

(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2018-17857  
(P2018-17857A)

(43) 公開日 平成30年2月1日(2018.2.1)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G02B 13/02 (2006.01)</b>	G02B 13/02	2H087
<b>G03B 5/00 (2006.01)</b>	G03B 5/00	J 2H249
<b>G02B 5/18 (2006.01)</b>	G02B 5/18	2K005

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2016-147248 (P2016-147248)  
(22) 出願日 平成28年7月27日 (2016.7.27)

(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都港区港南二丁目15番3号  
(74) 代理人 100140800  
弁理士 保坂 丈世  
(74) 代理人 100156281  
弁理士 岩崎 敬  
(72) 発明者 三輪 哲史  
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会  
社ニコン内  
(72) 発明者 藪本 洋  
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会  
社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系、光学機器及び光学系の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 良好な結像性能を有する光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供する。

【解決手段】 カメラ 1 等の光学機器に用いられる光学系 O L は、合焦時に移動する合焦群 G f と、この合焦群 G f よりも物体側に配置された回折光学素子 G D と、この回折光学素子 G D よりも物体側に配置された負レンズ要素 L 1 n と、を有し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$0.030 < f / f_{pf} < 0.050$$

$$nd_{1n} + 0.006 \times d_{1n} < 1.910$$

$$35 < d_{1n}$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

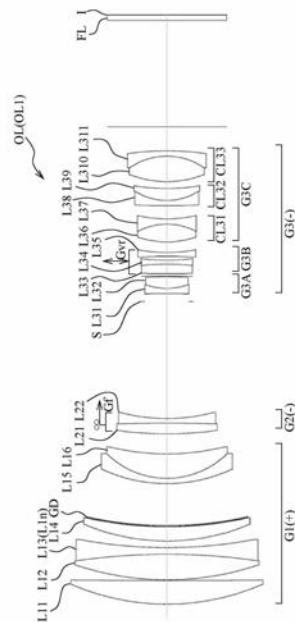
f<sub>pf</sub> : 回折光学素子 G D の焦点距離

nd<sub>1n</sub> : 負レンズ要素 L 1 n の媒質の d 線に対する屈折率

d<sub>1n</sub> : 負レンズ要素 L 1 n の媒質の d 線に対する

アップベ数

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

合焦時に移動する合焦群と、  
前記合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、  
前記回折光学素子よりも物体側に配置された負レンズ要素と、を有し、  
次式の条件を満足することを特徴とする光学系。

$$0.030 < f / f_{p f} < 0.050$$

$$n_{d1n} + 0.006 \times d_{1n} < 1.910$$

$$35 < d_{1n}$$

但し、

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

$f_{p f}$  : 前記回折光学素子の焦点距離

$n_{d1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率

$d_{1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッベ数

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

10

## 【請求項 2】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

$$T L / f < 0.61$$

但し、

$T L$  : 無限遠合焦状態における全長

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

20

## 【請求項 3】

前記負レンズ要素より物体側は、全て正レンズ要素で構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

## 【請求項 4】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光学系。

$$g_{F1n} + 0.00168 \times d_{1n} < 0.643$$

但し、

$g_{F1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質の部分分散比

$d_{1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッベ数

30

## 【請求項 5】

物体側から順に、  
正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、  
前記合焦群であって、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、  
第 3 レンズ群と、を有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の光学系。

## 【請求項 6】

前記第 1 レンズ群は、前記回折光学素子より物体側に、2 枚の正レンズ要素と、前記負レンズ要素と、を有することを特徴とする請求項 5 に記載の光学系。

## 【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、前記回折光学素子より像側に、正レンズ要素及び負レンズ要素を各々 1 枚ずつ有することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の光学系。

40

## 【請求項 8】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.200 < f_1 / f < 0.500$$

但し、

$f_1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

$f$  : 全系の焦点距離

## 【請求項 9】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 5 ~ 8 のいずれか一項に記載の光学系。

50

$$0.001 < f_1 / f_{pf} < 0.030$$

但し、

$f_1$  : 前記第1レンズ群の焦点距離

$f_{pf}$  : 前記回折光学素子の焦点距離

【請求項10】

合焦時に移動し、少なくとも2つのレンズ要素を有する合焦群と、  
前記合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、  
前記合焦群よりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群と、

前記防振群よりも像側に配置された少なくとも3つの負レンズ要素と、を有し、  
前記3つの負レンズ要素のうち少なくとも2つは、次式の条件を満足する特定負レンズ要素であり、

$$0.654 < g_{F3n} + 0.00168 \times d_{3n}$$

$$1.98 < n_{d3n} + 0.01 \times d_{3n}$$

但し、

$g_{F3n}$  : 前記特定負レンズ要素の媒質の部分分散比

$d_{3n}$  : 前記特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

$n_{d3n}$  : 前記特定負レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

さらに、次式の条件を満足することを特徴とする光学系。

$$TL / f < 0.61$$

但し、

$TL$  : 無限遠合焦状態における全長

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

【請求項11】

前記特定負レンズ要素のうち少なくとも1つは、次式の条件を満足することを特徴とする請求項10に記載の光学系。

$$70 < d_{3n1}$$

但し、

$d_{3n1}$  : 前記特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【請求項12】

前記特定負レンズ要素のうち少なくとも1つは、次式の条件を満足することを特徴とする請求項10または11に記載の光学系。

$$d_{3n2} < 34$$

但し、

$d_{3n2}$  : 前記特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【請求項13】

前記防振群より像側に、次式の条件を満足する特定正レンズ要素を少なくとも1枚有することを特徴とする請求項10～12のいずれか一項に記載の光学系。

$$g_{F3p} + 0.00168 \times d_{3p1} < 0.664$$

$$d_{3p1} < 70$$

但し、

$g_{F3p}$  : 前記特定正レンズ要素の媒質の部分分散比

$d_{3p1}$  : 前記特定正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【請求項14】

前記防振群より像側に、物体側から順に、第1接合レンズと、第2接合レンズと、第3接合レンズと、を有し、

次式の条件を満足することを特徴とする請求項10～13のいずれか一項に記載の光学系。

$$-1.20 < f_{3c1} / f_{3c2} < -0.80$$

10

20

30

40

50

$$0.30 < f_{3c1} / f_{3c3} < 0.50$$

但し、

$f_{3c1}$  : 前記第1接合レンズの焦点距離

$f_{3c2}$  : 前記第2接合レンズの焦点距離

$f_{3c3}$  : 前記第3接合レンズの焦点距離

【請求項15】

前記防振群より像側に配置された接合レンズのうち少なくとも1つは、次式の条件を満足することを特徴とする請求項14に記載の光学系。

$$d_{3p} - d_{3n} < 10$$

$$0.1 < n_{d3n} - n_{d3p}$$

10

但し、

$d_{3p}$  : 前記接合レンズを構成する正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

$d_{3n}$  : 前記接合レンズを構成する負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

$n_{d3p}$  : 前記接合レンズを構成する正レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

$n_{d3n}$  : 前記接合レンズを構成する負レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

【請求項16】

物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

前記合焦群であって、負の屈折力を有する第2レンズ群と、

第3レンズ群と、を有することを特徴とする請求項10~15のいずれか一項に記載の光学系。

20

【請求項17】

前記合焦群である前記第2レンズ群は、次式の条件を満足する正レンズ要素を有することを特徴とする請求項16に記載の光学系。

$$d_{2p} < 50$$

但し、

$d_{2p}$  : 前記第2レンズ群に含まれる前記正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【請求項18】

請求項1~17のいずれか一項に記載の光学系を有することを特徴とする光学機器。

30

【請求項19】

合焦時に移動する合焦群と、前記合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、前記回折光学素子よりも物体側に配置された負レンズ要素と、を有する光学系の製造方法であって、

次式の条件を満足するように配置することを特徴とする光学系の製造方法。

$$0.030 < f / f_{pf} < 0.050$$

$$n_{d1n} + 0.006 \times d_{1n} < 1.910$$

$$35 < d_{1n}$$

但し、

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

40

$f_{pf}$  : 前記回折光学素子の焦点距離

$n_{d1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

$d_{1n}$  : 前記負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

【請求項20】

合焦時に移動し、少なくとも2つのレンズ要素を有する合焦群と、前記合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、前記合焦群よりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群と、前記防振群よりも像側に配置された少なくとも3つの負レンズ要素と、を有する光学系の製造方法であって、

前記3つの負レンズ要素のうち少なくとも2つは、次式の条件を満足する特定負レンズ

50

要素を配置し、

$$0.654 < gF3n + 0.00168 \times d3n$$

$$1.98 < nd3n + 0.01 \times d3n$$

但し、

$gF3n$  : 前記特定負レンズ要素の媒質の部分分散比

$d3n$  : 前記特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッペ数

$nd3n$  : 前記特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率

さらに、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする光学系の製造方法。

$$TL/f < 0.61$$

但し、

$TL$  : 無限遠合焦状態における全長

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系、光学機器及び光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、回折光学素子を用いて小型化された光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。しかしながら、特許文献 1 に記載の光学系は、さらなる光学性能の向上が要望されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 011171 号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明の第一の態様に係る光学系は、合焦時に移動する合焦群と、合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、回折光学素子よりも物体側に配置された負レンズ要素と、

$$0.030 < f/fpf < 0.050$$

$$nd1n + 0.006 \times d1n < 1.910$$

$$35 < d1n$$

但し、

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

$fpf$  : 回折光学素子の焦点距離

$nd1n$  : 負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率

$d1n$  : 負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッペ数

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

【0005】

また、本発明の第二の態様に係る光学系は、合焦時に移動し、少なくとも 2 つのレンズ要素を有する合焦群と、合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、合焦群よりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群と、防振群よりも像側に配置された少なくとも 3 つの負レンズ要素と、を有し、3 つの負レンズ要素のうち少なくとも 2 つは、次式の条件を満足する特定負レンズ要素であり、

$$0.654 < gF3n + 0.00168 \times d3n$$

$$1.98 < nd3n + 0.01 \times d3n$$

但し、

$gF3n$  : 特定負レンズ要素の媒質の部分分散比

10

20

30

40

50

$d_{3n}$  : 特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッペ数  
 $n_{d_{3n}}$  : 特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率  
 さらに、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$TL/f < 0.61$$

