

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7703333号
(P7703333)

(45)発行日 令和7年7月7日(2025.7.7)

(24)登録日 令和7年6月27日(2025.6.27)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 13/00 (2006.01)

G 0 2 B 13/02 (2006.01)

G 0 2 B 13/04 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/02

G 0 2 B 13/04

G 0 2 B 13/18

請求項の数 20 (全29頁)

(21)出願番号	特願2021-19102(P2021-19102)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和3年2月9日(2021.2.9)		キャノン株式会社
(65)公開番号	特開2022-122047(P2022-122047		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
	A)	(74)代理人	100126240
(43)公開日	令和4年8月22日(2022.8.22)		弁理士 阿部 琢磨
審査請求日	令和6年1月25日(2024.1.25)	(74)代理人	100223941
			弁理士 高橋 佳子
		(74)代理人	100159695
			弁理士 中辻 七朗
		(74)代理人	100172476
			弁理士 富田 一史
		(74)代理人	100126974
			弁理士 大朋 靖尚
		(72)発明者	新里 悠希
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系、レンズ装置、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、1枚以上の負レンズからなる第1レンズ群と、前記第1レンズ群と第1の空気間隔を隔てて配置された正の屈折力を有する第2レンズ群と、前記第2レンズ群と第2の空気間隔を隔てて配置された第3レンズ群とから成る光学系であって、

前記第2レンズ群は開口絞りと、前記開口絞りの物体側に配置された第1接合レンズを有し、

前記第1接合レンズは正レンズと負レンズを有し、

前記第1の空気間隔は前記光学系において最も物体側に配置される正レンズよりも物体側に形成される空気間隔のうち最も広い空気間隔であり、

前記第1レンズ群の最も像側の面は凹面であり、

前記第3レンズ群は物体側の面が凹面であり負の屈折力を有するレンズ要素から成り、前記第1の空気間隔に形成される空気レンズと前記第2の空気間隔に形成される空気レンズは共にメニスカス形状であり、

無限遠合焦時における前記第1の空気間隔の光軸上の長さを x_1 、無限遠合焦時における前記第2の空気間隔の光軸上の長さを x_2 、無限遠合焦時における前記光学系の光学全長を TTL 、無限遠合焦時における前記第1レンズ群の焦点距離を f_{L1} 、無限遠合焦時における前記第3レンズ群の焦点距離を f_{L3} 、前記第1接合レンズに含まれる正レンズの最大の屈折率を N_{dp} 、前記第1接合レンズに含まれる負レンズの最小の屈折率を N_d

10

20

n とするとき、

$$0.08 < x_1 / TTL < 0.35$$

$$0.08 < x_2 / TTL < 0.25$$

$$0.10 < f_{L1} / f_{L3} < 0.50$$

$$0.07 < Nd_p - Nd_n < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

物体側から像側へ順に配置された、1枚以上の負レンズからなる第1レンズ群と、前記第1レンズ群と第1の空気間隔を隔てて配置された正の屈折力を有する第2レンズ群と、前記第2レンズ群と第2の空気間隔を隔てて配置された第3レンズ群とから成る光学系であって、

10

前記第2レンズ群は開口絞りと、前記開口絞りの物体側に配置された第1接合レンズを有し、

前記第1接合レンズは正レンズと負レンズを有し、

前記第1の空気間隔は前記光学系において最も物体側に配置される正レンズよりも物体側に形成される空気間隔のうち最も広い空気間隔であり、

前記第1レンズ群の最も像側の面は凹面であり、

前記第3レンズ群は物体側の面が凹面であり負の屈折力を有するレンズ要素から成り、無限遠合焦時における前記第1の空気間隔の光軸上の長さを x_1 、無限遠合焦時における前記第2の空気間隔の光軸上の長さを x_2 、無限遠合焦時における前記光学系の光学全長を TTL 、無限遠合焦時における前記第1レンズ群の焦点距離を f_{L1} 、無限遠合焦時における前記第3レンズ群の焦点距離を f_{L3} 、前記第1接合レンズに含まれる正レンズの最大の屈折率を Nd_p 、前記第1接合レンズに含まれる負レンズの最小の屈折率を Nd_n と

20

$$0.12 < x_1 / TTL < 0.35$$

$$0.08 < x_2 / TTL < 0.25$$

$$0.10 < f_{L1} / f_{L3} < 0.50$$

$$0.07 < Nd_p - Nd_n < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 3】

30

物体側から像側へ順に配置された、1枚以上の負レンズからなる第1レンズ群と、前記第1レンズ群と第1の空気間隔を隔てて配置された正の屈折力を有する第2レンズ群と、前記第2レンズ群と第2の空気間隔を隔てて配置された第3レンズ群とから成る光学系であって、

前記第2レンズ群は開口絞りと、前記開口絞りの物体側に配置された第1接合レンズを有し、

前記第1接合レンズは正レンズと負レンズを有し、

前記第1の空気間隔は前記光学系において最も物体側に配置される正レンズよりも物体側に形成される空気間隔のうち最も広い空気間隔であり、

前記第1レンズ群の最も像側の面は凹面であり、

40

前記第3レンズ群は物体側の面が凹面であり負の屈折力を有するレンズ要素から成り、無限遠合焦時における前記第1の空気間隔の光軸上の長さを x_1 、無限遠合焦時における前記第2の空気間隔の光軸上の長さを x_2 、無限遠合焦時における前記光学系の光学全長を TTL 、無限遠合焦時における前記第1レンズ群の焦点距離を f_{L1} 、無限遠合焦時における前記第3レンズ群の焦点距離を f_{L3} 、前記第1接合レンズに含まれる正レンズの最大の屈折率を Nd_p 、前記第1接合レンズに含まれる負レンズの最小の屈折率を Nd_n と

$$0.08 < x_1 / TTL < 0.35$$

$$0.10 < x_2 / TTL < 0.25$$

$$0.10 < f_{L1} / f_{L3} < 0.50$$

50

$$0.07 < Nd_p - Nd_n < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群は、前記開口絞りの像側に配置された第 2 接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第 2 接合レンズに含まれる正レンズの最大のアッベ数を d_p 、前記第 2 接合レンズに含まれる負レンズの最小のアッベ数を d_n とするとき、

$$25 < d_p - d_n < 70$$

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。

10

【請求項 6】

前記光学系の最も像側に配置されるレンズの有効径を r 、前記光学系に含まれる各レンズの有効径のうち最も大きな径を max とするとき、

$$0.63 < r / max < 1.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記光学系の最も物体側に配置されるレンズの有効径を f 、前記光学系の最も像側に配置されるレンズの有効径を r とするとき、

$$0.70 < f / r < 1.30$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の光学系。

20

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群に含まれるレンズの屈折率の平均値を N_{ave} とするとき、

$$1.40 < N_{ave} < 1.65$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 9】

前記光学系のバックフォーカスを BF とするとき、

$$0.06 < BF / TTL < 0.35$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

無限遠合焦時の光学系の焦点距離を f とするとき、

$$-2.0 < f L_1 / f < -0.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の光学系。

30

【請求項 11】

無限遠合焦時における前記光学系の 3 次の歪曲収差係数を V とするとき、

$$0.20 < V < 0.60$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 12】

無限遠合焦時の前記光学系の最大の撮影半画角 ω における前記光学系の歪曲収差量を $dist(\omega)$ とするとき、

$$-20 [\%] < dist(\omega) < -5 [\%]$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の光学系。

40

【請求項 13】

前記第 1 の空気間隔と前記第 2 の空気間隔は、前記光学系のレンズ間の空気間隔のうち最も広い空気間隔と 2 番目に広い空気間隔のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 14】

前記第 1 レンズ群は 2 枚以下のレンズで構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 15】

前記第 1 レンズ群の最も物体側には、像側のレンズ面が凹面である負のメニスカスレン

50

ズが配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 4のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 1 6】

前記第 2 レンズ群を構成するレンズ枚数は 8 枚以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 1 7】

前記第 2 レンズ群は、前記開口絞りの像側に配置された、中心から周辺部へ向かうにしたがって負の屈折力が強くなる形状の非球面を有する非球面レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 6のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 1 8】

無限遠から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 レンズ群の少なくとも一部が物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 1 7のいずれか一項に記載の光学系。

10

【請求項 1 9】

請求項 1 乃至 1 8のいずれか一項に記載の光学系と、前記光学系の歪曲収差に関する情報を記憶する記憶部を有することを特徴とするレンズ装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 乃至 1 9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】

20

【0 0 0 1】

本発明は、光学系等に関し、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ、車載用カメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

撮影光学系の更なる高性能化と小型化が求められている。

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、大口径比でありながら小型化と高性能化を両立することを目的とした光学系が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【文献】特開 2 0 1 9 - 9 0 9 4 8 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】

光学系の高性能化を図ろうとする場合、光学系を構成するレンズの枚数が増加する。一方、光学系の全長を短縮して小型化を図ろうとすると、光学系を構成するレンズ同士の間隔や光学系と撮像面との間隔が短くなる。これらの結果として、各レンズ面で光が反射することによって生じる不要光（ゴースト）が撮像面に到達し易くなる。

40

【0 0 0 6】

特許文献 1 の光学系では、像面上に到達する不要光を減じるという観点では改善の余地があった。

【0 0 0 7】

そこで、本発明は不要光による影響が少なく高い光学性能を有する光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 8】

