

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3771988号  
(P3771988)**

(45) 発行日 平成18年5月10日(2006.5.10)

(24) 登録日 平成18年2月17日(2006.2.17)

(51) Int. Cl.

F I

**A 6 1 B 1/00 (2006.01)**

A 6 1 B 1/00 3 0 0 E

**G 0 2 B 23/24 (2006.01)**

A 6 1 B 1/00 3 0 0 P

**H 0 4 N 7/18 (2006.01)**

G 0 2 B 23/24 B

H 0 4 N 7/18 M

請求項の数 13 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平9-58114  
 (22) 出願日 平成9年3月12日(1997.3.12)  
 (65) 公開番号 特開平10-248806  
 (43) 公開日 平成10年9月22日(1998.9.22)  
 審査請求日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(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43番2号  
 (74) 代理人 100076233  
 弁理士 伊藤 進  
 (72) 発明者 崎山 勝則  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス光学工業株式会社内  
 (72) 発明者 横田 政義  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス光学工業株式会社内

審査官 門田 宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測内視鏡装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内視鏡先端部に着脱自在に設けられた一对の対物レンズを有する光学アダプタと前記一对の対物レンズによる2つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡を有しており、前記内視鏡の画像を用いた画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、少なくとも、前記光学アダプタの光学データを記録した記録媒体から情報を読み込む処理と、前記内視鏡本体の撮像素子の位置誤差を基に前記光学データを補正する処理と、前記補正した光学データをもとに計測する画像を座標変換する処理と、座標変換された2つの画像を基に2画像のマッチングにより任意の点の3次元座標を求める処理と、を行う計測処理手段を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

10

【請求項2】

前記光学アダプタの光学データは、少なくとも2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル、2つの光学系の基準撮像素子上での光軸の位置座標、2つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報を含むことを特徴とする請求項1に記載の計測内視鏡装置。

【請求項3】

前記光学アダプタの光学データは、2つの光学系の焦点距離を含むことを特徴とする請求項2に記載の計測内視鏡装置。

【請求項4】

前記光学アダプタの光学データは、2つの光学系の光軸間の距離、2つの光学系の幾何学的歪みの中心座標を含むことを特徴とする請求項3に記載の計測内視鏡装置。

20

## 【請求項 5】

前記光学アダプタの光学データは、少なくとも 2 つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル作成用パラメータ、2 つの光学系基準撮像素子上での光軸の位置座標、2 つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報、2 つの光学系の焦点距離、2 つの光学系の光軸間の距離を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 6】

内視鏡先端部に着脱自在に設けられた一对の対物レンズを有する光学アダプタと前記一对の対物レンズによる 2 つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡および前記内視鏡画像を用いて画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、少なくとも、あらかじめ前記光学アダプタを基準となる治具に取り付けたときの、主となる撮像素子上での結像位置情報と光学系の幾何学的歪み補正テーブルと焦点距離と 2 つの対物レンズ系の光軸の位置情報を記録した記録媒体から情報を読み込む処理と、前記光学アダプタを前記内視鏡に取り付けた場合の撮像素子上の結像位置と前記記録媒体の結像位置情報を比較することにより位置ずれ量を求める処理と、前記位置ずれ量を用いて前記記録媒体の光学系幾何学的歪み補正テーブルの座標を補正して真の補正テーブルを作成する処理と、前記内視鏡により撮像した画像を前記真の補正テーブルをもとに座標変換する処理と、座標変換された 2 つの画像を基に 2 画像のマッチングにより任意の点の 3 次元座標を求める処理とを行う計測手段を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

## 【請求項 7】

前記光学アダプタを前記内視鏡に取り付けた場合の撮像素子上の結像位置は略白色体を撮像した画像と、前記記録媒体の結像位置情報を基にパターンマッチング処理を行うことにより位置ずれ量を求めることを特徴とする請求項 6 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 8】

前記 2 画像のマッチングにより任意の点の 2 次元座標を求める場合に、マッチングの信頼性を示す尺度をモニタ画面上に表示することを特徴とする請求項 1 または 6 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 9】

前記 2 画像のマッチングは、2 画像のうちマッチング点を指示する 1 画像のみをモニタ画面上に表示することを特徴とする請求項 1 または 6 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 10】

前記 2 画像のマッチングは、2 画像のうち 1 画像上でマッチング点を指示し、一方の画像へのマッチング点の探查はエッジラインに誤差幅をもたせた領域を自動探查することを特徴とする請求項 1 または 6 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 11】

前記 2 画像のマッチングは、2 画像のうち 1 画像上でマッチング点を指示し、一方の画像へのマッチング点の探查は、一方の画像上の略マッチング点の指示を手動で行い、その後、略マッチング点の指示を中心として x、y 方向に  $\pm 10$  ピクセル以内の範囲を自動探查することを特徴とする請求項 1 または 6 に記載の計測内視鏡装置。

## 【請求項 12】

内視鏡先端部に着脱自在に設けられ、一对のステレオ画像を得るための光学系を有する光学アダプタと、前記ステレオ画像を用いた画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、

少なくとも、前記光学系の光学データを読み込む処理と、読み込まれた前記光学データを補正する処理と、前記補正した光学データをもとに計測する画像を座標変換する処理と、座標変換された画像を基にマッチングにより任意の点の 3 次元座標を求める処理と、を行う計測処理手段を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

## 【請求項 13】

前記光学系の光学データは、所定の記録媒体に記録されていることを特徴とする請求項 12 に記載の計測内視鏡装置。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明が属する技術分野】

本発明は、一対のステレオ画像を得るための光学系による被計測物2つの像を内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像させ、その内視鏡の画像を用いて画像処理により計測を行う計測内視鏡装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、立体内視鏡装置に関して提案された特開昭64-26813号公報に開示されたものには、1つのCCDを用いた立体視内視鏡の技術が示されている。また、特開昭62-80768号公報に開示のものは、左右の視差を利用したステレオ画像に対して幾何学的歪み補正を行うもので、低解像の粗なマッチングからステレオ画像の相対歪みを予測して高解像なマッチングへと拡張していくことを可能とする。

10

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、前述の特開昭64-26813号公報に開示のものには、1つのCCDを用いた立体視内視鏡の技術が示されているが、対象を計測するための手段に関しては記載はない。

また、前述の特開昭62-80768号公報に開示のものは、ステレオ画像の幾何学的歪みの補正および低解像の粗なマッチングからステレオ画像の相対歪みを予測して高解像なマッチングへと拡張していく手法が示されているが、光学アダプタを取り替えた場合のレンズ特性のばらつきを考慮した計測方法は示されていない。

20

## 【0004】

通常、光学アダプタは、1つ1つ個体の光学特性が異なる。また、ビデオ内視鏡本体のCCDの位置にもばらつきがある。このばらつきは、計測を行う上で大きな誤差を招く原因になる。したがって、この誤差を取り除くために計測用の光学アダプタとビデオ内視鏡を一対一で対応させて光学データ取りを行って、画像を補正する必要があった。

## 【0005】

しかし、計測用光学アダプタとビデオ内視鏡本体を一対一で対応づけして販売することは計測を行う必要のないユーザにとっては不要の処理が加えられており、高価な内視鏡となったしまう。しかし、一対一での対応づけを行わなかった場合、計測用光学アダプタを追加購入して任意のビデオ内視鏡本体と組み合わせて使用することもできない。

30

## 【0006】

一方、製造者側の立場からは、一対一で対応づけをする場合、光学アダプタとビデオ内視鏡本体を組み合わせてデータ取りを行う必要があり、生産工程が複雑となり、コストアップとなる。結局、ユーザにとって高価な計測内視鏡装置となる。

## 【0007】

本発明は、上述の不具合を解決するためになされたものであって、一対のステレオ画像を得るための光学系による内視鏡画像を用いた画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、安価でしかも計測精度の優れた計測内視鏡装置を提供することを目的とする。

40

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の計測内視鏡装置は、内視鏡先端部に着脱自在に設けられた一対の対物レンズを有する光学アダプタと前記一対の対物レンズによる2つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡を有しており、少なくとも、前記内視鏡の画像を用いて画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、前記光学アダプタの光学データを記録した記録媒体から情報を読み込む処理と、前記内視鏡本体の撮像素子の位置誤差を基に前記光学データを補正する処理と、前記補正した光学データをもとに計測する画像を座標変換する処理と、座標変換された2つの画像を基に、2画像のマッチングにより任意の点の3次元座標を求める処理と、を行う計測処理手段を有する。

50

## 【 0 0 0 9 】

上記計測内視鏡装置においては、一对の対物レンズにより上記撮像素子により取り込まれた被写体の2つの画像を座標変換して求めた2つの画像情報を基に、2画像のマッチングにより被写体上の任意の点の3次元座標を求める。

## 【 0 0 1 0 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、図を用いて本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の第1の実施の形態を示す計測内視鏡装置である計測内視鏡システムの全システム構成図である。図2は、上記計測内視鏡システムのブロック構成図である。本計測内視鏡システム1は、図1, 2に示すように撮像素子を内蔵するビデオ内視鏡（以下、内視鏡と記載する）2と、計測処理手段である計測装置3により構成される。

10

## 【 0 0 1 1 】

上記内視鏡2は、主に、2つのレンズ系を持つ光学アダプタ4が装着され、撮像素子を内蔵する挿入部7と、挿入部7を屈曲操作するための操作部9と、ユニバーサルケーブル11と、光源コネクタ12と、カメラコントロールコネクタ13より構成される。

## 【 0 0 1 2 】

計測装置3は、主に、内視鏡2からの撮像信号をNTSC信号等のビデオ信号に変換するカメラコントロールユニット（以下、CCUと記載する）16と、上記ビデオ信号をデジタル静止画信号に変換するビデオキャプチャ回路41と、ビデオキャプチャ回路41のデジタル画像信号に基づいて画像処理を行うコンピュータ18と、処理メニュー、処理画像等を表示する液晶モニタ14と、制御処理情報または画像情報等を記憶媒体にて記憶、または、再生するハードディスクドライブ（以下、HDDと記載する）43、および、フロッピディスクドライブ（以下、FDDと記載する）42と、入力操作のキーボード15と、光源部17により構成されている。

