

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02019/163744

発行日 令和2年10月22日 (2020.10.22)

(43) 国際公開日 令和1年8月29日 (2019.8.29)

(5) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04 D	2H040
G02B 15/177 (2006.01)	G02B 15/177	2H087
G02B 23/26 (2006.01)	G02B 23/26 C	4C161
A61B 1/00 (2006.01)	A61B 1/00 731	
	A61B 1/00 735	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

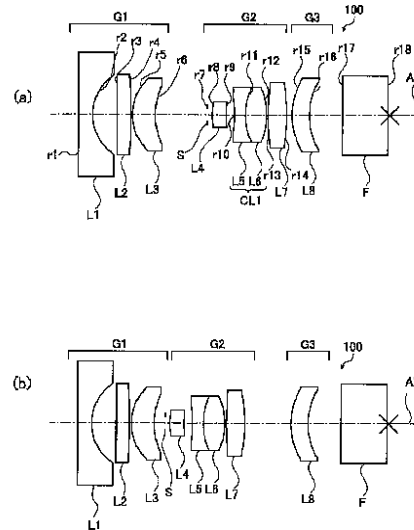
出願番号	特願2020-501768 (P2020-501768)	(71) 出願人	000113263 H O Y A 株式会社 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2019/006027	(74) 代理人	110000165 グローバル・アイピー東京特許業務法人
(22) 国際出願日	平成31年2月19日 (2019.2.19)	(72) 発明者	那須 幸子 東京都新宿区西新宿六丁目10番1号 H O Y A 株式会社内
(11) 特許番号	特許第6754916号 (P6754916)	Fターム(参考)	2H040 CA23
(45) 特許公報発行日	令和2年9月16日 (2020.9.16)		
(31) 優先権主張番号	特願2018-31072 (P2018-31072)		
(32) 優先日	平成30年2月23日 (2018.2.23)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用変倍光学系及び内視鏡

(57) 【要約】

内視鏡用変倍光学系は、物体側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群と、正のパワーを持ち、光軸上を移動可能な第二のレンズ群、を備える。前記第一のレンズ群は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズを有し、前記第二のレンズ群は、物体側に凸面を向けた正レンズと接合した接合レンズを有する。前記第一、第二のレンズ群それぞれの合成焦点距離 f_1 [mm]、 f_2 [mm]、遠距離観察時の全系の合成焦点距離 f_w [mm]、拡大観察時の全系の合成焦点距離 f_t [mm]、及び、前記第一のレンズ群内で最も像側にある正レンズの焦点距離 f_{s1} に関して、 $0.6 < |f_{s1} / f_1| < 1.6$ 、 $1.2 < f_t / f_w < 1.4$ 、 $0.5 < |f_2 / f_1| < 0.8$ 、を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内視鏡対物レンズユニットに用いる内視鏡用変倍光学系であって、
 物体側から順に、
 負のパワーを持つ第一のレンズ群と、
 正のパワーを持つ第二のレンズ群と、を少なくとも備え、
 前記第一のレンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を一定に保ちながら、
 固定レンズ群である前記第一のレンズ群に対して前記第二のレンズ群を光軸方向の広角端
 位置と望遠端位置の間を移動させることで光学像を変倍させるように構成され、

前記第一のレンズ群は、

物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと、
 を少なくとも有し、

前記第二のレンズ群は、

物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、負レンズ及び正レンズを接合した
 接合レンズと、を少なくとも有し、

前記第一のレンズ群の合成焦点距離を f_1 [mm] とし、前記第二のレンズ群の合成焦
 点距離を f_2 [mm] とし、前記第二のレンズ群が前記広角端位置にあるときの全系の合
 成焦点距離を f_w [mm] とし、前記第二のレンズ群が前記望遠端位置にあるときの全系の
 合成焦点距離を f_t [mm] とし、前記第一のレンズ群内の前記正レンズの焦点距離を f_{s1}
 としたとき、

$$(1) 0.6 < |f_{s1} / f_1| < 1.6、$$

$$(2) 1.2 < f_t / f_w < 1.4、$$

$$(3) 0.5 < |f_2 / f_1| < 0.8、$$

を満足する、内視鏡用変倍光学系。

【請求項 2】

$$(4) 2.0 < |f_{s1} / f_w| < 4.0、$$

を満足する、請求項 1 に記載の内視鏡用変倍光学系。

【請求項 3】

$$(5) 2.0 < |f_1 / f_w| < 4.0、$$

を満足する、請求項 1 または 2 に記載の内視鏡用変倍光学系。

【請求項 4】

前記第一のレンズ群内の前記正レンズの、物体側の面の曲率半径を r_{p1} [mm] とし
 、像側の面の曲率半径を r_{p2} ($r_{p2} < r_{p1}$) [mm] とし、 $SF_1 = (r_{p1} + r_{p2}) / (r_{p1} - r_{p2})$ を定めたとき、

$$(6) -8.0 < SF_1 < -2.0、$$

を満足する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の内視鏡用変倍光学系。

【請求項 5】

前記第二のレンズ群に対して像側に、少なくとも物体側に凸面を向けた正レンズを備え
 た固定レンズ群である第三のレンズ群を備える、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の内
 視鏡用変倍光学系。

【請求項 6】

前記第一のレンズ群と前記第二のレンズ群の間の、前記第二のレンズ群の物体側には、
 絞りが設けられ、

前記絞りは、前記第二のレンズ群とともに一体で移動する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の内視鏡用変倍光学系。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の内視鏡用変倍光学系と、

前記内視鏡用変倍光学系により結像した物体の像を受光する撮像素子と、を備えること
 を特徴とする内視鏡。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡対物レンズユニットに用いる内視鏡用変倍光学系及び内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

今日、人体内部の生体組織を検査するために内視鏡が用いられる。内視鏡は、人体内に挿入される先端部に、照明光で照明された生体組織を撮像する撮像素子及び撮像素子に付随した対物レンズユニットを備える。対物レンズユニットは、先端部の小型化のために、極めて小さいサイズであり高い光学性能を有することが求められる。

10

【0003】

内視鏡において、病変部の観察を精細に行うために、変倍機能を持つ変倍光学系を搭載したものがあ。このような変倍光学系としては、物体側のレンズ先端から像面までの距離を一定に保ったまま、病変部を拡大する必要があるため、可動するレンズ群を少なくとも1つ有する構成が一般的に用いられる。

このような変倍光学系において、物体側に最も近い第一のレンズ群を正のパワーを持つレンズ群で構成した場合、各正レンズ群内で収差の補正がし易くなるため、変倍による性能低下を抑えることが可能であるが、レンズ枚数がある程度必要となるため全長は長くなるといった不都合がある。

物体側に最も近い第一のレンズ群を負のパワーを持つレンズ群で構成した場合、光学系の全長を短くすることは可能であるが、正のパワーを持つレンズ群が可動することで収差の変化は大きくなるため、その影響を抑えるために他にもレンズも可動させる必要が生じる。

20

【0004】

例えば、物点距離の変化に応じてフォーカシングが可能であり、その際に画角変化がほとんど生じない、高画素撮像素子に対応した高性能な対物光学系が知られている（特許文献1）。

当該対物光学系では、物体側から順に、負の第一のレンズ群、正の第二のレンズ群、明るさ絞り、正の第三のレンズ群で構成され、第二のレンズ群のみが動くことで物点距離の変化に対してフォーカシングを行い、遠距離観察時の最大半画角と、近距離観察時の最大半画角と、第一のレンズ群の焦点距離と、遠距離観察時の全系の焦点距離とについて、所定の条件を満足する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4819969号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の対物光学系では、変倍の際に画角変化がほとんど生じないものの、遠距離観察時の半画角は最大でも80.8度である（段落0118参照）。

40

今日の内視鏡では、変倍率を維持しつつ、広い視野角が求められており、例えば、遠距離観察時視野角として160度（半画角80度）を超え、165度以上であることが好ましい。

【0007】

そこで、本発明は、小型でありながら、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した、内視鏡用変倍光学系及び内視鏡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】

【0008】

50

本発明の一態様は、内視鏡対物レンズユニットに用いる内視鏡用変倍光学系である。当該内視鏡用変倍光学系は、

物体側から順に、

負のパワーを持つ第一のレンズ群と、

正のパワーを持つ第二のレンズ群と、を少なくとも備え、

前記第一のレンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を一定に保ちながら、固定レンズ群である前記第一のレンズ群に対して前記第二のレンズ群を光軸方向の広角端位置と望遠端位置の間を移動させることで光学像を変倍させるように構成される。

