

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6237106号
(P6237106)

(45) 発行日 平成29年11月29日 (2017.11.29)

(24) 登録日 平成29年11月10日 (2017.11.10)

(51) Int. Cl.	F 1
G 0 2 B 15/16 (2006.01)	G 0 2 B 15/16
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18
G 0 2 B 15/167 (2006.01)	G 0 2 B 15/167
G 0 3 B 5/00 (2006.01)	G 0 3 B 5/00 J

請求項の数 18 (全 45 頁)

(21) 出願番号	特願2013-217921 (P2013-217921)	(73) 特許権者	000001270 コニカミノルタ株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(22) 出願日	平成25年10月18日 (2013.10.18)	(74) 代理人	100109221 弁理士 福田 充広
(65) 公開番号	特開2015-79229 (P2015-79229A)	(72) 発明者	尾崎 雄一 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ ニカミノルタ株式会社内
(43) 公開日	平成27年4月23日 (2015.4.23)	(72) 発明者	山下 敦司 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ ニカミノルタ株式会社内
審査請求日	平成28年3月28日 (2016.3.28)	審査官	越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及び撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを少なくとも備え、

各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行うズームレンズであって、

広角端から望遠端に至る変倍で前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が縮小し

、
前記第1レンズ群は、光線を反射させることで光路を折り曲げる作用を持つ反射光学素子を含み、

前記第2レンズ群は、物体側より順に、正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有するレンズとで構成される1枚の接合レンズで構成され、

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.59 < n_{21} < 2.20 \quad \dots \quad (1)$$

$$0.1 < n_{2p1} - n_{2n} < 0.3 \quad \dots \quad (3)$$

$$0.45 < d_{11} / f_W < 1.10 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、

n_{21} : 第2レンズ群の最も物体側のレンズの屈折率

n_{2p1} : 前記第2レンズ群の物体側の正の屈折力を有するレンズの屈折率

n_{2n} : 前記第2レンズ群の負の屈折力を有するレンズの屈折率

d_{11} : 前記第1レンズ群の最も物体側の面の頂点から前記反射光学素子の反射面と光軸

との交点までの距離

f W : 広角端における全系の焦点距離

【請求項 2】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$0.6 < d2g / fW < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

d2g : 前記第 2 レンズ群の接合レンズの軸上厚

f W : 広角端における全系の焦点距離

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群は、最も物体側に開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 及び 2 のいずれか一項に記載のズームレンズ。 10

【請求項 4】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$2.5 < 2p2 - 2n < 5.0 \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

2p2 : 前記第 2 レンズ群の像側の正の屈折力を有するレンズのアップベ数

2n : 前記第 2 レンズ群の負の屈折力を有するレンズのアップベ数

【請求項 5】

前記反射光学素子の物体側に負の屈折力を有する負レンズを有し、前記負レンズを光軸に対して垂直な方向に移動させることによって、像面上の結像のブレを補正することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。 20

【請求項 6】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$1.60 < npr m < 2.20 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

npr m : 前記反射光学素子の屈折率

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、前記反射光学素子の像側に、負の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有するレンズとで構成される接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。 30

【請求項 8】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 7 に記載のズームレンズ。

$$1.5 < 1n - 1p < 6.5 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

1n : 前記第 1 レンズ群の接合レンズのうち、負の屈折力を有するレンズのアップベ数

1p : 前記第 1 レンズ群の接合レンズのうち、正の屈折力を有するレンズのアップベ数

【請求項 9】

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する前記第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する前記第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とからなることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のズームレンズ。 40

【請求項 10】

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する前記第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する前記第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを少なくとも有することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記ズームレンズは、前記第 3 レンズ群を移動させることにより、合焦を行うことを特徴とする請求項 9 及び 10 のいずれか一項に記載のズームレンズ。 50

【請求項 1 2】

前記第 3 レンズ群は、単レンズであることを特徴とする請求項 9 ~ 1 1 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 3】

前記第 3 レンズ群の単レンズは、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 2 に記載のズームレンズ。

$$50 < 3 < 95 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

3 : 前記第 3 レンズ群の単レンズのアップ数

【請求項 1 4】

前記第 3 レンズ群は、プラスチックから成り、少なくとも 1 面の非球面を有することを特徴とする請求項 9 ~ 1 3 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 5】

前記第 4 レンズ群は、変倍時及び合焦時ともに光軸方向に移動しないことを特徴とする請求項 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 6】

前記第 4 レンズ群は、プラスチックからなる単レンズであり、少なくとも 1 面の非球面を有することを特徴とする請求項 9 及び 1 5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 7】

実質的にパワーを持たない光学素子をさらに有することを特徴とする請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 8】

請求項 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載のズームレンズと、前記ズームレンズによって撮像面に形成された画像を光電変換する撮像素子とを備え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、複数のレンズ群からなり光軸方向にレンズ群の間隔を変えることで変倍を行うズームレンズ、及びそのズームレンズを備える撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、CCD (Charge Coupled Device) 型イメージセンサーあるいは CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 型イメージセンサー等の固体撮像素子を用いた撮像装置の高性能化及び小型化に伴い、撮像装置を備えた携帯電話や携帯情報端末が普及しつつある。これらの機器では、サイズやコストの制約が非常に厳しいことから、通常のデジタルスチルカメラ等に比べて低画素数で小型の固体撮像素子と、プラスチックレンズ 1 ~ 4 枚程度からなる単焦点光学系とを備えた撮像装置が一般的に用いられている。携帯情報端末等に搭載される撮像装置も高画素化・高機能化が急速に進んでいる中で、高画素撮像素子に対応でき、かつ撮影者から離れた被写体を撮像可能とするだけでなく、室内での撮影のように被写体からの距離を離すことができない場合にも撮影可能であり、携帯電話機等に搭載できる小型のズームレンズが要求されている。

【0003】

携帯電話や携帯情報端末にズームレンズを搭載するためには、小型化のなかでも特に厚さ方向を薄くすることが求められている。このように厚みが薄いタイプのズームレンズとして、プリズム等の反射光学素子を用いて光軸を 90 度折り曲げる屈曲光学系が多く用いられている。具体的には、下記特許文献 1 ~ 4 において、第 1 レンズ群に反射光学素子を用いて厚み方向の小型化を図った変倍光学系が開示されている。

【0004】

一般に、特許文献 1 ~ 4 のような負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群とを有する変倍光学系は、第 1 レンズ群の厚みを薄くしやすい点、構成

10

20

30

40

50

するレンズ枚数を少なくしやすい点、及び広角端のFナンバーを明るくしやすい点で有利であるものの、第1レンズ群が負の屈折力を有するために、第2レンズ群の有効径が大きくなりやすく、屈曲光学系部分においては有効径の増大がそのまま厚さの増大に繋がってしまうという問題が存在する。特に第2レンズ群は開口絞りを伴うことが多く、軸上光線が太く通る箇所であるため、屈曲光学系部分で多く用いられているレンズの形状を光軸に対称な円ではなく不使用領域をカッティングしたいいわゆる小判型の形状にすることによって薄型化を行うといった手法を用いることができない。

【0005】

また、第2レンズ群は、レンズを通過する光束径が太いことや、広角端から望遠端への変倍に際し長い距離を移動することから、第2レンズ群の偏芯誤差感度はできるだけ小さくする必要があり、そのため、特許文献1及び2のような第2レンズ群が複数のレンズ要素で構成されている場合、第2レンズ群内の一部のレンズを調芯することによって、第2レンズ群内で発生する軸上コマ収差や片ボケと呼ばれる画面内の非対称なボケを低減させることが多い。しかしながら、調芯とはレンズを光軸に対して偏芯させることによって軸上コマ収差や片ボケを低減させる行為であるため、第2レンズ群内に調芯を行うスペースを確保する必要があり、第2レンズ群の大型化、ひいては変倍光学系の厚型化に繋がってしまうといった問題が存在する。

【0006】

一方、特許文献3及び4では、第2レンズ群を1つのレンズ要素で構成することによって、レンズの総厚を薄くし、かつ調芯等の光学調整が必要でなくなるため、第2レンズ群の有効径を小さくすることはできる。しかしながら、特許文献3の変倍光学系は、第2レンズ群の構成が正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズとの接合レンズ1枚であるために収差の補正能力が低く、その結果、Fナンバーも暗くなっている。また、特許文献4では、第2レンズ群の構成が物体側から順に、正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有するレンズとの接合レンズで構成されているが、接合によってレンズ面の自由度が少なくなっているため、空気に接している光学面の負担が大きくなってしまい、面の偏芯誤差感度が非常に高くなってしまっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2008-96787号公報

【特許文献2】特開2007-156078号公報

【特許文献3】特開2007-93955号公報

【特許文献4】特開2009-216941号公報

【発明の概要】

【0008】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、特に厚さ方向のコンパクト化を達成しつつ、さらに諸収差が良好に補正されたズームレンズ、及びこれを用いた撮像装置を提供することを目的としたものである。

【0009】

上記目的を達成するため、本発明に係るズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを少なくとも備え、各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行うズームレンズであって、広角端から望遠端に至る変倍で第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が縮小し、第1レンズ群は、光線を反射させることで光路を折り曲げる作用を持つ反射光学素子を含み、第2レンズ群は、物体側より順に、正の屈折力を有するレンズと、負の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有するレンズとで構成される1枚の接合レンズで構成され、以下の条件を満足する。

$$1.59 < n_{21} < 2.20 \quad \dots \quad (1)$$

$$0.1 < n_{2p1} - n_{2n} < 0.3 \quad \dots \quad (3)$$

$$0.45 < d_{11} / f_W < 1.10 \quad \dots \quad (5)$$

10

20

30

40

50

ただし、

n_{21} : 第2レンズ群の最も物体側のレンズの屈折率

n_{2p1} : 第2レンズ群の物体側の正の屈折力を有するレンズの屈折率

n_{2n} : 第2レンズ群の負の屈折力を有するレンズの屈折率

d_{11} : 第1レンズ群の最も物体側の面の頂点から反射光学素子の反射面と光軸との交点までの距離

f_W : 広角端における全系の焦点距離

【0010】

本発明に係るズームレンズは、小型で収差の良好に補正されたズームレンズを得るための構成として、物体側から順に、負の屈折力を有すると共に、光線を反射させることで光路を折り曲げる作用を持つ反射光学素子を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備える。第1レンズ群を負の構成にすることにより、物体側から大きな角度で入射してくる光線をいち早く緩めることができ、第1レンズ群の光学使用範囲を抑えることで有利となる。

10

また、第1レンズ群内に反射光学素子を備えることにより、撮像装置の奥行き方向の大きさを小さくすることができる。

さらに、第2レンズ群に3枚のレンズを用いることで、1枚構成や2枚構成よりも効果的に各収差を抑えることが可能となる。しかしながら、第2レンズ群に多くのレンズ枚数を費やすと、第2レンズ群の総厚が厚くなることから周辺光線がより外側を通過することが多い。また、第2レンズ群は、レンズを通過する光束径が太いことや、広角端から望遠端への変倍に際し長い距離を移動することから、第2レンズ群の偏芯誤差感度はできるだけ小さくする必要があるため、第2レンズ群が複数のレンズで構成されている場合、第2レンズ群内の一部のレンズを調芯することによって、第2レンズ群内で発生する軸上コマ収差や片ボケと呼ばれる画面内の非対称なボケを低減させることが望ましい。しかしながら、調芯とはレンズを光軸に対して偏芯させることによって軸上コマ収差や片ボケを低減させる行為であるため、第2レンズ群内に調芯を行うスペースを確保する必要がある。これらの理由から、第2レンズ群に多くのレンズ枚数を費やすと、第2レンズ群の大型化、ひいては変倍光学系の厚型化に繋がってしまうといった問題が存在する。

20

そこで、第2レンズ群を構成する3枚のレンズを接合し、1枚の接合レンズとすることで、群の総厚が薄くなるとともに、レンズ枠を用いてそれぞれのレンズを組み込むよりもはるかに精度よく組むことが可能になる。この結果、調芯等の光学調整が必要ではなくなるため、第2レンズ群に3枚のレンズを使用しつつ、第2レンズ群の有効径が小さくなるため、諸収差の効率的な補正と撮像装置の薄型化の両立が可能となる。

30

条件式(1)は、第2レンズ群の最も物体側のレンズの屈折率を規定している。第2レンズ群を3枚接合とすることで薄型化の効果は得られるものの、面の自由度が少なくなり、接合面の屈折力も低下してしまうため、空気に接している面に強い屈折力が必要になる。しかしながら、面の曲率を大きくすると、光線の入射角が大きくなることから収差が発生してしまう。特に、第2レンズ群の最も物体側の面は負の屈折力を有する第1レンズ群から発散光が入ってくるため、通過する光束径が太く、面の曲率が大きいと、偏芯誤差感度が大きくなってしまふ。それに対し、条件式(1)の下限を上回ることによって、面の曲率を抑えつつ屈折力を大きくすることが可能になるため、諸収差の発生や偏芯誤差感度の上昇を抑えることが可能となる。一方、上限を下回ることによって、当該レンズを入手しやすい硝材で構成することができる。

40

以上のズームレンにおいて、第2レンズ群を、物体側より順に、正のレンズと負のレンズと正のレンズとで構成することで、いわゆるトリプレット配置となり、各収差を効果的に補正することができるとともに、同じ符号の屈折力を有するレンズが連続で配置されないため、各レンズの屈折力を確保しつつ、3枚接合レンズとすることが容易となる。

条件式(3)は、第2レンズ群の物体側の正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズの屈折率との差を規定している。第2レンズ群は正の屈折力を有するため、条件式(3)の下限を上回ることによって、屈折率の高い正レンズと屈折力の低い負レンズとの組

50

み合わせによりペッツパール和が小さくなり、像面湾曲の発生を抑えることが可能となる。一方、条件式(3)の上限を下回ることによって入手しやすい硝材で第2レンズ群を構成することができる。

条件式(5)は、第1レンズ群の最も物体側の面の頂点から反射光学素子の反射面と光軸との交点までの距離と、広角端における全系の焦点距離との比を規定している。条件式(5)の上限を下回ることによって、撮像装置の厚さを決定することが多い反射光学素子付近の厚さを薄くすることが可能となるため、撮像装置の薄型化が可能となる。一方、条件式(5)の下限を上回ることによって、過度な反射光学素子の薄型化において、光路折り曲げの成立性を保つための周辺光線束のカットングによる急激な周辺光量の低下を防ぐことが可能となる。

10

また、以下の条件式(5)'を満たすことがより望ましい。

$$0.55 < d_{11} / f_W < 1.05 \quad \dots \quad (5)'$$

【0011】

本発明の具体的な側面では、上記ズームレンズにおいて、以下の条件を満足する。

$$0.6 < d_{2g} / f_W < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

d_{2g} : 第2レンズ群の接合レンズの軸上厚

f_W : 広角端における全系の焦点距離

条件式(2)は、第2レンズ群の接合レンズの軸上厚と広角端における全系の焦点距離との比を規定している。条件式(2)の上限を下回ることによって、第2レンズ群の総厚を抑えることができ、第2レンズ群を通過する周辺の光線の光路長が短くなるため、第2レンズ群の有効径を小さくすることができ、撮像装置の薄型化が可能となる。一方、条件式(2)の下限を上回ることによって、第2レンズ群を構成する各レンズの過度な薄型化を防ぐことが可能となり、加工が容易となる。

20

【0013】

本発明のさらに別の側面では、第2レンズ群は、最も物体側に開口絞りを有する。

第1レンズ群と第2レンズ群との間に開口絞りを配置することによって、第1レンズ群と第2レンズ群の有効径を小さくすることができるため、薄型化が可能である。さらに、第2レンズ群の最も物体側に開口絞りを配置し、例えば第2レンズ群と一体となって変倍時には移動させる場合、開口絞りが独立に移動する場合と比べて、アクチュエーターの数を抑えることができるとともに、開口絞りが相対的に第1レンズ群寄りに配置され広角端と望遠端とのFナンバーの差を抑えることが可能となる。

30

【0016】

本発明のさらに別の側面では、以下の条件を満足する。

$$2.5 < 2p_2 - 2n < 5.0 \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

$2p_2$: 第2レンズ群の像側の正の屈折力を有するレンズのアッベ数

$2n$: 第2レンズ群の負の屈折力を有するレンズのアッベ数

条件式(4)は、第2レンズ群の像側の正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズのアッベ数の差を規定している。条件式(4)の下限を上回ることによって、分散の大きい負レンズと分散の小さい正レンズとの組み合わせになり、色収差を効果的に補正することができる。一方、条件式(4)の上限を下回ることによって入手しやすい硝材で第2レンズ群を構成することができる。

