

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02015/025802

発行日 平成29年3月2日 (2017.3.2)

(43) 国際公開日 平成27年2月26日 (2015.2.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G O 2 B 13/04 D	2 H 0 4 0
G02B 13/24 (2006.01)	G O 2 B 13/24	2 H 0 8 7
G02B 23/26 (2006.01)	G O 2 B 23/26 C	4 C 1 6 1
A61B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

出願番号	特願2015-506016 (P2015-506016)	(71) 出願人	000000376
(21) 国際出願番号	PCT/JP2014/071485		オリンパス株式会社
(22) 国際出願日	平成26年8月15日 (2014.8.15)		東京都八王子市石川町2951番地
(11) 特許番号	特許第5767423号 (P5767423)	(74) 代理人	100118913
(45) 特許公報発行日	平成27年8月19日 (2015.8.19)		弁理士 上田 邦生
(31) 優先権主張番号	特願2013-172240 (P2013-172240)	(74) 代理人	100112737
(32) 優先日	平成25年8月22日 (2013.8.22)		弁理士 藤田 考晴
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	佐藤 伸也
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内
			Fターム (参考) 2H040 BA03 CA23

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡大内視鏡光学系

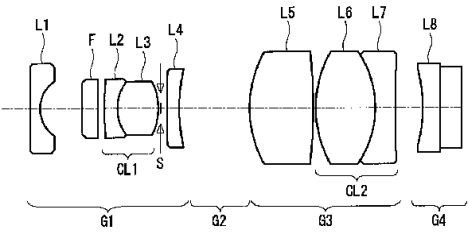
(57) 【要約】

移動レンズ群のストロークを長く保ちつつ、大きい軸外主光線の入射角を確保して、変倍時の合焦操作が容易でありながら小型化する。

複数のレンズ群と、撮像素子に接合する負レンズとを備え、前記レンズ群うちの一部のレンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式(1)を満足する拡大内視鏡光学系を提供する。

$$-6.5 < f_r / f_w < -2 \quad \cdots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態(広角端)での全系の焦点距離である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のレンズ群と、撮像素子に接合する負レンズとを備え、
前記レンズ群うちの一部のレンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式(1)を満足する拡大内視鏡光学系。

$$-6.5 < f_r / f_w < -2 \quad \dots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態(広角端)での全系の焦点距離である。

【請求項 2】

最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(2)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$-6.0 < R_r / R_{01} < -2 \quad \dots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負レンズの物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は前記負の第1レンズの像側の面の曲率半径である。

【請求項 3】

以下の条件式(3)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$0.15 < T_r / f_w < 1.7 \quad \dots (3)$$

但し、 T_r は撮像素子に接合した負レンズの中肉厚である。

【請求項 4】

最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(4)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$5 < f_r / f_{01} < 6.8 \quad \dots (4)$$

但し、 f_{01} は負の第1レンズの焦点距離である。

【請求項 5】

物体側から順に、正の第1群、負の第2群、正の第3群及び負の第4群を備え、
該第4群が、撮像素子に接合する負レンズを有し、
該負レンズが、物体側に凹面を向けた負レンズであり、
前記第3群と前記第4群との群間隔で像位置の調整を行い、前記第2群のみが光軸上を移動することにより合焦及び変倍を行う、請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

【請求項 6】

以下の条件式(5)乃至(7)を満足する請求項5記載の拡大内視鏡光学系。

$$1.2 < d_m / f_w < 2.4 \quad \dots (5)$$

$$0.9 < f_4 / f_2 < 9.5 \quad \dots (6)$$

$$-0.6 < \exp i(w) / \Sigma d < -0.3 \quad \dots (7)$$

但し、 d_m は第2群の移動量であり、 f_4 は第4群の焦点距離であり、 f_2 は第2群の焦点距離であり、 $\exp i(w)$ は通常観察状態(広角端)での最大像高実光線の射出瞳位置であり、 Σd は光学系の全長である。

【請求項 7】

以下の条件式(8)を満足する、請求項6記載の拡大内視鏡光学系。

$$-2.5 < f_4 / f_1 < -2 \quad \dots (8)$$

但し、 f_1 は第1群の焦点距離である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対物光学系に関し、特に、医療用の内視鏡に適用され、拡大観察が可能な拡大内視鏡光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

医療用の内視鏡において、病変の精密な診断を行うために、拡大観察が可能な対物光学系の要求が強まっている。

このような変倍機能を有する対物光学系の例として、例えば、特許文献 1 乃至特許文献 4 に、移動レンズ群を光軸に沿って移動させることで通常観察状態と拡大観察状態とを切替え可能な対物光学系が開示されている。

【 0 0 0 3 】

ところで、拡大観察可能な対物光学系において変倍を行うためには、少なくとも 1 つのレンズ群を移動させる必要がある。そして、このような対物光学系において、変倍に伴う合焦操作を容易とするためには、移動レンズ群のストロークを長く確保して、緩やかに変倍させることが望ましい。

10

また、内視鏡の小型化の要請に伴って撮像素子の小型化が進み、軸外主光線の入射角に応じてシェーディング特性を最適化した小型の撮像素子が提供されており、小型でありながら拡大観察が可能な内視鏡が望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 4 8 0 8 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 9 - 1 0 3 8 7 4 号公報

【特許文献 3】特開平 6 - 1 0 2 4 5 3 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 7 - 2 3 3 0 3 6 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、対物光学系において、移動レンズ群のストロークを長く確保すると、特に通常観察状態（広角端）において光学系の中で絞りより像側の軸外光線が高くなり、軸外の収差補正が困難となる。小型の撮像素子を適用する場合には、通常サイズの撮像素子に比して、対物光学系における移動レンズ群のストロークが相対的に長くなるため、絞りより像側の軸外光線も相対的に高くなり、軸外の収差補正がより困難となる。

特に、特許文献 1 乃至特許文献 4 の対物光学系は、像面近傍に負の屈折力を有するレンズを備えていないことから、移動レンズ群のストロークを長くしつつ軸外主光線の入射角を適切に保つと、軸外の収差補正が困難となり、小型の撮像素子と組み合わせることができず、内視鏡の小型化の要請に反することとなる。

30

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、移動レンズ群のストロークを長く保ちつつ、大きい軸外主光線の入射角を確保し、変倍時の合焦操作が容易な小型化の拡大内視鏡光学系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】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の一態様は、複数のレンズ群と、撮像素子に接合する負レンズとを備え、前記レンズ群うちの一部のレンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式（ 1 ）を満足する拡大内視鏡光学系を提供する。

40

$$-65 < f_r / f_w < -2 \quad \cdots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態（広角端）での全系の焦点距離である。

【 0 0 0 8 】

本態様によれば、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を同時に確保しながらも、良好に諸収差を補正し、優れた操作性と高画質な画像での内視鏡観察が可能となる。つまり、条件式（ 1 ）を満たすことにより、移動群のストロークを長く確保しても

50

、撮像素子に接合した負レンズの射出瞳位置調整の効果で、大きい軸外主光線の入射角を確保することが可能であり、変倍光学系で課題となる像面湾曲や非点収差といった軸外の収差も良好に補正することができる。

【0009】

上記態様において、最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$-60 < R_r / R_{01} < -2 \quad \cdots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負レンズの物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は前記負の第1レンズの像側の面の曲率半径である。

【0010】

条件式(2)は、負の第1レンズと撮像素子に接合する負レンズの屈折力を規定したものである。条件式(2)を満たすことで、撮像素子に接合する負レンズの物体側の面の曲率半径及び負の第1レンズの像側の面の曲率半径を適切に保ち、射出瞳位置の設定を適切に行って大きい軸外主光線の入射角を確保しながら、良好に収差補正を行うことができる。

10

【0011】

上記態様において、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.15 < T_r / f_w < 1.7 \quad \cdots (3)$$

但し、 T_r は撮像素子に接合した負レンズの中肉厚である。

【0012】

条件式(3)は、撮像素子に接合した負レンズの中肉厚と通常観察状態(広角端)の焦点距離を規定したものである。条件式(3)を満たすことで、撮像素子に接合した負レンズの中肉厚を適切な厚さとして、射出瞳位置調整を適切に行うことができるとともに、レンズの強度を適切に保つことができる。また、対物光学系の全長も長すぎることがなく、小型化に有利となる。

20

【0013】

上記態様において、最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$5 < f_r / f_{01} < 68 \quad \cdots (4)$$

但し、 f_{01} は負の第1レンズの焦点距離である。

30

【0014】

条件式(4)は、第1レンズと撮像素子に接合した負レンズの屈折力を規定したものである。条件式(4)を満たすことで、負レンズの屈折力を適切な値として、射出瞳位置調整及び収差補正を共に良好に行うことができる。

【0015】

上記態様において、物体側から順に、正の第1群、負の第2群、正の第3群及び負の第4群を備え、該第4群が、撮像素子に接合する負レンズを有し、該負レンズが、物体側に凹面を向けた負レンズであり、前記第3群と前記第4群との群間隔で像位置の調整を行い、前記第2群のみが光軸上を移動することにより合焦及び変倍を行うことが好ましい。

【0016】

このようにすることで、移動レンズ群の屈折力を適正な値にし、ストロークを長く確保することができ、移動レンズ群の移動量に対する観察倍率の変化(以下、変倍感度と呼ぶ)を小さくして緩やかに変倍させることができる。つまり、変倍時の合焦操作を容易にし、術者に優れた操作性を提供することができる。

40

【0017】

上記態様において、以下の条件式(5)乃至(7)を満足することが好ましい。

$$1.2 < d_m / f_w < 2.4 \quad \cdots (5)$$

$$0.9 < f_4 / f_2 < 9.5 \quad \cdots (6)$$

$$-0.6 < \exp i(w) / \sum d < -0.3 \quad \cdots (7)$$

但し、 d_m は第2群の移動量であり、 f_4 は第4群の焦点距離であり、 f_2 は第2群の

50

焦点距離であり、 $e x p i (w)$ は通常観察状態（広角端）での最大像高実光線の射出瞳位置であり、 Σd は光学系の全長である。

【0018】

条件式（5）は、移動レンズ群のストロークを規定するものである。条件式（5）を満足することで、移動群のストロークが適切な長さとし、大きい軸外主光線の入射角を確保しながら、変倍感度も適切な値として操作性を向上させることができる。

【0019】

条件式（6）は、第2群と第4群の屈折力を規定するものである。条件式（6）を満たすことで、移動群である第2群の長いストロークを確保しながら、大きい軸外主光線の入射角を確保することができる。

10

【0020】

条件式（7）は、射出瞳配置を規定したものである。条件式（7）を満たすことで、大きい軸外主光線の入射角の確保しながら収差補正を良好に行うことができる。

【0021】

上記態様において、以下の条件式（8）を満足することが好ましい。

$$-25 < f_4 / f_1 < -2 \quad \cdots (8)$$

但し、 f_1 は第1群の焦点距離である。

【0022】

条件式（8）は第4群と第1群の屈折力を規定するものである。条件式（8）を満たすことで、良好に収差補正を行いながら、大きい軸外主光線の入射角を確保することができる。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、移動レンズ群のストロークを長く保ちつつ、大きい軸外主光線の入射角を確保して、変倍時の合焦操作が容易でありながら小型化することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施形態に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図である。

【図2】本発明の一実施形態の変形例に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図である。

30

【図3】本発明の実施例1に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図である。

【図4】本発明の実施例1に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

【図5】本発明の実施例1に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

【図6】本発明の実施例1に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

【図7】本発明の実施例2に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図であり、（A）は通常観察状態、（B）は中断（中間状態）、（C）は近接拡大状態を示す。

【図8】本発明の実施例2に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

40

【図9】本発明の実施例2に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

【図10】本発明の実施例2に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

【図11】本発明の実施例3に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図であり、（A）は通常観察状態、（B）は中断（中間状態）、（C）は近接拡大状態を示す。

【図12】本発明の実施例3に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

【図13】本発明の実施例3に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

50

【図 1 4】本発明の実施例 3 に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

【図 1 5】本発明の実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図であり、（A）は通常観察状態、（B）は中断（中間状態）、（C）は近接拡大状態を示す。

【図 1 6】本発明の実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

【図 1 7】本発明の実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

【図 1 8】本発明の実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

10

【図 1 9】本発明の実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図であり、（A）は通常観察状態、（B）は中断（中間状態）、（C）は近接拡大状態を示す。

【図 2 0】本発明の実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

【図 2 1】本発明の実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

【図 2 2】本発明の実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

【図 2 3】本発明の実施例 6 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図であり、（A）は通常観察状態、（B）は中断（中間状態）、（C）は近接拡大状態を示す。

20

【図 2 4】本発明の実施例 6 に係る拡大内視鏡光学系において、通常観察状態（広角端）の収差図である。

【図 2 5】本発明の実施例 6 に係る拡大内視鏡光学系において、中間状態の収差図である。

【図 2 6】本発明の実施例 6 に係る拡大内視鏡光学系において、近接拡大状態（望遠端）の収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下に、本発明の一実施形態に係る拡大内視鏡光学系について図面を参照して説明する。

