

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5254086号  
(P5254086)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 2 B 15/20 (2006.01)** G O 2 B 15/20  
**G 0 2 B 13/18 (2006.01)** G O 2 B 13/18

請求項の数 7 (全 32 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-60601 (P2009-60601)                  (22) 出願日 平成21年3月13日 (2009.3.13)                  (65) 公開番号 特開2010-217228 (P2010-217228A)                  (43) 公開日 平成22年9月30日 (2010.9.30)                  審査請求日 平成23年7月8日 (2011.7.8)</p>	<p>(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 小里 哲也                  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 堀井 康司</p>
--	---

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、変倍および合焦の際に固定で正の屈折力を有する第1レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、変倍および合焦の際に固定で正の屈折力を有する第3レンズ群と、変倍の際に移動する正の屈折力の第4レンズ群と、変倍の際に移動すると共に合焦機能を有する正の屈折力の第5レンズ群とが配設され、

広角端から望遠端へと変倍させる際に、前記第5レンズ群が、まず物体側に移動した後、途中で像側へと反転して物体側に凸の弧状の移動軌跡を描くように移動するようになされ、かつ、物体距離が無限遠の状態における前記第5レンズ群の位置が、広角端よりも望遠端において像側に位置するように移動し、

前記第1レンズ群が物体側より順に、負の屈折力を有する前群と光路を折り曲げる反射部材と正の屈折力を有する後群とで構成され、前記前群は少なくとも1面が非球面形状を有する非球面レンズからなり、

かつ、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。

$$0.826 < (d3w - d3t) / (d1t - d1w) < 1.05 \dots \dots (1)$$

ただし、

- d1w : 広角端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔
- d1t : 望遠端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔
- d3w : 広角端での第3レンズ群と第4レンズ群との軸上間隔

d 3 t : 望遠端での第 3 レンズ群と第 4 レンズ群との軸上間隔とする。

【請求項 2】

変倍時に、前記第 2 レンズ群および前記第 4 レンズ群が、互いに異なる移動方向で、かつ共に線形直線移動するようになされている

ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

さらに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。

$$0.7 < IH / fw < 0.9 \dots\dots (2)$$

10

ただし、

IH : 最大像高

fw : 広角端での全系の焦点距離

とする。

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群中の前記後群は、正の屈折力を有する 2 枚のレンズからなり、前記 2 枚のレンズのうち少なくとも物体側のレンズが、外径形状の一部を切り欠いた形状で構成されている

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。

【請求項 5】

20

前記第 1 レンズ群において、前記後群の前記 2 枚のレンズのうち少なくとも物体側のレンズが、少なくとも前記前群の前記非球面レンズに近接している側において外径形状の一部を切り欠いた形状で構成されている

ことを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

さらに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 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$N1 > 1.90 \dots\dots (3)$$

$$1 < 2.4 \dots\dots (4)$$

30

ただし、

N1 : 第 1 レンズ群中の前群を構成する非球面レンズの d 線における屈折率

1 : 第 1 レンズ群中の前群を構成する非球面レンズの d 線におけるアッペ数

とする。

【請求項 7】

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】

40

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。そこで最近では、レンズ系の光路を途中で折り曲げ、いわゆる屈曲光学系とすることで撮像装置に組み込んだときの奥行き方向の薄型化を図ったものが開発されている。

50

## 【0003】

特許文献1ないし3には、物体側から順に、屈折力が正、負、正、正、正の5つのレンズ群が配設され、変倍時に第2レンズ群、第4レンズ群、および第5レンズ群が移動するようになされた5群方式のズームレンズが開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特許第3750672号公報

【特許文献2】特開2003-202501号公報

【特許文献3】特開2007-248952号公報

10

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

特許文献1に記載のズームレンズは、第1レンズ群に光路を折り曲げるためのプリズムを備えた屈曲光学系の構成とされている。このズームレンズは、レンズ構成枚数が比較的少なく、具体的には、第1レンズ群が1枚の負レンズとプリズムと1枚の正レンズとからなり、第2レンズ群が1枚の負レンズと1枚の正レンズとからなり、第5レンズ群が1枚の正レンズのみで構成されている。しかしながら、このズームレンズは、特に移動群である第2レンズ群のレンズ構成枚数が少ないため、小型化には有利であるが、高変倍比化を図った場合に、望遠側での軸上色収差と広角側での倍率色収差の補正が困難である。さらに、第5レンズ群が変倍時に単調に像側へ移動するため、小型化と変倍域全域での収差補正が困難である。

20

## 【0006】

特許文献2に記載のズームレンズは、第2レンズ群および4レンズ群を移動することで変倍を行い、第5レンズ群によって像面変動の補正を行うようになされ、以下の条件式を満たす構成とされている。しかしながら、このズームレンズでは、変倍時の第4レンズ群の移動量に対して、第2レンズ群の移動量が比較的大きいため、第1レンズ群と絞りとの距離が拡大する。その結果、第1レンズ群の外径が拡大して小型化が困難である。

$$0.3 < (d_{3w} - d_{3t}) / (d_{1t} - d_{1w}) < 0.8$$

ただし、

$d_{1w}$  : 広角端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔

$d_{1t}$  : 望遠端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔

$d_{3w}$  : 広角端での第3レンズ群と第4レンズ群との軸上間隔

$d_{3t}$  : 望遠端での第3レンズ群と第4レンズ群との軸上間隔

30

## 【0007】

特許文献3に記載のズームレンズは、第1レンズ群中の負の屈折力を有するレンズが球面レンズで構成されている。このため、広角化時の収差補正が困難である。

## 【0008】

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、レンズ全長が短く、かつ第1レンズ群の外径を抑えて小型化と広角化とを実現しやすいズームレンズおよび撮像装置を提供することにある。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明によるズームレンズは、物体側より順に、変倍および合焦の際に固定で正の屈折力を有する第1レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、変倍および合焦の際に固定で正の屈折力を有する第3レンズ群と、変倍の際に移動する正の屈折力の第4レンズ群と、変倍の際に移動すると共に合焦機能を有する正の屈折力の第5レンズ群とが配設されている。広角端から望遠端へと変倍させる際には、第5レンズ群が、まず物体側に移動した後、途中で像側へと反転して物体側に凸の弧状の移動軌跡を描くように移動するようになされ、かつ、物体距離が無限遠の状態における第5レンズ群の位置が、

50

広角端よりも望遠端において像側に位置するように移動する。第1レンズ群は物体側より順に、負の屈折力を有する前群と光路を折り曲げる反射部材と正の屈折力を有する後群とで構成され、前群は少なくとも1面が非球面形状を有する非球面レンズからなる。かつ、以下の条件式を満足するように構成されている。ただし、 $d_{1w}$ は広角端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔、 $d_{1t}$ は望遠端での第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔、 $d_{3w}$ は広角端での第3レンズ群と第4レンズ群との軸上間隔、 $d_{3t}$ は望遠端での第3レンズ群と第4レンズ群との軸上間隔とする。

$$0.826 \frac{(d_{3w} - d_{3t})}{(d_{1t} - d_{1w})} < 1.05 \dots\dots (1)$$

【0010】

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光学系の構成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、屈折力が正、負、正、正、正の5つのレンズ群を配設し、変倍時に第2レンズ群、第4レンズ群、および第5レンズ群を移動するようになされた5群方式のズームレンズにおいて、変倍時のレンズ群の移動量および移動軌跡の最適化が適切になされている。また、レンズ構成の最適化、特に第1レンズ群のレンズ構成の最適化が適切になされている。これにより、変倍全域での諸収差の劣化を抑えつつ、レンズ全長が短く抑えられる。また、第1レンズ群の外径を抑えて小型化と広角化との実現が容易となる。