20

## 【 0 0 1 3 】

本実施の形態の計測内視鏡システム1の各構成部材の詳細や動作の詳細な説明に先立って、本システム1の概要から説明する。

本システム1に適用される光学アダプタ4は、生産工程にて個体の異なる光学アダプタ毎に主となる生産測定治具39の撮像素子内蔵のマスタ撮像ユニット34（図5参照）に取り付けて、次の（a）～（d）に示す各光学アダプタ4の特有の光学データが測定される。その光学データを記録媒体であるフロッピディスク（以下、FDと記載する）33（図5参照）に記録する。この特有の光学データが記録されたFD33と、光学アダプタ4とは、一対一で対応することになって、出荷後、1つの組み合わせのものとして扱われる。

30

## 【 0 0 1 4 】

上述の特有の光学データは、

- （a）2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル
- （b）2つのレンズ系の焦点距離
- （c）2つのレンズの光軸間の距離
- （d）2つの画像のマスタに対する位置情報

である。

40

## 【 0 0 1 5 】

上記特有の光学データ採りを行った後の光学アダプタ4は、内視鏡2に取り付け、計測装置3において、次に示す（1）～（8）の処理を行って各種寸法計測を行うことができる。すなわち、

- （1）上記FD33から上記（a）～（d）の光学データを読み込む。
- （2）本システム1を用いて白い被写体を撮像する。
- （3）上記（d）のデータおよび上記（2）の撮像データを用いて本光学アダプタ4と内視鏡2との組み合わせによる画像位置のずれを求める。
- （4）上記（3）のデータおよび上記（1）のデータを用いて、本内視鏡2に対する幾何学的歪み補正を行う変換テーブルを作成する。

50

- (5) 本内視鏡 2 にて被写体である被計測物を撮像し、画像を取り込む。  
(6) 上記の取り込んだ画像を上記(3)で作成したテーブルをもとに座標変換する。  
(7) 座標変換された画像を基に、上記(2)の撮像データのマッチングにより任意の点の 3 次元座標を求める。  
(8) 上記 3 次元座標を基に各種寸法計測を行う。

【0016】

本内視鏡システム 1 では、上述の処理を行って被計測物の精度の優れた計測を行うことができる。以下、そのシステムの構成、および、作用等について詳細に説明する。

図 3 は、上記内視鏡 2 の挿入部 7 の先端部分の拡大斜視図であり、図 4 は、図 3 の A - A 断面図である。

10

【0017】

内視鏡 2 の挿入部 7 は、主に、内視鏡先端部 5 に着脱自在に装着される光学アダプタ 4 と、上記先端部 5 に配設されるカバ - グラス 27 および撮像素子 28 と、操作部 9 の湾曲ノブ 10 によって内視鏡先端部 5 の方向を変えることができる湾曲部 6、湾曲部 6 と操作部 9 を連結する屈曲自在な軟性部 8 により構成される。

【0018】

光学アダプタ 4 は、光学アダプタ本体 25 と、その本体 25 の端面に設けられる 2 つの照明窓 23 と、2 つの対物レンズ R 21、対物レンズ L 22 と、固定ネジ 20 で構成されている。上記固定ネジ 20 によって内視鏡先端部本体 26 に着脱可能な状態で装着される。上記対物レンズ R 21、対物レンズ L 22 の像は、上記内視鏡先端部 5 の 1 つの撮像素子 28 上の異なる位置に結像する。

20

【0019】

内視鏡 2 の操作部 9 に接続されるユニバーサルケーブル 11 内には図示しないライトガイドファイババンドルと、内視鏡先端の撮像素子 28 からの信号線 29 が配設されている。上記ライトガイドファイババンドルは、光源コネクタ 12 に接続される。上記撮像素子 28 からの信号線 29 は、CCU コネクタ 13 に接続される。

【0020】

上記計測装置 3 は、前述の前記光学アダプタ特有の光学データが記録された F D 33 を F D D 42 に挿入して、その光学データを取り込むことができる。内視鏡 2 にて対物レンズ R 21、対物レンズ L 22 を介して取り込まれる像の撮像信号が、上記計測装置 3 の CC U 16 にてビデオ信号に変換され、液晶モニタ 14 上に被計測物像として表示されるとともに、コンピュータ 18 のメモリ上にも記録される。そして、コンピュータ 18 において、上記取り込まれた光学アダプタ特有の光学データに基づいた被計測物の計測処理が行われる。

30

【0021】

図 5 は、前述した光学アダプタ 4 に特有の光学データを測定するための生産測定治具 39 による測定状態を示す斜視図である。

上記生産測定治具 39 は、光学アダプタ 4 が装着可能であって、内視鏡先端部と同様の構造を有するマスタ撮像ユニット 34 と、上記ユニット 34 からの信号線が接続される CC U 35 と、F D 33 が着脱可能な F D D 37 を有し、上記 CC U 35 からの画像データの画像処理を行うパーソナルコンピュータ 36、および、光学アダプタの光学特性を解析するためのチャート 38 で構成されている。

40

【0022】

上記生産測定治具 39 による光学データの取り込みを行う場合、まず、図 5 に示すように、光学アダプタ 4 をマスタ撮像ユニット 34 に取り付け、チャート 38 の像を光学アダプタ 4 を介して取り込み、その画像データに基づいてパーソナルコンピュータ 36 にて、画像処理を行い、前記(a)～(d)の光学データを求め、F D 33 に記録する。

【0023】

次に、上記光学アダプタ 4 に特有の各光学データを具体的に説明する。

(a) 幾何学的歪み補正テーブルについて、

50

一般にレンズ系による画像には光学的な歪みがある。計測を行う場合にはこの歪みが大きな誤差原因となるため、座標変換を行うことによりこの歪みを取り除くことができる。座標変換は、光軸中心を中心にして行ってもよいし、より正確に補正する場合は、光学系の幾何学的歪みの中心を用いるとよい。また、2つの画像の幾何学的歪み補正テーブルは、右画像、左画像別々に設けてもよいし、2つをまとめて1つのテーブルにしてもよい。以下、1つのテーブルにした場合について、図6, 7をもとに補正テーブルを説明する。

#### 【0024】

図6, 7において、撮像画面45上の点 $p_1 \sim p_4$ は、座標変換前のピクセルを示す。 $p_1 \sim p_4$ を $f(x, y)$ により座標変換すると、 $p_1 \sim p_4$ とする。このときの $p_1 \sim p_4$ を与える座標は必ずしも整数ではなく実数値の座標として求められる。変換後の液晶モニタ上の変換後画面46に表示するには変換後画素 $P(X, Y)$ の座標 $(X, Y)$ をピクセル単位の整数値へ変換しなければならない。

10

#### 【0025】

上記座標の整数値化のための補正は、ウエイトテーブル $W_1 \sim W_4$ によって行われる。すなわち、変換画面1ピクセルにつき、そのピクセルが撮像画面上の光学上の幾何学的歪み上対応する座標の4つのピクセルの撮像データを上記ウエイトテーブル $W_1 \sim W_4$ の比率を乗じ、変換画面ピクセルの画素データ $P(X, Y)$ を求めることになる。

#### 【0026】

そこで、座標変換の $f(x, y)$ は、変換座標 $x, y$ として、次の式を用いる。すなわち、

20

$$\begin{aligned} x' = k_1 \times (a_{00} + a_{30}x^3 + a_{12}xy^2 + a_{50}x^5 + a_{32}x^3y^2 \\ + a_{14}xy^4 + a_{70}x^7 + a_{52}x^5y^2 + a_{34}x^3y^4 + a_{16}xy^6) \end{aligned}$$

... (1)

$$\begin{aligned} y' = k_2 \times (b_{00} + b_{21}x^2y + b_{03}y^3 + b_{41}x^4y + b_{23}x^2y^3 \\ + b_{05}y^5 + b_{61}x^6y + b_{43}x^4y^2 + b_{25}x^2y^5 + b_{07}y^7) \end{aligned}$$

... (2)

なお、上記係数 $a_{nm}, b_{nm}$ は、格子画像の直線性より求める。また、 $k_1, k_2$ は、2画像の倍率を合わせる係数で焦点距離 $f_R, f_L$ の関数となる。

30

#### 【0027】

上記 $f(x, y)$ を用いて、 $p_1 \sim p_4$ の $x, y$ 座標を代入し、 $p_1(x, y) \sim p_4(x, y)$ を与える座標 $(x, y)$ を得る。この $x, y$ の値は、前述したように必ずしも整数ではなく、上記ウエイトテーブル $W_1 \sim W_4$ で補正して、整数の変換後座標 $(X, Y)$ に対する画素データを求めることになる。

#### 【0028】

そこで、変換後画素データ $P(X, Y)$ を与える変換画面上の4つの点 $p_1 \sim p_4$ の座標を $(x, y)$ とし、その変換画面上の4つの点 $p_1 \sim p_4$ に対応する撮像画面(原画)上の4つの点の座標 $(x, y) \sim (x+1, y+1)$ のうちの左上点 $p_1$ の座標 $(x, y)$ の $x$ 座標を $Q_X(X, Y)$ とし、また、 $y$ 座標を $Q_Y(X, Y)$ として、幾何学的歪み補正テーブルの座標参照テーブルとして、まず、FD33に記録する。

40

#### 【0029】

変換後のピクセル単位の整数値で与えられる座標 $(X, Y)$ の変換後画素データ $P(X, Y)$ は、 $p_1 \sim p_4$ と $W_1 \sim W_4$ により求められる。但し、図7に示すように $d_n$ を $p_1 \sim p_4$ から $P(X, Y)$ までの距離を示すとして、

$$S = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad \dots (3)$$

さらに、

$$W_1 = d_1 / S$$

$$W_2 = d_2 / S$$

50

$$W3 = d3 / S$$

$$W4 = d4 / S \quad \dots (4)$$

とする。そして、 $P(X, Y)$ の値は、

$$P(X, Y) = W1 \times p1 + W2 \times p2 + W3 \times p3 + W4 \times p4 \quad \dots (5)$$

によって求められる。

#### 【0030】

上記 $W1, W2, W3, W4$ は、各変換画面上の各ピクセル点 $(X, Y)$ についてウエイトテーブルとして、上記座標参照テーブル $QX(X, Y), QY(X, Y)$ とともに上記 $FD33$ に記録される。

