

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-176289

(P2023-176289A)

(43)公開日 令和5年12月13日(2023.12.13)

(51)国際特許分類

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

F I

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18

テーマコード (参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全32頁)

(21)出願番号 特願2022-88496(P2022-88496)

(22)出願日 令和4年5月31日(2022.5.31)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74)代理人 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(74)代理人 100104628

弁理士 水本 敦也

(74)代理人 100121614

弁理士 平山 倫也

(72)発明者 岩本 俊二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

キヤノン株式会社内

F ターム (参考) 2H087 KA02 KA03 MA16 MA17

MA19 PA14 PA15 PA16

PA20 PB17 PB18 PB20

最終頁に続く

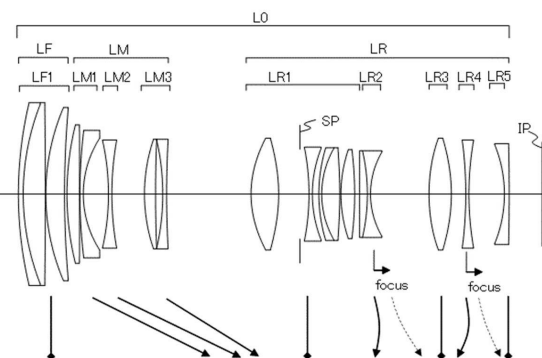
(54)【発明の名称】 ズームレンズおよびそれを有する撮像装置、撮像システム

(57)【要約】

【課題】長焦点距離かつ大口径比でありながら、小型軽量化と高い光学性能を両立したズームレンズを提供する。

【解決手段】ズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間群LM、後側群LRからなる。前側群は、正の屈折力の第1前側レンズ群LF1からなる。中間群は、複数のレンズ群からなり、広角端において負の合成焦点距離を有する。後側群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1後側レンズ群LR1、負の屈折力の第2後側レンズ群LR2、正の屈折力の第3後側レンズ群LR3、負の屈折力の第4後側レンズ群LR4を含む。ズーミングに際して、第1前側レンズ群、第1後側レンズ群、および第3後側レンズ群は像面に対して固定されている。

【選択図】図1



10

20

【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、前側群、中間群、後側群からなり、
 前記前側群は、正の屈折力の第 1 前側レンズ群からなり、
 前記中間群は、少なくとも 2 つ以上のレンズ群を含む複数のレンズ群からなり、広角端において負の合成焦点距離を有し、
 前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 後側レンズ群、負の屈折力の第 2 後側レンズ群、正の屈折力の第 3 後側レンズ群、負の屈折力の第 4 後側レンズ群を含み、
 ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、
 ズーミングに際して、前記第 1 前側レンズ群、前記第 1 後側レンズ群、および前記第 3 後側レンズ群は、像面に対して固定されていることを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項 2】

前記第 1 前側レンズ群の焦点距離を $f_{L F 1}$ 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.414 < f_{L F 1} / f_t < 1.434$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

広角端における前記中間群の合成結像横倍率を $\beta_{L M w}$ とするとき、

$$-1.158 < \beta_{L M w} < -0.285$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

20

【請求項 4】

望遠端における前記中間群の合成結像横倍率を $\beta_{L M t}$ とするとき、

$$-4.158 < \beta_{L M t} < -1.200$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

望遠端における前記第 4 後側レンズ群の結像横倍率を $\beta_{L R 4 t}$ 、広角端における前記第 4 後側レンズ群の結像横倍率を $\beta_{L R 4 w}$ とするとき、

$$0.966 < \beta_{L R 4 t} / \beta_{L R 4 w} < 1.064$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

30

【請求項 6】

広角端における前記中間群の最も像側のレンズ面から前記後側群の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離を $D_{M R w}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.100 < D_{M R w} / f_w < 1.273$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

望遠端における前記前側群の最も像側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離を $D_{F M t}$ 、前記第 1 前側レンズ群の焦点距離を $f_{L F 1}$ とするとき、

$$0.177 < D_{F M t} / f_{L F 1} < 0.466$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

40

【請求項 8】

前記第 1 後側レンズ群の焦点距離を $f_{L R 1}$ 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.050 < f_{L R 1} / f_t < 0.461$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 2 後側レンズ群の焦点距離を $f_{L R 2}$ 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

50

$$-0.632 < f_{LR2} / f_t < -0.060$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項10】

前記第3後側レンズ群の焦点距離を f_{LR3} 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.149 < f_{LR3} / f_t < 0.405$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項11】

前記第4後側レンズ群の焦点距離を f_{LR4} 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$-1.14 < f_{LR4} / f_t < -0.04$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項12】

広角端における前記後側群の最も像側のレンズ面から像面までの光軸上における距離を s_{kw} 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.100 < s_{kw} / f_w < 0.755$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項13】

望遠端における前記前側群の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上における距離を L_t 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.639 < L_t / f_t < 1.764$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項14】

広角端における前記第2後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR2w} 、広角端における前記第2後側レンズ群よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率を β_{LR2Rw} 、広角端における前記ズームレンズのFナンバーを F_{now} とするとき、

$$-2.140 < (1 - \beta_{LR2w}^2) \beta_{LR2Rw}^2 / F_{now} < -0.351$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項15】

広角端における前記第4後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR4w} 、広角端における前記第4後側レンズ群よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率を β_{LR4Rw} 、広角端における前記ズームレンズのFナンバーを F_{now} とするとき、

$$-1.010 < (1 - \beta_{LR4w}^2) \beta_{LR4Rw}^2 / F_{now} < -0.115$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項16】

前記第1後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第1後側レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離を D_{LR1} 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.290 < D_{LR1} / f_w < 0.697$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項17】

前記第2後側レンズ群を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和を T_{LR2} 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.028 < T_{LR2} / f_w < 0.074$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項18】

前記第3後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第3後側レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離を D_{LR3} 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.014 < D_{LR3} / f_w < 0.166$$

10

20

30

40

50

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 19】

前記第 4 後側レンズ群を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和を $TLR4$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.001 < TLR4 / f_w < 0.052$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 20】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 2 後側レンズ群は像側に凸の軌跡で移動す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 21】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 4 後側レンズ群は像側に凸の軌跡で移動す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 22】

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、前記第 2 後側レンズ群は像側に移動す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 23】

無限遠から近距離のフォーカシングに際して、前記第 4 後側レンズ群は像側に移動す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 24】

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群、正の屈折力の第 5 後側レンズ群からな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 25】

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群、負の屈折力の第 5 後側レンズ群からな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 26】

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群からな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 27】

請求項 1 から 26 のいずれか一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。

【請求項 28】

請求項 1 から 26 のいずれか一項に記載のズームレンズと、ズーミングに際して前記ズームレンズを制御する制御部を有することを特徴とする撮像システム。

【請求項 29】

前記制御部は、前記ズームレンズとは別体として構成されており、前記ズームレンズを制御するための制御信号を送信する送信部を有することを特徴とする請求項 28 に記載の撮像システム。

【請求項 30】

前記制御部は、前記ズームレンズとは別体として構成されており、前記ズームレンズを操作するための操作部を有することを特徴とする請求項 28 に記載の撮像システム。

【請求項 31】

前記ズームレンズのズームに関する情報を表示する表示部を有することを特徴とする請求項 28 に記載の撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、ズームレンズに関し、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

撮像装置に用いられるズームレンは、小型かつ軽量であり、色収差をはじめとする諸収差を良好に補正し、高い光学性能を有することが要望されている。また、ズームレンズは、望遠端における焦点距離が長く、Fナンバーが小さく大口径比であることが要望されている。さらに、ズームレンズは、ズーム比が大きく、製造が容易であることが要望されている。

【0003】

特許文献1には、正の屈折力のレンズ群を最も物体側に配置することで長焦点距離と大口径比を実現したズームレンズが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2021-76830号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載のズームレンズでは、色収差をはじめとする緒収差が大きくなる傾向があり、高い光学性能を有することが困難であった。緒収差を良好に補正するためにズームレンズを構成しているレンズ群のパワーを弱くすると、ズームレンズが大型化してしまう。さらに、ズームレンズを構成しているレンズ群を多群化することで収差補正を行うと、メカ機構が複雑化してズームレンズが大型化してしまう。

【0006】

本発明は、長焦点距離かつ大口径比でありながら、小型軽量化と高い光学性能を両立したズームレンズを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、前側群、中間群、後側群からなり、前記前側群は、正の屈折力の第1前側レンズ群からなり、前記中間群は、少なくとも2つ以上のレンズ群を含む複数のレンズ群からなり、広角端において負の合成焦点距離を有し、前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1後側レンズ群、負の屈折力の第2後側レンズ群、正の屈折力の第3後側レンズ群、負の屈折力の第4後側レンズ群を含み、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、ズーミングに際して、前記第1前側レンズ群、前記第1後側レンズ群、および前記第3後側レンズ群は、像面に対して固定されていることを特徴とする。

【0008】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施形態において説明される。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、長焦点距離かつ大口径比でありながら、小型軽量化と高い光学性能を両立したズームレンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1のズームレンズの断面図である。

【図2】実施例1のズームレンズの（A）広角端および（B）望遠端における収差図である。

【図3】実施例2のズームレンズの断面図である。

【図4】実施例2のズームレンズの（A）広角端および（B）望遠端における収差図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 5】実施例 3 のズームレンズの断面図である。

【図 6】実施例 3 のズームレンズの (A) 広角端および (B) 望遠端における収差図である。

【図 7】実施例 4 のズームレンズの断面図である。

【図 8】実施例 4 のズームレンズの (A) 広角端および (B) 望遠端における収差図である。

【図 9】実施例 5 のズームレンズの断面図である。

【図 10】実施例 5 のズームレンズの (A) 広角端および (B) 望遠端における収差図である。

【図 11】撮像装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について、添付の図面に基づいて説明する。

【0012】

図 1, 図 3, 図 5, 図 7, 図 9 は、それぞれ実施例 1 から 5 のズームレンズ L0 の無限遠合焦時における断面図である。各実施例のズームレンズ L0 は、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等の撮像装置に用いられる。

