

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7592575号
(P7592575)

(45)発行日 令和6年12月2日(2024.12.2)

(24)登録日 令和6年11月22日(2024.11.22)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

請求項の数 14 (全30頁)

(21)出願番号	特願2021-198652(P2021-198652)	(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
(22)出願日	令和3年12月7日(2021.12.7)	(74)代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(65)公開番号	特開2023-84463(P2023-84463A)	(74)代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(43)公開日	令和5年6月19日(2023.6.19)	(74)代理人	100121614 弁理士 平山 倫也
審査請求日	令和5年10月13日(2023.10.13)	(72)発明者	結城 明彦 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、
ズームのためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群と、
ズームにおいて移動する負の屈折力の第2レンズ群と、
ズームにおいて移動する少なくとも2つのレンズ群と、
最も像側に配置され、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群とを有し、
前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスのためには移動し
ない負の屈折力の第1サブレンズ群と、フォーカスのために移動する負の屈折力の第2サ
ブレンズ群と、正の屈折力の第3サブレンズ群とを有し、前記第2サブレンズ群と前記第
3サブレンズ群との間隔はフォーカスのために変化し、
前記第2サブレンズ群は、負レンズを有し、
前記第1サブレンズ群の焦点距離を f_{1a} 、前記第2サブレンズ群の焦点距離を f_{1b}
、前記第2サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッベ数を b_n 、前記第1
レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、
$$0.2 \leq f_{1b} / f_{1a} \leq 3.2$$
$$3.5 \leq 1/b_n \leq 10.0$$
$$0.3 \leq |f_2 / f_1| \leq 0.8$$

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 3 サブレンズ群の焦点距離を f_{1c} とするとき、

$$0.1 \leq f_{1c} / f_{1a} \leq 0.9$$

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】

前記第 1 サブレンズ群は、負レンズを有し、

該第 1 サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッペ数を $1a_n$ とするとき、

$$4.5 \leq 1a_n \leq 7.0$$

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】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.2 \leq f_1 / f_{1a} \leq 0.8$$

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】

前記第 2 サブレンズ群の無限遠合焦状態での横倍率を $1b$ とするとき、

$$0.2 \leq 1b \leq 0.8$$

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 3 サブレンズ群の無限遠合焦状態での横倍率を $1c$ とするとき、

$$-2.0 \leq 1c \leq 0$$

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】

ズームにおいて移動する前記少なくとも 2 つのレンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群を含み、

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.3 \leq f_4 / f_3 \leq 0.7$$

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 2 レンズ群の最も像側の面と前記最終レンズ群の最も物体側の面との間に配置され、ズームにおいて移動する開口絞りを有し、

広角端における前記第 1 レンズ群の最も物体側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_{spw} 、望遠端における前記第 1 レンズ群の最も物体側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_{spt} 、前記最終レンズ群の最も像側の面から像面までの光軸上の距離を S_{kw} とするとき、

$$0.08 \leq (L_{spt} - L_{spw}) / S_{kw} \leq 0.80$$

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】

前記第 2 サブレンズ群は、正レンズを有し、

該正レンズの d 線を基準とするアッペ数を $1b_p$ とするとき、

$$1.5 \leq 1b_p \leq 4.0$$

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】

前記第 3 サブレンズ群は、フォーカスのために移動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】

物体側から像側へ順に配置された、
 ズームのためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群と、
 ズームにおいて移動する負の屈折力の第2レンズ群と、
 ズームにおいて移動する少なくとも2つのレンズ群と、
 最も像側に配置され、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群とを有し、
 前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスのためには移動しない負の屈折力の第1サブレンズ群と、フォーカスのために移動する負の屈折力の第2サブレンズ群と、正の屈折力の第3サブレンズ群とを有し、前記第2サブレンズ群と前記第3サブレンズ群との間隔はフォーカスのために変化し、
 前記第2サブレンズ群は、負レンズを有し、
 前記第1サブレンズ群の焦点距離を f_{1a} 、前記第2サブレンズ群の焦点距離を f_{1b} 、
 前記第2サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッペ数を b_n 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.2 \frac{f_{1b}}{f_{1a}} \leq \frac{3.5}{1} \frac{b_n}{1.0} \leq 0.8$$
 なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項12】

物体側から像側へ順に配置された、
 ズームのためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群と、
 ズームにおいて移動する負の屈折力の第2レンズ群と、
 ズームにおいて移動する少なくとも2つのレンズ群と、
 最も像側に配置され、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群とを有し、
 前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスのためには移動しない負の屈折力の第1サブレンズ群と、フォーカスのために移動する負の屈折力の第2サブレンズ群と、正の屈折力の第3サブレンズ群とを有し、前記第2サブレンズ群と前記第3サブレンズ群との間隔はフォーカスのために変化し、
 前記第2サブレンズ群は、負レンズを有し、
 ズームにおいて移動する前記少なくとも2つのレンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群を含み、
 前記第1サブレンズ群の焦点距離を f_{1a} 、前記第2サブレンズ群の焦点距離を f_{1b} 、
 前記第2サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッペ数を b_n 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.2 \frac{f_{1b}}{f_{1a}} \leq \frac{3.5}{1} \frac{b_n}{1.0} \leq 0.3 \frac{f_4}{f_3} \leq 0.7$$
 なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

20

30

【請求項13】

物体側から像側へ順に配置された、
 ズームのためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群と、
 ズームにおいて移動する負の屈折力の第2レンズ群と、
 ズームにおいて移動する少なくとも2つのレンズ群と、
 最も像側に配置され、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群とを有し、
 前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスのためには移動しない負の屈折力の第1サブレンズ群と、フォーカスのために移動する負の屈折力の第2サブレンズ群と、正の屈折力の第3サブレンズ群とを有し、前記第2サブレンズ群と前記第3サブレンズ群との間隔はフォーカスのために変化し、
 前記第2サブレンズ群は、負レンズと正レンズを有し、
 前記第1サブレンズ群の焦点距離を f_{1a} 、前記第2サブレンズ群の焦点距離を f_{1b} 、
 前記第2サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッペ数を b_n 、前記第2サ

40

50

ブレンズ群の前記正レンズの d 線を基準とするアッペ数を b_p とするとき、

$$\frac{0.2 \cdot f_{1b} / f_{1a} \cdot 3.2}{3.5 \cdot 1 \cdot b_n \cdot 1.0 \cdot 0}$$

$$\frac{1.5 \cdot 1 \cdot b_p \cdot 4.0}{}$$

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 14】

請求項 1 から 13 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形成された像を撮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、ズームレンズおよび撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

テレビカメラ、シネマカメラ、デジタルスチルカメラおよび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は、小型軽量、広画角、高ズーム比および高い光学性能が求められる。また、撮像装置に搭載される撮像素子の高画素化に伴って、ズームレンズには像の中心部から周辺部まで解像力が高く、色収差が少ないことが求められる。

【0003】

特許文献 1、2 には、物体側から像側へ順に配置された、ズームのためには移動しない正の屈折力の第 1 レンズ群と、ズームにおいて移動する負の屈折力の第 2 レンズ群と、ズームにおいて像面補償のために移動する負の屈折力の第 3 レンズ群と、開口絞りと、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群を有す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、第 1 レンズ群が、負の屈折力の第 1 サブレンズ群 L1a と、負の屈折力の第 2 サブレンズ群 L1b と、正の屈折力の第 3 サブレンズ群 L1c とにより構成され、第 2 サブレンズ群 L1b がフォーカスを担うインナーフォーカス方式を採用している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開平 8 - 136808 号公報

【文献】特開 2004 - 309761 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述した構成のズームレンズにおいて、小型軽量かつ高い光学性能のためには、複数のレンズ群に対する適切な屈折力配置と硝材選択を行うことが重要である。しかしながら、大口径や高ズーム比等のさらなる高仕様のためには、軸上色収差や倍率色収差を含む諸収差の点で高い光学性能を得難い。

【0006】

本発明は、例えば、小型軽量、高仕様、全ズーム範囲にわたる高い光学性能の点で有利なズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、ズームのためには移動しない正の屈折力の第 1 レンズ群と、ズームにおいて移動する負の屈折力の第 2 レンズ群と、ズームにおいて移動する少なくとも 2 つのレンズ群と、最も像側に配置され、ズームのためには移動しない正の屈折力の最終レンズ群とを有する。第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスのためには移動しない負の屈折力の第

10

20

30

40

50

1 サブレンズ群と、フォーカスのために移動する負の屈折力の第2サブレンズ群と、正の屈折力の第3サブレンズ群とを有し、第2サブレンズ群と第3サブレンズ群との間隔はフォーカスのために変化する。第2サブレンズ群は、負レンズを有する。第1サブレンズ群の焦点距離を f_{1a} 、第2サブレンズ群の焦点距離を f_{1b} 、第2サブレンズ群の前記負レンズの d 線を基準とするアッペ数を b_n 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$\begin{array}{c} 0.2 \quad f_{1b} / f_{1a} \quad 3.2 \\ 3.5 \quad 1 b_n \quad 1.00 \\ 0.3 \quad | \quad f_2 / f_1 \quad | \quad 0.8 \end{array}$$

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有する撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、例えば、小型軽量、高仕様、全ズーム範囲にわたる高い光学性能の点で有利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】

【0009】

【図1】実施例1（数値例1）のズームレンズの断面図。

【図2】数値例1のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図3】数値例1のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図4】実施例2（数値例2）のズームレンズの断面図。

【図5】数値例2のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図6】数値例2のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図7】実施例3（数値例3）のズームレンズの断面図。

【図8】数値例3のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図9】数値例3のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図10】実施例4（数値例4）のズームレンズの断面図。

【図11】数値例4のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図12】数値例4のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図13】実施例5（数値例5）のズームレンズの断面図。

【図14】数値例5のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図15】数値例5のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図16】実施例6（数値例6）のズームレンズの断面図。