前記第一のレンズ群は、

物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと、を少なくとも有し、

10

前記第二のレンズ群は、

物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、負レンズ及び正レンズを接合した接合レンズと、を少なくとも有する。

前記第一のレンズ群の合成焦点距離を f_1 [mm] とし、前記第二のレンズ群の合成焦点距離を f_2 [mm] とし、前記第二のレンズ群が前記広角端位置にあるときの全系の合成焦点距離を f_w [mm] とし、前記第二のレンズ群が前記望遠端位置にあるときの全系の合成焦点距離を f_t [mm] とし、前記第一のレンズ群内の前記正レンズの焦点距離を f_{s1} としたとき、

$$(1) 0.6 < |f_{s1} / f_1| < 1.6、$$

$$(2) 1.2 < f_t / f_w < 1.4、$$

$$(3) 0.5 < |f_2 / f_1| < 0.8、$$

を満足する。

20

【0009】

前記内視鏡用変倍光学系は、

$$(4) 2.0 < |f_{s1} / f_w| < 4.0、$$

を満足する、ことが好ましい。

【0010】

また、前記内視鏡用変倍光学系は、

$$(5) 2.0 < |f_1 / f_w| < 4.0、$$

を満足する、ことが好ましい。

30

【0011】

前記第一のレンズ群内の前記正レンズの、物体側の面の曲率半径を r_{p1} [mm] とし、像側の面の曲率半径を r_{p2} ($r_{p2} < r_{p1}$) [mm] とし、 $SF_1 = (r_{p1} + r_{p2}) / (r_{p1} - r_{p2})$ を定めたとき、

前記内視鏡用変倍光学系は、

$$(6) -8.0 < SF_1 < -2.0、$$

を満足する、ことが好ましい。

【0012】

前記内視鏡用変倍光学系は、前記第二のレンズ群に対して像側に、少なくとも物体側に凸面を向けた正レンズを備えた固定レンズ群である第三のレンズ群を備える、ことが好ましい。

40

【0013】

前記第一のレンズ群と前記第二のレンズ群の間の、前記第二のレンズ群の物体側には、絞りが設けられ、

前記絞りは、前記第二のレンズ群とともに一体で移動する、ことが好ましい。

【0014】

本発明の他の一態様は、

前記内視鏡用変倍光学系と、

前記内視鏡用変倍光学系により結像した物体の像を受光する撮像素子と、を備える内視

50

鏡である。

【発明の効果】

【0015】

上述の内視鏡用変倍光学系及び内視鏡によれば、小型でありながら、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態の内視鏡用変倍光学系を搭載した内視鏡の構成の一例を模式的に示す図である。

10

【図2】(a)、(b)は、一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

【図3】(a)、(b)は、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

【図4】(a)、(b)は、さらに他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

【図5】(a)、(b)は、さらに他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

【図6】(a)、(b)は、さらに他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

20

【図7】(a)、(b)は、さらに他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系の構成の一例を示す図である。

【図8】(a)～(d)は、実施例1において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例1において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【図9】(a)～(d)は、実施例2において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例2において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【図10】(a)～(d)は、実施例3において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例3において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

30

【図11】(a)～(d)は、実施例4において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例4において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【図12】(a)～(d)は、実施例5において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例5において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【図13】(a)～(d)は、実施例6において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図であり、(e)～(h)は、実施例6において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本実施形態の内視鏡用変倍光学系及び内視鏡について、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る内視鏡1の外観を示す外観図である。

内視鏡1は、図1に示されるように、可撓性を有するシース11aによって外装された挿入部可撓管11を備えている。挿入部可撓管11の先端部分に設けられる湾曲部14は、挿入部可撓管11の基端に連結された手元操作部13からの、湾曲操作ノブ13aの回転操作に応じて湾曲する。湾曲機構は、一般的な内視鏡に組み込まれている周知の機構であり、湾曲操作ノブ13aの回転操作に連動した操作ワイヤの牽引によって湾曲部14を湾曲させる。湾曲部14の先端には、硬質性を有する樹脂製筐体によって外装された先端

50

部 1 2 の基端が連結している。先端部 1 2 の方向が湾曲操作ノブ 1 3 a の回転操作による湾曲動作に応じて変わることにより、内視鏡 1 による撮影領域が移動する。

【 0 0 1 8 】

このような先端部 1 2 の樹脂製筐体の内部には、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した、対物レンズユニットとして用いる内視鏡用変倍光学系 1 0 0 が組み込まれている。内視鏡用変倍光学系 1 0 0 は、撮影領域中の被写体の画像データを採取するため、被写体からの光の像を撮像素子（図示省略）の受光面上に結像させ撮像素子に受光させる。撮像素子としては、例えば、C C D（Charge Coupled Device）イメージセンサや C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサが挙げられる。

10

【 0 0 1 9 】

図 2（a）、（b）は、一実施形態の内視鏡用変倍光学系 1 0 0 の構成の一例を示す図である。図 2（a）は、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあり、内視鏡 1 において通常観察（遠距離観察）が行われる状態を示している。図 2（b）は、第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にあり、内視鏡 1 において拡大観察が行われる状態を示している。

内視鏡用変倍光学系 1 0 0 は、図 2（a）、（b）に示されるように、物体（被写体）側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群 G 1、絞り S、正のパワーを持つ第二のレンズ群 G 2、正のパワーを持つ第三のレンズ群 G 3 を有している。内視鏡用変倍光学系 1 0 0 は、第一のレンズ群 G 1 の最も物体側のレンズ面から像面までの距離（すなわち、内視鏡用変倍光学系 1 0 0 の全長）を一定に保ちながら、固定レンズ群である第一のレンズ群 G 1 に対して第二のレンズ群 G 2 を光軸方向 A X の広角端位置と望遠端位置の間を移動させることで、合焦状態を保持しつつ全系の焦点距離（第一のレンズ群 G 1 から第三のレンズ群 G 3 までの合成焦点距離）を変化させ、光学像を変倍させる構成となっている。すなわち最も物体側のレンズ面から物体までの被写体距離が近づくと、この被写体距離に応じて撮像素子の受光面で被写体が結像するように、第二のレンズ群 G 2 を移動させて合焦状態を保持する。内視鏡用変倍光学系 1 0 0 は、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあるとき、視野角が 1 6 0 ° 超（半画角が 8 0 ° 超）となっている。各レンズ群 G 1、G 2、G 3 を構成する各レンズは、内視鏡用変倍光学系 1 0 0 の光軸 A X を中心として回転対称な形状を有している。第三のレンズ群 G 3 の後段には、撮像素子用の色補正フィルタが配置されている。色補正フィルタは、撮像素子を保護する図示されないカバーガラスに接着されている。図中の“x”は光軸 A X 上の結像位置を表す。

20

30

第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にある場合、内視鏡 1 において通常観察（遠距離観察）が行われ、倍率が最も低い状態で観察される。第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にある場合、内視鏡 1 において病変部等の拡大観察が行われ、倍率が最も高い状態で観察される。第二のレンズ群 G 2 は、被写体から第一のレンズ群 G の物体側の面までの被写体距離の遠近に応じて、撮像素子の受光面上で結像できるように、広角端位置と望遠端位置の間の任意の位置に移動することができる。広角端位置では、最も視野角が広がる。

【 0 0 2 0 】

第一のレンズ群 G 1 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズ（図 2 の例では、レンズ L 1）、物体側に凸面を向けた正レンズ L 3 と、を少なくとも有し、絞り S よりも物体側に配置された負のパワーを持つレンズ群である。「少なくとも有し」とは、第一のレンズ群 G 1 において、レンズ L 1 とレンズ L 3 の間に別のレンズや平板等の光学素子を有してもよく、レンズ L 3 の像側に、光学素子を有してもよいことを意味する。後述する第二のレンズ群 G 2 及び第三のレンズ群 G 3 においても、同じ意味内容で、「少なくとも有している」と表現している。図 2（a）に示すように、第一のレンズ群 G 1 では、物体側の面が平面で、像側の面が凸面である正レンズ L 2 が設けられている。