但し、

$TL$  : 無限遠合焦状態における全長

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

#### 【0006】

本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、合焦時に移動する合焦群と、合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、回折光学素子よりも物体側に配置された負レンズ要素と、を有する光学系の製造方法であって、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする。

$$0.030 < f/f_{pf} < 0.050$$

$$n_{d_{1n}} + 0.006 \times d_{1n} < 1.910$$

$$35 < d_{1n}$$

但し、

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

$f_{pf}$  : 回折光学素子の焦点距離

$n_{d_{1n}}$  : 負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率

$d_{1n}$  : 負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッペ数

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

#### 【0007】

また、本発明の第二の態様に係る光学系の製造方法は、合焦時に移動し、少なくとも2つのレンズ要素を有する合焦群と、合焦群よりも物体側に配置された回折光学素子と、合焦群よりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群と、防振群よりも像側に配置された少なくとも3つの負レンズ要素と、を有する光学系の製造方法であって、3つの負レンズ要素のうち少なくとも2つは、次式の条件を満足する特定負レンズ要素を配置し、

$$0.654 < g_{F3n} + 0.00168 \times d_{3n}$$

$$1.98 < n_{d_{3n}} + 0.01 \times d_{3n}$$

但し、

$g_{F3n}$  : 特定負レンズ要素の媒質の部分分散比

$d_{3n}$  : 特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対するアッペ数

$n_{d_{3n}}$  : 特定負レンズ要素の媒質の  $d$  線に対する屈折率

さらに、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする。

$$TL/f < 0.61$$

但し、

$TL$  : 無限遠合焦状態における全長

$f$  : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0008】

【図1】第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図3】第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

【図4】第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図5】第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 6】第 3 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図 7】第 4 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

【図 8】第 4 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図 9】第 5 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

【図 10】第 5 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図 11】上記光学系を搭載するカメラの断面図である。

【図 12】第 1 の実施形態に係る光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

10

【図 13】第 2 の実施形態に係る光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

【0010】

[第 1 の実施形態]

まず、第 1 の実施形態について説明する。図 1 に示すように、第 1 の実施形態に係る光学系 OL は、合焦時に移動する合焦群 G f と、この合焦群 G f よりも物体側に配置された回折光学素子 G D と、回折光学素子 G D よりも物体側に配置された負レンズ要素 L 1 n (例えば、両凹負レンズ L 1 3) と、を有して構成されている。この構成により、近距離合焦における像面湾曲収差と、無限合焦時の軸上色・倍率色収差を同時に補正することができる。なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

20

【0011】

また、第 1 の実施形態に係る光学系 OL は、以下に示す条件式 (1 - 1) を満足することが望ましい。

【0012】

$$0.030 < f / f_{pf} < 0.050 \quad (1 - 1)$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における全系の焦点距離

f<sub>pf</sub> : 回折光学素子 G D の焦点距離

30

【0013】

条件式 (1 - 1) は、全系の焦点距離に対する、回折光学素子 G D 単体の焦点距離の比率を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式 (1 - 1) の下限値を下回ると、軸上色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、この条件式 (1 - 1) の効果を確実なものとするために、条件式 (1 - 1) の下限値を 0.033、更に 0.035 とすることがより望ましい。また、この条件式 (1 - 1) の上限値を上回ると、軸上色収差の補正が過剰になるため好ましくない。なお、この条件式 (1 - 1) の効果を確実なものとするために、条件式 (1 - 1) の上限値を 0.047、更に 0.044 とすることがより望ましい。

40

【0014】

また、第 1 の実施形態に係る光学系 OL は、以下に示す条件式 (1 - 2) 及び条件式 (1 - 3) を満足することが望ましい。

【0015】

$$nd_{1n} + 0.006 \times d_{1n} < 1.910 \quad (1 - 2)$$

$$3.5 < d_{1n} \quad (1 - 3)$$

但し、

nd<sub>1n</sub> : 負レンズ要素 L 1 n の媒質の d 線に対する屈折率

d<sub>1n</sub> : 負レンズ要素 L 1 n の媒質の d 線に対するアッペ数

50

但し、媒質は硝子、樹脂等であり、硝子が好ましい。以下同様。

【0016】

条件式(1-2)及び条件式(1-3)は、負レンズ要素L1nの媒質の屈折率と分散の範囲を規定している。これにより、光学系OLを軽量化しつつ、軸上と倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。条件式(1-2)の上限値を上回ると、媒質の比重が重くなり、軽量化を達成するために曲率半径を緩く使うと、ペッツバール和がマイナスに発生し像面湾曲の補正が困難になるため好ましくない。なお、この条件式(1-2)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-2)の上限値を1.900、更に1.890とすることがより望ましい。また、条件式(1-3)の上限値を上回ると、軸上と倍率の色収差の補正が不足になり好ましくない。なお、この条件式(1-3)の効果を確実なものとするために、条件式(1-3)の上限値を38、更に41とすることが望ましい。

10

【0017】

また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1-4)を満足することが望ましい。

【0018】

$$TL/f < 0.61 \quad (1-4)$$

但し、

TL：無限遠合焦状態における全長

f：無限遠合焦状態における全系の焦点距離

20

【0019】

条件式(1-4)は、無限遠合焦状態における光学系OLの全系の焦点距離に対する全長の比率を規定している。これにより、光学系OLを小型化しつつ軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(1-4)の上限値を上回ると、光学系OLが大型化し、軽量化と両立するために合焦群Gfより物体側のレンズ枚数を減らすなどの対策を行うと、倍率の色収差の補正が不足になるため好ましくない。また、合焦群Gfの像側に、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動することにより、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群Gvrを設けた構成の場合に、この防振群Gvrより像側のレンズ枚数を減らすことにより軽量化を行っても、倍率の色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、この条件式(1-4)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-4)の上限値を0.60、更に0.59とすることがより望ましい。また、この条件式(1-4)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-4)の下限値を0.55、更に0.56とすることがより望ましい。

30

【0020】

また、第1の実施形態に係る光学系OLにおいて、負レンズ要素L1nより物体側は、全て正レンズ要素で構成されていることが望ましい。これにより、光学系OLを軽量化しつつ、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。

【0021】

また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1-5)を満足することが望ましい。

40

【0022】

$$gF1n + 0.00168 \times d1n < 0.643 \quad (1-5)$$

但し、

gF1n：負レンズ要素L1nの媒質の部分分散比

d1n：負レンズ要素L1nの媒質のd線に対するアッペ数

【0023】

ここで、g線、d線、F線及びC線における屈折率をそれぞれng、nd、nF、nCとすると、d線に対するアッペ数dは次式(a)で定義され、部分分散比gFは次式(b)で定義される。

【0024】

50



$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C) \quad (a)$$

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad (b)$$

## 【0025】

条件式(1-5)は、負レンズ要素L1nに使われている媒質の部分分散比と分散を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(1-5)の上限値を上回ると、特に倍率の色収差の補正が不足となるため好ましくない。なお、条件式(1-5)の効果を確実にするために、条件式(1-5)の上限値を0.642、更に0.640とすることがより望ましい。

## 【0026】

また、第1の実施形態に係る光学系OLは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、光軸方向に移動することで合焦を行う合焦群Gfであって、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、を有して構成されることが望ましい。これにより、アクチュエーターによる自動合焦時に、迅速な駆動を達成できるとともに、近距離合焦時の球面収差、像面湾曲を良好に補正できる。

10

## 【0027】

また、第1の実施形態に係る光学系OLにおいて、第1レンズ群G1は、回折光学素子GDより物体側に、2枚の正レンズ要素(例えば、図1における正メニスカスレンズL11及び両凸レンズL12)と、上述した負レンズ要素L1nと、を有することが望ましい。これにより、回折光学素子GDに入射する迷光の量を低減できるとともに、特に倍率の色収差を良好に補正できる。

20

## 【0028】

また、第1の実施形態に係る光学系OLにおいて、第1レンズ群G1は、回折光学素子GDより像側に、正レンズ要素及び負レンズ要素を各々1枚ずつ有する(例えば、図1における負メニスカスレンズL15及び正メニスカスレンズL16)ことが望ましい。これにより、回折光学素子GDに入射する迷光の量を低減できるとともに、特に倍率の色収差を良好に補正できる。

## 【0029】

また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1-6)を満足することが望ましい。

## 【0030】

$$0.200 < f_1 / f < 0.500 \quad (1-6)$$

30

但し、

f<sub>1</sub>：第1レンズ群G1の焦点距離

f：全系の焦点距離

## 【0031】

条件式(1-6)は、全系の焦点距離に対する、第1レンズ群G1の焦点距離の比を表している。これにより、光学系OLの小型化と軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(1-6)の下限値を下回ると、倍率の色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(1-6)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-6)の下限値を0.250、更に0.300とすることがより望ましい。また、条件式(1-6)の上限値を上回ると、光学系OLが大型化・重量化し、たとえば小型化のため第1レンズ群G1のレンズを減らすと、球面収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(1-6)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-6)の上限値を0.400、更に0.350とすることがより望ましい。

40

## 【0032】

また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1-7)を満足することが望ましい。

## 【0033】

$$0.001 < f_1 / f_{pf} < 0.030 \quad (1-7)$$

但し、

50

$f_1$  : 第1レンズ群G1の焦点距離

$f_{pf}$  : 回折光学素子GDの焦点距離

【0034】

条件式(1-7)は、第1レンズ群G1の焦点距離に対する、回折光学素子GDの焦点距離の比を表している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(1-7)の下限値を下回ると、軸上色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、条件式(1-7)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-7)の下限値を0.008、更に0.010とすることがより望ましい。また、条件式(1-7)の上限値を上回ると、軸上色収差の補正が過剰になるため好ましくない。なお、条件式(1-7)の効果を確実なものとするために、この条件式(1-7)の上限値を0.020、更に0.015とすることがより望ましい。

10

【0035】

以下、第1の実施形態に係る光学系OLの製造方法の概略を、図12を参照して説明する。まず、各レンズを配置して、合焦時に移動する合焦群Gfである第2レンズ群G2と、この合焦群Gfよりも物体側に配置された回折光学素子GD及び回折光学素子GDよりも物体側に配置された負レンズ要素を含む第1レンズ群G1と、をそれぞれ準備し(ステップS100)、所定の条件式(例えば、上述した条件式(1-1))による条件を満足するように配置する(ステップS200)。