【0013】

各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。各実施例のズームレンズ L0 は複数のレンズ群を有して構成されている。本願明細書においてレンズ群とは、ズーミングに際して一体的に移動または静止するレンズのまとまりである。すなわち、各実施例のズームレンズ L0 では、広角端から望遠端へのズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。なお、レンズ群は 1 枚のレンズから構成されていても良いし、複数のレンズから成っていても良い。また、レンズ群は開口絞り SP を含んでいても良い。

【0014】

各実施例のズームレンズ L0 は、物体側から像側へ順に配置された、前側群 LF と、中間群 LM と、後側群 LR から成る。

【0015】

各レンズ断面図において、LF_i は前側群 LF に含まれるレンズ群のうち物体側から数えて i 番目（i は自然数）のレンズ群を表している。LM_i は中間群 LM に含まれるレンズ群のうち物体側から数えて i 番目（i は自然数）のレンズ群を表している。LR_i は後側群 LR に含まれるレンズ群のうち物体側から数えて i 番目（i は自然数）のレンズ群を表している。

【0016】

また、SP は開口絞りであり、開口絞り SP は、開放 F ナンバー（Fno）の光束を決定（制限）する。IP は像面であり、各実施例のズームレンズ L0 をデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラの撮影光学系として使用する際には、像面 IP 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）の撮像面が配置される。各実施例のズームレンズ L0 を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像面 IP にはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

【0017】

また、各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おける各レンズ群の移動軌跡を示している。実線の矢印は物体距離が無限遠のときの広角端から望遠端へのズーミングに際してのレンズ群の移動を表し、破線の矢印は物体距離が至近のときの広角端から望遠端へのズーミングに際してのレンズ群の移動を表している。フォーカス（focus）に関する矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群

10

20

30

40

50

の移動方向を示している。

【0018】

図2、図4、図6、図8、図10は、それぞれ実施例1から5のズームレンズL0の無限遠合焦時における収差図である。各収差図において、(A)は広角端における収差図、(B)は望遠端における収差図である。球面収差図においてFnoはFナンバーであり、d線(波長587.6nm)、g線(波長435.8nm)に対する球面収差量を示している。非点収差図においてdSはサジタル像面における非点収差量、dMはメリディオナル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図においてd線に対する歪曲収差量を示している。色収差図ではg線に対する色収差量を示している。 ω は近軸計算による撮像半画角(°)である。

10

【0019】

次に、各実施例のズームレンズL0における特徴的な構成について述べる。

【0020】

長焦点距離かつ大口径比でありながら、小型軽量化と高い光学性能を両立したズームレンズL0を得るためには、ズームレンズL0を構成するレンズ群の配置を適切に設定することが重要である。

【0021】

各実施例に係るズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間群LM、後側群LRからなる。ズームレンズL0は複数のレンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

20

【0022】

各実施例に係るズームレンズL0において、前側群LFは正の屈折力のレンズ群(第1前側レンズ群)LF1からなる。最も物体側に正の屈折力のレンズ群LF1を配置することで、ズームレンズL0を所謂テフオート型のパワー配置とすることが容易となり、長焦点距離化に有利な構成としている。また、ズーミングに際してレンズ群LF1は像面IPに対して固定されている。長焦点距離かつ大口径比のズームレンズL0は前玉径が大きくなる傾向があり、像面IPに対してレンズ群LF1を固定することで、前側群LFの保持機構を簡素化できるためズームレンズL0の小型化が容易となる。

【0023】

各実施例に係るズームレンズL0において、中間群LMは、少なくとも2つ以上のレンズ群を含む複数のレンズ群からなる。中間群LMは、広角端において負の合成焦点距離を有する。負の屈折力の中間群LMは、主変倍群であり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔を変化させながら各レンズ群は移動する。ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔を変化させながら各レンズ群が移動することにより、ズーミング時の緒収差、特に倍率色収差と非点収差のズーム変動の補正が良好となる。

30

【0024】

各実施例に係るズームレンズL0において、後側群LR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LR1、負の屈折力のレンズ群LR2、正の屈折力のレンズ群LR3、負の屈折力のレンズ群LR4を含む。レンズ群LR1を第1後側レンズ群と呼ぶ。レンズ群LR2を第2後側レンズ群と呼ぶ。レンズ群LR3を第3後側レンズ群と呼ぶ。レンズ群LR4を第4後側レンズ群と呼ぶ。レンズ群LR1とレンズ群LR3は、ズーミングに際して像面IPに対して固定されている。後側群LRは、全体としてリレー群を構成しており、レンズ群LR1とレンズ群LR3を像面IPに対して固定することで、後側群LRの保持機構が簡素化され、ズームレンズL0の小型化が容易となる。レンズ群LR2とレンズ群LR4をズーミングに際して移動させることにより、ズーミング時のピント移動および収差変動の抑制が容易となる。比較的重量が重くなりやすい正レンズ群を固定群として構成し、比較的重量の軽くなりやすい負レンズ群を移動群とすることで、移動群を移動させるメカ機構を簡素化させることが容易となり、ズームレンズL0の小型化が容易となる。また、レンズ群LR1とレンズ群LR2をテフオート構成のパワー配置とし、レンズ群LR3とレンズ群LR4をテフオート構成のパワー配置とすることにより、

40

50

ズームレンズ L 0 のレンズ全長の短縮に有利となり、ズームレンズ L 0 の小型化が容易となる。

【 0 0 2 5 】

次に、各実施例に係るズームレンズ L 0 において、満足することが好ましい構成について述べる。

【 0 0 2 6 】

各実施例に係るズームレンズ L 0 において、レンズ群 L R 2 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して像側に凸の軌跡で移動することが好ましい。これにより、ズーミング時のピント移動を良好に補正することが容易となる。ここで、レンズ群 A が像側に凸の軌跡とは、レンズ群 A の無限遠合焦時の広角端からの移動量に関して、像側に移動する場合を正の値として、ズーミングの際の中間領域において移動量が最大値をとることを意味する。

10

【 0 0 2 7 】

各実施例に係るズームレンズ L 0 において、レンズ群 L R 4 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して像側に凸の軌跡で移動することが好ましい。これにより、ズーミング時のピント移動を良好に補正することが容易となる。

【 0 0 2 8 】

各実施例に係るズームレンズ L 0 において、無限遠から近距離へのフォーカシングに際してレンズ群 L R 2 を像側に移動させることが好ましい。レンズ径が大きくなりやすい物体側に配置されたレンズ群をフォーカシング時に固定し、レンズ径の小さくなる後続群の一部でフォーカシングを行うことで、フォーカスレンズ群の軽量化が容易となる。さらに、ズーミングに際して移動するレンズ群 L R 2 をフォーカシング時にも移動させることで、レンズ群 L R 2 の駆動機構を共有することができ、構成が簡素化される。これにより、ズームレンズ L 0 の小型化が容易となる。

20

【 0 0 2 9 】

各実施例に係るズームレンズ L 0 において、無限遠から近距離へのフォーカシングに際してレンズ群 L R 4 を像側に移動させることが好ましい。レンズ径が大きくなりやすい物体側に配置されたレンズ群をフォーカシング時に固定し、レンズ径の小さくなる後続群の一部でフォーカシングを行うことで、フォーカスレンズ群の軽量化が容易となる。さらに、ズーミングに際して移動するレンズ群 L R 4 をフォーカシング時にも移動させることで、レンズ群 L R 4 の駆動機構を共有することができ、構成が簡素化される。これにより、ズームレンズ L 0 の小型化が容易となる。

30

【 0 0 3 0 】

次に、各実施例に係るズームレンズ L 0 が満足することが好ましい条件について述べる。各実施例のズームレンズ L 0 は、以下の条件式 (1) から (1 8) のうち 1 つ以上を満足することが好ましい。

【 0 0 3 1 】

$$0.414 < f_{LF1} / f_t < 1.434 \quad \dots (1)$$

$$-1.158 < \beta_{LMw} < -0.285 \quad \dots (2)$$

$$-4.158 < \beta_{LMt} < -1.200 \quad \dots (3)$$

$$0.966 < \beta_{LR4t} / \beta_{LR4w} < 1.064 \quad \dots (4)$$

$$0.100 < DMRw / fw < 1.273 \quad \dots (5)$$

$$0.177 < DFMt / f_{LF1} < 0.466 \quad \dots (6)$$

$$0.050 < f_{LR1} / f_t < 0.461 \quad \dots (7)$$

$$-0.632 < f_{LR2} / f_t < -0.060 \quad \dots (8)$$

$$0.149 < f_{LR3} / f_t < 0.405 \quad \dots (9)$$

$$-1.14 < f_{LR4} / f_t < -0.04 \quad \dots (10)$$

$$0.100 < skw / fw < 0.755 \quad \dots (11)$$

$$0.639 < Lt / f_t < 1.764 \quad \dots (12)$$

$$-2.140 < (1 - \beta_{LR2w}^2) \beta_{LR2Rw}^2 / Fnow < -0.351$$

40

50

・・・ (13)

$$-1.010 < (1 - \beta_{LMw}) \beta_{LMt} / F_{now} < -0.115$$

・・・ (14)

$$0.290 < D_{LR1} / f_w < 0.697$$

・・・ (15)

$$0.028 < T_{LR2} / f_w < 0.074$$

・・・ (16)

$$0.014 < D_{LR3} / f_w < 0.166$$

・・・ (17)

$$0.001 < T_{LR4} / f_w < 0.052$$

・・・ (18)

