

(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

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 17 (全24頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|-------------------|
| (21)出願番号 | 特願2020-172111(P2020-172111) | (73)特許権者 | 000001007 |
| (22)出願日 | 令和2年10月12日(2020.10.12) | | キヤノン株式会社 |
| (65)公開番号 | 特開2022-63727(P2022-63727A) | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43)公開日 | 令和4年4月22日(2022.4.22) | (74)代理人 | 100110412 |
| 審査請求日 | 令和5年10月3日(2023.10.3) | | 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 | 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 |
| | | 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_{g1} 、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 BFW 、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、

$$-3.7 \leq f_{g1} / f_w \leq -1.5$$

$$-0.10 \leq m_R / BFW \leq 0.30$$

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、

$$-4.00 \leq f_3 / f_t \leq -0.65$$

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、

$$3.0 \leq f_R / f_w \leq 12.0$$

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、

$$5.0 \leq L_w / f_w \leq 12.0$$

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、

$$5.0 \leq L_w / BFW \leq 15.0$$

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、

$$1.1 \leq f_2 / f_w \leq 3.5$$

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、

$$0.8 \leq D_2 / f_w \leq 6.0$$

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、

$$0.8 \leq f_{2a} / f_{2b} \leq 5.0$$

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_g1 とするとき、

$$1.5 \leq d_g1 \leq 4.0$$

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_g1} とするとき、

$$1.8 \leq N_{d_g1} \leq 2.1$$

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 1 2】

前記第 1 のレンズの d 線における屈折率を N_{d11} 、前記第 2 のレンズ要素の d 線における平均屈折率を N_{d12} とするとき、

$$1.01 \leq N_{d11} / N_{d12} \leq 1.50$$

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 1 3】

前記第 1 のレンズの d 線を基準とするアッペ数を d_{11} 、前記第 2 のレンズ要素 L 1 2 の d 線を基準とする平均アッペ数を d_{12} とするとき、

$$0.3 \leq d_{11} / d_{12} \leq 0.9$$

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 1 4】

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 1 5】

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、

$$-3.0 \leq distw \leq -7$$

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 1 6】

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 1 7】

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。変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変倍に際して、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_{g1} 、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 BFW 、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、

$$-3.7 \leq f_{g1} / f_w \leq -1.5$$

$$-0.10 \leq m_R / BFW \leq 0.30$$

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、変倍（ズームング）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 B 1 と、正の屈折力の第 2 レンズ群 B 2 と、負の屈折力の第 3 レンズ群 B 3 と、負の屈折力の第 4 レンズ群 B 4 と、正の屈折力の最終レンズ群（第 5 レンズ群）B R 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 B 1 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 B 2 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 B 1 が像側へ移動し、第 2 レンズ群 B 2 が物体側へ移動して第 1 レンズ群 B 1 と第 2 レンズ群 B 2 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 B 3、B 4 も移動するが、第 5 レンズ群 B R は不動である。

20

【 0 0 1 3 】

第 2 レンズ群 B 2 は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の B 2 a サプレンズ群（第 1 サプレンズ群）と、開口絞り S T O と、正屈折力の B 2 b サプレンズ群（第 2 サプレンズ群）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。B 2 a サプレンズ群と B 2 b サプ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 S T O 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 B 3 は、広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側へ移動して像面変動を補正する。また、第 3 レンズ群 B 3 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 B 4 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 B 4 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 B 4 を第 2 レンズ群 B 2 と一体構成と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 B R 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 B R が像面 i m g 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 B 1 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 L 1 1、負レンズ要素 L 1 2、負レンズ L 1 3 および正レンズ L 1 4 により構成されている。第 1 レンズ群 B 1 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。ここでの「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で良好に補正する。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た。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ムングに際して第 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ムングに際して第 5 レンズ群 B 5 が物体側へ移動する。

【 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 $2.8 \sim 4.0$ 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 $2.8 \sim 4.0$ 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 S T O 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。

【 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 $3.5 \sim 5.6$ 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 $2.8 \sim 4.0$ 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、ズームングに際して開口絞り S T O 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ムングに際して像面 i m g に対して物体側へ移動する。

