

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5373515号
(P5373515)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/167 (2006.01) G O 2 B 15/167
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G O 3 B 17/17 (2006.01) G O 3 B 17/17

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2009-210490 (P2009-210490)
 (22) 出願日 平成21年9月11日(2009.9.11)
 (65) 公開番号 特開2011-59498 (P2011-59498A)
 (43) 公開日 平成23年3月24日(2011.3.24)
 審査請求日 平成24年1月20日(2012.1.20)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 河村 大樹
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 フジノン株式会社内
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、各レンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行うようになされ、

前記第1レンズ群は、最も物体側に配置された負レンズと入射光を反射して光路を折り曲げる反射部材とを含む2枚以下のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、少なくとも1面が非球面形状を有する1枚の正レンズより構成され、

前記第3レンズ群は、像面側のレンズ面が凹面である負レンズを含む2枚以下のレンズで構成され、

前記前記第4レンズ群は、2枚以下のレンズより構成され、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群内の反射部材を構成する材料の d 線に対する屈折率を N_{d1p} としたとき、以下の条件式を満足する

ことを特徴とするズームレンズ。

$$0.8 < f_2 / f_w < 1.8 \dots\dots (1)$$

$$N_{d1p} > 1.80 \dots\dots (5)$$

【請求項2】

前記第2レンズ群内の前記正レンズの d 線に対するアッベ数を d_2 としたとき、以下

10

20

の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$d_2 > 60 \dots\dots (2)$$

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群内で最も物体側に配置された負レンズの d 線に対するアッペ数を d 1 としたとき、以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

$$d_1 > 45 \dots\dots (3)$$

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$1.1 < |f_1 / f_2| < 2.4 \dots\dots (4)$$

【請求項 5】

前記第 4 レンズ群が、1 枚の正レンズのみから構成されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 3 レンズ群が、1 枚の負レンズのみから構成されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群が、物体側より順に、前記負レンズと前記反射部材とから構成されて

いる

ことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記反射部材が直角プリズムからなり、前記直角プリズムの入射面と出射面は屈折力を持たない構成である

ことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

絞りが、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に配置されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

変倍時に、前記絞りが前記第 3 レンズ群と一体で移動するようになされている

ことを特徴とする請求項 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 4 レンズ群は、変倍の際に固定されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、

前記ズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子と

を備えた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、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、および情報携帯端末 (PDA: Personal Digital Assistance) 等に好適に用いられるズームレンズおよび撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルスチルカメラ等の撮像装置においては、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子の小型化が進むにつれて、装置全体としての小型化が求められている。一方、デジタルスチルカメラや

10

20

30

40

50

携帯端末装置に最適な小型のズームレンズ系として、従来より、レンズ系に直角プリズム等の反射部材を設け、光路を途中で直角に折り曲げた、いわゆる、屈曲式のズームレンズが知られている（特許文献1ないし5参照）。小型化や広角化に有利なタイプの屈曲式ズームレンズとしては、第1レンズ群が負の屈折力を有したいわゆるマイナスリードタイプが知られている。例えば特許文献1ないし3には、物体側より順に、負、正、負、正のレンズ群が配置され、第2レンズ群と第3レンズ群とを移動させて変倍を行う構成の屈曲式ズームレンズが開示されている。また、特許文献4および5には、物体側より順に、負、正、正のレンズ群が配置された3群タイプの屈曲式ズームレンズが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0003】

【特許文献1】特開2006-330349号公報

【特許文献2】特開2006-284790号公報

【特許文献3】特開2007-86307号公報

【特許文献4】特開2004-212737号公報

【特許文献5】特開2004-295075号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1ないし3に記載の屈曲式ズームレンズは小型化が図られているものの、特に携帯端末装置用のカメラに搭載するような場合には、さらに小型化する必要がある。特許文献1ないし3に共通する構成として、第1レンズ群内において反射部材よりも像面側には2枚のレンズが配置されており、第2レンズ群が2枚の正レンズと1枚の負レンズとから構成されていることが挙げられ、非常にレンズ枚数が多い。ここで、第1レンズ群のレンズ枚数を削減することを考える。変倍比がそれほど大きくないズームレンズにおいては、レンズを構成する材料を工夫することによって、反射部材よりも像面側に配置された2枚のレンズのうち、1枚、あるいは、2枚のレンズを削減することも可能である。また、マイナスリードタイプでは、広角端での画角を広くしやすく、そのような設計を行った場合、望遠端の焦点距離は短くなるため、第1レンズ群に複数のレンズを用いなくても、色収差をある程度、抑えることができる。このように、第1レンズ群を少ないレンズ枚数で構成すれば、小型化できる。別の観点から見れば、同じレンズ枚数で、移動レンズ群のストロークを長くとることができるようになり、収差を補正しやすくなる。例えば、第2レンズ群の移動量を大きくすることができれば、第2レンズ群が担うパワーが小さくて済む。さらには、第2レンズ群のレンズ枚数を削減することも可能になる。従来では、屈曲式の4群ズームレンズで、そのようなレンズ枚数の少ない構成は実現できていなかった。

20

30

【0005】

その他、第1レンズ群が負のパワーを有する屈曲式ズームレンズとして3群タイプの場合には、特許文献4および5に記載のように、第2レンズ群が1枚で構成された例もある。このタイプでは、正の第2レンズ群と、隣接する正の第3レンズ群とでパワーを分散させることができるため、第2レンズ群を1枚の正レンズで構成することは比較的容易である。しかしながら、このタイプでは、変倍比を大きくすることが難しく、変倍比が2倍程度に留まっている。

40

【0006】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、レンズ枚数が少なく、全体として小型化の図られたズームレンズおよ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】

【0007】

本発明によるズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、各レンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍

50

を行うようになっている。第1レンズ群は、最も物体側に配置された負レンズと入射光を反射して光路を折り曲げる反射部材とを含む2枚以下のレンズで構成され、第2レンズ群は、少なくとも1面が非球面形状を有する1枚の正レンズより構成され、第3レンズ群は、像面側のレンズ面が凹面である負レンズを含む2枚以下のレンズで構成され、第4レンズ群は、2枚以下のレンズより構成されている。そして、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、第1レンズ群内の反射部材を構成する材料の d 線に対する屈折率を N_{d1p} としたとき、以下の条件式を満足するようにしたものである。

$$0.8 < f_2 / f_w < 1.8 \quad \dots\dots (1)$$

$$N_{d1p} > 1.80 \quad \dots\dots (5)$$

10

【0008】

本発明によるズームレンズでは、第1レンズ群内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲式の光学系とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さが抑えられ、撮像装置に組み込んだときの薄型化が容易となる。また、物体側から順に、屈折力が負、正、負、正の4つのレンズ群を配設し、各レンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行うようになされた4群方式のズームレンズとすることで、全長の短縮化が容易となる。そして、第1レンズ群を2枚以下のレンズ、第2レンズ群を正レンズ1枚のみで構成するなどしてレンズ枚数を抑えつつ各レンズ群の構成の最適化を図ったことで、レンズ枚数を少なくし、光学系全体としての小型化が容易となる。

