

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 10 月 13 日(13.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/163030 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061277
- (22) 国際出願日: 2015 年 4 月 10 日(10.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 東條 良(TOJO, Ryo); 〒1510072 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 Tokyo (JP). 藤田 浩正(FUJITA, Hiromasa); 〒1510072 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外(KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050014 東京都港区芝 3 丁目 2 3 番 1 号 セレスティン芝三井ビルディング 1 1 階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

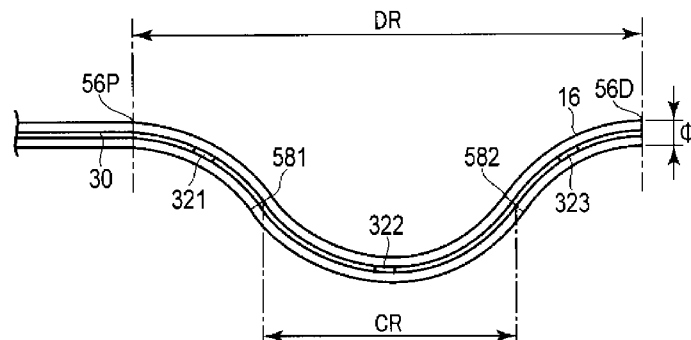
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FIBER SENSOR

(54) 発明の名称: ファイバセンサ

【図8】



(57) Abstract: A fiber sensor that comprises at least one optical fiber (30) that has one or more detected parts (321, 322, 323), at least one portion of which are provided to a bendable detection target and which are arranged in the long direction of the detection target in a detection range (DR) that is one portion of the detection target. By detecting light that has been guided through the at least one optical fiber, the fiber sensor can detect the state of the detection range of the detection target. When the inflection points of the shape of the detection region of the detection target that are assumed from the possible shape of the detection range or from the detectable state of the detection range are defined as assumed inflection points (581, 582), the at least one optical fiber has at least one more detected part than the number of assumed inflection points.

(57) 要約: ファイバセンサは、少なくとも一部が湾曲可能な検出対象物に敷設され、検出対象物の少なくとも一部である検出対象範囲 (DR) に前記検出対象物の長手方向に沿って配置され、1つ又は複数の被検出部を有する、少なくとも一本の光ファイバ (30) からなり、少なくとも一本の光ファイバ内を導光した光を検出することで、検出対象物の検出対象範囲の状態を検出できる。検出対象物の検出対象範囲が取り得る形状又は検出対象範囲において検出可能な状態から想定する、検出対象範囲の形状の変曲点を想定変曲点 (581, 582) とすると、少なくとも1本の光ファイバは、想定変曲点の数+1個以上の被検出部 (321, 322, 323) を有する。



WO 2016/163030 A1

明 細 書

発明の名称：ファイバセンサ

技術分野

[0001] 本発明は、ファイバセンサに関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許第3920603号公報（以下、特許文献1と記す）には、ファイバセンサを組み込んだ可撓性内視鏡が開示されている。ファイバセンサは、それぞれ被検出部を設けた複数の光ファイバを内視鏡の挿入部可撓管に搭載し、挿入部可撓管の屈曲状態を検出してモニタ画面に表示する。この特許文献1に開示されたファイバセンサでは、各被検出部同士を互いに、挿入部可撓管の軸線方向に間隔を開けて並べて配置している。ここで、各被検出部間の間隔は、挿入部可撓管の基端寄りの部分に比べて、先端寄りの部分において狭くすることで、小さな曲率半径で屈曲される先端寄りの部分の検出を高精度に行い得るようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第3920603号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 内視鏡の挿入部は長尺であり、このような長尺の挿入部の屈曲状態を精度良く検出するためには、被検出部の点数を増やすことが考えられる。そのためには、ファイバセンサの光ファイバの本数を増やすか、1本の光ファイバで複数の湾曲を検出できるようにすることが考えられる。しかしながら、光ファイバの本数を増やす方法では、スペースの問題から、増やせる被検出部点数には限界がある。また、1本の光ファイバで複数の湾曲を検出できるようにする方法は、被検出部の数が増えるといった技術的な難易度が上がる。また、どちらの方法も被検出部の数が増えるとコストが上がってしまう。

[0005] 上記特許文献 1 では、複数の被検出部を基端寄りの部分に比べて先端寄りの部分に狭く配置することを開示しているが、必要な被検出部の数や、被検出部の間隔については記載されていない。

[0006] 本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、被検出部を適切に配置し、必要以上に被検出部の数を増やすことなく、高精度に湾曲を検出可能なファイバセンサ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

[0007] 本発明の一態様によれば、少なくとも一部が湾曲可能な検出対象物に敷設され、前記検出対象物の前記少なくとも一部である検出対象範囲に前記検出対象物の長手方向に沿って配置され、前記検出対象範囲の状態を検出するための、1 つ又は複数の被検出部を有する、少なくとも一本の光ファイバからなり、前記少なくとも一本の光ファイバ内を導光した光を検出することで、前記検出対象物の前記検出対象範囲の状態を検出可能なファイバセンサであって、前記検出対象物の前記検出対象範囲が取り得る形状又は前記検出対象範囲において検出可能な状態から想定する、前記検出対象範囲の形状の変曲点を想定変曲点とすると、前記少なくとも 1 本の光ファイバは、前記想定変曲点の数 + 1 個以上の前記被検出部を有する、ことを特徴とするファイバセンサが提供される。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、被検出部を適切に配置し、必要以上に被検出部の数を増やすことなく、高精度に湾曲を検出可能なファイバセンサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るファイバセンサを組み込んだ内視鏡システムの全体構成を示す図である。

[図2A]図 2 A は、ファイバセンサの被検出部の構成の一例を示す断面図である。

[図2B]図 2 B は、被検出部の光ファイバの長手軸方向に沿った断面図である

。

[図3A]図3 Aは、ファイバセンサの検出原理を説明するための、光ファイバが湾曲していな場合を示す図である。

[図3B]図3 Bは、ファイバセンサの検出原理を説明するための、紙面上方向に光ファイバが湾曲した場合を示す図である。

[図3C]図3 Cは、ファイバセンサの検出原理を説明するための、紙面下方向に光ファイバが湾曲した場合を示す図である。

[図4A]図4 Aは、光ファイバに入射する光のスペクトルの一例を示す図である。

[図4B]図4 Bは、被検出部に配した光吸収部材の吸収スペクトルの一例を示す図である。

[図4C]図4 Cは、光ファイバから出射する光のスペクトルの一例を示す図である。

[図5A]図5 Aは、透過型のファイバセンサの構成を説明するための図である。

。

[図5B]図5 Bは、反射型のファイバセンサの構成を説明するための図である。

。

[図6A]図6 Aは、被検出部を複数備える透過型のファイバセンサの構成を説明するための図である。

[図6B]図6 Bは、被検出部を複数備える反射型のファイバセンサの構成を説明するための図である。

[図7]図7 は、光ファイバにおける被検出部の構成の別の例を示す光ファイバの経方向断面図である。

[図8]図8 は、第1実施形態に係るファイバセンサの被検出部の数の決定方法を説明するための図である。

[図9]図9 は、第1実施形態に係るファイバセンサが適用される内視鏡の操作湾曲部の内部構造の一例を示す図である。

[図10]図10 は、内視鏡の操作湾曲部の内部構造の別の例を示す図である。

[図11]図 1 1 は、内視鏡の操作湾曲部へのファイバセンサの被検出部の配置の第 3 の決定方法を説明するための図である。

[図12]図 1 2 は、被検体の一例として大腸の概略形状を示す図である。

[図13]図 1 3 は、形状算出範囲を説明するための図である。

[図14]図 1 4 は、内視鏡の操作湾曲部へのファイバセンサの被検出部の配置の別の例を説明するための図である。

[図15]図 1 5 は、1 つの被検出部を 2 つに分けて配置する場合の、内視鏡の操作湾曲部へのファイバセンサの被検出部の配置の一例を説明するための図である。

[図16]図 1 6 は、1 つの被検出部を 4 つに分割して均等配置する場合の、ファイバセンサの被検出部の配置の例を説明するための図である。

[図17]図 1 7 は、同一の光ファイバに第 1 の被検出部と、該第 1 の被検出部とは異なる方向の湾曲量を検出する第 2 の被検出部と、を有するファイバセンサの構成を説明するための図である。

[図18]図 1 8 は、1 つの被検出部を 2 つに分けて配置する場合の、ファイバセンサの被検出部の配置の別の例を説明するための図である。

[図19]図 1 9 は、本発明の第 2 実施形態に係るファイバセンサが適用される内視鏡の湾曲部の内部構造の一例を示す図である。

[図20]図 2 0 は、内視鏡の湾曲部の内部構造の別の例を示す図である。

[図21]図 2 1 は、長手方向で湾曲に対する硬さが異なる構造の内視鏡の挿入部に適用する場合の、ファイバセンサの被検出部の配置を説明するための図である。

[図22]図 2 2 は、挿入部の湾曲に対する硬さの判断手法を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して、本発明を実施するための実施形態を説明する。

[0011] なお、以下の説明は、本発明を医療用の軟性内視鏡（上部消化管内視鏡、大腸内視鏡、超音波内視鏡、膀胱鏡、腎盂鏡、気管支鏡、等）に適用した場

合を例にとるが、本発明は、それに限定されるものではない。例えば、本発明は、医療用内視鏡以外にも、カテーテル、処置具、工業用の内視鏡、などの、被検体に挿入し、少なくとも一部が可撓性を持つ挿入部を有し、挿入部の湾曲量を検出する検出装置にも適用可能である。さらには、本発明は、構造物に配置して構造物の湾曲量を検出する検出装置など、湾曲量を検出する検出装置にも適用できる。また、被検体は人に限らず、動物や他の構造物でも構わない。本発明は、そのような被検体に挿入される又は配置される、少なくとも一部が湾曲可能な検出対象物に対し、内部に組み込んだり、外面に取り付けたりする、など、被検出部を有する光ファイバを検出対象物に予め或いは必要に応じて敷設することで、利用可能となる。

[0012] [第1実施形態]

図1に示すように、本発明の第1実施形態に係るファイバセンサを組み込んだ内視鏡システムは、本体10、内視鏡12（即ち、本実施形態において、内視鏡12は本体10を含まないものを指す。）及び表示部14を有している。内視鏡12は、観察対象物である被検体（例えば体腔（管腔））内における患部や病変部等を撮像する。本体10は、内視鏡12の撮像結果を画像処理する。表示部14は、本体10と接続し、内視鏡12により撮像され、本体10によって画像処理された観察画像を表示する。本体10は、内視鏡12とは別体であり、内視鏡12の接続ケーブル20が接続する筐体部である。

[0013] 内視鏡12には、湾曲部材である細長い挿入部16と、該挿入部16の基端部と連結した操作部18と、接続ケーブル20と、が配設される。内視鏡12は、管状の挿入部16を体腔内に挿入する管状挿入装置である。挿入部16は例えば口から挿入され、内視鏡システムは体内を観察する。

[0014] 挿入部16は、挿入部16の先端部側から基端部側に向かって、先端硬質部と、湾曲する操作湾曲部22と、可撓管部と、を有している。ここで、先端硬質部の基端部は、操作湾曲部22の先端部と連結し、操作湾曲部22の基端部は、可撓管部の先端部と連結している。