【図17】数値例6のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端および中間ズーム位置での収差図。

【図18】数値例6のズームレンズの無限遠合焦状態における望遠端での収差図。

【図19】実施例1～6のズームレンズを用いた撮像装置を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

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4、図7、図10、図13および図16はそれぞれ、実施例1、2、3、4、5および6のズームレンズの無限遠物体に合焦した状態における広角端でのレンズ群の配置を示している。各実施例のズームレンズは、テレビ放送用カメラ、映画撮影（シネマ）用カメラ、汎用ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置とともに用いられる。ここでは、具体的な実施例1～6について説明する前に、まず各実施例に共通する事項について説明する。

【 0 0 1 1 】

ズームレンズにおいて、レンズ群は、広角端と望遠端との間での変倍（ズーム）に際して一体で移動する 1 または複数のレンズのまとまりである。すなわち、ズームに際して隣り合うレンズ群間の間隔が変化する。レンズ群は、開口絞りを含んでもよい。また、広角端と望遠端はそれぞれ、ズームに際して移動するレンズ群が光軸上を機構上または制御上、移動可能な範囲の両端に位置したときの最大画角（最短焦点距離）と最小画角（最大焦点距離）の状態を示す。

【 0 0 1 2 】

上記各図において、左側が物体側（前側）で、右側が像側（後側）である。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、ズームにおいて不動（固定）の正の屈折力（焦点距離の逆数）の第 1 レンズ群 L 1 と、ズームにおいて移動する負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 と、ズームにおいて移動する少なくとも 2 つの他のレンズ群（L 3、L 4）と、最も像側に配置され、ズームにおいて不動の正の屈折力の最終レンズ群（L 5）とを有する。なお、各実施例では 5 つのレンズ群により構成されるズームレンズを示すが、6 つ以上のレンズ群によりズームレンズを構成してもよい。また、ズームにおいて移動する少なくとも 2 つの他のレンズ群を、3 つ以上のレンズ群としてもよい。以下の説明において、「正の屈折力のレンズ群」および「負の屈折力のレンズ群」をそれぞれ、単に「正のレンズ群」および「負のレンズ群」と記す。

10

【 0 0 1 3 】

像面 I P には、撮像装置に設けられた固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面または銀塩フィルムのフィルム面（感光面）が配置される。

20

【 0 0 1 4 】

また各実施例のズームレンズでは、第 2 レンズ群 L 2 の最も像側の面と最終レンズ群の最も物体側の面との間に、ズームにおいて移動する開口絞り S P を備えている。

【 0 0 1 5 】

また各実施例のズームレンズにおいて、第 1 レンズ群 L 1 は、物体側から像側へ順に配置された、焦点調節（フォーカス）において不動の負の第 1 サブレンズ群 L 1 a と、フォーカスにおいて移動する負の第 2 サブレンズ群 L 1 b と、フォーカスにおいて不動の又は移動する正の第 3 サブレンズ群 L 1 c とを有する。サブレンズ群は、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間でのフォーカスに際して一体で移動する 1 または複数のレンズのまとまりである。すなわち、フォーカスに際して隣り合うサブレンズ群間の間隔が変化する。フォーカスにおいて第 1 レンズ群 L 1 のうち第 1 サブレンズ群 L 1 a を不動とし、少なくとも第 2 サブレンズ群 L 1 b を移動させることは、ズームレンズを小型軽量化しつつ高い光学性能を得るのに好適な構成である。

30

【 0 0 1 6 】

さらに各実施例のズームレンズにおいて、第 2 サブレンズ群 L 2 は、負レンズ G 1 b n を有する。

【 0 0 1 7 】

各実施例のズームレンズは、第 1 サブレンズ群 L 1 a の焦点距離を f_{1a} 、第 2 サブレンズ群 L 1 b の焦点距離を f_{1b} 、第 2 サブレンズ群 L 1 b の負レンズ G 1 b n の d 線（波長 587.6 nm）を基準とするアッペ数を b_n とするとき、以下の式（1）、（2）で示す条件を満足する。

40

$$0.2 \leq f_{1b} / f_{1a} \leq 3.2 \quad (1)$$

$$3.5 \leq 1/b_n \leq 10.0 \quad (2)$$

なお、d 線を基準とするアッペ数 d は、d 線、F 線（波長 486.1 nm）、C 線（波長 656.3 nm）における屈折率をそれぞれ N_d 、 N_F および N_C とするとき、

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

で表される。

【 0 0 1 8 】

従来、物体側から像より順に配置された、ズームにおいて不動の正の第 1 レンズ群、ズ

50

ームにおいて移動する負の第2レンズ群、ズームにおいて像面補償のために移動する負の第3レンズ群およびズームにおいて不動の正の第4レンズ群により構成されるズームレンズがある。このようなズームレンズは、小型軽量で高ズーム比を得るのに好適である。

【0019】

一方、各実施例のズームレンズは、ズームにおいて不動の正の第1レンズ群L1、ズームにおいて移動する負の第2レンズ群L2、それぞれズームにおいて移動する負または正の屈折力を有する第3レンズ群L3と正の第4レンズ群L4およびズームにおいて不動の正の第5レンズ群L5により構成されている。このようにズームにおいて移動するレンズ群を従来のズームレンズよりも増やすことで、さらなる小型軽量化、高ズーム比化および高性能化を可能としている。

【0020】

次に、式(1)、(2)の条件について説明する。前述したように、第1レンズ群L1は負の第1サブレンズ群L1a、負の第2サブレンズ群L1bおよび正の第3サブレンズ群L1cにより構成され、フォーカスにおいて第2サブレンズ群L1bが移動する。この構成において、第2サブレンズ群L2の移動量を小さくして第1レンズ群L1を小型化するためには、負の第1サブレンズ群L1aに対して負の第2サブレンズ群L1bの屈折力を強めることが効果的である。

【0021】

一方、単に負の第2サブレンズ群L1bの屈折力を強めると、望遠端において合焦する距離が変化した場合の軸上色収差の変動が大きくなる。軸上色収差の変動を抑制するには、負の第2サブレンズ群L1bの屈折力を適切に設定し、かつ第2サブレンズ群L1b内の負レンズG1bnの硝材選択が重要となる。

【0022】

式(1)は、第1サブレンズ群L1aと第2サブレンズ群L1bの焦点距離の関係に関する条件を示す。 f_{1b}/f_{1a} が式(1)の下限を下回ると、第2サブレンズ群L1bの負の屈折力が強くなりすぎて、望遠端における軸上色収差の合焦距離による変動が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 f_{1b}/f_{1a} が式(1)の上限を上回ると、第2サブレンズ群L1bの屈折力が弱くなりすぎて、無限遠合焦状態と至近端合焦状態間でのフォーカスにおける第2サブレンズ群L1bの移動量が大きくなり、第1レンズ群L1の小型化が困難となるため、好ましくない。

【0023】

式(2)は、第2サブレンズ群L1b内の負レンズG1bnのアッベ数に関する条件を示す。 $1bn$ が式(2)の下限を下回ると、負レンズG1bnのアッベ数が小さくなりすぎて、望遠端における軸上色収差の合焦距離による変動が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 $1bn$ が式(2)の上限を上回ると、負レンズG1bnのアッベ数が大きくなりすぎて、広角端における倍率色収差が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。

【0024】

上述した構成を有するズームレンズにおいて条件(1)、(2)を満足することで、小型軽量かつ高仕様でありながら、全ズーム範囲および全フォーカス範囲にわたって高い光学性能を有するズームレンズを得ることができる。

【0025】

また、各実施例のズームレンズは、以下の式(3)~(10)で示す条件のうち少なくとも1つを満足することが好ましい。

【0026】

$$0.1 \leq |f_{1c}/f_{1a}| \leq 0.9 \quad (3)$$

$$45 \leq 1an \leq 70 \quad (4)$$

$$0.2 \leq |f_1/f_{1a}| \leq 0.8 \quad (5)$$

$$0.2 \leq 1b \leq 0.8 \quad (6)$$

$$-2.0 \leq 1c \leq 0 \quad (7)$$

10

20

30

40

50

$$0.3 \quad |f_2 / f_1| \quad 0.8 \quad (8)$$

$$0.3 \quad |f_4 / f_3| \quad 0.7 \quad (9)$$

$$0.08 \quad (L_{spt} - L_{spw}) / S_{kw} \quad 0.80 \quad (10)$$

式(3)～(11)において、 f_{1c} は正の第3サブレンズ群 L_{1c} の焦点距離であり、 1_{an} は負の第1サブレンズ群 L_{1a} に含まれる負レンズ G_{1an} の d 線を基準とするアッペ数である。 f_1 は正の第1レンズ群 L_1 の焦点距離、 1_b は無限遠合焦状態での負の第2サブレンズ群 L_{1b} の横倍率、 1_c は無限遠合焦状態での正の第3サブレンズ群 L_{1c} の横倍率である。 f_2 は負の第2レンズ群 L_2 の焦点距離、 f_3 および f_4 はそれぞれ、ズームにおいて移動する少なくとも2つの他のレンズ群に相当する第3および第4レンズ群 L_3 、 L_4 の焦点距離である。 L_{spw} は広角端における第1レンズ群 L_1 の最も物体側の面から開口絞り SP までの光軸上の距離、 L_{spt} は望遠端における第1レンズ群 L_1 の最も物体側の面から開口絞り SP までの光軸上の距離である。 S_{kw} は広角端における最終レンズ群の最も像側の面から像面 IP までの光軸上の距離である。

10

【0027】

実施例3～5のズームレンズでは、負の第2サブレンズ群 L_{1b} が正レンズ G_{1bp} を含み、かつ正レンズ G_{1bp} の d 線を基準とするアッペ数を 1_{bp} とすると、以下の式(11)の条件を満足するのが好ましい。

