

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 2 区分
 【発行日】平成 27 年 2 月 19 日 (2015.2.19)

【公開番号】特開 2013-137411 (P2013-137411A)
 【公開日】平成 25 年 7 月 11 日 (2013.7.11)
 【年通号数】公開・登録公報 2013-037
 【出願番号】特願 2011-288116 (P2011-288116)
 【国際特許分類】

G 0 2 B 13/00 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

【F I】

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/18

【手続補正書】
 【提出日】平成 26 年 12 月 22 日 (2014.12.22)
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】特許請求の範囲
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【特許請求の範囲】
 【請求項 1】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群を有する光学系において、

前記第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 1 レンズと負の屈折力の第 1 2 レンズを接合した接合レンズ L p 1、メニスカス形状の正の屈折力の第 1 3 レンズからなり、前記第 1 1 レンズの材料の屈折率とアッベ数をそれぞれ n_{11} 、 d_{11} 、前記第 1 2 レンズの材料の屈折率とアッベ数をそれぞれ n_{12} 、 d_{12} 、前記接合レンズ L p 1 の焦点距離を f_{p1} 、前記光学系の全系の焦点距離を f とするとき、

$$0.030 < (n_{11} - n_{12})$$

$$0.20 < (d_{11} / d_{12}) < 1.30$$

$$-10.0 < f_{p1} / f < -0.2$$

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】

フォーカシングに際して前記光学系の全体が移動し、無限遠物体に合焦しているときの前記光学系のバックフォーカスを B F とするとき、

$$0.8 < B F / f < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴する請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$1.8 < f_1 / f < 25.0$$

なる条件式を満足する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】

フォーカシングに際して前記光学系の全体が移動し、無限遠物体に合焦しているときの前記光学系のバックフォーカスを B F、前記光学系のレンズ構成長を L t o t とするとき、

$$0.50 < L t o t / B F < 0.72$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第21レンズと正の屈折力の第22レンズを接合した接合レンズLp2、メニスカス形状の正の屈折力の第23レンズからなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項6】

前記第21レンズの材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{21} 、 d_{21} 、前記第22レンズの材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{22} 、 d_{22} とするとき、

$$-0.10 < (n_{22} - n_{21}) < 0.15$$

$$1.20 < (d_{22} / d_{21}) < 2.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項5に記載の光学系。

【請求項7】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$1.00 < f_2 / f < 1.40$$

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1項に記載の光学系。

【請求項8】

前記接合レンズLp2の焦点距離を f_{p2} とするとき、

$$-5.00 < f_{p2} / f < -0.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項5乃至7のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項9】

光電変換素子に像を形成する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】

請求項1乃至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光電変換素子とを備えることを特徴とする光学機器。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】光学系及びそれを有する光学機器

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系及びそれを有する光学機器に関し、たとえば、デジタルスチルカメラ・デジタルビデオカメラ、監視用カメラ、銀塩カメラ、プロジェクター等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラやビデオカメラ等の光学機器に用いられる撮像光学系として、焦点距離に対して同等程度か又はそれ以上の長いバックフォーカスを有する撮影光学系が種々と知られている。例えばダブルガウス型、レトロフォーカス型、オルソメタ型、プラズマート型、ヘキサノン型など数多くのタイプの撮影光学系が知られている（非特許文献1）。

【0003】

非特許文献1には、焦点距離が28mm～50mm（撮影半画角が23°～38°）の撮影光学系が開示されている。このような撮像光学系には、全系が小型で画面全体にわたり高い光学性能を有することが求められている。これらの要求を比較的容易に達成することのできる標準画角で小型の撮影光学系として、所謂ガウス型の撮影光学系がよく知られている（特許文献1）。特許文献1には物体側より像側へ順に、正の屈折力の前群、開口絞り、正の屈折力の後群よりなるレンズ全長の短いガウス型の撮影光学系が開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】辻、「レンズ設計の全て」、電波新聞社、p.271、288、230

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平06-337348号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

多くの場合、ガウス型の撮影光学系は開口絞りを挟んで前方（物体側）に正の屈折力のレンズ群、後方（像側）に正の屈折力のレンズ群を配置した全体として略対称なレンズ構成よりなっている。この撮影光学系で、より広画角化を図ろうとするとバックフォーカスを長く保つことが難しくなる。逆にバックフォーカスを確保しようとする、それにつれて諸収差、特に像面湾曲が増大し、これを補正することが困難になってくる。また全系も大型化してくるという課題が生ずる。

【0007】

非特許文献1にはこれらの撮影光学系に加えてさらに、物体側と像側を入れ替えた全体として6枚構成のプラズマ型型の撮影光学系も開示されている。この撮影光学系は、前述のガウス型の撮影光学系と同様に前方に正の屈折力のレンズ群、後方に正の屈折力のレンズ群を配置した略対称なレンズ構成となっている。このため広画角化を図ろうとすると前述したのと同様の課題が生じてくる。

【0008】

非特許文献1に開示された撮影光学系は、焦点距離の長さでレンズ全長が略反比例の関係にあり、広画角化を図りつつ、レンズ全長を短くするのが難しい。また広画角化を図ろうとすると、バックフォーカスを長く保つことが難しい。さらに非特許文献1に開示された撮影光学系は画面全体の像面湾曲をバランスさせるために球面収差曲線が膨らむように収差補正をしている。このような補正をした撮影光学系は絞り開放状態でのピント位置に対し、絞りを絞り、Fナンバーを大きくするとピント移動が大きくなってくる。

【0009】

またそのように球面収差曲線を膨らむように補正しても、画面周辺画角で像面をそろえることが難しい。一般にガウス型の撮影光学系は全系が小型で広画角化が比較的容易であるが、更により広画角化を図ろうとすると球面収差と像面湾曲が増大し、画面全体にわたり高い光学性能を得るのが難しくなってくる。

【0010】

ガウス型やそれを変形した変形ガウス型の撮影光学系において、全系の小型化及び撮影画角の広画角化を図るには、球面収差と像面湾曲をバランス良く補正することが重要になってくる。このような撮影光学系において画面全体にわたり高い光学性能を得るには開口絞りに対して略対称となる物体側と像側のレンズ群のレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。特に開口絞りよりも物体側のレンズ群のレンズ構成が重要で、このレンズ構成が不適切であると球面収差や像面湾曲をバランス良く補正し、高い光学性能を得るのが困難になってくる。

【0011】

本発明は、球面収差や像面湾曲を始めとする諸収差を良好に補正することができ、高い光学性能を有する光学系及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群を有する光学系において、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第11レンズと負の屈折力の第12レンズを接合した接合レンズLp1、メニスカス形状の正の屈折力の第13レンズ

