

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6108733号
(P6108733)

(45) 発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日(2017.3.17)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 11 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2012-201330 (P2012-201330)
 (22) 出願日 平成24年9月13日 (2012.9.13)
 (65) 公開番号 特開2014-56133 (P2014-56133A)
 (43) 公開日 平成26年3月27日 (2014.3.27)
 審査請求日 平成27年9月7日 (2015.9.7)

(73) 特許権者 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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 白砂 貴司
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【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、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を d_{max} 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を d_{ave} 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を R_1 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを BLD_1 、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さを DAL_{12} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における前記ズームレンズの最も物体側のレンズ面から最も像側のレ

10

20

ンズ面までの光軸上の長さを $T D L t$ とするとき、

5 5 < d m a x

4 5 < d A v e

0 . 5 < R 1 / B L D 1 < 2 . 5

0 . 0 2 < D A L 1 2 / B L D 1 < 0 . 4 0

0 . 1 5 < | f 1 / T D L t | < 0 . 2 5

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群 $L R 1$ と正の屈折力のレンズ群 $L R 2$ より構成され、広角端に比べて望遠端において、前記レンズ群 $L R 1$ と前記レンズ群 $L R 2$ の間隔が大きくなるように、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記レンズ群 $L R 1$ と前記レンズ群 $L R 2$ は物体側に移動し、

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を $d m a x$ 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を $d A v e$ 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を $R 1$ 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを $B L D 1$ 、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さを $D A L 1 2$ とするとき、

5 5 < d m a x

4 5 < d A v e

0 . 5 < R 1 / B L D 1 < 2 . 5

0 . 0 2 < D A L 1 2 / B L D 1 < 0 . 4 0

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 3】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

前記後群は、正の屈折力の第2レンズ群より構成され、

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を $d m a x$ 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を $d A v e$ 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を $R 1$ 、前

10

20

30

40

50

記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さをBLD1、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さをDAL12とするとき、

$$5.5 < d_{max}$$

$$4.5 < d_{ave}$$

$$0.5 < R1 / BLD1 < 2.5$$

$$0.02 < DAL12 / BLD1 < 0.40$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項4】

前記第1レンズ群は正レンズを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。 10

【請求項5】

前記第1レンズ群の焦点距離をf1とするとき、

$$0.25 < |f1 / BLD1| < 0.45$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。 20

【請求項6】

前記第1レンズ群の焦点距離をf1、望遠端における全系の焦点距離をftとするとき、

$$0.65 < |f1 / ft| < 0.95$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のズームレンズ。 20

【請求項7】

前記第1レンズ群は、最も像側に正レンズを有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。 20

【請求項8】

前記後群は、正の屈折力を有しフォーカシングに際して移動するレンズ群を含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズ。 30

【請求項9】

前記第1レンズ群と前記後群の間に、フレアーカット絞りを有することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載のズームレンズ。 30

【請求項10】

前記フレアーカット絞りは、ズーミングに際して前記第1レンズ群および前記後群と異なる軌跡で光軸上を移動することを特徴とする請求項9に記載のズームレンズ。 30

【請求項11】

請求項1乃至10のいずれか1項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮像装置の撮影光学系として好適なものである。 40

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、等の撮像装置においては、広画角で歪曲が小さく、更には高性能（高解像力）なズームレンズであること等が要求されている。また像面側にクイックリターンミラーを配置する一眼レフカメラの交換レンズの場合は十分な長さのバックフォーカスを有することが要求されている。広画角のズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型のズームレンズが知られている。撮影全画角100度以上の広角域からの 50

ズーミングが可能な、広画角のズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【0003】

特許文献1では、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正又は負の屈折力の第4レンズ群より成る、広角端での撮影全画角120度で、ズーム比2程度の広画角のズームレンズを開示している。特許文献2では、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群より成る、広角端での撮影全画角114.7度で、ズーム比1.65程度の広画角のズームレンズを開示している。

【0004】

この他、特許文献2では負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群よりなり、広角端での撮影全画角114.7度でズーム比1.65程度の広画角のズームレンズを開示している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-106878公報

【特許文献2】特開2007-94174公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、撮像装置に用いられるズームレンズは、広画角、高解像力であることが強く要望されている。前述したネガティブリード型のズームレンズにおいて広画角化及び高解像力化を図るには、例えは負の屈折力の第1レンズ群のパワーを強くする必要があり、この結果、樽型の歪曲収差が大きく発生してしまう。そのため、通常、負の屈折力の第1レンズ群に大口径の非球面レンズを使用し、歪曲を補正しつつ広画角化を図っている。

20

【0007】

一般的にネガティブリード型のズームレンズは、構成するレンズ群が非対称な配置となるため、像面湾曲や歪曲などの収差が多く発生し、これらの収差補正が難しくなる。特に撮影画角が120度を超えるような超広画角域を含むズームレンズは、物体側の負の屈折力のレンズ群の屈折力を強くする必要があり、前述の収差が多く発生してくる。

【0008】

30

なお、このような超広画角域を含む光学系で、歪曲を補正せずむしろ積極的に発生させて実質的な撮影画角を180度程度まで広げた光学系が、所謂フィッシュアイレンズとして知られている。ネガティブリード型のズームレンズにおいて広画角化を図りつつ、歪曲収差や像面湾曲を補正し、高い光学性能を得るには負の屈折力の第1レンズ群のレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。

【0009】

特許文献1では、第1レンズ群をメニスカス形状の2つの負レンズから成る第1Aレンズ群と、非球面を有したメニスカス形状の2つの負レンズを含みフォーカシングに際して移動する第1Bレンズ群とで構成している。第1Aレンズ群は、広い画角からの光線のレンズ面に対する入射角が大きくならないように、物体側に凸の形状で且つ曲率が大きいメニスカス形状の2つの負レンズを配置している。またその像側に続く第1Bレンズ群には適切な非球面を有したメニスカス形状の2つの負レンズを配置して、歪曲収差を補正している。

40

【0010】

特許文献1のズームレンズは、像面湾曲に関しては収差補正が必ずしも十分でない。また、第1Aレンズ群を構成するメニスカス形状の負レンズが高屈折率高分散材料で構成されているため、軸外の色収差が大きくなる傾向があった。

【0011】

特許文献2では、第1レンズ群を2枚の負レンズ成分を有する前方負レンズ群と、負レンズ成分と正レンズ成分を少なくとも含む後方負レンズ群とで構成している。前方負レン

50

ズ群の負レンズ成分の内、像側の負レンズ成分に適切な形状の非球面を配置して歪曲を補正している。また後方レンズ群は少なくとも負レンズと正レンズを含む構成とすることでの他軸外収差を補正している。特許文献2では、広角端において歪曲収差や像面湾曲、倍率色収差などの軸外収差が多く発生する傾向があった。

【0012】

全系の小型化を図りつつ、広画角化を図ったときの歪曲収差の発生を軽減し、良好なる光学性能を得るにはズームレンズを構成する各レンズ群のレンズ構成、各レンズ群の屈折力、ズームタイプ等を適切に設定することが重要になってくる。例えば非球面レンズを用いて、歪曲収差の発生を少なくするには、光学系中の非球面の位置や、非球面を適用するレンズ面形状や非球面量等を適切に設定することが重要である。これらの構成が不適切であると、広画角化を図りつつ、高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

10

【0013】

本発明は、広画角で全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置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】

【0014】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

20

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を d_{max} 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を d_{ave} 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を R_1 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを BLD_1 、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さを DAL_12 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における前記ズームレンズの最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを TDL_t とするとき、

