(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2025-40503
(P2025-40503A)
(43)公開日　令和7年3月25日(2025.3.25)

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
G02B 17/00 (2006.01)		G02B	17/00	2H087
G02B 13/00 (2006.01)		G02B	13/00	2H149
G02B 5/30 (2006.01)		G02B	5/30	

審査請求　未請求　請求項の数　20　OL　（全72頁）

(21)出願番号　特願2023-147355(P2023-147355)
(22)出願日　令和5年9月12日(2023.9.12)

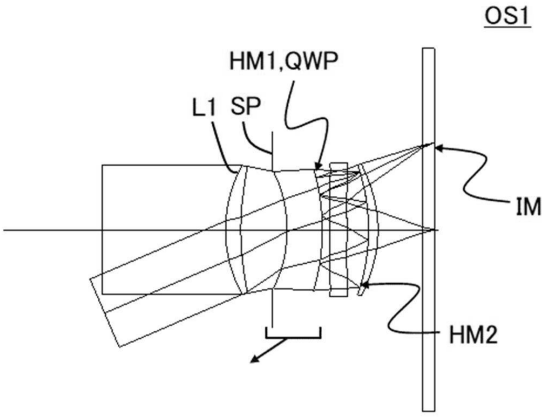
(71)出願人　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100110412
弁理士　藤元 亮輔
(74)代理人　100104628
弁理士　水本 敦也
(74)代理人　100121614
弁理士　平山 倫也
(72)発明者　小林 優真
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
キヤノン株式会社内

Ｆターム（参考）　2H087　KA01 LA01 MA06 MA07
MA08 MA09 NA07 NA18
PA03 PA04 PA05 PA06

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光学系および撮像装置

(57)【要約】
【課題】広いフォーカス範囲で高い光学性能を有する小型の光学系および撮像装置を提供する。
【解決手段】物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズ（Ｌ１）と、第１透過反射面（ＨＭ１）と、１／４波長板（ＱＷＰ）と、第２透過反射面（ＨＭ２）とを有する光学系（ＯＳ１）であって、フォーカシングに際して、第１透過反射面は光軸方向に移動し、フォーカシングに際して、第１屈折レンズは、移動しないか、または第１透過反射面との光軸方向の間隔が変化し、第１屈折レンズは、第１透過反射面および第２透過反射面のいずれとも分離している。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズと、第１透過反射面と、１／４波長板と、第２透過反射面とを有する光学系であって、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面は光軸方向に移動し、
フォーカシングに際して、前記第１屈折レンズは、移動しないか、または前記第１透過反射面との前記光軸方向の間隔が変化し、
前記第１屈折レンズは、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のいずれとも分離していることを特徴とする光学系。
【請求項２】
物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズと、第１透過反射面と、１／４波長板と、第２透過反射面と、第２屈折レンズとを有する光学系であって、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面は光軸方向に移動し、
フォーカシングに際して、前記第２屈折レンズは、移動しないか、または前記第１透過反射面との前記光軸方向の間隔が変化し、
前記第２屈折レンズは、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のいずれとも分離していることを特徴とする光学系。
【請求項３】
前記第１屈折レンズは、前記光学系のうち最も物体側のレンズであることを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項４】
前記光学系のうち前記第１透過反射面よりも物体側の屈折パワーをφｆｒ、前記光学系のパワーをφｔｏｔａｌとするとき、
　－１．００≦φｆｒ／φｔｏｔａｌ≦０．４２
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項５】
前記第２透過反射面を軸上マージナル光線が反射する際の、光軸と垂直な方向における前記光軸から反射点までの距離をＨｍ２、前記光学系の焦点距離をｆとするとき、
　０．１５≦Ｈｍ２／ｆ≦３．００
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項６】
前記光学系のうち最も物体側の面から前記光学系の入射瞳までの距離をｄｐｕｐｉｌ、前記光学系の焦点距離をｆとするとき、
　０．０≦ｄｐｕｐｉｌ／ｆ≦２．０
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項７】
前記第１透過反射面の有効径をＰｍ１、前記光学系の入射瞳径をＰｐｕｐｉｌとするとき、
　０．６≦Ｐｍ１／Ｐｐｕｐｉｌ≦２．０
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項８】
前記光学系のＦナンバーをＦｎｏとするとき、
　０．５≦Ｆｎｏ≦２．５
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項９】
前記第１透過反射面よりも物体側に配置された第３屈折レンズは、前記第１透過反射面とは分離しており、フォーカシングに際して前記第１透過反射面と一体的に移動し、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面と一体的に移動するレンズ群よりも物体側の屈折力をφｂとするとき、
　－１．００≦φｂ／φｔｏｔａｌ≦０．７０

なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１０】
無限遠から前記光学系の焦点距離の１０倍の距離までフォーカシングする際の移動量を｜Δｄｆ｜とするとき、
０．００５≦｜Δｄｆ｜／ｆ／Ｆｎｏ≦１．０００
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１１】
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面と前記第２透過反射面との間の距離が変化することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１２】
開口絞りを更に有し、
フォーカシングに際して、前記開口絞りは、前記第１透過反射面と一体的に前記光軸方向に移動することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１３】
前記第１透過反射面と前記第２透過反射面との間の領域の外側に配置された第４屈折レンズは、フォーカシングに際して前記光軸方向に移動することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１４】
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のそれぞれが光軸を中心として０．５°以上の回転移動をしないことを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１５】
前記第１透過反射面の開角と前記第２透過反射面の開角のうち小さい開角をθｍ（°）とするとき、
０．０≦｜θｍ｜≦８．０
なる条件式を満足する特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１６】
前記第１透過反射面または前記第２透過反射面の少なくとも一方は、ガラスまたは樹脂により両面が接合されていることを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１７】
前記第１透過反射面または前記第２透過反射面の少なくとも一方は、球面であることを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１８】
前記第１透過反射面よりも物体側に配置された防振群を更に有することを特徴とする請求項１または２に記載の光学系。
【請求項１９】
前記第２透過反射面よりも像側の群の横倍率をβとするとき、
０．６≦β≦１．５
なる条件式を満足することを特徴とする請求項１８に記載の光学系。
【請求項２０】
請求項１または２に記載の光学系と、撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光学系および撮像装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、スマートフォンの普及や高級カメラ市場における一眼レフカメラからミラーレスカメラへのシフトなどにより、光学系の小型化の重要度が高まっている。 特許文献１には、偏光素子とハーフミラーとを備えた小型の光学系（偏光反射結像系）が開示されてい

る。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００５－３５２２７３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１に開示されている光学系は、Ｆナンバーが２．８５と暗い。偏光反射結像系は、その構成上、ランダム偏光が入射した場合の光量が１／８となるため、通常の光学系と比べてＦナンバーを明るくする必要がある。また特許文献１に開示されている光学系では、フォーカスに際して、収差が良好ではないとともに撮影倍率を高くすることができない等、広いフォーカス範囲で高い光学性能を実現することができない。
【０００５】
そこで本発明は、広いフォーカス範囲で高い光学性能を有する小型の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】
【０００６】
本発明の一側面としての光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズと、第１透過反射面と、１／４波長板と、第２透過反射面とを有する光学系であって、フォーカシングに際して、前記第１透過反射面は光軸方向に移動し、フォーカシングに際して、前記第１屈折レンズは、移動しないか、または前記第１透過反射面との前記光軸方向の間隔が変化し、前記第１屈折レンズは、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のいずれとも分離している。
【０００７】
本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。
【発明の効果】
【０００８】
本発明によれば、広いフォーカス範囲で高い光学性能を有する小型の光学系を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】各実施例における光学系の光路を示す模式図である。
【図２】各実施例における光学系の光路を示す模式図である。
【図３】実施例１における光学系の断面図である。
【図４】実施例１における光学系の収差図である。
【図５】実施例２における光学系の断面図である。
【図６】実施例２における光学系の収差図である。
【図７】実施例３における光学系の断面図である。
【図８】実施例３における光学系の収差図である。
【図９】実施例４における光学系の断面図である。
【図１０】実施例４における光学系の収差図である。
【図１１】実施例５における光学系の断面図である。
【図１２】実施例５における光学系の収差図である。
【図１３】実施例６における光学系の断面図である。
【図１４】実施例６における光学系の収差図である。
【図１５】実施例７における光学系の断面図である。
【図１６】実施例７における光学系の収差図である。
【図１７】実施例８における光学系の断面図である。
【図１８】実施例８における光学系の収差図である。

【図１９】実施例９における光学系の断面図である。
【図２０】実施例９における光学系の収差図である。
【図２１】実施例１０における光学系の断面図である。
【図２２】実施例１０における光学系の収差図である。
【図２３】実施例１１における光学系の断面図である。
【図２４】実施例１１における光学系の収差図である。
【図２５】実施例１２における光学系の断面図である。
【図２６】実施例１２における光学系の収差図である。
【図２７】実施例１３における光学系の断面図である。
【図２８】実施例１３における光学系の収差図である。
【図２９】実施例１４における光学系の断面図である。
【図３０】実施例１４における光学系の収差図である。
【図３１】実施例１５における光学系の断面図である。
【図３２】実施例１５における光学系の収差図である。
【図３３】実施例１６における光学系の断面図である。
【図３４】実施例１６における光学系の収差図である。
【図３５】実施例１７における光学系の断面図である。
【図３６】実施例１７における光学系の収差図である。
【図３７】実施例１８における光学系の断面図である。
【図３８】実施例１８における光学系の収差図である。
【図３９】実施例１９における光学系の断面図である。
【図４０】実施例１９における光学系の収差図である。
【図４１】実施例２０における光学系の断面図である。
【図４２】実施例２０における光学系の収差図である。
【図４３】実施例２１における光学系の断面図である。
【図４４】実施例２１における光学系の収差図である。
【図４５】実施例２２における光学系の断面図である。
【図４６】実施例２２における光学系の収差図である。
【図４７】実施例２３における光学系の断面図である。
【図４８】実施例２３における光学系の収差図である。
【図４９】実施例２４における光学系の断面図である。
【図５０】実施例２４における光学系の収差図である。
【図５１】実施例２５における光学系の断面図である。
【図５２】実施例２５における光学系の収差図である。
【図５３】実施例２６における光学系の断面図である。
【図５４】実施例２６における光学系の収差図である。
【図５５】各実施例における光学系を備えた撮像装置の概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。
【００１１】
各実施例の光学系（結像光学系）は、物体の像を像面に結像させ、撮像素子や感光フィルムなどを像面に配置して画像を得ることで撮像を行う。各実施例の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズＬ１と、第１透過反射面ＨＭ１と、１／４波長板ＱＷＰと、第２透過反射面ＨＭ２とを有する。物体側から入射した光は、第１透過反射面ＨＭ１と１／４波長板ＱＷＰとを順に透過し、第２透過反射面ＨＭ２で反射する。その後、その光は、１／４波長板ＱＷＰを透過して第１透過反射面ＨＭ１で反射し、１／４波長板ＱＷＰと第２透過反射面ＨＭ２とを透過し、撮像素子や感光フィルムなどの撮像面ＩＭに入射する。
【００１２】

ここで、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２は、透過率が５０％、反射率が５０％である必要はない。ランダム偏光に対しての透過率と反射率との比は、１：３から３：１の範囲にあることが好ましい。ランダム偏光とは、ストークスパラメータＳ０＝１、Ｓ１＝Ｓ２＝Ｓ３＝０の光である。また、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２はそれぞれ、光の一部を吸収するように構成されていてもよい。また、第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２の少なくとも一方の両側または片側に、レンズ（ガラスまたは樹脂）が形成あるいは接合されていてもよい。

【００１３】

１／４波長板ＱＷＰとしては、例えば複屈折を有する結晶やポリマーフィルムや液晶配向層を使用することができる。また、このような結晶やポリマーフィルムや液晶配向層を積層させたものも使用することができる。適切に積層を行うことで、広い波長範囲で波長の四分の一に近い位相差を得ることができる。例えば、日本化薬株式会社の「ＷＡ－１４０Ｔ」やカラーリンク・ジャパン株式会社の「ポーラーコレクト」などを使用することができる。なお１／４波長板ＱＷＰは、上記に限定されるものではなく、例えばサブ波長構造・メタ構造を用いたものでもよい。具体的には例えば、デクセリアルズ株式会社の無機波長板やＥＮＥＯＳ株式会社の製品名「Ｎａｎｏａｂｌｅ　Ｗａｖｅｐｌａｔｅ」などを使用することができる。

【００１４】

１／４波長板ＱＷＰは、例えば第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２と貼り合わせて配置することができる。また、１／４波長板ＱＷＰは、各の透過反射面とは別体として配置することもできる。例えば、フィルムのまま光路に挿入したり、あるいはフィルムをガラス板に貼合したものを光路に挿入したりしてよい。また、１／４波長板ＱＷＰの両側ないし片側にレンズが形成あるいは接合されていてもよい。例えば、無機波長板を基板としてウエハレベルオプティクス技術を用いてその無機波長板の片側ないし両側にレンズを成型することができる。

【００１５】

このような構成の光学系においては、全系の繰り出し（すべてのレンズを同じ移動量で光軸方向に前後させることでフォーカシングを行う）方式では、繰出しに際しての画質が低下する。一般的に撮影レンズに期待される合焦範囲としては、無限遠から０．１倍を超える程度であり、少なくともこの程度の範囲でフォーカシングを行うことができ、かつ高画質であることが好ましい。さらに高倍率までフォーカシングすることができると、より好ましい。なお各実施例において、合焦位置を変化させることをフォーカシングと呼称する。また、フォーカシングの際にレンズや透過反射面などの光学要素を動かす方向は特記なき限り光軸に沿った方向であり、「光軸に沿った方向に」といった記述を省略する場合がある。また、一般に光学系は大口径になるほど広い撮影倍率範囲で高い画質を維持することが困難となる。各実施例の光学系は、大口径でありながら広い撮影倍率範囲で高画質を実現する。

【００１６】

各実施例の光学系は、第１透過反射面ＨＭ１を光軸方向に前後させることで合焦位置を変化させることができる結像光学系である。また各実施例の光学系は、合焦位置を変化させる際に移動しないか第１透過反射面ＨＭ１との相対間隔が変化し、かつ第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のいずれとも一体となっていない（各透過反射面とは分離した）屈折レンズを有する。なお、ここでいう屈折レンズとは、保護フィルターやセンサ保護ガラス、ＩＲカットフィルタ、ＵＶカットフィルタ、ローパスフィルタなど、平行平板ないし略平行平板となる光学要素は含まない。略平行平板でない屈折レンズとしては、例えば球面レンズであれば、少なくとも一方の面の曲率半径の絶対値が光学系の全系焦点距離の１／２０より小さいようなレンズである。また、ここでいう一体となっている、というのは接合されている(間に別のレンズを挟んであってもかまわない)という意味であり、一体となっていないとは間に空気間隔を有しているという意味である。

【００１７】

このように、第１透過反射面ＨＭ１をフォーカシングの際に独立して動かすことにより、広いフォーカス範囲で高画質を実現することができる。収差補正能力の高い反射面を移動させることで、広いフォーカス範囲で高画質を実現する。後述する各数値実施例のように、第１透過反射面ＨＭ１は平面であってもよい。このとき、第１透過反射面ＨＭ１をフォーカシングに伴って動かし、第２透過反射面ＨＭ２を動かさない場合であっても、高画質を実現することができる。これは、以下のような理由による。例えば第１透過反射面ＨＭ１を前に動かすと、第１透過反射面ＨＭ１と第２透過反射面ＨＭ２との間の距離が大きくなる。これは、第２透過反射面ＨＭ２を光線が反射する点から像面までの光路長を伸ばしており、疑似的に収差補正能力の高い第２透過反射面ＨＭ２を動かしていることに相当する。このため、第１透過反射面ＨＭ１がパワーを持っていない場合であっても、第２透過反射面ＨＭ２を動かすことで疑似的に第２透過反射面を動かすことができ、広いフォーカス範囲で高画質を実現することができる。

【００１８】

また、フォーカシングのために光学要素を動かす場合、動く分だけの空間スペースが必要になる。第１透過反射面ＨＭ１は物体側にこのスペースを確保しやすく、フォーカシング行う際に動かす群として好適である。一方、仮に第２透過反射面ＨＭ２のみを動かす場合を考えてみると、このスペースの確保が難しい。後述の各数値実施例のように、第２透過反射面ＨＭ２は、物体側に凹となるような形状または平面となることが好ましい。この場合、第２透過反射面ＨＭ２は、無限遠から近距離に向かってフォーカスする際に、多くの場合に像側に移動することが必要となる。第２透過反射面ＨＭ２の像側は、レンズ交換式カメラ用レンズのような、バックフォーカスを長めにとる必要がある場合にはそれだけ使用できない空間を用意する必要がある。また、バックフォーカスを短くできる場合であっても、フォーカスを行うのに十分なスペースを確保することが難しい。第２透過反射面ＨＭ２の像側には、像面を補正したり、集光力を高めてＦｎｏを大きくしたりするための屈折レンズを配置したいためである。

【００１９】

各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１よりも物体側の屈折パワーをφｆｒ、光学系（全系）のパワーをφｔｏｔａｌとするとき、以下の条件式（１）を満足することが好ましい。

－１．００≦φｆｒ／φｔｏｔａｌ≦０．４２　・・・（１）

各実施例の光学系において、収差補正能力が全系の中で最も大きいのは反射面である。反射面は、反射面のパワーと逆符号のペッツバール和を有し、色収差を発生させない。この反射面をいかに有効に活用するかが、大口径でありながら広いフォーカス範囲で高画質を実現する上で重要である。

【００２０】

条件式（１）を満足することで、高い光線高で光線を反射面に入射させながら、反射曲面の法線に近しい角度で光線が入射・出射させることができる（一般的に、面法線に対して大角度で入射するほど光線の収差が大きくなる）。このため、広いフォーカス範囲で高画質を実現することができる。条件式（１）の上限値を上回ると、第１透過反射面ＨＭ１よりも前側（物体側）で光線が大きく収束し、反射面への入射光線高が低くなる。そのため、反射面による収差補正への寄与が小さくなり、広いフォーカス範囲で高画質を実現することが難しい。一方、条件式（１）の下限を下回ると、反射面の有効径が大きくなり、光学系の全体が大型化するとともに、フォーカシングの際に動かすレンズ群（フォーカス群）の重量が嵩んでしまう。また、光学系の全体として逆望遠型としての性質が色濃くなるため、光学全長が長くなる。フォーカス群の重量が大きいと、オートフォーカスを行う際により大型な高推力モーターを使用する必要があり、大型化するとともに製造コストも上がる。なお、第１透過反射面ＨＭ１よりも物体側の屈折パワーとは、例えば後述する数値実施例１においては第１面から第３面までの部分群のパワーである。

【００２１】

各実施例の光学系において、第２透過反射面ＨＭ２を軸上マージナル光線が反射する際

の、光軸と垂直な方向における光軸から反射点までの距離をＨｍ２、光学系（全系）の焦点距離をｆとするとき、以下の条件式（２）を満足することが好ましい。

【００２２】

０．１５≦Ｈｍ２／ｆ≦３．００　・・・（２）

条件式（２）の上限を上回ると、光学系の仕様に対して透過反射面が大きくなりすぎ、光学系全体が大型化してしまう。また、各実施例の光学系においては反射パワーを有する透過反射面は収差に対するティルト敏感度が高い傾向にある。このため、反射パワーを有する透過反射面はティルト調整機構を有していることが好ましく、この機構を組み込むと鏡筒まで含めた光学系の径がさらに大型化してしまう。一方、条件式（２）の下限を下回ると、反射面への入射光線高が低くなりすぎ、軸上色収差を十分に補正することができない。軸上色収差は大口径になるほど画質への影響が大きいため、各実施例の光学系のような大口径レンズにおいてはとりわけ小さいことが好ましい。

【００２３】

各実施例の光学系において、最も物体側の面から光学系の入射瞳までの距離をｄｐｕｐｉｌとするとき、以下の条件式（３）を満足することが好ましい。

【００２４】

０．０≦ｄｐｕｐｉｌ／ｆ≦２．０　・・・（３）

ここで、入射瞳については軸上光束に対する入射瞳とする（開口絞りを有する光学系においては絞り開放の入射瞳とする）。条件式（３）の上限を上回ると、軸外光束の鏡筒やレンズ外周部によるケラレが大きくなり、周辺減光が大きくなってしまうため好ましくない。ケラレを防止するためには物体側のレンズ径を大きくする必要があり、光学系全体の大型化につながってしまう。なお、定義上、一般的な光学系であれば条件式（３）の下限を下回ることはない。

【００２５】

各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１の有効径をＰｍ１、光学系の入射瞳径をＰｐｕｐｉｌとするとき、以下の条件式（４）を満足することが好ましい。

【００２６】

０．６≦Ｐｍ１／Ｐｐｕｐｉｌ≦２．０　・・・（４）

ここで、入射瞳については軸上光束に対する入射瞳とする。第１透過反射面ＨＭ１の有効径とは、第１透過反射面ＨＭ１において、正規の光束が透過する領域の直径と反射する領域の大きい方である。条件式（４）の上限を上回ると、入射瞳径に対して第１透過反射面ＨＭ１の有効径が大きく、フォーカス群の重量が嵩んでしまう。一方、条件式（４）の下限を下回ると、入射瞳に対して第１透過反射面ＨＭ１の有効径が小さく、軸外光束のケラレが大きくなり、ひいては周辺減光が大きくなってしまう。また、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２による収差補正を十分に行うことができず、画質を高めることができない。

【００２７】

各実施例の光学系において、光学系のＦナンバーをＦｎｏとするとき、以下の条件式（５）を満足することが好ましい。

【００２８】

０．５≦Ｆｎｏ≦２．５　・・・（５）

条件式（５）の上限を上回ると、各透過反射面などによる光量のロスと併せて像面に届く光量が小さくなりすぎ、好ましくない。また、後述する偏光板や偏光選択性透過反射素子は、一般に完全には吸収軸ないし反射軸方向の光をそれぞれ吸収ないし反射できない。このため、その特性エラー分の光は例えば２つの半透過反射面のいずれでも反射せずに直接像面に到達し、ゴースト光となってしまう。このゴースト光の強度はＦナンバーによらないため、Ｆナンバーが明るいほうが相対的なゴースト光強度は低減される。このように、ゴースト強度の低減という観点からも、条件式（５）の範囲内であることが好ましい。なお、像側の媒質が空気である一般的な場合、条件式（５）の下限を下回ることはない。

【００２９】

各実施例の光学系が、第１透過反射面ＨＭ１よりも物体側に配置され、かつフォーカシングに伴い第１透過反射面ＨＭ１と一体となって移動する屈折レンズであって、第１透過反射面ＨＭ１との間に空気間隔を有する屈折レンズを有する場合を考える。この場合、フォーカシングに伴って第１透過反射面ＨＭ１と一体となって移動するレンズ群よりも物体側の屈折力をφｂとするとき、以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

【００３０】

－１．００≦φｂ／φｔｏｔａｌ≦０．７０　・・・（６）

フォーカスを行う際、一般に、フォーカス群にはできるだけ平行光束に近い光束が入射することが好ましく、このようにすることで広いフォーカス範囲で高画質を実現することができる。条件式（６）の上限を上回ると、フォーカス群に収束性の強い光が入射するようになり、上記の理由から好ましくない。また、フォーカス群に強い負のパワーを持たせないとバックフォーカスが短くなってしまう。このため、レンズ交換式カメラシステムのようなバックフォーカスがある程度長い必要がある用途には適さない。また、第１透過反射面ＨＭ１よりも前側で光線が大きく収束し、反射面への入射光線高が低くなる。そのため、反射面による収差補正への寄与が小さくなり、広いフォーカス範囲で高画質を実現することが難しい。一方、条件式（６）の下限を下回ると、反射面の有効径が大きくなってしまい光学系全体が大型化するとともに、フォーカシングの際に動かすレンズ群（フォーカス群）の重量が嵩んでしまう。また、光学系の全体として逆望遠型としての性質が色濃くなるため、光学全長が長くなる。

