

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6489858号
(P6489858)

(45) 発行日 平成31年3月27日(2019.3.27)

(24) 登録日 平成31年3月8日(2019.3.8)

(51) Int.Cl. F 1
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

請求項の数 13 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-23090 (P2015-23090)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年2月9日(2015.2.9)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-145928 (P2016-145928A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年8月12日(2016.8.12)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成30年2月6日(2018.2.6)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	山崎 真司
			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
		(72) 発明者	江口 陽介
			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	堀井 康司

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) 【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レンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように全てのレンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、

波長486.13nmの光に対する材料の屈折率をnF、波長587.6nmの光に対する前記材料の屈折率をnd、波長656.27nmの光に対する前記材料の屈折率をnC、波長1013.98nmの光に対する前記材料の屈折率をntとし、前記材料のアッベ数dと部分分散比Ctをそれぞれ

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$C_t = (n_C - n_t) / (n_F - n_C)$$

とするとき、

前記第2レンズ群は、

$$8.5 < d$$

$$-0.25 < C_t - (0.0047 \times d + 0.546) < -0.10$$

なる条件式を満足する正レンズを有し、

前記第1レンズ群の焦点距離をf1、広角端における全系の焦点距離をfwとするとき

、

$$-3.5 < f_1 / f_w < -1.8$$

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 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、
 $-0.50 < f_2 / f_3 < -0.15$

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 1 レンズ群に含まれる正レンズの材料の屈折率とアッベ数を各々 N_{d1p} 、 d_{1p} とするとき、前記第 1 レンズ群は、

$$1.80 < N_{d1p} \\ \underline{d}_{1p} < 26.0$$

10

なる条件式を満足する正レンズを有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】

前記第 1 レンズ群は 2 枚以上の負レンズを有し、
 前記第 2 レンズ群は 3 枚以上の正レンズと 1 枚以上の負レンズを有し、
 前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、
 $-1.2 < f_1 / f_2 < -0.4$

なる条件式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 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、
 $-20.0 < f_3 / f_w < -5.0$

20

なる条件式を満足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】

広角端から望遠端へのズームングにおける前記第 3 レンズ群の移動量を M_3 、広角端におけるレンズ全長を OAL_w とするとき、

$$0.12 < -M_3 / OAL_w < 0.50$$

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

30

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群の広角端における横倍率を β_2w 、前記第 2 レンズ群の望遠端における横倍率を β_2t 、前記第 3 レンズ群の広角端における横倍率を β_3w 、前記第 3 レンズ群の望遠端における横倍率を β_3t とするとき、

$$0.28 < (\beta_3t / \beta_3w) / (\beta_2t / \beta_2w) < 0.70$$

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 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、像側の面が凹形状の負レンズ、像側の面が凹形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズより構成されることを特徴する請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

40

【請求項 9】

前記第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、両凸形状の正レンズ、互いに接合された両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズより構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、両凸形状の正レンズ、互いに接合された両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凸形状の正レンズより構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

50

【請求項 1 1】

前記第 3 レンズ群は、物体側の面が凹形状の負レンズより構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 2】

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

【請求項 1 3】

前記ズームレンズの広角端における開放 F ナンバーを F_{now} 、前記ズームレンズの望遠端における開放 F ナンバーを F_{not} 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、波長 850 nm の光に対する広角端における全系の焦点距離を f_w_{850} 、波長 850 nm の光に対する望遠端における全系の焦点距離を f_t_{850} 、前記撮像素子の画素ピッチを p とするとき、

$$2.0 < F_{now} \cdot ((f_w_{850} - f_w) / p) < 30.0$$

$$10.0 < F_{not} \cdot ((f_t_{850} - f_t) / p) < 120.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 2 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、特に、監視カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

固体撮像素子を用いた撮像装置に用いる撮像光学系には、固体撮像素子の高精細化に加え、これに対応できる高い光学性能を有し、かつ広域撮影が容易な広画角のズームレンズであることが要望されている。

【0003】

特に高画質化の観点においては、SD (Standard Definition) 画質から、メガピクセル、フルHD (High Definition) 画質や、それ以上の画素数の撮像素子への対応が十分できる高い光学性能を有すること等が要望されている。また近年、監視カメラ市場の急速な拡大に伴い監視カメラに用いられるズームレンズは、広画角であり、 F_{no} が小さいことが求められている。一般的な監視カメラは、昼間の撮影には可視光を使用し、夜間の撮影には近赤外光を使用している。

【0004】

例えば監視カメラにおいては、多くの場合、夜間の撮影では波長 800 nm ~ 波長 1000 nm の近赤外光を利用して低照度下での撮影が容易となるようにしている。このため、監視カメラに用いられるズームレンズには、可視光 (波長 400 nm ~ 波長 700 nm 程度) から近赤外領域までの広い波長範囲で色収差が良好に補正され、ピンとずれが少ないこと等が要望されている。

【0005】

更に、屋内および屋外において、場所を選ばず設置しやすくするために、特に全系が小型であることも要望されている。これらの要望を満足するズームレンズとして、最も物体側に負の屈折力のレンズ群が配置されたネガティブリード型のズームレンズが知られている。ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負、正、負の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 3 レンズ群より構成され、ズーミングに際してすべてのレンズ群が移動する 3 群ズームレンズが知られている (特許文献 1, 2)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2013 - 061388 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 343552 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前述したネガティブリード型の3群ズームレンズにおいて、全系が小型で、かつ広画角でありながら全ズーム領域にわたり高い光学性能を得るには各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。特に監視カメラに用いられるズームレンズでは、可視域から近赤外域までの広い波長範囲にわたり、色収差が良好に補正されピントずれが少なくなるようにレンズ構成を設定することが重要になってくる。

【0008】

例えば、広い波長範囲において色収差を良好に補正し、ピントずれが少なくなるようにするには、第1レンズ群や第2レンズ群のレンズ構成及びそれらのレンズ群に用いるレンズの材料等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が不適切であると、全系の小型化を図りつつ、広画角で、広い波長範囲にわたり高い光学性能のズームレンズを得るのが大変困難になってくる。

