

(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2004-49638

(P2004-49638A)

(43) 公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00	A 6 1 B 1/00 3 0 0 E	2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/04	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y	4 C 0 6 1
G 0 2 B 23/24	A 6 1 B 1/04 3 7 2	5 C 0 5 4
H 0 4 N 7/18	G 0 2 B 23/24 B	
	H 0 4 N 7/18 M	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2002-212852 (P2002-212852)
 (22) 出願日 平成14年7月22日 (2002. 7. 22)

(71) 出願人 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 小川 清富
 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 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
 Fターム(参考) 2H040 CA22 CA26 GA02 GA06 GA11
 最終頁に続く

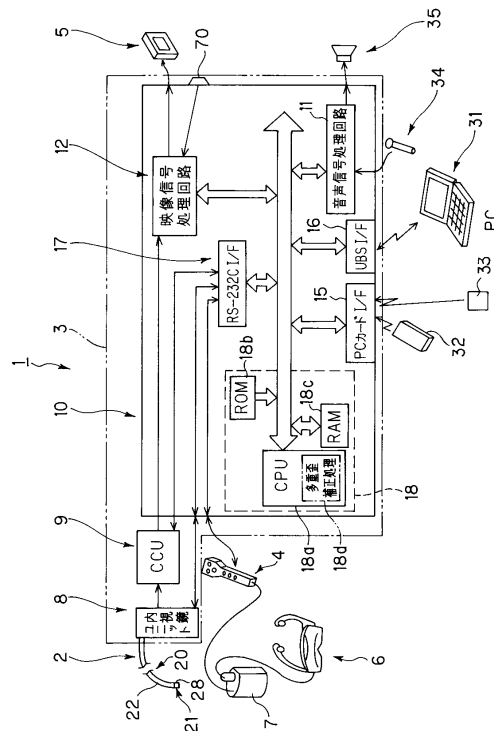
(54) 【発明の名称】 内視鏡装置

(57) 【要約】

【課題】 挿入部の外径を細くでき、かつ計測精度が高く、立体視を行うときの疲労を軽減できる内視鏡装置を提供する。

【解決手段】 内視鏡2の先端部21に1対の対物光学系と、該対物光学系による光学像を伝送する像伝送光学系を介して撮像素子28に結像し、1対の対物光学系により発生する第1の歪みと像伝送光学系27により発生する第2の歪みとが重なった多重歪みを補正する多重歪み補正手段を設け、多重歪み補正を行うテーブルデータや焦点距離等の光学データをメモリカード33に格納し、その光学データを用いることにより精度の良い計測ができるようにした。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる視点からの像を得るための複数の対物光学系と、
 前記複数の対物光学系の像を伝送する像伝送光学系と、
 前記像伝送光学系に伝送された複数の像を結像させる撮像素子と、
 前記撮像素子からの信号を受けて映像信号を生成する処理部と、
 前記映像信号の光学的歪みを補正する画像歪み補正手段と、
 を備える内視鏡装置において、
 前記画像歪み補正手段は、
 前記複数の対物光学系による第 1 の幾何学的歪みと、前記像伝送光学系による第 2 の幾何
 学的歪みが重なった歪みである多重歪みを補正する幾何学的多重歪み補正手段であること
 を特徴とする内視鏡装置。

10

【請求項 2】

前記幾何学的多重歪み補正手段は、
 前記複数の対物光学系による第 1 の歪みを複数あるそれぞれの対物光学系ごとに補正する
 第 1 歪み補正手段と、
 前記像伝送光学系による第 2 の歪みを補正する第 2 歪み補正手段と、
 からなることを特徴とする請求項 1 記載の内視鏡装置。

【請求項 3】

前記対物光学系と前記像伝送光学系は光学アダプタ内に構成され、前記光学アダプタは前
 記撮像素子が設けられた挿入部先端部本体に対して着脱自在に構成されることを特徴とす
 る請求項 2 記載の内視鏡装置。

20

【請求項 4】

前記像伝送光学系は対物光学系側と撮像素子側に分割され、
 前記対物光学系と前記伝送光学系の対物光学系側が光学アダプタ内に構成され、前記光学
 アダプタは前記像伝送系の撮像素子側に対して着脱自在に構成されることを特徴とする請
 求項 2 記載の内視鏡装置。

【請求項 5】

前記第 2 歪み補正手段は、前記伝送系の対物光学系側による幾何学的歪みを補正する第 2
 歪み前段補正手段と、前記像伝送系の撮像素子側による幾何学的歪みを補正する第 2 歪み
 後段補正手段とを備えることを特徴とする請求項 4 記載の内視鏡装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、複数の対物光学系による被計測物像を内視鏡に設けられた撮像素子上の異なる
 位置に結像し、その画像を用いて計測を行う内視鏡装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

計測用内視鏡装置として、例えば特開平 10 - 248806 号公報に開示された第 1 の従
 来例がある。

40

【0003】

この従来例は、挿入部の先端に設けた複数の対物光学系のそれぞれの像がそのまま撮像素
 子上に結像する例で、それぞれの光学系に対して像の光学的歪み補正を行う。

【0004】

挿入部の外径を細くするために撮像素子を小さくすると、対物光学系の間隔が狭くなり、
 計測精度が低下し、得られる立体感が減少する。

【0005】

この従来例の不具合を解消する第 2 の従来例として特開平 11 - 109257 号公報があ
 る。第 2 の従来例では上記不具合を解決するために、対物光学系と撮像素子の間に複数の
 対物光学系の像をまとめて伝送する像伝送光学系を入れた。これにより、対物光学系の間

50

隔を小さくすることなく、小型の撮像素子を採用することができるようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

複数の像をまとめて伝送する像伝送光学系が間にはいることで、それぞれの対物光学系による光学的歪みに加えて、像伝送光学系自体による歪みが重畳される。

【0007】

それぞれの対物光学系の画像上の光学中心を基点にした歪み補正では、十分な歪み補正が行えず、計測精度の低下と、立体視（ステレオ観察）するときの疲労が大きくなる欠点がある。

【0008】

10

（発明の目的）

本発明は上述した点に鑑みてなされたもので、挿入部の外径を細くでき、かつ計測精度が高く、立体視を行うときの疲労を軽減できる内視鏡装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

異なる視点からの像を得るための複数の対物光学系と、
前記複数の対物光学系の像を伝送する像伝送光学系と、
前記像伝送光学系に伝送された複数の像を結像させる撮像素子と、
前記撮像素子からの信号を受けて映像信号を生成する処理部と、
を備える内視鏡装置において、

20

前記映像信号の光学的歪みを補正するために前記複数の対物光学系による第1の幾何学的歪みと、前記像伝送光学系による第2の幾何学的歪みが重なった歪みである多重歪みを補正する幾何学的多重歪み補正手段を設けることにより、像伝送光学系による幾何学的歪みと、複数の対物光学系による幾何学的歪みの両方を考慮した幾何学多重的歪み補正を行い、挿入部の外径を細くでき、かつ計測精度が高く、立体視を行うときの疲労を軽減できるようにしている。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0011】

30

（第1の実施の形態）

図1ないし図17は本発明の第1の実施の形態に係り、図1は本発明の第1の実施の形態の計測内視鏡装置の全体構成を斜視図で示し、図2は図1における内部構成等を示し、図3は挿入部の先端部付近の外観を示し、図4は図3のA-A断面の構造を示し、図5は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を示し、図6は補正前の画像ピクセルと補正後の画像ピクセルを示し、図7は多重歪み補正を含む座標変換の処理の内容を示し、図8はステレオ計測処理の内容を示し、図9は図8のステレオ計測処理でコールされるサブルーチンの内容を示し、図10は図の計測処理でコールされるサブルーチンの内容を示し、図11は計測内視鏡装置を用いて深さ計測状態のパイプを斜視図で示し、図12は図11のパイプの計測部分の拡大図を示し、図13は計測内視鏡装置を用いて長さ計測状態のパイプを斜視図で示し、図14は計測内視鏡装置を用いてくぼみ計測状態のタービンブレードを斜視図で示し、図15は図10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15(A)は、3次元座標解析処理のフローチャート、図15(B)は、パターンマッチング処理のフローチャート、図16は計測内視鏡装置における3次元座標解析処理の基本原理を説明するためのx, y, z軸をもつ3次元座標系上の右, 左2画像位置関係を示し、図17は計測内視鏡装置による左右の2画面の画像をLCD上に表示したステレオ計測画面を示す。

40

【0012】

図1に示すように本発明の第1の実施の形態の計測用内視鏡装置1は、細長で可撓性の挿入部20を有する内視鏡2と、この内視鏡2の挿入部20を収納する収納部を備えた制御

50

装置であるコントロールユニット3と、装置全体の各種動作制御を実行する際に必要な操作を行うリモートコントローラ4と、内視鏡画像や操作制御内容(例えば処理メニュー)等の表示を行う表示装置である液晶モニタ(以下、LCDと記載)5と、通常の内視鏡画像、あるいはその内視鏡画像を擬似的なステレオ画像として立体視を可能にするフェイスマウントディスプレイ(以下、FMDと記載)6と、このFMD6に画像データを供給するFMDアダプタ6a等で主に構成されている。

【0013】

前記挿入部20は先端側から順に硬質な先端部21、例えば上下左右に湾曲可能な湾曲部22、柔軟性を有する可撓管部23が連設して構成され、前記先端部21には図3に示すように2つの照明窓24と観察窓25とが設けてある。

10

【0014】

観察窓25には、図4で説明するように立体視を可能とする1対の対物光学系、つまり右画像用対物レンズ26R、左画像用対物レンズ26Lとが視差を有するように左右に離間して取り付けられている。つまり、異なる視点からの像を得るようにしている。1対の対物レンズ26R、26Lによりパイプ内面や、タービンブレードの検査など、検査対象物の光学像を、共通の像伝送光学系27を介してCCD等の固体撮像素子(単に撮像素子と略記)28に結像するようにしている。

【0015】

本実施の形態においては、第2の従来例のところの説明したように、1対の対物光学系と撮像素子28との間に、1対の対物光学系による像をまとめて伝送する像伝送光学系27を介挿することにより、1対の対物光学系の間隔を小さくすることなく、小型の撮像素子28を採用して、精度の高い立体(ステレオ)計測を行えるようにしている。

20

【0016】

図2に示すように前記コントロールユニット3内には内視鏡ユニット8、映像信号を生成する処理を行うカメラコントロールユニット(以下、CCUと記載)9及び計測制御等を行う制御ユニット10が設けられており、前記挿入部20の基端部は内視鏡ユニット8に接続されている。

【0017】

前記内視鏡ユニット8は、観察時に必要な照明光を供給する光源装置(不図示)、前記挿入部20を構成する湾曲部22を湾曲させる湾曲装置(不図示)を備えて構成されている。

30

【0018】

前記CCU9には、前記挿入部20の先端部21に内蔵されている撮像素子28から出力された撮像信号が入力される。この撮像信号は、CCU9内で信号処理されて例えばNTSC信号等の映像信号に変換されて、前記制御ユニット10へ供給される。