40

【0017】

本発明のさらに別の側面では、反射光学素子の物体側に負の屈折力を有する負レンズを有し、負レンズを光軸に対して垂直な方向に移動させることによって、像面上の結像のブレを補正する。

反射光学素子の物体側に負の屈折力を有するレンズを配置することによって、第1レンズ群の有効径を抑えつつ、広角端において広い画角を確保することができる。また、反射光学素子よりも像側のレンズを光軸垂直方向に移動させて手振れ補正を行う場合、手振れ用のシフ

50

トスペースが必要になり、撮像装置の厚型化に繋がってしまうが、反射光学素子の物体側のレンズを手振れ補正に用いることで、撮像装置の厚型化を防ぎつつ、手振れ補正を行うことが可能になる。

【0019】

本発明のさらに別の側面では、以下の条件を満足する。

$$1.60 < n_{pr m} < 2.20 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

$n_{pr m}$: 反射光学素子の屈折率

条件式(6)は、反射光学素子の屈折率を規定している。条件式(6)の下限を上回ることによって、反射光学素子に入射した光線束の屈折角が小さくなり、より光軸に近い位置を通過するようになるため、第1レンズ群の有効径が小さくなり、小型化に有利である。一方、条件式(6)の上限を下回ることによって、入手しやすい硝材で構成することができる。

10

【0020】

本発明のさらに別の側面では、第1レンズ群は、反射光学素子の像側に、負の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有するレンズとで構成される接合レンズを有する。

反射光学素子の像側に、負の屈折力を有するレンズを配置することによって、反射光学素子から出射した光線をいち早く緩めることが可能となるため、収差の発生を抑えつつ、第1レンズ群の光学使用範囲を抑えることが可能となる。さらに、正の屈折力を有するレンズをその像側に配置することで、広角端での倍率色収差と望遠端での軸上色収差とを効果的に補正することが可能となる。なお、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズの間の空気間隔は極めて狭くなることが多く、レンズの製造誤差による光学性能への影響を受け易いことから、接合することが望ましい。

20

【0021】

本発明のさらに別の側面では、以下の条件を満足する。

$$15 < 1n - 1p < 65 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

$1n$: 第1レンズ群の接合レンズのうち、負の屈折力を有するレンズのアップベ数

$1p$: 第1レンズ群の接合レンズのうち、正の屈折力を有するレンズのアップベ数

条件式(7)は、第1レンズ群の接合レンズのアップベ数の差を規定している。条件式(7)の下限を上回ることによって、分散の小さな負レンズと分散の大きな正レンズの組み合わせとなり、第1レンズ群全体が負の屈折力を有するため、この組み合わせだと効率的に色収差を補正することが可能となる。一方、条件式(7)の上限値を下回ることによって、入手しやすい硝材で構成することが可能となる。

30

【0022】

本発明のさらに別の側面では、ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とからなる。

第2レンズ群の像側に負の第3レンズ群と正の第4レンズ群とを配置することで、第3レンズ群が負の屈折力を持って、第1及び第2レンズ群の合成の正の屈折力と、第3レンズの負の屈折力とのパワー配置は、「正・負」となりテレフォト配置となる。したがって、ズームレンズは比較的長い焦点距離を確保しつつ光学全長を抑えることができる。また、第4レンズ群が正の屈折力を持つことにより、撮像素子の撮像面周辺部に結像する光線束の主光線入射角度(主光線と光軸とのなす角度)を小さく抑えることができ、所謂テレセントリック特性を確保することができる。

40

【0023】

本発明のさらに別の側面では、ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを少なくとも有する。

第2レンズ群の像側に、正の屈折力を有する第3レンズ群を有することで、変倍時における正の屈折力を有するレンズ群の変倍負担を第2レンズ群と第3レンズ群とで分担する

50

ため、第2レンズ群の変倍時における移動量を抑えることが可能となり、光学全長を抑えることができる。

【0024】

本発明のさらに別の側面では、ズームレンズは、第3レンズ群を移動させることにより、合焦を行う。

第3レンズ群によって合焦を行うことによって、繰り出しによる光学全長の増加や前玉径の増大を招くことなく、近距離物体まで鮮明な画像を得ることができる。

【0025】

本発明のさらに別の側面では、第3レンズ群は、単レンズである。

第3レンズ群を単レンズとすることにより、第3レンズ群全体が大きくなることを抑えることができるので、変倍のためのスペースを確保し、よりコストを抑えることができる。さらに、第3レンズ群全体を軽量化することができるので、変倍時におけるアクチュエーターの負荷を抑えることができる。

【0026】

本発明のさらに別の側面では、第3レンズ群の単レンズは、以下の条件を満足する。

$$50 < \frac{f_3}{f} < 95 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

3：第3レンズ群の単レンズのアッペ数

条件式(8)は、第3レンズ群の単レンズのアッペ数を規定している。第3レンズ群が単レンズで構成される場合、色分散の大きな材料を使用すると第3レンズ群で色収差が発生してしまう。それに対し、条件式(8)の下限を上回ることによって、十分色分散の小さな材料を選択できるので、第3レンズ群で発生する色収差を小さく抑えることが可能となる。一方、条件式(8)の上限を下回ることによって、入手しやすい材料で構成することが可能となる。

【0027】

本発明のさらに別の側面では、第3レンズ群は、プラスチックから成り、少なくとも1面の非球面を有する。

第2レンズ群が正の屈折力を有するため、第3レンズ群を通る光線高さは比較的小さく、第3レンズ群を比較的外径の小さなレンズとできる。したがって、手間のかかる研磨加工により製造するガラスレンズと比較すれば、射出成形により製造されるプラスチックレンズで構成することによって、安価に大量生産が可能となる。また、射出成形は非球面レンズを容易に製造することが可能なため、非球面レンズによって各収差を効果的に補正することが可能となる。さらに、プラスチックレンズはプレス温度を低くできることから、成形金型の損耗を抑えることができ、その結果、成形金型の交換回数やメンテナンス回数を減少させ、コスト低減を図ることができる。

【0028】

本発明のさらに別の側面では、第4レンズ群は、変倍時及び合焦時ともに光軸方向に移動しない。

第4レンズ群は撮像素子に最も近いレンズ群であり、第4レンズ群で変倍及び合焦時に移動を行うと、撮像素子との距離が近づき、最終レンズでもゴミやキズの影響を受けやすくなることがある。特に小型化されたズームレンズでは、より最終レンズと撮像素子との距離も近づくので、その傾向が顕著に表れる。それに対し、第4レンズ群を移動しないことによって、最終レンズと撮像素子との距離が固定されるので、ゴミやキズの影響を抑えることができる。また、撮像素子が密封状態になるので、撮像素子にホコリ等のゴミが混入することを確実に防ぐことができる。

【0029】

本発明のさらに別の側面では、第4レンズ群は、プラスチックからなる単レンズであり、少なくとも1面の非球面を有する。

第4レンズ群は、撮像素子に最も近いレンズ群であり、他のレンズ群に比べレンズを通る光束径が細くなる。よって、屈折力の変化が全体へ与える影響は他のレンズ群に比べ小

10

20

30

40

50

さく、プラスチックによる単レンズを用いても、温度変化による光学性能への影響を抑えることができる。また、射出成形によるプラスチックレンズは非球面レンズを容易に製造することが可能なため、非球面レンズによって、像面湾曲や歪曲収差などの各収差を効果的に補正することが可能となる。

【0030】

本発明のさらに別の側面では、実質的にパワーを持たない光学素子をさらに有する。

【0031】

本発明に係る撮像装置は、上述のズームレンズと、当該ズームレンズによって撮像面に形成された画像を光電変換する撮像素子とを備える。本発明のズームレンズを用いることで、主に厚さ方向のコンパクト化を達成しつつ、さらに諸収差を良好に抑えた撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明に係る一実施形態のズームレンズを備える撮像装置又はモジュールを説明する図である。

【図2】図1の撮像装置を備える携帯通信端末を説明するブロック図である。

【図3】(A)及び(B)は、携帯通信端末の表面側及び裏面側の斜視図である。

【図4】実施例1のズームレンズの断面図である。

【図5】(A)は、実施例1の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図6】(A)は、実施例1の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図7】(A)は、実施例2の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図8】(A)は、実施例2の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図9】(A)は、実施例3の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図10】(A)は、実施例3の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図11】(A)は、実施例4の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図12】(A)は、実施例4の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図13】(A)は、実施例5の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図14】(A)は、実施例5の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図15】(A)は、実施例6の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図16】(A)は、実施例6の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図17】(A)は、実施例7の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図18】(A)は、実施例7の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

【図19】(A)は、実施例8の広角端における断面図であり、(B)は、中間における断面図であり、(C)は、望遠端における断面図である。

【図20】(A)は、実施例8の広角端における収差図であり、(B)は、中間における収差図であり、(C)は、望遠端における収差図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】(A) は、実施例 9 の広角端における断面図であり、(B) は、中間における断面図であり、(C) は、望遠端における断面図である。

【図 2 2】(A) は、実施例 9 の広角端における収差図であり、(B) は、中間における収差図であり、(C) は、望遠端における収差図である。

【図 2 3】(A) は、実施例 10 の広角端における断面図であり、(B) は、中間における断面図であり、(C) は、望遠端における断面図である。

【図 2 4】(A) は、実施例 10 の広角端における収差図であり、(B) は、中間における収差図であり、(C) は、望遠端における収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図 1 は、本発明に係る一実施形態のズームレンズを備える撮像装置としてのカメラモジュールを説明する断面図である。

【0034】

カメラモジュール(撮像装置)50 は、被写体像を形成するズームレンズ10 と、ズームレンズ10 によって形成された被写体像を光電変換する撮像素子51 と、この撮像素子51 を背後から保持するとともに配線等を有する配線基板52 と、ズームレンズ10 等を保持するとともにズームレンズ10 に物体側からの光線を入射させる開口部OP を有する鏡筒部54 とを備える。ズームレンズ10 は、被写体像を撮像素子51 の撮像面(又は被投影面)I に結像させる機能を有する。このカメラモジュール50 は、例えば携帯端末に組み込まれて使用される。

【0035】

ズームレンズ10 は、物体側から順に、第1レンズ群Gr1 と、第2レンズ群Gr2 (開口絞りSを含む)と、第3レンズ群Gr3 と、第4レンズ群Gr4 とを備える。ここで、第1レンズ群Gr1 には、反射によって光路を折り曲げる三角柱状の反射光学素子(プリズムミラー)PRM が組み込まれており、-Z 方向に向かう光線を傾斜した内面(又は反射面)12b で反射させることにより、90° 折り曲げて+Y 方向に向ける。つまり、光軸AX は、反射面12b を挟んで直交して延び、Y 軸に平行な軸AX1 とZ 軸に平行な軸AX2 とを有する。第2レンズ群Gr2 は、1つの接合レンズからなり、他のレンズ群Gr1, Gr3, Gr4 は、単一又は複数のレンズからなるものとすることができる。第1レンズ群Gr1 において、反射光学素子PRM の物体側面12a に対向して負の第1レンズL11 が配置されている。この第1レンズL11 については、これに代えて反射光学素子PRM の物体側面12a を凹面とすることもできる。

なお、図 1 に例示したズームレンズ10 は、後述する実施例 1 のズームレンズ11 と同一の構成となっている。

【0036】

撮像素子51 は、固体撮像素子からなるセンサーチップである。撮像素子51 の光電変換部51a は、CCD(電荷結合素子)やCMOS(相補型金属酸化物半導体)からなり、入射光をRGBの各画素毎に光電変換し、そのアナログ信号を出力する。受光部としての光電変換部51a の表面は、撮像面(被投影面)Iとなっている。

【0037】

配線基板52 は、支持体を介して撮像素子51 を他の部材(例えば鏡筒部54)に対してアライメントして固定する役割を有する。配線基板52 は、外部回路から撮像素子51 や第1及び第2駆動機構55a, 55b を駆動するための電圧や信号の供給を受けたり、また、検出信号を上記外部回路へ出力したりすることを可能としている。

【0038】

撮像素子51 のズームレンズ10 側には、不図示のホルダー部材によって、一对の平行平板F1, F2 が撮像素子51 等を覆うように配置・固定されている。平行平板F1, F2 は、例えばIRカットフィルター、光学的ローパスフィルター、撮像素子51 のシールドガラス等である。

【0039】

10

20

30

40

50

鏡筒部 5 4 は、ズームレンズ 1 0 を収納し保持している。鏡筒部 5 4 は、ズームレンズ 1 0 を構成するレンズ群 $G r 1 \sim G r 4$ のうち第 2 及び第 3 レンズ群 $G r 2$, $G r 3$ を光軸 $A X$ に沿って移動させることにより、ズームレンズ 1 0 の変倍及び合焦の動作を可能にするため、第 1 及び第 2 駆動機構 5 5 a , 5 5 b を有している。また、鏡筒部 5 4 は、レンズ群 $G r 1$ のうち物体側の第 1 レンズ $L 1 1$ を光軸 $A X$ に垂直な方向に移動させることによりズームレンズ 1 0 の手ぶれ補正の動作を可能にするため、第 3 駆動機構 5 5 c を有している。第 1 及び第 2 駆動機構 5 5 a , 5 5 b は独立して動作可能であり、一方の第 1 駆動機構 5 5 a は、第 2 レンズ群 $G r 2$ を光軸 $A X$ (軸 $A X 1$) に沿って往復移動させ、他方の第 2 駆動機構 5 5 b は、第 3 レンズ群 $G r 3$ を光軸 $A X$ (軸 $A X 1$) に沿って往復移動させる。第 3 駆動機構 5 5 c は、レンズ群 $G r 1$ の第 1 レンズ $L 1 1$ を光軸 $A X$ (軸 $A X 2$) に垂直な方向に 2 次元的に微動させる。第 1 駆動機構 5 5 a は、例えばステッピングモーターと、タンジェントスクリュー型の動力伝達部材と、スライドガイドとを備える。また、第 2 駆動機構 5 5 b は、例えばボイスコイルモーターと、ガイドとを備える。第 3 駆動機構 5 5 c は、ボイスコイルモーター、ガイド等を備える。

10

なお、駆動機構は、上記に限るものでなく、第 1 駆動機構 5 5 a をステッピングモーターの代わりに圧電素子を用いたアクチュエーター(例えば、 $U S 5$, $5 8 9$, $7 2 3$ 参照)やボイスコイルモーター等で構成してもよいし、第 2 駆動機構 5 5 b をボイスコイルモーターの代わりに同様に圧電素子を用いたアクチュエーターやステッピングモーター等で構成してもよい。第 3 駆動機構 5 5 c は、 piezo 素子等を用いたものであってもよい。

【 0 0 4 0 】

20

以下、ズームレンズ 1 0 について詳細に説明する。図 1 のズームレンズ 1 0 は、撮像素子 5 1 の撮像面 I に被写体像を結像させるものであって、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 $G r 1$ と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 $G r 2$ と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 $G r 3$ と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 $G r 4$ とからなる。ここで、第 1 レンズ群 $G r 1$ は、例えば平凹で負の第 1 レンズ $L 1 1$ と、物体側面 $1 2 a$ 及び像側面 $1 2 c$ が平面の反射光学素子 $P R M$ と、接合レンズ $L 1 2$ とを含む。接合レンズ $L 1 2$ は、物体側から順で、両凹で負の第 2 レンズ $L 1 2 a$ と、両凸で正の第 3 レンズ $L 1 2 b$ とを含む。第 2 レンズ群 $G r 2$ は、例えば開口絞り S と、正の接合レンズ $L 2 1$ とを含む。接合レンズ $L 2 1$ は、物体側から順で、両凸で正の第 4 レンズ $L 2 1 a$ と、両凹で負の第 5 レンズ $L 2 1 b$ と、両凸で正の第 6 レンズ $L 2 1 c$ とを含む。第 3 レンズ群 $G r 3$ は、例えば両凹で負の第 7 レンズ $L 3 1$ を含み、第 4 レンズ群 $G r 4$ は、例えば両凸で正の第 8 レンズ $L 4 1$ を含む。なお、例えば接合レンズ $L 2 1$ の物体側及び像側の光学面は、非球面とすることができる。また、第 7 レンズ $L 3$ 及び第 8 レンズ $L 4 1$ 等も、非球面を有するものとすることができる。

30

【 0 0 4 1 】

図 1 のズームレンズ 1 0 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 1 ~ 第 4 レンズ群 $G r 1 \sim G r 4$ のうち第 2 レンズ群 $G r 2$ の位置と第 3 レンズ群 $G r 3$ の位置とを変更する。具体的には、広角端から望遠端に至る変倍に際して、第 1 及び第 4 レンズ群 $G r 1$, $G r 4$ が撮像面 I 等を基準として固定されて移動せず、第 2 レンズ群 $G r 2$ が物体側に移動し、第 3 レンズ群 $G r 3$ が例えば物体側に移動する。

