

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-181720

(P2017-181720A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/167 (2006.01)	G 0 2 B 15/167	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2016-67562 (P2016-67562)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成28年3月30日 (2016. 3. 30)		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	100094112
			弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

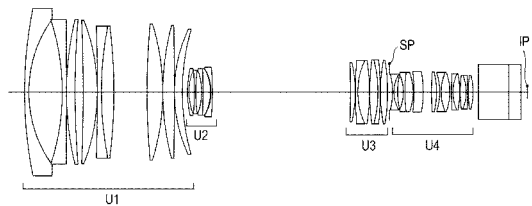
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 広画角、高倍率で全ズーム範囲に渡り高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置を提供すること。

【解決手段】 物体側から像側へ順に、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する第1レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力を有する第2レンズ群、変倍に際して少なくとも1群以上が移動する正の屈折力を有する変倍レンズ群、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する最終レンズ群を有するズームレンズであり、前記最終レンズ群は正レンズL_pxを含み、該正レンズL_pxの部分分散比と焦点距離、前記最終レンズ群の焦点距離は所定の条件を満たし、前記最終レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッベ数の平均値、前記最終レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッベ数の平均値は所定の条件を満足することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する第 1 レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力を有する第 2 レンズ群、変倍に際して少なくとも 1 群以上が移動する正の屈折力を有する変倍レンズ群、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する最終レンズ群を有するズームレンズであり、

前記最終レンズ群は正レンズ L_{px} を含み、該正レンズ L_{px} の部分分散比と焦点距離をそれぞれ θ_x と f_x 、前記最終レンズ群の焦点距離を f_R としたとき、

$$0.621 < \theta_x < 0.711$$

$$0.8 < f_x / f_R < 2.1$$

10

なる条件式を満足し、

前記最終レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_p と v_p 、前記最終レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_n と v_n としたとき、

$$|(\theta_p - \theta_n) / (v_n - v_p)| < 1.5 \times 10^{-3}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

なお、アッペ数 v 、部分分散比 θ は、フラウンフォーファ線の g 線 (435.8 nm)、 F 線 (486.1 nm)、 d 線 (587.6 nm)、 C 線 (656.3 nm) に対する屈折率をそれぞれ N_g 、 N_F 、 N_d 、 N_C としたとき、

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

$$\theta = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

20

で表されるものとする。

【請求項 2】

前記ズームレンズは 4 群ズームレンズであり、物体側より像側へ順に、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、前記変倍レンズ群、前記最終レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記ズームレンズは 5 群ズームレンズであり、物体側より像側へ順に、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 3 レンズ群、前記変倍レンズ群、前記最終レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

30

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群と前記最終レンズ群の間に配置された絞りを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記変倍レンズ群と前記最終レンズ群の間に配置された絞りを有することを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記正レンズ L_{px} の物体側の面頂点から前記絞りまでの光軸上の距離を D_x 、前記最終レンズ群の最も物体側の面頂点から最も像側の面頂点までの光軸上の距離を D_R としたとき、

$$0.85 < D_x / D_R < 0.99$$

40

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記最終レンズ群は負レンズ L_{ny} を含み、該負レンズ L_{ny} の光学材料の屈折率と部分分散比をそれぞれ n_y と θ_y 、該負レンズ L_{ny} の物体側の面頂点から前記絞りまでの光軸上の距離を D_y 、前記最終レンズ群の最も物体側の面頂点から最も像側の面頂点までの光軸上の距離を D_R としたとき、

$$1.85 < n_y < 2.20$$

$$0.560 < \theta_y < 0.620$$

$$0.75 < D_y / D_R < 0.98$$

50

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記最終レンズ群は負レンズ L_{nz} を含み、該負レンズ L_{nz} の光学材料の部分分散比を θ_z 、該負レンズ L_{nz} の焦点距離を f_z 、該負レンズ L_{nz} の物体側の面頂点から前記絞りまでの光軸上の距離を D_z 、前記最終レンズ群の最も物体側の面頂点から最も像側の面頂点までの光軸上の距離を D_R としたとき、

$$\begin{aligned} -1.744 \times 10^{-3} \times v_z + 0.6536 &< \theta_z \\ &< -1.744 \times 10^{-3} \times v_z + 0.7177 \\ -3.5 &< f_z / f_R < -0.4 \\ |D_z / D_R| &< 0.7 \end{aligned}$$

10

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

【請求項 9】

前記第 2 レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_{2p} と v_{2p} 、前記第 2 レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_{2n} と v_{2n} としたとき、

$$1.2 \times 10^{-3} < (\theta_{2p} - \theta_{2n}) / (v_{2n} - v_{2p}) < 6.0 \times 10^{-3}$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された光学像を受光する固体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、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、特に放送用テレビカメラ、映画用カメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、テレビカメラや映画用カメラ、写真用カメラ等の撮像装置には、広画角、高ズーム比かつ高い光学性能を有したズームレンズが要望されている。特に、プロフェッショナルの動画撮影システムとしてのテレビ、映画用カメラに用いられている CCD や CMOS 等の撮像デバイスは、撮像範囲全体が略均一の解像力を有している。そのため、これを用いるズームレンズに対しては、画面中心から画面周辺まで解像力が略均一で、色収差の少ないことが要求されている。

30

【0003】

広画角、高ズーム比のズームレンズとして、物体側から順に正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 $(R - 1)$ レンズ群、正の屈折力の第 R レンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている。例えば、特許文献 1 では、変倍比 8 程度、広角端の半画角 44° 程度のズームレンズが開示されている。また、特許文献 2 では、変倍比 11 程度、広角端の半画角 38° 程度のズームレンズが開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 176118 号公報

【特許文献 2】特開 2013 - 221999 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 5 】

前述した特許文献には、異常分散性を有する光学材料を用いて色収差を良好に補正し、高い光学性能を有した4群ズームレンズが記載されている。高いズーム倍率を有するズームレンズにおいて高い光学性能を維持するには基準波長に加え色収差のズーム変動を良好に補正することが重要であり、特に広角端における倍率色収差および望遠端における軸上色収差を良好に補正することが重要である。

【 0 0 0 6 】

例えば、広角端において倍率色収差の2次スペクトルを補正する為には、開口絞りよりも像面側で正の屈折力を有するレンズ（以下、正レンズとも言う）に異常分散性を有する材料を使用することが有効である。しかしながら比較的Fナンバーの小さい（明るい）光学系である場合、少なからず軸上光線もそのレンズによる影響を受けてしまうため、軸上色収差が過補正になりやすい。例えば異常分散特性を有する光学材料を用いて広角端の倍率色収差を補正した場合、軸上色収差もズーム全域で一定のオフセット補正が掛かったような影響となる。前述のような4群ズームレンズにおいて、倍率色収差が目立ちやすい広角側で良好な補正を達成しつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、特にズームングに際して不動の第Rレンズ群の色収差補正バランスを適切に設定することが重要となる。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献1に開示されている技術を用いたズームレンズは倍率が低めの想定であり、更なる高倍率化を図る場合に倍率色収差と軸上色収差をズーム全域にわたり良好に補正するのが困難になってくる。また、特許文献2に開示されているズームレンズは、異常分散性を有する材料からなる正のパワーのレンズが絞り付近に配置されており、広角端の倍率色収差補正に最適な配置とはなっていない。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は異常分散性を有する材料からなる正レンズの配置やパワーを適切に設定し、且つ、第Rレンズ群として有する色収差補正能力を適切に設定することで、広画角、高ズーム比でありながら、広角端における倍率色収差および望遠端における軸上色収差を良好に補正するズームレンズの提供を目的とする。具体的には、広角端の半画角35度以上、変倍比18倍以上で、高い光学性能を有したズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する第1レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力を有する第2レンズ群、変倍に際して少なくとも1群以上が移動する正の屈折力を有する変倍レンズ群、変倍のためには移動しない正の屈折力を有する最終レンズ群を有し、前記最終レンズ群は正レンズ L_{px} を含み、該正レンズ L_{px} の部分分散比と焦点距離をそれぞれ θ_x と f_x 、前記最終レンズ群の焦点距離を f_R としたとき、

$$0.621 < \theta_x < 0.711$$

$$0.8 < f_x / f_R < 2.1$$

なる条件式を満足し、前記最終レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_p と v_p 、前記最終レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_n と v_n としたとき、

$$|(\theta_p - \theta_n) / (v_n - v_p)| < 1.5 \times 10^{-3}$$

なる条件式を満足することを特徴とする。なお、アッペ数 v 、部分分散比 θ は、フラウンフォーア線のg線(435.8nm)、F線(486.1nm)、d線(587.6nm)、C線(656.3nm)に対する屈折率をそれぞれ N_g 、 N_F 、 N_d 、 N_C としたとき、

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

$$\theta = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

で表されるものとする。

【発明の効果】

【0010】

第 R レンズ群に異常分散性の高い正レンズを適切なパワーで配置すると同時に、第 R レンズ群の色収差補正バランスを適切に設定することで、広画角、高ズーム比を達成しつつ、広角端の倍率色収差及びズーム全域の軸上色収差を良好に補正したズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】数値実施例 1 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 2】数値実施例 1 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

10

【図 3】数値実施例 2 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 4】数値実施例 2 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

【図 5】数値実施例 3 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 6】数値実施例 3 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

【図 7】数値実施例 4 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 8】数値実施例 4 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

20

【図 9】数値実施例 5 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 10】数値実施例 5 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

【図 11】数値実施例 6 の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 12】数値実施例 6 の広角端 (a)、ズーム中間 (b)、望遠端 (c) で無限遠合焦時の収差図

【図 13】硝材のアッベ数と部分分散比の分布図

【図 14】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0012】

30

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

まず、本発明のズームレンズの特徴について、各条件式に沿って説明する。本発明のズームレンズは、広画角、高ズーム比で、特に広角端の倍率色収差とズーム全域の軸上色収差を良好に補正するために、後述する第 R レンズ群（最終レンズ群）に含まれる正レンズのパワーや部分分散比、及び、第 R レンズ群全体の色収差補正バランスを適切に規定している。

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群、負の屈折力を有する第 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 (R - 1) レンズ群（変倍レンズ群）、正の屈折力を有する第 R レンズ群（最終レンズ群）を有している。本発明のズームレンズは 4 群または 5 群からなるズームレンズを想定している。4 群ズームレンズの場合は、(R - 1) 群は第 3 レンズ群を、R 群は第 4 レンズ群を指す。5 群ズームレンズの場合は、(R - 1) 群は第 4 レンズ群を、R 群は第 5 レンズ群を指す。

40

【0014】

第 1 レンズ群と第 R レンズ群は変倍のためには移動せず、第 2 レンズ群と第 (R - 1) レンズ群は変倍に際して移動する。第 R レンズ群に配置された正レンズの部分分散比と焦点距離をそれぞれ θ_x と f_x 、第 R レンズ群の焦点距離を f_R 、第 R レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッベ数の平均値をそれぞれ θ_p と v_p 、第 R レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッベ数の平均値をそれぞれ θ_n と v_n としたとき、

50

$$0.621 < \theta_x < 0.711 \quad \cdots (1)$$

$$0.8 < f_x / f_4 < 2.1 \quad \cdots (2)$$

$$|(\theta_p - \theta_n) / (v_n - v_p)| < 1.5 \times 10^{-3} \quad \cdots (3)$$

を満たしている。

【0015】

ここで、本実施例で用いている光学素子（レンズ）の材料の部分分散比 θ_{gF} とアッペ数 v_d は次のとおりである。フラウンホーファ線の g 線（435.8 nm）、 F 線（486.1 nm）、 d 線（587.6 nm）、 C 線（656.3 nm）に対する屈折率をそれぞれ N_g 、 N_F 、 N_d 、 N_C とする。アッペ数 v_d 、 g 線と F 線に関する部分分散比 θ_{gF} は（a）式、（b）式のとおりである。

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C) \quad \cdots (a)$$

$$\theta_{gF} = (N_g - N_F) / (N_F - N_C) \quad \cdots (b)$$

【0016】

本発明で用いる第 R レンズ群に含まれる正レンズのアッペ数 v_x や平均アッペ数 v_p 、 v_n などは、それぞれ対象となるレンズの材料特性に関して（a）式で算出した値を採用する。また、第 R レンズ群に含まれる正レンズの部分分散比 θ_x や平均部分分散比 θ_p 、 θ_n などにはそれぞれ対象となるレンズの材料特性に関して（b）式で算出した値を採用する。

