

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7625377号
(P7625377)

(45)発行日 令和7年2月3日(2025.2.3)

(24)登録日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/18

請求項の数 14 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-120924(P2020-120924)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和2年7月14日(2020.7.14)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2022-18006(P2022-18006A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和4年1月26日(2022.1.26)	(74)代理人	100110412
審査請求日	令和5年6月26日(2023.6.26)		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	齋藤 慎一郎
			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
		審査官	瀬戸 息吹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズおよび撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群とを含む4つ以上のレンズ群からなるズームレンズであって、

広角端から望遠端へのズーミングにおいて隣り合うレンズ群の間隔は変化し、
前記第1レンズ群はズーミングに際して移動し、
前記第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して狭まり、

前記第1レンズ群は、3つ以下のレンズにより構成され、
前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の球面レンズとしての第1の単レンズと、負の屈折力の球面レンズと正の屈折力の球面レンズとが接合された接合レンズと、負の屈折力の球面レンズとしての第2の単レンズからなり、

前記ズームレンズのズーム全域でのバックフォーカスの最小値を s_{km} 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第1の単レンズの像側のレンズ面と前記接合レンズにおける最も物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{21} 、前記接合レンズの最も像側のレンズ面と前記第2の単レンズの物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{22} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記接合レンズにおける前記負の屈折力のレンズと前記第2の単レン

10

20

ズのそれぞれの材料の d 線を基準とするアッベ数の平均値を $B C$ とするとき、

$$1.35 \quad | f_2 | / s_{km} \quad 5.00$$

$$3.1 \quad d_{21} / d_{22} \quad 10.0$$

$$4.0 \quad | f_1 / f_2 | \quad 8.0$$

$$4.8 \quad B C \quad 8.0$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第 1 の単レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を $R A 1$ 、像側のレンズ面の曲率半径を $R A 2$ とするとき、

$$1.0 \quad - (R A 2 + R A 1) / (R A 2 - R A 1) \quad 10.0$$

10

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記接合レンズの最も像側のレンズ面の曲率半径を $R B 2$ 、前記第 2 の単レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を $R C 1$ とするとき、

$$-2.0 \quad (R C 1 + R B 2) / (R C 1 - R B 2) \quad 1.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記接合レンズの接合面の曲率半径を $R B m$ とするとき、

$$0.6 \quad | R B m / f_2 | \quad 3.0$$

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

20

【請求項 5】

前記接合レンズにおける前記負の屈折力のレンズと前記第 2 の単レンズのそれぞれの材料の d 線に対する屈折率の平均値を $n B C$ とするとき、

$$1.51 \quad n B C \quad 1.85$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記ズームレンズの広角端での焦点距離を $f w$ とするとき、

$$3.5 \quad | f_1 / f_w | \quad 10.0$$

30

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

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、前記ズームレンズの望遠端での焦点距離を f_t とするとき、

$$0.2 \quad | f_3 / f_t | \quad 0.6$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記ズームレンズにおいて広角端で発生する最大像高での歪曲収差の百分率を $d m i n$ とするとき、

$$-15.0 \quad d m i n \quad -4.4$$

40

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

物体側から像側へ順に配置された、前記第 1、第 2 および第 3 レンズ群と、負の屈折力の第 4 レンズ群と、正の屈折率の第 5 レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

物体側から像側へ順に配置された、前記第 1、第 2 および第 3 レンズ群と、正の屈折力

50

の第4レンズ群と、負の屈折率の第5レンズ群と、負の屈折力の第6レンズ群からなることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項11】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群と、負の屈折率の第5レンズ群と、負の屈折力の第6レンズ群とからなるズームレンズであって、

広角端から望遠端へのズーミングにおいて隣り合うレンズ群の間隔は変化し、

前記第1レンズ群はズーミングに際して移動し、

前記第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して狭まり、

前記第1レンズ群は、3つ以下のレンズにより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の球面レンズとしての第1の単レンズと、負の屈折力の球面レンズと正の屈折力の球面レンズとが接合された接合レンズと、負の屈折力の球面レンズとしての第2の単レンズからなり、

前記ズームレンズのズーム全域でのバックフォーカスの最小値を s_{km} 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第1の単レンズの像側のレンズ面と前記接合レンズにおける最も物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{21} 、前記接合レンズの最も像側のレンズ面と前記第2の単レンズの物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{22} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$1.35 \leq |f_2| / s_{km} \leq 5.00$$

$$3.1 \leq d_{21} / d_{22} \leq 10.0$$

$$4.0 \leq |f_1 / f_2| \leq 8.0$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項12】

物体側から像側へ順に配置された、前記第1、第2および第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折率の第5レンズ群と、負の屈折力の第6レンズ群と、負の屈折力の第7レンズ群からなることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項13】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折率の第5レンズ群と、負の屈折力の第6レンズ群と、負の屈折力の第7レンズ群とからなるズームレンズであって、

広角端から望遠端へのズーミングにおいて隣り合うレンズ群の間隔は変化し、

前記第1レンズ群はズーミングに際して移動し、

前記第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して広がり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は、広角端から望遠端へのズーミングに際して狭まり、

前記第1レンズ群は、3つ以下のレンズにより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の球面レンズとしての第1の単レンズと、負の屈折力の球面レンズと正の屈折力の球面レンズとが接合された接合レンズと、負の屈折力の球面レンズとしての第2の単レンズからなり、

前記ズームレンズのズーム全域でのバックフォーカスの最小値を s_{km} 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第1の単レンズの像側のレンズ面と前記接合レンズにおける最も物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{21} 、前記接合レンズの最も像側のレンズ面と前記第2の単レンズの物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{22} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

10

20

30

40

50

1 . 3 5 | f 2 | / s k m 5 . 0 0
 3 . 1 d 2 1 / d 2 2 1 0 . 0
 4 . 0 | f 1 / f 2 | 8 . 0

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 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り形成された光学像を受光する撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0 0 0 1】

本発明は、スチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に好適なズームレンズに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

ズームレンズには、最も物体側の第 1 レンズ群より像側のレンズ群を移動させてフォーカシングを行うインナーフォーカスタイプあるいはリアフォーカスタイプのものがある。特許文献 1 には、物体側から像側へ順に、正、負、正、負および正の屈折力の第 1 ～ 第 5 レンズ群からなり、第 4 レンズ群と第 5 レンズ群を 2 つ以下のレンズにより構成したリアフォーカスタイプのズームレンズが開示されている。また特許文献 2 には、物体側から像側へ順に、正および負の屈折力の第 1 および第 2 レンズ群を有し、第 1 レンズ群に光路を屈曲させるプリズム素子を設けて、高倍化および薄型化したズームレンズが開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】特開 2 0 1 6 - 1 5 6 9 0 2 号公報

【文献】特開 2 0 0 5 - 1 8 1 6 3 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

30

ズームレンズには、小型でありながらも製造誤差に対してロバストで高い光学性能を有することが要望されている。しかしながら、特許文献 1 のズームレンズは、レンズ全長が長く、小型化が不十分である。また特許文献 2 のズームレンズでは、大きなプリズム素子を含む第 1 レンズ群を移動させることが難しいために、広角領域におけるレンズ全長の増加が問題となる。

