(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7149823号
(P7149823)

(45)発行日　令和4年10月7日(2022.10.7)

(24)登録日　令和4年9月29日(2022.9.29)

(51)国際特許分類　　ＦＩ
Ｇ０２Ｂ　15/20　(2006.01)　　Ｇ０２Ｂ　15/20
Ｇ０２Ｂ　13/18　(2006.01)　　Ｇ０２Ｂ　13/18

請求項の数　14　（全39頁）

(21)出願番号　特願2018-224325(P2018-224325)
(22)出願日　平成30年11月30日(2018.11.30)
(65)公開番号　特開2020-86323(P2020-86323A)
(43)公開日　令和2年6月4日(2020.6.4)
審査請求日　令和3年5月14日(2021.5.14)

(73)特許権者　000133227
株式会社タムロン
埼玉県さいたま市見沼区蓮沼１３８５番地
(74)代理人　100124327
弁理士　吉村 勝博
(74)代理人　100143786
弁理士　根岸 宏子
(72)発明者　岩澤 嘉人
埼玉県さいたま市見沼区蓮沼１３８５番地 株式会社タムロン内
(72)発明者　小山 由莉
埼玉県さいたま市見沼区蓮沼１３８５番地 株式会社タムロン内
審査官　堀井 康司

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】

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、複数のレンズ群からなり全体で正の屈折力を有する後群と、から構成され、

隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズであって、

前記第１レンズ群は、負の屈折力を有するレンズＬ１ｎと、複数枚の正の屈折力を有するレンズとを有し、

前記第２レンズ群は非球面を含まず、

前記後群は、像側に凹の形状を有するレンズ面ｒｎを少なくとも１面含み、

以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

０．００００　＜　ΔＰｇＦｐ１＜　０．０１８０　・・・（１）

１．８５　＜　ＮｄＬ１ｎ　＜　２．２０　・・・（２）

－０．３５　＜　β２ｗ　＜　－０．１２　・・・（３）

０．３５８　≦　ｆ２／ｆｒｎ　＜　０．８０　・・・（５）

但し、

ΔＰｇＦｐ１：前記第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズの異常分散性、ここで異常分散性とは部分分散比を縦軸、ｄ線に対するアッベ数ｖｄを横軸とする座標系において、部分分散比が０．５３９３、ｖｄが６０．４９の硝材Ｃ７の座標と、部分分散比が０．５８２９、ｖｄが３６．３０の硝材Ｆ２の座標とを通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差をいう

ＮｄＬ１ｎ：前記負の屈折力を有するレンズＬ１ｎのｄ線における屈折率
β２ｗ：前記第２レンズ群の広角端における横倍率
ｆ２：前記第２レンズ群の焦点距離
ｆｒｎ：前記後群に含まれる前記レンズ面ｒｎの中で最も屈折力の大きなレンズ面の焦点距離

【請求項２】
前記後群は、物体側に凸の非球面ｒａを有し、
前記非球面ｒａは、その周辺部における屈折力が、近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる形状である請求項１に記載のズームレンズ。

【請求項３】
以下の条件式を満足する請求項２に記載のズームレンズ。
０．００２ ＜ ｜ΔＡ｜／ＲＰ ＜ ０．０８０ ・・・（４）
但し、
ＲＰ：前記後群に含まれる前記非球面ｒａの最大有効半径
ΔＡ：光軸からＲＰの高さ位置における前記非球面ｒａのサグ量と、前記非球面ｒａについて前記近軸曲率半径で定義される近軸球面のサグ量との差分

【請求項４】
以下の条件式を満足する請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のズームレンズ。
２．００ ＜ ＣｒＬ１ｆ／ｆｗ ＜ １０００．００ ・・・（６）
但し、
ＣｒＬ１ｆ：前記第１レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径
ｆｗ：広角端における当該ズームレンズの焦点距離

【請求項５】
以下の条件式を満足する請求項１から請求項４のいずれか一項に記載のズームレンズ。
－０．９０ ＜ β２ｔ ＜ －０．４５ ・・・（７）
但し、
β２ｔ：望遠端における前記第２レンズ群の横倍率

【請求項６】
前記後群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも１枚有し、以下の条件式を満足する請求項１から請求項５のいずれか一項に記載のズームレンズ。
１．８６ ＜ ＮｄＬｎｒ ＜ ２．２０ ・・・（８）
但し、
ＮｄＬｎｒ：前記後群に含まれる負の屈折力を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズＬｎｒのｄ線における屈折率

【請求項７】
広角端から望遠端に変倍する際に、前記第１レンズ群が光軸上を移動する請求項１から請求項６のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項８】
以下の条件式を満足する請求項７に記載のズームレンズ。
０．０１ ＜ ｜Ｘ１｜／ｆｔ ＜ ０．７０ ・・・（９）
但し、
Ｘ１：広角端から望遠端に変倍する間に前記第１レンズ群が位置する最像側位置から最物体側位置までの距離
ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【請求項９】
以下の条件式を満足する請求項１から請求項８のいずれか一項に記載のズームレンズ。
０．０１０ ＜ Ｄ２ｒｔ／ｆｔ ＜ ０．０４０ ・・・（１０）
但し、
Ｄ２ｒｔ：望遠端における前記第２レンズ群の最も像側のレンズ面と前記後群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【請求項１０】

以下の条件式を満足する請求項１から請求項９のいずれか一項に記載のズームレンズ。

－１．５０ ＜ βｒｗ ＜ －０．６５ ・・・（１１）

但し、

βｒｗ：広角端における前記後群の合成横倍率

【請求項１１】

前記後群は、光軸と略直交する方向へ移動させることで像をシフトさせることが可能な防振群を備え、以下の条件式を満足する請求項１から請求項１０のいずれか一項に記載のズームレンズ。

０．５０ ＜ ｜（１－βｖｃｔ）×βｖｃｔｒ｜ ＜ ６．００ ・・・（１２）

但し、

βｖｃｔ：望遠端における前記防振群の無限遠合焦時の横倍率

βｖｃｔｒ：望遠端における、前記防振群より像側に配置される全レンズの無限遠合焦時の合成横倍率

【請求項１２】

以下の条件式を満足する請求項１から請求項１１のいずれか一項に記載のズームレンズ。

０．４０ ＜ ｆ１／ｆｔ ＜ １．２０ ・・・（１３）

但し、

ｆ１：前記第１レンズ群の焦点距離

ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【請求項１３】

以下の条件式を満足する請求項１から請求項１２のいずれか一項に記載のズームレンズ。

－１．５０ ＜ ｆ２／ｆｗ ＜ －０．５０ ・・・（１４）

但し、

ｆｗ：広角端における当該ズームレンズの焦点距離

【請求項１４】

請求項１から請求項１３のいずれか一項に記載のズームレンズと、当該ズームレンズの像側に、当該ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子を備えた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】

本件発明は、ズームレンズ及び撮像装置に関し、特に、固体撮像素子等を用いた小型の撮像装置に好適なズームレンズ及び撮像装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来より、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の固体撮像素子を用いた撮影装置が普及している。撮像装置の光学系として、例えば、複数のレンズ群を備え、変倍時に各レンズ群間の間隔を変化させることで焦点距離を変化させるズームレンズが広く知られている。ズームレンズは被写体との距離に応じて焦点距離を調整することができるため、撮像時の利便性が高い。特に、３５mm判換算で５０mmの焦点距離を含むいわゆる標準系ズームレンズに対する需要が大きい。

【０００３】

標準系ズームレンズとして、例えば、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負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、第３レンズ群より像側に正の屈折力のレンズ群とを有するズームレンズが提案されている（「特許文献１」参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【文献】特開２０１５－１１８２１４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ところで、標準系ズームレンズに対する小型化、高性能化及び低コスト化に対する市場の要求は高い。特許文献１に開示のズームレンズは小型化及び高性能化を実現しているものの、第１レンズ群は異常分散性の硝材からなるレンズを含み、第２レンズ群は非球面レンズを含むため、より一層の低コスト化が求められる。
【０００６】
本件発明の課題は、低コスト化を図りつつ、小型で光学性能の高いズームレンズ及び撮像装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
上記課題を解決するため、本件発明に係るズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、複数のレンズ群からなり全体で正の屈折力を有する後群と、から構成され、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズであって、前記第１レンズ群は、負の屈折力を有するレンズＬ１ｎと、複数枚の正の屈折力を有するレンズとを有し、前記第２レンズ群は非球面を含まず、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.0000 < \Delta PgFp1 < 0.0180 \quad \cdots (1)$$

$$1.85 < NdL1n < 2.20 \quad \cdots (2)$$

$$-0.35 < \beta 2w < -0.12 \quad \cdots (3)$$

但し、
ΔＰｇＦｐ１：前記第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズの異常分散性、ここで異常分散性とは部分分散比を縦軸、ｄ線に対するアッベ数ｖｄを横軸とする座標系において、部分分散比が０．５３９３、ｖｄが６０．４９の硝材Ｃ７の座標と、部分分散比が０．５８２９、ｖｄが３６．３０の硝材Ｆ２の座標とを通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差をいう
ＮｄＬ１ｎ：前記負の屈折力を有するレンズＬ１ｎのｄ線における屈折率
β２ｗ：前記第２レンズ群の広角端における横倍率
【０００８】
また、上記課題を解決するため、本件発明に係る撮像装置は、上記ズームレンズの像側に前記ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換にする撮像素子を備えたことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００９】
本件発明によれば低コスト化を図りつつ、小型で光学性能の高いズームレンズ及び撮像装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】本件発明の実施例１のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。
【図２】実施例１のズームレンズの広角端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図３】実施例１のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図４】実施例１のズームレンズの望遠端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図５】本件発明の実施例２のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。

【図６】実施例２のズームレンズの広角端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図７】実施例２のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図８】実施例２のズームレンズの望遠端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図９】本件発明の実施例３のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。
【図１０】実施例３のズームレンズの広角端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図１１】実施例３のズームレンズの中間焦点距離状態における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図１２】実施例３のズームレンズの望遠端における無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
【図１３】ΔＡを説明するための図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、本件発明に係るズームレンズ及び撮像装置の実施の形態を説明する。但し、以下に説明する当該ズームレンズ及び撮像装置は本件発明に係るズームレンズ及び撮像装置の一態様であって、本件発明に係るズームレンズ及び撮像装置は以下の態様に限定されるものではない。
【００１２】
１．ズームレンズ
１－１．ズームレンズの光学構成
本実施の形態のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、複数のレンズ群からなり全体で正の屈折力を有する後群とから構成され、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行う。
【００１３】
上記パワー配置を採用することで、正の屈折力を有する第１レンズ群及び後群の間に配置される第２レンズ群の負の屈折力を強くすることが容易となり、少ない移動量で第２レンズ群による変倍作用を大きくすることが出来る。すなわち、当該ズームレンズはいわゆる標準系ズームレンズに適した上記パワー配置を採用することで、高変倍比を実現し、広角から望遠まで広い範囲を変倍域に含むことができる。これと同時に、全体を小型に構成することができ、且つ、高い光学性能を実現することができる。そのため、当該ズームレンズは３５ｍｍ判換算において５０ｍｍの焦点距離を含みつつ、広角端における当該ズームレンズの半画角（ω）を２４°よりも大きくすることが容易になる。
以下、各レンズ群の光学構成等について説明する。
【００１４】
（１）第１レンズ群
第１レンズ群は、当該ズームレンズを構成する複数のレンズ群において、最も物体側に配置される正の屈折力を有するレンズ群である。但し、第１レンズ群より物体側に、屈折力を有さない、若しくは屈折力の極めて小さい光学素子が配置されていてもよい。そのような光学素子として、例えば、レンズを汚れやキズなどから保護するための保護フィルターや、入射光量を低下させるために用いられるＮＤフィルターや、色彩を調整するためのＰＬフィルター等の種々のフィルターが挙げられる。
【００１５】
第１レンズ群は正の屈折力を有する限り、その具体的なレンズ構成は特に限定されるものではない。第１レンズ群は全体で正の屈折力を有するため、第１レンズ群は少なくとも１枚の正の屈折力を有するレンズを有すればよい。第１レンズ群を複数枚の正の屈折力を有するレンズを用いて構成すれば、望遠端における色収差や球面収差の補正が容易になる

ため好ましい。

【００１６】

また、第１レンズ群は負の屈折力を有するレンズＬ１ｎを有することが、色収差や像面性の補正の点で好ましい。第１レンズ群は、負の屈折力を有するレンズＬ１ｎを少なくとも１枚有すればよく、複数枚の当該レンズＬ１ｎを有していてもよい。

【００１７】

さらに、第１レンズ群が少なくとも１枚の負の屈折力を有するレンズＬ１ｎを含む場合、少なくともいずれか一のレンズＬ１ｎは、少なくともいずれか一の正の屈折力を有するレンズと接合されていることが好ましい。負の屈折力を有するレンズＬ１ｎと正の屈折力を有するレンズとを空気間隔を介して配置した構成と比較すると、偏芯誤差や、単レンズ間の空気間隔の誤差等、種々の製造誤差を小さくすることができる。そのため、製造誤差に起因する光学性能の低下を小さくすることができ、製品毎の性能のバラツキを小さくすることができる。従って、光学性能の高いズームレンズを歩留まりよく製造することができる。

【００１８】

さらに、第１レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズＬ１ｎのうち、少なくともいずれか一のレンズＬ１ｎのｄ線におけるアッベ数は４５より小さく、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのうち、少なくともいずれか一のレンズのアッベ数は４５より大きいことが色収差補正の点で好ましい。さらに、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのうち、少なくともいずれか一のレンズのアッベ数が５７より大きいことがより好ましい。

【００１９】

第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのうち、少なくともいずれか一のレンズのｄ線におけるアッベ数が上記の条件を満たしていればよく、他の正の屈折力を有するレンズのｄ線におけるアッベ数は特に限定されるものではない。しかしながら、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのｄ線におけるアッベ数が全て４５より大きいと、色収差補正をより良好に行うことができるためより好ましい。また、色収差補正をさらに良好に行う上で、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのｄ線におけるアッベ数が全て４８より大きいことが一層好ましく、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのｄ線におけるアッベ数が全て５１より大きいことがより一層好ましい。

