

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-127060
(P2024-127060A)

(43)公開日 令和6年9月20日(2024.9.20)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G 0 2 B 13/00	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全27頁)

(21)出願番号	特願2023-35919(P2023-35919)	(71)出願人	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5年3月8日(2023.3.8)	(74)代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
		(74)代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
		(74)代理人	100121614 弁理士 平山 倫也
		(72)発明者	大出 隆史 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72)発明者	畠田 隆弘 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

最終頁に続く

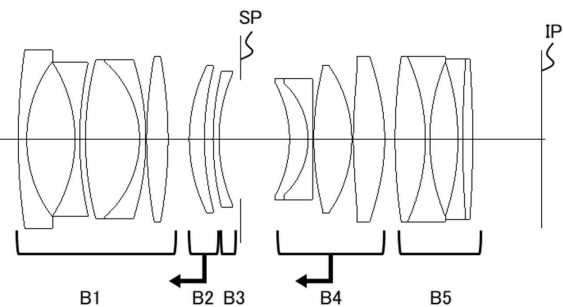
(54)【発明の名称】 光学系、およびそれを有する撮像装置

(57)【要約】

【課題】フォーカスレンズ群の軽量化とフォーカシング時の収差変動の抑制を両立させる光学系を提供する。

【解決手段】光学系は、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B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、第3レンズ群B3、正の屈折力の第4レンズ群B4、負の屈折力の第5レンズ群B5を有する。無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して、第2レンズ群および第4レンズ群は、物体側に移動する。第2レンズ群または第4レンズ群の少なくとも一方は、2枚以上のレンズから構成される。第1レンズ群は、2枚以上の負レンズを含む。

【選択図】図1



【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、正の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群を有し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系であって、

無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群および前記第 4 レンズ群は、物体側に移動し、

前記第 2 レンズ群または前記第 4 レンズ群の少なくとも一方は、2 枚以上のレンズから構成され、

前記第 1 レンズ群は、2 枚以上の負レンズを含むことを特徴とする光学系。

10

【請求項 2】

無限遠距離から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、前記第 3 レンズ群、および前記第 5 レンズ群は、像面に対して固定であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に開口絞りが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 4】

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.30 < f_4 / f < 4.80$$

$$0.70 < f_2 / f < 26.80$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

20

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.05 < f_4 / f_2 < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 6】

無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を D_T 、無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 2 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{12} とするとき、

$$0.008 < D_{12} / D_T < 0.210$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

30

【請求項 7】

無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を D_T 、無限遠合焦時における前記第 3 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 4 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{34} とするとき、

$$0.020 < D_{34} / D_T < 0.530$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

40

【請求項 8】

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を TTL 、前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを T_2 とするとき、

$$0.004 < T_2 / TTL < 0.120$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 9】

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を TTL 、前記第 4 レンズ群の光軸上の厚さを T_4 とするとき、

50

$$0.040 < T4 / TTL < 0.590$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 10】

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 5 レンズ群の焦点距離を f_5 とするとき、

$$-25.80 < f_5 / f < -0.90$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.05 < f_4 / f_2 < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の光学系。

【請求項 12】

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 5 レンズ群の焦点距離を f_5 とするとき、

$$-25.80 < f_5 / f < -0.90$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 11 に記載の光学系。

【請求項 13】

無限遠合焦点における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を D_T 、無限遠合焦点における前記第 3 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 4 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{34} とするとき、

$$0.020 < D_{34} / D_T < 0.530$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 6 に記載の光学系。

【請求項 14】

無限遠合焦点時の前記光学系の光学全長を TTL 、前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを T_2 とするとき、

$$0.004 < T_2 / TTL < 0.120$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 13 に記載の光学系。

【請求項 15】

無限遠合焦点時の前記光学系の光学全長を TTL 、前記第 4 レンズ群の光軸上の厚さを T_4 とするとき、

$$0.040 < T_4 / TTL < 0.590$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 14 に記載の光学系。

【請求項 16】

前記光学系は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群からなることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 17】

前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凸形状であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光学系。

【請求項 18】

前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面は、凹形状であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光学系。

【請求項 19】

前記第 4 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凹形状であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光学系。

【請求項 20】

無限遠距離から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、前記第 3 レンズ群、および前記第 5 レンズ群は、像面に対して固定であることを特徴とする請求項 4 から 16 のいずれか一項に記載の光学系。

10

20

30

40

50

【請求項 2 1】

前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に開口絞りが配置されていることを特徴とする請求項 4 から 1 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 2 2】

請求項 1 に記載の光学系と、該光学系によって形成された像を受光する撮像素子と、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】****【0 0 0 1】**

本発明は、光学系に関し、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

近年、CCD や CMOS センサ等の固体撮像素子を用いた撮像装置において、大口径広角レンズの小型化と高性能化が望まれている。

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、良好な光学性能を維持しつつフォーカシングを行える大口径広角レンズが開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 4】**

【特許文献 1】特開 2 0 1 5 - 2 0 0 8 4 5 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

しかしながら、特許文献 1 に記載の広角レンズでは、フォーカスレンズ群に多くのレンズが含まれる。このため、フォーカシング時の収差変動は良好に抑制できるが、フォーカスレンズ群が重くフォーカスレンズ群の高速駆動に不向きであり、静穏性が低いという課題がある。

【0 0 0 6】

本発明は、フォーカスレンズ群の軽量化とフォーカシング時の収差変動の抑制を両立させる光学系を提供する。

【課題を解決するための手段】**【0 0 0 7】**

本発明の一側面としての光学系は、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、正の屈折力の第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群を有し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系であって、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群および前記第 4 レンズ群は、物体側に移動し、前記第 2 レンズ群または前記第 4 レンズ群の少なくとも一方は、2 枚以上のレンズから構成され、前記第 1 レンズ群は、2 枚以上の負レンズを含むことを特徴とする。

【0 0 0 8】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施形態において説明される。

【発明の効果】**【0 0 0 9】**

本発明によれば、フォーカスレンズ群の軽量化とフォーカシング時の収差変動の抑制を両立させる光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】**【0 0 1 0】**

10

20

30

40

50

【図 1】実施例 1 に係る光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図である。

【図 2】実施例 1 に係る光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【図 3】実施例 1 に係る光学系の至近距離合焦時の縦収差図である。

【図 4】実施例 2 に係る光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図である。

【図 5】実施例 2 に係る光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【図 6】実施例 2 に係る光学系の至近距離合焦時の縦収差図である。

【図 7】実施例 3 に係る光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図である。

【図 8】実施例 3 に係る光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【図 9】実施例 3 に係る光学系の至近距離合焦時の縦収差図である。

【図 10】実施例 4 に係る光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図である。

10

【図 11】実施例 4 に係る光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【図 12】実施例 4 に係る光学系の至近距離合焦時の縦収差図である。

【図 13】撮像装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の光学系およびそれを有する撮像装置の実施例について、添付の図面に基
づいて説明する。

【0012】

図 1、図 4、図 7、図 10 は、それぞれ実施例 1 乃至 4 の光学系の無限遠合焦時（無限
遠物体に合焦時）のレンズ断面図である。各実施例の光学系は、デジタルスチルカメラ、
銀塩フィルム用カメラ、デジタルビデオカメラ、監視用カメラ、放送用カメラ、車載カメ
ラなどの撮像装置に用いられる撮像光学系である。

