

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5574555号
(P5574555)

(45) 発行日 平成26年8月20日(2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日(2014. 7. 11)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 23/24 (2006. 01)
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)G O 2 B 23/24 B
A 6 1 B 1/00 3 0 0 D

請求項の数 3 (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2013-123278 (P2013-123278)
 (22) 出願日 平成25年6月12日(2013. 6. 12)
 (62) 分割の表示 特願2007-175158 (P2007-175158)
 の分割
 原出願日 平成19年7月3日(2007. 7. 3)
 (65) 公開番号 特開2013-238860 (P2013-238860A)
 (43) 公開日 平成25年11月28日(2013. 11. 28)
 審査請求日 平成25年6月12日(2013. 6. 12)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-20906 (P2007-20906)
 (32) 優先日 平成19年1月31日(2007. 1. 31)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (72) 発明者 堀 史生
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 オリンパス株式会社内
 審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

計測対象物を撮像し撮像信号を生成する電子内視鏡と、前記撮像信号に基づいて映像信号を生成する画像処理手段と、前記映像信号に基づいて前記計測対象物の計測処理を行う計測処理手段とを備えた計測用内視鏡装置において、

前記計測処理手段は、

前記計測対象物上の2つの基準点を指定する基準点指定手段と、

前記基準点それぞれに対して、前記基準点に基づいて前記計測対象物の輪郭を近似する輪郭近似線を算出する輪郭近似線算出手段と、

前記2つの基準点に対応した2本の前記輪郭近似線が形成する角度に応じて欠損の種類を判別する欠損種類判別手段と、

を備えることを特徴とする計測用内視鏡装置。

【請求項 2】

前記輪郭近似線算出手段は、1つの前記基準点の周辺にある前記計測対象物の輪郭線上の少なくとも2つの特徴点を算出し、前記少なくとも2つの特徴点に基づいて前記輪郭近似線を算出することを特徴とする請求項1に記載の計測用内視鏡装置。

【請求項 3】

前記輪郭近似線算出手段は、前記電子内視鏡の先端に設置された撮像光学系の歪みを補正した前記輪郭近似線を算出することを特徴とする請求項1に記載の計測用内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子内視鏡を用いて撮像した画像に基づいて計測対象物の計測処理を行う計測用内視鏡装置に関する。

【背景技術】

【0002】

主に航空機に使われるガスタービンでは、異物等の侵入により、タービンブレードあるいはコンプレッサブレードのエッジに欠損が生じることがある。このブレードの欠損サイズはブレードの交換を判断する条件のひとつであり、その検査は極めて重要なものである。このような状況に対して、従来の計測用内視鏡においては、タービンブレードあるいはコンプレッサブレードの欠損のエッジを仮想曲線および仮想点で近似し、それらを元に欠損サイズを計測していた（例えば特許文献1参照）。

10

【特許文献1】特開2005-204724号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、従来の方法では、欠損のエッジをパラメトリック曲線で近似していたため、1つの仮想曲線を算出するために少なくとも3点の基準点を指定する必要があり、また、算出された仮想曲線を手動で調整してエッジの形状変更を行う必要があったため、操作が煩雑になるという問題があった。また、角の頂点を含む計測対象物の角に形成された欠損に対しては、角の欠損のエッジを、1つの仮想曲線とその曲線上の仮想点とで近似していたため、少なくとも4点の基準点を指定する必要があり、ここでも操作が煩雑になるという問題があった。

20

【0004】

本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであって、操作の煩わしさを低減し操作性を向上することができる計測用内視鏡装置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】

【0005】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、計測対象物を撮像し撮像信号を生成する電子内視鏡と、前記撮像信号に基づいて映像信号を生成する画像処理手段と、前記映像信号に基づいて前記計測対象物の計測処理を行う計測処理手段とを備えた計測用内視鏡装置において、前記計測処理手段は、前記計測対象物上の2つの基準点を指定する基準点指定手段と、前記基準点それぞれに対して、前記基準点に基づいて前記計測対象物の輪郭を近似する輪郭近似線を算出する輪郭近似線算出手段と、前記2つの基準点に対応した2本の前記輪郭近似線が形成する角度に応じて欠損の種類を判別する欠損種類判別手段と、を備えることを特徴としている。

30

【0006】

また、本発明の計測用内視鏡装置は、前記輪郭近似線算出手段が、1つの前記基準点の周辺にある前記計測対象物の輪郭線上の少なくとも2つの特徴点を算出し、前記少なくとも2つの特徴点に基づいて前記輪郭近似線を算出することを特徴としている。

40

【0007】

また、本発明の計測用内視鏡装置は、前記輪郭近似線算出手段が、前記電子内視鏡の先端に設置された撮像光学系の歪みを補正した前記輪郭近似線を算出することを特徴としている。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、2つの基準点を指定すれば欠損の種類判別が可能となるので、操作の煩わしさを低減し操作性を向上することができるという効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

50

以下、図面を参照し、本発明の実施形態を説明する。図１は、本発明の一実施形態による計測用内視鏡装置の構成を示している。図１に示すように、本実施形態による計測用内視鏡装置は、内視鏡２と、コントロールユニット３と、リモートコントローラ４と、液晶モニタ５と、フェイスマウントディスプレイ（ＦＭＤ）６と、ＦＭＤアダプタ６ａと、光学アダプタ７ａ，７ｂ，７ｃと、内視鏡ユニット８と、カメラコントロールユニット９と、制御ユニット１０とから構成されている。

【００１０】

計測対象物を撮像し撮像信号を生成する内視鏡２（電子内視鏡）は細長の挿入部２０を備えている。挿入部２０は、先端側から順に、硬質な先端部２１と、例えば上下左右に湾曲可能な湾曲部２２と、柔軟性を有する可撓管部２３とを連設して構成されている。挿入部２０の基端部は内視鏡ユニット８に接続されている。先端部２１は、観察視野を２つ有するステレオ用の光学アダプタ７ａ，７ｂあるいは観察視野が１つだけの通常観察光学アダプタ７ｃ等、各種の光学アダプタが例えば螺合によって着脱自在な構成になっている。

【００１１】

コントロールユニット３は、内視鏡ユニット８、画像処理手段であるカメラコントロールユニット（以下、ＣＣＵと記載する。）９、および制御装置である制御ユニット１０を内部に備えている。内視鏡ユニット８は、観察時に必要な照明光を供給する光源装置と、挿入部２０を構成する湾曲部２２を湾曲させる湾曲装置とを備えている。ＣＣＵ９は、挿入部２０の先端部２１に内蔵されている固体撮像素子２ａから出力された撮像信号を入力し、これをＮＴＳＣ信号等の映像信号に変換して制御ユニット１０に供給する。

【００１２】

制御ユニット１０は、音声信号処理回路１１と、映像信号処理回路１２と、ＲＯＭ１３と、ＲＡＭ１４と、ＰＣカードインターフェース（以下、ＰＣカードＩ／Ｆと記載する。）１５と、ＵＳＢインターフェース（以下、ＵＳＢ Ｉ／Ｆと記載する。）１６と、ＲＳ－２３２Ｃインターフェース（以下、ＲＳ－２３２Ｃ Ｉ／Ｆと記載する。）１７と、計測処理部１８とから構成されている。

【００１３】

マイク３４によって集音された音声信号や、メモリカード等の記録媒体を再生して得られる音声信号、あるいは計測処理部１８によって生成された音声信号が音声信号処理回路１１に供給される。映像信号処理回路１２は、ＣＣＵ９から供給された内視鏡画像とグラフィックによる操作メニューとを合成した合成画像を表示するために、ＣＣＵ９からの映像信号を、計測処理部１８の制御により生成される操作メニュー等のための表示信号と合成する処理を行う。また、映像信号処理回路１２は、液晶モニタ５の画面上に映像を表示するために合成後の映像信号に所定の処理を施して液晶モニタ５に供給する。

【００１４】

ＰＣカードＩ／Ｆ１５は、ＰＣＭＣＩＡメモリカード３２やフラッシュメモリカード３３等のメモリカード（記録媒体）を自由に着脱できるようになっている。メモリカードを装着することにより、計測処理部１８の制御に従って、このメモリカードに記憶されている制御処理情報や画像情報等を取り込んだり、制御処理情報や画像情報等をメモリカードに記録したりすることができる。

【００１５】

ＵＳＢ Ｉ／Ｆ１６は、コントロールユニット３とパーソナルコンピュータ３１とを電氣的に接続するためのインターフェースである。このＵＳＢ Ｉ／Ｆ１６を介してコントロールユニット３とパーソナルコンピュータ３１とを電氣的に接続することにより、パーソナルコンピュータ３１側で内視鏡画像の表示の指示や計測時における画像処理等の各種の制御指示を行うことが可能となる。また、コントロールユニット３とパーソナルコンピュータ３１との間で各種の処理情報やデータを入出力することが可能となる。

【００１６】

ＲＳ－２３２Ｃ Ｉ／Ｆ１７には、ＣＣＵ９および内視鏡ユニット８が接続されると共に、これらＣＣＵ９や内視鏡ユニット８等の制御および動作指示を行うリモートコントロ

10

20

30

40

50

ーラ 4 が接続されている。ユーザがリモートコントローラ 4 を操作すると、その操作内容に基づいて、CCU 9 および内視鏡ユニット 8 を動作制御する際に必要な通信が行われる。

【0017】

図 2 は計測処理部 18 の構成を示している。図 2 に示すように計測処理部 18 は、制御部 18 a と、基準点指定部 18 b と、基準曲線算出部 18 c と、欠損構成点算出部 18 d と、欠損種類判別部 18 e と、欠損サイズ算出部 18 f と、記憶部 18 g とから構成されている。

【0018】

制御部 18 a (制御手段) は計測処理部 18 内の各部を制御する。また、制御部 18 a は、液晶モニタ 5 またはフェイスマウントディスプレイ 6 (表示手段) に計測結果や操作メニュー等を表示させるための表示信号を生成して映像信号処理回路 12 へ出力する機能も有している。

【0019】

基準点指定部 18 b (基準点指定手段) は、リモートコントローラ 4 あるいは PC 31 から入力される信号に基づいて、計測対象物上の基準点 (基準点の詳細は後述する) を指定する。ユーザが、液晶モニタ 5 あるいはフェイスマウントディスプレイ 6 に表示された計測対象物の画像を見ながら所望の基準点を 2 点入力すると、それらの座標が基準点指定部 18 b によって算出される。

【0020】

基準曲線算出部 18 c (輪郭近似線算出手段) は、基準点指定部 18 b によって指定された基準点に基づいて、計測対象物の輪郭を近似する輪郭近似線に相当する基準曲線 (基準曲線の詳細は後述する) を算出する。欠損構成点算出部 18 d (欠損構成点算出手段) は、基準点および基準曲線に基づいて、計測対象物に形成された欠損の輪郭 (エッジ) を構成する欠損構成点 (欠損構成点の詳細は後述する) を算出する。

【0021】

欠損種類判別部 18 e (欠損種類判別手段) は、基準点指定部 18 b によって指定された 2 つの基準点に対応した 2 本の基準曲線がなす角度を算出し、その角度に応じて欠損の種類を判別する。欠損サイズ算出部 18 f (欠損計測手段) は、欠損構成点に基づいて欠損のサイズを計測する。記憶部 18 g は、計測処理部 18 内で処理される各種情報を記憶する。記憶部 18 g に格納された情報は、適宜制御部 18 a によって読み出されて各部へ出力される。

【0022】

次に、本実施形態で使用する用語の内容を説明する。まず、図 3 を参照し、基準点、基準曲線、および基準点エリアを説明する。基準点 301, 302 は、表示される計測画面上においてユーザが実際に指定する点であり、図 3 のように欠損 300 の両側に位置し、かつ欠損の存在しないエッジ上の点である。

【0023】

基準曲線 311, 312 は、計測対象物の輪郭 (エッジ) を近似する曲線であり、2 つの基準点 301, 302 に基づいて算出される。本実施形態では特に、内視鏡 2 の先端 (先端部 21 内) に設置された撮像光学系、および内視鏡 2 の先端に別途装着される撮像光学系 (光学アダプタ 7a, 7b, 7c) の歪みを補正した歪補正曲線として基準曲線が算出される。

【0024】

基準点エリア 321, 322 は、基準曲線 311, 312 を求める際に基準点周囲のエッジを抽出するための画像範囲である。基準点エリア 321, 322 のサイズは、歪補正曲線の算出に適した値に設定するのが良い。

【0025】

次に、図 4 ~ 図 5 を参照し、欠損の種類、欠損始点・終点・頂点、および欠損構成点を説明する。本実施形態で計測対象となる欠損には、辺の欠損と角の欠損の 2 種類がある。

辺の欠損は図4の欠損400のように計測対象のエッジの辺上に形成された欠損であり、角の欠損は図5の欠損500のように計測対象のエッジの角に形成された欠損である。

【0026】

欠損始点401, 501は、表示される計測画面上において、後述する欠損計算で欠損を構成する点として最初に認識される点である。欠損終点402, 502は、欠損を構成する点として最後に認識される点である。欠損頂点503は、角の欠損500において、2つの基準曲線521, 522の交点として認識される点である。欠損構成点410, 510は、計測対象物に形成された欠損のエッジを構成する点であり、欠損始点・欠損終点・欠損頂点を含む。

【0027】

次に、図6～図7を参照し、欠損サイズを説明する。欠損サイズとは、検出された欠損の大きさを表すパラメータである。本実施形態で計算される欠損サイズは、辺の欠損では欠損の幅、深さ、面積であり、角の欠損では欠損の幅、辺の長さ、面積である。より具体的には、欠損の幅は欠損始点 - 欠損終点間の空間距離である。欠損の深さは、所定の欠損構成点から、欠損始点と欠損終点を結んだ直線までの空間距離である。欠損の辺は欠損頂点 - 欠損始点間の空間距離および欠損頂点 - 欠損終点間の空間距離である。欠損の面積は、全ての欠損構成点で囲まれた領域の空間面積である。

【0028】

図6は辺の欠損サイズを示しており、欠損の幅600は、後述する欠損計算で欠損始点611と欠損終点612の空間距離として算出される。欠損の深さ601は所定の欠損構成点613から、欠損始点611と欠損終点612を結んだ直線までの空間距離として算出される。欠損の面積は、図示していない欠損構成点を含む全ての欠損構成点で囲まれた領域620の空間面積として算出される。

【0029】

図7は角の欠損サイズを示しており、欠損の幅700は、後述する欠損計算で欠損始点711と欠損終点712の空間距離として算出される。欠損の辺701は欠損頂点713と欠損始点711の空間距離として算出され、欠損の辺702は欠損頂点713と欠損終点712の空間距離として算出される。欠損の面積は、図示していない欠損構成点を含む全ての欠損構成点で囲まれた領域720の空間面積として算出される。

【0030】

次に、図8を参照し、計測点および計測点エリアを説明する。計測点801は、表示される計測画面上における計測対象物のエッジ上の点であり、後述する欠損計算で第1の基準点802から第2の基準点803に向かう方向(方向T8)に順次サーチ(探索)される。さらに、サーチされた計測点の一部は、欠損構成点として認識される。

【0031】

計測点エリア804は、計測点801をサーチする際に、計測点周囲のエッジを抽出するための画像範囲である。計測点エリア804のサイズは、エッジ抽出を行うのに適した値に設定するのが良い。

【0032】

次に、図9～図10を参照し、特徴点を説明する。特徴点901, 902および特徴点1001, 1002は、基準点903を含む基準点エリア910および計測点1003を含む計測点エリア1010内で抽出されるエッジ上の特徴的な点である。基準点エリア910内で抽出された特徴点901, 902は、後述する欠損計算で基準曲線を算出するために用いられる。また、計測点エリア1010等で抽出された特徴点の一部は、欠損計算で計測点として選択される。

【0033】

次に、本実施形態における欠損計測の手順を説明する。以下、図11～図12を参照し、欠損計測の手順と計測画面を説明する。図11は欠損計測の手順を示し、図12は計測画面を示している。以後の説明に用いる図12等の計測画面では、操作メニュー等が説明に不要な場合、その図示を省略することがある。図12において、計測画面1200, 1

10

20

30

40

50

2 1 0 , 1 2 2 0 は、辺の欠損を計測対象としたときの計測画面であり、計測画面 1 2 3 0 , 1 2 4 0 , 1 2 5 0 は、角の欠損を計測対象としたときの計測画面である。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、ステレオ計測による欠損計測が行われる。ステレオ計測においては、ステレオ光学アダプタを内視鏡 2 の先端部 2 1 に装着した状態で計測対象物を撮像するため、計測画面では計測対象物の画像が左右 1 対で表示される。

【 0 0 3 5 】

欠損計測では、まず、液晶モニタ 5 またはフェイスマウントディスプレイ 6 に表示された計測画面上において、リモートコントローラ 4 あるいは P C 3 1 の操作により、ユーザが基準点を 2 つ指定すると、指定された基準点の情報が計測処理部 1 8 に入力される（ステップ S A）。このとき、ユーザは、欠損の両側に位置する点であって欠損の存在しないエッジ上の点を基準点として選択することが望ましい。図 1 2 において、左画像内の基準点 1 2 0 1 , 1 2 0 2 と基準点 1 2 3 1 , 1 2 3 2 が指定されている。

【 0 0 3 6 】

続いて、指定された基準点の座標に基づいて、計測処理部 1 8 が欠損計算を行う（ステップ S B）。欠損計算では、欠損構成点の座標や欠損サイズの算出、欠損の種類の判別が行われる。計測画面 1 2 1 0 , 1 2 4 0 は計算中の計測画面である。欠損計算の詳細については後述する。