【００２０】

第１レンズ群を構成するレンズ枚数は特に限定されるものではないが、当該ズームレンズの小型軽量化及び低コスト化を図りつつ、高い光学性能を実現する上で、２枚の正の屈折力を有するレンズと、１枚の負の屈折力を有するレンズＬ１ｎの合計３枚のレンズから構成することがより好ましい。

【００２１】

（２）第２レンズ群

第２レンズ群は、上記第１レンズ群の像側に配置される負の屈折力を有するレンズ群である。第２レンズ群は全体で負の屈折力を有する限り、その具体的なレンズ構成は特に限定されるものではない。第２レンズ群は全体で負の屈折力を有するため、第２レンズ群は少なくとも１枚の負の屈折力を有するレンズを有すればよい。また、第２レンズ群は正の屈折力を有するレンズを少なくとも１枚有することが、色収差の補正の点で好ましい。このとき、正の屈折力を有するレンズの像側に、負の屈折力を有するレンズを配置すると、望遠端において色収差補正をより良好に補正することができるため好ましい。

【００２２】

さらに、第２レンズ群を複数枚の負の屈折力を有するレンズを用いて構成すれば、広角端における像面湾曲の補正が容易になるため好ましい。ここで、当該ズームレンズの径方向の小型化を図る上で、広角端では入射瞳位置をできる限り物体側に配置することが好ましい。広角端における入射瞳位置をより物体側に配置し、当該ズームレンズの小型化を図るという観点から、第２レンズ群が複数枚の負の屈折力を有するレンズを含む場合、互い

に隣接配置された２枚以上の負の屈折力を有するレンズの像側に正の屈折力を有するレンズが配置されることが好ましい。また、当該ズームレンズの小型化を図る上で第２レンズ群の最も物体側に配置されるレンズはｄ線における屈折率が１．８４より大きいことが好ましい。

【００２３】

当該ズームレンズを構成するレンズ群の中で、第２レンズ群は比較的径の大きなレンズで構成される。そのため、第２レンズ群を非球面レンズを用いて構成すると、コストが非常に高くなる。従って、当該第２レンズ群は非球面レンズを含まないことが当該ズームレンズの低コスト化を図る上で好ましい。ここで、非球面とは非球面係数によって定義されるレンズ面の形状をいう。第２レンズ群には非球面を有するレンズが含まれていなければよく、第２レンズ群には平面や回折格子面などを有するレンズが含まれていてもよい。

【００２４】

（３）後群

後群は、上記第２レンズ群よりも像側に配置される複数のレンズ群からなる群の総称である。後群は全体で正の屈折力を有すればよく、その具体的なレンズ群構成は特に限定されるものではない。後群は全体で正の屈折力を有するため、少なくとも一つの正の屈折力を有するレンズ群を有し、正の屈折力を有するレンズ群を２つ以上有していてもよいし、負の屈折力を有するレンズ群を１つ以上有していてもよい。当該ズームレンズの小型化を図る上で、後群の最も物体側には正の屈折力を有するレンズ群を配置することが高倍率化や大口径化の点で好ましいが、この点についても特に限定されるものではない。

【００２５】

後群を構成するレンズ群の数は特に限定されるものではないが、後群を構成するレンズ群の数が多い方が、変倍域全域において収差補正を良好に行うことができるため好ましい。当該観点から、後群を構成するレンズ群の数は２以上であることが好ましく、３以上であることがより好ましい。後群を構成するレンズ群の数が３以上であると、中間焦点距離において像面湾曲を良好に補正することができるため、変倍域全域においてより光学性能の高いズームレンズを得ることができて好ましい。例えば、後群は、２つ以上の正の屈折力を有するレンズ群と、１つ以上負の屈折力を有するレンズ群とから構成されることがさらに好ましい。

【００２６】

ｉ）非球面

後群は、少なくとも１つの非球面を含むことが好ましい。非球面を含むことで、少ないレンズ枚数で収差補正を良好に行うことができる。特に、当該非球面は物体側に凸の非球面ｒａであることが好ましい。後群に物体側に凸の非球面ｒａを配置することにより、軸上だけでなく、軸外の収差についても良好に補正することができる。そのため、収差補正に要するレンズ枚数及び非球面の数を少なくすることができる。その結果、小型で光学性能の高いズームレンズを低コストで実現することが可能になる。

【００２７】

さらに、当該非球面ｒａは、その周辺部における屈折力が、近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる形状であることが好ましい。このとき、当該非球面ｒａの全面において、その屈折力が近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる形状であることがより好ましい。

【００２８】

ここで、当該非球面ｒａにおける屈折力が、近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる形状とは、光軸からｈの高さ位置における非球面ｒａのサグ量が、非球面ｒａについて前記近軸曲率半径で定義される近軸球面ｒのサグ量よりも小さいことをいう。図１３を参照しながらより詳細に説明する。図１３に、非球面ｒａを有するレンズの一部を示す。但し、図１３は非球面ｒａを有するレンズの一態様を示したものであり、非球面ｒａを有するレンズの形状は図１３に示す態様に限定されるものではない。

【００２９】

図１３において、一点鎖線は光軸を示し、実線は当該非球面ｒａを有するレンズの面形状を示し、破線は当該非球面ｒａについて近軸曲率半径で定義される近軸球面ｒを示す。光軸からｈの高さ位置におけるサグ量とは、一般に、レンズ面頂点から光軸に対して垂直な垂直面と、光軸からｈの高さ位置におけるレンズ面と光軸に平行な直線とが交わる位置との光軸方向の距離をいう。当該非球面ｒａが物体側に凸であるとき、光軸からｈの高さ位置における非球面ｒａのサグ量が、非球面ｒａについて近軸曲率半径で定義される近軸球面ｒのサグ量よりも小さい形状であると、非球面ｒａは、その周辺部における屈折力が、近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる。なお、図中、ＲＰは当該非球面の最大有効半径ＲＰを示し、ΔＡは、光軸からこの最大有効半径ＲＰと等しい高さ位置における非球面ｒａのサグ量と、非球面ｒａについて近軸曲率半径で定義される近軸球面ｒのサグ量との差分を示している。

【００３０】

このような形状の非球面を用いることにより、当該非球面に強い屈折力を配置しつつ、球面収差やコマ収差の発生を抑制することができるため、少ないレンズ枚数で高い光学性能を有するズームレンズを実現することが可能になる。

【００３１】

ｉｉ）レンズ面ｒｎ

後群中に少なくとも像側に凹の形状を有する面ｒｎを少なくとも１面有することが好ましい。負の屈折力を有するレンズＬｎｒを有することで、第２レンズ群で発生する負の歪曲や像面性を打ち消すことが出来るため、歪曲や像面性の向上が達成される。それらにより、当該ズームレンズの高性能化が達成される。

【００３２】

ｉｉｉ）レンズＬｎｒ

後群は、少なくとも１枚の負の屈折力を有するレンズＬｎｒを有することが好ましい。後群内に、負の屈折力を有するレンズＬｎｒを配置することで、像面湾曲や色収差を低減することができ、高い光学性能を有するズームレンズを実現することがより容易になる。当該レンズＬｎｒは後群を構成するレンズ群のうち、いずれかのレンズ群に含まれていればよい。また、当該レンズＬｎｒを含むレンズ群は、正の屈折力を有していてもよく、負の屈折力を有していてもよいが、正の屈折力を有することが好ましい。

【００３３】

（４）フォーカス群

当該ズームレンズにおいて、フォーカス群の有無は特に限定されるものではない。フォーカス群を設ける場合、当該ズームレンズを構成するレンズのうち少なくとも１枚のレンズをフォーカス群とし、合焦時に当該フォーカス群を光軸方向に移動させて被写体に合焦させることができる。当該ズームレンズにおいてフォーカス群として用いるレンズの位置や屈折力は特に限定されるものではない。

【００３４】

当該ズームレンズにフォーカス群を設ける場合、フォーカス群を構成するレンズの枚数は特に限定されるものではなく、フォーカス群を構成するレンズ枚数は１枚であっても、複数枚であってもよい。しかしながら、近接被写体に合焦する際に生じる収差変動を抑制する上では、フォーカス群は複数枚のレンズから構成されていることが好ましい。

【００３５】

また、フォーカス群の小型化及び軽量化を図る上で、フォーカス群を１つの単レンズユニットから構成することが好ましい。ここで、単レンズユニットとは、１枚の単レンズ、或いは、複数の単レンズを空気間隔を介することなく一体化された接合レンズなどのレンズユニットをいう。すなわち、単レンズユニットは、複数の光学面を有する場合であっても、その最物体側面及び最像側面のみ空気と接し、その他の面は空気とは接していないものをいう。また、当該明細書において、単レンズは、球面レンズ及び非球面レンズのいずれであってもよい。また、非球面レンズには、表面に非球面フィルムが貼設されたいわゆる複合非球面レンズも含まれるものとする。特に、上記近接被写体に合焦する際に生じる

収差変動を抑制しつつ、フォーカス群の小型化及び軽量化を図るという観点から、フォーカス群は複数枚の単レンズが空気間隔を介することなく一体化された接合レンズから構成されることがより好ましい。

【００３６】

フォーカス群が上記１つの単レンズユニットから構成される場合、フォーカス群には空気間隔が含まれない。そのため、フォーカス群を複数の単レンズが空気間隔を介して配置された構成と比較すると、フォーカス群の小型化及び軽量化を図ることができる。その結果、合焦時にフォーカス群を光軸方向に移動させるためのメカ部材（以下、「フォーカス駆動機構」と称する。）の小型化及び軽量化を図ることができ、当該ズームレンズユニット全体の小型化及び軽量化を図ることができる。なお、ズームレンズユニットには、当該ズームレンズの他、変倍時に各レンズ群を相対的に移動させるための駆動機構（以下、ズーム駆動機構）や上記フォーカス駆動機構の他、これらを収容する鏡筒等が含まれるものとする。

【００３７】

また、フォーカス群を複数枚の単レンズを空気間隔を介して配置した構成と比較すると、フォーカス群を上記１つの単レンズユニットから構成することにより、偏芯誤差や、単レンズ間の空気間隔の誤差等、種々の製造誤差を小さくすることができる。そのため、製造誤差に起因する光学性能の低下を小さくすることができ、製品毎の性能のバラツキを小さくすることができる。従って、光学性能の高いズームレンズを歩留まりよく製造することができる。

【００３８】

当該ズームレンズにフォーカス群を設ける場合、フォーカス群の配置は特に限定されるものではないが、第２レンズ群全体、若しくは、後群を構成するレンズ群のいずれか一のレンズ群、又は、その一部をフォーカス群とすることが好ましい。第１レンズ群は比較的径の大きなレンズにより構成されるため、第２レンズ群以降のレンズ群にフォーカス群を配置することによりフォーカス群の小型化及び軽量化が容易になる。

【００３９】

特に、後群を構成するレンズ群のいずれか一のレンズ群、又は、その一部をフォーカス群とすることが好ましい。当該ズームレンズは上記パワー配置を採用することで、後群に対する入射光束の径を第１レンズ群や第２レンズ群に対する入射光束の径よりも小さくすることができる。そのため、後群を構成するレンズ群のいずれか一のレンズ群、又は、その一部をフォーカス群とすることで、第１レンズ群や第２レンズ群にフォーカス群や防振群を配置する場合と比較すると、フォーカス群の小型化及び軽量化を図ることができる。

【００４０】

この場合、フォーカス群は負の屈折力を有することがより好ましい。後群中に、負の屈折力を有するフォーカス群を配置することにより、負の屈折力を有する第２レンズ群で発生する像面湾曲や歪曲収差を当該フォーカス群により相殺することができる。そのため、より光学性能の高いズームレンズを得ることができる。

【００４１】

さらに、後群が上記物体側に凸の非球面ｒａを含む場合、当該非球面ｒａより像側に負の屈折力を有するフォーカス群を配置することが、近接被写体合焦時の収差発生を少なくする点で好ましい。当該非球面ｒａは物体側に凸形状であるため、正の屈折力を有し、当該非球面において球面収差やコマ収差の発生を抑制することができる。そして、当該非球面におけるこれらの収差発生量が小さいため、これを打ち消すために用いる負の屈折力を有するレンズにおける収差発生量も小さくすることができる。そのため、当該非球面ｒａより像側に、負の屈折力を有するフォーカス群を配置し、当該フォーカス群により近接被写体に合焦することが光学性能の高いズームレンズを得る上で好ましい。

【００４２】

また、当該ズームレンズにフォーカス群を設ける場合、フォーカス群に含まれるレンズ面は球面のみであってもよいし、非球面を含んでいてもよい。当該ズームレンズの低コス

ト化を図る上ではフォーカス群には非球面が含まれないことが好ましい。

【００４３】

一方、フォーカス群に含まれるレンズ面のうち、少なくとも１面を非球面とすることにより、少ないレンズ枚数でフォーカス群を構成したときも、当該ズームレンズに要求される光学性能を満たすことが容易になる。フォーカス群の小型化及び軽量化が図られるため、フォーカス駆動機構含め、ズームレンズユニット全体の小型化を図ることができる。このとき、フォーカス群に含まれる非球面を近軸曲率半径で定義される近軸球面から求められる屈折力を弱める形状とすることで、合焦時の球面収差、コマ収差及び像面湾曲を良好に補正することができるため、より光学性能の高いズームレンズを実現することができる。

【００４４】

なお、当該ズームレンズに含まれるフォーカス群は一つに限定されるものではなく、複数のレンズ群又は複数のレンズ群の一部分をフォーカス群としてもよい。すなわち、フローティング方式により合焦してもよい。フローティング方式を採用することにより、より近接合焦時の球面収差や像面性をよくすることが出来るため、光学性能のより高いズームレンズを実現することができて好ましい。

【００４５】

（５）防振群

当該ズームレンズにおいて、防振群の有無は特に限定されるものではない。撮影時に撮像装置に振動が伝わるなどして生じる像ブレを補正するためには、電気的に画像を補正したり、撮像素子を移動させたりすることにより行うことができる。当該ズームレンズに防振群を設けない場合、これらの方法で像ブレを補正することができる。

