

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 2 区分

【発行日】平成27年7月30日 (2015.7.30)

【公開番号】特開2014-10286(P2014-10286A)

【公開日】平成26年1月20日 (2014.1.20)

【年通号数】公開・登録公報2014-003

【出願番号】特願2012-146654(P2012-146654)

【国際特許分類】

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/16 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

【F I】

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 15/16

G 0 2 B 13/18

【手続補正書】

【提出日】平成27年6月15日 (2015.6.15)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、1 以上のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群よりなり、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第 1 レンズ群と前記後群の間隔が小さくなり、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記第 1 レンズ群は、最も物体側に配置され、正の非球面量を持つ第 1 非球面レンズと、該第 1 非球面レンズの像側に配置され、負の非球面量を持つ第 2 非球面レンズを有し、前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を R_1 、前記第 1 非球面レンズの物体側のレンズ面頂点から、前記第 2 非球面レンズの物体側のレンズ面頂点までの光軸上の間隔を D_{12} 、第 1 レンズ群のレンズ構成長を BLD_1 とするとき、

$0.50 < R_1 / BLD_1 < 2.50$

$0.30 < D_{12} / BLD_1 < 0.80$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第 1 非球面レンズは、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズであることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 1 非球面レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面が非球面形状であるとき、前記第 1 非球面レンズの物体側のレンズ面の非球面量は、前記第 1 非球面レンズの像側のレンズ面の非球面量よりも大きいことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 2 非球面レンズは、像側の面が凹形状の負の屈折力のレンズであ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。

【請求項 5】

前記第 2 非球面レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_2 とするとき、
 $0.30 < R_2 / BLD_1 < 0.80$

なる条件式を満たす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。

【請求項 6】

前記第 1 非球面レンズと前記第 2 非球面レンズの間に、正の非球面量を持つ第 3 非球面レンズを有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。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、最も物体側より像側へ順に、連続して配置された 3 枚のメニスカス形状の負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。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、
 $1.00 < |f_1| / f_w < 2.50$

なる条件式を満たす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。

【請求項 9】

前記後群は、物体側より像側へ順に、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、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群が物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 10】

前記後群は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群よりなり、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群が物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 11】

前記後群は、正の屈折力の第 2 レンズ群よりなり、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第 2 レンズ群が物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 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る像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

【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。

【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、高機能化とともに装置全体が小型化されている。そしてそれに伴って、これらに

用いる撮影光学系としては、レンズ全長が短くコンパクトでしかも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。全系が小型で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。

【0003】

その１つに、撮影全画角１００度以上の広角域からの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乃至３）。また単焦点が知られている（特許文献４）。

【0004】

広画角のズームレンズでは多くの場合、負の屈折力の第１レンズ群と、以降全体として正の屈折力の１つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群から成っている。

【0005】

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、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、負の屈折力の第３レンズ群、正の屈折力の第４レンズ群より成る、広角端での撮影全画角１０６度で、ズーム比２．１程度の広画角のズームレンズを開示している。

【0006】

特許文献３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１１３度で、ズーム比１．７程度の広画角のズームレンズを開示している。特許文献４では、撮影全画角１２７度程度の広画角の単焦点レンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献１】特開２００５－１０６８７８号公報

【特許文献２】特開２００８－０４６２０８号公報

【特許文献３】特開２００８－２３３２８４号公報

【特許文献４】特開２０１１－１０２８７１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、撮像装置に用いられるズームレンズは、全系が小型で広画角、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全系の小型化及び高解像力化を図るには、例えば負の屈折力の第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、歪曲の補正と全系の小型化、そして広画角化を図っている。

【0009】

特許文献１では、負の屈折力の第１レンズ群に非球面レンズを２枚使用することで、撮影全画角１２０度で、ズーム比２程を得ているが、小型で広画角で歪曲が十分に補正されている半面、非点収差やコマ収差が比較的大きい。特許文献２では、負の屈折力の第１レンズ群に非球面レンズを２枚使用することで、撮影全画角１０６度で、ズーム比２．１程度を得ているが、歪曲の補正が必ずしも十分でない。

【0010】

特許文献３では、負の屈折力の第１レンズ群に非球面レンズを２枚使用することで、撮影全画角１１３度で、ズーム比１．７程度を得ているが、歪曲の補正が必ずしも十分でない上に、撮影全画角とズーム比の割に、全系が大型である。特許文献４では、負の屈折力の第２レンズ群に、レンズ面の周辺部での傾斜角（光軸に垂直なレンズ面に対する硝子面

の角度)が極めて大きい非球面レンズを使用することで、撮影全画角127度でありながら、ある程度の低歪曲を達成している。しかしながら引用文献4はズームレンズでなく単焦点レンズである。

【0011】

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、全系の小型化及び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。

【0012】

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】

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、1以上のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群よりなり、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第1レンズ群と前記後群の間隔が小さくなり、隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記第1レンズ群は、最も物体側に配置され、正の非球面量を持つ第1非球面レンズと、該第1非球面レンズの像側に配置され、負の非球面量を持つ第2非球面レンズを有し、

前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を $R1$ 、前記第1非球面レンズの物体側のレンズ面頂点から、前記第2非球面レンズの物体側のレンズ面頂点までの光軸上の間隔を $D12$ 、第1レンズ群のレンズ構成長を $BLD1$ とすると、

$$0.50 < R1 / BLD1 < 2.50$$

$$0.30 < D12 / BLD1 < 0.80$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0014】

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】

【0015】

【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

【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】本発明における実施例6のズームレンズの断面図

【図 1 2】(A)(B) 本発明における実施例 6 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 1 3】本発明における、非球面量の定義の説明図

【図 1 4】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】

【0016】

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、負の屈折力の第 1 レンズ群、1 以上のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群よりなっている。そして広角端から望遠端へのズームングに際して、第 1 レンズ群と後群の間隔が小さくなり、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。そして第 1 レンズ群は、最も物体側に配置され、正の非球面量を持つ第 1 非球面レンズと、第 1 非球面レンズの像側に配置され、負の非球面量を持つ第 2 非球面レンズを有している。

【0017】

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。実施例 1 はズーム比 2.06、開口比 4.10 のズームレンズである。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。実施例 2 はズーム比 2.06、開口比 4.10 のズームレンズである。

【0018】

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。実施例 3 はズーム比 2.06、開口比 4.16 ~ 4.14 程度のズームレンズである。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。実施例 4 はズーム比 2.06、開口比 4.10 のズームレンズである。

【0019】

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 5 はズーム比 2.06、開口比 4.10 のズームレンズである。図 11 は本発明の実施例 6 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 12 (A)、(B) はそれぞれ実施例 6 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 5 はズーム比 2.01、開口比 4.10 のズームレンズである。

【0020】

図 13 は非球面量の説明図である。図 14 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。

【0021】

レンズ断面図において、 i は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、 L_i は第 i レンズ群である。 LR は 1 以上のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群である。 SP は開放 F ナンバー (Fno) 光束を決定（制限）する開口絞りの作用をする F ナンバー決定部材（以下「開口絞り」と呼ぶ）である。 IP 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 CCD センサや CMOS 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。