【0 0 0 5】

本発明は、製造誤差に対してロバストで高い光学性能を有する小型のズームレンズを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

40

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、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群とを含む 4 つ以上のレンズ群からなる。広角端から望遠端へのズーミングにおいて隣り合うレンズ群の間隔は変化し、第 1 レンズ群はズーミングに際して移動し、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔は広角端から望遠端へのズーミングに際して広がり、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔は広角端から望遠端へのズーミングに際して狭まる。第 1 レンズ群は、3 つ以下のレンズにより構成され、第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の球面レンズとしての第 1 の単レンズと、負の屈折力の球面レンズと正の屈折力の球面レンズとが接合された接合レンズと、負の屈折力の球面レンズとしての第 2 の単レンズからなる。ズームレンズのズーム全域でのバックフォーカスの最小値を s k m、第 2

50

レンズ群の焦点距離を f_2 、第 1 の単レンズの像側のレンズ面と接合レンズにおける最も物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{21} 、接合レンズの最も像側のレンズ面と第 2 の単レンズの物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{22} 、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、接合レンズにおける負の屈折力のレンズと第 2 の単レンズのそれぞれの材料の d 線を基準とするアッベ数の平均値を BC とするとき、

$$\begin{array}{l} 1.35 \quad | f_2 | / s k m \quad 5.00 \\ 3.1 \quad d_{21} / d_{22} \quad 10.0 \\ 4.0 \quad | f_1 / f_2 | \quad 8.0 \\ 4.8 \quad BC \quad 8.0 \end{array}$$

なる条件を満足することを特徴とする。なお、上記ズームレンズを備えた撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、製造誤差に対してロバストで高い光学性能を有する小型の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】

【0008】

【図 1】実施例 1 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での断面図。

【図 2】実施例 1 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での収差図。

【図 3】実施例 2 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での断面図。

20

【図 4】実施例 2 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での収差図。

【図 5】実施例 3 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での断面図。

【図 6】実施例 3 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での収差図。

【図 7】実施例 4 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での断面図。

【図 8】実施例 4 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での収差図。

【図 9】実施例 1 ~ 4 のいずれかのズームレンズを備えた撮像装置を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。図 1、図 3、図 5 および図 7 はそれぞれ、実施例 1、2、3 および 4 のズームレンズの広角端（最短焦点距離）、中間ズーム位置および望遠端（最長焦点距離）での断面を示している。各断面図において、左側が物体側、右側が像側である。

30

【0010】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力（＝焦点距離の逆数）の第 1 レンズ群 L_1 と、負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 と、正の屈折力の第 3 レンズ群 L_3 とを含む 4 つ以上のレンズ群により構成されている。広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 との間隔が広がり、第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 との間隔が狭まる。また、ズーミングに際して第 1 レンズ群 L_1 は移動する。また、第 3 レンズ群 L_3 より像側の複数のレンズ群（ $L_4 \sim L_7$ ）もズーミングに際して隣り合うレンズ群との間隔が変化する。

40

【0011】

なお、レンズ群は、ズーミングまたはフォーカシングにおいて隣り合うレンズ群との間隔が変化する 1 又は複数のレンズのまとまりである。また、広角端と望遠端は、ズーミングにおいてレンズ群が機構上、光軸方向に移動可能な範囲の両端に位置したときの状態（ズーム位置）をいう。

【0012】

上述した各実施例のズームレンズは、広角端でのレンズ全長を短くしつつズーム全域において良好に収差を補正するために、物体側から像側に順に、正、負および正のレンズ群を有する。また、4 つ以上のレンズ群を有することで、第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 で発生する球面収差やコマ収差を良好に補正できる。

50

【0013】

また、望遠側のズーム域では、製造誤差に対する球面収差やコマ収差のばらつきが大きくなり易い、第1レンズ群L1が正の屈折力を有するポジティブリードタイプとすることで、第2レンズ群L2より像側のレンズに対する軸上光線の入射高さを抑えることができ、小型化と製造誤差に対するロバスト性の向上とを実現している。

【0014】

さらに小型でありながらも高変倍比を確保するために、ズームングに際して、広角端に比べて望遠端での第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が狭まるように各レンズ群を移動させている。

【0015】

また各実施例のズームレンズでは、第1レンズ群L1は3つ以下のレンズにより構成されている。このように、レンズ径が大きな第1レンズ群L1を構成するレンズ数を少なくすることで、小型化と軽量化を実現することができる。しかも、第1レンズ群L1から出射する光線の高さを下げることができ、コマ収差や像面湾曲等の軸外の諸収差を良好に補正することができる。

【0016】

さらに各実施例のズームレンズでは、第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力を有する球面レンズとしての単レンズA（第1の単レンズ）と、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとが接合された接合レンズBと、負の屈折力を有する球面レンズとしての単レンズC（第2の単レンズ）とにより構成されている。第2レンズ群L2を球面レンズを用いて構成することにより、非球面レンズで発生し易い面形状の誤差（非回転対称成分や球面形状変化成分による誤差）を抑えることができる。また第2レンズ群L2の屈折力高めつつ、広角域での像面湾曲と望遠域での球面収差を良好に補正し、全系の小型化を実現することができる。

【0017】

また第2レンズ群L2の最も物体側に負の単レンズAを配置することで、第2レンズ群L2内のパワー配置をレトロフォーカス型とすることができ、広角域での像面湾曲を良好に補正することができる。

【0018】

また、負の単レンズAの像側に負レンズと正レンズからなる接合レンズBを配置することで、広角域での像面湾曲と望遠域での球面収差を良好に補正し、さらに製造誤差（偏心誤差）による望遠域での球面収差とコマ収差のばらつきを抑制して良好な光学性能を確保することができる。

【0019】

さらに、接合レンズBの像側に負の単レンズCを配設することで、第2レンズ群L2の屈折力分担と変倍分担を確保した上で、広角域での軸外のコマ収差や像面湾曲を良好に補正することができる。

【0020】

なお、各実施例のズームレンズでは、第3レンズ群L3が、開放Fナンバー（Fno）の光束を決定（制限）する開口絞りSPを有しており、第3レンズ群L3より像側のレンズ群が移動してフォーカシングを行う。各断面図には、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の移動方向を矢印で示している。

【0021】

また、各断面図において、IPは像面である。各実施例のズームレンズがビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、銀塩フィルムカメラ等の撮像装置の撮像光学系として使用される場合には、像面IPにCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面や銀塩フィルムのフィルム面（感光面）が配置される。なお、各実施例のズームレンズは、画像投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系として用いることもできる。

【0022】

10

20

30

40

50

以下、各実施例のズームレンズについてより具体的に説明する。

【0023】

図1に示す実施例1のズームレンズは、ズーム比が3.3、開口比が2.9~2.9程度のズームレンズである。また、図3に示す実施例2のズームレンズは、ズーム比が7.1、開口比が2.9~2.9程度のズームレンズである。実施例1、2のズームレンズにおいて、第1、第2および第3レンズ群L1、L2、L3はそれぞれ前述したように正、負、正の屈折力を有し、第4レンズ群L4は負、第5レンズ群L5は正の屈折力を有する。実施例1、2のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は物体側に単調移動し、第2レンズ群L2~第5レンズ群L5は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が変化し、さらに第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔が広がるようにそれぞれ移動する。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第4レンズ群L4が像側へ移動する。