30

$$5.5 < d_{max}$$

$$4.5 < d_{ave}$$

$$0.5 < R_1 / BLD_1 < 2.5$$

$$0.02 < DAL_12 / BLD_1 < 0.40$$

40

$$0.15 < |f_1 / TDL_t| < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群 L_R_1 と正の屈折力のレンズ群 L_R_2 より構成され、広角端に比べて望遠端において、前記レンズ群 L_R_1 と前記レンズ群 L_R_2 の間隔が大きくなるように、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記レンズ群 L_R_1 と前記レンズ群 L_R_2 は物体側に移動し、

50

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を d_{max} 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を d_{ave} 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を R_1 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを BLD_1 、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さを DAL_12 とするとき、

$$5.5 < d_{max}$$

$$4.5 < d_{ave}$$

$$0.5 < R_1 / BLD_1 < 2.5$$

$$0.02 < DAL_12 / BLD_1 < 0.40$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなるズームレンズであって、

前記後群は、正の屈折力の第2レンズ群より構成され、

前記第1レンズ群の最も物体側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負の屈折力を有する第11レンズが配置され、前記第11レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第1レンズ群は、前記第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有し、前記第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、前記第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有し、

前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を d_{max} 、前記第11レンズと前記第12レンズと前記第13レンズの材料のアッペ数の平均値を d_{ave} 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を R_1 、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを BLD_1 、前記第11レンズの非球面形状のレンズ面から前記第12レンズの非球面形状のレンズ面までの光軸上の長さを DAL_12 とするとき、

$$5.5 < d_{max}$$

$$4.5 < d_{ave}$$

$$0.5 < R_1 / BLD_1 < 2.5$$

$$0.02 < DAL_12 / BLD_1 < 0.40$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、広画角で全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明における実施例1のズームレンズの断面図

【図2】(A)(B) 本発明における実施例1のズームレンズの物体距離無限時における広角端と望遠端における収差図

【図3】本発明における実施例2のズームレンズの断面図

【図4】(A)(B) 本発明における実施例2のズームレンズの物体距離無限時における広角端と望遠端における収差図

【図5】本発明における実施例3のズームレンズの断面図

【図6】(A)(B) 本発明における実施例3のズームレンズの物体距離無限時における広角端と望遠端における収差図

【図7】本発明における実施例4のズームレンズの断面図

【図8】(A)(B) 本発明における実施例4のズームレンズの物体距離無限時における広角端と望遠端における収差図

10

【図9】本発明における実施例5のズームレンズの断面図

【図10】(A)(B) 本発明における実施例5のズームレンズの物体距離無限時における広角端と望遠端における収差図

【図11】本発明の撮像装置の要部説明図

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、1以上のレンズ群を含み、正の屈折力の後群から構成されている。そして広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群と後群の間隔が小さくなるようにレンズ群が移動する。第1レンズ群は、第11レンズより像側に、第12レンズと第13レンズを有している。第12レンズは、光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有している。第13レンズは、光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有している。

20

【0018】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

30

【0019】

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。図9は本発明の実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。実施例1乃至5はズーム比2.06、開口比4.10のズームレンズである。

40

【0020】

図11は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ(撮像装置)の要部概略図である。レンズ断面図において、左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。レンズ断面図において、L1は負の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群である。LRは1以上のレンズ群を含み正の屈折力の後群である。実施例1乃至5において後群LRは物体側から像側へ順に正の屈折力のレンズ群LR1と正の屈折力のレンズ群LR2より構成されている。

【0021】

SPは撮影時の絞り値に応じた撮影光束径を制御する開口径可変の撮影光束径決定部材(以下「開口径絞り」と呼ぶ)である。SSP1、SSP2はズーミングに合わせて開口径が変化する開放Fナンバー絞り(フレアーカット絞り)であり、各ズーム位置での開放F

50

ナンバーを決定している。また同時に、開放 F ナンバー光束より外側のフレアー光をカット（遮光）している。

【 0 0 2 2 】

I P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。球面収差図において、実線は d 線（波長 5 8 7 . 6 n m ）、2 点鎖線は g 線（波長 4 3 5 . 8 n m ）である。非点収差図において点線 M はメリディオナル像面、実線 S はサジタル像面を表している。また、倍率色収差は、d 線を基準とした際の g 線の差分を表している。

10

【 0 0 2 3 】

F n o は F ナンバーである。 は撮影半画角（度）である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上、光軸上移動可能な両端に位置したときのズーム位置をいう。レンズ断面図において、矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。実施例 1 乃至 4 のズームレンズでは、広角端から望遠端の位置へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が像側に凸状の軌跡を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。レンズ群 L R 1 は物体側に単調に移動している。

【 0 0 2 4 】

レンズ群 L R 2 は物体側に移動している。このとき広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 とレンズ群 L R 1 との間隔が小さく、レンズ群 L R 1 とレンズ群 L R 2 との双方の間隔が増大するように各レンズ群が移動している。レンズ群 L R 1 はフォーカシング用のレンズ群である。レンズ群 L R 1 を像側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。

20

【 0 0 2 5 】

実施例 1 乃至 3 において開口絞り S P と開放 F ナンバー絞り S S P 1 はレンズ群 L R 1 の物体側に位置し、ズーミングに際してレンズ群 L R 1 と一体的に（同じ軌跡で）移動する。開放 F ナンバー絞り S S P 2 はレンズ群 L R 2 内に配置されている。そして開放 F ナンバー絞り S S P 2 は、ズーミングに際してレンズ群 L R 2 と一体的に移動する。

【 0 0 2 6 】

30

実施例 4 において開口絞り S P はレンズ群 L R 2 の物体側に位置し、また開放 F ナンバー絞り S S P 2 はレンズ群 L R 2 内に配置されており、ズーミングに際してレンズ群 L R 2 と一体的に移動する。開放 F ナンバー絞り S S P 1 はレンズ群 L R 1 の物体側に位置し、ズーミングに際して独立に（他の部材とは異なった軌跡で）移動する。尚、実施例 1 乃至 4 においてレンズ群 L R 1 とレンズ群 L R 2 はズーミングに際して一体的に（同じ軌跡で）移動しても良い。

【 0 0 2 7 】

実施例 5 のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が像側に凸状の軌跡を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第 2 レンズ群 L 2 が物体側に単調に移動して主たる変倍を行っている。このとき広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔が一定である。

40

【 0 0 2 8 】

第 2 レンズ群 L 2 の一部のレンズ群 L R 1 を像側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。開口絞り S P と開放 F ナンバー絞り S S P 1 は、第 2 レンズ群 L 2 の物体側に位置し、ズーミングに際して第 2 レンズ群 L 2 と一体的に移動する。

【 0 0 2 9 】

開放 F ナンバー絞り S S P 2 はレンズ群 L R 2 内に配置されており、ズーミングに際してレンズ群 L R 2 と一体的に移動する。各実施例では、広角端から望遠端へのズーミング

50

に際し負の屈折力の第1レンズ群L1と正の屈折力の後群LRの空気間隔が狭くなるよう に、第1レンズ群L1が像側に凸状を描く軌跡で光軸上を移動し、後群LRは物体側に単 調に移動している。