【0036】

[第2の実施形態]

20

次に、第2の実施形態について説明する。図1に示すように、第2の実施形態に係る光学系OLは、合焦時に移動し、少なくとも2つのレンズ要素(例えば、図1における両凸正レンズL21及び両凹負レンズL22)を有する合焦群Gfを有して構成されている。これにより、フォーカシングに伴う軸上色収差、球面収差の変動を低減することができる。また、この光学系OLは、合焦群Gfよりも物体側に配置された回折光学素子GDと、合焦群Gfよりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群Gvrと、この防振群Gvrよりも像側に配置された少なくとも3つの負レンズ要素(例えば、図1における両凹レンズL37、負メニスカスレンズL38及び負メニスカスレンズL311)と、を有して構成されている。これにより、軸上色収差と球面収差を良好に補正しつつ、手振れ補正時の像面湾曲、倍率色収差の変動を低減することができる。なお、レンズ要素とは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

30

【0037】

ここで、この第2の実施形態に係る光学系OLにおいて、防振群Gvrよりも像側に配置された3つの負レンズ要素のうち少なくとも2つは、以下に示す条件式(2-1)を満足する特定負レンズ要素であることが望ましい。

【0038】

$$0.654 < g_{F3n} + 0.00168 \times d_{3n} \quad (2-1)$$

但し、

$g_{F3n}$  : 特定負レンズ要素の媒質の部分分散比

$d_{3n}$  : 特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

40

但し、媒質は硝子、樹脂等であり、硝子が好ましい。以下同様。

【0039】

条件式(2-1)は、特定負レンズ要素に使われている媒質の部分分散比と分散を規定している。これにより、光学系OLを小型化しつつ軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-1)の下限値を下回ると、倍率の色収差の補正が不足となるため好ましくない。なお、条件式(2-1)の効果を確実なものとするための、この条件式(2-1)の下限値を0.660、更に0.664とすることがより望ましい。

【0040】

また、上記特定負レンズ要素は、以下に示す条件式(2-2)を満足することが望ましい。

50

## 【0041】

$$1.98 < n_{d3n} + 0.01 \times d_{3n} \quad (2-2)$$

但し、

$n_{d3n}$ ：特定負レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

$d_{3n}$ ：特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

## 【0042】

条件式(2-2)は、特定負レンズ要素に使われている媒質の屈折率と分散を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-2)の下限値を下回ると、アッペ数に対して屈折率が小さくなり、球面収差やコマ収差の補正を同時に行うことが困難になるため好ましくない。なお、条件式(2-2)の効果

10

を確実なものとするために、この条件式(2-2)の下限値を1.99、更に2.00とすることがより望ましい。

## 【0043】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(2-3)を満足することが望ましい。

## 【0044】

$$TL/f < 0.61 \quad (2-3)$$

但し、

TL：無限遠合焦状態における全長

f：無限遠合焦状態における全系の焦点距離

20

## 【0045】

条件式(2-3)は、無限遠合焦状態における光学系OLの全系の焦点距離に対する全長の比率を規定している。これにより、光学系OLを小型化しつつ軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-3)の上限値を上回ると、光学系OLが大型化し、軽量化と両立するために合焦群Gfより物体側のレンズ枚数を減らす、又は、防振群Gvrより像側のレンズ枚数を減らすなどの対策を行うと、倍率の色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、この条件式(2-3)の効果

30

を確実なものとするために、条件式(2-3)の上限値を0.60、更に0.59とすることがより望ましい。

また、この条件式(2-3)の効果

を確実なものとするために、条件式(2-3)の下限値を0.55、更に0.56とすることがより望ましい。

## 【0046】

また、第2の実施形態に係る光学系OLにおいて、上述した特定負レンズ要素のうち少なくとも1つは、以下に示す条件式(2-4)を満足することが望ましい。

## 【0047】

$$70 < d_{3n1} \quad (2-4)$$

$d_{3n1}$ ：特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

## 【0048】

条件式(2-4)は、特定負レンズ要素に使われている媒質の分散を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-4)の下限値を下回ると、倍率の色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、条件式(2-4)の効果

40

を確実なものとするために、この条件式(2-4)の下限値を75、更には80とすることがより望ましい。

## 【0049】

また、第2の実施形態に係る光学系OLにおいて、上述した特定負レンズ要素のうち少なくとも1つは、以下に示す条件式(2-5)を満足することが望ましい。

## 【0050】

$$d_{3n2} < 34 \quad (2-5)$$

但し、

$d_{3n2}$ ：特定負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

## 【0051】

50

条件式(2-5)は、特定負レンズ要素に使われている媒質の分散を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-5)の上限値を上回ると、軸上色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、条件式(2-5)の効果を実確なものとするために、この条件式(2-5)の上限値を32、更に30とすることがより望ましい。

【0052】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、防振群Gvrより像側に、以下に示す条件式(2-6)を満足する特定正レンズ要素を少なくとも1つ有することが望ましい。

【0053】

$$gF3p + 0.00168 \times d3p1 < 0.664 \quad (2-6)$$

10

但し、

gF3p：特定正レンズ要素の媒質の部分分散比

d3p：特定正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【0054】

条件式(2-6)は、特定正レンズ要素に使われている媒質の部分分散比と分散を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-6)の上限値を上回ると、倍率の色収差の補正が不足になるため好ましくない。なお、条件式(2-6)の効果を実確なものとするために、この条件式(2-6)の上限値を0.660、更に0.654とすることがより望ましい。

【0055】

20

また、第2の実施形態に係る光学系OLにおいて、特定正レンズ要素は、以下に示す条件式(2-7)を満足することが望ましい。

【0056】

$$d3p1 < 70 \quad (2-7)$$

但し、

d3p：特定正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

【0057】

条件式(2-7)は、特定正レンズ要素に使われている媒質の分散を規定している。これにより、軸上色収差を良好に補正することができる。この条件式(2-7)の上限値を上回ると、軸上色収差の補正が不足にするため好ましくない。なお、条件式(2-7)の効果を実確なものとするために、この条件式(2-7)の上限値を55、更に46とすることがより望ましい。

30

【0058】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、防振群Gvrより像側に、物体側から順に、第1接合レンズCL31と、第2接合レンズCL32と、第3接合レンズCL33と、を有して構成されている。これにより、球面収差、歪曲収差、像面湾曲を良好に補正することができる。

【0059】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(2-8)を満足することが望ましい。

40

【0060】

$$-1.20 < f3c1 / f3c2 < -0.80 \quad (2-8)$$

但し、

f3c1：第1接合レンズCL31の焦点距離

f3c2：第2接合レンズCL32の焦点距離

【0061】

条件式(2-8)は、3つの接合レンズのうち、第1接合レンズCL31に対する第2接合レンズCL32の焦点距離の比を規定している。これにより、球面収差、歪曲収差、像面湾曲を良好に補正することができる。この条件式(2-8)の下限値を下回ると、各レンズの間隔や偏心に対する敏感度が上がり、製造に際して設計値通りの光学性能を得る

50

ことが難しくなるため好ましくない。なお、条件式(2-8)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-8)の下限値を-1.10、更に-1.00とすることがより望ましい。また、この条件式(2-8)の上限値を上回ると、ペッツパール和が過剰となり像面湾曲がマイナスに発生するため好ましくない。なお、条件式(2-8)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-8)の上限値を-0.90、さらに-0.95とすることがより望ましい。

【0062】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(2-9)を満足することが望ましい。

【0063】

$$0.30 < f_{3c1} / f_{3c3} < 0.50 \quad (2-9)$$

但し、

$f_{3c1}$  : 第1接合レンズCL31の焦点距離

$f_{3c3}$  : 第3接合レンズCL33の焦点距離

【0064】

条件式(2-9)は、第1接合レンズCL31に対する第3接合レンズCL33の焦点距離の比を規定している。これにより、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。この条件式(2-9)の上限値を上回ると、各レンズの間隔や偏心に対する敏感度が上がり、製造に際して設計値通りの光学性能を得ることが難しくなるため好ましくない。なお、条件式(2-9)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-9)の上限値を0.45、更に0.44とすることがより好ましい。また、条件式(2-9)の下限値を下回ると、ペッツパール和が減少し、像面湾曲がプラスに発生するため好ましくない。なお、条件式(2-9)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-9)の下限値を0.35、更に0.40とすることがより望ましい。

【0065】

また、第2の実施形態に係る光学系OLにおいて、防振群Gvrより像側に配置された接合レンズのうち少なくとも1つは、以下に示す条件式(2-10)及び条件式(2-11)を満足することが望ましい。

【0066】

$$d_{3p} - d_{3n} < 10 \quad (2-10)$$

$$0.10 < n_{d3n} - n_{d3p} \quad (2-11)$$

但し、

$d_{3p}$  : 接合レンズを構成する正レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

$d_{3n}$  : 接合レンズを構成する負レンズ要素の媒質のd線に対するアッペ数

$n_{d3p}$  : 接合レンズを構成する正レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

$n_{d3n}$  : 接合レンズを構成する負レンズ要素の媒質のd線に対する屈折率

【0067】

条件式(2-10)及び条件式(2-11)は、防振群Gvrより像側に配置された接合レンズを構成する正レンズ要素と負レンズ要素に使われている媒質の分散と屈折率の差を規定している。これにより、軸上と倍率の色収差、像面湾曲収差と歪曲収差を良好に補正することができる。条件式(2-10)の上限値を上回ると、球面収差の波長ごとの差や倍率色収差の補正が難しくなるため好ましくない。なお、条件式(2-10)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-10)の上限値を5、更に3とすることがより望ましい。また、条件式(2-11)の下限値を下回ると、像面湾曲と歪曲収差を同時に補正することが難しくなるため好ましくない。なお、条件式(2-11)の効果を確実なものとするために、この条件式(2-11)の下限値を0.15、更に0.20とすることがより望ましい。

【0068】

また、第2の実施形態に係る光学系OLは、物体側から順に、上述した回折光学素子GDを含み、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、光軸方向に移動することで合焦を行