20

そして、さらに、次の好ましい構成を適宜採用して満足することで、レンズ系全体としての光学性能を良好に保ちつつ、さらなる小型化を図りやすくなる。

【0009】

本発明によるズームレンズにおいて、第2レンズ群内の正レンズの d 線に対するアッペ数を d_2 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$d_2 > 60 \quad \dots\dots (2)$$

【0010】

また、第1レンズ群内で最も物体側に配置された負レンズの d 線に対するアッペ数を d_1 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$d_1 > 45 \quad \dots\dots (3)$$

30

【0011】

また、第1レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$1.1 < |f_1 / f_2| < 2.4 \quad \dots\dots (4)$$

【0013】

第4レンズ群は、1枚の正レンズのみから構成されていても良い。第3レンズ群は、1枚の負レンズのみから構成されていても良い。第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズと反射部材とから構成されていても良い。

【0014】

反射部材は直角プリズムからなり、直角プリズムの入射面と出射面は屈折力を持たない構成であることが好ましい。

40

【0015】

また、絞りが、第2レンズ群と第3レンズ群との間に配置されていても良い。この場合、変倍時に、絞りが第3レンズ群と一体で移動するようになされていても良い。

【0016】

第4レンズ群は、変倍の際に固定されていても良い。また、第3レンズ群または第4レンズ群を光軸上で移動させることにより合焦を行うようになされていても良い。

【0017】

本発明による撮像装置は、本発明によるズームレンズと、このズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備えたものである。

50

本発明による撮像装置では、本発明の小型化の図られた高性能のズームレンズを撮像レンズとして用いて、装置全体としての小型化が図られる。

【発明の効果】

【0018】

本発明のズームレンズによれば、基本構成を小型化に有利な屈曲式の4群ズームの構成とし、第1レンズ群を2枚以下のレンズ、第2レンズ群を正レンズ1枚のみで構成するなどしてレンズ枚数を抑えつつ各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、従来に比べてレンズ枚数が少なく、全体として小型化を図ることができる。

【0019】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明の小型化の図られた高性能のズームレンズを撮像レンズとして用いるようにしたので、良好な撮像性能を維持しつつ、装置全体としての小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第4の構成例を示すものであり、実施例4に対応するレンズ断面図である。

【図5】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第5の構成例を示すものであり、実施例5に対応するレンズ断面図である。

【図6】本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第6の構成例を示すものであり、実施例6に対応するレンズ断面図である。

【図7】図1に示したズームレンズを光路を折り曲げた状態で示したレンズ断面図である。

【図8】実施例1に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図9】実施例1に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図10】実施例2に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図11】実施例2に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図12】実施例3に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図13】実施例3に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図14】実施例4に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図15】実施例4に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(

10

20

30

40

50

A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図16】実施例5に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図17】実施例5に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図18】実施例6に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

10

【図19】実施例6に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図20】本発明の一実施の形態に係る撮像装置としてのデジタルカメラの一構成例を示す前側外觀図である。

【図21】本発明の一実施の形態に係る撮像装置としてのデジタルカメラの一構成例を示す背面側外觀図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

20

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1(A)、(B)は、本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例のレンズ構成に対応している。なお、図1(A)は無遠達合焦状態でかつ広角端(最短焦点距離状態)での光学系配置、図1(B)は無遠達合焦状態でかつ望遠端(最長焦点距離状態)での光学系配置に対応している。同様にして、後述の第2ないし第6の数値実施例のレンズ構成に対応する第2ないし第6の構成例の断面構成を、図2(A)、(B)~図6(A)、(B)に示す。図1(A)、(B)~図6(A)、(B)において、符号 R_i は、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸 Z_1 上の面間隔を示す。なお符号 D_i については、変倍に伴って変化する部分の面間隔(例えば第1の構成例については D_6 、 D_8 、 D_{11})のみ符号を付す。

30

【0022】

このズームレンズは、光軸 Z_1 に沿って物体側から順に、第1レンズ群 G_1 と、第2レンズ群 G_2 と、第3レンズ群 G_3 と、第4レンズ群 G_4 とを備えている。光学的な開口絞り S_t は、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 との間に配置されている。

【0023】

このズームレンズは、例えばビデオカメラ、およびデジタルスチルカメラ等の撮影機器のほか、PDA等の情報携帯端末にも搭載可能である。このズームレンズの像側には、搭載されるカメラの撮影部の構成に応じた部材が配置される。例えば、このズームレンズの結像面(撮像面)には、CCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)等の撮像素子100が配置される。撮像素子100は、このズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するものである。少なくとも、このズームレンズと撮像素子100とで、本実施の形態における撮像装置が構成される。最終レンズ群(第4レンズ群 G_4)と撮像素子100との間には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、種々の光学部材GCが配置されていても良い。例えば撮像面保護用のカバーガラスや赤外線カットフィルタなどの平板状の光学部材が配置されていても良い。

40

【0024】

このズームレンズは、各レンズ群の光軸上の間隔を変化させることにより変倍を行うよ

50

うになされている。例えば第2レンズ群G2および第3レンズ群G3が変倍時に光軸Z1上で移動するようになっている。また、第3レンズ群G3または第4レンズ群G4を合焦時に移動させるようにしても良い。第1レンズ群G1は変倍および合焦時に常時固定であることが好ましい。第4レンズ群G4は変倍の際に固定であることが好ましい。開口絞りStは、例えば第3レンズ群G3と共に移動するようになっている。図1(A)、(B)~図6(A)、(B)には、広角端から望遠端へと変倍させる際の各移動群の軌跡を実線の矢印で示している。

【0025】

第1レンズ群G1は、全体として負の屈折力を有している。第1レンズ群G1は、入射光を反射して光路を折り曲げる反射部材としての直角プリズムLPを有している。第1レンズ群G1は、直角プリズムLPの他に、最も物体側に配置された第1のレンズ(負レンズ)L11を含む2枚以下のレンズを有している。第1レンズ群G1は、例えば図3(A)、(B)に示した第3の構成例のように、物体側から順に、第1のレンズL11と、直角プリズムLPとで構成されている。また、例えば図1(A)、(B)に示した第1の構成例のように、直角プリズムLPの像側に第2のレンズL12を有していても良い。

10

【0026】

ここで、本実施の形態に係るズームレンズは屈曲光学系であり、実際には、図7に示すように、第1レンズ群G1において、例えば直角プリズムLPの内部反射面で光路が略90°折り曲げられている。なお、図7は図1(A)に示した第1の構成例に対応するものであるが、他の構成例についても同様である。図1(A)、(B)~図6(A)、(B)では、光軸Z1を直線状とし、直角プリズムLPの内部反射面を省略して同一方向に展開し、等価的に直線的な光学系として示している。なお、直角プリズムLPに代えて、反射ミラー等の他の反射部材を用いても良い。ただし、反射部材として直角プリズムLPを用いる方が、反射ミラーを用いる場合よりも見掛け上の光路長を短くできるので、第1レンズ群G1を小型化でき、引いては全体を小型化できるので好ましい。また、直角プリズムLPの入射面と出射面は光軸Z1に対して垂直(曲率半径)な平面とされ、屈折力を持たない構成であることが好ましい。これにより低コスト化を図ることができる。