【0022】

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 587.6 nm）、点線は F 線（波長 435.8 nm）である。非点収差図において点線はメリディオナル像面、実

線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。

【0023】

Fno はFナンバーである。は撮影半画角である。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。

【0024】

図1、図7、図9、図11の実施例1、4乃至6の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、 $L2$ は正の屈折力の第2レンズ群、 $L3$ は正の屈折力の第3レンズ群である。実施例1、4乃至6において後群 LR は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群よりなっている。

【0025】

実施例1、4乃至6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 $L1$ 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 $L2$ が物体側に単調に移動している。

【0026】

第3レンズ群 $L3$ 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 $L1$ と第2レンズ群 $L2$ との間隔が小さく、第2レンズ群 $L2$ と第3レンズ群 $L3$ との間隔が大きくなるように各レンズ群が移動している。即ち隣り合うレンズ群の間隔が変化する。第2レンズ群 $L2$ 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。 F ナンバー決定部材 SP は、第2レンズ群 $L2$ の物体側に位置し、ズーミングに際して第2レンズ群 $L2$ と一体的に（同じ軌跡で）移動する。

【0027】

図3の実施例2のレンズ断面図において、 $L1$ は負の屈折力の第1レンズ群、 $L2$ は正の屈折力の第2レンズ群である。

【0028】

実施例2において後群 LR は正の屈折力の第2レンズ群よりなっている。実施例2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 $L1$ 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 $L2$ 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 $L1$ と第2レンズ群 $L2$ との間隔が小さくなっている。即ち隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【0029】

第2レンズ群 $L2$ の一部のレンズ群 $L2F$ 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。 F ナンバー決定部材 SP は、第2レンズ群 $L2$ の物体側に位置し、ズーミングに際して第2レンズ群 $L2$ と一体的に移動する。

【0030】

図5の実施例3のレンズ断面図において、 $L1$ は負の屈折力の第1レンズ群、 $L2$ は正の屈折力の第2レンズ群、 $L3$ は正の屈折力の第3レンズ群、 $L4$ は負の屈折力の第4レンズ群である。

【0031】

実施例3のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーム位置へのズーミングに際して第1レンズ群 $L1$ 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 $L2$ 、第3レンズ群 $L3$ 、第4レンズ群 $L4$ が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 $L1$ と第2レンズ群 $L2$ との間隔が小さく、第2レンズ群 $L2$ と第3レンズ群 $L3$ との間隔が小さく、第3レンズ群 $L3$ と第4レンズ群 $L4$ の間隔が大きくなるように各レンズ群が移動してい

る。即ち隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【 0 0 3 2 】

第 2 レンズ群 L 2 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。F ナンバー決定部材 S P は、第 2 レンズ群 L 2 の物体側に位置し、ズームングに際して第 2 レンズ群 L 2 と一体的に移動する。

【 0 0 3 3 】

実施例 3 において後群 L R は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群よりなっている。

【 0 0 3 4 】

次に本発明に係るレンズ面に形成される非球面量の定義について説明する。非球面量 A_r とは、図 1 3 に示すように、非球面 R a の参照球面 R r e f からの乖離量の最大値を表している。参照球面 R r e f の半径（曲率半径）は、面頂点と面の光線有効径より決定される球面の半径である。

【 0 0 3 5 】

非球面 R a の参照球面 R r e f からの乖離方向が、参照球面 R r e f に対して媒質を盛る方向を正の非球面量、媒質を削る方向を負の非球面量と定義する。例えば、図 1 3 に示す非球面 R a は、正の非球面量を有する。また、両レンズ面が非球面形状の非球面レンズの場合は、各レンズ面の非球面量を足し合わせたものが、該非球面レンズの非球面量となる。また、本発明に係る正の非球面量を持つ非球面レンズは、下記の条件式（x a）を満たすものをいい、負の非球面量を持つ非球面レンズは、下記の条件式（x b）を満たすものを言う。

【 0 0 3 6 】

- $$0.010 < (A_{r1} / E_{a1} + A_{r2} / E_{a2}) \times Nd \cdots (x a)$$
- $$- 0.002 > (A_{r1} / E_{a1} + A_{r2} / E_{a2}) \times Nd \cdots (x b)$$
- ・ A_{r1} , A_{r2} : それぞれ物体側のレンズ面、像側のレンズ面の非球面量（該非球面レンズの非球面量 $A_{sp} = A_{r1} + A_{r2}$ となる）
 - ・ E_{a1} , E_{a2} : それぞれ物体側のレンズ面、像側のレンズ面の光線有効径
 - ・ Nd : 該非球面レンズの材料の屈折率

これらの条件式（x a）,（x b）を逸脱する非球面レンズは、その非球面効果が小さく、本発明の効果が十分に得られないため、本発明に係る非球面レンズには含まれない。

【 0 0 3 7 】

次に、公知の文献のレンズデータや、レンズの実物から非球面量の正負の値を判別する方法、また、具体的に非球面量を算出する方法を示す。非球面量の正負の値の判別、また非球面量の算出には、まず参照球面の半径（曲率半径）を求める必要があり、その参照球面の半径を得るためには、光線有効径を得る必要がある。

【 0 0 3 8 】

文献のレンズデータには、有効径が記載されていない場合がある。その場合、最も簡単に光線有効径を得る方法は、レンズ断面図の描画上のレンズ全長の実寸と、数値データで示される既知のレンズ全長から描画倍率を求め、描画の曲面部径の実寸に描画倍率を掛けることで得られる。レンズ描画の曲面部の径は、光学ツールによっては実際の光線有効径に対し、やや大きく設定されるが、非球面量の正負の値の判別や、大まかな非球面量を知るには、この方法で十分である。

【 0 0 3 9 】

次に、より高精度に光線有効径を得るためには、負の屈折力の第 1 レンズ群で、マージナルコンタクトを行っている部分や、両凸形状のレンズから算出する方法がある。広画角の撮影レンズの負の屈折力の第 1 レンズ群は、複数連なる負レンズのレンズ間隔を狭める程、全系の小型化と像面湾曲の補正が容易である。このため、殆どの広画角の撮影レンズでは、負レンズ同志のレンズ周辺部を接触させる、マージナルコンタクトを行うレンズペアが含まれている。

【 0 0 4 0 】

また、両凸形状のレンズのレンズ周辺においても、通常、レンズ周辺厚を加工可能な限り薄くすることで、全系の小型化と像面湾曲の補正が容易となる。このことから、第1レンズ群の全てのレンズ面で、レンズ面同志が交差するポイントを仮の有効径とした上で、光線追跡を行う。その結果、前記仮の有効径のうち、いずれか1点で最周辺光束が決定され、その光線の各レンズ面での高さが光線有効径となる。

【0041】

次に、レンズの実物から光線有効径を算出する方法について説明する。最も簡単に光線有効径を得る方法は、各レンズの研磨面部の径を測る方法である。多くのレンズでは、本体重量を軽量化するため、有効径に対し、研磨面の最外周の径までの余裕量を極力小さくする。そのため、研磨面径自体を測定すれば、ある程度正確な光線有効径が得られ、非球面量の正負の値の判別や、大まかな非球面量を知ることが十分可能である。