【0030】

このような移動をすることで、撮影画角120度を超える超広画角のズームレンズを得 ている。特に広角端から望遠端へのズーミングを効率良く行い、第1レンズ群L1の動き により変倍による像面位置の補正も確実に行っている。第1レンズ群L1は、最も物体側 に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり負（負の屈折力）を有する第11レンズ G11を有している。第11レンズG11は物体側のレンズ面、像側のレンズ面共に開角 の大きい、物体側に大きく凸の形状をしたメニスカス形状で、且つ少なくとも1面が非球 面を有する形状である。

【0031】

第11レンズG11に配する非球面の内、最も物体側の非球面は光軸（レンズ中心）か ら周辺（レンズ周辺）に向かって正の屈折力の強くなる非球面形状である。以下、この非 球面を第1非球面と称する。第11レンズG11の像側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形 状の負の第12レンズG12を有している。第12レンズG12の1つのレンズ面は光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状である。以下、この非球面を 第2非球面と称する。

【0032】

また更に第12レンズG12の像側に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第 13レンズを有している。第13レンズG13の1つのレンズ面は光軸から周辺に向かって 負の屈折力の強くなる非球面形状である。以下この非球面を第3非球面と称する。また 第13レンズG13の像側には、像側に凹面を向けた負の第14レンズG14、像側に凹 面を向けた負の第15レンズG15、両凸形状の正（正の屈折力）の第16レンズを有し ている。第1レンズ群L1は最も像側に正レンズを配置した6枚より構成している。

【0033】

第1非球面は、広画角の光線を像面に導くために最も物体側に配置した第11レンズG 11で発生する強い負の歪曲収差を補正している。

【0034】

本発明のような撮影画角120度を超えるような超広画角のズームレンズでは、最も物 体側のレンズでこの歪曲収差を補正するのが有効である。また、一般的にはこのような超 広画角のズームレンズでは前玉（第1レンズ群）が大型化してくる。その大型化を極力抑 制しつつ歪曲収差を十分補正するためには、最も物体側のレンズが全述のような非球面を 有することが重要となる。また、超広画角化で大きく発生する負の歪曲収差を補正するに は、第11レンズG11が光軸から周辺に向かって正の屈折力が強くなる非球面形状のレンズ面を有するのが良い。

【0035】

本発明では、第1非球面より像側に更にもう1面、光軸から周辺に向かって正の屈折力 が強くなる非球面形状の第2非球面を配置している。これにより、超広画角化により発生 する歪曲収差の補正を2つの非球面で分担して、歪曲収差を小さく補正している。また、 2つの非球面により収差補正を分担することで、広角端から望遠端まで軸外光線の通過高 さが変わるズーム全域で歪曲収差を良好に補正している。また更に、2つの非球面を用い ることで収差補正に必要な各々の非球面形状が極端に球面から乖離した形状とならないよ うにして、他の収差の発生を抑制している。

【0036】

また、第1非球面より像側に配置した光軸から周辺に向かって負の屈折力が強くなる非 球面形状の第3非球面では、広画角系の光学系で多く発生する像面湾曲を補正している。

【0037】

一般に本発明のようなレトロフォーカスタイルのズームレンズなどの非対称形の広画角 系のズームレンズでは、画面周辺部で像面が急激にオーバー方向に倒れる像面湾曲が発生

10

20

30

40

50

する。本発明のズームレンズのように超広画角化を図るとその傾向は特に強くなる。このため、光軸からレンズ周辺に向かって負の屈折力が強くなる第3非球面でその像面湾曲を補正している。

【0038】

本発明のような超広画角域を含むズームレンズは、特に広角端で増大する歪曲収差と像面湾曲をバランス良く補正することが重要である。そのために本発明では、補正効果をもたらす非球面を第1レンズ群L1に3つ配置している。

【0039】

第11レンズG11と第12レンズG12と第13レンズG13の材料の中でアッペ数が最も大きい材料のアッペ数を d_{max} とする。第11レンズG11と第12レンズG12と第13レンズG13の材料のアッペ数の平均値を d_{Ave} とする。第1レンズ群L1の最も物体側のレンズ面が球面形状の場合はその曲率半径、非球面形状の場合は参照球面の曲率半径を R_1 、第1レンズ群L1の最も物体側のレンズ面から第1レンズ群L1の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを B_{LD1} とする。第11レンズG11の非球面形状のレンズ面(第1非球面)から第12レンズG12の非球面形状のレンズ面(第2非球面)までの光軸上の長さを D_{AL12} とする。このとき、

$$5.5 < d_{max} \dots (1)$$

$$4.5 < d_{Ave} \dots (2)$$

$$0.5 < R_1 / B_{LD1} < 2.5 \dots (3)$$

$$0.02 < D_{AL12} / B_{LD1} < 0.40 \dots (4)$$

なる条件式を満足している。

【0040】

次に各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)と条件式(2)は、共に第1非球面ないし第3非球面が含まれた各レンズの材料のアッペ数を規定する。即ち第1レンズ群L1の中でも物体側寄りに位置するレンズの材料のアッペ数を規定するもので、主に倍率色収差を良好に補正するための条件式である。

【0041】

条件式(1)を満足する材料を使用したレンズに第1非球面ないし第3非球面までのいずれか1つが含まれないと、倍率色収差を十分に補正することが困難となる。第1非球面ないし第3非球面を含むレンズは第1レンズ群L1内の物体側寄りに位置する。このため、広い画角からの光線を効率良く取り込むために物体側に凸を向けた比較的開角の大きいメニスカス形状とすることが望ましい。開角の大きいメニスカス形状の負レンズは、光軸上のレンズ厚に比べてレンズ周辺部でのレンズ厚が大きくなり、光線がそのレンズ周辺部を通過する際に収差が大きく発生する。

【0042】

そのため、その光軸上とレンズ周辺部でのレンズ厚の偏肉比を出来る限り小さくするよう、これらのレンズに比較的屈折率の高い材質を使用することが望ましい。しかし一般的のガラス材では、屈折率の高い材質は色分散が大きい(アッペ数が小さい)傾向となる。このため、特に前述のような偏肉比の大きいメニスカス形状の負レンズでは、レンズ周辺を通る光線で色収差が大きく発生していく。

【0043】

超広画角レンズにおいて第1レンズ群L1の物体側寄りに位置するレンズでは軸外光線の光線高さの変化が大きい。このため、一般的な正レンズと負レンズの組合せによる色収差の補正という手法が難しく、個々のレンズで極力色収差を発生させないことが肝要である。そのため、少なくとも1つのレンズは条件式(1)を満足する材料より構成するのが良い。

【0044】

また、第1非球面ないし第3非球面までの少なくとも1つを有するレンズのうち、1つが条件式(1)を満足していても、非球面を含む他のレンズに極端に色分散の大きい材質を使用してしまうと倍率色収差の抑制効果が損なわれてしまう。そのため、第1非球面な

10

20

30

40

50

いし第3非球面までの少なくとも1つを含むレンズは平均的に色分散の大きくない材料より形成することが重要であり、そのことから条件式(2)を満足することが良い。

【0045】

各実施例では、第12レンズG12に第2非球面を配しており、その第12レンズG12が条件式(1)を満足する材料で形成されている。そして、第1非球面ないし第3非球面までを順に含む第11レンズG11、第12レンズG12、第13レンズG13の材料の平均アッベ数は条件式(2)を満足している。

【0046】

条件式(3)は第1レンズ群L1の最も物体側のレンズ面に関して、その曲率半径、若しくはその最も物体側のレンズ面が非球面形状であった場合はその参照球面の曲率半径R1と、第1レンズ群L1の光軸上の全長BLD1を規定している。ここで、対象レンズ面が非球面形状であった時の参照球面は、光軸と非球面が交わる点と、当該非球面上の光線有効径最外周部(光軸を中心とした円周)とを面上に含む球面として定義する。