40

【 0 0 4 2 】

以上では、第 3 レンズ群 $G r 3$ が負の屈折力を有し第 4 レンズ群 $G r 4$ が正の屈折力を有するとしたが、本発明はこれに限るものでなく、第 3 レンズ群 $G r 3$ を負の屈折力を有するものとして、第 4 レンズ群 $G r 4$ を正の屈折力を有するものとしてできる。

【 0 0 4 3 】

以上では、ズームレンズ 1 0 が、物体側から順に、第 1 レンズ群 $G r 1$ 、第 2 レンズ群 $G r 2$ 、第 3 レンズ群 $G r 3$ 、及び第 4 レンズ群 $G r 4$ からなるとしたが、ズームレンズ 1 0 は、物体側から順に、第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、及び第 3 レンズ群からなるものとしてできる。この場合、第 1 レンズ群が負の屈折力を有し第 2 レンズ群が正の屈折力を有するものとするが、第 3 レンズ群は、正又は負の屈折力を有するものとしてできる。このような

50

3群タイプのズームレンズ10は、広角端から望遠端への変倍に際し、第2及び第3レンズ群の位置を変更する。具体的には、広角端から望遠端に至る変倍に際して、第1レンズ群が撮像面I等を基準として固定されて移動させず、第2レンズ群を物体側に移動させ、第3レンズ群を例えば像側に移動させ、或は一旦物体側に移動させその後像側に移動させる。

【0044】

次に、図2、3A、及び3Bを参照して、図1に例示されるカメラモジュール50を搭載した携帯端末である携帯通信端末300の一例について説明する。

【0045】

携帯通信端末300は、スマートフォン型又はタブレット型の携帯通信端末であり、撮像装置であるカメラモジュール50を有する撮像機能部200と、各部を統括的に制御するとともに各処理に応じたプログラムを実行する制御部(CPU)310と、通信に関連するデータ、撮像した画像・映像等を表示するとともにユーザーの操作を受け付けるタッチパネルである表示操作部320と、電源スイッチ等を含む操作部330と、アンテナ341を介して外部サーバ等との間の各種情報通信を実現するための無線通信部340と、携帯通信端末300のシステムプログラムや各種処理プログラム及び端末ID等の必要な諸データを記憶している記憶部(ROM)360と、制御部310によって実行される各種処理プログラムやデータ、処理データ、若しくは撮像機能部200による撮像データを一時的に格納する作業領域として用いられる一時記憶部(RAM)370等とを備えている。

【0046】

撮像機能部200は、既に説明したカメラモジュール50のほかに、制御装置74、光学系駆動回路部105a、撮像素子駆動装置77、画像記憶装置78、手ぶれセンサー79等を備える。

【0047】

制御装置74は、撮像機能部200の各部を制御する。制御装置74は、CPU(Central Processing Unit)、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)等を含み、ROMから読み出されてRAMに展開された各種プログラムとCPUとの協働で各種処理を実行する。なお、制御装置74は、撮像機能部200外の制御部310と通信可能に接続されており、制御信号や画像データの授受が可能になっている。

【0048】

光学系駆動回路部105aは、制御装置74の制御により変倍、合焦、露出等を行う際に、ズームレンズ10の第1及び第2駆動機構55a、55bを動作させてズームレンズ10の状態を制御する。光学系駆動回路部105aは、第1駆動機構55aを動作させて第2レンズ群Gr2を光軸AXに沿って適宜移動させるとともに、第2駆動機構55bを動作させて第4レンズ群Gr4を光軸AXに沿って適宜移動させることにより、ズームレンズ10にズーム動作を行わせる。つまり、ズーム動作に際して、第1及び第4レンズ群Gr1、Gr4は固定されている。広角端から望遠端に至る変倍に際して、第2レンズ群Gr2は、図1に対応するズームレンズ10の場合、物体側(図1の-Y側)に移動し、第3レンズ群Gr3も、物体側(図1の-Y側)に移動する。一方、ズームレンズ10は合焦動作も可能となっている。つまり、光学系駆動回路部105aは、第2駆動機構55bを動作させて第3レンズ群Gr3を光軸AXに沿って適宜移動させることにより、ズームレンズ10に合焦動作を行わせる。合焦動作に際して、第1、第2、及び第4レンズ群Gr1、Gr2、Gr4は固定されている。なお、ズームレンズ10が3群構成の場合、光学系駆動回路部105aは、例えば駆動機構55a、55bによって第2及び第3レンズ群を光軸AXに沿って移動させてズーム動作を行わせるとともに、第2駆動機構55bによって第3レンズ群Gr3を光軸AXに沿って移動させてズームレンズ10に合焦動作を行わせる。

ズームレンズ10に合焦動作を行わせる際に、光学系駆動回路部105aは、手ぶれセンサー79の検出出力に基づいて第3駆動機構55cを動作させる。すなわち、光学系駆

10

20

30

40

50

動回路部 105a は、手ぶれセンサー 79 の検出出力に対応する量だけ、第 1 レンズ群 Gr1 の第 1 レンズ L11 を光軸 AX に垂直な XY 面に沿って 2 次的に変位させることにより、ズームレンズ 10 に手ぶれを相殺するような手ぶれ補正動作を行わせる。

【0049】

撮像素子駆動装置 77 は、制御装置 74 の制御により露出等を行う際に、撮像素子 51 の動作を制御する。具体的には、撮像素子駆動装置 77 は、タイミング信号に基づいて撮像素子 51 を走査駆動させてこれを制御する。また、撮像素子駆動装置 77 は、撮像素子 51 から出力された検出信号又は光電変換信号としてのアナログ信号をデジタルの画像データに変換する。さらに、撮像素子駆動装置 77 は、撮像素子 51 から送出された画像信号に対して、歪み補正、色補正、圧縮等の各種画像処理を施すことができる。

10

【0050】

画像記憶装置 78 は、デジタル化された画像信号を撮像素子駆動装置 77 から受け取って、読み出し及び書き込み可能な画像データとして記憶する。

【0051】

ここで、上記撮像機能部 200 を含む携帯通信端末 300 の撮影動作を説明する。携帯通信端末 300 をカメラとして動作させるカメラモードに設定されると、被写体のモニタリング（スルー画像表示）と、画像撮影実行とが行われる。モニタリングにおいては、ズームレンズ 10 を介して得られた被写体の像が、撮像素子 51 の撮像面 I（図 1 等参照）に結像される。撮像素子 51 は、撮像素子駆動装置 77 によって走査駆動され、一定周期毎に結像した光像に対応する光電変換出力としてのアナログ信号を 1 画面分出力する。

20

【0052】

このアナログ信号は、撮像素子駆動装置 77 等において、RGB の各原色成分毎に適宜ゲイン調整された後に、デジタルデータに変換される。そのデジタルデータは、撮像素子駆動装置 77 において、画素補間処理及び Y 補正処理を含むカラープロセス処理が行なわれて、デジタル値の輝度信号 Y 及び色差信号 Cb, Cr（画像データ）が生成されて画像記憶装置 78 に格納される。格納されたデジタルデータは、画像記憶装置 78 から定期的に読み出されてそのビデオ信号が生成されて、制御装置 74 及び制御部 310 を介して、表示操作部 320 に出力される。

【0053】

この表示操作部 320 は、モニタリングにおいては電子ファインダーとして機能し、撮像画像をリアルタイムに表示することとなる。この状態で、随時、ユーザーが表示操作部 320 を介して行う操作入力に基づいて、光学系駆動回路部 105a の駆動によりズームレンズ 10 の変倍、合焦、露出等が設定される。

30

【0054】

このようなモニタリング状態において、ユーザーが表示操作部 320 を適宜操作することにより、静止画像データが撮影される。表示操作部 320 の操作内容に応じて、画像記憶装置 78 に格納された 1 コマの画像データが読み出されて、撮像素子駆動装置 77 により圧縮される。その圧縮された画像データは、制御装置 74 及び制御部 310 を介して、例えば RAM 370 等に記録される。

【0055】

なお、上述の撮像機能部 200 は、本発明に好適な構成の一例であり、本発明は、これに限定されるものではない。

40

【0056】

すなわち、ズームレンズ 10 を搭載した撮像装置であるカメラモジュール 50 は、スマートフォン型又はタブレット型の携帯通信端末 300 に内蔵されるものに限らず、携帯電話、PHS（Personal Handyphone System）等に内蔵されるものであってもよく、PDA（Personal Digital Assistant）、モバイルパソコン、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に内蔵されるのであってもよい。

【0057】

以下、図 1 に示す実施形態のズームレンズ 10 の光学面等が満たす数値的な条件につい

50

て説明する。図1のズームレンズ10は、既に説明した条件式(1)

$$1.59 < n_{21} < 2.20 \quad \dots \quad (1)$$

を満足する。ここで、値 n_{21} は、第2レンズ群Gr2の最も物体側の第4レンズL21aの屈折率を示す。

【0058】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)に加えて、既に説明した条件式(2)

$$0.6 < d_{2g} / f_W < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

を満足する。ここで、値 d_{2g} は、第2レンズ群Gr2の接合レンズL21の軸上厚を示し、値 f_W は、広角端における全系の焦点距離を示す。

10

【0059】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(3)

$$0.1 < n_{2p1} - n_{2n} < 0.3 \quad \dots \quad (3)$$

を満足する。ここで、値 n_{2p1} は、第2レンズ群Gr2の物体側の正の屈折力を有するレンズL21aの屈折率を示し、値 n_{2n} は、第2レンズ群Gr2の負の屈折力を有するレンズL21bの屈折率を示す。

【0060】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(4)

$$2.5 < \quad 2p2 - \quad 2n < 5.0 \quad \dots \quad (4)$$

を満足する。ここで、値 $\quad 2p2$ は、第2レンズ群Gr2の像側の正の屈折力を有するレンズL21cのアッベ数を示し、値 $\quad 2n$ は、第2レンズ群Gr2の負の屈折力を有するレンズL21bのアッベ数を示す。

20

【0061】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(5)

$$0.45 < d_{11} / f_W < 1.10 \quad \dots \quad (5)$$

を満足する。ここで、値 d_{11} は、第1レンズ群Gr1の最も物体側の面11aの頂点から反射光学素子PRMの反射面12bと光軸AXとの交点までの距離を示し、値 f_W は、

30

広角端における全系の焦点距離を示す。
なお、値 d_{11} / f_W については、以下の条件式(5)'を満たすことがより望ましい。

$$0.55 < d_{11} / f_W < 1.05 \quad \dots \quad (5)'$$

【0062】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(6)

$$1.60 < n_{prm} < 2.20 \quad \dots \quad (6)$$

を満足する。ここで、値 n_{prm} は、反射光学素子PRMの屈折率を示す。

【0063】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(7)

$$1.5 < \quad 1n - \quad 1p < 6.5 \quad \dots \quad (7)$$

を満足する。ここで、値 $\quad 1n$ は、第1レンズ群Gr1の接合レンズL12のうち負の屈折力を有する第2レンズL12aのアッベ数を示し、値 $\quad 1p$ は、第1レンズ群Gr1の接合レンズL12のうち、正の屈折力を有するレンズL12bのアッベ数を示す。

40

【0064】

実施形態のズームレンズ10は、上記条件式(1)等に加えて、既に説明した条件式(8)

$$5.0 < \quad 3 < 9.5 \quad \dots \quad (8)$$

50

を満足する。ここで、値 3 は、第 3 レンズ群 G r 3 の単レンズ L 3 1 のアッペ数を示す。

【 0 0 6 5 】

〔実施例〕

以下、本発明に係るズームレンズの実施例を示す。各実施例に使用する記号は下記の通りである。

f : ズームレンズ全系の焦点距離

F n o : F ナンバー

2 Y : 撮像素子の撮像面对角線長

R : 近軸曲率半径

D : 軸上面間隔

N d : レンズ材料の d 線に対する屈折率

d : レンズ材料のアッペ数

d 1 1 : 反射光学素子の物体側面の頂点から反射光学素子の反射面と光軸との交点までの距離

【 0 0 6 6 】

各実施例において、各面番号 (Surf.N) の後に「*」が記載されている面が非球面形状を有する面であり、非球面の形状は、面の頂点を原点とし、光軸方向に X 軸をとり、光軸と垂直方向の高さを h として以下の「数 1」で表す。その他、記号 inf. は、無限大又は

を意味し、記号 stop は、絞りを意味する。

〔数 1〕

$$X = \frac{h^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/R^2}} + \sum A_i h^i$$

ただし、

A i : i 次の非球面係数

R : 曲率半径

K : 円錐定数

【 0 0 6 7 】

以下、本発明のズームレンズの具体的な実施例を説明する。

【 0 0 6 8 】

〔実施例 1〕

実施例 1 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 28.099

d11 = 3.250

【 0 0 6 9 】

実施例 1 のレンズデータを表 1 に示す。なお、これ以降 (表のレンズデータを含む) において、10 のべき乗数 (例えば $2.5 \times 10^{-0.2}$) を E (例えば $2.5 E - 0.2$) を用いて表すものとする。

〔表 1〕

〔曲率半径、面間隔等〕

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	inf.	0.300	2.00100	29.1	2.79
2	10.446	0.495			2.60
3	inf.	4.911	2.00069	25.5	2.55
4	inf.	0.414			1.79
5	-5.382	0.300	1.88300	40.8	1.75
6	29.250	0.965	1.92286	20.9	1.84

7	-9.172	d1			1.94
8(stop)	inf.	0.000			1.98
9*	5.456	2.159	1.85135	40.1	2.09
10	-7.846	0.600	1.69895	30.1	2.02
11	3.025	2.191	1.59201	67.0	1.91
12*	-13.303	d2			1.88
13*	-14.728	0.350	1.54470	56.2	1.86
14*	6.588	d3			1.89
15*	33.048	1.931	1.54470	56.2	3.09
16*	-6.408	0.822			3.17
17	inf.	0.300	1.51680	64.2	3.04
18	inf.	0.500			3.03
19	inf.	0.210	1.51680	64.2	2.98
20	inf.	0.640			2.97

10

[非球面係数]

第9面

K=0.00000E+00, A4=-0.65103E-03, A6=0.50692E-04,
A8=-0.13360E-04, A10=0.89604E-06, A12=0.29276E-07

第12面

K=0.00000E+00, A4=0.19332E-02, A6=0.20588E-03,
A8=-0.11124E-03, A10=0.29492E-04, A12=-0.30820E-05

20

第13面

K=0.00000E+00, A3=-0.19778E-01, A4=0.71783E-01,
A5=-0.78483E-01, A6=0.43431E-01, A8=-0.11846E-01,
A10=0.35947E-02, A12=-0.68360E-03, A14=0.56708E-04

第14面

K=0.00000E+00, A3=-0.19135E-01, A4=0.68610E-01,
A5=-0.70134E-01, A6=0.37504E-01, A8=-0.95897E-02,
A10=0.26956E-02, A12=-0.47743E-03, A14=0.37482E-04

第15面

K=0.00000E+00, A4=0.91071E-03, A6=-0.10888E-03,
A8=0.34297E-04, A10=-0.40400E-05, A12=0.17798E-06

30

第16面

K=0.00000E+00, A4=0.26563E-02, A6=-0.65129E-03,
A8=0.12112E-03, A10=-0.10892E-04, A12=0.38674E-06

【 0 0 7 0 】

実施例1のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)、及び群間隔(d1~d3)を以下の表2に示す。なお、Po=1は、広角端であり、Po=2は、中間であり、Po=3は、望遠端である。

40

〔表2〕

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.40	2.88	67.6	5.003
2	7.51	3.92	42.8	5.594
3	12.54	5.03	26.4	5.871

Po	d1	d2	d3
1	6.651	2.721	1.641
2	3.306	3.316	4.391
3	0.250	6.201	4.562

50

【 0 0 7 1 】

実施例 1 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 3 に示す。

〔表 3〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-6.36
2	8	5.88
3	13	-8.31
4	15	10.03

【 0 0 7 2 】

図 4 は、実施例 1 のズームレンズの断面図である。実施例 1 のズームレンズ 1 1 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 Gr 1 と、第 2 レンズ群 Gr 2 と、第 3 レンズ群 Gr 3 と、第 4 レンズ群 Gr 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 Gr 1 は、平凹で負の第 1 レンズ L 1 1 と、実質的に屈折力を有しない直角プリズムである反射光学素子 PRM と、接合レンズ L 1 2 とを備える。このうち、反射光学素子 PRM は、平面の物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 2 は、両凹で負の第 2 レンズ L 1 2 a と、両凸で正の第 3 レンズ L 1 2 b とを接合したもとなっている。第 2 レンズ群 Gr 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、両凸で正の第 4 レンズ L 2 1 a と、両凹で負の第 5 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 6 レンズ L 2 1 c とを接合したもとなっている。第 3 レンズ群 Gr 3 は、両凹で負の第 7 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 Gr 4 は、両凸で正の第 8 レンズ L 4 1 からなる。