40

【 0 0 2 1 】

第二のレンズ群 G 2 は、絞り S の直後に配置された正のパワーを持つレンズ群であり、色収差の発生を抑えるため、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズであるレンズ L 4 と、正負 2 枚のレンズ L 5、L 6 を接合した接合レンズ C L 1 を少なくとも有する

50

構成となっている。図 2 (a) に示す例では、第二のレンズ群 G 2 は、接合レンズ C L 1 の像側に正レンズであるレンズ L 7 を備える。

なお、接合レンズ C L 1 は、負レンズであるレンズ L 5 が物体側に配置され、正レンズであるレンズ L 6 が像側に配置されているが、一実施形態では、正レンズが物体側に配置され、負レンズが像側に配置されてもよい。

【 0 0 2 2 】

第二のレンズ群 G 2 は、撮像素子の受光面上に結像される光学像を変倍するため、絞り S と一体に光軸 A X 方向に移動する。第二のレンズ群 G 2 と絞り S とを一体に移動させることにより、第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にあるときの非点収差の発生が効果的に抑えられる。

【 0 0 2 3 】

絞り S は、光軸 A X を中心とした所定の円形開口を有する板状部材、あるいは第二のレンズ群 G 2 の、絞り S に最も近いレンズ面、具体的には、図 2 (a) に示す例では、レンズ L 4 の物体側面に、光軸 A X を中心とした所定の円形領域以外にコーティングされた遮光膜である。絞り S の厚みは、内視鏡用変倍光学系 1 0 0 を構成する各光学レンズの厚みと比べて非常に薄く、内視鏡用変倍光学系 1 0 0 の光学性能を計算する上で無視しても差し支えない。

【 0 0 2 4 】

第二のレンズ群 G 2 の像側には、第三のレンズ群 G 3 が設けられている。第三のレンズ群 G 3 は、正のパワーを持ち、物体側に凸面を向けた正レンズであるレンズ L 8 で構成されている。第三のレンズ群 G 3 は、第一のレンズ群 G 1 と同様に、固定レンズ群である。図 2 (a) に示す例では、第三のレンズ群 G 3 が設けられているが、第三のレンズ群 G 3 は設けられなくてもよい。物体側に凸面を向けた正レンズを第三のレンズ群 G 3 として設けることにより、変倍したときの射出瞳から撮像素子に向かう光の射出角度を抑えることができる点から、第三のレンズ群 G 3 を設けることが好ましい。

レンズ群とは、第一のレンズ群 G 1 あるいは第二のレンズ群 G 2 のように、複数のレンズが設けられている構成のほか、第三のレンズ群 G 3 のように、単一のレンズで構成されたものも含まれる。

【 0 0 2 5 】

このような内視鏡用変倍光学系 1 0 0 において、第一のレンズ群 G 1 内の最も絞り側にある正レンズであるレンズ L 3 は、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとすることにより、入射光線高さを抑えることができる。上述したように、絞り S を第二のレンズ群 G 2 と一体に移動させることで、拡大観察時における非点収差の発生を抑えることができる。

また、第二のレンズ群 G 2 の中央付近に接合レンズ C L 1 を配置することにより、変倍時の色収差の変化を抑えることができる。

【 0 0 2 6 】

ここで、第一のレンズ群 G 1 の合成焦点距離を f_1 [mm] とし、第二のレンズ群 G 2 の合成焦点距離を f_2 [mm] とし、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあるときの全系の合成焦点距離を f_w [mm] とし、第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にあるときの全系の合成焦点距離を f_t [mm] とし、第一のレンズ群 G 1 内で最も像側にある正レンズ (図 2 (a) に示す例では、レンズ L 3) の焦点距離を f_{s_1} としたとき、内視鏡用変倍光学系 1 0 0 は、

$$\text{式 (1) } 0.6 < | f_{s_1} / f_1 | < 1.6、$$

$$\text{式 (2) } 1.2 < f_t / f_w < 1.4、$$

$$\text{式 (3) } 0.5 < | f_2 / f_1 | < 0.8、$$

を満足する。

【 0 0 2 7 】

上記式 (1) は、第一のレンズ群 G 1 内のメニスカスレンズであるレンズ L 3 の焦点距離 f_{s_1} と第一のレンズ群 G 1 の合成焦点距離 f_1 の比の範囲を表す。この式 (1) を満

10

20

30

40

50

足することにより、通常観察（遠距離観察）時の視野角を広い状態にしつつ、内視鏡用変倍光学系 100 を小径化することができる。焦点距離 f_{s1} と第一のレンズ群 G1 の合成焦点距離 f_1 の比の絶対値 $|f_{s1}/f_1|$ が 1.6 以上になると、レンズ L3 の正のパワーが弱くなり第一のレンズ群 G1 の外径は小さくなるが、レンズの中心が光軸 AX1 からずれることにより（偏心により）レンズ性能の低下が大きくなり易くなる。また、コマ収差や歪曲収差が大きくなり発生し補正が困難になる。一方、比の絶対値 $|f_{s1}/f_1|$ が 0.6 以下になると、レンズ L3 の正のパワーが強くなり、視野角を確保するには第一のレンズ群 G1 の外径が大きくなり内視鏡用変倍光学系 100 の全長も長くなる。

【0028】

上記式(2)は、通常観察（遠距離観察）時の全系の焦点距離 f_w と拡大観察時の全系の焦点距離 f_w の比 f_t/f_w の範囲を表す。式(2)は、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めるための条件式である。比 f_t/f_w が 1.4 以上になると、変倍による F ナンバーの変化が大きくなり、拡大観察時の解像が低下する。比 f_t/f_w が 1.2 以下になると、拡大観察時の像の倍率が小さく、十分な観察が行えない。

【0029】

上記式(3)は、第二のレンズ群 G2 の合成焦点距離 f_2 と第一のレンズ群 G1 の合成焦点距離 f_1 の比の範囲を表す。式(3)を満足することにより、内視鏡用変倍光学系 100 は、小型でありながら、変倍に必要な第二のレンズ群 G2 の移動量を確保することができる。比の絶対値 $|f_2/f_1|$ が 0.8 以上になると、第二のレンズ群 G2 のパワーが弱くなり、変倍に伴う移動量が長くなるため内視鏡用変倍光学系 100 の全長が長くなる。比の絶対値 $|f_2/f_1|$ が 0.5 以下になると、第二のレンズ群 G2 のパワーが強くなり、変倍に伴う移動量は小さくなるが、ペッツパル和が負の値でその絶対値が大きくなり像面湾曲の補正が困難になる。

【0030】

したがって、内視鏡用変倍光学系 100 は、上記式(1)～(3)を満足するように構成することにより、小型でありながら、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系とすることができる。

【0031】

図3(a), (b)は、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系 100 の構成の一例を示す図である。図3(a)は、第二のレンズ群 G2 が広角端位置にあり、内視鏡 1 において通常観察（遠距離観察）が行われる状態を示している。図3(b)は、第二のレンズ群 G2 が望遠端位置にあり、内視鏡 1 において拡大観察が行われる状態を示している。

内視鏡用変倍光学系 100 は、図3(a), (b)に示されるように、物体（被写体）側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群 G1、絞り S、正のパワーを持つ第二のレンズ群 G2、正のパワーを持つ第三のレンズ群 G3 を有している。

【0032】

図3(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成では、図2(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成に比べて、レンズ L2 がなく、そのかわり、第三のレンズ群 G3 として物体側に凸面を有し、像側にも凸面を有する正レンズであるレンズ L9 が設けられる。図3(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成では、さらに、図2(a), (b)に示す構成と異なり、レンズ L8 は、第二のレンズ群 G2 の一部となって、移動する構成となっている。

【0033】

このような構成の場合において、上述の式(1)～(3)を満足することにより、通常観察（遠距離観察）時の視野角を広い状態に維持しつつ、内視鏡用変倍光学系 100 を小径化することができ、さらに、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めることができ、しかも、変倍に必要な第二のレンズ群 G2 の移動量を確保することができる。すなわち、小型でありながら、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系

10

20

30

40

50

とすることができる。

【0034】

図4(a), (b)は、さらに、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系100の構成の一例を示す図である。図4(a)は、第二のレンズ群G2が広角端位置にあり、内視鏡1において通常観察(遠距離観察)が行われる状態を示している。図4(b)は、第二のレンズ群G2が望遠端位置にあり、内視鏡1において拡大観察が行われる状態を示している。

