

(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2013-221999

(P2013-221999A)

(43) 公開日 平成25年10月28日(2013.10.28)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO2B 15/167 (2006.01)** GO2B 15/167 2H087  
 GO2B 13/18 (2006.01) GO2B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2012-92310 (P2012-92310)	(71) 出願人	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	平成24年4月13日 (2012.4.13)	(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

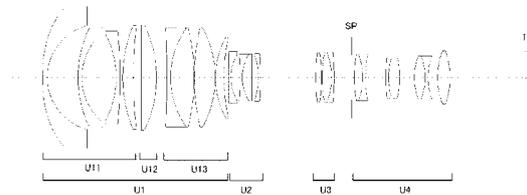
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 広角化と高倍率化、小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を達成することを可能とした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】 ズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の第1レンズ群と、負の第2レンズ群と、正の第3レンズ群と、正の第4レンズ群を有し、第1レンズ群は、フォーカスのためには移動しない負の屈折力の第11レンズ群と、フォーカスの際に光軸上を移動する正の屈折力の第12レンズ群と、フォーカスのためには移動しない正の屈折力の第13レンズ群で構成され、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群の焦点距離をそれぞれ  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$  とし、第3レンズ群  $U_3$  の広角端における拡大倍率を  $3w$  とし、第11レンズ群、第12レンズの焦点距離をそれぞれ  $f_{11}$ 、 $f_{12}$  とするとき、これらの関係を適切に満たすことを特徴とする。

【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、変倍の際に移動する負の屈折力を有する第 2 レンズ群、変倍の際に移動する正の屈折力を有する第 3 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第 4 レンズ群から成り、

該第 1 レンズ群は物体側より焦点調整のためには移動しない負の屈折力を有する第 1 1 レンズ群、フォーカスの際に光軸上を移動する正の屈折力を有する第 1 2 レンズ群、焦点調整のためには移動しない正の屈折力を有する第 1 3 レンズ群から成り、

該第 3 レンズ群は広角端から望遠端への変倍に際して像側へ移動した後、物体側へ移動する軌跡を取り、

該第 1 レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、該第 2 レンズ群の焦点距離を  $f_2$ 、該第 3 レンズ群の焦点距離を  $f_3$ 、該第 3 レンズ群の広角端における拡大倍率を  $3w$ 、該第 1 1 レンズ群の焦点距離を  $f_{11}$ 、該第 1 2 レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$  とするとき、

$$\begin{aligned} -2.2 < f_1 / f_2 < -0.8 \\ -0.7 < 1 / 3w < 0.5 \\ -0.55 < f_2 / f_3 < -0.25 \\ -6.0 < f_{12} / f_{11} < -2.5 \end{aligned}$$

を満たすことを特徴とするズームレンズ。

## 【請求項 2】

前記第 1 1 レンズ群の焦点距離を  $f_{11}$  とするとき、

$$-1.5 < f_{11} / f_1 < -0.8$$

を満たす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 3 レンズ群の焦点距離を  $f_{13}$  とするとき、

$$1.4 < f_{13} / f_1 < 2.6$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

## 【請求項 4】

前記第 1 1 レンズ群は、それぞれ少なくとも 1 枚ずつ以上の正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを有し、前記第 1 1 レンズ群内の負の屈折力のレンズの合成焦点距離を  $f_{11n}$ 、前記第 1 1 レンズ群内の正の屈折力のレンズの合成焦点距離を  $f_{11p}$ 、前記第 1 1 レンズ群の焦点距離を  $f_{11}$ 、とするとき、

$$\begin{aligned} 0.50 < f_{11n} / f_{11} < 0.85 \\ -6.0 < f_{11p} / f_{11} < -1.5 \end{aligned}$$

を満たす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】

前記第 1 2 レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$ 、第 1 2 レンズ群に使用する光学材料の平均アッペ数を  $12$  とするとき、

$$\begin{aligned} 3.0 < f_{12} / f_1 < 7.0 \\ 60 < 12 \end{aligned}$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

## 【請求項 6】

前記ズームレンズの望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、前記第 1 1 レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズに用いた硝材のアッペ数の平均値を  $f_n$ 、前記第 1 1 レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズに用いた硝材のアッペ数の平均値を  $f_p$  とするとき、

$$\begin{aligned} 1.0 < f_t / f_1 < 2.2 \\ 20.0 < f_n - f_p < 45.0 \end{aligned}$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

## 【請求項 7】

前記ズームレンズの前記第 2 レンズ群  $U_2$  に含まれる負の屈折力を有するレンズに用い

10

20

30

40

50

た硝材のアッベ数の最大値を  $v_n$ 、及びその光学材料の部分分散比を  $v_n$ 、前記第 2 群に含まれる正の屈折力を有するレンズに用いた硝材のアッベ数の最小値を  $v_p$ 、及びその光学材料の部分分散比を  $v_p$  とするとき、

$$35.0 < v_n - v_p < 75.0$$

$$-2.2 \times 10^{-3} < (v_p - v_n) / (v_n - v_p) < -1.0 \times 10^{-3}$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記ズームレンズの第 3 レンズ群は、物体側より、負の屈折力のレンズと、正の屈折力のレンズと、正の屈折力のレンズから成ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

10

【請求項 9】

前記ズームレンズの第 1 1 レンズ群または第 1 2 レンズ群は、少なくとも 1 面以上に非球面を施したレンズを有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 10】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズと前記ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする撮像装置

【請求項 11】

前記ズームレンズの広角端の撮影画角を  $w$ 、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、とするとき、

$$1.5 < f_t / f_w < 5.0$$

$$37.0 < w < 50.0$$

を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載の撮像装置。

20

【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、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

従来から、放送用テレビカメラ、映画用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、小型軽量で高ズーム比、しかも良好な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向け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、このシステムに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あることが要求されている。また、機動性や操作性を重視した撮影形態に対して小型軽量化も要求されている。

特に、広画角撮影にも優れるズームレンズとして、最も物体側にフォーカスに用いる正の屈折力の第 1 レンズ群を配置し、全体として 4 つのレンズ群より成るポジティブリード型の 4 群ズームレンズがある。

40

【0003】

特許文献 1 では最も物体側から負正正の 3 群からなる第 1 レンズ群を有し、全体として正負負正または正負正正の 4 群から成るズームレンズが開示されている。特許文献 2 では物体側から順に負正正の 3 枚からなる第 1 レンズ群を有し、全体として正負正正の 4 群から成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】

【0004】

【特許文献 1】特願平 6 - 2 4 2 3 7 8 号公報

50

【特許文献2】特開昭63-8619号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に開示された従来技術では、ズームレンズの更なる広角化と小型軽量化の両立が困難である。特許文献1の実施例1や2のような、絞りより物体側に負のレンズ群が並ぶズームレンズでは、第2レンズ群や第1レンズ群の像側のレンズ群の径を抑制するのが困難であるため、ズームレンズの広角化と小型軽量化に不利である。特許文献1の実施例3には第3レンズ群が正の屈折力である技術が開示されているが、第3レンズ群の屈折力が強いため、構成枚数が多くなる。且つ、第3レンズ群から射出される強い収斂光束に対し、十分なFナンバーや射出瞳を確保するためには第4レンズ群の構成枚数を多くせざるを得なくなり、結果的に小型軽量化に不利である。

10

【0006】

一方で、上述の特許文献2に開示されているズームレンズの第1レンズ群の構成では、更なる広角化を達成する際に、第1レンズ群の主点を像側に位置させることが適切に制御できず、レンズ径の大型化を回避することが困難である。また特許文献2のようなフォーカス群構成では物体距離変動時の収差変動や画角変動を良好に補正することが困難である。

【0007】

そこで、本発明の目的は、広角化と高倍率化、小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を達成することを可能としたズームレンズを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側から順に、変倍のためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群、変倍の際に移動する負の屈折力の第2レンズ群、変倍の際に移動する正の屈折力の第3レンズ群、変倍のためには移動しない正の屈折力の第4レンズ群から成り、該第1レンズ群は物体側よりフォーカスのためには移動しない負の屈折力の第11レンズ群、フォーカスの際に光軸上を移動する正の屈折力の第12レンズ群、フォーカスのためには移動しない正の屈折力の第13レンズ群から成り、該第3群は広角端から望遠端への変倍に際して像側へ移動した後、物体側へ移動する軌跡を取り、該第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、該第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$ 、該第3レンズ群の焦点距離を  $f_3$ 、該第3レンズ群の広角端における結像倍率を  $3w$ 、該第11レンズ群の焦点距離を  $f_{11}$ 、該第12レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$  とするとき、

30

$$\begin{aligned} -2.2 < f_1 / f_2 < -0.8 \\ -0.7 < 1 / 3w < 0.5 \\ -0.55 < f_2 / f_3 < -0.25 \\ -6.0 < f_{12} / f_{11} < -2.5 \end{aligned}$$

を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、広角化と高倍率化、小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を達成することを可能としたズームレンズを提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】数値実施例1の広角端、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)、中間のズーム位置(B)、望遠端(C)、で無限遠合焦時の収差図

【図3】数値実施例2の広角端、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)、中間のズーム位置(B)、望遠端(C)、で無限遠合焦時の収差図

50

【図 5】数値実施例 3 の広角端、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 )、中間のズーム位置 ( 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、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 )、中間のズーム位置 ( B )、望遠端 ( C )、で無限遠合焦時の収差図

【図 9】数値実施例 5 の広角端、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 )、中間のズーム位置 ( B )、望遠端 ( C )、で無限遠合焦時の収差図

【図 11】本発明のズームレンズにおける第 3 レンズ群の構成概略図

10

【図 12】本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置の概略図

【図 13】現存するガラスのアップ数と部分分散比に対する分布の概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。

【0012】

図 1 は本発明の実施例 1 ( 数値実施例 1 ) のズームレンズの広角端 ( 短焦点距離端、焦点距離  $f = 14 \text{ mm}$  ) で無限遠合焦時のレンズ断面図である。図 2 ( A )、( B )、( C ) はそれぞれ数値実施例 1 の広角端、中間のズーム位置 ( 焦点距離  $f = 21 \text{ mm}$  )、望遠端 ( 長焦点距離端、焦点距離  $f = 40 \text{ mm}$  ) における無限遠合焦時の収差図である。但し、焦点距離、物体距離は数値実施例の値を  $\text{mm}$  単位で表したときの値である。これは以下の各実施例において全て同じである。

20

【0013】

図 3 は本発明の実施例 2 ( 数値実施例 2 ) のズームレンズの広角端 ( 短焦点距離端、焦点距離  $f = 20 \text{ mm}$  ) で無限遠合焦時のレンズ断面図である。図 4 ( A )、( B )、( C ) はそれぞれ数値実施例 2 の広角端、中間のズーム位置 ( 焦点距離  $f = 40 \text{ mm}$  )、望遠端 ( 長焦点距離端、焦点距離  $f = 80 \text{ mm}$  ) における無限遠合焦時の収差図である。

