

(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.

G02B 13/02 (2006.01)

F 1

G 02 B 13/02

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2012-202182 (P2012-202182)  
 (22) 出願日 平成24年9月14日 (2012.9.14)  
 (65) 公開番号 特開2014-56196 (P2014-56196A)  
 (43) 公開日 平成26年3月27日 (2014.3.27)  
 審査請求日 平成26年4月10日 (2014.4.10)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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  
 (74) 代理人 100086818  
 弁理士 高梨 幸雄  
 (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  
 ャノン株式会社内

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とするとき、

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

$$0.4 < fG1 / f < 0.8$$

10

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とするとき、

$$0.05 < D1ab / L < 0.40$$

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】

20

前記第12レンズ群は少なくとも1つの負レンズを含み、前記第12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Gnjの焦点距離をfnj、材料のアッペ数をdnjとするとき、

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

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12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d12pとするとき、

$$80 < d_{12p}$$

10

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31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32レンズ群、正の屈折力の第33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。

20

#### 【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。

30

##### 【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。

40

##### 【0003】

これらの色収差を、萤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（gF）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

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来る。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NG1、比重をdG1、焦点距離をfG1、全系の焦点距離をfとするとき、

40

$$\begin{aligned} dG1 &< -3.1 \times (NG1)^2 + 14.7 \times NG1 - 12.8 \\ 0.4 &< fG1 / f < 0.8 \end{aligned}$$

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

## 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、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は本発明の撮影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、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影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、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0.2mm、非点収差は0.2mm、歪曲は2%、倍率色収差は0.025mm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。

**【0019】**

各実施例の撮像光学系において、第11レンズ群L11は1つの正レンズG1より構成されている。正レンズG1の材料の屈折率をNG1、比重をdG1、焦点距離をfG1とする。全系の焦点距離をfとする。このとき、

$$dG1 < -3.1 \times \frac{(NG1)^2 + 14.7 \times NG1 - 12.8}{0.4 < fG1 / f < 0.8} \dots (1)$$

$$0.4 < fG1 / f < 0.8 \dots (2)$$

なる条件式を満たしている。

**【0020】**

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（テレフォトタイプ）の撮像光学系が多くの撮像装置に用いられている。

10

**【0021】**

テレフォト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。テレフォト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。

**【0022】**

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。

20

**【0023】**

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140mm、シェイプファクターを1.30、レンズ周辺部のコバを2.5mm、レンズの焦点距離を240mm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。

30

**【0024】**

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500g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340g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な領域を図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。

**【0025】**

40

条件式(1)は以上の条件を鑑みて設定したものであり、第11レンズ群L11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11レンズ群L11の屈折力が小さい場合には、正レンズG1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11レンズ群L11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。

**【0026】**

条件式(2)は第11レンズ群L11の正レンズG1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G1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G1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

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】

$$\begin{aligned} d_{G1} < -3.1 \times (N_{G1})^2 + 14.7 \times N_{G1} - 12.9 & \dots (1a) \\ 0.45 < f_{G1} / f < 0.75 & \dots (2a) \end{aligned}$$

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】

$$\begin{aligned} 1.5 < N_{G1} & \dots (3) \\ 0.05 < D_{1ab} / L < 0.40 & \dots (4) \\ -0.251 & (f / (f_{nj} \times d_{nj})) \leq -0.15 \dots (5) \\ 80 < d_{12p} & \dots (6) \end{aligned}$$

ここで  $\leq$  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1レンズ群L1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1レンズ群L1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に軽量な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】

$$\begin{aligned} 1.53 < N_G 1 &\dots (3a) \\ 0.1 < D_{1ab}/L < 0.3 &\dots (4a) \\ 90 < d_{12p} &\dots (6a) \end{aligned}$$

10

一般に正レンズと負レンズの材料のアッペ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影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】

20

##### [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】

30

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是第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】

40

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

50

ズを接合した接合レンズから構成されている。

#### 【0042】

##### [実施例2]

実施例2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。

#### 【0043】

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。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。

10

#### 【0044】

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OLが振動した時の撮影画像のブレの補正是第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。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-TIH1からなり、条件式(1)、(2)、(3)を満たす。実施例2の第11レンズ群L11は約462g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525gとなり、約63gの軽量化になっている。

