

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6304962号
(P6304962)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 13/04 (2006.01)

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/04 D

G O 2 B 13/18

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-155520 (P2013-155520)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年7月26日 (2013.7.26)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-25951 (P2015-25951A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年2月5日 (2015.2.5)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成28年7月15日 (2016.7.15)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	木村 公平
			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
		審査官	越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群から構成される光学系であって、

前記第2レンズ群は、前記第2レンズ群に含まれるレンズの中で最も物体側に配置された正の屈折力のレンズG21と、負の屈折力のレンズG2nと正の屈折力のレンズG2pを接合した接合レンズと、を有し、

前記レンズG21の焦点距離をf21、前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記レンズG21の物体側のレンズ面の曲率半径をR21a、前記レンズG21の像側のレンズ面の曲率半径をR21b、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、全系の焦点距離をf、前記レンズG2nの材料のアッベ数をv2n、前記レンズG2pの材料のアッベ数をv2pと

するとき、
$$1.54 < f21 / f2 < 3.00$$
$$-7.0 < (R21b + R21a) / (R21b - R21a) < -3.0$$
$$-150.0 < f1 / f < -8.10$$
$$3.0 < v2p / v2n$$

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】

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズG11、負の屈折力のレンズG12、正の屈折力のレンズG13により構成され、

前記レンズ G 1 1 の焦点距離を f_{11} 、前記レンズ G 1 2 の焦点距離を f_{12} とするとき、

$$0.7 < f_{11} / f_{12} < 1.6$$

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 3】

前記レンズ G 2 p の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{2pa} 、像側のレンズ面の曲率半径を R_{2pb} とするとき、

$$-1.0 < (R_{2pb} + R_{2pa}) / (R_{2pb} - R_{2pa}) < 1.0$$

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】

前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを DL_2 、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光軸上の間隔を DL_{12} とするとき、

$$3.0 < DL_2 / DL_{12} < 20.0$$

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、前記第 2 レンズ群に含まれるレンズの中で最も像側に配置された正の屈折力のレンズ G 2 im を有し、該レンズ G 2 im の焦点距離を f_{2im} とするとき、

$$1.4 < f_{2im} / f_2 < 2.0$$

なる条件式を満足す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 2 レンズ群の最も像側のレンズ面から像面までの空気換算長を BF 、全系の焦点距離 f とするとき、

$$1.0 < BF / f < 2.0$$

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 1 項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、前記レンズ G 2 1、負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズを接合した接合レンズ、両凸形状の正の屈折力のレンズより構成され、

前記レンズ G 2 1 の像側のレンズ面は凸形状であ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】

請求項 1 乃至 7 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固体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、光学系に関し、例えば銀塩フィルム用カメラ、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、TVカメラ等の撮像装置に用いられる撮影光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を有する撮像装置に用いられる撮影光学系は高解像度で携帯性が良く、小型で広範囲の撮影が容易なことから広画角であることが要求されている。また、固体撮像素子に入射する光線の入射角度が大きいと画面周辺光量が低下しシェーディングや色ずれが発生するため、テレセントリック性が良いことが求められている。更に最も像側のレンズ面と撮像面との間にローパスフィルターや色補正フィルター等の各種光学素子が配置されることから、比較的長いバックフォーカスを有すること等が要求されている。

【0003】

従来、これらの要求を満足する撮影光学系として、物体側から像側へ順に負の屈折力の

10

20

30

40

50

第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群からなるレトロフォーカス型の撮影光学系が知られている（特許文献1，2）。特許文献1，2では所定の長さのバックフォーカスを有し、全系の小型化と像側のテレセントリック性の良い撮影光学系を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-176018号公報

【特許文献2】特開平7-63986号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

レトロフォーカス型の撮影光学系は長いバックフォーカスを確保しつつ広画角化を図るのが容易である。多くのレトロフォーカス型の撮影光学系は、負の屈折力の第1レンズ群により光束を発散させ、正の屈折力の第2レンズ群により光束を収斂させるため、開口絞りを境にしてレンズ全体が非対称となる。そのため、球面収差やコマ収差等が多く発生してくる。またレンズ全長を短くしたまま、十分な長さのバックフォーカスを確保するためには、第1レンズ群の負の屈折力を強める必要がある。そのため、球面収差やコマ収差等の諸収差が更に多く発生してくる。