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、レンズ全長の短縮化、小型化および広角化がより容易となる。

【0011】

本発明によるズームレンズにおいて、第2レンズ群および第4レンズ群は、変倍時に互いに異なる移動方向で、かつ共に線形直線移動することが好ましい。

【0012】

また、以下の条件式を適宜満足することが好ましい。ただし、 $I_H$ は最大像高、 $f_w$ は広角端での全系の焦点距離とする。 $N_1$ は第1レンズ群中の前群を構成する非球面レンズのd線における屈折率、 $n_1$ は第1レンズ群中の前群を構成する非球面レンズのd線におけるアッペ数とする。

$$0.7 < I_H / f_w < 0.9 \dots\dots (2)$$

$$N_1 > 1.90 \dots\dots (3)$$

$$1 < 2.4 \dots\dots (4)$$

【0013】

また、第1レンズ群中の後群は、正の屈折力を有する2枚のレンズからなり、2枚のレンズのうち少なくとも物体側のレンズが、外径形状の一部を切り欠いた形状で構成されていることが好ましい。特に、少なくとも前群の非球面レンズに近接している側において外径形状の一部を切り欠いた形状で構成されていることが好ましい。

【0014】

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。

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】

【0015】

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光学系にすると共に、変倍時のレンズ群の移動量および移動軌跡の最適化と、レンズ構成の最適化、特に第1レンズ群のレンズ構成の最適化とを適切に行うようにしたので、レンズ全長が短く、かつ第1レンズ群の外径を抑えて小型化と広角化とを容易に実現することができる。

【0016】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明の小型化および広角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、広角で良好な撮像性能を維持

10

20

30

40

50

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】

【 0 0 1 7 】

【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。

10

【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】本発明の一実施の形態に係るズームレンズにおけるレンズ群の移動機構の一例を示す断面図である。

【図 8】第 1 レンズ群の外径形状についての説明図である。

【図 9】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。

20

【図 1 0】実施例 1 に係るズームレンズの中間域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 1 1】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 1 2】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。

30

【図 1 3】実施例 2 に係るズームレンズの中間域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 1 4】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 1 5】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 1 6】実施例 3 に係るズームレンズの中間域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。

40

【図 1 7】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 1 8】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 1 9】実施例 4 に係るズームレンズの中間域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

50

示す。

【図20】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、(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21】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22】実施例5に係るズームレンズの中間域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23】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24】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。

【図25】実施例6に係るズームレンズの中間域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26】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。

20

【図27】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観図である。

【図28】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観図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

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)、(C)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)は無遠合焦状態でかつ中間域(中間焦点距離状態)での光学系配置、図1(C)は無遠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)、(C)~図6(A)、(B)、(C)に示す。図1(A)、(B)、(C)~図6(A)、(B)、(C)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 $D_8$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{16}$ 、 $D_{21}$ 、 $D_{23}$ のみ符号を付す。なお、各構成例共に基本的な構成は同じなので、以下では図1(A)、(B)、(C)に示した第1の構成例を基本にして説明する。

30

40

【0019】

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、第5レンズ群 $G_5$ とを備えている。光学的な開口絞り $S_t$ は、第3レンズ群 $G_3$ の物体側近傍に配設されていることが好ましい。

【0020】

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

50

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5レンズ群G5）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。

10

## 【0021】

このズームレンズは、各群間隔を変化させることにより変倍を行うようになされている。より詳しくは、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3が変倍および合焦の際に常時固定であり、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が変倍時に光軸Z1上で移動するようになっている。

## 【0022】

より詳しくは、広角端から中間へ、さらに望遠端へと変倍させるに従い、各移動群は、例えば図1(A)の状態から図1(B)の状態へ、さらに図1(C)の状態へと、図に実線で示した軌跡を描くように移動する。特に第5レンズ群G5は、広角端から望遠端へと変倍させる際に、まず物体側に移動した後、途中で像側へと反転して物体側に凸の弧状の移動軌跡を描くように移動する。また、変倍時に、物体距離が無限遠の状態における第5レンズ群G5の位置が、広角端よりも望遠端において像側に位置するように移動する。第5レンズ群G5はまた、合焦機能を有しており、合焦時にも移動する。

20

## 【0023】

第1レンズ群G1は、全体として正の屈折力を有している。第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、光路を折り曲げる反射部材としての直角プリズムLPと、正の屈折力を有する後群G1Rとで構成されている。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。第1レンズ群G1の前群G1Fは、少なくとも1面が非球面形状を有する非球面レンズL11からなる。非球面レンズL11は、光軸近傍において負の屈折力を有し、像面側が凹面であることが好ましい。後群G1Rは、正の屈折力を有するレンズL12と正の屈折力を有するレンズL13との2枚で構成されていることが好ましい。後群G1R内の像側のレンズL13の少なくとも1面は非球面形状であることが好ましい。

30

## 【0024】

第1レンズ群G1中において、後群G1Rの2枚のレンズL12、L13のうち、少なくとも物体側のレンズL12は、外径形状の一部を切り欠いた形状であることが好ましい。図8(A)、(B)は、外径形状の一部を切り欠いた形状にする場合の構成例を示している。図8(A)、(B)に示したように斜線を施した部分、例えばレンズL12の外径形状の一部を切り欠き部51、52にすることができる。特に、図8(A)に示したように、前群G1Fの非球面レンズL11に近接している側において外径形状の一部を切り欠いた形状で構成されていることが好ましい（切り欠き部52）。このような構成にすることで、第1レンズ群G1中の前群G1Fと後群G1Rとで外径形状が干渉せず、両群の間隔を短くすることができる。これにより、第1レンズ群G1の小型化を達成することができる。また、そのような切り欠き部52に対向する側も、外径形状の一部を切り欠いた形状で構成すれば、第1レンズ群G1をより小型化できる（切り欠き部51）。なお、このズームレンズを撮像装置に組み込む場合、撮像素子は通常、矩形形状であるので、レンズの外径形状に一部切り欠きがあったとしても、撮像素子の形状に応じた形状にする限りにおいて、撮像性能上の問題はない。

40

## 【0025】

第2レンズ群G2は、全体として負の屈折力を有している。第2レンズ群G2は例えば

50

、3つのレンズで構成することができる。より具体的には例えば、物体側より順に、像側が凹面とされたレンズL21と、負レンズL22および正レンズL23からなる接合レンズとで構成することができる。

【0026】

第3レンズ群G3は、全体として正の屈折力を有している。第3レンズ群G3は例えば、1枚の正レンズL31で構成することができる。

【0027】

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は例えば、3つのレンズで構成することができる。より具体的には例えば、物体側より順に、正レンズL41および負レンズL42からなる接合レンズと、単レンズL43とで構成することができる。

10

【0028】

第5レンズ群G5は、全体として正の屈折力を有している。第5レンズ群G5は例えば、正の屈折力を有する1枚のレンズL51で構成することができる。

【0029】

このズームレンズは、以下の条件式を満足するように構成されていることが好ましい。ただし、d1wは広角端での第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上間隔、d1tは望遠端での第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上間隔、d3wは広角端での第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上間隔、d3tは望遠端での第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上間隔とする。

