

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5586369号
(P5586369)

(45) 発行日 平成26年9月10日(2014.9.10)

(24) 登録日 平成26年8月1日(2014.8.1)

(51) Int.Cl.		F I			
GO2B	17/08	(2006.01)	GO2B	17/08	A
GO2B	13/04	(2006.01)	GO2B	13/04	D
GO2B	13/18	(2006.01)	GO2B	13/18	
A61B	1/00	(2006.01)	A61B	1/00	300Y

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2010-178775 (P2010-178775)
 (22) 出願日 平成22年8月9日(2010.8.9)
 (65) 公開番号 特開2012-37768 (P2012-37768A)
 (43) 公開日 平成24年2月23日(2012.2.23)
 審査請求日 平成25年6月6日(2013.6.6)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 110001405
 特許業務法人篠原国際特許事務所
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 水澤 聖幸
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 オリンパス株式会社内
 審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用撮像光学系及びそれを備えた内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、像側に凹面を向けた単レンズからなり負の屈折力を持つ第1群と、反射屈折レンズを有し負の屈折力を持つ第2群と、開口絞りと、正の屈折力を持つ第3群と、正レンズを含む1つの接合レンズを有し正の屈折力を持つ第4群とにより構成され、

前記第1群と、前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、前方の物体を観察するための直視光路と、

前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、側方の物体を観察するための側視光路とを有している内視鏡用撮像光学系において、

前記第1群、前記第2群、前記第4群を固定して、前記第3群を光軸上の2箇所において位置に光軸に沿って移動させることにより、前記第1群と前記第2群とからなる前群の屈折力と前記第3群及び前記第4群とからなる後群の屈折力とを相対的に変化させて、広角観察状態と望遠観察状態とを切り替え、前記広角観察状態では、前記直視光路と前記側視光路を用いて観察を行い、前記望遠観察状態では、実質的に前記直視光路のみを用いて観察を行うように構成され、

前記第3群は以下の条件式(2)を満足する正レンズを有し、

前記第4群中の前記接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなり、

前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズと前記第3群における前記条件式(2)を満足する何れかの正レンズが以下の条件式(1)を満足することを特徴とする内視鏡用撮像光学系。

10

20

$$1 < d_{4p} / d_3 < 2.4 \quad \dots (1)$$

$$d_3 < 5.1 \quad \dots (2)$$

ただし、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数、 d_3 は前記第3群の何れかの正レンズのd線におけるアッペ数である。

【請求項2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の内視鏡用撮像光学系。

$$0.03 < Fw / D < 0.06 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < Ft / D < 0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、 Fw は広角観察状態の前方の物体側に対する全系の焦点距離、 D は前記第1群の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離、 Ft は望遠観察状態の全系の焦点距離である。

10

【請求項3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の内視鏡用撮像光学系。

$$nd_{G1} > 1.7 \quad \dots (5)$$

$$d_{G1} > 7.0 \quad \dots (6)$$

ただし、 nd_{G1} は、前記第1群のd線における屈折率、 d_{G1} は前記第1群のd線におけるアッペ数である。

【請求項4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項2に記載の内視鏡用撮像光学系。

$$0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5 \quad \dots (7)$$

ただし、 d_{4n} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記負レンズのd線におけるアッペ数、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数である。

20

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれか1項に記載の内視鏡用撮像光学系を備えることを特徴とする内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射屈折レンズを含み、直視光路と側視光路の2つの光路を有していて、広角観察状態と望遠観察状態とを切り替えることのできる内視鏡用撮像光学系及びそれを備えた内視鏡に関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来から、負の屈折力を持つ第1群と反射屈折レンズを含む第2群を備え、前方の物体側からの光の辿る直視光路と略側方の物体側から入射する光の辿る側視光路の2つの光路を有していて、前方の物体及び略側方の物体の同時観察を行うことのできる内視鏡用撮像光学系が知られている(例えば、特許文献1参照)。なお、略側方とは、光学系自体の側方だけではなく、光学系の斜め前方や斜め後方も含むものである。

【0003】

40

そして、特許文献1に記載されているような内視鏡用撮像光学系を用いて、前方の物体と略側方の物体とを同時に観察する広角観察のほかに、前方の物体のみを拡大して観察する望遠観察も行う方法としては、前方の物体の像と略側方の物体の像の両方を撮像した後、前方の物体の像のみを取り出して画像処理により拡大するといった方法がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-309859号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0005】

しかし、そのような画像処理による方法では、望遠観察を行う際に画質が低下してしまうという問題があった。そのため、使用者からは、特許文献1に記載されているような内視鏡用撮像光学系を、光学系の構成によって広角観察状態と望遠観察状態とを切り替え可能にしたいとの要望があった。

【0006】

そのような切り替え機能の特許文献1に記載されているような内視鏡用撮像光学系に備えさせる方法としては、光学系を負の前群と正の後群とからなるレトロフォーカスタイプのものとして構成するとともに、前群の屈折力と後群の屈折力とを相対的に変化させ得るように後群を構成するレンズ群の一部を光軸に沿って移動可能な移動レンズ群として構成するという方法がある。

10

【0007】

そのような構成にすると、移動レンズ群の位置に応じて、広角観察状態においては、直視光路を辿る光により有効撮像領域の中央に形成された前方の物体の像の周囲に、側視光路を辿る光により環状に略側方の物体の像を形成できる。一方、望遠観察状態においては、直視光路を辿る光により有効撮像領域全体に実質的に前方の物体側の像のみを形成できる。

【0008】

ところが、特許文献1に記載されたような内視鏡用撮像光学系は、第2群が反射屈折系であるため、第2群において発生する倍率色収差の強さが直視光路と側視光路とで異なる。すなわち、側視光路においては、光線が第2群において2回しか屈折しないので、前群により強い倍率色収差が発生することはないが、直視光路においては、光線が第1群及び第2群において4回屈折するので、前群により強い倍率色収差が発生する。

20

【0009】

そのため、望遠観察状態においては、直視光路を辿る光により形成される像が有効撮像領域全体に拡大されるので、倍率色収差による影響が大きくなってしまいう問題があった。さらには、望遠観察状態において倍率色収差を補正しようとする、広角観察状態において、特に側視光路を辿る光により形成される像についての倍率色収差の補正が過剰になってしまうという問題があった。

【0010】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、前方の物体及び略側方の物体の同時観察を行う広角観察状態と実質的に前方の物体のみの観察を行う望遠観察状態とを切り替えることができ、いずれの状態においても倍率色収差を良好に補正することのできる内視鏡用撮像光学系及びそれを備えた内視鏡を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明の内視鏡用撮像光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた単レンズからなり負の屈折力を持つ第1群と、反射屈折レンズを有し負の屈折力を持つ第2群と、開口絞りと、正の屈折力を持つ第3群と、正レンズを含む1つの接合レンズを有し正の屈折力を持つ第4群とにより構成され、前記第1群と、前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、前方の物体を観察するための直視光路と、前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、側方の物体を観察するための側視光路とを有している内視鏡用撮像光学系において、前記第1群、前記第2群、前記第4群を固定して、前記第3群を、光軸上の2箇所⁽¹⁾の定位置に光軸に沿って移動させることにより、前記第1群と前記第2群とからなる前群の屈折力と前記第3群及び前記第4群とからなる後群の屈折力を相対的に変化させて、広角観察状態と望遠観察状態とを切り替え、前記広角観察状態では、前記直視光路と前記側視光路を用いて観察を行い、前記望遠観察状態では、実質的に前記直視光路のみを用いて観察を行うように構成され、前記第3群は以下の条件式(2)を満足する正レンズを有し、前記第4群中の前記接合レンズ