【0006】

20

バックフォーカスが長く、全系が小型で、しかも広画角で像側のテレセントリック性が良く、画面全体にわたり高い光学性能を得るには、撮影光学系中の開口絞りの前後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。これらの設定が適切でないと高い光学性能の撮影光学系を得るのが困難になってくる。

【0007】

本発明は、バックフォーカスが長く全系が小型で広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易な光学系の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の光学系は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群から構成される光学系であって、

30

前記第2レンズ群は、前記第2レンズ群に含まれるレンズの中で最も物体側に配置された正の屈折力のレンズG21と、負の屈折力のレンズG2nと正の屈折力のレンズG2pを接合した接合レンズと、を有し、

前記レンズG21の焦点距離を f_{21} 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記レンズG21の物体側のレンズ面の曲率半径を R_{21a} 、前記レンズG21の像側のレンズ面の曲率半径を R_{21b} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、全系の焦点距離を f 、前記レンズG2nの材料のアッベ数を v_{2n} 、前記レンズG2pの材料のアッベ数を v_{2p} とすると、

$$1. \quad 5.4 < f_{21} / f_2 < 3.00$$

$$-7.0 < (R_{21b} + R_{21a}) / (R_{21b} - R_{21a}) < -3.0$$

$$-150.0 < f_1 / f < -8.10$$

$$3.0 < v_{2p} / v_{2n}$$

40

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】

【0009】

本発明によれば、バックフォーカスが長く全系が小型で広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易な光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

50

【図 1】 (A), (B) 本発明の実施例 1 のレンズ断面図と収差図
【図 2】 (A), (B) 本発明の実施例 2 のレンズ断面図と収差図
【図 3】 (A), (B) 本発明の実施例 3 のレンズ断面図と収差図
【図 4】 (A), (B) 本発明の実施例 4 のレンズ断面図と収差図
【図 5】 (A), (B) 本発明の実施例 5 のレンズ断面図と収差図
【図 6】 (A), (B) 本発明の実施例 6 のレンズ断面図と収差図
【図 7】 本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の光学系は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群から構成されている。

10

【0012】

図 1 (A), (B) は本発明の実施例 1 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。図 2 (A), (B) は本発明の実施例 2 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。図 3 (A), (B) は本発明の実施例 3 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。図 4 (A), (B) は本発明の実施例 4 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。

【0013】

図 5 (A), (B) は本発明の実施例 5 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。図 6 (A), (B) は本発明の実施例 6 のレンズ断面図と無限遠に合焦したときの収差図である。図 7 は本発明の光学系を備えるカメラ（撮像装置）の概略図である。

20

【0014】

各実施例の光学系は、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置（光学装置）に用いられる撮影光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。尚、各実施例の光学系をプロジェクターなどの投射レンズとして用いても良い。このときは左方がスクリーン側、右方が被投射画像側となる。

【0015】

レンズ断面図において、L A は光学系である。光学系 L A は開口絞り S P を挟んで物体側に負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 と像側に正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 を有する構成よりなっている。

30

【0016】

G B は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。I P は像面であり、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には C C D センサや C M O S センサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【0017】

それぞれの収差図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲、倍率色収差を表している。球面収差を示す図において、実線は d 線（587.6 nm）、二点鎖線は g 線（435.8 nm）を表している。また、非点収差を示す図において、実線は d 線のサジタル方向 ΔS 、破線は d 線のメリディオナル方向 ΔM を表している。また、歪曲を示す図は、d 線における歪曲を表している。倍率色収差は d 線に対する g 線について表している。F n o は F ナンバー、 ω は撮影画角の半画角（度）を示す。

40

【0018】

次に本発明の光学系の特徴について説明する。各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ G 1 1、負の屈折力のレンズ G 1 2、正の屈折力のレンズ G 1 3 より構成される。第 2 レンズ群 L 2 は、物体側から像側へ順に、像側のレンズ面が凸形状の正の屈折力のレンズ G 2 1、負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズを接合した接合レンズ G 2 2、両凸形状の正の屈折力のレンズ G 2 i m よ

50

り構成されている。特に第2レンズ群L2の最も物体側には、像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズG21を配している。

【0019】

レンズG21によって第1レンズ群L1で発生した球面収差とコマ収差を補正している。また、第2レンズ群L2は物体側が負の屈折力のレンズG2nと、像側が正の屈折力のレンズG2pとを接合した接合レンズG22を有している。また、第2レンズ群L2は、最も像側に、正の屈折力のレンズG2imを有している。