20

$$0.80 < (d3w - d3t) / (d1t - d1w) < 1.05 \quad \dots\dots (1)$$

【0030】

このズームレンズはまた、以下の条件式を適宜選択的に満足するように構成されていることが好ましい。ただし、IHは最大像高、fwは広角端での全系の焦点距離とする。N1は第1レンズ群G1中の前群G1Fを構成する非球面レンズL11のd線における屈折率、 $n_1$ は非球面レンズL11のd線におけるアッペ数とする。

$$0.7 < IH / fw < 0.9 \quad \dots\dots (2)$$

$$N1 > 1.90 \quad \dots\dots (3)$$

$$1 < 2.4 \quad \dots\dots (4)$$

【0031】

30

また、第5レンズ群G5の移動に関しては、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。ただし、MWは広角端におけるレンズ位置から中間位置( $(fw \cdot ft)^{1/2}$ におけるレンズ位置)までの第5レンズ群G5の移動量とする。fwは広角端における全系の焦点距離、ftは望遠端における全系の焦点距離とする。また、MWは無遠合焦点状態での変倍時の移動量とする。

$$0.4 < MW / fw < 1.0 \quad \dots\dots (5)$$

【0032】

図7は、このズームレンズにおけるレンズ群の移動機構の一例を示している。このズームレンズにおいて、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4は、変倍時に互いに異なる移動方向で、かつ共に線形直線移動することが好ましい。これにより、図7に示したように、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4を1つの駆動モータM1で移動させることができる。この場合、本来移動レンズ群ごとに必要であるモータの個数削減化と移動制御の簡略化を達成することができ、移動機構を含めた撮影装置の小型化と低廉化を達成することができる。

40

【0033】

図7に示した移動機構では、第1の駆動モータM1に連結された直線状の第1の回転軸31の別々の部位に、第2群用移動枠32と第4群用移動枠33とが設けられている。第2群用移動枠32は、第2レンズ群G2を保持する第2群用レンズ枠34に連結されている。第4群用移動枠33は、第4レンズ群G4を保持する第4群用レンズ枠35に連結されている。第1の回転軸31の外周面と第2群用移動枠32の内周面、および第4群用移

50

動枠 3 3 の内周面とには、このズームレンズの変倍仕様に応じた形状およびピッチで溝が刻まれている。このような構成により、第 1 の駆動モータ M 1 の回転動作に応じて第 1 の回転軸 3 1 が回転動作すると、それに連動して第 2 群用移動枠 3 2 と第 4 群用移動枠 3 3 とが光軸に平行に、かつ互いに逆向きに直線移動する。これにより、第 2 群用レンズ枠 3 4 を介して第 2 群用移動枠 3 2 に連結された第 2 レンズ群 G 2 と、第 4 群用レンズ枠 3 5 を介して第 4 群用移動枠 3 3 に連結された第 4 レンズ群 G 4 とが光軸上を互いに逆向きに線形直線移動する。

【 0 0 3 4 】

また、第 2 の駆動モータ M 2 に連結された直線状の第 2 の回転軸 4 1 に、第 5 群用移動枠 4 2 が設けられている。第 5 群用移動枠 4 2 は、第 5 レンズ群 G 5 を保持する第 5 群用  
10  
レンズ枠 4 3 に連結されている。第 2 の回転軸 4 1 の外周面と第 5 群用移動枠 4 2 の内周面とには、このズームレンズの変倍仕様および合焦仕様に応じた形状およびピッチで溝が刻まれている。このような構成により、第 2 の駆動モータ M 2 の回転動作に応じて第 2 の回転軸 4 1 が回転動作すると、それに連動して第 5 群用移動枠 4 2 が光軸に平行に移動する。これにより、第 5 群用レンズ枠 4 3 を介して第 5 群用移動枠 4 2 に連結された第 5 レンズ群 G 5 が光軸上を移動する。

【 0 0 3 5 】

図 2 7 , 図 2 8 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 2 7 は、このデジタルスチルカメラ 1 0 を前側から見た  
20  
外観を示し、図 2 8 は、このデジタルスチルカメラ 1 0 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 1 0 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 2 1 を備えている。また、その前面側においてストロボ発光部 2 1 の側方部には、撮影対象からの光が入射する撮影開口 2 2 が設けられている。このデジタルスチルカメラ 1 0 はまた、上面側に、リリースボタン 2 3 と電源ボタン 2 4 とを備えている。このデジタルスチルカメラ 1 0 はまた、背面側に、表示部 2 5 と操作部 2 6 , 2 7 とを備えている。表示部 2 5 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 1 0 では、リリースボタン 2 3 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 1 0 に装着されたメモリカード ( 図示せず ) に記録される。

【 0 0 3 6 】

このデジタルスチルカメラ 1 0 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 2 2 に、最も物体側のレンズ L 1 1 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 L P による折り曲げ後の光軸 Z 1 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 1 0 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 Z 1 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 1 0 の内部に全体として横方向に組み込まれていても良い。  
30

【 0 0 3 7 】

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 G 1 内に配置された反射部材によって光路が折り  
40  
曲げられる屈曲光学系の構成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、屈折力が正、負、正、正、正の 5 つのレンズ群を配設し、変倍時に第 2 レンズ群 G 2 、第 4 レンズ群 G 4 、および第 5 レンズ群 G 5 を移動するようになされた 5 群方式のズームレンズにおいて、変倍時のレンズ群の移動量および移動軌跡の最適化が適切になされている。また、レンズ構成の最適化、特に第 1 レンズ群 G 1 のレンズ構成の最適化が適切になされている。これにより、変倍全域での諸収差の劣化を抑えつつ、レンズ全長が短く抑えられる。また、第 1 レンズ群 G 1 の外径を抑えて小型化と広角化との実現が容易となる。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

特に、第1レンズ群G1の前群G1Fを非球面レンズL11とすることで、条件式(2)を満たすような広角レンズとする場合でも、広角端における像面湾曲と歪曲を容易に補正することができる。また、後群G1Rの像側のレンズL13の少なくとも1面を非球面形状とすることで、像面湾曲と歪曲を容易に補正することができる。

【0039】

さらに、第5レンズ群G5を、物体距離が無限遠の状態において広角端での位置よりも望遠端での位置の方が像側に近づくように移動させることにより、広角端に比べ、望遠端における第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との群間隔をより広げることができるため、高変倍化を達成し易い。このズームレンズでは、広角端に比べ、望遠端における近距離撮影時の像面移動量が大きく、合焦時に移動するレンズも広角端に比べ、望遠端における移動量が大きくなる。第5レンズ群G5を合焦時に使用する場合、近距離撮影時に物体側へ移動させることになり、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との群間隔をより広げることができるため、近距離撮影時の合焦時に移動量を確保することができる。

10

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。

【0040】

条件式(1)は、変倍時の第2レンズ群G2の移動量と第4レンズ群G4の移動量との比に関する式である。条件式(1)を満足することで、第2レンズ群G2の移動量が適切に抑えられ、第1レンズ群G1と絞りStとの距離が必要以上に大きくなることが防止される。これにより、レンズ全長の短縮化と共に第1レンズ群G1の小型化を図ることができる。条件式(1)の下限を下回ると第2レンズ群G2の移動量が増大するため、第1レンズ群G1の外径が拡大し、小型化が困難となる。上限を上回ると第2レンズ群G2の屈折力が増大し、変倍全域でも収差補正が困難となる。

20

【0041】

条件式(2)は、広角端での画角に関する式である。このズームレンズは、条件式(2)の範囲で広角化を図った場合であっても良好な光学性能を得ることができる。

【0042】

条件式(3)、(4)は、第1レンズ群G1中の非球面レンズL11の屈折率とアッペ数に関する式で、条件式(3)の下限を下回ると、特に条件式(2)を満たすような広角レンズとする場合において非球面レンズL11の像側の面の深さが増大し、レンズの小型化・広角化が困難となる。条件式(4)の上限を上回ると、広角端における倍率色収差の補正と望遠端における軸上色収差の補正とが困難となる。より良好な性能を得るために、条件式(3)の下限および条件式(4)の上限に関して、以下の条件式(3)'、(4)'の値を満たすことが好ましい。これにより、さらなる小型化・広角化を図ることができると共に、広角端における倍率色収差の補正と望遠端における軸上色収差の補正とを良好に行うことができる。

