

(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2010-32680

(P2010-32680A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

| (51) Int.Cl.                | F I            | テーマコード (参考) |
|-----------------------------|----------------|-------------|
| <b>G02B 15/14 (2006.01)</b> | G02B 15/14     | 2H040       |
| <b>G02B 13/18 (2006.01)</b> | G02B 13/18     | 2H087       |
| <b>G02B 23/26 (2006.01)</b> | G02B 23/26 A   | 4C061       |
| <b>A61B 1/00 (2006.01)</b>  | A61B 1/00 300Y |             |

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 25 頁)

|           |                              |          |                               |
|-----------|------------------------------|----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-193198 (P2008-193198) | (71) 出願人 | 304050923                     |
| (22) 出願日  | 平成20年7月28日 (2008.7.28)       |          | オリンパスメディカルシステムズ株式会社           |
|           |                              |          | 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号             |
|           |                              | (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 | 野口 あずさ                        |
|           |                              |          | 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 BA05 CA22 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物光学系

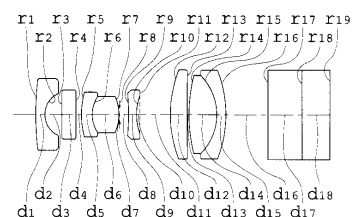
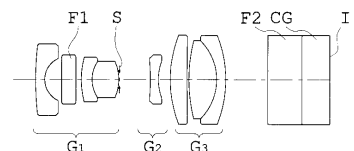
## (57) 【要約】

【課題】高画素の撮像素子を適用しても十分な観察深度を得ることが可能な内視鏡用対物光学系を提供する。

【解決手段】物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1群G1と、明るさ絞りSと、負の屈折力を有する第2群G2と、正の屈折力を有する第3群G3とからなり、第2群G2を光軸に沿って移動させることによって焦点距離が変化する対物光学系。第1群G1の最も物体側の面が物体側に凸であることを特徴とする。

【選択図】図1

## 実施例1

広角端  
(a)拡大観察状態  
(b)

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第 1 群と、明るさ絞りと、負の屈折力を有する第 2 群と、正の屈折力を有する第 3 群とからなり、前記第 2 群を光軸に沿って移動させることによって焦点距離が変化する対物光学系において、前記第 1 群の最も物体側の面が物体側に凸であることを特徴とする内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 2】

広角端で、最大像高に対する視野角が  $100^\circ$  以上あることを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 3】

焦点距離が変化しても、像面から最も物体側のレンズまでの距離が一定であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 4】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.5 < |f_{01} / f_w| < 1.2$$

但し、 $f_{01}$  は第 1 群の最も物体側のレンズの焦点距離、 $f_w$  は対物光学系の広角端の焦点距離である。

## 【請求項 5】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 4 に記載の内視鏡用対物光学系。

$$5 < r_{01} / f_w < 20$$

但し、 $r_{01}$  は第 1 群の最も物体側のレンズの物体側面の曲率半径である。

## 【請求項 6】

変倍時に、明るさ絞りが第 2 群と共に移動することを特徴とする請求項 1 又は 4 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 7】

前記第 1 群の少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする請求項 6 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 8】

前記第 1 群の最も像側のレンズ又は接合レンズの少なくとも 1 面が非球面であることを特徴とする請求項 7 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 9】

前記第 1 群の最も物体側のレンズの少なくとも 1 面が非球面であることを特徴とする請求項 7 に記載の内視鏡用対物光学系。

## 【請求項 10】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 4 に記載の内視鏡用対物光学系。

$$|\theta_t / \theta_w| < 3.5$$

但し、 $\theta_t$  は狭角端での像面への主光線の入射角度、 $\theta_w$  は広角端での像面への主光線の入射角度である。

## 【請求項 11】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 10 に記載の内視鏡用対物光学系。

$$1.5 < f_3 / f_w < 3.5$$

但し、 $f_3$  は第 3 群の焦点距離、 $f_w$  は対物光学系の広角端の焦点距離である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、変倍機能を有し拡大観察が可能である内視鏡用対物光学系に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、医療分野では、病変の精密な診断を行うために、拡大観察が可能な光学系の要求

10

20

30

40

50

が強くなっている。拡大観察が可能な光学系として、物体側から順に配置された正、負、正の３つのレンズ群で構成され、負の第２群を移動させて焦点距離の変化、即ち変倍と合焦を行う光学系が、下記の特許文献１及び２に開示されている。

【特許文献１】特開平４－２１８０１２号公報

【特許文献２】特開平１１－３１６３３９号公報

【０００３】

内視鏡においては、観察深度が広く、且つ近点から遠点まで画質の劣化がないことが観察し易さ、病変の見つけ易さにつながる。観察深度は、下記の関係式で表される。

$$\Delta x = P \times F_{no.} / f^2$$

ここで、 $\Delta x$  は観察深度、 $P$  は撮像素子の画素ピッチ、 $F_{no.}$  は対物光学系のＦナンバー、 $f$  は対物光学系の焦点距離である。この式により、観察深度は下記のような特徴があることがわかる。

- ・ 撮像素子の画素ピッチが大きいほど観察深度が広い。
- ・ 対物光学系のＦナンバーが大きい(開口が小さい)ほど観察深度が広い。
- ・ 対物光学系の焦点距離が小さいほど観察深度が広い。

【０００４】

また、診断の精度を向上させるために、内視鏡画像の高画質化が求められ、従来よりも高画素の撮像素子が採用され始めている。それに伴い撮像素子の画素ピッチは小さくなるため、高画素の撮像素子を使う場合、観察深度が狭くなる。また、Ｆナンバーを大きくする、つまり明るさ絞りの開口を絞ることにより回折現象が発生して画質が劣化しないように、Ｆナンバーが下記のレイリーリミット条件式を満たすように光学系の仕様を決定する必要がある。

$$F_{no.} < 1.64 \times P / \lambda$$

ここで、 $F_{no.}$  は対物光学系のＦナンバー、 $P$  は撮像素子の画素ピッチ、 $\lambda$  は波長である。

上記の式によれば、画素ピッチ $P$ が小さくなるとＦナンバーをあまり大きくすることができないことがわかる。

以上の理由により、内視鏡の高画質化により、撮像素子の画素ピッチ及びＦナンバーが小さくなるため、撮像光学系の観察深度が狭くなる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

上記の特許文献１及び２に記載されている従来例の光学系は、何れも第１群の最も物体側のレンズが平凹レンズで負の強いパワーを持つため、第１群の正のパワーが弱くなり全系のパワーが弱く、つまり焦点距離が大きくなる。そのため、高画素の撮像素子と組み合わせると観察深度が狭くなり、観察に支障をきたす可能性がある。

【０００６】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、従来と同じ群構成で移動する群が一つしか無いにもかかわらず、高画素の撮像素子を適用しても十分な観察深度を得ることが可能な内視鏡用対物光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記の目的を達成するため、本発明による内視鏡用対物光学系は、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第１群と、明るさ絞りと、負の屈折力を有する第２群と、正の屈折力を有する第３群とからなり、前記第２群を光軸に沿って移動させることによって焦点距離が変化する対物光学系において、前記第１群の最も物体側の面が物体側に凸であることを特徴とする。

【０００８】

本発明によれば、広角端での最大像高に対する視野角が１００°以上であることが好ましい。

【０００９】

10

20

30

40

50

また、本発明によれば、焦点距離が変化しても、像面から最も物体側のレンズまでの距離が一定であることを特徴とする。

【0010】

また、本発明によれば、下記条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$0.5 < |f_{01} / f_w| < 1.2 \quad (1)$$

但し、 $f_{01}$ は第1群の最も物体側のレンズの焦点距離、 $f_w$ は対物光学系の広角端の焦点距離である。

【0011】

また、本発明によれば、下記条件式(2)を満足することを特徴とする。

$$5 < r_{01} / f_w < 20 \quad (2)$$

但し、 $r_{01}$ は第1群の最も物体側のレンズの物体側面の曲率半径である。

【0012】

また、本発明によれば、変倍時に、明るさ絞りが第2群と共に移動することを特徴とする。

【0013】

また、本発明によれば、前記第1群の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。

【0014】

また、本発明によれば、前記第1群の最も像側のレンズ又は接合レンズの少なくとも1面が非球面であることを特徴とする。

【0015】

また、本発明によれば、前記第1群の最も物体側のレンズの少なくとも1面が非球面であることを特徴とする。

【0016】

また、本発明によれば、下記条件式(3)を満足することを特徴とする。

$$|\theta_t / \theta_w| < 3.5 \quad (3)$$

但し、 $\theta_t$ は狭角端での像面への主光線の入射角度、 $\theta_w$ は広角端での像面への主光線の入射角度である。

【0017】

また、本発明によれば、下記条件式(4)を満足することを特徴とする。

$$1.5 < f_3 / f_w < 3.5 \quad (4)$$

但し、 $f_3$ は第3群の焦点距離、 $f_w$ は対物光学系の広角端の焦点距離である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、広角端での焦点距離を長くすることで、高画素の撮像素子を適用しても十分な観察深度を得ることが可能な、内視鏡用対物光学系を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態を図示した実施例に基づき説明するが、説明に先立ち本発明の作用効果について説明する。

内視鏡は、広い視野角を実現するため、第1群の最も物体側のレンズは凹レンズで構成されている。この凹レンズの物体側を凸面とすることにより、第1群の正のパワーを強くすることが出来る。そのため、全系でのパワーも強くなり、同じ視野角の場合に焦点距離が小さくなる。

前述のように、観察深度は、同じ撮像素子を使い、対物光学系のFナンバーが同じであれば焦点距離が小さい方が広がる。そのため、第1群の最も物体側の面を物体側に凸面とすることにより、観察深度を広くすることができる。