【0028】

$$1.5 \quad 1_{bp} \quad 4.0 \quad (11)$$

式(3)は、第3サブレンズ群 L_{1c} と第1サブレンズ群 L_{1a} の焦点距離の関係に関する条件を示している。 $|f_{1c} / f_{1a}|$ が式(3)の下限を下回ると、第3サブレンズ群 L_{1c} の正の屈折力が強くなりすぎて、望遠端における球面収差が増加して高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 $|f_{1c} / f_{1a}|$ が式(3)の上限を上回ると、第3サブレンズ群 L_{1c} の屈折力が弱くなりすぎて、光学全長が増加してズームレンズの小型化が困難となるため、好ましくない。

20

【0029】

式(4)は、第1サブレンズ群 L_{1a} 内の負レンズ G_{1an} のアッペ数に関する条件を示す。 1_{an} が式(4)の下限を下回ると、負レンズ G_{1bn} のアッペ数が小さくなりすぎて、広角端における倍率色収差が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 1_{an} が式(4)の上限を上回ると、負レンズ G_{1bn} のアッペ数が大きくなりすぎて、望遠端における倍率色収差が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。

30

【0030】

式(5)は、第1レンズ群 L_1 と第1サブレンズ群 L_{1a} の焦点距離に関する条件を示す。 $|f_1 / f_{1a}|$ が式(5)の下限を下回ると、第1レンズ群 L_1 の正の屈折力が強くなりすぎて、望遠端における球面収差の増加により高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 $|f_1 / f_{1a}|$ が式(5)の上限を上回ると、第1レンズ群 L_1 の屈折力が弱くなりすぎて、光学全長が増大することによりズームレンズの小型化が困難となるため、好ましくない。

【0031】

式(6)、(7)はそれぞれ、無限遠合焦状態での第2サブレンズ群 L_{1b} と第3サブレンズ群 L_{1c} の横倍率に関する条件を示している。各実施例では、ズームにおいて不動の第1レンズ群 L_1 が、負の第1サブレンズ群 L_{1a} 、負の第2サブレンズ群 L_{1b} および正の第3サブレンズ群 L_{1c} により構成されており、フォーカスにおいて第1サブレンズ群 L_{1a} は不動で、少なくとも第2サブレンズ群 L_{1b} が移動する。この構成におけるフォーカス群である第2サブレンズ群 L_{1b} の敏感度 ES は、以下の式で表すことができる。

40

【0032】

$$ES = (1 - 1_b^2) \times 1_c^2 \times 2^2 \times \dots \times n^2$$

フォーカス群の敏感度 ES が大きいほど、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間での

50

フォーカス群の移動量を小さくすることができる。また、第1サブレンズ群L1aと第2サブレンズ群L1bの屈折力がともに負である場合には、無限遠合焦状態での負の第2サブレンズ群L1bの横倍率 β_{1b} は $\beta_{1b} < 1$ となり、フォーカス群の敏感度ESを大きくするには β_{1b} を小さくする必要がある。

【0033】

β_{1b} が式(6)の下限を下回ると、第2サブレンズ群L1bの横倍率 β_{1b} が小さくなりすぎて、望遠端における軸上色収差の合焦距離による変動が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 β_{1b} が式(6)の上限を上回ると、第2サブレンズ群L1bの横倍率 β_{1b} が大きくなりすぎて、フォーカス群の敏感度ESを大きくすることが困難となる。この結果、フォーカス時の第2サブレンズ群L1bの移動量が大きくなりすぎ、第1レンズ群L1(つまりはズームレンズ)の小型化が困難となるため、好ましくない。

10

【0034】

β_{1c} が式(7)の下限を下回ると、第3サブレンズ群L1cの横倍率 β_{1c} が小さくなりすぎて、フォーカス群の敏感度ESを大きくすることが困難となる。この結果、フォーカス時の第2サブレンズ群L1bの移動量が大きくなりすぎて、ズームレンズの小型化が困難となるため、好ましくない。 β_{1c} が式(7)の上限を上回ると、第3サブレンズ群L1cの横倍率 β_{1c} が大きくなりすぎて、望遠端における球面収差の増加により高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。

20

【0035】

式(8)は、第2レンズ群L2と第1レンズ群L1の焦点距離の関係に関する条件を示している。 $|f_2/f_1|$ が式(8)の下限を下回ると、第2レンズ群L2の負の屈折力が強くなりすぎて、広角端における像面湾曲の増加により高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 $|f_2/f_1|$ が式(8)の上限を上回ると、第2レンズ群L2の屈折力が弱くなりすぎて、ズーム時の第2レンズ群L2の移動量の増加によりズームレンズの小型化が困難となるため、好ましくない。

【0036】

各実施例のズームレンズは、ズームにおいて移動する少なくとも2つのレンズ群として、負または正の屈折力を有する第3レンズ群L3と、正の屈折力を有する第4レンズ群L4とを有する。式(9)は、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の焦点距離の関係に関する条件を示している。 $|f_4/f_3|$ が式(9)の下限を下回ると、第4レンズ群L4の正の屈折力が強くなりすぎて、全ズーム範囲における球面収差の増加により高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。 $|f_4/f_3|$ が式(9)の上限を上回ると、第4レンズ群L4の屈折力が弱くなりすぎて、ズーム時の第4レンズ群L4の移動量が大きくなり、ズームレンズの小型化が困難となるため、好ましくない。

30

【0037】

さらに各実施例のズームレンズは、広角端において開口絞りSPを物体側に配置し、望遠端側へのズームに伴って他の移動するレンズ群と干渉しないように開口絞りSPを像側に移動させる。これにより、大口径化したときの広角端での周辺光量比を確保しつつ、第1レンズ群L1のレンズ径の増加を抑えている。式(10)は、広角端から望遠端へのズームに際しての開口絞りSPの移動量に関する条件を示している。

40

【0038】

$(L_{spt} - L_{spw})/S_{kw}$ が式(10)の下限を下回ると、望遠端において開口絞りSPと他のレンズ群との干渉を回避しつつ、広角端において開口絞りSPを十分に物体側に配置することが困難となる。この結果、大口径化したときの周辺光量比の確保と第1レンズ群L1のレンズ径の抑制とを両立することが困難となるため、好ましくない。また、 $(L_{spt} - L_{spw})/S_{kw}$ が式(10)の上限を上回ると、広角端から望遠端での開口絞りSPの移動量が大きくなり、ズーム時に最終レンズ群を通過する軸外光線の高さの変動が大きくなりすぎる。この結果、全ズーム範囲での倍率色収差の変動を抑制することが困難となるため、好ましくない。

50

【 0 0 3 9 】

実施例 3 ~ 5 のズームレンズは、第 2 サブレンズ群 L 1 b が正レンズ G 1 b p と負レンズ G 1 b n を含んでいる。これにより、第 2 サブレンズ群 L 1 b 内の色消しを行い、主に望遠端における軸上色収差の合焦距離による変動を抑制している。1 b p が式 (1 1) の下限を下回ると、正レンズ G 1 b p のアッベ数が小さくなりすぎて、望遠端における倍率色収差の合焦距離による変動が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。1 b p が式 (1 1) の上限を上回ると、正レンズ G 1 b p のアッベ数が大きくなりすぎて、望遠端における軸上色収差の合焦距離による変動が大きくなり、高い光学性能を得ることが困難となるため、好ましくない。

【 0 0 4 0 】

なお、式 (1) ~ (1 1) の数値範囲を以下のように設定すると、より好ましい。

0 . 3	f 1 b / f 1 a	3 . 2	(1 a)
4 0	1 b n	8 2	(2 a)
0 . 1 5	f 1 c / f 1 a	0 . 8 0	(3 a)
4 6	1 a n	6 5	(4 a)
0 . 2 5	f 1 / f 1 a	0 . 7 5	(5 a)
0 . 2 5	1 b	0 . 7 0	(6 a)
- 1 . 5 0	1 c	0	(7 a)
0 . 3 2	f 2 / f 1	0 . 7 6	(8 a)
0 . 3 2	f 4 / f 3	0 . 6 5	(9 a)
0 . 0 8	(L s p t - L s p w) / S k w	0 . 7 0	(1 0 a)
1 7	1 b p	3 5	(1 1 a)

また、式 (1) ~ (1 1) 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 . 4	f 1 b / f 1 a	1 . 5	(1 b)
4 0	1 b n	7 0	(2 b)
0 . 1 7	f 1 c / f 1 a	0 . 6 0	(3 b)
4 6	1 a n	6 2	(4 b)
0 . 2 8	f 1 / f 1 a	0 . 7 3	(5 b)
0 . 2 5	1 b	0 . 6 5	(6 b)
- 1 . 4 0	1 c	- 1 . 0 6	(7 b)
0 . 3 3	f 2 / f 1	0 . 8 0	(8 b)
0 . 3 3	f 4 / f 3	0 . 6 2	(9 b)
0 . 2	(L s p t - L s p w) / S k w	0 . 6	(1 0 b)
1 7	1 b p	2 5	(1 1 b)

以下、実施例 1 ~ 6 のそれぞれについて説明する。実施例 6 の後には、実施例 1 ~ 6 のそれぞれに対応する数値例 1 ~ 6 を示している。

[実施例 1]

図 1 に示す実施例 1 (数値例 1) のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の第 1 レンズ群 L 1、負の第 2 レンズ群 L 2、負の第 3 レンズ群 L 3、正の第 4 レンズ群 L 4 および正の第 5 レンズ群 (最終レンズ群) L 5 により構成されている。広角端から望遠端へのズームに際して、第 1 レンズ群 L 1 と第 5 レンズ群 L 5 は不動で、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 は移動し、第 4 レンズ群 L 4 はズームに伴う像面補償を行うために移動する。図中におけるこれらズーム時の移動群の下には、各移動群の広角端から望遠端へのズームに際しての移動軌跡を示している。このことは後述する他の実施例でも同じである。

【 0 0 4 1 】

開口絞り S P は、第 4 レンズ群 L 4 の最も物体側に配置され、広角端から望遠端へのズームに際して第 4 レンズ群 L 4 と一体で移動する。これにより、第 4 レンズ群 L 4 を小型軽量化している。