30

$$N1 > 1.98 \dots\dots (3)'$$

$$1 < 2.2 \dots\dots (4)'$$

【0043】

条件式(5)は、第5レンズ群G5の広角端から中間位置までの移動量に関する式で、この式を満足することで、レンズ全長の短縮化を図ることができる。また、中間の焦点距離における近距離の合焦を良好に行うことができる。条件式(5)の下限を下回ると、第5レンズ群G5の移動量が少なくなるため、中間の焦点距離における第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が確保でき、中間の焦点距離における近距離の合焦が容易となるが、レンズ全長の短縮化が困難となる。上限を上回ると、第5レンズ群G5の移動量が大きくなるため、レンズ全長の短縮には有利であるが、中間の焦点距離における第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との間隔が狭くなるため、中間の焦点距離における近距離の合焦が困難となる。

40

【0044】

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光学系にすると共に、変倍時のレンズ群の移動量および移動軌跡の最適化と、

50

レンズ構成の最適化、特に第1レンズ群G1のレンズ構成の最適化とを適切に行うようにしたので、レンズ全長が短く、かつ第1レンズ群G1の外径を抑えて小型化と広角化とを容易に実現することができる。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、広角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。

【実施例】

【0045】

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。

【0046】

10

[実施例1]

[表1]～[表3]は、図1(A)、(B)、(C)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( $i=1\sim 25$ )の面の番号を示している。曲率半径 $R_i$ の欄には、図1(C)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。 $Nd_i$ の欄には、物体側から $i$ 番目の面 $S_i$ と $i+1$ 番目の面 $S_{i+1}$ との間の $d$ 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。[表1]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( $2^\circ$ )およびFナンバー(FNO.)の値についても示す。

20

【0047】

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、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5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 $D_8$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{16}$ 、 $D_{21}$ 、 $D_{23}$ の値は可変となっている。[表2]には、これらの面間隔 $D_8$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{16}$ 、 $D_{21}$ 、 $D_{23}$ の変倍時のデータとして、広角端、中間および望遠端における値を示す。

30

【0048】

[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内のレンズL11の両面 $S_1$ 、 $S_2$ およびレンズL13の両面 $S_7$ 、 $S_8$ と、第3レンズ群G3内のレンズL31の両面 $S_{15}$ 、 $S_{16}$ と、第4レンズ群G4内のレンズL43の両面 $S_{20}$ 、 $S_{21}$ とがすべて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。

【0049】

[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”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「 $1.0E-02$ 」であれば、「 $1.0 \times 10^{-2}$ 」であることを示す。

40

【0050】

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 $A_n$ 、 $K$ 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。

$$Z = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + A_n \cdot h^n \dots\dots (A)$$

( $n=3$ 以上の整数)

50

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 )

K : 離心率

C : 近軸曲率 = 1 / R

( R : 近軸曲率半径 )

$A_n$  : 第 n 次の非球面係数

【 0 0 5 1 】

実施例 1 に係るズームレンズは、非球面係数  $A_n$  として  $A_3 \sim A_{20}$  までの次数を適宜有効に用いて表されている。

【 0 0 5 2 】

【 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)	Ndi (屈折率)	$\nu_{dj}$ (アッベ数)
G1	*1	1410.2399	1.05	2.01960	21.5
	*2	23.2986	1.70	1.00000	
	3	$\infty$	11.50	1.78590	44.2
	4	$\infty$	0.04	1.00000	
	5	$\infty$	1.60	1.49700	81.6
	6	-21.7522	0.10	1.00000	
	*7	16.4632	2.10	1.59170	60.7
	*8	-20.5494	D8(可変)	1.00000	
G2	9	36.7708	0.51	1.88300	40.8
	10	6.1919	0.97	1.00000	
	11	-12.3665	0.52	1.88300	40.8
	12	6.9699	1.38	1.94595	18.0
	13	67.5495	D13(可変)	1.00000	
	14(絞り)	—	0.40	1.00000	
G3	*15	6.8656	1.20	1.50957	56.5
	*16	35.2701	D16(可変)	1.00000	
G4	17	6.3084	4.81	1.58913	61.1
	18	-7.2793	1.01	1.76182	26.5
	19	10.9625	0.20	1.00000	
	*20	6.9058	1.50	1.50957	56.5
G5	*21	7.0637	D21(可変)	1.00000	
	22	13.4860	1.80	1.51680	64.2
	23	529.2676	D23(可変)	1.00000	
	24	$\infty$	0.8	1.51680	64.2
	25	$\infty$			

(\*: 非球面) (f=5.15~33.98mm, FNO.=4.04~5.83,  $2\omega=82.4^\circ \sim 12.6^\circ$ )

【 0 0 5 3 】

【表 2】

実施例 1・可変面間隔データ			
面間隔	広角端(f=5.15)	中間(f=13.23)	望遠端(f=33.98)
D8	0.27	5.19	8.78
D13	9.47	4.56	0.97
D16	8.09	3.72	0.48
D21	1.92	2.26	12.17
D23	5.94	9.98	3.31

【 0 0 5 4 】

【表 3】

実施例 1・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	-1.716501E+06	-2.129110E-04	-4.183479E-05	1.486233E-05
2	3.237900E+00	-4.303722E-04	6.185188E-05	8.448054E-06
7	-2.314741E-01	3.709717E-04	-1.339268E-04	3.030331E-05
8	-4.678716E+00	5.408621E-04	-2.363656E-04	2.192623E-05
15	4.584051E+00	-2.223615E-04	-3.712962E-04	-1.142444E-03
16	-9.631743E+00	1.688451E-04	-3.756697E-05	1.352719E-03
20	2.379593E+00	-2.145123E-03	1.189303E-03	-1.091241E-03
21	2.015733E+00	-3.086808E-03	4.735320E-03	-1.815620E-03
	A6	A7	A8	A9
1	2.086609E-06	3.465883E-08	-2.407196E-08	-2.340864E-09
2	2.702024E-06	5.677595E-08	-2.089545E-08	3.324369E-09
7	-3.470443E-06	1.524727E-08	4.273097E-08	-1.498894E-09
8	1.903398E-06	-3.654660E-07	-3.448535E-08	8.515233E-09
15	1.059144E-03	-3.854355E-04	-5.603366E-05	3.774204E-05
16	-6.780984E-04	7.896391E-05	5.756600E-05	-9.191292E-06
20	2.938011E-05	8.259710E-05	6.448148E-06	-5.957220E-06
21	1.021462E-04	1.917361E-04	-2.523518E-05	-6.681778E-06
	A10	A11	A12	A13
1	2.324216E-10	—	—	—
2	-2.365007E-10	—	—	—
7	-3.195367E-10	3.410679E-10	2.771590E-11	5.671862E-12
8	5.073085E-10	-1.258606E-10	7.690954E-11	7.745854E-12
15	7.898781E-06	-6.304776E-07	-1.178249E-06	-4.166589E-07
16	-1.709812E-07	-2.439995E-06	5.204325E-07	2.784246E-07
20	-6.998338E-06	2.757279E-06	-2.360549E-07	—
21	-1.481424E-06	-1.525955E-07	2.387241E-07	—
	A14	A15	A16	A17
7	2.139709E-13	-1.399178E-13	-5.254884E-14	-5.246871E-15
8	8.707658E-13	9.149880E-14	-2.054275E-14	-2.867034E-14
15	1.732330E-07	—	—	—
16	-6.442127E-08	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	-1.289749E-15	2.471976E-16	1.735746E-16	
8	-4.936203E-15	5.445568E-16	3.197319E-16	