10

20

30

40

50

う合焦群 G f であって、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 と、を有して構成されることが望ましい。ここで、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、第 3 A 群 G 3 A と、上述した防振群 G v r である第 3 B 群 G 3 B と、上述した 3 つの接合レンズを含む第 3 C 群 G 3 C と、を有して構成されている。これにより、焦点距離に対して全長が大幅に短いにもかかわらず、球面収差及び軸上色収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができる。

【 0 0 6 9 】

また、第 2 の実施形態に係る光学系 O L において、合焦群 G f である第 2 レンズ群 G 2 は、以下に示す条件式 ( 2 - 1 2 ) を満足する正レンズ要素を有することが望ましい。

【 0 0 7 0 】

$$d_{2p} < 5.0 \quad (2-12)$$

但し、

$d_{2p}$  : 第 2 レンズ群 G 2 に含まれる正レンズ要素の媒質の d 線に対するアッペ数

【 0 0 7 1 】

条件式 ( 2 - 1 2 ) は、第 2 レンズ群 G 2 に含まれる正レンズ要素 (例えば、図 1 における両凸正レンズ L 2 1 ) に使われている媒質の部分分散比と分散の関係を規定している。これにより、近距離合焦時の軸上色収差および球面収差変動を良好に補正できる。この条件式 ( 2 - 1 2 ) の上限値を上回ると、近距離合焦時の軸上色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式 ( 2 - 1 2 ) の効果を確実なものとするために、この条件式 ( 2 - 1 2 ) の上限値を 4.0、更に 3.5 とすることがより望ましい。

【 0 0 7 2 】

以下、第 2 の実施形態に係る光学系 O L の製造方法の概略を、図 1 3 を参照して説明する。まず、各レンズを配置して、合焦時に移動する合焦群 G f である第 2 レンズ群 G 2 と、この合焦群 G f よりも物体側に配置された回折光学素子 G D を含む第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G f よりも像側に配置され、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群 G v r 及びこの防振群 G v r よりも像側に配置された少なくとも 3 つの負レンズ要素を含む第 3 レンズ群 G 3 と、をそれぞれ準備し (ステップ S 1 0 0 )、所定の条件式 (例えば、上述した条件式 ( 2 - 1 ) ) による条件を満足するように配置する (ステップ S 2 0 0 )。

【 0 0 7 3 】

なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

【 0 0 7 4 】

次に、本実施形態に係る光学系 O L を備えた光学機器であるカメラを図 1 1 に基づいて説明する。このカメラ 1 は、撮影レンズ 2 として本実施形態に係る光学系 O L を備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ 1 において、不図示の物体 (被写体) からの光は、撮影レンズ 2 で集光されて、不図示の O L P F (Optical low pass filter : 光学ローパスフィルタ) を介して撮像部 3 の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部 3 に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ 1 に設けられた E V F (Electronic view finder : 電子ビューファインダ) 4 に表示される。これにより撮影者は、E V F 4 を介して被写体を観察することができる。

【 0 0 7 5 】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部 3 により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る光学系 O L を搭載した場合でも、上

10

20

30

40

50

記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【 0 0 7 7 】

本実施形態では、3群構成の光学系OLを示したが、以上の構成条件等は、4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。また、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

10

【 0 0 7 8 】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦群としても良い。この場合、合焦群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の(超音波モータ等の)モータ駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、合焦レンズ群は接合レンズで構成するのが好ましいが、単レンズで構成してもよい。

【 0 0 7 9 】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動(揺動)させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群としてもよい。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振群とするのが好ましい。

20

【 0 0 8 0 】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ(GRINレンズ)或いはプラスチックレンズとしてもよい。

30

【 0 0 8 1 】

開口絞りSは、第3レンズ群G3の近傍または中に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

【 0 0 8 2 】

さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

【 0 0 8 3 】

以上のような構成とすると、良好な結像性能を有する光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供することができる。

40

【実施例】

【 0 0 8 4 】

以下、各実施例を図面に基づいて説明する。なお、図1、図3、図5、図7及び図9は、各実施例に係る光学系OL(OL1~OL5)の構成及び屈折率配分を示す断面図である。

【 0 0 8 5 】

各実施例において、回折光学面の位相形状は、次式(c)によって表される。

【 0 0 8 6 】

$$(h, n) = (2 / (n \times 0)) \times (C2h^2 + C4h^4) \quad (c)$$

50

但し、

h : 光軸に対する垂直方向の高さ

n : 回折光の次数

0 : 設計波長

C<sub>i</sub> : 位相係数 ( i = 2 , 4 )

【 0 0 8 7 】

また、任意の波長、任意の回折次数 m に対する式 ( c ) で表される回折光学面の屈折力 D は、最も低次の位相係数 C<sub>2</sub> を用いて、次式 ( d ) のように表される。

【 0 0 8 8 】

$$D( \quad , n ) = - 2 \times C_2 \times n \times \quad / 0 \quad ( d )$$

10

【 0 0 8 9 】

なお、各実施例の表中において、回折光学面には面番号の右側に \* 印を付している。

【 0 0 9 0 】

[ 第 1 実施例 ]

図 1 は、第 1 実施例に係る光学系 O L 1 の構成を示す図である。この光学系 O L 1 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを備え、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って移動させて合焦を行う合焦レンズ群 G f としている。

【 0 0 9 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 1 1、両凸正レンズ L 1 2 と両凹負レンズ L 1 3 とを接合した接合正レンズ、像側に凹面を向け、この凹面に 2 種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子 G D が形成された正メニスカスレンズ L 1 4、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 6 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 2 1 と両凹負レンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 3 1 と両凸正レンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズ L 3 5、両凸レンズ L 3 6 と両凹負レンズ L 3 7 とを接合した接合正レンズ C L 3 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 8 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 9 とを接合した接合負レンズ C L 3 2、及び、両凸正演ず L 3 1 0 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 1 とを接合した接合正レンズ C L 3 3 で構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 と像面 I との間にフィルター F L が配置されている。

20

30

【 0 0 9 2 】

また、第 1 実施例に係る光学系 O L 1 は、第 3 レンズ群 G 3 内の両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズ L 3 5 を防振群 G v r とし、この防振群 G v r を光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系 O L 1 の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

【 0 0 9 3 】

40

以下の表 1 に、光学系 O L 1 の諸元の値を掲げる。この表 1 において、全体諸元に示す f は全系の焦点距離、F N O は F ナンバー、 $\theta$  は半画角、及び、T L は全長の値を表している。ここで、全長 T L は、最も物体側のレンズ面 ( 第 1 面 ) から像面 I までの光軸上の距離を示している。また、レンズデータにおける第 1 欄 m は、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序 ( 面番号 ) を、第 2 欄 r は、各レンズ面の曲率半径を、第 3 欄 d は、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離 ( 面間隔 ) を、第 4 欄 d 及び第 5 欄 n d は、d 線 (  $\lambda = 5 8 7 . 6 \text{ nm}$  ) に対するアッペ数及び屈折率を、第 6 欄 g F は部分分散比を示している。また、曲率半径 0.0000 は平面を示し、空気の屈折率 1.00000 は省略してある。なお、レンズ群焦点距離は第 1 ~ 第 3 レンズ群 G 1 ~ G 3 各々の始面の番号と焦点距離を示している。

50



## 【 0 0 9 4 】

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離  $f$ 、曲率半径  $r$ 、面間隔  $d$ 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

## 【 0 0 9 5 】

(表1) 第1実施例

[全体諸元]

$f = 391.74403$   
 $F N o = 5.76593$   
 $= 3.12480$   
 $T L = 229.99999$

10

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	g F
物面					
1	90.5290	9.0224	70.32	1.487490	0.5291
2	3476.6214	0.2500			
3	108.6866	9.7966	70.32	1.487490	0.5291
4	-237.7886	2.5000	44.46	1.612660	0.564
5	179.8167	2.5000			
6	80.0400	5.4497	64.13	1.516800	0.5357
7	140.7615	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
8*	140.7615	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
9	140.7615	15.9286			
10	57.9333	2.0000	42.73	1.834810	0.5648
11	32.3388	9.3177	70.32	1.487490	0.5291
12	90.7740	D1			
13	132.6572	4.1393	33.72	1.647690	0.593
14	-523.0292	1.7000	50.27	1.719990	0.5527
15	67.7680	D2			
16	0.0000	3.0000			S
17	-434.3952	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
18	23.9849	4.4832	58.82	1.518230	0.5449
19	-100.9429	0.1000			
20	0.0000	1.0000			
21	397.4081	3.6000	25.45	1.805180	0.6157
22	-96.5962	1.5000	67.90	1.593190	0.544
23	69.4057	1.5000			
24	-199.5009	1.5000	67.90	1.593190	0.544
25	60.2877	4.0000			
26	33.8022	6.7774	39.21	1.595510	0.5806
27	-23.0330	2.0000	82.57	1.497820	0.5386
28	49.4624	5.0000			
29	257.9794	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
30	22.5049	4.5956	44.46	1.612660	0.564
31	76.0065	2.5663			
32	38.0090	9.7423	40.98	1.581440	0.5763
33	-24.5636	2.0000	22.74	1.808090	0.6287
34	-105.7609	9.1491			

20

30

40

50

35	0.0000	40.5814			
36	0.0000	2.0000	63.88	1.516800	0.536
37	0.0000	BF			

像面

[ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	120.3
第2レンズ群	13	-175.5
第3レンズ群	16	-81.2

10

【 0 0 9 6 】

この光学系 O L 1 において、第 8 面は回折光学面である。以下の表 2 に回折光学面データ、すなわち設計波長 0、次数 n 並びに各位相係数 C 2、C 4 の値を示す。

【 0 0 9 7 】

(表 2)

[ 回折光学面データ ]

m	0	n	C 2	C 4
8	587.6	1.0	-5.00000E-05	3.46148E-10

【 0 0 9 8 】

また、この光学系 O L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 3 に、無限遠合焦状態、中間距離合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。なお、D 0 は光学系 O L 1 の最も物体側の面(第 1 面)から物体までの距離を示し、f は焦点距離、は倍率を示し、バックフォーカス B F は、最も像面側の光学面(第 3 7 面)から像面 I までの光軸上の距離(空気換算長)を示している(この説明は、以降の実施例においても同様である)。

20

【 0 0 9 9 】

(表 3)

[ 可変間隔データ ]