【0047】

条件式(3)は、全系の最も物体側に位置するレンズ面の曲率半径(当該面が非球面形状の場合は、その参照球面の曲率半径)と第1レンズ群L1の光軸上の全長との比を規定する。条件式(3)は、第1レンズ群L1の大きさと性能、及び加工性のバランスを良好に設定している。

【0048】

条件式(3)の下限を超えて最も物体側のレンズ面の曲率半径が小さくなると、当該面の開角が大きくなつて光軸付近とレンズ周辺部での偏肉比が大きくなることから軸外収差の発生が大きくなり、この軸外収差の補正が困難となる。また同時に、第11レンズG11が半球に近い形状になつてしまつたためにレンズ加工が困難となつてくる。

【0049】

一方条件式(3)の上限を超えて最も物体側のレンズ面の曲率半径が大きくなると、撮影画角120度を超えるような光線を取り込むためには第11レンズG11の径が非常に大きくなつてしまい、第1レンズ群L1が大型化してしまう。また同時にレンズ周辺部において、レンズ面に対する軸外光線の入射角が大きくなり、軸外の収差の発生が大きくなり、この軸外収差の補正が困難になる。

【0050】

条件式(4)は、第1非球面から第2非球面までの光軸上の距離と第1レンズ群L1の光軸上の全長の比を規定する。条件式(4)は主に超広画角化の際に発生する歪曲収差を良好に補正するための条件である。条件式(4)の下限を超えて第1非球面から第2非球面までの光軸上の距離が小さくなると、軸外光線が2つの非球面を通過する光線高さの変化が小さくなる。この結果、2つの非球面で収差補正を分担してズーム全域において歪曲収差を良好に補正することが困難となる。

【0051】

また条件式(4)の上限を超えて第1非球面から第2非球面までの光軸上の距離が大きくなると、第2非球面を通過する軸外光線の高さが小さくなる。このため、ズーム全域において軸外収差を独立して補正することが難しくなる。条件式(4)を満足することで、効果的に働く二つの非球面を適切な位置に配置することができて、ズーム全域において歪曲収差を良好に補正するのが容易になる。

【0052】

以上のようにレンズ構成を規定することによって、広角端における撮影画角120度を超える、しかもズーム全域において歪曲収差、倍率色収差、及び像面湾曲を良好に補正したズームレンズが容易に得られる。

【0053】

各実施例において、更に諸収差を良好に補正してより高い光学性能を得るには、第1レンズ群L1に少なくとも1つの正レンズを配置することが望ましい。各実施例のズームレンズでは前述の構成をとることにより、高い光学性能を得ている。更なる高画質化には全

10

20

30

40

50

体で負の屈折力の第1レンズ群L1内に正レンズ(正レンズ成分)を配することが望ましい。

【0054】

各実施例では、第1レンズ群L1に少なくとも3つの非球面を効果的に配置して主に歪曲収差と像面湾曲を良好に補正している。しかし他の球面収差、コマ収差、軸上色収差なども良好に補正するためには非球面による補正に加えて、負レンズ成分と正レンズ成分の組合せにより収差をキャンセルするのが良い。

【0055】

特に軸上光線に関わる収差においては、軸外光線の入射高さが小さくなり軸上光線の入射高さが大きくなる第1レンズ群L1の像側寄りの位置で、正レンズ成分による収差の打ち消しで補正を行うことが効果的である。実施例では第1レンズ群の最も像側に正レンズを配置しているが、これにより前述の3つの非球面で補正しきれなかった球面収差やコマ収差の補正を行っている。また、この正レンズを比較的高分散の(アッペ数が小さい)材料より形成することで、比較的低分散の材質で形成された負レンズとの組合せで色消しを行い、軸上色収差も良好に補正している。

【0056】

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。第1レンズ群L1の焦点距離をf1とする。望遠端における全系の焦点距離をft、望遠端における全系の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さ(光学長)をTDLtとする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0057】

$$0.25 < |f_1 / BLD_1| < 0.45 \quad \dots (5)$$

$$0.65 < |f_1 / ft| < 0.95 \quad \dots (6)$$

$$0.15 < |f_1 / TDL_t| < 0.25 \quad \dots (7)$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0058】

条件式(5)は第1レンズ群L1の焦点距離と第1レンズ群の光軸上の全長の比を規定している。条件式(5)は主に光学性能と全系の大きさのバランスを良好に保つための条件である。条件式(5)の下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が小さいと、広画角化には有利ではあるが、歪曲収差や像面湾曲、倍率色収差などの諸収差が増大してくる。また同じく条件式(5)の下限を超えるほど第1レンズ群L1の光軸上の全長が大きくなると、第1レンズ群L1のレンズ径が非常に大きくなってしまう。

【0059】

一方条件式(5)の上限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が大きくなると、撮影画角120度を超える超広画角化の達成が困難となってくる。また同じく条件式(5)の上限を超えるほど第1レンズ群L1の光軸上の全長が小さくなると、超広画角化を図りつつ、諸収差を良好に補正するのが困難になる。

【0060】

条件式(6)は第1レンズ群L1の焦点距離と望遠端における全系の焦点距離の比を規定している。条件式(6)は十分なズーム比を確保しつつズーム全域において良好な光学性能を得るための条件である。条件式(6)の下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が小さくなると、広画角化には有利ではあるが、歪曲収差や像面湾曲、倍率色収差などの諸収差が増大してズーム全域で収差を良好に補正することが困難となる。

【0061】

一方条件式(6)の上限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が大きくなると、撮影画角120度を超える超広画角化の達成が困難となってくる。また同時にズーム比2程度の十分なズーム比を得るためにには負の屈折力の第1レンズ群L1と正の屈折力の後群LRの空気間隔を広角端で大きく取る必要があり、全系が大型化してくる。

【0062】

条件式(7)は第1レンズ群L1の焦点距離と望遠端における全系の光学長の比を規定

10

20

30

40

50

している。条件式7は光学性能と光学系全系の大きさのバランスを良好に保つための条件である。条件式(7)の下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が小さいと、広画角化には有利ではあるが、歪曲収差や像面湾曲、倍率色収差などの諸収差が増大してくる。また同じく条件式(7)の下限を超えるほど望遠端における全系の光学長が大きくなると、全系が大型化してしまう。

【0063】

一方条件式(7)の上限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が大きくなると、撮影画角120度を超える超広画角化の達成が困難となってくる。また同じく条件式(7)の上限を超えるほど望遠端における全系の光学長が小さくなると、超広画角化を図りつつ、諸収差を良好に補正するのが困難になる。また。本発明のズームレンズをより好ましい形態とするには、前記各条件式の範囲を以下のように設定することが良い。

10

【0064】

5.7 < d _{max}	··· (1a)
4.7 < d _{Ave}	··· (2a)
0.7 < R1 / BLD1 < 2.0	··· (3a)
0.05 < DAL12 / BLD1 < 0.36	··· (4a)
0.28 < f1 / BLD1 < 0.42	··· (5a)
0.68 < f1 / ft < 0.95	··· (6a)
0.16 < f1 / TDLt < 0.24	··· (7a)

【0065】

20

以上のように各実施例によれば、広角端で撮影画角120度を超えるような超広画角化を有しながらも、ズーム全域で歪曲収差が小さく、倍率色収差や像面湾曲等も良好に補正した高画質を有するズームレンズが得られる。また、後群LRは正の屈折力を有し、フォーカシングに際して移動するレンズ群を含む。具体的には各実施例のズームレンズでは、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、後群LRの物体側の正の屈折力のレンズ群LR1を光軸上像側へ移動させている。

