

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7543074号
(P7543074)

(45)発行日 令和6年9月2日(2024.9.2)

(24)登録日 令和6年8月23日(2024.8.23)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	15/20 (2006.01)	F I	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 17 (全24頁)

(21)出願番号 特願2020-172111(P2020-172111)
 (22)出願日 令和2年10月12日(2020.10.12)
 (65)公開番号 特開2022-63727(P2022-63727A)
 (43)公開日 令和4年4月22日(2022.4.22)
 審査請求日 令和5年10月3日(2023.10.3)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 100104628
 弁理士 水本 敦也
 100121614
 弁理士 平山 優也
 (74)代理人 市村 純也
 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
 (72)発明者 審査官 殿岡 雅仁

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群および正の屈折力の最終レンズ群からなるズームレンズであって、

変倍に際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、第1サブレンズ群、開口絞り、第2サブレンズ群からなり、

前記第1サブレンズ群と前記第2サブレンズ群はそれぞれ、少なくとも1つの正レンズと
少なくとも1つの負レンズを有し、

広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1サブレンズ群と、前記開口絞りと、前記第2サブレンズ群とが一体的に物体側へ移動し、

前記第1サブレンズ群、および前記第2サブレンズ群は正の屈折力を有し、

前記ズームレンズにおける最も物体側のレンズの焦点距離をf g 1、前記ズームレンズの広角端での焦点距離をf w、広角端におけるバックフォーカスをB F w、前記最終レンズ群の広角端から望遠端への変倍に際しての移動量をm Rとし、該移動量の符号を前記最終レンズ群が広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときに正、像側に位置するときに負とするとき、

$$\begin{array}{ll} -3.7 & f g 1 / f w \\ -0.10 & m R / B F w \end{array} \quad \begin{array}{ll} -1.5 & \\ 0.30 & \end{array}$$

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】

無限遠から至近へのフォーカシングに際して前記第3レンズ群が像側へ移動し、

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、

$$-4.00 \quad f_3 / f_t = -0.65$$

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】

前記最終レンズ群の焦点距離を f_R とするとき、

$$3.0 \quad f_R / f_w = 12.0$$

10

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】

広角端における前記ズームレンズの最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上での距離を L_w とするとき、

$$5.0 \quad L_w / f_w = 12.0$$

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。

【請求項 5】

広角端における前記ズームレンズの最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上での距離を L_w とするとき、

$$5.0 \quad L_w / B_F w = 15.0$$

20

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】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$1.1 \quad f_2 / f_w = 3.5$$

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2レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第2レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の距離を D_2 とするとき、

$$0.8 \quad D_2 / f_w = 6.0$$

30

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

【請求項 8】

前記第1サブレンズ群の焦点距離を f_{2a} 、前記第2サブレンズ群の焦点距離を f_{2b} とするとき、

$$0.8 \quad f_{2a} / f_{2b} = 5.0$$

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 9】

前記最も物体側のレンズの材料のd線を基準とするアッベ数を $d_g 1$ とするとき、

$$1.5 \quad d_g 1 = 4.0$$

40

なる条件を満足す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】

前記最も物体側のレンズの材料のd線における屈折力を $N_d g 1$ とするとき、

$$1.8 \quad N_d g 1 = 2.1$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

50

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された第1のレンズと、第2のレンズ要素とを有し、

該第2のレンズ要素は、無機材料からなるレンズの表面に有機材料からなる層を設けた光学素子であることを特徴とする請求項1から1_0のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項12】

前記第1のレンズのd線における屈折率をNd11、前記第2のレンズ要素のd線における平均屈折率をNd12とするとき、

$$1.01 \quad Nd11 / Nd12 = 1.50$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1_1に記載のズームレンズ。

【請求項13】

前記第1のレンズのd線を基準とするアッベ数をd11、前記第2のレンズ要素L12のd線を基準とする平均アッベ数をd12とするとき、

$$0.3 \quad d11 / d12 = 0.9$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1_1または1_2に記載のズームレンズ。

【請求項14】

前記第2のレンズ要素の無機材料からなるレンズは球面形状であり、前記第2のレンズ要素の有機材料の表面は非球面形状であることを特徴とする請求項1_1から1_3のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項15】

前記ズームレンズの広角端における歪曲収差量をdistwとするとき、

$$-3.0 \quad distw = -7$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1から1_4のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項16】

前記最終レンズ群は、変倍に際して不動であることを特徴とする請求項1から1_5のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項17】

請求項1から1_6のいずれか一項に記載のズームレンズと、

該ズームレンズを介して物体を撮像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】

【0001】

本発明は、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に用いられるズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群、負の第3レンズ群、負の第4レンズ群および正の第5レンズ群からなるズームレンズが開示されている。特許文献2には、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群、負の第3レンズ群および負の第4レンズ群からなるズームレンズが開示されている。これらのズームレンズは何れも半画角が35°を超える広角レンズであるが、特に広角レンズにおいては歪曲収差と像面湾曲を良好に補正することが必要となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-118658号公報

【文献】特開2019-066654号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

特許文献 1、2 に開示されたズームレンズでは、歪曲収差と像面湾曲を良好に補正するために、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群に大偏肉、大口径の非球面レンズが用いられている。この結果、ズームレンズの製造の難易度が高い。

本発明は、広画角で製造が容易でありながら、歪曲収差と像面湾曲を良好に補正することが可能なズームレンズを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正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、負の屈折力を有する第 4 レンズ群および正の屈折力を有する最終レンズ群からなる。¹⁰ 变倍に際して隣り合うレンズ群間の間隔が変化し、第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、第 1 サブレンズ群、開口絞り、第 2 サブレンズ群からなり、第 1 サブレンズ群と第 2 サブレンズ群はそれぞれ、少なくとも 1 つの正レンズと少なくとも 1 つの負レンズを有し、広角端から望遠端への变倍に際して、第 1 サブレンズ群と、開口絞りと、第 2 サブレンズ群とが一体的に物体側へ移動し、第 1 サブレンズ群、および第 2 サブレンズ群は正の屈折力を有する。ズームレンズの最も物体側のレンズの焦点距離を $f_g 1$ 、ズームレンズの広角端での焦点距離を f_w 、広角端におけるパックフォーカスを $B_F w$ 、最終レンズ群の広角端から望遠端への变倍に際しての移動量を m_R とし、該移動量の符号を最終レンズ群が広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときに正、像側に位置するときに負とするとき、²⁰

$$\begin{aligned} & -3.7 \quad f_g 1 / f_w \quad -1.5 \\ & -0.10 \quad m_R / B_F w \quad 0.30 \end{aligned}$$

なる条件を満足する。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。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、広画角で製造が容易でありながら、歪曲収差と像面湾曲を良好に補正することが可能な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】

【0007】

【図 1】実施例 1 のズームレンズの断面図。

【図 2】実施例 1 のズームレンズの縦収差図。

【図 3】実施例 2 のズームレンズの断面図。

【図 4】実施例 2 のズームレンズの縦収差図。

【図 5】実施例 3 のズームレンズの断面図。

【図 6】実施例 3 のズームレンズの縦収差図。

【図 7】実施例 4 のズームレンズの断面図。

【図 8】実施例 4 のズームレンズの縦収差図。

【図 9】実施例 5 のズームレンズの断面図。

【図 10】実施例 5 のズームレンズの縦収差図。

【図 11】実施例 1 ~ 5 のズームレンズを備えた撮像装置の概略図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

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、図 7 および図 9 はそれぞれ、実施例 1、実施例 2、実施例 3、実施例 4 および実施例 5 のズームレンズの広角端での断面を示している。

【0009】

各断面図において、左側が物体側で、右側が像側である。以下の説明において、变倍(ズーミング)に際して又はフォーカシングに際して隣り合うレンズ面間の間隔が変化する 1 又は複数のレンズのまとまりをレンズ群として定義し、図中に物体側から順に B_i (i

10

20

30

40

50

= 1、 2、 3， …) の符号を付している。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ズーム状態(ズーム位置)をいう。各断面図には、広角端から望遠端へのズーミングに際して移動するレンズ群の移動軌跡と、無限遠物体から至近離物体へのフォーカシングに際して移動するレンズ群の移動方向をそれぞれ矢印で示している。

【 0 0 1 0 】

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、負の屈折力の第1レンズ群B1と、正の屈折力の第2レンズ群B2と、負の屈折力の第3レンズ群B3と、負の屈折力の第4レンズ群B4と、正の屈折力の最終レンズ群(第5レンズ群)BRにより構成されている。該ズームレンズにおいて、ズーミングに際して隣り合うレンズ群間の間隔が変化し、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B1は像側(または像側への移動後に物体側)へ移動し、第2レンズ群B2は物体側へ移動する。

