(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-187563
(P2017-187563A)
(43)公開日　平成29年10月12日(2017.10.12)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G02B 13/04	(2006.01)	G02B	13/04	D	2H040
G02B 23/26	(2006.01)	G02B	23/26	C	2H087
A61B 1/00	(2006.01)	A61B	1/00	300Y	4C161

審査請求 未請求　請求項の数 20　ＯＬ　（全 17 頁）

(21)出願番号　特願2016-74867(P2016-74867)
(22)出願日　平成28年4月4日(2016.4.4)

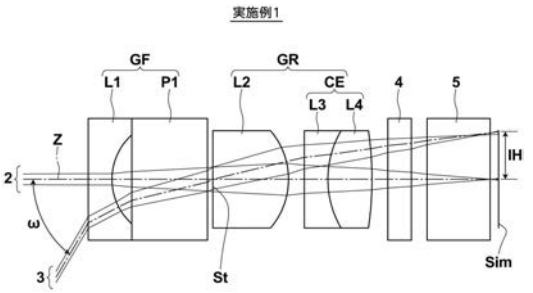
(71)出願人　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　110001519
特許業務法人太陽国際特許事務所
(74)代理人　100073184
弁理士　柳田　征史
(74)代理人　100090468
弁理士　佐久間　剛
(72)発明者　井上　和紀
埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４
番地　富士フイルム株式会社内

Ｆターム(参考)　2H040 BA02　CA23　CA24　DA12　DA14
DA15　DA21

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内視鏡用対物光学系および内視鏡

(57)【要約】
【課題】広角で歪曲収差が低減され良好な光学性能を有する内視鏡用対物光学系、およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡を提供する。
【解決手段】内視鏡用対物光学系１は、物体側から順に、前群ＧＦと、開口絞りＳｔと、正の後群ＧＲとからなる。前群ＧＦは、物体側から順に、物体側より像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の第１レンズＬ１と、入射面および出射面が光軸Ｚに垂直な１つ以上の平行平面部材Ｐ１とからなる。後群ＧＲは、物体側から順に、正の第２レンズＬ２と、負の第３レンズＬ３および正の第４レンズＬ４が接合されて接合面が像側に凹面を向けた接合レンズＣＥとからなる。全系の焦点距離ｆと接合レンズＣＥの焦点距離ｆｃに関する条件式：０．０２＜ｆ／ｆｃ＜０．１０を満足する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、
前記前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第１レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも１つの平行平面部材とから実質的になり、
前記後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズと、負の屈折力を有する第３レンズと、正の屈折力を有する第４レンズとから実質的になり、
前記第３レンズと前記第４レンズは接合されて接合レンズを構成し、該接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、
下記条件式（１）を満足することを特徴とする内視鏡用対物光学系。
０．０２＜ｆ／ｆｃ＜０．１０　（１）
ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆｃ：前記接合レンズの焦点距離
【請求項２】
下記条件式（２）を満足する請求項１記載の内視鏡用対物光学系。
０．５１＜ｆ／ｆ２＜０．７５　（２）
ただし、
ｆ２：前記第２レンズの焦点距離
【請求項３】
下記条件式（３）を満足する請求項１または２記載の内視鏡用対物光学系。
－０．８３＜ｆ／ｆ１＜－０．６１　（３）
ただし、
ｆ１：前記第１レンズの焦点距離
【請求項４】
下記条件式（４）を満足する請求項１から３のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系。
０．４９＜ｆ／ｆｒ＜０．７４　（４）
ただし、
ｆｒ：前記後群の焦点距離
【請求項５】
下記条件式（５）を満足する請求項１から４のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系。
０．５５＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．９０　（５）
ただし、
ＩＨ：最大像高
ＬＲｉ：ｉを１～７の整数とした場合の物体側からｉ番目のレンズ面の曲率半径
ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の最大値
【請求項６】
下記条件式（６）を満足する請求項１から５のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系。
０．１９＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３２　（６）
ただし、
ＩＨ：最大像高
ＬＲｉ：ｉを１～７の整数とした場合の物体側からｉ番目のレンズ面の曲率半径
ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の平均値
【請求項７】
下記条件式（７）を満足する請求項１から６のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系