【0020】

各実施例は長いバックフォーカスを確保しつつ、レンズ全長が短く、広画角で、明るいFナンバーの光学系である。また周辺画角まで諸収差が良好に補正された、高い光学性能を有している。

10

【0021】

各実施例は、物体距離に応じてレンズ全系或いは一部のレンズを光軸方向に移動させることでフォーカシングを行っている。尚、本発明の光学系は、パンフォーカスレンズとすることで、焦点調節機構を持たなくても良い。

【0022】

実施例3では、第1レンズ群L1のレンズG11の像側の面を非球面形状としている。これにより、球面収差と像面湾曲を更に良好に補正している。また、実施例6において、第2レンズ群L2のレンズG2imの物体側の面を非球面形状としている。これにより、FナンバーFno2.0という明るく、しかも球面収差と像面湾曲と非点収差等を良好に補正した光学系を達成している。

20

【0023】

本発明の光学系LAは物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、開口絞りSP、正の屈折力の第2レンズ群L2からなっている。第2レンズ群L2は最も物体側に正の屈折力のレンズG21を有し、レンズG21の焦点距離をf21、第2レンズ群L2の焦点距離をf2、レンズG21の物体側のレンズ面の曲率半径をR21a、レンズG21の像側のレンズ面の曲率半径をR21bとする。このとき、

$$1.54 < f_{21} / f_2 < 3.00 \quad \dots (1)$$

$$-7.0 < (R_{21b} + R_{21a}) / (R_{21b} - R_{21a}) < -3.0 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足する。

30

【0024】

次に条件式(1)、(2)の技術的意味について説明する。条件式(1)と条件式(2)はレトロフォーカス型の光学系において主に球面収差とコマ収差を良好に補正するためのものである。

【0025】

条件式(1)は、諸収差を補正するために、第2レンズ群L2の最も物体側のレンズG21の屈折力を規定している。条件式(1)の下限を超えレンズG21の焦点距離f21が第2レンズ群L2の焦点距離f2に対して短くなると(屈折力が大きくなると)、レンズG21の各レンズ面の曲率がきつく(小さく)なりすぎて、球面収差やコマ収差等が大きくなり発生してしまう。

40

【0026】

更に、高次の収差も多く発生しやすくなる。条件式(1)の上限を超えレンズG21の焦点距離f21が長くなると(屈折力が小さくなると)、レンズG21の屈折力が小さくなる。その結果、収差を十分に補正することが困難になり、また、光束を十分に収束することができず、第2レンズ群L2の像側に近いレンズの有効径が増大するため、好ましくない。また、条件式(1)の上限を超えて第2レンズ群L2の焦点距離f2が短くなると、第2レンズ群L2の屈折力が大きく(強く)なりすぎ、十分な長さのバックフォーカスを確保するのが困難になる。

【0027】

条件式(2)は第1レンズ群L1で発生した球面収差とコマ収差を軸上から軸外にかけ

50

て良好に補正するために、レンズG 2 1のレンズ形状を規定している。条件式(2)は、式値が-1を下回るとレンズG 2 1が像側に凸のメニスカス形状となることを示している。条件式(2)の下限を超えてレンズG 2 1のメニスカス形状がきつくなると、球面収差とコマ収差が過剰に発生し、諸収差の補正が困難になる。

【0028】

加えてレンズG 2 1の各レンズ面の曲率がきつくなるので高次の収差が多く発生してくるので好ましくない。条件式(2)の上限を超えてレンズG 2 1のメニスカス形状がゆるくなると、十分な収差補正が困難となる。尚、更に好ましくは条件式(1)と条件式(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0029】

1. $54 < f_{21} / f_2 < 2.85 \dots (1a)$
 $-6.5 < (R_{21b} + R_{21a}) / (R_{21b} - R_{21a}) < -3.2 \dots (2a)$
 更に好ましくは条件式(1a)と条件式(2a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

1. $54 < f_{21} / f_2 < 2.82 \dots (1b)$
 $-6.0 < (R_{21b} + R_{21a}) / (R_{21b} - R_{21a}) < -3.4 \dots (2b)$
 以上により、長いバックフォーカスが得られ、良好なる光学性能を有した光学系が得られる。