【0019】

前記制御ユニット10内には音声信号処理回路11、前記映像信号が入力される映像信号処理回路12、ROM13、RAM14、PCカードインターフェイス(以下、PCカードI/Fと記載)15、USBインターフェイス(以下、USB I/Fと記載)16及びRS-232Cインターフェイス(以下、RS-232C I/Fと記載)17等と、

40

【0020】

この計測処理部18は計測処理を行うCPU18aと、このCPU18aの動作プログラム等を格納したROM18bと、CPU18aの作業エリアに利用されたり、必要なデータの格納等に利用されるメモリとしてのRAM18cとを備え、これらはバスに接続されている。

【0021】

また、CPU18aは後述するように(例えばメモリカード33に記録された光学データ

50

を読み込んで)計測を行う場合に、撮像光学系、つまり対物レンズ26R、26L及び像伝送光学系27の幾何学的多重歪みの補正を含む座標変換を行い、高精度の計測を行うことができるようにしている。尚、CPU18a内に2点鎖線で示す多重歪み補正処理18dの機能については後述する。

【0022】

前記RS-232C I/F17には前記CCU9、内視鏡ユニット8及びこれらCCU9、内視鏡ユニット8等の制御及び動作指示を行うリモートコントローラ(以下、リモコンと略記)4がそれぞれ接続されている。このことにより、リモコン4の操作に基づいてCCU9、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。

【0023】

前記USB I/F16は、前記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イスである。このUSB I/F16を介して前記コントロールユニット3とパーソナルコンピュータ31とを接続することによって、パーソナルコンピュータ31側で内視鏡画像の表示指示や計測時における画像処理などの各種の指示制御を行うことが可能になるとともに、コントロールユニット3とパーソナルコンピュータ31との間での各種の処理に必要な制御情報や、データの入出力を行うことが可能になる。

【0024】

また、前記PCカードI/F15には、PCMCIAメモリカード32やコンパクトフラッシュ(R)メモリカード33等の記録媒体であるいわゆるメモリカードが自由に着脱されるようになっている。

【0025】

前記メモリカード32,33を前記PCカードI/F15に装着することにより、前記CPU18による制御によって、このメモリーカード32,33に記憶されている制御処理情報や画像情報等のデータの取り込み、あるいは制御処理情報や画像情報等のデータのメモリーカード32,33への記録も行える。

【0026】

また、本実施の形態では計測内視鏡装置1にパーソナルコンピュータ(パソコンと略記)31を接続し、内視鏡2の先端部に設けた対物レンズ26R、26Lと像伝送光学系27による歪み補正のための光学データを測定する処理を行い、その光学データをメモリーカード33に記録し、3次元計測等の計測を行う場合には計測処理部18はその光学データを読み出す。

【0027】

そして、その光学データを参照することにより、計測処理部18のCPU18aは、対物レンズ26R、26Lと像伝送光学系27、つまり撮像光学系による歪み補正を行った座標変換を行い、その画像をLCD5等に表示することができるようにしている。

【0028】

前記映像信号処理回路12では、前記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ように、CCU9からの映像信号をCPU18aの制御により生成する操作メニューに基づく表示信号との合成処理や、前記LCD5の画面上に表示するのに必要な処理等を施してLCD5に供給する。

【0029】

また、この映像信号処理回路12では、単に内視鏡画像、あるいは操作メニュー等の画像を単独で表示するための処理を行うことも可能である。したがって、LCD5の画面上には、内視鏡画像、操作メニュー画像、内視鏡画像と操作メニュー画像との合成画像等が表示される。

【0030】

また、画像補正の指示操作が行われた場合には、CCU9から映像信号処理回路12に出力された映像信号は、この映像信号処理回路12内部の図示しないA/D変換器でデジタル信号に変換されて、計測処理部18を構成するCPU18aに取り込まれ、多重歪み補

10

20

30

40

50

正が行われた後、再び映像信号処理回路 1 2 内部の D / A 変換器でアナログの映像信号に戻され、LCD 5 に出力され、歪み補正された画像が表示される。

【 0 0 3 1 】

前記音声信号処理回路 1 1 には、マイク 3 4 によって集音されて生成された、メモリーカード等の記録媒体に記録する音声信号、メモリーカード等の記録媒体の再生によって得られた音声信号、あるいは CPU 1 8 a によって生成処理された音声信号が供給される。この音声信号処理回路 1 1 では、供給された音声信号を再生するのに必要な増幅処理等の処理を施してスピーカ 3 5 に出力する。このことによって、スピーカ 3 5 から音声出力される。

【 0 0 3 2 】

また、CPU 1 8 a は、ROM 1 8 b に格納されているプログラムを実行することによって、上述した歪み補正の処理以外の機能に対応した処理を行うように各種回路部等を制御して、システム全体の動作制御も行う。

【 0 0 3 3 】

図 1 に示すようにリモートコントローラ 4 の一面には、湾曲部 2 2 の湾曲動作の指示を行うジョイスティック 4 a、グラフィック表示される各種メニュー操作や計測を行う場合のポインタ移動操作を行うレバースイッチ 4 b、前記 LCD 5 に静止画の表示を指示するフリーズスイッチ 4 c、メモリーカード 3 3 等に静止画を記録するストアスイッチ 4 d 及び計測ソフトを実行する際に用いる計測実行スイッチ 4 e、FMD 6 アダプタ 6 a が接続されるコネクタ部 4 f 等が設けられている。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、上記内視鏡 2 の挿入部 2 0 の先端部 2 1 の拡大斜視図であり、図 4 は、図 3 の A - A 断面図である。

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように内視鏡 2 の先端部 2 1 の先端面には 2 つの照明窓 2 4 と、立体視を可能とする観察窓 2 5 とが設けてある。

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように先端部 2 1 を構成する先端部本体 2 9 に設けた観察窓 2 5 は、カバーガラス 3 0 で閉塞され、その内側にはレンズ枠 3 6 を介して 1 対の対物光学系、つまり右画像用対物光学系 2 6 R、左画像用対物光学系 2 6 L とが取り付けられている。

【 0 0 3 7 】

このレンズ枠 3 6 は後方側に延出され、共通の像伝送光学系 2 7 の前段側（光学系）2 7 a が取り付けられている。また、レンズ枠 3 6 の後端側の孔部に収納固定された撮像素子固定枠 3 7 には、撮像素子 2 8 が固定されている。この撮像素子 2 8 の撮像面の前部側には像伝送光学系 2 7 の後段側（光学系）2 7 b がレンズ枠を介して取り付けられている。

【 0 0 3 8 】

また、先端部本体 2 9 の前端側の外周は円筒状のカバー部材 3 8 で覆われ、このカバー部材 3 8 はネジで先端部本体 2 9 に固定されている。なお、カバー部材 3 8 と先端部本体 2 9 との間には、シール用のリングが介挿され、水密構造にされている。

【 0 0 3 9 】

上記対物光学系 2 6 R、対物光学系 2 6 L による像は、像伝送光学系 2 7 を介して撮像素子 2 8 上で左右に異なる位置に結像される。つまり、対物光学系 2 6 R と像伝送光学系 2 7 による光学系である右結像光学系と、対物光学系 2 6 L と像伝送光学系 2 7 による光学系である左結像光学系とが構成される。

【 0 0 4 0 】

次に本実施の形態の動作を説明する。

【 0 0 4 1 】

本計測内視鏡装置 1 に適用される内視鏡 2 では、次の (a 1) ~ (d) に示すように、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。その光学データを記録媒体である例えば、メモリーカード 3 3 に記録される。この特有の光学データが撮像光学系と一対一で

10

20

30

40

50

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。

【0042】

上述の特有の光学データは、

- (a1) 2つの対物光学系の幾何学的歪み補正テーブル
- (a2) 像伝送光学系の幾何学歪み補正テーブル
- (b) 左右の結像光学系それぞれの焦点距離
- (c) 左右の結像光学系の主点間の距離
- (d) 左右の結像光学系それぞれの画像上での光軸位置座標

である。

【0043】

上記特有の光学データの収集を行った後の計測内視鏡装置1にパソコン31を接続して、次に示す(1)~(5)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) 上記メモリカード33から上記(a1)~(d)の光学データを読み込む。(2) 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。

【0044】

(3) 上記の取り込んだ画像を、上記(a1)~(d)の光学データをもとに座標変換する。

【0045】

(4) 座標変換された画像を基に、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。

【0046】

(5) 上記3次元座標を基に各種寸法計測を行う。

【0047】

この計測内視鏡装置1は生産時、光学データの取り込みを行う場合、図2で示すように計測内視鏡装置1にパソコン31を接続し、ここでは図示しないチャート(第2の実施の形態における図20の符号54参照)を用いて行う。

【0048】

本計測内視鏡装置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。

【0049】

次に、上記撮像光学系に特有の各光学データを具体的に説明する。

【0050】

(a1)、(a2)幾何学的歪み補正テーブルについて、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。

【0051】

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5、図6をもとに補正テーブルを説明する。

【0052】

図5、図6において、撮像画面40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41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。

【0053】

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

10

20

30

40

50

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W1～W4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。

【0054】

そこで、多重歪み補正(具体的には、第2歪み補正、第1歪み右補正、第1歪み左補正)の処理を含めた座標変換の式は、以下のようになる。

【0055】

第2歪み補正:

$$f_{2x}(u, v) = k_x (a_{00} + a_{12}uv^2 + a_{14}uv^4 + a_{16}uv^6 + a_{30}u^3 + a_{32}u^3v^2 + a_{34}u^3v^4 + a_{50}u^5 + a_{52}u^5v^2 + a_{70}u^7) + c_x \quad (1-1)$$

$$f_{2y}(u, v) = k_y (b_{00} + b_{21}u^2v + b_{41}u^4v + b_{61}u^6v + b_{03}v^3 + b_{23}u^2v^3 + b_{43}u^4v^3 + b_{05}v^5 + b_{25}u^2v^5 + b_{07}u^7) + c_y \quad (1-2)$$

$$x_2 = f_{2x}(x - c_x, y - c_y) \quad (1-3)$$

$$y_2 = f_{2y}(x - c_x, y - c_y) \quad (1-4)$$

第1歪み右補正:

$$f_{Rx}(u, v) = k_{Rx} (a_{R00} + a_{R12}uv^2 + a_{R14}uv^4 + a_{R16}uv^6 + a_{R30}u^3 + a_{R32}u^3v^2 + a_{R34}u^3v^4 + a_{R50}u^5 + a_{R52}u^5v^2 + a_{R70}u^7) + c_{Rx} \quad (1-5)$$

$$f_{Ry}(u, v) = k_{Ry} (b_{R00} + b_{R21}u^2v + b_{R41}u^4v + b_{R61}u^6v + b_{R03}v^3 + b_{R23}u^2v^3 + b_{R43}u^4v^3 + b_{R05}v^5 + b_{R25}u^2v^5 + b_{R07}u^7) + c_{Ry} \quad (1-6)$$

$$x_R' = f_{Rx}(x_2 - c_{Rx}, y_2 - c_{Ry}) \quad (1-7)$$

$$y_R' = f_{Ry}(x_2 - c_{Rx}, y_2 - c_{Ry}) \quad (1-8)$$

第1歪み左補正:

