

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7187400号
(P7187400)

(45)発行日 令和4年12月12日(2022.12.12)

(24)登録日 令和4年12月2日(2022.12.2)

(51)国際特許分類 F I
 G 0 2 B 15/20 (2006.01) G 0 2 B 15/20
 G 0 2 B 13/04 (2006.01) G 0 2 B 13/04
 G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 25 (全33頁)

(21)出願番号	特願2019-138587(P2019-138587)	(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
(22)出願日	令和1年7月29日(2019.7.29)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(62)分割の表示	特願2018-35316(P2018-35316)の分割	(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
原出願日	平成30年2月28日(2018.2.28)	(72)発明者	前瀧 聡 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
(65)公開番号	特開2019-204114(P2019-204114 A)	審査官	瀬戸 息吹
(43)公開日	令和1年11月28日(2019.11.28)		
審査請求日	令和3年2月25日(2021.2.25)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系及び撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、正又は負の屈折力の前群、開口絞り、正又は負の屈折力の後群からなる光学系において、

前記後群は、

前記後群において最も強い屈折力を有する負レンズL_nと、

前記負レンズL_nよりも像側に配置された正レンズのうち、像側のレンズ面における有効径 p が前記開口絞りの開口径 s_pに対して

$$1.40 < p / s_p < 3.00$$

なる条件式を満たす正レンズL_pと、

前記正レンズL_pの物体側に配置された正レンズのうち最も強い屈折力を有する正レンズL_{pp}と、を有し、

前記負レンズL_nの像側のレンズ面と前記正レンズL_pの物体側のレンズ面の光軸上の距離を n_p、前記負レンズL_nの焦点距離を f_n、前記正レンズL_{pp}の像側のレンズ面における有効径を p_{pp}、前記正レンズL_{pp}の焦点距離を f_{pp}、前記正レンズL_pの焦点距離を f_pとし、

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記単焦点レンズのバックフォーカスを s_k、前記単焦点レンズの焦点距離を f、前記負レンズL_nの像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L_{nsk}、前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を S_{sk}、前記後群の焦点距離を f_rとし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを s_k 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f 、広角端における前記負レンズ L_n の像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L_{nsk} 、広角端における前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を S_{sk} 、広角端における前記後群の焦点距離を f_r とするとき、

$$0.20 < |n_p / f_n| < 1.20$$

$$0.25 < s_k / f < 0.698$$

$$0.50 < L_{nsk} / S_{sk} < 1.00$$

$$1.30 < p / p_p < 4.00$$

$$2.10 < |f_r / f_n| < 4.943$$

$$1.00 < f_p / f_{pp} < 5.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記後群に配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズの当該最大の有効径を r とするとき、

$$0.70 < p / r < 1.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記正レンズ L_p の物体側に隣接して配置されたレンズ L_a の像側のレンズ面における有効径を a とするとき、

$$1.00 < p / a < 4.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記レンズ L_a は、像側に凹面を向けたレンズ面を有することを特徴とする請求項 3 に記載の光学系。

【請求項 5】

前記正レンズ L_p の像側のレンズ面において、前記正レンズ L_p を通過する軸外光束の主光線の高さ h_p と前記正レンズ L_p を通過する軸上光束の周辺光線の高さ h_p とし、前記レンズ L_a の像側のレンズ面において、前記レンズ L_a を通過する軸外光束の主光線の高さ h_a と前記レンズ L_a を通過する軸上光束の周辺光線の高さ h_a とするとき、

$$1.00 < (h_p / h_p) / (h_a / h_a) < 5.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の光学系。

【請求項 6】

前記レンズ L_a は、前記負レンズ L_n または前記負レンズ L_n よりも像側に配置されたレンズであることを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記単焦点レンズの射出瞳と像面の光軸上の距離を T_k とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における、前記ズームレンズの射出瞳と像面の光軸上の距離を T_k とするとき、

$$0.20 < p / T_k < 1.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記単焦点レンズの射出瞳と像面の光軸上の距離を T_k とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における、前記ズームレンズの射出瞳と像面の光軸上の距離を T_k とするとき、

$$1.00 < T_k / f < 5.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光学系。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

$$0.30 < f_p / f < 5.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 10】

$$-6.00 < f_p / f_n < -0.70$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 11】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記単焦点レンズのイメージサークルの直径を i とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における前記ズームレンズのイメージサークルの直径を i とするとき、

$$0.50 < p / i < 1.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 12】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における、前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ とするとき、

$$0.00 < |n_p| / S_s k < 0.80$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 13】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記正レンズ L_{pp} の像側のレンズ面から前記正レンズ L_p の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pp} 、前記開口絞りから像面までの距離を $S_s k$ とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における、前記正レンズ L_{pp} の像側のレンズ面から前記正レンズ L_p の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pp} 、広角端における前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ とするとき、

$$0.00 < |p_{pp}| / S_s k < 1.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 14】

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記正レンズ L_{pp} の像側のレンズ面から前記負レンズ L_n の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pn} 、前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ とし、

前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における前記正レンズ L_{pp} の像側のレンズ面から前記負レンズ L_n の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pn} 、広角端における前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ とするとき、

$$-0.20 < p_{pn} / S_s k < 0.20$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 15】

前記正レンズ L_p は単レンズであり、前記正レンズ L_p の物体側のレンズ面の曲率半径を R_1 、前記正レンズ L_p の像側のレンズ面の曲率半径を R_2 とするとき、

$$0.20 < |(R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)| < 1.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 16】

前記正レンズ L_p の像側のレンズ面の曲率半径は、前記正レンズ L_p の物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さいことを特徴とする請求項 15 に記載の光学系。

【請求項 17】

前記正レンズ L_p は接合レンズの構成要素であって、前記接合レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_1 、前記接合レンズの像側の曲率半径を R_2 とするとき、

$$0.20 < |(R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)| < 1.00$$

10

20

30

40

50

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 18】

前記接合レンズの像側のレンズ面の曲率半径は、前記接合レンズの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さいことを特徴とする請求項 17 に記載の光学系。

【請求項 19】

前記光学系はズームレンズであって、

広角端において前記正レンズ L_p を通過する軸外光束の入射高さは、前記光学系の望遠端において前記正レンズ L_p を通過する軸外光束の入射高さよりも高いことを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 20】

前記光学系に含まれる複数のレンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群からなり、

前記第 1 レンズ群は複数のレンズから構成され、前記開口絞りは、前記第 1 レンズ群を構成する 2 つのレンズの間に配置され、

無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 1 レンズ群が物体側へ移動することにより、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の間隔が変化することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 21】

前記光学系に含まれる複数のレンズ群は、前記前群である負の屈折力の第 1 レンズ群と、前記開口絞りと前記後群からなる正の屈折力の第 2 レンズ群からなり、無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記後群が物体側へ移動することにより、前記前群と前記後群の間隔が変化することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 22】

前記光学系に含まれる複数のレンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群と、正の屈折力の第 2 レンズ群と、負の屈折力の第 3 レンズ群からなり、

前記第 1 レンズ群は複数のレンズから構成され、前記開口絞りは前記第 1 レンズ群を構成する 2 つのレンズの間に配置され、

無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群が物体側へ移動することにより、隣り合うレンズ群の間隔が変化することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 23】

無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記前群と前記開口絞りと前記後群は同じ移動軌跡で物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 24】

前記光学系に含まれる複数のレンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第 1 レンズ群と、正の屈折力の第 2 レンズ群と、負の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群からなり、前記第 2 レンズ群は複数のレンズから構成され、前記開口絞りは前記第 2 レンズ群を構成する 2 つのレンズの間に配置され、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、

無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 3 レンズ群が像側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 25】

請求項 1 乃至 24 のいずれか 1 項に記載の光学系と、該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、光学系及び撮像装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に用いられる光学系として、小型かつ周辺光量の低下が少ない光学系が要求されている。

【0003】

特許文献1には、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群を有する光学系が記載されている。像側に強い負の屈折力の第2レンズ群を配置することにより、射出瞳を像側に近づけて、小型な光学系を実現している。

【0004】

特許文献2には、像面付近に複数枚の正レンズを配置することにより、像面に対して光線を略垂直に入射させたテレセントリック光学系を開示している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開昭62-56917号公報
特開2007-192973号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1のように、像面付近に強い負の屈折力のレンズ群を配置すると、撮像素子に入射する軸外光束の最大入射角が大きくなって周辺光量が低下する（シェーディングが生じる）。

20

【0007】

特許文献2に記載の光学系は、像面に対する光線の入射角が小さいので前述の周辺光量の低下の影響は少ない。一方で、像面に向けて光線を光軸に略平行に導く目的で像面付近に3枚以上の正レンズを隣接させて配置しているため、射出瞳の位置が像面から遠くなりすぎて光学系の全長が長くなりやすい。

【0008】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系及び撮像装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一実施例に係る光学系は、物体側から像側へ順に配置された、正又は負の屈折力の前群、開口絞り、正又は負の屈折力の後群からなる光学系において、前記後群は、前記後群において最も強い屈折力を有する負レンズ L_n と、前記負レンズ L_n よりも像側に配置された正レンズのうち、像側のレンズ面における有効径 p が前記開口絞りの開口径 s_p に対して

$$1.40 < p / s_p < 3.00$$

なる条件式を満たす正レンズ L_p と、前記正レンズ L_p の物体側に配置された正レンズのうち最も強い屈折力を有する正レンズ L_{pp} と、を有し、

40

前記負レンズ L_n の像側のレンズ面と前記正レンズ L_p の物体側のレンズ面の光軸上の距離を n_p 、前記負レンズ L_n の焦点距離を f_n 、前記正レンズ L_{pp} の像側のレンズ面における有効径を p_p 、前記正レンズ L_{pp} の焦点距離を f_{pp} 、前記正レンズ L_p の焦点距離を f_p とし、

前記光学系が単焦点レンズの場合は、前記単焦点レンズのバックフォーカスを s_k 、前記単焦点レンズの焦点距離を f 、前記負レンズ L_n の像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L_{nsk} 、前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を S_{sk} 、前記後群の焦点距離を f_r とし、前記光学系がズームレンズの場合は、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを s_k 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f 、広角端における前記負レンズ L_n の像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L_{nsk} 、広

