

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6278848号
(P6278848)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006.01)
G 0 2 B 23/24 (2006.01)A 6 1 B 1/00 5 5 2
G 0 2 B 23/24 B

請求項の数 17 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2014-131772 (P2014-131772)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成26年6月26日(2014.6.26)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2016-7506 (P2016-7506A)		東京都八王子市石川町2951番地
(43) 公開日	平成28年1月18日(2016.1.18)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成29年2月13日(2017.2.13)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100140176
			弁理士 砂川 克

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状推定装置、それを備えた内視鏡システム及び形状推定のためのプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の被検出部の各々に応じた波長についての検出される光量が前記複数の被検出部の各々の形状に応じて異なるように構成されたセンサを用いて取得された前記波長と前記光量との関係である光量情報が入力されるように構成された入力部と、

各々の前記被検出部についての前記形状と前記波長と前記光量との関係を表す形状特性情報を含む光量推定関係を記憶する記憶部と、

前記光量推定関係に基づいて算出される前記波長と前記光量との関係である光量推定値と、前記光量情報とが所定の条件を満たすように、前記光量推定値を最適化演算によって算出することで、前記形状の推定値である形状情報を算出する形状演算部と
を備える形状推定装置。

10

【請求項 2】

前記形状演算部が行う前記最適化演算は、少なくとも2種類の演算方法を含み、

前記少なくとも2種類の演算方法のうち少なくとも1種類の演算方法は、収束計算を含み、

前記少なくとも2種類の演算方法は、互いに収束性が異なる、

請求項1に記載の形状推定装置。

【請求項 3】

前記少なくとも2種類の演算方法は、第1の最適化演算と第2の最適化演算とを含み、

前記第1の最適化演算は、前記第2の最適化演算よりも精度が高く、

20

前記第 2 の最適化演算は、前記第 1 の最適化演算よりも収束性が高い、
請求項 2 に記載の形状推定装置。

【請求項 4】

前記形状演算部は、前記少なくとも 2 種類の演算方法を順次を実施する、請求項 3 に記載の形状推定装置。

【請求項 5】

前記形状演算部は、前記第 1 の最適化演算を行った後に、前記第 2 の最適化演算を行う、請求項 4 に記載の形状推定装置。

【請求項 6】

前記形状演算部は、前記第 1 の最適化演算によって算出された前記形状情報を、前記第 2 の最適化演算に用いる、請求項 5 に記載の形状推定装置。

10

【請求項 7】

前記形状演算部は、
前記第 1 の最適化演算を行った後に、前記第 2 の最適化演算を行い、
前記第 1 の最適化演算によって算出された前記形状情報を、前記第 2 の最適化演算に用い、

前記第 2 の最適化演算を行っている間に、前記光量情報と前記光量推定値との誤差が所定の閾値よりも大きくなったとき、前記第 2 の最適化演算を中断して前記第 1 の最適化演算を行う、

請求項 3 に記載の形状推定装置。

20

【請求項 8】

前記形状演算部は、
前記少なくとも 2 種類の演算方法の各々を用いた演算を並列で行い、
前記演算の結果として得られた少なくとも 2 つの前記形状情報のうちから最適な前記形状情報を選択する、
請求項 2 に記載の形状推定装置。

【請求項 9】

前記形状演算部は、前記光量情報と前記光量推定値との誤差の大きさに基づいて、前記形状情報を選択する、請求項 8 に記載の形状推定装置。

【請求項 10】

30

前記最適化演算は収束計算を含み、
前記形状演算部は、前記光量情報と前記光量推定値との誤差が所定の閾値よりも小さくなったときに前記収束計算を終了し、前記形状情報を決定する、
請求項 1 に記載の形状推定装置。

【請求項 11】

前記第 1 の最適化演算と前記第 2 の最適化演算との選択が入力されるように構成された選択入力部をさらに備え、

前記形状演算部は、前記選択入力部への入力に応じて前記第 1 の最適化演算又は前記第 2 の最適化演算を行う、

請求項 3 に記載の形状推定装置。

40

【請求項 12】

前記形状演算部は、前記第 1 の最適化演算を行っている間は、待ち状態を表す信号を出力する、請求項 3 に記載の形状推定装置。

【請求項 13】

前記待ち状態を表す信号は、表示装置に待ち状態を表示させるための信号である、請求項 12 に記載の形状推定装置。

【請求項 14】

前記形状演算部は、以前に行った前記最適化演算の結果を保持している、請求項 1 に記載の形状推定装置。

【請求項 15】

50

光を射出する光源と、
前記センサと
をさらに備え、
前記センサは、

前記光源から射出された前記光を導光する導光部材と、

前記導光部材に設けられた複数の光学部材であって前記導光部材によって導光される光のスペクトルに対して互いに異なる影響を与える複数の光学部材の各々を含む複数の前記被検出部と、

前記導光部材によって導光される光であって、前記複数の光学部材によって影響を受けた光を検出し、前記光量情報を出力する光検出器と

を含む請求項 1 乃至 14 のうち何れか 1 項に記載の形状推定装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の形状推定装置と、

前記導光部材が挿入部に設けられた内視鏡と、

前記形状情報に基づいて前記挿入部の形状を算出する内視鏡形状計算部と

を備える内視鏡システム。

【請求項 17】

複数の被検出部の各々に応じた波長についての検出される光量が前記複数の被検出部の各々の形状に応じて異なるように構成されたセンサを用いて取得された前記波長と前記光量との関係である光量情報を取得することと、

各々の前記被検出部についての前記形状と前記波長と前記光量との関係を表す形状特性情報を含む光量推定関係を取得することと、

前記光量推定関係に基づいて算出される前記波長と前記光量との関係である光量推定値と、前記光量情報とが所定の条件を満たすように、前記光量推定値を最適化演算によって算出することで、前記形状の推定値である形状情報を算出することと

をコンピュータに実行させる形状推定のためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、形状推定装置、それを備えた内視鏡システム及び形状推定のためのプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

内視鏡の形状を検出するための装置が知られている。例えば特許文献 1 には、光ファイバを用いた形状検出プローブに係る技術が開示されている。この形状検出プローブは、内視鏡のスコープと一体的に曲がる光ファイバを備える。光ファイバには、互いに異なる波長成分の強度等を変調する光変調部が設けられている。この形状検出プローブは、光変調部による変調の前後の波長成分の強度等に基づいて、内視鏡の形状を検出することができるが特許文献 1 には開示されている。しかしながら特許文献 1 には、波長成分の強度等に基づいて、どのように内視鏡の形状を導出するのか具体的に開示されていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 143600 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、高精度に形状を取得できる形状推定装置、それを備えた内視鏡システム及び形状推定のためのプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

前記目的を果たすため、本発明の一態様によれば、形状推定装置は、複数の被検出部の各々に応じた波長についての検出される光量が前記複数の被検出部の各々の形状に応じて異なるように構成されたセンサを用いて取得された前記波長と前記光量との関係である光量情報が入力されるように構成された入力部と、各々の前記被検出部についての前記形状と前記波長と前記光量との関係を表す形状特性情報を含む光量推定関係を記憶する記憶部と、前記光量推定関係に基づいて算出される前記波長と前記光量との関係である光量推定値と、前記光量情報とが所定の条件を満たすように、前記光量推定値を最適化演算によって算出することで、前記形状の推定値である形状情報を算出する形状演算部とを備える。

【 0 0 0 6 】

前記目的を果たすため、本発明の一態様によれば、内視鏡システムは、前記形状推定装置と、前記導光部材が挿入部に設けられた内視鏡と、前記形状情報に基づいて前記挿入部の形状を算出する内視鏡形状計算部とを備える。

【 0 0 0 8 】

前記目的を果たすため、本発明の一態様によれば、形状推定のためのプログラムは、複数の被検出部の各々に応じた波長についての検出される光量が前記複数の被検出部の各々の形状に応じて異なるように構成されたセンサを用いて取得された前記波長と前記光量との関係である光量情報を取得することと、各々の前記被検出部についての前記形状と前記波長と前記光量との関係を表す形状特性情報を含む光量推定関係を取得することと、前記光量推定関係に基づいて算出される前記波長と前記光量との関係である光量推定値と、前記光量情報とが所定の条件を満たすように、前記光量推定値を最適化演算によって算出することで、前記形状の推定値である形状情報を算出することとをコンピュータに実行させる。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、最適化演算によって算出された光量推定値と検出された光量情報とが所定の条件を満たすように形状情報を算出するので、高精度に形状を取得できる形状推定装置、それを備えた内視鏡システム及び形状推定のためのプログラムを提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る内視鏡システムの構成例の概略を示すブロック図。

【図 2】一実施形態に係るセンサ駆動部及びセンサ部の構成例の概略を示す図。

【図 3】光源が射出する光の波長と強度との関係の一例を示す図。

【図 4】光検出器の入射光の波長と検出感度との関係の一例を示す図。

【図 5】被検出部の構成例の概略を示す断面図。

【図 6】光吸収体の光の波長と吸収率との関係の一例を示す図。

【図 7 A】被検出部について説明するための図。

【図 7 B】被検出部について説明するための図。

【図 7 C】被検出部について説明するための図。

【図 8】波長と基準光量との関係の一例を示す図。

【図 9】第 1 の被検出部の波長と光量の変化率との関係である曲率特性情報の一例を示す図。

【図 1 0】第 2 の被検出部の波長と光量の変化率との関係である曲率特性情報の一例を示す図。

【図 1 1】第 1 の被検出部及び第 2 の被検出部の曲率と光量の変化率との関係である曲率特性情報の一例を示す図。

【図 1 2】光検出器によって取得される波長と光量との関係の一例を示す図。

【図 1 3】波長と、第 1 の被検出部に係る変化率と第 2 の被検出部に係る変化率の積との関係の一例を示す図。

【図 1 4】波長と、第 1 の被検出部に係る変化率及び第 2 の被検出部に係る変化率との関

10

20

30

40

50

係の一例を示す図。

【図１５】第１の算出方法に係る形状最適化部の構成例の概略を示すブロック図。

【図１６】第１の算出方法に係る動作の一例を示すフローチャート。

【図１７】第１の算出方法に係る形状情報算出処理の一例を示すフローチャート。

【図１８】第２の算出方法に係る形状最適化部の構成例の概略を示すブロック図。

【図１９】第２の算出方法に係る動作の一例を示すフローチャート。

【図２０】第２の算出方法に係る第１の形状情報算出処理の一例を示すフローチャート。

【図２１】第２の算出方法に係る第２の形状情報算出処理の一例を示すフローチャート。

【図２２】第３の算出方法に係る形状最適化部の構成例の概略を示すブロック図。

【図２３】第３の算出方法に係る形状情報算出処理の一例を示すフローチャート。

10

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。本発明に係る形状推定装置１０が用いられた内視鏡システム１の構成例の概略を図１に示す。図１に示すように、内視鏡システム１は、内視鏡８１０を備える。内視鏡８１０は、細長形状の湾曲し得る挿入部８１２と、内視鏡８１０の各種操作を行うための操作部８１４とを有する。内視鏡システム１は、さらに、内視鏡８１０の各種動作を制御するための内視鏡制御部８２０を備える。内視鏡制御部８２０には、内視鏡８１０により取得された画像を処理するための画像処理部８２２が設けられている。

