

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/178279

発行日 平成30年2月22日 (2018. 2. 22)

(43) 国際公開日 平成28年11月10日 (2016. 11. 10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 5 5 2	2 H 0 4 O
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G 0 2 B 23/26	4 C 1 6 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 39 頁)

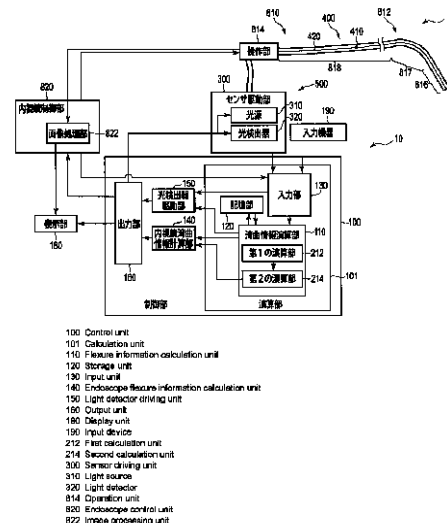
出願番号	特願2017-516243 (P2017-516243)	(71) 出願人	000000376
(21) 国際出願番号	PCT/JP2015/063134		オリンパス株式会社
(22) 国際出願日	平成27年5月1日 (2015. 5. 1)		東京都八王子市石川町2951番地
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100153051 弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100179062 弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100189913 弁理士 鵜飼 健
		(74) 代理人	100199565 弁理士 飯野 茂

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 湾曲情報導出装置、湾曲情報導出装置を備えた内視鏡システム、湾曲情報導出方法及び湾曲情報導出のためのプログラム

(57) 【要約】

湾曲情報導出装置(10)は、導光部材(420)に設けられた被検出部群(410)の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出するものである。被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有している。各被検出部は、導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調する。湾曲情報導出装置は、各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報が入力される入力部(190)と、各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、湾曲係数及び強度変調情報と検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを記憶する記憶部(130)と、光量情報と強度変調情報とに基づいて被検出部ごとの光量変化情報を算出する第1の演算部(212)と、光量変化情報と湾曲係数とに基づいて被検出部群の湾曲情報を算出する第2の演算部(214)とを備えている。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出装置であって、前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有し、各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調し、前記湾曲情報導出装置は、

各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報が入力される入力部と、

各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを記憶する記憶部と、

前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出する第 1 の演算部と、

前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出する第 2 の演算部とを備えている、前記湾曲情報導出装置。

10

【請求項 2】

前記湾曲係数は、前記被検出部群の前記湾曲情報に応じて変化する湾曲係数である、請求項 1 に記載の前記湾曲情報導出装置。

【請求項 3】

前記湾曲係数は、前記被検出部群における曲率と曲げの向きの周期関数で表される、請求項 2 に記載の前記湾曲情報導出装置。

【請求項 4】

前記周期関数は、正弦関数で表される、請求項 3 に記載の前記湾曲情報導出装置。

20

【請求項 5】

前記光量情報関係は、基準光量情報を含み、

前記基準光量情報は、前記被検出部群を所定の基準湾曲状態にした状態で取得される前記検出光量情報である、請求項 1 に記載の前記湾曲情報導出装置。

【請求項 6】

前記所定の基準湾曲状態は、前記被検出部群を直線状にした形状である、請求項 5 に記載の前記湾曲情報導出装置。

【請求項 7】

前記強度変調情報は、前記被検出部における光の吸収度合いと波長の関係である、請求項 1 に記載の前記湾曲情報導出装置。

30

【請求項 8】

第 1 の演算部及び第 2 の演算部は、最適化演算によって前記被検出部の前記湾曲情報を算出する最適化演算部を有し、

前記最適化演算部は、前記第 1 の演算部による演算において、前記光量情報関係の式の右辺と左辺の差が最小となるように、前記湾曲係数を最適化し、前記第 2 の演算部による演算において、前記湾曲係数の式の右辺と左辺の差が最小となるように、前記湾曲情報を最適化する、請求項 1 に記載の前記湾曲情報導出装置。

【請求項 9】

前記検出光量情報を取得するセンサをさらに備えており、前記センサは、光源と、

前記光源から射出された光を導光する前記導光部材と、

互いに異なる光変調特性を有する光学部材を有する前記複数の被検出部と、

前記導光部材を導光した光の、複数の波長帯域におけるそれぞれの光量を検出して前記検出光量情報を出力する光検出器とを備えている、請求項 1 に記載の前記湾曲情報導出装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の前記湾曲情報導出装置と、

前記導光部材が挿入部に設けられた内視鏡と、

前記湾曲情報に基づいて前記挿入部の湾曲情報を算出する内視鏡湾曲情報計算部とを備

50

えている、内視鏡システム。

【請求項 1 1】

導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出方法であって、前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有し、各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調し、前記湾曲情報導出方法は、

各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報を取得することと、

各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを取得することと、

前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出することと、

前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出することとを有している、前記湾曲情報導出方法。

10

【請求項 1 2】

導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出のためのプログラムであって、前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有し、各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調し、前記プログラムは、

各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報を取得することと、

各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを取得することと、

前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出することと、

前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出することとをコンピュータに実行させる、前記プログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可撓性を有する物体の湾曲状態を表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出装置、湾曲情報導出装置を備えた内視鏡システム、湾曲情報導出方法及び湾曲情報導出のためのプログラムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

挿入装置（例えば、内視鏡）の可撓性の挿入部に組み込んで挿入部の湾曲状態を検出するための装置が知られている。例えば、特開 2007-143600 号公報には、光ファイバを用いた内視鏡形状検出プローブが開示されている。この検出プローブは、内視鏡の挿入部と一体的に曲がる光ファイバを有している。光ファイバには、その長手方向において略同一の位置に、例えば X 方向及び Y 方向である 2 方向の曲率を検出するための 2 つの光変調部が設けられている。光変調部は、光ファイバを伝達する光の波長成分の強度等を変調する。このプローブでは、光変調部を通過する前後の波長成分の強度等に基づいて、光変調部における光ファイバの曲率、延いては光ファイバと一体的に曲がった挿入部の曲率が検出される。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特開 2007-143600 号公報には、波長成分の強度等に基づいて 2 方向の曲率（曲げの大きさ）をどのように算出するのかが具体的に開示されていない。また、曲率と共に光ファイバの曲げの向きをどのように算出するののかも具体的に開示されていない。

【0004】

本発明の目的は、湾曲情報（曲げの向き及び曲げの大きさ）を導出する湾曲情報導出装

50

置を提供することである。

本発明の他の目的は、湾曲情報（曲げの向き及び曲げの大きさ）を導出する湾曲情報導出装置を備えた内視鏡システムを提供することである。

本発明の他の目的は、湾曲情報（曲げの向き及び曲げの大きさ）を導出する湾曲情報導出方法を提供することである。

本発明の他の目的は、湾曲情報（曲げの向き及び曲げの大きさ）を導出する湾曲情報導出のためのプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一実施形態は、導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出装置である。前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有している。各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調する。前記湾曲情報導出装置は、各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報が入力される入力部と、各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを記憶する記憶部と、前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出する第1の演算部と、前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出する第2の演算部とを備えている。

10

【0006】

また、本発明の他の実施形態は、上述の湾曲情報導出装置と、導光部材が挿入部に設けられた内視鏡と、前記湾曲情報に基づいて前記挿入部の湾曲情報を算出する内視鏡湾曲情報計算部とを備えている内視鏡システムである。

20

【0007】

また、本発明の他の実施形態は、導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出方法である。前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有している。各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調する。前記湾曲情報導出方法は、各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報を取得することと、各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを取得することと、前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出することと、前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出することとを有している。

30

【0008】

また、本発明の他の実施形態は、導光部材に設けられた被検出部群の曲げの向き及び曲げの大きさを表す湾曲情報を導出する湾曲情報導出のためのプログラムである。前記被検出部群は、導光部材の長さに沿った同じ位置に配置された複数の被検出部を有している。各被検出部は、前記導光部材によって導光される光の強度を曲げの向き及び曲げの大きさに応じて変調する。前記プログラムは、各被検出部に対応する波長の光の検出光量情報を取得することと、各被検出部の湾曲係数及び強度変調情報と、前記湾曲係数及び前記強度変調情報と前記検出光量情報との関係を表す光量情報関係とを取得することと、前記検出光量情報と前記光量情報関係とに基づいて前記被検出部ごとの光量変化情報を算出することと、前記光量変化情報と前記湾曲係数とに基づいて前記被検出部群の前記湾曲情報を算出することとをコンピュータに実行させる。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、湾曲情報を導出することができる湾曲情報導出装置、湾曲情報導出装置を備えた内視鏡システム、湾曲情報導出方法及び湾曲情報導出のためのプログラムが提供される。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】図 1 は、第 1 の実施形態の湾曲情報導出装置を含む内視鏡システムの構成を概略的に示す図である。

【図 2】図 2 は、可撓部の湾曲の状態を表す量について説明するための図である。

【図 3】図 3 は、センサの構成の一例を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、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である。

【図 5】図 5 は、光検出器に入射する光の波長と光検出器の検出感度との関係の一例を示す図である。

【図 6】図 6 は、導光部材の光軸を含む断面図である。

10

【図 7】図 7 は、図 6 の A - A 線に沿った導光部材の径方向の断面図である。

【図 8】図 8 は、第 1 の光吸収体及び第 2 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。

【図 9 A】図 9 A は、第 1 の被検出部が内側に湾曲した状態での光の伝達を概略的に示す図である。

【図 9 B】図 9 B は、第 1 の被検出部が直線状態での光の伝達を概略的に示す図である。

【図 9 C】図 9 C は、第 1 の被検出部が外側に湾曲した状態での光の伝達を概略的に示す図である。

【図 1 0】図 1 0 は、波長と基準光量情報との関係の一例を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、第 1 の波長に対して取得された湾曲係数の一例を示す図である。

20

【図 1 2】図 1 2 は、第 2 の波長に対して取得された湾曲係数の一例を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、被検出部群を含む長さ L の可撓部が角度 θ 、曲率 κ で湾曲している状態を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、図 1 3 の湾曲状態における検出光量の一例を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、制御部における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 6】図 1 6 は、湾曲係数の取得の一例を示すフローチャートである。

【図 1 7】図 1 7 は、基準光量情報の取得の一例を示すフローチャートである。

【図 1 8】図 1 8 は、湾曲情報演算処理の一例を示すフローチャートである。

【図 1 9】図 1 9 は、センサの構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 0】図 2 0 は、第 1 の光吸収体及び第 2 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。

30

【図 2 1】図 2 1 は、センサの構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 2】図 2 2 は、ある時刻における波長と光源の発光強度との関係の一例を示す図である。

【図 2 3】図 2 3 は、図 2 2 に対応する、光検出器に入射する光の波長と光検出器の検出感度との関係の一例を示す図である。

【図 2 4】図 2 4 は、第 2 の実施形態における湾曲情報演算部の一例を示すブロック図である。

【図 2 5】図 2 5 は、第 1 の光吸収体及び第 2 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。

40

【図 2 6】図 2 6 は、第 3 の実施形態におけるセンサの構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 7】図 2 7 は、第 1、第 2、第 3 及び第 4 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。

【図 2 8 A】図 2 8 A は、可撓部のうち、第 1 の被検出部群を含む長さ L_1 の領域が角度 θ_1 、曲率 κ_1 で湾曲している状態を示す図である。

【図 2 8 B】図 2 8 B は、可撓部のうち、第 2 の被検出部群を含む長さ L_2 の領域が角度 θ_2 、曲率 κ_2 で湾曲している状態を示す図である。

【図 2 9】図 2 9 は、第 2 の被検出部群に関して、第 1 の波長に対して取得された湾曲係数の一例を示す図である。

50

【図 3 0】図 3 0 は、第 2 の被検出部群に関して、第 2 の波長に対して取得された湾曲係数の一例を示す図である。

【図 3 1】図 3 1 は、多数の被検出部群を備えた湾曲情報導出装置を含む内視鏡システムの構成を概略的に示す図である。

【図 3 2 A】図 3 2 A は、第 1 ないし第 3 の実施形態の被検出部に代替可能な別の被検出部を備えた導光部材の径方向の断面図である。

【図 3 2 B】図 3 2 B は、図 3 1 A に示された導光部材の光軸を含む断面図である。

【図 3 3】図 3 3 は、図 3 2 A と図 3 2 B に示された被検出部に代替可能な別の被検出部を備えた導光部材の光軸を含む断面図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0011】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の湾曲情報導出装置 10（以下、導出装置 10 と称する）を含む内視鏡システム 1 の構成を概略的に示す図である。内視鏡システム 1 は、内視鏡 810 と、内視鏡制御部 820 と、導出装置 10 と、表示部 180 と、入力機器 190 とを有している。

【0012】

内視鏡 810 は、被挿入体に挿入される細長い挿入部 812 と、挿入部 812 の基端側に連結された操作部 814 とを有している。挿入部 812 は、先端硬質部 816 と、先端硬質部 816 の基端側に設けられた湾曲部 817 と、湾曲部 817 の基端側に設けられた可撓管部 818 とを有している。先端硬質部 816 には、不図示の照明光学系、観察光学系、撮像素子等が内蔵されている。湾曲部 817 は、操作部 814 を操作することにより所望の方向に湾曲される。可撓管部 818 は湾曲自在である。操作部 814 は、上述の湾曲操作を初めとする内視鏡 810 の各種操作のために用いられる。

20

【0013】

内視鏡制御部 820 は、内視鏡 810 の各種動作を制御する。また、内視鏡制御部 820 は、上述の観察光学系及び撮像素子により取得された画像を処理するための画像処理部 822 を有している。

【0014】

導出装置 10 は、挿入部 812 の、特に湾曲部 817 や可撓管部 818（以下、これらを可撓部 819 と称する）の湾曲状態を表す湾曲情報を導出するための装置である。