【００３１】

各実施例の光学系において、無限遠から光学系（全系）の焦点距離の１０倍の距離まで合焦位置を変化させる際の（フォーカシングの際の）移動量を｜Δｄｆ｜とするとき、以下の条件式（７）を満足することが好ましい。

【００３２】

０．００５≦｜Δｄｆ｜／ｆ／Ｆｎｏ≦１．０００　・・・（７）

条件式（７）の上限を上回ると、フォーカシングに際しての移動量が大きくなりすぎてしまう。フォーカス群の繰り出しの量が大きくなり、繰出し時の光学系が大型化する。または、フォーカス群の移動量が大きくなりすぎ、オートフォーカスにかかる時間が長くなる。一方、条件式（７）の下限を下回ると、被写界深度に対してフォーカシング量が少なくなりすぎ、細かなピント位置調整が困難になる。

【００３３】

各実施例の光学系において、フォーカシングの際に、第１透過反射面ＨＭ１と第２透過反射面ＨＭ２との間の距離（間隔）が変化することが好ましい。反射面間の領域は正規光が合計三回通過するため、この間隔を可変とすることで、フォーカシングに伴う光学要素の移動量を抑えながら、広いフォーカス範囲で高画質を実現することができる。

【００３４】

各実施例の光学系において、合焦位置を変化させる際（フォーカシングの際）に、開口絞りＳＰを第１透過反射面ＨＭ１と一体として移動することが好ましい。このようにすることで、フォーカシングに伴って、開口絞りＳＰまたは入射瞳を物体側に近づけることで、無限遠から至近にフォーカスする際の片絞りを抑えることができる。片絞りとは、軸外光束が絞りを通過する際、軸外光束の中心が絞りの中心から離れた位置を通過する現象である。その中心同士の離れ量が小さければ大きな問題ではないが、離れ量が大きいと、絞りを絞り込んだ場合に周辺減光が生じ、またはボケの形状が不均一になるなどの弊害が生じる。

【００３５】

各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１と第２透過反射面ＨＭ２との間の領域の外側に配置された屈折レンズをフォーカシングに伴って移動させることが好ましい。すなわち、第１透過反射面ＨＭ１よりも物体側の屈折レンズおよび第２透過反射面ＨＭ２よりも像側の屈折レンズのうち少なくとも１枚の屈折レンズをフォーカス群（またはフローティング群）として動かすことが好ましい。２枚の透過反射面の間のレンズは光線に３

回作用するため、収差補正に強力に作用する一方で収差補正効果の微調整が難しい。光線に１回のみ作用し、収差への影響が緩やかな、透過反射面の外側にある屈折レンズもフォーカス群（またはフローティング群）として動かすことが好ましい。

【００３６】

各実施例の光学系において、合焦位置を変化させる際に第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のそれぞれが光軸を中心に０．５°以上の回転移動をしないことが好ましい。後述するように、各実施例の光学系において、１／４波長板ＱＷＰや各透過反射面の光軸を回転軸としたそれぞれの相対角度が、ゴーストを抑制し正規光の光量を担保するために重要である。このため、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のそれぞれは、フォーカシングに際して光軸を中心とした回転移動が十分小さいことが好ましい。１／４波長板ＱＷＰや各透過反射面などの異方性素子が全て等量だけ回転する場合には、ゴースト抑制、正規光の光量確保という点からは問題ない。しかし、光学系への入射光の偏光度が低くない場合、各素子の等量回転によって透過する偏光の向きが変わるため、被写体によってはフォーカシングに伴って明暗の変化や色変化が生じる場合があるため、好ましくない。

【００３７】

各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１の開角と第２透過反射面ＨＭ２の開角のうち小さい方の開角をθｍ（°）とするとき、以下の条件式（８）を満足することが好ましい。

【００３８】

０．０≦｜θｍ｜≦８．０　・・・（８）

ここで、開角とは、光軸に垂直な方向に対する面法線の角度であり、有効面内で最大の値で評価するものとする。なお、有効面内とは正規の（すなわちゴーストや迷光でない）光線が通過する領域である。

【００３９】

後述のように、各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２のうち一方は、偏光ビームスプリッタ等の偏光選択性透過反射素子を使用し、他方はハーフミラーを使用することが好ましい。ハーフミラーは、金属や誘電体多層膜をガラス上や樹脂上に蒸着やスパッタで成膜することで形成できるため、比較的広い開角範囲に対応することができる。一方、偏光選択性透過反射素子を曲面上に形成することは難しい。平面に近しい形状であれば平面のものと近しいプロセスでの製造が可能であるが、形状が平面から乖離するほど特殊なプロセスが必要になる。このため、条件式（８）の上限を上回ると、偏光選択性透過反射素子を形成することが難しい。なお、定義上、条件式（８）の下限を下回ることはない。

【００４０】

また、偏光選択性透過反射素子として樹脂フィルムや樹脂フィルムを基材としたワイヤーグリッドなど、可撓性のある材料を使用する場合、透過反射面の面精度を適正に保つ必要がある。このため、第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２のうち一方がそのような材料で構成される場合、ガラスまたはガラス転移温度が４０°Ｃ以上の硬質な樹脂に接合されていることが好ましい。より好ましくは、ガラスまたはガラス転移温度が４０°Ｃ以上の硬い樹脂に両面が接合されていることが好ましい。なお、ここで接合に使用する接着剤（弾性接着剤を含む）については特に指定しないが、接着剤の層は２５μｍ以下であると好ましく、１５μｍ以下であるとより好ましい。また、片面のみが接合されている場合、レンズを保持する際に当該の透過反射面に保持部材が直接接触しないことが好ましい。例えば、接合したガラスや硬質な樹脂部材の部分で保持することが好ましい。このようにすることで、透過反射面の面歪みを低減することができる。

【００４１】

また、面精度については反射波面粗さを十分滑らかにすることが好ましく、反射波面上で１／ｍｍ以上の成分のｒｍｓが１０ｎｍ以下、０．０５／ｍｍ以上で１／ｍｍ以下の成分のｒｍｓが１０ｎｍ以下であることが好ましい。このようにすることで、反射面の面精

度不良による画質劣化を十分に抑制することができる。

【００４２】

各実施例において、第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２の少なくとも一方は、球面であることが好ましい。非球面を使用すると収差補正に有利であるが、面形状を設計値に近づけることが球面よりも難しい。このため、球面を用いたほうが容易に製造することができる。また、非球面上には微細な加工痕が残りがちであり、特に反射面上にこのような加工痕が残ると、ボケに加工痕に由来する紋様が写り込みやすい。写真・映像用途の大口径レンズにおいてはボケの品位もユーザーが重視するため、このような紋様が生じるのは好ましくない。

【００４３】

各実施例の光学系において、防振群を有することが好ましい。防振群とは、撮影時に光軸と垂直方向に(検知したブレ量に応じて)適切な量だけ動くことで手振れなどのブレを防止するような機能を光学系に持たせる群である。防振群は、第１透過反射面より物体側に配置することが好ましい。このようにすることで、光学系の全長を伸ばすことなく防振群を組み込むことができる。防振動作時の収差が大きくなるため、透過反射面を防振群とするのは好ましくない。

【００４４】

各実施例の光学系が防振群を有する場合、第２透過反射面ＨＭ２よりも像側のレンズ群の横倍率をβとするとき、以下の条件式（９）を満足することが好ましい。

【００４５】

０．６≦β≦１．５　・・・（９）

条件式（９）の上限を上回ると、第２透過反射面ＨＭ２よりも像側のレンズ群の枚数が多くなり全長が長くなるか、または第２透過反射面ＨＭ２よりも像側のレンズ群の収差が大きくなる。一方、条件式（９）の下限を下回ると、十分な防振効果を得るために必要な防振群の光軸に垂直な方向への移動量が大きくなりすぎ、防振を実施する駆動機構の構成が困難になる。

【００４６】

各実施例の光学系は、共軸系であることが好ましい。このようにすることで、各々の部品の製造容易性を高め、また組立工程を容易にすることができる。ただし、レンズや透過反射面の有効径や外径は回転対称である必要はなく、例えば矩形のものを使用してもよい。

【００４７】

各実施例の光学系は、一次結像系であることが好ましい。２次以上の高次結像系とすると、一度結像した光線を再度結像させる必要があり、全長が長くなる。

【００４８】

各実施例の光学系において、Ｆｎｏが１．４以下となるような大口径レンズでオートフォーカス機能を有する場合、高いフォーカス群の停止精度を求められる。このため、例えば無限遠と至近の２点に機械的なストッパーを設け、ストッパーに押し付けるようにフォーカス群を動かすことで、少なくとも無限遠と至近については高い停止精度でオートフォーカスを行うことができる。

【００４９】

より好ましくは、条件式（１）～（９）の数値範囲はそれぞれ、以下の条件式（１ａ）～（９ａ）のように設定される。

【００５０】

－０．８００≦φｆｒ／φｔｏｔａｌ≦０．４０５　・・・（１ａ）

０．１６５≦Ｈｍ２／ｆ≦２．０００　・・・（２ａ）

０．００≦ｄｐｕｐｉｌ／ｆ≦１．７５　・・・（３ａ）

０．７≦Ｐｍ１／Ｐｐｕｐｉｌ≦１．９　・・・（４ａ）

０．５≦Ｆｎｏ≦２．４　・・・（５ａ）

－０．７５≦φｂ／φｔｏｔａｌ≦０．６５　・・・（６ａ）

０．０１０≦｜Δｄｆ｜／ｆ／Ｆｎｏ≦０．９００　・・・（７ａ）
０．０≦｜θｍ｜≦６．０　・・・（８ａ）
０．６≦β≦１．２　・・・（９ａ）

更に好ましくは、条件式（１）～（９）の数値範囲はそれぞれ、以下の条件式（１ｂ）～（９ｂ）のように設定される。

【００５１】

－０．５≦φｆｒ／φｔｏｔａｌ≦０．３５　・・・（１ｂ）
０．１８≦Ｈｍ２／ｆ≦１．００　・・・（２ｂ）
０．０≦ｄｐｕｐｉｌ／ｆ≦１．４　・・・（３ｂ）
０．７５≦Ｐｍ１／Ｐｐｕｐｉｌ≦１．８５　・・・（４ｂ）
０．５２≦Ｆｎｏ≦２．２０　・・・（５ｂ）
－０．５０≦φｂ／φｔｏｔａｌ≦０．６０　・・・（６ｂ）
０．０１５≦｜Δｄｆ｜／ｆ／Ｆｎｏ≦０．８００　・・・（７ｂ）
０．０≦｜θｍ｜≦５．０　・・・（８ｂ）
０．６≦β≦１．０・・・（９ｂ）

後述のように、各実施例の光学系において、第１透過反射面ＨＭ１または第２透過反射面ＨＭ２のいずれか一方として偏光選択性透過反射素子を用いることが好ましい。偏光選択性透過反射素子としては、例えば、旭化成株式会社製、商品名「ＷＧＦ」や、３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ製の商品名「ＩＱＰ－Ｅ」、Ｍｏｘｔｅｋ，Ｉｎｃ．製の商品名「ＰｒｏＦｌｕｘ」などがある。偏光選択性透過反射素子については、使用波長領域の平均で、反射軸の透過率が１％以下程度であることが好ましく、０．５％以下であることがさらに好ましく、０．２５％以下であることがなお好ましい。このようにすることで、反射面で一度も反射せずに像面に到達する迷光（これを素抜けゴーストと呼ぶこととする）を効果的に抑制することができる。ただし、反射軸の透過率が高い偏光選択性透過反射素子であっても、直線偏光板と併用することで素抜けゴーストを抑えることができる。他方の透過反射面としては、ハーフミラーやコレステリック液晶などを使用することができる。ハーフミラーを使用した場合、物体側から入射したランダム偏光の光量は像面上に到達するまでに１２．５％以下となる。コレステリック液晶を用いることで、ハーフミラーを用いた場合に比べて像面上の光量を約２倍にすることができる。

【００５２】

各実施例の光学系において、例えば下記構成をとることで、正規の結像光路の光量低下を抑制しつつ、透過反射面を１度も反射することなく透過する光路からのゴースト光（不要光漏れ）を低減することができる。

【００５３】

各実施例の光学系において、偏光選択性反射素子として、レンズの成型時においてレンズ反射面にグリッドを形成しておき、その上に金属または誘電体を蒸着またはプリントまたはリソグラフィすることで作成される光学素子を使用してもよい。

【００５４】

［偏光利用の構成１］

図１を参照して、偏光を利用した構成について説明する。図１は、各実施例における光学系の光路を示す模式図である。各実施例の光学系は、２面の透過反射面を有する。ここで、各実施例の光学系の物体側に配置される透過反射面を、偏光選択性透過反射素子（ＰＢＳ）：Ａとして構成する。また、各実施例の光学系の表示素子側に配置される透過反射面を、ハーフミラー（ＨＭ）：Ｃとして構成する。また、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳとハーフミラーＨＭの間に、第１の４分の１波長板（ＱＷＰ１）：Ｂを配置することとする。また、ハーフミラーＨＭと撮像面ＩＭの間に、第２の４分の１波長板（ＱＷＰ２）：Ｄ、および、直線偏光板（ＰＯＬ）：Ｅを配置することとする。ここで、偏光選択性透過反射素子Ａは、直線偏光板Ｅを透過した際と同じ方向に偏光した直線偏光を反射し、これに直交した直線偏光を透過するように構成された素子である。

【００５５】

偏光選択性透過反射素子は、例えばワイヤーグリッド偏光子や位相差フィルム積層構成の反射型偏光子である。このとき、偏光選択性透過反射素子Ａのワイヤーグリッド形成面や位相差フィルム面が透過反射面として機能する。なお、ワイヤーグリッド偏光子については必ずしも金属ワイヤーを整列させたものである必要はなく、所定の間隔で細い金属または誘電体の層を有し、偏光選択性透過反射素子として機能するものであればよい。例えば、蒸着によって金属または誘電体の層を整列させた素子を使用できる。

【００５６】

また、第１の４分の１波長板Ｂと第２の４分の１波長板Ｄとは、直線偏光板Ｅの偏光透過軸に対して遅相軸が４５°傾いた状態で配置する。ここで、第１の４分の１波長板Ｂと第２の４分の１波長板Ｄとは、それぞれの遅相軸が９０°傾いた状態で配置することが好ましい。この配置によれば、第１の４分の１波長板Ｂと第２の４分の１波長板Ｄを光線が透過したとき波長板の波長分散特性が相殺される。また、ハーフミラーＣは、例えば誘電体多層膜や金属蒸着により形成されたハーフミラーであり、透過反射面として機能する。また、直線偏光板Ｅは、例えば吸収型の直線偏光子である。

【００５７】

次に、偏光利用構成における光路選択、並びに作用について説明する。物体側から光学系に入射した光は、偏光選択性透過反射素子Ａで直線偏光となり、第１の４分の１波長板Ｂによって円偏光となり、ハーフミラーＣに入射する。ハーフミラーＣに到達した光の一部は反射されて逆回りの円偏光となり、第１の４分の１波長板Ｂに戻る。

【００５８】

第１の４分の１波長板Ｂに戻った逆回り円偏光の光は、第１の４分の１波長板Ｂによって最初に偏光選択性透過反射素子Ａを通過した際と直交した方向に偏光した直線偏光として偏光選択性透過反射素子Ａに戻り、偏光選択性透過反射素子Ａで反射される。ここで、偏光選択性透過反射素子Ａの偏光選択性により、最初に偏光選択性透過反射素子Ａを通過した際と直交した方向に偏光した直線偏光が反射される。

【００５９】

一方、ハーフミラーＣに到達した光の一部は透過して、第２の４分の１波長板Ｄによって偏光選択性透過反射素子Ａを通過した際と同じ方向に偏光した直線偏光となって、直線偏光板Ｅに入射して直線偏光板Ｅに吸収される。

【００６０】

偏光選択性透過反射素子Ａで反射された光は、第１の４分の１波長板Ｂによって円偏光となり、ハーフミラーＣに入射する。ハーフミラーＣに到達した光の一部は透過して、第２の４分の１波長板Ｄに入射する。第２の４分の１波長板Ｄによって、入射した光は偏光選択性透過反射素子Ａで反射した直線偏光と平行な向きの直線偏光となる。第２の４分の１波長板Ｄを通過した光は直線偏光板Ｅに入射する。ここで光の偏光と偏光板の透過軸は一致しているため、ほとんどの光が透過し、撮像面ＩＭに導かれる。

【００６１】

以上の作用により、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳを透過し、ハーフミラーＣで反射し、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳで反射し、ハーフミラーＣを透過した光のみが撮像面ＩＭに導かれる。なお、ハーフミラーＣに代えて、コレステリック液晶を用いる場合、コレステリック液晶の一度目の反射の際に、入射光の向きの円偏光の偏光を大きく反射するように設置することが好ましい。このようにすることで、ゴースト光を低減しながら、正規光路の光量を増加させることができる。

【００６２】

また、撮像面ＩＭとして用いることができる撮像素子やＣＣＤ（Ｃｈａｒｇｅ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｄｅｖｉｃｅ）などは一般に表面の反射率が高い。この構成においては、撮像面ＩＭで反射した光は再び直線偏光子Ｅを透過し、第２の４分の１波長板Ｄにより円偏光に変換される。その後、第２の４分の１波長板Ｄを出た光はハーフミラーＣで反射して逆向きの円偏光となり、再び第２の４分の１波長板Ｄを通過する。このとき第２の４分の１波長板Ｄによって直前に直線偏光子Ｅを透過した直後とは垂直方向の直線偏光に変換され

る。この直線偏光の向きは直線偏光子Ｅの透過軸と直交しているため、直線偏光子Ｅで光のほとんどが吸収される。このように、この構成においては撮像面ＩＭ、ハーフミラーＣ、撮像面ＩＭと順に反射する光は殆どカットされるため、撮像面が関わるゴーストやフレアが目立ちにくくなる。なお、このような反射低減効果を得るためには複屈折を利用した光学ローパスフィルタが撮像面と直線偏光子Ｅの間に存在しないことが好ましい。光学ローパスフィルタによって、所望の偏光状態から偏光状態がずれるためである。

【００６３】

また、この構成において、直線偏光子Ｅの直後にさらに別の第３の４分の１波長板（不図示）を配置してもよい。このとき、直線偏光子Ｅの吸収軸と第３の４分の１波長板の遅相軸のなす角度は(光軸方向から見て)４５°または１３５°とすることが好ましい。このようにすることで、撮像面ＩＭで反射する光や、第３の４分の１波長板と撮像面ＩＭの間のレンズ面の反射をさらに抑制することができる。

【００６４】

また、この構成において、偏光選択性透過反射素子Ａと物体の間に直線偏光子（不図示）を配置してもよい。このとき、偏光選択性透過反射素子Ａと直線偏光子の透過軸が一致するように配置する。このようにすることで、偏光選択性透過反射素子Ａを反射した光が偏光選択性透過反射素子Ａと物体の間のレンズ面で反射して生じるゴーストを低減することができる。また、偏光選択性透過反射素子Ａの反射軸方向の偏光を大きく吸収し、素抜けゴーストを大きく低減することができる。また、紫外線などを吸収することで、偏光選択性透過反射素子Ａの耐環境性を高めることができる。

【００６５】

また、この構成において、偏光選択性透過反射素子Ａと物体の間に１／４波長板を配置してもよい（上記の直線偏光子を配置する場合はその直線偏光子と物体の間に配置する）。このとき、１／４波長板の進相軸または遅相軸が偏光選択性透過反射素子Ａの透過軸となす角が４５°となるように配置する。このようにすることで疑似的な偏光解消を行い、物体側から入射する光が直線偏光であっても、その偏光方向によらずに撮像することが可能となる。また、１／４波長板の代わりに偏光解消素子を配置してもよい。偏光解消素子としては例えば、東洋紡株式会社の商品名「コスモシャインＳＲＦ」を用いることができる。コスモシャインＳＲＦは１００００ｎｍ前後の大きな複屈折を有するフィルムであり、このようなフィルムを用いることで１／４波長板を使用した場合に比べて波長板の波長特性・角度特性によって生じる色むらを防止できる場合がある。

【００６６】

［偏光利用の構成２］

次に、図２を参照して、偏光を利用した構成について説明する。図２は、各実施例における光学系の光路を示す模式図である。各実施例の光学系は、２面の透過反射面を有する。ここで、各実施例の光学系の物体側に配置される透過反射面を、ハーフミラー（ＨＭ）：Ｃとして構成する。また、各実施例の光学系の表示素子側に配置される透過反射面を、偏光選択性透過反射素子（ＰＢＳ）：Ａとして構成する。また、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳとハーフミラーＨＭの間に、第１の４分の１波長板（ＱＷＰ１）：Ｂを配置する。また、ハーフミラーＨＭと物体面の間に、直線偏光板（ＰＯＬ）：Ｅ、および第２の４分の１波長板（ＱＷＰ２）：Ｄを配置する。ここで、各偏光素子の構成や光学軸方位の好適な配置は、偏光利用の構成１と同様である。

【００６７】

次に、偏光利用構成における光路選択、並びに作用について説明する。物体側から光学系に入射した光は、直線偏光板Ｅで直線偏光となり、第２の４分の１波長板Ｅによって円偏光となり、ハーフミラーＣに入射する。ハーフミラーＣに到達した光の一部は反射されて逆回りの円偏光となり、第２の４分の１波長板Ｄに戻る。