。
　　１．７９＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９８　　（７）
ただし、
ｍｉｎＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の最小値
【請求項８】
　下記条件式（８）を満足する請求項１から７のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系
。
　　１．８２＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９８　　（８）
ただし、
ａｖｅＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の平均値
【請求項９】
　下記条件式（９）を満足する請求項１から８のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系
。
　　０．３０＜ｆ／Ｒｃ＜０．６０　　（９）
ただし、
Ｒｃ：前記接合レンズの接合面の曲率半径
【請求項１０】
　下記条件式（１０）を満足する請求項１から９のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．１０＜Ｎｄ３－Ｎｄ４＜０．１５　　（１０）
ただし、
Ｎｄ３：前記第３レンズのｄ線に対する屈折率
Ｎｄ４：前記第４レンズのｄ線に対する屈折率
【請求項１１】
　下記条件式（１－１）を満足する請求項１記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．０４＜ｆ／ｆｃ＜０．０８　　（１－１）
【請求項１２】
　下記条件式（２－１）を満足する請求項２記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．５３＜ｆ／ｆ２＜０．７３　　（２－１）
【請求項１３】
　下記条件式（３－１）を満足する請求項３記載の内視鏡用対物光学系。
　　－０．８０＜ｆ／ｆ１＜－０．６４　　（３－１）
【請求項１４】
　下記条件式（４－１）を満足する請求項４記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．５３＜ｆ／ｆｒ＜０．７０　　（４－１）
【請求項１５】
　下記条件式（５－１）を満足する請求項５記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．６０＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．８５　　（５－１）
【請求項１６】
　下記条件式（６－１）を満足する請求項６記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．２０＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３１　　（６－１）
【請求項１７】
　下記条件式（７－１）を満足する請求項７記載の内視鏡用対物光学系。
　　１．８１＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９５　　（７－１）
【請求項１８】
　下記条件式（８－１）を満足する請求項８記載の内視鏡用対物光学系。
　　１．８４＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９６　　（８－１）
【請求項１９】
　下記条件式（９－１）を満足する請求項９記載の内視鏡用対物光学系。
　　０．３３＜ｆ／Ｒｃ＜０．５７　　（９－１）

【請求項２０】
請求項１から１９のいずれか１項記載の内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、内視鏡用対物光学系およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来、医療分野において先端部分に撮像装置が内蔵された長尺の挿入部を被検者の口または鼻から挿入して体腔内を撮像する挿入型の内視鏡が普及している。このような内視鏡に使用可能な対物光学系としては、例えば下記特許文献１～３に記載のものがある。特許文献１～３には、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有するレンズ群とを備えたレンズ系が記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許第４４３９１８４号公報
【特許文献２】特許第３８５１４１７号公報
【特許文献３】特許第３５７４４８４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
病変の発見率を向上させるため内視鏡用対物光学系には広範囲を観察可能な広角の光学系であることが求められる。広角の光学系は歪曲収差が大きくなりやすいが、近年では結像領域周辺部でも歪みが少ない画像が求められるようになってきている。しかしながら、特許文献１～３に記載の内視鏡用対物光学系は歪曲収差が大きいため、上記要求に十分応えることが難しい。
【０００５】
本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、広角でありながら、歪曲収差が低減され、良好な光学性能を実現可能な内視鏡用対物光学系、およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡を提供することを目的とするものである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明の内視鏡用対物光学系は、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第１レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも１つの平行平面部材とから実質的になり、後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズと、負の屈折力を有する第３レンズと、正の屈折力を有する第４レンズとから実質的になり、第３レンズと第４レンズは接合されて接合レンズを構成し、この接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、下記条件式（１）を満足することを特徴とする。

$$0.02 < f/fc < 0.10 \quad (1)$$

ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆｃ：接合レンズの焦点距離
【０００７】
本発明の内視鏡用対物光学系においては、下記条件式（２）～（１０）および（１－１）～（９－１）のうちの少なくとも１つを満足することが好ましい。

０．５１＜ｆ／ｆ２＜０．７５　（２）
－０．８３＜ｆ／ｆ１＜－０．６１　（３）
０．４９＜ｆ／ｆｒ＜０．７４　（４）
０．５５＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．９０　（５）
０．１９＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３２　（６）
１．７９＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９８　（７）
１．８２＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９８　（８）
０．３０＜ｆ／Ｒｃ＜０．６０　（９）
０．１０＜Ｎｄ３－Ｎｄ４＜０．１５　（１０）
０．０４＜ｆ／ｆｃ＜０．０８　（１－１）
０．５３＜ｆ／ｆ２＜０．７３　（２－１）
－０．８０＜ｆ／ｆ１＜－０．６４　（３－１）
０．５３＜ｆ／ｆｒ＜０．７０　（４－１）
０．６０＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．８５　（５－１）
０．２０＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３１　（６－１）
１．８１＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９５　（７－１）
１．８４＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９６　（８－１）
０．３３＜ｆ／Ｒｃ＜０．５７　（９－１）

ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆ２：第２レンズの焦点距離
ｆ１：第１レンズの焦点距離
ｆｒ：後群の焦点距離
ＩＨ：最大像高
ＬＲｉ：ｉを１～７の整数とした場合の物体側からｉ番目のレンズ面の曲率半径
ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の最大値
ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の平均値
ｍｉｎＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の最小値
ａｖｅＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の平均値
Ｒｃ：接合レンズの接合面の曲率半径
Ｎｄ３：第３レンズのｄ線に対する屈折率
Ｎｄ４：第４レンズのｄ線に対する屈折率
ｆｃ：接合レンズの焦点距離

【０００８】
本発明の内視鏡は、本発明の内視鏡用対物光学系を備えたものである。

【０００９】
なお、上記の「～から実質的になり」とは、構成要素として挙げたもの以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りおよび／またはカバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、および／またはレンズバレル等を含んでもよいことを意図するものである。