【0017】

本発明のズームレンズは、正の屈折力を有する第 1 レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力を有する第 2 レンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズである。正の屈折力を有する第 1 レンズ群は、物体側から像側の順に、負の屈折力を有する第 1 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 1 2 レンズ群、正の屈折力を有する第 1 3 レンズ群のようなサブユニット構成を有していても良い。上述の構成とすることにより、特に広画角でフォーカスによる収差変動の抑制に優れた第 1 レンズ群を得ることが出来る。屈折力が負の第 2 レンズ群及び正の第（ $R - 1$ ）レンズ群が広角端から望遠端への変倍に際して間隔が狭まるように移動し、高ズーム比を達成し易いズームタイプを採用している。本発明のズームレンズでは絞りは第 R レンズ群の物体側に配置しているが、第 2 レンズ群より像側で第 R レンズ群より物体側に配置するのが好ましい。また第 R レンズ群内に含んでいても良い。第 R レンズ群は正の屈折力を有し、変倍のためには移動しない。第 R レンズ群は後述するようなサブユニット構成を想定しても良い。第（ $R - 1$ ）レンズ群からの収斂光束を受けて発散光束として射出する負の屈折力を有する物体側サブレンズ群を有しても良い。また、異なるレンズ群を光路中に挿抜してレンズ全系の焦点距離を変換する焦点距離変換光学系を有しても良い。また、その変換光学系の像側に配置されて光束を結像へと導く正の屈折力を有する像側サブレンズ群などを有しても良い。上述のような構成で第 R レンズ群を構成すると、レンズ群の一部のレンズ構成を挿抜するだけで、更なる長焦点距離化の要望に対応することが可能である。

【0018】

（1）式は、第 R レンズ群に含まれる正レンズの部分分散比を規定している。以下、この異常分散性を有する正レンズを「正レンズ L_{px} 」と表現する。（1）式を満たすことで、ズームレンズの広角端でオーバーバランスに増大し易い倍率色収差を適切なバランスに補正することが可能となる。

【0019】

ここで、第 R レンズ群の該正レンズ L_{px} に採用する材料の部分分散比と倍率色収差の関係について説明する。図 13 に示すように、現存する光学材料はアッペ数 v_d に対し部分分散比 θ_{gF} が狭い範囲に分布しており、 v_d が小さいほど θ_{gF} が大きい傾向を持っている。所定の屈折力 ϕ で、正の屈折力 ϕ_p 、負の屈折力 ϕ_n 、アッペ数 v_p 、 v_n 、軸上近軸光線の入射高 h 、瞳近軸光線の入射高 H 、の 2 枚のレンズ G_p 、 G_n で構成される薄肉密着系の軸上色収差係数 L 、倍率色収差係数 T は以下の（c）式及び（d）式で表わされる。

10

20

30

40

50

$$L = h \times h \times (\Phi_p / v_p + \Phi_n / v_n) \cdots (c)$$

$$T = h \times H \times (\Phi_p / v_p + \Phi_n / v_n) \cdots (d)$$

【0020】

ここで、

$$\Phi = \Phi_p + \Phi_n \cdots (e)$$

とする。また、軸上近軸光線及び瞳近軸光線は、次のように定義される光線である。軸上近軸光線は、光学系全系の広角端の焦点距離を1に規格化し、光学系に光軸と平行に、入射高を1として入射させた近軸光線である。瞳近軸光線は、光学系全系の広角端の焦点距離を1に規格化し、撮像面の最大像高に入射する光線の内、光学系の入射瞳と光軸との交点を通過する近軸光線である。

10

【0021】

(c)式及び(d)式の各レンズの屈折力は、(e)式が $\Phi = 1$ となるように規格化されている。3枚以上で構成される場合も同様に考えることができる。(c)式及び(d)式において、 $L = 0$ 及び $T = 0$ とするとC線-F線の軸上及び像面上での結像位置が合致する。このように、ある特定の2波長に対する色収差を補正することを、一般的に2波長色消し(1次スペクトル補正)と呼ぶ。特に高倍率のズームレンズでは、変倍に伴う色収差変動を抑制するために、各レンズ群の色収差、すなわちL及びTが概ねゼロ近傍となるように補正される。

【0022】

この時、物体距離を無限遠として光束を入射した場合のF線に対するg線の軸上色収差のずれ量及び倍率色収差のずれ量を、それぞれ軸上色収差の2次スペクトル量 Δs 、倍率色収差の2次スペクトル量 Δy として定義すると、

$$\Delta s = -h \times h \times (\theta_p - \theta_n) / (v_p - v_n) \times f \cdots (f)$$

$$\Delta y = -h \times H \times (\theta_p - \theta_n) / (v_p - v_n) \times Y \cdots (g)$$

であらわされる。ここで、fはレンズ全系の焦点距離、Yは像高とする。このように、更に特定の波長を加えて、ある特定の3波長に対する色収差を補正することを、一般的に3波長色消し(2次スペクトル補正)と呼ぶ。

20

【0023】

ズームレンズの高仕様化の要求に伴い、高倍率のズーム比を達成するほど(f)式の焦点距離fが増大するため、軸上色収差の2次スペクトルを低減することが難しくなる。また、広画角を達成するほど(g)式の瞳近軸光線の入射高Hが増大するため、広角端倍率色収差の2次スペクトルを低減することが難しくなる。本発明の各実施例では、望遠端焦点距離を f_t 、広角端焦点距離を f_w 、広角端画角を ω_w とすると、

30

$$f_t / f_w > 18.0 \cdots (h)$$

$$\omega_w > 35.0 \cdots (i)$$

を達成しつつ、倍率色収差と軸上色収差の2次スペクトルの良好な補正を両立している。

【0024】

(1)式の値が大きいほど、第Rレンズ群に有する正レンズ L_{px} の部分分散比 θ_p を大きくすることができ、(g)式に基づいて倍率色収差の2次スペクトル量を低減することができる。(1)式を満たす光学材料は図13に示す一般的なアッペ数と部分分散比の領域外の、所謂異常分散材量と呼ばれる領域に属し、特に高い色収差補正能力を有する光学材料である。(1)式の下限の条件が満たされないと、倍率色収差の2次スペクトルの補正が不足し、広角端の倍率色収差を良好に補正することが困難となる。(1)式の上限の条件が満たされないと、正レンズ L_{px} を構成する材料の部分分散比 θ_x が大きくなりすぎてしまい、青色の波長帯を良好にまとめる事が困難になる。

40

【0025】

更に好ましくは、(1)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.625 < \theta_x < 0.690 \cdots (1a)$$

更に好ましくは、(1a)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.630 < \theta_x < 0.680 \cdots (1aa)$$

50

【 0 0 2 6 】

また、(2) 式は前記正レンズ L_{px} の焦点距離と、第 R レンズ群の焦点距離の比を規定している。(2) 式を満たすことで該正レンズ L_{px} に適切なパワーを持たせることができ、倍率色収差の 2 次スペクトルを良好に補正することができる。(2) 式の上限の条件が満たされないと、該正レンズ L_{px} に適切なパワーを持たせることができず、倍率色収差の 2 次スペクトル補正を十分に発揮できない。(2) 式の下限が満たされないと、高い異常分散性を有する正レンズ L_{px} のパワーが強くなりすぎてしまい、広角端の倍率色収差の過補正及びズーム全域の倍率色収差補正バランスの悪化を招く。また、軸上色収差の過補正を回避することも困難になってくる。

【 0 0 2 7 】

10

更に好ましくは、(2) 式は次の如く設定するのが良い。

$$0.85 < f_x / f_R < 2.05 \quad \dots (2a)$$

更に好ましくは、(2 a) 式は次の如く設定するのが良い。

$$0.9 < f_x / f_R < 2.0 \quad \dots (2aa)$$

【 0 0 2 8 】

また、(3) 式は第 R レンズ群に含まれる全ての正レンズと負レンズの色収差補正バランスを規定している。本発明の(1) 式と(2) 式を満足すると広角端の倍率色収差の 2 次スペクトルは良好に補正される一方で、軸上色収差の 2 次スペクトルは過補正になる恐れがある。そこで(3) 式も同時に満たすことにより、軸上色収差と倍率色収差を良好なバランスで両立させることが可能となる。(3) 式の上限の条件が満たされないと、軸上色収差が過補正になってしまい、良好な色収差バランスは達成できない。

20

【 0 0 2 9 】

更に好ましくは、(3) 式は次の如く設定するのが良い。

$$|(\theta_p - \theta_n) / (v_n - v_p)| < 1.35 \times 10^{-3} \quad \dots (3a)$$

更に好ましくは、(3 a) 式は次の如く設定するのが良い。

$$|(\theta_p - \theta_n) / (v_n - v_p)| < 1.2 \times 10^{-3} \quad \dots (3aa)$$

【 0 0 3 0 】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第 R レンズ群に含まれる正レンズ L_{px} の物体側面頂点から絞りまでの光軸上の距離を D_x 、第 R レンズ群の最も物体側面頂点から最も像側面頂点までの光軸上の距離を D_R としたとき、

30

$$0.85 < D_x / D_R < 0.99 \quad \dots (4)$$

を満たしている。(4) 式は正レンズ L_{px} の第 R レンズ群内の配置について規定している。前記(g) 式より、倍率色収差の 2 次スペクトルを低減するには瞳近軸光線の入射高 H の高い位置に正レンズ L_{px} を配置するのが効果的である。一般的に、絞りからの距離が離れれば離れるほど瞳近軸光線の入射高 H は高くなる傾向を有し、(4) 式を満たすことで広角端倍率色収差の 2 次スペクトルを更に良好に補正することができる。(4) 式の下限の条件が満たされないと、広角端における倍率色収差の 2 次スペクトルの補正が困難となるため好ましくない。(4) 式の上限の条件が満たされないと正レンズ L_{px} が適切なレンズ肉厚を持たず、倍率色収差補正の効果を十分に発揮できないため好ましくない。

【 0 0 3 1 】

40

更に好ましくは、(4) 式は次の如く設定するのが良い。

$$0.88 < D_x / D_R < 0.98 \quad \dots (4a)$$

更に好ましくは、(4 a) 式は次の如く設定するのが良い。

$$0.90 < D_x / D_R < 0.97 \quad \dots (4aa)$$

【 0 0 3 2 】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第 R レンズ群に含まれる負レンズの光学材料の屈折率と部分分散比を其々 n_y と θ_y 、該負レンズの物体側面頂点から絞りまでの光軸上の距離を D_y としたとき、

$$1.85 < n_y < 2.20 \quad \dots (5)$$

$$0.560 < \theta_y < 0.620 \quad \dots (6)$$

50

$$0.75 < D_y / D_R < 0.98 \quad \dots (7)$$

を満たしている。

【0033】

(5)式は前記正レンズL_pxと色収差補正関係を構築する負レンズに採用する光学材料の屈折率を規定している。以下、この負レンズを「負レンズL_ny」と表現する。(5)式を満たすことで、該負レンズL_nyの硝材は必然的に高屈折率、高分散材を選択することになり、前記正レンズL_pxに適切なパワーを付け易くなるため、広角端の倍率色収差を更に良好に補正することが可能となる。また、前記正レンズL_pxが高屈折率硝材を選択される傾向にあるため、該負レンズL_nyも高屈折率硝材を選択することで、ペッツバール和の制御にも効果がある。更に、該負レンズL_nyの曲率半径を緩やかにすることができ、高次収差の抑制も可能となる。(5)式の下限の条件が満たされないと、前記正レンズL_pxに十分なパワーがつけられず倍率色収差の2次スペクトル補正効果が十分に発揮されないため好ましくない。また、上述の諸収差の制御も困難となるため好ましくない。(5)式の上限の条件が満たされないと、負レンズL_nyが必要以上に高屈折力の材料で構成されることになり、現存する光学材料においては適切な色収差補正を持たせるための分散値や部分分散比の選択が困難となる。

10

【0034】

更に好ましくは、(5)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.88 < n_y < 2.15 \quad \dots (5a)$$

更に好ましくは、(5a)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.90 < n_y < 2.10 \quad \dots (5aa)$$

20

【0035】

(6)式は前記正レンズL_pxと色収差補正関係を構築する負レンズL_nyに採用する光学材料の部分分散比を規定している。(6)式を満たすことで、前記正レンズL_pxが発揮する異常分散性の効果をより効果的に発揮できるような負レンズL_nyの硝材選択となる。(6)式の上限の条件が満たされないと、前記正レンズL_pxの異常分散性による効果を該負レンズL_nyが相殺してしまい、倍率色収差の2次スペクトル補正が十分に達成されないため好ましくない。(6)式の下限の条件が満たされないと、現存する光学材料においては前記正レンズL_pxとの分散値と大きな差異が生じ、適切な曲率を持たせることが困難となり、色収差補正の効果を発揮するのが困難となる。