30

図 1 は、拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を示している。図 1 に示すように、拡大内視鏡光学系は、複数のレンズ群、すなわち、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1、明るさ絞り S、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 及び第 4 レンズ群 G 4 を備えている。

【0026】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹レンズである第 1 レンズ L 1 と、平行平板 F と、負のメニスカスレンズである第 2 レンズ L 2 と両凸レンズである第 3 レンズ L 3 とを接合した正の接合レンズ C L 1 とを備え、正の屈折力を有している。

第 2 レンズ群 G 2 は、平凹レンズである第 4 レンズ L 4 からなり、負の屈折力を有している。第 2 レンズ群 G 2 は光軸上を移動可能になっており、第 2 レンズ群 G 2 が移動することにより通常観察状態から近接拡大状態などへの変倍が可能となっている。

40

【0027】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸レンズである第 5 レンズ L 5 と、両凸レンズである第 6 レンズ L 6 と両凹レンズである第 7 レンズ L 7 とを接合した正の接合レンズ C L 2 からなり、正の屈折力を有している。

第 4 レンズ群 G 4 は、負の屈折力を有し、撮像素子に接合する第 8 レンズ L 8 である。つまり、第 8 レンズ L 8 は凹平レンズであり、撮像面と一体的に接着された撮像素子封止ガラスに接合している。

そして、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との群間隔で像位置調整を行うようになっている。

50

【 0 0 2 8 】

また、本実施形態に係る拡大内視鏡光学系は、以下の条件式（１）を満たすように構成されている。

条件式（１）は、負レンズを撮像素子に接合することによって、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を同時に確保しながらも、良好に諸収差を補正する条件である。

【 0 0 2 9 】

$$-65 < f_r / f_w < -2 \quad \dots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負レンズ、つまり第８レンズＬ８の焦点距離であり、 f_w は通常観察状態（広角端）での全系の焦点距離である。

10

【 0 0 3 0 】

撮像素子の小型化に伴い、変倍光学系においては、より軸外主光線の入射角を確保することが困難となり、画質の劣化を招きやすい。

拡大内視鏡光学系が、条件式（１）を満たすことにより、移動群のストロークを長く確保しても、撮像素子に接合した負レンズの射出瞳位置調整の効果で、大きい軸外主光線の入射角を確保することが可能となり、変倍光学系で課題となる像面湾曲や非点収差といった軸外の収差も良好に補正することができる。

【 0 0 3 1 】

条件式（１）の上限－２を超えると、撮像素子に接合した負レンズの屈折力が大となり、諸収差の補正が困難となる上、偏芯の製造誤差感度が大となるため高精度な接合が必要となる。また、条件式（１）の下限－６５を超えると、撮像素子に接合した負レンズの屈折力が小となり十分な射出瞳位置調整の効果を得られず、大きい軸外主光線の入射角を確保することが困難となる。

20

【 0 0 3 2 】

また、拡大内視鏡光学系は、条件式（２）乃至（４）を満足するように構成されている。

$$-60 < R_r / R_{01} < -2 \quad \dots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負の第８レンズＬ８の物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は最も物体側の負の第１レンズＬ１の像側の面の曲率半径である。

【 0 0 3 3 】

30

条件式（２）は、第１レンズＬ１と撮像素子に接合した負の第８レンズＬ８の屈折力を規定したものである。条件式（２）の上限－２を超えると第８レンズＬ８の曲率半径が小となり、射出瞳位置の設定には有利であるが、収差補正に不利となる。一方、条件式（２）の下限－６０を超えると第８レンズＬ８の曲率半径が大となり、射出瞳を像面近傍に配置することに不利となり、大きい軸外主光線の入射角を確保するのに好ましくない。

【 0 0 3 4 】

$$0.15 < T_r / f_w < 1.7 \quad \dots (3)$$

但し、 T_r は撮像素子に接合した負レンズの中肉厚である。

【 0 0 3 5 】

条件式（３）は、撮像素子に接合した負の第８レンズＬ８の中肉厚と通常観察状態（広角端）の焦点距離を規定したものである。条件式（３）の上限１．７を超えると、負の第８レンズＬ８の中肉厚が大となり、射出瞳位置調整に不利となり、さらには全長が大となり小型化する上で好ましくない。一方、条件式（３）の下限０．１５を超えると、第８レンズＬ８の中肉厚が小となり、レンズに割れ等の欠陥が発生しやすくなり好ましくない。

40

【 0 0 3 6 】

$$5 < f_r / f_{01} < 68 \quad \dots (4)$$

但し、 f_{01} は負の第１レンズＬ１の焦点距離である。

【 0 0 3 7 】

条件式（４）は、第１レンズＬ１と撮像素子に接合した負の第８レンズＬ８の屈折力を規定したものである。条件式（４）の上限６８を超えると、第８レンズＬ８の屈折力が小

50

となり射出瞳位置調整に不利となる。一方、条件式(4)の下限5を超えると、第8レンズL8の屈折力が大となり射出瞳位置調整には有利であるが、収差補正に不利となる。

【0038】

なお、上記条件式(4)に代えて、(4)'又は(4)''を適用すると更に好ましい。

$$6.5 < f_r / f_{01} < 3.5 \quad \dots (4)'$$

$$7.5 < f_r / f_{01} < 1.5 \quad \dots (4)''$$

【0039】

さらに、本実施形態に係る拡大内視鏡光学系は、以下の条件式(5)乃至条件式(7)を満足するように構成されている。

$$1.2 < d_m / f_w < 2.4 \quad \dots (5)$$

$$0.9 < f_4 / f_2 < 9.5 \quad \dots (6)$$

$$-0.6 < \exp i(w) / \Sigma d < -0.3 \quad \dots (7)$$

但し、 d_m は第2群の移動量であり、 f_4 は第4群の焦点距離であり、 f_2 は第2群の焦点距離であり、 $\exp i(w)$ は通常観察状態(広角端)での最大像高実光線の射出瞳位置であり、 Σd は光学系の全長である。

【0040】

このようにすることで、負の第2レンズ群のみが光軸上を移動して変倍と合焦を行う簡素な変倍光学系とすることが可能となる。

【0041】

拡大内視鏡光学系において、変倍時の合焦操作を容易にし、術者に優れた操作性を提供するためには、移動レンズ群の移動量に対する観察倍率の変化、(以下、変倍感度と呼ぶ)を小さくして緩やかに変倍させる必要がある。つまり、移動レンズ群の屈折力を適正な値にし、ストロークを長く確保することが重要である。

【0042】

条件式(5)は、移動レンズ群のストロークを規定するものである。条件式(5)の上限2.4を超えると移動群のストロークが長くなりすぎるため、第3群の光線高が大となり、大きい軸外主光線の入射角を確保することが困難となる。条件式(5)の下限1.2を超えると移動群のストロークが小となるため、変倍感度が大となり操作性の面で好ましくない。

【0043】

条件式(6)は、第2レンズ群G2と第4レンズ群G4の屈折力を規定するものである。この範囲を外れると、移動群である第2レンズ群G2の長いストロークと大きい軸外主光線の入射角の両立が困難となる。

即ち、条件式(6)の上限9.5を超えると第2群の屈折力が大となり、長い移動群のストロークを確保するのに不利となる。一方、条件式(6)の下限0.9を超えると第2群の屈折力が小となり、移動群のストロークが長くなりすぎるため小型化に不利であり、さらには大きい軸外主光線の入射角を確保するのに不利となる。

【0044】

なお、条件式(6)に代えて、条件式(6)'又は条件式(6)''を適用することがさらに好ましい。

$$0.95 < f_4 / f_2 < 6.8 \quad \dots (6)'$$

$$1.05 < f_4 / f_2 < 2.4 \quad \dots (6)''$$

【0045】

条件式(7)は、射出瞳配置を規定したものである。条件式(7)の上限-0.3を超えると、大きい軸外主光線の入射角を得るのに有利であるが、第4レンズ群G4の屈折力が大きくなりやすく、収差補正に不利となる。一方、条件式(7)の下限-0.6を超えると、射出瞳位置が像面から遠ざかり、大きい軸外主光線の入射角を得るのに不利となる。

【0046】

拡大内視鏡光学系は、以下の条件式(8)を満足するように構成されている。

$$-2.5 < f_4 / f_1 < -2 \quad \dots (8)$$

但し、 f_1 は第1群の焦点距離である。

【0047】

条件式(8)は第4レンズ群G4と第1レンズ群G1の屈折力を規定するものである。条件式(8)の上限-2を超えると第4群の屈折力が大となり収差補正に不利である。一方、条件式(8)の下限-2.5を超えると、第4群の屈折力が小となり十分な射出瞳位置調整の効果が得られず、大きい軸外主光線の入射角を確保するのが困難となる。

【0048】

なお、条件式(8)に代えて、条件式(8)'又は条件式(8)''を適用することがさらに好ましい。

$$-1.6 < f_4 / f_1 < -2.3 \quad \dots (8)'$$

$$-5.5 < f_4 / f_1 < -2.5 \quad \dots (8)''$$

【0049】

さらに、本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(9)を満足するように構成されていることが好ましい。

$$13.5 < \Sigma d / IH < 19 \quad \dots (9)$$

但し、 IH は最大像高である。

【0050】

拡大内視鏡光学系の小型化が一層進み、その全長が小さくなると、レンズの縁肉や中肉の確保が難しくなり、ワレや欠け等の欠陥が発生しやすくなる。そこで、条件式(9)を満足することで、レンズの加工性を確保することができる。

【0051】

即ち、条件式(9)はレンズの加工性を確保する条件である。条件式(9)の上限19を超えると、像高に対して全長が大となり小型化に不利である。一方、条件式(9)の下限13.5を超えると、像高に対して全長が小となり、各レンズの縁肉、及び中肉が小となり、ワレや欠け等の不良が発生しやすくなり好ましくない。

【0052】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、条件式(10)を満足するように構成されていることが好ましい。

$$6.7 < \Sigma d_{-R} / fw < 7.8 \quad \dots (10)$$

但し、 Σd_{-R} は、近接拡大状態(望遠端)での移動群像側端から像面までの長さである。

【0053】

変倍可能な光学系では、少なくとも1つのレンズを移動させる必要があり、レンズを移動させるための機構が必要である。そして、レンズを移動させるための機構としては、例えば、移動レンズ群を保持するレンズ枠に接続されていて、このレンズ枠に駆動力を与えるアクチュエーター等がある。

【0054】

レンズ系を小型化した場合、レンズを移動させるための機構も同じ係数倍で小型化することは困難であり、大型のレンズ系に比べて、レンズを移動させるための構成部品は相対的に大きくなりがちである。

【0055】

すなわち、条件式(10)は、通常観察状態(広角端)で全画角120°以上を有する高性能な拡大内視鏡光学系において、レンズを移動させる部品を配置するためのスペースを確保しやすくするための条件である。条件式(10)の上限7.8を超えるとレンズを移動させる部品を配置するのに有利であるが、全長が長くなり小型化に不利である。一方、条件式(10)の下限6.7を超えると、レンズを移動させるための部品を配置することが困難となり好ましくない。

【0056】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(11)を満足するように構成されていることが好ましい。

$$-8 < f_2 / f_w < -5 \quad \dots (11)$$

但し、 f_2 は第2群の焦点距離である。

【0057】

条件式(11)は、第2レンズ群G2の屈折力を規定したものである。条件式(11)の上限-5を超えると第2レンズ群G2の屈折力が大となり長いストロークを確保するのに不利である。一方、条件式(12)の下限-8を超えると、ストロークが長くなりすぎて第3レンズ群G3の光線高が大となり、収差補正に不利である。

【0058】

10

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(12)を満足するように構成されていることが好ましい。

$$2.7 < f_3 / f_w < 4.2 \quad \dots (12)$$

【0059】

条件式(12)は第3レンズ群G3の屈折力を規定したものである。条件式(12)の上限4.2を超えると第3レンズ群G3の屈折力が小となり、大きい軸外主光線の入射角を確保するのに不利となる。一方、条件式(12)の下限2.7を超えると第3レンズ群G3の屈折力が大となるため、収差補正に不利である。

【0060】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(13)を満足するように構成されていることが好ましい。

20

$$-1.1 < f_{01} / f_w < -0.87 \quad \dots (13)$$

【0061】

条件式(13)は第1レンズL1の屈折力を規定したものである。条件式(13)の上限-0.87を超えると第1レンズL1の屈折力が大となり、諸収差の補正が困難となる。一方、条件式(13)の下限-1.1を超えると、第1レンズL1の径が大となりやすく、小型化に不利である。

【0062】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(14)を満足するように構成されていることが好ましい。

30

$$-90 < f_4 / Bf < -2 \quad \dots (14)$$

但し、 Bf は第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の群間隔である。

【0063】

条件式(14)は第4レンズ群G4の屈折力と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の群間隔を規定するものである。条件式(14)の上限-2を超えると、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の群間隔が大となり小型化に不利である。一方、条件式(14)の下限-90を超えると、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の群間隔が小となり、像位置調整に必要な間隔が確保できなくなり好ましくない。

【0064】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(15)を満足するように構成されていることが好ましい。