【００１２】

20

内視鏡システム１は、本発明に係る形状推定装置１０を含む。形状推定装置１０は、内視鏡８１０の挿入部８１２の形状を推定するための装置である。内視鏡システム１は、さらに、表示部１８０と、入力機器１９０とを備える。表示部１８０は、例えば液晶ディスプレイやＣＲＴディスプレイや有機ＥＬディスプレイといった一般的な表示装置である。表示部１８０は、内視鏡制御部８２０と接続されており、内視鏡８１０により取得された画像を表示する。また、表示部１８０は、形状推定装置１０の後述する制御部１００と接続されており、形状推定装置１０により得られた内視鏡８１０の挿入部８１２の形状に係る情報を表示する。

【００１３】

入力機器１９０は、例えばキーボードやマウスやポインティングデバイスやタグリーダやボタンスイッチやスライダやダイヤルといった一般的な入力用の機器である。入力機器１９０は、形状推定装置１０の後述する制御部１００に接続されている。入力機器１９０は、ユーザが形状推定装置１０の動作に係る各種指令を入力するために用いられる。また、入力機器１９０は、記憶媒体でもよい。この場合、記憶媒体に記憶された情報が制御部１００へと入力される。

30

【００１４】

形状推定装置１０について説明する。形状推定装置１０は、制御部１００と、センサ駆動部３００と、センサ部４００とを備える。形状推定装置１０のセンサ駆動部３００は、光源３１０と光検出器３２０とを含む。また、センサ部４００は、内視鏡８１０の挿入部８１２内に設けられた複数の被検出部４１０を含む。センサ駆動部３００とセンサ部４０

40

【００１５】

図２に示すように、センサ駆動部３００は、光源３１０と、光検出器３２０と、光分岐部３３０と、反射防止部材３４０とを備える。

【００１６】

光源３１０は、例えばランプやＬＥＤやレーザダイオードといった一般に知られている各種光源のうち何れかを含む。光源３１０は、さらに波長を変換するための蛍光体などを有していてもよい。光源３１０は、所定の発光波長領域の光を射出する。光源３１０が射出する光についての波長と強度との関係の一例を図３に示す。図３に示したλ１は、後述するセンサ部４００の第１の被検出部４１１が吸収するスペクトルの特徴的な波長である

50

第1の波長 λ_1 を示す。ここで特徴的な波長とは、例えば吸収が極大となる波長である。同様に、図3に示した λ_2 は、センサ部400の第2の被検出部412が吸収するスペクトルの特徴的な波長である第2の波長 λ_2 を示す。図3に示すように、発光波長領域は、例えば第1の波長 λ_1 や第2の波長 λ_2 といったように、センサ部400が用いる波長を含む。

【0017】

光検出器320は、例えば分光器やカラーフィルタといった分光のための素子と、例えばフォトダイオードといった受光素子とを備える。光検出器320は、所定の波長帯域の光の強度を検出し、光量情報を出力する。ここで、光量情報とは、所定の波長帯域とその波長帯域の光強度との関係を表す情報である。光検出器320に入射する光の波長と光検出器320の検出感度との関係の一例を図4に示す。図4に示すように、光検出器320は、例えば第1の波長 λ_1 や第2の波長 λ_2 といったセンサ部400が用いる波長に対して検出感度を有する。

10

【0018】

光検出器320は、様々な波長の光量を同時に取得できるように構成されていてもよいし、時分割的に取得されるように構成されていてもよい。また、光源310が時分割的に波長が異なる光を順次射出するように構成され、光検出器320が分光のための素子を含まずに時分割的に異なる波長の光量を検出するように構成されてもよい。

【0019】

光分岐部330は、光カプラやハーフミラー等を含む。光分岐部330は、光源310から射出された光を後述するセンサ部400の導光部材420へと導く。また、光分岐部330は、導光部材420によって導かれた光を光検出器320へと導く。

20

【0020】

反射防止部材340は、光源310から射出された光のうち、導光部材420に入射しなかった光を吸収する部材である。反射防止部材340は、光源310から射出された光のうち、導光部材420に入射しなかった光が光検出器320に戻るのを防ぐ役割を担う。

【0021】

センサ部400は、複数の被検出部410と、導光部材420と、反射部材430とを備える。導光部材420は、例えば光ファイバであり、可撓性を有する。導光部材420は、内視鏡810の挿入部812内にその長手方向に沿って設けられている。導光部材420は、挿入部812のうち形状を算出したい領域に渡って設けられている。前述のとおり、光源310から射出された光は、光分岐部330を介して導光部材420に入射する。導光部材420は、入射した光を導光部材420に沿って導く。

30

【0022】

導光部材420には、複数の被検出部410が設けられている。被検出部410は、第1の被検出部411と、第2の被検出部412とを含む。さらに同様に、第mの被検出部41mを含む。ここでmは任意の数である。第1の被検出部411、第2の被検出部412等は、それぞれ導光部材420の長手軸に沿って異なる位置に設けられている。

【0023】

被検出部410の構成例の概略について図5を参照して説明する。図5は、導光部材420の長手軸と垂直な断面の概略を示す図である。被検出部410は、例えば光ファイバである導光部材420の被覆421及びクラッド422の一部が除去されてコア423が露出したところに光吸収体429が塗布された構造を有している。複数の被検出部410の各々には、波長毎の光吸収率が互いに異なる光吸収体429が用いられている。

40

【0024】

光吸収体429における光の波長と吸収率との関係の一例を図6に示す。図6において、実線は第1の被検出部411に設けられた光吸収体429の吸光特性を示し、破線は第2の被検出部412に設けられた光吸収体429の吸光特性を示し、一点鎖線は第mの被検出部41mに設けられた光吸収体429の吸光特性を示す。図6に示すように、異なる

50

被検出部 4 1 0 に設けられた光吸収体 4 2 9 は、互いにその吸光特性が異なる。第 1 の被検出部 4 1 1 に設けられた光吸収体 4 2 9 において最も光吸収率が高い波長を、上述の第 1 の波長 λ_1 と称し、第 2 の被検出部 4 1 2 に設けられた光吸収体 4 2 9 において最も光吸収率が高い波長を、上述の第 2 の波長 λ_2 と称し、第 m の被検出部 4 1 m に設けられた光吸収体 4 2 9 において最も光吸収率が高い波長を、第 m の波長 λ_m と称することにする。

【 0 0 2 5 】

被検出部 4 1 0 について図 7 A、図 7 B 及び図 7 C を参照してさらに説明する。図 7 A、図 7 B 及び図 7 C は、導光部材 4 2 0 の形状と、そのときの導光部材 4 2 0 内の光路とを模式的に示した図である。例えば図 7 A に示すように、光吸収体 4 2 9 が内側となるように導光部材 4 2 0 が湾曲しているとき、光吸収体 4 2 9 に入射する光は比較的少なくなり、導光部材 4 2 0 による光伝達率は高くなる。一方、図 7 C に示すように、光吸収体 4 2 9 が外側となるように導光部材 4 2 0 が湾曲しているとき、光吸収体 4 2 9 に入射する光は比較的多くなり、導光部材 4 2 0 による光伝達率は低くなる。図 7 B に示すように、導光部材 4 2 0 が湾曲していないとき、導光部材 4 2 0 による光伝達率は、図 7 A に示す場合よりも低く図 7 C に示す場合よりも高くなる。以降説明のため、図 7 A に示すように導光部材 4 2 0 による光伝達率が高くなる方向への導光部材 4 2 0 の曲げを正方向と称し、図 7 C に示すように導光部材 4 2 0 による光伝達率が低くなる方向への導光部材 4 2 0 の曲げを負方向と称することにする。このように、例えば各々の光吸収体 4 2 9 は、導光部材によって導光される光のスペクトルに対して互いに異なる影響を与える光学部材として機能する。

【 0 0 2 6 】

図 2 に戻ってセンサ駆動部 3 0 0 及びセンサ部 4 0 0 について説明を続ける。導光部材 4 2 0 の光分岐部 3 3 0 に接続されていない側の端部には、反射部材 4 3 0 が設けられている。反射部材 4 3 0 は、光分岐部 3 3 0 から導光部材 4 2 0 によって導かれた光を、光分岐部 3 3 0 の方向へと反射する。

【 0 0 2 7 】

以上のような構成により、光源 3 1 0 から射出された光は、光分岐部 3 3 0 を介して導光部材 4 2 0 へと導かれる。この光は、導光部材 4 2 0 内を基端側から先端側へと伝達される。その際、導光部材 4 2 0 に設けられた被検出部 4 1 0 において、この被検出部 4 1 0 の湾曲状態に応じて光が吸収され、波長毎に伝達される光の量が減少する。この光は、反射部材 4 3 0 で反射し、導光部材 4 2 0 内を先端側から基端側へと伝達される。この反射光は、光分岐部 3 3 0 を介して光検出器 3 2 0 へと導かれる。光検出器 3 2 0 では、導かれた光の強度を波長毎に検出する。光検出器 3 2 0 で検出される波長毎の検出強度に基づけば、各々の被検出部 4 1 0 の湾曲状態、すなわち、内視鏡 8 1 0 の挿入部 8 1 2 の形状が導出され得る。

【 0 0 2 8 】

なお、光分岐部 3 3 0 を含むセンサ駆動部 3 0 0 とセンサ部 4 0 0 とは、固定されていてもよいし、着脱自在に構成されてもよい。

【 0 0 2 9 】

制御部 1 0 0 について説明する。制御部 1 0 0 は、例えばパーソナルコンピュータといった電子計算機によって構成される。制御部 1 0 0 は、演算部 1 0 1 と、内視鏡形状計算部 1 4 0 と、光検出器駆動部 1 5 0 と、出力部 1 6 0 とを備える。

【 0 0 3 0 】

演算部 1 0 1 は、例えば CPU 又は ASIC を含む機器等によって構成されている。演算部 1 0 1 は、形状演算部 1 1 0 と、記憶部 1 2 0 と、入力部 1 3 0 とを含む。

【 0 0 3 1 】

入力部 1 3 0 には、光検出器 3 2 0 から、波長と検出した光強度とに係る光量情報が入力される。入力部 1 3 0 は、入力された光量情報を形状演算部 1 1 0 に伝達する。また、入力部 1 3 0 には、入力機器 1 9 0 によって入力されたユーザの指示を表す信号等が入力

10

20

30

40

50

される。また、入力部 130 には、例えばセンサ部 400 の種別や個体を識別するための識別情報などが入力され得る。また、入力部 130 には、被検出部 410 の形状特性情報についても入力され得る。また、入力部 130 には、内視鏡制御部 820 から出力された情報も入力され得る。入力部 130 は、これら入力された信号を光検出器駆動部 150 又は形状演算部 110 に伝達する。

【0032】

記憶部 120 は、形状演算部 110 が行う演算に必要な各種情報を記憶している。記憶部 120 は、例えば計算アルゴリズムを含むプログラムや被検出部 410 の後述する特性情報や、特性情報を含む光量推定関係を記憶している。

【0033】

形状演算部 110 は、入力部 130 を介して取得した光量情報と、記憶部 120 に記憶されている情報とに基づいて、各々の被検出部 410 の形状を算出する。形状演算部 110 は、形状算出に用いられる形状最適化部 200 を有する。形状最適化部 200 の詳細については後述する。形状演算部 110 は、算出した被検出部 410 の形状を内視鏡形状計算部 140 及び出力部 160 に伝達する。また、形状演算部 110 は、光検出器 320 のゲイン等、形状算出に必要な光検出器 320 の動作に関する情報を、光検出器駆動部 150 へ出力する。