【 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。

$$-3.7 \leq f_{g1} / f_{w} \leq -1.5 \quad (1)$$

$$-0.10 \leq m_R / B F w \leq 0.30 \quad (2)$$

条件式 (1)、(2) において、 f_{g1} 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ム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_{g1}

10

20

30

40

50

f_w 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_{g1}/f_w 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B R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。 $m_R/B F w$ が条件式(2)の上限を超えると、最終レンズ群B R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。 $m_R/B F w$ 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B R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B 3が像側に移動するとともに、第3レンズ群B 3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B R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B R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B R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B Rの屈折力が強くなりすぎて、最終レンズ群B R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(

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。 Lw/fw 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 Lw 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） BFw は、以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

【００３６】

$$5.0 \leq Lw/BF \leq 15.0 \quad (6)$$

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。 Lw/BF 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。 Lw/BF 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。

【００３７】

第２レンズ群 $B2$ の焦点距離 $f2$ と、ズームレンズの広角端での焦点距離 fw は、以下の条件式（７）を満足することが好ましい。

【００３８】

$$1.1 \leq f2/fw \leq 3.5 \quad (7)$$

条件式（７）は第２レンズ群 $B2$ 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。 $f2/fw$ が条件式（７）の上限を超えると、第２レンズ群 $B2$ の屈折力が弱くなりすぎ、必要なズーム比を得るための第２レンズ群 $B2$ 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。 $f2/fw$ 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。

【００３９】

第２レンズ群 $B2$ の光軸上の厚み、すなわち第２レンズ群 $B2$ の最も物体側のレンズ面から第２レンズ群 $B2$ の最も像側のレンズ面までの光軸上の距離 $D2$ と、ズームレンズの広角端での焦点距離 fw は、以下の条件式（８）を満足することが好ましい。

【００４０】

$$0.8 \leq D2/fw \leq 6.0 \quad (8)$$

条件式（８）は第２レンズ群 $B2$ の光軸上の厚みの適切な範囲を示しており、条件式（８）式を満足することで、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。 $D2/fw$ 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。 $D2/fw$ 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 $B2$ 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サブレンズ群とにより構成することが好ましい。第２レンズ群 $B2$ 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。

【００４２】

２ａサブレンズ群の焦点距離 $f2a$ と、２ｂサブレンズ群の焦点距離 $f2b$ は、以下の条件式（９）を満足することが好ましい。

$$0.8 \leq f2a/f2b \leq 5.0 \quad (9)$$

条件式（９）は第２レンズ群 $B2$ 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。 $f2a/f2b$ が条件式（９）

10

20

30

40

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。

【 0 0 4 3 】

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 (1 0) 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 (1 0) 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 (1 0) 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。 d_{g1} が条件式 (1 0) 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 (1 0) 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。

10

【 0 0 4 4 】

第 1 レンズの材料の d 線 (5 8 7 . 5 6 n m) における屈折力 N_{dg1} は、以下の条件式 (1 1) を満足することが好ましい。

$$1.8 \leq N_{dg1} \leq 2.1 \quad (11)$$

条件式 (1 1) 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 (1 1) 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可能となる。 N_{dg1} が条件式 (1 1) 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_{dg1} が条件式 (1 1) 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

【 0 0 4 5 】

第 1 レンズ群 B 1 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) L_{11} と第 2 のレンズ要素 (負レンズ要素) L_{12} とを有し、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 (1 2) 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 (1 2) 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 (1 2) 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 (1 2) 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 (1 2) 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

【 0 0 4 6 】

第 1 のレンズ要素 L_{11} の線を基準とする平均アッベ数 d_{11} と、第 2 のレンズ要素 L_{12} の線を基準とする平均アッベ数 d_{12} は、以下の条件式 (1 3) 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 (1 3) は第 1 および第 2 のレンズ要素 L_{11} 、 L_{12} のアッベ数の比の好ましい範囲を示しており、条件式 (1 3) 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。 d_{11} / d_{12} が条件式 (1 3) 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。 d_{11} / d_{12} が条件式 (1 3) の下限を下回ると、必要な画角を得るための第 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

【 0 0 4 7 】

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 (1 4) を満足することが好ましい。

50

- 3.0 $d i s t w$ - 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。 $d i s t w$ 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。 $d i s t w$ 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 (1a)

