

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5639625号  
(P5639625)

(45) 発行日 平成26年12月10日(2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日(2014.10.31)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 2 B 13/02 (2006.01)

G 0 2 B 13/02

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2012-202182 (P2012-202182)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年9月14日 (2012. 9. 14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-56196 (P2014-56196A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年3月27日 (2014. 3. 27)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成26年4月10日 (2014. 4. 10)		弁理士 高梨 幸雄
早期審査対象出願		(72) 発明者	大元 純一
			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
		審査官	森内 正明
		(56) 参考文献	特開2014-38305 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像光学系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、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、開口絞り、第3レンズ群より構成され、フォーカシングに際して、前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は不動であり、前記第2レンズ群が移動し、前記第1レンズ群は、最も広い空気間隔を境に、物体側に正の屈折力の第11レンズ群、像側に第12レンズ群を有し、前記第11レンズ群は1つの正レンズG1より構成され、前記正レンズG1の材料の屈折率をNG1、比重をdG1、焦点距離をfG1、全系の焦点距離をfとすると、

$$dG1 < -3.1 \times (NG1)^2 + 14.7 \times NG1 - 12.8$$

$$0.4 < fG1 / f < 0.8$$

なる条件式を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【請求項2】

 $1.5 < NG1$ 

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項1に記載の撮像光学系。

【請求項3】

前記第11レンズ群と前記第12レンズ群の光軸上の間隔をD1ab、最も物体側のレンズ面から像面までの距離をLとすると、

 $0.05 < D1ab / L < 0.40$ 

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項1又は2に記載の撮像光学系。

【請求項4】

前記第 1 2 レンズ群は少なくとも 1 つの負レンズを含み、前記第 1 2 レンズ群に含まれる負レンズについて物体側から数えたときの第  $j$  番目の負レンズ  $G_{nj}$  の焦点距離を  $f_{nj}$ 、材料のアッペ数を  $d_{nj}$  とするとき、

$$-0.251 < (f / (f_{nj} \times d_{nj})) < -0.15$$

なる条件式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 項に記載の撮像光学系。

【請求項 5】

前記第 1 2 レンズ群は少なくとも 1 つの正レンズを含み、該正レンズの材料のアッペ数を  $d_{12p}$  とするとき、

$$80 < d_{12p}$$

なる条件式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 項の撮像光学系。

【請求項 6】

瞳近軸光線が光軸と交わる位置よりも物体側に少なくとも 1 つの回折光学素子を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 7】

物体側から像側へ順に、前記第 3 レンズ群は正の屈折力の第 3 1 レンズ群、像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動する負の屈折力の第 3 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 3 レンズ群より構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群は、単一の負レンズ、または、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系と、該撮像光学系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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は撮像光学系及びそれを有する撮像装置に関し、例えば固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、監視用カメラや銀塩フィルムを用いたフィルム用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

長焦点距離の撮像光学系として、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する前方レンズ群と、負の屈折力を有する後方レンズ群より成る、所謂望遠タイプの撮像光学系（望遠レンズ）が知られている。ここで長焦点距離とは例えば有効撮像範囲の寸法に比べて長い焦点距離のことをいう。一般的に焦点距離の長い望遠タイプの撮像光学系では、焦点距離が延びるにしたがって、光学系全体が大型化し、また高重量化してくる。特に前方レンズ群が高重量化してくる。また諸収差のうち、特に軸上色収差及び倍率色収差等の色収差が多く発生してくる。

【0003】

これらの色収差を、蛍石等の異常部分分散性を持った低分散材料を用いて補正する（色消しを行った）撮像光学系が種々提案されている。例えば色収差を部分分散比（ $g_F$ ）が大きい材料を開口絞りより前側（物体側）の正レンズに用いることで補正した撮像光学系が知られている（特許文献 1）。特許文献 1 では焦点距離 400mm 前後で F ナンバー 2.8 程度の望遠タイプの撮像光学系を開示している。

【0004】

一方、撮像光学系の色収差を含めた諸収差を補正しつつ、レンズ重量を軽量化する方法として、撮像光学系の一部に、回折作用を有する回折光学部を基板上に設けた回折光学素子を用いる方法が知られている。この方法を用いて、色収差を補正しつつレンズ全長を短

10

20

30

40

50

縮したり、ガラス材料の比重を比較的軽い材料でレンズを構成することで総合的なレンズ重量を軽量化した撮像光学系が知られている（特許文献２）。

【０００５】

特許文献２では焦点距離８００ｍｍ前後でＦナンバー５．８程度の望遠タイプの撮像光学系を開示している。また多くの望遠タイプの撮像光学系では、フォーカシングを高速に行うために前方レンズ群以外の比較的小型でしかも軽量のレンズ群を移動させて行うインナーフォーカス式を用いた撮像光学系が知られている（特許文献３）。特許文献３では物体側より順に、正の屈折力の第１レンズ群、負の屈折力の第２レンズ群を有し、第２レンズ群を移動させてフォーカスを行っている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開昭５８－８２２１７号公報

【特許文献２】特開２００８－０９６６５６号公報

【特許文献３】特開２００９－２７１３５４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

望遠タイプの撮像光学系は一般に、焦点距離を長くするにつれてレンズ系全体が大型化及び高重量化してくる。このため望遠タイプの撮像光学系ではレンズ系全体の小型化及び軽重量化を図ることが重要になってくる。

20

【０００８】

一般に望遠タイプの撮像光学系において焦点距離が長くなるにつれて、正の屈折力の前方レンズ群が大型化及び高重量化してくる。更に色収差の発生が多くなってくる。このため望遠タイプの撮像光学系においては正の屈折力の前方レンズ群のレンズ構成を適切に設定することが全系の小型化及び軽重量化を図りつつ、かつ色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るのに重要になってくる。前方レンズ群のレンズ構成が不適切であると全系が大型化及び高重量化し、諸収差が増大し高い光学性能を得るのが大変困難になる。

【０００９】

本発明は、全系の小型化及びレンズ重量の軽量化を図ることが容易な撮像光学系及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明の撮像光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第１レンズ群、負の屈折力の第２レンズ群、開口絞り、第３レンズ群より構成され、フォーカシングに際して、前記第１レンズ群および前記第３レンズ群は不動であり、前記第２レンズ群が移動し、前記第１レンズ群は、最も広い空気間隔を境に、物体側に正の屈折力の第１１レンズ群、像側に第１２レンズ群を有し、前記第１１レンズ群は１つの正レンズＧ１より構成され、前記正レンズＧ１の材料の屈折率を $N_{G1}$ 、比重を $d_{G1}$ 、焦点距離を $f_{G1}$ 、全系の焦点距離を $f$ とするとき、

40

$$d_{G1} < -3.1 \times \frac{(N_{G1})^2}{f_{G1}} + 14.7 \times N_{G1} - 12.8$$

$$0.4 < f_{G1} / f < 0.8$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【００１１】

本発明によれば、全系の小型化及びレンズ重量の軽量化を図ることが容易な撮像光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】（Ａ）、（Ｂ） 本発明の実施例１の撮像光学系の物体距離無限遠時におけるレ

50

レンズ断面図と収差図

【図 2】(A), (B) 本発明の実施例 2 の撮像光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図 3】(A), (B) 本発明の実施例 3 の撮像光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図 4】(A), (B) 本発明の実施例 4 の撮像光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図 5】(A), (B) 本発明の実施例 5 の撮像光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図 6】レンズの焦点距離と重量との関係を示す説明図

10

【図 7】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図 8】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図 9】本発明の撮像装置の説明図

【発明を実施するための形態】

【0013】

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説明する。本発明の撮像光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、フォーカスのために光軸方向に移動する負の屈折力の第 2 レンズ群、開口絞り、正又は負の屈折力の第 3 レンズ群、を有している。

【0014】

20

図 1 (A) 乃至図 5 (A) は、本発明の撮像光学系の実施例 1 乃至実施例 5 のレンズ断面図である。また図 1 (B) 乃至図 5 (B) は本発明の撮像光学系の実施例 1 乃至実施例 5 の縦収差図である。図 6 はレンズの焦点距離と重量の関係を示す説明図である。図 7 (A), (B)、図 8 (A), (B), (C) は各々本発明に係る回折光学素子の説明図である。図 9 は本発明の撮像光学系をカメラ本体に装着した一眼レフカメラシステム（撮像装置）の要部概略図である。

【0015】

各レンズ断面図において、L0 は撮像光学系である。SP は軸上最大光束径を決定している開口絞りである。撮像光学系 L0 は正の屈折力の第 1 レンズ群 L1、フォーカシングに際して移動する負の屈折力の第 2 レンズ群 L2、正又は負の第 3 レンズ群 L3 を有している。第 1 レンズ群 L1 は最も広い空気間隔を境に物体側に正の屈折力の第 11 レンズ群 L11、像側に第 12 レンズ群 L12 を有している。フォーカシングに際して第 1 レンズ群 L1 と第 3 レンズ群 L3 は不動である。

30

【0016】

第 3 レンズ群 L3 は物体側から像側へ順に、固定の第 31 レンズ群 L31、光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動して画像（結像位置）を光軸方向に対し垂直に移動させる第 32 レンズ群 L32、固定の第 33 レンズ群 L33 を有する。

【0017】

実施例 2 乃至 5 は、瞳近軸光線が光軸と交わる位置よりも物体側に少なくとも 1 つの回折光学素子 DOE を有している。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カメラの撮像光学系として使用する際には像を受光する CCD センサや CMOS センサ等の撮像素子（光電変換素子）の撮像面が、銀塩フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際にはフィルム面に相当する。