20

【0013】

各レンズ断面図において、左方が物体側（拡大共役面側）で、右方が像側（縮小共役面
側）である。各実施例の光学系は、複数のレンズ群を有して構成されている。本願明細書
においてレンズ群とは、フォーカシングに際して一体的に移動または静止するレンズのま
とまりである。すなわち、各実施例の光学系では、無限遠距離から至近距離へのフォー
カシングに際して隣り合うレンズ群同士の間隔が変化する。なお、レンズ群は 1 枚のレン
ズから構成されていてもよいし、複数のレンズから成っていてもよい。また、レンズ群は開
口絞りを含んでいてもよい。

30

【0014】

各レンズ断面図において、 B_i は、光学系のうち物体側から数えて第 i 番目（ i は自然
数）のレンズ群を表している。

【0015】

また、 SP は開口絞りである。開口絞り SP は、開放 F ナンバー（ Fno ）の光束を決定（制限）する。 IP は像面であり、各実施例のズームレンズをデジタルスチルカメラやビデオカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや $CMOS$ センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が配置される。各実施例のズームレンズを銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際には像面 IP にはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

40

【0016】

光軸方向の矢印は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して移動するフォーカスレンズ群の移動方向を示している。

【0017】

図 2、図 5、図 8、図 11 は、それぞれ実施例 1 乃至 4 の光学系の無限遠合焦時における縦収差図である。図 3、図 6、図 9、図 12 は、それぞれ実施例 1 乃至 4 の光学系の至近距離合焦時における縦収差図である。

【0018】

球面収差図において、 Fno は F ナンバーであり、 d 線（波長 587.56nm ）、 g 線（波長 435.84nm ）、 C 線（波長 656.27nm ）、 F 線（波長 486.13

50

$n m$) に対する球面収差量を示している。非点収差図において S は d 線におけるサジタル像面での非点収差量、 M は d 線におけるメリディオナル像面での非点収差量を示している。歪曲収差図において d 線に対する歪曲収差量を示している。色収差図では g 線、 C 線 (波長 656.27 nm)、 F 線 (波長 486.13 nm) における色収差量を示している。は撮像半画角 ($^\circ$) (近軸計算における画角) であり、光線追跡値による画角を示す。

【0019】

次に、各実施例の光学系における特徴的な構成について述べる。

【0020】

各実施例の光学系は、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 B_1 、正の屈折力の第2レンズ群 B_2 、第3レンズ群 B_3 、正の屈折力の第4レンズ群 B_4 、負の屈折力の第5レンズ群 B_5 を有する。各実施例の光学系では、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【0021】

第1レンズ群 B_1 を正の屈折力とすることで、射出光を集束光とすることができ、第2レンズ群 B_2 のレンズ径を小径化し軽量化することが可能である。

【0022】

第2レンズ群 B_2 および第4レンズ群 B_4 がフォーカシングに際して移動するフォーカスレンズ群として機能し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して、第2レンズ群 B_2 および第4レンズ群 B_4 は物体側に移動する。

【0023】

第2レンズ群 B_2 および第4レンズ群 B_4 をフォーカシングに際して同時に動かすことで、フォーカシング時における全系の球面収差変動を抑制している。第2レンズ群 B_2 を正の屈折力とすることで、後続するレンズ群の小径化を行っている。これにより、第2レンズ群 B_2 の後ろに配置される第4レンズ群 B_4 を軽量化することができ、フォーカスレンズ群の高速駆動および静穏化を達成することができる。第2レンズ群 B_2 を負の屈折力とし且つ第2レンズ群 B_2 にフォーカス機能を持たせた場合、第2レンズ群 B_2 のフォーカシング時の移動方向を像方向にする必要がある。第2レンズ群 B_2 を像方向に移動させるためには、第2レンズ群 B_2 をなるべく物体側に寄せる必要があるが、その場合第2レンズ群 B_2 の径が大径化されてしまい、重くなってしまう。また、第2レンズ群 B_2 を小径化するために、第1レンズ群 B_1 のパワーを強めた場合、第1レンズ群 B_1 で発生する球面収差の発生量が大きすぎて、光学系全体の球面収差を補正しきれなくなってしまう。

【0024】

第4レンズ群 B_4 を負の屈折力のレンズ群にすると、正の屈折力を持たせる場合に対して、第4レンズ群 B_4 の径を大きくする必要があり、第4レンズ群 B_4 が重くなる。これは、第4レンズ群 B_4 が第3レンズ群 B_3 から射出される集束光を受けていることと、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際し像側へ移動させるために第3レンズ群 B_3 と第4レンズ群 B_4 の空気間隔を狭める必要があることが原因である。第4レンズ群 B_4 を物体方向に寄せると集束していない光束を受けるためにレンズの大径化が必要となってしまう。

【0025】

第2レンズ群 B_2 または第4レンズ群 B_4 の少なくとも一方は、2枚以上のレンズから構成される。これにより、収差を抑制している。

【0026】

第1レンズ群 B_1 は、2枚以上の負レンズを含む。これにより、光学系全体の広角化に寄与し、広角化に必要なパワーを持たせる際に発生する歪曲収差を抑制している。

【0027】

以上説明したように、各実施例の光学系は上記の構成を満足することにより、フォーカスレンズ群の軽量化とフォーカシング時の収差変動の抑制を両立させることができる。

【0028】

10

20

30

40

50

次に、各実施例の光学系において、満足することが好ましい条件について述べる。各実施例に係る光学系は、以下の条件式(1)乃至(8)のうち1つ以上を満足することが好ましい。

【0029】

ここで、 f は、無限遠合焦時の光学系の焦点距離である。 f_2 は、第2レンズ群B2の焦点距離である。 f_4 は、第4レンズ群B4の焦点距離である。 f_5 は、第5レンズ群B5の焦点距離である。 D_{12} は、無限遠合焦時における第1レンズ群B1の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離である。 D_{34} は、無限遠合焦時における第3レンズ群B3の像側のレンズ面から第4レンズ群B4の物体側のレンズ面までの光軸上の距離である。 TTL は、無限遠合焦時の光学系の光学全長である。 T_2 は、第2レンズ群B2の光軸上の厚さである。 T_4 は、第4レンズ群B4の光軸上の厚さである。

10

【0030】

$$\begin{aligned} 0.30 < f_4 / f < 4.80 & \dots (1) \\ 0.70 < f_2 / f < 26.80 & \dots (2) \\ 0.05 < f_4 / f_2 < 1.50 & \dots (3) \\ -25.80 < f_5 / f < -0.90 & \dots (4) \\ 0.008 < D_{12} / TTL < 0.210 & \dots (5) \\ 0.020 < D_{34} / TTL < 0.530 & \dots (6) \\ 0.004 < T_2 / TTL < 0.120 & \dots (7) \\ 0.040 < T_4 / TTL < 0.590 & \dots (8) \end{aligned}$$

20

条件式(1)は、無限遠合焦時の光学系の焦点距離と第4レンズ群B4の焦点距離との比を規定する。条件式(1)の上限値を上回ると、第4レンズ群B4の屈折力が弱くなりすぎる。第4レンズ群B4の屈折力が弱くなりすぎると、集光力が弱まり光学系の全系を長くしなければならないという問題が生じるため好ましくない。条件式(1)の下限値を下回ると、第4レンズ群B4の屈折力が強くなりすぎる。第4レンズ群の屈折力が強くなりすぎると、集光力は強くなるが発生する収差が大きすぎて光学系全体で良好な解像感を得られなくなってしまうため好ましくない。また、発生する収差を抑制するためにレンズ枚数を増やした場合は、第4レンズ群B4が重くなる。これにより、駆動速度が遅くなり、静穏性が損なわれてしまうため好ましくない。