10

【0024】

図5に示す実施例3のズームレンズは、ズーム比が9.3、開口比が4.1~6.4程度のズームレンズである。実施例3のズームレンズにおいて、第1、第2および第3レンズ群L1、L2、L3はそれぞれ前述したように正、負、正の屈折力を有し、第4レンズ群L4は正、第5レンズ群L5は負、第6レンズ群L6は負の屈折力を有する。実施例3のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は物体側に単調移動し、第2レンズ群L2~第6レンズ群L6は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が狭まり、第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔が狭まり、さらに第5レンズ群L5と第6レンズ群L6との間隔が広がるようにそれぞれ移動する。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第5レンズ群L5が像側へ移動する。

20

【0025】

図7に示す実施例4のズームレンズは、ズーム比が2.4、開口比が2.9~2.9程度のズームレンズである。実施例4のズームレンズにおいて、第1、第2および第3レンズ群L1、L2、L3はそれぞれ前述したように正、負、正の屈折力を有し、第4レンズ群L4は負、第5レンズ群L5は正、第6レンズ群L6は負、第7レンズ群L7は負の屈折力を有する。実施例4のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は物体側に単調移動し、第2レンズ群L2~第7レンズ群L7は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が広がり、第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔が狭まり、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6との間隔が変化し、さらに第6レンズ群L6と第7レンズ群L7との間隔が広がるようにそれぞれ移動する。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第4レンズ群L4が物体側へ、第6レンズ群L6が像側へそれぞれ移動する。

30

【0026】

なお、実施例1~4では5つから7つのレンズ群により構成されるズームレンズを示したが、レンズ群の数が上述した第1~第3レンズ群を含む4つ以上であればよい。

40

【0027】

以下、各実施例のズームレンズが満足する条件について説明する。

【0028】

全ズーム域でのバックフォーカスの最小値を s_{km} 、第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 、単レンズAの像側のレンズ面と接合レンズBの最も物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{21} 、接合レンズBの最も像側のレンズ面と単レンズCの物体側のレンズ面との光軸上の距離を d_{22} とする。このとき、以下の条件式(1)を満足する。

$$1.35 \leq f_2 / s_{km} \leq 5.00 \quad (1)$$

$$3.0 \leq d_{21} / d_{22} \leq 10.0 \quad (2)$$

50

条件式(1)は、広角端におけるレンズ全長を短くし、高い光学性能を確保するための第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 とバックフォーカスの最小値 s_{km} との関係に関する条件を示している。レンズ全長は、最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離に空気換算値としてのバックフォーカスを加えた長さである。バックフォーカスは、最も像側のレンズ面(フィルタ等の平行平板を除去したときの最も像側のレンズ面)から無限物点に対する近軸像面までの光軸上の距離である。

【0029】

ポジティブリードタイプのズームレンズでは、広角端において全体として概ねレトロフォーカスタイプの屈折力配置とすることで広角化し、望遠端において全体として概ねテレフォトタイプの屈折力配置としている。これにより、高いズーム比を実現している。このため、広角端におけるレンズ全長を短縮するためには、第2レンズ群L2の屈折力を適切に設定する必要がある。条件式(1)を満足することにより、小型化と高性能化を両立することができる。

【0030】

$|f_2|/s_{km}$ が条件式(1)の上限を超えると、第2レンズ群L2の屈折力が小さく、広角端に必要な画角を確保するためにはレンズ全長が増加するため、好ましくない。 $|f_2|/s_{km}$ が条件式(1)の下限を下回ると、第2レンズ群L2の屈折力が大きく、望遠側での倍率色収差や像面湾曲の補正が難しくなり、しかも望遠側での球面収差やコマ収差の補正が不足するため、好ましくない。

【0031】

条件式(2)は、ズーミング時の像面湾曲の変動を抑制しつつ広角化を図るための距離 d_{21} 、 d_{22} の関係に関する条件を示している。 d_{21}/d_{22} が条件式(2)の上限を超えるように第2レンズ群L2内で単レンズAを物体側に位置させると、像面湾曲の補正には有利となるが、第1レンズ群L1の径の増加を招き、小型化が妨げられるため、好ましくない。 d_{21}/d_{22} が条件式(2)の下限を下回るように第2レンズ群L2内で単レンズCを像側に位置させると、望遠側の球面収差やコマ収差を良好に補正することが難しくなるため、好ましくない。

【0032】

条件式(1)、(2)の数値範囲を以下のように設定すると、より好ましい。

$$1.38 \leq |f_2|/s_{km} \leq 3.00 \quad (1a)$$

$$3.0 \leq d_{21}/d_{22} \leq 6.0 \quad (2a)$$

条件式(1a)を満足することにより、広角側での非点隔差を抑えつつ、倍率色収差の波長ごとのばらつきを抑制し易くなる。また条件式(2a)を満足することにより、望遠側での球面収差を抑えつつ、レンズ全長を短縮することができる。

【0033】

条件式(1)、(2)の数値範囲を以下のようにすると、さらに好ましい。

$$1.41 \leq |f_2|/s_{km} \leq 2.00 \quad (1b)$$

$$3.1 \leq d_{21}/d_{22} \leq 4.0 \quad (2b)$$

以上説明したように、各レンズ群を適切に構成し、条件式(1)、(2)を同時に満足することにより、球面収差やコマ収差等の諸収差を良好に補正でき、ズームレンズ全系が小型でありながら製造誤差に対してロバスト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できる。

各実施例のズームレンズは、以下の条件式(3)~(12)のうち少なくとも1つを満足するのが好ましい。

【0034】

広角端および望遠端におけるズームレンズの焦点距離をそれぞれ f_w 、 f_t 、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_3 とする。単レンズAのシェープファクタを SFA 、接合レンズBと単レンズCとの間に形成される空気レンズのシェープファクタを $SFbc$ とする。接合レンズBの接合面の曲率半径を R_{Bm} とする。接合レンズBの負レンズと単レンズCのd線に対する屈折率の平均値を n_{BC} 、d線を基準と

10

20

30

40

50

するアッペ数の平均値を BC とする。ズームレンズにおいて広角端で発生する歪曲収差の 3 次収差係数を V とし、広角端における最大像高での歪曲収差の百分率を $dmin$ とする。

【0035】

$1.0 \quad SFA \quad 10.0 \quad (3)$
 $-2.0 \quad SFbc \quad 1.0 \quad (4)$
 $0.6 \quad |RBm/f2| \quad 3.0 \quad (5)$
 $1.51 \quad nBC \quad 1.85 \quad (6)$
 $40 \quad BC \quad 80 \quad (7)$
 $4.0 \quad |f1/f2| \quad 8.0 \quad (8)$
 $3.5 \quad |f1/fw| \quad 10.0 \quad (9)$
 $0.2 \quad |f3/ft| \quad 0.6 \quad (10)$
 $0.3 \quad V \quad 1.0 \quad (11)$
 $-15.0 \quad dmin \quad -4.4 \quad (12)$

d 線を基準とするアッペ数 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) に対する屈折率を Nd 、 NF 、 NC とするとき、

$$d = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

で表される。シェープファクタ SFA は、単レンズ A の形状因子であり、単レンズ A の物体側のレンズ面の曲率半径を $RA1$ 、像側のレンズ面の曲率半径を $RA2$ とするとき、次式で表される。面が非球面形状を有する場合は、曲率半径は、その基準となる 2 次曲面の半径 (ベース R) を意味する。

