

【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30年2月22日(2018.2.22)

【公開番号】特開2016-161650(P2016-161650A)

【公開日】平成28年9月5日(2016.9.5)

【年通号数】公開・登録公報2016-053

【出願番号】特願2015-38267(P2015-38267)

【国際特許分類】

G 02 B 13/02 (2006.01)

G 03 B 5/00 (2006.01)

【F I】

G 02 B 13/02

G 03 B 5/00 J

【手続補正書】

【提出日】平成30年1月11日(2018.1.11)

【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】

物体側から順に、第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され、

前記第1レンズ群及び前記第3レンズ群を光軸方向固定し、前記第2レンズ群を光軸方向に移動させることで無限遠物体から有限距離物体への合焦を行い、

下記条件を満足することを特徴とする光学系。

1.90 < N d 1 . . . (1)

0 < C r 1 f / f . . . (2)

但し、

N d 1 : 前記第1レンズ群において最も物体側に配置されるレンズのd線における屈折率

C r 1 f : 前記第1レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径

f : 当該光学系全系の焦点距離

である。

【請求項2】

前記第1レンズ群において、最も像側に配置される面が下記条件を満足する請求項1に記載の光学系。

0 < C r 1 r / f . . . (3)

但し、

C r 1 r : 前記第1レンズ群において、最も像面側に配置される面の曲率半径である。

【請求項3】

前記第2レンズ群が下記条件を満足する請求項1又は請求項2に記載の光学系。

0.4 < f 2 / f < 3.0 . . . (4)

但し、

f 2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

f : 当該光学系全系の焦点距離

である。

【請求項 4】

前記第2レンズ群において最も物体側に配置される面が下記条件を満足する請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の光学系。

$$0 < C r 2 f / f \cdots \cdots (5)$$

但し、

$C r 2 f$ ：前記第2レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径である。

【請求項 5】

前記第1レンズ群において、最も像側に配置される面と、前記第2レンズ群において最も物体側に配置される面とが下記条件を満足する請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.65 < C r 2 f / C r 1 r < 2.00 \cdots \cdots (6)$$

但し、

$C r 1 r$ ：前記第1レンズ群において最も像側に配置される面の曲率半径

$C r 2 f$ ：前記第2レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径である。

【請求項 6】

前記第2レンズ群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚含み、

当該負の屈折力を有するレンズが下記条件を満足する請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.50 < (R 1 + R 2) / (R 1 - R 2) < 5.00 \cdots \cdots (7)$$

但し、

$R 1$ ：前記第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズの物体側の面の曲率半径

$R 2$ ：前記第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズの像側の面の曲率半径

【請求項 7】

前記第2レンズ群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚含み、

当該負の屈折力を有するレンズが下記条件を満足する請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光学系。

$$d 2 n < 50.0 \cdots \cdots (8)$$

但し、

$d 2 n$ ：当該負の屈折力を有するレンズのd線におけるアッベ数
である。

【請求項 8】

前記第1レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一枚含み、

当該正の屈折力を有するレンズが下記条件を満足する請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.009 < P g F 1 \cdots \cdots (9)$$

但し、

$P g F 1$ ：前記第1のレンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのC7（部分分散比：0.5393、d：60.49）及びF2（部分分散比：0.5829、d：36.30）の部分分散比とdの座標を通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差。

である。

【請求項 9】

前記第3レンズ群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚有する請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記第1レンズ群が下記条件を満足する請求項1から請求項9のいずれか一項に記載の光学系。

2 . 6 < | f 1 | / f . . . (1 0)

但し、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離
である。

【請求項 1 1】

前記第 2 レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一枚含み、
当該正の屈折力を有するレンズが下記条件を満足する請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載の光学系。

0 . 0 0 9 < Pg F 3 . . . (1 1)

但し、

Pg F 3 : 前記第 2 レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの C 7 (部分分散比 : 0 . 5 3 9 3 、 d : 6 0 . 4 9) 及び F 2 (部分分散比 : 0 . 5 8 2 9 、 d : 3 6 . 3 0) の部分分散比と d の座標を通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差

である。

【請求項 1 2】

請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか一項に記載の光学系と、当該光学系の像側に設けられた、前記光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする撮像装置。

【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】光学系及び撮像装置

【技術分野】

【0 0 0 1】

本件発明は、光学系及び撮像装置に関し、特に、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の固体撮像素子を用いた撮像装置に好適な光学系及び当該光学系を備えた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来より、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ等の固体撮像素子を用いた撮像装置が普及している。特に、近年の撮像光学系の高性能化、小型化等に伴い、小型の撮像システムの普及が急速に進んでいる。

【0 0 0 3】

このような小型の撮像システムでは、より一層の高性能化及び小型化が求められると共に、特に、単焦点光学系では大口径化に対する要望が大きい。例えば、特許文献 1 には、至近性能の良好な小型の F n o が 2 . 8 より小さい大口径単焦点光学系が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開平 7 - 1 9 9 0 6 6 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 に記載の光学系では、色収差の補正が不十分であり、高性能化が十分であるとはいえない。

そこで、本発明の課題は、小型の撮像システムに好適な小型、高性能、且つ、大口径の光学系及び撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本件発明に係る光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群及び前記第3レンズ群を光軸方向固定し、前記第2レンズ群を光軸方向に移動させることで無限遠物体から有限距離物体への合焦を行い、下記条件を満足することを特徴とする。

【0007】

$$\begin{array}{lll} 1.90 < N_d 1 & \cdots (1) \\ 0 < C_r 1 f / f & \cdots (2) \end{array}$$

【0008】

但し、

$N_d 1$ ：前記第1レンズ群において最も物体側に配置されるレンズのd線における屈折率

$C_r 1 f$ ：前記第1レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径

f ：当該光学系全系の焦点距離

である。

【0009】

また、本件発明の撮像装置は、上記本件発明に係る光学系と、当該光学系の像面側に、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本件発明によれば、小型の撮像システムに好適な小型、高性能、且つ、大口径の光学系及び撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本件発明の実施例1の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図2】実施例1の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図3】本件発明の実施例2の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図4】実施例2の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図5】本件発明の実施例3の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図6】実施例3の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図7】本件発明の実施例4の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図8】実施例4の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図9】本件発明の実施例5の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図10】実施例5の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【図11】本件発明の実施例6の光学系のレンズ構成例を示す断面図である。

【図12】実施例6の光学系の無限遠合焦時の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本件発明に係る光学系及び撮像装置の実施の形態を説明する。

【0013】

1. 光学系

1-1. 光学系の構成

本件発明に係る光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群及び前記第3レンズ群を光軸方向に固定し、前記第2レンズ群を光軸方向に移動させることで無限遠物体から有限距離物体への合焦を行い、後述する条件式(1)及び条件式(2)で表される条件を満足することを特徴とする。まず、本件発明に係る光学系の光学系の構成について説明する。