内視鏡用変倍光学系100は、図4(a), (b)に示されるように、物体(被写体)側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群G1、絞りS、正のパワーを持つ第二のレンズ群G2、正のパワーを持つ第三のレンズ群G3を有している。

10

【0035】

図4(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成では、図2(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成と同じ構成であるが、図2(a), (b)に示すレンズL2の代わりに平板が用いられる。図4(a), (b)では、同じ符号L2を示しているが平板L2である。

【0036】

このような構成の場合においても、上述の式(1)~(3)を満足することにより、通常観察(遠距離観察)時の視野角を広い状態に維持しつつ、内視鏡用変倍光学系100を小径化することができる。さらに、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めることができ、しかも、変倍に必要な第二のレンズ群G2の移動量を確保することができる。すなわち、小型でありながら、通常観察時(遠距離観察時)、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系とすることができる。

20

【0037】

図5(a), (b)は、さらに、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系100の構成の一例を示す図である。図5(a)は、第二のレンズ群G2が広角端位置にあり、内視鏡1において通常観察(遠距離観察)が行われる状態を示している。図5(b)は、第二のレンズ群G2が望遠端位置にあり、内視鏡1において拡大観察が行われる状態を示している。

内視鏡用変倍光学系100は、図5(a), (b)に示されるように、物体(被写体)側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群G1、絞りS、正のパワーを持つ第二のレンズ群G2を有している。

30

【0038】

図5(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成では、図2(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成に比べて、レンズL2がない。図3(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成に比べてレンズL9もない。すなわち、図5(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100は、第三のレンズ群G3がなく、レンズL4~L8が絞りSと一体に移動する構成となっている。

【0039】

このような構成の場合においても、上述の式(1)~(3)を満足することにより、通常観察(遠距離観察)時の視野角を広い状態に維持しつつ、内視鏡用変倍光学系100を小径化することができる。さらに、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めることができ、しかも、変倍に必要な第二のレンズ群G2の移動量を確保することができる。すなわち、小型でありながら、通常観察時(遠距離観察時)、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系とすることができる。

40

【0040】

図6(a), (b)は、さらに、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系100の構成の一例を示す図である。図6(a)は、第二のレンズ群G2が広角端位置にあり、内視鏡1において通常観察(遠距離観察)が行われる状態を示している。図6(b)は、第二のレ

50

ンズ群 G 2 が望遠端位置にあり、内視鏡 1 において拡大観察が行われる状態を示している。

内視鏡用変倍光学系 100 は、図 6 (a) , (b) に示されるように、物体 (被写体) 側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群 G 1、絞り S、正のパワーを持つ第二のレンズ群 G 2、正のパワーを持つ第三のレンズ群 G 3 を有している。

【 0 0 4 1 】

図 6 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成では、図 2 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成に比べて、レンズ L 2 が無い。また、図 6 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成では、図 5 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成と異なり、レンズ L 8 は、図 6 (b) に示すように、第三のレンズ群 G 3 として、移動しない構成となっている。

10

【 0 0 4 2 】

このような構成の場合においても、上述の式 (1) ~ (3) を満足することにより、通常観察 (遠距離観察) 時の視野角を広い状態に維持しつつ、内視鏡用変倍光学系 100 を小径化することができ、さらに、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めることができ、しかも、変倍に必要な第二のレンズ群 G 2 の移動量を確保することができる。すなわち、小型でありながら、通常観察時 (遠距離観察時)、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系とすることができる。

【 0 0 4 3 】

図 7 (a) , (b) は、さらに、他の一実施形態の内視鏡用変倍光学系 100 の構成の一例を示す図である。図 7 (a) は、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあり、内視鏡 1 において通常観察 (遠距離観察) が行われる状態を示している。図 7 (b) は、第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にあり、内視鏡 1 において拡大観察が行われる状態を示している。

20

内視鏡用変倍光学系 100 は、図 7 (a) , (b) に示されるように、物体 (被写体) 側から順に、負のパワーを持つ第一のレンズ群 G 1、絞り S、正のパワーを持つ第二のレンズ群 G 2、正のパワーを持つ第三のレンズ群 G 3 を有している。

【 0 0 4 4 】

図 7 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成では、図 2 (a) , (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成と同じ構成であるが、図 7 (a) , (b) に示すレンズ L 2 は像側の面が凸面である正レンズではなく、凹面である負レンズとなっている。

30

【 0 0 4 5 】

このような構成の場合においても、上述の式 (1) ~ (3) を満足することにより、通常観察 (遠距離観察) 時の視野角を広い状態に維持しつつ、内視鏡用変倍光学系 100 を小径化することができ、さらに、観察距離に対して像の変倍を適正な範囲に収めることができ、変倍に必要な第二のレンズ群 G 2 の移動量を確保することができる。すなわち、小型でありながら、通常観察時 (遠距離観察時)、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持した内視鏡用変倍光学系とすることができる。

40

【 0 0 4 6 】

このような図 2 ~ 図 7 に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成において、以下説明する形態を備えることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

すなわち、内視鏡用変倍光学系 100 の一実施形態によれば、内視鏡用変倍光学系 100 は、

$$\text{式 (4) } 2 . 0 < | f_{s1} / f_w | < 4 . 0、$$

を満足することが好ましい。

式 (4) は、第一のレンズ群 G 1 内の最も絞り S 側にある正レンズであるレンズ L 3 の

50

焦点距離 f_{s1} と通常観察（遠距離観察）時の全系の焦点距離 f_w の比の範囲を表す。式（４）を満足することにより、第一のレンズ群 $G1$ 内で発生する収差を抑え、変倍時のレンズ性能の変化を抑えることができる。比の絶対値 $|f_{s1}/f_w|$ が 4.0 以上になると、レンズ $L3$ の正のパワーが弱くなり、負レンズで発生する収差を相殺することが難しくなる。また、レンズ収差を適正な範囲に抑えようとする、視野角が狭くなる。比の絶対値 $|f_{s1}/f_w|$ が 2.0 以下になると、レンズ $L3$ の正のパワーが強くなり過ぎるため、通常観察時の歪曲収差の発生が大きくなり周辺解像が低下する。また、拡大観察時に正レンズで発生する収差を補正することが困難になるため、光学性能の維持が困難になる。

【0048】

10

また、内視鏡用変倍光学系 100 の一実施形態によれば、内視鏡用変倍光学系 100 は

式（５） $2.0 < |f_1/f_w| < 4.0$ 、
を満足することが好ましい。

式（５）は、第一のレンズ群 $G1$ の合成焦点距離 f_1 と通常観察（遠距離観察）時の全系の焦点距離 f_w との比 $|f_1/f_w|$ の範囲を表す。この条件式（５）を満足することにより、第一のレンズ群 $G1$ の有効径を抑えることができる。比の絶対値 $|f_1/f_w|$ が 2.0 以下になると、第一のレンズ群 $G1$ の負のパワーが強くなり、物体側のレンズ $L1$ の負のパワーが強くなるため、コマ収差が大きくなる。比の絶対値 $|f_1/f_w|$ が 4.0 以上になると、第一のレンズ群 $G1$ の負のパワーを確保するため、最も物体側に位置する負レンズの有効径を大きくしなければならない。

20

【0049】

また、内視鏡用変倍光学系 100 の一実施形態によれば、内視鏡用変倍光学系 100 は

式（６） $-8.0 < SF_1 < -2.0$ 、
を満足することが好ましい。

ここで、第一のレンズ群 $G1$ 内で最も像側にある正レンズ、図 2（a）に示す例ではレンズ $L3$ の、物体側の面の曲率半径を r_{p1} [mm] とし、像側の面の曲率半径を r_{p2} ($r_{p2} < r_{p1}$) [mm] としたとき、 $SF_1 = (r_{p1} + r_{p2}) / (r_{p1} - r_{p2})$ と定める。

30

【0050】

SF_1 は、第一のレンズ群 $G1$ 内で最も像側にある正レンズ、図 2（a）に示す例では、レンズ $L3$ の形状を規定している。式（６）を満足することにより、視野角が広い状態を維持したまま通常観察（遠距離観察）時のレンズによる像の歪を抑え、レンズの中心が光軸 $AX1$ からずれることによる（偏心による）レンズ収差の変化を抑えることができる。 SF_1 が -8.0 以下になると、物体側の面の曲率半径 r_{p1} が大きくなり、諸収差の発生が抑えられるため、変倍時のレンズの収差補正が困難になる。 SF_1 が -2.0 以上になると、物体側の面の曲率半径 r_{p1} が小さくなり、ディストーションが大きくなる。また、レンズの中心が光軸 $AX1$ からずれることによる（偏心による）レンズ収差の変化が大きくなりレンズ性能の低下が大きくなる。