20

#### 【0045】

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、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DOE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DOEを第1レンズ群L1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11レンズ群L11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。

30

#### 【0046】

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1つ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、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。

#### 【0047】

##### [実施例3]

実施例3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。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-TIH53からなり、条件式(1)、(2)、(3)を満たす。第11レンズ群L11は約441g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493gとなり、約52gの軽量化になっている。また、第12レンズ群L12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。

40

#### 【0048】

##### [実施例4]

実施例4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。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-TIM22からなり、条件式(1)

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是第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 $d = 51.0$ )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 $530 nm$ 、+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 $530 nm$ 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。

#### 【0056】

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31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。

#### 【0057】

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31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31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。

10

#### 【0058】

図8(A)の回折光学素子31では、基板102上に紫外線硬化樹脂(屈折率 $n_d = 1.499$ 、アッベ数 $d = 54$ )からなる第1の回折格子104を形成している。更にその上に第2の回折格子105(屈折率 $n_d = 1.598$ 、アッベ数 $d = 28$ )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104の格子部104aの格子厚 $d_1$ は $d_1 = 13.8 \mu\text{m}$ 、第2の回折格子105の格子部105aの格子厚 $d_2$ は $d_2 = 10.5 \mu\text{m}$ としている。

#### 【0059】

20

図8(B)からも分かるように、積層構造の回折格子104、105を備えた回折光学素子31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31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104と105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。

#### 【0060】

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。

30

#### 【0061】

#### 【数1】

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

#### 【0062】

40

一般に、レンズ、プリズム等の屈折光学材料のアッベ数(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。

#### 【0063】

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

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

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

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、回折光学素子と逆作用を有する。

#### 【0064】

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、

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、 $D = -2 \cdot C_2$ 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。

#### 【0065】

$$D' = (\lambda / \lambda_0) \times (-2 \cdot C_2) \quad \dots (d)$$

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。

#### 【0066】

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L1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DOEを配置すれば、軸上色収差の補正にも有効である。10

#### 【0067】

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。

#### 【0068】

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、 $n d_i$ と $d_i$ は第*i*番目の光学部材の屈折率とアッベ数である。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BF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。20

#### 【0069】

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、

#### 【0070】

#### 【数2】

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

#### 【0071】

なる式で表している。例えば「e-z」の表示は「10^-z」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。

#### 【0072】

(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

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	10
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	20
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

30

## 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

40

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

50

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	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	10
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	20
12	22	131.08	
13	24	72.67	
14	25	-139.74	
15	27	0.00	

## 【0074】

(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	30
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	40
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	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	レンズ構成長	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= 392.00mm Fno= 2.89 2 = 6.32 °

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 A 4=-1.08292e-008 A 6=-2.39684e-013 A 8=-2.11946e-017 A10=3.31560e-022 A12=-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	レンズ構成長	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

## 【0078】

(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	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	20
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	

30

## 【0079】

## 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	レンズ構成長	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

## 【0080】

(数値実施例5)

 $f = 778.931\text{mm}$  Fno= 5.80 2 = 3.18 °

## 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	10
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	

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  
半画角(度) 1.59  
像高 21.60  
レンズ全長 485.99  
BF 93.05

40

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	レンズ構成長	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

【0082】

【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)式右辺	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

【0083】

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。

【0084】

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。撮影光学系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トダハプリズム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。

【0085】

7は感光面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の像素子（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