20

【0027】

第2レンズ群G2は、全体として正の屈折力を有している。第2レンズ群G2は、1枚の正レンズL21のみで構成されている。正レンズL21は、少なくとも1面が非球面形状を有していることが好ましい。非球面形状とすることで、収差の全体的なバランスを取りやすくなる。特に像面湾曲の補正に有利となる。

30

【0028】

第3レンズ群G3は、全体として負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、2枚以下のレンズ(第1のレンズL31のみ、または第1のレンズL31と第2のレンズL32)からなり、像面側に凹面を向けた負レンズを含んでいる。例えば図1(A)、(B)に示した第1の構成例では、第3レンズ群G3を第1のレンズL31のみで構成し、その第1のレンズL31を像面側に凹面を向けた負レンズとした例を示している。また、例えば図4(A)、(B)に示した第4の構成例では、第3レンズ群G3を第1のレンズL31と第2のレンズL32とで構成し、第2のレンズL32を像面側に凹面を向けた負レンズとした例を示している。

40

【0029】

第4レンズ群G4は、全体として正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、2枚以下のレンズ(第1のレンズL41のみ、または第1のレンズL41と第2のレンズL42)からなる。例えば図1(A)、(B)に示した第1の構成例では、第4レンズ群G4を第1のレンズL41のみで構成し、その第1のレンズL41を正レンズとした例を示している。また、例えば図2(A)、(B)に示した第2の構成例では、第4レンズ群G4を第1のレンズL41と第2のレンズL42との2枚の正レンズで構成した例を示している。

【0030】

50

このズームレンズは、第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式を満足するように構成されている。

$$0.8 < f_2 / f_w < 1.8 \quad \dots\dots (1)$$

【0031】

また、第2レンズ群G2内の正レンズL21のd線に対するアッペ数を d_2 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$d_2 > 60 \quad \dots\dots (2)$$

【0032】

また、第1レンズ群G1内で最も物体側に配置された第1のレンズ(負レンズ)L11のd線に対するアッペ数を d_1 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$d_1 > 45 \quad \dots\dots (3)$$

【0033】

また、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$1.1 < |f_1 / f_2| < 2.4 \quad \dots\dots (4)$$

【0034】

また、第1レンズ群G1内の反射部材(直角プリズムLP)を構成する材料のd線に対する屈折率を N_{d1p} としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$N_{d1p} > 1.80 \quad \dots\dots (5)$$

【0035】

図20、図21は、このズームレンズが搭載される撮像装置の一例として、デジタルスチルカメラを示している。特に図20は、このデジタルスチルカメラ10を前側から見た外観を示し、図21は、このデジタルスチルカメラ10を背面側から見た外観を示している。このデジタルスチルカメラ10は、その前面側の中央上部に、ストロボ光を照射するストロボ発光部21を備えている。また、その前面側においてストロボ発光部21の側方部には、撮影対象からの光が入射する撮影開口22が設けられている。このデジタルスチルカメラ10はまた、上面側に、リリースボタン23と電源ボタン24とを備えている。このデジタルスチルカメラ10はまた、背面側に、表示部25と操作部26、27とを備えている。表示部25は、撮像された画像を表示するためのものである。このデジタルスチルカメラ10では、リリースボタン23を押圧操作することにより、1フレーム分の静止画の撮影が行われ、この撮影で得られる画像データがデジタルスチルカメラ10に装着されたメモリカード(図示せず)に記録される。

【0036】

このデジタルスチルカメラ10は、筐体内部に撮像レンズ1を備えている。この撮像レンズ1として、本実施の形態に係るズームレンズが用いられている。撮像レンズ1は、前面側に設けられた撮影開口22に、最も物体側のレンズL11が位置するように配置されている。撮像レンズ1は、直角プリズムLPによる折り曲げ後の光軸Z1がカメラボディの縦方向と一致するようにして、デジタルスチルカメラ10の内部に全体として縦方向に組み込まれている。なお、折り曲げ後の光軸Z1がカメラボディの横方向となるようにして、デジタルスチルカメラ10の内部に全体として横方向に組み込まれていても良い。

【0037】

次に、以上のように構成されたズームレンズの作用および効果を説明する。

このズームレンズでは、第1レンズ群G1内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲式の光学系とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さが抑えられ、撮像装置に組み込んだときの薄型化が容易となる。また、物体側から順に、屈折力が負、正、負、正の4つのレンズ群を配設し、各レンズ群の光軸上の間隔を変化させることで変倍を行うようになされた4群方式のズームレンズとすることで、全長の短縮化が容易となる。そして、第1レンズ群G1を2枚以下のレンズ、第2レンズ群G2を正レンズ1枚のみで構成するなどしてレンズ枚数を抑えつつ各レンズ群の構成の最適化を図ったことで、レンズ枚数を少なくし、光学系全体としての小型化が容易と

10

20

30

40

50

なる。

【 0 0 3 8 】

このタイプのズームレンズは、広角端から望遠端への変倍によるFNo.の変動が大きい。従って、望遠端でのFNo.を明るくするためには、広角端でのFNo.を明るくしておく（開放径を大きくしておく）必要がある。しかしながら、広角端でのFNo.を必要以上に明るくすると、収差補正が困難になるとともに、レンズが大きくなってしまう。そこで、広角端での開放径を望遠端での開放径よりも小さくするなど、ズーム倍率ごとに異なる開放径になるように制御する（開放規制）ことで、明るさの変動を大きくできる。必要に応じて、このような制御を行ってもよい。

【 0 0 3 9 】

以下、上記した条件式に関する作用および効果をより詳細に説明する。

【 0 0 4 0 】

条件式(1)は、第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 を広角端における全系の焦点距離 f_w で規格化したものである。条件式(1)の下限を下回ると、第2レンズ群G2のパワーが強くなり、レンズの曲率が大きくなって、収差補正が困難になるとともに、変倍に伴う収差変動が大きくなり好ましくない。また、製造誤差や組立誤差に伴う性能劣化の敏感度が高くなり、好ましくない。逆に、条件式(1)の上限を上回ると、第2レンズ群G2の移動量が大きくなり大型化してしまう。つまり、条件式(1)は、少ないレンズ枚数で、小型化と高性能化を両立させるための条件である。

より高い光学性能を得るために、条件式(1)の数値範囲は、

$$0.9 < f_2 / f_w < 1.7 \quad \dots \dots (1')$$

であることが望ましい。

【 0 0 4 1 】

条件式(2)は、第2レンズ群G2を構成する正レンズL21のアッペ数を規定しており、ズーム全域の倍率色収差補正に寄与している。条件式(2)の下限を下回ると、色収差が大きくなるとともに、変倍に伴う色収差の変動が大きくなり好ましくない。