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50

第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスに際して不動の負の第1サブレンズ群L1a、移動する負の第2サブレンズ群L1bおよび不動の正の第3サブレンズ群L1cにより構成されている。第2サブレンズ群L1bは、図1における第2サブレンズ群L1bの下に矢印で示すように、無限遠合焦状態から至近端合焦状態へのフォーカスにおいて物体側へ移動する。この構成により、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間のフォーカスに際しての第2サブレンズ群L1bの移動量を短縮し、第1レンズ群L1（つまりはズームレンズ）の小型化と高い光学性能を両立している。第1サブレンズ群L1aは負レンズG1anを含み、第2サブレンズ群L1bは負レンズG1bnのみにより構成されている。

【0043】

10

第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、負レンズ、正レンズおよび負レンズにより構成されており、広角端における倍率色収差と望遠端での軸上色収差を効果的に抑制している。第3レンズ群L3は、1つの負レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第4レンズ群L4は、1つの正レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第5レンズ群L5は、3つの接合レンズを含み、全ズーム範囲での軸上色収差と倍率色収差を効果的に抑制して高い光学性能を得るために寄与している。

【0044】

数値例1において、面番号*i*は物体側から数えたときの面の順番を示す。*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*は第*i*面と第(*i*+1)面間の光学材料の*d*線における屈折率である。また、*d*は第*i*面と第(*i*+1)面間の光学材料の*d*線を基準としたアップベ数である。

20

【0045】

B*F*はバックフォーカス(mm)を表す。「バックフォーカス」は、ズームレンズの最終面(最も像側の面)から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものである。「レンズ全長」は、ズームレンズの最前面(最も物体側の面)から最終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。

【0046】

30

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、*X*を光軸方向での面頂点からの変位量、*H*を光軸に直交する方向における光軸からの高さ、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を非球面係数とすると、以下の式で表される。

【0047】

$$X = (H^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(H^2 / R^2)\}^{1/2}] + A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8$$

円錐定数および非球面係数の「*e*-*x*」は*x*10^{-*x*}を意味する。以上の数値例についての説明は、他の数値例でも同じである。

【0048】

40

数値例1における式(1)~(10)の条件に対する値を表1にまとめて示す。数値例1は、式(1)~(10)の条件を満足している。

【0049】

図2(A)、(B)および図3はそれぞれ、数値例1のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差(球面収差、非点収差、歪曲および色収差)を示している。球面収差図において、*F_{no}*は*F*ナンバーを示し、実線は*e*線(波長546.1nm)に対する球面収差を、破線は*g*線に対する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*はサジタル像面を、破線*M*はメリディオナル像面を示している。*ω*は半画角(°)である。歪曲図は*e*線に対する歪曲収差を示している。色収差図は*g*線における倍率色収差を示している。なお、球面収差図は0.4mmのス

50

ケールで、非点収差図は0.4mmのスケールで、歪曲図は5%のスケールで、倍率色収差図は0.05mmのスケールである。以上の縦収差図についての説明は、他の数値例でも同じである。

[実施例 2]

図4に示す実施例2(数値例2)のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の第1レンズ群L1、負の第2レンズ群L2、正の第3レンズ群L3、正の第4レンズ群L4および正の第5レンズ群(最終レンズ群)L5により構成されている。広角端から望遠端へのズームに際して、第1レンズ群L1と第5レンズ群L5は不動で、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3は移動し、第4レンズ群L4はズームに伴う像面補償を行うために移動する。

10

【0050】

開口絞りSPは、第4レンズ群L4の最も物体側に配置され、広角端から望遠端へのズームに際して第4レンズ群L4と一体で移動する。これにより、第1レンズ群L1を小型軽量化している。

【0051】

第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスに際して不動の負の第1サブレンズ群L1a、移動する負の第2サブレンズ群L1bおよび不動の正の第3サブレンズ群L1cにより構成されている。第2サブレンズ群L1bは、図4における第2サブレンズ群L1bの下に矢印で示すように、無限遠合焦状態から至近端合焦状態へのフォーカスにおいて物体側へ移動する。この構成により、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間のフォーカスに際しての第2サブレンズ群L1bの移動量を短縮し、ズームレンズの小型化と高い光学性能を両立している。第1サブレンズ群L1aは負レンズG1anを含み、第2サブレンズ群L1bは負レンズG1bnのみにより構成されている。

20

【0052】

第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、負レンズ、正レンズおよび負レンズにより構成されており、広角端における倍率色収差と望遠端での軸上色収差を効果的に抑制している。第3レンズ群L3は、1つの正レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第4レンズ群L4は、1つの正レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第5レンズ群L5は、3つの接合レンズを含み、全ズーム範囲での軸上色収差と倍率色収差を効果的に抑制して高い光学性能を得るために寄与している。

30

【0053】

数値例2における式(1)~(10)の条件に対する値を表1にまとめて示す。数値例2は、式(1)~(10)の条件を満足している。

【0054】

図5(A)、(B)および図6はそれぞれ、数値例2のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差を示している。

[実施例 3、4および5]

図7に示す実施例3(数値例3)に示すズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の第1レンズ群L1、負の第2レンズ群L2、負の第3レンズ群L3、正の第4レンズ群L4および正の第5レンズ群(最終レンズ群)L5により構成されている。広角端から望遠端へのズームに際して、第1レンズ群L1と第5レンズ群L5は不動で、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3は移動し、第4レンズ群L4はズームに伴う像面補償を行うために移動する。

40

【0055】

開口絞りSPは、第4レンズ群L4の最も物体側に配置され、広角端から望遠端へのズームに際して第4レンズ群L4と一体で移動する。これにより、第1レンズ群L1を小型軽量化している。

【0056】

50

第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスに際して不動の負の第1サブレンズ群L1a、移動する負の第2サブレンズ群L1bおよび不動の正の第3サブレンズ群L1cにより構成されている。第2サブレンズ群L1bは、図7における第2サブレンズ群L1bの下に矢印で示すように、無限遠合焦状態から至近端合焦状態へのフォーカスにおいて物体側へ移動する。この構成により、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間のフォーカスに際しての第2サブレンズ群L1bの移動量を短縮し、ズームレンズの小型化と高い光学性能を両立している。第1サブレンズ群L1aは負レンズG1anを含み、第2サブレンズ群L1bは負レンズG1bnと正レンズG1bpの接合レンズにより構成されている。

【0057】

10

第2レンズ群L2は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、負レンズ、正レンズおよび負レンズにより構成されており、広角端における倍率色収差と望遠端での軸上色収差を効果的に抑制している。第3レンズ群L3は、1つの負レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第4レンズ群L4は、1つの正レンズで構成されており、ズームに際しての移動群としての質量を削減し、これによりズームレンズの小型化に寄与している。第5レンズ群L5は、3つの接合レンズを含み、全ズーム範囲での軸上色収差と倍率色収差を効果的に抑制して高い光学性能を得るために寄与している。

【0058】

図10に示す実施例4（数値例4）のズームレンズおよび図13に示す実施例5（数値例5）のズームレンズは、実施例3のズームレンズと同じ構成を有する。

20

【0059】

数値例3～5における式(1)～(11)の条件に対する値を表1にまとめて示す。数値例3～5は、式(1)～(11)の条件を満足している。

【0060】

図8(A)、(B)および図9はそれぞれ、数値例3のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差を示している。図11(A)、(B)および図12はそれぞれ、数値例4のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差を示している。図14(A)、(B)および図15はそれぞれ、数値例5のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差を示している。

30

[実施例6]

図16に示す実施例6（数値例6）に示すズームレンズの第1レンズ群L1は、物体側から像側へ順に配置された、フォーカスに際して不動の負の第1サブレンズ群L1a、移動する負の第2サブレンズ群L1bおよび不動の正レンズ群、フォーカスに際して第2サブレンズ群と異なる軌跡で動く、第3サブレンズ群L1cにより構成されている。

【0061】

第2サブレンズ群L1bは、図16における第2サブレンズ群L1bの下に矢印で示すように、無限遠合焦状態から至近端合焦状態へのフォーカスにおいて物体側へ移動する。この構成により、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間のフォーカスに際しての第2サブレンズ群L1bの移動量を短縮し、ズームレンズの小型化と高い光学性能を両立している。

40

【0062】

第3サブレンズ群L1cは、図16における第2サブレンズ群L1cの下に矢印で示すように、無限遠合焦状態から至近端合焦状態へのフォーカスにおいて、第2サブレンズ群と異なる軌跡で物体側へ移動する。この構成により、無限遠合焦状態と至近端合焦状態との間のフォーカスに際して、第2サブレンズ群L1bと異なる軌跡で第3レンズ群を移動することにより、主に、広角端で発生するフォーカス時の画界の変化を抑制している。

【0063】

その他の構成については、実施例3のズームレンズと同じである

50

数値例 6 における式 (1) ~ (1 1) の条件に対する値を表 1 にまとめて示す。数値例 6 は、式 (1) ~ (1 1) の条件を満足している。

【 0 0 6 4 】

図 1 7 (A) 、 (B) および図 1 8 はそれぞれ、数値例 6 のズームレンズの無限遠合焦状態における広角端、中間ズーム位置および望遠端での縦収差を示している。