【 0 0 3 7 】

欠損計算が終了すると、計測処理部 1 8 の指示により、検出された欠損領域が計測画面上に表示される（ステップ S C）と共に、欠損の種類および欠損サイズが表示される（ステップ S D ~ S E）。図 1 2 に示すように、欠損領域は計測画面 1 2 2 0 の左画面 1 2 2 1 上および計測画面 1 2 5 0 上の左画面 1 2 5 1 上に表示される。より具体的には、算出された欠損構成点が線で結ばれて表示される。さらに、欠損構成点の中で、欠損始点・終点・頂点が、それぞれ ○ ・ * ・ □ のカーソルで表示される。

【 0 0 3 8 】

また、検出された欠損の種類は計測画面 1 2 2 0 , 1 2 5 0 の右画面 1 2 2 2 , 1 2 5 2 上の結果ウィンドウ 1 2 2 3 , 1 2 5 3 の上部にイメージで表示される。さらに、検出された欠損のサイズが計測画面 1 2 2 0 , 1 2 5 0 の右画面 1 2 2 2 , 1 2 5 2 上の結果ウィンドウ 1 2 2 3 , 1 2 5 3 の下部に文字で表示される。

【 0 0 3 9 】

次に、図 1 3 を参照し、図 1 1 のステップ S B 2 における欠損計算の手順を説明する。ユーザによって指定された左画面内の 2 つの基準点の位置情報が計測処理部 1 8 に入力されると、基準点指定部 1 8 b は 2 つの基準点の画像座標（液晶モニタ 5 またはフェイスマウントディスプレイ 6 に表示される画像上の 2 次元座標）を算出する（ステップ S B 1）。続いて、基準曲線算出部 1 8 c は、2 つの基準点の画像座標に基づいて、2 つの基準曲線を算出する（ステップ S B 2）。

【 0 0 4 0 】

続いて、欠損種類判別部 1 8 e は、2 本の基準曲線がなす角度を算出し、その角度に応じて欠損の種類を判別する（ステップ S B 3）。続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、2 つの基準点の画像座標に基づいて（角の欠損の場合には基準曲線も用いて）欠損構成点の画像座標を算出する（ステップ S B 4）。

【 0 0 4 1 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、算出した左画面内の各欠損構成点に対応した右画面内のマッチング点の画像座標を算出し（ステップ S B 5）、算出された欠損構成点およびそのマッチング点の画像座標に基づいて各欠損構成点の空間座標（現実の空間上の 3 次元座標）を算出する（ステップ S B 6）。

【 0 0 4 2 】

空間座標の計算方法は、特開 2 0 0 4 - 4 9 6 3 8 号公報に記載されているものと同様である。最後に、欠損サイズ算出部 1 8 f は、算出された欠損構成点の空間座標に基づい

10

20

30

40

50

て、欠損の種類に応じた欠損サイズを算出する（ステップS B 7）。

【0043】

次に、図14を参照し、図12のステップS B 2における基準曲線の算出処理の手順を説明する。基準点指定部18bによって算出された2つの基準点の画像座標が入力される（ステップS B 2 1）と、基準曲線算出部18cは、入力された基準点の画像座標に基づいて、各基準点について特徴点を2つずつ算出する（ステップS B 2 2）。

【0044】

続いて、基準曲線算出部18cは、2つの特徴点に基づいて、撮像光学系の歪みを補正した歪補正曲線を算出する（ステップS B 2 3）。基準点が2つであるので、2本の歪補正曲線が算出される。最後に、基準曲線算出部18cは、この歪補正曲線の情報（曲線を構成する点の画像座標または曲線の式）を基準曲線の情報として制御部18aへ出力する（ステップS B 2 4）。

10

【0045】

以下、図15を参照し、上記のステップS B 2 2における特徴点の算出処理の手順を説明する。特徴点の算出処理は基準曲線の算出時だけでなく欠損構成点の算出時にも行われる。欠損構成点の算出処理については後述するが、ここでは特徴点の算出処理をまとめて説明する。

【0046】

また、図16～図17は特徴点の算出処理の手順を模式的に示しており、適宜図16～図17も参照する。図16は基準点周囲の特徴点を算出する場合の手順を示し、図17は計測点周囲の特徴点を算出する場合の手順を示している。

20

【0047】

基準点の画像座標もしくは計測点の画像座標が入力される（ステップS F 1）と、入力された基準点の画像座標もしくは計測点の画像座標に基づいて、基準点エリア内もしくは計測点エリア内のエリア画像が抽出される（ステップS F 2）。これによって、基準点1600を含む基準点エリア内のエリア画像1601、もしくは計測点1700を含む計測点エリア内のエリア画像1701が抽出される。

【0048】

続いて、抽出されたエリア画像がグレースケール化され（ステップS F 3）、グレースケール化された画像に対してエッジ抽出が行われる（ステップS F 4）。続いて、抽出されたエッジの近似直線が算出され（ステップS F 5）、算出されたエッジ近似直線とエリア境界線との2つの交点が算出される（ステップS F 6）。これによって、エッジ近似直線1602もしくはエッジ近似直線1702が算出され、エッジ近似直線1602とエリア境界線との交点1603、1604もしくはエッジ近似直線1702とエリア境界線との交点1703、1704が算出される。

30

【0049】

最後に、算出された各交点と抽出されたエッジとの最近傍点が算出され（ステップS F 7）、算出された2つの最近傍点が特徴点として制御部18aへ出力される（ステップS F 8）。これによって、交点1603、1604に対応した最近傍点1605、1606、もしくは交点1703、1704に対応した最近傍点1705、1706が特徴点として出力される。

40

【0050】

ステップS F 4のエッジ抽出後にエッジ近似直線の算出を行うため、エッジ抽出には、抽出後の画像にできるだけノイズが発生しない処理を用いるのが良い。例えばSobel・Prewitt・Gradientフィルタ等の1次微分フィルタやLaplacianフィルタ等の2次微分フィルタを用いると良い。

【0051】

また、膨張・収縮・差分処理およびノイズ低減フィルタ等を組み合わせた処理を用いてエッジ抽出を行っても良い。このとき、グレースケール画像を2値化する必要があるが、2値化閾値には固定値を用いても良いし、P-タイル法、モード法、判別分析法など、グ

50

レースケール画像の輝度に基づいて閾値を変更する方法を用いても良い。

【0052】

また、ステップS F 5のエッジ近似直線の算出では、ステップS F 4で抽出されたエッジの情報に基づいて、例えば最小2乗法を用いて近似直線を算出する。なお、上記では、エッジの形状に対して直線近似を行っているが、2次以上の関数を使って曲線近似を行っても良い。エッジの形状が直線よりも曲線に近い場合には、曲線近似を行った方がより精度の良い特徴点算出が可能となる。

【0053】

次に、図14のステップS B 2 3における歪補正曲線の算出処理の手順を説明する。本実施形態による計測用内視鏡装置1に適用される内視鏡2では、各内視鏡2特有の撮像光学系の光学データが測定される。測定された光学データは例えばメモリカード33に記録される。この光学データを用いることにより、計測画像を、撮像光学系の歪みを補正した歪補正画像に変換することができる。

10

【0054】

以下、図18を参照し、歪補正曲線の算出方法を説明する。原画像1800は計測対象物の画像であり、点P1、P2は、図14のステップS B 2 2で算出された2つの特徴点である。光学データを用いて原画像1800を変換すると歪補正画像1801となる。点P1'、P2'はそれぞれ点P1、P2の変換後の点である。

【0055】

この点P1'、P2'を歪補正画像1801上で結んだ直線を直線Lとし、光学データを用いて直線L上の各画素点を逆変換すると、直線Lは原画像1802上において曲線L'に変換される。この曲線L'の情報が、点P1、P2を通る歪曲線の情報として制御部18aへ出力される。光学データの内容およびその作成方法、歪補正方法に関しては、特開2004-49638号公報に記載された内容と同じである。

20

【0056】

次に、図19を参照し、図13のステップS B 3における欠損種類の判別処理の手順を説明する。2本の基準曲線の情報が制御部18aから入力される(ステップS B 3 1)と、欠損種類判別部18eは2本の基準曲線がなす角度を算出する(ステップS B 3 2)。続いて、欠損種類判別部18eは、2本の基準曲線のなす角度が所定の範囲であるか否かを判定する(ステップS B 3 3)。

30

【0057】

2本の基準曲線のなす角度が所定の範囲であった場合(例えば角度が180°に近い値の場合)、欠損種類判別部18eは、欠損が辺の欠損であると判断し、欠損の判別結果を制御部18aへ出力する。制御部18aは欠損の判別結果を記憶部18gに格納する(ステップS B 3 4)。また、2本の基準曲線のなす角度が所定の範囲でなかった場合(例えば角度が90°に近い値の場合)、欠損種類判別部18eは、欠損が角の欠損であると判断し、欠損の判別結果を制御部18aへ出力する。制御部18aは欠損の判別結果を記憶部18gに格納する(ステップS B 3 5)。

【0058】

次に、図13のステップS B 4における欠損構成点の算出処理の手順を説明する。欠損構成点の算出処理は、欠損頂点算出処理、欠損始点算出処理、2種類の計測点算出処理、および欠損終点算出処理で構成される。まず、図20を参照し、欠損頂点算出処理の手順を説明する。

40

【0059】

制御部18aから欠損の判別結果が入力される(ステップS B 4 1 1 a)と、欠損構成点算出部18dは、判別結果に基づいて欠損の種類を判別する(ステップS B 4 1 1 b)。欠損の種類が角の欠損であった場合、制御部18aから2本の基準曲線の情報が入力される(ステップS B 4 1 1 c)。

【0060】

欠損構成点算出部18dは、入力された情報に基づいて2本の基準曲線の交点を算出し

50

(ステップS B 4 1 1 d)、算出した交点の画像座標を制御部 1 8 a へ出力する。制御部 1 8 a は 2 本の基準曲線の交点の画像座標を欠損構成点(欠損頂点)の画像座標として記憶部 1 8 g に格納する(ステップS B 4 1 1 e)。続いて、図 2 1 に示す第 1 の計測点算出処理へ処理が移行する。また、欠損の種類が辺の欠損であった場合、ステップS B 4 1 1 b に続いて、図 2 1 に示す第 1 の計測点算出処理へ処理が移行する。

【0061】

次に、図 2 1 を参照し、第 1 の計測点算出処理の手順を説明する。また、図 2 2 は第 1 の計測点算出処理の手順を模式的に示しており、適宜図 2 2 も参照する。ユーザによって指定された 2 つの基準点のうち、最初に指定された第 1 の基準点の画像座標が制御部 1 8 a から入力される(ステップS B 4 1 2 a)と、欠損構成点算出部 1 8 d は図 1 5 に示した特徴点の算出処理を実行し、2 つの特徴点を算出する(ステップS B 4 1 2 b)。これによって、第 1 の基準点 2 2 0 0 に対応した 2 つの特徴点 2 2 0 1, 2 2 0 2 が算出される。

10

【0062】

続いて、第 2 の基準点の画像座標が制御部 1 8 a から入力される(ステップS B 4 1 2 c)。欠損構成点算出部 1 8 d は 2 つの特徴点と第 2 の基準点の 2 次元距離を算出し、2 つの特徴点のうち第 2 の基準点に近い方を次の計測点とする(ステップS B 4 1 2 d)。第 2 の基準点のある方向が図 2 2 の方向 T 2 2 である場合、特徴点 2 2 0 1, 2 2 0 2 のうち特徴点 2 2 0 2 が次の計測点 2 2 0 3 となる。

【0063】

20

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、算出した計測点の画像座標を制御部 1 8 a へ出力する。制御部 1 8 a は計測点の画像座標を記憶部 1 8 g に格納する(ステップS B 4 1 2 e)。続いて、図 2 3 に示す欠損始点算出処理へ処理が移行する。

【0064】

次に、図 2 3 を参照し、欠損始点算出処理の手順を説明する。また、図 2 4 は欠損始点算出処理の手順を模式的に示しており、適宜図 2 4 も参照する。まず、前回求めた計測点の画像座標が制御部 1 8 a から入力され(ステップS B 4 1 3 a)、2 本の基準曲線のうち第 1 の基準点から算出された第 1 の基準曲線の情報が制御部 1 8 a から入力される(ステップS B 4 1 3 b)。

【0065】

30

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は第 1 の基準曲線と計測点の 2 次元距離を算出し(ステップS B 4 1 3 c)、算出した 2 次元距離が所定値以上であるか否かを判定する(ステップS B 4 1 3 d)。算出した 2 次元距離が所定値以上であった場合、欠損構成点算出部 1 8 d は、計測対象物のエッジを近似する直線であるエッジ近似直線を算出する(ステップS B 4 1 3 e)。例えば図 2 4 に示すように、第 1 の基準点 2 4 0 1 から算出された第 1 の基準曲線 2 4 1 0 と計測点 2 4 0 2 の 2 次元距離 D 2 4 が所定値以上であった場合、エッジ近似直線 2 4 1 1 が算出される。

【0066】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は第 1 の基準曲線とエッジ近似直線の交点を算出する(ステップS B 4 1 3 f)。これによって、第 1 の基準曲線 2 4 1 0 とエッジ近似直線 2 4 1 1 の交点 2 4 0 3 が算出される。

40

【0067】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、算出した交点の画像座標を制御部 1 8 a へ出力する。制御部 1 8 a は交点の画像座標を欠損構成点(欠損始点)の画像座標として記憶部 1 8 g に格納する(ステップS B 4 1 3 g)。続いて、図 2 5 に示す第 2 の計測点算出処理へ処理が移行する。また、ステップS B 4 1 3 c で算出した 2 次元距離が所定値未満であった場合、ステップS B 4 1 3 d に続いて、図 2 5 に示す第 2 の計測点算出処理へ処理が移行する。

【0068】

次に、図 2 5 を参照し、第 2 の計測点算出処理の手順を説明する。また、図 2 6 は第 2

50

の計測点算出処理の手順を模式的に示しており、適宜図 2 6 も参照する。前回求めた計測点の画像座標が制御部 1 8 a から入力される（ステップ S B 4 1 4 a ）と、欠損構成点算出部 1 8 d は図 1 5 に示した特徴点の算出処理を実行し、2 つの特徴点を算出する（ステップ S B 4 1 4 b ）。これによって、計測点 2 6 0 0 に対応した 2 つの特徴点 2 6 0 1 , 2 6 0 2 が算出される。

【 0 0 6 9 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、前回求めた計測点と 2 つの特徴点のそれぞれとの 2 次元距離を算出し、2 つの特徴点のうち、前回求めた計測点から遠い方を次の計測点とする（ステップ S B 4 1 4 c ）。前回求めた計測点のある方向が図 2 6 の方向 T 2 6 である場合、特徴点 2 6 0 1 , 2 6 0 2 のうち特徴点 2 6 0 2 が次の計測点 2 6 0 3 となる。

10

【 0 0 7 0 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、欠損始点の画像座標が既に記憶部 1 8 g に格納されているか否かを判定する（ステップ S B 4 1 4 d ）。欠損始点の画像座標が既に記憶部 1 8 g に格納されている場合、欠損構成点算出部 1 8 d は、算出した計測点の画像座標を制御部 1 8 a へ出力する。制御部 1 8 a は計測点の画像座標を欠損構成点の画像座標として記憶部 1 8 g に格納する（ステップ S B 4 1 4 e ）。続いて、図 2 7 に示す欠損終点算出処理へ処理が移行する。また、欠損始点の画像座標が記憶部 1 8 g にまだ格納されていない場合、図 2 3 に示す欠損始点算出処理へ処理が再度移行する。

【 0 0 7 1 】

次に、図 2 7 を参照し、欠損終点算出処理の手順を説明する。また、図 2 8 は欠損終点算出処理の手順を模式的に示しており、適宜図 2 8 も参照する。まず、前回求めた計測点の画像座標が制御部 1 8 a から入力され（ステップ S B 4 1 5 a ）、2 本の基準曲線のうち第 2 の基準点から算出された第 2 の基準曲線の情報が制御部 1 8 a から入力される（ステップ S B 4 1 5 b ）。

20

【 0 0 7 2 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は第 2 の基準曲線と計測点の 2 次元距離を算出し（ステップ S B 4 1 5 c ）、算出した 2 次元距離が所定値以下であるか否かを判定する（ステップ S B 4 1 5 d ）。算出した 2 次元距離が所定値以下であった場合、欠損構成点算出部 1 8 d は、計測対象物のエッジを近似する直線であるエッジ近似直線を算出する（ステップ S B 4 1 5 e ）。例えば図 2 8 に示すように、第 2 の基準点 2 8 0 0 から算出された第 2 の基準曲線 2 8 1 0 と計測点 2 8 0 1 の 2 次元距離 D 2 8 が所定値以下であった場合、エッジ近似直線 2 8 1 1 が算出される。

30

【 0 0 7 3 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は第 2 の基準曲線とエッジ近似直線の交点を算出する（ステップ S B 4 1 5 f ）。これによって、第 2 の基準曲線 2 8 1 0 とエッジ近似直線 2 8 1 1 の交点 2 8 0 3 が算出される。