【0034】

制御部 100 に含まれる内視鏡形状計算部 140 は、例えば CPU や ASIC を含む。内視鏡形状計算部 140 は、形状演算部 110 で算出された各々の被検出部 410 の形状に基づいて、被検出部が配置されている内視鏡 810 の挿入部 812 の形状を算出する。算出された挿入部 812 の形状は、出力部 160 に伝達される。なお、内視鏡形状計算部 140 は、形状演算部 110 に組み込まれてもよい。

【0035】

光検出器駆動部 150 は、入力部 130 から取得した信号に基づいて、光検出器 320 の駆動信号を生成する。この駆動信号によって光検出器駆動部 150 は、例えば入力部 130 を介して取得した入力機器 190 へ入力されたユーザの指示に基づいて、光検出器 320 の動作のオン/オフを切り替えたり、形状演算部 110 から取得した情報に基づいて、光検出器 320 のゲインを調整したりする。また、光検出器駆動部 150 は、光源 310 の動作も制御するように構成されていてもよい。光検出器駆動部 150 は、生成した駆動信号を、出力部 160 に伝達する。

【0036】

出力部 160 は、内視鏡形状計算部 140 から取得した挿入部 812 の形状を、表示部 180 へ出力し、表示部 180 に挿入部 812 の形状を表示させる。また、出力部 160 は、内視鏡形状計算部 140 から取得した挿入部 812 の形状を内視鏡制御部 820 へ出力する。また、出力部 160 は、形状演算部 110 から取得した被検出部 410 の形状を内視鏡制御部 820 へ出力する。内視鏡制御部 820 は、取得した挿入部 812 の形状や被検出部 410 の形状に基づいて、内視鏡 810 の動作を制御する。また、出力部 160 は、光検出器駆動部 150 から取得した駆動信号を光検出器 320 へ出力し、光検出器 320 を駆動させる。

【0037】

次に本実施形態に係る内視鏡システム 1 の動作について説明する。内視鏡 810 の挿入部 812 は、ユーザによって観察対象物の内部に挿入される。このとき、挿入部 812 の形状は様々に変化する。内視鏡 810 は、挿入部 812 の先端に設けられた撮像装置を用いて撮像を行う。撮像により得られた画像信号は、内視鏡制御部 820 の画像処理部 822 に伝達される。画像処理部 822 は、取得した画像信号に基づいて、内視鏡画像を作成する。画像処理部 822 は、作成した内視鏡画像を表示部 180 に表示させる。

【0038】

また、ユーザが内視鏡 810 の挿入部 812 の形状を表示部 180 に表示させたいときや、内視鏡制御部 820 に挿入部 812 の形状を用いた各種動作を行わせたいとき、ユー

10

20

30

40

50

ずはその旨を入力機器 190 を介して制御部 100 に入力する。このとき、形状推定装置 10 は動作する。

【0039】

形状推定装置 10 が動作するとき、センサ駆動部 300 の光源 310 は、光を射出する。この光は、光分岐部 330 を介して被検出部 410 を有する導光部材 420 内を基端側から先端側へと進む。この光は、導光部材 420 の先端に設けられた反射部材 430 で反射して、導光部材 420 内を先端側から基端側へと進む。導光部材 420 内を進むとき、波長毎の光の強度は、被検出部 410 の形状に応じて変化する。この光は、光分岐部 330 を介して光検出器 320 に到達する。

【0040】

光検出器 320 は、光検出器 320 に到達した光の強度を波長毎に検出する。光検出器 320 は、検出した光強度を制御部 100 の入力部 130 へと出力する。形状演算部 110 は、入力部 130 を介して取得した光検出器 320 が検出した光強度に基づいて、各々の被検出部 410 の形状を算出する。

【0041】

内視鏡制御部 820 は、出力部 160 を介して形状演算部 110 から各々の被検出部 410 の形状の情報を取得する。内視鏡制御部 820 は、被検出部 410 の形状の情報を用いて内視鏡 810 の動作を制御する。

【0042】

また、内視鏡形状計算部 140 は、形状演算部 110 から各々の被検出部 410 の形状の情報を取得する。内視鏡形状計算部 140 は、被検出部 410 の形状に基づいて、内視鏡 810 の挿入部 812 の形状を算出する。内視鏡形状計算部 140 は、算出した挿入部 812 の形状を出力部 160 を介して表示部 180 に表示させる。また、内視鏡制御部 820 は、出力部 160 を介して内視鏡形状計算部 140 から挿入部 812 の形状の情報を取得し、その情報を内視鏡 810 の制御に用いる。

【0043】

このように、形状推定装置によれば、各々の被検出部 410 の形状が取得される。被検出部 410 の形状に基づいて内視鏡形状計算部 140 が内視鏡 810 の挿入部 812 の形状を算出することで、ユーザは内視鏡 810 の操作中に挿入部 812 の形状を知ることができる。また、被検出部 410 の形状に基づいて内視鏡制御部 820 が各種演算を行うことで、内視鏡制御部 820 は、挿入部 812 の形状に応じて適切に内視鏡の動作を制御することができる。

【0044】

次に本実施形態に係る形状推定装置 10 の演算部 101 で行われる演算について詳述する。初めにわかりやすさのため、被検出部 410 に第 1 の被検出部 411 及び第 2 の被検出部 412 のみが含まれる場合を例に挙げて説明する。

【0045】

まず、内視鏡システム 1 の使用の前に予め準備される情報について説明する。光検出器 320 が検出する波長 λ_n の光についての光量 D_{λ_n} は次に示す式 (1) で与えられる。

【0046】

【数 1】

$$D_{\lambda n} = E_{\lambda n} \times A_{\lambda n} \times B_{\lambda n} \times L_{\lambda n} \quad (1)$$

【0047】

ここで、 E_{λ_n} は光源 310 から射出される波長 λ_n の光についての光量であり、 A_{λ_n} は第 1 の被検出部 411 における波長 λ_n の光についての吸収率であり、 B_{λ_n} は第 2 の被検出部 412 における波長 λ_n の光についての吸収率であり、 L_{λ_n} は光分岐部 330 や導光部材 420 や反射部材 430 等の光路に含まれる被検出部 410 以外の部材による波長 λ_n の光についての吸収率である。

【0048】

10

20

30

40

50

射出光量 $E_{\lambda n}$ や吸収率 $L_{\lambda n}$ は、被検出部 410 の形状に依存しない。したがって、光量 $D_{\lambda n}$ は次のようにも得られる。すなわち、各々の被検出部 410 が基準となる所定の形状（以下、基準形状と称する）である場合に光検出器 320 が検出する波長 λn の光についての光量を基準光量 $I_{\lambda n}$ として求めておく。また、第 1 の被検出部 411 以外の被検出部 410 が基準形状である場合に光検出器 320 が検出する波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比を $\alpha_{\lambda n}$ とする。また、第 2 の被検出部 412 以外の被検出部 410 が基準形状である場合に光検出器 320 が検出する波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比を $\beta_{\lambda n}$ とする。このとき、光量 $D_{\lambda n}$ は次に示す式（2）で与えられる。

【0049】

【数 2】

$$D_{\lambda n} = I_{\lambda n} \times \alpha_{\lambda n} \times \beta_{\lambda n} \quad (2)$$

【0050】

各々の被検出部 410 における光の吸収率は、被検出部 410 の形状、例えば曲率 κ に応じて変化する。したがって、上述の比 $\alpha_{\lambda n}$ は、次に示す式（3）で与えられる。

【0051】

【数 3】

$$\alpha_{\lambda n} = f_{\lambda n}(\kappa_{\alpha}) \quad (3)$$

【0052】

ここで、 κ_{α} は、第 1 の被検出部 411 の曲率であり、関数 $f_{\lambda n}$ は、例えば記憶部 120 に曲率特性情報として記憶されている変化率を示す。

【0053】

同様に、上述の比 $\beta_{\lambda n}$ は、次に示す式（4）で与えられる。

【0054】

【数 4】

$$\beta_{\lambda n} = g_{\lambda n}(\kappa_{\beta}) \quad (4)$$

【0055】

ここで、 κ_{β} は、第 2 の被検出部 412 の曲率であり、関数 $g_{\lambda n}$ は、例えば記憶部 120 に曲率特性情報として記憶されている変化率を示す。

【0056】

式（2）、式（3）、式（4）より、次に示す式（5）が得られる。

【0057】

【数 5】

$$D_{\lambda n}(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta}) = I_{\lambda n} \times f_{\lambda n}(\kappa_{\alpha}) \times g_{\lambda n}(\kappa_{\beta}) \quad (5)$$

【0058】

基準光量 $I_{\lambda n}$ を決定する基準形状として、例えば各々の被検出部 410 が全て直線形状である場合、すなわち、曲率が 0 であり曲率半径が ∞ である場合が採用され得る。基準形状は、直線形状でなくてもよい。また、基準形状は、全ての被検出部について同じでなくてもよく、各々の被検出部について任意の形状を基準形状としてもよい。

【0059】

以下、基準形状を各々の被検出部 410 が全て直線形状である場合として説明する。波長と基準光量 I との関係は、例えば図 8 のようなスペクトルを示す。全ての被検出部 410 が基準形状であるときの光量 $D_{\lambda n}(0, 0)$ は、定義より、次に示す式（6）で与えられる。

【0060】

10

20

30

40

【数 6】

$$D_{\lambda n}(0,0)=I_{\lambda n} \quad (6)$$

【0061】

すなわち、定義より、基準光量は $I_{\lambda n}$ であり、 $f_{\lambda n}(0)=1$ であり、 $g_{\lambda n}(0)=1$ である。

【0062】

曲率特性情報である関数 $f_{\lambda n}$ 及び関数 $g_{\lambda n}$ は、対象となる被検出部以外の形状を基準形状にした状態で、対象となる被検出部の曲率を取り得る範囲で変化させることにより実測され得る。第1の被検出部411の曲率特性情報、すなわち、波長と変化率との関係は、例えば図9に示すようなスペクトルを示す。ここで、 $\kappa_{11} < \kappa_{12} < 0 < \kappa_{13} < \kappa_{14}$ である。また、第2の被検出部412の曲率特性情報、すなわち、波長と変化率との関係は、例えば図10に示すようなスペクトルを示す。ここで、 $\kappa_{21} < \kappa_{22} < 0 < \kappa_{23} < \kappa_{24}$ である。

10

【0063】

図9及び図10では、それぞれ4種類の曲率の場合のみが例示されている。しかしながら、曲率特性情報としては、様々な曲率において図9及び図10に示すような曲率と変化率との関係が取得され得る。したがって、例えば図11に示すような、曲率 κ_{α} と変化率との関係を表す第1の被検出部411の曲率特性情報や、曲率 κ_{β} と変化率との関係を表す第2の被検出部412の曲率特性情報が得られる。

20

【0064】

なお、関数 $f_{\lambda n}(\kappa_{\alpha})$ は、式(5)より次に示す式(7)で与えられる。

【0065】

【数 7】

$$f_{\lambda n}(\kappa_{\alpha}) = \frac{D_{\lambda n}(\kappa_{\alpha}, 0)}{I_{\lambda n}} \quad (7)$$

【0066】

同様に、関数 $g_{\lambda n}(\kappa_{\beta})$ は、次に示す式(8)で与えられる。

【0067】

30

【数 8】

$$g_{\lambda n}(\kappa_{\beta}) = \frac{D_{\lambda n}(0, \kappa_{\beta})}{I_{\lambda n}} \quad (8)$$