$$f_{Lx}(u, v) = k_{Lx} (a_{L00} + a_{L12}uv^2 + a_{L14}uv^4 + a_{L16}uv^6 + a_{L30}u^3 + a_{L32}u^3v^2 + a_{L34}u^3v^4 + a_{L50}u^5 + a_{L52}u^5v^2 + a_{L70}u^7) + c_{Lx} \quad (1-9)$$

$$f_{Ly}(u, v) = k_{Ly} (b_{L00} + b_{L21}u^2v + b_{L41}u^4v + b_{L61}u^6v + b_{L03}v^3 + b_{L23}u^2v^3 + b_{L43}u^4v^3 + b_{L05}v^5 + b_{L25}u^2v^5 + b_{L07}u^7) + c_{Ly} \quad (1-10)$$

$$x_L' = f_{Lx}(x_2 - c_{Lx}, y_2 - c_{Ly}) \quad (1-11)$$

$$y_L' = f_{Ly}(x_2 - c_{Lx}, y_2 - c_{Ly}) \quad (1-12)$$

上式における符号は以下のような意味を持つ。

【0056】

x, y: 補正前座標

x_R', y_R': 補正後右画面座標

x_L', y_L': 補正後左画面座標

c_x, c_y: 第2歪み中心座標

c_{Rx}, c_{Ry}: 第1歪み右中心座標

c_{Lx}, c_{Ly}: 第1歪み左中心座標

k_x, k_y, a_{ij}, b_{ij}: 第2歪み補正係数

k_{Rx}, k_{Ry}, a_{Rij}, b_{Rij}: 第1歪み右補正係数

k_{Lx}, k_{Ly}, a_{Lij}, b_{Lij}: 第1歪み左補正係数

なお、上記k_x等のkを除く係数a_{ij}、b_{ij}、a_{Rij}、b_{Rij}、a_{Lij}、b_{Lij}、c_x、c_y、c_{Rx}、c_{Ry}、c_{Lx}、c_{Ly}は、格子画像の直線性より求める。

10

20

30

40

50

また、 k_x 、 k_y 等は、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。

【0057】

上式を用いて、 $p_1 \sim p_4$ 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、前述した様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。

【0058】

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、メモリカード33に記録する。

10

【0059】

なお、図5及び図6では補正後の右画像座標 x_R' 、 y_R' と左画像座標 x_L' 、 y_L' との各場合をまとめて x' 、 y' で示している。

【0060】

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6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、

20

$$S = d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 + d_1 \cdot d_3 \cdot d_4 + d_1 \cdot d_2 \cdot d_4 + d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \dots (2)$$

さらに、

$$W_1 = d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 / S$$

$$W_2 = d_1 \cdot d_3 \cdot d_4 / S$$

$$W_3 = d_1 \cdot d_2 \cdot d_4 / S$$

$$W_4 = d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 / S \dots (3)$$

とする。そして、 $P(X, Y)$ の値は、

$$P(X, Y) = W_1 \times p_1' + W_2 \times p_2' + W_3 \times p_3' + W_4 \times p_4' \dots (4)$$

30

によって求められる。

【0061】

上記 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 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 $Q_X(X, Y)$ 、 $Q_Y(X, Y)$ とともに上記メモリカード33に記録される。

【0062】

次に、(b)～(d)に関して、

(b)右結像光学系の焦点距離 f_R と、左結像光学系の焦点距離 f_L を求める。(c)右結像光学系と左結像光学系それぞれの主点位置から、その間の距離 L を求めて記録する。

【0063】

(d)右結像光学系の画像上での光軸位置座標 X_R 、 Y_R と、左結像光学系の画像上での光軸位置座標 X_L 、 Y_L とを求める。

40

【0064】

上述した第2歪み補正、第1歪み右補正、第1歪み左補正の処理を含めた座標変換処理は図7のように行われる。

【0065】

座標変換の処理がスタートすると、ステップ S_1 に示すようにCPU18aは第2歪み補正テーブルから第2歪み補正のデータを取り込み、ステップ S_2 に示すようにCPU18aは上式(1-1)～(1-4)により第2歪み補正の処理を行う。

【0066】

50

次のステップS3ではCPU18aは第1歪み補正テーブルから第1歪み補正のデータを取り込み、ステップS4に示すように第1歪み補正の処理を行う。

この場合、上式(1-5)~(1-8)と(1-9)~(1-12)とにより第1歪み補正の処理を行い、座標変換を終了する。

【0067】

その後、上述したようにウエイトテーブルW1~W4を用いて整数値の座標(X, Y)を算出することになる。

【0068】

上記歪み補正を含むテーブルや対物光学系と像伝送光学系27の焦点距離等の光学データはメモリカード33に記録され、以下に説明するように計測内視鏡装置1で計測を行う場合には読み出されて利用される。

10

【0069】

以上のように構成された本実施の形態の計測内視鏡装置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, 10, 15のフローチャート、および、図11~図14等を用いて説明する。

【0070】

ステレオ計測処理がスタートすると、図8の最初のステップS11により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S12に進む。

【0071】

ステップS12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S13で後述するサブルーチンの画像補正処理(図9参照)を実行し、原画像の画像補正を行う。すなわち、ステップS12で取り込んだ原画像データをオリジナルテーブルに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

【0072】

続いて、ステップS14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10参照)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。

【0073】

上記ステップS13(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のフローチャートを用いて説明する。

30

【0074】

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S21において、工場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S22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。

【0075】

ステップS23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、図7のフローチャートで作成した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S24にて、ウエイトテーブルを取り込み、ステップS25で補正後の座標上の画素データP(X, Y)を次式より求める。

40

【0076】

すなわち、

$$\begin{aligned}
 P(X, Y) = & p(QX(X, Y), QY(X, Y)) \times W1(X, Y) \\
 & + p(QX(X, Y) + 1, QY(X, Y)) \times W2(X, Y) \\
 & + p(QX(X, Y), QY(X, Y) + 1) \times W3(X, Y) \\
 & + p(QX(X, Y) + 1, QY(X, Y) + 1) \times W4(X, Y) \\
 & \dots (5)
 \end{aligned}$$

により求められる。

【0077】

続いて、ステップS26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。

10

【0078】

次に、図8のステップS14にてコールされるサブルーチンの計測処理について、図10のフローチャートにより説明する。

【0079】

まず、ステップS171において、LCD5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11の斜視図に示すようにパイプ41等の内面の腐食の深さh(図12部分拡大図参照)を計る場合に用いられる。

20

【0080】

この計測方式を選択するとステップS172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13の斜視図に示すように立体的被計測物であるパイプ42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。

【0081】

この計測方式を選択するとステップS190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14の斜視図に示すように、タービンブレード43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S200にジャンプする。

30

【0082】

上記ステップS172にジャンプした場合、ステップS173～ステップS175において、基準平面設定用の3点の基準点PTを設定する。例えば、図11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15(A)参照)により上記3点の3次元座標を求める。

【0083】

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点で作る平面の深さの基準平面として設定する。図11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15(A)参照)を呼び出して実行して測定点の座標を求める。図12の場合、点PT4の座標を求める。

40

【0084】

ステップS180において、基準平面から測定点間の距離、図12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。

【0085】

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

50

を求める。さらに、ステップ S 1 9 3 で第 2 測定点を設定し、ステップ S 1 9 4 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 S 1 9 5 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、本サブルーチンを終了する。

【 0 0 8 6 】

なお、上記の処理において、被計測物が図 1 3 に示すパイプ 4 2 であって、第 1 , 第 2 測定点が P T 5 , P T 6 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。

【 0 0 8 7 】

さらに、ステップ S 2 0 0 にジャンプした場合は、ステップ S 2 0 1 でくぼみの一端に第 1 基準点を設定し、ステップ S 2 0 2 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 S 2 0 3 でくぼみの他端に第 2 基準点を設定し、ステップ S 2 0 4 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 S 2 0 5 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。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 2 0 6 でくぼみの測定点を設定する。ステップ S 2 0 7 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 S 2 0 8 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。

【 0 0 8 9 】

なお、上記のサブルーチンの処理で被計測物が図 1 4 に示すタービンブレード 4 3 であった場合、第 1 , 第 2 基準点 P T 7 , P T 8 を結ぶ基準直線とくぼみの測定点 P T 9 までの距離 h を求めることになる。

【 0 0 9 0 】

次に、上記ステップ S 1 7 5 , S 1 9 2 , S 2 0 2 、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 1 5 (A) のフローチャートにより説明する。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 2 1 1 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 S 2 1 2 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 S 2 1 3 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。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 1 6 を用いて説明する。

【 0 0 9 2 】

図 1 6 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 2 8 の右結像面 2 8 R、左結像面 2 8 L 上に結像した状態を示している。本図 1 6 において、点 O R , O L を光学系の主点とし、距離 f を焦点距離とし、点 Q R , Q L を点 P の結像位置とし、さらに、距離 L を点 O R - 点 O L 間の距離とする。

【 0 0 9 3 】

図 1 6 において、直線 Q R - O R から次式が成立する。すなわち、

$$x / x_R' = \{ y - (L / 2) \} / \{ y_R' - (L / 2) \} = z / (-f) \dots (6)$$

また、直線 Q L - O L から次式が成立する。すなわち、

$$x / x_L' = \{ y + (L / 2) \} / \{ y_L' + (L / 2) \} = z / (-f) \dots (7)$$

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。

【 0 0 9 4 】

なお、実際は像伝送光学系 2 7 の効果により、左右 2 つの像の光線は折り曲げられて右結像面 2 8 R と左結像面 2 8 L の間隔はもっと小さくなるが、ここでは図を簡略にするために像伝送光学系 2 7 の効果を省いて図示している。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

次に、図 15 (A) の 3 次元座標解析処理のステップ S 2 1 1 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 15 (B) のフローチャートにより説明する。

【0096】

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 17 は、左右 2 画面 65, 66 の画像を LCD 5 上に表示したステレオ計測画面 64 を示しており、左画面 65 の画像ポイント P P 1 が右画面 66 の画像ポイント P P 2 に対応していることを示している。

【0097】

まず、ステップ S 2 2 1, 2 2 2 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 35 × 35 (ピクセル)、

k = 2 ではパターンエリアを 23 × 23 (ピクセル)、

k = 3 ではパターンエリアを 11 × 11 (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。

【0098】

ステップ S 2 2 3 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、エピポーララインに誤差を考慮してエピポーラ ± 5 ピクセル以内とする場合と、モニタ画面上で水平に ± 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 ± 10 ピクセル以内とする場合がある。なお、上記 ± 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。

【0099】

ステップ S 2 2 4 ~ S 2 2 6 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。

【0100】

ステップ S 2 2 7 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。

【0101】

ステップ S 2 2 8 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 (-1 ~ 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。

【0102】

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、一般的に以下の式を用いる。すなわち、t (x, y) をテンプレートとし、g (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、g' を画像の平均輝度として、

$$M(u, v) = \frac{\sum_s (g(x+u, y+v) - g') (t(x, y) - t')}{\sqrt{\sum_s (g(x+u, y+v) - g')^2 \times \sum_s (t(x, y) - t')^2}} \quad (8)$$

