートマッチング処理を実行する。

【 0 0 4 4 】

具体的には、例えば撮影画像の一部の画像をテンプレート画像として、テンプレート画像を撮影軸に沿って移動させながら、テンプレート画像と断層像との相関値を算出する。なお、断層像は、撮影軸と直交する面で物体 M をスライスした場合の断層像である。

【 0 0 4 5 】

ここで、テンプレート画像が $m \times n$ (m 、 n は自然数) 画素の画像である場合において、テンプレート画像の x 座標 i ($1 \leq i \leq m$)、 y 座標 j ($1 \leq j \leq n$) の画素値を $T(i, j)$ 、断層像の座標 (i, j) の画素値を $D(i, j)$ とすると、テンプレート画像と断層像との相関値 S は次式で表される。

【 0 0 4 6 】

【 数 1 】

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T(i, j) \times D(i, j)$$

【 0 0 4 7 】

そして、算出した相関値 S のうち最も高い相関値 S を有する断層像をテンプレート画像と一致する断層像とする。これにより、撮影軸上におけるテンプレート画像の位置が特定される。そして、テンプレート画像と一致した断層像の画素値を、テンプレート画像の画素値に置き換える。これにより、物体 M の輪郭が明瞭となる輪郭形状が算出される。

【 0 0 4 8 】

例えば、図 9 に示すように、撮影角度が 0 度の撮影画像 G 4 のテンプレート画像 T M P についてテンプレートマッチング処理を行う場合、例えば図 1 0、1 1 に示すように、テンプレート画像 T M P を Z 軸方向に移動させながら、テンプレート画像 T M P と断層像 D S との相関値 S を算出する。そして、図 1 0、1 1 に示すように、Z 軸方向における相関値 S の相関分布のピーク部分、すなわち相関値 S が最大値となる断層像 D S を、テンプレート画像 T M P と一致する断層像とする。

【 0 0 4 9 】

テンプレートマッチング処理は、テンプレート画像 T M P の位置を、X Y 平面上において例えば予め定めた画素 (例えば 1 画素) ずつずらしながら、撮影画像 G 4 の全領域について実行する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

このようなテンプレートマッチング処理を、異なる撮影角度で撮影した撮影画像 G 1 ~ G 7 の全てについて実行する。これにより、複数の撮影角度の断層像の位置から、物体 M の輪郭が明瞭となる輪郭形状が算出される。

【 0 0 5 1 】

図 1 2 には、物体 M の各部が 3 次元形状空間上に投影される様子を実線や破線の矢印で示した。図 1 2 の投影部分 K 1 は、図 1 3 の物体 M の輪郭 R 1 に対応し、図 1 2 の投影部分 K 2 は、図 1 3 の物体 M の輪郭 R 2 に対応し、図 1 2 の投影部分 K 3 は、図 1 3 の物体 M の輪郭 R 3 に対応している。図 1 3 に示すように、輪郭 R 1 のように、撮影画像の背景等から輪郭が明瞭な場合は、各撮影画像の逆投影像のエッジの重なり部分がそのまま形状となり得る。しかしながら、図 1 3 に示すように、物体 M 2 の輪郭 R 3 のように一部の輪郭が欠損してしまう場合もあり得る。この場合は、後述する補間処理によって欠損箇所が補間される。

10

【 0 0 5 2 】

また、図 1 4 には、物体 M 1 の穴 M 1 - B の穴の底のような微細な部分についても、撮影角度を細かくして撮影することにより、逆投影によって特定できることを示した。

【 0 0 5 3 】

なお、物体 M の形状が比較的単純な形状であり、テンプレートマッチング処理を行わなくても精度良く物体 M の 3 次元形状を測定できると考えられる場合には、ステップ S 1 0 6 の処理を省略してもよい。

20

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 0 8 では、ステップ S 1 0 6 の処理により得られた複数の撮影角度からの輪郭形状を合成する。例えば図 1 5 には、撮影角度が - 6 0 度、0 度、+ 6 0 度の輪郭形状 D S 1 ~ D S 3 を合成し、輪郭形状 D S 4 を生成した場合を示した。図 1 5 において、例えば輪郭形状 R N はステップ S 1 0 4 の処理により復元され、その他の輪郭形状は、ステップ S 1 0 6 のテンプレートマッチング処理によって復元される。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 1 0 では、ステップ S 1 0 8 で合成された輪郭形状の欠損箇所を補間する補間処理を行う。なお、補間処理については、種々公知の手法を用いることができるため、説明は省略する。例えば、図 1 5 に示すように、輪郭形状 D S 4 の欠損箇所 E を公知の補間処理によって補間する。これにより、図 1 5 に示すように、欠損箇所が補間された輪郭形状 D S 5 が得られる。

