

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4843121号  
(P4843121)

(45) 発行日 平成23年12月21日(2011.12.21)

(24) 登録日 平成23年10月14日(2011.10.14)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>G02B 13/00</b> (2006.01)	G02B 13/00
<b>A61B 1/00</b> (2006.01)	A61B 1/00 300T
<b>G02B 13/18</b> (2006.01)	G02B 13/18
<b>G02B 23/26</b> (2006.01)	G02B 23/26 C

請求項の数 15 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2011-517548 (P2011-517548)	(73) 特許権者	304050923 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
(86) (22) 出願日	平成22年7月16日(2010.7.16)	(74) 代理人	100076233 弁理士 伊藤 進
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/062058	(72) 発明者	折原 達也 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
(87) 国際公開番号	W02011/027622	(72) 発明者	鵜澤 勉 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
(87) 国際公開日	平成23年3月10日(2011.3.10)		
審査請求日	平成23年4月21日(2011.4.21)		
(31) 優先権主張番号	特願2009-201824 (P2009-201824)		
(32) 優先日	平成21年9月1日(2009.9.1)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

早期審査対象出願

審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】対物光学系

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側から順に、負のパワーをもつ第1群、明るさ絞り、正のパワーをもつ第2群、第3群からなり、

前記第1群の最も像側の面が像側に向いた凹面、

前記第2群の最も像側の面が非球面、

前記第3群の最も物体側の面が物体側に向いた凸面、  
で構成され、

前記第1～3群の各々がレンズ1枚からなる3群3枚構成であり、これら3枚のレンズの全ての面がパワーを有すると共に、当該第1～3群を構成する3枚のレンズは、全て屈折率1.65以下の材料から形成され、

前記第2群と前記第3群の距離が前記第1群と前記第2群の距離よりも小さく、下記条件式を満足し、かつ画角が130度以上である対物光学系、

$$\begin{aligned} d_{L23} / d_{L12} &< 0.25 \\ 1.7 &< f_{L3} / f_{L2} \end{aligned}$$

但し、

$d_{L23}$ は前記第2群と前記第3群の距離、

$d_{L12}$ は前記第1群と前記第2群の距離、

$f_{L2}$ は前記第2群の焦点距離、

$f_{L3}$ は前記第3群の焦点距離。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の対物光学系と、

前記対物光学系の前記第 1 群の最も物体側の面よりも物体側に配置されたカバーと、  
を具備したことを特徴とする内視鏡用対物光学系。

**【請求項 3】**

前記カバーは、前記対物光学系の光軸上で負のパワーをもつドーム形状をなし、下記条件式を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の内視鏡用対物光学系、

$$100 < |f_d / f|$$

但し、

$f_d$  は前記カバーの焦点距離、

10

$f$  は前記カバーを配置していない状態での対物光学系全系の焦点距離。

**【請求項 4】**

前記対物光学系の周辺に配置された照明部材をさらに具備し、

前記カバーは、前記対物光学系の光軸上でパワーをもたない平板形状をなし、前記対物光学系および前記照明部材を覆うように配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の内視鏡用対物光学系。

**【請求項 5】**

前記第 1 ~ 3 群を構成する 3 枚のレンズは、全て屈折作用によって光線を曲げる光学素子であり、かつ全て同一の材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の対物光学系。

20

**【請求項 6】**

さらに、下記条件式

$$0.052 < d_{L23} / d_{L12}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の対物光学系。

**【請求項 7】**

さらに、下記条件式

$$2.362 < |f_{L3} / f_{L2}|$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の対物光学系。

**【請求項 8】**

さらに、下記条件式

$$2.362 < |f_{L3} / f_{L2}| < 3.612$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の対物光学系。

30

**【請求項 9】**

物体側から順に、負のパワーをもつ第 1 群、明るさ絞り、正のパワーをもつ第 2 群、第 3 群からなり、

前記第 1 群の最も像側の面が像側に向いた凹面、

前記第 2 群の最も像側の面が非球面、

前記第 3 群の最も物体側の面が物体側に向いた凸面、

で構成され、

前記第 1 ~ 3 群の各々がレンズ 1 枚からなる 3 群 3 枚構成であり、これら 3 枚のレンズの全ての面がパワーを有すると共に、当該第 1 ~ 3 群を構成する 3 枚のレンズは、全て屈折作用によって光線を曲げる光学素子であり、かつ全て同一の材料から形成され、

前記第 2 群と前記第 3 群の距離が前記第 1 群と前記第 2 群の距離よりも小さく、下記条件式を満足する対物光学系、

$$d_{L23} / d_{L12} < 0.25$$

$$1.7 < f_{L3} / f_{L2}$$

但し、

$d_{L23}$  は前記第 2 群と前記第 3 群の距離、

$d_{L12}$  は前記第 1 群と前記第 2 群の距離、

$f_{L2}$  は前記第 2 群の焦点距離、

40

50

f\_L3は前記第3群の焦点距離。

**【請求項10】**

請求項9に記載の対物光学系と、

前記対物光学系の前記第1群の最も物体側の面よりも物体側に配置されたカバーと、  
を具備したことを特徴とする内視鏡用対物光学系。

**【請求項11】**

前記カバーは、前記対物光学系の光軸上で負のパワーをもつドーム形状をなし、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、

$$100 < |f_d/f|$$

但し、

10

f\_dは前記カバーの焦点距離、

fは前記カバーを配置していない状態での対物光学系全系の焦点距離。

**【請求項12】**

前記対物光学系の周辺に配置された照明部材をさらに具備し、

前記カバーは、前記対物光学系の光軸上でパワーをもたない平板形状をなし、前記対物光学系および前記照明部材を覆うように配置されてい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。

**【請求項13】**

さらに、下記条件式

$$0.052 < d_{L23}/d_{L12}$$

20

を満足することを特徴とする請求項9に記載の対物光学系。

**【請求項14】**

さらに、下記条件式

$$2.362 < |f_{L3}/f_{L2}|$$

20

を満足することを特徴とする請求項9に記載の対物光学系。

**【請求項15】**

さらに、下記条件式

$$2.362 < |f_{L3}/f_{L2}| < 3.612$$

30

を満足することを特徴とする請求項9に記載の対物光学系。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、対物光学系、より詳しくは、内視鏡などに用いられ得る画角が広角な対物光学系に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来より、内視鏡用の対物光学系やデジタルカメラ用の対物光学系において、構成部品を削減して低コスト化を図るようにする種々の技術が提案がされている。

**【0003】**

このような技術として、例えば特開平5-307139号公報には、負の第1群と明るさ絞りと正の第2群と正の第3群とからなり、第2群の像側の面もしくは第3群の物体側の面に非球面を設けたレトロフォーカス型でほぼテレセントリックなレンズ系が記載されている。そして、これにより、レンズ枚数が少なく像面湾曲が良好に補正された明るい内視鏡対物レンズを構成している。

**【0004】**

また、特開2002-350720号公報には、物体側より順に、少なくとも一面を非球面とされた弱いパワーの第1レンズと、像側の面を凸面形状とされた正の屈折力を有する第2レンズと、少なくとも一面を非球面とされた弱いパワーの第3レンズと、を配列してなる単焦点レンズが記載されている。そして、結像機能を有する第2レンズを、ほとんどパワーを有さず補正板として機能する第1および第3レンズによって挟む構成を採用す

40

50

ることにより、コンパクト化および低廉化を達成し得る3枚レンズ構成でありながら、十分に良好に収差補正を行うことが可能となっている。

【0005】

ところで、コストを低減するために考えられる手段は、まずレンズ枚数を減らすことであるが、レンズ枚数を減らし過ぎると収差の補正が不十分になる場合があると考えられる。特に、内視鏡のように画角の広角化が望まれる製品においては、収差の補正を十分に行おうとすると、広角化を実現することができなくなってしまい、収差補正と広角化の両立を図ることが技術上の課題となっている。ここに、内視鏡用対物光学系として望ましい画角は、一般に、130度以上の広角である。

【0006】

また、内視鏡やカプセル内視鏡等では、患者への負担を極力軽減し、操作者の操作性を向上するために、内視鏡の先端硬性部の長さを短くしたり、カプセル内視鏡の全長を短くしたりすることが望まれている。そこで、内視鏡やカプセル内視鏡等に搭載される対物光学系についても、光軸方向の長さを短くすることが求められている。従って、単にレンズ枚数を削減するだけではなく、レンズの配置も工夫して全長を極力短くすることが重要である。

10

【0007】

さらに、対物光学系を安価に提供することも望まれているが、このためには、レンズ枚数を削減するだけではなく、レンズを製作する材料として安価な材料を用いる必要がある。レンズを製作する材料としては硝材や樹脂が知られているが、これらの内でも樹脂は比較的安価である。そこで、低価格化を図るために、樹脂を材料として使用する必要があるが、樹脂は低価格であるものの方がより低屈折率であることが多い。従って、比較的低屈折率な樹脂を用いても広角化、小型化等を図ることができるよう工夫する必要がある。

20

【0008】

しかし、上述した特開平5-307139号公報には、対物光学系の広角化や全長を短くするための着想については提案されていない。

【0009】

また、上述した特開2002-350720号公報には、レンズの枚数を削減することにより対物光学系のコンパクト化を図るという提案はなされてはいるが、レンズの配置による工夫や、130度以上の画角へ広角化するための着想については提案されていない。さらに、全てのレンズの材料として比較的安価な材料を使用することについても検討されていない。

30

【0010】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、広角かつ小型で低コストな対物光学系を提供することを目的としている。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明の一態様による対物光学系は、物体側から順に、負のパワーをもつ第1群、明るさ絞り、正のパワーをもつ第2群、第3群からなり、前記第1群の最も像側の面が像側に向いた凹面、前記第2群の最も像側の面が非球面、前記第3群の最も物体側の面が物体側に向いた凸面、で構成され、前記第1～3群の各々がレンズ1枚からなる3群3枚構成であり、これら3枚のレンズの全ての面がパワーを有すると共に、当該第1～3群を構成する3枚のレンズは、全て屈折率1.65以下の材料から形成され、前記第2群と前記第3群の距離が前記第1群と前記第2群の距離よりも小さく、下記条件式を満足し、かつ画角が130度以上である対物光学系、

40

$$d_{L23} / d_{L12} < 0.25$$

$$1.7 < f_{L3} / f_{L2}$$

但し、 $d_{L23}$ は前記第2群と前記第3群の距離、 $d_{L12}$ は前記第1群と前記第2群の距

50

離、 $f_{-L2}$ は前記第2群の焦点距離、 $f_{-L3}$ は前記第3群の焦点距離。

上記の目的を達成するために、本発明の他の態様による対物光学系は、物体側から順に、負のパワーをもつ第1群、明るさ絞り、正のパワーをもつ第2群、第3群からなり、前記第1群の最も像側の面が像側に向いた凹面、前記第2群の最も像側の面が非球面、前記第3群の最も物体側の面が物体側に向いた凸面、で構成され、前記第1～3群の各々がレンズ1枚からなる3群3枚構成であり、これら3枚のレンズの全ての面がパワーを有すると共に、当該第1～3群を構成する3枚のレンズは、全て屈折作用によって光線を曲げる光学素子であり、かつ全て同一の材料から形成され、前記第2群と前記第3群の距離が前記第1群と前記第2群の距離よりも小さく、下記条件式を満足する対物光学系、

$$d_{-L23} / d_{-L12} < 0.25$$

$$1.7 < f_{-L3} / f_{-L2}$$

但し、 $d_{-L23}$ は前記第2群と前記第3群の距離、 $d_{-L12}$ は前記第1群と前記第2群の距離、 $f_{-L2}$ は前記第2群の焦点距離、 $f_{-L3}$ は前記第3群の焦点距離。