【0068】

曲率特性情報や、図8に示すような基準光量 $I_{\lambda n}$ は、内視鏡システム1の製造時や内視鏡システム1の設置時等に予め取得され、予め記憶部120に記憶され得る。また、曲率特性情報や基準光量 $I_{\lambda n}$ は、使用の度に取得されてもよい。例えば、内視鏡システム1の起動時に、挿入部812を直線形状として基準光量 $I_{\lambda n}$ を実測し、さらに挿入部812の形状を順次に所定の湾曲状態としてこのときに検出される光量から曲率特性情報が取得されてもよい。

40

【0069】

また、曲率特性情報や基準光量 $I_{\lambda n}$ は、制御部100に設けられた記憶部120ではなく、センサ駆動部300やセンサ部400に設けられた記憶部に記憶されてもよい。このようにすることで、センサ駆動部300やセンサ部400が他の装置に接続されたときにもそれらの特性情報が用いられ得る。

【0070】

また、例えばセンサ駆動部300やセンサ部400に機器の固有の値を含む識別情報が備えられ、記憶部120にはこの識別情報と関連付けられた曲率特性情報や基準光量 $I_{\lambda n}$ が記憶されるように構成されてもよい。このようにすれば、制御部100は、複数のセ

50

ンサ駆動部 300 やセンサ部 400 の曲率特性情報や基準光量 $I_{\lambda n}$ を管理して用いることができる。識別情報は、入力機器 190 であるキーボードから入力されてもよいし、RF-ID タグから読み出されてもよいし、センサ駆動部 300 やセンサ部 400 に設けられた記憶部から読み出されてもよい。

【0071】

次に、内視鏡システム 1 の使用時に行われる演算について説明する。第 1 の被検出部 411 及び第 2 の被検出部 412 の曲率が、それぞれ任意の曲率 κ_{α} 及び任意の曲率 κ_{β} である場合を考える。このとき、光量 $D(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta})$ は、例えば図 12 に示すようなスペクトルを示す。この光量 $D(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta})$ は、光検出器 320 によって取得される。

【0072】

式 (5) 及び予め取得されている図 8 に示すような基準光量 $I_{\lambda n}$ に基づけば、第 1 の被検出部 411 に係る変化率と第 2 の被検出部 412 に係る変化率との積である $f(\kappa_{\alpha}) \times g(\kappa_{\beta})$ が求まる。波長と $f(\kappa_{\alpha}) \times g(\kappa_{\beta})$ との関係は、例えば図 13 に示すようになる。

【0073】

例えば図 13 で示される波長と $f(\kappa_{\alpha}) \times g(\kappa_{\beta})$ との関係を、図 14 に示すように、波長と $f(\kappa_{\alpha})$ との関係、及び、波長と $g(\kappa_{\beta})$ との关系到分離できれば、光量 $D(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta})$ から第 1 の被検出部 411 の曲率 κ_{α} と第 2 の被検出部 412 の曲率 κ_{β} とが求まる。

【0074】

一例として、第 1 の被検出部 411 の曲率 κ_{α} と第 2 の被検出部 412 の曲率 κ_{β} とを求めるために、第 1 の波長 λ_1 と第 2 の波長 λ_2 とに注目して、光検出器 320 によって検出された波長毎の光量 D_{λ_1} 及び光量 D_{λ_2} について、次に示す式 (9) を考える。

【0075】

【数 9】

$$\begin{cases} D_{\lambda_1}(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta}) = I_{\lambda_1} \times f_{\lambda_1}(\kappa_{\alpha}) \times g_{\lambda_1}(\kappa_{\beta}) \\ D_{\lambda_2}(\kappa_{\alpha}, \kappa_{\beta}) = I_{\lambda_2} \times f_{\lambda_2}(\kappa_{\alpha}) \times g_{\lambda_2}(\kappa_{\beta}) \end{cases} \quad (9)$$

【0076】

基準光量である I_{λ_1} 及び I_{λ_2} と、曲率特性情報である f_{λ_1} 、 f_{λ_2} 、 g_{λ_1} 、及び g_{λ_2} とが予め記憶部 120 に記憶されている。したがって、光量 D_{λ_1} 及び光量 D_{λ_2} に基づいて、第 1 の被検出部 411 の曲率 κ_{α} と第 2 の被検出部 412 の曲率 κ_{β} とが算出され得る。

【0077】

以上、被検出部 410 が第 1 の被検出部 411 と第 2 の被検出部 412 との 2 つの被検出部を含む場合を例に挙げて説明したが、被検出部の数が 3 つ以上であっても同様に算出され得る。

【0078】

なお、上述の例では、第 1 の被検出部 411 の曲率 κ_{α} と第 2 の被検出部 412 の曲率 κ_{β} とを算出するため、第 1 の波長 λ_1 と第 2 の波長 λ_2 とを用いたがこれに限らない。第 1 の波長 λ_1 と第 2 の波長 λ_2 以外の波長を用いてもよい。ただし、各々の被検出部 410 の光吸収体 429 の光吸収率が最大となる波長を用いた方が、曲率の算出精度は向上する。

【0079】

また、ここで用いる波長はある程度の帯域幅を有していてもよい。ただし、光吸収体 429 の光吸収率が最大となる波長を含む帯域が用いられることが好ましい。帯域幅を有する波長についての光量を演算に用いることで、光検出器 320 の分解能をそれほど高くする必要がなくなり、形状推定装置 10 の低コスト化が実現され得る。また、局所的な波長が用いられないことで、ノイズの影響を受けにくくなる利点がある。演算に用いられる複

10

20

30

40

50

数の波長帯域は互いにその一部が重なり合っているとしてもよい。演算に用いられる波長については以下の説明においても同じである。

【 0 0 8 0 】

また、上述の式 (9) について、対数をとってもよい。対数が用いられることで計算が容易になり得る。

【 0 0 8 1 】

[第 1 の算出方法]

上述の説明では、被検出部 4 1 0 が 2 つであり、これら第 1 の被検出部 4 1 1 の曲率 κ_{α} 及び第 2 の被検出部 4 1 2 の曲率 κ_{β} が算出される例を示した。しかしながら、一般に、被検出部の数はいくつでもよく、ここでは 2 つ以上の場合を考える。また、被検出部 4 1 0 の形状を表すパラメータは、曲率に限らず、回転等を含んでいてもよい。以降の説明では、第 1 の被検出部 4 1 1 から第 m の被検出部 4 1 m までのそれぞれの被検出部の形状を表す情報である形状情報 k_1 乃至 k_m について考える。形状情報は、曲率や曲率半径や湾曲角度や回転角等、種々の形状を表す値を含み得る。上述の例で曲率特性情報と称していたものは、形状特性情報と称することにする。

【 0 0 8 2 】

以降、形状情報 k_1 乃至 k_m を求めるため、収束計算を行う例を示す。すなわち、収束計算において繰り返し算出される光量推定値を $E_{\lambda x}$ としたときに、光量推定値 $E_{\lambda x}$ を光検出器 3 2 0 で検出される光量 $D_{\lambda x}$ に収束させることで、形状情報 k_1 乃至 k_m を得ることを考える。

【 0 0 8 3 】

光量推定値 $E_{\lambda x}$ は、例えば上述の式 (5) を参照して説明した第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 のみを含む被検出部 4 1 0 の場合には、次に示す式 (1 0) に相当する。

【 0 0 8 4 】

【 数 1 0 】

$$E_{\lambda x}(\kappa_1, \kappa_2) = I_{\lambda x} \times f_{\lambda x}(\kappa_1) \times g_{\lambda x}(\kappa_2) \quad (10)$$

【 0 0 8 5 】

ここで、 κ_1 は第 1 の被検出部 4 1 1 の曲率の推定値であり、 κ_2 は第 2 の被検出部 4 1 2 の曲率の推定値である。このように、光量推定値 $E_{\lambda x}$ は、第 1 乃至第 m の被検出部の形状情報 k_1 乃至 k_m の関数として与えられる。例えば式 (1 0) に相当する光量推定値を求めるための光量推定式は、記憶部 1 2 0 に記憶されている。

【 0 0 8 6 】

光検出器 3 2 0 で検出される光量 $D_{\lambda x}$ と光量推定値 $E_{\lambda x}$ とを用いて、評価値 J を次に示す式 (1 1) のように定義する。

【 0 0 8 7 】

【 数 1 1 】

$$J = \sum_{x=1}^{pl} (D_{\lambda x} - E_{\lambda x}(k_1, \dots, k_m))^2 \quad (11)$$

【 0 0 8 8 】

ここで、 p は演算に使用する波長の数であり、 p は m 以上である。すなわち、評価値 J は、光量推定式を用いて算出された光量推定値 $E_{\lambda x}$ の検出された光量 $D_{\lambda x}$ に対する誤差の 2 乗を足し合わせた値である。

【 0 0 8 9 】

収束計算は、形状演算部 1 1 0 内にある形状最適化部 2 0 0 で行われる。本算出方法に係る形状最適化部 2 0 0 の構成例の概略を図 1 5 に示す。図 1 5 に示すように、形状最適化部 2 0 0 は、推定値演算部 2 1 2 と評価値演算部 2 1 4 とを含む。

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

50

推定値演算部 212 は、記憶部 120 から光量推定式を取得する。推定値演算部 212 には、演算開始信号が入力される。演算開始信号が入力されたとき、推定値演算部 212 は、光量推定値 $E_{\lambda x}$ の算出を開始する。推定値演算部 212 は、算出した光量推定値 $E_{\lambda x}$ と形状情報 k_1 乃至 k_m とを評価値演算部 214 へと出力する。

【0091】

評価値演算部 214 は、推定値演算部 212 から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ と光検出器 320 で取得された光量 $D_{\lambda x}$ とに基づいて、式 (11) を用いて評価値 J を算出する。評価値演算部 214 は、評価値 J が所定の閾値 A より大きいとき、評価値 J を推定値演算部 212 に返し、推定値演算部 212 に光量推定値 $E_{\lambda x}$ の演算を繰り返させる。一方、評価値 J が所定の閾値 A 以下であるとき、評価値演算部 214 は、推定値演算部 212 から取得した形状情報を内視鏡形状計算部 140 及び出力部 160 に出力する。

10

【0092】

本算出方法で用いられるアルゴリズムは、1つの最適化アルゴリズム、又はいくつかの最適化アルゴリズムを組み合わせた複合最適化手法等である。用いられるアルゴリズムはどのようなアルゴリズムでもよい。例えば、粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization; PSO) や差分進化 (Differential Evolution; DE) を含む集団的降下法や、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA) や、シミュレーテッド・アニーリング法 (Simulated Annealing; SA) や、ニュートン法や、最急降下法や、最小二乗法や、シンプレックス法等が用いられ得る。

20

【0093】

第1の算出方法を用いた制御部 100 の動作について図 16 に示すフローチャートを参照して説明する。ここで説明するのは、内視鏡 810 の挿入部 812 の形状を表示部 180 に表示する動作についてである。この動作は、例えばユーザが入力機器 190 を用いて挿入部 812 の形状を表示部 180 に表示させることを要求したときに開始される。

【0094】

ステップ S101 において、制御部 100 は、記憶部 120 に記憶されている被検出部 410 の位置情報を読み込む。ここで、位置情報とは、内視鏡 810 の挿入部 812 に対する各々の被検出部 410 の位置に係る情報である。位置情報は、被検出部 410 の形状に基づいて挿入部 812 の形状を算出するときに用いられる。

30

【0095】

ステップ S102 において、制御部 100 は、所定の更新時間になったか否かを判定する。ここで、更新時間は、挿入部 812 の形状の表示部 180 への表示を更新する時間を意味する。すなわち、本動作では、更新時間毎に挿入部 812 の形状の算出と表示とが繰り返されることになる。ステップ S102 の判定において、更新時間になっていないと判定されたとき、処理はステップ S102 を繰り返し、更新時間が到来するのを待つ。一方、更新時間になったと判定されたとき、処理はステップ S103 に進む。