- 3.0 $f g 1 / f w$ - 2.0 (1b)

- 0.05 $m R / B F w$ 0.25 (2a)

0.00 < $m R / B F w$ 0.23 (2b)

- 3.0 $f 3 / f t$ - 0.68 (3a)

- 2.0 $f 3 / f t$ - 0.70 (3b)

4.0 $f R / f w$ 10.0 (4a)

5.0 $f R / f w$ 9.0 (4b)

5.2 $L w / f w$ 11.0 (5a)

5.5 $L w / f w$ 10.0 (5b)

5.5 $L w / B F w$ 13.0 (6a)

5.6 $L w / B F w$ 11.0 (6b)

1.2 $f 2 / f w$ 3.0 (7a)

1.3 $f 2 / f w$ 2.5 (7b)

1.0 $D 2 / f w$ 5.0 (8a)

1.2 $D 2 / f w$ 4.5 (8b)

1.0 $f 2 a / f 2 b$ 4.0 (9a)

1.1 $f 2 a / f 2 b$ 3.0 (9b)

1.8 $d g 1$ 3.7 (10a)

2.0 $d g 1$ 3.5 (10b)

1.85 $N d g 1$ 2.00 (11a)

1.87 $N d g 1$ 1.98 (11b)

1.05 $N d 11 / N d 12$ 1.30 (12a)

1.10 $N d 11 / N d 12$ 1.25 (12b)

0.4 $d 11 / d 12$ 0.8 (13a)

0.45 $d 11 / d 12$ 0.7 (13b)

- 8.5 $d i s t w$ - 2.5 (14a)

- 1.0 $d i s t w$ - 2.0 (14b)

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、 $i m g$ はイメージサークル径(mm)、 θ 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。 $I M G$ 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IS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n_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。

【0051】

アッペ数n_dは、フラウンホーファ線のd線(587.6nm)、F線(486.1nm)、C線(656.3nm)における屈折率をN_d、N_F、N_Cとすると、

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

で表される。

【0052】

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、以下の式で表される。なお、「e-x」はx10^{-x}を意味する。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2 / r^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14} + Gy^{16}$$

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。

【0053】

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(435.83nm)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。

【0054】

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B2aサブレンズ群の移動量を、「第3レンズ群」の移動量は第B2b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B3の移動量を、「第5レンズ群」の移動量は「第4レンズ群B4」の移動量を、「第6レンズ群」の移動量は第5レンズ群BRの移動量を示している。

[数値実施例1]

単位mm

面データ

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

B 面番号 有効径 曲率R 間隔d glass nd d

10

20

30

40

50

| OBJ | | (INF) | | | | | | |
|--|--------|--------|------------|----------|----------|----------|-------|----|
| 1 | 1 | 48.88 | 72.0573 | 2.3000 | TAFD25 | 1.90366 | 31.31 | 10 |
| | 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) | | | | |
| 2 | 10 | 21.11 | 45.6685 | 4.5000 | SLAH55VS | 1.83481 | 42.74 | 20 |
| | 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 | | | | |
| | s15 | 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 | 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) | | | | | | | | 30 |
| 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 | | | | | | | | 40 |
| | 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 F/2.88-4.04 img =43.2 (°)=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 |
| | 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 |
| | 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 |
| | 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 | | | | |

20

30

40

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 = -1.000000e+003 K = 0.000000e+000 A = -1.97496e-004 B = 1.33923e-006
C = -3.21312e-009 D = 1.49212e-012 E = 9.18149e-015 F = 0.000000e+000

surface 25

r = 6.13808e+001 K = 0.000000e+000 A = -1.60528e-004 B = 1.42133e-006
C = -4.73468e-009 D = 7.84324e-012 E = 0.000000e+000 F = 0.000000e+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 (°)=54.5-46.4

| B | 面番号 | 有効径 | 曲率R | 間隔d | glass | nd | d |
|---|-------|-------|-----------|-----------|--------|---------|-------|
| | OBJ | | (INF) | | | | |
| 1 | 1 | 42.73 | 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 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|-----|-------|------------|----------|--------|---------|-------|----|
| | 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 | 10 |
| | 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)