より高い光学性能を得るために、条件式(2)の数値範囲は、

$$d_2 > 6.2 \quad \dots \dots (2')$$

であることが望ましい。

【 0 0 4 2 】

条件式(3)は、第1レンズ群G1内で最も物体側に配置された第1のレンズ(負レンズ)L11のアッペ数を規定している。条件式(3)の下限を下回ると、ズーム全域にわたって色収差を良好に補正することが困難になり、好ましくない。また、軸上色収差と倍率色収差とのバランスをとることが困難になる。

より高い光学性能を得るために、条件式(3)の数値範囲は、

$$d_1 > 4.8 \quad \dots \dots (3')$$

であることが望ましい。

【 0 0 4 3 】

条件式(4)は、第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 と第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 との比を規定している。条件式(4)の下限を下回ると、ディストーションおよび非点収差の補正が困難になり好ましくない。逆に上限を上回ると、倍率色収差の補正が困難になり好ましくない。

より高い光学性能を得るために、条件式(4)の数値範囲は、

$$1.2 < |f_1 / f_2| < 2.3 \quad \dots \dots (4')$$

であることが望ましい。

【 0 0 4 4 】

条件式(5)は、第1レンズ群G1に配置された反射部材(直角プリズムLP)の屈折率を規定している。このズームレンズのように、第1レンズ群G1のパワーが負であるレンズタイプにおいては、最も物体側に配置された第1のレンズ(負レンズ)L11を、ある程度分散の小さい材料で構成する必要がある。一般に分散の低い材料は、屈折率も低く

10

20

30

40

50

、そのような材料で第1レンズ群G1を構成すると、レンズの曲率が大きくなってしまふ。その場合、屈曲後のレンズユニットの厚みが大きくなってしまふという問題が生じる。そこで、反射部材を構成する材料を高屈折率材とすることによって、第1のレンズL11の有効径を小さくしたり、反射部材を小さくしたりするなどの対策を施した方が好ましい。

より高い光学性能を得るために、条件式(5)の数値範囲は、

$$Nd_{1p} > 1.85 \dots \dots (5')$$

であることが望ましい。

【0045】

以上説明したように、本実施の形態に係るズームレンズによれば、基本構成を小型化に有利な屈曲式の4群ズームの構成とし、第1レンズ群G1を2枚以下のレンズ、第2レンズ群G2を正レンズ1枚のみで構成するなどしてレンズ枚数を抑えつつ各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、従来に比べてレンズ枚数が少なく、全体として小型化を図ることができる。また、本実施の形態に係るズームレンズを搭載した撮像装置によれば、良好な撮像性能を維持しつつ、装置全体としての小型化を図ることができる。

【実施例】

【0046】

次に、本実施の形態に係るズームレンズの具体的な数値実施例について説明する。以下では、複数の数値実施例を部分的にまとめて説明する。

【0047】

[数値実施例1]

[表1]～[表3]は、図1(A)、(B)に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを示している。特に[表1]にはその基本的なレンズデータを示し、[表2]および[表3]にはその他のデータを示す。[表1]に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例1に係るズームレンズについて、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1(B)において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 N_{dj} の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線(587.6nm)に対する屈折率の値を示す。 d_j の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。

【0048】

実施例1に係るズームレンズは、変倍に伴って第2レンズ群G2、および第3レンズ群G3が光軸上を移動するため、それらの各移動群の前後の面間隔 D_6 、 D_8 、 D_{11} の値は可変となっている。[表2]には、これらの可変面間隔 D_6 、 D_8 、 D_{11} の変倍時のデータとして、広角端および望遠端における値を示す。[表2]にはまた、諸データとして、広角端および望遠端における全系の近軸焦点距離 f (mm)、画角(2°)およびFナンバー(FNo.)の値についても示す。

【0049】

[表1]のレンズデータにおいて、面番号の左側に付された記号「*」は、そのレンズ面が非球面形状であることを示す。実施例1に係るズームレンズは、第1レンズ群G1内の第2のレンズL12の像側の面 S_6 と、第2レンズ群G2内の正レンズL21の両面 S_7 、 S_8 と、第4レンズ群G4内の第1のレンズL41の両面 S_{12} 、 S_{13} とが非球面形状となっている。[表1]の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、光軸近傍の曲率半径の数値を示している。

【0050】

[表3]には実施例1に係るズームレンズにおける非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値

10

20

30

40

50

に乘算されることを示す。例えば、「1.0E-02」であれば、「1.0×10⁻²」であることを示す。

【0051】

実施例1に係るズームレンズの非球面データとしては、以下の式(A)によって表される非球面形状の式における各係数RA_i、KAの値を記す。Zは、より詳しくは、光軸から高さhの位置にある非球面上の点から、非球面の頂点の接平面(光軸に垂直な平面)に下ろした垂線の長さ(mm)を示す。

Z = C · h² / { 1 + (1 - KA · C² · h²)^{1/2} } + RA_i · hⁱ (A)
(i = n , n : 3以上の整数)

ただし、

- Z : 非球面の深さ (mm)
- h : 光軸からレンズ面までの距離 (高さ) (mm)
- KA : 非球面定数
- C : 近軸曲率 = 1 / R
- (R : 近軸曲率半径)
- RA_i : 第 i 次の非球面係数

10

【0052】

【表1】

実施例1・基本レンズデータ					
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (アッベ数)	
G1 {	1	-4.1299	0.12	1.72916	54.7
	2	1.3414	0.17		
	3	∞	1.16	1.88300	40.8
	4	∞	0.06		
G2 {	5	-2.4076	0.16	1.60595	27.0
	*6	-1.6200	D6(可変)		
	*7	1.1652	0.33	1.49700	81.5
G3 {	*8	-1.702	D8(可変)		
	9(絞り)	∞	0.27		
G4 {	10	1.7935	0.11	1.80808	22.8
	11	0.8776	D11(可変)		
G4 {	*12	-1.8873	0.24	1.50957	56.5
	*13	-1.0411	0.49		
G4 {	14	∞	0.06	1.51680	64.2
	15	∞	0.78		

20

30

40

(*:非球面)

【0053】

【表 2】

実施例 1・ズームに関するデータ						
	f	FNo.	2ω	D6	D8	D11
広角端	1.00	3.55	63.6	2.37	0.18	0.70
望遠端	2.85	6.26	21.6	0.11	0.29	2.85

【 0 0 5 4 】

【表 3】

10

実施例 1・非球面データ			
非球面 係数	L12	L21	L41
	第 5 面	第 7 面	第 12 面
KA		1.0004792	1.0000202
RA ₄		-1.5919443E-01	1.2532893E-01
RA ₆		-1.1457790E+00	-4.4897448E-01
RA ₈		5.4753447E+00	5.6527697E+00
RA ₁₀		-1.9065798E+01	-8.2686365E+00
	第 6 面	第 8 面	第 13 面
KA	1.0002442	1.0001254	0.9994218
RA ₄	-5.3344070E-02	3.9006425E-02	3.0777228E-01
RA ₆	1.5493738E-01	-1.0944423E+00	-8.0595369E-01
RA ₈	-4.9586703E-01	4.5526448E+00	5.7440346E+00
RA ₁₀	5.3585753E-01	-1.6094029E+01	-6.6742333E+00