ここで、 f_{LF1} はレンズ群 $LF1$ の焦点距離である。 f_t は望遠端における無限遠合焦時のズームレンズ $L0$ の焦点距離である。 β_{LMw} は広角端における無限遠合焦時の中間群 LM の合成結像横倍率である。 β_{LMt} は望遠端における無限遠合焦時の中間群 LM の合成結像横倍率である。 β_{LR4t} は望遠端における無限遠合焦時のレンズ群 $LR4$ の結像横倍率である。 β_{LR4w} は広角端における無限遠合焦時のレンズ群 $LR4$ の結像横倍率である。 D_{MRw} は広角端における中間群 LM の最も像側のレンズ面から後側群 LR の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離である。 f_w は広角端における無限遠合焦時のズームレンズ $L0$ の焦点距離である。 D_{FMt} は望遠端における前側群 LF の最も像側のレンズ面から中間群 LM の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離である。 f_{LR1} はレンズ群 $LR1$ の焦点距離である。 f_{LR2} はレンズ群 $LR2$ の焦点距離である。 f_{LR3} はレンズ群 $LR3$ の焦点距離である。 f_{LR4} はレンズ群 $LR4$ の焦点距離である。 s_{kw} は広角端における後側群 LR の最も像側のレンズ面から像面 IP までの光軸上における距離である。 L_t は望遠端における前側群 LF の最も物体側のレンズ面から像面 IP までの光軸上における距離である。 β_{LR2w} は広角端における無限遠合焦時のレンズ群 $LR2$ の結像横倍率である。 β_{LR2Rw} は広角端における無限遠合焦時のレンズ群 $LR2$ よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率である。 F_{now} は広角端における無限遠合焦時のズームレンズ $L0$ の F ナンバーである。 β_{LR4Rw} は広角端における無限遠合焦時のレンズ群 $LR4$ よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率である。 D_{LR1} はレンズ群 $LR1$ の最も物体側のレンズ面からレンズ群 $LR1$ の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離である。 T_{LR2} はレンズ群 $LR2$ を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和である。 D_{LR3} はレンズ群 $LR3$ の最も物体側のレンズ面からレンズ群 $LR3$ の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離である。 T_{LR4} はレンズ群 $LR4$ を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和である。

10

20

30

【0032】

条件式(1)は、レンズ群 $LF1$ の焦点距離と望遠端におけるズームレンズ $L0$ の焦点距離の関係を規定している。条件式(1)の上限値を上回ってレンズ群 $LF1$ の焦点距離が長くなると、レンズ群 $LF1$ が大型化するため好ましくない。条件式(1)の下限値を下回ってレンズ群 $LF1$ の焦点距離が短くなると、緒収差、特に望遠端における倍率色収差の補正が困難となるため好ましくない。

【0033】

条件式(2)は、広角端における中間群 LM の合成結像横倍率を規定している。条件式(2)の上限値を上回ると、中間群 LM の変倍分担を大きくしやすくなり、ズームレンズ $L0$ の高変倍化には有利になるが、緒収差の補正、特に広角端における非点収差の補正が困難になるため好ましくない。条件式(2)の下限値を下回ると、ズームレンズ $L0$ の高変倍化が困難となるため好ましくない。

40

【0034】

条件式(3)は、望遠端における中間群 LM の合成結像横倍率を規定している。条件式(3)の上限値を上回ると、ズームレンズ $L0$ の高変倍化が困難となるため好ましくない。条件式(3)の下限値を下回ると、中間群 LM の変倍分担を大きくしやすくなり、ズームレンズ $L0$ の高変倍化には有利になるが、緒収差の補正、特に望遠端における球面収差の補正が困難になるため好ましくない。

【0035】

50

条件式(4)は、レンズ群LR4の広角端と望遠端における結像横倍率の関係を規定している。条件式(4)の上限値を上回ると、ズームレンズL0の高変倍化には有利だが、緒収差の補正、特に望遠端における非点収差の補正が困難になるため好ましくない。条件式(4)の下限値を下回ると、ズームレンズL0の高変倍化が困難となり好ましくない。

【0036】

条件式(5)は、広角端における中間群LMと後側群LRの間隔と広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の比を規定している。条件式(5)の上限値を上回って、広角端における中間群LMと後側群LRの間隔が大きくなると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(5)の下限値を下回ると、ズームレンズL0の高変倍化が困難となり好ましくない。ここで、レンズ群の間に絞り面が配置されている場合には、間隔は絞り面を除いて計算される。

【0037】

条件式(6)は、望遠端における前側群LFと中間群LMの間隔とレンズ群LF1の焦点距離の関係を規定している。条件式(6)の上限値を上回って望遠端における前側群LFと中間群LMの間隔が大きくなると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(6)の下限値を下回り望遠端における前側群LFと中間群LMの間隔が小さくなると、中間群LMのレンズ径を小さくすることが困難となり、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。ここで、レンズ群の間に絞り面が配置されている場合には、間隔は絞り面を除いて計算される。

【0038】

条件式(7)は、レンズ群LR1の焦点距離と望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(7)の上限値を上回ってレンズ群LR1の焦点距離が大きくなると、ズームレンズL0の全長短縮が困難となり、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(7)の下限値を下回りレンズ群LR1の焦点距離が小さくなると、緒収差の補正、特に望遠端における軸上色収差と球面収差の補正が困難となり好ましくない。

【0039】

条件式(8)は、レンズ群LR2の焦点距離と望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(8)の上限値を上回ってレンズ群LR2の焦点距離が大、すなわちレンズ群LR2の焦点距離の絶対値が小さくなると、緒収差の補正、特に望遠端におけるコマ収差の補正が困難となり好ましくない。条件式(8)の下限値を下回りレンズ群LR2の焦点距離が小、すなわちレンズ群LR2の焦点距離の絶対値が大きくなると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。

【0040】

条件式(9)は、レンズ群LR3の焦点距離と望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(9)の上限値を上回ってレンズ群LR3の焦点距離が大きくなると、ズームレンズL0の全長短縮が困難となり、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(9)の下限値を下回りレンズ群LR1の焦点距離が小さくなると、緒収差の補正、特に広角端における像面湾曲の補正が困難となり好ましくない。

【0041】

条件式(10)は、レンズ群LR4の焦点距離と望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(10)の上限値を上回ってレンズ群LR4の焦点距離が大、すなわちレンズ群LR4の焦点距離の絶対値が小さくなると、緒収差の補正、特に望遠端における歪曲収差の補正が困難となり好ましくない。条件式(10)の下限値を下回りレンズ群LR4の焦点距離が小、すなわちレンズ群LR4の焦点距離の絶対値が大きくなると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。

条件式(11)は、広角端におけるズームレンズL0のバックフォーカスと広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(11)の上限値を上回ってバックフォーカスが長くなると、ズームレンズL0のレンズ全長が長くなり、ズーム

10

20

30

40

50

レンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(11)の下限値を下回りバックフォーカスが短くなると、最も像側に配置したレンズのレンズ径が大きくなる傾向があり、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。ここで、屈折力を有する最も像側に配置されたレンズの像側に平板などが配置されている場合には、バックフォーカスは空気換算にて計算される。

【0042】

条件式(12)は、望遠端におけるズームレンズL0のレンズ全長と望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(12)の上限値を上回ってズームレンズL0のレンズ全長が長くなると、前玉径が増大し、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(12)の下限値を下回ってズームレンズL0のレンズ全長が短くなると、緒収差の補正、特に望遠端における倍率色収差と像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。ここで、屈折力を有する最も像側に配置されたレンズの像側に平板などが配置されている場合には、レンズ全長は空気換算にて計算される。

【0043】

条件式(13)は、広角端におけるレンズ群LR2の結像横倍率、レンズ群LR2よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率、およびズームレンズL0のFナンバーの関係を規定している。条件式(13)の上限値を上回ると、レンズ群LR2のピント敏感度の絶対値が小さくなりすぎ、ズーミング時のピント補正が不十分となる、または、ズーミング時のピント補正に必要なレンズ群LR2の移動量が増大する。これにより、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(13)の下限値を下回ると、レンズ群LR2のピント敏感度が高くなりすぎ、レンズ群LR2を駆動する駆動機構が複雑化し、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。ここで、ピント敏感度とは、レンズ群が光軸上を移動したときの、レンズ群の移動量とピント面の移動量の比である。

【0044】

条件式(14)は、広角端におけるレンズ群LR4の結像横倍率、レンズ群LR4よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率、およびズームレンズL0のFナンバーの関係を規定している。条件式(14)の上限値を上回ると、レンズ群LR4のピント敏感度の絶対値が小さくなりすぎ、ズーミング時のピント補正が不十分となるか、または、ズーミング時のピント補正に必要なレンズ群LR4の移動量が増大する。これにより、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(14)の下限値を下回ると、レンズ群LR4のピント敏感度が高くなりすぎて、レンズ群LR4を駆動する駆動機構が複雑化し、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。

【0045】

条件式(15)は、レンズ群LR1の最も物体側のレンズ面からレンズ群LR1の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離と広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(15)の上限値を上回ると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(15)の下限値を下回ると、緒収差の補正、特に望遠端における球面収差の補正が困難となるため好ましくない。

【0046】

条件式(16)は、レンズ群LR2を構成している全てのレンズの光軸上の厚さの総和と広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(16)の上限値を上回ると、レンズ群LR2の重量が増大し、レンズ群LR2の駆動機構が複雑化し、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(16)の下限値を下回ると、レンズの加工が難しくなり形状精度が安定しなくなる傾向があり、特に望遠端における製造誤差により画質が劣化するため好ましくない。

【0047】

条件式(17)は、レンズ群LR3の最も物体側のレンズ面からレンズ群LR3の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離と広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(17)の上限値を上回ると、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(17)の下限値を下回ると、緒収差の補正、特に広角端

におけるコマ収差の補正が困難となるため好ましくない。

【0048】

条件式(18)は、レンズ群LR4を構成している全てのレンズの光軸上の厚さの総和と広角端におけるズームレンズL0の焦点距離の関係を規定している。条件式(18)の上限値を上回ると、レンズ群LR4の重量が増大し、レンズ群LR4の駆動機構が複雑化し、ズームレンズL0が大型化するため好ましくない。条件式(18)の下限値を下回ると、レンズの加工が難しくなり形状精度が安定しなくなる傾向があり、特に望遠端における製造誤差により画質が劣化するため好ましくない。