【0036】

$$SFA = - (RA2 + RA1) / (RA2 - RA1)$$

シェープファクタ $SFbc$ は、接合レンズ B の最も像側のレンズ面の曲率半径を $RB2$ 、単レンズ C の物体側のレンズ面の曲率半径を $RC1$ とするとき、次式で表される。面が非球面形状を有する場合は、そのベース R を意味する。

【0037】

$$SFbc = (RC1 + RB2) / (RC1 - RB2)$$

条件式 (3) は、広角域で像面湾曲を良好に補正し、第 2 レンズ群 $L2$ の変倍分担を適正化しつつ小型化するための単レンズ A のシェープファクタに関する条件を示す。 SFA が条件式 (3) の下限である 1 となると、単レンズ A は像側に凹面を向けた平凸レンズとなる。 SFA が条件式 (3) の上限を超えると、広角域で像面湾曲や非点収差を良好に補正することが難しくなり、また像面湾曲のズーム変動が大きくなるため、好ましくない。 SFA が条件式 (3) の下限を下回ると、広角域での倍率色収差の画角変動が大きくなるため、好ましくない。

【0038】

条件式 (4) は、広角域での非点隔差を抑えつつ望遠側での球面収差を抑制するための空気レンズの形状に関する条件を示す。空気レンズは、像側に強い凸面を有し、両側を屈折率が 1 以上の媒質で挟まれていて屈折率差が生じるため、負レンズと同様の屈折作用を持つレンズとみなせる。空気レンズをこのような形状とすることで、第 2 レンズ群 $L2$ を構成するレンズ数を抑えることができる。 $SFbc$ が条件式 (4) の上限を超えると、空気レンズの像側の面の曲率が強まり、望遠側の球面収差の補正不足を招くため、好ましくない。 $SFbc$ が条件式 (4) の下限を下回ると、空気レンズの物体側の面の曲率が強まり、広角域での非点隔差の増大を招くため、好ましくない。

【0039】

条件式 (5) は、第 2 レンズ群 $L2$ における接合レンズ B の収差補正分担を適正化するための接合レンズ B の接合面の曲率半径 RBm と第 2 レンズ群 $L2$ の焦点距離との関係に関する条件を示す。 $|RBm/f2|$ が条件式 (5) の上限を超えると、接合面の曲率半径が大きくなりすぎて、広角域での像面湾曲に補正不足が生じるため、好ましくない。ま

10

20

30

40

50

た、 $|RBm/f_2|$ が条件式(5)の下限を下回ると、接合面の曲率半径が小さくなりすぎて、高次の収差を発生させ、球面収差や像面湾曲の波長ごとのばらつきが生じるため、好ましくない。

【0040】

条件式(6)、(7)は、広角端の倍率色収差の発生を抑制しつつ広角側の像面湾曲を抑制するための接合レンズBの負レンズと単レンズ(負レンズ)Cの材料に関する条件を示している。屈折率 n_{BC} とアッペ数 BC がそれぞれ条件式(6)、(7)の数値範囲内であれば、一次の色消し効果を適正化し易い。

【0041】

条件式(8)は、適正な変倍比を確保しつつ全系を小型化するための第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 と第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 との関係に関する条件を示している。望遠域にて明るいズームレンズでは、第1レンズ群L1の屈折力を収差補正が可能な範囲で適切に設定しないと、望遠域でのレンズ全長が増大し、さらに周辺光量を確保するために第1レンズ群L1の径の増加を招く。 $|f_1/f_2|$ が条件式(8)の上限を超えると、第1レンズ群L1の屈折力が小さくなるため、レンズ全長が増大し、さらに周辺光量を確保することが困難になるため、好ましくない。 $|f_1/f_2|$ が条件式(8)の下限を下回ると、ズームングに際しての第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の移動による収差変動が大きくなり、特に球面収差を補正することが難しくなるため、好ましくない。

【0042】

条件式(9)は、ズームレンズの小型化を図りつつ第1レンズ群L1の変倍分担を適正化するための第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 とズームレンズの広角端での焦点距離 f_w との関係に関する条件を示している。第1レンズ群L1が適切な屈折力を有することにより、ズームングにおける第1レンズ群L1の移動量を小さくすることができる。 $|f_1/f_w|$ が条件式(9)の上限を超えると、第1レンズ群L1の屈折力が弱くて変倍作用が弱まるので、ズームングでの第1レンズ群L1の移動量を増やして変倍作用を補う必要が生じて望遠端でのレンズ全長が増大するため、好ましくない。しかも、第3レンズ群L3以降のレンズ群で変倍分担を確保しなければならず、望遠域での球面収差やコマ収差等の諸収差が多く発生し、その補正のためにレンズ数や非球面レンズを増加させる必要が生じて、製造誤差に対するロバスト性が低くなるので、好ましくない。 $|f_1/f_w|$ が条件式(9)の下限を下回ると、第1レンズ群L1の屈折力が強すぎて、望遠域において第1

【0043】

条件式(10)は、球面収差やコマ収差を良好に補正した上で第3レンズ群L3の変倍分担を確保するための第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 とズームレンズの望遠端での焦点距離 f_t との関係に関する条件を示している。 $|f_3/f_t|$ が条件式(10)の上限を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が弱くて変倍作用が弱まり、ズームングに際して第3レンズ群L3の移動量を増加させる必要が生じるため、好ましくない。 $|f_3/f_t|$ が条件式(10)の下限を下回ると、第3レンズ群L3の屈折力が強くなりすぎて、望遠域で球面収差やコマ収差が発生し、さらに像面の中心域で非点隔差が発生するため、好ましくない。

【0044】

条件式(11)は、像面湾曲と非点収差を適切に補正し、さらに撮像装置において撮像画像データに対して電子的な歪曲収差補正を行った際の引き延ばしによる解像力の劣化を抑えるための歪曲収差の3次収差係数 V に関する条件を示している。 V が条件式(11)の上限を超えると、歪曲収差が大きくなり、引き延ばしによる解像力の劣化が大きくなるため、好ましくない。 V が条件式(11)の下限を下回ると、像面湾曲や倍率色収差を良好に補正することが難しくなるため、好ましくない。

【0045】

条件式(12)は、像面湾曲と倍率色収差を適切に補正するための広角端における最大像高での歪曲収差の百分率 d_{min} に関する条件を示している。 d_{min} が条件式(12

10

20

30

40

50

）の上限を超えると、小型化には有利であるが、歪曲収差が大きくなり、引き延ばしによる解像力の劣化が大きくなるため、好ましくない。 d_{min} が条件式(12)の下限を下回ると、像高に対する倍率色収差（特に短波長成分）の変化を抑えることが難しくなるため、好ましくない。

【0046】

第1レンズ群L1は、負レンズと正レンズの接合レンズと、正の屈折力を有するメニスカス形状の単レンズとにより構成されることが好ましい。この構成により、ズーム全域での倍率色収差を良好に補正でき、望遠域での球面収差と軸上色収差を良好に補正することが容易になる。