30

【0031】

条件式(2)は、無限遠合焦時の光学系の焦点距離と第2レンズ群B2の焦点距離との比を規定する。条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群B2の屈折力が弱くなりすぎる。第2レンズ群B2の屈折力が弱くなりすぎると、第2レンズ群B2もしくは第4レンズ群B4の移動量を大きくする必要が生じ、光学系を長くしなければならないため好ましくない。条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群B2の屈折力が強くなりすぎる。第2レンズ群B2の屈折力が強くなりすぎると、発生する収差を抑制するために第2レンズ群B2内のレンズ枚数を増やす必要が生じるため好ましくない。

【0032】

条件式(3)は、第2レンズ群B2の焦点距離と第4レンズ群B4の焦点距離との比を規定する。条件式(3)の上限値を上回る、もしくは下限値を下回ると、フォーカスレンズ群である第2レンズ群B2と第4レンズ群B4のバランスが崩れ、収差変動の抑制ができなくなってしまうため好ましくない。

40

【0033】

条件式(4)は、無限遠合焦時の光学系の焦点距離と第5レンズ群B5の焦点距離との比を規定する。条件式(4)の上限値を上回ると、第5レンズ群B5の屈折力が弱くなりすぎる。第5レンズ群B5の屈折力が弱くなりすぎると、第1レンズ群B1で生じた歪曲収差を打ち消す機能が弱くなり、また第4レンズ群B4に屈折力を持たせることもできなくなってしまうため好ましくない。条件式(4)の下限値を下回ると、第5レンズ群B5の屈

50

折力が強くなりすぎる。

第5レンズ群B5の屈折力が強くなりすぎると、第4レンズ群B4の屈折力を強くする必要があり、第4レンズ群B4内で発生する収差を抑制することが困難となってしまう好ましくない。

【0034】

条件式(5)は、第1レンズ群B1と最も像側に配置されたレンズ群との間隔と、第1レンズ群B1と第2レンズ群B2との間隔との比を規定する。条件式(5)の上限値を上回ることは、第1レンズ群B1と第2レンズ群B2との間隔がフォーカシング時の移動量に対して大幅に確保されていることを意味する。第1レンズ群B1と第2レンズ群B2との間隔を広くしすぎると、他のレンズ群の群厚を薄くする必要が生じ、十分な数のレンズを配置できなくなるため好ましくない。

10

条件式(5)の下限値を下回ることは、第1レンズ群B1と第2レンズ群B2との間隔を、フォーカシング時の移動量に対して十分確保できていないことを意味する。これにより、フォーカシング時に第4レンズ群B4内で発生する収差を補正しきれないため好ましくない。

【0035】

条件式(6)は、第1レンズ群B1と最も像側に配置されたレンズ群との間隔と、第3レンズ群B3と第4レンズ群B4との間隔との比を規定する。条件式(6)の上限値を上回ることは、第3レンズ群B3と第4レンズ群B4との間隔がフォーカシング時の移動量に対して大幅に確保されていることを意味する。第3レンズ群B3と第4レンズ群B4との間隔を広くしすぎると、他のレンズ群の群厚を薄くする必要が生じ、収差補正に必要な数のレンズを配置できなくなるため好ましくない。条件式(6)の下限値を下回ることは、第3レンズ群B3と第4レンズ群B4との間隔を、フォーカシング時の移動量に対して十分確保できていないことを意味する。これにより最短撮影距離を十分に確保できなくなるため好ましくない。

20

【0036】

条件式(7)は、無限遠合焦時の光学系の光学全長と、第2レンズ群B2の厚さとの比を規定する。条件式(7)の上限値を上回ると、第2レンズ群B2が厚くなりすぎる。第2レンズ群B2が厚くなりすぎると、他のレンズ群の群厚を薄くする必要が生じ、収差補正に必要な数のレンズを配置できなくなるため好ましくない。また、第2レンズ群B2を厚くなりすぎると、第2レンズ群B2が重くなり、第2レンズB2の高速駆動が困難になるため好ましくない。条件式(7)の下限値を下回ると、第2レンズ群B2が薄くなりすぎる。これにより、第2レンズ群B2の合焦機能が弱まってしまい好ましくない。

30

【0037】

条件式(8)は、無限遠合焦時の光学系の光学全長と、第4レンズ群B4の厚さとの比を規定する。条件式(8)の上限値を上回ると、第4レンズ群B4が厚くなりすぎる。第4レンズ群B4が厚くなりすぎると、他のレンズ群の群厚を薄くする必要が生じ、収差補正に必要な数のレンズを配置できなくなるため好ましくない。また、第4レンズ群B4が厚くなりすぎると、第4レンズ群B4が重くなり、第4レンズ群B4の高速駆動が困難になるため好ましくない。条件式(8)の下限値を下回ると、第4レンズ群B4が薄くなりすぎる。これにより、第4レンズ群B4の合焦機能が弱くなってしまふ、または第4レンズ群B4内で発生する収差の抑制が困難になり好ましくない。

40

【0038】

さらに、条件式(1)乃至(8)の数値範囲を以下の条件式(1a)乃至(8a)の範囲とすることがより好ましい。

【0039】

- 0.50 < f4 / f < 3.20 . . . (1a)
- 1.20 < f2 / f < 17.90 . . . (2a)
- 0.08 < f4 / f2 < 1.00 . . . (3a)
- 17.20 < f5 / f < -1.50 . . . (4a)

50

$$0.010 < D_{12} / DT < 0.140 \quad \dots (5a)$$

$$0.040 < D_{34} / DT < 0.360 \quad \dots (6a)$$

$$0.007 < T_2 / TTL < 0.079 \quad \dots (7a)$$

$$0.070 < T_4 / TTL < 0.390 \quad \dots (8a)$$

また、条件式(1)乃至(8)の数値範囲を(1b)乃至(8b)の範囲とすることがさらに好ましい。

【0040】

$$0.90 < f_4 / f < 1.80 \quad \dots (1b)$$

$$2.20 < f_2 / f < 9.90 \quad \dots (2b)$$

$$0.10 < f_4 / f_2 < 0.60 \quad \dots (3b)$$

$$-9.50 < f_5 / f < -2.70 \quad \dots (4b)$$

$$0.020 < D_{12} / DT < 0.080 \quad \dots (5b)$$

$$0.070 < D_{34} / DT < 0.200 \quad \dots (6b)$$

$$0.014 < T_2 / TTL < 0.044 \quad \dots (7b)$$

$$0.120 < T_4 / TTL < 0.220 \quad \dots (8b)$$

10

次に、各実施例の光学系について詳細に述べる。

【0041】

(実施例1)

実施例1の光学系は、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B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、負の屈折力の第3レンズ群B3、正の屈折力の第4レンズ群B4、負の屈折力の第5レンズ群B5からなる。第2レンズ群B2と第4レンズ群B4がフォーカスレンズ群として機能し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群B2と第4レンズ群B4は共に物体側に移動する。

20

【0042】

第1レンズ群B1は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して像面IPに対して固定である。

【0043】

実施例1の光学系では、第1レンズ群B1内に配置されるレンズの数は5であり、第1レンズ群B1は、物体側から像側へ順に配置された、第1～第5レンズG1～G5からなる。