その他、符号 F 1 , F 2 は、光学的ローパスフィルター、IR カットフィルター、固体撮像素子のシールガラス等を想定した平行平板を示す。また、符号 I は、撮像素子 5 1 の被投影面である撮像面を示す。これらの平行平板 F 1 , F 2 及び撮像面 I については、以下で説明する実施例でも同様である。

【 0 0 7 3 】

図 5 (A) ~ 5 (C) は、実施例 1 のズームレンズ 1 1 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 5 (A) はズームレンズ 1 1 の広角端における断面図であり、図 5 (B) は中間における断面図であり、図 5 (C) は望遠端における断面図である。なお、この実施例 1 及び以下の実施例において、反射光学素子 PRM は、その光路長と等価で回転対称な形状を有する平板又は単レンズとして表されている。

【 0 0 7 4 】

図 6 (A) は、ズームレンズ 1 1 の広角端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 6 (B) は、中間における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 6 (C) は、望遠端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）である。なお、上記収差図及び以後の収差図において、球面収差図では、実線が d 線を表し、点線が g 線を表すものとし、非点収差図では、実線がサジタル像面を表し、点線がメリジオナル像面を表すものとする。

【 0 0 7 5 】

実施例 1 のズームレンズ 1 1 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 Gr 2 が光軸 AX 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 Gr 3 が光軸 AX 方向に沿って移動する。他のレンズ群 Gr 1 , Gr 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 Gr 1 ~ Gr 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 Gr 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 4 レンズ L 2 1 a と第 6 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 7 レンズ L 3 1 と第 8 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズ等（プリズムを含む。以下同様。）はガラス材料による研磨レンズを想定している。また、実施例 1 では、第 1 レンズ L 1 1 が光軸 AX 方向に対し垂直な面内方向において移動することで、撮像面 I 上の結像のブレを補正することにより、手振れ補正を行っている。

【 0 0 7 6 】

〔実施例 2〕

実施例 2 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 27.523

d11 = 2.450

【 0 0 7 7 】

実施例 2 のレンズデータを表 4 に示す。

[表 4]

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)	
1	-13.550	5.350	2.00069	25.5	2.88	10
2	inf.	0.185			2.08	
3	-15.480	0.400	1.83481	42.7	2.07	
4	6.710	1.130	1.92286	20.9	1.99	
5	529.000	d1			1.91	
6(stop)	inf.	0.000			1.82	
7*	6.185	1.850	1.85135	40.1	1.88	
8	-5.500	0.400	1.69895	30.1	1.83	
9	3.720	1.710	1.61881	63.9	1.75	
10*	-11.813	d2			1.70	
11*	19.682	0.300	1.54470	56.2	1.71	20
12*	3.765	d3			1.70	
13*	-19.945	1.730	1.54470	56.2	3.01	
14*	-4.675	1.310			3.14	
15	inf.	0.300	1.51680	64.2	3.03	
16	inf.	1.000			3.02	
17	inf.	0.210	1.51680	64.2	2.98	
18	inf.	0.640			2.97	

[非球面係数]

第7面

K=0.00000E+00, A4=-0.63372E-03, A6=-0.74137E-04,
A8=0.36010E-04, A10=-0.10070E-04, A12=0.10203E-05

30

第10面

K=0.00000E+00, A4=0.16722E-02, A6=0.13269E-03,
A8=-0.90310E-04, A10=0.13945E-04, A12=-0.31151E-07

第11面

K=0.00000E+00, A3=-0.95856E-02, A4=0.33882E-01,
A5=-0.51337E-01, A6=0.32461E-01, A8=-0.76954E-02,
A10=0.11525E-02, A12=0.10476E-03, A14=-0.37235E-04

第12面

K=0.00000E+00, A3=-0.84388E-02, A4=0.35877E-01,
A5=-0.67400E-01, A6=0.50807E-01, A8=-0.16677E-01,
A10=0.46590E-02, A12=-0.63566E-03, A14=0.25778E-04

40

第13面

K=0.00000E+00, A3=0.28422E-02, A4=-0.34294E-02,
A5=0.12931E-02, A6=0.28118E-03, A8=-0.64517E-04,
A10=0.36163E-05, A12=-0.31094E-07

第14面

K=0.00000E+00, A3=0.22039E-02, A4=0.17314E-03,
A5=0.35732E-03, A6=0.22456E-03, A8=-0.33075E-05,
A10=-0.25957E-05, A12=0.17587E-06

50

【 0 0 7 8 】

実施例 2 のズームレンズの各ポジション (P o) 1 ~ 3 における全系の焦点距離 (f) 、 F ナンバー (F n o) 、 画角、撮像面对角長 (2 Y) 及び群間隔 (d 1 ~ d 3) を以下の表 5 に示す。なお、 P o = 1 は、広角端であり、 P o = 2 は、中間であり、 P o = 3 は、望遠端である。

〔表 5〕

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.88	63.5	4.998
2	7.94	3.85	40.7	5.751
3	13.57	5.04	23.9	5.888

10

Po	d1	d2	d3
1	7.056	1.998	1.955
2	3.578	2.160	5.271
3	0.250	3.798	6.961

【 0 0 7 9 】

実施例 2 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 6 に示す。

〔表 6〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-7.99
2	6	5.59
3	11	-8.61
4	13	10.78

20

【 0 0 8 0 】

図 7 (A) ~ 7 (C) は、実施例 2 のズームレンズの断面図であり、実施例 2 のズームレンズ 1 2 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 7 (A) はズームレンズ 1 2 の広角端における断面図であり、図 7 (B) は中間における断面図であり、図 7 (C) は望遠端における断面図である。

【 0 0 8 1 】

実施例 2 のズームレンズ 1 2 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 と、第 4 レンズ群 G r 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、負の屈折力を有する直角プリズム状の部材である反射光学素子 P R M と、接合レンズ L 1 1 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、凹面である物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 1 は、両凹で負の第 1 レンズ L 1 1 a と、略凸平で正の第 2 レンズ L 1 1 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、両凸で正の第 3 レンズ L 2 1 a と、両凹で負の第 4 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、物体側に凸で負メニスカスの第 6 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 G r 4 は、像側に凸で正メニスカスの第 7 レンズ L 4 1 からなる。ズームレンズ 1 2 は、その他に、フィルター等である平行平板 F 1 , F 2 を含む。

30

40

【 0 0 8 2 】

図 8 (A) は、ズームレンズ 1 2 の広角端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 8 (B) は、中間における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 8 (C) は、望遠端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) である。

【 0 0 8 3 】

実施例 2 のズームレンズ 1 2 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ

50

群 Gr 1 ~ Gr 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 Gr 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 3 レンズ L 2 1 a と第 5 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 6 レンズ L 3 1 と第 7 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。

【 0 0 8 4 】

[実施例 3]

実施例 3 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 28.017

d11 = 3.521

【 0 0 8 5 】

実施例 3 のレンズデータを表 7 に示す。

[表 7]

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	inf.	0.300	1.91082	35.3	3.05
2	8.527	0.696			2.80
3	inf.	5.049	2.00069	25.5	2.73
4	inf.	0.445			1.98
5	-5.937	0.300	1.61800	63.4	1.95
6	-91.293	0.830	1.94594	18.0	1.92
7	-13.577	d1			1.90
8(stop)	inf.	0.000			1.80
9*	5.905	2.025	1.82080	42.7	1.86
10	-6.899	0.700	1.69895	30.1	1.82
11	3.959	1.784	1.59201	67.0	1.76
12*	-8.647	d2			1.75
13*	-21.083	0.300	1.54470	56.2	1.75
14*	5.160	d3			1.77
15*	14.548	2.300	1.54470	56.2	3.17
16*	-7.938	1.608			3.14
17	inf.	0.210	1.51680	64.2	3.00
18	inf.				2.99

[非球面係数]

第9面

K=0.00000E+00, A4=-0.82229E-03, A6=0.13210E-03,
A8=-0.69276E-04, A10=0.16105E-04, A12=-0.13852E-05

第12面

K=0.00000E+00, A4=0.18236E-02, A6=-0.12125E-03,
A8=0.47657E-04, A10=-0.12781E-04, A12=0.15336E-05

第13面

K=0.00000E+00, A3=-0.12209E-01, A4=0.51245E-01,
A5=-0.77423E-01, A6=0.49824E-01, A8=-0.12798E-01,
A10=0.32326E-02, A12=-0.46735E-03, A14=0.27327E-04

第14面

K=0.00000E+00, A3=-0.13583E-01, A4=0.50722E-01,
A5=-0.69709E-01, A6=0.41709E-01, A8=-0.94091E-02,
A10=0.20649E-02, A12=-0.23940E-03, A14=0.87788E-05

第15面

10

20

30

40

50

差)である。

【 0 0 9 1 】

実施例 3 のズームレンズ 1 3 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 4 レンズ L 2 1 a と第 6 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 7 レンズ L 3 1 と第 8 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。また、実施例 3 では、第 1 レンズ L 1 1 が光軸 A X 方向に対し垂直な面内方向において移動することで、撮像面 I 上の結像のブレを補正することにより、手振れ補正を行っている。

10

【 0 0 9 2 】

[実施例 4]

実施例 4 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 28.805

d11 = 2.260

【 0 0 9 3 】

実施例 4 のレンズデータを表 1 0 に示す。

20

[表 1 0]

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1*	-7.004	5.260	1.63469	23.9	2.93
2*	-26.807	0.242			2.04
3	-10.221	0.400	1.88300	40.8	2.00
4	8.794	1.005	1.92286	20.9	1.96
5	-41.173	d1			1.93
6(stop)	inf.	0.000			1.98
7*	7.152	1.727	1.85135	40.1	2.06
8	-6.300	1.556	1.69895	30.1	2.06
9	4.365	1.975	1.55332	71.7	2.02
10*	-9.128	d2			2.05
11*	-38.212	0.409	1.54470	56.2	1.98
12*	6.654	d3			1.99
13*	141.151	1.999	1.54470	56.2	3.05
14*	-3.872	0.370			3.09
15	inf.	0.210	1.51680	64.2	3.01
16	inf.	0.640			3.00

30

[非球面係数]

40

第1面

K=0.00000E+00, A3=0.30415E-03, A4=0.93706E-03,
A5=-0.13316E-03, A6=-0.72305E-05, A7=0.21185E-04,
A8=0.24039E-05, A9=-0.16328E-05, A10=-0.60887E-06,
A11=-0.18507E-07, A12=0.69414E-07

第2面

K=0.00000E+00, A3=-0.60509E-03, A4=0.15194E-02,
A5=-0.54214E-03, A6=-0.97458E-05, A7=0.32105E-04,
A8=0.25701E-04, A9=0.45126E-05, A10=0.32305E-05,
A11=-0.13288E-04, A12=0.42920E-05

50

第7面

K=0.00000E+00, A4=-0.67308E-03, A6=-0.20088E-04,
A8=0.53569E-05, A10=-0.10676E-05, A12=0.88836E-07

第10面

K=0.00000E+00, A4=0.44341E-03, A6=0.96837E-04,
A8=-0.56452E-04, A10=0.12639E-04, A12=-0.10420E-05

第11面

K=0.00000E+00, A3=-0.95909E-02, A4=0.57502E-02,
A5=-0.34205E-02, A6=-0.57008E-03, A7=-0.34815E-03,
A8=0.15278E-02, A9=0.11811E-03, A10=-0.48468E-03,
A11=-0.85866E-05, A12=0.69085E-04, A13=-0.12173E-04,
A14=0.14815E-05

10

第12面

K=0.00000E+00, A3=-0.59580E-02, A4=0.34186E-02,
A5=-0.99786E-02, A6=0.80679E-02, A7=0.40538E-03,
A8=-0.25016E-02, A9=-0.99705E-04, A10=0.87888E-03,
A11=0.24221E-05, A12=-0.18726E-03, A13=0.95408E-05,
A14=0.12534E-04

第13面

K=0.00000E+00, A3=0.88270E-02, A4=-0.12078E-03,
A5=-0.17833E-02, A6=0.50219E-03, A7=-0.27033E-04,
A8=-0.84889E-05, A9=0.60775E-05, A10=-0.14033E-05,
A11=0.82564E-06, A12=-0.16128E-06

20

第14面

K=0.00000E+00, A3=0.30019E-01, A4=0.10280E-01,
A5=-0.44236E-02, A6=-0.48310E-03, A7=0.92021E-05,
A8=0.10966E-03, A9=0.93331E-05, A10=-0.58663E-05,
A11=-0.20636E-06, A12=0.13950E-06

【 0 0 9 4 】

実施例4のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)及び群間隔(d1~d3)を以下の表11に示す。

30

〔表11〕

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.87	63.5	4.998
2	7.95	3.92	40.7	5.744
3	13.55	5.04	23.5	5.888

Po	d1	d2	d3
1	7.063	4.241	1.710
2	3.818	4.269	4.927
3	0.250	7.338	5.426

40

【 0 0 9 5 】

実施例4のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表12に示す。

〔表12〕

レンズ群	始面	焦点距離(mm)
1	1	-7.42
2	6	6.56
3	11	-10.37
4	13	6.95

50

【 0 0 9 6 】

図 1 1 (A) ~ 1 1 (C) は、実施例 4 のズームレンズの断面図であり、実施例 4 のズームレンズ 1 4 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 1 1 (A) はズームレンズ 1 4 の広角端における断面図であり、図 1 1 (B) は中間における断面図であり、図 1 1 (C) は望遠端における断面図である。

【 0 0 9 7 】

実施例 4 のズームレンズ 1 4 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 と、第 4 レンズ群 G r 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、負の屈折力を有する直角プリズム状の部材である反射光学素子 P R M と、接合レンズ L 1 1 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、凹の非球面である物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げて、凸の非球面である像側面 1 2 c から射出させる。また、接合レンズ L 1 1 は、両凹で負の第 1 レンズ L 1 1 a と、両凸で正の第 2 レンズ L 1 1 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、両凸で正の第 3 レンズ L 2 1 a と、両凹で負の第 4 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、両凹で負の第 6 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 G r 4 は、像側に凸面を向けた略平凸で正の第 7 レンズ L 4 1 からなる。ズームレンズ 1 4 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

【 0 0 9 8 】

図 1 2 (A) は、ズームレンズ 1 4 の広角端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 2 (B) は、中間における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 2 (C) は、望遠端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）である。

【 0 0 9 9 】

実施例 4 のズームレンズ 1 4 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 3 レンズ L 2 1 a と第 5 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 6 レンズ L 3 1 と第 7 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。また、反射光学素子 P R M は、プラスチック材料で形成されるものを想定している。

【 0 1 0 0 】

〔実施例 5〕

実施例 5 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 26.68

d11 = 2.520

【 0 1 0 1 】

実施例 5 のレンズデータを表 1 3 に示す。

〔表 1 3〕

〔曲率半径、面間隔等〕

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	-13.446	5.520	2.00100	29.1	2.98
2	inf.	0.267			2.19
3	-14.169	0.444	1.88100	40.1	2.16
4	7.945	1.082	1.92286	20.9	2.10
5	-75.652	d1			2.04
6(stop)	inf.	0.000			1.83

10

20

30

40

50

7*	5.169	1.501	1.85135	40.1	1.91
8	-6.525	0.400	1.69895	30.1	1.86
9	3.529	1.755	1.55332	71.7	1.76
10*	-11.612	d2			1.71
11*	43.503	0.300	1.54470	56.2	1.71
12*	3.813	d3			1.72
13*	-126.616	1.824	1.54470	56.2	3.10
14*	-5.417	2.151			3.18
15	inf.	0.210	1.51680	64.2	2.99
16	inf.	0.640			2.98

10

[非球面係数]

第7面

K=0.00000E+00, A4=-0.87692E-03, A6=0.16829E-03, A8=-0.84290E-04, A10=0.18603E-04, A12=-0.15379E-05

第10面

K=0.00000E+00, A4=0.24303E-02, A6=0.31616E-03, A8=-0.20108E-03, A10=0.56246E-04, A12=-0.53437E-05

第11面

K=0.00000E+00, A4=-0.51291E-02, A6=0.34615E-02, A8=-0.74235E-03, A10=-0.97684E-03, A12=0.57324E-03, A14=-0.86845E-04

20

第12面

K=0.00000E+00, A4=-0.69461E-02, A6=0.54279E-02, A8=-0.22337E-02, A10=-0.35815E-03, A12=0.44179E-03, A14=-0.75570E-04

第13面

K=0.00000E+00, A4=0.39213E-03, A6=0.27314E-03, A8=-0.19763E-04, A10=-0.70509E-06, A12=0.10416E-06

第14面

K=0.00000E+00, A4=0.22495E-02, A6=0.51919E-06, A8=0.29743E-04, A10=-0.49330E-05, A12=0.23231E-06

30

【 0 1 0 2 】

実施例5のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)及び群間隔(d1~d3)を以下の表14に示す。