【0014】

図 5 は本発明の実施例 3 ( 数値実施例 3 ) のズームレンズの広角端 ( 短焦点距離端、焦点距離  $f = 14 \text{ mm}$  ) で無限遠合焦時のレンズ断面図である。図 6 ( A )、( B )、( C ) はそれぞれ数値実施例 3 の広角端、中間のズーム位置 ( 焦点距離  $f = 21 \text{ mm}$  )、望遠端 ( 長焦点距離端、焦点距離  $f = 32 \text{ mm}$  ) における無限遠合焦時の収差図である。

30

【0015】

図 7 は本発明の実施例 4 ( 数値実施例 4 ) のズームレンズの広角端 ( 短焦点距離端、焦点距離  $f = 15 \text{ mm}$  ) で無限遠合焦時のレンズ断面図である。図 8 ( A )、( B )、( C ) はそれぞれ数値実施例 4 の広角端、中間のズーム位置 ( 焦点距離  $f = 30 \text{ mm}$  )、望遠端 ( 長焦点距離端、焦点距離  $f = 45 \text{ mm}$  ) における無限遠合焦時の収差図である。

【0016】

図 9 は本発明の実施例 5 ( 数値実施例 5 ) のズームレンズの広角端 ( 短焦点距離端、焦点距離  $f = 16.5 \text{ mm}$  ) で無限遠合焦時のレンズ断面図である。図 10 ( A )、( B )、( C ) はそれぞれ数値実施例 5 の広角端、中間のズーム位置 ( 焦点距離  $f = 25 \text{ mm}$  )、望遠端 ( 長焦点距離端、焦点距離  $f = 50 \text{ mm}$  ) における無限遠合焦時の収差図である。

40

【0017】

各レンズ断面図において、左方が物体 ( 被写体 ) 側で、右方が像側である。レンズ断面図において、U1 は合焦用レンズ群を含む正の屈折力の第 1 レンズ群である。U11 は焦点調整のためには移動しない負の屈折力の第 11 レンズ群である。U12 はフォーカスの際に光軸方向へ移動する正の屈折力の第 12 レンズ群である。U13 は焦点調整のためには移動しない正の屈折力の第 13 レンズ群である。なお、以下の各実施例において、無限遠側から至近端側への焦点調整の際には、第 12 レンズ群 U12 は機構に対して光軸上を

50

移動可能な範囲の物体側端から像側端へ移動する。

【0018】

U2は変倍用レンズ群を含む負の屈折力の第2レンズ群であり、光軸上を像面側へ単調に移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。U3は変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第3レンズ群であり、広角端から望遠端への変倍に際して光軸上を像側へ非直線的に移動し、ズーム中間で最も像面側の位置を通り、その後は物体側へ非直線的に移動する。第2レンズ群U2と第3レンズ群U3で変倍系を構成している。

【0019】

SPは絞り（開口絞り）である。U4は結像用の正の屈折力の第4レンズ群であり、変倍に際して不動である。Iは撮像面であり、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）の撮像面に相当している。

前述した各実施例では、ズーム比が2～5倍程度で広角端撮影半画角が37度以上の広角ズームレンズの小型軽量化を良好な光学性能のもとに達成している。

【0020】

縦収差図において、球面収差はe線（実線）、g線（点線）、C線（1点鎖線）を示している。非点収差はe線のメリディオナル像面（点線）とサジタル像面（実線）を示している。倍率色収差はg線（点線）とC線（1点鎖線）によって表している。FnoはFナンバー、 $\omega$ は撮影半画角を表す。縦収差図では、球面収差は0.4mm、非点収差は0.4mm、歪曲は10%、倍率色収差は0.1mm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群U2が光軸上を機械的に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。

【0021】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群を含む全体として4つのレンズ群で構成される。更に、前述の第1レンズ群は、焦点調整のためには移動しない負の屈折力の第11レンズ群と、フォーカスの際に光軸上を移動する正の屈折力の第12レンズ群と、焦点調整のためには移動しない正の屈折力の第13レンズ群で構成する。

【0022】

第1レンズ群U1の焦点距離をf1、第2レンズ群U2の焦点距離をf2、第3レンズ群U3の焦点距離をf3、第3レンズ群U3の広角端における拡大倍率を $3w$ 、第11レンズ群の焦点距離をf11、第12レンズの焦点距離をf12とすると、

$$-2.2 < f1/f2 < -0.8 \quad \dots (1)$$

$$-0.7 < 1/3w < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-0.55 < f2/f3 < -0.25 \quad \dots (3)$$

$$-6.0 < f12/f11 < -2.5 \quad \dots (4)$$

を満たすことを特徴としている。

【0023】

次に前述した各条件式の技術的意味について説明する。

(1)～(4)式は、ズームレンズの広角化と高倍率化、小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を達成するためのものである。第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の焦点距離の比、第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の焦点距離の比、第3レンズ群の拡大倍率、及び、第11レンズ群U11と第12レンズ群U12の焦点距離の比を規定している。尚、本発明のズームレンズは、上記(1)～(4)式を満足することを特徴としているが、以下に記載する(5)～(16)式については必ずしも満足していなくても構わない。

【0024】

(1)式は、本発明のズームレンズを構成する第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の焦点距離の比を規定している。(1)式を満たすことで、第2レンズ群U2に対する適切な第1レンズ群U1の焦点距離を設定できるため、広角化と高倍率化、小型軽量化の両立

10

20

30

40

50

に加え、良好な光学性能を効率的に実現することができる。(1)式の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1の望遠側における収差補正能力や、第2レンズ群U2の変倍に必要な屈折力が不足するため、高ズーム比化や小型軽量化、良好な光学性能の両立が困難となる。逆に、(1)式の下限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1の屈折力が不足するため、広角化や小型軽量化が困難となる。

【0025】

更に好ましくは、(1)式は次の如く設定するのが良い。

$$-2.0 < f_1 / f_2 < -1.0 \quad \dots (1a)$$

更に好ましくは、(1a)式は次の如く設定するのが良い。

$$-1.8 < f_1 / f_2 < -1.2 \quad \dots (1aa)$$

10

【0026】

(2)式は本発明のズームレンズにおける第3レンズ群U3の広角端の拡大倍率の逆数を規定したものである。(2)式は、レンズ系全体の小型軽量化を図るためのものである。(2)式を満たすことで、第3レンズ群U3からの射出光束が略アフォーカルとなるため、第4レンズ群U4を少ない構成枚数とすることができ、小型軽量化に有効である。(2)式の上限の条件が満たされないと、第3レンズ群U3からの射出光束の発散が強くなり、第4レンズ群U4の物体側に光束を結像させるための強い正の屈折力のレンズ群が必要となるため、小型軽量化が困難となる。逆に、(2)式の下限の条件が満たされないと、第3レンズ群U3からの射出光束の収斂が強くなり、第4レンズ群の物体側に適切な射出瞳やFナンバーを確保するための強い負の屈折力のレンズ群が必要となるため、小型軽量化が困難となる。

20

【0027】

更に好ましくは、(2)式は次の如く設定するのが良い。

$$-0.5 < 1 / 3w < 0.2 \quad \dots (2a)$$

更に好ましくは、(2a)式は次の如く設定するのが良い。

$$-0.4 < 1 / 3w < 0.1 \quad \dots (2aa)$$

【0028】

(3)式は、本発明のズームレンズを構成する第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の焦点距離の比を規定している。(3)式を満たすことで、第3レンズ群U3に対する適切な第2レンズ群U2の焦点距離を設定できるため、広角化と高倍率化、小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を効率的に実現することができる。(3)式の上限の条件が満たされないと、変倍に伴う第2レンズ群U2の収差変動が大きくなり、ズーム全域で良好な光学性能を得ることが困難となる。または、第3レンズ群U3の屈折力(パワー)が不足するため、変倍に伴う像面補正の為に第3レンズ群の移動量が増大し、結果としてズームレンズの小型軽量化が困難になる。逆に、(3)式の下限の条件が満たされないと、第2レンズ群U2の焦点距離の変倍に必要な屈折力が不足し、第2レンズ群U2の変倍の際の移動量が増大するため、ズームレンズの高倍率化と小型軽量化の両立が困難となる。

30

【0029】

更に好ましくは、(3)式は次の如く設定するのが良い。

$$-0.50 < f_2 / f_3 < -0.30 \quad \dots (3a)$$

更に好ましくは、(3a)式は次の如く設定するのが良い。

$$-0.47 < f_2 / f_3 < -0.35 \quad \dots (3aa)$$

40

【0030】

(4)式は、本発明のズームレンズの第1レンズ群U1を構成する第11レンズ群U11と第12レンズ群U12の焦点距離の比を規定している。(4)式を満たすことで、第1レンズ群U1のレトロ比の適切に大きくすることができるため、広角化と小型軽量化を効率的に実現することができる。ここで、本発明で用いるレトロ比とは、対象とするレンズ群に対して無限遠からの光束を入射させた時のバックフォーカス及び焦点距離をそれぞれBF、F0としたとき、次の(A)式で定義される量である。

$$Rf = BF / F0 \quad \dots (A)$$

50

## 【 0 0 3 1 】

本発明において、レトリ比を大きくするとは、対象とするレンズ群の主点を像側へ配置させ、該レンズ群の焦点距離を短くすることを意味する。(A)式の値では、 $F_0$ を小さくし、 $Rf$ の値を大きくすることに相当する。

## 【 0 0 3 2 】

(4)式の上限を超えると、第1レンズ群として十分なレトリ比を大きくすることが困難となり、結果として広角化と小型軽量化の両立が困難となる。逆に、(4)式の下限を超えると、フォーカス群の駆動量の増大や、第12～13レンズ群の径の増大を招くため、小型軽量化が困難となる。

## 【 0 0 3 3 】

更に好ましくは、(4)式は次の如く設定するのが良い。

$$-5.5 < f_{12} / f_{11} < -3.0 \quad \dots (4a)$$

更に好ましくは、(4a)式は次の如く設定するのが良い。

$$-5.0 < f_{12} / f_{11} < -3.3 \quad \dots (4aa)$$

## 【 0 0 3 4 】

本発明におけるズームレンズにおいて、更に次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。

前記第11群の焦点距離を $f_{11}$ とすると、

$$-1.5 < f_{11} / f_1 < -0.8 \quad \dots (5)$$

を満たすことが良い。

## 【 0 0 3 5 】

(5)式は、本発明のズームレンズの第1レンズ群 $U_1$ に含む第11レンズ群 $U_{11}$ と第1レンズ群 $U_1$ の焦点距離の比を規定している。(5)式を満たすことで、第1レンズ群としてのレトリ比を適切に大きくすることができるため、広角化と小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を更に効率的に実現することができる。(5)式の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群内 $U_1$ の負の屈折力が過剰に強くなるため、正の屈折力の第12レンズ群 $U_{12}$ や第13レンズ群 $U_{13}$ に過剰な屈折力を要求することになり、結果としてレンズの小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。逆に、(5)式の下限の条件が満たされないと、第1レンズ群内 $U_1$ の負の屈折力が不足するため、広角化が困難となる。