【0049】

なお、条件式(1)から(18)の数値範囲は、以下の条件式(1a)から(18a)の範囲とすることがより好ましい。

10

【0050】

$$\begin{aligned}
 0.541 < f_{LF1} / f_t < 1.306 & \dots (1a) \\
 -1.049 < \beta_{LMw} < -0.394 & \dots (2a) \\
 -3.741 < \beta_{LMt} < -1.300 & \dots (3a) \\
 0.978 < \beta_{LR4t} / \beta_{LR4w} < 1.052 & \dots (4a) \\
 0.219 < DMRw / fw < 1.122 & \dots (5a) \\
 0.214 < DFMt / f_{LF1} < 0.430 & \dots (6a) \\
 0.081 < f_{LR1} / f_t < 0.407 & \dots (7a) \\
 -0.55 < f_{LR2} / f_t < -0.08 & \dots (8a) \\
 0.181 < f_{LR3} / f_t < 0.373 & \dots (9a) \\
 -0.978 < f_{LR4} / f_t < -0.060 & \dots (10a) \\
 0.12 < skw / fw < 0.66 & \dots (11a) \\
 0.780 < Lt / f_t < 1.624 & \dots (12a) \\
 -1.916 < (1 - \beta_{LR2w}^2) \beta_{LR2Rw}^2 / Fnow < -0.574 & \dots (13a) \\
 -0.898 < (1 - \beta_{LR4w}^2) \beta_{LR4Rw}^2 / Fnow < -0.227 & \dots (14a) \\
 0.341 < DLR1 / fw < 0.647 & \dots (15a) \\
 0.034 < TLR2 / fw < 0.068 & \dots (16a) \\
 0.033 < DLR3 / fw < 0.147 & \dots (17a) \\
 0.006 < TLR4 / fw < 0.045 & \dots (18a)
 \end{aligned}$$

20

30

また、条件式(1)から(18)の数値範囲は、以下の条件式(1b)から(18b)の数値範囲とすることがさらに好ましい。

【0051】

$$\begin{aligned}
 0.605 < f_{LF1} / f_t < 1.242 & \dots (1b) \\
 -0.995 < \beta_{LMw} < -0.449 & \dots (2b) \\
 -3.532 < \beta_{LMt} < -1.449 & \dots (3b) \\
 0.984 < \beta_{LR4t} / \beta_{LR4w} < 1.046 & \dots (4b) \\
 0.294 < DMRw / fw < 1.047 & \dots (5b) \\
 0.232 < DFMt / f_{LF1} < 0.412 & \dots (6b) \\
 0.108 < f_{LR1} / f_t < 0.380 & \dots (7b) \\
 -0.508 < f_{LR2} / f_t < -0.100 & \dots (8b) \\
 0.197 < f_{LR3} / f_t < 0.357 & \dots (9b) \\
 -0.896 < f_{LR4} / f_t < -0.082 & \dots (10b) \\
 0.143 < skw / fw < 0.613 & \dots (11b) \\
 0.850 < Lt / f_t < 1.553 & \dots (12b) \\
 -1.805 < (1 - \beta_{LR2w}^2) \beta_{LR2Rw}^2 / Fnow < -0.686 & \dots (13b) \\
 -0.842 < (1 - \beta_{LR4w}^2) \beta_{LR4Rw}^2 / Fnow < -0.283 & \dots (14b)
 \end{aligned}$$

40

50

・・・ (14b)

0.366 < DLR1 / fw < 0.621

・・・ (15b)

0.037 < TLR2 / fw < 0.065

・・・ (16b)

0.042 < DLR3 / fw < 0.137

・・・ (17b)

0.010 < TLR4 / fw < 0.042

・・・ (18b)

次に、各実施例のズームレンズL0について詳細に述べる。

【0052】

実施例1のズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間群LM、後側群LRからなる。前側群LFは、正の屈折力のレンズ群LF1からなる。レンズ群LF1は、ズーミングに際して像面IPに対して固定されている。中間群LMは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ群LM1、負の屈折力のレンズ群LM2、正の屈折力のレンズ群LM3からなる。レンズ群LM1、レンズ群LM2、およびレンズ群LM3は、それぞれズーミング時に互いの間隔を変化させながら異なる軌跡で移動する。後側群LR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LR1、負の屈折力のレンズ群LR2、正の屈折力のレンズ群LR3、負の屈折力のレンズ群LR4、負の屈折力のレンズ群LR5からなる。レンズ群LR5を第5後側レンズ群と呼ぶ。レンズ群LR1、レンズ群LR3、およびレンズ群LR5は、ズーミング時に像面IPに対して固定されている。レンズ群LR2とレンズ群LR4は、ズーミング時に移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群LR1は、開口絞りSPを含む。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、レンズ群LR2が像側に移動し、レンズ群LR4が像側に移動する。

10

20

【0053】

実施例2のズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間群LM、後側群LRからなる。前側群LFは、正の屈折力のレンズ群LF1からなる。レンズ群LF1は、ズーミングに際して像面IPに対して固定されている。中間群LMは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ群LM1、負の屈折力のレンズ群LM2、正の屈折力のレンズ群LM3からなる。レンズ群LM1、レンズ群LM2、およびレンズ群LM3は、それぞれズーミング時に互いの間隔を変化させながら異なる軌跡で移動する。後側群LR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LR1、負の屈折力のレンズ群LR2、正の屈折力のレンズ群LR3、負の屈折力のレンズ群LR4、正の屈折力のレンズ群LR5からなる。レンズ群LR1、レンズ群LR3、およびレンズ群LR5は、ズーミング時に像面IPに対して固定されている。レンズ群LR2とレンズ群LR4は、ズーミング時に移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群LR1は、開口絞りSPを含む。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、レンズ群LR2が像側に移動し、レンズ群LR4が像側に移動する。

30

【0054】

実施例3のズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間群LM、後側群LRからなる。前側群LFは、正の屈折力のレンズ群LF1からなる。レンズ群LF1は、ズーミングに際して像面IPに対して固定されている。中間群LMは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ群LM1、正の屈折力のレンズ群LM2からなる。レンズ群LM1およびレンズ群LM2は、それぞれズーミング時に互いの間隔を変化させながら異なる軌跡で移動する。後側群LR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LR1、負の屈折力のレンズ群LR2、正の屈折力のレンズ群LR3、負の屈折力のレンズ群LR4からなる。レンズ群LR1とレンズ群LR3は、ズーミング時に像面IPに対して固定されている。レンズ群LR2とレンズ群LR4は、ズーミング時に移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群LR1は開口絞りSPを含む。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、レンズ群LR2が像側に移動し、レンズ群LR4が像側に移動する。

40

【0055】

実施例4のズームレンズL0は、物体側から像側へ順に配置された、前側群LF、中間

50

群 L M、後側群 L R からなる。前側群 L F は、正の屈折力のレンズ群 L F 1 からなる。レンズ群 L F 1 は、ズーミングに際して像面 I P に対して固定されている。中間群 L M 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 M 1、負の屈折力のレンズ群 L M 2、負の屈折力のレンズ群 L M 3 からなる。レンズ群 L M 1、レンズ群 L M 2、およびレンズ群 L M 3 は、それぞれズーミング時に互いの間隔を変化させながら異なる軌跡で移動する。後側群 L R 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、負の屈折力のレンズ群 L R 2、正の屈折力のレンズ群 L R 3、負の屈折力のレンズ群 L R 4、正の屈折力のレンズ群 L R 5 からなる。レンズ群 L R 1 と、レンズ群 L R 3、およびレンズ群 L R 5 は、ズーミング時に像面 I P に対して固定されている。レンズ群 L R 2 とレンズ群 L R 4 は、ズーミング時に移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群 L R 1 は、開口絞り S P を含む。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、レンズ群 L R 2 が像側に移動し、レンズ群 L R 4 が像側に移動する。

10

【0056】

実施例 5 のズームレンズ L 0 は、物体側から像側へ順に配置された、前側群 L F、中間群 L M、後側群 L R からなる。前側群 L F は、正の屈折力のレンズ群 L F 1 からなる。レンズ群 L F 1 は、ズーミングに際して像面 I P に対して固定されている。中間群 L M は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ群 L M 1、負の屈折力のレンズ群 L M 2 からなる。レンズ群 L M 1 およびレンズ群 L M 2 は、それぞれズーミング時に互いの間隔を変化させながら異なる軌跡で移動する。後側群 L R 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、負の屈折力のレンズ群 L R 2、正の屈折力のレンズ群 L R 3、負の屈折力のレンズ群 L R 4、正の屈折力のレンズ群 L R 5 からなる。レンズ群 L R 1、レンズ群 L R 3、およびレンズ群 L R 5 は、ズーミング時に像面 I P に対して固定されている。レンズ群 L R 2 とレンズ群 L R 4 は、ズーミング時に移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群 L R 1 は、開口絞り S P を含む。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、レンズ群 L R 2 が像側に移動し、レンズ群 L R 4 が像側に移動する。

20

【0057】

実施例 1～5 のズームレンズ L 0 において、パワーを有する光学面は全て屈折面である。これにより、光学面を回折光学素子または反射面で構成した場合と比べて、低い製造難易度で、回折光学素子または反射面で構成した場合と同等以上の光学性能を容易に得ることができる。

30

【0058】

実施例 1～5 のズームレンズ L 0 において、ズームレンズ L 0 の一部を光軸と垂直方向の成分を含む方向に移動させることによって、像振れ補正を低減してもよい。特に、像振れ補正に際して移動させる部分を、比較的径の小さな像側に配置されたレンズ群とすることで、駆動のためのアクチュエータを小型に構成し、ズームレンズ L 0 を含むレンズ装置を小型化することができる。

【0059】

以下に、実施例 1～5 にそれぞれに対応する数値実施例 1～5 を示す。

【0060】

各数値実施例の面データにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm) は第 m 面と第 $(m+1)$ 面との間の軸上間隔 (光軸上の距離) を表している。ただし、 m は光入射側から数えた面の番号である。また、 n_d は各光学部材の d 線に対する屈折率、 v_d は光学部材の d 線を基準としたアッベ数を表している。なお、ある材料の d 線を基準としたアッベ数 v_d は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm)、F 線 (486.1 nm)、C 線 (656.3 nm) における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【0061】

なお、各数値実施例において、 d 、焦点距離 (mm)、F ナンバー、半画角 (°) は全

40

50

て各実施例のズームレンズL0が無限遠物体に合焦時の値である。「バックフォーカスBF」は、ズームレンズL0の最終レンズ面（最も像側のレンズ面）から近軸像面までの光軸上における距離を空気換算長により表記したものである。「レンズ全長」は、ズームレンズL0の最前面（最も物体側のレンズ面）から最終レンズ面までの光軸上における距離にバックフォーカスを加えた長さである。「レンズ群」は、複数のレンズから構成される場合に限らず、1枚のレンズから構成される場合も含むものとする。