【0030】

本発明において、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。第1レンズ群L 1は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズG 1 1、負の屈折力のレンズG 1 2、正の屈折力のレンズG 1 3により構成される。第1レンズ群L 1の焦点距離を f_1 、全系の焦点距離を f 、レンズG 1 1の焦点距離を f_{11} 、レンズG 1 2の焦点距離を f_{12} とする。

【0031】

第2レンズ群L 2は、負の屈折力のレンズG 2 n(負レンズG 2 n)と正の屈折力のレンズG 2 p(正レンズG 2 p)を接合した接合レンズG 2 2を含み、負レンズG 2 nの材料のアッベ数を v_{2n} 、正レンズG 2 pの材料のアッベ数を v_{2p} とする。正レンズG 2 pの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{2pa} 、像側のレンズ面の曲率半径を R_{2pb} とする。第2レンズ群L 2の光軸上の厚さ(第2レンズ群L 2における、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 D_{L2} 、第1レンズ群L 1と第2レンズ群L 2の光軸上の間隔を D_{L12} とする。

【0032】

第2レンズ群L 2は第2レンズ群L 2に含まれるレンズの中で最も像側に配置された、正の屈折力のレンズG 2 imを有し、レンズG 2 imの焦点距離を f_{2im} とする。第2レンズ群の最も像側のレンズ面から像面までの空気換算長をBFとする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0033】

- $-150.00 < f_1 / f < -8.10 \dots (3)$
- $0.70 < f_{11} / f_{12} < 1.60 \dots (4)$
- $3.00 < v_{2p} / v_{2n} \dots (5)$
- $-1.0 < (R_{2pb} + R_{2pa}) / (R_{2pb} - R_{2pa}) < 1.0 \dots (6)$
- $3.0 < D_{L2} / D_{L12} < 20.0 \dots (7)$
- $1.40 < f_{2im} / f_2 < 2.00 \dots (8)$
- $1.00 < BF / f < 2.00 \dots (9)$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0034】

条件式(3)と条件式(4)はレトロフォーカス型の光学系において広画角で長いバックフォーカスを十分に確保しつつ、歪曲収差を良好に補正するためのものである。条件式(3)は第1レンズ群L 1、条件式(4)はレンズG 1 1、レンズG 1 2の屈折力を規定

10

20

30

40

50

している。

【0035】

条件式(3)の下限を超え第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 の絶対値が大きくなると、第1レンズ群L1の負の屈折力が小さく(弱く)なり、十分な長さのバックフォーカスを確保するのが困難になる。条件式(3)の上限を超え焦点距離 f_1 の絶対値が小さくなると、第1レンズ群L1の負の屈折力が過度に大きくなり(強まり)、諸収差、特に歪曲収差が増大する。

【0036】

条件式(4)の下限を超えレンズG11の焦点距離 f_{11} の絶対値が小さくなると、レンズG11の屈折力が大きくなりすぎ、歪曲収差が増大してくる。また、レンズG11のレンズ面の曲率が強く(小さく)なるのでレンズコバ厚を十分確保するために、前玉有効径が大型化してしまう。条件式(4)の上限を超えレンズG11の焦点距離の絶対値が大きくなると、レンズG11の屈折力が小さくなりすぎる。そのため、相対的にレンズG12の屈折力を大きくする必要がある、この結果、レンズG12より歪曲収差が多く発生してくる。

【0037】

尚、更に好ましくは条件式(3)と条件式(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$-140.00 < f_1 / f < -8.10 \quad \dots (3a)$$

$$0.80 < f_{11} / f_{12} < 1.50 \quad \dots (4a)$$

更に好ましくは条件式(3a)と条件式(4a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$-135.00 < f_1 / f < -8.10 \quad \dots (3b)$$

$$0.90 < f_{11} / f_{12} < 1.45 \quad \dots (4b)$$

【0038】

条件式(5)はレトロフォーカス型の光学系において第2レンズ群L2において、軸上色収差と軸外色収差の補正を良好に行うためのものである。第2レンズ群L2内に接合レンズを配置することで、軸上色収差と軸外色収差を効果的に補正している。

【0039】

条件式(5)の下限を超えて負レンズG2nと正レンズG2pの材料のアッペ数の比が小さくなると、軸上色収差が補正不足になる。また条件式(5)の下限を超えて軸上色収差を補正しようとした場合、接合レンズG22の負レンズG2nと正レンズG2pの屈折力が強くなりすぎ、諸収差が増大し、高い光学性能を得ることが困難となる。尚、更に好ましくは条件式(5)と数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0040】

$$3.30 < v_{2p} / v_{2n} \quad \dots (5a)$$

更に好ましくは条件式(5a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$3.35 < v_{2p} / v_{2n} \quad \dots (5b)$$