合焦状態	無限遠	中間距離	近距離
f	391.74403	-	-
	-	-0.033333	-0.22277
D 0		11775.1260	1770.0002
D 1	7.61558	9.90206	24.63002
D 2	44.58471	42.29823	27.62027
B F	0.09999	0.10000	0.09999

30

【 0 1 0 0 】

次の表 4 に、この光学系 O L 1 における各条件式対応値を示す。なお、条件式(2 - 1)及び条件式(2 - 2)は、2つの特定負レンズ要素の値であるため、カンマ(,)で区切って並べて表示している。

40

【 0 1 0 1 】

(表 4)

f p f = 10000.0

[ 条件式対応値 ]

- (1 - 1) f / f p f = 0.039
- (1 - 2) n d 1 + 0 . 0 0 6 x d 1 n = 1.879
- (1 - 3) d 1 n = 44.5
- (1 - 4) T L / f = 0.587
- (1 - 5) g F 1 n + 0 . 0 0 1 6 8 x d 1 n = 0.639

50

- ( 1 - 6 )  $f_1 / f = 0.307$   
 ( 1 - 7 )  $f_1 / f_{p f} = 0.012$   
 ( 2 - 1 )  $g_{F 3 n} + 0.00168 \times d_{3 n} = 0.677, 0.667$   
 ( 2 - 2 )  $n_{d 3 n} + 0.01 \times d_{3 n} = 2.324, 2.035$   
 ( 2 - 3 )  $T L / f = 0.58$   
 ( 2 - 4 )  $d_{3 n 1} = 82.57$   
 ( 2 - 5 )  $d_{3 n 2} = 22.74$   
 ( 2 - 6 )  $g_{F p 1} + 0.00168 \times d_{3 p 1} = 0.042$   
 ( 2 - 7 )  $d_{3 p 1} = 44.46$   
 ( 2 - 8 )  $f_{3 c 1} / f_{3 c 2} = -1.12$   
 ( 2 - 9 )  $f_{3 c 1} / f_{3 c 3} = 1.10$   
 ( 2 - 10 )  $d_{3 p} - d_{3 n} = -2.13$   
 ( 2 - 11 )  $n_{d 3 n} - n_{d 3 p} = 0.20$   
 ( 2 - 12 )  $d_{2 p} = 33.72$

【 0 1 0 2 】

このように、この光学系 O L 1 は、上記条件式 ( 1 - 1 ) ~ ( 1 - 7 )、( 2 - 1 ) ~ ( 2 - 8 )、( 2 - 10 ) ~ ( 2 - 12 ) を満足している。

【 0 1 0 3 】

この光学系 O L 1 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 に示す。各収差図において、F N O は F ナンバー、Y は像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値を示し、コマ収差図では各像高の値を示す。d は d 線 (  $\lambda = 587.6 \text{ nm}$  )、g は g 線 (  $\lambda = 435.8 \text{ nm}$  ) をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この光学系 O L 1 は、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 1 0 4 】

[ 第 2 実施例 ]

図 3 は、第 2 実施例に係る光学系 O L 2 の構成を示す図である。この光学系 O L 2 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを備え、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って移動させて合焦を行う合焦レンズ群 G f としている。

【 0 1 0 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 1 1、両凸正レンズ L 1 2 と両凹負レンズ L 1 3 とを接合した接合正レンズ、像側に凹面を向け 2 種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子 G D が形成された正メニスカスレンズ L 1 4、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 6 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 2 1 と両凹負レンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凹負レンズ L 3 1 と両凸正レンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズ L 3 5、両凸レンズ L 3 6 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 7 とを接合した接合正レンズ C L 3 1、両凹負レンズ L 3 8 と両凸正レンズ L 3 9 とを接合した接合負レンズ C L 3 2、及び、両凸正レンズ L 3 10 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 11 とを接合した接合正レンズ C L 3 3 で構成されている。

【 0 1 0 6 】

また、第 2 実施例に係る光学系 O L 2 は、第 3 レンズ群 G 3 内の両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズ L 3 5 を防振群 G v

10

20

30

40

50

rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系O L 2の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

## 【 0 1 0 7 】

以下の表5に、光学系O L 2の諸元の値を掲げる。

## 【 0 1 0 8 】

(表5) 第2実施例

[全体諸元]

f = 489.70405  
 F N o = 5.75019  
 = 2.51062  
 T L = 279.32422

10

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	g F
物面					
1	170.0946	12.8000	70.31	1.487490	0.5291
2	-624.7082	0.1000			
3	122.1897	14.2000	70.31	1.487490	0.5291
4	-397.5861	4.2000	44.46	1.612660	0.564
5	168.6766	3.0000			
6	87.1890	8.4000	64.13	1.516800	0.5356
7	159.3794	0.2000	33.41	1.527800	0.6329
8*	159.3794	0.3000	49.74	1.557100	0.5625
9	159.3794	25.8964			
10	82.0499	4.0475	40.66	1.883000	0.5669
11	44.0296	9.9231	70.31	1.487490	0.5291
12	159.8899	D1			
13	213.6406	3.5000	33.73	1.647690	0.5931
14	-289.8235	2.0000	50.27	1.719990	0.5527
15	81.1056	D2			
16	0.0000	4.6833			S
17	-96.9087	3.0000	46.59	1.816000	0.5567
18	54.5734	4.5000	58.82	1.518230	0.5449
19	-47.3825	4.5000			
20	0.0000	0.5000			
21	63.6526	3.8251	36.40	1.620040	0.5878
22	-67.1997	1.2000	82.57	1.497820	0.5386
23	38.7110	3.0000			
24	-104.6546	1.5000	67.90	1.593190	0.544
25	57.0672	5.0000			
26	36.2961	8.4742	41.51	1.575010	0.5765
27	-29.7475	4.0000	82.57	1.497820	0.5386
28	-944.5222	9.8861			
29	-43.9902	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
30	36.4672	4.9460	44.46	1.612660	0.564
31	-108.4507	0.5000			
32	69.7069	8.3459	40.98	1.581440	0.5763
33	-27.7792	2.0000	22.74	1.808090	0.6288
34	-105.8102	BF			

20

30

40

50

## 像面

## [ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	158.7
第2レンズ群	13	-166.5
第3レンズ群	16	-108.5

## 【 0 1 0 9 】

この光学系 O L 2 において、第 8 面は回折光学面である。以下の表 6 に回折光学面データを示す。

10

## 【 0 1 1 0 】

(表 6)

## [ 回折光学面データ ]

m	0	n	C 2	C 4
8	587.6	1.0	-4.25304E-05	3.00000E-10

## 【 0 1 1 1 】

また、この光学系 O L 2 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 7 に、無限遠合焦状態、中間距離合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

20

## 【 0 1 1 2 】

(表 7)

## [ 可変間隔データ ]

合焦状態	無限遠	中間距離	近距離
f	489.70405	-	-
	-	-0.03333	-0.18012
D 0		14704.2290	2720.0000
D 1	22.24696	25.12411	39.16215
D 2	32.25305	29.35590	15.39786
B F	64.39657	64.40466	64.43514

30

## 【 0 1 1 3 】

次の表 8 に、この光学系 O L 2 における各条件式対応値を示す。

## 【 0 1 1 4 】

(表 8)

$$f p f = 11756.3$$

## [ 条件式対応値 ]

$$(1 - 1) f / f p f = 0.038$$

$$(1 - 2) n d 1 + 0.006 \times d 1 n = 1.879$$

$$(1 - 3) d 1 n = 44.5$$

40

$$(1 - 4) T L / f = 0.582$$

$$(1 - 5) g F 1 n + 0.00168 \times d 1 n = 0.639$$

$$(1 - 6) f 1 / f = 0.315$$

$$(1 - 7) f 1 / f p f = 0.012$$

$$(2 - 1) g F 3 n + 0.00168 \times d 3 n = 0.677, 0.667$$

$$(2 - 2) n d 3 n + 0.01 \times d 3 n = 2.324, 2.035$$

$$(2 - 3) T L / f = 0.57$$

$$(2 - 4) d 3 n 1 = 82.57$$

$$(2 - 5) d 3 n 2 = 22.74$$

$$(2 - 6) g F p 1 + 0.00168 \times d 3 p 1 = 0.042$$

50

$$\begin{aligned} (2-7) \quad d_{3p1} &= 44.46 \\ (2-8) \quad f_{3c1} / f_{3c2} &= -0.97 \\ (2-9) \quad f_{3c1} / f_{3c3} &= 0.42 \\ (2-10) \quad d_{3p} - d_{3n} &= -2.13 \\ (2-11) \quad n_{d3n} - n_{d3p} &= 0.20 \\ (2-12) \quad d_{2p} &= 33.72 \end{aligned}$$

## 【0115】

このように、この光学系OL2は、上記条件式(1-1)～(1-7)、(2-1)～(2-12)を満足している。

## 【0116】

10

この光学系OL2の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図4に示す。これらの各収差図より、この光学系OL2は、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

## 【0117】

## [第3実施例]

図5は、第3実施例に係る光学系OL3の構成を示す図である。この光学系OL3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、第2レンズ群G2を光軸に沿って移動させて合焦を行う合焦レンズ群Gfとしている。

20

## 【0118】

第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11、両凸正レンズL12と両凹負レンズL13とを接合した接合正レンズ、像側に凹面を向け2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と両凸正レンズL32とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL35、両凸正レンズL36と両凹負レンズL37とを接合した接合正レンズCL31、両凸正レンズL38と物体側に凹面を向けた負メニスカスL39とを接合した接合正レンズCL32、及び、両凹負レンズL310と両凸正レンズL311とを接合した接合負レンズCL33で構成されている。また、第3レンズ群G3と像面Iとの間にフィルターFLが配置されている。

30

## 【0119】

また、第3実施例に係る光学系OL3は、第3レンズ群G3内の両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL35を防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL3の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

40

## 【0120】

以下の表9に、光学系OL3の諸元の値を掲げる。

## 【0121】

(表9) 第3実施例

## [全体諸元]

$$\begin{aligned} f &= 489.60699 \\ FNo &= 5.77358 \\ &= 2.50102 \\ TL &= 280.00477 \end{aligned}$$