40

【0051】

次に、図 2 ~ 図 7 に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成におけるレンズ性能を、実施例 1 ~ 6 を用いて説明する。

【0052】

（実施例 1）

図 2（a）、（b）に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成を、実施例 1 として用いた。実施例 1 の具体的な数値（設計値）は、表 1 に示される。表 1 の上欄（面データ）に示される面番号 $N0$ は、絞り S に対応する面番号 7 を除き、図 2（a）中の面符号 r_n (n は自然数) に対応する。表 1 の上欄において、 R [mm] はレンズを含む光学部材の各面の曲率半径を、 D [mm] は光軸 AX 上の光学部材の厚さ又は光学部材間隔を、 $N(d$

50

)はd線(波長588nm)の屈折率を、VDはd線のアッペ数を、それぞれ示す。

【0053】

表1の下欄(各種データ)は、実施例1の仕様(実効Fナンバー、全系の合成焦点距離[mm]、光学倍率、半画角[度]、像高[mm]、群間隔D6[mm]、群間隔D14[mm])を示す。

群間隔D6は、第一のレンズ群G1と第二のレンズ群G2との間の間隔である。群間隔D14は、第二のレンズ群G2と第三のレンズ群G3との間の間隔である。群間隔D6、群間隔D14は、変倍位置(広角端位置と望遠端位置)に応じて変わる。表1では、内視鏡用変倍光学系100が位置する広角端位置は、“広角”と表し、望遠端位置は“望遠”と表している。

10

【0054】

【表1】

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.341	1.88300	40.8
2	1.175	0.597		
3	INFINITY	0.324	1.72916	54.7
4	-17.523	0.043		
5	1.228	0.552	1.84666	23.8
6	1.627	1.267 v		
7絞	INFINITY	0.115		
8	1.866	0.338	1.88300	40.8
9	2.709	0.213		
10	-2.930	0.256	1.80518	25.4
11	1.531	0.523	1.72916	54.7
12	-1.638	0.043		
13	8.363	0.442	1.77250	49.6
14	-4.406	0.128 v		
15	1.746	0.415	1.72916	54.7
16	1.680	0.799		
17	INFINITY	1.109	1.51633	64.1
18	INFINITY	-		

20

30

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	5.9	7.1
焦点距離	1.00	1.28
倍率	-0.104	-0.548
半画角	85.6	40.8
像高	0.97	0.97
D6	1.267	0.270
D14	0.128	1.125

40

【0055】

図8(a)~(d)は、実施例1において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図である。図8(e)~(h)は、実施例1において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。図8(a),(e)は、d線、g線(波長436nm)、C線(波長656nm)での球面収差及び軸上色収差を示す。図8(b),(f)は、d線、g線、C線での倍率色収差を示す。図8(a),(b),(e),(f)中、実線はd線における収差を、点線はg線における収差を、一点鎖線はC線における収差を、それぞれ示す。図8(c),(g)は、非点収差を示す。図8(c),(g)中、実線はサジタル成分“S”を、点線はメリディオナル成分“M”を、それぞれ示す。図8

50

(d), (h)は、歪曲収差を示す。図8(a)~(c)及び(e)~(g)の縦軸は像高を、横軸は収差量を、それぞれ示す。図8(d), (h)の縦軸は像高を、横軸は歪曲率(%表示)を、それぞれ示す。なお、実施例1の表1又は図8(a)~(h)についての説明は、以降の実施例の各表または各図面においても適用する。

【0056】

実施例1では、第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの半画角を85.6度(視野角171.2度)としつつ、レンズL1の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系100全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられている(図8(a)~(h)参照)。

10

【0057】

(実施例2)

図3(a), (b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成を、実施例2として用いた。

実施例2の具体的な数値(設計値)は、表2に示される。

表2の下欄(各種データ)において、表1の群間隔D6[m]の代わりに、群間隔D4[m]となっている、群間隔D4は、第一のレンズ群G1と第二のレンズ群G2との間の間隔である。

【0058】

【表2】

20

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.356	1.88300	40.8
2	1.358	0.783		
3	1.513	0.545	1.92286	18.9
4	2.249	1.265 v		
5絞	INFINITY	0.126		
6	7.722	0.332	1.84666	23.8
7	1.778	0.212		
8	2.860	0.267	1.84666	23.8
9	1.281	0.632	1.77250	49.6
10	-2.031	0.045		
11	6.814	0.394	1.83481	42.7
12	-4.575	0.045		
13	1.745	0.299	1.80518	25.4
14	1.227	0.486 v		
15	10.016	0.323	1.72916	54.7
16	-29.922	0.484		
17	INFINITY	1.160	1.51633	64.1
18	INFINITY	-		

30

40

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	6.0	7.3
焦点距離	1.00	1.35
倍率	-0.100	-0.578
半画角	88.0	40.6
像高	1.01	1.01
D4	1.265	0.261
D14	0.486	1.490

【0059】

50

図9(a)~(d)は、実施例2において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図である。図9(e)~(h)は、実施例2において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【0060】

実施例2でも、第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの半画角を88.0度(視野角176.0度)としつつ、レンズL1の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系100全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられている(図9(a)~(h)参照)。

【0061】

(実施例3)

図4(a),(b)に示す内視鏡用変倍光学系100の構成を、実施例3として用いた。

実施例3の具体的な数値(設計値)は、表3に示される。

【0062】

【表3】

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.344	1.88300	40.8
2	1.138	0.593		
3	INFINITY	0.344	1.51633	64.1
4	INFINITY	0.043		
5	1.293	0.550	1.84666	23.8
6	2.021	1.275 v		
7絞	INFINITY	0.117		
8	2.358	0.344	1.88300	40.8
9	6.068	0.215		
10	-2.022	0.258	1.80518	25.4
11	1.592	0.525	1.77250	49.6
12	-1.592	0.043		
13	43.028	0.421	1.77250	49.6
14	-3.952	0.516 v		
15	2.670	0.378	1.72916	54.7
16	3.162	0.700		
17	INFINITY	1.120	1.51633	64.1
18	INFINITY	-		

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	6.0	7.2
焦点距離	1.00	1.31
倍率	-0.104	-0.560
半画角	86.7	40.9
像高	0.98	0.98
D6	1.275	0.258
D14	0.516	1.533

【0063】

図10(a)~(d)は、実施例3において第二のレンズ群G2が広角端位置にあるときの各種収差図である。図10(e)~(h)は、実施例3において第二のレンズ群G2が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【0064】

実施例 3 でも、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあるときの半画角を 86.7 度（視野角 173.4 度）としつつ、レンズ L 1 の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系 100 全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられている（図 10 (a) ~ (h) 参照）。

【0065】

（実施例 4）

図 5 (a), (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成を、実施例 4 として用いた。

実施例 4 の具体的な数値（設計値）は、表 4 に示される。表 4 の下欄（各種データ）において、表 1 の群間隔 D 6 [mm] の代わりに、群間隔 D 4 [mm] となっている、群間隔 D 4 は、第一のレンズ群 G 1 と第二のレンズ群 G 2 との間の間隔である。

10

【0066】

【表 4】

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.400	1.88300	40.8
2	1.381	0.668		
3	1.506	0.629	1.92286	18.9
4	2.060	1.240 v		
5絞	INFINITY	0.144		
6	5.120	0.300	1.80518	25.4
7	2.546	0.230		
8	-18.248	0.300	1.84666	23.8
9	2.080	0.637	1.77250	49.6
10	-1.963	0.089		
11	3.885	0.754	1.77250	49.6
12	-3.344	0.070		
13	1.745	0.291	1.80518	25.4
14	1.206	1.154 v		
15	INFINITY	1.300	1.51633	64.1
16	INFINITY	-		

20

30

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	6.2	7.1
焦点距離	1.10	1.40
倍率	-0.099	-0.588
半画角	86.6	43.0
像高	1.15	1.15
D 4	1.240	0.334
D14	1.154	2.060

40

【0067】

図 11 (a) ~ (d) は、実施例 4 において第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあるときの各種収差図である。図 11 (e) ~ (h) は、実施例 4 において第二のレンズ群 G 2 が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【0068】