## 【 0 0 3 6 】

更に好ましくは、(5)式は次の如く設定するのが良い。

$$-1.4 < f_{11} / f_1 < -1.0 \quad \dots (5a)$$

## 【 0 0 3 7 】

更には、前記第13レンズ群の焦点距離と $f_{13}$ とすると、

$$1.4 < f_{13} / f_1 < 2.6 \quad \dots (6)$$

を満たすことが良い。

## 【 0 0 3 8 】

(6)式は、本発明のズームレンズにおける第1レンズ群 $U_1$ に対する第13レンズ群 $U_{13}$ の適切な屈折力の範囲を規定している。(6)式を満たすことで、広角化と小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を更に効率的に実現することができる。(6)式の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群全体で十分なレトリ比が得られず、広角化が困難となる。或いは、第12レンズ群 $U_{12}$ に過剰な正の屈折力を分担させることになり、物体距離変動時の収差変動の抑制や小型軽量化が困難になる。逆に、(6)式の下限の条件が満たされないと、第13レンズ群 $U_{13}$ の各レンズの曲率半径が小さくなることによる高次収差や歪曲収差の増大や、構成枚数やレンズ重量の増加を招き、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。

## 【 0 0 3 9 】

更に好ましくは、(6)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.5 < f_{13} / f_1 < 2.3 \quad \dots (6a)$$

更に、

$$1.5 < f_{13} / f_1 < 2.1 \quad \dots (6aa)$$

を満足すると尚好ましい。

【0040】

更には、前記第11レンズ群は、それぞれ少なくとも1枚ずつ以上の正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを有し、前記第11レンズ群内の負の屈折力のレンズ群の合成焦点距離を  $f_{11n}$  とするとき、

$$0.50 < f_{11n} / f_{11} < 0.85 \quad \dots (7)$$

を満たすと良い。(7)式の上限の条件が満たされないと、第11レンズ群U11の負の屈折力が不足し、十分な広角化の効果を得ることが困難となる。逆に、(7)式の下限の条件が満たされないと、負の屈折力のレンズの曲率半径が小さくなることによる高次収差の増大や、構成枚数やレンズ重量の増加を招き、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。更に、

$$0.55 < f_{11n} / f_{11} < 0.80 \quad \dots (7a)$$

を満足すると尚望ましい。

次に、同じく第11レンズ群内の正の屈折力のレンズ群の合成焦点距離を  $f_{11p}$  とするとき、

$$-6.0 < f_{11p} / f_{11} < -1.5 \quad \dots (8)$$

を満たすことが良い。この(8)式の上限の条件が満たされないと、十分な広角化の効果を得るために第11レンズ群U11内の各レンズの曲率半径が小さくなり、高次収差の補正や小型軽量化が困難となる。逆に、(8)式の下限の条件が満たされないと、物体距離変動に伴う  $f_{11}$  レンズ群U11内の収差補正が困難となる。更に、

$$-5.5 < f_{11p} / f_{11} < -2.0 \quad \dots (8a)$$

を満足すると尚望ましい。

【0041】

上記の(7)式及び(8)式は、本発明のズームレンズを構成する第11レンズ群U11内の負の屈折力成分と正の屈折力成分の適切な屈折力範囲を規定している。第11レンズ群U11は、それぞれ少なくとも1枚ずつ以上の正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを有していることが望ましい。もし第11レンズ群U11が負の屈折力のレンズのみで構成されると、第11レンズ群内の色収差補正や、物体距離変動時の収差変動の補正が困難となる。更に、(7)式及び(8)式を満たすことで、広角化と小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を更に効率的に実現することができる。

【0042】

更には、前記第12レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$ 、第12レンズ群に使用する光学材料の平均アッペ数を  $\nu_{12}$  とするとき、

$$3.0 < f_{12} / f_1 < 7.0 \quad \dots (9)$$

$$60 < \nu_{12} \quad \dots (10)$$

を満たすことが良い。

(9)式及び(10)式は本発明のズームレンズを構成する第12レンズ群U12と第11レンズ群U1の焦点距離の比と、使用する光学材料の分散を規定している。

【0043】

ここで、本発明の各請求項や各実施例で用いている光学材料のアッペ数と部分分散比は次の通りである。フラウンフォーファ線の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  $N_g$ 、 $N_F$ 、 $N_d$ 、 $N_C$  とする。アッペ数  $\nu_d$  及び、g線とF線に関する部分分散比  $g_F$  は、以下の(B)式及び(C)式の通りに与えられる。

$$\nu_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C) \quad \dots (B)$$

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C) \quad \dots (C)$$

【0044】

ここで、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

10

20

30

40

50

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。

【0045】

図13に示すように、現存する光学材料はアッベ数  $d$  に対し部分分散比  $g_F$  が狭い範囲に分布しており、 $d$  が小さいほど  $g_F$  が大きい傾向を持っている。

【0046】

所定の屈折力  $F$  で、正の屈折力  $p$ 、負の屈折力  $n$ 、アッベ数  $p$ 、 $n$ 、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 (D) 式及び (E) 式で表わされる。

10

【0047】

$$L = h \times h \times ( p / p + n / n ) \dots (D)$$

$$T = h \times H \times ( p / p + n / n ) \dots (E)$$

ここで、

$$= p + n \dots (F)$$

とする。(D) 式及び (E) 式の各レンズの屈折力は、(F) 式が  $= 1$  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。(D) 式及び (E) 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。

20

【0048】

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  $s$ 、倍率色収差の2次スペクトル量  $y$  として定義すると、

$$s = - h \times h \times ( p - n ) / ( p - n ) \times f \dots (G)$$

$$y = - h \times H \times ( p - n ) / ( p - n ) \times Y \dots (H)$$

30

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。

【0049】

以後の各請求項や各実施例での2波長色消し(1次スペクトル補正)や3波長色消し(2次スペクトル補正)の説明には、上述の(B)式から(H)式の関係式を用いて説明する。

【0050】

本発明の各実施例における第12レンズ群  $U_{12}$  は、フォーカス群として光軸上を移動する。特に、望遠端での物体距離変動に伴う色収差変動を抑制するためには、フォーカス移動群の分散を小さく(アッベ数を大きく)することが有効である。これは、上述の(D)式及び(E)式で、軸上色及び倍率色の収差係数  $L$  及び  $T$  がアッベ数に反比例することからも説明できる。

40

【0051】

このように、(9)式及び(10)式を満たすことで、フォーカス群である第12レンズ群  $U_{12}$  の焦点距離と色収差補正の関係を設定できるため、広角化と小型軽量化の両立に加え、良好な光学性能を更に効率的に実現することができる。(9)式の上限の条件が満たされないと、フォーカス群の屈折力が不足し、フォーカス繰り出し量が増加するため小型軽量化に不利である。逆に、(9)式の下限の条件が満たされないと、レンズの曲率半径が小さくなり、レンズ厚が増加することで結

50

果として小型軽量化に不利となる。更に、微少な繰り出し量で合焦位置が大きく変化するため、フォーカス駆動部に対する製造難易度が上がり、合焦制御が困難となる。(10)式の下限の条件が満たされないと、上述の(D)式及び(E)式を用いた説明の通り、特に物体距離変動に伴う色収差変動の補正が困難となる。

【0052】

更に好ましくは、(9)式、(10)式は次の如く設定するのが良い。

$$3.3 < f_{12} / f_1 < 6.5 \quad \dots (9a)$$

$$6.2 < 1.2 < 9.0 \quad \dots (10a)$$

更に好ましくは、(9a)式、(10a)式は次の如く設定するのが良い。

$$4.0 < f_{12} / f_1 < 6.3 \quad \dots (9aa)$$

$$6.4 < 1.2 < 8.0 \quad \dots (10aa)$$

10

【0053】

更には、前記ズームレンズの望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、前記第11レンズ群に含む負の屈折力のレンズに用いた硝材のアッペ数の平均値を  $f_n$ 、前記第11レンズ群に含む正の屈折力のレンズに用いた硝材のアッペ数の平均値を  $f_p$  とするとき、

$$1.0 < f_t / f_1 < 2.2 \quad \dots (11)$$

$$20.0 < f_n - f_p < 45.0 \quad \dots (12)$$

を満たすことが良い。

【0054】

(11)式及び(12)式は、本発明のズームレンズの望遠端焦点距離と第1レンズ群U1の焦点距離の比と、第11レンズ群U11における色収差補正の範囲を規定している。

20

【0055】

ズームレンズの更なる広角化を図ると、上述の(H)式における瞳近軸光線の入射高Hと像高Yは増大するため、倍率色収差の2次スペクトルも増大する。一方で、(G)式で表わされる軸上色収差の2次スペクトルは焦点距離fに比例することから、(11)式で規定するような拡大倍率の小さい広角ズームレンズでは比較的問題にならない。よって、ズームレンズの更なる広角化を達成するには、倍率色収差の2次スペクトルの補正に有利な色消しを選択することが有効である。更に、広角側のズームポジションにおいて、瞳近軸光線Hは特に第1レンズ群の第11レンズ群で大きくなるため、第11レンズ群に適切な光学材料と屈折力配置を施すことで、効果的に倍率色収差を補正することができる。

30

【0056】

更なる広角化のためにレトロ比を大きくするには、第11レンズ群の負の屈折力を強くすることが有効であるが、現存する光学材料における高屈折率材は、アッペ数dの小さい材料しかない。アッペ数dの小さい材料を採用すると、(H)式の分母が小さくなり、倍率色収差の2次スペクトルとしては大きくなってしまふ。そこで、第11レンズ群を構成する負の屈折力のレンズに、アッペ数dが大きく、且つ部分分散比  $g_F$  が大きい光学材料を選択すると、(H)式の分母が大きく、分子が小さくなるため、倍率色収差の2次スペクトルを小さくすることができる。

【0057】

(11)式及び(12)式を満たすことで、ズームレンズの広角化とそれに伴い増大する倍率色収差や歪曲収差を更に良好に補正することができる。(11)式の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1に対して拡大倍率の大きいズームレンズを想定することになり、(12)式に規定する色収差補正では、軸上色収差が補正不足となる。逆に、(11)式の下限の条件が満たされないと、第1レンズ群の焦点距離が長いレンズ系を想定することになり、広角化が困難となる。(12)式の上限の条件が満たされないと、色消しが過剰となり、第11レンズ群の各レンズの屈折力が不足し、十分なレトロ比や収差補正能力を持たせることが困難となる。(12)式の下限の条件が満たされないと、各レンズの曲率半径が小さくなり、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。

40

【0058】

50

更に好ましくは、(11)式、(12)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.2 < f_t / f_1 < 2.0 \quad \dots (11a)$$

$$25.0 < f_n - f_p < 40.0 \quad \dots (12a)$$

更に好ましくは、(12a)式は次の如く設定するのが良い。

$$1.3 < f_t / f_1 < 1.8 \quad \dots (11aa)$$

$$27.0 < f_n - f_p < 38.0 \quad \dots (12aa)$$

【0059】

更には、前記ズームレンズの前記第2レンズ群U2に含む負の屈折力を有するレンズに用いた硝材のアッペ数の最大値を  $v_n$ 、及びその光学材料の部分分散比を  $v_n$ 、前記第2群に含む正の屈折力を有するレンズに用いた硝材のアッペ数の最小値を  $v_p$ 、及びその光学材料の部分分散比を  $v_p$  とするとき、

$$35.0 < v_n - v_p < 75.0 \quad \dots (13)$$

$$-2.2 \times 10^{-3} < (v_p - v_n) / (v_p - v_n) < -1.0 \times 10^{-3} \quad \dots (14)$$