が適用される。ここで \sum_s は画素の和をとることを表す。

【0103】

本実施の形態による計測例として、例えば補正した画像上で計測を行う。この場合には、リモートコントローラ 4 で計測実行スイッチ 4 e が操作された場合には、補正された左右の画像が LCD 5 に表示される。

【0104】

さらにリモートコントローラ 4 のレバースイッチ 4 b を操作して左右の画像上で、それぞれ計測しようとする点の指示入力を行うことにより、ステレオ計測を行うことができる。

【0105】

また、補正した画像を作成して立体視を行うこともできる。この場合にはリモートコントローラ4の計測実行スイッチ4eが操作された場合には、補正された左右の画像がLCD5に表示され、また補正された左右の画像の映像信号がFMDアダプタ6aに入力され、左右の映像信号に切り離す処理がされた後、FMD6に入力される。

【0106】

ユーザはFMD6を装着して、立体視することにより、左右でそれぞれ歪みが補正された良好な画質の左右画像を観察することができ、補正されない左右画像を観察する場合よりもユーザに負担をかけることなく、立体視ができ、ユーザの疲労を大幅に軽減することができる。

10

【0107】

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。

【0108】

以上述べたように本実施の形態によれば、内視鏡2の先端部21に1対の対物光学系と、該対物光学系による光学像を伝送する像伝送光学系27とからなる撮像光学系を設けて撮像素子28に結像するようにしているので、挿入部20の外径を細くできると共に、1対の対物光学系により発生する第1の歪みと像伝送光学系27により発生する第2の歪みとが重なった多重歪みを補正する多重歪み補正手段を設けているので、精度の良い計測ができると共に、多重歪みを補正することにより立体視した場合の疲労を軽減することができる。

20

【0109】

なお、上述の説明では、(a1)~(d)の光学データを作成する場合、計測内視鏡装置1にパソコン31を接続してパソコン31の動作により行うようにしていたが、第1の実施の形態の変形例として、パソコン31を接続することなく、計測内視鏡装置1自体で行うようにしても良い。

【0110】

この場合には、図2に示す計測処理部18における例えばCPU18aは、メモリカード33に記録されている光学データに基づいてステレオ計測を行う処理の他に、(1-1)~(1-12)の多重歪み補正の処理、つまり多重歪み補正処理18dの機能等を含む処理を行う。CPU18aによるこの多重歪み補正処理18dの機能を図2では2点鎖線で示している。

30

【0111】

(第2の実施の形態)

次に本発明の第2の実施の形態を図18ないし図25を参照して説明する。本実施の形態の計測内視鏡装置は、図1の計測内視鏡装置1において、内視鏡2の先端部21の構成を変更したものである。

【0112】

つまり、内視鏡2の先端部21は図18に示すように先端部本体39と、この先端部本体39に着脱自在の光学アダプタ46とから構成されるようになっている。

40

【0113】

光学アダプタ46には2つの照明窓24と、観察窓25とが設けてある。図18のB-B断面による先端部21の構成を図19に示す。

【0114】

図19に示すように先端部本体39には撮像素子28が取り付けられてあり、この撮像素子28の前面側はカバーガラス47で保護され、このカバーガラス47は光学アダプタ46側のカバーガラス48と対向する。

【0115】

この光学アダプタ46の後端側の外周面には、固定リング49が設けてあり、先端部本体

50

39の外周面に設けた雄ネジ部にこの固定リング49の後端内視鏡内周面に設けた雌ネジ部を螺合させることにより、着脱自在に取り付けられるようにしている。

【0116】

なお、先端部本体39の先端面の外周面には位置決め用の凹部が、光学アダプタ39側には位置決め用ピンが設けてあり、光学アダプタ39を取り付ける際に凹部とピンとにより周方向の位置決めがされる。この光学アダプタ46側には、対物レンズ26R、26Lと像伝送光学系27とが取り付けられている。

【0117】

その他は基本的には第1の実施の形態と同様の構成である。

【0118】

次に本実施の形態の作用を説明する。

【0119】

本計測内視鏡装置に適用される光学アダプタ46は、生産工程にて個体の異なる光学アダプタ毎に図20に示す生産測定治具51を構成する撮像素子内蔵のマスタ撮像ユニット52に取り付けて、次の(a1)~(d)に示す各光学アダプタ46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例えば、メモリカード33に記録する。このメモリカード33に記録された特有の光学データは、光学アダプタ46の特性と、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。

【0120】

上述の特有の光学データは、

(a1) 2つの対物光学系の幾何学的歪み補正テーブル

(a2) 像伝送光学系の幾何学歪み補正テーブル

(b) 左右の結像光学系それぞれの焦点距離

(c) 左右の結像光学系の主点間の距離

(d) 左右の結像光学系それぞれの画像上での光軸位置座標

(e) 左右の結像光学系それぞれの画像がマスタの撮像素子上に結像するときの位置情報である。

【0121】

本実施の形態は、(e)の項目が加わったことが第1の実施の形態と異なる点であり、その他は第1の実施の形態と同様である。

【0122】

上記特有の光学データ採りを行った後の光学アダプタ46は、内視鏡2に取り付け、計測内視鏡装置において、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。

【0123】

すなわち、

(1) 上記メモリカード33から上記(a1)~(e)の光学データを読み込む。(2) 本計測内視鏡装置を用いて白い被写体を撮像する。

【0124】

(3) 上記(e)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46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。

【0125】

(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。

【0126】

(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。

【0127】

(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。

【0128】

(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

10

20

30

40

50

の 3 次元座標を求める。

【 0 1 2 9 】

(8) 上記 3 次元座標を基に各種寸法計測を行う。

【 0 1 3 0 】

図 2 0 は、前述した光学アダプタ 4 6 に特有の光学データを測定するための生産測定治具 5 1 による測定状態を示す斜視図である。

【 0 1 3 1 】

上記生産測定治具 5 1 は、光学アダプタ 4 6 が装着可能であって、内視鏡 2 の先端部本体 3 9 と同様の構造を有するマスタ撮像ユニット 5 2 と、このマスタ撮像ユニット 5 2 からの信号線が接続される C C U 5 3 と、メモリカード 3 3 が着脱可能なメモリカードスロット 5 4 を有し、上記 C C U 5 3 からの画像データに対する画像処理を行うパソコン 3 1、および光学アダプタ 4 6 の光学特性を解析するためのチャート 5 4 とで構成されている。 10

【 0 1 3 2 】

上記生産測定治具 5 1 による光学データの取り込みを行う場合、まず、図 2 0 に示すように、光学アダプタ 4 6 をマスタ撮像ユニット 5 2 に取り付け、チャート 5 4 の像を光学アダプタ 4 6 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 3 1 にて、画像処理を行い、前記 (a 1) ~ (e) の光学データを求め、メモリカード 3 3 に記録する。

【 0 1 3 3 】

次に、上記光学アダプタ 4 6 に特有の各光学データを具体的に説明する。 20

【 0 1 3 4 】

(a 1) (a 2) 幾何学的歪み補正テーブルについて、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。この補正は第 1 の実施の形態と同様に行うことができる。

【 0 1 3 5 】

また、(b)、(c)、(d) は第 1 の実施の形態と同様であるのでその説明を省略する 30

【 0 1 3 6 】

(e) 2 つの画像がマスタの撮像素子上に結像するときの位置情報に関しては、基準ライン V (垂直ライン) の輝度データとして、

P V (1 0 0 , Y n) 但し、Y n = 1 , 2 , 3 , ... 4 8 0

および、基準ライン H (水平ライン) の輝度データとして、

P H (X n , 1 0 0) 但し、X n = 1 , 2 , 3 , ... 6 4 0

を測定して記録する。

【 0 1 3 7 】

次に計測動作としてのステレオ計測処理について、図 2 1 , 2 2 のフローチャート、および図 2 3 ~ 図 2 5 等を用いて説明する。 40

【 0 1 3 8 】

本ステレオ計測処理は、光学アダプタ 4 6 の 2 つの対物レンズ 2 6 R、対物レンズ 2 6 L 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。

【 0 1 3 9 】

まず、図 2 1 のステップ S 3 0 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 6 を交換したか、内視鏡を交換した場合には、ステップ S 3 1 ~ 3 5 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 S 1 1 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 50

ジナルデータとして読み込み、ステップ S 1 2 に進む。

【 0 1 4 0 】

上記ステップ S 3 1 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 6 と一対一で対応した前記 (a 1) ~ (e) の特有の光学データをメモリカード 3 3 から読み込み、これをマスタデータとする。

【 0 1 4 1 】

続いて、ステップ S 3 2 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 6 を取り付けた計測内視鏡装置により白い被写体を写し出し、その画像を映像信号処理回路 1 2 を介して計測処理部 1 8 の C P U 1 8 a は R A M 1 8 c 上に取り込む。

【 0 1 4 2 】

続いて、ステップ S 3 3 では、後述するサブルーチン画像位置設定処理 (図 2 2 (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 6 の生産時に光学データを取得したマスタ撮像ユニット 5 2 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。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 3 4 では、テーブルの設定を行う。この処理では、ステップ S 3 1 で取り込んだ前記光学データのうち (a 1)、(a 2) 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 S 3 3 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 1 4 4 】

ウエイトテーブルとして

$$W 1 ' (X , Y) = W 1 (X + X , Y + Y)$$

$$W 2 ' (X , Y) = W 2 (X + X , Y + Y)$$

$$W 3 ' (X , Y) = W 3 (X + X , Y + Y)$$

$$W 4 ' (X , Y) = W 4 (X + X , Y + Y) \dots (9)$$

また、座標参照テーブルとして、

$$Q X ' (X , Y) = Q X (X , Y) + X$$

$$Q Y ' (X , Y) = Q Y (X , Y) + Y \dots (1 0)$$

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 6 を本装置に装着したときの画像のずれ量を示す。

【 0 1 4 5 】

ステップ S 3 5 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 S 3 4 で求めたオリジナルデータをメモリカード 3 3 に保存する。

【 0 1 4 6 】

そこで、ステップ S 1 2 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 S 1 3 で後述するサブルーチンの画像補正処理 (図 2 2 (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 S 1 2 で取り込んだ原画像データをステップ S 3 4 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。

【 0 1 4 7 】

続いて、ステップ S 1 4 にて上記計測画像データに基づき、上述したサブルーチンの計測処理 (図 1 0 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 1 4 8 】

ここで、上記ステップ S 3 3 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 2 2 (A) のフローチャートを用いて説明する。

【 0 1 4 9 】

まず、ステップ S 1 5 2 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 S 3 1 で取り込んだ特有の光学データのうち (e) のマスタの撮像素子に対する結像の

10

20

30

40

50

位置情報を示す輝度データとして、

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

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

を呼び出す。図23は、光学アダプタ46をマスタ撮像ユニット52に装着した状態で白色チャート54を撮像した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。

【0150】

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24は、光学アダプタ46を装着した計測内視鏡装置により白色チャート54の画像を取り込んだ画像を示す図である。結像の位置情報を示す輝度データとして、

10

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

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

で与えられる。

【0151】

また、図25は、上記マスタ、および、計測内視鏡装置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25(A)がラインPV、および、ラインPV'の輝度変化を示し、図25(B)がラインPH、および、ラインPH'の輝度変化を示している。