10

20

30

40

50

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 】

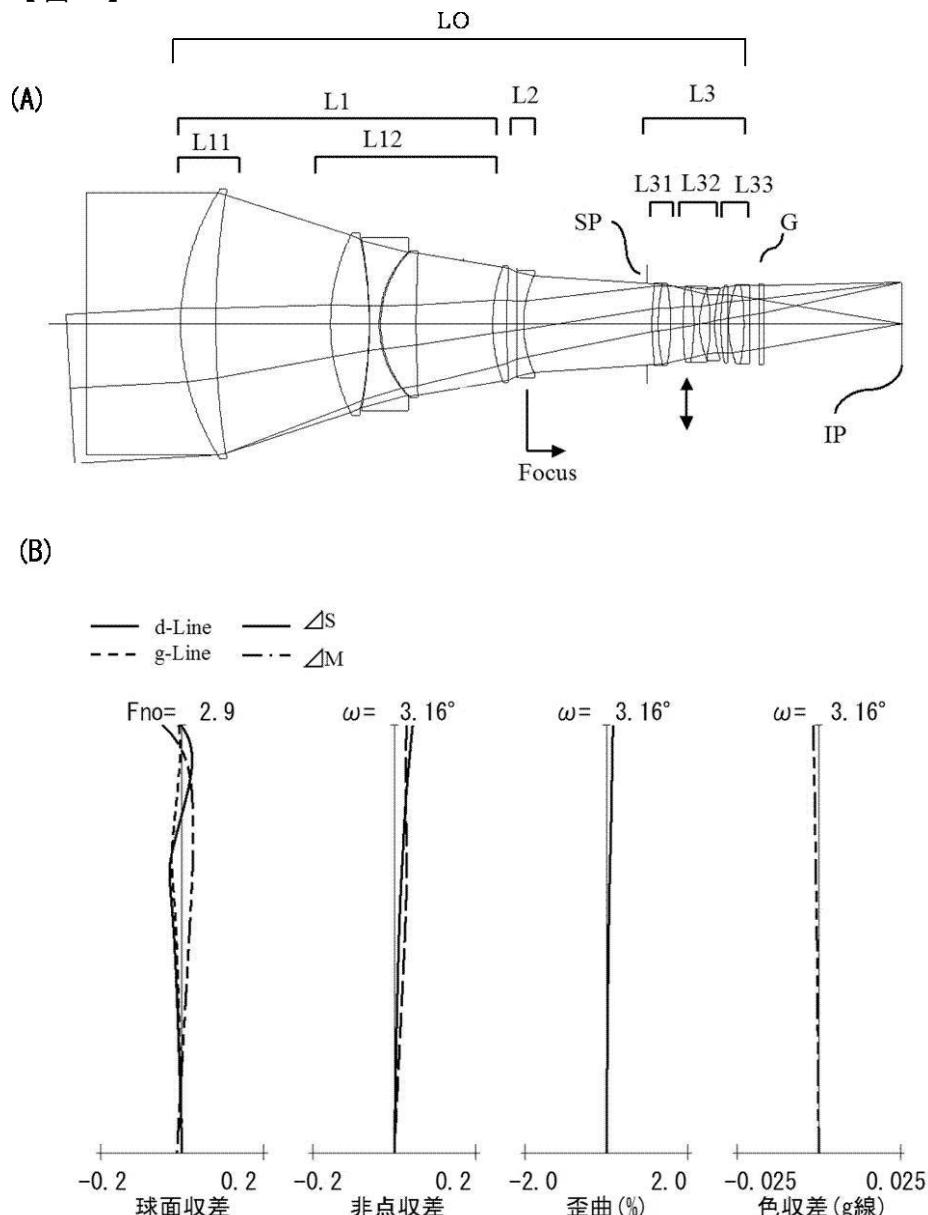
尚、本発明の撮影光学系はクイックリターンミラーのない撮像装置にも適用することができる。