【0020】

また、本発明の拡大内視鏡の構成において、広角端での最大像高に対する視野角が100°以上であると良い。内視鏡では、体内を観察したり、スムーズに体内に挿入するため

10

20

30

40

50

に通常観察状態である広角端では、なるべく広い範囲が一度に見えることが望ましい。そのため、視野角は $100^\circ$ 以上あると良い。

更に、焦点距離が変化しても、像面から最も物体側のレンズまでの距離が一定である構成となっている。内視鏡は体内で使用し、診断や処置に使った後に洗浄及び/又は消毒するあるため、挿入部分の水密構造が必要である。そのため、光学系の先端部は挿入部先端部材に固定されている。内視鏡対物光学系の全長が変化する場合、長さの変化を吸収する必要がある。しかし、撮像素子から操作部及びプロセッサとの接続部に掛けては電気信号を送るためのケーブルが配置してあり、光学系の全長が変化した場合にケーブル全体を動かさなければならず、技術的に難易度が高い。そのため、内視鏡対物光学系は焦点距離が変化しても、全長が変わらないことが望ましい。

10

#### 【0021】

更に、本発明の拡大内視鏡においては、前記条件式(1)を満足することを特徴とするが、この条件式(1)は、対物光学系の最も物体側のレンズのパワーを規定したものである。

本発明の対物光学系は、視野角が $100^\circ$ 以上と広角であるため、視野角を広くするために物体側に比較的強い負のパワーが必要となる。そのため、本発明では、第1レンズを負レンズで構成している。しかし、負のパワーを光学系の全系のパワーに対して強くしすぎると、第1レンズの像側の凹面の曲率半径が小さくなり、レンズの加工が困難になる。また、曲率や球欠深さの製造誤差が視野角や中心偏角に及ぼす影響が大きくなる。条件式(1)の下限0.5を下回ると、第1レンズの負のパワーが強くなりすぎて、安定した生産が困難となる。一方、第1レンズのパワーを小さくし、つまり条件式(1)において上限1.2を上回ると、第1レンズでの光線高が高くなってレンズ径が大きくなってしまい、内視鏡本体の外径サイズを大きくしてしまう。

20

#### 【0022】

また、本発明の拡大内視鏡においては、前記条件式(2)を満足することを特徴とするが、この条件式(2)は、最も物体側のレンズの物体側面の曲率半径を規定するものである。内視鏡観察時に、体内の粘膜や残留物に触れて異物が付いたり汚れたりして、観察に支障をきたす場合がある。その場合には、内視鏡本体に設けられているノズルから水をレンズ面に吹き付けることにより、異物や汚れを除去する。内視鏡光学系の最も物体側のレンズの物体側の面を曲面にした場合に、条件式(2)の下限5を下回ると、レンズの曲率が強くなり、ノズルから出た水がレンズの反対側に届かなくなってしまう。一方、条件式(2)の上限20を上回ると、第1群の正のパワーを強くする効果が低くなり、観察深度があまり深くない。

30

#### 【0023】

更に、本発明の拡大内視鏡の構成においては、変倍時に明るさ絞りが第2群と共に移動することを特徴とする。明るさ絞りが第2群と共に移動すると、第2群での光線高が低くなるため、移動群である第2群のレンズ径を小さくすることができ、レンズ群を動かすための機構を設けるのに有利であると共に、重量が軽くなり移動の負荷を小さくすることができる。また、明るさ絞りを第2群と一体で動かすと、広角端と拡大観察状態でのFナンバーの変動を抑えることができる。そのため、それぞれの状態で回折限界を考慮した値までFナンバーを大きくして、観察深度を広くすることが可能となる。

40

#### 【0024】

本発明の拡大内視鏡の構成においては、更に前記第1群の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。また、前記第1群の最も像側のレンズまたは接合レンズの少なくとも1面が非球面であることを特徴とする。

明るさ絞りが第2群と一体で移動する場合、第1群の像側での光線高は、広角端では低く、拡大観察状態では高くなる。光線高が高いところでは、光線の屈折が大きくなるため、拡大観察状態での像面湾曲、非点収差及びコマ収差が発生する。そこで、第1群の最も像側のレンズまたは接合レンズの何れかの面に非球面を適用することにより、拡大観察状態での収差を補正することが可能となる。

50

また、最も物体側のレンズの少なくとも 1 面に非球面を設けても良い。本発明の拡大内視鏡光学系は視野角が広く、特に最も物体側のレンズで光線を大きく曲げて、広角を実現している。そのため、最も物体側のレンズのパワーが強くなり、周辺での光線の屈折が大きいと、非点収差やコマ収差が発生する。そこで、最も物体側のレンズに非球面を設けることにより、それらの収差を補正することができる。

#### 【 0 0 2 5 】

本発明の拡大内視鏡の構成においては、前記条件式 ( 3 ) を満足することを特徴とするが、条件式 ( 3 ) は広角端と拡大観察状態での撮像素子への入射角の変化を規定する。最大対角における主光線が撮像素子に対して中心から外側に向かって入射する場合、撮像素子での光線高が低くなるため、光学系を小型化することができる。撮像素子に入射する光線に角度がついている場合、受光面での光量損失が起きるが、撮像素子の受光面側のマイクロレンズやカラーフィルターの構造を工夫することにより、特定の入射角度に対する光量損失を防ぐことができる。しかし、変倍によって入射角度が大きく変化してしまうと、撮像素子での最適化ができなくなる。条件式 ( 3 ) の上限 3 . 5 を上回ると、入射角の変動が大きくなって、撮像素子の最適化の成果が発揮できず、広角端もしくは拡大観察状態のどちらかで周辺光量の低下が起きる。

#### 【 0 0 2 6 】

更に、本発明の拡大内視鏡の構成においては、前記条件式 ( 4 ) を満足することを特徴とするが、条件式 ( 4 ) は第 3 群のパワーを規定することにより、広角端での最大像高の光線の撮像素子への入射角度を規定する。広角端では、第 2 群と第 3 群の間隔が広いと、第 2 群の負パワーではねあがった光線を第 3 群の正パワーで屈折させ、像面に対する光線の入射角度を小さくする、という光線の動きになる。条件式 ( 4 ) の下限 1 . 5 を下回ると、つまり第 3 群の焦点距離が短くパワーが強くなると、第 3 群で主光線を屈折する力が強く、撮像素子に入射する光線が外側から光軸に向かう方向になったり、光軸から外側に向かう方向であっても角度が小さくなったりする。そのため、第 3 群内での光線高が高くなり、第 3 群のレンズの外径を大きくする必要があり、内視鏡全体が大きくなる。一方、条件式 ( 4 ) の上限 3 . 5 を上回ると、つまり第 3 群の焦点距離が大きくなりパワーが小さくなると、1 群で発生した収差を補正することができなくなる。

#### 【 0 0 2 7 】

#### 実施例 1

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 1 は、図 1 に示す構成で下記数値データを有する。

|         |           |       |      |       |         |        |       |
|---------|-----------|-------|------|-------|---------|--------|-------|
| ( 物体面 ) |           | d0 =  | D0   |       |         |        |       |
| r1 =    | 15.136    | d1 =  | 0.4  | n1 =  | 1.88814 | v 1 =  | 40.78 |
| r2 =    | 1.061     | d2 =  | 0.75 |       |         |        |       |
| r3 =    | ∞         | d3 =  | 0.62 | n2 =  | 1.51564 | v 2 =  | 75    |
| r4 =    | ∞         | d4 =  | 0.24 |       |         |        |       |
| r5 =    | 4.141     | d5 =  | 0.48 | n3 =  | 1.81078 | v 3 =  | 40.92 |
| r6 =    | 1.535     | d6 =  | 1.19 | n4 =  | 1.75844 | v 4 =  | 52.32 |
| r7 =    | -2.107    | d7 =  | 0.03 |       |         |        |       |
| r8 =    | ∞ ( 絞 り ) | d8 =  | D1   |       |         |        |       |
| r9 =    | -8.226    | d9 =  | 0.34 | n5 =  | 1.48915 | v 5 =  | 70.23 |
| r10 =   | 2.856     | d10 = | 0.14 |       |         |        |       |
| r11 =   | ∞         | d11 = | D2   |       |         |        |       |
| r12 =   | 5.741     | d12 = | 0.75 | n6 =  | 1.59143 | v 6 =  | 61.14 |
| r13 =   | ∞         | d13 = | 0.08 |       |         |        |       |
| r14 =   | 7.985     | d14 = | 1.23 | n7 =  | 1.73234 | v 7 =  | 54.68 |
| r15 =   | -2.461    | d15 = | 0.4  | n8 =  | 1.93429 | v 8 =  | 18.9  |
| r16 =   | -5.373    | d16 = | 1.84 |       |         |        |       |
| r17 =   | ∞         | d17 = | 1.5  | n9 =  | 1.51825 | v 9 =  | 64.14 |
| d18 =   | ∞         | d18 = | 1.23 | n10 = | 1.50801 | v 10 = | 60    |

$$r_{19} = \infty$$

|        | 広角端   | 拡大観察   |
|--------|-------|--------|
| D0 =   | 17    | 3.75   |
| D1 =   | 0.4   | 1.37   |
| D2 =   | 1.33  | 0.36   |
| Fno. = | 8.467 | 10.338 |

$$f_w = 1.846$$

$$f_T = 2.086$$

$$\text{視野角} = 103.7$$

$$|f_{01} / f_w| = 0.71$$

$$r_{01} / f_w = 8.20$$

$$|\theta_t / \theta_w| = 0.61$$

$$f_3 / f_w = 2.09$$

10

#### 【0028】

上記数値データにおいて、 $r_1, r_2,$  はレンズ各面の曲率半径、 $d_1, d_2,$  は各レンズの肉厚及び面間隔、 $n_1, n_2,$  は各レンズのe線に対する屈折率、 $v_1, v_2,$  は各レンズのd線に対するアッペ数である。なお、D0は物体面から光学系の第1面( $r_1$ )までの距離、 $f_T$ は対物光学系の拡大観察時の焦点距離である。また、 $r$ 及び $d$ の長さの単位はmmである。また、これらの符号は他の実施例においても共通に用いられている。