次に、(b)～(d)に関して、

(b) 2つのレンズ系の焦点距離として、右画像の焦点距離 $f_R$ 、および、左画像の焦点距離 $f_L$ を測定して記録する。

(c) 2つのレンズ系の光軸座標として、右画像の光軸座標 $X_R, Y_R$ と左画像の光軸座標 $X_L, Y_L$ を測定して記録する。

(d) マスタに対する位置情報(視野形状パターン)あって、基準ライン $V$ (垂直ライン)の輝度データとして、

$$PV(100, Y_n) \quad \text{但し、} Y_n = 1, 2, 3, \dots, 480$$

および、基準ライン $H$ (水平ライン)の輝度データとして、

$$PH(X_n, 100) \quad \text{但し、} X_n = 1, 2, 3, \dots, 640$$

を測定して記録する。

#### 【0031】

以上のように構成された本実施の形態の計測内視鏡システム1による計測動作としてのステレオ計測処理について、図8, 9, 11, 12のフローチャート、および、図10～図13等を用いて説明する。

#### 【0032】

本ステレオ計測処理は、光学アダプタ4の2つの対物レンズ $R21$ 、対物レンズ $L22$ により取り込まれる視差のある右左の画像データに基づいて、3次元座標の計測を行う処理である。まず、ステップ $S100$ において、初期化を行うか否かをチェックする。すなわち、本計測ソフト立ち上げて最初の状態の場合と、光学アダプタ4を交換したか、内視鏡を交換した場合には、ステップ $S101 \sim S105$ のルーチンに進み、初期化を実行する。それ以外の場合は、ステップ $S110$ に進み、すでに設定されている補正画像情報データをオリジナルデータとして読み込み、ステップ $S106$ に進む。

#### 【0033】

上記ステップ $S101$ においては、補正画像データの読み込みが行われる。すなわち、光学アダプタ4と一対一で対応した前記(a)～(d)の特有の光学データを $FD33$ から読み込み、これをマスタデータとする。

#### 【0034】

続いて、ステップ $S102$ では、白い被写体のイメージを取り込む。すなわち、光学アダプタ4を取り付けた計測内視鏡システム1により白い被写体を写し出し、その画像をビデオキャプチャ回路41を介してコンピュータ18のメモリ上に取り込む。

#### 【0035】

続いて、ステップ $S103$ では、後述するサブルーチン画像位置設定処理(図9(A)参照)を実行する。このサブルーチンの処理は、光学アダプタ4の生産時に光学データを取得したマスタ撮像ユニット34と内視鏡2との特性の違いにより生じる画像の座標のずれ量を求める処理である。

#### 【0036】

ステップ $S104$ では、テーブルの設定を行う。この処理では、ステップ $S101$ で取り込んだ前記光学データのうち(a)の2種類の画像の幾何学的歪み補正テーブルをステップ $S103$ で求めた座標のずれ量に応じて補正した補正テーブルが作成される。すなわち、以下の2つで構成されるオリジナルデータが作成される。

## 【 0 0 3 7 】

ウエイトテーブルとして

$$W1(X, Y) = W1(X + X, Y + Y)$$

$$W2(X, Y) = W2(X + X, Y + Y)$$

$$W3(X, Y) = W3(X + X, Y + Y)$$

$$W4(X, Y) = W4(X + X, Y + Y) \dots (6)$$

また、座標参照テーブルとして、

$$QX(X, Y) = QX(X, Y) + X$$

$$QY(X, Y) = QY(X, Y) + Y \dots (7)$$

但し、「 付き」は、補正後を示し、「 なし」は、補正前を示す。また、 $X$ 、 $Y$ は  
、マスタで測定した画像と光学アダプタ4を本システムに装着したときの画像のずれ量を  
示す。 10

## 【 0 0 3 8 】

ステップS105では、補正画像情報データの保存を行う。すなわち、ステップS104  
で求めたオリジナルデータをハードディスクに保存する。

そこで、ステップS106において、イメージデータを取り込む。すなわち、計測すべき  
物体を撮像し、メモリ上に原画像データとして取り込む。そして、ステップS107で後  
述するサブルーチンの画像補正処理(図9(B)参照)を実行し、原画像の画像補正を行  
う。すなわち、ステップS106で取り込んだ原画像データをステップS104で作成し  
たオリジナルテーブルの基づいて座標変換し、計測を行うための計測画像データを得る。 20

## 【 0 0 3 9 】

続いて、ステップS108にて上記計測画像データに基づき、後述するサブルーチンの計  
測処理(図13参照)を実行し、3次元座標の演算等を行って選択された計測を行い、本  
ステレオ計測処理を終了する。

## 【 0 0 4 0 】

ここで、上記ステップS103においてコールされるサブルーチンの画像位置設定処理に  
ついて、図9(A)のフローチャートを用いて説明する。

まず、ステップS152において、視野形状パターンを呼び出す。すなわち、上記ステッ  
プS101で取り込んだ特有の光学データのうち(d)のマスタに対する視野形状パター  
ンを与える位置情報を示す輝度データとして、 30

$$PV(100, Y_n), \text{但し、} Y_n = 1, 2, 3, \dots 480$$

$$PH(X_n, 100), \text{但し、} X_n = 1, 2, 3, \dots 640$$

を呼び出す。図10は、光学アダプタ4をマスタ撮像ユニット34に装着した状態で白色  
チャートの画像を示す図であり、垂直ラインPV、水平ラインPHがそれぞれ上記輝度デ  
ータを与えるラインである。

## 【 0 0 4 1 】

ステップS153にてパターンマッチングおよび視野位置設定、光軸位置設定を行う。図  
11は、光学アダプタ4を装着した計測内視鏡システム1により白色チャートの画像を取  
り込んだ画像を示す図である。視野形状パターンを与える位置情報を示す輝度データとして 40

$$PV(100, Y_n), \text{但し、} Y_n = 1, 2, 3, \dots 480$$

$$PH(X_n, 100), \text{但し、} X_n = 1, 2, 3, \dots 640$$

で与えられる。

## 【 0 0 4 2 】

また、図12は、上記マスタ、および、計測内視鏡システム1に対する視野形状パターン  
を与える輝度とを縦軸とし、横軸を画像のアドレスとした輝度の変化を示す図であって、  
図12(A)がラインPV、および、ラインPVの輝度変化を示し、図12(B)がラ  
インPH、および、ラインPHの輝度変化を示している。

## 【 0 0 4 3 】

上記ステップS153のパターンマッチング処理では、図12(A)、および、(B)の 50



輝度変化に基づき、正規化相互相関を用いてマスタに対する画像の位置ずれ  $X$ 、 $Y$  を求める。さらに、計測系光軸位置は、右左光学系に関して水平、垂直座標  $x_R$ 、 $y_R$  と  $x_L$ 、 $y_L$  は、次の式で求められる。すなわち、

$$\begin{aligned} x_R &= X_R + X \\ y_R &= Y_R + Y \\ x_L &= X_L + X \\ y_L &= Y_L + Y \quad \dots (8) \end{aligned}$$

となる。

#### 【0044】

また、上記ステップ S 107 (図 8 参照) において、コールされるサブルーチンの画像補正処理について、図 9 (B) のフローチャートを用いて説明する。

本サブルーチンの処理により計測画像上の画素データ  $P(X, Y)$  を得ることができる。まず、ステップ S 162 において、前記ステップ S 104 (図 8 参照) にて作成した補正テーブルであるオリジナルデータを取り込む。ステップ S 163 では、補正した画像の座標、すなわち、計測画像の座標を  $X$ 、 $Y$  と設定する。

#### 【0045】

ステップ S 164 において、補正座標  $X$ 、 $Y$  を得るために必要な原画像の座標を参照座標とし、前記ステップ 104 で作成した  $QX(X, Y)$ 、 $QY(X, Y)$  により補正座標  $X$ 、 $Y$  を得る。そして、ステップ S 165 にて、前記ステップ 104 で作成したウェイトテーブルを取り込み、ステップ S 166 で補正後の座標上の画素データ  $P(X, Y)$  を

$$\begin{aligned} P(X, Y) = & p(QX'(X, Y), QY'(X, Y)) \times W1'(X, Y) \\ & + p(QX'(X, Y) + 1, QY'(X, Y)) \times W2'(X, Y) \\ & + p(QX'(X, Y), QY'(X, Y) + 1) \times W3'(X, Y) \\ & + p(QX'(X, Y) + 1, QY'(X, Y) + 1) \times W4'(X, Y) \\ & \dots (9) \end{aligned}$$

により求められる。

#### 【0046】

続いて、ステップ S 167 において、補正画像範囲を設定し、本ルーチンを終了する。なお、このサブルーチンの画像補正処理は、左右 2 画像に対して行い、原画像を計測画像に変換する。

#### 【0047】

次に、図 8 のステップ S 108 にてコールされるサブルーチンの計測処理について、図 13 のフローチャートにより説明する。

まず、ステップ S 171 において、モニタ 14 に表示されるメニュー上にて 3 つの計測方式を選択する。その 1 つは、深さ計測であり、点と平面間の距離を計測する場合、例えば、図 15 の斜視図に示すようにパイプ 51 等の内面の腐食の深さ  $h$  (図 16 部分拡大図参照) を計る場合に用いられる。この計測方式を選択するとステップ S 172 にジャンプする。他の 1 つは、長さ計測であり、2 点間の距離を計測する場合、例えば、図 17 の斜視図に示すように立体的被計測物であるパイプ 52 の 2 点の 3 次元座標を求め、2 点間の距離  $d$  を求める場合に適用される。この計測方式を選択するとステップ S 190 にジャンプする。他の 1 つは、くぼみ計測であり、点と直線間の距離を計測する場合、例えば、図 18 の斜視図に示すように、タービンブレード 53 の欠損等の大きさ (欠け部分の寸法  $h$ ) 等を計測する場合に適用される。この計測方式が選択されるとステップ S 200 にジャンプする。

#### 【0048】

上記ステップ S 172 にジャンプした場合、ステップ S 173 ~ ステップ S 175 におい

10

20

30

40

50

て、基準平面設定用の3点の基準点PTを設定する。例えば、図15に示す被計測物のパイプ51の場合、測定基準点PT1, PT2, PT3を設定する。そして、後述するサブルーチン3次元座標解析処理(図14(A)参照)により上記3点の3次元座標を求める。

【0049】

ステップS176で点PT指示値をインクリメントし、ステップS177で上記3点を作る平面の深さの基準平面として設定する。図15の場合、点PT1, PT2, PT3を含む平面M1を設定する。さらに、ステップS178で測定点、例えば、PT4を設定し、S179でサブルーチン3次元座標解析処理(図14(A)参照)を呼び出して実行して測定点の座標を求める。図16の場合、点PT4の座標を求める。

10

【0050】

ステップS180において、基準平面から測定点間の距離、図16の場合、測定点PT4から前記基準平面M1までの腐食の深さを与える距離hを演算し、本ルーチンを終了する。

