

(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2018-205332

(P2018-205332A)

(43) 公開日 平成30年12月27日(2018.12.27)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/167 (2006.01)	G O 2 B 15/167	2 H O 8 7
G O 2 B 15/20 (2006.01)	G O 2 B 15/20	
G O 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2017-106424 (P2017-106424)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成29年5月30日 (2017. 5. 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	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳
		(72) 発明者	竹本 庄一
			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

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

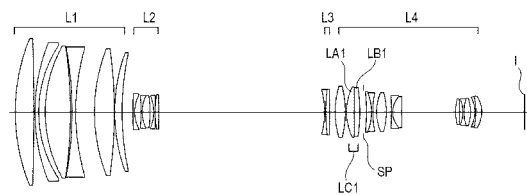
(57) 【要約】

【課題】 良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した場合に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを提供すること。

【解決手段】 物体側から像側へ順に、ズーミングのためには移動しない第1レンズ群と、ズーミングに際して移動する第2レンズ群と、前記第2レンズ群よりも像側に開口絞りを有し、前記第2レンズ群より像側に少なくとも1つの複合光学素子を有し、該複合光学素子のうち物体側から数えて i 番目の複合光学素子を $LC\ i$ は、互いに接する光学素子 $LA\ i$ と光学素子 $LB\ i$ を有し、前記光学素子 $LA\ i$ および前記光学素子 $LB\ i$ の屈折率、アッペ数、空気中における d 線の相対屈折率の温度係数が

所定の条件を満足する構成と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、ズーミングのためには移動しない第 1 レンズ群と、ズーミングに際して移動する第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群よりも像側に開口絞りを有し、

前記第 2 レンズ群より像側に少なくとも 1 つの複合光学素子を有し、該複合光学素子のうち物体側から数えて i 番目の複合光学素子を LCi は、互いに接する光学素子 LAi と光学素子 LBi を有し、前記光学素子 LAi および前記光学素子 LBi の屈折率、アッペ数、空气中における d 線の相対屈折率の温度係数をそれぞれ Nda_i 、 Ndb_i 、 vda_i 、 vdb_i 、 $dNdTa_i$ 、 $dNdTb_i$ とするとき、

$$0.97 < Nda_i / Ndb_i < 1.03$$

$$0.95 < vda_i / vdb_i < 1.05$$

$$1.0 \times 10^{-6} < |dNdTa_i - dNdTb_i|$$

なる条件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 は、フラウンホーファ線の F 線 (486.1nm)、 d 線 (587.6nm)、 C 線 (656.3nm) に対する屈折率をそれぞれ NF 、 Nd 、 NC としたとき、

$$v = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

で表されるものとする。

【請求項 2】

前記複合光学素子 LCi を構成する面の中で最も大きい有効径を EAc_i 、前記光学素子 LAi 、前記光学素子 LBi の光軸上の厚みをそれぞれ Da_i 、 Db_i とするとき、

$$0.02 < Da_i / EAc_i < 0.90$$

$$0.02 < Db_i / EAc_i < 0.90$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

広角端において、前記光学素子 LAi 、前記光学素子 LBi の屈折率が 0.0005 変化した際のピント位置の変化量をそれぞれ $dskai$ 、 $dskb_i$ とし、前記ズームレンズの広角端の焦点距離を fw とするとき、

$$0.10 \times 10^{-2} < (|dskai| + |dskb_i|) / fw$$

なる条件を満足する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】

前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も物体側のレンズの物体側の面の面頂点位置と前記複合光学素子 LCi の中で最も物体側に位置する光学素子の物体側の面の面頂点位置との距離を $DLcf$ 、前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も物体側のレンズの物体側の面の面頂点位置と、前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も像側のレンズの像側の面の面頂点位置の距離を DLT とするとき、

$$0.50 < DLcf / DLT$$

なる条件を満足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】

前記第 1 レンズ群は正の屈折力を有し、前記第 2 レンズ群は負の屈折力を有する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】

前記第 1 レンズ群は負の屈折力を有し、前記第 2 レンズ群は正の屈折力を有する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 7】

前記第 1 レンズ群は、合焦のためには移動しない固定レンズ群と、合焦に際して移動する移動レンズ群を有す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。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、前記ズームレンズによって形

10

20

30

40

50

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。

【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、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、銀塩フィルム用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

テレビジョン撮影、映画撮影等に用いられるズームレンズは一般に、物体側から順に、フォーカスのためのフォーカスレンズ群と変倍のためのバリエータ及び変倍に伴う像面変動を補正するためのコンペンセータを含む変倍レンズ群と、結像のための結像レンズ群を有する。そして、被写体に対してピントを合わせるときには、マニュアル操作の機械的な伝達、もしくはマニュアル操作に応じた電氣的駆動によりフォーカスレンズ群を光軸方向に駆動するマニュアルフォーカスを行う。これは、テレビジョン撮影、映画撮影においては被写体に対して単にピントを合わせるだけでなく、映像効果として故意にピントをぼかす使い方をすることも多く、撮影者の意図に応じたフォーカシングを行うためである。

【0003】

上述したようなマニュアルフォーカスで駆動するズームレンズにおいて、環境温度の変化によりピントが変化する場合、映像がピンボケしてしまい、画質が劣化するため問題となる。ピントが変化する要因として、環境温度が変化することで生じるガラスの屈折率の変化や、レンズやレンズを保持する鏡筒の伸縮が挙げられる。これに対し、レンズの材料を適切に選択することや、鏡筒構造の工夫により、環境温度の変化に対するピント変化を小さくすることが可能である。

【0004】

例えば特許文献1では、4群構成のズームレンズにおいて、第3及び第4レンズ群を構成するレンズの相対屈折率の温度係数の関係を規定することで、環境温度の変化があっても、ピント変動を少なくする方法が開示されている。

【0005】

特許文献2では、単焦点レンズにおいて、環境温度の変化により生じる鏡筒の伸縮が原因で発生する結像位置の変化を、レンズの屈折率変化により生じる結像位置の変化で相殺することで、環境温度の変化があっても、ピント変動を少なくする方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2013-33242号公報

【特許文献2】特開2014-197130号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ここで、近年ではカメラの高精細化が進み、それに伴い焦点深度も浅くなってきている。そのため、レンズに対しても、従来よりも高精度に環境温度が変化したときに生じるピントずれを補正することが求められる。前述したように、レンズの硝材の選択により環境温度が変化したときに生じるピントずれを制御することは可能であるが、高精度に制御することは困難である。この理由として、硝材の屈折率変化の温度係数が、離散的であることが挙げられる。表1に、株式会社オハラ硝材の中でアッベ数が70よりも大きい硝材の屈折率、アッベ数、相対屈折率の温度係数を示す。ここで、相対屈折率の温度係数とは、ガラスと同温度中の空気中におけるd線の相対屈折率が1℃あたりいくら変化するかを示す値である。表1に示すように、硝材によって相対屈折率の温度係数は離散的な値であり、屈折率、アッベ数についても同様に、硝材によって値が離散的である。そのため、特

10

20

30

40

50

定の収差を補正する目的で硝材を選択するときに、相対屈折率の温度係数も特定の値に決まってしまう。このような理由から、収差補正と、環境温度によるピント変動の抑制をひとつのレンズを使って独立で調整することは困難であり、それぞれを独立して調整するためには、複数枚のレンズで発生する収差と環境温度によるピント変動を考慮してレンズ構成を決める必要がある。

【0008】

上述の特許文献1、2には、環境温度が変化した際に生じるピントずれを補正手段は記載されているものの、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に制御する手段については開示が無い。本発明の目的は、良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

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ズーミングのためには移動しない第1レンズ群と、ズーミングに際して移動する第2レンズ群と、前記第2レンズ群よりも像側に開口絞りをも有し、前記第2レンズ群より像側に少なくとも1つの複合光学素子を有し、該複合光学素子のうち物体側から数えて*i*番目の複合光学素子をLC*i*は、互いに接する光学素子LA*i*と光学素子LB*i*を有し、前記光学素子LA*i*および前記光学素子LB*i*の屈折率、アッペ数、空気中におけるd線の相対屈折率の温度係数をそれぞれNdai、Ndbi、v dai、v dbi、dNdTai、dNdTbiとするとき、