40

50

は1つの正レンズと1つの負レンズからなり、前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズと前記第3群における前記条件式(2)を満足する何れかの正レンズが以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$1 < d_{4p} / d_3 < 2.4 \quad \dots (1)$$

$$d_3 < 51 \quad \dots (2)$$

ただし、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数、 d_3 は前記第3群の何れかの正レンズのd線におけるアッペ数である。

【0012】

また、本発明の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.03 < Fw / D < 0.06 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < Ft / D < 0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、 Fw は広角観察状態の前方の物体側に対する全系の焦点距離、 D は前記第1群の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離、 Ft は望遠観察状態の全系の焦点距離である。

【0013】

また、本発明の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$n d_{G1} > 1.7 \quad \dots (5)$$

$$d_{G1} > 70 \quad \dots (6)$$

ただし、 $n d_{G1}$ は、前記第1群のd線における屈折率、 d_{G1} は前記第1群のd線におけるアッペ数である。

【0014】

また、本発明の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5 \quad \dots (7)$$

ただし、 d_{4n} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記負レンズのd線におけるアッペ数、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数である。

【0015】

また、上記の目的を達成するために、本発明の内視鏡は、上記いずれかの内視鏡用撮像光学系を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、前方の物体及び略側方の物体の同時観察を行う広角観察状態と実質的に前方の物体のみの観察を行う望遠観察状態とを切り替えることができ、いずれの状態においても倍率色収差を良好に補正することのできる内視鏡用撮像光学系及びそれ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】

【0017】

【図1】反射屈折レンズに対し、略側方の物体側から入射する光に関する画角を示す模式図である。

【図2】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図3】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図4】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の有する反射屈折レンズの拡大図である。

【図5】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図6】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関

10

20

30

40

50

する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 65° 、 115° の場合の収差を示している。

【図7】実施例1に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図8】実施例2に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図9】実施例2に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図10】実施例2に係る光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図11】実施例2に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 65° 、 115° の場合の収差を示している。

【図12】実施例2に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図13】実施例3に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図14】実施例3に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【図15】実施例3に係る光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図16】実施例3に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 65° 、 115° の場合の収差を示している。

【図17】実施例3に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【図18】本発明の内視鏡用結像光学系を備えた内視鏡装置の全体図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本実施例の内視鏡用撮像光学系の説明に先立ち、本実施形態の内視鏡用撮像光学系の構成及びその作用効果を説明する。

【0019】

本実施例の内視鏡用撮像光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた単レンズからなり負の屈折力を持つ第1群と、反射屈折レンズを有し負の屈折力を持つ第2群と、開口絞りと、正の屈折力を持つ第3群と、正レンズを含む1つの接合レンズを有し正の屈折力を持つ第4群とにより構成され、前記第1群と、前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、前方の物体を観察するための直視光路と、前記第2群と、前記第3群と、前記第4群とにより構成され、側方の物体を観察するための側視光路とを有してい

10

20

30

40

50

る内視鏡用撮像光学系において、前記第1群、前記第2群、前記第4群を固定して、前記第3群を、光軸上の2箇所の定位置に光軸に沿って移動させることにより、前記第1群と前記第2群とからなる前群の屈折力と前記第3群及び前記第4群とからなる後群の屈折力とを相対的に変化させて、広角観察状態と望遠観察状態とを切り替え、前記広角観察状態では、前記直視光路と前記側視光路を用いて観察を行い、前記望遠観察状態では、実質的に前記直視光路のみを用いて観察を行うように構成されている。

【0020】

上記のように、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、レトロフォーカスタイプの光学系となるように構成されている。

【0021】

一般に、いわゆるレトロフォーカスタイプの光学系では、前群の負の屈折力と後群の正の屈折力が変化すれば、焦点距離が変化し、同時に、撮像面における像が拡大又は縮小する。

【0022】

そのため、本実施例の内視鏡用撮像光学系も、後群に配置した移動レンズ群である第3群を光軸に沿って移動させると、前群及び後群の屈折力が相対的に変化するため、焦点距離が変化し、同時に、観察領域内で前方の物体の像が拡大又は縮小することになる。

【0023】

したがって、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、第3群を光軸に沿って移動させるだけで、撮像面上に前方の物体の像と略側方の物体の像とを形成する広角観察状態と、撮像面上に実質的に前方の物体の像のみを形成する望遠観察状態とを、切り替えることができるようになっている。

【0024】

また、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前記第3群は以下の条件式(2)を満足する正レンズを有し、前記第4群中の前記接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなり、前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズと前記第3群における前記条件式(2)を満足する何れかの正レンズが以下の条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$1 < d_{4p} / d_3 < 2.4 \quad \dots (1)$$

$$d_3 < 51 \quad \dots (2)$$

ただし、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数、 d_3 は前記第3群の何れかの正レンズのd線におけるアッペ数である。

【0025】

本実施例の内視鏡用撮像光学系では、直視光路を辿る光について第1群と第2群で発生する倍率色収差は、特に望遠観察状態において第3群の位置が開口絞りの配置位置に近く第3群に入射する際にその光線高が低いので、第3群だけでは補正しきれないため、第4群においても補正している。

【0026】

ここで、本実施例の内視鏡用撮像光学系における、倍率色収差についての補正の概念を以下の表1に示す。なお、表の中の数値は概念を理解するための数値であり、本実施例の内視鏡用撮像光学系における数値を示したものではない。

【0027】

10

20

30

40

【表 1】

倍率色収差についての補正の概念							
			第1群	第2群	第3群	第4群	合計
望遠	最大像高	直視光路	+1	+1	0	-2	0
	中間像高		+0.5	+0.5	0	-1	0
	軸上		0	0	0	0	0
広角	最大像高	側視光路	—	0	+1	-2	-1
	中間像高	直視光路	+0.5	+0.5	+0.5	-1	+0.5
	軸上		0	0	0	0	0

10

【0028】

上記の表1に示すように、側視光路を辿る光について発生する倍率色収差は、第1群を透過せず、また、第2群が反射屈折系であるため直視光路よりも小さく、特に広角観察状態においては第3群の位置が開口絞りの配置位置に近く第3群に入射する際にその光線高

20

【0029】

そこで、通常ならば、移動による倍率色収差の変動を抑えるために移動レンズ群である第3群をアッペ数の大きな硝材により形成されたレンズを用いて構成するところ、本実施例の内視鏡用撮像光学系では、側視光路を辿る光についての過剰な補正を相殺するために敢えてアッペ数の小さな硝材により形成されたレンズを用いて構成している。具体的には、条件式(1)、(2)を満足するように、第3群及び第4群を構成している。

【0030】

条件式(1)、(2)は、本実施例の内視鏡用撮像光学系の第3群及び第4群の光学特性を規定するための条件式である。

30

【0031】

この条件式(1)を満足することにより、望遠観察状態において、直視光路を辿る光線について第1群及び第2群で発生した倍率色収差を、第4レンズ群により十分に補正することができる。また、条件式(2)を満足することにより、広角観察状態において、側視光路を辿る光線の倍率色収差についての第4群による過剰な補正を、第3群により抑制することができる。

【0032】

なお、条件式(1)の下限値を下回ると、第4群による倍率色収差の補正が不十分になってしまう。一方、上限値を上回ると、補正が過剰になってしまう。また、条件式(2)の上限値を上回ると、広角観察状態において、第4群の過剰な補正を相殺しきれなくなってしまう。

40

【0033】

また、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.03 < Fw/D < 0.06 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < Ft/D < 0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、Fwは広角観察状態の前方の物体側に対する全系の焦点距離、Dは前記第1群の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離、Ftは望遠観察状態の全系の焦点距離である。

【0034】

この条件式(3)の下限値を下回ると、広角観察状態での最大画角近辺における倍率色

50

収差が大きくなる。一方、上限値を上回ると、広角観察状態での直視光路の画角を100度以上とすることが難しくなる。また、条件式(4)の下限値を下回ると、望遠観察状態での画角を120度以下にすることができなくなる。一方、上限値を上回ると、切替倍率が十分に確保できなくなる。