【 0 0 7 4 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、算出した交点の画像座標を制御部 1 8 a へ出力する。制御部 1 8 a は交点の画像座標を欠損構成点（欠損終点）の画像座標として記憶部 1 8 g に格納する（ステップ S B 4 1 5 g ）。この処理によって、上述した欠損構成点の算出処理の全体が終了する。また、ステップ S B 4 1 5 c で算出した 2 次元距離が所定値を超えた場合、ステップ S B 4 1 5 d に続いて、図 2 5 に示した第 2 の計測点算出処理へ処理が再度移行する。

40

【 0 0 7 5 】

次に、図 2 9 を参照し、図 2 3 のステップ S B 4 1 3 e および図 2 7 のステップ S B 4 1 5 e におけるエッジ近似直線の算出処理の手順を説明する。計測点の画像座標が入力される（ステップ S G 1 ）と、欠損構成点算出部 1 8 d は、入力された計測点の画像座標に基づいて、計測点エリア内のエリア画像を抽出する（ステップ S G 2 ）。

【 0 0 7 6 】

続いて、欠損構成点算出部 1 8 d は、抽出したエリア画像をグレースケール化し（ステ

50

ップSG3)、グレースケール化した画像に対してエッジ抽出を行う(ステップSG4)。続いて、欠損構成点算出部18dは、抽出したエッジの近似直線を算出し(ステップSG5)、算出したエッジ近似直線の情報を制御部18aへ出力する(ステップSG6)。上記のステップSG1~SG5の処理は図15のステップSF1~SF5の処理と同様である。

【0077】

次に、図13のステップSB5におけるマッチング点の算出方法を説明する。欠損構成点算出部18dは、上述した欠損計算で算出した欠損構成点に基づいてパターンマッチング処理を実行し、左右2画像の対応点であるマッチング点を算出する。このパターンマッチング処理の方法は特開2004-49638号公報に記載されたものと同じである。

10

【0078】

しかし、欠損の種類が角の欠損であった場合、欠損頂点は計測対象物の背景に位置しており、画像上ではエッジ等の特徴的なパターンが存在しないので、パターンマッチング処理がうまく機能せず、マッチング点を算出できないことがある。そこで、本実施形態では、欠損の種類が角の欠損であった場合、欠損頂点のマッチング点の算出は以下のようにして行われる。

【0079】

図30(a)に示すように、まず、左画像3000の基準点3001, 3002に対応した右画像3020のマッチング点3021, 3022が算出される。続いて、基準点3001, 3002のそれぞれを通る基準曲線3010, 3011と、マッチング点3021, 3022のそれぞれを通る基準曲線3030, 3031とが算出される。

20

【0080】

続いて、図30(b)に示すように、左画像3000の基準曲線3010, 3011の交点3003が欠損頂点として算出される。また、右画像3020の基準曲線3030, 3031の交点3023が算出され、欠損頂点のマッチング点とみなされる。

【0081】

次に、図31を参照し、図13のステップSB7における欠損サイズの算出処理の手順を説明する。欠損構成点の空間座標(3次元座標)および欠損の判別結果が制御部18aから入力される(ステップSB71)と、欠損サイズ算出部18fは欠損の幅(欠損始点-欠損終点間の空間距離)を算出する(ステップSB72)。

30

【0082】

続いて、欠損サイズ算出部18fは、欠損の判別結果に基づいて欠損の種類を判定する(ステップSB73)。欠損の種類が辺の欠損であった場合、欠損サイズ算出部18fは欠損の深さ(所定の欠損構成点から、欠損始点と欠損終点を結んだ直線までの空間距離)を算出する(ステップSB74)。さらに、欠損サイズ算出部18fは欠損の面積(全ての欠損構成点で囲まれた領域の空間面積)を算出する(ステップSB75)。

【0083】

続いて、欠損サイズ算出部18fは、算出した欠損サイズを制御部18aへ出力する。制御部18aは欠損サイズを記憶部18gに格納する(ステップSB76)。また、欠損の種類が角の欠損であった場合には、欠損サイズ算出部18fは欠損の辺(欠損頂点-欠損始点間の空間距離および欠損頂点-欠損終点間の空間距離)を算出する(ステップSB77)。これに続いて、処理はステップSB75に移行する。

40

【0084】

次に、本実施形態における計測結果の表示方法を説明する。図32は欠損計測開始前の計測画面を示している。計測情報として、左画面3200には計測対象物の左画像が表示され、右画面3210には計測対象物の右画像が表示される。また、左画面3200および右画面3210を除く計測画面上の領域には他の計測情報として、光学アダプタ名称情報3220、時間情報3221、メッセージ情報3222、アイコン3223a, 3223b, 3223c, 3223d, 3223e、およびズームウィンドウ3224が表示される。

50

【 0 0 8 5 】

光学アダプタ名称情報 3 2 2 0 と時間情報 3 2 2 1 は共に計測条件を示す情報である。光学アダプタ名称情報 3 2 2 0 は、現在使用している光学アダプタの名称を示す文字情報である。時間情報 3 2 2 1 は現在の日付と時刻を示す文字情報である。メッセージ情報 3 2 2 2 は、ユーザへの操作指示を示す文字情報と、計測条件の 1 つである基準点の座標を示す文字情報とを含んでいる。

【 0 0 8 6 】

アイコン 3 2 2 3 a ~ 3 2 2 3 e は、ユーザが計測モードの切替や計測結果のクリア等の操作指示を入力するための操作メニューを構成している。ユーザがリモートコントローラ 4 あるいは P C 3 1 を操作し、図示せぬカーソルをアイコン 3 2 2 3 a ~ 3 2 2 3 e のいずれかの上に移動させてクリック等の操作を行うと、その操作に応じた信号が計測処理部 1 8 に入力される。制御部 1 8 a は、その信号に基づいてユーザからの操作指示を認識し、計測処理を制御する。また、ズームウィンドウ 3 2 2 4 には計測対象物の拡大画像が表示される。

【 0 0 8 7 】

図 3 3 は、欠損計測結果を表示したときの計測画面を示している。計測結果を表示するための結果ウィンドウ 3 3 0 0 が、図 3 2 に示した計測対象物の撮像画像や各種情報の上に重ねて表示されるため、右画面の撮像画像や文字情報等が結果ウィンドウ 3 3 0 0 の背後に隠れてしまっている。この状態（第 1 の表示状態）は、計測結果の表示に必要なスペースを確保して計測結果の視認性を良くするのに適している。

【 0 0 8 8 】

ユーザがリモートコントローラ 4 あるいは P C 3 1 を操作し、図示せぬカーソルを結果ウィンドウ 3 3 0 0 の上に移動させてクリック等の操作を行うと、制御部 1 8 a の制御により、計測画面が、図 3 4 に示す計測画面に切り替わる。図 3 4 では結果ウィンドウ 3 4 0 0 が透過状態となって計測結果が非表示となることによって、図 3 3 の結果ウィンドウ 3 3 0 0 で隠れていた右画面の撮像画像や文字情報等が視覚可能となっている。結果ウィンドウ 3 4 0 0 は枠だけが表示されている状態である。

【 0 0 8 9 】

この状態（第 2 の表示状態）は、撮像画像等の計測情報の表示に必要なスペースを確保して計測情報の視認性を良くするのに適している。これによって、例えば左右の画面内の欠損構成点のマッチング状態等を確認することができる。図 3 4 の状態で、ユーザがリモートコントローラ 4 あるいは P C 3 1 を操作し、クリック等の操作を行うと、制御部 1 8 a の制御により、計測画面が、図 3 3 に示す計測画面に再度切り替わる。

【 0 0 9 0 】

図 3 3 に示した表示状態で計測画面の切替がユーザによって指示された場合に、計測画面を図 3 5 に示す計測画面に切り替えても良い。図 3 5 に示す結果ウィンドウ 3 5 0 0 は、結果ウィンドウを最小化し、かつ表示位置を、他の情報の表示の邪魔にならない位置に移動させたものである。図 3 5 に示した表示状態も、撮像画像等の計測情報の表示に必要なスペースを確保して計測情報の視認性を良くするのに適している。他の情報の表示の邪魔にならないのであれば、結果ウィンドウの大きさと表示位置の両方を変更しなくてもよく、一方だけを変更するようにしてもよい。

【 0 0 9 1 】

上述したように、本実施形態によれば、2 つの基準点を指定すれば欠損サイズの計測が可能となるので、従来のように 3 点あるいは 4 点以上の基準点を指定する場合と比較して、操作の煩わしさを低減し操作性を向上することができる。また、電子内視鏡の先端に設置される撮像光学系の歪みを補正した歪補正曲線を基準曲線として算出することによって、欠損サイズの計測精度を向上することができる。

【 0 0 9 2 】

また、2 つの基準点に対応した 2 本の基準曲線が形成する角度に応じて欠損の種類を判別することによって、欠損の種類に応じた自動計測を行うことが可能となるので、操作の

10

20

30

40

50

煩わしさを低減し操作性を向上することができる。特に、欠損のサイズを示すパラメータとして、欠損の種類に応じたパラメータを自動的に選択して算出することによって、ユーザが欠損の種類を特に意識しなくても最適な自動計測を行うことが可能となるので、操作の煩わしさを低減し操作性を向上することができる。

【0093】

また、従来の計測用内視鏡装置では、角の頂点を含む計測対象物の角に形成された角の欠損のエッジを、1つの仮想曲線とその曲線上の仮想点とで近似しており、角の欠損の頂点に相当する上記の仮想点の選択が手動で行われていたため、欠損サイズの計測精度を低下させるおそれがあるという問題があった。これに対して、本実施形態のように、2つの基準点に対応した2本の基準曲線の交点を欠損構成点の1つ（欠損頂点）として算出することによって、欠損サイズの計測精度を向上することができる。

10

【0094】

また、欠損のサイズを示すパラメータとして、少なくとも2種類のパラメータを算出することによって、欠損のサイズを詳細に知ることができる。

【0095】

また、1つの基準点について計測対象物のエッジ上の少なくとも2つの特徴点を算出し、それらの特徴点に基づいて基準曲線を算出することによって、基準曲線の算出精度を向上し、ひいては欠損サイズの計測精度を向上することができる。

【0096】

また、本実施形態によれば、以下の効果を得ることもできる。従来の計測用内視鏡では、計測を行う現場での装置の移動を容易とするため、表示装置の大きさに制限があり、表示装置の画面の大きさも限られていた。このため、従来の計測用内視鏡装置では、計測対象物の撮像画像と計測結果の表示に十分な表示スペースを確保できずに視認性が悪くなる可能性があった。

20

【0097】

これに対して、本実施形態のように、計測対象物の撮像画像を含む計測情報の少なくとも一部の上に計測結果が重なって表示された第1の表示状態と、第1の表示状態において計測結果が重なっていた計測情報を視覚可能とした第2の表示状態との間で表示状態を切り替えることによって、計測情報と計測結果のそれぞれに対して必要な表示スペースを確保することが可能となる。これによって、計測情報と計測結果の視認性を向上することができる。また、表示装置の画面には、計測対象物の撮像画像の他にも、計測条件を示す文字情報、ユーザへの操作指示を示す文字情報、操作内容の入力に使用される操作メニュー等も表示されるが、これらの表示スペースも確保して視認性を向上することができる。

30

【0098】

（第1の変形例）

次に、本実施形態の変形例を説明する。まず、第1の変形例を説明する。上記の説明では、2つの特徴点から1本の基準曲線が算出されるが、3つの特徴点から1本の基準曲線を算出する方法を以下で説明する。

【0099】

図36に示すように、まず、原画像3600において、基準点3601および基準点エリア3602の位置に基づいて、2つの特徴点P1、P2が算出される。さらに、基準点3601と計測対象物のエッジとの最近傍点が第3の特徴点P3として算出される。なお、図面の表現上の都合により、原画像3600では特徴点P3の図示を省略している。

40

【0100】

光学データを用いて原画像3600を変換すると、歪補正画像3610となる。点P1'、P2'、P3'はそれぞれ点P1、P2、P3の変換後の点である。この点P1'、P2'、P3'に基づいて例えば最小2乗法を用いて算出した直線を近似直線Lとし、光学データを用いて近似直線L上の各画素点を逆変換すると、近似直線Lは原画像3620上において曲線L'に変換される。この曲線L'が、点P1、P2、P3を通る歪補正曲線である。

50

【 0 1 0 1 】

以上のように、3つの特徴点を用いて基準曲線を算出することにより、基準曲線の算出精度を向上することができる。また、上記では特徴点を3つとしたが、4つ以上の特徴点を算出して、その特徴点に基づいて上記と同様の方法で基準曲線の算出を行っても良い。さらに、上記では歪補正後の特徴点に基づいて直線近似を行っているが、2次以上の関数を使って曲線近似を行っても良い。歪補正後のエッジの形状が直線よりも曲線に近い場合には、曲線近似を行った方が特徴点算出の精度が向上する。

【 0 1 0 2 】

(第2の変形例)

次に、第2の変形例を説明する。図30を参照して前述した説明では、欠損頂点の空間座標(3次元座標)を算出する際に、2つの基準点のマッチング点を右画像上で求め、そのマッチング点に基づいて右画像上の2本の基準曲線を算出し、それらの交点を欠損頂点のマッチング点とみなし、そのマッチング点の画像座標から欠損頂点の空間座標を算出していた。以下では、2つの基準点から算出した特徴点に基づいて2本の3次元直線を算出し、その2本の3次元直線の交点を欠損頂点の空間座標として算出する方法を説明する。

【 0 1 0 3 】

図37に示す角の欠損において、まず、ユーザが指定した2つの基準点に基づいて特徴点を算出する。特徴点P1, P2は基準点3700から算出した特徴点であり、点P3, P4は基準点3701から算出した特徴点である。続いて、点P1~P4のマッチング点P1'~P4'を求め、これらの特徴点P1~P4および特徴点P1'~P4'の空間座標を算出する。ここで、特徴点P1, P2の空間座標をそれぞれ(P1x, P1y), (C1x, C1y)とし、特徴点P3, P4の空間座標をそれぞれ(Prx, Pry), (Crx, Cry)とすると、特徴点P1, P2を通る3次元直線Lの式、および特徴点P3, P4を通る3次元直線Rの式はそれぞれ以下の(1)式および(2)式のようになる。

【 0 1 0 4 】

【数1】

$$\frac{X - Clx}{Plx - Clx} = \frac{Y - Cly}{Ply - Cly} = \frac{Z - Clz}{Plz - Clz} \quad \dots(1)$$

$$\frac{X - Crx}{Prx - Crx} = \frac{Y - Cry}{Pry - Cry} = \frac{Z - Crz}{Prz - Crz} \quad \dots(2)$$

【 0 1 0 5 】

続いて、2本の3次元直線L, Rの交点を算出する。実際には3次元直線L, Rが交わるということはほとんどないので、本変形例では、2直線が再接近する位置を2直線の交点とみなす。2直線が最接近する位置を探すことは、2直線の法線が一致する位置を探すことと同じである。すなわち、図38に示すように、直線L上の最接近点Q1と、直線R上の最接近点Qrとを結ぶ直線Nは、直線L, Rそれぞれに対して直交する。このため、直線L, Rの方向ベクトルと直線Nの方向ベクトルとの内積は0となる。これらは、それぞれ以下の(3)式および(4)式で表される。

【 0 1 0 6 】

【数2】

$$(Plx - Clx, Ply - Cly, Plz - Clz) \cdot (Qlx - Qrx, Qly - Qry, Qlz - Qrz) = 0 \quad \dots(3)$$

$$(Prx - Crx, Pry - Cry, Prz - Crz) \cdot (Qlx - Qrx, Qly - Qry, Qlz - Qrz) = 0 \quad \dots(4)$$

10

20

30

40

50

【 0 1 0 7 】

また、最接近点 Q_l , Q_r がそれぞれ直線 L , R 上にあることから、(1) 式および (2) 式と定数 s , t を用いて以下の (5) 式および (6) 式が成り立つ。

【 0 1 0 8 】

【数 3】

$$\frac{Qlx - Clx}{Plx - Clx} = \frac{Qly - Cly}{Ply - Cly} = \frac{Qlz - Clz}{Plz - Clz} = s \quad \dots(5)$$

$$\frac{Qrx - Crx}{Prx - Crx} = \frac{Qry - Cry}{Pry - Cry} = \frac{Qrz - Crz}{Prz - Crz} = t \quad \dots(6)$$

10

【 0 1 0 9 】

続いて、上記の (1) 式 ~ (6) 式を用いて、最接近点 Q_l , Q_r の空間座標を求める。まず、定数 $tmp1$, $tmp2$, $tmp3$, $tmp4$, $tmp5$, $tmp6$ を以下の (7) 式および (8) 式のように定義する。

【 0 1 1 0 】

【数 4】

$$tmp1 = Plx - Clx, \quad tmp2 = Ply - Cly, \quad tmp3 = Plz - Clz, \quad \dots(7)$$

$$tmp4 = Prx - Crx, \quad tmp5 = Pry - Cry, \quad tmp6 = Prz - Crz, \quad \dots(8)$$

20

【 0 1 1 1 】

定数 $tmp1$ ~ $tmp6$ を用いて (3) 式および (4) 式を書き換えると以下の (3 a) 式および (4 a) 式となる。

【 0 1 1 2 】

【数 5】

$$(tmp1, tmp2, tmp3) \cdot (Qlx - Qrx, Qly - Qry, Qlz - Qrz) = 0 \quad \dots(3a)$$

$$(tmp4, tmp5, tmp6) \cdot (Qlx - Qrx, Qly - Qry, Qlz - Qrz) = 0 \quad \dots(4a)$$