#### 【0012】

また、本発明の他の態様による内視鏡用対物光学系は、前記対物光学系と、前記対物光学系の前記第1群の最も物体側の面よりも物体側に配置されたカバーと、を具備したものである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図1A】本発明の一実施形態における実施例1の対物光学系の断面図である。

20

【図1B】上記実施形態における実施例1の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図1C】上記実施形態における実施例1の対物光学系の収差図である。

【図2A】上記実施形態における実施例2の対物光学系の断面図である。

【図2B】上記実施形態における実施例2の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図2C】上記実施形態における実施例2の対物光学系の収差図である。

【図3A】上記実施形態における実施例3の対物光学系の断面図である。

【図3B】上記実施形態における実施例3の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

30

【図3C】上記実施形態における実施例3の対物光学系の収差図である。

【図4A】上記実施形態における実施例4の対物光学系の断面図である。

【図4B】上記実施形態における実施例4の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図4C】上記実施形態における実施例4の対物光学系の収差図である。

【図5A】上記実施形態における実施例5の対物光学系の断面図である。

【図5B】上記実施形態における実施例5の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図5C】上記実施形態における実施例5の対物光学系の収差図である。

【図6A】上記実施形態における実施例6の対物光学系の断面図である。

40

【図6B】上記実施形態における実施例6の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図6C】上記実施形態における実施例6の対物光学系の収差図である。

【図7A】上記実施形態における実施例7の対物光学系の断面図である。

【図7B】上記実施形態における実施例7の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図7C】上記実施形態における実施例7の対物光学系の収差図である。

【図8A】上記実施形態における実施例8の対物光学系の断面図である。

【図8B】上記実施形態における実施例8の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

50

【図8C】上記実施形態における実施例8の対物光学系の収差図である。

【図9A】上記実施形態における実施例9の対物光学系の断面図である。

【図9B】上記実施形態における実施例9の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図9C】上記実施形態における実施例9の対物光学系の収差図である。

【図10A】上記実施形態における実施例10の対物光学系の断面図である。

【図10B】上記実施形態における実施例10の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図10C】上記実施形態における実施例10の対物光学系の収差図である。

【図11A】上記実施形態における実施例11の対物光学系の断面図である。

10

【図11B】上記実施形態における実施例11の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図11C】上記実施形態における実施例11の対物光学系の収差図である。

【図12A】上記実施形態における実施例12の対物光学系の断面図である。

【図12B】上記実施形態における実施例12の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

【図12C】上記実施形態における実施例12の対物光学系の収差図である。

【図13A】上記実施形態における実施例13の対物光学系の断面図である。

【図13B】上記実施形態における実施例13の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。

20

【図13C】上記実施形態における実施例13の対物光学系の収差図である。

【図14】上記実施形態の対物光学系を備えたカプセル内視鏡の要部概略構成を示す図である。

【図15】上記実施形態の対物光学系を備えた内視鏡先端部の概略構成を示す図である。

【図16】上記実施形態の対物光学系の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0015】

[実施形態]

30

図1Aから図16は本発明の一実施形態を示したものである。

【0016】

本実施形態の対物光学系は、物体側から順に、負のパワーをもつ第1群、絞り、正のパワーをもつ第2群、第3群からなる。そして、第1群の最も像側の面が凹面、第2群の最も像側の面が非球面、第3群の最も物体側の面が凸面となっている。さらに、第2群と第3群の距離が第1群と第2群の距離よりも小さくなるように、第2群と第3群は近接して配置されている。

【0017】

このような対物光学系の構成を、図16を参照して具体的に説明すれば、次のようになる。

40

【0018】

図16に示す対物光学系10は、各群がそれぞれ単一のレンズから構成されていて、第1群が第1レンズL1、第2群が第2レンズL2、第3群が第3レンズL3となっている。また、第1レンズL1と第2レンズL2の間に、絞りSが配置されている。さらに、図16に示す例においては、対物光学系10の結像面位置に、撮像素子12の撮像面11が配置されている。

【0019】

この対物光学系10の各光学面は、物体側から順に、次のようにになっている。

【0020】

すなわち、第1レンズL1の物体側が面1、第1レンズL1の像側が面2、絞りSが面

50

3、入射瞳が面4、第2レンズL2の物体側が面5、第2レンズL2の像側が面6、第3レンズL3の物体側が面7、第3レンズL3の像側が面8である。ただし、面3と面4に関しては、後述する実施例の幾つかに示すように、入射瞳が面3となって、絞りSが面4となることもある。

【0021】

そして、第1レンズL1の像側の面2が凹面、第2レンズL2の像側の面6が非球面、第3レンズL3の物体側の面7が凸面である。さらに、対物光学系10は、光軸に沿った第2レンズL2の面6から第3レンズの面7までの距離d\_L23が、光軸に沿った第1レンズL1の面2から第2レンズL2の面5までの距離d\_L12よりも小さくなるように配置されている。なお、距離d\_L12と距離d\_L23とが満たすべきより詳しい条件式については後述する。

【0022】

次に、各群の光学的な機能について説明する。

【0023】

第1群は、主に広角化を実現するために作用する要素であり、特に物体側の面が広角化の役割を担っている（図16に示す例において、軸外光束を見れば分かるように、第1レンズL1の物体側の面1において、広角側からの入射光線が結像面11の方向へ大きく屈折されている（入射角が大きく屈折角が小さい）。対物光学系を広角化するためには、全系の焦点距離を小さくする必要があるが、正のパワーをもつ群だけで焦点距離を短くするように構成すると、強い像面湾曲が発生してしまうことになる。従って、像面湾曲を補正しつつ広角化を実現するためには、光学系内に負のパワーをもつ群を配置する必要がある。このとき、レンズ枚数を削減して光学系の小型化を達成するためには配置場所が限られ、絞りよりも物体側に負のパワーをもつ群を配置することが望ましい。そこで本実施形態においては、最も物体側の第1群を、負のパワーをもつ群としている。

【0024】

第2群は、主に結像機能と収差補正の作用をもつ要素である。第1群は上述したように負のパワーをもっているために、第1群を通過した光束は発散光束となる（図16に示す例において、軸上光束および軸外光束を見れば分かるように、第1レンズL1から射出される光束は、光束幅が広がって発散している）。そこで、この発散光束を収束光とするために、第2群には比較的強い正のパワーをもたせる必要がある。ただし、強いパワーをもつレンズは、一般に、収差の発生量が大きくなることが知られている。そこで、本実施形態においては、第2群の最も像側の面（図16に示す例においては面6）を非球面とすることにより、収差の発生が極力小さくなるようにしている。

【0025】

第3群は、主に撮像素子への入射効率を最良にするために作用する要素であり、特に像側の面（図16に示す例においては面8）が撮像素子の後述する特性に合わせた入射角になるように制御する役割を担っている。なお、第3群で収差補正を行おうとすると、撮像素子への入射角の制御が困難になる。そこで本実施形態においては、第3群は比較的弱いパワーをもつ群となっている。

【0026】

続いて、各群の配置について説明する。

【0027】

第1群と第2群の距離は、第1群の広角化の作用をより効率良く機能させるために、長くとっている（つまり、第1群と第2群とを離して配置している）。すなわち、光線を効率良く屈折させるためには、光線がレンズの周辺を通るように配置すると良い。そこで本実施形態においては、第1群の最も物体側の面（図16に示す例においては面1）から絞りの面までの距離を離して配置している。これにより、第1群を通過する光線は、レンズの周辺部を通るようになり、効率良く広角化を行うことができる。

【0028】

また、第2群と第3群の距離は、極力短くしている。これは、第2群と第3群の距離を

10

20

30

40

50

短くすると、対物光学系の焦点距離が短くなつて広角化することができるためである。

【0029】

こうして、本実施形態においては、広角化を効率良く実現するために、第1群と第2群の距離を長くし、第2群と第3群の距離を短くすることを行つてゐる。このように、第2群と第3群の距離を極力短くした上で、第1群と第2群の距離を最適に設定することにより、第2群と第3群の距離を必要以上に長くする必要がなくなり、全長を極力短くしたままで広角化を実現することができる。

【0030】

さらには、下記条件式を満足するようにすると、樹脂のような屈折率の低い材料を使用した際にも、それぞれの群の距離をバランス良く配置することができ、全長を極力短くした状態で広角化を実現することができる。

【0031】

$$d_{L23} / d_{L12} < 0.25$$

但し、 $d_{L23}$ は第2群と第3群の距離、 $d_{L12}$ は第1群と第2群の距離である。

【0032】

また、近年の撮像素子は、光電変換を行うフォトダイオードを複数配列してなる撮像面の上に、開口率を上げるためにマイクロレンズを設けたり、あるいは単板カラー撮像素子等を実現するためにカラーフィルタを設けたりするのが一般的となつてゐる。このような撮像素子に、対物光学系を通過してきた光が例えれば大きな入射角で入射すると、マイクロレンズやカラーフィルタの縁でけられてしまい、撮像面まで光が到達できなくなることがある。すると、入射角が大きくなる画像の周辺部は、画像の中央部よりも光電変換が少ししか行われず、画像の周辺が暗くなる現象を引き起こすことになる。このように撮像素子は、光束の入射角により特性が異なることが知られている。そこで本実施形態においては、第3群によって撮像素子への入射角の制御を行うことにより、周辺の画像が暗くなるのを改善するようにしている。

【0033】

加えて、下記条件式を満たすようにレンズを配置することで、第2群で十分な収差補正を行いつつ、第3群では撮像素子への入射角の制御を効率良く行うことができるようになる。

【0034】

$$1.7 < f_{L3} / f_{L2}$$

但し、 $f_{L2}$ は第2群の焦点距離、 $f_{L3}$ は第3群の焦点距離である。

【0035】

そして、樹脂のような安価ではあるが低屈折率の材料を使用しつつ画角の広角化を実現するためには、全てのレンズの全ての面にパワーをもたせると良い。これにより、各群のレンズ枚数を1枚にすることもできる。図16に示した例、および以下に説明する各実施例は、このような構成例を示したものである。こうして、3群3枚の構成でありながら、画角が130度以上の広角な対物光学系を実現することができる。

【0036】

以下では、本実施形態の対物光学系の具体的な実施例を示す。なお、各実施例の対物光学系の数値データにおいては、数式1に示すような非球面式を用いてゐる。

【数1】

$$Z = \frac{h^2}{R\{1 + \sqrt{1 - (1+k)h^2/R^2}\}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10}$$

【0037】

ここで、

$Z$ ：非球面上の光軸からの高さ  $h$  における点の、非球面面頂からの光軸方向の距離

$h$ ：光軸からの高さ

$k$ ：円錐定数

10

20

30

40

50

A 4 ~ 1 0 : 4 ~ 1 0 次の非球面係数

R : 近軸曲率半径

である。

【 0 0 3 8 】

また、図 1 ~ 1 1 B には、内視鏡やカブセル内視鏡の挿入性を高めるために、対物光学系の第 1 群よりも物体側に負のパワーをもつドーム形状の透明なカバー 1 3 をさらに配置して内視鏡用対物光学系を構成したときの様子を図示している。そして、表 1 ~ 1 1 B には、このようなドーム形状のカバー 1 3 を配置したときの数値データを示している。なお、表 1 ~ 1 1 B における物体位置は、ドーム形状のカバー 1 3 の物体側の面の面頂からの距離である。