を満たすことが良い。

(13)式及び(14)式は、本発明のズームレンズの第2レンズ群U2における2波長色消し及び、3波長色消しを規定している。

【0060】

本発明の各実施例において、倍率色収差の広角端での2次スペクトル及びズーム変動を抑制するには、第2レンズ群U2の2波長色消し及び3波長色消しを良好に補正することが有効である。第2レンズ群U2はユニット全体として負の屈折力を有するため、負の屈折力成分に対する  $v_n$  を大きく、正の屈折力成分に対する  $v_p$  を小さく設定することで、L及びTに対する2波長色消しを良好に達成することができる。また、第2レンズ群U2は第1レンズ群U1で補正しきれなかった残存色収差を補正する役割も担う。第1レンズ群が正の屈折力を有する場合、ズームレンズの更なる広角化を図ると、2波長色消し時の倍率色収差のg線はオーバーへの残存量が増大する。そこで、瞳近軸光線Hが高い第2レンズ群U2の負の屈折力のレンズに部分分散比  $g_F$  の大きい光学材料を採用することで、倍率色収差のg線をアンダーへ補正することができる。つまり、(H)式や(14)式において分子を小さくすることで、倍率色収差の2次スペクトル  $y$  の増大を抑制する効果がある。

【0061】

(13)式及び(14)式を満たすことで、主に広角化に伴い増大する倍率色収差を更に良好に補正することができる。(13)式の上限の条件が満たされないと、主に色収差補正を担うレンズに十分な屈折力を持たせることができず、倍率色収差の補正能力が不足するため、結果として広角化と良好な光学性能の両立が困難となる。逆に、(13)式の下限の条件が満たされないと、第2レンズ群U2に含む負レンズの硝材のアッペ数の最大値  $v_n$  と正レンズの硝材のアッペ数の最小値  $v_p$  の差(アッペ数差)が小さくなり、曲率半径が小さくなり、結果として小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。(14)式の上限の条件が満たされないと、一般的に使用し得る硝材の組み合わせとしてはアッペ数差が小さくなる光学材料を選択せざるを得なくなり、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。逆に、(14)式の下限の条件が満たされないと、上述の(H)式での説明の通り、2次スペクトルの補正が不足し、広角化に伴って増大する倍率色収差を良好に補正することが困難となる。

【0062】

更に好ましくは、(13)式及び(14)式は次の如く設定するのが良い。

$$40.0 < v_n - v_p < 70.0 \quad \dots (13a)$$

$$-2.0 \times 10^{-3} < (v_p - v_n) / (v_p - v_n) < -1.2 \times 10^{-3} \quad \dots (14a)$$

【0063】

更には、前記ズームレンズの第3レンズ群は、物体側より負の屈折力のレンズと正の屈

折力のレンズと、正の屈折力のレンズから成る条件を満たすことである。

前記条件は、本発明のズームレンズの第3レンズ群U3のレンズ構成を規定している。前記条件を満たすことで、特に広角化に伴い増大する像面彎曲を更に良好に補正することができる。

#### 【0064】

前記条件について図11を用いて説明する。図11の(a)及び(b)は、本発明のズームレンズにおいて像面彎曲のうねりが大きい、主に広角端近傍のズームポジションにおける光路図を概念的に示したものである。以下、特に第3レンズ群U3に関する要素を抽出して説明する。第3レンズ群U3を透過する軸上光束の主光線をR0、像面Iの中間像高に結像する軸外光束の主光線をR1、R1よりもさらに周辺像高に結像する軸外光束の主光線をR2で表す。図11の(a)に示す第3レンズ群U3は、物体側より正の屈折力のレンズ群U3pと負の屈折力のレンズ群U3nの順に構成されていることを表している。図11の(b)に示す第3レンズ群U3は、物体側より負の屈折力のレンズ群U3nと正の屈折力のレンズ群U3pの順に構成されていることを表している。ここで正の屈折力のレンズ群U3pは、1枚のレンズから成る構成と考えるもよいし、連続する2枚以上のレンズ構成から成ると考えるもよい。更に、正の屈折力のレンズ群U3pと負の屈折力のレンズ群U3nは接合を含むことを想定してもよい。一般的には、図11の(a)のような第3レンズ群U3の構成とすることで、主点を物体側へ配置させる効果があるため、広角化と変倍部の小型軽量化の両立には有利と考えられる。しかし、本発明に関するズームレンズにおいては、図11の(a)及び(b)のように、第3レンズ群U3に到達する軸外光束のうち、軸外光束R1が最も光軸からの距離が高い場合がある。この場合、図11の(a)のように、第3レンズ群への到達光束を正の屈折力のレンズ群U3pで受けると、中間像高の像面彎曲にアンダーのうねりを発生させる一因となる。そこで、図11の(b)のように第3レンズ群U3の最も物体側に負の屈折力のレンズ群U3nを配置することで、軸外光束R1をオーバーへ補正する効果が得られるため、像面彎曲のうねりを緩和する効果を持たせることができる。本発明のズームタイプにおいて、更なる広角化と高倍率化、小型軽量化を達成させるためには、第3レンズ群をより物体側からスタートさせるズーム軌跡を採用することが有効である。第3レンズ群がより物体側へ配置されると、軸外光束R1の光軸からの高さは益々増大するため、上述の技術はより効果的になる。図11の(a)のように、負の屈折力のレンズU3nが絞りに近く、軸外光束R1の光軸からの高さが低くなると、像面彎曲のうねりを補正する効果は弱くなる。

#### 【0065】

更には、前記ズームレンズの第11レンズ群または第12レンズ群は、少なくとも1面以上に非球面を施したレンズを有することである。

前記条件は、本発明のズームレンズの第11レンズ群U11または第12レンズ群U12に非球面を配置することを規定している。本発明の各実施例における非球面形状は、レンズ中心部で有する発散或いは収斂の屈折力に対して、レンズ周辺部ではその屈折力が緩和される形状で配置されることが望ましい。例えば、第11レンズ群の負の屈折力のレンズ面に非球面を配置する場合、広角化に伴って光軸に対して急峻な角度で光束が入射してくる状況に対し、発散を緩和する形状で非球面を配置すると、特に広角側で増大する樽型の歪曲収差を抑制することができる。逆に、第11レンズ群や第12レンズ群の正の屈折力のレンズ面に非球面を配置する場合、光軸に向かって収斂する屈折力を緩和する形状で非球面を配置すると、主に広角端から少し望遠側へズームしたポジション以降で増大する糸巻きの歪曲収差を抑制することができる。且つ、レンズ中心部に対しては十分な負及び正の屈折力を持たせることができるため、レトロ比を大きくしやすくなり、広角化と良好な収差補正の両立に有効である。

#### 【0066】

更に、ズームレンズの広角化を図ると像面彎曲のうねりが増大する傾向がある。本発明の各実施例においても、広角化に伴って主に広角側のズームポジションにおいて中間像高でアンダーへうねりが増大する傾向があった。そこで、第11レンズ群或いは第12レン

10

20

30

40

50

ズ群の適切なレンズ面に非球面を配置することで、中間像高の光束をオーバーへ補正し、像面彎曲のうねりを緩和することができる。

前記条件を満たすことで、特に広角化に伴い増大する歪曲収差や像面彎曲を更に効果的に補正することができる。

【0067】

更に、本発明におけるズームレンズを有する撮像装置において、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$1.5 < f_t / f_w < 5.0 \quad \dots (15)$$

なる条件式を満たすと良い。この(15)式の上限の条件が満たされないと、変倍に必要な移動量の抑制の為に各群の屈折力が強くなり、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難になる。逆に、(15)式の下限の条件が満たされないと、変倍が少ないレンズ系を想定することになり、本発明の技術では過剰なスペースや収差補正が発生して、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。

10

また、前記ズームレンズの広角端の撮影画角を  $w$  とするとき、

$$37.0 < w < 50.0 \quad \dots (16)$$

なる条件式を満たすと良い。この(16)式の上限の条件が満たされないと、更なる広角化に対する各群の主点の像側への配置や収差補正能力が不足し、広角化と良好な光学性能の両立が困難となる。逆に、(16)式の下限の条件が満たされないと、比較的望遠系のレンズを想定することになり、過剰な構成枚数となったり、特に軸上色収差などの収差補正能力の不足が発生して、小型軽量化と良好な光学性能の両立が困難となる。

20

【0068】

(15)式及び(16)式は、本発明のズームレンズのズーム倍率と広角端半画角の範囲を規定している。(15)式及び(16)式を満たすことで、本発明の各実施例に採用したズームタイプや屈折力配置、収差補正などの技術を最も効果的に発揮することができる。

【0069】

更に好ましくは、(15)式及び(16)式は次の如く設定するのが良い。

$$2.0 < f_t / f_w < 4.5 \quad \dots (15a)$$

$$40.0 < w < 48.5 \quad \dots (16a)$$

【実施例1】

30

【0070】

以下、図1を参照して、本発明の第1の実施例による具体的なレンズ構成について説明する。

第1の実施例に示すズームレンズは、物体側から順に変倍のためには移動しない正の屈折力の第1レンズ群、変倍用に移動する負の屈折力の第2レンズ群、変倍に際し像面補正を担う正の屈折力の第3レンズ群、変倍のためには移動しない正の屈折力の第4レンズ群から成る。

【0071】

第1レンズ群は物体側より焦点調整のためには移動しない負の屈折力の第11レンズ群、フォーカスの際に光軸方向に移動する正の屈折力の第12レンズ群、焦点調整のためには移動しない正の屈折力の第13レンズ群から成る。第11レンズ群は物体側より負の屈折力のレンズ3枚と、正の屈折力のレンズ1枚から成る。第11レンズ群の物体側に負の屈折力のレンズを連続して配置することで、各レンズの曲率半径の増大を抑えながらもレトロ比を大きくしやすくなるため、広角化と良好な光学性能の両立に有利である。且つ、第11レンズ群の負の屈折力のレンズを分散の小さい光学材料で構成することで、特に広角化に伴って増大する倍率色収差を良好に補正できる。更に、第11レンズ群に負と正の屈折力のレンズを組み合わせて配置することで、物体距離変動時の収差変動、特に倍率色収差の変動を良好に補正することができる。実施例1の第11レンズ群の最も物体側の負レンズに非球面を配置することで、広角化に伴って増大する歪曲収差や像面彎曲を良好に補正している。第12レンズ群は正の屈折力のレンズ1枚から成る。第12レンズ群を分