50

角端における前記開口絞りから像面までの光軸上の距離を $S_s k$ 、広角端における前記後群の焦点距離を f_r とするとき、

$$0.20 < |n_p / f_n| < 1.20$$

$$0.25 < s_k / f < 0.698$$

$$0.50 < L_{n s k} / S_s k < 1.00$$

$$1.30 < p / p_p < 4.00$$

$$2.10 < |f_r / f_n| < 4.943$$

$$1.00 < f_p / f_{p p} < 5.00$$

なる条件式を満たすことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系及び撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1の光学系の断面図である。

【図2】実施例1の光学系の収差図である。

【図3】実施例2の光学系の断面図である。

【図4】実施例2の光学系の収差図である。

【図5】実施例3の光学系の断面図である。

【図6】実施例3の光学系の収差図である。

【図7】実施例4の光学系の断面図である。

【図8】実施例4の光学系の収差図である。

【図9】実施例5の光学系の断面図である。

【図10】実施例5の光学系の収差図である。

【図11】実施例6の光学系の断面図である。

【図12】実施例6の光学系の収差図である。

【図13】撮像装置の構成を示す図である。

【図14】開角について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施例に係る光学系及び撮像装置について、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【0013】

[光学系の実施例]

各実施例の光学系は、ビデオカメラ、デジタルカメラ、銀塩フィルムカメラ、テレビカメラ等の撮像装置に用いられる撮影光学系である。図1、3、5、7、9、11に示す光学系の断面図において、左方が物体側（前方）であり、右方が像側（後方）である。また各断面図において、 i を物体側から像側へのレンズ群の順番とすると、 L_i は第 i レンズ群を示す。また、開口絞り S_P は、開放 F ナンバー（ $F_n o$ ）の光束を決定（制限）する。

【0014】

無限遠物体から最至近距離物体へのフォーカシングに際して、フォーカスレンズ群は、図中の破線矢印に示すように移動する。図11に示すズームレンズにおいて、広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ群は、図中の実線矢印に示すように移動する。なお、本明細書において「レンズ群」とは、複数のレンズから構成されていてもよいし、1枚のレンズから構成されていてもよい。

【0015】

ビデオカメラやデジタルカメラなどの撮像装置に各実施例の光学系を使用する場合は、像面 I_P は、 CCD センサまたは $CMOS$ センサ等の撮像素子（光電変換素子）に相当する。銀塩フィルムカメラの撮像装置に各実施例の光学系を使用する場合は、像面 I_P はフ

10

20

30

40

50

イルム面に相当する。

【0016】

図2、4、6、8、10、12は、各実施例の光学系の収差図である。球面収差図において実線はd線(波長587.6nm)、二点鎖線はg線(波長435.8nm)、一点鎖線はC線(波長656.3nm)、破線はF線(波長486.1nm)である。非点収差図において破線Mはメリディオナル像面、実線Sはサジタル像面である。歪曲収差はd線について示している。倍率色収差はg線、F線、C線によって表している。は半画角(度)、FnoはFナンバーである。

【0017】

以下の説明において、単焦点レンズとは、焦点距離が一定の光学系を意味する。また、ズームレンズとは、焦点距離が可変の光学系を意味する。また、ズームレンズにおいて、「広角端」とはズームレンズの焦点距離が最も短くなるズーム位置を意味し、と「望遠端」とはズームレンズの焦点距離が最も長くなるズーム位置を意味する。

10

【0018】

本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、正又は負の屈折力を有する前群、開口絞り、正又は負の屈折力を有する後群からなる。前群及び後群はそれぞれレンズを含み、特に後群は、正レンズLpと、負レンズLnを含む。

【0019】

負レンズLnは、後群に含まれる負レンズのうち、最も強い屈折力を有するレンズである。また、正レンズLpは、負レンズLnの像側に配置された正レンズであって、物体側及び像側のレンズ面の半開角のうち大きい方をpとしたとき、

20

$$18 < |p| < 90 \text{ (度)} \dots\dots\dots (1)$$

なる条件式を満たすレンズである。

【0020】

半開角pの定義を、図14を用いて説明する。有効径のレンズの面頂点Aを通り光軸と平行な直線と、有効径のレンズ面上の位置Bを通る接線の法線と、の交点を原点Oとしたとき、直線OBの長さを曲率半径Rとして、

$$p = \angle BOA = \sin^{-1} \{ (\text{有効径} / 2) / R \}$$

により算出される。

【0021】

ただし、本明細書において、レンズの有効径とは、レンズ面を通過する光線のうち最も光軸から離れた位置を通過する光線の光軸からの高さを半径とする円の直径とする。

30

【0022】

このとき、各実施例にかかる光学系は、以下の条件式(2)、(3)を満たす。

$$0.20 < |n_p / f_n| < 1.20 \dots\dots\dots (2)$$

$$0.25 < s_k / f < 1.00 \dots\dots\dots (3)$$

【0023】

負レンズLnの像側のレンズ面と正レンズLpの物体側のレンズ面との光軸上の距離をnpとする。なお、npの符号は、負レンズLnが正レンズLpの物体側にある場合を正、負レンズLnが正レンズLpの像側にある場合を負とする。負レンズLnの焦点距離をfnとする。光学系の最も像側のレンズ面から像面IPまでの光軸上の距離(以下、バックフォーカスという)をskとする。ただし、光学系がズームレンズの場合は、広角端における当該ズームレンズのバックフォーカスをskとする。光学系の全系の焦点距離をfとする。ただし、光学系がズームレンズの場合は、広角端における当該ズームレンズの焦点距離をfとする。

40

【0024】

像面に対して最大入射角で入射する光線は、軸外光束を構成する光線である。したがって、周辺光量の低下を抑制する目的で像面に対する光線の最大入射角を低減するためには、主に軸外光束の入射角を低減させる必要がある。

【0025】

50

そこで、各実施例において、負レンズL_n及び正レンズL_pの、屈折力や配置が重要となる。開口絞りよりも像側に負の屈折力の強い負レンズL_nを配置することにより、軸上光束と軸外光束とを光軸に垂直な方向（以下、径方向という）に分離させている。さらに、負レンズL_nの像側に比較的正の屈折力の強い正レンズL_pを配置することにより、負レンズL_nによって分離された光束のうち、軸外光束を適度に屈折させることで、軸外光束の入射角を低減させている。

【0026】

特に、正レンズL_pは、負レンズL_nの像側であって、かつ、軸上光束と軸外光束が径方向に大きく分離した位置に配置されることが好ましい。そして、正レンズL_pの半開角の絶対値を比較的大きくすることにより、正レンズL_pを通過する軸外光束を強く屈折させることができる。

10

【0027】

さらに、負レンズL_nの配置によって、像面から射出瞳までの距離（以下、射出瞳距離という）の短縮効果を得て、小型な光学系を実現している。

【0028】

次に、条件式（1）～（3）のそれぞれについて説明する。

【0029】

条件式（1）は、正レンズL_pの半開角の絶対値に関する。一般的に、焦点距離が等しくかつ半開角が互いに異なる球面形状の正レンズ同士を比較した場合、曲率半径の小さいレンズ、すなわち半開角の絶対値が大きいレンズの方が、外周に近い部分を通過する光線を強く屈折させることができる。条件式（1）の下限値を下回ると、正レンズL_pを通過する光線のうち、特に軸外光束を屈折させる力が弱くなる。これにより、周辺光量の低下を低減することが困難となるので好ましくない。条件式（1）の上限値を上回る正レンズL_pを得ることは物理的に不可能である。

20

【0030】

条件式（2）は、負レンズL_nと正レンズL_pの距離と負レンズL_nの屈折力に関する。条件式（2）の下限値を下回ると、すなわち、 n_p に対して負レンズL_nの屈折力が弱すぎると、射出瞳距離が長くなって、光学系の全長が長くなるので好ましくない。条件式（2）の上限値を上回ると、すなわち n_p に対して負レンズL_nの屈折力が強すぎると、軸上光束と軸外光束を径方向に分離させる力が強すぎ、像面に対する光線の最大入射角が大きくなって、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。

30

【0031】

条件式（3）は、光学系の焦点距離とバックフォーカスの比に関し、特に、光学系の小型化に関与する。条件式（3）の下限値を下回って、焦点距離に対してバックフォーカスが短くなると、開口絞りより像側に有効径の大きなレンズ面を有するレンズを配置することになり、光学系が径方向に大型化するため好ましくない。条件式（3）の上限値を上回って、焦点距離に対してバックフォーカスを長くすると、光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0032】

なお、好ましくは条件式（1）～（3）の数値範囲を次のように設定するとよい。

40

$19 < | \theta_p | < 50$ （度）・・・・・・・・・・（1a）

$0.22 < | n_p / f_n | < 0.90$ ・・・・・・・・・・（2a）

$0.20 < s_k / f < 0.80$ ・・・・・・・・・・（3a）

【0033】

さらに好ましくは、条件式（1）～（3）の数値範囲を次のように設定するとよい。

$18 < | \theta_p | < 45$ （度）・・・・・・・・・・（1b）

$0.24 < | n_p / f_n | < 0.85$ ・・・・・・・・・・（2b）

$0.25 < s_k / f < 0.70$ ・・・・・・・・・・（3b）

【0034】

上記構成及び条件式を満たすことで、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を実

50

現できる。また、例えば、当該光学系を備えた交換レンズが撮像装置に取り付けられた場合に、シェーディングの発生を抑制することができる。

【0035】

さらに、実施例にかかる光学系は、以下の条件式(4)～(19)の少なくとも一つを満たすことが好ましい。

$$0.70 < p / r < 1.00 \dots \dots \dots (4)$$

$$1.00 < f_p / f_{pp} < 6.00 \dots \dots \dots (5)$$

$$1.00 < p / p_p < 4.00 \dots \dots \dots (6)$$

$$1.00 < p / a < 4.00 \dots \dots \dots (7)$$

$$1.00 < (h^p / h_p) / (h^a / h_a) < 5.00 \dots \dots \dots (8)$$

10

$$0.20 < p / T_k < 1.00 \dots \dots \dots (9)$$

$$1.00 < T_k / f < 5.00 \dots \dots \dots (10)$$

$$0.30 < f_p / f < 5.00 \dots \dots \dots (11)$$

$$-6.00 < f_p / f_n < -0.70 \dots \dots \dots (12)$$

$$0.50 < p / i < 1.00 \dots \dots \dots (13)$$

$$2.00 < |f_r / f_n| < 10.00 \dots \dots \dots (14)$$

$$0.00 < |n_p| / S_{sk} < 0.80 \dots \dots \dots (15)$$

$$0.50 < L_{nsk} / S_{sk} < 1.00 \dots \dots \dots (16)$$

$$0.00 < |p_{pp}| / S_{sk} < 1.00 \dots \dots \dots (17)$$

$$-0.20 < p_{pn} / S_{sk} < 0.20 \dots \dots \dots (18)$$

20

$$0.20 < |(R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)| < 1.00 \dots \dots \dots (19)$$