【 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 ) , ( C ) 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 ) , ( C ) 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 として、[ 表 7 ] ~ [ 表 9 ] に示す。同様にして、図 4 ( A ) , ( B ) , ( C ) 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 4 として、[ 表 10 ] ~ [ 表 12 ] に示す。同様にして、図 5 ( A )

10

20

30

40

50

、(B)、(C)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5として、[表13]～[表15]に示す。同様に、図6(A)、(B)、(C)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6として、[表16]～[表18]に示す。

【0056】

なお、実施例2ないし6のいずれのズームレンズについても、実施例1に係るズームレンズと同様の面が非球面形状となっている。

【0057】

【表4】

	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	$\nu_{dj}$ (アッベ数)
G1	*1	-150.7597	0.90	2.00170	20.6
	*2	28.7304	1.70	1.00000	
	3	$\infty$	11.40	1.78590	44.2
	4	$\infty$	0.04	1.00000	
	5	$\infty$	1.60	1.49700	81.6
	6	-20.3999	0.10	1.00000	
	*7	17.8030	2.10	1.59170	60.7
	*8	-20.0000	D8(可変)	1.00000	
G2	9	51.1962	0.51	1.88300	40.8
	10	6.2066	0.97	1.00000	
	11	-12.8609	0.52	1.81600	46.6
	12	6.9558	1.38	1.94595	18.0
	13	36.6795	D13(可変)	1.00000	
G3	14(絞り)	—	0.40	1.00000	
	*15	6.5522	1.20	1.50957	56.5
	*16	27.7577	D16(可変)	1.00000	
G4	17	5.9926	5.31	1.58313	59.4
	18	-6.0000	0.55	1.75520	27.5
	19	8.3941	0.10	1.00000	
	*20	5.5359	1.60	1.50957	56.5
	*21	7.0803	D21(可変)	1.00000	
G5	22	13.0693	1.70	1.51680	64.2
	23	-867.2246	D23(可変)	1.00000	
	24	$\infty$	0.8	1.51680	64.2
	25	$\infty$			

(\*:非球面) (f=5.11~33.69mm, FNO.=4.03~5.78,  $2\omega=82.0^\circ \sim 12.6^\circ$ )

【0058】

10

20

30

40

【表 5】

実施例 2・可変面間隔データ			
面間隔	広角端 (f=5.11)	中間 (f=13.11)	望遠端 (f=33.69)
D8	0.27	5.19	8.73
D13	9.44	4.52	0.98
D16	7.58	3.47	0.48
D21	2.63	2.55	11.59
D23	5.05	9.23	3.18

【 0 0 5 9 】

【表 6】

実施例 2・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	2.888129E+02	4.165305E-05	1.007261E-04	1.323398E-05
2	5.742708E+00	-6.413170E-05	2.295763E-04	-3.773867E-06
7	4.574952E-01	4.565922E-04	-6.115218E-05	2.048997E-06
8	1.309682E+00	5.960575E-04	-6.304639E-05	3.256460E-06
15	1.057725E+00	7.967824E-05	-1.412528E-04	3.746115E-04
16	-9.999864E+00	1.395573E-04	1.015430E-04	8.901532E-04
20	2.530844E-01	-8.209308E-04	6.784578E-05	4.604815E-05
21	3.057948E+00	-1.496964E-03	2.759332E-03	-7.684336E-04
	A6	A7	A8	A9
1	9.656936E-07	-4.968722E-08	-2.273784E-08	-2.035116E-09
2	2.035675E-06	2.358062E-07	-2.406907E-08	-3.925913E-09
7	3.717525E-08	1.725161E-08	7.623102E-09	2.710568E-09
8	6.508151E-07	1.004355E-07	1.265115E-08	1.095233E-09
15	4.586267E-05	-3.879438E-05	-1.444128E-05	-1.226699E-07
16	-1.309165E-04	-7.760815E-05	-1.321905E-06	8.751980E-06
20	-7.768404E-05	-4.448581E-06	7.739863E-06	8.940946E-07
21	-1.820636E-06	8.040033E-05	1.352565E-05	-6.651055E-06
	A10	A11	A12	A13
1	3.178699E-10	—	—	—
2	3.261138E-10	—	—	—
7	6.907885E-10	1.307612E-10	1.805192E-11	1.251173E-12
8	7.634180E-11	2.078643E-11	9.394752E-12	2.850270E-12
15	1.851371E-06	9.643138E-07	2.688201E-07	-4.390645E-09
16	3.522504E-06	3.662620E-07	-3.067443E-07	-1.612465E-07
20	-1.463524E-06	-6.329408E-07	2.723127E-07	—
21	-4.013295E-06	-5.360158E-07	5.027977E-07	—
	A14	A15	A16	A17
7	-2.068357E-13	-9.887878E-14	-2.062227E-14	-2.550876E-15
8	6.039244E-13	7.541789E-14	-1.694864E-15	-5.327162E-15
15	-6.773050E-08	—	—	—
16	3.387721E-08	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	1.274605E-16	3.353644E-16	7.079523E-17	
8	-8.548446E-16	6.574337E-17	1.446351E-16	

10

20

30

40

【 0 0 6 0 】

【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)	Ndi (屈折率)	$\nu$ dj (アッベ数)
G1	*1	342.3002	1.10	2.00170	20.6
	*2	22.0455	1.70	1.00000	
	3	$\infty$	11.20	1.78472	25.7
	4	$\infty$	0.04	1.00000	
	5	$\infty$	1.60	1.49700	81.6
	6	-20.5000	0.10	1.00000	
	*7	16.0000	2.10	1.59170	60.7
	*8	-20.0000	D8(可変)	1.00000	
G2	9	45.6816	0.51	1.88300	40.8
	10	5.9909	0.93	1.00000	
	11	-12.7717	0.52	1.88300	40.8
	12	6.4158	1.38	1.94595	18.0
	13	57.6449	D13(可変)	1.00000	
	14(絞り)	—	0.40	1.00000	
G3	*15	6.6491	1.20	1.50957	56.5
	*16	29.0306	D16(可変)	1.00000	
G4	17	5.9713	5.41	1.58913	61.1
	18	-6.0000	0.55	1.74000	28.3
	19	7.9071	0.10	1.00000	
	*20	5.0428	1.00	1.50957	56.5
	*21	6.1085	D21(可変)	1.00000	
G5	22	12.6320	1.70	1.51680	64.2
	23	-184.5521	D23(可変)	1.00000	
	24	$\infty$	0.8	1.51680	64.2
	25	$\infty$			

(\*:非球面) (f=5.14~33.94mm, FNO.=4.02~5.76,  $2\omega=81.6^\circ \sim 12.4^\circ$ )

【0061】

【表 8】

実施例 3・可変面間隔データ			
面間隔	広角端 (f=5.14)	中間 (f=13.21)	望遠端 (f=33.94)
D8	0.27	4.96	8.32
D13	9.03	4.33	0.97
D16	7.27	3.33	0.48
D21	2.71	2.59	12.18
D23	5.75	9.81	3.08