20

#### 【0029】

実施例1の光学系は、図1及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第1群G1( $r_1 \sim r_7$ )と、負の屈折力の第2群G2( $r_9 \sim r_{10}$ )と、正の屈折力の第3群G3( $r_{12} \sim r_{16}$ )とにより構成されており、第2群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS( $r_8$ )は第1群G1の像側に配置されている。

本実施例は、図1に示すように、第1群G1が、負のメニスカスレンズ( $r_1 \sim r_2$ )と、平行平板F1( $r_3 \sim r_4$ )と、負のメニスカスレンズと両凸レンズを接合してなる正の接合レンズ( $r_5 \sim r_7$ )とよりなり、第2群G2が両凹レンズ( $r_9 \sim r_{10}$ )よりなり、第3群G3が、平凸レンズ( $r_{12} \sim r_{13}$ )と、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接合レンズ( $r_{14} \sim r_{16}$ )とよりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F2が配置されている。

30

ここで、平行平板F1及びF2は、各々特定波長例えばYAGレーザーの1060nm、半導体レーザーの810nmあるいは近赤外領域の光をカットするためのフィルターで、他の実施例においても同様に用いられている。

#### 【0030】

本実施例は、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成されることにより、同じ視野角でも焦点距離が短く、観察深度を十分確保することができる。また、数値データ中に示すように、視野角は100°より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化しない。更に、前記条件式(1)を満足することにより、最も物体側のレンズの加工性が良く製造誤差を小さく抑えることができると共に、レンズの外径を小さくすることができ、また、前記条件式(2)を満足することにより十分な観察深度を確保しながら、水切れの良い光学系を達成することができる。

40

#### 【0031】

図2は実施例1の枠構成の概略を示す。図中、101は第1群G1のレンズ及び明るさ絞りの枠、102は第2群G2の枠、103は第3群G3のレンズの枠であり、枠101及び102と嵌合している。また、104はフィルターF2とカバーガラスCG及び撮像素子の保持枠である。

組立時に、枠101、102及び103を組み立てた後、枠104との間隔を調整することにより、適正なピントを確保する。また、枠102が光軸方向に移動することにより変倍を行う。図2中、第2群G2が実線で示されているのが広角端、点線で示されているの

50

が拡大観察状態の位置である。枠 102 の移動は、枠 102 の突出部分 105 にワイヤーなどを取り付けて、これを外部から力を与えることにより行われる。従って、枠 102 の外周部、枠 103 の枠 102 及び 104 と接する内周部、及び枠 104 の枠 103 の内周部と接する部分は、摩擦係数の低い部材で構成することが望ましい。

#### 【0032】

図 2 に示したように、変倍するために枠 102 が移動するとき、枠 102 の外周部分と枠 103 の物体側の内周部分は接触している。そのため、それぞれの面の摩擦係数が大きいと、移動させるために外部から与える力は多く必要になる。枠同士のクリアランスを大きくすれば、動きは軽くなるが、移動するレンズの光軸に対する偏心が大きくなり、視野角が不均一になったり、画像の一部の解像が悪くなったりする可能性がある。

一方、ピント位置を調整するための作業で枠 104 を動かすとき、枠 104 の外周部と枠 103 の撮像面側の内周部は接触している。そのため、各々の面の摩擦係数が小さい方がスムーズに動く。この場合も同様に、クリアランスを大きくとれば動きは良くなるが、対物光学系が傾くことにより、画像周辺部の一部の解像が悪くなったりする可能性がある。

#### 【0033】

摩擦係数の小さい部材としては、例えば、セラミックスがある。セラミックス材料に黒色の色素染料を混合して黒色にすれば、枠の反射による画像への影響がなくなり、更に良い。また、枠本体は金属で作成し、摩擦係数を小さくしたい部分にセラミックスのコーティングをしても良い。金属で作った枠を接触させて動かす場合、金属同士が擦れることにより表面が剥がれてゴミが発生する場合がある。また、上述した枠の反射による画像への影響をなくすために、金属にメッキなどの表面処理を施して反射率を低くした場合、部材の接触によりメッキの材質が剥がれ落ちる。落ちたゴミがレンズ表面に付着すると、画像に影のように現れて画質を劣化させる。セラミックスのように摩擦係数が小さく、且つ黒色化させた部材で枠を構成すれば、ゴミが発生することによる画質の劣化が起きることが無くなる。

#### 【0034】

図 3 は実施例 1 の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況を示す。この図から明らかなように、実施例 1 の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。また、前記条件式 (3) 及び (4) を満足することにより、広角端と拡大観察での周辺光量の変化を小さくすることが出来ると共に、第 3 群 G3 のレンズ径を小さくすることができる。

#### 【0035】

#### 実施例 2

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 2 は、図 4 に示す構成で下記数値データを有する。

|              |            |              |            |  |
|--------------|------------|--------------|------------|--|
| (物体面)        | d0 =       | D0           |            |  |
| r1 = 16.055  | d1 = 0.4   | n1 = 1.88815 | v1 = 40.76 |  |
| r2 = 1.131   | d2 = 0.73  |              |            |  |
| r3 = ∞       | d3 = 0.31  | n2 = 1.515   | v2 = 75    |  |
| r4 = ∞       | d4 = 0.03  |              |            |  |
| r5 = ∞       | d5 = 1.02  | n3 = 1.85504 | v3 = 23.78 |  |
| r6 = -7.801  | d6 = 0.13  |              |            |  |
| r7 = 5.52    | d7 = 0.9   | n4 = 1.73234 | v4 = 54.68 |  |
| r8 = -1.425  | d8 = 0.3   | n5 = 1.85504 | v5 = 23.78 |  |
| r9 = -2.297  | d9 = D1    |              |            |  |
| r10 = ∞ (絞り) | d10 = 0.13 |              |            |  |
| r11 = -6.902 | d11 = 0.45 | n6 = 1.73234 | v6 = 54.68 |  |
| r12 = 4.643  | d12 = D2   |              |            |  |
| r13 = 9.065  | d13 = 1.1  | n7 = 1.48915 | v7 = 70.23 |  |
| r14 = -4.067 | d14 = 0.06 |              |            |  |

|       |          |       |      |       |         |        |       |
|-------|----------|-------|------|-------|---------|--------|-------|
| r15 = | 3.637    | d15 = | 1.28 | n8 =  | 1.73234 | v 8 =  | 54.68 |
| r16 = | -5.02    | d16 = | 0.35 | n9 =  | 1.93429 | v 9 =  | 18.9  |
| r17 = | 22.3     | d17 = | 1.62 |       |         |        |       |
| r18 = | $\infty$ | d18 = | 1    | n10 = | 1.51825 | v 10 = | 64.14 |
| r19 = | $\infty$ | d19 = | 0.65 | n11 = | 1.50801 | v 11 = | 60    |
| r20 = | $\infty$ | d20 = | 0    |       |         |        |       |
| r21 = | $\infty$ |       |      |       |         |        |       |

|        |       |       |
|--------|-------|-------|
|        | 広角端   | 拡大観察  |
| D0 =   | 18.5  | 4.87  |
| D1 =   | 0.245 | 0.93  |
| D2 =   | 1.175 | 0.49  |
| Fno. = | 7.753 | 8.092 |

10

$$\begin{aligned}
 f_w &= 1.691 \\
 f_T &= 1.878 \\
 \text{視野角} &= 117.3 \\
 |f_{01} / f_w| &= 0.82 \\
 r_{01} / f_w &= 9.49 \\
 |\theta_t / \theta_w| &= 0.52 \\
 f_3 / f_w &= 1.93
 \end{aligned}$$

20

## 【0036】

実施例2の光学系は、図4及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第1群G1(r1~r9)と、負の屈折力の第2群G2(r10~r11)と、正の屈折力の第3群G3(r13~r17)とにより構成されており、第2群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS(r10)は第2群G2の物体側に配置されており、変倍時に第2群G2と共に移動する。

本実施例は、図4に示すように、第1群G1が、負のメニスカスレンズ(r1~r2)と、平行平板F1(r3~r4)と、平凸レンズ(r5~r6)と両凸レンズと負のメニスカスレンズとを接合してなる正の接合レンズ(r7~r9)とよりなり、第2群G2が両凹レンズ(r11~r12)よりなり、第3群G3が、両凸レンズ(r13~r14)と、両凸レンズと負レンズを接合してなる正の接合レンズ(r15~r17)とよりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F2が配置されている。

30

## 【0037】

本実施例2も、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成されることにより、同じ視野角でも焦点距離が短く、観察深度を十分確保することができ、数値データ中に示すように、視野角は100°より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化しない。また、前記条件式(1)を満足することにより、最も物体側のレンズの加工性が良く製造誤差を小さく抑えることができると共に、レンズの外径を小さくすることができ、前記条件式(2)を満足することにより十分な観察深度を確保しながら、水切れの良い光学系を達成することができる。更に、変倍時に明るさ絞りが第2群と共に移動することにより、第2群のレンズ外径を小さく重量を軽くすることが出来ると共に、広角端と拡大観察状態でのFナンバーの変動を小さくし、各状態でのFナンバーを回折限界を考慮して適切に選択することにより、それぞれの深度を確保することができる。

40

## 【0038】

また、前記条件式(3)及び(4)を満足することにより、広角端と拡大観察状態での周辺光量の変化を小さくすることが出来ると共に、第3群G3のレンズ径を小さくすることが出来る。

図5は実施例2の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況を示す。この図から明らかなように、実施例2の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正され