【0014】

本件発明に係る光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され、像面側に配置される第2レンズ群と第3レンズ群とにより光束を集光することができるため、大口径化を図ることができる。

【0015】

また、本件発明では、第1レンズ群と第3レンズ群とを光軸方向に固定し、第2レンズ群を光軸方向に移動させることで無限遠物体から有限距離物体への合焦を行う。当該光学系を構成する第1レンズ群から第3レンズ群のうち、一部のレンズ群である第2レンズ群のみを移動させるため、合焦群の小型化及び軽量化を図り、当該光学系の鏡筒構成を含めた全体の小型化及び軽量化を図ることができる。また、合焦群を移動させるための負荷を小さくすることができ、迅速な合焦動作を行わせることができる。

【0016】

以下、各レンズ群の構成について説明する。

【0017】

(1) 第1レンズ群

第1レンズ群は、後述する条件式(1)及び条件式(2)を満足する限り、その他の具体的なレンズ構成は特に限定されるものではない。本件発明において、第1レンズ群の屈折力は正でも良く、負でも良い。本件発明において、第1レンズ群の屈折力が正及び負のいずれであっても、本件発明の効果を得ることができる。なお、条件式に関する事項、より好ましいレンズ構成等については後述する。他のレンズ群についても同様である。

【0018】

(2) 第2レンズ群

第2レンズ群は、正の屈折力を有する限り、その具体的なレンズ構成は特に限定されるものではないが、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚有することが好ましい。正の屈折力を有する第2レンズ群内に、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚配置することにより、合焦時における第2レンズ群の移動に伴う色収差の変動を抑制することができ、被写体との距離によらず優れた結像性能を得ることができる。

【0019】

(3) 第3レンズ群

第3レンズ群は、正の屈折力を有する限り、その具体的なレンズ構成は特に限定されるものではないが、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚有することが好ましい。正の屈折力を有する第3レンズ群内に、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚配置することにより、第3レンズ群における色収差発生を抑制することができ、良好な結像性能を実現することができる。

【0020】

また、第3レンズ群において、最も像面側に配置される面が、像面側に凸の形状を有することが好ましい。当該光学系における最終面を像面側に凸の形状とすることにより、最終面において光束を集光させることができ、当該光学系のレンズ径を大きくすることなく、大口径化を実現することができる。

【0021】

(4) 防振群

本件発明に係る光学系において、上述した第1レンズ群～第3レンズ群のうち、いずれかのレンズ群の全体又は一部を光軸に垂直方向に移動させて、撮像時の振動等に起因する回転ブレ等を補正する防振群として用いてもよい。

【0022】

1-2. 条件式

次に、本件発明に係る光学系が満足すべき条件、又は、満足することが好ましい条件について説明する。

【0023】

まず、本件発明に係る光学系は、以下の条件式(1)及び条件式(2)で表される条件を満足するものとする。

【0024】

$$\begin{aligned} 1.90 &< N_{d1} \dots (1) \\ 0 &< C_{r1f}/f \dots (2) \end{aligned}$$

【0025】

但し、

N_{d1} ：第1レンズ群において最も物体側に配置されるレンズのd線における屈折率

C_{r1f} ：第1レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径

f ：当該光学系全系の焦点距離

である。

【0026】

1-2-1. 条件式(1)

上記条件式(1)は、第1レンズ群において最も物体側に配置されるレンズ(材料)のd線における屈折率を規定する式である。条件式(1)を満足する場合、第1レンズ群において最も物体側に配置されるレンズの屈折率が適切な値となり、像面湾曲を良好に補正することができる。このため、小型、且つ、高性能な光学系を得ることができる。

【0027】

これに対して、条件式(1)の数値が下限値以下になると、第1レンズ群の最も物体側に配置されるレンズの屈折率が小さく、像面湾曲を補正することが困難になるため、好ましくない。

【0028】

これらの効果を得る上で、第1レンズ群において、最も物体側に配置されるレンズが、下記の条件式(1)'を満足することが好ましく、条件式(1)''を満足することがより好ましく、条件式(1)'''を満足することがさらに好ましい。

【0029】

$$\begin{aligned} 1.92 &< N_{d1} \dots (1)' \\ 1.94 &< N_{d1} \dots (1)'' \\ 1.95 &< N_{d1} \dots (1)''' \end{aligned}$$

【0030】

1-2-2. 条件式(2)

本件発明に係る光学系では、第1レンズ群において、最も物体側に配置される面が下記条件を満足することが好ましい。

【0031】

$$0 < C_{r1f}/f \dots (2)$$

但し、

C_{r1f} ：第1レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径
である。

【0032】

条件式(2)は、第1レンズ群において、最も物体側に配置される面の曲率半径を規定する式である。条件式(2)を満足する場合、第1レンズ群において、最も物体側に配置

される面が物体側に凸の形状となり、少ないレンズ枚数で歪曲収差や像面湾曲の補正を良好に行うことができる。このため、小型、且つ、高性能な光学系を得ることができる。

【0033】

これに対して、条件式(2)を満足しない場合、すなわち、第1レンズ群において最も物体側に配置される面が平面又は物体側に凹の形状となる場合、少ないレンズ枚数で歪曲収差や像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。

【0034】

これらの効果を得る上で、第1レンズ群において最も物体側に配置される面が、下記の条件式(2)'を満足することが好ましく、条件式(2)''を満足することがより好ましく、条件式(2)'''を満足することがさらに好ましく、条件式(2)''''を満足することが最も好ましい。

【0035】

$$\begin{aligned} 0.2 < C_{r1} f / f &< 20.0 \dots (2)' \\ 0.3 < C_{r1} f / f &< 10.0 \dots (2)'' \\ 0.4 < C_{r1} f / f &< 5.0 \dots (2)''' \\ 0.5 < C_{r1} f / f &< 3.0 \dots (2)'''' \end{aligned}$$

【0036】

1-2-3. 条件式(3)

本件発明に係る光学系では、第1レンズ群において、最も像面側に配置される面が下記条件を満足することが好ましい。

【0037】

$$0 < C_{r1} r / f \dots (3)$$

但し、

$C_{r1} r$ ：第1レンズ群において、最も像面側に配置される面の曲率半径である。

【0038】

条件式(3)は、第1レンズ群において、最も像面側に配置される面の曲率半径を規定する式である。条件式(3)を満足する場合、第1レンズ群において、最も像面側に配置される面が物体側に凸の形状となり、像面湾曲の補正を良好に行うことができる。このため、小型、且つ、高性能な光学系を得ることがより容易になる。