【 0 0 6 5 】

[数値例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d		
1 *	991.548	3.37	1.80400	46.5	L 1 a 始面	10
2	42.088	20.25				
3	-163.489	2.70	1.80400	46.5		
4		7.96				
5	-80.042	2.70	1.80440	39.6		
6	-162.452	0.27				
7	144.276	11.07	1.85478	24.8		
8	-168.272	14.52			L 1 a 終面	
9 *	-73.990	2.83	1.80400	46.5	L 1 b 始面	
10	-123.907	4.04			L 1 b 終面	20
11	6528.178	10.26	1.53775	74.7	L 1 c 始面	
12	-92.110	0.27				
13	126.599	2.70	1.85478	24.8		
14	61.810	19.44	1.43875	94.7		
15	-142.426	0.27				
16	81.264	12.15	1.49700	81.5		
17	-2294.246	0.27				
18	215.783	5.40	1.53775	74.7		
19	1076.468	(可変)			L 1 c 終面	
20	-1174.973	1.25	1.59410	60.5		30
21	50.118	4.93				
22	44841.950	1.25	1.80400	46.5		
23	43.302	5.77	1.84666	23.8		
24	706.498	5.08				
25	-57.278	1.25	1.78800	47.4		
26	-285.305	(可変)				
27	-134.322	1.40	1.49700	81.5		
28	408.233	(可変)				
29(絞り)		1.00				
30	60.610	6.22	1.80610	40.9		40
31 *	-1152.003	(可変)				
32	35.091	9.12	1.51633	64.1		
33	183.068	3.50				
34	51.347	1.30	2.00100	29.1		
35	23.756	12.77	1.43875	94.7		
36	-75.115	0.65				
37	75.629	9.33	1.89286	20.4		
38	-30.826	1.30	2.00069	25.5		
39	325.337	0.20				
40	112.843	1.20	2.00069	25.5		50

41	25.139	3.30	1.48749	70.2
42	33.640	10.03		
43	40.128	5.68	1.55200	70.7
44	199.989	(可変)		

像面

非球面データ

第1面

K = 0.000000e+00 A 4= 1.14842e-06 A 6=-1.72159e-10 A 8= 1.98738e-14

第9面

K = 0.000000e+00 A 4=-2.49108e-07 A 6=-6.83788e-12 A 8= 1.95803e-14

10

第31面

K = 0.000000e+00 A 4= 1.91955e-06 A 6= 1.03355e-10 A 8= 5.41766e-14

各種データ

ズーム比	2.85		
	広角	中間	望遠
焦点距離	24.50	37.17	69.82
Fナンバー	2.30	2.29	2.30
半画角(°)	41.45	30.20	17.22
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	310.00	310.00	310.00
BF	46.38	46.38	46.38
d19	2.91	25.41	47.91
d26	43.82	23.44	3.05
d28	3.66	7.77	3.18
d31	6.24	0.02	2.50
d44	46.38	46.38	46.38

20

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	52.98
2	20	-39.32
3	27	-202.59
4	29	71.18
5	32	113.11

30

[数値例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*	184.719	3.37	1.80400	46.5	L 1 a 始面
2	45.744	20.25			
3	-366.231	2.70	1.80400	46.5	
4	126.601	7.96			
5	-284.479	2.70	1.80440	39.6	
6	-592.664	0.27			
7	91.999	11.07	1.85478	24.8	
8	-405.950	14.52			L 1 a 終面
9*	-85.223	2.83	1.80400	46.5	L 1 b 始面
10	-882.526	4.04			L 1 b 終面
11	-1470.839	10.26	1.53775	74.7	L 1 c 始面
12	-84.976	0.27			
13	102.894	2.70	1.85478	24.8	

40

50

14	57.867	19.44	1.43875	94.7	
15	-165.704	0.27			
16	95.604	12.15	1.49700	81.5	
17	-211.175	0.27			
18	118.751	5.40	1.53775	74.7	
19	254.808	(可変)			L 1 c 終面
20	84.956	1.25	1.59410	60.5	
21	32.489	4.61			
22	255.100	1.25	1.80400	46.5	
23	75.200	1.86	1.84666	23.8	10
24	95.228	6.06			
25	-37.541	1.25	1.78800	47.4	
26	242.282	(可変)			
27	1209.392	3.04	1.92286	20.9	
28	-158.433	(可変)			
29(絞り)		1.00			
30	91.600	5.62	1.80610	40.9	
31*	-244.040	(可変)			
32	35.125	7.92	1.51633	64.1	
33	109.970	6.27			20
34	41.782	1.30	2.00100	29.1	
35	24.078	11.71	1.43875	94.7	
36	-93.871	0.65			
37	77.337	8.04	1.89286	20.4	
38	-32.772	1.30	2.00069	25.5	
39	-393.557	2.16			
40	-80.548	1.20	2.00069	25.5	
41	31.303	3.87	1.48749	70.2	
42	78.976	2.10			
43	141.146	4.40	1.55200	70.7	30
44	-64.370	(可変)			

像面

非球面データ

第1面

K = 0.000000e+00 A 4= 2.50833e-07 A 6= 5.57017e-11 A 8=-3.55786e-15

第9面

K = 0.000000e+00 A 4=-1.69154e-07 A 6=-7.03189e-12 A 8= 9.23468e-15

第31面

K = 0.000000e+00 A 4= 7.93532e-07 A 6= 9.37055e-11 A 8= 5.37078e-14

各種データ

ズーム比	2.85				40
	広角	中間	望遠		
焦点距離	24.50	36.65	69.83		
Fナンバー	2.30	2.29	2.30		
半画角(°)	41.45	30.56	17.21		
像高	21.64	21.64	21.64		
レンズ全長	310.00	310.00	310.00		
BF	49.50	49.50	49.50		
d19	4.15	26.65	49.15		
d26	2.00	6.01	10.02		50

d28	36.84	24.50	1.49
d31	20.19	6.01	2.50
d44	49.50	49.50	49.50

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	56.08
2	20	-22.15
3	27	150.27
4	29	82.77
5	32	104.03

10

[数値例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	4420.000	6.34	1.58913	61.1	L 1 a 始面
2	-249.930	0.20			
3	-1268.823	2.90	1.69680	55.5	
4	151.210	26.96			L 1 a 終面
5	-122.492	2.35	1.64000	60.1	L 1 b 始面
6	116.019	4.50	1.84669	23.9	
7	270.082	4.05			L 1 b 終面
8	437.925	8.90	1.49700	81.5	L 1 c 始面
9	-113.504	0.30			
10	184.954	2.30	1.84669	23.9	
11	81.804	12.44	1.49700	81.5	
12	-199.182	0.20			
13	76.238	9.46	1.71300	53.9	
14	365.206	(可変)			L 1 c 終面
15	1260.324	1.30	1.53775	74.7	
16	43.043	4.54			
17	-694.022	1.20	1.65412	39.7	
18	39.942	4.33	1.80808	22.7	
19	120.907	5.00			
20	-51.452	1.30	1.56883	56.4	
21	-342.666	(可変)			
22	-73.916	1.40	1.43875	94.7	
23	2437.000	(可変)			
24(絞り)		1.41			
25	85.661	6.28	1.89190	37.1	
26*	-191.502	(可変)			
27	45.603	6.39	1.71300	53.9	
28	278.988	1.88			
29	104.458	2.00	1.85478	24.8	
30	28.971	11.39	1.43875	94.7	
31	-113.841	3.61			
32	381.703	7.57	1.62041	60.3	
33	-33.958	1.30	1.80000	29.8	
34	-178.262	0.49			
35	114.848	7.94	1.89286	20.4	
36	-30.923	1.20	1.85025	30.1	

20

30

40

50

37 38.569 10.34
38 76.230 3.33 1.83481 42.7
39 1349.526 (可変)

像面
非球面データ
第26面

K = 0.000000e+00 A 4= 1.21740e-06 A 6=-3.38308e-11 A 8=-6.88824e-14

各種データ

ズーム比	2.89				
	広角	中間	望遠		10
焦点距離	45.23	72.47	130.93		
F ナンバー	2.28	2.28	2.28		
半画角(°)	27.16	17.75	10.05		
像高	23.20	23.20	23.20		
レンズ全長	282.58	282.58	282.58		
BF	53.60	53.60	53.60		
d14	3.68	29.19	54.70		
d21	37.27	9.96	4.81		
d23	3.02	10.88	2.61		
d26	19.90	13.85	1.75		20
d39	53.60	53.60	53.60		

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	108.94
2	15	-36.80
3	22	-163.07
4	24	66.65
5	27	96.99

[数値例 4]

単位 mm 30

面データ

面番号	r	d	nd	d		
1	1922.507	5.86	1.58913	61.1	L 1 a 始面	
2	-286.210	0.20				
3	498.754	2.90	1.69680	55.5		
4	104.455	28.24			L 1 a 終面	
5	-126.974	2.35	1.88300	40.8	L 1 b 始面	
6	296.167	3.56	1.95906	17.5		
7	-10606.900	4.05			L 1 b 終面	
8	-1724.570	8.09	1.49700	81.5	L 1 c 始面	40
9	-101.685	0.30				
10	158.900	2.30	1.84669	23.9		
11	85.064	10.41	1.49700	81.5		
12	-249.215	0.20				
13	78.263	10.96	1.71300	53.9		
14	629.155	(可変)			L 1 c 終面	
15	-407.678	1.30	1.53775	74.7		
16	44.750	4.10				
17	-1003.011	1.20	1.65412	39.7		
18	41.000	5.86	1.80808	22.7		50

19	117.400	5.08		
20	-50.491	1.30	1.56883	56.4
21	-181.162	(可変)		
22	-70.107	1.40	1.43875	94.7
23	3927.004	(可変)		
24(絞り)		2.40		
25	91.798	7.51	1.89190	37.1
26*	-158.716	(可変)		
27	45.603	6.39	1.71300	53.9
28	278.988	1.88		
29	104.458	2.00	1.85478	24.8
30	28.971	11.39	1.43875	94.7
31	-113.841	3.61		
32	381.703	7.57	1.62041	60.3
33	-33.958	1.30	1.80000	29.8
34	-178.262	0.49		
35	114.848	7.94	1.89286	20.4
36	-30.923	1.20	1.85025	30.1
37	38.569	10.34		
38	76.230	3.33	1.83481	42.7
39	526.280	(可変)		