10

【 0 0 1 1 】

図1に示す実施例1のズームレンズは、広角端での半画角が52.7°と広画角であるとともに、F値が2.8の明るいズームレンズである。

【 0 0 1 2 】

実施例1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B1が像側へ移動し、第2レンズ群B2が物体側へ移動して第1レンズ群B1と第2レンズ群B2との間隔を大きく変化させることで主たるズーミングを行う。ズーミングに際して、第3および第4レンズ群B3、B4も移動するが、第5レンズ群BRは不動である。

20

【 0 0 1 3 】

第2レンズ群B2は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のB2aサブレンズ群(第1サブレンズ群)と、開口絞りSTOPと、正屈折力のB2bサブレンズ群(第2サブレンズ群)により構成され、実施例1ではこれらは一体に移動する構造となっている。B2aサブレンズ群とB2bサブレンズ群はそれぞれ、少なくとも1つの正レンズと少なくとも1つの負レンズを有し、これらのレンズを開口絞りSTOPに関して対称となるように配置している。これにより、ズーミングに際しての収差変動を低減している。

【 0 0 1 4 】

第3レンズ群B3は、広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側に移動して像面変動を補正する。また、第3レンズ群B3は、フォーカシングのためにも移動する。

30

【 0 0 1 5 】

第4レンズ群B4は、1つの負の屈折力の非球面レンズにより構成されている。これにより、バックフォーカスが短いズームレンズにおいて像面湾曲の補正を容易にしている。ただし、第4レンズ群B4が非球面レンズを有すると、該非球面レンズの偏心により光学性能が低下し易い。このため、第4レンズ群B4を第2レンズ群B2と一体構成してこれらの相対位置精度を向上させることで、偏心による光学性能の低下を防いでいる。

【 0 0 1 6 】

第5レンズ群BRは、弱い正の屈折力の1つのレンズにより構成されている。ズーミングに際して第5レンズ群BRが像面imageに対して移動しないことは、バックフォーカスが短いズームレンズにおいて像面への光の入射角度を小さくするとともに、レンズ全長の小型化に寄与する。

40

【 0 0 1 7 】

第1レンズ群B1は、物体側から像側に順に配置された、負のメニスカスレンズL11、負レンズ要素L12、負レンズL13および正レンズL14により構成されている。第1レンズ群B1の屈折力を、画角と発生する歪曲量の関係を考慮して適切に設定することで、良好な像面湾曲特性を得ることができる。ここで「レンズ要素」とは、互いに異なる複数の材料で構成された光学素子のことである。例えば、ガラス等の無機材料(第1の材料)からなるレンズの表面に樹脂等の有機材料(第2の材料)からなる層を設けたものをレンズ要素として採用することができる。

【 0 0 1 8 】

50

負レンズ要素 L 1 2 は、球面レンズの像側に非球面を有する樹脂層が形成された非球面レンズである。本実施例では、広角化に伴って増加する歪曲収差を、画像処理による補正と、負レンズ要素 L 1 2 としての非球面レンズによる歪曲収差の低減効果とを組み合わせて良好に補正する。撮像センサの画素数の増加と画像処理の高速化によって、撮像画像に対してリアルタイムに画像処理を行うことが可能となってきている。このため、本実施例のズームレンズの光学設計も、諸収差を画像処理により補正することを前提として行っている。

【 0 0 1 9 】

後述する実施例 2 ~ 5 のズームレンズの構成は、実施例 1 のズームレンズの構成と基本的に同じである。ただし、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 B 1 は像側へ移動した後に物体側へ移動する。また実施例 5 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 5 レンズ群 B 5 が物体側へ移動する。

10

【 0 0 2 0 】

図 3 に示す実施例 2 のズームレンズは、広角端での半画角が 54.5° と広画角であるとともに、F 値が 2.8 ~ 4.0 の明るいズームレンズである。実施例 2 のズームレンズでは、実施例 1 のズームレンズに比べて望遠端での F 値を抑えることで、第 2 レンズ群 B 2 のレンズ径を小さくし、これによりレンズ全長を短くしている。

【 0 0 2 1 】

図 5 に示す実施例 3 のズームレンズは、広角端での半画角が 54.5° と広画角であるとともに、F 値が 2.8 ~ 4.0 の明るいズームレンズである。実施例 3 のズームレンズは、第 2 レンズ群 B 2 の開口絞り STO よりも像側に、光軸に直交する方向にシフトして手振れ等による像振れを補正する防振レンズ群を配置している。

20

【 0 0 2 2 】

図 7 に示す実施例 4 のズームレンズは、広角端での半画角が 54.5° と広画角であるとともに、F 値が 3.5 ~ 5.6 の明るいズームレンズである。実施例 3 のズームレンズでは、レンズ全長が他の実施例のズームレンズに比べて短い。

【 0 0 2 3 】

図 9 に示す実施例 5 のズームレンズは、広角端での半画角が 54.5° と広画角であるとともに、F 値が 2.8 ~ 4.0 の明るいズームレンズである。実施例 5 のズームレンズでは、ズーミングに際して開口絞り STO を含む B 2 a サブレンズ群と B 2 b サブレンズ群とが互いに異なる軌跡を描くように独立で移動するように分割されている。また前述したように、第 5 レンズ群 B R は、広角端から望遠端へのズーミングに際して像面 img に対して物体側に移動する。

30

【 0 0 2 4 】

以上のような構成により、小型で広角でありながら製造難易度が低く、諸収差を良好に補正することが可能なズームレンズを実現することができる。

【 0 0 2 5 】

各実施例のズームレンズは、以下の条件を満足することが好ましい。

$$-3.7 \quad f g 1 / f w = -1.5 \quad (1)$$

40

$$-0.10 \quad m R / B F w = 0.30 \quad (2)$$

条件式 (1)、(2)において、 $f g 1$ はズームレンズ（第 1 レンズ群 B 1）における最も物体側のレンズ（第 1 レンズ）の焦点距離であり、 $f w$ はズームレンズの広角端での焦点距離であり、 $m R$ は最終レンズ群 B R の広角端から望遠端までのズーミングに際しての移動量である。移動量の符号は、最終レンズ群が広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときに正、像側に位置するときに負とする。 $B F w$ はズームレンズの広角端でのバックフォーカスである。

【 0 0 2 6 】

条件式 (1) は、第 1 レンズの屈折力の適切な範囲を示しており、この条件式を満足することで、ズームレンズを小型化しつつ良好な像面湾曲特性を得ることができる。 $f g 1$

50

f_w/f_g が条件式(1)の上限を超えると、第1レンズの屈折力が強くなりすぎて像面湾曲を良好に補正することができなくなり、好ましくない。 f_w/f_g が条件式(1)の下限を下回ると、第1レンズの屈折力が弱くなりすぎ、本実施例のような広画角では第1レンズのレンズ径が大きくなりすぎるので、好ましくない。この場合、ズームレンズの前端に装着可能なレンズフィルタの径が大きくなるか、レンズフィルタが取り付けられなくなる。

【0027】

条件式(2)は、ズーミング時の最終レンズ群BRの移動量とバックフォーカスとの比の適切な範囲を示している。条件式(2)を満足することで、レンズ全長を短くし、像面への光の適切な入射角度を維持できる。 m_R/B_Fw が条件式(2)の上限を超えると、最終レンズ群BRの移動量が大きくなり、変倍比に対してレンズ全長が長くなりやすいため、好ましくない。 m_R/B_Fw が条件式(2)の下限を下回ると、レンズ全長の短縮には有利であるが、像面への光の入射角度が大きくなりやすい(像面入射角度特性が悪化する)ため、好ましくない。また最終レンズ群BRのレンズ径が大きくなりすぎるため、好ましくない。

10

【0028】

各実施例のズームレンズは、条件式(1)、(2)を満足しつつ、さらに以下の条件式(3)~(14)のうち少なくとも1つを満足することがより好ましい。

【0029】

無限遠物体から至近物体へのフォーカシングに際して、フォーカス群としての第3レンズ群B3が像側に移動するとともに、第3レンズ群B3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 とが以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

20

【0030】

$$-4.00 \leq f_3/f_t \leq -0.65 \quad (3)$$

条件式(3)はフォーカス群の屈折力の適切な範囲を示しており、条件式(3)を満足することで無限遠端から至近端まで良好な結像特性が得られる。 f_3/f_t が条件式(3)の上限を超えると、フォーカス群の屈折力が強くなりすぎて、物体距離の変化に対する像面湾曲が増加するため、好ましくない。 f_3/f_t が条件式(3)の下限を下回ると、フォーカシングにおけるフォーカス群の移動量が大きくなりすぎて、レンズ全長が増加するため、好ましくない。