50

## [ レンズデータ ]

m	r	d	d	n d	g F	
物面						
1	122.9476	12.8000	70.32	1.487490	0.5291	
2	1170.7859	0.1000				
3	138.4197	14.2000	70.32	1.487490	0.5291	
4	-404.2440	4.2000	44.46	1.612660	0.564	
5	239.1102	3.0000				
6	119.7261	6.0000	64.13	1.516800	0.5356	10
7	182.0193	0.2000	33.36	1.527800	0.6291	
8*	182.0193	0.3000	49.98	1.557147	0.5688	
9	182.0193	30.5473				
10	68.0810	2.5000	40.66	1.883000	0.5668	
11	42.3028	10.3591	70.32	1.487490	0.5291	
12	139.6949	D1				
13	160.1874	3.5000	31.16	1.688930	0.5993	
14	-763.1227	1.8000	49.26	1.743200	0.5526	
15	72.3797	D2				
16	0.0000	4.6833				S 20
17	184.5427	3.0000	35.72	1.902650	0.5804	
18	32.0345	4.5000	46.48	1.582670	0.5663	
19	-1347.5920	4.5000				
20	0.0000	0.5000				
21	108.6182	3.2000	33.72	1.647690	0.593	
22	-132.3745	1.2000	70.32	1.487490	0.5291	
23	51.5472	2.4500				
24	-139.0671	1.3000	67.90	1.593190	0.544	
25	71.8302	5.5639				
26	30.9587	6.5741	44.46	1.612660	0.564	30
27	-29.7499	2.0000	67.90	1.593190	0.544	
28	27.3446	6.3892				
29	38.2118	9.2060	40.98	1.581440	0.5763	
30	-22.9829	2.0000	22.74	1.808090	0.6287	
31	-33.7014	1.9429				
32	-39.4851	2.0000	40.66	1.883000	0.5668	
33	57.7841	4.8763	44.46	1.612660	0.564	
34	-105.7143	27.2264				
35	0.0000	40.5814				
36	0.0000	2.0000	63.88	1.516800	0.536	40
37	0.0000	BF				
像面						

## [ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	156.0
第2レンズ群	13	-169.5
第3レンズ群	16	-102.5

## 【 0 1 2 2 】

この光学系 O L 3 において、第 8 面は回折光学面である。以下の表 1 0 に回折光学面デ 50

ータを示す。

【 0 1 2 3 】

( 表 1 0 )

[ 回折光学面データ ]

m	0	n	C 2	C 4
8	587.6	1.0	-4.00000E-05	3.00000E-10

【 0 1 2 4 】

また、この光学系 O L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 1 1 に、無限遠合焦状態、中間距離合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

10

【 0 1 2 5 】

( 表 1 1 )

[ 可変間隔データ ]

合焦状態	無限遠	中間距離	近距離
f	489.60699	-	-
	-	-0.03333	-0.17907
D 0		14688.0010	2720.0000
D 1	23.65867	26.53105	40.54928
D 2	31.04134	28.15895	14.21073
B F	0.10477	0.11361	0.14305

20

【 0 1 2 6 】

次の表 1 2 に、この光学系 O L 3 における各条件式対応値を示す。

【 0 1 2 7 】

( 表 1 2 )

f p f = 12500.0

[ 条件式対応値 ]

( 1 - 1 ) f / f p f = 0.042

( 1 - 2 ) n d 1 + 0 . 0 0 6 x d 1 n = 1.879

30

( 1 - 3 ) d 1 n = 44.5

( 1 - 4 ) T L / f = 0.572

( 1 - 5 ) g F 1 n + 0 . 0 0 1 6 8 x d 1 n = 0.639

( 1 - 6 ) f 1 / f = 0.324

( 1 - 7 ) f 1 / f p f = 0.014

( 2 - 1 ) g F 3 n + 0 . 0 0 1 6 8 x d 3 n = 0.658, 0.667

( 2 - 2 ) n d 3 n + 0 . 0 1 x d 3 n = 2.272, 2.035

( 2 - 3 ) T L / f = 0.57

( 2 - 4 ) d 3 n 1 = 67.90

40

( 2 - 5 ) d 3 n 2 = 22.74

( 2 - 6 ) g F p 1 + 0 . 0 0 1 6 8 x d 3 p 1 = 0.042

( 2 - 7 ) d 3 p 1 = 44.46

( 2 - 8 ) f 3 c 1 / f 3 c 2 = 27.82

( 2 - 9 ) f 3 c 1 / f 3 c 3 = -20.67

( 2 - 1 0 ) d 3 p - d 3 n = 3.80

( 2 - 1 1 ) n d 3 n - n d 3 p = 0.27

( 2 - 1 2 ) d 2 p = 31.16

【 0 1 2 8 】

このように、この光学系 O L 3 は、上記条件式 ( 1 - 1 ) ~ ( 1 - 7 )、( 2 - 1 ) ~ ( 2 - 3 )、( 2 - 5 ) ~ ( 2 - 7 )、( 2 - 9 ) ~ ( 2 - 1 2 ) を満足している。

50



【 0 1 2 9 】

この光学系 O L 3 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 6 に示す。これらの各収差図より、この光学系 O L 3 は、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 1 3 0 】

[ 第 4 実施例 ]

図 7 は、第 4 実施例に係る光学系 O L 4 の構成を示す図である。この光学系 O L 4 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを備え、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って移動させて合焦を行う合焦レンズ群 G f としている。

10

【 0 1 3 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 1 1、両凸正レンズ L 1 2 と両凹負レンズ L 1 3 とを接合した接合正レンズ、像側に凹面を向け 2 種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子 G D が形成された正メニスカスレンズ L 1 4、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 6 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 2 1 と両凹負レンズ L 2 2 とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凹負レンズ L 3 1 と両凸正レンズ L 3 2 とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズ L 3 5、両凸レンズ L 3 6 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 7 とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズ L 3 8 と両凸正レンズ L 3 9 とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズ L 3 1 0 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 1 とを接合した接合正レンズで構成されている。

20

【 0 1 3 2 】

また、第 4 実施例に係る光学系 O L 4 は、第 3 レンズ群 G 3 内の両凸正レンズ L 3 3 と両凹負レンズ L 3 4 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズ L 3 5 を防振群 G v r とし、この防振群 G v r を光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系 O L 4 の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

30

【 0 1 3 3 】

以下の表 1 3 に、光学系 O L 4 の諸元の値を掲げる。

【 0 1 3 4 】

( 表 1 3 ) 第 4 実施例

[ 全体諸元 ]

f = 489.86648  
F N o = 5.88304  
= 2.51193  
T L = 279.31858

40

[ レンズデータ ]

m	r	d	d	n d	g F
物面					
1	177.9322	10.7424	70.31	1.487490	0.5291
2	-684.2028	0.1000			
3	122.4566	13.2172	70.31	1.487490	0.5291
4	-434.8886	3.3400	44.46	1.612660	0.564
5	175.1561	2.5000			
6	93.5593	9.5000	64.13	1.516800	0.5356
7	182.0193	0.2000	33.41	1.527800	0.6329

50

8*	182.0193	0.3000	49.74	1.557100	0.5625
9	182.0193	24.6299			
10	85.2289	2.7000	40.66	1.883000	0.5669
11	46.6951	9.6422	70.31	1.487490	0.5291
12	167.4939	D1			
13	213.7194	3.5000	33.73	1.647690	0.5931
14	-215.1271	2.0000	50.27	1.719990	0.5527
15	81.1151	D2			
16	0.0000	4.6833			S
17	-108.6991	3.0000	46.59	1.816000	0.5567
18	51.7879	4.5000	58.82	1.518230	0.5449
19	-47.3380	4.5000			
20	0.0000	0.5000			
21	58.5515	4.1845	36.40	1.620040	0.5878
22	-71.0652	2.0000	82.57	1.497820	0.5386
23	34.7292	3.0000			
24	-96.6917	1.2000	67.90	1.593190	0.544
25	57.7620	5.0000			
26	36.6409	8.3877	41.51	1.575010	0.5765
27	-29.6683	3.2259	82.57	1.497820	0.5386
28	-506.0649	8.9942			
29	-47.7973	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
30	34.9739	5.0330	44.46	1.612660	0.564
31	-108.0742	0.6389			
32	61.8976	8.2352	40.98	1.581440	0.5763
33	-29.6045	2.0000	22.74	1.808090	0.6288
34	-156.7818	23.3642			
35	0.0000	BF			

像面

10

20

30

## [ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	160.3
第2レンズ群	13	-164.1
第3レンズ群	16	-111.5

## 【 0 1 3 5 】

この光学系OL4において、第8面は回折光学面である。以下の表14に回折光学面データを示す。

## 【 0 1 3 6 】

(表14)

## [ 回折光学面データ ]

m	0	n	C2	C4
8	587.6	1.0	-4.06169E-05	3.00000E-10

## 【 0 1 3 7 】

また、この光学系OL4において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D2、及び、バックフォーカスBFは、合焦に際して変化する。次の表15に、無限遠合焦状態、中間距離合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

## 【 0 1 3 8 】

(表15)

40

50

## [ 可変間隔データ ]

合焦状態	無限遠	中間距離	近距離
f	489.86648	-	-
	-	-0.03333	-0.18008
D 0		14707.6860	2720.0000
D 1	28.11673	30.99524	45.01048
D 2	32.38327	29.48476	15.54952
B F	42.00002	42.00002	42.00002