【００４６】

当該ズームレンズに防振群を設ける場合、当該ズームレンズを構成するレンズのうち少なくとも１枚のレンズを偏芯することにより、像シフトすればよく、その方法は特に限定されるものではない。

【００４７】

例えば、当該ズームレンズを構成するレンズのうち、少なくとも１枚のレンズを防振群とし、当該防振群を光軸と略直交する方向へ移動することで像シフトさせると、鏡筒含めたズームレンズユニット全体の小型化を図ることができるため、小型化を図る上で好ましい。

【００４８】

当該ズームレンズに防振群を設ける場合、防振群の配置は特に限定されるものではないが、後群内に防振群を設けることがより好ましい。当該ズームレンズは上記パワー配置を採用することで、後群に対する入射光束の径を第１レンズ群や第２レンズ群に対する入射光束の径よりも小さくすることができる。そのため、防振群を後群に配置することにより、第１レンズ群又は第２レンズ群に防振群を配置する場合と比較すると、防振群の小型化及び軽量化を図ることができる。

【００４９】

また、当該ズームレンズにおいて、防振群は、開口絞りより像側に配置されることが好ましい。開口絞りより像側は、変倍中の光線高さの変動が小さい為、変倍中の収差変動も小さい。そのため開口絞りよりも像側に防振群を配置すれば、防振群により像シフトさせたときも変倍中の収差変動が小さく、変倍域全域において高い光学性能を実現することができる。

【００５０】

当該ズームレンズに防振群を設ける場合、防振群の屈折力は特に限定されるものではなく、正であってもよいし、負であってもよい。後群内に防振群を設ける場合、後群は全体で正の屈折力を有するため、防振群に負の屈折力を配置することにより、像ブレを補正する際の防振群の移動量を小さくすることができる。そのため、鏡筒径が大きくなることを抑制することができて好ましい。

【００５１】

さらに、後群が上記物体側に凸の非球面ｒａを含む場合、当該非球面ｒａより物体側に負の屈折力を有する防振群を配置することが、像ブレ補正時の収差発生を少なくする点で好ましい。当該非球面ｒａは物体側に凸形状であるため、正の屈折力を有し、当該非球面において球面収差やコマ収差の発生を抑制することができる。そして、当該非球面におけるこれらの収差発生量が小さいため、これを打ち消すために用いる負の屈折力を有するレンズにおける収差発生量も小さくすることができる。そのため、当該非球面ｒａより物体側に、負の屈折力を有する防振群を配置し、当該防振群により像ブレ補正を行うことが光学性能の高いズームレンズを得る上で好ましい。

【００５２】

当該ズームレンズに防振群を設ける場合、防振群を構成するレンズの枚数は特に限定されるものではない。防振群を複数枚のレンズで構成すれば、防振時の収差変動を抑えることができて好ましい。このとき、防振群は、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をそれぞれ少なくとも１枚ずつ有することが好ましい。防振群が少なくともそれぞれ１枚の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を有する場合、防振時の色収差の発生を抑制することができ、より光学性能の高いズームレンズを実現することができる。

【００５３】

防振群は、１枚の負の屈折力を有するレンズと１枚の正の屈折力を有するレンズとから構成されることが好ましい。このように防振群を２枚のレンズのみから構成することにより防振群の小型化及び軽量化を図ることができ、防振駆動機構含む当該ズームレンズユニット全体の小型化が図られる。

【００５４】

防振群を１枚の負の屈折力を有するレンズと１枚の正の屈折力を有するレンズとから構成する場合、これらの２枚のレンズは接合されていることが好ましい。すなわち、防振群は、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が接合された上記単レンズユニットから構成されていることが好ましい。防振群を単レンズユニットから構成することで、防振群の小型化及び軽量化をより一層図ることができ、当該ズームレンズユニット全体の小型化をより一層図ることができる。また、防振群を単レンズユニットから構成することにより、偏芯誤差や、単レンズ間の空気間隔の誤差等、種々の製造誤差を小さくすることができる。そのため、製造誤差に起因する光学性能の低下を小さくすることができ、製品毎の性能のバラツキを小さくすることができる。従って、光学性能の高いズームレンズを歩留まりよく製造することができる。

【００５５】

また、当該ズームレンズに防振群を設ける場合、防振群に含まれるレンズ面は球面のみであってもよいし、非球面を含んでいてもよい。当該ズームレンズの低コスト化を図る上では防振群には非球面が含まれないことが好ましい。

【００５６】

一方、防振群に含まれるレンズ面のうち、少なくとも１面を非球面とすることにより、少ないレンズ枚数で防振群を構成したときも、当該ズームレンズに要求される光学性能を満たすことが容易になる。防振群の小型化及び軽量化が図られるため、防振駆動機構含め、防振ユニット全体の小型化を図ることができる。このとき、防振群に含まれる非球面を近軸曲率半径で定義される近軸球面から求められる屈折力を弱める形状とすることで、防振（偏芯）時の球面収差、コマ収差及び像面湾曲を良好に補正することができるため、より光学性能の高いズームレンズを実現することができる。

【００５７】

（６）開口絞り

当該ズームレンズにおいて、開口絞りの配置は特に限定されるものではない。但し、ここでいう開口絞りは、当該ズームレンズの光束径を規定する開口絞り、すなわち当該ズームレンズのＦｎｏを規定する開口絞りをいう。

【００５８】

当該ズームレンズでは、開口絞りを後群に配置することが、絞り径を小さくすることができ、絞りユニットの小型化の点で好ましい。開口絞りを後群に配置するとは、後群を構成する各レンズ群の物体側又は像側、或いは、後群を構成する各レンズ群内に開口絞りが配置されることをいうものとする。上述したとおり、当該ズームレンズでは、第２レンズ群による変倍作用が比較的大きいため、後群に対する入射光束の径の変動は小さい。そのため、開口絞りの絞り径をより小さくすることができ、絞り径の変動を抑制する上で、後群の物体側、又は後群を構成するレンズ群のうち、最も物体側配置されるレンズ群内に開口絞りを配置することがより好ましい。

【００５９】

また、後群が上記レンズ面ｒｎやレンズ面Ｌｎｒを備える場合、開口絞りはレンズ面ｒｎ及びレンズ面Ｌｎｒよりも物体側に配置されることが好ましい。第２レンズ群で発生する負の歪曲収差や正の像面湾曲を打ち消すためには、開口絞りを挟む前後で同じ方向の収差を発生させればよい。そのため、開口絞りを後群に配置する際に、面ｒｎやレンズＬｎｒより物体側に開口絞りを配置すれば、第２レンズ群で発生する上記負の歪曲収差や正の像面湾曲を後群で効率的に打ち消すことができるため、小型で、且つ、高い光学性能を有するズームレンズを実現することがより容易になるため好ましい。

【００６０】

（７）レンズ群構成

当該ズームレンズを構成するレンズ群の数は特に限定されるものではないが、例えば、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、負の屈折力を有する第３レンズ群、正の屈折力を有する第４レンズ群、負の屈折力を有する第５レンズ群及び正の屈折力を有する第６レンズ群からなり、第３レンズ群以降が全体で正の屈折力を有する後群である６群構成のズームレンズ、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、正の屈折力を有する第３レンズ群、負の屈折力を有する第４レンズ群、負の屈折力を有する第５レンズ群及び正の屈折力を有する第６レンズ群からなり、第３レンズ群以降が全体で正の屈折力を有する後群である６群構成のズームレンズ、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、正の屈折力を有する第３レンズ群、正の屈折力を有する第４レンズ群、負の屈折力を有する第５レンズ群、負の屈折力を有する第６レンズ群及び正の屈折力を有する第７レンズ群からなり、第３レンズ群以降が全体で正の屈折力を有する後群である７群構成のズームレンズなど種々のレンズ群構成を採用することができる。物体側から順に正の屈折力を有する第１レンズ群と、負の屈折力を有する第２レンズ群と、全体で正の屈折力を有する後群とを備える構成であれば、当該ズームレンズの具体的なレンズ群構成は特に限定されるものではない。

【００６１】

１－２．動作

（１）変倍時の動作

当該ズームレンズにおいて、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで広角端から望遠端への変倍を行う。互いに隣接するレンズ群間の光軸上の間隔が変化する限り、各レンズ群間の間隔の増減は特に限定されるものではない。例えば、広角端から望遠端への変倍に際して、第１レンズ群と第２レンズ群との間の光軸上の間隔が減少するように、第１レンズ群及び第２レンズ群を相対的に移動させれば、小型で、且つ、変倍比の高いズームレンズを得ることができて好ましい。このとき、第２レンズ群と後群との間の光軸上の間隔が減少するように、第２レンズ群と後群において最も物体側に配置されるレンズ群とを相対的に移動させることが、小型で、且つ、変倍比の高いズームレンズを得る上でより好ましい。なお、レンズ群を相対的に移動させるとは、空気間隔を介して隣接する二つのレンズ群をそれぞれ移動させることの他、空気間隔を介して隣接する二つのレンズ群のうちいずれか一方のレンズ群を移動させることも含む。

【００６２】

後群は複数のレンズ群から構成される。変倍に際して、後群を構成する各レンズ群間の光軸上の間隔が変化する限り、各レンズ群間の間隔の増減は特に限定されるものではない

。また、変倍に際して、後群を構成する各レンズ群間の光軸上の間隔が変化するように、各レンズ群が相対的に移動すればよく、後群を構成する全てのレンズ群が光軸に沿って移動してもよいし、いずれか一以上のレンズ群が像面に対して固定され、その他のレンズ群が光軸に沿って移動してもよい。

【００６３】

広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の移動の向きや移動量は特に限定されるものではなく、要求される変倍比等に応じて適宜設定することができる。例えば、当該ズームレンズにおいて最も物体側に配置される第１レンズ群を物体側に移動させるようにすれば、広角端における当該ズームレンズの光学全長を短くすることができる。この場合、鏡筒を外筒部分に対して内筒部分を繰り出し可能に収容した入れ子状の構造とし、広角端から望遠端への変倍時に例えば内筒部分を繰り出して第１レンズ群を物体側に移動させ、望遠端から広角端への変倍時に内筒部分が外筒部分に収容されるようにすれば、広角端状態における鏡筒長を短くすることができ、当該ズームレンズユニット全体の小型化を図ることができる。

【００６４】

（２）合焦時の動作

当該ズームレンズにフォーカス群を設ける場合、上述したとおり、フォーカス群の位置や屈折力等は特に限定されるものではない。また、無限遠から近接物体への合焦の際に、フォーカス群の移動の方向等についても特に限定されるものではない。例えば、後群内に負の屈折力を有するフォーカス群を配置する場合、当該フォーカス群を像側に移動させて、無限遠から近接物体に合焦することが好ましい。一方、第２レンズ群をフォーカス群として用いる場合、当該第２レンズ群を物体側に移動させて、無限遠から近接物体に合焦することが好ましい。

【００６５】

ここで、近接被写体撮像時における軸上色収差の発生量や球面収差の発生量は広角端の方が望遠端より少ない。そのため、望遠端における最短撮像距離よりも広角端における最短撮像距離を短くしても広角端における上記収差の各発生量は少ない。従って、望遠端における最短撮像距離に対して、広角端における最短撮像距離を短くすることにより、被写体との距離や被写体の大きさに合わせて、撮像画角を適宜選択することができ、当該ズームレンズにより撮像可能な撮像シーンを拡大することができる。但し、最短撮像距離（最短撮影距離）とは、結像面から被写体までの最短の距離をいう。

【００６６】

１－３．条件式

当該ズームレンズでは、上述した構成を採用するとともに、次に説明する条件式を１つ以上満足することが好ましい。

【００６７】

１－３－１．条件式（１）

０．０００　＜　ΔＰｇＦｐ１　＜　０．０１８０　・・・（１）

但し、

ΔＰｇＦｐ１：第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズの異常分散性

ここで、異常分散性とは部分分散比を縦軸、ｄ線に対するアッベ数ｖｄを横軸とする座標系において、部分分散比が０．５３９３、ｖｄが６０．４９の硝材Ｃ７の座標と、部分分散比が０．５８２９、ｖｄが３６．３０の硝材Ｆ２の座標とを通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差をいうものとする。

【００６８】

上記条件式（１）は、第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの異常分散性を規定する式である。条件式（１）を満足させることで、色収差補正を良好に行いつつ、コストを適正な範囲内にすることができる。

【００６９】

正の屈折力を有するレンズ群では、負の屈折力を有するレンズを高分散硝材製とし、正の屈折力を有するレンズを低分散硝材製とすることで色収差を補正することが一般的である。しかしながら、高分散硝材では可視光領域において短波長から長波長に向けて屈折率が正の２次曲線的に変化するのに対して、低分散硝材では屈折率が直線的に変化するため、この２つのレンズを組み合わせても全ての波長領域で過不足なく色収差の補正を行うことは困難である。一方、正の異常分散性を有する硝材からなるレンズは高分散硝材と同様に短波長から長波長に向けて屈折率が正の２次曲線的に変化する。そのため、正の屈折力を有するレンズを正の異常分散性を有する硝材製とすると、長波長域においても色収差を過不足なく補正することが容易になるため、より良好な色収差補正を行う上で好ましい。一方、異常分散性の高い硝材からなるレンズは高価である。第１レンズ群を構成するレンズは他のレンズ群を構成するレンズと比較すると径が大きい。そのため、異常分散性が高すぎる硝材からなるレンズを第１レンズ群に用いることは当該ズームレンズの低コスト化を図る上で好ましくない。従って、条件式（１）の数値が上限値以上になると、色収差補正をより良好に行う上では好ましいが、低コスト化を図ることが困難になるため好ましくない。また、条件式（１）の数値が下限値以下になると、低コスト化を図る上では好ましいが、長波長域における色収差補正が不足気味になるため好ましくない。

【００７０】

上記効果を得る上で、条件式（１）の下限値は０．００１５であることがより好ましく、０．００１８であることがさらに好ましく、０．００２５であることが一層好ましく、０．００３０であることがより一層好ましく、０．００４５であることがさらに一層好ましい。また条件式（１）の上限値は０．０１５０であることがより好ましく、０．０１４０であることがさらに好ましい。