【0096】

ステップ S103 において、制御部 100 は、第1の算出方法に係る形状情報算出処理を行う。すなわち、推定値演算部 212 に演算開始信号が入力され、形状最適化部 200 による形状情報算出処理が開始される。形状情報算出処理について、図 17 に示すフローチャートを参照して説明する。

40

【0097】

ステップ S201 において、形状最適化部 200 の推定値演算部 212 は、記憶部 120 から、後の演算に用いられる光量推定式及び所定の閾値 A を読み込む。

【0098】

ステップ S202 において、推定値演算部 212 は、光量推定式に基づいて、光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を算出する。推定値演算部 212 は、算出した光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を評価値演算部 214 へと伝達する。

【0099】

50

ステップS203において、形状最適化部200の評価値演算部214は、入力部130を介して光検出器320から光検出器320で検出された光量 $D_{\lambda x}$ を取得する。ステップS204において、制御部100の評価値演算部214は、推定値演算部212から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ と、光検出器320から取得した光量 $D_{\lambda x}$ とに基づいて、式(11)を用いて評価値Jを算出する。

【0100】

ステップS205において、評価値演算部214は、評価値Jが閾値A以下であるか否かを判定する。評価値Jが閾値A以下でないと判定されたとき、処理はステップS202に戻る。すなわち、評価値演算部214は、推定値演算部212に光量推定値 $E_{\lambda x}$ の算出を再び行わせる。一方、ステップS205において評価値Jが閾値A以下であると判定されたとき、処理はステップS206に進む。ステップS206において、制御部100の評価値演算部214は、推定値演算部212が算出した形状情報 k_1 乃至 k_m を出力する。その後、処理は図16を参照して説明している処理に戻る。

10

【0101】

図16に戻って、説明を続ける。ステップS104において、制御部100の内視鏡形状計算部140は、形状最適化部200で算出された形状情報 k_1 乃至 k_m と被検出部410の位置情報とに基づいて、内視鏡810の挿入部812の形状を算出する。各々の被検出部410の間の距離は位置情報に含まれているので、各々の被検出部410の位置を形状情報 k_1 乃至 k_m に基づいて結んでいくと、挿入部812の形状が求まる。ステップS105において、制御部100は、算出した挿入部812の形状を表示部180に表示させる。

20

【0102】

ステップS106において、制御部100は、動作終了の指示が入力されたか否かを判定する。動作終了の指示が入力されていないとき、処理はステップS102に戻り、上述の動作を繰り返す。一方、動作終了の指示が入力されたとき、本動作に係る処理は終了する。なお、本動作は、ステップS102の繰り返し動作において動作終了の指示が入力されたときにも終了するように構成されていてもよいし、ステップS202乃至ステップS205の繰り返し動作において動作終了の指示が入力されたときにも終了するように構成されていてもよい。

【0103】

30

なお、ここでは繰り返し演算によって最適な光量推定値 $E_{\lambda x}$ が算出される例を示したが、例えば最小二乗法のように、1回の演算によって取得された光量 $D_{\lambda x}$ に対して最適な光量推定値 $E_{\lambda x}$ が算出される方法が用いられてもよい。また、最適化演算では、関数の形式で表された光量推定式に限らず、例えばテーブルの形式で表された光量推定テーブルが用いられてもよい。記憶部120には、このように種々の形式で表され得る光量推定関係が記憶されている。このように、光検出器320で取得された光量 $D_{\lambda x}$ に対して最適な光量推定値 $E_{\lambda x}$ が算出され得る種々の最適化演算が用いられ得る。

【0104】

また、評価値Jは式(11)に限らず、光検出器320で検出された光量 $D_{\lambda x}$ と算出された光量推定値 $E_{\lambda x}$ との差を適切に表すものであればどのようなものでもよい。

40

【0105】

以上のような動作によれば、形状推定装置10は、内視鏡810の挿入部812の形状を算出することができる。本実施形態によれば、センサ部400は、概して例えば光ファイバである導光部材420のみにより構成されている。さらに、複数ある被検出部410毎の情報を、波長の違いによって分離している。これらのことは、挿入部812の小型化に効を奏する。

【0106】

第1の算出方法によれば、最適化演算が行われることで各々の被検出部410の形状が高精度に容易に算出され得る。また、第1の算出方法では、用いられる波長の数、すなわち、式(11)における p を、被検出部の数すなわち m 以上とすれば任意に決められる。

50

pをより大きくすることで、被検出部410の形状がより高精度に算出され得る。

【0107】

なお、本実施形態に係る形状推定装置10は、種々の物品の形状を推定するために用いられ得る。すなわち、形状推定装置10は、医療用及び工業用の内視鏡の形状の推定に用いられ得るし、例えばカテーテルや手術支援ロボットの形状の推定に用いられ得るし、医療用途に限らず各種のロボットや変形する器具の形状の推定に用いられ得る。

【0108】

[第2の算出方法]

第2の算出方法について説明する。第1の算出方法との相違点について説明し、同一の部分については説明を省略する。第2の算出方法に係る形状最適化部200の構成例の概略を図18に示す。図18に示すように、形状最適化部200は、第1の推定値演算部222と、第2の推定値演算部224と、評価値演算部226と、選択部228とを備える。このように、第2の算出方法は、形状最適化部200に2つの推定値演算部が含まれる点が第1の算出方法と異なる。

【0109】

第1の推定値演算部222は、第1の最適化演算を行う。第1の最適化演算は、大域的な最適化演算である。ここで大域的な最適化演算とは、例えば粒子群最適化(PSO)、差分進化(DE)、遺伝的アルゴリズム(GA)、シミュレーテッド・アニーリング法(SA)のように、局所解に陥らずに最適解を導出できる手法である。第1の推定値演算部222は、大域的な最適化演算によって算出された光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報k1乃至kmを評価値演算部226へと出力する。また、第1の推定値演算部222は、必要に応じて形状情報k1乃至kmを第2の推定値演算部224へと出力してもよい。また、第1の推定値演算部222は、演算回数をカウントし、その結果を演算回数Calc_numとして保持する。また、第1の推定値演算部222は、演算回数Calc_numを選択部228へと出力する。

【0110】

一方、第2の推定値演算部224は、第2の最適化演算を行う。第2の最適化演算は、収束性が早い局所的な最適化演算である。ここで、収束性が早い最適化演算とは、例えばニュートン法や最急降下法やシンプレックス法等のように局所解を求める近傍探索手法である。第2の推定値演算部224は、局所的な最適化演算によって算出された光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報k1乃至kmを評価値演算部226へと出力する。

【0111】

上記した第1の演算及び第2の演算は一例である。第1の演算は、第2の演算に比べて演算時間が長くなるが、高い精度で適切な解を導出し得る。一方、第2の演算は、第1の演算に比べて例えば不適切な局所解を導出する恐れがあるが、演算時間は短くなる。第1の演算が第2の演算よりも精度が高く、第2の演算が第1の演算よりも収束性が早ければ、第1の演算と第2の演算は、どのような手法の組み合わせでもよい。

【0112】

評価値演算部226は、第1の推定値演算部222又は第2の推定値演算部224から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ と光検出器320で取得された光量 $D_{\lambda x}$ とに基づいて、式(11)を用いて評価値Jを算出する。評価値演算部226は、評価値J及び形状情報k1乃至kmを選択部228へと出力する。

【0113】

選択部228には、演算開始信号が入力される。選択部228は、演算開始信号が入力されたとき、第1の推定値演算部222に最適化演算を開始させる。また、選択部228は、評価値演算部226から取得した評価値J及び形状情報k1乃至kmと、第1の推定値演算部222から取得した演算回数Calc_numとに基づいて、第1の推定値演算部222に最適化演算をさせるか、第2の推定値演算部224に最適化演算をさせるか、演算結果である形状情報k1乃至kmを出力するかのうち何れかを選択して実行する。選択部228は、第1の推定値演算部222に最適化演算をさせるとき、現在保持している

形状情報 k_1 乃至 k_m を第 1 の推定値演算部 222 へと出力する。また、選択部 228 は、第 2 の推定値演算部 224 に最適化演算をさせるとき、現在保持している形状情報 k_1 乃至 k_m を第 2 の推定値演算部 224 へと出力する。

【0114】

第 2 の算出方法を用いた制御部 100 の動作について、図 19 に示すフローチャートを参照して説明する。ステップ S301 において、制御部 100 は、記憶部 120 に記憶されている被検出部 410 の位置情報を読み込む。

【0115】

ステップ S302 乃至ステップ S305 の処理は、形状最適化部 200 で行われる。ステップ S302 において、制御部 100 の形状最適化部 200 は、第 1 の形状情報算出処理を行う。第 1 の形状情報算出処理について図 20 に示すフローチャートを参照して説明する。

【0116】

ステップ S401 において、形状最適化部 200 の選択部 228 は、記憶部 120 に記憶されている各種閾値を読み込む。また、形状最適化部 200 の第 1 の推定値演算部 222 は、記憶部 120 に記憶されている光量推定式を読み込む。ステップ S402 において、形状最適化部 200 は、表示部 180 に例えば「待ち状態」と表示させる。

【0117】

ステップ S403 において、形状最適化部 200 の第 1 の推定値演算部 222 は、大域的な最適化演算により光量推定値 $E_{\lambda x}$ を算出する。ステップ S404 において、形状最適化部 200 の第 1 の推定値演算部 222 は、演算回数 $Calc_num$ を更新する。すなわち、

$$Calc_num = Calc_num + 1$$

とする。第 1 の推定値演算部 222 は、演算結果である光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を評価値演算部 226 へ出力する。また、第 1 の推定値演算部 222 は、演算回数 $Calc_num$ を選択部 228 へ出力する。また、第 2 の推定値演算部 224 は、光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を利用するので、第 1 の推定値演算部 222 は、光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を第 2 の推定値演算部 224 へ出力してもよい。すなわち、第 2 の推定値演算部 224 は、演算に用いる光量推定値 $E_{\lambda x}$ を、評価値演算部 226 から取得してもよいし、第 1 の推定値演算部 222 から取得してもよい。

【0118】

ステップ S405 において、形状最適化部 200 の評価値演算部 226 は、光検出器 320 から光量 $D_{\lambda x}$ を読み込む。ステップ S406 において、形状最適化部 200 の評価値演算部 226 は、第 1 の推定値演算部 222 から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び演算回数 $Calc_num$ と、光検出器 320 から取得した光量 $D_{\lambda x}$ とに基づいて、式 (11) を用いて評価値 J を算出する。評価値演算部 226 は、評価値 J と、第 1 の推定値演算部 222 から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を選択部 228 へと出力する。

【0119】

ステップ S407 において、形状最適化部 200 の選択部 228 は、評価値 J が所定の閾値 A_1 以下であるか、又は、 $Calc_num$ が所定の閾値 A_2 よりも大きいかなかを判定する。評価値 J が所定の閾値 A_1 よりも大きく、かつ、 $Calc_num$ が所定の閾値 A_2 以下であるとき、処理はステップ S403 に戻る。このとき、光量推定値 $E_{\lambda x}$ の算出が繰り返し行われる。一方、評価値 J が所定の閾値 A_1 以下であるか、又は、 $Calc_num$ が所定の閾値 A_2 よりも大きいとき、処理はステップ S408 に進む。