からなり、前記第 1 1 レンズの材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{11} 、 d_{11} 、前記第 1 2 レンズの材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{12} 、 d_{12} 、前記接合レンズ L_{p1} の焦点距離を f_{p1} 、前記光学系の全系の焦点距離を f とするとき、

$$0.030 < (n_{11} - n_{12})$$

$$0.20 < (d_{11} / d_{12}) < 1.30$$

$$-10.0 < f_{p1} / f < -0.2$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、球面収差や像面湾曲を始めとする諸収差を良好に補正することができ、高い光学性能を有する光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図 1】(A)、(B) 実施例 1 の光学系の断面図と無限遠合焦時の縦収差図

【図 2】(A)、(B) 実施例 2 の光学系の断面図と無限遠合焦時の縦収差図

【図 3】(A)、(B) 実施例 3 の光学系の断面図と無限遠合焦時の縦収差図

【図 4】(A)、(B) 実施例 4 の光学系の断面図と無限遠合焦時の縦収差図

【図 5】本発明の光学機器（撮像装置）の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に、本発明の光学系及びそれを有する光学機器について説明する。本発明の光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群を有する。第 1 レンズ群は物体側から像側へ順に、正の屈折力（以下単に「正」と称する。）の第 1 1 レンズと負の屈折力（以下単に「負」と称する。）の第 1 2 レンズを接合した接合レンズ L_{p1} 、メニスカス形状の正の第 1 3 レンズからなっている。第 2 レンズ群は物体側から像側へ順に、負の第 2 1 レンズと正の第 2 2 レンズを接合した接合レンズ L_{p2} 、メニスカス形状の正の第 2 3 レンズからなっている。

【0016】

図 1 (A) は本発明の光学系の実施例 1 のレンズ断面図である。図 1 (B) は実施例 1 の光学系において無限遠物体にフォーカスを合わせたときの縦収差図である。図 2 (A) は本発明の光学系の実施例 2 のレンズ断面図である。図 2 (B) は実施例 2 の光学系において無限遠物体にフォーカスを合わせたときの縦収差図である。

【0017】

図 3 (A) は本発明の光学系の実施例 3 のレンズ断面図である。図 3 (B) は実施例 3 の光学系において無限遠物体にフォーカスを合わせたときの縦収差図である。図 4 (A) は本発明の光学系の実施例 4 のレンズ断面図である。図 4 (B) は実施例 4 の光学系において無限遠物体にフォーカスを合わせたときの縦収差図である。図 5 は本発明の光学機器の要部概略図である。

【0018】

レンズ断面図において左側が物体側（前方、拡大側）、右側が像側（後方、縮小側）である。OL は光学系である。IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として用いる際には像面は CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。また銀塩フィルムカメラ用として用いる際には、像面はフィルム面に相当する。OA は光学系 OL の光軸を表す。

【0019】

収差図において、 d 、 g 、 C 、 F は各々 d 線、 g 線、 C 線、 F 線を表す。 M 、 S はそれぞれ d 線のメリディオナル像面、サジタル像面を表す。また歪曲収差は d 線によって表している。また F_{no} は F ナンバー、 θ は半画角である。

【0020】

各実施例の光学系は物体側から像側へ順に正の屈折力の第 1 レンズ群 L_1 と、第 1 レン

ズ群 L_1 の直後の像側に配置された開口絞り SP と、開口絞り SP の直後の像側に配置された正の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 を有している。また第 1 レンズ群 L_1 は物体側から像側へ順に、正の第 1 1 レンズ L_{11} と負の第 1 2 レンズ L_{12} を接合した接合レンズ L_p 1、メニスカス形状の正の第 1 3 レンズ L_{13} よりなっている。

【0021】

第 1 1 レンズ L_{11} の材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{11} 、 d_{11} とする。第 1 2 レンズ L_{12} の材料の屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{12} 、 d_{12} とする。接合レンズ L_p 1 の焦点距離を f_{p1} 、光学系 OL の全系の焦点距離を f とする。このとき、

$$0.030 < (n_{11} - n_{12}) \cdots (1)$$

$$0.20 < (d_{11} / d_{12}) < 1.30 \cdots (2)$$

$$-10.0 < f_{p1} / f < -0.2 \cdots (3)$$

なる条件を満足している。

【0022】

次に各条件式の技術的意味について説明する。条件式 (1) は第 1 レンズ群 L_1 内の接合レンズ L_p 1 を構成する正の第 1 1 レンズ L_{11} と負の第 1 2 レンズ L_{12} の材料の屈折率差に関する。接合レンズ L_p 1 を構成する正の第 1 1 レンズ L_{11} の材料の屈折率が負の第 1 2 レンズ L_{12} の材料の屈折率よりも高くなるように設定している。

【0023】

この条件式 (1) を満たすことで、光学系全体のベッツパール和を小さく抑えることが容易となり、標準画角からやや広画角よりの光学系であっても像面特性を良好に補正することができるようにしている。条件式 (1) の下限を外れると像面特性 (像面湾曲) を良好に補正することが困難となる。

【0024】

条件式 (2) は第 1 レンズ群 L_1 中の接合レンズ L_p 1 を構成する正の第 1 1 レンズ L_{11} と負の第 1 2 レンズ L_{12} の材料のアッペ数に関する。各実施例の光学系では接合レンズ L_p 1 を構成する正の第 1 1 レンズ L_{11} と負の第 1 2 レンズ L_{12} の材料のアッペ数が条件式 (2) の範囲内に入るように、比較的近い値としている。このようにアッペ数の比を適切な範囲とすることで、接合レンズ面の曲率を適切な範囲に保ち、球面収差を良好に補正している。また負の第 1 2 レンズ L_{12} の屈折力にある程度の屈折力を与えることができ、ベッツパール和を小さく保ち像面特性を良好に保っている。

【0025】

条件式 (2) の下限を外れると、接合レンズ面の光線収斂作用を強くしなければならず、この結果、球面収差を良好に補正することが困難となる。逆に条件式 (2) の上限を外れると、接合レンズ面の光線発散作用を強くしなければならず、球面収差を良好に補正することが困難となる。

【0026】

条件式 (3) は第 1 レンズ群 L_1 中の接合レンズ L_p 1 の屈折力に関する。接合レンズ L_p 1 の焦点距離を全系の焦点距離で割って規格化した値で示してある。接合レンズ L_p 1 の合成焦点距離は負とするのが良く、かつその屈折力は強くしすぎないのが良い。接合レンズ L_p 1 の合成焦点距離が正に近づくと、光学系の物体側のレンズ群の正の屈折力が強くなり光学系全系のバックフォーカスを一定以上確保することが困難となる。