【0066】

フォーカシングに関しては、上記のような方法の他にも、第1レンズ群L1全体を移動させる方法、または第1レンズ群L1を複数の部分レンズ群に分割してその一部のレンズ群を移動させて行う方法がある。しかし、いずれの方法もフォーカシングによる収差変動が大きく、また第1レンズ群L1の有効径が大きいレンズで構成されているためフォーカスレンズ群を動かす駆動機構の負担が大きくなるため、望ましくない。

30

【0067】

後群LR内にフォーカシングに際して独立で移動をする部分レンズ群を構成し、それでフォーカシングを行うのがフォーカシングに際しての収差変動が少なくなり、またレンズ群も大型化しにくいため駆動機構の負荷の増大も防ぐことができる。

【0068】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成について説明する。

[実施例1]

実施例1は、所謂ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の後群LRより成っている。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L1と後群LRの間隔が狭くなるように、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡を描いて移動し、後群LRは物体側に単調に移動する。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、物体側が第1非球面である第11レンズG11、像側が第2非球面である第12レンズG12、像側が第3非球面である第13レンズG13を有している。

40

【0069】

第1レンズ群L1は、第13レンズG13の像側に更に、像側に凹面を向けた2つの負レンズG14、G15、正レンズG16を配置した合計6枚のレンズより構成している。後群LRは、正の屈折力のレンズ群LR1と正の屈折力のレンズ群LR2で構成されてい

50

る。そしてそのレンズ群 L R 1 を光軸上像側へ移動させることで無限遠物体から至近距離物体までのフォーカシングを行っている。また、レンズ群 L R 1 の物体側に、物体側から像側へ順に、開放 F ナンバー絞り S S P 1 と開口絞り S P を有し、レンズ群 L R 2 の中に開放 F ナンバー絞り S S P 2 を有している。

【0070】

開放 F ナンバー絞り S S P 1 と S S P 2 は、開放 F ナンバーでの中心光束を決定する役割と共に、それより外側のフレア成分をカットするフレアカッター（フレアーカット絞り）としての役割を担っている。各収差図から明らかなように、本実施例ではズーム全域で歪曲収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差が良好に補正されている。

【0071】

10

[実施例 2]

実施例 2 は、所謂ネガティブリードタイプのズームレンズであり、ズームタイプは実施例 1 と同じである。第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に、物体側が第 1 非球面である第 1 1 レンズ G 1 1 、物体側が第 2 非球面である第 1 2 レンズ G 1 2 、像側が第 3 非球面である第 1 3 レンズ G 1 3 を有している。第 1 レンズ群 L 1 は、第 1 3 レンズ G 1 3 の像側に更に、像側に凹面を向けた 2 つの負レンズ G 1 4 、 G 1 5 と正レンズ G 1 6 を配置した合計 6 枚のレンズより構成している。後群 L R の構成は、実施例 1 と同じである。

【0072】

各収差図から明らかなように、本実施例ではズーム全域で歪曲収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差が良好に補正されている。

20

【0073】

[実施例 3]

実施例 3 は、所謂ネガティブリードタイプのズームレンズであり、ズームタイプは実施例 1 と同じである。第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に、物体側が第 1 非球面である第 1 1 レンズ G 1 1 、像側が第 2 非球面である第 1 2 レンズ G 1 2 、物体側が第 3 非球面である第 1 3 レンズ G 1 3 を有している。第 1 レンズ群 L 1 は、第 1 3 レンズ G 1 3 の像側に更に、像側に凹面を向けた 2 つの負レンズ G 1 4 、 G 1 5 と正レンズ G 1 6 を配置した合計 6 枚のレンズより構成している。後群 L R の構成は、実施例 1 と同じである。

【0074】

各収差図から明らかなように、本実施例ではズーム全域で歪曲収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差が良好に補正されている。

30

【0075】

[実施例 4]

実施例 4 は、所謂ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 、正の屈折力の後群 L R より成っている。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 1 レンズ群 L 1 と後群 L R の間隔が狭くなるように、第 1 レンズ群 L 1 は像側に凸状の軌跡を描いて移動し、後群 L R は物体側に単調に移動する。第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に、物体側が第 1 非球面である第 1 1 レンズ G 1 1 、像側が第 2 非球面である第 1 2 レンズ G 1 2 、像側が第 3 非球面である第 1 3 レンズ G 1 3 を有している。

40

【0076】

第 1 レンズ群 L 1 は、第 1 3 レンズ G 1 3 の像側に更に、像側に凹面を向けた 2 つの負レンズ G 1 4 、 G 1 5 と正レンズ G 1 6 を配置した合計 6 枚のレンズより構成している。後群 L R は、正の屈折力のレンズ群 L R 1 と正の屈折力のレンズ群 L R 2 で構成されている。そしてレンズ群 L R 1 を光軸上像側へ移動させることで無限遠物体から至近距離物体までのフォーカシングを行っている。また、レンズ群 L R 1 の物体側に、物体側から像側へ順に、開放 F ナンバー絞り S S P 1 を有している。レンズ群 L R 1 の像側に開口絞り S P を有している。

【0077】

レンズ群 L R 2 の中に開放 F ナンバー絞り S S P 2 を有している。フレアカッター絞り

50

S S P 1 は、画面周辺光線の不要成分をカットする役割を担っており、全系のズームに際し第1レンズ群 L 1 及び後群 L R とは異なる軌跡で光軸上を移動し、全ズーム域で効率的にフレア成分をカットしている。開放 F ナンバー絞り S S P 2 は、開放 F ナンバーでの中心光束を決定する役割と共に、それより外側のフレア成分をカットするフレアカット絞りとしての役割を担っている。

【 0 0 7 8 】

各収差図から明らかなように、本実施例ではズーム全域で歪曲収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差が良好に補正されている。

【 0 0 7 9 】

[実施例 5]

10

実施例 5 は、所謂ネガティブリードタイプのズームレンズであり、物体側から負の屈折力の第1レンズ群 L 1 、正の屈折力の後群 L R より成っている。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群 L 1 と後群 L R の間隔が狭くなるように、第1レンズ群は像側に凸状の軌跡を描いて移動し、後群 L R は単調に物体側に移動する。

【 0 0 8 0 】

第1レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に、物体側が第1非球面である第11レンズ G 1 1 、像側が第2非球面である第12レンズ G 1 2 、像側が第3非球面である第13レンズ G 1 3 を有している。第1レンズ群 L 1 は、第13レンズ G 1 3 の像側に更に、像側に凹面を向けた2つの負レンズ G 1 4 、G 1 5 と正レンズ G 1 6 を配置した合計6枚のレンズより構成している。後群 L R は、正の屈折力のレンズ群 L R 1 と正の屈折力のレンズ群 L R 2 で構成されている。ズーミングに際して双方は一体的に移動する。

20

【 0 0 8 1 】

そしてレンズ群 L R 1 を光軸上像側へ移動させることで無限遠物体から至近距離物体までのフォーカシングを行っている。また、レンズ群 L R 1 の物体側に、物体側から像側へ順に、開放 F ナンバー絞り S S P 1 と開口絞り S P を有している。レンズ群 L R 2 の中に開放 F ナンバー絞り S S P 2 を有している。開放 F ナンバー絞り S S P 1 と開放 F ナンバー絞り S S P 2 は、開放 F ナンバーでの中心光束を決定する役割と共に、それより外側のフレア成分をカットするフレアカッターとしての役割を担っている。