10

20

像面

非球面データ

第26面

K = 0.00000e+00 A 4= 1.12624e-06 A 6=-1.78417e-11 A 8=-6.44693e-14

各種データ

ズーム比	2.87		
	広角	中間	望遠
焦点距離	45.22	71.35	129.97
Fナンバー	2.28	2.28	2.28
半画角(°)	27.16	18.01	10.12
像高	23.20	23.20	23.20
レンズ全長	283.25	283.25	283.25
BF	53.60	53.60	53.60
d14	3.68	29.08	54.47
d21	36.16	12.42	4.27
d23	3.05	9.14	2.40
d26	19.75	12.00	1.49
d39	53.60	53.60	53.60

30

レンズ群データ

40

群	始面	焦点距離
1	1	107.40
2	15	-36.74
3	22	-156.57
4	24	65.73
5	27	102.59

[数値例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
-----	---	---	----	---

50

1	516.540	9.64	1.54072	47.2	L 1 a 始面	
2	-222.109	0.20				
3	-373.732	3.00	1.64000	60.1		
4	125.124	29.41			L 1 a 終面	
5	-132.505	2.40	1.77250	49.6	L 1 b 始面	
6	263.081	3.97	1.92286	18.9		
7	1651.195	1.37			L 1 b 終面	
8	581.972	7.62	1.71300	53.9	L 1 c 始面	
9	-138.468	0.30				
10	195.533	2.50	1.85478	24.8		10
11	77.806	12.48	1.43875	94.7		
12	-241.835	0.20				
13	75.207	9.54	1.71300	53.9		
14	548.991	(可変)			L 1 c 終面	
15	201.621	1.50	1.43875	94.7		
16	38.116	5.50				
17	-764.821	1.50	1.65412	39.7		
18	40.468	4.93	1.85478	24.8		
19	119.528	4.49				
20	-62.581	1.50	1.88300	40.8		20
21	-170.328	(可変)				
22	-63.927	1.50	1.49700	81.5		
23	291.433	(可変)				
24(絞り)		1.38				
25	86.002	6.61	1.95375	32.3		
26*	-214.142	(可変)				
27	68.275	1.50	1.85478	24.8		
28	29.252	11.55	1.43875	94.7		
29	-1316.992	0.20				
30	136.410	7.78	1.53775	74.7		30
31	-65.565	3.18				
32	-41.581	1.50	1.67983	31.6		
33	50.290	15.34	1.85721	42.6		
34	-53.432	0.19				
35	51.610	10.90	1.89286	20.4		
36	-52.319	1.30	1.85478	24.8		
37	29.154	2.61				
38	45.307	5.31	1.51815	78.9		
39	242.768	(可変)				
像面						40
非球面データ						
第26面						
K = 0.00000e+00 A 4= 1.15159e-06 A 6=-1.41454e-10 A 8= 8.77973e-14						
各種データ						
ズーム比	2.88					
	広角	中間	望遠			
焦点距離	31.20	49.80	89.85			
Fナンバー	1.51	1.51	1.51			
半画角(°)	25.38	16.55	9.35			
像高	14.80	14.80	14.80			50

レンズ全長	280.89	280.89	280.89
BF	42.40	42.40	42.40
d14	0.80	28.19	55.59
d21	29.28	8.15	3.94
d23	9.29	11.26	2.12
d26	26.24	18.00	3.95
d39	42.40	42.40	42.40

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	115.26
2	15	-44.22
3	22	-105.03
4	24	64.56
5	27	62.46

10

[数値例 6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	7672.555	6.65	1.58913	61.1
2	-225.147	0.20		
3	-767.344	2.90	1.69680	55.5
4	198.409	25.92		
5	-112.010	2.35	1.64000	60.1
6	123.220	4.60	1.84669	23.9
7	353.607	4.38		
8	5064.449	7.51	1.49700	81.5
9	-109.123	0.30		
10	217.899	2.30	1.84669	23.9
11	84.173	12.63	1.49700	81.5
12	-168.758	3.49		
13	74.875	8.75	1.71300	53.9
14	392.574	(可変)		
15	-7053.255	1.30	1.53775	74.7
16	43.049	5.32		
17	-171.199	1.20	1.65412	39.7
18	47.388	4.43	1.80808	22.7
19	236.909	4.09		
20	-55.824	1.30	1.56883	56.4
21	-330.848	(可変)		
22	-74.569	1.40	1.43875	94.7
23	1960.366	(可変)		
24(絞り)		1.42		
25	87.533	6.00	1.89190	37.1
26*	-186.364	(可変)		
27	45.603	6.39	1.71300	53.9
28	278.988	1.88		
29	104.458	2.00	1.85478	24.8
30	28.971	11.39	1.43875	94.7
31	-113.841	3.61		
32	381.703	7.57	1.62041	60.3

20

30

40

50

33	-33.958	1.30	1.80000	29.8
34	-178.262	0.49		
35	114.848	7.94	1.89286	20.4
36	-30.923	1.20	1.85025	30.1
37	38.569	10.34		
38	76.230	3.33	1.83481	42.7
39	848.576	(可変)		

像面

非球面データ

第26面

10

K = 0.00000e+00 A 4= 1.17356e-06 A 6=-2.93279e-11 A 8=-7.86095e-14

各種データ

ズーム比	2.90		
	広角	中間	望遠
焦点距離	45.23	70.57	130.93
Fナンバー	2.28	2.28	2.28
半画角(°)	27.16	18.20	10.05
像高	23.20	23.20	23.20
レンズ全長	280.19	280.19	280.19
BF	52.91	52.91	52.91
d14	1.49	25.89	52.41
d21	36.68	11.42	4.68
d23	4.01	11.02	2.90
d26	19.22	13.07	1.41
d39	52.91	52.91	52.91

20

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	108.84
2	15	-37.13
3	22	-163.28
4	24	67.05
5	27	99.03
【 0 0 6 6 】		

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	実施例6
条件式(1)	3.20	1.00	0.40	0.43	0.57	0.27
条件式(2)	46.50	46.50	60.10	40.80	49.60	60.08
条件式(3)	0.85	0.48	0.17	0.19	0.22	0.22
条件式(4)	46.53	46.53	55.53	55.53	60.08	55.53
条件式(5)	0.73	0.48	0.29	0.31	0.38	-5.34
条件式(6)	0.62	0.37	0.27	0.29	0.34	0.20
条件式(7)	-1.18	-1.30	-1.06	-1.07	-1.11	0.00
条件式(8)	0.74	0.39	0.34	0.34	0.38	-0.34
条件式(9)	-0.35	0.55	-0.41	-0.42	-0.62	-0.41
条件式(10)	0.08	0.36	0.34	0.34	0.53	0.34
条件式(11)	-	-	23.86	17.47	18.90	23.86
f1a	-72.93	-116.92	-375.97	-348.07	-302.55	-580.97
f1b	-233.19	-116.92	-151.15	-151.15	-171.56	-154.81
v1bn	46.50	46.50	60.10	40.80	49.60	60.08
f1c	62.31	55.71	65.64	64.72	67.18	127.73
v1an	46.53	46.53	55.53	55.53	60.08	55.53
f1	52.98	56.08	108.94	107.40	115.26	108.84
$\beta 1b$	0.62	0.37	0.27	0.29	0.34	0.20
$\beta 1c$	-1.18	-1.30	-1.06	-1.07	-1.11	0.00
f2	-39.32	-22.15	-36.80	-36.74	-44.22	-37.13
f3	-202.59	150.27	-163.07	-156.57	-105.03	-163.28
f4	71.18	82.77	66.65	65.73	64.56	67.05
Lspt-Lspw	3.74	17.69	18.15	18.26	22.28	17.81
skw	46.38	49.50	53.60	53.60	42.40	52.91
v1bp	-	-	23.86	17.47	18.90	23.86

【0067】

図19は、実施例1～6のズームレンズを撮像光学系として用いた撮像システム125の構成を示している。101は実施例1～6のいずれかのズームレンズである。124は撮像装置としてのカメラ本体である。ズームレンズ101はカメラ本体124に対して着脱（交換）可能に装着されている。

【0068】

ズームレンズ101は第1レンズ群F、ズーム部LZおよび結像レンズ群Rを有する。第1レンズ群Fは、各実施例にて説明したように、フォーカスにおいて不動の第1および第3サブレンズ群とフォーカスのために移動する第2サブレンズ群を含んでいる。ズーム部LZは、ズームにおいて移動する少なくとも3つの移動群が含まれている。開口絞りSPは、ズーム部LZと結像レンズ群Rとの間に配置されている。ズームレンズ101は、第2サブレンズ群およびズーム部LZを光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構114、115を有する。

【 0 0 6 9 】

また、ズームレンズ 1 0 1 は、駆動機構 1 1 4、1 1 5 および開口絞り S P を駆動する電動アクチュエータ（モータ等）1 1 6、1 1 7、1 1 8 とこれらを制御する制御部 1 2 2 を有する。第 2 サブレンズ群およびズーム部 L Z を構成するレンズ群の位置や開口絞り S P の絞り径は、エンコーダ、ポテンショメータまたはフォトセンサ等の検出器 1 1 9、1 2 0、1 2 1 により検出され、これらの検出結果に応じて制御部 1 2 2 により制御される。

【 0 0 7 0 】

カメラ本体 1 2 4 には、光学フィルタ等のガラスブロック 1 0 9 と、ズームレンズ 1 0 1 により形成された被写体像を撮像する（撮像光学系を介して被写体を撮る）C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子 1 1 0 が設けられている。