【0036】

ただし、各記号の定義を以下のとおりとする。

【0037】

正レンズL_pの像側のレンズ面における有効径を p、後群に配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズの当該最大の有効径を r とする。なお、正レンズL_pの像側のレンズ面における有効径 p が、最大の有効径 r と等しい(p = r) 場合もありうる。正レンズL_pの焦点距離を f_p とする。

【0038】

後群に配置された正レンズであって、正レンズL_pの物体側に配置された正レンズのうち、最も強い屈折力を有する正レンズを正レンズL_{pp} とするとき、正レンズL_{pp}の焦点距離を f_{pp}、正レンズL_{pp}の像側のレンズ面における有効径を p_{pp} とする。

30

【0039】

正レンズL_pの物体側に隣接して配置されたレンズをレンズL_a とするとき、レンズL_aの像側のレンズ面における有効径を a とする。ただし、「隣接して配置された」とは、空気層を隔てて配置されている場合も含むものとする。レンズL_aは、正レンズの場合も負レンズ場合もありうる。また、レンズL_aが、正レンズL_{pp}であったり、負レンズL_nとなる場合もありうる。

【0040】

正レンズL_pの像側のレンズ面において、正レンズL_pを通過する軸外光束の主光線の高さとして正レンズL_pを通過する軸上光束の周辺光線の高さを、それぞれ h^p、h_p とする。レンズL_aの像側のレンズ面において、レンズL_aを通過する軸外光束の主光線の高さとレンズL_aを通過する軸上光束の周辺光線高さを、それぞれ h^a、h_a とする。

40

【0041】

光学系の射出瞳距離を T_k、光学系のイメージサークルの直径を i、後群の焦点距離を f_r、開口絞りから像面までの光軸上の距離を S_{sk}、負レンズL_nの像側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L_{nsk} とする。正レンズL_{pp}の像側のレンズ面から前記正レンズL_pの物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pp}、正レンズL_{pp}の像側のレンズ面から前記負レンズL_nの物体側のレンズ面までの光軸上の距離を p_{pn} とする。

50

【 0 0 4 2 】

正レンズ L_p が単レンズの場合（正レンズ L_p が接合レンズの構成要素ではない場合）、正レンズ L_p の物体側及び像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_1 、 R_2 とする。正レンズ L_p が接合レンズの構成要素の場合、当該接合レンズの物体側及び像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_1 、 R_2 とする。

【 0 0 4 3 】

ただし、射出瞳距離 T_k 、イメージサークル i 、焦点距離 f_r 、距離 S_{sk} 、距離 L_{nsk} 、 p_{pp} 、 p_{pn} については、光学系がズームレンズの場合は、該ズームレンズの広角端における値とする。また、 p_{pp} の符号は、正レンズ L_{pp} が正レンズ L_p の物体側にある場合を正、正レンズ L_{pp} が正レンズ L_p の像側にある場合を負とする。

p_{pn} の符号は、正レンズ L_{pp} が負レンズ L_n の物体側にある場合を正、正レンズ L_{pp} が負レンズ L_n の像側にある場合を負とする。

【 0 0 4 4 】

条件式（4）は、正レンズ L_p が最大の有効径を有するレンズであるか、または正レンズ L_p が最大の有効径を有するレンズに比較的近い位置に配置されていることを表している。すなわち、最大の有効径を有するレンズが配置されることが多い像面付近に、正レンズ L_p も配置されることを示している。条件式（4）の下限値を下回って正レンズ L_p の有効径が小さくなると、射出瞳距離が長くなって、光学系の全長が長くなるので好ましくない。また、正レンズ L_p の有効径が条件式（4）上限値を上回るとは不可能である。

【 0 0 4 5 】

条件式（5）は、正レンズ L_p と正レンズ L_{pp} の焦点距離の比に関する。条件式（5）の下限値を下回って正レンズ L_p の屈折力が強くなると、軸外光束に起因する収差の補正が困難になり、かつ、像面に対する光線の最大入射角が小さくなりすぎて光学系の全長が長くなるため好ましくない。条件式（5）の上限値を上回って正レンズ L_p の屈折力が弱くなると、軸外光束を屈折させる力が弱くなり、像面に対する光線の最大入射角が大きくなって周辺光量の低下を低減することが困難となるので好ましくない。

【 0 0 4 6 】

条件式（6）は、正レンズ L_p の有効径と正レンズ L_{pp} の有効径の比に関する。条件式（6）の下限値を下回ると、正レンズ L_p が軸外光束を屈折させづらくなり、正レンズ L_{pp} 及び正レンズ L_p を通過する際に軸外光束は緩やかに屈折する。これにより像面に対する最大入射角が大きくなって、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。条件式（6）の上限値を上回ると、絞りよりも像側において軸外光束の通過高さが大きく変化し、像面への光線の最大入射角が大きくなって、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。

【 0 0 4 7 】

条件式（7）は、正レンズ L_p の有効径と正レンズ L_p の物体側に隣接して配置されたレンズ L_a の有効径の比に関する。条件式（7）の下限値を下回ると、レンズ L_a よりも正レンズ L_p の有効径が小さくなる。このとき、正レンズ L_p において、軸外光束に対する屈折作用を軸上光束に対する屈折作用よりも大きくすることが困難となるため好ましくない。そのため、正レンズ L_p が軸外光束を屈折させづらくなり、像面に対する最大入射角が大きくなるため好ましくない。条件式（7）の上限値を上回ると、絞りよりも像側において軸外光束の通過高さが大きく変化し、像面への光線の最大入射角が大きくなって、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。

【 0 0 4 8 】

条件式（8）は、正レンズ L_p を通過する軸外光束と軸上光束の高さの比と、レンズ L_a を通過する軸外光束と軸上光束の高さの比に関する。つまり、正レンズ L_p とレンズ L_a のそれぞれにおける光束の分離度合の比を示している。条件式（8）の下限値を下回って、正レンズ L_p における光束の分離度合が小さくなると、正レンズ L_p において軸外光束を強く屈折させづらくなるため好ましくない。条件式（8）の上限値を上回って、正レンズ L_p における光束の分離度合が大きくなると、像面への入射角が大きくなる方向に軸

10

20

30

40

50

外光束の通過高さが高くなる。これにより、像面への光線の最大入射角が大きくなり、周辺光量の低下を低減することが困難になるため好ましくない。

【 0 0 4 9 】

条件式 (9) は、正レンズ L_p の有効径と光学系の射出瞳距離の比に関する。条件式 (9) の下限値を下回って射出瞳距離に対する正レンズ L_p の有効径が小さくなると、正レンズ L_p に入射する軸外光束の入射高さが低くなり、その分だけ軸外光束に対する屈折作用が小さくなる。これにより、像面に対する光線の最大入射角が大きくなって周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。条件式 (9) の上限値を上回って射出瞳距離に対する正レンズ L_p の有効径が大きくなると、像側でテレセントリックな光学系に近づき、光学系の全長が長くなるため好ましくない。

10

【 0 0 5 0 】

条件式 (1 0) は、光学系の焦点距離と射出瞳距離の比に関する。条件式 (1 0) の下限値を下回って焦点距離が長くなると、軸外光束に対する屈折作用が小さくなり、像面に対する光線の最大入射角が大きくなり、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。条件式 (1 0) の上限値を上回って射出瞳距離が長くなると、光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【 0 0 5 1 】

条件式 (1 1) は、正レンズ L_p の焦点距離と光学系の全系の焦点距離に関する。条件式 (1 1) の下限値を下回って正レンズ L_p の焦点距離が短い、すなわち正レンズ L_p の屈折力が強くなると、像面から射出瞳までの距離が長くなることで光学系の全長が長くなり、光学系が大型になるので好ましくない。さらに、正レンズ L_p の強い屈折作用により、諸収差が増大するため好ましくない。条件式 (1 1) の上限値を上回って正レンズ L_p の焦点距離が長い、すなわち正レンズ L_p の屈折力が弱いと、正レンズ L_p を通過する軸外光束に対する屈折作用が小さくなる。これにより、像面に対する光線の最大入射角が大きくなって周辺光量の低下を低減することが困難となるので好ましくない。

20

【 0 0 5 2 】

条件式 (1 2) は、正レンズ L_p と負レンズ L_n の焦点距離の比に関する。条件式 (1 2) の下限値を下回って正レンズ L_p の屈折力が弱くなると、像面への軸外光束の入射角が大きくなって周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。条件式 (1 2) の上限値を上回って正レンズ L_p の屈折力が強くなると、像面に対して入射角が小さくなりすぎて光学系の全長が長くなるので好ましくない。

30

【 0 0 5 3 】

条件式 (1 3) は、正レンズ L_p の有効径と光学系のイメージサークルの直径の比に関する。条件式 (1 3) の下限値を下回ってイメージサークルに対する正レンズ L_p の有効径が小さくなると、正レンズ L_p における、軸外光束に対する屈折作用が小さくなり、像面への入射角を小さくしづらくなるため好ましくない。条件式 (1 3) の上限値を上回ってイメージサークルの直径に対する正レンズ L_p の有効径が大きくなると、正レンズ L_p の径が大きくなり光学系が径方向に大きくなるため好ましくない。