【0041】

条件式(6)は第2レンズ群L2の接合レンズG22において軸上色収差と軸外色収差の補正と軸外のコマ収差・像面湾曲等の補正を効果的に行うためのものである。接合レンズG22の正レンズG2pのレンズ形状を規定している。条件式(6)の範囲内にあることで、接合レンズG22の正レンズG2pは両凸形状であることを示している。

【0042】

条件式(6)の下限を超えると、正レンズG2pの像側のレンズ面の曲率がきつくなりすぎ、像面湾曲が増加する。また接合レンズG22の負レンズG2nの負の屈折力を確保するために、接合レンズG22の負レンズG2nの物体側のレンズ面の曲率がきつくなりすぎ、コマ収差が増加する。条件式(6)の上限を超えると、正レンズG2pの物体側のレンズ面の曲率がきつくなり、レンズG21よりコマ収差が多く発生する。また像面湾曲も増加してくる。尚、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

10

20

30

40

50

い。

【0043】

$$-0.5 < (R2pb + R2pa) / (R2pb - R2pa) < 0.5 \dots (6a)$$

更に好ましくは条件式(6a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.0 < (R2pb + R2pa) / (R2pb - R2pa) < 0.4 \dots (6b)$$

【0044】

条件式(7)はレンズG21によって球面収差とコマ収差を良好に補正するために、レンズG21の光軸方向の位置を規定するためのものである。条件式(7)の上限を超えて、レンズG21が第1レンズ群L1側に近づくと、レンズG21に入射する軸外光の上線の高さが低くなりすぎるために、コマ収差の補正が困難になる。条件式(7)の下限を超えると、レンズG21が第1レンズ群L1側から遠ざかり、球面収差とコマ収差の補正が困難となる。またレンズG21の有効径が大きくなり、全系が大型化するので良くない。

10

【0045】

尚、更に好ましくは条件式(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$4.0 < DL2 / DL12 < 10.0 \dots (7a)$$

更に好ましくは条件式(7a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$4.5 < DL2 / DL12 < 9.8 \dots (7b)$$

【0046】

条件式(8)はレンズ全系で発生した像面湾曲を良好に補正し、尚且つ像側テレセントリック性を確保するためのものである。第2レンズ群L2の最も像側に正の屈折力のレンズG2imを配し、レンズG2imの屈折力を規定している。条件式(8)の下限を超えてレンズG2imの焦点距離f2imが短くなると、レンズG2imの屈折力が強くなりすぎ、像面湾曲が多く発生する。条件式(8)の上限を超えてレンズG2imの焦点距離f2imが長くなると、像面湾曲の補正効果が弱くなり、レンズ総厚が増加してしまう。更に像側テレセントリック性も低下する。

20

【0047】

尚、更に好ましくは条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.40 < f2im / f2 < 1.80 \dots (8a)$$

更に好ましくは条件式(8a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.45 < f2im / f2 < 1.75 \dots (8b)$$

30

【0048】

条件式(9)はレトロフォーカス型の光学系において、高い光学性能をもちながら、所望の長さのバックフォーカスを確保するためのものである。条件式(9)の下限を超えると、全系の焦点距離に対してバックフォーカスが短くなりすぎ、所望の長さのバックフォーカスを得るのが困難となる。

【0049】

また、射出瞳が像面に対して短くなり、像側テレセントリック性が低下する。射出瞳を像面に対して長くしようとすると、コマ収差が増大してくる。条件式(9)の上限を超えると、バックフォーカスは長くなるが、第1レンズ群L1の屈折力が強くなりすぎるため、像面湾曲や非点収差、コマ収差等が増大してくる。尚、更に好ましくは条件式(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

40

$$1.10 < BF / f < 2.00 \dots (9a)$$

更に好ましくは条件式(9a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.12 < BF / f < 1.50 \dots (9b)$$

【0050】

次に、本発明の実施例1乃至6に対応する数値実施例1乃至6について説明する。これらの数値実施例において、面番号iは物体側からの順番を示し、riは物体側から順に第i番目の面の曲率半径、diは物体側から順に第i番目と第i+1番目との間のレンズ厚又は空気間隔である。ndiとvdiはそれぞれ物体側から順に第i番目の光学部材の材料のd線における屈折率とアッペ数である。数値実施例において最も像側の2つの面はフ