【0047】

第3レンズ群L3は、その最も物体側に、正の屈折力を有して物体側に凸の単レンズにより構成されることが好ましい。主として変倍を担う第2レンズ群L2から第3レンズ群L3に入射する光束は光線高が高く、これが高次の球面収差やコマ収差を発生させる原因となる。このため、第3レンズ群L3の最も物体側に正の屈折力を有して物体側に凸の単レンズを配置することで、第2レンズ群L2により発散された光束を収束させるために必要な正の屈折力を確保し易くなり、球面収差やコマ収差の発生を効果的に抑制することができる。

【0048】

最も像側のレンズ群において、その最も像側のレンズは像側に凸の正レンズであることが好ましい。これにより、バックフォーカスの確保が容易となり、また撮像装置において撮像素子に起因する不要光（ゴースト）の集光を抑えることができる。

【0049】

また、第3レンズ群L3より像側のレンズ群は、非球面を有することが好ましい。これにより、広角端での像面湾曲を効果的に補正しつつ、ズームレンズを小型化することができる。

【0050】

条件式(3)～(12)の数値範囲を以下のように設定すると、より好ましい。

【0051】

$$\begin{aligned} 1.1 & \leq SFA \leq 9.0 & (3a) \\ -1.7 & \leq Sfb \leq 0.3 & (4a) \\ 0.8 & \leq |RBm/f2| \leq 1.8 & (5a) \\ 1.52 & \leq nBC \leq 1.82 & (6a) \\ 4.4 & \leq BC \leq 7.8 & (7a) \\ 5.0 & \leq |f1/f2| \leq 7.2 & (8a) \\ 4.0 & \leq |f1/fw| \leq 9.0 & (9a) \\ 0.22 & \leq |f3/ft| \leq 0.55 & (10a) \\ 0.31 & \leq V \leq 0.60 & (11a) \\ -14.0 & \leq d_{min} \leq -4.6 & (12a) \end{aligned}$$

条件式(3a)を満足することにより、広角域での像面湾曲の補正がより適正となり、ズームレンズを広画角化しても像面湾曲を補正し易くなる。条件式(4a)を満足することにより、望遠域での球面収差やコマ収差を補正し易くなる。条件式(5a)を満足することにより、広角域での像面湾曲の波長ごとのばらつきを抑え易くなる。条件式(6a)、(7a)を満足することにより、ズームングに際しての倍率色収差の変動を抑え易くなる。条件式(8a)を満足することにより、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の変倍分担がより適正となり、高倍率化しても小型化し易くなる。条件式(9a)を満足することにより、広角域での倍率色収差と望遠側での球面収差を補正し易くなる。条件式(10a)を満足することにより、第3レンズ群L3の変倍分担がより適正化され、ズームングによるコマ収差の変動を抑え易くなる。条件式(10a)、(11a)を満足することにより、像面湾曲、非点収差および倍率色収差を良好に補正し易くなる。

【0052】

条件式 (3) ~ (1 2) の数値範囲を以下のように設定すると、さらに好ましい。

【 0 0 5 3 】

1 . 1 S F A 8 . 4 (3 b)
 - 1 . 5 S F b c 0 . 1 (4 b)
 1 . 0 | R B m / f 2 | 1 . 5 (5 b)
 1 . 5 3 n B C 1 . 7 9 (6 b)
 4 8 B C 7 6 (7 b)
 5 . 1 | f 1 / f 2 | 6 . 8 (8 b)
 4 . 3 | f 1 / f w | 8 . 6 (9 b)
 0 . 2 4 | f 3 / f t | 0 . 5 0 (1 0 b)
 0 . 3 2 V 0 . 5 0 (1 1 b)
 - 1 3 . 0 d m i n - 4 . 9 (1 2 b)

10

以下に実施例 1 ~ 4 に対応する数値実施例 1 ~ 4 を示す。各数値実施例において、r は物体側から i 番目の面の曲率半径 (mm)、d は i 番目と (i + 1) 番目の面間のレンズ厚または空気間隔 (mm)、n d は i 番目の光学部材の材料の d 線における屈折率である。d は i 番目の光学部材の材料の d 線を基準とするアップベ数であり、前述したように表される。B F は前述したバックフォーカス (mm) であり、レンズ全長は前述した通りである。

【 0 0 5 4 】

面番号に付された「 * 」は、その面が非球面形状を有する面であることを意味する。非球面形状は、光軸方向での位置を X、光軸に直交する方向での高さを H、光の進行方向を正とし、R を近軸曲率半径、K を円錐定数、A 4 , A 6 , A 8 , A 1 0 , A 1 2 , A 1 4 を非球面係数とすると、以下の式で表される。円錐定数と非球面係数の e - x は $\times 10^{-x}$ を意味する。

20

【 0 0 5 5 】

【 数 1 】

$$X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12} + A14H^{14}$$

30

【 0 0 5 6 】

図 2、図 4、図 6 および図 8 はそれぞれ、実施例 1、2、3 および 4 (数値実施例 1、2、3 および 4) のズームレンズの広角端、中間ズーム位置および望遠端での収差図である。各収差図において、F n o は F ナンバーである。は半画角 (°) であり、光線追跡値による半画角である。球面収差図において、実線は d 線 (波長 5 8 7 . 6 nm) の球面収差を、二点鎖線は g 線 (波長 4 3 5 . 8 nm) の球面収差をそれぞれ示している。非点収差図において、実線 S はサジタル像面、破線 M はメリディオナル像面を示している。歪曲収差は d 線のものを示している。色収差図は g 線における倍率色収差を示している。

【 0 0 5 7 】

40

また、数値実施例 1 ~ 4 における前述した条件式 (1) ~ (1 2) に対応する値を表 1 にまとめて示す。

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	141.907	1.80	1.84666	23.8
2	65.733	6.40	1.61997	63.9
3	375.431	0.15		
4	49.725	6.89	1.75500	52.3

50

5	195.174	(可変)		
6	59.541	1.50	1.91082	35.3
7	13.279	7.12		
8	-34.401	1.00	1.61997	63.9
9	16.635	4.95	2.00069	25.5
10	3167.419	2.05		
11	-18.970	1.00	1.81600	46.6
12	-27.118	(可変)		
13*	63.703	2.89	1.68948	31.0
14*	-99.524	1.99		
15(絞り)		1.60		
16	34.995	1.00	1.92286	18.9
17	22.173	5.92	1.49700	81.5
18	-27.379	0.50		
19	29.006	3.98	1.49700	81.5
20	-51.300	0.80	1.79952	42.2
21	17.375	1.25		
22*	15.325	6.22	1.61881	63.9
23*	-19.673	(可変)		
24	-2180.198	0.80	1.61800	63.4
25	13.874	1.79		
26	110.502	0.81	1.53172	48.8
27	12.881	3.31	1.69680	55.5
28	35.478	(可変)		
29	-63.517	3.37	1.91082	35.3
30	-29.610	(可変)		

像面

非球面データ

第13面

K = 0.00000e+000 A4=-5.42417e-005 A6=-3.16930e-007 A8= 6.13967e-009 30
A10=-6.00779e-011 A12= 2.86581e-013