30

【0036】

更に好ましくは、(6)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.570 < \theta_y < 0.616 \quad \dots (6a)$$

更に好ましくは、(6a)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.580 < \theta_y < 0.614 \quad \dots (6aa)$$

【0037】

(7)式は、前記正レンズL_pxと色収差補正関係を構築する負レンズL_nyに採用する光学材料の第Rレンズ群内の配置を規定している。(7)式を満たすことで、前記正レンズL_pxと色収差補正関係が近い位置で効果的に発揮され、前記正レンズL_pxのパワーを適切に強めることができる。(7)式の下限の条件が満たされないと、前記正レンズL_pxと離れ過ぎてしまい、適切なパワーを持たせることが困難となる。また、絞りの近くに該負レンズL_nyが配置されると軸上近軸光線径を増大させる作用があり、レンズの小型軽量化の妨げとなるため好ましくない。(7)式の上限の条件が満たされないと、前記正レンズL_pxと負レンズL_nyに十分な肉厚を確保できなくなり、各レンズに適切なパワーを持たせることが困難となる。

40

【0038】

更に好ましくは、(7)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.8 < D_y / D_R < 0.97 \quad \dots (7a)$$

更に好ましくは、(7a)式は次の如く設定するのが良い。

$$0.85 < D_y / D_R < 0.96 \quad \dots (7aa)$$

50

【 0 0 3 9 】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第 R レンズ群に含まれる負レンズの光学材料の部分分散比を θz 、該負レンズの焦点距離を $f z$ 、絞りから該負レンズの絞りに近い面頂点までの光軸上の距離を $D z$ としたとき、

$$-1.744 \times 10^{-3} \times v z + 0.6536 < \theta z \\ < -1.744 \times 10^{-3} \times v z + 0.7177 \quad \dots (8)$$

$$-3.5 < f z / f R < -0.4 \quad \dots (9)$$

$$|D z / D R| < 0.7 \quad \dots (10)$$

を満たしている。

【 0 0 4 0 】

10

(8) 式は、第 R レンズ群内の前記正レンズ $L p x$ よりも瞳近軸光線の入射高 H の低い場所に配置する負レンズに採用する光学材料の部分分散比を規定している。以下、この異常分散性を有する負レンズを特定して指す場合は「負レンズ $L n z$ 」と表現する。前記正レンズ $L p x$ は、(g) 式に基づいて広角端の倍率色収差の 2 次スペクトルをアンダーバランスへ補正すると同時に、(f) 式に基づいて軸上色収差の 2 次スペクトルもアンダーへ補正する作用を有する。前記正レンズ $L p x$ による倍率色収差の補正効果を強め過ぎると、ズーム全域の軸上色収差の 2 次スペクトルを過補正のバランスにしてしまう。軸上色収差の過補正を防ぐためには、(3) 式のように第 R レンズ群内で軸上色収差の補正バランスを適性に保つことが必要であるが、異常分散材による効果を一般硝材で相殺することは困難である。そこで、第 R レンズ群内で特に軸上色収差に効く場所に異常分散性を有する負レンズ $L n z$ を配置すると、軸上色収差の 2 次スペクトルの過補正を効果的に防ぐ事が出来る。

20

【 0 0 4 1 】

(8) 式を満たすことで、第 R レンズ群内に敢えて軸上色収差の 2 次スペクトルをオーバーに増大させる負レンズ $L n z$ を配置することとなる。これにより軸上色収差の過補正を防ぎ、適切な軸上色収差と倍率色収差の補正バランスを達成することができる。(8) 式の下限の条件が満たされないと、負レンズ $L n z$ の光学材料の異常分散性が不足し、軸上色収差の過補正を回避することが困難となり、ズーム全域における軸上色収差と倍率色収差の良好な両立が困難となる。(8) 式の上限の条件が満たされないと、負レンズを構成する光学材料の異常分散性が強すぎるため、軸上色収差の悪化を招くため好ましくない。

30

【 0 0 4 2 】

更に好ましくは、(8) 式は次の如く設定するのが良い。

$$-1.727 \times 10^{-3} \times v z + 0.6595 < \theta z \\ < -1.727 \times 10^{-3} \times v z + 0.7141 \quad \dots (8a)$$

更に好ましくは、(8a) 式は次の如く設定するのが良い。

$$-1.446 \times 10^{-3} \times v z + 0.6531 < \theta z \\ < -1.446 \times 10^{-3} \times v z + 0.6794 \quad \dots (8aa)$$

【 0 0 4 3 】

40

(9) 式は前記負レンズ $L n z$ の焦点距離と、第 R レンズ群の焦点距離の比を規定している。(9) 式を満たすことで前記負レンズ $L n z$ に適切なパワーを持たせることができ、軸上色収差の 2 次スペクトルの過補正を適切に防ぐことができる。(9) 式の下限の条件が満たされないと、負レンズ $L n z$ に十分なパワーを持たせることができず、軸上色収差の 2 次スペクトルの過補正を適切に防ぐことが出来ない。(9) 式の上限の条件が満たされないと、負レンズ $L n z$ が過剰なパワーを有し、軸上色収差の 2 次スペクトル補正が不足となる。

【 0 0 4 4 】

更に好ましくは、(9) 式は次の如く設定するのが良い。

$$-3.2 < f z / f R < -0.5 \quad \dots (9a)$$

更に好ましくは、(9) 式は次の如く設定するのが良い。

50

$$-2.5 < f_z / f_R < -0.6 \quad \dots (9aa)$$

【0045】

(10)式は前記負レンズ L_{nz} の第Rレンズ群内の配置について規定している。前記負レンズ L_{nz} は軸上色収差の過補正を防ぐため、(f)式から分かるように軸上近軸光線の入射高 h が大きい位置に配置することが効果的である。また、(g)式から分かるように、前記正レンズ L_{px} による倍率色収差の2次スペクトル補正を邪魔しないよう、瞳近軸光線の入射高 H が極力低い場所に配置することが好ましい。(10)式は(4)式と対の関係となっている。(10)式を満たすことで、前記負レンズ L_{nz} を瞳近軸光線の入射高 H の低い位置に配置することができ、軸上色収差の過補正を効果的に防ぐとともに、前記正レンズ L_{px} による倍率色収差の2次スペクトル補正を効果的に発揮させることが出来る。ここで、(10)式を絶対値表記している理由は、本特許内では基本的に物体側から像側へ向けて測定した距離を正の値として扱うのに対し、 D_z の値が負の値となる(つまり、負レンズ L_{nz} が絞りよりも物体側に存在する)場合も想定しているからである。(10)式の上限の条件が満たされないと、前記正レンズ L_{px} と該負レンズ L_{nz} が近い位置に配置されることとなり、負レンズ L_{nz} の異常分散性が前記正レンズ L_{px} による倍率色収差の2次スペクトル補正効果を相殺してしまうため好ましくない。

10

【0046】

更に好ましくは、(10)式は次の如く設定するのが良い。

$$|D_z / D_R| < 0.66 \quad \dots (10a)$$

更に好ましくは、(10a)式は次の如く設定するのが良い。

$$|D_z / D_R| < 0.63 \quad \dots (10aa)$$

20

【0047】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第2レンズ群に含まれる全ての正レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_{2p} と v_{2p} 、第2レンズ群に含まれる全ての負レンズの部分分散比の平均値とアッペ数の平均値をそれぞれ θ_{2n} と v_{2n} としたとき、

$$1.2 \times 10^{-3} < (\theta_{2p} - \theta_{2n}) / (v_{2n} - v_{2p}) < 6.0 \times 10^{-3} \quad \dots (11)$$

を満たしている。

【0048】

30

(11)式はズームレンズの第2レンズ群の色収差補正について規定している。第2レンズ群の色収差補正バランスは、広角端の倍率色収差補正に影響する。また、第2レンズ群は本発明のズームレンズにおいて主の変倍群としての役割を担っており、第2レンズ群の色収差補正をどのバランスにするかによって、色収差のズーム変動が決まる。本発明のズームレンズは高ズーム比と広画角という仕様を両立しており、特に広角端の倍率色収差と望遠端の軸上色収差が共に良好に補正されている必要がある。(11)式の下限の条件が満たされないと、特に望遠端における軸上色収差の補正が不足し、高ズーム比の達成と良好な色収差補正の両立が困難となる。(11)の上限が満たされないと、倍率色収差のズーム変動の補正が困難となるため好ましくない。

【0049】

40

更に好ましくは、(11)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.4 \times 10^{-3} < (\theta_{2p} - \theta_{2n}) / (v_{2n} - v_{2p}) < 5.5 \times 10^{-3} \quad \dots (11a)$$

更に好ましくは、(11a)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.6 \times 10^{-3} < (\theta_{2p} - \theta_{2n}) / (v_{2n} - v_{2p}) < 5.0 \times 10^{-3} \quad \dots (11aa)$$

【0050】

更に、本発明の撮像装置は、各実施例のズームレンズとズームレンズによって形成された像を受光する所定の有効撮像範囲を有する固体撮像素子を有することを特徴とする。

【0051】

50

以下に本発明のズームレンズの具体的な構成について、実施例 1 ~ 6 に対応する数値実施例 1 ~ 6 のレンズ構成の特徴により説明する。

【実施例 1】

【0052】

図 1 は本発明の実施例 1 (数値実施例 1) であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図 2 において、(a) は数値実施例 1 の広角端、(b) は数値実施例 1 の焦点距離 33 mm、(c) は数値実施例 1 の望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。また、焦点距離の値は、後述する数値実施例を mm 単位で表したときの値である。これは以下の数値実施例においても、全て同じである。

10

【0053】

図 1 において、物体側から順に、合焦用の正の屈折力を有する第 1 レンズ群 U1 を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力を有する第 2 レンズ群 U2 を有している。さらに、第 2 レンズ群 U2 の移動に連動して光軸上を移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力を有する第 3 レンズ群 U3 を有している。本実施例のズームレンズは 4 群構成であり、第 3 レンズ群 U3 が第 (R - 1) レンズ群に対応し、第 4 レンズ群 U4 が第 R レンズ群に対応する。実施例 1 では、第 2 レンズ群 U2、第 3 レンズ群 U3 で変倍系を構成している。さらに、変倍のためには移動しない結像作用をする第 4 レンズ群 U4 を有している。SP は開口絞りであり、第 3 レンズ群 U3 と第 4 レンズ群 U4 の間に配置されており、開口絞りは変倍に際して光軸方向に不動である。IP は像面であり、放送用テレビカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際には、ズームレンズで形成された像を受光し、光電変換する固体撮像素子 (光電変換素子) 等の撮像面に相当している。フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際には、ズームレンズで形成された像が感光するフィルム面に相当する。

20

【0054】

縦収差図において、球面収差における直線、一点鎖線、二点鎖線は各々 e 線、C 線、g 線である。非点収差における点線と実線は各々メリディオナル像面、サジタル像面であり、倍率色収差における一点鎖線と二点鎖線は各々 C 線、g 線である。 ω は半画角、Fno は F ナンバーである。縦収差図では、球面収差は 0.4 mm、非点収差は 0.4 mm、歪曲は 10%、倍率色収差は 0.1 mm のスケールで描かれている。なお、以下の各実施例において広角端と望遠端は、変倍用の第 2 レンズ群 U2 が機構に対して光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置を指す。

30

【0055】

次に、本実施例における各レンズ群の構成について説明する。第 1 レンズ群 U1 は第 1 面から第 17 面に対応する。第 1 レンズ群 U1 は、合焦時に移動しない負の屈折力を有する第 11 レンズ群 U11、無限遠側から至近側への合焦時に像側へ移動する正の屈折力を有する第 12 レンズ群 U12、正の屈折力を有する第 13 レンズ群 U13 から構成される。第 13 レンズ群 U13 群は合焦時に第 12 レンズ群 U12 と連動して移動しても良い。第 2 レンズ群 U2 は、第 18 面から第 26 面に、第 3 レンズ群 U3 は、第 27 面から第 36 面に対応している。開口絞りは第 37 面に対応する。第 4 レンズ群 U4 は、第 38 面から第 58 面に対応する。実施例 1 における前記正レンズ Lpx は第 57 ~ 58 面に対応する。前記負レンズ Lny は第 55 ~ 56 面に対応する。前記負レンズ Lnz は第 48 ~ 49 面に対応する。第 4 レンズ群において瞳近軸光線の入射高 H が高い位置である最像面側に (1) 式を満足する高い部分分散比を有する正レンズ Lpx を配置することにより、主に広角端の倍率色収差の 2 次スペクトルを効果的にアンダーバランスに補正している。また前記正レンズ Lpx の近傍に (5) 式を満足する高い屈折率硝材からなる負レンズを配置し、前記正レンズに適切なパワーを持たせる効果やベッツバール和の適切な制御などの効果を発揮している。また第 4 レンズ群において前記正レンズ Lpx よりも物体側に (8) 式を満足する高い部分分散比を有する負レンズ Lpz を配置することにより、主にズー