40

50

散の小さい1枚のレンズから構成することで、フォーカス移動群の小型軽量化と物体距離変動時の収差変動の抑制の両立を達成している。第13レンズ群は負と正の接合レンズと、正の屈折力のレンズ2枚から成る。第13レンズ群の物体側に負のレンズを配置することで、第13レンズ群の主点を像側へ位置させる作用が強まり、広角化と小型軽量化の両立を達成している。

【0072】

第2レンズ群は負の屈折力のレンズと、負と正の接合レンズと、負の屈折力のレンズから成り、広角端から望遠端への変倍に際して物体側から像側へ単調に移動する軌跡を取る。第2レンズ群の物体側に負の屈折力を配置することで第2レンズ群の物体側主点を物体側へ位置させる作用が強まり、広角化と小型軽量化を達成している。また、第2レンズ群の物体側寄りに分散の小さい光学材料から成る負の屈折力のレンズを配置することで、特に広角側における倍率色収差を良好に補正している。

10

【0073】

第3レンズ群は正の屈折力のレンズと、正と負の屈折力のレンズから成り、広角端から望遠端への変倍に際して像側へ移動した後、物体側へ移動する軌跡を取る。第3レンズ群は最も像側に負のレンズを配置することで、第3レンズ群の主点を物体側へ位置させる作用が強まり、広角化と変倍群の小型軽量化を達成している。第4レンズ群は7枚のレンズから成る。

【0074】

第1の実施例の各条件式対応値を表1に示す。数値実施例1はいずれの条件式も満足しており、広角化と高倍率化、小型軽量化を達成しつつ、良好な光学性能を有するズームレンズを実現している。

20

なお、本発明の実施例における接合レンズは微少な空気間隔を有する分離レンズとして存在していてもよい。これは本発明においてレンズ形状としての変形及び変更の想定内であり、以下全ての実施例においても同様である。

【実施例2】

【0075】

以下、図3を参照して、本発明の第2の実施例による具体的なレンズ構成について説明する。以下の各実施例においては、主に前述の実施例に対する差異や特徴を記述する。

【0076】

第2の実施例に示すズームレンズは、第11レンズ群が物体側より負の屈折力のレンズ2枚と、正の屈折力のレンズ1枚から成る。各レンズの間隔を適切に確保することにより、各レンズの屈折力を極端に強めることなく、第11レンズ群の更なる小型軽量化と良好な光学性能の両立を達成している。更に、第11レンズ群の1枚目の負の屈折力のレンズに非球面を配置することで、広角側の収差補正、特に像面彎曲や歪曲収差などを効果的に補正している。第12レンズ群は負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズの接合から成る。フォーカス移動群を接合レンズで構成することにより、物体距離変動に対する光学性能変動、特に色収差変動を良好に補正することができる。第13レンズ群は正の屈折力のレンズと、負と正の接合レンズと、正の屈折力のレンズ2枚から成る。第13レンズ群を構成する正の屈折力のレンズ枚数を増やすことにより、各レンズの曲率半径が大きくなり、レンズ厚を薄くできるため、良好な光学性能と小型軽量化の両立を達成している。

30

40

【0077】

第2の実施例の各条件式対応値を表1に示す。数値実施例2はいずれの条件式も満足しており、広角化と高倍率化、小型軽量化を達成しつつ、良好な光学性能を有するズームレンズを実現している。

【実施例3】

【0078】

以下、図5を参照して、本発明の第3の実施例による具体的なレンズ構成について説明する。

【0079】

50

第3の実施例に示すズームレンズは、第1 1レンズ群の1枚目の負の屈折力のレンズ及び、第1 2レンズ群の正の屈折力のレンズに非球面を配置することで、広角側の収差補正、特に像面彎曲や歪曲収差などを効果的に補正している。第2レンズ群は物体側より負の屈折力のレンズ2枚と負と正の屈折力のレンズの接合から成る。第2レンズ群の物体側寄りに負のレンズを配置することで、第2レンズ群の物体側主点を物体側へ位置させる作用が強まり、広角化に有利である。第3レンズ群は、負と正の屈折力のレンズの接合と、正の屈折力のレンズから成る。負の屈折力のレンズを物体側へ配置することで、広角化に伴って増大する像面のうねりを補正する作用が強まり、更なる広角化と良好な光学性能の両立を達成している。

【0080】

第3の実施例の各条件式対応値を表1に示す。数値実施例3はいずれの条件式も満足しており、広角化と高倍率化、小型軽量化を達成しつつ、良好な光学性能を有するズームレンズを実現している。

【実施例4】

【0081】

以下、図7を参照して、本発明の第4の実施例による具体的なレンズ構成について説明する。

【0082】

第4の実施例に示すズームレンズは、第1 1レンズ群が物体側より負の屈折力のレンズ2枚と負と正の屈折力のレンズの接合から成る。第1 1レンズ群内で、広角からズーム中間にかけて軸外光束が光軸から高い位置を通るレンズを接合することで、小型軽量化と良好な光学性能の両立を達成している。第1 1レンズ群の1枚目の負の屈折力のレンズに非球面を配置することで、広角側の収差補正、特に像面彎曲や歪曲収差などを効果的に補正している。第2レンズ群は、負の屈折力のレンズ2枚と正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズから成る。負と正の屈折力のレンズを接合レンズとせずに剥がすことで収差補正の自由度を確保している。第3レンズ群は、負と正の屈折力のレンズの接合と、正の屈折力のレンズから成る。負の屈折力のレンズを物体側へ配置することで、広角化に伴って増大する像面のうねりを補正する作用が強まり、更なる広角化と良好な光学性能の両立を達成している。

【0083】

第4の実施例の各条件式対応値を表1に示す。数値実施例4はいずれの条件式も満足しており、広角化と高倍率化、小型軽量化を達成しつつ、良好な光学性能を有するズームレンズを実現している。

【実施例5】

【0084】

以下、図9を参照して、本発明の第5の実施例による具体的なレンズ構成について説明する。

【0085】

第5の実施例に示すズームレンズは、第1 1レンズ群の2枚目の負の屈折力のレンズ及び、第1 2レンズ群の正の屈折力のレンズに非球面を配置することで、広角側の収差補正、特に像面彎曲や歪曲収差などを効果的に補正している。更には、フォーカス移動群である第1 2レンズ群に適切な範囲内で強い屈折力を持たせ、フォーカス繰り出し量を小さくすることで、第1レンズ群の小型軽量化との両立を達成している。第1 2レンズ群を構成する光学材料は適切な範囲内で屈折率が高く、且つ分散の小さな材料を選ぶことにより、小型軽量化と良好な光学性能の両立を達成している。

【0086】

第5の実施例の各条件式対応値を表1に示す。数値実施例5はいずれの条件式も満足しており、広角化と高倍率化、小型軽量化を達成しつつ、良好な光学性能を有するズームレンズを実現している。

【0087】

10

20

30

40

50

図 1 2 を参照して、本発明の各実施例を有する撮像装置について説明する。

図 1 2 は実施例 1 ~ 5 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）の要部概略図である。図 1 2 において 1 0 1 は実施例 1 ~ 5 のいずれかのズームレンズである。1 2 4 はカメラである。ズームレンズ 1 0 1 はカメラ 1 2 4 に対して着脱可能となっている。1 2 5 はカメラ 1 2 4 にズームレンズ 1 0 1 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 1 0 1 は第 1 レンズ群 F、変倍部 LZ、結像用の第 4 レンズ群 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 レンズ群と、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 3 レンズ群が含まれている。SP は開口絞りである。1 1 4、1 1 5 は各々第 1 レンズ群 F、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である。1 1 6 ~ 1 1 8 は駆動機構 1 1 4、1 1 5 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。1 1 9 ~ 1 2 1 は、第 1 レンズ群 F やズーム部 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 1 2 4 において、1 0 9 はカメラ 1 2 4 内の光学フィルタに相当するガラスブロック、1 1 0 はズームレンズ 1 0 1 によって形成された被写体像を受光する 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、1 1 1、1 2 2 はカメラ 1 2 4 及びズームレンズ 1 0 1 の各種の駆動を制御する CPU である。

10

【 0 0 8 8 】

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。

20

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ないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 0 0 8 9 】

以下に本発明の実施例 1 ~ 5 に対応する数値実施例 1 ~ 5 を示す。各数値実施例においていずれも、i は物体側からの面（光学面、レンズ面）の順序を示す。r<sub>i</sub> は物体側より第 i 番目の面の曲率半径、d<sub>i</sub> は物体側より第 i 番目と第 i + 1 番目の間隔、n<sub>d i</sub>、d<sub>i</sub>、g<sub>F i</sub> は、第 i 番目の面と第 i + 1 番目の面との間の媒質（光学部材の材料、硝材）の屈折率、アッペ数、部分分散比である。この部分分散比 g<sub>F</sub> は前述の（C）式で表わす部分分散比である。有効径は、第 i 番目の面における有効径（有効光束の最大光線高）であり、焦点距離は、第 i 番目の面と第 i + 1 番目の面との間に配置された光学部材（レンズ）の焦点距離である。また、B F は空気換算のバックフォーカスである。

30

【 0 0 9 0 】

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<sub>4</sub>、A<sub>6</sub>、A<sub>8</sub>、A<sub>10</sub>、A<sub>12</sub> をそれぞれ非球面係数としたとき、以下に示す（I）式で表される。また、「e - Z」は「x 1 0<sup>-Z</sup>」を意味する。

【 0 0 9 1 】

【 数 1 】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_4H^4 + A_6H^6 + A_8H^8 + A_{10}H^{10} + A_{12}H^{12} \dots (I)$$

40

【 0 0 9 2 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

第 i 面	r <sub>i</sub>	d <sub>i</sub>	n <sub>d i</sub>	d <sub>i</sub>	g <sub>F i</sub>	有効径	焦点距離
1	98.70007	2.50000	1.772499	49.60	0.5521	75.668	-55.418
2	29.62727	16.26062				55.309	