40

【0018】

各収差図において、d-line、g-line は順に、d 線、g 線である。M、S はメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。Fno は F ナンバー、 $\theta$  は半画角である。すべての収差図においては、後述する各数値実施例を mm 単位で表したとき球面収差は 0.2 mm、非点収差は 0.2 mm、歪曲は 2%、倍率色収差は 0.025 mm のスケールで描かれている。各実施例の撮像光学系 L0 は望遠タイプ

50

より成り、その特徴とする構成は次のとおりである。

【 0 0 1 9 】

各実施例の撮像光学系において、第 1 1 レンズ群 L 1 1 は 1 つの正レンズ G 1 より構成されている。正レンズ G 1 の材料の屈折率を  $NG 1$ 、比重を  $d G 1$ 、焦点距離を  $f G 1$  とする。全系の焦点距離を  $f$  とする。このとき、

$$d G 1 < - 3 \cdot 1 \times \frac{(NG 1)^2}{f G 1} + 14 \cdot 7 \times NG 1 - 12 \cdot 8 \quad \dots (1)$$

$$0 \cdot 4 < f G 1 / f < 0 \cdot 8 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満たしている。

【 0 0 2 0 】

従来、物体側から像側へ順に、正の屈折力の前方レンズ群と負の屈折力の後方レンズ群よりなる所謂望遠タイプ（テレフォタイプ）の撮像光学系が多くの撮像装置に用いられている。

【 0 0 2 1 】

テレフォタイプを採用した場合、前玉の有効範囲（有効径）は軸上光線の有効範囲が支配的となる。テレフォタイプの撮像光学系は正、負の屈折力のレンズ群を有し、軸上光線を絞り込むことでレンズ全長の短縮を図っている。つまり、有効径は物体側のレンズが大きく、絞り面（像側）に向かって小さくなる。また F 値（F ナンバー）が小さくなればレンズ有効径は逆比例倍で大きくなり、レンズの重量は 3 乗で増す。したがって、レンズ重量の軽減を図る場合、前玉レンズの軽量化を図ることが効果的である。

【 0 0 2 2 】

レンズ群を構成する 1 つのレンズの屈折力を弱めてレンズを薄くして軽量化を図るとき、レンズ群全体の屈折力を維持するために他のレンズが大型化・厚肉化してしまうと全体として軽量化が図れない。材料の屈折率と目標とする焦点距離（パワーの逆数）を与えると必要な屈折力を構成するためのレンズの体積がほぼ一意に定まる。これに比重を乗ずるとレンズの所要重量が定まる。本発明者は、所望の屈折力を有するレンズの材料の屈折率と比重の関係からレンズ重量を最適化する手法を考案した。

【 0 0 2 3 】

図 6 は一定の条件下での単レンズの重量を硝材の比重ごとにプロットしたものである。ここでは、レンズ直径を 140 mm、シェイプファクターを 1.30、レンズ周辺部のコバを 2.5 mm、レンズの焦点距離を 240 mm としている。そして、レンズの材料の屈折率・レンズの焦点距離（屈折力）を変化させた場合にはレンズの第 1 レンズ面とレンズの中心厚みを変化させることで前記条件を満たすように調整している。

【 0 0 2 4 】

例えば図 6 より材料の比重が 2.46 の場合、屈折率が 1.53 の時にレンズ重量が約 500 g となることがわかる。また、比重が同じく 2.46 で屈折率を 1.81 にすればレンズ重量は約 340 g になることがわかる。図 6 ではレンズ重量を満たすために必要な屈折率と比重の関係を読み取ることができ、従来の構成よりも軽量の領域を図 6 の破線のように示すことができる。図 6 に示す破線よりも下側の領域の硝材を利用すればレンズを軽量化することが容易となる。

【 0 0 2 5 】

条件式 (1) は以上の条件を鑑みて設定したものであり、第 1 1 レンズ群 L 1 1 の軽量化が容易な範囲を屈折率と比重の関係で規定している。条件式 (1) の値を超える範囲の材料を用いると、レンズの軽量化が難しい。第 1 1 レンズ群 L 1 1 の屈折力が小さい場合には、正レンズ G 1 が平行平板に近づくため、形状による重量の違いが小さくなる。このため、第 1 1 レンズ群 L 1 1 の屈折力が弱い場合には条件式 (1) を満たす材料を用いる効果が小さくなる。

【 0 0 2 6 】

条件式 (2) は第 1 1 レンズ群 L 1 1 の正レンズ G 1 の焦点距離を規定する。条件式 (2) の上限を超えて正レンズ G 1 の焦点距離を長くすると軽量化の効果が小さくなる。正レンズ G 1 の屈折力が弱くなることで後続レンズ群が大口径化し、光学系全体の軽量化が

10

20

30

40

50

困難になる。また、条件式(2)の下限を下回って正レンズG1の焦点距離が短くなると全系の重量に対して支配的な寄与を有する第11レンズ群L11の重量が増加するため、望ましくない。

#### 【0027】

このように、条件式(1)を満たす材料を、条件式(2)を満たす屈折力で正レンズG1に用いることで第11レンズL11の軽量化を図っている。更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値を次の如く設定するのが良い。

#### 【0028】

$$dG1 < -3.1 \times \frac{(NG1)^2}{f} + 14.7 \times NG1 - 12.9 \quad \dots (1a)$$

$$0.45 < fG1 / f < 0.75 \quad \dots (2a)$$

10

以上の構成を取ることで全体として軽量で高画質な像が得られる撮影光学系が容易に得られる。更に好ましくは次に述べる条件のうち少なくとも1つの条件式を満足するのが良く、これによれば更なる高い光学性能が容易に得られる。

#### 【0029】

第11レンズ群L11と第12レンズ群L12の光軸上の間隔をD1ab、最も物体側のレンズ面から像面までの距離(レンズ全長)をLとする。第12レンズ群L12に含まれる負レンズの物体側から数えた第j番目の負レンズGnjの焦点距離をfnj、材料のアッペ数をdnjとする。第12レンズ群L12に含まれる少なくとも1つの正レンズの材料のアッペ数をd12pとする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

20

#### 【0030】

$$1.5 < NG1 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < D1ab / L < 0.40 \quad \dots (4)$$

$$-0.251 < (f / (fnj \times dnj)) < -0.15 \quad \dots (5)$$

$$80 < d12p \quad \dots (6)$$

ここで は総和を表す。

#### 【0031】

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(3)は正レンズG1の材料の屈折率を規定する。条件式(3)の下限を下回る屈折率を有する材料を用いると、図6に示すように屈折力を強くしたときに第11レンズ群L11の重量が急激に増加するため軽量化が困難になる。第11レンズ群L11は最も物体側に配置された第11レンズ群L11と第11レンズ群L11よりも像側に配置された第12レンズ群L12より構成される。

30

条件式(4)は第11レンズ群L11と第12レンズ群L12との光軸上での距離と、最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離(レンズ全長)との比を規定する。条件式(4)の下限を下回ると第12レンズ群L12が大口径化し、第11レンズ群L11の軽量化が困難になる。条件式(4)の上限を上回ると第11レンズ群L11で生じた倍率色収差と軸上色収差をバランスよく補正するのが難しくなる。

#### 【0032】

条件式(5)は第12レンズ群L12に含まれる負レンズの焦点距離と材料のアッペ数を規定する。条件式(5)を満足することにより、負レンズの色消し効果を適切に設定することで色収差をバランス良く補正している。条件式(5)の下限を下回ると負レンズの重量が増加するため望ましくない。条件式(5)の上限を超えると第11レンズ群L11で生じる倍率色収差と軸上色収差をバランスよく補正することが難しくなる。

40

#### 【0033】

条件式(6)は第11レンズ群L11で生じる色収差を補正するための第12レンズ群L12の正レンズの材料のアッペ数を規定する。条件式(6)の下限を下回ると第11レンズ群L11で生じる色収差の補正が困難になる。望ましくは各実施例において条件式(6)を満足する正レンズを2枚以上用いるのが良い。

#### 【0034】

50

また、条件式(6)を満足する代わりに、瞳近軸光線が光軸と交わる位置よりも物体側に少なくとも1つの回折光学素子を配置してもよい。回折光学素子は高い色収差補正能力を有するため、瞳近軸光線が光軸と交わる位置よりも物体側に配置することで軸上色収差と倍率色収差を効果的に補正できる。一般に、条件式(6)を満足する硝材は比重が大きく、重量が増加しやすい。回折光学素子を利用すると、第1レンズ群L1に軽量の硝材を利用することができて、光学系全体を軽量化することが容易になる。更に好ましくは条件式(3)、(4)、(6)の数値を次の如く設定するのが良い。

【0035】

$$1.53 < \text{NG1} \quad \dots (3a)$$

$$0.1 < D1ab / L < 0.3 \quad \dots (4a)$$

$$90 < d12p \quad \dots (6a)$$

一般に正レンズと負レンズの材料のアッベ数の値が近いと色収差を補正した場合、各レンズのパワーが強くなる傾向がある。このため、色収差が補正されても単色収差の補正が難しくなる場合がある。各実施例においてこのような場合には非球面を用いると効果的に単色収差を補正することが容易になる。

【0036】

以上のように各実施例によれば色収差の補正が容易で、しかもレンズ重量の軽量化が容易な撮像光学系及びそれを有する撮像装置を得ることが容易である。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。

【0037】

[実施例1]

図1に示す実施例1は対角画角が約6.32度の望遠タイプの撮像光学系である。実施例1では物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3を有している。第1レンズ群L1は最も広い空気間隔を境に第11レンズ群L11と第12レンズ群L12から構成されている。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に開口絞りSPを有している。第3レンズ群L3は正の屈折力の第31レンズ群L31と負の屈折力の第32レンズ群L32と正の屈折力の第33レンズ群L33を有している。