30

【0044】

第1レンズG1は負の屈折力を有する。これにより、光学系全体の広角化に寄与する。また、第1レンズG1は非球面を有する。これにより、歪曲収差の発生量を抑制できる。

【0045】

第2レンズG2は負の屈折力を有する。これにより、光学系全体の広角化に寄与する。第1レンズG1および第2レンズG2のどちらかが無くなると、広角化に必要なパワーを持たせる際に発生する歪曲収差が大きくなりすぎてしまう。

【0046】

第3レンズG3は正の屈折力を有し、第4レンズG4は負の屈折力を有する。第3レンズG3と第4レンズG4は接合されており、全体として正の屈折力を有する接合レンズを構成する。広角化に伴い、第2レンズG2から射出される軸上光束は発散光となる。このため、光束を強いパワーで収斂させる必要があるが、単レンズで集光すると軸上色収差と倍率色収差が大きく発生してしまう。

40

【0047】

第5レンズG5は正の屈折力を有する。第3レンズG3と第4レンズG4からなる接合レンズだけで光束を集束光にすると、球面収差が大きく発生してしまうという問題が生じる。正の屈折力の第5レンズG5を配置することで、球面収差を抑制しつつ軸上光束を集束させている。

【0048】

第2レンズ群B2は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第4レンズ

50

群 B 4 と同時に移動する。

【 0 0 4 9 】

実施例 1 の光学系では、第 2 レンズ群 B 2 は正の屈折力の 1 枚の第 6 レンズ G 6 からなる。第 6 レンズ G 6 の物体側のレンズ面は凸形状、第 6 レンズ G 6 の像側のレンズ面は凹形状である。これにより、無限遠合焦時の球面収差の発生量を抑制している。

【 0 0 5 0 】

第 3 レンズ群 B 3 は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して像面 I P に対して固定である。

【 0 0 5 1 】

実施例 1 の光学系では、第 3 レンズ群 G 3 は負の屈折力の 1 枚の第 7 レンズ G 7 からなる。第 7 レンズ G 7 の物体側のレンズ面は凸形状であり、第 7 レンズ G 7 の像側のレンズ面は凹形状である。これにより、球面収差を抑制している。

10

【 0 0 5 2 】

開口絞り S P は、第 2 レンズ群 B 2 と第 3 レンズ群 B 3 との間に配置され、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して像面 I P に対して固定である。これにより、フォーカシングに際して移動するレンズ群の軽量化に寄与している。

【 0 0 5 3 】

第 4 レンズ群 B 4 は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第 2 レンズ群 B 2 と同時に動く。

【 0 0 5 4 】

実施例 1 の光学系では、第 4 レンズ群 B 4 内に配置されるレンズの数は 4 であり、第 4 レンズ群 B 4 は、物体側から像側へ順に配置された、第 8 ~ 第 11 レンズ G 8 ~ G 11 からなる。

20

【 0 0 5 5 】

第 8 レンズ G 8 は正の屈折力を有し、第 9 レンズ G 9 は負の屈折力を有する。第 8 レンズ G 8 と第 9 レンズ G 9 は接合されており、全体として負の屈折力を有する接合レンズを構成する。第 8 レンズ G 8 の物体側のレンズ面は凹形状である。

これにより、第 4 レンズ群 B 4 内に配置される正レンズにおいて生じる収差を補正し、第 4 レンズ群 B 4 全体での収差を抑制している。第 8 レンズ G 8 と第 9 レンズ G 9 からなる接合レンズにより、色収差の発生を抑制しつつ、第 8 レンズ G 8 と第 9 レンズ G 9 のトータルで強い負の屈折力を持たせることが可能となっている。

30

【 0 0 5 6 】

第 10 レンズ G 10 は正の屈折力を有する。第 10 レンズ G 10 に低分散、高異常分散材を用いることで、光学系全体の色収差を抑制している。

【 0 0 5 7 】

第 11 レンズ G 11 は正の屈折力を有する。第 11 レンズ G 11 は非球面を有している。これにより、第 11 レンズ G 11 の屈折力を強めつつ、球面収差を抑制することが可能となっている。また、軸外主光線が十分分離した位置に非球面を配置し、非球面の形状を周辺にかけてパワーの弱まる形状とすることで、像面補正を行っている。

【 0 0 5 8 】

第 5 レンズ群 B 5 は、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して像面 I P に対して固定であり、全体で負の屈折力を有している。これにより、第 4 レンズ群 B 4 の屈折力を強くすることが可能となっている。また、軸外主光線が高い位置に負の屈折力の第 5 レンズ群 B 5 を配置することで、第 1 レンズ群 B 1 において発生した倍率色収差と歪曲収差を補正している。これにより、第 1 レンズ群 B 1 内で歪曲収差を抑制しきる必要がなくなるため、物体側に配置されるレンズの枚数を少なくでき、光学系全系の小型化が可能となっている。

40

【 0 0 5 9 】

実施例 1 の光学系では、第 5 レンズ群 B 5 内に配置されるレンズの枚数は 4 であり、第 5 レンズ群 B 5 は、物体側から像側へ順に配置された、第 12 ~ 第 15 レンズ G 12 ~ G

50

15 からなる。

【0060】

第12レンズG12は正の屈折力を有し、第13レンズG13は負の屈折力を有する。第12レンズG12と第13レンズG13は接合されており、全体として負の屈折力を有する接合レンズを構成する。第12レンズG12と第13レンズG13からなる接合レンズにより、主に倍率色収差の抑制を行っている。これにより、第5レンズ群B5に強い屈折力を持たせることが可能となり、第5レンズ群B5の負の屈折力が強くなることで、第4レンズ群B4の正の屈折力を強くすることが可能となっている。

【0061】

第14レンズG14は負の屈折力を有し、第15レンズG15は正の屈折力を有する。第14レンズG14と第15レンズG15は接合されており、全体として負の屈折力を有する接合レンズを構成する。第14レンズG14と第15レンズG15からなる接合レンズにより、主に倍率色収差の抑制を行っている。第14レンズG14と第15レンズG15からなる接合レンズは、第12レンズG12と第13レンズG13からなる接合レンズと屈折力を分担している。

10

【0062】

(実施例2)

実施例2の光学系は、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B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、負の屈折力の第3レンズ群B3、正の屈折力の第4レンズ群B4、負の屈折力の第5レンズ群B5からなる。第2レンズ群B2と第4レンズ群B4がフォーカスレンズ群として機能し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群B2と第4レンズ群B4は共に物体側に移動する。

20

【0063】

実施例2の光学系では、実施例1の光学系に対して、最も像側に配置された接合レンズを単レンズとしている。

【0064】

(実施例3)

実施例3の光学系は、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B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、負の屈折力の第3レンズ群B3、正の屈折力の第4レンズ群B4、負の屈折力の第5レンズ群B5からなる。第2レンズ群B2と第4レンズ群B4がフォーカスレンズ群として機能し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群B2と第4レンズ群B4は共に物体側に移動する。

30

【0065】

実施例3の光学系では、実施例1、2の光学系に対して、第1レンズ群B1の負レンズの枚数を増やすことで、更なる広角化を行っている。

【0066】

(実施例4)

実施例4の光学系は、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B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、正の屈折力の第3レンズ群B3、正の屈折力の第4レンズ群B4、負の屈折力の第5レンズ群B5からなる。第2レンズ群B2と第4レンズ群B4がフォーカスレンズ群として機能し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群B2と第4レンズ群B4は共に物体側に移動する。