20

$$0.97 < Ndai / Ndbi < 1.03$$

$$0.95 < v dai / v dbi < 1.05$$

$$1.0 \times 10^{-6} < |dNdTai - dNdTbi|$$

なる条件を満足することを特徴とする。なお、アッペ数*v*は、フラウンフォーファ線のF線(486.1nm)、d線(587.6nm)、C線(656.3nm)に対する屈折率をそれぞれNF、Nd、NCとしたとき、

$$v = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

で表されるものとする。

【発明の効果】

30

【0010】

本発明によれば、良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】数値実施例1の広角端状態における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)、望遠端(b)で無限遠合焦時の収差図

【図3】数値実施例1のLC1を構成するLA1とLB1の曲率半径と肉厚を変更した場合の広角端状態における無限遠合焦時のレンズ断面図

【図4】数値実施例1のLC1を構成するLA1とLB1の曲率半径と肉厚を変更した場合の広角端(a)、望遠端(b)で無限遠合焦時の収差図

40

【図5】数値実施例2の広角端状態における無限遠合焦時のレンズ断面図

【図6】数値実施例2の広角端(a)、望遠端(b)で無限遠合焦時の収差図

【図7】数値実施例2のLC1、LC2を構成するLA1、LA2とLB1、LB2の曲率半径と肉厚を変更した場合の広角端状態における無限遠合焦時のレンズ断面図

【図8】数値実施例2のLC1、LC2を構成するLA1、LA2とLB1、LB2の曲率半径と肉厚を変更した場合の広角端状態における無限遠合焦時のレンズ断面図

【図9】数値実施例3の広角端(a)、望遠端(b)で無限遠合焦時の収差図

【図10】数値実施例3の広角端(a)、望遠端(b)で無限遠合焦時の収差図

【図11】数値実施例3のLC1を構成するLA1とLB1の曲率半径と肉厚を変更した

50

場合の広角端状態における無限遠合焦時のレンズ断面図

【図 1 2】数値実施例 3 の L C 1 を構成する L A 1 と L B 1 の曲率半径と肉厚を変更した場合の広角端 (a)、望遠端 (b) で無限遠合焦時の収差図

【図 1 3】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】

本発明のズームレンズは、ズーミングのためには移動しない第 1 レンズ群と、ズーミングに際して光軸方向に移動する第 2 レンズ群と、第 2 レンズ群よりも像側に開口絞りを有するズームレンズであって、第 2 レンズ群よりも像側に、互いに接する光学素子 L A i と光学素子 L B i を有する複合光学素子 L C i を少なくとも 1 つ配置することを特徴としている。

10

【0013】

前述したように、環境温度が変化することで生じるピントずれの要因には、レンズやそれを保持する鏡筒の伸縮、温度の変化によりガラスの屈折率の変化が挙げられる。ここで、ピントずれ (ピント位置の変化量) について説明する。本来であれば特定距離の被写体に対し、フォーカスレンズ群を特定位置に移動させることで合焦する。しかし、環境温度の変化によるレンズやメカ部材の伸縮や、ガラスの屈折率の変化により、ピント位置が変化することがある。本発明において、ピント位置が変化することにより発生するずれ量をピントずれ (ピント位置の変化量) として定義する。このうち、ガラスの屈折率の変化によるピントずれについて説明する。

20

【0014】

ある光学素子 i の屈折率変化によるピントずれを $\Delta SK(N)_i$ とするとき、 $\Delta SK(N)_i$ は以下の式 (ア) で表される。

$$\Delta SK(N)_i = (dSK/dN)_i / 0.0005 \times (dN/dT)_i \cdots (\text{ア})$$

ここで、 $(dSK/dN)_i$ は、光学素子 i の屈折率が 0.0005 変化したときのピント変化量であり、 $(dN/dT)_i$ は、材料の温度が 1℃ 変化したときの空気に対する材料の相対屈折率の変化量である。

【0015】

ガラスの屈折率の変化によるピントずれを調整する手段として、上述の $(dSK/dN)_i$ か、 $(dN/dT)_i$ を変化させて $\Delta SK(N)_i$ を変化させることが挙げられる。しかしながら、 $(dSK/dN)_i$ を変化させるためには、レンズの屈折力配置自体を変更する必要があるため、調整手段としては、レンズ構成や、収差の変化が大きく適切でない。また、 $(dN/dT)_i$ を変化させる場合は、光学素子 i の材料を変更することで変化させることが可能であるが、前述のように、材料毎の特性が離散的であるため、高精度にピントずれを調整することが難しい。ここで、光学素子 L A i と、それに接する光学素子 L B i からなる光学素子 L C i のガラスの屈折率の変化によるピントずれ $\Delta SK(N)_C i$ は、以下の式 (イ) で表される。

30

$$\begin{aligned} \Delta SK(N)_C i &= (dSK/dN)_{A i} / 0.0005 \times (dN/dT)_{A i} \\ &+ (dSK/dN)_{B i} / 0.0005 \times (dN/dT)_{B i} \cdots (\text{イ}) \end{aligned}$$

40

【0016】

本発明は、光学素子 L A i と光学素子 L B i の屈折率とアッペ数が略同じで、相対屈折率の温度係数が異なる材料で構成することを特徴としている。式 (イ) から、 $(dSK/dN)_{A i}$ と $(dSK/dN)_{B i}$ を変化させることで、 $\Delta SK(N)_C i$ を連続的に変化させることが可能であることがわかる。具体的には、光学素子 L A i と光学素子 L B i が接する面の曲率半径や、光学素子 L A i と光学素子 L B i の肉厚 (中心厚) を変化させることで、光学素子 L C i で発生する収差を変化させることなく、 $\Delta SK(N)_C i$ を変化させることが可能となる。

【0017】

50

光学素子 $L A i$ 、 $L B i$ 、 $L C i$ がそれぞれ以下の条件式を満足することで、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調整することが可能となる。

$$0.97 < N d a i / N d b i < 1.03 \quad \dots (1)$$

$$0.95 < v d a i / v d b i < 1.05 \quad \dots (2)$$

$$1.0 \times 10^{-6} < |d N d T a i - d N d T b i| \quad \dots (3)$$

但し、光学素子 $L A i$ および光学素子 $L B i$ の屈折率、アッペ数、空気中における d 線に対する相対屈折率の温度係数をそれぞれ $N d a i$ 、 $N d b i$ 、 $v d a i$ 、 $v d b i$ 、 $d N d T a i$ 、 $d N d T b i$ とする。なお、アッペ数 v は、フラウンフォーファ線の 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 $N F$ 、 $N d$ 、 $N C$ としたとき、

$$v = (N d - 1) / (N F - N C)$$

で表されるものとする。

【0018】

条件式 (1) は、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ の屈折率の比を規定している。

条件式 (1) の上限及び下限を外れると、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ の屈折力 (接する面の曲率や各光学素子の肉厚) を制御する際の収差変化が大きくなる。そのため、収差と温度によるピントずれを独立して制御することができず、収差補正と、温度によるピントずれの調整を両立することが難しくなる。

【0019】

条件式 (2) は、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ のアッペ数の比を規定している。

条件式 (2) の上限及び下限を外れると、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ の屈折力 (接する面の曲率や各光学素子の肉厚) を制御する際の色収差の変動が大きくなる。そのため、収差と温度によるピントずれを独立して制御することができず、収差補正と、温度によるピントずれの調整を両立することが難しくなる。

【0020】

条件式 (3) は、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ の相対屈折率の温度係数の差の絶対値を規定している。条件式 (3) の下限を下回ると、光学素子 $L A i$ と光学素子 $L B i$ の屈折力 (接する面の曲率や各光学素子の肉厚) を制御した際の、式 (イ) に示した $\Delta S K (N) C i$ の変化が小さくなり過ぎるため、温度によるピントずれの調整効果が得られない。

【0021】

更に好ましくは、条件式 (1) 乃至条件式 (3) は次の如く設定するのが良い。

$$0.98 < N d a i / N d b i < 1.02 \quad \dots (1 a)$$

$$0.97 < v d a i / v d b i < 1.03 \quad \dots (2 a)$$

$$1.2 \times 10^{-6} < |d N d T a i - d N d T b i| < 3.0 \times 10^{-5} \quad \dots (3 a)$$

【0022】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$0.01 < D a i / E A c i < 0.98 \quad \dots (4)$$

$$0.01 < D b i / E A c i < 0.98 \quad \dots (5)$$

但し、前記光学素子 $L C i$ を構成する各面の中で最も有効径の大きい面の有効径を $E A c i$ 、前記光学素子 $L A i$ 、 $L B i$ の光軸上の厚みをそれぞれ $D a i$ 、 $D b i$ とする。