20

30

【 0 0 5 5 】

[数値実施例 2 ~ 6]

以上の実施例 1 に係るズームレンズと同様にして、図 2 (A) , (B) に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 2 として、[表 4] ~ [表 6] に示す。また同様にして、図 3 (A) , (B) ~ 図 6 (A) , (B) に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 3 ~ 6 として、[表 7] ~ [表 1 8] に示す。

【 0 0 5 6 】

【表 4】

実施例 2・基本レンズデータ						
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν_{dj} (アベ数)	
G1	1	-6.3206	0.12	1.62041	60.3	
	2	1.3739	0.19			
	3	∞	1.22	1.88300		40.8
	4	∞	0.04			
G2	*5	-4.1069	0.17	1.60595	27.0	
	*6	-3.2906	D6(可変)			
	*7	1.0128	0.35	1.49700		81.5
	*8	-2.0739	D8(可変)			
G3	9(絞り)	∞	0.54		22.8	
	10	2.1491	0.12	1.80808		
	11	0.6720	D11(可変)			
G4	12	-4.5806	0.34	1.88300	40.8	
	13	-1.5895	0.02			
	*14	-50.5990	0.21	1.50957		56.5
	15	-2.7359	0.13			
	16	∞	0.06	1.51680		64.2
17	∞	0.66				

(*:非球面)

【0057】

【表 5】

実施例 2・ズームに関するデータ						
	f	FNo.	2ω	D6	D8	D11
広角端	1.00	3.77	58.7	2.86	0.19	0.74
望遠端	3.85	6.52	16.5	0.06	0.65	3.09

【0058】

【表 6】

実施例 2・非球面データ			
非球面 係数	L12	L21	L42
	第 5 面	第 7 面	第 14 面
KA	0.9998869	0.9983410	0.9999995
RA ₄	4.1486772E-01	-1.0028604E-01	-1.4507725E-01
RA ₆	-2.4185106E-02	-2.9286522E-01	2.8625706E-02
RA ₈	8.6123073E-02	7.6851077E-01	-6.4291523E-02
RA ₁₀	3.9003311E-01	-1.2260372E+00	2.4599199E-02
	第 6 面	第 8 面	第 15 面
KA	0.9999390	0.9999415	
RA ₄	3.1295097E-01	1.2538791E-01	
RA ₆	1.3871962E-01	-3.8757251E-01	
RA ₈	-2.9703852E-01	1.3094133E+00	
RA ₁₀	1.0128972E+00	-1.8988095E+00	

10

20

【 0 0 5 9 】

【表 7】

実施例 3・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
G1	*1	11.2407	0.20	1.69350	53.2
	*2	1.2083	0.25		
	3	∞	1.47	1.88300	40.8
	4	∞	D4(可変)		
G2	*5	0.8818	0.51	1.59240	68.3
	*6	-2.477	D6(可変)		
	7(絞り)	∞	0.28		
G3	*8	25.8875	0.14	1.90679	21.2
	*9	0.8924	D9(可変)		
G4	*10	3.4831	0.51	1.68258	31.3
	*11	-1.9779	0.12		
	12	∞	0.08	1.51680	64.2
	13	∞	0.49		

30

40

(*:非球面)

【 0 0 6 0 】

【表 8】

実施例 3・ズームに関するデータ						
	f	FNo.	2 ω	D4	D6	D9
広角端	1.00	3.38	74.1	1.95	0.25	0.37
望遠端	2.75	5.80	27.6	0.25	0.40	1.92

【 0 0 6 1 】

【表 9】

実施例 3・非球面データ				
非球面 係数	L11	L21	L31	L41
	第 1 面	第 5 面	第 8 面	第 10 面
KA	1.0002309	1.0012743	1.0000969	1.0002948
RA ₃	—	—	—	—
RA ₄	-1.6735332E-01	-6.2128544E-02	-1.5104517E-01	2.1422349E-01
RA ₅	—	—	—	—
RA ₆	1.5863605E-01	8.8245462E-02	-7.7661896E-01	-2.8495256E-01
RA ₇	—	—	—	—
RA ₈	-6.9547084E-02	-3.9388883E-01	-1.2171543E+00	3.6186158E-01
RA ₉	—	—	—	—
RA ₁₀	1.4548242E-02	2.6999668E+00	-1.4053142E+00	-1.8721013E-01
	第 2 面	第 6 面	第 9 面	第 11 面
KA	0.9542318	0.9997957	0.9999026	0.9980945
RA ₃	—	—	—	—
RA ₄	-2.5898566E-01	2.7272393E-01	-1.2055471E-02	4.3850534E-01
RA ₅	—	—	—	—
RA ₆	2.0425182E-01	9.4255755E-02	-4.7159431E-01	-5.9101022E-01
RA ₇	—	—	—	—
RA ₈	-1.2516802E-01	3.6383747E-01	5.3398346E-01	6.4527400E-01
RA ₉	—	—	—	—
RA ₁₀	6.9278402E-02	3.9272931E+00	2.9135852E+00	-3.2708259E-01

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

【表 1 0】

実施例 4・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν_{dj} (アベ数)
G1	*1	9.9880	0.18	1.51537	63.3
	*2	0.9401	0.22		
	3	∞	1.30	1.88300	40.8
	4	∞	D4(可変)		
G2	*5	0.8704	0.45	1.61800	63.3
	*6	-2.9163	D6(可変)		
	7(絞り)	∞	0.12		
G3	8	6.7311	0.22	1.51633	64.1
	9	-11.2186	0.06		
	*10	-31.9414	0.12	1.90679	21.2
	*11	0.8167	D11(可変)		
G4	*12	3.5293	0.45	1.68258	31.3
	*13	-1.6100	0.10		
	14	∞	0.07	1.51680	64.2
	15	∞	0.46		

(*:非球面)

【 0 0 6 3】

【表 1 1】

実施例 4・ズームに関するデータ						
	f	FNo.	2ω	D4	D6	D11
広角端	1.00	3.37	66.9	1.73	0.22	0.33
望遠端	2.75	5.76	24.7	0.14	0.37	1.76

【 0 0 6 4】

【表 1 2】

実施例 4・非球面データ				
非球面 係数	L11	L21	L32	L41
	第 1 面	第 5 面	第 10 面	第 12 面
KA	1.0002299	1.0023333	1.0000969	1.0002797
RA ₄	-3.1636140E-01	-4.1351160E-02	-2.3729037E-01	2.5852903E-01
RA ₆	2.7537262E-01	6.6562131E-02	-1.2273346E+00	-4.4488784E-01
RA ₈	-1.4652047E-01	1.2376214E-02	-1.9856493E+00	6.4612352E-01
RA ₁₀	4.6976070E-02	3.2073311E+00	-1.7923596E+00	-3.9638067E-01
	第 2 面	第 6 面	第 11 面	第 13 面
KA	0.9463681	0.9998785	0.9987300	0.9982688
RA ₄	-4.8579890E-01	2.7995810E-01	-4.7063944E-02	5.3808126E-01
RA ₆	1.3131939E-01	1.4496576E-01	-1.1104066E+00	-9.1609649E-01
RA ₈	-4.2186789E-02	8.9375166E-01	1.6200179E-01	1.1645145E+00
RA ₁₀	-8.1629841E-02	4.8162020E+00	5.3771281E+00	-6.6717217E-01