本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、1 枚以上の負レンズからなる第

50

1 レンズ群と、前記第 1 レンズ群と第 1 の空気間隔を隔てて配置された正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群と第 2 の空気間隔を隔てて配置された第 3 レンズ群とから成る光学系であって、前記第 2 レンズ群は開口絞りと、前記開口絞りの物体側に配置された第 1 接合レンズを有し、前記第 1 接合レンズは正レンズと負レンズを有し、前記第 1 の空気間隔は前記光学系において最も物体側に配置される正レンズよりも物体側に形成される空気間隔のうち最も広い空気間隔であり、前記第 1 レンズ群の最も像側の面は凹面であり、前記第 3 レンズ群は物体側の面が凹面であり負の屈折力を有するレンズ要素から成り、前記第 1 の空気間隔に形成される空気レンズと前記第 2 の空気間隔に形成される空気レンズは共にメニスカス形状であり、無限遠合焦時における前記第 1 の空気間隔の光軸上の長さを x_1 、無限遠合焦時における前記第 2 の空気間隔の光軸上の長さを x_2 、無限遠合焦時における前記光学系の光学全長を TTL 、無限遠合焦時における前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_{L1} 、無限遠合焦時における前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_{L3} とするとき、

$$0.08 < x_1 / TTL < 0.35$$

$$0.08 < x_2 / TTL < 0.25$$

$$0.10 < f_{L1} / f_{L3} < 0.50$$

$$0.07 < Nd_p - Nd_n < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、不要光による影響が少なく高い光学性能を有する光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【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】実施例 7 の光学系の断面図である。

【図 14】実施例 7 の光学系の収差図である。

【図 15】レンズ交換式カメラシステムの概略図である。

【図 16】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、本発明の光学系及びそれを有するレンズ装置や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、3、5、7、9、11、13 は、それぞれ無限遠合焦時の実施例 1 から 7 の光学系 L0 の断面図である。各実施例の光学系 L0 は例えばデジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、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ることができる。

【0013】

10

20

30

40

50

各レンズ断面図において左方が物体側で、右方が像側である。各実施例の光学系 L_0 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、光学系 L_0 の無限遠合焦時において、第 1 の空気間隔と第 2 の空気間隔で隔てられるレンズの単位である。第 1 の空気間隔とは光学系 L_0 において最も物体側に配置される正レンズよりも物体側に形成される空気間隔のうち最も広い空気間隔である。第 2 の空気間隔とは、光学系の最も像側に配置されるレンズ要素（第 3 レンズ群 L_3 ）と、それよりも物体側に配置されるレンズとの間の空気間隔である。また、レンズ群としては特段の断りがない限り、1 枚のレンズで構成されていても 2 枚以上のレンズで構成されていても良い。また、レンズ群は開口絞り SP を含んでいても良い。なお、各実施例の光学系は、フォーカシングに際して 1 枚以上のレンズを移動させ得るが、本願明細書においてフォーカシングの移動単位（フォーカシングに際して移動または静止するレンズのまとまり）はレンズ群とは必ずしも等価ではない。

10

【0014】

各実施例の光学系 L_0 は、物体側から像側へ順に配置された負の屈折力を有する第 1 レンズ群 L_1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 L_2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 L_3 を有する。第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 は第 1 の空気間隔で隔てられている。第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 は第 2 の空気間隔で隔てられている。

【0015】

各断面図において、 IP は像面である。各実施例の光学系 L_0 をデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラの撮像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）の撮像面が像面 IP に配置される。各実施例の光学系を銀塩フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が像面 IP に配置される。

20

【0016】

各断面図において、無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズの移動方向を矢印で示している。各実施例の光学系 L_0 では、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の少なくとも一部が物体側へ移動する。すなわち、各実施例の光学系 L_0 は、フロントフォーカスタイプの光学系である。本発明においてフォーカスタイプは特に限定されないが、フロントフォーカスタイプを採ることにより光学系 L_0 を無限遠から至近までの幅広い物体距離において高い光学性能としつつ、小型に構成することが可能となる。

30

【0017】

各断面図において、 IS は補正レンズ系であり、光軸に対して垂直方向に動かすことで手振れ等による像ブレを補正することが可能なレンズ系である。

【0018】

図 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 は、それぞれ実施例 1 乃至 7 の光学系の収差図である。各収差図において (a) は無限遠合焦時の収差図、(b) は至近距離に合焦した時の収差図である。

【0019】

収差図において、 Fno は F ナンバーであり、 ω は撮像半画角 ($^\circ$) である。球面収差図において、実線は d 線（波長 587.6 nm ）、2 点鎖線は g 線（波長 435.8 nm ）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 はサジタル像面、 M はメリディオナル像面について示している。歪曲収差図は d 線に対する歪曲収差量を示している。色収差図では g 線における倍率色収差量を示している。

40

【0020】

次に、各実施例の光学系 L_0 の特徴について説明する。

【0021】

各実施例の光学系において、第 1 レンズ群 L_1 は 1 枚以上の負レンズで構成されている。すなわち、第 1 レンズ群 L_1 は正レンズを含まない。また、第 1 レンズ群 L_1 の最も像側のレンズ面は凹面としている。第 1 レンズをこのように構成することで光学系 L_0 を広

50

角化することができる。また、第 1 レンズ群 L 1 を 1 枚以上の負レンズのみで構成することで、光学系 L 0 の入射瞳位置を物体側に近づけることが可能となり、前玉径（光学系 L 0 の最も物体側に配置されるレンズの径）を小型化している。

【 0 0 2 2 】

また、各実施例の光学系 L 0 では、マージナル光線が高い位置を通過する正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 により光学系 L 0 の球面収差や軸上色収差等を良好に補正している。

【 0 0 2 3 】

また、各実施例の光学系 L 0 において、第 3 レンズ群 L 3 は負の屈折力を有するレンズ要素で構成されている。ここで本願明細書においてレンズ要素とは 1 つのレンズ（単レンズ）または 2 枚以上のレンズが接合された接合レンズを指す。また、各実施例の光学系 L 0 において第 3 レンズ群 L 3 の最も物体側のレンズ面を凹面としている。これにより光学系をいわゆる対称形に近付けることができるため、像面湾曲等の軸外収差を良好に補正することが可能となる。

10

【 0 0 2 4 】

また、各実施例の光学系 L 0 は以下の条件式（ 1 ）から（ 3 ）を満足する。

$$0.08 < x1 / TTL < 0.35 \quad (1)$$

$$0.08 < x2 / TTL < 0.25 \quad (2)$$

$$0.10 < fL1 / fL3 < 0.50 \quad (3)$$

【 0 0 2 5 】

ここで、 $x1$ は無限遠合焦時における第 1 の空気間隔（第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間の空気間隔）の光軸上の長さである。 $x2$ は無限遠合焦時における第 2 の空気間隔（第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間の空気間隔）の光軸上の長さである。 TTL は無限遠合焦時における光学系の光学全長である。 $fL1$ は無限遠合焦時における第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離である。 $fL3$ は無限遠合焦時における第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離である。

20

【 0 0 2 6 】

条件式（ 1 ）は、球面収差等を十分に抑制可能な範囲で第 1 レンズ群 L 1 での反射光に起因する不要光（ゴースト）を抑制するための条件に関する。 $x1 / TTL$ の値が条件式（ 1 ）の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 L 2 に十分な数のレンズを配置するスペースを確保することが困難となり、球面収差等の補正が困難となってしまう。 $x1 / TTL$ の値が条件式（ 1 ）の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 L 1（特に第 1 レンズ群 L 1 の最も物体側に配置されるレンズ）での反射光に起因する不要光（ゴースト）の十分な抑制が困難となる。なお、条件式（ 1 ）により得られる効果は光学系 L 0 が広角かつ大口径比な光学系である場合に特に顕著である。

30

【 0 0 2 7 】

条件式（ 2 ）は、球面収差等を抑制可能な範囲で後玉（光学系 L 0 の最も像側に配置されるレンズ）での反射光に起因する不要光（ゴースト）を抑制するための条件に関する。 $x2 / TTL$ の値が条件式（ 2 ）の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 L 2 に十分な数のレンズを配置するスペースを確保することが困難となり、球面収差等の補正が困難となってしまう。 $x2 / TTL$ の値が条件式（ 2 ）の下限値を下回ると、後玉での反射光に起因する不要光（ゴースト）の十分な抑制が困難となる。

40

【 0 0 2 8 】

条件式（ 3 ）は、軸外収差の抑制と光学系 L 0 のテレセン性（テレセントリック性）の悪化を抑制するための条件に関する。 $fL1 / fL3$ の値が条件式（ 3 ）の上限値を上回ると、第 3 レンズ群 L 3 のパワー（屈折力）が大きくなりすぎ、軸外光束の撮像面への入射角が大きくなりすぎてしまう。 $fL1 / fL3$ の値が条件式（ 3 ）の下限値を下回ると、第 3 レンズ群 L 3 のパワーが小さくなりすぎ、軸外収差を十分に補正することが困難となる。