【0023】

条件式 (4) は、光学素子 $L A i$ の中心厚と、光学素子 $L C i$ を構成する面の中で最も有効径の大きい面の有効径の比を規定している。

条件式 (4) の上限を超えると、光学素子 $L A i$ の中心厚が厚くなりすぎるため、レンズ全長が増大してしまう。条件式 (4) の下限を下回ると、光学素子 $L A i$ の中心厚が薄くなり過ぎるため、製造性が悪化してしまう。

【0024】

条件式 (5) は、光学素子 $L B i$ の中心厚と、光学素子 $L C i$ を構成する面の中で最も

10

20

30

40

50

有効径の大きい面の有効径の比を規定している。

条件式(5)の上限を超えると、光学素子L B iの中心厚が厚くなりすぎるため、レンズ全長が増大してしまう。条件式(5)の下限を下回ると、光学素子L B iの中心厚が薄くなり過ぎるため、製造性が悪化してしまう。

【0025】

更に好ましくは、条件式(4)乃至条件式(5)は次の如く設定するのが良い。

$$0.02 < D a i / E A c i < 0.50 \cdots (4a)$$

$$0.02 < D b i / E A c i < 0.50 \cdots (5a)$$

【0026】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$0.10 \times 10^{-2} < (|d s k a i| + |d s k b i|) / f w \cdots (6)$$

但し、広角端状態において、前記光学素子L A iとL B iの屈折率が0.0005変化した際のピント位置の変化量をそれぞれd s k a i、d s k b iとし、前記ズームレンズ全系の広角端状態における焦点距離をf wとする。

【0027】

条件式(6)は、光学素子L A iと、光学素子L B iの屈折率が0.0005変化した際のピント位置の変化量の絶対値の和をズームレンズ全系での広角端における焦点距離で規格化した値を規定している。

条件式(6)の下限を下回ると、屈折率が変化する際のピント位置の変化量が小さくなり過ぎ、温度によるピントずれ調整の効果が得られない。

【0028】

更に好ましくは、条件式(6)は次の如く設定するのが良い。

$$0.20 \times 10^{-2} < (|d s k a i| + |d s k b i|) / f w < 2.00 \times 10^{-2} \cdots (6a)$$

【0029】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$0.30 < D L c f / D L T \cdots (7)$$

但し、前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も物体側のレンズの物体側の面の面頂点位置と前記複合光学素子L C iの中で最も物体側に位置する光学素子の物体側の面の面頂点位置との距離をD L c fとする。また、前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も物体側のレンズの物体側の面の面頂点位置と、前記ズームレンズを構成するレンズの中で最も像側のレンズの像側の面の面頂点位置の距離をD L Tとする。

【0030】

条件式(7)は、レンズの最も物体側の面から、複合光学素子のうち最も物体側に配置される光学素子までの距離と、レンズ全長の比を規定している。

条件式(7)の下限を下回ると、複合光学素子L C iが3群よりも像側に位置することになる。1群がズーム時に固定のズームレンズでは、広角端において、第2レンズ群の横倍率の絶対値が1より小さくなる。そのため、光学素子L A iと光学素子L B iの屈折力(接する面の曲率や各光学素子の肉厚)を制御した際の温度によるピントずれの調整効果が第2レンズ群で縮小されてしまい、ピントずれの調整効果が得られない。

【0031】

更に好ましくは、条件式(7)は次の如く設定するのが良い。

$$0.50 < D L c i / D L T < 0.95 \cdots (7a)$$

【0032】

以下に、本発明のズームレンズの具体的な構成について、実施例とそれに対応する数値実施例のレンズ構成を説明する。

【実施例1】

【0033】

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)は広角端、(b)は

10

20

30

40

50

望遠端の縦収差図を示している。図 3、図 4 はそれぞれ、数値実施例 1 における LC 1 を構成する LA 1 と LB 1 の曲率半径と肉厚を変化させた数値実施例 1 A のレンズ断面図と、縦収差図を示している。

【0034】

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。

【0035】

図 1 において、物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を有している。更に、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の第 2 レンズ群 L 2 を有している。更に、第 2 レンズ群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の第 3 レンズ群 L 3 を有している。更に、変倍のためには移動しない結像作用をする正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 を有している。SP は開口絞りである。I 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。第 1 レンズ群 L 1 には合焦用レンズ群（合焦に際して移動する移動レンズ群）と、合焦のためには移動しない固定レンズ群と、が含まれている。なお、変倍に際して、第 1、2、3、4 レンズ群のうち隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。

【0036】

縦収差図において、球面収差における直線と一点鎖線は各々 e 線、g 線である。非点収差における破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は 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 0.5 mm、非点収差は 0.5 mm、歪曲は 5 %、倍率色収差は 0.05 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 L 2 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。

【0037】

数値実施例 1 における LC 1 は、正の屈折力を有する LA 1 と、正の屈折力を有する LB 1 で構成される。数値実施例 1 において、LA 1 の材料は、硝材名 PCD 51（HOYA 株式会社）であり、LB 1 の材料は、硝材名 GFK 68（株式会社 住田光学ガラス）である。表 2 に示すように、これらの硝材の屈折率とアッベ数の関係は条件式（1）、（2）、（3）を満足しており、屈折率とアッベ数は略同一ながら、相対屈折率の温度係数が大きく異なる組み合わせである。数値実施例 1 A は、数値実施例 1 に対して LC 1 を構成する LA 1、LB 1 の曲率半径と肉厚だけが変わっている。図 2 と図 4 の収差図を比較すると、LA 1 と LB 1 の曲率半径と肉厚を変化させても収差にはほぼ影響を与えていないことがわかる。ここで、表 3 には、LA 1、LB 1、LC 1 について、温度が 1℃ 変わったことで発生する屈折率の変化により生じるピントずれ量、 $\Delta SKa1$ 、 $\Delta SKb1$ 、 $\Delta SKc1$ を示している。表 3 から、LA 1 と LB 1 の曲率半径と肉厚を変化させることで、収差はほぼ変化せずに、環境温度の変化によるピントずれ量が変化しており、ピントずれを調整できることがわかる。

【0038】

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 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、アッベ数を、BF は空気換算のバックフォーカスを表している。硝材名は、LA i と LB i に使用されている硝材名を表している。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、A4、A6、A8、A10、A12、A14、A16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。半画角は光線追跡で求めた値である。

【数1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12} + A14H^{14} + A16H^{16}$$

【0039】

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本実施例は(1)～(7)式を満足しており、良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを達成している。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)～(7)式については満足していなくても構わない。但し、(4)～(7)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。これは他の実施例についても同様である。

【0040】

図13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13において101は実施例1～3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、結像用のレンズ群Rを有している。第1レンズ群Fには合焦用レンズ群（合焦に際して移動する移動レンズ群）と、合焦のためには移動しない固定レンズ群と、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。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、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。なお、電子撮像素子を用いる場合、電子的に収差補正をすることで出力画像を更に高画質化することができる。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。

【0041】

このように、本発明のズームレンズをデジタルビデオカメラやテレビカメラやシネマ用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】

【0042】

図5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5において物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群L1を有している。更に、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の第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3を有している。更に、第2レンズ群、第3レンズ群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の第4レンズ群L4を有している。更に、変倍のためには移動しない結像作用をする正の屈折力の第5レンズ群L5を有している。第1レンズ群L1には合焦用レンズ群（合焦に際して移動する移動レンズ群）と、合焦のためには移動しない固定レンズ群と、が含まれている。なお、変倍に際して、第1、2、3、4、5レンズ群のうち隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。