【0009】

本発明は、レンズ系全体が小型で、広画角で、しかも全ズーム範囲において高い光学性能が容易に得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のズームレンズは、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レンズ群からなり、ズミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように全てのレンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、

波長486.13nmの光に対する材料の屈折率を n_F 、波長587.6nmの光に対する前記材料の屈折率を n_d 、波長656.27nmの光に対する前記材料の屈折率を n_C 、波長1013.98nmの光に対する前記材料の屈折率を n_t とし、前記材料のアッベ数 d と部分分散比 C_t をそれぞれ

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$C_t = (n_C - n_t) / (n_F - n_C)$$

とするとき、

前記第2レンズ群は、

$$8.5 < d$$

$$-0.25 < C_t - (0.0047 \times d + 0.546) < -0.10$$

なる条件式を満足する正レンズを有し、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき

$$-3.5 < f_1 / f_w < -1.8$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、レンズ系全体が小型で、広画角で、しかも全ズーム範囲において高い光学性能が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施例1の広角端におけるレンズ断面図と移動軌跡の図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】実施例2の広角端におけるレンズ断面図と移動軌跡の図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端にお

10

20

30

40

50

る収差図

【図5】実施例3の広角端におけるレンズ断面図と移動軌跡の図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図7】実施例1における広角端、中間のズーム位置、望遠端における光路図

【図8】本発明の監視カメラ(撮像装置)の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置を図面に基づいて説明する。本発明のズームレンズは、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レンズ群より構成されている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように全てのレンズ群が移動する。

【0014】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。実施例1はズーム比3.9、Fナンバー1.47~3.23のズームレンズである。図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比3.4、Fナンバー1.44~2.66のズームレンズである。

【0015】

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比4.9、Fナンバー1.44~3.85のズームレンズである。図7(A)、(B)、(C)は実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における光路図である。図8は本発明のズームレンズを有する監視カメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0016】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮像光学系であり、レンズ断面図において、左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の光学機器に用いても良く、このときは、左方がスクリーン、右方が被投影画像となる。レンズ断面図において、L1は負の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群、L3は負の屈折力の第3レンズ群である。SPは開放Fナンバー(Fno)光束を決定(制限)する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材(以下「開口絞り」ともいう。)である。

【0017】

Gは光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面が置かれる。

【0018】

矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。第3レンズ群L3に関する矢印3aは無遠にフォーカスしているときの広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡を示す。また矢印3bは近距離にフォーカスしているときの広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡を示す。第3レンズ群L3に関する矢印3cは無遠から近距離へのフォーカシングに際しての移動方向を示している。

【0019】

球面収差においては、d線(波長587.6nm)、C線(波長656.3nm)、F線(波長486.13nm)、波長850nm、t線(波長1013.98nm)を表示

10

20

30

40

50

している。非点収差において M はメリディオナル像面、S はサジタル像面を表している。歪曲収差においては d 線を表示している。倍率色収差においては d 線に対する C 線、F 線、波長 850 nm、t 線の収差を表示している。F n o は F ナンバー、 θ は半画角（度）である。

【0020】

本発明は、全系が小型でありながら全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、特に可視光から近赤外光に至る広い波長範囲においてピンとずれの少ない、広画角で明るい小型のズームレンズである。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、および負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 より構成される 3 群構成のズームレンズである。広角端から望遠端へのズーミングに際しては各レンズ群が矢印の方向に互いに異なった軌跡で移動する。

10

【0021】

本発明のズームレンズのズームタイプは、ネガティブリード（負レンズ群先行）の 3 群構成である。第 1 レンズ群 L 1 を負の屈折力としつつ、各レンズ群の間隔を変化させることによりズーミングを行い、広画角化に好適な構成としている。第 2 レンズ群 L 2 と、第 3 レンズ群 L 3 が互いに異なった軌跡で移動して変倍を行い、それに伴う像面変動を最も物体側の第 1 レンズ群 L 1 が移動して補正している。フォーカシングは、第 3 レンズ群 L 3 で行う。

【0022】

各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は負レンズと正レンズを有する。第 2 レンズ群 L 2 は 1 枚以上の正レンズを有する。ここで波長 486.13 nm の光に対する材料の屈折率を n F、波長 587.6 nm の光に対する材料の屈折率を n d、波長 656.27 nm の光に対する材料の屈折率を n C、波長 1013.98 nm の光に対する材料の屈折率を n t とする。そして材料のアッベ数 d と部分分散比 C t を、それぞれ

20

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$C_t = (n_C - n_t) / (n_F - n_C)$$

とする。

【0023】

第 2 レンズ群 L 2 が有する正レンズのうち少なくとも 1 枚の正レンズ A の材料のアッベ数を d A、部分分散比を C t A とする。第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f 1、広角端における全系の焦点距離を f w とする。このとき、

30

$$85 < d_A \cdots (1)$$

$$-0.25 < C_{tA} - (0.0047 \cdot d_A + 0.546) < -0.10 \cdots (2)$$

$$-3.5 < f_1 / f_w < -1.8 \cdots (3)$$

なる条件式を満足する。尚、各パラメータの値は、特に断りがない限り、d 線（波長 587.6 nm）における値である。

【0024】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式（1）、（2）は、全ズーム範囲にわたり、可視光から近赤外光までの広い波長範囲においてピンとずれを軽減し、高い光学性能を得るためのものである。広い波長範囲においてピンとずれを補正するには、軸上光束のマージナル光線が高い正レンズの材料にアッベ数が高い、すなわち分散が小さい材料を用いて、軸上色収差を軽減するのが良い。

40

【0025】

各実施例の 3 群構成のズームレンズでは、図 7（A）、（B）、（C）に示すように全ズーム範囲において軸上光束のマージナル光線は第 2 レンズ群 L 2 で光線の入射高さ（h w）が高くなる。条件式（1）、（2）は第 2 レンズ群 L 2 が有する少なくとも 1 つの正レンズの材料の光学特性を規定している。

【0026】

ところでアッベ数 d は可視光域の d 線、F 線、C 線の屈折率 n d、n F、n C を用い前述の如く定義される。そのためアッベ数 d を基準にレンズの材料を選択することで、