10

【 実施例 1 】

【 0 0 3 9 】

図 1 A は本実施形態における実施例 1 の対物光学系の断面図である。図 1 B は本実施形態における実施例 1 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 1 C は本実施形態における実施例 1 の対物光学系の収差図である。表 1 A は本実施形態における実施例 1 の対物光学系の数値データである。表 1 B は本実施形態における実施例 1 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

20

【 表 1 A 】

面No 物体位置	R	D	Nd	Vd
	INF	14.1343		
1	7.3896	0.3855	1.5311	56
2(非球面)	1.5604	0.1939		
3(絞り)	INF	0.0694		
4	INF	0.0353		
5	2.0358	0.8346	1.5311	56
6(非球面)	-0.7486	0.0600		
7	2.5058	0.6926	1.5311	56
8(非球面)	-14.1650	0.6198		
結像位置	INF			

30

非球面データ

面No	K	A4	A6	A8	A10
2	0.045721	1.0945E-01	-1.3813E-01	-4.3160E-01	
6	-1.3527	-4.4434E-02	-4.4789E-02	3.0478E-01	3.1421E-05
8	9.5581	-1.3634E-01	-1.3881E-03	8.4316E-02	3.8101E-06

全系の焦点距離	1.0000
第1レンズの焦点距離	-3.7961
第2レンズの焦点距離	1.1456
第3レンズの焦点距離	4.0505
有効FNo	3.3638
中心倍率	-0.07020
前側焦点位置	0.1106
後側焦点位置	-0.0551
最大像高	1.0074
最大像高半画角	-69.05
最大像高の撮像素子への入射角	-10.63
d_L23/d_L12	0.201
f_L3/f_L2	3.536

40

【表 1 B】

面No	R	D	Nd	Vd
物体位置		9.1231		
ドーム物体側面	6.9387	0.6425	1.585	30
ドーム像側面	6.2962	6.1292		
第1レンズ物体側面	7.3896	0.3855	1.5311	56
全系の焦点距離	1.0003			
ドームの焦点距離	-183.331			
有効FNo	3.3607			10
中心倍率	-0.06250			
前側焦点位置	6.8822			
後側焦点位置	-0.0497			
最大像高半画角	-69.08			
最大像高の撮像素子への入射角	-10.63			
f_d/f	183.331			

【実施例 2】

【0 0 4 0】

図 2 A は本実施形態における実施例 2 の対物光学系の断面図である。図 2 B は本実施形態における実施例 2 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 2 C は本実施形態における実施例 2 の対物光学系の収差図である。表 2 A は本実施形態における実施例 2 の対物光学系の数値データである。表 2 B は本実施形態における実施例 2 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 2 A】

面No 物体位置	R INF	D 11.8895	N	V	
1	14.4669	0.3963	1.5311	56	
2	1.6791	0.2510			
3(絞り)	INF	0.0713			
4	INF	0.0396			
5	2.6421	0.7926	1.5311	56	
6(非球面)	-0.7385	0.0661			
7	2.4532	0.6605	1.5311	56	
8	-22.6997	0.7134			10
結像位置	INF				

非球面データ					
面No	K	A4	A6	A8	A10
6	-1.4115	-1.1074E-01	-5.4402E-02	2.7571E-01	3.1256E-03

全系の焦点距離	1.0000	
第1レンズの焦点距離	-3.6003	
第2レンズの焦点距離	1.1782	
第3レンズの焦点距離	4.1892	
有効FNo	3.5199	
中心倍率	-0.08306	
前側焦点位置	0.1495	
後側焦点位置	-0.0665	
最大像高	1.0357	
最大像高半画角	-69.79	
最大像高の撮像素子への入射角	-14.87	
$d_{L23}/d_{L12}$	0.182	
$ f_{L3}/f_{L2} $	3.556	

【表 2 B】

面No 物体位置	R INF	D 5.9448	N	V	
ドーム物体側面	7.1337	0.6605	1.585	30	
ドーム像側面	6.4732	6.3014			
第1レンズ物体側面	14.4669	0.3963	1.5311	56	

全系の焦点距離	1.0001	
ドームの焦点距離	-188.484	
有効FNo	3.5182	
中心倍率	-0.07660	
前側焦点位置	7.1115	
後側焦点位置	-0.0612	
最大像高半画角	-69.82	
最大像高の撮像素子への入射角	-14.87	
$ f_d/f $	188.484	

【実施例 3】

【0041】

図 3 A は本実施形態における実施例 3 の対物光学系の断面図である。図 3 B は本実施形態における実施例 3 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置

したときの断面図である。図3Cは本実施形態における実施例3の対物光学系の収差図である。表3Aは本実施形態における実施例3の対物光学系の数値データである。表3Bは本実施形態における実施例3の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表3A】

面No	R	D	N	V	
物体位置	INF	11.0521			
1	5.6426	0.3725	1.5311	56	
2(非球面)	1.0454	0.6914			10
3(絞り)	INF	0.0671			
4	INF	0.0373			
5	5.1280	0.9853	1.5311	56	
6(非球面)	-0.8394	0.0744			
7	1.9862	0.8983	1.5311	56	
8(非球面)	9.0286	0.8729			
結像位置	INF				
非球面データ					
面No	K	A4	A6	A8	
2	-1.5876	1.3440E-01	-1.1830E+00	3.9155E+00	20
6	0.064393	1.6094E-01	5.9809E-01	-1.2347E-01	
8	64.337	1.1708E-01	-3.6287E-01	1.6941E-01	
全系の焦点距離	1.0000				
第1レンズの焦点距離	-2.4755				
第2レンズの焦点距離	1.4348				
第3レンズの焦点距離	4.5714				
有効FNo	3.4291				
中心倍率	-0.08641				
前側焦点位置	0.5201				30
後側焦点位置	-0.0650				
最大像高	0.9736				
最大像高半画角	-72.55				
最大像高の撮像素子への入射角	-7.67				
$d_{L23}/d_{L12}$	0.094				
$ f_{L3}/f_{L2} $	3.186				

【表 3 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	5.2156		
ドーム物体側面	6.7058	0.6209	1.585	30
ドーム像側面	6.0849	5.9235		
第1レンズ物体側面	5.6426	0.3725	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9980			
ドームの焦点距離	-177.170			10
有効FNo	3.4294			
中心倍率	-0.08127			
前側焦点位置	7.0637			
後側焦点位置	-0.0594			
最大像高半画角	-72.64			
最大像高の撮像素子への入射角	-7.67			
$ f_d/f $	177.17			

【実施例 4】

【0 0 4 2】

図 4 A は本実施形態における実施例 4 の対物光学系の断面図である。図 4 B は本実施形態における実施例 4 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 4 C は本実施形態における実施例 4 の対物光学系の収差図である。表 4 A は本実施形態における実施例 4 の対物光学系の数値データである。表 4 B は本実施形態における実施例 4 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 4 A】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	16.5665		
1(非球面)	7.8209	0.5370	1.5311	56
2(非球面)	1.4327	1.2892		
3(絞り)	INF	0.0540		
4	INF	0.0540		
5(非球面)	-7.8509	0.9104	1.5311	56
6(非球面)	-0.7221	0.0720		
7(非球面)	1.6493	0.8345	1.5311	56
8(非球面)	1.4496	0.9004		
結像位置	INF			
非球面データ				
面No	K	A4	A6	
1		1.8868E-02	-1.9652E-03	
2		5.5233E-02	2.2400E-01	
5		-6.9578E-01		
6		7.1635E-02	3.1279E-01	
7		-1.0422E-01		
8		-2.5481E-01	3.5748E-02	
全系の焦点距離	1.0000			
第1レンズの焦点距離	-3.3876			
第2レンズの焦点距離	1.4277			
第3レンズの焦点距離	49.4865			
有効FNo	3.0171			
中心倍率	-0.05721			
前側焦点位置	0.9135			
後側焦点位置	-0.0526			
最大像高	1.1453			
最大像高半画角	-81.46			
最大像高の撮像素子への入射角	-17.60			
d_L23/d_L12	0.052			
f_L3/f_L2	34.663			

【表 4 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	10.4441		
ドーム物体側面	8.1032	0.9004	1.585	30
ドーム像側面	7.2028	6.6626		
第1レンズ物体側面	7.8209	0.5370	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9979			
ドームの焦点距離	-174.774			10
有効FNo	3.0186			
中心倍率	-0.05274			
前側焦点位置	8.4757			
後側焦点位置	-0.0469			
最大像高半画角	-81.53			
最大像高の撮像素子への入射角	-17.60			
$ f_d/f $	174.774			

## 【実施例 5】

## 【0 0 4 3】

図 5 A は本実施形態における実施例 5 の対物光学系の断面図である。図 5 B は本実施形態における実施例 5 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 5 C は本実施形態における実施例 5 の対物光学系の収差図である。表 5 A は本実施形態における実施例 5 の対物光学系の数値データである。表 5 B は本実施形態における実施例 5 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 5 A】

面No 物体位置	R INF	D 11.8486	N	V
1	5.2149	0.3742	1.5311	56
2(非球面)	0.9042	0.7313		
3(絞り)	INF	0.0673		
4	INF	0.0374		
5	4.5599	0.9471	1.5311	56
6(非球面)	-0.8677	0.1704		10
7	1.9959	0.6694	1.5311	56
8(非球面)	14.5387	1.0601		
結像位置	INF			
非球面データ				
面No	K	A4	A6	A8
2	-1.2612	3.4591E-02	8.7515E-01	1.9601E+00
6	0.46072	2.0354E-01	2.7578E-02	1.6001E+00
8	-222.68	1.3935E-01	-3.1091E-01	1.6170E-01
全系の焦点距離	1.0000			20
第1レンズの焦点距離	-2.1147			
第2レンズの焦点距離	1.4551			
第3レンズの焦点距離	4.2585			
有効FNo	4.2105			
中心倍率	-0.08072			
前側焦点位置	0.5400			
後側焦点位置	-0.0597			
最大像高	0.9778			
最大像高半画角	-72.22			
最大像高の撮像素子への入射角	-10.00			30
d_L23/d_L12	0.204			
f_L3/f_L2	2.927			

【表 5 B】

面No 物体位置	R INF	D 6.2361	N	V
ドーム物体側面	6.7350	0.6236	1.585	30
ドーム像側面	6.1114	5.9492		
第1レンズ物体側面	5.2149	0.3742	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9979			40
ドームの焦点距離	-177.949			
有効FNo	4.2095			
中心倍率	-0.07476			
前側焦点位置	7.1120			
後側焦点位置	-0.0541			
最大像高半画角	-72.31			
最大像高の撮像素子への入射角	-10.00			
f_d/f	177.949			

## 【実施例 6】

## 【0044】

図6Aは本実施形態における実施例6の対物光学系の断面図である。図6Bは本実施形態における実施例6の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図6Cは本実施形態における実施例6の対物光学系の収差図である。表6Aは本実施形態における実施例6の対物光学系の数値データである。表6Bは本実施形態における実施例6の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