30

【0031】

最終レンズ群BRの焦点距離 f_R と、ズームレンズの広角端での焦点距離 f_w とが以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0032】

$$3.0 \leq f_R/f_w \leq 12.0 \quad (4)$$

条件式(4)は最終レンズ群BRの焦点距離の適切な範囲を示しており、条件式(4)を満足することで、レンズ全長の短縮と良好な像面入射角度特性が得られる。 f_R/f_w が条件式(4)の上限を超えると、最終レンズ群BRの正の屈折力が弱くなりすぎて、レンズ全長を短くすることができなくなるため、好ましくない。 f_R/f_w が条件式(4)の下限を下回ると、最終レンズ群BRの屈折力が強くなりすぎて、最終レンズ群BRより物体側のレンズ群の負の屈折力を強くする必要が生じ、これが像面湾曲の悪化を招くため、好ましくない。

40

【0033】

広角端におけるレンズ全長、すなわち最も物体側のレンズ面(第1面)から像面imgまでの距離を L_w と、ズームレンズの広角端での焦点距離 f_w は、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

【0034】

$$5.0 \leq L_w/f_w \leq 12.0 \quad (5)$$

条件式(5)はレンズ全長の適切な範囲を示しており、条件式(5)を満足することでレンズ全長の短縮と高い結像性能とを両立することが可能となる。 L_w/f_w が条件式(5)

50

5) の上限を超えると、ほぼすべてのレンズ(又はレンズ群)の屈折力が弱まって結像性能は向上するが、レンズ全長の短縮に不利であるため、好ましくない。 L_w / f_w が条件式(5)の下限を下回ると、広角端の焦点距離に対して各レンズの屈折力が強くなりすぎて球面収差や像面湾曲が補正しきれなくなるため、好ましくない。

【0035】

広角端におけるレンズ全長 L_w と、ズームレンズの広角端でのバックフォーカス(空気換算値) $B_F w$ は、以下の条件式(6)を満足することが好ましい。

【0036】

$$5.0 \leq L_w / B_F \leq 15.0 \quad (6)$$

条件式(6)はレンズ全長に対するバックフォーカスの適切な範囲を示しており、条件式(6)を満足することで、各実施例の屈折力配置において小型化と高性能化を両立することが可能となる。 L_w / B_F が条件式(6)の上限を超えると、レンズ全長が像がしやすいため、好ましくない。 L_w / B_F が条件式(6)の下限を下回ると、適切な屈折力のレンズの配置が困難になり、高性能化が難しくなるため、好ましくない。

10

【0037】

第2レンズ群 B_2 の焦点距離 f_2 と、ズームレンズの広角端での焦点距離 f_w は、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

【0038】

$$1.1 \leq f_2 / f_w \leq 3.5 \quad (7)$$

条件式(7)は第2レンズ群 B_2 の焦点距離の好ましい範囲を示しており、条件式(7)を満足することで、ズームレンズが大口径化しても結像性能と高いズーム比とを両立することが可能となる。 f_2 / f_w が条件式(7)の上限を超えると、第2レンズ群 B_2 の屈折力が弱くなりすぎ、必要なズーム比を得るために第2レンズ群 B_2 の移動量が増加してレンズ全長の増加を招くため、好ましくない。 f_2 / f_w が条件式(7)の下限を下回ると、ズーム比に対してレンズ全長を短縮しやすくなるが、球面収差や軸上色収差が増加しやすく、大口径化しにくくなるため、好ましくない。

20

【0039】

第2レンズ群 B_2 の光軸上の厚み、すなわち第2レンズ群 B_2 の最も物体側のレンズ面から第2レンズ群 B_2 の最も像側のレンズ面までの光軸上の距離 D_2 と、ズームレンズの広角端での焦点距離 f_w は、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

30

【0040】

$$0.8 \leq D_2 / f_w \leq 6.0 \quad (8)$$

条件式(8)は第2レンズ群 B_2 の光軸上の厚みの適切な範囲を示しており、条件式(8)を満足することで、ズームレンズが大口径化しても球面収差と色の球面収差を良好に補正することができる。 D_2 / f_w が条件式(8)の上限を超えると、結像性能は向上するが、レンズ全長が増加しやすいため、好ましくない。 D_2 / f_w が条件式(8)の下限を下回ると、球面収差やそのズーム変動が補正しきれなくなるため、好ましくない。

【0041】

さらに、第2レンズ群 B_2 を、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の $2a$ サブレンズ群と、開口絞り STO と、正の屈折力の $2b$ サブレンズ群により構成することが好ましい。第2レンズ群 B_2 は主変倍群であるため、開口絞り STO に対して正の屈折力のサブレンズ群を対称に配置することで、ズーミングに伴う収差変動をキャンセルでき、ズーム全域で収差変動を低減することができる。

40

【0042】

$2a$ サブレンズ群の焦点距離 f_{2a} と、 $2b$ サブレンズ群の焦点距離 f_{2b} は、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.8 \leq f_{2a} / f_{2b} \leq 5.0 \quad (9)$$

条件式(9)は第2レンズ群 B_2 内での開口絞り前後の屈折力配置の適切な範囲を示しており、条件式(9)を満足することで、ズームレンズを大口径化してもズーム全域で球面収差や像面湾曲の変動を抑え、高い結像性能が得られる。 f_{2a} / f_{2b} が条件式(9)

50

) の上限を超えると、開口絞り S T O より像側の屈折力が強くなり、大口径化しやすいが、レンズ全長が増加しやすいため、好ましくない。f_{2a} / f_{2b} が条件式(9)の下限を下回ると、開口絞り S T O より物体側の屈折力が強くなり、像面湾曲のズーム変動の低減と、大口径化が難しくなるため、好ましくない。

【0043】

ズームレンズのうち最も物体側の負レンズ(第1レンズ)の材料のアッベ数 d_{g1} は、以下の条件式(10)を満足することが好ましい。

$$1.5 \leq d_{g1} \leq 4.0 \quad (10)$$

条件式(10)は第1負レンズのアッベ数の適切な範囲を示しており、条件式(10)を満足することで歪曲補正を前提とした場合に倍率色収差を良好に補正することができる

10

。d_{g1} が条件式(10)の上限を超えると、2次の倍率色収差の補正効果が弱まるため、好ましくない。d_{g1} が条件式(10)の下限を下回ると、1次の倍率色収差を補正しきれなくなるため、好ましくない。

【0044】

第1レンズの材料の d 線(587.56 nm)における屈折力 N_{d g1} は、以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

$$1.8 \leq N_{d g1} \leq 2.1 \quad (11)$$

条件式(11)は第1レンズの屈折力の好ましい範囲を示しており、条件式(11)を満足することでズームレンズを広角化しつつ、像面湾曲を良好に補正することができる。N_{d g1} が条件式(11)の上限を超えると、像面湾曲の補正には有利であるが、特性が安定したガラスが得にくいため、好ましくない。N_{d g1} が条件式(11)の下限を下回ると、第1レンズの曲率が大きくなりすぎて、像面湾曲が増加するため、好ましくない。

20

【0045】

第1レンズ群 B₁ は、物体側から像側に順に、第1のレンズ要素(負のメニスカスレンズ)L₁₁ と第2のレンズ要素(負レンズ要素)L₁₂ を有し、第1のレンズ要素の d 線における平均屈折率 N_{d11} と、第2のレンズ要素の d 線における平均屈折率 N_{d12} は、以下の条件式(12)を満足することが好ましい。

$$1.01 \leq N_{d11} / N_{d12} \leq 1.50 \quad (12)$$

条件式(12)は第1のレンズ要素と第2のレンズ要素の屈折力の比の好ましい範囲を示しており、条件式(12)を満足することで広角でありながら小型で、高い像面特性を有するズームレンズが得られる。N_{d11} / N_{d12} が条件式(12)の上限を超えると、広角化するための第1レンズ要素の屈折力が強くなりすぎて、像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。N_{d11} / N_{d12} が条件式(12)の下限を下回ると、各レンズ要素のレンズ径が大きくなりやすいため、好ましくない。