実施例 4 でも、第二のレンズ群 G 2 が広角端位置にあるときの半画角を 86.6 度（視

50

野角 173.2 度) としつつ、レンズ L1 の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系 100 全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられている(図 11(a) ~ (h) 参照)。

【0069】

(実施例 5)

図 6(a), (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成を、実施例 5 として用いた。

実施例 5 の具体的な数値(設計値)は、表 5 に示される。表 5 の下欄(各種データ)において、表 1 の群間隔 D6 [mm] の代わりに、群間隔 D4 [mm] となっており、群間隔 D14 の代わりに、群間隔 D12 となっている、群間隔 D4 は、第一のレンズ群 G1 と第二のレンズ群 G2 との間の間隔である。群間隔 D12 は、第二のレンズ群 G2 と第三のレンズ群 G3 との間の間隔である。

10

【0070】

【表 5】

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.342	1.88300	40.8
2	1.121	0.821		
3	1.253	0.556	1.84666	23.8
4	1.922	1.274 v		
5絞	INFINITY	0.068		
6	1.887	0.547	1.83481	42.7
7	3.724	0.086		
8	-2.170	0.257	1.84666	23.8
9	2.170	0.752	1.72916	54.7
10	-1.479	0.043		
11	4.874	0.428	1.72916	54.7
12	-11.472	0.410 v		
13	2.426	0.393	1.51633	64.1
14	3.154	0.643		
15	INFINITY	1.197	1.51633	64.1
16	INFINITY	-		

20

30

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	6.2	7.3
焦点距離	1.00	1.32
倍率	-0.104	-0.547
半画角	86.3	41.1
像高	0.98	0.98
D4	1.274	0.260
D12	0.410	1.424

40

【0071】

図 12(a) ~ (d) は、実施例 5 において第二のレンズ群 G2 が広角端位置にあるときの各種収差図である。図 12(e) ~ (h) は、実施例 5 において第二のレンズ群 G2 が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【0072】

実施例 5 でも、第二のレンズ群 G2 が広角端位置にあるときの半画角を 86.3 度(視

50

野角 172.6 度) としつつ、レンズ L1 の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系 100 全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられている(図 12(a) ~ (h) 参照)。

【0073】

(実施例 6)

図 7(a), (b) に示す内視鏡用変倍光学系 100 の構成を、実施例 6 として用いた。

実施例 6 の具体的な数値(設計値)は、表 6 に示される。

【0074】

【表 6】

10

面データ

NO	R	D	N(D)	VD
1	INFINITY	0.380	1.88300	40.8
2	1.295	0.627		
3	INFINITY	0.380	1.88300	40.8
4	19.784	0.048		
5	1.501	0.618	1.84666	23.8
6	2.947	1.339 v		
7絞	INFINITY	0.076		
8	1.777	0.504	1.83481	42.7
9	2.271	0.095		
10	-1.895	0.285	1.84666	23.8
11	1.895	0.618	1.80400	46.6
12	-1.444	0.048		
13	4.810	0.447	1.77250	49.6
14	-38.902	0.162 v		
15	1.989	0.428	1.72916	54.7
16	2.110	0.857		
17	INFINITY	1.330	1.51633	64.1
18	INFINITY	-		

20

30

各種データ

	広角	望遠
Fナンバー	6.2	7.5
焦点距離	1.08	1.42
倍率	-0.103	-0.535
半画角	86.2	41.5
像高	1.09	1.09
D6	1.339	0.200
D14	0.162	1.301

40

【0075】

図 13(a) ~ (d) は、実施例 6 において第二のレンズ群 G2 が広角端位置にあるときの各種収差図である。図 13(e) ~ (h) は、実施例 6 において第二のレンズ群 G2 が望遠端位置にあるときの各種収差図である。

【0076】

実施例 6 でも、第二のレンズ群 G2 が広角端位置にあるときの半画角を 86.2 度(視野角 172.4 度) としつつ、レンズ L1 の有効径を抑えることができ、内視鏡用変倍光学系 100 全体の径方向の寸法が抑えられた構成となっている。しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、広角端位置、望遠端位置のいずれにおいても収差が良好に抑えられ

50

ている（図13(a)～(h)参照）。

【0077】

表7は、表1～6に示す各寸法から算出される式(1)～(6)の比あるいは比の絶対値を示す。

【0078】

【表7】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1) $ f_{s1}/f_1 $	1.25	1.17	1.08	1.45	1.10	0.89
(2) f_t/f_w	1.30	1.35	1.31	1.27	1.32	1.31
(3) $ f_z/f_1 $	0.66	0.57	0.68	0.65	0.71	0.63
(4) $ f_{s1}/f_w $	3.64	3.69	3.14	3.56	3.08	2.79
(5) $ f_1/f_w $	2.92	3.15	2.91	2.45	2.80	3.14
(6) SF_1	-7.16	-5.11	-4.55	-6.44	-4.75	-3.08

10

【0079】

実施例1～6の各実施例では、表7に示されるように、上述の式(1)～(3)を満足する。これにより、本実施例1～6の各実施例では、小型でありながら、通常観察時（遠距離観察時）、広い視野角を有し、しかも、拡大観察時の倍率を下げることなく、観察に適したレンズ性能を保持することができる。さらに、式(4)～(6)を満足する各実施例では、上述した更なる効果を有する。

20

【0080】

以上、本発明の内視鏡用変倍光学系及び内視鏡について詳細に説明したが、本発明の内視鏡用変倍光学系及び内視鏡は上記実施形態あるいは実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

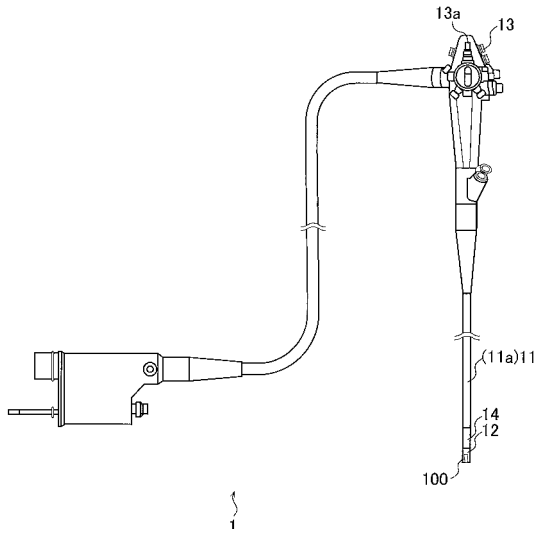
【符号の説明】

【0081】

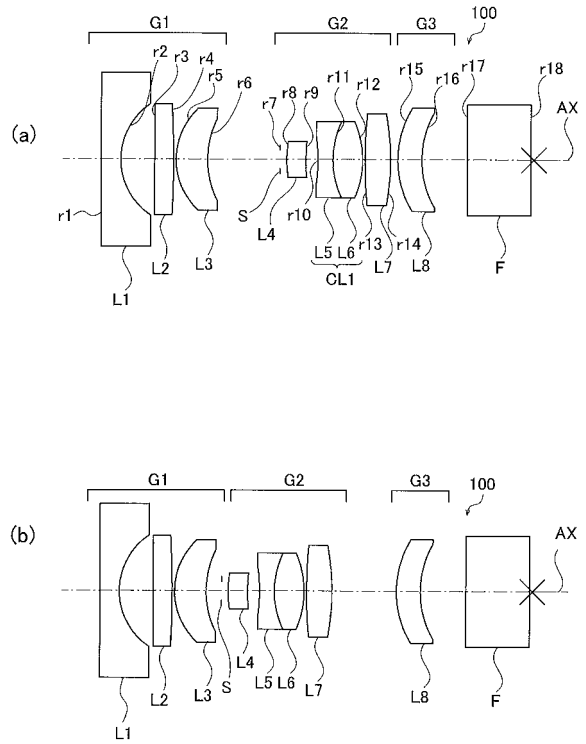
- 1 内視鏡
- 11 挿入部可撓管
- 11a シース
- 12 先端部
- 13 手元操作部
- 13a 湾曲操作ノブ
- 14 湾曲部
- 100 内視鏡用変倍光学系