10

【 0 0 7 1 】

このように各実施例のズームレンズを用いて撮像を行うことで、良好な撮像画像を得ることができる。

【 0 0 7 2 】

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 7 3 】

L 1 第 1 レンズ群

20

L 2 第 2 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群

L 4 第 4 レンズ群

L 5 第 5 レンズ群

L 1 a 第 1 サブレンズ群、

L 1 b 第 2 サブレンズ群

L 1 c 第 3 サブレンズ群

S P 開口絞り

I P 像面

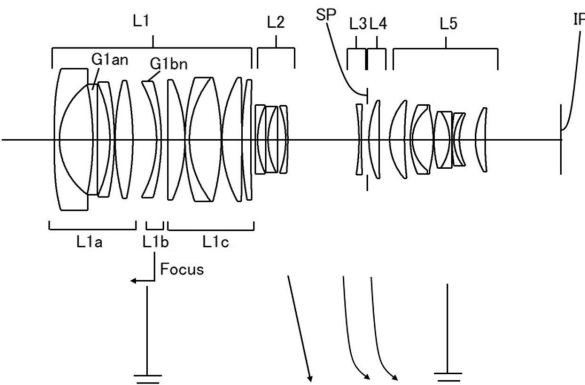
30

40

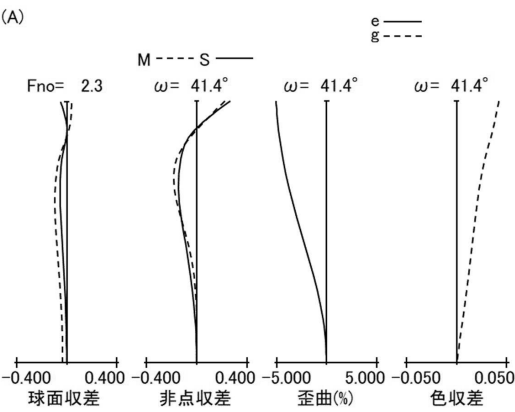
50

【図面】

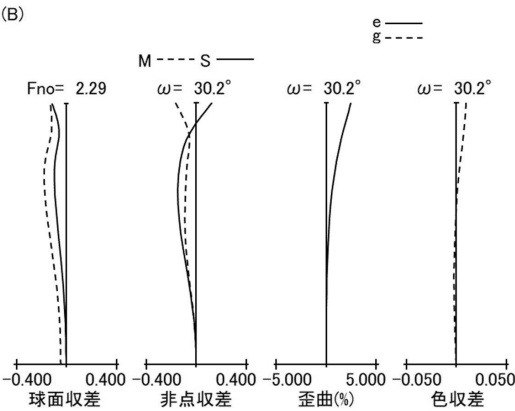
【図 1】



【図 2】

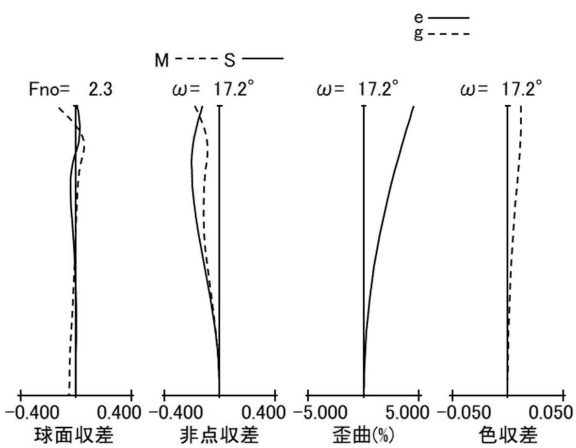


10



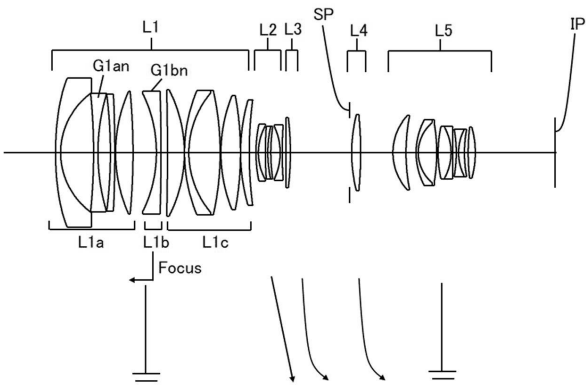
20

【図 3】



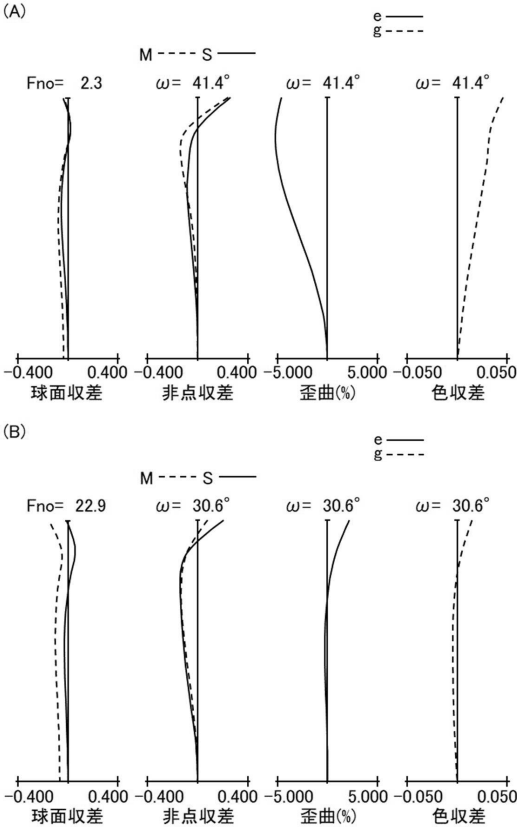
40

【図 4】

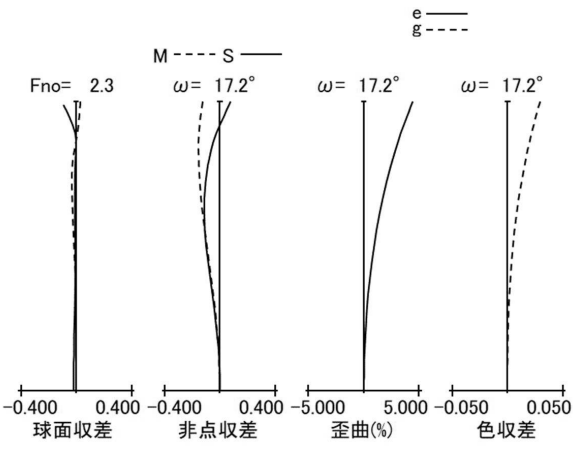


30

【 図 5 】



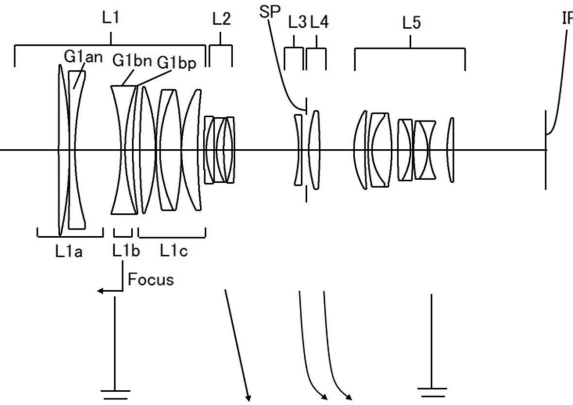
【 図 6 】



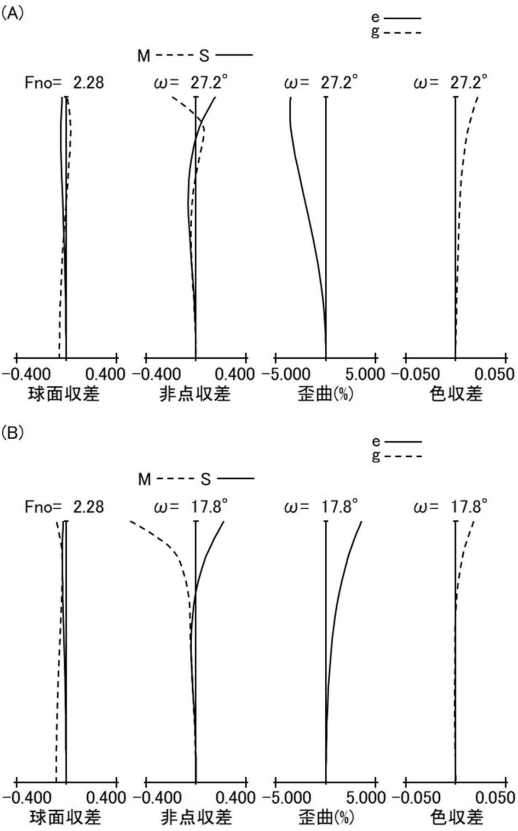
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