【００６８】

ハーフミラーＣに到達して反射された光は、入射時と逆向きの円偏光となっている。この光は第２の４分の１波長板Ｄによって直線偏光板Ｅを通過した際と直交した方向に偏光

した直線偏光となって、直線偏光板Ｅに入射して直線偏光板Ｅに吸収される。
【００６９】
一方、ハーフミラーＣを透過した光は、第１の４分の１波長板Ｂによって直線偏光子Ｅを透過した直後と同じ方向に偏光した直線偏光となる。この直線偏光は偏光選択性透過反射素子Ａによって反射され、第１の４分の１波長板Ｂに戻る。
この後、第１の４分の１波長板Ｂによって光は円偏光に変換され、ハーフミラーＣでその一部が反射される。ハーフミラーＣで反射された光は再び第１の４分の１波長板Ｂに入射し、偏光選択性透過反射素子Ａを反射した時とは偏光方向が直交している直線偏光に変換される。この直線偏光は偏光選択性透過反射素子Ａを透過し、撮像面ＩＭへと導かれる。
【００７０】
以上の作用により、ハーフミラーＣを透過し、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳで反射し、ハーフミラーＣで反射し、偏光選択性透過反射素子ＰＢＳを透過した光のみが撮像面ＩＭに導かれる。
【００７１】
この配置において、偏光選択性透過反射素子Ａと撮像面ＩＭの間に直線偏光子Ａ′をおいてもよい。このとき、直線偏光子Ａ′と偏光選択性透過反射素子Ａの透過軸は一致させる。このようにすることで、撮像面ＩＭで反射し、さらに偏光選択性透過反射素子Ａで反射し、さらに再び撮像面ＩＭに入射してゴースト・フレアとなる光を吸収することができる。また、偏光選択性透過反射素子Ａの反射軸方向から漏れてきた光を大きく吸収し、素抜けゴーストを大きく低減することができる。
【００７２】
また、この構成において、直線偏光子Ｅと物体の間に１／４波長板を配置してもよい。このとき、１／４波長板の進相軸または遅相軸が直線偏光子Ｅの透過軸となす角が４５°となるように配置する。このようにすることで、物体側から入射する光が直線偏光であっても、その偏光方向によらずに撮像することが可能となる。また、１／４波長板の代わりに偏光解消素子を配置してもよい。偏光解消素子としては例えば、東洋紡株式会社の「コスモシャインＳＲＦ」を用いることができる。
【００７３】
なお、以上２つの構成の説明において、直交、平行、４５°などの用語を用いているが、これは厳密に９０°、０°、４５°の関係にある必要はない。ただし、所望の角度から±５°以内となっているべきであり、±２°以内であるとさらに好ましく、±１°以内であるとより好ましい。
【００７４】
以上の２種類の構成において、いずれにおいても使用する２枚の１／４波長板ＱＷＰは同じものを使用することが望ましい。理想的な(すなわち使用する範囲であらゆる波長、あらゆる光線入射角に対して厳密に１／４波長の位相を与えるような)１／４波長板ＱＷＰであれば問題はない。しかし実際にはそのような１／４波長板ＱＷＰは存在せず、透過する光の波長などにより光に与える位相が異なる。上記２種類の構成においては、２枚の１／４波長板ＱＷＰを光が透過する際に第１の１／４波長板ＱＷＰ１と第２の１／４波長板ＱＷＰ２の与える位相を相殺させることで、所望の光線のみを像面側に射出させている。すなわち、第１透過反射面と第２透過反射面で一度ずつ反射した光を像側に射出し、一度も反射していない光などを偏光板で吸収している。このとき、第１の１／４波長板ＱＷＰ１と第２の１／４波長板ＱＷＰ２の特性が互いに異なると、その分だけ意図しない光が像面に向かって射出されてしまい、ゴーストやフレアとなって画質が劣化する。
【００７５】
以上の２種類の構成において、直線偏光板Ｅは、反射型ではなく吸収型の偏光子であることが好ましい。吸収型の偏光子のほうが、反射によるゴーストやフレアが生じにくいためである。直線偏光板Ｅについては、使用波長領域の平均で、吸収軸の透過率が０．５％以下程度であることが好ましく、０．１５％以下であることがさらに好ましく、０．０５％以下であることがなお好ましい。このようにすることで、反射面で一度も反射せずに像

面に到達するゴースト光を効果的に抑制することができる。特に使用する波長範囲が広い場合、偏光板の吸収軸の透過率を低く保つことは難しいが、複数の偏光板を重ねて使用して所望の特性を得てもよい。直線偏光板Ｅとして、可視域であれば例えば日本化薬株式会社製の商品名「ＡＣＥ－１２５Ｕ」や「ＶＨＣ－１２ＵＬ２Ｓ」、あるいはエドモンドオプティクスジャパン株式会社製の商品名「ＸＰ４２ＨＥ」などを使用することができる。また、例えば「ＡＣＥ－１２５Ｕ」と日本化薬株式会社製の商品名「ＳＨＣ－１１５Ｕ」を重ねて使用することで、吸収軸の透過率を極めて低く抑えた直線偏光板とすることができる。このように複数の偏光板を重ねることで、経年変化に対する耐性も高めることができる。

【００７６】

また、以上の２種類の構成において、光学ローパスフィルタを含む撮像素子と組み合わせて使用する場合を考える。このとき、最も像側の偏光板の透過軸と、光学ローパスフィルタを構成する複屈折板のうち最も物体側の複屈折板の進相軸との相対角度が４５°または１３５°となるようにすることが好ましい。このようにすることで、通常の(一般的な屈折光学系のように偏光依存性のない)光学系と同様のローパス効果を得ることができる。またあるいは、最も像側の偏光板の像側に、さらに１／４波長板を配置してもよい。このとき、最も像側の偏光板の透過軸と１／４波長板の進相軸は４５°または１３５°となるようにすることが好ましい。このようにすることで、撮像素子に向けて円偏光を射出することで、通常の光学系と同様のローパス効果を得ることができる。またあるいは、最も像側の偏光板の像側に、複屈折の大きなプラスチックモールドレンズを配置することで、射出光を疑似的なランダム偏光にしてもよく、通常の光学系と同様のローパス効果を得ることができる。

【００７７】

また、以上の２種類の構成において、偏光選択性透過反射素子や１／４波長板や直線偏光子は、円形のものを使用してもよいし、矩形のもの、多角形のものを使用してもよい。矩形や正六角形のように平面上に余白なく敷きつめられる形状であると、それぞれの素子を無駄なく使用できるため製造コストの点から好ましい。これらの光学素子においては、主としてポリマー材料からなるものが安価に入手可能である。そのようなものを用いる場合、先述したように例えばガラスや樹脂に貼合し、十分な面精度を確保することが好ましい。このような形態では、大判で貼合を行い、そこから矩形に必要な分を切り出すことで、材料のロスをなくすことができる。また、上述のように、以上の２種類の構成ではそれぞれの素子間のアジムスが重要である。矩形の素子を用いることで部品の外形と、素子の向き（進相軸／遅相軸、透過軸／吸収軸、透過軸／反射軸）を部品単位で保証しやすくなり、アジムスの調整を簡便化ないし省略することができる。

【００７８】

各実施例の光学系において、レンズの構成材料として、樹脂材料を用いてもガラス材料を用いてもよい。ただし、第１透過反射面と第２透過反射面の間に配置されるレンズについては、低複屈折であることが好ましい。

【００７９】

各実施例の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズＬ１と、第１透過反射面ＨＭ１と、１／４波長板ＱＷＰと、第２透過反射面ＨＭ２とを有する。フォーカシングに際して、第１透過反射面ＨＭ１は光軸方向に移動する。またフォーカシングに際して、第１屈折レンズＬ１は、移動しないか、または第１透過反射面ＨＭ１との光軸方向の間隔が変化する。また第１屈折レンズＬ１は、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のいずれとも分離している。

【００８０】

または、各実施例の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズＬ１と、第１透過反射面ＨＭ１と、１／４波長板ＱＷＰと、第２透過反射面ＨＭ２と、第２屈折レンズＬ２とを有する。フォーカシングに際して、第１透過反射面は光軸方向に移動する。またフォーカシングに際して、第２屈折レンズＬ２は、移動しないか、または第１透

過反射面ＨＭ１との光軸方向の間隔が変化する。また第２屈折レンズＬ２は、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のいずれとも分離している。

【００８１】

各実施例の光学系は、第１透過反射面ＨＭ１よりも物体側に配置され、第１透過反射面ＨＭ１とは分離しており、かつフォーカシングに際して第１透過反射面ＨＭ１と一体的に移動する第３屈折レンズを有していてもよい。また各実施例の光学系は、第１透過反射面ＨＭ１と第２透過反射面ＨＭ２との間の領域の外側に配置され、フォーカシングに際して光軸方向に移動する第４屈折レンズを有していてもよい。

【００８２】

以下、各実施例の光学系について詳述する。

【実施例１】

【００８３】

まず、図３および図４を参照して、実施例１における光学系ＯＳ１について説明する。図３は、光学系ＯＳ１の断面図である。光学系ＯＳ１は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に、１／４波長板ＱＷＰが配置されている。

【００８４】

図４（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１の収差図、図４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１の収差図である。球面収差図において、ＦｎｏはＦナンバーであり、ｄ線（波長５８７．６ｎｍ）、ｇ線（波長４３５．８ｎｍ）、Ｃ線（波長６５６．３ｎｍ）、Ｆ線（波長４８６．１ｎｍ）に対する球面収差量を示している。非点収差図において、Ｓはサジタル像面における非点収差量、Ｍはメリディオナル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図において、ｄ線に対する歪曲収差量を示している。色収差図では、ｇ線、Ｃ線、Ｆ線における色収差量を示している。ωは撮像半画角（°）である。ｏｂｊは、ピントを合わせた位置（撮像面ＩＭから合焦面までの距離）（単位ｍｍ）を示す。なお、これらは、以降の収差図においても同様である。

【００８５】

フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１は、第１透過反射面ＨＭ１を含むレンズ群と開口絞りＳＰとを一体として光軸方向に移動させる。図１において、動かすレンズ群および無限遠から至近にフォーカスする際の移動方向を下部の矢印で示している。図３において、矢印が物体側を向いているため、無限遠から至近にフォーカスする際にレンズを物体側に移動することを示している。これは、以降の光路図においても同様である。

【００８６】

光学系ＯＳ１において、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当する。

【実施例２】

【００８７】

次に、図５および図６を参照して、実施例２における光学系ＯＳ２について説明する。図５は、光学系ＯＳ２の断面図である。図６（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２の収差図、図６（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２の収差図である。

【００８８】

光学系ＯＳ２は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に、１枚の平板ガラスを挟んで１／４波長板ＱＷＰが配置されている。このような構成により、反射面の面精度を容易に高めることができる。なお本実施例において、１／４波長板ＱＷＰを厚み０．１ｍｍの平板として光路図・数値に組み込んでいるが、これは収差への影響はほとんどなく、この厚みの有無は各実施例の本質にはかかわらないため、実施例１では１／４波長板ＱＷＰの厚みを省略している。以後も、１／４波長板ＱＷＰや透過反射面などの厚みは省略する場合がある。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２は、物体側に凸を向けたメニスカスレンズよりも物体側のレンズ群（開口絞りＳＰを含む）を一体として光軸方向に移動させる。

【００８９】
光学系ＯＳ２において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１、第３屈折レンズ、および第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例３】
【００９０】
次に、図７および図８を参照して、実施例３における光学系ＯＳ３について説明する。図７は、光学系ＯＳ３の断面図である。図８（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ３の収差図、図８（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ３の収差図である。
【００９１】
光学系ＯＳ３は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に、凸レンズを間に挟んで１／４波長板ＱＷＰが配置されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ３は、物体側から７枚（平板はカウントし、１／４波長板ＱＷＰはカウントしない）のレンズ群と開口絞りＳＰとを一体として光軸方向に移動させる。
【００９２】
光学系ＯＳ３において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１、第３屈折レンズ、および第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例４】
【００９３】
次に、図９および図１０を参照して、実施例４における光学系ＯＳ４について説明する。図９は、光学系ＯＳ４の断面図である。図１０（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ４の収差図、図１０（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ４の収差図である。
【００９４】
光学系ＯＳ４は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に１／４波長板ＱＷＰが配置されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ４は、開口絞りＳＰの直後の像側の７枚のレンズ群を一体として光軸方向に移動させる。また、物体側から４枚目と５枚目の接合レンズ（防振群）を光軸に対して垂直な方向に動かすことで、手振れ補正を行うことができる。
【００９５】
光学系ＯＳ４において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例５】
【００９６】
次に、図１１および図１２を参照して、実施例５における光学系ＯＳ５について説明する。図１１は、光学系ＯＳ５の断面図である。図１２（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ５の収差図、図１２（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ５の収差図である。
【００９７】
光学系ＯＳ５は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に１／４波長板ＱＷＰが配置されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ５は、開口絞りＳＰの直後の像側の３枚のレンズ群を一体として光軸方向に移動させる。
【００９８】
光学系ＯＳ５において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。

【実施例６】
【００９９】
次に、図１３および図１４を参照して、実施例６における光学系ＯＳ６について説明する。図１３は、光学系ＯＳ６の断面図である。図１４（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ６の収差図、図１４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ６の収差図である。
【０１００】
光学系ＯＳ６は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に１／４波長板ＱＷＰが配置されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ６は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。
光学系ＯＳ６において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例７】
【０１０１】
次に、図１５および図１６を参照して、実施例７における光学系ＯＳ７について説明する。図１５は、光学系ＯＳ７の断面図である。図１６（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ７の収差図、図１６（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ７の収差図である。
【０１０２】
光学系ＯＳ７は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。また、第１透過反射面ＨＭ１の像側に１／４波長板ＱＷＰが配置されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ７は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直前の物体側の１枚のレンズ１と、開口絞りＳＰの直後の像側の５枚（平板をカウントする）のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。また、開口絞りＳＰの直後の像側のレンズ（防振群）を光軸に対して垂直な方向に動かすことで、手振れ補正を行うことができる。
【０１０３】
光学系ＯＳ７において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直前のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例８】
【０１０４】
次に、図１７および図１８を参照して、実施例８における光学系ＯＳ８について説明する。図１８（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ８の収差図、図１８（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ８の収差図である。
【０１０５】
光学系ＯＳ８は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ８は、開口絞りＳＰの直後の像側の４枚（平板をカウントし、１／４波長板はカウントしない）のレンズを一体として光軸方向に移動させる。また、開口絞りＳＰの直前の物体側の接合レンズ（防振群）を光軸に対して垂直な方向に動かすことで、手振れ補正を行うことができる。
光学系ＯＳ８において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、第２透過反射面ＨＭ２の直後のレンズが第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例９】
【０１０６】
次に、図１９および図２０を参照して、実施例９における光学系ＯＳ９について説明す

る。図１９は、光学系ＯＳ９の断面図である。図２０（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ９の収差図、図２０（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ９の収差図である。

【０１０７】

光学系ＯＳ９は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ９は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。

【０１０８】

光学系ＯＳ９において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当する。

【実施例１０】

【０１０９】

次に、図２１および図２２を参照して、実施例１０における光学系ＯＳ１０について説明する。図２１は、光学系ＯＳ１０の断面図である。図２２（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１０の収差図、図２２（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１０の収差図である。

【０１１０】

光学系ＯＳ１０は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１０は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後および直前のそれぞれのレンズとを一体として光軸方向に移動させ、また、それとは異なる移動量で像側の２枚のレンズを一体のフローティング群として光軸方向に移動させる。

【０１１１】

光学系ＯＳ１０において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズ、第３屈折レンズ、および第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。

【実施例１１】

【０１１２】

次に、図２３および図２４を参照して、実施例１１における光学系ＯＳ１１について説明する。図２３は、光学系ＯＳ１１の断面図である。図２４（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１１の収差図、図２４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１１の収差図である。

【０１１３】

光学系ＯＳ１１は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１１は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。

【０１１４】

光学系ＯＳ１１において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。

【実施例１２】

【０１１５】

次に、図２５および図２６を参照して、実施例１２における光学系ＯＳ１２について説明する。図２５は、光学系ＯＳ１２の断面図である。図２６（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１２の収差図、図２６（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１２の収差図である。

【０１１６】

光学系ＯＳ１２は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学

系ＯＳ１２は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の３枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。
【０１１７】
光学系ＯＳ１２において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当する。
【実施例１３】
【０１１８】
次に、図２７および図２８を参照して、実施例１３における光学系ＯＳ１３について説明する。図２７は、光学系ＯＳ１３の断面図である。図２８（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１３の収差図、図２８（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１３の収差図である。
【０１１９】
光学系ＯＳ１３は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１３は、最も物体側の２枚のレンズおよび最も像側の１枚のレンズの計３枚のレンズを移動させず、残りのレンズ群と開口絞りＳＰとを一体として光軸方向に移動させる。光学系ＯＳ１３において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直前のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当する。
【実施例１４】
【０１２０】
次に、図２９および図３０を参照して、実施例１４における光学系ＯＳ１４について説明する。図２９は、光学系ＯＳ１４の断面図である。図３０（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１４の収差図、図３０（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１４の収差図である。
【０１２１】
光学系ＯＳ１４は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１４は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。
【０１２２】
光学系ＯＳ１４において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例１５】
【０１２３】
次に、図３１および図３２を参照して、実施例１５における光学系ＯＳ１５について説明する。図３１は、光学系ＯＳ１５の断面図である。図３２（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１５の収差図、図３２（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１５の収差図である。
【０１２４】
光学系ＯＳ１５は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１５は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。
【０１２５】
光学系ＯＳ１５において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例１６】
【０１２６】
次に、図３３および図３４を参照して、実施例１６における光学系ＯＳ１６について説明する。図３３は、光学系ＯＳ１６の断面図である。図３４（ａ）は無限遠合焦時におけ

る光学系ＯＳ１６の収差図、図３４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１６の収差図である。

【０１２７】

光学系ＯＳ１６は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１６は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の３枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。

【０１２８】

光学系ＯＳ１６において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズに相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。

【実施例１７】

【０１２９】

次に、図３５および図３６を参照して、実施例１７における光学系ＯＳ１７について説明する。図３５は、光学系ＯＳ１７の断面図である。図３６（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１７の収差図、図３６（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１７の収差図である。

【０１３０】

光学系ＯＳ１７は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１７は、開口絞りＳＰの直後の像側の３枚のレンズを一体として光軸方向に移動させる。

【０１３１】

光学系ＯＳ１７において、第１透過反射面ＨＭ１および第２透過反射面ＨＭ２のいずれでも反射せずに、そのまま像面に到達してしまう素抜け光に作用する光学系のパワーを強めている。なお、本来であれば素抜け光が像面に達するのは好ましくなく、偏光板で吸収することが好ましいが、偏光板の特性が理想的ではないことなどにより、多少の素抜け光が像面に達するのは避けられない。このような構成により、素抜け光によるゴーストが画面全体に広がることを防ぐことができる。

【０１３２】

光学系ＯＳ１７において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当する。

【実施例１８】

【０１３３】

次に、図３７および図３８を参照して、実施例１８における光学系ＯＳ１８について説明する。図３７は、光学系ＯＳ１８の断面図である。図３８（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１８の収差図、図３８（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１８の収差図である。

【０１３４】

光学系ＯＳ１８は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１８は、最も物体側のレンズおよび最も像側のレンズの計２枚のレンズを移動させず、残りのレンズ群と開口絞りＳＰとを一体として光軸方向に移動させる。

【０１３５】

光学系ＯＳ１８において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直前のレンズが第３屈折レンズおよび第４屈折レンズに相当する。

【実施例１９】

【０１３６】

次に、図３９および図４０を参照して、実施例１９における光学系ＯＳ１９について説明する。図３９は、光学系ＯＳ１９の断面図である。図４０（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ１９の収差図、図４０（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ１９の収

差図である。
【０１３７】
光学系ＯＳ１９は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ１９は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側レンズとを一体として光軸方向に移動させ、またそれとは異なる移動量で最も像側の２枚のレンズを一体のフローティング群として光軸方向に移動させる。
【０１３８】
光学系ＯＳ１９において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例２０】
【０１３９】
次に、図４１および図４２を参照して、実施例２０における光学系ＯＳ２０について説明する。図４１は、光学系ＯＳ２０の断面図である。図４２（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２０の収差図、図４２（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２０の収差図である。
【０１４０】
光学系ＯＳ２０は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２０は、開口絞りＳＰと開口絞りＳＰの直後の像側の２枚のレンズとを一体として光軸方向に移動させる。
【０１４１】
光学系ＯＳ２０において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例２１】
【０１４２】
次に、図４３および図４４を参照して、実施例２１における光学系ＯＳ２１について説明する。図４３は、光学系ＯＳ２１の断面図である。図４４（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２１の収差図、図４４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２１の収差図である。
【０１４３】
光学系ＯＳ２１は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２１は、開口絞りＳＰの直後の像側の１枚のレンズを光軸方向に移動させる。
【０１４４】
光学系ＯＳ２１において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当する。
【実施例２２】
【０１４５】
次に、図４５および図４６を参照して、実施例２２における光学系ＯＳ２２について説明する。図４５は、光学系ＯＳ２２の断面図である。図４６（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２２の収差図、図４６（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２２の収差図である。
【０１４６】
光学系ＯＳ２２は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２２は、物体側から５枚目および６枚目レンズの２枚の接合レンズを光軸方向に移動させる。
【０１４７】
光学系ＯＳ２２において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し

、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例２３】
【０１４８】
次に、図４７および図４８を参照して、実施例２３における光学系ＯＳ２３について説明する。図４７は、光学系ＯＳ２３の断面図である。図４８（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２３の収差図、図４８（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２３の収差図である。
【０１４９】
光学系ＯＳ２３は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２３は、最も像側のレンズ以外のレンズ群と開口絞りＳＰとを一体として光軸方向に移動させる。
【０１５０】
光学系ＯＳ２３において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１、第３屈折レンズ、および第４屈折レンズに相当し、最も像側のレンズが第２屈折レンズＬ２に相当する。
【実施例２４】
【０１５１】
次に、図４９および図５０を参照して、実施例２４における光学系ＯＳ２４について説明する。図４９は、光学系ＯＳ２４の断面図である。図５０（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２４の収差図、図５０（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２４の収差図である。
【０１５２】
光学系ＯＳ２４は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２４は、物体側から数えて６枚目のレンズを光軸方向に移動させる。
【０１５３】
光学系ＯＳ２４において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、第１透過反射面ＨＭ１を有するレンズが第４屈折レンズに相当する。
【実施例２５】
【０１５４】
次に、図５１および図５２を参照して、実施例２５における光学系ＯＳ２５について説明する。図５１は、光学系ＯＳ２５の断面図である。図５２（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２５の収差図、図５２（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２５の収差図である。
【０１５５】
光学系ＯＳ２５は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２５は、開口絞りＳＰの直後の像側の平板を光軸方向に移動させる。
【０１５６】
光学系ＯＳ２５において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当する。
【実施例２６】
【０１５７】
次に、図５３および図５４を参照して、実施例２６における光学系ＯＳ２６について説明する。図５３は、光学系ＯＳ２６の断面図である。図５４（ａ）は無限遠合焦時における光学系ＯＳ２６の収差図、図５４（ｂ）は至近距離合焦時における光学系ＯＳ２６の収差図である。
【０１５８】
光学系ＯＳ２６は、物体側から像面ＩＭ側に順に配置された、複数のレンズ（複数のレ

ンズ群）とセンサ保護ガラスとを備えて構成されている。フォーカシングに際して、光学系ＯＳ２６は、最も物体側のレンズ以外の３枚のレンズと開口絞りＳＰとを一体として移動させる。

【０１５９】

光学系ＯＳ２６において、例えば、最も物体側のレンズが第１屈折レンズＬ１に相当し、開口絞りＳＰの直後のレンズが第４屈折レンズに相当する。

【０１６０】

以下、実施例１乃至２３のそれぞれに対応する数値実施例１乃至２６を示す。各数値実施例の面データにおいて、面番号ｉは瞳面側から数えたときのｉ番目の面を示す。ｒはｉ番目の面の曲率半径（ｍｍ）、ｄはｉ番目と（ｉ＋１）番目の面間のレンズ厚または空気間隔（ｍｍ）、ｎｄはｉ番目の光学部材の材料のｄ線における屈折率である。ｖｄはｉ番目の光学部材の材料のｄ線を基準としたアッベ数である。アッベ数ｖｄは、フラウンホーファ線のｄ線（５８７．６ｎｍ）、Ｆ線（４８６．１ｎｍ）、Ｃ線（６５６．３ｎｍ）における屈折率をＮｄ、ＮＦ、ＮＣとするとき、ｖｄ＝（Ｎｄ－１）／（ＮＦ－ＮＣ）で表される。

【０１６１】

面番号に付された「＊」は、その面が非球面形状を有する面であることを意味する。非球面形状は、光軸からの高さｈの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてｘとし、Ｒを近軸曲率半径、ｋを円錐定数、Ａｉ　：　（ｉ＝２，４，６，８…）を各次数の非球面係数とするとき、以下の式で表される。

【０１６２】

【数１】

$$x(h)=\frac{\left(\frac{h^2}{r}\right)}{1+\sqrt{\left\{1-(1+k)\left(\frac{h}{r}\right)^2\right\}}}+A_2h^2+A_4h^4+A_6h^6+A_8h^8+A_{10}h^{10}+\cdots$$