50

ている。

【 0 0 3 9 】

### 実施例 3

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 3 は、図 6 に示す構成で下記数値データを有する。

|                                       |        |       |       |       |         |        |       |    |
|---------------------------------------|--------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|----|
| (物体面)                                 |        | d0 =  | D0    |       |         |        |       |    |
| r1 =                                  | 18.212 | d1 =  | 0.4   | n1 =  | 1.88814 | v 1 =  | 40.76 |    |
| r2 =                                  | 0.983  | d2 =  | 0.9   |       |         |        |       |    |
| r3 =                                  | ∞      | d3 =  | 0.31  | n2 =  | 1.51564 | v 2 =  | 75    |    |
| r4 =                                  | ∞      | d4 =  | 0.17  |       |         |        |       |    |
| r5 =                                  | -5.699 | d5 =  | 0.67  | n3 =  | 1.85504 | v 3 =  | 23.78 | 10 |
| r6 =                                  | -3.15  | d6 =  | 0.12  |       |         |        |       |    |
| r7 =                                  | 3.486  | d7 =  | 0.8   | n4 =  | 1.72341 | v 4 =  | 50.23 |    |
| r8 =                                  | -1.566 | d8 =  | 0.25  | n5 =  | 1.81264 | v 5 =  | 25.42 |    |
| r9 =                                  | -2.646 | d9 =  | D1    |       |         |        |       |    |
| r10 =                                 | ∞ (絞り) | d10 = | 0.05  |       |         |        |       |    |
| r11 =                                 | ∞      | d11 = | 0.24  | n6 =  | 1.73234 | v 6 =  | 54.68 |    |
| r12 =                                 | 6.907  | d12 = | 0.26  | n7 =  | 1.85504 | v 7 =  | 23.78 |    |
| r13 =                                 | 2.548  | d13 = | D2    |       |         |        |       |    |
| r14 =                                 | 5.209  | d14 = | 0.8   | n8 =  | 1.48915 | v 7 =  | 70.23 |    |
| r15 =                                 | -79.11 | d15 = | 0.1   |       |         |        |       | 20 |
| r16 =                                 | 3.015  | d16 = | 1.55  | n9 =  | 1.51825 | v 9 =  | 64.14 |    |
| r17 =                                 | -2.351 | d17 = | 0.39  | n10 = | 1.93429 | v 10 = | 18.9  |    |
| r18 =                                 | -4.181 | d18 = | 1.28  |       |         |        |       |    |
| r19 =                                 | ∞      | d19 = | 1     | n11 = | 1.51825 | v 11 = | 64.14 |    |
| r20 =                                 | ∞      | d20 = | 0.6   | n12 = | 1.50801 | v 12 = | 60    |    |
| r21 =                                 | ∞      |       |       |       |         |        |       |    |
|                                       |        | 広角端   | 拡大観察  |       |         |        |       |    |
| D0 =                                  |        | 16    | 3.8   |       |         |        |       |    |
| D1 =                                  |        | 0.3   | 0.68  |       |         |        |       |    |
| D2 =                                  |        | 1.15  | 0.77  |       |         |        |       | 30 |
| Fno. =                                |        | 7.384 | 7.388 |       |         |        |       |    |
| f <sub>w</sub> =                      |        | 1.646 |       |       |         |        |       |    |
| f <sub>T</sub> =                      |        | 1.724 |       |       |         |        |       |    |
| 視野角 =                                 |        | 129.5 |       |       |         |        |       |    |
| f <sub>0 1</sub> / f <sub>w</sub>   = |        | 0.72  |       |       |         |        |       |    |
| r <sub>0 1</sub> / f <sub>w</sub> =   |        | 11.07 |       |       |         |        |       |    |
| θ <sub>t</sub> / θ <sub>w</sub>   =   |        | 0.53  |       |       |         |        |       |    |
| f <sub>3</sub> / f <sub>w</sub> =     |        | 2.12  |       |       |         |        |       |    |

【 0 0 4 0 】

実施例 3 の光学系は、図 6 及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第 1 群 G1 (r1 ~ r9) と、負の屈折力の第 2 群 G2 (r11 ~ r13) と、正の屈折力の第 3 群 G3 (r14 ~ r18) とにより構成されており、第 2 群 G2 の移動により変倍する。明るさ絞り S (r10) は第 2 群 G2 の物体側に配置されており、変倍時に第 2 群 G2 と共に移動する。

本実施例は、図 6 に示すように、第 1 群 G1 が、負のメニスカスレンズ (r1 ~ r2) と、平行平板 F1 (r3 ~ r4) と、メニスカス凸レンズ (r5 ~ r6) と、両凸レンズと負のメニスカスレンズとを接合してなる正の接合レンズ (r7 ~ r9) とよりなり、第 2 群 G2 が平凹レンズとメニスカスレンズとを接合してなる負の接合レンズ (r11 ~ r13) よりなり、第 3 群 G3 が、平凸レンズ (r14 ~ r15) と、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接

合レンズ ( r16 ~ r18 ) とよりなる。また、撮像素子の撮像面 I には、撮像面を保護するためのカバーガラス CG とカバーガラス CG に接合した平行平板 F2 が配置されている。

#### 【 0 0 4 1 】

本実施例 3 も、第 1 群 G1 の最も物体側の面が凸面で構成され、数値データ中に示すように、視野角は 1 0 0 ° より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第 1 面までの距離が変化しない。また、明るさ絞りは第 2 群と共に移動し、前記条件式 ( 1 ) ~ ( 4 ) を満足する。

図 7 は実施例 3 の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例 3 の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

#### 【 0 0 4 2 】

#### 実施例 4

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 4 は、図 8 に示す構成で下記数値データを有する。

|                                       |       |      |               |        |       |
|---------------------------------------|-------|------|---------------|--------|-------|
| ( 物体面 )                               | d0 =  | D0   |               |        |       |
| r1 = 18.798                           | d1 =  | 0.43 | n1 = 1.88815  | v 1 =  | 40.76 |
| r2 = 1.105                            | d2 =  | 0.79 |               |        |       |
| r3 = ∞                                | d3 =  | 0.31 | n2 = 1.515    | v 2 =  | 75    |
| r4 = ∞                                | d4 =  | 0.03 |               |        |       |
| r5 = ∞                                | d5 =  | 0.69 | n3 = 1.85504  | v 3 =  | 23.78 |
| r6 = -6.955                           | d6 =  | 0.14 |               |        |       |
| r7 = 4.644                            | d7 =  | 0.78 | n4 = 1.73234  | v 4 =  | 54.68 |
| r8 = -1.794                           | d8 =  | 0.29 | n5 = 1.93429  | v 5 =  | 18.9  |
| r9 = -2.35                            | d9 =  | D1   |               |        |       |
| r10 = ∞ ( 絞り )                        | d10 = | 0.17 |               |        |       |
| r11 = -10.678                         | d11 = | 0.48 | n6 = 1.73234  | v 6 =  | 54.68 |
| r12 = 3.769                           | d12 = | D2   |               |        |       |
| r13 = 9.167                           | d13 = | 1.18 | n7 = 1.48915  | v 7 =  | 70.23 |
| r14 = -4.405                          | d14 = | 0.08 |               |        |       |
| r15 = 3.555                           | d15 = | 1.4  | n8 = 1.75844  | v 8 =  | 52.32 |
| r16 = -4.79                           | d16 = | 0.35 | n9 = 1.93429  | v 9 =  | 18.9  |
| r17 = 20.998                          | d17 = | 1.22 |               |        |       |
| r18 = ∞                               | d18 = | 1    | n10 = 1.51825 | v 10 = | 64.14 |
| r19 = ∞                               | d19 = | 0.65 | n11 = 1.52536 | v 11 = | 55    |
| r20 = ∞                               | d20 = | 0    |               |        |       |
|                                       | 広角端   | 拡大観察 |               |        |       |
| D0 =                                  | 17    | 4.2  |               |        |       |
| D1 =                                  | 0.2   | 0.91 |               |        |       |
| D2 =                                  | 1.12  | 0.41 |               |        |       |
| Fno. =                                | 7.74  | 7.98 |               |        |       |
| f <sub>w</sub> =                      | 1.698 |      |               |        |       |
| f <sub>T</sub> =                      | 1.862 |      |               |        |       |
| 視野角 =                                 | 117.4 |      |               |        |       |
| f <sub>0 1</sub> / f <sub>w</sub>   = | 0.79  |      |               |        |       |
| r <sub>0 1</sub> / f <sub>w</sub> =   | 11.07 |      |               |        |       |
| θ <sub>t</sub> / θ <sub>w</sub>   =   | 0.43  |      |               |        |       |
| f <sub>3</sub> / f <sub>w</sub> =     | 1.90  |      |               |        |       |

#### 【 0 0 4 3 】

実施例 4 の光学系は、図 8 及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第 1 群 G1 ( r1 ~ r9 ) と、負の屈折力の第 2 群 G2 ( r11 ~ r12 ) と、正の屈

折力の第3群G3 (r13~r17) とにより構成されており、第2群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS (r10) は第2群G2の物体側に配置されており、変倍時に第2群G2と共に移動する。

本実施例は、図8に示すように、第1群G1が、負のメニスカスレンズ (r1~r2) と、平行平板F1 (r3~r4) と、平凸レンズ (r5~r6) と、両凸レンズと負のメニスカスレンズとを接合してなる正の接合レンズ (r7~r9) とよりなり、第2群G2が両凹レンズ (r11~r12) よりなり、第3群G3が、両凸レンズ (r13~r14) と、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接合レンズ (r15~r17) よりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F2が配置されている。

10

#### 【0044】

本実施例4も、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は100°より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化しない。また、明るさ絞りは第2群と共に移動し、前記条件式(1)~(4)を満足する。

図9は実施例4の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例4の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