【0039】

これに対して、条件式(3)を満足しない場合、第1レンズ群において最も像面側に配置される面が平面又は物体側に凹の形状となり、像面湾曲の補正が困難になり、光学系の小型化も困難になる。

【0040】

これらの効果を得る上で、第1レンズ群において最も像面側に配置される面が、下記の条件式(3)'を満足することが好ましく、条件式(3)''を満足することがより好ましく、条件式(3)'''を満足することがさらに好ましく、条件式(3)''''を満足することが最も好ましい。

【0041】

$$\begin{aligned} 0.10 < C_{r1} r / f &< 3.00 \dots (3)' \\ 0.20 < C_{r1} r / f &< 1.60 \dots (3)'' \\ 0.25 < C_{r1} r / f &< 1.20 \dots (3)''' \\ 0.25 < C_{r1} r / f &< 0.80 \dots (3)'''' \end{aligned}$$

【0042】

1-2-4. 条件式(4)

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群が下記条件を満足することが好ましい。

【0043】

$$0.4 < f_2 / f < 3.0 \dots (4)$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

である。

【0044】

条件式(4)は、当該光学系全系の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離の比を規定する式である。条件式(4)を満足する場合、合焦時の第2レンズ群の移動量を小さくすることができ、光学全長方向における当該光学系の小型化を図ることができる。また、条件式(4)を満足する場合、第2レンズ群の焦点距離、すなわち屈折力が適正な範囲内となり、合焦時における第2レンズ群の位置変化に伴う収差変動を抑制することができ、より少ないレンズ枚数で物体距離によらず良好な結像性能を実現することができる。

【0045】

これに対して、条件式(4)の数値が上限値以上になると、すなわち第2レンズ群の焦点距離が大きく、すなわち、第2レンズ群の屈折力が小さく、合焦時における第2レンズ群の移動量が大きくなる。このため、光学全長が大きくなり、好ましくない。また、条件式(4)の数値が下限値以下になると、第2レンズ群の焦点距離が小さく、すなわち、第2レンズ群の屈折力が大きく、合焦時における第2レンズ群の位置変化に伴う収差変動が大きく、収差発生量も大きくなる。このため、良好な結像性能を得るには、収差補正のためのレンズ枚数を要し、光学全長が大きくなるため、好ましくない。

【0046】

これらの効果を得る上で、第2レンズ群が下記の条件式(4)'を満足することが好ましく、条件式(4)''を満足することがより好ましく、条件式(4)'''を満足することがさらに好ましく、条件式(4)''''を満足することが最も好ましい。

【0047】

$$\begin{aligned} 0.5 &< f_2/f < 2.0 \quad \dots (4)' \\ 0.5 &< f_2/f < 1.2 \quad \dots (4)'' \\ 0.5 &< f_2/f < 1.1 \quad \dots (4)''' \\ 0.5 &< f_2/f < 1.0 \quad \dots (4)'''' \end{aligned}$$

【0048】

1-2-5. 条件式(5)

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群において最も物体側に配置される面が下記条件を満足することが好ましい。

【0049】

$$0 < C_{r2}f/f \quad \dots (5)$$

但し、

$C_{r2}f$: 第2レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径

f : 当該光学系全系の焦点距離

である。

【0050】

条件式(5)は、当該光学系全系の焦点距離に対する第2レンズ群の最も物体側の面の曲率半径の比を規定する式である。条件式(5)を満足する場合、第2レンズ群の最も物体側の面が物体側に凸の形状となり、球面収差や像面湾曲の補正を良好に行うことができる。このため、小型、且つ、高性能な光学系を得ることがより容易になる。

【0051】

これに対して、条件式(5)を満足しない場合、すなわち第2レンズ群において最も物体側に配置される面が平面又は物体側に凹の形状となり、少ないレンズ枚数で球面収差や像面湾曲の補正が困難になるため、好ましくない。

【0052】

これらの効果を得る上で、第2レンズ群において最も物体側に配置される面が、下記の条件式(5)'を満足することが好ましく、条件式(5)''を満足することがより好ましく、条件式(5)'''を満足することがさらに好ましく、条件式(5)''''を満足することが最も好ましい。

【0053】

0.10 < Cr2f/f < 3.00 . . . (5)',
 0.20 < Cr2f/f < 1.00 . . . (5)',',
 0.25 < Cr2f/f < 0.80 . . . (5)',',',
 0.25 < Cr2f/f < 0.60 . . . (5)',',',

【0054】

1-2-6. 条件式(6)

本件発明に係る光学系では、第1レンズ群において、最も像側に配置される面と、第2レンズ群において最も物体側に配置される面とが下記条件を満足することが好ましい。

【0055】

0.65 < Cr2f/Cr1r < 2.00 . . . (6)

但し、

Cr1r : 第1レンズ群において最も像側に配置される面の曲率半径

Cr2f : 第2レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径

である。

【0056】

上記条件式(6)は、第1レンズ群において最も像面側に配置される面の曲率半径に対する第2レンズ群において最も物体側に配置される面の曲率半径の比を規定する式である。条件式(6)を満足する場合、少ないレンズ枚数で球面収差やコマ収差、サジタルフレアの補正をより良好に行うことができる。このため、小型、且つ、高性能な光学系をより容易に得ることができる。

【0057】

これに対して、条件式(6)を満足しない場合、少ないレンズ枚数で、球面収差やコマ収差、サジタルフレアを補正することが困難になり、良好な結像性能を得るには収差補正に要するレンズ枚数が増加し、当該光学系の大型化につながるため好ましくない。

【0058】

これらの効果を得る上で、物体側群の最も物体側の面と、物体側群の最も像面側の面とが条件式(6)'を満足することが好ましく、条件式(6)''を満足することがより好ましい。

【0059】

0.65 < Cr2f/Cr1r < 1.30 . . . (6)',',
 0.70 < Cr2f/Cr1r < 1.20 . . . (6)''

【0060】

1-2-7. 条件式(7)

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも一枚含み、当該負の屈折力を有するレンズが下記条件を満足することが好ましい。

【0061】

0.50 < (R1 + R2) / (R1 - R2) < 5.00 . . . (7)

但し、

R1 : 第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズの物体側の面の曲率半径

R2 : 第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズの像面側の面の曲率半径である。

【0062】

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群は負の屈折力を有するレンズを含むことが好ましく、条件式(7)は当該負の屈折力を有するレンズの形状を規定する式である。条件式(7)を満足する場合、第2レンズ群には、物体側の面より像面側の面の方が曲率半径が小さい負の屈折力を有するレンズが含まれることになる。この場合、軸上色収差の発生を抑制し、球面収差の補正を良好に行うことができる。

