

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7479924号
(P7479924)

(45)発行日 令和6年5月9日(2024.5.9)

(24)登録日 令和6年4月26日(2024.4.26)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/18

請求項の数 15 (全30頁)

(21)出願番号	特願2020-84955(P2020-84955)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和2年5月14日(2020.5.14)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2021-179531(P2021-179531 A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43)公開日	令和3年11月18日(2021.11.18)	(74)代理人	100110412
審査請求日	令和5年4月21日(2023.4.21)		弁理士 藤元 亮輔
		(74)代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74)代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72)発明者	小宮山 貴洋
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
			キヤノン株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズおよび撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、および、正の屈折力の第4レンズ群を有し、

前記第1レンズ群は、物体側に凹面を向けた負レンズB1Lnを有し、

前記第2レンズ群は、負レンズを少なくとも1枚有し、

広角端から望遠端へのズーミングに際して、少なくとも前記第1レンズ群は移動し、前記第4レンズ群は固定または物体側から像側へ移動し、

前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離をD1、前記第2レンズ群に含まれる負レンズの平均屈折率をnLnave、前記負レンズB1Lnのd線のアッベ数をdとするとき、

$$-1.50 < f1 / D1 \leq -0.859$$

$$1.870 < nLnave < 2.500$$

$$60.00 < d < 100.00$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記第1レンズ群において、前記負レンズB1Lnの物体側に隣接する位置には空気レンズが形成されており、前記空気レンズの物体側の面R1の曲率半径をr1、像側の面R2の曲率半径をr2とするとき、

$$0.10 < (r2 + r1) / (r2 - r1) < 0.80$$

なる条件式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 2 レンズ群は、負レンズと正レンズとからなる接合レンズを少なくとも 1 枚有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】

無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 3 レンズ群の少なくとも一部が物体側から像側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 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 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、負レンズ、および、正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

10

【請求項 6】

前記ズームレンズにおける各レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面の光軸上の間隔の和を D_{sum} 、広角端における前記ズームレンズの最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の間隔を L_w 、広角端における F 値を F_{no} とするとき、

$$0.80 < (D_{sum} / L_w) \times F_{no} < 1.80$$

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

【請求項 7】

20

前記第 4 レンズ群の広角端における横倍率を 4_w 、望遠端における横倍率を 4_t とするとき、

$$1.00 < 4_t / 4_w < 1.40$$

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

【請求項 8】

広角端における前記ズームレンズの最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の間隔を L_w 、前記第 4 レンズ群の広角端から望遠端への移動量を M_4 とし、移動量 M_4 の符号を物体側から像側への移動方向を正とするとき、

$$0.00 < M_4 / L_w < 0.15$$

30

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 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.20 < f_w / D_1 < 0.90$$

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 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$-2.40 < f_1 / f_w < -1.20$$

40

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

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$-1.30 < f_1 / f_2 < -0.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

広角端における前記ズームレンズの最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の間隔を L_w 、前記第 2 レンズ群の広角端から望遠端への移動量を M_2 とし、移動量 M_2 の符

50

号を物体側から像側への移動方向を正とするとき、

$$-0.55 < M2 / Lw < -0.10$$

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

【請求項 1 3】

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、および、前記第 3 レンズ群はそれぞれ、非球面形状を有するレンズを少なくとも 1 枚有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

望遠端における焦点距離、半画角、空気換算のバックフォーカスをそれぞれ f_t 、 t 、 $B F t$ とするとき、

$$0.20 < B F t / (f_t \times \tan t) < 1.40$$

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

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 4 のいずれか一項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【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】

近年、撮像装置に用いられる光学系として、広角かつ高性能でありながら小型な光学系が要求されている。光学系の広角化かつ高性能化を達成するため、負の屈折力の第 1 レンズ群と、正の屈折力の第 2 レンズ群とを有する、いわゆるレトロフォーカス構成の光学系が多く用いられている。また小型化を実現するために、いわゆる沈胴構造を用いた光学系が知られている。特許文献 1 および特許文献 2 には、負正負正の屈折力のレンズからなるズームレンズが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2012 - 226307 号公報

【文献】特開 2013 - 171165 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に開示されたズームレンズでは、レンズの広角化において課題となる歪曲収差を補正しつつ小型化することが困難である。特許文献 2 に開示されたズームレンズでは、各レンズ群の光軸上の厚みが大きく、沈胴構造を採用しても小型化することが困難である。また、ズーミングに際する収差の変動が大きい。

【0005】

そこで本発明は、広角かつ高性能であって小型なズームレンズおよび撮像装置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】

【0006】

本発明の一側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、負の屈折力の第 3 レンズ群、および、正の屈折力の第 4 レンズ群を有し、前記第 1 レンズ群は、物体側に凹面を向けた負レンズ $B1 L n$ を有し、前記第 2 レンズ群は、負レンズを少なくとも 1 枚有し、広角端から望遠端

10

20

30

40

50

へのズームングに際して、少なくとも前記第 1 レンズ群は移動し、前記第 4 レンズ群は固定または物体側から像側へ移動し、前記第 1 レンズ群の焦点距離 f_1 、前記第 1 レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離 D_1 、前記第 2 レンズ群に含まれる負レンズの平均屈折率 $n_{L_{ave}}$ 、前記負レンズ B_{1Ln} の d 線のアッベ数を d は、所定の条件式を満足する。

【0007】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、広角かつ高性能であって小型なズームレンズおよび撮像装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】実施例 1 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 2】実施例 1 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 3】実施例 2 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 4】実施例 2 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 5】実施例 3 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

20

【図 6】実施例 3 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 7】実施例 4 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 8】実施例 4 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 9】実施例 5 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 10】実施例 5 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 11】実施例 6 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 12】実施例 6 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

30

【図 13】実施例 7 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 14】実施例 7 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 15】実施例 8 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 16】実施例 8 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

【図 17】実施例 9 における無限遠合焦時のズームレンズの断面図である。

【図 18】実施例 9 における無限遠合焦時の広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズの縦収差図である。

40

【図 19】各実施例における撮像装置の概略図である。

【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詳細に説明する。

【0011】

図 1 は、実施例 1 における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ 1 a の断面図である。図 2 (A)、(B)、(C) はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ 1 a の縦収差図である。

【0012】

図 3 は、実施例 2 における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ 1 b の断面図である

50

。図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1bの縦収差図である。図5は、実施例3における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1cの断面図である。図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1cの縦収差図である。図7は、実施例4(参考例)における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1dの断面図である。図8(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1dの縦収差図である。図9は、実施例5における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1eの断面図である。図10(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1eの縦収差図である。図11は、実施例6における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1fの断面図である。図12(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1fの縦収差図である。図13は、実施例7における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1gの断面図である。図14(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1gの縦収差図である。図15は、実施例8における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1hの断面図である。図16(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1hの縦収差図である。図17は、実施例9における無限遠合焦時の広角端でのズームレンズ1iの断面図である。図18(A)、(B)、(C)はそれぞれ、広角端、中間ズーム位置、望遠端でのズームレンズ1iの縦収差図である。

【0013】

各実施例のズームレンズ1a~1iは、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ、車載用カメラなどの撮像装置に適して用いられる光学系である。各断面図において、左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。なお、各実施例の光学系をプロジェクタなどの投射レンズとして用いてもよい。このとき、左方がスクリーン側(拡大側)、右方が被投射画像側(縮小側)となる。

【0014】

各実施例のズームレンズ1a~1iは、複数のレンズ群を有して構成されている。各実施例において、レンズ群とは、ズーミングに際して一体的に移動または静止するレンズのまとまりである。すなわち、群内の一部のレンズでフォーカスを行う部分群フォーカスや、群内の一部のレンズで防振を行う部分群防振などの群内の一部を稼働させる光学系に関しては、ズーミングに際して同じ動きをする複数の群であるため、これらを1つの群とみなして説明を行う。なお、レンズ群は1枚のレンズから構成されていてもよく、または、複数のレンズから構成されていてもよい。またレンズ群は、開口絞りを含んでいてもよい。各断面図において、i(i=自然数)は物体側からのレンズ群の順番を示し、Biは第iレンズ群である。

【0015】

また、SPは絞り(開口絞り)である。IPは像面であり、各実施例のズームレンズ1a~1iをデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラの撮像光学系として使用する際には、CCDセンサやCMOSセンサなどの撮像素子(光電変換素子)の撮像面が配置される。各実施例のズームレンズ1a~1iを銀塩フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際には、像面IPにはフィルム面に相当する感光面が置かれる。各断面図に示される矢印は、広角から望遠へのズーミングに際してのレンズ群の移動方向を表している。また、FLは光学フィルタ、フェースプレート、水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタなどに相当する光学ブロックである。