30

【 0 1 1 3 】

また、定数 $tmp1$ ~ $tmp6$ を用いて (5) 式および (6) 式を書き換えると以下の (5 a) 式および (6 a) 式となる。

【 0 1 1 4 】

【数 6】

$$Qlx = tmp1 * s + Clx, \quad Qly = tmp2 * s + Cly, \quad Qlz = tmp3 * s + Clz, \quad \dots(5a)$$

$$Qrx = tmp4 * t + Crx, \quad Qry = tmp5 * t + Cry, \quad Qrz = tmp6 * t + Crz, \quad \dots(6a)$$

40

【 0 1 1 5 】

続いて、(5 a) 式および (6 a) 式を用いて (3 a) 式および (4 a) 式を書き換えると以下の (3 b) 式および (4 b) 式となる。

50

【 0 1 1 6 】

【 数 7 】

$$(tmp1, tmp2, tmp3) \cdot (tmp1 * s - tmp4 * t + Clx - Crx, \\ tmp2 * s - tmp5 * t + Cly - Cry, tmp3 * s - tmp6 * t + Clz - Crz) = 0 \quad \dots(3b)$$

$$(tmp4, tmp5, tmp6) \cdot (tmp1 * s - tmp4 * t + Clx - Crx, \\ tmp2 * s - tmp5 * t + Cly - Cry, tmp3 * s - tmp6 * t + Clz - Crz) = 0 \quad \dots(4b)$$

10

【 0 1 1 7 】

さらに、(3 b) 式および (4 b) 式を展開すると以下の (3 c) 式および (4 c) 式となる。

【 0 1 1 8 】

【 数 8 】

$$(tmp1^2 + tmp2^2 + tmp3^2) * s - (tmp1 * tmp4 + tmp2 * tmp5 + tmp3 * tmp6) * t \\ + (Clx - Crx) * tmp1 + (Cly - Cry) * tmp2 + (Clz - Crz) * tmp3 = 0 \quad \dots(3c)$$

$$(tmp1 * tmp4 + tmp2 * tmp5 + tmp3 * tmp6) * s - (tmp4^2 + tmp5^2 + tmp6^2) * t \\ + (Clx - Crx) * tmp4 + (Cly - Cry) * tmp5 + (Clz - Crz) * tmp6 = 0 \quad \dots(4c)$$

20

【 0 1 1 9 】

また、定数 $a1$, $b1$, $c1$, ar , br , cr を以下の (9) 式 ~ (14) 式のように定義する。

【 0 1 2 0 】

【 数 9 】

$$a1 = tmp1^2 + tmp2^2 + tmp3^2 \quad \dots(9)$$

$$b1 = tmp1 * tmp4 + tmp2 * tmp5 + tmp3 * tmp6 \quad \dots(10)$$

$$c1 = (Clx - Crx) * tmp1 + (Cly - Cry) * tmp2 + (Clz - Crz) * tmp3 \quad \dots(11)$$

$$ar = b1 = tmp1 * tmp4 + tmp2 * tmp5 + tmp3 * tmp6 \quad \dots(12)$$

$$br = tmp4^2 + tmp5^2 + tmp6^2 \quad \dots(13)$$

$$cr = (Clx - Crx) * tmp4 + (Cly - Cry) * tmp5 + (Clz - Crz) * tmp6 \quad \dots(14)$$

30

40

【 0 1 2 1 】

(9) 式 ~ (14) 式を用いて (3 c) 式および (4 c) 式を整理すると以下の (3 d) 式および (4 d) 式となる。

【 0 1 2 2 】

【数 1 0】

$$al * s - bl * t + cl = 0 \quad \dots(3d)$$

$$ar * s - br * t + cr = 0 \quad \dots(4d)$$

【0 1 2 3】

(3d) 式および(4d) 式から以下の(15) 式および(16) 式が成り立つ。

【0 1 2 4】

10

【数 1 1】

$$\therefore s = \frac{-br * cl + bl * cr}{al * br - ar * bl} \quad \dots(15)$$

$$\therefore t = \frac{-ar * cl + al * cr}{al * br - ar * bl} \quad \dots(16)$$

【0 1 2 5】

20

一方、(5) 式～(8) 式を用いると最接近点 Q l , Q r の座標は以下の(17) 式および(18) 式で表される。(7) 式～(8) 式、(9) 式～(14) 式、(15) 式～(16) 式を(17) 式および(18) 式に代入することにより、最接近点 Q l , Q r の座標が求まる。

【0 1 2 6】

【数 1 2】

$$Qlx = tmp1 * s + Clx, \quad Qly = tmp2 * s + Cly, \quad Qlz = tmp1 * s + Clz, \quad \dots(17)$$

$$Qrx = tmp4 * t + Crx, \quad Qry = tmp5 * t + Cry, \quad Qrz = tmp6 * t + Crz, \quad \dots(18)$$

30

【0 1 2 7】

最後に、最接近点 Q l , Q r の中点を直線 L , R の交点とみなすことにより、欠損頂点の空間座標は以下の(19) 式で表される。上記と同様にして、特徴点 P 1 ' ～ P 4 ' の空間座標から右画像における欠損頂点の空間座標を求めることができる。

【0 1 2 8】

【数 1 3】

$$\left(\frac{Qlx + Qrx}{2}, \frac{Qly + Qry}{2}, \frac{Qlz + Qrz}{2} \right) \quad \dots(19)$$

40

【0 1 2 9】

(第3の変形例)

次に、第3の変形例を説明する。上記の説明では、欠損の両側に位置する点であって欠損の存在しないエッジ上の点が基準点として選択されることを想定しているが、欠損が撮像画像の端の方に撮像されている場合には、欠損の存在しないエッジ上の点を基準点として選択することが困難なこともある。以下では、欠損の端点を基準点として欠損計測を行う方法を説明する。

50

【 0 1 3 0 】

図 3 9 に示すように、ユーザは欠損の 2 つの端点を基準点 3 9 0 0 , 3 9 0 1 として指定する。基準点 3 9 0 0 は、欠損の周辺における計測対象物のエッジ 3 9 1 0 と欠損のエッジ 3 9 1 1 が交差する位置にある点である。また、基準点 3 9 0 1 は、欠損の周辺における計測対象物のエッジ 3 9 1 2 と欠損のエッジ 3 9 1 3 が交差する位置にある点である。

【 0 1 3 1 】

欠損計算では、基準曲線を算出するのに用いる特徴点は、基準点 3 9 0 0 から方向 T 3 9 a に向かって、および基準点 3 9 0 1 から方向 T 3 9 b に向かってサーチされる。また、欠損構成点を算出するのに用いる計測点は、基準点 3 9 0 0 から方向 T 3 9 c に向かっ

10

【 0 1 3 2 】

特徴点の算出処理は、必要な数の特徴点が算出された時点で終了となる。また、計測点の算出処理に関しては、基準点 3 9 0 0 と基準点 3 9 0 1 のそれぞれから計測点のサーチを開始し、基準点 3 9 0 0 側からサーチした計測点と、基準点 3 9 0 1 側からサーチした計測点との 2 次元距離が所定値以下となった場合に計測点の算出処理が終了する。

【 0 1 3 3 】

以上のように、欠損の端点を基準点として指定することを可能とすることによって、欠損の全体が撮像されてさえいれば、撮像画像内の欠損の位置によらず、欠損計測を行うことができる。また、基準点の指定のために撮像位置を変更して再度撮像を行う必要がなくなるので、操作の煩わしさを低減し操作性を向上することができる。

20

【 0 1 3 4 】

(第 4 の変形例)

次に、第 4 の変形例を説明する。上記の説明では、タービンブレードあるいはコンプレッサブレードのエッジに生じた欠損を主な計測対象としていたが、第 4 の変形例では、ブレード表面に生じたバーニング (焼け) や塗装のはがれ、パイプ内部に生じたサビ等の欠陥を主な計測対象とする。

【 0 1 3 5 】

例えば、図 4 0 (a) に示すように、コンプレッサブレード 4 0 0 0 のエッジに欠損 4 0 1 0 が形成され、表面にバーニング 4 0 2 0 が形成されている。図 4 0 (b) は欠損 4 0 1 0 を拡大した図であり、図 4 0 (c) はバーニング 4 0 2 0 を拡大した図である。欠損 4 0 1 0 では端点 4 0 1 1 , 4 0 1 2 を結ぶ直線 4 0 1 3 を基準にして片側のみにエッジがあるのに対して、バーニング 4 0 2 0 ではバーニング周囲の輪郭線 (エッジ) 上の任意の 2 つの点 4 0 2 1 , 4 0 2 2 を結ぶ直線 4 0 2 3 を基準にして両側にエッジがある。

30

【 0 1 3 6 】

以下、図 4 1 を参照しながら、計測対象物上の任意の 2 点を結ぶ直線の両側にエッジを有する計測対象物に対して欠損計測を行う方法を説明する。図 4 1 (a) に示すバーニング 4 1 0 0 に対して、まずユーザがエッジ上の任意の 2 つの基準点 4 1 1 0 , 4 1 1 1 を指定する。続いて、第 1 の実施形態で説明したように、指定された 2 つの基準点の間に位置するエッジ上の点が順次サーチされ、欠損構成点 (計測点) として抽出される。このとき、図 4 1 (b) に示すように、基準点 4 1 1 0 から基準点 4 1 1 1 に向かって、矢印 4 1 2 0 , 4 1 2 1 が示す 2 方向に欠損構成点がサーチされる。また、第 4 の変形例では基準曲線の算出処理は行われず、基準点 4 1 1 0 , 4 1 1 1 がそれぞれそのまま欠損始点、欠損終点になる。

40

【 0 1 3 7 】

サーチされた欠損構成点と基準点 4 1 1 1 との 2 次元距離が所定値以下になった場合に、欠損構成点のサーチが終了する。図 4 1 (c) は、欠損構成点のサーチが終了した状態を示している。続いて、抽出された欠損構成点のマッチング点の算出および各点の空間座

50

標の算出が行われ、算出された各点の空間座標に基づいてバーニング 4 1 0 0 のサイズが算出される。算出されるバーニング 4 1 0 0 のサイズは、図 4 1 (d) に示すように、バーニング 4 1 0 0 の幅 4 1 3 0 , 4 1 3 1 と周囲長 4 1 3 2 と面積である。

【 0 1 3 8 】

幅 4 1 3 0 は基準点 4 1 1 0 , 4 1 1 1 間の空間距離であり、幅 4 1 3 1 は、基準点 4 1 1 0 , 4 1 1 1 を結ぶ直線から左右方向に最も距離のある欠損構成点 4 1 1 2 , 4 1 1 3 間の空間距離である。周囲長 4 1 3 2 は隣接する 2 つの欠損構成点間の空間距離の合計である。面積は、全ての欠損構成点で囲まれた領域の空間面積である。バーニング 4 1 0 0 のサイズが算出されると、図 4 1 (e) が示すように、計測結果を示す結果ウィンドウ 4 1 4 0 が計測画面に表示される。以上のように、バーニングに対しても欠損計測を行うことができる。

10

【 0 1 3 9 】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について詳述してきたが、具体的な構成は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 0 】

【図 1】本発明の一実施形態による計測用内視鏡装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の一実施形態による計測用内視鏡装置が備える計測処理部の構成を示すブロック図である。

20

【図 3】本発明の一実施形態における基準点、基準曲線、基準点エリアを示す参考図である。

【図 4】本発明の一実施形態における辺の欠損の欠損始点・終点、欠損構成点を示す参考図である。

【図 5】本発明の一実施形態における角の欠損の欠損始点・終点・頂点、欠損構成点を示す参考図である。

【図 6】本発明の一実施形態における辺の欠損の幅、深さ、面積を示す参考図である。

【図 7】本発明の一実施形態における角の欠損の幅、辺の長さ、面積を示す参考図である。

【図 8】本発明の一実施形態における計測点および計測点エリアを示す参考図である。

30

【図 9】本発明の一実施形態における特徴点を示す参考図である。

【図 1 0】本発明の一実施形態における特徴点を示す参考図である。

【図 1 1】本発明の一実施形態における欠損計測の手順を示すフローチャートである。

【図 1 2】本発明の一実施形態における欠損計測時に表示される計測画面を示す参考図である。

【図 1 3】本発明の一実施形態における欠損計算の手順を示すフローチャートである。

【図 1 4】本発明の一実施形態における基準曲線算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 1 5】本発明の一実施形態における特徴点算出処理の手順を示すフローチャートである。

40

【図 1 6】本発明の一実施形態における特徴点算出処理の手順を示す参考図である。

【図 1 7】本発明の一実施形態における特徴点算出処理の手順を示す参考図である。

【図 1 8】本発明の一実施形態における歪補正曲線の算出方法を示す参考図である。

【図 1 9】本発明の一実施形態における欠損種類判別処理の手順を示すフローチャートである。

【図 2 0】本発明の一実施形態における欠損頂点算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 2 1】本発明の一実施形態における第 1 の計測点算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 2 2】本発明の一実施形態における第 1 の計測点算出処理の手順を示す参考図である

50

。

【図 2 3】本発明の一実施形態における欠損始点算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 2 4】本発明の一実施形態における欠損始点算出処理の手順を示す参考図である。

【図 2 5】本発明の一実施形態における第 2 の計測点算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 2 6】本発明の一実施形態における第 2 の計測点算出処理の手順を示す参考図である。

。

【図 2 7】本発明の一実施形態における欠損終点算出処理の手順を示すフローチャートである。

10

【図 2 8】本発明の一実施形態における欠損終点算出処理の手順を示す参考図である。

【図 2 9】本発明の一実施形態におけるエッジ近似直線算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 3 0】本発明の一実施形態におけるマッチング点の算出方法を示す参考図である。

【図 3 1】本発明の一実施形態における欠損サイズ算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 3 2】本発明の一実施形態における計測画面（欠損計測開始前）を示す参考図である。