| | | | | | | | | |
|------|---|--------|------------|-----------|----------|----------|----------|----|
| 1 | 1 | 38.06 | 41.4839 | 1.8000 | SLAH95 | 1.90366 | 31.34 | |
| | 2 | 29.50 | 17.9768 | 4.2500 | | | | |
| | 3 | 28.98 | 28.5809 | 1.6000 | SLAL59 | 1.73400 | 51.47 | |
| | 4 | 24.94 | 15.9770 | 0.0500 | E48R | 1.53113 | 55.75 | |
| | 5* | 24.80 | 12.9309 | 12.3000 | | | | |
| | 6 | 22.62 | -30.2182 | 1.1000 | SFPL51 | 1.49700 | 81.54 | |
| | 7 | 22.31 | 41.3927 | 3.8000 | SLAH93 | 1.90525 | 35.04 | |
| | 8 | 22.06 | -80.5087 | (17.4679) | | | | |
| 2 | 9 | 11.24 | 1e+018 | 0.5000 | | | | |
| | 10 | 11.29 | 35.2013 | 2.3000 | TAFD35 | 1.91082 | 35.25 | 10 |
| | 11 | 11.16 | -72.9822 | 0.3000 | | | | |
| | 12 | 10.76 | 16.2441 | 2.8000 | SFSL5 | 1.48749 | 70.24 | |
| | 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 | 10.56 | 34.3408 | 0.7000 | SLAH60 | 1.83400 | 37.16 | |
| | 19 | 10.98 | 10.9733 | 3.2000 | SFSL5 | 1.48749 | 70.24 | |
| | 20 | 12.26 | 75.0874 | 4.8000 | | | | 20 |
| | 21 | 19.29 | 35.4077 | 6.8000 | SFPL51 | 1.49700 | 81.54 | |
| | 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) | | | | | | | 30 |
| | 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 | | | | | | | 40 |
| | | 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 | 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 |
|-----|-----|-------|------------|---------|---------|---------|-------|
| OBJ | | (INF) | | | | | |
| 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 | | | |
| | 21 | 21.96 | -144.1713 | 1.0000 | SLAM73 | 1.79360 | 37.09 |
| 4 | 22 | 21.91 | 47.9578 | 5.1449 | | | |
| | 23* | 22.79 | -1000.0000 | 1.4000 | E48R | 1.53113 | 55.75 |
| 5 | 24* | 24.04 | 58.0943 | 2.9715 | | | |
| | 25 | 32.82 | -377.5531 | 5.6000 | SFPL55 | 1.43875 | 94.66 |
| | 26 | 34.00 | -38.4986 | | | | |

20

30

40

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 |

10

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 | | | |

20

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 |

【 0 0 5 5 】

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 | $D2$ | 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の平均アッベ数 | 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の平均アッベ数 | 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 | $f3/f_t$ | -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 | $f2/f_w$ | 1.93 | 1.77 | 1.76 | 1.71 | 1.80 |
| (8)式 | $D2/f_w$ | 2.46 | 2.12 | 2.05 | 1.96 | 1.80 |
| (9)式 | $f2a/f2b$ | 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ムング時：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 | $m1$ | -15.20 | -3.63 | -4.12 | -0.01 | -8.95 |
| 第2レンズ群 | $m2$ | 12.80 | 16.66 | 16.45 | 16.96 | 14.38 |
| 第3レンズ群 | $m3$ | 11.00 | 15.23 | 14.94 | 15.29 | 15.35 |
| 第4レンズ群 | $m4$ | 12.80 | 16.66 | 16.45 | 16.96 | 13.65 |
| 第5レンズ群 | $m5$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.03 |
| 第6レンズ群 | $m6$ | - | - | - | - | 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、小型で高い高解像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