【０１６３】

また、各種データには、焦点距離（ｍｍ）、Ｆナンバー、半画角（°）、像高（ｍｍ）、等を示す。

【０１６４】

（数値実施例１）

単位 ｍｍ

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	33.264	3.80	1.51633	64.1
2*	67.341	7.87		
3(絞り)	∞	3.61		
4*	-60.314	8.76	1.54658	55.9
5*	-56.658	2.00		
6*	-178.356	4.14	1.54658	55.9
7*	-278.259	5.36		
8*	-49.931	-5.36		
9*	-278.259	-4.14	1.54658	55.9
10*	-178.356	-2.00		
11*	-56.658	2.00		
12*	-178.356	4.14	1.54658	55.9
13*	-278.259	5.36		
14*	-49.931	2.35	1.54658	55.9

15* 19.782 11.00
16 ∞ 3.00 1.51633 64.1
17 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.75368e-06 A 6=-2.08107e-09
第2面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.06144e-06 A 6=-1.12963e-08
第4面
K = 0.00000e+00 A 2=-5.47088e-03 A 4=-1.57901e-05 A 6= 2.13974e-08 A 8= 7.49429e-12
第5面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.35715e-06 A 6= 5.58849e-09 A 8=-1.34412e-11 A10= 1.23184e-14 A12=-8.60860e-21
第6面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.67533e-05 A 6=-6.60403e-08 A 8= 8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12= 2.37426e-16
第7面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.21090e-05 A 6=-4.76083e-08 A 8= 9.17449e-11 A10=-3.35061e-13
第8面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.37494e-07 A 6= 9.41948e-10 A 8= 8.14789e-12 A10=-1.12477e-13 A12= 3.58736e-16
第9面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.21090e-05 A 6=-4.76083e-08 A 8= 9.17449e-11 A10=-3.35061e-13
第10面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.67533e-05 A 6=-6.60403e-08 A 8= 8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12= 2.37426e-16
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.35715e-06 A 6= 5.58849e-09 A 8=-1.34412e-11 A10= 1.23184e-14 A12=-8.60860e-21
第12面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.67533e-05 A 6=-6.60403e-08 A 8= 8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12= 2.37426e-16
第13面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.21090e-05 A 6=-4.76083e-08 A 8= 9.17449e-11 A10=-3.35061e-13
第14面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.37494e-07 A 6= 9.41948e-10 A 8= 8.14789e-12 A10=-1.12477e-13 A12= 3.58736e-16
第15面
K = 0.00000e+00 A 2=-4.12994e-02 A 4=-1.43658e-05 A 6=-9.85889e-09 A 8=-1.01161e-10
各種データ
焦点距離 48.00
Fナンバー 1.50
半画角 24.26
像高 21.64

BF 0.10
d17 0.10
（数値実施例２）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd vd
1* -92.915 1.80 1.85400 40.4
2* 275.875 0.20
3 66.286 7.72 1.70482 29.8
4 -107.417 2.08
5(絞り) ∞ 4.87
6 -67.525 1.50 1.93012 34.8
7 ∞ 1.00 1.51633 64.1
8 ∞ 0.10 1.51633 64.1
9 ∞ 3.86 1.90686 34.6
10 -110.546 -3.86
11 ∞ -0.10 1.51633 64.1
12 ∞ -1.00 1.51633 64.1
13 ∞ 1.00
14 ∞ 0.10 1.51633 64.1
15 ∞ 3.86 1.90686 34.6
16 -110.546 1.69 1.96278 27.0
17 116.994 1.00
18* 54.224 1.20 1.82754 38.6
19* 45.694 1.20
20 33.649 6.69 1.49703 81.6
21 -154.042 1.74
22 -55.180 6.50 1.58935 64.1
23 -20.730 3.00 1.80508 46.8
24 -64.377 0.10
25 -70.837 5.04 1.49701 81.6
26 -29.198 -0.10
27 131.017 2.02 1.61588 65.3
28* -250.495 9.40
29 ∞ 3.00 1.51633 64.1
30 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.06466e-06 A 6= 1.03932e-08 A 8=-1.67472e-11 A10= 1.02529e-14
第2面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.12852e-06 A 6= 1.11218e-08 A 8=-2.12628e-11 A10= 1.94691e-14 A12=-6.84758e-18
第18面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.10433e-05 A 6=-2.77702e-08
第19面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.40984e-05 A 6=-2.49256e-08
第28面
K = 0.00000e+00 A 4= 7.07409e-06 A 6=-7.48712e-09 A 8= 2.28141

e-11 A10=-3.65416e-14
各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.75
半画角 24.37
像高 14.50
BF 0.10
d30 0.10
（数値実施例３）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	-161.627	1.80	1.85400	40.4
2*	82.516	0.20		
3	51.999	6.47	1.73854	38.7
4	-66.398	4.96		
5(絞り)	∞	2.19		
6	-115.094	1.50	1.72916	54.7
7	100.330	2.62	1.49092	67.6
8	∞	0.10	1.51633	50.0
9	∞	2.00	1.51633	64.1
10	∞	-2.00		
11	∞	-0.10	1.51633	50.0
12	∞	-2.62	1.49092	67.6
13	100.330	2.62		
14	∞	0.10	1.51633	50.0
15	∞	2.00	1.51633	64.1
16	∞	1.70	1.84297	43.7
17	44.276	2.26		
18	809.825	2.59	1.72916	54.7
19	-101.774	1.20		
20	47.329	3.62	1.52211	77.5
21	941.218	2.45		
22	-47.172	9.50	1.53844	75.1
23	-23.955	2.00	1.90571	37.6
24	-39.180	0.10		
25	71.664	5.31	1.59522	67.7
26	-64.902	9.40		
27	∞	3.00	1.51633	64.1
28	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第１面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.82053e-06 A 6= 1.07157e-09
第２面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.11630e-06 A 6= 2.22067e-09
各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.95
半画角 24.38

像高 14.50
BF 0.10
d28 0.10
（数値実施例４）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd vd
1 38.604 1.80 1.59522 67.7
2 21.733 10.42
3 -2098.480 1.00 1.73273 54.3
4 51.623 0.20
5 36.753 4.79 1.55917 44.3
6 -101.671 2.00
7 -69.648 1.20 1.59522 67.7
8 66.757 2.17 1.69895 30.1
9 426.308 1.50
10(絞り) ∞ 6.23
11 30.285 6.34 1.49700 81.5
12 -105.796 0.10
13 230.558 2.11 1.49700 81.5
14 -161.563 7.56
15* -101.727 1.50 1.85035 35.9
16 ∞ 4.56 1.49700 81.5
17 -44.954 1.97 1.85407 36.5
18 -105.745 -1.97
19 -44.954 -4.56 1.49700 81.5
20 ∞ 4.56
21 -44.954 1.97 1.85407 36.5
22 -105.745 0.00
23 -105.745 3.45 1.87153 42.0
24 -36.678 0.10
25* 121.884 2.00 1.85087 43.0
26* 78.991 1.11
27 -210.514 1.20 1.84666 23.8
28 252.666 0.10
29 47.461 4.09 2.00330 28.3
30 260.763 9.40
31 ∞ 0.00
32 ∞ 0.00
33 ∞ 3.00 1.51633 64.1
34 ∞ 0.11
像面 ∞
非球面データ
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.84207e-06 A 6=-1.26449e-08
第25面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.31962e-05 A 6= 2.28241e-08
第26面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.21297e-05 A 6= 4.62364e-08
各種データ

焦点距離　21.65　21.65　21.65
Fナンバー　0.95　0.95　0.95
半画角　33.81　33.81　33.81
像高　14.50　14.50　14.50
BF　0.11　0.11　0.11
d34　0.11　0.11　0.11
（数値実施例５）
単位 mm
面データ
面番号　r　d　nd　vd
1　-109.185　1.50　1.67510　32.4
2　-1210.137　0.20
3*　34.632　6.56　1.63323　50.6
4*　-186.241　0.30
5(絞り)　∞　5.89
6　-60.428　1.50　1.63270　47.5
7　761.621　0.10
8　181.467　1.50　1.49758　82.4
9　∞　11.55　1.49402　82.0
10　-65.604　2.00
11*　-86.397　1.00　2.00330　28.3
12　-110.085　-1.00
13*　-86.397　-2.00
14　-65.604　-11.55　1.49402　82.0
15　∞　11.55
16　-65.604　2.00
17*　-86.397　1.00　2.00330　28.3
18　-110.085　1.00
19　115.140　1.71　1.63640　63.1
20*　3508.933　1.44
21　∞　1.50　1.51633　64.1
22　∞　0.10
像面　∞
非球面データ
第3面
K = 0.00000e+00　A 4= 1.63267e-07　A 6= 2.93219e-09
第4面
K = 0.00000e+00　A 4= 1.17377e-06　A 6= 8.47197e-10　A 8=-1.15699e-12　A10=-4.32516e-15
第11面
K = 0.00000e+00　A 4=-2.19247e-06　A 6=-2.62246e-09　A 8= 2.21713e-12　A10=-2.22878e-14　A12= 1.58408e-17
第13面
K = 0.00000e+00　A 4=-2.19247e-06　A 6=-2.62246e-09　A 8= 2.21713e-12　A10=-2.22878e-14　A12= 1.58408e-17
第17面
K = 0.00000e+00　A 4=-2.19247e-06　A 6=-2.62246e-09　A 8= 2.21713e-12　A10=-2.22878e-14　A12= 1.58408e-17
第20面
K = 0.00000e+00　A 4= 2.63824e-05　A 6=-1.06717e-07

各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.95
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d22 0.10
（数値実施例６）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd vd
1 -81.190 3.00 1.56404 71.6
2 -178.691 0.94
3 84.160 14.20 1.54726 46.3
4 -109.712 3.90
5(絞り) ∞ 13.27
6 -47.777 1.50 1.60342 38.0
7 ∞ 3.43 1.88300 40.8
8 -214.922 2.26
9* -144.806 3.50 1.59522 67.7
10 -101.352 -3.50
11* -144.806 -2.26
12 -214.922 -3.43 1.88300 40.8
13 ∞ 3.43
14 -214.922 2.26
15* -144.806 3.50 1.59522 67.7
16 -101.352 4.35 1.81057 25.1
17 279.559 1.00
18 68.860 8.79 1.72916 54.7
19* -135.440 4.25
20 58.135 6.52 1.50599 80.0
21 -114.882 1.00
22 ∞ 3.00 1.51633 64.1
23 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.77810e-07 A 6= 1.97233e-11 A 8=-1.93497e-13 A10= 2.59713e-16 A12=-1.33641e-19
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.77810e-07 A 6= 1.97233e-11 A 8=-1.93497e-13 A10= 2.59713e-16 A12=-1.33641e-19
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.77810e-07 A 6= 1.97233e-11 A 8=-1.93497e-13 A10= 2.59713e-16 A12=-1.33641e-19
第19面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.32990e-07 A 6= 1.09167e-09 A 8=-5.37842e-13 A10= 2.07993e-16
各種データ
焦点距離 32.00

Fナンバー 0.55
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d23 0.10
（数値実施例７）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	132.020	1.80	1.52841	76.5
2	23.495	3.81		
3*	34.705	2.50	1.54658	55.9
4*	24.842	5.79		
5	33.997	3.04	1.84666	23.8
6	51.145	12.17		
7	27.031	5.79	1.48749	70.4
8	-127.810	0.30		
9(絞り)	∞	4.51		
10*	-97.461	1.50	1.72916	54.7
11	183.806	1.00		
12	∞	1.00	1.51633	64.1
13	∞	2.62	1.48749	70.2
14	-62.885	2.00	1.85025	30.1
15*	-100.173	-2.00		
16	-62.885	-2.62	1.48749	70.2
17	∞	-1.00	1.51633	64.1
18	∞	1.00		
19	∞	2.62	1.48749	70.2
20	-62.885	2.00	1.85025	30.1
21*	-100.173	2.15		
22	-71.168	3.71	1.49700	81.5
23	-26.476	0.50		
24	-49.336	1.20	1.84666	23.8
25	1246.886	0.10		
26*	44.977	7.21	1.85400	40.4
27*	-51.137	9.40		
28	∞	3.00	1.51633	64.1
29	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第３面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.80058e-05 A 6=-1.86749e-08 A 8= 5.41443e-12 A10= 5.11302e-14
第４面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.71319e-05 A 6=-2.40373e-08
第１０面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.80747e-06 A 6= 5.34299e-10
第１５面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.89798e-06 A 6= 4.44896e-09 A 8= 2.67425e-12
第２１面

K = 0.00000e+00 A 4= 2.89798e-06 A 6= 4.44896e-09 A 8= 2.67425e-12
第26面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.06753e-06 A 6= 7.40511e-09 A 8= 2.47090e-11
第27面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.08328e-05 A 6=-2.04810e-08 A 8= 1.01300e-10 A10=-9.40040e-14
各種データ

焦点距離	17.38	17.38	17.38
Fナンバー	0.95	0.95	0.95
半画角	39.84	39.84	39.84
像高	14.50	14.50	14.50
BF	0.10	0.10	0.10
d29	0.10	0.10	0.10

（数値実施例８）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	νd
1*	-409.789	1.80	1.85400	40.4
2*	42.180	0.20		
3	40.979	3.54	1.84666	23.8
4	122.998	1.00		
5	96.345	1.92	2.00100	29.1
6	41.243	6.48	1.81600	46.6
7	-118.059	0.50		
8(絞り)	∞	13.69		
9	∞	1.00	1.51633	64.1
10	∞	0.10	1.51633	40.0
11	∞	2.72	1.82115	24.1
12	-105.501	-2.72		
13	∞	-0.10	1.51633	40.0
14	∞	-1.00	1.51633	64.1
15	∞	1.00		
16	∞	0.10	1.51633	40.0
17	∞	2.72	1.82115	24.1
18	-105.501	1.70	1.92119	24.0
19*	39.788	4.68		
20	-36.572	2.13	1.84666	23.8
21	-35.086	1.00		
22	91.120	7.28	1.49700	81.6
23	-28.563	2.00	1.87070	40.7
24	-173.578	0.10		
25*	39.262	8.74	1.58913	61.1
26*	-44.520	9.40		
27	∞	3.00	1.51633	64.1
28	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.43125e-08 A 6= 8.19697e-10
第2面

K = 0.00000e+00 A 4= 1.51907e-06 A 6= 1.25991e-09
第19面
K = 0.00000e+00 A 4=-5.63465e-07 A 6=-1.32044e-09 A 8=-6.59630e-12 A10=-3.66076e-15
第25面
K = 0.00000e+00 A 4= 5.89089e-08 A 6= 7.14844e-09
第26面
K = 0.00000e+00 A 4= 9.86729e-06 A 6=-5.58092e-09 A 8= 3.90470e-11 A10=-5.62801e-14
各種データ
焦点距離 32.00 32.00 32.00
Fナンバー 0.95 0.95 0.95
半画角 24.38 24.38 24.38
像高 14.50 14.50 14.50
BF 0.10 0.10 0.10
d28 0.10 0.10 0.10
（数値実施例９）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	8.184	1.64	1.54658	55.9
2*	33.051	4.17		
3(絞り)	∞	0.60		
4*	-43.951	1.60	1.54658	55.9
5*	564.166	1.26		
6*	-7.524	0.30	1.54658	55.9
7*	-10.919	0.95		
8*	-26.449	0.90	1.54658	55.9
9*	-15.162	0.95		
10*	-9.626	-0.95		
11*	-15.162	-0.90	1.54658	55.9
12*	-26.449	-0.95		
13*	-10.919	0.95		
14*	-26.449	0.90	1.54658	55.9
15*	-15.162	0.95		
16*	-9.626	0.35	1.54658	55.9
17*	-6.872	0.03		
18	∞	0.43	1.51633	64.1
19	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 2=-2.92248e-02 A 4=-1.66006e-04 A 6= 1.48542e-06 A 8=-3.34281e-08 A10= 2.02751e-10 A12= 1.57208e-12
第2面
K = 0.00000e+00 A 4= 7.63633e-05 A 6= 5.33636e-06 A 8=-1.52003e-07 A10= 3.33154e-09 A12=-2.42253e-11
第4面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.88719e-04 A 6=-1.52411e-05 A 8= 2.17573e-06 A10=-1.53277e-07

第５面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-2.17211e-04 Ａ６= 1.28090e-05 Ａ８=-8.94365e-07
第６面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-5.58108e-04 Ａ６= 1.87674e-05 Ａ８=-1.36199e-06
第７面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-3.42153e-04 Ａ６= 6.88122e-06 Ａ８=-2.36999e-07 Ａ10=-8.92100e-10 Ａ12= 2.97739e-13
第８面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 5.15689e-05 Ａ６=-1.88653e-05 Ａ８= 3.12701e-07 Ａ10=-1.02106e-08 Ａ12= 5.08818e-11
第９面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 1.00441e-04 Ａ６=-2.22495e-05 Ａ８= 4.90051e-07 Ａ10=-9.61925e-09
第１０面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-4.29042e-05 Ａ６= 3.45895e-06 Ａ８=-2.86769e-08 Ａ10=-2.33169e-09 Ａ12= 2.61879e-11 Ａ14=-1.75383e-14 Ａ16=-2.25865e-16
第１１面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 1.00441e-04 Ａ６=-2.22495e-05 Ａ８= 4.90051e-07 Ａ10=-9.61925e-09
第１２面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 5.15689e-05 Ａ６=-1.88653e-05 Ａ８= 3.12701e-07 Ａ10=-1.02106e-08 Ａ12= 5.08818e-11
第１３面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-3.42153e-04 Ａ６= 6.88122e-06 Ａ８=-2.36999e-07 Ａ10=-8.92100e-10 Ａ12= 2.97739e-13
第１４面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 5.15689e-05 Ａ６=-1.88653e-05 Ａ８= 3.12701e-07 Ａ10=-1.02106e-08 Ａ12= 5.08818e-11
第１５面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４= 1.00441e-04 Ａ６=-2.22495e-05 Ａ８= 4.90051e-07 Ａ10=-9.61925e-09
第１６面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ４=-4.29042e-05 Ａ６= 3.45895e-06 Ａ８=-2.86769e-08 Ａ10=-2.33169e-09 Ａ12= 2.61879e-11 Ａ14=-1.75383e-14 Ａ16=-2.25865e-16
第１７面
Ｋ＝0.00000e+00 Ａ２= 7.65763e-03 Ａ４= 1.70301e-03 Ａ６=-2.74630e-05 Ａ８= 2.26084e-07
各種データ
焦点距離 7.74
Ｆナンバー 1.40
半画角 45.66
像高 7.92
ＢＦ 0.10
ｄ19 0.10
（数値実施例１０）
単位 ｍｍ
面データ
面番号 ｒ ｄ ｎｄ ｖｄ

1* 34.495 3.34 1.51633 64.1
2* 75.497 (可変)
3(絞り) ∞ 4.31
4* -69.221 3.66 1.54658 55.9
5* -51.980 (可変)
6* 117.370 4.32 1.54658 55.9
7* 166.054 3.48
8* 111.755 -3.48
9* 166.054 -4.32 1.54658 55.9
10* 117.370 (可変)
11* -51.980 (可変)
12* 117.370 4.32 1.54658 55.9
13* 166.054 3.48
14* 111.755 3.04 1.54658 55.9
15* 34.800 (可変)
16 ∞ 3.00 1.51633 64.1
17 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.74929e-06 A 6=-8.62843e-10
第2面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.07821e-06 A 6=-7.23767e-10
第4面
K = 0.00000e+00 A 2=-1.22787e-02 A 4=-1.83823e-06 A 6= 2.70135e-08 A 8=-5.09885e-11
第5面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.15470e-06 A 6= 4.98429e-09 A 8=-3.38806e-11 A10= 1.31569e-13 A12=-2.13965e-16
第6面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56713e-07 A 6=-6.36987e-08 A 8= 8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12= 2.14791e-16
第7面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.08711e-06 A 6=-4.36485e-08 A 8= 1.39724e-11 A10= 2.33549e-15
第8面
K = 0.00000e+00 A 2=-1.54062e-02 A 4=-1.12202e-06 A 6= 1.18269e-10 A 8= 5.81600e-12 A10=-5.88663e-15 A12= 1.86539e-18
第9面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.08711e-06 A 6=-4.36485e-08 A 8= 1.39724e-11 A10= 2.33549e-15
第10面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56713e-07 A 6=-6.36987e-08 A 8= 8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12= 2.14791e-16
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.15470e-06 A 6= 4.98429e-09 A 8=-3.38806e-11 A10= 1.31569e-13 A12=-2.13965e-16
第12面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56713e-07 A 6=-6.36987e-08 A 8= 8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12= 2.14791e-16

第１３面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.08711e-06 A 6=-4.36485e-08 A 8= 1.39724e-11 A10= 2.33549e-15
第１４面
K = 0.00000e+00 A 2=-1.54062e-02 A 4=-1.12202e-06 A 6= 1.18269e-10 A 8= 5.81600e-12 A10=-5.88663e-15 A12= 1.86539e-18
第１５面
K = 0.00000e+00 A 2=-3.00572e-02 A 4=-1.07875e-05 A 6=-1.07802e-08 A 8= 4.04651e-13
各種データ
焦点距離 48.00
Fナンバー 1.50
半画角 24.26
像高 21.64
BF 0.10
物体距離 INF 480 400
d 2 12.67 12.67 12.67
d 5 3.08 2.37 2.00
d10 -3.08 -2.37 -2.00
d11 3.08 2.37 2.00
d15 11.00 20.26 23.79
d17 0.10 -6.12 -8.05
（数値実施例１１）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	43.050	2.48	1.49700	81.5
2	122.119	5.62		
3(絞り)	∞	0.99		
4	-72.690	1.50	1.51680	64.2
5	-2719.444	2.91	1.49700	81.5
6	-71.844	14.08		
7*	-84.641	2.00	1.77250	49.5
8	-127.982	-2.00		
9*	-85.016	-14.08		
10	-71.844	-2.91	1.49700	81.5
11	-2719.444	2.91		
12	-71.844	14.08		
13*	-84.641	2.00	1.77250	49.5
14	-127.982	1.70	1.80518	25.4
15	-755.115	1.00		
16	50.885	4.16	1.49700	81.5
17	-142.624	2.00		
18	∞	1.50	1.51633	64.1
19	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第７面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.27170e-06 A 6= 1.09638e-09 A 8=-1.59118e-11 A10= 6.69227e-14 A12=-1.11236e-16

第９面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.27170e-06 A 6= 1.09638e-09 A 8=-1.59118e-11 A10= 6.69227e-14 A12=-1.11236e-16
第１３面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.27170e-06 A 6= 1.09638e-09 A 8=-1.59118e-11 A10= 6.69227e-14 A12=-1.11236e-16
各種データ
焦点距離 45.00
Fナンバー 2.00
半画角 16.72
像高 13.52
BF 0.10
d19 0.10
（数値実施例１２）
単位 ｍｍ
面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	-64.414	1.70	1.80400	46.6
2	-89.821	0.20		
3	37.669	7.98	1.51823	58.9
4	-115.201	3.69		
5(絞り)	∞	2.18		
6	-105.027	1.50	1.83481	42.7
7	-577.086	7.48		
8	132.568	1.50	1.49700	81.5
9	∞	1.81	1.83481	42.7
10	-134.855	2.00		
11*	-54.249	2.00	1.85400	40.4
12	-102.974	-2.00		
13*	-54.249	-2.00		
14	-134.855	-1.81	1.83481	42.7
15	∞	1.81		
16	-135.405	2.00		
17*	-54.249	2.00	1.85400	40.4
18	-102.974	1.70	2.00330	28.3
19	220.682	1.16		
20	-170.532	3.24	1.49700	81.5
21	-36.082	1.20		
22	57.215	4.96	1.80420	46.5
23	-81.669	9.40		
24	∞	3.00	1.51633	64.1
25	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第１１面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.98007e-06 A 6= 5.44403e-09 A 8=-5.81960e-11 A10= 2.52878e-13 A12=-4.19387e-16
第１３面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.98007e-06 A 6= 5.44403e-09 A 8=-5.81960e-11 A10= 2.52878e-13 A12=-4.19387e-16