。

【図 3 3】本発明の一実施形態における計測画面（欠損計測結果の表示時）を示す参考図である。

20

【図 3 4】本発明の一実施形態における計測画面（欠損計測結果の表示時）を示す参考図である。

【図 3 5】本発明の一実施形態における計測画面（欠損計測結果の表示時）を示す参考図である。

【図 3 6】本発明の一実施形態における歪補正曲線の他の算出方法を示す参考図である。

【図 3 7】本発明の一実施形態における欠損頂点の他の算出方法を示す参考図である。

【図 3 8】本発明の一実施形態における欠損頂点の他の算出方法を示す参考図である。

【図 3 9】本発明の一実施形態における基準点の他の指定方法を示す参考図である。

【図 4 0】本発明の一実施形態における計測対象物を示す参考図である。

【図 4 1】本発明の一実施形態における欠損計測の手順を示す参考図である。

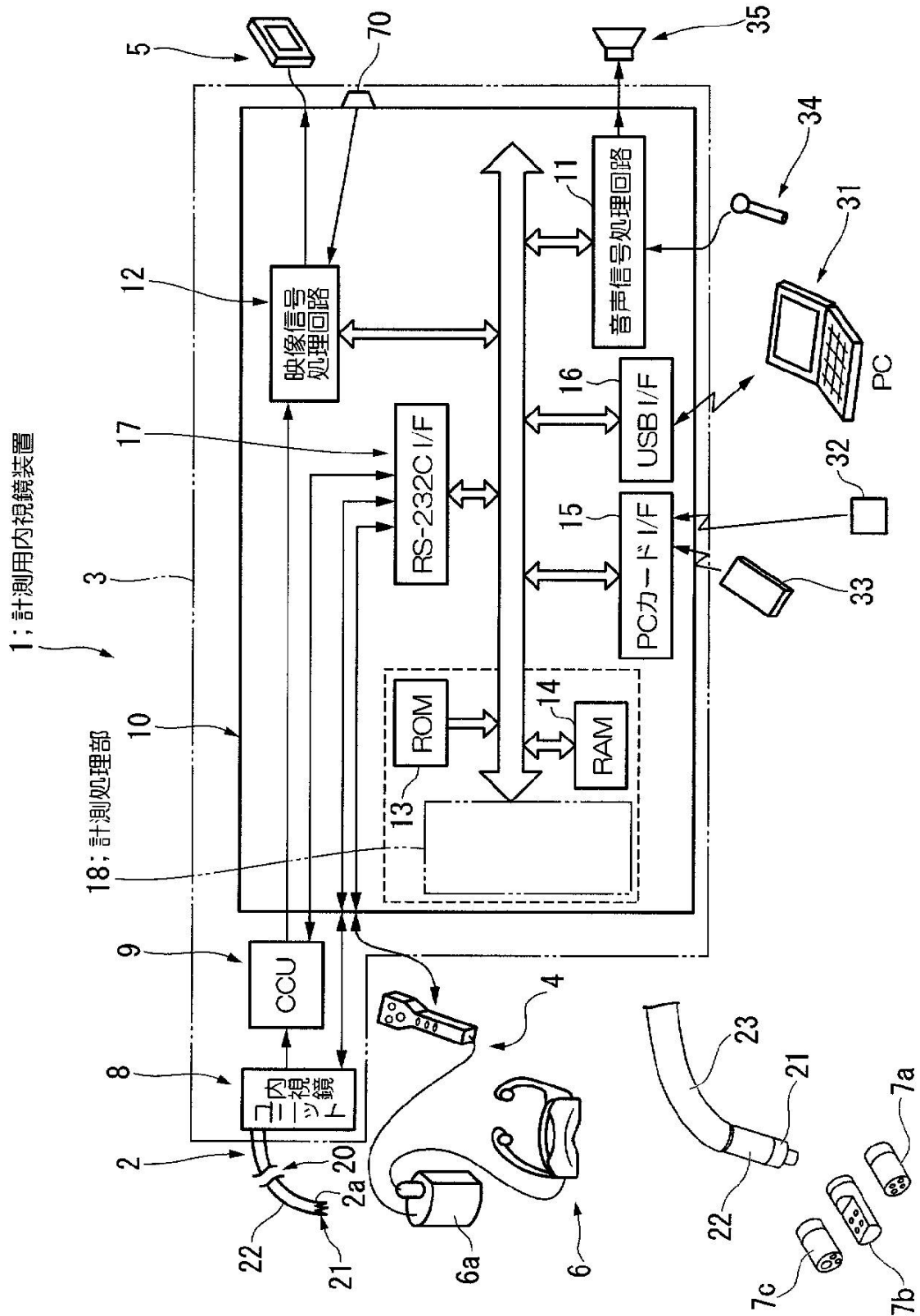
30

【符号の説明】

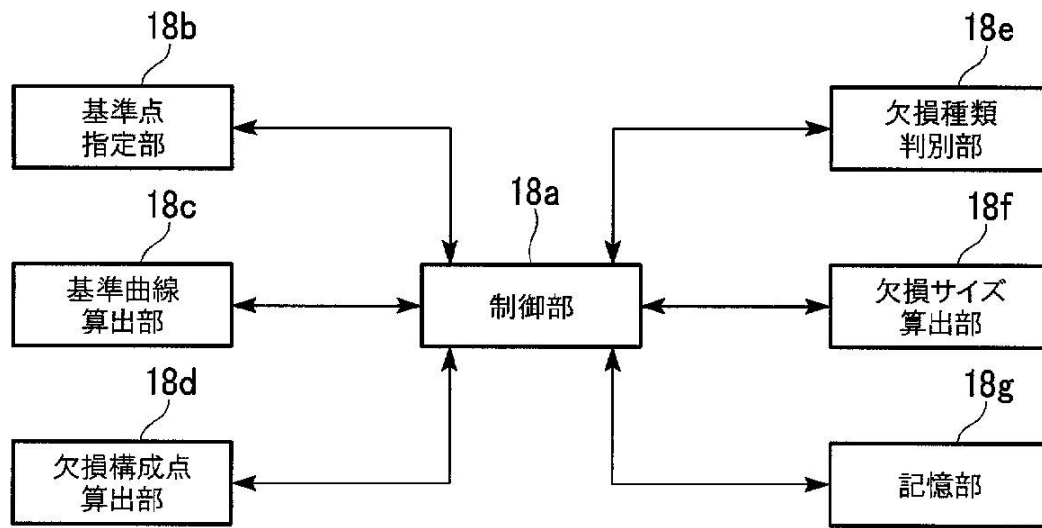
【 0 1 4 1 】

1・・・計測用内視鏡装置、18・・・計測処理部、18a・・・制御部、18b・・・基準点指定部、18c・・・基準曲線算出部、18d・・・欠損構成点算出部、18e・・・欠損種類判別部、18f・・・欠損サイズ算出部、18g・・・記憶部

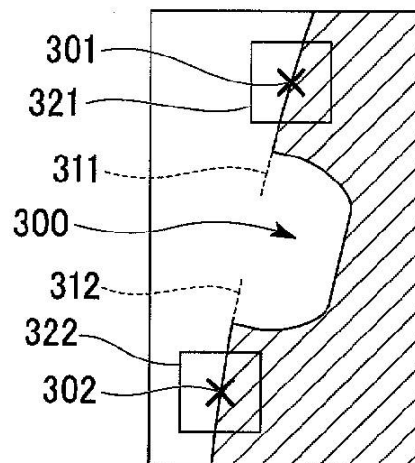
【図1】



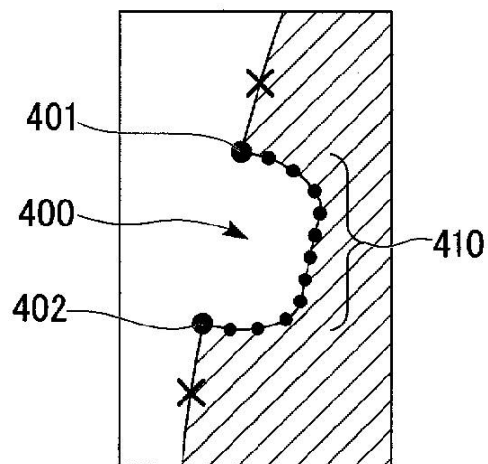
【図2】



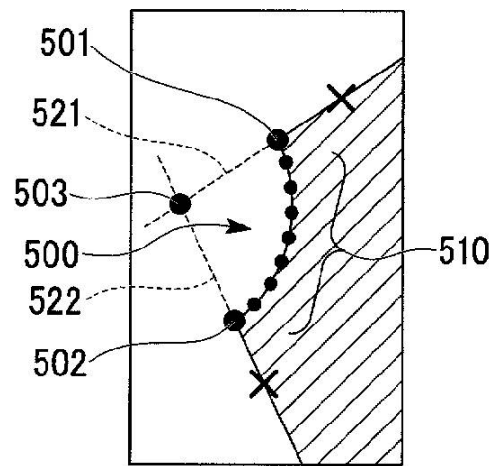
【図3】



【図4】



【図 5】



【図 6】

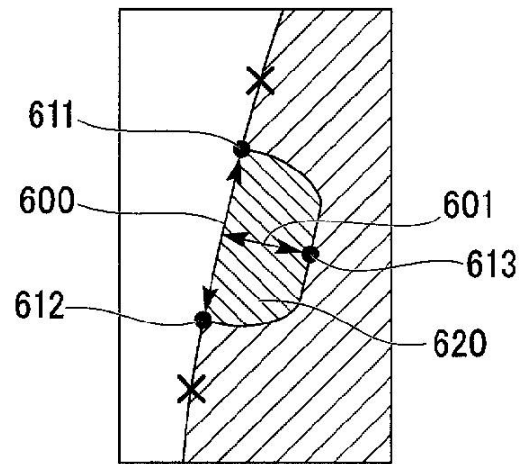
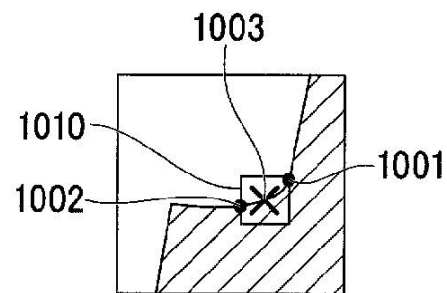
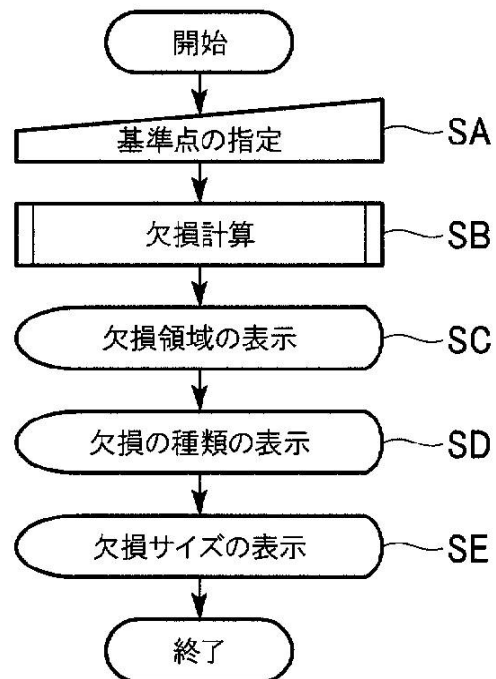


Figure 7 is a schematic diagram of a curved surface 700. A portion of the surface is shaded with diagonal lines and labeled 720. Three points are marked on the surface: 701, 702, and 713. Arrows indicate a path from 701 to 713 to 702. A line 711 passes through 701, and a line 712 passes through 702. An 'X' marks the intersection of 711 and 712.