#### 【 符号の説明 】

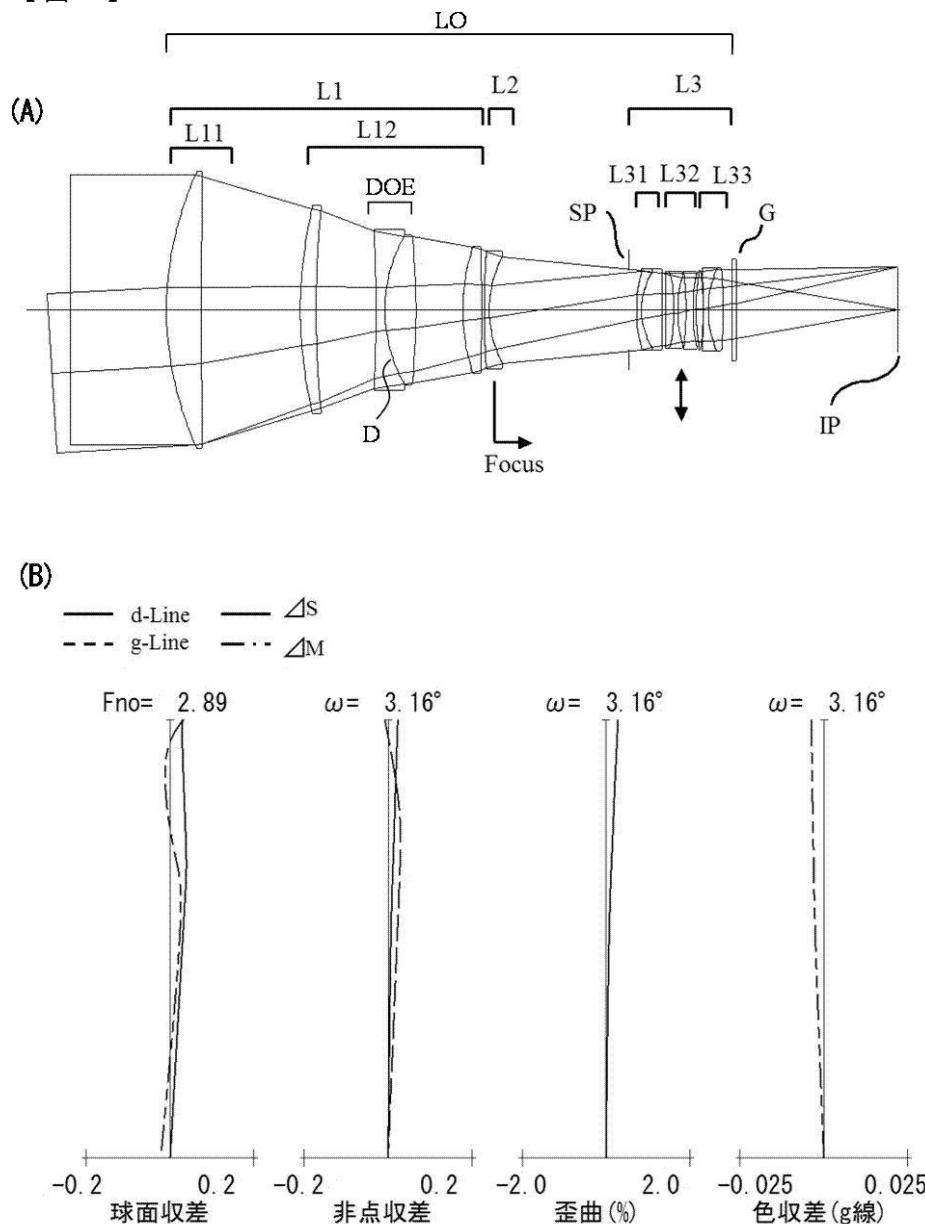
#### 【 0 0 8 7 】

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	10
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			