【0063】

これに対して、条件式(7)の数値が下限値以下になると、当該負の屈折力を有するレ

ンズの物体側の面に対して像面側の面の方が曲率半径が小さくなり過ぎるため、軸上色収差の発生量が大きくなるため、好ましくない。また、条件式(7)の数値が上限値以上になると、当該負の屈折力を有するレンズの像面側の面の曲率半径が大きくなり過ぎ、球面収差の補正が不十分となり、好ましくない。

【0064】

これらの効果を得る上で、第2レンズ群が負の屈折力を有するレンズを含む場合、当該負の屈折力を有するレンズは、条件式(7)'を満足することが好ましく、条件式(7)''を満足することがより好ましい。

【0065】

$$\begin{aligned} 0.65 &< (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2) &< 3.00 & \cdots (7)' \\ 0.78 &< (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2) &< 2.95 & \cdots (7)'' \end{aligned}$$

【0066】

1-2-8. 条件式(8)

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群は、負の屈折力を有するレンズを少なくとも1枚含み、当該負の屈折力を有するレンズが下記条件を満足することが好ましい。

【0067】

$$d_{2n} < 45.0 \cdots (8)$$

但し、

d_{2n} ：第2レンズ群に含まれる負の屈折力を有するレンズのd線におけるアッペ数

である。

【0068】

条件式(8)は、第2レンズ群が負の屈折力を有するレンズを含む場合、当該負の屈折力を有するレンズのd線におけるアッペ数を規定する式である。条件式(8)を満足する場合、色収差補正を良好に行うことができ、小型、且つ、高性能の光学系を得ることがより容易になる。

【0069】

これに対して、条件式(8)を満足しない場合、第2レンズ群において色収差補正を十分に行うことができず、焦時における第2レンズ群の位置変化に伴う色収差の変動が大きく、収差発生量も大きくなる。このため、良好な結像性能を得るには、収差補正のためのレンズ枚数を要し、光学全長が大きくなるため、好ましくない。

【0070】

これらの効果を得る上で、第2レンズ群が負の屈折力を有するレンズを含む場合、当該負の屈折力を有するレンズは、条件式(8)'を満足することが好ましく、条件式(8)''を満足することがより好ましい。

【0071】

$$\begin{aligned} d_{2n} &< 40.0 & \cdots (8)' \\ d_{2n} &< 35.0 & \cdots (8)'' \end{aligned}$$

【0072】

1-2-9. 条件式(9)

本件発明に係る光学系において、第1レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一枚含み、当該正の屈折力を有するレンズが下記条件を満足することが好ましい。

【0073】

$$0.009 < P_{gF1} \cdots (9)$$

但し、

P_{gF1} ：第1のレンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズのC7（部分分散比：0.5393、d：60.49）及びF2（部分分散比：0.5829、d：36.30）の部分分散比とdの座標を通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差

である。

【0074】

ここで、g線(435.8nm)、F線(486.1nm)、d線(587.6nm)、C線(656.3nm)に対するガラスの屈折率をそれぞれNg、NF、Nd、NCとすると、アッベ数d、部分分散比PgFは次のように表すことができる。

【0075】

$$d = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

$$PgF = (Ng - NF) / (NF - NC)$$

【0076】

上記条件式(9)は、第1レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの異常分散性を規定する式である。第1レンズ群が条件式(9)を満足する異常分散性を示す正の屈折力を有するレンズを備えることにより、軸上色収差の諸収差の補正を良好に行うことができる。

【0077】

これに対して、条件式(9)を満足しない場合、第1レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの異常分散性が小さくなると、軸上色収差の補正が困難となり好ましくはない。

【0078】

これらの効果を得る上で、第1レンズ群において、正の屈折力を有するレンズが、下記条件式(9)'を満足することが好ましい。

【0079】

$$0.015 < PgF_1 \dots (9)'$$

【0080】

1-2-10. 条件式(10)

本件発明に係る光学系において、第1レンズ群が下記条件式(10)を満足することが好ましい。

【0081】

$$\frac{2.6}{f_1} < |f_1| / f \dots (10)$$

但し、

f1：前記第1レンズ群の焦点距離

である。

【0082】

上記条件式(10)は、当該光学系全系の焦点距離に対する第1レンズ群の焦点距離の比を規定する式である。本件発明に係る光学系において、上述したとおり、第1レンズ群の屈折力は正でも負でもよく、いずれの場合も条件式(10)を満足することにより、第1レンズ群において色収差の発生量を小さくすることができる。また、条件式(10)を満足させることにより、第1レンズ群が正の屈折力を有する場合における収束作用を適正な範囲内とすることができる、合焦時に第2レンズ群の位置が変化した場合も、第2レンズ群に入射する光束径の変動を抑制することができる。このため、合焦時における球面収差の変動を抑制することができ、少ないレンズ枚数で良好な結像性能を実現することができる。また、第1レンズ群が負の屈折力を有する場合もその発散作用を適正な範囲内とすることができる、第2レンズ群に入射する光束径が大きくなるのを抑制することができる。このため、合焦群である第2レンズ群の小型化及び軽量化を図ることができ、当該光学系の鏡筒構成を含めた全体の小型化及び軽量化を図ることができる。また、迅速な合焦動作を行わせることができ容易になる。

【0083】

これに対して、条件式(10)の数値が下限値以下になると、すなわち第1レンズ群の焦点距離が小さくなると、第1レンズ群における色収差の発生量を小さくすることが困難となる。また、第1レンズ群が正の屈折力を有する場合における収束作用が強くなり過ぎるため、合焦時における第2レンズ群の位置変化に伴う球面収差の変動が大きくなる。これらのことから、少ないレンズ枚数で高性能な光学系を得ることが困難になる。また、第

1レンズ群が負の屈折力を有する場合に条件式(10)の数値が下限値以下になると、第1レンズ群での発散作用が強くなり過ぎるため、合焦点である第2レンズ群の外径を大きくする必要がある。この場合、鏡筒構成含めた光学系全体の小型化が困難となり、迅速な合焦点動作を行わせることが困難になる。

【0084】

これらの効果を得る上で、第1レンズ群が、条件式(10)'を満足することが好ましく、条件式(10)''を満足することがより好ましい。

【0085】

$$\begin{aligned} 3.1 &< | f_1 | / f \cdots (10)' \\ 3.3 &< | f_1 | / f \cdots (10)'' \end{aligned}$$

【0086】

1-2-11. 条件式(11)

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群は、正の屈折力を有するレンズを少なくとも一枚含み、当該正の屈折力を有するレンズが下記条件を満足することが好ましい。

【0087】

$$0.009 < P g F_3 \cdots (11)$$

但し、

$P g F_3$: 第2レンズ群に含まれる正レンズのC7 (部分分散比: 0.5393, d : 60.49) 及びF2 (部分分散比: 0.5829, d : 36.30) の部分分散比と d の座標を通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差である。