10

20

【 0 0 6 5】

【表 1 3】

実施例 5・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
G1	1	-4.8650	0.14	1.77250	49.6
	2	1.4063	0.23		
	3	∞	1.36	2.00068	25.5
	4	∞	0.07		
G2	5	-2.8108	0.19	1.60595	27.0
	*6	-1.8321	D6(可変)		
	*7	1.2444	0.39	1.49700	81.5
G3	*8	-2.0099	D8(可変)		
	9(絞り)	∞	0.31		
	10	1.6920	0.13	1.80808	22.8
G4	11	0.9420	D11(可変)		
	*12	-2.4202	0.28	1.50957	56.5
	*13	-1.2594	0.58		
	14	∞	0.07	1.51680	64.2
	15	∞	0.67		

(*:非球面)

30

40

【 0 0 6 6】

50

【表 1 4】

実施例 5・システムに関するデータ						
	f	FNo.	2ω	D6	D8	D11
広角端	1.00	3.55	75.0	2.38	0.21	0.65
望遠端	2.85	6.26	24.9	0.03	0.27	2.95

【 0 0 6 7 】

【表 1 5】

実施例 5・非球面データ			
非球面 係数	L12	L21	L41
	第 5 面	第 7 面	第 12 面
KA		1.0006317	0.9997852
RA ₄		-7.9302322E-02	2.3306347E-01
RA ₆		-6.1128755E-01	-1.7809649E-01
RA ₈		3.2736879E+00	2.2917511E+00
RA ₁₀		-7.8458125E+00	-2.4888087E+00
	第 6 面	第 8 面	第 13 面
KA	1.0002635	1.0000065	0.9980200
RA ₄	-4.3110470E-02	7.9720697E-02	3.3573097E-01
RA ₆	1.0383372E-01	-6.8716513E-01	-3.0479347E-01
RA ₈	-2.4984359E-01	3.7909926E+00	2.3074400E+00
RA ₁₀	1.9721669E-01	-9.9036628E+00	-1.7385253E+00

10

20

30

【 0 0 6 8 】

【表 16】

実施例 6・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν_{dj} (アッベ数)
G1	*1	7.7265	0.17	1.51537	63.3
	*2	0.9478	0.22		
	3	∞	1.30	2.00329	28.3
	4	∞	D4(可変)		
G2	*5	0.7408	0.45	1.56907	71.3
	*6	-1.8045	D6(可変)		
G3	7(絞り)	∞	0.19		
	*8	-18.1463	0.12	1.90199	25.1
	*9	0.7742	D9(可変)		
G4	*10	2.7727	0.45	1.68258	31.3
	*11	-1.9674	0.10		
	12	∞	0.07	1.51680	64.2
	13	∞	0.46		

(*:非球面)

【0069】

【表 17】

実施例 6・ズームに関するデータ						
	f	FNo.	2ω	D4	D6	D9
広角端	1.00	3.38	66.9	1.72	0.22	0.33
望遠端	2.75	5.99	24.5	0.13	0.31	1.84

【0070】

10

20

30

【表 18】

実施例 6・非球面データ				
非球面 係数	L11	L21	L31	L41
	第 1 面	第 5 面	第 8 面	第 10 面
KA	1.0002312	0.9988978	1.0000968	1.0003113
RA ₄	-2.8954098E-01	-1.3894585E-01	-2.1734463E-01	3.5028396E-01
RA ₆	2.2926506E-01	-7.8839433E-02	-1.6338912E+00	-6.3197112E-01
RA ₈	-7.5378361E-02	-8.4480593E-01	-3.6426949E+00	8.1922734E-01
RA ₁₀	1.0202541E-02	5.8483100E+00	-6.2036124E+00	-4.8683600E-01
	第 2 面	第 6 面	第 9 面	第 11 面
KA	0.9577104	0.9997150	0.9989061	0.9979280
RA ₄	-4.4712450E-01	4.0607864E-01	-6.9774967E-02	6.9990134E-01
RA ₆	1.2300894E-01	5.1568319E-02	-7.6428771E-01	-1.2737236E+00
RA ₈	2.4306646E-02	-1.3783089E+00	1.7575918E+00	1.4500120E+00
RA ₁₀	-8.5989293E-02	1.3277369E+01	1.0270411E+01	-8.0325832E-01

10

20

【0071】

【表 19】には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。【表 19】から分かるように、各実施例について条件式(1)~(5)の条件を満足している。

【0072】

【表 19】

条件式に関する値						
	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
f2/fw	1.44	1.42	1.16	1.13	1.61	0.98
ν d2	81.5	81.5	68.3	63.3	81.5	71.3
ν d1	54.7	60.3	53.2	63.3	49.6	63.3
f1/f2	1.43	1.45	1.69	1.78	1.31	2.14
Nd1p	1.89	1.89	1.89	1.89	2.01	2.00

30

【0073】

【収差図】

図 8 (A)~(D)はそれぞれ、実施例 1 に係るズームレンズにおける広角端での球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)および倍率色収差を示している。図 9 (A)~(D)は、望遠端における同様の各収差を示している。各収差図には、d 線(587.6 nm)を基準波長とした収差を示す。球面収差図および倍率色収差図には、波長 460 nm、波長 615 nm についての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はタンジェンシャル方向の収差を示す。FNO. は F 値、 θ は半画角を示す。

40

【0074】

同様に、実施例 2 に係るズームレンズについての諸収差を図 10 (A)~(D) (広角端)、図 11 (A)~(D) (望遠端) に示す。同様にして、実施例 3~6 に係るズームレンズについての諸収差を図 12~図 19 の (A)~(D) に示す。

【0075】

50

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、各変倍域で諸収差が良好に補正され、高変倍比でありながら、レンズ全長が短く、小型化の図られたズームレンズが実現できている。

【0076】

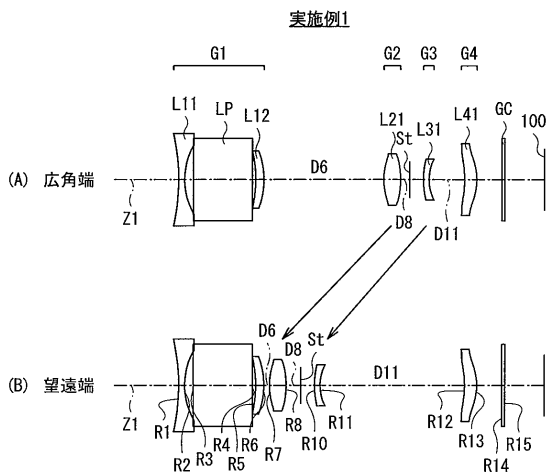
なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