【0051】

次に、ステップS190にジャンプした場合は、ステップS191で第1測定点を設定し、ステップS192でサブルーチン3次元座標解析処理を実行し、上記第1測定点の座標を求める。さらに、ステップS193で第2測定点を設定し、ステップS194でサブルーチン3次元座標解析処理を実行し、上記第2測定点の座標を求める。その後、ステップS195において上記第1, 第2測定点の座標から上記2点間の距離dを演算し、本サブ

20

【0052】

なお、上記の処理において、被計測物が図17に示すパイプ52であって、第1, 第2測定点がPT5, PT6であった場合、上記計測により上記2測定点間の距離dが求められる。

【0053】

さらに、ステップS200にジャンプした場合は、ステップS201でくぼみの一端に第1基準点を設定し、ステップS202でサブルーチン3次元座標解析処理を実行し、上記第1基準点の座標を求める。さらに、ステップS203でくぼみの他端に第2基準点を設定し、ステップS204でサブルーチン3次元座標解析処理を実行し、上記第2基準点の座標を求める。ステップS205において上記第1, 第2基準点の座標から上記2点間を結ぶ基準直線を設定する。

30

【0054】

ステップS206でくぼみの測定点を設定する。ステップS207でサブルーチン3次元座標解析処理を実行し、上記測定点の座標を求める。ステップS208で上記基準点を結ぶ直線と測定点の垂線の長さhをくぼみ量として演算し、本ルーチンを終了する。

【0055】

なお、上記のサブルーチンの処理で被計測物が図18に示すタービンブレード53であった場合、第1, 第2基準点PT7, PT8を結ぶ基準直線とくぼみの測定点PT9までの距離hを求めることになる。

40

【0056】

次に、上記ステップS175, S192, S202、その他のステップでコールされるサブルーチンの3次元座標解析処理について、図14(A)のフローチャートにより説明する。

ステップS211にてサブルーチンのパターンマッチング処理を実行して、左右の2画像(ステレオ画像)の対応点であるマッチングポイントを検出する。ステップS212にて対応点の座標から左右の2画像のずれ量を求める。ステップS213にて対象としている点の3次元座標を計算し、本ルーチンを終了する。

【0057】

ここで、上記サブルーチンにおける3次元座標解析処理の基本原則について、図19を用

50

いて説明する。

図19は、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸をもつ3次元座標系上の右左2画像位置関係を示す図であって、被写体の点Pが撮像素子28の右結像面28R、左結像面28L上に結像した状態を示している。本図において、点OR、OLを光学系の瞳位置とし、距離 $f$ を焦点距離とし、点QR、QLを点Pの結像位置とし、さらに、距離 $L$ を点OR - 点OL間の距離とする。

【0058】

図19において、直線QR - ORから次式が成立する。すなわち、

$$x/x_R = \{y - (L/2)\} / \{y_R - (L/2)\} = z/(-f) \dots (10)$$

また、直線QL - OLから次式が成立する。すなわち、

$$x/x_L = \{y + (L/2)\} / \{y_L + (L/2)\} = z/(-f) \dots (11)$$

この式を $x$ 、 $y$ 、 $z$ について解けば、点Pの3次元座標が得られる。

【0059】

次に、図14(A)の3次元座標解析処理のステップS211にてコールされるサブルーチンのパターンマッチング処理について、図14(B)のフローチャートにより説明する。

本ルーチンでは、2画像間の対応点を検出するパターンマッチングを行う。図20は、左右2画面55、56の画像をモニタ14上に表示したステレオ計測画面54を示しており、左画面55の画像ポイントPP1が右画面56の画像ポイントPP2に対応していることを示している。

【0060】

まず、ステップS221、222にて、パターンマッチングを行うパターンの大きさの設定するパターンエリアの絞り込みを行う。本実施の形態の例では、値 $k$ に対応したパターンエリアを設定する。すなわち、

$k = 1$ ではパターンエリアを $36 \times 36$ (ピクセル)、

$k = 2$ ではパターンエリアを $24 \times 24$ (ピクセル)、

$k = 3$ ではパターンエリアを $12 \times 12$ (ピクセル)、

とし、値 $k$ を小から大へ切り換えて領域を大から小へ絞り込んでいき、対応点検出の精度を上げるようにする。

【0061】

ステップS223にて検索範囲を設定する。すなわち、パターンを探す右画像の領域を決定する。その検索範囲の設定には、エピポーラインに誤差を考慮してエピポーラ $\pm 5$ ピクセル以内とする場合と、モニタ画面上で水平に $\pm 7$ ピクセル以内とする場合と、画面上で手動により指示された略マッチング点を中心に $\pm 10$ ピクセル以内とする場合がある。なお、上記 $\pm 10$ ピクセルは、手動による誤差を考慮した最適な値である。

【0062】

ステップS224～S226において、設定された検索範囲でのパターンマッチングを行う。このパターンマッチングは、正規化相互相関による対応点検出を行い、最も正規化相互相関係数の大きな座標( $X$ 、 $Y$ )を上記対応点とする。

【0063】

ステップS227において、値 $k$ をインクリメントし、その値 $k$ に対応してパターンを絞り込み、対応点検出を行う。ステップS228においてマッチングポイントの設定を行う。そのとき、正規化相互相関の値をモニタ画面上に表示、これをマッチングの信頼性の尺度としてもよい。また、正規化相互相関の値( $0 \sim 1$ )が所定の値よりも小さい場合は、手動式のマッチング処理に切り換えてもよい。

【0064】

上記パターンマッチングに利用する正規化相互相関関数 $M(u, v)$ は、一般的な以下の式を用いる。すなわち、 $t(x, y)$ をテンプレートとし、 $f(x, y)$ を画像データとし、 $t$ をテンプレートの平均輝度とし、さらに、 $f$ を画像の平均輝度として、

【数1】

10

20

30

40

$$M(u, v) = \frac{\sum_s \sum (f(x+u, y+v) - f') (t(x, y) - t')}{\sqrt{\sum_s \sum (f(x+u, y+v) - f')^2 \times \sum_s \sum (t(x, y) - t')^2}}$$

... (12)

が適用される。

【0065】

上述の実施の形態の画像データの処理は、簡潔に説明するために画像にモノクロ画像を用いた場合として説明したが、これらの処理は、R、G、B信号によるカラー画像に拡張しても同様に有効であることは勿論である。

10

【0066】

以上、説明したように本実施の形態の計測内視鏡システム1によれば、計測精度を向上するために、光学アダプタ4に一对一で対応するように特有の光学データを記録媒体のFD33で提供し、生産治具39（マスタ撮像装置34）と内視鏡画像との座標のずれを補正したことにより、計測精度を向上させることができる。

【0067】

また、計測用の光学アダプタ4の生産に生産治具39（マスタ撮像装置34）を用いて特有の光学データ取りを行ったため、生産性が向上して計測内視鏡システム1を低価格で提供できるようになった。

20

また、内視鏡先端部5に計測用光学アダプタ4を着脱自在に設けたため、他の計測以外の光学アダプタとの交換が可能になり、内視鏡の汎用性を向上させ、ユーザーの金銭的負担を抑えることができる。

【0068】

また、本実施の形態の例では画像の座標変換に使用するウエイトテーブルW1～W4、座標参照テーブルQX、QYを生産治具39のコンピュータ36で作成して記録媒体のFD33に記録したため、計測装置3内部のコンピュータでテーブルを作成する必要がない。したがって、計測処理を短時間で行うことができる。

さらに、正規化相互相関の値をモニタ14の画面上に表示することにより、操作者は、マッチングの信頼性、あるいは、計測の信頼性を知ることができる。また、正規相互相関の値が小さい場合は、手動式のマッチングに切り換えることができ、正確度の高い計測が可能になった。

30

【0069】

次に、本発明の第2の実施の形態の計測内視鏡システムについて説明する。

本実施の形態の計測内視鏡システムの構成は、前記第1の実施の形態のシステム構成と同様の構成を有するものとし、計測制御方式のみが異なる。したがって、同一の構成部材には同一の符号を付して説明する。

【0070】

本実施の形態の計測内視鏡システムにおいては、記録媒体であるFD33に記録され、光学アダプタ4に一对一で対応する特有の光学データの内容のうち、記録される幾何学的歪み補正テーブル作成用パラメータのみが前記第1の実施の形態のものと異なる。すなわち、

40

(a) 幾何学的歪み補正テーブル作成用パラメータとして、前記(1)式、および、(2)式の係数 $a_{nm}$ 、 $b_{nm}$ を記録する。

【0071】

(b) 2つのレンズ系の焦点距離として、前記第1実施の形態の場合と同様に右画像の焦点距離 $f_R$ 、および、左画像の焦点距離 $f_L$ を記録する。

【0072】

(c) 2つのレンズ系の光軸座標として、前記第1実施の形態の場合と同様に右画像の光

50

軸座標  $X_R$  ,  $Y_R$  と、左画像の光軸座標  $X_L$  ,  $Y_L$  を測定し、記録する。

【 0 0 7 3 】

( d ) マスタに対する位置情報 ( 視野形状パターン ) として、前記第 1 実施の形態の場合と同様に基準ライン  $V$  の輝度データである、

$P_V ( 100 , Y_n )$  但し、 $Y_n = 1 , 2 , 3 , \dots 480$

また、基準ライン  $H$  の輝度データである、

$P_H ( X_n , 100 )$  但し、 $X_n = 1 , 2 , 3 , \dots 640$

を測定して記録する。

【 0 0 7 4 】

図 2 1 は、第 2 の実施の形態の計測内視鏡システムにおけるステレオ計測処理のフローチャートである。本ステレオ計測処理において、ステップ  $S302$  と  $S309$  の処理以外は、前記図 8 に示した第 1 の実施の形態のルーチンと同一である。

上記ステップ  $S302$  の補正画像情報データの読み込みは、上述の ( a ) , ( b ) , ( c ) , ( d ) の光学データを計測装置 3 に内蔵するコンピュータ 18 で取り込んでマスタデータを作成する処理である。

【 0 0 7 5 】

また、上記ステップ  $S309$  でコールされるサブルーチン計測処理は、図 2 2 のフローチャートに示す。本ルーチンにおいて、長さ計測におけるステップ  $S352 \sim S356$  、および、くぼみ計測におけるステップ  $S361 \sim S368$  の処理は、それぞれ図 1 3 に示した第 1 の実施の形態でのサブルーチン計測処理のステップ  $S190 \sim S194$  、および、ステップ  $S200 \sim S207$  の処理と同一である。但し、上記ステップ  $S356$  、および、 $S368$  より後の処理が異なる。