【0152】

上記ステップS153のパターンマッチング処理では、図25(A)、および、図25(B)の輝度変化に基づき、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 xR' 、 yR' と xL' 、 yL' は、次の式で求められる。すなわち、

20

$$xR' = XR + X$$

$$yR' = YR + Y$$

$$xL' = XL + X$$

$$yL' = YL + Y \dots (11)$$

となる。

【0153】

また、上記ステップS13(図21参照)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22(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S162において、前記ステップS34(図21参照)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S163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。

30

【0154】

ステップS164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S34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S165にて、前記ステップS34で作成したウエイトテーブルを取り込み、ステップS166で補正後の座標上の画素データ $P(X, Y)$ を

40

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

… (12)

により求められる。

50

【0155】

続いて、ステップS167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。

【0156】

図21のステップS14にてコールされるサブルーチンの計測処理は図10で説明したので省略する。

【0157】

また、本実施の形態の計測例として、補正は輝度情報に対してのみ内部で行い画像は作成せず、補正前の画像上で計測点を指定するようにしても良い。

10

【0158】

この場合には、補正画像作成処理を簡略化できるので、画像取り込みから計測開始までの時間を短縮できる。

【0159】

本実施の形態の使用例としては、第1の実施の形態で説明したように行うことができると共に、以下のように補正は輝度情報に対してのみ内部で行い、その場合には補正された画像を作成しないで、補正前の画像上で計測点を指定するようにしても良い。

【0160】

この使用例では、補正画像の作成処理を簡略化できるので、画像取り込みから計測開始までの時間を短縮することができる。

20

【0161】

なお、本実施の形態では、ステレオ式の光学アダプタ46を装着した場合で説明したが、他の光学アダプタを装着して使用することもできる。

【0162】

以上、説明したように本実施の形態の計測内視鏡装置によれば、計測精度を向上するために、光学アダプタ46に一对一に対応するように特有の光学データを記録媒体のメモリカード33で提供し、生産測定治具51(マスタ撮像ユニット52)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。

【0163】

また、計測用の光学アダプタ46の生産に生産測定治具51(マスタ撮像装置52)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装置を低価格で提供できるようになる。

30

【0164】

また、先端部21に計測用の光学アダプタ46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、ユーザの金銭的負担を抑えることができる。

【0165】

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を生産測定治具51のコンピュータ31で作成して記録媒体のメモリカード33に記録したため、内視鏡装置内部の計測処理部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。

40

【0166】

さらに、正規化相互相関の値をLCD5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、正規化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、精度の高い計測が可能になる。

【0167】

(第3の実施の形態)

次に本発明の第3の実施の形態を図26を参照して説明する。第2の実施の形態では、対物光学系及び像伝送光学系27がすべて光学アダプタ46側にあり、第2歪みはまとめて

50

補正するようにしていたが、本実施の形態では対物光学系と像伝送光学系 27 の一部が光学アダプタ 46 側にあり、第 2 歪みはまとめて補正するようにしている。

【0168】

本実施の形態における内視鏡 2 の先端部 21 の構成を図 26 に示す。先端部 21 は先端部本体 59 と、この先端部本体 59 に着脱自在の光学アダプタ 60 とからなり、先端部本体 59 には撮像素子 28 と像伝送光学系 27 の後段側光学系 27b とが設けてある。

【0169】

また、光学アダプタ 60 には 2 つの対物レンズ 26R、26L と、像伝送光学系 27 の前段光学系 27a、を備え、先端部本体 59 に固定リング 49 で着脱自在である。この場合における先端部本体 59 と光学アダプタ 60 とに分割する部分、つまりカバーガラス 61、62 の面で光束径が大きくなり、かつ実像が結像しないことでごみが付いても画像への影響が小さいようにしている。

【0170】

本実施の形態では式 (1-1) ~ (1-4) で前段と後段を合わせた像伝送光学系 27 の幾何学的歪みを補正し、式 (1-5) ~ (1-12) で対物光学系の幾何学的歪みを補正する。

【0171】

その他は第 2 の実施の形態と同様の構成及び作用となる。また、本実施の形態の効果も第 2 の実施の形態とほぼ同様となる。

【0172】

(第 4 の実施の形態)

次に本発明の第 4 の実施の形態を図 27 を参照して説明する。本実施の形態における内視鏡装置は第 3 の実施の形態と同様である。

【0173】

つまり、内視鏡 2 の先端部 21 は図 26 に示す構成であり、像伝送光学系 27 の前段側光学系 27a が光学アダプタ 60 側にあり、後段側光学系 27b は先端部本体 59 側に設けてある。

【0174】

しかし、本実施の形態では第 2 歪みを前段側と後段側とで別々に補正を行うようにしたものである。

【0175】

計測処理部 18 には幾何学的な多重歪み補正処理の機能が設けてあり、幾何学的な多重歪み補正処理の機能は第 1 歪み補正処理の機能とと第 2 歪み前段補正処理の機能と、第 2 歪み後段補正処理の機能とから構成される。

【0176】

以下に示した式 (13-1) ~ (13-4) で伝送光学系後段の幾何学的歪みを補正し、式 (13-5) ~ (13-8) で像伝送光学系前段の幾何学的歪みを補正し、式 (13-9) ~ (13-16) で対物光学系の幾何学的歪みを補正する。

【0177】

x, y : 補正前座標

x_R', y_R' : 補正後右画面座標

x_L', y_L' : 補正後左画面座標

c_{Bx}, c_{By} : 第 2 歪み後段中心座標

c_{Fx}, c_{Fy} : 第 2 歪み前段中心座標

c_{Rx}, c_{Ry} : 第 1 歪み右中心座標

c_{Lx}, c_{Ly} : 第 1 歪み左中心座標

k_x, k_y, a_{ij}, b_{ij} : 第 2 歪み補正係数

$k_{Rx}, k_{Ry}, a_{Rij}, b_{Rij}$: 第 1 歪み右補正係数

$k_{Lx}, k_{Ly}, a_{Lij}, b_{Lij}$: 第 1 歪み左補正係数

第 2 歪み後段補正 :

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
& f_{2Bx}(x, y) = k_{Bx} (a_{B00} + a_{B12}xy^2 + a_{B14}x^2y^4 + a_{B16}x^3y^6 \\
& + a_{B30}x^3 + a_{B32}x^3y^2 + a_{B34}x^3y^4 + a_{B50}x^5 + a_{B52}x^5y^2 + a_{B70}x^7) + c_{Bx} \quad (13-1) \\
& f_{2By}(x, y) = k_{By} (b_{B00} + b_{B21}x^2y + b_{B41}x^4y + b_{B61}x^6y \\
& + b_{B03}y^3 + b_{B23}x^2y^3 + b_{B43}x^4y^3 + b_{B05}y^5 + b_{B25}x^2y^5 + b_{B07}y^7) + c_{By} \quad (13-2) \\
& x_{21} = f_{2x}(x - c_{Bx}, y - c_{By}) \quad (13-3) \\
& y_{21} = f_{2y}(x - c_{Bx}, y - c_{By}) \quad (13-4)
\end{aligned}$$

第2歪み前段補正:

$$\begin{aligned}
& f_{2Fx}(x, y) = k_{Fx} (a_{F00} + a_{F12}xy^2 + a_{F14}x^2y^4 + a_{F16}x^3y^6 \\
& + a_{F30}x^3 + a_{F32}x^3y^2 + a_{F34}x^3y^4 + a_{F50}x^5 + a_{F52}x^5y^2 + a_{F70}x^7) + c_{Fx} \quad (13-5) \\
& f_{2Fy}(x, y) = k_{Fy} (b_{F00} + b_{F21}x^2y + b_{F41}x^4y + b_{F61}x^6y \\
& + b_{F03}y^3 + b_{F23}x^2y^3 + b_{F43}x^4y^3 + b_{F05}y^5 + b_{F25}x^2y^5 + b_{F07}y^7) + c_{Fy} \quad (13-6) \\
& x_2 = f_{2x}(x_{21} - c_{Fx}, y_{21} - c_{Fy}) \quad (13-7) \\
& y_2 = f_{2y}(x_{21} - c_{Fx}, y_{21} - c_{Fy}) \quad (13-8)
\end{aligned}$$

第1歪み右補正:

$$\begin{aligned}
& f_{Rx}(x, y) = k_{Rx} (a_{R00} + a_{R12}xy^2 + a_{R14}x^2y^4 + a_{R16}x^3y^6 \\
& + a_{R30}x^3 + a_{R32}x^3y^2 + a_{R34}x^3y^4 + a_{R50}x^5 + a_{R52}x^5y^2 + a_{R70}x^7) + c_{Rx} \quad (13-9) \\
& f_{Ry}(x, y) = k_{Ry} (b_{R00} + b_{R21}x^2y + b_{R41}x^4y + b_{R61}x^6y \\
& + b_{R03}y^3 + b_{R23}x^2y^3 + b_{R43}x^4y^3 + b_{R05}y^5 + b_{R25}x^2y^5 + b_{R07}y^7) + c_{Ry} \quad (13-10) \\
& X_R = f_{Rx}(x_2 - c_{Rx}, y_2 - c_{Ry}) \quad (13-11) \\
& Y_R = f_{Ry}(x_2 - c_{Rx}, y_2 - c_{Ry}) \quad (13-12)
\end{aligned}$$

第1歪み左補正:

$$\begin{aligned}
& f_{Lx}(x, y) = k_{Lx} (a_{L00} + a_{L12}xy^2 + a_{L14}x^2y^4 + a_{L16}x^3y^6 \\
& + a_{L30}x^3 + a_{L32}x^3y^2 + a_{L34}x^3y^4 + a_{L50}x^5 + a_{L52}x^5y^2 + a_{L70}x^7) + c_{Lx} \quad (13-13) \\
& f_{Ly}(x, y) = k_{Ly} (b_{L00} + b_{L21}x^2y + b_{L41}x^4y + b_{L61}x^6y \\
& + b_{L03}y^3 + b_{L23}x^2y^3 + b_{L43}x^4y^3 + b_{L05}y^5 + b_{L25}x^2y^5 + b_{L07}y^7) + c_{Ly} \quad (13-14) \\
& x_L' = f_{Lx}(x_2 - c_{Lx}, y_2 - c_{Ly}) \quad (13-15) \\
& y_L' = f_{Ly}(x_2 - c_{Lx}, y_2 - c_{Ly}) \quad (13-16)
\end{aligned}$$

光学アダプタ59を実際に装着される内視鏡2に応じて、第2歪み後段中心と第2歪み前段中心の位置のずれ量が変化した場合にも対応でき、より高精度な補正を行えるようにしている。

【0178】

この場合の光学データは、

- (a1) 2つの対物光学系の幾何学的歪み補正テーブル
- (a2) 像伝送光学系前段の幾何学歪み補正テーブル
- (a3) 像伝送光学系後段の幾何学歪み補正テーブル
- (b) 左右の結像光学系それぞれの焦点距離
- (c) 左右の結像光学系の主点間の距離
- (d) 左右の結像光学系それぞれの画像上での光軸位置座標
- (e) 左右の結像光学系それぞれの画像がマスタの撮像素子上に結像するときの位置情報である。