40

50

ム全域の軸上色収差の２次スペクトルの過補正を適切に防ぐ効果を発揮している。第５９面から第６１面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

【００５６】

本実施例においては、第Ｒレンズ群は、正レンズ L_{px} 、負レンズ L_{ny} 、負レンズ L_{nz} をそれぞれ１枚ずつ有する構成としたが、本発明はこれに限定されることはなく、それぞれを１枚以上ずつ有していてもよい。これについては以下の実施例についても同様である。

【００５７】

上記実施例１に対応する数値実施例１について説明する。数値実施例１に限らず全数値実施例において、 i は物体側からの面（光学面）の順序を示し、 r_i は物体側より第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面の間隔（光軸上）を示している。また、 nd_i 、 vd_i 、 θ_{gFi} は、第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面との間の媒質（光学部材）の屈折率、アッペ数、部分分散比を、 BF は空気換算のバックフォーカスを表している。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし、 R を近軸曲率半径、 k を円錐常数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} をそれぞれ非球面係数としたとき、次式で表している。また、「 $e-Z$ 」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する。

【数１】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} + A_{12} H^{12}$$

【００５８】

本実施例の各条件式対応値を表１に示す。実施例１は（１）～（１０）式を満足している。広角端画角 ω_w が 35.90° 、 18.5 倍の広画角かつ高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の２次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の２次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【００５９】

しかしながら、本発明のズームレンズは、（１）～（３）式を満足することは必須であるが、（４）～（１０）式については満足していなくても構わない。但し、（４）～（１０）式について少なくとも１つでも満足していれば更に良い効果を奏することができる。

【００６０】

図１４は各実施例のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置（テレビカメラシステム）の概略図である。図１４において１０１は実施例１～６のいずれかのズームレンズである。１２４はカメラである。ズームレンズ１０１はカメラ１２４に対して着脱可能となっている。１２５はカメラ１２４にズームレンズ１０１を装着することで構成される撮像装置である。ズームレンズ１０１は第１レンズ群 F 、変倍部 LZ 、結像用の後群 R を有している。第１レンズ群 F は合焦用レンズ群が含まれている。変倍部 LZ は変倍のために光軸上を移動する第２レンズ群や変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を移動する第 $(R-1)$ レンズ群が含まれている。 SP は開口絞りである。結像用の後群 R には、第 R レンズ群が含まれている。１１４、１１５は各々第１レンズ群 F 、変倍部 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である。１１６～１１８は駆動機構１１４、１１５および開口絞り SP を電動駆動するモータ（駆動手段）である。１１９～１２１は、第１レンズ群 F や変倍部 LZ の光軸上の位置や、開口絞り SP の絞り径を検出するためのエンコーダやポテンショメータ、あるいはフォトセンサ等の検出器である。カメラ１２４において、１０９はカメラ１２４内の光学フィルタや色分解光学系に相当するガラスブロック、１１０はズームレンズ１０１によって形成された被写体の光学像を受光する CCD センサや $CMOS$ センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。また、１１１、１２２はカメラ１２４及びズームレンズ１０１の各種の駆動を制御する CPU である。

【００６１】

このように、本発明のズームレンズをテレビカメラに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【実施例 2】

【0062】

図 3 は本発明の実施例 2（数値実施例 2）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図 4 において、（a）は数値実施例 2 の広角端、（b）は数値実施例 2 の焦点距離 31.3 mm、（c）は数値実施例 2 の望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。本実施例のズームレンズは 4 群構成であり、第 3 レンズ群 U3 が第（R - 1）レンズ群に対応し、第 4 レンズ群 U4 が第 R レンズ群に対応する。

10

【0063】

数値実施例 2 の第 1 レンズ群 U1 は第 1 面から第 17 面に対応する。第 2 レンズ群 U2 は、第 18 面から第 26 面に、第 3 レンズ群 U3 は、第 27 面から第 36 面に対応している。開口絞りは第 37 面に対応する。第 4 レンズ群 U4 は、第 38 面から第 58 面に対応する。実施例 2 における前記正レンズ Lpx は第 57 ~ 58 面に対応する。前記負レンズ Lny は第 56 ~ 57 面に対応する。前記正レンズ Lpx と前記負レンズ Lny は接合されていても良いし、其々単レンズとして存在していても良い。前記負レンズ Lnz は第 48 ~ 49 面に対応する。第 59 面から第 61 面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

【0064】

20

実施例 2 は（1）～（10）式を満足しており、広角端画角 ω_w が 37.38°、18.5 倍の広画角高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の 2 次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の 2 次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【実施例 3】

【0065】

図 5 は本発明の実施例 3（数値実施例 3）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図 6 において、（a）は数値実施例 3 の広角端、（b）は数値実施例 3 の焦点距離 28.7 mm、（c）は数値実施例 3 の望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。本実施例のズームレンズは 4 群構成であり、第 3 レンズ群 U3 が第（R - 1）レンズ群に対応し、第 4 レンズ群 U4 が第 R レンズ群に対応する。

30

【0066】

数値実施例 3 の第 1 レンズ群 U1 は第 1 面から第 19 面に対応する。第 2 レンズ群 U2 は、第 20 面から第 27 面に、第 3 レンズ群 U3 は、第 28 面から第 38 面に対応している。開口絞りは第 39 面に対応する。第 4 レンズ群 U4 は、第 40 面から第 56 面に対応する。実施例 3 における前記正レンズ Lpx は第 55 ~ 56 面に対応する。前記負レンズ Lny は第 53 ~ 54 面に対応する。前記負レンズ Lnz は第 46 ~ 47 面に対応する。第 57 面から第 59 面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

【0067】

40

実施例 3 は（1）～（10）式を満足しており、広角端画角 ω_w が 39.38°、27.0 倍の広画角高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の 2 次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の 2 次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【実施例 4】

【0068】

図 7 は本発明の実施例 4（数値実施例 4）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図 8 において、（a）は数値実施例 4 の広角端、（b）は数値実施例 4 の焦点距離 28.7 mm、（c）は数値実施例 4 の望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である

50

。本実施例のズームレンズは４群構成であり、第３レンズ群Ｕ３が第（Ｒ－１）レンズ群に対応し、第４レンズ群Ｕ４が第Ｒレンズ群に対応する。

【００６９】

数値実施例４の第１レンズ群Ｕ１は第１面から第１９面に対応する。第２レンズ群Ｕ２は、第２０面から第２７面に、第３レンズ群Ｕ３は、第２８面から第３８面に対応している。開口絞りは第３９面に対応する。第４レンズ群Ｕ４は、第４０面から第５８面に対応する。実施例４における前記正レンズＬｐｘは第５７～５８面に対応する。前記負レンズＬｎｙは第５６～５７面に対応する。前記負レンズＬｎｚは第４６～４７面に対応する。第５９面から第６１面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

【００７０】

実施例４は（１）～（１０）式を満足しており、広角端画角 ω_w が 39.38° 、 27.0 倍の広画角高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の２次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の２次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【実施例５】

【００７１】

図９は本発明の実施例５（数値実施例５）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図１０において、（ａ）は数値実施例５の広角端、（ｂ）は数値実施例５の焦点距離 35.0 mm 、（ｃ）は数値実施例５の望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。

【００７２】

図９において、物体側から順に、合焦用の正の屈折力を有する第１レンズ群Ｕ１を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力を有する第２レンズ群Ｕ２を有している。さらに、変倍群として移動する正の第３レンズ群Ｕ３を有している。更に、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力を有する第４レンズ群Ｕ４を有している。実施例５では、第２レンズ群Ｕ２、第３レンズ群Ｕ３、第４レンズ群Ｕ４で変倍系を構成している。さらに、変倍のためには移動しない結像作用をする第５レンズ群Ｕ５を有している。ＳＰは開口絞りであり、第４レンズ群Ｕ４と第５レンズ群Ｕ５の間に配置されており、開口絞りは変倍に際して光軸方向に不動である。ＩＰは像面である。本実施例のズームレンズは５群構成であり、第４レンズ群Ｕ４が第（Ｒ－１）レンズ群に対応し、第５レンズ群Ｕ５が第Ｒレンズ群に対応する。

【００７３】

数値実施例５の第１レンズ群Ｕ１は第１面から第１７面に対応する。第２レンズ群Ｕ２は第１８面から第２４面に、第３レンズ群Ｕ３は第２５面から第３０面に、第４レンズ群Ｕ４は第３１面から第３５面に対応している。開口絞りは第３６面に対応する。第５レンズ群Ｕ５は、第３７面から第５５面に対応する。実施例５における前記正レンズＬｐｘは第５４面から第５５面に対応する。前記負レンズＬｎｙは第５３面から第５４面に対応する。前記負レンズＬｎｚは第４３面から第４４面に対応する。第５６面から第５８面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

【００７４】

実施例５は（１）～（１０）式を満足しており、広角端画角 ω_w が 40.24° 、 30.0 倍の広画角高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の２次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の２次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【実施例６】

【００７５】

図１１は本発明の実施例６（数値実施例６）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図１２において、（ａ）は数値実施例６の広角端、（ｂ）は数値実施例６の焦点距離 35.0 mm 、（ｃ）は数値実施例６の望遠

10

20

30

40

50

端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。

【0076】

図12において、物体側から順に、合焦用の正の屈折力を有する第1レンズ群U1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力を有する第2レンズ群U2を有している。さらに、変倍群として移動する正の第3レンズ群U3を有している。更に、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力を有する第4レンズ群U4を有している。実施例6では、第2レンズ群U2、第3レンズ群U3、第4レンズ群U4で変倍系を構成している。さらに、変倍のためには移動しない結像作用をする第5レンズ群U5を有している。SPは開口絞りであり、第4レンズ群U4と第5レンズ群U5の間に配置されており、開口絞りは変倍に際して光軸方向に不動である。IPは像面である。本実施例のズームレンズは5群構成であり、第4レンズ群U4が第(R-1)レンズ群に対応し、第5レンズ群U5が第Rレンズ群に対応する。

10

【0077】

数値実施例6の第1レンズ群U1は第1面から第17面に対応する。第2レンズ群U2は第18面から第24面に、第3レンズ群U3は第25面から第29面に、第4レンズ群U4は第30面から第34面に対応している。開口絞りは第35面に対応する。第5レンズ群U5は、第36面から第50面に対応する。実施例6における前記正レンズLpxは第49面から第50面に対応する。前記負レンズLnyは第47面から第48面に対応する。前記負レンズLnzは第36面から第37面に対応する。実施例6では、特に負レンズLnzを絞り付近に配置したことで軸上色収差の制御がしやすく、軸上色収差と倍率色収差の良好な補正の両立が行いやすい実施例となっている。第51面から第53面は色分解光学系光などに相当するダミーガラスである。

20

【0078】

実施例6は(1)~(10)式を満足しており、広角端画角 ω_w が 40.24° 、30.0倍の広画角高倍率のズームレンズでありながら、広角端における倍率色収差の2次スペクトルとズーム全域の軸上色収差の2次スペクトルの良好な補正の両立を達成している。

【0079】

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

30

【0080】

<数値実施例1>

単位 mm

面データ

面番号i	ri	di	ndi	vdi	θ_{gFi}	有効径	焦点距離
1	330.65503	4.70000	1.772499	49.60	0.5521	150.303	-189.750
2	101.26412	36.34541				129.929	
3	-183.15461	4.50000	1.772499	49.60	0.5521	129.327	-233.726
4	19359.76807	0.15000				129.551	
5	246.44151	9.27710	1.717362	29.51	0.5985	129.808	524.999
6	691.33842	8.84999				129.052	
7	-1321.45209	15.28058	1.496999	81.54	0.5374	128.082	358.212
8	-157.90362	0.20000				127.686	
9	-1632.59919	4.40000	1.805177	25.43	0.6100	118.796	-285.015
10	270.23500	13.57890	1.496999	81.54	0.5374	114.859	328.285
11	-407.88649	36.08134				113.773	
12	593.05823	17.07760	1.496999	81.54	0.5374	120.882	281.259
13	-181.83708	0.15000				121.487	