第１７面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.98007e-06 A 6= 5.44403e-09 A 8=-5.81960e-11 A10= 2.52878e-13 A12=-4.19387e-16
各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.95
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d25 0.10
（数値実施例１３）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	212.715	2.00	1.49700	81.5
2	117.564	3.05	1.68948	31.0
3	296.551	23.72		
4	242.548	2.89	1.84666	23.8
5	101.330	2.49		
6	-110.931	2.00	1.91082	35.2
7	913.868	1.15		
8(絞り)	∞	0.30		
9	60.164	3.22	1.80518	25.5
10	∞	4.95	1.48749	70.2
11	-52.664	2.31		
12*	-56.420	2.00	1.85400	40.4
13	-101.670	-2.00		
14*	-56.420	-2.31		
15	-52.664	-4.95	1.48749	70.2
16	∞	4.95		
17	-52.664	2.31		
18*	-56.420	2.00	1.85400	40.4
19	-101.670	1.70	1.77250	49.6
20	37.111	1.12		
21	42.372	9.37	1.51680	64.2
22*	-27.818	1.20		
23	40.818	4.10	1.49700	81.5
24	1004.153	9.40		
25	∞	3.00	1.51633	64.1
26	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第１２面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.56220e-06 A 6=-1.16511e-09 A 8=-8.21450e-12 A10= 2.52195e-14 A12=-4.26110e-17
第１４面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.56220e-06 A 6=-1.16511e-09 A 8=-8.21450e-12 A10= 2.52195e-14 A12=-4.26110e-17
第１８面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.56220e-06 A 6=-1.16511e-09 A 8=-8.21450

e-12 A10= 2.52195e-14 A12=-4.26110e-17
第22面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.04785e-06 A 6=-8.15703e-09
各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.95
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d26 0.10
（数値実施例１４）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd νd
1 -100.067 2.00 1.48749 70.2
2 -340.582 2.93
3 79.292 11.08 1.54072 47.2
4 -128.708 7.22
5(絞り) ∞ 7.19
6 -64.631 2.00 1.60342 38.0
7 ∞ 2.53 1.83481 42.7
8 -260.842 4.82
9* -82.704 3.50 1.53996 59.5
10 -90.589 -3.50
11* -82.704 -4.82
12 -260.842 -2.53 1.83481 42.7
13 ∞ 2.53
14 -260.842 4.82
15* -82.704 3.50 1.53996 59.5
16 -90.589 1.72 1.84666 23.8
17 -1015.139 1.72
18 47.324 7.42 1.64000 60.2
19* -96.561 3.49
20 51.514 5.39 1.55352 71.7
21 -114.495 1.06
22 ∞ 3.00 1.51633 64.1
23 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.31478e-07 A 6=-2.74307e-10 A 8= 1.58841e-13 A10= 2.42540e-17 A12=-1.36738e-19
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.31478e-07 A 6=-2.74307e-10 A 8= 1.58841e-13 A10= 2.42540e-17 A12=-1.36738e-19
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.31478e-07 A 6=-2.74307e-10 A 8= 1.58841e-13 A10= 2.42540e-17 A12=-1.36738e-19
第19面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.54086e-06 A 6=-5.50287e-10 A 8= 1.66150

e-12 A10= 7.92260e-18
各種データ
焦点距離 32.00
Fナンバー 0.55
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d23 0.10
（数値実施例１５）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd νd
1* 52.287 5.84 1.58573 59.7
2* 135.265 6.51
3(絞り) ∞ 3.11
4 -106.453 2.00 1.53775 74.7
5 -114.505 13.32 1.56732 42.8
6 -117.115 15.96
7* -59.265 2.00 1.51742 52.2
8 -104.966 -2.00
9* -59.265 -15.96
10 -117.043 -13.32 1.56732 42.8
11 -114.430 13.32
12 -117.043 15.96
13* -59.265 2.00 1.51742 52.2
14 -104.966 1.70 1.51742 52.4
15 -85.497 1.00
16* 526.394 2.84 1.85400 40.4
17* -148.323 4.44
18 ∞ 1.50 1.51633 64.1
19 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.18032e-07 A 6= 2.80240e-10 A 8=-6.47939e-14 A10= 3.10952e-16
第2面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.64643e-07 A 6=-1.26010e-10
第7面
K = 0.00000e+00 A 4=-7.44307e-07 A 6=-5.79334e-10 A 8= 2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12= 2.86214e-19
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-7.44307e-07 A 6=-5.79334e-10 A 8= 2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12= 2.86214e-19
第13面
K = 0.00000e+00 A 4=-7.44307e-07 A 6=-5.79334e-10 A 8= 2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12= 2.86214e-19
第16面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.65984e-05 A 6=-1.36407e-07
第17面

K = 0.00000e+00 A 4=-5.41008e-05 A 6=-5.41946e-08
各種データ
焦点距離 100.00
Fナンバー 2.00
半画角 7.70
像高 13.52
BF 0.10
d19 0.10
（数値実施例１６）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd νd
1 62.002 6.87 1.61997 63.9
2 374.246 20.78
3(絞り) ∞ 2.62
4 -101.769 1.50 1.88300 40.8
5 ∞ 12.45 1.65160 58.5
6 -80.971 2.00
7* -92.486 2.41 1.85400 40.4
8 -169.778 -2.41
9* -92.486 -2.00
10 -80.971 -12.45 1.65160 58.5
11 ∞ 12.45
12 -80.971 2.00
13* -92.486 2.41 1.85400 40.4
14 -169.778 6.36 1.49700 81.5
15 -59.903 14.27
16 ∞ 3.00 1.51633 64.1
17 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第7面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.49441e-07 A 6= 4.42583e-10 A 8=-2.29922e-12 A10= 3.41916e-15 A12=-2.00408e-18
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.49441e-07 A 6= 4.42583e-10 A 8=-2.29922e-12 A10= 3.41916e-15 A12=-2.00408e-18
第13面
K = 0.00000e+00 A 4=-8.49441e-07 A 6= 4.42583e-10 A 8=-2.29922e-12 A10= 3.41916e-15 A12=-2.00408e-18
各種データ
焦点距離 52.00
Fナンバー 0.95
半画角 14.58
像高 13.52
BF 0.10
d17 0.10
（数値実施例１７）
単位 mm
面データ

面番号　　r　　d　　nd　　vd
1　　45.051　　2.00　　2.00100　　29.1
2　　46.817　　6.45
3*　　35.316　　5.10　　1.51633　　64.1
4　　448.833　　1.29
5(絞り)　　∞　　8.73
6　　-34.039　　1.71　　1.49700　　81.5
7　　-37.495　　0.10
8　　-222.409　　1.50　　2.00100　　29.1
9　　∞　　4.62　　1.48749　　70.2
10　　-46.732　　1.50
11*　　-40.684　　2.00　　1.85400　　40.4
12　　-98.403　　-2.00
13*　　-40.684　　-1.50
14　　-46.732　　-4.62　　1.48749　　70.2
15　　∞　　4.62
16　　-46.732　　1.50
17*　　-40.684　　2.00　　1.85400　　40.4
18　　-98.404　　1.00
19　　144.816　　5.66　　1.88300　　40.8
20　　-42.677　　9.40
21　　∞　　3.00　　1.51633　　64.1
22　　∞　　0.10
像面　　∞
非球面データ
第3面
K = 0.00000e+00　A 4= 1.01631e-06　A 6=-2.30048e-09　A 8= 2.71764e-11　A10=-5.99857e-14　A12= 7.06294e-17
第11面
K = 0.00000e+00　A 4=-4.23437e-06　A 6= 4.07555e-09　A 8=-6.70601e-11　A10= 2.79579e-13　A12=-4.68393e-16
第13面
K = 0.00000e+00　A 4=-4.23437e-06　A 6= 4.07555e-09　A 8=-6.70601e-11　A10= 2.79579e-13　A12=-4.68393e-16
第17面
K = 0.00000e+00　A 4=-4.23437e-06　A 6= 4.07555e-09　A 8=-6.70601e-11　A10= 2.79579e-13　A12=-4.68393e-16
各種データ
焦点距離　　32.00
Fナンバー　　0.95
半画角　　24.38
像高　　14.50
BF　　0.10
d22　　0.10
（数値実施例１８）
単位 mm
面データ
面番号　　r　　d　　nd　　vd
1　　48.707　　1.50　　1.84666　　23.8
2*　　46.185　　5.77

3 38.164 2.00 1.78470 26.3
4 79.648 1.86
5(絞り) ∞ 2.07
6 -62.601 2.37 1.59522 67.7
7 ∞ 3.87 1.52841 76.5
8 -51.351 2.07
9* -44.034 2.00 1.95375 32.3
10 -71.635 -2.00
11* -44.034 -2.07
12 -51.351 -3.87 1.52841 76.5
13 ∞ 3.87
14 -51.351 2.07
15* -44.034 2.00 1.95375 32.3
16 -71.635 4.69 1.72916 54.7
17* -29.692 1.00
18 35.258 6.70 1.49700 81.5
19 -97.953 3.39
20 ∞ 3.00 1.51633 64.1
21 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第2面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.80322e-06 A 6=-4.85921e-09
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-5.53212e-06 A 6=-1.00677e-08 A 8= 2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-5.53212e-06 A 6=-1.00677e-08 A 8= 2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-5.53212e-06 A 6=-1.00677e-08 A 8= 2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17
第17面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.18242e-06 A 6=-2.57579e-08 A 8= 7.82406e-11 A10=-2.38554e-13
各種データ
焦点距離 21.65
Fナンバー 0.90
半画角 33.82
像高 14.50
BF 0.10
d21 0.10
（数値実施例１９）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd vd
1* 34.741 3.12 1.51633 64.1
2* 70.145 (可変)
3(絞り) ∞ 3.67
4* -87.357 6.37 1.54658 55.9

5* -50.934 (可変)
6* -51.069 4.35 1.54658 55.9
7* -55.512 5.11
8* -48.144 -5.11
9* -55.512 -4.35 1.54658 55.9
10* -51.069 (可変)
11* -50.934 (可変)
12* -51.069 4.35 1.54658 55.9
13* -55.512 5.11
14* -48.144 1.70 1.54658 55.9
15* 22.265 (可変)
16 ∞ 3.00 1.51633 64.1
17 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.05760e-06 A 6=-1.20695e-09 A 8= 1.87087e-11 A10=-3.04451e-14 A12=-3.38066e-18
第2面
K = 0.00000e+00 A 4= 8.53439e-07 A 6=-3.77007e-09 A 8= 1.13209e-11 A10=-4.09934e-14 A12= 2.20382e-17
第4面
K = 0.00000e+00 A 2=-9.94614e-03 A 4=-1.13659e-05 A 6= 1.70344e-08 A 8= 1.55013e-11 A10= 1.01486e-14
第5面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.98602e-06 A 6= 1.24590e-09 A 8= 7.15980e-12 A10=-7.27344e-14
第6面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.74651e-05 A 6=-3.72923e-08 A 8=-5.19580e-11 A10= 7.83608e-14 A12=-7.61217e-16
第7面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.25192e-05 A 6=-2.18272e-08 A 8= 2.39426e-11 A10=-1.99465e-13
第8面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.52761e-07 A 6= 1.51824e-10 A 8=-4.67105e-13 A10=-1.43466e-14 A12= 6.59523e-17
第9面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.25192e-05 A 6=-2.18272e-08 A 8= 2.39426e-11 A10=-1.99465e-13
第10面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.74651e-05 A 6=-3.72923e-08 A 8=-5.19580e-11 A10= 7.83608e-14 A12=-7.61217e-16
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.98602e-06 A 6= 1.24590e-09 A 8= 7.15980e-12 A10=-7.27344e-14
第12面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.74651e-05 A 6=-3.72923e-08 A 8=-5.19580e-11 A10= 7.83608e-14 A12=-7.61217e-16
第13面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.25192e-05 A 6=-2.18272e-08 A 8= 2.39426

e-11 A10=-1.99465e-13
第14面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.52761e-07 A 6= 1.51824e-10 A 8=-4.67105e-13 A10=-1.43466e-14 A12= 6.59523e-17
第15面
K = 0.00000e+00 A 2=-3.67253e-02 A 4=-6.47218e-06 A 6=-1.64802e-08 A 8=-4.65932e-11
各種データ

焦点距離	47.99		
Fナンバー	1.50		
半画角	24.26		
像高	21.64		
BF	0.10		
物体距離	INF	480	275
d 2	11.58	9.08	6.48
d 5	2.00	2.83	3.39
d10	-2.00	-2.83	-3.39
d11	2.00	2.83	3.39
d15	11.00	12.67	14.70
d17	0.10	-4.96	-9.09

（数値実施例２０）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	-95.586	3.00	1.91082	35.2
2	-213.920	2.23		
3	66.966	8.02	1.61293	37.0
4	-123.603	7.39		
5(絞り)	∞	4.18		
6	-76.270	1.00	1.79950	42.3
7	∞	3.02	1.78800	47.5
8	-126.465	2.00		
9*	-69.935	2.00	1.85400	40.4
10	-101.262	0.00		
11	-101.262	0.00		
12	-101.262	-2.00	1.85400	40.4
13*	-69.935	-2.00		
14	-126.465	-3.02	1.78800	47.5
15	∞	3.02		
16	-126.421	2.00		
17*	-69.935	2.00	1.85400	40.4
18	-101.262	0.00		
19	-101.262	1.70	1.91082	35.2
20	182.675	1.00		
21	46.813	10.35	1.49700	81.6
22*	-73.680	1.20		
23	79.825	6.53	1.49700	81.5
24	-49.719	9.40		
25	∞	3.00	1.51633	64.1
26	∞	0.10		

像面　　∞
非球面データ
第９面
K = 0.00000e+00　A 4=-1.02932e-06　A 6= 1.71899e-10　A 8=-1.82378e-12　A10= 4.42535e-15　A12=-4.22552e-18
第１３面
K = 0.00000e+00　A 4=-1.02932e-06　A 6= 1.71899e-10　A 8=-1.82378e-12　A10= 4.42535e-15　A12=-4.22552e-18
第１７面
K = 0.00000e+00　A 4=-1.02932e-06　A 6= 1.71899e-10　A 8=-1.82378e-12　A10= 4.42535e-15　A12=-4.22552e-18
第２２面
K = 0.00000e+00　A 4= 4.77769e-06　A 6= 3.78844e-09
各種データ
焦点距離　　32.00
Fナンバー　　0.70
半画角　　24.38
像高　　14.50
BF　　0.10
d26　　0.10
（数値実施例２１）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	41.943	11.40	1.48749	70.2
2	716.633	4.73		
3*	201.736	2.40	1.77250	49.5
4*	72.349	5.98		
5(絞り)	∞	9.41		
6	∞	3.12	1.51742	52.4
7	-125.229	2.34		
8	-89.374	2.00	1.88300	40.8
9	-151.660	-2.00		
10	-89.374	-2.34		
11	-125.229	-3.12	1.51742	52.4
12	∞	3.12		
13	-125.229	2.34		
14	-89.374	2.00	1.88300	40.8
15	-151.660	4.00		
16*	-51.495	2.50	1.54400	56.0
17*	-65.237	0.15		
18	69.697	9.65	1.48749	70.2
19	-44.228	0.11		
20	2922.340	5.40	1.90525	35.0
21	182.622	13.20		
22	∞	3.00	1.51633	64.1
23	∞	0.10		

像面　　∞
非球面データ
第３面

K = 0.00000e+00 A 4= 5.29083e-06 A 6=-9.38486e-09 A 8= 8.37198e-12 A10=-3.53430e-15
第４面
K = 0.00000e+00 A 4= 7.53551e-06 A 6=-8.80710e-09 A 8= 8.79233e-12 A10=-3.43617e-15
第１６面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.27331e-05 A 6=-1.42063e-08
第１７面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.65139e-05 A 6=-1.03897e-08 A 8=-5.14026e-12 A10= 8.65167e-15
各種データ
焦点距離 50.00
Fナンバー 0.96
半画角 23.40
像高 21.64
BF 0.10
d23 0.10
（数値実施例２２）
単位 ｍｍ
面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	173.495	2.00	1.88300	40.8
2	49.123	0.03		
3*	37.190	2.00	1.54000	56.0
4*	41.815	0.50		
5	43.296	8.70	1.64769	33.8
6	103.465	3.02		
7(絞り)	∞	2.00		
8	46.811	11.04	1.49700	81.5
9	-84.883	5.74		
10	-74.092	1.50	1.65160	58.5
11	∞	4.81	1.51633	64.1
12	-65.199	1.87		
13*	-63.950	2.00	1.85400	40.4
14*	-114.321	-2.00		
15*	-63.950	-1.87		
16	-65.199	-4.81	1.51633	64.1
17	∞	4.81		
18	-65.199	1.87		
19*	-63.950	2.00	1.85400	40.4
20*	-114.321	0.20		
21	∞	1.00	1.51633	64.1
22	∞	5.44	1.48749	70.2
23	-52.217	12.00		
24	∞	3.00	1.51633	64.1
25	∞	0.10		
像面	∞			

非球面データ
第３面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.28932e-06 A 6=-1.79799e-08 A 8=-1.23977

e-11 A10= 3.86980e-14
第４面
K = 0.00000e+00 A 4=-3.97301e-06 A 6=-1.70340e-08 A 8=-1.09235e-11 A10= 4.30624e-14
第１３面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56151e-06 A 6= 3.94324e-11 A 8= 3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12= 1.18319e-17
第１４面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.92297e-08 A 6= 6.76632e-10
第１５面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56151e-06 A 6= 3.94324e-11 A 8= 3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12= 1.18319e-17
第１９面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.56151e-06 A 6= 3.94324e-11 A 8= 3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12= 1.18319e-17
第２０面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.92297e-08 A 6= 6.76632e-10
各種データ
焦点距離 35.00
Fナンバー 1.00
半画角 31.72
像高 21.64
BF 0.10
d25 0.10
（数値実施例２３）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	43.558	1.80	1.69895	30.1
2*	60.509	3.98		
3	121.002	2.41	1.49700	81.5
4	-507.521	6.78		
5(絞り)	∞	2.36		
6	-124.482	1.50	2.00330	28.3
7	∞	1.50	1.49700	81.5
8	402.886	3.43		
9*	-465.811	2.00	1.49700	81.5
10	-103.041	-2.00		
11*	-465.811	-3.43		
12	402.886	-1.50	1.49700	81.5
13	∞	1.50		
14	402.886	3.43		
15*	-465.811	2.00	1.49700	81.5
16	-103.041	1.70	1.88300	40.8
17	-299.030	1.44		
18	-106.107	6.87	1.48749	70.4
19*	-35.070	1.20		
20	32.823	6.31	1.49700	81.5
21	480.969	6.81		
22	∞	3.00	1.51633	64.1

23 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第2面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.08957e-07 A 6=-5.56282e-10
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.15617e-06 A 6=-3.25248e-09 A 8= 1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12= 1.62524e-16
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.15617e-06 A 6=-3.25248e-09 A 8= 1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12= 1.62524e-16
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-2.15617e-06 A 6=-3.25248e-09 A 8= 1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12= 1.62524e-16
第19面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.46773e-07 A 6=-5.83941e-09 A 8= 5.31116e-12 A10=-1.07179e-14
各種データ
焦点距離 31.99
Fナンバー 1.20
半画角 24.38
像高 14.50
BF 0.10
d23 0.10
（数値実施例２４）
単位 mm
面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	-1663.968	2.00	1.61800	63.4
2	71.473	0.30		
3*	92.922	2.04	1.54000	56.0
4*	108.037	0.50		
5	39.338	15.64	1.48749	70.2
6	1004.404	1.68		
7(絞り)	∞	2.33		
8	60.041	10.92	1.49700	81.5
9	-49.535	0.30		
10	-71.257	5.59	1.69680	55.5
11	-140.988	5.89		
12	-91.635	1.50	1.59551	39.2
13	∞	1.60		
14*	213.232	2.30	1.77250	49.5
15*	576.812	1.26		
16	-124.828	-1.26		
17*	576.812	-2.30	1.77250	49.5
18*	213.232	-1.60		
19	∞	1.60		
20*	213.232	2.30	1.77250	49.5
21*	576.812	1.26		
22	-124.828	1.50	1.98612	16.5

23 ∞ 1.00 1.51633 64.1
24 ∞ 0.10
25 140.590 5.21 1.79360 37.1
26 -85.259 10.33
27 ∞ 3.00 1.51633 64.1
28 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第3面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.29859e-06 A 6= 6.82258e-09 A 8= 1.75850e-11 A10=-2.68142e-14
第4面
K = 0.00000e+00 A 4= 4.27604e-06 A 6= 9.79087e-09 A 8= 1.77416e-11 A10=-1.97887e-14
第14面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.23100e-06 A 6= 5.29938e-09 A 8=-4.53625e-11 A10= 6.33782e-14
第15面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.46191e-06 A 6= 3.27854e-09 A 8=-3.42859e-11 A10= 4.89042e-14
第17面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.46191e-06 A 6= 3.27854e-09 A 8=-3.42859e-11 A10= 4.89042e-14
第18面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.23100e-06 A 6= 5.29938e-09 A 8=-4.53625e-11 A10= 6.33782e-14
第20面
K = 0.00000e+00 A 4=-6.23100e-06 A 6= 5.29938e-09 A 8=-4.53625e-11 A10= 6.33782e-14
第21面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.46191e-06 A 6= 3.27854e-09 A 8=-3.42859e-11 A10= 4.89042e-14
各種データ
焦点距離 35.50
Fナンバー 0.95
半画角 31.36
像高 21.64
BF 0.10
d28 0.10
（数値実施例２５）
単位 mm
面データ
面番号 r d nd νd
1 43.323 11.34 1.48749 70.2
2 1026.458 6.87
3* 224.417 2.40 1.77250 49.5
4* 67.659 5.58
5(絞り) ∞ 7.24
6 ∞ 2.00 1.51633 64.1
7 ∞ 1.50

8 323.649 2.47 1.65943 60.8
9 -369.996 1.71
10 -111.236 2.00 1.89293 39.3
11 -157.686 -2.00
12 -111.236 -1.71
13 -369.996 -2.47 1.65943 60.8
14 323.649 -1.50
15 ∞ 1.50
16 323.649 2.47 1.65943 60.8
17 -369.996 1.71
18 -111.236 2.00 1.89293 39.3
19 -157.686 0.10
20 ∞ 1.80 1.51633 64.1
21 ∞ 2.95
22* -35.701 2.50 1.54400 56.0
23* -42.066 0.15
24 75.163 9.49 1.48749 70.2
25 -41.912 0.11
26 -125.469 6.08 1.88300 40.8
27 -4397.925 11.79
28 ∞ 3.00 1.51633 64.1
29 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第3面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.29798e-06 A 6=-3.96015e-09 A 8= 4.15359e-12 A10=-2.08355e-15
第4面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.17673e-06 A 6=-3.76681e-09 A 8= 5.14754e-12 A10=-3.01761e-15
第22面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.81465e-05 A 6= 3.61890e-10 A 8=-5.09761e-11 A10= 5.10749e-14
第23面
K = 0.00000e+00 A 4= 2.06653e-05 A 6= 2.60284e-09 A 8=-4.72922e-11 A10= 4.87368e-14
各種データ
焦点距離 50.00
Fナンバー 0.95
半画角 23.40
像高 21.64
BF 0.10
d29 0.10
（数値実施例２６）
単位 ｍｍ
面データ
面番号 r d nd νd
1* 34.442 3.39 1.51633 64.1
2* 49.387 14.11
3(絞り) ∞ 8.00