40

【0067】

実施例4の光学系では、実施例3の光学系に対して、第1レンズ群B1内に配置される負レンズを非球面化することで、歪曲収差を抑制しつつ更なる広角化を行っている。

【0068】

以下に、実施例1乃至4のそれぞれ対応する数値実施例1乃至4を示す。

【0069】

各数値実施例の面データにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm)は第 m 面と第 $(m+1)$ 面との間の軸上間隔(光軸上の距離)を表している。ただし、 m は光入射側が

50

ら数えた面の番号である。また、 n_d は各光学部材のd線に対する屈折率、 d は光学部材のd線を基準としたアッペ数を表している。なお、ある材料のd線を基準としたアッペ数 d は、フラウンホーファ線のd線(587.6nm)、F線(486.1nm)、C線(656.3nm)における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とすると、 $d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$ で表される。 ϕ は有効径(mm)である。

【0070】

なお、各数値実施例において、 d 、焦点距離(mm)、Fナンバー、半画角(°)は全て各実施例の光学系が無遠慮物体に焦点を合わせた時の値である。バックフォーカスは光学系の最終レンズ面(最も像側のレンズ面)から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものである。光学系のレンズ全長は、第1レンズ面(最も物体側のレンズ面)から最終レンズ面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた値である。レンズ群は、複数のレンズから構成される場合に限らず、1枚のレンズから構成される場合も含むものとする。

10

【0071】

また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に、*の符号を付している。非球面形状は、 x を光軸方向の面頂点からの変位量、 h を光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、 R を近軸曲率半径、 k を円錐定数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} を各次数の非球面係数とすると、

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6 + A_8 \times h^8 + A_{10} \times h^{10} + A_{12} \times h^{12}$$

20

で表している。なお、各非球面係数における「 $e \pm XX$ 」は「 $x_{10} \pm XX$ 」を意味している。

【0072】

なお、下記表1の18面は不図示のフレアカット面である。下記表3の10面および19面は不図示のフレアカット面である。下記表5の10面および21面はフレアカット面である。

【0073】

(数値実施例1)

【0074】

30

40

50

【表 1】

面番号	r[mm]	d[mm]	nd	νd	Φ [mm]
1	141.971	1.900	1.583	59.38	38.522
*2	30.786	10.878			33.600
3	-32.445	1.050	1.516	64.14	32.937
4	79.633	1.294			33.494
5	70.961	12.194	1.764	48.49	34.046
6	-23.782	1.400	1.855	24.80	33.976
7	-59.990	0.200			34.446
8	104.120	4.816	2.001	25.46	35.776
9	-104.120	4.789			35.737
10	37.327	3.399	1.595	67.74	31.697
11	64.923	1.965			30.675
12	64.445	1.300	1.770	29.74	29.451
13	37.607	4.847			28.106
(sp)14	∞	11.058			27.226
15	-26.784	4.171	1.497	81.54	23.801
16	-17.641	1.100	1.770	29.74	23.963
17	-799.000	0.200			25.825
18	∞	0.000			26.105
19	65.916	8.549	1.538	74.70	29.753
20	-29.612	0.350			31.541
*21	108.651	7.059	1.804	46.58	34.667
*22	-46.890	2.350			35.514
23	129.995	6.813	2.001	29.13	35.536
24	-45.734	1.000	1.770	29.74	35.255
25	45.734	6.330			33.190
26	-55.236	1.100	1.613	44.27	33.265
27	255.135	2.229	1.923	20.88	34.575
28	-255.135	15.447			34.821

10

20

30

40

【 0 0 7 5 】

50

【表 2】

非球面データ	2面	21面	22面
r	3.078591E+01	1.086509E+02	-4.689015E+01
k	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
A4	1.842516E-06	-5.695313E-06	3.990470E-06
A6	-5.037985E-09	-5.371583E-10	-9.941354E-10
A8	8.297148E-11	-4.069557E-13	6.139883E-12
A10	-4.482158E-13	-6.560588E-15	0.000000E+00
A12	1.281176E-15	0.000000E+00	0.000000E+00
A14	-1.393938E-18	0.000000E+00	0.000000E+00

焦点距離[mm]	34.0
Fno	1.45
レンズ全長[mm]	102.341
バックフォーカス[mm]	15.447
最大像高[mm]	20.03
半画角(°)	30.5

【 0 0 7 6 】

(数 値 実 施 例 2)

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

【表 3】

面番号	r[mm]	d[mm]	nd	ν d	Φ [mm]
1	360.451	1.900	1.583	59.38	38.390
*2	32.174	11.511			33.541
3	-30.402	1.050	1.516	64.14	32.652
4	106.610	0.500			33.703
5	75.064	11.371	1.764	48.49	34.154
6	-25.535	1.400	1.855	24.80	34.197
7	-50.760	0.200			34.692
8	146.103	3.873	2.001	25.46	35.206
9	-143.190	0.000			35.205
10	∞	3.800			34.931
11	34.518	4.646	1.595	67.74	32.914
12	103.070	1.500			31.973
13	51.466	1.500	1.770	29.74	30.219
14	31.460	6.316			28.478
(SP)15	∞	11.810			27.298
16	-26.046	2.759	1.497	81.54	23.658
17	-20.122	1.100	1.770	29.74	23.804
18	-779.954	0.200			25.214
19	∞	0.558			25.550
20	59.443	9.185	1.497	81.54	30.836
21	-31.899	2.186			32.795
*22	89.503	7.114	1.804	46.53	37.179
*23	-56.118	1.500			37.945
24	69.336	7.684	2.001	29.13	38.174
25	-58.895	1.100	1.770	29.74	37.662
26	34.256	6.839			34.145
27	-83.829	1.500	1.613	44.27	34.223
28	-262.530	15.444			34.900

10

20

30

40

【 0 0 7 8 】

50

【表 4】

非球面データ	2面	22面	23面
r	3.217448E+01	8.950277E+01	-5.611754E+01
k	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
A4	1.697231E-06	-4.587706E-06	3.931361E-06
A6	-9.598092E-09	1.115432E-09	1.682398E-09
A8	1.251928E-10	-8.943226E-12	-8.682252E-12
A10	-6.393750E-13	-4.870968E-15	5.837280E-15
A12	1.679648E-15	0.000000E+00	0.000000E+00
A14	-1.671035E-18	0.000000E+00	0.000000E+00

焦点距離[mm]	34.0
Fno	1.46
レンズ全長[mm]	103.101
バックフォーカス[mm]	15.444
最大像高[mm]	20.03
半画角(°)	30.5

【 0 0 7 9 】

(数 値 実 施 例 3)

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

【表 5】

面番号	r[mm]	d[mm]	nd	ν d	Φ [mm]
1	83.765	1.400	1.487	70.23	43.877
2	23.000	4.899			35.164
3	43.564	1.200	1.497	81.54	34.834
4	23.747	17.694			31.596
5	-23.433	1.296	1.497	81.54	27.745
6	-74.680	0.149			28.499
7	190.780	8.982	1.720	50.23	28.623
8	-20.000	1.300	1.855	24.80	28.643
9	-45.590	0.307			31.049
10	∞	0.200			32.125
11	308.809	4.670	2.001	29.13	32.346
12	-56.776	2.967			32.573
13	34.354	3.217	1.595	67.74	29.369
14	61.105	3.198			28.447
(SP)15	∞	0.500			27.480
16	37.765	1.300	1.613	44.27	25.726
17	23.405	12.534			24.126
18	-30.562	4.711	1.439	94.66	21.424
19	-15.938	1.100	1.770	29.74	21.379
20	-65.923	0.000			23.954
21	∞	0.199			25.707
22	55.261	9.114	1.439	94.66	29.152
23	-27.499	0.348			30.818
*24	173.130	5.671	1.804	46.58	33.153
*25	-51.850	2.449			33.771
26	97.004	6.924	2.001	29.13	34.175
27	-44.738	1.150	1.770	29.74	33.870
28	44.517	6.169			31.797
29	-46.599	1.300	1.770	29.74	31.834
30	-81.144	12.487			32.711