30

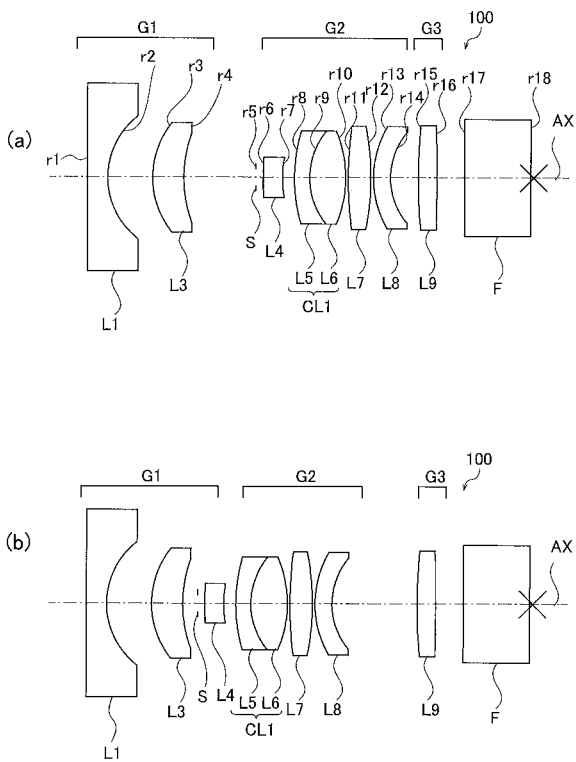
【 図 1 】



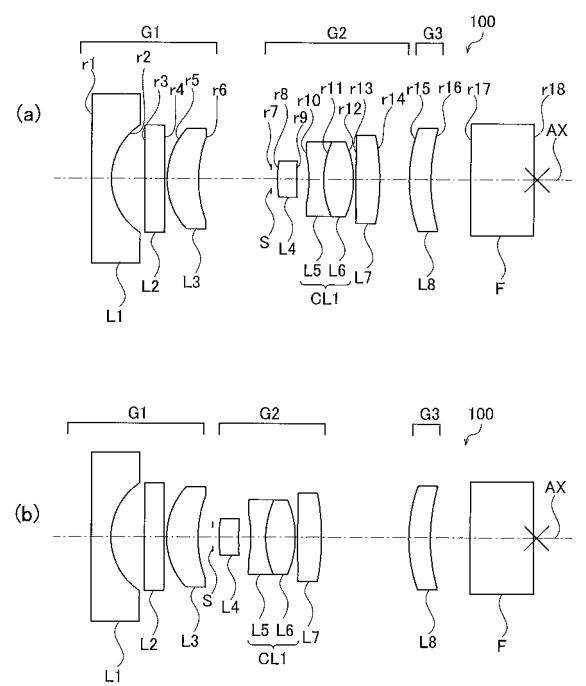
【 図 2 】



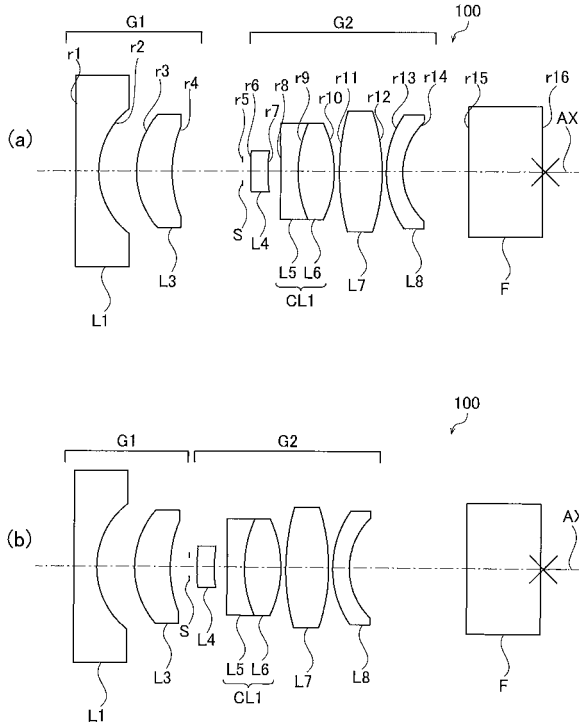
【 図 3 】



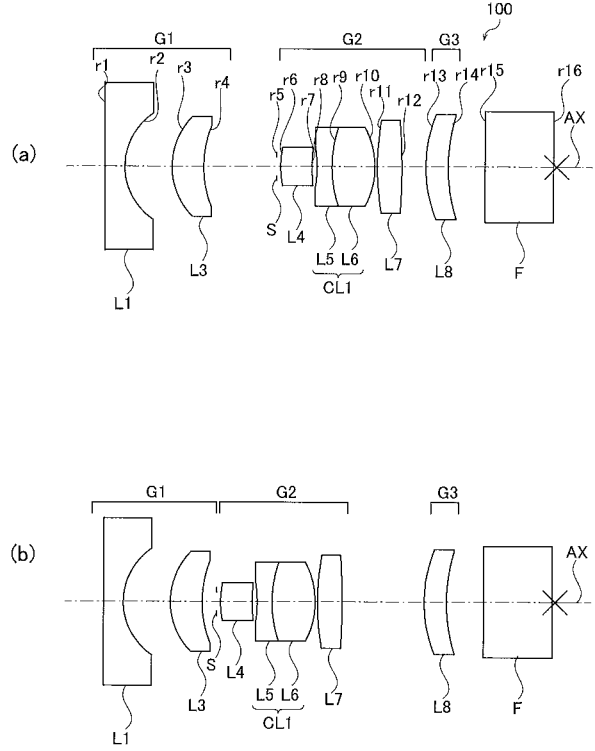
【 図 4 】



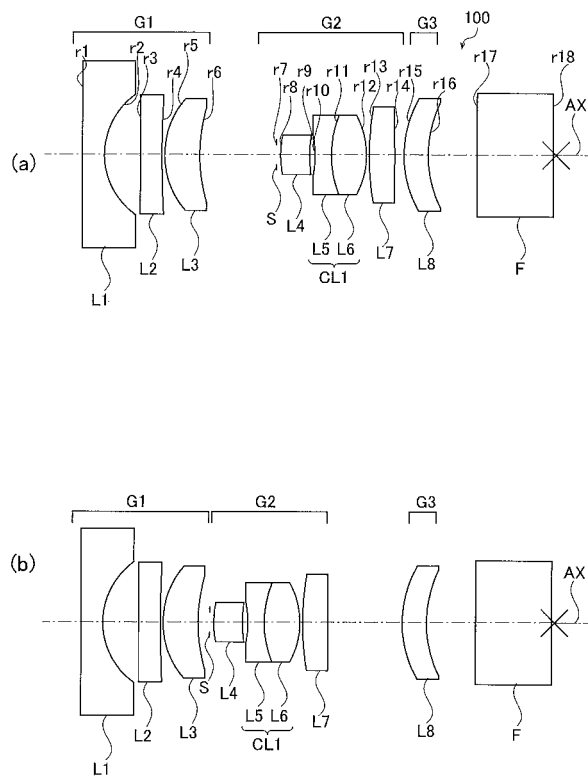
【 図 5 】



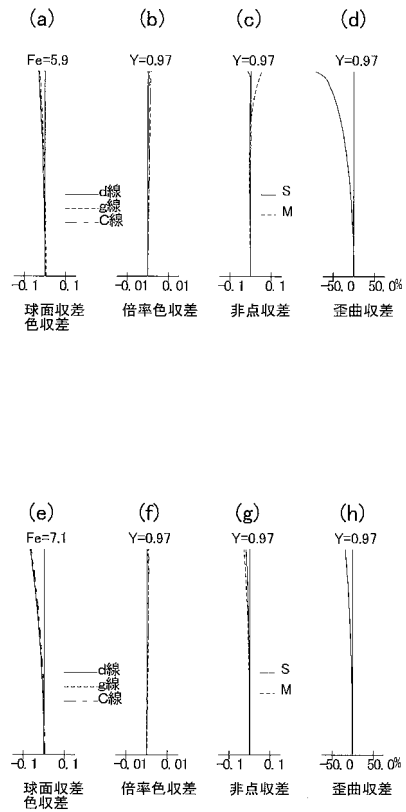
【 図 6 】



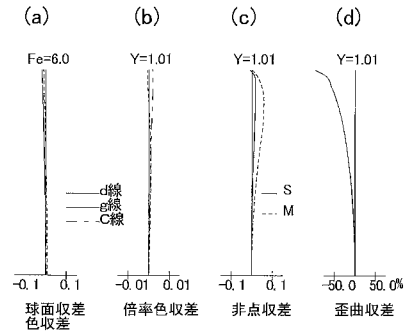
【 図 7 】



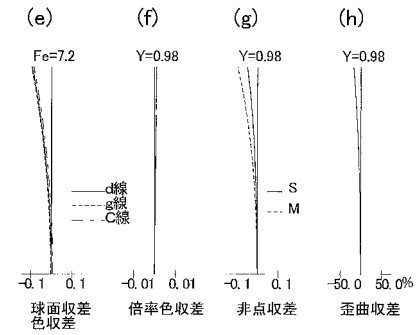
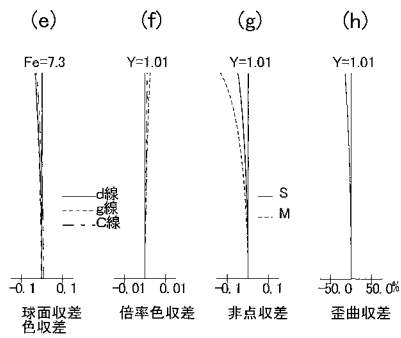
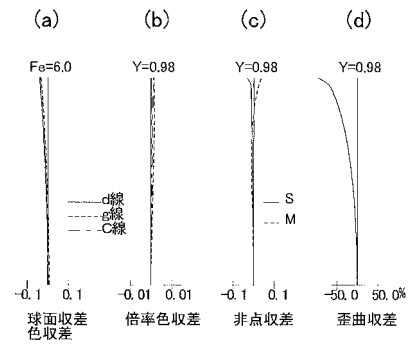
【 図 8 】



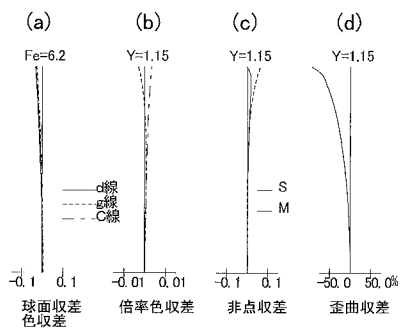
【 图 9 】



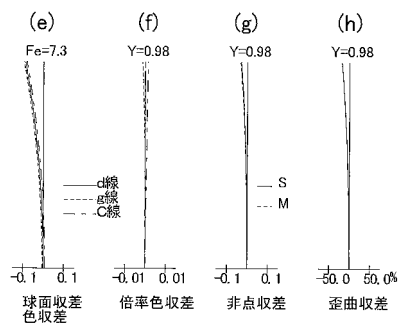
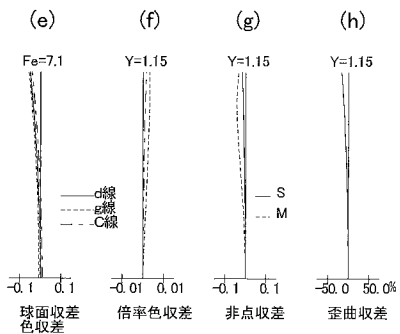
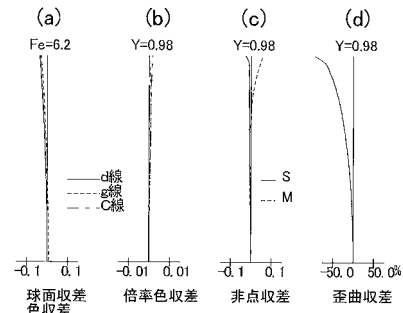
【 图 1 0 】



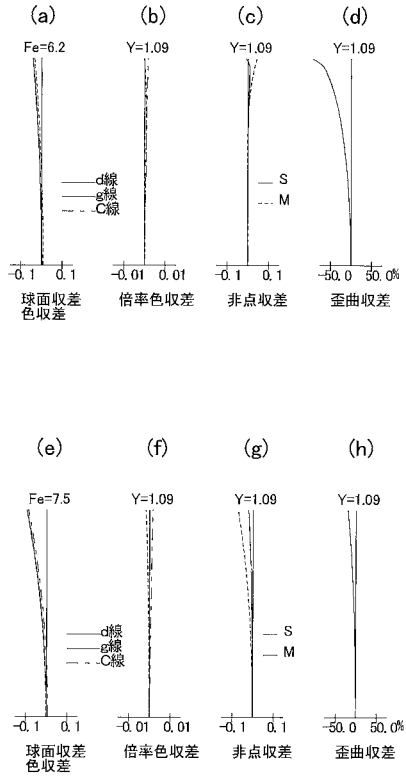
【 图 1 1 】



【 图 1 2 】



【 図 1 3 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2019/006027
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int.Cl. G02B13/04(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B15/16(2006.01)i, G02B15/163(2006.01)i, G02B23/26(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) Int.Cl. G02B13/04, A61B1/00, G02B15/16, G02B15/163, G02B23/26		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Published examined utility model applications of Japan		1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan		1971-2019
Registered utility model specifications of Japan		1996-2019
Published registered utility model applications of Japan		1994-2019
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 2016-161628 A (TAMRON CO., LTD.) 05 September 2016, entire text, all drawings & CN 105929520 A	1-7
A	JP 2015-215406 A (HOYA CORP.) 03 December 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-7
A	WO 2017/043352 A1 (HOYA CORP.) 16 March 2017, entire text, all drawings & US 2018/0003944 A1, entire text, all drawings & CN 107076967 A	1-7
A	JP 62-87926 A (CANON INC.) 22 April 1987, entire text, all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 5-19169 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 29 January 1993, entire text, all drawings & US 5416639 A, entire text, all drawings	1-7
A	JP 9-152552 A (NIKON CORP.) 10 June 1997, entire text, all drawings & US 5793531 A, entire text, all drawings	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 27 March 2019 (27.03.2019)	Date of mailing of the international search report 09 April 2019 (09.04.2019)	