【0042】

次に、より正確に光線有効径を知る方法は、負の屈折力の第1レンズ群中に、殆どの場合で存在する遮光部材の内径を測る方法である。

【0043】

通常、研磨面と粗擦り面との境界のエッジ部に強い光が当たると、そのエッジ部で光が乱反射し、ゴースト光が発生してしまう。そのため、研磨面と粗擦り面との境界に不要光が当たらないよう、遮光部材を光線有効径に合わせて配置し、不要光をカットする方法が広く用いられている。その遮光部材を仮の有効径とした上で、光線追跡を行う。

【0044】

その結果、前記仮の有効径のうち、いずれか1点で最周辺光束が決定され、その光線の各レンズ面での高さが光線有効径となる。また、別側面から正確な光線有効径を得る方法を説明する。

【0045】

それは、レンズ系を撮像装置や投影装置との組み合わせで使用し、レンズ系の最前面において、遮光部材を少しずつレンズ外周部から中心に向かって挿入して行く方法である。撮影画像や投影像に陰りが出始める寸前の遮光部材の位置が、レンズ系の最前面での光線有効径となる。そこから光線追跡を行うことで、第1レンズ群の最前面以外の光線有効径も知ることが出来る。

【0046】

次に、本発明において歪曲収差が小さい低歪曲かつ高性能な広画角のズームレンズを得るに至った経緯について説明する。特許文献1では、負、正、正、負の屈折力の第1乃至第4レンズ群よりなる4群構成の広画角ズームレンズが開示されている。負の屈折力の第1レンズ群に、2枚の非球面レンズを配置することで、全系が小型で広画角でありながら、低歪曲を得ていたが、非点収差やコマ収差が非常に大きい。

【0047】

通常、広画角レンズは、小型かつ広画角化を図るには、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、樽型の歪曲が大きく発生してしまう。そのため、多くの場合、軸外主光線の入射高 h_a が大きくなる第1レンズ群に、正の非球面量を持つ非球面レンズを配置し、樽型の歪曲を補正しつつ広画角化を図っている。

【0048】

特許文献1でも、負の屈折力の第1レンズ群に2枚の正の非球面量を持つ非球面レンズを配置し、歪曲を効果的に補正している。ところがこの時、正の非球面効果により、画面周辺の非点収差が増加させしてしまい、周辺性能が十分でなかった。

【0049】

特許文献2では、負、正、負、正の屈折力の第1乃至第4レンズ群よりなる4群構成の広画角のズームレンズが開示されている。負の屈折力の第1レンズ群に、非球面レンズを2枚使用することで、全系が小型でかつ広画角でありながら高性能を達成しているが、歪曲の補正が十分でない。特許文献2では、軸外主光線の入射高 h_a が高い最も物体側のレンズに、正の非球面量を持つ非球面レンズを配置して歪曲を補正し、そこで発生する非点

収差を、物体側から２枚目のレンズに負の非球面量を持つ非球面レンズを配置し、非点収差を補正している。

【００５０】

ところがこの時、正の非球面量を持つ非球面レンズと負の非球面量を持つ非球面レンズがそれぞれの効果を相殺し合ってしまうため、歪曲の補正効果が必ずしも十分でなかった。また、最も物体側のレンズにおける、物体側のレンズ面の参照球面半径が非常に大きい。そのため、近軸成分での発散性の屈折力が非常に強くなり、樽型の歪曲が大きく発生してしまい、正の非球面成分を以てしても十分に補正しきることが困難である。

【００５１】

特許文献３では、負、正の屈折力の第１、第２レンズ群よりなる２群構成の広画角ズームレンズが開示されている。負の屈折力の第１レンズ群に、非球面レンズを２枚使用することで、広画角でありながら高性能を達成しているが、大型であり、かつ歪曲の補正も十分でない。

【００５２】

特許文献３では、軸外主光線の入射高 h_a が比較的高い、物体側から２枚目のレンズに、正の非球面量を持つ非球面レンズを配置して歪曲を補正している。そしてそこで発生する非点収差を、物体側から３枚目のレンズに負の非球面量を持つ非球面レンズを配置し、非点収差を補正している。この時、正の非球面量を持つレンズと負の非球面量を持つレンズがそれぞれの効果を相殺してしまうため、歪曲の補正効果が必ずしも十分でなく、更に全系が大型化する傾向があった。

【００５３】

特許文献４に示す単一焦点距離の広画角レンズでは、第２レンズにレンズ周辺部での傾斜角が極めて大きい非球面を使用し、強力な正の非球面量を得て広画角化と低歪曲化を図っている。

【００５４】

仮にこのような広画角レンズ系でズームングを図った場合、第１レンズ群を通る軸外主光線の入射高 h_a が変化した際に、各光線位置での非球面量が大きく変化し、それにより歪曲と非点収差の関係が急激に変化してしまう。このため、広画角ズームレンズへの応用が困難である。

【００５５】

そこで本発明者は、正の非球面量を持つ非球面レンズを軸外主光線の入射高 h_a が全系中で最も大きくなる、最も物体側のレンズに使用し、十分な歪曲の補正効果を得ている。そしてそこで発生する非点収差を、軸外収差の補正効果を逸しない程度に軸外主光線の入射高 h_a が下がった位置に、負の非球面量を持つ非球面レンズを配置している。これにより、最も物体側の非球面レンズでの歪曲の補正効果と相殺することなく、非点収差を良好に補正できることを見出した。

【００５６】

また、このように非球面レンズを配置することで、広角端から望遠端におけるズームングにおいて、樽型の歪曲が弱まる。それと同時に、第１レンズ群内での軸外主光線の入射高 h_a が低くなり、正の非球面量の非球面レンズでの歪曲の補正効果も小さくなり、かつ、それによる非点収差発生も小さくなる。更に、負の非球面量の非球面レンズでの軸外主光線の入射高 h_a も小さくなり、非点収差の補正効果も小さくなっていく。このような関係で、歪曲と非点収差を全ズーム域でバランス良く補正できることを見出した。

【００５７】

また、最も物体側に配置する非球面レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、または参照球面の曲率半径を小さくすることで、軸外光線を法線方向に通し、近軸成分における樽型の歪曲の発生を抑えられることも見出した。また、レンズ面頂点からレンズ面最周辺までの光軸方向の距離が大きくなるため、正の非球面量を確保し易いことも見出した。

【００５８】

具体的に本発明では、以下の構成を取ること、広角端での撮影全画角 100 度を超え

、かつズーム比 1.5 倍を超える広画角のズームレンズでありながら、ズーム全域で高性能かつ低歪曲を達成している。

【0059】

本発明の広画角のズームレンズは、負の屈折力の第 1 レンズ群と、1 つ以上のレンズ群を含む全体として正の屈折力の後群 L R より構成されている。そしてズーミングに際し、第 1 レンズ群と後群 L R の間隔が狭まる、所謂ネガティブリード型のズームレンズである。ポジティブリード型は、高ズーム比化には有利であるが、最も物体側のレンズ群が正の屈折力であり、軸外光束を収束させてしまうため、広角端において撮影画角で 100 度を超えるズームレンズには適していない。