【0016】

各縦収差図の球面収差図において、FnoはFナンバーであり、d線(波長587.6nm)、g線(波長435.8nm)に対する球面収差量を示している。非点収差図において、Sはサジタル像面、Mはメリディオナル像面を示している。歪曲収差図において、d線に対する歪曲収差量を示している。色収差図において、g線における倍率色収差量を示している。は撮像半画角(°)である。

10

20

30

40

50

【0017】

次に、各実施例のズームレンズ1a~1iにおける特徴的な構成について述べる。各実施例のズームレンズ1a~1iは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、負の屈折力の第3レンズ群B3、および、正の屈折力の第4レンズ群B4を有する。第1レンズ群B1は、物体側に凹面を向けた負レンズB1Lnを有する。負レンズB1Lnに該当する負レンズは複数あっても良い。

【0018】

また、第2レンズ群B2は、負レンズを少なくとも1枚有する。以下では、第2レンズ群B2に含まれる各負レンズを負レンズB2Lnとも呼ぶ。

【0019】

また、広角端から望遠端へのズーミングに際して、少なくとも第1レンズ群B1は移動し、第4レンズ群B4は固定または物体側から像側へ移動する。

【0020】

また、第1レンズ群B1の焦点距離をf1、第1レンズ群B1の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の距離をD1、第2レンズ群B2に含まれる負レンズの平均屈折率をnLnaveとする。このときズームレンズ1a~1iは、以下の条件式(1)、(2)を満足する。

【0021】

$$-1.50 < f1/D1 < -0.20 \quad \dots (1)$$

$$1.870 < nLnave < 2.500 \quad \dots (2)$$

物体側から像側へ順に、負、正、負、正の4つのレンズ群を有する構成は、負の前群、正の後群からなるいわゆるレトロフォーカス構成の正の後群を、第2レンズ群B2より像側の群で分割した構成といえる。このような構成により、バックフォーカスを確保しながら広画角化を達成できる。また、変倍に際しての収差変動を小さくすることができる。

【0022】

また、第1レンズ群B1が有する物体側に凹面を向けた負レンズB1Lnは、広角端における歪曲収差を低減している。また、第2レンズ群B2は、少なくとも1枚の負レンズB2Lnを有する構成とすることで、ズーミングに際しての軸上色収差、像面湾曲等の収差変動を小さくしている。

【0023】

また、ズーミングに際して第1レンズ群B1を移動することで、中間のズーム位置での収差を低減している。ズーミングに際して、正の第4レンズ群B4を固定、または物体側から像側へ移動することで、第2レンズ群B2の移動量を小さくし、かつ第2レンズ群B2の屈折力を小さくすることができレンズ全長の小型化と収差の補正を両立できる。ここで、ズーミングに際して、正の第4レンズ群B4が像側から物体側へ移動したとすると、変倍比が小さくなる。このため、各実施例におけるズームレンズと同程度の変倍比を達成しようとする、第2レンズ群B2の移動量を大きくするか、第2レンズ群B2の屈折力を大きくする必要があり、レンズ全長の小型化と収差補正の両立が困難となる。なお、第4レンズ群B4は単レンズから成る構成でもよいし、接合レンズまたは複数のレンズから成る構成としてもよい。

【0024】

次に、前述の条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は、第1レンズ群B1の焦点距離f1と第1レンズ群B1の最も物体側の面から最も像側の面の光軸上の距離D1の比を規定している。条件式(1)を満足することで、ズームレンズ1a~1iを広角化することができる。条件式(1)の下限値を下回ると、第1レンズ群B1の屈折力が小さくなり広角化が困難となるか、第1レンズ群B1の厚みが小さくなりすぎ、広角端での歪曲収差、像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群B1の屈折力が大きくなりすぎ像面湾曲などの収差補正が困難となるか、第1レンズ群B1の厚みが大きくなりすぎ、特に沈胴構造を採用したときに、沈胴時の小型化が困難となるため好ましくない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

条件式 (2) は、第 2 レンズ群 B 2 が有する負レンズ B 2 L n の平均屈折率を規定している。条件式 (2) の下限値を下回ると、負レンズ B 2 L n の曲率が大きくなり非点収差、球面収差、コマ収差等の収差の補正が困難となり好ましくない。また、収差の補正に必要な負の屈折力を得るために、負レンズが多枚数必要となり第 2 レンズ群 B 2 が大型化してしまい好ましくない。一方、条件式 (2) の上限値を上回ると、非点収差、球面収差、コマ収差等の収差の補正が過剰となり好ましくない。

【 0 0 2 6 】

各実施例において、条件式 (1)、(2) の数値範囲を以下の条件式 (1 a)、(2 a) の範囲とすることが好ましい。

10

【 0 0 2 7 】

$$-1.35 < f1 / D1 < -0.50 \quad \dots (1a)$$

$$1.875 < nLnave < 2.300 \quad \dots (2a)$$

また、条件式 (1)、(2) の数値範囲は、以下の条件式 (1 b)、(2 b) の範囲とすると前述した各条件式が意味する効果を最大限に得られる。

【 0 0 2 8 】

$$-1.25 < f1 / D1 < -0.65 \quad \dots (1b)$$

$$1.875 < nLnave < 2.100 \quad \dots (2b)$$

次に、各実施例のズームレンズにおいて、満足することが好ましい構成について述べる。第 1 レンズ群 B 1 は、負レンズ B 1 L n の物体側に空気間隔を有し、この空気間隔に隣接して配置されるレンズ面 R 1、R 2 と空気間隔からなる空気レンズは両凸形状を有する。これにより、広角端における歪曲収差を補正している。また、第 1 レンズ群 B 1 は、物体側より順に、負レンズ、負レンズ、正レンズを有している。これにより、広角端の歪曲収差、像面湾曲、倍率色収差を低減している。また、第 1 レンズ群 B 1 は非球面形状を有する負レンズを有する。これにより、歪曲収差、像面湾曲等の収差を補正している。

20

【 0 0 2 9 】

第 2 レンズ群 B 2 は、負レンズと正レンズからなる接合レンズを少なくとも 1 枚有する。これにより、像面湾曲、倍率色収差を低減している。また、接合レンズとすることで、第 2 レンズ群 B 2 内の製造誤差による収差の悪化を低減することができ、製造が容易になる。また、第 2 レンズ群 B 2 は広角端から望遠端への変倍に際して、像側から物体側へ移動している。これにより主たる変倍を担いズームレンズの変倍比を大きくしている。また、第 2 レンズ群 B 2 は、非球面形状を有する正レンズを有する。これにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲を補正している。

30

【 0 0 3 0 】

第 3 レンズ群 B 3 において、非球面を有する負レンズを無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して、物体側から像側へ移動している。これにより、フォーカシングによる収差変動を抑制できる。なお、第 3 レンズ群 B 3 は複数のレンズからなる構成としてもよい。

【 0 0 3 1 】

次に、各実施例のズームレンズが満足することが好ましい条件について述べる。各実施例のズームレンズ 1 a ~ 1 i は、以下の条件式 (3) 乃至 (1 2) の少なくとも 1 つを満足することが好ましい。ここで、負レンズ B 1 L n の物体側に隣接した位置に形成された空気レンズの物体側の面 R 1 の曲率半径を $r1$ 、像側の面 R 2 の曲率半径を $r2$ とする。負レンズ B 1 L n の d 線のアッペ数を d とする。ズームレンズ 1 a ~ 1 i のそれぞれにおける各レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面の光軸上の距離の和を $Dsum$ 、広角端における、最も物体側の面から最も像側の面の光軸上の距離を Lw 、広角端における F 値を Fno とする。第 4 レンズ群 B 4 の広角端における横倍率を $4w$ 、望遠端における横倍率を $4t$ とする。第 2 レンズ群 B 2、第 4 レンズ群 B 4 の広角端から望遠端への移動量をそれぞれ、 $M2$ 、 $M4$ とする。ただし、移動量 $M2$ および移動量 $M4$ のそれぞれの符号は、光の進行方向 (物体側から像側) へ移動する向きを正とする。広角端における

40

50

ズームレンズ 1 a ~ 1 i (全系) の焦点距離を f_w とする。第 2 レンズ群 B 2 の焦点距離を f_2 とする。望遠端における焦点距離、半画角、空気換算のバックフォーカスをそれぞれ f_t 、 t 、 $B F t$ とする。