30

【0046】

第1のレンズ要素 L₁₁ の線を基準とする平均アッベ数 d₁₁ と、第2のレンズ要素 L₁₂ の線を基準とする平均アッベ数 d₁₂ は、以下の条件式(13)を満足することが好ましい。

$$0.3 \leq d_{11} / d_{12} \leq 0.9 \quad (13)$$

条件式(13)は第1および第2のレンズ要素 L₁₁、L₁₂ のアッベ数の比の好ましい範囲を示しており、条件式(13)を満足することで、歪曲の発生量に対して像面湾曲や倍率色収差を良好に補正することができる。d₁₁ / d₁₂ が条件式(13)の上限を超えると、第1のレンズ要素の屈折力を弱くする必要があり、像面湾曲を良好に補正することが困難になるか、レンズ径が大型化するため、好ましくない。d₁₁ / d₁₂ が条件式(13)の下限を下回ると、必要な画角を得るために第1のレンズ要素の屈折力が強くなりすぎて、像面湾曲を良好に補正することが困難になるため、好ましくない。

40

【0047】

ズームレンズの広角端における歪曲収差量 d_{istw} は、以下の条件式(14)を満足することが好ましい。

50

- 3_0 distw - 7 (14)

条件式(14)は広角端での歪曲発生量の好ましい範囲を示しており、条件式(14)を満足することでズームレンズを小型化しつつ、該ズームレンズを用いた撮像により良好な画像が得られる。distwが条件式(14)の上限を超えると、画像処理による歪曲補正を行った際に引き延ばし倍率が大きくなりすぎて画像補正後の解像力の低下が大きく、良好な撮像画像が得られないため、好ましくない。distwが条件式(14)の下限を下回ると、歪曲収差を補正するために製造難易度が高い非球面レンズを使用したり、非球面レンズの物体側に負レンズを追加することが必要になってレンズ径が大きくなったりするため、好ましくない。

【0048】

上述した条件式(1)～(14)の数値範囲を、以下のように設定することが、より好ましい。

- 3 . 4 f g 1 / f w - 1 . 7	(1 a)	
- 3 . 0 f g 1 / f w - 2 . 0	(1 b)	
- 0 . 0 5 m R / B F w 0 . 2 5	(2 a)	
0 . 0 0 < m R / B F w 0 . 2 3	(2 b)	
- 3 . 0 f 3 / f t - 0 . 6 8	(3 a)	
- 2 . 0 f 3 / f t - 0 . 7 0	(3 b)	
4 . 0 f R / f w 1 0 . 0	(4 a)	
5 . 0 f R / f w 9 . 0	(4 b)	20
5 . 2 L w / f w 1 1 . 0	(5 a)	
5 . 5 L w / f w 1 0 . 0	(5 b)	
5 . 5 L w / B F w 1 3 . 0	(6 a)	
5 . 6 L w / B F w 1 1 . 0	(6 b)	
1 . 2 f 2 / f w 3 . 0	(7 a)	
1 . 3 f 2 / f w 2 . 5	(7 b)	
1 . 0 D 2 / f w 5 . 0	(8 a)	
1 . 2 D 2 / f w 4 . 5	(8 b)	
1 . 0 f 2 a / f 2 b 4 . 0	(9 a)	
1 . 1 f 2 a / f 2 b 3 . 0	(9 b)	30
1 8 d g 1 3 7	(1 0 a)	
2 0 d g 1 3 5	(1 0 b)	
1 . 8 5 N d g 1 2 . 0 0	(1 1 a)	
1 . 8 7 N d g 1 1 . 9 8	(1 1 b)	
1 . 0 5 N d 1 1 / N d 1 2 1 . 3 0	(1 2 a)	
1 . 1 0 N d 1 1 / N d 1 2 1 . 2 5	(1 2 b)	
0 . 4 d 1 1 / d 1 2 0 . 8	(1 3 a)	
0 . 4 5 d 1 1 / d 1 2 0 . 7	(1 3 b)	
- 8 . 5 d i s t w - 2 5	(1 4 a)	
- 1 0 d i s t w - 2 0	(1 4 b)	40

なお、各実施例では5群構成のズームレンズを示したが、各実施例と同様な効果が得られれば、第4レンズ群と最終レンズ群との間に1つ以上のレンズ群が配置されてもよい。また、各実施例のズームレンズの物体側または像側に屈折力が弱いレンズ群を配置してもよい。

【0049】

以下、各実施例の具体的な数値例を数値実施例として示す。fは焦点距離(mm)、FはFナンバー、imgはイメージサークル径(mm)、は半画角(°)である。面番号は、物体側から像側に数えたレンズ面または絞り面の順序を示し、絞り面は面番号の左側にsを付して示す。IMGは像面である。

【0050】

10

20

30

40

50

B は前述したように物体側から像側に数えたレンズ群の順番を示している。手振れによる像振れを補正するために光軸に直交する方向に移動する防振レンズ群には I S を付している。R は i 番目のレンズ面の曲率半径 (mm)、d は i 番目の面と i + 1 番目の面との間の光軸上の間隔 (mm) を示し、括弧付きの間隔はレンズ群間の間隔を示している。n d および d はそれぞれ、i 番目の面と i + 1 番目の面との間のガラス材料 (glass) の d 線における屈折率および d 線を基準とするアッペ数である。

【 0 0 5 1 】

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) における屈折率を N d、N F、N C とするとき、

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

で表される。

【 0 0 5 2 】

面番号の右側に「*」が付されたレンズ面は、以下の関数に従う非球面形状を有することを示し、数値実施例に関数中の係数を示している。非球面係数の「e - x」は 10^{-x} を意味する。非球面形状は、x をレンズ面の面頂点を基準とする光軸方向での座標、y をレンズ面の面頂点を基準とする径方向での座標、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 ~ G を非球面係数とするとき、以下の式で表される。なお、「e - x」は $x \times 10^{-x}$ を意味する。

$$\begin{aligned} x &= (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2 / r^2)\}^{1/2}] \\ &\quad + A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10} + E y^{12} + F y^{14} + G y^{16} \end{aligned}$$

各種データの表における焦点距離 (mm) と F 値 (FNO) は、無限遠物体に合焦した状態の値である。実像高 (mm) は像の歪曲収差を含んだ像高を表している。実施例では、歪曲収差による像の歪みを、撮像画像に対する画像処理によって補正することを想定している。レンズ全長としての全長 (mm) は、最も物体側のレンズ面である第 1 面から像面までの光軸上の距離を示している。バックフォーカス BF (mm) は、最も像側のレンズ面（最終レンズ面）から像面までの距離を示しており、最終レンズ面から像面までの間に平板等の屈折力を持たない素子がある場合はそれを除外して算出される空気換算長である。全長は、第 1 面から最終レンズ面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた長さである。

【 0 0 5 3 】

図 2、図 4、図 6、図 8 および図 10 にそれぞれ、実施例 1 ~ 5 のズームレンズの広角端 (W) および望遠端 (T) での収差図を示す。球面収差図において、実線は d 線における球面収差を、破線は F 線における球面収差を、荒い破線は C 線における、二点鎖線は g 線 (435.83 nm) における収差を示している。横軸のスケールはデフォーカス量であり、-0.4 ~ +0.4 [mm] である。非点収差図において、実線はサジタル像面での非点収差を、点線はメリジオナル像面の像面湾曲を示している。横軸は球面収差と同じである。歪曲収差においては、横軸のスケールが -15 ~ +15 [%] で示されている。歪曲収差は d 線に対するものを示している。

【 0 0 5 4 】

また、数値実施例 1 ~ 5 における前述した条件式 (1) ~ (14) に対応する値を表 1 にまとめて示す。表 1 には、各レンズ群の移動量もまとめて示している。なお、移動量の表において、実施例 5 の「第 2 レンズ群」の移動量は第 B 2 a サブレンズ群の移動量を、「第 3 レンズ群」の移動量は第 B 2 b サブレンズ群の移動量を、「第 4 レンズ群」の移動量は第 3 レンズ群 B 3 の移動量を、「第 5 レンズ群」の移動量は「第 4 レンズ群 B 4」の移動量を、「第 6 レンズ群」の移動量は第 5 レンズ群 B R の移動量を示している。

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

$$|f| = 16.45 - 27.50 \quad F/2.88 - 2.88 \quad img = 43.2 \quad (\circ) = 52.7 - 46.4$$