【0043】

10

20

30

40

50

数値実施例 2 における LC 1 は、正の屈折力を有する LA 1 と、正の屈折力を有する LB 1 で構成される。数値実施例 1 において、LA 1 の材料は、硝材名 S-FPM 2（株式会社オハラ）であり、LB 1 の材料は、硝材名 PCD 5 1（HOYA 株式会社）である。また、LC 2 は、負の屈折力の LA 2 と、正の屈折力を有する LB 2 で構成される。LA 2 の材料は、硝材名 S-LAM 6 0（株式会社オハラ）であり、LB 2 の材料は、硝材名 L-LAM 6 0（株式会社オハラ）である。表 2 に示すように、これらの硝材の屈折率とアッベ数は条件式（1）、（2）、（3）を満足しており、屈折率とアッベ数は略同一ながら、相対屈折率の温度係数が大きく異なる組み合わせである。図 7 に示す数値実施例 2 A は、数値実施例 2 に対して LC 1 を構成する LA 1、LB 1 の曲率半径と肉厚が、LC 2 を構成する LA 2、LB 2 の曲率半径と肉厚だけが変わっている。図 6 と図 8 の収差図を比較すると、LA 1 と LB 1 及び LA 2 と LB 2 の曲率半径と肉厚を変化させても収差にはほぼ影響を与えていないことがわかる。ここで、表 3 には、LA 1、LB 1、LC 1、LA 2、LB 2、LC 2 について、温度が 1℃ 変わったことで発生する屈折率の変化により生じるピントずれ量、 $\Delta SKa1$ 、 $\Delta SKb1$ 、 $\Delta SKc1$ 、 $\Delta SKa2$ 、 $\Delta SKb2$ 、 $\Delta SKc2$ を示している。表 3 から、LA 1 と LB 1、LA 2 と LB 2 の曲率半径と肉厚を変化させることで、収差はほぼ変化せずに、環境温度の変化によるピントずれ量を調整できていることがわかる。

10

【0044】

本実施例の各条件式対応値を表 2 に示す。本実施例は（1）～（7）式を満足しており、良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを達成している。

20

【実施例 3】

【0045】

図 9 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 9 において、物体側から順に、ズーミングでは固定で負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を有している。更に、広角端から望遠端への変倍に際して、物体側へ移動する変倍用の正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 L 3 を有している。更に、ズーミングでは固定で負の屈折力の第 4 レンズ群を有している。更に、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の第 5 レンズ群 L 5 を有している。更に、変倍のためには移動しない結像作用をする正の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 を有している。第 1 レンズ群 L 1 には合焦用レンズ群（合焦に際して移動する移動レンズ群）と、合焦のためには移動しない固定レンズ群と、が含まれている。なお、変倍に際して、第 1、2、3、4、5、6 レンズ群のうち隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。第 4 レンズ群は、開口絞り SP に加えて、補助絞り SSP を備えている。補助絞りは、ズーミングに応じて開口径を変化させることで、各ズームポジションでの開放 F ナンバーを一定に保持する。

30

【0046】

数値実施例 3 における LC 1 は、負の屈折力を有する LA 1 と、正の屈折力を有する LB 1 で構成される。数値実施例 3 において、LA 1 の材料は、硝材名 S-LAM 6 0（株式会社オハラ）であり、LB 1 の材料は、硝材名 L-LAM 6 0（株式会社オハラ）である。表 2 に示すように、これらの硝材の屈折率とアッベ数は条件式（1）、（2）、（3）を満足しており、屈折率とアッベ数は略同一ながら、相対屈折率の温度係数が大きく異なる組み合わせである。図 11 に示す数値実施例 3 A は、数値実施例 3 に対して LC 1 を構成する LA 1、LB 1 の曲率半径と肉厚だけが変わっている。図 10 と図 12 の収差図を比較すると、LA 1 と LB 1 の曲率半径と肉厚を変化させても収差にはほぼ影響を与えていないことがわかる。ここで、表 3 には、LA 1、LB 1、LC 1 について、温度が 1℃ 変わったことで発生する屈折率の変化により生じるピントずれ量、 $\Delta SKa1$ 、 $\Delta SKb1$ 、 $\Delta SKc1$ を示している。表 3 から、LA 1 と LB 1 の曲率半径と肉厚を変化させることで、収差はほぼ変化せずに、環境温度の変化によるピントずれ量を調整できている

40

50

ことがわかる。

【0047】

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本実施例は(1)～(7)式を満足しており、良好な収差補正が為されながら、環境温度が変化した際に生じるピントずれを高精度に調節することが可能なズームレンズを達成している。

【0048】

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。

【0049】

(数値実施例1)

10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	硝材名
1	168.916	16.67	1.48749	70.2	
2	-2161.812	1.00			
3	159.942	3.40	1.72916	54.7	
4	104.810	5.82			
5	118.148	22.62	1.43387	95.1	
6	-386.186	1.53			
7	-304.456	3.20	1.72916	54.7	
8	197.270	16.84			
9	150.419	17.99	1.43387	95.1	
10	-386.566	0.20			
11	150.023	6.62	1.43387	95.1	
12	240.485	(可変)			
13*	2416.711	1.20	1.77250	49.6	
14	29.868	5.86			
15	-169.404	1.00	1.61800	63.3	
16	32.417	7.14	1.72047	34.7	
17	-83.565	3.21			
18	-36.346	1.00	1.61800	63.3	
19	240.727	0.20			
20	78.503	3.28	1.54814	45.8	
21	-619.276	(可変)			
22	-73.067	1.00	1.72916	54.7	
23	168.915	3.43	1.84666	23.8	
24	-1207.910	(可変)			
25	79.228	9.21	1.59349	67.0	
26*	-80.833	1.00			
27	50.964	6.95	1.59349	67.0	PCD51
28	∞	5.00	1.59240	68.3	GFK68
29	-138.007	3.00			
30(絞り)	∞	3.00			
31	-136.685	4.50	1.43875	94.9	
32	-44.607	1.20	2.00330	28.3	
33	89.155	3.27			
34	43.568	8.80	1.56732	42.8	
35	-64.576	4.55			
36	-345.915	1.20	2.00100	29.1	

20

30

40

50

37	20.013	8.02	1.84666	23.8
38	358.412	48.37		
39	48.436	3.54	1.48749	70.2
40	-282.970	3.00		
41	-28.669	1.00	1.88300	40.8
42	38.544	5.76	1.71736	29.5
43	-41.615	3.92		
44	-28.689	1.00	1.95906	17.5
45	-60.000	5.23	1.80518	25.4
46	-25.137	(可変)		
像面	∞			

10

非球面データ

第13面

K = 1.11612e+004 A 4= 2.01552e-006 A 6= 1.98007e-011 A 8= 2.15412e-012 A10=
-1.21586e-013 A12= 9.21147e-016 A14=-2.90669e-018 A16= 3.45481e-021

第26面

K = -9.27899e-001 A 4= 6.92089e-007 A 6= 2.16548e-010 A 8= -8.89267e-013 A10=
2.77771e-015 A12= -2.75426e-018 A14= -1.22765e-021 A16= 2.85175e-024

20

各種データ

ズーム比	18.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	50.00	215.75	900.00
Fナンバー	4.50	4.50	7.00
画角	17.59	4.20	1.01
像高	15.85	15.85	15.85
レンズ全長	459.98	459.98	459.98
BF	55.00	55.00	55.00
d12	10.00	99.76	137.50
d21	135.26	26.29	11.26
d24	5.00	24.22	1.50
d46	55.00	55.00	55.00

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	225.00
2	13	-33.00
3	22	-116.71
4	25	60.94

40

【0 0 5 0】

(数値実施例 1 A)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	硝材名
1	168.916	16.67	1.48749	70.2	
2	-2161.812	1.00			

50

3	159.942	3.40	1.72916	54.7	
4	104.810	5.82			
5	118.148	22.62	1.43387	95.1	
6	-386.186	1.53			
7	-304.456	3.20	1.72916	54.7	
8	197.270	16.84			
9	150.419	17.99	1.43387	95.1	
10	-386.566	0.20			
11	150.023	6.62	1.43387	95.1	
12	240.485	(可変)			10
13*	2416.711	1.20	1.77250	49.6	
14	29.868	5.86			
15	-169.404	1.00	1.61800	63.3	
16	32.417	7.14	1.72047	34.7	
17	-83.565	3.21			
18	-36.346	1.00	1.61800	63.3	
19	240.727	0.20			
20	78.503	3.28	1.54814	45.8	
21	-619.276	(可変)			
22	-73.067	1.00	1.72916	54.7	20
23	168.915	3.43	1.84666	23.8	
24	-1207.910	(可変)			
25	79.228	9.21	1.59349	67.0	
26*	-80.833	1.00			
27	51.005	9.95	1.59349	67.0	PCD51
28	-100.000	2.00	1.59240	68.3	GFK68
29	-138.131	3.00			
30(絞リ)	∞	3.00			
31	-136.685	4.50	1.43875	94.9	
32	-44.607	1.20	2.00330	28.3	30
33	89.155	3.27			
34	43.568	8.80	1.56732	42.8	
35	-64.576	4.55			
36	-345.915	1.20	2.00100	29.1	
37	20.013	8.02	1.84666	23.8	
38	358.412	48.37			
39	48.436	3.54	1.48749	70.2	
40	-282.970	3.00			
41	-28.669	1.00	1.88300	40.8	
42	38.544	5.76	1.71736	29.5	40
43	-41.615	3.92			
44	-28.689	1.00	1.95906	17.5	
45	-60.000	5.23	1.80518	25.4	
46	-25.130	(可変)			
像面	∞				