40

$$-20 < f_4 / f_3 < -1.6 \quad \dots (15)$$

【0065】

条件式(15)は第4レンズ群G4と第3レンズ群G3の屈折力を規定したものである。条件式(15)の上限-1.8を超えると、第4レンズ群G4の屈折力が大となり、収差補正に不利となる。一方、条件式(15)の下限-20を超えると第4レンズ群G4の屈折力が小となり十分な射出瞳位置調整の効果が得られず、大きい軸外主光線の入射角を確保することが困難となる。

【0066】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式(16)を満足するように構成されてい

50

ることが好ましい。

$$-0.67 < f_3 / f_2 < -0.42 \quad \dots (16)$$

但し、 f_3 は第3レンズ群 G_3 の焦点距離である。

【0067】

条件式 (16) は第3レンズ群 G_3 と第2レンズ群 G_2 の屈折力を規定したものである。条件式 (16) の上限 -0.42 を超えると、第2レンズ群 G_2 の屈折力が小となりストロークが長くなる。つまり、全長が長くなり、さらには第3レンズ群 G_3 の光線高も大となって、収差補正にも不利となる。一方、条件式 (16) の下限 -0.67 を超えると、第3レンズ群 G_3 の屈折力が小となり、光学系のバックフォーカスが長くなるため、小型化に不利となる。

10

【0068】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式 (17) を満足するように構成されていることが好ましい。

$$1.2 < f_3 / f_1 < 1.65 \quad \dots (17)$$

【0069】

条件式 (17) は第3レンズ群 G_3 と第1レンズ群 G_1 の屈折力を規定したものである。条件式 (17) の上限 1.65 を超えると第3レンズ群 G_3 の屈折力が小となり、ペッツバル和が大となるため、像面湾曲を補正することが困難となる。一方、条件式 (17) の下限 1.2 を超えると第1レンズ群 G_1 の屈折力が小となり、球面収差が補正不足となるため好ましくない。

20

【0070】

本実施形態に係る拡大内視鏡は、以下の条件式 (18) を満足するように構成されていることが好ましい。

$$-3.7 < f_2 / f_1 < -2 \quad \dots (18)$$

【0071】

条件式 (18) は第2レンズ群 G_2 と第1レンズ群 G_1 の屈折力を規定したものである。条件式 (18) の上限 -2 を超えると、第1群の屈折力に対して第2群の屈折力が大となり、第2レンズ群 G_2 の移動による色収差の変動が大となる。一方、条件式 (18) の下限 -3.7 を超えると第1レンズ群 G_1 の屈折力が大となり球面収差の発生量が大きくなる。

30

【0072】

このように、本実施形態によれば、第2レンズ群 G_2 のみが光軸上を移動し、変倍と合焦を行うことにより、全系で4群8枚の簡素な構成を取ることができる。つまり、移動レンズ群である第2レンズ群 G_2 のストロークを長く保ちつつ、大きい軸外主光線の入射角を確保して、変倍時の合焦操作が容易でありながら拡大内視鏡光学系を小型化することができる。なお、第1レンズは像面側に凹面を向けた負のメニスカスレンズでも良い。

【0073】

(変形例)

また、変形例として、拡大内視鏡光学系を以下のように構成することもできる。

変形例に係る拡大内視鏡光学系は、図2に示すように、物体側から順に、第1レンズ群 G_1 、明るさ絞り S 、第2レンズ群 G_2 、第3レンズ群 G_3 及び第4レンズ群 G_4 を備えており、各レンズ群が以下のように構成されている。

40

【0074】

第1レンズ群 G_1 は、像面側に凹面を向けた平凹レンズである第1レンズ L_1 、像面側に凸面を向けた正のメニスカスレンズである第2レンズ L_2 、及び正レンズである第3レンズ L_3 と負レンズである第4レンズ L_4 とを正負の順に接合した正の接合レンズ CL_1 を備えている。

【0075】

第2レンズ群 G_2 は、像面側に凹面を向けた平凹レンズである第5レンズ L_5 と正レンズである第6レンズ L_6 とを接合した負の接合レンズ CL_2 を備えている。

50

第3レンズ群G3は、正レンズである第7レンズL7、及び、正レンズである第8レンズL8と負レンズである第9レンズL9とを正負の順に接合した正の接合レンズCL3を備えている。

【0076】

第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた凹平レンズである第10レンズL10を備えている。なお、第10レンズL10は撮像面と一体的に接着された撮像素子封止ガラスに接合している。

【0077】

そして、第3レンズ群G3と負の第4レンズ群G4との群間隔で像位置調整を行い、第2レンズ群G2と第2レンズ群G2の物体側に配置した明るさ絞りSとが一体となって光軸上を移動し、変倍と合焦を行うことにより、全系で4群10枚の偏芯の製造誤差に強い構成を取ることができる。なお、第1レンズは像面側に凹面を向けた負のメニスカスレンズでも良い。

【0078】

本変形例に係る拡大内視鏡光学系も、上記条件式(1)乃至条件式(8)を満たすように構成されており、更に条件式(9)乃至条件式(18)を満たすように構成されることが更に好ましい。

【0079】

なお、明るさ絞りSを第2レンズ群G2の像側に配置することもできる。この場合には、第2レンズ群と明るさ絞りSとが一体となって光軸上を移動し、合焦および変倍を行うことによって、第3レンズ群G3の光線高を小とする効果がある。つまり、第3レンズ群G3のレンズ径を小とすることが可能であり、レンズ枠部品やアクチュエーターの構成上、第3レンズ群G3のレンズ径を小としたい場合に大きなメリットがある。

【実施例】

【0080】

続いて、上述した何れかの実施形態に係る対物光学系の実施例1乃至実施例6について、図3乃至図26を参照して説明する。各実施例に記載のレンズデータにおいて、 r は曲率半径(単位mm)、 d は面間隔(mm)、 N_e はe線に対する屈折率、 v_d はd線に対するアッペ数を示している。

【0081】

(実施例1)

本発明の実施例1に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図3に示す。

実施例1に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群と正の屈折力の第3レンズ群と負の屈折力の第4レンズ群から構成されている。また、明るさ絞りは第2レンズ群の物体側に固定されている。

そして、第2レンズ群が光軸上を像側に移動して通常観察状態(広角端)から近接拡大状態(望遠端)への変倍と合焦を行う。つまり、第2レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍と合焦を行う。

【0082】

また、図3に示す通り、第1レンズ群が平凹レンズと、平行平板、負のメニスカスレンズと両凸レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第2レンズ群が平凹レンズから構成され、第3レンズ群が両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとを接合した正の接合レンズから構成され、第4レンズ群が凹平レンズから構成されている。なお、第4レンズ群の凹平レンズと撮像素子封止ガラスと撮像面は一体に接着されている。

本実施例1は、条件式(1)乃至条件式(8)を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【0083】

なお、平行平板には、特定波長、例えばYAGレーザーの1060nm、半導体レーザーの810nmあるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

本実施例 1 に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図 4 乃至図 6 に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

【 0 0 8 5 】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d	
0 (物体面)	∞	D 0			
1	∞	0 . 1 9 3 8	1 . 8 8 8 1 4	4 0 . 7 8	
2	0 . 4 9 7 0	0 . 7 8 4 5			
3	∞	0 . 2 9 0 7	1 . 5 2 3 0 0	6 5 . 1 3	10
4	∞	0 . 1 2 4 8			
5	1 2 . 2 6 9 9	0 . 2 4 2 2	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6	
6	0 . 6 5 8 4	0 . 7 5 0 3	1 . 7 2 3 4 1	5 0 . 2 3	
7	- 0 . 9 9 2 7	0 . 0 4 8 4			
8 (絞り)	∞	D 1			
9	∞	0 . 2 4 2 2	1 . 8 2 0 1 7	4 6 . 6 2	
1 0	2 . 8 8 7 5	D 2			
1 1	1 . 7 2 4 4	1 . 1 8 9 0	1 . 4 8 9 1 5	7 0 . 2 3	
1 2	- 8 . 4 3 7 8	0 . 0 4 8 0			
1 3	1 . 6 3 4 2	1 . 1 0 3 0	1 . 5 9 1 4 3	6 1 . 1 4	20
1 4	- 1 . 4 2 8 1	0 . 3 8 1 7	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0	
1 5	3 6 . 6 7 7 7	0 . 5 0 8 2			
1 6	- 2 . 6 1 8 9	0 . 3 1 9 8	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4	
1 7	∞	0 . 0 0 9 7	1 . 5 1 5 0 0	6 4 . 0 0	
1 8	∞	0 . 3 8 7 6	1 . 5 0 7 0 0	6 3 . 2 6	
1 9	∞				

【 0 0 8 6 】

各種データ

	通常観察状態 (広角端)	中間状態	近接拡大状態 (望遠端)	
D 0	9 . 6 8 9 9	4 . 3 6 0 5	2 . 3 2 5 6	30
D 1	0 . 1 1 6 3	0 . 5 5 9 7	1 . 1 5 3 1	
D 2	1 . 2 9 8 4	0 . 8 5 5 0	0 . 2 6 1 6	
f l	0 . 5 6 8	0 . 6 3 2	0 . 7 1 1	
F n o	4 . 9 2	5 . 5 6	6 . 5 1	

【 0 0 8 7 】

(実施例 2)

本発明の実施例 2 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図 7 に示す。

本実施例に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群と正の屈折力の第 3 レンズ群と負の屈折力の第 4 レンズ群にて構成されている。また、明るさ絞りは第 2 レンズ群の物体側に配置されている。

【 0 0 8 8 】

そして、本実施例に係る拡大内視鏡用光学系においては、第 2 レンズ群が明るさ絞りと一体となって光軸上を像側に移動して通常観察状態 (広角端) から近接拡大状態 (望遠端) への変倍と合焦を行う。つまり、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍と合焦を行う。

【 0 0 8 9 】

第 1 レンズ群は、平凹レンズと、平行平板と、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと像側に凸面を向けた負のメニスカスレンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 2 レンズ群は、平凹レンズと物体側に

10

20

30

40

50

凸面を向けた正のメニスカスレンズを接合した負の接合レンズから構成され、第3レンズ群は、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第4レンズ群が凹平レンズから構成されている。第4レンズ群の凹平レンズと撮像素子封止ガラスと撮像面は一体に接着されている。

本実施例は、条件式(1)乃至条件式(8)を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【0090】

なお、平行平板には、特定波長、例えばYAGレーザーの1060nm、半導体レーザーの810nmあるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

10

【0091】

本実施例2に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図8乃至図10に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

【0092】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d
0	∞	D 0		
1	∞	0 . 2 0 0 0	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
2	0 . 5 3 3 7	0 . 5 3 5 0		
3	∞	0 . 2 9 0 0	1 . 5 2 3 0 0	6 5 . 1 3
4	∞	0 . 3 0 0 0		
5	- 1 . 7 9 6 9	0 . 8 0 5 8	1 . 5 9 1 4 3	6 1 . 1 4
6	- 1 . 2 7 4 7	0 . 0 5 2 3		
7	- 3 2 . 5 1 5 1	0 . 6 4 8 8	1 . 6 5 4 2 5	5 8 . 5 5
8	- 1 . 4 5 6 7	0 . 2 7 2 8	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
9	- 1 . 9 0 1 5	D 1		
STO	∞	0 . 0 3 1 4		
11	∞	0 . 2 6 1 6	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
12	1 . 1 8 4 7	0 . 4 2 9 1	1 . 6 5 2 2 2	3 3 . 7 9
13	1 5 . 3 3 3 5	D 2		
14	2 . 1 4 4 3	1 . 2 8 7 2	1 . 5 9 1 4 3	6 1 . 1 4
15	- 8 . 4 5 0 6	0 . 0 5 2 3		
16	1 . 6 8 3 8	1 . 0 7 7 9	1 . 4 8 9 1 5	7 0 . 2 3
17	- 1 . 9 7 9 0	0 . 5 7 5 6	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
18	7 . 2 4 8 1	0 . 6 3 0 9		
19	- 4 . 2 6 8 7	0 . 3 4 5 3	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
20	∞	0 . 0 0 9 0	1 . 5 1 5 0 0	6 4 . 0 0
21	∞	0 . 4 1 0 0	1 . 5 0 7 0 0	6 3 . 2 6
22	∞			

20

30

【0093】

各種データ

	通常観察状態 (広角端)	中間状態	近接拡大状態 (望遠端)
D 0	1 0 . 4 5	4 . 2 0 0 0	2 . 4 5
D 1	0 . 1 5 7 0	0 . 8 0 2 0	1 . 3 6 0 5
D 2	1 . 4 1 2 8	0 . 7 6 7 8	0 . 2 0 9 3
F 1	0 . 6 2 1	0 . 7 0 9	0 . 7 7 9
F n o	5 . 3 6	5 . 7 2	6 . 0 4

40

【0094】

(実施例3)

50

本発明の実施例 3 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図 1 1 に示す。

本実施例に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群と正の屈折力の第 3 レンズ群と負の屈折力の第 4 レンズ群にて構成されている。また、明るさ絞りは第 2 レンズ群の物体側に配置されている。

【 0 0 9 5 】

そして、本実施例に係る拡大内視鏡用光学系においては、第 2 レンズ群が光軸上を像側に移動して通常観察状態（広角端）から近接拡大状態（望遠端）への変倍と合焦を行う。つまり、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍と合焦を行う。