30

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 1 2 では、ステップ S 1 1 0 で得られた物体 M の輪郭形状を 3 次元形状として表示部 2 4 に表示すると共に、復元した 3 次元形状の 3 次元形状データを記憶部 2 6 に記憶する。

【 0 0 5 7 】

このように、本実施形態では、物体 M の表面を複数の撮影角度で撮影し、撮影した複数の撮影画像に基づいて、逆投影法により物体 M の断層像を生成する。また、物体 M の輪郭が明瞭になるようにテンプレートマッチング処理を行う。これにより、複雑な 3 次元形状を精度良く測定することができる。本実施形態では、図 3 に示すような物体 M の 3 次元形状を測定する場合について説明したが、例えば図 1 6 に示すように、多重に絡み合った微絨毛のような 3 次元形状についても精度良く測定することができる。

40

【 0 0 5 8 】

なお、本実施形態では、走査型電子顕微鏡 (S E M) を用いた場合について説明したが、物体 M の表面を撮影できる顕微鏡であれば走査型電子顕微鏡に限られるものではない。

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態では、テーブル 1 4 を回転させて物体 M を複数の撮影角度で撮影する場合について説明したが、電子線の照射方向を複数の角度に変えて撮影することが可能な走査型電子顕微鏡 1 2 を用いて、物体 M を複数の撮影角度で撮影するようにしてもよい。

50

【 0 0 6 0 】

また、物体がマイクロレベルやナノレベル等の微細なものでない場合、例えば肉眼で視認可能なものである場合は、通常の撮影カメラを用いてもよい。この場合、例えば撮影カメラを回転させることで複数の撮影角度で物体を撮影してもよいし、複数の撮影カメラを円弧状に配置することで複数の撮影角度で物体を撮影してもよい。

【 符号の説明 】

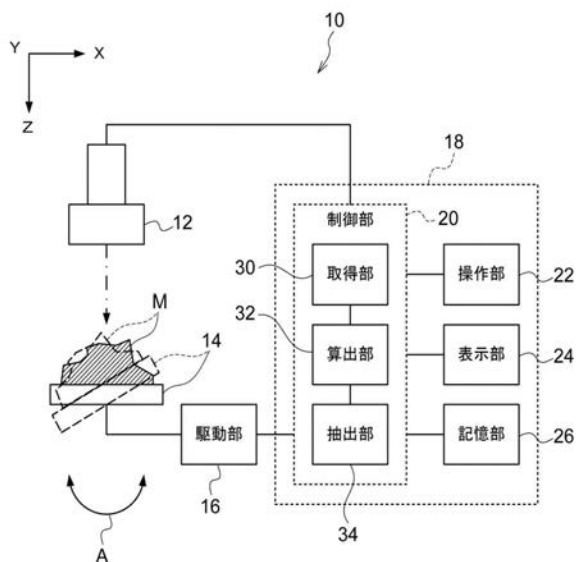
【 0 0 6 1 】

1 0 3次元形状測定システム
 1 2 走査型電子顕微鏡
 1 4 テーブル
 1 6 駆動部
 1 8 3次元形状測定装置
 2 0 制御部
 2 2 操作部
 2 4 表示部
 2 6 記憶部
 3 0 取得部
 3 2 算出部
 3 4 抽出部
 M 物体