【 0 0 2 9 】

なお、より好ましくは条件式（ 1 ）～（ 3 ）の上限値または下限値の少なくとも一方を

50

以下の条件式 (1 a) から (3 a) に規定される値とすると良い。

$$0.11 < x_1 / TTL < 0.30 \quad (1a)$$

$$0.10 < x_2 / TTL < 0.20 \quad (2a)$$

$$0.17 < f_{L1} / f_{L3} < 0.48 \quad (3a)$$

【0030】

また、さらに好ましくは条件式 (1) ~ (3) の上限値または下限値の少なくとも一方を以下の条件式 (1 b) から (3 b) に規定される値とすると良い。

$$0.12 < x_1 / TTL < 0.28 \quad (1b)$$

$$0.11 < x_2 / TTL < 0.15 \quad (2b)$$

$$0.23 < f_{L1} / f_{L3} < 0.44 \quad (3b)$$

10

【0031】

以上の構成により、不要光による影響が少なく高い光学性能を有する光学系を実現することができる。

【0032】

次に各実施例の光学系 L0 が満足することが好ましい条件について述べる。各実施例の光学系 L0 は以下の条件式のうち 1 つ以上を満足することが好ましい。

$$0.07 < Nd_p - Nd_n < 0.25 \quad (4)$$

$$2.5 < dp - dn < 7.0 \quad (5)$$

$$0.63 < r / max \quad 1.00 \quad (6)$$

$$0.70 < f / r < 1.30 \quad (7)$$

20

$$1.40 < Nave < 1.65 \quad (8)$$

$$0.06 < BF / TTL < 0.35 \quad (9)$$

$$-2.0 < f_{L1} / f < -0.1 \quad (10)$$

$$0.20 < V < 0.60 \quad (11)$$

$$-20 [\%] < dist (\quad) < -5 [\%] \quad (12)$$

【0033】

条件式 (4) は、第 2 レンズ群 L2 において開口絞り SP の物体側に配置された第 1 接合レンズの屈折率に関する。第 1 接合レンズは正レンズと負レンズを含む複数のレンズが接合されて成る接合レンズである。Nd_p は第 1 接合レンズに含まれる正レンズの最大屈折率である。第 1 接合レンズに含まれる正レンズが 1 枚のみである場合、その正レンズの屈折率が Nd_p となる。Nd_n は第 1 接合レンズに含まれる負レンズの最小屈折率である。第 1 接合レンズに含まれる負レンズが 1 枚のみである場合、その負レンズの屈折率が Nd_n となる。Nd_p - Nd_n の値が条件式 (4) の上限値を上回ると、一般的なレンズ硝材を用いる上で第 1 接合レンズにおいて十分な色消し行うことが困難となる。Nd_p - Nd_n の値が条件式 (4) の下限値を下回ると、ペッツバール和を十分に低減させることが困難となる。

30

【0034】

条件式 (5) は、第 2 レンズ群 L2 において開口絞り SP の像側に配置された第 2 接合レンズのアップ数に関する。dp は第 2 接合レンズに含まれる正レンズの最大のアップ数である。第 1 接合レンズに含まれる正レンズが 1 枚のみである場合、その正レンズのアップ数が dp となる。dn は第 2 接合レンズに含まれる負レンズの最小のアップ数である。第 2 接合レンズに含まれる負レンズが 1 枚のみである場合、その負レンズのアップ数が dn となる。dp - dn の値が条件式 (5) の上限値を上回ると、一般的なレンズ硝材を用いる上でペッツバール和が増加してしまい、像面湾曲を抑制しきれなくなってしまう。dp - dn の値が条件式 (5) の下限値を上回ると、色収差の 2 次スペクトルを十分に補正しきれない傾向がある。

40

【0035】

条件式 (6) は、光学系 L0 の最も像側に配置されるレンズの径に関する。r は光学系 L0 の最も像側に配置されるレンズの最大有効径である。max は光学系 L0 に含まれる各レンズの最大有効径のうち最も大きな径である。r / max の値が条件式 (6

50

) の下限値を下回ると、光学系 L 0 の前玉径が大型化しすぎ、光学系 L 0 の大型化に繋がってしまう。

【 0 0 3 6 】

条件式 (7) は、光学系の最も物体側に配置されるレンズの径に関する。 f は光学系 L 0 の最も物体側に配置されるレンズの最大有効径である。 f / r の値が条件式 (7) の上限値を上回る又は下限値を下回ると、光学系 L 0 のレンズ形状 (レンズ構成) の対称形 (対称性) が崩れ、結果としてコマ収差や像面湾曲等の軸外収差を良好に補正できなくなってしまう。

【 0 0 3 7 】

条件式 (8) は、第 1 レンズ群 L 1 を構成するレンズの平均屈折率に関する。 N_{ave} は第 1 レンズ L 1 に含まれるレンズの屈折率の平均値である。第 1 レンズ群 L 1 に含まれるレンズが 1 枚のみである場合には、そのレンズの屈折率が N_{ave} となる。 N_{ave} の値が条件式 (8) の上限値を上回ると、光学系 L 0 のペッツパール和が大きくなり易く、像面湾曲を十分に補正することが困難となる。 N_{ave} の値が条件式 (8) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 L 1 に適切なパワーを与える際に付与すべきレンズの曲率が大きくなりすぎ、球面収差を良好に補正することが困難となる。

【 0 0 3 8 】

条件式 (9) は、光学系 L 0 のバックフォーカスと全長の関係を規定するものである。 BF は光学系 L 0 のバックフォーカスである。 BF / TTL の値が条件式 (9) の上限値を上回ると、バックフォーカス BF が大きくなりすぎるため光学系 L 0 の全長が大きくなってしまふ。 BF / TTL の値が条件式 (9) の下限値を下回ると、光学系 L 0 と撮像素子等が配置される撮像面までの間隔が狭くなりすぎてしまふ。例えば、カラーフィルター等を撮像面の前に配置するためのスペースが不十分となってしまう。

【 0 0 3 9 】

条件式 (10) は、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離に関する。 f_{L1} は無限遠合焦時の第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離である。 f は無限遠合焦時の光学系 L 0 の全系の焦点距離である。 f_{L1} / f の値が条件式 (10) の上限値を上回ると、第 1 レンズ群 L 1 の負の屈折力が大きくなりすぎて球面収差を良好に補正することが困難となる。 f_{L1} / f の値が条件式 (10) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 L 1 の負の屈折力が小さくなりすぎて、入射光線の光線束を大きくするために必要な光路長が伸び、結果として光学系 L 0 が大きくなってしまふ。

【 0 0 4 0 】

条件式 (11) は、光学系 L 0 の歪曲収差係数 V に関する。ここで、歪曲収差係数 V は 3 次収差論で説明される一般式であり、

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (\quad \text{は自然数})$$

で表される。ここで、添え字の i は各実施例の光学系 L 0 が有する全てのレンズの面番号を説明するものであり、 V_i は近軸光線追跡により求められる物体側から i 番目のレンズ面の歪曲収差係数を示している。さらに、各レンズ面の歪曲収差係数 V_i は、

【 0 0 4 1 】

【 数 1 】

$$V_v = \bar{h}_v (\bar{h}_v \bar{Q}_v)^2 \{ \bar{h}_v \Delta_v (1/N_s) \} + (\bar{h}_v \bar{Q}_v) \{ \bar{h}_v \Delta_v (1/N_t) \}$$

【 0 0 4 2 】

で表される。前述した式を構成する各数式について、

【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

10

20

30

40

50

$$\bar{h}_v \bar{Q}_v = \bar{h}_v N_v / r_v - \bar{\alpha}_v$$

$$h_v \Delta_v (1 / N_s) = \alpha_v' / N_v'^2 - \alpha_v / N_v^2$$

$$\bar{h}_v \Delta_v (1 / N_t) = \bar{\alpha}_v' / N_v'^2 - \bar{\alpha}_v / N_v^2$$

【 0 0 4 4 】

という関係にある。

【 0 0 4 5 】

また、上述する式で用いられる 9 つの変数

【 0 0 4 6 】

【数 3】

$$(h_v, \bar{h}_v, \alpha_v, \bar{\alpha}_v, \alpha_v', \bar{\alpha}_v', r_v, N_v, N_v')$$

【 0 0 4 7 】

は近軸光線追跡を行う際に 番目のレンズ面に通過する光線の高さ、傾角、レンズ面の曲率半径、屈折率を意味する。h は軸上物点から出た光線が 番目のレンズ面を通過する際の交点における光軸からの光線高さを意味する。

【 0 0 4 8 】

【数 4】

$$\bar{h}_v$$

【 0 0 4 9 】

は軸外物点から出た光線が 番目のレンズ面を通過する際の交点における光軸からの光線高さを意味する。 は軸上物点から出た光線が 番目のレンズ面に入射する際の光線と光軸との換算傾角を意味する。

【 0 0 5 0 】

【数 5】

$$\bar{\alpha}_v$$

【 0 0 5 1 】

は軸外物点から出た光線が 番目のレンズ面に入射する際の光線と光軸との換算傾角を意味する。 ' は軸上物点から出た光線が 番目のレンズ面から射出する際の光線と光軸との換算傾角を意味する。

【 0 0 5 2 】

【数 6】

$$\bar{\alpha}_v'$$

【 0 0 5 3 】

は軸外物点から出た光線が 番目のレンズ面から射出する際の光線と光軸との換算傾角を意味する。r は 番目のレンズ面の曲率半径を意味する。N は 番目のレンズ面の物体側の空間の屈折率を意味する。N ' は 番目のレンズ面の像側の空間の屈折率を意味する。