30

【0015】

湾曲情報について、図 2 を参照して説明する。図 2 には、原点 $P_0(0, 0, 0)$ から点 $P_1(0, 0, L)$ にわたって直線状に位置された長さ L の可撓部 819 が実線で示されている。可撓部 819 が図 2 に想像線で示されるように湾曲し、点 $P_1(0, 0, L)$ が点 $P'_1(x, y, z)$ まで変位したとする。ここで、可撓部 819 は、便宜上、円弧状に湾曲しているとする。このとき、可撓部 819 の湾曲状態を表すためには、曲げの向きと曲げの大きさとの 2 つの情報が必要である。曲げの向きは、例えば、点 $P'_1(x, y, z)$ を xy 平面に投影した点 $(x, y, 0)$ と原点 $P_0(0, 0, 0)$ とを通る直線と x 軸とがなす角度 θ で表される。また、曲げの大きさは、例えば、曲率 κ 、曲率半径 $r = \kappa^{-1}$ 、中心角 $\varphi = L / r = \kappa L$ などによって表される。このように、本明細書では、可撓部 819 の湾曲状態を表すために必要な曲げの向き及び曲げの大きさが湾曲情報と称される。

40

【0016】

導出装置 10 は、センサ駆動部 300 とセンサ部 400 とからなるセンサ 500 と、制御部 100 とを有している。これらの詳細は後述する。

【0017】

表示部 180 は、一般的な表示装置であり、例えば、液晶ディスプレイ、CRT ディスプレイ又は有機 EL ディスプレイである。表示部 180 は、内視鏡制御部 820 に接続され、内視鏡制御部 820 で処理された画像を表示する。また、表示部 180 は、制御部 1

50

00に接続され、導出装置10により得られた湾曲情報等を表示する。

【0018】

入力機器190は、一般的な入力用の機器であり、例えば、キーボード、マウス等のポインティングデバイス、タグリーダ、ボタンスイッチ、スライダ、ダイヤルである。入力機器190は、制御部100に接続される。入力機器190は、ユーザが導出装置10を動作させるための各種指令を入力するために用いられる。入力機器190は、記憶媒体であってもよい。この場合、記憶媒体に記憶された情報が制御部100に入力される。

【0019】

次に、導出装置10のセンサ500について説明する。図3は、センサ駆動部300及びセンサ部400からなるセンサ500の構成の一例を示すブロック図である。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とを有している。センサ部400は、複数の被検出部を含む被検出部群410が設けられた導光部材420と、反射部材430とを有している。

【0020】

光源310は、例えば、ランプ、LED、レーザダイオードなどの一般的に知られた発光部である。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。

【0021】

被検出部群410は、図3に示されるように、少なくとも、第1の被検出部411と、第2の被検出部412とを含み、さらに、第mの被検出部41mを含んでもよい。ここでmは任意の数である。被検出部411、412、・・・、41mは、導光部材420の長手方向（光軸方向）において略同一位置に設けられている。以下では、被検出部群410は、第1の被検出部411と第2の被検出部412とからなるとして説明を続ける。

【0022】

各被検出部411、412は、例えば、導光部材420によって導光される光の強度を低減する物質、例えば光吸収体で構成されてよい。別の例では、各被検出部411、412は、導光部材420によって導光される光を吸収して、導光される光とは異なる波長の光を発する物質、例えば蛍光体で構成されてよい。

【0023】

図4は、光源310が射出する光の波長と強度との関係の一例を示す図である。光源310は、第1の波長 λ_1 及び第2の波長 λ_2 を含む発光波長領域の光を射出する。第1の波長 λ_1 は、例えば、被検出部群410を構成する第1の被検出部411の光吸収体（以下、第1の光吸収体424と称する）が吸収するスペクトルの特徴的な波長である。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（図8参照）。同様に、第2の波長 λ_2 は、被検出部群410を構成する第2の被検出部412の光吸収体（以下、第2の光吸収体425と称する）が吸収するスペクトルの特徴的な波長である。

【0024】

光検出器320は、分光器やカラーフィルタのような分光のための素子と、フォトダイオードのような受光素子とを有している。光検出器320は、所定の波長領域の光の強度を検出し、検出光量情報を出力する。ここで、検出光量情報とは、所定の波長領域における特定の波長とその波長における光強度との関係を表す情報である。

【0025】

図5は、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示す図である。光検出器320は、上述の第1の波長 λ_1 及び第2の波長 λ_2 を含む波長領域内に検出感度を有している。光検出器320は、例えば波長 λ_1 、 λ_2 における検出した光強度を表す検出光量情報を制御部100に出力する。

【0026】

なお、光検出器は、分光特性を有する光検出器に限定されない。光源及び光検出器には、光源と光検出器との組み合わせにより複数の所定の波長領域ごとの光量を検出する態様が含まれる。例えば、光源及び光検出器には、光源から狭帯域光を時間で順番に射出し、

10

20

30

40

50

広帯域光検出器で各波長領域の光量を検出する態様が含まれる。

【 0 0 2 7 】

図 3 を再び参照すると、光分岐部 3 3 0 は、光源 3 1 0 及び光検出器 3 2 0 に光学的に接続されている。光分岐部 3 3 0 は、光カプラやハーフミラー等を有している。光分岐部 3 3 0 は、光源 3 1 0 から射出された光を導光部材 4 2 0 に導き、また、導光部材 4 2 0 によって導かれた光を光検出器 3 2 0 に導く。

【 0 0 2 8 】

反射防止部材 3 4 0 は、光分岐部 3 3 0 に光学的に接続されている。反射防止部材 3 4 0 は、光源 3 1 0 から射出された光のうち導光部材 4 2 0 に入射しなかった光が光検出器 3 2 0 に戻るのを防ぐ。

10

【 0 0 2 9 】

導光部材 4 2 0 は、例えば光ファイバであり、可撓性を有する。導光部材 4 2 0 の基端は、光分岐部 3 3 0 に接続されている。導光部材 4 2 0 は、図 1 に概略的に示されるように、挿入部 8 1 2 内にその長手方向に沿って組み込まれている。導光部材 4 2 0 には、挿入部 8 1 2 のうち湾曲情報を算出したい箇所に、例えば可撓部 8 1 9 に被検出部群 4 1 0 が配置されている。

【 0 0 3 0 】

図 6 は、導光部材 4 2 0 の光軸を含む断面図である。図 7 は、図 6 の A - A 線に沿った導光部材 4 2 0 の径方向の断面図である。導光部材 4 2 0 は、コア 4 2 3 と、コア 4 2 3 を囲んでいるクラッド 4 2 2 と、クラッド 4 2 2 を囲んでいるジャケット 4 2 1 とを有している。

20

【 0 0 3 1 】

第 1 の被検出部 4 1 1 は、ジャケット 4 2 1 及びクラッド 4 2 2 の一部を除去しコア 4 2 3 を露出させて、露出したコア 4 2 3 上に第 1 の光吸収体 4 2 4 を設けることにより形成されている。第 2 の被検出部 4 1 2 は、導光部材 4 2 0 の長手方向において第 1 の被検出部 4 1 1 と略同一の位置で、かつ、例えば、導光部材 4 2 0 の径方向の断面において第 1 の被検出部 4 1 1 と略直交する位置に、第 1 の被検出部 4 1 1 と同様のやり方で第 2 の光吸収体 4 2 5 を設けることにより形成されている。なお、光吸収体に限定されることなく、導光される光のスペクトルに対して影響を与える光学部材が用いられることができ、光学部材は、例えば波長変換部材（蛍光体）であってもよい。

30

【 0 0 3 2 】

図 8 は、第 1 の光吸収体 4 2 4 及び第 2 の光吸収体 4 2 5 における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。図 8 に示されるように、異なる被検出部 4 1 1、4 1 2 に設けられた光吸収体 4 2 4、4 2 5 は、吸収係数が波長に依存して変化し、すなわち互いに異なる吸光特性を有している。

【 0 0 3 3 】

被検出部 4 1 1、4 1 2 の湾曲状態と導光部材 4 2 0 を導光する光の伝達量との関係について説明する。図 9 A 乃至図 9 C は、導光部材 4 2 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 付近を導光する光を概略的に示す図である。これら図では、第 2 の被検出部 4 1 2 は図示していない。導光部材 4 2 0 が直線状態の場合には、図 9 B に示されるように、導光部材 4 2 0 を導光する光の一部が光吸収体 4 2 4 に吸収される。これに対して、光吸収体 4 2 4 が内側にくるように導光部材 4 2 0 が湾曲した場合には、光吸収体 4 2 4 に当たる光が減少するため、光吸収体 4 2 4 による光の吸収量が小さくなる（図 9 A）。従って、導光部材 4 2 0 を導光する光の伝達量が増加する。一方、被検出部群 4 1 0 が外側にくるように導光部材 4 2 0 が湾曲した場合には、光吸収体 4 2 4 に当たる光が増加するため、光吸収体 4 2 4 による光の吸収量が大きくなる（図 9 C）。従って、導光部材 4 2 0 を導光する光の伝達量が減少する。

40

【 0 0 3 4 】

このように、第 1 の被検出部 4 1 1 の湾曲状態に応じて、導光部材 4 2 0 を導光する光の量が変化する。第 2 の被検出部 4 1 2 に関しても同様である。

50

【 0 0 3 5 】

図 3 を再び参照すると、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、すなわち先端には、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 の方向に戻るよう反射させる。

【 0 0 3 6 】

次に、導出装置 1 0 の制御部 1 0 0 について、図 1 を再び参照して説明する。制御部 1 0 0 は、例えばパーソナルコンピュータ等の電子計算機によって構成されることができる。制御部 1 0 0 は、演算部 1 0 1 と、内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 と、光検出器駆動部 1 5 0 と、出力部 1 6 0 とを有している。

10

【 0 0 3 7 】

演算部 1 0 1 は、例えば CPU や ASIC などを含む機器等によって構成されている。演算部 1 0 1 は、入力部 1 3 0 と、記憶部 1 2 0 と、湾曲情報演算部 1 1 0 とを有している。

【 0 0 3 8 】

入力部 1 3 0 には、センサ駆動部 3 0 0 の光検出器 3 2 0 から検出光量情報が入力される。入力部 1 3 0 は、入力された検出光量情報を湾曲情報演算部 1 1 0 に伝達する。また、入力部 1 3 0 には、被検出部群 4 1 0 の後述する湾曲係数が入力される。さらに、入力部 1 3 0 には、内視鏡制御部 8 2 0 から出力された情報も入力される。入力部 1 3 0 は、これら入力された情報を湾曲情報演算部 1 1 0 又は光検出器駆動部 1 5 0 に伝達する。

20

【 0 0 3 9 】

記憶部 1 2 0 は、湾曲情報演算部 1 1 0 が行う演算に必要な各種情報を記憶している。記憶部 1 2 0 は、例えば計算アルゴリズムを含むプログラム、被検出部群 4 1 0 の湾曲係数、光量情報関係、基準光量情報、強度変調情報等を記憶している。

【 0 0 4 0 】

湾曲情報演算部 1 1 0 は、入力部 1 3 0 を介して取得した検出光量情報と、記憶部 1 2 0 に記憶されている後述する光量情報関係、基準光量情報、強度変調情報及び湾曲係数とに基づいて、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を算出する。湾曲情報演算部 1 1 0 は、第 1 の演算部 2 1 2 と第 2 の演算部 2 1 4 を有している。第 1 の演算部 2 1 2 は、入力部 1 3 0 を介して取得した検出光量情報と、記憶部 1 2 0 に記憶されている光量情報関係、基準光量情報及び強度変調情報とに基づいて被検出部 4 1 1、4 1 2 ごとの光量変化情報を算出する。第 2 の演算部 2 1 4 は、第 1 の演算部 2 1 2 によって算出された光量変化情報と、記憶部 1 2 0 に記憶されている湾曲係数とに基づいて、被検出部群 4 1 0 における湾曲情報を算出する。湾曲情報演算部 1 1 0 は、算出した湾曲情報を内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 及び出力部 1 6 0 に伝達する。また、湾曲情報演算部 1 1 0 は、光検出器 3 2 0 のゲイン等、湾曲情報の算出に必要な光検出器 3 2 0 の動作に関する情報を光検出器駆動部 1 5 0 に出力する。

30

【 0 0 4 1 】

内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 は、例えば CPU や ASIC などを含む。内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 は、湾曲情報演算部 1 1 0 で算出された被検出部群 4 1 0 の湾曲情報に基づいて、被検出部群 4 1 0 が配置されている挿入部 8 1 2 の湾曲情報を算出する。算出された湾曲情報は、出力部 1 6 0 に伝達される。なお、内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 は、湾曲情報演算部 1 1 0 に組み込まれていてもよい。

40

【 0 0 4 2 】

光検出器駆動部 1 5 0 は、入力部 1 3 0 や湾曲情報演算部 1 1 0 から取得した情報に基づいて、光検出器 3 2 0 の駆動信号を生成する。この駆動信号により、光検出器駆動部 1 5 0 は、例えば、入力部 1 3 0 を介して取得したユーザの指示に基づいて、光検出器 3 2 0 の動作のオン/オフを切り替えたり、湾曲情報演算部 1 1 0 から取得した情報に基づいて、光検出器 3 2 0 のゲインを調整したりする。また、光検出器駆動部 1 5 0 は、光源 3 1 0 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 1 5 0 は、生成した

50

駆動信号を出力部 1 6 0 に伝達する。

【 0 0 4 3 】

出力部 1 6 0 は、湾曲情報演算部 1 1 0 から取得した被検出部群 4 1 0 の湾曲情報や内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 から取得した挿入部 8 1 2 の湾曲情報を表示部 1 8 0 に出力する。また、出力部 1 6 0 は、取得したこれら湾曲情報を内視鏡制御部 8 2 0 に出力する。また、出力部 1 6 0 は、光検出器駆動部 1 5 0 からの駆動信号を光検出器 3 2 0 に出力する。