## 【表6A】

面No 物体位置	R	D	N	V	10
	INF	12.9792			
1	5.7108	0.4099	1.5311	56	
2(非球面)	0.9543	0.8932			
3(絞り)	INF	0.0738			
4	INF	0.0410			
5	3.9789	1.2960	1.5311	56	
6(非球面)	-0.6818	0.0814			
7	2.1867	0.5263	1.5311	56	
8(非球面)	1.3968	1.0970			
結像位置	INF				

面No 非球面データ	K	A4	A6	A8	A10	20
2	-5.6757	6.0331E-01	-1.3818E+00	2.6447E+00		
6	-0.4354	2.6069E-01	2.3687E-01	2.0363E-01		
8	-1.1108	-5.8591E-02	-2.3745E-01	1.7967E-01	-3.2030E-02	

全系の焦点距離	1.0000	30
第1レンズの焦点距離	-2.2147	
第2レンズの焦点距離	1.2081	
第3レンズの焦点距離	-9.4372	
有効FNo	3.4924	
中心倍率	-0.07329	
前側焦点位置	0.6644	
後側焦点位置	-0.0160	
最大像高	1.0711	
最大像高半画角	-74.26	
最大像高の撮像素子への入射角	-12.07	
d_L23/d_L12	0.081	
f_L3/f_L2	7.811	

【表 6 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	6.4213		
ドーム物体側面	7.3776	0.6831	1.585	30
ドーム像側面	6.6945	6.5169		
第1レンズ物体側面	5.7108	0.4099	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9975			
ドームの焦点距離	-194.929			
有効FNo	3.4940			10
中心倍率	-0.06983			
前側焦点位置	7.8632			
後側焦点位置	-0.0109			
最大像高半画角	-74.35			
最大像高の撮像素子への入射角	-12.07			
$ f_d/f $	194.929			

【実施例 7】

【0 0 4 5】

図 7 A は本実施形態における実施例 7 の対物光学系の断面図である。図 7 B は本実施形態における実施例 7 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 7 C は本実施形態における実施例 7 の対物光学系の収差図である。表 7 A は本実施形態における実施例 7 の対物光学系の数値データである。表 7 B は本実施形態における実施例 7 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 7 A】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	18.9819		
1(非球面)	2.7444	0.5593	1.5311	56
2(非球面)	0.7887	0.9081		
3	INF	0.0569		
4(絞り)	INF	0.0402		
5(非球面)	-3.8655	1.1172	1.5311	56
6(非球面)	-0.8132	0.0759		
7(非球面)	2.1721	1.2027	1.5311	56
8(非球面)	80.6168	1.0281		
結像位置	INF			
非球面データ				
面No	K	A4	A6	A8
1		7.4011E-04		
2		-8.0726E-02	-5.4748E-02	
5		-5.5506E-01	1.0502E-01	
6	-0.1337	4.8698E-02	5.6774E-02	8.7166E-03
7		5.2121E-03	-2.4712E-02	
8	3048.7000	1.3836E-02	-4.6871E-02	5.9748E-03
全系の焦点距離				
	1.0000			
第1レンズの焦点距離				
	-2.3045			
第2レンズの焦点距離				
	1.7128			
第3レンズの焦点距離				
	4.1630			
有効FNo				
	3.0013			
中心倍率				
	-0.05021			
前側焦点位置				
	0.9358			
後側焦点位置				
	-0.0422			
最大像高				
	1.2073			
最大像高半画角				
	-81.50			
最大像高の撮像素子への入射角				
	-4.35			
d_L23/d_L12	0.076			
f_L3/f_L2	2.431			

【表 7 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	12.3382		
ドーム物体側面	8.5419	0.9491	1.585	30
ドーム像側面	7.5928	8.1622		
第1レンズ物体側面	2.7444	0.5593	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9919			
ドームの焦点距離	-184.237			10
有効FNo	3.0008			
中心倍率	-0.04433			
前側焦点位置	10.0349			
後側焦点位置	-0.0368			
最大像高半画角	-81.98			
最大像高の撮像素子への入射角	-4.35			
$ f_d/f $	184.237			

## 【実施例 8】

## 【0 0 4 6】

図 8 A は本実施形態における実施例 8 の対物光学系の断面図である。図 8 B は本実施形態における実施例 8 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 8 C は本実施形態における実施例 8 の対物光学系の収差図である。表 8 A は本実施形態における実施例 8 の対物光学系の数値データである。表 8 B は本実施形態における実施例 8 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 8 A】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	20.5324		
1(非球面)	4.1011	0.6435	1.5311	56
2(非球面)	0.8615	1.1301		
3	INF	0.0648		
4(絞り)	INF	0.0417		
5(非球面)	-5.4544	1.2802	1.5311	56
6(非球面)	-0.9233	0.0865		
7(非球面)	2.3400	1.2545	1.5311	56
8(非球面)	90.1975	1.1766		
結像位置	INF			
非球面データ				
面No	K	A4	A6	A8
1		3.4526E-02	-3.0652E-03	
2		-1.6133E-02	9.9237E-02	
5		-3.6191E-01	1.1123E-02	
6	-0.1600	3.4563E-02	6.5255E-02	-6.1639E-02
7		9.0842E-03	-1.8233E-02	
8	3053.9000	2.5947E-02	-3.0978E-02	2.5270E-03
全系の焦点距離	1.0000			
第1レンズの焦点距離	-2.1967			
第2レンズの焦点距離	1.8975			
第3レンズの焦点距離	4.4819			
有効FNo	3.0085			
中心倍率	-0.04623			
前側焦点位置	1.0963			
後側焦点位置	-0.0370			
最大像高	1.3746			
最大像高半画角	-81.50			
最大像高の撮像素子への入射角	-4.38			
d_L23/d_L12	0.070			
f_L3/f_L2	2.362			

【表 8 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	11.8872		
ドーム物体側面	9.7259	1.0807	1.585	30
ドーム像側面	8.6452	9.2936		
第1レンズ物体側面	4.1011	0.6435	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9918			
ドームの焦点距離	-209.774			
有効FNo	3.0090			10
中心倍率	-0.04249			
前側焦点位置	11.4562			
後側焦点位置	-0.0323			
最大像高半画角	-82.03			
最大像高の撮像素子への入射角	-4.38			
$ f_d/f $	209.774			

【実施例 9】

【0047】

図9 A は本実施形態における実施例 9 の対物光学系の断面図である。図9 B は本実施形態における実施例 9 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図9 C は本実施形態における実施例 9 の対物光学系の収差図である。表9 A は本実施形態における実施例 9 の対物光学系の数値データである。表9 B は本実施形態における実施例 9 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 9 A】

面No 物体位置	R INF	D 12.9904	N	V
1	8.4387	0.4102	1.5311	56
2(非球面)	0.6793	0.7001		
3(絞り)	INF	0.0738		
4	INF	0.0410		
5	3.5183	1.0150	1.5311	56
6(非球面)	-0.9985	0.1311		
7	2.1890	0.5267	1.5311	56
8(非球面)	-24.4866	1.5332		
結像位置	INF			
非球面データ				
面No	K	A4	A6	A8
2	-1.25710	5.1682E-01	2.8141E+00	-3.5807E+00
6	0.52500	1.6922E-01	-5.6605E-02	4.1504E-01
8	-4019.70000	-1.9618E-02	9.5606E-02	-1.3301E-02
全系の焦点距離	1.0000			20
第1レンズの焦点距離	-1.4110			
第2レンズの焦点距離	1.5819			
第3レンズの焦点距離	3.7934			
有効FNo	3.4956			
中心倍率	-0.07403			
前側焦点位置	0.5183			
後側焦点位置	-0.0619			
最大像高	1.0721			
最大像高半画角	-72.25			
最大像高の撮像素子への入射角	-13.05			
d_L23/d_L12	0.161			30
f_L3/f_L2	2.398			

【表 9 B】

面No 物体位置	R INF	D 6.4268	N	V
ドーム物体側面	7.3840	0.6837	1.585	30
ドーム像側面	6.7003	6.5225		
第1レンズ物体側面	8.4387	0.4102	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9983			40
ドームの焦点距離	-195.097			
有効FNo	3.4971			
中心倍率	-0.07054			
前側焦点位置	7.7240			
後側焦点位置	-0.0567			
最大像高半画角	-72.30			
最大像高の撮像素子への入射角	-13.05			
f_d/f	195.097			

【実施例 10】

## 【0048】

図10Aは本実施形態における実施例10の対物光学系の断面図である。図10Bは本実施形態における実施例10の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図10Cは本実施形態における実施例10の対物光学系の収差図である。表10Aは本実施形態における実施例10の対物光学系の数値データである。表10Bは本実施形態における実施例10の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

## 【表10A】

面No	R	D	N	V	10
物体位置	INF	21.9613			
1(非球面)	7.2240	0.6846	1.5311	56	
2(非球面)	0.9216	1.2442			
3	INF	0.0694			
4(絞り)	INF	0.0381			
5(非球面)	-10.8548	1.3833	1.5311	56	
6(非球面)	-0.9916	0.0925			
7(非球面)	2.6101	1.3172	1.5311	56	
8(非球面)	90.2364	1.2483			
結像位置	INF				

面No	K	A4	A6	A8	20
1		4.4114E-02	-6.4927E-03	3.0168E-04	
2		2.0608E-02	1.2721E-01		
5		-2.7632E-01	-6.7702E-02		
6	-0.2416	2.2531E-02	3.6072E-02	-4.8467E-02	
7		9.8881E-03	-2.2333E-02	4.2332E-03	
8	2986.3000	2.6016E-02	-2.7430E-02	3.7796E-03	

全系の焦点距離	1.0000	30
第1レンズの焦点距離	-2.0585	
第2レンズの焦点距離	1.9510	
第3レンズの焦点距離	5.0133	
有効FNo	2.9809	
中心倍率	-0.04332	
前側焦点位置	1.1205	
後側焦点位置	-0.0335	
最大像高	1.4703	
最大像高の半画角	-81.52	
最大像高の撮像素子への入射角	-8.73	
d_L23/d_L12	0.068	
f_L3/f_L2	2.570	40

## 【表 1 0 B】

面No	R	D	N	V
物体位置	INF	13.8703		
ドーム物体側面	10.4027	1.1559	1.585	30
ドーム像側面	9.2469	9.9404		
第1レンズ物体側面	7.2240	0.6846	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9920			
ドームの焦点距離	-224.373			10
有効FNo	2.9804			
中心倍率	-0.03805			
前側焦点位置	12.2022			
後側焦点位置	-0.0291			
最大像高半画角	-82.00			
最大像高の撮像素子への入射角	-8.73			
$ f_d/f $	224.373			

## 【実施例 1 1】

## 【0 0 4 9】

図 1 1 A は本実施形態における実施例 1 1 の対物光学系の断面図である。図 1 1 B は本実施形態における実施例 1 1 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 1 1 C は本実施形態における実施例 1 1 の対物光学系の収差図である。表 1 1 A は本実施形態における実施例 1 1 の対物光学系の数値データである。表 1 1 B は本実施形態における実施例 1 1 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