【0035】

また、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$n d_{G1} > 1.7 \quad \dots (5)$$

$$d_{G1} > 70 \quad \dots (6)$$

ただし、 $n d_{G1}$ は、前記第1群のd線における屈折率、 d_{G1} は前記第1群のd線におけるアッペ数である。

10

【0036】

この条件式(5)及び(6)を満たすと、広角観察状態、望遠観察状態のいずれの状態においても倍率色収差の発生が小さく、また、アッペ数が大きいことから、倍率色収差の発生が小さい。なお、具体的にこれらの条件式を満足する硝材としては、サファイアがある。

【0037】

ここで、本実施例の内視鏡用撮像光学系で第1群を構成するレンズの硝材としてサファイアを用いた場合における、倍率色収差についての補正の概念を以下の表2に示す。なお、表の中の数値は概念を理解するための数値であり、本実施例の内視鏡用撮像光学系における数値を示したものではない。

20

【0038】

【表2】

倍率色収差についての補正の概念							
			第1群	第2群	第3群	第4群	合計
望遠	最大像高	直視光路	+0.5	+1	0	-1.5	0
	中間像高		+0.2	+0.5	0	-0.7	0
	軸上		0	0	0	0	0
広角	最大像高	側視光路	-	0	+1	-1.5	-0.5
	中間像高	直視光路	+0.2	+0.5	+0.5	-0.7	+0.5
	軸上		0	0	0	0	0

30

【0039】

また、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5 \quad \dots (7)$$

ただし、 d_{4n} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記負レンズのd線におけるアッペ数、 d_{4p} は前記第4群の前記接合レンズ中の前記正レンズのd線におけるアッペ数である。

40

【0040】

この条件式(7)の下限値を下回ると、第4群による倍率色収差の補正が過剰になりやすい。一方、上限値を上回ると、第4群による倍率色収差の補正が不十分になりやすい。

【0041】

以下に、本実施例の内視鏡用撮像光学系の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0042】

なお、光学系断面図の r_1, r_2, \dots 及び d_1, d_2, \dots において下付き文字とし

50

て示した数字は、数値データにおける面番号 1, 2, . . . に対応している。

【0043】

また、数値データにおいては、s は面番号、r は各面の曲率半径、d は面間隔、n d は d 線（波長 587.56 nm）における屈折率、d は d 線におけるアッペ数、K は円錐係数、A₄, A₆, A₈, A₁₀ は非球面係数をそれぞれ示している。

【0044】

また、数値データの非球面係数においては、E は 10 のべき乗を表している。例えば、「E - 01」は、10 のマイナス 1 乗を表している。また、各非球面形状は、数値データに記載した各非球面係数を用いて以下の式で表される。ただし、光軸に沿う方向の座標を Z、光軸と垂直な方向の座標を Y とする。

$$Z = (Y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) \cdot (Y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 Y^4 + A_6 Y^6 + A_8 Y^8 + A_{10} Y^{10} + \dots$$

【0045】

また、収差図において、メリジオナル面とは、光学系の光軸と主光線とを含む面（紙面に平行な面）、サジタル面とは、光軸を含みメリジオナル面に垂直な面（紙面に垂直な面）を意味する。本実施例の光学系は、メリジオナル面に対して対称であるため、サジタル面についての収差量は、横軸について、負の値を省略している。

【0046】

ここで、図 1 を用いて、本実施例の光学系の反射屈折レンズに対し、略側方の物体側から入射する光の画角の定義について説明をしておく。図 1 は、本実施例の反射屈折レンズに対し、略側方の物体側から入射する光に関する画角を示す模式図である。

【0047】

反射屈折レンズ R L の第 3 面 R L c に、略側方の物体側から入射する光の主光線が入射するが、その主光線と光軸 L C とが、前方の物体側でなす角度が、反射屈折レンズ R L の略側方の物体側に対する半画角となる。

【0048】

また、このような反射屈折レンズ R L の場合、第 3 面 R L c を介して、前方の物体、すなわち、光軸 L C 上に存在する物体を観察することはできない。そのため、画角には、最小画角 M_{in} と最大画角 M_{ax} が存在することになる。このとき、最小画角 M_{in} とは、第 3 面 R L c を介して観察できる範囲のうち、最も前方の物体側の光の主光線と光軸とがなす角度 M_{in} のことである。一方、最大画角 M_{ax} とは、第 3 面 R L c を介して観察できる範囲のうち、最も像側の光の主光線と光軸とがなす角度 M_{ax} のことである。

【実施例 1】

【0049】

以下に、図 2 ~ 図 7 を用いて、実施例 1 に係る内視鏡用撮像光学系について詳細に説明する。

【0050】

なお、図 2 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角観察状態、(b) は望遠観察状態を、それぞれ示している。図 3 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角観察状態、(b) は望遠観察状態を、それぞれ示している。図 4 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の有する反射屈折レンズの拡大図である。

【0051】

また、図 5 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a) はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b) はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0°, 60° の場合の収差を示している。図 6 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a) はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b) はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順

10

20

30

40

50

に、光線の入射角度が 65° 、 115° の場合の収差を示している。図 7 は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a) はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b) はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

【0052】

まず、図 2 及び図 3 を用いて、本実施例の内視鏡用撮像光学系の構成を説明する。

【0053】

本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前方の物体側からの光の光軸 LC 上に、前方の物体側から順に、全体として負の屈折力を持つ前群 G_f と、光学フィルター F_1 と、光学フィルター F_1 の像側の面に一体的に設けられた開口絞り S と、全体として正の屈折力を持つ後群 G_r と、光学フィルター F_2 と、撮像面 IM を持つ CCD が配置されている。

【0054】

前群 G_f は、前方の物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 群 G_1 と、反射屈折レンズを含み負の屈折力を持つ第 2 群 G_2 とからなる。

【0055】

後群 G_r は、前方の物体側から順に、光軸 LC 上を移動する移動レンズ群であり正の屈折力を持つ第 3 群 G_3 と、正の屈折力を持つ第 4 群 G_4 とからなる。

【0056】

第 1 群 G_1 は、像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L_1 のみにより構成されている。

【0057】

第 2 群 G_2 は、前方の物体側の面が非球面の反射屈折レンズであるレンズ L_2 のみにより構成されている。

【0058】

第 3 群 G_3 は、両凸レンズであるレンズ L_3 のみにより構成されている。

【0059】

第 4 群 G_4 は、前方の物体側から順に、前方の物体側から順に両凸レンズであるレンズ L_{41} と両凹レンズであるレンズ L_{42} とからなる接合レンズと、像側の面が非球面の両凸レンズであるレンズ L_{43} とにより構成されている。

【0060】

なお、これらのレンズの形状は、前方の物体側からの光の光軸 LC 近傍における形状である。

【0061】

ここで、図 4 を用いて前方の物体と略側方の物体の観察を同時に行うための反射屈折レンズであるレンズ L_2 について詳細に説明する。

【0062】

反射屈折レンズであるレンズ L_2 は、前方の物体側に形成された第 1 面 $L_2 a$ と、像側に形成された第 2 面 $L_2 b$ と、第 1 面 $L_2 a$ と第 2 面 $L_2 b$ との間で周面に形成された第 3 面 $L_2 c$ とを有する。

【0063】

第 1 面 $L_2 a$ は、光軸を中心に形成されている第 1 透過面 $L_2 a_1$ と、像側を向いて第 1 透過面 $L_2 a_1$ の周囲に環状に形成されている第 1 反射面 $L_2 a_2$ とを有している。第 2 面 $L_2 b$ は、光軸を中心に形成されている第 2 透過面 $L_2 b_1$ と、前方の物体側を向いて第 2 透過面 $L_2 b_1$ の周囲に環状に形成されている第 2 反射面 $L_2 b_2$ とを有している。第 3 面 $L_2 c$ は全面が透過面として形成されている。