なお、当該条件式（１）において、上記下限値及び上限値の好ましい数値を適宜選択することができ、その場合、条件式（１）における不等号（＜）を等号付不等号（≦）に変換してもよい。他の条件式についても同様である。

【００７１】

第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズすべてが、条件式（１）を満足することがさらに好ましい。

【００７２】

１－３－２．条件式（２）

１．８６ ＜ ＮｄＬ１ｎ ＜ ２．２０ ・・・（２）

但し、

ＮｄＬ１ｎ：第１レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズＬ１ｎのｄ線における屈折率

【００７３】

条件式（２）は、第１レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズＬ１ｎのｄ線における屈折率を規定する式である。正の屈折力を有するレンズ群では、負の屈折力を有するレンズを高屈折率硝材製とし、正の屈折力を有するレンズを低屈折率硝材製とすることでペッツバール和の補正を行うことが一般的である。しかしながら、屈折率が高い硝材からなるレンズは高価である。第１レンズ群を構成するレンズは他のレンズ群と比較すると径が大きい。そのため、屈折率が高すぎる硝材からなるレンズを第１レンズ群に用いることは当該ズームレンズの低コスト化を図る上で好ましくない。条件式（２）を満足させることで、ペッツバール和を良好に補正して良好な像面性を確保しつつ、コストを適正な範囲にすることができて好ましい。

【００７４】

これらの効果を得る上で、条件式（２）の下限値は１．８８であることが好ましく、１．９０であることがより好ましい。また条件式（２）の上限値は２．１０であることが好ましく、２．０５であることがより好ましい。

【００７５】

１－３－３．条件式（３）

－０．３５ ＜ β２ｗ ＜ －０．１２ ・・・（３）

但し、

β２ｗ：第２レンズ群の広角端における横倍率

【００７６】

条件式（３）は、広角端における第２レンズ群の横倍率を規定するための式である。条件式（３）を満足させることにより、当該ズームレンズの広角端における画角を広くする上で、第２レンズ群の屈折力が適切な範囲内となり、当該ズームレンズの広角化を図ると共に、当該ズームレンズの低コスト化を図ることが容易になる。

【００７７】

これに対して、条件式（３）の数値が上限値以上になると、第２レンズ群の屈折力が強くなるため、少ないレンズ枚数で収差補正を良好に行うことが困難になるため、当該ズームレンズの低コスト化を図る上で好ましくない。一方、条件式（３）の数値が下限値以下になると、第２レンズ群の屈折力が小さくなるため、当該ズームレンズの広角化を図る上で好ましくない。

【００７８】

上記効果を得る上で、条件式（３）の下限値は－０．３２であることがより好ましく、－０．３０であることがさらに好ましく、－０．２８であることが一層好ましく、－０．２６であることが一層好ましく、－０．２４であることが一層好ましい。また条件式（３）の上限値は－０．１４であることが好ましく、－０．１５であることがさらに好ましく、－０．１６であることが一層好ましく、－０．１８であることがより一層好ましい。

【００７９】

１－３－４．条件式（４）

０．００２ ＜ ｜ΔＡ｜／ＲＰ ＜ ０．０８０ ・・・（４）

但し、

ＲＰ：後群に含まれる前記非球面ｒａの最大有効半径

ΔＡ：光軸からＲＰの高さ位置における非球面ｒａのサグ量と、前記非球面ｒａについて前記近軸曲率半径で定義される近軸球面のサグ量との差分

【００８０】

条件式（４）は、後群に含まれる物体側に凸の非球面ｒａの形状を規定するための式である。上述したとおり、非球面ｒａは、その周辺部における屈折力が、近軸曲率半径で定義される近軸球面における屈折力よりも弱くなる形状であることが好ましく、このとき、非球面ｒａのサグ量が上記条件式（４）を満足する量であることが好ましい。

【００８１】

条件式（４）を満足するような形状の非球面ｒａを後群に配置することで、当該レンズに強い屈折力を配置しつつ、球面収差やコマ収差の発生量を小さくすることができるため、少ないレンズ枚数で光学性能の高いズームレンズを実現することができる。

【００８２】

これに対して、条件式（４）の数値が上限値以上になると、非球面ｒａのサグ量と上記近軸球面のサグ量との差分が大きく、当該レンズの周辺部における屈折力が上記近軸球面における屈折力よりも弱くなるため、球面収差の補正が過剰となる。一方、条件式（４）の数値が下限値以下になると、非球面ｒａのサグ量と上記近軸球面のサグ量との差分が小さく、当該レンズの周辺部における屈折力と上記近軸球面における屈折力との差も小さくなるため、非球球面収差やコマ収差の補正不足となる。そのため、いずれの場合も少ないレンズ枚数で収差補正を良好に行うことが困難になり、小型で光学性能の高いズームレンズを低コストで実現することが困難になるため好ましくない。

【００８３】

上記効果を得る上で、条件式（４）の下限値は０．００４であることがより好ましく、０．００６であることがさらに好ましく、０．００７であることが一層好ましく、０．００８であることがより一層好ましく、０．０１０であることがさらに一層好ましい。また条件式（４）の上限値は０．０７０であることが好ましく、０．０５０であることがさら

に好ましく、０．０４０であることが一層好ましく、０．０３０であることがより一層好ましい。

【００８４】

１－３－５．条件式（５）

０．２０ ＜ ｆ２／ｆｒｎ ＜ ０．８０ ・・・（５）

但し、

ｆ２：第２レンズ群の焦点距離

ｆｒｎ：後群に含まれるレンズ面ｒｎの中で最も屈折力の大きなレンズ面の焦点距離

【００８５】

条件式（５）は、第２レンズ群の焦点距離と後群中の像側に凹の形状を有する面ｒｎにおける焦点距離との比を規定するための式である。像側に凹の形状を有するレンズ面ｒｎが複数存在する場合、その中で最も屈折力の大きなレンズ面ｒｎの焦点距離がｆｒｎである。条件式（５）を満足させることにより、第２レンズ群で発生する負の歪曲収差や正の像面湾曲を当該レンズ面ｒｎにより打ち消すことが出来るため、第２レンズ群に強い屈折力を配置して当該ズームレンズの小型化を図りつつ、歪曲収差や像面湾曲の発生量を小さくすることができるため、高い光学性能を有するズームレンズを実現することがより容易である。また、当該効果を得る上で、絞りより像側に当該レンズ面ｒｎが配置されることが好ましく、当該後群に含まれるレンズ面ｒｎの中で最も屈折力の大きなレンズ面が絞りより像側に配置されることがより好ましい。

【００８６】

上記効果を得る上で、条件式（５）の下限値は０．２２であることがより好ましく、０．２５であることがさらに好ましく、０．２８であることが一層好ましく、０．３２であることがより一層好ましい。また条件式（５）の上限値は０．７５であることが好ましく、０．７０であることがさらに好ましく、０．６５であることが一層好ましく、０．６０であることがより一層好ましく、０．５５であることがさらに一層好ましい。

【００８７】

１－３－６．条件式（６）

２．００ ＜ ＣｒＬ１ｆ／ｆｗ ＜ １０００．００ ・・・（６）

但し、

ＣｒＬ１ｆ：第１レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径

ｆｗ：広角端における当該ズームレンズの焦点距離

【００８８】

条件式（６）は、第１レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ面の曲率半径と広角端における当該ズームレンズの焦点距離との比を規定する式である。条件式（６）を満足させることにより、歪曲収差や像面湾曲を良好に補正することができ、小型で光学性能の高いズームレンズを実現しつつ、ゴーストの発生も抑制することができるため好ましい。

【００８９】

これに対して、条件式（６）の数値が下限値以下になると、すなわち広角端における当該ズームレンズの焦点距離に対して、第１レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ面の曲率半径が小さくなりすぎると、歪曲収差が過補正となると共に、像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。一方、条件式（６）の数値が上限値以上になると、第１レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ面が平面に近い形状となり、当該ズームレンズに入射した光が像面やカバーガラス等の平面において反射し、その反射光が第１レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ面で再反射し、それが再度像面に入射することによりゴーストが発生するため好ましくない。また、この場合、所定の変倍比や画角等を実現するには、第１レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ面の有効径も大きくする必要があるため、当該ズームレンズの小型化を図る上で好ましくない。

【００９０】

上記効果を得る上で、条件式（６）の下限値は２．５０であることがより好ましく、３

．００であることがさらに好ましく、３．５０であることが一層好ましく、４．００であることがより一層好ましく、４．５０であることがさらに一層好ましく、５．５０であることがさらに一層好ましい。また条件式（６）の上限値は５００．００であることが好ましく、１００．００であることがさらに好ましく、５０．００であることが一層好ましく、４０．００であることがより一層好ましい。

【００９１】

１－３－７．条件式（７）

－０．９０ ＜ β２ｔ ＜ －０．４５ ・・・（７）

但し、

β２ｔ：望遠端における第２レンズ群の横倍率

【００９２】

条件式（７）は、望遠端における第２レンズ群の横倍率を規定する式である。条件式（７）を満足させることにより、望遠端における焦点距離が長いズームレンズを実現しつつ、低コスト化を図ることができる。

【００９３】

これに対して、条件式（７）の数値が下限値以下になると、第２レンズ群の望遠端における横倍率が大きくなり、第２レンズ群による拡大倍率が大きくなるため、第１レンズ群で発生する色収差をより小さく補正する必要が生じる。そのため、色収差の小さいズームレンズを得るには、第１レンズ群を構成するレンズを分散の小さい硝材製のものとする必要がある。分散の小さい硝材は高価であるため、当該ズームレンズの低コスト化を図る上で好ましくない。一方、条件式（７）の数値が上限値以上になると、第２レンズ群の望遠端における横倍率が小さくなり、望遠端における焦点距離を長くすることが困難になる。そのため、標準系ズームレンズでは高変倍比を実現することが困難になるため好ましくない。

【００９４】

上記効果を得る上で、条件式（７）の下限値は－０．８５であることがより好ましく、－０．８０であることがさらに好ましく、－０．７５であることがより一層好ましく、－０．７０であることがより一層好ましく、－０．６５であることがより一層好ましい。また条件式（７）の上限値は－０．４７であることが好ましく、－０．４８であることがさらに好ましく、－０．５１であることが一層好ましく、－０．５２であることがより一層好ましい。

【００９５】

１－３－８．条件式（８）

１．８６ ＜ ＮｄＬｎｒ ＜ ２．２０ ・・・（８）

但し、

ＮｄＬｎｒ：後群に含まれる負の屈折力を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズＬｎｒのｄ線における屈折率

【００９６】

条件式（８）は、後群に含まれる負の屈折力を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズＬｎｒのｄ線における屈折率を規定する式である。ここで、後群は負の屈折力を有するレンズを少なくとも１枚含めばよく、後群に含まれる負の屈折力を有するレンズが複数存在する場合は、その中で最も屈折率の高いレンズをレンズＬｎｒとする。また、後群中にレンズＬｎｒが複数存在してもよく、後群に含まれるレンズＬｎｒの枚数は特に限定されるものではない。条件式（８）を満足させることにより、ペッツバール和の補正が良好となり、像面湾曲の小さいズームレンズを実現することができる。

【００９７】

上記効果を得る上で、条件式（８）の下限値は１．８８であることが好ましく、１．９０であることがより好ましい。また条件式（８）の上限値は２．１０であることが好ましく、２．０５であることがより好ましい。

【００９８】

１－３－９．条件式（９）

０．０１ ＜ ｜Ｘ１｜／ｆｔ ＜ ０．７０ ・・・（９）

但し、

Ｘ１：広角端から望遠端に変倍する間に第１レンズ群が位置する最像側位置から最物体側位置までの距離

ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【００９９】

条件式（９）は、広角端から望遠端に変倍する際の第１レンズ群の物体側への移動量を規定する式である。条件式（９）を満足する場合、第１レンズ群の屈折力が適正であり、且つ、変倍時における当該移動量が適正な範囲内となる。そのため、所定の変倍を確保しつつ、広角端における当該ズームレンズの光学全長を短くすることができ、当該ズームレンズの小型化を図ることができる。

【０１００】

これに対して、条件式（９）の数値が下限値以下になると、変倍時における第１レンズ群の上記移動量が小さくなる。この場合、所定の変倍比を確保するには、各レンズ群の屈折力を強くする必要がある。各レンズ群の屈折力を強くすると、軸上色収差や球面収差等の収差補正の為に多くのレンズ枚数が必要となり、当該ズームレンズの小型化を図ることが困難になる。また、条件式（９）の数値が上限値以上になると、変倍時における第１レンズ群の上記移動量が大きくなる。この場合、鏡筒を外筒部分に内筒部分を収容した入れ子状の構造とした場合、広角端における光学全長に合わせて鏡筒長を設計すると、内筒部分を２重にして外筒部分に収容する必要が生じるなど、鏡筒の構造が複雑となり、鏡筒の外径も大きくなるため好ましくない。

【０１０１】

但し、「広角端から望遠端に変倍する間に第１レンズ群が位置する最像側位置から最物体側位置までの距離」とは、「広角端から望遠端に変倍する間に第１レンズ群が位置し得る最も像側の位置と、第１レンズ群が位置し得る最も物体側の位置との間の光軸上の距離（差分）」に等しい。よって、「Ｘ１」は「広角端から望遠端に変倍する間に第１レンズ群が位置し得る最も像側の位置と、第１レンズ群が位置し得る最も物体側の位置との間の光軸上の距離」と換言することができる。例えば、広角端から望遠端に変倍する際に第１レンズ群が像側に凸の軌跡を描きながら物体側に移動する場合には、変倍の際に第１レンズ群が描く凸の軌跡の頂点の位置（最像側位置）と、広角端又は望遠端において第１レンズ群が最も物体側となる位置（最物体側位置）との間の距離がＸ１となる。なお、第１レンズ群の移動の軌跡は、上述のように像側に凸であってもよいし、物体側に凸であってもよいし、Ｓ字を描いてもよいし、特に限定されるものではない。第１レンズ群の移動の軌跡が直線であってもよいのは勿論である。

【０１０２】

上記効果を得る上で、条件式（９）の下限値は０．０５であることがより好ましく、０．１０であることがさらに好ましく、０．１５であることが一層好ましく、０．２０であるとより一層好ましい。また条件式（９）の上限値は０．６７であることがより好ましく、０．６５であることがさらに好ましく、０．６２であることが一層好ましく、０．６０であるとより一層好ましい。