【0062】

10

20

30

40

【表 9】

実施例 3・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	-4.343620E+00	-2.026379E-04	-1.644070E-04	2.510667E-05
2	-6.218766E+00	-3.757065E-04	6.391622E-05	1.715239E-05
7	9.212517E-01	1.616271E-04	-4.910396E-05	-8.251484E-07
8	1.763478E+00	3.043834E-04	-4.713365E-07	-4.926120E-06
15	-6.330983E-01	3.135604E-04	-3.490898E-04	1.199851E-03
16	-9.408444E+00	7.466573E-04	-1.928086E-03	3.022462E-03
20	-4.874500E-03	-1.794859E-04	-3.233713E-04	2.502279E-04
21	2.939660E-02	-7.847833E-04	2.756090E-03	2.602963E-04
	A6	A7	A8	A9
1	4.738482E-06	-1.635388E-07	-2.821191E-08	3.270196E-09
2	4.202491E-06	7.752347E-08	-1.768934E-08	1.092074E-08
7	5.469352E-07	2.533690E-08	-6.863647E-09	5.517328E-10
8	8.103594E-07	3.103108E-07	4.032823E-08	6.222105E-10
15	1.313704E-04	-3.288829E-04	-3.608203E-05	4.086187E-05
16	-7.501774E-04	-2.911914E-04	4.036070E-05	4.496903E-05
20	-4.317614E-05	-7.562440E-05	1.445827E-05	1.321784E-05
21	-5.457684E-04	1.557009E-04	5.956057E-05	-1.263287E-05
	A10	A11	A12	A13
1	-1.013003E-09	-2.240541E-11	5.211148E-12	1.030449E-12
2	-1.984127E-09	-5.425260E-11	8.030030E-12	1.484517E-12
7	9.363753E-10	3.119850E-10	5.801473E-11	6.326309E-12
8	-9.106149E-10	-2.072893E-10	-1.728366E-11	3.780138E-12
15	1.818277E-05	3.241186E-07	-2.824987E-06	-1.078099E-06
16	1.092899E-05	-1.403120E-06	-2.382931E-06	-7.831017E-07
20	-2.610730E-06	-3.559391E-06	9.815419E-07	—
21	-1.001848E-05	-2.772152E-07	8.253837E-07	—
	A14	A15	A16	A17
1	5.326964E-14	-1.244353E-14	-1.916305E-27	—
2	-7.910911E-14	1.679996E-15	4.781199E-27	—
7	-3.767703E-13	-3.865955E-13	-1.225225E-13	-2.591778E-14
8	1.858215E-12	5.354446E-13	1.333228E-13	4.726784E-14
15	4.397065E-07	—	—	—
16	3.736839E-07	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	8.424270E-15	9.092886E-16	8.177137E-18	
8	-1.875897E-14	-1.506760E-15	5.950523E-16	

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)	Ndi (屈折率)	$\nu$ dj (アッベ数)
G1	*1	-149.9969	1.10	2.00170	20.6
	*2	29.2064	1.65	1.00000	
	3	$\infty$	10.60	1.78472	25.7
	4	$\infty$	0.04	1.00000	
	5	$\infty$	1.60	1.49700	81.6
	6	-20.5000	0.10	1.00000	
	*7	16.0000	2.10	1.59170	60.7
	*8	-20.0000	D8(可変)	1.00000	
G2	9	49.4682	0.51	1.88300	40.8
	10	6.0170	0.93	1.00000	
	11	-12.7279	0.52	1.88300	40.8
	12	6.3305	1.38	1.94595	
	13	52.7963	D13(可変)	1.00000	18.0
14(絞り)	—	0.40	1.00000		
G3	*15	6.7857	1.20	1.50957	56.5
	*16	31.6156	D16(可変)	1.00000	
G4	17	5.9728	5.41	1.58913	61.1
	18	-6.0000	0.55	1.74000	
	19	8.5647	0.10	1.00000	28.3
	*20	5.2141	1.00	1.50957	
	*21	6.1670	D21(可変)	1.00000	56.5
G5	22	13.0300	1.70	1.51680	
	23	-400.3400	D23(可変)	1.00000	
	24	$\infty$	0.8	1.51680	64.2
25	$\infty$				

(\*:非球面) (f=5.14~33.93mm, FNO.=4.01~5.79,  $2\omega=81.6^\circ \sim 12.4^\circ$ )

【0064】

【表 1 1】

実施例 4・可変面間隔データ			
面間隔	広角端 (f=5.14)	中間 (f=13.21)	望遠端 (f=33.93)
D8	0.27	4.88	8.21
D13	8.92	4.31	0.99
D16	7.38	3.38	0.48
D21	2.73	2.69	12.09
D23	5.65	9.69	3.19

【0065】

10

20

30

40

【表 1 2】

実施例 4・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	9.999938E+00	-1.082162E-03	1.104984E-04	4.355344E-05
2	1.000000E+01	-1.321886E-03	2.488689E-04	2.300841E-05
7	1.100591E+00	4.009340E-05	-4.280964E-05	-1.656545E-06
8	1.924014E+00	2.371953E-04	-1.032129E-05	1.894086E-06
15	2.600295E-01	6.680606E-05	-1.547818E-04	8.129219E-04
16	2.018718E+00	4.215117E-04	-1.165824E-03	2.252570E-03
20	4.909878E-01	-8.440675E-04	1.392253E-04	9.105046E-05
21	1.294156E+00	-1.467921E-03	3.267673E-03	-2.404107E-04
	A6	A7	A8	A9
1	1.306274E-06	-6.797839E-07	-3.008013E-08	9.345535E-09
2	3.349154E-06	-3.790730E-07	-7.533728E-08	1.500356E-08
7	8.120941E-07	7.934291E-08	-7.208207E-10	3.755210E-10
8	6.189534E-07	1.811371E-07	2.995762E-08	2.699308E-09
15	2.686490E-05	-2.037675E-04	-1.653076E-05	2.713058E-05
16	-6.015483E-04	-2.047444E-04	3.411395E-05	3.417778E-05
20	-1.052001E-04	-4.530469E-05	1.760525E-05	9.561235E-06
21	-3.712430E-04	1.275375E-04	4.821859E-05	-9.226472E-06
	A10	A11	A12	A13
1	-4.039031E-10	—	—	—
2	-7.368583E-10	—	—	—
7	7.239634E-10	2.521176E-10	4.678144E-11	5.447030E-12
8	1.646794E-11	-3.112471E-11	2.856084E-13	1.621887E-12
15	1.142961E-05	1.069507E-07	-1.840957E-06	-6.937268E-07
16	7.888662E-06	-1.195000E-06	-1.821259E-06	-5.746653E-07
20	-2.741783E-06	-2.717907E-06	7.840645E-07	—
21	-8.187893E-06	-7.453933E-07	7.976225E-07	—
	A14	A15	A16	A17
7	-1.052364E-13	-2.231587E-13	-6.309474E-14	-8.873768E-15
8	5.557691E-13	1.014760E-13	1.566334E-14	1.438069E-16
15	2.854355E-07	—	—	—
16	2.843446E-07	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	-9.079334E-18	7.313218E-16	1.605916E-16	
8	1.888356E-15	7.943506E-16	-1.399415E-17	