【0032】

$$0.10 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 0.80 \quad \dots (3)$$

$$60.00 < d < 100.00 \quad \dots (4)$$

$$0.80 < (D_{sum} / L_w) \times F_{no} < 1.80 \quad \dots (5)$$

$$1.00 < 4t / 4w < 1.40 \quad \dots (6)$$

$$0.00 < M_4 / L_w < 0.15 \quad \dots (7)$$

$$0.20 < f_w / D_1 < 0.90 \quad \dots (8)$$

$$-2.40 < f_1 / f_w < -1.20 \quad \dots (9)$$

$$-1.30 < f_1 / f_2 < -0.50 \quad \dots (10)$$

$$-0.55 < M_2 / L_w < -0.10 \quad \dots (11)$$

$$0.20 < B F t / (f_t \times \tan t) < 1.40 \quad \dots (12)$$

条件式 (3) は、第 1 レンズ群 B 1 が有する、物体側に凹面を向けた負レンズ B 1 L n の物体側に隣接する空気レンズの形状を規定している。条件式 (3) を満足することで、広角端における歪曲収差、像面湾曲、倍率色収差を良好に補正できる。条件式 (3) の上限値を上回ると、レンズの曲率が大きくなりすぎ製造が困難になり好ましくない。一方、条件式 (3) の下限値を下回ると、空気レンズの屈折力が小さくなり歪曲収差の補正が不足し好ましくない。

【0033】

条件式 (4) は、第 1 レンズ群 B 1 が有する、物体側に凹面を向けた負レンズ B 1 L n の d 線におけるアッペ数を規定している。条件式 (4) を満足することで、広角端における倍率色収差を良好に補正できる。条件式 (4) の上限値を上回ると、屈折率の高い材料の選択ができなくなり像面湾曲の補正が困難となり好ましくない。一方、条件式 (4) の下限値を下回ると、倍率色収差の補正が不足し好ましくない。

【0034】

条件式 (5) は、ズームレンズ 1 a ~ 1 i を構成する各レンズ群の光軸上の厚みの和を F 値に応じて規定している。一般に F 値が小さいと、F 値が大きい場合と比べて収差補正のために多くのレンズ枚数が必要となり、 D_{sum} は大きくなりやすい。F 値が小さい場合と大きな場合の収差補正に必要な厚みに相当する D_{sum} を、F 値をかけることで同程度の値で表現できるため、1 つの条件式で適切な厚みを規定できる。条件式 (5) を満足することで、各レンズ群の厚みを小さくし、特に沈胴時のレンズ全長の小型化を達成しつつ、収差を十分に補正することができる。条件式 (5) の上限値を上回ると、ズームレンズ 1 a ~ 1 i の厚みが大きくなりすぎ、特に沈胴時のレンズ全長が大型化し好ましくない。一方、条件式 (5) の下限値を下回ると、各レンズ群の厚みが小さくなりすぎ、広角化が困難になるとともに、変倍に際する収差変動が大きくなり好ましくない。

【0035】

条件式 (6) は、第 4 レンズ群 B 4 の広角端と望遠端における横倍率の比を規定している。条件式 (6) を満足することで、第 2 レンズ群 B 2 の移動量を小さくすることができ小型化できる。条件式 (6) の上限値を上回ると、第 4 レンズ群 B 4 の変倍に際しての物体側から像側への移動量が大きくなりすぎ、バックフォーカスが確保できず好ましくない。一方、条件式 (6) の下限値を下回ると、第 2 レンズ群 B 2 の移動量を大きくする必要がありレンズ全長が大型化するが、第 2 レンズ群 B 2 の屈折力が大きくなりすぎ、球面収差、像面湾曲、コマ収差の補正が困難となり好ましくない。

【0036】

条件式 (7) は、第 4 レンズ群 B 4 の変倍に際する移動量を規定している。条件式 (7) を満足することで、第 2 レンズ群 B 2 の移動量を小さくすることができ小型化できる。条件式 (7) の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 B 2 の移動量を大きくする必要がありレンズ全長が大型化し好ましくない。一方、条件式 (7) の下限値を下回ると、第 4 レンズ群

10

20

30

40

50

B 4 の変倍に際しての物体側から像側への移動量が大きくなりすぎ、バックフォーカスが確保できず好ましくない。

【 0 0 3 7 】

条件式 (8) は、広角端の焦点距離と第 1 レンズ群 B 1 の光軸上の厚みの比を規定している。条件式 (8) を満足することで、広角化を達成できる。条件式 (8) の上限値を上回ると、広角化が困難となり好ましくない。一方、条件式 (8) の下限値を下回ると、広角化し過ぎて収差の補正が困難になるか、第 1 レンズ群 B 1 の厚みが大きくなりすぎ、特に沈胴時のレンズ全長が大型化し、好ましくない。

【 0 0 3 8 】

条件式 (9) は、広角端でのズームレンズ 1 a ~ 1 i (全系) の焦点距離と第 1 レンズ群 B 1 の焦点距離との比を規定している。条件式 (9) を満足することで、広角化を達成しつつ収差を抑制できる。条件式 (9) の上限値を上回ると、第 1 レンズ群 B 1 の負の屈折力が大きくなりすぎ、像面湾曲の補正が困難となり好ましくない。一方、条件式 (9) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 B 1 の負の屈折力が小さくなりすぎ、広角化が困難になるか、レンズ全長が大型化し好ましくない。

【 0 0 3 9 】

条件式 (1 0) は、第 1 レンズ群 B 1 の焦点距離と第 2 レンズ群 B 2 の焦点距離との比を規定している。条件式 (1 0) を満足することで、広角化を達成しつつ第 2 レンズ群の移動量を小さくでき小型化できる。条件式 (1 0) の上限値を上回ると、第 1 レンズ群 B 1 の負の屈折力が大きくなり像面湾曲の補正が困難となるか、第 2 レンズ群 B 2 の負の屈折力が小さくなり、ズーミングに際する第 2 レンズ群 B 2 の移動量が大きくなりレンズ全長が大型化し好ましくない。一方、条件式 (1 0) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 B 1 の負の屈折力が小さくなりすぎ広角化が困難になるか、第 2 レンズ群 B 2 の負の屈折力が大きくなりすぎ、球面収差、像面湾曲、コマ収差の補正が困難となり好ましくない。

【 0 0 4 0 】

条件式 (1 1) は、第 2 レンズ群 B 2 のズーミングに際する移動量を規定している。条件式 (1 1) を満足することで、変倍比を大きくしつつ、レンズ全長を小型化できる。条件式 (1 1) の上限値を上回ると、変倍比を確保するためには、第 2 レンズ群 B 2 の屈折力が大きくなりすぎ、球面収差、像面湾曲、コマ収差の補正が困難となり好ましくない。一方、条件式 (1 1) の下限値を下回ると、変倍比は大きくなるが、レンズ全長が大型化し好ましくない。

【 0 0 4 1 】

条件式 (1 2) は、望遠端におけるバックフォーカスを規定している。条件式 (1 2) を満足することで、軸外光線高さの大きい像面近くにレンズを配置し、像面湾曲、非点収差の補正ができる。条件式 (1 2) の上限値を上回ると、像面近くのレンズを通過する軸外光線高さが小さくなり、像面湾曲、非点収差の補正効果が小さくなり好ましくない。一方、条件式 (1 2) の下限値を下回ると、光学フィルタ、フェースプレート、水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等に相当する光学ブロック F L の配置が困難になり好ましくない。

【 0 0 4 2 】

各実施例において、条件式 (3) 乃至 (1 2) の数値範囲をそれぞれ、以下の条件式 (3 a) 乃至 (1 2 a) のように設定することが好ましい。

【 0 0 4 3 】

$$0.15 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 0.70 \quad \dots (3a)$$

$$62.00 < d < 95.00 \quad \dots (4a)$$

$$0.90 < (D_{sum} / L_w) \times F_{no} < 1.72 \quad \dots (5a)$$

$$1.00 < 4t / 4w < 1.22 \quad \dots (6a)$$

$$0.00 < M_4 / L_w < 0.12 \quad \dots (7a)$$

$$0.30 < f_w / D_1 < 0.80 \quad \dots (8a)$$

$$-2.10 < f_1 / f_w < -1.30 \quad \dots (9a)$$

$$\begin{aligned}
 -1.10 < f_1 / f_2 < -0.60 & \dots (10a) \\
 -0.50 < M_2 / L_w < -0.13 & \dots (11a) \\
 0.30 < B F t / (f t \times \tan t) < 1.30 & \dots (12a)
 \end{aligned}$$

また各実施例において、条件式(3)乃至(12)の数値範囲をそれぞれ、以下の条件式(3b)乃至(12b)の範囲とすることで、各条件式が意味する効果を最大限に得ることができる。

【0044】

$$\begin{aligned}
 0.20 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < 0.58 & \dots (3b) \\
 63.00 < d < 90.00 & \dots (4b) \\
 1.05 < (D_{sum} / L_w) \times F_{no} < 1.67 & \dots (5b) \\
 1.00 < 4t / 4w < 1.18 & \dots (6b) \\
 0.00 < M_4 / L_w < 0.09 & \dots (7b) \\
 0.35 < f_w / D_1 < 0.72 & \dots (8b) \\
 -1.95 < f_1 / f_w < -1.45 & \dots (9b) \\
 -1.05 < f_1 / f_2 < -0.67 & \dots (10b) \\
 -0.40 < M_2 / L_w < -0.15 & \dots (11b) \\
 0.40 < B F t / (f t \times \tan t) < 1.20 & \dots (12b)
 \end{aligned}$$