【0027】

また接合レンズ L_p 1 の負の屈折力が強くなると、バックフォーカスを一定以上確保することは容易になるが、光学系の後方レンズ群の正の屈折力を強めないと光学系を小型に保つことが困難となる。しかし、この場合、光学系の光学性能を良好に保つことが困難となる。つまり、接合レンズ L_p 1 の負の屈折力を強くすると、光学系の小型化を図りつつ、高い光学性能を得るのが困難となる。

【0028】

つまり条件式 (3) の下限を超えると接合レンズ L_p 1 の負の屈折力が弱まり正に近づき、バックフォーカスを一定以上確保するのが困難となる。また条件式 (3) の上限を超

えると、接合レンズ L_{p1} の負の屈折力が強まり、光学系の小型化を図りつつ、高い光学性能を得るのが困難となる。このように条件式 (3) は、小型で高性能な光学系を実現するために必要な条件となっている。更に好ましくは条件式 (1) ~ (3) は以下の範囲とするのが良い。

【0029】

$$0.050 < (n_{11} - n_{12}) < 0.350 \quad \dots (1a)$$

$$0.40 < (d_{11} / d_{12}) < 1.30 \quad \dots (2a)$$

$$-8.0 < f_{p1} / f < -0.4 \quad \dots (3a)$$

更に好ましくは、条件式 (1a) ~ (3a) は以下の範囲とするのが良い。

【0030】

$$0.070 < (n_{11} - n_{12}) < 0.340 \quad \dots (1b)$$

$$0.60 < (d_{11} / d_{12}) < 1.20 \quad \dots (2b)$$

$$-7.0 < f_{p1} / f < -0.6 \quad \dots (3b)$$

以上のように各実施例によれば第1レンズ群 L_1 の接合レンズ L_{p1} に適切な負の屈折力を持たせ光学系 OL 全体の主点位置を像側へ移動させることで一定以上のバックフォーカスを確保しつつ光学系を小型に保っている。

【0031】

また、その接合レンズ L_{p1} の接合レンズの双方の材料の屈折率の関係を適切に設定することで、ベッツパル和を小さく保ち像面特性を良好に保っている。さらに接合レンズの双方の材料のアップ数を適切に設定し、色収差と球面収差を良好に補正している。

【0032】

各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。各実施例においてフォーカシングは光学系全体を移動して行っている。光学系 OL の無限遠物体に合焦しているときのバックフォーカスを BF とする。第1レンズ群 L_1 の焦点距離を f_1 とする。光学系 OL のレンズ構成長 (最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離) を L_{tot} とする。第2レンズ群 L_2 は物体側から像側へ順に、負の第21レンズ L_{21} と正の第22レンズ L_{22} を接合した接合レンズ L_{p2} 、メニスカス形状の正の第23レンズ L_{23} からなる。

【0033】

第21レンズ L_{21} の材料の屈折率と、アップ数をそれぞれ n_{21} 、 d_{21} 、第22レンズ L_{22} の材料の屈折率とアップ数をそれぞれ n_{22} 、 d_{22} とする。第2レンズ群 L_2 の焦点距離を f_2 、接合レンズ L_{p2} の焦点距離を f_{p2} とする。このとき、以下の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0034】

$$0.8 < BF / f < 1.5 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < f_1 / f < 25.0 \quad \dots (5)$$

$$0.50 < L_{tot} / BF < 0.72 \quad \dots (6)$$

$$-0.10 < (n_{22} - n_{21}) < 0.15 \quad \dots (7)$$

$$1.20 < (d_{22} / d_{21}) < 2.50 \quad \dots (8)$$

$$1.00 < f_2 / f < 1.40 \quad \dots (9)$$

$$-5.00 < f_{p2} / f < -0.20 \quad \dots (10)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0035】

条件式 (4) は光学系 OL のバックフォーカスに関する。条件式 (4) はバックフォーカスを焦点距離で規格化して示している。条件式 (4) の範囲内に入るようにバックフォーカスの長さを設定すると、全系の小型化がより容易となる。更に好ましくは条件式 (4) は以下の範囲とするのが良い。

【0036】

$$0.8 < BF / f < 1.4 \quad \dots (4a)$$

条件式 (5) は、第1レンズ群 L_1 の屈折力に関する。第1レンズ群 L_1 の焦点距離を

光学系OL全系の焦点距離で割って規格化して示している。各実施例の光学系OLのように標準画角から、やや広画角よりの光学系OLでは一定以上のバックフォーカスを確保すること及び光学系OLの小型化と高い光学性能をバランス良く図る必要がある。条件式(5)はこの事に関連している。

【0037】

各実施例の光学系OLにおいて、第1レンズ群L1の屈折力は正である。この正の屈折力が強くなると、光学系OLの小型化は容易となるが、一定以上のバックフォーカスの確保と良好な光学性能を得るのが困難となる。また逆にこの正の屈折力を弱くすると、一定以上のバックフォーカスの確保は容易になるが、光学系OLの小型化と良好な光学性能を保つことが困難となる。このことから第1レンズ群L1の屈折力は条件式(5)の範囲内にある必要があるのが良い。

【0038】

条件式(5)の下限を超えると、第1レンズ群L1の屈折力が強く(焦点距離が短く)なり、前述のように一定以上のバックフォーカスの確保と良好な光学性能を保つことが困難となる。また条件式(5)の上限を超えると、第1レンズ群L1の屈折力が弱く(焦点距離が長く)なり、前述のように光学系OLの小型化と良好な光学性能を保つことが困難となる。このように条件式(5)を満足すると、小型で高性能な光学系OLを実現しつつ一定以上のバックフォーカスも確保するのが容易となる。更に好ましくは条件式(5)は以下の範囲とするのが良い。

【0039】

$$2.0 < f_1 / f < 24.0 \quad \dots (5a)$$

更に好ましくは、条件式(5a)は以下の範囲とするのが良い。

【0040】

$$2.2 < f_1 / f < 23.0 \quad \dots (5b)$$

条件式(6)は光学系OLのレンズ構成長とバックフォーカスの関係に関する。条件式(6)の下限を超えると、レンズ構成長が短くなりすぎ、光学性能を良好に保つことが困難となる。また条件式(6)の上限を超えると、逆にレンズ構成長が長くなりすぎて全系が大型化してくる。更に好ましくは条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0041】

$$0.510 < L_{tot} / BF < 0.715 \quad \dots (6a)$$

条件式(7)、(8)は第2レンズ群L2内の接合レンズLp2を構成する正の第22レンズ及び負の第21レンズの材料の屈折率及びアッペ数に関する。条件式(7)、(8)にあるように接合レンズLp2を構成する正の第22レンズL22の材料の屈折率と負の第21レンズL22の材料の屈折率の差を所定の範囲内に抑え、かつアッペ数の比の値をある範囲内としている。これにより、基準波長における球面収差、像面湾曲、そして色収差はもとより、色毎の球面収差の補正を容易にしている。