10

20

30

40

【 0 0 6 6 】

【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)	Ndi (屈折率)	$\nu_{dj}$ (アッベ数)		
G1	*1	-150.6880	1.05	2.00170	20.6	
	*2	23.7157	1.45	1.00000		
	3	$\infty$	10.30	2.00069		25.5
	4	$\infty$	0.04	1.00000		
	5	$\infty$	1.60	1.51823		58.9
	6	-20.5000	0.10	1.00000		
	*7	16.0771	2.10	1.61035		57.9
	*8	-20.0000	D8(可変)	1.00000		
G2	9	51.4654	0.51	1.88300	40.8	
	10	6.2316	0.92	1.00000		
	11	-13.4154	0.52	1.88300		40.8
	12	6.6456	1.38	1.94595		
	13	59.3733	D13(可変)	1.00000		18.0
14(絞り)	—	0.40	1.00000			
G3	*15	6.7279	1.20	1.50957	56.5	
	*16	26.0704	D16(可変)	1.00000		
G4	17	6.0018	5.41	1.58913	61.1	
	18	-6.1040	0.55	1.74000		28.3
	19	8.7427	0.10	1.00000		
	*20	5.1315	1.00	1.50957		56.5
	*21	5.8653	D21(可変)	1.00000		
G5	22	12.8412	1.70	1.51680	64.2	
	23	-392.6946	D23(可変)	1.00000		
	24	$\infty$	0.8	1.51680		64.2
25	$\infty$					

(\*:非球面) ( $f=5.12\sim 33.76\text{mm}$ ,  $FNO.=4.02\sim 5.81$ ,  $2\omega=81.8^\circ\sim 12.6^\circ$ )

【0067】

【表 1 4】

実施例 5・可変面間隔データ			
面間隔	広角端 ( $f=5.12$ )	中間 ( $f=13.14$ )	望遠端 ( $f=33.76$ )
D8	0.27	5.10	8.59
D13	9.29	4.46	0.97
D16	7.30	3.33	0.43
D21	2.65	2.73	12.18
D23	5.83	9.72	3.17

【0068】

【表 15】

実施例 5・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	9.950498E+00	-7.071897E-04	5.123630E-05	4.414159E-05
2	9.587284E+00	-8.890737E-04	1.533718E-04	2.092444E-05
7	4.665493E-01	3.560887E-04	-6.664474E-05	-8.348302E-07
8	2.047304E+00	5.246127E-04	-5.639494E-05	1.128921E-06
15	1.572575E-01	1.755954E-04	-1.901221E-04	8.337450E-04
16	-8.009970E-01	5.249226E-04	-1.187485E-03	2.274018E-03
20	4.335778E-01	-7.645700E-04	4.101595E-04	7.695819E-05
21	1.380010E+00	-1.446582E-03	3.346974E-03	-1.768311E-04
	A6	A7	A8	A9
1	1.185929E-06	-7.277563E-07	-3.435385E-08	9.540975E-09
2	3.019028E-06	-3.848658E-07	-7.714027E-08	1.378582E-08
7	7.805283E-07	8.387784E-08	9.701500E-10	8.776709E-10
8	6.032326E-07	1.921884E-07	3.510613E-08	3.962929E-09
15	3.539531E-05	-2.039937E-04	-1.569614E-05	2.775779E-05
16	-6.143671E-04	-2.049828E-04	3.730081E-05	3.551859E-05
20	-1.093474E-04	-5.083809E-05	1.650888E-05	9.925849E-06
21	-4.081154E-04	1.194815E-04	4.835508E-05	-8.837062E-06
	A10	A11	A12	A13
1	-3.251991E-10	—	—	—
2	-1.050909E-09	—	—	—
7	8.579534E-10	2.806675E-10	5.124046E-11	5.785037E-12
8	2.582890E-10	5.253152E-12	3.551964E-12	1.223005E-12
15	1.150825E-05	-5.699273E-09	-1.921553E-06	-7.119100E-07
16	8.034243E-06	-1.365916E-06	-1.935449E-06	-6.027764E-07
20	-2.468649E-06	-2.684519E-06	7.523298E-07	—
21	-8.129789E-06	-7.372004E-07	7.914170E-07	—
	A14	A15	A16	A17
7	-1.839337E-13	-2.677346E-13	-7.614657E-14	-1.161278E-14
8	2.528800E-13	-4.390043E-16	-9.850493E-15	-4.879474E-15
15	2.999362E-07	—	—	—
16	3.036977E-07	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	-3.756729E-16	7.450428E-16	1.936559E-16	
8	1.296122E-15	8.711959E-16	7.111874E-17	

10

20

30

40

【 0 0 6 9 】

【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)	Ndi (屈折率)	$\nu_{dj}$ (アッベ数)	
G1	*1	-149.9970	1.10	2.00170	10
	*2	28.9478	1.65	1.00000	
	3	$\infty$	10.60	1.78472	
	4	$\infty$	0.04	1.00000	
	5	$\infty$	1.60	1.49700	
	6	-20.5000	0.10	1.00000	
	*7	16.0000	2.10	1.59170	
	*8	-20.0000	D8(可変)	1.00000	
G2	9	60.9846	0.51	1.88300	20
	10	6.0344	0.93	1.00000	
	11	-13.0891	0.52	1.83481	
	12	6.3712	1.38	1.94595	
	13	37.3647	D13(可変)	1.00000	
	14(絞り)	—	0.40	1.00000	
G3	*15	6.9826	1.20	1.50957	30
	*16	37.2806	D16(可変)	1.00000	
G4	17	5.9016	5.41	1.58913	30
	18	-6.2942	0.55	1.72151	
	19	6.4305	0.10	1.00000	
	*20	5.4602	1.02	1.50957	
	*21	9.1435	D21(可変)	1.00000	
G5	22	13.8026	1.70	1.51680	30
	23	-183.4058	D23(可変)	1.00000	
	24	$\infty$	0.8	1.51680	
	25	$\infty$			

(\*:非球面) (f=5.16~34.02mm, FNO.=3.96~6.00,  $2\omega=81.4^\circ \sim 12.4^\circ$ )

【0070】

【表 17】

実施例 6・可変面間隔データ			
面間隔	広角端(f=5.16)	中間(f=13.24)	望遠端(f=34.02)
D8	0.27	4.80	8.04
D13	8.75	4.22	0.99
D16	8.41	3.75	0.43
D21	2.24	3.40	13.03
D23	5.98	9.45	3.17

【0071】

【表 18】

実施例 6・非球面データ				
面番号	係数			
	K	A3	A4	A5
1	9.977796E+00	-1.122726E-03	8.820794E-05	4.437101E-05
2	7.847380E+00	-1.379756E-03	2.311469E-04	2.668319E-05
7	1.229275E+00	-1.355632E-04	-3.694861E-05	1.297887E-06
8	1.437597E+00	4.282838E-05	3.985084E-06	2.913677E-06
15	2.889561E-01	-7.266805E-06	-1.403476E-04	8.911036E-04
16	9.999933E+00	3.778956E-04	-1.121670E-03	2.200033E-03
20	3.342492E-01	-9.947099E-04	-1.605955E-04	-7.345746E-05
21	-8.872767E-01	-1.429953E-03	2.734494E-03	-4.937183E-05
	A6	A7	A8	A9
1	1.816272E-06	-6.667875E-07	-3.544632E-08	8.992081E-09
2	3.846344E-06	-4.146038E-07	-7.929734E-08	1.649463E-08
7	9.552012E-07	7.170610E-08	-7.803952E-10	1.033101E-09
8	9.307016E-07	2.186505E-07	3.052879E-08	1.996834E-09
15	-2.427253E-06	-2.234264E-04	-1.542877E-05	3.060977E-05
16	-5.694187E-04	-2.025828E-04	3.091245E-05	3.256752E-05
20	-4.798087E-05	-3.369152E-05	1.593845E-05	8.876753E-06
21	-4.192888E-04	1.183813E-04	5.472666E-05	-5.947778E-06
	A10	A11	A12	A13
1	-3.615145E-10	—	—	—
2	-8.113751E-10	—	—	—
7	9.449710E-10	2.966285E-10	5.259067E-11	5.768413E-12
8	-1.010851E-10	-3.110664E-11	5.929289E-12	3.349518E-12
15	1.255640E-05	3.618611E-08	-2.063485E-06	-7.708670E-07
16	7.771047E-06	-1.007583E-06	-1.699918E-06	-5.571832E-07
20	-2.600035E-06	-2.646468E-06	7.600229E-07	—
21	-7.697018E-06	-8.780449E-07	7.051411E-07	—
	A14	A15	A16	A17
7	-1.953401E-13	-2.605934E-13	-7.110254E-14	-9.975542E-15
8	8.741069E-13	1.368244E-13	1.543343E-14	-1.467176E-15
15	3.168576E-07	—	—	—
16	2.627777E-07	—	—	—
	A18	A19	A20	
7	1.160310E-17	8.179219E-16	2.029639E-16	
8	1.552618E-15	8.617015E-16	3.214917E-17	