50

ィルター、フェースプレート等の光学ブロックの面である。

【0051】

非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直な方向にH軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、K、A₄、A₆を各々非球面係数としたとき、

【0052】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6$$

10

【0053】

なる式で表している。また、「e-0X」の表示は「10^{-X}」を意味している。各数値実施例において、バックフォーカス（BF）はレンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算長により表したものである。レンズ全長は最も物体側の面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。また、各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。

【0054】

[数値実施例1]

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	7.174	0.90	1.91082	35.3
2	3.290	1.54		
3	9.597	0.90	1.83481	42.7
4	3.515	0.79		
5	31.506	2.60	2.00100	29.1
6	-6.834	0.71		
7(絞り)	∞	0.59		
8	-6.615	1.05	1.80400	46.6
9	-4.499	2.57		
10	620.492	0.45	1.95906	17.5
11	5.487	2.70	1.51823	58.9
12	-6.644	0.10		
13	23.714	1.10	2.00100	29.1
14	-23.714	2.69		
15	∞	4.87	1.51633	64.1
16	∞	0.13		
像面	∞			

30

40

各種データ

焦点距離	4.10
Fナンバー	2.56
半画角（度）	36.24
像高	3.01
レンズ全長	23.70
BF	6.03

レンズ群データ

群 始面	焦点距離
------	------

50

1 1 -120.30
2 7 7.16

【0055】

[数値実施例2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	6.921	1.14	1.95375	32.3
2	3.349	1.63		
3	10.760	0.52	1.83481	42.7
4	3.481	0.80		
5	52.408	2.72	2.00100	29.1
6	-7.068	1.17		
7(絞り)	∞	0.32		
8	-8.747	1.10	1.80400	46.6
9	-4.852	3.00		
10	-74.050	0.63	1.95906	17.5
11	5.650	2.55	1.51823	58.9
12	-6.367	0.10		
13	16.448	1.17	2.00100	29.1
14	-24.004	1.80		
15	∞	4.76	1.51633	64.1
16	∞	0.52		
像面	∞			

10

20

各種データ

焦点距離 3.80
Fナンバー 2.50
半画角(度) 38.37
像高 3.01
レンズ全長 23.93
BF 5.47

30

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-30.56
2	7	6.74

40

【0056】

[数値実施例3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	6.998	0.90	1.91082	35.3
2*	3.209	1.63		
3	23.927	0.90	1.83481	42.7
4	3.576	0.79		

50

5	10.588	2.60	1.95375	32.3
6	-7.281	0.90		
7(絞り)	∞	0.51		
8	-6.695	1.05	1.80400	46.6
9	-4.765	2.57		
10	37.102	0.45	1.95906	17.5
11	5.170	2.70	1.48749	70.2
12	-6.573	0.10		
13	12.685	1.10	2.00100	29.1
14	-227.275	1.80		
15	∞	4.87	1.51633	64.1
16	∞	0.75		
像面	∞			

10

非球面データ

第2面

K =-1.71543e-001 A 4= 1.44140e-004 A 6=-1.43198e-005

各種データ

焦点距離	3.86
Fナンバー	2.56
半画角（度）	37.94
像高	3.01
レンズ全長	23.62
BF	5.76

20

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-446.26
2	7	7.05

30

【0 0 5 7】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	6.056	1.13	2.00100	29.1
2	3.264	1.71		
3	10.302	0.73	1.83481	42.7
4	3.568	0.83		
5	-46.835	2.79	2.00100	29.1
6	-6.109	1.50		
7(絞り)	∞	0.43		
8	-7.019	1.23	1.80400	46.6
9	-4.972	3.02		
10	18.242	0.66	1.95906	17.5
11	5.204	2.62	1.49700	81.5
12	-6.658	0.50		
13	13.270	1.07	2.00100	29.1

40

50

14	-43.957	1.00		
15	∞	4.81	1.51633	64.1
16	∞	0.42		
像面	∞			

各種データ

焦点距離	3.37
Fナンバー	2.56
半画角（度）	41.70
像高	3.01
レンズ全長	24.44
BF	4.59

10

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-48.58
2	7	6.10

【0058】

[数値実施例5]