【 0 0 4 4 】

本実施形態の内視鏡システム 1 及び導出装置 1 0 の動作について説明する。

内視鏡 8 1 0 の挿入部 8 1 2 は、ユーザによって被挿入体内に挿入される。このとき、挿入部 8 1 2 は、被挿入体の形状に追従して湾曲する。内視鏡 8 1 0 は、挿入部 8 1 2 内の観察光学系及び撮像素子により画像信号を得る。得られた画像信号は、内視鏡制御部 8 2 0 の画像処理部 8 2 2 に伝達される。画像処理部 8 2 2 は、取得した画像信号に基づいて、被挿入体の内部の画像を作成する。画像処理部 8 2 2 は、作成した画像を表示部 1 8 0 に表示させる。

10

【 0 0 4 5 】

ユーザが挿入部 8 1 2 の湾曲情報を表示部 1 8 0 に表示させたいとき、あるいは内視鏡制御部 8 2 0 に挿入部 8 1 2 の湾曲情報を用いた各種動作を行わせたいときには、ユーザはその旨を入力機器 1 9 0 により制御部 1 0 0 に入力する。このとき、導出装置 1 0 が動作する。

20

【 0 0 4 6 】

導出装置 1 0 が動作すると、センサ駆動部 3 0 0 の光源 3 1 0 は、所定の発光波長領域の光を射出する。光源 3 1 0 から射出された光は、光分岐部 3 3 0 を介してセンサ部 4 0 0 の導光部材 4 2 0 へと導かれる。導かれた光は、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群 4 1 0 の湾曲状態に応じて導光部材 4 2 0 中の光量が変化し、伝達される光量が波長毎に変化する。そして、この光は、反射部材 4 3 0 で反射して折り返し、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 に到達する。光検出器 3 2 0 は、到達した光の強度を波長毎に検出する。

30

【 0 0 4 7 】

光検出器 3 2 0 は、波長及び検出した光の強度についての検出光量情報を制御部 1 0 0 の入力部 1 3 0 に出力する。入力された検出光量情報は入力部 1 3 0 から湾曲情報演算部 1 1 0 で取得されて、湾曲情報演算部 1 1 0 が被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を算出する。

【 0 0 4 8 】

算出された被検出部群 4 1 0 の湾曲情報は、内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 で取得される。内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 は、取得した湾曲情報に基づいて、挿入部 8 1 2 の湾曲情報を算出する。

【 0 0 4 9 】

湾曲情報演算部 1 1 0 で算出された被検出部群 4 1 0 の湾曲情報や内視鏡湾曲情報計算部 1 4 0 で算出された挿入部 8 1 2 の湾曲情報は、出力部 1 6 0 を介して内視鏡制御部 8 2 0 で取得される。内視鏡制御部 8 2 0 は、取得したこれら湾曲情報に基づいて内視鏡 8 1 0 の動作を制御する。また、これら湾曲情報は、出力部 1 6 0 を介して表示部 1 8 0 に表示される。

40

【 0 0 5 0 】

さらに、入力部 1 3 0 に入力された情報及び湾曲情報演算部 1 1 0 で算出された被検出部群 4 1 0 の湾曲情報が、光検出器駆動部 1 5 0 で取得される。光検出器駆動部 1 5 0 は、取得した情報に基づいて、出力部 1 6 0 を介して光検出器 3 2 0 に駆動信号を伝達し、光検出器 3 2 0 の動作を制御する。

【 0 0 5 1 】

このように、導出装置 1 0 によれば、演算部 1 0 1 により被検出部群 4 1 0 の湾曲情報

50

が取得される。さらに、取得された湾曲情報に基づいて内視鏡湾曲情報計算部 140 が挿入部 812 の湾曲情報を算出する。これにより、内視鏡 810 の操作中にユーザが被検出部群 410 や挿入部 812 の湾曲情報を把握することができる。また、内視鏡制御部 820 が、これら湾曲情報に応じて内視鏡 810 の動作を適切に制御することができる。

【0052】

本実施形態の導出装置 10 において演算部 101 で行われる演算について詳述する。

まず、導出装置 10 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 により検出される波長 λ_n の光についての検出光量情報 D_{λ_n} は、以下の式 (1) で与えられる。

【0053】

【数 1】

$$D_{\lambda_n} = E_{\lambda_n} \times A_{\lambda_n} \times B_{\lambda_n} \times C_{\lambda_n} \quad \dots(1)$$

【0054】

ここで、 E_{λ_n} は光源 310 から射出される波長 λ_n の光についての射出光量であり、 A_{λ_n} は第 1 の光吸収体 424 における波長 λ_n の光の吸収率であり、 B_{λ_n} は第 2 の光吸収体 425 における波長 λ_n の光の吸収率であり、 C_{λ_n} は光分岐部 330、導光部材 420、反射部材 430 等、センサ駆動部 300 及びセンサ部 400 において光が伝達する光路に含まれる被検出部群 410 以外の部材による波長 λ_n の光の吸収率である。

【0055】

射出光量 E_{λ_n} と吸収率 C_{λ_n} は、被検出部群 410 の曲げの向きや曲げの大きさに依存しない。従って、検出光量情報 D_{λ_n} を表す式 (1) は、式 (2) のように書き換えられる。

【0056】

【数 2】

$$D_{\lambda_n} = I_{\lambda_n} \times F_{\lambda_n} \times G_{\lambda_n} \quad \dots(2)$$

【0057】

ここで、 I_{λ_n} は、基準光量情報であり、被検出部群 410 (各被検出部 411、412) が、基準となる所定の形状 (以下、基準湾曲状態と称する) であるときに、光検出器 320 によって検出される波長 λ_n の光についての光量である。また、 F_{λ_n} は、第 1 の被検出部 411 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 2 の被検出部 412 が基準湾曲状態にあるときの波長 λ_n の光についての光量と基準光量情報 I_{λ_n} との比である。 G_{λ_n} は、第 2 の被検出部 412 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 1 の被検出部 411 が基準湾曲状態にあるときの波長 λ_n の光についての光量と基準光量情報 I_{λ_n} との比である。

【0058】

被検出部群 410 の各被検出部 411、412 の各光吸収体 424、425 における光の吸収係数は、被検出部群 410 の曲げの向き、例えば上述の角度 θ と、曲げの大きさ、例えば曲率 κ とに応じて変化する。従って、被検出部群 410 の第 1 の被検出部 411 と第 2 の被検出部 412 における変化率 F_{λ_n} と G_{λ_n} は、それぞれ、以下の式 (3) と式 (4) で与えられる。

【0059】

【数 3】

$$F_{\lambda_n} = e^{\alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\lambda_n}} \quad \dots(3)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

【 数 4 】

$$G_{\lambda n} = e^{\beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda n}} \quad \cdots(4)$$

【 0 0 6 1 】

ここで、関数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 及び $\beta(\theta, \kappa)$ は、それぞれ、被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 についての湾曲係数である。 $U_{\alpha \lambda n}$ 及び $U_{\beta \lambda n}$ は、それぞれ、被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 についての強度変調情報である。式 (2)、式 (3)、式 (4) より、以下の式 (5) が得られる。 10

【 0 0 6 2 】

【 数 5 】

$$D_{\lambda n}(\theta, \kappa) = I_{\lambda n} \cdot e^{\alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda n}} \cdot e^{\beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda n}} \quad \cdots(5)$$

【 0 0 6 3 】

式 (5) において、左辺は任意の湾曲状態における検出光量情報を表し、右辺は基準光量情報と湾曲係数と強度変調情報とに基づいて生成される算出光量値を表す。式 (5) の両辺の自然対数を取ることににより、以下の式 (6) で表わされる光量情報関係が得られる。 20

【 0 0 6 4 】

【 数 6 】

$$\ln[D_{\lambda n}(\theta, \kappa)] = \ln(I_{\lambda n}) + \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda n} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda n} \quad \cdots(6)$$

【 0 0 6 5 】

対数を取ることににより、式 (5) の右辺が加算で表現される。これにより、式 (5) よりも式 (6) の方が、計算が容易になる。 30

【 0 0 6 6 】

基準光量情報 $I_{\lambda n}$ を決定するための基準湾曲状態には、例えば、被検出部群 4 1 0 が直線形状である場合、すなわち被検出部 4 1 1、4 1 2 の曲率が 0 であり曲率半径が ∞ である場合が採用される。しかしながら、基準湾曲状態はこれに限定されず、直線形状以外の形状であってもよい。以下、基準湾曲状態として被検出部群 4 1 0 が直線形状であるものを採用した場合について説明する。なお、直線形状での被検出部群 4 1 0 の上記の角度 θ は便宜上 0 とする。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 は、波長と基準光量情報との関係の一例を示す図である。基準光量情報 $I_{\lambda n}$ は、被検出部群 4 1 0 が基準湾曲状態であるとき、すなわち $\theta = 0$ 、 $\kappa = 0$ のときの光量 $D_{\lambda n}(0, 0)$ で与えられる。つまり、基準光量情報 $I_{\lambda n}$ は、以下の式 (7) で与えられる。 40

【 0 0 6 8 】

【 数 7 】

$$I_{\lambda n} = D_{\lambda n}(0, 0) \quad \cdots(7)$$

【 0 0 6 9 】

湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ は、被検出部群 4 1 0 の上述の角度 θ と曲率 κ を 50

取り得る範囲で変化させることにより取得される。演算に使用される波長 λ_n は、被検出部411、412においてそれぞれ吸収される光の波長 λ_1 、 λ_2 である。図11は、第1の波長 λ_1 に対して取得された湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、すなわち第1の被検出部411の湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$ の一例を示す図である。図12は、第2の波長 λ_2 に対して取得された湾曲係数 $\beta(\theta, \kappa)$ 、すなわち第2の被検出部412の湾曲係数 $\beta(\theta, \kappa)$ の一例を示す図である。このように、曲率によって振幅や位相が異なることにより、角度 θ と曲率 κ との導出が可能である。図11と図12には、それぞれ、2つの曲率 κ_a 、 κ_b ($\kappa_a > \kappa_b$) に対する湾曲係数が示されている。しかしながら、取得される湾曲係数は、これらに限定されるものではなく、さまざまな曲率 κ に対して、角度 θ と被検出部群410における湾曲係数との関係が取得される。

10

【0070】

湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ は、いずれも周期関数で表すことができ、例えば、それぞれ、以下の式(8)、式(9)の正弦関数で近似的に表されることができる。

【0071】

【数8】

$$\alpha(\theta, \kappa) = a_{\alpha}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\alpha}(\kappa)] + c_{\alpha}(\kappa) \quad \dots(8)$$

【0072】

【数9】

20

$$\beta(\theta, \kappa) = a_{\beta}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\beta}(\kappa)] + c_{\beta}(\kappa) \quad \dots(9)$$

【0073】

ここで、 $a_{\alpha}(\kappa)$ 、 $a_{\beta}(\kappa)$ は振幅であり、 $b_{\alpha}(\kappa)$ 、 $b_{\beta}(\kappa)$ は位相であり、 $c_{\alpha}(\kappa)$ 、 $c_{\beta}(\kappa)$ はオフセットである。

【0074】

なお、周期関数は1次の正弦波で表されるものに限定されず、例えば、関数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ として高次の正弦波を組み合わせたフーリエ級数を用いれば精度がよい。

30

【0075】

湾曲係数や基準光量情報は、例えば、内視鏡システム1の製造時や内視鏡システム1の組立て時等に予め取得され、記憶部120に予め記憶される。あるいは、湾曲係数や基準光量情報は、使用の度に取得されてもよい。

【0076】

次に、導出装置10の使用時に演算部101で行われる演算について説明する。被検出部群410を含む長さLの可撓部819が、図13に示される角度 θ 、曲率 κ で湾曲している状態を考える。図14は、この湾曲状態における波長と検出光量との関係の一例を示す図である。

40

【0077】

本実施形態では、次のようにして、被検出部群410における角度 θ と曲率 κ を求める。

【0078】

まず、第1の演算部212において、光検出器320により検出された第1の波長 λ_1 及び第2の波長 λ_2 における検出光量情報 D_{λ_1} 及び D_{λ_2} に基づいて、光量情報関係に従って得られる以下の式(10)で表される二元一次連立方程式を $\alpha(\theta, \kappa)$ と $\beta(\theta, \kappa)$ について解く。

【0079】

50

【数 1 0】

$$\begin{cases} \ln[D_{\lambda 1}(\theta, \kappa)] - \ln(I_{\lambda 1}) = \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda 1} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda 1} \\ \ln[D_{\lambda 2}(\theta, \kappa)] - \ln(I_{\lambda 2}) = \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda 2} + \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda 2} \end{cases} \quad \dots(10)$$

【0 0 8 0】

基準光量情報 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ と強度変調情報 $U_{\alpha \lambda 1}$ 、 $U_{\beta \lambda 1}$ 、 $U_{\alpha \lambda 2}$ 、 $U_{\beta \lambda 2}$ は、上述したように予め取得され記憶部 1 2 0 に記憶されている。従って、第 1 の演算部 2 1 2 において、検出光量情報 $D_{\lambda 1}$ 、 $D_{\lambda 2}$ と基準光量情報 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ と強度変調情報 $U_{\alpha \lambda 1}$ 、 $U_{\beta \lambda 1}$ 、 $U_{\alpha \lambda 2}$ 、 $U_{\beta \lambda 2}$ とに基づいて、被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 における光量変化情報 α 及び β を算出することができる。

10

【0 0 8 1】

次に、第 2 の演算部 2 1 4 において、第 1 の演算部 2 1 2 で算出された光量変化情報 α 及び β と、記憶部 1 2 0 に記憶されている湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$ 、 $\beta(\theta, \kappa)$ に従って得られる以下の式 (1 1) で表される二元連立方程式を θ と κ について解く。

【0 0 8 2】

【数 1 1】

20

$$\begin{cases} \alpha(\theta, \kappa) = a_{\alpha}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\alpha}(\kappa)] + c_{\alpha}(\kappa) \\ \beta(\theta, \kappa) = a_{\beta}(\kappa) \cdot \sin[\theta + b_{\beta}(\kappa)] + c_{\beta}(\kappa) \end{cases} \quad \dots(11)$$

【0 0 8 3】

このようにして、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報、すなわち被検出部群 4 1 0 における角度 θ 及び曲率 κ 、言い換えれば被検出部群 4 1 0 の曲げの向き及び曲げの大きさを求めることができる。なお、光量情報関係は、上述のような関数の形式で表されたものに限定されず、波長と光量との関係を保存した表（ルックアップテーブル）で表されたものであってもよい。