非球面データ

第13面

K = 1.11612e+004 A 4= 2.01552e-006 A 6= 1.98007e-011 A 8= 2.15412e-012 A10=
-1.21586e-013 A12= 9.21147e-016 A14=-2.90669e-018 A16= 3.45481e-021

第26面

K = -9.27899e-001 A 4= 6.92089e-007 A 6= 2.16548e-010 A 8= -8.89267e-013 A10= 2.77771e-015 A12= -2.75426e-018 A14= -1.22765e-021 A16= 2.85175e-024

各種データ

ズーム比	18.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	50.00	215.75	900.00
Fナンバー	4.50	4.50	7.00
画角	17.59	4.20	1.01
像高	15.85	15.85	15.85
レンズ全長	460.07	460.07	460.07
BF	55.09	55.09	55.09
d12	10.00	99.76	137.50
d21	135.26	26.29	11.26
d24	5.00	24.22	1.50
d46	55.09	55.09	55.09

10

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	225.00
2	13	-33.00
3	22	-116.71
4	25	61.00

【0 0 5 1】

(数値実施例2)

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	vd	硝材名
1	5676.645	6.00	1.83400	37.2	
2	342.358	2.28			
3	348.609	26.56	1.43387	95.1	
4	-604.237	26.80			
5	326.275	19.98	1.43387	95.1	
6	-3643.130	0.25			
7	256.893	19.71	1.43387	95.1	
8	2071.693	1.20			
9	212.335	14.00	1.49700	81.5	
10	397.913	(可変)			
11*	10857.362	2.20	2.00330	28.3	
12	67.494	8.50			
13	-88.496	1.40	1.88300	40.8	
14	53.906	10.40	1.95906	17.5	
15	-71.461	1.88			
16	-52.422	1.60	1.90366	31.3	
17	143.098	(可変)			
18	144.247	8.47	1.59282	68.6	

40

50

19*	-393.182	0.50				
20	149.468	7.67	1.59522	67.7	S-FPM2	
21	∞	6.00	1.59349	67.0	PCD51	
22	-189.732	0.20				
23	111.188	2.50	1.80518	25.4		
24	55.081	15.28	1.43875	94.9		
25	-997.461	(可変)				
26*	156.432	3.50	1.66680	33.0		
27	91.086	7.79	1.64000	60.1		
28	-10644.124	(可変)				10
29(絞り)	∞	2.83				
30	-106.735	1.40	1.81600	46.6		
31	36.611	0.20				
32	31.853	5.61	1.80810	22.8		
33	327.395	5.37				
34	-84.882	1.40	1.88300	40.8		
35	288.508	3.40				
36	-68.860	1.80	1.75500	52.3		
37	130.997	3.36	1.84666	23.8		
38	289.480	3.03				20
39	∞	8.87	1.74320	49.3	S-LAM60	
40	20.000	10.00	1.74320	49.3	L-LAM60	
41	∞	6.14				
42	558.686	6.58	1.48749	70.2		
43	-45.485	0.20				
44	-107.346	1.60	1.88300	40.8		
45	46.450	9.81	1.49700	81.5		
46	-40.512	0.20				
47	1183.429	7.34	1.56732	42.8		
48	-33.412	1.60	1.88300	40.8		30
49	-93.424	0.20				
50	52.530	8.27	1.48749	70.2		
51	-72.441	(可変)				
52	∞	33.00	1.60859	46.4		
53	∞	13.20	1.51633	64.2		
54	∞	(可変)				
像面	∞					

非球面データ

第11面

40

K = -1.29872e+006 A 4= 9.78024e-007 A 6= -2.45970e-010 A 8= 4.18400e-013

第19面

K = -6.16565e+001 A 4= 1.68539e-007 A 6= 3.24949e-011 A 8= -1.19536e-015

第26面

K = 2.41025e+000 A 4= -1.04211e-007 A 6= -2.29927e-011 A 8= 1.03107e-014

各種データ

ズーム比 115.00

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	8.90	87.88	1023.46
Fナンバー	1.80	1.80	5.30
画角	31.72	3.58	0.31
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	642.54	642.54	642.54
BF	12.00	12.00	12.00

d10	2.74	152.29	199.52
d17	279.59	104.21	2.00
d25	1.14	5.66	79.97
d28	3.00	24.31	4.98
d51	14.00	14.00	14.00
d54	12.00	12.00	12.00

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	261.18
2	11	-26.45
3	18	75.26
4	26	247.78
5	29	39.45
6	52	∞

20

【0 0 5 2】

(数値実施例 2 A)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	硝材名
1	5676.645	6.00	1.83400	37.2	
2	342.358	2.28			
3	348.609	26.56	1.43387	95.1	
4	-604.237	26.80			
5	326.275	19.98	1.43387	95.1	
6	-3643.130	0.25			
7	256.893	19.71	1.43387	95.1	
8	2071.693	1.20			
9	212.335	14.00	1.49700	81.5	
10	397.913	(可変)			
11*	10857.362	2.20	2.00330	28.3	
12	67.494	8.50			
13	-88.496	1.40	1.88300	40.8	
14	53.906	10.40	1.95906	17.5	
15	-71.461	1.88			
16	-52.422	1.60	1.90366	31.3	
17	143.098	(可変)			
18	144.247	8.47	1.59282	68.6	
19*	-393.182	0.50			
20	149.468	5.67	1.59522	67.7	S-FPM2
21	400.000	8.00	1.59349	67.0	PCD51

30

40

50

22	-189.732	0.20			
23	111.188	2.50	1.80518	25.4	
24	55.081	15.28	1.43875	94.9	
25	-997.461	(可変)			
26*	156.432	3.50	1.66680	33.0	
27	91.086	7.79	1.64000	60.1	
28	-10644.124	(可変)			
29(絞り)	∞	2.83			
30	-106.735	1.40	1.81600	46.6	
31	36.611	0.20			10
32	31.853	5.61	1.80810	22.8	
33	327.395	5.37			
34	-84.882	1.40	1.88300	40.8	
35	288.508	3.40			
36	-68.860	1.80	1.75500	52.3	
37	130.997	3.36	1.84666	23.8	
38	289.480	3.03			
39	∞	10.00	1.74320	49.3	S-LAM60
40	-20.000	8.87	1.74320	49.3	L-LAM60
41	∞	6.14			20
42	558.686	6.58	1.48749	70.2	
43	-45.485	0.20			
44	-107.346	1.60	1.88300	40.8	
45	46.450	9.81	1.49700	81.5	
46	-40.512	0.20			
47	1183.429	7.34	1.56732	42.8	
48	-33.412	1.60	1.88300	40.8	
49	-93.424	0.20			
50	52.530	8.27	1.48749	70.2	
51	-72.441	(可変)			30
52	∞	33.00	1.60859	46.4	
53	∞	13.20	1.51633	64.2	
54	∞	(可変)			
像面	∞				

非球面データ

第11面

K = -1.29872e+006 A 4= 9.78024e-007 A 6= -2.45970e-010 A 8= 4.18400e-013

第19面

K = -6.16565e+001 A 4= 1.68539e-007 A 6= 3.24949e-011 A 8= -1.19536e-015

第26面

K = 2.41025e+000 A 4= -1.04211e-007 A 6= -2.29927e-011 A 8= 1.03107e-014

各種データ

ズーム比 114.96

広角 中間 望遠

焦点距離 8.90 87.85 1022.80

Fナンバー 1.80 1.80 5.30

画角	31.72	3.58	0.31
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	642.57	642.57	642.57
BF	12.02	12.02	12.02

d10	2.74	152.29	199.52
d17	279.59	104.21	2.00
d25	1.14	5.63	79.84
d28	3.00	24.34	5.11
d51	14.00	14.00	14.00
d54	12.02	12.02	12.02