10

20

30

40

【 0 0 8 1 】

50

【表 6】

非球面データ	24面	25面
r	1.731298E+02	-5.185033E+01
k	0.000000E+00	0.000000E+00
A4	-5.806869E-06	4.107567E-06
A6	1.438125E-09	1.739424E-09
A8	3.668843E-11	4.037293E-11
A10	-8.190791E-14	-5.003848E-14
A12	-1.818806E-17	-5.128412E-17
A14	0.000000E+00	0.000000E+00

焦点距離[mm]	23.5
Fno	1.46
レンズ全長[mm]	104.949
バックフォーカス[mm]	12.487
最大像高[mm]	18.62
半画角(°)	38.4

【 0 0 8 2 】

(数 値 実 施 例 4)

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

50

【表 7】

面番号	r[mm]	d[mm]	nd	ν d	Φ [mm]
1	53.345	2.300	1.583	59.38	44.303
*2	20.063	6.914			34.125
3	55.132	1.000	1.497	81.54	33.566
4	21.889	12.115			29.751
5	-28.009	1.200	1.497	81.54	28.519
6	186.975	0.200			28.985
7	55.468	9.453	1.804	46.53	29.309
8	-24.295	1.050	1.847	23.78	28.949
9	-70.642	0.200			28.536
10	202.287	2.403	2.001	29.13	27.354
11	-125.144	7.089			27.449
12	58.520	1.839	1.595	67.74	26.884
13	124.475	2.716			26.673
(SP)14	∞	1.782			26.252
15	395.702	3.263	1.954	32.32	25.832
16	-52.934	1.000	1.604	20.81	25.626
17	-34.417	0.996	1.613	44.27	25.596
18	153.099	8.337			24.497
19	-27.375	3.962	1.439	94.66	22.602
20	-16.142	0.900	1.770	29.74	22.681
21	-74.284	0.150			24.406
22	43.364	6.929	1.497	81.54	25.696
23	-30.417	0.150			25.899
*24	233.926	4.767	1.804	46.58	27.213
*25	-39.719	1.999			27.947
26	153.817	4.496	1.804	46.53	28.325
27	-43.791	1.000	1.770	29.74	28.264
28	32.158	6.596			27.909
29	603.874	1.000	1.613	44.27	30.637
30	34.319	5.869	1.954	32.32	32.763
31	5224.302	15.526			33.004

10

20

30

40

【 0 0 8 4 】

50

【表 8】

非球面データ	2面	24面	25面
r	2.006287E+01	2.339257E+02	-3.971868E+01
k	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
A4	-2.464849E-06	-1.454983E-05	3.345623E-06
A6	-7.189256E-09	-3.772205E-09	-1.979595E-09
A8	-9.776918E-12	1.829933E-11	1.910633E-11
A10	2.265032E-14	1.771958E-13	2.159794E-13
A12	-1.680768E-16	0.000000E+00	0.000000E+00
A14	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

10

焦点距離[mm]	20.6
Fno	1.46
レンズ全長[mm]	101.674
バックフォーカス[mm]	15.526
最大像高[mm]	18.68
半画角(°)	42.2

20

【0085】

各数値実施例における種々の値を、以下の表9にまとめて示す。

【0086】

【表 9】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
f4/f	1.104	1.214	1.596	1.583
f2/f	4.153	2.502	5.369	8.914
f4/f2	0.266	0.485	0.297	0.178
f5/f	-3.009	-3.881	-5.399	-8.567
D12/DT	0.047	0.037	0.028	0.070
D34/DT	0.155	0.176	0.119	0.082
T2/TTL	0.029	0.039	0.027	0.016
T4/TTL	0.182	0.195	0.180	0.144

30

40

【0087】

〔撮像装置〕

次に、各実施例の光学系を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）10の実施例について図13を用いて説明する。図13は、撮像装置10の構成を示す図である。撮像装置10は、カメラ本体13と、上述した実施例1乃至4のいずれかの光学

50

系を含むレンズ装置 11 と、光学系によって形成される像を光電変換する撮像素子（受光素子）12 を備える。撮像素子 12 としては、CCD センサや CMOS センサ等の撮像素子を用いることができる。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よいし、着脱可能に構成されていてもよい。カメラ本体 13 はクイックターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでもよいし、クイックターンミラーを有さない所謂ミラーレスカメラでもよい。

【0088】

このように、上記各実施例における光学系をデジタルスチルカメラなどの撮像装置 10 に適用することにより、フォーカスレンズ群の軽量化とフォーカシング時の収差変動の抑制を両立させる光学系を備える撮像装置 10 を得ることができる。

10

【0089】

なお、本実施例の撮像装置 10 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。

【0090】

上記各実施例の開示は、以下の構成を含む。

【0091】

（構成 1）

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、正の屈折力の第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群を有し、無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系であって、

20

無限遠距離から至近距離へのフォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群および前記第 4 レンズ群は、物体側に移動し、

前記第 2 レンズ群または前記第 4 レンズ群の少なくとも一方は、2 枚以上のレンズから構成され、

前記第 1 レンズ群は、2 枚以上の負レンズを含むことを特徴とする光学系。

（構成 2）

無限遠距離から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、前記第 3 レンズ群、および前記第 5 レンズ群は、像面に対して固定であることを特徴とする構成 1 に記載の光学系。

30

（構成 3）

前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に開口絞りが配置されていることを特徴とする構成 1 または 2 に記載の光学系。

（構成 4）

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.30 < f_4 / f < 4.80$$

$$0.70 < f_2 / f < 26.80$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 3 のいずれかに記載の光学系。

40

（構成 5）

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.05 < f_4 / f_2 < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 4 のいずれかに記載の光学系。

（構成 6）

無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を D_T 、無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 2 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{12} とするとき、

$$0.008 < D_{12} / D_T < 0.210$$

50

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 5 のいずれかに記載の光学系。

(構成 7)

無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を $D T$ 、無限遠合焦時における前記第 3 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 4 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を $D 3 4$ とするとき、

$$0.020 < D 3 4 / D T < 0.530$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 6 のいずれかに記載の光学系。

(構成 8)

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を $T T L$ 、前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを $T 2$ とするとき、

$$0.004 < T 2 / T T L < 0.120$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 7 のいずれかに記載の光学系。

(構成 9)

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を $T T L$ 、前記第 4 レンズ群の光軸上の厚さを $T 4$ とするとき、

$$0.040 < T 4 / T T L < 0.590$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 8 のいずれかに記載の光学系。

(構成 10)

前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凸形状であることを特徴とする構成 1 から 9 のいずれかに記載の光学系。

(構成 11)

前記第 3 レンズ群の最も像側のレンズ面は、凹形状であることを特徴とする構成 1 から 10 のいずれかに記載の光学系。

(構成 12)