【 0 0 8 2 】

各収差図から明らかなように、本実施例ではズーム全域で歪曲収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差が良好に補正されている。

30

【 0 0 8 3 】

次に、本発明のズームレンズを用いた一眼レフカメラシステム（撮像装置）の実施例を、図 1 1 において、1 0 は一眼レフカメラ本体、1 1 は本発明によるズームレンズを搭載した交換レンズである。1 2 は交換レンズ 1 1 を通して得られる被写体像を記録（受光）するフィルムや撮像素子などの記録手段である。1 3 は交換レンズ 1 1 からの被写体像を観察するファインダー光学系、1 4 は交換レンズ 1 1 で形成された被写体像を記録手段 1 2 とファインダー光学系 1 3 に切り替えて伝送するために回動するクイックリターンミラーである。

【 0 0 8 4 】

40

ファインダーで被写体像を観察する場合は、クイックリターンミラー 1 4 を介してピント板 1 5 に結像した被写体像をペントプリズム 1 6 で正立像としたのち、接眼光学系 1 7 で拡大して観察する。撮影時にはクイックリターンミラー 1 4 が矢印方向に回動して被写体像は記録手段 1 2 に結像して記録される。1 8 はサブミラー、1 9 は焦点検出装置である。

【 0 0 8 5 】

このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ等の交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有した撮像装置が実現できる。尚、本発明のズームレンズはクイックリターンミラーのないカメラにも同様に適用することができる。又、プロジェクター用の投射レンズにも同様に適用することができる。

50

次に本発明の各実施例の数値実施例を示す。各数値実施例において i は物体側からの面の順序を示し、 r_i はレンズ面の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i + 1$ 面との間のレンズ肉厚および空気間隔、 $n_{d,i}$ 、 d_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッベ数を示す。BF はバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの距離で示している。レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、K を円錐定数、B, C, D, E, F, G を各々非球面係数としたとき、

【0086】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + B \times H^4 + C \times H^6 + D \times H^8 + E \times H^{10} + F \times H^{12} + G \times H^{14}$$

【0087】

なる式で表している。また [e + X] は [×10+×] を意味し、[e - X] は [×10+×] を意味している。非球面は面番号の後に * を付加して示す。また、各光学面の間隔 d が (可変) となっている部分は、ズーミングに際して変化するものである。また前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【0088】

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	82.632	3.50	1.77250	49.6
2	32.000	7.80		
3	37.796	3.50	1.49700	81.5
4*	19.624	10.31		
5	53.844	2.80	1.85400	40.4
6*	26.898	10.00		
7	1762.189	2.00	1.78790	47.7
8	31.817	6.93		
9	-69.894	1.70	1.49700	81.5
10	71.045	0.88		
11	48.943	6.74	1.83400	37.2
12	-75.739	(可変)		
13(SSP1)		0.50		
14(絞り)(SP)		0.50		
15	21.949	1.00	1.91082	35.3
16	12.849	5.71	1.63980	34.5
17	136.848	(可変)		
18	60.499	4.20	1.54814	45.8
19	-24.873	0.28		
20	-28.096	0.80	1.91082	35.3
21	62.186	0.19		
22	29.490	2.69	1.59551	39.2
23	129.957	1.63		
24(SSP2)		0.09		
25	34.258	0.90	1.83481	42.7
26	12.704	4.24	1.49700	81.5
27	43.569	0.15		
28	18.974	6.62	1.49700	81.5

10

20

30

40

50

29	-20.737	0.15			
30	-45.509	0.90	1.77250	49.6	
31	15.509	4.64	1.58313	59.4	
32*	-103.173				

【 0 0 8 9 】

非球面データ

第1面

K = 0.00 B= 4.01604e-6 C=-3.26806e-9 D= 3.13894e-12 E=-1.53548e-15 F= 3.59

422e-19

10

参照球面半径 52.592

第4面

K = -7.27791e-1 B= 7.12143e-6 C=-2.62309e-8 D= 4.33677e-11 E=-8.79577e-14 F

= 5.69102e-17

第6面

K = -2.01124 B= 1.89728e-5 C= 2.89462e-8 D=-5.21050e-12 E= 5.78840e-14 F=-2

.81330e-16 G= 1.25693e-18

20

第32面

K = -3.58493e+2 B=-6.95210e-6 C= 5.08458e-7 D=-3.65780e-9 E= 1.83744e-11

各種データ

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	17.33	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	51.31	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.80	159.74	160.85
BF	38.80	50.79	62.78
d12	35.98	12.40	0.99
d17	4.69	5.21	5.74

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長
1	1	-19.59	56.15
2	13	60.14	7.71
3	18	76.89	27.48

40

【 0 0 9 0 】

(数値実施例 2)

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	148.768	3.50	1.77250	49.6
2	33.350	7.00		
3*	54.563	3.50	1.58313	59.4
4	31.007	9.44		
5	74.603	2.80	1.85400	40.4

50

6*	31.513	10.00			
7	-189.585	2.00	1.59522	67.7	
8	30.626	5.94			
9	-221.398	1.70	1.59522	67.7	
10	55.464	2.38			
11	48.054	6.08	1.83400	37.2	
12	-105.670	(可変)			
13(SSP1)		0.50			
14(絞り)(SP)		0.50			
15	22.936	1.00	1.91082	35.3	10
16	13.353	6.33	1.63980	34.5	
17	193.046	(可変)			
18	67.590	4.16	1.54814	45.8	
19	-25.284	0.26			
20	-28.561	0.80	1.91082	35.3	
21	60.087	0.15			
22	25.598	3.18	1.59551	39.2	
23	154.562	1.49			
24(SSP2)		0.02			
25	40.508	0.90	1.83481	42.7	20
26	12.848	4.81	1.49700	81.5	
27	62.868	0.15			
28	20.354	6.54	1.49700	81.5	
29	-21.212	0.15			
30	-42.940	0.90	1.77250	49.6	
31	15.025	4.95	1.58313	59.4	
32*	-88.323				

【0091】

非球面データ

30

第1面

K = 0.00 B= 9.09553e-6 C=-9.59170e-9 D= 7.94155e-12 E=-3.60476e-15 F= 7.17
747e-19

参照球面半径 56.5986

第3面

K = 1.98540 B=-8.25545e-6 C= 2.59324e-8 D=-3.30727e-11 E= 2.09295e-14 F=-4
.47310e-18

第6面

40

K =-1.92650e-1 B= 9.34878e-6 C= 1.87603e-9 D= 2.09525e-10 E=-1.15894e-12 F
= 2.68614e-15 G=-1.89618e-18

第32面

K =-2.52716e+01 B= 2.22102e-5 C= 4.30698e-8 D= 1.23337e-10 E= 8.86656e-13

各種データ

広角 中間 望遠

焦点距離	11.30	17.33	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10

50

半画角 (度)	62.42	51.30	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.24	159.98	161.67
BF	38.80	51.07	63.35
d12	35.83	12.69	1.50
d17	4.48	5.09	5.69

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長
1	1	-19.18	54.33
2	13	59.36	8.33
3	18	78.35	28.47

【0092】

(数値実施例3)