【０１０３】

１－３－１０．条件式（１０）

０．０１０ ＜ Ｄ２ｒｔ／ｆｔ ＜ ０．０４０ ・・・（１０）

但し、

Ｄ２ｒｔ：望遠端における第２レンズ群の最も像側のレンズ面と後群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【０１０４】

条件式（１０）は、第２レンズ群の最も像側のレンズ面と後群の最も物体側のレンズ面

との間の光軸上の距離を規定する式である。条件式（１０）を満足する場合、望遠端における第２レンズ群と後群の間隔が適正であり、メカ構造の簡素化と望遠時の全長方向の小型化が達成でき、且つ、望遠端における後群の光線高さが低くできるため、後群の感度を低減できる。そのため製造誤差によって発生する収差を小さくすることが出来るので、光学性能の高いズームレンズを実現することがより容易になる。

【０１０５】

これに対して、条件式（１０）の数値が下限値以下になると、望遠端における第２レンズ群と後群との間の光軸上の距離が小さくなる。後群の物体側に絞りユニットを配置すると、第２レンズ群と絞りユニットとの干渉が起きるため、第２レンズ群や絞りを駆動するためのメカ構成が困難となるため好ましくない。また、条件式（１０）の数値が上限値以上になると、望遠端における第２レンズ群と後群との間の光軸上の距離が大きくなる。この場合、望遠端における光学全長が長くなるため、小型化を図ることが困難になる。また、望遠端における第２レンズ群と後群の間隔が大きくなと、後群に入射する光線高さが高くなる。球面収差係数は入射瞳径の３乗に比例する。そのため、光線高さが高くなると諸収差の発生量が大きくなる。そのため、後群に入射する光線高さが高くなると、製造誤差によって発生する収差が大きくなり、高い部品精度や組み立て性を要求することとなり、光学性能の高いズームレンズを歩留まり良く製造することが困難になり、低コスト化を図る上でも好ましくない。

【０１０６】

上記効果を得る上で、条件式（１０）の下限値は０．０１２であることがより好ましく、０．０１５であることがさらに好ましく、０．０２０であることが一層好ましく、０．０２５であるとさらに一層好ましい。また条件式（１０）の上限値は０．０３８であることがより好ましく、０．０３５であることがさらに好ましく、０．０３２であることが一層好ましく、０．０３０であるとさらに一層好ましい。

【０１０７】

１－３－１１．条件式（１１）

－１．５０ ＜ βｒｗ ＜ －０．６５ ・・・（１１）

但し、

βｒｗ：広角端における後群の合成横倍率

【０１０８】

条件式（１１）は、前記後群の広角端における横倍率を規定する式である。条件式（１１）を満足させることで、交換レンズに適したバックフォーカスを確保しつつ、当該ズームレンズの小型化を図ることができる。

【０１０９】

これに対して、条件式（１１）の数値が下限値以下になると、すなわち前記後群の広角端における横倍率が大きくなりすぎると、広角端におけるバックフォーカスが長くなるため、広角端における当該ズームレンズの光学全長が長くなり、小型化の点で好ましくない。一方、条件式（１１）の数値が上限値以上になると、すなわち前記後群の広角端における横倍率が小さくなりすぎると、広角端におけるバックフォーカスが短くなるため、交換レンズに適したバックフォーカスを確保することが困難となるため、交換レンズとしては好ましくない。

【０１１０】

上記効果を得る上で、条件式（１１）の下限値は－１．３０であることがより好ましく、－１．２０であることがさらに好ましく、－１．１５であることが一層好ましく、－１．１０であるとより一層好ましい。また条件式（１１）の上限値は－０．７０であることがより好ましく、－０．７５であることがさらに好ましく、－０．８０であることが一層好ましく、－０．８５であるとより一層好ましく、－０．９０であるとさらに一層好ましい。

【０１１１】

１－３－１２．条件式（１２）

０．５０ ＜ ｜（１－βｖｃｔ）×βｖｃｔｒ｜ ＜ ６．００ ・・・（１２）

但し、

βｖｃｔ：望遠端における防振群の無限遠合焦時の横倍率

βｖｃｔｒ：望遠端における、防振群より像側に配置される全レンズの無限遠合焦時の合成横倍率

【０１１２】

条件式（１２）は、防振群のいわゆるブレ補正係数を規定するための式である。ここで、ブレ補正係数は、防振群が光軸と略直交する方向に単位量移動したときの結像面の移動量を表す。条件式（１２）を満足させることで、像ブレ補正時における防振群の移動量を適切な範囲内とすることができ、高精度で迅速な像ブレ補正を実現すると共に、当該ズームレンズの小型化を図ることが容易になる。

【０１１３】

これに対して、条件式（１２）の数値が下限値以下になると、ブレ補正係数が小さくなりすぎる。そのため、防振時における防振群の移動量が大きくなり、防振ユニットの外径が大きくなるため、当該ズームレンズの小型化が困難になり好ましくない。また条件式（１２）の数値が上限値以上になると、ブレ補正係数が大きくなりすぎる。そのため、像ずれを補正するための防振群の移動量が小さくなりすぎるため、防振時に防振群を高精度に位置制御しなければならず、当該位置制御が困難になるため好ましくない。

【０１１４】

上記効果を得る上で、条件式（１２）の下限値は０．６０であることがより好ましく、０．７０であることがさらに好ましく、０．８５であることが一層好ましく、１．００であることがより一層好ましく、１．１０であることがさらに一層好ましい。また条件式（１２）の上限値は５．００であることがより好ましく、４．１０であることがさらに好ましく、３．００であることが一層好ましく、２．３０であることがより一層好ましく、２．２０であることがさらに一層好ましい。

【０１１５】

１－３－１３．条件式（１３）

０．４０ ＜ ｆ１／ｆｔ ＜ １．２０ ・・・（１３）

但し、

ｆ１：第１レンズ群の焦点距離

ｆｔ：望遠端における当該ズームレンズの焦点距離

【０１１６】

条件式（１３）は、第１レンズ群の焦点距離と望遠端における当該ズームレンズの焦点距離との比を規定するための式である。条件式（１３）を満足させることで、第１レンズ群の屈折力が適切な範囲内となり、小型で光学性能の高いズームレンズを実現することが容易になる。

【０１１７】

これに対して、条件式（１３）の数値が下限値以下になると、第１レンズ群の屈折力が大きくなりすぎる。そのため、望遠端における球面収差や像面湾曲が発生し、光学性能の高いズームレンズを得ることが困難になり、好ましくない。また条件式（１３）の数値が上限値以上になると、第１レンズ群の屈折力が小さくなりすぎる。そのため、望遠端における光学全長が長くなるため、当該ズームレンズの小型化を図る上で好ましくない。

【０１１８】

上記効果を得る上で、条件式（１３）の下限値は０．４５であることがより好ましく、０．４８であることがさらに好ましく、０．５０であることが一層好ましく、０．５５であることがより一層好ましく、０．６０であることがさらに一層好ましい。また条件式（１３）の上限値は１．１５であることがより好ましく、１．１０であることがさらに好ましく、１．０５であることが一層好ましく、１．００であることがより一層好ましく、０．９８であることがさらに一層好ましい。

【０１１９】

１－３－１４．条件式（１４）

－１．５０ ＜ ｆ２／ｆｗ ＜ －０．５０ ・・・（１４）

但し、

ｆ２：第２レンズ群の焦点距離

ｆｗ：広角端における当該ズームレンズの焦点距離

【０１２０】

条件式（１４）は、第２レンズ群の焦点距離と広角端における当該ズームレンズの焦点距離との比を規定するための式である。条件式（１４）を満足させることで、第２レンズ群の屈折力が適切な範囲内とすることができ、小型で光学性能の高いズームレンズを実現することが容易になる。

【０１２１】

これに対して、条件式（１４）の数値が下限値以下になると、第２レンズ群の屈折力が小さくなりすぎるため、入射瞳位置を物体側に配置することが困難となり、広角端において第１レンズ群を構成するレンズの径を小型化することが困難になるため好ましくない。また条件式（１４）の数値が上限値以上になると、第２レンズ群の屈折力が大きくなりすぎる。そのため、像面湾曲や歪曲収差が過補正となり、光学性能の高いズームレンズを実現することが困難になるため好ましくない。

【０１２２】

上記効果を得る上で、条件式（１４）の下限値は－１．４０であることがより好ましく、－１．３０であることがさらに好ましく、－１．２０であることが一層好ましく、－１．１０であることがより一層好ましく、－１．００であることがさらに一層好ましい。また条件式（１４）の上限値は－０．５２であることがより好ましく、－０．５５であることがさらに好ましく、－０．５８であることが一層好ましく、－０．６２であることがより一層好ましく、－０．６５であることがさらに一層好ましく、－０．７０であることがさらに一層好ましい。

【０１２３】

１－１３－１５．条件式（１５）

０．８０ ＜ Ｄ２ｒｗ／ｆｗ ＜ ２．００ ・・・（１５）

但し、

Ｄ２ｒｗ：広角端における、第２レンズ群の最も像側のレンズ面と、後群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

ｆｗ：広角端における当該ズームレンズの焦点距離

【０１２４】

条件式（１５）は、広角端における、第２レンズ群の最も像側のレンズ面と、後群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離と、広角端における当該ズームレンズの焦点距離との比を規定する式である。条件式（１５）を満足する場合、広角端における第２レンズ群と後群の間隔が適正になり、広角端における当該ズームレンズの光学全長方向の小型化と前玉径の小型化とを同時に実現することができる。

【０１２５】

これに対して、条件式（１５）の数値が下限値以下になると、広角端において第２レンズ群と後群との間隔が狭くなる。当該ズームレンズでは第２レンズ群と後群との間隔を変化させることで変倍作用を得ている。そのため、広角端において第２レンズ群と後群の間隔が狭いと変倍比を大きくすることが困難になるため、変倍比の高いズームレンズを実現することが困難になるため好ましくない。また、条件式（１５）の数値が上限値以上になると、広角端において第２レンズ群と後群との間隔が広くなる。この場合、広角端における光学全長が長くなるため、当該ズームレンズの光学全長方向の小型化を図る上で好ましくない。また、広角端において第２レンズ群と後群との間隔が大きくなると、後群に開口絞りを配置した場合、入射瞳位置を物体側に配置することが困難になり、入射瞳位置が像側に移動してしまう。そのため、前玉径が大きくなり、当該ズームレンズの径方向の小型化を図る上で好ましくない。また前玉径が大きくなるにつれ、レンズコストが高くなるた

め、当該ズームレンズの低コスト化を図る上でも好ましくない。

【０１２６】

上記効果を得る上で、条件式（１５）の下限値は０．９０であることがより好ましく、０．９５であることがさらに好ましく、１．００であることが一層好ましく、１．０５であることがより一層好ましく、１．１０であるとさらに一層好ましい。また条件式（１５）の上限値は１．９０であることがより好ましく、１．８０であることがさらに好ましく、１．７０であることが一層好ましく、１．６０であることがより一層好ましい。

【０１２７】

２．撮像装置

次に、本件発明に係る撮像装置について説明する。本件発明に係る撮像装置は、上記本件発明に係るズームレンズと、当該ズームレンズの像面側に設けられた、当該ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。

【０１２８】

ここで、撮像素子等に特に限定はなく、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）センサやＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）センサなどの固体撮像素子等も用いることができる。本件発明に係る撮像装置は、デジタルカメラやビデオカメラ等のこれらの固体撮像素子を用いた撮像装置に好適である。また、当該撮像装置は、レンズが筐体に固定されたレンズ固定式の撮像装置であってもよいし、一眼レフカメラやミラーレス一眼カメラ等のレンズ交換式の撮像装置であってもよいのは勿論である。特に、本件発明に係るズームレンズは交換レンズシステムに好適なバックフォーカスを確保することができる。そのため、光学式ファインダーや、位相差センサ、これらに光を分岐するためのリフレックスミラー等を備えた一眼レフカメラ等の撮像装置に好適である。

【０１２９】

当該撮像装置は、固体撮像素子により取得した撮像画像データを電気的に加工して、撮像画像の形状を変化させる画像処理部や、当該画像処理部において撮像画像データを加工するために用いる画像補正データ、画像補正プログラム等を保持する画像補正データ保持部等を有することがより好ましい。ズームレンズを小型化した場合、結像面において結像された撮像画像形状の歪み（歪曲）が生じやすくなる。その際、画像補正データ保持部に予め撮像画像形状の歪みを補正するための歪み補正データを保持させておき、上記画像処理部において、画像補正データ保持部に保持された歪み補正データを用いて、撮像画像形状の歪みを補正することが好ましい。このような撮像装置によれば、ズームレンズの小型化をより一層図ることができ、秀麗な撮像画像を得ると共に、撮像装置全体の小型化を図ることができる。

【０１３０】

さらに、本件発明に係る撮像装置において、上記画像補正データ保持部に予め倍率色収差補正データを保持させておき、上記画像処理部において、画像補正データ保持部に保持された倍率色収差補正データを用いて、当該撮像画像の倍率色収差補正を行わせることが好ましい。画像処理部により、倍率色収差、すなわち、色の歪曲収差を補正することで、光学系を構成するレンズ枚数を削減することが可能になる。そのため、このような撮像装置によれば、ズームレンズの小型化をより一層図ることができ、秀麗な撮像画像を得ると共に、撮像装置全体の小型化を図ることができる。

【０１３１】

次に、実施例を示して本件発明を具体的に説明する。但し、本件発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例１】

【０１３２】

（１）ズームレンズの光学構成

図１は、本件発明に係る実施例１のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を

有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、正の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６とから構成され、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行う。開口絞りＳは第３レンズ群Ｇ３の物体側に配置されている。本実施例では、後群は第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５及び第６レンズ群Ｇ６からなる。

【０１３３】

以下、各レンズ群の構成を説明する。第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１と凸レンズＬ２とが接合された接合レンズと、物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ３とから構成される。物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１が本発明にいう上記レンズＬ１ｎである。第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズは、レンズＬ２である。レンズＬ２のΔＰｇＦｐ1は、０．００９である。