【0062】

また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に、*の符号を付している。非球面形状は、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、Rを近軸曲率半径、kを円錐定数、A4、A6、A8、A10、A12を各次数の非球面係数とすると、

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 + A10 \times h^{10} + A12 \times h^{12}$$

で表している。なお、各非球面係数における「e±XX」は「×10±XX」を意味している。

【0063】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	165.007	2.00	1.77047	29.7
2	102.210	9.19	1.43875	94.7
3	-2836.692	0.17		
4	92.024	7.79	1.49700	81.5
5	419.169	(可変)		
6	119.719	5.24	1.69895	30.1
7	-9119.138	0.13		
8	222.608	1.40	1.59522	67.7
9	43.169	(可変)		
10	-102.107	1.40	1.59522	67.7
11	127.029	(可変)		
12	70.978	4.61	1.95375	32.3
13	551.675	2.99		
14	-100.875	1.60	1.83481	42.7
15	411.903	(可変)		
16*	44.710	11.44	1.43875	94.7
17*	-71.025	8.85		
18(絞り)	∞	3.75		
19	-99.516	1.40	1.65412	39.7
20	51.804	2.68		
21	66.454	1.20	1.85478	24.8
22	38.396	7.49	1.76450	49.1
23*	-209.796	0.48		
24	57.306	5.70	1.49700	81.5
25	-149.817	(可変)		
26	5546.126	3.24	1.92286	20.9
27	-80.703	1.30	1.63980	34.5
28	34.856	(可変)		
29*	77.507	9.26	1.76450	49.1

30* -71.565 (可変)
31 -170.418 1.30 1.61800 63.4
32 130.262 (可変)
33 -54.506 2.00 1.56883 56.4
34 -900.480 (可変)

像面 ∞

非球面データ

第16面

K = 0.00000e+00 A 4 = -1.40533e-06 A 6 = -1.37186e-10 A 8 = -2.50564e-13

第17面

K = 0.00000e+00 A 4 = 1.84457e-06 A 6 = -5.84368e-10 A 8 = 1.81459e-13

第23面

K = 0.00000e+00 A 4 = 7.76781e-07 A 6 = 4.20243e-10 A 8 = -4.52171e-13

第29面

K = 0.00000e+00 A 4 = 1.06625e-06 A 6 = 2.14195e-10 A 8 = -4.48782e-13

第30面

K = 0.00000e+00 A 4 = 1.30655e-06 A 6 = -3.60951e-10 A 8 = -4.14141e-13

A10 = 2.69960e-16

各種データ

ズーム比 2.03

	広角	中間	望遠
焦点距離	72.10	102.58	146.49
Fナンバー	2.05	2.05	2.05
半画角 (°)	16.70	11.91	8.40
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	217.31	217.31	217.31
BF	13.71	13.71	13.71
d 5	0.99	24.11	44.60
d 9	10.45	11.69	12.84
d11	13.53	5.80	1.61
d15	35.03	18.40	0.94
d25	2.04	2.31	0.83
d28	24.27	24.00	25.48
d30	5.98	5.46	0.99
d32	14.71	15.24	19.71
d34	13.71	13.71	13.71

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	172.74
2	6	-204.55
3	10	-94.89
4	12	463.78
5	16	51.74
6	26	-68.38
7	29	50.02
8	31	-119.27
9	33	-102.08

[数値実施例2]

単位 mm

面データ

10

20

30

40

50

面 番 号	r	d	nd	v d
1	115.694	1.60	1.72047	34.7
2	74.988	10.27	1.43875	94.7
3	-1590.880	0.16		
4	71.857	7.74	1.43387	95.1
5	229.206	(可変)		
6	389.572	3.67	1.61340	44.3
7	-224.087	0.12		
8	90.573	1.40	1.59522	67.7
9	33.897	(可変)		
10	-60.561	1.40	1.59410	60.5
11	203.142	(可変)		
12	59.142	3.77	1.85478	24.8
13	453.435	3.11		
14	-58.814	1.60	1.62041	60.3
15	148.393	(可変)		
16*	40.715	8.14	1.49700	81.5
17*	-75.250	4.67		
18(絞り)	∞	1.97		
19	382.638	1.40	1.77047	29.7
20	42.520	2.86		
21	60.178	1.20	1.85478	24.8
22	33.812	6.57	1.76450	49.1
23*	-213.080	0.48		
24	43.774	4.96	1.53775	74.7
25	-350.467	(可変)		
26	205.352	2.84	1.92286	20.9
27	-108.404	1.30	1.75700	47.8
28	29.208	(可変)		
29*	5250.944	5.21	1.76450	49.1
30*	-44.832	(可変)		
31	-54.992	1.30	1.64769	33.8
32	66.879	(可変)		
33	59.424	2.95	2.00100	29.1
34	114.407	(可変)		

10

20

30

40

像面 ∞

非球面データ

第16面

K = 0.00000e+00 A 4 = -2.31070e-06 A 6 = -6.94530e-10 A 8 = -2.38664e-13

第17面

K = 0.00000e+00 A 4 = 2.02846e-06 A 6 = -1.46198e-09 A 8 = 9.00137e-13

第23面

K = 0.00000e+00 A 4 = 7.16919e-07 A 6 = 6.86451e-10 A 8 = -1.34064e-12

第29面

K = 0.00000e+00 A 4 = 2.50842e-06 A 6 = 4.78254e-11 A 8 = 6.47138e-13

第30面

K = 0.00000e+00 A 4 = 2.28696e-06 A 6 = -1.15709e-09 A 8 = 1.22768e-12

A10 = -4.49859e-16

各種データ

ズーム比 2.69

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	72.12	118.22	194.03
F ナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角 (°)	16.70	10.37	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	217.47	217.47	217.47
BF	37.98	37.98	37.98
d 5	5.06	28.70	48.86
d 9	9.25	11.39	12.84
d11	15.00	4.47	0.89
d15	34.16	18.92	0.88
d25	2.04	2.81	2.04
d28	21.94	21.16	21.93
d30	2.83	4.40	2.30
d32	8.52	6.95	9.05
d34	37.98	37.98	37.98

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	145.02
2	6	-154.47
3	10	-78.37
4	12	-922.61
5	16	37.30
6	26	-50.98
7	29	58.17
8	31	-46.40
9	33	120.30

〔数値実施例 3〕

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	134.111	1.60	1.72047	34.7
2	80.218	10.14	1.43875	94.7
3	-775.327	0.18		
4	75.023	8.68	1.43875	94.7
5	532.216	(可変)		
6	445.813	3.44	1.69895	30.1
7	-294.830	0.14		
8	175.033	1.40	1.59522	67.7
9	38.588	11.66		
10	-57.616	1.40	1.49700	81.5
11	177.597	(可変)		
12	57.526	3.30	2.00069	25.5
13	196.444	3.20		
14	-65.414	1.60	1.57099	50.8
15	182.032	(可変)		
16*	43.266	6.86	1.49700	81.5
17*	-103.574	1.92		
18(絞り)	∞	1.93		
19	412.522	1.40	1.77047	29.7

10

20

30

40

50

20	43.078	3.08		
21	49.136	1.20	1.77047	29.7
22	31.252	7.46	1.61881	63.9
23*	-135.299	0.47		
24*	78.279	3.95	1.61881	63.9
25*	-237.452	(可変)		
26	-1018.157	2.90	1.92286	20.9
27	-62.570	1.30	1.72342	38.0
28	34.675	(可変)		
29	81.801	8.05	1.72916	54.7
30	-54.353	(可変)		
31	-54.656	1.47	1.62230	53.2
32	114.890	(可変)		

像面 ∞

非球面データ

第16面

K = 0.000000e+00 A 4 = -4.04995e-06 A 6 = -3.31752e-10 A 8 = -3.57838e-12

第17面

K = 0.000000e+00 A 4 = -2.08588e-06 A 6 = 3.00429e-09 A 8 = -4.27630e-12

第23面

K = 0.000000e+00 A 4 = 1.29005e-06 A 6 = 7.58678e-10 A 8 = -1.43134e-12

第24面

K = 0.000000e+00 A 4 = -5.91443e-06 A 6 = -8.87417e-11 A 8 = 9.37729e-12

第25面

K = 0.000000e+00 A 4 = -6.13202e-06 A 6 = 2.47877e-10 A 8 = 6.96779e-12

A10 = -1.05276e-15

各種データ

ズーム比 2.69

	広角	中間	望遠
焦点距離	72.11	117.88	194.01
Fナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角 (°)	16.70	10.40	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	217.42	217.42	217.42
BF	40.87	40.95	44.89
d 5	1.81	26.40	48.14
d11	21.73	7.45	1.12
d15	26.69	16.38	0.98
d25	5.29	5.31	1.30
d28	25.52	25.50	29.51
d30	6.77	6.68	2.74
d32	40.87	40.95	44.89

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	135.06
2	6	-49.11
3	12	709.83
4	16	42.74
5	26	-53.85
6	29	45.93

10

20

30

40

50

7 31 -59.32

[数値実施例4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	352.733	6.02	1.48749	70.2
2	∞	0.20		
3	161.012	10.18	1.43387	95.1
4	-24395.615	20.51		
5	124.191	12.26	1.43875	94.7
6	-416.630	2.00	1.61340	44.3
7	135.078	(可変)		
8	777.435	4.28	1.62004	36.3
9	-228.593	(可変)		
10	134.114	1.80	1.59410	60.5
11	49.127	8.10		
12	-115.558	1.80	1.59410	60.5
13	468.402	(可変)		
14	90.032	2.94	1.85478	24.8
15	228.662	4.89		
16	-67.711	1.60	1.59522	67.7
17	-309.202	(可変)		
18*	43.441	10.01	1.49700	81.5
19*	-150.947	9.14		
20(絞り)	∞	6.75		
21	723.463	1.40	1.80610	40.9
22	41.374	3.22		
23	61.014	1.20	1.85478	24.8
24	36.303	7.42	1.76450	49.1
25*	-195.224	0.48		
26	35.968	6.42	1.43875	94.7
27	-480.116	(可変)		
28	144.255	2.62	1.94594	18.0
29	-268.421	1.30	1.90043	37.4
30	32.274	(可変)		
31*	1374.090	5.12	1.85400	40.4
32*	-55.133	(可変)		
33	-65.563	1.30	1.59522	67.7
34	49.807	(可変)		
35	59.292	6.15	2.00100	29.1
36	-463.861	1.20	1.94594	18.0
37	112.541	(可変)		