前記第 4 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凹形状であることを特徴とする構成 1 から 11 のいずれかに記載の光学系。

(構成 13)

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 5 レンズ群の焦点距離を $f 5$ とするとき、

$$-25.80 < f 5 / f < -0.90$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 1 から 12 のいずれかに記載の光学系。

(構成 14)

前記第 2 レンズ群の焦点距離を $f 2$ 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を $f 4$ とするとき、

$$0.05 < f 4 / f 2 < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 4 に記載の光学系。

(構成 15)

無限遠合焦点時の前記光学系の焦点距離を f 、前記第 5 レンズ群の焦点距離を $f 5$ とするとき、

$$-25.80 < f 5 / f < -0.90$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 14 に記載の光学系。

(構成 16)

無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ面から最も像側に配置されたレンズ群の像側のレンズ面までの光軸上の距離を $D T$ 、無限遠合焦時における前記第 3 レンズ群の像側のレンズ面から前記第 4 レンズ群の物体側のレンズ面までの光軸上の距離を $D 3 4$ とするとき、

$$0.020 < D 3 4 / D T < 0.530$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 6 に記載の光学系。

(構成 17)

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を $T T L$ 、前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを T

10

20

30

40

50

2 とするとき、

$$0.004 < T2 / TTL < 0.120$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 16 に記載の光学系。

(構成 18)

無限遠合焦時の前記光学系の光学全長を TTL、前記第 4 レンズ群の光軸上の厚さを T4 とするとき、

$$0.040 < T4 / TTL < 0.590$$

なる条件式を満足することを特徴とする構成 17 に記載の光学系。

(構成 19)

前記光学系は、物体側から像側へ順に配置された、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群からなることを特徴とする構成 1 から 18 のいずれかに記載の光学系。

(構成 20)

構成 1 から 19 のいずれかに記載の光学系と、該光学系によって形成された像を受光する撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

【0092】

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変形及び変更が可能である。

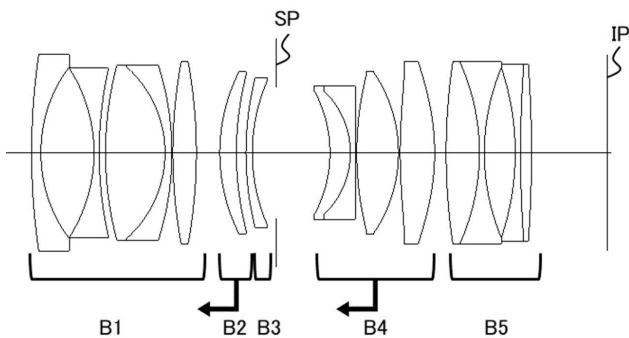
【符号の説明】

【0093】

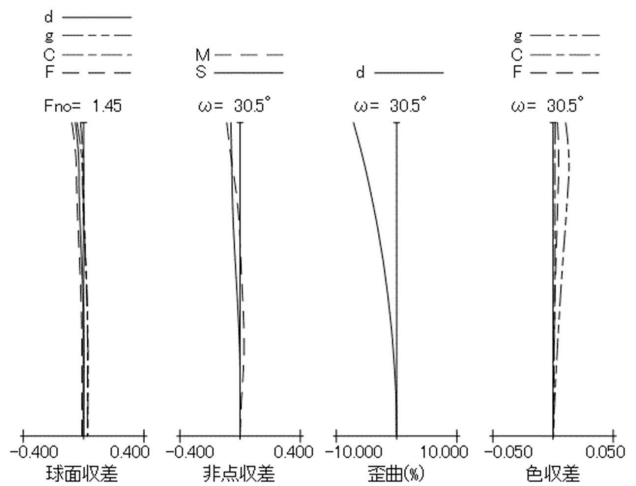
- B 1 第 1 レンズ群
- B 2 第 2 レンズ群
- B 3 第 3 レンズ群
- B 4 第 4 レンズ群
- B 5 第 5 レンズ群