【0120】

ステップ S408 において、形状最適化部 200 の選択部 228 は、大域的な最適化演算が適切に終了していることを表すフラグ F の値を 1 に設定する。その後、処理は図 19 を参照して説明している処理に戻る。

【 0 1 2 1 】

図 1 9 に戻って説明を続ける。第 1 の形状情報算出処理の後、ステップ S 3 0 3 において、制御部 1 0 0 の形状最適化部 2 0 0 に含まれる選択部 2 2 8 は、所定の更新時間が経過したか否かを判定する。所定の更新時間が経過していないと判定されたとき、処理はステップ S 3 0 3 を繰り返し、待機する。一方、所定の更新時間が経過していると判定されたとき、処理はステップ S 3 0 4 に進む。

【 0 1 2 2 】

ステップ S 3 0 4 において、制御部 1 0 0 の形状最適化部 2 0 0 は、第 2 の形状情報算出処理を行う。第 2 の形状情報算出処理について図 2 1 に示すフローチャートを参照して説明する。

10

【 0 1 2 3 】

ステップ S 5 0 1 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、記憶部 1 2 0 に記憶されている各種閾値を読み込む。また、形状最適化部 2 0 0 の第 2 の推定値演算部 2 2 4 は、記憶部 1 2 0 に記憶されている光量推定式を読み込む。ステップ S 5 0 2 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、表示部 1 8 0 に例えば「駆動 OK」と表示させる。

【 0 1 2 4 】

ステップ S 5 0 3 において、形状最適化部 2 0 0 の第 2 の推定値演算部 2 2 4 は、収束性が早い局所的な最適化演算により光量推定値 $E_{\lambda x}$ を算出する。第 2 の推定値演算部 2 2 4 は、演算結果である光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を評価値演算部 2 2 6 へと出力する。

20

【 0 1 2 5 】

ステップ S 5 0 4 において、形状最適化部 2 0 0 の評価値演算部 2 2 6 は、光検出器 3 2 0 から光量 $D_{\lambda x}$ を読み込む。ステップ S 5 0 5 において、形状最適化部 2 0 0 の評価値演算部 2 2 6 は、第 2 の推定値演算部 2 2 4 から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ と光検出器 3 2 0 から取得した光量 $D_{\lambda x}$ とに基づいて、式 (1 1) を用いて評価値 J を算出する。評価値演算部 2 2 6 は、評価値 J と、第 2 の推定値演算部 2 2 4 から取得した光量推定値 $E_{\lambda x}$ 及び形状情報 k_1 乃至 k_m を選択部 2 2 8 へと出力する。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 5 0 6 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、評価値 J が所定の閾値 A_3 以下であるか否かを判定する。ここで、閾値 A_3 は、閾値 A_1 よりも小さい。評価値 J が所定の閾値 A_3 以下であるとき、処理はステップ S 5 0 7 に進む。ステップ S 5 0 7 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、光量推定式により算出された被検出部の形状情報 k_1 乃至 k_m 、及び、演算回数 $Calc_num$ を、例えば内視鏡形状計算部 1 4 0 や出力部 1 6 0 へ出力する。その後、処理は図 1 9 を参照して説明している処理に戻る。

30

【 0 1 2 7 】

ステップ S 5 0 6 の判定において、評価値 J が所定の閾値 A_3 以下でないと判定されたとき、処理はステップ S 5 0 8 に進む。ステップ S 5 0 8 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、評価値 J が所定の閾値 A_4 よりも大きいと判定するか否かを判定する。ここで、所定の閾値 A_4 は、所定の閾値 A_1 よりも大きい。評価値 J が所定の閾値 A_4 以下であると判定されたとき、処理はステップ S 5 0 3 に戻る。このとき、光量推定値 $E_{\lambda x}$ の算出が繰り返し行われる。一方、評価値 J が所定の閾値 A_4 よりも大きいと判定されたとき、処理はステップ S 5 0 9 に進む。ステップ S 5 0 9 において、形状最適化部 2 0 0 の選択部 2 2 8 は、フラグ F の値を 0 に設定する。その後、処理は図 1 9 を参照して説明している処理に戻る。

40

【 0 1 2 8 】

図 1 9 に戻って説明を続ける。第 2 の形状情報算出処理の後、ステップ S 3 0 5 において、制御部 1 0 0 の形状最適化部 2 0 0 に含まれる選択部 2 2 8 は、フラグ F が 1 であるか否かを判定する。フラグ F が 1 でないとき、処理はステップ S 3 0 2 に戻る。すなわち

50

、第２の形状情報算出処理を行っている間に、不適切な解に収束しそうになったとき、ステップＳ５０９においてフラグＦが０となり、再び第１の形状情報算出処理が行われる。一方、フラグＦが１であると判定されたとき、処理はステップＳ３０６に進む。このようにして、比較的制約が劣る第２の形状情報算出処理によって不適切な解に収束することが防止され得る。

【０１２９】

ステップＳ３０６において、制御部１００の内視鏡形状計算部１４０は、形状最適化部２００で算出された形状情報 k_1 乃至 k_m と被検出部４１０の位置情報とに基づいて、内視鏡８１０の挿入部８１２の形状を算出する。ステップＳ３０７において、制御部１００は、算出した挿入部８１２の形状を表示部１８０に表示させる。ステップＳ３０８において、制御部１００は、動作終了の指示が入力されたか否かを判定する。動作終了の指示が入力されていないとき、処理はステップＳ３０３に戻る。一方、動作終了の指示が入力されたと判定されたとき、本動作に係る処理は終了する。

10

【０１３０】

第２の算出方法を用いた処理によれば、第１の推定値演算部２２２による大域的な最適化演算で、不適切な局所解が算出されることを防ぎながら、第２の推定値演算部２２４による収束性の高い最適化演算で、素早く適切な形状情報が算出され得る。第２の算出方法によれば、全体として早くて正確な形状情報の算出が実現され得る。

【０１３１】

なお、第１の推定値演算部２２２による大域的な最適化演算が行われているときは、演算を収束させるため、挿入部８１２の形状は変化しないことが好ましい。このため、表示部１８０には、「待ち状態」と表示され、ユーザに挿入部８１２を動かさないように促す。また、第２の推定値演算部２２４による収束性の高い最適化演算が行われているときは、挿入部８１２の形状が変化しても追従できるので、表示部１８０には「駆動ＯＫ」と表示される。このような表示によって、演算が収束しないことが防止される。「待ち状態」や「駆動ＯＫ」の表示は一例であり、どのような表示でもよい。また、表示に限らず、音声によってユーザに報知されるように構成されてもよい。

20

【０１３２】

なお、第２の算出方法では、選択部２２８が第１の最適化演算を行うか第２の最適化演算を行うかを選択しているが、ユーザがこの選択を行えるように形状推定装置１０が構成されてもよい。この場合、形状推定装置１０には、ユーザが自らの選択を入力するための選択入力部が設けられる。ユーザが演算の種類を選択できるように構成されることで、ユーザは、正確さと表示の早さとのうち必要な方を自ら選択することができる。

30

【０１３３】

[第３の算出方法]

第３の算出方法について説明する。第２の算出方法との相違点について説明し、同一の部分については説明を省略する。第３の算出方法に係る形状最適化部２００の構成例の概略を図２２に示す。図２２に示すように、形状最適化部２００は、第１の推定値演算部２３１と、第２の推定値演算部２３２と、第１の評価値演算部２３３と、第２の評価値演算部２３４と、選択部２３５とを備える。

40

【０１３４】

第１の推定値演算部２３１は、第２の算出方法における第１の推定値演算部２２２と同様に、大域的な最適化演算を行う推定値演算部である。第１の推定値演算部２３１は、第１の形状情報 k_1' 乃至 k_m' に基づく第１の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ を算出する。第１の推定値演算部２３１は、第１の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ 及び第１の形状情報 k_1' 乃至 k_m' を第１の評価値演算部２３３へと出力する。

【０１３５】

第１の評価値演算部２３３は、第１の推定値演算部２３１が算出した第１の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ についての第１の評価値 J_1 を次に示す式（１２）に基づいて算出する。

【０１３６】

50

【数 1 2】

$$J1 = \sum_{x=1}^p (D_{\lambda x} - E_{\lambda x1}(k1', \dots, km'))^2 \quad (12)$$

【0 1 3 7】

第 1 の評価値演算部 2 3 3 は、第 1 の評価値 J 1 及び第 1 の形状情報 k 1 ' 乃至 k m ' を選択部 2 3 5 へと出力する。

【0 1 3 8】

第 2 の推定値演算部 2 3 2 は、第 2 の算出方法における第 2 の推定値演算部 2 2 4 と同様に、局所的な最適化演算を行う推定値演算部である。第 2 の推定値演算部 2 3 2 は、第 2 の形状情報 k 1 ' ' 乃至 k m ' ' に基づく第 2 の光量推定値 $E_{\lambda x2}$ を算出する。第 2 の推定値演算部 2 3 2 は、第 2 の光量推定値 $E_{\lambda x2}$ 及び第 2 の形状情報 k 1 ' ' 乃至 k m ' ' を第 2 の評価値演算部 2 3 4 へと出力する。

10

【0 1 3 9】

第 2 の評価値演算部 2 3 4 は、第 2 の推定値演算部 2 3 2 が算出した第 2 の光量推定値 $E_{\lambda x2}$ についての第 2 の評価値 J 2 を次に示す式 (1 3) に基づいて算出する。

【0 1 4 0】

【数 1 3】

$$J2 = \sum_{x=1}^p (D_{\lambda x} - E_{\lambda x1}(k1'', \dots, km''))^2 \quad (13)$$

20

【0 1 4 1】

第 2 の評価値演算部 2 3 4 は、第 2 の評価値 J 2 及び第 2 の形状情報 k 1 ' ' 乃至 k m ' ' を選択部 2 3 5 へと出力する。

【0 1 4 2】

第 3 の算出方法では、第 1 の推定値演算部 2 3 1 及び第 1 の評価値演算部 2 3 3 による大域的な最適化演算と、第 2 の推定値演算部 2 3 2 及び第 2 の評価値演算部 2 3 4 による局所的な最適化演算とが、並列演算される。

【0 1 4 3】

選択部 2 3 5 は、第 1 の評価値 J 1 と第 2 の評価値 J 2 とに基づいて、評価値 J を決定する。選択部 2 3 5 は、この評価値 J に基づいて、最適化演算を繰り返し行うか、演算を終了し、演算結果を出力するかを判定する。選択部 2 3 5 は、第 1 の形状情報 k 1 ' 乃至 k m ' と第 2 の形状情報 k 1 ' ' 乃至 k m ' ' とのうちより適切な方を形状情報 k 1 乃至 k m として出力する。

30

【0 1 4 4】

第 3 の算出方法を用いた制御部 1 0 0 の動作について説明する。本動作は、図 1 6 を参照して説明した第 1 の算出方法を用いた制御部 1 0 0 の動作と同様に動作する。ただし、形状情報算出処理の動作が異なる。第 3 の算出方法を用いた形状情報算出処理の動作について、図 2 3 に示すフローチャートを参照して説明する。

【0 1 4 5】

ステップ S 6 0 1 において、形状最適化部 2 0 0 は、光量推定式及び閾値を読み込む。すなわち、第 1 の推定値演算部 2 3 1 は、第 1 の光量推定値 $E_{\lambda x1}$ の算出に用いる光量推定式を読み込む。第 2 の推定値演算部 2 3 2 は、第 2 の光量推定値 $E_{\lambda x2}$ の算出に用いる光量推定式を読み込む。選択部 2 3 5 は、閾値 A を読み込む。