30

【0 0 8 4】

また、被検出部群の曲げの大きさを表すパラメータを曲率とし、湾曲係数を用いた湾曲情報導出演算について説明してきたが、曲げの大きさを表すパラメータとして曲率半径などの他のパラメータ、及びそれに対応する湾曲係数を用いた湾曲情報導出演算を採用することができる。

【0 0 8 5】

図 1 5 は、制御部 1 0 0 における処理の流れを示すフローチャートである。ステップ S 1 において、制御部 1 0 0 は、記憶部 1 2 0 に記憶されている強度変調情報を読み込む。

40

【0 0 8 6】

強度変調情報の記憶部 1 2 0 へ格納は、例えば、工場出荷時におこなわれる。あるいは、強度変調情報は、可搬性の記憶媒体に保存されていて、入力機器 1 9 0 から読み込まれてもよい。

【0 0 8 7】

強度変調情報は、例えば、次のようにして取得される。ただ 1 つの被検出部が形成された導光部材を有するセンサの被検出部に、強度変調情報を取得したい光吸収体を配置する。導光部材を基準湾曲状態に設定しておいて基準光量情報を得る。被検出部を任意の形状に湾曲させて検出光量情報を得る。任意形状における検出光量情報を基準光量情報で除算し、その自然対数をとる。

50

【 0 0 8 8 】

ステップ S 2 において、制御部 1 0 0 は、湾曲係数が記憶部 1 2 0 に記憶されているかどうかを判定する。記憶されていないと判定された場合 (N O)、ステップ S 3 に進み、制御部 1 0 0 が湾曲係数を取得する。

【 0 0 8 9 】

図 1 6 は、湾曲係数の取得の一例を示すフローチャートである。ステップ S 3 1 において、制御部 1 0 0 が基準光量情報 I_{λ} を取得する。

【 0 0 9 0 】

図 1 7 は、基準光量情報の取得の一例を示すフローチャートである。ステップ S 3 1 1 において、制御部 1 0 0 が、被検出部群 4 1 0 を基準湾曲状態に (本実施形態では直線形状に) 設定する。なお、被検出部群 4 1 0 を手動で基準湾曲状態に設定する場合には、ステップ S 3 1 1 において、制御部 1 0 0 が、被検出部群 4 1 0 が基準湾曲状態になっているかを確認する。ステップ S 3 1 2 において、制御部 1 0 0 が基準湾曲状態での基準光量情報 I_{λ} を取得する (式 (7))。ステップ S 3 1 3 において、取得した基準光量情報 I_{λ} が記憶部 1 2 0 に記憶される。そして、基準光量情報 I_{λ} の取得が終了し、ステップ S 3 2 に進む。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 を再び参照して、ステップ S 3 2 において、被検出部群 4 1 0 が配置されている導光部材 4 2 0 の部分を既知の曲げ向きと曲率で湾曲させて検出光量情報を取得する。検出光量情報は、例えば、曲げの大きさを曲率 κ_a 、 κ_b に調節しておき、曲げの向きを手動で変化させることによって、または、不図示の曲げ設定機構で機械的に変化させることによって取得することができる。あるいは、既知の曲げ向きと曲率で湾曲させる際に校正器を使用してもよい。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 3 3 において、光量情報関係を用いて、各被検出部の光量変化情報成分に分解し、各被検出部の湾曲係数 $\alpha (\theta , \kappa)$ 、 $\beta (\theta , \kappa)$ を求める。湾曲状態 (曲げの向きと曲率) が既知であるので、図 1 1、図 1 2 に示されるグラフをプロットでき、各被検出部の湾曲係数の近似式を得ることができる。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 3 4 において、得られた各被検出部の湾曲係数が記憶部 1 2 0 に記憶される。これにて湾曲係数の取得が終了する。

【 0 0 9 4 】

図 1 5 を再び参照して、ステップ S 3 における湾曲係数の取得後、あるいは、ステップ S 2 において湾曲係数が記憶部 1 2 0 に記憶されていると判定された場合 (Y E S)、ステップ S 4 に進む。なお、ステップ S 2 において Y E S と判定される場合とは、例えば、湾曲係数の取得が内視鏡システム 1 の工場出荷時や組立て時に行われている場合である。

【 0 0 9 5 】

ステップ S 4 において、制御部 1 0 0 は、基準光量情報の再取得の要求があるかどうかを判定する。要求があると判定された場合 (Y E S)、ステップ S 5 に進む。そして、ステップ S 5 において、制御部 1 0 0 は、上述した基準光量情報の取得のサブルーチン (ステップ S 3 1 1 ~ S 3 1 3) により基準光量情報を取得する。なお、このような再取得の要求があるのは、例えば、上述の制御部 1 0 0 とは異なる他の制御部との接続を行った場合や、センサ駆動部 3 0 0 とセンサ部 4 0 0 との分離及び再接続が行われた場合である。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 5 における基準光量情報 I_{λ} の取得後、あるいは、ステップ S 4 において要求がないと判定された場合 (N O)、ステップ S 6 に進み、制御部 1 0 0 の演算部 1 0 1 が被検出部群 4 1 0 の湾曲情報演算を行う。

【 0 0 9 7 】

図 1 8 は、湾曲情報演算処理の一例を示すフローチャートである。ステップ S 6 1 において、湾曲情報演算部 1 1 0 が記憶部 1 2 0 から光量情報関係と基準光量情報 I_{λ} と強度

10

20

30

40

50

変調情報 $U_{\alpha \lambda 1}$, $U_{\beta \lambda 1}$, $U_{\alpha \lambda 2}$, $U_{\beta \lambda 2}$ と湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$, $\beta(\theta, \kappa)$ を読み出す。ステップ S 6 2 において、湾曲情報演算部 1 1 0 が、入力部 1 3 0 を介して光検出器 3 2 0 により、任意の湾曲状態における波長 $\lambda 1$, $\lambda 2$ の光の検出光量情報 $D_{\lambda 1}$, $D_{\lambda 2}$ を取得する。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 6 3 において、第 1 の演算部 2 1 2 が、検出光量情報 $D_{\lambda 1}$, $D_{\lambda 2}$ と光量情報関係と基準光量情報 I_{λ} と強度変調情報 $U_{\alpha \lambda 1}$, $U_{\beta \lambda 1}$, $U_{\alpha \lambda 2}$, $U_{\beta \lambda 2}$ から、光量変化情報 α , β を求める。具体的には、 $D_{\lambda 1}(\theta, \kappa) = D_{\lambda 1}$, $D_{\lambda 2}(\theta, \kappa) = D_{\lambda 2}$ のもとで、式 (1 0) で表された二元一次連立方程式を解いて、 $\alpha(\theta, \kappa)$, $\beta(\theta, \kappa)$ の値を求める。このようにして求められた $\alpha(\theta, \kappa)$, $\beta(\theta, \kappa)$ の値が、それぞれ、被検出部 4 1 1 , 4 1 2 における光量変化情報 α , β である。この二元一次連立方程式は、行列演算で解くことができるので、計算負荷が軽い。

10

【 0 0 9 9 】

ステップ S 6 4 において、第 2 の演算部 2 1 4 が、第 1 の演算部 2 1 2 によって求められた光量変化情報 α , β と、式 (8) と式 (9) で表された湾曲係数 $\alpha(\theta, \kappa)$, $\beta(\theta, \kappa)$ の近似式から、被検出部群 4 1 0 における角度 θ 及び曲率 κ 、すなわち被検出部群 4 1 0 の曲げの向き及び曲率を求める。具体的には、 $\alpha(\theta, \kappa) = \alpha$, $\beta(\theta, \kappa) = \beta$ のもとで、式 (1 1) で表された二元連立方程式を解いて、 θ , κ の値を求める。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 6 5 において、湾曲情報演算部 1 1 0 が、求めた角度 θ と曲率 κ を出力部 1 6 0 に伝達する。これにて湾曲情報演算が終了する。

20

【 0 1 0 1 】

図 1 5 を再び参照して、ステップ S 6 における湾曲情報演算処理後、ステップ S 7 に進む。ステップ S 7 において、制御部 1 0 0 は、湾曲情報の演算を行うかどうかを判定する。行くと判定された場合 (Y E S)、ステップ S 2 に戻り、ステップ S 2 以降の処理が繰り返される。行わないと判定された場合 (N O)、終了する。

【 0 1 0 2 】

なお、湾曲係数は被検出部群 4 1 0 の光吸収体 4 2 4、4 2 5 の吸光特性のみに依存し、光源 3 1 0 や光検出器 3 2 0 の特性に依存しない。従って、センサ駆動部 3 0 0 の各構成部を分離し、例えば、所定の発光波長領域の光を射出する光源や、制御部 1 0 0 が必要とする全波長にわたって検出感度を有する光検出器を用いてもよい。すなわち、他の光源や光検出器による湾曲係数の取得が可能であり、また、他のセンサ駆動部との付け替えが可能である。

30

【 0 1 0 3 】

本実施形態によれば、センサ部 4 0 0 を構成する導光部材 4 2 0 には、その長手方向において略同一位置に形成された複数の被検出部を含む被検出部群 4 1 0 が設けられている。被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を導出するために、被検出部の個数以上の波長が用いられる。被検出部群 4 1 0 におけるこれら波長毎の検出光量情報は、センサ駆動部 3 0 0 の光検出器 3 2 0 により検出される。湾曲情報演算部 1 1 0 は、まず、第 1 の演算部 2 1 2 において、検出光量情報と、記憶部 1 2 0 に予め記憶された光量情報関係とに基づいて光量変化情報を算出し、続いて、第 2 の演算部 2 1 4 において、算出された光量変化情報と、記憶部 1 2 0 に予め記憶された湾曲係数とに基づいて、被検出部群 4 1 0 については挿入部 8 1 2 の湾曲情報を導出する。このように、本実施形態によれば、湾曲情報を導出することができる湾曲情報導出装置を提供することができる。

40

【 0 1 0 4 】

また、本実施形態によれば、湾曲情報を求めるために被検出部群 4 1 0 における光の湾曲係数を用いている。従って、センサ駆動部 3 0 0 の光源 3 1 0 のスペクトルや光検出器 3 2 0 の分光感度に依存することなく湾曲情報演算を行うことができる。

【 0 1 0 5 】

また、本実施形態によれば、光源 3 1 0 と、導光部材 4 2 0 に設けられた被検出部群 4

50

１０との間の距離の情報は、湾曲情報演算に必要とされない。従って、光源３１０と被検出部群４１０との位置関係を考慮することなく、湾曲情報演算を行うことができる。

【０１０６】

さらに、本実施形態によれば、センサ駆動部３００の光分岐部３３０やセンサ部４００の反射部材４３０による光の吸収や損失は、被検出部群４１０の曲げの大きさに依存せず一定である。従って、基準光量情報を求める際にも、これらの損失を含んだ状態である。このため、光分岐部３３０や反射部材４３０の影響を別途考慮することなく計算をすることができる。

【０１０７】

第１の実施形態は、以下のような態様であってもよい。

10

【０１０８】

（第１の態様）

ステップＳ４で判断される基準光量情報の再取得の要求は、例えばセンサ駆動部３００の光分岐部３３０とセンサ部４００の導光部材４２０との分離、再接続が行われた場合に発生する。制御部１００は、このような場合に接続が維持されているか、すなわち分離、再接続が行われたかどうかを判断するように構成されていてもよい。

【０１０９】

（第２の態様）

図１９は、センサ５００の構成の一例を示すブロック図である。この態様では、センサ部４００は、センサ記憶部４４０を有している。センサ記憶部４４０には、センサ識別情報や湾曲係数が、例えば工場出荷時や機器の組立て時に予め記憶されている。センサ識別情報、いわゆるＩＤ情報は、センサ部４００の種別や個体を識別するための情報であり、ユニーク（一意）であることが好ましい。また、湾曲係数の取得においても、図１７のステップＳ５３で湾曲係数をセンサ記憶部４４０に記憶させる。これにより、センサ部４００をセンサ駆動部３００とは異なる他のセンサ駆動部に接続した場合であっても、センサ記憶部４４０からセンサ識別情報や湾曲係数を読み出すことができる。

20

【０１１０】

また、他の制御部との接続を行った場合（記憶部１２０に湾曲係数が存在しない場合）に図１６のステップＳ３において湾曲係数の取得を行う代わりに、センサ記憶部４４０から湾曲係数を読み出す。これにより、センサ駆動部３００を他の制御部に接続した場合であっても、湾曲係数を改めて取得する必要がない。

30

【０１１１】

複数のセンサ部を使用する環境においては、図１５に示されるフローの開始直後のステップＳ２の前に、制御部１００が、接続されているセンサ部４００のセンサ識別情報を確認するステップを設けてもよい。なお、この場合、湾曲係数とセンサ識別情報とが関連付けられており、かつ、湾曲係数（複数のセンサ部の各々の湾曲係数）が記憶部１２０に記憶されていることが前提となる。

【０１１２】

センサ識別情報を確認するステップでは、例えば、入力機器１９０によって入力部１３０からセンサ識別情報が入力される。センサ識別情報は、センサ部４００に刻印されたり貼付されたりしていてもよいし、タグに記憶されていてもよい。タグは、ＲＦ－ＩＤのような非接触タグであることが好ましい。あるいは、上述のようなセンサ記憶部４４０に記憶させてこれから読み出したり、他の記憶媒体に保存されている情報を読み出したりしてもよい。また、上述の前提を満たさない、記憶部１２０に記憶されていないセンサ識別情報の場合には、図１５のフローに従って処理を行ってもよい。

40

【０１１３】

第２の態様によれば、センサ識別情報から湾曲係数を抽出することができるため、他のセンサ部との接続を行った場合であってもセンサ識別情報から湾曲係数を抽出することができる。従って、湾曲係数を改めて取得する必要がない。

【０１１４】

50

(第3の態様)