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。

【 0 0 5 9 】

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 0 】

B i 第 i レンズ群

B R 最終レンズ群

i m g 像面

10

20

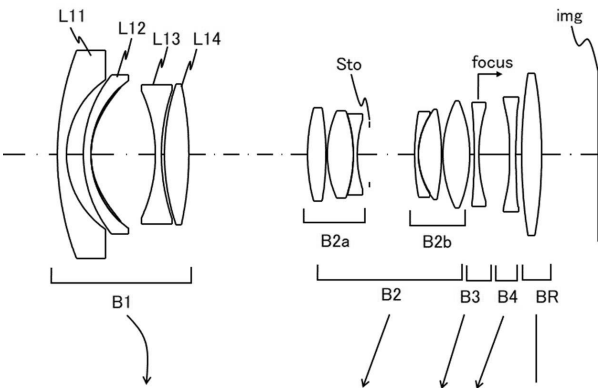
30

40

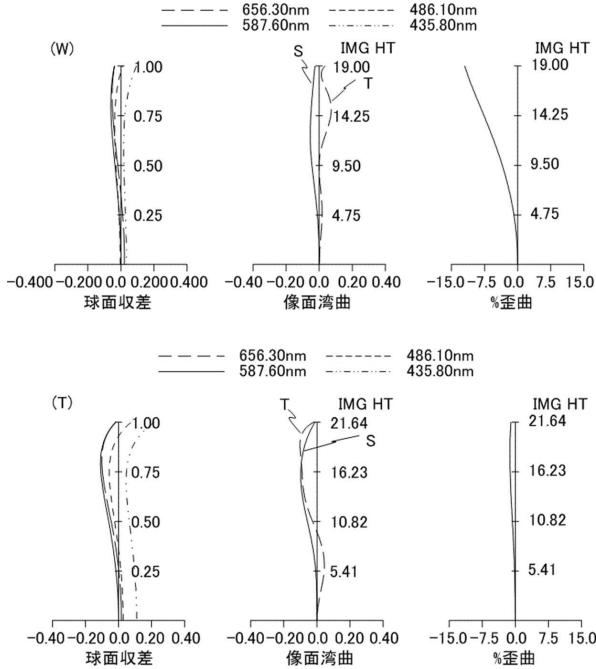
50

【図面】

【図 1】



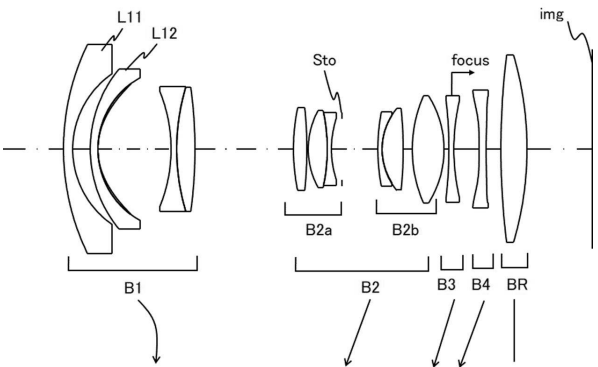
【図 2】



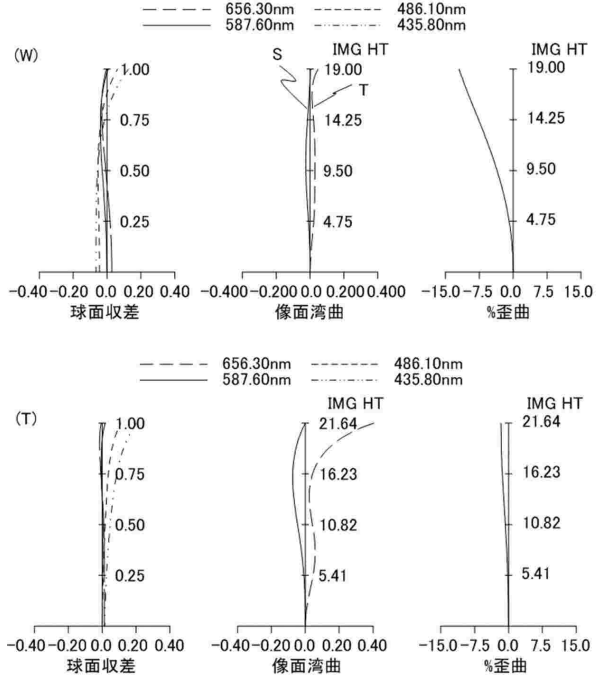
10

20

【図 3】



【図 4】