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	149.722	3.50	1.77250	49.6
2	33.224	9.40		
3	45.576	3.50	1.58313	59.4
4*	27.313	6.28		
5*	42.813	2.80	1.85400	40.4
6	22.384	11.91		
7	-121.014	2.00	1.59522	67.7
8	32.325	5.52		
9	-249.920	1.70	1.59522	67.7
10	77.074	1.70		
11	50.238	6.09	1.83400	37.2
12	-97.472	(可変)		
13(SSP1)		0.50		
14(絞り)(SP)		0.50		
15	22.998	1.00	1.91082	35.3
16	13.327	6.31	1.63980	34.5
17	169.088	(可変)		
18	67.342	4.20	1.54814	45.8
19	-24.884	0.31		
20	-27.687	0.80	1.91082	35.3
21	66.910	0.15		
22	25.232	3.39	1.59551	39.2
23	189.689	1.44		
24(SSP2)		0.02		
25	41.768	0.90	1.83481	42.7
26	12.611	4.61	1.49700	81.5
27	53.249	0.15		
28	19.772	6.23	1.49700	81.5
29	-21.004	0.15		
30	-43.075	0.90	1.77250	49.6
31	14.530	5.00	1.58313	59.4
32*	-84.683			

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

非球面データ

第1面

K = 0.00 B= 7.14499e-6 C=-6.36869e-9 D= 5.22406e-12 E=-2.40111e-15 F= 4.99
500e-19

参照球面半径 58.2137

第4面

K = -3.96797e-1 B= 9.06761e-6 C=-2.39053e-8 D= 3.75129e-11 E=-9.73925e-14 F= 10
= 6.62426e-17

第5面

K = 1.04326 B=-2.73842e-6 C=-1.33689e-8 D= 2.66571e-11 E=-5.13762e-14 F= 3
.08408e-17 G=-3.82654e-21

第32面

K = -3.85512e+1 B= 1.86231e-5 C= 6.53195e-8 D=-1.36710e-10 E= 2.67698e-12

各種データ

20

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	17.33	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	51.30	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	171.07	160.02	161.26
BF	38.80	50.90	62.99
d12	36.82	13.01	1.50
d17	4.49	5.15	5.81

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長
1	1	-19.60	54.40
2	13	61.46	8.31
3	18	76.94	28.25

【 0 0 9 4 】

(数値実施例 4)

面データ

40

面番号	r	d	nd	d
1*	64.694	3.50	1.77250	49.6
2	32.000	7.80		
3	37.452	3.50	1.58313	59.4
4*	18.377	11.80		
5	68.138	2.80	1.85400	40.4
6*	29.560	10.00		
7	-310.310	2.00	1.59522	67.7
8	31.236	6.41		
9	-120.590	1.70	1.49700	81.5

50

10	72.849	1.67			
11	50.263	5.85	1.83400	37.2	
12	-115.461	(可変)			
13(SSP1)		(可変)			
14	22.192	1.00	1.91082	35.3	
15	12.958	5.51	1.63980	34.5	
16	150.910	(可変)			
17(絞り)(SP)		0.30			
18	62.591	4.16	1.54814	45.8	
19	-24.016	0.44			10
20	-25.651	0.80	1.91082	35.3	
21	65.715	0.20			
22	30.428	2.90	1.59551	39.2	
23	1106.283	1.50			
24(SSP2)		0.11			
25	39.266	0.90	1.83481	42.7	
26	12.341	4.24	1.49700	81.5	
27	40.412	0.15			
28	18.691	6.86	1.49700	81.5	
29	-20.141	0.15			20
30	-66.084	0.90	1.77250	49.6	
31	17.176	3.86	1.58313	59.4	
32*	-350.208				

【 0 0 9 5 】

非球面データ

第1面

K = 0.00 B= 2.15834e-6 C=-2.68412e-9 D= 3.15295e-12 E=-1.62134e-15 F= 3.71
161e-19

参照球面半径 51.8985

30

第4面

K =-7.10585e-1 B= 2.15784e-6 C=-3.85237e-8 D= 7.09112e-11 E=-9.24654e-14 F= 4.13490e-17

第6面

K =-2.52858 B= 1.86653e-5 C= 2.10616e-8 D=-1.58165e-11 E= 2.64874e-14 F=-4
.28232e-17 G= 3.88260e-19

第32面

K =-8.13928e+3 B= 1.50976e-5 C= 4.42046e-7 D=-3.96888e-9 E= 2.61545e-11

40

各種データ

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	17.32	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	51.32	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.18	159.46	160.69
BF	38.79	50.81	62.82

50

d12	23.60	6.31	0.99
d13	11.77	5.88	-0.01
d16	5.00	5.44	5.88

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長
1	1	-19.41	57.03
2	13		0.00
3	14	59.81	6.51
4	17	73.59	27.47

【0096】

(数値実施例5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*	77.216	3.50	1.77250	49.6	
2	32.000	7.80			
3	37.755	3.50	1.49700	81.5	20
4*	17.927	11.04			
5	58.009	2.80	1.85400	40.4	
6*	26.877	9.74			
7	511.164	2.00	1.80400	46.6	
8	35.054	6.58			
9	-62.769	1.70	1.49700	81.5	
10	74.602	0.24			
11	47.154	6.89	1.83400	37.2	
12	-75.628	(可変)			
13(SSP1)		0.50			30
14(絞り)(SP)		0.50			
15	22.464	1.00	1.91082	35.3	
16	13.130	5.57	1.63980	34.5	
17	196.217	5.06			
18	99.273	3.69	1.54814	45.8	
19	-27.127	0.97			
20	-28.023	0.80	1.91082	35.3	
21	49.128	0.19			
22	26.834	2.96	1.59551	39.2	
23	210.487	1.50			40
24(SSP2)		0.08			
25	28.565	0.90	1.83481	42.7	
26	12.738	4.39	1.49700	81.5	
27	46.466	0.15			
28	19.775	6.72	1.49700	81.5	
29	-21.263	0.15			
30	-48.318	0.90	1.77250	49.6	
31	15.522	4.86	1.58313	59.4	
32*	-105.349				
像面					50

【 0 0 9 7 】

非球面データ

第1面

K = 0.00 B= 3.42700e-6 C=-3.10033e-9 D= 3.15999e-12 E=-1.55817e-15 F= 3.69
024e-19

参照球面半径 52.401

第4面

K =-7.72373e-1 B= 4.90858e-6 C=-2.98015e-8 D= 4.35674e-11 E=-8.59373e-14 F= 10
= 5.93000e-17

第6面

K =-1.79446e B= 2.08197e-5 C= 3.32424e-8 D= 1.68703e-11 E= 4.33133e-14 F=-
2.81658e-16 A14= 1.91783e-18

第32面

K =-3.92333e+2 B=-6.12947e-6 C= 5.26576e-7 D=-3.73353e-9 E= 1.60719e-11

各種データ

20

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	17.30	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	51.35	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.79	159.90	160.92
BF	38.78	51.01	63.23
d12	35.34	12.23	1.03

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-19.22
2	13	57.55
3	18	77.77