40

50

14	203.38332	12.43394	1.496999	81.54	0.5374	119.608	389.950	
15	-4297.91796	0.15000				118.801		
16	117.84235	8.63668	1.620411	60.29	0.5426	112.584	530.192	
17	178.07027	(可変)				110.522		
18	87.31062	1.50000	1.882997	40.76	0.5667	41.981	-118.020	
19	47.24861	5.81635				39.143		
20	-239.96231	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	38.908	-102.385	
21	119.14944	6.41391				38.541		
22	-51.64044	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	38.634	-72.786	
23	-608.35597	8.12272	1.808095	22.76	0.6307	40.564	51.043	10
24	-39.23538	0.67532				41.534		
25	-36.84928	1.50000	1.816000	46.62	0.5568	41.461	-52.806	
26	-251.55141	(可変)				44.453		
27	-758.13586	5.26696	1.620411	60.28	0.5426	52.289	179.964	
28	-97.91536	0.20000				53.210		
29	394.19801	2.50000	1.647689	33.80	0.5884	54.914	-108.595	
30	59.89028	12.81078	1.589130	61.18	0.5404	56.292	74.772	
31	-155.59949	0.20000				56.957		
32	189.10441	8.94404	1.603112	60.70	0.5410	57.541	109.231	
33	-99.89556	2.50000	1.846658	23.89	0.6162	57.429	-190.344	20
34	-261.65311	0.20000				57.646		
35	133.98688	7.77885	1.618000	63.39	0.5439	57.105	117.227	
36	-155.49372	(可変)				56.612		
37	(絞り)	3.19855				32.535		
38	-61.76990	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	31.756	-25.553	
39	27.12296	4.19672	1.808095	22.76	0.6307	30.610	53.232	
40	67.13303	6.14481				30.378		
41	-35.02826	1.80000	1.772499	49.60	0.5521	30.404	-36.387	
42	149.10528	8.81342	1.846660	23.78	0.6205	33.035	41.227	
43	-44.90663	1.00000				34.773		30
44	-120.38703	10.00000	1.531717	48.84	0.5630	34.875	561.657	
45	-88.40479	9.00000				36.025		
46	197.00000	5.50000	1.613397	44.27	0.5633	35.627	81.125	
47	-66.34498	3.45237				35.420		
48	-49.33948	1.50000	1.808095	22.76	0.6307	33.934	-26.170	
49	38.20168	9.47556	1.720467	34.71	0.5834	34.487	29.826	
50	-44.68934	1.99716				34.714		
51	426.54744	1.50000	1.846660	23.78	0.6205	32.241	-43.856	
52	34.41279	7.35363	1.438750	94.93	0.5343	30.965	54.001	
53	-71.67321	0.50000				30.856		40
54	97.57349	6.51123	1.438750	94.93	0.5343	29.926	59.200	
55	-34.79366	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	29.315	-37.466	
56	-433.22268	1.00000				29.611		
57	130.68194	4.88364	1.892860	20.36	0.6394	29.744	45.037	
58	-58.00948	6.00000				29.585		
59	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000		
60	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000		
61	∞	6.97000				50.000		
像面	∞							

非球面データ

第28面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.21810e-007 A 6= 2.77257e-010 A 8=-3.68135e-013 A10=
2.09807e-016

【 0 0 8 1 】

各種データ

ズーム比 18.50

焦点距離	7.60	33.03	140.58
Fナンバー	1.54	1.54	1.95
画角	35.90	9.45	2.24
レンズ全長	547.44	547.44	547.44
BF	6.97	6.97	6.97

10

d17	5.71	79.71	112.84
d26	150.34	62.65	4.40
d36	2.15	15.84	40.95

入射瞳位置	100.19	205.74	514.97
射出瞳位置	235.52	235.52	235.52
前側主点位置	108.05	243.54	742.02
後側主点位置	-0.63	-26.06	-133.60

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	113.04	171.81	120.23	63.79
2	18	-29.50	27.03	8.08	-11.84
3	27	49.00	40.40	15.25	-11.41
4	37	41.60	143.03	50.91	7.86

30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-189.75
2	3	-233.73
3	5	525.00
4	7	358.21
5	9	-285.02
6	10	328.28
7	12	281.26
8	14	389.95
9	16	530.19
10	18	-118.02
11	20	-102.38
12	22	-72.79
13	23	51.04
14	25	-52.81
15	27	179.96
16	29	-108.60
17	30	74.77
18	32	109.23

40

50

19	33	-190.34
20	35	117.23
21	38	-25.55
22	39	53.23
23	41	-36.39
24	42	41.23
25	44	561.66
26	46	81.13
27	48	-26.17
28	49	29.83
29	51	-43.86
30	52	54.00
31	54	59.20
32	55	-37.47
33	57	45.04
34	59	0.00
35	60	0.00

10

【 0 0 8 2 】

< 数值实施例 2 >

单位 mm

20

面番号 i	ri	di	ndi	vdi	θ gFi	有効径	焦点距離
1	330.65503	4.70000	1.772499	49.60	0.5521	150.303	-189.750
2	101.26412	36.34541				129.929	
3	-183.15461	4.50000	1.772499	49.60	0.5521	129.327	-233.726
4	19359.76807	0.15000				129.551	
5	246.44151	9.27710	1.717362	29.51	0.5985	129.808	524.999
6	691.33842	8.84999				129.052	
7	-1321.45209	15.28058	1.496999	81.54	0.5374	128.082	358.212
8	-157.90362	0.20000				127.686	
9	-1632.59919	4.40000	1.805177	25.43	0.6100	118.796	-285.015
10	270.23500	13.57890	1.496999	81.54	0.5374	114.859	328.285
11	-407.88649	36.08134				113.773	
12	593.05823	17.07760	1.496999	81.54	0.5374	120.882	281.259
13	-181.83708	0.15000				121.487	
14	203.38332	12.43394	1.496999	81.54	0.5374	119.608	389.950
15	-4297.91796	0.15000				118.801	
16	117.84235	8.63668	1.620411	60.29	0.5426	112.584	530.192
17	178.07027	(可変)				110.522	
18	87.31062	1.50000	1.882997	40.76	0.5667	41.981	-118.020
19	47.24861	5.81635				39.143	
20	-239.96231	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	38.908	-102.385
21	119.14944	6.41391				38.541	
22	-51.64044	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	38.634	-72.786
23	-608.35597	8.12272	1.808095	22.76	0.6307	40.564	51.043
24	-39.23538	0.67532				41.534	
25	-36.84928	1.50000	1.816000	46.62	0.5568	41.461	-52.806
26	-251.55141	(可変)				44.453	
27	-758.13586	5.26696	1.620411	60.28	0.5426	52.289	179.964
28	-97.91536	0.20000				53.210	

30

40

50

29	394.19801	2.50000	1.647689	33.80	0.5884	54.914	-108.595	
30	59.89028	12.81078	1.589130	61.18	0.5404	56.292	74.772	
31	-155.59949	0.20000				56.957		
32	189.10441	8.94404	1.603112	60.70	0.5410	57.541	109.231	
33	-99.89556	2.50000	1.846658	23.89	0.6162	57.429	-190.344	
34	-261.65311	0.20000				57.646		
35	133.98688	7.77885	1.618000	63.39	0.5439	57.105	117.227	
36	-155.49372	(可変)				56.612		
37	(絞り)	3.20000				31.852		
38	-70.54716	1.50000	1.754998	52.32	0.5476	30.840	-24.094	10
39	24.88881	4.76000	1.808095	22.76	0.6307	29.547	42.769	
40	79.20295	8.58000				29.294		
41	-28.02008	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	29.114	-23.994	
42	56.84026	12.08000	1.603420	38.03	0.5835	32.956	34.469	
43	-30.46652	0.50000				35.394		
44	-85.70100	15.00000	1.603420	38.03	0.5835	36.128	-182.931	
45	-400.00000	7.00000				40.554		
46	123.55540	8.34614	1.854780	24.80	0.6122	44.107	46.803	
47	-58.11999	5.00974				44.159		
48	-43.01035	1.50000	1.959060	17.47	0.6599	40.964	-63.902	20
49	-142.29192	5.14716	1.800000	29.84	0.6017	42.007	87.459	
50	-47.91353	5.00003				42.352		
51	-890.50147	1.50000	2.000690	25.46	0.6133	37.719	-33.118	
52	34.78248	10.57541	1.438750	94.93	0.5343	36.290	49.180	
53	-51.90206	0.33856				36.692		
54	38.16222	9.86353	1.496999	81.54	0.5374	36.231	45.565	
55	-51.27538	0.46761				35.411		
56	-64.24482	1.50000	1.854780	24.80	0.6122	33.816	-39.394	
57	72.97053	4.44789	1.959060	17.47	0.6599	32.379	56.916	
58	-221.76716	5.99981				31.827		30
59	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000		
60	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000		
61	∞	9.99000				50.000		
像面	∞							

非球面データ

第28面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.21810e-007 A 6= 2.77257e-010 A 8=-3.68135e-013 A10= 2.09807e-016

【 0 0 8 3 】

各種データ

ズーム比 18.50

焦点距離	7.20	31.30	133.20
Fナンバー	1.49	1.49	1.85
画角	37.38	9.97	2.36
レンズ全長	567.44	567.44	567.44
BF	9.99	9.99	9.99

d17 5.71 79.71 112.84

d26	150.34	62.65	4.40
d36	2.15	15.84	40.95

入射瞳位置	100.19	205.74	514.97
射出瞳位置	137.02	137.02	137.02
前側主点位置	107.80	244.75	787.85
後側主点位置	2.79	-21.31	-123.22

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	113.04	171.81	120.23	63.79
2	18	-29.50	27.03	8.08	-11.84
3	27	49.00	40.40	15.25	-11.41
4	37	35.38	160.02	48.86	8.85

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-189.75
2	3	-233.73
3	5	525.00
4	7	358.21
5	9	-285.02
6	10	328.28
7	12	281.26
8	14	389.95
9	16	530.19
10	18	-118.02
11	20	-102.38
12	22	-72.79
13	23	51.04
14	25	-52.81
15	27	179.96
16	29	-108.60
17	30	74.77
18	32	109.23
19	33	-190.34
20	35	117.23
21	38	-24.09
22	39	42.77
23	41	-23.99
24	42	34.47
25	44	-182.93
26	46	46.80
27	48	-63.90
28	49	87.46
29	51	-33.12
30	52	49.18
31	54	45.56
32	56	-39.39
33	57	56.92

20

30

40

50

34 59 0.00
35 60 0.00

【 0 0 8 4 】

< 数値実施例 3 >

単位 mm

面データ

面番号 i	ri	di	ndi	vdi	θ gFi	有効径	焦点距離	
1	-485.38222	4.70000	1.696797	55.53	0.5433	180.591	-130.849	10
2	113.30651	40.00000				151.056		
3	-285.91586	4.50000	1.696797	55.53	0.5433	150.893	-295.556	
4	752.54774	0.50000				153.340		
5	281.34719	16.00000	1.805181	25.42	0.6161	156.217	294.827	
6	-1573.03876	5.14617				156.036		
7	-503.42550	15.00000	1.496999	81.54	0.5374	155.842	638.810	
8	-196.98219	0.50000				155.732		
9	-4418.84783	4.40000	1.805181	25.42	0.6161	147.723	-960.500	
10	948.41747	16.50000	1.496999	81.54	0.5374	145.722	470.250	
11	-309.54492	32.56358				144.287		20
12	351.29977	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	145.867	525.803	
13	-1018.38478	0.20000				145.995		
14	218.08186	4.40000	1.805181	25.42	0.6161	145.688	-312.499	
15	116.26513	1.00000				140.650		
16	118.25165	31.00000	1.496999	81.54	0.5374	141.198	203.696	
17	-655.53148	0.20000				140.916		
18	178.58431	15.00000	1.620411	60.29	0.5426	136.528	325.951	
19	1435.72903	(可変)				135.126		
20	129.42474	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	50.999	-147.163	
21	68.83326	6.89982				47.888		30
22	-200.59165	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	46.396	-47.089	
23	41.77592	10.45708	1.846660	23.78	0.6205	42.170	36.240	
24	-106.13437	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	40.770	-64.952	
25	86.71459	6.25454				39.401		
26	-81.26395	1.50000	1.882997	40.76	0.5667	39.284	-67.273	
27	227.62743	(可変)				40.215		
28	600.75417	6.75242	1.620411	60.29	0.5426	52.031	154.562	
29	-114.14793	0.15000				52.888		
30	117.66770	11.70590	1.487490	70.23	0.5300	53.886	95.976	
31	-75.55843	0.09304				53.701		40
32	-76.87444	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	53.604	-222.857	
33	-134.82035	0.15000				53.923		
34	86.22575	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	52.682	-141.089	
35	48.80482	10.30397	1.487490	70.23	0.5300	50.909	101.764	
36	2324.27135	0.15000				50.215		
37	94.55257	6.65369	1.620411	60.29	0.5426	49.212	149.795	
38	-6865.35846	(可変)				47.888		
39	(絞り)	3.42001				29.993		
40	-38.17971	1.50000	1.788001	47.37	0.5559	29.719	-22.135	
41	32.97449	7.10685	1.805181	25.42	0.6161	30.080	28.353	50
42	-69.09675	1.50000	1.788001	47.37	0.5559	30.138	-35.710	