50

3	64.42910	2.00000	1.772499	49.60	0.5521	52.747	-87.740	
4	32.65886	18.07660				47.083		
5	-52.68987	2.00000	1.589130	61.14	0.5406	46.718	-111.047	
6	-270.22920	1.49474				49.520		
7	76.48550	5.60617	1.922860	18.90	0.6495	55.360	117.496	
8	243.28386	4.02023				55.283		
9	4668.02554	8.22678	1.487490	70.23	0.5300	55.637	134.050	
10	-66.46589	5.36022				55.818		
11	-622.14337	2.00000	1.846660	23.78	0.6205	52.313	-51.330	
12	47.28994	12.39326	1.487490	70.23	0.5300	51.310	71.424	10
13	-122.23105	0.15000				51.721		
14	118.96805	11.02578	1.496999	81.54	0.5374	52.223	80.349	
15	-58.51414	0.15000				52.037		
16	46.98238	4.59503	1.772499	49.60	0.5521	43.725	99.532	
17	114.76830	(可変)				42.814		
18	10396.90306	1.20000	1.754998	52.32	0.5476	27.090	-33.265	
19	25.16697	4.86194				23.972		
20	-153.43950	1.20000	1.496999	81.54	0.5374	23.390	-43.659	
21	25.42462	5.07329	1.784696	26.29	0.6135	24.170	31.942	
22	-4324.64113	3.34835				24.087		20
23	-39.81518	1.20000	1.834000	37.16	0.5775	23.967	-59.807	
24	-195.14536	(可変)				24.612		
25	142.25721	2.95792	1.729157	54.68	0.5444	25.745	79.349	
26	-97.37703	0.20000				25.921		
27	60.75670	5.04520	1.496999	81.54	0.5374	25.935	49.403	
28	-40.26471	1.40000	1.834000	37.16	0.5775	25.718	-67.044	
29	-143.79570	(可変)				25.753		
30	0.00000	1.39957				24.312		
31	85.08699	4.36998	1.761821	26.52	0.6135	24.020	33.919	
32	-36.74762	1.50000	1.720467	34.70	0.5834	23.714	-32.337	30
33	65.96749	10.69231				22.734		
34	112.13875	1.50000	1.834000	37.16	0.5775	21.437	-79.706	
35	41.64594	5.81919	1.496999	81.54	0.5374	21.070	46.821	
36	-50.62143	7.77569				20.819		
37	36.34485	5.68860	1.496999	81.54	0.5374	22.099	35.111	
38	-31.99802	1.50000	1.834000	37.16	0.5775	21.977	-19.605	
39	34.59932	5.00023				22.435		
40	40.76716	6.64810	1.487490	70.23	0.5300	27.106	44.425	
41	-44.04308	40.00000				27.669		

像面

40

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.23037e-006 A 6=-6.41540e-010  
A 8= 4.30245e-013 A10=-1.45017e-016 A12= 3.57965e-020

各種データ

ズーム比 2.86

焦点距離 14.00 21.00 40.00

50

Fナンバー	2.80	2.80	2.80
画角	48.00	36.52	21.24
像高	15.55	15.55	15.55
レンズ全長	255.05	255.05	255.05
BF	40.00	40.00	40.00

d17	2.31	16.93	27.94
d24	29.18	21.91	2.34
d29	9.32	1.97	10.53
d41	40.00	40.00	40.00

10

入射瞳位置	33.57	38.48	46.11
射出瞳位置	-70.63	-70.63	-70.63
前側主点位置	45.80	55.49	71.65
後側主点位置	26.00	19.00	-0.00

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	25.00	95.86	45.18	44.95
2	18	-24.00	16.88	4.02	-7.88
3	25	54.82	9.60	1.06	-4.98
4	30	83.91	51.89	34.16	-13.01

20

【 0 0 9 3 】

数値実施例 2

単位 mm

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	95.37749	2.85000	1.772499	49.60	0.5521	73.040	-74.678
2	35.58322	21.12332				58.964	
3	-135.55338	2.00000	1.603001	65.44	0.5402	57.605	-87.120
4	86.76814	7.91957				55.937	
5	77.77528	5.06125	1.922860	18.90	0.6495	59.822	143.878
6	178.75533	3.55444				59.589	
7	307.05210	8.69965	1.487490	70.23	0.5300	59.662	140.139
8	-87.42857	2.00000	1.603001	65.44	0.5402	59.573	-823.429
9	-106.94506	9.83103				59.607	
10	122.87201	5.66234	1.522494	59.84	0.5439	56.058	196.554
11	-630.82928	0.20000				55.570	
12	-945.44474	2.00000	1.854780	24.80	0.6123	55.380	-54.080
13	49.13627	11.65950	1.496999	81.54	0.5374	53.157	78.949
14	-182.04012	0.20000				53.222	
15	143.91871	5.50000	1.522494	59.84	0.5439	52.781	181.676
16	-278.41578	0.20000				52.434	
17	90.69667	6.85513	1.772499	49.60	0.5521	50.435	83.076
18	-215.74820	(可変)				49.553	
19	-668.92717	1.20000	1.589130	61.14	0.5406	25.946	-42.061
20	25.85428	3.81622				22.729	
21	-94.64299	1.20000	1.516330	64.14	0.5352	22.353	-34.665
22	22.27025	3.79165	1.755199	27.51	0.6103	20.739	32.605

30

40

50

23	199.79852	2.20808				20.275		
24	-36.14348	1.20000	1.589130	61.14	0.5406	20.212	-46.960	
25	121.41550	(可変)				20.639		
26	101.78909	3.31668	1.589130	61.14	0.5406	21.449	58.653	
27	-51.98522	0.20000				21.649		
28	70.23678	4.07065	1.496999	81.54	0.5374	21.534	48.501	
29	-36.15321	1.40000	1.834000	37.16	0.5775	21.308	-41.040	
30	742.15054	(可変)				21.317		
31	0.00000	0.60000				21.403		
32	41.82457	3.42297	1.805181	25.42	0.6161	21.461	178.794	10
33	56.57582	16.10179				20.804		
34	-435.74567	2.00000	1.728250	28.46	0.6077	20.779	173.533	
35	-98.78372	7.42400				21.117		
36	114.89137	4.85546	1.496999	81.54	0.5374	22.985	74.385	
37	-53.97500	1.47600				23.218		
38	-48.01088	1.70000	1.882997	40.76	0.5667	23.079	-21.363	
39	31.89250	7.70000	1.496999	81.54	0.5374	24.045	38.448	
40	-44.16514	7.01362				25.639		
41	40.85638	4.00000	1.487490	70.23	0.5300	30.278	92.886	
42	392.40877	50.00000				30.259		20

像面

## 非球面データ

## 第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.89702e-007 A 6= 2.32971e-010  
A 8=-1.16421e-013 A10= 7.10643e-017 A12=-1.36430e-020

## 各種データ

ズーム比 4.00

焦点距離	20.00	40.00	80.00
Fナンバー	3.50	3.50	3.50
画角	37.87	21.24	11.00
像高	15.55	15.55	15.55
レンズ全長	270.03	270.03	270.03
BF	50.00	50.00	50.00

d18	0.90	23.99	36.00
d25	29.74	20.73	1.91
d30	15.38	1.30	8.11
d42	50.00	50.00	50.00

入射瞳位置	46.62	65.95	90.07
射出瞳位置	-88.75	-88.75	-88.75
前側主点位置	63.74	94.42	123.94
後側主点位置	30.00	10.00	-30.00

## 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	40.00	95.32	55.87	33.55

30

40

50

2	19	-21.00	13.42	4.71	-4.88
3	26	69.72	8.99	-0.88	-6.45
4	31	70.29	56.29	32.99	-26.58

【 0 0 9 4 】

数值实施例 3

单位 mm

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離	
1	152.53568	2.50000	1.804000	46.57	0.5572	80.282	-53.079	
2	33.23387	21.92204				59.405		10
3	-294.65548	1.80000	1.593490	67.00	0.5361	57.578	-114.469	
4	88.90575	2.00000				54.488		
5	114.88268	1.80000	1.593490	67.00	0.5361	54.217	-147.616	
6	49.51362	8.00000				52.219		
7	59.30182	5.18614	1.717362	29.50	0.6048	55.758	180.255	
8	104.81202	5.00000				55.421		
9	445.83966	7.89573	1.487490	70.23	0.5300	55.741	139.973	
10	-80.41913	4.41178				55.963		
11	64.95869	1.80000	1.854780	24.80	0.6123	52.805	-90.181	
12	34.95003	11.85352	1.438750	94.93	0.5343	49.480	82.937	20
13	746.93180	0.20000				49.289		
14	83.43049	5.15893	1.496999	81.54	0.5374	49.038	195.252	
15	572.40587	0.40000				48.541		
16	59.12257	8.94584	1.589130	61.14	0.5406	46.956	65.899	
17	-107.93626	(可变)				46.120		
18	-128.13466	1.20000	1.593490	67.00	0.5361	24.216	-27.257	
19	18.65497	5.50351				20.301		
20	-35.09497	1.20000	1.438750	94.93	0.5343	19.685	-65.818	
21	167.08316	0.50000				19.147		
22	37.48125	1.20000	1.438750	94.93	0.5343	19.154	-242.074	30
23	27.45145	2.40000	1.805181	25.42	0.6161	19.510	66.279	
24	53.79181	(可变)				19.512		
25	206.54541	1.40000	1.834000	37.16	0.5775	20.368	-35.677	
26	26.07217	4.84231	1.516330	64.14	0.5352	20.777	41.351	
27	-112.73214	0.20000				21.534		
28	41.61518	3.09620	1.772499	49.60	0.5521	22.515	52.141	
29	-1425.61456	(可变)				22.493		
30	0.00000	3.72814				22.121		
31	225.14682	3.37315	1.922860	18.90	0.6495	21.968	56.265	
32	-68.08410	10.00000				21.819		40
33	-43.28566	1.50000	1.717362	29.50	0.6048	17.553	-18.742	
34	20.01622	11.34310	1.487490	70.23	0.5300	18.952	26.813	
35	-30.96172	1.90000				22.682		
36	-56.43218	6.91739	1.438750	94.93	0.5343	23.890	56.279	
37	-17.85101	1.23556				25.192		
38	-17.30817	1.50000	1.903660	31.32	0.5946	24.955	-42.729	
39	-32.46779	2.00000				27.878		
40	311.10406	9.97254	1.487490	70.23	0.5300	31.552	40.795	
41	-21.09811	2.00000	1.720467	34.70	0.5834	32.350	-164.979	
42	-26.63455	40.00000				34.377		50

## 像面

## 非球面データ

## 第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.97535e-006 A 6=-5.16188e-010  
 A 8= 1.49560e-013 A10= 2.03100e-018 A12=-3.19604e-021

## 第10面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.31269e-007 A 6=-5.03317e-010  
 A 8= 8.88759e-013 A10=-1.17437e-015 A12= 5.19762e-019

10

## 各種データ

ズーム比 2.29

焦点距離	14.00	21.00	32.00
Fナンバー	2.70	2.70	2.70
画角	48.00	36.52	25.92
像高	15.55	15.55	15.55
レンズ全長	237.47	237.47	237.47
BF	40.00	40.00	40.00

20

d17	1.60	15.72	24.91
d24	20.32	13.40	2.72
d29	9.66	2.46	3.95
d42	40.00	40.00	40.00

入射瞳位置	34.33	39.92	45.39
射出瞳位置	-159.95	-159.95	-159.95
前側主点位置	47.35	58.72	72.27
後側主点位置	26.00	19.00	8.00

30

## 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	29.50	88.87	46.07	38.08
2	18	-23.50	12.00	1.47	-7.97
3	25	62.00	9.54	5.58	-0.21
4	30	59.53	55.47	42.41	-12.50

【 0 0 9 5 】

## 数値実施例 4

単位 mm

40

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	94.01569	3.00000	1.772499	49.60	0.5521	77.416	-64.097
2	32.08149	22.00000				58.011	
3	-207.77558	2.00000	1.603001	65.44	0.5402	56.619	-111.778
4	100.67023	7.21946				53.815	
5	817.07836	2.00000	1.772499	49.60	0.5521	52.784	-54.284
6	40.02651	10.08909	1.805181	25.42	0.6161	52.214	62.910
7	163.57064	6.32372				52.102	