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/JP2019/006027

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 2011-24 7922 A (CANON INC.) 08 December 2011, entire text, all drawings & US 2011/0286103 A1, entire text, all drawings & CN 102262290 A	1-7
A	JP 10-3038 A (NIKON CORP.) 06 January 1998, entire text, all drawings & US 5717527 A, entire text, all drawings & US 5920435 A	1-7

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 9 / 0 0 6 0 2 7	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B13/04(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B15/16(2006.01)i, G02B15/163(2006.01)i, G02B23/26(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. G02B13/04, A61B1/00, G02B15/16, G02B15/163, G02B23/26			
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 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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 2016-161628 A (株式会社タムロン) 2016.09.05, 全文全図 & CN 105929520 A	1-7	
A	JP 2015-215406 A (HOYA株式会社) 2015.12.03, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7	
A	WO 2017/043352 A1 (HOYA株式会社) 2017.03.16, 全文全図 & US 2018/0003944 A1, 全文全図 & CN 107076967 A	1-7	
A	JP 62-87926 A (キヤノン株式会社) 1987.04.22, 全文全図 (ファミリーなし)	1-7	
A	JP 5-19169 A (オリンパス光学工業株式会社) 1993.01.29, 全文全	1-7	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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、一般的な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 27.03.2019		国際調査報告の発送日 09.04.2019	
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) 岡田 弘	2V 8361
		電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 9 / 0 0 6 0 2 7
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	図 & US 5416639 A, 全文全図 JP 9-152552 A (株式会社ニコン) 1997.06.10, 全文全図 , & US 5793531 A, 全文全図	1-7
A	JP 2011-247922 A (キヤノン株式会社) 2011.12.08, 全文全図 & US 2011/0286103 A1, 全文全図 & CN 102262290 A	1-7
A	JP 10-3038 A (株式会社ニコン) 1998.01.06, 全文全図 & US 5717527 A, 全文全図 & US 5920435 A	1-7

フロントページの続き

(81)指定国・地域 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

Fターム(参考) 2H087 KA10 LA03 MA07 MA13 PA06 PA07 PA18 PB07 PB08 QA01
QA06 QA07 QA18 QA21 QA25 QA26 QA32 QA34 QA37 QA41
QA42 QA45 RA32 RA41 RA42 SA14 SA16 SA19 SA20 SA63
SA72 SA74 SB03 SB15 SB16 SB22
4C161 CC06 DD03 FF40 LL02 NN01 PP12 RR06

(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。