4* -40.752 1.50 1.54658 55.9
5* -56.972 1.11
6* 59.695 6.31 1.54658 55.9
7* 67.405 4.60
8* -49.479 -4.60
9* 67.405 -6.31 1.54658 55.9
10* 59.695 -1.11
11* -56.972 1.11
12* 59.695 6.31 1.54658 55.9
13* 67.405 4.60
14* -49.479 1.87 1.54658 55.9
15* -39.271 11.00
16 ∞ 3.00 1.51633 64.1
17 ∞ 0.10
像面 ∞
非球面データ
第1面
K = 0.00000e+00 A 4= 1.88779e-07 A 6= 3.81432e-09 A 8=-6.92099e-12 A10= 1.47763e-14 A12= 2.09285e-18
第2面
K = 0.00000e+00 A 4= 3.34279e-07 A 6= 4.78843e-09 A 8=-1.29872e-11 A10= 2.79285e-14 A12=-1.08478e-17
第4面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.15373e-07 A 6= 1.61379e-08 A 8=-1.23993e-10 A10= 2.56881e-13 A12= 1.87005e-16
第5面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.26715e-06 A 6=-7.78873e-09 A 8= 2.53451e-11 A10=-3.37826e-13 A12= 9.95687e-16
第6面
K = 0.00000e+00 A 4=-9.31759e-06 A 6=-5.59292e-08 A 8= 1.47485e-10 A10=-4.23025e-13 A12=-3.93468e-16
第7面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.47037e-06 A 6=-6.44026e-08 A 8= 2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12= 7.31725e-16
第8面
K = 0.00000e+00 A 4=-1.37402e-06 A 6= 6.20006e-09 A 8=-1.27963e-11 A10= 6.01445e-14 A12=-1.20501e-16
第9面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.47037e-06 A 6=-6.44026e-08 A 8= 2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12= 7.31725e-16
第10面
K = 0.00000e+00 A 4=-9.31759e-06 A 6=-5.59292e-08 A 8= 1.51573e-10 A10=-4.08206e-13 A12=-2.41308e-16
第11面
K = 0.00000e+00 A 4=-4.26715e-06 A 6=-7.78873e-09 A 8= 2.53451e-11 A10=-3.37826e-13 A12= 9.95687e-16
第12面
K = 0.00000e+00 A 4=-9.31759e-06 A 6=-5.59292e-08 A 8= 1.47485e-10 A10=-4.23025e-13 A12=-3.93468e-16
第13面

K = 0.00000e+00 A 4=-4.47037e-06 A 6=-6.44026e-08 A 8= 2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12= 7.31725e-16

第14面

K = 0.00000e+00 A 4=-1.37402e-06 A 6= 6.20006e-09 A 8=-1.27963e-11 A10= 6.01445e-14 A12=-1.20501e-16

第15面

K = 0.00000e+00 A 4=-3.44872e-06 A 6= 2.97587e-08 A 8=-1.68641e-10 A10= 5.42072e-13 A12=-7.60286e-16

各種データ

焦点距離 50.00

Fナンバー 1.50

半画角 23.40

像高 21.64

BF 0.10

d17 0.10

表１は、各実施例における各条件式の値を示す。

【０１６５】

【表１】

	EX1	EX2	EX3	EX4	EX5	EX6	EX7	EX8	EX9	EX10	EX11	EX12	EX13
Hm2	14.331	23.145	16.252	13.062	14.699	28.562	12.242	16.554	2.594	13.911	9.394	12.886	16.459
dpupil	11.741	7.585	9.884	17.848	11.448	16.012	21.336	8.858	5.995	17.497	7.794	10.820	35.302
Pm1	30.106	45.751	32.528	30.175	30.224	57.434	26.500	33.518	9.862	30.178	28.378	26.960	33.778
Δdf	1.327	17.89	11.96	5.939	3.572	3.598	5.698	11.94	0.242	8.518	3.575	3.168	5.854
φfr	-0.005	-0.008	0.004	0.010	0.003	-0.003	0.001	0.005	-0.055	-0.009	0.001	0.012	0.001
φfr／φtotal	-0.235	-0.269	0.126	0.221	0.095	-0.096	0.013	0.147	-0.425	-0.443	0.042	0.388	0.046
Hm2／f	0.299	0.723	0.508	0.603	0.459	0.893	0.704	0.517	0.335	0.290	0.209	0.403	0.514
dpupil／f	0.245	0.237	0.309	0.824	0.358	0.500	1.228	0.277	0.775	0.365	0.173	0.338	1.103
Pm1／Ppupil	0.941	1.072	0.966	1.324	1.842	0.987	1.449	0.995	1.784	0.943	1.261	0.800	1.003
Fno	1.500	0.750	0.950	0.950	1.950	0.550	0.950	0.950	1.400	1.500	2.000	0.950	0.950
φb／φtotal	-	0.164	0.317	0.553	-0.362	-	0.212	-	-0.104	0.401	-	-0.208	-0.451
Δdf／f／Fno	0.018	0.745	0.394	0.289	0.057	0.204	0.345	0.393	0.022	0.118	0.040	0.104	0.193
abs(θm)	17.193	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.972	26.193	0.000	0.000	0.000
β	-	-	-	0.663	-	-	0.627	0.615	-	-	-	-	-

	EX14	EX15	EX16	EX17	EX18	EX19	EX20	EX21	EX22	EX23	EX24	EX25	EX26
Hm2	27.927	19.451	21.110	12.438	11.170	14.747	21.786	20.061	15.003	11.542	13.486	20.455	14.145
dpupil	19.121	11.275	32.145	13.179	9.933	15.693	16.334	25.170	11.460	15.096	15.911	27.784	18.579
Pm1	54.914	49.376	43.827	26.535	28.275	29.485	43.025	43.241	35.250	34.000	34.42	41.638	29.621
Δdf	2.252	3.321	4.921	3.864	3.999	2.502	4.590	5.336	3.467	6.260	3.3553	5.243	6.1738
φfr	-0.001	0.003	0.002	0.010	0.001	-0.007	0.000	0.005	0.006	0.003	0.0113	0.0043	-0.007
φfr／φtotal	-0.018	0.255	0.094	0.316	0.028	-0.329	-0.008	0.266	0.214	0.084	0.4021	0.2166	-0.331
Hm2／f	0.873	0.195	0.406	0.389	0.516	0.307	0.681	0.401	0.429	0.361	0.3799	0.4091	0.2829
dpupil／f	0.598	0.113	0.618	0.412	0.459	0.327	0.510	0.503	0.327	0.472	0.4482	0.5557	0.3716
Pm1／Ppupil	0.944	0.988	0.801	0.788	1.176	0.922	0.941	0.830	1.007	1.275	0.9211	0.7911	0.8886
Fno	0.550	2.000	0.950	0.950	0.900	1.500	0.700	0.960	1.000	1.200	0.95	0.95	1.5
φb／φtotal	-	-	-	-	0.237	-	-	-	-	0.307	-	-	-
Δdf／f／Fno	0.128	0.017	0.100	0.127	0.205	0.035	0.205	0.111	0.099	0.163	0.0995	0.1104	0.0823
abs(θm)	0.000	12.378	0.000	0.000	0.000	18.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
β	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

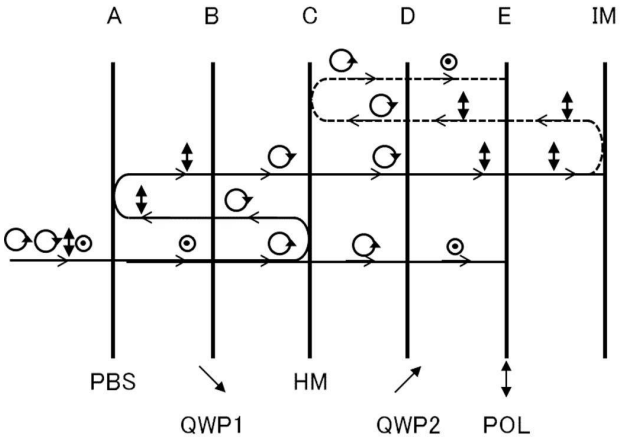
【０１６６】

次に、図５５を参照して、各実施例の光学系を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）について説明する。図１５は、各実施例の光学系を備えた撮像装置６の説明図である。図１５において、４はカメラ本体、３は各実施例の光学系ＯＳ１～ＯＳ２６のいずれかに対応する撮像光学系である。５はカメラ本体４に内蔵され、撮像光学系３によって形成された光学像を受光して光電変換するＣＣＤセンサやＣＭＯＳセンサ等の撮像素子（光電変換素子）である。カメラ本体４はクイックリターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでもよいし、クイックリターンミラーを有さないいわゆるミラーレスカメ

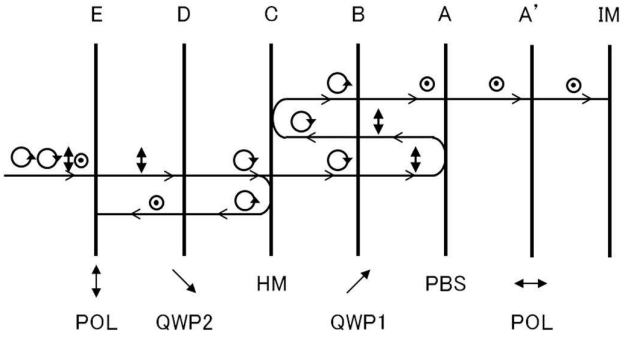
ラでもよい。
【０１６７】
各実施例の光学系は、スマートフォンの撮像カメラや距離検出用カメラ、レンズ交換式カメラの交換レンズ、レンズ固定式カメラ、レンズ付きフィルム（使い捨てカメラ）などに用いることができる。また、カメラのファインダーやＸＲデバイスにおいて、例えば視線検知や生体認識や表情認識などに用いてもよい。また、ＸＲデバイスや自動ロボットなどの外界認識用途に使用してもよい。
【０１６８】
各実施例によれば、広いフォーカス範囲で高い光学性能を有する小型の光学系および撮像装置を提供することができる。
【０１６９】
各実施例の開示は、以下の構成を含む。
（構成１）
物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズと、第１透過反射面と、１／４波長板と、第２透過反射面とを有する光学系であって、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面は光軸方向に移動し、
フォーカシングに際して、前記第１屈折レンズは、移動しないか、または前記第１透過反射面との前記光軸方向の間隔が変化し、
前記第１屈折レンズは、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のいずれとも分離していることを特徴とする光学系。
（構成２）
物体側から像側へ順に配置された、第１屈折レンズと、第１透過反射面と、１／４波長板と、第２透過反射面と、第２屈折レンズとを有する光学系であって、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面は光軸方向に移動し、
フォーカシングに際して、前記第２屈折レンズは、移動しないか、または前記第１透過反射面との前記光軸方向の間隔が変化し、
前記第２屈折レンズは、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のいずれとも分離していることを特徴とする光学系。
（構成３）
前記第１屈折レンズは、前記光学系のうち最も物体側のレンズであることを特徴とする構成１または２に記載の光学系。
（構成４）
前記光学系のうち前記第１透過反射面よりも物体側の屈折パワーをφｆｒ、前記光学系のパワーをφｔｏｔａｌとするとき、
$$-1.00 \leqq \phi fr / \phi total \leqq 0.42$$
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至３のいずれかに記載の光学系。
（構成５）
前記第２透過反射面を軸上マージナル光線が反射する際の、光軸と垂直な方向における前記光軸から反射点までの距離をＨｍ２、前記光学系の焦点距離をｆとするとき、
$$0.15 \leqq Hm2 / f \leqq 3.00$$
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至４のいずれかに記載の光学系。
（構成６）
前記光学系のうち最も物体側の面から前記光学系の入射瞳までの距離をｄｐｕｐｉｌ、前記光学系の焦点距離をｆとするとき、
$$0.0 \leqq dpupil / f \leqq 2.0$$
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至５のいずれかに記載の光学系。
（構成７）
前記第１透過反射面の有効径をＰｍ１、前記光学系の入射瞳径をＰｐｕｐｉｌとするとき、
$$0.6 \leqq Pm1 / Ppupil \leqq 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至６のいずれかに記載の光学系。
（構成８）
前記光学系のＦナンバーをＦｎｏとするとき、
０．５≦Ｆｎｏ≦２．５
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至７のいずれかに記載の光学系。
（構成９）
前記第１透過反射面よりも物体側に配置された第３屈折レンズは、前記第１透過反射面とは分離しており、フォーカシングに際して前記第１透過反射面と一体的に移動し、
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面と一体的に移動するレンズ群よりも物体側の屈折力をφｂとするとき、
－１．００≦φｂ／φｔｏｔａｌ≦０．７０
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至８のいずれかに記載の光学系。
（構成１０）
無限遠から前記光学系の焦点距離の１０倍の距離までフォーカシングする際の移動量を｜Δｄｆ｜とするとき、
０．００５≦｜Δｄｆ｜／ｆ／Ｆｎｏ≦１．０００
なる条件式を満足することを特徴とする構成１乃至９のいずれかに記載の光学系。
（構成１１）
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面と前記第２透過反射面との間の距離が変化することを特徴とする構成１乃至１０のいずれかに記載の光学系。
（構成１２）
開口絞りを更に有し、
フォーカシングに際して、前記開口絞りは、前記第１透過反射面と一体的に前記光軸方向に移動することを特徴とする構成１乃至１１のいずれかに記載の光学系。
（構成１３）
前記第１透過反射面と前記第２透過反射面との間の領域の外側に配置された第４屈折レンズは、フォーカシングに際して前記光軸方向に移動することを特徴とする構成１乃至１２のいずれかに記載の光学系。
（構成１４）
フォーカシングに際して、前記第１透過反射面および前記第２透過反射面のそれぞれが光軸を中心として０．５°以上の回転移動をしないことを特徴とする構成１乃至１３のいずれかに記載の光学系。
（構成１５）
前記第１透過反射面の開角と前記第２透過反射面の開角のうち小さい開角をθｍ（°）とするとき、
０．０≦｜θｍ｜≦８．０
なる条件式を満足する特徴とする構成１乃至１４のいずれかに記載の光学系。
（構成１６）
前記第１透過反射面または前記第２透過反射面の少なくとも一方は、ガラスまたは樹脂により両面が接合されていることを特徴とする構成１乃至１５のいずれかに記載の光学系。
（構成１７）
前記第１透過反射面または前記第２透過反射面の少なくとも一方は、球面であることを特徴とする構成１乃至１６のいずれかに記載の光学系。
（構成１８）
前記第１透過反射面よりも物体側に配置された防振群を更に有することを特徴とする構成１乃至１７のいずれかに記載の光学系。
（構成１９）
前記第２透過反射面よりも像側の群の横倍率をβとするとき、
０．６≦β≦１．５

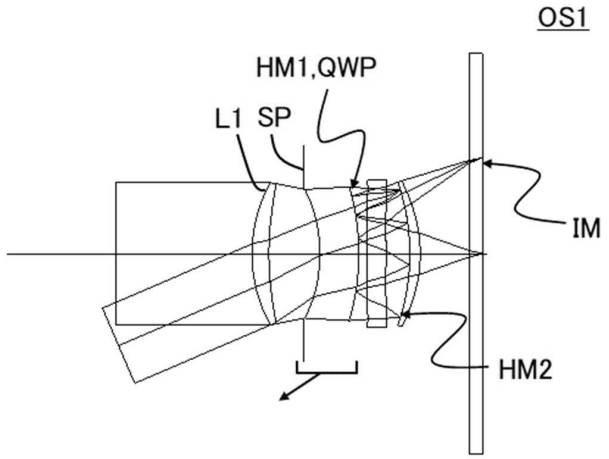
なる条件式を満足することを特徴とする構成１８に記載の光学系。
（構成２０）
構成１乃至１９のいずれかに記載の光学系と、撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。
【０１７０】
以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。
【符号の説明】
【０１７１】
ＯＳ１～ＯＳ２６　光学系
ＨＭ１　第１透過反射面
ＨＭ２　第２透過反射面
ＱＷＰ　１／４波長板
Ｌ１　第１屈折レンズ
Ｌ２　第２屈折レンズ
【図面】
【図１】



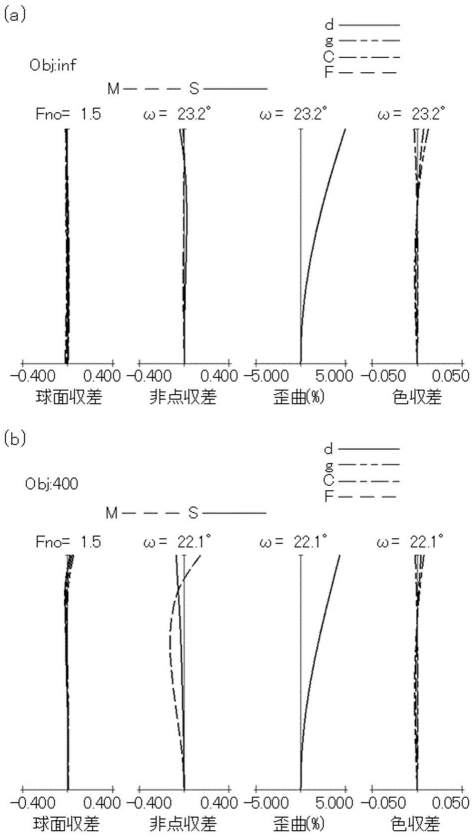
【図２】



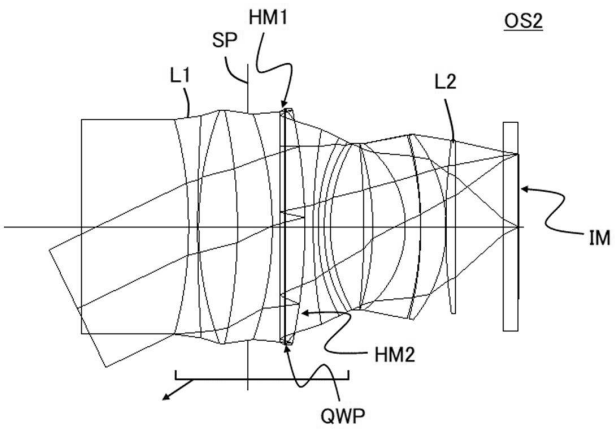
【図３】


OS1
HM1,QWP
L1
SP
IM
HM2

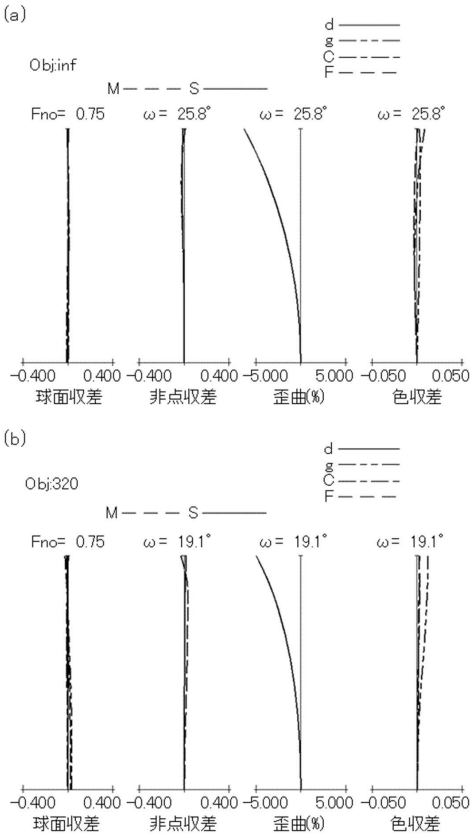
【図４】


(a)
Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 1.5
ω= 23.2°
ω= 23.2°
ω= 23.2°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差
(b)
Obj:400
Fno= 1.5
ω= 22.1°
ω= 22.1°
ω= 22.1°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差

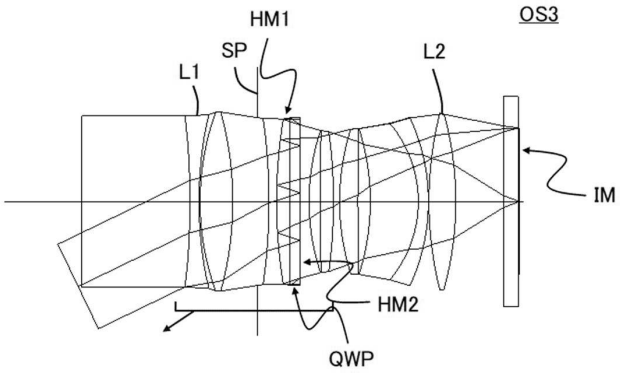
【図５】


HM1
SP
L1
OS2
L2
IM
HM2
QWP

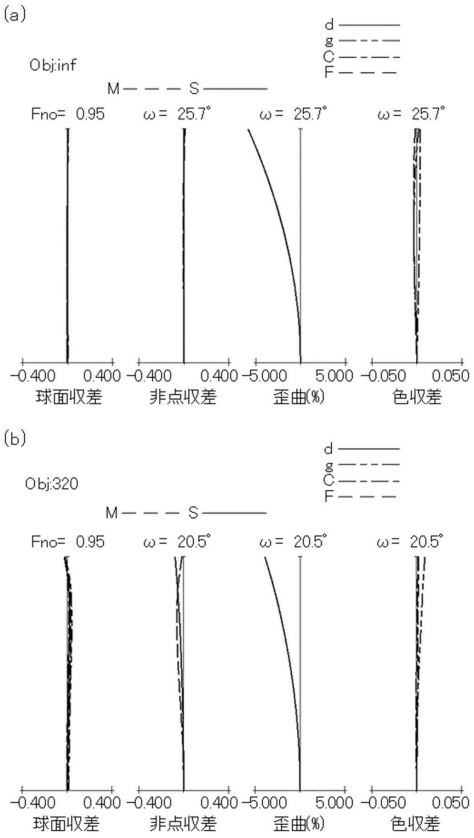
【図６】


(a)
Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.75
ω= 25.8°
ω= 25.8°
ω= 25.8°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差
(b)
Obj:320
Fno= 0.75
ω= 19.1°
ω= 19.1°
ω= 19.1°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差

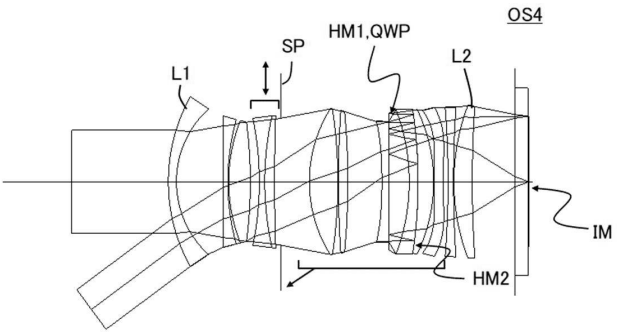
【図７】


HM1
OS3
SP
L1
L2
IM
HM2
QWP

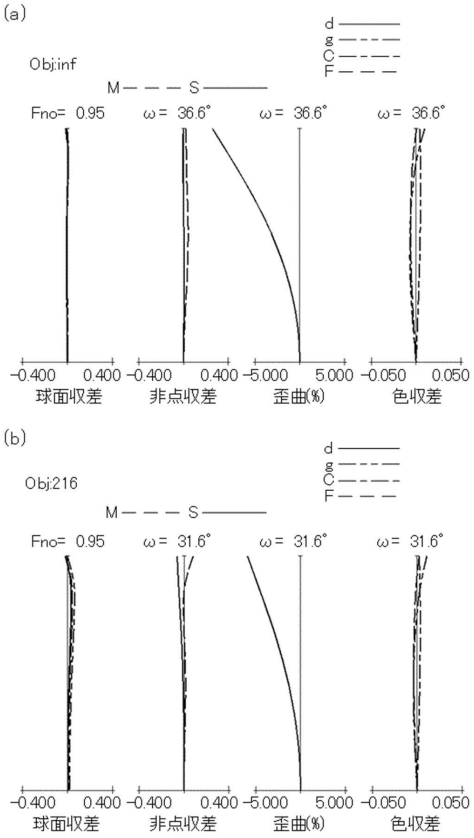
【図８】


(a)
Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 25.7°
ω= 25.7°
ω= 25.7°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差
(b)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 20.5°
ω= 20.5°
ω= 20.5°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差