【0060】

本発明のズームレンズにおいて、最も物体側のレンズ面の曲率半径を R_1 、第 1 非球面レンズの物体側のレンズ面頂点から、第 2 非球面レンズの物体側のレンズ面頂点までの光軸上の間隔を D_{12} 、第 1 レンズ群のレンズ構成長を BLD_1 とする。このとき、

$$0.50 < R_1 / BLD_1 < 2.50 \quad \dots (1)$$

$$0.30 < D_{12} / BLD_1 < 0.80 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満たしている。

【0061】

本発明のズームレンズは、第 1 レンズ群には、最も物体側のレンズが、正の非球面量を持ち、かつ条件式 (1) を満たす第 1 非球面レンズと、その像側に負の非球面量の第 2 非球面レンズを含み、それらの配置関係は、下記条件式 (2) を満たしている。軸外主光線高の入射高 h_a が全系で最も大きい、最も物体側のレンズに正の非球面量を持たせることにより、樽型の歪曲を効果的に補正している。また、最も物体側のレンズの物体側のレンズ面が条件式 (1) を満たすことで、歪曲を良好に補正している。

【0062】

条件式 (1) は、最も物体側のレンズの物体側のレンズ面において、軸外光線なるべく法線方向から通し、樽型の歪曲の発生を極力抑えるための条件式である。条件式 (1) の上限を逸脱して、曲率半径が大きくなると、最も物体側のレンズの物体側のレンズ面での曲率が弱過ぎて、発散性の屈折力が強くなり、樽型の歪曲が大きき発生してくる。この結果、正の非球面量の非球面レンズでの歪曲の補正が困難になってしまう。条件式 (1) の下限を逸脱して、曲率半径が小さくなると、最も物体側のレンズの物体側のレンズ面での曲率が強過ぎて、レンズ加工が困難なレンズ形状になってしまう。

【0063】

次に、各実施例のズームレンズでは、条件式 (2) を満たすことにより、歪曲の補正と非点収差の補正をバランス良く行っている。

【0064】

条件式 (2) は、正の非球面量を持つ第 1 非球面レンズと、負の非球面量を持つ第 2 非球面レンズとの光軸間隔を適切にするための条件式である。条件式 (2) の上限値を逸脱すると、負の非球面量を持つ第 2 非球面レンズでの軸外主光線の入射高 h_a が小さくなり過ぎて、正の非球面量を持つ第 1 非球面レンズで発生する非点収差を良好に補正することが困難になる。

【0065】

条件式 (2) の下限値を逸脱すると、負の非球面量を持つ第 2 非球面レンズでの軸外主光線の入射高 h_a が大きくなり過ぎ、正の非球面量を持つ第 1 非球面レンズでの歪曲の補正効果を相殺してしまうので良くない。更に好ましくは条件式 (1)、(2) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0066】

$$0.70 < R_1 / BLD_1 < 1.80 \quad \dots (1a)$$

$$0.35 < D_{12} / BLD_1 < 0.60 \quad \dots (2a)$$

以上により、広角端で撮影全画角 100 度を超え、かつズーム比 1.5 倍を超え、ズーム全域で高性能かつ低歪曲のズームレンズを得ている。

【 0 0 6 7 】

次に、本発明において、より好ましい効果を得る条件について説明する。第 1 非球面レンズ A 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズであると良い。条件式 (1) を満たすレンズには、正のパワーを持つレンズの場合もあり得る。最も物体側のレンズに正レンズを配置した場合、歪曲の補正効果が良好に得られるが、最も物体側のレンズで軸外光線を収束させると、広角化に対して非効率であり、全系が大型化してしまうため、好ましくない。

【 0 0 6 8 】

次に、第 1 非球面レンズ A 1 は、両レンズ面が非球面形状のときは物体側のレンズ面の非球面量は像側のレンズ面の非球面量より大きい。強い屈折力のメニスカス形状の負レンズでは、物体側のレンズ面と像側のレンズ面で、軸外主光線の入射高 h_a が大きく変わる。このため、より入射高 h_a が大きい物体側のレンズ面に非球面量が大きい方のレンズ面を配置すると、歪曲の補正効果が効果的に得られる。

【 0 0 6 9 】

次に、第 2 非球面レンズ A 2 は、像側に凹面を向けた負レンズ (負の屈折力のレンズ) であると良い。それによれば、その近軸成分により発散性のパワーを得ると共に、非点収差の補正が効果的に得られる。

【 0 0 7 0 】

具体的には、第 2 非球面レンズ A 2 の像側のレンズ面の曲率半径を R_2 とするとき、
 $0.30 < R_2 / BLD1 < 0.80 \quad \dots (3)$
 なる条件式を満たすのが良い。

【 0 0 7 1 】

条件式 (3) の上限を逸脱すると、第 2 非球面レンズ A 2 の像側のレンズ面での発散性のパワーが弱くなり、かつ非点収差の補正効果が小さくなってしまう。条件式 (3) の下限を逸脱すると、第 2 非球面レンズ A 2 の像側のレンズ面での発散性のパワーが強くなり過ぎ、歪曲が大きく発生してしまう。更に好ましくは条件式 (3) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 7 2 】

$0.35 < R_2 / BLD1 < 0.65 \quad \dots (3a)$ 次に、第 1 非球面レンズ A 1 と第 2 非球面レンズ A 2 の間に、もう 1 枚の正の非球面量を持つ第 3 非球面レンズ A 3 を配置すると良い。それによれば、歪曲の補正効果をより強く得られ、広画角化と低歪曲化が更に容易になる。

【 0 0 7 3 】

次に、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 が、最も物体側より像側へ順に、連続して 3 枚のメニスカス形状のレンズを配置すると良い。広画角レンズで物体側にメニスカス形状の負レンズを配置することで、その物体側のレンズ面と像側のレンズ面での軸外主光線の入射高 h_a が大きく変化する。このため、入射高 h_a が低い像側の凹面で発散性のパワーを得て、入射高 h_a が高い物体側の凸面で歪曲の補正効果を得ている。

【 0 0 7 4 】

更に、そのメニスカス形状の負レンズを最も物体側より像側へ順に 3 枚連ねることにより、第 1 レンズ群 L 1 での発散性のパワーを各レンズに分散させ、樽型の歪曲の発生を抑えながら広画角化を達成している。

【 0 0 7 5 】

本発明のズームレンズにおいては、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とする。広角端における全系の焦点距離を f_w とする。このとき、
 $1.00 < |f_1| / f_w < 2.50 \quad \dots (4)$
 なる条件式を満たすのが良い。

【 0 0 7 6 】

条件式 (4) は、第 1 レンズ群 L 1 の負のパワー (屈折力) を適切にすることで、全系の小型化と低歪曲化を達成するための条件式である。条件式 (4) の上限値を逸脱して 1 レンズ群 L 1 の負のパワーが弱くなり過ぎると、全系が大型化してしまう。

【0077】

条件式(4)の下限値を逸脱して、第1レンズ群L1の負のパワーが強くなり過ぎると、樽型の歪曲が大きくなってしまう。更に好ましくは条件式(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0078】

$1.40 < -f_1 / f_w < 1.90 \quad \dots (4a)$ 尚、前述したように、本発明に係る正または負の非球面量を持つ非球面レンズは、少なくともそれぞれ条件式(xa)、(xb)を満たすものであるが、より好ましい非球面レンズの条件としては、次の数値範囲を満たすのが良い。