【0038】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像側に移動させることで行っている。焦点距離が長いレンズの場合はレンズが大きく、重いためレンズ全体を移動させてフォーカスを行うのが困難である。

【0039】

そこで本実施例では第1レンズ群L1以外の一部の小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカスを行っている。撮像光学系LOが振動した時の撮影画像のブレの補正は第32レンズ群L32を可動レンズ群として光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて行っている。

【0040】

第11レンズ群L11の正レンズG1は株式会社オハラ社 商品名S-TIH3からなり、条件式(1)、(2)、(3)を満たす。実施例1の第11レンズ群L11の重量は約513gであるが、仮に同条件で株式会社オハラ社 商品名S-FSL5を用いた場合には約628gとなり、約115gの軽量化になっている。第12レンズ群L12は物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズから構成されている。

【0041】

第11レンズ群L11と第12レンズ群L12の間隔が条件式(4)を満たすことで物体側の大口径となる第11レンズ群L11のレンズの枚数を減らし、撮像光学系の軽量化を図っている。第2レンズ群L2は単一の負レンズから構成されている。第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は負レンズと正レンズを接合した1組の接合レンズから構成されている。第32レンズ群L32は正レンズと負レンズを接合した接合レンズと、負レンズから構成されている。第33レンズ群L33は正レンズと、正レンズと負レン

10

20

30

40

50

ズを接合した接合レンズから構成されている。

【 0 0 4 2 】

[ 実施例 2 ]

実施例 2 は対角画角が約 6 . 3 2 度の望遠タイプの撮像光学系である。実施例 1 では物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 を有している。

【 0 0 4 3 】

第 1 レンズ群 L 1 は最も広い空気間隔を境に第 1 1 レンズ群 L 1 1 と第 1 2 レンズ群 L 1 2 から構成されている。第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間に開口絞り S P を有している。第 3 レンズ群 L 3 は正の屈折力の第 3 1 レンズ群 L 3 1 と負の屈折力の第 3 2 レンズ群 L 3 2 と正の屈折力の第 3 3 レンズ群 L 3 3 を有している。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第 2 レンズ群 L 2 を像側に移動させることで行っている。焦点距離が長いレンズの場合はレンズが大きく、重い場合移動させてフォーカスを行うのが困難である。

【 0 0 4 4 】

そこで本実施例では第 1 レンズ群 L 1 以外の一部の小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカスを行っている。撮像光学系 O L が振動した時の撮影画像のブレの補正は第 3 2 レンズ群 L 3 2 を可動レンズ群として光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて行っている。第 1 1 レンズ群 L 1 1 の正レンズ G 1 は株式会社オハラ社 商品名 S - T I H 1 からなり、条件式 ( 1 )、( 2 )、( 3 ) を満たす。実施例 2 の第 1 1 レンズ群 L 1 1 は約 4 6 2 g であるが、仮に同条件で株式会社オハラ社 商品名 S - F S L 5 を用いた場合には約 5 2 5 g となり、約 6 3 g の軽量化になっている。

【 0 0 4 5 】

第 1 2 レンズ群 L 1 2 は物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成されている。接合レンズは回折光学素子 D O E を構成し、接合レンズの接合面に回折光学部 D を有する。回折光学素子 D O E を第 1 レンズ群 L 1 に用いることで、色収差の補正を容易にしている。これによって第 1 1 レンズ群 L 1 1 よりも像側にあるレンズに比重が軽い硝材を用いることができ、全系の軽量化を容易にしている。

【 0 0 4 6 】

第 1 1 レンズ群 L 1 1 と第 1 2 レンズ群 L 1 2 の間隔が条件式 ( 4 ) を満たすことで物体側の大口径となる第 1 1 レンズ群 L 1 1 のレンズの枚数を減らし、撮像光学系の軽量化を図っている。第 2 レンズ群 L 2 は 1 つの負レンズから構成されている。第 3 レンズ群 L 3 において、第 3 1 レンズ群 L 3 1 は負レンズと正レンズを接合した接合レンズから構成されている。第 3 2 レンズ群 L 3 2 は正レンズと負レンズを接合した接合レンズと、負レンズから構成されている。第 3 3 レンズ群 L 3 3 は正レンズと、負レンズと正レンズを接合した接合レンズから構成されている。

【 0 0 4 7 】

[ 実施例 3 ]

実施例 3 は対角画角が約 6 . 3 2 度の望遠タイプの撮像光学系である。第 1 1 レンズ群 L 1 1 の正レンズ G 1 は株式会社オハラ社 商品名 S - T I H 5 3 からなり、条件式 ( 1 )、( 2 )、( 3 ) を満たす。第 1 1 レンズ群 L 1 1 は約 4 4 1 g であるが、仮に同条件で株式会社オハラ社 商品名 S - F S L 5 を用いた場合には約 4 9 3 g となり、約 5 2 g の軽量化になっている。また、第 1 2 レンズ群 L 1 2 は正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成されている。その他の構成は実施例 2 と同様である。

【 0 0 4 8 】

[ 実施例 4 ]

実施例 4 は対角画角が約 6 . 3 2 度の望遠タイプの撮像光学系である。第 1 1 レンズ群 L 1 1 の正レンズ G 1 は株式会社オハラ社 商品名 S - T I M 2 2 からなり、条件式 ( 1

10

20

30

40

50



）、（２）、（３）を満たす。第１１レンズ群Ｌ１１は約４０４ｇであるが、仮に同条件で株式会社オハラ社 商品名Ｓ－ＦＳＬ５を用いた場合には約４５１ｇとなり、約４７ｇの軽量化になっている。その他は実施例２と同様の構成である。

【００４９】

[ 実施例５ ]

実施例５は対角画角が約３．１８度の望遠タイプの撮像光学系である。実施例５では物体側から像側へ順に、正の屈折力の第１レンズ群Ｌ１、負の屈折力の第２レンズ群Ｌ２、負の屈折力の第３レンズ群Ｌ３を有している。第１レンズ群Ｌ１は最も広い空気間隔を境に第１１レンズ群Ｌ１１と第１２レンズ群Ｌ１２から構成されている。第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３の間に開口絞りＳＰを有している。第３レンズ群Ｌ３は正の屈折力の第３１レンズ群Ｌ３１と負の屈折力の第３２レンズ群Ｌ３２と正の屈折力の第３３レンズ群Ｌ３３を有している。

10

【００５０】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第２レンズ群Ｌ２を像側に移動させることで行っている。撮像光学系が振動した時の撮影画像のブレの補正は第３２レンズ群Ｌ３２を可動レンズ群として光軸と直交する方向に移動させて行っている。第１１レンズ群Ｌ１１の正レンズＧ１は株式会社オハラ社 商品名Ｓ－ＴＩＭ２７からなり、条件式（１）、（２）、（３）を満たす。第１１レンズ群Ｌ１１は約３３２ｇであるが、仮に同条件で株式会社オハラ社 商品名Ｓ－ＦＳＬ５を用いた場合には約３６０ｇとなり、約２８ｇの軽量化になっている。

20

【００５１】

第１２レンズ群Ｌ１２は物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズから構成されている。接合レンズは回折光学素子ｆＤＯＥを構成している。接合レンズの物体側の面に回折光学部ＤＯＥを有する。第１１レンズ群Ｌ１１と第１２レンズ群Ｌ１２の間隔が条件式（４）を満たすことで物体側の大口径となる第１１レンズ群Ｌ１１のレンズの枚数を減らし、撮像光学系の軽量化を図っている。

【００５２】

第２レンズ群Ｌ２は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。第３レンズ群Ｌ３において、第３１レンズ群Ｌ３１は負レンズと正レンズを接合した接合レンズから構成されている。第３２レンズ群Ｌ３２は正レンズと負レンズを接合した接合レンズと、正レンズから構成されている。第３３レンズ群Ｌ３３は正レンズと、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズから構成されている。

30

【００５３】

ここで、各実施例の撮像光学系で用いた回折光学素子ＤＯＥの構成について説明する。撮像光学系内に配置される回折光学素子ＤＯＥを構成する回折光学部Ｄは、光軸に対して回転対称な回折格子より成っている。

【００５４】

図７（Ａ）は回折光学素子３１の回折光学部の一部分の拡大断面図である。図７（Ａ）は基板（透明基板）３２上に１つの層よりなる回折格子（回折光学部）３３を設けている。図７（Ｂ）は、この回折光学素子３１の回折効率の特性を示す説明図である。図７（Ｂ）において横軸は波長を表し、縦軸は回折効率を表している。なお、回折効率は全透過光束に対する回折光の光量の割合であり、格子部３ａの境界面での反射光などは説明が複雑になるのでここでは考慮していない。

40

【００５５】

回折格子３３の光学材料は、紫外線硬化樹脂（屈折率 $n_d = 1.513$ 、アッベ数 $v_d = 51.0$ ）を用いている。格子部３ａの格子厚 $d_1$ を $1.03\mu m$ と設定し、波長 $530nm$ 、＋１次の回折光の回折効率が最も高くなるようにしている。すなわち設計次数が＋１次で、設計波長が波長 $530nm$ である。図７（Ｂ）中において＋１次の回折光の回

50

折効率は実線で示している。さらに、図 7 ( B ) では設計次数近傍の回折次数 ( + 1 次 ± 1 次である 0 次と + 2 次 ) の回折効率も併記している。図から分かるように、設計次数での回折効率は設計波長近傍で最も高くなり、それ以外の波長では徐々に低くなる。

#### 【 0 0 5 6 】

この設計次数での回折効率の低下分が他の次数の回折光 ( 不要光 ) となり、フレアの要因となる。また、回折光学素子 3 1 を光学系中の複数箇所に使用した場合には、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながることになる。