【表 1 1 A】

面No 物体位置	R	D	N	V	
1	17.8334	0.4102	1.5311	56	
2(非球面)	0.7316	0.6563			
3(絞り)	INF	0.0738			
4	INF	0.0410			
5	2.4613	1.0529	1.5311	56	
6(非球面)	-0.9120	0.0820			10
7	3.3351	0.9025	1.5311	56	
8(非球面)	12.6223	1.2170			
結像位置	INF				
非球面データ					
面No	K	A4	A6	A8	
2	0.2982	-1.4239E-01	-1.2448E-01	-3.2467E-01	
6	-1.4564	-1.5383E-02	-4.5510E-02	1.0126E-01	
8	9.8211	-1.9741E-02	1.8430E-03	1.5057E-02	
全系の焦点距離	1.0000				20
第1レンズの焦点距離	-1.4423				
第2レンズの焦点距離	1.3996				
第3レンズの焦点距離	5.0453				
有効FNo	3.5003				
中心倍率	-0.06272				
前側焦点位置	0.4922				
後側焦点位置	-0.0565				
最大像高	1.0720				
最大像高半画角	-71.67				
最大像高の撮像素子への入射角	-13.14				30
d_L23/d_L12	0.106				
f_L3/f_L2	3.605				

【表 1 1 B】

面No 物体位置	R	D	N	V	
ドーム物体側面	7.3839	0.6837	1.585	30	
ドーム像側面	6.7002	6.5224			
第1レンズ物体側面	17.8334	0.4102	1.5311	56	
全系の焦点距離	0.9984				40
ドームの焦点距離	-195.094				
有効FNo	3.4999				
中心倍率	-0.05736				
前側焦点位置	7.6978				
後側焦点位置	-0.0514				
最大像高半画角	-71.71				
最大像高の撮像素子への入射角	-13.14				
f_d/f	195.094				

## 【実施例 12】

## 【0050】

図12Aは本実施形態における実施例12の対物光学系の断面図である。図12Bは本実施形態における実施例12の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図12Cは本実施形態における実施例12の対物光学系の収差図である。表12Aは本実施形態における実施例12の対物光学系の数値データである。表12Bは本実施形態における実施例12の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。

## 【表12A】

面No	R	D	N	V	10
物体位置		18.7899			
1(非球面)	3.7531	0.5889	1.5311	56	
2(非球面)	0.7884	1.0342			
3	INF	0.0593			
4(絞り)	INF	0.0382			
5(非球面)	-4.9915	1.1716	1.45	50	
6(非球面)	-0.8450	0.0791			
7(非球面)	2.1414	1.1481	1.6	20	
8(非球面)	82.5429	1.0768			
結像位置		INF			20
非球面データ					
面No	K	A4	A6	A8	30
1		4.5050E-02	-4.7756E-03		
2		-2.1051E-02	1.5461E-01		
5		-4.7222E-01	1.7329E-02		
6	-0.16002	4.51E-02	1.02E-01	-1.15E-01	
7		1.19E-02	-2.84E-02	0.00E+00	
8	3053.9	3.39E-02	-4.45E-02	4.16E-03	
全系の焦点距離	1.0000				
第1レンズの焦点距離	-2.0102				
第2レンズの焦点距離	2.0678				
第3レンズの焦点距離	3.6026				
有効FNo	3.2873				
中心倍率	-0.04427				
前側焦点位置	0.9778				
後側焦点位置	-0.0440				
最大像高	1.2579				
最大像高半画角	-74.33				40
最大像高の撮像素子への入射角	-3.74				
d_L23/d_L12	0.070				
f_L3/f_L2	1.742				

【表 1 2 B】

面No	R	D	N	V
物体位置		12.9678		
ドーム物体側面	9.7259	1.0807	1.585	30
ドーム像側面	8.6452	9.2936		
第1レンズ物体側面	3.7531	0.5889	1.5311	56
全系の焦点距離	0.9923			
ドームの焦点距離	-209.774			10
有効FNo	3.4999			
中心倍率	-0.04082			
前側焦点位置	11.3396			
後側焦点位置	-0.0393			
最大像高半画角	-74.83			
最大像高の撮像素子への入射角	-13.14			
$ f_d/f $	209.774			

【実施例 1 3】

【0 0 5 1】

図 1 3 A は本実施形態における実施例 1 3 の対物光学系の断面図である。図 1 3 B は本実施形態における実施例 1 3 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの断面図である。図 1 3 C は本実施形態における実施例 1 3 の対物光学系の収差図である。表 1 3 A は本実施形態における実施例 1 3 の対物光学系の数値データである。表 1 3 B は本実施形態における実施例 1 3 の対物光学系の物体側に負のパワーをもつドーム形状のカバーを配置したときの数値データである。 20

【表 1 3 A】

面No 物体位置	R	D	N	V	
1	-4.6427	0.3189	1.52985	56	
2	0.6935	0.4020			
3(絞り)	INF	0.0213			
4	INF	0.0116			
5	2.1349	1.1101	1.52985	56	
6(非球面)	-0.8111	0.1071			
7	3.2118	0.8750	1.52985	56	10
8(非球面)	-9.2352	1.2728			
結像位置	INF				
非球面データ					
面No	K	A4	A6	A8	A10
6	-1.0888	-7.8682E-02	-2.2607E-01	6.4449E-01	-1.73E-01
8	-1.17E-05	-1.7809E-02	3.0814E-02	-2.2010E-02	-7.16E-05
全系の焦点距離	1.0000				
第1レンズの焦点距離	-1.1108				
第2レンズの焦点距離	1.2710				20
第3レンズの焦点距離	4.5906				
有効FNo	3.3894				
中心倍率	-0.09178				
前側焦点位置	0.2651				
後側焦点位置	-0.0607				
最大像高	0.9326				
最大像高半画角	-69.06				
最大像高の撮像素子への入射角	-11.18				
d_L23/d_L12	0.246				
f_L3/f_L2	3.612				

30

【表 1 3 B】

面No 物体位置	R	D	N	V	
ドーム物体側面	5.3531	0.5948	1.585	30	
ドーム像側面	4.7583	5.1152			
第1レンズ物体側面	-4.6427	0.3189	1.52985	56	
全系の焦点距離	0.9946				
ドームの焦点距離	-115.458				40
有効FNo	3.4999				
中心倍率	-0.04082				
前側焦点位置	5.9717				
後側焦点位置	-0.0520				
最大像高半画角	-69.31				
最大像高の撮像素子への入射角	-11.18				
f_d/f	115.458				

【0 0 5 2】

なお、上述した各実施例の内の、実施例 1 ~ 11, 13においては、対物光学系の各群は、全て同じ樹脂材料から構成されている。これにより、異なる樹脂材料を用いる場合に

50

必要な工程等、例えば樹脂を切り替える際に発生する製造装置の洗浄工程や製造条件を変更するための段取り等を行う必要がなくなり、さらに低コストな対物光学系となっている。

【0053】

一方、実施例12については、第3群を構成するレンズを、第2群を構成するレンズよりも低アッベ数の材料により製作して、倍率の色収差を補正している。

【0054】

以上のように、本実施形態においては、全てのレンズを構成する材料を屈折率1.65以下の材料とすることができます。ここに、屈折率1.65以下の材料としては、シクロオレフィンポリマー、ポリカーボネイト、アクリル、ポリスルフロン、等の樹脂材料が代表的なものとして上げられる。そして、これらの樹脂材料を用いてレンズを製造することにより、硝子を用いてレンズを製造した場合に比べて、レンズの原価を安価にすることができます。こうして、画角が130度以上の広角な対物光学系を、低コストで製造することができる。

10

【0055】

また、内視鏡やカプセル内視鏡のような、体内に挿入して観察する機器においては、図1~13Bに示したように、対物光学系の物体側（装置の先端側）にドーム形状の透明なカバー13を配置して内視鏡用対物光学系を構成し、挿入時の体内との摩擦を極力少なくて、患者の負担を軽くしようという試みがされている。このような構造のときは、ドーム形状のカバー13により光線が屈折して対物光学系に入射する角度が変化してしまい、カバー13がない状態に対して光学性能、観察性能が変わってしまうという課題があった。

20

【0056】

そこで本実施形態においては、下記条件式を満足するように、すなわちドーム形状のカバー13の焦点距離の絶対値が対物光学系の焦点距離の絶対値に対して十分に大きな値になるように、設定している。

【0057】

$$100 < |f_d/f|$$

但し、 $f_d$ はドーム形状のカバー13の焦点距離、 $f$ はドーム形状のカバー13を配置していない状態での対物光学系全系の焦点距離である。

30

【0058】

上述した実施例1~13においては、表1~13A、表1~13Bから明らかなように、ドーム形状のカバー13の焦点距離の絶対値は、対物光学系の焦点距離の絶対値に比較して十分に大きく（上記条件式に示したように100倍よりも大きい）、ドーム形状のカバー13が、該カバー13と対物光学系とを合わせた内視鏡用対物光学系全系に与えるパワーの影響は極わずかである。これにより、カバー13を配置しても、カバー13を配置していない場合と実質的に同様の観察性能を得ることができる。

【0059】

また、上述した各実施例においては、ドーム形状のカバー13の物体側の面の球芯位置と像側の面の球芯位置とを一致させている。これにより、球芯を通る光線が屈折しなくなるために、カバー13による光学性能の変化をさらに小さくすることができている。

40

【0060】

図14は、本実施形態の対物光学系を備えたカプセル内視鏡20の要部概略構成を示す図である。

【0061】

本実施形態の対物光学系10は、対物枠21に収納されている。また、対物光学系10の結像面位置には撮像素子12の撮像面11が一致するように配置されている。この撮像素子12は、対物光学系10の一部に突き当てられることで軸方向の位置出しを行っている。

【0062】

50

これら対物光学系 10 および撮像素子 12 の周辺には、撮像対象の物体を照明するための照明部材として、例えば LED 24 が配置されている。この図 14 に示す例においては、物体に陰影等が生じることのない照明を行うために、対物光学系 10 を挟んだ略対称な位置に複数（例えば 2 つ）の LED 24 が配置されている。

#### 【0063】

これら対物光学系 10 、撮像素子 12 、 LED 24 は、カプセル内視鏡 20 の筐体を構成する外装部品 23 の物体側に配置されている。そして、この外装部品 23 の物体側から、上述した対物光学系 10 、撮像素子 12 、 LED 24 を覆うように、透明な材料で形成されたドーム形状（例えば略半球形状）のカバー 13 が配置されている。このドーム形状のカバー 13 は、表 1 ~ 13B に示したように、対物光学系 10 の光軸上で負のパワーをもつたものとなっている。10

#### 【0064】

また、外装部品 23 内には、撮像素子 12 や LED 24 を駆動したり撮像素子 12 から得られた画像を処理したりするための電気部品 26 等が実装された基板 25 、カプセル内視鏡 20 の電源となる電池 27 、得られた画像を外部へ送信したり外部から指令を受信したりするための無線装置 28 、などが収納されている。

#### 【0065】

なお、この図 14 に示す構成においては、 LED 24 が主として可視光域の光のみを発光するものであり、赤外光の発光量はほぼ 0 であることを想定している。そして、カプセル内視鏡 20 の使用環境が体腔内であることを想定している。これにより、外光等の影響を受けることもほぼないために、外光に含まれる赤外線を考慮する必要もない。従って、対物光学系 10 とカバー 13 とを含む内視鏡用対物光学系内に赤外光をカットするためのフィルタやコーティングを設ける必要がない。こうして、さらに低コストな内視鏡用対物光学系を得ることが可能となっている。20