【0064】

なお、第 1 反射面 $L_2 a_2$ や第 2 反射面 $L_2 b_2$ は、蒸着法により形成されている。具体的には、例えば、第 1 透過面 $L_2 a_1$ に、第 1 透過面 $L_2 a_1$ と同形状のマスクをした上で、第 1 面 $L_2 a$ 全体に対してミラーコーティングを施し、その後該マスクを剥がす。このよう

10

20

30

40

50

な方法を用いれば、マスクされた部分はミラーコーティングされないため、第1反射面 $L_2 b_2$ を形成した後でも、第1透過面 $L_2 a_1$ を透過面として用いることができる。

【0065】

次に、図2～図4を用いて、本実施例の光学系に入射した光の辿る経路を説明する。

【0066】

本実施例の内視鏡用撮像光学系に前方の物体側から入射する光は、まず、レンズ L_1 を通過する。そして、レンズ L_1 を通過した光は、レンズ L_2 の第1透過面 $L_2 a_1$ に入射する。その後、第1透過面 $L_2 a_1$ に入射した光は、レンズ L_2 の第2透過面 $L_2 b_1$ から出射する。第2透過面 $L_2 b_1$ から出射した光は、光学フィルター F_1 、開口絞り S 、レンズ L_3 、レンズ L_{41} ～レンズ L_{43} 、光学フィルター F_2 を順に通過し、撮像面 IM において、観察領域の中央部に前方の物体の像を形成する。

10

【0067】

他方、本実施例の内視鏡用撮像光学系に略側方の物体側から入射する光は、まず、レンズ L_2 の第3面 $L_2 c$ に入射する。そして、第3面 $L_2 c$ に入射した光は、レンズ L_2 の第2反射面 $L_2 b_2$ で反射される。次に、第2反射面 $L_2 b_2$ で反射された光は、レンズ L_2 の第1反射面 $L_2 a_2$ で反射される。その後、第1反射面 $L_2 a_2$ で反射された光は、レンズ L_2 の第2透過面 $L_2 b_1$ から出射される。第2透過面 $L_2 b_1$ から出射した光は、光学フィルター F_1 、開口絞り S 、レンズ L_3 、レンズ L_{41} ～レンズ L_{43} 、光学フィルター F_2 を順に通過し、撮像面 IM において、観察領域の中央部に形成された前方の物体の像の周囲に、環状に、略側方の物体の像を形成する。

20

【0068】

本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前方の物体及び略側方の物体を同時観察する場合(図3(a)参照)、観察領域には、その中央領域に前方の物体の像が形成され、その周囲の環状の領域に略側方の物体の像が形成されることになる。

【0069】

ところで、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前方の物体側から入射する光に対して、いわゆるレトロフォーカスタイプの光学系となっている。そのため、前群 G_f の負の屈折力と後群 G_r の正の屈折力を変化させることにより、観察領域内において前方の物体の像が形成される領域を拡大又は縮小して、広角観察状態と望遠観察状態とを切り替えることができる。

30

【0070】

具体的には、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、後群 G_r 、すなわち、第3群 G_3 に含まれる正の屈折力を持つレンズ L_3 を前方の物体側に移動させるだけで(図3(b)参照)、切り替えを行うことができる。

【0071】

次に、本実施例の内視鏡用撮像光学系を構成しているレンズに係る数値データを示す。

【0072】

数値データ1

単位 mm

面データ

40

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	nd	d
1		0.70	1.5163	64.1
2	1.563	0.90		
3 (非球面)	75.178	0.85	1.5163	64.1
4	2.221	2.58		
5		0.60	1.8830	40.8
6		0		
7 (絞り)		D 7		
8	7.563	1.40	1.7725	49.6

50

9		-3.566	D 9		
10		45.129	1.70	1.7292	54.7
11		-2.060	0.40	1.8467	23.8
12		13.726	0.10		
13		3.751	1.25	1.5163	64.1
14	(非球面)	-4.672	0.85		
15			2.00	1.5163	64.1
16			0		
17	(撮像面)				

なお、反射屈折レンズであるレンズL₂の第3面L₂cの光軸からの距離、すなわち、光軸を中心とした筒状の面の曲率半径は、3.00mmである。

【0073】

非球面データ

面番号 曲率半径 円錐係数

s	r	k
3	75.178	0

非球面係数

A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
0.223078E-01	-0.414382E-02	0.534480E-03	-0.364399E-04

面番号 曲率半径 円錐係数

s	r	k
14	-4.672	0

非球面係数

A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
0.282446E-01	-0.956641E-02	0.652679E-02	-0.143679E-02

【0074】

各種データ

	広角		望遠
	直視光路	側視光路	
焦点距離 (mm)	0.75	-	1.24
Fナンバー	5.1	5.1	8.5
半画角 (deg)	60	65~115	60
最大像高 (mm)	0.75	0.75~1.3	1.3
物点距離 (mm)	10	10	10

・側視光路は偏心系であるため、焦点距離の計算は不可

【0075】

面間隔

	広角	望遠
D 7	2.07	0.36
D 9	0.10	1.81

【0076】

レンズ群データ

群	始面	焦点距離 (mm)
G ₁	1	-3.023
G ₂	3	-4.45
G ₃	8	3.303
G ₄	10	7.012

【0077】

条件式に係るデータ

第1群G₁と第2群G₂との合成焦点距離：-1.497mm

10

20

30

40

50

第1群 G_1 の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離： $D = 15$
 $.500\text{ mm}$

【0078】

条件式

$$(1) \quad 1 < d_{4p} / d_3 < 2.4 \quad : \quad 1.10$$

$$(2) \quad d_3 < 51 \quad : \quad 49.6$$

$$(3) \quad 0.03 < Fw / D < 0.06 \quad : \quad 0.05$$

$$(4) \quad 0.05 < Ft / D < 0.1 \quad : \quad 0.08$$

$$(7) \quad 0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5 \quad : \quad 0.43$$

【実施例2】

10

【0079】

次に、図8～図12を用いて実施例2に係る内視鏡用撮像光学系について詳細に説明する。なお、本実施例の内視鏡用撮像光学系における反射屈折レンズの形状、内視鏡用撮像光学系に入射した光の辿る光路、観察状態の変化方法は、実施例1の内視鏡用撮像光学系とほぼ同じであるため、ほぼ同じ構成を有する部材には、同一の符号を付すとともに、それらについての詳細な説明は省略する。

【0080】

なお、図8は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。図9は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

20

【0081】

また、図10は、本実施例に係る光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。図11は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 65° 、 115° の場合の収差を示している。図12は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が 0° 、 60° の場合の収差を示している。

30

【0082】

まず、図8及び図9を用いて、本実施例の内視鏡用撮像光学系の構成を説明する。

【0083】

本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前方の物体側からの光の光軸LC上に、前方の物体側から順に、全体として負の屈折力を持つ前群 G_f と、光学フィルター F_1 と、光学フィルター F_1 の像側の面に一体的に設けられた開口絞りSと、全体として正の屈折力を持つ後群 G_r と、光学フィルター F_2 と、撮像面IMを持つCCDが配置されている。

40

【0084】

前群 G_f は、前方の物体側から順に、負の屈折力を持つ第1群 G_1 と、反射屈折レンズを含み負の屈折力を持つ第2群 G_2 とからなる。

【0085】

後群 G_r は、前方の物体側から順に、光軸LC上を移動する移動レンズ群であり正の屈折力を持つ第3群 G_3 と、正の屈折力を持つ第4群 G_4 とからなる。

【0086】

第1群 G_1 は、像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L_1 のみにより構成されている。