【0042】

条件式(7)の下限を超えると、ペッツバール和が増大し、像面特性が悪化してくる。また条件式(7)の上限を超えると色毎の球面収差の補正が難しくなってくる。条件式(8)の下限を超えると、正の第22レンズL22の材料のアッペ数が高分散側に寄りすぎ、色収差の補正が困難となる。逆に条件式(8)の上限を超えると、負の第21レンズL21の材料のアッペ数が高分散側に寄りすぎ、色収差と像面湾曲をバランス良く補正するのが困難となる。更に好ましくは、条件式(7)、(8)は以下の範囲とするのが良い。

【0043】

$$-0.08 < (n_{22} - n_{21}) < 0.14 \quad \dots (7a)$$

$$1.40 < (d_{22} / d_{21}) < 2.10 \quad \dots (8a)$$

条件式(9)は第2レンズ群L2の屈折力に関する。第2レンズ群L2の焦点距離を光学系OLの全系の焦点距離で割って規格化して示している。第2レンズ群L2の屈折力が強く(焦点距離が短く)なると、非点収差や歪曲収差が悪化する。また後玉有効径が増大

し所定の外径の鏡筒内に収めることが困難になる。逆に第2レンズ群L2の屈折力が弱く（焦点距離が長く）なると、射出瞳位置が像面に近くなり軸外光束の像面への入射角が大きくなっていくので良くない。

【0044】

条件式(9)の下限を超えると、第2レンズ群L2の屈折力が強く（焦点距離が短く）なり過ぎ、前述の理由から好ましくない。逆に条件式(9)の上限を超えると前述のように第2レンズ群L2の屈折力が弱く（焦点距離が短く）なり、前述の理由から好ましくない。

【0045】

条件式(10)は第2レンズ群L2内の接合レンズLp2の合成屈折力に関する。焦点距離を全系の焦点距離で割って規格化して示している。接合レンズLp2の屈折力を条件式(10)に入るように負の第21レンズL21を設定することで、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差等の諸収差を良好に補正することが容易となる。

【0046】

条件式(10)の下限を超えると、接合レンズLp2の屈折力が弱く（焦点距離が長く）なり過ぎ、特に像面特性と歪曲収差の補正が困難となる。また条件式(10)の上限を超えると接合レンズLp2の屈折力が強く（焦点距離が短く）なり過ぎ、諸収差が悪化するので好ましくない。更に好ましくは条件式(9)、(10)は以下の範囲とするのが良い。

【0047】

$$1.05 < f_2 / f < 1.25 \quad \dots (9a)$$

$$-4.60 < f_{p2} / f < -0.80 \quad \dots (10a)$$

各実施例において好ましくはメニスカス形状の正の第23レンズL23の少なくとも1つのレンズ面を非球面形状とするのが収差補正上好ましい。

【0048】

以上のように各実施例によれば、諸収差特に球面収差と像面湾曲が良好に補正された高い光学性能の光学系が得られる。

【0049】

次に各実施例の光学系の特徴について説明する。

[実施例1]

図1の実施例1の光学系OLについて説明する。以下、長さに関する値は後述する数値実施例をmm単位で表したときである。実施例1の光学系OLは焦点距離45.0mm、画角（撮影画角）2θが51.4°（半画角θが25.7°）である。図1(A)の光学系OLは物体側から像側へ順に、合成焦点距離が101.3mmの正の屈折力の第1レンズ群L1、開口絞りSP、合成焦点距離が54.4mmの正の屈折力の第2レンズ群L2よりなっている。

【0050】

そして第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、正の第11レンズ（正の屈折力のレンズ）L11と負の第12レンズ（負の屈折力のレンズ）L12が接合され合成焦点距離が-300.0mmの負の接合レンズLp1からなっている。更にメニスカス形状の正の第13レンズL13からなっている。また第2レンズ群L2群は物体側から像側へ順に、負の第21レンズL21と正の第22レンズL22が接合され合成焦点距離が-49.8mmの負の接合レンズLp2とメニスカス形状の正の第23レンズL23からなっている。またこの正の第23レンズL23の像側のレンズ面は非球面形状である。

【0051】

本実施例の光学系OLにおいて、条件式(1)で示される第1レンズ群L1内の正の第11レンズL11と負の第12レンズL12の材料の屈折率差は0.215で正の第11レンズL11の方が高くなっている。また条件式(2)で示される材料のアップベ数の比は1.18である。また条件式(3)で示される、接合レンズLp1と全系の焦点距離の比は-6.67である。

【 0 0 5 2 】

実施例 1 の光学系 O L では、上記のようなパワー配置で、第 1 レンズ群 L 1 内の接合レンズ L p 1 の正の第 1 1 レンズ L 1 1 と負の第 1 2 レンズ L 1 2 の材料の屈折率差とアッペ数比を適切に設定している。これにより負の第 1 2 レンズ L 1 2 に適切な屈折力を与え光学系全体のベッツパール和を小さく抑え像面特性を良好に保っている。

【 0 0 5 3 】

また接合レンズ L p 1 の合成焦点距離を適切に設定することで、バックフォーカス B F も 3 8 . 0 mm とクイックリターンミラーを有する一眼レフカメラに適用できる十分な値を保っている。その結果、レンズ構成長 L t o t が 2 0 . 0 mm と非常に小型でありながら、図 1 (B) の収差図からわかるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差等が良好に補正された高い光学性能を有する光学系を得ている。

【 0 0 5 4 】

[実施例 2]

図 2 の実施例 2 の光学系 O L について説明する。実施例 2 の光学系 O L は焦点距離 3 9 . 0 mm、画角 2 θ が 5 8 . 0 ° (半画角 $\theta/2$ が 2 9 . 0 °) である。図 2 (A) の光学系 O L は物体側から像側へ順に、合成焦点距離が 1 1 7 . 5 mm の正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、開口絞り S P、合成焦点距離が 4 5 . 5 mm の正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2よりなっている。そして第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に正の第 1 1 レンズ L 1 1 と負の第 1 2 レンズ L 1 2 が接合され合成焦点距離が - 7 6 . 5 mm の負の接合レンズ L p 1、及びメニスカス形状の正の第 1 3 レンズ L 1 3 からなっている。