50

可視光域で色収差の補正が容易となる。しかしながらアッペ数 d は、近赤外域の特性を規定するものではないので、アッペ数 d の値のみでレンズの材料を選定しても、波長が 900 nm 以上の近赤外域に対しては必ずしも色収差を良好に補正することができない。

【0027】

そこでアッペ数 d に加えて t 線における部分分散比 C_t に着目してレンズの材料を選択することで、可視光域と近赤外域との両方の波長範囲で軸上色収差の制御を行い、広い波長範囲でピントずれを軽減している。またこのような材料を選定することで、近赤外域の倍率色収差の補正も良好に行っている。

【0028】

条件式(1)と条件式(2)は第2レンズ群 L_2 が有する少なくとも1枚の正レンズの材料の特性を規定するものである。条件式(1)の下限を超えてアッペ数が小さい(すなわち分散が大きい)材料を適用すると、可視光域での軸上色収差を良好に補正することが困難となる。

【0029】

条件式(2)の下限を超えた部分分散比 C_t とアッペ数 d の関係を持つ材料は、近赤外域での軸上色収差を小さく抑制することが容易となるが、現状ではこのような特性を実現する光学材料を製造するのが困難である。逆に条件式(2)の上限を超えて部分分散比 $C_t A$ が大きくなりすぎると、近赤外域での波長による屈折率の差が大きくなりすぎ、軸上色収差の補正が困難となる。

【0030】

条件式(3)は全系が小型でありながら高画角を得るためのものであり、広角端における全系の焦点距離を短くした際に、第1レンズ群 L_1 のパワーをそれに応じて適切に規定している。条件式(3)の上限値を超えると、第1レンズ群 L_1 の負のパワーが強くなり(負の屈折力の絶対値が大きくなり)なりすぎてしまう。それにより諸収差のバランスを良好にするのが困難となり、全ズーム範囲において像面湾曲や色収差等の諸収差を良好に補正するのが困難になる。

【0031】

また、条件式(3)の下限値を超えると、第1レンズ群 L_1 の負のパワーが弱くなり(負の屈折力の絶対値が小さくなり)なりすぎてしまう。それにより広画角化が困難になるだけでなく、第1レンズ群 L_1 の広角端から望遠端までのズームに伴う移動量が増大して、レンズ全長が増大し、また前玉有効径が大型化し、全系が大型化してくる。

【0032】

各実施例では以上のように構成することにより、全系が小型でありながら全ズーム範囲にわたり、可視光から近赤外光においてピントずれが少なく、広画角で明るい高い光学性能を有するズームレンズを得ている。なお好ましくは条件式(1)乃至(3)の数値範囲を次のごとく設定するのが良い。

$$90 < d A \quad \cdots (1a)$$

$$-0.22 < C_t A - (0.0047 \cdot d A + 0.546) < -0.12 \quad \cdots (2a)$$

$$-3.2 < f_1 / f_w < -1.9 \quad \cdots (3a)$$

【0033】

本発明の目的とするズームレンズは、以上のような構成を満足することにより実現される。さらには各実施例において、好ましくは次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。

【0034】

第2レンズ群 L_2 の焦点距離を f_2 、第3レンズ群 L_3 の焦点距離を f_3 とする。第1レンズ群 L_1 に含まれる正レンズのうち少なくとも1枚の正レンズ $1p$ の材料の屈折率とアッペ数を各々 N_{d1p} 、 d_{1p} とする。第1レンズ群 L_1 は2枚以上の負レンズを有し、第2レンズ群 L_2 は3枚以上の正レンズと1枚以上の負レンズを有する。

【0035】

広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群L3の移動量をM3とする。ここで広角端から望遠端へのズーミングに伴うレンズ群の移動量とは、レンズ群の広角端における光軸上の位置と望遠端における光軸上の位置の差をいう。移動量の符号はレンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正、物体側に位置するときを負とする。広角端におけるレンズ全長をOALwとする。

【0036】

第2レンズ群L2の広角端における横倍率を $2w$ 、第2レンズ群L2の望遠端における横倍率を $2t$ 、第3レンズ群L3の広角端における横倍率を $3w$ 、第3レンズ群L3の望遠端における横倍率を $3t$ とする。このとき次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

10

【0037】

- $0.50 < f_2 / f_3 < -0.15$ $\cdots (4)$
- $1.80 < Nd_{1p}$ $\cdots (5)$
- $d_{1p} < 26.0$ $\cdots (6)$
- $1.2 < f_1 / f_2 < -0.4$ $\cdots (7)$
- $20.0 < f_3 / f_w < -5.0$ $\cdots (8)$
- $0.12 < -M_3 / OALw < 0.50$ $\cdots (9)$
- $0.28 < (3t / 3w) / (2t / 2w) < 0.70$ $\cdots (10)$

【0038】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は、第2レンズ群L2および第3レンズ群L3のパワーの関係を規定している。第2レンズ群L2および第3レンズ群L3は、ともに増倍効果を担うレンズ群となる。

20

【0039】

条件式(4)は第2レンズ群L2と第3レンズ群L3のパワーの条件を規定し、光学性能を良好に維持しつつ、高ズーム比化を得るためのものである。条件式(4)の上限を超えて、第2レンズ群L2の正のパワーが強くなりすぎると、球面収差やコマ収差などの諸収差が増大してしまい好ましくない。条件式(4)の下限を超えて、第3レンズ群L3の負のパワーが強く(負の屈折力の絶対値が大きくなりすぎると、コマ収差などの諸収差が増大してしまい好ましくない。

【0040】

30

条件式(4)の数値範囲に関しては、以下の如く限定するとより好ましい。

- $0.45 < f_2 / f_3 < -0.17$ $\cdots (4a)$

条件式(5)、条件式(6)は、第1レンズ群L1に含まれる少なくとも1枚の正レンズ1pの材料を規定している。条件式(5)の下限を超えると、望遠端において球面収差がオーバー方向へ増大しやすくなり好ましくない。さらに、正レンズのパワーを得るために曲率半径を小さくするかレンズ厚を大きくとる必要が生じ、小型化の観点からも好ましくない。