50

8	559.20079	6.80390	1.487490	70.23	0.5300	53.467	176.086	
9	-101.40751	7.90856				53.946		
10	-2809.53668	2.00000	1.846660	23.78	0.6205	54.131	-78.103	
11	68.42954	12.08338	1.496999	81.54	0.5374	54.267	79.502	
12	-88.62346	0.20000				54.843		
13	99.15962	13.71608	1.496999	81.54	0.5374	56.295	79.528	
14	-63.00426	0.40000				56.032		
15	41.69430	5.86717	1.589130	61.14	0.5406	45.970	127.480	
16	88.39957	(可変)				44.309		
17	144.26656	1.20000	1.804000	46.58	0.5572	23.753	-36.258	10
18	24.26363	4.83826				21.154		
19	-40.33718	1.20000	1.487490	70.23	0.5300	20.359	-49.702	
20	61.79067	1.52410				19.786		
21	40.37278	4.34628	1.846660	23.78	0.6205	20.693	33.327	
22	-92.05632	1.34578				20.643		
23	-36.54169	1.20000	1.804000	46.58	0.5572	20.537	-35.691	
24	138.88755	(可変)				20.948		
25	146.27770	1.40000	1.903660	31.32	0.5946	22.024	-39.950	
26	28.99740	4.29574	1.589130	61.14	0.5406	22.418	41.600	
27	-153.41661	0.20000				22.946		20
28	53.39657	3.72996	1.772499	49.60	0.5521	23.803	53.948	
29	-188.14663	(可変)				23.871		
30	0.00000	12.28693				23.315		
31	144.07385	5.38869	1.846660	23.78	0.6205	22.818	21.454	
32	-20.65754	1.50000	1.805181	25.42	0.6161	22.672	-34.574	
33	-80.56591	6.52360				22.142		
34	-51.86512	1.50000	1.834000	37.16	0.5775	22.082	-26.273	
35	38.86937	5.88641	1.496999	81.54	0.5374	22.935	38.444	
36	-35.89185	2.00000				23.770		
37	52.22724	6.35382	1.496999	81.54	0.5374	25.117	38.707	30
38	-29.35900	1.50000	1.903660	31.32	0.5946	25.103	-28.238	
39	211.87275	1.00000				26.024		
40	93.27227	4.80621	1.487490	70.23	0.5300	26.810	69.385	
41	-52.45002	46.11000				27.274		

像面

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.07564e-006 A 6=-4.49925e-011  
A 8=-2.37866e-017 A10= 2.77096e-017 A12=-4.33307e-021

40

各種データ

ズーム比 3.00

焦点距離 15.00 30.00 45.00  
Fナンバー 3.00 3.00 3.00  
画角 46.03 27.40 19.06  
像高 15.55 15.55 15.55  
レンズ全長 260.00 260.00 260.00  
BF 46.11 46.11 46.11

50

d16	2.00	24.44	31.42
d24	21.58	11.69	2.02
d29	14.68	2.12	4.81
d41	46.11	46.11	46.11

入射瞳位置	38.65	49.53	55.90
射出瞳位置	-52.86	-52.86	-52.86
前側主点位置	51.38	70.44	80.44
後側主点位置	31.11	16.11	1.11

10

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	29.00	101.61	50.54	41.13
2	17	-20.40	15.65	4.08	-6.95
3	25	56.00	9.63	4.57	-1.16
4	30	74.63	48.75	23.69	-18.16

【 0 0 9 6 】

数値実施例 5

単位 mm

20

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	52.03526	2.50000	1.772499	49.60	0.5521	72.165	-103.482
2	30.91519	12.72231				57.489	
3	56.78526	2.20000	1.772499	49.60	0.5521	55.715	-92.046
4	31.10328	20.06776				49.329	
5	-58.90814	2.10000	1.593490	67.00	0.5361	48.217	-65.836
6	118.84418	1.50259				50.639	
7	72.50844	5.66826	1.959060	17.47	0.6599	54.127	106.315
8	233.74364	2.03720				54.075	
9	181.50422	9.05500	1.487490	70.23	0.5300	54.520	112.003
10	-77.18651	5.73530				54.641	
11	-238.79291	2.00000	1.846660	23.78	0.6205	52.116	-47.476
12	49.09709	13.19266	1.487490	70.23	0.5300	51.656	67.823
13	-93.27330	0.15000				52.215	
14	126.45563	11.28826	1.496999	81.54	0.5374	53.230	81.671
15	-58.25396	0.15000				53.286	
16	48.43648	5.18177	1.772499	49.60	0.5521	46.721	101.961
17	119.00436	(可変)				45.663	
18	2100.98746	1.30000	1.754998	52.32	0.5476	25.729	-34.340
19	25.71887	4.21166				22.826	
20	-82.77358	1.30000	1.496999	81.54	0.5374	22.390	-36.281
21	23.26064	4.69237	1.784696	26.29	0.6135	22.298	26.279
22	-179.55623	2.18844				22.215	
23	-35.50225	1.30000	1.834000	37.16	0.5775	22.061	-36.647
24	234.07171	(可変)				22.696	
25	283.65678	3.83014	1.729157	54.68	0.5444	24.054	56.975
26	-48.64182	0.40000				24.485	
27	50.21870	5.08486	1.496999	81.54	0.5374	24.462	43.668

30

40

50

28	-37.12502	1.50000	1.834000	37.16	0.5775	24.199	-44.180
29	32003.74846	(可変)				24.169	
30	0.00000	7.92560				24.082	
31	158.65366	4.81128	1.496999	81.54	0.5374	23.958	72.289
32	-46.15062	2.43824				23.789	
33	-218.24820	4.38390	1.808095	22.76	0.6307	22.413	34.979
34	-25.48127	1.20000	1.903660	31.32	0.5946	22.080	-28.530
35	-1368.46311	15.21655				21.721	
36	-32.05668	3.05673	1.496999	81.54	0.5374	23.692	393.010
37	-28.42244	0.19984				24.870	
38	118.55807	6.60300	1.438750	94.93	0.5343	25.802	50.452
39	-26.83710	1.20000	2.000690	25.46	0.6133	26.061	-49.245
40	-59.59977	0.68800				27.194	
41	335.70340	4.13228	1.487490	70.23	0.5300	27.923	127.381
42	-76.19887	45.38000				28.332	

像面

## 非球面データ

## 第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.72134e-006 A 6= 1.57275e-009  
A 8=-1.96194e-013 A10=-4.85686e-017 A12= 8.85842e-019

20

## 第10面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.04914e-007 A 6= 2.52809e-012  
A 8=-2.08997e-013 A10=-2.68841e-016 A12= 2.73790e-019

## 各種データ

ズーム比 3.03

焦点距離	16.50	25.00	50.00
Fナンバー	2.80	2.80	2.80
画角	43.30	31.88	17.28
像高	15.55	15.55	15.55
レンズ全長	260.93	260.93	260.93
BF	45.38	45.38	45.38

30

d17	2.51	19.44	35.17
d24	20.04	15.62	2.78
d29	18.40	5.89	3.00
d42	45.38	45.38	45.38

40

入射瞳位置	41.30	48.56	61.97
射出瞳位置	-75.12	-75.12	-75.12
前側主点位置	55.54	68.38	91.22
後側主点位置	28.88	20.38	-4.62

## 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	32.00	95.19	53.77	44.49
2	18	-20.00	16.23	5.70	-5.44

50

3	25	50.34	11.40	-0.17	-7.04
4	30	67.58	51.79	31.32	-16.76

【 0 0 9 7 】

表 1 に各数値実施例における各条件式に対応した数値を示す。

【 表 1 】

条件式 番号	条件式	数値実施例 1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例5
(1)	$f1/f2$	-1.04	-1.90	-1.26	-1.42	-1.60
(2)	$1/\beta 3w$	-0.40	0.08	-0.14	-0.13	-0.06
(3)	$f2/f3$	-0.46	-0.30	-0.38	-0.36	-0.40
(4)	$f12/f11$	-4.38	-3.05	-4.53	-5.85	-3.39
(5)	$f11/f1$	-1.20	-1.39	-1.05	-1.04	-1.03
(6)	$f13/f1$	2.02	1.47	1.69	1.60	1.64
(7)	$f11n/f11$	0.69	0.64	0.77	0.58	0.67
(8)	$f11p/f11$	-4.28	-2.58	-5.84	-2.09	-3.27
(9)	$f12/f1$	5.25	4.25	4.74	6.07	3.49
(10)	$\nu 12$	70.2	67.8	70.2	70.2	70.2
(11)	$ft/f1$	1.60	2.00	1.08	1.55	1.56
(12)	$\nu fn - \nu fp$	34.6	38.6	30.7	29.5	37.9
(13)	$\nu vn - \nu vp$	55.3	36.6	69.5	46.5	55.3
(14)	$(\theta vp - \theta vn)/(\nu vp - \nu vn)$	-1.38E-03	-2.05E-03	-1.18E-03	-1.95E-03	-1.38E-03
(15)	$ft/fw$	2.86	4.00	2.29	3.00	3.03
(16)	$\omega w$	48.0	37.9	48.0	46.0	43.3

10

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 8 】

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、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に関するものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 9 】