【 0 0 9 6 】

第 1 レンズ群は、平凹レンズと、平行平板と、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと、両凸レンズと像側に凸面を向けた負のメニスカスレンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 2 レンズ群が平凹レンズと両凸レンズを接合した負の接合レンズから構成され、第 3 レンズ群が両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズを接合した正の接合レンズと、平行平板から構成され、第 4 レンズ群が凹平レンズから構成される。第 4 レンズ群の凹平レンズと撮像素子封止ガラスと撮像面は一体に接着されている。

本実施例は、条件式（ 1 ）乃至条件式（ 8 ）を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【 0 0 9 7 】

なお、平行平板には、特定波長、例えば Y A G レーザーの 1 0 6 0 n m、半導体レーザーの 8 1 0 n m あるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

本実施例 3 に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図 1 2 乃至図 1 4 に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

【 0 0 9 8 】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d
0 (物体面)	∞	D 0		
1	∞	0 . 3 4 5 4	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
2	0 . 8 0 5 4	0 . 6 6 7 1		
3	∞	0 . 5 9 0 0	1 . 5 2 3 0 0	6 5 . 1 3
4	∞	0 . 2 5 6 8		
5	- 3 . 7 6 4 9	1 . 0 5 6 3	1 . 5 9 1 4 3	6 1 . 1 4
6	- 1 . 7 3 2 0	0 . 0 7 8 7		
7	4 9 . 4 1 5 9	1 . 0 4 8 4	1 . 5 7 3 9 2	5 2 . 9 5
8	- 1 . 8 3 3 3	0 . 3 1 5 6	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
9	- 2 . 4 6 2 1	D 1		
1 0 (絞り)	∞	0 . 0 3 0 0		
1 1	∞	0 . 3 0 7 1	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
1 2	1 . 3 4 1 8	0 . 5 6 2 0	1 . 6 5 2 2 2	3 3 . 7 9
1 3	- 1 4 . 6 5 4 3	D 2		
1 4	2 . 6 5 0 0	0 . 8 8 0 6	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
1 5	- 4 . 7 2 6 8	0 . 0 7 8 6		
1 6	4 . 2 4 0 1	1 . 1 7 6 9	1 . 5 3 4 3 0	4 8 . 8 4
1 7	- 2 . 3 1 8 6	0 . 4 4 3 6	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
1 8	2 3 . 1 3 7 4	0 . 1 2 8 3		
1 9	∞	0 . 4 0 0 0	1 . 5 2 5 1 0	5 8 . 5 0
2 0	∞	0 . 6 1 9 6		
2 1	- 8 . 7 3 0 7	0 . 6 9 0 8	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
2 2	∞	0 . 0 0 9 9	1 . 5 1 5 0 0	6 4 . 0 0
2 3	∞	0 . 6 9 0 8	1 . 6 1 3 5 0	5 0 . 4 9

2 4 ∞

【0099】

各種データ

	通常観察状態 (広角端)	中間状態	近接拡大状態 (望遠端)
D 0	1 0 . 3 6 1 8	4 . 3 0 0 0	2 . 0 7 2 4
D 1	0 . 1 9 7 4	0 . 8 0 9 5	1 . 7 7 6 3
D 2	1 . 8 7 5 0	1 . 2 6 2 9	0 . 2 9 6 1
f 1	1 . 0 0 4	1 . 0 5 7	1 . 1 2 1 4
F n o	7 . 6 8	7 . 7 3	7 . 8 4

10

【0100】

(実施例 4)

本発明の実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図 1 5 に示す。

本実施例に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群と正の屈折力の第 3 レンズ群と負の屈折力の第 4 レンズ群にて構成されている。また、明るさ絞りは第 2 レンズ群の像側に配置されている。

【0101】

本実施例は、第 2 レンズ群が明るさ絞りと一体となって光軸上を像側に移動して通常観察状態 (広角端) から近接拡大状態 (望遠端) への変倍と合焦を行う。つまり、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させて変倍と合焦を行う。

20

【0102】

第 1 レンズ群は、平凹レンズと、平行平板と、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 2 レンズ群が平凹レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズを接合した負の接合レンズから構成され、第 3 レンズ群が両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 4 レンズ群が凹平レンズから構成される。また、明るさ絞りは、第 2 レンズ群の像側に配置されている。第 4 レンズ群と撮像素子封止ガラス L 1 と撮像面は一体に接着されている。

【0103】

本実施例においては、明るさ絞りを移動群の像側端に配置することで第 3 レンズ群の光線高を小とする効果があり、アクチュエーター等のレンズ駆動部品を構成する上で、第 3 レンズ群のレンズ径を小としたい場合に有利である。

30

本実施例は、条件式 (1) 乃至条件式 (8) を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【0104】

なお、平行平板には、特定波長、例えば Y A G レーザーの 1 0 6 0 n m、半導体レーザーの 8 1 0 n m あるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

【0105】

本実施例 4 に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図 1 6 乃至図 1 8 に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

40

【0106】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d
0 (物体面)	∞	D 0		
1	∞	0 . 2 2 0 0	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
2	0 . 5 9 1 0	0 . 3 5 8 8		
3	∞	0 . 3 2 0 0	1 . 5 2 3 0 0	6 5 . 1 3
4	∞	0 . 1 3 0 0		
5	- 1 . 8 1 2 7	1 . 0 3 8 4	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6

50

6	- 2 . 1 6 6 2	0 . 0 5 5 2		
7	3 2 . 3 9 8 3	0 . 7 7 3 3	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
8	- 1 . 2 9 9 1	0 . 3 0 9 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
9	- 2 . 0 8 8 9	D 1		
1 0	∞	0 . 2 2 0 9	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
1 1	1 . 0 7 9 2	0 . 4 3 0 8	1 . 6 5 2 2 2	3 3 . 7 9
1 2	7 . 6 9 0 6	0 . 0 3 3 1		
1 3 (絞 り)	∞	D 2		
1 4	2 . 3 2 7 5	1 . 4 3 6 0	1 . 4 8 9 1 5	7 0 . 2 3
1 5	- 3 . 1 5 3 8	0 . 0 5 5 2		
1 6	1 . 7 2 9 9	1 . 2 7 0 3	1 . 5 8 4 8 2	4 0 . 7 5
1 7	- 1 . 6 5 9 2	0 . 2 9 8 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
1 8	3 . 5 9 4 5	0 . 6 0 1 9		
1 9	- 1 1 . 0 9 2 9	0 . 3 6 4 5	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
2 0	∞	0 . 0 1 1 0	1 . 5 1 5 0 0	6 4 . 0 0
2 1	∞	0 . 4 4 1 9	1 . 5 0 7 0 0	6 3 . 2 6
2 2	∞	0		

10

【 0 1 0 7 】

各種データ

	通常観察状態 (広角端)	中間状態	近接拡大状態 (望遠端)
D 0	1 1 . 0 5 0 0	4 . 4 1 8 6	2 . 5 5 0 0
D 1	0 . 2 2 0 9	0 . 7 9 9 5	1 . 3 2 5 6
D 2	1 . 4 4 7 1	0 . 8 6 8 6	0 . 3 4 2 4
f l	0 . 6 3 4 4	0 . 7 4 2 6	0 . 8 3 5 7
F n o	5 . 1 5	5 . 5 3	5 . 8 7

20

【 0 1 0 8 】

(実施例 5)

本発明の実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図 1 9 に示す。

本実施例に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群と正の屈折力の第 3 レンズ群と負の屈折力の第 4 レンズ群にて構成されている。また、明るさ絞りは第 2 レンズ群の物体側に配置されている。

30

【 0 1 0 9 】

そして、本実施例に係る拡大内視鏡用光学系においては、第 2 レンズ群が光軸上を像側に移動して通常観察状態 (広角端) から近接拡大状態 (望遠端) への変倍と合焦を行う。つまり、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍と合焦を行う。

【 0 1 1 0 】

第 1 レンズ群は、平凹レンズと、平行平板と、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと両凸レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 2 レンズ群が平凹レンズから構成され、第 3 レンズ群が両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 4 レンズ群が凹平レンズから構成される。第 4 レンズ群の凹平レンズと撮像面は一体に接着されている。

40

本実施例は、条件式 (1) 乃至条件式 (8) を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【 0 1 1 1 】

なお、平行平板には、特定波長、例えば Y A G レーザーの 1 0 6 0 n m、半導体レーザーの 8 1 0 n m あるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

本実施例 5 に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図 2 0 乃至図 2 2 に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

50

【 0 1 1 2 】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d	
0 (物体面)	∞	D 0			
1	∞	0 . 1 9 0 0	1 . 8 8 8 1 4	4 0 . 7 8	
2	0 . 4 8 4 3	0 . 7 1 7 4			
3	∞	0 . 2 7 0 0	1 . 5 2 3 0 0	6 5 . 1 3	
4	∞	0 . 1 2 3 4			
5	1 3 . 0 7 1 4	0 . 2 3 7 4	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6	
6	0 . 6 9 2 3	0 . 7 7 8 7	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8	10
7	- 1 . 0 1 8 0	0 . 0 4 7 5	1 .		
8 (絞り)	∞	D 1			
9	∞	0 . 2 3 5 0	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8	
10	2 . 9 1 6 3	D 2			
11	1 . 8 9 9 2	1 . 0 7 3 1	1 . 4 8 9 1 5	7 0 . 2 3	
12	- 4 . 2 7 5 2	0 . 0 4 7 5			
13	1 . 4 1 0 2	1 . 2 1 5 5	1 . 4 8 9 1 5	7 0 . 2 3	
14	- 1 . 5 5 8 3	0 . 5 4 1 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0	
15	3 . 6 1 2 3	0 . 4 6 2 9			
16	- 1 8 . 2 2 1 2	0 . 3 3 2 4	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4	20
17	∞	0 .			

【 0 1 1 3 】

各種データ

	通常観察状態 (広角端)	中間状態	近接拡大状態 (望遠端)	
D 0	9 . 4 9 6 1	4 . 5 0	2 . 2 8	
D 1	0 . 0 9 5 0	0 . 5 3 7 8	1 . 3 2 9 5	
D 2	1 . 4 7 1 9	1 . 0 2 9 0	0 . 2 3 7 4	
f l	0 . 5 6 6	0 . 6 2 2	0 . 7 1 0 9	
F n o	4 . 9 2	5 . 4 9	6 . 5 8	30

【 0 1 1 4 】

(実施例 6)

本発明の実施例 6 に係る拡大内視鏡光学系の全体構成を示す断面図を図 2 3 に示す。

本実施例に係る拡大内視鏡光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群と正の屈折力の第 3 レンズ群と負の屈折力の第 4 レンズ群にて構成されている。また、明るさ絞りは第 2 レンズ群の物体側に配置されている。

【 0 1 1 5 】

そして、本実施例に係る拡大内視鏡用光学系においては、第 2 レンズ群が光軸上を像側に移動して通常観察状態 (広角端) から近接拡大状態 (望遠端) への変倍と合焦を行う。つまり、第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍と合焦を行う。

【 0 1 1 6 】

第 1 レンズ群は、平凹レンズと、平行平板と、像側に凸面を向けた正のメニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負のメニスカスレンズと両凸レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 2 レンズ群が平凹レンズから構成され、第 3 レンズ群が両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズを接合した正の接合レンズから構成され、第 4 レンズ群が凹平レンズから構成される。第 4 レンズ群の凹平レンズと撮像素子封止ガラスと撮像面は一体に接着されている。

本実施例は、条件式 (1) 乃至条件式 (8) を満足し、これにより、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を確保している。

【 0 1 1 7 】

なお、平行平板には、特定波長、例えばＹＡＧレーザーの１０６０ｎｍ、半導体レーザーの８１０ｎｍあるいは近赤外線領域の光をカットするためのフィルタを適用することができる。

本実施例６に係る拡大内視鏡光学系の収差図を図２４乃至図２６に夫々示すと共に、そのレンズデータを以下に示す。

【０１１８】

レンズデータ

面番号	r	d	N e	v d	
０（物体面）	∞	D 0			
１	∞	０．２０００	１．８８８１４	４０．７８	10
２	０．４９６９	０．４５８４＊			
３	∞	０．３５００	１．５２３００	６５．１３	
４	∞	０．２０１６			
５	- １．５４６８	０．３０１５	１．５１９７７	５２．４３	
６	- １．２４３４	０．０５３２			
７	１３．１２９３	０．２４４３	１．８８８１５	４０．７６	
８	０．７３５５	０．７４９６	１．７２３４１	５０．２３	
９	- １．１４６８	０．０５０４			
１０（絞り）	∞	D 1			
１１	∞	０．２５１９	１．８２０１７	４６．６２	20
１２	２．５４８８	D 2			
１３	１．８９３０	１．２９８１	１．４８９１５	７０．２３	
１４	- ６．４５０４	０．０５０２			
１５	１．６３７０	１．０６００	１．５９１４３	６１．１４	
１６	- １．８３５３	０．３１９５	１．９３４２９	１８．９０	
１７	∞	０．５８８７			
１８	- １．７３００	０．４５３５	１．５１８２５	６４．１４	
１９	∞	０．０１５０	１．５１５００	６４．００	
２０	∞	０．３９００	１．５０７００	６３．２６	
２１	∞				30