【 0 0 5 5 】

また第 2 レンズ群 L 2 は物体側から像側へ順に負の第 2 1 レンズ L 2 1 と正の第 2 2 レンズ L 2 2 が接合され合成焦点距離が - 1 6 0 . 1 mm の負の接合レンズ L p 2 とメニスカス形状の正の第 2 3 レンズ L 2 3 からなっている。またこの正の第 2 3 レンズ L 2 3 の物体側のレンズ面は非球面形状である。

【 0 0 5 6 】

本実施例の光学系 O L において、条件式 (1) で示される第 1 レンズ群 L 1 内の正の第 1 1 レンズ L 1 1 と負の第 1 2 レンズ L 1 2 の材料の屈折率差は 0 . 3 0 3 で正の第 1 1 レンズ L 1 1 の方が高くなっている。また条件式 (2) で示される材料のアッペ数の比は 0 . 8 8 である。また条件式 (3) で示される、接合レンズ L p 1 と全系の焦点距離の比は - 1 . 9 6 である。

【 0 0 5 7 】

実施例 2 の光学系 O L では、上記のようなパワー配置で第 1 レンズ群 L 1 内の接合レンズ L p 1 の正の第 1 1 レンズ L 1 1 と負の第 1 2 レンズ L 1 2 の材料の屈折率差とアッペ数比を適切に設定している。これにより、負の第 1 2 レンズ L 1 2 に適切な屈折力を与え光学系全体のベッツパール和を小さく抑え像面特性を良好に保っている。また接合レンズ L p 1 の合成焦点距離を適切に設定することで、バックフォーカス B F も 3 9 . 0 mm とクイックリターンミラーを有する一眼レフカメラに適用できる十分な値を保っている。

【 0 0 5 8 】

その結果、レンズ構成長 L t o t が 2 3 . 5 mm と非常に小型でありながら、図 2 (B) の収差図からわかるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差等が良好に補正された高い光学性能を有する光学系を得ている。

【 0 0 5 9 】

[実施例 3]

図 3 の実施例 3 の光学系 O L について説明する。実施例 3 の光学系 O L は焦点距離 3 5 . 0 mm、画角 2 θ が 6 3 . 4 ° (半画角 $\theta/2$ が 3 1 . 7 °) である。図 3 (A) の光学系 O L は物体側から像側へ順に、合成焦点距離が 1 3 0 . 3 mm で正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、開口絞り S P、合成焦点距離が 3 8 . 1 mm で正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2よりなっている。

【 0 0 6 0 】

そして第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、正の第11レンズL11と負の第12レンズL12が接合され合成焦点距離が -32.6 mm の負の接合レンズLp1、及びメニスカス形状の正の第13レンズL13からなっている。また第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、負の第21レンズL21と正の第22レンズL22が接合され合成焦点距離が -31.3 mm の負の接合レンズLp2とメニスカス形状の正の第23レンズL23からなっている。またこの正の第23レンズL23の像側のレンズ面は非球面形状である。

【0061】

本実施例の光学系において、条件式(1)で示される第1レンズ群L1内の正の第11レンズL11と負の第12レンズL12の材料の屈折率差は 0.329 で正の第11レンズの方が高くなっている。また条件式(2)で示される材料のアップベ数の比は 0.66 である。また条件式(3)で示される、接合レンズLp1と全系の焦点距離の比は -0.93 である。

【0062】

実施例3の光学系OLでは、上記のようなパワー配置で第1レンズ群L1内の接合レンズLp1の正の第11レンズL11と負の第12レンズL12の材料の屈折率差とアップベ数比を適切に設定している。これにより、負の第12レンズL12に適切な屈折力を与え光学系全体のペッツバル和を小さく抑え像面特性を良好に保っている。また接合レンズLp1の合成焦点距離を適切に設定することで、バックフォーカスBFも 38.0 mm とクイックリターンミラーを有する一眼レフカメラに適用できる十分な値を保っている。

【0063】

その結果、レンズ構成長Ltotが 25.0 mm と非常に小型でありながら、図3(B)の収差図からわかるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差等が良好に補正された高い光学性能を有する光学系を得ている。

【0064】

[実施例4]

図4の実施例4の光学系OLについて説明する。実施例4の光学系OLは焦点距離 28.0 mm 、画角 2θ が 75.4° （半画角 θ が 37.7° ）である。図4(A)の光学系OLは物体側から像側へ順に、合成焦点距離が 626.2 mm で正の屈折力の第1レンズ群L1、開口絞りSP、合成焦点距離が 33.3 mm で正の屈折力の第2レンズ群L2よりなっている。

【0065】

そして第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、正の第11レンズL11と負の第12レンズL12が接合され合成焦点距離が -21.8 mm の負の接合レンズLp1、及びメニスカス形状の正の第13レンズL13からなっている。また第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、負の第21レンズL21と正の第22レンズL22が接合され合成焦点距離が -37.8 mm の負の接合レンズLp2とメニスカス形状の正の第23レンズL23からなっている。またこの正の第23レンズL23の像側のレンズ面は非球面形状である。

【0066】

本実施例の光学系OLにおいて、条件式(1)で示される第1レンズ群L1内の正の第11レンズL11と負の第12レンズL12の材料の屈折率差は 0.075 で正の第11レンズの方が高くなっている。また、条件式(2)で示される材料のアップベ数の比は 0.85 である。また条件式(3)で示される、接合レンズLp1と全系の焦点距離の比は -0.78 である。

【0067】

実施例4の光学系OLでは、上記のようなパワー配置で第1レンズ群L1内の接合レンズLp1の正の第11レンズL11と負の第12レンズL12の材料の屈折率差とアップベ数比を適切に設定している。これにより、負の第12レンズL12に適切な屈折力を与え光学系全体のペッツバル和を小さく抑え像面特性を良好に保っている。また接合レンズLp1

の合成焦点距離を適切に設定することで、バックフォーカスBFも38.0mmとクイックリターンミラーを有する一眼レフカメラに適用できる十分な値を保っている。

【0068】

その結果、レンズ構成長Ltotが27.0mmと非常に小型でありながら、図4(B)の収差図からわかるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差等が良好に補正された高い光学性能を有する光学系を得ている。

【0069】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。図5は一眼レフカメラの要部概略図である。図5において、10は実施例1乃至4の光学系1を有する撮影光学系である。

【0070】

撮影光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体である。カメラ本体20はクイックリターンミラー3、焦点板4、ペンタダハプリズム5、接眼レンズ6等によって構成されている。クイックリターンミラー3は、撮影光学系10からの光束を上方に反射する。焦点板4は撮影光学系10の像形成位置に配置されている。ペンタダハプリズム5は焦点板4に形成された逆像を正立像に変換する。観察者は、その正立像を接眼レンズ6を介して観察する。