#### 【0045】

#### 実施例5

本発明の内視鏡対物光学系の実施例5は、図10に示す構成で下記数値データを有する。

20

|              |       |      |               |            |
|--------------|-------|------|---------------|------------|
| (物体面)        | d0 =  | D0   |               |            |
| r1 = 17.116  | d1 =  | 0.4  | n1 = 1.88815  | v1 = 40.76 |
| r2 = 1.131   | d2 =  | 0.98 |               |            |
| r3 = ∞       | d3 =  | 1    | n2 = 1.85504  | v2 = 23.78 |
| r4 = -7.081  | d4 =  | 0.09 |               |            |
| r5 = 5.373   | d5 =  | 0.86 | n3 = 1.73234  | v3 = 54.68 |
| r6 = -1.485  | d6 =  | 0.3  | n4 = 1.85504  | v4 = 23.78 |
| r7 = -2.339  | d7 =  | D1   |               |            |
| r8 = ∞ (絞り)  | d8 =  | 0.13 |               |            |
| r9 = -6.526  | d9 =  | 0.44 | n5 = 1.73234  | v5 = 54.68 |
| r10 = 4.502  | d10 = | D2   |               |            |
| r11 = 8.596  | d11 = | 1.1  | n6 = 1.48915  | v6 = 70.23 |
| r12 = -4.021 | d12 = | 0.07 |               |            |
| r13 = 3.602  | d13 = | 1.58 | n7 = 1.73234  | v7 = 54.68 |
| r14 = -4.451 | d14 = | 0.35 | n8 = 1.93429  | v8 = 18.9  |
| r15 = 22.014 | d15 = | 1.35 |               |            |
| r16 = ∞      | d16 = | 1    | n9 = 1.51825  | v9 = 64.14 |
| r17 = ∞      | d17 = | 0.65 | n10 = 1.52436 | v10 = 55   |
| r18 = ∞      |       |      |               |            |

30

|        |       |       |
|--------|-------|-------|
|        | 広角端   | 拡大観察  |
| D0 =   | 18.5  | 4.85  |
| D1 =   | 0.245 | 0.955 |
| D2 =   | 1.115 | 0.405 |
| Fno. = | 7.648 | 7.981 |

40

$$\begin{aligned}
 f_w &= 1.694 \\
 f_T &= 1.885 \\
 \text{視野角} &= 117.0 \\
 |f_{01} / f_w| &= 0.81 \\
 r_{01} / f_w &= 10.10
 \end{aligned}$$

50

$$|\theta_t / \theta_w| = 0.53$$

$$f_3 / f_w = 1.88$$

# 【 0 0 4 6 】

実施例 5 の光学系は、図 1 0 及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第 1 群G1 ( r1 ~ r7 ) と、負の屈折力の第 2 群G2 ( r9 ~ r10 ) と、正の屈折力の第 3 群G3 ( r11 ~ r15 ) とにより構成されており、第 2 群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS ( r8 ) は第 2 群G2の物体側に配置されており、変倍時に第 2 群G2と共に移動する。

本実施例は、図 1 0 に示すように、第 1 群G1が、負のメニスカスレンズ ( r1 ~ r2 ) と、平凸レンズ ( r3 ~ r4 ) と、両凸レンズと負のメニスカスレンズとを接合してなる正の接合レンズ ( r5 ~ r7 ) とよりなり、第 2 群G2が両凹レンズ ( r9 ~ r10 ) よりなり、第 3 群G3が、両凸レンズ ( r11 ~ r12 ) と、両凸レンズと両凹レンズを接合してなる正の接合レンズ ( r13 ~ r15 ) よりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F1が配置されている。

# 【 0 0 4 7 】

本実施例 5 も、第 1 群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は 1 0 0 ° より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第 1 面までの距離が変化しない。また、明るさ絞りSは第 2 群と共に移動し、前記条件式 ( 1 ) ~ ( 4 ) を満足する。

図 1 1 は実施例 5 の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例 5 の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

# 【 0 0 4 8 】

## 実施例 6

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 6 は、図 1 2 に示す構成で下記数値データを有する。本実施例に用いる非球面の形状は、下記式 ( 5 ) で定義されるものとする。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (k+1)(y/r)^2\}^{1/2}] + \sum AC_{2i} \times y^{2i} \quad (5)$$

但し、上記式 ( 5 ) はx軸を光軸方向にとり、y軸を光軸と直角方向にとったときのもので、rは光軸上の曲率半径、kは円錐係数、ACKは非球面係数である。また、各実施例のk、及びAC<sub>2i</sub>はデータ中に示すとおりである。

|               |       |      |       |         |             |
|---------------|-------|------|-------|---------|-------------|
| ( 物体面 )       | d0 =  | D0   |       |         |             |
| r1 = ( 非球面 )  | d1 =  | 0.4  | n1 =  | 1.88814 | v 1 = 40.78 |
| r2 = 0.851    | d2 =  | 0.98 |       |         |             |
| r3 = -29.857  | d3 =  | 0.51 | n2 =  | 1.85504 | v 2 = 23.78 |
| r4 = -7.551   | d4 =  | 0.1  |       |         |             |
| r5 = 2.999    | d5 =  | 0.21 | n3 =  | 1.88815 | v 3 = 40.76 |
| r6 = 1.284    | d6 =  | 0.56 | n4 =  | 1.77621 | v 4 = 49.6  |
| r7 = -1.909   | d7 =  | D1   |       |         |             |
| r8 = ∞ ( 絞り ) | d8 =  | 0.05 |       |         |             |
| r9 = -10.118  | d9 =  | 0.25 | n5 =  | 1.59143 | v 5 = 61.14 |
| r10 = 2.336   | d10 = | D2   |       |         |             |
| r11 = 5.709   | d11 = | 1.34 | n6 =  | 1.75844 | v 6 = 52.32 |
| r12 = -2.2    | d12 = | 0.3  | n7 =  | 1.93429 | v 7 = 18.9  |
| r13 = -6.094  | d13 = | 0.04 |       |         |             |
| r14 = 8.972   | d14 = | 0.68 | n8 =  | 1.73234 | v 8 = 54.68 |
| r15 = -9.043  | d15 = | 1.21 |       |         |             |
| r16 = ∞       | d16 = | 1    | n9 =  | 1.51825 | v 9 = 64.14 |
| r17 = ∞       | d17 = | 0.6  | n10 = | 1.50801 | v 10 = 60   |
| r18 = ∞       |       |      |       |         |             |

( 第 1 面 )

$$r_{dy} = 8.09 \quad k = -0.0217 \quad AC4 = -1.244 \times 10^{-3} \quad AC6 = 9.563 \times 10^{-4}$$

|      | 広角端     | 拡大観察  |
|------|---------|-------|
| D0   | = 16    | 3.55  |
| D1   | = 0.23  | 0.63  |
| D2   | = 1.26  | 0.86  |
| Fno. | = 7.221 | 7.226 |

$$f_w = 1.464$$

$$f_T = 1.573$$

$$\text{視野角} = 134.6$$

$$|f_{01} / f_w| = 0.75$$

$$r_{01} / f_w = 5.52$$

$$|\theta_t / \theta_w| = 0.38$$

$$f_3 / f_w = 2.06$$

10

#### 【0049】

実施例6の光学系は、図12及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第1群G1(r1~r7)と、負の屈折力の第2群G2(r9~r10)と、正の屈折力の第3群G3(r11~r15)とにより構成されており、第2群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS(r8)は第2群G2の物体側に配置されており、変倍時に第2群G2と共に移動する。

20

本実施例は、図12に示すように、第1群G1が、物体側の面が非球面である負のメニスカスレンズ(r1~r2)と、メニスカス凸レンズ(r3~r4)と、負のメニスカスレンズと両凸レンズとを接合してなる正の接合レンズ(r5~r7)とよりなり、第2群G2が両凹レンズ(r9~r10)よりなり、第3群G3が、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接合レンズ(r11~r13)と、両凸レンズ(r14~r15)よりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F1が配置されている。

30

#### 【0050】

本実施例6は、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は100°より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化せず、前記条件式(1)~(4)を満足する。また、明るさ絞りSが第2群G2と共に移動する。更に、第1群の最も物体側の面が非球面で構成されている。そのため、変倍に伴う明るさ絞りSの移動により、広角端と拡大観察側のそれぞれに発生する収差を非球面で補正することが出来る。

図13は実施例6の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例6の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

#### 【0051】

#### 実施例7

40

本発明の内視鏡対物光学系の実施例7は、図14に示す構成で下記数値データを有する。

|              |      |      |      |         |            |
|--------------|------|------|------|---------|------------|
| (物体面)        | d0 = | D0   |      |         |            |
| r1 = (非球面)   | d1 = | 0.4  | n1 = | 1.88814 | v1 = 40.78 |
| r2 = 0.852   | d2 = | 0.98 |      |         |            |
| r3 = -29.701 | d3 = | 0.51 | n2 = | 1.85504 | v2 = 23.78 |
| r4 = -7.524  | d4 = | 0.1  |      |         |            |
| r5 = 3       | d5 = | 0.21 | n3 = | 1.88815 | v3 = 40.76 |
| r6 = 1.283   | d6 = | 0.55 | n4 = | 1.77621 | v4 = 49.6  |
| r7 = -1.91   | d7 = | D1   |      |         |            |

50

|                    |            |               |             |    |
|--------------------|------------|---------------|-------------|----|
| r8 = $\infty$ (絞り) | d8 = 0.05  |               |             |    |
| r9 = -10.09        | d9 = 0.25  | n5 = 1.59143  | v 5 = 61.14 |    |
| r10 = 2.336        | d10 = D2   |               |             |    |
| r11 = 5.699        | d11 = 1.34 | n6 = 1.75844  | v 6 = 52.32 |    |
| r12 = -2.2         | d12 = 0.3  | n7 = 1.93429  | v 7 = 18.9  |    |
| r13 = -6.099       | d13 = 0.04 |               |             |    |
| r14 = 8.991        | d14 = 0.69 | n8 = 1.73234  | v 8 = 54.68 |    |
| r15 = -9.039       | d15 = 1.24 |               |             |    |
| r16 = $\infty$     | d16 = 1    | n9 = 1.51825  | v 9 = 64.14 |    |
| r17 = $\infty$     | d17 = 0.6  | n10 = 1.50801 | v 10 = 60   | 10 |
| r18 = $\infty$     |            |               |             |    |