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

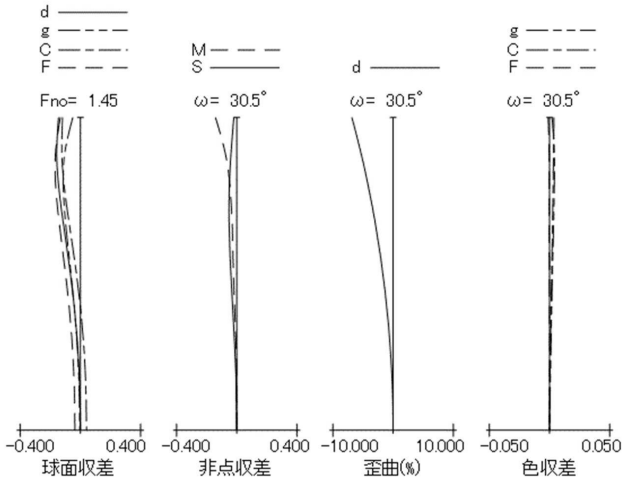
20

30

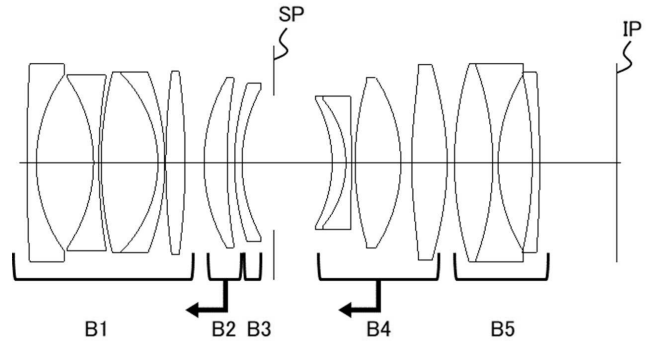
40

50

【 図 3 】

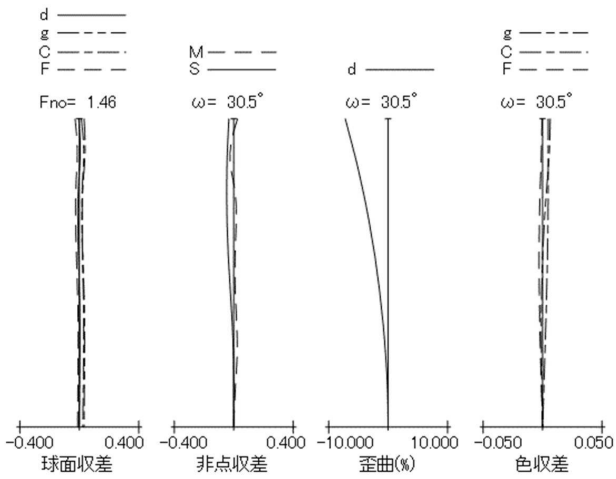


【 図 4 】

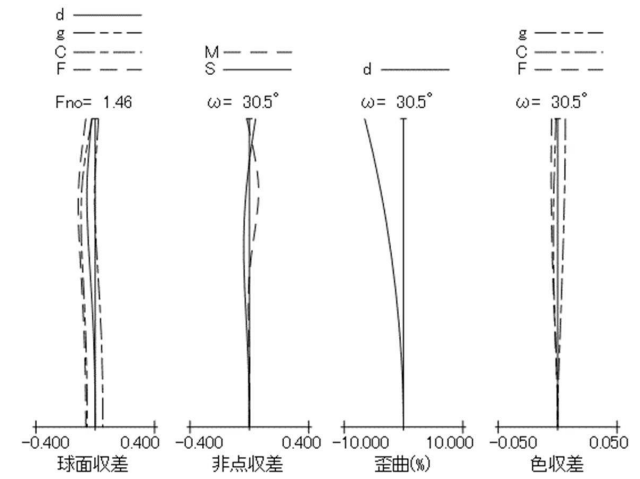


10

【 図 5 】



【 図 6 】



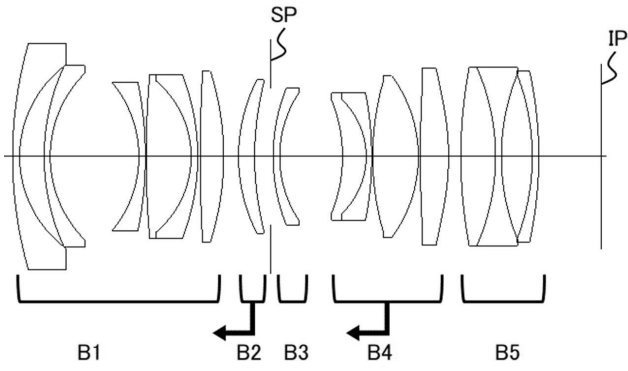
20

30

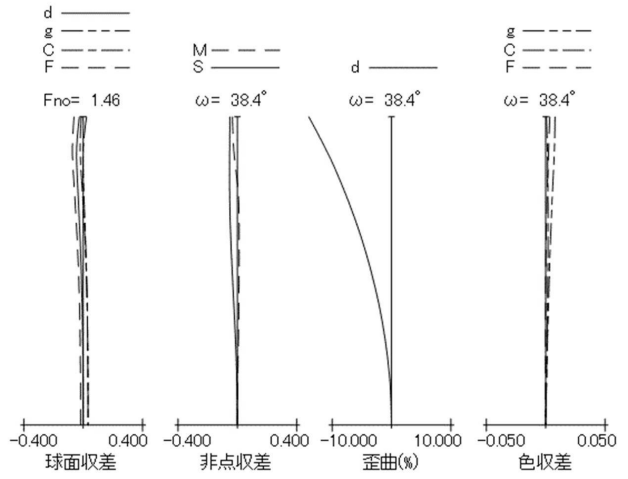
40

50

【 図 7 】

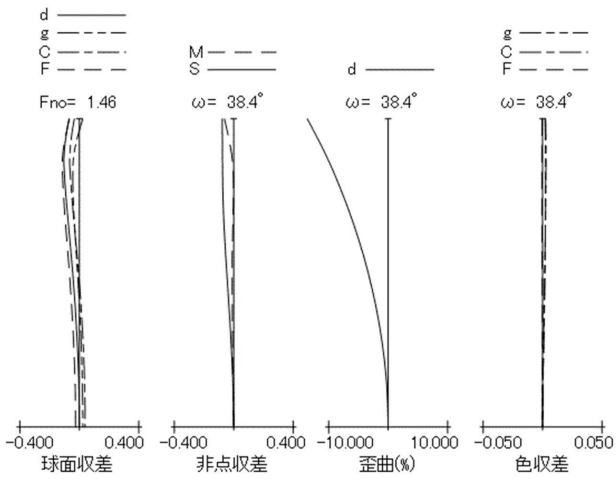


【 図 8 】



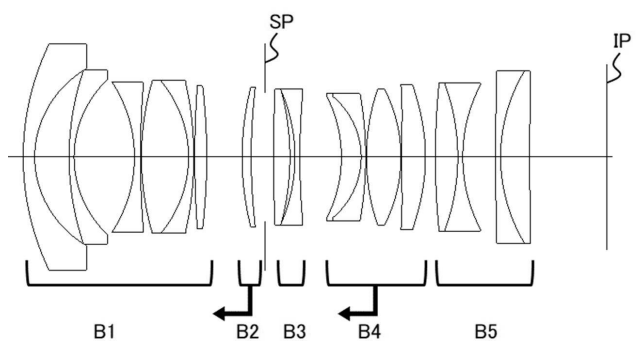
10

【 図 9 】



20

【 図 10 】

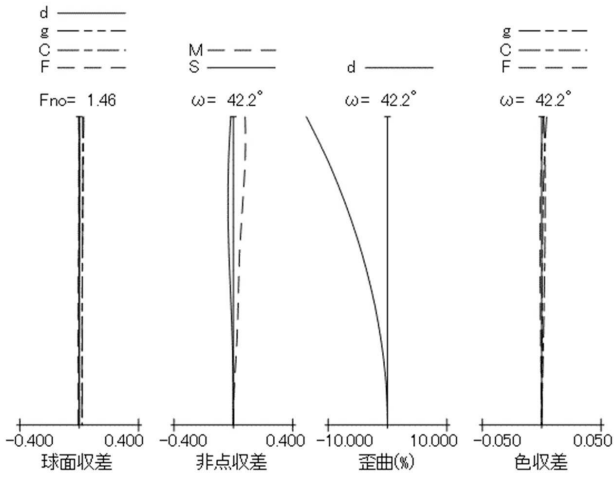


30

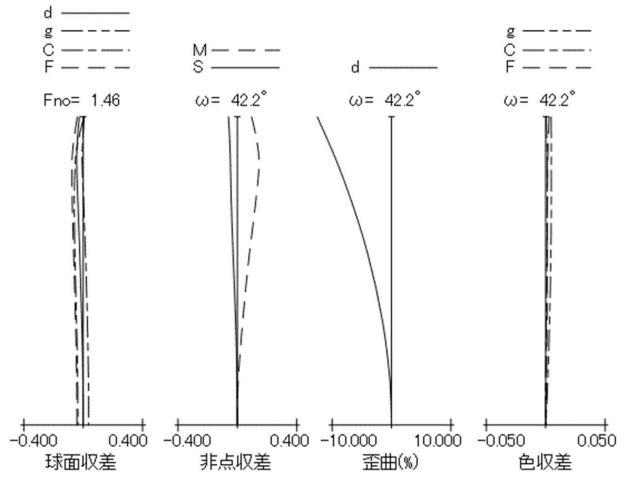
40

50

【 図 1 1 】



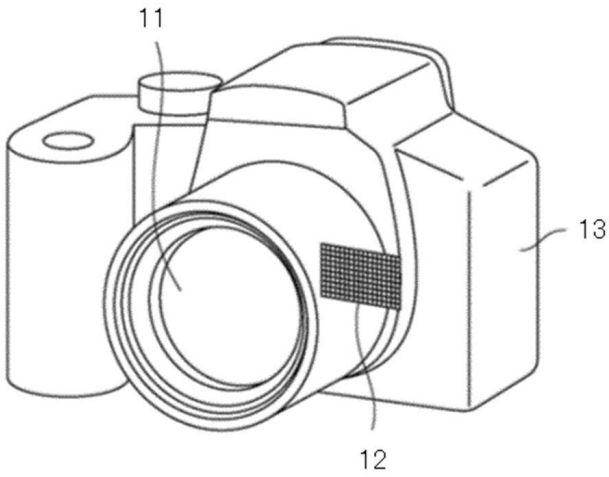
【 図 1 2 】



10

【 図 1 3 】

10



20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 MA07 MA09 NA14 PA11 PA12 PA16 PA20 PB14
PB15 PB18 QA02 QA06 QA07 QA17 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34
QA37 QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA44 UA06