【0088】

本件発明に係る光学系において、第2レンズ群は正の屈折力を有するレンズを含むことが好ましく、上記条件式(11)は当該正の屈折力を有するレンズの異常分散性を規定する式である。第2レンズ群が条件式(11)を満足する正の屈折力を有するレンズを含む場合、軸上色収差の補正を良好に行うことができ、合焦点時の色収差の変動を抑制することができ、好ましい。

【0089】

これに対して、条件式(11)を満足しない場合、すなわち第2レンズ群に含まれる正の屈折力を有するレンズの異常分散性が小さくなると、軸上色収差の補正が困難となり、好ましくはない。また、合焦点における第2レンズ群の位置変化に伴う色収差の変動が大きくなり、好ましくない。

【0090】

これらの効果を得る上で、当該正の屈折力を有するレンズが、条件式(11)'を満足することが好ましい。

【0091】

$$0.015 < P g F_3 \cdots (11)'$$

【0092】

1-2-12. 条件式(12)

当該光学系が防振群を備える場合、防振群が以下の条件を満足することが好ましい。この場合、防振時の収差変動を抑制することができ、当該光学系を小型に維持しつつ、防振時も高い結像性能を得ることができる。

【0093】

$$0.1 < | (1 - v_c) \times r | < 0.8 \cdots (12)$$

但し、

防振群とは、光軸に対して垂直方向に移動可能なレンズ群をいうものとし、

v_c : 無限遠合焦点における防振群の横倍率

r : 防振群より像面側に位置する全レンズの無限遠合焦点における合成横倍率である。

【0094】

2. 撮像装置

次に、本件発明に係る撮像装置について説明する。本件発明に係る撮像装置は、上記本件発明に係る光学系と、当該光学系の像面側に設けられた、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。ここで、撮像素子等に特に限定はなく、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子等も用いることができる。本件発明に係る撮像装置は、デジタルカメラやビデオカメラ等のこれらの固体撮像素子を用いた撮像装置に好適である。また、当該撮像装置は、レンズが筐体に固定されたレンズ固定式の撮像装置であってもよいし、一眼レフカメラやミラーレス一眼カメラ等のレンズ交換式の撮像装置であってもよいのは勿論である。

【0095】

次に、実施例および比較例を示して本件発明を具体的に説明する。但し、本件発明は以下の実施例に限定されるものではない。以下に挙げる各実施例の光学系は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルムカメラ等の撮像装置（光学装置）に用いられる撮像光学系である。また、各レンズ断面図において、図面に向かって左方が物体側、右方が像面側である。

【実施例1】

【0096】

（1）光学系の構成

図1は、本件発明に係る実施例1の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0097】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2及び負の屈折力を有するレンズL3を接合した接合レンズと、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL4とから構成される。

【0098】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL5と、像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズL6及び正の屈折力を有するレンズL7を接合した接合レンズとから構成される。

【0099】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズL8と、開口絞りSと、正の屈折力を有するレンズL9と、負の屈折力を有するレンズL10と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL11及び正の屈折力を有するレンズL12を接合した接合レンズと、像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL13とから構成される。

【0100】

当該実施例1の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3が光軸方向に固定された状態で、第2レンズ群G2が光軸に沿って像面IMG側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第3レンズ群G3中のレンズL9を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面IMG上の像のブレを補正する。

【0101】

なお、図1において、第3レンズ群G3中に示す「S」は開口絞りである。また、第3レンズ群G3の像面側に示す「CG」はローパスフィルターやカバーガラス等を示す。また、「CG」の像面側に示す「IMG」は像面であり、具体的にはCCDやCMOSセンサーなどの固体撮像装置の撮像面、あるいは銀塩フィルムのフィルム面等を示す。これらの符号等は以下の実施例で示す各レンズ断面図においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【0102】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表1に当該光学系のレンズデータを示す。表1(1-1)において、「面No.」は物体側から数えたレンズ面の順番(面番号)、「r」はレンズ面の曲率半径、「d」はレンズ面の光軸上の間隔、「Nd」はd線(波長=587.6nm)に対する屈折率、「d」はd線に対するアッペ数を指名している。また、Pg fはレンズのC7(部分分散比:0.5393、d:60.49)及びF2(部分分散比:0.5829、d:36.30)の部分分散比とdの座標を通る直線を基準線としたときの、部分分散比の基準線からの偏差であり、上述のPg F1～Pg F3のいずれかに対応する。また、表1(1-2)は、表1(1-1)に示した光軸上の可変間隔である。なお、各表中の長さの単位は全て「mm」であり、画角の単位は全て「°」である。これらの事項は以下の実施例でも同じであるため、以下では説明を省略する。また、表7に条件式(1)～条件式(12)の数値を示す。

【0103】

図2は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図をそれぞれ示す。縦収差図は、図面に向かって左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差を表している。球面収差を表す図では、縦軸は開放F値との割合、横軸にデフォーカスをとり、実線がd線(波長=587.6nm)、破線がC線(波長=656.3nm)、一点鎖線がg線(波長=435.8nm)における球面収差を表す。非点収差を表す図では、縦軸は像高、横軸にデフォーカスをとり、実線がサジタル面、破線がメリジオナル面での非点収差を表す。歪曲収差を表す図では、縦軸は像高、横軸に%をとり、歪曲収差を表す。これらの縦収差図に関する事項は以下の実施例で示す各縦収差図においても同様であるため、以下では説明を省略する。

【0104】

また、当該光学系の焦点距離(f)、F値(Fno)、半画角(°)は以下のとおりである。

【0105】

$$\begin{aligned} f &= 84.364 \\ F_{no} &= 1.837 \\ &= 14.368 \end{aligned}$$

【0106】

【表1】

(1-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|-------------|--------|---------|-------|---------|
| 1 | 79.2235 | 6.200 | 2.00100 | 29.13 | 0.0036 |
| 2 | 1170.2397 | 0.889 | | | |
| 3 | 51.6042 | 6.815 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 4 | -349.4146 | 1.500 | 1.83400 | 37.34 | |
| 5 | 112.9108 | 3.159 | | | |
| 6 | 3491.9755 | 1.500 | 1.56732 | 42.84 | |
| 7 | 39.3633 | D7 | | | |
| 8 | 37.8437 | 5.080 | 1.88100 | 40.14 | |
| 9 | 134.6845 | 0.200 | | | |
| 10 | 81.0310 | 1.300 | 1.71736 | 29.50 | |
| 11 | 23.7894 | 7.640 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 12 | -1512.1806 | D12 | | | |
| 13 | 209.5332 | 1.200 | 1.61293 | 37.00 | |
| 14 | 27.2973 | 5.215 | | | |
| 15 | INF | 4.200 | | | (開口絞り) |
| 16 | 71.1439 | 2.700 | 1.83481 | 42.72 | |
| 17 | -1255.7332 | 0.500 | | | |
| 18 | -1519.4218 | 0.800 | 1.62004 | 36.30 | |
| 19 | 66.9349 | 5.385 | | | |
| 20 | -28.8090 | 1.000 | 1.71736 | 29.50 | |
| 21 | 86.3790 | 7.301 | 1.91082 | 35.25 | |
| 22 | -41.7351 | 0.200 | | | |
| 23 | -13463.9676 | 4.618 | 2.00100 | 29.13 | |
| 24 | -79.6376 | 42.294 | | | |
| 25 | 0.0000 | 2.000 | 1.51680 | 64.20 | |
| 26 | 0.0000 | 1.000 | | | |