【００１０】
なお、上記のレンズ群の屈折力の符号、レンズの屈折力の符号、レンズ面の形状、およびレンズ面の曲率半径は、非球面が含まれているものは近軸領域で考えることとする。また、上記の条件式の値は全てｄ線（波長５８７．６ｎｍ）を基準としたものである。

【発明の効果】

【００１１】
本発明によれば、物体側から順に、負の前群と、開口絞りと、正の後群とからなるレンズ系において、前群および後群の構成を好適に設定し、所定の条件式を満足するようにしているため、広角でありながら、歪曲収差が低減され、良好な光学性能を実現可能な内視鏡用対物光学系、およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡を提供することができる

。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】本発明の一実施形態に係る内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図であり、本発明の実施例１に対応する断面図である。
【図２】本発明の実施例２の内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図である。
【図３】本発明の実施例３の内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図である。
【図４】本発明の実施例１の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。
【図５】本発明の実施例２の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。
【図６】本発明の実施例３の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。
【図７】本発明の実施形態に係る内視鏡の概略構成を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図１は、本発明の一実施形態に係る内視鏡用対物光学系のレンズ構成と光路を示す断面図である。この構成例は、後述する実施例１に対応している。図１では、左側が物体側、右側が像側であり、光路は軸上光束２および最大画角の軸外光束３について示し、最大の半画角（最大全画角の半値）ωも図示している。
【００１４】
この内視鏡用対物光学系は、光軸Ｚに沿って物体側から像側へ向かって順に、全体として負の屈折力を有する前群ＧＦと、開口絞りＳｔと、全体として正の屈折力を有する後群ＧＲとから実質的になる。このように物体側から順に負レンズ群、正レンズ群を配置することでレトロフォーカスタイプの屈折力配置となるため、バックフォーカスを確保しながら広角化を図ることができる。
【００１５】
なお、図１に示す開口絞りＳｔは必ずしも大きさおよび／または形状を表すものではなく、光軸Ｚ上の位置を示すものである。また、図１ではレンズ系と像面Ｓｉｍとの間にフィルタ４とプリズム５を配置した例を示しているが、本発明においてはフィルタ４および／またはプリズム５を省略した構成も可能である。プリズム５は光路を折り曲げる機能を有するものでもよく、その場合は屈曲光路となるが、理解を容易にするため図１では光路を展開した状態を想定して直線状の光路を示している。
【００１６】
前群ＧＦは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズＬ１と、入射面および出射面が内視鏡用対物光学系の光軸Ｚに垂直な少なくとも１つの平行平面部材Ｐ１とからなるように構成される。
【００１７】
第１レンズＬ１は、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さくなるように構成されている。このような形状とすることで像面湾曲を抑えることが容易となり広角化に有利となる。
【００１８】
内視鏡用対物光学系が平行平面部材Ｐ１を含み、この平行平面部材Ｐ１を開口絞りＳｔより物体側に配置した構成とすることで、周辺画角の光線が第１レンズＬ１の物体側の面と交わる点の光軸Ｚからの高さを低くすることができ、第１レンズＬ１の小径化に有利となる。平行平面部材Ｐ１は上記作用を持ちながら近軸屈折力が無いため、偏心した場合に光学性能に与える影響はレンズに比べ小さい。具体的には、平行平面部材Ｐ１は、平行偏心しても像の劣化が生じることは無く、傾き誤差の許容量をレンズに比べ大きくすることができる。このため、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。なお

、「平行偏心」とは光軸Ｚに垂直な方向の移動を意味し、「傾き誤差」の「傾き」とは光軸Ｚを含む断面内での回転を意味する。

【００１９】

図１の平行平面部材Ｐ１は入射面と出射面とが平行な平行平面板から構成されている。必要に応じ、平行平面部材Ｐ１にフィルタ機能を持たせる構成としてもよい。なお、前群ＧＦが有する平行平面部材はプリズムであってもよい。平行平面部材をプリズムで構成し、このプリズム内部で光軸が折り曲げられる場合は、この内部での折り曲げは考慮せず折り曲げられた光路を折り曲げることなく直線状に展開したときに入射面と出射面とが平行になっていればよい。ただし、平行平面部材の内部の屈折率分布は実質的に均質であることが好ましい。

【００２０】

図１では前群ＧＦが１つのみの平行平面部材Ｐ１を有する例を示しているが、前群ＧＦが有する平行平面部材の数は任意に選択可能である。例えば、同一材料からなる複数の平行平面部材がある場合、これらの厚みの総和と同一の厚みを有し同一材料からなる１つの平行平面部材と、上記複数の平行平面部材とは表面反射を無視すれば幾何光学的には同様の作用を奏するため、平行平面部材の枚数および厚さは適宜変更することができる。また、前群ＧＦは互いに異なる材料からなる複数の平行平面部材を有する構成としてもよい。

【００２１】

第１レンズＬ１は、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負レンズであるため、第１レンズＬ１の像側のレンズ面は凹面となる。第１レンズＬ１の像側の面のうちこの凹面より径方向外側に光軸Ｚに垂直な平面部を設け、図１に示すように、この平面部と第１レンズＬ１に隣接する平行平面部材Ｐ１とが光軸方向に当接するように構成することが好ましい。このようにした場合は、第１レンズＬ１の傾きが発生するのを防ぐことができ、製造誤差による性能劣化を軽減できる。