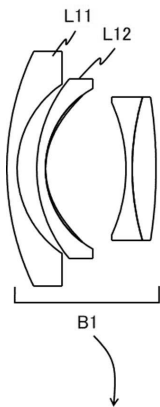


30

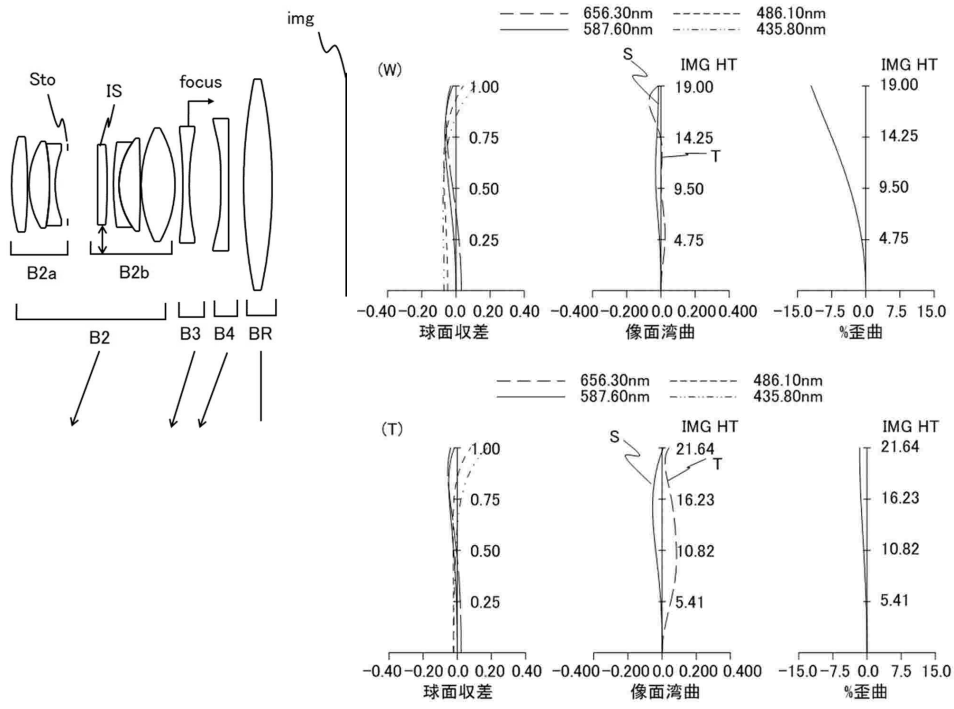
40

50

【図 5】



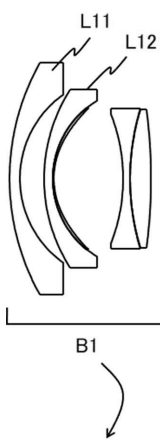
【図 6】



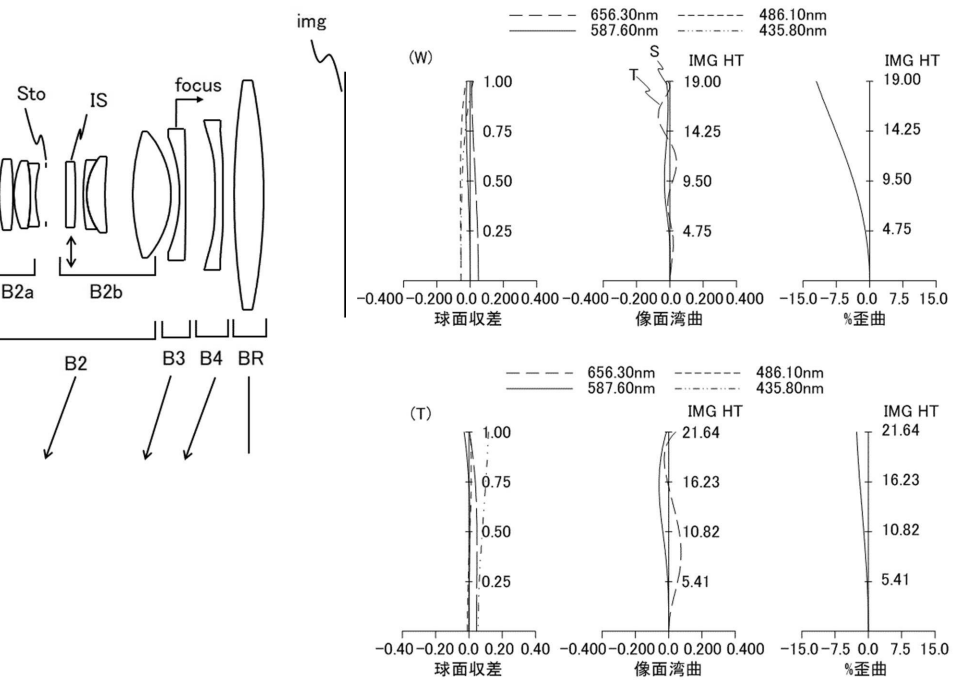
10

20

【図 7】



【図 8】

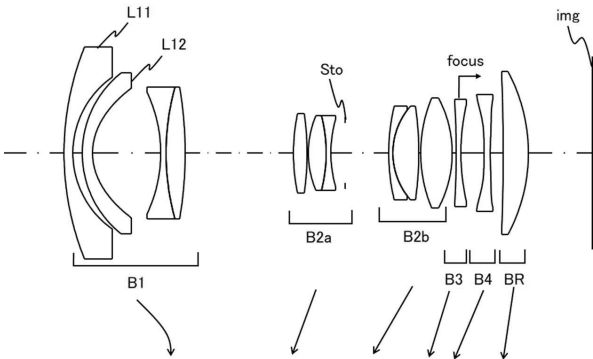


30

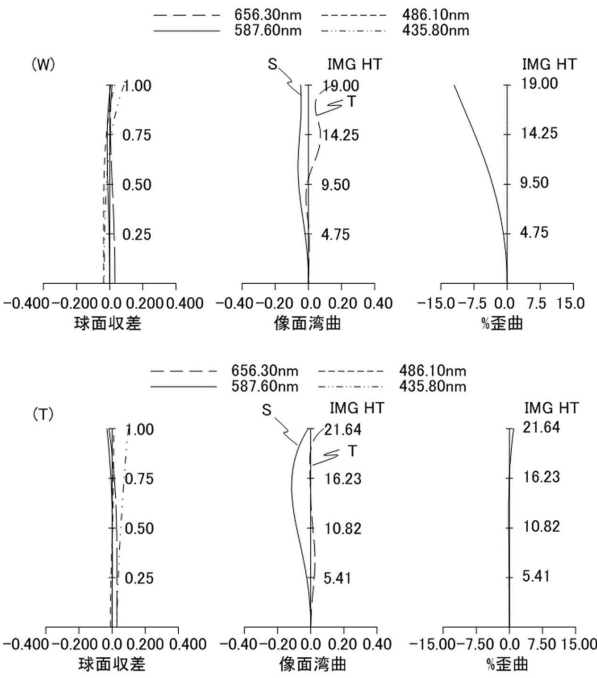
40

50

【図 9】



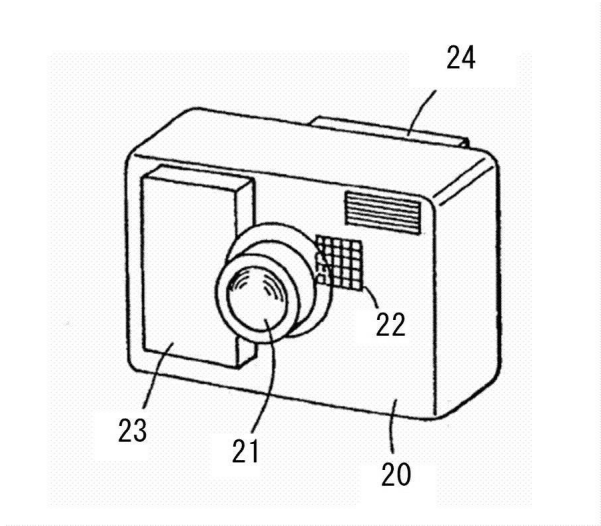
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 8 0 3 4 8 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 6 6 6 5 4 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 2 7 2 8 3 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 2 2 5 0 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 6 6 2 0 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 0 1 0 5 0 4 (WO , A 1)
特開 2 0 0 8 - 0 4 6 2 0 8 (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