(1-2)

| | | |
|------|-------|--------|
| 撮影距離 | I N F | 800.00 |
| D7 | 9.122 | 1.822 |
| D12 | 1.484 | 8.784 |

【実施例2】

【0107】

(1) 光学系の構成

図3は、本件発明に係る実施例2の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0108】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2及び負の屈折力を有するレンズL3とを接合した接合レンズと、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL4とから構成される。

【0109】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレン

ズL5と、像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズL6及び正の屈折力を有するレンズL7を接合した接合レンズとから構成される。

【0110】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズL8と、開口絞りSと、正の屈折力を有するレンズL9と、負の屈折力を有するレンズL10と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL11及び正の屈折力を有するレンズL12を接合した接合レンズと、像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL13とから構成される。

【0111】

当該実施例2の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3が光軸方向に固定された状態で、第2レンズ群G2が光軸に沿って像面IMG側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第3レンズ群G3中のレンズL10を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面IMG上の像のブレを補正する。

【0112】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表2(2-1)は、当該光学系のレンズデータであり、表2(2-2)は、表2(2-1)に示した光軸上の可変間隔である。また、表7に条件式(1)～条件式(12)の数値を示す。さらに、図4は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【0113】

また、当該光学系の焦点距離(f)、F値(Fno)、半画角(°)は以下のとおりである。

【0114】

$$\begin{aligned} f &= 85.383 \\ F_{no} &= 1.835 \\ &= 14.313 \end{aligned}$$

【0115】

【表2】

(2-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|------------|--------|---------|-------|---------|
| 1 | 73.9028 | 5.364 | 2.00100 | 29.13 | 0.0036 |
| 2 | 566.6963 | 1.819 | | | |
| 3 | 51.6297 | 6.718 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 4 | -561.2666 | 1.500 | 1.83400 | 37.34 | |
| 5 | 105.4748 | 3.174 | | | |
| 6 | 1023.6021 | 1.500 | 1.54814 | 45.82 | |
| 7 | 37.8688 | D7 | | | |
| 8 | 37.2843 | 4.583 | 1.88100 | 40.14 | |
| 9 | 103.0000 | 0.200 | | | |
| 10 | 65.6202 | 1.300 | 1.75520 | 27.53 | |
| 11 | 24.3217 | 7.561 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 12 | -1801.5179 | D12 | | | |
| 13 | 344.5212 | 1.200 | 1.64769 | 33.84 | |
| 14 | 27.1594 | 5.972 | | | |
| 15 | INF | 1.200 | | | (開口絞り) |
| 16 | 70.6898 | 3.128 | 1.83481 | 42.72 | |
| 17 | -210.3942 | 0.500 | | | |
| 18 | -908.0358 | 1.000 | 1.83481 | 42.72 | |
| 19 | 71.4025 | 5.895 | | | |
| 20 | -27.6685 | 1.000 | 1.72825 | 28.32 | |
| 21 | 73.2794 | 7.325 | 1.91082 | 35.25 | |
| 22 | -43.2675 | 0.200 | | | |
| 23 | 1368.9942 | 5.495 | 2.00100 | 29.13 | |
| 24 | -69.0631 | 45.502 | | | |
| 25 | 0.0000 | 2.000 | 1.51680 | 64.20 | |
| 26 | 0.0000 | 1.000 | | | |

(2-2)

| | | |
|------|-------|--------|
| 撮影距離 | INF | 800.00 |
| D7 | 9.262 | 1.798 |
| D12 | 1.483 | 8.948 |

【実施例3】

【0116】

(1) 光学系の構成

図5は、本件発明に係る実施例3の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0117】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2及び負の屈折力を有するレンズL3を接合した接合レンズと、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL4とから構成される。

【0118】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレン

ズ L 5 と、像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズ L 6 及び正の屈折力を有するレンズ L 7 を接合した接合レンズとから構成される。

【 0 1 1 9 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ L 8 と、開口絞り S と、正の屈折力を有するレンズ L 9 と、負の屈折力を有するレンズ L 10 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズ L 11 及び正の屈折力を有するレンズ L 12 を接合した接合レンズと、像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズ L 13 とから構成される。

【 0 1 2 0 】

当該実施例 3 の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第 1 レンズ群 G 1 と第 3 レンズ群 G 3 が光軸方向に固定された状態で、第 2 レンズ群 G 2 が光軸に沿って像面 I M G 側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第 3 レンズ群 G 3 中のレンズ L 9 を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面 I M G 上の像のブレを補正する。

【 0 1 2 1 】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表 3 (3 - 1) は、当該光学系のレンズデータであり、表 3 (3 - 2) は、表 3 (3 - 1) に示した光軸上の可変間隔である。また、表 7 に条件式 (1) ~ 条件式 (12) の数値を示す。さらに、図 6 は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【 0 1 2 2 】

また、当該光学系の焦点距離 (f) 、 F 値 (F n o) 、半画角 () は以下のとおりである。

【 0 1 2 3 】

$$\begin{aligned} f &= 8.5 . 959 \\ F n o &= 1 . 838 \\ &= 14 . 157 \end{aligned}$$