[表 1 4]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.88	63.5	5.002
2	7.94	3.89	40.7	5.704
3	13.56	5.11	24.2	5.888

40

Po	d1	d2	d3
1	6.792	2.232	1.563
2	3.479	2.434	4.674
3	0.250	4.057	6.280

【 0 1 0 3 】

実施例5のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表15に示す。

[表 1 5]

レンズ群	始面	焦点距離(mm)
1	1	-7.84

50

2	6	5.49
3	11	-7.69
4	13	10.34

【 0 1 0 4 】

図 1 3 (A) ~ 1 3 (C) は、実施例 5 のズームレンズの断面図であり、実施例 5 のズームレンズ 1 5 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 1 3 (A) はズームレンズ 1 5 の広角端における断面図であり、図 1 3 (B) は中間における断面図であり、図 1 3 (C) は望遠端における断面図である。

【 0 1 0 5 】

実施例 5 のズームレンズ 1 5 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 と、第 4 レンズ群 G r 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、負の屈折力を有する直角プリズム状の部材である反射光学素子 P R M と、接合レンズ L 1 1 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、凹面である物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 1 は、両凹で負の第 1 レンズ L 1 1 a と、両凸で正の第 2 レンズ L 1 1 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、両凸で正の第 3 レンズ L 2 1 a と、両凹で負の第 4 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、物体側に凸で負メニスカスの第 6 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 G r 4 は、像側に凸面を向けた略平凸で正の第 7 レンズ L 4 1 からなる。ズームレンズ 1 5 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

【 0 1 0 6 】

図 1 4 (A) は、ズームレンズ 1 5 の広角端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 1 4 (B) は、中間における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 1 4 (C) は、望遠端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) である。

【 0 1 0 7 】

実施例 5 のズームレンズ 1 5 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 3 レンズ L 2 1 a と第 5 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 6 レンズ L 3 1 と第 7 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。

【 0 1 0 8 】

〔 実施例 6 〕

実施例 6 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 26.905

d11 = 2.505

【 0 1 0 9 】

実施例 6 のレンズデータを表 1 6 に示す。

〔 表 1 6 〕

〔 曲率半径、面間隔等 〕

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	-12.889	5.505	2.00100	29.1	2.96
2	inf.	0.260			2.19
3	-14.798	0.431	1.72916	54.7	2.17
4	8.822	0.871	1.92286	20.9	2.10

10

20

30

40

50

5*	81.248	d1			2.03
6(stop)	inf.	0.000			1.81
7*	5.545	1.497	1.88202	37.2	1.89
8	-5.838	0.400	1.69895	30.1	1.86
9	3.147	1.923	1.55332	71.7	1.77
10*	-12.326	d2			1.75
11*	22.208	0.600	1.54470	56.2	1.77
12*	4.108	d3			1.75
13*	-16.339	1.645	1.54470	56.2	2.95
14*	-4.443	2.255			3.06
15	inf.	0.210	1.51680	64.2	2.96
16	inf.	0.640			2.96

[非球面係数]

第5面

K=0.00000E+00, A4=-0.68918E-05, A6=-0.33667E-04,
A8=0.27741E-04, A10=-0.73213E-05, A12=0.68653E-06

第7面

K=0.00000E+00, A4=-0.77433E-03, A6=-0.10230E-03,
A8=0.59375E-04, A10=-0.16900E-04, A12=0.17207E-05

第10面

K=0.00000E+00, A4=0.19917E-02, A6=-0.26111E-03,
A8=0.15949E-03, A10=-0.56655E-04, A12=0.73203E-05

第11面

K=0.00000E+00, A4=-0.25429E-02, A6=0.16094E-02,
A8=-0.68504E-03, A10=0.76711E-05, A12=0.45683E-04,
A14=-0.57687E-05

第12面

K=0.00000E+00, A4=-0.36850E-02, A6=0.23568E-02,
A8=-0.12634E-02, A10=0.26332E-03, A12=-0.12637E-04,
A14=-0.29213E-06

第13面

K=0.00000E+00, A4=-0.50568E-03, A6=0.45863E-03,
A8=-0.55366E-04, A10=0.35663E-05, A12=-0.54453E-07

第14面

K=0.00000E+00, A4=0.25747E-02, A6=0.16404E-03,
A8=0.26729E-06, A10=-0.16367E-05, A12=0.13692E-06

【 0 1 1 0 】

実施例6のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)及び群間隔(d1~d3)を以下の表17に示す。

[表 1 7]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.88	63.4	5.004
2	7.94	3.87	40.7	5.786
3	13.57	5.08	23.7	5.888

Po	d1	d2	d3
1	6.902	1.859	1.908
2	3.523	1.951	5.195
3	0.250	3.751	6.668

10

20

30

40

50

【 0 1 1 1 】

実施例 6 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 1 8 に示す。

〔表 1 8〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-7.96
2	6	5.65
3	11	-9.36
4	13	10.68

【 0 1 1 2 】

図 1 5 (A) ~ 1 5 (C) は、実施例 6 のズームレンズの断面図であり、実施例 6 のズームレンズ 1 6 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 1 5 (A) はズームレンズ 1 6 の広角端における断面図であり、図 1 5 (B) は中間における断面図であり、図 1 5 (C) は望遠端における断面図である。

10

【 0 1 1 3 】

実施例 6 のズームレンズ 1 6 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 と、第 4 レンズ群 G r 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、負の屈折力を有する直角プリズム状の部材である反射光学素子 P R M と、接合レンズ L 1 1 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、凹面である物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 1 は、両凹で負の第 1 レンズ L 1 1 a と、両凸で正の第 2 レンズ L 1 1 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、両凸で正の第 3 レンズ L 2 1 a と、両凹で負の第 4 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、物体側に凸で負メニスカスの第 6 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 G r 4 は、像側に凸で正メニスカスの第 7 レンズ L 4 1 からなる。ズームレンズ 1 6 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

20

【 0 1 1 4 】

図 1 6 (A) は、ズームレンズ 1 6 の広角端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 6 (B) は、中間における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 6 (C) は、望遠端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）である。

30

【 0 1 1 5 】

実施例 6 のズームレンズ 1 6 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 2 レンズ L 1 1 b と第 3 レンズ L 2 1 a と第 5 レンズ L 2 1 c とはガラスモールドレンズ、第 6 レンズ L 3 1 と第 7 レンズ L 4 1 とはプラスチックレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。

40

【 0 1 1 6 】

〔実施例 7〕

本発明に含まれない参考例である実施例 7 のズームレンズの基本的な特徴は以下のよう

なものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 50.000

d11 = 6.283

【 0 1 1 7 】

実施例 7 のレンズデータを表 1 9 に示す。

〔表 1 9〕

50

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)	
1*	33.582	0.500	1.69350	53.2	4.97	
2*	5.674	2.100			4.13	
3	inf.	7.367	1.84666	23.8	4.07	
4	inf.	1.570			3.38	
5	-11.041	0.800	1.74077	27.8	3.19	
6	10.789	2.107	1.84666	23.8	3.25	
7	-15.868	d1			3.26	
8(stop)	inf.	0.000			3.06	10
9*	5.746	2.898	1.59201	67.0	3.17	
10	13.033	1.569	1.91082	35.3	2.98	
11	4.596	2.717	1.49710	81.6	2.75	
12*	-20.472	d2			2.86	
13	-9.606	0.600	1.51680	64.2	3.05	
14	-45.237	0.300			3.21	
15*	23.963	1.799	1.49710	81.6	3.32	
16*	-8.673	d3			3.47	
17	inf.	0.500	1.51680	64.2	3.09	
18	inf.	1.066			3.06	20

[非球面係数]

第1面

K=0.00000E+00, A4=0.22504E-03, A6=0.99592E-05,
A8=-0.40416E-06, A10=0.48764E-08

第2面

K=0.00000E+00, A4=-0.57120E-04, A6=0.81611E-05,
A8=0.18221E-06, A10=-0.21702E-07

第9面

K=0.00000E+00, A4=-0.23169E-03, A6=-0.53384E-05,
A8=0.14788E-06, A10=-0.12215E-07

第12面

K=0.00000E+00, A4=0.62284E-03, A6=0.16555E-04,
A8=0.94622E-06, A10=0.72847E-07

第15面

K=0.00000E+00, A4=-0.65137E-03, A6=-0.36076E-04,
A8=0.39978E-05, A10=-0.40918E-06

第16面

K=0.00000E+00, A4=-0.33503E-03, A6=-0.28457E-04,
A8=0.29327E-05, A10=-0.29755E-06

【 0 1 1 8 】

実施例7のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)及び群間隔(d1~d3)を以下の表20に示す。

[表 2 0]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.74	2.60	65.8	5.888
2	7.91	3.74	41.5	5.888
3	13.50	5.06	24.7	5.888

Po	d1	d2	d3
----	----	----	----

10

20

30

40

50

1	13.869	2.862	7.376
2	8.674	13.157	2.277
3	1.844	20.989	1.275

【 0 1 1 9 】

実施例 7 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 2 1 に示す。

〔表 2 1〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-11.22
2	8	13.60
3	13	25.00

10

【 0 1 2 0 】

図 1 7 (A) ~ 1 7 (C) は、実施例 7 のズームレンズの断面図であり、実施例 7 のズームレンズ 1 7 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 1 7 (A) はズームレンズ 1 7 の広角端における断面図であり、図 1 7 (B) は中間における断面図であり、図 1 7 (C) は望遠端における断面図である。

【 0 1 2 1 】

実施例 7 のズームレンズ 1 7 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、物体側に凸で負メニスカスの第 1 レンズ L 1 1 と、実質的に屈折力を有しない直角プリズムである反射光学素子 P R M と、接合レンズ L 1 2 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、平面の物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 2 は、両凹で負の第 2 レンズ L 1 2 a と、両凸で正の第 3 レンズ L 1 2 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、物体側に凸で正メニスカスの第 4 レンズ L 2 1 a と、物体側に凸で負メニスカスの第 5 レンズ L 2 1 b と、両凸で正の第 6 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、像側に凸で負メニスカスの第 7 レンズ L 3 1 と、両凸で正の第 8 レンズ L 4 1 とからなる。ズームレンズ 1 7 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

20

【 0 1 2 2 】

図 1 8 (A) は、ズームレンズ 1 7 の広角端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 8 (B) は、中間における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 1 8 (C) は、望遠端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）である。

30

【 0 1 2 3 】

実施例 7 のズームレンズ 1 7 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。残りのレンズ群 G r 1 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 3 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 1 レンズ L 1 1 と第 4 レンズ L 2 1 a と第 6 レンズ L 2 1 c と第 8 レンズ L 4 1 とはガラス

40

【 0 1 2 4 】

〔実施例 8〕

実施例 8 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようなものである。

ズーム比 = 2.87

レンズ全長 = 29.684

d11 = 3.895

【 0 1 2 5 】

50

実施例 8 のレンズデータを表 2 2 に示す。

[表 2 2]

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	22.852	0.400	1.92286	20.9	3.23
2	7.394	0.891			2.94
3	inf.	5.210	2.00069	25.5	2.84
4	inf.	0.456			2.01
5	-5.962	0.300	1.75500	52.3	1.97
6	19.112	0.936	1.92286	20.9	1.96
7	-13.580	d1			1.94
8(stop)	inf.	0.000			1.98
9*	5.492	2.500	1.82080	42.7	2.09
10	-23.340	1.046	1.69895	30.1	1.99
11	3.125	2.170	1.55332	71.7	1.89
12*	-11.910	d2			1.91
13*	75.690	1.200	1.85135	40.1	2.21
14*	17.720	d3			2.25
15	inf.	0.500	1.51680	64.2	2.81
16	inf.	0.640			2.84

10

20

[非球面係数]

第9面

K=0.00000E+00, A4=-0.47938E-03, A6=-0.13396E-04,
A8=0.78268E-05, A10=-0.21285E-05, A12=0.20018E-06

第12面

K=0.00000E+00, A4=0.14036E-02, A6=0.22875E-03,
A8=-0.12310E-03, A10=0.31666E-04, A12=-0.29419E-05

第13面

K=0.00000E+00, A4=-0.38992E-03, A6=0.10211E-03,
A8=-0.19904E-04, A10=0.35517E-06, A12=-0.71607E-07

30

第14面

K=0.00000E+00, A4=-0.63465E-03, A6=0.34545E-03,
A8=-0.10732E-03, A10=0.15049E-04, A12=-0.10340E-05

【 0 1 2 6 】

実施例 8 のズームレンズの各ポジション (P o) 1 ~ 3 における全系の焦点距離 (f) 、 F ナンバー (F n o) 、 画角、撮像面对角長 (2 Y) 及び群間隔 (d 1 ~ d 3) を以下の表 2 3 に示す。

[表 2 3]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.53	2.86	66.1	4.985
2	7.57	3.93	42.5	5.626
3	12.97	5.02	25.6	5.857

40

Po	d1	d2	d3
1	7.281	5.241	0.915
2	4.064	2.275	7.098
3	0.250	8.247	4.940

【 0 1 2 7 】

実施例 8 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 2 4 に示す。

[表 2 4]

50

レンズ群	始面	焦点距離(mm)
1	1	-7.24
2	8	6.87
3	13	-27.44

【0128】

図19(A)~19(C)は、実施例8のズームレンズの断面図であり、実施例8のズームレンズ18のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図19(A)はズームレンズ18の広角端における断面図であり、図19(B)は中間における断面図であり、図19(C)は望遠端における断面図である。

10

【0129】

実施例8のズームレンズ18は、物体側より順に、第1レンズ群Gr1と、第2レンズ群Gr2と、第3レンズ群Gr3とからなる。ここで、第1レンズ群Gr1は、物体側に凸で負メニスカスの第1レンズL11と、実質的に屈折力を有しない直角プリズムである反射光学素子PRMと、接合レンズL12とを備える。このうち、反射光学素子PRMは、平面の物体側面12aに入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズL12は、両凹で負の第2レンズL12aと、両凸で正の第3レンズL12bとを接合したものとなっている。第2レンズ群Gr2は、開口絞りSと、接合レンズL21とを備える。接合レンズL21は、両凸で正の第4レンズL21aと、両凹で負の第5レンズL21bと、両凸で正の第6レンズL21cとを接合したものとなっている。第3レンズ群Gr3は、像側に凹で負メニスカスの第7レンズL31からなる。ズームレンズ18は、その他に、

20

【0130】

図20(A)は、ズームレンズ18の広角端における収差図(球面収差、非点収差及び歪曲収差)であり、図20(B)は、中間における収差図(球面収差、非点収差及び歪曲収差)であり、図20(C)は、望遠端における収差図(球面収差、非点収差及び歪曲収差)である。

【0131】

実施例8のズームレンズ18は、広角端から望遠端への変倍に際し、第2レンズ群Gr2が光軸AX方向に沿って物体側に移動し、かつ、第3レンズ群Gr3が光軸AX方向に沿って移動する。残りのレンズ群Gr1は、変倍に際し固定されており、各レンズ群Gr1~Gr3の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第3レンズ群Gr3を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第4レンズL21aと第6レンズL21cと第7レンズL31とはガラスモールドレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。また、実施例8では、第1レンズL11が光軸AX方向に対し垂直な面内方向において移動することで、撮像面I上の結像のブレを補正することにより、手振れ補正を行っている。

30

【0132】

〔実施例9〕

本発明に含まれない参考例である実施例9のズームレンズの基本的な特徴は以下のよう

40

なものである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 49.000

d11 = 8.471

【0133】

実施例9のレンズデータを表25に示す。

〔表25〕

〔曲率半径、面間隔等〕

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1	16.586	0.792	1.92286	20.9	6.99
2	10.300	2.508			6.23

50

3	inf.	10.342	2.00100	29.1	6.07
4	inf.	0.213			4.15
5*	-378.623	0.500	1.58313	59.5	4.10
6*	5.497	1.235			3.71
7	9.695	1.316	1.92286	20.9	3.73
8	24.398	d1			3.58
9(stop)	inf.	0.000			2.72
10*	6.968	2.000	1.92286	20.9	2.88
11	5.195	3.676	1.72916	54.7	2.68
12	-9.874	1.500	1.82115	24.1	2.58
13*	149.401	d2			2.54
14*	-21.920	3.900	1.49710	81.6	2.85
15*	-4.875	d3			3.40
16	-8.420	1.079	1.48749	70.4	2.98
17	-50.959	0.200			2.98
18	inf.	0.500	1.51680	64.2	2.97
19	inf.	0.640			2.97