【０１１９】

各種データ

	通常観察状態 （広角端）	中間状態	近接拡大状態 （望遠端）
D 0	１０．０７７５	４．５０００	２．３５００
D 1	０．１２０９	０．５８２６	１．１９９２
D 2	１．３０００	０．８３８４	０．２２１７
f l	０．５８９	０．６６９	０．７６４
F n o	４．８６	５．６２	６．７６

【０１２０】

なお、上記した実施例１乃至実施例６において、上記（１）乃至（８）式に係る値を表１に示す。

【０１２１】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
条件式 (1) $-65 < f_r / f_w < -2$	-8.90	-13.26	-16.78	-33.76	-62.12	-5.67
条件式 (2) $-60 < R_r / R_{01} < -2$	-5.27	-8.00	-10.84	-18.77	-37.62	-3.48
条件式 (3) $0.15 < T_r / f_w < 1.7$	0.56	0.56	0.69	0.57	0.59	0.77
条件式 (4) $5 < f_r / f_{01} < 68$	9.02	13.71	18.57	32.19	64.51	5.97
条件式 (5) $1.2 < d_m / f_w < 2.4$	1.83	1.94	1.57	1.74	2.18	1.83
条件式 (6) $0.9 < f_4 / f_2 < 9.5$	1.44	2.01	2.17	6.60	8.83	1.07
条件式 (7) $-0.6 < \exp i(w) / \Sigma d < -0.3$	-0.53	-0.43	-0.51	-0.43	-0.51	-0.49
条件式 (8) $-25 < f_4 / f_1 < -2$	-3.51	-5.19	-7.63	-14.61	-22.28	-2.46

10

20

30

40

50

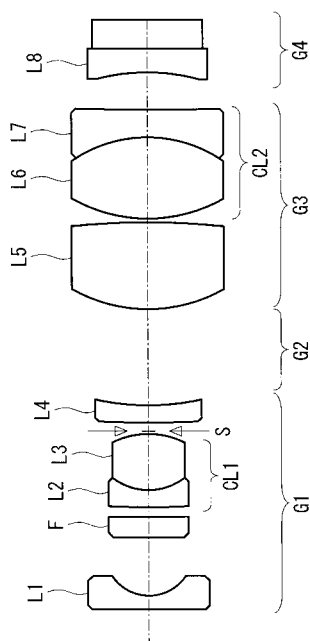
【符号の説明】

【0 1 2 2】

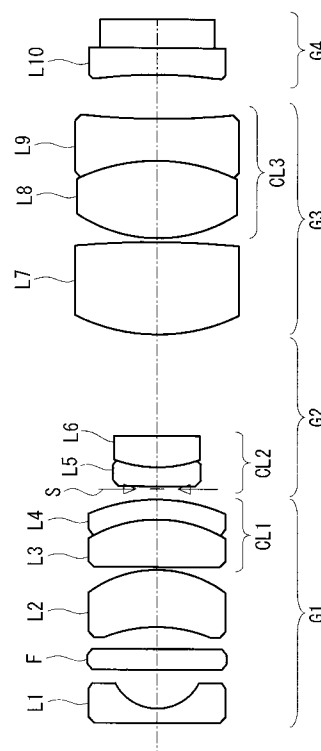
- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- L 1 第 1 レンズ
- L 2 第 2 レンズ
- L 3 第 3 レンズ
- L 4 第 4 レンズ
- L 5 第 5 レンズ
- L 6 第 6 レンズ
- L 7 第 7 レンズ
- L 8 第 8 レンズ
- L 9 第 9 レンズ
- L 1 0 第 1 0 レンズ
- C L 1 接合レンズ
- C L 2 接合レンズ