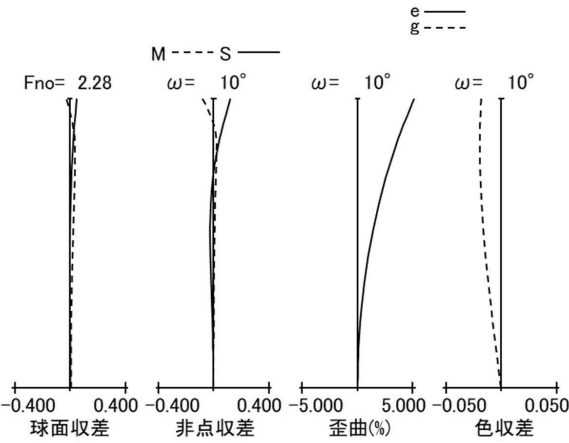


30

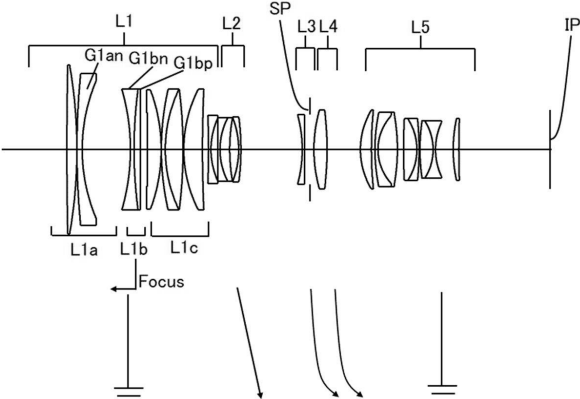
40

50

【図 9】

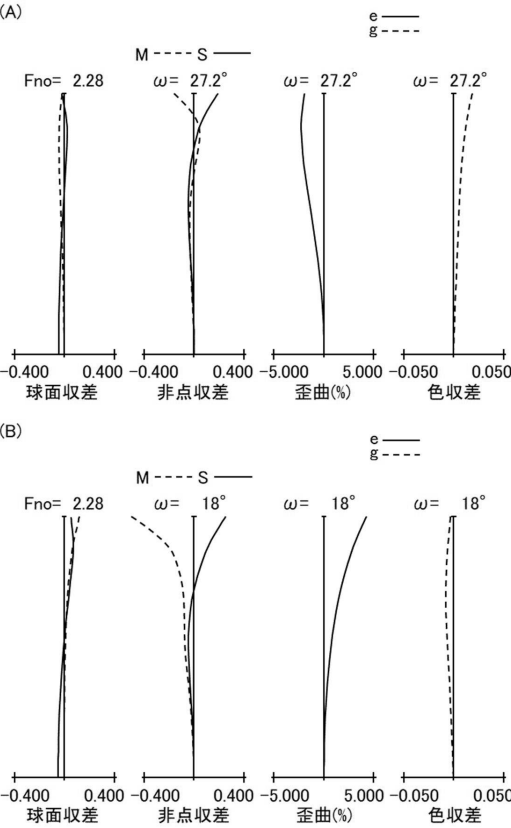


【図 10】

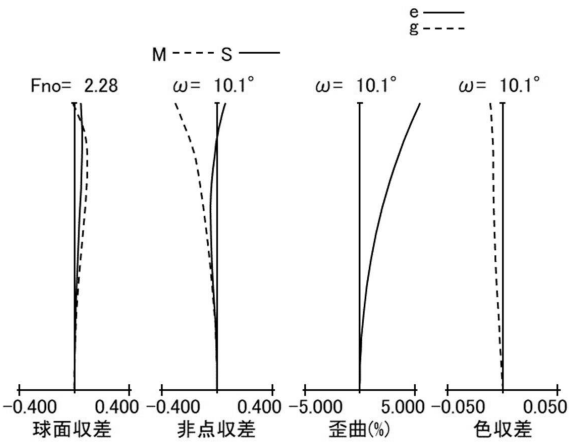


10

【図 11】



【図 12】



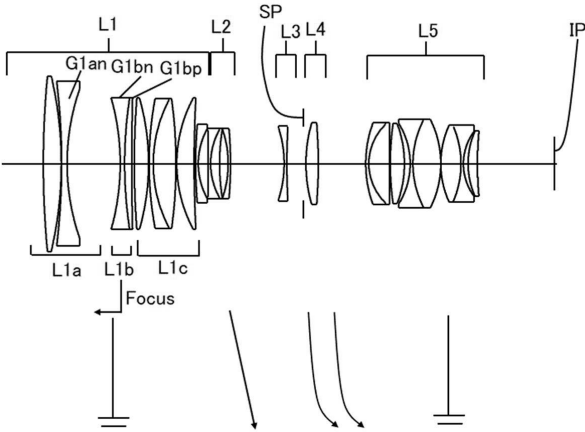
20

30

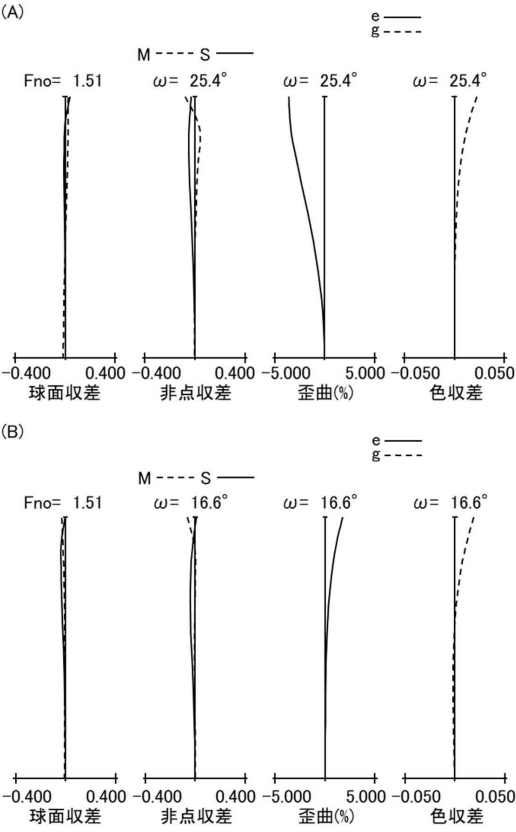
40

50

【図 1 3】



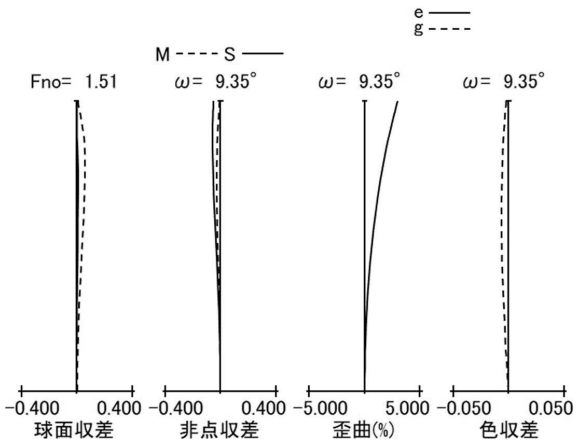
【図 1 4】



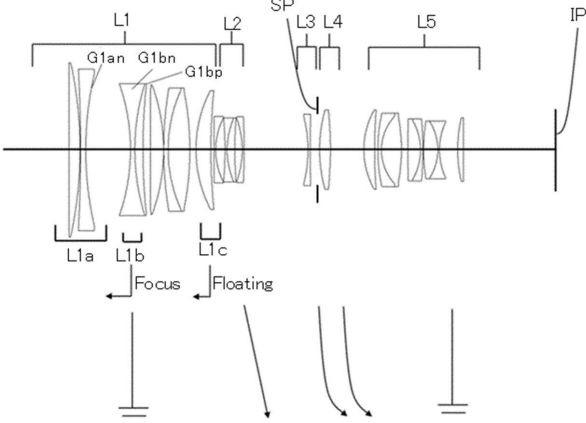
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

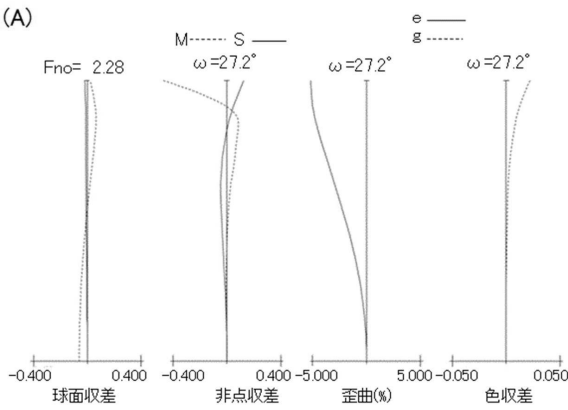


30

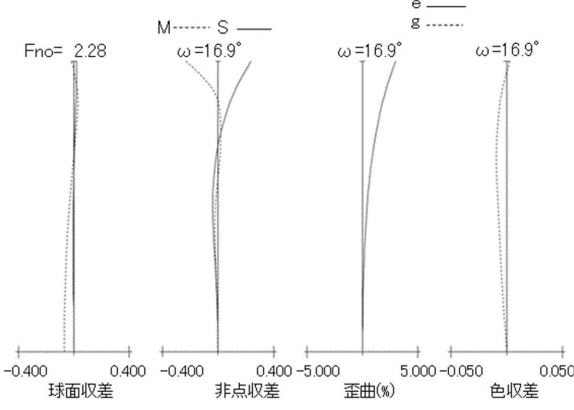
40

50

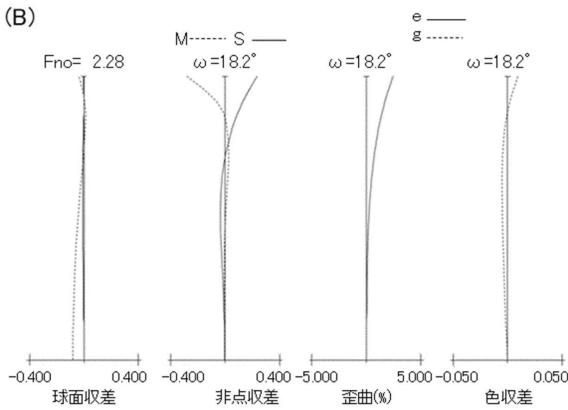
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

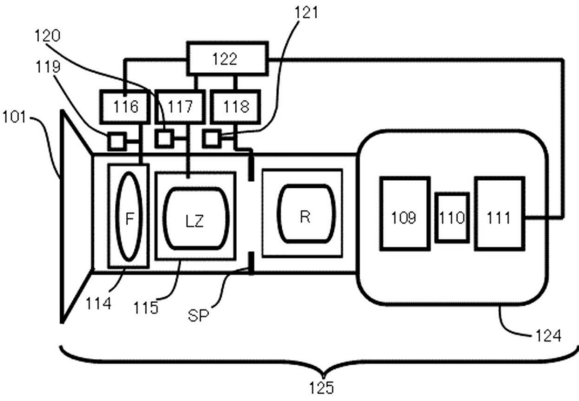


10



20

【 図 1 9 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 1 - 0 6 7 7 0 3 (J P , A)
特開昭 6 3 - 2 3 7 0 2 0 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 0 9 1 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 3 0 9 7 6 1 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 1 8 0 8 3 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 6 0 2 6 5 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 3 9 9 4 5 (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