像面 ∞

非球面データ

第18面

K = 0.000000e+00 A 4 = -8.16007e-07 A 6 = -4.16757e-10 A 8 = -1.29761e-13

第19面

K = 0.000000e+00 A 4 = 1.05337e-06 A 6 = -5.99226e-10 A 8 = 2.73848e-13

第25面

K = 0.000000e+00 A 4 = 6.05418e-07 A 6 = 3.58203e-10 A 8 = -5.59395e-13

10

20

30

40

50

第31面

K = 0.000000e+00 A 4 = 1.76915e-06 A 6 = -2.56191e-10 A 8 = -4.45134e-13

第32面

K = 0.000000e+00 A 4 = 1.17015e-06 A 6 = -6.72420e-10 A 8 = -5.95424e-13
A 10 = 1.63998e-16

各種データ

ズーム比 2.97

	広角	中間	望遠
焦点距離	98.00	168.99	291.00
Fナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角 (°)	12.45	7.30	4.25
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	317.42	317.42	317.42
BF	38.00	38.00	38.00
d 7	5.76	46.62	79.10
d 9	0.98	8.11	16.76
d 13	8.79	1.68	1.14
d 17	82.43	41.55	0.96
d 27	2.04	2.80	0.89
d 30	26.48	25.71	27.62
d 32	5.23	5.67	2.39
d 34	7.39	6.95	10.24
d 37	38.00	38.00	38.00

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	316.23
2	8	285.37
3	10	-69.48
4	14	-1334.01
5	18	49.29
6	28	-48.08
7	31	62.17
8	33	-47.35
9	35	109.72

[数値実施例5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	248.051	7.06	1.49700	81.5
2	∞	0.20		
3	170.105	8.84	1.43387	95.1
4	14541.336	8.10		
5	135.007	10.08	1.43875	94.7
6	-1332.063	2.00	1.61340	44.3
7	148.757	(可変)		
8	410.912	3.03	1.61340	44.3
9	-1104.902	1.00		
10	100.412	1.80	1.59410	60.5
11	44.919	8.72		

12	-159.344	1.80	1.59410	60.5
13	185.938	(可変)		
14	75.783	3.08	1.85478	24.8
15	184.071	9.68		
16	-85.628	1.60	1.59522	67.7
17	402.876	(可変)		
18*	47.056	8.00	1.43875	94.7
19*	-179.498	20.28		
20(絞り)	∞	2.02		
21	285.759	1.40	1.80610	40.9
22	48.976	2.45		
23	58.468	1.20	1.85478	24.8
24	36.182	7.58	1.69350	53.2
25*	-144.615	0.48		
26	39.588	5.36	1.43875	94.7
27	1212.238	(可変)		
28	422.839	2.11	1.94594	18.0
29	-174.640	2.00		
30	-175.439	2.00	1.77250	49.6
31	34.442	(可変)		
32	-91.520	2.00	1.67270	32.1
33	-675.283	5.15		
34*	94.292	4.67	1.69350	53.2
35*	-75.502	(可変)		
36	-165.767	2.00	1.59522	67.7
37	41.150	2.00		
38	43.492	2.00	1.61340	44.3
39	58.293	(可変)		
40	95.195	4.86	1.77047	29.7
41	-219.350	1.20	1.94594	18.0
42	1063.768	(可変)		

10

20

30

40

50

像面 ∞

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+00 A 4 = -7.06274e-07 A 6 = -4.14704e-10 A 8 = 1.77035e-13

第19面

K = 0.00000e+00 A 4 = 7.46097e-07 A 6 = -4.07505e-10 A 8 = 3.51179e-13

第25面

K = 0.00000e+00 A 4 = 6.81748e-07 A 6 = 9.43138e-11 A 8 = -2.02463e-13

第34面

K = 0.00000e+00 A 4 = 1.88299e-06 A 6 = -1.59021e-09 A 8 = 3.33089e-12

第35面

K = 0.00000e+00 A 4 = 1.13805e-06 A 6 = -1.57268e-09 A 8 = 4.46558e-12

A10 = -2.58389e-15

各種データ

ズーム比 3.82

広角 中間 望遠

焦点距離 101.97 199.46 389.88

Fナンバー 4.10 4.10 4.10

半画角 (°) 11.98 6.19 3.18

像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	359.04	359.04	359.04
BF	52.64	52.64	52.64
d7	3.96	58.99	102.97
d13	8.50	4.12	7.62
d17	99.13	48.48	0.99
d27	2.04	2.99	1.82
d31	14.41	13.46	14.63
d35	2.10	7.63	3.81
d39	30.55	25.02	28.84
d42	52.64	52.64	52.64

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	260.97
2	8	-81.45
3	14	-1000.36
4	18	52.87
5	28	-53.67
6	32	92.19
7	36	-69.26
8	40	155.14

20

各数値実施例における種々の値を、以下の表1にまとめて示す。

【0064】

【表1】

		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
条件式(1)	f_{LF1}/f_t	1.179	0.747	0.696	1.087	0.669
条件式(2)	β_{LMw}	-0.939	-0.608	-0.834	-0.557	-0.503
条件式(3)	β_{LMt}	-2.165	-1.656	-3.324	-1.953	-1.882
条件式(4)	$\beta_{LR4t}/\beta_{LR4w}$	1.034	1.005	1.040	1.022	0.991
条件式(5)	$DMRw/fw$	0.486	0.474	0.370	0.841	0.972
条件式(6)	$DFMt/f_{LF1}$	0.258	0.337	0.356	0.250	0.395
条件式(7)	f_{LR1}/f_t	0.353	0.192	0.220	0.169	0.136
条件式(8)	f_{LR2}/f_t	-0.467	-0.263	-0.278	-0.165	-0.138
条件式(9)	f_{LR3}/f_t	0.341	0.300	0.237	0.214	0.236
条件式(10)	f_{LR4}/f_t	-0.814	-0.239	-0.306	-0.163	-0.178
条件式(11)	skw/fw	0.190	0.527	0.567	0.388	0.516
条件式(12)	Lt/f_t	1.483	1.121	1.121	1.091	0.921
条件式(13)	$(1-\beta_{LR2w^2})\beta_{LR2Rw^2}/F_{now}$	-0.798	-1.372	-0.997	-1.607	-1.692
条件式(14)	$(1-\beta_{LR4w^2})\beta_{LR4Rw^2}/F_{now}$	-0.339	-0.786	-0.651	-0.754	-0.653
条件式(15)	D_{LR1}/fw	0.596	0.447	0.392	0.470	0.478
条件式(16)	T_{LR2}/fw	0.063	0.057	0.058	0.040	0.040
条件式(17)	D_{LR3}/fw	0.128	0.072	0.112	0.052	0.116
条件式(18)	T_{LR4}/fw	0.018	0.018	0.020	0.013	0.039

30

40

【0065】

〔撮像装置〕

次に、本発明のズームレンズL0を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例について、図11を用いて説明する。図11は、撮像装置10の構成を

50

示す図である。図 11 において撮像装置 10 は、カメラ本体 13 と、実施例 1 から 5 で説明したいずれかのズームレンズ L0 を含むレンズ装置 11 と、ズームレンズ L0 によって形成された光学像を受光して光電変換する撮像素子（受光素子）12 を備える。撮像素子 12 はカメラ本体 13 に内蔵されている。撮像素子 12 としては、CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）を用いることができる。レンズ装置 11 とカメラ本体 13 は一体に構成されていても良いし、着脱可能に構成されていても良い。カメラ本体 13 はクイックターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでも良いし、クイックターンミラーを有さない所謂ミラーレスカメラでも良い。

【0066】

このように、各実施例のズームレンズ L0 をデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型かつ軽量であり高い光学性能を得する撮像装置 10 を得ることができる。

【0067】

なお、本実施例の撮像装置 10 は、図 11 に示したデジタルスチルカメラに限らず、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等の種々の撮像装置に適用することができる。

【0068】

〔撮像システム〕

なお、各実施例のズームレンズ L0 と、ズームレンズ L0 を制御する制御部とを含めた撮像システム（監視カメラシステム）を構成してもよい。この場合、制御部は、ズームングやフォーカシング、像振れ補正に際して各レンズ群が上述したように移動するようズームレンズを制御することができる。このとき、制御部がズームレンズ L0 と一体的に構成されている必要はなく、制御部をズームレンズ L0 とは別体として構成してもよい。例えば、ズームレンズ L0 の各レンズを駆動する駆動部に対して遠方に配置された制御部（制御装置）が、ズームレンズ L0 を制御するための制御信号（命令）を送る送信部を備える構成を採用してもよい。このような制御部によれば、ズームレンズ L0 を遠隔操作することができる。

【0069】

また、ズームレンズ L0 を遠隔操作するためのコントローラーやボタンなどの操作部を制御部に設けることで、ユーザーの操作部への入力に応じてズームレンズを制御する構成を採ってもよい。例えば、操作部として拡大ボタン及び縮小ボタンを設ける。そして、ユーザーが拡大ボタンを押したらズームレンズの倍率が大きくなり、ユーザーが縮小ボタンを押したらズームレンズの倍率が小さくなるように、制御部からズームレンズ L0 の駆動部に信号が送られるように構成すればよい。

【0070】

また、撮像システムは、ズームレンズ L0 のズームに関する情報（移動状態）を表示する液晶パネルなどの表示部を有していてもよい。ズームレンズ L0 のズームに関する情報とは、例えばズーム倍率（ズーム状態）や各レンズ群の移動量（移動状態）である。この場合、表示部に示されるズームレンズ L0 のズームに関する情報を見ながら、操作部を介してユーザーがズームレンズ L0 を遠隔操作することができる。このとき、例えばタッチパネルなどを採用することで表示部と操作部とを一体化してもよい。