#### 【 0 0 5 7 】

次に、異なる材料よりなる複数の回折格子を積層した積層型の回折光学素子について説明する。図 8 ( A ) は積層型の回折光学素子 3 1 の一部拡大断面図であり、図 8 ( B ) は図 8 ( A ) に示す回折光学素子 3 1 の + 1 次の回折光の回折効率の波長依存性を表す図である。

#### 【 0 0 5 8 】

図 8 ( A ) の回折光学素子 3 1 では、基板 1 0 2 上に紫外線硬化樹脂 ( 屈折率  $n_d = 1.499$ 、アッペ数  $d = 54$  ) からなる第 1 の回折格子 1 0 4 を形成している。更にその上に第 2 の回折格子 1 0 5 ( 屈折率  $n_d = 1.598$ 、アッペ数  $d = 28$  ) を形成している。この材料の組み合わせにおいて、第 1 の回折格子 1 0 4 の格子部 1 0 4 a の格子厚  $d_1$  は  $d_1 = 13.8 \mu\text{m}$ 、第 2 の回折格子 1 0 5 の格子部 1 0 5 a の格子厚  $d_2$  は  $d_2 = 10.5 \mu\text{m}$  としている。

#### 【 0 0 5 9 】

図 8 ( B ) から分かるように、積層構造の回折格子 1 0 4、1 0 5 を備えた回折光学素子 3 1 にすることで、設計次数の回折光において使用波長全域 ( ここでは可視域 ) で 95 % 以上という高い回折効率を得ている。なお、積層構造の回折光学素子 3 1 としては、図 8 ( C ) のように材料の組み合わせによっては 2 つの層 1 0 4 と 1 0 5 の格子厚を等しくしても良い。この場合は空気層を隔てて 2 つの回折格子の層を配置しても良い。

#### 【 0 0 6 0 】

回折光学部は光学面の上に施されているが、そのベースは球面又は平面又は非球面でも良い。また、回折光学部は、それらの光学面にプラスチックなどの膜を回折光学部 ( 回折面 ) として添付する方法である所謂レプリカ非球面で作成しても良い。回折格子の形状は、その 2 i 次項の位相係数を  $C_{2i}$  とした時、光軸からの距離 H における位相 ( H ) は次式で表される。ただし m は回折次数、 $\lambda_0$  は基準波長である。

#### 【 0 0 6 1 】

##### 【 数 1 】

$$\phi(H) = \left( 2\pi \frac{m}{\lambda_0} \right) \cdot (C_2 \cdot H^2 + C_4 \cdot H^4 + C_6 \cdot H^6 + \dots + C_{2i} \cdot H^{2i})$$

..... (a)

#### 【 0 0 6 2 】

一般に、レンズ、プリズム等の屈折光学材料のアッペ数 ( 分散値 )  $d$  は、d、C、F 線の各波長における屈折力を  $N_d$ 、 $N_c$ 、 $N_f$  とした時、次式で表される。

#### 【 0 0 6 3 】

$$d = (N_d - 1) / (N_f - N_c) > 0 \quad \dots (b)$$

一方、回折光学部のアッペ数  $d$  は d、C、F 線の各波長を  $d$ 、 $c$ 、 $f$  とした時

$$d = d / (f - c) \quad \dots (c)$$

と表され、 $d = -3.45$  となる。これにより、任意波長における分散性は、屈折光学素子と逆作用を有する。

#### 【 0 0 6 4 】

また、回折光学部の基準波長における近軸的な一時回折光 (  $m = 1$  ) の屈折力 は、

10

20

30

40

50

回折光学部の位相を表す前式 ( a ) から 2 次項の係数を  $C_2$  とした時、 $\phi_D = -2 \cdot C_2$  と表される。さらに、任意波長を  $\lambda$ 、基準波長を  $\lambda_0$  とした時、任意波長の基準波長に対する屈折力変化は、次式となる。

【 0 0 6 5 】

$$\phi_D' = \left( \lambda / \lambda_0 \right) \times \left( -2 \cdot C_2 \right) \cdot \dots \cdot (d)$$

これにより、回折光学部の特徴として、前式 ( a ) の位相係数  $C_2$  を変化させることにより、弱い近軸屈折力変化で大きな分散性が得られる。これは色収差以外の諸収差に大きな影響を与えることなく、色収差の補正を行うことを意味している。

【 0 0 6 6 】

また位相係数  $C_4$  以降の高次数の係数については、回折光学部の光線入射高の変化に対する屈折力変化は非球面と類似した効果を得ることができる。それと同時に、光線入射高の変化に応じて基準波長に対し任意波長の屈折力変化を与えることができる。このため、倍率色収差の補正に有効である。さらに本発明の撮像光学系の第 1 レンズ群 L 1 のように、軸上光線がレンズ面を通過する際、光軸からの高さが高い位置を通過する面に回折光学素子 D O E を配置すれば、軸上色収差の補正にも有効である。

【 0 0 6 7 】

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。

【 0 0 6 8 】

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、 $i$  は物体側からの面の順序を示し、 $r_i$  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  $i$  番目と第  $i + 1$  番目の間隔、 $nd_i$  と  $d_i$  は第  $i$  番目の光学部材の屈折率とアッペ数である。焦点距離、F ナンバー、画角 ( 度 ) はそれぞれ無限遠物体に焦点を合わせたときを表している。バックフォーカス B F は最終面 ( ガラスブロック面 ) から像面までの距離で表している。

【 0 0 6 9 】

回折光学素子 ( 回折面 ) は前述 ( a ) 式の位相関数の位相係数を与えることで表している。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、R を近軸曲率半径、k を離心率、A4、A6、A8、A10、A12 を各々非球面係数としたとき、

【 0 0 7 0 】

【 数 2 】

$$X = \frac{\left( \frac{H^2}{R} \right)}{\left\{ 1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot \left( \frac{H}{R} \right)^2} \right\}} + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10} + A12 \cdot H^{12}$$

【 0 0 7 1 】

なる式で表している。例えば「e - z」の表示は「 $10^{-2}$ 」を意味している。前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表 1 に示す。

【 0 0 7 2 】

( 数値実施例 1 )

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	128.642	18.06	1.74000	28.3	135.15
2	426.327	59.42			133.08
3	105.039	20.08	1.43387	95.1	91.30
4	-209.070	0.12			87.60
5	-234.431	5.00	1.75520	27.5	86.44

10

20

30

40

50

6	53.610	0.78			73.93
8	734.607	39.61			73.18
9*	86.436	7.46	1.75520	27.5	58.96
10	551.632	5.00			57.47
11	2774.965	3.50	1.73800	32.3	53.84
12	59.115	63.70			49.76
13(絞り)		3.00			41.96
14	238.294	3.00	1.84666	23.8	41.43
15	97.968	6.54	1.72000	43.7	40.79
16	-115.489	6.38			40.44
17	169.643	5.50	1.80000	29.8	37.97
18	-129.634	3.00	1.49700	81.5	37.47
19	44.653	5.41			35.42
20	-98.393	2.50	1.62041	60.3	35.43
21	63.955	3.00			36.54
22	102.356	4.00	1.72047	34.7	38.03
23	-1201.392	0.10			38.49
24	56.158	8.00	1.51633	64.1	39.89
25	-107.572	3.00	1.74400	44.8	39.80
26	3138.611	5.00			39.90
27		2.20	1.51633	64.1	40.12
28		71.21			40.18

像面

## 【 0 0 7 3 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.03636e-010 A 6= 1.90616e-013 A 8=-9.77158e-017 A10=  
2.18671e-020 A12=-2.50375e-024

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.39478e-008 A 6= 1.54589e-012 A 8= 5.64272e-014 A10=  
-4.60026e-017 A12= 1.09187e-020

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 392.00

Fナンバー 2.90

半画角(度) 3.16

像高 21.64

レンズ全長 372.96

BF 71.21

入射瞳位置 980.93

射出瞳位置 -46.60

前側主点位置 68.68

後側主点位置 -320.79

ズームレンズ群データ

10

20

30

40

50

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	172.10	168.91	133.97	-100.16
2	11	-81.89	3.50	2.06	0.04
3	13	118.88	12.54	6.78	-1.71
4	17	-50.45	16.41	11.97	-0.38
5	22	68.66	22.30	0.37	-15.41

## 単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	242.70
2	3	164.32
3	5	-57.35
4	7	133.43
5	9	134.79
6	11	-81.89
7	14	-198.44
8	15	74.57
9	17	92.61
10	18	-66.45
11	20	-62.11
12	22	131.08
13	24	72.67
14	25	-139.74
15	27	0.00

10

20

【 0 0 7 4 】

( 数値実施例 2 )

f= 391.99mm Fno= 2.89 2 = 6.32 °

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	163.873	17.25	1.71736	29.5	135.64
2	3022.122	50.00			134.36
3	228.252	8.00	1.48749	70.2	101.74
4*	726.256	29.80			99.40
5	-883.297	4.48	1.84666	23.8	79.41
6(回折)	75.756	15.70	1.48749	70.2	74.29
7	-350.562	23.43			73.62
8	101.045	9.71	1.73800	32.3	62.80
9	-546.387	1.00			60.95
10	481.627	2.50	1.84666	23.8	58.19
11*	56.655	70.00			53.52
12(絞り)		4.00			41.01
13	76.089	2.60	1.84666	23.8	39.71
14	38.026	10.00	1.74320	49.3	37.93
15	397.906	1.88			37.48
16	877.047	4.43	1.84666	23.8	37.36
17	-77.836	1.80	1.65844	50.9	37.24
18	66.096	4.06			36.42
19	-185.276	3.54	1.72000	46.0	36.53
20	90.701	1.50			37.71

30

40

50

21	123.242	3.48	1.73800	32.3	38.40
22	-191.063	0.10			38.63
23	-367.117	2.60	1.49700	81.5	38.77
24	51.731	7.35	1.69895	30.1	40.21
25	-314.722	4.50			40.40
26		2.20	1.51633	64.1	50.00
27					50.00