B 面番号 有効径 曲率 R 間隔 d glass n d d

10

20

30

40

50

OBJ	(INF)						
1 1	48.88	72.0573	2.3000	TAFD25	1.90366	31.31	
2	37.35	22.7677	4.1000				
3	37.03	30.9924	2.0000	SLAL59	1.73400	51.47	
4	33.85	23.0000	0.0500	-	1.51690	52.05	
5*	33.73	18.6002	16.0000				
6	31.46	-37.6431	1.5000	SFPL51	1.49700	81.54	
7	32.14	50.5954	0.6700				
8	32.42	53.7196	6.2000	SLAH60	1.83400	37.16	
9	32.36	-78.0582	(29.510)				10
2 10	21.11	45.6685	4.5000	SLAH55VS	1.83481	42.74	
11	20.88	-77.9643	0.3000				
12	19.84	25.5851	6.5000	SFPL51	1.49700	81.54	
13	18.22	-34.6848	1.0000	SLAH89	1.85150	40.78	
14	17.25	29.7162	3.1000				
s 15	13.50	1e+018	8.8000				
16	17.60	1e+018	2.5000				
17	18.69	64.0517	0.9000	SLAH89	1.85150	40.78	
18	19.26	18.3765	5.7000	SFPL51	1.49700	81.54	
19	20.59	-54.3564	0.3000				20
20	24.12	30.6883	6.8000	SFPM2	1.59522	67.73	
21	24.46	-33.7579	(1.0000)				
3 22	23.69	-170.2806	1.2000	STIM25	1.67270	32.10	
23	23.53	38.9642	(7.6821)				
4 24*	24.90	-1000.0000	1.4000	E48R	1.53113	55.75	
25*	26.20	60.0000	(1.4916)				
5 26	36.96	129.9004	5.0000	SBSM18	1.63854	55.38	
27	37.71	-120.3104					
IMG							
aspherical-data(A4,B6,C8,D10,E12,F16)							
surface 5							
r = 1.86002e+001 K = -6.34869e-001 A = -6.48612e-006 B = -6.59728e-009							
C = -2.39986e-011 D = 6.99611e-014 E = -1.79260e-016 F = 4.77894e-022							
surface 24							
r = -1.00000e+003 K = 0.00000e+000 A = -1.47459e-004 B = 9.59827e-007							
C = -2.80979e-009 D = 2.71484e-012 E = 6.18596e-015 F = 0.00000e+000							
surface 25							
r = 6.00000e+001 K = 0.00000e+000 A = -1.22418e-004 B = 9.83492e-007							
C = -3.30364e-009 D = 5.32196e-012 E = 0.00000e+000 F = 0.00000e+000							
各種データ							
	WIDE	MIDDLE	TELE				
焦点距離	16.45	21.00	27.50				
FNO	2.88	2.88	2.88				
半画角	52.71	46.44	38.49				
実像高	19.00	21.00	21.64				
全長	134.57	124.99	119.35				
BF	14.07	14.07	14.07				
群間隔データ							
	WIDE	MIDDLE	TELE	WIDE至近	MIDDLE至近	TELE至近	
d0	1e+020	1e+020	1e+020	145.4333	155.0143	160.9400	50

d9	29.5098	14.5445	1.5000			
d21	1.0000	1.7743	2.8064	2.0147	3.0519	4.5042
d23	7.6821	6.9078	5.8778	6.7874	5.8200	4.4272
d25	1.4916	6.8600	14.2955			

群データ

群 始面 焦点距離

B1	1	-31.8771
B2	10	31.7971
B3	22	-47.0280
B4	24	-106.5237
B5	26	98.5863

10

[数値実施例 2]

単位mm

面データ

 $|f| = 15.40 - 27.50 \quad F/2.88 - 4.04 \quad img = 43.2 \quad (\text{°}) = 54.5 - 46.4$

B 面番号		有効径	曲率R	間隔d	glass	nd	d	
		OBJ	(INF)					
1	1	42.60	51.9513	2.0000	SLAH95	1.90366	31.34	
	2	32.71	19.9351	3.8000				
	3	32.26	27.4775	1.6000	SLAL59	1.73400	51.47	20
	4	28.36	17.7177	0.0500	-	1.51690	52.05	
	5*	28.21	14.0645	15.7500				
	6	24.96	-33.3529	1.2500	SFPL51	1.49700	81.54	
	7	24.84	45.8701	4.0000	SLAH93	1.90525	35.04	
	8	24.67	-92.5540	(20.7890)				
2	9	16.21	1e+018	0.5000				
	10	16.31	40.4620	3.0000	SLAH92	1.89190	37.13	
	11	16.13	-75.8476	0.3000				
	12	15.28	17.7026	4.0000	SFPL51	1.49700	81.54	
	13	14.39	-43.0344	1.0000	SLAH89	1.85150	40.78	30
	14	13.42	21.0175	2.3000				
s	15	13.31	1e+018	6.7500				
	16	13.16	1e+018	1.0000				
	17	14.14	43.5120	0.9000	SLAH89	1.85150	40.78	
	18	14.72	13.9534	4.6000	SFPL51	1.49700	81.54	
	19	16.19	-69.3687	1.8694				
	20	20.62	28.7399	7.0000	SFPL51	1.49700	81.54	
	21	21.35	-21.5079	(1.0000)				
3	22	21.06	-90.5020	1.0000	STIM22	1.64769	33.79	
	23	21.20	45.9721	(5.5791)				
4	24*	22.31	-1000.0000	1.4000	E48R	1.53113	55.75	40
	25*	23.54	61.3808	(3.3130)				
5	26	37.24	168.5557	5.6000	SBSL7	1.51633	64.14	
	27	38.03	-71.6797					

IMG

aspherical-data(A4,B6,C8,D10,E12,F16)

surface 5

r = 1.40645e+001 K = -7.15928e-001 A = -6.98900e-006 B = -1.80701e-008
C = 4.31189e-011 D = -7.79229e-013 E = 3.11218e-015 F = -6.08887e-018

surface 24

50

$r = -1.00000e+003$ $K = 0.00000e+000$ $A = -1.97496e-004$ $B = 1.33923e-006$
 $C = -3.21312e-009$ $D = 1.49212e-012$ $E = 9.18149e-015$ $F = 0.00000e+000$
 surface 25
 $r = 6.13808e+001$ $K = 0.00000e+000$ $A = -1.60528e-004$ $B = 1.42133e-006$
 $C = -4.73468e-009$ $D = 7.84324e-012$ $E = 0.00000e+000$ $F = 0.00000e+000$

各種データ

	WIDE	MIDDLE	TELE
焦点距離	15.40	21.00	27.50
FNO	2.88	3.50	4.04
半画角	54.50	46.36	38.66
実像高	19.00	21.00	21.64
全長	114.50	109.76	110.87
BF	14.15	14.15	14.15

群間隔データ

	WIDE	MIDDLE	TELE	WIDE至近	MIDDLE至近	TELE至近
d0	1e+020	1e+020	1e+020	164.0029	168.7486	167.7180
d8	20.7890	8.3731	0.5000			
d21	1.0000	1.8287	2.4376	1.7497	2.8549	3.7827
d23	5.5791	4.7500	4.1420	4.9794	3.9734	3.1461
d25	3.3130	10.9854	19.9752			

群データ

群	始面	焦点距離
B1	1	-24.0596
B2	9	27.1934
B3	22	-46.9339
B4	24	-108.8331
B5	26	98.1830

[数値実施例 3]

単位mm

面データ

 $|f| = 15.40 - 27.50$ $F/2.88 - 4.04$ $img = 43.2$ ($^{\circ}$) = 54.5 - 46.4

B 面番号 有効径 曲率R 間隔d glass nd d

OBJ	(INF)						
	1	2	3	4	5*	6	7
1 1	42.73	53.7144	2.0000	SLAH95		1.90366	31.34
	2	32.77	19.9839	3.6500			
	3	32.34	26.9212	1.6000	SLAL59	1.73400	51.47
	4	28.58	17.8618	0.0500	-	1.51690	52.05
	5*	28.44	14.0495	15.5500			
	6	25.57	-31.8978	1.2500	SFPL51	1.49700	81.54
	7	25.62	48.6456	4.6500	SLAH93	1.90525	35.04
	8	25.44	-81.4017	(20.8779)			
2 9	17.01	1e+018	0.5000				
	10	16.79	38.5709	3.0000	SLAH92	1.89190	37.13
	11	16.50	-80.7396	0.3000			
	12	15.29	17.2515	4.0000	SFPL51	1.49700	81.54
	13	14.33	-41.5236	1.0000	SLAH89	1.85150	40.78
	14	13.30	19.7893	2.3500			
	s15	13.20	1e+018	5.8500			
IS 16	13.64	343.2018	1.8000	SLAL14		1.69680	55.53
IS 17	14.03	-137.6589	1.3000				