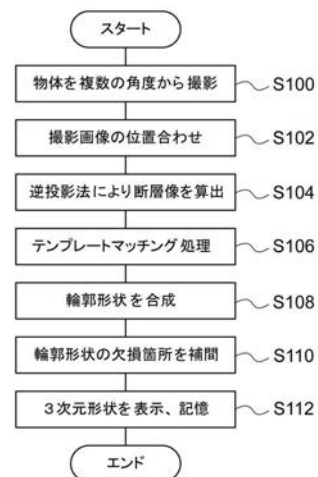
10

20

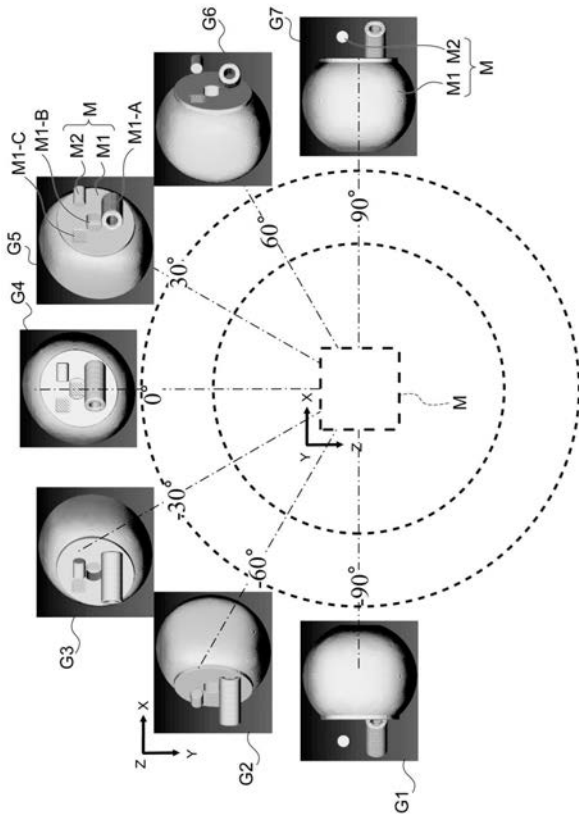
【 図 1 】



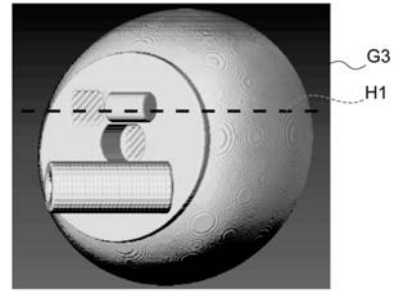
【 図 2 】



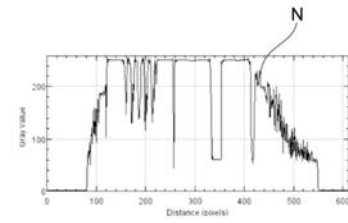
【図 3】



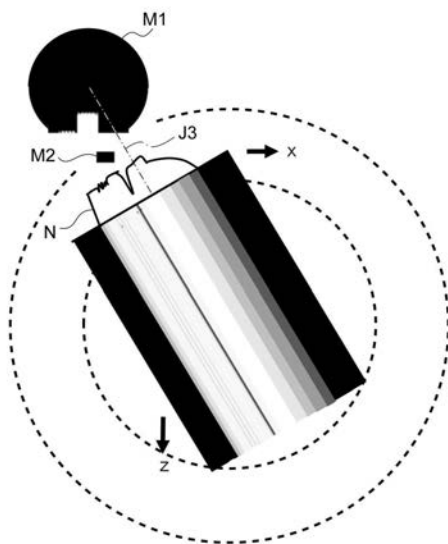
【図 4】



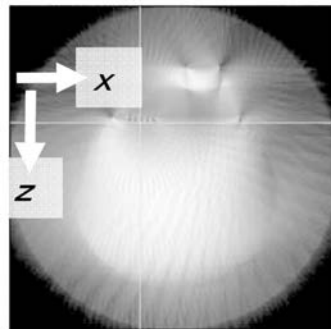
【図 5】



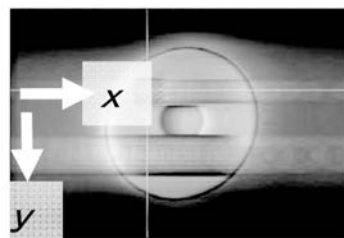
【図 6】



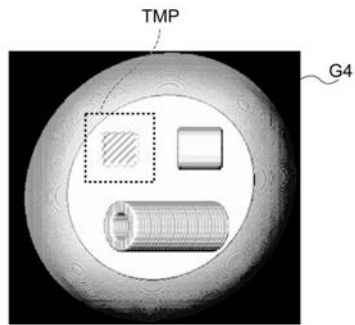
【図 7】