群	始面	焦点距離	レンズ構成長
1	1	-19.22	55.78
2	13	57.55	7.57
3	18	77.77	28.26

40

【 0 0 9 8 】

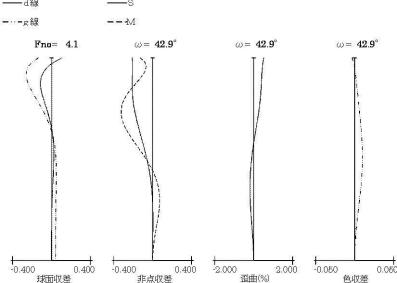
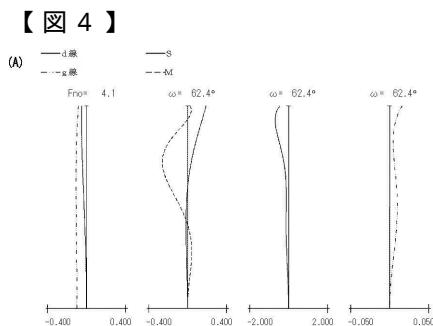
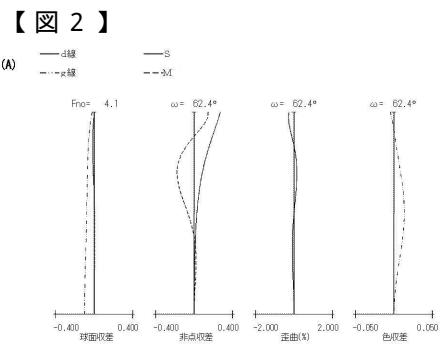
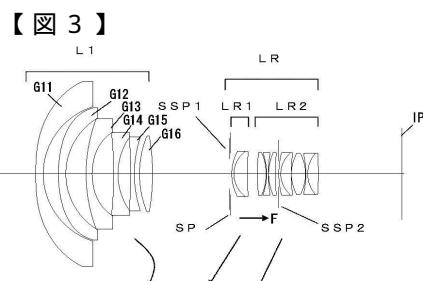
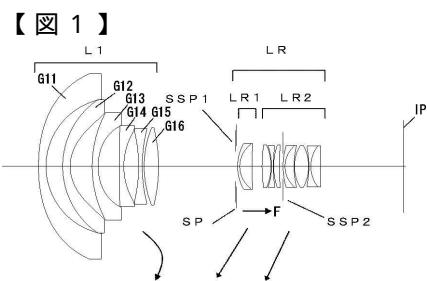
【表1】

条件式		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1)	νd_{max}	81.5	59.4	59.4	59.4	81.5
(2)	νd_{Ave}	57.2	49.8	49.8	49.8	57.2
(3)	$R1/BLD1$	0.937	1.042	1.070	0.910	0.939
(4)	$DAL12/BLD1$	0.264	0.193	0.301	0.259	0.265
(5)	$ f1/BLD1 $	0.349	0.353	0.360	0.340	0.345
(6)	$ f1/f_t $	0.841	0.823	0.841	0.833	0.825
(7)	$ f1/TDL_t $	0.200	0.195	0.199	0.198	0.197

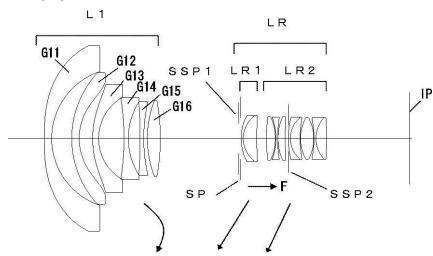
【符号の説明】

【0099】

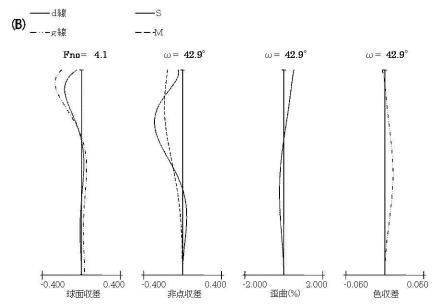
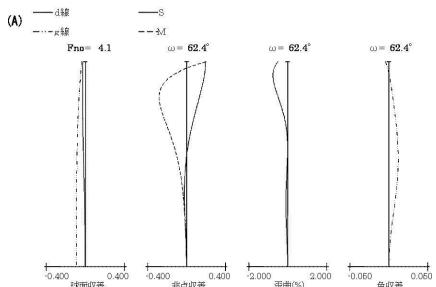
L 1 第1レンズ群 L 2 第2レンズ群 L R 後群
 L R 1 レンズ群 L R 2 レンズ群



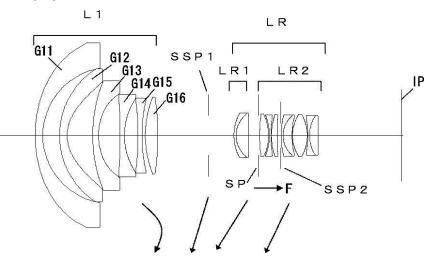
【図5】



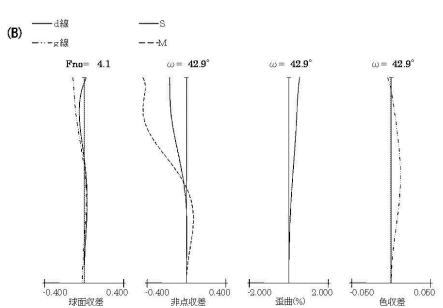
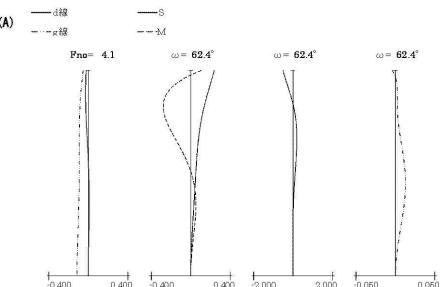
【図6】



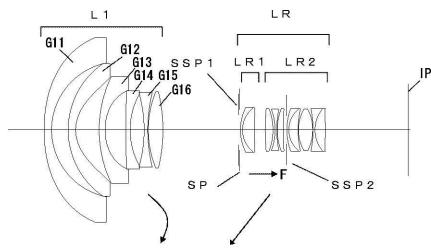
【図7】



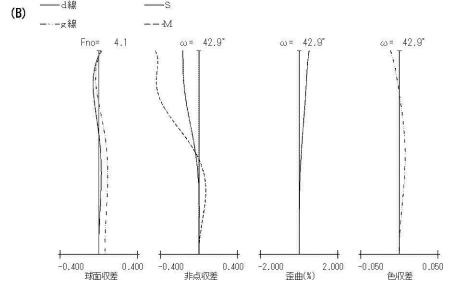
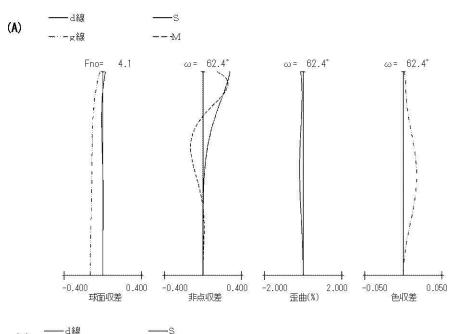
【図8】



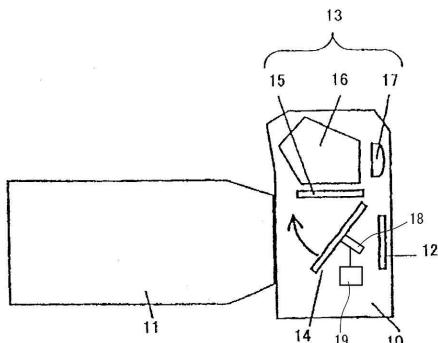
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-174328 (JP, A)
特開2006-058584 (JP, A)
特開2007-065514 (JP, A)
特開2005-283648 (JP, A)
特開2005-309124 (JP, A)
特開2010-217535 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0238560 (US, A1)
特開2003-344764 (JP, A)
特開2009-276733 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0262236 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 15 / 20
G 02 B 13 / 18