【 0 0 5 4 】

ここで、本発明における歪曲収差係数 V は空気中における無限遠合焦時の値である。そのため、歪曲収差係数 V を求める光線追跡の初期条件としては、軸上物点から出て 1 番目のレンズ面に入射する光線の h_1 や α_1 は $h_1 = 1$ 、 $\alpha_1 = 0$ である。また、軸外物点から出て 1 番目のレンズ面に入射する光線の

【 0 0 5 5 】

【数 7】

$$\bar{h}_1 \text{ や } \bar{\alpha}_1 \text{ は } \bar{h}_1 = -t$$

10

【 0 0 5 6 】

(t は光軸上における 1 番目のレンズ面から光学系 L_0 の入射瞳位置までの距離)、

【 0 0 5 7 】

【数 8】

$$\bar{\alpha}_1 = -1$$

【 0 0 5 8 】

、空気の屈折率は $N = 1$ として計算する。また、 v 番目のレンズ面のパワー P_v は $P_v = (N_v' - N_v) / r_v$ 、 v 番目のレンズ面から $(v + 1)$ 番目までのレンズ面までの換算間隔 e_v' は $e_v' = d_v' / N_v'$ と表す。ここで、 d_v' は v 番目のレンズ面から $(v + 1)$ 番目までのレンズ面までの光軸上における面間隔である。

20

【 0 0 5 9 】

以上を用いて、軸上物点からの光線追跡は、

$$\begin{aligned} h_{v+1}' &= h_v' + h_v' P_v e_v' \\ h_{v+1} &= h_v - e_v' P_v h_v' \\ \alpha_{v+1}' &= \alpha_v' \end{aligned}$$

の 3 式を用いて行われる。また、軸外物点からの光線追跡は、

【 0 0 6 0 】

30

【数 9】

$$\begin{aligned} \bar{\alpha}_v' &= \bar{\alpha}_v + \bar{h}_v \phi_v \\ \bar{h}_{v+1} &= \bar{h}_v - e_v' \bar{\alpha}_v' \\ \bar{\alpha}_{v+1} &= \bar{\alpha}_v' \end{aligned}$$

【 0 0 6 1 】

40

の 3 式を用いて行われる。

【 0 0 6 2 】

条件式 (1 1) の上限値を上回って歪曲収差係数 V が大きくなると、光学系 L_0 の像面湾曲等の諸収差を良好に補正できなくなってしまう。条件式 (1 1) の下限値を下回って歪曲収差係数 V が小さくなると、第 1 レンズ群 L_1 の負の屈折力を十分に大きくできず、結果として前玉が大型化してしまう。

【 0 0 6 3 】

条件式 (1 2) は、光学系 L_0 の歪曲収差量に関する。歪曲収差量 $\text{dist}(\quad)$ は、光学系 L_0 の歪曲量である。歪曲収差量 $\text{dist}(\quad)$ は、 $y = f \times \tan \theta$ の射影方式における理想像高 y_0 と実像高 y' を用いて、 $(y' - y_0) / y_0 \times 100 [\%]$ と定義

50

される量である。理想像高 y_0 は光学系 L_0 の仕様（焦点距離 f と最大撮影半画角）で与えられ、実像高 y' は無限遠から最大撮影半画角で光学系 L_0 に入射する主光線の像面 IP における光軸からの光線高さで与えられる。なお、最大撮影半画角は光学系 L_0 が形成するイメージサークルの最大径で以て定義することができる。

【0064】

条件式（12）の上限値を上回って歪曲収差量 $dist$ （ ）が大きくなると、光学系 L_0 により像面湾曲等の諸収差を良好に補正することが困難となる。条件式（12）の下限値を下回って歪曲収差量 $dist$ （ ）が小さくなると、第1レンズ群 L_1 の負の屈折力を十分に大きくできなくなる結果、前玉が大型化してしまう。

【0065】

なお、より好ましくは条件式（5）～（12）の上限値または下限値の少なくとも一方を以下の条件式（5a）から（12a）に規定される値とすると良い。

$$0.08 < Nd_p - Nd_n < 0.22 \quad (4a)$$

$$30 < dp - dn < 65 \quad (5a)$$

$$0.73 < r / \max \quad 1.00 \quad (6a)$$

$$0.85 < f / r < 1.29 \quad (7a)$$

$$1.42 < Nave < 1.60 \quad (8a)$$

$$0.08 < BF / TTL < 0.25 \quad (9a)$$

$$-1.8 < fL_1 / f < -0.5 \quad (10a)$$

$$0.23 < V < 0.55 \quad (11a)$$

$$-18.0 [\%] < dist \quad () < -5.5 [\%] \quad (12a)$$

【0066】

また、さらに好ましくは条件式（5）～（12）の上限値または下限値の少なくとも一方を以下の条件式（5b）から（12b）に規定される値とすると良い。

$$0.09 < Nd_p - Nd_n < 0.20 \quad (4b)$$

$$32 < dp - dn < 60 \quad (5b)$$

$$0.78 < r / \max \quad 1.00 \quad (6b)$$

$$0.90 < f / r < 1.28 \quad (7b)$$

$$1.45 < Nave < 1.55 \quad (8b)$$

$$0.09 < BF / TTL < 0.20 \quad (9b)$$

$$-1.5 < fL_1 / f < -0.8 \quad (10b)$$

$$0.26 < V < 0.50 \quad (12b)$$

$$-16 [\%] < dist \quad () < -6 [\%] \quad (13b)$$

【0067】

次に、各実施例の光学系 L_0 において満足することが好ましい構成について述べる。

【0068】

第1の空気間隔と第2の空気間隔は、光学系 L_0 内のレンズ間の空気間隔のうち最も広い空気間隔と2番目に広い空気間隔のいずれかであることが好ましい。すなわち、第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群 L_2 、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 はそれぞれ光学系 L_0 において広い空気間隔で隔てられたレンズ群であることが好ましい。これにより、第1レンズ群 L_1 や第3レンズ群 L_3 に起因する不要光をより低減させることが可能となる。

【0069】

また、第1の空気間隔で以て形成される空気レンズはメニスカス形状であることが好ましい。また、第2の空気間隔で以て形成される空気レンズはメニスカス形状であることが好ましい。これにより光学系 L_0 の広角化に伴って生じ易くなる軸外収差を抑制しつつ、第1レンズ群 L_1 や第3レンズ群 L_3 に起因する不要光を低減させることができる。

【0070】

また、各実施例の光学系 L_0 のように、第1レンズ群 L_1 は2枚以下のレンズからなることが好ましい。第1レンズ群 L_1 を構成するレンズが3枚以上になると第1レンズ群 L_1 内で反射した光による不要光が撮像面に到達し易くなるためである。なお、より好まし

10

20

30

40

50

くは、第1レンズ群L1は実施例1, 3, 5の光学系L0のように1枚のレンズからなると良い。これにより、第1レンズ群L1に起因した不要光による影響をさらに減じることができる。

【0071】

また、第1レンズ群L1内の最も物体側に配置されるレンズは、像面側に凹面を向けた負のメニスカスレンズであることが好ましい。これにより光学系L0の軸外収差をより良好に抑制することが可能となる。

【0072】

各実施例の光学系L0において、第2レンズ群L2のレンズ枚数は8枚以上であることが好ましい。第2レンズ群L2が7枚以下だと光学系L0の諸収差を十分良好に補正することが困難となる。

10

【0073】

また、開口絞りSPは第2レンズ群L2内に設けられていることが好ましい。これにより光学系L0を対称に構成し易くなる。

【0074】

さらに、第2レンズ群L2は開口絞りSPの物体側に配置された第1接合レンズと、開口絞りSPの像側に配置された第2接合レンズを有することが好ましい。また、これらの接合レンズはマージナル光線高さが大きくなる開口絞りSP近傍に集約されていることが好ましい。これにより、光学系L0を大口径比化する際に増大する球面収差や軸上色収差等の諸収差を良好に補正することが可能となる。

20

【0075】

更に、第2レンズ群L2は開口絞りSPの像側に配置された、中心から周辺部へ向かうにしたがって負の屈折力が強くなる形状の面を有する少なくとも一つの非球面レンズを含むことが好ましい。これにより、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0076】

また、光学系L0は、実施例1から4, 6, 7のように開口絞りSPに隣接する位置に配置された補正レンズ系ISを有してもよい。なお、光学系L0に補正レンズ系ISを設ける場合、補正レンズ系ISは1枚のレンズで構成されていることが好ましい。補正レンズ系ISが2枚以上のレンズで構成されている場合、収差補正の点では好ましいものの、補正レンズ系ISの重量が重くなってしまう。結果として、補正レンズ系ISを移動させるために設けられるアクチュエータが大型化してしまい、光学系L0の大型化に繋がるためである。

30

【0077】

また、各実施例の光学系L0は、歪曲収差の残存を許容した設計となっている。このため、軸外光線の入射高さが高い第1レンズ群L1に非球面レンズを配置しなくとも十分な光学性能を得ることができる。したがって、各実施例の光学系L0のように、第1レンズ群L1を全て球面レンズで構成することが好ましい。これにより、製造誤差による光学性能の劣化を抑制することが可能となる。