次に、各実施例のズームレンズ1a~1iについて、前述した以外の特徴について詳細に述べる。実施例1~9において、広角端から望遠端へのズームングに際して、第1レンズ群B1と第2レンズ群B2は、その間隔が小さくなるように移動することにより、主たる変倍を行う。また、第2レンズ群B2と第3レンズ群B3は、その間隔が大きくなるように移動することで、ズームングに際しての像面湾曲の変動を抑制している。また、正の屈折力の第2レンズ群B2を光軸OAに対し垂直方向の成分を持つように移動させることで、光軸OAに対し垂直方向に像を変位させて像ブレを補正している。なお、第2レンズ群B2の一部を光軸OAに対し垂直方向の成分を持つように移動させて像ブレを補正してもよい。

【0045】

実施例1、7において、第1レンズ群B1は、負レンズと正レンズとからなる接合レンズを有する。これにより、第1レンズ群B1内の製造誤差による収差の悪化を低減することができる、製造が容易になる。

【0046】

実施例1、3、7、9において、第1レンズ群B1は、負レンズ、負レンズ、および、正レンズからなる。また、最も物体側の負レンズは非球面形状を有する。これにより、歪曲収差、像面湾曲、非点収差、コマ収差を補正している。

【0047】

実施例2、4、5、6、8において、第1レンズ群B1は、負レンズ、負レンズ、負レンズ、および、正レンズからなる。また、物体側から2枚目の負レンズは非球面形状を有する。これにより、歪曲収差、像面湾曲、非点収差、コマ収差を補正しながら、非球面レンズの口径を小さくすることができ、製造コストを低減できる。

【0048】

実施例8において、正の屈折力を有する第5レンズ群B5を有する。これにより、像面湾曲を補正することができる。また、像面への軸外光線の入射角度を小さくすることができる。なお、第5レンズ群B5を構成する正レンズを非球面形状とすることで、前述の効果が高まりさらに好ましい。第5レンズ群B5は、複数のレンズからなる構成としてもよい、像面湾曲補正のためにズームングに際して移動してもよい。

【0049】

実施例9において、負の屈折力を有する第5レンズ群B5を有する。これにより、レンズ全長を小型化できる。

【0050】

以下、実施例1~9にそれぞれ対応する数値実施例1~9を示す。各数値実施例の面デ

ータにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm) は第 m 面と第 $(m+1)$ 面との間の軸上間隔(光軸上の距離)を表している。ただし、 m は光入射側から数えた面の番号である。また、 nd は各光学部材の d 線に対する屈折率、 d は光学部材のアッペ数を表している。なお、ある材料のアッペ数 d は、フラウンホーファ線の d 線(587.6nm)、 F 線(486.1nm)、 C 線(656.3nm)、 g 線(波長435.8nm)における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C 、 N_g とすると、

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

で表される。

【0051】

なお、各数値実施例において、 d 、焦点距離(mm)、 F ナンバー、半画角($^\circ$)は全て各実施例の光学系が無遠物体に焦点を合わせた時の値である。バックフォーカス BF は最終レンズ面から像面までの空気換算の距離である。レンズ全長は第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えた値である。また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に、*の符号を付している。非球面形状は、 X を光軸方向の面頂点からの変位量、 h を光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、 R を近軸曲率半径、 k を円錐定数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} を各次数の非球面係数とすると、

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h/R)^2\}^{1/2}] + A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6 + A_8 \times h^8 + A_{10} \times h^{10} + A_{12} \times h^{12}$$

で表している。なお、各非球面係数における「 $e \pm XX$ 」は「 $\times 10 \pm XX$ 」を意味している。

【0052】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	24.469	0.85	1.88202	37.2
2*	5.270	5.12		
3	-13.042	0.55	1.51633	64.1
4	15.996	2.20	2.00100	29.1
5	-55.489	(可変)		
6(絞り)		0.30		
7*	5.724	2.34	1.85135	40.1
8*	46.456	1.02		
9	165.815	0.40	2.00330	28.3
10	4.081	2.72	1.59282	68.6
11	-9.494	(可変)		
12	-17.126	0.50	1.76802	49.2
13*	-129.193	(可変)		
14	28.782	2.70	1.72916	54.7
15	-47.021	(可変)		
16		0.59	1.51633	64.1
17		0.71		
18		0.50	1.51633	64.1
19		(可変)		

像面

非球面データ

第1面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -8.36439e-005$ $A_6 = 3.41103e-006$ $A_8 = -9.54119e-008$ $A_{10} = 1.28048e-009$ $A_{12} = -7.35758e-012$

第2面

K = -1.24102e+000 A 4= 5.48667e-004 A 6= 1.16108e-005 A 8=-1.97426e-007
A10= 3.70591e-009 A12= 9.34613e-011 A14=-4.05034e-012

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.64476e-004 A 6= 3.78316e-005 A 8=-2.00105e-006
A10= 2.94231e-007

第8面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.08433e-003 A 6= 7.32778e-005 A 8=-5.20671e-006
A10= 9.54190e-007

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.19027e-004 A 6=-4.58444e-006 A 8= 1.72664e-007
A10=-4.28575e-009

10

各種データ

ズーム比	2.06		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.05	12.38
Fナンバー	2.88	4.22	5.05
半画角	46.45	39.34	32.51
像高	6.31	7.42	7.89
レンズ全長	36.45	35.67	37.03
BF	4.32	4.10	3.63
d 5	7.64	3.16	0.82
d11	3.34	4.24	5.16
d13	2.45	5.48	8.72
d15	1.70	1.47	1.00
d19	1.20	1.20	1.20

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-9.26
2	6	9.48
3	12	-25.76
4	14	24.86

30

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	18.235	0.90	1.95375	32.3
2	8.426	2.00		
3*	19.344	0.85	1.59201	67.0
4*	8.427	4.82		
5	-16.371	0.55	1.59282	68.6
6	98.105	0.10		
7	23.584	1.77	1.89286	20.4
8	-487.486	(可変)		
9(絞り)		(可変)		
10*	7.727	2.76	1.83441	37.3
11*	-46.210	0.97		
12	1166.166	0.45	2.00330	28.3
13	5.309	4.74	1.49700	81.5
14	-10.699	(可変)		
15		0.50	1.76802	49.2

40

50

16* 23.042 (可変)
17 -86.366 1.90 1.72916 54.7
18 -19.555 (可変)
19 0.59 1.51633 64.1
20 0.71
21 0.50 1.51633 64.1
22 (可変)

像面

非球面データ

第3面

10

K = 0.00000e+000 A 4= 8.05532e-004 A 6=-2.26658e-005 A 8= 5.39564e-007
A10=-6.98064e-009 A12= 3.63960e-011 A14=-7.49084e-015

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.52191e-004 A 6=-1.73757e-005 A 8=-9.72510e-008
A10= 2.34512e-008 A12=-6.48403e-010 A14= 5.45807e-012

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.89213e-005 A 6=-1.20641e-006 A 8= 2.25737e-007
A10=-1.40333e-008 A12= 3.88982e-010

第11面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.61052e-004 A 6=-1.74853e-006 A 8= 2.19879e-007
A10=-1.39561e-008 A12= 4.53221e-010

20

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.52183e-004 A 6=-9.45471e-006 A 8= 1.79871e-006
A10=-1.98846e-007 A12= 1.10274e-008 A14=-2.40167e-010

各種データ

ズーム比 2.95

	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.54	17.70
Fナンバー	2.88	3.55	4.63
半画角	47.20	38.00	24.03
像高	6.48	7.46	7.89
レンズ全長	53.14	50.66	55.13
BF	10.09	10.22	8.91
d 8	13.35	7.68	2.31
d 9	3.27	1.38	1.00
d14	1.60	3.97	9.14
d16	2.54	5.11	11.47
d18	7.46	7.59	6.28
d22	1.20	1.20	1.20

30

ズームレンズ群データ

40

群 始面 焦点距離

1	1	-9.64
2	10	12.28
3	15	-30.00
4	17	34.26

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	25.258	0.95	1.88202	37.2

50

2*	6.566	5.77		
3	-19.525	0.60	1.49700	81.5
4	20.269	1.03		
5	24.493	2.06	2.00069	25.5
6	-547.446	(可変)		
7(絞り)		0.50		
8*	10.247	4.34	1.76802	49.2
9*	-41.304	2.51		
10	-32.219	0.40	1.90366	31.3
11	7.557	4.11	1.49700	81.5
12	-21.857	0.12		
13	33.130	2.18	1.59282	68.6
14	-13.578	(可変)		
15	-255.670	0.50	1.85135	40.1
16*	18.584	(可変)		
17	36.750	2.93	1.72916	54.7
18	-31.544	(可変)		
19		0.59	1.51633	64.1
20		0.71		
21		0.50	1.51633	64.1
22		(可変)		