【0071】

7は感光面であり、像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮影光学系10によって像側形成される。

【0072】

このように本発明の光学系を一眼レフカメラ交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有する光学機器を実現している。尚、本発明の光学系は、デジタルカメラ・ビデオカメラ・銀塩フィルム用カメラ等の他に望遠鏡、双眼鏡、複写機、プロジェクター等の光学機器にも適用できる。またクイックリターンミラーのないミラーレスの一眼レフカメラにも適用することができる。

【0073】

以上のように各実施例によれば、諸収差特に球面収差と像面湾曲が良好に補正された撮影画角が50°~80°程度で小型化と高性能化を図った光学系及びそれを有する光学機器が得られる。

【0074】

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

【0075】

以下、数値実施例1乃至4の光学系の具体的な数値データを示す。iは物体から数えた順序を示す。面番号iは物体側から順に数えている。Riは曲率半径(mm)、Diは第i番目と第i+1番目の面間隔(mm)である。Ndiとdiはそれぞれd線に対する第i面と第(i+1)面との間の媒質の屈折率、アッペ数を表す。またBFはバックフォーカスであり、光学全長は第1レンズ面から最終レンズ面までの距離を表す。第2レンズ群L2の群データは開口絞りSPを入れた状態で示している。

【0076】

また、非球面は面番号の後に、*の符号を付加して表している。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、B、C、D、E・・・を各次数の非球面係数とするとき、

【0077】

【数 1】

$$X(h) = \frac{(1/r)h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(h/r)^2}} + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 + Eh^{10} \dots$$

【0078】

で表す。なお、各非球面係数における「E ± X X」は「× 1 0 ± X X」を意味している。前述の各条件式に関係した数値を表 1 に示す。表 2 に前述の各条件式に相当する数値を示す。

【0079】

[数値実施例 1]

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	光線有効径
1	20.432	3.44	1.83481	42.7	18.66
2	209.304	1.20	1.62004	36.3	17.29
3	12.815	0.44			14.90
4	14.204	2.39	1.83481	42.7	14.94
5	17.605	2.83			14.19
6(絞り)		3.35			12.95
7	-14.284	1.00	1.72825	28.5	14.02
8	456.136	2.28	1.83481	42.7	15.26
9	-29.737	0.32			15.72
10	-105.914	2.75	1.83481	42.7	16.01
11*	-20.244	37.99			16.31
像面					

非球面

データ

	円錐定数	4次の係数	6次の係数	8次の係数	10次の係数	12次の係数
	K	B	C	D	E	F
第11面	0.0000E+00	1.1494E-05	-4.6190E-08	1.2748E-09	-2.1883E-11	1.4551E-13

各種データ

焦点距離	45.00
Fno	2.80
	25.68
像高	21.64
レンズ構成長	20.00
レンズ全長	57.99
BF	37.99
入射瞳位置	9.46
射出瞳位置	-9.78
前側主点位置	12.08
後側主点位置	-7.01

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
---	----	------	--------	--------	--------

<u>1</u>	1	101.29	7.47	-15.36	-17.11
<u>2</u>	6	54.44	9.7	13.26	7.74
<u>二</u>					

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	26.900
2	2	-22.070
3	4	66.750
4	7	-19.000
5	8	33.510
6	10	29.550

接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-300.000
2	7	-49.826

【 0 0 8 0 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	光線有効径
1	38.185	3.07	1.83481	42.7	18.64
2	-93.918	1.20	1.53172	48.8	17.40
3	13.191	2.20			13.62
4	15.211	2.01	1.69680	55.5	13.34
5	28.380	2.33			13.02
6(絞り)		5.12			12.84
7	-11.637	1.00	1.69895	30.1	12.47
8	132.356	3.35	1.83481	42.7	13.78
9	-18.087	0.15			14.44
10*	-39.511	3.08	1.58313	59.4	15.17
11	-15.371	39.00			16.50

像面

非球面

データ

円錐定数	4次の係数	6次の係数	8次の係数	10次の係数	12次の係数
K	B	C	D	E	F

第10面

0.0000E+00 -3.4255E-05 4.6012E-08 -2.0635E-09 1.3485E-11 0.0000E+00

各種データ

焦点距離	39.00
Fno	2.80
	29.02
像高	21.64
レンズ構成長	23.50
レンズ全長	62.50
BF	39.00

入射瞳位置	9.01
射出瞳位置	-16.10
前側主点位置	20.40
後側主点位置	0.00

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	117.49	8.47	-1.81	-7.58
2	6	45.5	12.7	16.01	8.6

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	32.870
2	2	-21.670
3	4	44.280
4	7	-15.260
5	8	19.260
6	10	41.210

接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-76.465
2	7	-160.098

【 0 0 8 1 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	光線有効径
1	31.110	2.71	1.81600	46.6	20.00
2	64.750	1.20	1.48749	70.2	18.32
3*	8.834	1.58			13.99
4	10.683	5.01	1.51823	58.9	13.36
5	49.751	2.23			11.83
6(絞り)		4.32			11.58
7	-10.553	2.22	1.84666	23.8	11.31
8	-31.837	1.82	1.77250	49.6	12.90
9	-19.871	0.35			13.54
10	-127.701	3.57	1.77250	49.6	15.60
11*	-14.960	38.01			16.82

像面

円錐定数	4次の係数	6次の係数	8次の係数	10次の係数	12次の係数
K	B	C	D	E	F

第3面

0.0000E+00 -9.3583E-05 2.6056E-06 -1.2162E-07 1.9474E-09 -1.5434E-11

第11面

0.0000E+00 4.2878E-05 -7.3591E-07 2.1396E-08 -2.4980E-10 1.1415E-12

各種データ

焦点距離 35.00
Fno 2.80
31.72

像高 21.64
レンズ構成長 25.00
レンズ全長 63.01
BF 38.01
入射瞳位置 10.29
射出瞳位置 -16.86
前側主点位置 22.96
後側主点位置 3.01

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	130.29	10.5	-1.42	-8.51
2	6	38.11	12.27	15.8	10.14

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	70.810
2	2	-21.130
3	4	25.150
4	7	-19.580
5	8	64.190
6	10	21.640