【0078】

さらに、各実施例の光学系L0は歪曲収差の残存を許容した設計となっているため、光学系L0を有する光学機器は光学系L0の歪曲収差量に関する情報を記憶する記憶部を有していることが好ましい。歪曲収差量に関する情報としては、光学系L0の歪曲収差量を示す情報でも良いし、光学系L0の歪曲収差を画像処理によって補正するための補正值情報であっても良い。光学系L0を有する光学機器としては例えばレンズ交換式カメラシステムにおける交換レンズ(レンズ装置)や、コンパクトデジタルカメラなどの一体型カメラが考えられる。

40

【0079】

光学系L0がレンズ交換式カメラシステムにおける交換レンズに設けられる場合について、図15を用いてさらに説明する。図15は交換レンズ200とカメラ本体100からなるレンズ交換式カメラシステムの概略図である。交換レンズ200の記憶部201には

50

、光学系 10 と同等である光学系 202 の歪曲収差量に関する情報が記憶されている。交換レンズ 200 は不図示のマウント部を介して構成されるカメラ本体 100 との通信経路 300 を用いて、歪曲収差量に関する情報をカメラ本体 100 に送信する。カメラ本体 100 の画像処理部 101 は、光学系 202 により形成された光学像を撮像素子 102 で撮像することで取得した画像データを、交換レンズ 200 から得た歪曲収差量に関する情報を用いて補正することができる。なお、図 15 において通信経路 300 は記憶部 201 と画像処理部 101 を直接つなぐように図示されているが、記憶部 201 と画像処理部 101 は必ずしも直接的な通信を行うわけではない。例えばカメラ本体 100 と交換レンズ 200 の通信は不図示の通信制御部（例えばマイコン）を主体として実施され得る。

【0080】

次に、実施例 1 から 7 にそれぞれ対応する数値実施例 1 から 7 を示す。

【0081】

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 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 は光入射面から数えた面の番号である。また、 nd は各光学部材の d 線に対する屈折率、 d は光学部材のアップベ数を表している。なお、ある材料のアップベ数 d はフラウンホーファー線の d 線（波長 587.6 nm ）、 F 線（波長 486.1 nm ）、 C 線（波長 656.3 nm ）における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とする時、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【0082】

なお、各数値実施例において、焦点距離、 F ナンバー、半画角（°）は全て各実施例の光学系が無限遠物体に焦点を合わせた時の値を示している。バックフォーカス BF は最終レンズ面から像面までの距離を空気換算した値である。光学全長は第 1 レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカス BF を加えた値である。

【0083】

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時、

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

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

【0084】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	166.725	1.50	1.51633	64.1	31.47
2	17.847	13.73			25.56
3	30.903	3.94	1.90043	37.4	22.17
4	-170.378	3.36			21.98
5	-200.954	4.00	1.91082	35.3	20.73
6	-21.588	1.00	1.72825	28.5	20.50
7	90.491	2.02			19.36
8(絞り)		3.27			18.88
9	70.847	1.74	1.80400	46.5	17.66
10	-300.114	3.64			17.35
11	-18.714	1.00	1.85478	24.8	16.23

12	38.885	5.54	1.49700	81.5	16.83
13*	-28.697	0.15		20.57	
14	248.946	4.85	1.95375	32.3	24.38
15	-29.607	(可变)		25.47	
16	-66.159	2.20	1.72916	54.7	29.66
17	-40.851	10.00		30.07	
18	-23.830	1.50	1.51742	52.4	31.01
19	-45.530	13.20		33.52	

像面

非球面データ

10

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.51499e-005 A 6=-1.89505e-008 A 8= 4.59451e-010 A10=-1.29807e-012 A12=-2.87757e-015

各種データ

焦点距離 28.60

Fナンバー 1.85

半画角(度) 37.1

像高 20.15

光学全長 81.00

BF 13.20

20

無限遠 至近

d15 4.37 19.01

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

L 1 1 -38.84

L 2 3 30.78

L 3 18 -98.96

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 -38.84

2 3 29.32

3 5 26.27

4 6 -23.84

5 9 71.44

6 11 -14.66

7 12 34.15

8 14 27.98

9 16 141.29

10 18 -98.96

30

【 0 0 8 5 】

40

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	50.658	1.57	1.48749	70.2	39.00
2	17.433	7.73			29.64
3	82.620	1.50	1.48749	70.2	28.85
4	22.068	13.94			25.42
5	28.055	5.75	1.90043	37.4	19.63
6	-26.190	1.00	1.80000	29.8	19.37

50

7	-678.364	6.06		18.87	
8(絞り)		2.86		16.75	
9	74.460	1.40	1.77250	49.6	15.62
10	-3498.619	2.98			15.34
11	-20.479	1.00	1.85478	24.8	14.46
12	30.759	3.15	1.49700	81.5	14.74
13	-76.152	0.29			17.08
14	107.343	4.13	1.58313	59.4	19.96
15*	-42.035	0.15			22.35
16	108.394	4.96	1.85150	40.8	25.38
17	-35.438	(可変)			26.28
18	-72.427	1.84	1.83481	42.7	27.19
19	-45.108	10.50			27.56
20	-23.819	1.57	1.51742	52.4	28.87
21	-53.298	11.00			31.31

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.14904e-005 A 6=-6.26885e-009 A 8= 3.11936e-010 A10=-1.96590e-012 A12= 3.25155e-015

各種データ

焦点距離 20.60

Fナンバー 1.85

半画角(度) 46.4

像高 18.71

光学全長 84.87

BF 11.00

無限遠 至近

d17 1.50 11.92

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

L 1 1 -27.33

L 2 3 28.06

L 3 20 -84.77

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 -55.38

2 3 -62.27

3 5 15.84

4 6 -34.08

5 9 94.40

6 11 -14.25

7 12 44.52

8 14 52.33

9 16 31.87

10 18 139.00

11 20 -84.77

【 0 0 8 6 】

[数値実施例 3]

単位 mm

10

20

30

40

50

面データ					
面番号	r	d	nd	d	有効径
1	352.223	1.57	1.51633	64.1	33.00
2	16.734	15.32			25.69
3	32.834	3.88	1.91082	35.3	20.54
4	-101.361	2.45			20.39
5	-173.026	3.85	1.90043	37.4	19.43
6	-20.106	1.00	1.72825	28.5	19.21
7	92.116	2.92			18.19
8(絞り)		3.40			17.43
9	70.143	1.65	1.67790	55.3	16.24
10	-252.397	3.51			15.95
11	-15.958	1.00	1.85478	24.8	15.03
12	71.900	3.99	1.49700	81.5	19.50
13	-28.609	0.15			18.99
14	162.276	5.15	1.91082	35.3	22.80
15	-27.659	0.15			24.07
16	-83.020	2.50	1.53110	55.9	24.80
17*	-48.642	(可変)			25.55
18	-79.703	2.09	1.72916	54.7	28.60
19	-45.710	10.30			29.00
20	-24.031	2.55	1.51742	52.4	30.41
21	-44.953	11.00			33.46
像面					
非球面データ					
第17面					
K = 0.000000e+000 A 4= 1.70126e-005 A 6=-2.50325e-009 A 8= 1.03885e-010 A 10=-5.41918e-013 A 12= 1.15952e-015					
各種データ					
焦点距離	24.72				
Fナンバー	1.85				
半画角(度)	41.2				
像高	19.34				
光学全長	81.00				
BF	11.00				
	無限遠	至近			
d17	2.56	15.56			
レンズ群データ					
群	始面	焦点距離			
L 1	1	-34.08			
L 2	3	29.56			
L 3	20	-104.12			
単レンズデータ					
レンズ	始面	焦点距離			
1	1	-34.08			
2	3	27.61			
3	5	24.97			
4	6	-22.58			
5	9	81.14			
6	11	-15.20			

7 12 41.73
 8 14 26.28
 9 16 215.73
 10 18 143.27
 11 20 -104.12

【 0 0 8 7 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	67.195	1.57	1.48749	70.2	39.00	10
2	18.918	7.01			30.04	
3	105.995	1.50	1.48749	70.2	29.39	
4	25.853	(可変)			26.24	
5	29.535	4.41	1.90043	37.4	18.94	
6	-40.982	1.00	1.80000	29.8	18.75	
7	-398.457	6.44			18.47	
8(絞り)		2.93			16.53	
9	96.281	1.33	1.77250	49.6	15.57	
10	-501.436	2.99			15.35	20
11	-19.791	1.00	1.85478	24.8	14.60	
12	31.208	4.04	1.49700	81.5	15.05	
13	-38.215	0.15			17.83	
14*	99.997	3.68	1.58313	59.4	20.79	
15*	-55.869	0.45			23.06	
16	418.363	5.30	1.85150	40.8	25.67	
17	-28.156	(可変)			26.72	
18	-110.776	1.87	1.83481	42.7	27.94	
19	-57.108	10.50			28.22	
20	-23.854	1.57	1.51742	52.4	28.97	30
21	-72.046	11.52			31.58	

像面

非球面データ

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.52854e-005 A 6=-2.71853e-008 A 8=-4.82286e-010

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.02317e-005 A 6=-5.45429e-008 A 8=-1.79351e-010 A10=-8.19774e-013 A12=-9.61042e-016

各種データ

焦点距離	20.50		40
Fナンバー	1.85		
半画角(度)	46.5		
像高	18.60		
光学全長	84.95		
BF	11.52		
	無限遠	至近	
d4	14.19	13.54	
d17	1.50	12.50	