【0079】

$0.015 < (A_{sp1} / E_{a1} + A_{sp2} / E_{a2}) \times N_d < 0.100$
 $\dots (xaa)$
 $0.050 < (A_{sp1} / E_{a1} + A_{sp2} / E_{a2}) \times N_d < -0.004$
 $\dots (xbb)$ 条件式(xaa)の上限値、又は条件式(xbb)の下限値を逸脱すると、非球面量が大きくなり過ぎ、ズーミングで軸外主光線の入射高 h_a が変化した時、著しくその効果変動してしまうため、ズーミング全域で高性能化することが困難になってしまう。条件式(xaa)の下限値、又は条件式(xbb)の上限値を逸脱する場合は、前述したように、非球面効果が小さくなってしまうため、好ましくない。

【0080】

尚、本発明で言うレンズ群とは、光学系の最前面または、前方に隣接するレンズとの間隔がズーミングで変化する面から、光学系の最後面または、後方に隣接するレンズとの間隔がズーミングで変化する面までを言うものとする。

【0081】

本発明は、上述のような光学系を有する撮像装置(この他、画像投影装置やその他の光学機器)に、種々適用可能である。

【0082】

以下、各実施例のレンズ構成について説明する。実施例1は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3より構成される、広角端の撮影全画角が125度の3群ズームレンズである。

【0083】

第1レンズ群L1は物体側より像側へ順に、3つの物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、2つの両レンズ面が凹形状の負レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズよりなっている。それにより発散性のパワーを複数の負レンズに分担し、樽型の歪曲収差を急激に発生させることなく、広画角化を容易にしている。特に物体側の3つのメニスカス形状の負レンズは、軸外主光線の入射高 h_a が低い像側のレンズ面で発散性のパワーを強く得て、入射高 h_a が高い物体側のレンズ面では樽型の歪曲収差の発生を抑える形状にしている。

【0084】

次に、最も物体側のメニスカス形状の負レンズは、物体側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズA1であり、本発明に係る第1非球面レンズに当たる。具体的には、より入射高 h_a が高い物体側のレンズ面が正の非球面量を持っており、樽型の歪曲収差を効果的に補正している。また、非球面レンズA1の物体側のレンズ面は、条件式(1)を満たしており、それにより軸外光束をレンズ面の法線方向に通し、近軸成分での歪曲収差の発生を抑制している。

【0085】

次に、物体側から3枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズA2であり、本発明に係る第2非球面レンズに当たる。具体的には、像側のレンズ面が負の非球面量を持っており、非点収差を良好に補正している。また、それと同時に非球面レンズA2の像側のレンズ面は像側に凹面を向けており、条件式(

3) を満たしている。それにより、広画角化と非点収差の補正を効果的に行っている。

【0086】

更に、非球面レンズA1と非球面レンズA2の光軸上の間隔は、条件式(2)を満たしており、それぞれの歪曲収差の補正効果と非点収差の補正効果を相殺することなく得ている。それにより広画角でありながら歪曲収差が少なく、高性能な広画角のズームレンズを得ている。また、物体側から2枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズA3であり、本発明に係る第3非球面レンズに当たる。それにより、歪曲収差の補正効果をより強め、広画角化と歪曲収差の補正を良好に行っている。

【0087】

次に、第1レンズ群L1のパワーは条件式(4)を満たしており、全系の小型化と歪曲収差の補正を容易にしている。尚、3つの非球面レンズA1、A2、A3は、条件式(x_{aa})、(x_{bb})を満たしており、それにより各レンズでの収差補正の効果を十分に得ると共に、ズームングにより入射高 h_a が変動した時の非球面成分による激しい収差変動も抑制している。

【0088】

実施例2は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2より構成される、広角端の撮影全画角が125度の2群ズームレンズである。第1レンズ群L1は物体側より像側へ順に、3つの物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、両レンズ面が凹形状の2つの負レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズよりなっている。最も物体側のメニスカス形状の負レンズは、両レンズ面共に正の非球面量を有する非球面レンズA1であり、本発明に係る第1非球面レンズに当たる。

【0089】

次に、物体側から3枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズA2であり、本発明に係る第2非球面レンズに当たる。また、物体側から2枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズA3であり、本発明に係る第3非球面レンズに当たる。各レンズ群や非球面レンズの働きは、実施例1と同様である。

【0090】

実施例3は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力のレンズ群L4より構成される、広角端の撮影全画角が125度の4群ズームレンズである。

【0091】

第1レンズ群L1は物体側より像側へ順に、3つの物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、2つの両レンズ面が凹形状の負レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズよりなっている。最も物体側のメニスカス形状の負レンズは、物体側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズA1であり、本発明に係る第1非球面レンズに当たる。

【0092】

次に、物体側から3枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズA2であり、本発明に係る第2非球面レンズに当たる。また、物体側から2枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズA3であり、本発明に係る第3非球面レンズに当たる。各レンズ群や非球面レンズの働きは、実施例1と同様である。

【0093】

実施例4は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3より構成される、広角端の撮影全画角が125度の3群ズームレンズである。最も物体側のメニスカス形状のレンズA1は、物体側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズであり、本発明に係る第1非球面レンズに当たる。

【0094】

次に、物体側から３枚目のメニスカス形状の負レンズは、物体側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズＡ２であり、本発明に係る第２非球面レンズに当たる。また、物体側から２枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズＡ３であり、本発明に係る第３非球面レンズに当たる。各レンズ群や非球面レンズの働きは、実施例１と同様である。

【００９５】

実施例５は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第１レンズ群Ｌ１、正の屈折力の第２レンズ群Ｌ２、正の屈折力の第３レンズ群Ｌ３より構成される、広角端の撮影全画角が１２５度の３群ズームレンズである。第１レンズ群Ｌ１は物体側より像側へ順に、３つの物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、２つの両レンズ面が凹形状の負レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズよりなっている。

【００９６】

最も物体側のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズＡ１であり、本発明に係る第１非球面レンズに当たる。第１非球面レンズＡ１は、軸外主光線の入射高 h_a がより大きい物体側のレンズ面に、非球面を有する方が好ましいが、実施例５のように像側に正の非球面量を持たせても、若干大型化はするが、本発明の効果を十分に得ることができる。

【００９７】

次に、物体側から３枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズＡ２であり、本発明に係る第２非球面レンズに当たる。また、物体側から２枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に正の非球面量を有する非球面レンズＡ３であり、本発明に係る第３非球面レンズに当たる。各レンズ群や非球面レンズの働きは、実施例１と同様である。

【００９８】

実施例６は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第１レンズ群Ｌ１、正の屈折力の第２レンズ群Ｌ２、正の屈折力の第３レンズ群Ｌ３より構成される、広角端の撮影全画角が１２３度の３群ズームレンズである。第１レンズ群Ｌ１は物体側より像側へ順に、２つの物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、像側の面が凹形状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、両凸形状の正レンズよりなっている。最も物体側のメニスカス形状の負レンズは、両レンズ面共に正の非球面量を有する非球面レンズＡ１であり、本発明に係る第１非球面レンズに当たる。