接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-32.559
2	7	-31.298

【 0 0 8 2 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	光線有効径
1	23.016	2.10	1.80400	46.6	20.00
2	31.381	1.20	1.72916	54.7	19.83
3*	8.695	5.15			14.40
4	12.971	2.69	1.57501	41.5	12.88
5	148.422	4.15			12.35
6(絞り)		5.11			12.12
7	-11.338	1.00	1.84666	23.8	11.92
8	-38.142	2.02	1.77250	49.6	13.02
9	-18.778	0.15			13.69
10	-236.118	3.42	1.69350	53.2	14.47
11*	-13.763	38.00			15.62
像面					

非球面
データ

	円錐定数	4次の係数	6次の係数	8次の係数	10次の係数	12次の係数
	K	B	C	D	E	F
第3面						
	0.0000E+00	-5.0785E-05	-1.1153E-06	-1.4349E-08	5.4826E-10	-9.8501E-12
第11面						
	0.0000E+00	4.9467E-05	-8.6411E-08	1.3298E-08	-2.1686E-10	1.3404E-12

各種データ

焦点距離	28.00
Fno	2.80
	37.69
像高	21.64
レンズ構成長	27.00
レンズ全長	65.00
BF	38.00
入射瞳位置	11.02
射出瞳位置	-16.44
前側主点位置	24.62
後側主点位置	10.00

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	626.17	11.15	95.6	101.95
2	6	33.26	11.7	13.48	6.23

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	96.590
2	2	-16.870
3	4	24.540
4	7	-19.390
5	8	45.800
6	10	20.940

接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-21.783
2	7	-37.814

【 0 0 8 3 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
n11	1.83481	1.83481	1.81600	1.80400
n12	1.62004	1.53172	1.48749	1.72916
n21	1.72825	1.69895	1.84666	1.84666
n22	1.83481	1.83481	1.77250	1.77250
v 11	42.7	42.7	46.6	46.6
v 12	36.3	48.8	70.2	54.7
v 21	28.5	30.1	23.8	23.8
v 22	42.7	42.7	49.6	49.6
f	45.0	39.0	35.0	28.0
ω	25.7	29.0	31.7	37.7
f1	101.3	117.5	130.3	626.2
f2	54.4	45.5	38.1	33.3
fp1	-300.0	-76.5	-32.6	-21.8
fp2	-49.8	-160.1	-31.3	-37.8
BF	38.0	39.0	38.0	38.0
Ltot	20.0	23.5	25.0	27.0

【0084】

【表 2】

	条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	$n_{11} - n_{12}$	0.215	0.303	0.329	0.075
(2)	v_{d11} / v_{d12}	1.18	0.88	0.66	0.85
(3)	f_{p1} / f	-6.67	-1.96	-0.93	-0.78
(4)	BF / f	0.84	1.00	1.09	1.36
(5)	f_1 / f	2.25	3.01	3.72	22.36
(6)	L_{tot} / BF	0.53	0.60	0.66	0.71
(7)	$n_{21} - n_{22}$	0.107	0.136	-0.074	-0.074
(8)	v_{d22} / v_{d21}	1.50	1.42	2.08	2.08
(9)	f_2 / f	1.21	1.17	1.09	1.19
(10)	fp_2 / f	-1.11	-4.11	-0.89	-1.35

【符号の説明】

【0085】

O L 光学系 L 1 光学系の第 1 レンズ群 L 2 光学系の第 2 レンズ群
 L 1 1 正レンズ L 1 1 L 1 2 負レンズ L 1 2 L 1 3 正レンズ L 1 3
 O A 光軸 S P 開口絞り I P 像面 d d 線
 g g 線 C C 線 F F 線 M メリディオナル像面
 S サジタル像面

【手続補正 3】

【補正対象書類名】図面

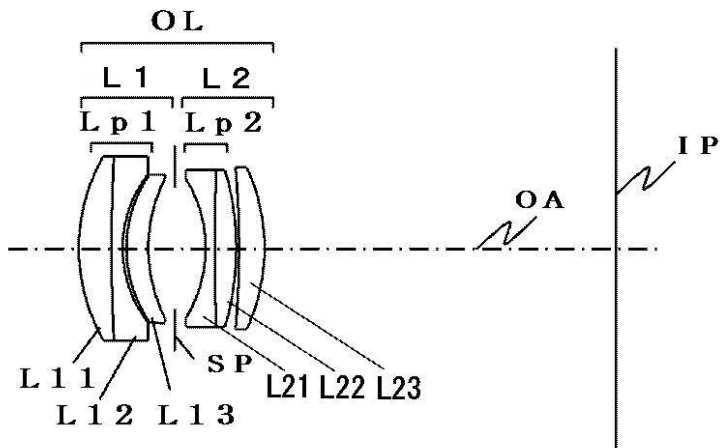
【補正対象項目名】図 1

【補正方法】変更

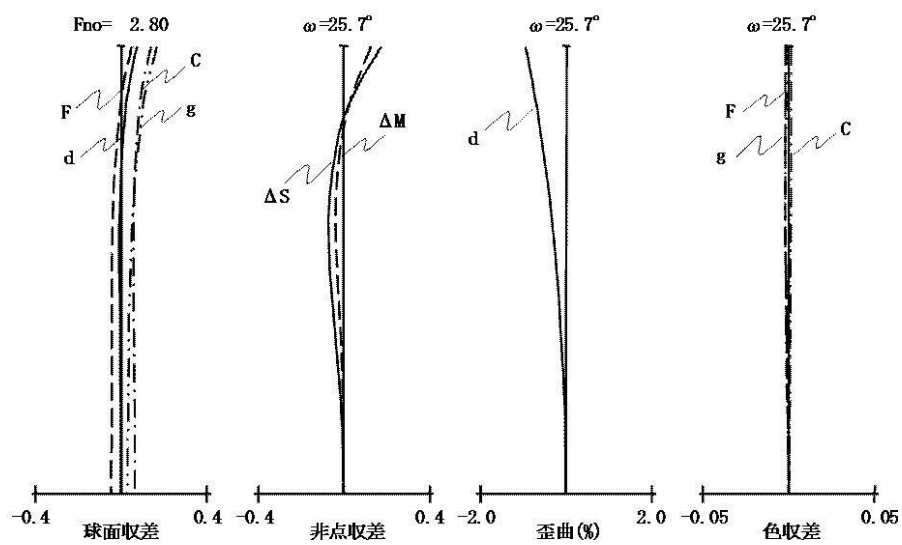
【補正の内容】

【図 1】

(A)



(B)