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	50
---	----	------	----

L 1 1 -28.95
 L 2 5 28.25
 L 3 20 -69.70

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 -54.59
 2 3 -70.57
 3 5 19.64
 4 6 -57.17
 5 9 104.66
 6 11 -14.04
 7 12 35.25
 8 14 62.01
 9 16 31.15
 10 18 139.00
 11 20 -69.70

10

【 0 0 8 8 】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

20

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	264.891	1.57	1.51742	52.4	32.60
2	15.736	14.57			25.06
3	29.703	3.45	1.90366	31.3	20.67
4	-1467.268	0.16			20.50
5	51.003	5.35	1.80400	46.5	20.23
6	-22.603	1.05	1.64769	33.8	19.59
7	43.603	4.03			17.74
8(絞り)		2.26			16.32
9	-281.459	1.68	1.72916	54.7	15.33
10	-41.378	1.14			15.08
11	-17.748	1.00	1.85478	24.8	14.94
12	27.023	3.30	1.49700	81.5	15.26
13	-78.691	0.15			15.71
14	63.292	4.74	1.91082	35.3	18.21
15	-25.839	0.15			19.59
16	-44.636	2.10	1.53110	55.9	20.04
17*	-44.385	(可変)			21.14
18	-91.245	1.94	1.67790	55.3	25.80
19	-46.955	10.30			26.25
20	-23.866	1.57	1.51742	52.4	28.94
21	-45.889	10.50			31.60

30

40

像面

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.83931e-005 A 6=-5.17075e-008 A 8= 1.49551e-009 A10=-1.23012e-011 A12= 3.69169e-014

各種データ

焦点距離 24.60

F ナンバー 1.85

50

半画角（度） 41.3
像高 19.32
光学全長 73.00
BF 10.50
無限遠 至近
d17 2.00 14.96

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
L 1	1	-32.40
L 2	3	25.73
L 3	20	-98.50

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-32.40
2	3	32.25
3	5	20.13
4	6	-22.84
5	9	66.33
6	11	-12.40
7	12	40.90
8	14	20.67
9	16	3810.00
10	18	140.21
11	20	-98.50

20

【 0 0 8 9 】

[数値実施例 6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	83.021	1.50	1.51633	64.1	33.00
2	18.741	3.88			26.63
3	43.536	1.50	1.48749	70.2	26.33
4	22.900	10.50			24.12
5	26.464	5.00	1.90043	37.4	20.26
6	-129.459	2.04			19.88
7	-120.297	4.88	1.83481	42.7	19.02
8	-23.035	1.01	1.72825	28.5	18.51
9	201.055	1.70			17.82
10(絞り)		4.54			17.34
11	59.005	1.51	1.80400	46.5	15.74
12	1194.251	3.16			15.44
13	-19.019	1.05	1.85478	24.8	14.53
14	38.000	6.43	1.58313	59.4	21.00
15*	-27.217	0.15			21.84
16	80.132	5.24	1.91082	35.3	27.50
17	-43.861	(可変)			28.33
18	-117.059	2.41	1.77250	49.6	29.26
19	-49.631	10.50			29.57
20	-23.346	1.50	1.51742	52.4	29.83
21	-53.345	(可変)			32.24

30

40

50

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.37287e-005 A 6= 7.17992e-009 A 8= 3.79205e-010
A10=-1.27723e-012 A12=-3.75238e-016

各種データ

焦点距離 24.72

Fナンバー 1.85

半画角(度) 41.2

像高 19.54

光学全長 81.00

BF 11.01

無限遠 至近

d17 1.50 14.93

d21 11.01 15.41

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

L 1 1 -31.04

L 2 5 29.34

L 3 20 -81.63

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 -47.25

2 3 -101.52

3 5 24.78

4 7 33.37

5 8 -28.32

6 11 77.16

7 13 -14.70

8 14 28.22

9 16 31.76

10 18 109.83

11 20 -81.63

【0090】

[数値実施例 7]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	62.207	1.57	1.48749	70.2	39.00
2	17.164	7.36			29.18
3	68.945	1.50	1.48749	70.2	28.49
4	21.981	14.04			25.39
5	28.190	6.15	1.90043	37.4	20.05
6	-24.474	1.00	1.80000	29.8	19.78
7	-425.753	6.35			19.24
8(絞り)		1.85			16.85
9	81.838	1.37	1.77250	49.6	16.02
10	-2397.970	3.06			15.74
11	-20.494	1.00	1.85478	24.8	14.83
12	32.211	2.71	1.49700	81.5	15.13

10

20

30

40

50

13	-77.068	0.33		15.46	
14	153.315	3.46	1.58313	59.4	17.52
15*	-44.555	0.78		19.78	
16	116.756	4.56	1.85150	40.8	23.16
17	-32.391	(可変)		24.11	
18	-73.624	1.74	1.83481	42.7	25.85
19	-45.530	10.50		26.23	
20	-23.824	1.57	1.57501	41.5	28.06
21	-58.211	1.57	1.72916	54.7	30.69
22	-45.493	11.00		31.24	

10

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.43759e-005 A 6=-2.41897e-008 A 8= 1.11961e-009 A10=-1.07335e-011 A12= 3.35241e-014

各種データ

焦点距離 20.51

Fナンバー 1.85

半画角(度) 46.5

像高 18.45

光学全長 84.97

BF 11.00

無限遠 至近

d17 1.50 12.16

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

L 1 1 -26.42

L 2 5 23.28

L 3 20 -99.57

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 -49.19

2 3 -66.89

3 5 15.40

4 6 -32.49

5 9 102.47

6 11 -14.53

7 12 46.09

8 14 59.59

9 16 30.20

10 18 139.00

11 20 -71.33

12 21 271.44

【0091】

以下の表に各実施例における種々の値を示す。

【0092】

20

30

40

【表 1】

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
f	28.60	20.60	24.72	20.50	24.60	24.72	20.51
f L 1	-38.84	-27.34	-34.07	-28.94	-32.40	-31.04	-26.42
f L 3	-98.96	-84.77	-104.12	-69.70	-98.50	-81.63	-99.57
x 1	13.73	23.17	15.32	22.70	14.57	15.88	14.04
x 2	10.00	10.50	10.30	10.50	10.30	10.50	10.50
B F	13.20	11.00	11.00	11.52	10.50	11.01	11.00
T T L	81.00	84.87	81.00	84.95	73.00	81.00	84.97
N d p	1.911	1.900	1.900	1.900	1.804	1.835	1.900
N d n	1.728	1.800	1.728	1.800	1.648	1.728	1.800
v d p	81.50	81.50	81.50	81.50	81.50	59.40	81.50
v d n	24.80	24.80	24.80	24.80	24.80	24.80	24.80
ϕ m a x	34.87	39.00	33.46	39.00	32.60	33.00	39.00
ϕ f	34.87	39.00	33.00	39.00	32.60	33.00	39.00
ϕ r	33.52	31.31	33.46	31.58	31.60	32.24	31.24
ω	37.1	46.4	41.2	46.5	41.3	41.2	46.5
x 1 / T T L	0.170	0.273	0.189	0.267	0.200	0.196	0.165
x 2 / T T L	0.123	0.124	0.127	0.124	0.141	0.130	0.124
f L 1 / f L 3	0.392	0.323	0.327	0.415	0.329	0.380	0.265
N a v e	1.516	1.487	1.516	1.487	1.517	1.501	1.487
N d p - N d n	0.183	0.100	0.172	0.100	0.156	0.107	0.100
v d p - v d n	56.70	56.70	56.70	56.70	56.70	34.60	56.70
ϕ r / ϕ m a x	0.961	0.803	1.000	0.810	0.969	0.977	0.801
ϕ f / ϕ r	1.040	1.246	0.986	1.235	1.032	1.024	1.248
B F / T T L	0.163	0.130	0.136	0.136	0.144	0.136	0.129
f L 1 / f	-1.358	-1.327	-1.378	-1.412	-1.317	-1.256	-1.288
V	0.301	0.384	0.382	0.407	0.348	0.343	0.417
d i s t ω	-6.773	-13.553	-10.593	-14.015	-10.681	-9.544	-14.724

【 0 0 9 3 】

〔 撮 像 装 置 〕

次に、本発明の光学系をレンズ装置として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例について図 1 6 を用いて説明する。図 1 6 において、1 0 はカメラ本体、1 1 は実施例 1 乃至 7 で説明したいずれかの光学系 L 0 を含むレンズ装置である。1 2 はカメラ本体に内蔵され、レンズ装置 1 1 によって形成された光学像を受光して光電変換する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。カメラ本体 1 0 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良い。

【 0 0 9 4 】

このように、本発明の光学系 L 0 をデジタルスチルカメラなどの撮像装置に適用するこ

とにより、不要光による影響が少なく高い光学性能の光学系により被写体像を取得可能な撮像装置を得ることができる。

【 0 0 9 5 】

以上、本発明に好ましい実施形態及び実施例について説明したが、本発明はこれらの実施形態及び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】