【 0 1 2 4 】

【表3】

(3-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|------------|---------|---------|-------|---------|
| 1 | 72.0350 | 5.488 | 1.95375 | 32.32 | 0.0000 |
| 2 | 728.5398 | 0.200 | | | |
| 3 | 49.2221 | 7.366 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 4 | -341.0822 | 1.500 | 1.83400 | 37.34 | |
| 5 | 107.6632 | 2.435 | | | |
| 6 | 444.3058 | 1.500 | 1.51680 | 64.20 | |
| 7 | 35.7914 | D7 | | | |
| 8 | 38.3849 | 5.977 | 1.88100 | 40.14 | |
| 9 | 13231.0876 | 0.200 | | | |
| 10 | 647.1575 | 1.300 | 1.71736 | 29.50 | |
| 11 | 24.6070 | 6.742 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 12 | 315.6135 | D12 | | | |
| 13 | 113.5779 | 1.200 | 1.64769 | 33.84 | |
| 14 | 27.7768 | 5.158 | | | |
| 15 | I N F | 4.500 | | | (開口絞り) |
| 16 | 68.8655 | 2.971 | 1.88100 | 40.14 | |
| 17 | 7309.6063 | 0.500 | | | |
| 18 | 853.4621 | 1.000 | 1.67270 | 32.17 | |
| 19 | 63.6967 | 4.448 | | | |
| 20 | -39.5793 | 1.000 | 1.69895 | 30.05 | |
| 21 | 56.9319 | 10.500 | 1.95375 | 32.32 | |
| 22 | -57.3431 | 0.200 | | | |
| 23 | 678.7679 | 5.000 | 1.95375 | 32.32 | |
| 24 | -126.0257 | 39.3517 | | | |
| 25 | 0.0000 | 2.000 | 1.5168 | 64.2 | |
| 26 | 0.0000 | 1.000 | | | |

(3-2)

| | | |
|------|--------|--------|
| 撮影距離 | I N F | 800.00 |
| D7 | 10.603 | 1.921 |
| D12 | 1.491 | 10.174 |

【実施例4】

【0125】

(1) 光学系の構成

図7は、本件発明に係る実施例4の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0126】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2及び負の屈折力を有するレンズL3を接合した接合レンズと、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL4とから構成される。

【0127】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレン

ズL5と、像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズL6及び正の屈折力を有するレンズL7を接合した接合レンズとから構成される。

【0128】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズL8と、開口絞りと、正の屈折力を有するレンズL9と、負の屈折力を有するレンズL10と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL11及び正の屈折力を有するレンズL12を接合した接合レンズと、像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL13とから構成される。

【0129】

当該実施例4の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3が光軸方向に固定された状態で、第2レンズ群G2が光軸に沿って像面IMG側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第3レンズ群G3中のレンズL9を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面IMG上の像のブレを補正する。

【0130】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表4(4-1)は、当該光学系のレンズデータであり、表4(4-2)は、表4(4-1)に示した光軸上の可変間隔である。また、表7に条件式(1)~条件式(12)の数値を示す。さらに、図8は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【0131】

また、当該光学系の焦点距離(f)、F値(Fno)、半画角(°)は以下のとおりである。

【0132】

$$\begin{aligned} f &= 8.6 . 875 \\ F_{no} &= 1 . 836 \\ &= 13 . 958 \end{aligned}$$

【0133】

【表4】

(4-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|-------------|--------|---------|-------|---------|
| 1 | 75.0788 | 5.559 | 1.95375 | 32.32 | 0.0000 |
| 2 | 1114.9797 | 2.071 | | | |
| 3 | 52.3164 | 6.622 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 4 | -421.8613 | 1.500 | 1.83400 | 37.34 | |
| 5 | 126.5094 | 2.901 | | | |
| 6 | -1536.7588 | 1.500 | 1.57099 | 50.80 | |
| 7 | 40.4021 | D7 | | | |
| 8 | 38.2662 | 5.060 | 1.88100 | 40.14 | |
| 9 | 166.6929 | 0.200 | | | |
| 10 | 106.0353 | 1.300 | 1.71736 | 29.50 | |
| 11 | 23.6191 | 7.608 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 12 | -4637.3482 | D12 | | | |
| 13 | 172.3503 | 1.200 | 1.62004 | 36.30 | |
| 14 | 27.8605 | 5.261 | | | |
| 15 | I N F | 4.500 | | | (開口絞り) |
| 16 | 65.8975 | 2.800 | 1.83481 | 42.72 | |
| 17 | -91477.3712 | 0.500 | | | |
| 18 | 4137.3176 | 1.000 | 1.62004 | 36.30 | |
| 19 | 60.5074 | 5.324 | | | |
| 20 | -31.6920 | 1.000 | 1.71736 | 29.50 | |
| 21 | 78.8054 | 8.006 | 1.95375 | 32.32 | |
| 22 | -44.9277 | 0.200 | | | |
| 23 | 595.3414 | 5.000 | 1.95375 | 32.32 | |
| 24 | -111.2031 | 40.970 | | | |
| 25 | 0.0000 | 2.000 | 1.51680 | 64.20 | |
| 26 | 0.0000 | 1.0000 | | | |

(4-2)

| | | |
|------|-------|--------|
| 撮影距離 | I N F | 800.00 |
| D7 | 9.372 | 1.500 |
| D12 | 1.500 | 9.372 |

【実施例5】

【0134】

(1) 光学系の構成

図9は、本件発明に係る実施例5の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0135】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2と、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL3とから構成される。

【0136】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレン

ズ L 4 と、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズ L 5 及び像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズ L 6 を接合した接合レンズと、開口絞り S と、負の屈折力を有する両凹レンズ L 7 及び正の屈折力を有するレンズ L 8 を接合した接合レンズと、正の屈折力を有するレンズ L 9 とから構成される。

【 0 1 3 7 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ L 10 と、正の屈折力を有するレンズ L 11 とから構成される。

【 0 1 3 8 】

当該実施例 5 の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第 1 レンズ群 G 1 と第 3 レンズ群 G 3 が光軸方向に固定された状態で、第 2 レンズ群 G 2 が光軸に沿って像面 I M G 側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第 2 レンズ群 G 2 を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面 I M G 上の像のブレを補正する。

【 0 1 3 9 】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表 5 (5 - 1) は、当該光学系のレンズデータであり、表 5 (5 - 2) は、表 5 (5 - 1) に示した光軸上の可変間隔である。また、表 7 に条件式 (1) ~ 条件式 (12) の数値を示す。さらに、図 10 は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【 0 1 4 0 】

また、当該光学系の焦点距離 (f) 、 F 値 (F n o) 、半画角 () は以下のとおりである。

【 0 1 4 1 】

$$f = 112.109$$

$$F n o = 1.445$$

$$= 10.759$$

【 0 1 4 2 】

【表5】

(5-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|------------|--------|---------|-------|---------|
| 1 | 96.7439 | 5.737 | 1.95375 | 32.32 | 0.0000 |
| 2 | 199.2286 | 0.500 | | | |
| 3 | 51.1798 | 13.999 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 4 | 368.4500 | 8.500 | | | |
| 5 | 318.1258 | 1.800 | 1.62004 | 36.30 | |
| 6 | 38.4465 | D6 | | | |
| 7 | 42.7291 | 7.637 | 1.59282 | 68.62 | 0.0194 |
| 8 | 147.5531 | 0.500 | | | |
| 9 | 33.7593 | 10.000 | 1.43700 | 95.10 | 0.0564 |
| 10 | -1664.0285 | 1.500 | 1.67270 | 32.17 | |
| 11 | 24.8668 | 9.275 | | | |
| 12 | I N F | 5.963 | | | (開口絞り) |
| 13 | -40.6766 | 3.314 | 1.80610 | 33.27 | |
| 14 | 42.2856 | 7.871 | 1.95375 | 32.32 | |
| 15 | -58.6609 | 0.500 | | | (開口絞り) |
| 16 | 110.2689 | 2.876 | 2.00100 | 29.13 | |
| 17 | -616.3326 | D(19) | | | |
| 18 | 388.0620 | 1.000 | 1.60342 | 38.01 | |
| 19 | 50.6042 | 3.894 | | | |
| 20 | 91.1632 | 3.440 | 1.72916 | 54.67 | |
| 21 | -262.1401 | 37.574 | | | |
| 22 | 0.0000 | 2.000 | 1.51680 | 64.20 | |
| 23 | 0.0000 | 1.000 | | | |