【符号の説明】

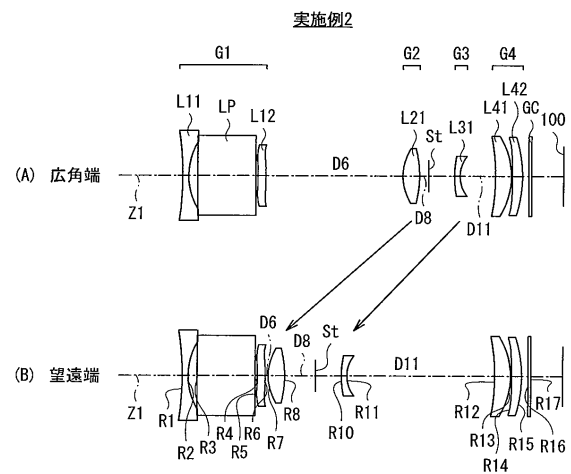
【0077】

G C ... 光学部材、G 1 ... 第1レンズ群、G 2 ... 第2レンズ群、G 3 ... 第3レンズ群、G 4 ... 第4レンズ群、L P ... 直角プリズム（反射部材）、S t ... 開口絞り、R i ... 物体側から第i番目のレンズ面の曲率半径、D i ... 物体側から第i番目と第i+1番目のレンズ面との面間隔、Z 1 ... 光軸、100 ... 撮像素子。