10

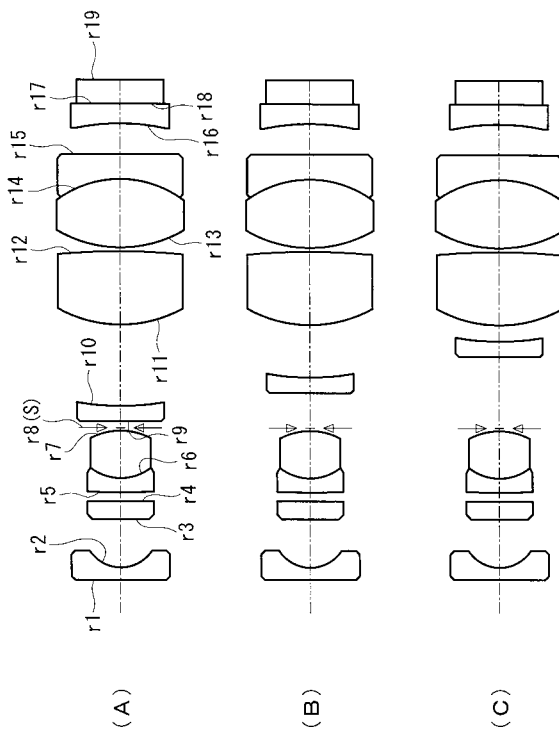
【 図 1 】



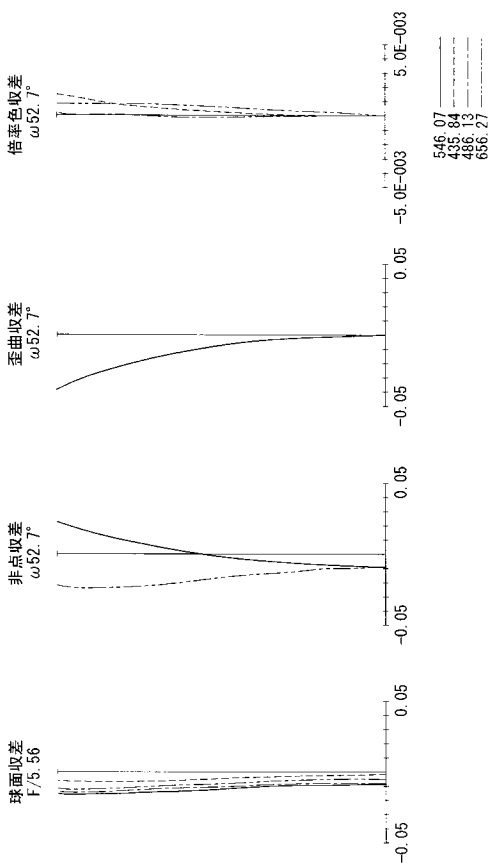
【 図 2 】



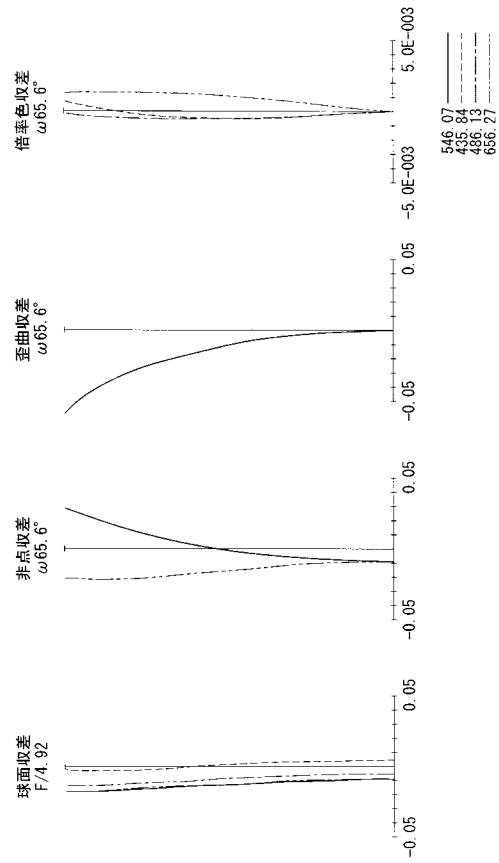
【 図 3 】



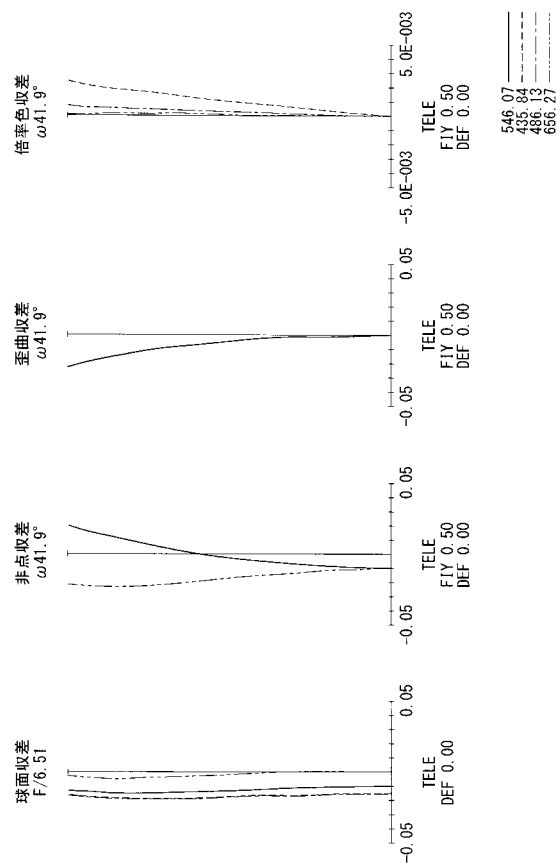
【 図 5 】



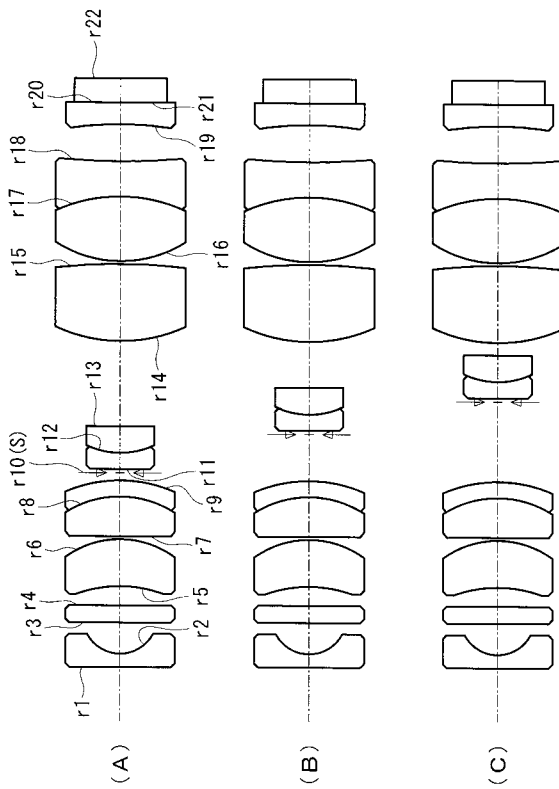
【 図 4 】



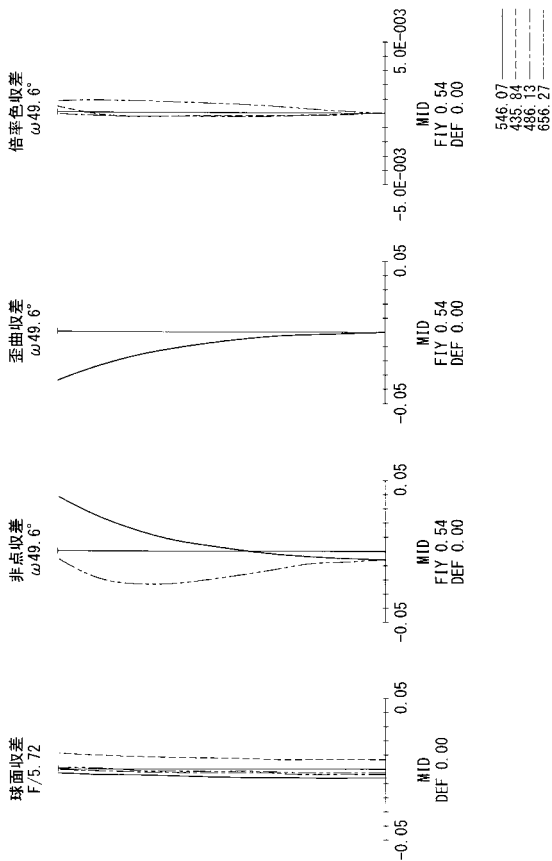
【 図 6 】



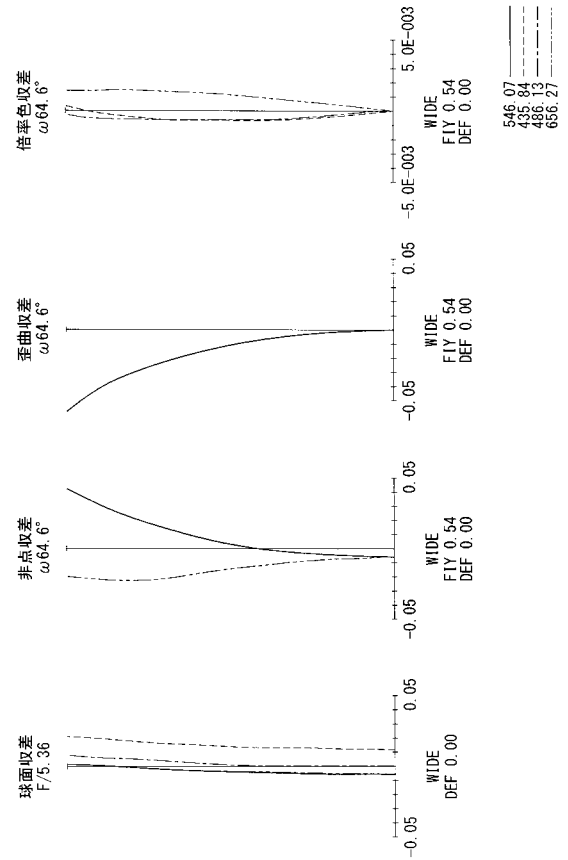
【 図 7 】



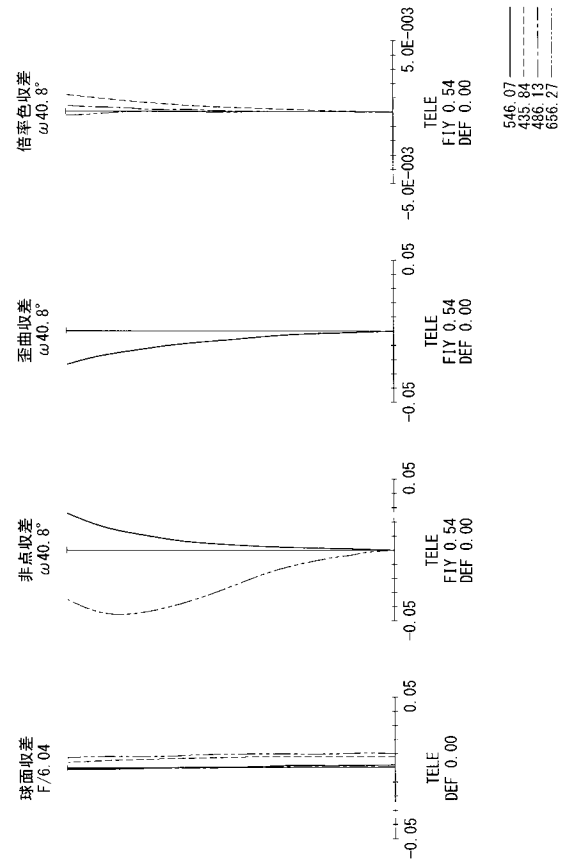
【 図 9 】



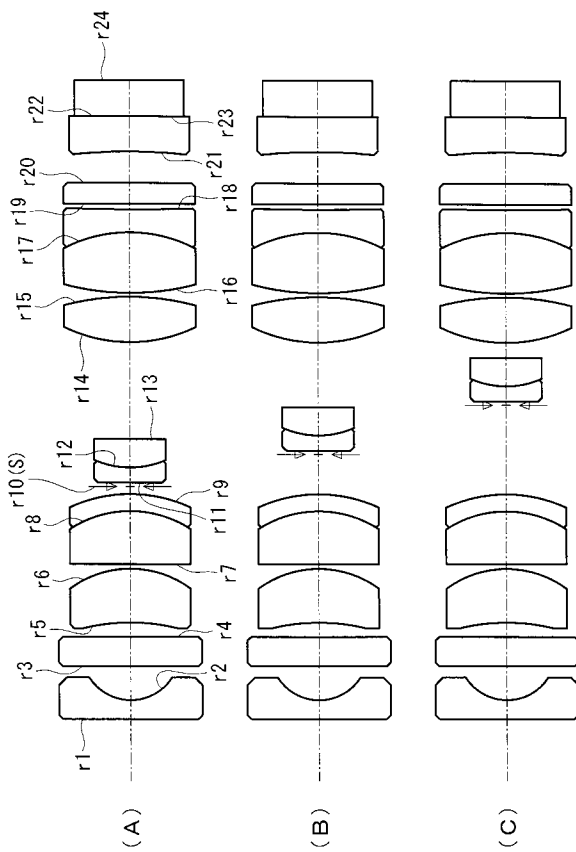
【 図 8 】



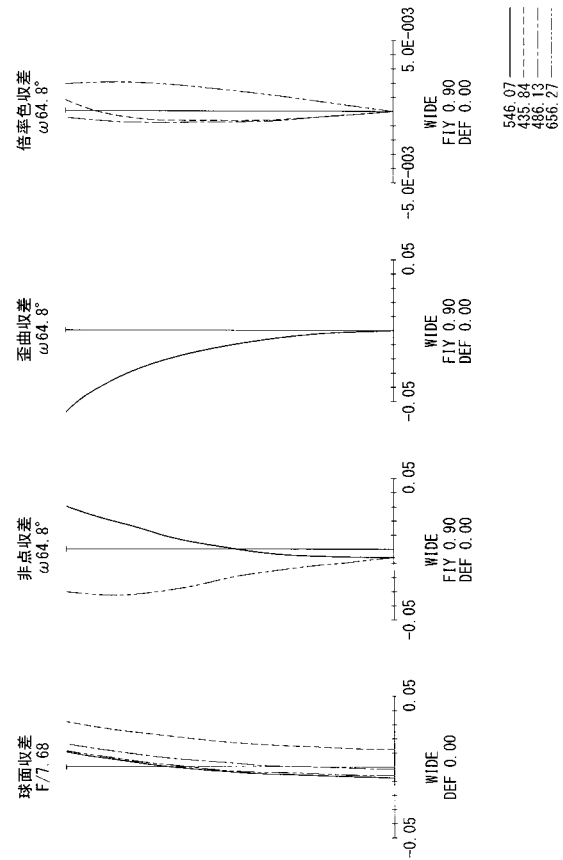
【 図 10 】



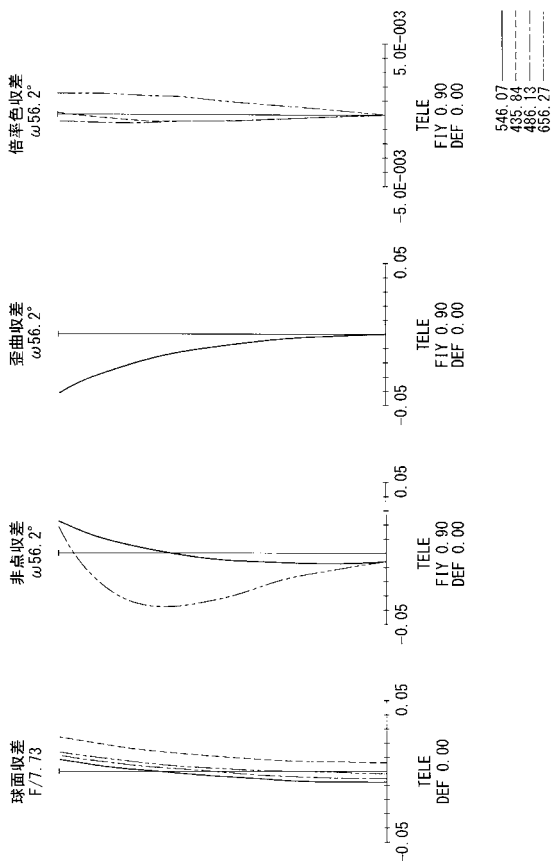
【図 1 1】



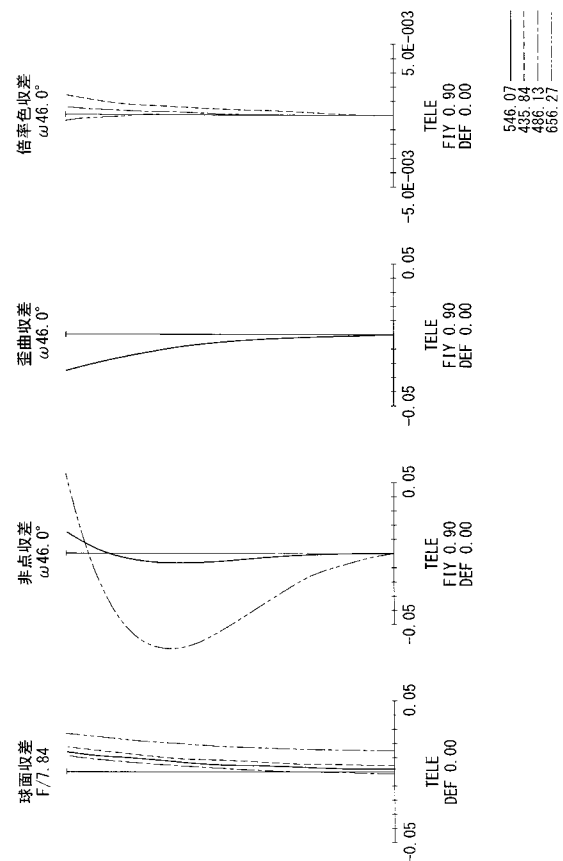
【図 1 2】