図20は、第1の光吸収体及び第2の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。湾曲情報の算出のために使用される波長は、特定の波長 λ_1 、 λ_2 に限定されず、図20に示されるような帯域幅をそれぞれ有する第1の波長帯域 d_{λ_1} 及び第2の波長帯域 d_{λ_2} であってもよい。例えば、第1の被検出部411及び第2の被検出部412は、相互吸収する波長範囲(すなわち、第1の光吸収体も第2の光吸収体もその波長範囲において吸収係数を有する)で、かつ、吸収波長特性が互いに異なる(すなわち、第1の光吸収体と第2の光吸収体との吸収係数が互いに異なる)波長範囲である波長帯域(特徴的吸収帯)を、被検出部の個数以上(すなわち、2以上)有している。

【0115】

この場合、検出光量情報には、例えば、対象の波長帯域における光量情報の平均値が用いられる。

【0116】

第3の態様によれば、湾曲情報の算出のために使用される波長が特定の一波長でなく帯域幅を有するため、光検出器320の波長分解能を高くする必要がない。従って、光検出器320の低コスト化を図ることができる。また、局所的な波長のみを使用しないため、ノイズに対して強くなる。

【0117】

また、使用される波長帯域は、他の波長帯域の一部を含んでいてもよい。例えば、第1の波長帯域と第2の波長帯域とがオーバーラップしていてもよい。

【0118】

(第4の態様)

図21は、センサ駆動部300及びセンサ部400の構成の一例を示すブロック図である。センサ駆動部300は、光源310と、光検出器320とを有している。また、センサ部400は、被検出部群410が設けられた導光部材420を有している。上述の光分岐部330、反射防止部材340及び反射部材430は設けられていない。光源310は、導光部材420の基端に光学的に接続されている。また、光検出器320は、導光部材420の先端に光学的に接続されている。光源310から射出された光は、導光部材420へと導かれる。導かれた光は、導光部材420内を基端側から先端側へと伝達されて、光検出器320に到達する。

【0119】

光分岐部、反射防止部材及び反射部材が設けられていない態様では、これらに起因する光の損失を少なくすることができるため、光源の光量を小さくすることができる。

【0120】

(第5の態様)

光検出器320は、複数の所定の波長 λ_1 及び λ_2 または波長帯域 d_{λ_1} 及び d_{λ_2} におけるそれぞれの検出光量情報 D_{λ_1} 及び D_{λ_2} を検出可能な構成であればよい。例えば、導光部材420に導入する光の発光強度の波長特性を時刻で変化させ、その時刻における光量を検出する。

【0121】

図22は、互いに異なる時刻 t_1 及び t_2 における波長と光源の発光強度との関係の一例を示す図である。図22において、時刻 t_1 における関係が実線で示され、時刻 t_2 における関係が破線で示される。光源310は、フィルタ等により、時刻 t_1 において波長 λ_1 にピークを有する光を射出し、時刻 t_2 において波長 λ_2 にピークを有する光を射出する。また、図23は、図22に対応する、光検出器に入射する光の波長と光検出器の検出感度との関係の一例を示す図である。光検出器320は、波長 λ_1 、 λ_2 にピークを有する光の強度に対して検出感度を有する受光素子(フィルタ等による分光機能を有していない受光素子)を有している。

【0122】

第5の態様によれば、時刻 t_1 及び t_2 に同期して受光素子からの光量を検出すること

10

20

30

40

50

により、検出光量情報（各波長帯域の検出光量）を得ることができる。

【 0 1 2 3 】

光源 3 1 0 の発光は、繰り返しおこなわれてよい。例えば、時刻 t_1 及び t_2 は、時間関数の正弦波の互いに異なる位相に相当する時刻であってよい。つまり、光源 3 1 0 は、一定の周期で、波長 λ_1 にピークを有する光と波長 λ_2 にピークを有する光を射出してよい。

【 0 1 2 4 】

[第 2 の実施形態]

本発明の第 2 の実施形態について、図 2 4 及び図 2 5 を参照して説明する。以下では、第 1 の実施形態と共通する部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

10

【 0 1 2 5 】

図 2 4 は、第 2 の実施形態における湾曲情報演算部 1 1 0 a の一例を示すブロック図である。湾曲情報演算部 1 1 0 a は、第 1 の演算部 2 1 2 と、第 2 の演算部 2 1 4 と、最適化演算部としての評価値演算部 2 1 6 とを有している。評価値演算部 2 1 6 は、以下で説明されるような、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を最適化するための演算を行う。

【 0 1 2 6 】

第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態と同様の第 1 の光吸収体及び第 2 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係を利用し、さらに、第 3 の波長 λ_3 における検出光量情報 D_{λ_3} 、基準光量情報 I_{λ_3} 、強度変調情報 $U_{\alpha \lambda_3}$ 、 $U_{\beta \lambda_3}$ 、被検出部群 4 1 0 の湾曲係数 $\gamma(\theta, \kappa)$ を用いて、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を導出する。図 2 5 は、本実施形態における第 1 の光吸収体及び第 2 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。第 3 の波長 λ_3 は、吸収係数が第 1 の波長 λ_1 及び第 2 の波長 λ_2 とは異なる波長である。

20

【 0 1 2 7 】

本実施形態では、図 1 8 に示されるフローのステップ S 6 3 において、評価値演算部 2 1 6 が、第 1 の演算部 2 1 2 による演算において、光量情報関係の右辺と左辺の差が最小となるように、被検出部群 4 1 0 の湾曲係数を最適化する。

【 0 1 2 8 】

このため、まず、式 (1 0) における右辺と右辺との差分 $\Delta \lambda_n$ を求める ($n = 1, 2, 3$)。

30

【 0 1 2 9 】

【 数 1 2 】

$$\Delta \lambda_n = \ln[D_{\lambda_n}(\theta, \kappa)] - \ln(I_{\lambda_n}) - \alpha(\theta, \kappa) \cdot U_{\alpha \lambda_n} - \beta(\theta, \kappa) \cdot U_{\beta \lambda_n} \quad \cdots(12)$$

【 0 1 3 0 】

湾曲係数を最適化するため、例えば、各波長における差分 $\Delta \lambda_n$ の平方の総和からなる評価値 J を求めて、評価値 J が最小となるように被検出部群 4 1 0 の湾曲係数を決定する。評価値 J は、以下の式 (1 3) で与えられる。

40

【 0 1 3 1 】

【 数 1 3 】

$$\begin{aligned} J &= \sum (\Delta \lambda_n)^2 \\ &= \Delta \lambda_1^2 + \Delta \lambda_2^2 + \Delta \lambda_3^2 \end{aligned} \quad \cdots(13)$$

【 0 1 3 2 】

また、例えば、以下の式 (1 4) に示されるように、重み付け係数 w_n を与え、強度変調情報ごとの評価値 J への寄与度を調整してもよい。

50

【 0 1 3 3 】

【 数 1 4 】

$$J = \sum w_n (\Delta_{\lambda n})^2 \quad \dots(14)$$

$$= w_1 \Delta_{\lambda 1}^2 + w_2 \Delta_{\lambda 2}^2 + w_3 \Delta_{\lambda 3}^2$$

【 0 1 3 4 】

重み付け係数 w_n の設定においては、例えば、被検出部群 4 1 0 の光吸収体の光吸収量が極大となる強度変調情報の寄与度を大きくするとよい。

10

【 0 1 3 5 】

評価値演算部 2 1 6 はさらに、図 1 8 に示されるフローのステップ S 6 4 において、第 2 の演算部 2 1 4 による演算において、湾曲係数の右辺と左辺の差が最小となるように、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を最適化する。湾曲情報の最適化の手法は、上述した湾曲係数の最適化の手法と同様である。

【 0 1 3 6 】

本実施形態によれば、評価値演算部 2 1 6 が最適化演算を行うことにより、被検出部群 4 1 0 の湾曲情報がより精度良く求められる。また、冗長性があり、ノイズ等の影響に強い湾曲情報導出装置を提供することができる。

【 0 1 3 7 】

20

また、最適化演算は、互いに収束性の異なる複数の最適化演算を含むことができる。例えば、第 1 の最適化演算は大域的な最適化演算であり精度が高く、また、第 2 の最適化演算は第 1 の最適化演算よりも収束性の高い局所的な最適化演算である。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。局所的な最適化演算とは、例えば、ニュートン法や最急降下法やシンプレックス法のような、局所解を求める近傍探索手法である。湾曲情報導出装置はいずれの演算を行うか、あるいはこれらの並列演算を行うかをユーザが選択できるように構成されることができる。このように、ユーザは、演算の正確さ及び速さを自ら選択することができる。例えば、これらの並列演算を用いれば、適切な最適解を速く算出することができる。

30

【 0 1 3 8 】

[第 3 の実施形態]

本発明の第 3 の実施形態について、図 2 6 乃至図 3 0 を参照して説明する。以下では、第 1 の実施形態と共通する部分の説明は省略し、異なる部分のみを説明する。

【 0 1 3 9 】

図 2 6 は、センサ駆動部 3 0 0 及びセンサ部 4 0 0 からなるセンサ 5 0 0 の構成の一例を示すブロック図である。第 3 の実施形態では、導光部材 4 2 0 には、第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 からなる第 1 の被検出部群 4 1 0 と、第 3 の被検出部 4 5 1 及び第 4 の被検出部 4 5 2 からなる第 2 の被検出部群 4 5 0 とが設けられている。第 2 の被検出部群 4 5 0 は、導光部材 4 2 0 の長手方向において第 1 の被検出部群 4 1 0 とは異なる位置に配置されている。第 2 の被検出部群 4 5 0 は、第 1 の被検出部群 4 1 0 と同様に形成されている。第 3 の被検出部 4 5 1 には第 3 の光吸収体が設けられ、第 4 の被検出部 4 5 2 には第 4 の光吸収体が設けられている。第 3 の被検出部 4 5 1 と第 4 の被検出部 4 5 2 との位置関係もまた、第 1 の被検出部 4 1 1 と第 2 の被検出部 4 1 2 の位置関係と同様である。

40

【 0 1 4 0 】

図 2 7 は、第 1 ~ 第 4 の光吸収体における光の波長と吸収係数との関係の一例を示す図である。図 2 7 に示されるように、異なる被検出部 4 1 1、4 1 2、4 5 1、4 5 2 に設けられた光吸収体は、波長毎の光吸収係数が異なり、すなわち互いに異なる吸光特性を有

50

している。

【 0 1 4 1 】

次に、第 1 の被検出部群 4 1 0 における湾曲情報（角度 θ_1 及び曲率 κ_1 ）及び第 2 の被検出部群 4 5 0 における湾曲情報（角度 θ_2 及び曲率 κ_2 ）を導出するために導出装置 1 0 の演算部 1 0 1 で行われる演算について説明する。可撓部 8 1 9 のうち、第 1 の被検出部群 4 1 0 を含む長さ L_1 が、図 2 8 A に示される角度 θ_1 及び曲率 κ_1 で湾曲しており、第 2 の被検出部群 4 5 0 を含む長さ L_2 が、図 2 8 B に示される角度 θ_2 及び曲率 κ_2 で湾曲している状態を考える。なお、図 2 8 A 及び図 2 8 B に示されるように、角度 θ_1 、 θ_2 は、それぞれの被検出部群 4 1 0、4 5 0 におけるローカル座標系（ $x_1 y_1 z_1$ 座標系及び $x_2 y_2 z_2$ 座標系）で表されている。従って、曲げの向きは、例えば、点 P'_{11} （ x_1, y_1, z_1 ）を $x_1 y_1$ 平面に投影した点（ $x_1, y_1, 0$ ）と原点 P_{10} （ $0, 0, 0$ ）とを通る直線と x_1 軸とがなす角度 θ_1 （図 2 8 A）及び点 P'_{21} （ x_2, y_2, z_2 ）を $x_2 y_2$ 平面に投影した点（ $x_2, y_2, 0$ ）と原点 P_{20} （ $0, 0, 0$ ）とを通る直線と x_2 軸とがなす角度 θ_2 （図 2 8 B）で表される。また、曲げの大きさは、例えば、曲率 κ_1 、曲率 κ_2 で表される。

10

【 0 1 4 2 】

光検出器 3 2 0 により検出される検出光量情報 $D_{\lambda n}$ は、式（2）と同様に、基準光量情報 $I_{\lambda n}$ と、第 1 の被検出部群 4 1 0 の被検出部 4 1 1 及び 4 1 2 における光量の変化率 $F_{\lambda n}$ 及び $G_{\lambda n}$ と、第 2 の被検出部群 4 5 0 の被検出部 4 5 1 及び 4 5 2 における光量の変化率 $M_{\lambda n}$ 及び $N_{\lambda n}$ との積を用いて次のように表される。

20

【 0 1 4 3 】

【数 1 5】

$$D_{\lambda n} = I_{\lambda n} \times F_{\lambda n} \times G_{\lambda n} \times M_{\lambda n} \times N_{\lambda n} \quad \dots(15)$$

【 0 1 4 4 】

ここで、基準光量情報 $I_{\lambda n}$ であり、第 1 の被検出部群 4 1 0 と第 2 の被検出部群 4 5 0 が共に基準湾曲状態にあるときに、光検出器 3 2 0 によって検出される波長 λn の光についての光量である。 $F_{\lambda n}$ は、第 1 の被検出部 4 1 1 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 1 の被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 のみが基準湾曲状態に対して湾曲しているときに光検出器 3 2 0 により検出される波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比である。 $G_{\lambda n}$ は、第 2 の被検出部 4 1 2 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 1 の被検出部群 4 1 0 の第 2 の被検出部 4 1 2 のみが基準湾曲状態に対して湾曲しているときに光検出器 3 2 0 により検出される波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比である。 $M_{\lambda n}$ は、第 3 の被検出部 4 5 1 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 2 の被検出部群 4 5 0 の第 3 の被検出部 4 5 1 のみが基準湾曲状態に対して湾曲しているときに光検出器 3 2 0 により検出される波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比である。 $N_{\lambda n}$ は、第 4 の被検出部 4 5 2 のみによる光の吸収によって生じる光量の変化率であり、第 2 の被検出部群 4 5 0 の第 4 の被検出部 4 5 2 のみが基準湾曲状態に対して湾曲しているときに光検出器 3 2 0 により検出される波長 λn の光についての光量と基準光量 $I_{\lambda n}$ との比である。