【００２２】

上記のように第１レンズＬ１の平面部と平行平面部材Ｐ１とを当接させる場合、この平面部を周回状に設ければ第１レンズＬ１の像側の凹面と平行平面部材Ｐ１の物体側の面によって形成される空間を他の部材を用いずに封止して気密に保つことができる。内視鏡用対物光学系は、例えば外部に露出する第１レンズＬ１の物体側の面に付着した汚れを除去するための送水などによって冷却されるが、上記空間を気密とすることにより、この空間への湿気の浸入を抑制し、結露の発生を抑制することができる。

【００２３】

また、後で詳しく述べるように内視鏡用対物光学系を分離可能な構成とした場合、前群ＧＦが少なくとも１つの平行平面部材を有することで種々の効果を奏することができる。

【００２４】

後群ＧＲは、物体側から順に、正の屈折力を有する第２レンズＬ２と、負の屈折力を有する第３レンズＬ３と、正の屈折力を有する第４レンズＬ４とから実質的になり、第３レンズＬ３と第４レンズＬ４は接合されて接合レンズＣＥを構成する。

【００２５】

正の屈折力を有する第２レンズＬ２により、球面収差を抑えることができる。接合レンズＣＥにより、倍率色収差を抑えることができる。そして、接合レンズＣＥをレンズ系の最も像側に配置することにより、接合レンズＣＥの接合面での周辺光線の高さを高くでき、倍率色収差の良好な補正が容易となる。

【００２６】

また、この内視鏡用対物光学系では、接合レンズＣＥの接合面は像側に凹面を向けた形状となるように構成される。これにより、倍率色収差を抑えることに有利となる。

【００２７】

第２レンズＬ２の物体側のレンズ面は平面としてもよく、このようにした場合は、傾き誤差の許容量を大きくすることができるため、組み立てが容易となる。また、第３レンズＬ３の物体側のレンズ面は平面としてもよく、このようにした場合は、傾き誤差の許容量

を大きくすることができるため、組み立てが容易となる。
【００２８】
　また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（１）を満足するように構成される。
　　０．０２＜ｆ／ｆｃ＜０．１０　　（１）
ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆｃ：接合レンズの焦点距離
【００２９】
　条件式（１）の下限以下にならないようにすることで、周辺画角の主光線の像面Ｓｉｍへの入射角を抑えることができ、広角化に有利となる。条件式（１）の上限以上にならないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式（１）に関する効果をより高めるためには下記条件式（１－１）を満足することが好ましい。
　　０．０４＜ｆ／ｆｃ＜０．０８　　（１－１）
【００３０】
　また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（２）を満足することが好ましい。
　　０．５１＜ｆ／ｆ２＜０．７５　　（２）
ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆ２：第２レンズの焦点距離
【００３１】
　条件式（２）を満足するように第２レンズＬ２の屈折力の範囲を設定することで像面湾曲を抑えることができる。条件式（２）に関する効果をより高めるためには下記条件式（２－１）を満足することが好ましい。
　　０．５３＜ｆ／ｆ２＜０．７３　　（２－１）
【００３２】
　また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（３）を満足することが好ましい。
　　－０．８３＜ｆ／ｆ１＜－０．６１　　（３）
ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆ１：第１レンズの焦点距離
【００３３】
　条件式（３）の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（３）の上限以上にならないようにすることで、レンズ径を抑えながら画角を維持することが容易になる。条件式（３）に関する効果をより高めるためには下記条件式（３－１）を満足することが好ましい。
　　－０．８０＜ｆ／ｆ１＜－０．６４　　（３－１）
【００３４】
　また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（４）を満足することが好ましい。
　　０．４９＜ｆ／ｆｒ＜０．７４　　（４）
ただし、
ｆ：全系の焦点距離
ｆｒ：後群の焦点距離
【００３５】
　条件式（４）の下限以下にならないようにすることで、周辺画角の主光線の像面Ｓｉｍへの入射角を抑えることができ、広角化に有利となる。条件式（４）の上限以上にならないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式（４）に関する効果をより高めるためには下記条件式（４－１）を満足することが好ましい。
　　０．５３＜ｆ／ｆｒ＜０．７０　　（４－１）
【００３６】
　また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（５）を満足することが好ましい。