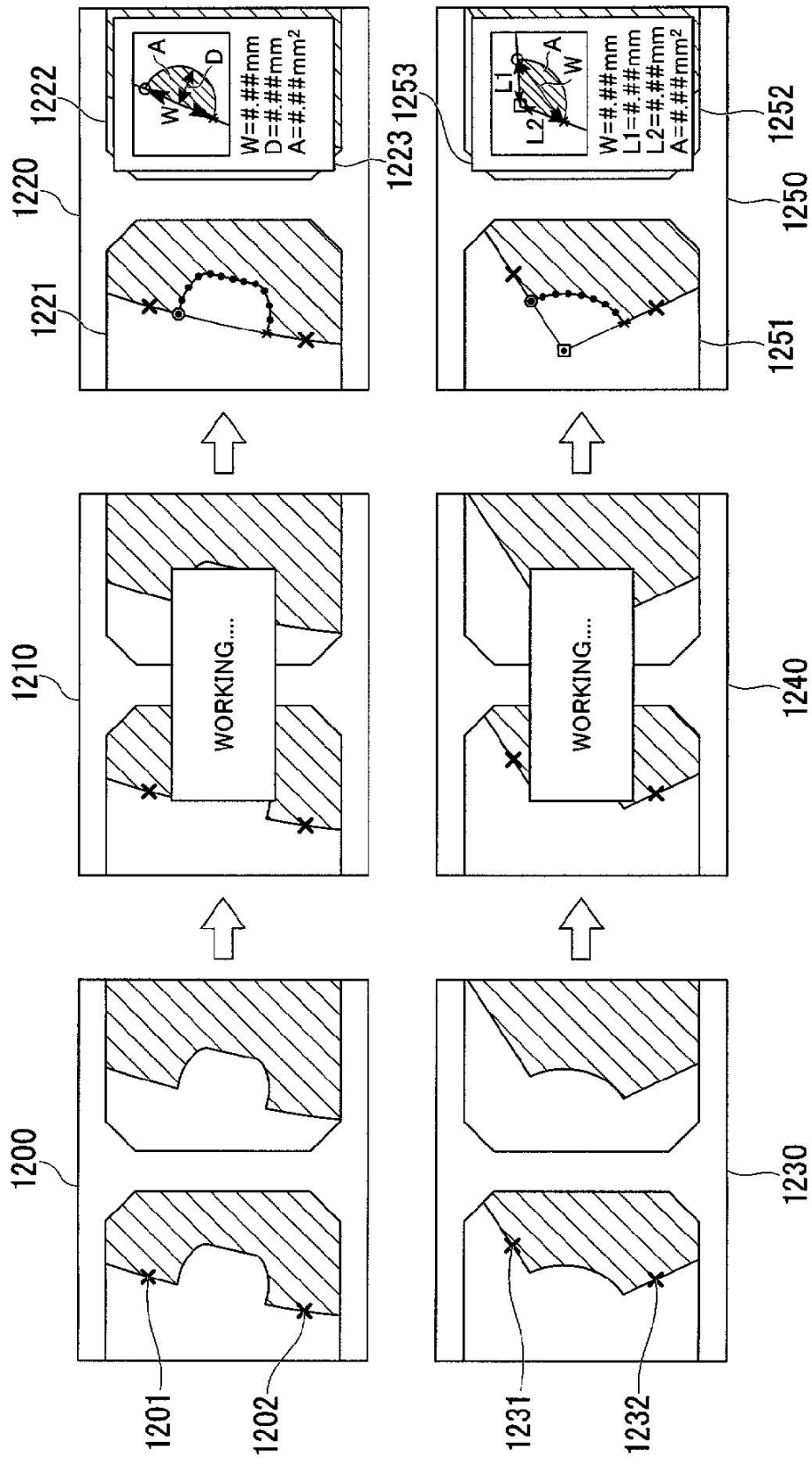
【図10】



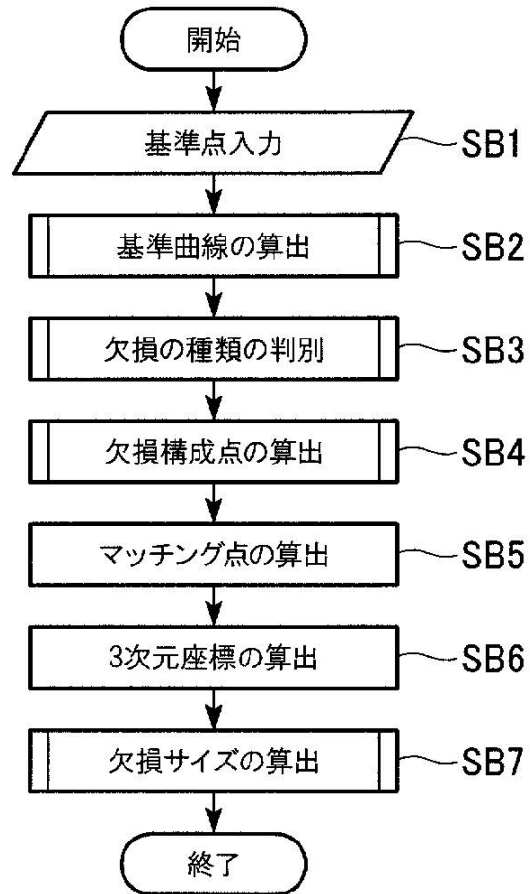
【図11】



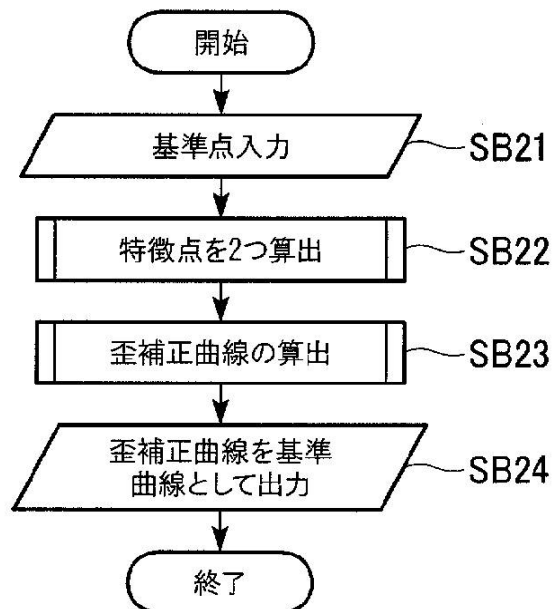
【図12】



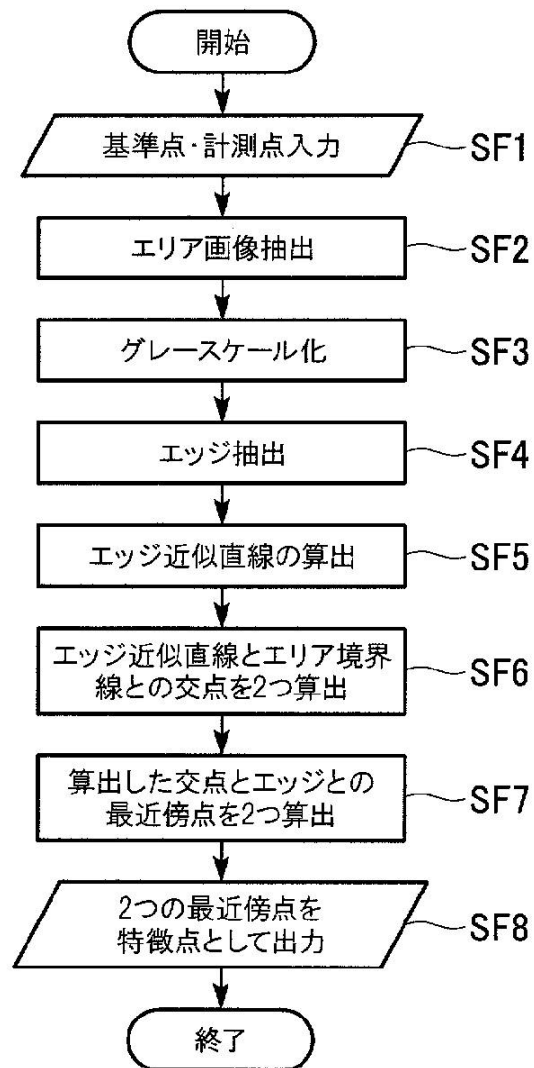
【図 1 3】



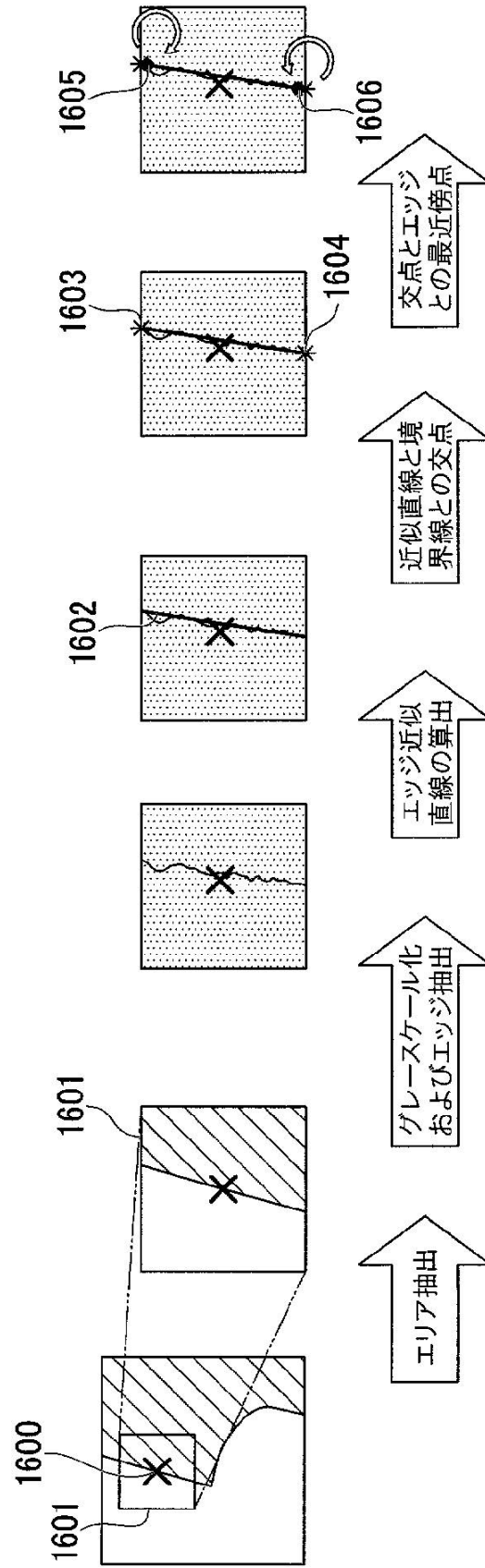
【図 1 4】



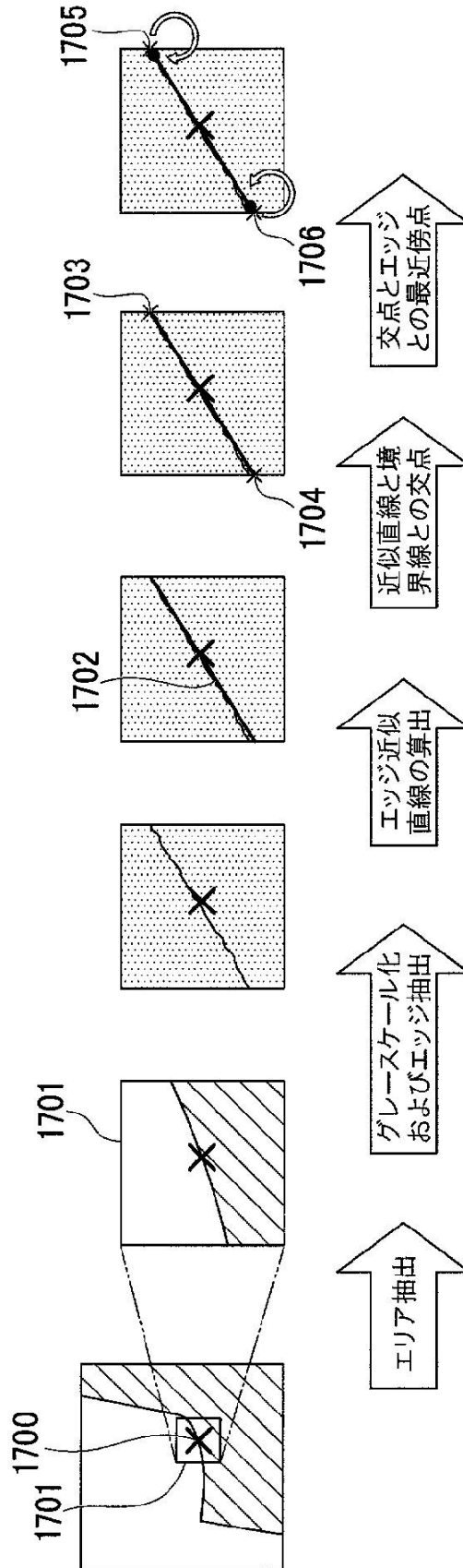
【図 15】



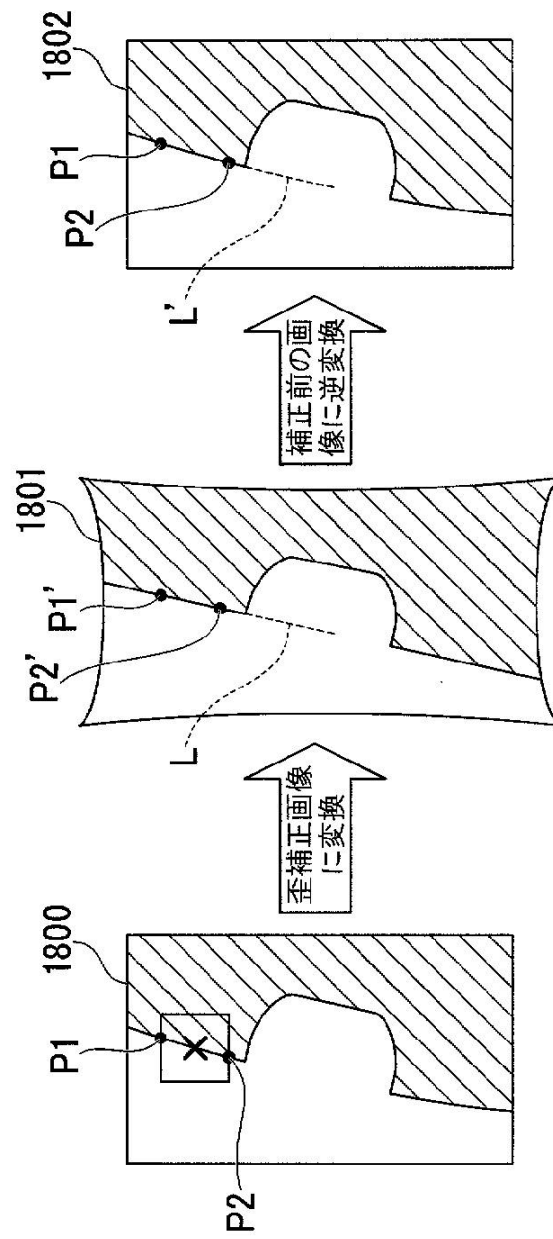
【図16】



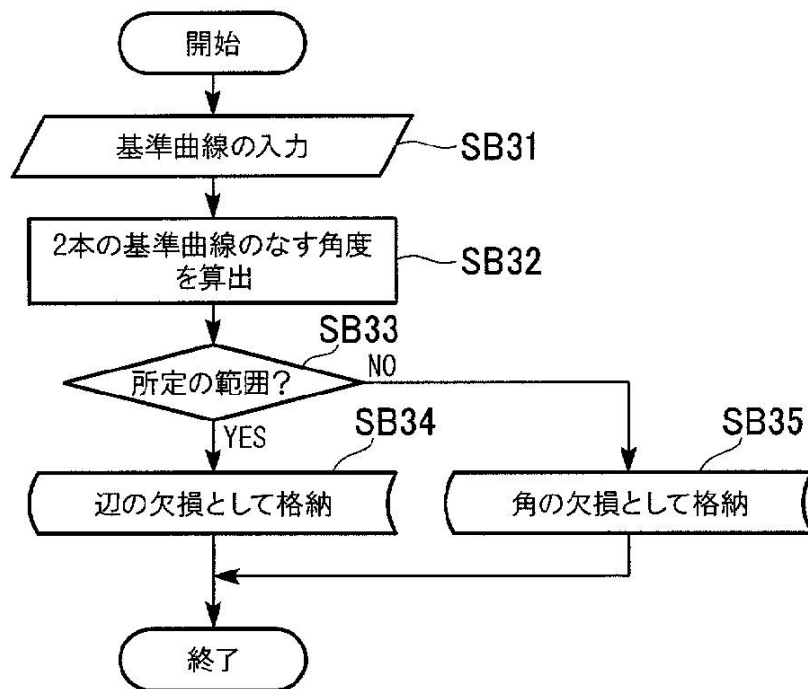
【図17】



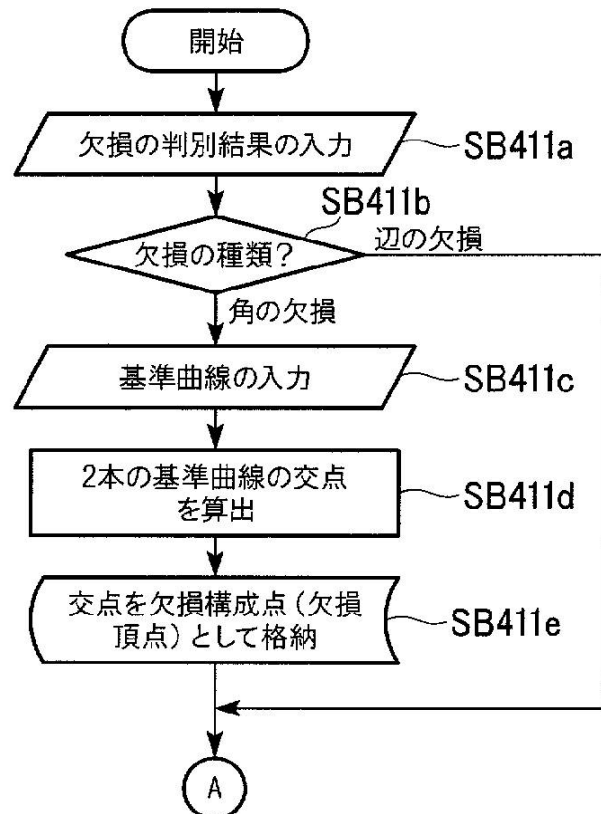
【図 18】



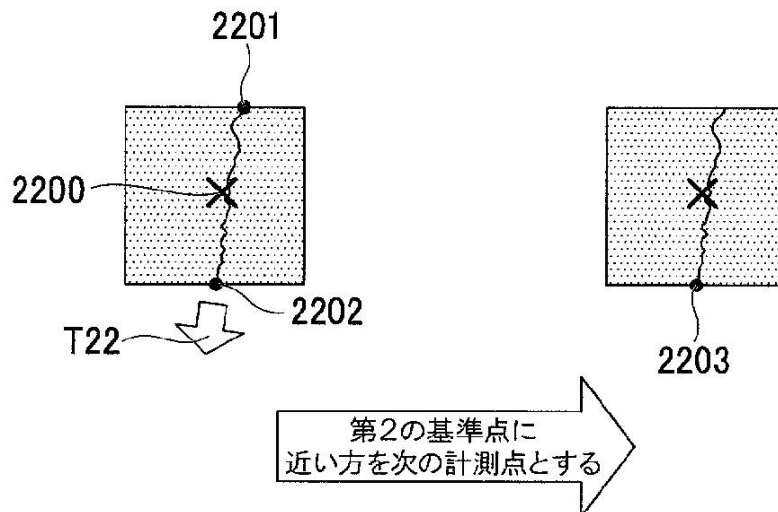
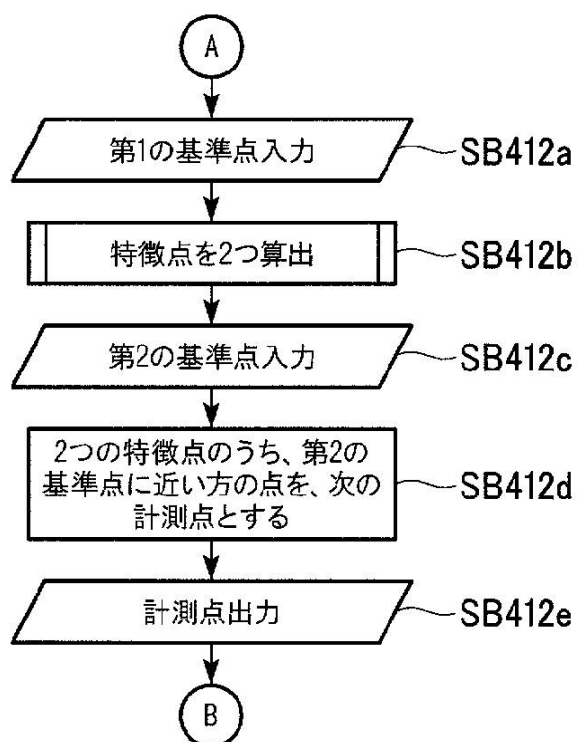
【図19】