43	48.33642	5.93408				30.290		
44	-37.26674	19.74135	1.772499	49.60	0.5521	30.447	126.726	
45	-33.28390	8.40424				42.000		
46	151.56649	1.50000	1.438750	94.93	0.5343	44.676	-94.778	
47	32.59674	15.68076	1.487490	70.23	0.5300	44.800	47.580	
48	-68.51606	3.00006				44.653		
49	-192.90412	1.50000	1.834000	37.16	0.5775	42.228	-43.068	
50	44.64142	13.78284	1.496999	81.54	0.5374	41.238	44.671	
51	-39.86282	0.19995				41.465		
52	51.56170	8.58591	1.496999	81.54	0.5374	36.311	53.328	10
53	-51.82897	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	34.916	-32.428	
54	90.68850	0.19982				33.453		
55	43.54590	4.99992	1.892860	20.36	0.6394	33.247	60.764	
56	199.38351	7.99993				32.214		
57	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000		
58	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000		
59	∞	10.00000				50.000		
像面	∞							

非球面データ

20

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.67216e-008 A 6=-1.84999e-012

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.62832e-009 A 6=-7.16000e-013

【 0 0 8 5 】

各種データ

ズーム比 27.00

焦点距離	6.70	28.66	180.90					30
Fナンバー	1.50	1.50	2.20					
画角	39.38	10.86	1.74					
レンズ全長	615.87	615.87	615.87					
BF	10.00	10.00	10.00					
d19	3.93	83.93	126.22					
d27	173.50	80.45	4.47					
d38	1.30	14.35	48.04					

入射瞳位置	100.86	210.94	790.55					40
射出瞳位置	295.76	295.76	295.76					
前側主点位置	107.71	242.48	1085.97					
後側主点位置	3.30	-18.66	-170.90					

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	120.59	205.61	124.01	72.73
2	20	-30.00	29.61	13.79	-6.53
3	28	50.00	39.16	11.50	-15.21
4	39	39.54	152.76	45.84	8.35

50

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-130.85
2	3	-295.56
3	5	294.83
4	7	638.81
5	9	-960.50
6	10	470.25
7	12	525.80
8	14	-312.50
9	16	203.70
10	18	325.95
11	20	-147.16
12	22	-47.09
13	23	36.24
14	24	-64.95
15	26	-67.27
16	28	154.56
17	30	95.98
18	32	-222.86
19	34	-141.09
20	35	101.76
21	37	149.80
22	40	-22.13
23	41	28.35
24	42	-35.71
25	44	126.73
26	46	-94.78
27	47	47.58
28	49	-43.07
29	50	44.67
30	52	53.33
31	53	-32.43
32	55	60.76
33	57	0.00
34	58	0.00

【 0 0 8 6 】

< 数値実施例 4 >

単位 mm

面番号 i	ri	di	ndi	vdi	θ_{gFi}	有効径	焦点距離
1	-440.22897	4.70000	1.696797	55.53	0.5433	180.375	-127.183
2	112.04418	40.00000				150.619	
3	-290.93624	4.50000	1.696797	55.53	0.5433	150.492	-328.837
4	1107.79073	0.50000				152.994	
5	286.63437	16.00000	1.805181	25.42	0.6161	156.054	294.040
6	-1400.36797	5.14617				155.854	
7	-483.88500	15.00000	1.496999	81.54	0.5374	155.637	638.275
8	-193.92640	0.50000				155.478	

9	-5498.81772	4.40000	1.805181	25.42	0.6161	146.844	-815.958	
10	754.27299	16.50000	1.496999	81.54	0.5374	144.559	462.274	
11	-329.36315	32.56358				143.059		
12	356.94787	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	146.272	542.918	
13	-1104.35926	0.20000				146.410		
14	209.94138	4.40000	1.805181	25.42	0.6161	146.184	-321.699	
15	115.34188	1.00000				141.042		
16	117.26966	31.00000	1.496999	81.54	0.5374	141.592	204.610	
17	-713.86206	0.20000				141.279		
18	188.31037	15.00000	1.620411	60.29	0.5426	137.101	327.654	10
19	2361.93048	(可変)				135.734		
20	129.42474	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	50.781	-147.163	
21	68.83326	6.89982				47.703		
22	-200.59165	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	46.167	-47.089	
23	41.77592	10.45708	1.846660	23.78	0.6205	41.999	36.240	
24	-106.13437	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	40.829	-64.952	
25	86.71459	6.25454				39.455		
26	-81.26395	1.50000	1.882997	40.76	0.5667	39.340	-67.273	
27	227.62743	(可変)				40.275		
28	600.75417	6.75242	1.620411	60.29	0.5426	52.033	154.562	20
29	-114.14793	0.15000				52.890		
30	117.66770	11.70590	1.487490	70.23	0.5300	53.888	95.976	
31	-75.55843	0.09304				53.703		
32	-76.87444	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	53.606	-222.857	
33	-134.82035	0.15000				53.925		
34	86.22575	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	52.684	-141.089	
35	48.80482	10.30397	1.487490	70.23	0.5300	50.911	101.764	
36	2324.27135	0.15000				50.217		
37	94.55257	6.65369	1.620411	60.29	0.5426	49.214	149.795	
38	-6865.35846	(可変)				47.890		30
39	(絞り)	3.42001				29.994		
40	-55.36567	1.50000	1.788001	47.37	0.5559	29.002	-21.168	
41	24.33186	7.10685	1.805181	25.42	0.6161	28.219	25.608	
42	-124.95653	1.50000	1.788001	47.37	0.5559	28.014	-51.812	
43	61.41922	5.93408				27.563		
44	-41.43666	19.74135	1.772499	49.60	0.5521	27.867	179.504	
45	-38.58789	8.40424				34.957		
46	-42.31091	1.50000	1.438750	94.93	0.5343	34.352	-46.587	
47	40.16666	10.68125	1.487490	70.23	0.5300	36.453	49.515	
48	-55.67816	3.00005				37.010		40
49	-131.46384	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	36.627	-41.818	
50	62.74059	8.25747	1.496999	81.54	0.5374	37.201	60.783	
51	-56.02556	0.19998				37.975		
52	82.65180	7.00000	1.496999	81.54	0.5374	39.111	79.168	
53	-73.38959	0.19995				39.041		
54	62.59466	7.39287	1.496999	81.54	0.5374	37.120	66.687	
55	-68.09581	0.99997				36.202		
56	-68.09367	1.50000	2.003300	28.27	0.5980	34.927	-41.965	
57	114.01218	4.99990	1.892860	20.36	0.6394	34.023	58.278	
58	-95.73233	7.99996				33.639		50

59	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000
60	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000
61	∞	10.00000				50.000
像面	∞					

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.06783e-008 A 6=-1.84896e-012

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.52025e-009 A 6=-7.90243e-013

【 0 0 8 7 】

各種データ

ズーム比 27.00

焦点距離	6.70	28.66	180.90
Fナンバー	1.50	1.50	2.20
画角	39.38	10.86	1.74
レンズ全長	612.15	612.15	612.15
BF	10.00	10.00	10.00

d19	3.93	83.93	126.22
d27	173.50	80.45	4.47
d38	1.30	14.35	48.04

入射瞳位置	100.45	210.54	790.15
射出瞳位置	136.82	136.82	136.82
前側主点位置	107.50	245.68	1229.09
後側主点位置	3.30	-18.66	-170.90

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	120.59	205.61	123.61	72.73
2	20	-30.00	29.61	13.79	-6.53
3	28	50.00	39.16	11.50	-15.21
4	39	33.90	149.04	46.09	8.59

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-127.18
2	3	-328.84
3	5	294.04
4	7	638.27
5	9	-815.96
6	10	462.27
7	12	542.92
8	14	-321.70
9	16	204.61
10	18	327.65
11	20	-147.16

10

20

30

40

50

12	22	-47.09
13	23	36.24
14	24	-64.95
15	26	-67.27
16	28	154.56
17	30	95.98
18	32	-222.86
19	34	-141.09
20	35	101.76
21	37	149.80
22	40	-21.17
23	41	25.61
24	42	-51.81
25	44	179.50
26	46	-46.59
27	47	49.52
28	49	-41.82
29	50	60.78
30	52	79.17
31	54	66.69
32	56	-41.97
33	57	58.28
34	59	0.00
35	60	0.00

10

20

【 0 0 8 8 】

< 数值实施例 5 >

单位 mm

面番号i	ri	di	ndi	vdi	θ gFi	有効径	焦点距離	
1	877.24369	4.70000	1.772499	49.60	0.5521	188.768	-225.918	30
2	145.80289	36.34541				164.830		
3	-397.74896	4.50000	1.772499	49.60	0.5521	163.269	-368.961	
4	1027.98290	0.15000				160.669		
5	308.33157	9.27710	1.717362	29.51	0.5985	159.434	782.933	
6	668.53212	10.00001				158.321		
7	-10551.07566	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	156.434	579.881	
8	-281.46140	0.20000				155.624		
9	1654.38820	4.40000	1.805177	25.43	0.6100	146.418	-394.800	
10	268.40029	15.00000	1.496999	81.54	0.5374	141.236	407.632	
11	-820.70331	45.87617				140.223		40
12	501.84075	17.07760	1.496999	81.54	0.5374	141.236	364.712	
13	-281.82662	0.15000				141.701		
14	435.71939	12.43394	1.496999	81.54	0.5374	141.287	535.323	
15	-681.89100	0.15000				140.903		
16	333.86623	8.63668	1.620411	60.29	0.5426	137.624	681.683	
17	1546.90558	(可变)				136.595		
18	557.31952	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	65.420	-145.225	
19	93.65058	5.64201				60.712		
20	380.31375	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	58.888	-52.570	
21	34.90149	10.45708	1.846660	23.78	0.6205	51.443	58.299	50

22	100.32525	6.11000				49.794		
23	-158.09307	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	48.810	-71.737	
24	86.31576	(可変)				46.671		
25	366.08020	6.25242	1.620411	60.29	0.5426	57.458	178.541	
26	-158.68138	0.15000				58.299		
27	119.15657	11.10590	1.487490	70.23	0.5300	60.531	105.271	
28	-87.90339	0.09304				60.606		
29	-94.64110	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	60.443	-174.601	
30	-286.37171	(可変)				61.116		
31	89.05906	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	61.715	-207.964	10
32	57.85400	9.30397	1.487490	70.23	0.5300	60.400	134.476	
33	454.84517	0.15000				60.233		
34	88.45112	7.65369	1.620411	60.29	0.5426	59.924	123.115	
35	-557.28865	(可変)				59.385		
36	(絞り)	2.98000				28.585		
37	-89.27227	1.40000	1.788001	47.37	0.5559	27.499	-23.061	
38	23.11948	7.30654	1.854780	24.80	0.6122	26.430	20.552	
39	-64.99022	1.40000	1.788001	47.37	0.5559	26.051	-41.171	
40	66.05871	5.93408				25.143		
41	-39.36946	19.74135	1.772499	49.60	0.5521	24.847	-39.881	20
42	176.58873	8.40424				29.932		
43	-106.17776	1.50000	1.537750	74.70	0.5393	33.522	-116.177	
44	153.72070	8.68179	1.639999	60.08	0.5370	35.342	49.193	
45	-38.91069	3.00000				36.651		
46	-461.64319	1.50000	2.001000	29.13	0.5997	36.905	-50.646	
47	57.56456	8.46262	1.516330	64.14	0.5352	37.191	67.161	
48	-83.61912	3.00000				38.168		
49	79.54050	7.00000	1.496999	81.54	0.5374	39.923	82.383	
50	-82.40466	0.19995				39.874		
51	43.55594	8.67440	1.438750	94.93	0.5343	37.828	64.722	30
52	-77.18275	0.99997				36.784		
53	-81.80018	1.50000	2.000690	25.46	0.6133	35.422	-44.345	
54	99.89267	4.99998	1.858956	22.73	0.6284	34.328	61.707	
55	-112.74908	7.99998				33.853		
56	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000		
57	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000		
58	∞	10.00000				50.000		
像面	∞							