[非球面係数]

第5面

K=0.00000E+00, A4=-0.60249E-03, A6=0.32973E-04,
A8=-0.64690E-06, A10=0.55828E-09

第6面

K=0.00000E+00, A4=-0.12216E-02, A6=0.16619E-04,
A8=-0.39413E-07, A10=-0.41273E-07

第10面

K=0.00000E+00, A4=0.57857E-05, A6=-0.11307E-05,
A8=0.30011E-06, A10=-0.13429E-07

第13面

K=0.00000E+00, A4=0.85839E-03, A6=0.12342E-04,
A8=0.36096E-05, A10=-0.14433E-06

第14面

K=0.00000E+00, A4=-0.21128E-02, A6=-0.11389E-03,
A8=0.79878E-05, A10=-0.10004E-05

第15面

K=0.00000E+00, A4=0.19970E-03, A6=-0.22548E-04,
A8=0.19615E-05, A10=-0.72686E-07

【 0 1 3 4 】

実施例9のズームレンズの各ポジション(Po)1~3における全系の焦点距離(f)、Fナンバー(Fno)、画角、撮像面对角長(2Y)及び群間隔(d1~d3)を以下の表26に示す。

[表 2 6]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.23	66.0	5.888
2	7.91	3.21	40.7	5.888
3	13.58	4.30	23.9	5.888

Po	d1	d2	d3
1	12.935	2.115	3.549
2	8.811	8.331	1.457
3	2.942	14.343	1.315

10

20

30

40

50

【 0 1 3 5 】

実施例 9 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 2 7 に示す。

〔表 2 7〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-12.02
2	9	10.98
3	14	11.72
4	16	-20.86

【 0 1 3 6 】

図 2 1 (A) ~ 2 1 (C) は、実施例 9 のズームレンズの断面図であり、実施例 9 のズームレンズ 1 9 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 2 1 (A) はズームレンズ 1 9 の広角端における断面図であり、図 2 1 (B) は中間における断面図であり、図 2 1 (C) は望遠端における断面図である。

10

【 0 1 3 7 】

実施例 9 のズームレンズ 1 9 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 G r 1 と、第 2 レンズ群 G r 2 と、第 3 レンズ群 G r 3 と、第 4 レンズ群 G r 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 G r 1 は、物体側に凸で負メニスカスの第 1 レンズ L 1 1 と、実質的に屈折力を有しない直角プリズムである反射光学素子 P R M と、像側に凹面を向けた略凹平で負の第 2 レンズ L 1 2 と、物体側に凸で正メニスカスの第 3 レンズ L 1 3 とを備える。このうち、反射光学素子 P R M は、平面の物体側面 1 2 a に入射した光線を直角に折り曲げる。第 2 レンズ群 G r 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、物体側に凸で負メニスカスの第 4 レンズ L 2 1 a と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 b と、物体側に凹面を向けた略凹平で負の第 6 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 G r 3 は、像側に凸で正メニスカスの第 7 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 G r 4 は、像側に凸で負メニスカスの第 8 レンズ L 4 1 からなる。ズームレンズ 1 9 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

20

【 0 1 3 8 】

図 2 2 (A) は、ズームレンズ 1 9 の広角端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 2 2 (B) は、中間における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）であり、図 2 2 (C) は、望遠端における収差図（球面収差、非点収差及び歪曲収差）である。

30

【 0 1 3 9 】

実施例 9 のズームレンズ 1 9 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 G r 2 が光軸 A X 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 G r 3 が光軸 A X 方向に沿って移動する。他のレンズ群 G r 1 , G r 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 G r 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 4 レンズ L 2 1 a と第 6 レンズ L 2 1 c と第 7 レンズ L 3 1 とはガラスモールドレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。また、実施例 9 では、第 1 レンズ L 1 1 が光軸 A X 方向に対し垂直な面内方向において移動することで、撮像面 I 上の結像のブレを補正することにより、手振れ補正を行っている。

40

【 0 1 4 0 】

〔実施例 1 0〕

本発明に含まれない参考例である実施例 1 0 のズームレンズの基本的な特徴は以下のようである。

ズーム比 = 2.85

レンズ全長 = 46.790

d11 = 4.779

【 0 1 4 1 】

50

実施例 10 のレンズデータを表 28 に示す。

[表 28]

[曲率半径、面間隔等]

Surf.N	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1*	-27.971	0.500	1.55332	71.7	4.84
2*	29.881	0.573			4.43
3	inf.	7.413	2.00100	29.1	4.38
4	inf.	0.743			2.90
5	-8.405	1.072	1.88300	40.8	2.78
6	12.070	1.489	1.84666	23.8	2.73
7	-20.390	d1			2.70
8(stop)	inf.	0.303			2.26
9*	7.301	2.579	1.82115	24.1	2.38
10	4.991	1.899	1.80420	46.5	2.19
11	-14.591	0.623	1.82115	24.1	2.11
12*	21.384	d2			2.05
13	13.671	1.391	1.49700	81.6	3.58
14	-107.269	d3			3.59
15*	13.208	3.215	1.88202	37.2	3.60
16	-9.889	0.300			3.33
17	-7.192	0.500	1.59270	35.5	3.24
18	13.326	0.583			3.02
19	inf.	0.500	1.51680	64.2	3.00
20	inf.	0.640			2.97

10

20

[非球面係数]

第1面

K=0.00000E+00, A4=0.39097E-03, A6=0.58999E-05,
A8=-0.20518E-06, A10=0.78773E-09

第2面

K=0.00000E+00, A4=0.27630E-03, A6=0.16378E-05,
A8=0.29846E-06, A10=-0.13811E-07

30

第9面

K=0.00000E+00, A4=0.18114E-03, A6=-0.14763E-05,
A8=0.87917E-06, A10=-0.50916E-07

第12面

K=0.00000E+00, A4=0.11730E-02, A6=0.85417E-05,
A8=0.50405E-05, A10=-0.28922E-06

第15面

K=0.00000E+00, A4=0.10601E-05, A6=0.12129E-04,
A8=-0.99816E-06, A10=0.54884E-07

40

【 0 1 4 2 】

実施例 10 のズームレンズの各ポジション (P o) 1 ~ 3 における全系の焦点距離 (f)、Fナンバー (F n o)、画角、撮像面对角長 (2 Y) 及び群間隔 (d 1 ~ d 3) を以下の表 29 に示す。

[表 29]

Po	f	Fno	画角	2Y
1	4.76	2.88	63.4	5.006
2	7.94	3.52	40.7	5.501
3	13.58	4.42	24.5	5.810

50

Po	d1	d2	d3
1	11.923	8.496	2.050
2	5.217	10.566	6.686
3	0.300	4.416	17.753

【 0 1 4 3 】

実施例 10 のズームレンズの各レンズ群のデータ以下の表 30 に示す。

〔表 30〕

レンズ群	始面	焦点距離 (mm)
1	1	-9.18
2	8	12.14
3	13	24.49
4	15	25.00

10

【 0 1 4 4 】

図 23 (A) ~ 23 (C) は、実施例 10 のズームレンズの断面図であり、実施例 10 のズームレンズ 20 のズーム動作の際のポジションをそれぞれ示している。すなわち、図 23 (A) はズームレンズ 20 の広角端における断面図であり、図 23 (B) は中間における断面図であり、図 23 (C) は望遠端における断面図である。

【 0 1 4 5 】

実施例 10 のズームレンズ 20 は、物体側より順に、第 1 レンズ群 Gr 1 と、第 2 レンズ群 Gr 2 と、第 3 レンズ群 Gr 3 と、第 4 レンズ群 Gr 4 とからなる。ここで、第 1 レンズ群 Gr 1 は、両凹で負の第 1 レンズ L 1 1 と、実質的に屈折力を有しない直角プリズムである反射光学素子 PRM と、接合レンズ L 1 2 とを備える。このうち、反射光学素子 PRM は、平面の物体側面 12 a に入射した光線を直角に折り曲げる。また、接合レンズ L 1 2 は、両凹で負の第 2 レンズ L 1 2 a と、両凸で正の第 3 レンズ L 1 2 b とを接合したものとなっている。第 2 レンズ群 Gr 2 は、開口絞り S と、接合レンズ L 2 1 とを備える。接合レンズ L 2 1 は、物体側に凸で負メニスカスの第 4 レンズ L 2 1 a と、両凸で正の第 5 レンズ L 2 1 b と、両凹で負の第 6 レンズ L 2 1 c とを接合したものとなっている。第 3 レンズ群 Gr 3 は、物体側に凸面を向けた略凸平で正の第 7 レンズ L 3 1 からなり、第 4 レンズ群 Gr 4 は、両凸で正の第 8 レンズ L 4 1 と、両凹で負の第 9 レンズ L 4 2 とからなる。ズームレンズ 20 は、その他に、フィルター等である平行平板 F を含む。

20

30

【 0 1 4 6 】

図 24 (A) は、ズームレンズ 20 の広角端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 24 (B) は、中間における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) であり、図 24 (C) は、望遠端における収差図 (球面収差、非点収差及び歪曲収差) である。

【 0 1 4 7 】

実施例 10 のズームレンズ 20 は、広角端から望遠端への変倍に際し、第 2 レンズ群 Gr 2 が光軸 AX 方向に沿って物体側に移動し、かつ、第 3 レンズ群 Gr 3 が光軸 AX 方向に沿って移動する。他のレンズ群 Gr 1, Gr 4 は、変倍に際し固定されており、各レンズ群 Gr 1 ~ Gr 4 の間隔を変えることにより変倍を行うことができる。また、第 3 レンズ群 Gr 3 を移動させることによって無限遠から有限距離への合焦を行うことができる。なお、第 4 レンズ L 2 1 a と第 6 レンズ L 2 1 c と第 7 レンズ L 3 1 とはガラスモールドレンズ、それ以外のレンズはガラス材料による研磨レンズを想定している。また、実施例 10 では、第 1 レンズ L 1 1 が光軸 AX 方向に対し垂直な面内方向において移動することで、撮像面 I 上の結像のブレを補正することにより、手振れ補正を行っている。

40

【 0 1 4 8 】

以下の表 31 は、参考のため、各条件式 (1) ~ (8) に対応する各実施例 1 ~ 10 の値をまとめたものである。

〔表 31〕

【表31】

条件式	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	n_{21}	d_{2g}/fW	$n_{2p1}-n_{2n}$	$\nu_{2p2}-\nu_{2n}$	d_{11}/fW	n_{prm}	$\nu_{1n}-\nu_{1p}$	ν_3
実施例1	1.851	1.125	0.152	37.0	0.738	2.001	19.9	56.2
実施例2	1.851	0.832	0.152	33.8	0.514	2.001	21.8	56.2
実施例3	1.821	1.127	0.122	37.0	0.880	2.001	45.4	56.2
実施例4	1.851	1.104	0.152	41.6	0.475	1.635	19.9	56.2
実施例5	1.851	0.768	0.152	41.6	0.529	2.001	19.3	56.2
実施例6	1.882	0.802	0.183	41.6	0.526	2.001	33.8	56.2
実施例7	1.592	1.516	-0.319	46.3	1.326	1.847	4.0	—
実施例8	1.821	1.263	0.122	41.6	0.861	2.001	31.4	—
実施例9	1.923	1.508	—	—	1.780	2.001	38.6	81.6
実施例10	1.821	1.071	—	—	1.003	2.001	17.0	81.6

以上の表31において、条件式(3)及び(4)に関する「-」は、第2レンズ群が正負正以外の構成であることを意味し、条件式(8)に関する「-」は、第3レンズ群が単レンズ以外、又はズームレンズの群構成が負正負正若しくは負正正以外であることを意味する。

【0149】

以上では、実施形態や実施例に即して本発明を説明したが、本発明は、上記実施形態等に限定されるものではない。

【0150】

最近では、プラスチック材料中に無機微粒子を混合させ、プラスチック材料の温度変化を小さくできることが分かってきた。詳細に説明すると、一般に透明なプラスチック材料に微粒子を混合させると、光の散乱が生じ透過率が低下するため、光学材料として使用することは困難であったが、微粒子の大きさを透過光線の波長より小さくすることにより、散乱が実質的に発生しないようにできる。プラスチック材料は温度が上昇することにより屈折率が低下してしまうが、無機粒子は温度が上昇すると屈折率が上昇する。そこで、これらの温度依存性を利用して互いに打ち消しあうように作用させることにより、屈折率変化がほとんど生じないようにすることができる。具体的には、母材となるプラスチック材料に最大長が20ナノメートル以下の無機粒子を分散させることにより、屈折率の温度依存性のきわめて低いプラスチック材料となる。例えばアクリルに酸化ニオブ(Nb_2O_5)の微粒子を分散させることで、温度変化による屈折率変化を小さくすることができる。本発明において、例えば実施例1の第7及び第8レンズL31, L41のようなプラスチックレンズに、このような無機粒子を分散させたプラスチック材料を用いることにより、ズームレンズ全系の温度変化時の像点位置変動をより小さく抑えることが可能となる。

【0151】

近年、撮像装置を低コストに且つ大量に実装する方法として、予め半田がポッティングされた基板に対し、ICチップその他の電子部品と光学素子とを載置したままリフロー処理(加熱処理)し、半田を熔融させることにより電子部品と光学素子とを基板に同時実装するという技術が提案されている。このようなリフロー処理を用いて実装を行うためには、電子部品とともに光学素子を約200~260に加熱する必要があるが、このような高温下では、熱可塑性樹脂を用いたレンズは熱変形し或いは変色して、その光学性能が低下してしまうという問題点がある。このような問題を解決するための方法のひとつとして、耐熱性能に優れたガラスモールドレンズを使用し、小型化と高温環境での光学性能を両立する技術が提案されているが、熱可塑性樹脂を用いたレンズよりも一般にコストが高い。そこで、ズームレンズ(具体的には例えば実施例1の第7及び第8レンズL31, L41)の材料にエネルギー硬化性樹脂を使用することで、ポリカーボネイト系やポリオレフィン系のような熱可塑性樹脂を用いたレンズに比べ、高温に曝されたときの光学性能の低下が小さいため、リフロー処理に有効であり、かつガラスモールドレンズよりも製造しやすく安価となり、ズームレンズを組み込んだ撮像装置の低コストと量産性とを両立でき

10

20

30

40

50

る。なお、エネルギー硬化性樹脂とは、熱硬化性樹脂及び紫外線硬化性樹脂のいずれをも指すものとする。

【0152】

なお、本発明は、明細書に記載の実施例に限定されるものではなく、他の実施例・変形例を含むことは、本明細書に記載された実施例や思想から本分野の当業者にとって明らかである。例えば、実質的にパワーを持たないダミーレンズその他の光学素子をさらに付与した場合でも本発明の適用範囲内である。