30

40

【 0 1 4 5 】

変化率 $F_{\lambda n}$ 、 $G_{\lambda n}$ 、 $M_{\lambda n}$ 、 $N_{\lambda n}$ は、第 1 の実施形態と同様にして、それぞれ、以下の式（16）、式（17）、式（18）、式（19）で与えられる。

【 0 1 4 6 】

【数 1 6】

$$F_{\lambda n} = e^{\alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_1 \lambda n}} \quad \dots(16)$$

【0 1 4 7】

【数 1 7】

$$G_{\lambda n} = e^{\beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_1 \lambda n}} \quad \dots(17)$$

10

【0 1 4 8】

【数 1 8】

$$M_{\lambda n} = e^{\alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_2 \lambda n}} \quad \dots(18)$$

【0 1 4 9】

【数 1 9】

$$N_{\lambda n} = e^{\beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta_2 \lambda n}} \quad \dots(19)$$

20

【0 1 5 0】

ここで、関数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 及び $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ は、それぞれ、第 1 の被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 についての湾曲係数であり、関数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 及び $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ は、それぞれ、第 2 の被検出部群 4 5 0 の第 3 の被検出部 4 5 1 及び第 2 の被検出部 4 5 2 についての湾曲係数である。 $U_{\alpha_1 \lambda n}$ 及び $U_{\beta_1 \lambda n}$ は、それぞれ、被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 についての強度変調情報であり、 $U_{\alpha_2 \lambda n}$ 及び $U_{\beta_2 \lambda n}$ は、それぞれ、被検出部群 4 5 0 の第 3 の被検出部 4 5 1 及び第 4 の被検出部 4 5 2 についての強度変調情報である。式 (1 5)、式 (1 6)、式 (1 7)、式 (1 8)、式 (1 9) より、以下の式 (2 0) が得られる。

30

【0 1 5 1】

【数 2 0】

$$D_{\lambda n}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2) = I_{\lambda n} \cdot e^{\alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_1 \lambda n}} \cdot e^{\beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_1 \lambda n}} \cdot e^{\alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_2 \lambda n}} \cdot e^{\beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta_2 \lambda n}} \quad \dots(20)$$

40

【0 1 5 2】

式 (2 0) において、左辺は任意の湾曲状態における検出光量情報を表し、右辺は基準光量情報と湾曲係数と強度変調情報とに基づいて生成される算出光量値を表す。式 (2 0) の両辺の自然対数を取るにより、以下の式 (2 1) で表わされる光量情報関係が得られる。

【0 1 5 3】

【数 2 1】

$$\ln[D_{\lambda n}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] = \ln(I_{\lambda n}) + \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_1 \lambda n} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_1 \lambda n} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha_2 \lambda n} + \beta_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\beta_2 \lambda n} \quad \cdots(21)$$

【0 1 5 4】

10

対数を取ることにより、式(20)の右辺が加算で表現される。これにより、式(20)よりも式(21)の方が、計算が容易になる。

【0 1 5 5】

基準光量情報 $I_{\lambda n}$ を決定するための基準湾曲状態には、例えば、両被検出部群 4 1 0、4 5 0 が直線形状である場合、すなわち被検出部群 4 1 0、4 5 0 の曲率が 0 であり曲率半径が ∞ である場合が採用される。なお、被検出部群 4 1 0、4 5 0 の角度 θ_1 、 θ_2 は便宜上 0 とする。基準光量情報 $I_{\lambda n}$ は、被検出部群 4 1 0、4 5 0 が基準湾曲状態あるときの光量 $D_{\lambda n}(0, 0, 0, 0)$ で与えられる。つまり、基準光量情報 $I_{\lambda n}$ は、以下の式(22)で与えられる。

【0 1 5 6】

20

【数 2 2】

$$I_{\lambda n} = D_{\lambda n}(0, 0, 0, 0) \quad \cdots(22)$$

【0 1 5 7】

湾曲係数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ は、第 2 の被検出部群 4 5 0 を基準湾曲状態に設定しておいて、第 1 の被検出部群 4 1 0 の角度 θ_1 と曲率 κ_1 を取り得る範囲で変化させることにより取得される。また、湾曲係数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ は、第 1 の被検出部群 4 1 0 を基準湾曲状態に設定しておいて、被検出部群 4 5 0 の角度 θ_2 と曲率 κ_2 を取り得る範囲で変化させることにより取得される。演算に使用される波長は、被検出部 4 1 1、4 1 2、4 5 1、4 5 2 においてそれぞれ吸収される光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 である。第 1 の被検出部群 4 1 0 の第 1 の被検出部 4 1 1 及び第 2 の被検出部 4 1 2 の湾曲係数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 及び $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ は、例えば、図 1 1 及び図 1 2 と同様である。図 2 9 は、第 3 の波長 λ_3 に対して取得された湾曲係数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、すなわち第 2 の被検出部群 4 5 0 の第 3 の被検出部 4 5 1 の湾曲係数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ の一例を示す図である。図 3 0 は、第 4 の波長 λ_4 に対して取得された湾曲係数 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、すなわち第 2 の被検出部群 4 5 0 の第 4 の被検出部 4 5 2 の湾曲係数 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ の一例を示す図である。このように、波長によって振幅や位相が異なることにより、角度 θ_2 と曲率 κ_2 との導出が可能である。図 2 9 と図 3 0 には、それぞれ、2 つの曲率 κ_c 、 κ_d に対する湾曲係数が示されている。

30

40

【0 1 5 8】

湾曲係数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ は、いずれも周期関数で表すことができ、例えば、それぞれ、以下の式(23)、式(24)、式(25)、式(26)の正弦関数で近似的に表されることができる。

【0 1 5 9】

【数 2 3】

$$\alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha_1}(\kappa_1)] + c_{\alpha_1}(\kappa_1) \quad \cdots(23)$$

50

【 0 1 6 0 】

【 数 2 4 】

$$\beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta_1}(\kappa_1)] + c_{\beta_1}(\kappa_1) \quad \dots(24)$$

【 0 1 6 1 】

【 数 2 5 】

$$\alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \quad \dots(25)$$

10

【 0 1 6 2 】

【 数 2 6 】

$$\beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2) \quad \dots(26)$$

20

【 0 1 6 3 】

ここで、 $a_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $a_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $a_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $a_{\beta_2}(\kappa_2)$ は振幅であり、 $b_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $b_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $b_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $b_{\beta_2}(\kappa_2)$ は位相であり、 $c_{\alpha_1}(\kappa_1)$ 、 $c_{\beta_1}(\kappa_1)$ 、 $c_{\alpha_2}(\kappa_2)$ 、 $c_{\beta_2}(\kappa_2)$ はオフセットである。

【 0 1 6 4 】

本実施形態では、次のようにして、第1の被検出部群410及び第2の被検出部群450における角度 θ_1 及び θ_2 と曲率 κ_1 及び κ_2 を求める。

【 0 1 6 5 】

まず、第1の演算部212において、光検出器320により検出された第1、第2、第3、第4の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 における検出光量情報 D_{λ_1} 、 D_{λ_2} 、 D_{λ_3} 、 D_{λ_4} に基づいて、以下の式(27)で表される四元一次連立方程式を $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ について解く。

30

【 0 1 6 6 】

【数 2 7】

$$\begin{cases}
 \ln[D_{\lambda 1}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 1}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1 \lambda 1} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1 \lambda 1} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2 \lambda 1} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 2 \lambda 1} \\
 \ln[D_{\lambda 2}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 2}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1 \lambda 2} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1 \lambda 2} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2 \lambda 2} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 2 \lambda 2} \\
 \ln[D_{\lambda 3}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 3}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1 \lambda 3} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1 \lambda 3} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2 \lambda 3} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 2 \lambda 3} \\
 \ln[D_{\lambda 4}(\theta_1, \kappa_1, \theta_2, \kappa_2)] - \ln(I_{\lambda 4}) = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha 1 \lambda 4} \\
 \quad + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 1 \lambda 4} + \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) \cdot U_{\alpha 2 \lambda 4} + \beta_2(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta 2 \lambda 4}
 \end{cases} \quad \dots(27)$$

10

【0 1 6 7】

20

基準光量情報 $I_{\lambda 1}$ 、 $I_{\lambda 2}$ 、 $I_{\lambda 3}$ 、 $I_{\lambda 4}$ と強度変調情報 $U_{\alpha 1 \lambda 1}$ 、 $U_{\alpha 1 \lambda 2}$ 、 $U_{\alpha 1 \lambda 3}$ 、 $U_{\alpha 1 \lambda 4}$ 、 $U_{\beta 1 \lambda 1}$ 、 $U_{\beta 1 \lambda 2}$ 、 $U_{\beta 1 \lambda 3}$ 、 $U_{\beta 1 \lambda 4}$ 、 $U_{\alpha 2 \lambda 1}$ 、 $U_{\alpha 2 \lambda 2}$ 、 $U_{\alpha 2 \lambda 3}$ 、 $U_{\alpha 2 \lambda 4}$ 、 $U_{\beta 2 \lambda 1}$ 、 $U_{\beta 2 \lambda 2}$ 、 $U_{\beta 2 \lambda 3}$ 、 $U_{\beta 2 \lambda 4}$ は、予め取得され記憶部 120 に記憶されている。従って、第 1 の演算部 212 において、被検出部 411、412、451、452 における光量変化情報 α_1 、 β_1 、 α_2 、 β_2 をそれぞれ算出することができる。

【0 1 6 8】

次に、第 2 の演算部 214 において、第 1 の演算部 212 で算出された光量変化情報 α_1 、 β_1 と、記憶部 120 に記憶されている湾曲係数 $\alpha_1(\theta_1, \kappa_1)$ 、 $\beta_1(\theta_1, \kappa_1)$ に従って得られる以下の式 (28) で表される二元連立方程式を θ_1 と κ_1 について解く。

30

【0 1 6 9】

【数 2 8】

$$\begin{cases}
 \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha 1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha 1}(\kappa_1)] + c_{\alpha 1}(\kappa_1) \\
 \beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta 1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta 1}(\kappa_1)] + c_{\beta 1}(\kappa_1)
 \end{cases} \quad \dots(28)$$

【0 1 7 0】

さらに、第 2 の演算部 214 において、第 1 の演算部 212 で求められた光量変化情報 α_2 、 β_2 と、記憶部 120 に記憶されている湾曲係数 $\alpha_2(\theta_2, \kappa_2)$ 、 $\beta_2(\theta_2, \kappa_2)$ に従って得られる以下の式 (29) で表される二元連立方程式を θ_2 と κ_2 について解く。

40

【0 1 7 1】

【数 2 9】

$$\begin{cases} \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \\ \beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2) \end{cases} \quad \dots(29)$$

【0 1 7 2】

このようにして、被検出部群 4 1 0 における角度 θ_1 と曲率 κ_1 すなわち湾曲情報と、被検出部群 4 5 0 における角度 θ_2 と曲率 κ_2 すなわち湾曲情報を求めることができる。

10

【0 1 7 3】

本実施形態は、導光部材 4 2 0 の長手方向の異なる位置において 2 つの被検出部群 4 1 0、4 5 0 が導光部材 4 2 0 に設けられた構成であるが、図 3 1 に示されるように、さらに多くの被検出部群 4 1 0 が導光部材 4 2 0 に設けられた構成に変形されてよい。

【0 1 7 4】

この場合も同様の手法によって各被検出部群 4 1 0 の湾曲情報を求めることができる。具体的には、次のようにして求められる。ここでは、被検出部群 4 1 0 の個数は m であるとする。また、1 ないし m の自然数を n (すなわち、 $n = 1, 2, \dots, m$) とする。

【0 1 7 5】

第 n の被検出部群の第 $(2n - 1)$ の被検出部及び第 $(2n)$ の被検出部の湾曲係数 $\alpha_n(\theta_n, \kappa_n)$ 及び $\beta_n(\theta_n, \kappa_n)$ は、第 n の被検出部群以外の被検出部群を基準湾曲状態に設定しておいて、第 n の被検出部群の角度 θ_n と曲率 κ_n を取り得る範囲で変化させることにより取得される。

20

【0 1 7 6】

湾曲情報演算は、次のようにしておこなわれる。

まず、以下の式 (30) で表される $2m$ 元一次連立方程式を $\alpha_n(\theta_n, \kappa_n)$ と $\beta_n(\theta_n, \kappa_n)$ について解く。

【0 1 7 7】

【数 3 0】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \ln[D_{\lambda 1}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 1}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 1}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 1}} + \dots \\
 \quad \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 1}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 1}} \\
 \ln[D_{\lambda 2}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 2}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 2}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 2}} + \dots \\
 \quad \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 2}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 2}} \\
 \quad \quad \quad \vdots \\
 \ln[D_{\lambda 2m}(\theta_1, \kappa_1, \dots, \theta_m, \kappa_m)] - \ln(I_{\lambda 2m}) \\
 \quad = \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\alpha_{1\lambda 2m}} + \beta_1(\theta_1, \kappa_1) \cdot U_{\beta_{1\lambda 2m}} + \dots \\
 \quad \quad + \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\alpha_{m\lambda 2m}} + \beta_m(\theta_m, \kappa_m) \cdot U_{\beta_{m\lambda 2m}}
 \end{array} \right. \quad \dots(30)$$