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	4.832	0.71	1.91082	35.3
2	2.470	0.99		
3	6.520	0.45	1.83481	42.7
4	2.768	0.87		
5	20.631	1.62	2.00100	29.1
6	-5.863	0.50		
7(絞り)	∞	0.42		
8	-5.507	1.24	1.80400	46.6
9	-3.630	1.91		
10	24.685	0.45	1.95906	17.5
11	3.891	3.98	1.51823	58.9
12	-8.188	0.13		
13	12.198	1.23	2.00100	29.1
14	-182.990	3.50		
15	∞	1.00	1.51633	64.1
16	∞	0.47		
像面	∞			

30

40

各種データ

焦点距離	4.10
Fナンバー	2.56
半画角（度）	36.25
像高	3.01
レンズ全長	19.45
BF	4.63

50

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-547.10
2	7	6.59

【0059】

[数値実施例6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	7.174	0.90	1.91082	35.3
2	3.290	1.54		
3	8.250	0.90	1.83481	42.7
4	3.515	0.79		
5	75.000	2.60	2.00100	29.1
6	-6.834	0.71		
7(絞り)	∞	0.59		
8	-6.615	1.05	1.80400	46.6
9	-4.499	2.57		
10	150.000	0.45	1.95906	17.5
11	5.900	2.70	1.49700	81.5
12	-6.000	0.95		
13*	17.361	1.10	2.00100	29.1
14	-23.714	1.50		
15	∞	4.87	1.51633	64.1
16	∞	0.39		
像面	∞			

10

20

非球面データ

第13面

K = -6.82681e+000 A 4 = -5.00000e-006 A 6 = 2.00000e-006

30

各種データ

焦点距離	3.71
Fナンバー	2.00
半画角(度)	39.04
像高	3.01
レンズ全長	23.62
BF	5.10

40

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-55.18
2	7	6.49

【0060】

【表 1】

表 1

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	2.00	1.79	2.35	2.81	1.55	2.21
(2)	-5.25	-3.49	-5.94	-5.86	-4.87	-5.25
(3)	-29.36	-8.11	-115.73	-14.72	-133.44	-14.88
(4)	1.05	1.27	1.43	1.29	1.06	0.93
(5)	3.37	3.37	4.02	4.67	3.37	4.67
(6)	0.10	0.06	0.12	0.12	0.36	0.01
(7)	6.10	5.72	5.67	4.72	9.72	6.73
(8)	1.67	1.47	1.71	1.73	1.74	1.56
(9)	1.47	1.44	1.49	1.39	1.13	1.38

10

【0061】

次に各実施例に示したような光学系を、撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施形態を図7を用いて説明する。

【0062】

図7において、20はカメラ本体、21は実施例1～6で説明したいずれかの光学系によって構成された撮影光学系である。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサーやCMOSセンサー等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

20

【0063】

このように本発明の光学系をデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能をもった撮像装置を実現できる。

【0064】

各実施例の光学系はクイックリターンミラーのある一眼レフカメラや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同様に適用できる。

【0065】

以上のように各実施例によれば、十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、レンズ全長が短く、周辺画角まで収差が良好に補正された光学系及びそれを有する撮像装置が得られる。