## 【 0 0 7 5 】

## 非球面データ

10

## 第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.15560e-008 A 6=-4.53533e-013 A 8= 8.83305e-019 A10=-6.93761e-021 A12= 5.45233e-025

## 第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.12718e-008 A 6=-4.88171e-012 A 8= 3.47625e-016 A10=-2.35354e-019 A12= 4.96639e-023

## 第6面(回折面)

C 2=-6.60024e-005 C 4=-3.66616e-009 C 6=-1.78616e-012 C 8= 1.13567e-014  
C10=-1.06293e-017 C12= 4.64679e-021 C14=-8.74708e-025

20

## 第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.43713e-007 A 6=-5.90038e-011 A 8=-4.01550e-015 A10=1.91590e-018 A12=-4.74095e-021

焦点距離 391.99

Fナンバー 2.89

半画角(度) 3.16

像高 21.64

レンズ全長 367.00

BF 81.09

30

入射瞳位置 926.99

射出瞳位置 -41.65

前側主点位置 67.10

後側主点位置 -310.90

## 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	146.19	158.37	135.22	-84.47
2	10	-76.04	2.50	1.54	0.18
3	12	271.01	54.03	12.25	-28.82

40

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	240.93
2	3	679.24
3	5	-83.14
4	6	127.21

50

5	8	116.29
6	10	-76.04
7	13	-92.68
8	14	55.91
9	16	84.62
10	17	-54.02
11	19	-84.12
12	21	101.99
13	23	-91.04
14	24	64.09

10

## 【 0 0 7 6 】

( 数値実施例 3 )

$$f = 392.00\text{mm} \quad Fno = 2.89 \quad 2 = 6.32^\circ$$

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	216.521	13.58	1.84666	23.8	135.64
2	3022.122	76.40			134.59
3	105.338	17.00	1.48749	70.2	91.92
4*	-252.532	3.80			89.98
5	-432.434	4.48	1.84666	23.8	83.40
6(回折)	66.885	14.50	1.48749	70.2	74.61
7	296.892	21.77			72.95
8	111.993	9.50	1.72825	28.5	64.73
9	-277.201	1.00			63.43
10	513.083	2.50	1.84666	23.8	59.50
11*	57.414	70.60			54.53
12(絞り)		4.00			39.55
13	76.948	2.60	1.84666	23.8	38.05
14	39.114	6.00	1.74320	49.3	36.37
15	312.248	1.88			36.20
16	309.797	4.43	1.84666	23.8	36.08
17	-100.056	1.80	1.65844	50.9	35.88
18	57.544	4.37			35.03
19	-149.184	3.54	1.72000	46.0	35.15
20	99.237	2.50			36.47
21	94.711	4.65	1.73800	32.3	38.37
22	-110.876	0.56			38.55
23	-85.310	2.60	1.49700	81.5	38.56
24	82.043	7.35	1.69895	30.1	39.98
25	-182.892	4.50			40.40
26		2.20	1.51633	64.1	50.00
27					50.00

20

30

40

## 【 0 0 7 7 】

非球面データ

第1面

$$K = 0.00000e+000 \quad A_4 = -1.08292e-008 \quad A_6 = -2.39684e-013 \quad A_8 = -2.11946e-017 \quad A_{10} = 3.31560e-022 \quad A_{12} = -7.12321e-026$$

50

## 第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.85199e-007 A 6=-2.05648e-011 A 8=-1.10002e-015 A10=  
9.23235e-019 A12=-9.69362e-023

## 第6面(回折面)

C 2=-4.01382e-005 C 4=-2.11690e-009 C 6=-1.22963e-012 C 8=-1.45881e-015  
C10= 3.40204e-018 C12=-9.44823e-022 C14=-1.04292e-025

## 第11面

K = 0.00000e+000 C 4=-1.54313e-007 C 6=-6.50718e-011 C 8= 6.03529e-014 C10= 10  
-9.95895e-017 C12= 4.40174e-020

焦点距離 392.00  
Fナンバー 2.89  
半画角(度) 3.16  
像高 21.64  
レンズ全長 367.00  
BF 78.90

入射瞳位置 920.27 20  
射出瞳位置 -43.41  
前側主点位置 55.94  
後側主点位置 -313.10

## 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	139.52	161.04	129.95	-79.38
2	10	-76.55	2.50	1.53	0.17
3	12	315.14	52.97	24.16	-17.24

30

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	274.86
2	3	154.89
3	5	-68.51
4	6	171.09
5	8	110.67
6	10	-76.55
7	13	-97.01
8	14	59.61
9	16	89.77
10	17	-55.23
11	19	-82.28
12	21	69.88
13	23	-83.72
14	24	81.97

40

【 0 0 7 8 】

(数値実施例4)

f= 392.10mm Fno= 2.89 2 = 6.32 °

50



## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	172.993	16.50	1.64769	33.8	135.64
2	4015.582	50.00			134.54
3	130.324	8.00	1.48749	70.2	104.01
4*	219.200	29.80			101.83
5	298.174	4.48	1.84666	23.8	84.15
6(回折)	83.891	15.30	1.43875	94.9	78.65
7	-1108.678	9.72			76.99
8	95.119	7.50	1.72000	46.0	68.10
9	1029.661	2.00			67.00
10	6816.800	2.50	1.72047	34.7	65.27
11*	54.342	94.24			58.79
12(絞り)		0.10			41.13
13	107.083	2.40	1.84666	23.8	40.70
14	43.824	6.21	1.74320	49.3	39.24
15	-502.587	1.88			38.94
16	129.128	3.91	1.84666	23.8	37.13
17	-107.119	2.40	1.69350	50.8	36.73
18	54.092	5.03			35.09
19	-138.717	2.40	1.76200	40.1	35.17
20	85.451	1.50			36.04
21	88.511	3.48	1.73800	32.3	37.05
22	-330.863	5.57			37.22
23	1514.471	2.50	1.49700	81.5	38.52
24	55.271	6.46	1.65412	39.7	39.30
25	-917.816	15.01			39.42
26		2.20	1.51633	64.1	50.00
27					50.00

10

20

30

## 【 0 0 7 9 】

## 非球面データ

## 第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.06948e-008 A 6=-5.32361e-013 A 8= 5.75618e-017 A10=-1.12738e-020 A12= 6.05156e-025

## 第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.99233e-008 A 6=-1.53987e-012 A 8= 1.21213e-015 A10=-3.88266e-019 A12= 4.06199e-023

40

## 第6面(回折面)

C 2=-5.21738e-005 C 4= 4.53753e-009 C 6=-1.00852e-011 C 8= 1.44659e-014  
C10=-1.08013e-017 C12= 4.09807e-021 C14=-6.24270e-025

## 第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.58654e-007 A 6=-3.79517e-011 A 8=-1.39593e-013 A10=1.03639e-016 A12=-3.94251e-020

焦点距離 392.01

Fナンバー 2.89

50

半画角 ( 度 )    3.16  
 像高            21.64  
 レンズ全長    369.01  
 BF              67.92

入射瞳位置    969.91  
 射出瞳位置    -50.28  
 前側主点位置   61.85  
 後側主点位置 -324.08

10

#### 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	133.21	141.30	97.25	-70.02
2	10	-76.04	2.50	1.46	0.01
3	12	306.79	61.05	5.08	-45.11

#### 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	278.65
2	3	640.45
3	5	-141.25
4	6	175.20
5	8	145.07
6	10	-76.04
7	13	-89.17
8	14	54.50
9	16	69.68
10	17	-51.51
11	19	-69.07
12	21	94.96
13	23	-115.49
14	24	79.91

20

30

#### 【 0 0 8 0 】

( 数値実施例 5 )

$f = 778.931\text{mm}$      $F_{\text{no}} = 5.80$      $2\theta = 3.18^\circ$

#### 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	176.164	13.00	1.63980	34.5	134.61
2	574.915	85.00			133.39
3	154.275	7.00	1.48749	70.2	100.46
4*	523.687	44.10			99.93
5(回折)	-830.164	5.00	1.74000	28.3	76.49
6	89.334	11.47	1.49700	81.5	72.69
7	-313.391	71.79			72.39
8	90.298	2.77	1.48749	70.2	38.00
9	-1241.073	1.80	1.73800	32.3	37.74
10*	68.557	46.77			36.15
11(絞り)		0.10			25.83
12	158.106	1.60	1.84666	23.8	25.71

40

50

13	22.120	10.00	1.62588	35.7	24.73
14	-82.695	2.00			24.46
15	-162.739	4.00	1.80809	22.8	23.78
16	-62.491	1.60	1.83481	42.7	23.59
17	45.627	1.00			23.87
18	38.510	4.00	1.48749	70.2	24.91
19	59.950	2.10			25.57
20	70.095	4.00	1.66680	33.0	26.65
21	513.845	8.59			27.08
22	-133.189	6.00	1.69895	30.1	29.29
23	-26.016	3.00	1.43875	94.9	29.84
24	181.038	13.51			30.38
25	-163.464	1.60	1.43875	94.9	32.43
26	46.849	1.00			33.41
27	50.137	10.00	1.71736	29.5	34.00
28	-28.613	3.00	1.80809	22.8	34.06
29	-210.355	24.93			34.95
30		2.20	1.51633	64.1	50.00
31					50.00

10

20

【 0 0 8 1 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.45280e-011 A 6= 4.75067e-014 A 8= 1.45809e-018 A10=-2.66402e-021 A12= 2.61793e-025

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.04821e-008 A 6= 6.61574e-013 A 8=-1.16903e-016 A10=-1.25055e-019 A12= 3.19811e-023