10

20

30

40

50

18	14.35	61.6151	1.0000	SLAH89	1.85150	40.78
19	14.99	14.3967	4.1000	SFPL51	1.49700	81.54
20	16.39	-481.2238	0.3000			
21	19.08	25.2710	6.5000	SFPL51	1.49700	81.54
22	19.90	-21.9064	(1.5000)			
3 23	20.11	-72.1621	1.2000	STIM27	1.63980	34.47
24	20.52	52.9174	(6.0423)			
4 25*	22.22	-1000.0000	1.5000	E48R	1.53113	55.75
26*	23.57	97.5488	(2.8254)			
5 27	37.61	99.8831	5.6000	SBSL7	1.51633	64.14
28	38.28	-102.1357				

IMG

aspherical-data(A4,B6,C8,D10,E12,F16)-----

surface 5

r = 1.40495e+001 K = -6.90022e-001 A = -8.65412e-006 B = -3.10402e-008
 C = 1.43329e-011 D = 1.59117e-013 E = -2.23934e-015 F = 3.71371e-018

surface 25

r = -1.00000e+003 K = 0.00000e+000 A = -1.68718e-004 B = 8.57269e-007
 C = -1.07815e-009 D = 3.98433e-012 E = -2.18389e-014 F = 0.00000e+000

surface 26

r = 9.75488e+001 K = 0.00000e+000 A = -1.32827e-004 B = 9.08042e-007
 C = -1.58849e-009 D = 9.69538e-013 E = 0.00000e+000 F = 0.00000e+000

各種データ

	WIDE	MIDDLE	TELE
焦点距離	15.40	21.00	27.50
FNO	2.88	3.50	4.04
画角	54.51	46.40	38.65
実像高	19.00	21.00	21.64
全長	114.50	109.55	110.39
BF	14.20	14.20	14.20

群間隔データ

	WIDE	MIDDLE	TELE	WIDE至近	MIDDLE至近	TELE至近
d0	1e+020	1e+020	1e+020	164.0037	168.9583	168.2033
d8	20.8779	8.3308	0.3000			
d22	1.5000	2.3410	3.0183	2.3677	3.5301	4.5417
d24	6.0423	5.1971	4.5282	5.2695	4.2084	3.4226
d26	2.8254	10.4359	19.2763			

群データ

群 始面 焦点距離

B1	1	-24.6360
B2	9	27.1234
B3	23	-47.5398
B4	25	-167.2600
B5	27	98.7349

[数値実施例 4]

単位mm

面データ

| f | = 15.40-27.50 F/4.00-5.60 img=43.2 (°)=54.5-46.6

B 面番号	有効径	曲率R	間隔d	glass	nd	d
OBJ	(INF)					

10

20

30

40

50

1	1	38.06	41.4839	1.8000	SLAH95	1.90366	31.34
2	2	29.50	17.9768	4.2500			
3	3	28.98	28.5809	1.6000	SLAL59	1.73400	51.47
4	4	24.94	15.9770	0.0500	E48R	1.53113	55.75
5*	5	24.80	12.9309	12.3000			
6	6	22.62	-30.2182	1.1000	SFPL51	1.49700	81.54
7	7	22.31	41.3927	3.8000	SLAH93	1.90525	35.04
8	8	22.06	-80.5087	(17.4679)			
2	9	11.24	1e+018	0.5000			
10	10	11.29	35.2013	2.3000	TAFD35	1.91082	35.25
11	11	11.16	-72.9822	0.3000			
12	12	10.76	16.2441	2.8000	SFSL5	1.48749	70.24
13	13	10.13	-42.0522	1.0000	SLAH60	1.83400	37.16
14		9.66	21.5306	1.7400			
s15		9.44	1e+018	3.5000			
IS	16	10.04	511.1480	1.7000	SBSL7	1.51633	64.14
IS	17	10.39	-81.5995	1.3000			
18	18	10.56	34.3408	0.7000	SLAH60	1.83400	37.16
19	19	10.98	10.9733	3.2000	SFSL5	1.48749	70.24
20	20	12.26	75.0874	4.8000			
21	21	19.29	35.4077	6.8000	SFPL51	1.49700	81.54
22	22	20.29	-17.0661	(1.5000)			
3	23	20.34	-26.2540	1.0000	STIM22	1.64769	33.79
	24	21.30	-424.3896	(5.1629)			
4	25*	22.95	-1000.0000	1.4000	E48R	1.53113	55.75
	26*	24.24	151.7339	(2.0246)			
5	27	36.95	133.0463	5.2000	SBSL7	1.51633	64.14
	28	37.71	-100.3690				
		IMG					
		aspherical-data(A4,B6,C8,D10,E12,F16)					
		surface 5					
		r = 1.29309e+001 K = -8.33303e-001 A = 2.51834e-006 B = -1.68699e-007					
		C = 2.90684e-009 D = -2.77950e-011 E = 1.28327e-013 F = -2.36954e-016					
		surface 25					
		r = -1.00000e+003 K = 0.00000e+000 A = -1.65413e-004 B = 6.31697e-007					
		C = 3.34699e-010 D = 9.87574e-013 E = -2.03588e-014 F = 0.00000e+000					
		surface 26					
		r = 1.51734e+002 K = 0.00000e+000 A = -1.31250e-004 B = 6.93717e-007					
		C = -1.77709e-010 D = -2.15299e-012 E = 0.00000e+000 F = 0.00000e+000					
		各種データ					
		WIDE	MIDDLE	TELE			
		焦点距離	15.40	21.00	27.50		
		FNO	4.00	4.82	5.60		
		画角	54.51	46.63	38.94		
		実像高	19.00	21.00	21.64		
		全長	103.50	101.16	103.50		
		BF	14.20	14.20	14.20		
		群間隔データ					
		WIDE	MIDDLE	TELE	WIDE至近	MIDDLE至近	TELE至近
d0		1e+020	1e+020	1e+020	175.0012	177.3414	175.0466

10

20

30

40

50

d8	17.4679	7.2094	0.5000			
d22	1.5000	2.3497	3.1696	2.3020	3.4399	4.5699
d24	5.1629	4.3102	3.4961	4.4558	3.4191	2.5136
d26	2.0246	9.9602	18.9768			

群データ

群 始面 焦点距離

B1	1	-21.3432
B2	8	26.2827
B3	22	-43.2507
B4	24	-247.9403
B5	26	111.6488

10

[数値実施例5]

単位mm

面データ

| f | = 15.40 - 27.50 F / 2.88 - 4.04 img = 43.2 (°) = 54.5 - 45.7

B 面番号 有効径 曲率R 間隔d glass nd d

		(INF)					
OBJ							
1	1	44.57	63.7489	2.0000	TAFD37	1.90043	37.37
	2	34.00	20.7280	2.1000			
	3	33.63	23.0887	2.3000	MFCD500	1.55332	71.68
	4*	29.25	13.4554	15.2000			
	5	27.31	-32.6609	1.2500	SFPL51	1.49700	81.54
	6	27.23	54.2574	4.2000	TAFD37	1.90043	37.37
	7	27.11	-91.2103	23.8241			
2a	8	16.02	1e+018	0.5000			
	9	16.17	47.6423	3.0000	SLAH58	1.88300	40.76
	10	16.04	-59.7711	0.3000			
	11	15.28	21.9060	4.0000	SFPL51	1.49700	81.54
	12	14.40	-35.3171	1.0000	SLAH89	1.85150	40.78
	13	13.67	28.3571	3.2000			
s14		13.42	1e+018	8.0185			
2b	15	15.38	1e+018	1.8000			
	16	16.92	48.0443	0.9000	SLAH89	1.85150	40.78
	17	17.45	16.0000	5.8000	SFPL51	1.49700	81.54
	18	19.25	-78.3780	0.4000			
	19	22.07	32.3744	7.0000	SFPM2	1.59522	67.73
	20	22.69	-27.2936	1.0000			
3	21	21.96	-144.1713	1.0000	SLAM73	1.79360	37.09
	22	21.91	47.9578	5.1449			
4	23*	22.79	-1000.0000	1.4000	E48R	1.53113	55.75
	24*	24.04	58.0943	2.9715			
5	25	32.82	-377.5531	5.6000	SFPL55	1.43875	94.66
	26	34.00	-38.4986				

IMG

aspherical-data(A4,B6,C8,D10,E12,F16)-----

surface 4

r = 1.34554e+001 K = -6.42778e-001 A = -3.81783e-006 B = -1.06924e-008
C = -4.53688e-011 D = 7.84128e-013 E = -4.33733e-015 F = 7.32747e-018

surface 23

r = -1.00000e+003 K = 0.00000e+000 A = -1.83984e-004 B = 1.16015e-006

50

C = -2.73937e-009 D = 1.20415e-012 E = 1.04060e-014 F = 0.00000e+000
surface 24

r = 5.80943e+001 K = 0.00000e+000 A = -1.45895e-004 B = 1.26268e-006

C = -4.12911e-009 D = 6.39269e-012 E = 0.00000e+000 F = 0.00000e+000

各種データ

	WIDE	MIDDLE	TELE
焦点距離	15.40	21.00	27.50
FNO	2.88	3.50	4.04
画角	54.50	45.73	37.92
実像高	19.00	21.00	21.64
全長	118.15	111.42	109.20
BF	14.24	14.67	17.45