【0071】

上記各実施例の開示は、以下の構成を含む。

（構成 1）

物体側から像側へ順に配置された、前側群、中間群、後側群からなり、

前記前側群は、正の屈折力の第 1 前側レンズ群からなり、

前記中間群は、少なくとも 2 つ以上のレンズ群を含む複数のレンズ群からなり、広角端において負の合成焦点距離を有し、

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 後側レンズ群、負の屈折力の第 2 後側レンズ群、正の屈折力の第 3 後側レンズ群、負の屈折力の第 4 後側レ

10

20

30

40

50

ンズ群を含み、

ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

ズーミングに際して、前記第1前側レンズ群、前記第1後側レンズ群、および前記第3後側レンズ群は、像面に対して固定されていることを特徴とするズームレンズ。

(構成2)

前記第1前側レンズ群の焦点距離を f_{LF1} 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.414 < f_{LF1} / f_t < 1.434$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1に記載のズームレンズ。

(構成3)

広角端における無限遠合焦時の前記中間群の合成結像横倍率を β_{LMw} とするとき、

$$-1.158 < \beta_{LMw} < -0.285$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1または2に記載のズームレンズ。

(構成4)

望遠端における無限遠合焦時の前記中間群の合成結像横倍率を β_{LMt} とするとき、

$$-4.158 < \beta_{LMt} < -1.200$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から3のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成5)

望遠端における無限遠合焦時の前記第4後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR4t} 、広角端における無限遠合焦時の前記第4後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR4w} とするとき、

$$0.966 < \beta_{LR4t} / \beta_{LR4w} < 1.064$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から4いずれかに記載のズームレンズ。

(構成6)

広角端における前記中間群の最も像側のレンズ面から前記後側群の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離を $DMRw$ 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.100 < DMRw / f_w < 1.273$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から5いずれかに記載のズームレンズ。

(構成7)

望遠端における前記前側群の最も像側のレンズ面から前記中間群の最も物体側のレンズ面までの光軸上における距離を $DFMt$ 、前記第1前側レンズ群の焦点距離を f_{LF1} とするとき、

$$0.177 < DFMt / f_{LF1} < 0.466$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から6いずれかに記載のズームレンズ。

(構成8)

前記第1後側レンズ群の焦点距離を f_{LR1} 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.050 < f_{LR1} / f_t < 0.461$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から7のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成9)

前記第2後側レンズ群の焦点距離を f_{LR2} 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$-0.632 < f_{LR2} / f_t < -0.060$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から8のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成10)

前記第3後側レンズ群の焦点距離を f_{LR3} 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.149 < f_{LR3} / f_t < 0.405$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成1から9のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成11)

10

20

30

40

50

前記第 4 後側レンズ群の焦点距離を f_{LR4} 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$-1.14 < f_{LR4} / f_t < -0.04$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 10 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 12)

広角端における前記後側群の最も像側のレンズ面から像面までの光軸上における距離を s_{kw} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.100 < s_{kw} / f_w < 0.755$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 11 のいずれかに記載のズームレンズ。

10

(構成 13)

望遠端における前記前側群の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上における距離を L_t 、望遠端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.639 < L_t / f_t < 1.764$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 12 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 14)

広角端における無限遠合焦時の前記第 2 後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR2w} 、広角端における無限遠合焦時の前記第 2 後側レンズ群よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率を β_{LR2Rw} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの F ナンバーを F_{now} とするとき、

20

$$-2.140 < (1 - \beta_{LR2w}^2) \beta_{LR2Rw}^2 / F_{now} < -0.351$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 13 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 15)

広角端における無限遠合焦時の前記第 4 後側レンズ群の結像横倍率を β_{LR4w} 、広角端における無限遠合焦時の前記第 4 後側レンズ群よりも像側に配置された全てのレンズ群の合成結像横倍率を β_{LR4Rw} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの F ナンバーを F_{now} とするとき、

30

$$-1.010 < (1 - \beta_{LR4w}^2) \beta_{LR4Rw}^2 / F_{now} < -0.115$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 14 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 16)

前記第 1 後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第 1 後側レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離を D_{LR1} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.290 < D_{LR1} / f_w < 0.697$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 15 のいずれかに記載のズームレンズ。

40

(構成 17)

前記第 2 後側レンズ群を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和を T_{LR2} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.028 < T_{LR2} / f_w < 0.074$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 16 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 18)

前記第 3 後側レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第 3 後側レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上における距離を D_{LR3} 、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

50

$$0.014 < DLR3 / fw < 0.166$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 17 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 19)

前記第 4 後側レンズ群を構成している全てのレンズの光軸上における厚みの総和を TLR4、広角端における無限遠合焦時の前記ズームレンズの焦点距離を fw とするとき、

$$0.001 < TLR4 / fw < 0.052$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 18 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 20)

広角端から望遠端へのズーミングに際して、無限遠合焦時に前記第 2 後側レンズ群は像側に凸の軌跡で移動することを特徴とする構成 1 から 19 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 21)

広角端から望遠端へのズーミングに際して、無限遠合焦時に前記第 4 後側レンズ群は像側に凸の軌跡で移動することを特徴とする構成 1 から 20 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 22)

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、前記第 2 後側レンズ群は像側に移動することを特徴とする構成 1 から 21 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 23)

無限遠から近距離のフォーカシングに際して、前記第 4 後側レンズ群は像側に移動することを特徴とする構成 1 から 22 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 24)

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群、正の屈折力の第 5 後側レンズ群からなることを特徴とする構成 1 から 23 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 25)

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群、負の屈折力の第 5 後側レンズ群からなることを特徴とする構成 1 から 23 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 26)

前記後側群は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 後側レンズ群、前記第 2 後側レンズ群、前記第 3 後側レンズ群、前記第 4 後側レンズ群からなることを特徴とする構成 1 から 23 のいずれかに記載のズームレンズ。

(構成 27)

構成 1 から 26 のいずれか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。

(構成 28)

構成 1 から 26 のいずれかに記載のズームレンズと、ズーミングに際して前記ズームレンズを制御する制御部を有することを特徴とする撮像システム。

(構成 29)

前記制御部は、前記ズームレンズとは別体として構成されており、前記ズームレンズを制御するための制御信号を送信する送信部を有することを特徴とする構成 28 に記載の撮像システム。

(構成 30)

前記制御部は、前記ズームレンズとは別体として構成されており、前記ズームレンズを操作するための操作部を有することを特徴とする構成 28 または 29 に記載の撮像システム。

10

20

30

40

50

(構成 3 1)

前記ズームレンズのズームに関する情報を表示する表示部を有することを特徴とする構成 2 8 から 3 0 のいずれかに記載の撮像システム。

【 0 0 7 2 】

以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について説明したが、本発明はこれらの実施形態及び実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の組合せ、変形及び変更が可能である。

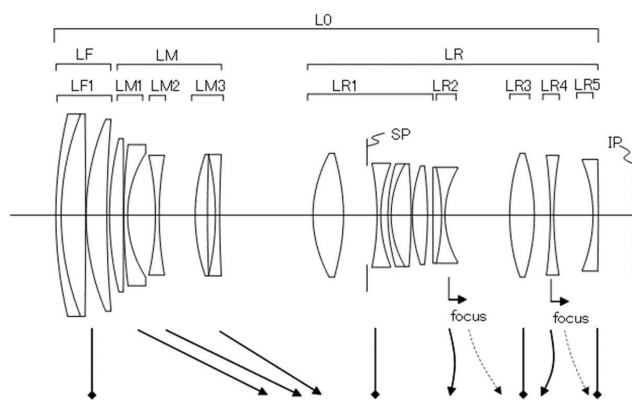
【符号の説明】

【 0 0 7 3 】

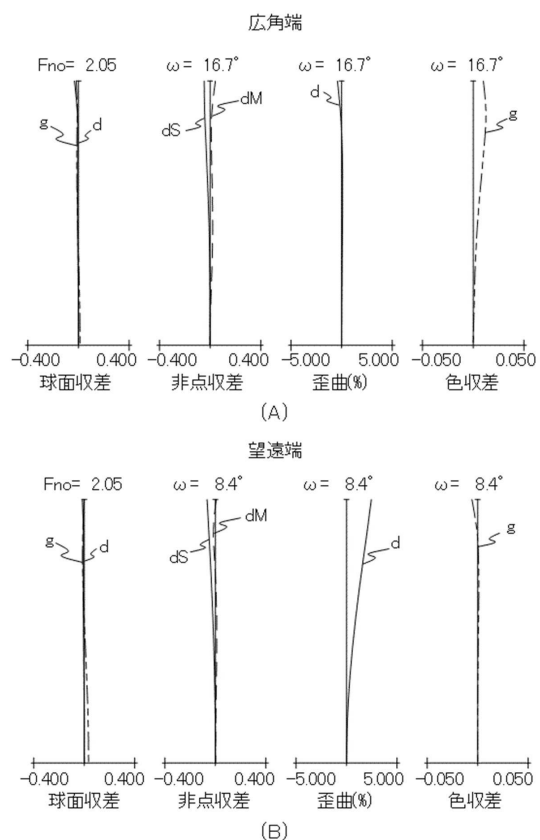
前側群	L F
中間群	L M
後側群	L R
第 1 前側レンズ群	L F 1
第 1 後側レンズ群	L R 1
第 2 後側レンズ群	L R 2
第 3 後側レンズ群	L R 3
第 4 後側レンズ群	L R 4