【 0 0 7 6 】

すなわち、長さ計測におけるステップ  $S357$  において、第 1 の測定点  $p1$  の  $z$  座標値  $z1$  と、第 2 の測定点  $p2$  の  $z$  座標値  $z2$  の差をチェックし、所定の値  $d_z$  よりも大きければ、ステップ  $S358$  の処理を行い、大きくなければ、ステップ  $S359$  の処理を行う。

【 0 0 7 7 】

上記ステップ  $S358$  の処理は、3次元座標での計算を行う処理である。一方、上記ステップ  $S359$  の処理は、2次元座標での計算を行う。すなわち、第 1 の測定点  $p1$  と第 2 の測定点  $p2$  の 2 点間の距離を求める場合、 $x$  ,  $y$  軸の 2 次元座標での計算を行う。

【 0 0 7 8 】

上述のように  $z$  座標値の差の大小により異なった処理を実行させる理由は、左右 2 画像を用いるステレオ計測では、3次元座標のうち、奥行き情報である  $z$  座標の計測誤差が  $x$  ,  $y$  座標よりも悪い。したがって、第 1 の測定点  $p1$  と第 2 の測定点  $p2$  の  $z$  座標の差  $d_z$  が所定の値よりも小さい状態であれば、2点間の距離を  $x$  ,  $y$  座標のみを用いて計算した方が誤差が少なく、より精度の高い計測を行うことができるためである。

【 0 0 7 9 】

また、くぼみ計測におけるステップ  $S368$  より後のステップ  $S369$  において、各点の  $z$  座標の差の値をチェックする。すなわち、第 1 の基準点  $P1$  と第 2 の基準点  $P2$  の  $z$  座標の値を  $z1$  ,  $z2$  とし、測定点  $P3$  、および、その測定点の基準直線と直交する交点  $P4$  の  $z$  座標の値を  $z3$  ,  $z4$  とした場合、それぞれ差の値 (  $z1 - z2$  ) および (  $z3 - z4$  ) を所定の値  $d_z$  と比較し、共に大きい場合は、ステップ  $S370$  に進み、3次元座標での計算を行い。共に大きくない場合は、ステップ  $S371$  に進み、2次元座標での計算を行う。このように処理することによって、前述の場合と同様の理由により、より精度の高いくぼみ計測を行うことができる。

【 0 0 8 0 】

次に、上記第 1 、または、第 2 の実施の形態の計測内視鏡システムにおける計測処理時におけるモニタ表示方式について説明する。

図 2 3 は、液晶モニタ 14 の表示画面 6 1 の例を示しており、図 2 3 ( A ) は、内視鏡により撮像した左右の画像  $L62$  , 画像  $R63$  を表示した状態、また、図 2 3 ( B ) は、左

10

20

30

40

50

右画像とメニュー画面を表示した例を示す。このように液晶モニタ 14 の画面 61 の左側に左画像 L 62 または右画像 R 63 を選択してどちらか一方のみ表示し、右側にメニュー 64 を表示すると、左側の画像を参照しながら右側のメニュー 64 を選択することができ、その選択がやり易くなる。

#### 【0081】

図 24 (A) は、液晶モニタ 14 の画面 61 に内視鏡により撮像し、エッジ部 65 a, 66 a を抽出した左右の画像 L 65, 画像 R 66 を表示した例を示す。図 24 (B) は、左の画像 L 65 を表示し、エッジ部 66 a を重ねた状態として表示した例を示す。ステレオ画像のマッチングにおける対応点検出を行う場合に、どちらか片方の画像のエッジ画像を残りの画像に手動によりカーソル等をもちて移動し、重ね合わせるようにすれば、対応点検出が容易になる。

10

#### 【0082】

図 25 は、液晶モニタ 14 の画面 61 の左右の画像 L 62, R 63 の表示例を示し、図 25 (A) が左右の画像 L 62, R 63 をそれぞれ左側と右側に表示した状態を示し、図 25 (B) が左右の画像 L 62, R 63 を入れ替えて表示した状態を示している。

#### 【0083】

一枚の撮像素子でステレオ画像を取り込んだ場合、従来の装置では液晶モニタ 14 上では本来の右画像が左側に表示され、本来の左画像が右側に表示され、操作者が誤解する可能性があった。しかし、上記図 25 (A) は、本来の左画像 L 62 を左側に、右画像 L 63 を右側に表示したものである。このように表示することによって、人間の目で見えた状態と同じ表示できるので計測を行う場合の誤解を防ぐことができる。

20

#### 【0084】

図 26 は、液晶モニタ 14 において、左右画像のインターレース表示を行った例を示す。本モニタ表示例は、図 26 (A) に示すように右画像 R 63 を TV インターレース表示の偶数ラインで表示し、図 26 (B) に示すように左画像 L 62 を奇数ラインで表示している。そして、上記図 26 (A) および (B) の画像をインターレースに同期した図示しない液晶シャッター眼鏡によるステレオ視（立体視）を可能とする表示例である。右画像と左画像の表示位置は立体視できる位置に補正して表示するものとする。本表示例によると操作者は、実際に近い状態で被計測物の画像を観察することができる。

#### 【0085】

30

次に、本発明の第 3 の実施の形態の計測内視鏡システムについて説明する。

本計測内視鏡システムは、計測制御に用いられ、記録媒体に記録される光学アダプタ特有の光学データのうち、特に幾何学的歪み補正テーブルの演算方法が前記第 1 の実施の形態のものと異なるものである。したがって、その他の構成は、前記第 1 の実施の形態のシステムの構成と同様であり、同一の構成部材には同一の符号を付して説明する。

#### 【0086】

本実施の形態のシステムにおいても前記図 4 に示す生産用治具 39 により光学アダプタの特有の光学データが測定されて、そのデータは記録媒体である F D 33 に記録される。上記光学データは以下の情報が記録される。すなわち、

(a) 2 つの画像の幾何学的歪み補正テーブルとして、前記第 1 の実施の形態の場合と同形式のデータが F D 33 に記録される。

40

#### 【0087】

ウェイトテーブルとして、

$W1(X, Y)$

$W2(X, Y)$

$W3(X, Y)$

$W4(X, Y)$

座標参照テーブルとして、

$QX(X, Y)$ 、 $QY(X, Y)$

但し、後述するようにそれら値を求める演算が異なる。

50

## 【 0 0 8 8 】

一般にレンズ系による画像には光学的な歪みがある。計測を行う場合にはこの歪みが大きな誤差原因となるため、座標変換を行うことによりこの歪みが取り除かれる。前記図 6 , 7、および、図 2 7 の幾何学的歪み補正テーブル作成のための座標系を示す図、図 2 8 の光学系の像高を示す原理図、図 2 9 の画像データ上の変換座標を示す図をもとに本実施の形態での補正テーブルの求め方を説明する。

## 【 0 0 8 9 】

点  $p_1 \sim p_4$  は、座標変換前のピクセルを示す。点  $p_1 \sim p_4$  を  $f(x, y)$  により座標変換すると、 $p_1 \sim p_4$  となる。このとき  $p_1 \sim p_4$  の座標は実数値の座標となる。液晶モニタ上に表示するにはピクセル単位、つまり、整数値の座標で示される  $P(X, Y)$  へ変換しなければならない。その変換をウエイトテーブル  $W_1 \sim W_4$  にて行う。この座標変換は、第 1 の実施の形態の場合と同じであるが、本実施の形態の場合は、上述の座標変換の  $f(x, y)$  に以下の式を用いる点異なる。すなわち、

## 【 数 2 】

$$h_1 = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \cdots (13)$$

$$\theta_1 = K_s \times \sin^{-1}(h_1 / (f \times K_s)) \quad \cdots (14)$$

$$\theta_1 = K_t \times \tan^{-1}(h_1 / (f \times K_t)) \quad \cdots (15)$$

$$h_2 = f \times \tan \theta_1 \quad \cdots (16)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}(y/x) \quad \cdots (17)$$

$$x' = h_2 \times \cos(\theta_2) \times k_1 \quad \cdots (18)$$

$$y' = h_2 \times \sin(\theta_2) \times k_2 \quad \cdots (19)$$

を適用する。

## 【 0 0 9 0 】

なお、(14)式、(15)式は、対物レンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。また、 $K_s$ 、 $K_t$  は、対物レンズの幾何学的歪みの程度により値を変更する。 $f$  は、焦点距離を示す。 $k_1$ 、 $k_2$  は、2 画像の倍率を合わせる係数で焦点距離  $f_R$ 、 $f_L$  の関数となる。

## 【 0 0 9 1 】

そして、点  $p_1 \sim p_4$  の座標  $(x, y) \sim (x+1, y+1)$  を代入し、(18)、(19)式により点  $p_1 \sim p_4$  の座標  $(x, y) \sim (x+1, y+1)$  の座標  $(x, y) \sim (x+1, y+1)$  を得る。この座標データに基づいて、前記座標参照テーブル  $Q_X(X, Y)$ 、 $Q_Y(X, Y)$  を求める。

なお、上述した本実施の形態の例に示す座標系は、これに限定されるものではなく必要に応じて様々な座標系が利用できる。

## 【 0 0 9 2 】

また、変換後の画素データ  $P(X, Y)$  は、上記  $p_1 \sim p_4$  の座標データから前記第 1 の実施の形態の場合と同様に  $W_1 \sim W_4$  を用いて次式より求めることができる。

但し、 $d_n$  は、点  $p_1 \sim p_4$  と点  $P(X, Y)$  までの距離を示し、

$$S = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$W_1 = d_1 / S$$

$$W_2 = d_2 / S$$

$$W_3 = d_3 / S$$

$$W_4 = d_4 / S$$

10

20

30

40

50

として、

$$P(X, Y) = W_1 \times p_1 + W_2 \times p_2 + W_3 \times p_3 + W_4 \times p_4$$

となる。

#### 【0093】

上記  $W_1$  ,  $W_2$  ,  $W_3$  ,  $W_4$  をウエイトテーブルと、座標  $P(X, Y)$  の作成に必要な原画像の座標  $x$  ,  $y$  を与える  $QX(X, Y)$  ,  $QY(X, Y)$  の座標参照テーブルとを幾何学的歪み補正テーブルとして  $FD33$  に記録する。