第14面

K = 0.00000e+000 A4=-3.80560e-005 A6=-4.63751e-008 A8= 1.22944e-009

第22面

K = 0.00000e+000 A4=-5.29719e-005 A6=-2.59814e-007 A8= 1.05461e-008
A10=-2.66191e-010 A12= 3.17312e-012 A14=-1.46144e-014

第23面

K = 0.00000e+000 A4= 3.28246e-005 A6=-3.67629e-007 A8= 1.07289e-008
A10=-2.30132e-010 A12= 2.56287e-012 A14=-1.12454e-014

各種データ

ズーム比	3.26		
	広角	中間	望遠
焦点距離	16.50	27.55	53.81
Fナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角(°)	42.26	25.94	13.98
像高	14.00	14.00	14.00
レンズ全長	103.55	109.78	129.89
BF	14.18	12.29	10.01
d5	1.00	10.82	26.55
d12	14.42	5.47	1.17

10

20

40

50

d23 1.73 2.88 2.06
d28 3.14 9.24 21.03
d30 14.18 12.29 10.01

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 81.38
2 6 -15.58
3 13 17.39
4 24 -20.78
5 29 58.15

10

(数値実施例 2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	83.118	1.40	1.84666	23.8
2	56.427	6.85	1.49700	81.5
3	-1326.263	0.20		
4	48.649	5.26	1.59349	67.0
5	148.191	(可変)		
6	183.953	0.80	1.75500	52.3
7	11.681	5.86		
8	-51.451	0.80	1.43700	95.1
9	13.472	3.67	2.00069	25.5
10	34.940	1.76		
11	-35.851	0.90	1.69350	53.2
12	892.261	(可変)		
13(絞り)		1.00		
14*	18.698	3.68	1.59201	67.0
15*	-155.400	2.76		
16	26.703	5.55	1.59349	67.0
17	-12.422	1.00	1.74951	35.3
18	18.379	1.68		
19*	14.044	5.71	1.61997	63.9
20*	-17.299	(可変)		
21*	-87.154	0.95	1.69680	55.5
22*	13.514	(可変)		
23*	66.645	3.62	1.85150	40.8
24*	-24.723	(可変)		

20

30

像面

非球面データ

40

第14面

K = 0.00000e+000 A4=-3.19336e-005 A6= 2.75554e-008 A8= 8.65981e-010
A10=-4.45959e-011

第15面

K = 0.00000e+000 A4=-3.32402e-005 A6= 2.70013e-007 A8=-9.74804e-010
A10=-4.38601e-011

第19面

K = 0.00000e+000 A4=-1.24687e-004 A6=-1.46779e-008 A8=-2.71966e-0
09 A10= 7.08977e-011 A12=-2.21430e-012

第20面

50

K = 0.000000e+000 A4= 3.46001e-005 A6=-4.17983e-007 A8= 6.61896e-009
A10=-8.28361e-011 A12=-9.12824e-013

第21面

K = 0.000000e+000 A4=-1.41421e-005 A6= 1.31038e-007 A8= 3.35676e-008
A10=-5.80528e-010 A12=-4.18368e-012

第22面

K = 0.000000e+000 A4=-4.16982e-005 A6= 9.65766e-007 A8= 1.61197e-009
A10=-2.42704e-010

第23面

K = 0.000000e+000 A4=-5.15783e-005 A6=-8.15623e-008 A8= 3.11409e-009
A10=-2.21549e-011

10

第24面

K = 0.000000e+000 A4=-2.28395e-005 A6=-8.86433e-008 A8= 3.44750e-009
A10=-2.40365e-011

各種データ

ズーム比 7.12

	広角	中間	望遠
焦点距離	9.27	25.02	66.00
Fナンバー	2.92	2.92	2.92
半画角(°)	41.18	15.73	6.13
像高	7.50	7.50	7.50
レンズ全長	93.25	104.11	132.73
BF	11.10	9.23	8.22
d5	1.00	15.88	40.84
d12	21.37	6.03	3.87
d20	2.74	7.09	5.35
d22	3.59	12.45	21.01
d24	11.10	9.23	8.22

20

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	79.43
2	6	-11.81
3	13	16.35
4	21	-16.73
5	23	21.57

30

(数値実施例3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	137.130	1.85	2.00100	29.1
2	77.212	8.00	1.49700	81.5
3	-576.767	0.15		
4	73.139	6.00	1.61800	63.4
5	640.146	(可変)		
6	234.390	1.46	1.85150	40.8
7	24.687	4.95		
8	-64.697	1.22	1.78800	47.4
9	26.551	4.64	1.89286	20.4
10	-188.141	1.53		
11	-35.617	1.13	1.77250	49.6

40

50

12 -122.937 (可変)
13(絞り) 0.40
14 26.891 4.07 1.76200 40.1
15 -1337.440 0.15
16 37.497 4.63 1.56732 42.8
17 -38.643 0.82 1.83400 37.2
18 29.821 2.75
19 33.110 0.80 2.00069 25.5
20 17.901 4.35 1.72000 43.7
21 -296.974 2.63
22 -27.276 0.80 1.90366 31.3
23 -70.600 (可変)
24* 32.376 5.72 1.49700 81.5
25* -39.478 0.15
26 826.864 1.40 1.85478 24.8
27 141.190 5.28 1.59282 68.6
28 -31.712 (可変)
29 83.236 2.37 1.63980 34.5
30 -217.841 1.00 1.63854 55.4
31 23.212 (可変)
32 -46.541 1.32 1.77250 49.6
33 79.652 4.36 1.84666 23.8
34 -121.577 (可変)

10

像面

非球面データ

第24面

 $K = 0.000000e+000$ $A4 = -1.47986e-005$ $A6 = 4.76484e-008$

第25面

 $K = 0.000000e+000$ $A4 = 2.38781e-005$ $A6 = 3.36467e-008$ $A8 = -1.25459e-010$
 $A10 = 1.78308e-012$ $A12 = -5.29676e-015$

30

各種データ

ズーム比 9.32

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.97	85.37	232.79
Fナンバー	4.12	5.66	6.40
半画角(°)	41.55	13.50	5.03
像高	19.45	21.64	21.64
レンズ全長	140.70	180.88	210.70
BF	12.99	41.24	52.16
d5	1.35	33.29	61.98
d12	24.60	10.03	2.26
d23	8.41	2.97	0.95
d28	4.31	4.10	1.33
d31	15.11	15.31	18.09
d34	12.99	41.24	52.16

40

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	109.85
2	6	-18.42
3	13	62.29

50

4 24 23.83
5 29 -51.59
6 32 -119.78

(数 値 実 施 例 4)

単 位 mm

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	d
1	97.752	2.10	1.84666	23.8
2	51.859	8.31	1.69680	55.5
3	-479.946	(可変)		
4	126.411	1.50	1.65160	58.5
5	20.764	7.30		
6	-69.567	1.30	1.59282	68.6
7	31.197	6.27	1.83400	37.2
8	-149.658	2.35		
9	-28.416	1.30	1.49700	81.5
10	-218.301	(可変)		
11	68.216	3.82	1.49700	81.5
12	-122.027	2.00		
13(絞り)		2.00		
14	71.871	1.25	1.80610	40.9
15	38.009	5.48	1.49700	81.5
16	-126.656	0.50		
17	48.382	4.76	1.59282	68.6
18	-116.174	(可変)		
19	-62.029	1.30	1.85025	30.1
20	-158.006	(可変)		
21	36.456	1.40	1.83481	42.7
22	19.142	7.88	1.59282	68.6
23	-103.001	(可変)		
24	-839.204	1.30	1.61800	63.4
25	50.474	(可変)		
26*	-55.814	2.00	1.53110	55.9
27*	297.774	0.20		
28	52.015	5.49	1.49700	81.5
29	-870.096	(可変)		