群間隔データ

	WIDE	MIDDLE	TELE	WIDE至近	MIDDLE至近	TELE至近
d0	1e+020	1e+020	1e+020	160.3498	167.0825	169.3532
d7	23.8241	10.0871	0.5000			
d14	8.0185	7.8625	7.0461			
d20	1.0000	1.8761	2.6947	1.7335	2.8863	4.0726
d22	5.1449	5.3111	5.7716	4.5615	4.5512	4.7417
d24	2.9715	8.6662	12.7907			
d26	0.3000	0.7251	3.5068			

群データ

群	始面	焦点距離
B1	1	-24.5304
B2	8	43.8910
B3	15	24.6035
B4	21	-45.2423
B5	23	-103.3256
B6	25	97.2197

【0055】

10

20

30

40

50

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
焦点距離	f_w	16.45	15.40	15.40	15.40	15.40
焦点距離	f_t	27.5	27.50	27.50	27.50	27.50
半画角	ω_w	52.71	54.5	54.5	54.5	54.5
近軸像高	y_{im}	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60
レンズ全長	L_w	134.57	116	114.50	103.50	119.65
バック	BF_w	14.07	14.15	14.20	14.20	14.24
G1の焦点距離	f_{g1}	-37.7	-36.9	-36.2	-36.4	-34.9
2a群の焦点距離	f_{2a}	53.7	44.1	45.9	34.6	43.9
2b群の焦点距離	f_{2b}	25.5	24.9	26.4	27.5	24.6
2群の厚さ	D_2	40.40	32.72	31.50	30.14	27.71
L11の平均屈折率	Nd_{11}	1.904	1.904	1.904	1.904	1.900
L11の平均アッペ数	vd_{11}	31.31	31.31	31.31	31.31	37.37
L12の平均屈折率	Nd_{12}	1.625	1.625	1.633	1.633	1.553
L12の平均アッペ数	vd_{12}	51.76	51.76	53.61	53.61	71.68
(1)式	f_{g1}/f_w	-2.29	-2.40	-2.35	-2.37	-2.26
(2)式	mR/BF_w	0	0	0	0	0.225
(3)式	f_3/f_t	-1.71	-1.71	-1.73	-1.57	-1.65
(4)式	fR/f_w	5.99	6.38	6.41	7.25	6.31
(5)式	L_w/f_w	8.18	7.53	7.44	6.72	7.77
(6)式	L_w/BF_w	9.56	8.20	8.06	7.29	8.40
(7)式	f_2/f_w	1.93	1.77	1.76	1.71	1.80
(8)式	D_2/f_w	2.46	2.12	2.05	1.96	1.80
(9)式	f_{2a}/f_{2b}	2.11	1.77	1.74	1.26	1.78
(10)式	vd_{11}	31.31	31.31	31.31	31.31	31.31
(11)式	Nd_{11}	1.904	1.904	1.904	1.904	1.904
(12)式	Nd_{11}/Nd_{12}	1.17	1.17	1.17	1.17	1.22
(13)式	vd_{11}/vd_{12}	0.60	0.60	0.58	0.58	0.52
(14)式	$dist_w$	-12.0	12.0	-12.0	-12.0	-12.0

各群の移動量（広角端から望遠端へのズーミング時：物体側への移動を+とする）(mm)

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
第1レンズ群	m_1	-15.20	-3.63	-4.12	-0.01	-8.95
第2レンズ群	m_2	12.80	16.66	16.45	16.96	14.38
第3レンズ群	m_3	11.00	15.23	14.94	15.29	15.35
第4レンズ群	m_4	12.80	16.66	16.45	16.96	13.65
第5レンズ群	m_5	0.00	0.00	0.00	0.00	13.03
第6レンズ群	m_6	-	-	-	-	3.21

【0056】

図11は、上記各実施例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。20はカメラ本体、21は実施例1～5のいずれかのズームレンズによって構成された撮像光学系である。22はカメラ本体20に内蔵され、撮像光学系21により形成された光学像（被写体像）を撮像するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子である。23は撮像素子22からの撮像信号を処理することで生成された画像データを記録する記録部であり、24は画像データを表示する背面ディスプレイである。