10

20

像面

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.22721e-004 A 6= 1.20429e-006 A 8=-8.66153e-009 A10= 2.42431e-011

第2面

K =-1.24102e+000 A 4= 1.85134e-004 A 6=-6.19690e-007 A 8= 5.26362e-008 A10=-6.70983e-010 A12= 2.05427e-012

第8面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.91374e-007 A 6= 2.32034e-006 A 8=-4.76346e-008 A10= 2.49179e-009

30

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.35429e-004 A 6= 3.52727e-006 A 8=-1.07827e-007 A10= 6.39260e-009

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.57240e-004 A 6=-1.16117e-006 A 8=-3.93052e-011 A10= 1.65927e-009 A12=-5.36031e-011

各種データ

ズーム比	2.10		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.07	12.57
Fナンバー	2.06	3.50	4.12
半画角	46.45	39.27	32.11
像高	6.31	7.42	7.89
レンズ全長	53.86	50.99	51.26
BF	6.43	6.08	5.76
d 6	13.68	6.38	2.23
d14	2.46	4.27	6.22
d16	3.29	6.26	9.05

40

50

d18 3.80 3.45 3.13
d22 1.20 1.20 1.20

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 -10.06
2 7 12.96
3 15 -20.33
4 17 23.71

[数値実施例 4]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	35.476	1.40	1.49710	81.6
2*	11.759	3.65		
3	30.859	1.00	1.81600	46.6
4	9.361	6.71		
5	-17.261	0.75	1.49700	81.5
6	-354.700	0.10		
7	30.067	2.12	1.96300	24.1
8	176.162	(可変)		
9(絞り)		0.50		
10*	10.071	3.42	1.61881	63.9
11*	-37.037	3.19		
12	-52.610	0.50	1.88100	40.1
13	7.624	3.61	1.49700	81.5
14	-25.637	0.10		
15	22.723	1.78	1.59282	68.6
16	-22.742	(可変)		
17	57.767	0.55	1.88202	37.2
18*	16.033	(可変)		
19	2843.253	1.90	1.81600	46.6
20	-28.065	(可変)		
21		0.59	1.51633	64.1
22		0.71		
23		0.50	1.51633	64.1
24		(可変)		

20

30

像面

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.22656e-005 A 6=-5.11686e-007 A 8= 2.31259e-009 A10=-5.57025e-012

40

第2面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.18137e-005 A 6= 1.93292e-008 A 8=-1.36345e-008 A10= 1.34414e-010 A12=-8.97496e-013

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.73529e-005 A 6=-4.40217e-007 A 8= 1.25535e-008 A10=-3.35437e-010

第11面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.50766e-005 A 6=-3.20616e-007 A 8= 3.06524e-009 A10=-1.45024e-010

50

第18面
K = 0.00000e+000 A 4= 7.60043e-005 A 6=-1.62831e-006 A 8= 1.26575e-007 A10=-7.38980e-009 A12= 1.65076e-010

各種データ

ズーム比	2.95		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.59	17.70
Fナンバー	2.06	3.00	4.12
半画角	47.20	37.85	24.03
像高	6.48	7.46	7.89
レンズ全長	66.63	61.46	65.62
BF	9.52	9.63	9.14
d 8	20.00	9.61	2.22
d16	2.02	4.25	7.58
d18	3.80	6.69	15.39
d20	6.89	7.00	6.52
d24	1.20	1.20	1.20

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-10.72
2	9	14.19
3	17	-25.32
4	19	34.07

20

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	19.713	0.80	1.88300	40.8
2	7.510	2.52		
3	13.871	0.70	1.55332	71.7
4*	6.667	4.12		
5	-14.591	0.50	1.49700	81.5
6	82.003	0.10		
7	21.488	1.70	1.85478	24.8
8	-205.657	(可変)		
9(絞り)		0.50		
10*	8.533	2.67	1.62263	58.2
11*	-22.928	2.80		
12	-34.596	0.40	1.91082	35.3
13	6.606	2.88	1.49700	81.5
14	-19.126	0.15		
15	25.493	1.78	1.49700	81.5
16	-13.300	(可変)		
17	159.963	0.50	1.59201	67.0
18*	13.238	(可変)		
19	112.954	2.39	1.72916	54.7
20	-26.473	(可変)		
21		0.59	1.51633	64.1
22		0.71		
23		0.50	1.51633	64.1

30

40

50

24

(可変)

像面

非球面データ

第4面

K = 0.000000e+000 A 4=-3.34711e-004 A 6=-5.08396e-006 A 8=-3.51487e-008
A10=-9.41045e-009 A12= 3.50391e-010 A14=-6.25488e-012

第10面

K = 0.000000e+000 A 4=-1.34397e-004 A 6=-4.85187e-007 A 8= 7.58034e-009 A10=-8.54485e-010

第11面

K = 0.000000e+000 A 4= 1.90300e-004 A 6=-9.92100e-007 A 8= 1.91128e-008 A10=-7.82406e-010

第18面

K = 0.000000e+000 A 4= 1.53172e-004 A 6=-2.23324e-006 A 8= 5.13847e-008 A10=-1.10708e-009

各種データ

ズーム比	2.95		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.61	17.70
Fナンバー	2.88	3.55	4.63
半画角	47.20	37.94	24.03
像高	6.48	7.50	7.89
レンズ全長	50.84	48.99	53.55
BF	8.34	7.50	5.16
d 8	12.98	5.99	0.98
d16	1.75	4.45	8.57
d18	3.26	6.55	14.33
d20	5.71	4.87	2.53
d24	1.20	1.20	1.20

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-8.97
2	9	12.14
3	17	-24.41
4	19	29.63

[数値実施例 6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	20.349	0.80	1.88300	40.8
2	7.466	2.60		
3	14.429	0.70	1.59201	67.0
4*	7.083	3.98		
5	-14.502	0.50	1.49700	81.5
6	103.808	0.10		
7	24.117	1.66	2.00069	25.5
8	-220.820	(可変)		
9(絞り)		0.50		
10*	8.782	2.56	1.76802	49.2
11*	-29.057	1.41		

12	-23.872	0.40	1.88300	40.8
13	6.752	2.85	1.49700	81.5
14	-19.076	0.15		
15	16.287	0.40	1.91082	35.3
16	8.035	3.33	1.49700	81.5
17	-12.166	(可変)		
18	102.415	0.40	1.59201	67.0
19*	13.404	(可変)		
20	258.282	2.16	1.72916	54.7
21	-25.288	(可変)		
22		0.59	1.51633	64.1
23		0.71		
24		0.50	1.51633	64.1
25		(可変)		

10

像面

非球面データ

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.09011e-004 A 6=-2.63028e-006 A 8=-2.28712e-007 A10= 5.66325e-009 A12=-1.13428e-010

20

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.27532e-005 A 6=-4.31905e-007 A 8= 3.97968e-008 A10=-1.80914e-009

第11面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.62323e-004 A 6=-1.35545e-006 A 8= 3.64737e-008 A10=-1.79186e-009

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.60864e-004 A 6=-2.91579e-006 A 8= 9.20228e-008 A10=-2.14039e-009

各種データ

ズーム比	2.95		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.00	9.68	17.70
Fナンバー	2.88	3.55	4.63
半画角	47.20	37.77	24.03
像高	6.48	7.50	7.89
レンズ全長	51.75	49.55	53.82
BF	8.80	8.01	5.57
d 8	13.66	6.31	1.19
d17	1.75	4.47	8.66
d19	3.04	6.26	13.91
d21	6.17	5.38	2.94
d25	1.20	1.20	1.20

30

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-9.26
2	9	12.20
3	18	-26.10
4	20	31.69

[数値実施例 7]

単位 mm

50

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1*	37.875	0.85	1.88202	37.2
2*	5.706	5.64		
3	-19.128	0.55	1.48749	70.2
4	17.432	2.40	2.00330	28.3
5	-80.496	(可変)		
6(絞り)		0.30		
7*	5.450	2.50	1.83441	37.3
8*	78.786	0.86		
9	-55.812	0.40	2.00330	28.3
10	3.799	2.99	1.59282	68.6
11	-9.321	(可変)		
12	-22.221	0.50	1.88202	37.2
13*	-140.117	(可変)		
14	33.921	2.31	1.88300	40.8
15	-60.268	(可変)		
16		0.59	1.51633	64.1
17		0.71		
18		0.50	1.51633	64.1
19		(可変)		

10

20

像面

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.07170e-005 A 6=-2.85713e-006 A 8= 5.02508e-008 A10=-3.81457e-010 A12= 7.33573e-013