【 0 0 5 4 】

条件式 (1 4) は、後群の合成焦点距離と負レンズ L_n の焦点距離の比に関する。条件式 (1 4) の下限値を下回ると、負レンズ L_n の屈折力が弱いことにより、射出瞳距離が長くなって、光学系の全長が長くなるため好ましくない。条件式 (1 4) の上限値を上回ると、負レンズ L_n の屈折力が強いことにより軸上光束と軸外光束を分離する力が過剰に大きくなり、正レンズ L_p を通過する軸外光束の通過高さが高くなることで像面に対する最大入射角が大きくなるため好ましくない。

40

【 0 0 5 5 】

条件式 (1 5) は、正レンズ L_p と負レンズ L_n の距離と、絞りから像面の距離の比に関する。条件式 (1 5) の下限値を下回る場合、正レンズ L_p と負レンズ L_n の距離が短すぎて、軸上光束と軸外光束を分離する力が弱くなる。これにより、正レンズ L_p を通過する軸外光束の通過高さが低くなりすぎて、像面に対する最大入射角を許容範囲内にしよ

50

うとすると光学系の全長が長くなるため好ましくない。条件式(15)の上限値を上回る場合、正レンズ L_p と負レンズ L_n の距離が長くなって軸上光束と軸外光束を分離する力が強くなる。これにより、像面に対する最大入射角が大きくなって、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。

【0056】

条件式(16)は、負レンズ L_n の配置に関する。条件式(16)の下限値を下回って負レンズ L_n が比較的像側に配置されていると、射出瞳距離が長くなって全長が長くなるため好ましくない。条件式(16)の上限値を上回って負レンズ L_n が比較的物体側に配置されていると、像面に対する最大入射角が大きくなるため好ましくない。

【0057】

条件式(17)は、正レンズ L_{pp} と正レンズ L_p の距離に関する。条件式(17)の下限値を下回ると、正レンズ L_{pp} と正レンズ L_p の径の差を確保することが困難となる。これにより、軸外光束は像面に向かって緩やかに屈折し、像面に対する最大入射角を低減しづらくなるため好ましくない。物理的に、条件式(17)の上限値を上回ることはない。条件式(17)の値が1.00に近づくとつれて、正レンズ L_p の径が大きくなり、光学系が径方向に大型化するため好ましくない。

【0058】

条件式(18)は、正レンズ L_{pp} と負レンズ L_n の距離に関する。なお、正レンズ L_{pp} が負レンズ L_n よりも物体側に配置されることも、正レンズ L_{pp} が負レンズ L_n よりも像側に配置されることもありうる。条件式(18)の下限値を下回って、負レンズ L_n が正レンズ L_{pp} よりも物体側に配置された場合、光学系の全長が長くなるため好ましくない。また、条件式(18)の上限値を上回って、正レンズ L_{pp} が負レンズ L_n よりも物体側に配置された場合、光学系の全長は短くなるが、像面に対する最大入射角が大きくなるため好ましくない。

【0059】

条件式(19)は、正レンズ L_p が単レンズの場合は正レンズ L_p の、正レンズ L_p が接合レンズの構成要素の場合は当該接合レンズのシェイプファクターに関する。正レンズ L_p は、軸外光束を大きく屈折させることができるようにするためにも、両面に凸形状を向けたレンズであることが好ましい。さらに、軸外光束を大きく屈折させつつ、収差の発生を抑制するために、一方のレンズ面の曲率半径を他方に比べて大きくすることが好ましい。これにより、収差の発生を抑制しつつ、軸外光束を主に屈折させるレンズの外形付近において、中心付近よりも屈折作用を大きくはたかせることができる。

【0060】

条件式(19)はこの観点に鑑みて定められたものである。条件式(19)の下限値を下回って像側のレンズ面の曲率半径と物体側のレンズ面の曲率半径が近くなると、1つのレンズ面あたりの屈折力が弱くなる。これにより、軸外光束に対する屈折作用が分散されてしまい、像面に対する光線の最大入射角を低減することが困難になり、周辺光量の低下を低減することが困難となるため好ましくない。条件式(19)の上限値を上回る場合、すなわち正レンズ L_p がメニスカス形状である場合は、正レンズ L_p による屈折力が小さくなるため好ましくない。

【0061】

その他、光学系の好ましい実施例について説明する。レンズ L_a は、像側に凹面を向けたレンズ面を有することが好ましい。これにより、軸上光束と軸外光束とを径方向に大きく分離させた状態で正レンズ L_p に光線を入射させることができる。よって、正レンズ L_p において、軸上光束に比べ軸外光束を強く屈折させることができ、像面への光線の最大入射角を低減することができる。

【0062】

また、正レンズ L_p (又は正レンズ L_p を含む接合レンズ)の像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズ L_p (又は正レンズ L_p を含む接合レンズ)の物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さい方が好ましい。正レンズ L_p (又は正レンズ L_p を含む接合レンズ)に対

10

20

30

40

50

する入射角を比較的小さくすることで、軸外光束により生じる収差を低減できる。

【0063】

さらに、光学系がズームレンズの場合は、光学系の広角端において正レンズL_pを通過する軸外光束の入射高さは、光学系の望遠端において正レンズL_pを通過する軸外光束の入射高さよりも高い方が好ましい。これにより、像面に対する光線の最大入射角が大きくなりやすい広角端ほど、像面に対する光線の入射角を低減する効果が高まるため、全ズーム域で最大入射角の変動を低減することができる。

【0064】

さらに、条件式(4)~(19)の数値範囲を次のように設定することが好ましい。

- 0.77 < p / r 1.00 (4a) 10
- 1.10 < f_p / f_{pp} < 5.00 (5a)
- 1.20 < p / p_p < 3.00 (6a)
- 1.20 < p / a < 3.00 (7a)
- 1.20 < (h^p / h_p) / (h^a / h_a) < 4.00 (8a)
- 0.40 < p / T_k < 0.90 (9a)
- 1.00 < T_k / f < 4.00 (10a)
- 0.40 < f_p / f < 4.00 (11a)
- 5.00 < f_p / f_n < - 0.80 (12a)
- 0.55 < p / i < 0.90 (13a)
- 2.10 < | f_r / f_n | < 7.50 (14a) 20
- 0.03 < | n_p | / S_{sk} < 0.60 (15a)
- 0.55 < L_{nsk} / S_{sk} < 0.90 (16a)
- 0.00 < | p_{pp} | / S_{sk} < 0.50 (17a)
- 0.10 < p_{pn} / S_{sk} < 0.15 (18a)
- 0.35 < | (R₂ + R₁) / (R₂ - R₁) | < 1.00 (19a)

【0065】

さらに、条件式(4)~(19)の数値範囲を次のように設定するとより好ましい。

- 0.84 < p / r 1.00 (4b)
- 1.15 < f_p / f_{pp} < 4.75 (5b)
- 1.30 < p / p_p < 2.50 (6b) 30
- 1.30 < p / a < 2.50 (7b)
- 1.30 < (h^p / h_p) / (h^a / h_a) < 3.50 (8b)
- 0.50 < p / T_k < 0.80 (9b)
- 1.00 < T_k / f < 3.50 (10b)
- 0.50 < f_p / f < 3.00 (11b)
- 4.50 < f_p / f_n < - 0.90 (12b)
- 0.60 < p / i < 0.85 (13b)
- 2.20 < | f_r / f_n | < 6.30 (14b)
- 0.05 < | n_p | / S_{sk} < 0.40 (15b)
- 0.60 < L_{nsk} / S_{sk} < 0.80 (16b) 40
- 0.00 < | p_{pp} | / S_{sk} < 0.35 (17b)
- 0.05 < p_{pn} / S_{sk} < 0.12 (18b)
- 0.45 < | (R₂ + R₁) / (R₂ - R₁) | < 1.00 (19b)

【0066】

なお、本発明の光学系は、条件式(1)~(3)の代わりに、下記の条件式を用いても表される。

- 1.40 < p / s_p < 3.00 (20)
- 0.20 < | n_p / f_n | < 1.20 (2)
- 0.25 < s_k / f < 1.00 (3)
- 0.00 < | p_{pp} | / S_{sk} < 1.00 (17) 50

【 0 0 6 7 】

開口絞りの開口径を s_p とし、その他の記号の意味は前述と同様である。

【 0 0 6 8 】

条件式 (2 0) を満たす正レンズは、前述の正レンズ L_p と同様の役割を有する。すなわち、負レンズ L_n によって、径方向に分離された軸上光束と軸外光束のうち、主に軸外光束を強く屈折させることで像面に対する最大入射角を低減させる。

【 0 0 6 9 】

開口絞りに離れれば離れるほど、開口絞りを通過した光の光束径は大きくなる。すなわち、条件式 (2 0) は、間接的に、正レンズが絞りからある程度離れた位置に配置されていることを意味している。

10

【 0 0 7 0 】

条件式 (2 0) の下限値を下回ると、すなわち正レンズが開口絞りに近い位置に配置されると、正レンズ L_p の径は小さくなり軸上と軸外光束に対する屈折作用の差が少なくなり、像面に対する光線の最大入射角を低減することが困難となるためなので好ましくない。条件式 (2 0) の上限値を上回ると、正レンズ L_p の径が大きくなり、正レンズ L_p における軸外光束の通過高さが高くなり、像面への光線の最大入射角が大きくなるため好ましくない。

【 0 0 7 1 】

なお、条件式 (2 0) は以下の条件式を満たすことがより好ましい。

$$1.45 < p / s_p < 2.60 \dots \dots \dots (20a)$$

20

【 0 0 7 2 】

さらに、条件式 (2 0) は以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.50 < p / s_p < 2.40 \dots \dots \dots (20b)$$

【 0 0 7 3 】

なお、(2)、(3)、(1 7) の好ましい数値範囲は、前述のとおりである。

【 0 0 7 4 】

さらに、条件式 (2)、(3)、(1 7)、(2 0) を満たす光学系は、前述のその他の条件式のうち、少なくとも1つを満たしていることが好ましい。

【 0 0 7 5 】

[実施例 1]