【００９９】

次に、物体側から２枚目のメニスカス形状の負レンズは、像側のレンズ面に負の非球面量を有する非球面レンズＡ２であり、本発明に係る第２非球面レンズに当たる。

【０１００】

実施例６では、第１非球面レンズＡ１と第２非球面レンズＡ２の間に、第３非球面レンズを持たず、物体側から連なるメニスカスレンズも２枚のみとなっている。歪曲補正と高性能化の両立の面で、他の実施例と比べて若干劣るものの、本発明の効果は十分に得ている。各レンズ群や非球面レンズの働きは、第３非球面レンズを持たないことを除いては、実施例１と同様である。

【０１０１】

以上、本発明のズームレンズの好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【０１０２】

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_{di} 、 d_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。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、A 4 , A 6 , A 8 , A 10 , A 12 , A 14 を各々非球面係数としたとき、

【 0 1 0 3 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (H/R)^2}} + A 4 x H^4 + A 6 x H^6 + A 8 x H^8 + A 10 x H^{10} + A 12 x H^{12} + A 14 x H^{14}$$

【 0 1 0 4 】

なる式で表している。また [e + X] は [x 1 0 + x] を意味し、[e - X] は [x 1 0 + x] 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り、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。また、各光学面の有効径が (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り、別表に可変面番号を「 e a i 」とし、焦点距離に応じた有効径を記している。また前述の各パラメータ及び各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【 0 1 0 5 】

(数値実施例 1)

単位 mm

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d	有効径
1*	115.945	3.50	1.77250	49.6	84.00
2	32.057	6.64			60.74
3	37.090	3.50	1.58313	59.4	60.11
4*	22.220	11.12			51.44
5	84.608	2.80	1.85400	40.4	50.36
6*	34.842	9.29			37.87
7	-140.769	2.00	1.59522	67.7	37.63
8	31.935	5.29			33.27
9	-334.424	1.70	1.59522	67.7	33.24
10	53.829	2.33			32.88
11	47.178	6.44	1.83400	37.2	33.64
12	-103.326	(可 変)			33.23
13(絞 り)		0.50			19.16
14	23.766	1.00	1.91082	35.3	19.95
15	13.687	5.72	1.63980	34.5	19.17
16	231.365	(可 変)			19.10
17	68.274	4.52	1.54814	45.8	19.12
18	-25.113	0.15			18.93
19	-28.520	0.90	1.91082	35.3	18.63
20	60.759	0.15			18.68
21	24.868	3.66	1.59551	39.2	19.10
22	179.295	1.50			18.87
23		0.00			(可 変)
24	43.910	0.90	1.83481	42.7	18.58
25	13.206	4.82	1.49700	81.5	17.70
26	69.017	0.15			17.84
27	20.913	5.95	1.49700	81.5	18.23
28	-22.463	0.15			17.89
29	-43.477	0.90	1.77250	49.6	17.08

30	14.975	6.06	1.58313	59.4	17.67
31*	-75.778				18.81

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.63370e-006 A 6=-6.87415e-009
A 8= 6.26701e-012 A10=-3.06214e-015 A12= 6.75822e-019

第4面

K =-6.27707e-001 A 4= 8.37327e-006 A 6=-2.71817e-008
A 8= 4.31896e-011 A10=-9.33146e-014 A12= 6.05602e-017

第6面

K =-3.34645e+000 A 4= 1.77375e-005 A 6=-1.69043e-009
A 8= 1.35977e-010 A10=-5.36943e-013 A12= 1.00929e-015
A14=-7.14368e-020

第31面

K =-3.63687e+000 A 4= 2.15160e-005 A 6= 3.32343e-008
A 8= 4.69301e-011 A10= 8.60198e-014

各種データ

ズーム比 2.06

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	50.24	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	172.19	161.28	162.86
BF	38.82	52.31	63.15
d12	36.75	11.35	1.50
d16	4.49	5.49	6.08
ea23	12.09	15.59	19.16

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-19.53	54.60	10.16	-41.88
2	13	61.01	7.72	-0.31	-5.25
3	17	76.40	29.81	10.08	-10.88

【 0 1 0 6 】

(数値実施例 2)

単位 mm

面データ

面 番 号	r	d	nd	d	有効径
1*	116.802	3.50	1.77250	49.6	84.00
2*	36.803	11.86			65.04
3	49.848	3.50	1.49710	81.6	63.80
4*	19.671	10.84			47.70
5	139.022	2.80	1.85400	40.4	45.97
6*	39.650	8.12			34.54
7	-80.871	2.00	1.59522	67.7	34.33
8	38.455	4.01			31.39
9	-266.681	1.70	1.59522	67.7	31.36
10	50.285	1.73			31.37
11	45.349	6.40	1.88300	40.8	32.35
12	-91.148	(可変)			32.07
13(絞リ)		0.50			19.30
14	23.627	1.00	1.91082	35.3	19.97
15	13.527	5.84	1.63980	34.5	19.18
16	309.605	4.10			19.14
17	70.421	4.54	1.54814	45.8	19.15
18	-24.805	0.23			18.97
19	-26.417	0.90	1.91082	35.3	18.69
20	74.786	0.15			18.84
21	26.165	4.13	1.59551	39.2	19.30
22	-157.269	1.50			19.10
23		0.00			(可変)
24	66.212	0.90	1.83481	42.7	18.52
25	13.147	4.71	1.49700	81.5	17.59
26	59.817	0.15			17.75
27	21.451	6.01	1.49700	81.5	18.16
28	-21.035	0.15			17.98
29	-37.854	0.90	1.77250	49.6	17.40
30	14.807	6.31	1.58313	59.4	17.77
31*	-52.985				18.71

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.21883e-006 A 6=-7.76339e-009
A 8= 7.51576e-012 A10=-3.97942e-015 A12= 8.79062e-019

第2面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.60093e-006 A 6=-2.60654e-009
A 8= 9.70241e-012 A10=-3.87006e-015 A12=-3.89386e-018

第4面

K =-8.13124e-001 A 4= 1.29020e-005 A 6=-6.01423e-008
A 8= 5.35167e-011 A10=-6.62488e-014 A12= 6.40965e-017

第6面

K =-3.68713e+000 A 4= 1.69004e-005 A 6= 1.26942e-008
A 8= 2.24261e-010 A10=-1.06228e-012 A12= 2.28380e-015
A14=-7.14368e-020

第31面

K = 1.32754e+000 A 4= 1.91236e-005 A 6=-2.19431e-009
 A 8= 2.90687e-010 A10=-1.44843e-012

各種データ

ズーム比 2.06

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	50.24	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	172.93	162.68	164.47
BF	38.82	52.87	63.99

d12 35.63 11.32 2.00

ea23 11.94 15.51 18.68

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-18.76	56.47	12.73	-40.06
2	13	39.34	42.52	10.69	-24.21