【0057】

各実施例のズームレンズを用いることで、小型で高い高額性能を有するカメラを得ることができる。

【0058】

なお、カメラは、クイックターンミラーを有する一眼レフカメラであってもよいし、ク

10

20

30

40

50

イックターンミラーを有さないミラーレスカメラであってもよい。

【0059】

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】

【0060】

B_i 第 i レンズ群

B_R 最終レンズ群

img 像面

10

20

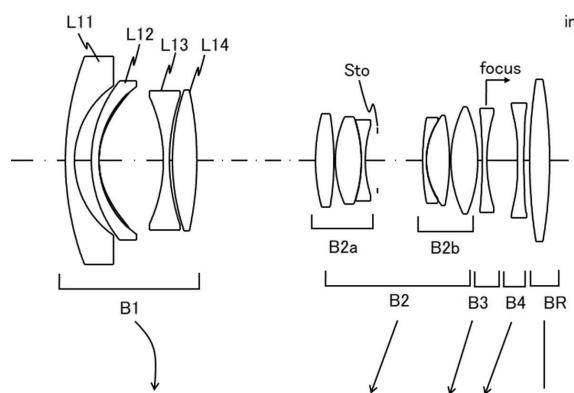
30

40

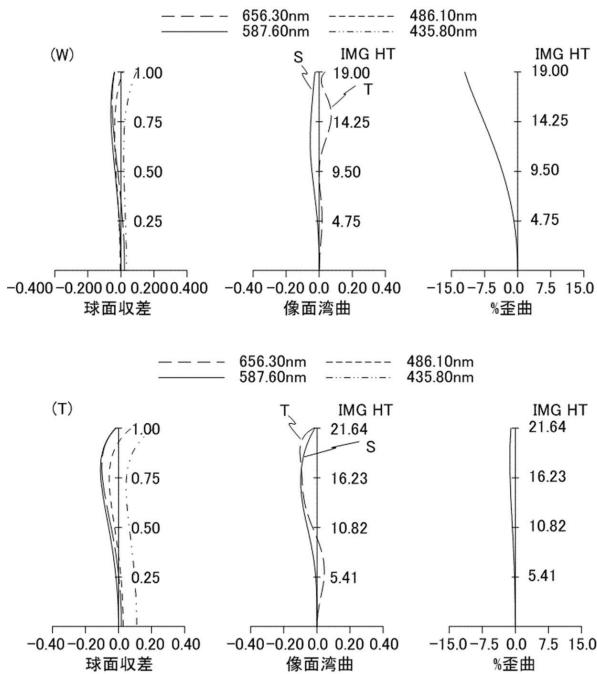
50

【図面】

【図 1】



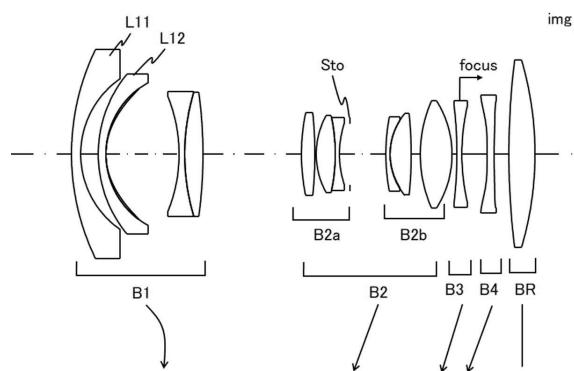
【図 2】



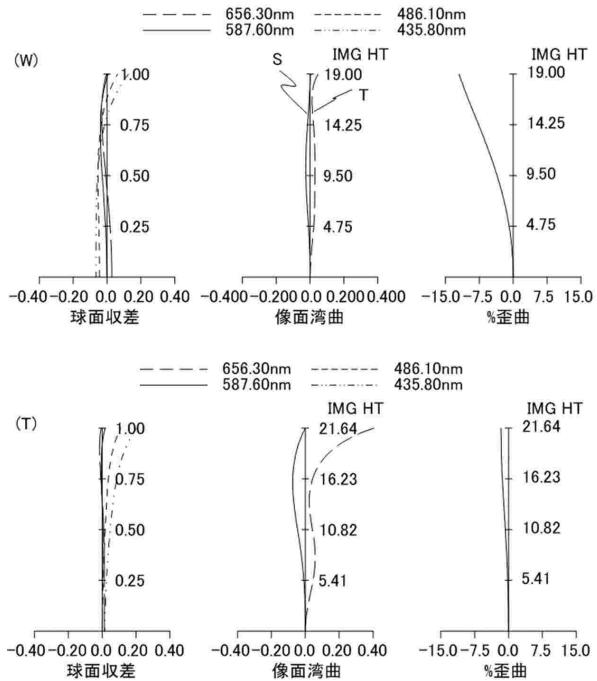
10

20

【図 3】



【図 4】

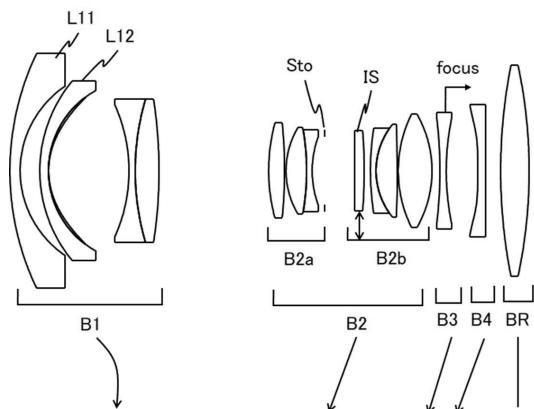


30

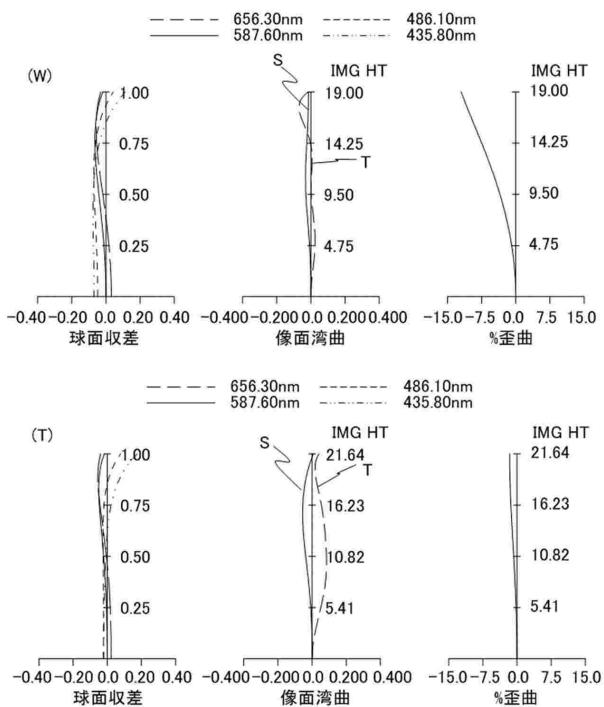
40

50

【図 5】



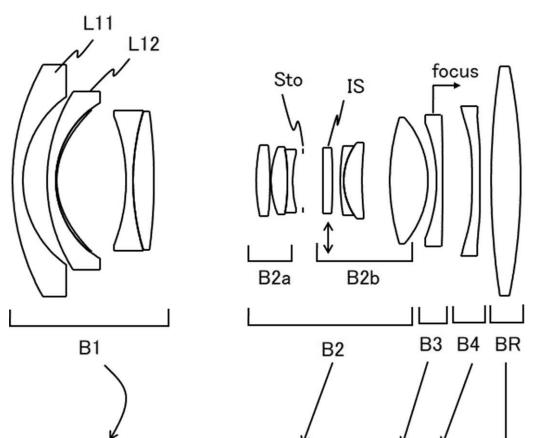
【図 6】



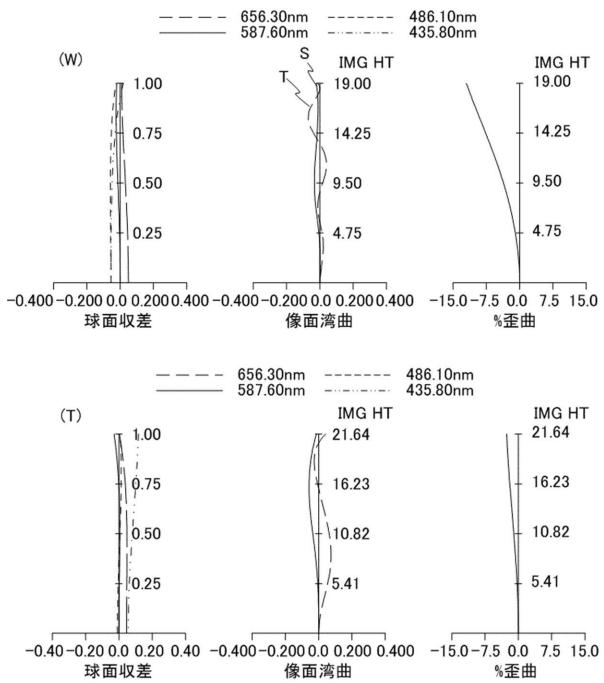
10

20

【図 7】



【図 8】

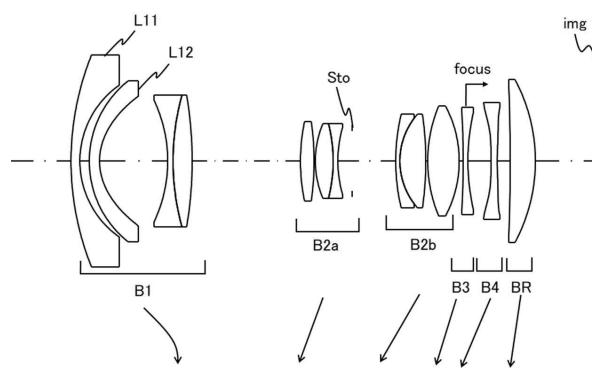


30

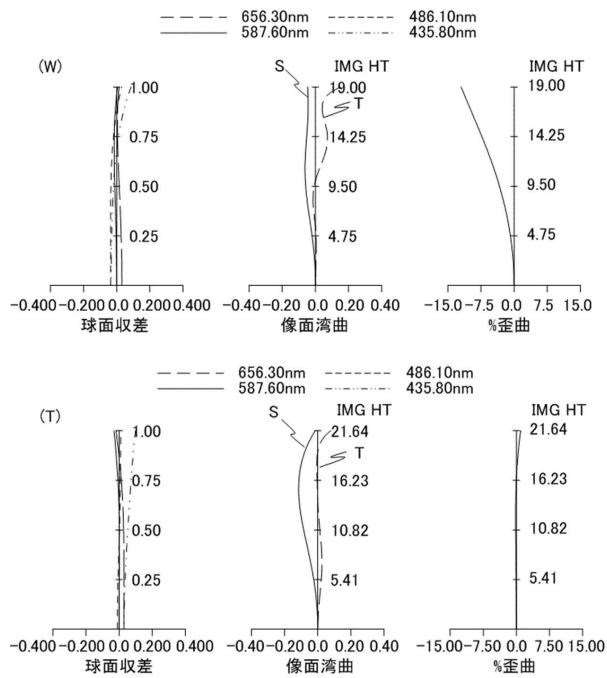
40

50

【図 9】



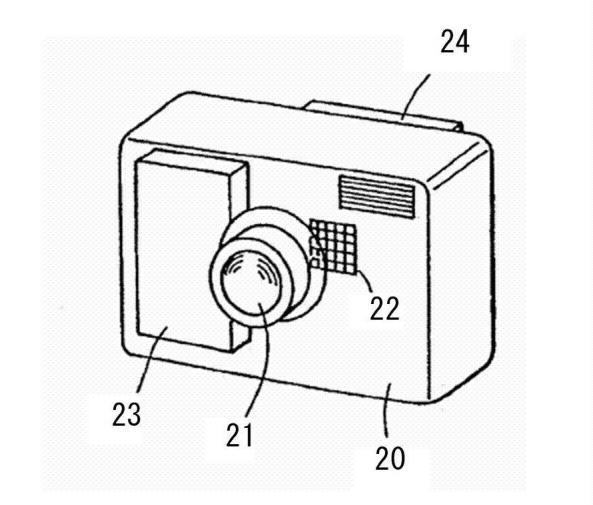
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2018-180348 (JP, A)

特開2019-066654 (JP, A)

特開2012-027283 (JP, A)

特開2014-225002 (JP, A)

特開2001-166206 (JP, A)

国際公開第2014/010504 (WO, A1)

特開2008-046208 (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