10

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	261.18
2	11	-26.45
3	18	75.29
4	26	247.78
5	29	39.45
6	52	∞

20

【0053】

(数値実施例3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	硝材名
1*	76.988	2.00	1.48749	70.2	
2	26.661	29.48			
3	-90.982	1.50	1.80000	29.8	
4	71.048	3.28			
5	75.192	5.29	1.89286	20.4	
6	400.299	(可変)			
7	60.364	1.50	2.00330	28.3	
8	36.352	6.92	1.60311	60.6	
9	-100.163	(可変)			
10*	88.265	5.11	1.49700	81.5	
11*	-86.626	(可変)			
12(絞り)	∞	2.05			
13	-44.139	0.80	1.58913	61.1	
14	41.195	1.54	2.00069	25.5	
15	162.626	1.42			
16	-85.902	0.80	1.49700	81.5	
17	57.215	2.64			
18(補助絞り)	∞	(可変)			
19	80.764	6.47	1.53775	74.7	
20	-19.664	0.80	1.56732	42.8	
21	-48.181	(可変)			
22	-196.020	1.00	1.74320	49.3	S-LAM60
23	40.000	5.00	1.74320	49.3	L-LAM60
24	-55.548	0.68			

30

40

50

25	32.411	0.80	1.78590	44.2
26	22.476	2.00		
27	21.831	7.93	1.43875	94.9
28	-38.164	0.80	1.88300	40.8
29	236.471	(可変)		
像面	∞			

非球面データ

第1面

K = 3.29936e+000 A 4= 2.03188e-006 A 6=-5.74827e-010 A 8= 8.64153e-013 A10= 10
-5.61721e-016 A12= 2.44421e-019

第10面

K = 2.36172e+000 A 4=-3.56905e-006 A 6= 5.72328e-009 A 8=-8.37904e-012 A10=
-3.60375e-014 A12= 1.25346e-016

第11面

K = 1.90402e+000 A 4=-2.17995e-006 A 6= 7.89602e-009 A 8=-2.04180e-011 A10=
-2.73021e-015 A12= 9.00340e-017

20

各種データ

ズーム比	4.32		
	広角	中間	望遠
焦点距離	18.50	33.01	79.99
Fナンバー	4.00	4.14	5.29
画角	38.66	24.15	10.48
像高	14.80	14.80	14.80
レンズ全長	217.04	217.04	217.04
BF	45.58	45.58	45.58

30

d 6	58.46	24.82	2.39
d 9	0.87	17.24	1.94
d11	0.57	17.84	55.57
d18	21.19	17.93	0.64
d21	0.56	3.82	21.12
d29	45.58	45.58	45.58

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-40.38
2	7	86.61
3	10	88.57
4	12	-41.07
5	19	60.15
6	22	172.65

40

【0 0 5 4】

(数値実施例 3 A)

単位 mm

面データ

50

面 番 号	r	d	nd	vd	硝 材 名	
1*	76.988	2.00	1.48749	70.2		
2	26.661	29.48				
3	-90.982	1.50	1.80000	29.8		
4	71.048	3.28				
5	75.192	5.29	1.89286	20.4		
6	400.299	(可変)				
7	60.364	1.50	2.00330	28.3		
8	36.352	6.92	1.60311	60.6		
9	-100.163	(可変)				10
10*	88.265	5.11	1.49700	81.5		
11*	-86.626	(可変)				
12(絞り)	∞	2.05				
13	-44.139	0.80	1.58913	61.1		
14	41.195	1.54	2.00069	25.5		
15	162.626	1.42				
16	-85.902	0.80	1.49700	81.5		
17	57.215	2.64				
18(補助絞り)	∞	(可変)				
19	80.764	6.47	1.53775	74.7		20
20	-19.664	0.80	1.56732	42.8		
21	-48.181	(可変)				
22	-196.020	5.00	1.74320	49.3	S-LAM60	
23	-40.000	1.00	1.74320	49.3	L-LAM60	
24	-55.548	0.68				
25	32.411	0.80	1.78590	44.2		
26	22.476	2.00				
27	21.831	7.93	1.43875	94.9		
28	-38.164	0.80	1.88300	40.8		
29	236.471	(可変)				30
像面	∞					

非球面データ

第1面

K = 3.29936e+000 A 4= 2.03188e-006 A 6=-5.74827e-010 A 8= 8.64153e-013 A10=-5.61721e-016 A12= 2.44421e-019

第10面

K = 2.36172e+000 A 4=-3.56905e-006 A 6= 5.72328e-009 A 8=-8.37904e-012 A10=-3.60375e-014 A12= 1.25346e-016

第11面

K = 1.90402e+000 A 4=-2.17995e-006 A 6= 7.89602e-009 A 8=-2.04180e-011 A10=-2.73021e-015 A12= 9.00340e-017

各種データ

ズーム比	4.32		
	広角	中間	望遠
焦点距離	18.50	33.01	79.99
Fナンバー	4.00	4.14	5.29

画角	38.66	24.15	10.48
像高	14.80	14.80	14.80
レンズ全長	217.04	217.04	217.04
BF	45.58	45.58	45.58

d 6	58.46	24.82	2.39
d 9	0.87	17.24	1.94
d11	0.57	17.84	55.57
d18	21.19	17.93	0.64
d21	0.56	3.82	21.12
d29	45.58	45.58	45.58

10

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-40.38
2	7	86.61
3	10	88.57
4	12	-41.07
5	19	60.15
6	22	172.64

20

【 0 0 5 5 】

【表 1】

表 1：株式会社オハラ社製の硝材（アッベ数＞70）の屈折率、アッベ数、相対屈折率の温度係数

硝材名 (商品名:株式会社オハラ)	屈折率	アッベ数	相対屈折率の温度係数 ($10^{-6}/K$)
S-FPL53	1.43875	94.93	-7
S-FPL51	1.497	81.54	-6.4
S-FPM3	1.53775	74.7	-4.4
S-FSL5	1.48749	70.23	-0.5

30

【 0 0 5 6 】

【表 2】

表 2：各実施例の各条件式に対応する値一覧

項目	実施例1	実施例1A	実施例2	実施例2A	実施例3	実施例3A
Nda1	1.59349	1.59349	1.59522	1.59522	1.74320	1.74320
Ndb1	1.59240	1.59240	1.59349	1.59349	1.74320	1.74320
Nda2	—	—	1.74320	1.74320	—	—
Ndb2	—	—	1.74320	1.74320	—	—
ν da1	67.00	67.00	67.74	67.74	49.34	49.34
ν db1	68.30	68.30	67.00	67.00	49.29	49.29
ν da2	—	—	49.34	49.34	—	—
ν db2	—	—	49.29	49.29	—	—
dNdTa1	-0.6	-0.6	-5.6	-5.6	6.2	6.2
dNdTb1	-9.2	-9.2	-0.6	-0.6	4.1	4.1
dNdTa2	—	—	6.2	6.2	—	—
dNdTb2	—	—	4.1	4.1	—	—
Da1	6.95	9.95	7.67	5.67	1.00	5.00
Db1	5.00	2.00	6.00	8.00	5.00	1.00
Da2	—	—	8.87	10.00	—	—
Db2	—	—	10	8.87	—	—
EAc1	43.83	43.84	71.59	71.59	26.43	26.43
EAc2	—	—	29.36	29.36	—	—
dsk1	-3.63E-01	-5.16E-01	-2.28E-02	-1.46E-02	5.39E-02	-3.40E-02
dskb1	-1.03E-01	5.12E-02	-1.60E-02	-2.41E-02	-7.54E-02	1.24E-02
dsk2	—	—	5.74E-02	-5.75E-02	—	—
dskb2	—	—	-5.69E-02	5.81E-02	—	—
fw	50.0	50.0	8.9	8.9	18.5	18.5
DLcf	283.7	283.7	434.0	434.0	153.2	153.2
DLT	405.0	405.0	570.3	570.3	171.5	171.5
条件式(1)	Nda1/Ndb1	1.001	1.001	1.001	1.000	1.000
	Nda2/Ndb2	—	—	1.000	—	—
条件式(2)	ν da1/ ν db1	0.981	0.981	1.011	1.001	1.001
	ν da2/ ν db2	—	—	1.001	—	—
条件式(3)	dNdTa1-dNdTb1	8.6	8.6	5	2.1	2.1
	dNdTa2-dNdTb2	—	—	2.1	—	—
条件式(4)	Da1/EAc1	0.159	0.227	0.107	0.079	0.189
	Da2/EAc2	—	—	0.302	0.341	—
条件式(5)	Db1/EAc1	0.114	0.046	0.084	0.112	0.189
	Db2/EAc2	—	—	0.341	0.302	—
条件式(6)	(dsk1 + dskb1)/fw	9.308E-03	1.134E-02	4.360E-03	4.348E-03	6.989E-03
	(dsk2 + dskb2)/fw	—	—	1.284E-02	1.299E-02	—
条件式(7)	DLcf/DLT	0.700	0.700	0.761	0.761	0.894