50

【 0 0 8 7 】

第2群 G_2 は、前方の物体側の面が非球面の反射屈折レンズであるレンズ L_2 のみにより構成されている。

【 0 0 8 8 】

第3群 G_3 は、両凸レンズであるレンズ L_3 のみにより構成されている。

【 0 0 8 9 】

第4群 G_4 は、前方の物体側から順に、前方の物体側から順に両凹レンズであるレンズ L_{41} と両凸レンズであるレンズ L_{42} とからなる接合レンズと、像側の面が非球面の両凸レンズであるレンズ L_{43} とにより構成されている。

【 0 0 9 0 】

なお、これらのレンズの形状は、前方の物体側からの光の光軸 LC 近傍における形状である。

【 0 0 9 1 】

次に、本実施例の内視鏡用撮像光学系を構成しているレンズに係る数値データを示す。

【 0 0 9 2 】

数値データ2

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d
1		0.70	1.5163	64.1
2	2.111	1.20		
3 (非球面)	-6.424	0.85	1.5163	64.1
4	4.133	2.58		
5		0.60	1.8830	40.8
6		0		
7 (絞り)		D 7		
8	3.922	1.40	1.7552	27.5
9	-6.326	D 9		
10	-3.889	0.40	1.8467	23.8
11	2.699	1.70	1.5891	61.1
12	-2.954	0.10		
13	4.307	1.25	1.5891	61.1
14 (非球面)	-3.180	0.85		
15		2.00	1.5163	64.1
16		0		
17 (撮像面)				

なお、反射屈折レンズであるレンズ L_2 の第3面 L_2c の光軸からの距離、すなわち、光軸を中心とした筒状の面の曲率半径は、3.00 mm である。

【 0 0 9 3 】

非球面データ

面番号	曲率半径	円錐係数
s	r	k
3	-6.424	0

非球面係数

面番号	曲率半径	円錐係数	A_4	A_6	A_8	A_{10}
s	r	k				
14	-3.180	0	0.305373E-01	-0.550614E-02	0.565456E-03	-0.236261E-04

10

20

30

40

50

非球面係数

A_4	A_6	A_8	A_{10}
0.338644E-01	-0.755039E-02	0.140803E-02	-0.104891E-03

【0094】

各種データ

	広角		望遠
	直視光路	側視光路	
焦点距離 (mm)	0.640	-	1.00
F ナンバー	3.8	3.8	5.9
半画角 (deg)	60	65 ~ 115	60
最大像高 (mm)	0.75	0.75 ~ 1.3	1.3
物点距離 (mm)	10	10	10

・側視光路は偏心系であるため、焦点距離の計算は不可

【0095】

面間隔

	広角	望遠
D 7	1.85	0.36
D 9	0.31	1.81

【0096】

レンズ群データ

群	始面	焦点距離 (mm)
G_1	1	-4.073
G_2	3	-4.723
G_3	8	3.378
G_4	10	2.590

【0097】

条件式に係るデータ

第1群 G_1 と第2群 G_2 との合成焦点距離： - 1 . 8 6 3 mm

第1群 G_1 の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離： D = 1 5 . 8 0 0

【0098】

条件式

(1)	$1 < d_{4p} / d_3 < 2.4$: 2.22
(2)	$d_3 < 5.1$: 27.5
(3)	$0.03 < Fw / D < 0.06$: 0.04
(4)	$0.05 < Ft / D < 0.1$: 0.06
(7)	$0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5$: 0.39

【実施例3】

【0099】

次に、図13～図17を用いて実施例3に係る内視鏡用撮像光学系について詳細に説明する。なお、本実施例の内視鏡用撮像光学系における反射屈折レンズの形状、内視鏡用撮像光学系に入射した光の辿る光路、観察状態の変化方法は、実施例1、2の内視鏡用撮像光学系とほぼ同じであるため、ほぼ同じ構成を有する部材には、同一の符号を付すとともに、それらについての詳細な説明は省略する。

【0100】

なお、図13は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。図14は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の構成と光路を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角観察状態、(b)は望遠観察状態を、それぞれ示している。

【0101】

10

20

30

40

50

また、図15は、本実施例に係る光学系の、広角観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が0°、60°の場合の収差を示している。図16は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、広角観察時における、略側方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が65°、115°の場合の収差を示している。図17は、本実施例に係る内視鏡用撮像光学系の、望遠観察時における、前方の物体側から撮像面へ向かう光線を追跡した場合の収差曲線図であり、(a)はメリジオナル面に関する倍率色収差、(b)はサジタル面に関する倍率色収差を示している。また、各図は、上から順に、光線の入射角度が0°、60°の場合の収差を示している。

10

【0102】

まず、図13及び図14を用いて、本実施例の内視鏡用撮像光学系の構成を説明する。

【0103】

本実施例の内視鏡用撮像光学系は、前方の物体側からの光の光軸LC上に、前方の物体側から順に、全体として負の屈折力を持つ前群G_fと、光学フィルターF₁と、光学フィルターF₁の像側の面に一体的に設けられた開口絞りSと、全体として正の屈折力を持つ後群G_rと、光学フィルターF₂と、撮像面IMを持つCCDが配置されている。

20

【0104】

前群G_fは、前方の物体側から順に、負の屈折力を持つ第1群G₁と、反射屈折レンズを含み負の屈折力を持つ第2群G₂とからなる。

【0105】

後群G_rは、前方の物体側から順に、光軸LC上を移動する移動レンズ群であり正の屈折力を持つ第3群G₃と、正の屈折力を持つ第4群G₄とからなる。

【0106】

第1群G₁は、像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁のみにより構成されている。なお、このレンズL₁の硝材はサファイアである。

【0107】

第2群G₂は、前方の物体側の面が非球面の反射屈折レンズであるレンズL₂のみにより構成されている。

30

【0108】

第3群G₃は、両凸レンズであるレンズL₃のみにより構成されている。

【0109】

第4群G₄は、前方の物体側から順に、前方の物体側から順に両凹レンズであるレンズL₄₁と両凸レンズであるレンズL₄₂とからなる接合レンズと、物体側の面が非球面の両凸レンズであるレンズL₄₃とにより構成されている。

40

【0110】

なお、これらのレンズの形状は、前方の物体側からの光の光軸LC近傍における形状である。

【0111】

次に、本実施例の内視鏡用撮像光学系を構成しているレンズに係る数値データを示す。

【0112】

数値データ3

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
s	r	d	nd	d
1		0.70	1.76824	72.3
2	2.676	1.20		

50

3	(非球面)	-6.884	0.85	1.5163	64.1
4		3.426	2.58		
5			0.60	1.8830	40.8
6			0		
7	(絞り)		D 7		
8		4.842	1.40	1.743997	44.8
9		-4.608	D 9		
10		-7.930	0.40	1.805181	25.4
11		2.768	1.70	1.651597	58.6
12		-4.392	0.10		
13	(非球面)	3.219	1.25	1.48749	70.2
14		-70.972	0.85		
15			2.00	1.5163	64.1
16			0		
17	(撮像面)				

なお、反射屈折レンズであるレンズL₂の第3面L_{2c}の光軸からの距離、すなわち、光軸を中心とした筒状の面の曲率半径は、3.00mmである。

【0113】

非球面データ

面番号 曲率半径 円錐係数

s	r	k
3	-6.884	0

非球面係数

A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
0.360871E-01	-0.724169E-02	0.793831E-03	-0.332932E-04

面番号 曲率半径 円錐係数

s	r	k
13	3.219	0

非球面係数

A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
-0.187814E-01	0.387300E-02	-0.118342E-02	0.000000E+00