【手続補正 4】

【補正対象書類名】図面

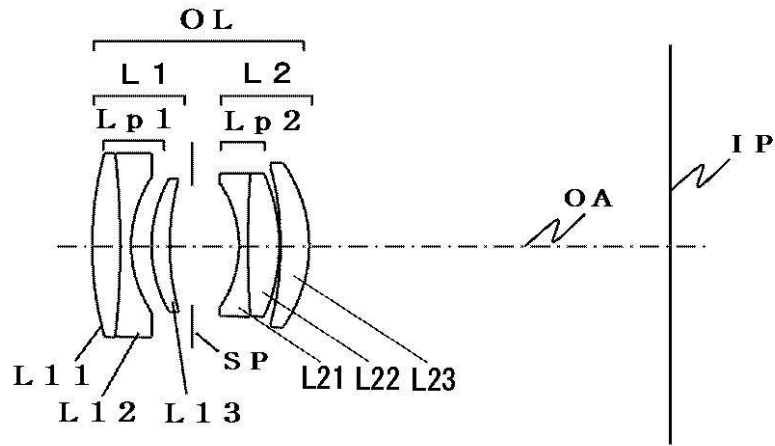
【補正対象項目名】図 2

【補正方法】変更

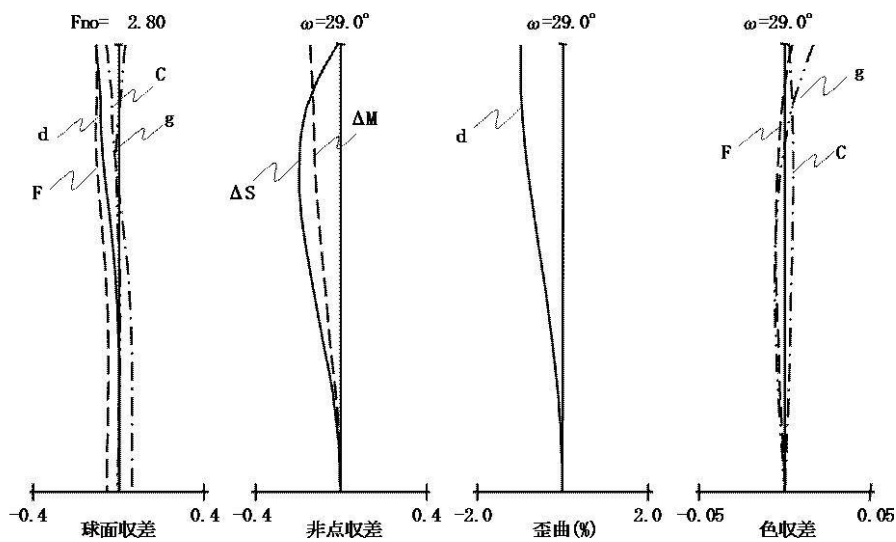
【補正の内容】

【図 2】

(A)



(B)



【手続補正 5】

【補正対象書類名】図面

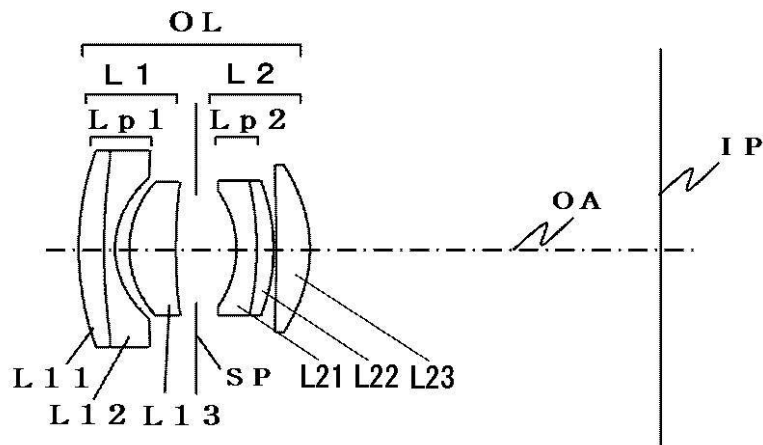
【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

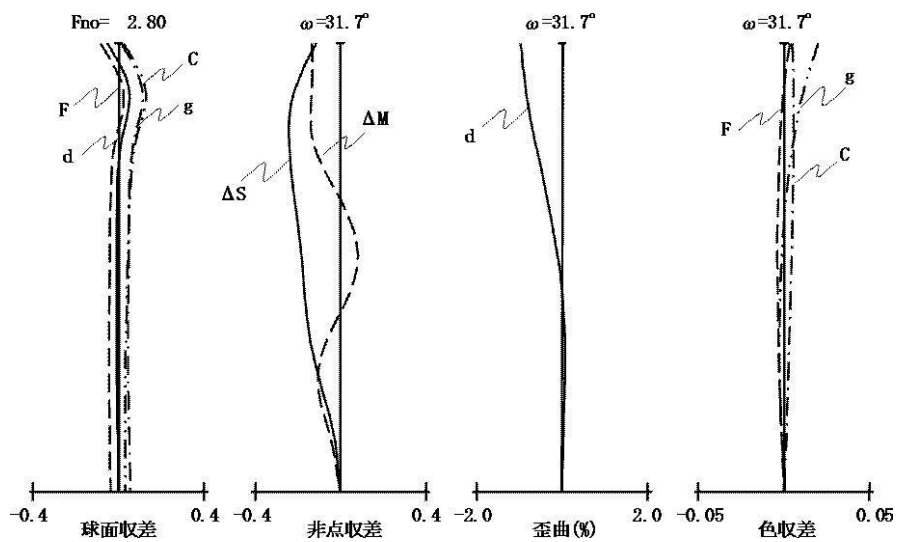
【補正の内容】

【図 3】

(A)



(B)



【手続補正 6】

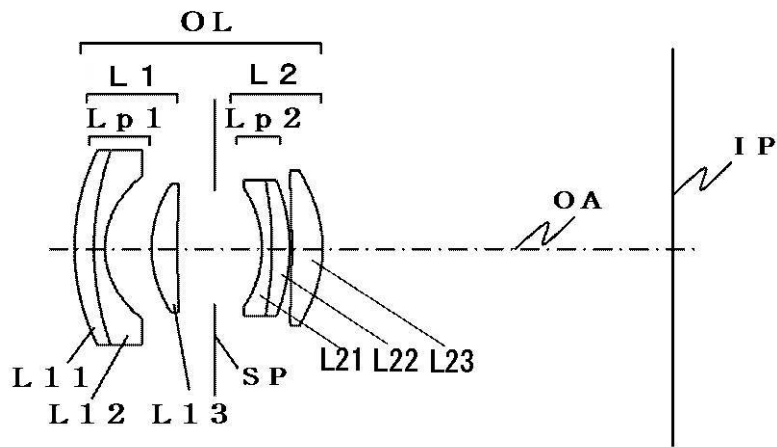
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】
(A)



(B)