(第1面)

$$\text{rdy} = 8.066 \quad k = -0.066 \quad \text{AC4} = -1.511 \times 10^{-3} \quad \text{AC6} = 9.317 \times 10^{-4}$$

|              | 広角端 | 拡大観察  |    |
|--------------|-----|-------|----|
| D0 = 16      |     | 3.8   |    |
| D1 = 0.23    |     | 0.63  |    |
| D2 = 1.26    |     | 0.86  |    |
| Fno. = 7.225 |     | 7.203 | 20 |

$$\begin{aligned} f_w &= 1.468 \\ f_T &= 1.577 \\ \text{視野角} &= 134.2 \\ |f_{01} / f_w| &= 0.75 \\ r_{01} / f_w &= 5.49 \\ |\theta_t / \theta_w| &= 0.39 \\ f_3 / f_w &= 2.05 \end{aligned}$$

## 【0052】

実施例7の光学系は、図14及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第1群G1(r1~r7)と、負の屈折力の第2群G2(r9~r10)と、正の屈折力の第3群G3(r11~r15)とにより構成されており、第2群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS(r8)は第2群G2の物体側に配置されており、変倍時に第2群G2と共に移動する。

本実施例は、図14に示すように、第1群G1が、物体側の面が非球面である負のメニスカスレンズ(r1~r2)と、正のメニスカスレンズ(r3~r4)と、負のメニスカスレンズと両凸レンズとを接合してなる正の接合レンズ(r5~r7)とよりなり、第2群G2が両凹レンズ(r9~r10)よりなり、第3群G3が、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接合レンズ(r11~r13)と、両凸レンズ(r14~r15)よりなる。更に、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F1が配置されている。

## 【0053】

本実施例7は、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は100°より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化せず、前記条件式(1)~(4)を満足する。また、明るさ絞りSが第2群G2と共に移動する。更に、第1群の最も物体側の面が非球面で構成されている。そのため、広角でありながら周辺部で発生する収差を非球面で補正することが出来る。

図15は実施例7の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例7の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

## 【 0 0 5 4 】

## 実施例 8

本発明の内視鏡対物光学系の実施例 8 は、図 16 に示す構成で下記数値データを有する

|           |         |       |       |       |                        |       |                        |
|-----------|---------|-------|-------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| (物体面)     |         | d0 =  | D0    |       |                        |       |                        |
| r1 =      | (非球面)   | d1 =  | 0.4   | n1 =  | 1.88814                | v1 =  | 40.78                  |
| r2 =      | 0.859   | d2 =  | 0.97  |       |                        |       |                        |
| r3 =      | -28.151 | d3 =  | 0.51  | n2 =  | 1.85504                | v2 =  | 23.78                  |
| r4 =      | -7.42   | d4 =  | 0.1   |       |                        |       |                        |
| r5 =      | 2.997   | d5 =  | 0.21  | n3 =  | 1.88815                | v3 =  | 40.76                  |
| r6 =      | 1.279   | d6 =  | 0.52  | n4 =  | 1.77621                | v4 =  | 49.6                   |
| r7 =      | -1.914  | d7 =  | D1    |       |                        |       |                        |
| r8 =      | ∞ (絞り)  | d8 =  | 0.05  |       |                        |       |                        |
| r9 =      | -9.812  | d9 =  | 0.25  | n5 =  | 1.59143                | v5 =  | 61.14                  |
| r10 =     | 2.329   | d10 = | D2    |       |                        |       |                        |
| r11 =     | 5.62    | d11 = | 1.34  | n6 =  | 1.75844                | v6 =  | 52.32                  |
| r12 =     | -2.2    | d12 = | 0.3   | n7 =  | 1.93429                | v7 =  | 18.9                   |
| r13 =     | -6.098  | d13 = | 0.05  |       |                        |       |                        |
| r14 =     | 9.076   | d14 = | 0.69  | n8 =  | 1.73234                | v8 =  | 54.68                  |
| r15 =     | -8.935  | d15 = | 1.22  |       |                        |       |                        |
| r16 =     | ∞       | d16 = | 1     | n9 =  | 1.51825                | v9 =  | 64.14                  |
| r17 =     | ∞       | d17 = | 0.6   | n10 = | 1.50801                | v10 = | 60                     |
| r18 =     | ∞       |       |       |       |                        |       |                        |
| (第 1 面) q |         |       |       |       |                        |       |                        |
| rdy =     | 0.859   | k =   | 0.002 | AC4 = | $6.632 \times 10^{-3}$ | AC6 = | $2.280 \times 10^{-2}$ |

|        |       |       |  |
|--------|-------|-------|--|
|        | 広角端   | 拡大観察  |  |
| D0 =   | 16    | 3.75  |  |
| D1 =   | 0.23  | 0.62  |  |
| D2 =   | 1.27  | 0.88  |  |
| Fno. = | 7.222 | 7.237 |  |

|                                      |       |  |  |
|--------------------------------------|-------|--|--|
| f <sub>w</sub> =                     | 1.485 |  |  |
| f <sub>T</sub> =                     | 1.596 |  |  |
| 視野角 =                                | 133.9 |  |  |
| f <sub>01</sub> / f <sub>w</sub>   = | 0.75  |  |  |
| r <sub>01</sub> / f <sub>w</sub> =   | 5.37  |  |  |
| θ <sub>t</sub> / θ <sub>w</sub>   =  | 0.36  |  |  |
| f <sub>3</sub> / f <sub>w</sub> =    | 2.02  |  |  |

## 【 0 0 5 5 】

実施例 8 の光学系は、図 16 及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第 1 群 G1 (r1 ~ r7) と、負の屈折力の第 2 群 G2 (r9 ~ r10) と、正の屈折力の第 3 群 G3 (r11 ~ r15) とにより構成されており、第 2 群 G2 の移動により変倍する。明るさ絞り S (r8) は第 2 群 G2 の物体側に配置されており、変倍時に第 2 群 G2 と共に移動する。

本実施例は、図 16 に示すように、第 1 群 G1 が、物体側の面が非球面である負のメニスカスレンズ (r1 ~ r2) と、正のメニスカスレンズ (r3 ~ r4) と、負のメニスカスレンズと両凸レンズとを接合してなる正の接合レンズ (r5 ~ r7) とよりなり、第 2 群 G2 が両凹レンズ (r9 ~ r10) よりなり、第 3 群 G3 が、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してな

る正の接合レンズ（ $r_{11} \sim r_{13}$ ）と、両凸レンズ（ $r_{14} \sim r_{15}$ ）よりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F1が配置されている。

#### 【0056】

本実施例8も、第1群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は $100^\circ$ より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第1面までの距離が変化せず、前記条件式（1）～（4）を満足する。また、明るさ絞りSが第2群G2と共に移動し、第1群の最も物体側のレンズの像側の面が非球面で構成されている。

図17は実施例8の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例8の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

#### 【0057】

#### 実施例9

本発明の内視鏡対物光学系の実施例9は、図18に示す構成で下記数値データを有する。

|       |               |       |      |       |         |       |       |
|-------|---------------|-------|------|-------|---------|-------|-------|
| （物体面） |               | d0 =  | D0   |       |         |       |       |
| r1 =  | 10.291        | d1 =  | 0.4  | n1 =  | 1.88814 | v1 =  | 40.78 |
| r2 =  | 0.901         | d2 =  | 0.96 |       |         |       |       |
| r3 =  | -15.032       | d3 =  | 0.51 | n2 =  | 1.85504 | v2 =  | 23.78 |
| r4 =  | -11.056       | d4 =  | 0.1  |       |         |       |       |
| r5 =  | 2.193         | d5 =  | 0.3  | n3 =  | 1.88815 | v3 =  | 40.76 |
| r6 =  | 1.315         | d6 =  | 0.55 | n4 =  | 1.77621 | v4 =  | 49.6  |
| r7 =  | （非球面）         | d7 =  | D1   |       |         |       |       |
| r8 =  | $\infty$ （絞り） | d8 =  | 0.05 |       |         |       |       |
| r9 =  | -7.42         | d9 =  | 0.3  | n5 =  | 1.59143 | v5 =  | 61.14 |
| r10 = | 2.084         | d10 = | D2   |       |         |       |       |
| r11 = | 5.565         | d11 = | 1.49 | n6 =  | 1.75844 | v6 =  | 52.32 |
| r12 = | -2.2          | d12 = | 0.3  | n7 =  | 1.93429 | v7 =  | 18.9  |
| r13 = | -5.475        | d13 = | 0.12 |       |         |       |       |
| r14 = | 10.537        | d14 = | 0.94 | n8 =  | 1.73234 | v8 =  | 54.68 |
| r15 = | -8.496        | d15 = | 1.2  |       |         |       |       |
| r16 = | $\infty$      | d16 = | 1    | n9 =  | 1.51825 | v9 =  | 64.14 |
| r17 = | $\infty$      | d17 = | 0.6  | n10 = | 1.50801 | v10 = | 60    |
| r18 = | $\infty$      |       |      |       |         |       |       |

#### （第7面）

rdy = -2.101      k = 0.1394      AC4 =  $1.532 \times 10^{-2}$       AC6 =  $-1.069 \times 10^{-2}$

|        |       |       |  |
|--------|-------|-------|--|
|        | 広角端   | 拡大観察  |  |
| D0 =   | 16    | 3.5   |  |
| D1 =   | 0.23  | 0.61  |  |
| D2 =   | 1.43  | 1.05  |  |
| Fno. = | 7.385 | 7.415 |  |