図 1 は実施例 1 の光学系 OL の断面図であり、図 2 は無限遠に合焦しているときの光学系 OL の収差図である。実施例 1 の光学系 OL は、焦点距離 35.7 mm 、F ナンバー 1.85 の単焦点レンズである。

30

【 0 0 7 6 】

光学系 OL は、物体側から像側に順に配置された、前群 L_f 、開口絞り SP 、後群 L_r からなる。また、光学系 OL は、物体側から像側へ順に配置された、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 からなる。第 1 レンズ群 L_1 は 8 枚のレンズと開口絞り SP からなり、開口絞り SP は第 1 レンズ群 L_1 を構成する 2 つのレンズの間に配置されている。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第 1 レンズ群 L_1 が物体側に移動し、第 2 レンズ群 L_2 は不動であり、第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 の間隔が変化する。

40

【 0 0 7 7 】

正レンズ L_p は、光学系 OL の物体側から数えて 8 番目のレンズであり、焦点距離は 31.56 mm であり、半開角は 33.02 度であり、有効径は 31.16 mm である。正レンズ L_p の像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズ L_p の物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

【 0 0 7 8 】

負レンズ L_n は、光学系 OL の物体側から数えて 7 番目のレンズであり、正レンズ L_p の物体側に隣接して配置されたレンズ L_a でもある。負レンズ L_n は像側に凹面を向けたレンズ面を有する。

50

【0079】

レンズL_{pp}は負レンズL_nの物体側に配置され、正レンズL_{pp}と負レンズL_nとで接合レンズを構成している。後群L_rに配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズL_mは、光学系O_Lの最も像側に配置されている。

【0080】

これらの構成により、図2の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を26°に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

【0081】

[実施例2]

図3は実施例2の光学系O_Lの断面図であり、図4は無遠に合焦しているときの光学系O_Lの収差図である。実施例2の光学系O_Lは、焦点距離20.5mm、Fナンバー2.06の単焦点レンズである。

【0082】

光学系O_Lは、物体側から像側に順に配置された、前群L_f、開口絞りS_P、後群L_rからなる。前群L_fは負の屈折力の第1レンズ群L₁であり、開口絞りS_P及び後群L_rは正の屈折力の第2レンズ群L₂である。なお、無遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第1レンズ群L₁は不動であり、第2レンズ群L₂が物体側に移動し、第1レンズ群L₁と第2レンズ群L₂の間隔が変化する。

【0083】

正レンズL_pは、光学系O_Lの最も像側に配置されたレンズであり、かつ後群L_rに配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズL_mでもある。正レンズL_pは、焦点距離が37.35mmであり、半開角は41.99度であり、有効径は36.46mmである。正レンズL_pの像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズL_pの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

【0084】

負レンズL_nは、光学系O_Lの物体側から数えて9番目のレンズである。正レンズL_pは、光学系O_Lの物体側から数えて6番目のレンズであり、開口絞りS_Pの像側に隣接して配置されている。

【0085】

正レンズL_pの物体側に隣接して配置されたレンズL_aは、像側に凹面を向けたレンズ面を有する。

【0086】

これらの構成により、図4の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を21°に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

【0087】

[実施例3]

図5は実施例3の光学系O_Lの断面図であり、図6は無遠に合焦しているときの光学系O_Lの収差図である。実施例3の光学系O_Lは、焦点距離35.7mm、Fナンバー2.88の単焦点レンズである。

【0088】

光学系O_Lは、物体側から像側に順に配置された、前群L_f、開口絞りS_P、後群L_rからなる。また、光学系O_Lは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群L₁、正の屈折力の第2レンズ群L₂、負の屈折力の第3レンズ群L₃からなる。第1レンズ群L₁は5枚のレンズと開口絞りS_Pからなり、開口絞りS_Pは第1レンズ群L₁を構成する2つのレンズの間に配置されている。

【0089】

無遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第1レンズ群L₁及び第2レンズ群L₂は物体側に移動し、第3レンズ群L₃は不動である。当該フォーカシングに際して

10

20

30

40

50

、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔、及び、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が変化する。

【0090】

正レンズLpは、光学系OLの物体側から数えて8番目のレンズである。正レンズLpは、焦点距離が27.33mmであり、半開角は31.83度であり、有効径は28.09mmである。正レンズLpの像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズLpの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

【0091】

負レンズLnは、光学系OLの物体側から数えて7番目のレンズであり、正レンズLpの物体側に隣接して配置されたレンズLaでもある。負レンズLnは、像側に凹面を向けたレンズ面を有する。正レンズLppは負レンズLnの物体側に配置され、正レンズLppと負レンズLnとで接合レンズを構成している。後群Lrに配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズLmは、光学系OLの最も像側に配置されている。

10

【0092】

これらの構成により、図6の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を27°に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

【0093】

[実施例4]

図7は実施例4の光学系OLの断面図であり、図8は無遠に合焦しているときの光学系OLの収差図である。実施例4の光学系OLは、焦点距離44.7mm、Fナンバー2.85の単焦点レンズである。

20

【0094】

光学系OLは、物体側から像側に順に配置された、前群Lf、開口絞りSP、後群Lrからなる。また、光学系OLは、物体側から像側へ順に配置された、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からなる。第1レンズ群L1は5枚のレンズと開口絞りSPからなり、開口絞りSPは第1レンズ群L1を構成する2つのレンズの間に配置されている。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第1レンズ群L1は物体側に移動し、第2レンズ群L2は不動であり、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が変化する。

30

【0095】

正レンズLpは、焦点距離が23.59mmであり、半開角は38.65度であり、有効径は33.56mmである。正レンズLpの像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズLpの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

【0096】

負レンズLnは、光学系OLの物体側から数えて3番目のレンズであって、開口絞りSPの像側に隣接して配置されたレンズである。正レンズLppは負レンズLnの像側に隣接して配置されている。後群Lrに配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズLmは、光学系OLの最も像側に配置されている。

【0097】

正レンズLpの物体側に隣接して配置されたレンズLaは、像側に凹面を向けたレンズ面を有する。

40

【0098】

これらの構成により、図8の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を24°に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

【0099】

[実施例5]

図9は実施例5の光学系OLの断面図であり、図10は無遠に合焦しているときの光学系OLの収差図である。実施例5の光学系OLは、焦点距離35.9mm、Fナンバー

50

2.06の単焦点レンズである。

【0100】

光学系OLは、物体側から像側に順に配置された、前群Lf、開口絞りSP、後群Lrからなる。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、前群Lfと開口絞りSPと後群Lrとが同じ移動軌跡で、すなわち光学系OLの全体が物体側に移動する。

【0101】

正レンズLpは、光学系OLの物体側から数えて6番目に配置されたレンズである。焦点距離は83.25mmであり、半開角は29.94度であり、有効径は32.40mmである。正レンズLpの像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズLpの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

10

【0102】

負レンズLnは、光学系OLの物体側から数えて4番目のレンズであって、開口絞りSPの像側に隣接して配置されたレンズである。正レンズLppは負レンズLnの像側に隣接して配置されており、正レンズLppと負レンズLnとで接合レンズを構成している。正レンズLppは、正レンズLpの物体側に隣接して配置されたレンズLaでもある。後群Lrに配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズLmは、光学系OLの最も像側に配置されている。

【0103】

これらの構成により、図10の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を27°に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

20

【0104】

[実施例6]

図11は実施例6の光学系OLの広角端における断面図である。図12(A)は無遠に合焦している時の広角端における光学系OLの収差図であり、図12(B)は無遠に合焦している時の望遠端における光学系OLの収差図である。実施例6の光学系OLは、焦点距離16.5mm~33.8mm、ズーム比2.1、Fナンバー4.1のズームレンズである。

【0105】

光学系OLは、物体側から像側に順に配置された、前群Lf、開口絞りSP、後群Lrからなる。また、光学系OLは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4からなる。広角端から望遠端へのズームングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。当該ズームングに際して、第1レンズ群L1は像側へ移動したあと物体側へ移動し、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、及び第4レンズ群L4は物体側へ移動する。当該ズームングに際して、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔は狭まり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔は広がり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔は狭まる。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第3レンズ群L3が像側へ移動する。

30

【0106】

正レンズLpは、光学系OLの物体側から数えて13番目のレンズである。焦点距離が49.18mmであり、半開角は20.54度であり、有効径は34.51mmである。正レンズLpの像側のレンズ面の曲率半径は、正レンズLpの物体側のレンズ面の曲率半径よりも小さく構成されている。

40

【0107】

負レンズLnは、光学系OLの物体側から数えて11番目のレンズである。レンズLppは負レンズLnの物体側に隣接して配置され、正レンズLppの物体側に配置されたレンズと正レンズLppと負レンズLnとにより接合レンズを構成している。

【0108】

正レンズLpの物体側に隣接して配置されたレンズLaは、像側に凹面を向けたレンズ

50

面を有する。後群 L_r に配置されたレンズのうち最大の有効径を有するレンズ L_m は、光学系 O L の最も像側に配置されている。

【 0 1 0 9 】

本実施例のように、光学系 O L がズームレンズの場合は、広角端において正レンズ L_p を通過する軸外光束の入射高さは、望遠端において正レンズ L_p を通過する軸外光束の入射高さよりも高くなるように構成されている。これにより、像面に対する光線の最大入射角が大きくなりやすい広角端ほど、像面に対する光線の入射角を低減する効果が高めることができ、全ズーム域で最大入射角の変動を低減することができる。

【 0 1 1 0 】

これらの構成により、図 1 2 の収差図に示すように各種収差を良好に補正しつつ、像面に対する光線の最大入射角を 2 3 ° に抑えることができ、小型かつ周辺光量の低下を低減させた光学系を得ることができる。