【0179】

上記光学データを参照して、図27に示すように幾何学的な多重歪み補正を行う。

10

20

30

40

50

【0180】

つまり、図27に示すように座標変換が開始すると、最初のステップS41で第2歪み後段補正テーブルから第2歪み後段補正データを読み出し、次のステップS42で像伝送光学系27の後段側光学系27bの第2歪み後段補正を行う。次のステップS43で第2歪み前段補正テーブルから第2歪み前段補正データを読み出し、次のステップS44で像伝送光学系27の前段側光学系27aの第2歪み後段補正を行う。

【0181】

次のステップS45で第1歪み補正テーブルから第1歪み補正データを読み出し、次のステップS46で対物光学系の第1歪み補正を行う。

【0182】

このように補正を行うことにより、光学アダプタ59を実際に装着される内視鏡2に応じた、より高精度な補正を行える。その他は第3の実施の形態と同様の効果を有する。

【0183】

(第5の実施の形態)

次に本発明の第5の実施の形態を説明する。本実施の形態は第1～第3の実施の形態において、式(1-1)～(1-4)の第2歪み補正式の代わりに以下の式(14-1)～(14-5)を採用したものである。この場合の効果は第1～第3の実施の形態とほぼ同様のものとなる。

【0184】

$$h_2(x, y) = K_2 \sin^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_2 K_2) \} \quad (14-1) \quad 20$$

$$h_2(x, y) = K_2 \tan^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_2 K_2) \} \quad (14-1')$$

(14-1)と(14-1')はレンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。

【0185】

$$f_{2x}(x, y) = k_{2x} d_2 \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_2(x, y) \} + c_x \quad (14-3)$$

$$f_{2y}(x, y) = k_{2y} d_2 \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_2(x, y) \} + c_y \quad (14-3)$$

$$x_2 = f_{2x}(x - c_x, y - c_y) \quad (14-4) \quad 30$$

$$y_2 = f_{2y}(x - c_x, y - c_y) \quad (14-5)$$

ここで、

x, y : 補正前座標

x_2, y_2 : 第2歪み補正後座標

c_x, c_y : 第2歪み中心座標

K_2, d_2, k_{2x}, k_{2y} : 第2歪み補正係数

である。

【0186】

また、第4の実施の形態に対しては、式(13-1)～(13-8)の第2歪み補正式の代わりに以下の式(15-1)～(15-10)を採用すれば良い。この場合の効果は第4の実施の形態とほぼ同様のものとなる。 40

【0187】

第2歪み後段補正:

$$h_B(x, y) = K_B \sin^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_B K_B) \} \quad (15-1)$$

$$h_B(x, y) = K_B \tan^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_B K_B) \} \quad (15-1')$$

(15-1)と(15-1')はレンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。

【0188】

$$f_{Bx}(x, y) = k_{Bx} d_B \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_B(x, y) \} \quad 50$$

$$\left. \right\} + c_{Bx} \quad (15-2)$$

$$f_{By}(x, y) = k_{By} d_B \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_B(x, y) \} + c_{By} \quad (15-3)$$

$$x_B = f_{Bx}(x - c_{Bx}, y - c_{By}) \quad (15-4)$$

$$y_B = f_{By}(x - c_{Bx}, y - c_{By}) \quad (15-5)$$

第2歪み前段補正:

$$h_F(x, y) = K_F \sin^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_F K_F) \} \quad (15-6)$$

$$h_F(x, y) = K_F \tan^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_F K_F) \} \quad (15-6')$$

(15-6)と(15-6')はレンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。

【0189】

$$f_{Fx}(x, y) = k_{Fx} d_F \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_F(x, y) \} + c_{Fx} \quad (15-7)$$

$$f_{Fy}(x, y) = k_{Fy} d_F \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_F(x, y) \} + c_{Fy} \quad (15-8)$$

$$x_2 = f_{Fx}(x - c_{Fx}, y - c_{Fy}) \quad (15-9)$$

$$y_2 = f_{Fy}(x - c_{Fx}, y - c_{Fy}) \quad (15-10)$$

ここで、

x, y : 補正前座標

x_2, y_2 : 第2歪み補正後座標

c_{Fx}, c_{Fy} : 第2歪み前段中心座標

c_{Bx}, c_{By} : 第2歪み後段中心座標

K_F, d_F, k_{Fx}, k_{Fy} : 第2歪み前段中心座標

K_B, d_B, k_{Bx}, k_{By} : 第2歪み後段中心座標

また、上述した第1ないし第4の実施の形態において、第1歪み補正の座標変換式を以下のようにしても良い。

【0190】

第1歪み右補正:

$$h_R(x, y) = K_R \sin^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_R K_R) \} \quad (16-1) \quad 30$$

$$h_R(x, y) = K_R \tan^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_R K_R) \} \quad (16-1')$$

(16-1)と(16-1')はレンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。

【0191】

$$f_{Rx}(x, y) = k_R d_R \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_R(x, y) \} + c_{Rx} \quad (16-2)$$

$$f_{Ry}(x, y) = k_R d_R \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_R(x, y) \} + c_{Ry} \quad (16-3)$$

$$x_R = f_{Rx}(x - c_{Rx}, y - c_{Ry}) \quad (16-4) \quad 40$$

$$y_R = f_{Ry}(x - c_{Rx}, y - c_{Ry}) \quad (16-5)$$

第1歪み左補正:

$$h_L(x, y) = K_L \sin^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_L K_L) \} \quad (16-6)$$

$$h_L(x, y) = K_L \tan^{-1} \{ (x^2 + y^2)^{1/2} / (d_L K_L) \} \quad (16-6')$$

(16-6)と(16-6')はレンズの幾何学的歪みの特性により使い分ける。

【0192】

$$f_{Lx}(x, y) = k_L d_L \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_L(x, y) \} + c_{Lx} \quad (16-7) \quad 50$$

$$f_{L y}(x, y) = k_{L d_L} \cos \{ \tan^{-1}(y/x) \} \tan \{ h_L(x, y) \} + c_{L y} \quad (16-8)$$

$$x_L = f_{L x}(x_2 - c_{L x}, y_2 - c_{L y}) \quad (16-9)$$

$$y_L = f_{L y}(x_2 - c_{L x}, y_2 - c_{L y}) \quad (16-10)$$

ここで、

x_2, y_2 : 第2歪み補正後座標

x_R, y_R : 補正後右画面座標

x_L, y_L : 補正後左画面座標

$c_{R x}, c_{R y}$: 第1歪み右中心座標

$c_{L x}, c_{L y}$: 第1歪み左中心座標

$k_R, d_R, k_{R x}, k_{R y}$: 第1歪み右補正係数

$k_L, d_L, k_{L x}, k_{L y}$: 第1歪み左補正係数

である。

【0193】

なお、上述したように多重歪みを補正する光学データを用いて、1対の対物光学系と像伝送光学系を介して撮像素子に結像する構成を備えた既存の内視鏡に対して、その画像を補正するのに適用することもできる。

【0194】

この場合には、例えば光学データを記録したメモリカード33等の記録媒体を介して画像補正を行う画像処理手段に読み込ませる等して多重歪み補正を行うことにより、精度の高い計測や画像表示が可能となる。また、光学データと共に、その光学データを用いて多重歪み補正を行う動作プログラムも記録し、その動作プログラムに従って多重歪み補正を行うようにしても良い。

【0195】

[付記]

1. 請求項3において、幾何学的多重歪み補正は、まず第2の歪み補正を行った後に第1歪み補正を行う。

【0196】

2. 請求項5において、幾何学的多重歪み補正は、まず第2歪み後段補正を行い、次に第2歪み前段補正を行い、最後に第1歪み補正を行う。

【0197】

3. 異なる視点からの像を得るための複数の対物光学系と、前記複数の対物光学系の像を伝送する像伝送光学系とによる複数の像が結像させる撮像素子からの出力信号に対して、前記複数の対物光学系による第1の幾何学的歪みと、前記像伝送光学系による第2の幾何学的歪みが重なった歪みである多重歪みを補正する幾何学的多重歪み補正手段を設けた画像処理装置。

【0198】

4. 異なる視点からの像を得るための複数の対物光学系と、前記複数の対物光学系の像を伝送する像伝送光学系とによる複数の像が結像させる撮像素子からの出力信号に対して、前記複数の対物光学系による第1の幾何学的歪みと、前記像伝送光学系による第2の幾何学的歪みが重なった歪みである多重歪みを補正するデータを記録した記録媒体。

【0199】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、内視鏡の先端部に1対の対物光学系と、該対物光学系による光学像を伝送する像伝送光学系とからなる撮像光学系を設けて撮像素子に結像するようにしているので、挿入部の外径を細くできると共に、1対の対物光学系により発生する第1の歪みと像伝送光学系により発生する第2の歪みとが重なった多重歪みを補正する多重歪み補正手段を設けているので、精度の良い計測ができると共に、多重歪みを補正することにより立体視した場合の疲労感を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