【 0 0 9 6 】

- L 0 光学系
- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- L 3 第 3 レンズ群

10

20

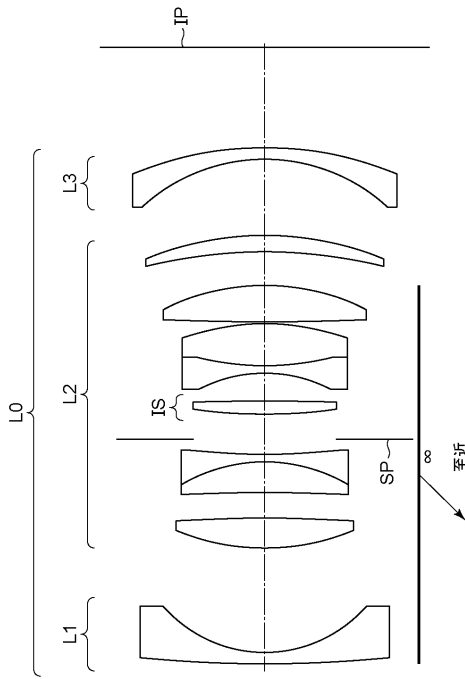
30

40

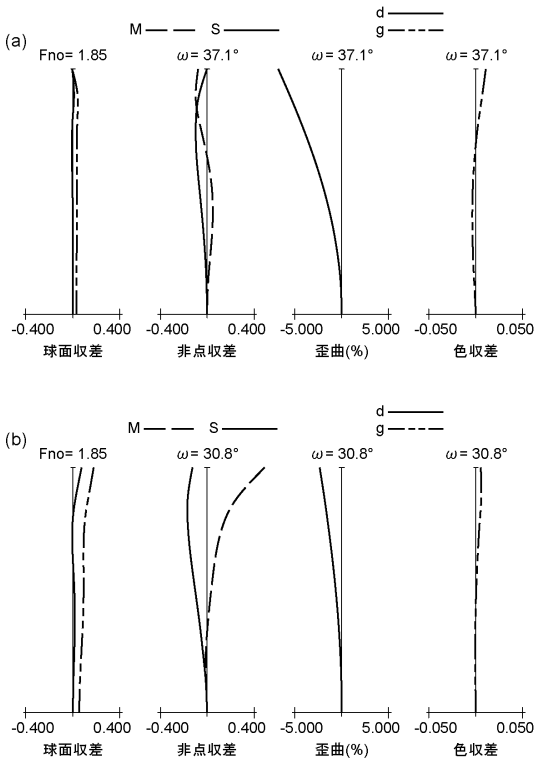
50

【図面】

【図 1】



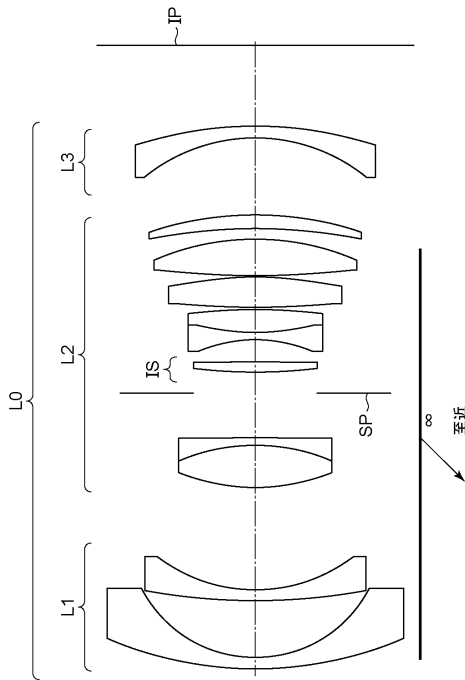
【図 2】



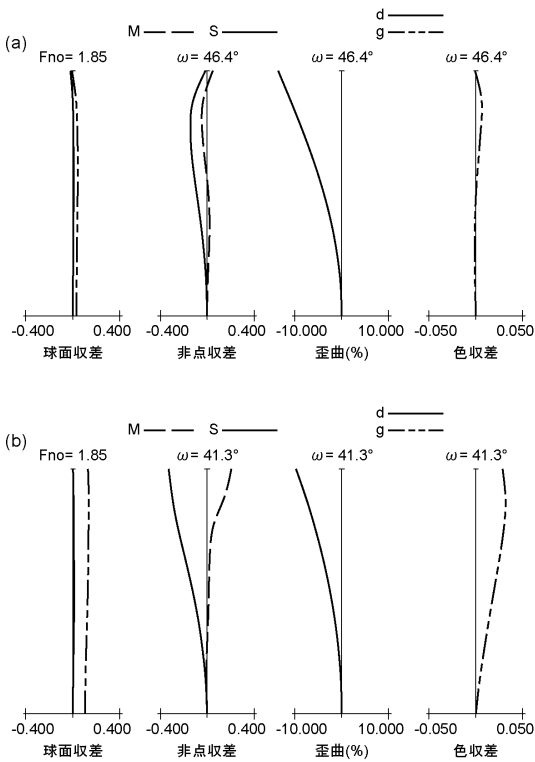
10

20

【図 3】



【図 4】

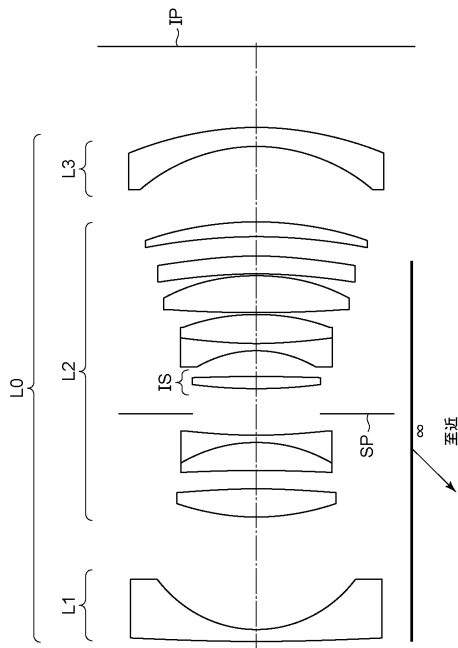


30

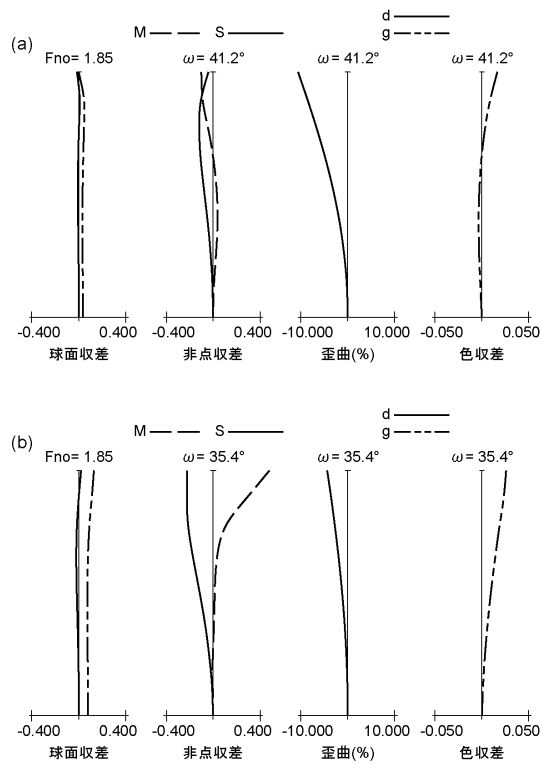
40

50

【図 5】



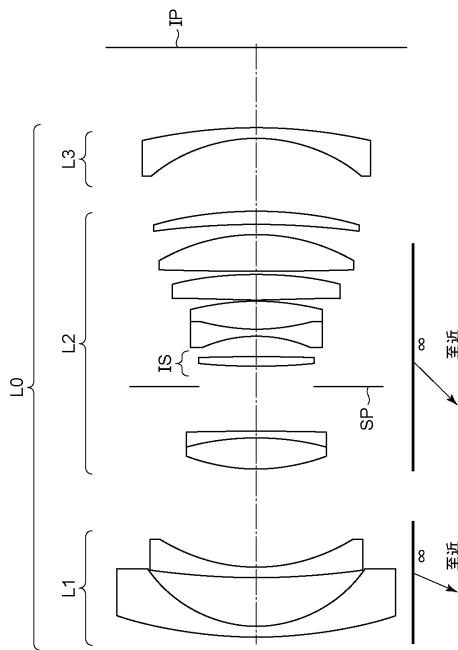
【図 6】



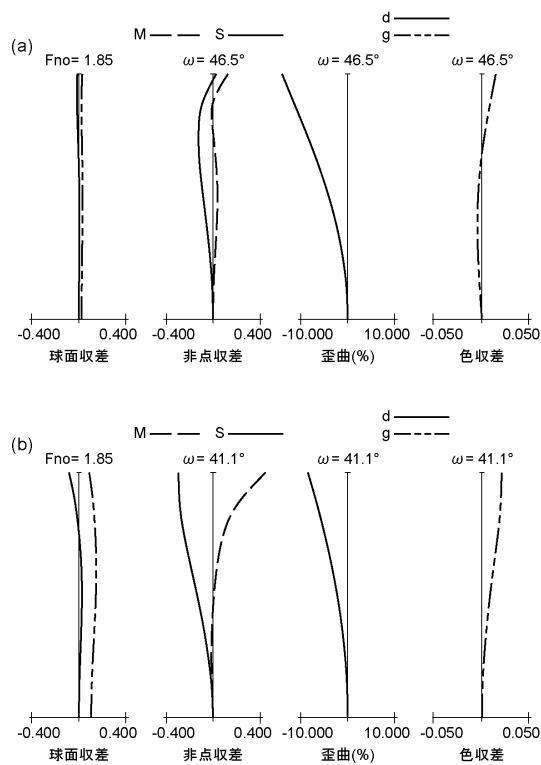
10

20

【図 7】



【図 8】

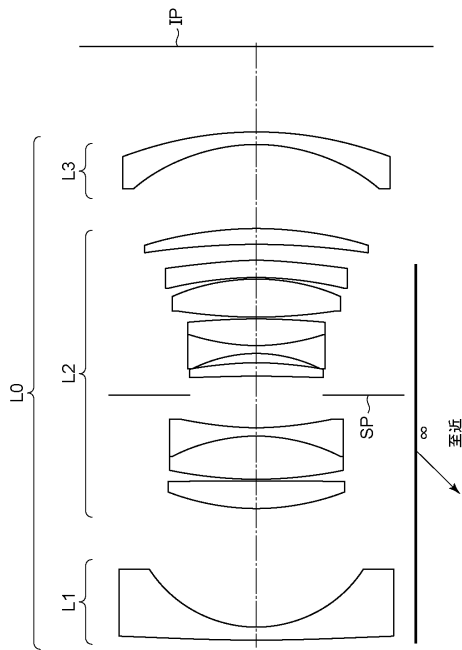


30

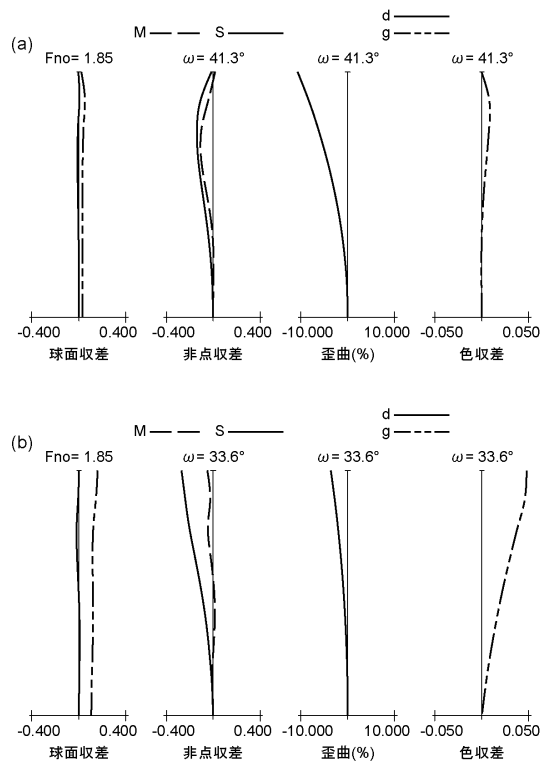
40

50

【図 9】



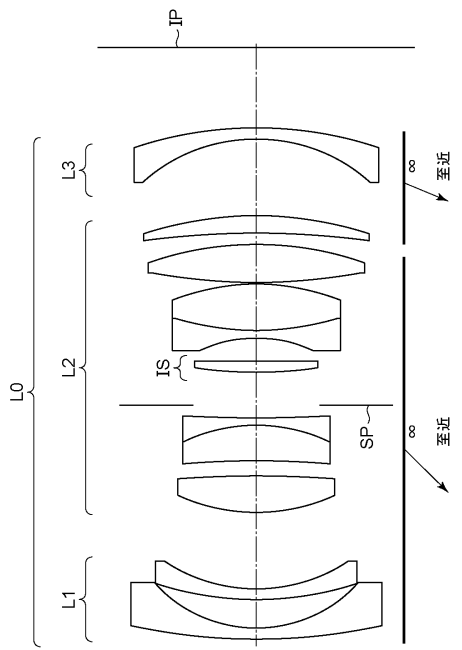
【図 10】