- [0015] 先端硬質部は、挿入部 16 の先端部及び内視鏡 12 の先端部であり、硬い部材となっている。この先端硬質部には、撮像部 24 が設けられている。
- [0016] 操作湾曲部 22 は、操作部 18 に設けられた湾曲操作ノブ 26 の内視鏡オペレータ（医師らの作業員）による操作に応じて、所望の方向に湾曲する。オペレータは、この湾曲操作ノブ 26 を操作することで、操作湾曲部 22 を湾曲させる。この操作湾曲部 22 の湾曲により、先端硬質部の位置と向きが変えられ、観察対象物が撮像部 24 の撮像範囲である観察視野内に捉えられる。こうして捉えられた観察対象物に対し、先端硬質部に設けられた図示しない照明窓から照明光が照射されて、観察対象物が照明させる。操作湾曲部 22 は、図示しない複数の節輪が挿入部 16 の長手方向に沿って連結されることにより、構成される。節輪同士が互いに対して回転することで、操作湾曲部 22 は湾曲する。
- [0017] 可撓管部は、所望な可撓性を有しており、外力によって曲がる。可撓管部は、操作部 18 から延出されている管状部材である。
- [0018] 接続ケーブル 20 は、操作部 18 と本体 10 との間を接続している。
- [0019] また、内視鏡システムは、操作湾曲部 22 を含む検出対象物である挿入部 16 の所定の範囲（検出対象範囲）内の複数の部分での湾曲状態（湾曲量）を検出する、本実施形態に係るファイバセンサ 28 を有している。
- [0020] ファイバセンサ 28 は、検出対象範囲に挿入部 16 の長手方向に沿って配置される複数の被検出部 32 を有する光ファイバ 30 と、発光部 34 と、受光部 36 と、を含む。光ファイバ 30 は、本体 10 から接続ケーブル 20 内及び操作部 18 内を介して、挿入部 16 内を挿通されることで、少なくとも一部が湾曲可能な検出対象物である挿入部 16 に敷設されている。
- [0021] 発光部 34 は、例えば LED 等の光源を含み、光ファイバ 30 に光を入射させる。受光部 36 は、例えば受光素子等を含み、光ファイバ 30 から出射された光を受光し、受光した光量等に応じた受光信号を出力する。
- [0022] ここで、被検出部 32 は、挿入部 16 の湾曲に従って光ファイバ 30 が湾曲すると、光ファイバ 30 内を導光する光を、当該光ファイバ 30 の湾曲状

態に応じて当該光ファイバ30の外部に向けて出射させる、あるいは、吸収する。光ファイバ30の外部に向けて出射するあるいは吸収する光量は、当該光ファイバ30の湾曲量に対応する。被検出部32は、光ファイバ30の湾曲量に対応した光量の光を光ファイバ30の外部に漏らす又は吸収するような加工が施されている。換言すれば、被検出部32は、光ファイバ30によって導光される光の光学特性、例えば光量を挿入部16の湾曲状態に応じて変化させるものとなる（光学特性変化部）。被検出部32は、少なくとも挿入部16の、湾曲を検出すべき箇所又は当該箇所の近傍である、検出対象範囲に配設される。

[0023] 従って、受光部36が受光する光量等は、挿入部16の湾曲の大きさ（湾曲量）に応じたものとなるため、受光部36が出力する受光信号は、挿入部16の湾曲量を示す情報となる。このように、受光部36は、検出対象物である挿入部16の検出対象範囲の状態を検出する状態検出部として機能する。

[0024] 本体10は、このファイバセンサ28が検出した湾曲量を形状に変換する演算部38を更に有しており、変換した挿入部16の所定の範囲（検出対象範囲）の形状を表示部14に表示することができる。

[0025] ここで、光ファイバ30に設けられる被検出部32について説明する。

[0026] 図2A及び図2Bに示すように、光ファイバ30は、中心に存在する、光を導光するコア40と、当該コア40の周りに設けられた、光を安定的にコア40に閉じ込めるクラッド42と、更にこれらコア40及びクラッド42を物理的な衝撃及び熱的な衝撃から保護するためのジャケット44と、によって構成されている。

[0027] 被検出部32は、光ファイバ30の長手軸方向の所望位置において、ジャケット44と上記クラッド42を除去してコア40の一部を露出させ、この露出させたコア40の部分に、吸収波長特徴領域を発生させるための光吸収部材46を形成したものである。光吸収部材46は、略クラッド厚程度に形成する。なお、上記ジャケット44及びクラッド42の除去は、レーザ加工

によって、あるいは、フォトリソ工程及びエッチング工程などを利用して行う。このとき、上記コア40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、上記コア40に極力傷を付けない方法で加工することが望ましい。

[0028] このような被検出部32では、光ファイバ30が湾曲すると、これに伴って光ファイバ30内を伝達する光の極々一部が上記被検出部32内に漏れる。すなわち、上記被検出部32は、光ファイバ30の一側面に設けられ、光ファイバ30の湾曲に応じて上記漏れる光（滲み出す程度の光）の量が変化する。つまり、被検出部32は、光ファイバ30の光学特性、例えば光伝達量を変化させるものである。

[0029] 図3A、図3B及び図3Cは、光ファイバ30の湾曲に応じた光伝達量の模式図を示すものである。ここで、図3Aは、光ファイバ30を湾曲しないときの光伝達量を示し、図3Bは、光ファイバ30を上記被検出部32が設けられた側に湾曲したときの光伝達量を示し、図3Cは、光ファイバ30を上記被検出部32が設けられた側とは反対側に湾曲したときの光伝達量を示す。これら図3A、図3B及び図3Cに示すように、光ファイバ30を被検出部32が設けられた側に湾曲したときの光伝達量が最も多く、次に光ファイバ30を湾曲しないときの光伝達量、次に光ファイバ30を被検出部32が設けられた側とは反対側に湾曲したときの光伝達量の順である。よって、光ファイバ30から出射される光の光強度を測定することで、被検出部32における湾曲量を検出することができる。そして、被検出部32が設けられている光ファイバ30における径方向の位置つまり被検出部32の向きが既知であるので、湾曲方向も知ることができ、この湾曲方向と上記湾曲量とにより、演算部38は、ファイバセンサ28の検出対象である挿入部16の湾曲形状を算出することができる。

[0030] 発光部34からの光は、光吸収部材46に当たると一部の光が吸収され、残った光がコア40に戻る。このことを分かり易くイメージで描くと、図2Bとなる。実線の矢印が発光部34から供給された光であり、被検出部32

に当たった光が一部吸収され、残りが点線の矢印としてコア40に戻されている。

[0031] よって、被検出部32の光吸収部材46を通過した後の光強度を測定することで、被検出部32の部分の湾曲量の変化を検出することができる。

[0032] そのため、ファイバセンサ28は、光ファイバ30に光を入射させる上記発光部34と、光ファイバ30から出射された光を検出する上記受光部36と、を備えている。ここで、上記ファイバセンサ28の構成としては、透過型と反射型の二つのタイプがある。

[0033] 透過型は、図5Aに示すように、光ファイバ30の一端に配置した発光部34から光ファイバ30に光を供給し、光ファイバ30で導光した光に対し光ファイバ30の途中にある被検出部32の光吸収部材46により光学的な影響を与え、光ファイバ30の他端に配置した受光部36で、光ファイバ30を透過してきた光を受光する構成である。このように、透過型は、光ファイバ30の両側に、発光部34と受光部36とを分配配置している。このような透過型を採用する場合には、光ファイバ30を挿入部16の先端硬質部で折り返して、挿入部16内を挿通すれば良い。なお、上記受光部36によって検出される光強度から求められる湾曲量は、上記被検出部32が配された部分だけではなく、上記被検出部32を含めた前後所定の長さの範囲（後述する形状算出範囲CR）に関するものである。

[0034] これに対して、反射型は、図5Bに示すように、光ファイバ30の同一側に発光部34と受光部36とを配置し、光ファイバ30の他端には反射部材48を設けて、光ファイバ30の一端から入射された光を反射部材48で反射して、光ファイバ30の上記一端から出射させる構成である。そのため、発光部34及び受光部36と光ファイバ30の上記一端とを光分岐部50を介して光学的に接続している。この光分岐部50は、光分配器（光カプラ）、ハーフミラー、ビームスプリッタ、などであり、ここでは、2×2ポートの光分岐部としている。発光部34、受光部36及び光ファイバ30が光学的に接続されていない残りのポートには、反射防止部材52が光学的に接続

されている。また、上記反射部材４８は、例えば光ファイバにアルミなどを蒸着して形成したミラーである。つまり、反射部材４８は、発光部３４から供給された光が被検出部３２を経て光ファイバ３０の端に達した光を受光部３６側に戻すものとなっている。

[0035] 従って、このような反射型のファイバセンサ２８では、発光部３４からの光は光分岐部５０により分岐されて、光ファイバ３０の上記一端と反射防止部材５２とに入射される。光ファイバ３０に供給されて導光した光は、光ファイバ３０の途中にある被検出部３２の光吸収部材４６により光学的な影響が与えられ、光ファイバ３０の上記他端に配置した反射部材４８によって反射される。この反射した光は、光ファイバ３０を反対方向に導光される戻り光となり、被検出部３２の光吸収部材４６によって再び光学的な影響が与えられ、光ファイバ３０の上記一端から出射される。この光ファイバから出射された戻り光は、光分岐部５０に入射され、光分岐部５０により分岐されて、発光部３４と受光部３６とに入射される。そして、受光部３６は、この入射された戻り光の光強度を検出する。この受光部３６出力信号は、上記演算部３８に送られる。

[0036] なお、上記光分岐部５０により分岐されて発光部３４に入射される、光ファイバ３０からの戻り光の他方は、発光部３４に影響を与えることはなく、無視される。また、光分岐部５０により分岐された発光部３４からの光の他方は、反射防止部材５２に入射されるので、その光が受光部３６に入射されることはなく、受光部３６の検出に影響を及ぼすことはない。また、上記反射防止部材５２の代わりに、光源モニタ部を設けても良い。この光源モニタ部により、分岐されて入射された発光部３４からの光を検出することで、発光部３４の発光量をフィードバック制御することが可能になる。もちろん、この光源モニタ部に入射されなかった光が反射されて受光部３６に影響を及ぼさないように、光源モニタ部と反射防止部材５２との両方を設けることが、より望ましい。

[0037] 以上のように、一本に１箇所の被検出部３２を設けた光ファイバ３０を複

数使用し、被検出部 3 2 が挿入部 1 6 の長手方向に異なる位置にあるように配置することで、複数の範囲の状態を検出することが出来る。

[0038] また、光ファイバ 3 0 一本あたりの被検出部 3 2 の数は、複数にすることも可能である。図 6 A は、第 1 の被検出部 3 2 1 と第 2 の被検出部 3 2 2 と第 3 の被検出部 3 2 3 との 3 つを持つ透過型のファイバセンサ 2 8 を示している。また、図 6 B は、第 1 乃至第 n の被検出部 3 2 1 ~ 3 2 n の n 個の被検出部 3 2 を持つ反射型のファイバセンサ 2 8 を示している。

[0039] ここで、複数の被検出部 3 2 を設ける場合、図 6 A 及び図 6 B に示すように光ファイバ 3 0 の長手軸に沿って並べて配置するだけで無く、図 7 に示すように、1 つの被検出部（第 i の被検出部 3 2 i）に対して、長手軸の略同じ箇所、直交方向に或いは径方向の軸が異なる向きに、もう 1 つの被検出部（第 j の被検出部 3 2 j）を設けても良い。この構造では、被検出部に対応する測定範囲の湾曲量だけではなく、湾曲の方向も検出可能となる。