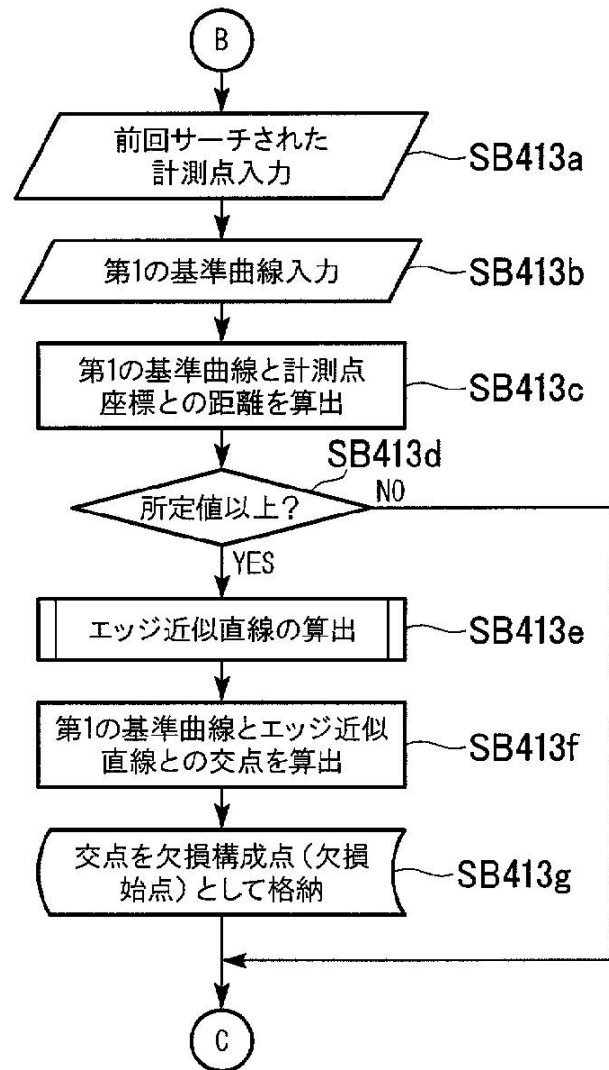
【図20】



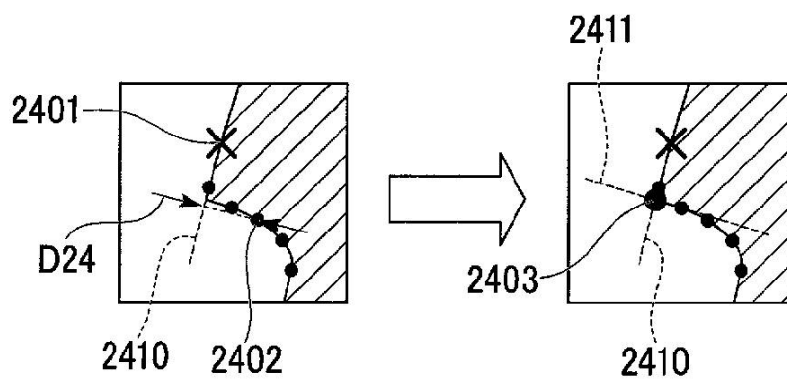
【圖 2 2】



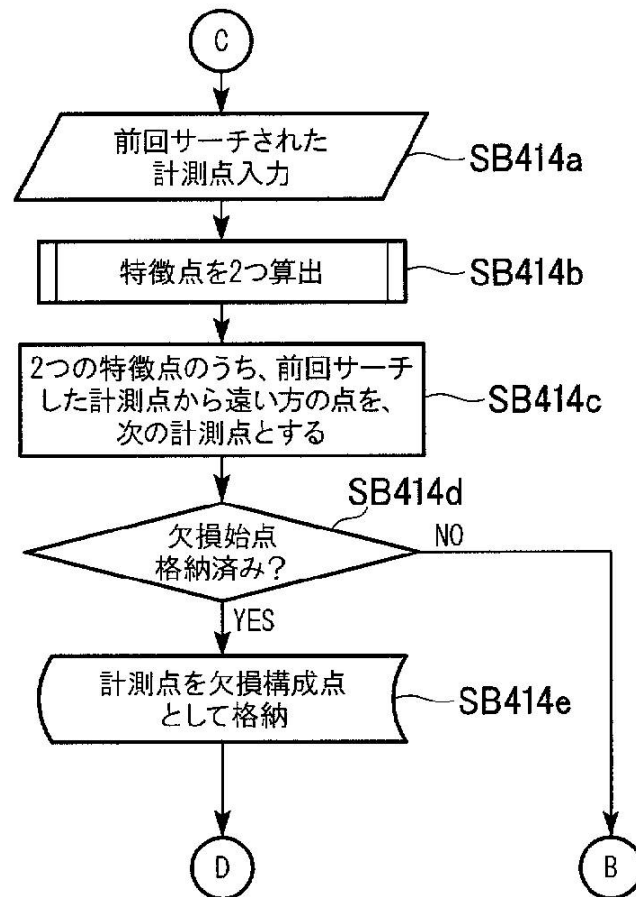
【図 2 3】



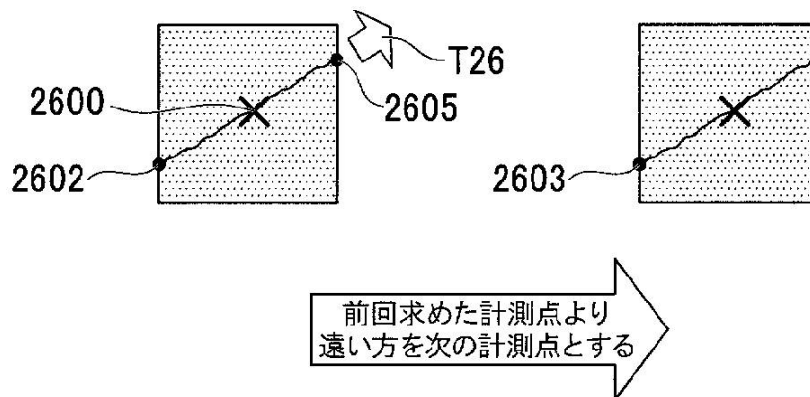
【図 2 4】



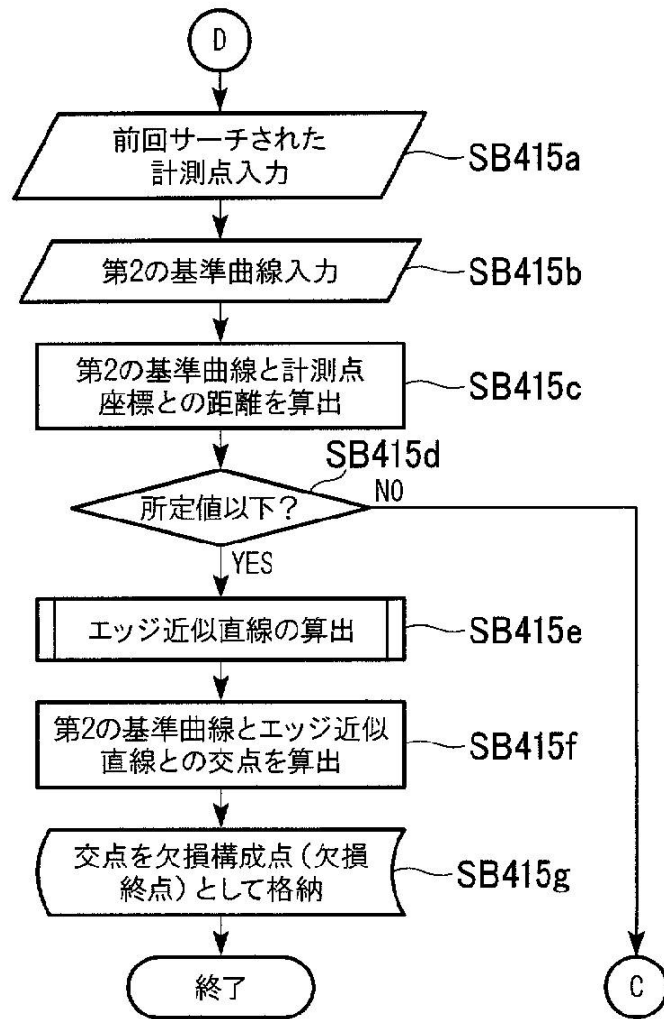
【図 25】



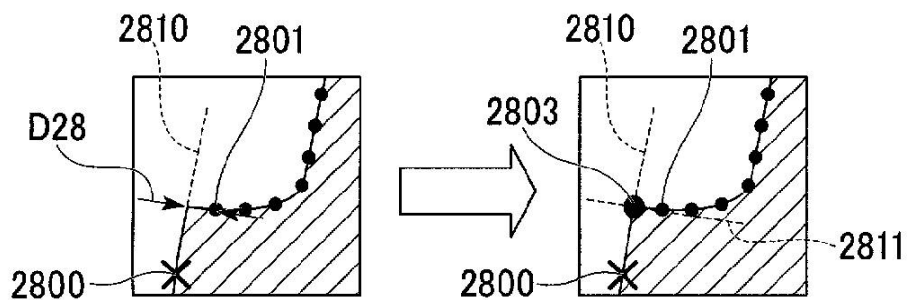
【図 26】



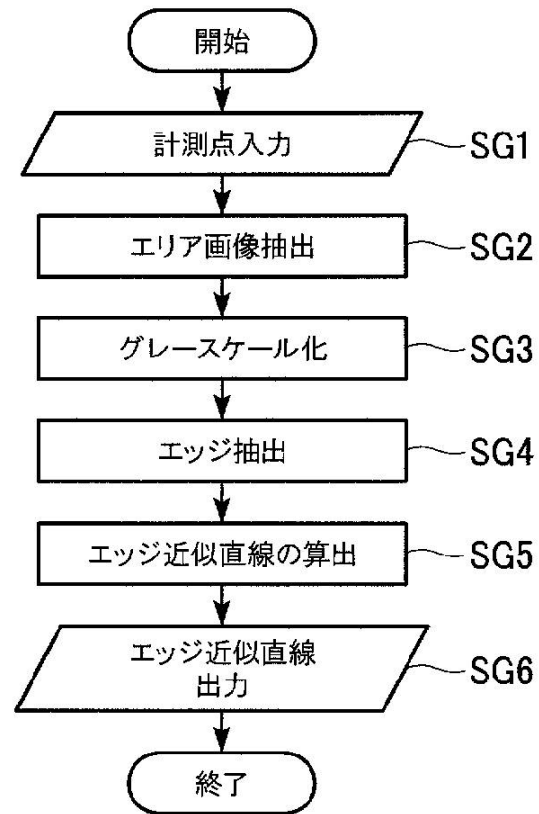
【図27】



【図28】

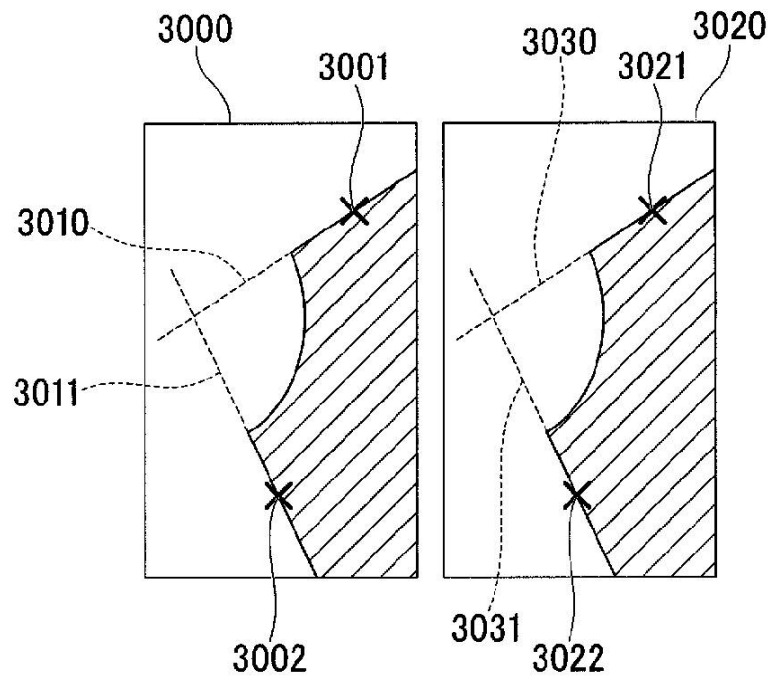


【図 29】

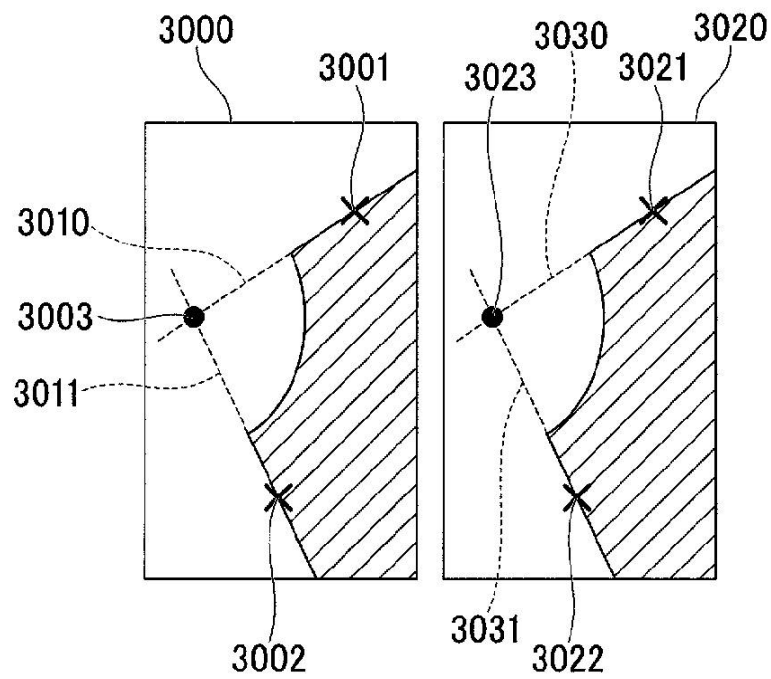


【図 30】

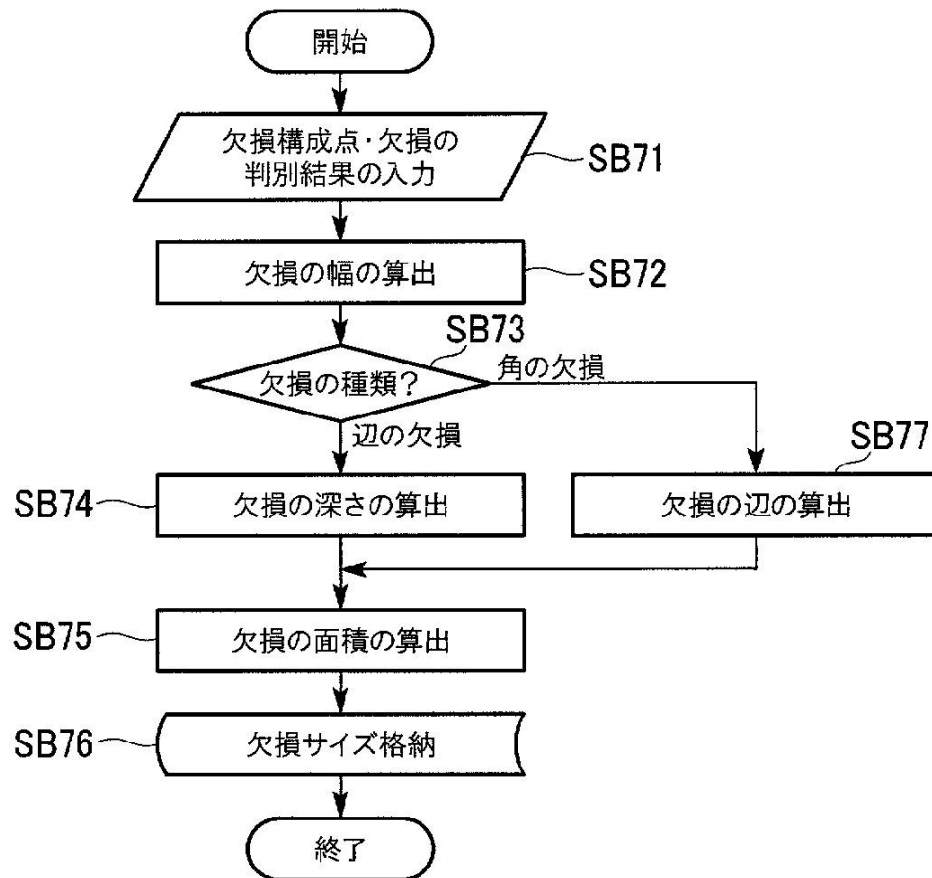
(a)



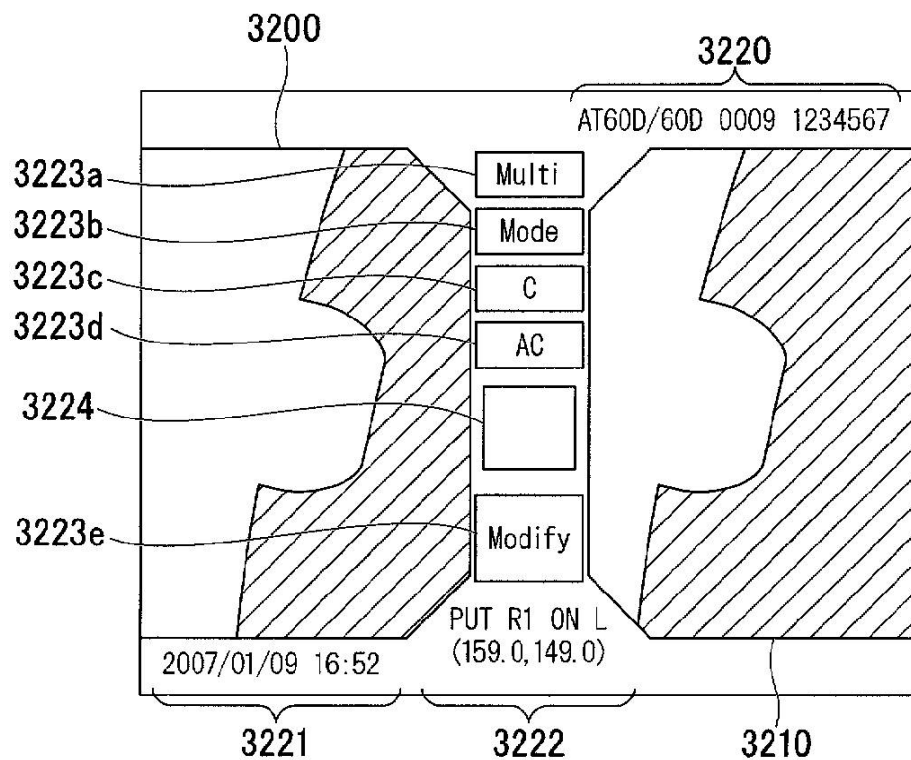
(b)