【0041】

条件式(6)は主に、色収差を良好に補正するためのものである。条件式(6)は第1レンズ群L1の負レンズより発生する色収差を補正するためのものである。条件式(6)の上限を超えると、倍率色収差の補正が不足してくる。例えば、d線に対するg線やF線などの短波長側の収差が収差図上においてアンダー方向へ増加してしまい好ましくない。

40

【0042】

条件式(5)、条件式(6)の数値範囲に関しては、それぞれ以下の如く設定すると更に好ましい。

- $1.90 < Nd_{1p}$ $\cdots (5a)$
- $d_{1p} < 20.0$ $\cdots (6a)$

条件式(7)は、変倍用のレンズ群の1つである第2レンズ群L2の焦点距離と、広画角化のために負のパワーが必要とされる第1レンズ群L1の焦点距離の関係を規定している。

50

【 0 0 4 3 】

また、第1レンズ群L1は広画角化しやすくするため、少なくとも2枚以上の負レンズを有する構成とし、第2レンズ群L2は、正の屈折力のレンズ群として変倍作用を持たせやすくするために少なくとも3枚以上の正レンズを有する構成とするのが良い。さらに第1レンズ群L1と第2レンズ群L2は、収差補正の観点から正レンズおよび負レンズをどちらも1枚以上有する構成とするのが良い。

【 0 0 4 4 】

条件式(7)の上限を超えて、第1レンズ群L1の負のパワーが強くなりすぎると、像面湾曲や色収差をバランス良く補正するのが困難になる。この他、条件式(7)の上限を超えて、第2レンズ群L2の正のパワーが弱くなりすぎると、ズーミングに際しての第2レンズ群L2の移動量が増大し、全系の小型化が困難になる。

10

【 0 0 4 5 】

条件式(7)の下限を超えて、第1レンズ群L1の負のパワーが弱くなりすぎると、ズーミングに際しての像面変動の補正として移動量が増大し、レンズ全長が増大し、また前玉有効径が大型化してくる。この他、条件式(7)の下限を超えて、第2レンズ群L2の正のパワーが強くなりすぎると球面収差などの諸収差が増大してくる。条件式(7)の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

$$-1.0 < f_1 / f_2 < -0.5 \quad \dots (7a)$$

【 0 0 4 6 】

条件式(8)は、変倍効果を持たせつつフォーカシングに際して駆動させる第3レンズ群L3のパワーを適切に規定している。条件式(8)の上限を超えて、第3レンズ群L3の負のパワーが強くなり過ぎると、非点収差などの軸外収差や像面湾曲が増加してしまい好ましくない。さらには、フォーカシングにおける敏感度が高くなり過ぎてしまい、製造を高精度に行うのが困難になってくる。

20

【 0 0 4 7 】

条件式(8)の下限を超えて、第3レンズ群L3の負のパワーが弱くなり過ぎると、フォーカシングやズーミングに際しての第3レンズ群L3の移動量が多くなってしまい、全系の小型化が困難になる。条件式(8)の数値範囲に関しては、以下の如く限定するとより好ましい。

$$-16.0 < f_3 / f_w < -6.0 \quad \dots (8a)$$

30

【 0 0 4 8 】

条件式(9)は、ズーミングに際しての第3レンズ群L3の移動量に関する。レンズ全長OALwは、最も物体側のレンズの面頂点から最終レンズ面までの距離に空気換算のバックフォーカスを加えた値である。条件式(9)の上限を超えて、レンズ全長に占める第3レンズ群L3の移動量が大きくなりすぎると、ズーミングに際しての第1レンズ群L1と、第2レンズ群L2の移動量を所定量確保するのが難しくなる。それにより他のレンズ群のパワーを強める必要が生じ、この結果、諸収差の変動が大きくなってくる。

【 0 0 4 9 】

条件式(9)の下限を超えて、第3レンズ群L3の移動量が少なくなると、所定の変倍比を得るのが困難となり、また第3レンズ群L3の負のパワーを強める必要が生じ、その結果、フォーカシングに際しての収差変動が増大してくる。また、第3レンズ群L3には非球面を導入するのが良い。これによれば第3レンズ群L3を構成するレンズの枚数を減らして第3レンズ群L3の厚さを短くすることが容易となり、フォーカスレンズ群としての駆動機構の小型化が容易になる。条件式(9)の数値範囲に関しては、以下の如く限定するとより好ましい。

40

$$0.16 < -M_3 / OALw < 0.40 \quad \dots (9a)$$

【 0 0 5 0 】

条件式(10)は、第2レンズ群L2の広角端と望遠端における横倍率に対する第3レンズ群L3の広角端と望遠端における横倍率の比との関係を規定する。つまり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の変倍分担の比を規定している。条件式(10)の上限を超

50

えると、第3レンズ群L3の変倍分担が大きくなり過ぎてしまい、ズームングに際しての第3レンズ群L3の移動量を大きくとる必要が生じ全系の小型化が困難になる。

【0051】

条件式(10)の下限を超えると、第2レンズ群L2の変倍分担が大きくなり過ぎてしまい、ズームングに際しての第2レンズ群L2の移動量を大きくとる必要が生じ全系の小型化が困難になる。条件式(10)の数値範囲に関しては、以下の如く限定するとより好ましい。

$$0.34 < (3t/3w)/(2t/2w) < 0.60 \quad \dots (10a)$$

【0052】

また、本発明のズームレンズをズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有する撮像装置に適用するときは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。ズームレンズの広角端における開放FナンバーをF_{now}、ズームレンズの望遠端における開放FナンバーをF_{not}とする。

【0053】

望遠端における全系の焦点距離をf_t、波長850nmの光に対する広角端における全系の焦点距離をf_{w_850}、波長850nmの光に対する望遠端における全系の焦点距離をf_{t_850}とする。撮像素子の画素ピッチをpとする。

【0054】

このとき、次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

$$2.0 < F_{now} \cdot ((f_{w_850} - f_w)/p) < 30.0 \quad \dots (11)$$

$$10.0 < F_{not} \cdot ((f_{t_850} - f_t)/p) < 120.0 \quad \dots (12)$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0055】