第2面

K =-1.24102e+000 A 4= 3.96840e-004 A 6= 8.12447e-006 A 8=-7.05549e-007 A10= 2.23124e-008 A12=-2.66763e-010 A14= 2.66619e-013

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.43915e-005 A 6= 3.26318e-005 A 8=-2.01858e-006 A10= 2.88916e-007

30

第8面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.51140e-004 A 6= 5.74619e-005 A 8=-3.62256e-006 A10= 8.31994e-007

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.97058e-004 A 6=-7.83370e-006 A 8= 4.69427e-007 A10=-1.47920e-008

各種データ

ズーム比	2.20		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.63	8.78	12.38
Fナンバー	2.88	4.22	5.05
半画角	48.27	40.18	32.51
像高	6.31	7.42	7.89
レンズ全長	39.63	37.80	38.55
BF	4.68	4.41	4.18
d 5	10.02	4.13	0.83
d11	3.16	3.72	4.82
d13	2.47	6.24	9.41

40

50

d15 2.46 2.18 1.96
d19 0.80 0.80 0.80

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 -10.35
2 6 10.34
3 12 -30.00
4 14 24.87

[数値実施例 8]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	17.097	0.90	2.00100	29.1
2	8.532	2.01		
3*	33.980	0.85	1.61881	63.9
4*	10.566	4.87		
5	-16.476	0.55	1.59282	68.6
6	62.140	0.10		
7	23.195	1.89	1.89286	20.4
8	-226.162	(可変)		
9(絞り)		(可変)		
10*	8.168	2.69	1.83441	37.3
11*	-30.910	0.73		
12	-39.240	0.50	1.75520	27.5
13	23.586	0.37		
14	21.518	0.45	2.00330	28.3
15	5.299	4.34	1.53775	74.7
16	-11.873	(可変)		
17	-37.146	0.50	1.62263	58.2
18*	28.833	(可変)		
19	119.940	2.76	1.49700	81.5
20	-20.643	(可変)		
21*	-84.339	1.12	1.53160	55.8
22	-36.553	(可変)		
23		0.59	1.51633	64.1
24		0.71		
25		0.50	1.51633	64.1
26		(可変)		

20

30

像面

非球面データ

40

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.30686e-003 A 6=-3.66480e-005 A 8= 8.27749e-007
A10=-1.09260e-008 A12= 7.38860e-011 A14=-1.90474e-013

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.38307e-003 A 6=-2.83353e-005 A 8= 1.12519e-007
A10= 2.11604e-008 A12=-5.74648e-010 A14= 4.59013e-012

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.61407e-005 A 6=-9.98056e-007 A 8= 1.80942e-007
A10=-1.08070e-008 A12= 3.01433e-010

第11面

50

16*	11.725	(可変)		
17	36.695	3.13	1.69680	55.5
18	-22.404	(可変)		
19	-62.805	0.80	1.75500	52.3
20	64.121	(可変)		
21		0.59	1.51633	64.1
22		0.71		
23		0.50	1.51633	64.1
24		(可変)		

像面

10

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.82471e-005 A 6=-2.56926e-008 A 8= 7.70515e-010 A10=-1.19234e-011 A12= 4.41561e-014

第2面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.87142e-005 A 6= 8.39916e-008 A 8=-1.68491e-008 A10= 4.42451e-010 A12=-4.88987e-012

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.20430e-005 A 6=-8.68508e-008 A 8=-1.21062e-010 A10=-3.51842e-011

20

第8面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.36395e-005 A 6=-4.62700e-008 A 8=-2.98057e-009 A10= 2.12547e-011

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.85292e-005 A 6= 1.09150e-006 A 8=-4.00734e-007 A10= 3.66866e-008 A12=-1.17006e-009

各種データ

ズーム比	3.66		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.76	11.73	24.77
Fナンバー	2.88	3.50	4.12
半画角	43.79	32.45	17.67
像高	6.48	7.46	7.89
レンズ全長	63.63	57.50	61.95
BF	3.76	5.31	8.17
d 6	22.20	10.36	2.00
d14	1.70	5.16	11.47
d16	3.51	5.77	12.26
d18	4.91	3.36	0.50
d20	1.13	2.68	5.55
d24	1.20	1.20	1.20

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-12.74
2	7	14.27
3	15	-21.75
4	17	20.41
5	19	-41.91

40

各数値実施例における種々の値を、以下の表1にまとめて示す。

【 0 0 5 3 】

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	実施例 7	実施例 8	実施例 9
	fw	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	5.630	6.000	6.760
	ft	12.380	17.700	12.573	17.700	17.700	17.700	12.380	17.700	24.770
	Fno	2.884	2.884	2.060	2.060	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
	f1	-9.258	-9.637	-10.061	-10.722	-8.968	-9.262	-10.346	-9.753	-12.740
	f2	9.480	12.280	12.958	14.192	12.139	12.203	10.337	11.992	14.272
	r1	5.270	8.427	6.566	9.361	6.667	7.083	5.706	10.566	9.263
	r2	-13.042	-16.371	-19.525	-17.261	-14.591	-14.502	-19.128	-16.476	-17.670
	D1	8.717	10.992	10.409	15.734	10.439	10.341	9.437	11.163	10.493
	D2	6.481	8.908	13.662	12.600	10.675	11.098	6.753	9.075	12.625
	D3	0.500	0.500	0.500	0.550	0.500	0.400	0.500	0.500	0.500
	D4	2.703	1.900	2.929	1.900	2.385	2.161	2.310	2.762	3.125
	D5								1.122	0.800
	Dsum	18.400	22.300	27.500	30.784	24.000	24.000	19.000	24.622	27.543
	Lw	32.128	43.057	47.434	57.106	42.496	42.951	34.945	45.403	59.865
	β_{4w}	0.786	0.715	0.695	0.720	0.710	0.719	0.780	0.719	0.535
	β_{4t}	0.814	0.749	0.724	0.731	0.817	0.821	0.800	0.736	0.586
	M2	-7.397	-15.292	-8.843	-16.763	-14.711	-14.551	-8.107	-15.920	-18.523
	M4	0.696	1.175	0.674	0.379	3.180	3.233	0.500	0.598	0.000
	$\omega t(^{\circ})$	32.51	24.03	32.11	24.03	24.03	24.03	32.51	24.03	17.67
	BFt	3.63	8.91	5.76	9.14	5.16	5.57	4.18	7.06	8.17
条件式(1)	f1/D1	-1.062	-0.877	-0.967	-0.681	-0.859	-0.896	-1.096	-0.874	-1.214
条件式(2)	nL nave	2.003	2.003	1.904	1.881	1.911	1.897	2.003	1.879	1.954
条件式(3)	$(r2+r1)/(r2-r1)$	0.424	0.320	0.497	0.297	0.373	0.344	0.540	0.219	0.312
条件式(4)	v d	64.140	68.630	81.540	81.560	81.540	81.540	70.230	68.630	81.540
条件式(5)	$(Dsum/Lw)*Fno$	1.652	1.494	1.194	1.111	1.629	1.612	1.568	1.564	1.327
条件式(6)	β_{4t}/β_{4w}	1.036	1.048	1.041	1.015	1.151	1.142	1.026	1.023	1.097
条件式(7)	M4/Lw	0.022	0.027	0.014	0.007	0.075	0.075	0.014	0.013	0.000
条件式(8)	fw/D1	0.688	0.546	0.576	0.381	0.575	0.580	0.597	0.537	0.644
条件式(9)	f1/fw	-1.543	-1.606	-1.677	-1.787	-1.495	-1.544	-1.838	-1.626	-1.885
条件式(10)	f1/f2	-0.977	-0.785	-0.776	-0.756	-0.739	-0.759	-1.001	-0.813	-0.893
条件式(11)	M2/Lw	-0.230	-0.355	-0.186	-0.294	-0.346	-0.339	-0.232	-0.351	-0.309
条件式(12)	$BFt/(ft \times \tan \omega t)$	0.460	1.129	0.730	1.158	0.654	0.706	0.530	0.895	1.035

【0054】

〔撮像装置〕

次に、図19を参照して、各実施例のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）について説明する。図19は、撮像装置の概略図である。

【0055】

図19において、20はカメラ本体、21は実施例1乃至9のいずれかのズームレンズにより構成された撮像光学系である。22は、カメラ本体に内蔵され、撮像光学系21により形成された光学像を受光して光電変換するCCDセンサやCMOSセンサなどの撮像素子（光電変換素子）である。23は、撮像素子22により光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は、液晶ディスプレイパネルなどにより構成され、撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。カメラ本体20はクイックターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでも良いし、クイックターンミラーを有さない所謂ミラーレスカメラでも良い。