30

第5面(回折面)

C 2=-4.41908e-005 C 4= 3.38675e-009 C 6=-2.45408e-012 C 8= 2.12494e-015  
C 10=-4.99016e-019 C 12=-5.84869e-023

第10面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.89746e-009 A 6=-2.35869e-010 A 8= 6.62241e-013 A10=-5.49000e-016 A12=-2.07792e-018 A14= 3.51982e-021

焦点距離 778.93

Fナンバー 5.80

40

半画角(度) 1.59

像高 21.60

レンズ全長 485.99

BF 93.05

入射瞳位置 1708.47

射出瞳位置 -102.61

前側主点位置 -613.55

後側主点位置 -685.88

50

## 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	313.99	165.57	-14.81	-152.47
2	8	-185.19	4.57	5.85	2.86
3	11	-4942.82	104.24	-1190.94	-1671.58

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	392.00
2	3	445.86
3	5	-109.82
4	6	141.21
5	8	172.79
6	9	-87.98
7	12	-30.54
8	13	28.95
9	15	123.34
10	16	-31.38
11	18	208.15
12	20	121.29
13	22	45.22
14	23	-51.62
15	25	-82.80
16	27	26.82
17	28	-41.29

【 0 0 8 2 】

【表 1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
NG1	1.740	1.717	1.847	1.648	1.640
dG1	3.110	3.060	3.540	2.790	2.760
(1)式右边	3.392	3.302	3.774	3.005	2.969
(2)式 $fG1/f$	0.619	0.615	0.701	0.711	0.503
(3) NG1	1.740	1.717	1.847	1.648	1.640
(4) $D1ab/L$	0.159	0.136	0.208	0.135	0.175
(5) $\sum (f/(fn \times vdn))$	-0.249	-0.198	-0.240	-0.117	-0.251
(6) $\nu d12p$	95.1			94.9	81.5

【 0 0 8 3 】

次に本発明の撮像光学系を撮像装置（カメラシステム）に適用した実施例を図9を用いて説明する。図9は一眼レフカメラの要部概略図である。

【 0 0 8 4 】

図9において、10は実施例1～5のいずれか1つの撮像光学系1を有する撮像レンズである。撮像光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体である。カメラ本体は撮像レンズ10からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー3、撮像レンズ10の像形成位置に配置された焦点板4、焦点板4に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム5を有している。更に、その正立像を観察するための接眼レンズ6等によって構成されている。

【 0 0 8 5 】

7は感光面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感

光面 7 上に撮影レンズ 10 によって像が形成される。このように実施例 1 ~ 5 の撮像光学系を写真用カメラや、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、軽量で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【 0 0 8 6 】

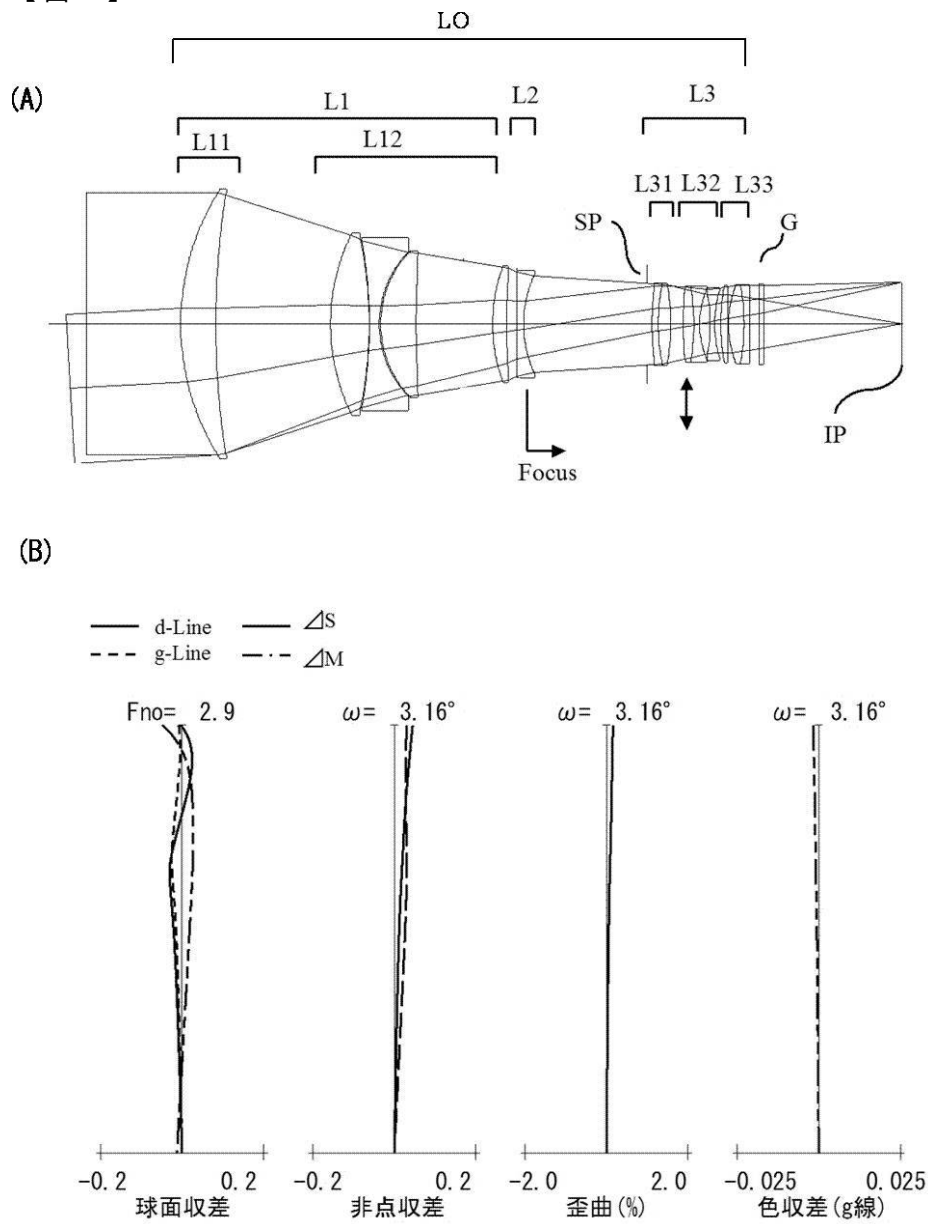
尚、本発明の撮影光学系はクイックリターンミラーのない撮像装置にも適用することができる。

【符号の説明】

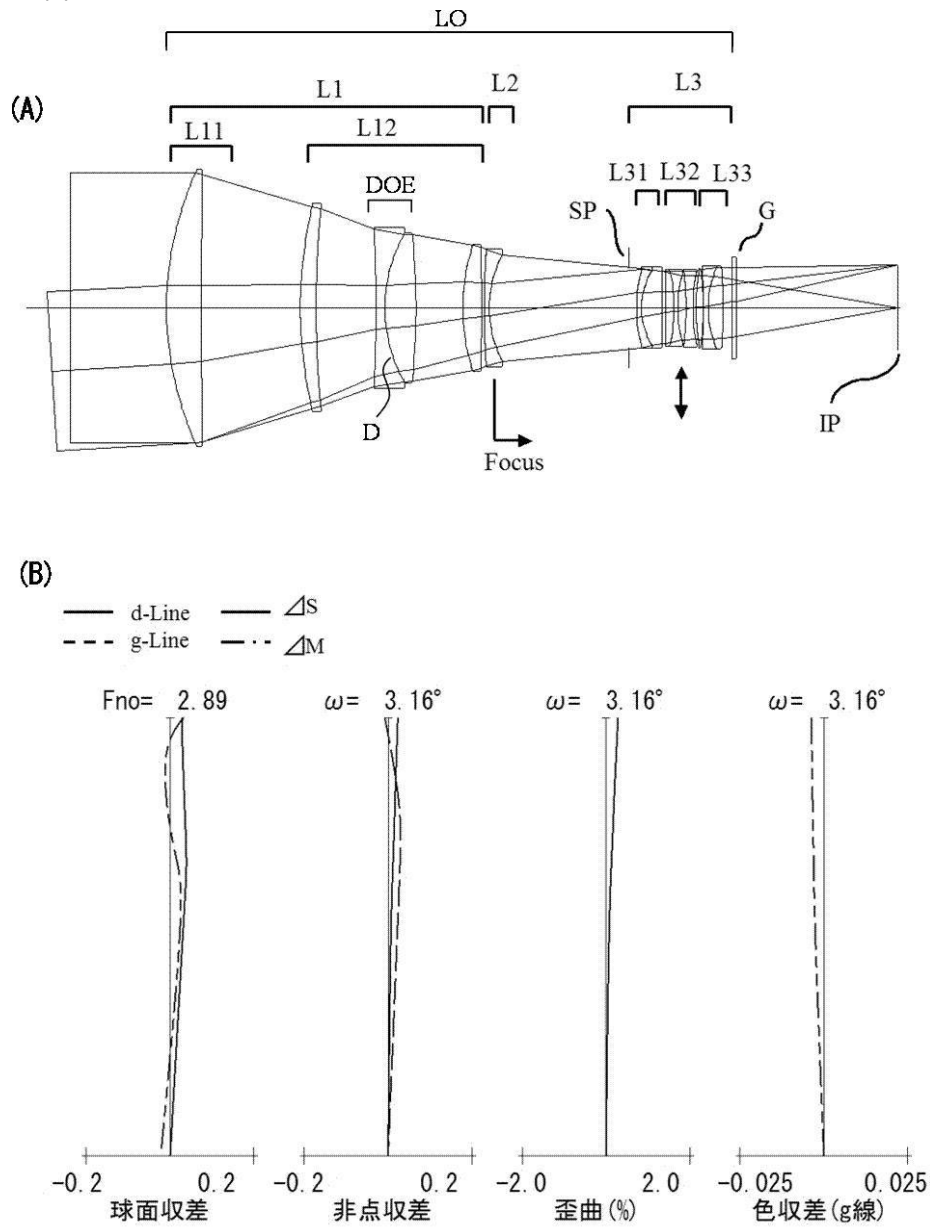
【 0 0 8 7 】

L 0 撮影光学系      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 1 1 第 1 1 レンズ群      L 1 2 第 1 2 レンズ群  
L 3 1 第 3 1 レンズ群      L 3 2 は第 3 2 レンズ群      L 3 3 第 3 3 レンズ群  
D O E 回折光学素子  
D 回折光学部