10

【 0 1 1 1 】

なお、本実施例は、正レンズ L_p が接合レンズの構成要素である場合であるが、ズームレンズにおいて正レンズ L_p を単レンズにより構成してもよい。

【 0 1 1 2 】

以上、本発明の光学系の好ましい実施例について説明したが、本発明の光学系はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、光学系のあるレンズ群の全部又は一部を防振レンズ群とし、防振目的で径方向成分を有する方向に移動させてもよい。

20

【 0 1 1 3 】

[数値実施例]

以下に、実施例 1 ~ 6 のそれぞれに対応する数値実施例 1 ~ 6 を示す。また、数値実施例 1 ~ 6 において、面番号は、物体側からの光学面の順序を示す。R は光学面の曲率半径 (mm)、d は隣り合う光学面の間隔 (mm)、n_d と d はそれぞれ d 線を基準とした光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。フラウンホーファー線の g 線 (波長 435.8 nm)、F 線 (486.1 nm)、d 線 (587.6 nm)、C 線 (656.3 nm) に対する材料の屈折率をそれぞれ N_g、N_F、N_d、N_C とするとき、アッペ数 d を、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$
 として表す。B F はバックフォーカスを示す。

30

【 0 1 1 4 】

レンズ全長は、最も物体側の光学面から像面までの距離である。

【 0 1 1 5 】

非球面は各数値実施例中の面番号の右側に * 印を付している。非球面形状は光軸方向を X 軸、光軸と垂直方向を H 軸、光の進行方向を正、R を近軸曲率半径、K を円錐定数、B、C、D、E、F をそれぞれ非球面係数とするとき、

【 0 1 1 6 】

【 数 1 】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + B \cdot H^4 + C \cdot H^6 + D \cdot H^8 + E \cdot H^{10} + F \cdot H^{12}$$

40

【 0 1 1 7 】

で表している。非球面係数の「E - x」は 10^{-x} を意味する。

【 0 1 1 8 】

数値実施例 1 ~ 6 のそれぞれにおける、条件式 (1) ~ (20) で用いられる各パラメータを [表 1] に示す。数値実施例 1 ~ 6 における、条件式 (1) ~ (20) に対応する値を [表 2] に示す。

【 0 1 1 9 】

50

[数值実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1	-837.414	1.40	1.80810	22.8	29.97
2	35.178	4.68			27.43
3	75.060	3.35	2.00100	29.1	26.23
4	-88.847	3.50			25.76
5	-55.800	1.20	1.58032	41.2	21.49
6	17.607	5.86	1.91082	35.3	22.21
7	-5487.199	4.56			21.86
8(絞り)		2.79			20.24
9	84.383	1.80	1.72916	54.7	19.06
10	-278.246	3.64			18.72
11*	-34.597	6.50	1.76802	49.2	17.26
12	-12.673	1.10	1.74077	27.8	17.45
13	121.499	4.90			21.02
14	200.119	7.18	1.80400	46.6	29.78
15	-28.591	(可変)			31.16
16	-90.842	2.70	1.81325	45.8	33.00
17	-46.016	10.20			33.31
18	-26.079	1.65	1.59270	35.3	32.44
19	-79.756	(可変)			35.06

10

像面

非球面データ

第11面

K=0.0000E+00 B=-3.1662E-05 C=-9.2057E-08
D=8.4502E-11 E=-1.7333E-12 F=0.0000E+00

各種データ

焦点距離	35.70
Fno	1.85
半画角(度)	31.22
像高	21.64
レンズ全長	81.87
BF	13.49
入射瞳位置	16.36
射出瞳位置	-41.76
前側主点位置	28.99
後側主点位置	-22.21

30

d15

d19

40

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	35.61	52.48	35.32	-6.26
2	16	-197.90	14.55	27.50	12.99

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-41.750
2	3	41.070
3	5	-22.930

50

4 6 19.280
 5 9 88.980
 6 11 23.070
 7 12 -15.440
 8 14 31.560
 9 16 111.650
 10 18 -66.130

【 0 1 2 0 】

[数值実施例 2]

単位 mm

10

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1	34.417	2.20	1.72916	54.7	37.25
2	16.502	0.20		28.58	
3*	16.948	1.80	1.58313	59.4	28.32
4*	13.106	11.56		25.27	
5	-31.273	1.30	1.48749	70.2	24.72
6	22.562	2.80		23.15	
7	30.719	8.49	1.88300	40.8	23.65
8	-23.294	0.90	1.85478	24.8	22.85
9	-53.295	(可変)		22.09	
10(絞り)		0.96		18.83	
11*	20.088	8.58	1.58313	59.4	18.92
12	-14.953	1.00	1.83481	42.7	17.70
13	-28.429	0.15		17.57	
14	59.345	4.96	1.59522	67.7	17.78
15	-16.759	1.00	1.61293	37.0	17.68
16	22.212	3.77		17.48	
17	-24.187	1.30	1.85135	40.1	17.63
18*	-47.158	5.03		19.37	
19	102.175	11.18	1.59522	67.7	34.21
20	-27.253	(可変)		36.46	

20

30

像面

非球面データ

第3面

K=0.0000E+00 B=1.7106E-05 C=-9.2057E-08
 D=8.4502E-11 E=-1.7333E-12 F=0.0000E+00

第4面

K=-1.1029E+00 B=6.6803E-05 C=1.5440E-07
 D=-2.6047E-10 E=2.7484E-12 F=0.0000E+00

40

第11面

K=0.0000E+00 B=-1.6574E-06 C=8.4594E-09
 D=-8.7895E-11 E=2.4378E-12 F=0.0000E+00

第18面

K=0.0000E+00 B=6.7655E-05 C=1.6693E-07
 D=1.7835E-09 E=-8.5459E-12 F=0.0000E+00

各種データ

焦点距離 20.50

Fno 2.06

半画角(度) 46.54

50

像高 21.64
 レンズ全長 90.13
 BF 13.50
 入射瞳位置 18.26
 射出瞳位置 -56.98
 前側主点位置 32.79
 後側主点位置 -7.00
 d9 9.45
 d20 13.50

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	-205.97	29.25	-74.38	-158.89
2	10	35.39	37.93	16.68	-25.42

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-45.850
2	3	-119.850
3	5	-26.670
4	7	16.200
5	8	-49.090
6	11	16.160
7	12	-39.110
8	14	22.500
9	15	-15.430
10	17	-59.880
11	19	37.350

20

【 0 1 2 1 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1	-38.673	0.90	1.72825	28.5	17.68
2	27.661	0.26		16.44	
3	30.504	3.12	1.91082	35.3	16.41
4	-54.805	1.02		15.87	
5	-111.495	0.80	1.51742	52.4	14.27
6	17.350	0.14		13.03	
7	16.698	2.75	1.88100	40.1	13.13
8	124.168	2.73		12.88	
9(絞り)		2.80		12.34	
10	38.650	1.41	1.76385	48.5	11.67
11	516.587	(可変)		11.42	
12*	-23.400	3.71	1.76802	49.2	14.93
13	-10.852	0.90	1.78472	25.7	16.15
14	234.754	3.28		20.09	
15	1103.025	5.73	1.95375	32.3	26.79
16	-26.627	(可変)		28.09	
17	-60.697	2.16	1.88300	40.8	29.58
18	-38.698	6.59		30.00	
19	-24.580	1.60	1.59551	39.2	30.44

30

40

50

20 -62.769 (可変) 33.27

像面

非球面データ

第12面

K=0.0000E+00 B=-4.4141E-05 C=-2.9439E-08

D=-2.0859E-09 E=5.6739E-12 F=0.0000E+00

各種データ

焦点距離 35.70

Fno 2.88

半画角(度) 31.22

像高 21.64

レンズ全長 60.00

BF 13.15

入射瞳位置 7.95

射出瞳位置 -35.67

前側主点位置 17.54

後側主点位置 -22.55

d11 5.96

d16 1.00

d20 13.15

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	31.46	15.92	8.84	-2.82
2	12	97.71	13.63	30.42	31.28
3	17	-186.70	10.35	13.87	4.79

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-22.020
2	3	21.900
3	5	-28.950
4	7	21.640
5	10	54.620
6	12	23.350
7	13	-13.200
8	15	27.330
9	17	115.600
10	19	-68.920

【0 1 2 2】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1	25.629	1.20	1.77799	26.0	17.84
2	16.647	0.36			17.36
3	17.958	2.96	1.88300	40.8	17.48
4	45.739	2.70			17.12
5(絞り)		10.00			14.24
6	-27.137	1.20	1.77090	26.2	15.92
7	62.111	0.15			16.52
8*	44.640	5.82	1.88300	40.8	16.69

10

20

30

40

50

9	-25.683	1.72		18.68	
10	-40.206	2.38	1.84666	23.9	23.91
11	-29.638	(可変)		4.70	
12	-20.376	1.20	1.64706	33.0	26.47
13	76.356	0.16		32.30	
14	77.987	9.12	1.88300	40.8	32.69
15	-26.863	0.15		33.56	
16	-28.818	1.20	1.59517	38.5	33.36
17	-493.584	(可変)		35.55	

像面

10

非球面データ

第8面

K=0.0000E+00 B=-2.0857E-05 C=5.9814E-08

D=-2.2894E-10 E=4.7502E-13 F=0.0000E+00

各種データ

焦点距離 44.70

Fno 2.85

半画角(度) 25.83

像高 21.64

レンズ全長 62.63

20

BF 13.13

入射瞳位置 6.02

射出瞳位置 -37.96

前側主点位置 11.62

後側主点位置 -31.56

d11 9.18

d17 13.13

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	33.12	28.50	19.35	-10.14
---	---	-------	-------	-------	--------

30

2	12	-76.69	11.82	-6.06	-13.67
---	----	--------	-------	-------	--------

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
-----	----	------

1	1	-64.840
---	---	---------

2	3	31.890
---	---	--------

3	6	-24.360
---	---	---------

4	8	19.210
---	---	--------

5	10	120.730
---	----	---------

6	12	-24.740
---	----	---------

7	14	23.590
---	----	--------

40

8	16	-51.470
---	----	---------

【 0 1 2 3 】

[数值実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1	16.662	5.02	2.00100	29.1	20.33
2	212.406	0.90	1.89286	20.4	17.92
3	15.827	1.67			14.31
4*	61.177	1.90	1.85135	40.1	14.27