#### 【0066】

図 15 は、本実施形態の対物光学系 10 を備えた内視鏡先端部 30 の概略構成を示す図である。

#### 【0067】

本実施形態の対物光学系 10 は、対物枠 21A に収納されている。また、撮像素子 12 は、撮像素子枠 31 に保持されている。撮像素子枠 31 の内周側には対物枠 21A の外周側が光軸方向にスライド可能となるように嵌合されている。そして、対物枠 21A と撮像素子枠 31 とをスライドさせて調整することにより、撮像素子 12 と対物光学系 10 との軸方向の位置出しを行うようになっている。このような調整を行うことにより、対物光学系 10 の結像面位置に、撮像素子 12 の撮像面 11 が正確に配置される。30

#### 【0068】

対物光学系 10 の周辺には、撮像対象の物体を照明するための照明部材である照明レンズ 33 が配置されている。この照明レンズ 33 の後方には、図示しない光源装置からの光を照明レンズ 33 まで導光するライトガイド 32 が配置されている。そして、この図 15 に示す例においても、物体に陰影等が生じることのない照明を行うために、対物光学系 10 を挟んだ略対称な位置に複数（例えば 2 つ）の照明レンズ 33 およびライトガイド 32 が配置されている。40

#### 【0069】

また、上述した対物光学系 10 および照明レンズ 33 の物体側を覆うように、透明なカバー 13A が配置されている。このカバー 13A は、後述する鉗子孔 34 の内部を除く内視鏡内を水密および気密に閉塞する。そして、このカバー 13A は、上述したカプセル内視鏡 20 のカバー 13 とは異なり、対物光学系 10 の光軸上（および照明レンズ 33 の光軸上）でパワーをもたない平板形状のものが用いられている。

#### 【0070】

また、内視鏡先端部 30 から内視鏡の手元側にかけて、処置や生検に用いる鉗子等を挿通するための鉗子孔 34 が設けられており、この鉗子孔 34 は上述したカバー 13A を貫50

通して外部へ連通している。

【0071】

なお、光源装置に用いられている光源の種類によっては赤外光を含む光を発光するものもあるために、この図30に示す構成においては、第3群の最も像側（撮像素子12側）の面に赤外光をカットするためのコーティングを施している。

【0072】

このように、対物光学系10や照明レンズ33等の少なくとも物体側を覆うようにカバー13Aを配置したために、各光学系を構成するレンズ等が外部に露出することがなくなり、体液等にさらされることはなくなる。従って、耐性的にガラスよりも劣る樹脂のような材料を用いてレンズを製造することが可能となる。樹脂材料は比較的安価に入手することができるため、対物光学系10や照明レンズ33等の更なる低コスト化を実現することができる。

10

【0073】

なお、本実施形態の対物光学系は、小型で広角な観察視野が必要とされる装置に用いると良く、具体的な適用例としては内視鏡やカプセル内視鏡などが挙げられる。さらに、本実施形態の対物光学系は、こうした装置の中でも、特に、低コストであることが望まれるディスポートサブルなタイプのものに有用である。

【0074】

このような実施形態によれば、内視鏡として十分に使用可能な130度以上の広角な対物光学系を、レンズ枚数を少なくして小型化を図りながら、低コストに得ることができる。

20

【0075】

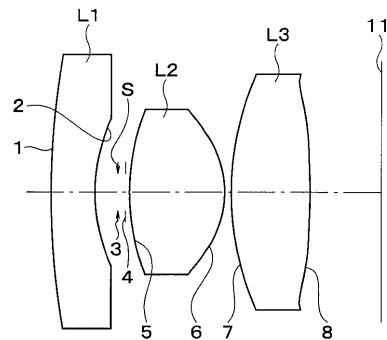
なお、本発明は上述した実施形態そのままで限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成することができる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても良い。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。

【0076】

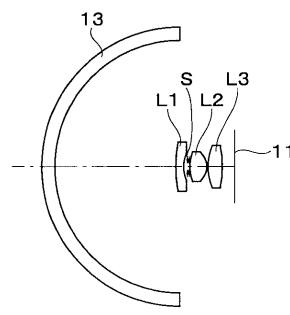
30

本出願は、2009年9月1日に日本国に出願された特願2009-201824号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