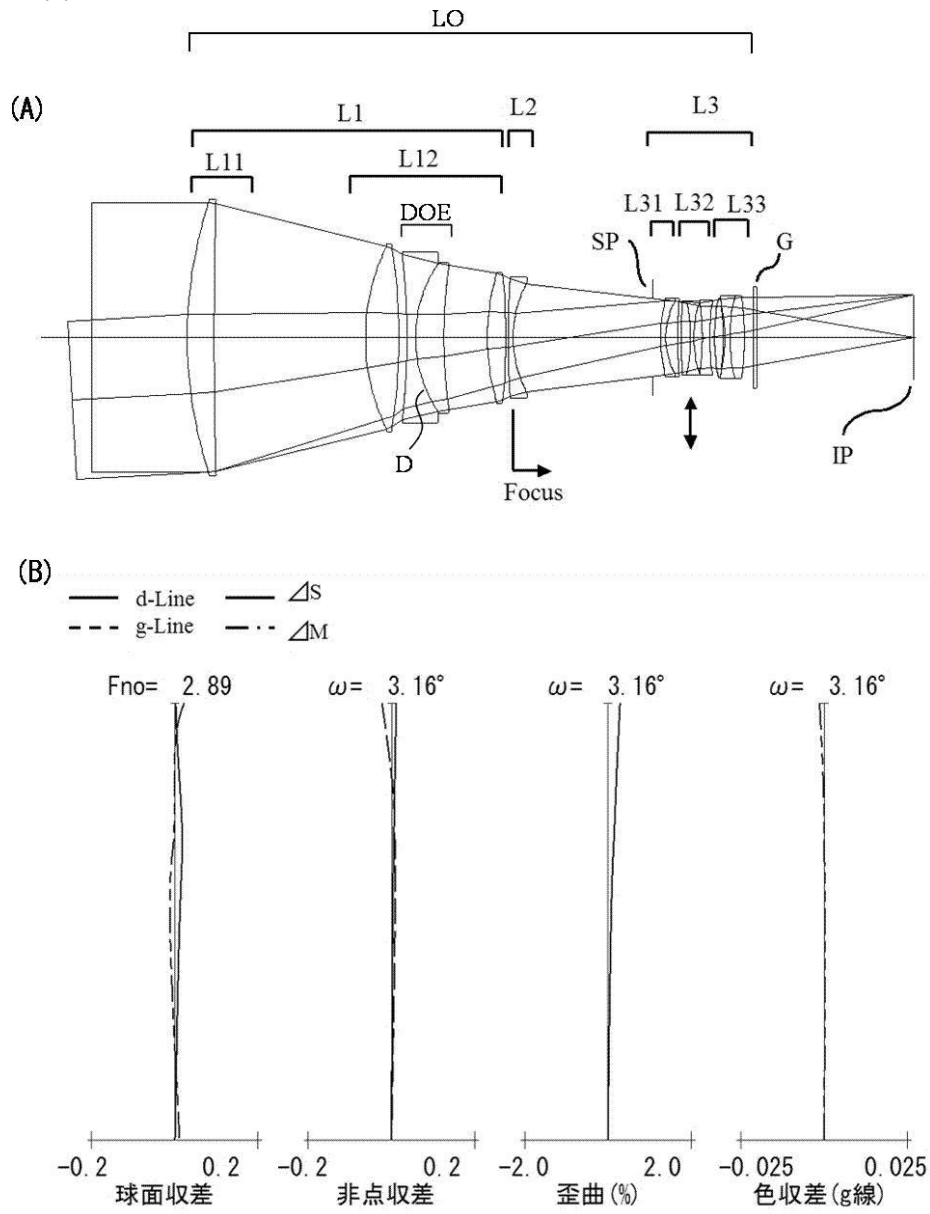
【図1】



【図2】

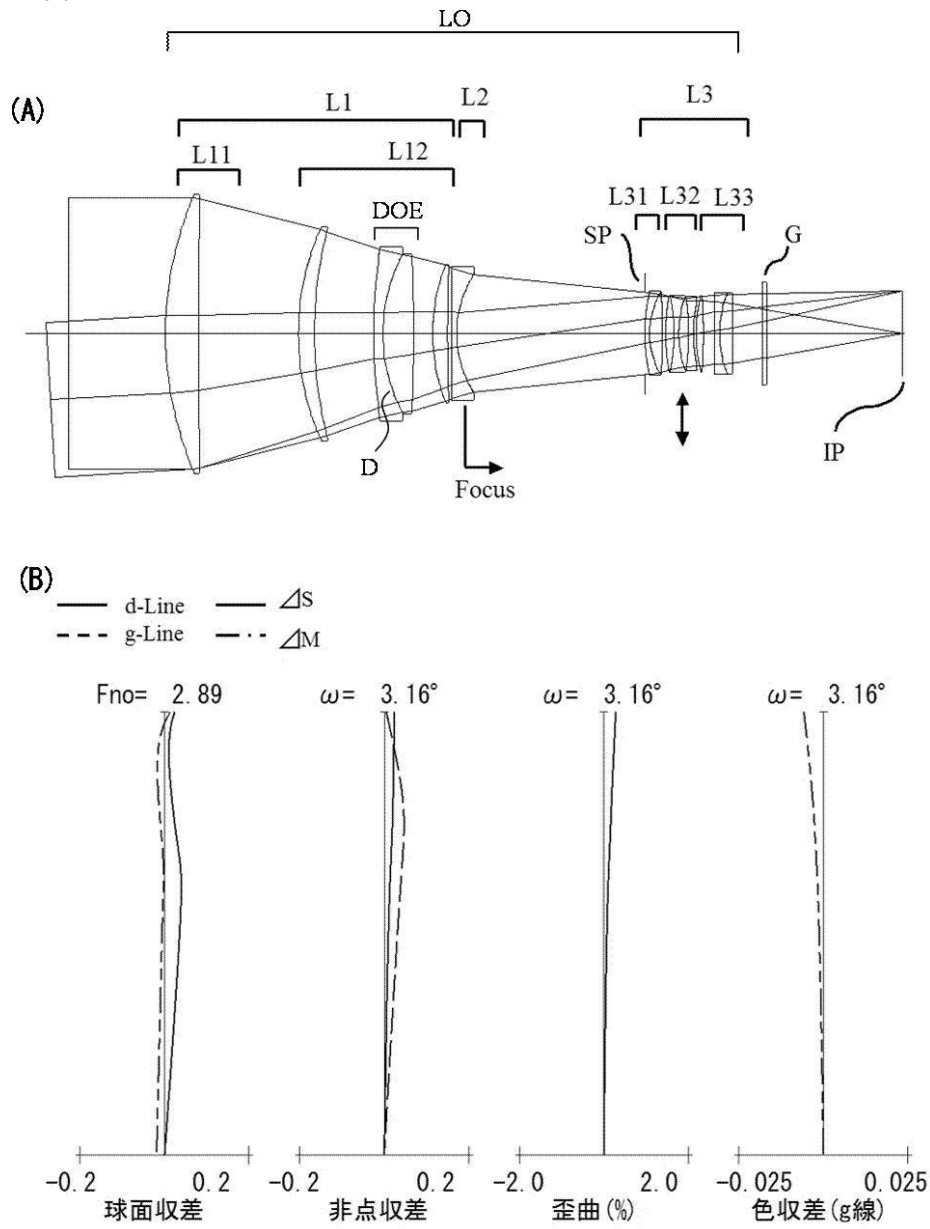


【図3】

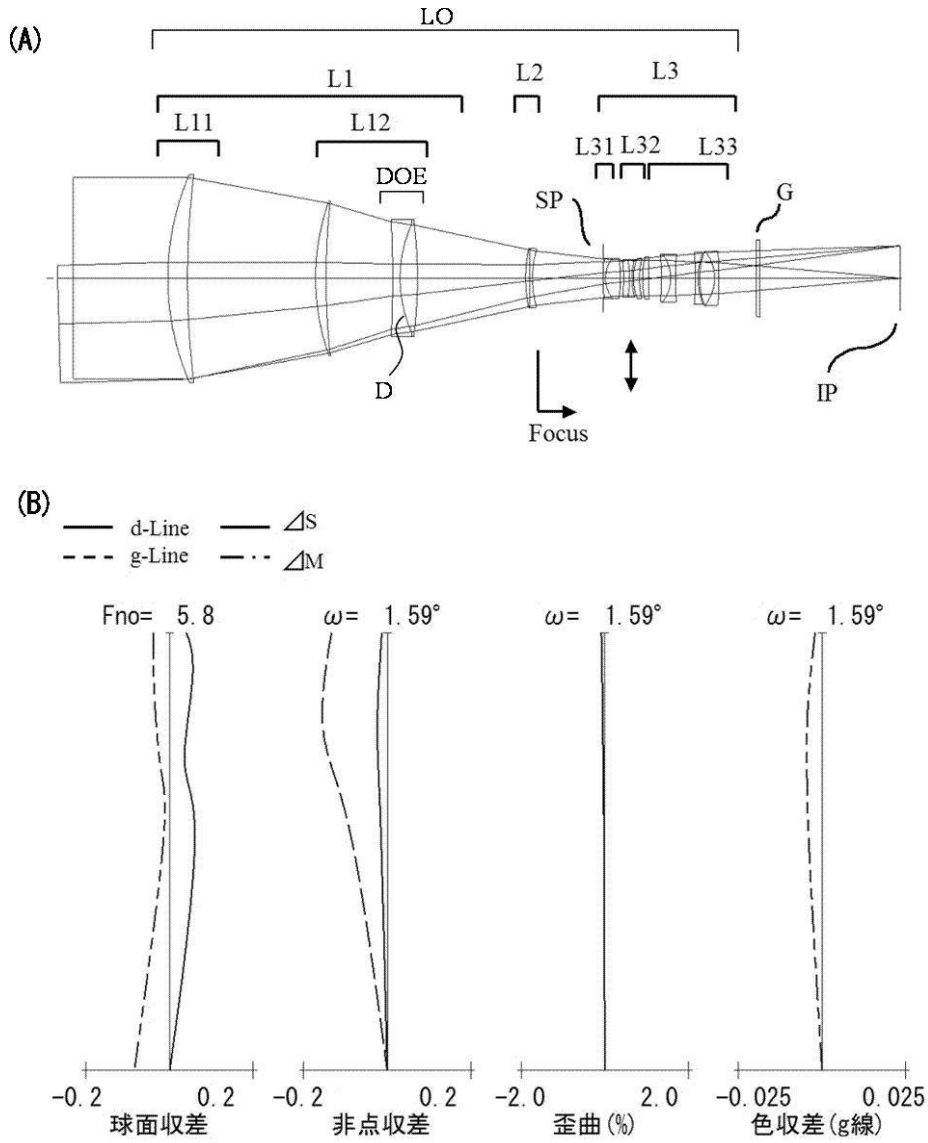




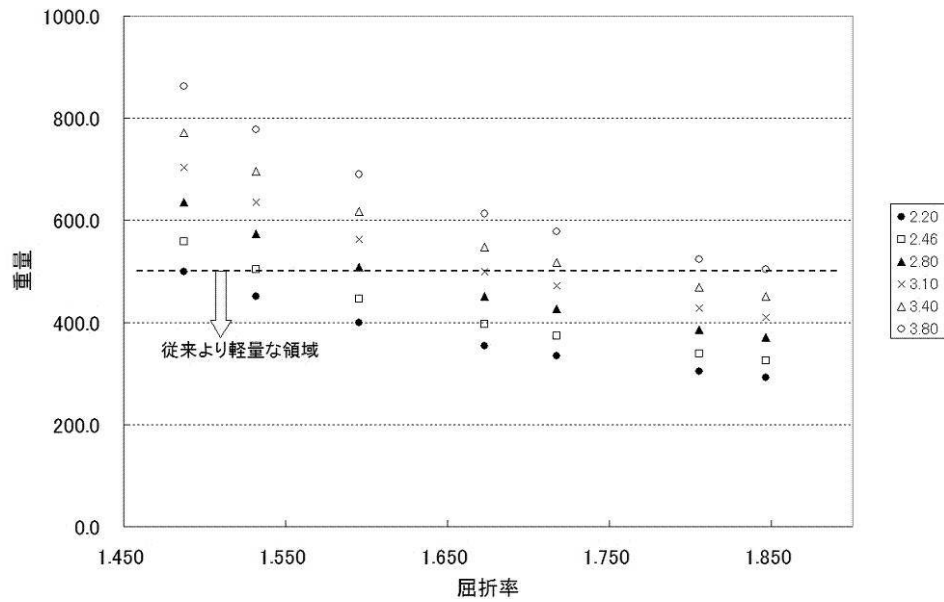
【図4】



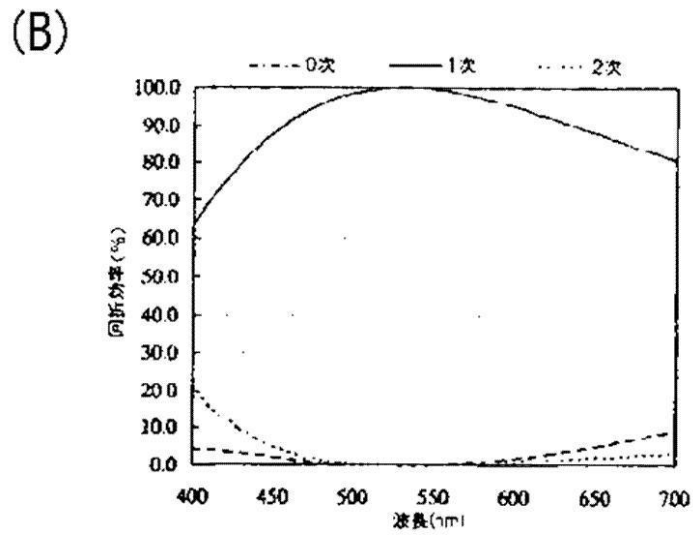
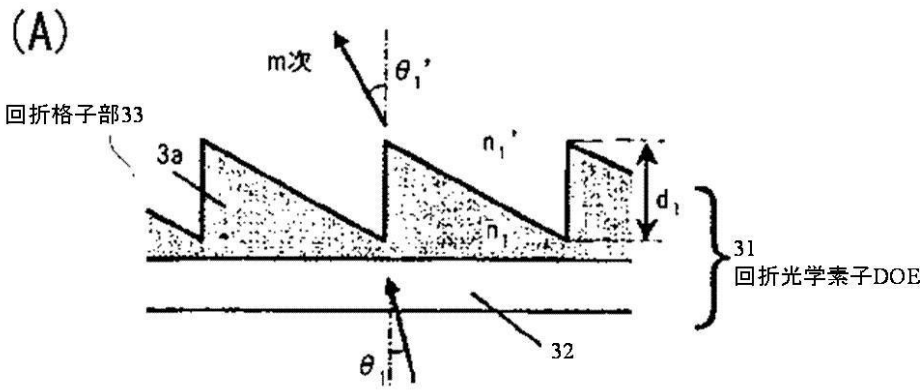