[0040] なお、各被検出部は、図 2 A 及び図 2 B のように光吸収部材 4 6 を剥き出しのままとしても良いが、図 7 に示す第 i の被検出部 3 2 i のように、光吸収部材 4 6 上のジャケット 4 4 とクラッド 4 2 とを除去した部分に対してジャケットのような部材を被検出部保護部材 5 4 として満たして、光ファイバ 3 0 の元の形状に回復させても良い。あるいは、図 7 に示す第 j の被検出部 3 2 j のように、ジャケット 4 4 とクラッド 4 2 を除去した部分を満たすように、光吸収部材 4 6 を形成することで、光ファイバ 3 0 の元の形状に回復させても良い。

[0041] 光ファイバ 3 0 一本あたりの被検出部 3 2 の数を複数にする場合、光ファイバ 3 0 の被検出部 3 2 に設けられた上記光吸収部材 4 6 は、例えば図 4 A に示すような波長帯域 $\lambda_L \sim \lambda_U$ の間で略均一な光スペクトルを有する理想的な光源からの光に対し、図 4 B に示すような吸収スペクトルを有した材料を使用する。ここで、W は上記理想的な光源の発光波長領域である。上記理想的な光源からの光は、光吸収部材 4 6 に当たると、上記吸収スペクトルの割合で吸収し、残った光をコア 4 0 に戻す。

- [0042] 発光部 3 4 から供給された略均一な光は、図 4 C に示すスペクトルのように、被検出部 3 2 の吸収スペクトルで光学的な影響を受けたスペクトルとなる。
- [0043] それぞれの被検出部 3 2 における光吸収部材 4 6 は、それぞれ異なる吸収スペクトルを持つものを使用する。そして、それぞれの被検出部 3 2 による光学的な影響を分離して検出することで、光ファイバ 3 0 に被検出部 3 2 を複数、例えば図 6 B に示すように第 1 乃至第 n の被検出部 3 2 1 ~ 3 2 n の n 個形成した場合、それぞれの被検出部 3 2 に対応する測定範囲の湾曲量及び湾曲方向を検出することが出来る。
- [0044] なお、被検出部 3 2 において光学的な影響を与える構成としては、前述したような光吸収部材 4 6 による以外の手法を用いても良い。さらには、上記光吸収部材 4 6 とその他の手法とを組み合わせ用いても構わない。このような組み合わせを用いれば、更に被検出部 3 2 の数を増加することが可能になる。すなわち、上記被検出部 3 2 は、光ファイバ 3 0 の光学特性である光伝達量を変化させるものに限定されるものではなく、例えば、スペクトルや偏波などの光の状態を変更させるものであっても良い。また、受光部 3 6 は、上記のように光強度、例えばスペクトルや偏波などの光の状態に対応した光学特性を検出するものであれば良い。
- [0045] 例えば、被検出部 3 2 に、上記光吸収部材 4 6 の代わりに、蛍光部材などの発光体を形成することができる。蛍光部材は、短波長側の光を吸収して、長波長側に発光を発生させる特性を有している。このような蛍光部材の場合、光の変換方法が上記光吸収部材 4 6 と異なり、被検出部 3 2 に当たった光が吸収され、被検出部 3 2 が散乱光を発光する。この発光の発光量は、曲げの湾曲量により蛍光部材に当たる光の量が増減するので、湾曲方向と湾曲量に伴って変化する。このような蛍光部材を用いた場合は、上記光吸収部材 4 6 を用いた場合と比較すると、若干、検出感度が悪い場合が多い。
- [0046] また、上記光吸収部材 4 6 の代わりに、積層誘電体膜を設けても良い。積層誘電体膜は、光の入射角つまり光ファイバの曲げに伴って、特定のスペク

トルを光ファイバ外へ損失させる特性を有している。この積層誘電体膜上には、さらに、誘電体膜効果増大樹脂を形成することが好ましい。

[0047] 次に、ファイバセンサ 28 の被検出部 32 の数の決定方法を、図 8 を参照して説明する。

[0048] ファイバセンサ 28 は、1 つの被検出部 32 を設けた 1 本の光ファイバ 30 を複数本使用する場合、複数の被検出部 32 を設けた 1 本の光ファイバ 30 を使用する場合、またはその両方で複数の被検出部 32 を有する 1 本の光ファイバ 30 を複数本使用する場合がある。いずれの場合であっても、挿入部 16 の検出対象範囲 DR 内であって、挿入部 16 の長手方向に沿った異なる位置に、被検出部 32 が複数配置されるように構成することで、挿入部 16 のこの検出対象範囲 DR について複数の状態つまり湾曲量を検出することができ、この部分の形状を算出することが可能となる。なお、図 8 において、参照符号 56D は検出対象範囲 DR の先端を、参照符号 56P は検出対象範囲 DR の基端を、それぞれ示している。

[0049] そして、本実施形態では、この検出対象範囲 DR における被検出部 32 の数は、形状検出を行う実使用上で発生が想定される挿入部 16 の形状の変曲点（湾曲方向が変化する点）を想定変曲点とすると、この想定変曲点の数 + 1 個以上を設けるようにする。

[0050] ここで、想定変曲点は、挿入部 16 の実使用上の形状において、湾曲量の変化が小さいと予想できる範囲の両端の点である。すなわち、挿入部 16 の長手方向に隣り合う想定変曲点（第 1 の想定変曲点 581 と第 2 の想定変曲点 582）に囲まれる範囲（後述する形状算出範囲 CR）においては、1 つの被検出部 32 で精度の良い湾曲量の検出が可能となる。逆に、想定変曲点を超えた範囲では、湾曲量が大きく変化する可能性が高くなり、1 つの被検出部 32 で精度の良い湾曲量を検出することが出来なくなる。

[0051] なお、湾曲量は、この形状算出範囲 CR の平均的な曲率と言うこともできる。そのため、曲率と湾曲量は、厳密には異なるものであるが、ファイバセンサ 28 の検出値に限っては、実質的に等価とみなすことができる。

[0052] また、想定変曲点は、挿入部 16 の構造や硬さから発生する間隔、すなわち想定変曲点の数を想定する。具体的には、次に説明するような第 1 乃至第 4 の決定方法の 1 つ以上を選択して、変曲点の間隔を想定して、想定変曲点の数を決定する。

[0053] まず、第 1 の決定方法を説明する。

操作湾曲部 22 は、前述したように、複数個の節輪が挿入部 16 の長手方向に沿って連結されることにより、構成されている。具体的には、図 9 に示すように、節輪である筒状の硬質部材 60 が複数個、湾曲機構 62 で連結されている。湾曲機構 62 は、例えば、リベットにより、前後の硬質部材 60 を回動可能なように連結している。なお、図 9 は、説明を簡単にするために、1 平面上での湾曲が可能な操作湾曲部 22 の構造の例を示している。例えば、湾曲機構 62 を挿入方向に沿う軸周りに 90 度回転して設けるような組合せ構造とすることにより、挿入方向に対してあらゆる方向へ湾曲することが可能な操作湾曲部 22 を構成することができる。

[0054] このように、操作湾曲部 22 の構造が、硬質部材 60 と湾曲機構 62 とからなる場合、変曲点の間隔は、硬質部材 60 の 10 倍以上として、想定変曲点数を決定する。

[0055] これにより、操作湾曲部 22 の構造が硬質部材 60 と湾曲機構 62 とからなる場合の、想定変曲点の数を決定することができ、少ない点数の被検出部 32 で精度の良い湾曲量の検出が可能となる。

[0056] 図 10 は、図 9 とは異なる操作湾曲部 22 の内部構造を示している。この操作湾曲部 22 の構造は、長尺な硬質の筒状部材 64 に、複数のスリット 66 を設けたものである。なお、図 10 は、図 9 と同様に、説明を簡単にするために、1 平面上での湾曲が可能な操作湾曲部 22 の構造の例を示している。例えば、スリット 66 を挿入方向に沿う軸周りに 90 度回転して設けるような組合せ構造とすることにより、挿入方向に対してあらゆる方向へ湾曲することが可能な操作湾曲部 22 を構成することができる。

[0057] 操作湾曲部 22 をこのような構成とした場合、スリット 66 を湾曲機構 6

2とみなし、かつ、筒状部材64のスリット66が無い範囲を硬質部材60とみなして、変曲点の間隔は、この硬質部材60の10倍以上として、想定変曲点の数を決定する。

[0058] なお、スリット66の幅が狭い場合には、操作湾曲部22の長手方向に隣り合うスリット66において、スリット66の幅の中心間の範囲を、上記のスリット66が無い範囲として用いることができる。

[0059] 次に、第2の決定方法を説明する。

挿入部16の曲がり易さは、通常、挿入部16の直径Φと関係し、直径Φが太いと曲がり難く、細いと曲がり易い。そこで、変曲点の間隔は、図8に示すように、挿入部16の直径Φの10倍以上とし、想定変曲点の数を決定する。

[0060] これにより、挿入部16の直径Φ、すなわち挿入部16の曲がり易さに基づき、想定変曲点の数を決定することができ、少ない点数の被検出部32で精度の良い湾曲量の検出が可能となる。

[0061] 次に、第3の決定方法を説明する。

操作湾曲部22は、操作部18に設けられた湾曲操作ノブ26の操作により湾曲が可能である。通常、操作による操作湾曲部22の形状は、図11に示すように、円弧に近い形状となる。すなわち、操作湾曲部22の長手方向で湾曲量の変化が少ない。そのため、1個の被検出部32でも湾曲量を検出可能である。一方、外部の力によって変形し、操作湾曲部22の長手方向で湾曲量が大きく変化する場合もある。そのような場合においても、一定の長手方向の範囲は、操作湾曲部22の構造に起因して湾曲量の変化が少ない。そこで、湾曲量の変化が少ない範囲を以下の(1)式により求めて、外力が加わった場合の形状に対する想定変曲点の数を決定する。

[0062] 操作湾曲部22は構造上の制限により、湾曲量にも制限がある。操作湾曲部22を最も湾曲させたときの曲率半径を r_1 、中心角を θ_1 としたとき、操作湾曲部22の変曲点の間隔 L_1 は、以下の(1)式を満たすように、想定変曲点の数を決定する。

[0063]
$$L_1 = r_1 \cdot \theta_1 \quad (1)$$

ただし、 $\theta_1 \geq \pi/2$ である。

[0064] これにより、操作湾曲部22の最大湾曲量、すなわち最小曲率半径から、想定変曲点の数を決定することができ、少ない点数の被検出部32で精度の良い湾曲量の検出が可能となる。

[0065] なお、操作湾曲部22が硬度を可変する機構を備えている場合には、上記曲率半径 r_1 は、硬度を最も軟らかい状態に設定したときの値とする。

[0066] 以上説明した想定変曲点の数の第1乃至第3の決定方法は、被検出部32の数が無駄に多くならないように上限を決めるものである。

[0067] なお、上記第1乃至第3の決定方法は、操作湾曲部22に限らず、挿入部16のどの範囲に適用してもかまわない。

[0068] また、上記第1乃至第3の決定方法は、挿入部16の構造や硬さから想定変曲点の数を決定したが、さらに、被検体の構造や硬さ等に基づいて決定してもかまわない。例えば、操作湾曲部22を被検体の内壁等にしつめる操作を操作者が行くと、その押しつけ力により、湾曲操作ノブ26による操作湾曲部22の最大湾曲量を超えて操作湾曲部22が湾曲することとなる。この場合でも、被検体は何であるのかにより、どのくらいの力が加わるかは想定することが可能であるので、最大湾曲量の値を予め決定することができ、上記第3の決定方法によって想定変曲点の数を決定することができる。

[0069] 次に、第4の決定方法を説明する。

挿入部16が大腸の形状等、ある程度形が決まっている被検体に挿入される場合には、その形状に基づいて想定変曲点の数を決定しても良い。例えば、図12に示すように、大腸68では、湾曲量が大きくなる部位70が5箇所存在するので、想定変曲点の数も5とする。