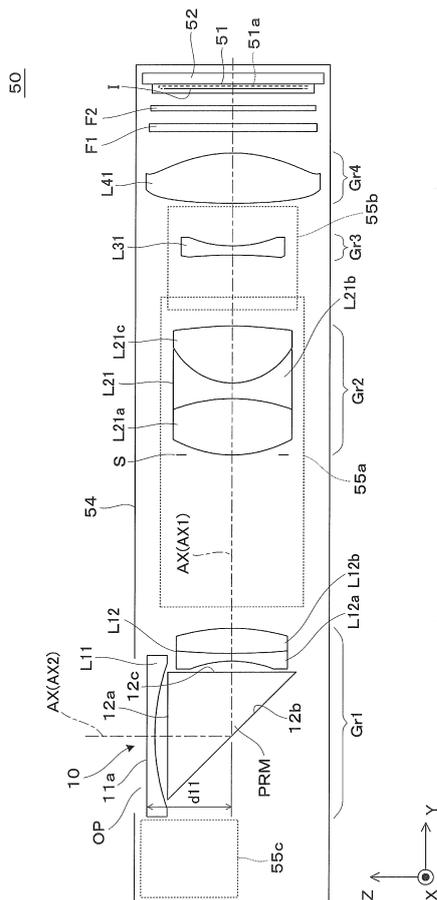
【符号の説明】

【0153】

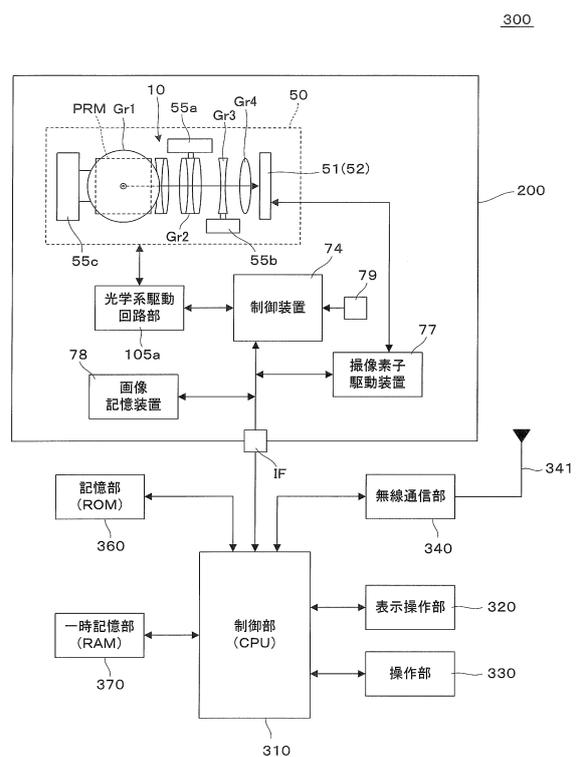
A X ... 光軸、 F ... 平行平板、 Gr 1 ~ Gr 4 ... レンズ群、 I ... 撮像素子、 L 1 1 , L 1 2 ... 第 1 群のレンズ、 L 2 1 ... 第 2 群のレンズ、 L 3 1 ... 第 3 群のレンズ、 L 4 1 ... 第 4 群のレンズ、 O P ... 開口部、 P R M ... 反射光学素子、 ズームレンズ 1 1 ~ 2 0、 5 0 ... カメラモジュール、 5 1 ... 撮像素子、 5 1 a ... 光電変換部、 5 4 ... 鏡筒部、 5 5 a , 5 5 b , 5 5 c ... 駆動機構、 7 4 ... 制御装置、 7 7 ... 撮像素子駆動装置、 7 8 ... 画像記憶装置、 7 9 ... 手ぶれセンサー、 1 0 5 a ... 光学系駆動回路部、 2 0 0 ... 撮像機能部、 3 0 0 ... 携帯通信端末

10

【図 1】

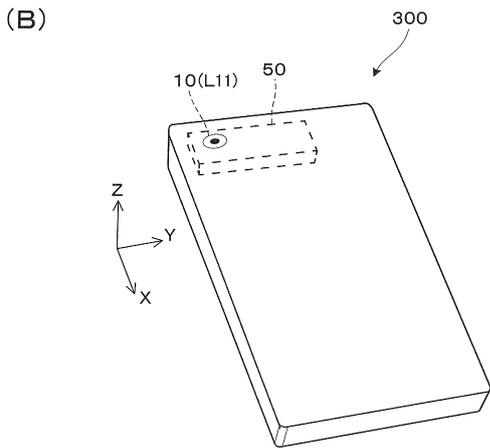
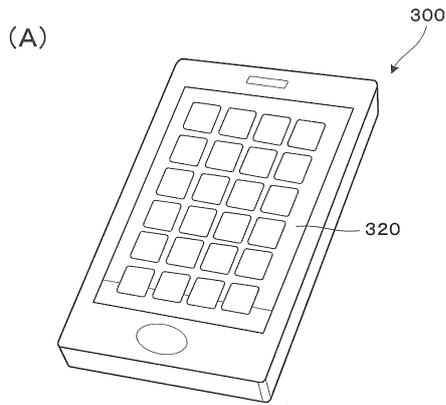