【 0 1 0 7 】

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	154.958	3.50	1.77250	49.6	80.01
2	29.515	13.26			55.74
3	59.691	3.50	1.49710	81.6	55.12
4*	21.978	6.87			43.30
5	104.438	2.80	1.85400	40.4	42.65
6*	33.401	9.18			33.02
7	-52.053	2.00	1.59522	67.7	32.89
8	58.197	2.63			31.92
9	-633.593	1.70	1.59522	67.7	31.94
10	64.481	0.15			32.34
11	47.826	6.91	1.88300	40.8	32.92
12	-68.507	(可変)			32.79
13(絞り)		0.50			19.08
14	24.007	1.00	1.91082	35.3	19.90
15	14.117	5.60	1.63980	34.5	19.19
16	291.885	(可変)			19.13
17	45.984	4.52	1.53172	48.8	19.10
18	-29.858	0.90	1.91082	35.3	18.80

19	83.230	0.15			18.84
20	31.063	4.41	1.59551	39.2	19.10
21	-49.772	1.00			18.91
22		(可変)			(可変)
23	-264.017	0.90	1.83481	42.7	17.29
24	13.003	4.68	1.49700	81.5	16.55
25	123.013	0.15			16.84
26	21.410	5.96	1.49700	81.5	17.60
27	-19.958	0.15			17.78
28	-37.618	0.90	1.77250	49.6	17.45
29	14.568	6.72	1.58313	59.4	18.14
30*	-49.967				19.37

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.88342e-006 A 6=-8.06096e-009
A 8= 7.93046e-012 A10=-4.23301e-015 A12= 1.01688e-018

第4面

K =-8.99792e-001 A 4= 2.36970e-006 A 6=-2.99695e-008
A 8= 3.31121e-011 A10=-9.56668e-014 A12= 1.00875e-016

第6面

K =-1.27164e+000 A 4= 2.17641e-005 A 6=-1.16704e-009
A 8= 2.38004e-010 A10=-1.13731e-012 A12= 2.73008e-015
A14=-7.14368e-020

第30面

K = 2.15251e+000 A 4= 1.73997e-005 A 6= 2.42187e-008
A 8=-1.49596e-010 A10= 7.48665e-013

各種データ

ズーム比 2.06

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.16	4.15	4.14
半画角(度)	62.42	50.24	42.87
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.49	158.25	158.74
BF	38.82	51.44	61.40
d12	36.55	11.51	2.00
d16	4.41	3.62	3.00
d22	0.65	1.62	2.28
ea22	11.64	15.04	17.95

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-18.81	52.50	8.97	-40.38
2	13	58.42	7.10	-0.60	-4.98
3	17	53.70	10.98	3.77	-3.81
4	23	-267.84	19.47	-35.12	-54.73

【 0 1 0 8 】

(数値実施例 4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	130.312	3.50	1.77250	49.6	84.00
2	31.800	9.06			60.45
3	40.893	3.50	1.58313	59.4	59.92
4*	28.341	6.81			52.72
5*	44.162	2.80	1.85400	40.4	50.20
6	22.356	11.81			37.62
7	-151.830	2.00	1.59522	67.7	37.19
8	32.259	5.59			33.31
9	-269.657	1.70	1.59522	67.7	33.26
10	56.161	2.13			33.15
11	47.567	6.23	1.83400	37.2	34.12
12	-103.398	(可変)			33.84
13(絞り)		0.50			19.33
14	22.995	1.00	1.91082	35.3	20.17
15	13.351	6.20	1.63980	34.5	19.30
16	180.927	(可変)			19.21
17	67.633	4.22	1.54814	45.8	19.24
18	-25.185	0.17			19.08
19	-28.675	0.80	1.91082	35.3	18.76
20	60.274	0.15			18.80
21	25.254	3.24	1.59551	39.2	19.22
22	167.800	1.53			19.04
23		0.02			(可変)
24	40.878	0.90	1.83481	42.7	18.76
25	12.912	4.54	1.49700	81.5	17.83
26	63.160	0.15			17.95
27	20.391	6.57	1.49700	81.5	18.40
28	-21.473	0.15			18.00
29	-42.995	0.90	1.77250	49.6	16.92
30	14.919	4.87	1.58313	59.4	17.51
31*	-90.284				18.22

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.94782e-006 A 6=-6.13658e-009
A 8= 5.11232e-012 A10=-2.37027e-015 A12= 5.04845e-019

第4面

K = -3.65317e-001 A 4= 9.64145e-006 A 6=-2.32268e-008
 A 8= 4.17146e-011 A10=-9.66370e-014 A12= 6.07626e-017

第5面

K = 1.03867e+000 A 4=-2.01437e-006 A 6=-1.10269e-008
 A 8= 2.20578e-011 A10=-4.71505e-014 A12= 3.34355e-017
 A14=-6.70766e-021

第31面

K = -3.63296e+001 A 4= 2.09015e-005 A 6= 3.75425e-008
 A 8= 2.56281e-010 A10=-2.15932e-013

各種データ

ズーム比 2.06

	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	170.79	160.38	161.97
BF	38.80	50.96	63.13
d12	36.47	13.23	2.00
d16	4.48	5.14	5.79
ea23	12.12	15.32	18.89

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-19.30	55.13	10.54	-41.93
2	13	60.49	7.70	-1.07	-5.77
3	17	76.92	28.21	8.46	-11.22

【 0 1 0 9 】

(数値実施例 5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	56.312	3.50	1.77250	49.6	89.32
2*	38.244	4.47			71.49
3	38.870	3.50	1.58313	59.4	68.01
4*	15.593	16.34			54.11
5	99.417	2.80	1.85400	40.4	52.14
6*	42.615	7.83			39.16
7	-776.355	2.00	1.59522	67.7	38.91

8	28.871	7.16			33.52
9	-87.686	1.70	1.59522	67.7	33.46
10	42.873	1.96			33.25
11	44.127	7.02	1.88300	40.8	34.38
12	-95.316	(可変)			34.11
13(絞り)		0.50			19.04
14	23.763	1.00	1.91082	35.3	19.81
15	13.492	5.71	1.63980	34.5	19.02
16	217.234	(可変)			18.97
17	74.209	4.53	1.54814	45.8	19.06
18	-24.270	0.15			18.90
19	-26.867	0.90	1.91082	35.3	18.64
20	87.166	0.15			18.77
21	26.548	4.05	1.59551	39.2	19.17
22	-169.730	1.50			18.93
23		0.00			(可変)
24	62.658	0.90	1.83481	42.7	18.31
25	12.870	4.64	1.49700	81.5	17.36
26	53.585	0.15			17.61
27	21.447	6.30	1.49700	81.5	18.43
28	-20.357	0.15			18.54
29	-32.621	0.90	1.77250	49.6	18.20
30	14.904	6.72	1.58313	59.4	18.88
31*	-45.303				19.84

非球面データ

第2面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.13417e-005 A 6=-1.81623e-008
A 8= 9.88199e-012 A10= 2.94560e-015 A12=-4.09193e-018

第4面

K =-1.20063e+000 A 4=-1.84060e-005 A 6= 6.29694e-008
A 8= 2.25242e-012 A10=-1.81953e-013 A12= 1.40860e-016

第6面

K =-8.75669e-001 A 4= 1.49897e-005 A 6=-5.16486e-008
A 8= 3.27081e-010 A10=-8.48991e-013 A12= 1.14217e-015
A14=-7.25330e-020

第31面

K = 1.16406e+001 A 4= 2.90717e-005 A 6= 8.11969e-008
A 8=-2.52083e-010 A10= 3.27569e-012