[0070] これにより、実際に状態を検出する形状と同じ又は近い形状に基づいて想定変曲点の数を決定できるので、必要最低限の被検出部32の数でファイバセンサ28を構成することができる。

[0071] 上記のような第1乃至第4の決定方法により、想定変曲点の間隔が無駄に

狭くなり過ぎないようにして、想定変曲点の数を決定できる。そして、図 8 のように想定変曲点が 2 個と決定した場合、被検出部 32 は 3 個以上設ける。

[0072] 以上のように、挿入部 16 の形状において、湾曲量の変化が小さいと予想できる範囲の両端の点である、想定変曲点が決められ、実使用において最低限の検出点数で精度良く湾曲量を検出できるようになる。

[0073] また、被検出部 32 の位置は、挿入部 16 の長手方向で隣り合う想定変曲点（図 8 では第 1 の想定変曲点 581 と第 2 の想定変曲点 582）の中心近傍に配置することが望ましい。または、挿入部 16 の端部のように、想定変曲点を設定していない場合があるが、そのような場合は、挿入部 16 の端部と想定変曲点の中心近傍とすることが望ましい。なお、ここでの挿入部 16 の端部とは、ファイバセンサ 28 で湾曲状態を検出する範囲である検出対象範囲 DR での端部を示す。例えば、挿入部 16 の先端が湾曲しない硬質部であり、湾曲状態の検出が必要ないような場合は、硬質部以外の軟質部のみである、挿入部 16 の一部の湾曲状態を検出することが考えられる。このような場合は、湾曲状態を検出する範囲（検出対象範囲 DR）内の端を端部として考える。

[0074] これにより、想定変曲点で囲まれる範囲の湾曲量を検出し易くなり、湾曲量の検出精度が向上する。

[0075] ここで、形状算出範囲 CR について説明する。

図 13 は、ファイバセンサ 28 の被検出部 32 について検出した状態つまり湾曲量に基づいて演算部 38 が形状を算出する範囲である形状算出範囲 CR を示した図である。通常、形状算出範囲 CR は、隣り合う想定変曲点で囲まれる範囲で設定すると、精度良く形状を算出できるため、望ましい。

[0076] 各被検出部 32 は、被検出部 32 自体の湾曲量について検出されているが、実際には、被検出部 32（例えばファイバセンサ 28 の長手方向に 5 mm の長さを持つ）だけが湾曲するようなことはない。光ファイバ 30 自体あるいはファイバセンサ 28 を組み込んだ部材の構造や材質に起因して、光ファ

ファイバ30も長手方向にある程度の範囲（例えば60mm）が湾曲する。従って、被検出部32によって、当該被検出部32が存在している位置のみではなく、ある程度の範囲（＝形状算出範囲CR）、例えば被検出部32からファイバ30の長手方向前後に30mmずつ、合わせて60mmの湾曲量が検出され则认为することができる。ここで、形状算出範囲CRに対して、被検出部32の長さが短すぎると、形状算出範囲CRの湾曲量と被検出部32について検出される湾曲量とが異なる可能性が高くなり、精度が低くなる。そこで、被検出部32の長手方向の長さ D_1 を、挿入部16の構造や材質に起因して、精度の良い湾曲量が検出可能な長さである、各被検出部32の形状算出範囲CRの長さ D_2 の $1/8$ 以上とする。

[0077] 上記のように挿入部16の湾曲状態を検出する通常使用では、挿入部16の構造や材質に起因して、形状算出範囲CRの長さ D_2 の $1/8$ 以上となる被検出部32の長さ D_1 があると、所望の検出精度が期待できる。さらに、より高精度な湾曲状態を検出する場合は、被検出部32の長さ D_1 を形状算出範囲CRの長さ D_2 の $1/2$ 以上とすることが望ましく、逆に、おおまかな湾曲状態を検出する程度の低い精度で構わない場合は、 $1/30$ 以上としても良い。

[0078] これにより、形状算出範囲CRの湾曲状態を検出するために必要な長さの被検出部32の構成となるので、精度の良い湾曲量検出が可能となる。

[0079] 以上説明したように、本第1実施形態によれば、想定変曲点の数を決め、被検出部32の数を想定変曲点の数+1個以上とすることで、実使用において検出する湾曲状態を、最低限の検出点数で精度良く検出できるようになる。さらには、必要な被検出部32の数が減ることで、検出対象物である挿入部16に組み込む光ファイバ30の本数を減らせるため、細い挿入部16を持つ内視鏡12にも搭載可能となる。また、1本の光ファイバ30で複数の湾曲状態を検出する方法についても、1本当たりの被検出部32の数を少なくできるので、技術的な難易度が下がる。また、どちらの方法も、コストを下げることができる。

[0080] [変形例]

上記第3の決定方法では、被検出部32の数が無駄に多くならないように上限を決めているが、被検出部32の数が少なくならないように下限を決めることもできる。

[0081] 図14に示すように、操作部18に設けられた湾曲操作ノブ26の操作により操作湾曲部22を湾曲させた場合、通常、操作湾曲部22の長手方向の範囲において、同じ方向へ湾曲するため、変曲点はない。このように、湾曲操作ノブ26の操作による湾曲では変曲点がないので、被検出部32は最低1個あれば良い。しかしながら、1個の被検出部32の形状算出範囲CRの中で全て同じ曲率であるとは限らず、形状算出範囲CRが広いほど、異なる曲率の形状となる可能性が高い。そのため、変曲点がない範囲においても、形状算出範囲CRが広くなり過ぎないようにすることが望ましい。

[0082] そこで、長手方向に隣り合う被検出部32の中心同士の間隔を L_2 、湾曲操作ノブ26の操作による操作湾曲部22の最大湾曲時の曲率半径（操作湾曲部22の湾曲形状は、長手方向で湾曲量がある程度異なる事があるが、そのような場合は、操作湾曲部22の形状と近似する円の曲率半径とする。）を r_2 、最大湾曲時の被検出部32の間隔が作る弧の中心角を θ_2 としたとき、 L_2 は以下の(2)式を満たすようにする。

$$[0083] \quad L_2 = r_2 \cdot \theta_2 \quad (2)$$

ただし、 $\theta_2 \leq \pi$ である。

[0084] これにより、形状算出範囲CRが広くなり過ぎないようにすることができる。すなわち、異なる湾曲量で湾曲する可能性が高くなり、1個の被検出部32では精度の高い検出ができない範囲に対して、湾曲量検出を行うために必要な複数の被検出部32の配置がされるようになるので、湾曲量の検出精度が向上する。

[0085] なお、ここでは操作湾曲部22の被検出部32の配置について説明したが、挿入部16のどの範囲でも構わない。挿入部16が構造的にまたは機能的に湾曲し得る、あるいは実使用上で湾曲し得る最大湾曲時、例えば、実使用

上で想定される、挿入部 1 6 に加わる最大の力で湾曲させたときの湾曲形状で、同様の (2) 式により被検出部 3 2 の配置を決めることができる。

[0086] また、1つの被検出部 3 2 は、挿入部 1 6 の長手方向に複数に分けて配置しても良い。図 1 5 は、1つの被検出部 3 2 を 2 つの分割被検出部に分けて配置した図である。第 1 の被検出部 3 2 1 が分割被検出部 3 2 1 D A と 3 2 1 D B、第 2 の被検出部 3 2 2 が分割被検出部 3 2 2 D A と 3 2 2 D B の、それぞれ 2 つに分割されている。被検出部 3 2 は、形状算出範囲 C R においてなるべく広い範囲、すなわち挿入部 1 6 の長手方向に長く形成する方が、挿入部 1 6 の曲げを検出し易くなるため、精度が向上する。一方、被検出部 3 2 が長いと、光の減衰が多くなるため、検出感度が低くなり、精度が逆に低下する。そこで、1つの被検出部 3 2 を複数の分割被検出部に分割して配置することで、被検出部 3 2 の長さ（分割した合計の長さ）が長くなり過ぎずに、すなわち感度が低下せずに、形状算出範囲 C R において、広い範囲に被検出部 3 2 が配置されるようになり、検出精度が向上する。

[0087] また、複数に分けて配置した分割被検出部 3 2 1 D A、3 2 1 D B の内側の端部同士の間隔 L_{31} または形状算出範囲 C R の境と分割被検出部 3 2 1 D B の形状算出範囲 C R の境側の端部との間隔 L_{32} である、分割被検出部間隔を L_3 、操作湾曲部 2 2 の最大湾曲時の曲率半径を r_3 、最大湾曲時の分割被検出部間隔が作る弧の中心角を θ_3 (θ_{31} , θ_{32}) とすると、分割被検出部間隔 L_3 は下式を満たすように、被検出部 3 2 の分割数と配置を決定する。

$$[0088] \quad L_3 = r_3 \cdot \theta_3 \quad (3)$$

ただし、 $\theta_3 \leq \pi/2$ である。

[0089] これにより、分割した分割被検出部同士の間隔が長くなり過ぎることがなくなり、形状算出範囲 C R の湾曲量の検出精度を高めることができる。

[0090] また、1つの被検出部 3 2 を挿入部 1 6 の長手方向に複数に分けて配置する場合は、形状算出範囲 C R において分割した分割被検出部を均等、または均等に近い間隔で配置することが望ましい。図 1 6 は、1つの被検出部 3 2 を 4 つに分割した分割被検出部 3 2 D A ~ 3 2 D D を互いに間隔 D_3 をおい

て均等配置した場合を示している。複数の分割被検出部を均等に配置しない場合には、一部、分割被検出部が無い範囲が広くなるため、形状算出範囲C Rにおいて、全体的に湾曲量の変化を検出することが困難となる。これに対して、このように複数の分割被検出部3 2 D A～3 2 D Dを均等に配置することで、形状算出範囲C Rの湾曲量を平均的に検出することができ、検出精度が向上する。

[0091] 図1 7は、同一の光ファイバ3 0に、図中参照符号7 2で示す方向の湾曲量を検出するための第1の被検出部3 2 1と、この第1の被検出部3 2 1とは異なる図中参照符号7 4で示す方向の湾曲量を検出するための第2の被検出部3 2 2と、を設けたファイバセンサ2 8を示す図である。

[0092] 挿入部1 6の長手方向に同じ位置で、湾曲方向が異なる湾曲量を検出する場合、図7に示したように、被検出部3 2の挿入部1 6の長手方向の位置は同じか、互いに近傍である方が、互いに異なる位置に設けるよりも湾曲量の精度が高くなるので望ましい。しかし、同一の光ファイバ3 0にそれぞれの被検出部3 2を設ける場合、挿入部1 6の長手方向に同じ位置に被検出部3 2を設けると、光ファイバ3 0の強度が低下する恐れがある。

[0093] そこで、図1 7に示すように、第1及び第2の被検出部3 2 1、3 2 2をそれぞれ、挿入部1 6の長手方向に複数の分割した分割被検出部3 2 1 D、3 2 2 Dとして構成し、第1の分割被検出部3 2 1 Dと第2の分割被検出部3 2 2 Dとを、挿入部1 6の長手方向に互いに挟むように配置、すなわち、交互に配置する。これにより、第1、第2の被検出部3 2は互いに近傍に配置されつつ、挿入部1 6の長手方向に同じ位置には片方の分割被検出部3 2 1 D又は3 2 2 Dのみが設けられるようになるので、精度を向上しつつ、光ファイバ3 0の強度低下も避けることができる。

[0094] なお、図1 7では、分割した分割被検出部3 2 1 D、3 2 2 Dが全て交互に配置されている例を示したが、第1または第2の被検出部3 2 1または3 2 2の少なくとも一部が、他方の分割被検出部3 2 1 Dまたは3 2 2 Dに（挿入部1 6の長手方向の位置が）挟まれるように配置されていれば良い。例