【0 1 7 8】

次に、以下の式(31)で表されるm組の二元連立方程式を θ_n と κ_n について解く。

【0 1 7 9】

【数 3 1】

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \alpha_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\alpha_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\alpha_1}(\kappa_1)] + c_{\alpha_1}(\kappa_1) \\
 \beta_1(\theta_1, \kappa_1) = a_{\beta_1}(\kappa_1) \cdot \sin[\theta_1 + b_{\beta_1}(\kappa_1)] + c_{\beta_1}(\kappa_1) \\
 \alpha_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\alpha_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\alpha_2}(\kappa_2)] + c_{\alpha_2}(\kappa_2) \\
 \beta_2(\theta_2, \kappa_2) = a_{\beta_2}(\kappa_2) \cdot \sin[\theta_2 + b_{\beta_2}(\kappa_2)] + c_{\beta_2}(\kappa_2) \\
 \quad \quad \quad \vdots \\
 \alpha_m(\theta_m, \kappa_m) = a_{\alpha_m}(\kappa_m) \cdot \sin[\theta_m + b_{\alpha_m}(\kappa_m)] + c_{\alpha_m}(\kappa_m) \\
 \beta_m(\theta_m, \kappa_m) = a_{\beta_m}(\kappa_m) \cdot \sin[\theta_m + b_{\beta_m}(\kappa_m)] + c_{\beta_m}(\kappa_m)
 \end{array} \right. \quad \dots(31)$$

【0 1 8 0】

これにより、各被検出部群410の湾曲情報(θ_n 、 κ_n)が求められる。

【0 1 8 1】

〔変形例〕

図32Aと図32Bは、被検出部411、412、...、41m、451、452に代えて代替可能な別の被検出部461を示している。図31Aは、被検出部461が設けられた箇所の導光部材420の径方向の断面図である。図31Bは、被検出部461が設けられた箇所の導光部材420の光軸を含む断面図である。

【 0 1 8 2 】

被検出部 4 6 1 は、光ファイバの長手軸方向の所望位置において、ジャケット 4 2 1 とクラッド 4 2 2 を除去してコア 4 2 3 の一部を露出させ、この露出させたコア 4 2 3 の部分に、フォトリソによりホログラフィックに光学特性変化部材であるグレーティング 4 2 6 を形成したものである。なお、ジャケット 4 2 1 及びクラッド 4 2 2 の除去は、レーザ加工によって、あるいは、フォトリソ及びエッチング工程などを利用して行う。このとき、コア 4 2 3 にミクロな傷を付けてしまうと、光を漏らし、導光する光を損失させてしまったり、曲げに弱くなったりしたりするので、コア 4 2 3 に極力傷を付けない方法で加工することが望ましい。

【 0 1 8 3 】

このように、被検出部 4 6 1 は、グレーティング 4 2 6 をコア 4 2 3 に接触するように形成したものである。また、グレーティング 4 2 6 は、接触していなくても、図 3 3 に示すように、クラッド 4 2 2 の一部に形成されていてもよい。

【 0 1 8 4 】

グレーティング 4 2 6 は、光が内部を伝搬または表面で反射するときに回折現象を起こして、当該グレーティング 4 2 6 への入射方向とは異なる所定の方向に進む特定の波長の光を強め合うように伝搬させる。図 3 2 B では、測定光を実線の矢印で示し、グレーティング 4 2 6 によって所定方向に進むようにされた特定波長の光を破線の矢印で示している。

【 0 1 8 5 】

ここまで、湾曲情報導出装置が適用される装置の一例として内視鏡を挙げ、内視鏡システムについて説明してきたが、湾曲情報導出装置が組み込まれる対象は内視鏡に限定されるものではなく、被挿入体に挿入されるカテーテル、手術支援ロボット等に適用されることができる。

【 0 1 8 6 】

以上、本発明の実施形態を説明してきたが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内でさまざまな改良及び変更が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 7 】

1 ... 内視鏡システム、1 0 ... 湾曲情報導出装置、1 0 0 ... 制御部、1 0 1 ... 演算部、1 1 0、1 1 0 a ... 湾曲情報演算部、1 2 0 ... 記憶部、1 3 0 ... 入力部、1 4 0 ... 内視鏡湾曲情報計算部、1 5 0 ... 光検出器駆動部、1 6 0 ... 出力部、1 8 0 ... 表示部、1 9 0 ... 入力機器、2 1 2 ... 第 1 の演算部、2 1 4 ... 第 2 の演算部、2 1 6 ... 評価値演算部、3 0 0 ... センサ駆動部、3 1 0 ... 光源、3 2 0 ... 光検出器、3 3 0 ... 光分岐部、3 4 0 ... 反射防止部材、4 0 0 ... センサ部、4 1 0、4 5 0 ... 被検出部群、4 1 1、4 1 2、...、4 1 m、4 5 1、4 5 2、4 6 1 ... 被検出部、4 2 0 ... 導光部材、4 2 1 ... ジャケット、4 2 2 ... クラッド、4 2 3 ... コア、4 2 4、4 2 5 ... 光吸収体、4 3 0 ... 反射部材、4 4 0 ... センサ記憶部、5 0 0 ... センサ、8 1 0 ... 内視鏡、8 1 2 ... 挿入部、8 1 4 ... 操作部、8 1 6 ... 先端硬質部、8 1 7 ... 湾曲部、8 1 8 ... 可撓管部、8 1 9 ... 可撓部、8 2 0 ... 内視鏡制御部、8 2 2 ... 画像処理部。