#### 【0094】

また、他の特有の光学データとして、

(b) 2つのレンズ系の焦点距離として、前記第1実施の形態の場合と同様に右画像の焦点距離  $f_R$ 、および、左画像の焦点距離  $f_L$  を記録する。

(c) 2つのレンズ系の光軸座標として、前記第1実施の形態の場合と同様に右画像の光軸座標  $X_R$  ,  $Y_R$  と、左画像の光軸座標  $X_L$  ,  $Y_L$  を測定し、記録する。

(d) マスタに対する位置情報(視野形状パターン)として、前記第1実施の形態の場合と同様に基準ライン  $V$  の輝度データである、

$$PV(100, Y_n) \quad \text{但し、} Y_n = 1, 2, 3, \dots, 480$$

また、基準ライン  $H$  の輝度データである、

$$PH(X_n, 100) \quad \text{但し、} X_n = 1, 2, 3, \dots, 640$$

を測定して記録する。

#### 【0095】

なお、本実施の形態の計測内視鏡システムにおける計測処理時のモニタ表示方式についても、前述の図23～図26で説明した方式をそのまま適用できることは勿論である。

#### 【0096】

次に、本発明に関連する実施の形態の計測内視鏡装置としてジェットエンジンのブレード検査用の検査システムについて説明する。

従来のタービンブレードの検査は、内視鏡画像を観察しながらターニングツール、例えば、モータによりタービンのシャフトを回転させる治具でブレードを回転移動させて、所定の位置へ到達したところで作業者が上記ターニングツールを停止させ、そこで計測が行われていた。ところが、ブレードの構成枚数は数百枚もあって、ブレード1枚ずつ移動停止を行うため、作業性が非常に悪かった。本システムは、そのような不具合を解決することができるもので、作業性のよいブレードの検査システムを提供するものである。

#### 【0097】

図30は、上記ブレードの検査を行う検査システムのシステム構成図である。本検査システムは、ボアスコープ101、TVカメラ102、ターニングツール103、コントローラ104、前記図1、または、図2に示したものと同様の計測装置3により構成される。被検査物は、ジェットエンジン100のタービンブレード105(図31参照)とする。

#### 【0098】

TVカメラ102の画像は、計測装置3に入力され、コンピュータにより画像処理される。コンピュータには停止させたい位置にあるブレード画像を予め基準ブレード画像として記録させておく。図31(A)は、モニタ14に表示される上記基準ブレード画像を示す図である。図31(B)は、ブレード105を回転させているときの状態でのブレード105の画像を示す図である。内視鏡画像を前記記録された基準ブレード画像とパターンマッチングさせて、類似度を示す尺度である正規化相互相関係数が最も大きくなったときに、計測装置3からコントローラ104へターニングツール103の停止信号を送り、ブレードを所定の位置で停止させる。所定の時間停止させた後、コントローラへ回転信号を送り次のブレードの検査を行う。

#### 【0099】

上述の検査システムによれば、前述の従来の不具合を解決することができ、作業性のよいブレードの検査システムを提供することができる。なお、本実施の形態のシステムの変形例として、ブレード画像の自動記録を行ってもよい。また、基準画像と比較することによ

10

20

30

40

50



りブレードの欠陥の自動検査も可能になる。これらの変形例等により検査効率を飛躍的に高められる。

【0100】

[付記]

1. 内視鏡先端部に着脱自在に設けられた1対の対物レンズを有する光学アダプタと前記1対の対物レンズによる2つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡、および、前記内視鏡画像を用いて画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、

少なくとも、前記光学アダプタの光学データを記録した記録媒体から情報を読み込む処理と、

前記内視鏡本体の撮像素子の位置誤差を基に前記光学データを補正する処理と、前記補正した光学データをもとに計測する画像を座標変換する処理と、

座標変換された2つの画像を基に2画像のマッチングにより任意の点の3次元座標を求める処理と

を行う計測手段を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

【0101】

2. 付記1の計測内視鏡装置において前記光学アダプタの光学データは少なくとも以下の項目を含むことを特徴とする。すなわち、

2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル、

2つの光学系の基準撮像素子上での光軸の位置座標、

2つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報。

【0102】

3. 付記1の計測内視鏡において前記光学アダプタの光学データは少なくとも以下の項目を含むことを特徴とする。すなわち、

2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル、

2つの光学系の基準撮像素子上での光軸の位置座標、

2つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報、

2つの光学系の焦点距離。

【0103】

4. 付記1の計測内視鏡装置において前記光学アダプタの光学データは少なくとも以下の項目を含むことを特徴とする。すなわち、

2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル、

2つの光学系の基準撮像素子上での光軸の位置座標、

2つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報、

2つの光学系の焦点距離、

2つの光学系の光軸間の距離、

2つの光学系の幾何学的歪みの中心座標。

【0104】

5. 付記1の計測内視鏡装置において前記光学アダプタの光学データは少なくとも以下の項目を含むことを特徴とする。すなわち、

2つの光学系の幾何学的歪み補正テーブル作成用パラメータ、

2つの光学系の基準撮像素子上での光軸の位置座標、

2つの光学系の基準撮像素子上での結像位置情報、

2つの光学系の焦点距離、

2つの光学系の光軸間の距離。

【0105】

6. 内視鏡先端部に着脱自在に設けられた1対の対物レンズを有する光学アダプタと前記1対の対物レンズによる2つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡および前記内視鏡画像を用いて画像処理により計測を行う計測内視鏡装置において、

10

20

30

40

50

少なくとも、あらかじめ前記光学アダプタを基準となる第1の治具に取り付けたときの、主となる撮像素子上での結像位置情報と光学系の幾何学的歪み補正テーブルと焦点距離と2つの対物レンズ系の光軸の位置情報を記録した記録媒体から情報を読み込む処理と、前記光学アダプタを第2の内視鏡に取り付けた場合の撮像素子上の結像位置と前記記録媒体の結像位置情報を比較することにより位置ずれ量を求める処理と、前記位置ずれ量を用いて前記記録媒体の光学系の幾何学的歪み補正テーブルの座標を補正して真の補正テーブルを作成する処理と、前記内視鏡により撮像した画像を前記真の補正テーブルをもとに座標変換する処理と、座標変換された2つの画像を基に、2画像のマッチングにより任意の点の3次元座標を求める処理と

10

を行う計測手段を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

【0106】

7. 付記6の計測内視鏡装置において、光学アダプタを第2の内視鏡に取り付けた場合の撮像素子上の結像位置は略白色体を撮像した画像と、前記記録媒体の結像位置情報を基にパターンマッチング処理を行うことにより位置ずれ量を求めることを特徴とする。

【0107】

8. 付記6の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングにより任意の点の2次元座標を求める場合に、マッチングの信頼性を示す尺度をモニタ画面上に表示することを特徴とする。

20

【0108】

9. 付記8の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングの信頼性が所定の値よりも低い場合は、2画像のマッチングを手動操作に切り換えることを特徴とする。

【0109】

10. 付記6の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングは、2画像のうちマッチング点を指示する1画像のみをモニタ画面上に表示することを特徴とする。

【0110】

11. 付記6の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングは、2画像のうち1画像上でマッチング点を指示し、一方の画像へのマッチング点の探査はエッジラインに誤差幅をもたせた領域を自動探査することを特徴とする。

30

【0111】

12. 付記6の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングは、それぞれの画像上のマッチング点の指示を手動で行うことを特徴とする。

【0112】

13. 付記6の計測内視鏡装置において、2画像のマッチングは、2画像のうち1画像上でマッチング点を指示し、一方の画像へのマッチング点の探査は、一方の画像上の略マッチング点の指示を手動で行い、その後、略マッチング点の指示を中心としてx、y方向に±10ピクセル以内の範囲を自動探査することを特徴とする。

40

【0113】

14. 内視鏡先端部に着脱自在に設けられた1対の対物レンズを有する光学アダプタと前記1対の対物レンズによる2つの像が内視鏡本体に設けられた撮像素子上の異なる位置に結像するように配置された内視鏡および前記内視鏡画像を用いて画像処理により計測を行う計測手段を有する計測内視鏡装置において、前記光学アダプタの光学データを記録した記録媒体を有し、前記計測手段は、前記記録媒体から前記光学データを読み出す読み出し手段を有し、前記計測手段は、前記光学データ

50

に基づき画像処理演算を行う画像処理演算部を有することを特徴とする計測内視鏡装置。

【0114】

【発明の効果】

上述したように本発明の計測内視鏡装置によれば、光学系の各種光学データを記録し、計測内視鏡装置でその値を読み込み、内視鏡の撮像系の誤差を基に光学データを補正して座標変換を用いたため、計測精度のよい計測内視鏡装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す計測内視鏡装置である計測内視鏡システムの全システム構成図。

【図2】図1の計測内視鏡システムのブロック構成図。

10

【図3】図1の計測内視鏡システムの内視鏡挿入部の先端部拡大斜視図。

【図4】図3のA - A断面図。

【図5】図1の計測内視鏡システムにて生産測定治具による光学データ測定状態の斜視図。

【図6】図1の計測内視鏡システムにおける幾何学的歪みの補正前の画像と補正後の画像のピクセル配置図。

【図7】図1の計測内視鏡システムにおける補正前の画像ピクセルと補正後の画像ピクセルを示す図。

【図8】図1の計測内視鏡システムにおけるステレオ計測処理のフローチャート。

【図9】図8のステレオ計測処理でコールされるサブルーチンのフローチャートを示し、図9(A)は、画像位置設定処理のフローチャート、図9(B)は、画像補正処理のフローチャート。

20

【図10】図1の計測内視鏡システムにおける光学アダプタをマスタ撮像ユニットに装着して撮像される白色チャートの画像を示す図。

【図11】図1の計測内視鏡システムにおいて光学アダプタを本システムの内視鏡に装着して撮像される白色チャートの画像を示す図。

【図12】図1の計測内視鏡システムおよびマスタに対する視野形状パターンを与える輝度波形であって、図12(A)は、画像の垂直方向のPV, PVの輝度変化、図12(B)は、画像の水平方向のPH, PHの輝度変化を示す図。

【図13】図8のステレオ計測処理においてコールされるサブルーチンの計測処理のフローチャート。

30

【図14】図13の計測処理でコールされるサブルーチンのフローチャートであって、図14(A)は、3次元座標解析処理のフローチャート、図14(B)は、パターンマッチング処理のフローチャート。