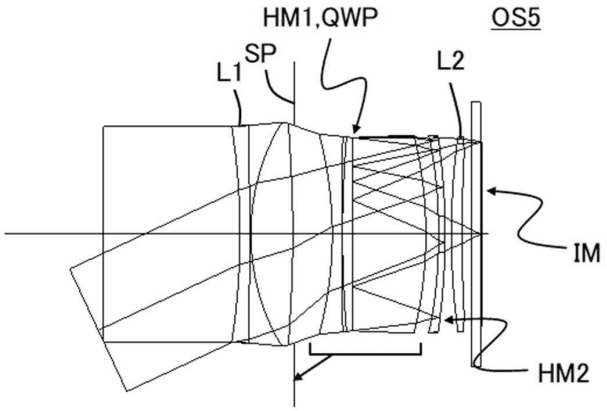
【図９】


OS4
HM1,QWP
SP
L1
L2
IM
HM2

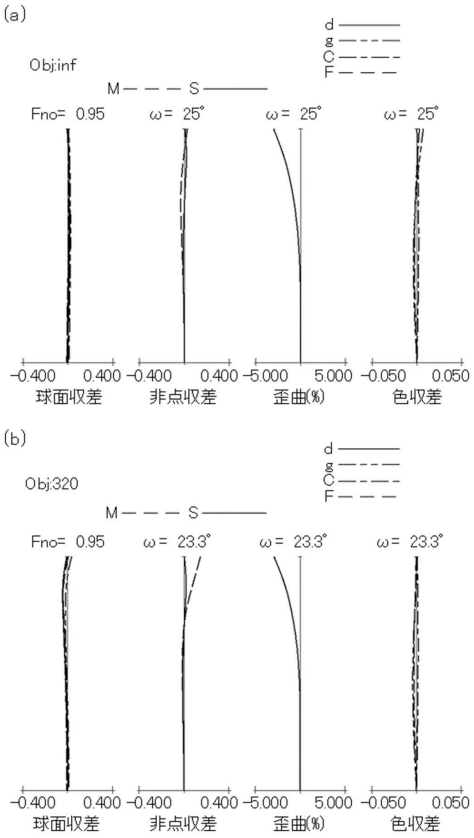
【図１０】


(a)
Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 36.6°
ω= 36.6°
ω= 36.6°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差
(b)
Obj:216
Fno= 0.95
ω= 31.6°
ω= 31.6°
ω= 31.6°
−0.400 0.400 −0.400 0.400 −5.000 5.000 −0.050 0.050
球面収差
非点収差
歪曲(%)
色収差