【0056】

各実施例によれば、広角かつ高性能であって小型なズームレンズおよび撮像装置を提供することができる。

【0057】

10

20

30

40

50

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

【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

1 a ~ 1 i ズームレンズ

B 1 第 1 レンズ群

B 2 第 2 レンズ群

B 3 第 3 レンズ群

B 4 第 4 レンズ群

10

20

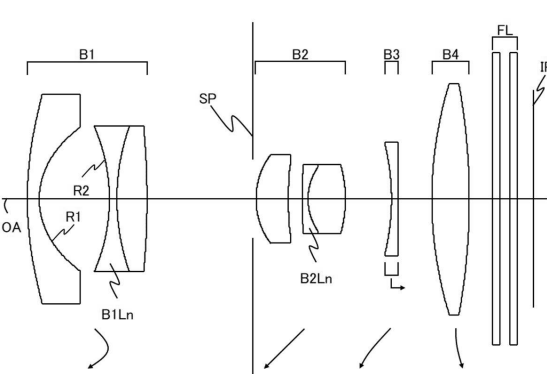
30

40

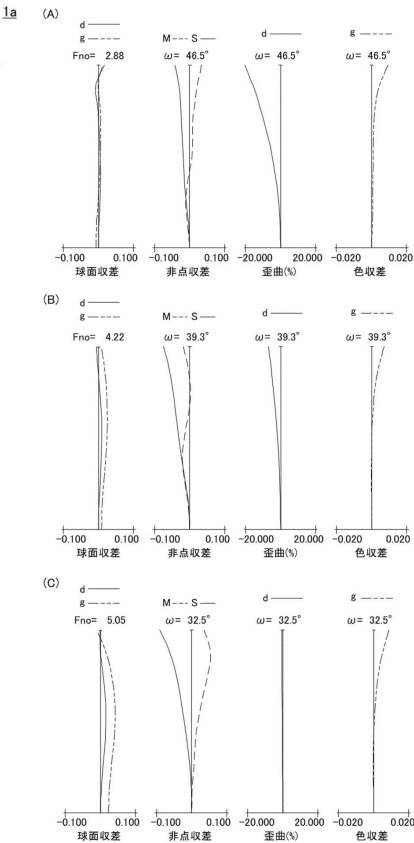
50

【図面】

【図 1】



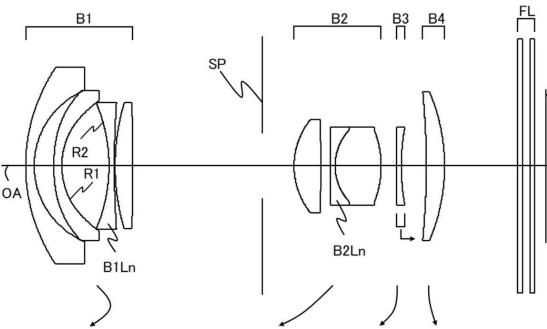
【図 2】



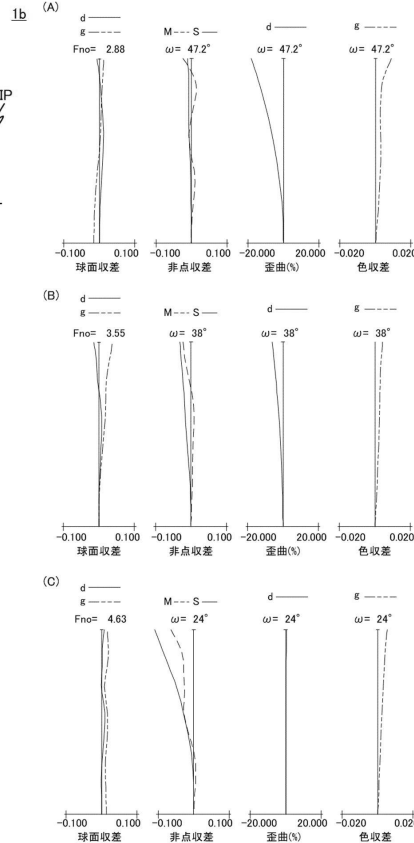
10

20

【図 3】



【図 4】

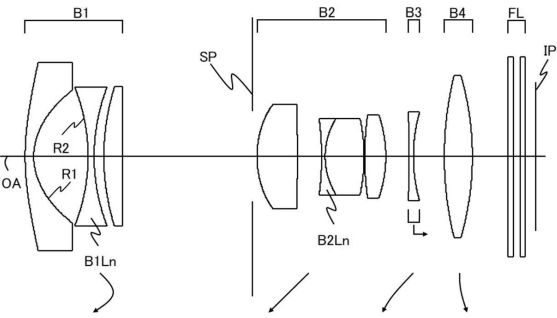


30

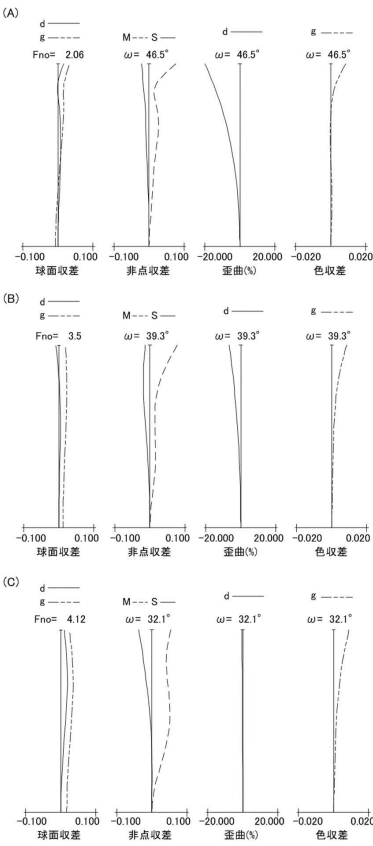
40

50

【図 5】



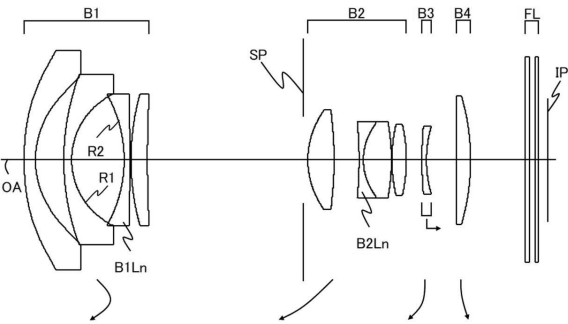
【図 6】



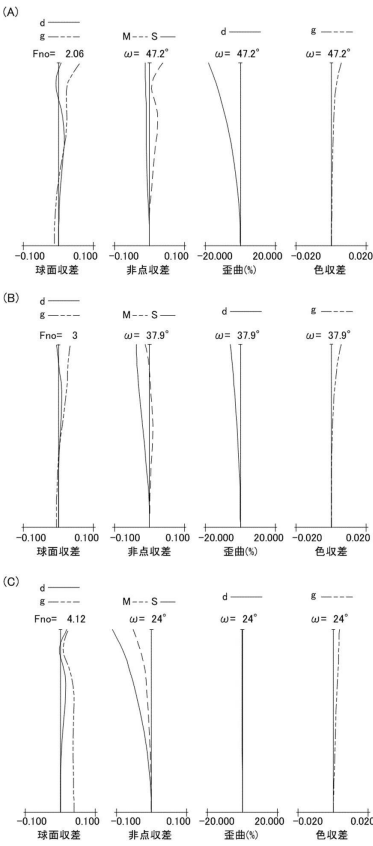
10

20

【図 7】



【図 8】