【0114】

各種データ

	広角		望遠
	直視光路	側視光路	
焦点距離 (mm)	0.70	-	1.15
Fナンバー	4.7	4.7	7.7
半画角 (deg)	60	65~115	60
最大像高 (mm)	0.75	0.75~1.3	1.3
物点距離 (mm)	10	10	10

・側視光路は偏心系であるため、焦点距離の計算は不可

【0115】

面間隔

	広角	望遠
D 7	2.07	0.36
D 9	0.10	1.81

【0116】

レンズ群データ

群	始面	焦点距離 (mm)
G ₁	1	-3.483

10

20

30

40

50

G_2	3	-4.309
G_3	8	3.370
G_4	10	4.920

【0117】

条件式に係るデータ

第1群 G_1 と第2群 G_2 との合成焦点距離： -1.600 mm

第1群 G_1 の最も物体側のレンズの前方の物体側の面から撮像面までの距離： $D = 15.800\text{ mm}$

【0118】

条件式

- (1) $1 < d_{4p} / d_3 < 2.4$: 1.31
 (2) $d_3 < 51$: 44.8
 (3) $0.03 < Fw / D < 0.06$: 0.04
 (4) $0.05 < Ft / D < 0.1$: 0.07
 (5) $nd_{G1} > 1.7$: 1.7682
 (6) $d_{G1} > 70$: 72.3
 (7) $0.3 < d_{4n} / d_{4p} < 0.5$: 0.43

【0119】

また、上記各実施例においては、広角観察時と望遠観察時における焦点合わせについては言及していないが、例えば、前群や後群の屈折力が大きく変化しない程度に、移動レンズ群を移動させて焦点合わせを行うようにしても良い。

【0120】

また、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、その各レンズ群を構成するレンズが上記各実施例により示された形状や枚数に限定されるものではなく、反射屈折レンズを含む種々の光学系も含まれる。また、上記各実施例においては、内視鏡用撮像光学系は、4つのレンズ群により構成されているが、本実施例の内視鏡用撮像光学系は、これらの例に限定されるものではなく、3つ以下のレンズ群又は5つ以上のレンズ群により構成しても良い。

【0121】

また、上記各実施例においては配置されていないが、内視鏡用撮像光学系中にIRカットコートを施したローパスフィルターやCCDカバーガラス等を配置したりしても良い。

【0122】

また、上記各実施例においては、反射屈折レンズの第3面は、前方の物体側の径と像側の径とが、略一致するような形状となっているが、前方の物体側の径よりも像側の径が大きい形状のものや、前方の物体側の径よりも像側の径が小さい形状のものを用いても良い。なお、前方の物体側の径とは、第3面における最も前方の物体側の位置での、光軸に垂直な面内における径をいい、像側の径とは、第3面における最も像側の位置での、光軸に垂直な面内における径をいう。さらに、上記各実施例において、反射屈折レンズの第3面は、第1面と第2面との間において全周面にわたって形成されているが、必ずしも、全周面にわたって形成されている必要はなく、周面の一部のみを透過面として形成しても良い。

【0123】

また、上記各実施例においては、反射屈折レンズを1つのレンズで構成しているが、本実施例の内視鏡用撮像光学系の反射屈折レンズは、接合レンズで構成しても良い。

【0124】

さらに、上記各実施例においては、第1反射面や第2反射面を、蒸着法により形成しているが、その形成方法は、上記の方法に限定されるものではない。

【0125】

さらに、本発明の内視鏡用結像光学系は、図18に示すような内視鏡装置に用いても良い。なお、この内視鏡装置は、患者の体内へ挿入するための挿入部1と、内視鏡操作部2と、内部に光源ユニットと画像処理ユニットを備えた制御ユニット3と、制御ユニット3

10

20

30

40

50

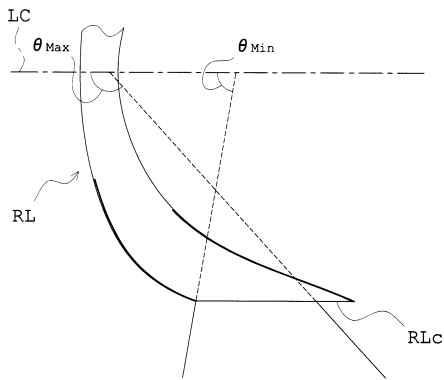
から出力された画像を表示するモニター 4 とからなる。そして、挿入部 1 1 は、その先端部 1 a に、本発明の内視鏡用結像光学系を備えている。

【符号の説明】

【 0 1 2 6 】

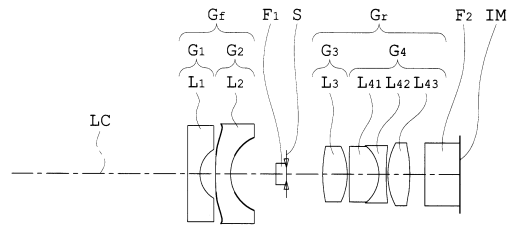
G_f	前群	
G_r	後群	
G_1	第 1 群	
G_2	第 2 群	
G_3	第 3 群	
G_4	第 4 群	10
F_1, F_2	光学フィルター	
$L C$	光軸	
$L_1, L_2, L_3, L_{41}, L_{42}, L_{43}$	レンズ	
L_{2a}	第 1 面	
L_{2a1}	第 1 透過面	
L_{2a2}	第 1 反射面	
L_{2b}	第 2 面	
L_{2b1}	第 2 透過面	
L_{2b2}	第 2 反射面	
$L_{2c}, R L c$	第 3 面	20
$R L$	反射屈折レンズ	
S	開口絞り	
1	挿入部	
1 a	先端部	
2	内視鏡操作部	
3	制御ユニット	
4	モニター	

【 図 1 】

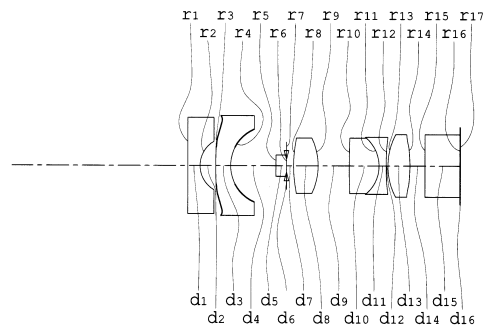


【 図 2 】

(a)

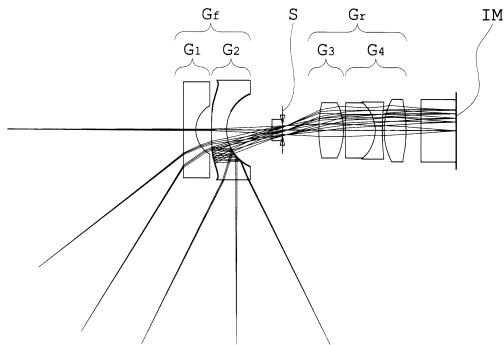


(b)

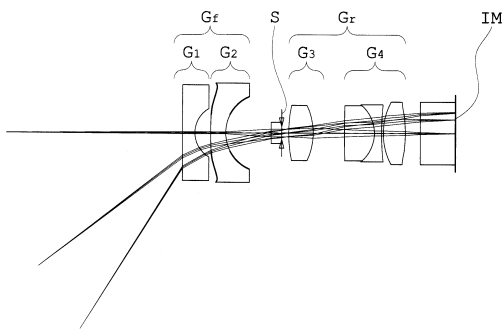


【 図 3 】

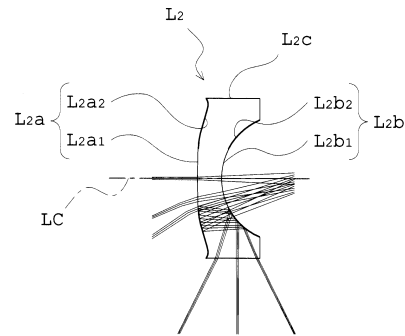
(a)