【図15】図1の計測内視鏡システムを用いて深さ計測状態のパイプの斜視図。

【図16】図15のパイプの計測部分の拡大図。

【図17】図1の計測内視鏡システムを用いて長さ計測状態のパイプの斜視図。

【図18】図1の計測内視鏡システムを用いてくぼみ計測状態のタービンブレードの斜視図。

【図19】図1の計測内視鏡システムにおける3次元座標解析処理の基本原則を説明するためのx, y, z軸をもつ3次元座標系上の右, 左2画像位置関係を示す図。

40

【図20】図1の計測内視鏡システムにおける左右2画面の画像をモニタ上に表示したステレオ計測画面を示す図。

【図21】本発明の第2の実施の形態の計測内視鏡システムにおけるステレオ計測処理のフローチャート。

【図22】図21のステレオ計測処理においてコールされるサブルーチンの計測処理のフローチャート。

【図23】図1の計測内視鏡システムの表示方式の1例における液晶モニタの表示画面を示す図であって、図23(A)は、左右2画像を表示した状態、図23(B)は、左、または、右画像と処理メニュー画面とを表示した状態を示す。

50

【図 2 4】図 1 の計測内視鏡システムの表示方式の他の例における撮像画像のエッジ部を抽出した左右画像を表示したモニタ画面を示す図であって、図 2 4 の ( A ) は、2 画面の左右画像を表示した状態、図 2 4 ( B ) は、左右画像を重ねて表示した状態を示す。

【図 2 5】図 1 の計測内視鏡システムの表示方式の他の例における液晶モニタの画面の左右の画像の表示例を示し、図 2 5 ( A ) が左右の画像をそれぞれ左側と右側に表示した状態を示し、図 2 5 ( B ) が左右の画像を入れ替えて表示した状態を示している。

【図 2 6】図 1 の計測内視鏡システムの表示方式の他の例における液晶モニタに左右画像のインターレース表示を行った例を示し、図 2 6 ( A ) に右画像を TV インターレース表示の偶数ラインで表示し、図 2 6 ( B ) に左画像を奇数ラインで表示する。

【図 2 7】本発明の第 3 の実施の形態の計測内視鏡システムにおける幾何学的歪み補正テーブル作成のための座標系を示す図。

10

【図 2 8】図 2 7 の計測内視鏡システムにおける幾何学的歪み補正テーブル作成のための光学系の像高を示す原理図。

【図 2 9】図 2 7 の計測内視鏡システムにおける幾何学的歪み補正テーブル作成のための画像データ上の変換座標を示す図。

【図 3 0】本発明に関連する実施の形態の計測内視鏡装置としてのジェットエンジンのブレード検査システム構成図。

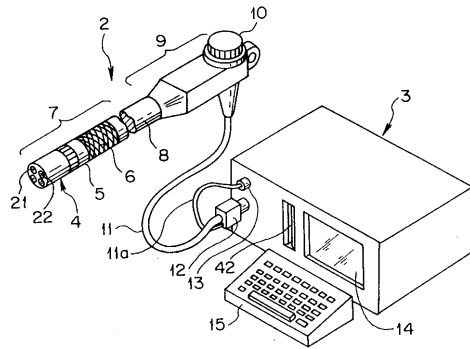
【図 3 1】図 3 0 のブレード検査システムにおけるブレード画像を示す図であって、図 3 1 ( A ) は、基準位置にあるブレードを示す図であり、図 3 1 ( B ) は、ブレード回転状態でのブレード画像を示す図。

20

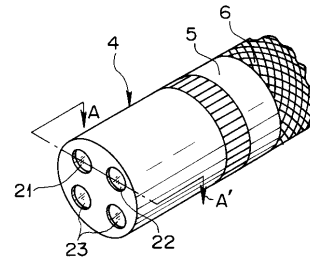
【符号の説明】

- 1            ..... 計測内視鏡
- 2            ..... 内視鏡 ( 内視鏡本体 )
- 4            ..... 光学アダプタ
- 2 1 , 2 2 ..... 対物レンズ
- 3 3            ..... フロッピディスク ( 記録媒体 )