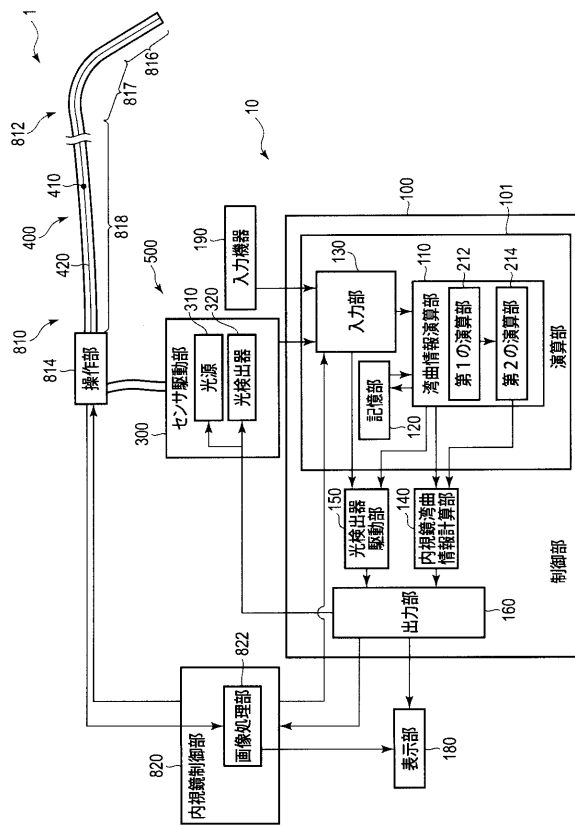
10

20

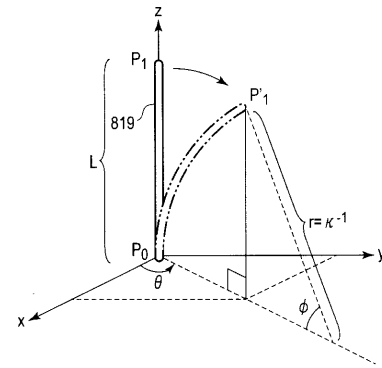
30

40

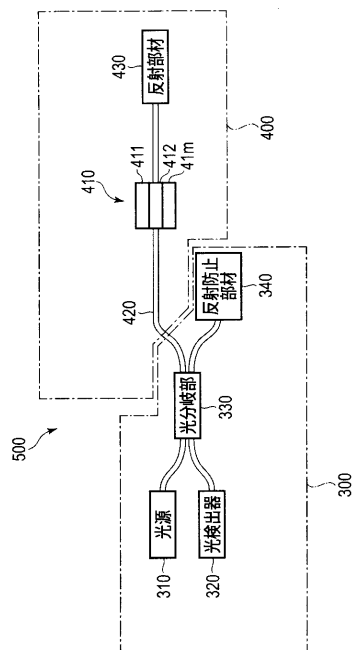
【図 1】



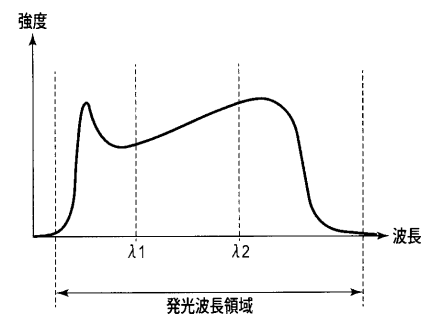
【図 2】



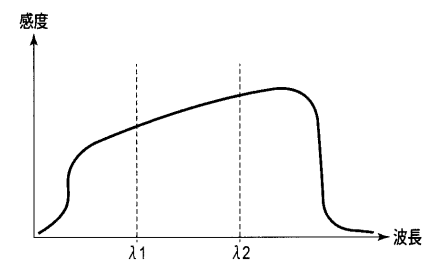
【図 3】



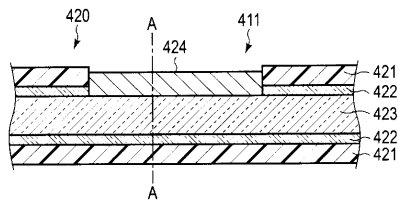
【図 4】



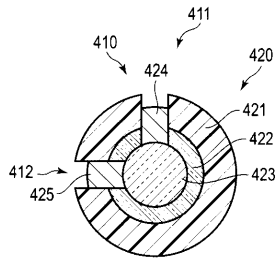
【図 5】



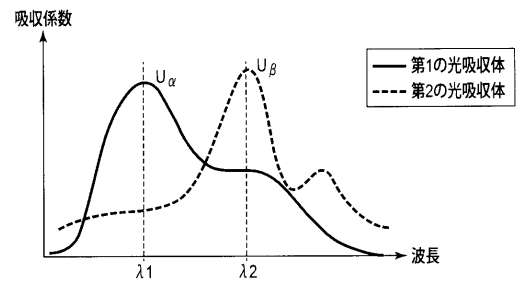
【図 6】



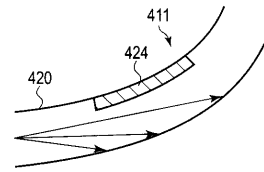
【図 7】



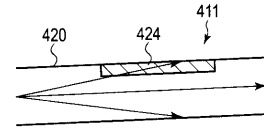
【図 8】



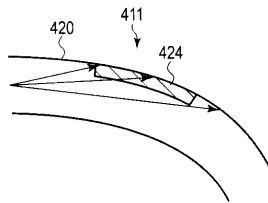
【図 9 A】



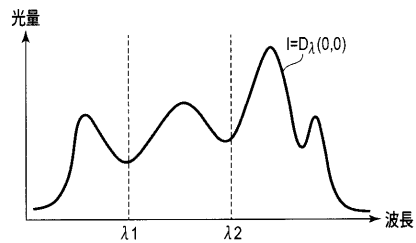
【図 9 B】



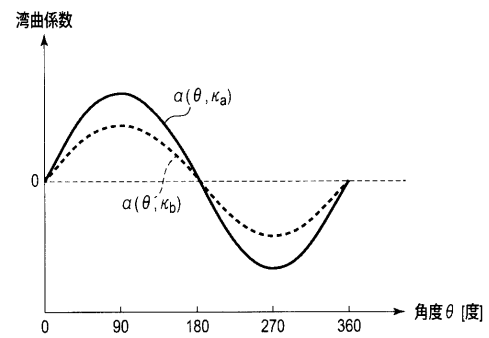
【図 9 C】



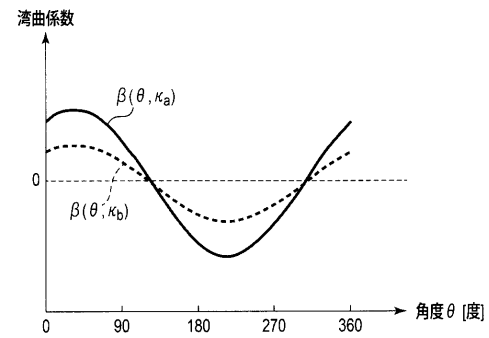
【図 10】



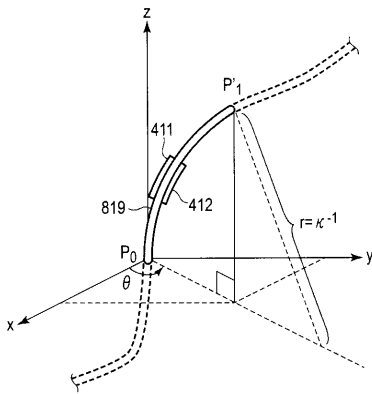
【図 11】



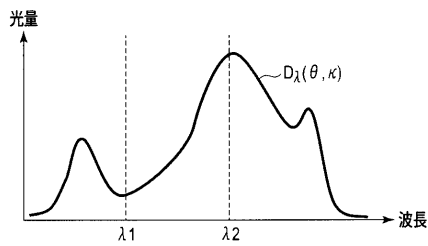
【図 12】



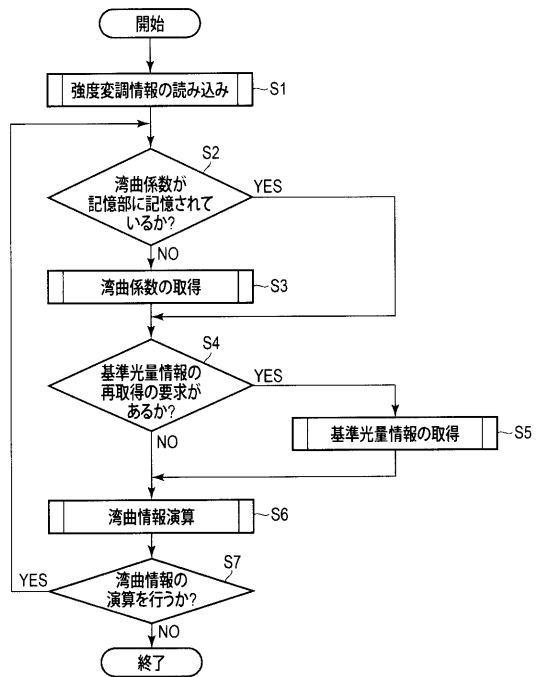
【 図 1 3 】



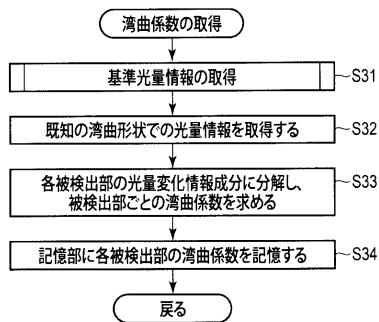
【 図 1 4 】



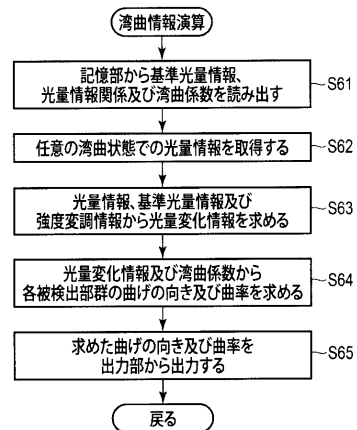
【 図 1 5 】



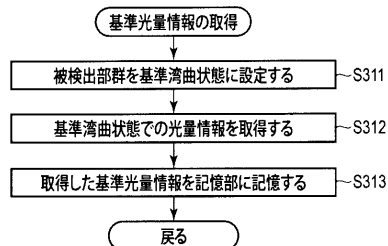
【 ㊦ 1 6 】



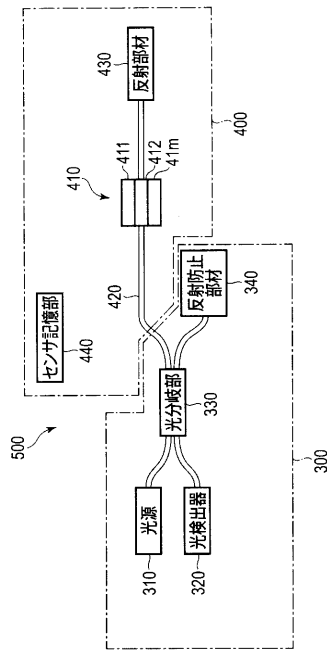
【 ㊦ 1 8 】



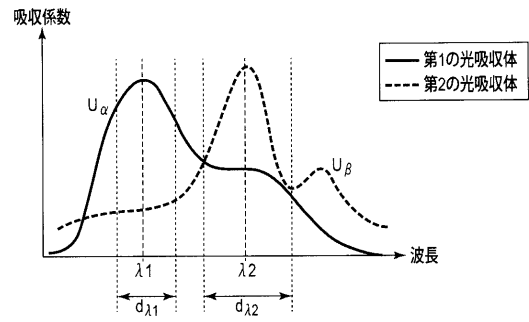
【 図 1 7 】



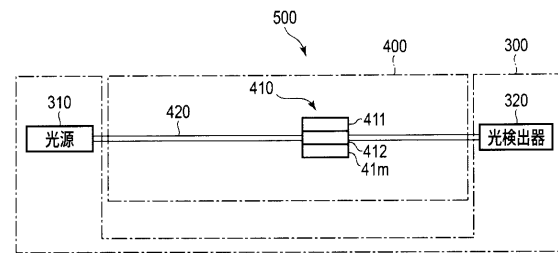
【図 19】



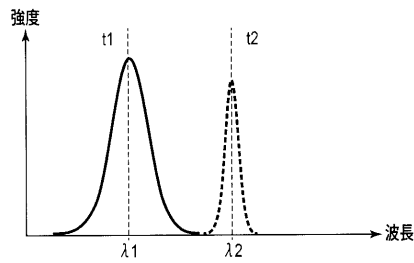
【図 20】



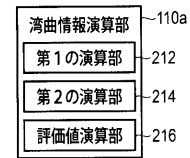
【図 21】



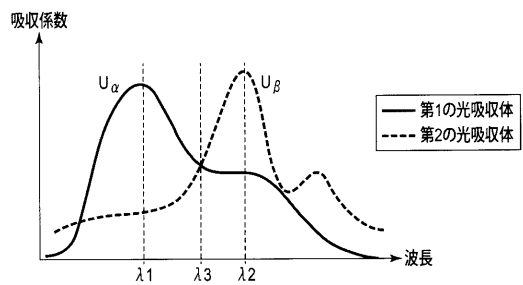
【図 22】



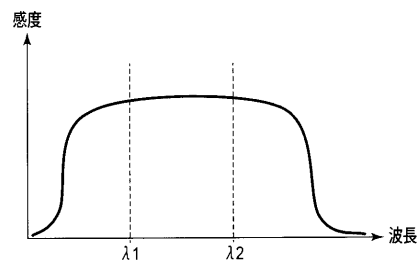
【図 24】



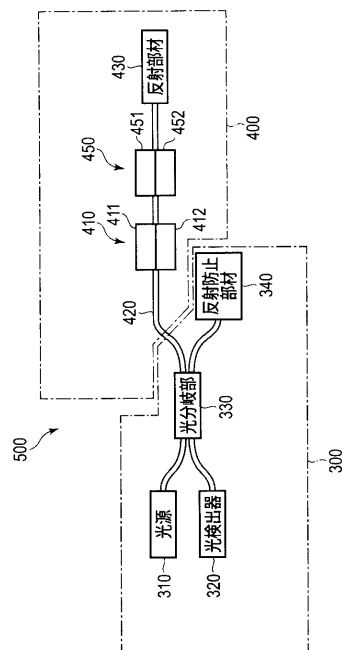
【図 25】



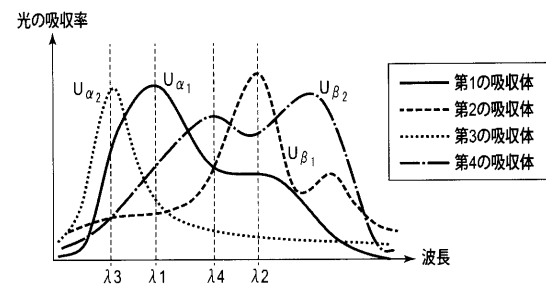
【図 23】



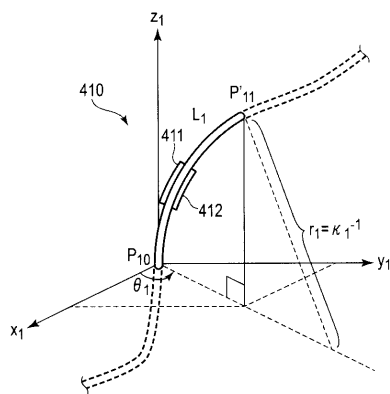
【図 26】



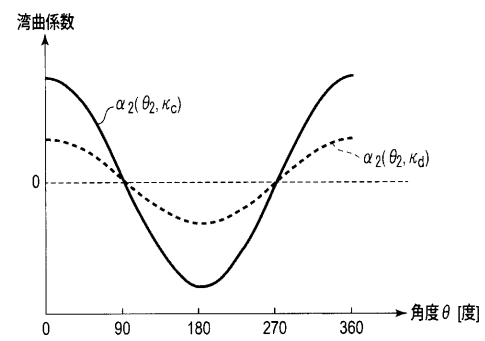
【図 27】



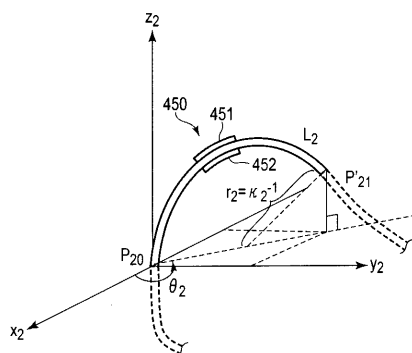
【図 28 A】



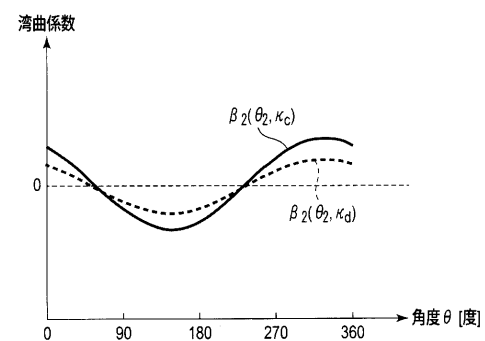
【図 29】



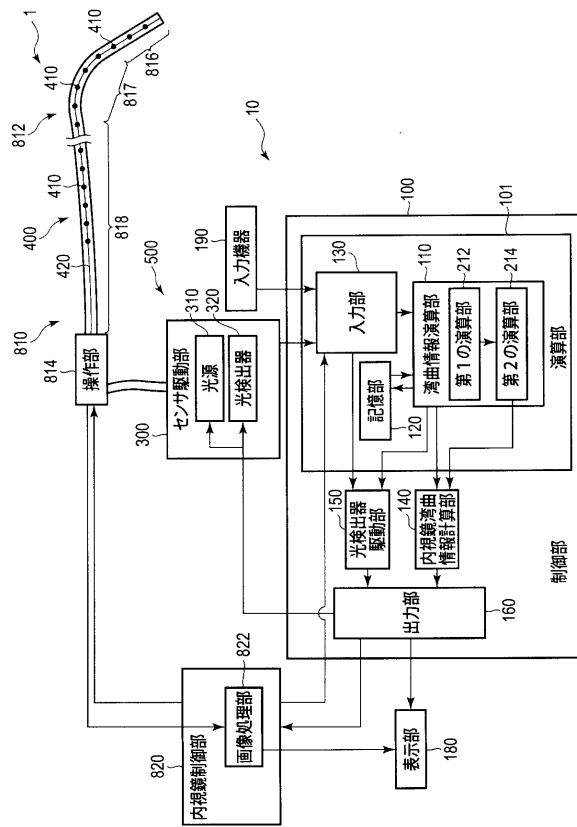
【図 28 B】



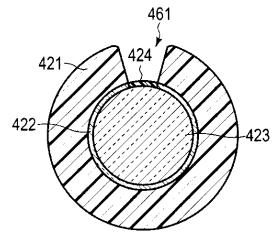
【図 30】



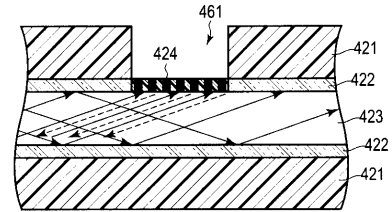
【図 3 1】



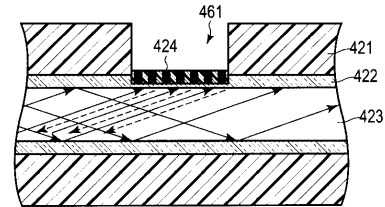
【図 3 2 A】



【図 3 2 B】



【図 3 3】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/063134
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B1/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B1/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-117446 A (Olympus Corp.), 30 June 2014 (30.06.2014), paragraph [0031] (Family: none)	1-12
A	JP 2014-150868 A (Olympus Corp.), 25 August 2014 (25.08.2014), paragraph [0054] & WO 2014/123019 A1	1-12
A	JP 2014-188047 A (Olympus Corp.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraph [0028] & WO 2014/156863 A1	1-12
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 13 July 2015 (13.07.15)		Date of mailing of the international search report 21 July 2015 (21.07.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063134

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-29831 A (Olympus Corp.), 16 February 2015 (16.02.2015), paragraphs [0024], [0025] & WO 2015/19745 A1	1-12

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2015/063134	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2014-117446 A (オリンパス株式会社) 2014.06.30, 段落【0031】 (ファミリーなし)	1-12	
A	JP 2014-150868 A (オリンパス株式会社) 2014.08.25, 段落【0054】 & W0 2014/123019 A1	1-12	
A	JP 2014-188047 A (オリンパス株式会社) 2014.10.06, 段落【0028】 & W0 2014/156863 A1	1-12	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 13.07.2015		国際調査報告の発送日 21.07.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 小田倉 直人	2Q 9163
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 6 3 1 3 4
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-29831 A (オリンパス株式会社) 2015.02.16, 段落【0024】、【0025】 & WO 2015/19745 A1	1 - 1 2

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 憲
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
(72)発明者 佐々木 靖夫
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
(72)発明者 藤田 浩正
東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内
F ターム(参考) 2H040 BA23 CA02 CA11 DA15 DA21 GA11
4C161 CC06 DD03 FF46 HH55 LL02

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	弯曲信息导出装置，具有弯曲信息导出装置的内窥镜系统，弯曲信息导出方法以及导出弯曲信息的程序		
公开(公告)号	JPWO2016178279A1	公开(公告)日	2018-02-22
申请号	JP2017516243	申请日	2015-05-01
[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	佐藤 憲 佐々木 靖夫 藤田 浩正		
发明人	佐藤 憲 佐々木 靖夫 藤田 浩正		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/00 A61B1/0051 A61B1/0052 A61B1/01 A61B1/07 A61B5/065 A61B34/20 A61B2034/2061		
FI分类号	A61B1/00.552 G02B23/26		
F-TERM分类号	2H040/BA23 2H040/CA02 2H040/CA11 2H040/DA15 2H040/DA21 2H040/GA11 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF46 4C161/HH55 4C161/LL02		
代理人(译)	河野直树 井上 正 肯·鹤饲 饭野滋		
其他公开文献	JP6500096B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

弯曲信息导出装置（10）导出表示设置在导光部件（420）上的被检测部组（410）的弯曲方向和弯曲尺寸的弯曲信息。被检测部组具有沿着导光部件的长度配置在相同位置的多个被检测部。每个检测到的部分根据弯曲方向和弯曲尺寸来调制由导光构件引导的光的强度。弯曲信息导出装置包括：输入单元（190），具有与每个检测部分相对应的波长的光的检测光量信息被输入到该输入单元（190）；每个检测部分的弯曲系数和强度调制信息；以及弯曲系数和强度调制信息。以及存储单元（130），其存储指示检测到的光量信息之间的关系的光量信息关系，以及第一计算单元，其基于光量信息和强度调制信息来为每个检测到的单元计算光量变化信息（212）和第二计算单元（214），用于基于光量变化信息和弯曲系数来计算检测到的零件组的弯曲信息。