非球面データ

40

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.42605e-007 A 6= 2.72184e-010 A 8=-1.47447e-013 A10=-1.75562e-017 A12= 7.58723e-021

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.09140e-008 A 6=-8.15958e-010 A 8= 1.42889e-012 A10=-1.20145e-015 A12= 3.78681e-019

【 0 0 8 9 】

各種データ

ズーム比 30.00

50

焦点距離	6.50	35.00	195.00
Fナンバー	1.49	1.49	2.20
画角	40.24	8.93	1.62
レンズ全長	625.00	625.00	625.00
BF	10.00	10.00	10.00

d17	3.00	97.71	208.81
d24	211.60	62.23	5.79
d30	1.00	30.72	1.00
d35	1.00	25.94	1.00

10

入射瞳位置	117.29	233.78	1205.68
射出瞳位置	89.93	89.93	89.93
前側主点位置	124.32	284.11	1876.39
後側主点位置	3.50	-25.00	-185.00

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	175.52	182.90	151.57	93.14
2	18	-38.87	26.71	13.88	-4.82
3	25	105.30	19.20	3.32	-9.16
4	31	96.20	18.71	5.01	-7.21
5	36	29.58	150.88	45.29	4.69

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-225.92
2	3	-368.96
3	5	782.93
4	7	579.88
5	9	-394.80
6	10	407.63
7	12	364.71
8	14	535.32
9	16	681.68
10	18	-145.23
11	20	-52.57
12	21	58.30
13	23	-71.74
14	25	178.54
15	27	105.27
16	29	-174.60
17	31	-207.96
18	32	134.48
19	34	123.12
20	37	-23.06
21	38	20.55
22	39	-41.17
23	41	-39.88

30

40

50

24	43	-116.18
25	44	49.19
26	46	-50.65
27	47	67.16
28	49	82.38
29	51	64.72
30	53	-44.35
31	54	61.71
32	56	0.00
33	57	0.00

10

【 0 0 9 0 】

< 数值实施例 6 >

单位 mm

面データ

面番号 i	ri	di	ndi	vdi	θ gFi	有効径	焦点距離
1	974.84360	4.70000	1.772499	49.60	0.5520	177.304	-199.664
2	133.43977	36.34541				153.923	
3	-281.22498	4.50000	1.772499	49.60	0.5520	153.144	-353.535
4	11413.89998	0.15000				152.142	
5	302.28968	9.27710	1.717362	29.51	0.5985	151.142	639.608
6	861.40309	9.51874				150.324	
7	-2290.83947	14.00000	1.496999	81.54	0.5375	148.565	615.485
8	-271.10824	0.20000				147.524	
9	1058.56920	4.40000	1.805177	25.43	0.6100	139.279	-412.584
10	254.15956	15.00000	1.496999	81.54	0.5375	134.707	371.101
11	-666.21827	38.21442				133.741	
12	604.60823	17.07760	1.496999	81.54	0.5375	142.102	377.956
13	-271.09727	0.15000				142.661	
14	482.85910	12.43394	1.496999	81.54	0.5375	142.385	543.416
15	-611.68123	0.15000				142.049	
16	338.09700	8.63668	1.620411	60.29	0.5427	138.746	692.731
17	1546.90558	(可変)				137.740	
18	557.31952	1.50000	1.772499	49.60	0.5520	66.070	-176.324
19	109.75081	5.64201				61.994	
20	768.81403	1.50000	1.729157	54.68	0.5444	60.098	-46.066
21	32.29105	10.45708	1.846660	23.78	0.6205	51.678	62.338
22	69.69177	6.11000				50.112	
23	-696.16905	1.50000	1.772499	49.60	0.5520	49.438	-95.365
24	82.90865	(可変)				47.653	
25	385.82840	6.00000	1.620411	60.29	0.5427	59.836	259.807
26	-277.06577	0.15000				60.863	
27	108.72577	10.00000	1.487490	70.23	0.5300	63.423	178.145
28	-425.62953	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	63.626	-448.238
29	2530.42858	(可変)				63.828	
30	103.70230	1.60000	1.805181	25.42	0.6161	64.684	-221.107
31	65.29826	10.00000	1.487490	70.23	0.5300	63.676	134.937
32	5798.07780	0.15000				63.633	
33	93.38162	8.00000	1.620411	60.29	0.5427	63.471	129.015
34	-557.28865	(可変)				62.991	

20

30

40

50

35	(絞リ)	2.98000				30.591		
36	-148.03323	1.40000	1.595220	67.74	0.5442	29.434	-24.719	
37	16.45867	7.30654	1.720467	34.71	0.5834	27.226	29.934	
38	55.31570	5.93408				26.533		
39	-41.31466	19.74135	1.772499	49.60	0.5520	25.765	-33.293	
40	83.41322	8.40424				28.123		
41	-72.77815	1.50000	1.854780	24.80	0.6122	30.730	-56.644	
42	150.25859	8.27629	1.639999	60.08	0.5370	32.546	46.268	
43	-36.26345	0.19994				34.247		
44	56.44426	7.00000	1.496999	81.54	0.5375	36.032	67.641	10
45	-80.27829	0.50000				35.895		
46	217.50568	7.16945	1.438750	94.93	0.5340	34.791	68.660	
47	-34.71676	1.50000	2.000690	25.46	0.6133	34.231	-50.204	
48	-112.49315	0.50000				34.812		
49	132.89691	4.99978	1.858956	22.73	0.6284	34.619	60.004	
50	-84.12848	7.99972				34.290		
51	∞	33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000		
52	∞	13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000		
53	∞	10.00000				50.000		
像面	∞							20

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.32328e-008 A 6= 2.55348e-010 A 8=-1.25818e-013 A10=-2.35007e-017 A12= 7.95065e-021

第34面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.03812e-007 A 6=-5.19338e-010 A 8= 7.28916e-013 A10=-5.02921e-016 A12= 1.29244e-019

【 0 0 9 1 】

各種データ

ズーム比 30.00

焦点距離	6.50	35.00	195.00
Fナンバー	1.50	1.50	2.20
画角	40.24	8.93	1.62
レンズ全長	625.00	625.00	625.00
BF	10.00	10.00	10.00

d17	3.00	103.25	225.03
d24	228.49	65.09	6.46
d30	1.00	34.58	1.00
d35	1.00	30.57	1.00

入射瞳位置	111.97	228.97	1201.77
射出瞳位置	58.57	58.57	58.57
前側主点位置	119.34	289.19	2179.59
後側主点位置	3.50	-25.00	-185.00

ズームレンズ群データ

30

40

50

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	185.75	174.71	151.13	102.84
2	18	-41.93	26.71	13.98	-4.97
3	25	124.66	17.84	2.62	-8.90
4	31	98.22	19.75	5.00	-7.93
5	36	26.03	142.50	49.72	3.95

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-211.09
2	3	-312.29
3	5	642.62
4	7	649.37
5	9	-425.39
6	10	375.20
7	12	371.89
8	14	547.28
9	16	698.98
10	18	-187.29
11	20	-50.53
12	21	65.25
13	23	-90.13
14	25	230.20
15	27	133.42
16	29	-255.05
17	31	-243.19
18	32	141.65
19	34	131.37
20	37	-25.38
21	38	27.33
22	40	-31.81
23	42	-31.44
24	43	48.95
25	45	-42.58
26	46	53.09
27	48	64.88
28	50	51.26
29	51	-58.13
30	53	62.93
31	55	0.00
32	56	0.00

10

20

30

40

【 0 0 9 2 】

【表 1】

表1

条件式		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	θ_x	0.639	0.66	0.639	0.639	0.628	0.628
(2)	f_x/f_R	1.082	1.609	1.082	1.719	2.086	1.715
(3)	$ \theta_p - \theta_n / (\nu_n - \nu_p)$	4.50E-04	5.48E-05	1.17E-03	4.43E-05	8.71E-04	3.51E-04
(4)	D_x/DR	0.946	0.959	0.947	0.947	0.948	0.935
(5)	n_y	2.003	1.855	2.003	2.003	2.001	2.001
(6)	θ_y	0.598	0.612	0.598	0.598	0.613	0.613
(7)	D_y/DR	0.919	0.945	0.929	0.931	0.933	0.910
(8)	$-1.744e-3 \times \nu_z + 0.6536$	0.614	0.623	0.488	0.488	0.523	0.535
	θ_z	0.631	0.660	0.534	0.534	0.539	0.544
	$-1.744e-3 \times \nu_z + 0.7177$	0.678	0.687	0.552	0.552	0.587	0.599
(9)	f_z/f_R	-0.629	-1.806	-2.397	-1.233	-3.177	-0.706
(10)	$ D_z/DR $	0.601	0.626	0.503	0.502	0.488	0.038
(11)	$(\theta_{2p} - \theta_{2n}) / (\nu_{2n} - \nu_{2p})$	1.65E-03	1.65E-03	2.74E-03	2.74E-03	2.58E-03	2.58E-03
(h)	f_t/f_w	18.50	18.50	27.00	27.00	30.00	30.00
(i)	ω_w	35.90	37.38	39.38	39.38	40.24	40.24

10

20

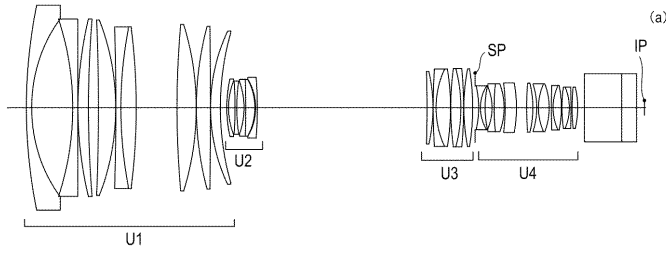
【符号の説明】

【0093】

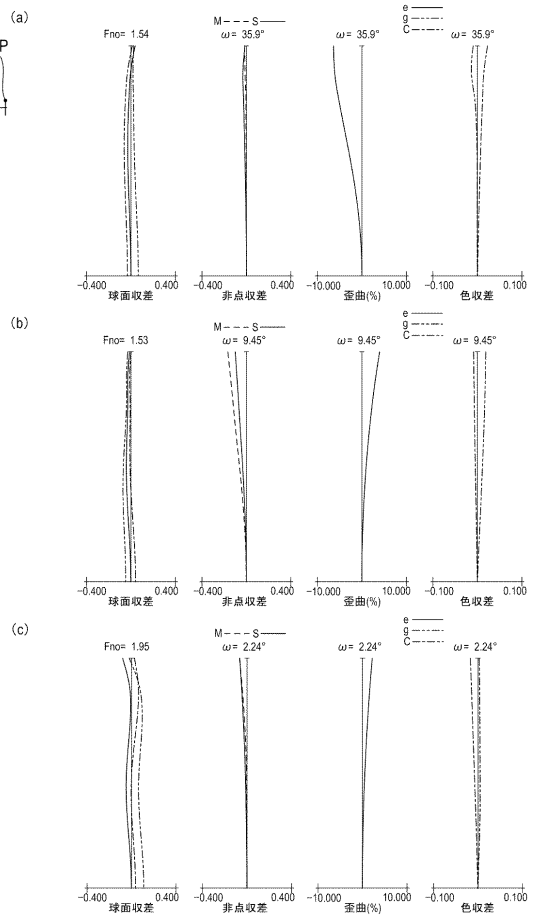
U 1 第 1 レンズ群
 U 2 第 2 レンズ群
 U 3 第 3 レンズ群
 U 4 第 4 レンズ群
 S P 開口絞り
 I P 像面