【図 5】



【図 6】

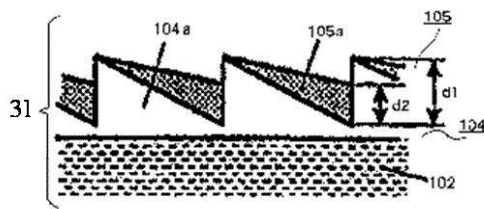


【図7】

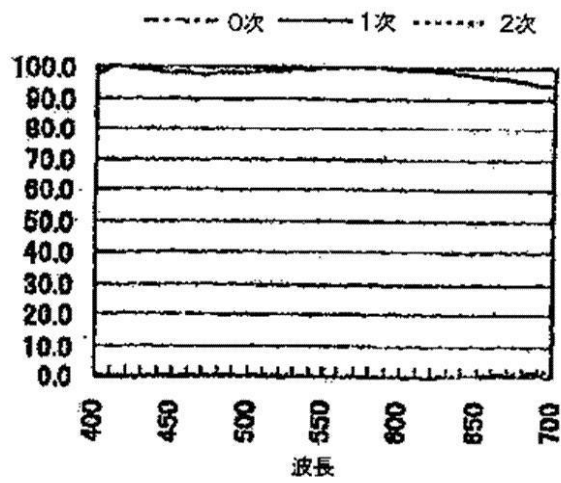


【図 8】

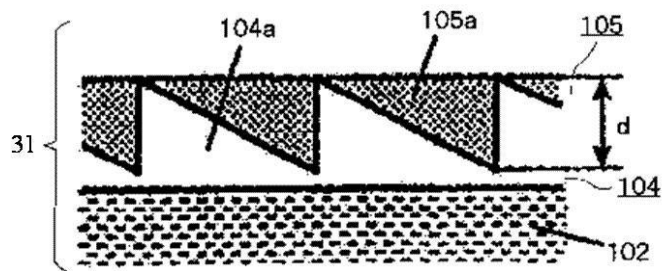
(A)



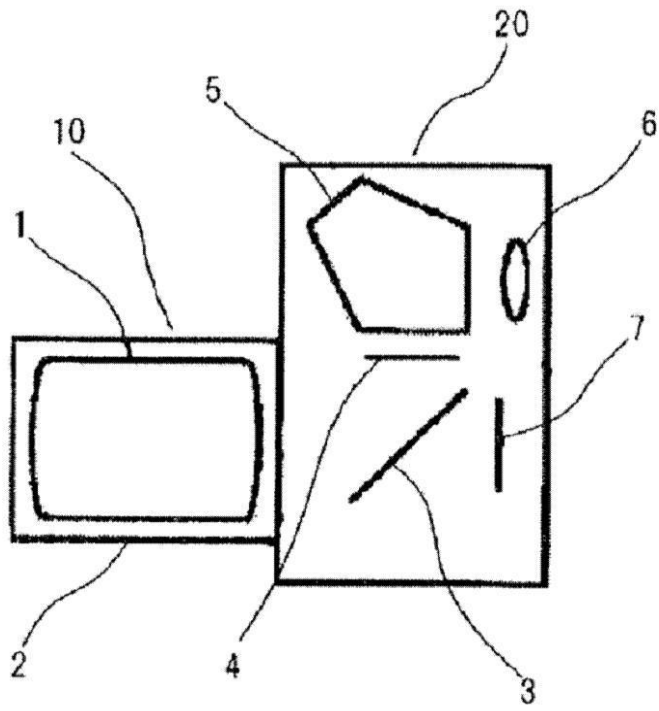
(B)



(C)



【図 9】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4