０．５５＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．９０　（５）
ただし、
ＩＨ：最大像高
ＬＲｉ：ｉを１～７の整数とした場合の物体側からｉ番目のレンズ面の曲率半径
ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の最大値
【００３７】
なお、上記の「ＬＲｉ」の「レンズ面」は、第１レンズＬ１～第４レンズＬ４の４つの各レンズが有する物体側のレンズ面および像側のレンズ面それぞれのことである。ただし、「ＬＲｉ」の「レンズ面」は、接合面は１つの面として扱うこととする。よって、本実施形態の内視鏡用対物光学系では「ＬＲｉ」の「レンズ面」は計７つとなる。「ＬＲｉ」の「レンズ面」に関するこれらの点は後述の条件式（６）の「ＬＲｉ」についても同様である。
【００３８】
条件式（５）の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（５）の上限以上にならないようにすることで、レンズの平行偏心の許容量および傾き誤差の許容量を大きくすることができ、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。条件式（５）に関する効果をより高めるためには下記条件式（５－１）を満足することが好ましい。
０．６０＜ｍａｘ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．８５　（５－１）
【００３９】
また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（６）を満足することが好ましい。
０．１９＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３２　（６）
ただし、
ＩＨ：最大像高
ＬＲｉ：ｉを１～７の整数とした場合の物体側からｉ番目のレンズ面の曲率半径
ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜：全系の｜ＩＨ／ＬＲｉ｜の平均値
【００４０】
条件式（６）の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（６）の上限以上にならないようにすることで、レンズの平行偏心の許容量および傾き誤差の許容量を大きくすることができ、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。条件式（６）に関する効果をより高めるためには下記条件式（６－１）を満足することが好ましい。
０．２０＜ａｖｅ｜ＩＨ／ＬＲｉ｜＜０．３１　（６－１）
【００４１】
また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（７）を満足することが好ましい。
１．７９＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９８　（７）
ただし、
ｍｉｎＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の最小値
【００４２】
条件式（７）の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式（７）の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（７）に関する効果をより高めるためには下記条件式（７－１）を満足することが好ましい。
１．８１＜ｍｉｎＮｄｐ＜１．９５　（７－１）
【００４３】
また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（８）を満足することが好ましい。
１．８２＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９８　（８）
ただし、
ａｖｅＮｄｐ：全系の正レンズのｄ線に対する屈折率の平均値
【００４４】

条件式（８）の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式（８）の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（８）に関する効果をより高めるためには下記条件式（８－１）を満足することが好ましい。

１．８４＜ａｖｅＮｄｐ＜１．９６　（８－１）

【００４５】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（９）を満足することが好ましい。

０．３０＜ｆ／Ｒｃ＜０．６０　（９）

ただし、

ｆ：全系の焦点距離

Ｒｃ：接合レンズの接合面の曲率半径

【００４６】

条件式（９）の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式（９）の上限以上にならないようにすることで、非点収差を抑えることができる。条件式（９）に関する効果をより高めるためには下記条件式（９－１）を満足することが好ましい。

０．３３＜ｆ／Ｒｃ＜０．５７　（９－１）

【００４７】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式（１０）を満足することが好ましい。

０．１０＜Ｎｄ３－Ｎｄ４＜０．１５　（１０）

ただし、

Ｎｄ３：第３レンズのｄ線に対する屈折率

Ｎｄ４：第４レンズのｄ線に対する屈折率

【００４８】

条件式（１０）の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式（１０）の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式（１０）に関する効果をより高めるためには下記条件式（１０－１）を満足することが好ましい。

０．１１＜Ｎｄ３－Ｎｄ４＜０．１４　（１０－１）

【００４９】

なお、この内視鏡用対物光学系は、第１レンズＬ１および平行平面部材Ｐ１が、平行平面部材Ｐ１より像側の光学部材に対して分離可能なように構成してもよい。すなわち図１の例においては、前群ＧＦが、開口絞りＳｔおよび後群ＧＲに対して分離可能なように構成してもよい。その場合は、前群ＧＦを固定する鏡筒と、開口絞りＳｔおよび後群ＧＲを固定する鏡筒とを別部材で構成し、これら２つの鏡筒を溶剤、熱、または光といった外部刺激によって解体可能な接着剤で接着することに構成可能である。このような分離可能な構成を採ることで、第１レンズＬ１に汚損や破損が生じた場合には、上記接着剤を解体除去して第１レンズＬ１が含まれる鏡筒を一体的に交換することが可能である。

【００５０】

最も物体側に配置されて外部に露出する第１レンズＬ１は、使用に伴って汚損し、また破損する可能性がある。第１レンズＬ１に汚損や破損が生じた場合に、内視鏡用対物光学系が分離不能に一体に構成されているものでは内視鏡用対物光学系全体の交換となり、修理費用が嵩む。これに対し、上記構成のように物体側の一部の光学部材のみが交換可能に構成された内視鏡用対物光学系では、交換にかかる費用を抑えることができる。

【００５１】

上記のような分離可能な構成を採った場合、前群ＧＦが平行平面部材Ｐ１を有することで、平行平面部材Ｐ１により前群ＧＦをその像側で封止することが可能なため、分離した際に取り扱いが容易になり、ゴミや汚れ等を除去して清掃することが容易になる。

【００５２】

なお、前群ＧＦは複数の平行平面部材を有していてもよく、その場合は、第１レンズＬ

１および最も物体側の平行平面部材が、物体側から２番目の平行平面部材とそれより像側の光学部材に対して分離可能なように構成することが好ましい。これにより、物体側から２番目の平行平面部材により、この２番目の平行平面部材以降の像側の光学部材をその物体側で封止することが可能なため、同様に分離した際に取り扱いが容易になり、メンテナンスが容易になる。