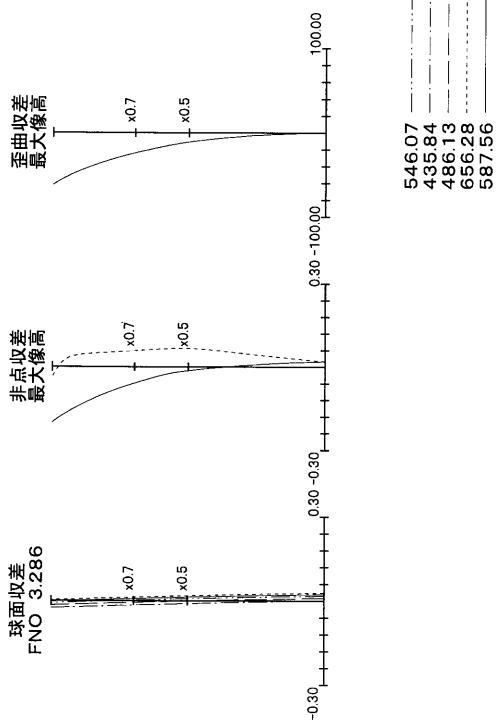
【図1 A】



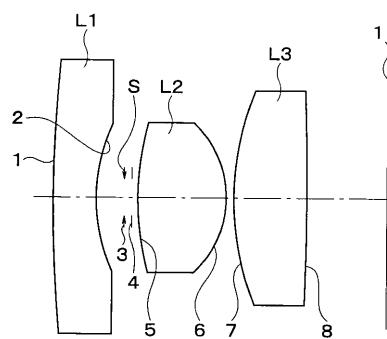
【図1 B】



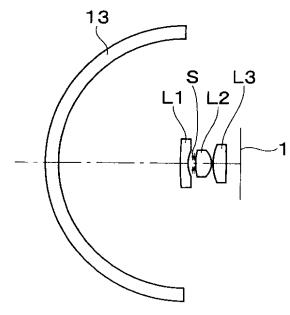
【図1 C】



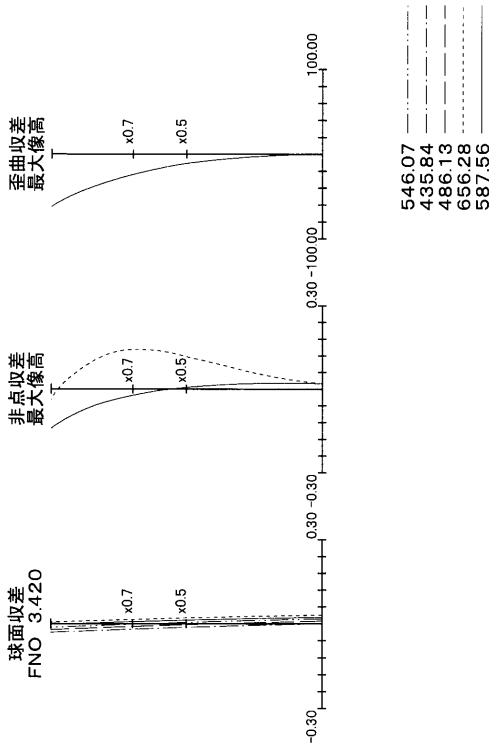
【図2 A】



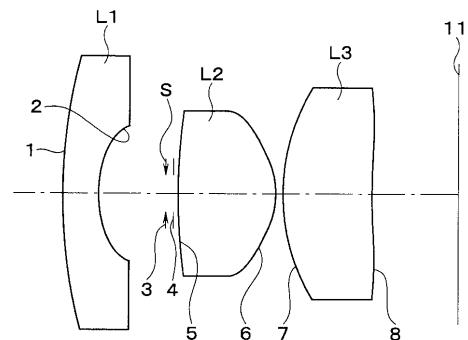
【図2 B】



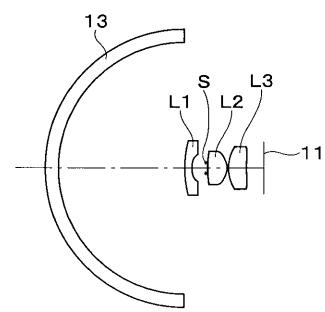
【図2 C】



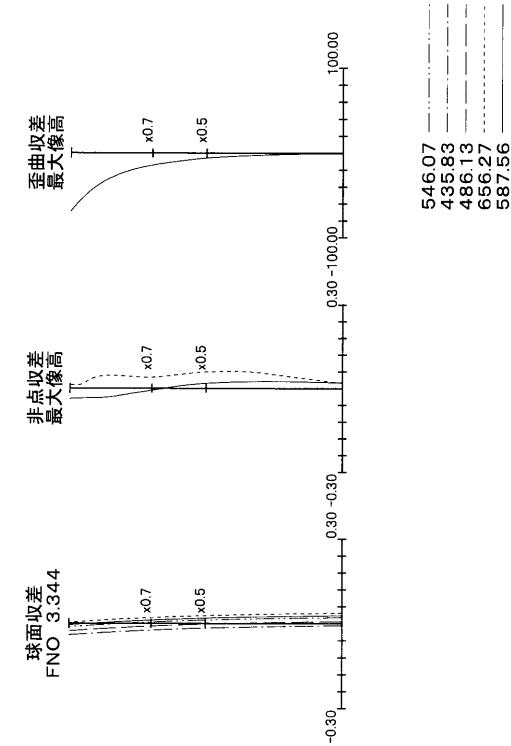
【図3A】



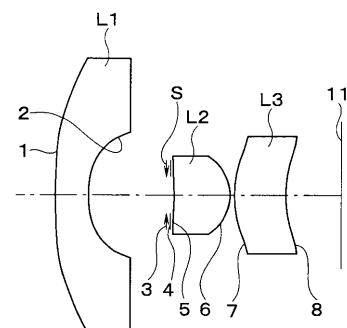
【図3B】



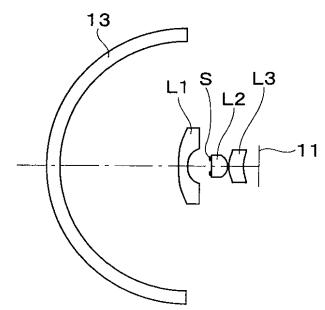
【図3C】



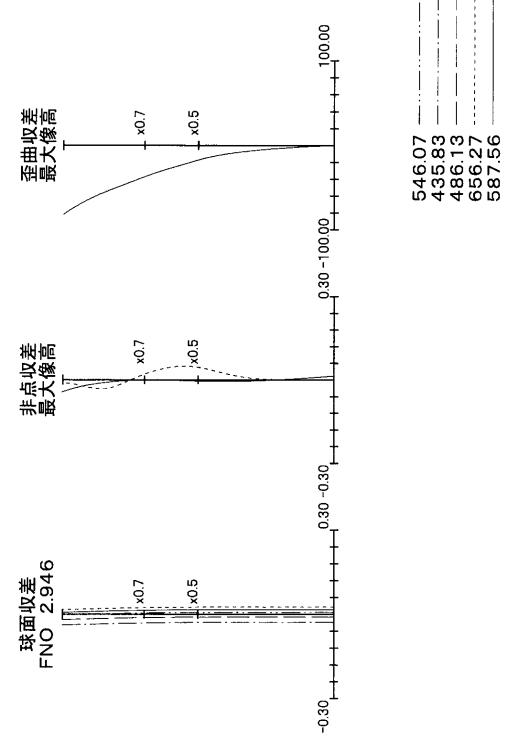
【図4A】



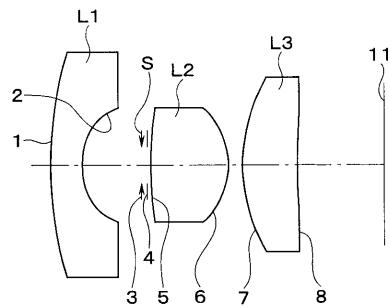
【図4B】



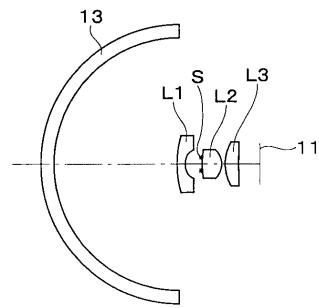
【図4C】



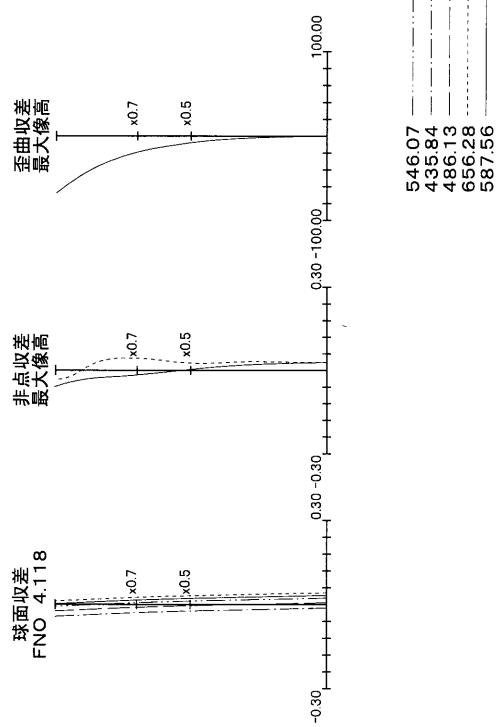
【図 5 A】



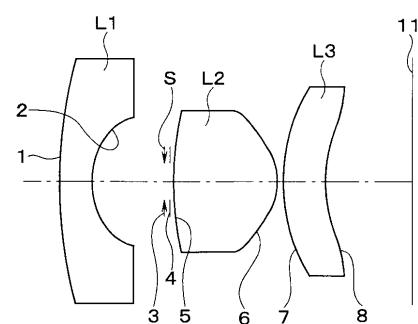
【図 5 B】



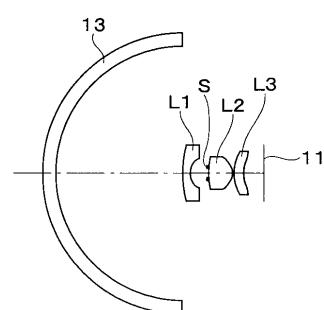
【図 5 C】



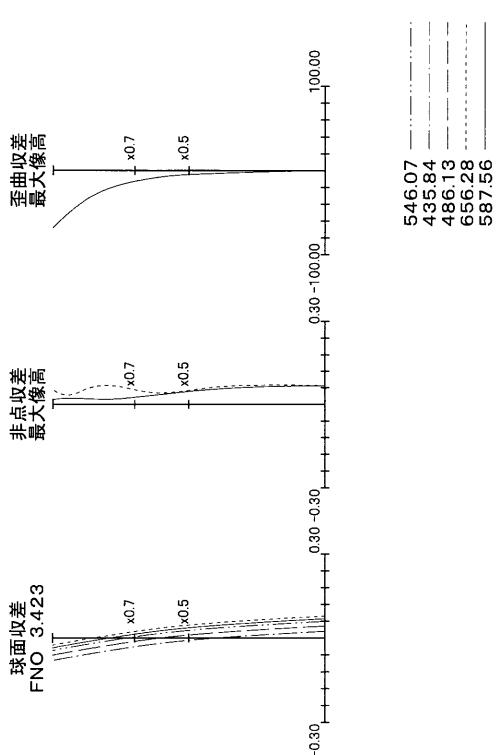
【図 6 A】



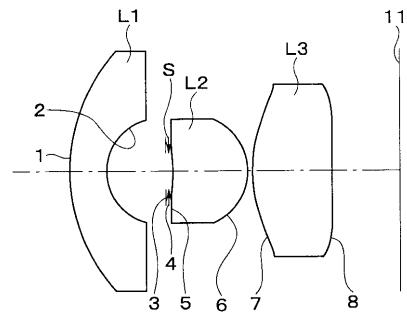
【図 6 B】



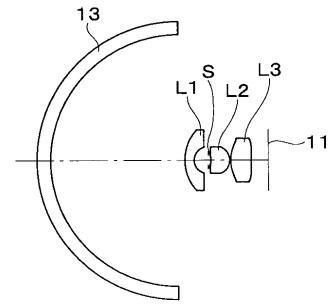
【図 6 C】



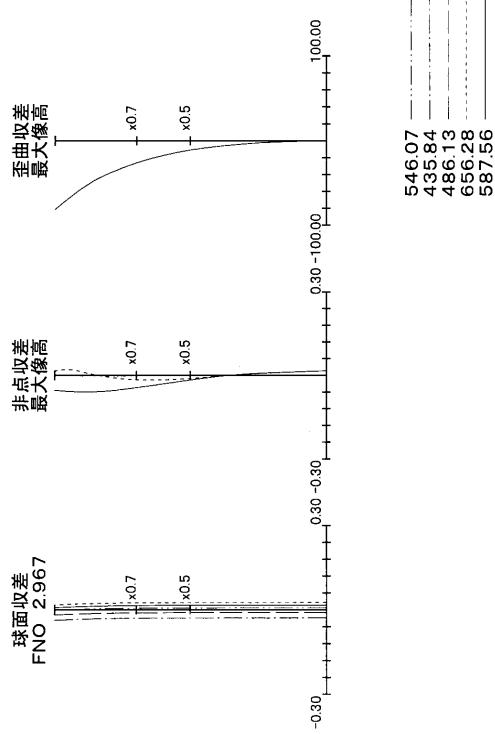
【図 7 A】



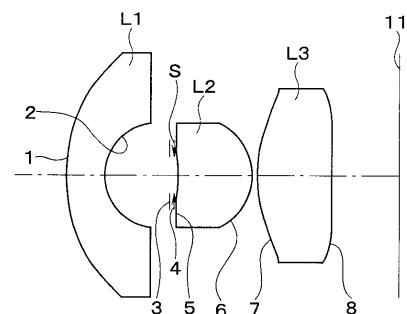
【図 7 B】



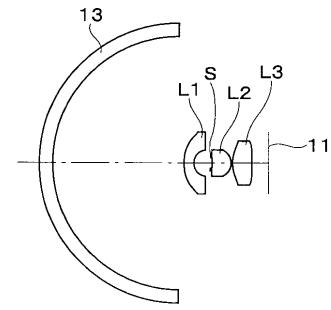
【図 7 C】



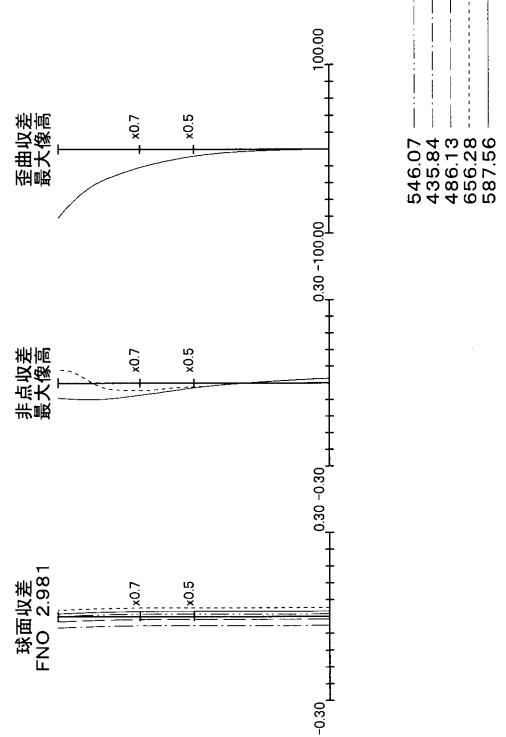
【図 8 A】



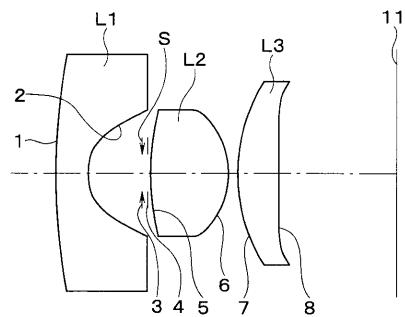
【図 8 B】



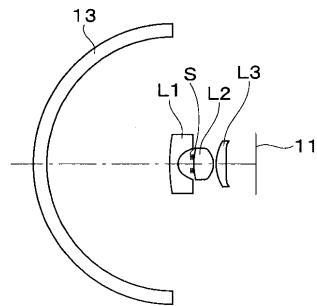
【図 8 C】



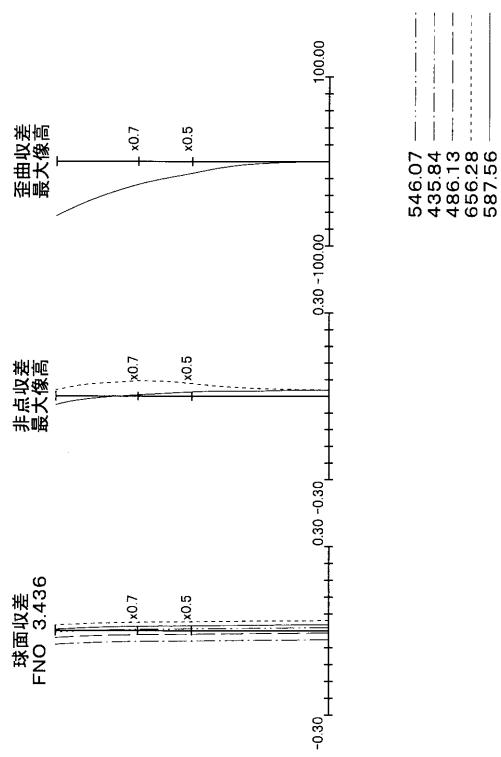
【図 9 A】



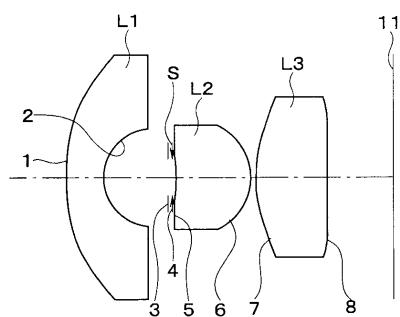
【図 9 B】



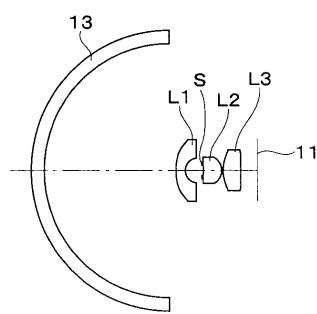
【図 9 C】



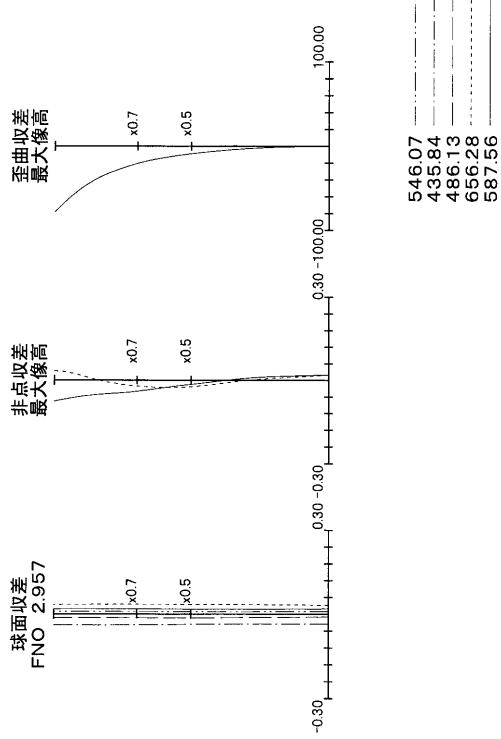
【図 10 A】



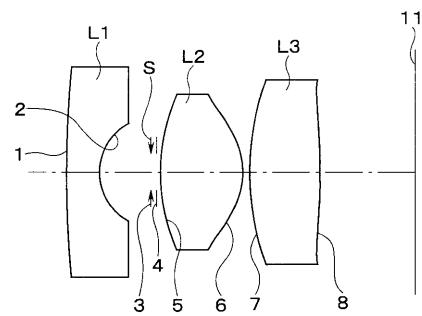
【図 10 B】



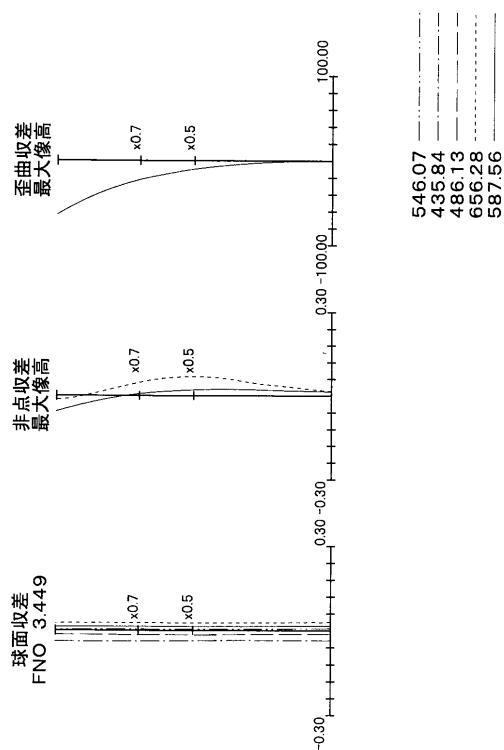
【図 10 C】