像 面

非 球 面 デ ー タ

第 26 面

K = 0.00000e+000 A4=-6.72296e-005 A6= 1.99840e-007 A8=-2.01249e-0
11 A10=-5.49137e-013

第 27 面

K = 0.00000e+000 A4=-4.73615e-005 A6= 2.37281e-007 A8=-2.89941e-010

各 種 デ ー タ

ズーム比	2.35		
	広 角	中 間	望 遠
焦点距離	28.84	46.89	67.79
F ナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角 (°)	34.71	23.13	16.22
像 高	19.00	21.64	21.64

10

20

30

40

50

レンズ全長 141.90 147.87 158.37
 BF 12.51 20.74 27.26
 d 3 1.00 13.89 24.42
 d10 27.04 12.25 5.09
 d18 3.47 6.93 13.04
 d20 15.58 9.00 1.27
 d23 1.13 2.86 1.28
 d25 11.36 12.40 16.19
 d29 12.51 20.74 27.26

レンズ群データ

群 始面 焦点距離
 1 1 138.96
 2 4 -25.00
 3 11 31.06
 4 19 -120.85
 5 21 63.15
 6 24 -77.00
 7 26 -958.71

【 0 0 5 8 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
f w	16.500	9.270	24.971	28.840
f t	53.813	65.999	232.793	67.793

f 1	81.382	79.427	109.848	138.961
f 2	-15.580	-11.806	-18.423	-25.000
f 3	17.39	16.35	64.95	31.06
d 2 1	7.12	5.86	4.95	7.30
d 2 2	2.05	1.76	1.53	2.35
s k m	10.009	8.222	12.987	12.507
R B m	16.635	13.472	26.551	31.197

(1) f 2 / s k m	1.557	1.436	1.419	1.999
(2) d 2 1 / d 2 2	3.473	3.330	3.235	3.106
(3) S F A	1.574	1.136	1.235	8.354
(4) S F b c	-0.988	0.013	-1.467	-0.681
(5) R B m / f 2	1.068	1.141	1.441	1.248
(6) n B C	1.7180	1.5653	1.7803	1.5449
(7) v B C	55.25	74.15	48.50	75.05
(8) f 1 / f 2	5.223	6.728	5.962	5.558
(9) f 1 / f w	4.932	8.568	4.399	4.818
(10) f 3 / f t	0.323	0.248	0.279	0.458
(11) V	0.363	0.452	0.484	0.328
(12) d m i n (%)	-6.62	-7.54	-12.11	-4.89

【 0 0 5 9 】

図 9 は、実施例 1 ～ 4 のいずれかのズームレンズを撮像光学系として用いた撮像装置としてのデジタルスチルカメラを示している。10 はカメラ本体、11 は撮像光学系である

。 1 2 はカメラ本体 1 0 に内蔵され、撮影光学系 1 1 によって形成された光学像を受光して光電変換する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。カメラ本体 1 0 は、クイックターンミラーを有する一眼レフカメラでもよいし、クイックターンミラーを有さないミラーレスカメラでもよい。

【 0 0 6 0 】

このように実施例 1 ～ 4 のいずれかのズームレンズを撮像装置の撮像光学系として用いることにより、全体として小型で高画質の撮像画像が得られる撮像装置を実現することができる。