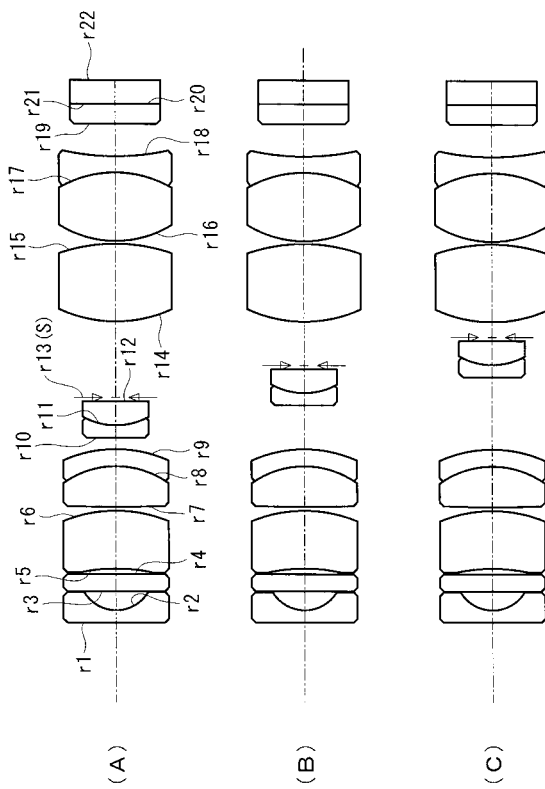
【図 1 3】



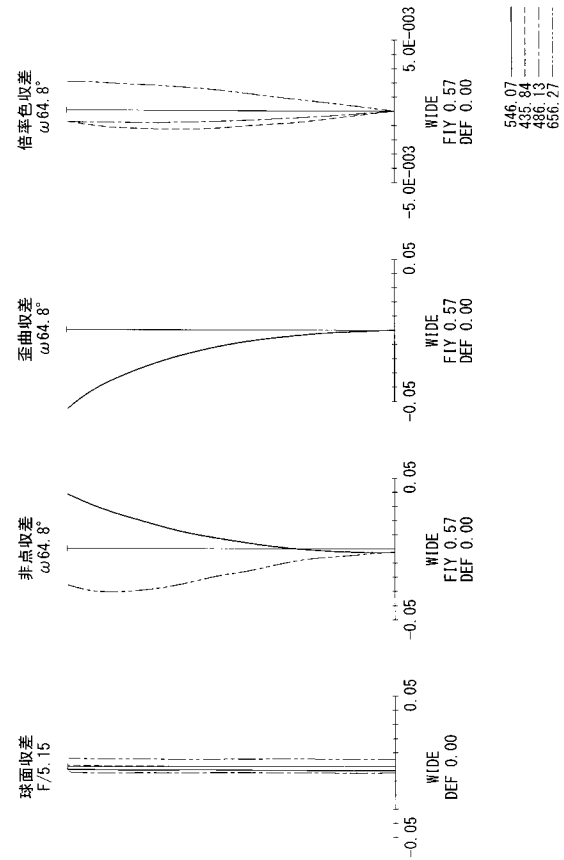
【図 1 4】



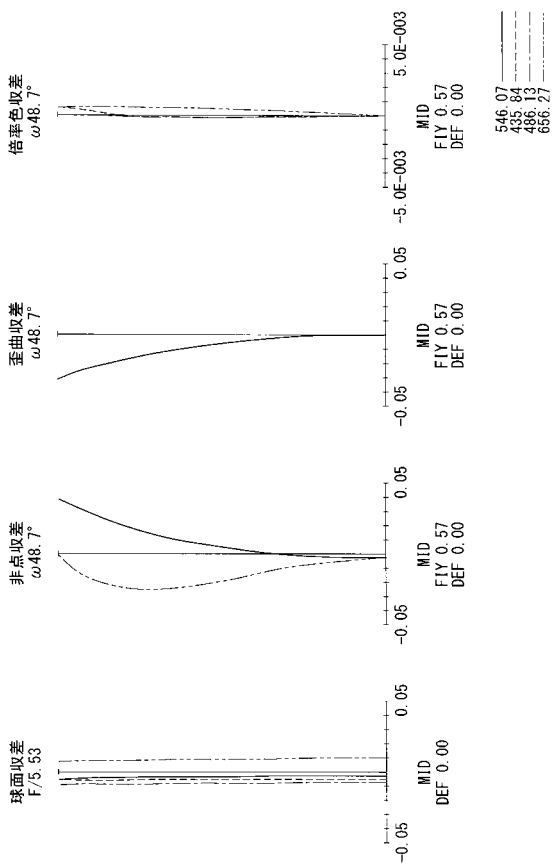
【図 15】



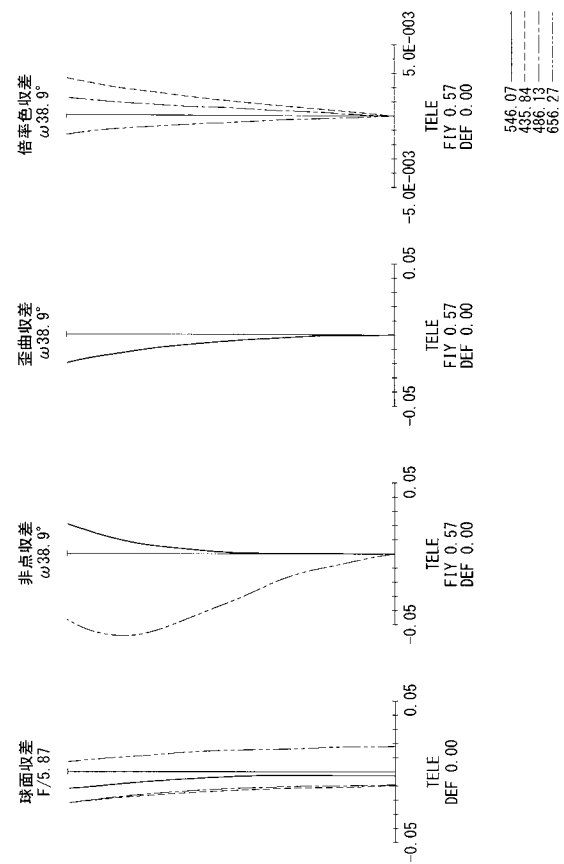
【図 16】



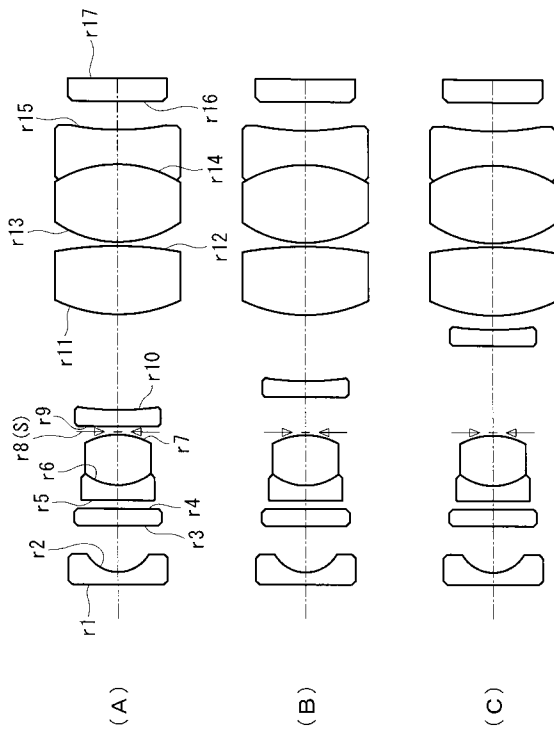
【図 17】



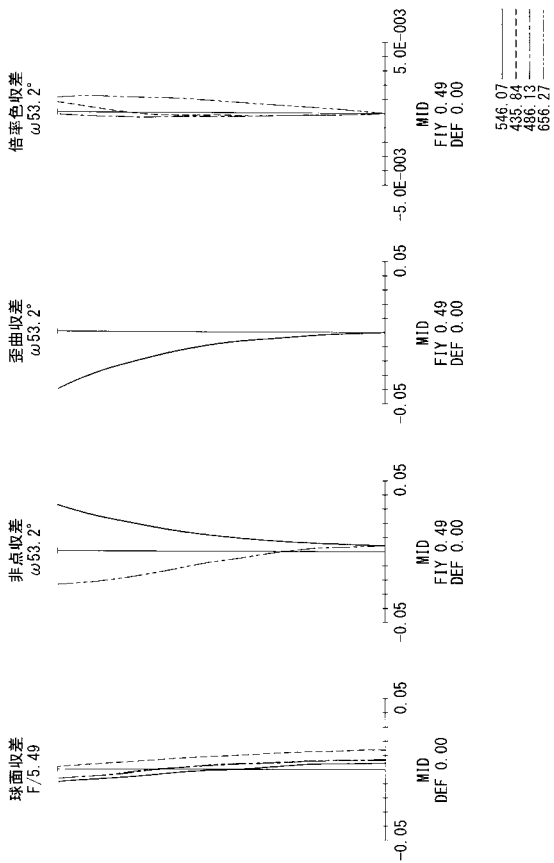
【図 18】



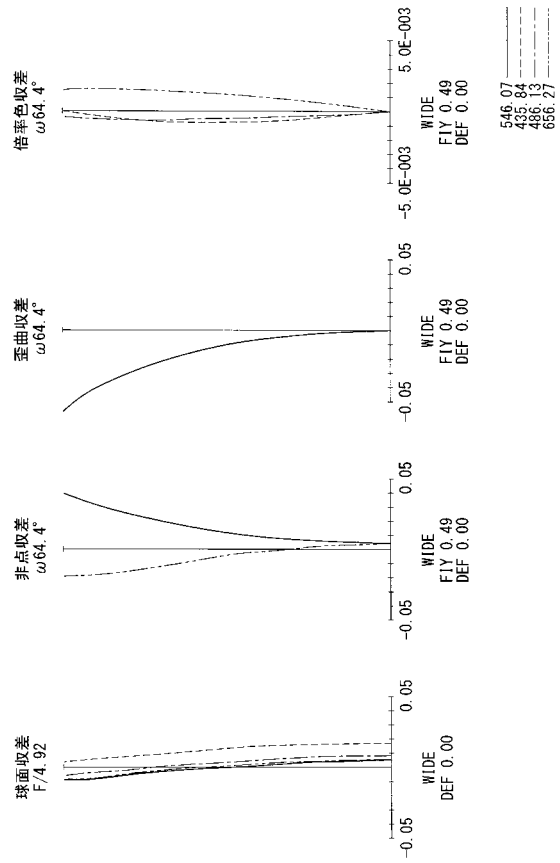
【図 19】



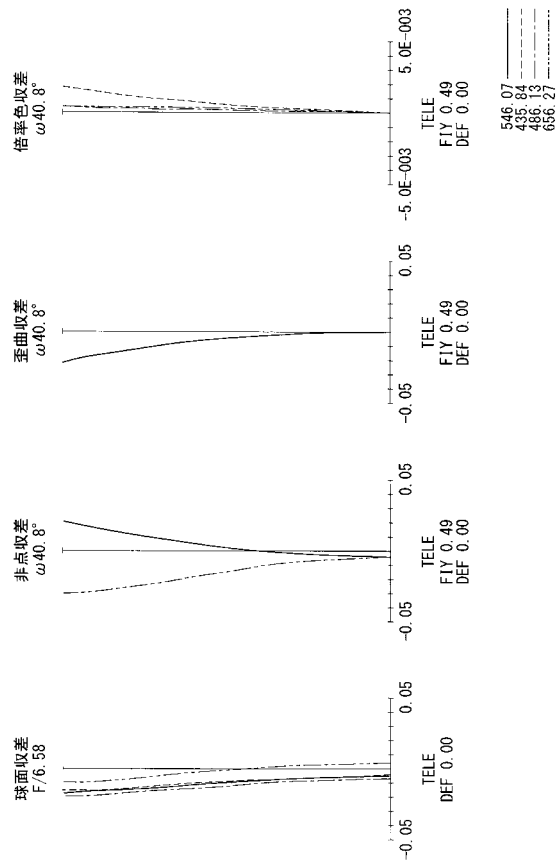
【図 21】



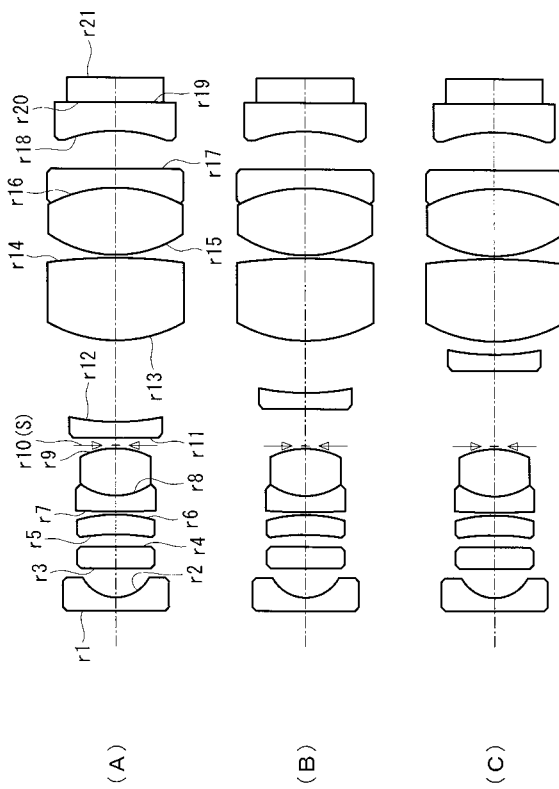
【図 20】



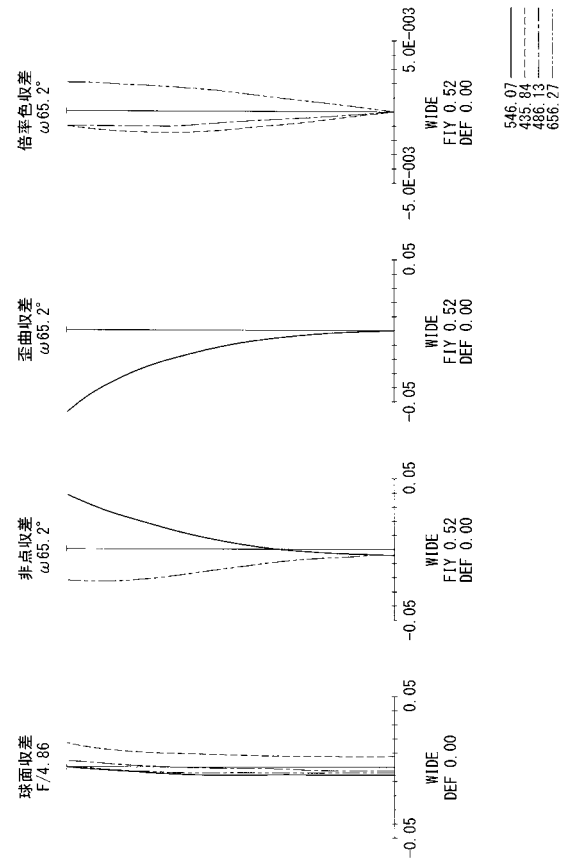
【図 22】



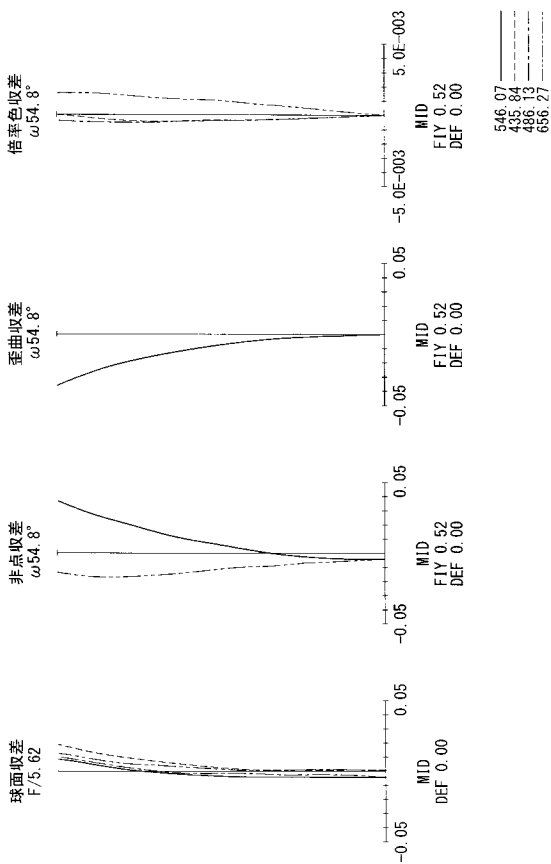
【図 2 3】



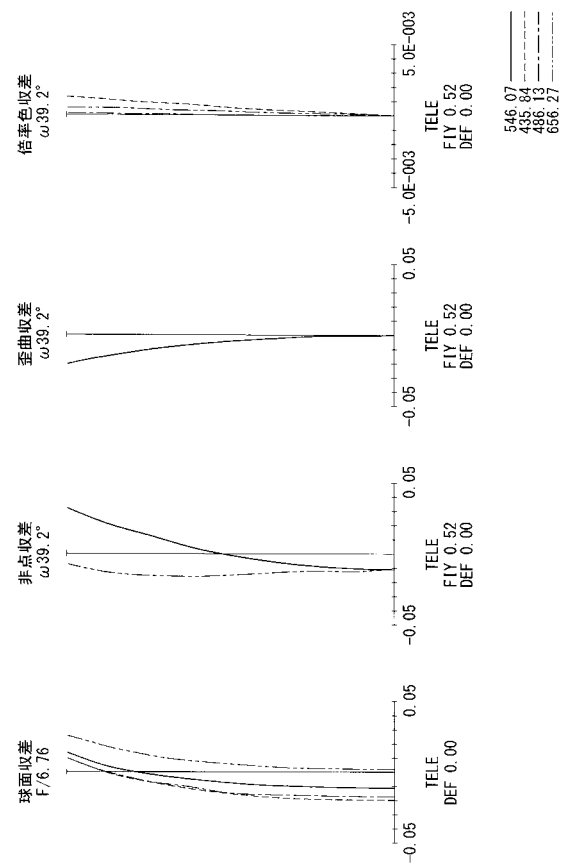
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