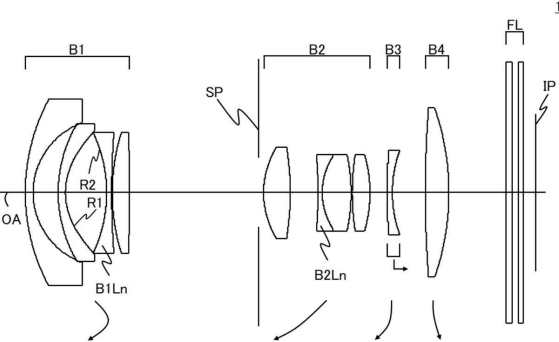


30

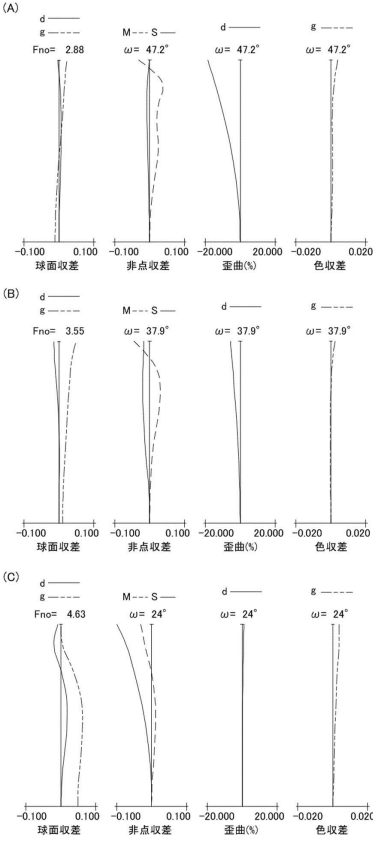
40

50

【図 9】



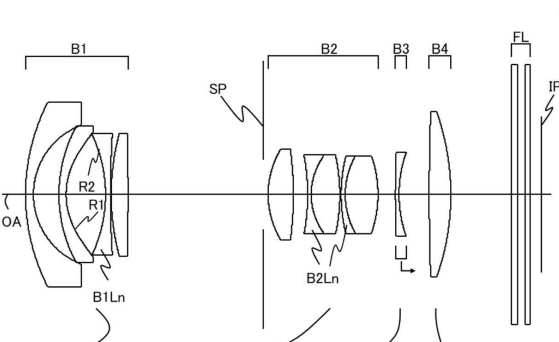
【図 10】



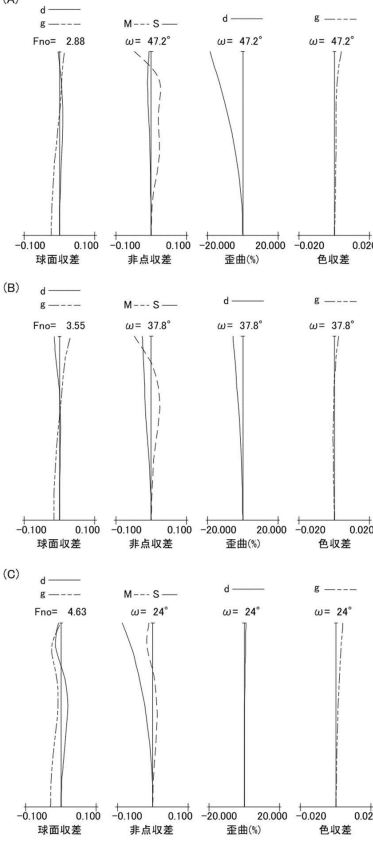
10

20

【図 11】



【図 12】

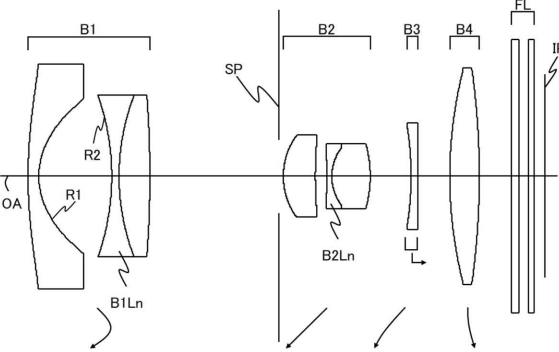


30

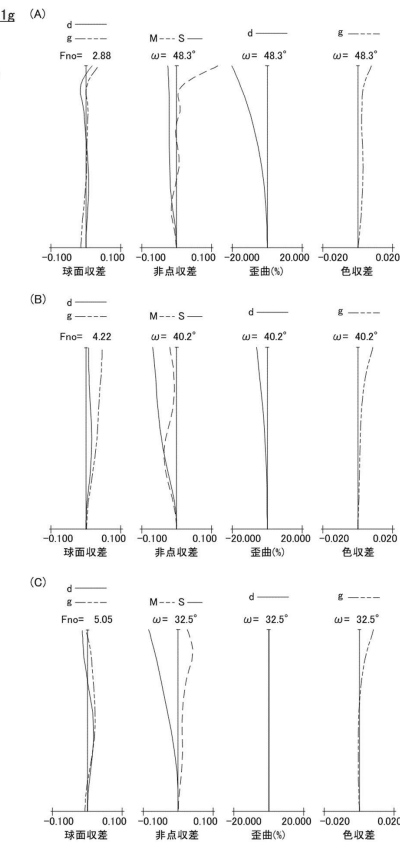
40

50

【図 1 3】



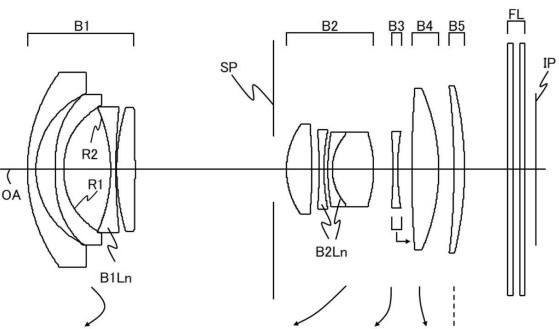
【図 1 4】



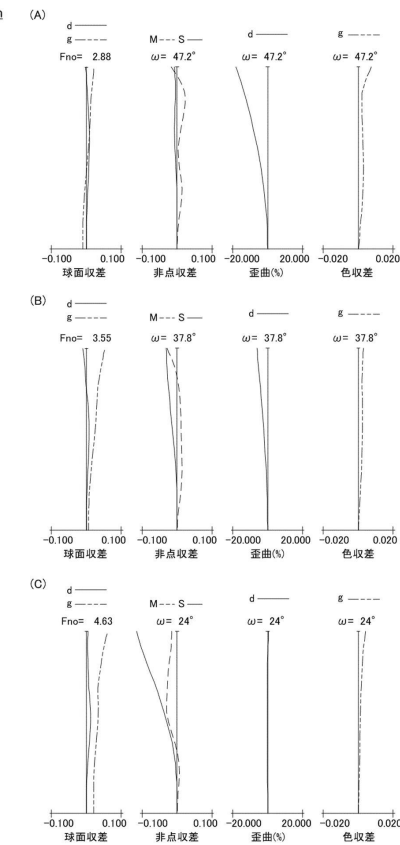
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

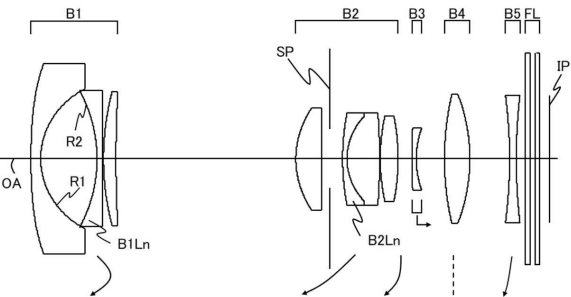


30

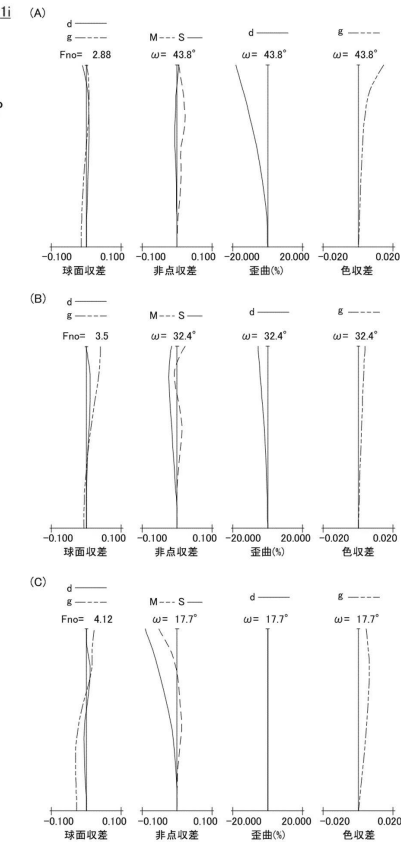
40

50

【図 17】



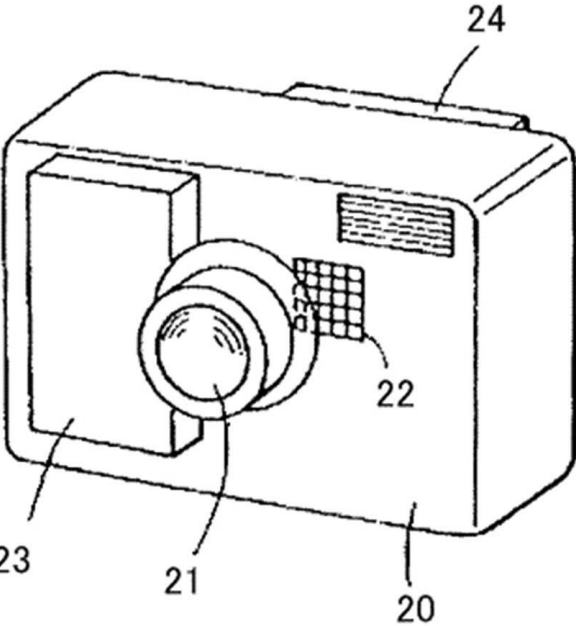
【図 18】



10

20

【図 19】



30

40

50

フロントページの続き

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