条件式(11)、(12)は、可視光から近赤外光までの波長範囲におけるピントずれを軽減するためのものである。条件式(11)は、近赤外光(850nm)での広角端における全系の焦点距離とd線での広角端における全系の焦点距離を適切に規定している。条件式(12)は近赤外光(850nm)での望遠端における全系の焦点距離とd線での望遠端における全系の焦点距離を適切に規定している。また条件式(11)、(12)はピントずれのレベルの要因となるFナンバー、そして撮像素子のセンサーピッチを適切に規定している。

【0056】

条件式(11)は広角端、また条件式(12)は望遠端における可視光から近赤外光までの波長範囲において高い解像力を得るためであり、双方の技術的な意味は同じである。条件式(11)および条件式(12)の上限を超えると、センサーピッチに対して波長850nmとd線の焦点距離の差が大きくなる傾向となるため、可視光から近赤外光までの波長範囲におけるピントずれが大きくなる。そのため可視光領域から近赤外領域において高い解像力を得ることが困難となる。

【0057】

条件式(11)および(12)の下限を超えると、軸上色収差を補正するために超低分散性材料を多用する必要が生じ、全系の小型化を図るのが難しくなり、またレンズとしての精度の良い製造が困難となる。

【0058】

更に好ましくは条件式(11)、(12)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$3.0 < F_{now} \cdot ((f_{w_850} - f_w)/p) < 30 \quad \dots (11a)$$

$$20.0 < F_{not} \cdot ((f_{t_850} - f_t)/p) < 120 \quad \dots (12a)$$

【0059】

以上のように各実施例によれば、全系が小型でありながら全ズーム範囲にわたり高い光学性能で、可視光から近赤外光においてピントずれが少なく、広画角で明るいズームレンズおよびそれを有する撮像装置が得られる。特に広角端の撮影画角が90°以上、広角端のFナンバーが1.4程度をカバーしたズームレンズが得られる。この他、フルHDやそ

10

20

30

40

50

れ以上の画素数の撮像素子を有する撮像装置にも十分に対応できるズームレンズが得られる。

【 0 0 6 0 】

本発明のズームレンズは第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に配置された、像側の面が凹形状の負レンズ、像側の面が凹形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズより構成される。第 2 レンズ群 L 2 は、物体側から像側へ順に配置された、両凸形状の正レンズ、互いに接合された両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズより構成される。

【 0 0 6 1 】

または第 2 レンズ群 L 2 は、物体側から像側へ順に配置された、両凸形状の正レンズ、互いに接合された両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凸形状の正レンズより構成される。第 3 レンズ群 L 3 は物体側の面が凹形状の負レンズより構成される。

【 0 0 6 2 】

次に各実施例の具体的なレンズ構成について説明する。

(実施例 1)

以下、各レンズ群は物体側から像側に順に配置されているものとして説明する。第 1 レンズ群 L 1 は、物体側が凸のメニスカス形状の負レンズ G 1 1、両凹形状の負レンズ G 1 2、物体側が凸のメニスカス形状の正レンズ G 1 3 (正レンズ 1 p) により成っている。正レンズ G 1 3 は高分散材料を使用することにより色収差を良好に補正している。

【 0 0 6 3 】

第 2 レンズ群 L 2 は、両凸形状の正レンズ G 2 1、両凸形状の正レンズ G 2 2、両凹形状の負レンズ G 2 3、両凸形状の正レンズ G 2 4 により成っている。正レンズ G 2 2 と負レンズ G 2 3 は貼り合わせ構成としており、双方のレンズの材料のアッペ数の差を大きくとることにより色収差を良好に補正している。また、正レンズ G 2 1 の両面は非球面形状である。

【 0 0 6 4 】

これは F ナンバーを決定する軸上光線の光軸高さが大きくなる第 2 レンズ群 L 2 の物体側に非球面を適切に配置し、大口径比化で増加しやすい球面収差を良好に補正している。また第 2 レンズ群 L 2 のいずれかの正レンズの材料には (アッペ数が 9 0 を超える) 超低分散材料を使用しており、これにより軸上色収差を良好に補正している。第 3 レンズ群 L 3 は、像側が凸のメニスカス形状の負レンズ G 3 1 により成っている。負レンズ G 3 1 は、両面を非球面形状とすることにより、非点収差などの軸外収差を良好に補正している。

【 0 0 6 5 】

(実施例 2)

第 1 レンズ群 L 1 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ G 1 1、両凹形状の負レンズ G 1 2、両凸形状の正レンズ G 1 3 (正レンズ 1 p) により成っている。第 2 レンズ群 L 2 は、両凸形状の正レンズ G 2 1、両凸形状の正レンズ G 2 2、両凹形状の負レンズ G 2 3、両凸形状の正レンズ G 2 4 により成っている。正レンズ G 2 2 と負レンズ G 2 3 は貼り合わせ構成としている。また、正レンズ 2 1 の両面は非球面形状である。第 3 レンズ群 L 3 は、像側が凸のメニスカス形状の負レンズ G 3 1 により成っている。このとき、G 3 1 の両面は非球面である。

【 0 0 6 6 】

(実施例 3)

第 1 レンズ群 L 1 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ G 1 1、両凹形状の負レンズ G 1 2、両凸形状の正レンズ G 1 3 (正レンズ 1 p) により成っている。負レンズ G 1 2 と正レンズ G 1 3 は貼り合わせ構成としている。第 2 レンズ群 L 2 は、両凸形状の正レンズ G 2 1、両凸形状の正レンズ G 2 2、両凹形状の負レンズ G 2 3、両凸形状の正レンズ G 2 4、両凸形状の正レンズ G 2 5 により成っている。正レンズ G 2 2 と正レンズ G 2 3 は貼り合わせの構成としている。また、正レンズ G 2 1 および正レンズ G 2 4 の

両面は非球面形状である。第3レンズ群L3は、像側が凸のメニスカス形状の負レンズG31により成っている。このとき、G31の両面は非球面形状である。

【0067】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた監視カメラ（撮像装置）の実施例を、図8を用いて説明する。図8において、30は監視カメラ本体、31は実施例1乃至3で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮像光学系である。32は、カメラ本体に内蔵され、撮像光学系31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。高い解像力を得るためにフルHD（1920×1080）などの高精細な撮像素子を構成している。実施例においては、1画素ピッチを1.4μm（実施例1および2）および2.75μm（実施例3）としている。