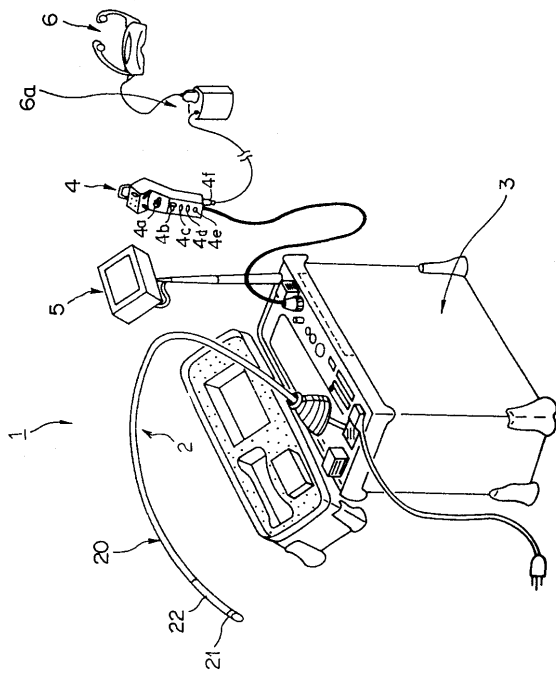
40

50

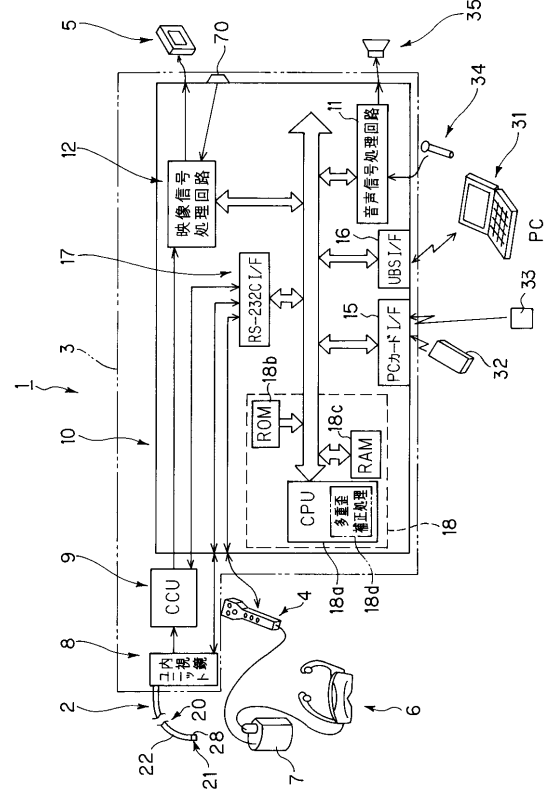
- 【図 1】本発明の第 1 の実施の形態を示す計測内視鏡装置の全体を示す斜視図。
- 【図 2】図 1 の計測内視鏡装置の構成を示すブロック図。
- 【図 3】内視鏡の挿入部の先端部を拡大して示す斜視図。
- 【図 4】図 3 の A - A 断面図。
- 【図 5】幾何学的歪みの補正前の画像と補正後の画像のピクセル配置図。
- 【図 6】補正前の画像ピクセルと補正後の画像ピクセル図。
- 【図 7】多重歪み補正を含む座標変換の処理の内容を示すフローチャート図。
- 【図 8】ステレオ計測処理の内容を示すフローチャート図。
- 【図 9】図 8 のステレオ計測処理でコールされるサブルーチンの内容を示すフローチャート図。 10
- 【図 10】図 8 の計測処理でコールされるサブルーチンの内容を示すフローチャート図。
- 【図 11】計測内視鏡装置を用いて深さ計測状態のパイプを示す斜視図。
- 【図 12】図 11 のパイプの計測部分の拡大図。
- 【図 13】計測内視鏡装置を用いて長さ計測状態のパイプを示す斜視図。
- 【図 14】計測内視鏡装置を用いてくぼみ計測状態のタービンブレードを示す斜視図。
- 【図 15】図 10 の計測処理でコールされるサブルーチンを示し、図 15 (A) は、3 次元座標解析処理のフローチャート図、図 15 (B) は、パターンマッチング処理のフローチャート図。
- 【図 16】計測内視鏡装置における 3 次元座標解析処理の基本原理を説明するための 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。 20
- 【図 17】計測内視鏡装置による左右の 2 画面の画像を LCD 上に表示したステレオ計測画面を示す図。
- 【図 18】本発明の第 2 の実施の形態における挿入部の先端部を示す斜視図。
- 【図 19】図 18 の B - B 断面図。
- 【図 20】光学アダプタを生産測定治具のマスタ撮像ユニットに接続して光学データを収集する様子を示す斜視図。
- 【図 21】ステレオ計測処理の内容を示すフローチャート図。
- 【図 22】図 21 のステレオ計測処理でコールされるサブルーチンの内容を示すフローチャート図。
- 【図 23】光学アダプタをマスタ撮像ユニットに接続して撮像された白色チャートの画像を示す図。 30
- 【図 24】撮像された白色チャートの画像を表示した図。
- 【図 25】計測内視鏡装置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 25 (A) は、画像の垂直方向の PV , PV' の輝度変化、図 25 (B) は、画像の水平方向の PH , PH' の輝度変化を示す図。
- 【図 26】本発明の第 3 の実施の形態における挿入部の先端部の構造を示す断面図。
- 【図 27】本発明の第 4 の実施の形態における座標変換の処理内容を示すフローチャート図。
- 【符号の説明】
- 1 ... 計測内視鏡装置 40
- 2 ... 内視鏡
- 3 ... コントロールユニット
- 4 ... リモコン
- 5 ... LCD
- 6 ... FMD
- 9 ... CCU
- 18 ... 計測処理部
- 18 a ... CPU
- 20 ... 挿入部
- 21 ... 先端部 50