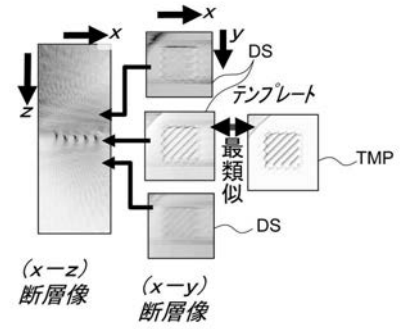
【図 8】



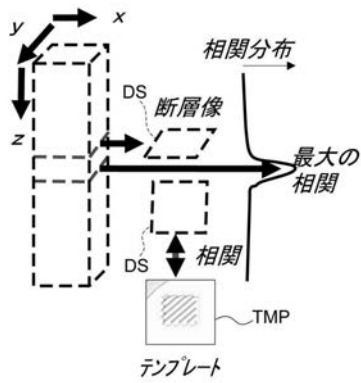
【図 9】



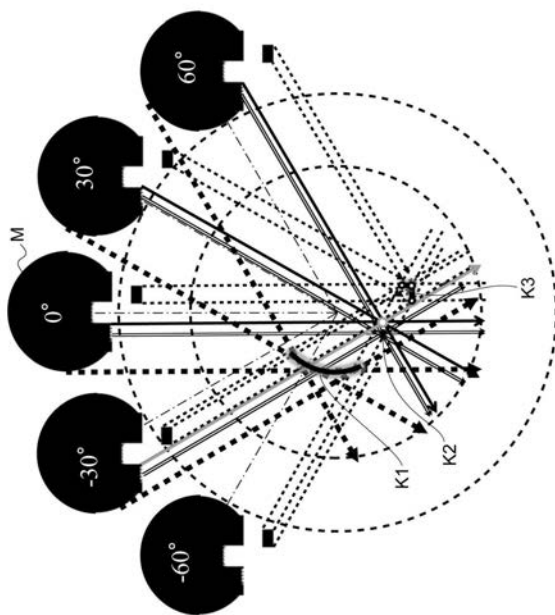
【図 11】



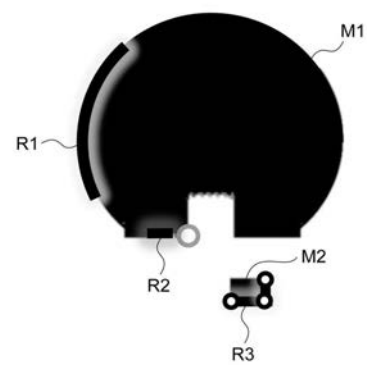
【図 10】



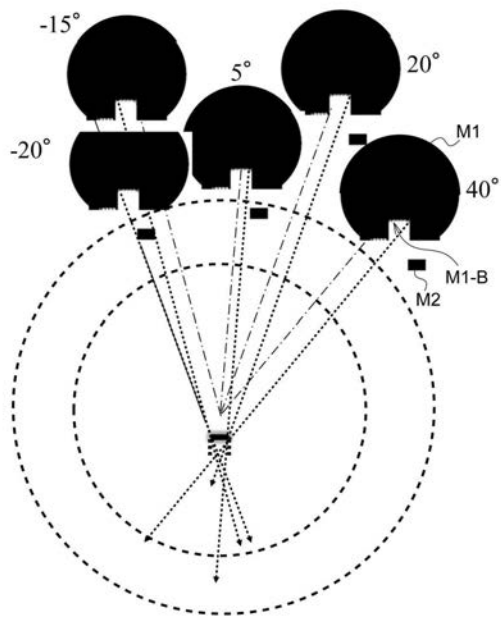
【図 12】



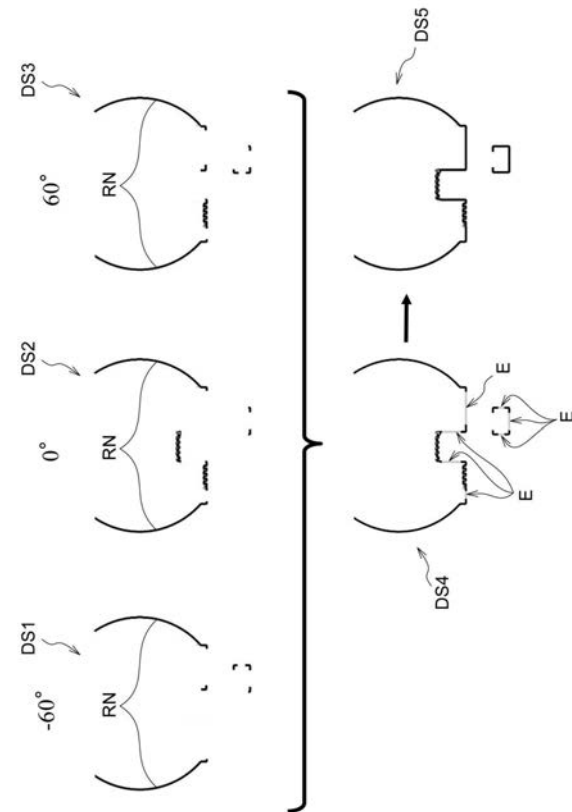
【図 13】



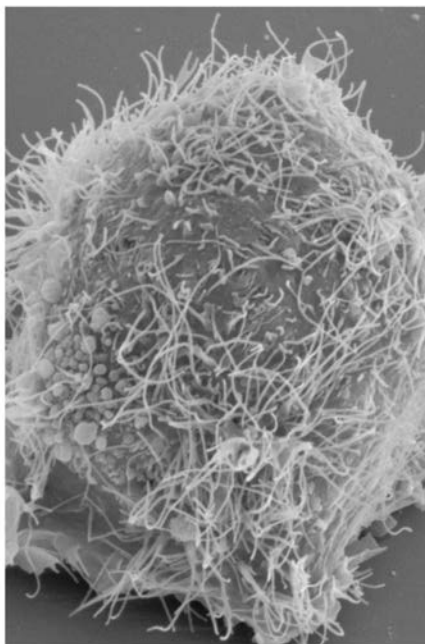
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5L096 AA06 CA05 EA16 FA06 HA08 JA16