えば、一部のみ交互に配置されていても構わないし、分割した第 1 の分割被検出部 3 2 1 D の間に複数の分割した第 2 の分割被検出部 3 2 2 D を配置するようにしても構わない。

[0095] 図 1 8 は、1 つの被検出部 3 2 を 2 つの分割被検出部 3 2 D A、3 2 D B に分けて配置した図である。このように被検出部 3 2 が複数に分割されている場合は、両端の長さ D_4 を、当該被検出部 3 2 について検出した湾曲量に基づいて演算部 3 8 が形状を算出する範囲である形状算出範囲 C R の $1/8$ 以上とする。

[0096] 以上、挿入部 1 6 が全て湾曲可能な例で説明したが、一部湾曲しない硬質部が有る場合も同様に被検出部 3 2 の数を決定することができる。この時、硬質部は形状が変化しないので、被検出部 3 2 を配置する必要は無い。

[0097] また、挿入部 1 6 の全長に関して湾曲状態を検出するとは限らない。例えば、大腸（図 1 2）の挿入においては、S 字結腸を通過することが困難であり、挿入部 1 6 の後ろ側よりも前側の形状が重要となる。そこで、挿入部 1 6 の先端側の範囲で S 字結腸において湾曲状態が検出可能なように、例えば挿入部 1 6 の先端から 40 cm のみを検出対象範囲 D R として被検出部 3 2 を配置するようにしても構わない。これにより、被検出部 3 2 の点数を少なくしつつ、挿入部 1 6 の状態検出が必要である S 字結腸を抜ける時には、確実に検出可能となる。

[0098] [第 2 実施形態]

本第 2 実施形態では、挿入部 1 6 が長手方向に異なる構造を有する場合の被検出部 3 2 の配置方法について説明する。

[0099] 操作湾曲部 2 2 の構成として、図 1 9 に示すように、筒状で複数の第 1 の硬質部材 6 0 1 と、この第 1 の硬質部材 6 0 1 よりも短い第 2 の硬質部材 6 0 2 とが、湾曲機構 6 2 で回動可能なように連結されている場合がある。湾曲機構 6 2 は例えば、リベットにより前後の硬質部材 6 0 1、6 0 2 を回動可能なように連結している。第 1 の硬質部材 6 0 1 で構成される操作湾曲部 2 2 の長手方向の範囲に対して、第 2 の硬質部材 6 0 2 で構成される操作湾

曲部 22 の長手方向の範囲は、第 1 の硬質部材 601 より第 2 の硬質部材 602 が短いため、最大で湾曲した場合の曲率が大きくなる。大きい曲率を取り得る範囲は、小さい曲率でしか曲がらない範囲よりも複雑な形状になり易い。すなわち、大きい曲率の湾曲状態を精度良く検出するためには、小さい曲率の湾曲状態を検出する場合よりも、被検出部 32 を多くする必要がある。そこで、第 1 の硬質部材 601 で構成される範囲よりも、第 2 の硬質部材 602 で構成される範囲の被検出部 32 を密に配置する。

[0100] 図 20 は、図 19 とは異なる操作湾曲部 22 の内部構造であり、長尺な硬質の筒状部材 64 に複数のスリット 66 を設けている。スリット 66 が湾曲機構 62 となり、スリット 66 に挟まれる範囲が第 1 及び第 2 の硬質部材 601、602 となる。第 2 の硬質部材 602 は第 1 の硬質部材 601 よりも短い、すなわちスリット 66 の間隔が狭い構成となっている。このような構造の場合も同様に、第 1 の硬質部材 601 で構成される範囲よりも、第 2 の硬質部材 602 で構成される範囲の被検出部 32 を密に配置する。

[0101] 以上のように、本第 2 実施形態によれば、挿入部 16 の硬質部材 60 の長さが、挿入部 16 の長手方向で異なる構造を有する場合でも、硬質部が長い範囲より短い範囲で被検出部 32 を密に配置することで、必要以上に被検出部 32 の数を増やすことなく、湾曲量を精度良く検出することができる。

[0102] [変形例]

挿入部 16 において、図 21 に示すように、長手方向で湾曲に対する硬さが異なる構造を持つものが知られている。先端側が軟らかい軟構造部 76、基端側が硬い硬構造部 78 となっている。このような構造の挿入部 16 では、軟構造部 76 の軟らかい範囲では、挿入部 16 の長手方向で湾曲量が大きく異なる形状になり易いため、硬構造部 78 の硬い範囲よりも軟構造部 76 の軟らかい範囲で被検出部 32 を密に配置する。

[0103] ここで、挿入部 16 の湾曲に対する硬さの判断について、図 22 で説明する。硬さを判断したい範囲において、一方の端部を支点 80 として挿入部 16 を支える。また、他方の端部を力点 82 として一定の力を加える。そして

、支点80の挿入部16の長手方向に沿う軸と力点82の挿入部16の長手方向に沿う軸とがなす角を湾曲角84としたとき、湾曲角84が小さい範囲は軟らかく、湾曲角84が大きい範囲は硬いと判断する。なお、異なる範囲で硬さを比較する場合は、支点80と力点82の間隔は一定として比較する。

[0104] このようにして、挿入部16の湾曲に対する硬さを判断することができるようになる。そして、長手方向で湾曲に対する硬さが異なる構造の挿入部16において、硬い範囲よりも軟らかい範囲には被検出部32を密に配置することで、必要以上に被検出部32の数を増やすことなく、湾曲量を精度良く検出することができる。

[0105] 以上、実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。

符号の説明

[0106] 10…本体、 12…内視鏡、 14…表示部、 16…挿入部、 18…操作部、 20…接続ケーブル、 22…操作湾曲部、 24…撮像部、 26…湾曲操作ノブ、 28…ファイバセンサ、 30…光ファイバ、 32, 321~329, 32n, 32i, 32j…被検出部、 32DA~32DD, 321D, 321DA, 321DB, 322D, 322DA, 322DB…分割被検出部、 34…発光部、 36…受光部、 38…演算部、 40…コア、 42…クラッド、 44…ジャケット、 46…光吸収部材、 48…反射部材、 50…光分岐部、 52…反射防止部材、 54…被検出部保護部材、 56D…検出対象範囲の先端、 56P…検出対象範囲の基端、 581, 582…想定変曲点、 60, 601, 602…硬質部材、 62…湾曲機構、 64…筒状部材、 66…スリット、 68…大腸、 70…湾曲量が大きくなる部位、 72…第1の被検出部で湾曲量を検出する方向、 74…第2の被検出部で湾曲量を検出する方向、 76…軟構造部、 78…硬構造部、 80…支点、 82…力点、

8 4 …湾曲角、 D R …検出対象範囲、 C R …形状算出範囲。

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも一部が湾曲可能な検出対象物に敷設され、前記検出対象物の前記少なくとも一部である検出対象範囲に前記検出対象物の長手方向に沿って配置され、前記検出対象範囲の状態を検出するための、1つ又は複数の被検出部を有する、少なくとも一本の光ファイバからなり、前記少なくとも一本の光ファイバ内を導光した光を検出することで、前記検出対象物の前記検出対象範囲の状態を検出可能なファイバセンサであって、
- 前記検出対象物の前記検出対象範囲が取り得る形状又は前記検出対象範囲において検出可能な状態から想定する、前記検出対象範囲の形状の変曲点を想定変曲点とすると、前記少なくとも1本の光ファイバは、前記想定変曲点の数+1個以上の前記被検出部を有する、ことを特徴とするファイバセンサ。
- [請求項2] 前記想定変曲点の数は、前記検出対象物の湾曲形状の自由度を制限する、機能的または構造的な制限に基づいて決定する、ことを特徴とする請求項1に記載のファイバセンサ。
- [請求項3] 前記検出対象範囲における前記検出対象物の構造は、
- 複数の硬質部材と、
- 前記複数の硬質部材からなる前記検出対象物の範囲を湾曲させる湾曲機構と、
- からなり、
- 前記想定変曲点の間隔は、前記硬質部材の10倍以上とする、ことを特徴とする請求項2に記載のファイバセンサ。
- [請求項4] 前記検出対象物は、長尺な管状形状を有し、
- 前記想定変曲点の間隔は、前記検出対象範囲における前記検出対象物の直径の10倍以上とする、ことを特徴とする請求項2に記載のファイバセンサ。
- [請求項5] 前記想定変曲点の間隔は、当該間隔を L_1 、前記検出対象物の前記

検出対象範囲の最大湾曲時の曲率半径を r_1 、前記最大湾曲時の前記想定変曲点の間隔が作る弧の中心角を θ_1 とすると、

$$L_1 = r_1 \cdot \theta_1$$

であり、

この時、

$$\theta_1 \geq \pi / 2$$

である、ことを特徴とする請求項 2 に記載のファイバセンサ。

[請求項 6] 前記検出対象物の前記検出対象範囲は、被検体に挿入される挿入部を有し、

前記想定変曲点の数は、前記被検体の構造に基づいて決定する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のファイバセンサ。

[請求項 7] 前記検出対象範囲における前記検出対象物は、前記長手方向に異なる構造を有し、

前記複数の被検出部は、前記検出対象範囲における前記検出対象物の前記構造に基づいて、密または粗に配置される、ことを特徴とする請求項 2 に記載のファイバセンサ。

[請求項 8] 前記検出対象範囲における前記検出対象物の構造は、

複数の第 1 の硬質部材と、

前記長手方向の長さが前記第 1 の硬質部材よりも短い、複数の第 2 の硬質部材と、

前記複数の第 1 の硬質部材からなる前記検出対象物の範囲を湾曲させる第 1 の湾曲機構と、

前記複数の第 2 の硬質部材からなる前記検出対象物の範囲を湾曲させる第 2 の湾曲機構と、

からなり、

前記複数の被検出部は、前記複数の第 1 の硬質部材で構成される前記検出対象物の範囲より、前記複数の第 2 の硬質部材で構成される前記検出対象物の範囲で、密に配置される、ことを特徴とする請求項 7

に記載のファイバセンサ。

[請求項9] 前記検出対象範囲における前記検出対象物の構造は、湾曲に対する硬さが前記長手方向に異なり、

前記複数の被検出部は、前記湾曲に対する硬さが硬い前記検出対象物の範囲よりも、軟らかい範囲に、密に配置される、ことを特徴とする請求項7に記載のファイバセンサ。

[請求項10] 前記検出対象範囲における前記検出対象物の湾曲に対する硬さは、前記検出対象物の硬さを判断する一定範囲の一方の端部で支える支点に対する、前記一定範囲の他方の端部である力点に、一定の力を加えた時に、

前記支点での、前記検出対象物の前記長手方向に沿う軸と、前記力点での、前記検出対象物の前記長手方向に沿う軸と、がなす角に基づいて判断する、ことを特徴とする請求項9に記載のファイバセンサ。

[請求項11] 前記複数の被検出部は、隣同士の前記想定変曲点に囲まれる範囲、または、想定変曲点と前記検出対象範囲の端部とに囲まれる範囲、の前記長手方向の略中心に配置される、ことを特徴とする請求項1に記載のファイバセンサ。