(b)

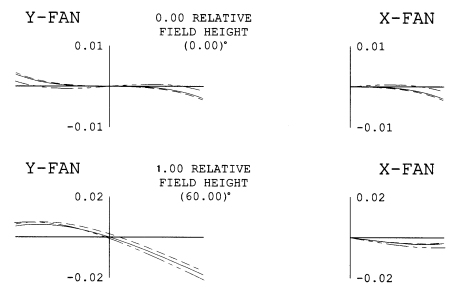


【 図 4 】



【 図 5 】

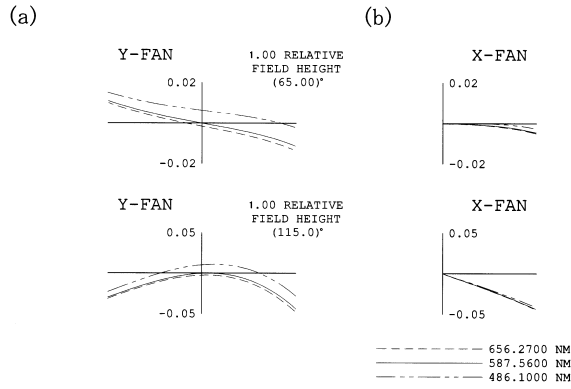
(a)



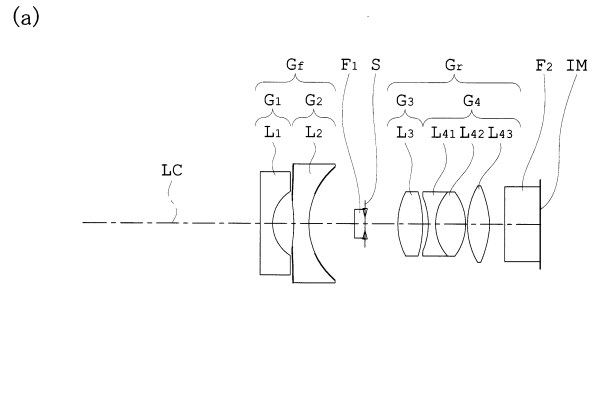
(b)

- - - - - 656.2700 NM
 _____ 587.5600 NM
 - - - - - 486.1000 NM

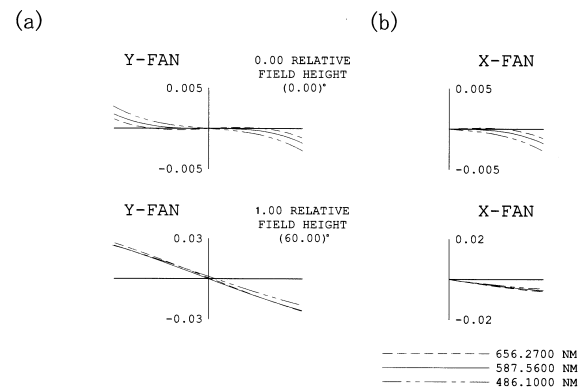
【 図 6 】



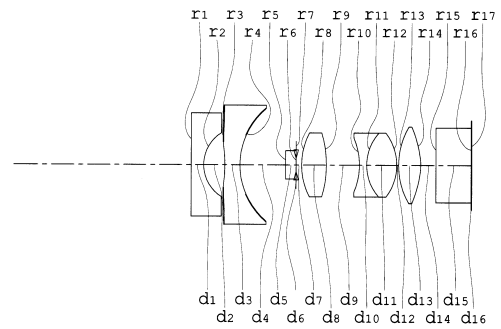
【 図 8 】



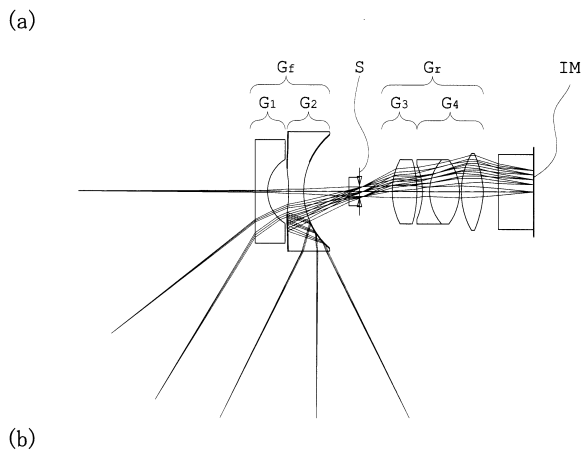
【 図 7 】



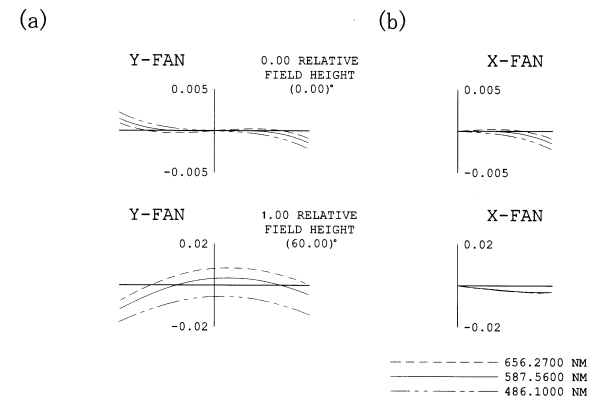
(b)