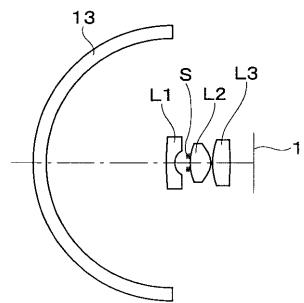
【図 1 1 A】



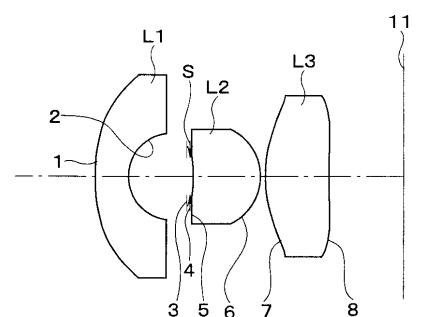
【図 1 1 C】



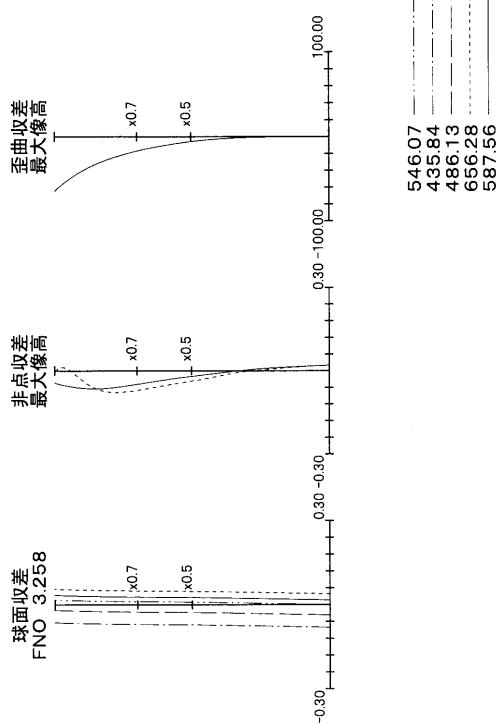
【図 1 1 B】



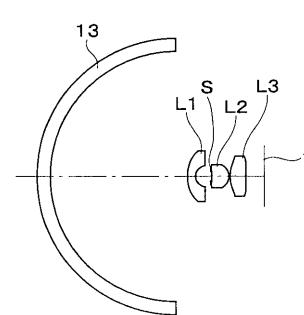
【図 1 2 A】



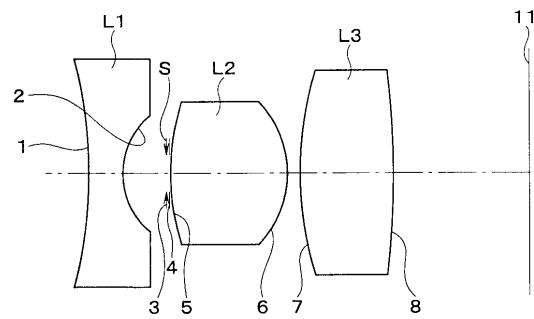
【図 1 2 C】



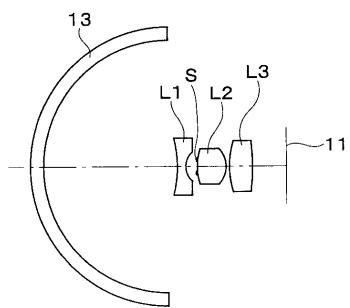
【図 1 2 B】



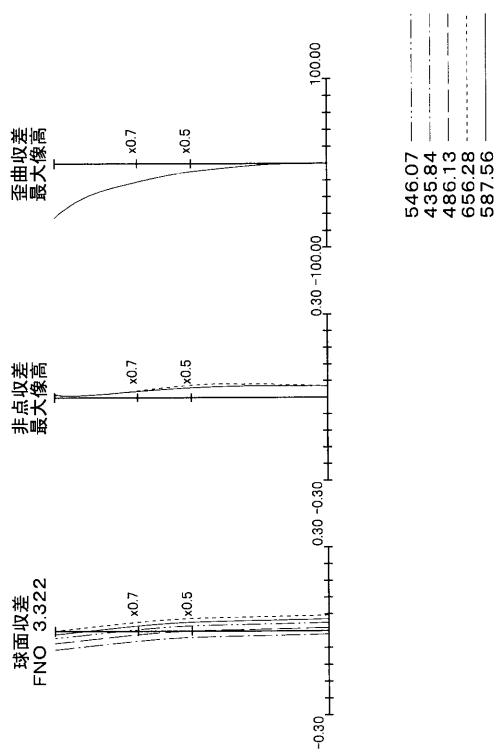
【図 1 3 A】



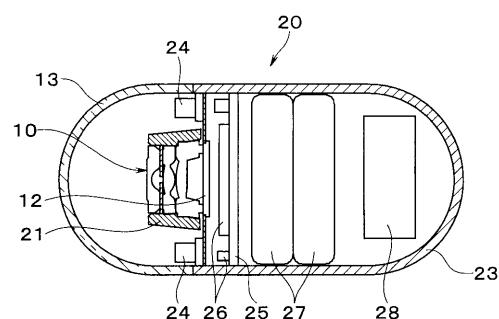
【図 1 3 B】



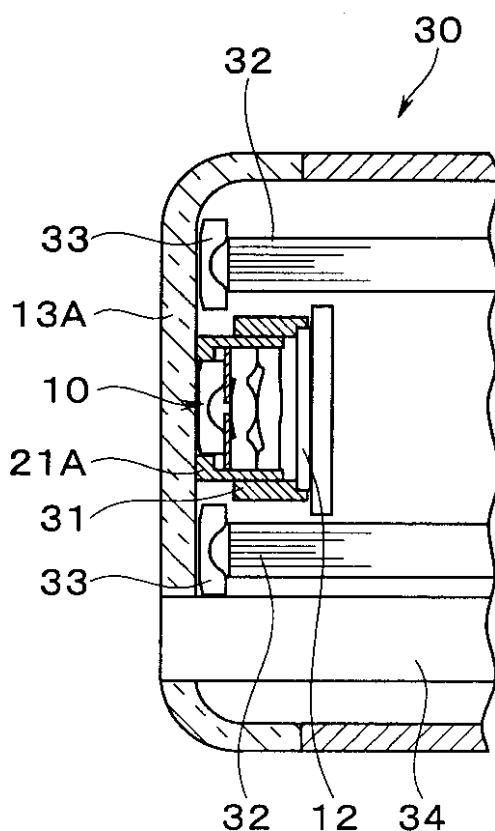
【図 1 3 C】



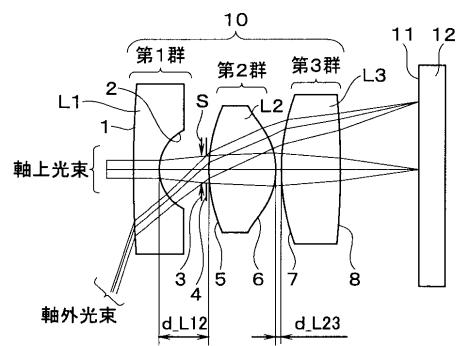
【図 1 4】



【図 1 5】



【図16】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-089105(JP,A)  
特開2009-136387(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04

专利名称(译)	对物光学系		
公开(公告)号	<a href="#">JP4843121B2</a>	公开(公告)日	2011-12-21
申请号	JP20111517548	申请日	2010-07-16
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	折原達也 鵜澤勉		
发明人	折原 達也 鵜澤 勉		
IPC分类号	G02B13/00 A61B1/00 G02B13/18 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/041 A61B1/00096 A61B1/00163 A61B1/00188 A61B1/05 G02B13/0035 G02B13/06 G02B13/18		
FI分类号	G02B13/00 A61B1/00.300.T G02B13/18 G02B23/26.C		
代理人(译)	伊藤 进		
审查员(译)	荣信原田		
优先权	2009201824 2009-09-01 JP		
其他公开文献	JPWO2011027622A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

物镜光学系统从物体侧依次包括负电动第一透镜 ( L1 ) , 透镜光阑 ( S ) , 正光焦度第二透镜 ( L2 ) 和第三透镜 ( L3 ) , 其中 : 第一透镜 ( L1 ) 的最靠近像侧的表面 ( 2 ) 是凹面; 第二透镜 ( L2 ) 的最靠近像侧的表面 ( 6 ) 是非球面; 第三透镜 ( L3 ) 的最靠近物侧的表面 ( 7 ) 是凸面; 第二透镜 ( L2 ) 和第三透镜 ( L3 ) 之间的距离  $d_{L23}$  小于第一透镜 ( L1 ) 和第二透镜 ( L2 ) 之间的距离  $d_{L12}$  , 满足条件表达式  $d_{L23} / d_{L12} < 0.25$  。

## 【 図 2 A 】