[請求項12] 前記検出対象範囲における前記検出対象物の前記長手方向に隣り合う前記被検出部の各中心の間隔である被検出部間隔は、該被検出部間隔を L_2 、前記検出対象物の前記検出対象範囲の最大湾曲時の曲率半径を r_2 、前記最大湾曲時の前記被検出部間隔が作る弧の中心角を θ_2 とすると、

$$L_2 = r_2 \cdot \theta_2$$

であり、

この時

$$\theta_2 \leq \pi$$

である、ことを特徴とする請求項1に記載のファイバセンサ。

[請求項13] 前記複数の被検出部の内の少なくとも1つは、その1つの被検出部を前記長手方向に複数の分割した複数の分割被検出部として配置する、ことを特徴とする請求項1乃至12の何れか1項に記載のファイバセンサ。

[請求項14] 前記複数の分割被検出部の内側の端部同士の間隔である分割被検出部間隔、または、前記複数の分割被検出部について検出した前記状態に基づいて前記検出対象物の前記検出対象範囲の形状を算出する範囲である形状算出範囲の端と、前記複数の分割被検出部の前記形状算出範囲の端側の端部と、の間隔である分割被検出部間隔は、当該分割被検出部間隔を L_3 、前記検出対象物の前記検出対象範囲の最大湾曲時の曲率半径を r_3 、前記最大湾曲時の前記分割被検出部間隔が作る弧の中心角を θ_3 とすると、

$$L_3 = r_3 \cdot \theta_3$$

であり、

この時

$$\theta_3 \leq \pi / 2$$

となるように、前記複数の分割被検出部の分割数と配置とを決定する、ことを特徴とする請求項13に記載のファイバセンサ。

[請求項15] 前記複数の分割被検出部は、隣り合う分割被検出部の内側の端部同士の間隔が略均等になるように配置される、ことを特徴とする請求項13または14に記載のファイバセンサ。

[請求項16] 前記少なくとも1本の光ファイバの内、1本の光ファイバは、第1の被検出部と、前記第1の被検出部と異なる方向の状態を検出するための第2の被検出部と、を有し、

前記第1及び第2の被検出部の少なくとも一方は、前記長手方向に複数の分割された分割被検出部として構成され、

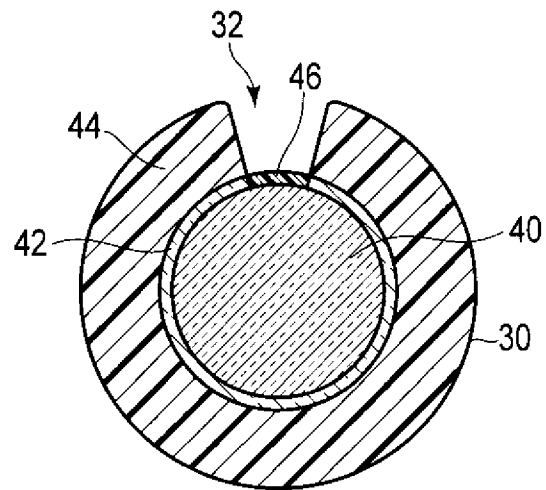
前記第1及び第2の被検出部の少なくとも一方の前記分割被検出部は、少なくとも一部が、前記長手方向に他方の被検出部を挟むように

配置される、ことを特徴とする請求項 13 に記載のファイバセンサ。

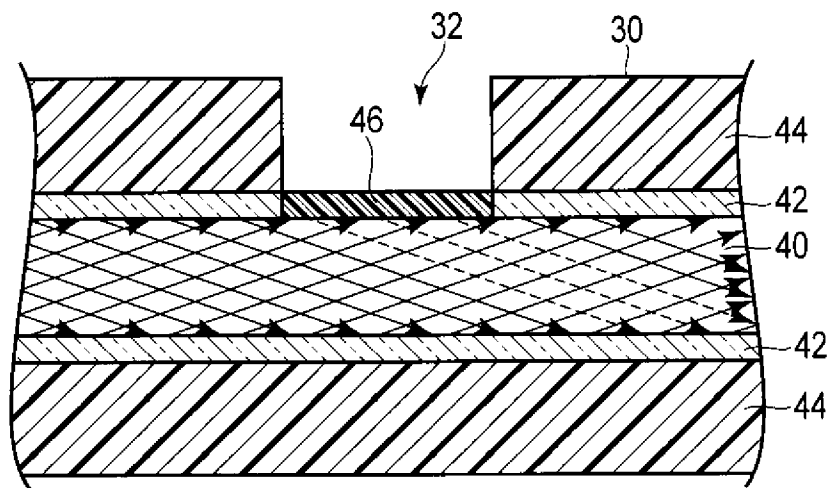
[請求項17] 前記複数の被検出部のそれぞれの前記長手方向の長さは、前記複数の被検出部について検出した前記状態に基づいて前記検出対象物の前記検出対象範囲の形状を算出する範囲である形状算出範囲の $1/8$ 以上である、ことを特徴とする請求項 1 または 13 に記載のファイバセンサ。

[請求項18] 前記検出対象物は、被検体の内表面を観察するための内視鏡挿入部である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 17 の何れか 1 項に記載のファイバセンサ。

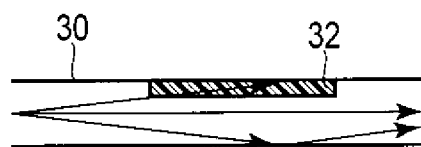
[図2A]



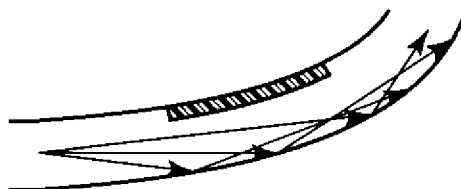
[図2B]



[図3A]



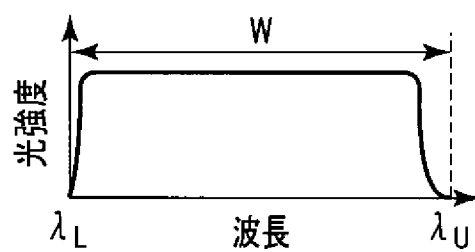
[図3B]



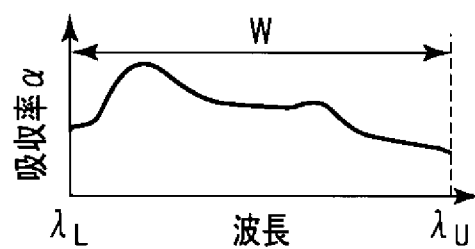
[図3C]



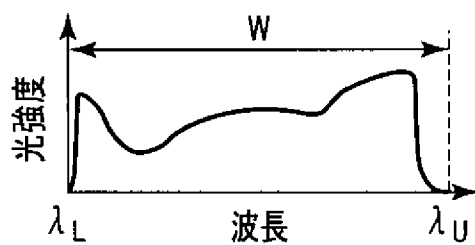
[図4A]



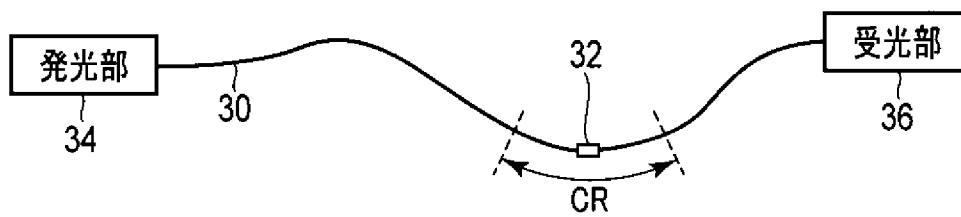
[図4B]



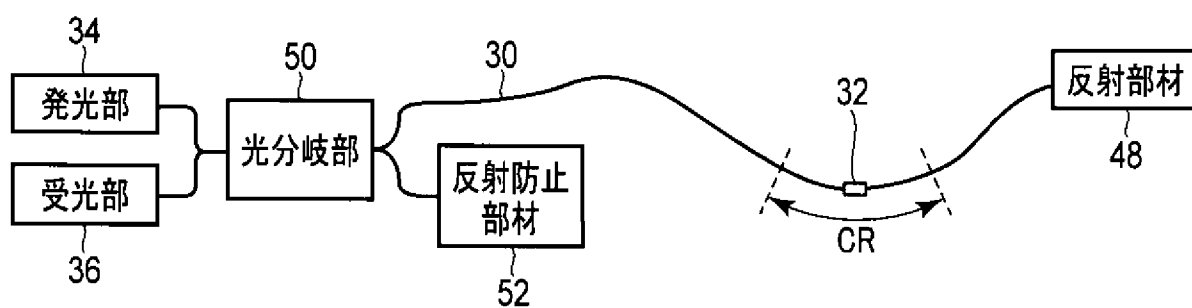
[図4C]



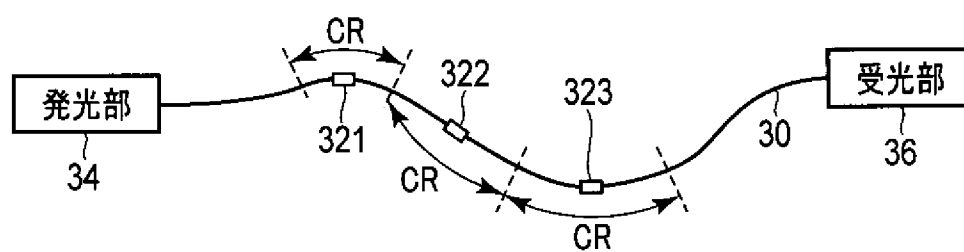
[図5A]



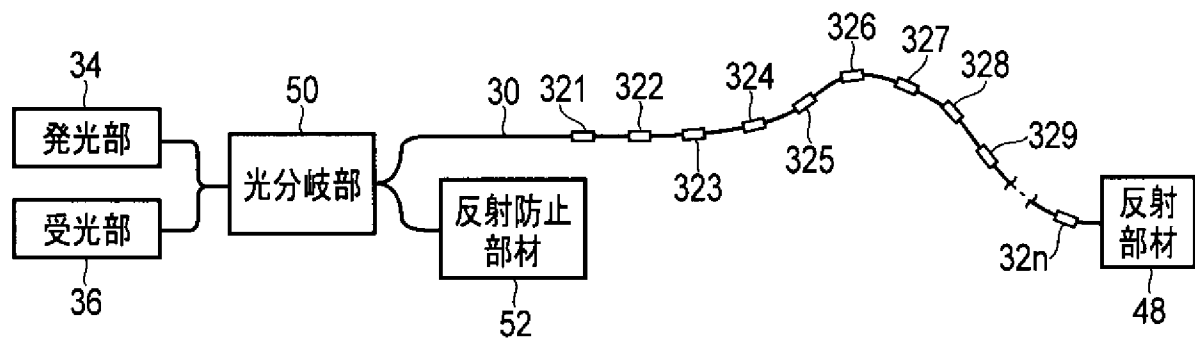
[図5B]



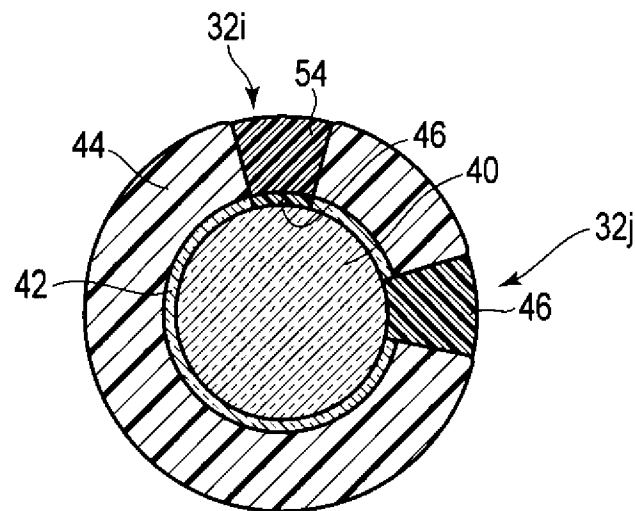
[図6A]