$f_w = 1.568$

$f_T = 1.727$

視野角 = 129.1

$|f_{01} / f_w| = 0.72$

$r_{01} / f_w = 6.56$

$|\theta_t / \theta_w| = 0.23$

$$f_3 / f_w = 1.91$$

# 【 0 0 5 8 】

実施例 9 の光学系は、図 1 8 及び上記数値データに示すように、物体側より順に配置された、正の屈折力の第 1 群G1 ( r1 ~ r7 ) と、負の屈折力の第 2 群G2 ( r9 ~ r10 ) と、正の屈折力の第 3 群G3 ( r11 ~ r15 ) とにより構成されており、第 2 群G2の移動により変倍する。明るさ絞りS ( r8 ) は第 2 群G2の物体側に配置されており、変倍時に第 2 群G2と共に移動する。

本実施例は、図 1 9 に示すように、第 1 群G1が、負のメニスカスレンズ ( r1 ~ r2 ) と、正のメニスカスレンズ ( r3 ~ r4 ) と、負のメニスカスレンズと像側の面が非球面である両凸レンズとを接合してなる正の接合レンズ ( r5 ~ r7 ) とよりなり、第 2 群G2が両凹レンズ ( r9 ~ r10 ) よりなり、第 3 群G3が、両凸レンズと負のメニスカスレンズを接合してなる正の接合レンズ ( r11 ~ r13 ) と、両凸レンズ ( r14 ~ r15 ) よりなる。また、撮像素子の撮像面Iには、撮像面を保護するためのカバーガラスCGとカバーガラスCGに接合した平行平板F1が配置されている。

# 【 0 0 5 9 】

本実施例 9 も、第 1 群G1の最も物体側の面が凸面で構成され、視野角は 1 0 0 ° より大きく、広角端と拡大観察状態で像面から第 1 面までの距離が変化せず、前記条件式 ( 1 ) ~ ( 4 ) を満足する。また、明るさ絞りSが第 2 群G2と共に移動し、第 1 群の最も像側のレンズの像側の面が非球面で構成されている。そのため、変倍に伴う明るさ絞りSの移動により広角端と拡大観察側のそれぞれに発生する収差を非球面で補正することができる。

図 1 9 は実施例 9 の光学系の広角端及び拡大観察状態における収差状況をそれぞれ示す。この図から明らかなように、実施例 9 の光学系は、いずれの状態においても良好に収差が補正されている。

# 【 図面の簡単な説明 】

# 【 0 0 6 0 】

【 図 1 】 本発明の実施例 1 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 2 】 本発明の実施例 1 の枠構成を示す概略図である。

【 図 3 】 本発明の実施例 1 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 4 】 本発明の実施例 2 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 5 】 本発明の実施例 2 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 6 】 本発明の実施例 3 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 7 】 本発明の実施例 3 の球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 8 】 本発明の実施例 4 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 9 】 本発明の実施例 4 の球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 1 0 】 本発明の実施例 5 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 1 1 】 本発明の実施例 5 の球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 1 2 】 本発明の実施例 6 の光学構成を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【 図 1 3 】 本発明の実施例 6 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、( a ) は広角端、( b ) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【図 1 4】本発明の実施例 7 の光学構成を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【図 1 5】本発明の実施例 7 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【図 1 6】本発明の実施例 8 の光学構成を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【図 1 7】本発明の実施例 8 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【図 1 8】本発明の実施例 9 の光学構成を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

10

【図 1 9】本発明の実施例 9 の 球面収差、非点収差、歪曲収差及び倍率色収差を示す図で、(a) は広角端、(b) は拡大観察時の状態をそれぞれ示している。

【符号の説明】

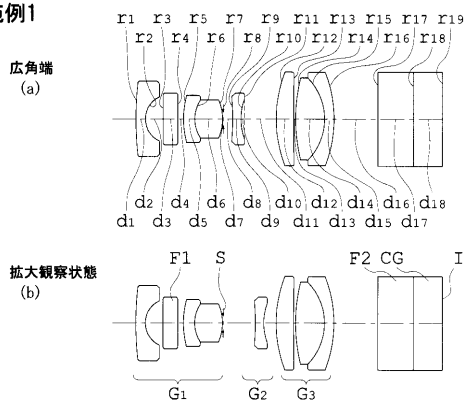
【 0 0 6 1 】

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 1 0 1 | 第 1 群レンズ及び明るさ絞りの枠 |
| 1 0 2 | 第 2 群の枠           |
| 1 0 3 | 第 3 群レンズの枠        |
| 1 0 4 | フィルター及び撮像素子の枠     |
| G1    | 第 1 群             |
| G2    | 第 2 群             |
| G3    | 第 3 群             |
| S     | 明るさ絞り             |
| F1    | 平行平板              |
| F2    | フィルター             |
| CG    | カバーガラス            |
| I     | 撮像面               |