【 0 0 6 1 】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- L 3 第 3 レンズ群

10

20

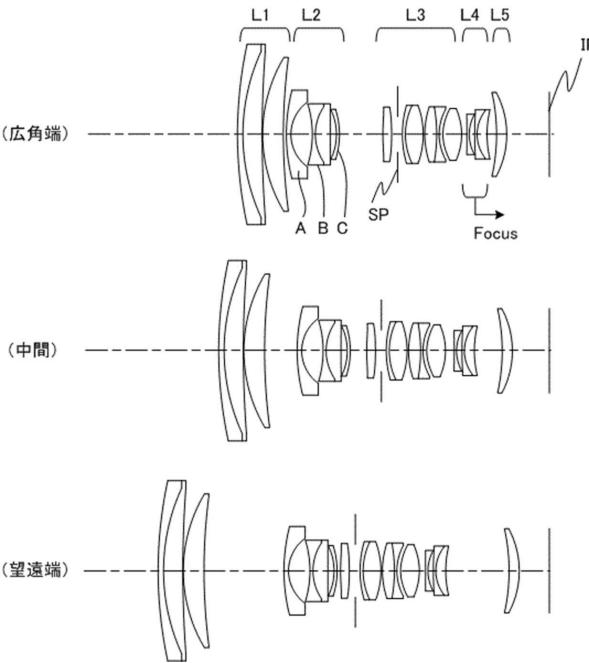
30

40

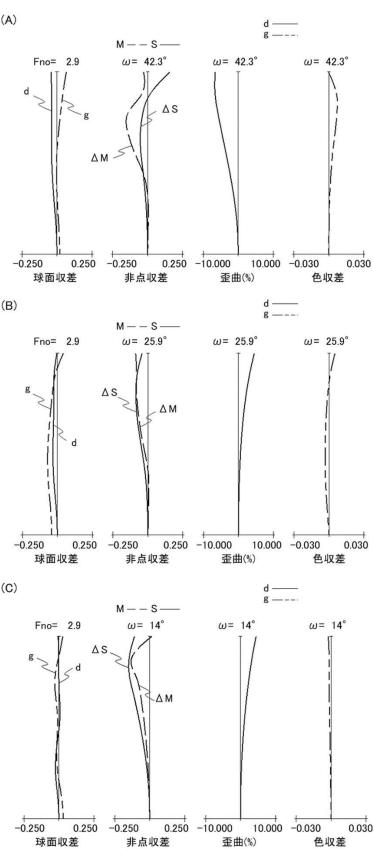
50

【図面】

【図 1】



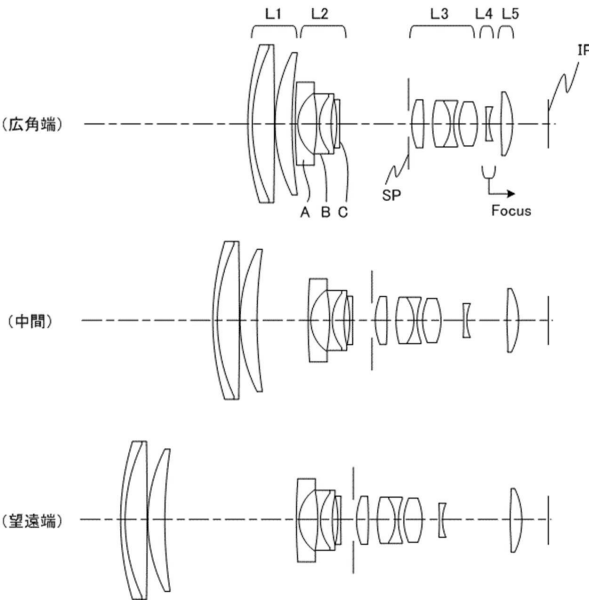
【図 2】



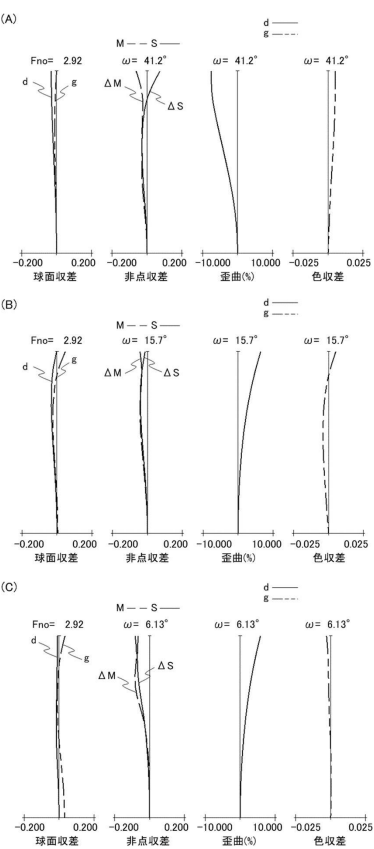
10

20

【図 3】



【図 4】

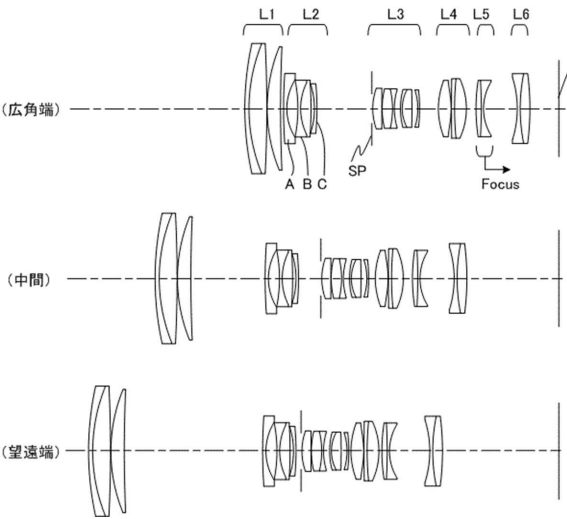


30

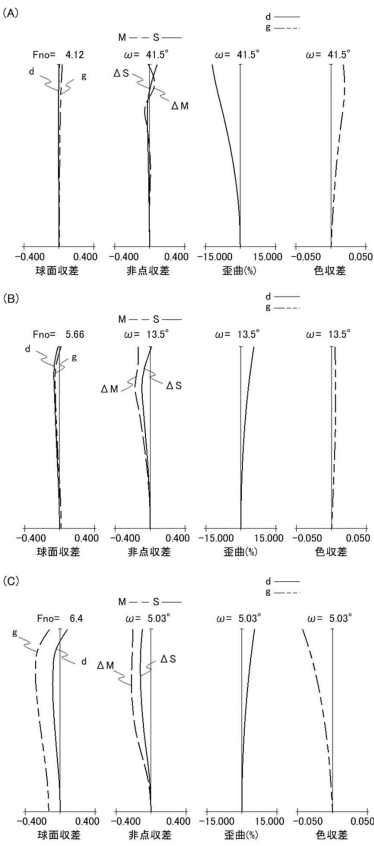
40

50

【図 5】



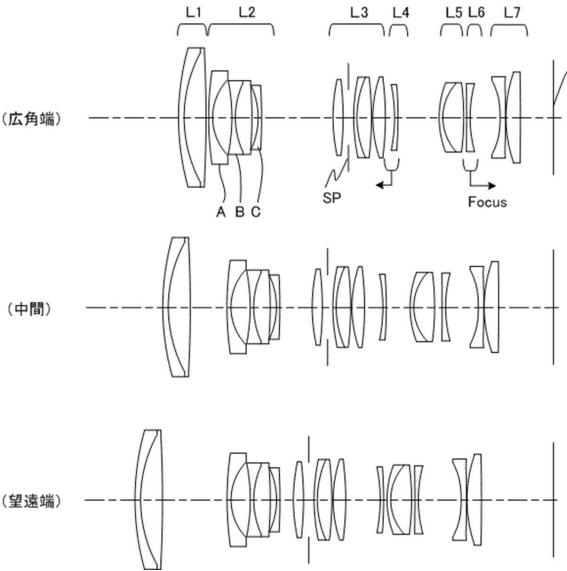
【図 6】



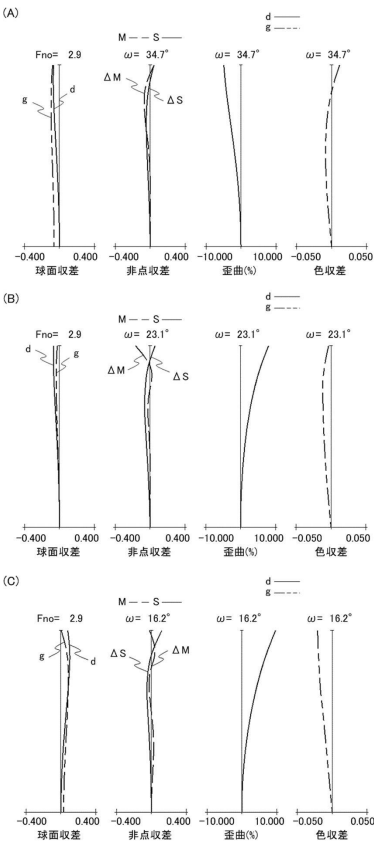
10

20

【図 7】



【図 8】

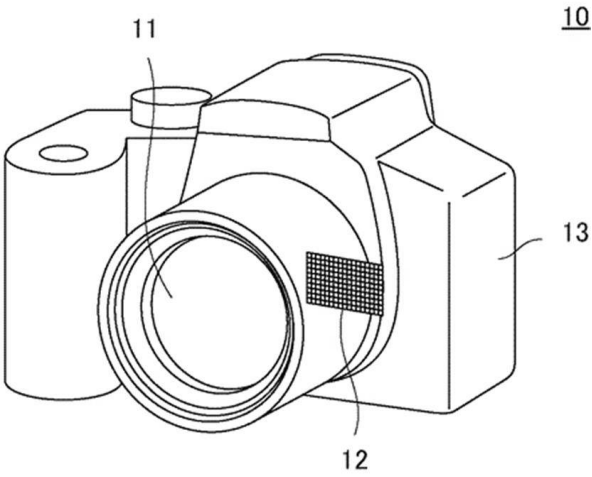


30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 1 3 4 6 8 4 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 2 3 5 2 3 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 9 - 0 4 7 9 0 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 1 - 3 5 0 0 9 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 1 - 0 0 2 5 0 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 1 5 3 4 3 6 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 0 0 3 2 8 8 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 2 / 1 0 2 1 0 5 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 3 - 1 7 8 2 9 8 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 2 2 8 8 0 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
 G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
 G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4