## 【 0 1 3 9 】

次の表 1 6 に、この光学系 O L 4 における各条件式対応値を示す。

10

## 【 0 1 4 0 】

( 表 1 6 )

$$f p f = 12310.1$$

## [ 条件式対応値 ]

$$( 1 - 1 ) f / f p f = 0.040$$

$$( 1 - 2 ) n d 1 + 0 . 0 0 6 \times d 1 n = 1.879$$

$$( 1 - 3 ) d 1 n = 44.5$$

$$( 1 - 4 ) T L / f = 0.570$$

$$( 1 - 5 ) g F 1 n + 0 . 0 0 1 6 8 \times d 1 n = 0.639$$

20

$$( 1 - 6 ) f 1 / f = 0.327$$

$$( 1 - 7 ) f 1 / f p f = 0.013$$

$$( 2 - 1 ) g F 3 n + 0 . 0 0 1 6 8 \times d 3 n = 0.677, 0.667$$

$$( 2 - 2 ) n d 3 n + 0 . 0 1 \times d 3 n = 2.324, 2.035$$

$$( 2 - 3 ) T L / f = 0.57$$

$$( 2 - 4 ) d 3 n 1 = 82.57$$

$$( 2 - 5 ) d 3 n 2 = 22.74$$

$$( 2 - 6 ) g F p 1 + 0 . 0 0 1 6 8 \times d 3 p 1 = 0.042$$

$$( 2 - 7 ) d 3 p 1 = 44.46$$

$$( 2 - 8 ) f 3 c 1 / f 3 c 2 = -0.89$$

30

$$( 2 - 9 ) f 3 c 1 / f 3 c 3 = 0.37$$

$$( 2 - 1 0 ) d 3 p - d 3 n = -2.13$$

$$( 2 - 1 1 ) n d 3 n - n d 3 p = 0.20$$

$$( 2 - 1 2 ) d 2 p = 33.72$$

## 【 0 1 4 1 】

このように、この光学系 O L 4 は、上記条件式 ( 1 - 1 ) ~ ( 1 - 7 )、( 2 - 1 ) ~ ( 2 - 1 2 ) を満足している。

## 【 0 1 4 2 】

この光学系 O L 4 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 8 に示す。これらの各収差図より、この光学系 O L 4 は、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

40

## 【 0 1 4 3 】

## [ 第 5 実施例 ]

図 9 は、第 5 実施例に係る光学系 O L 5 の構成を示す図である。この光学系 O L 5 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを備え、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って移動させて合焦を行う合焦レンズ群 G f としている。

## 【 0 1 4 4 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 1 1、両凸正レンズ L 1 2 と両

50

凹負レンズL 1 3とを接合した接合正レンズ、像側に凹面を向け2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL 1 4、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 5と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 6とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G 2は、物体側より順に、両凸正レンズL 2 1と両凹負レンズL 2 2とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G 3は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1と両凸正レンズL 3 2とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL 3 3と両凹負レンズL 3 4とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL 3 5、両凸正レンズL 3 6と両凹負レンズL 3 7とを接合した接合正レンズCL 3 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 8と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 9とを接合した接合負レンズCL 3 2、及び、両凸正レンズL 3 10と両凹負レンズL 3 11とを接合した接合正レンズCL 3 3で構成されている。

10

【0145】

また、第5実施例に係る光学系OL 5は、第3レンズ群G 3内の両凸正レンズL 3 3と両凹負レンズL 3 4とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 3 5を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL 5の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

【0146】

以下の表17に、光学系OL 5の諸元の値を掲げる。

20

【0147】

(表17) 第5実施例

[全体諸元]

f = 587.82207  
 F N o = 5.88304  
 = 2.51193  
 T L = 334.33637

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	g F
物面					
1	302.4929	12.0000	70.32	1.487490	0.5291
2	-715.9215	0.1000			
3	210.7157	15.0000	70.32	1.487490	0.5291
4	-342.1326	5.0000	44.46	1.612660	0.564
5	333.1726	5.0000			
6	90.8030	10.0000	63.88	1.516800	0.536
7	171.8616	0.4000	33.36	1.527800	0.6291
8*	171.8616	0.6000	49.98	1.557147	0.5688
9	171.8616	47.3894			
10	80.6830	3.0000	40.66	1.883000	0.5668
11	45.9758	11.0000	70.32	1.487490	0.5291
12	158.1668	D1			
13	163.1229	3.5000	33.72	1.647690	0.593
14	-678.8737	2.2000	50.27	1.719990	0.5527
15	75.9479	D2			
16	0.0000	5.6200			S
17	227.5523	4.2000	46.59	1.816000	0.5567
18	43.5080	3.6503	58.82	1.518230	0.5449
19	-176.3202	3.5000			

30

40

50

20	0.0000	0.9168			
21	62.2833	4.0000	36.40	1.620040	0.5878
22	-55.1599	1.7000	67.90	1.593190	0.544
23	38.1756	2.6955			
24	-129.4541	1.6000	67.90	1.593190	0.544
25	62.2355	4.0000			
26	47.1782	6.3136	40.98	1.581440	0.5763
27	-35.5372	2.0000	67.90	1.593190	0.544
28	939.6807	8.3679			
29	99.9008	1.5000	40.66	1.883000	0.5668
30	28.0287	5.3178	44.46	1.612660	0.564
31	118.6519	0.1000			
32	39.8576	5.5971	36.40	1.620040	0.5878
33	-253.7914	1.5000	20.88	1.922860	0.639
34	92.8638	9.0000			
35	0.0000	1.5000	63.88	1.516800	0.536
36	0.0000	20.0000			
37	0.0000	BF			

10

20

30

40

50

像面

[ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	195.3
第2レンズ群	13	-182.2
第3レンズ群	16	-121.3

【 0 1 4 8 】

この光学系 O L 5 において、第 8 面は回折光学面である。以下の表 1 8 に回折光学面データを示す。

【 0 1 4 9 】

( 表 1 8 )

[ 回折光学面データ ]

m	0	n	C 2	C 4
8	587.6	1.0	-3.15496E-05	1.94872E-10

【 0 1 5 0 】

また、この光学系 O L 5 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 1 9 に、無限遠合焦状態、中間距離合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

【 0 1 5 1 】

( 表 1 9 )

[ 可変間隔データ ]

合焦状態	無限遠	中間距離	近距離
f	587.82207	-	-
	-	-0.03333	-0.17715
D 0		17647.0010	3314.9820
D 1	23.85485	27.17253	42.96010
D 2	54.71307	51.39539	35.60782
B F	42.00000	41.99968	41.99993

【 0 1 5 2 】

次の表 2 0 に、この光学系 O L 5 における各条件式対応値を示す。

## 【 0 1 5 3 】

(表 2 0)

f p f = 15848.1

## [ 条件式対応値 ]

( 1 - 1 ) f / f p f = 0.037

( 1 - 2 ) n d 1 + 0 . 0 0 6 x d 1 n = 1.879

( 1 - 3 ) d 1 n = 44.5

( 1 - 4 ) T L / f = 0.569

( 1 - 5 ) g F 1 n + 0 . 0 0 1 6 8 x d 1 n = 0.639

( 1 - 6 ) f 1 / f = 0.332

( 1 - 7 ) f 1 / f p f = 0.012

( 2 - 1 ) g F 3 n + 0 . 0 0 1 6 8 x d 3 n = 0.658, 0.674

( 2 - 2 ) n d 3 n + 0 . 0 1 x d 3 n = 2.272, 2.132

( 2 - 3 ) T L / f = 0.57

( 2 - 4 ) d 3 n 1 = 67.90

( 2 - 5 ) d 3 n 2 = 20.88

( 2 - 6 ) g F p 1 + 0 . 0 0 1 6 8 x d 3 p 1 = 0.042

( 2 - 7 ) d 3 p 1 = 44.46

( 2 - 8 ) f 3 c 1 / f 3 c 2 = -0.52

( 2 - 9 ) f 3 c 1 / f 3 c 3 = 0.45

( 2 - 1 0 ) d 3 p - d 3 n = 3.80

( 2 - 1 1 ) n d 3 n - n d 3 p = 0.27

( 2 - 1 2 ) d 2 p = 33.72

## 【 0 1 5 4 】

このように、この光学系 O L 4 は、上記条件式 ( 1 - 1 ) ~ ( 1 - 7 )、( 2 - 1 ) ~ ( 2 - 3 )、( 2 - 5 ) ~ ( 2 - 1 2 ) を満足している。

## 【 0 1 5 5 】

この光学系 O L 5 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 1 0 に示す。これらの各収差図より、この光学系 O L 5 は、無限遠合焦状態から近距離合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 5 6 】

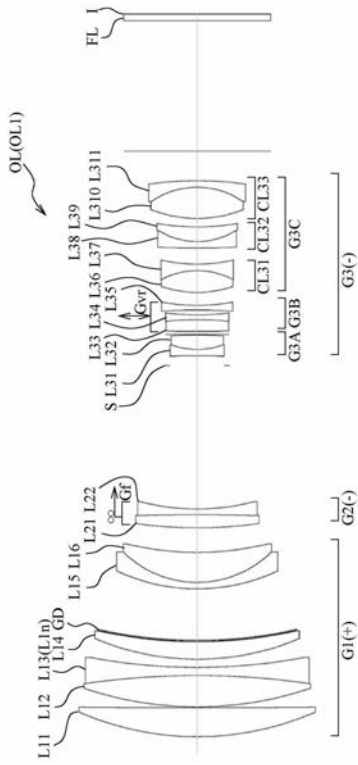
1 カメラ ( 光学機器 ) O L ( O L 1 ~ O L 5 ) 光学系  
 G 1 第 1 レンズ群 G 2 第 2 レンズ群 ( G f 合焦群 ) G 3 第 3 レンズ群  
 G D 回折光学素子 L 1 n 負レンズ要素 G v r 防振群