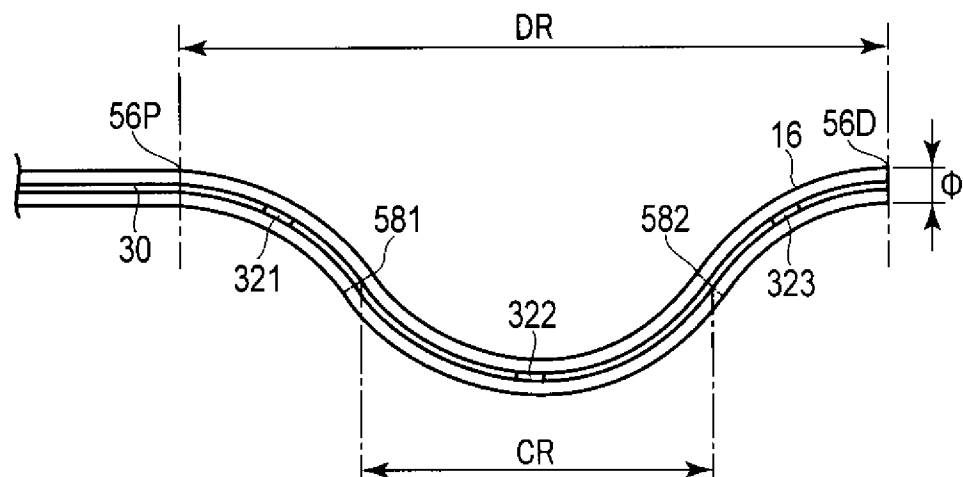
[図6B]



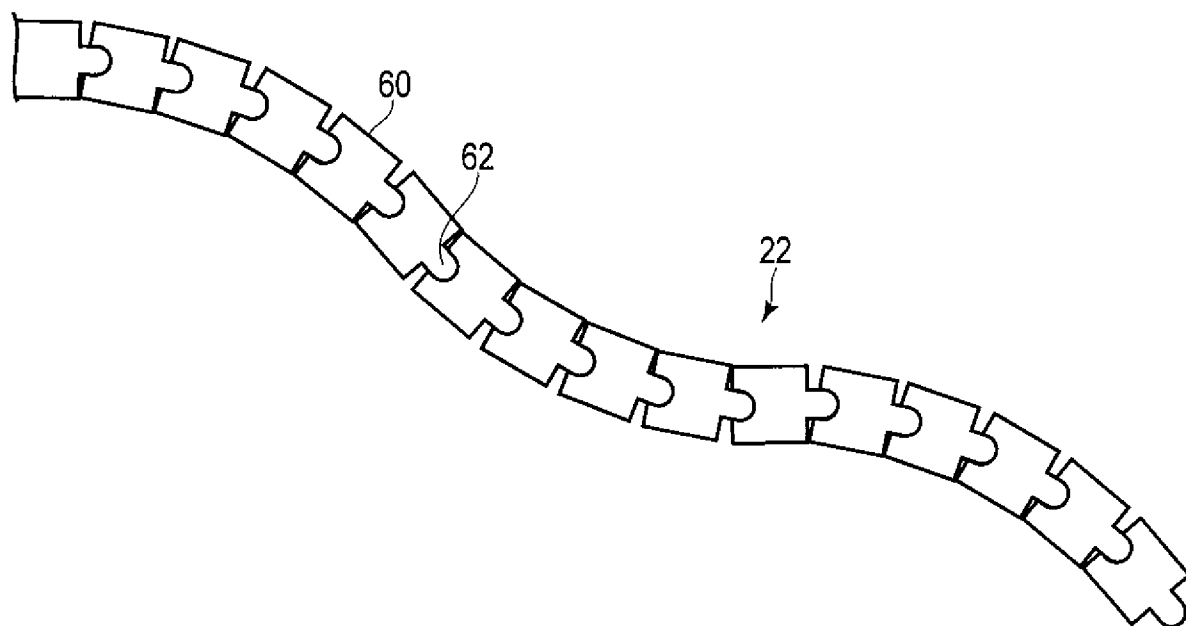
[図7]



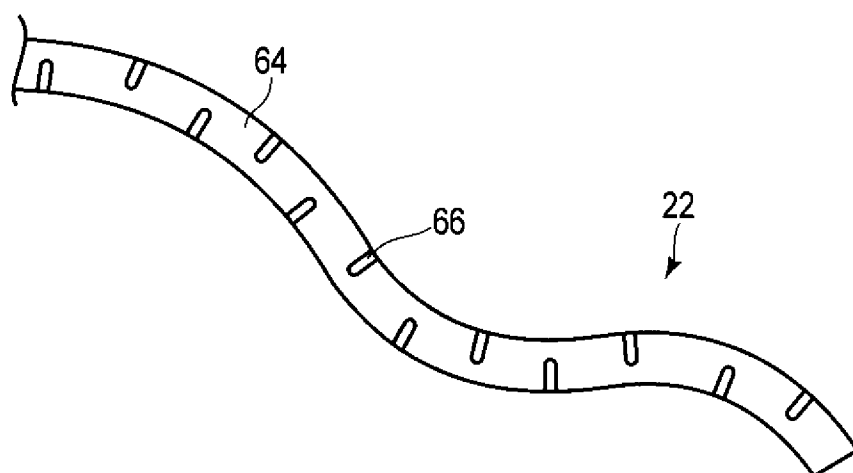
[図8]



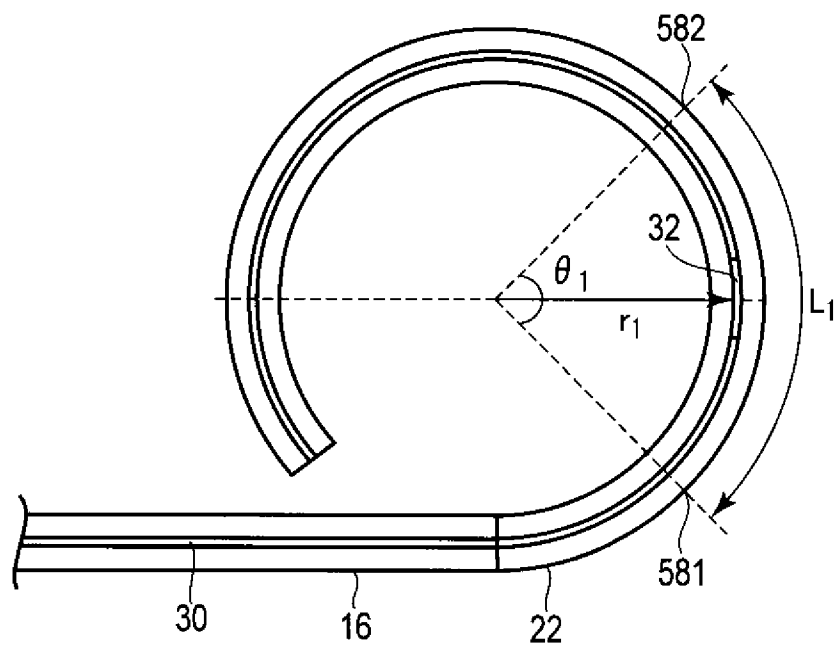
[図9]



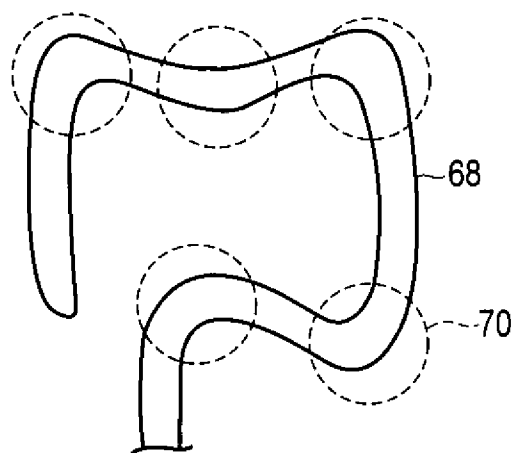
[図10]



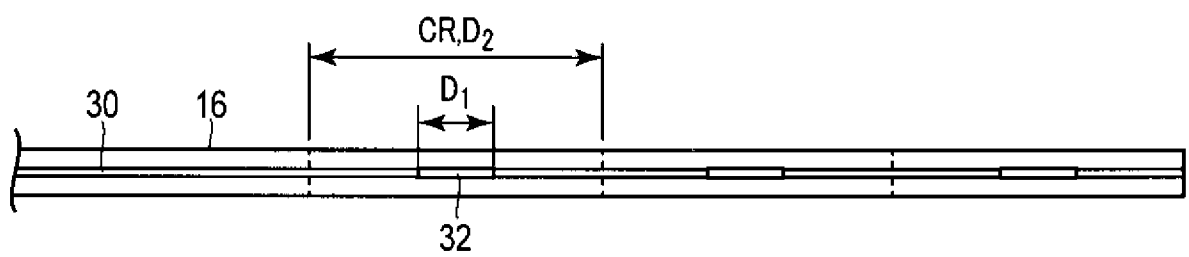
[図11]



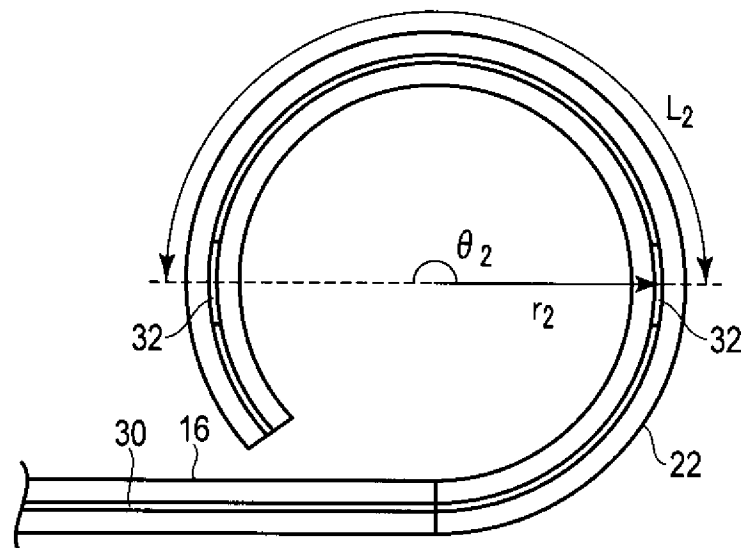
[図12]



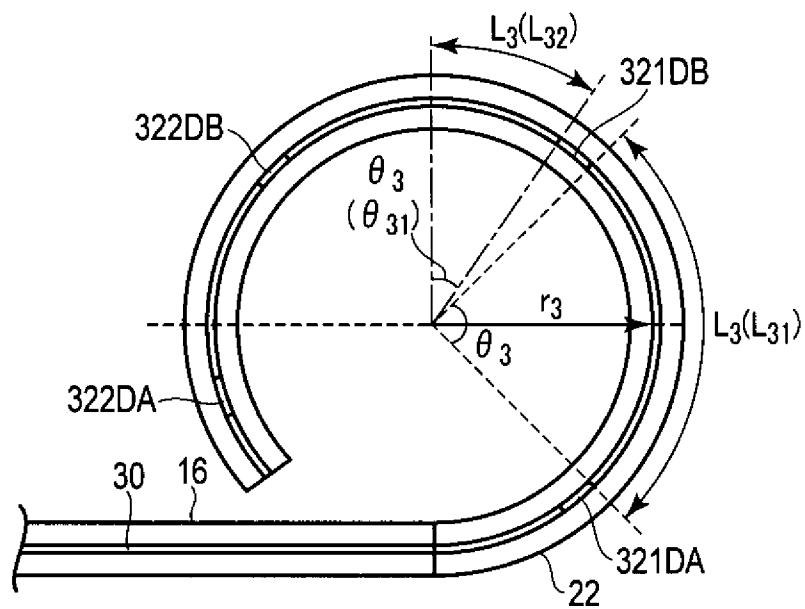
[図13]