【手続補正書】

【提出日】平成27年1月30日(2015.1.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレンズ群と、撮像素子に接合する負の単レンズとを備え、

前記レンズ群うちの一部のレンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式(1)を満足する拡大内視鏡光学系。

$$-6.5 < f_r / f_w < -2 \quad \dots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負の単レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態(広角端)での全系の焦点距離である。

【請求項2】

最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(2)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$-6.0 < R_r / R_{01} < -2 \quad \dots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負の単レンズの物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は前記負の第1レンズの像側の面の曲率半径である。

【請求項3】

以下の条件式(3)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$0.15 < T_r / f_w < 1.7 \quad \dots (3)$$

但し、 T_r は撮像素子に接合した負の単レンズの中肉厚である。

【請求項4】

最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(4)を満足する請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

$$5 < f_r / f_{01} < 6.8 \quad \dots (4)$$

但し、 f_{01} は負の第1レンズの焦点距離である。

【請求項5】

物体側から順に、正の第1群、負の第2群、正の第3群及び負の第4群を備え、

該第4群が、撮像素子に接合する負の単レンズを有し、

該負の単レンズが、物体側に凹面を向けた負の単レンズであり、

前記第3群と前記第4群との群間隔で像位置の調整を行い、前記第2群のみが光軸上を移動することにより合焦及び変倍を行う、請求項1記載の拡大内視鏡光学系。

【請求項6】

以下の条件式(5)乃至(7)を満足する請求項5記載の拡大内視鏡光学系。

$$1.2 < d_m / f_w < 2.4 \quad \dots (5)$$

$$0.9 < f_4 / f_2 < 9.5 \quad \dots (6)$$

$$-0.6 < \exp i(w) / \Sigma d < -0.3 \quad \dots (7)$$

但し、 d_m は第2群の移動量であり、 f_4 は第4群の焦点距離であり、 f_2 は第2群の焦点距離であり、 $\exp i(w)$ は通常観察状態(広角端)での最大像高実光線の射出瞳位置であり、 Σd は光学系の全長である。

【請求項7】

以下の条件式(8)を満足する、請求項6記載の拡大内視鏡光学系。

$$-2.5 < f_4 / f_1 < -2 \quad \dots (8)$$

但し、 f_1 は第1群の焦点距離である。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の一態様は、複数のレンズ群と、撮像素子に接合する負の単レンズとを備え、前記レンズ群うちの一部のレンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式(1)を満足する拡大内視鏡光学系を提供する。

$$-65 < f_r / f_w < -2 \quad \cdots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負の単レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態(広角端)での全系の焦点距離である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

本態様によれば、長い移動群のストロークと大きい軸外主光線の入射角を同時に確保しながらも、良好に諸収差を補正し、優れた操作性と高画質な画像での内視鏡観察が可能となる。つまり、条件式(1)を満たすことにより、移動群のストロークを長く確保しても、撮像素子に接合した負の単レンズの射出瞳位置調整の効果で、大きい軸外主光線の入射角を確保することが可能であり、変倍光学系で課題となる像面湾曲や非点収差といった軸外の収差も良好に補正することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

上記態様において、最も物体側に負の第1レンズを有し、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$-60 < R_r / R_{01} < -2 \quad \cdots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負の単レンズの物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は前記負の第1レンズの像側の面の曲率半径である。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

条件式(2)は、負の第1レンズと撮像素子に接合する負の単レンズの屈折力を規定したものである。条件式(2)を満たすことで、撮像素子に接合する負の単レンズの物体側の面の曲率半径及び負の第1レンズの像側の面の曲率半径を適切に保ち、射出瞳位置の設定を適切に行って大きい軸外主光線の入射角を確保しながら、良好に収差補正を行うことができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

上記態様において、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.15 < Tr / fw < 1.7 \quad \dots (3)$$

但し、Trは撮像素子に接合した負の単レンズの中肉厚である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

条件式(3)は、撮像素子に接合した負の単レンズの中肉厚と通常観察状態(広角端)の焦点距離を規定したものである。条件式(3)を満たすことで、撮像素子に接合した負の単レンズの中肉厚を適切な厚さとして、射出瞳位置調整を適切に行うことができるとともに、レンズの強度を適切に保つことができる。また、対物光学系の全長も長すぎることがなく、小型化に有利となる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

条件式(4)は、第1レンズと撮像素子に接合した負の単レンズの屈折力を規定したものである。条件式(4)を満たすことで、負の単レンズの屈折力を適切な値として、射出瞳位置調整及び収差補正を共に良好に行うことができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

上記態様において、物体側から順に、正の第1群、負の第2群、正の第3群及び負の第4群を備え、該第4群が、撮像素子に接合する負の単レンズを有し、該負の単レンズが、物体側に凹面を向けた負の単レンズであり、前記第3群と前記第4群との群間隔で像位置の調整を行い、前記第2群のみが光軸上を移動することにより合焦及び変倍を行うことが好ましい。

【手続補正書】

【提出日】平成27年5月1日(2015.5.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像素子に接合する負の単レンズと、移動レンズ群とを備え、

前記移動レンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式(1)を満足する拡大内視鏡光学系。

$$-65 < fr / fw < -2 \quad \dots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負の単レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態（広角端）での全系の焦点距離である。

【請求項 2】

最も物体側に負の第 1 レンズを有し、以下の条件式 (2) を満足する請求項 1 記載の拡大内視鏡光学系。

$$-60 < R_r / R_{01} < -2 \quad \dots (2)$$

但し、 R_r は前記撮像素子に接合する負の単レンズの物体側の面の曲率半径であり、 R_{01} は前記負の第 1 レンズの像側の面の曲率半径である。

【請求項 3】

以下の条件式 (3) を満足する請求項 1 記載の拡大内視鏡光学系。

$$0.15 < T_r / f_w < 1.7 \quad \dots (3)$$

但し、 T_r は撮像素子に接合した負の単レンズの中肉厚である。

【請求項 4】

最も物体側に負の第 1 レンズを有し、以下の条件式 (4) を満足する請求項 1 記載の拡大内視鏡光学系。

$$5 < f_r / f_{01} < 68 \quad \dots (4)$$

但し、 f_{01} は負の第 1 レンズの焦点距離である。

【請求項 5】

物体側から順に、正の第 1 群、負の第 2 群、正の第 3 群及び負の第 4 群を備え、
該第 4 群が、撮像素子に接合する負の単レンズを有し、
該負の単レンズが、物体側に凹面を向けた負の単レンズであり、
前記第 3 群と前記第 4 群との群間隔で像位置の調整を行い、前記第 2 群のみが光軸上を移動することにより合焦及び変倍を行う、請求項 1 記載の拡大内視鏡光学系。

【請求項 6】

以下の条件式 (5) 乃至 (7) を満足する請求項 5 記載の拡大内視鏡光学系。

$$1.2 < d_m / f_w < 2.4 \quad \dots (5)$$

$$0.9 < f_4 / f_2 < 9.5 \quad \dots (6)$$

$$-0.6 < \exp i(w) / \Sigma d < -0.3 \quad \dots (7)$$

但し、 d_m は第 2 群の移動量であり、 f_4 は第 4 群の焦点距離であり、 f_2 は第 2 群の焦点距離であり、 $\exp i(w)$ は通常観察状態（広角端）での最大像高実光線の射出瞳位置であり、 Σd は光学系の全長である。

【請求項 7】

以下の条件式 (8) を満足する、請求項 6 記載の拡大内視鏡光学系。

$$-25 < f_4 / f_1 < -2 \quad \dots (8)$$

但し、 f_1 は第 1 群の焦点距離である。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の一態様は、撮像素子に接合する負の単レンズと、移動レンズ群とを備え、前記移動レンズ群を移動させることにより少なくとも通常観察状態と近接拡大状態との切替えが可能であり、以下の条件式 (1) を満足する拡大内視鏡光学系を提供する。

$$-65 < f_r / f_w < -2 \quad \dots (1)$$

但し、 f_r は撮像素子に接合する負の単レンズの焦点距離であり、 f_w は通常観察状態（広角端）での全系の焦点距離である。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/071485

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B13/04(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) G02B13/04, G02B23/26 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 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014 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 A	JP 2-90118 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 29 March 1990 (29.03.1990), entire text; all drawings; particularly, first example (page 3, upper left column, line 13 to lower right column, line 6; fig. 1) (Family: none)	1, 3 2, 4-7
A	JP 2009-103874 A (Olympus Medical Systems Corp.), 14 May 2009 (14.05.2009), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 4 & US 2009/0102961 A1 & US 7808725 B2 & JP 5118937 B2	1-7
☒ 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 24 September, 2014 (24.09.14)		Date of mailing of the international search report 07 October, 2014 (07.10.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/071485

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 2009-294496 A (Olympus Medical Systems Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 8 & US 2010/0142058 A1 & US 7982975 B2 & EP 2131225 A2 & JP 4653823 B2	1-7
A	JP 11-125770 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 11 May 1999 (11.05.1999), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0018], [0028] to [0029]; examples 3 to 4 (Family: none)	1-7

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 4 / 0 7 1 4 8 5	
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, 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, 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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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 A	JP 2-90118 A（富士写真光機株式会社）1990.03.29, 全文、全図、特に、第1実施例（第3ページ左上欄第13行-右下欄第6行、第1図）（ファミリーなし）	1, 3 2, 4-7	
A	JP 2009-103874 A（オリンパスメディカルシステムズ株式会社）2009.05.14, 全文、全図、特に、実施例1-4 & US 2009/0102961 A1 & US 7808725 B2 & JP 5118937 B2	1-7	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 24.09.2014		国際調査報告の発送日 07.10.2014	
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） 森内 正明 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 4 / 0 7 1 4 8 5
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2009-294496 A (オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2009.12.17, 全文、全図、特に、実施例 1-8 & US 2010/0142058 A1 & US 7982975 B2 & EP 2131225 A2 & JP 4653823 B2	1-7
A	JP 11-125770 A (オリンパス光学工業株式会社) 1999.05.11, 全文、 全図、特に、段落[0018]、[0028]-[0029]、実施例 3-4 (ファミリー なし)	1-7

 フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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

F ターム(参考) 2H087 KA10 LA03 MA07 PA05 PA07 PA19 PA20 PB06 PB08 PB09
 PB10 QA01 QA05 QA18 QA21 QA22 QA25 QA38 QA39 QA41
 QA42 QA45 RA32 RA36 RA44
 4C161 BB02 CC06 FF40 JJ06 LL02 NN01 PP12 PP13 RR06 RR17
 RR26

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

专利名称(译)	扩大的内窥镜光学系统		
公开(公告)号	JPWO2015025802A1	公开(公告)日	2017-03-02
申请号	JP2015506016	申请日	2014-08-15
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	佐藤伸也		
发明人	佐藤 伸也		
IPC分类号	G02B13/04 G02B13/24 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/04 G02B9/36 G02B23/243 G02B23/2438		
FI分类号	G02B13/04.D G02B13/24 G02B23/26.C A61B1/00.300.Y		
F-TERM分类号	2H040/BA03 2H040/CA23 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/MA07 2H087/PA05 2H087/PA07 2H087/PA19 2H087/PA20 2H087/PB06 2H087/PB08 2H087/PB09 2H087/PB10 2H087/QA01 2H087/QA05 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA38 2H087/QA39 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA36 2H087/RA44 4C161/BB02 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/JJ06 4C161/LL02 4C161/NN01 4C161/PP12 4C161/PP13 4C161/RR06 4C161/RR17 4C161/RR26		
代理人(译)	上田邦夫 藤田 考晴		
优先权	2013172240 2013-08-22 JP		
其他公开文献	JP5767423B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在保持可移动透镜组的长行程的同时，确保了偏轴主光线的大入射角，并且在变焦时的聚焦操作容易，但是尺寸减小。提供多个透镜组和胶合到图像传感器上的负透镜，并且通过移动透镜组中的一部分透镜组可以至少切换正常观察状态和近摄放大率状态。提供满足条件表达式(1)的放大内窥镜光学系统。 -65