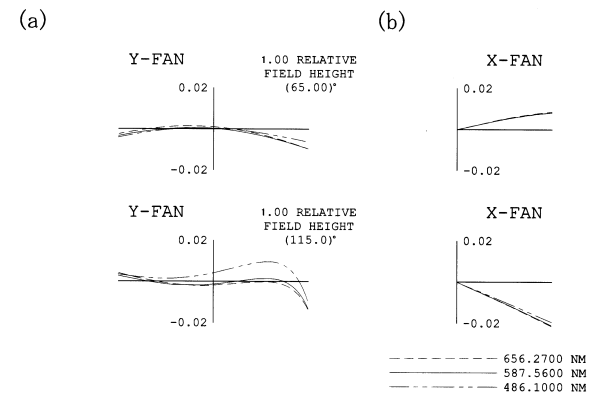
【 図 9 】



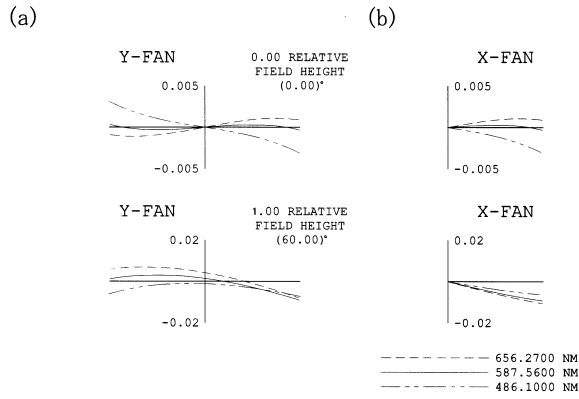
【 図 10 】



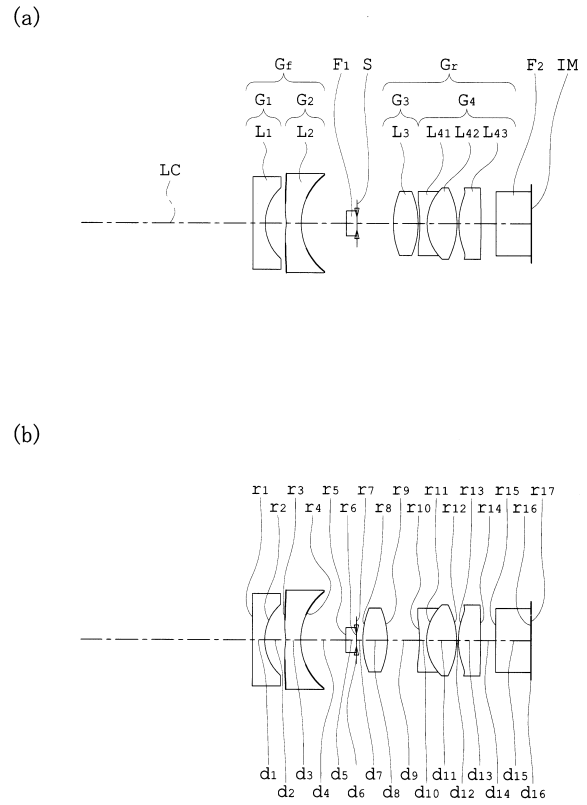
【 図 11 】



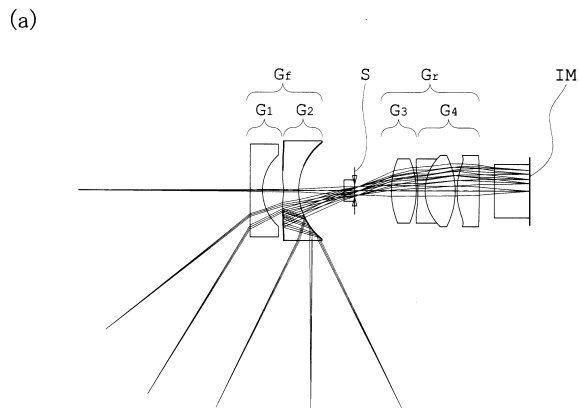
【 1 2 】



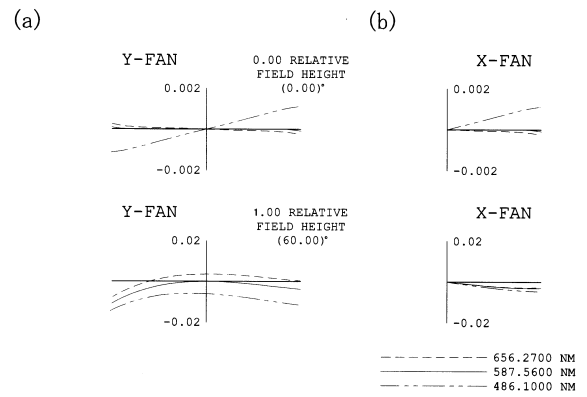
【 1 3 】



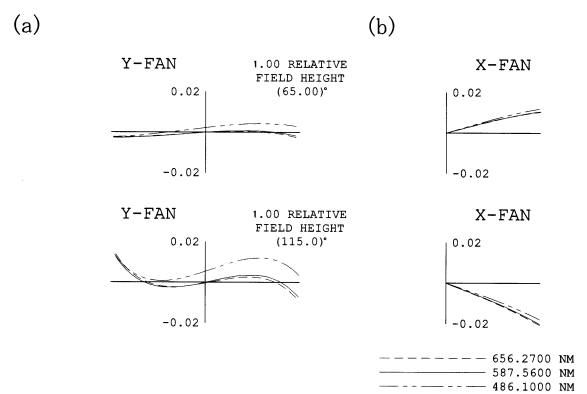
【 1 4 】



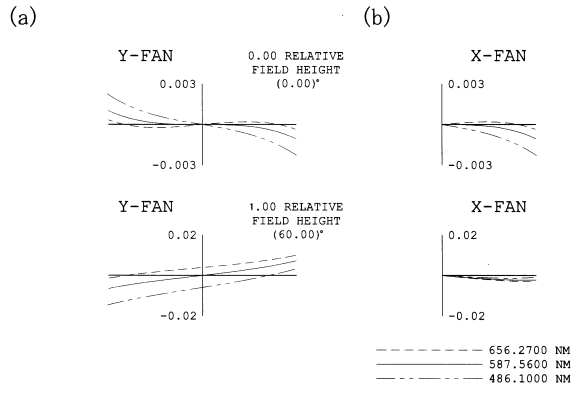
【 1 5 】



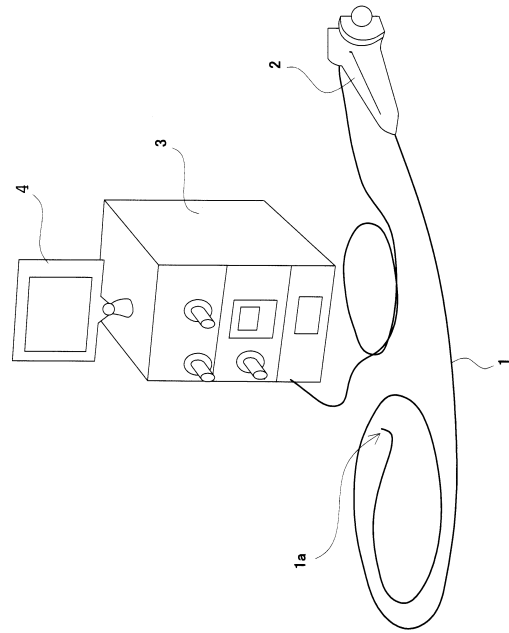
【 1 6 】



【 17 】



【 18 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-309859(JP,A)
特開2008-309861(JP,A)
特開2010-117665(JP,A)
特開2010-032694(JP,A)
特開2006-251037(JP,A)
特開2007-183664(JP,A)
特開2009-047722(JP,A)
特開2011-048086(JP,A)
特開2010-169792(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04
A61B	1/00	-	1/32

专利名称(译)	内窥镜用成像光学系统和具有该成像光学系统的内窥镜		
公开(公告)号	JP5586369B2	公开(公告)日	2014-09-10
申请号	JP2010178775	申请日	2010-08-09
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	水澤聖幸		
发明人	水澤 聖幸		
IPC分类号	G02B17/08 G02B13/04 G02B13/18 A61B1/00		
FI分类号	G02B17/08.A G02B13/04.D G02B13/18 A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 A61B1/00.735 G02B15/15 G02B17/08		
F-TERM分类号	2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/PA05 2H087/PA18 2H087/PB06 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA05 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/RA43 2H087/SA14 2H087/SA16 2H087/SA19 2H087/SA63 2H087/SA72 2H087/SA74 2H087/SB03 2H087/SB12 2H087/SB24 2H087/TA04 2H087/TA06 4C061/BB02 4C061/BB05 4C061/FF40 4C061/PP12 4C161/BB02 4C161/BB05 4C161/FF40 4C161/PP12		
审查员(译)	正人Tonooka		
其他公开文献	JP2012037768A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种用于内窥镜的成像光学系统，其能够在广角观察状态之间切换以同时观察前方的物体和基本上横向于其的物体，以及用于仅观察前方物体的望远镜观察状态。这种成像光学系统包括：从物体侧开始，第一组1由单个透镜组成，第一组1具有面向像侧的凹面并具有负屈光力的单个透镜。；第二组具有反射折射镜片并具有负屈光力；第三组具有孔径光阑并具有正屈光力；第四组具有包括正透镜并具有正屈光力的胶合透镜。第三组在光轴上沿光轴在两个原点位置之间移动，以在广角观察状态和望远镜观察状态之间转换，并满足以下条件表达式： $1 - 4p/vd \leq 3 \leq 4p/vd$ 是正透镜的阿贝数，并且 $vd \leq 3$ 是第三组的阿贝数。

		第1群	第2群	第3群	第4群	合計
望遠	最大像高	+1	+1	0	-2	0
	中間像高	+0.5	+0.5	0	-1	0
	軸上	0	0	0	0	0
広角	最大像高	-	0	+1	-2	-1
	中間像高	+0.5	+0.5	+0.5	-1	+0.5
	軸上	0	0	0	0	0