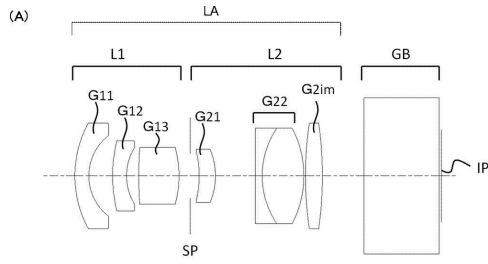
30

【符号の説明】

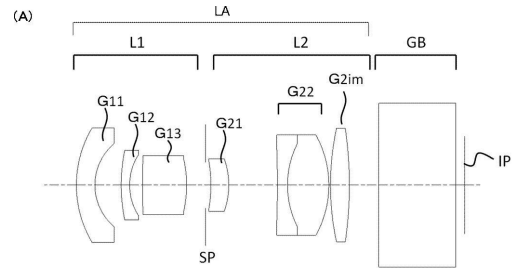
【0066】

L1 第1レンズ群 L2 第2レンズ群

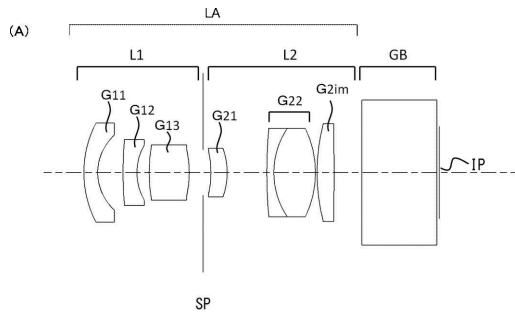
【図 1】



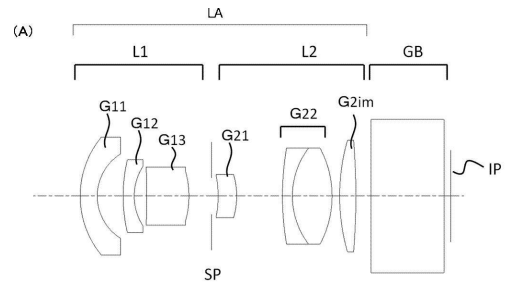
【図 2】



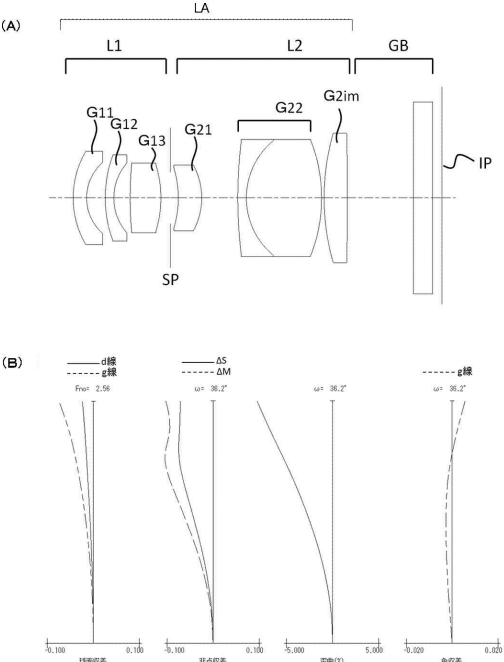
【図 3】



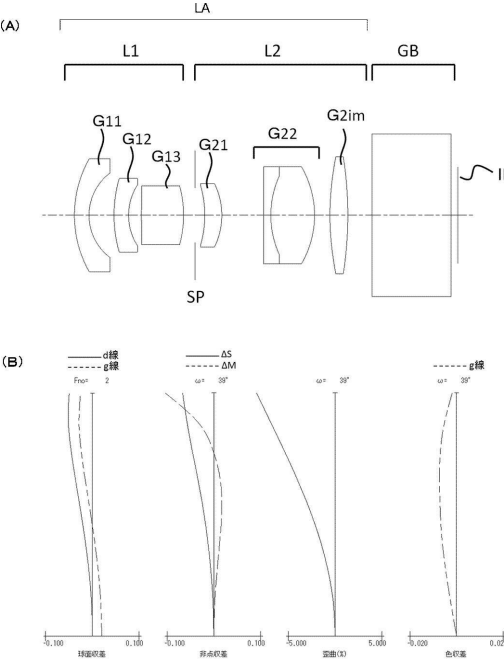
【図 4】



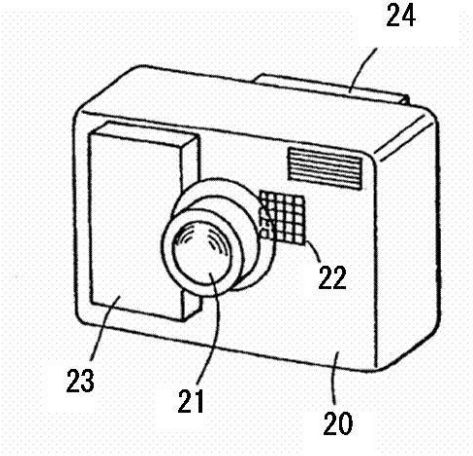
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-181377 (JP, A)
特開2010-204241 (JP, A)
特開2003-066329 (JP, A)
特開2002-098886 (JP, A)
特開2003-233000 (JP, A)
特開2008-233610 (JP, A)
特開2009-047947 (JP, A)
特開2004-177435 (JP, A)
国際公開第2012/026069 (WO, A1)
国際公開第2011/148822 (WO, A1)
米国特許出願公開第2013/0141629 (US, A1)
米国特許出願公開第2009/0052061 (US, A1)
米国特許出願公開第2012/0133802 (US, A1)

(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