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

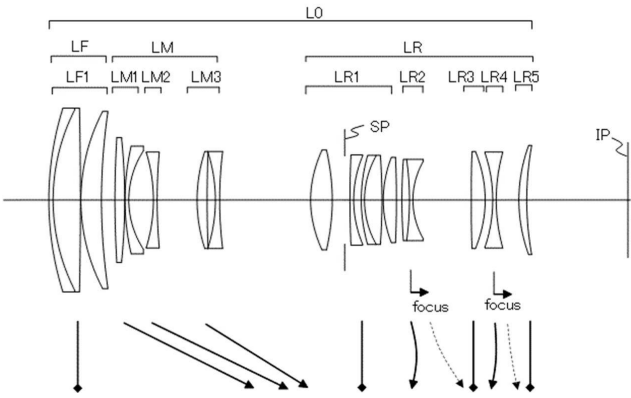
20

30

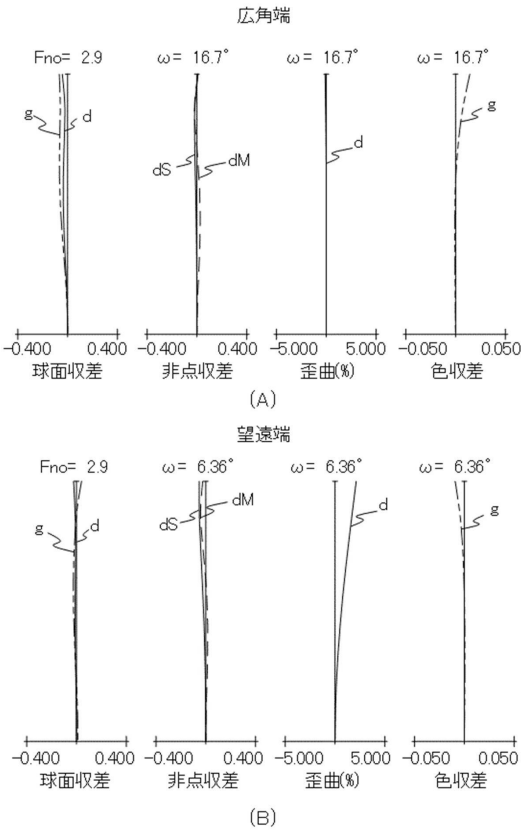
40

50

【図 3】



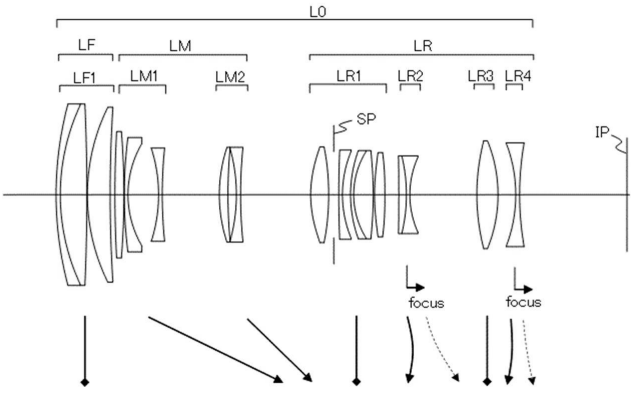
【図 4】



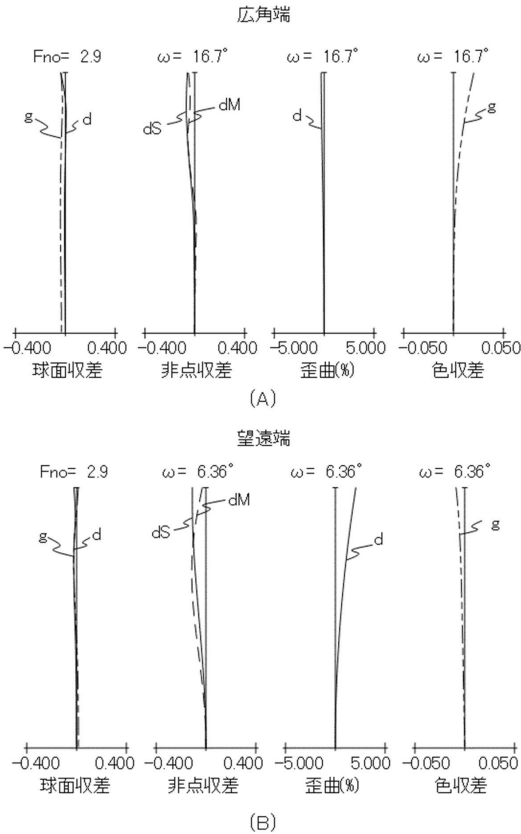
10

20

【図 5】



【図 6】

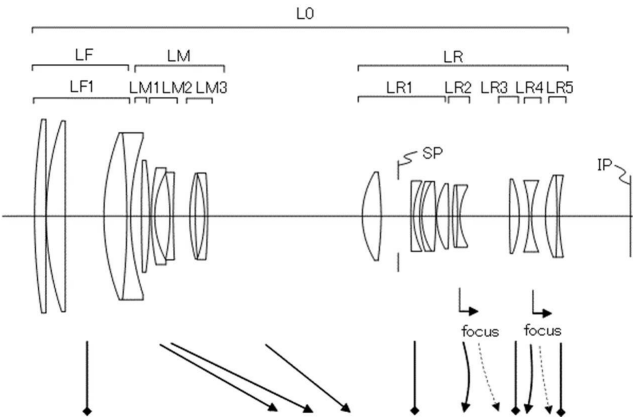


30

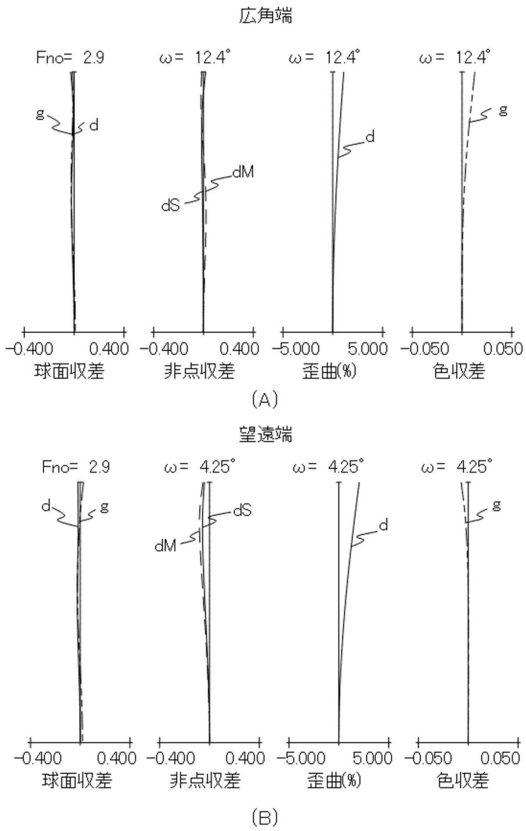
40

50

【図 7】



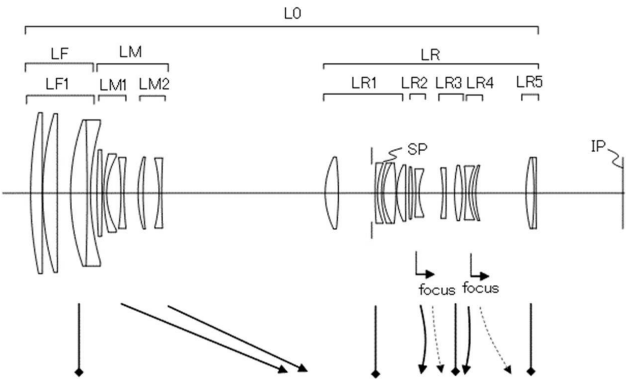
【図 8】



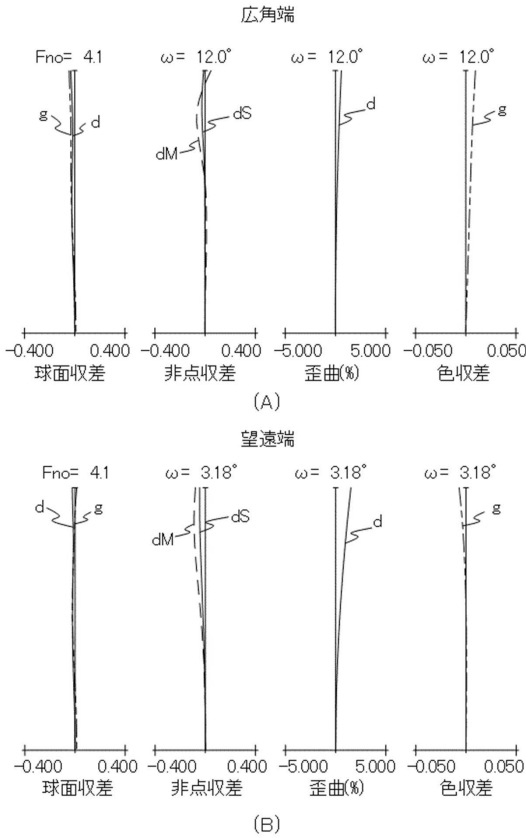
10

20

【図 9】



【図 10】

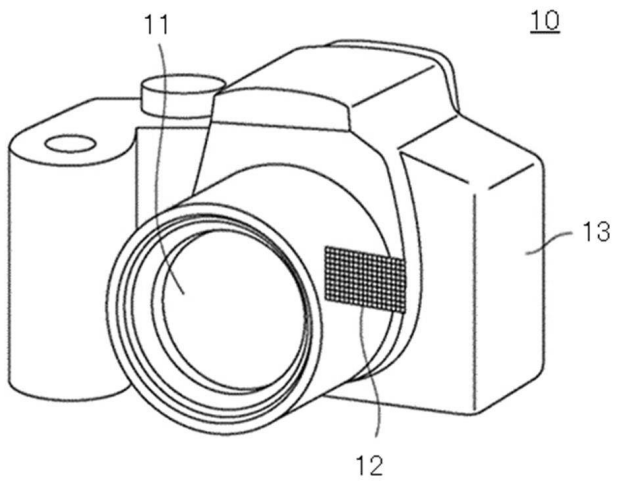


30

40

50

【図 11】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考)

QA02 QA06 QA07 QA13 QA17 QA21 QA25 QA32 QA37 QA39
QA41 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA44 SA57 SA63
SA64 SA65 SA66 SA72 SA75 SA76 SB04 SB05 SB12 SB13 SB14
SB22 SB23 SB33 SB36 SB43 SB46