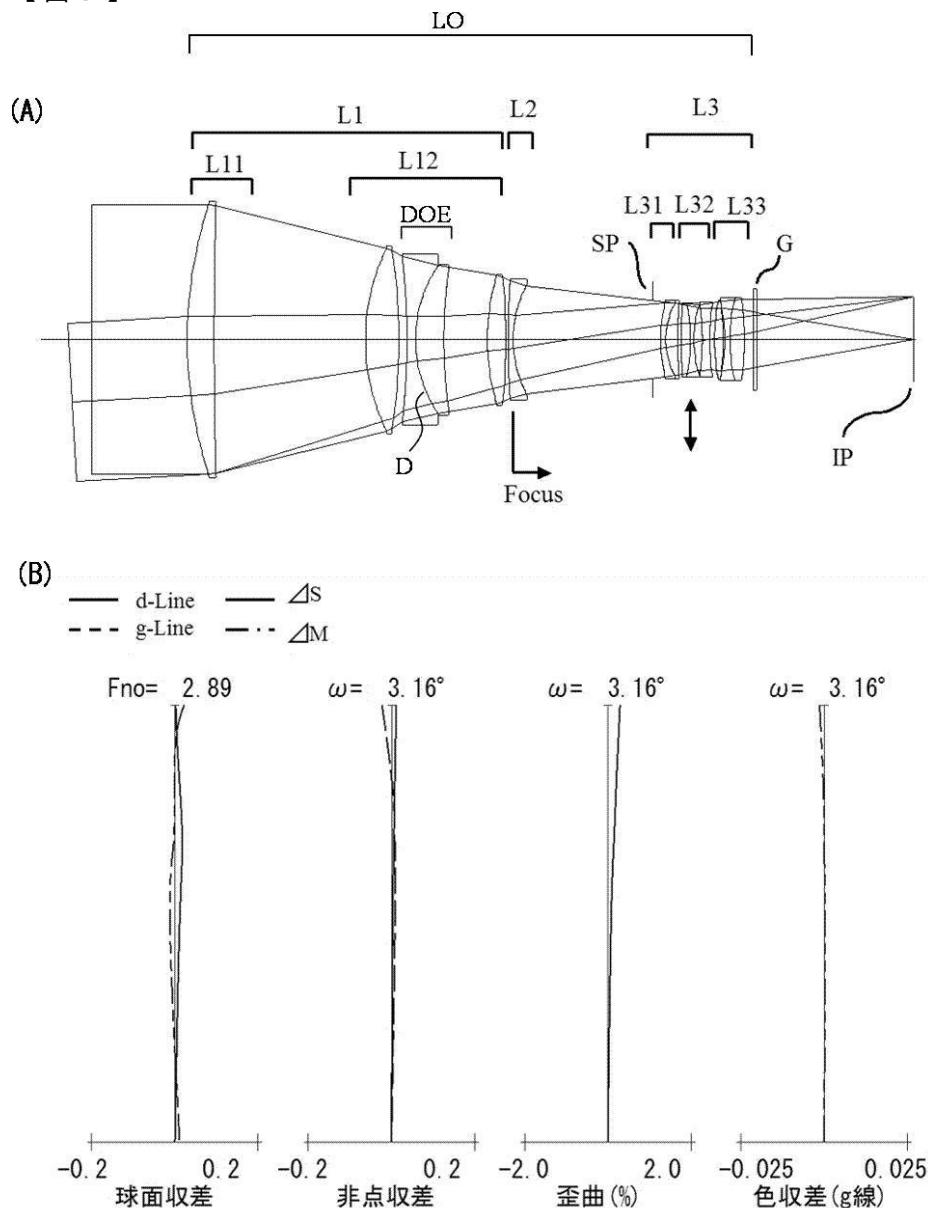
【図1】



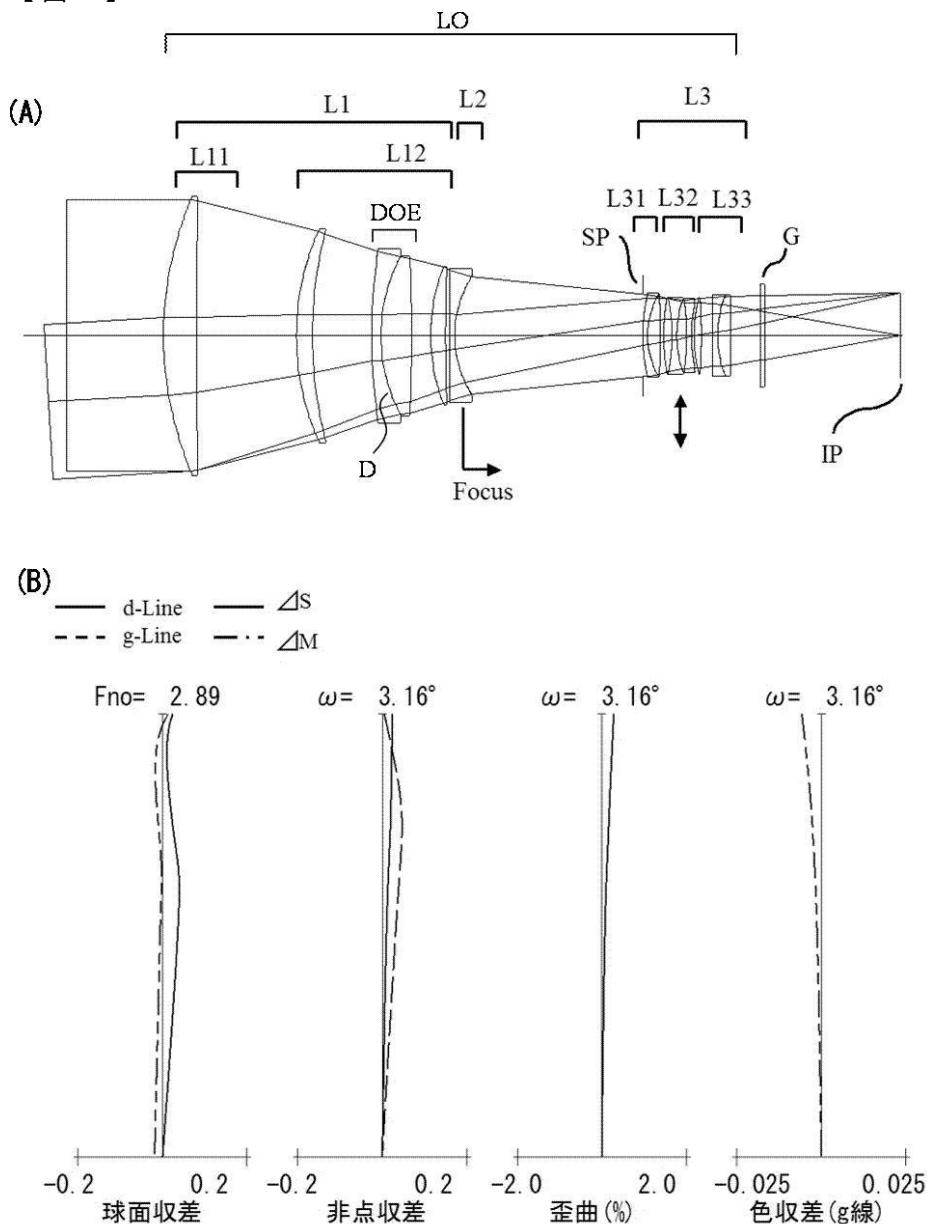
【図2】