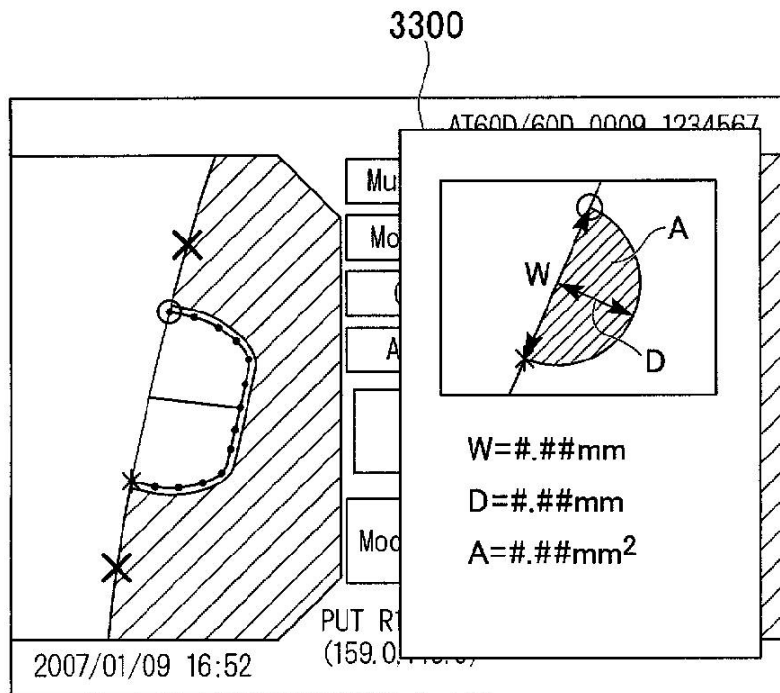
【図 3 1】



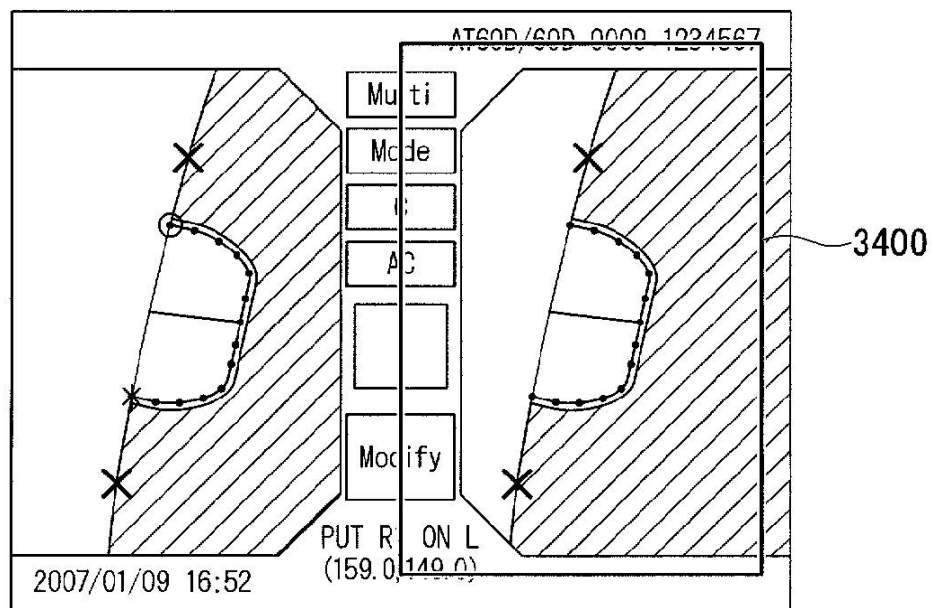
【図 3 2】



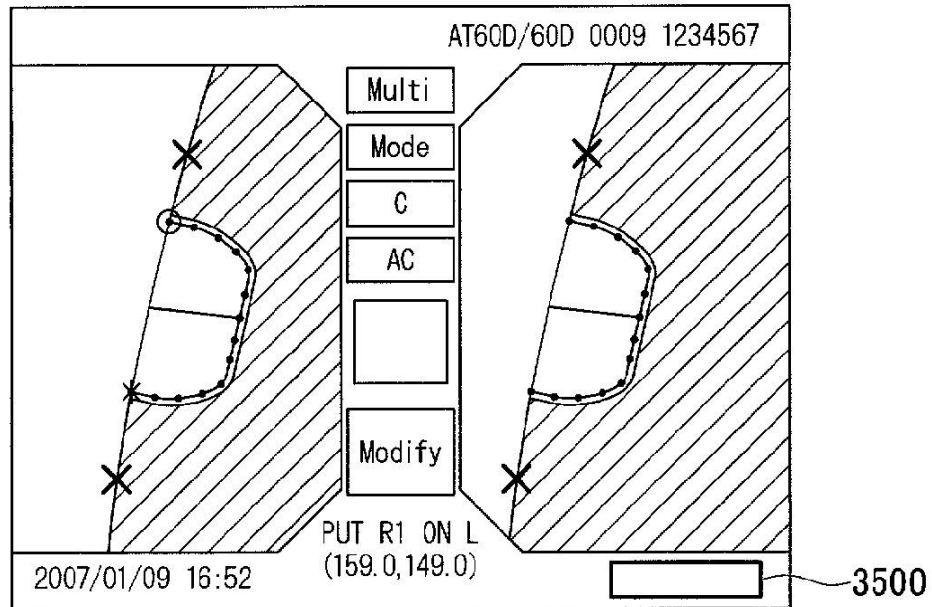
【図 33】



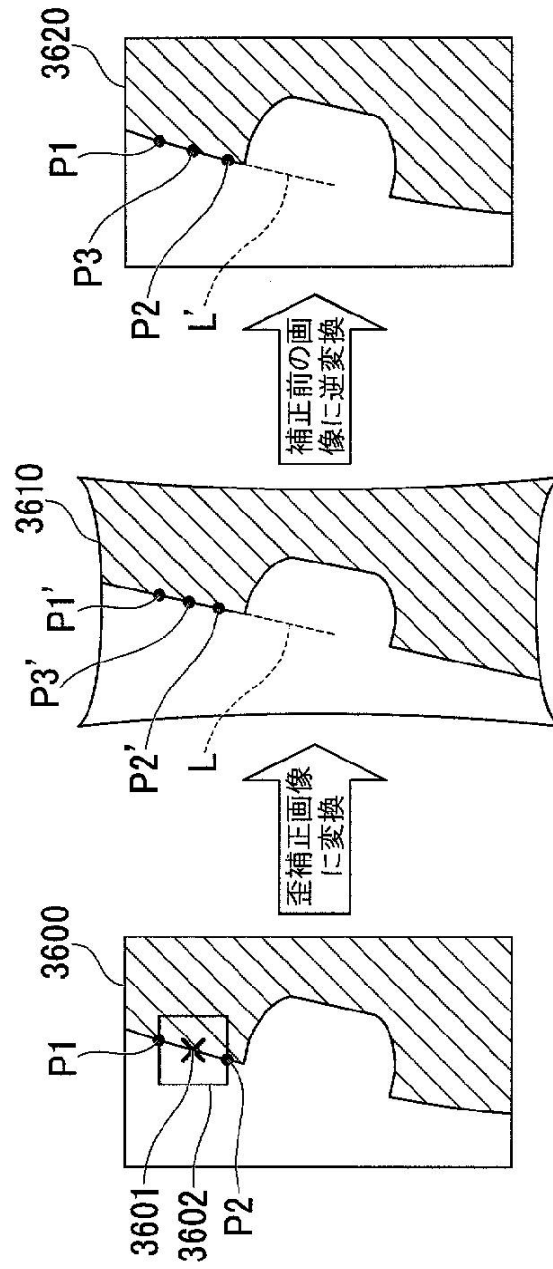
【図 34】



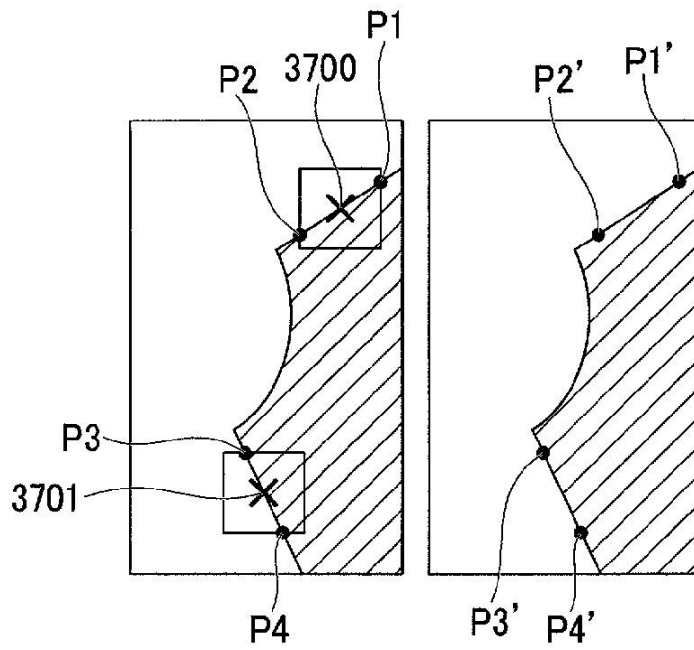
【図 35】



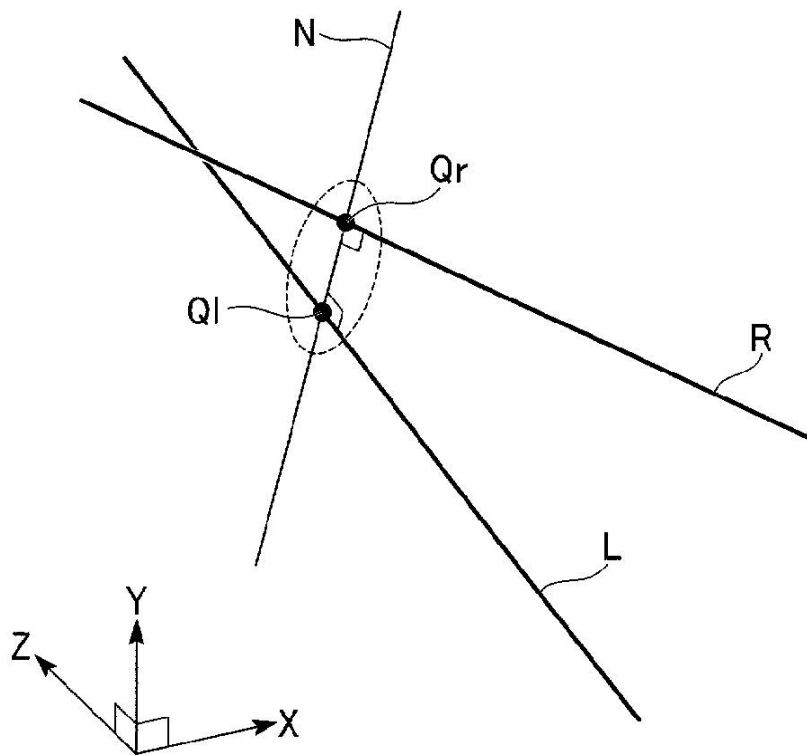
【図 36】



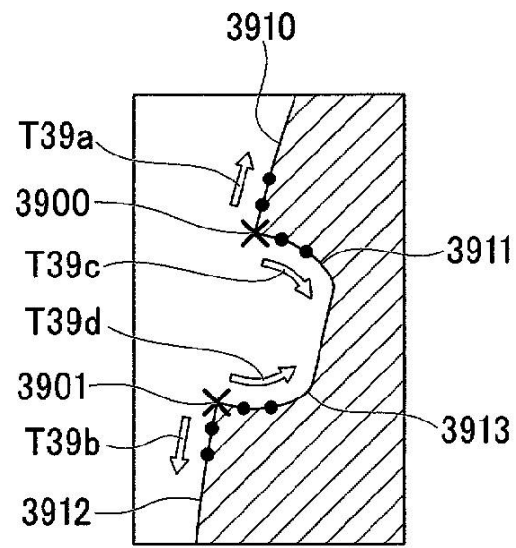
【図 37】



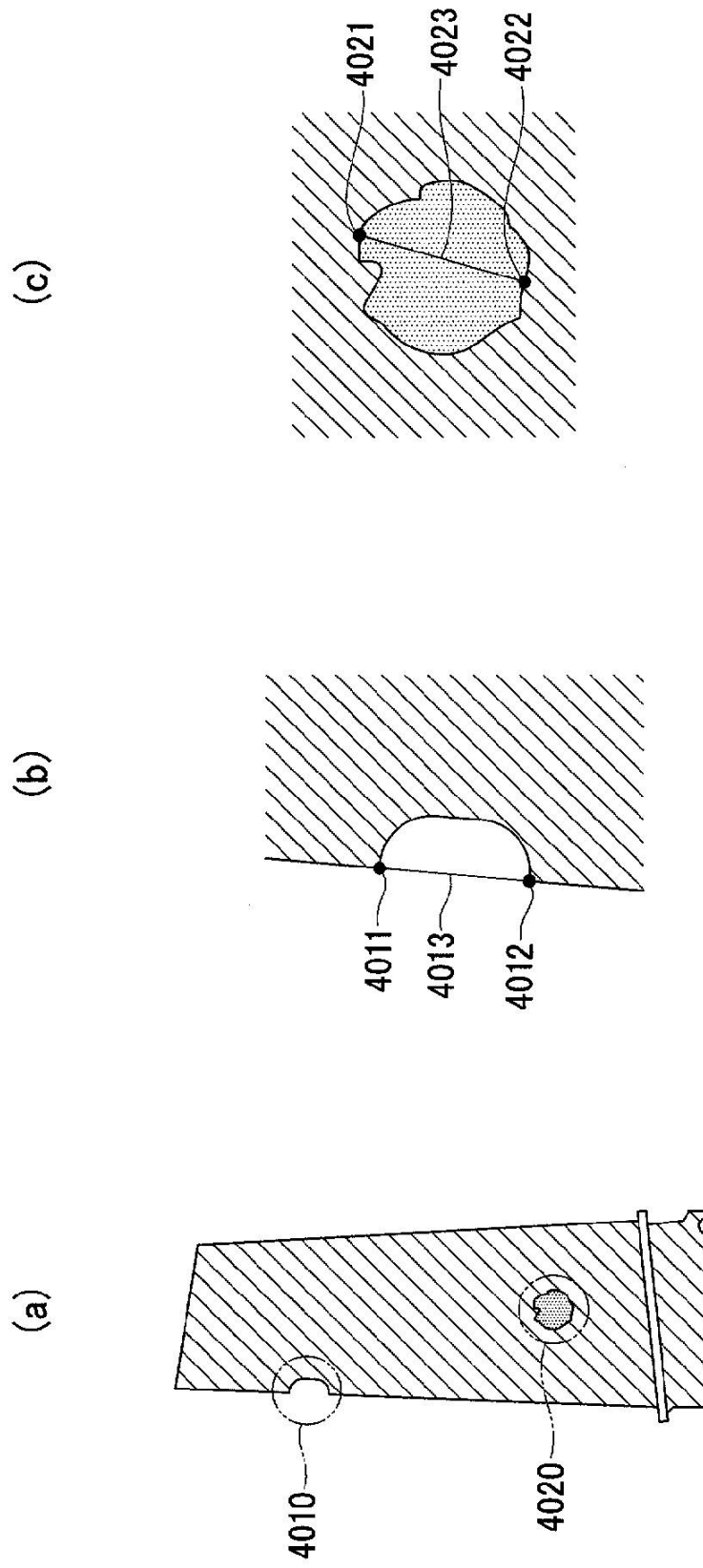
【図 38】



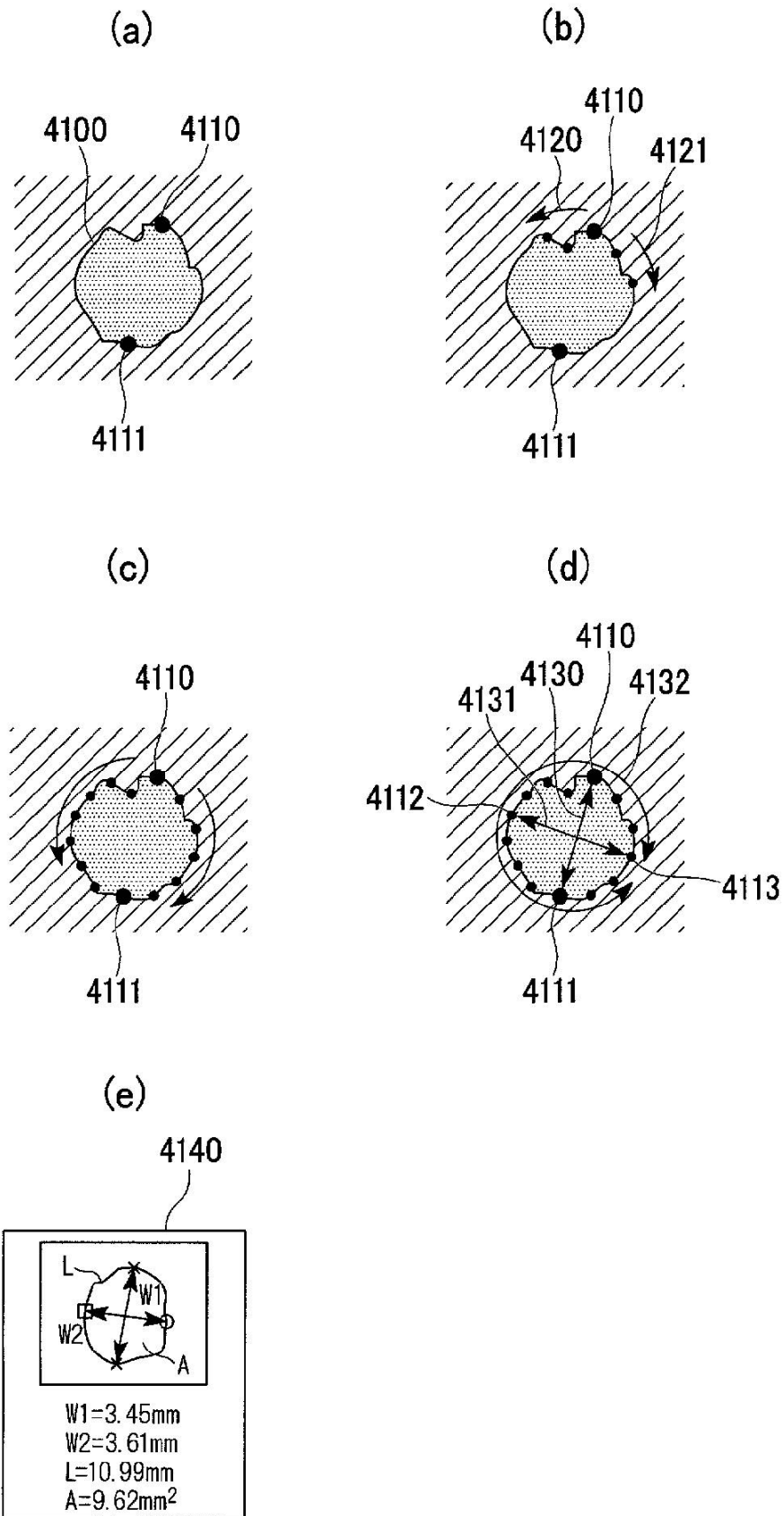
【図 39】



【図 40】



【図 41】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 3 3 6 1 8 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 0 9 4 3 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 3 2 7 4 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 1 8 6 1 0 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 4 8 8 0 6 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 0 4 9 6 3 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 2 3 / 2 4
A 6 1 B 1 / 0 0

专利名称(译)	内视镜装置		
公开(公告)号	JP5574555B2	公开(公告)日	2014-08-20
申请号	JP2013123278	申请日	2013-06-12
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	堀史生		
发明人	堀 史生		
IPC分类号	G02B23/24 A61B1/00		
CPC分类号	G06T7/0004 G06T2207/10068 G06T2207/30164 Y10S128/92 Y10S128/922 Y10S128/923		
FI分类号	G02B23/24.B A61B1/00.300.D A61B1/00.550 A61B1/04 A61B1/04.370 A61B1/045.610 A61B1/045.615		
F-TERM分类号	2H040/AA04 2H040/GA02 2H040/GA06 2H040/GA10 2H040/GA11 4C161/AA29 4C161/BB06 4C161/CC06 4C161/HH51 4C161/HH52		
审查员(译)	堀井浩二		
优先权	2007020906 2007-01-31 JP		
其他公开文献	JP2013238860A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够减少操作麻烦并提高可操作性的测量内窥镜设备。参考点指定单元指定测量对象上的两个参考点。轮廓近似线计算装置18c基于关于每个参考点的参考点计算用于近似测量对象的轮廓的轮廓近似线（参考线）。缺失型识别装置18e使用针对每个参考点计算的两个轮廓近似线计算由各个轮廓近似线形成的角度，并根据该角度识别缺陷的类型。The

$$\frac{X - Cl_x}{Pl_x - Cl_x} = \frac{Y - Cl_y}{Pl_y - Cl_y} = \frac{Z - Cl_z}{Pl_z - Cl_z} \quad \dots(1)$$

$$\frac{X - Cr_x}{Pr_x - Cr_x} = \frac{Y - Cr_y}{Pr_y - Cr_y} = \frac{Z - Cr_z}{Pr_z - Cr_z} \quad \dots(2)$$