10

【0068】

33は、固体撮像素子32によって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。34は、撮影した32によって光電変換された被写体像を転送するためのネットワークケーブルである。

【0069】

以上のように、各実施例によれば小型でありながら全ズーム範囲にわたり高い光学性能であり、可視光から近赤外光においてピンツレを抑制し、広画角で明るいズームレンズおよびそれを有する撮像装置を得ることができる。これら実施例は、最大画角2θが90°以上、Fnoが1.4程度をカバーし、フルHD以上の高画素な撮像素子に対応可能な小型のズームレンズおよびそれを有する撮像装置である。

20

【0070】

なお各実施例においては以下のような手段をとっても良い。

- ・実施例に示したガラスの形状、枚数に限定されるものではなく適宜変更すること。
- ・変倍時において、開口絞りSPを固定もしくはズーミングに際して、他のレンズ群と独立に移動させること。
- ・非球面レンズの材料はガラスに限らず、球面レンズ面上に樹脂材料で非球面を形成した（非球面成分を乗せた）ハイブリッドタイプの非球面レンズや、プラスチック材料より成る非球面レンズを用いること。

【0071】

30

- ・一部のレンズおよびレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させ、これにより手ぶれ等の振動に伴う像ブレを補正すること。
- ・撮像装置に用いるとき電氣的な補正手段により、ズームレンズの歪曲収差や色収差を補正すること。
- ・第3レンズ群以外のレンズ群を動かすことによりフォーカシングを行うこと。

【0072】

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や光学仕様（画角やFno）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。

【0073】

40

次に、各実施例に対応する実施例の数値データを示す。各実施例の数値データにおいて面番号iは物体側から数えた光学面の順序を示す。riは第i番目の光学面の曲率半径である。diは第i番目と第i+1番目の面間隔である。ndiとdiはそれぞれd線に対する光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。部分分散比Ctは $(n_C - n_t) / (n_F - n_C)$ で計算される数値である。実施例1において間隔d7、実施例3において間隔d6が負の値となっているのは、物体側から像側へ順に、開口絞りSP、第2レンズ群L2の順に数えたためである。*は非球面を意味する。

【0074】

バックフォーカス（BF）は、レンズ最終面から近軸像面までの空気換算距離である。レンズ全長は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカス（BF）を

50

加えた値と定義する。また K を離心率、A 4、A 6、A 8、A 10、A 12 を非球面係数、光軸からの高さ H の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして x とするとき、非球面形状は、

【 0 0 7 5 】

【 数 1 】

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

【 0 0 7 6 】

で表示される。但し R は曲率半径である。また例えば「e - Z」の表示は「1 0 - Z」を意味する。また、各実施例における上述した条件式との対応を表 1 に示す。f は焦点距離（d 線）、F n o は F ナンバー、半画角（ ）に関しては、歪曲量を考慮した撮影可能画角に関する数値である。焦点距離（850nm）は、波長850nmによる焦点距離である。

10

【 0 0 7 7 】

[実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	C t
1	37.276	0.5	1.51633	64.1	0.8687
2	3.708	2.67			
3	-9.176	0.45	1.6968	55.5	0.8330
4	22.101	0.15			
5	11.283	0.86	1.95906	17.5	0.6264
6	31.995	(可変)			
7(絞り)		-0.14			
8*	4.918	2.38	1.4971	81.6	0.8349
9*	-6.85	0.1			
10	7.81	1.64	1.437	95.1	0.8427
11	-10.779	0.65	1.90366	31.3	0.6968
12	5.063	0.54			
13	7.948	2.6	1.72	50.2	0.7931
14	-5.627	(可変)			
15*	-12.409	0.5	1.75501	51.2	0.8042
16*	-283.257	(可変)			
17		0.6	1.51633	64.1	-

20

像面

30

【 0 0 7 8 】

非球面データ

40

第8面

K = 1.71905e-001 A 4=-1.72272e-003 A 6=-3.28988e-005 A 8= 4.96438e-007
A10=-1.55833e-007

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.61742e-003 A 6=-1.29861e-005 A 8= 2.23105e-007
A10=-1.68559e-008

第15面

K = 8.08018e-001 A 4=-7.90203e-003

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.31578e-003 A 6= 7.57632e-005

50

【 0 0 7 9 】

各種データ

ズーム比 3.9

	広角	中間	望遠
焦点距離	2.1000	5.3781	8.1970
焦点距離 (850nm)	2.1104	5.3970	8.2212
Fno	1.47	2.41	3.23
半画角 () (度)	46.7	16.9	11.0
像高	1.58	1.58	1.58
レンズ全長	28.50	23.14	24.12
BF	2.31	5.96	8.71

10

間隔	広角	中間	望遠
d 6	11.81	2.69	0.59
d14	1.5	1.61	1.94
d16	1.49	5.14	7.89

各群焦点距離

1群	-5.19
2群	5.97
3群	-17.2

20

固体撮像素子の画素ピッチ: 0 . 0 0 1 4 [mm]

【 0 0 8 0 】

[実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	C t
1	81.883	0.5	1.60311	60.6	0.8321
2	4.785	2.78			
3	-5.342	0.45	1.6968	55.5	0.8330
4	40.015	0.17			
5	32.621	0.89	1.95906	17.5	0.6264
6	-27.041	(可変)			
7(絞り)		0.55			
8*	5.523	2.23	1.4971	81.6	0.8349
9*	-11.967	0.1			
10	12.555	1.7	1.437	95.1	0.8427
11	-9.016	0.3	1.90366	31.3	0.6968
12	14.94	0.57			
13	6.623	2.24	1.59282	68.6	0.7960
14	-6.838	(可変)			
15*	-4.602	0.75	1.75501	51.2	0.8042
16*	-6.385	(可変)			
17		0.6	1.51633	64.1	-
像面					

30

40

【 0 0 8 1 】

50

非球面データ

第8面

K = 1.71905e-001 A 4=-9.76188e-004 A 6=-5.45335e-005 A 8= 5.46064e-007
A10=-1.79190e-007