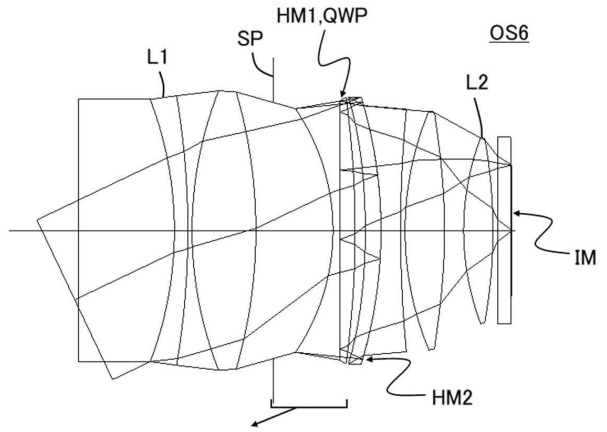
【図１１】



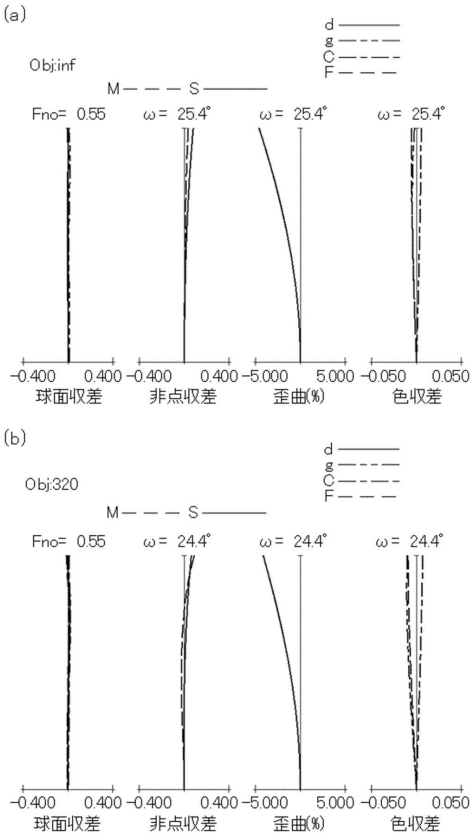
【図１２】



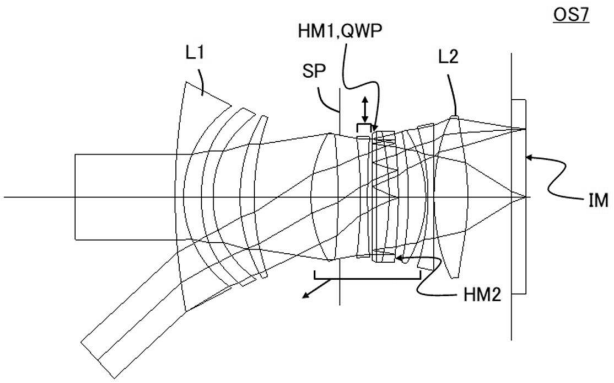
【図１３】



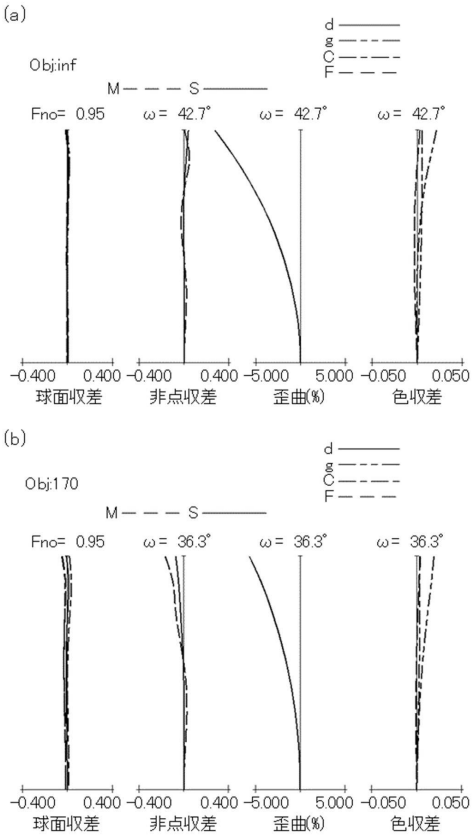
【図１４】



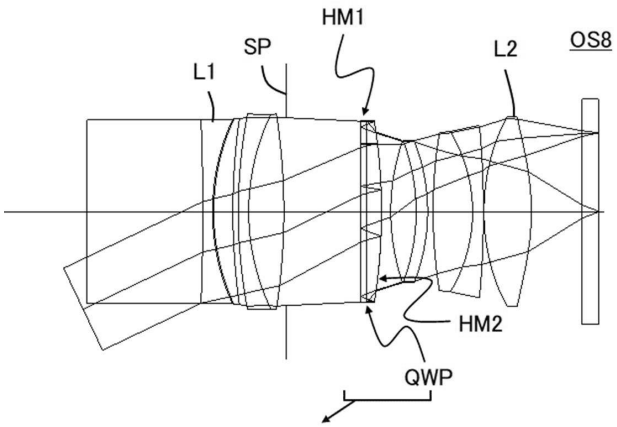
【図１５】



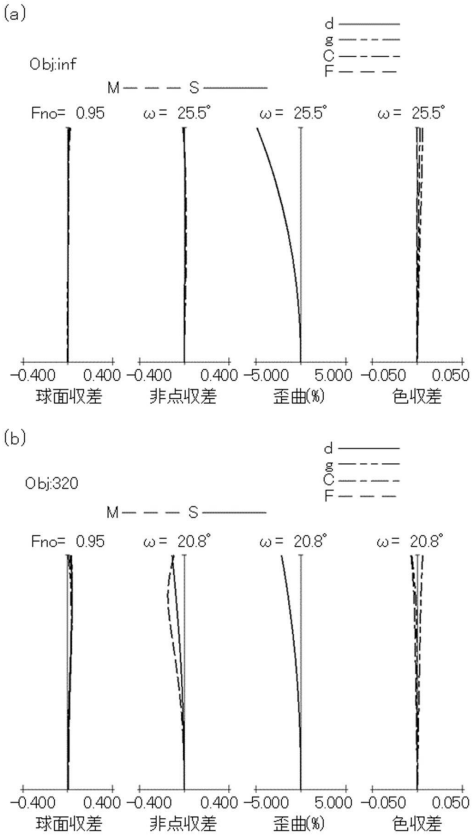
【図１６】



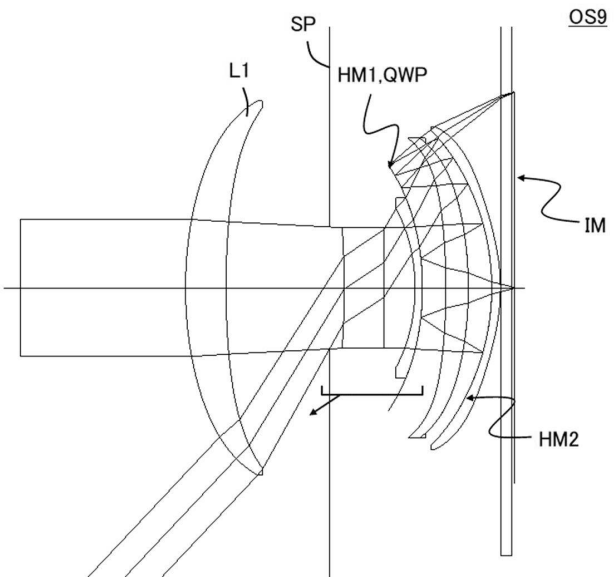
【図１７】



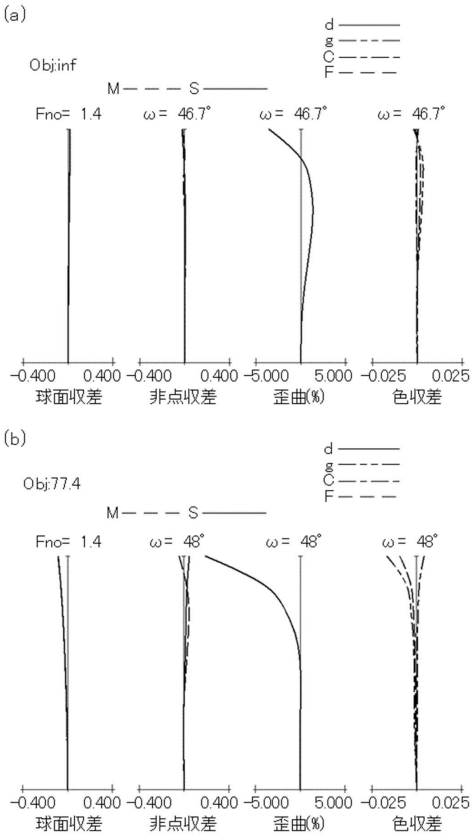
【図１８】



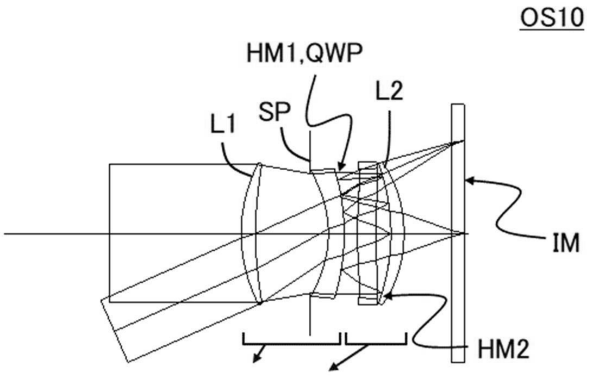
【図１９】



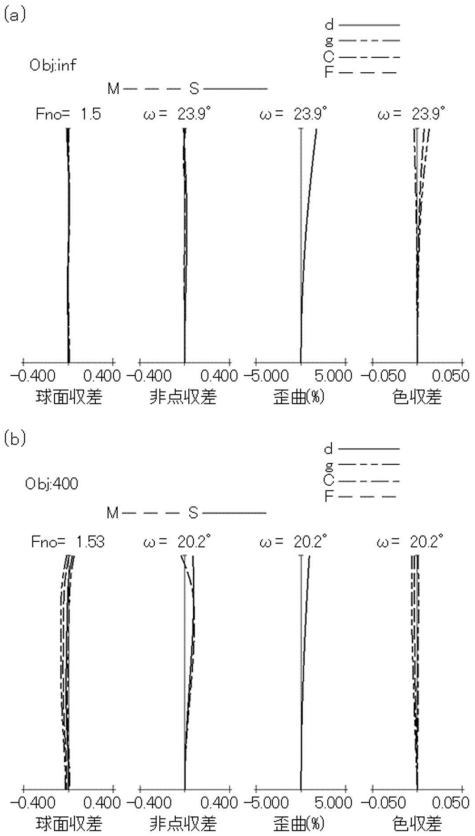
【図２０】



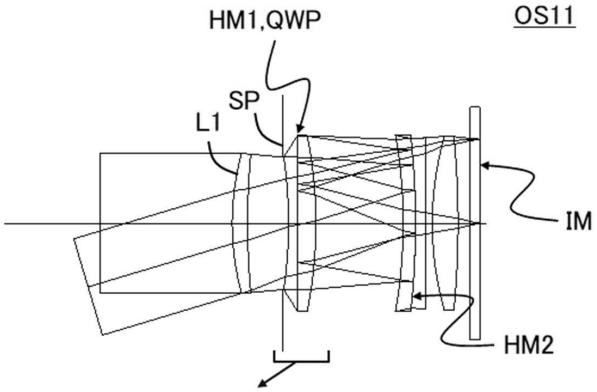
【図２１】



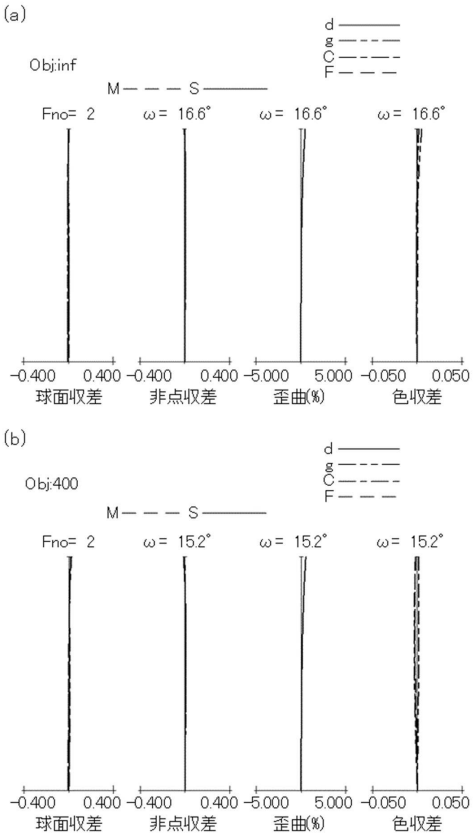
【図２２】



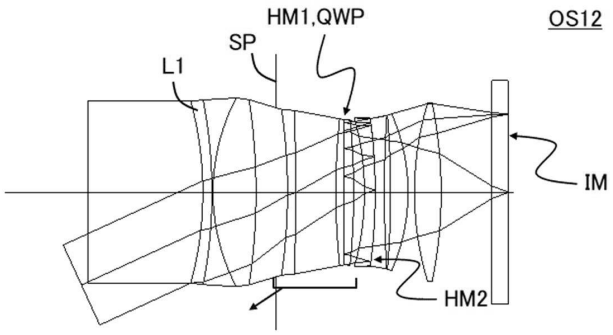
【図２３】



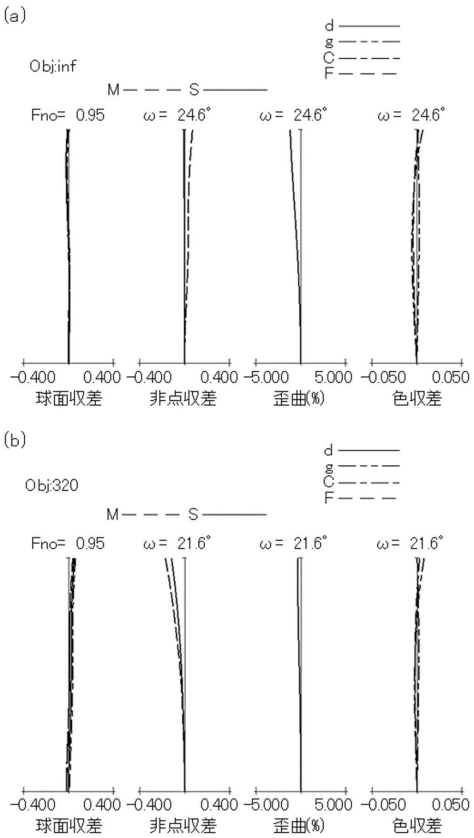
【図２４】



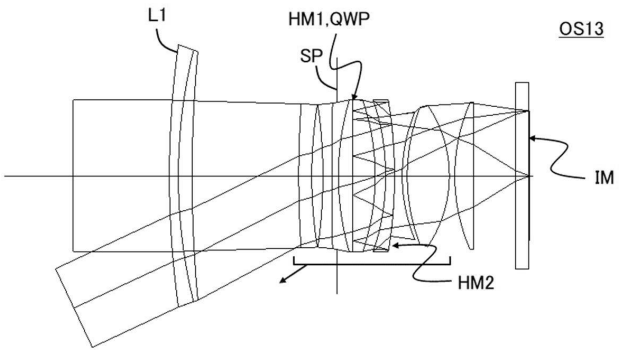
【図２５】



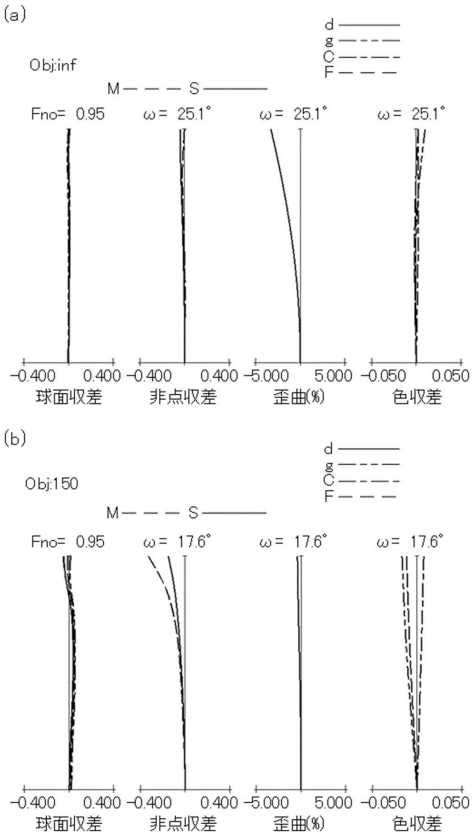
【図２６】



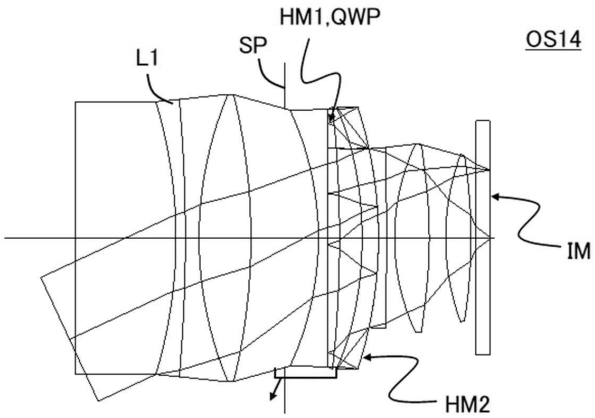
【図２７】



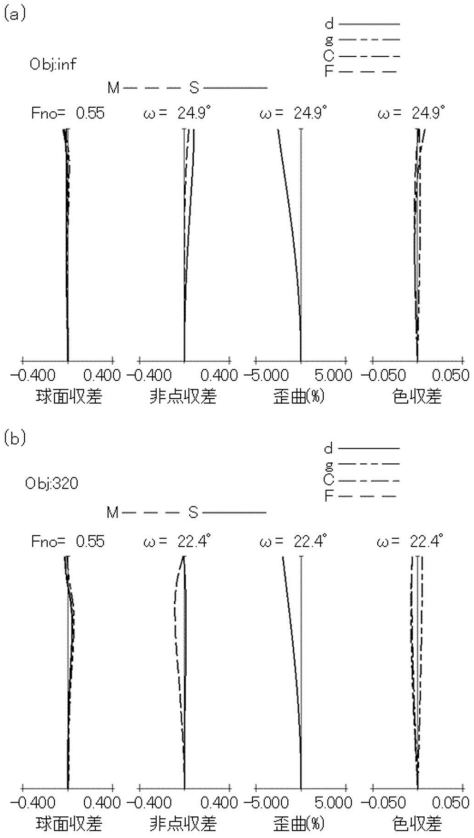
【図２８】



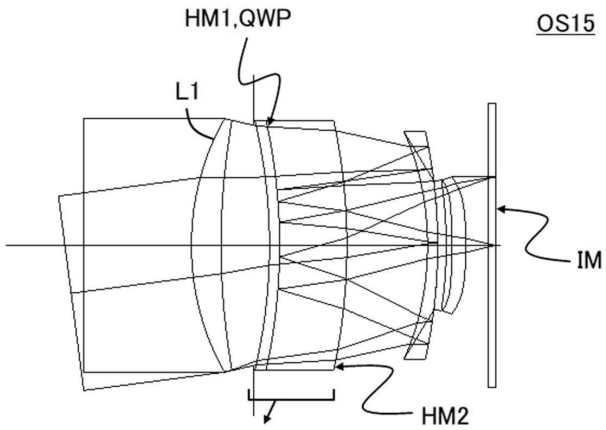
【図２９】



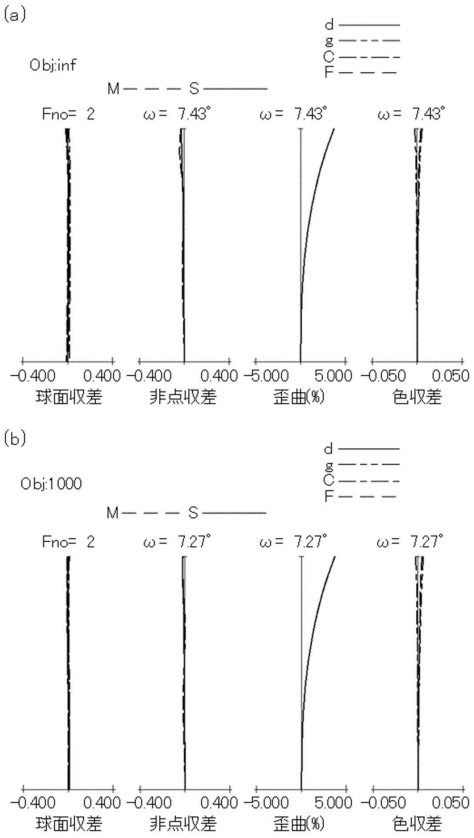
【図３０】



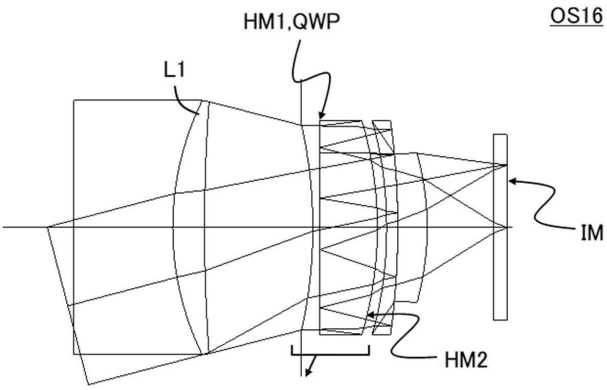
【図３１】



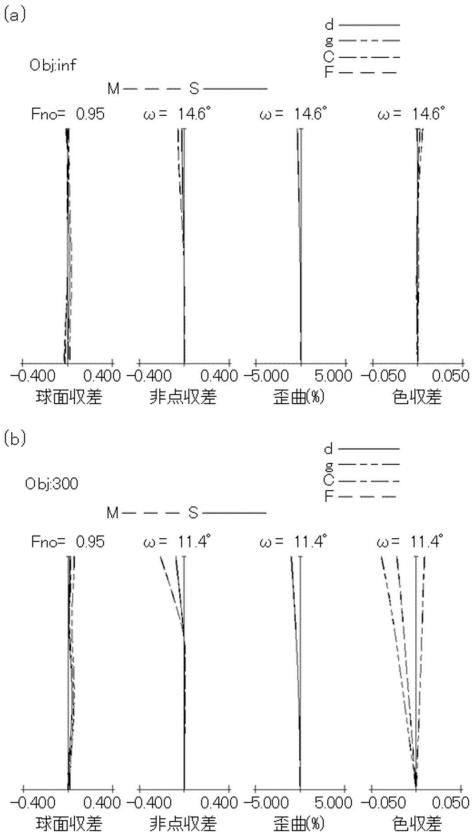
【図３２】



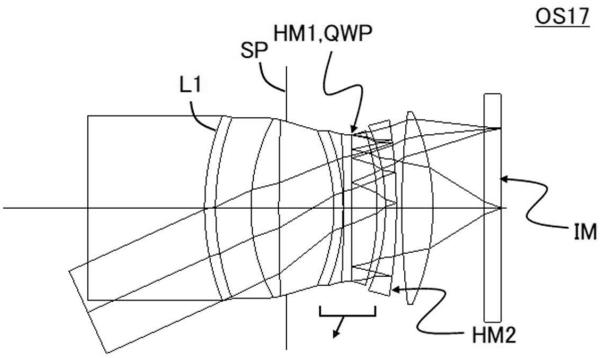
【図３３】



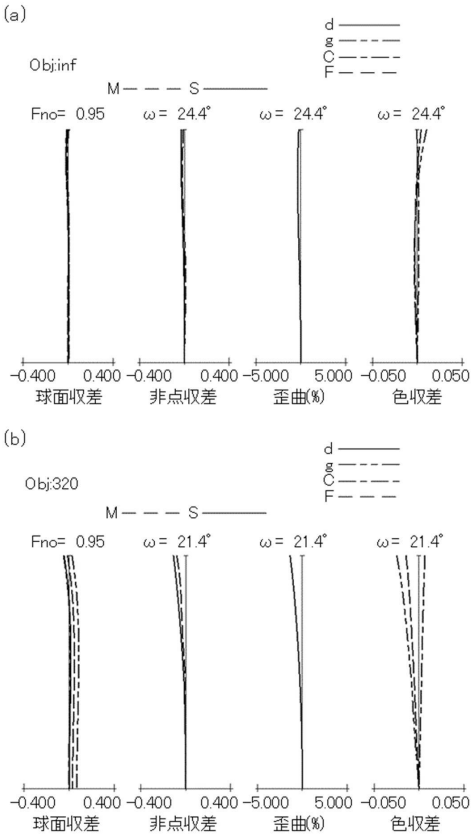
【図３４】



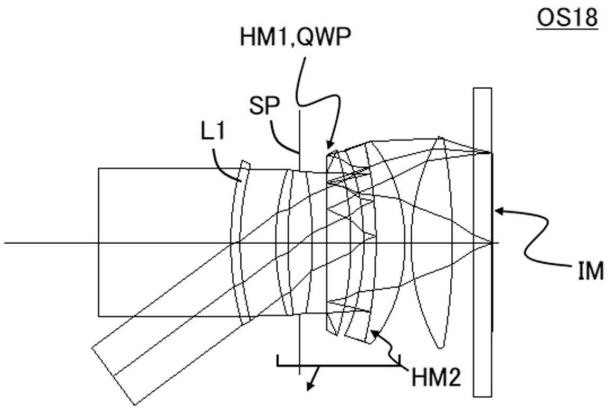
【図３５】



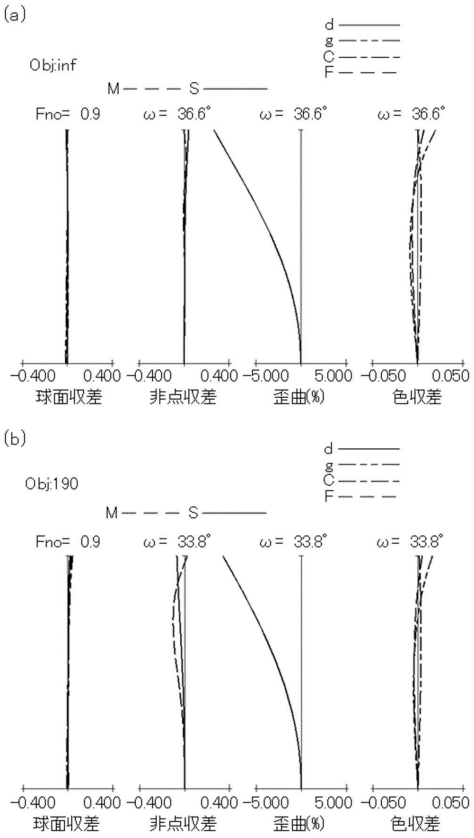
【図３６】



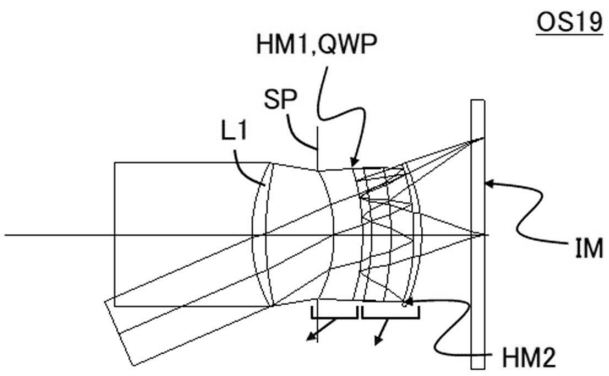
【図３７】



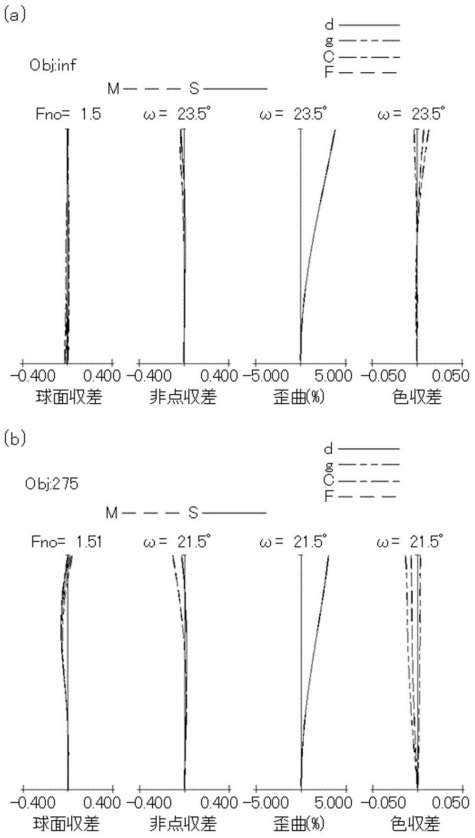
【図３８】



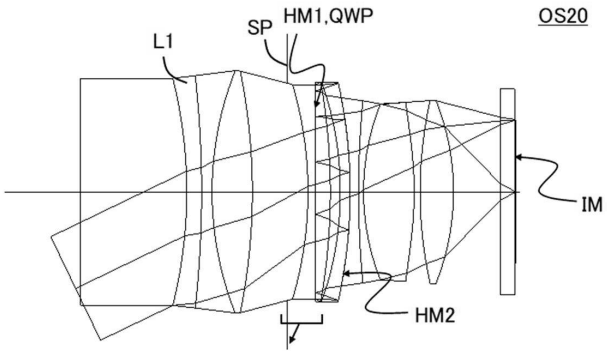
【図３９】



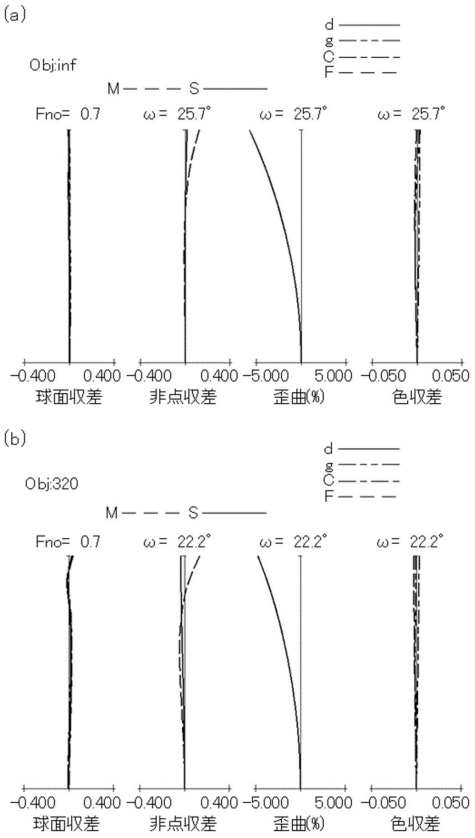
【図４０】



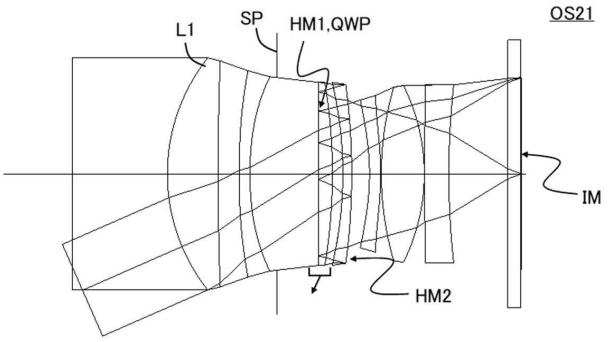
【図４１】



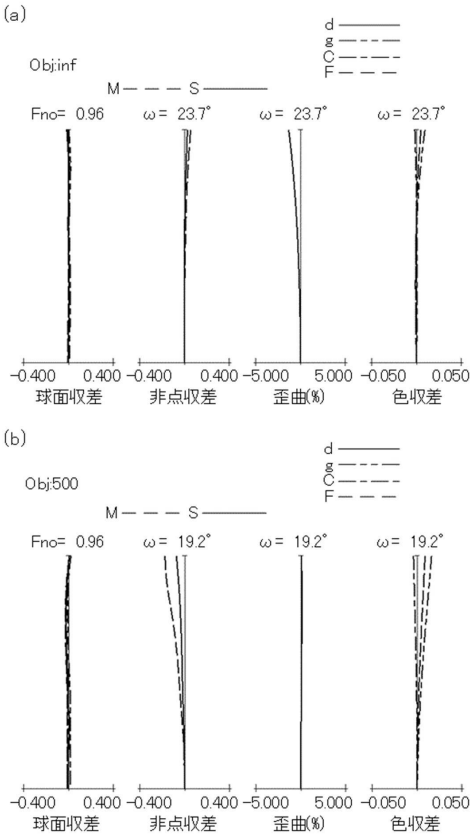
【図４２】



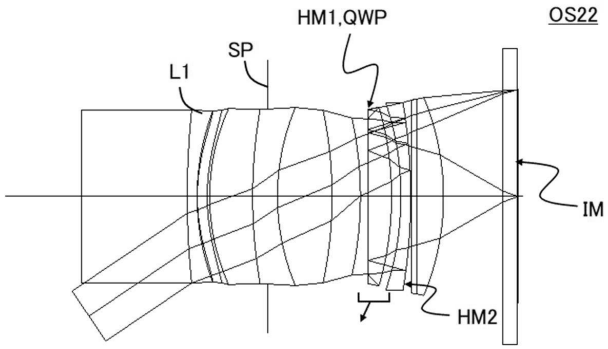
【図４３】



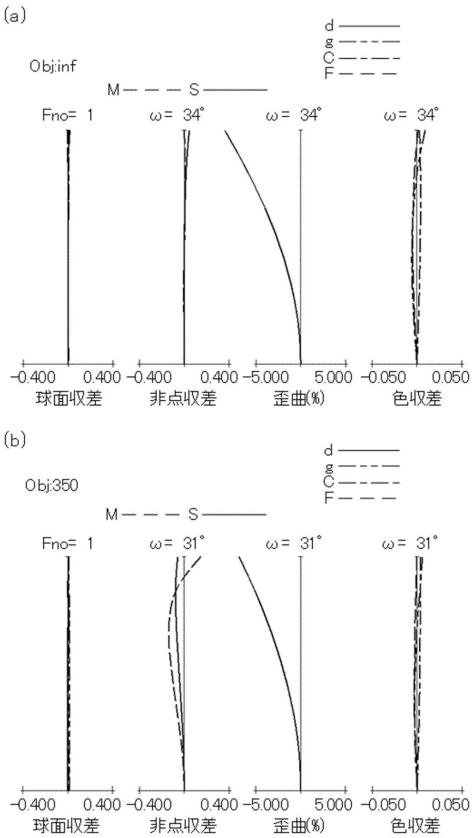
【図４４】



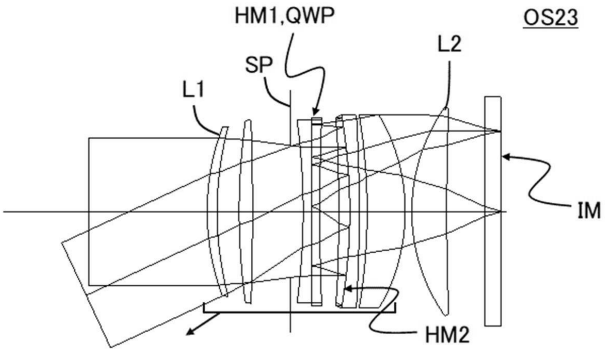
【図４５】



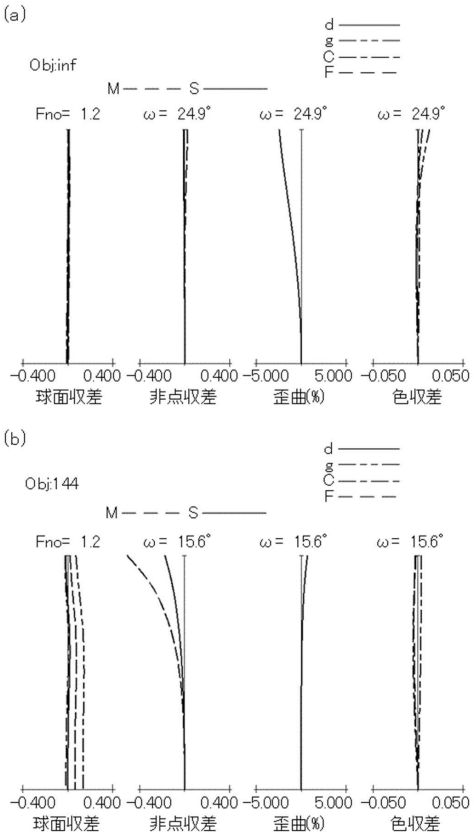
【図４６】



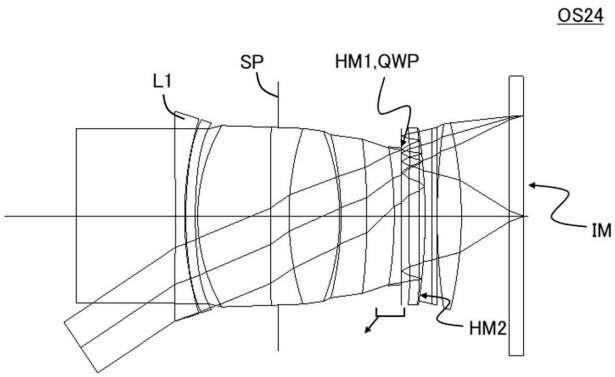
【図４７】



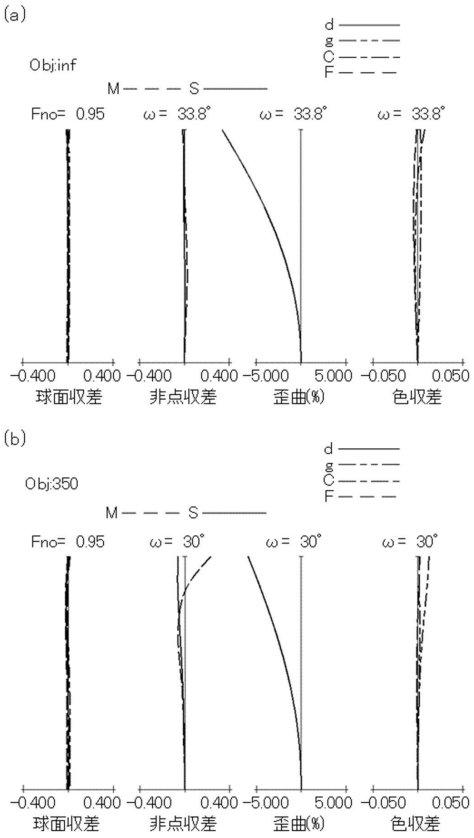
【図４８】



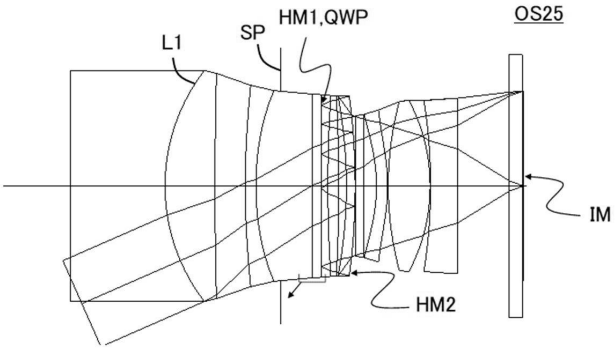
【図４９】



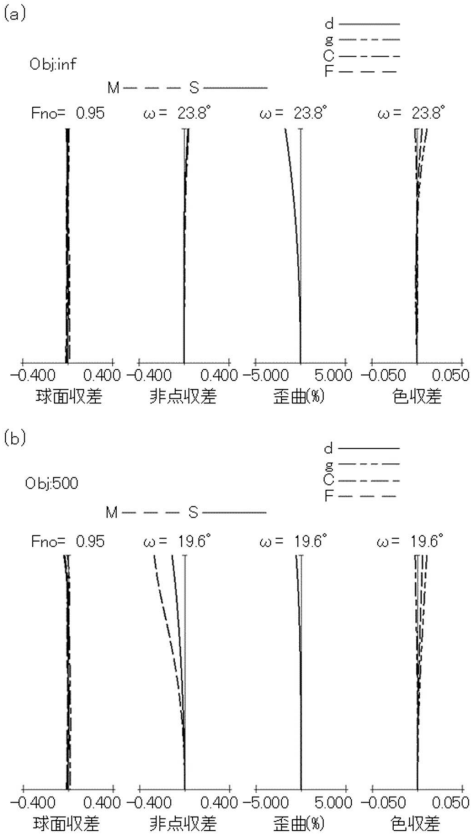
【図５０】



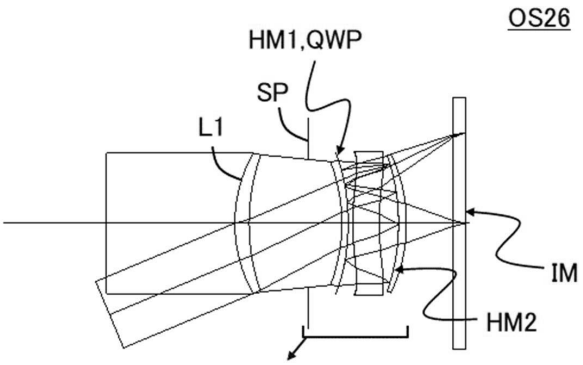
【図５１】



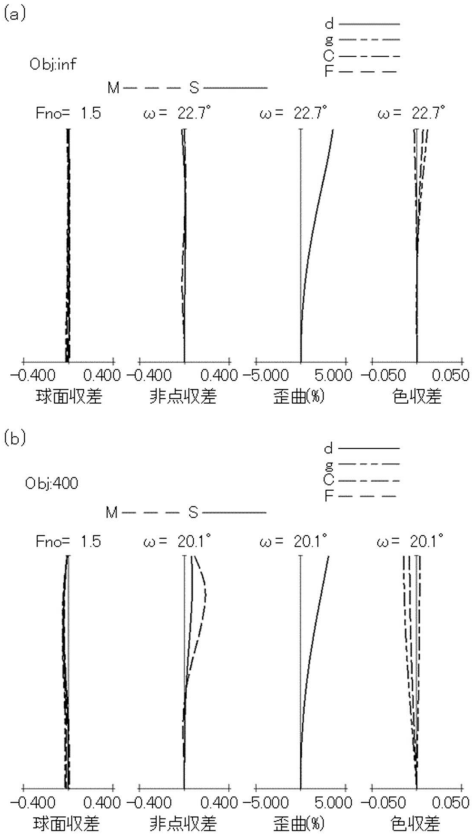
【図５２】



【図５３】

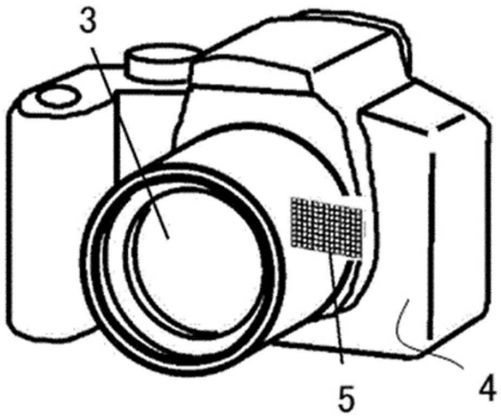


【図５４】



【図５５】

6



フロントページの続き

Ｆターム（参考）
PA07 PA09 PA10 PA17 PA18 PA19 PA20 PB04 PB05 PB06
PB07 PB08 PB09 PB10 PB14 QA02 QA03 QA06 QA07 QA12 QA17
QA19 QA21 QA22 QA25 QA26 QA32 QA33 QA34 QA37 QA39 QA41
QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA36 RA42 RA44
TA01 TA03 TA04 TA06 TA08
2H149 AA01 AB01 BA02 BA12 BA22 DA04 DA12 EA03 EA05 EA10
FC08 FC10