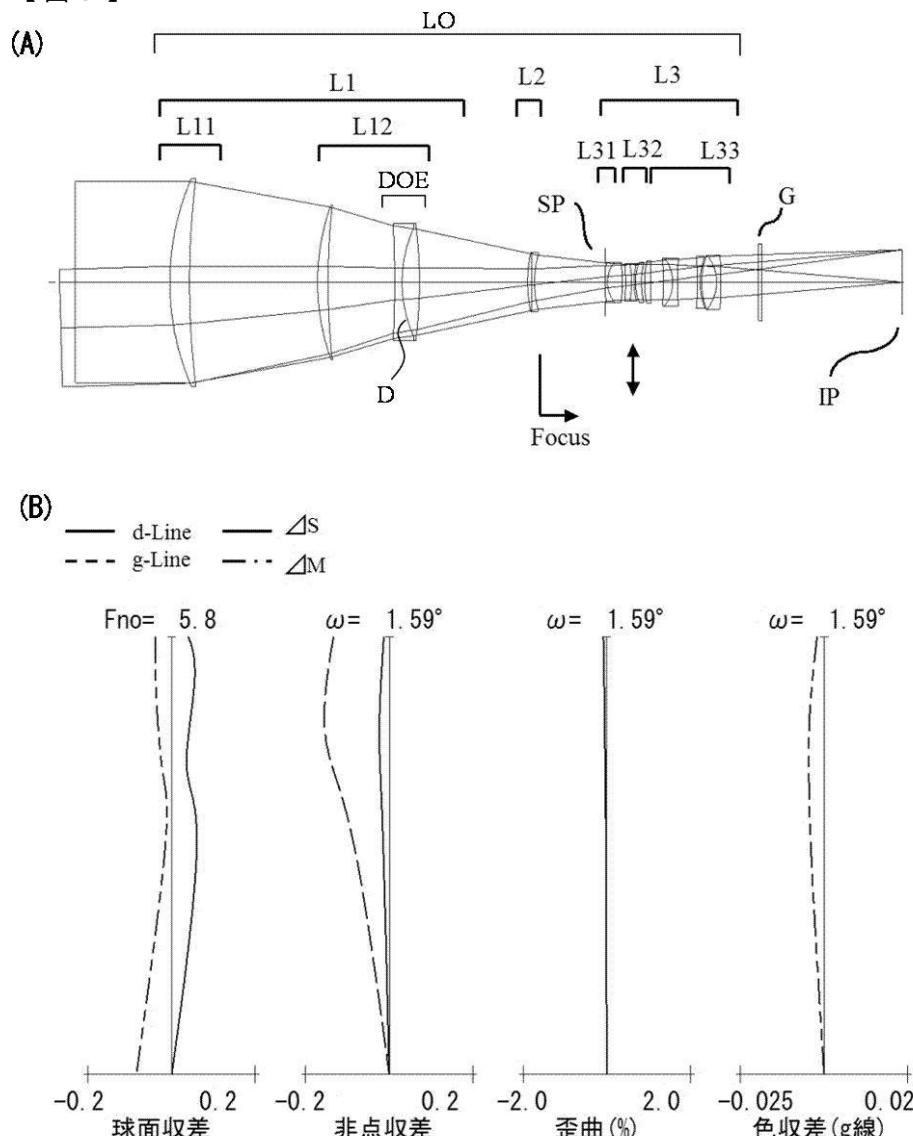
【図3】



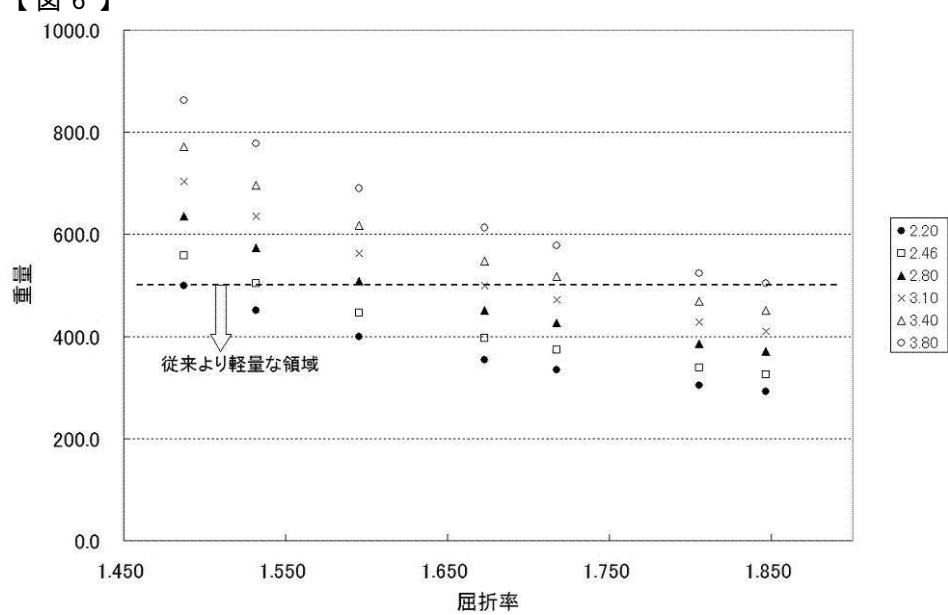
【図4】



【図5】