【０１３４】

第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ４と、両凹レンズＬ５と、両凸レンズＬ６と、物体側凹形状の負メニスカスレンズＬ７とから構成されている。第２レンズ群に含まれるすべてのレンズ面は球面である。

【０１３５】

第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、開口絞りＳと、両凸レンズＬ８と、両凸レンズＬ９及び凹レンズＬ１０が接合された接合レンズと、両凹レンズＬ１１及び物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ１２が接合された接合レンズとから構成されている。凹レンズＬ１０が本発明にいう後群中含まれる負の屈折力を有するレンズＬｎｒである。

【０１３６】

第４レンズ群Ｇ４は、物体側から順に、両凸形状で両面に非球面を有する正レンズＬ１３と、両凸レンズＬ１４と凹レンズＬ１５とが接合された接合レンズから構成されている。正レンズＬ１３の物体面が本件発明にいう物体側に凸の非球面ｒａである。

【０１３７】

第５レンズ群Ｇ５は、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１６で構成されている。負メニスカスレンズＬ１６の像側面が本件発明にいう像側に凹の形状を有するレンズ面ｒｎである。

【０１３８】

第６レンズ群Ｇ６は、物体側凹形状の正メニスカスレンズＬ１７で構成されている。

【０１３９】

実施例１のズームレンズでは広角端から望遠端への変倍時に像面に対して、第１レンズ群Ｇ１が物体側に移動し、第２レンズ群Ｇ２が物体側に移動し、第３レンズ群Ｇ３が物体側に移動し、第４レンズ群Ｇ４が物体側に移動し、第５レンズ群Ｇ５が物体側に移動し、第６レンズ群Ｇ６は光軸方向に固定されている。

【０１４０】

なお、後群中の負の屈折力を有する群がその物体側の群に対して、像側にＵターンするような動きをさせると、中間焦点距離の像面性が向上する。本実施例では、その後群中の負の屈折力を有する群は第５レンズ群Ｇ５が相当する。無限遠物体から近接物体への合焦の際、第５レンズ群Ｇ５が光軸に沿って像側に移動する。

【０１４１】

また、いわゆる手振れ等により撮影時に撮像装置に振動が伝わるなどして生じる像ブレが発生したときにこれを補正するため、光学系に含まれる少なくとも１枚のレンズを偏芯させることで像シフトする防振群を設けることが好ましい。当該実施例では、例えば、第３レンズ群中に含まれる両凹レンズＬ１１と物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ１２で構成される接合レンズを防振群とすることができ、当該防振群を光軸と垂直方向に移動させることで像ブレ発生時に像シフトさせることが好ましい。

【０１４２】

また、図１に示す「ＩＭＧ」は結像面であり、具体的にはＣＣＤセンサ、ＣＭＯＳセンサ等の固体撮像素子の撮像面、或いは、銀塩フィルムのフィルム面等を表す。また、結像面ＩＭＧの物体側にはカバーガラスＣＧ等の実質的な屈折力を有さない平行平板を備える。これらの点は、他の実施例で示す各レンズ断面図においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【０１４３】

（２）数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表１に当該ズームレンズの面データを示す。表１において、「面番号」は物体側から数えたレンズ面の順番、「ｒ」はレンズ面の曲率半径、「ｄ」はレンズ面の光軸上の間隔、「Ｎｄ」はｄ線（波長λ＝５８７．６ｎｍ）に対する屈折率、「ｖｄ」はｄ線に対するアッベ数、「Ｈ」は有効半径、「ΔＰｇｆ」は第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの異常分散性を示している。また、面番号の次の欄に表示する「ＡＳＰ」は当該レンズ面が非球面であることを表し、「Ｓ」は開口絞りを表している。さらに、レンズ面の光軸上の間隔の欄に、「Ｄ６」、「Ｄ１４」等と示すのは、当該レンズ面の光軸上の間隔が変倍時又は合焦時に変化する可変間隔であることを意味する。なお、各表中の長さの単位は全て「ｍｍ」であり、画角の単位は全て「°」である。また、曲率半径の「０」は平面を意味する。なお、表１における第３６面及び第３７面はカバーガラスＣＧの面データである。

【０１４４】

表２は、当該ズームレンズの緒元表である。当該緒元表には、無限遠合焦時における当該ズームレンズの焦点距離「ｆ」、Ｆナンバー「Ｆｎｏ」、半画角「ω」、像高「Ｙ」、光学全長「ＴＬ」を示す。但し、表２には、左側から順に、広角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるそれぞれの値を示している。

【０１４５】

表３に、変倍時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示す。表３において、左側から順に、広角端、中間焦点距離状態、望遠端における無限遠合焦時におけるそれぞれの値を示している。なお、表中「ＩＮＦ」は「∞（無限大）」であることを示す。

【０１４６】

表４に、合焦時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示す。表４には、広角端、中間焦点距離状態、望遠端において、それぞれ撮影距離（撮像距離）が３５０．００ｍｍ、７００．００ｍｍ、１０００．００ｍｍのときの値を示している。これらの撮影距離が各焦点距離における最短撮像距離である。

【０１４７】

表５は、当該ズームレンズを構成する各レンズ群の焦点距離を示している。

【０１４８】

表６は、各非球面の非球面係数である。当該非球面係数は、各非球面形状を下記式で定義したときの値である。また、表１９に、各条件式（１）～条件式（１５）の値を示す。さらに、表２０に条件式（１）～条件式（１５）の計算に用いた各値を示す。

【０１４９】

$$X(Y)=CY^2/[1+\{1-(1+K)\cdot C^2Y^2\}^{1/2}]+A4\cdot Y^4+A6\cdot Y^6+A8\cdot Y^8+A10\cdot Y^{10}+A12\cdot Y^{12}$$

【０１５０】

但し、表６において、「Ｅ－ａ」は「×１０$^{-a}$」を示す。また、上記式において、「Ｘ」は光軸方向の基準面からの変位量、「Ｃ」は面頂点での曲率、「Ｙ」は光軸に垂直な方向の光軸からの高さ、「Ｋ」はコーニック係数、「Ａｎ」はｎ次の非球面係数とする。

これらの表に関する事項は他の実施例で示す各表においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【０１５１】

［表１］

面番号	r	d	Nd	vd	H	ΔPgf

1		116.0437	1.370	1.90440	31.31	25.800
2		62.1234	0.020	1.56766	42.84	25.075
3		62.1234	7.089	1.48767	70.44	25.073	0.009
4		-660.0622	0.140			24.903
5		56.5319	5.330	1.59373	67.00	23.700	0.009
6		366.6100	D6			23.476
7		73.1105	0.950	1.91149	35.25	12.848
8		14.8677	5.720			10.171
9		-52.3595	0.830	1.77291	49.62	9.772
10		35.8574	0.167			9.272
11		24.1476	4.502	1.84756	23.78	9.200
12		-36.9502	0.547			8.902
13		-28.1911	0.830	1.77291	49.62	8.715
14		98.7836	D14			8.299
15	S	0.0000	1.060			5.620
16		67.4001	2.350	1.48767	70.44	5.874
17		-1195.1709	0.575			6.083
18		24.0699	3.493	1.48767	70.44	6.303
19		-21.1357	0.010	1.56766	42.84	6.323
20		-21.1357	0.800	1.90440	31.31	6.324
21		-114.9128	3.030			6.450
22		-33.7527	0.890	1.59373	67.00	6.841
23		24.6903	0.010	1.56766	42.84	7.139
24		24.6903	1.645	1.80598	25.46	7.140
25		69.5662	D25			7.200
26	ASP	28.8941	4.008	1.59225	67.02	8.752
27	ASP	-23.1730	0.115			8.820
28		93.5454	3.774	1.48767	70.44	8.878
29		-20.7679	0.010	1.56766	42.84	8.860
30		-20.7679	0.800	1.80598	25.46	8.860
31		-50.5655	D31			9.000
32		65.1102	0.800	1.48767	70.44	8.940
33		20.2552	D33			8.815
34		-4405.2863	1.770	1.52297	68.02	12.218
35		-151.9757	35.111			12.303
36		0.0000	2.000	1.51654	64.14	14.385
37		0.0000	1.000			14.462

【０１５２】

［表２］

f	18.442	54.706	103.541
Fno	3.728	5.123	5.718
ω	39.955	14.433	7.706
Y	14.500	14.500	14.500
TL	128.620	161.607	185.651

【０１５３】

［表３］

f	18.442	54.706	103.541
撮影距離	INF	INF	INF
D6	1.441	25.922	45.260
D14	19.916	5.298	2.680

D25	7.051	5.066	4.154
D31	1.342	4.283	2.719
D33	8.125	30.295	40.094

【０１５４】
［表４］

ｆ	18.442	54.706	103.541
撮影距離	350.00	700.00	1000.00
D31	2.065	5.878	5.798
D33	7.402	28.700	37.015

【０１５５】
［表５］

群	面番号	焦点距離
G1	1-6	93.429
G2	7-14	-14.876
G3	15-25	-957.373
G4	26-31	20.044
G5	32-33	-60.645
G6	34-35	300.939

【０１５６】
［表６］

面番号	26	27
K	0	0
A4	-2.32531E-05	1.17829E-05
A6	2.43229E-08	3.34264E-09
A8	1.06408E-10	1.47429E-10
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00

【０１５７】
また、図２～図４に当該実施例１のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端における無限遠合焦時の縦収差図をそれぞれ示す。各図に示す縦収差図は、図面に向かって左側から順に、それぞれ球面収差（ｍｍ）、非点収差（ｍｍ）、歪曲収差（％）である。球面収差を表す図では、縦軸は開放Ｆ値との割合、横軸にデフォーカスをとり、実線がｄ線（波長λ＝５８７．６ｎｍ）、一点鎖線がｇ線（波長λ＝４３５．８ｎｍ）、点線がＣ線（波長λ＝６５６．３ｎｍ）における球面収差を示す。非点収差を表す図では、縦軸は像高、横軸にデフォーカスをとり、実線がｄ線に対するサジタル像面（ｄｓ）、点線がｄ線に対するメリジオナル像面（ｄｍ）を示す。歪曲収差を表す図では、縦軸は像高、横軸に％をとり、歪曲収差を表す。これらの縦収差図に関する事項は、他の実施例で示す縦収差図においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【０１５８】
また、当該ズームレンズの広角端における無限遠合焦時のバックフォーカス「ｆｂ」は以下のとおりである。但し、以下の値は、カバーガラス（Ｎｄ＝１．５１６８）を含まない値であり、他の実施例に示すバックフォーカスも同様である。
ｆｂ＝ ３７．４３０（ｍｍ）

【実施例２】
【０１５９】
（１）ズームレンズの光学構成
図５は、本件発明に係る実施例２のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第

５レンズ群Ｇ５と、負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６と、正の屈折力を有する第７レンズ群Ｇ７とから構成され、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行う。開口絞りＳは第３レンズ群Ｇ３の最も像側に配置されている。本実施例では、後群は第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、第６レンズ群Ｇ６及び第７レンズ群Ｇ７からなる。

【０１６０】

以下、各レンズ群の構成を説明する。第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１と凸レンズＬ２とが接合された接合レンズと、物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ３とから構成される。物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１が本発明にいう上記レンズＬ１ｎである。第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズは、レンズＬ２である。レンズＬ２のΔＰｇＦｐ1は、０．０１２である。

【０１６１】

第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ４と、両凹レンズＬ５と、両凸レンズＬ６と、両凹レンズＬ７とから構成されている。第２レンズ群に含まれるすべてのレンズ面は球面である。

【０１６２】

第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、開口絞りＳと、両凸レンズＬ８と、両凸レンズＬ９及び両凹レンズＬ１０が接合された接合レンズと、両凹レンズＬ１１及び物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ１２が接合された接合レンズとから構成されている。両凹レンズＬ１０が本発明にいう後群中含まれる負の屈折力を有するレンズＬｎｒである。両凹レンズＬ１１は物体側面の複合層に非球面が成形された複合非球面である。

【０１６３】

第４レンズ群Ｇ４は、物体側から順に、両凸形状で両面に非球面を有する正レンズＬ１３と、両凸レンズＬ１４とから構成されている。正レンズＬ１３の物体面が本件発明にいう物体側に凸の非球面ｒａである。

【０１６４】

第５レンズ群Ｇ５は、凸レンズL１５及び両凹レンズＬ１６が接合された接合レンズから構成されている。両凹レンズＬ１６の像側に凹の形状を有するレンズ面ｒｎである。

【０１６５】

第６レンズ群Ｇ６は、物体側に凹面を向け両面に非球面を有する凹レンズＬ１７で構成されている。

【０１６６】

第７レンズ群Ｇ７は、物体側凹形状の正メニスカスレンズＬ１７で構成されている。

【０１６７】

実施例２のズームレンズでは広角端から望遠端への変倍時に像面に対して、第１レンズ群Ｇ１が物体側に移動し、第２レンズ群Ｇ２が像側にＵターンするように移動し、第３レンズ群Ｇ３が物体側に移動し、第４レンズ群Ｇ４が物体側に移動し、第５レンズ群Ｇ５が物体側に移動し、第６レンズ群Ｇ６が物体側に移動し、第７レンズ群Ｇ７は光軸方向に固定されている。第４レンズ群Ｇ４と第６レンズ群Ｇ６は、同じカム軌跡で移動する。そのため、第４レンズ群Ｇ４と第６レンズ群Ｇ６とを連結し、変倍時に第４レンズ群Ｇ４と第６レンズ群Ｇ６とを一体に移動させるようにした連結ユニットとすることができる。その結果、鏡筒に形成するカム溝の本数を削減できるため低コスト化を図ることができて好ましい。また、第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６において、偏芯によるガタが生じた場合でも、正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６が同時に偏芯することとなるため、偏芯により発生した収差をこの正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６により打ち消すことができるため、偏芯時の収差発生が小さくなるため高い光学性能を実現する上で好ましい。