【００５３】

以上述べた好ましい構成および可能な構成は、任意の組合せが可能であり、要求される仕様に応じて適宜選択的に採用されることが好ましい。本実施形態によれば、広角でありながら、歪曲収差を含む諸収差が抑えられて良好な光学性能を有する内視鏡用対物光学系を実現することができる。なお、ここでいう広角とは、最大全画角が１００°以上のことを意味する。

【００５４】

次に、本発明の内視鏡用対物光学系の数値実施例について説明する。

［実施例１］

実施例１の内視鏡用対物光学系のレンズ構成と光路は図１に示したものであり、その図示方法については上述したとおりであるので、ここでは重複説明を省略する。表１に実施例１の内視鏡用対物光学系の基本レンズデータを示す。表１のＳｉの欄には最も物体側の構成要素の物体側の面を１番目として像側に向かうに従い順次増加するように構成要素の面に面番号を付した場合のｉ番目（ｉ＝１、２、３、…）の面番号を示し、Ｒｉの欄にはｉ番目の面の曲率半径を示し、Ｄｉの欄にはｉ番目の面とｉ＋１番目の面との光軸Ｚ上の面間隔を示す。表１のＮｄｊの欄には最も物体側の構成要素を１番目として像側に向かうに従い順次増加するｊ番目（ｊ＝１、２、３、…）の構成要素のｄ線（波長５８７．６ｎｍ）に関する屈折率を示し、νｄｊの欄にはｊ番目の構成要素のｄ線基準のアッベ数を示す。

【００５５】

曲率半径の符号は、物体側に凸面を向けた面形状のものを正とし、像側に凸面を向けた面形状のものを負としている。表１には開口絞りＳｔ、フィルタ４、およびプリズム５も合わせて示している。表１では、開口絞りＳｔに相当する面の面番号の欄には面番号と（Ｓｔ）という語句を記載している。Ｄｉの最下欄の値は表中の最も像側の面と像面Ｓｉｍとの間隔である。

【００５６】

表１の枠外上部には、全系の焦点距離ｆ、ＦナンバーＦＮｏ．、最大全画角２ω、物体距離（第１レンズＬ１の物体側のレンズ面から物体までの光軸上の距離）ＯＢ、および最大像高ＩＨをｄ線基準で示す。表１のＤｉの最下欄の値、および後述の収差図は、物体距離が表１に示す値の場合のものである。

【００５７】

各表のデータにおいて、角度の単位には度を用い、長さの単位にはｍｍを用いているが、光学系は比例拡大または比例縮小しても使用可能なため他の適当な単位を用いることも可能である。また、以下に示す各表では所定の桁でまるめた数値を記載している。

【００５８】

【表１】

実施例1

f=0.32，FNo.=4.25，2ω=117.2，OB=4，IH=0.295

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.1500	1.88299	40.78
2	0.3600	0.1255		
3	∞	0.4800	1.91082	35.25
4	∞	0.0350		
5(St)	∞	0.0000		
6	∞	0.4800	1.90043	37.37
7	−0.4500	0.1000		
8	∞	0.1500	1.95906	17.47
9	0.5800	0.2800	1.83481	42.72
10	−1.9950	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.1000		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0535		

【００５９】

図４に左から順に、実施例１の内視鏡用対物光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差（ディストーション）、および倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。球面収差図では、ｄ線（波長５８７．６ｎｍ）、Ｃ線（波長６５６．３ｎｍ）、およびＦ線（波長４８６．１ｎｍ）に関する収差をそれぞれ実線、長破線、および短破線で示す。非点収差図では、サジタル方向のｄ線に関する収差を実線で示し、タンジェンシャル方向のｄ線に関する収差を短破線で示す。歪曲収差図ではｄ線に関する収差を実線で示す。倍率色収差図では、Ｃ線、およびＦ線に関する収差をそれぞれ長破線、および短破線で示す。球面収差図のＦＮｏ．はＦナンバーを意味し、その他の収差図のωは半画角を意味する。

【００６０】

上記の実施例１の構成例に関する説明で述べた図示方法、各データの記号、意味、および記載方法は、特に断りがない限り以下の実施例のものについても同様であるため、以下では重複説明を省略する。

【００６１】

［実施例２］

実施例２の内視鏡用対物光学系について、レンズ構成図と光路を図２に示し、基本レンズデータを表２に示し、各収差図を図５に示す。

【００６２】

【表２】

実施例２

f=0.32，FNo.=4.25，2ω=118.8，OB=4，IH=0.295

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.0300	1.95375	32.32
2	0.4000	0.0930		
3	∞	0.8000	1.94595	17.98
4	∞	0.2320		
5(St)	∞	0.0000		
6	∞	0.3113	1.88100	40.14
7	−0.5263	0.2670		
8	∞	0.2507	1.94595	17.98
9	0.6667	0.2100	1.81600	46.57
10	−2.2675	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.0600		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0711		

【００６３】

［実施例３］

実施例３の内視鏡用対物光学系について、レンズ構成図と光路を図３に示し、基本レンズデータを表３に示し、各収差図を図６に示す。

【００６４】

【表３】

実施例３

f=0.32，FNo.=4.25，2ω=117.4，OB=4，IH=0.295

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.0300	1.90043	37.37
2	0.4444	0.0845		
3	∞	0.8000	2.00178	19.32
4	∞	0.1145		
5(St)	∞	0.0000		
6	∞	0.5164	1.91082	35.25
7	−0.5128	0.1759		
8	∞	0.1800	2.00178	19.32
9	0.6329	0.2100	1.88300	40.76
10	−2.5000	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.0700		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0619		