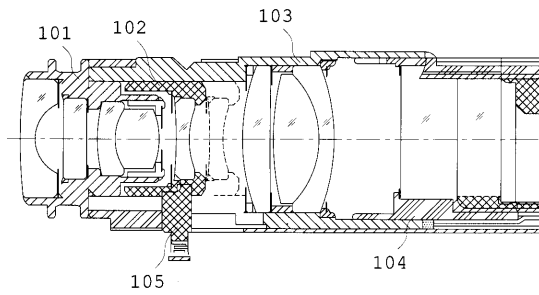
20

【 図 1 】

## 実施例1

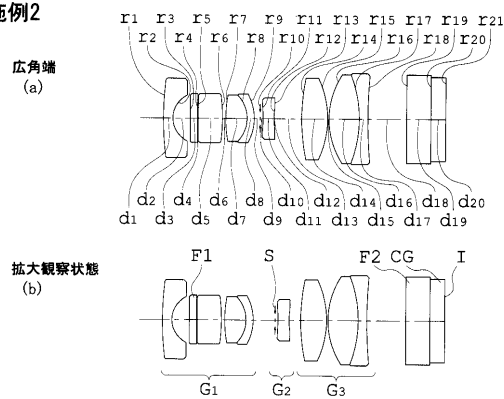


【 図 2 】

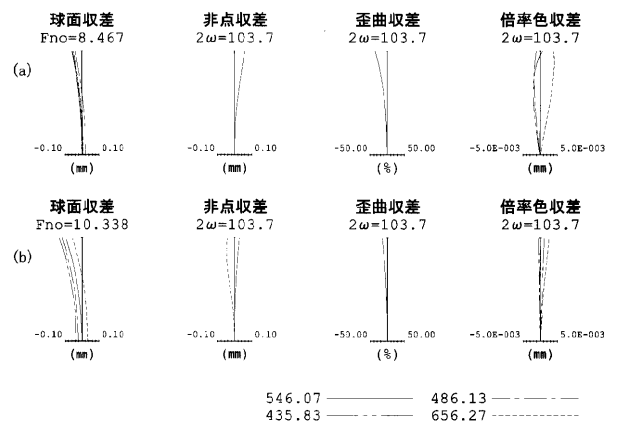


【 図 4 】

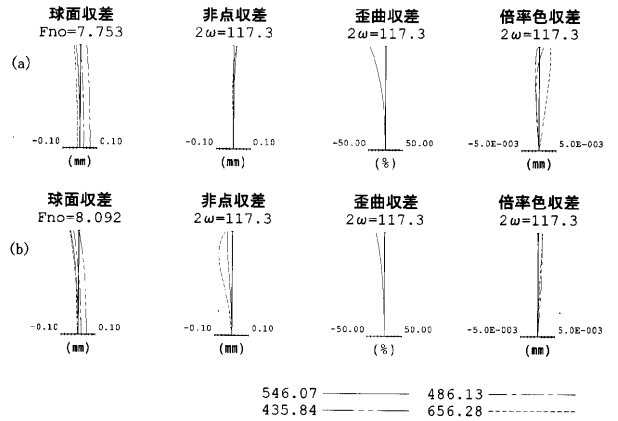
## 実施例2



【 図 3 】

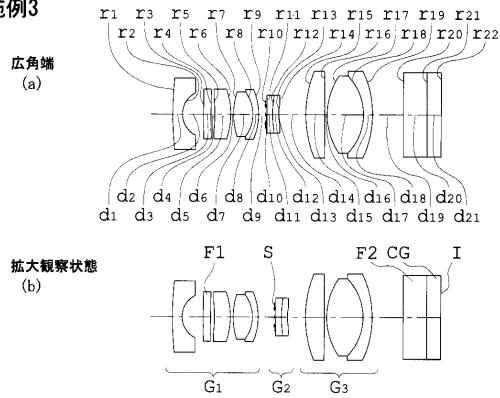


【 図 5 】

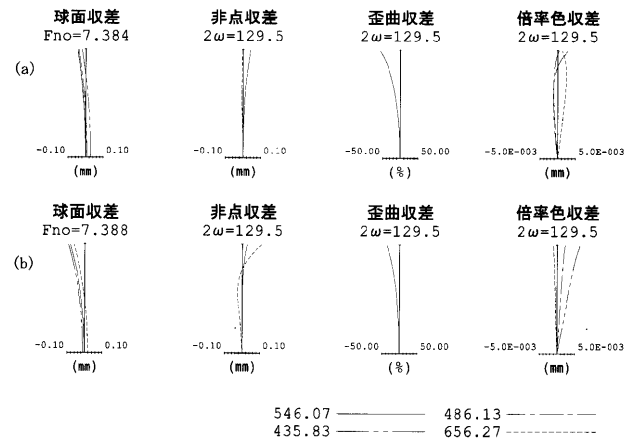


【 図 6 】

## 実施例3

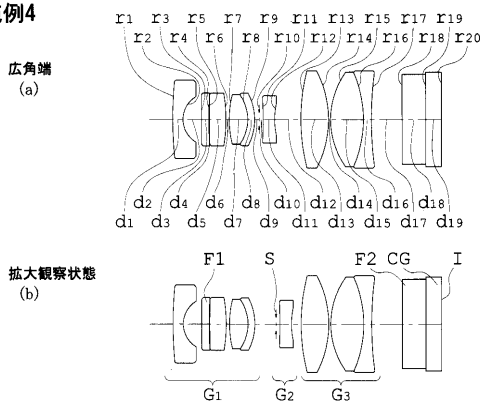


【 図 7 】

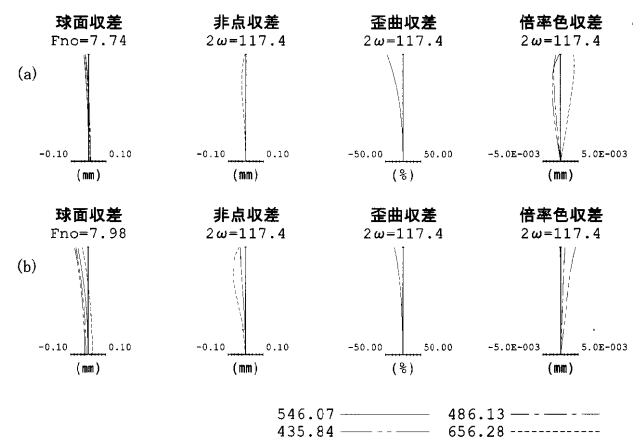


【 図 8 】

## 実施例4

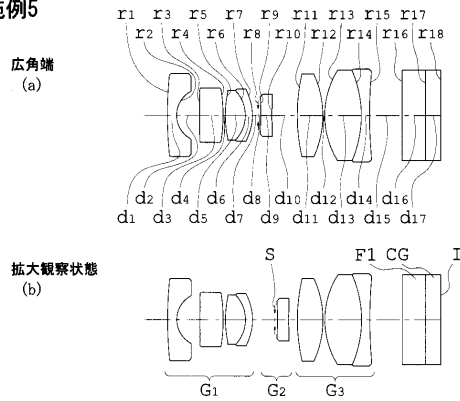


【 図 9 】

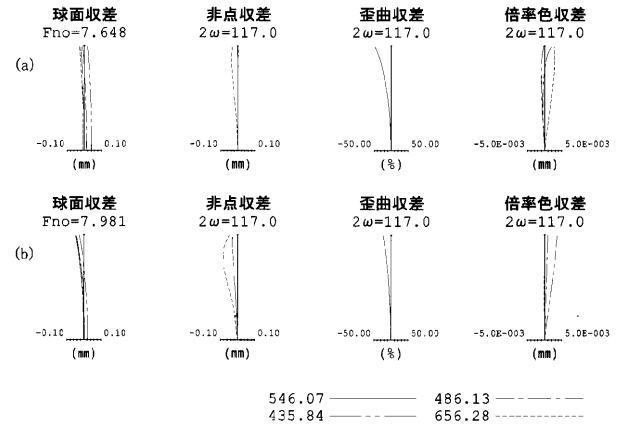


【図 10】

## 実施例5

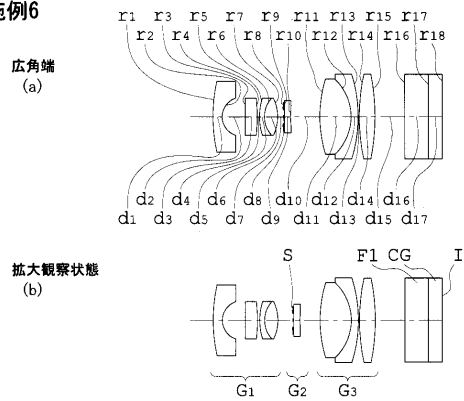


【図 11】

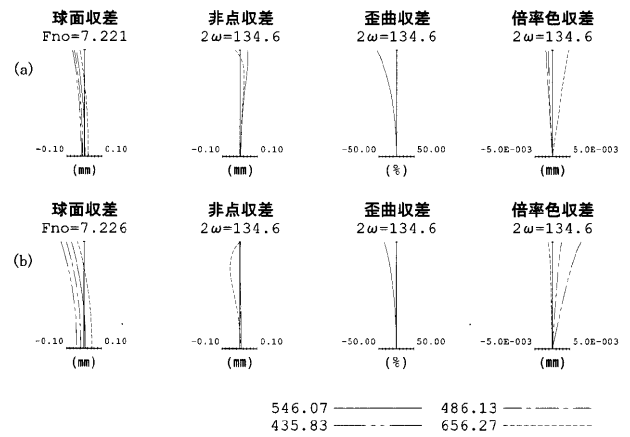


【図 12】

## 実施例6

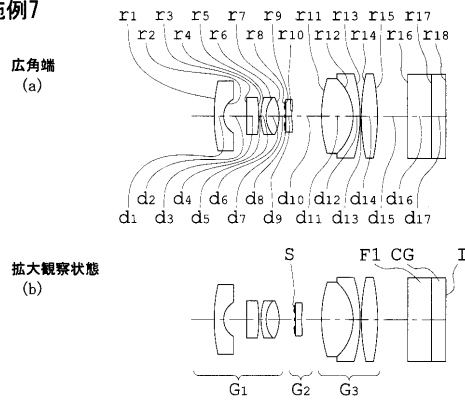


【図 13】

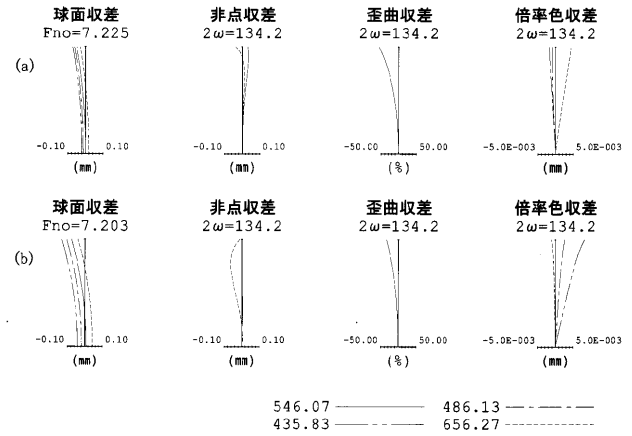


【図 14】

## 実施例7

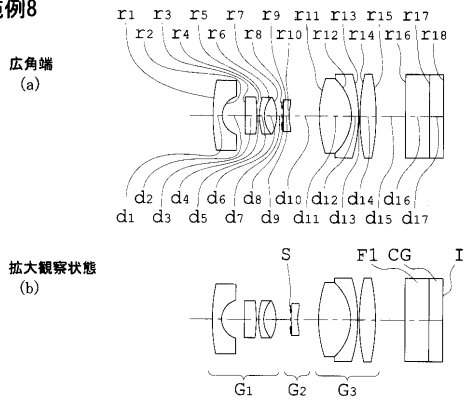


【図 15】

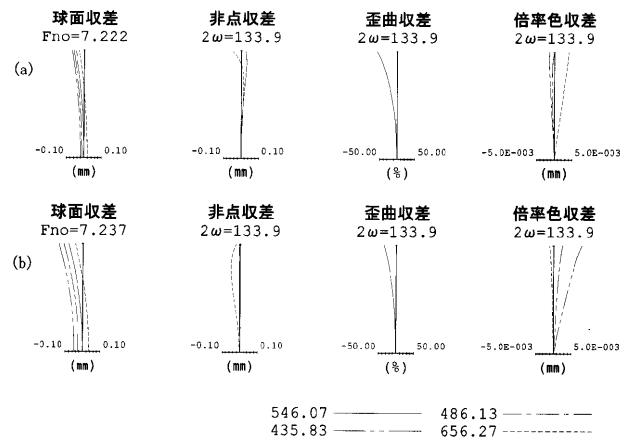


【図 16】

## 実施例8



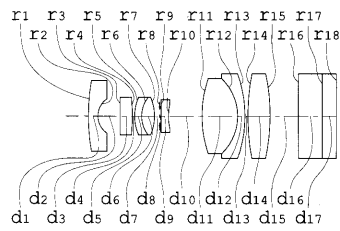
【図 17】



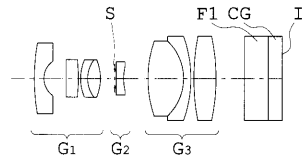
【図 18】

## 実施例9

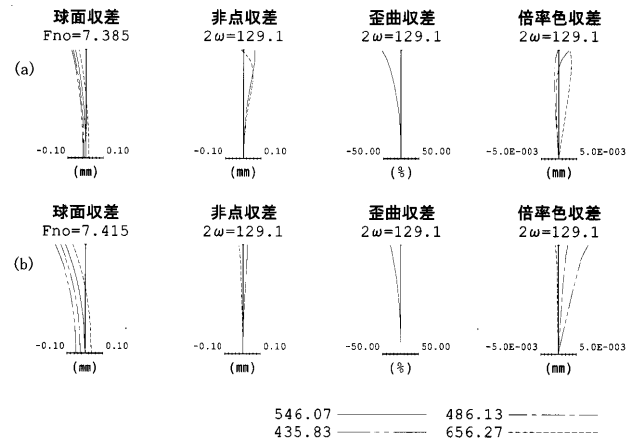
広角端  
(a)



拡大観察状態  
(b)



【図 19】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA10 LA01 MA13 PA06 PA07 PA19 PA20 PB08 PB09 PB10  
QA02 QA06 QA07 QA17 QA19 QA21 QA25 QA26 QA34 QA37  
QA39 QA41 QA42 QA45 RA05 RA12 RA32 RA42 RA43 SA13  
SA17 SA19 SA63 SA72 SA74 SB05 SB06 SB12 SB13 SB24  
4C061 BB02 CC06 FF40 JJ06 LL02 NN01 PP11