【０１６８】

なお、変倍時に後群中の負の屈折力を有するレンズ群がその物体側のレンズ群に対して、像側にＵターンするような軌跡で移動させると、中間焦点距離の像面性が向上する。本実施例では、第５レンズ群Ｇ５を変倍時にその物体側のレンズ群に対して像側にＵターンするような軌跡で移動させることで、中間焦点距離の像面性が向上させることができる。無限遠物体から近接物体への合焦の際、第５レンズ群Ｇ５が光軸に沿って像側に移動する。

【０１６９】

また、いわゆる手振れ等により撮影時に撮像装置に振動が伝わるなどして生じる像ブレが発生したときにこれを補正するため、光学系に含まれる少なくとも１枚のレンズを偏芯させることで像シフトする防振群を設けることが好ましい。当該実施例では、例えば、第３レンズ群中に含まれる両凹レンズＬ１１と物体側凸形状の正メニスカスレンズL１２で構成される接合レンズを防振群とすることができ、当該防振群を光軸と垂直方向に移動させることで像ブレ発生時に像シフトさせることが好ましい。

【０１７０】

（２）数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表７に、当該ズームレンズの面データを示し、表８に当該ズームレンズの緒元表を示す。なお、表７における第３５面及び第３６面はカバーガラスＣＧの面データである。

【０１７１】

表９に、変倍時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示し、表１０に、合焦時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示す。なお、表１０には、広角端、中間焦点距離状態、望遠端において、それぞれ撮影距離（撮像距離）が１８０．００mm、５００．００mm、８００．００mmのときの値を示している。これらの撮影距離が各焦点距離における最短撮像距離である。

【０１７２】

表１１は、当該ズームレンズを構成する各レンズ群の焦点距離を示している。表１２は、各非球面の非球面係数である。また、表１９に各条件式（１）～条件式（１５）の値を示す。さらに、表２０に条件式（１）～条件式（１５）の計算に用いた各値を示す。

【０１７３】

また、図６～図８に、当該実施例２のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端における無限遠合焦時の縦収差図をそれぞれ示す。

【０１７４】

さらに、当該ズームレンズの広角端における無限遠合焦時のバックフォーカスは以下のとおりである。

ｆｂ＝ １８．３２１（mm）

【０１７５】

［表７］

面番号	r	d	Nd	vd	H	ΔPgf
1	153.2090	1.200	1.95375	32.32	26.500	
2	68.3153	7.068	1.59522	67.73	25.597	0.012
3	-600.5587	0.150			25.398	
4	57.2023	5.575	1.59349	67.00	24.000	0.009
5	241.1147	D5			23.679	
6	104.5158	1.000	1.78800	47.37	14.286	
7	14.6636	6.452			10.922	
8	-44.6390	0.800	1.85150	40.78	10.818	
9	78.0418	0.150			10.567	
10	28.5349	4.953	1.84666	23.78	10.500	
11	-41.7440	1.000			10.236	
12	-28.8063	0.800	1.78800	47.37	9.909	
13	133.4564	D13			9.594	

14	S	0.0000	1.083		6.840	
15		26.9286	3.500	1.80000	29.84	7.305
16		-82.2538	0.278		7.288	
17		20.3460	3.391	1.49700	81.61	7.128
18		-37.5335	0.700	1.92286	20.88	6.868
19		39.2815	2.300		6.692	
20	ASP	-121.7485	0.225	1.51460	49.96	7.200
21		-90.3447	0.800	1.83481	42.74	7.191
22		29.2450	2.030	1.74077	27.79	7.246
23		57.8928	D23		7.314	
24	ASP	48.5768	2.501	1.53446	57.04	6.980
25	ASP	-91.6865	0.205		7.173	
26		40.4588	3.612	1.49700	81.61	7.300
27		-19.9444	D27		7.445	
28		-4537.3387	2.231	1.80610	33.27	7.160
29		-24.6840	0.700	1.74320	49.34	7.164
30		25.5037	D30		7.143	
31	ASP	-45.1511	1.100	1.53446	57.04	8.922
32	ASP	-2771.7000	D32		9.311	
33		-143.5306	3.200	1.72916	54.68	14.369
34		-43.2728	16.002		14.573	
35		0.0000	2.000	1.51680	64.20	14.518
36		0.0000	1.000		14.532	

【０１７６】

［表８］

f	18.495	78.000	194.355
Fno	3.606	5.429	6.486
ω	40.246	10.184	4.182
Y	14.500	14.500	14.500
TL	122.371	160.089	189.958

【０１７７】

［表９］

f	18.495	78.000	194.355
撮影距離	INF	INF	INF
D5	0.819	37.322	58.898
D13	27.549	7.547	2.272
D23	3.823	1.562	1.268
D27	1.295	6.171	3.549
D30	10.713	5.837	8.458
D32	2.166	25.644	39.506

【０１７８】

［表１０］

f	18.495	78.000	194.355
撮影距離	180.00	500.00	800.00
D27	2.826	9.023	9.815
D30	9.182	2.985	2.193

【０１７９】

［表１１］

群	面番号	焦点距離
G1	1-5	100.685

G2	6-13	-15.380
G3	14-23	53.493
G4	24-27	19.453
G5	28-30	-37.386
G6	31-32	-85.891
G7	33-34	83.833

【０１８０】

［表１２］

面番号	20	24	25	31	32
K	74.6651	0	-89.5392	0	0
A4	2.00436E-05	-6.62844E-05	-1.39417E-06	-1.59331E-05	0.00000E+00
A6	-9.61273E-08	-7.46055E-07	-5.95505E-07	3.09124E-07	1.37942E-07
A8	1.54884E-09	1.37140E-08	1.15035E-08	-3.81395E-09	5.08209E-10
A10	1.60756E-12	-1.73244E-10	-1.19369E-10	5.67643E-11	0.00000E+00
A12	-1.47964E-13	7.75951E-13	4.13378E-13	-2.42231E-13	0.00000E+00

【実施例３】

【０１８１】

（１）ズームレンズの光学構成

図９は、本件発明に係る実施例３のズームレンズの広角端における無限遠合焦時のレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、正の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６とから構成され、隣り合うレンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行う。開口絞りＳは第３レンズ群Ｇ３の物体側に配置されている。本実施例では、後群は第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５及び第６レンズ群Ｇ６からなる。

【０１８２】

以下、各レンズ群の構成を説明する。第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１と凸レンズＬ２とが接合された接合レンズと、物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ３とから構成される。物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１が本発明にいう上記レンズＬ１ｎである。第１レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの中で、最も異常分散性が大きなレンズは、レンズＬ２である。レンズＬ３のΔＰｇＦｐ1は、０．０１２である。

【０１８３】

第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ４と、両凹レンズＬ５と、両凸レンズＬ６と、物体側凹形状の負メニスカスレンズＬ７とから構成されている。第２レンズ群に含まれるすべてのレンズ面は球面である。

【０１８４】

第３レンズ群Ｇ３は、物体側から順に、開口絞りＳと、両凸レンズＬ８と、両凸レンズＬ９及び凹レンズＬ１０が接合された接合レンズと、両凹レンズＬ１１及び物体側凸形状の正メニスカスレンズＬ１２が接合された接合レンズと、両凸形状で両面に非球面を有する正レンズＬ１３と、両凸レンズＬ１４と凹レンズＬ１５とが接合された接合レンズとから構成されている。凹レンズＬ１０が本発明にいう後群中含まれる負の屈折力を有するレンズＬｎｒである。正レンズＬ１３の物体面が本件発明にいう物体側に凸の非球面ｒａである。

【０１８５】

第４レンズ群Ｇ４は、物体側凸形状の負メニスカスレンズＬ１６で構成されている。負メニスカスレンズＬ１６の像側面が本件発明にいう像側に凹の形状を有するレンズ面ｒｎである。

【０１８６】

第５レンズ群Ｇ５は、物体側凹形状の負メニスカスレンズＬ１７で構成されている。

【０１８７】

第６レンズ群Ｇ６は、物体側凹形状の正メニスカスレンズＬ１８で構成されている。

【０１８８】

実施例３のズームレンズでは広角端から望遠端への変倍時に像面に対して、第１レンズ群Ｇ１が物体側に移動し、第２レンズ群Ｇ２が物体側に移動し、第３レンズ群Ｇ３が物体側に移動し、第４レンズ群Ｇ４が物体側に移動し、第５レンズ群Ｇ５が物体側に移動し、第６レンズ群Ｇ６は光軸方向に固定されている。第３レンズ群Ｇ３と第５レンズ群Ｇ５は、同じカム軌跡で移動する。そのため、第３レンズ群Ｇ３と第５レンズ群Ｇ５とを連結し、変倍時に第３レンズ群Ｇ３と第５レンズ群Ｇ５とを一体に移動させるようにした連結ユニットとすることができる。その結果、鏡筒に形成するカム溝の本数を削減できるため低コスト化を図ることができて好ましい。また、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５において、偏芯によるガタが生じた場合でも、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５が同時に偏芯することとなるため、偏芯により発生した収差をこの正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５により打ち消すことができるため、偏芯時の収差発生が小さくなるため高い光学性能を実現する上で好ましい。

【０１８９】

なお、変倍時に後群中の負の屈折力を有するレンズ群がその物体側のレンズ群に対して、像側にＵターンするような軌跡で移動させると、中間焦点距離の像面性が向上する。本実施例では、第４レンズ群Ｇ４を変倍時にその物体側のレンズ群に対して像側にＵターンするような軌跡で移動させることで、中間焦点距離の像面性が向上させることができる。無限遠物体から近接物体への合焦の際、第４レンズ群Ｇ４が光軸に沿って像側に移動する。

【０１９０】

また、いわゆる手振れ等により撮影時に撮像装置に振動が伝わるなどして生じる像ブレが発生したときにこれを補正するため、光学系に含まれる少なくとも１枚のレンズを偏芯させることで像シフトする防振群を設けることが好ましい。当該実施例では、例えば、第３レンズ群中に含まれる両凹レンズＬ１１と物体側凸形状の正メニスカスレンズL１２で構成される接合レンズを防振群とすることができ、当該防振群を光軸と垂直方向に移動させることで像ブレ発生時に像シフトさせることが好ましい。

【０１９１】

（２）数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表１３に、当該ズームレンズの面データを示し、表１４に当該ズームレンズの緒元表を示す。なお、表１３における第３５面及び第３６面はカバーガラスＣＧの面データである。

【０１９２】

表１５に、変倍時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示し、表１６に、合焦時における当該ズームレンズの光軸上の可変間隔を示す。なお、表１６には、広角端、中間焦点距離状態、望遠端において、それぞれ撮影距離（撮像距離）が３５０．００mm、７００．００mm、１０００．００mmのときの値を示している。これらの撮影距離が各焦点距離における最短撮像距離である。

【０１９３】

表１７は、当該ズームレンズを構成する各レンズ群の焦点距離を示している。表１８は、各非球面の非球面係数である。また、表１９に各条件式（１）～条件式（１５）の値を示す。さらに、表２０に条件式（１）～条件式（１５）の計算に用いた各値を示す。

【０１９４】

また、図１０～図１２に、当該実施例３のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端における無限遠合焦時の縦収差図をそれぞれ示す。

【０１９５】

さらに、当該ズームレンズの広角端における無限遠合焦時のバックフォーカスは以下のとおりである。

ｆｂ＝ ３６．６２５（mm）

【０１９６】

［表１３］

面番号		r	d	Nd	νd	H	ΔPgf
1		104.8965	1.280	1.90440	31.31	26.550	
2		57.3143	0.020	1.56766	42.84	25.761	
3		57.3143	7.020	1.48767	70.44	25.759	0.009
4		-555.7699	0.120			25.723	
5		52.5924	5.116	1.59545	67.73	24.400	0.012
6		310.6774	D6			24.380	
7		79.6261	0.900	1.91149	35.25	12.074	
8		13.1027	5.711			9.348	
9		-35.7503	0.850	1.77291	49.62	9.058	
10		37.6675	0.210			8.715	
11		23.0886	4.163	1.84756	23.78	8.700	
12		-37.6736	0.802			8.485	
13		-22.7259	0.840	1.77291	49.62	8.395	
14		-112.9083	D14			8.238	
15	S	0.0000	1.000			5.520	
16		32.0038	2.160	1.48767	70.44	5.793	
17		-95.1737	0.216			5.877	
18		135.9561	3.060	1.48767	70.44	5.908	
19		-16.9676	0.010	1.56766	42.84	5.958	
20		-16.9676	0.800	1.90440	31.31	5.959	
21		-47.6458	2.660			6.114	
22		-44.5308	0.820	1.59373	67.00	6.550	
23		17.6204	0.010	1.56766	42.84	6.939	
24		17.6204	1.625	1.80598	25.46	6.941	
25		39.4500	3.899			7.000	
26	ASP	25.9009	3.859	1.59225	67.02	7.929	
27	ASP	-23.3961	0.211			8.000	
28		110.2271	3.676	1.48767	70.44	8.062	
29		-15.8153	0.010	1.56766	42.84	8.057	
30		-15.8153	0.800	1.80598	25.46	8.058	
31		-35.6427	D31			8.259	
32		48.2907	0.800	1.48767	70.44	8.218	
33		16.6445	D33			8.077	
34		-45.0789	0.820	1.52866	54.93	8.901	
35		-55.6892	D35			9.084	
36		-45.8253	2.131	1.59213	68.78	12.976	
37		-30.2466	34.306			13.170	
38		0.0000	2.000	1.51654	64.14	14.451	
39		0.0000	1.000			14.496	

【０１９７】

［表１４］

f	18.508	52.666	104.128
Fno	4.089	5.496	5.791
ω	40.739	15.000	7.706

Y　14.500　14.500　14.500
TL　123.965　161.274　182.641
【０１９８】
［表１５］

f	18.508	52.666	104.128
撮影距離	INF	INF	INF
D6	1.343	24.902	44.256
D14	20.252	6.633	2.721
D31	1.079	2.805	1.456
D33	7.520	5.794	7.188
D35	0.866	28.234	34.115

【０１９９】
［表１６］

f	18.508	52.666	104.128
撮影距離	350.00	700.00	1000.00
D31	1.706	4.036	4.102
D33	6.893	4.563	4.541

【０２００】
［表１７］

群	面番号	焦点距離
G1	1-6	85.996
G2	7-14	-14.105
G3	15-31	22.260
G4	32-33	-52.517
G5	34-35	-459.841
G6	36-37	142.982