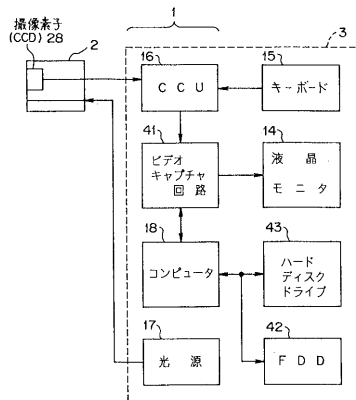
【図 1】



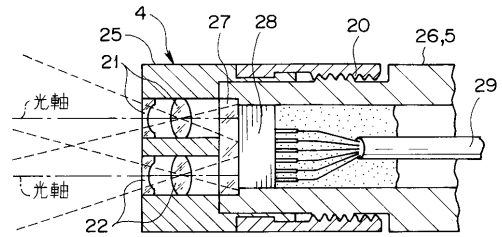
【図 3】



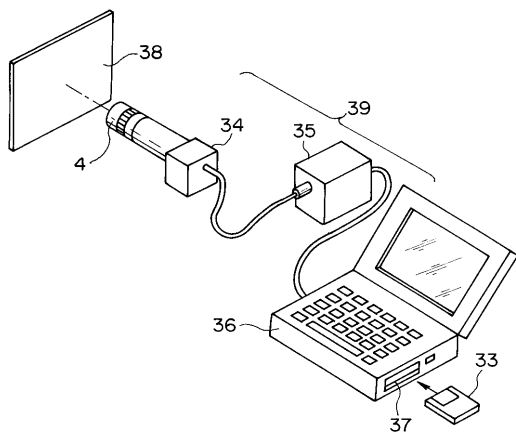
【図 2】



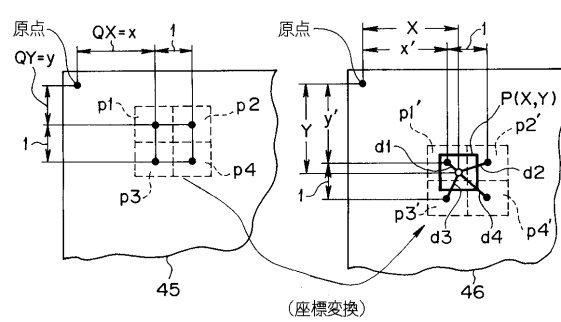
【図 4】



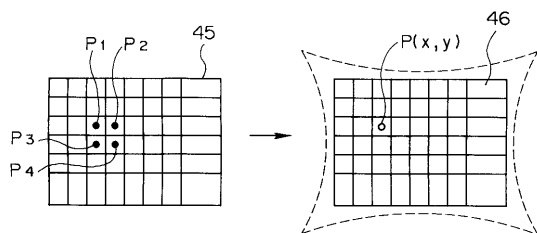
【図 5】



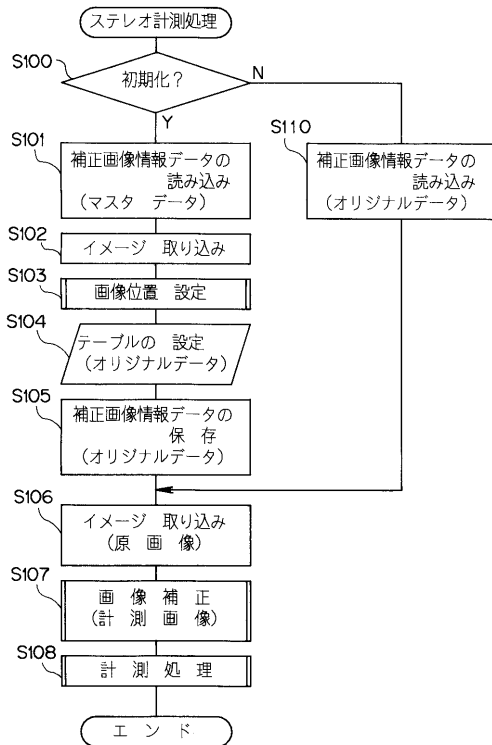
【図 7】



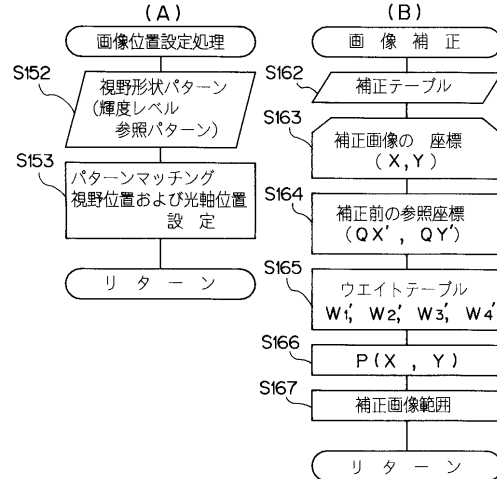
【図 6】



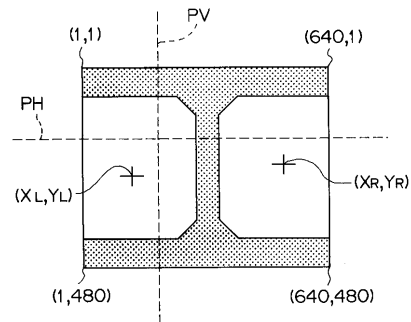
【図 8】



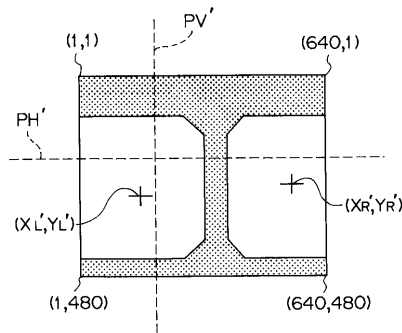
【図 9】



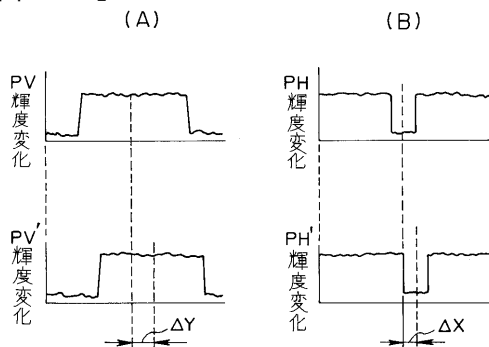
【図 10】



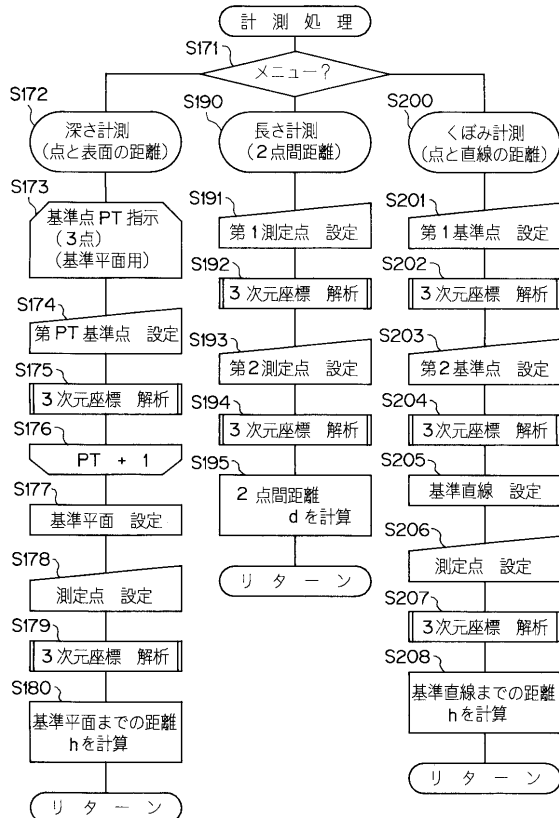
【図 11】



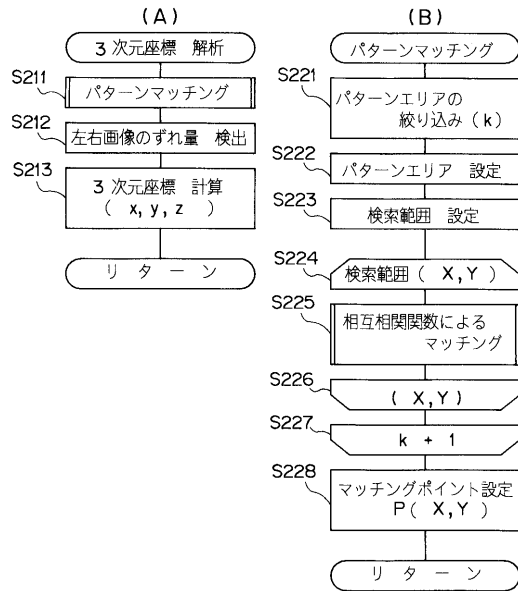
【図 12】



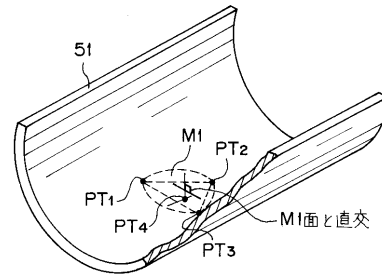
【図 13】



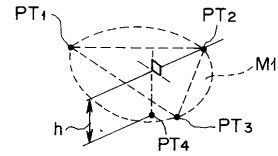
【図 14】



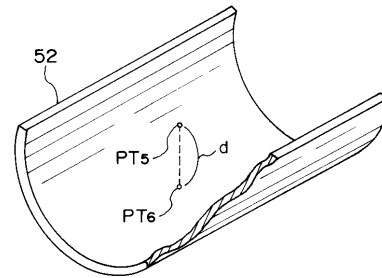
【図 15】



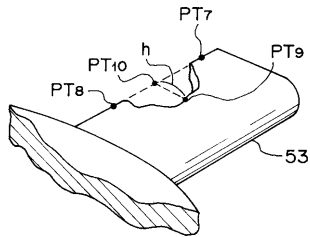
【図 16】



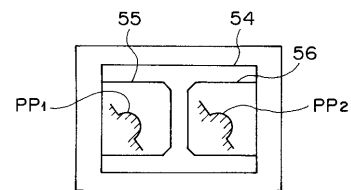
【図 17】



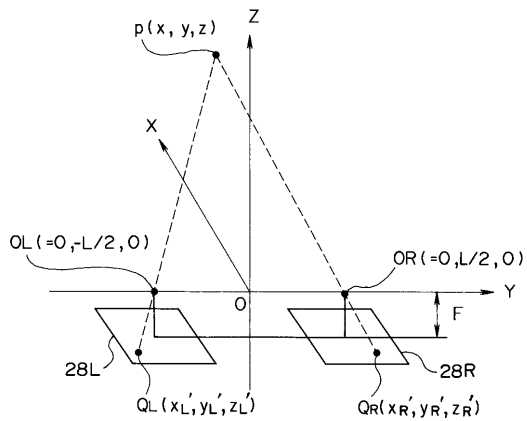
【図 18】



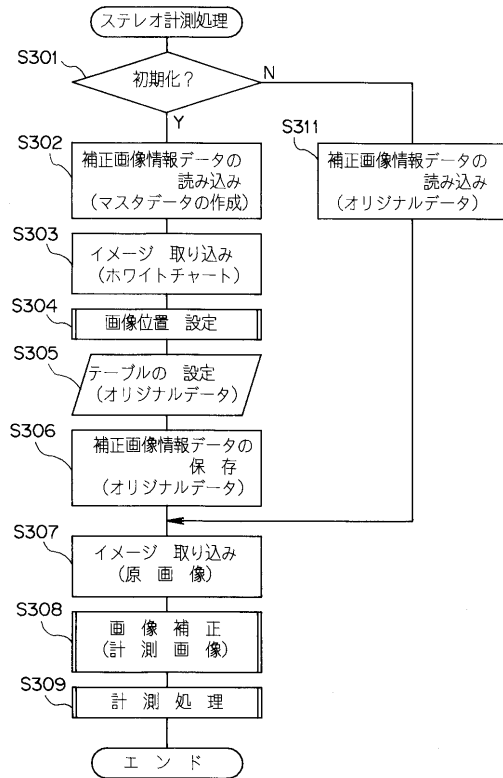
【図 20】



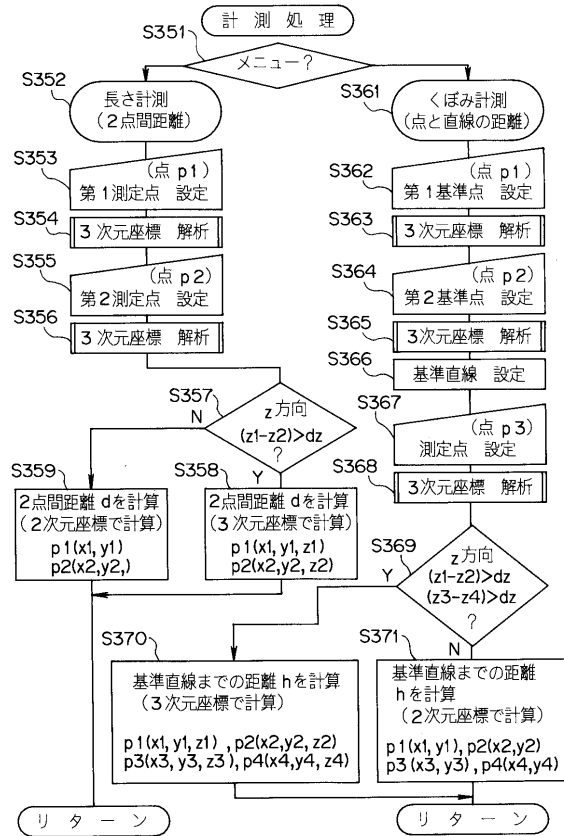
【図 19】



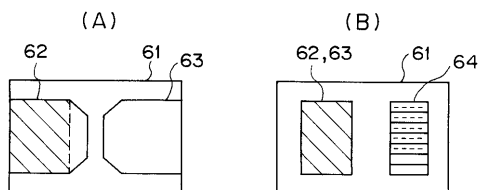
【図 2 1】



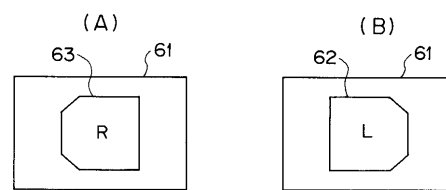
【図 2 2】



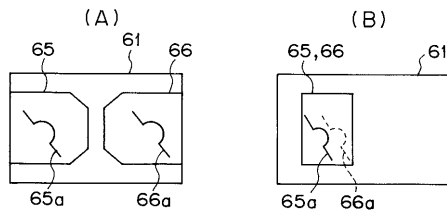
【図 2 3】



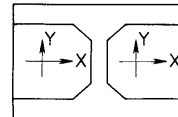
【図 2 6】



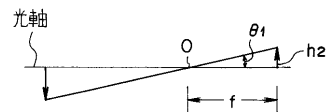
【図 2 4】



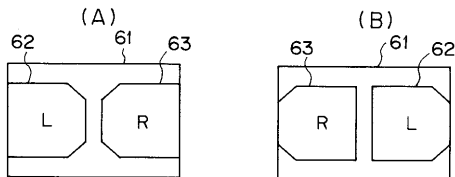
【図 2 7】



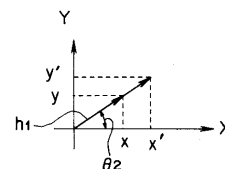
【図 2 8】



【図 2 5】

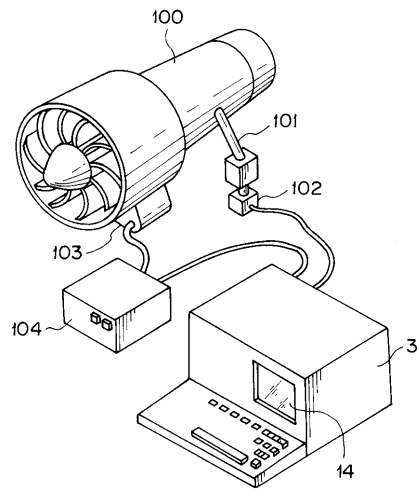


【図 2 9】

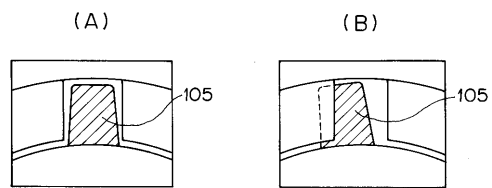




【図 30】



【図 31】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-260446(JP,A)  
特開平08-201706(JP,A)  
特開平07-281105(JP,A)  
特開昭63-201618(JP,A)  
特開平2-244021(JP,A)  
特開平6-339454(JP,A)  
特開昭61-179129(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32

G02B 23/24