【００６５】

表４に、実施例１～３の内視鏡用対物光学系の条件式（１）～（１０）の対応値を示す。表４のデータはｄ線を基準としたものである。

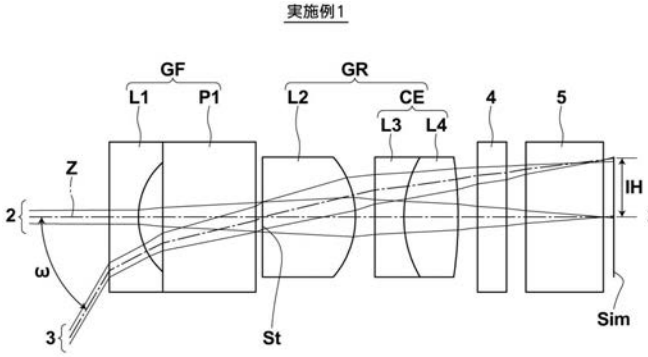
【００６６】
【表４】

式番号		実施例1	実施例2	実施例3
(1)	f/fc	0.070	0.056	0.056
(2)	f/f2	0.647	0.537	0.571
(3)	f/f1	−0.793	−0.765	−0.652
(4)	f/fr	0.651	0.534	0.578
(5)	max|IH/LRi|	0.819	0.738	0.664
(6)	ave|IH/LRi|	0.304	0.267	0.260
(7)	minNdp	1.83481	1.81600	1.88300
(8)	aveNdp	1.86762	1.84850	1.89691
(9)	f/Rc	0.557	0.481	0.508
(10)	Nd3−Nd4	0.12425	0.12995	0.11878

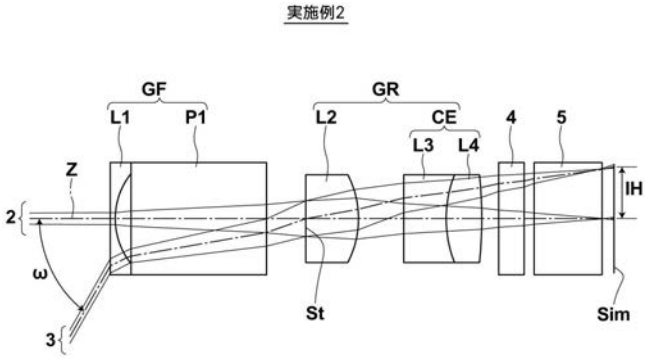
【００６７】
以上のデータからわかるように、実施例１～３の内視鏡用対物光学系は、全画角が１１７°以上あり広角のレンズ系を実現しながら、歪曲収差を含む諸収差が良好に補正されて高い光学性能を達成している。
【００６８】
次に、本発明の内視鏡用対物光学系が適用される内視鏡の実施形態について図７を参照しながら説明する。図７にその内視鏡の概略的な全体構成図を示す。図７に示す内視鏡１００は、主として、操作部１０２と、挿入部１０４と、コネクタ部（不図示）と接続されるユニバーサルコード１０６とを備える。挿入部１０４の大半は挿入経路に沿って任意の方向に曲がる軟性部１０７であり、この軟性部１０７の先端には湾曲部１０８が連結され、この湾曲部１０８の先端には先端部１１０が連結されている。湾曲部１０８は、先端部１１０を所望の方向に向けるために設けられるものであり、操作部１０２に設けられた湾曲操作ノブ１０９を回動させることにより湾曲操作が可能となっている。先端部１１０の内部先端に本発明の実施形態に係る内視鏡用対物光学系１が配設される。図７では内視鏡用対物光学系１を概略的に図示している。本実施形態の内視鏡は内視鏡用対物光学系１を備えているため、広角で、結像領域周辺部でも歪みが少ない良好な画像を取得することができる。
【００６９】
以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズの曲率半径、面間隔、屈折率、およびアッベ数は、上記実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。同様に、前群ＧＦが有する平行平面板の数、厚さ、および屈折率も上記実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。
【符号の説明】
【００７０】
１　内視鏡用対物光学系
２　軸上光束
３　軸外光束
４　フィルタ
５　プリズム
１００　内視鏡
１０２　操作部
１０４　挿入部
１０６　ユニバーサルコード
１０７　軟性部

１０８　湾曲部
１０９　湾曲操作ノブ
１１０　先端部
ＣＥ　接合レンズ
ＧＦ　前群
ＧＲ　後群
ＩＨ　最大像高
Ｌ１　第１レンズ
Ｌ２　第２レンズ
Ｌ３　第３レンズ
Ｌ４　第４レンズ
Ｐ１　平行平面部材
Ｓｉｍ　像面
Ｓｔ　開口絞り
Ｚ　光軸
ω　半画角