各種データ

ズーム比 2.06

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	50.24	42.88

像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	178.05	166.01	167.37
BF	38.82	52.47	63.34

d12	38.24	12.09	2.00
d16	4.45	4.92	5.49

ea23	12.01	15.45	18.48
------	-------	-------	-------

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-19.73	58.28	13.64	-42.06
2	13	62.70	7.21	-0.91	-5.33
3	17	74.43	31.04	11.60	-10.84

【 0 1 1 0 】

(数値実施例 6)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	188.441	3.50	1.72000	50.2	86.00
2*	34.503	25.00			64.06
3	221.461	2.80	1.85400	40.4	48.01
4*	26.189	6.37			35.25
5	133.252	2.00	1.59522	67.7	35.07
6	27.948	6.65			31.38
7	-75.735	1.70	1.59522	67.7	31.33
8	46.632	2.18			31.60
9	47.302	6.77	1.88300	40.8	32.89
10	-74.588	(可変)			32.73
11(絞り)		0.50			19.51
12	24.601	1.00	1.91082	35.3	20.28
13	13.970	5.76	1.64769	33.8	19.50
14	229.511	(可変)			19.43
15	42.848	4.93	1.51742	52.4	19.42
16	-26.067	0.28			19.10
17	-29.518	0.90	1.88300	40.8	18.67
18	75.113	0.15			18.57
19	31.599	3.49	1.51823	58.9	18.73
20	-601.994	1.50			18.51
21		0.00			(可変)
22	68.287	0.90	1.83481	42.7	18.12
23	13.730	4.52	1.49700	81.5	17.43
24	67.404	0.15			17.85
25	21.859	6.35	1.49700	81.5	18.98
26	-22.270	0.15			19.25
27	-52.813	0.90	1.77250	49.6	18.95
28	14.484	6.32	1.58313	59.4	19.18

29*	-78.136	19.84
-----	---------	-------

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.10736e-005 A 6=-1.00765e-008
A 8= 7.30781e-012 A10=-3.08767e-015 A12= 6.00371e-019

第2面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.11195e-006 A 6= 1.14304e-009
A 8=-7.95403e-012 A10= 1.10372e-014 A12=-9.76761e-018

第4面

```
K =-1.63178e+000  A 4= 1.57587e-005  A 6=-2.60985e-008
A 8= 2.07183e-010  A10=-5.91105e-013  A12= 9.30911e-016
A14=-7.14368e-020
```

第29面

K = 1.35957e+001 A 4= 1.95159e-005 A 6= 2.55356e-008
A 8=-1.78625e-010 A10= 8.89323e-013

各種データ

ズーム比 2.01

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.60	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角（度）	61.80	50.24	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	175.07	164.64	165.76
BF	38.82	51.65	62.51
d10	36.86	12.29	2.00
d14	4.61	5.92	6.48
ea21	11.99	15.24	18.23

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-19.93	56.98	12.04	-43.95
2	11	62.63	7.26	-0.83	-5.27
3	15	78.62	30.54	9.63	-12.56

【 0 1 1 1 】

【表 1】

レンズ群タイプ		数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例5	数値実施例6
		負正正	負正	負正正負	負正正	負正正	負正正
	fw	11.300	11.300	11.301	11.300	11.300	11.600
	ft	23.299	23.300	23.303	23.300	23.296	23.299
	f1	-19.526	-18.758	-18.815	-19.305	-19.726	-19.930
	BLD1	54.596	56.467	52.505	55.134	58.283	56.976
	R1	54.936	51.007	55.411	55.694	56.313	53.293
	R2	26.814	27.584	24.718	22.356	29.618	24.849
	D12	24.755	29.700	27.137	22.868	27.810	28.500
(1)	R1/BLD1	1.006	0.903	1.055	1.010	0.966	0.935
(2)	D12/BLD1	0.453	0.526	0.517	0.415	0.477	0.500
(3)	R2/BLD1	0.491	0.488	0.471	0.405	0.508	0.436
(4)	f1 /fw	1.728	1.660	1.665	1.708	1.746	1.718
第1非球面レンズ							
	Ar1	1.637	1.513	1.828	1.609	0.000	1.648
	Ar2	0.000	0.950	0.000	0.000	1.421	1.492
	Ea1	83.997	84.004	80.007	84.004	89.325	86.003
	Ea2	60.739	65.044	55.743	60.454	71.491	64.060
	Nd	1.772	1.772	1.772	1.772	1.772	1.720
	Asp	1.637	2.463	1.828	1.609	1.421	3.140
(xa),(xb)	(Ar1/Ea1+Ar2/Ea2)×Nd	0.035	0.058	0.040	0.034	0.035	0.073
第2非球面レンズ							
	Ar1	0.000	0.000	0.000	-0.516	0.000	0.000
	Ar2	-0.506	-0.554	-0.410	0.000	-0.661	-0.113
	Ea1	50.357	45.974	42.646	50.200	52.143	48.007
	Ea2	37.866	34.540	33.019	37.616	39.165	35.252
	Nd	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854
	Asp	-0.506	-0.554	-0.410	-0.516	-0.661	-0.113
(xa),(xb)	(Ar1/Ea1+Ar2/Ea2)×Nd	-0.025	-0.030	-0.023	-0.019	-0.031	-0.006
第3非球面レンズ							
	Ar1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-
	Ar2	1.536	1.596	0.975	1.318	2.413	-
	Ea1	60.110	63.800	55.124	59.920	68.008	-
	Ea2	51.436	47.699	43.295	52.716	54.105	-
	Nd	1.583	1.497	1.497	1.583	1.583	-
	Asp	1.536	1.596	0.975	1.318	2.413	-
(xa),(xb)	(Ar1/Ea1+Ar2/Ea2)×Nd	0.047	0.050	0.034	0.040	0.071	-

【0112】

次に実施例1乃至6に示したズームレンズを撮像装置に適用した実施例を図14を用いて説明する。本発明の撮像装置はズームレンズを含む交換レンズ装置と、交換レンズ装置とカメラマウント部を介して着脱可能に接続され、ズームレンズが形成する光学像を受光して、電気的な画像信号に変換する撮像素子を含むカメラ本体とを備えている。

【0113】

図14は一眼レフカメラの要部概略図である。図14において10は実施例1乃至6のズームレンズ1を有する撮影レンズである。ズームレンズ1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体であり、撮影レンズ10からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー3、撮影レンズ10の像形成装置に配置された焦点板4より構成されている。更に焦点板4に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム5、その正立像を観察するための接眼レンズ6などによって構成されている。

【0114】

7は感光面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等のズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮影レンズ10によって像が形成される。実施例1乃至6にて説明した利益は本実施例に開示したような撮像装置において効果的に享受される。撮像装置としてクイックリターンミラー3のないミラーレスの一眼レフカメラにも同様に適用できる。

【符号の説明】

【 0 1 1 5 】

S P : 絞り I P : 撮像面 L 1 ~ L 4 : 第 1 レンズ群 ~ 第 4 レンズ群

F o c u s : フォーカシングで移動する群と、その移動方向

A 1 : 第 1 非球面レンズ A 2 : 第 2 非球面レンズ A 3 : 第 3 非球面レンズ