50

5* 1125.069 0.67 14.07
 6(絞り) 8.33 13.66
 7 -13.016 0.90 1.72825 28.5 14.85
 8 -242.788 6.46 1.85135 40.1 19.47
 9* -14.291 0.15 23.23
 10 344.603 6.81 1.83481 42.7 30.90
 11* -86.277 1.00 32.40
 12 -38.941 1.63 1.64769 33.8 32.60
 13 -152.656 (可変) 34.37

像面

10

非球面データ

第4面

K=0.0000E+00 B=-7.6176E-05 C=-5.2215E-08
 D=-4.1896E-09 E=4.7502E-13 F=0.0000E+00

第5面

K=0.0000E+00 B=-7.5876E-05 C=-5.2454E-08
 D=-4.2425E-09 E=5.0437E-12 F=0.0000E+00

第9面

K=0.0000E+00 B=8.3111E-05 C=1.1290E-07
 D=-6.7559E-11 E=5.8465E-12 F=0.0000E+00

20

第11面

K=0.0000E+00 B=-6.8949E-05 C=1.9512E-07
 D=-4.6150E-10 E=4.9411E-13 F=0.0000E+00

各種データ

焦点距離 35.91

Fno 2.06

半画角(度) 31.07

像高 21.64

レンズ全長 50.50

BF 15.05

30

入射瞳位置 9.00

射出瞳位置 -27.75

前側主点位置 14.78

後側主点位置 -20.86

d13 15.05

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	35.91	35.45	14.78	-20.86

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	17.830
2	2	-19.190
3	4	75.930
4	7	-18.920
5	8	17.610
6	10	83.250
7	12	-81.170

40

【 0 1 2 4 】

[数值実施例 6]

単位 mm

50

面データ

面番号	R	d	Nd	d	有効径
1*	104.054	2.50	1.76802	49.2	45.91
2*	13.602	12.00			31.66
3*	64.613	1.80	1.83220	40.1	30.21
4*	35.368	2.86			28.79
5	-127.884	1.00	1.59522	67.7	28.70
6	57.293	0.20			28.74
7	37.990	5.72	1.80610	33.3	29.17
8	-124.870	(可変)			28.79
9	-78.343	2.41	1.78442	48.1	17.62
10	-45.720	1.71			18.20
11	21.878	4.06	1.77888	48.8	19.17
12	197.854	2.82			18.53
13(絞り)		2.67			17.27
14	-48.298	0.74	1.91138	35.2	16.31
15	26.393	0.15			16.10
16	14.877	5.52	1.49700	81.5	16.78
17	-42.678	0.15			16.42
18	21.573	1.00	1.85150	40.8	15.31
19	11.767	8.22	1.56560	49.5	14.13
20	-10.812	1.00	1.83220	40.1	12.59
21*	-48.387	(可変)			13.67
22	322.013	1.12	1.83707	41.7	14.93
23*	28.916	(可変)			15.63
24	47.935	7.55	1.59270	35.3	33.64
25	-70.015	1.10	1.83481	42.7	34.51
26	-321.558	(可変)			35.58

像面

非球面データ

第1面

K=0.0000E+00 B=1.1865E-05 C=-2.3678E-08
D=1.1358E-11 E=1.1654E-14 F=-1.9116E-18

第2面

K=-1.0908E+00 B=2.6285E-05 C=8.5778E-08
D=-3.5421E-10 E=7.8718E-13 F=-5.5703E-15

第3面

K=0.0000E+00 B=-1.2210E-04 C=5.2126E-07
D=-1.4530E-09 E=1.7965E-12 F=0.0000E+00

第4面

K=9.1838E-01 B=-1.1915E-04 C=6.0146E-07
D=-1.9362E-09 E=3.6929E-12 F=0.0000E+00

第21面

K=0.0000E+00 B=4.0811E-05 C=2.9340E-07
D=8.9338E-10 E=3.0453E-11 F=0.0000E+00

第23面

K=0.0000E+00 B=6.1229E-06 C=-7.6025E-08
D=-7.2438E-10 E=1.9471E-12 F=0.0000E+00

各種データ

広角端 中間 望遠端

10

20

30

40

50

焦点距離	16.48	24.02	33.75
Fno	4.12	4.12	4.12
半画角(度)	52.70	42.01	32.66
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	117.64	109.16	110.13
BF	11.50	19.17	29.63
入射瞳位置	16.79	15.20	13.87
射出瞳位置	-34.73	-33.12	-32.06
前側主点位置	27.40	28.19	29.16
後側主点位置	-4.98	-4.85	-4.12
d8	27.41	11.26	1.77
d21	1.42	3.20	4.34
d23	11.02	9.24	8.10
d26	11.50	19.17	29.63

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	-24.46	26.08	-0.74	-25.04
2	9	25.51	30.45	4.59	-17.68
3	22	-38.02	1.12	0.67	0.06
4	24	86.66	8.65	-0.22	-5.55

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-20.620
2	3	-96.600
3	5	-66.340
4	7	36.710
5	9	135.570
6	11	31.270
7	14	-18.640
8	16	22.930
9	18	-31.900
10	19	11.470
11	20	-16.940
12	22	-38.020
13	24	49.180
14	25	-107.430

【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

【表 1】

	数値実施例 1	数値実施例 2	数値実施例 3	数値実施例 4	数値実施例 5	数値実施例 6
Φ_p	31.160	36.460	28.090	33.560	32.400	34.510
Φ_r	35.060	36.460	33.270	35.550	34.370	35.580
Φ_{pp}	17.450	17.700	16.150	18.680	23.230	14.130
Φ_a	21.020	19.370	20.090	32.300	23.230	15.630
Φ_{sp}	20.240	18.830	12.340	14.240	13.660	17.270
f_p	31.560	37.350	27.330	23.590	83.250	49.180
f	35.700	20.500	35.700	44.700	35.910	16.480
θ_p	33.023	41.988	31.831	38.651	29.938	20.542
h_p	8.859	3.426	4.295	2.513	4.293	2.049
$h^{\sim}p$	15.582	18.172	13.841	15.734	16.202	16.820
h_a	8.636	5.292	4.419	3.198	5.419	3.119
$h^{\sim}a$	10.510	9.680	9.956	14.704	11.617	7.817
tk	55.250	70.480	48.820	51.090	42.800	46.230
sk	13.490	13.500	13.150	13.130	15.050	11.500
f_{pp}	23.070	16.160	23.350	19.210	17.610	11.470
f_n	-15.440	-15.430	-13.200	-24.360	-18.920	-16.940
Φ_i	43.280	43.280	43.280	43.280	43.280	43.280
$(R2 + R1) / (R2 - R1)$	-0.750	-0.579	-0.953	-0.488	-0.600	0.741
f_r	52.954	35.393	55.662	83.742	83.742	83.742
Δ_{np}	4.900	10.100	3.280	20.610	6.610	13.560
Δ_{ppp}	6.000	17.210	4.180	14.640	0.150	14.560
Δ_{ppn}	0.000	6.110	0.000	-0.150	0.000	0.000
Ssk	57.319	51.428	48.439	55.403	40.335	53.160
$Lnsk$	41.482	34.779	33.514	44.201	31.105	33.702

10

20

【0126】

【表 2】

条件式	数値実施 例 1	数値実施 例 2	数値実施 例 3	数値実施 例 4	数値実施 例 5	数値実施 例 6
(1) $ \theta_p $	33.023	41.988	31.831	38.651	29.938	20.542
(2) $ \Delta_{np} / f_n $	0.317	0.655	0.248	0.846	0.349	0.800
(3) s_k / f	0.378	0.659	0.368	0.294	0.419	0.698
(4) Φ_p / Φ_r	0.889	1.000	0.844	0.944	0.943	0.970
(5) f_p / f_{pp}	1.368	2.311	1.170	1.228	4.727	4.288
(6) Φ_p / Φ_{pp}	1.786	2.060	1.739	1.797	1.395	2.442
(7) Φ_p / Φ_a	1.482	1.882	1.398	1.039	1.395	2.208
(8) $(h^{\sim}p / h_p) / (h^{\sim}a / h_a)$	1.445	2.900	1.430	1.362	1.761	3.275
(9) Φ_p / Tk	0.564	0.517	0.575	0.657	0.757	0.746
(10) Tk / f	1.548	3.438	1.368	1.143	1.192	2.805
(11) f_p / f	0.884	1.822	0.766	0.528	2.318	2.984
(12) f_p / f_n	-2.044	-2.421	-2.070	-0.968	-4.400	-2.903
(13) Φ_p / Φ_i	0.720	0.842	0.649	0.775	0.749	0.797
(14) $ f_r / f_n $	3.430	2.294	4.217	3.438	4.426	4.943
(15) $ \Delta_{np} / Ssk$	0.085	0.196	0.068	0.372	0.164	0.255
(16) $Lnsk / Ssk$	0.724	0.676	0.692	0.798	0.771	0.634
(17) $ \Delta_{ppp} / Ssk$	0.105	0.335	0.086	0.264	0.004	0.274
(18) Δ_{ppn} / Ssk	0.000	0.119	0.000	-0.003	0.000	0.000
(19) $ (R2 + R1) / (R2 - R1) $	0.750	0.579	0.953	0.488	0.600	0.741
(20) Φ_p / Φ_{sp}	1.540	1.936	2.276	2.357	2.372	1.998

30

40

【0127】

〔撮像装置の実施例〕

本発明の撮像装置の実施例について述べる。図13は、本実施例の撮像装置（デジタルスチルカメラ）10の概略図である。撮像装置10は、カメラ本体13と、上述した実施例1乃至6のいずれかと同様である光学系OLを含むレンズ装置11と、光学系OLによって形成される像を光電変換する受光素子（撮像素子）12を備える。受光素子12としては、CCDやCMOSセンサ等の撮像素子を用いることができる。