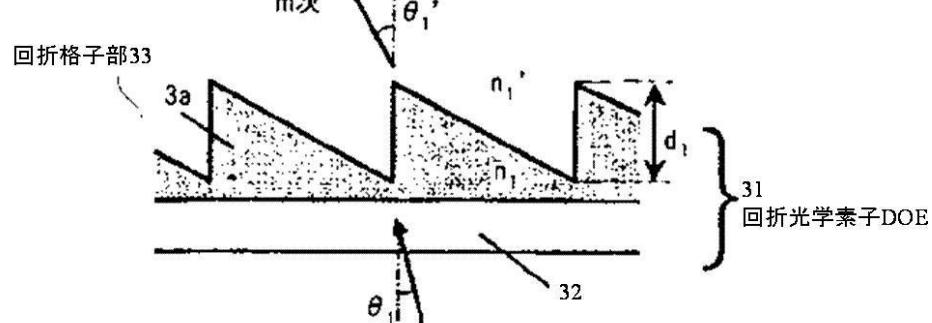


【図6】

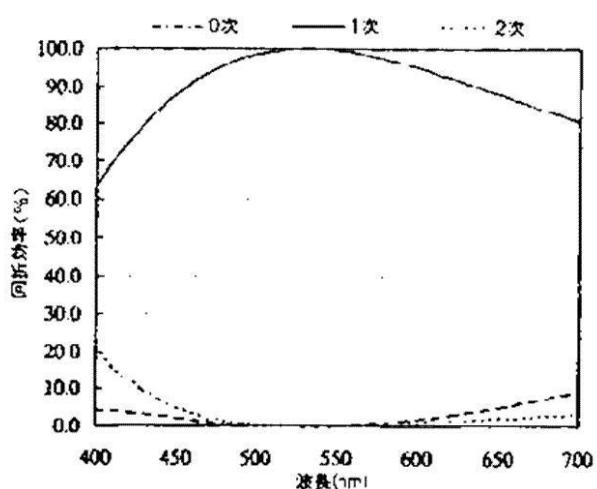


【図7】

(A)