【図 2】

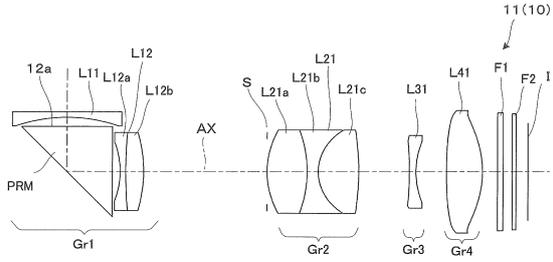


300

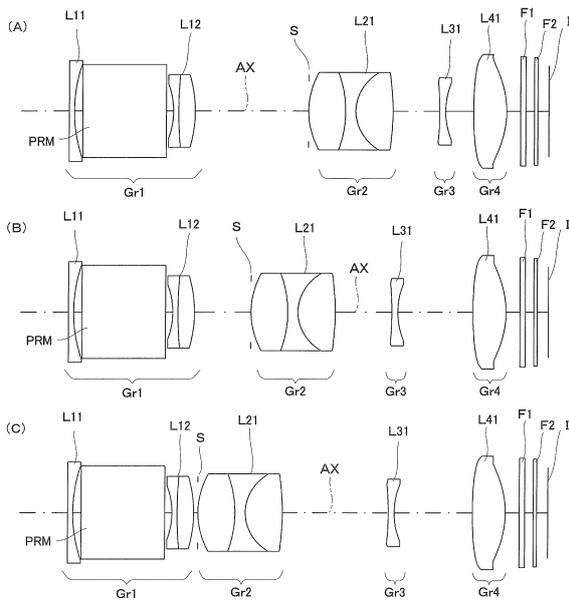
【図3】



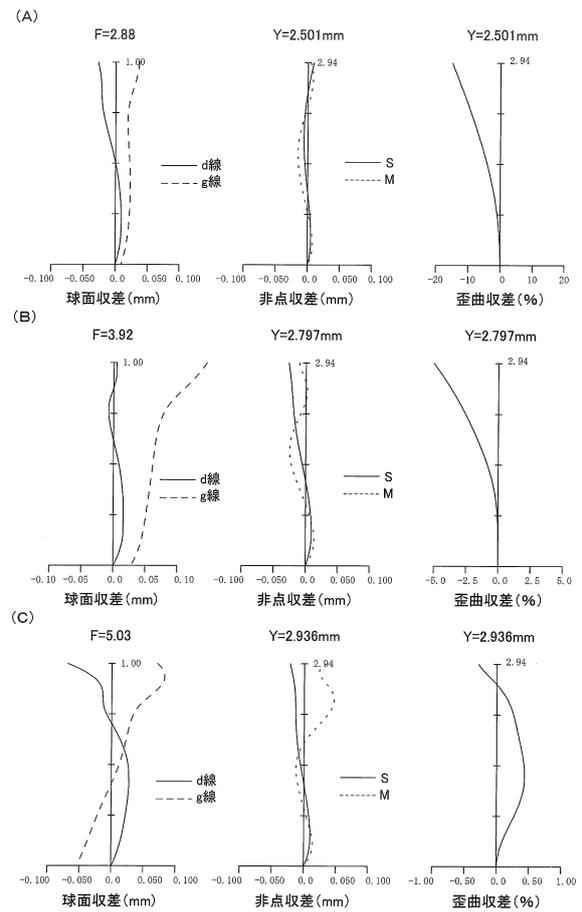
【図4】



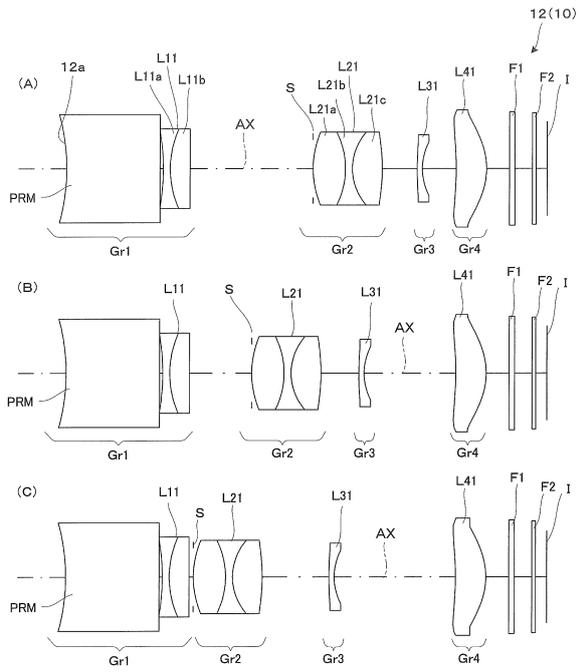
【図5】



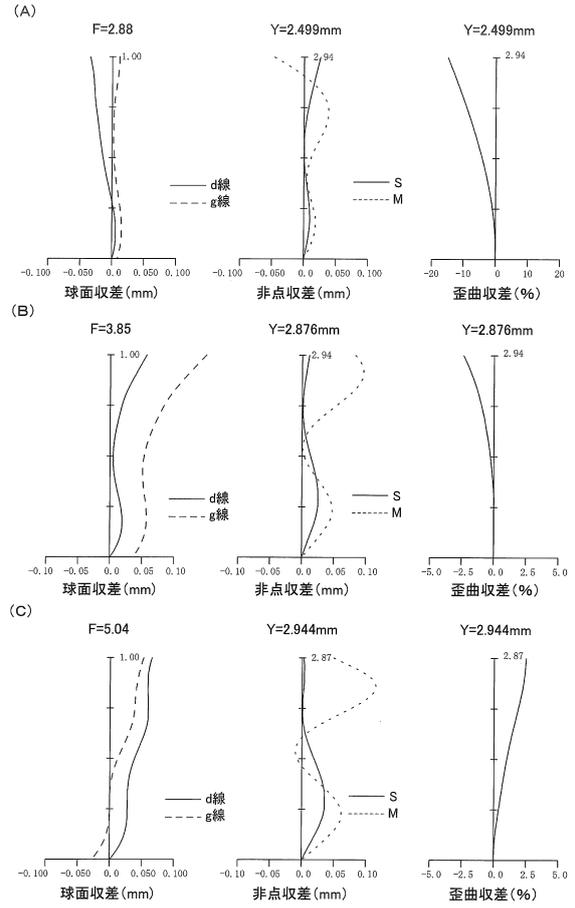
【図6】



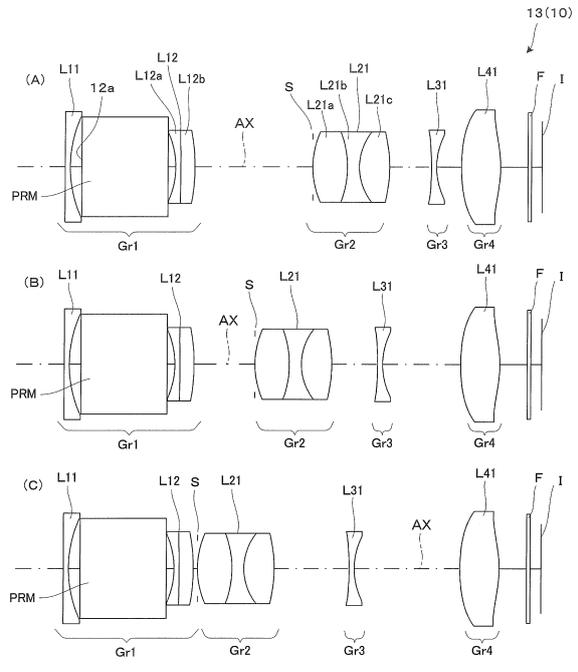
【図7】



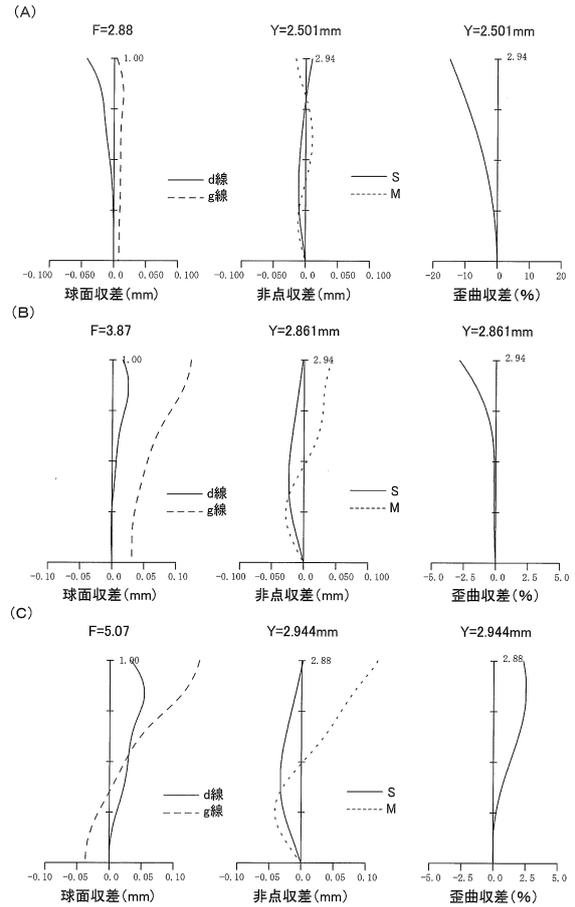
【図8】



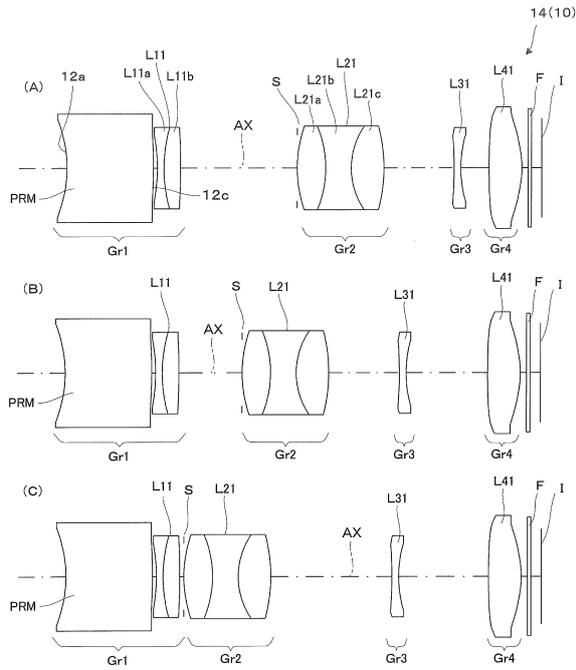
【図9】



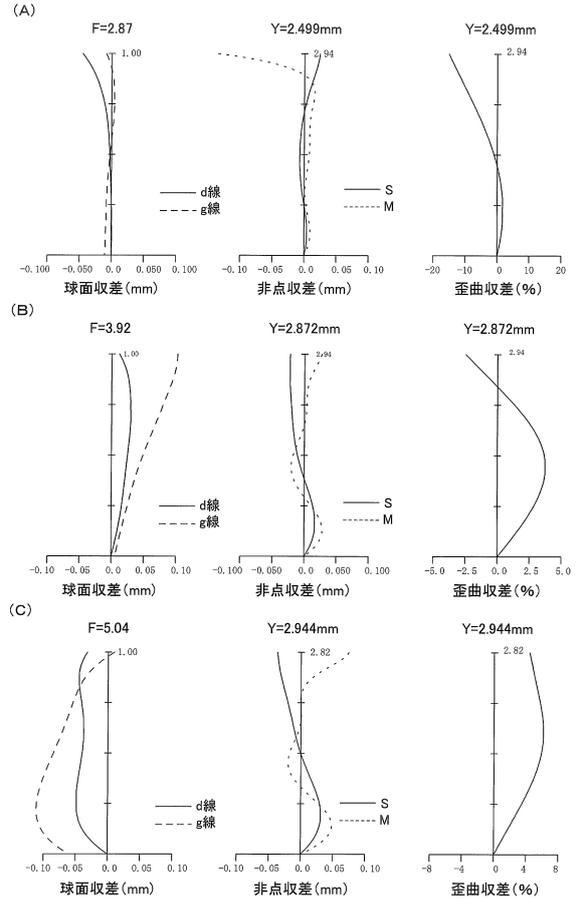
【図10】



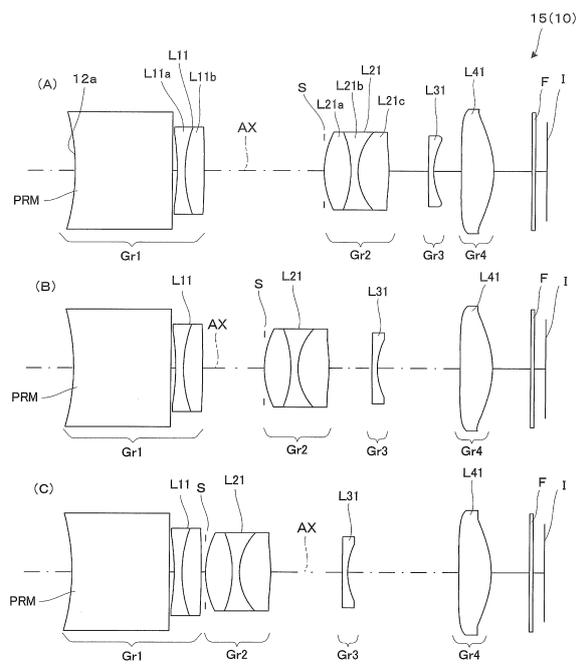
【図11】



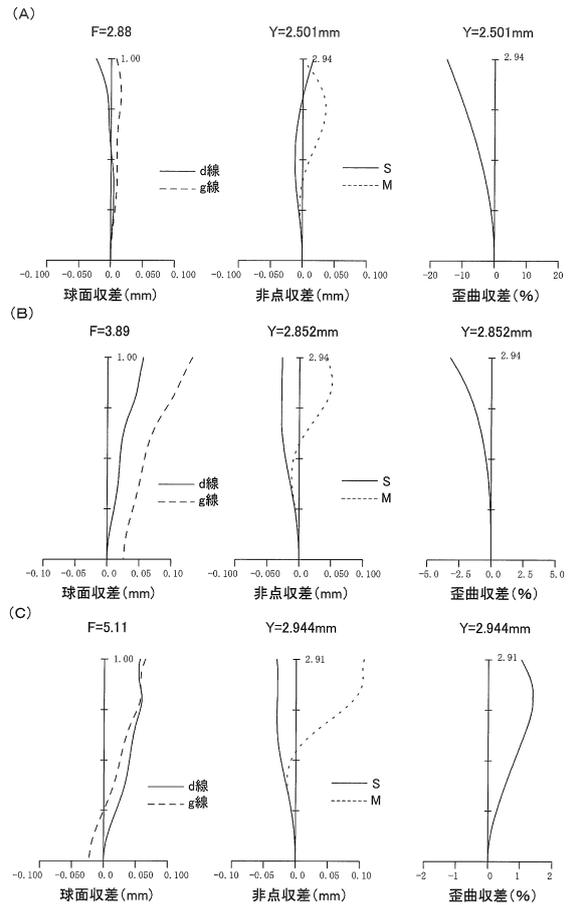
【図12】



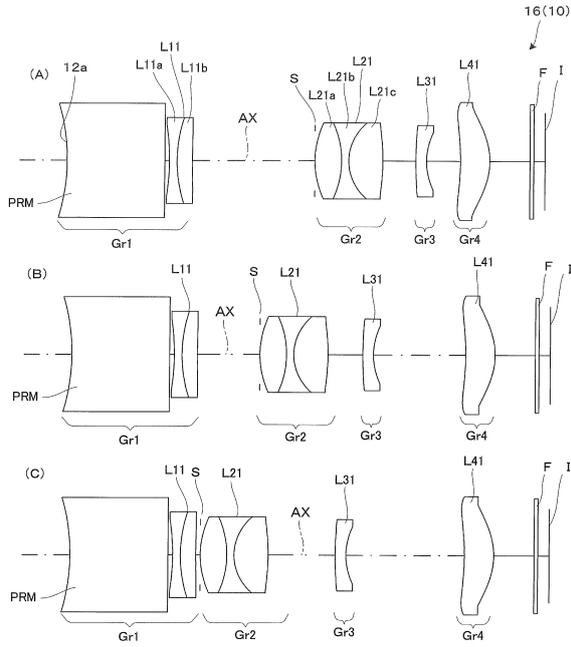
【図13】



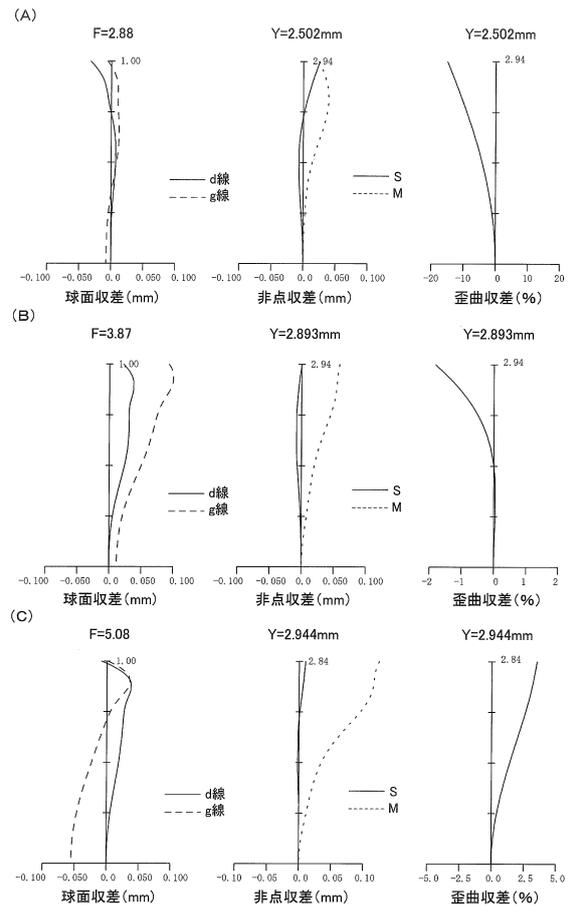
【図14】



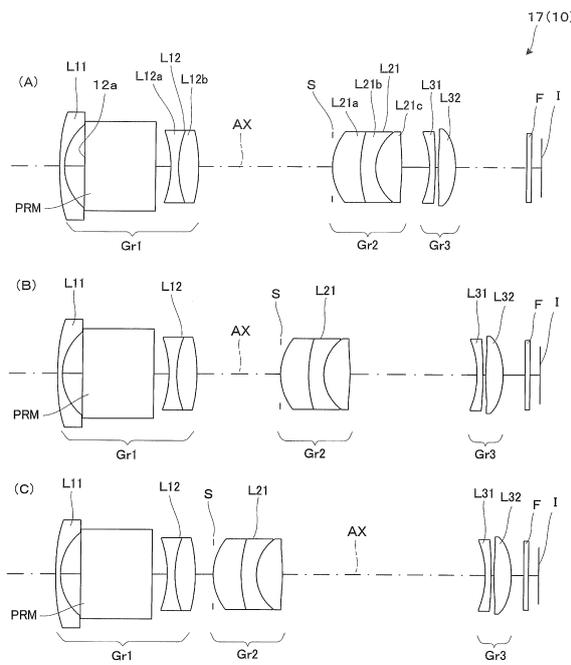
【図15】



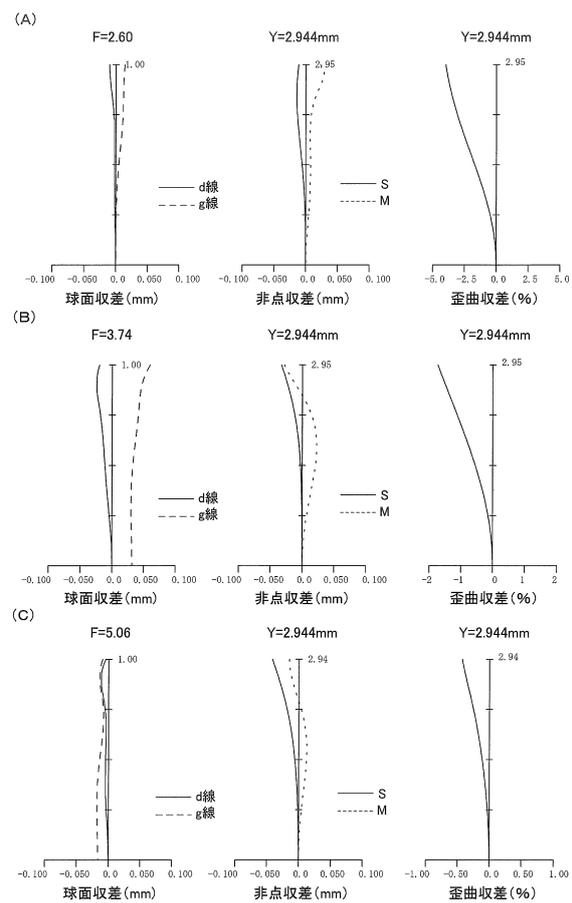
【図16】



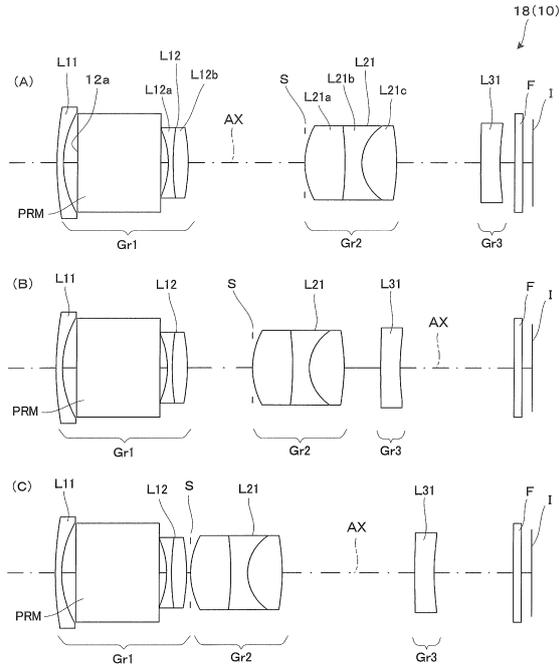
【図17】



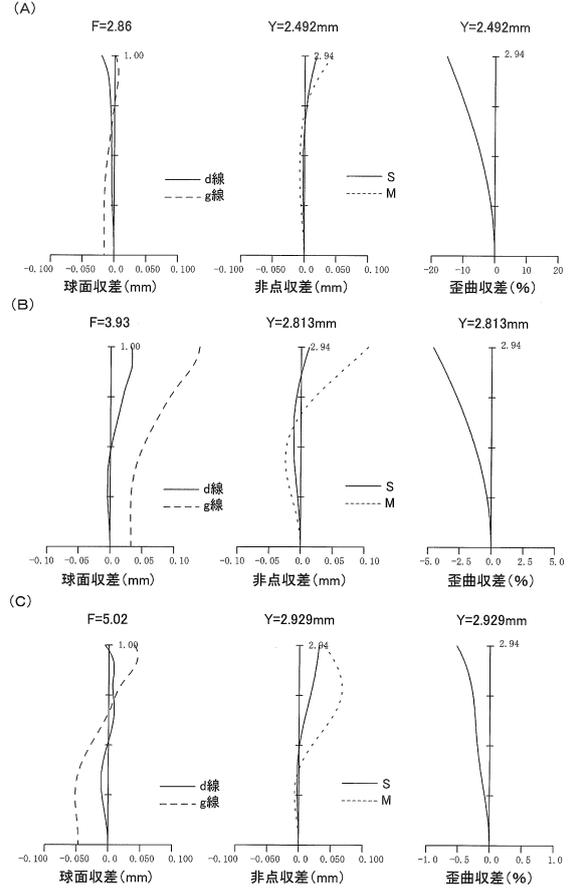
【図18】



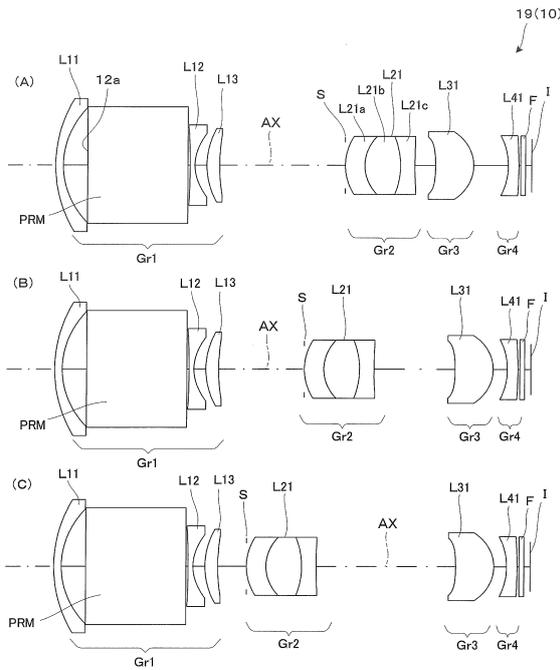
【図19】



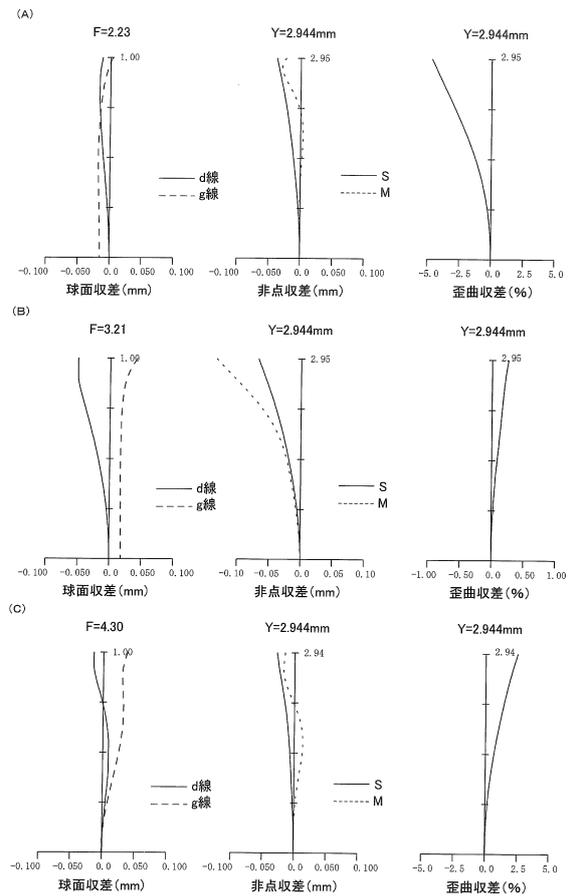
【図20】



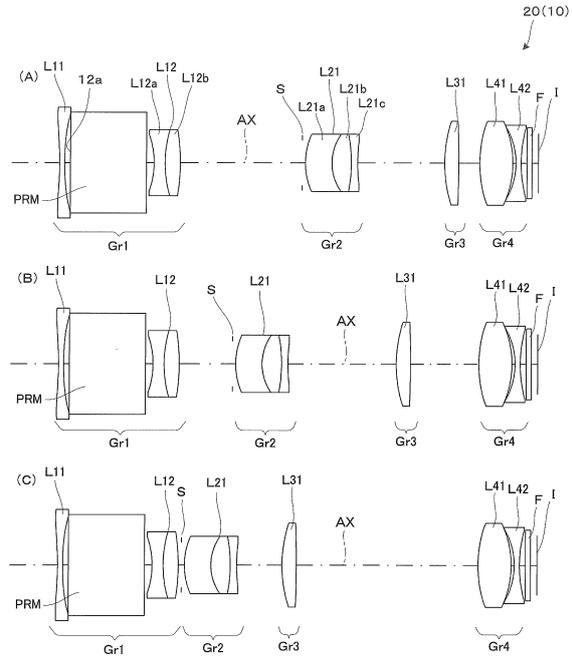
【図21】



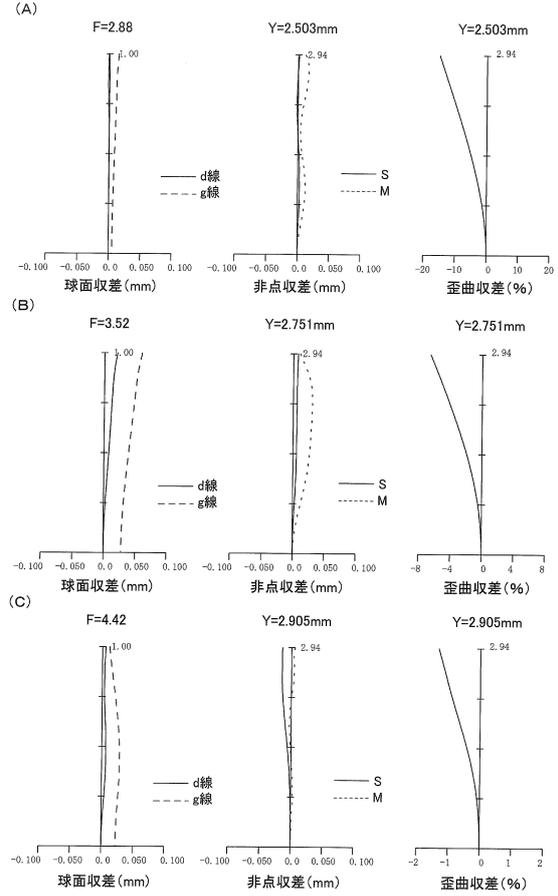
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-039523(JP,A)
特開2007-322788(JP,A)
特開2007-155948(JP,A)
特開2012-108279(JP,A)
特開2009-216941(JP,A)
特開2012-058406(JP,A)
特開2005-037576(JP,A)
特開2012-123030(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0056045(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0121217(US,A1)
特開2010-160278(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0225438(US,A1)
特開2006-330439(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0268431(US,A1)
米国特許出願公開第2005/0013016(US,A1)

(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
G03B 5/00