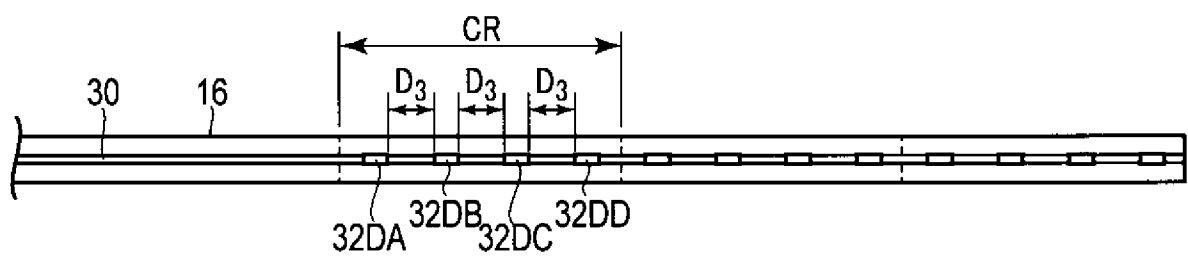
[図14]



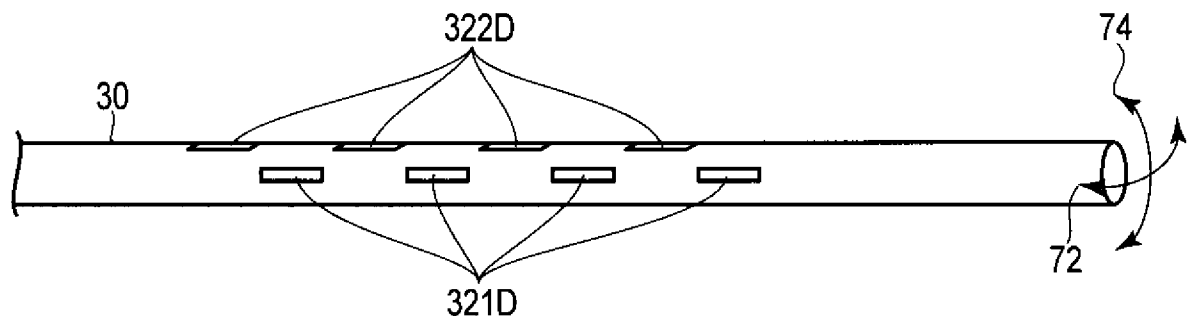
[図15]



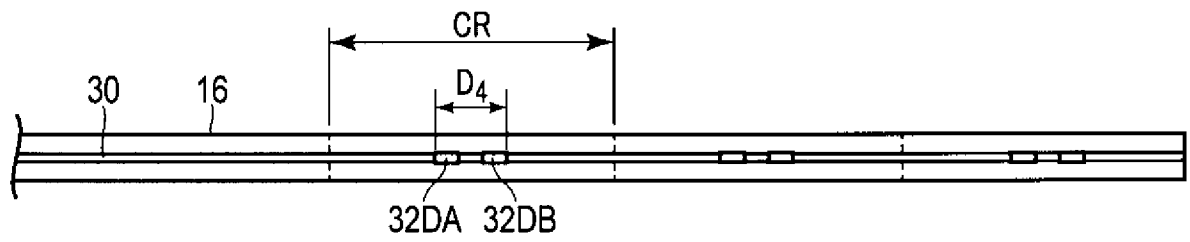
[図16]



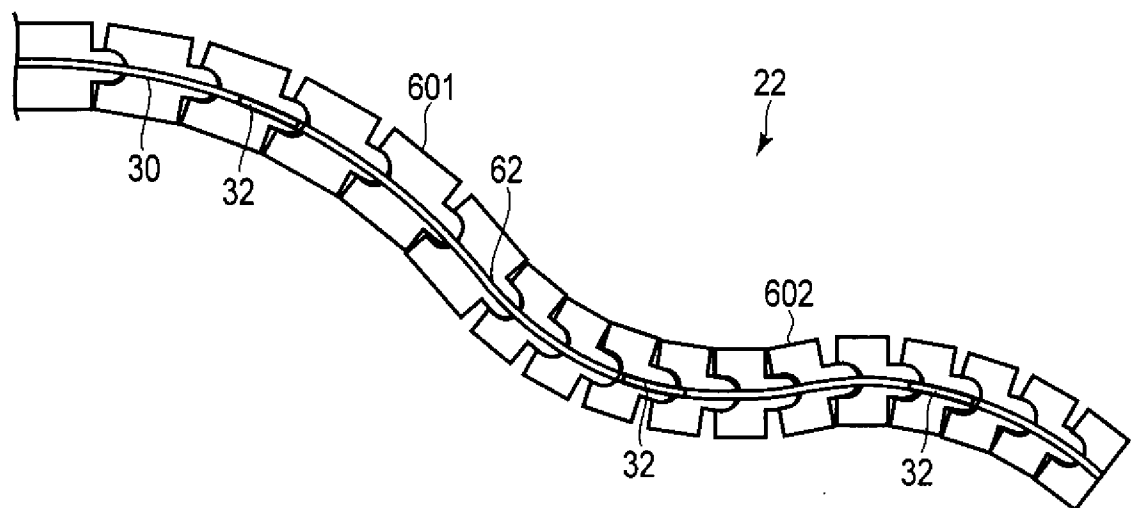
[図17]



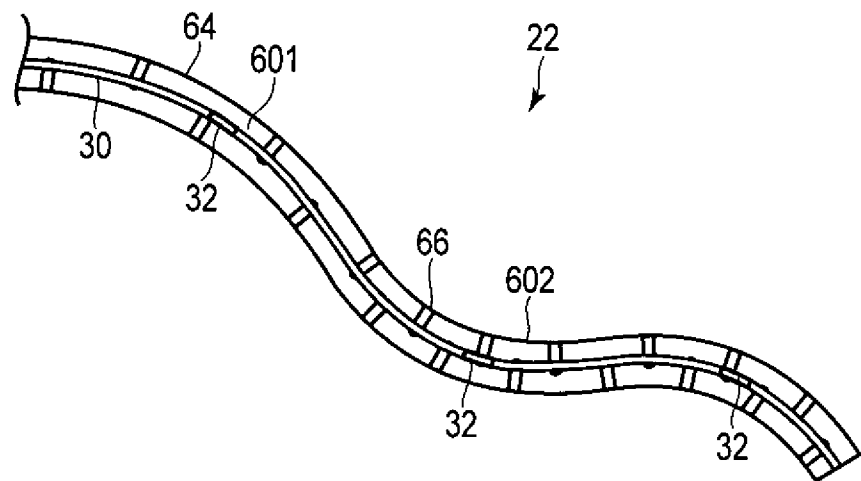
[図18]



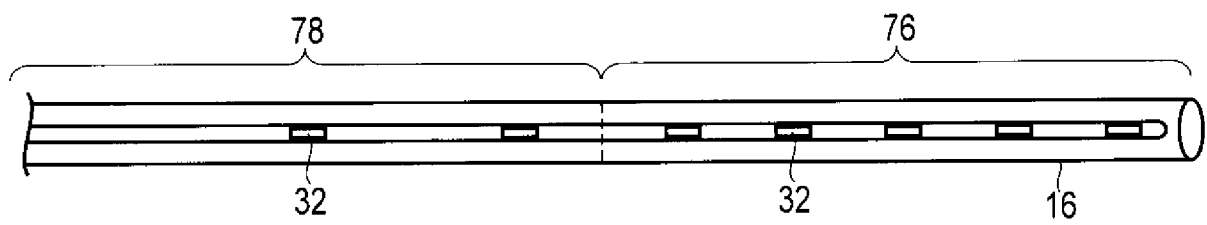
[図19]



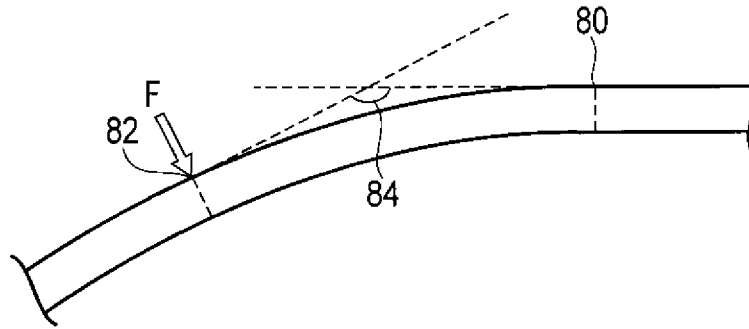
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061277

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.
X	JP 2003-65735 A (Pentax Corp.), 05 March 2003 (05.03.2003), abstract; paragraph [0019]; fig. 1 & US 2002/183592 A1	1, 2, 6, 7, 17, 18
Y		3, 4, 8, 9, 13, 15, 16
Y	JP 2000-342514 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 12 December 2000 (12.12.2000), abstract; paragraphs [0024], [0025]; fig. 2 & US 6689049 B1	3, 4, 8
Y	JP 2000-166854 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 20 June 2000 (20.06.2000), 3rd carrying-out mode & US 2002/188174 A1	9

☒ 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
16 June 2015 (16.06.15)

Date of mailing of the international search report
23 June 2015 (23.06.15)

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/JP2015/061277

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-200341 A (Fujifilm Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), fig. 1, 2 (Family: none)	13, 15
Y	JP 2007-143600 A (Pentax Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), abstract; paragraph [0049] & US 2007/116415 A1	16
A	JP 2007-130154 A (Pentax Corp.), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraphs [0005] to [0007] & US 2007/106114 A1	1-18
A	JP 2007-130175 A (Pentax Corp.), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraphs [0005] to [0007] & US 2007/106114 A1	1-18
A	JP 2015-29831 A (Olympus Corp.), 16 February 2015 (16.02.2015), paragraphs [0012], [0017] & WO 2015/19745 A1	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X	JP 2003-65735 A（ペンタックス株式会社） 2003.03.05, 【要約】、段落【0019】、【図1】	1, 2, 6, 7, 17, 18
Y	& US 2002/183592 A1	3, 4, 8, 9, 13, 15, 16
Y	JP 2000-342514 A（オリンパス光学工業株式会社） 2000.12.12, 【要約】、段落【0024】、【0025】、【図2】 & US 6689049 B1	3, 4, 8

☒ 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

の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

1 6 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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

2 Q

9 1 6 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

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
Y	JP 2000-166854 A (オリンパス光学工業株式会社) 2000.06.20, 第3の実施の形態 & US 2002/188174 A1	9
Y	JP 2011-200341 A (富士フイルム株式会社) 2011.10.13, 【図1】、【図2】 (ファミリーなし)	13, 15
Y	JP 2007-143600 A (ペンタックス株式会社) 2007.06.14, 【要約】、段落【0049】 & US 2007/116415 A1	16
A	JP 2007-130154 A (ペンタックス株式会社) 2007.05.31, 段落【0005】－【0007】 & US 2007/106114 A1	1－18
A	JP 2007-130175 A (ペンタックス株式会社) 2007.05.31, 段落【0005】－【0007】 & US 2007/106114 A1	1－18
A	JP 2015-29831 A (オリンパス株式会社) 2015.02.16, 段落【0012】、【0017】 & WO 2015/19745 A1	1－18