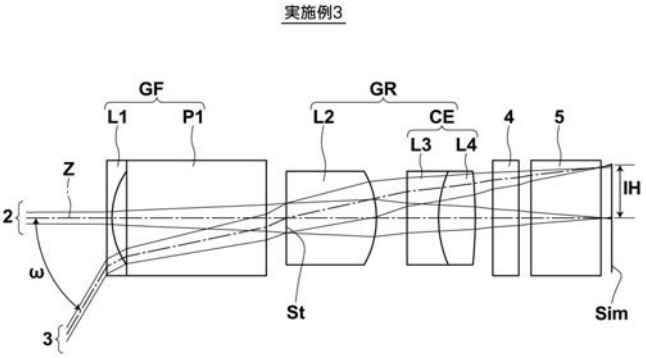
【図１】



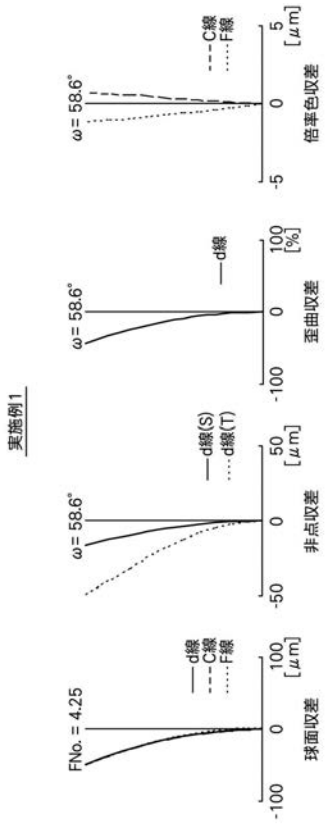
【図２】



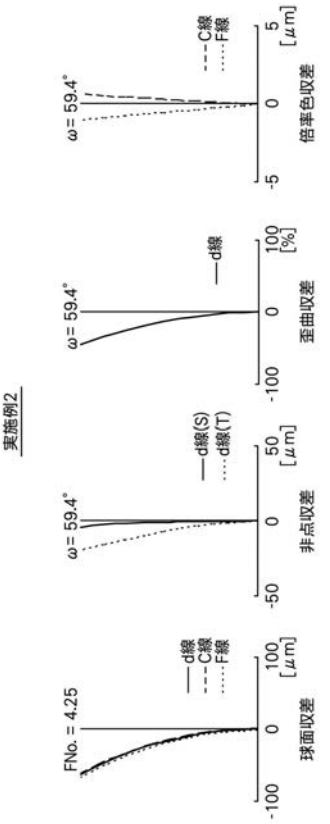
【図３】



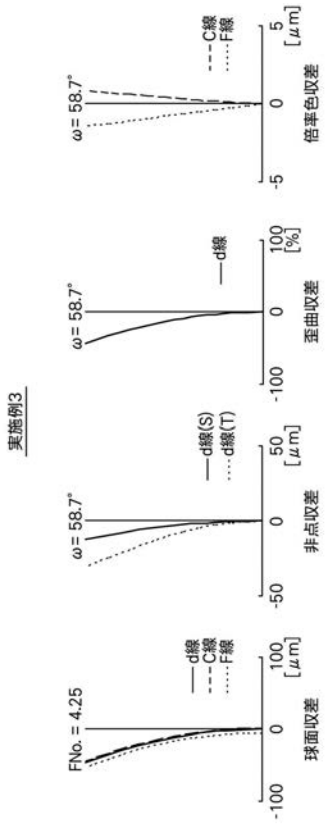
【図４】


実施例1
ω= 58.6°
C線
F線
倍率色収差
d線
歪曲収差
d線(S)
d線(T)
非点収差
FNo. = 4.25
球面収差

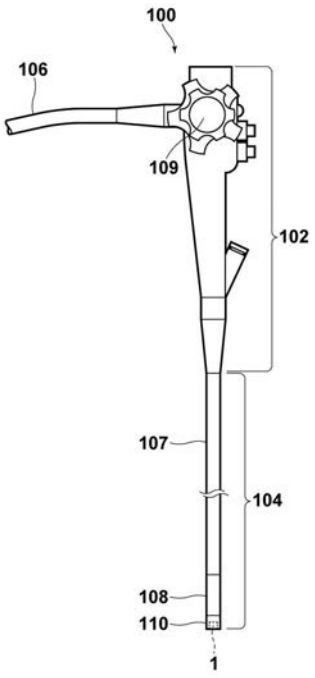
【図５】


実施例2
ω= 59.4°
C線
F線
倍率色収差
d線
歪曲収差
d線(S)
d線(T)
非点収差
FNo. = 4.25
球面収差

【図６】


実施例3
ω= 58.7°
C線
F線
倍率色収差
d線
歪曲収差
d線(S)
d線(T)
非点収差
FNo. = 4.25
球面収差

【図７】


100
106
109
102
107
104
108
110
1

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 2H087 KA10 LA03 PA03 PA18 PB04 QA01 QA07 QA18 QA21 QA26
QA34 QA42 QA45 RA32 RA41 RA42 RA43
4C161 CC02 FF40 FF47 JJ06