30

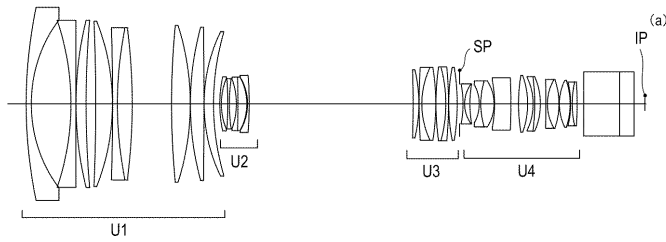
【 図 1 】



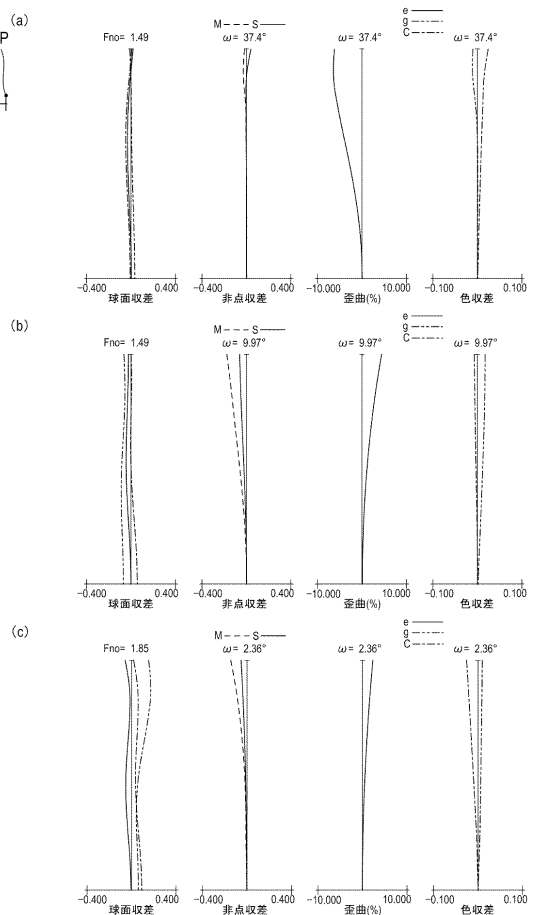
【 図 2 】



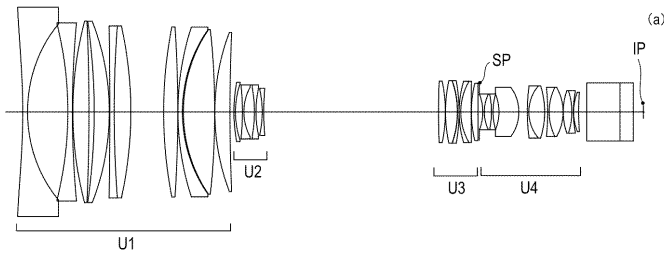
【 図 3 】



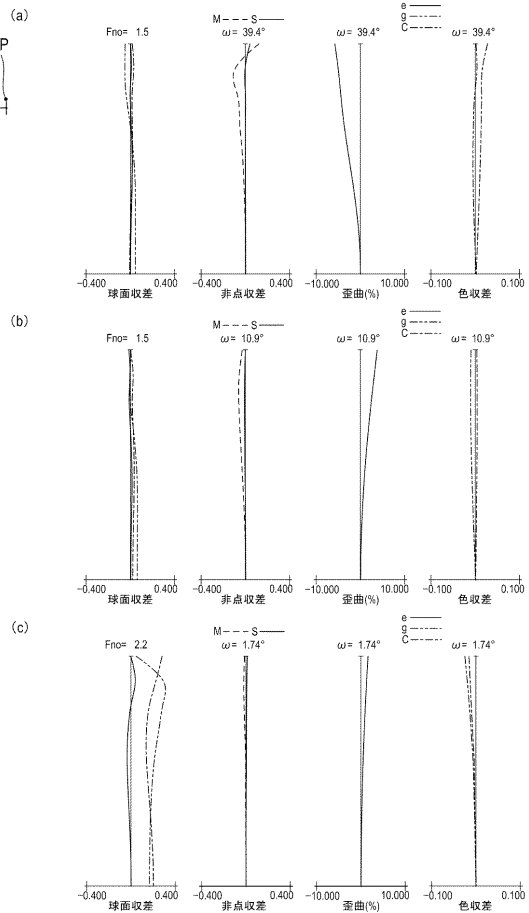
【 図 4 】



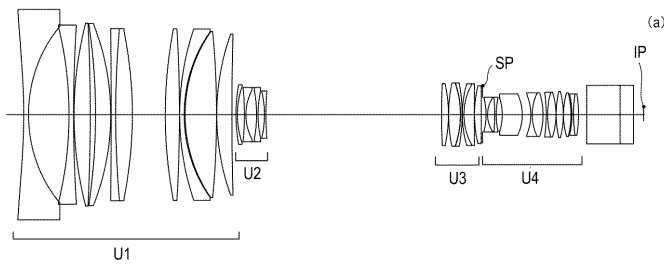
【図 5】



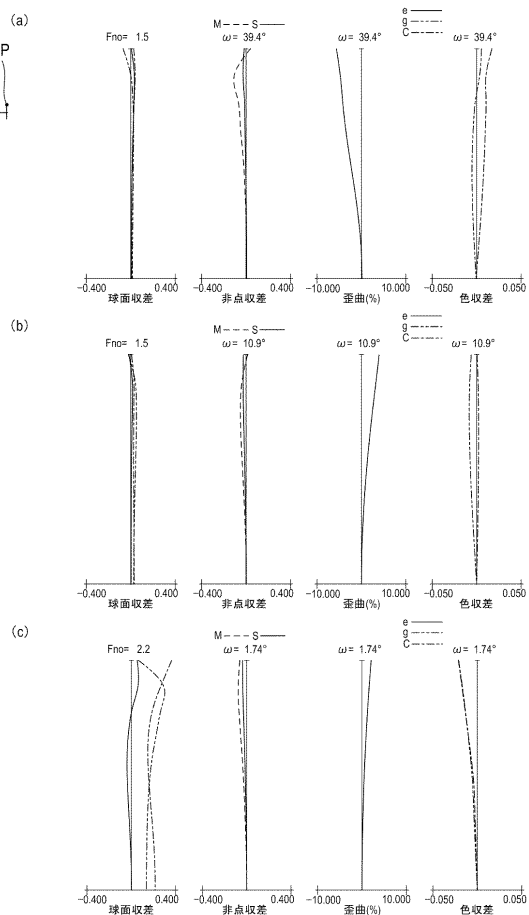
【図 6】



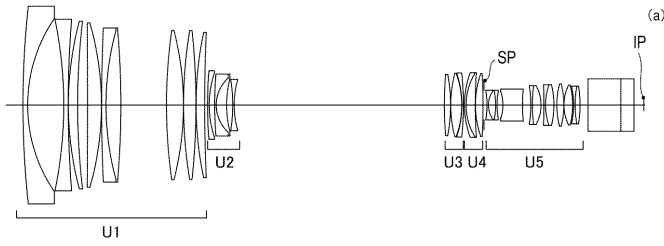
【図 7】



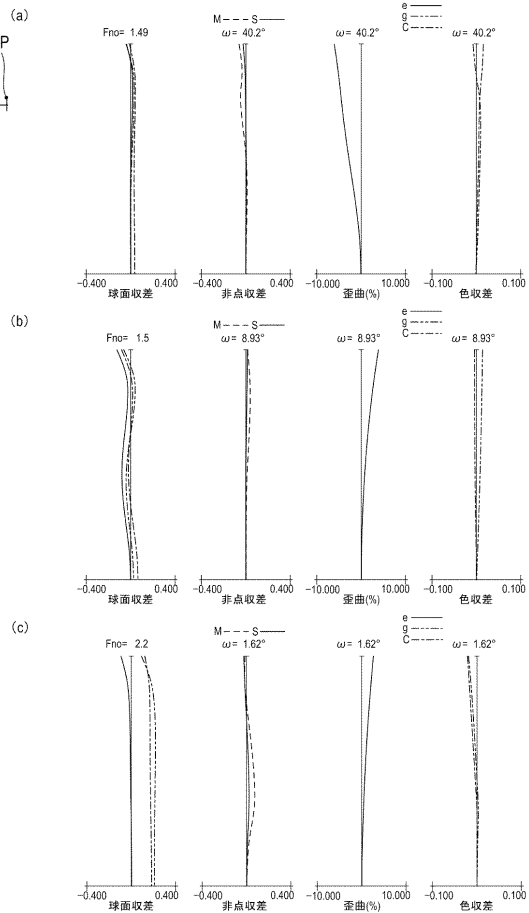
【図 8】



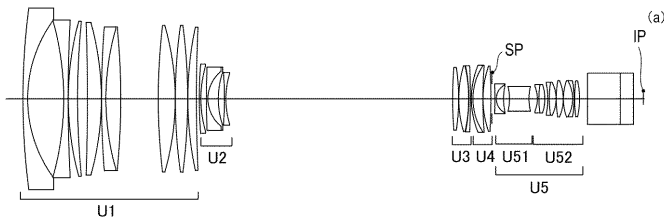
【図 9】



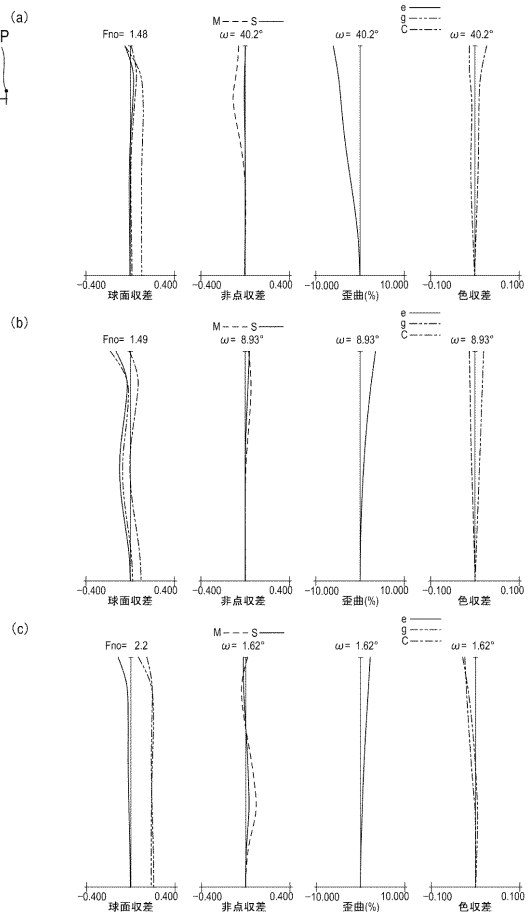
【図 10】



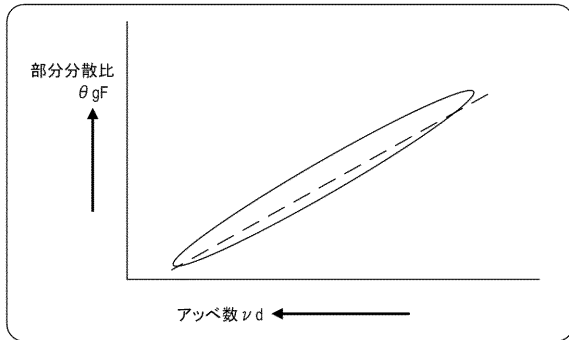
【図 11】



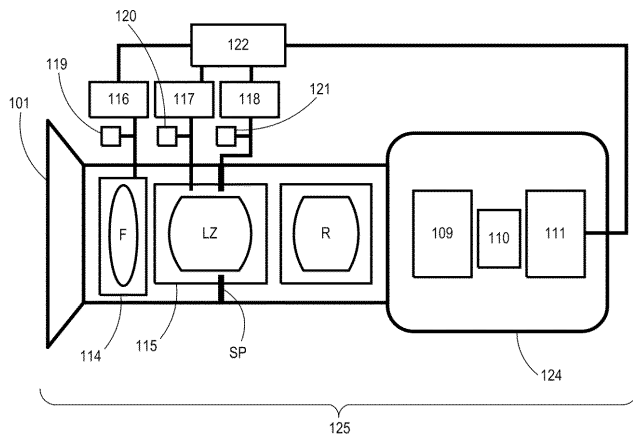
【図 12】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(74)代理人 100114915

弁理士 三村 治彦

(72)発明者 堀 雅雄

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA01 MA12 MA18 NA14 PA15 PA16 PB20 QA02 QA03 QA06
QA07 QA17 QA19 QA22 QA25 QA32 QA34 QA42 QA45 RA05
RA12 RA13 RA32 RA41 RA43 SA23 SA27 SA29 SA32 SA43
SA47 SA49 SA52 SA55 SA63 SA64 SA65 SA72 SA75 SA76
SB01 SB15 SB16 SB24 SB27 SB31 SB34 SB41 UA06