10

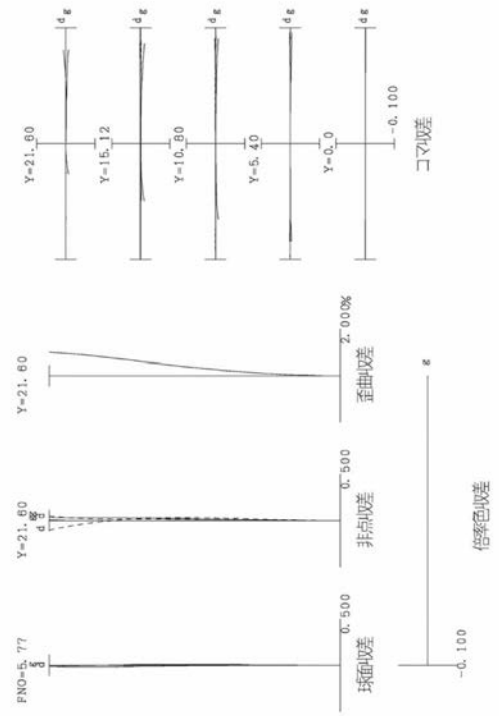
20

30

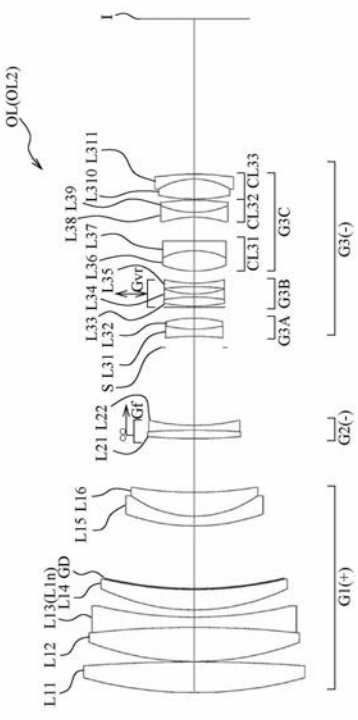
【 図 1 】



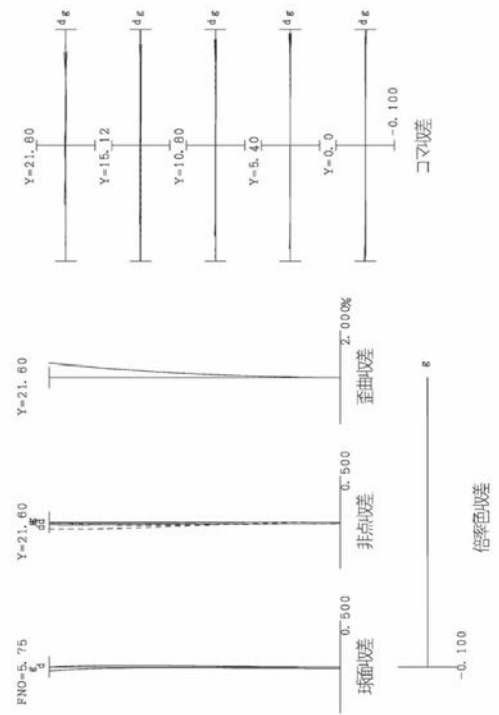
【 図 2 】



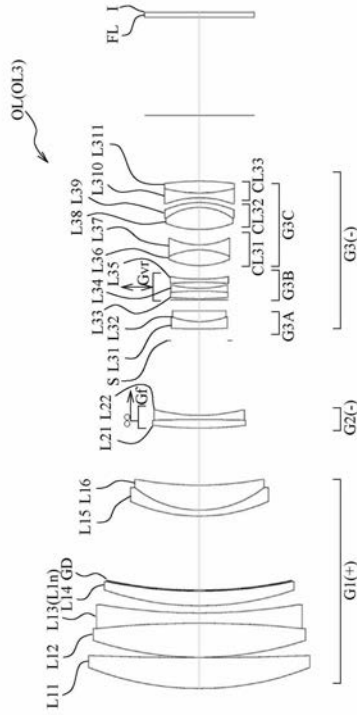
【 図 3 】



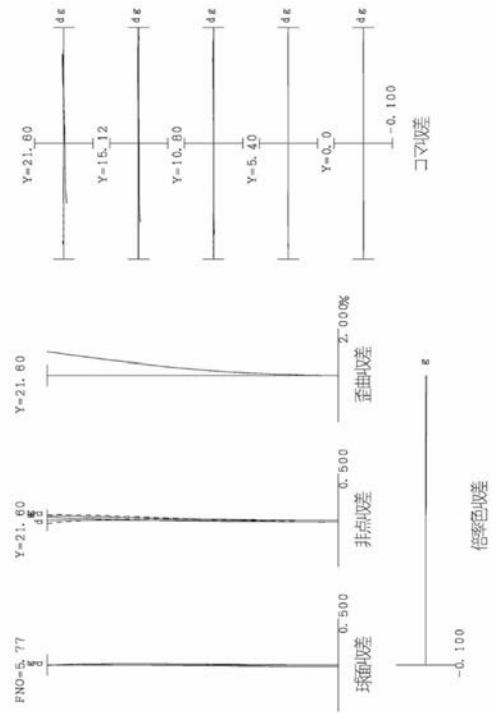
【 図 4 】



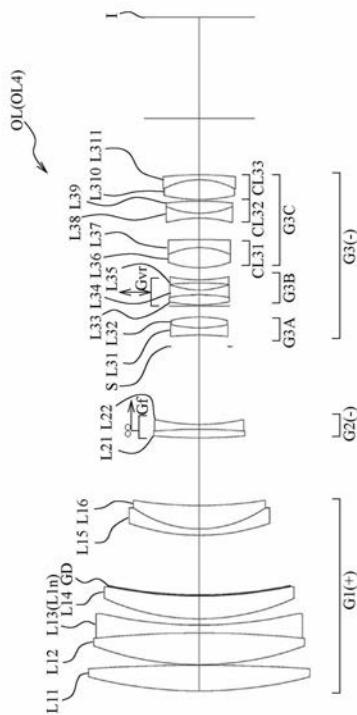
【 図 5 】



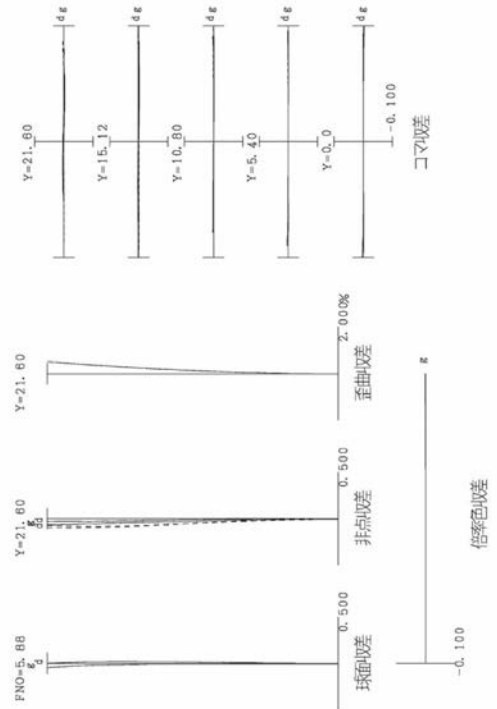
【 図 6 】



【 図 7 】

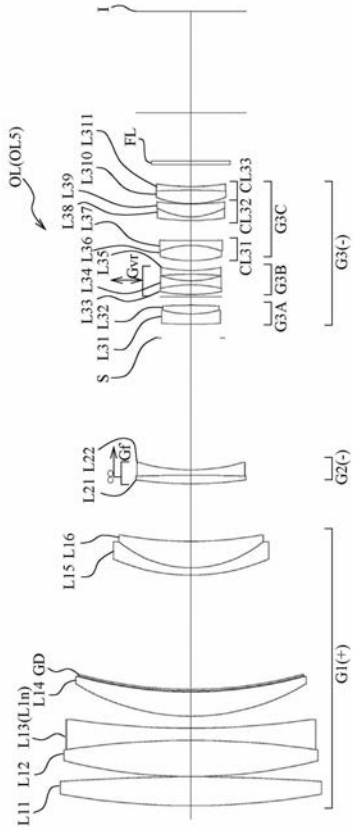


【 図 8 】

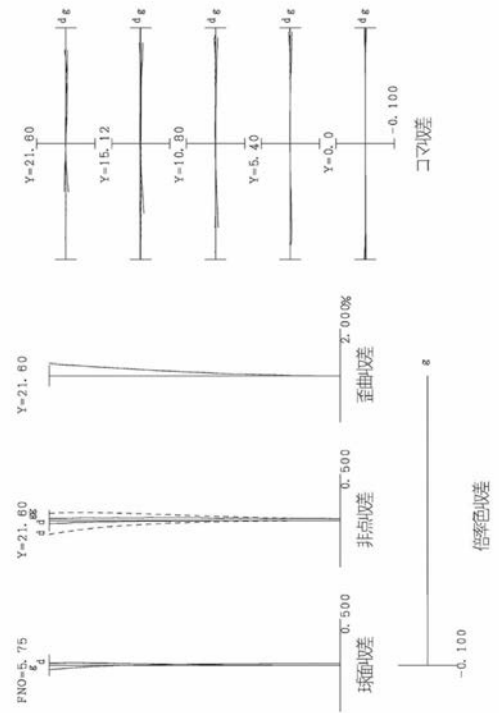




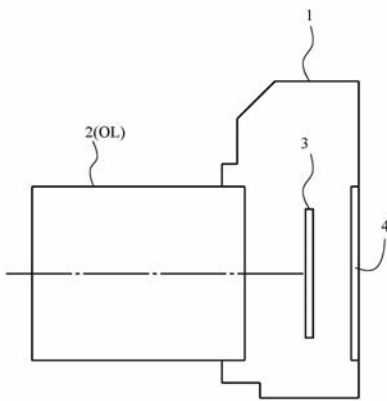
【図 9】



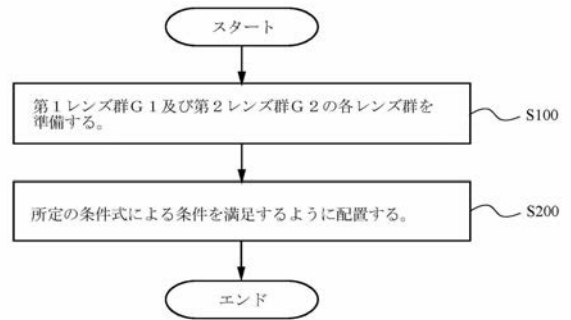
【図 10】



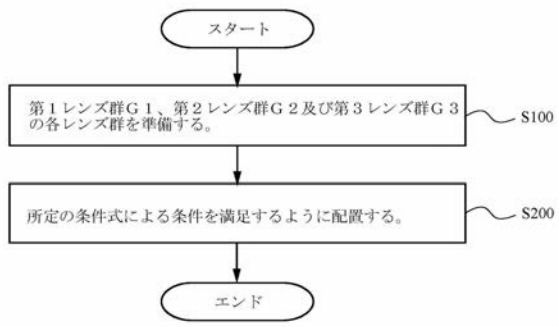
【図 11】



【図 12】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA02 MA07 NA07 NA15 PA11 PA16 PB19 QA02 QA06  
QA07 QA12 QA14 QA21 QA26 QA34 QA37 QA39 QA41 QA42  
QA45 QA46 RA32 RA46  
2H249 AA02 AA12 AA51 AA55 AA64  
2K005 AA05 CA02 CA23