50

【0128】

レンズ装置11とカメラ本体13は一体に構成されていても良いし、着脱可能に構成されていても良い。

【0129】

本実施例の撮像装置10は、光学系OLを有することで、周辺光量の低下を低減することができる。

【0130】

なお、上述した各実施例のレンズ装置は、図13に示したデジタルスチルカメラに限らず、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等の種々の撮像装置に適用することができる。

10

【0131】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の組合せ、変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【0132】

L f 前群

L r 後群

L p 正レンズ

L n 負レンズ

S P 開口絞り

O L 光学系

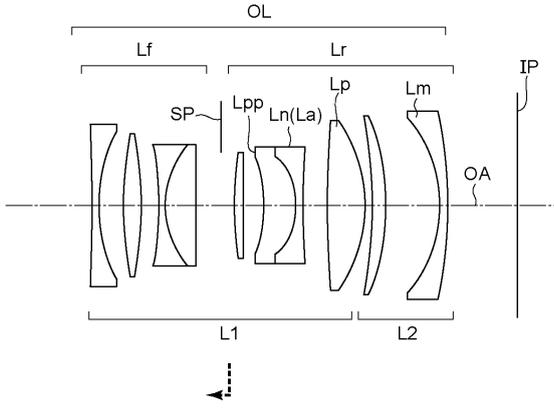
20

30

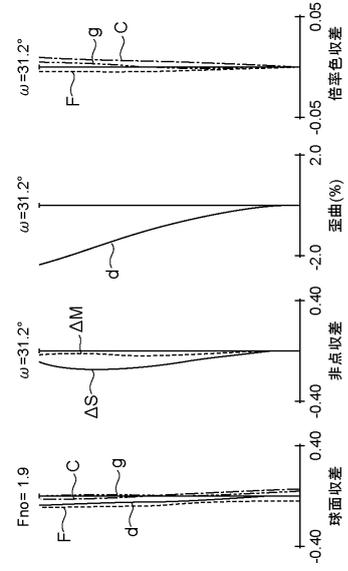
40

50

【 图面 】
【 图 1 】



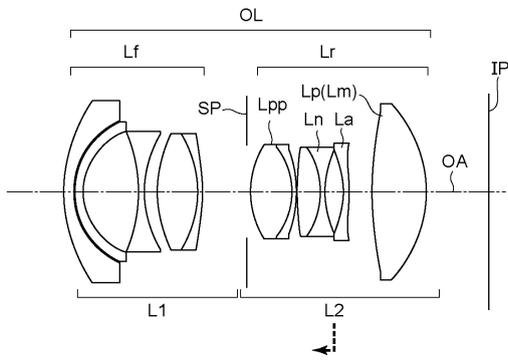
【 图 2 】



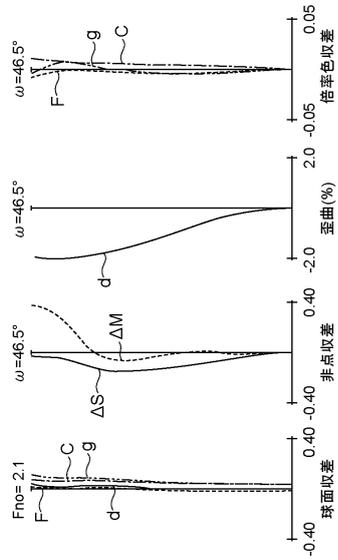
10

20

【 图 3 】



【 图 4 】

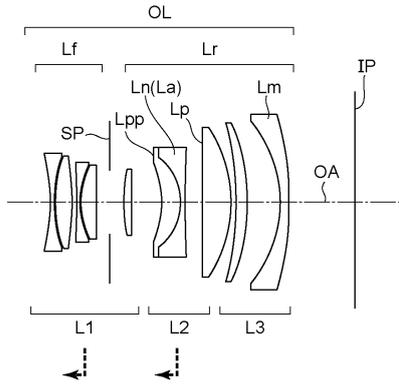


30

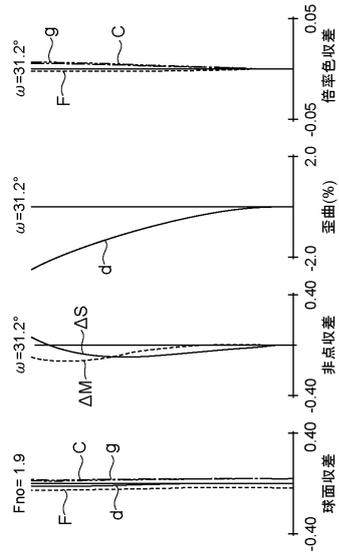
40

50

【 図 5 】



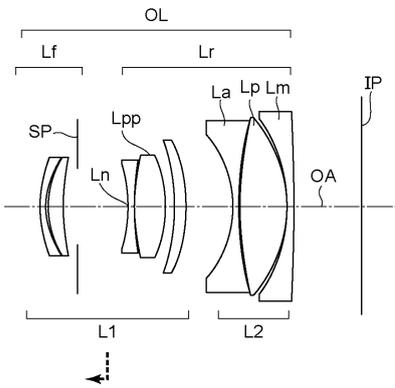
【 図 6 】



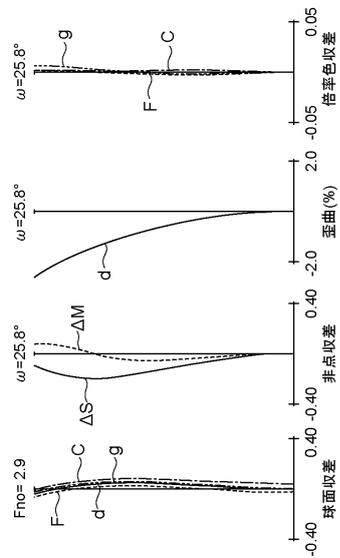
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

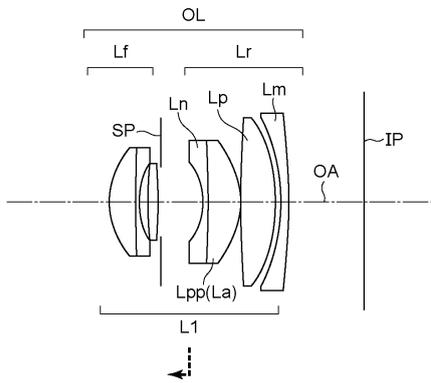


30

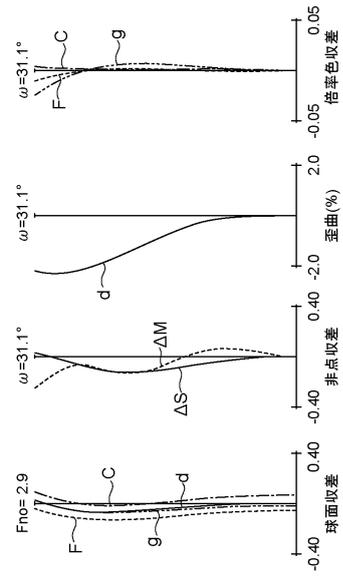
40

50

【 図 9 】



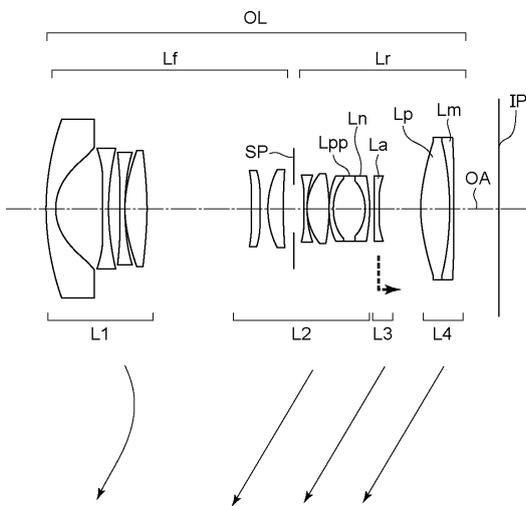
【 図 10 】



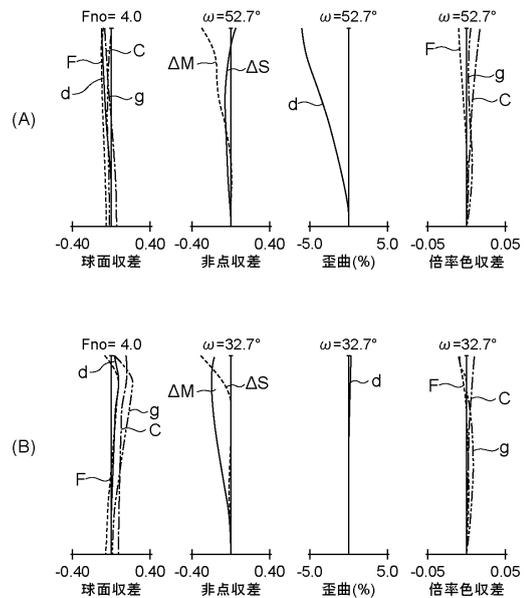
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】

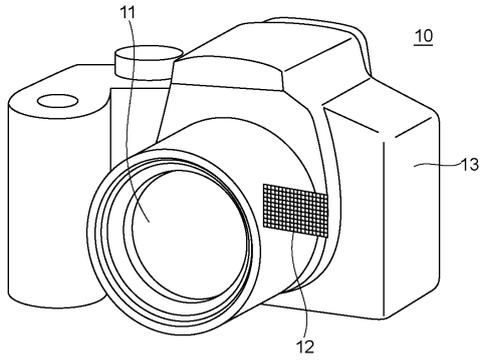


30

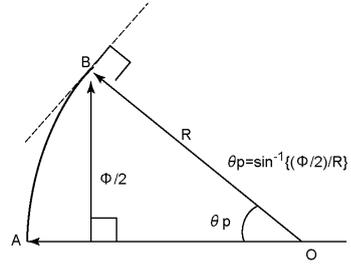
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-128445(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0176720(US,A1)
特開2010-224263(JP,A)
特開昭59-222806(JP,A)
特開2017-107067(JP,A)
特開2010-175628(JP,A)
特開2005-250171(JP,A)
特開2002-318347(JP,A)
特開2012-133229(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04