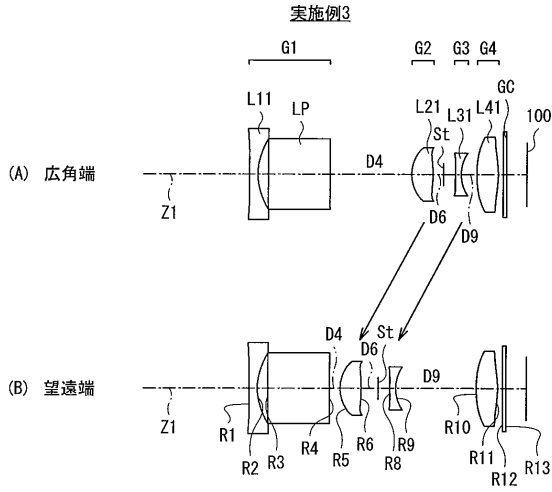
【図1】



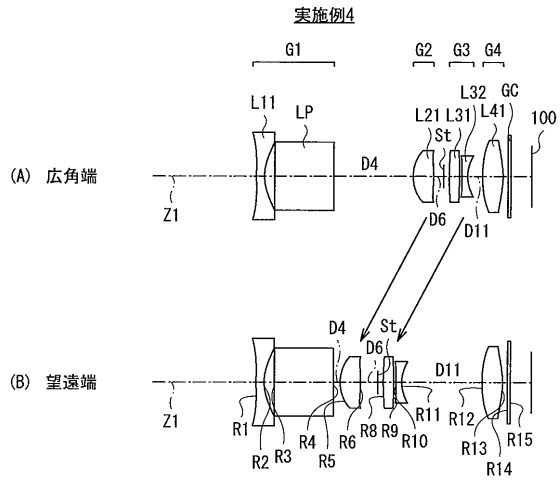
【図2】



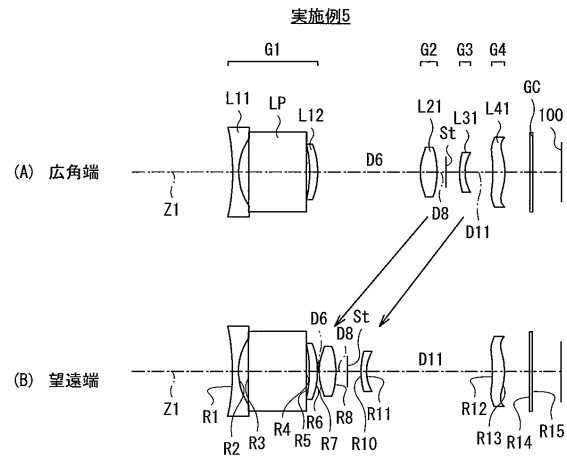
【 図 3 】



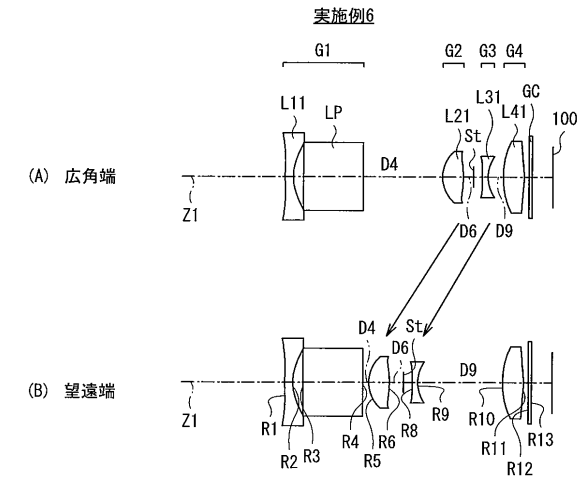
【 図 4 】



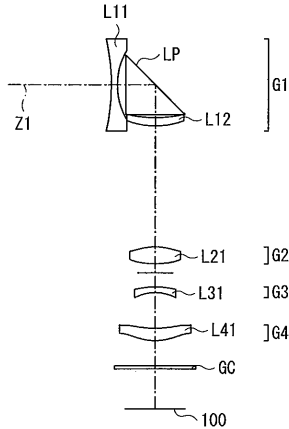
【 図 5 】



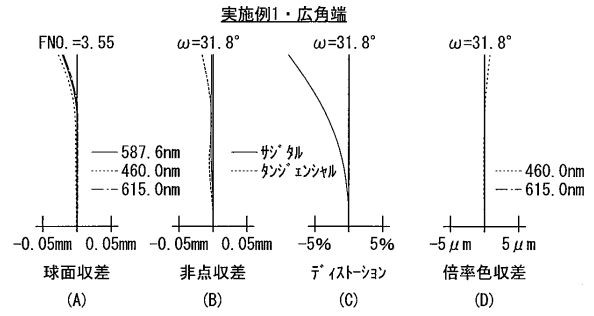
【 図 6 】



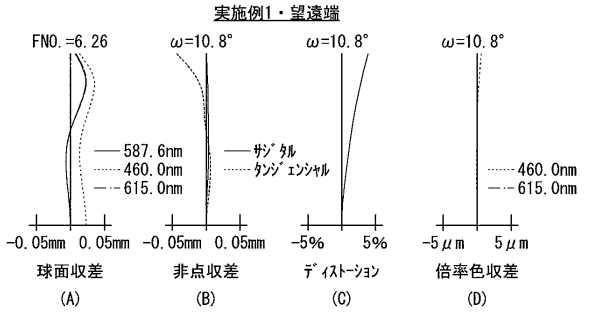
【 図 7 】



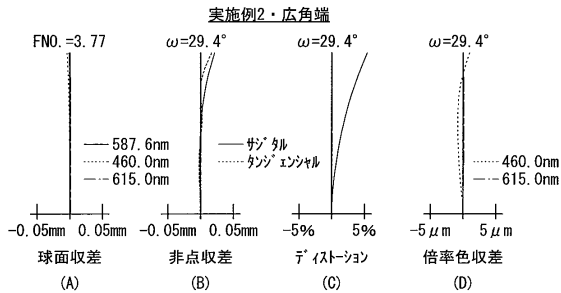
【 図 8 】



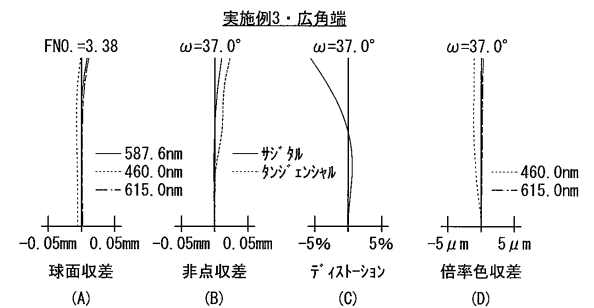
【 図 9 】



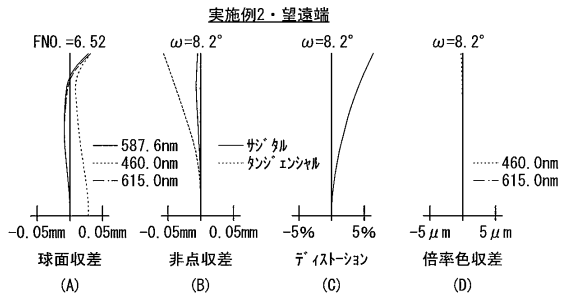
【 図 10 】



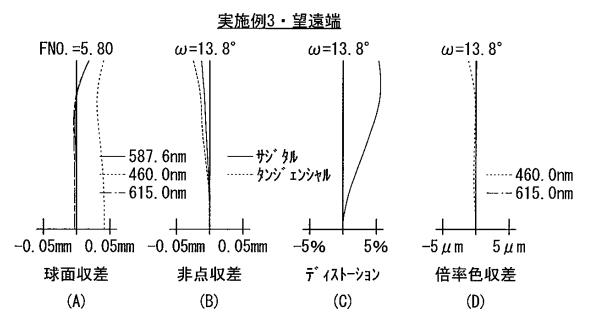
【 図 12 】



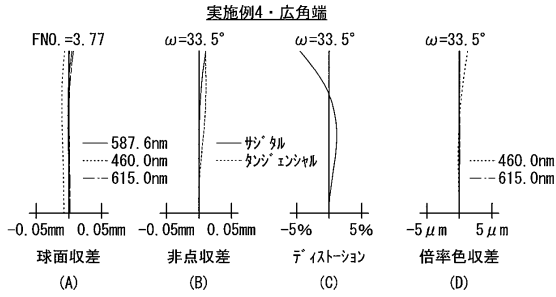
【 図 11 】



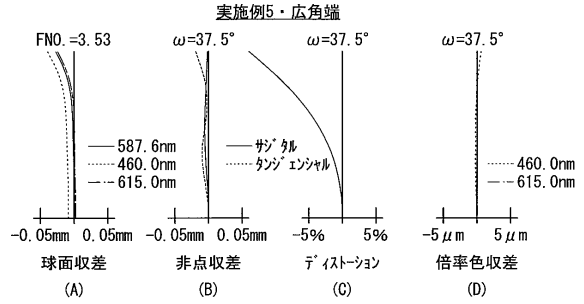
【 図 13 】



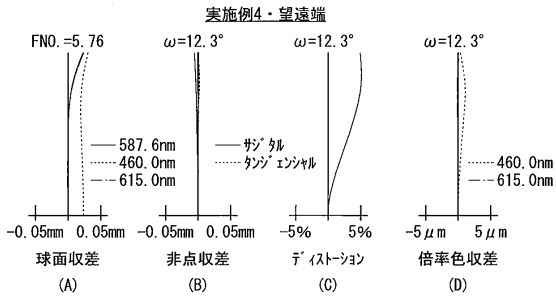
【図14】



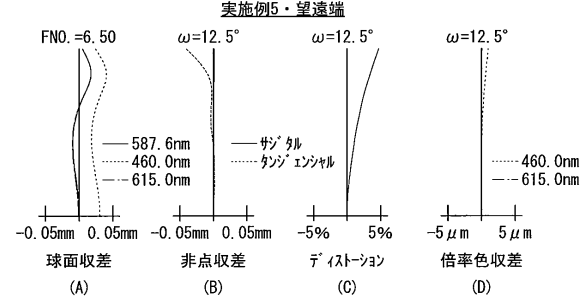
【図16】



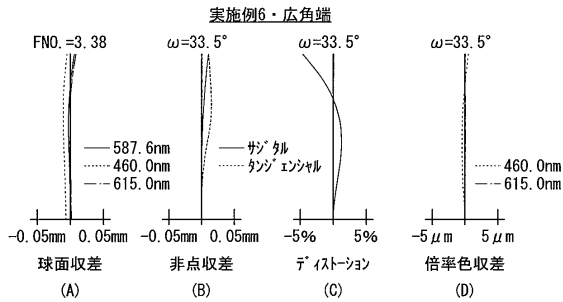
【図15】



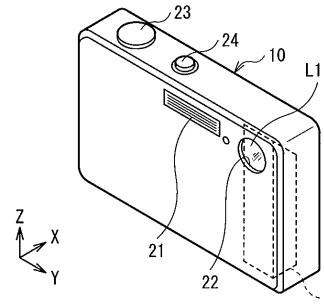
【図17】



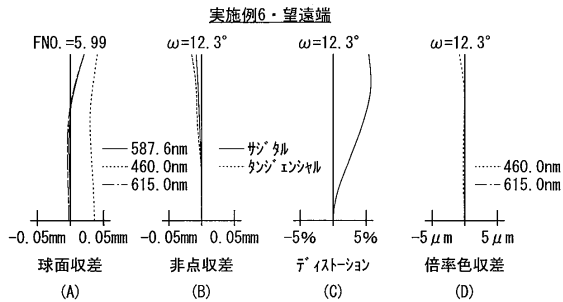
【図18】



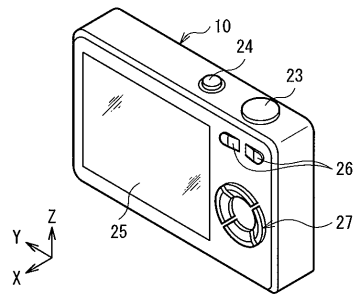
【図20】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-191820(JP,A)
特開平01-216310(JP,A)
特開2007-156367(JP,A)
特開2006-227129(JP,A)
特開2004-085979(JP,A)
特開2006-184783(JP,A)
特開2008-233622(JP,A)
特開2009-122682(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