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.16798e-004 A 6=-2.83657e-005 A 8=-1.98708e-006
A10= 1.55926e-007

第15面

K = 1.57008e+000 A 4=-4.45778e-003 A 6= 2.83105e-004 A 8= 1.23099e-005
A10= 8.32708e-006

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.92074e-003 A 6= 1.11257e-004 A 8= 2.44653e-005

10

【 0 0 8 2 】

各種データ

ズーム比 3.4

	広角	中間	望遠
焦点距離	2.1002	4.6100	7.1397
焦点距離 (850nm)	2.1086	4.6269	7.1650
Fno	1.44	2.04	2.66
半画角 () (度)	51.3	19.9	12.7
像高	1.58	1.58	1.58
レンズ全長	28.50	24.38	25.59
BF	3.51	7.02	10.46

20

間隔	広角	中間	望遠
d 6	10.27	2.67	0.4
d14	1.5	1.47	1.5
d16	2.76	6.27	9.71

30

各群焦点距離

1群 -4.61
2群 5.83
3群 -26.65

固体撮像素子の画素ピッチ: 0 . 0 0 1 4 [mm]

【 0 0 8 3 】

[実施例 3]

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d	C t
1	27.876	0.5	1.59522	67.7	0.7953
2	5.385	3.79			
3	-6.479	0.45	1.6968	55.5	0.8330
4	20.356	1	1.95906	17.5	0.6264
5	-73.186	(可変)			
6(絞リ)		-0.34			
7*	5.977	2.44	1.4971	81.6	0.8349
8*	-23.466	0.17			

50

9	14.447	2.2	1.437	95.1	0.8427
10	-8.129	0.36	1.801	35.0	0.7255
11	11.965	0.52			
12*	6.226	2.2	1.4971	81.6	0.8349
13*	-31.597	0.2			
14	34.176	1.37	1.883	40.8	0.7397
15	-12.849	(可変)			
16*	-8.346	0.75	1.68893	31.2	0.6972
17*	-24.69	(可変)			
18		0.6	1.51633	64.1	
像面					

10

【 0 0 8 4 】

非球面データ

第7面

K = 1.71905e-001 A 4=-3.33036e-004 A 6=-9.87827e-006 A 8= 1.23665e-006
A10=-1.01218e-007 A12= 1.16810e-009

第8面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.19740e-004 A 6= 4.07730e-006 A 8= 6.63670e-007
A10=-9.46456e-008 A12= 1.48221e-009

20

第12面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.52538e-004 A 6=-4.78683e-006 A 8=-1.31423e-006

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.70578e-004 A 6= 4.10856e-006 A 8= 1.58203e-008
A10=-8.55304e-009

第16面

K = 1.57008e+000 A 4=-2.72570e-003 A 6= 2.84051e-004 A 8=-3.66403e-006
A10=-1.88077e-007

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.19739e-003 A 6= 3.02610e-004 A 8=-9.57983e-006

30

【 0 0 8 5 】

各種データ

ズーム比 4.9

	広角	中間	望遠
焦点距離	2.1503	5.2024	10.5489
焦点距離 (850nm)	2.1615	5.2205	10.5756
Fno	1.44	2.3	3.85
半画角 () (度)	48.5	17.6	8.57
像高	1.58	1.58	1.58
レンズ全長	35.50	29.60	33.24
BF	3.50	7.90	15.10

40

間隔	広角	中間	望遠
d 5	14.89	4.64	0.89
d15	1.5	1.45	1.64
d17	0.66	5.06	12.26

各群焦点距離

1群 -5.16

50

2群 6.88

3群 -18.65

固体撮像素子の画素ピッチ: 0 . 0 0 2 7 5 [mm]

【 0 0 8 6 】

【表 1】

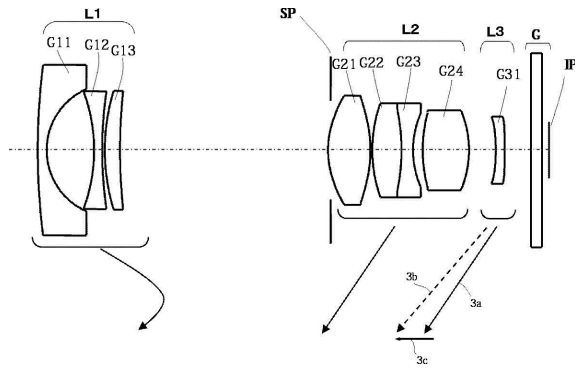
条件式		実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1)	$\nu d A$	95.1	95.1	95.1
(2)	$\theta C t A - (0.0047 \cdot \nu d A + 0.546)$	-0.15	-0.15	-0.15
(3)	$f 1 / f w$	-2.47	-2.20	-2.40
(4)	$f 2 / f 3$	-0.35	-0.22	-0.37
(5)	$N d 1 p$	1.96	1.96	1.96
(6)	$\nu d 1 p$	17.47	17.47	17.47
(7)	$f 1 / f 2$	-0.87	-0.79	-0.75
(8)	$f 3 / f w$	-8.19	-12.69	-8.67
(9)	$-M 3 / O A L w$	0.22	0.24	0.32
(10)	$(\beta 3 t / \beta 3 w) / (\beta 2 t / \beta 2 w)$	0.45	0.44	0.46
(11)	$F n o w \cdot ((f w_{850} - f w) / p)$	10.88	8.69	5.89
(12)	$F n o t \cdot ((f t_{850} - f t) / p)$	64.33	47.88	37.42