40

【0 1 4 6】

ステップ S 6 0 1 の後に行われる第 1 の推定値演算部 2 3 1 及び第 1 の評価値演算部 2 3 3 によるステップ S 6 0 2 乃至ステップ S 6 0 4 の処理と、第 2 の推定値演算部 2 3 2 及び第 2 の評価値演算部 2 3 4 によるステップ S 6 0 5 乃至ステップ S 6 0 7 の処理とは、並列処理である。

【0 1 4 7】

50

ステップS 6 0 2において、形状最適化部2 0 0の第1の推定値演算部2 3 1は、第1の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ を算出する。第1の推定値演算部2 3 1は、算出した第1の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ を第1の評価値演算部2 3 3へと出力する。

【0 1 4 8】

ステップS 6 0 3において、形状最適化部2 0 0の第1の評価値演算部2 3 3は、光検出器3 2 0から光量 $D_{\lambda \times}$ を読み込む。ステップS 6 0 4において、形状最適化部2 0 0の第1の評価値演算部2 3 3は、第1の推定値演算部2 3 1から取得した第1の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ と、光検出器3 2 0から取得した光量 $D_{\lambda \times}$ とに基づいて、式(1 2)を用いて、第1の評価値J 1を算出する。第1の評価値演算部2 3 3は、算出した第1の評価値J 1及び第1の光量推定値 $E_{\lambda \times 1}$ に係る第1の形状情報 $k 1'$ 乃至 $k m'$ を選択部2 3 5へと出力する。

10

【0 1 4 9】

ステップS 6 0 5において、形状最適化部2 0 0の第2の推定値演算部2 3 2は、第2の光量推定値 $E_{\lambda \times 2}$ を算出する。第2の推定値演算部2 3 2は、算出した第2の光量推定値 $E_{\lambda \times 2}$ を第2の評価値演算部2 3 4へと出力する。

【0 1 5 0】

ステップS 6 0 6において、形状最適化部2 0 0の第2の評価値演算部2 3 4は、光検出器3 2 0から光量 $D_{\lambda \times}$ を読み込む。ステップS 6 0 7において、形状最適化部2 0 0の第2の評価値演算部2 3 4は、第2の推定値演算部2 3 2から取得した第2の光量推定値 $E_{\lambda \times 2}$ と、光検出器3 2 0から取得した光量 $D_{\lambda \times}$ とに基づいて、式(1 3)を用いて、第2の評価値J 2を算出する。第2の評価値演算部2 3 4は、算出した第2の評価値J 2及び第2の光量推定値 $E_{\lambda \times 2}$ に係る第2の形状情報 $k 1''$ 乃至 $k m''$ を選択部2 3 5へと出力する。

20

【0 1 5 1】

ステップS 6 0 2乃至ステップS 6 0 4の処理及びステップS 6 0 5乃至ステップS 6 0 7の処理の後、ステップS 6 0 8において、形状最適化部2 0 0の選択部2 3 5は、第1の評価値演算部2 3 3から取得した第1の評価値J 1と、第2の評価値演算部2 3 4から取得した第2の評価値J 2とを比較して、小さい方を評価値Jとする決定を行う。

【0 1 5 2】

ステップS 6 0 9において、形状最適化部2 0 0の選択部2 3 5は、評価値Jが所定の閾値A以下であるか否かを判定する。評価値Jが閾値A以下でないと判定されたとき、処理はステップS 6 0 2及びステップS 6 0 5の並列演算に戻る。この際、第1の推定値演算部2 3 1と第2の推定値演算部2 3 2とは、前回の演算で自ら算出した形状情報をそれぞれ用いてもよいし、第1の推定値演算部2 3 1と第2の推定値演算部2 3 2とがともにより評価値が小さかった方の形状情報を用いてもよい。一方、評価値Jが閾値A以下であると判定されたとき、処理はステップS 6 1 0に進む。

30

【0 1 5 3】

ステップS 6 1 0において、形状最適化部2 0 0の選択部2 3 5は、第1の評価値J 1と第2の評価値J 2とを比較する。選択部2 3 5は、第1の評価値J 1の方が小さいときは、第1の形状情報 $k 1'$ 乃至 $k m'$ を形状情報 $k 1$ 乃至 $k m$ とする決定を行う。また、選択部2 3 5は、第2の評価値J 2の方が小さいときは、第2の形状情報 $k 1''$ 乃至 $k m''$ を形状情報 $k 1$ 乃至 $k m$ とする決定を行う。

40

【0 1 5 4】

ステップS 6 1 1において、形状最適化部2 0 0の選択部2 3 5は、ステップS 6 1 0で決定した形状情報 $k 1$ 乃至 $k m$ を、例えば内視鏡形状計算部1 4 0へ出力する。その後、処理は図1 6を参照して説明した処理に戻る。

【0 1 5 5】

第3の算出方法を用いれば、第1の推定値演算部2 3 1による大域的な最適化演算と第2の推定値演算部2 3 2による収束性の高い最適化演算との並列演算により、適切な最適解が早く算出され得る。また、大域的な最適化演算が適切に収束していない間は収束性の

50

高い最適化演算の結果が出力され、大域的な最適化演算が適切に収束しているときは精度が高い大域的な最適化演算の結果が出力されるので、第2の算出方法の場合と異なり、常に形状情報が出力され得る。

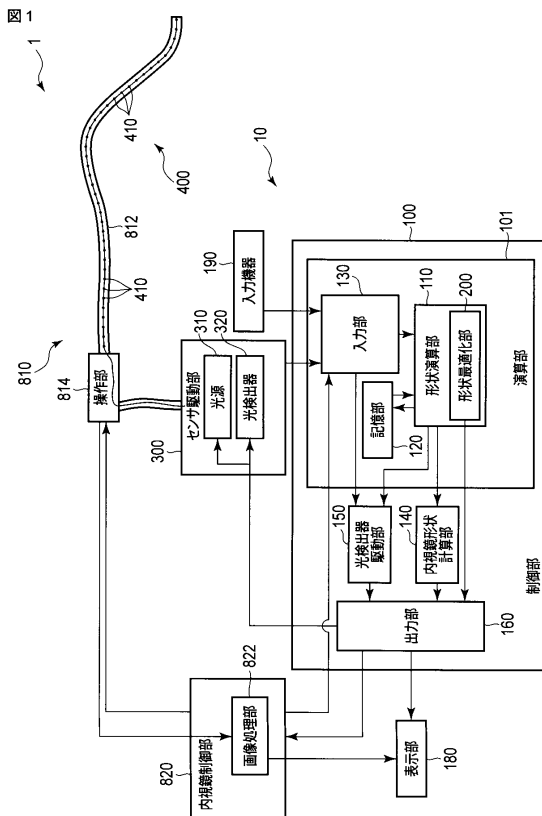
【符号の説明】

【0156】

1 ... 内視鏡システム、10 ... 形状推定装置、100 ... 制御部、101 ... 演算部、110 ... 形状演算部、120 ... 記憶部、130 ... 入力部、140 ... 内視鏡形状計算部、150 ... 光検出器駆動部、160 ... 出力部、180 ... 表示部、182 ... 挿入部、190 ... 入力機器、200 ... 形状最適化部、212 ... 推定値演算部、214 ... 評価値演算部、222 ... 第1の推定値演算部、224 ... 第2の推定値演算部、226 ... 評価値演算部、228 ... 選択部、231 ... 第1の推定値演算部、232 ... 第2の推定値演算部、233 ... 第1の評価値演算部、234 ... 第2の評価値演算部、235 ... 選択部、300 ... センサ駆動部、310 ... 光源、320 ... 光検出器、330 ... 光分岐部、340 ... 反射防止部材、400 ... センサ部、410 ... 被検出部、411 ... 第1の被検出部、412 ... 第2の被検出部、41m ... 第mの被検出部、420 ... 導光部材、421 ... 被覆、422 ... クラッド、423 ... コア、429 ... 光吸収体、430 ... 反射部材、810 ... 内視鏡、812 ... 挿入部、814 ... 操作部、820 ... 内視鏡制御部、822 ... 画像処理部。