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

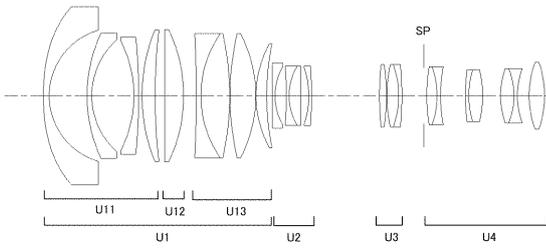
、

U 1 1 第 1 1 レンズ群、U 1 2 第 1 2 レンズ群、U 1 3 第 1 3 レンズ群、

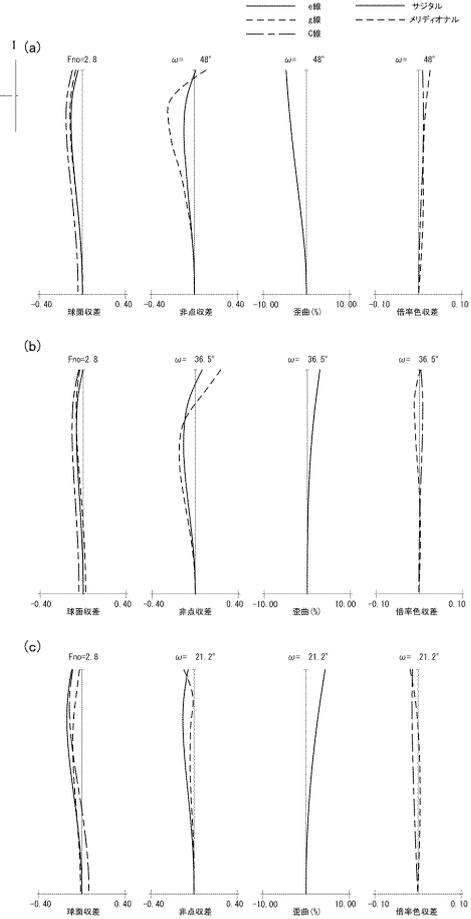
S P 絞り、I 像面

30

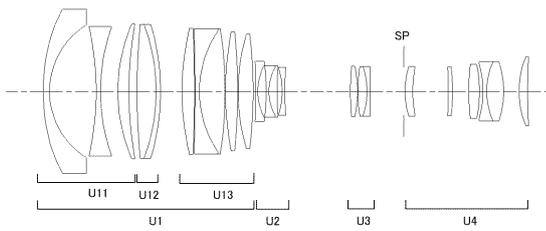
【 図 1 】



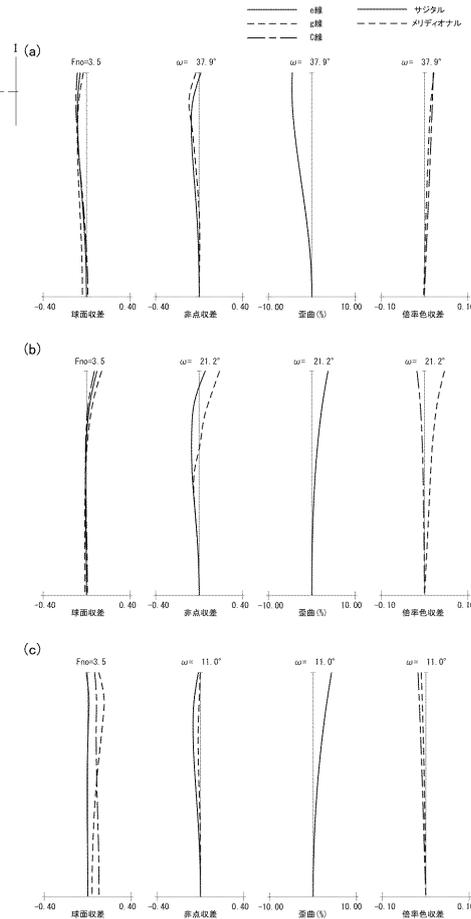
【 図 2 】



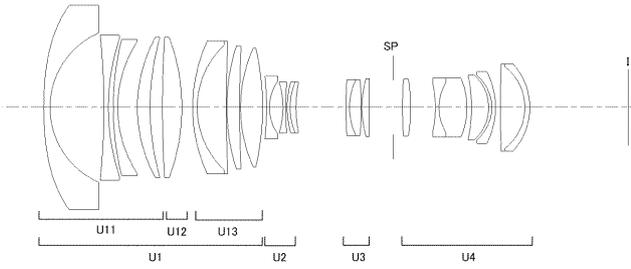
【 図 3 】



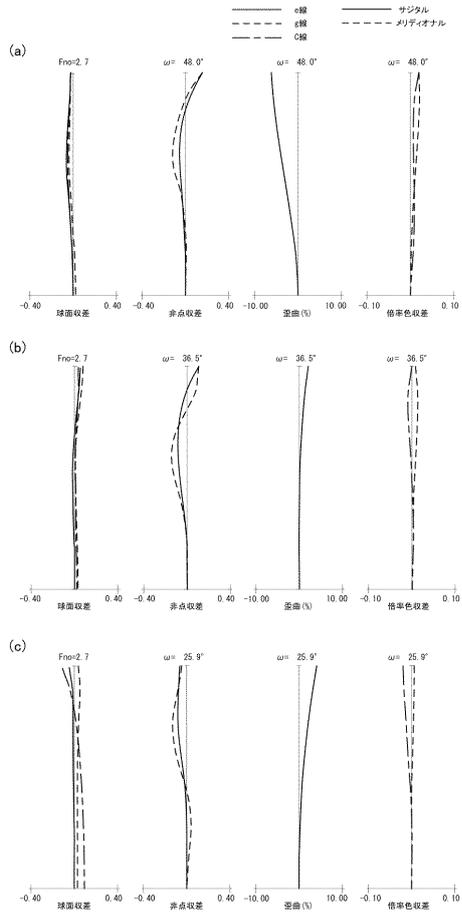
【 図 4 】



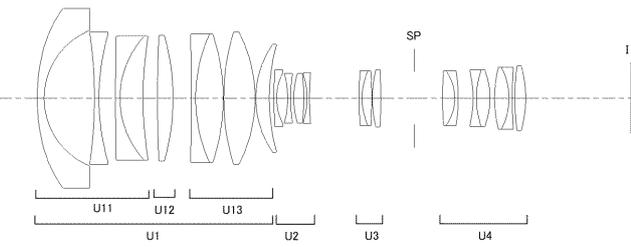
【図5】



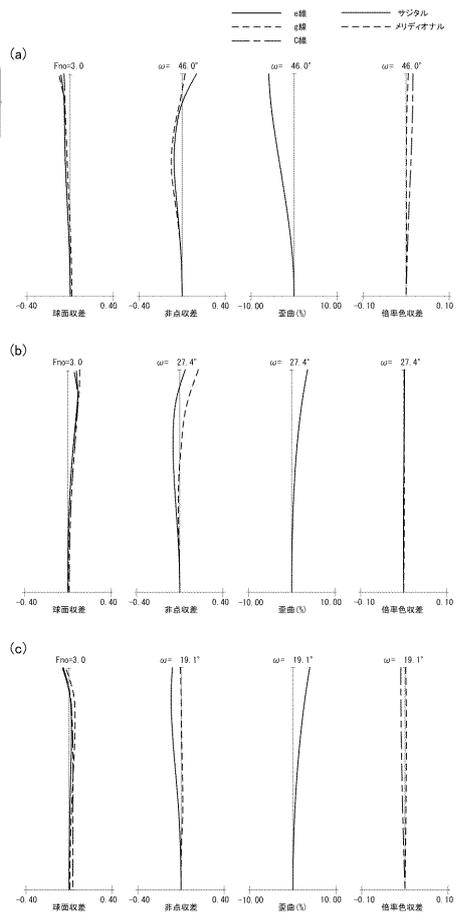
【図6】



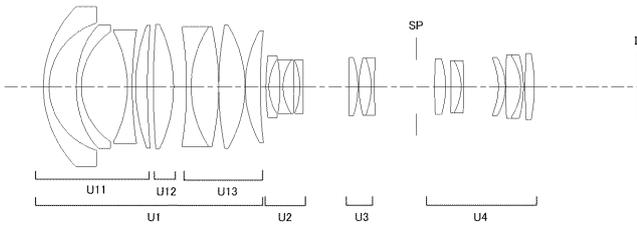
【図7】



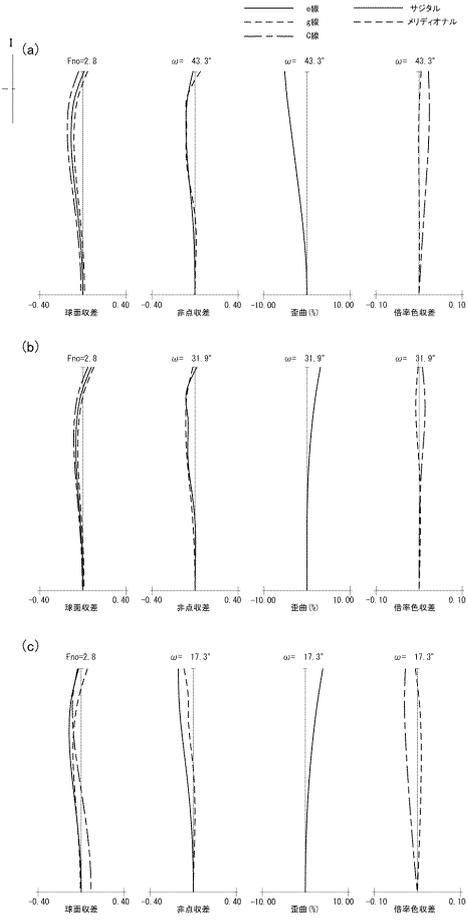
【図8】



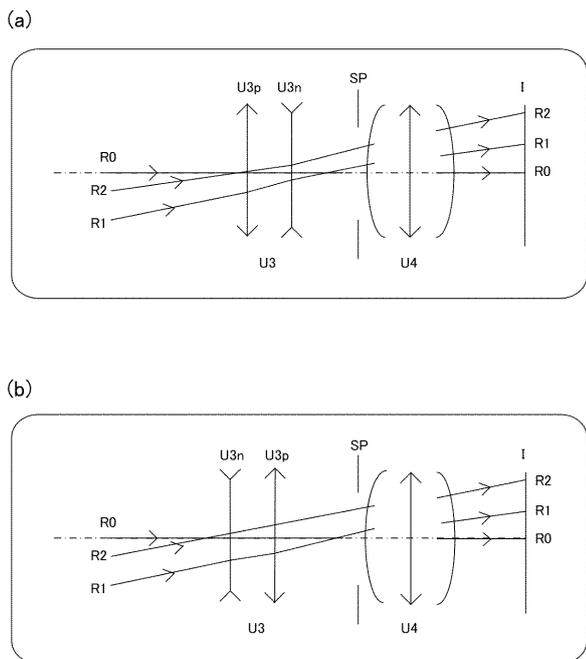
【図 9】



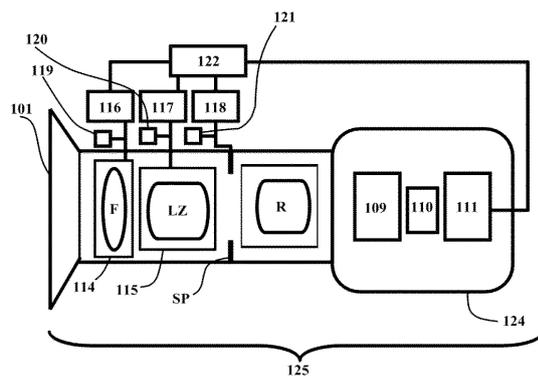
【図 10】



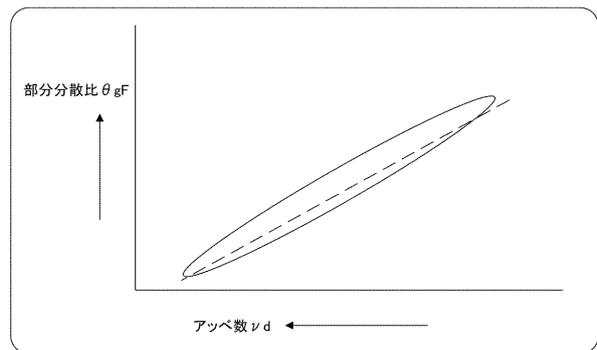
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

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

(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 KA02 KA03 MA12 MA18 NA15 PA15 PA16 PB20 QA02 QA06  
QA07 QA17 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34 QA37 QA41 QA42  
QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 RA43 SA23 SA27  
SA29 SA32 SA63 SA64 SA72 SA75 SB01 SB15 SB24 SB31  
SB37