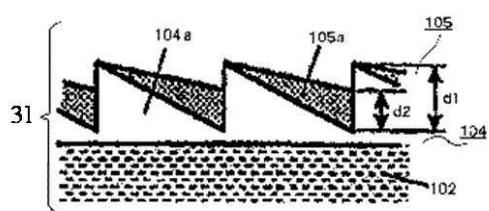


(B)

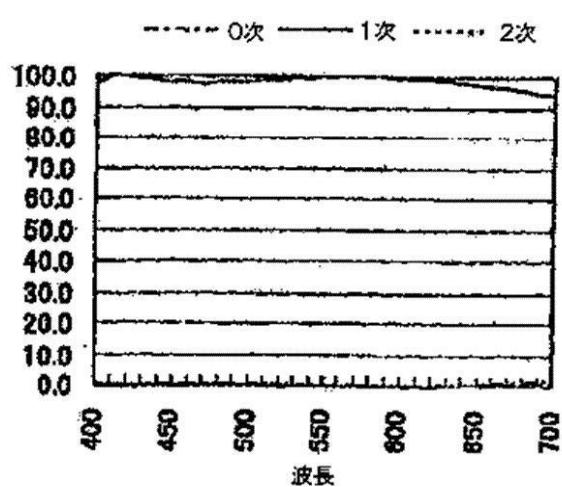


【図8】

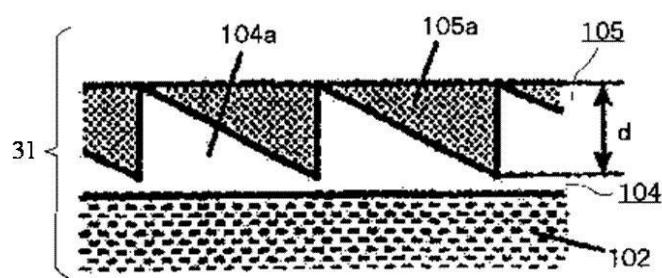
(A)



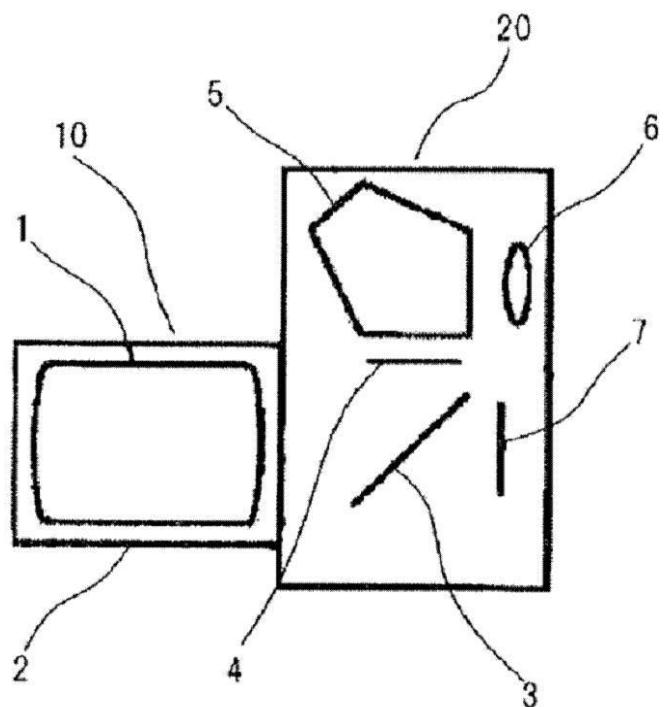
(B)



(C)



【図9】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 00	-	17 / 08
G 02 B	21 / 02	-	21 / 04
G 02 B	25 / 00	-	25 / 04