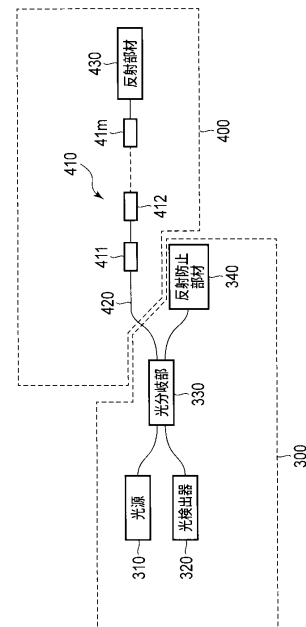
10

【図1】



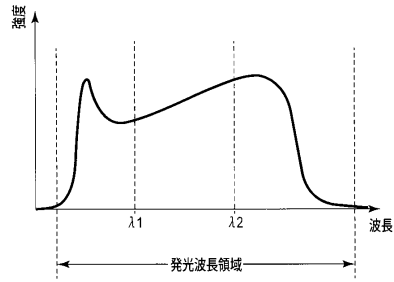
【図2】

図2



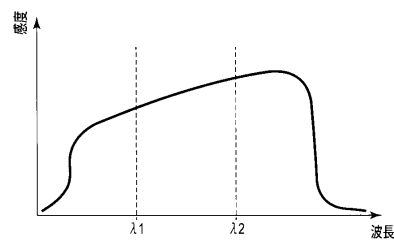
【図 3】

図 3



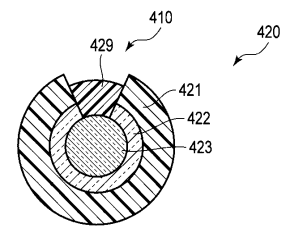
【図 4】

図 4



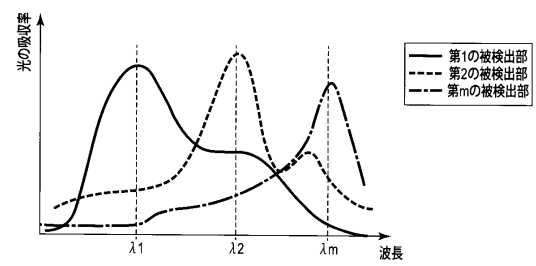
【図 5】

図 5



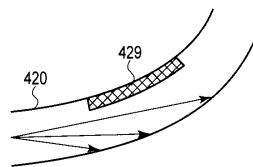
【図 6】

図 6



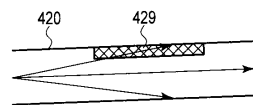
【図 7 A】

図 7A



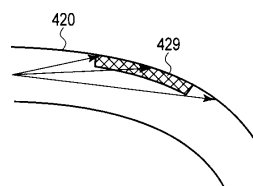
【図 7 B】

図 7B



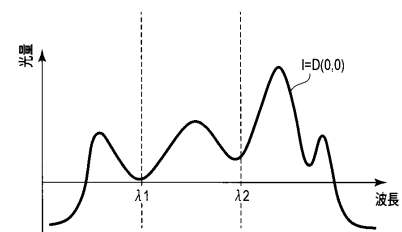
【図 7 C】

図 7C



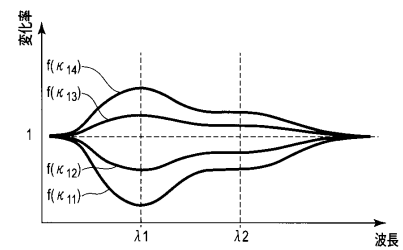
【図 8】

図 8



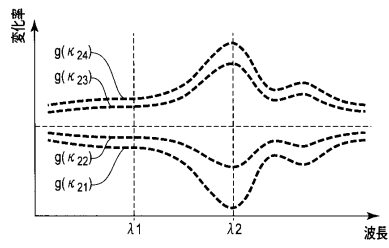
【図 9】

図 9



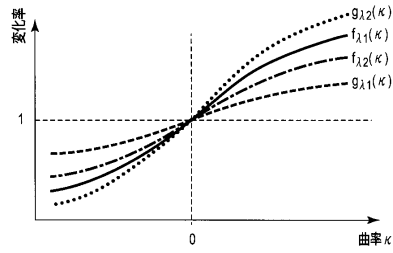
【図 10】

図 10



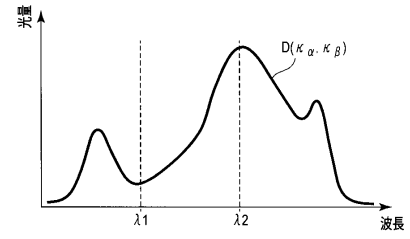
【図 11】

図 11



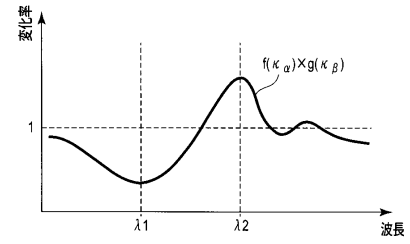
【図 12】

図 12



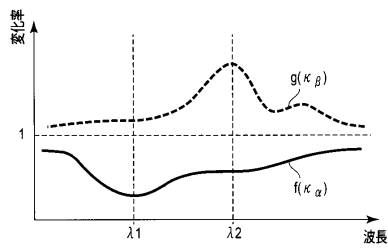
【図 13】

図 13



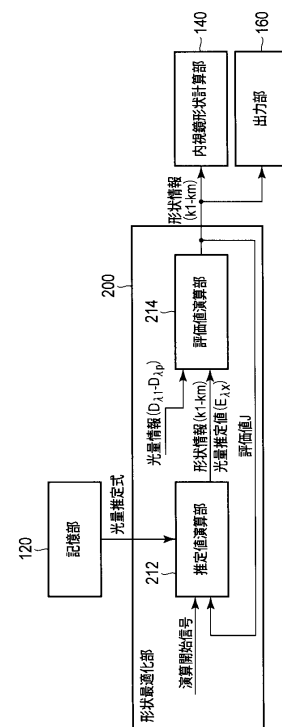
【図 14】

図 14



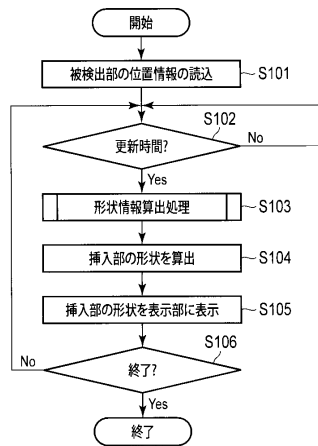
【図 15】

図 15



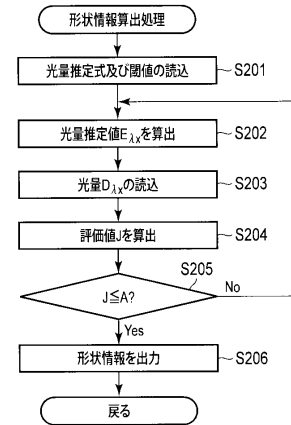
【図 16】

図 16



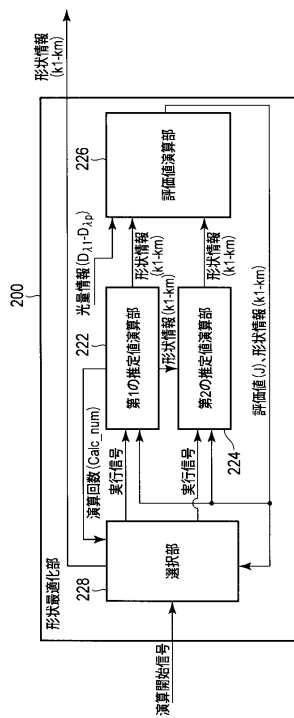
【図 17】

図 17



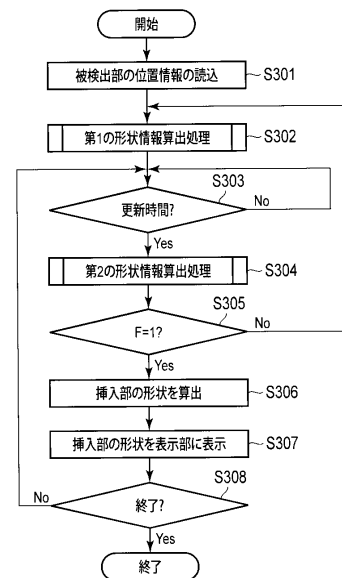
【図 18】

図 18



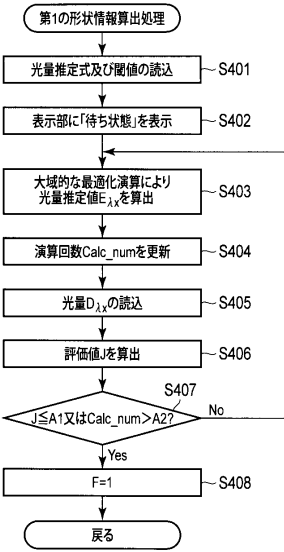
【図 19】

図 19



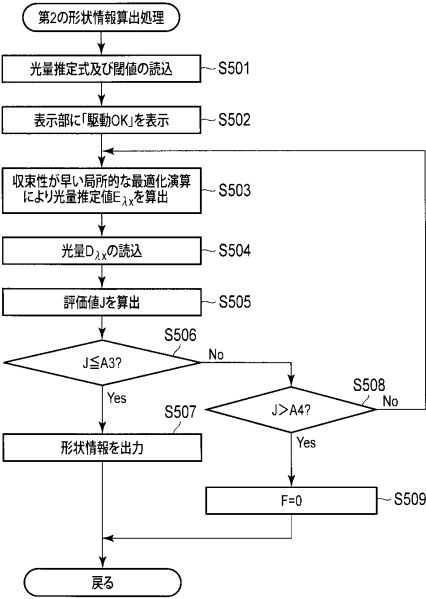
【図 20】

図 20



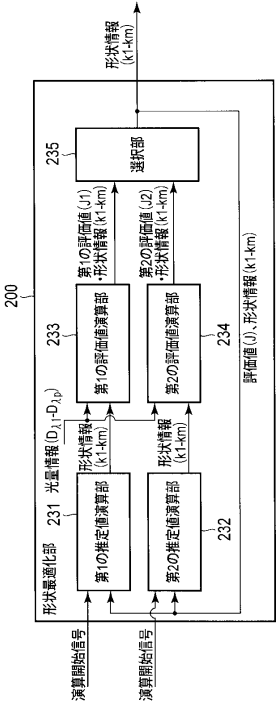
【図 21】

図 21



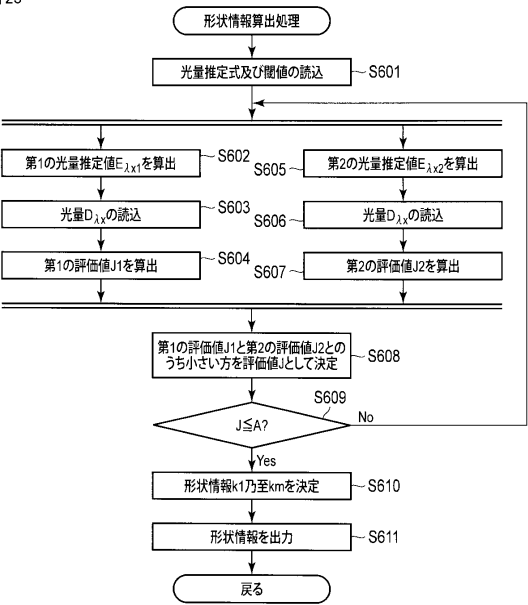
【図 22】

図 22



【図 23】

図 23



フロントページの続き

- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100179062
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 高山 晃一
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 藤田 浩正
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 佐藤 憲
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

審査官 森川 能匡

- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 1 9 5 5 0 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 1 4 0 4 4 0 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 1 / 0 5 2 4 9 1 (W O , A 1)
特開 2 0 1 3 - 3 6 9 2 5 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 3 4 7 8 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 1 / 0 0 - 1 / 3 2
G 0 2 B 2 3 / 2 4 - 2 3 / 2 6
G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0

专利名称(译)	形状估计装置，具有该形状估计装置的内窥镜系统和用于形状估计的程序		
公开(公告)号	JP6278848B2	公开(公告)日	2018-02-14
申请号	JP2014131772	申请日	2014-06-26
[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	高山晃一 藤田浩正 佐藤憲		
发明人	高山 晃一 藤田 浩正 佐藤 憲		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24		
CPC分类号	A61B34/20 A61B1/00004 A61B1/00045 A61B1/0669 A61B1/07 A61B2034/2061 G02B23/2476		
FI分类号	A61B1/00.552 G02B23/24.B A61B1/00.320.Z A61B1/01 A61B1/045.610 A61B1/045.622		
F-TERM分类号	2H040/DA03 2H040/GA11 4C161/DD03 4C161/FF21 4C161/HH55		
代理人(译)	河野直树 井上 正 冈田隆		
其他公开文献	JP2016007506A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供能够获得高精度形状的形状估计装置。 解决方案：从传感器驱动部分300的光源310发射的光根据设置在内窥镜810的插入部分812中的检测目标部分410的形状针对每个波长改变光量。光检测器320检测光量。作为波长和光量之间的关系的的光量信息被发送到控制单元100的形状计算单元110。存储单元120存储光量估计公式，该公式包括表示检测目标部分410的形状，波长和光量之间的关系的形状特征信息。形状计算单元110通过优化计算来计算光量估计值，使得作为基于光量估计公式计算的波长和光量之间的关系的的光量估计值和光量信息满足预定条件。结果，计算作为检测部分410的的形状的估计值的形状信息。 点域1

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6278848号 (P6278848)
(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)	(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 1 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) G 0 2 B 2 3 / 2 4 (2 0 0 6 . 0 1)	F I A 6 1 B 1 / 0 0 5 5 2 G 0 2 B 2 3 / 2 4 B	
請求項の数 17 (全 27 頁)		
(21) 出願番号 特願2014-131772 (P2014-131772) (22) 出願日 平成26年6月26日 (2014. 6. 26) (65) 公開番号 特開2016-7506 (P2016-7506A) (43) 公開日 平成28年1月18日 (2016. 1. 18) 審査請求日 平成29年2月13日 (2017. 2. 13)	(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2-9-51番地 (74) 代理人 100108855 弁理士 蔵田 昌俊 (74) 代理人 100108830 弁理士 福原 淑弘 (74) 代理人 100103034 弁理士 野河 信久 (74) 代理人 100075672 弁理士 峰 隆司 (74) 代理人 100153051 弁理士 河野 直樹 (74) 代理人 100140176 弁理士 砂川 克	最終頁に続く
(54) 【発明の名称】 形状推定装置、それを備えた内視鏡システム及び形状推定のためのプログラム		