【0057】

【表 3】

表 3：温度 1℃変化に起因した屈折率変化によるピントずれ量

	実施例1	実施例1A	実施例2	実施例2A	実施例3	実施例3A
Δ SKa1	4.35E-04	6.19E-04	2.55E-04	1.64E-04	6.68E-04	-4.22E-04
Δ SKb1	1.89E-03	-9.42E-04	1.92E-05	2.89E-05	-6.18E-04	1.02E-04
Δ SKc1	2.32E-03	-3.23E-04	2.75E-04	1.92E-04	5.01E-05	-3.20E-04
Δ SKa2	—	—	7.12E-04	-7.13E-04	—	—
Δ SKb2	—	—	-4.67E-04	4.76E-04	—	—
Δ SKc2	—	—	2.45E-04	-2.37E-04	—	—

【符号の説明】

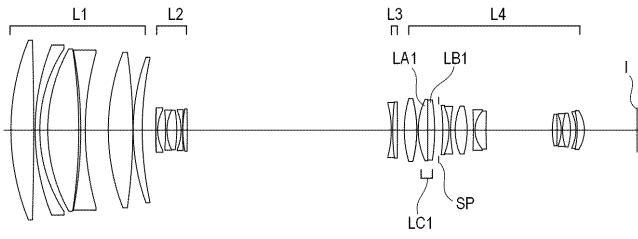
【0058】

L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群

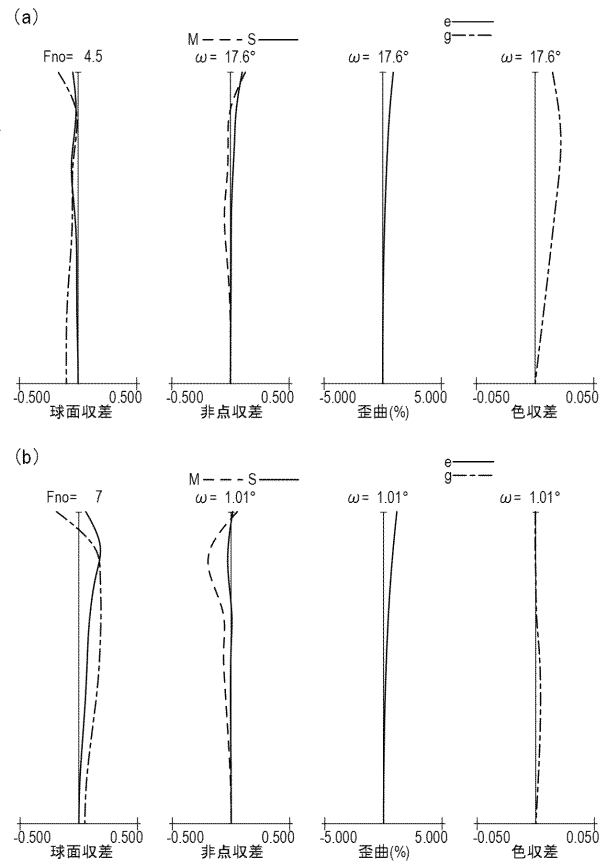
L 3 第 3 レンズ群

L 4 第 4 レンズ群

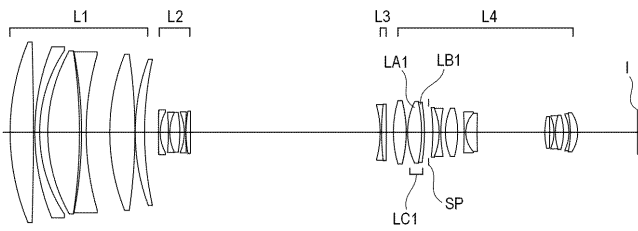
【図 1】



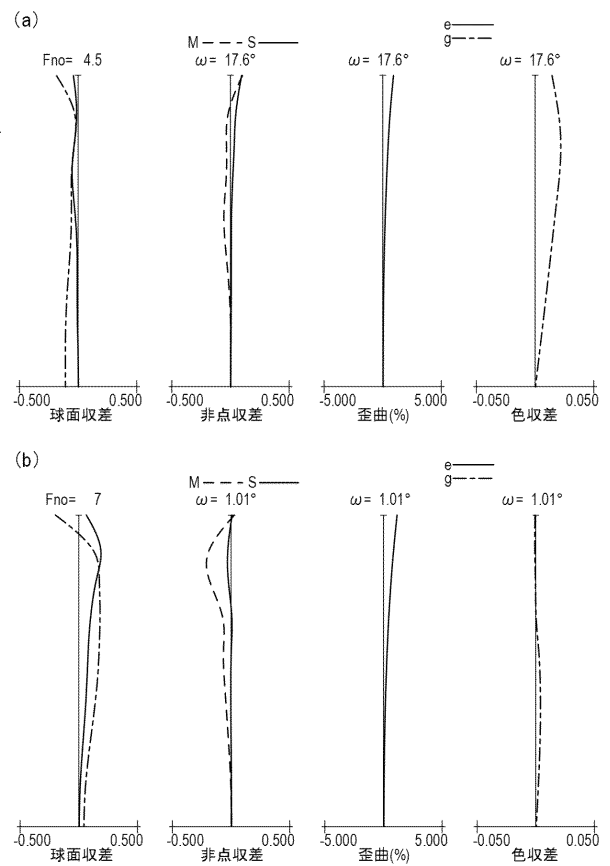
【図 2】



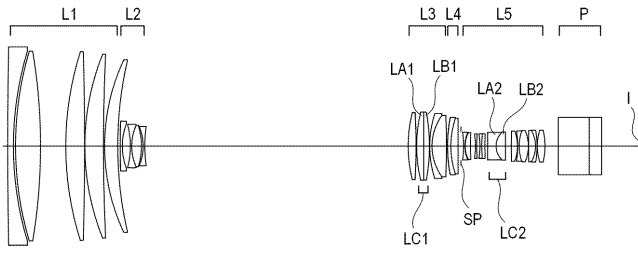
【図 3】



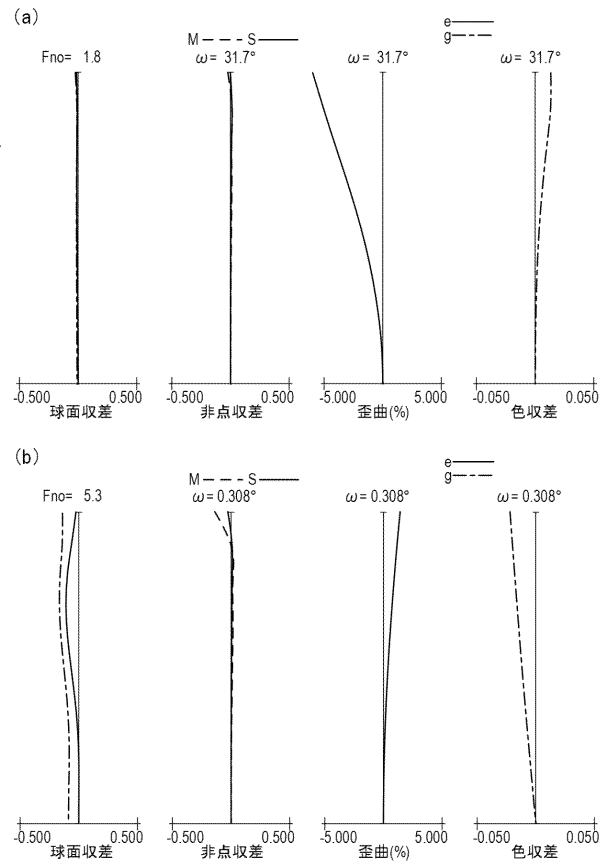
【図 4】