(5-2)

| | | |
|------|--------|---------|
| 撮影距離 | I N F | 1000.00 |
| D6 | 19.053 | 3.788 |
| D12 | 2.068 | 17.332 |

【実施例6】

【0143】

(1) 光学系の構成

図11は、本件発明に係る実施例6の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成を示すレンズ断面図である。当該光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。

【0144】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズL1と、正の屈折力を有するレンズL2及び負の屈折力を有するレンズL3を接合した接合レンズと、像側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL4とから構成される。

【0145】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL5と、像側に強い曲率の凹面を有し負の屈折力を有するレンズL6及び正の屈折力を有するレンズL7を接合した接合レンズとから構成される。

【0146】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズL8と、開口絞りSと、正の屈折力を有するレンズL9と、負の屈折力を有するレンズL10と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズL11及び正の屈折力を有するレンズL12を接合した接合レンズと、像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズL13とから構成される。

【0147】

当該実施例6の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦の際、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3が光軸方向に固定された状態で、第2レンズ群G2が光軸に沿って像面IMG側に移動する。また、手振れ等により撮像時に振動が発生した時には、防振群として、第3レンズ群G3中のレンズL9を光軸と垂直な方向に動かすことで、像面IMG上の像のブレを補正する。

【0148】

(2) 数値実施例

次に、当該光学系の具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表6(6-1)は、当該光学系のレンズデータであり、表6(6-2)は、表6(6-1)に示した光軸上の可変間隔である。また、表7に条件式(1)~条件式(12)の数値を示す。さらに、図12は、当該光学系の無限遠合焦時の縦収差図である。

【0149】

また、当該光学系の焦点距離(f)、F値(Fno)、半画角(°)は以下のとおりである。

【0150】

$$\begin{aligned} f &= 82.600 \\ F_{no} &= 1.831 \\ &= 14.726 \end{aligned}$$

【0151】

【表6】

(6-1)

| 面NO. | r | d | Nd | vd | Δ P g f |
|------|------------|--------|---------|-------|---------|
| 1 | 67.7293 | 6.148 | 2.00100 | 29.13 | 0.0036 |
| 2 | 388.3279 | 0.940 | | | |
| 3 | 52.3968 | 6.694 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 4 | -1410.3290 | 1.500 | 1.83400 | 37.34 | |
| 5 | 90.6135 | 3.180 | | | |
| 6 | 713.7990 | 1.480 | 1.73985 | 36.59 | |
| 7 | 39.3695 | D7 | | | |
| 8 | 38.9587 | 4.930 | 1.88100 | 40.14 | |
| 9 | 114.7385 | 0.200 | | | |
| 10 | 48.0249 | 1.280 | 1.71736 | 29.50 | |
| 11 | 23.1269 | 7.560 | 1.49700 | 81.61 | 0.0375 |
| 12 | -1336.7107 | D12 | | | |
| 13 | 245.1992 | 1.180 | 1.61293 | 37.00 | |
| 14 | 26.1768 | 5.150 | | | |
| 15 | 0.0000 | 4.150 | | | (開口絞り) |
| 16 | 71.2071 | 2.660 | 1.78066 | 47.84 | |
| 17 | -1862.3061 | 0.540 | | | |
| 18 | 1476.2696 | 0.840 | 1.62004 | 36.30 | |
| 19 | 63.6204 | 5.477 | | | |
| 20 | -26.3232 | 1.000 | 1.71736 | 29.50 | |
| 21 | 88.4941 | 7.233 | 1.91082 | 35.25 | |
| 22 | -38.0813 | 0.200 | | | |
| 23 | 654.2754 | 4.430 | 2.00100 | 29.13 | |
| 24 | -87.5721 | 41.568 | | | |
| 25 | 0.0000 | 2.000 | 1.51680 | 64.20 | |
| 26 | 0.0000 | 1.000 | | | |

(6-2)

| | | |
|------|-------|--------|
| 撮影距離 | I N F | 790.00 |
| D7 | 8.385 | 1.939 |
| D12 | 1.628 | 8.074 |

【0152】

【表7】

| | | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 | 実施例6 |
|---------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 条件式(1) | N d 1 | 2.001 | 2.001 | 1.954 | 1.954 | 1.954 | 2.001 |
| 条件式(2) | C r 1 f / f | 0.939 | 0.866 | 0.838 | 0.864 | 0.863 | 0.820 |
| 条件式(3) | C r 1 r / f | 0.467 | 0.444 | 0.416 | 0.465 | 0.343 | 0.477 |
| 条件式(4) | f 2 / f | 0.688 | 0.695 | 0.802 | 0.723 | 0.798 | 0.577 |
| 条件式(5) | C r 2 f / f | 0.449 | 0.437 | 0.447 | 0.440 | 0.381 | 0.472 |
| 条件式(6) | C r 2 f / C r 1 r | 3.132 | 3.041 | 4.058 | 2.759 | 3.222 | 3.212 |
| 条件式(7) | (R 1 + R 2) / (R 1 - R 2) | 1.831 | 2.178 | 1.079 | 1.573 | 0.971 | 2.858 |
| 条件式(8) | v d 2 n | 29.50 | 27.53 | 29.50 | 29.50 | 32.17 | 29.50 |
| 条件式(9) | Δ P g F 1 | 0.056 | 0.056 | 0.056 | 0.056 | 0.056 | 0.038 |
| 条件式(10) | f 1 / f | 8.197 | 6.722 | 4.680 | 5.488 | 3.762 | 34.591 |
| 条件式(11) | Δ P g F 3 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.038 | 0.019 | 0.038 |
| 条件式(12) | (1 - β v c) × β r | 0.589 | 0.596 | 0.601 | 0.606 | 0.744 | 0.529 |

【産業上の利用可能性】

【0153】

本件発明に係る光学系は、小型の撮像システムに好適であり、小型、高性能、且つ、大

口径の光学系及び撮像装置を提供することができる。