【０２０１】
［表１８］

面番号	26	27
K	0	0
A4	-1.63296E-05	1.62919E-05
A6	-1.64690E-07	-1.67925E-07
A8	3.24463E-09	2.65396E-09
A10	-1.35610E-11	-9.31375E-12
A12	0.00000E+00	0.00000E+00

【０２０２】
［表１９］

		実施例1	実施例2	実施例3
条件式（１）	ΔＰｇＦｐ１	0.009	0.012	0.012
条件式（２）	ＮｄＬ１ｎ	1.904	1.954	1.904
条件式（３）	β２ｗ	-0.213	-0.201	-0.220
条件式（４）	｜ΔＡ｜／RP	0.009	0.029	0.009
条件式（５）	ｆ２／ｆｒｎ	0.358	0.448	0.413
条件式（６）	ＣｒＬ１ｆ／ｆｗ	6.292	8.284	5.668
条件式（７）	β２ｔ	-0.572	-0.837	-0.661
条件式（８）	ＮｄＬｎｒ	1.904	1.923	1.904
条件式（９）	｜Ｘ１｜／ｆｔ	0.551	0.348	0.563
条件式（１０）	Ｄ２ｒｔ／ｆｔ	0.036	0.017	0.036
条件式（１１）	βｒｗ	-0.927	-0.913	-0.980
条件式（１２）	｜（1-βvct）×βvctr｜	1.512	1.890	1.527

条件式（１３）	ｆ１／ｆｔ	0.902	0.518	0.826
条件式（１４）	ｆ２／ｆｗ	-0.807	-0.832	-0.762
条件式（１５）	Ｄ２ｒｗ／ｆｗ	1.137	1.548	1.148

【０２０３】

［表２０］

	実施例1	実施例2	実施例3
ΔＡ	-0.078	-0.204	-0.068
ＲＰ	8.752	6.980	7.929
ｆ２	-14.876	-15.380	-14.105
frn	-41.535	-34.316	-34.131
ＣｒＬ１ｆ	116.044	153.209	104.897
ｆｗ	18.442	18.495	18.508
Ｘ１	-57.031	-67.587	-58.676
ｆｔ	103.541	194.355	104.128
Ｄ２ｒｔ	3.740	3.352	3.721
βｖｃｔ	0.358	-0.488	0.289
βｖｃｔｒ	-2.356	-1.271	-2.146
ｆ１	93.429	100.685	85.996
Ｄ２ｒｗ	20.976	28.631	21.252

【産業上の利用可能性】

【０２０４】

本件発明によれば、低コスト化を図りつつ、小型で光学性能の高いズームレンズ及び撮像装置を提供することができる。

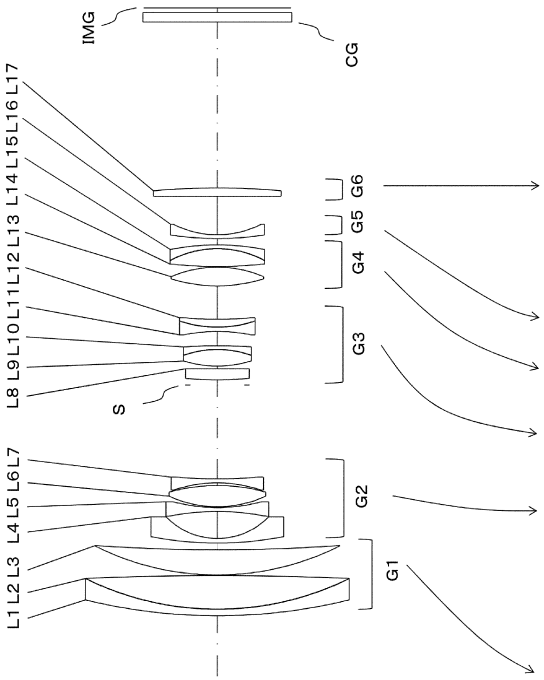
【符号の説明】

【０２０５】

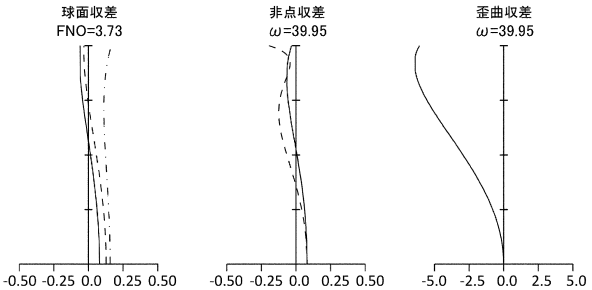
Ｇ１　・・・第１レンズ群
Ｇ２　・・・第２レンズ群
Ｇ３　・・・第３レンズ群
Ｇ４　・・・第４レンズ群
Ｇ５　・・・第５レンズ群
Ｇ６　・・・第６レンズ群
Ｇ７　・・・第７レンズ群
Ｓ　・・・開口絞り
ＣＧ　・・・カバーガラス
ＩＭＧ・・・像面

【図面】

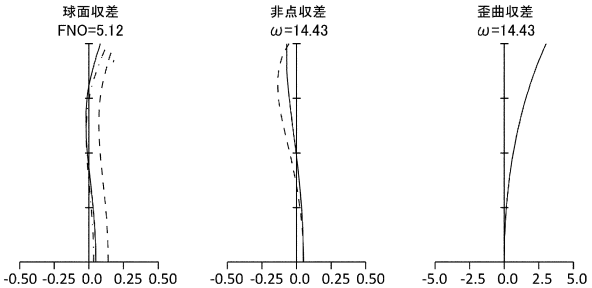
【図１】


IMG
CG
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
L10
L9
L8
S
L7
L6
L5
L4
L3
L2
L1
G6
G5
G4
G3
G2
G1

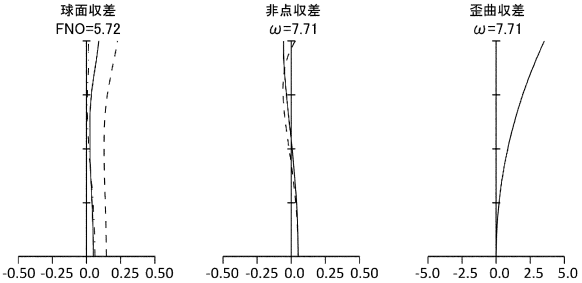
【図２】


球面収差
FNO=3.73
非点収差
ω=39.95
歪曲収差
ω=39.95
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

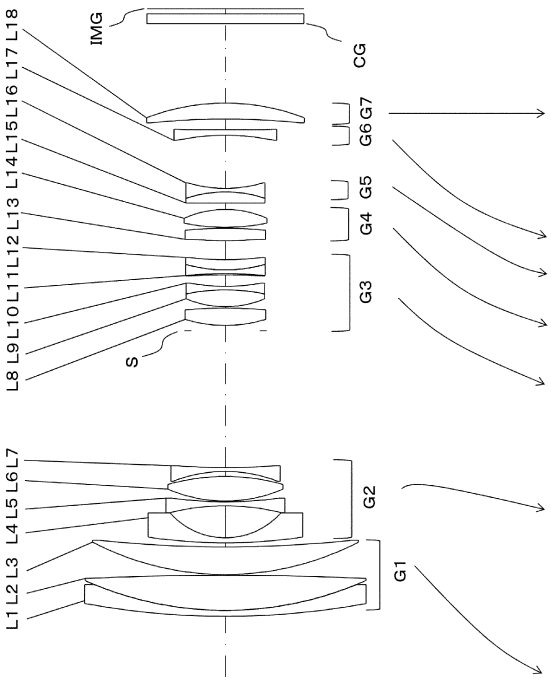
【図３】


球面収差
FNO=5.12
非点収差
ω=14.43
歪曲収差
ω=14.43
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

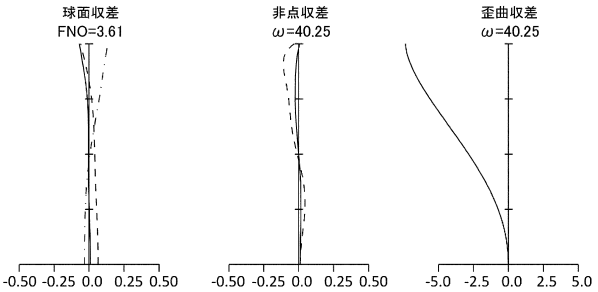
【図４】


球面収差
FNO=5.72
非点収差
ω=7.71
歪曲収差
ω=7.71
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

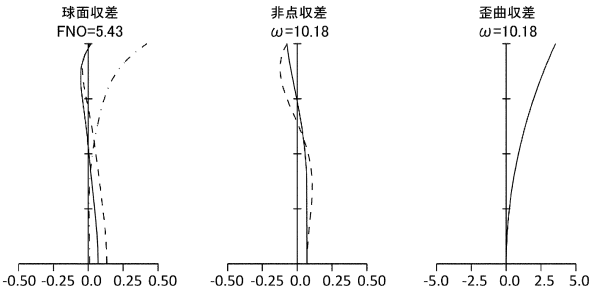
【図５】


L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7
L8 L9 L10 L11 L12 L13 L14 L15 L16 L17 L18
IMG
CG
S
G1
G2
G3
G4
G5
G6 G7

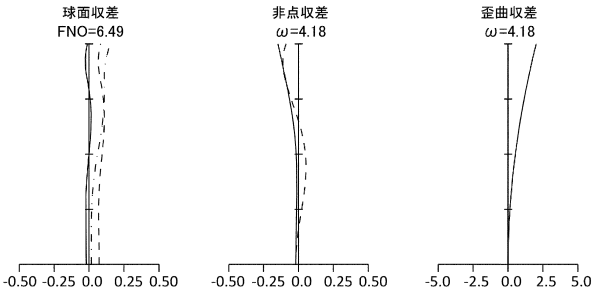
【図６】


球面収差
FNO=3.61
非点収差
ω=40.25
歪曲収差
ω=40.25
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

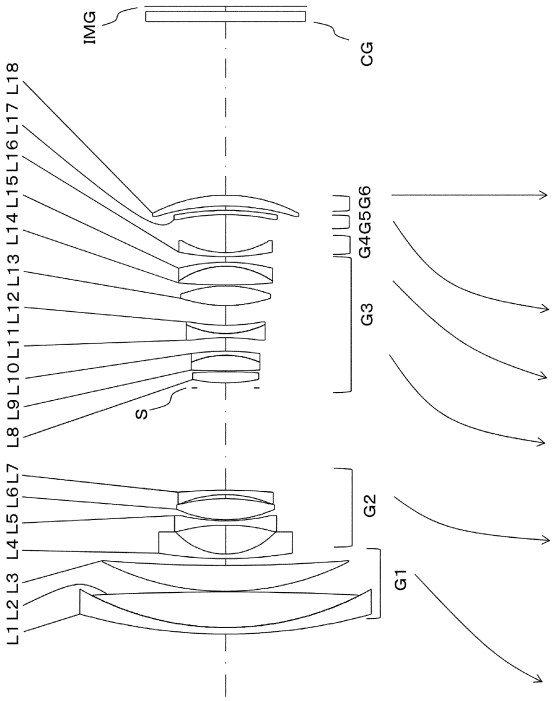
【図７】


球面収差
FNO=5.43
非点収差
ω=10.18
歪曲収差
ω=10.18
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

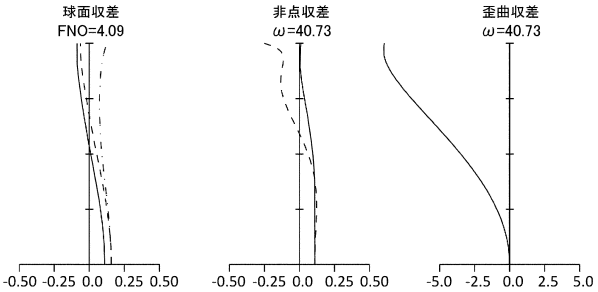
【図８】


球面収差
FNO=6.49
非点収差
ω=4.18
歪曲収差
ω=4.18
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-0.50 -0.25 0.0 0.25 0.50
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0

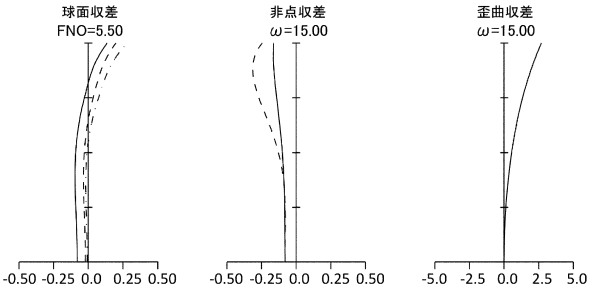
【図９】



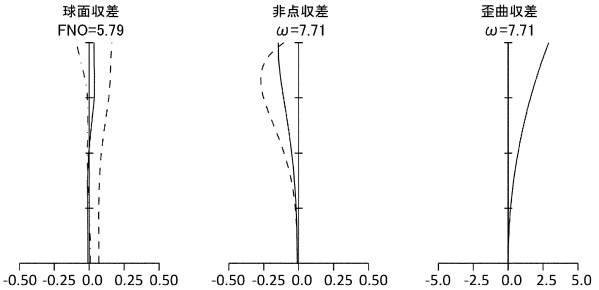
【図１０】



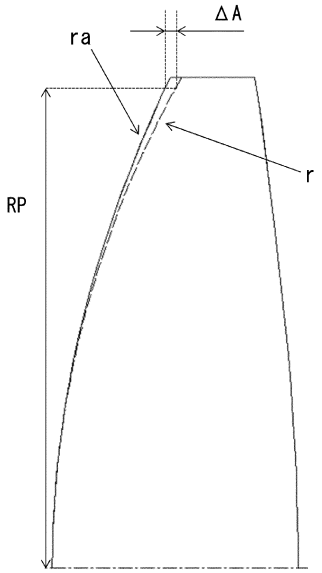
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１５－０４９４２８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１２８０３２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－１０２８８７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－０７１２８３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　９／００－１７／０８
Ｇ０２Ｂ　２１／０２－２１／０４
Ｇ０２Ｂ　２５／００－２５／０４