- 2 6 R , 2 6 L ... 対物光学系
- 2 7 ... 像伝送光学系
- 3 1 ... パソコン
- 3 3 ... メモリカード

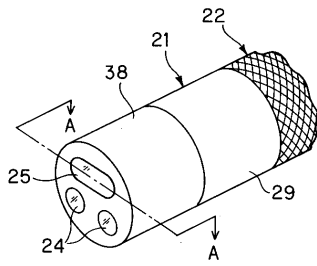
【 図 1 】



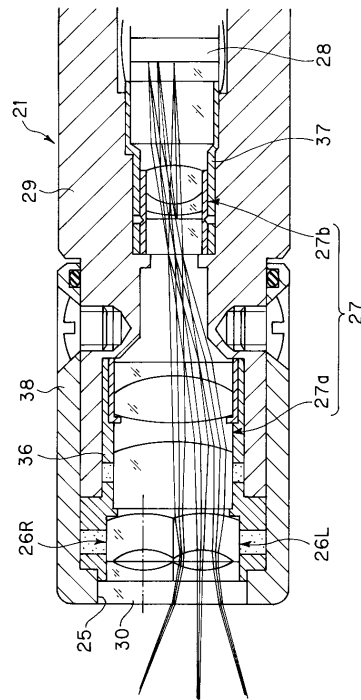
【 図 2 】



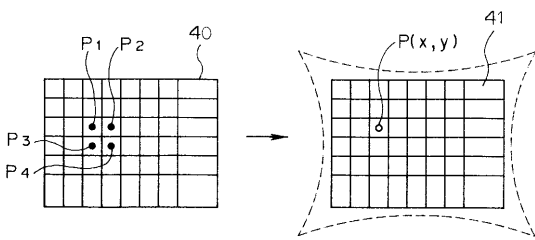
【図3】



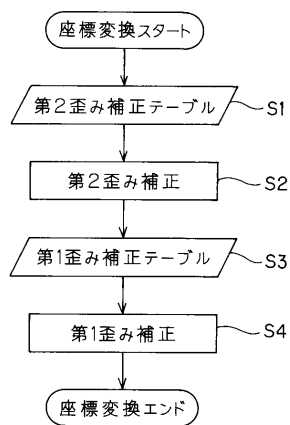
【図4】



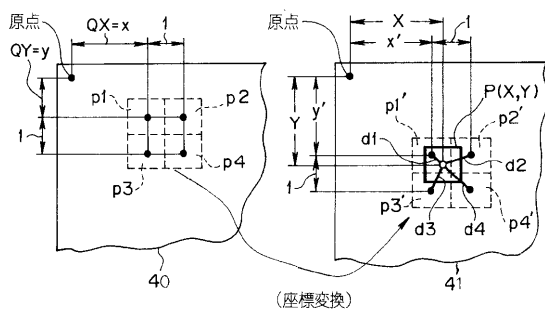
【図5】



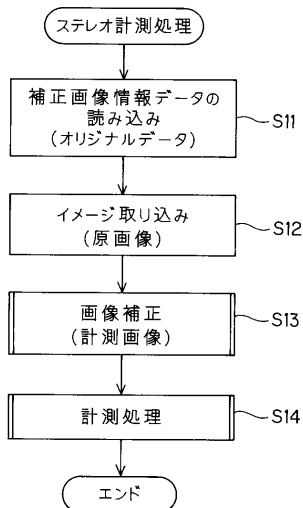
【図7】



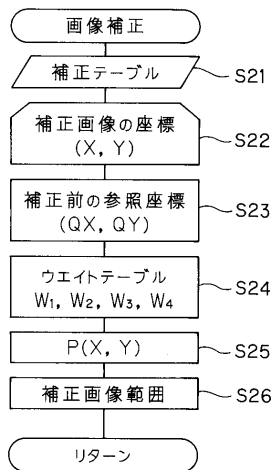
【図6】



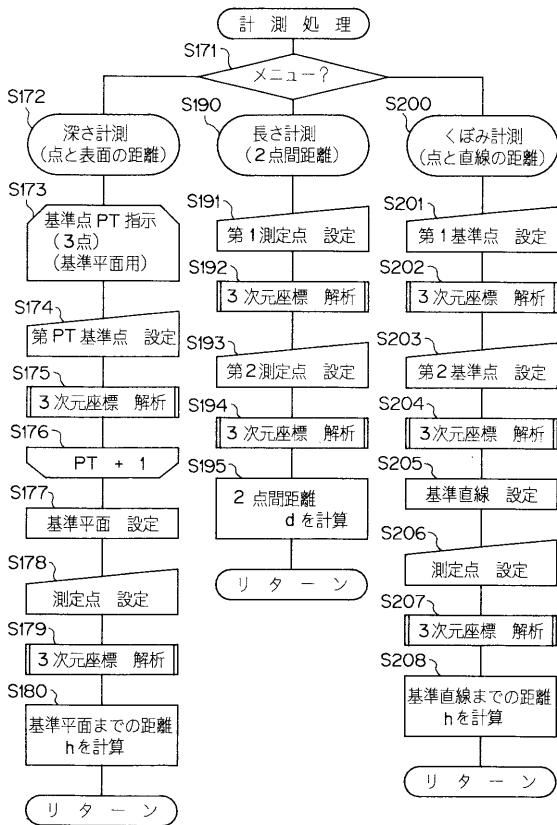
【 図 8 】



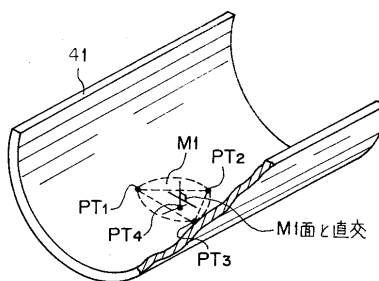
【 図 9 】



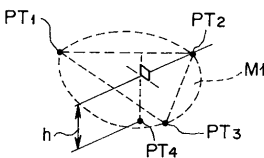
【 図 10 】



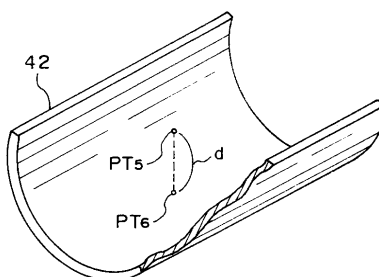
【 図 11 】



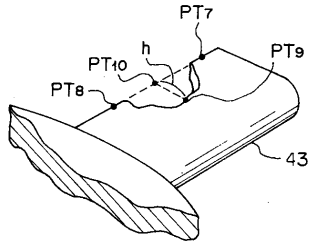
【 図 12 】



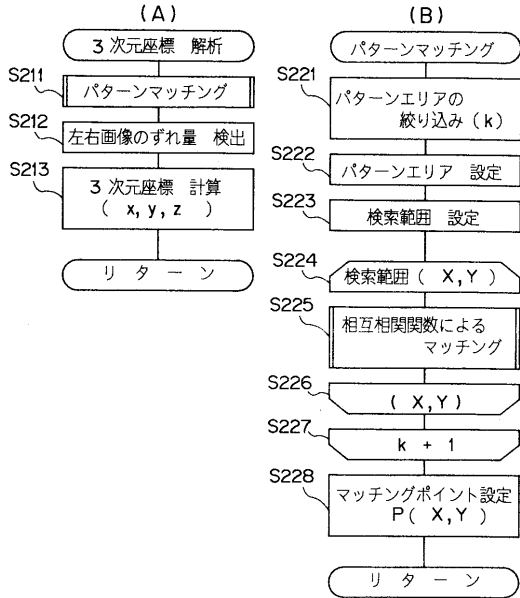
【 図 13 】



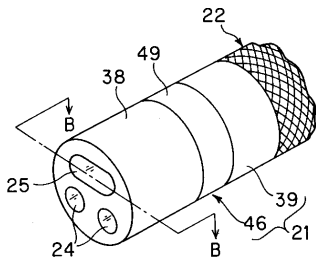
【 図 1 4 】



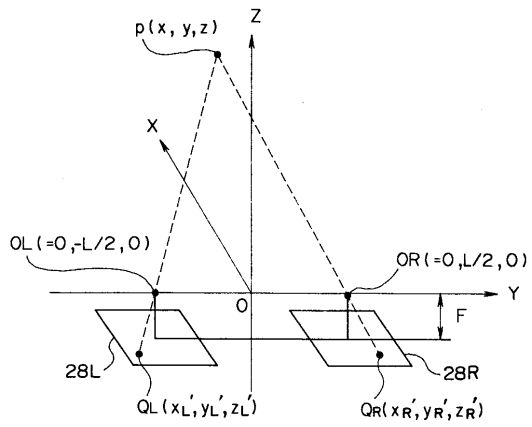
【 図 1 5 】



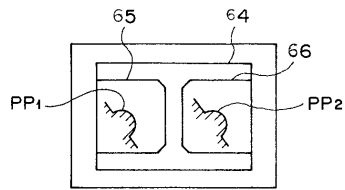
【 図 1 8 】



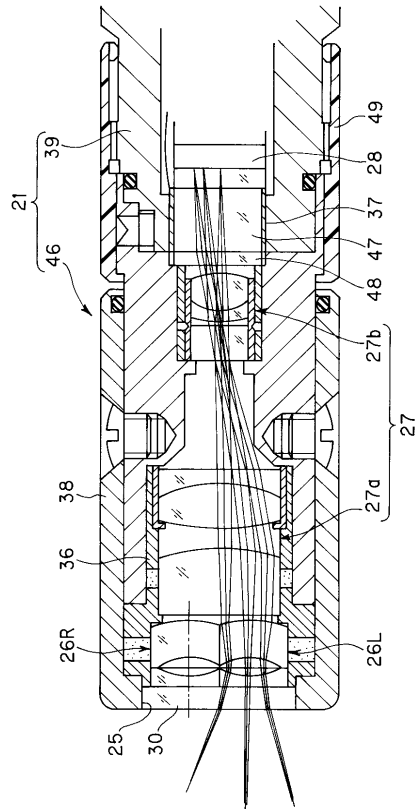
【 図 1 6 】



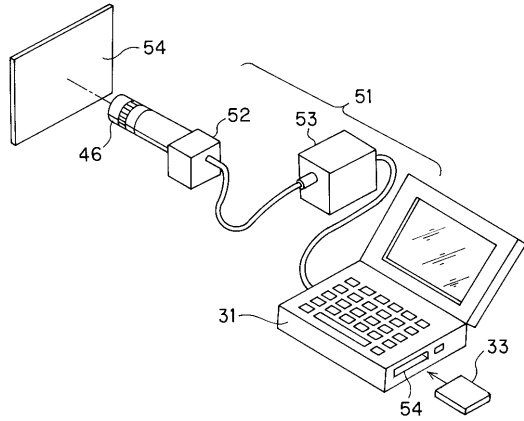
【 図 1 7 】



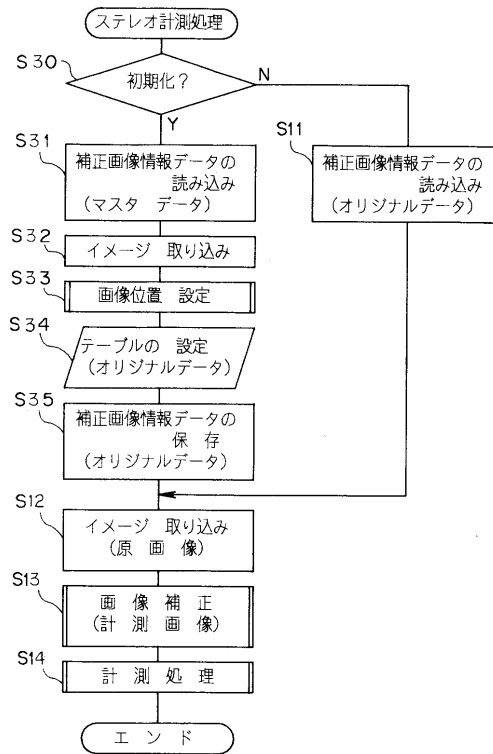
【 図 1 9 】



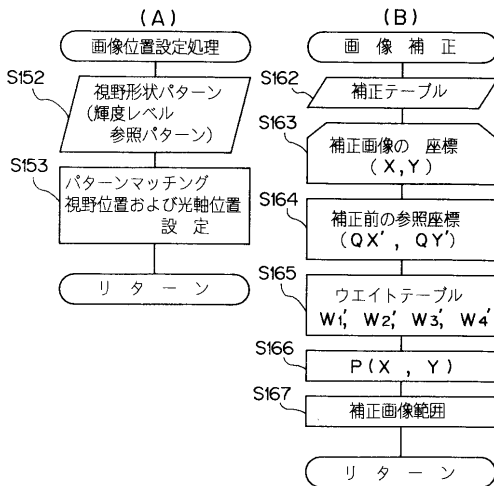
【図20】



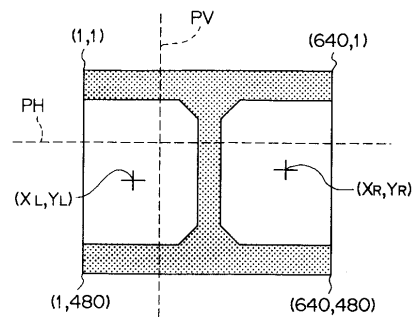
【図21】



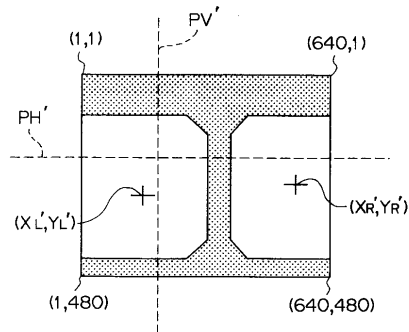
【図22】



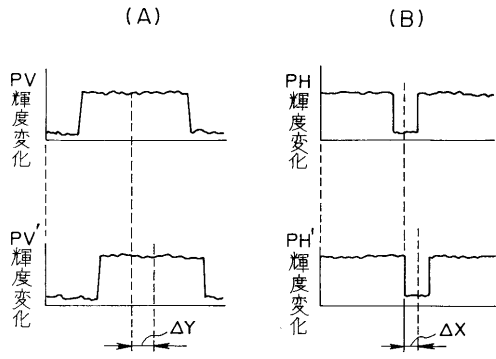
【図23】



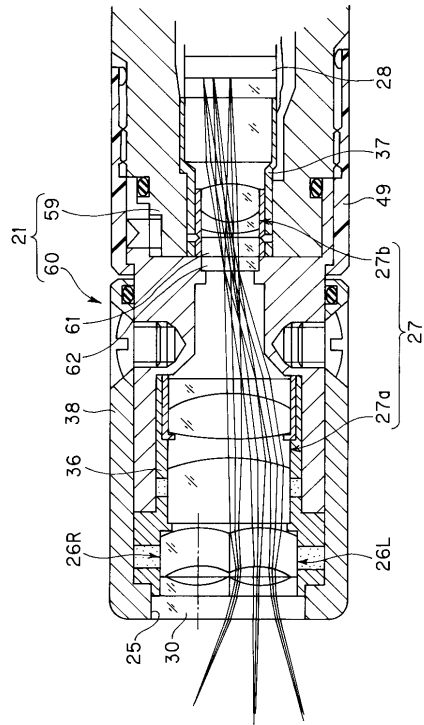
【図24】



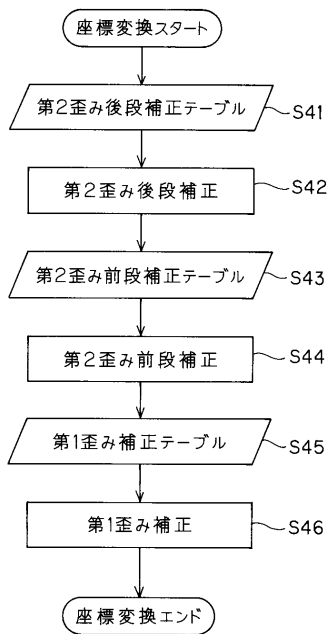
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 2 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C061 AA00 AA29 BB06 CC06 DD03 FF40 HH52 HH53 JJ13 LL02
NN05 NN07 SS21 VV03 VV04 WW10 WW18 YY02 YY12 YY18
5C054 AA01 CC05 CC07 EA05 ED11 HA12

专利名称(译)	内视镜装置		
公开(公告)号	JP2004049638A	公开(公告)日	2004-02-19
申请号	JP2002212852	申请日	2002-07-22
[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		
[标]发明人	小川清富 崎山勝則 横田政義		
发明人	小川 清富 崎山 勝則 横田 政義		
IPC分类号	G02B23/24 A61B1/00 A61B1/04 H04N7/18		
FI分类号	A61B1/00.300.E A61B1/00.300.Y A61B1/04.372 G02B23/24.B H04N7/18.M A61B1/00.522 A61B1/00.551 A61B1/00.650 A61B1/00.731 A61B1/05		
F-TERM分类号	2H040/CA22 2H040/CA26 2H040/GA02 2H040/GA06 2H040/GA11 4C061/AA00 4C061/AA29 4C061/BB06 4C061/CC06 4C061/DD03 4C061/FF40 4C061/HH52 4C061/HH53 4C061/JJ13 4C061/LL02 4C061/NN05 4C061/NN07 4C061/SS21 4C061/VV03 4C061/VV04 4C061/WW10 4C061/WW18 4C061/YY02 4C061/YY12 4C061/YY18 5C054/AA01 5C054/CC05 5C054/CC07 5C054/EA05 5C054/ED11 5C054/HA12 4C161/AA00 4C161/AA29 4C161/BB06 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF40 4C161/HH52 4C161/HH53 4C161/JJ13 4C161/LL02 4C161/NN05 4C161/NN07 4C161/SS21 4C161/VV03 4C161/VV04 4C161/WW10 4C161/WW18 4C161/YY02 4C161/YY12 4C161/YY18		
代理人(译)	伊藤 进		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种具有减小的插入部分直径和高测量精度的内窥镜设备，其在进行立体观看时减轻疲劳。ZOLUTION：该内窥镜装置2包括一对物镜光学系统；成像装置28，在其上通过图像传输光学系统形成图像，用于从物镜光学系统传输光学图像；以及纠正多次扭曲的手段；用于校正多失真的装置校正由于一对目标可选系统引起的第一失真和由图像传输光学引起的第二失真的重叠而形成的多失真。该内窥镜装置2存储用于校正多次失真的表格数据和诸如存储卡33中的焦距的光学数据，并通过使用光学数据执行优异的测量。Z