【符号の説明】

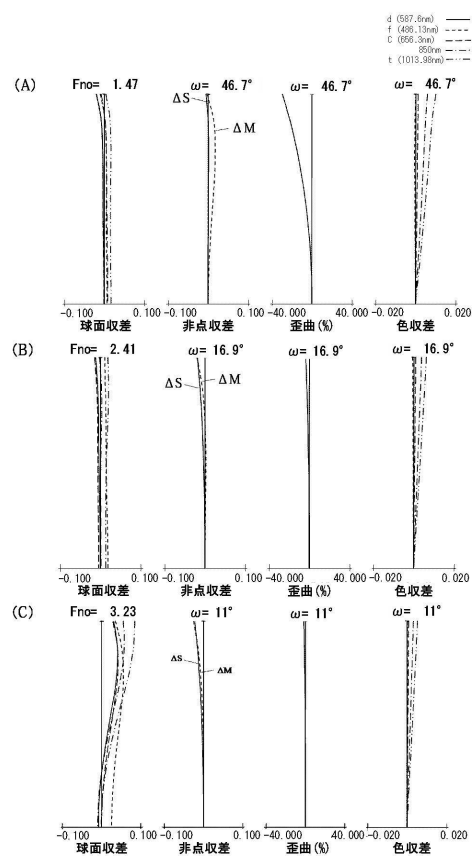
【 0 0 8 7 】

L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群 L 3 第 3 レンズ群

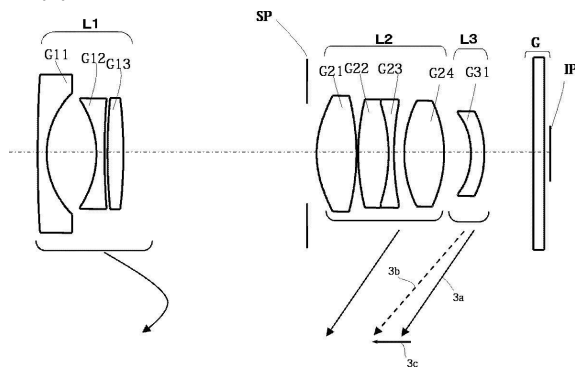
【図 1】



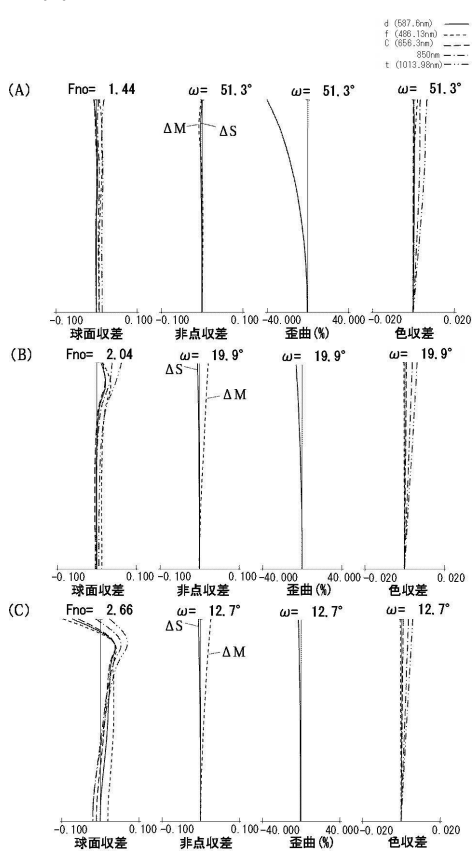
【図 2】



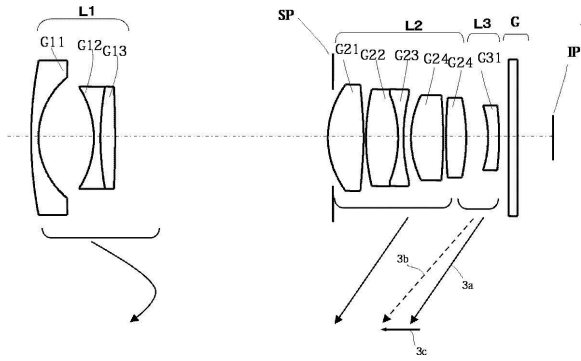
【図 3】



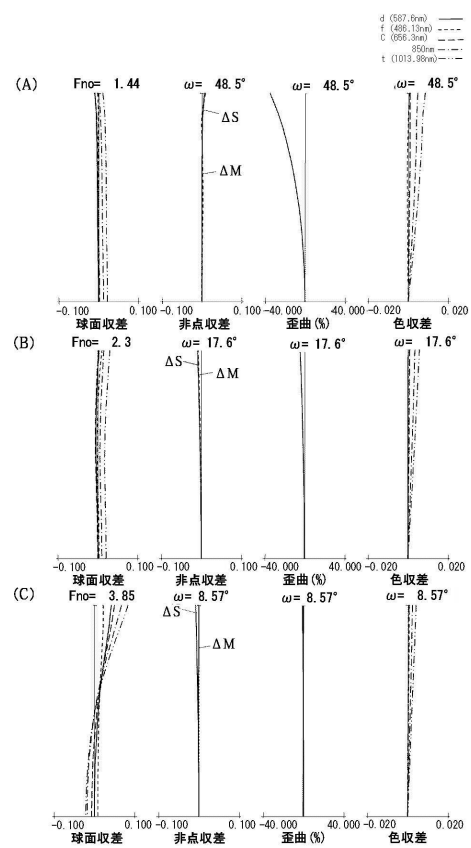
【図 4】



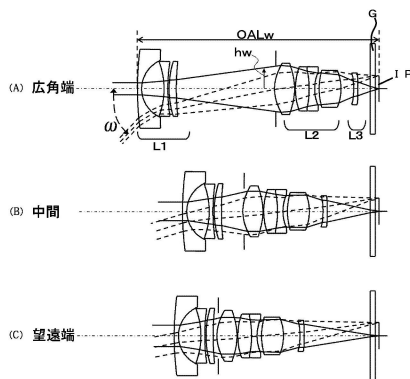
【図 5】



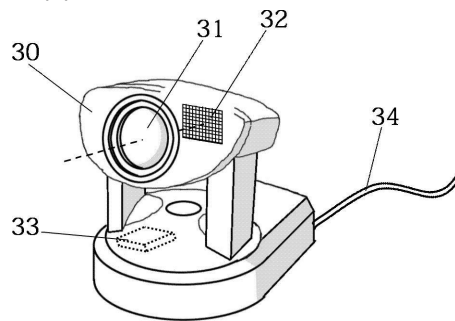
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2016 - 90748 (JP, A)
特開 2014 - 202841 (JP, A)
特開 2008 - 158121 (JP, A)
特開 2007 - 232996 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04