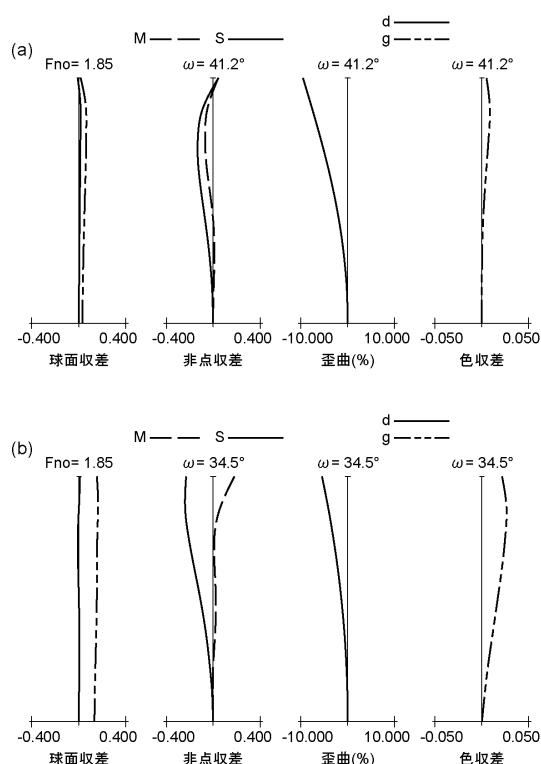
10

20

【図 11】



【図 12】

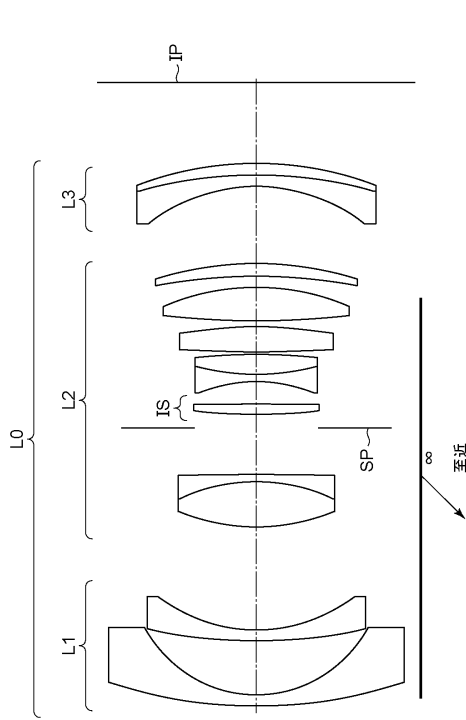


30

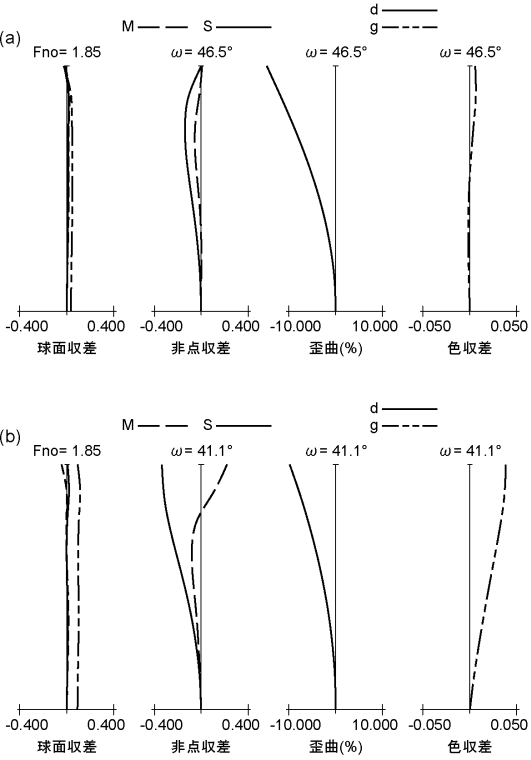
40

50

【図 1 3】



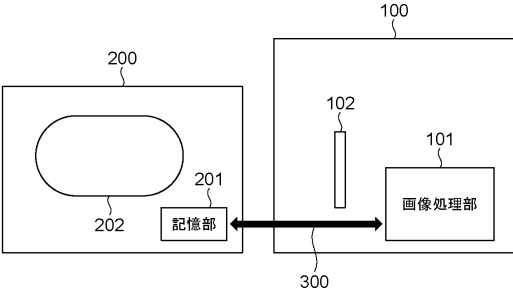
【図 1 4】



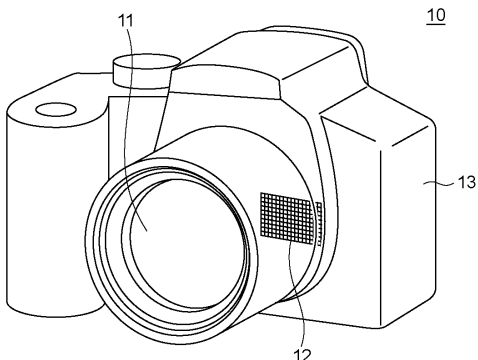
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】



30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

審査官 瀬戸 息吹

- (56)参考文献 国際公開第2021/006002(WO, A1)
特開2019-090948(JP, A)
特開平10-239594(JP, A)
特開昭48-098824(JP, A)
特開2009-258174(JP, A)
米国特許第09715088(US, B1)
特開2015-041012(JP, A)
国際公開第2017/145208(WO, A1)
特開2012-173435(JP, A)
米国特許出願公開第2018/0011286(US, A1)
特開2007-232996(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