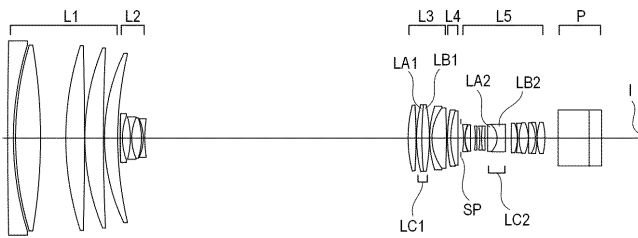
【図 5】



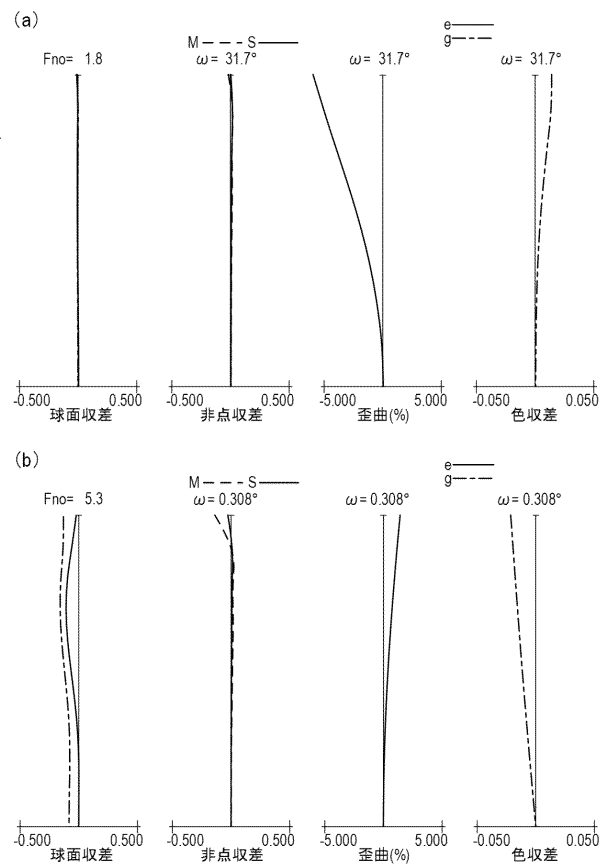
【図 6】



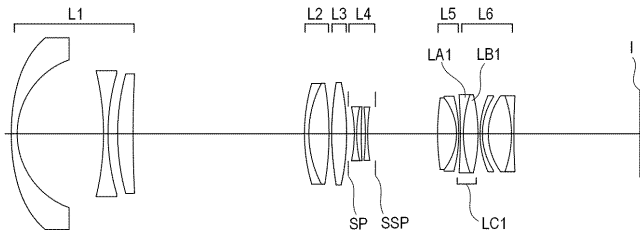
【図 7】



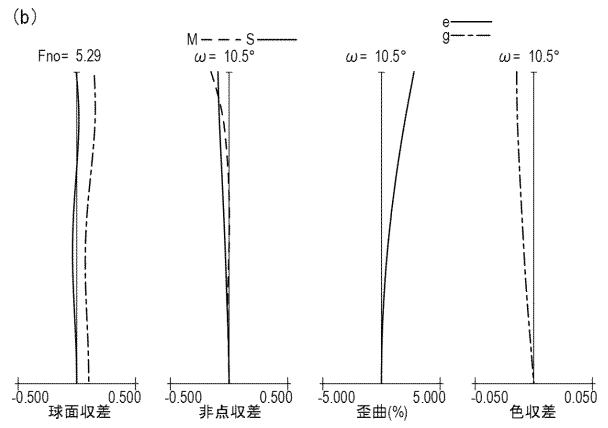
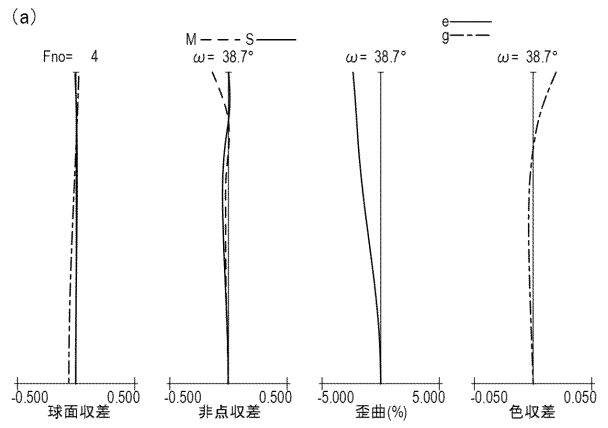
【図 8】



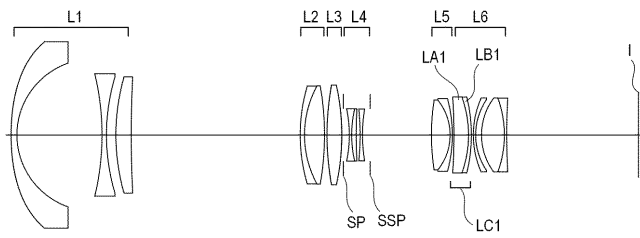
【図 9】



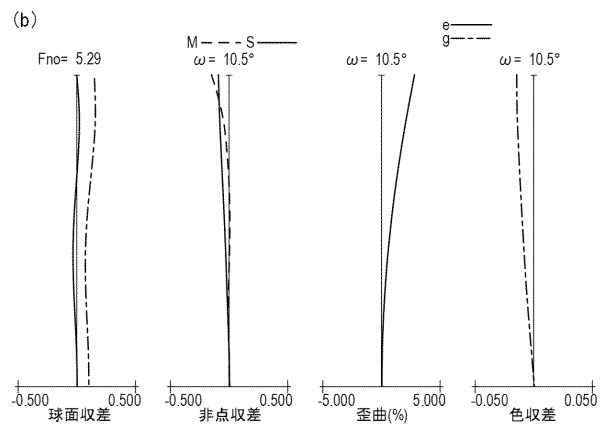
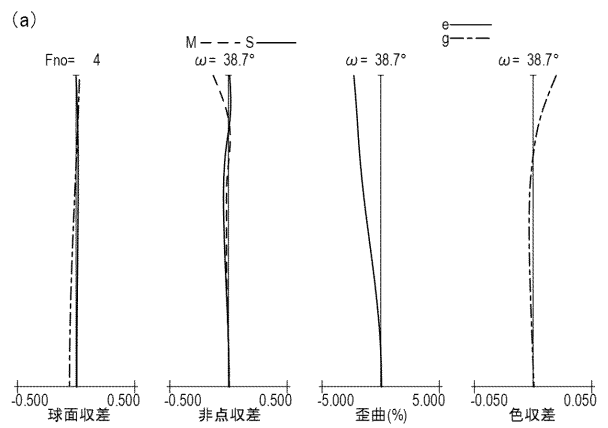
【図 10】



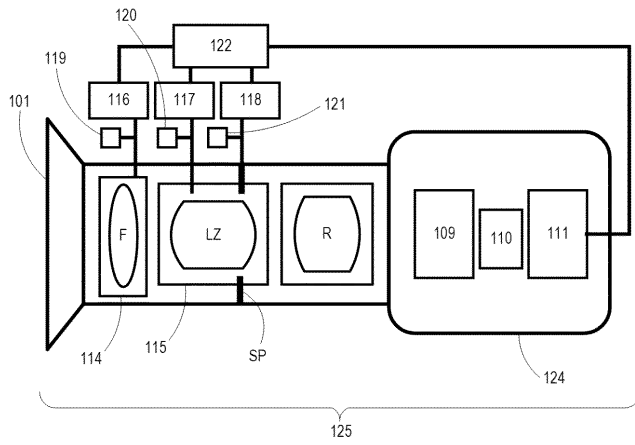
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 MA12 MA18 NA08 PA15 PA16 PB20 QA02 QA06
QA07 QA14 QA17 QA21 QA22 QA25 QA32 QA34 QA39 QA41
QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 RA43
SA23 SA27 SA30 SA32 SA43 SA47 SA49 SA52 SA55 SA57
SA63 SA64 SA65 SA66 SA72 SA75 SA76 SB04 SB06 SB07
SB13 SB15 SB16 SB22 SB23 SB26 SB31 SB33 SB34 SB41
SB43