10

20

30

40

【0072】

【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、各条件式について、各実施例の値がその数値範囲内となっている。

【0073】

【表 19】

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
$(d3w-d3t)/(d1t-d1w)$	0.894	0.839	0.843	0.869	0.826	1.029
IH/fw	0.748	0.750	0.745	0.745	0.748	0.743
N1	2.0196	2.0017	2.0017	2.0017	2.0017	2.0017
$\nu 1$	21.5	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
$\Delta MW/fw$	0.783	0.820	0.790	0.786	0.761	0.710

10

## 【0074】

図9(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10(A)～(D)は中間域における同様の各収差を示し、図11(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(587.6nm)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460nm、波長615nm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、 $\theta$  は半画角を示す。

20

## 【0075】

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12(A)～(D)(広角端)、図13(A)～(D)(中間域)および図14(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15～図26の(A)～(D)に示す。

## 【0076】

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、かつ第1レンズ群G1の外径を抑えて小型化と広角化の図られたズームレンズが実現できている。

## 【0077】

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。

30

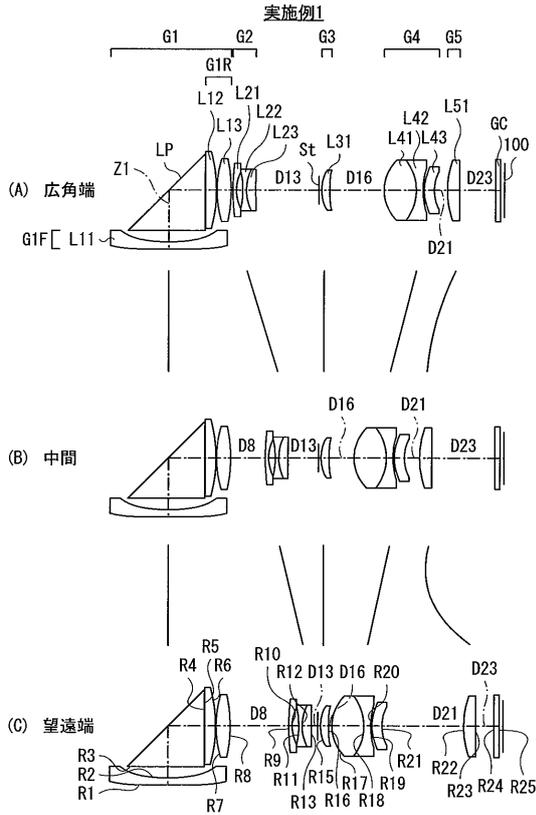
## 【符号の説明】

## 【0078】

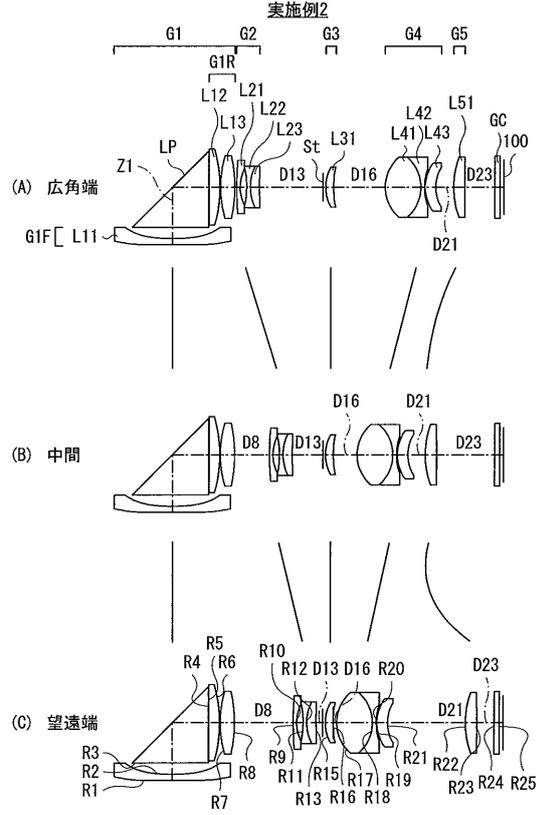
G C ... 光学部材、G 1 ... 第1レンズ群、G 1 F ... 第1レンズ群中の前群、G 1 R ... 第1レンズ群中の後群、G 2 ... 第2レンズ群、G 3 ... 第3レンズ群、G 4 ... 第4レンズ群、G 5 ... 第5レンズ群、L P ... 直角プリズム(反射部材)、S t ... 開口絞り、R i ... 物体側から第i番目のレンズ面の曲率半径、D i ... 物体側から第i番目と第i+1番目のレンズ面との面間隔、Z 1 ... 光軸、M 1 ... 第1の駆動モータ、M 2 ... 第2の駆動モータ、3 1 ... 第1の回転軸、3 2 ... 第2群用移動枠、3 3 ... 第4群用移動枠、3 4 ... 第2群用レンズ枠、3 5 ... 第4群用レンズ枠、4 1 ... 第2の回転軸、4 2 ... 第5群用移動枠、4 3 ... 第5群用レンズ枠、5 1, 5 2 ... 切り欠き部、1 0 0 ... 撮像素子。

40

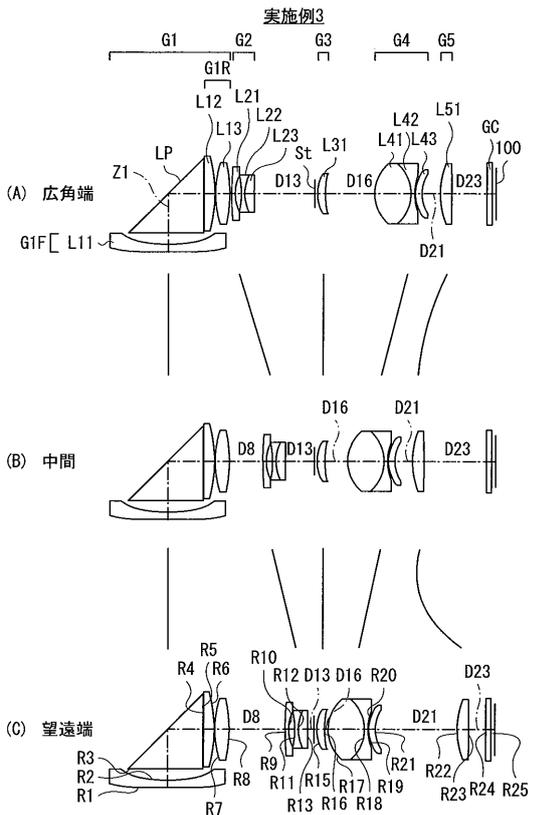
【図1】



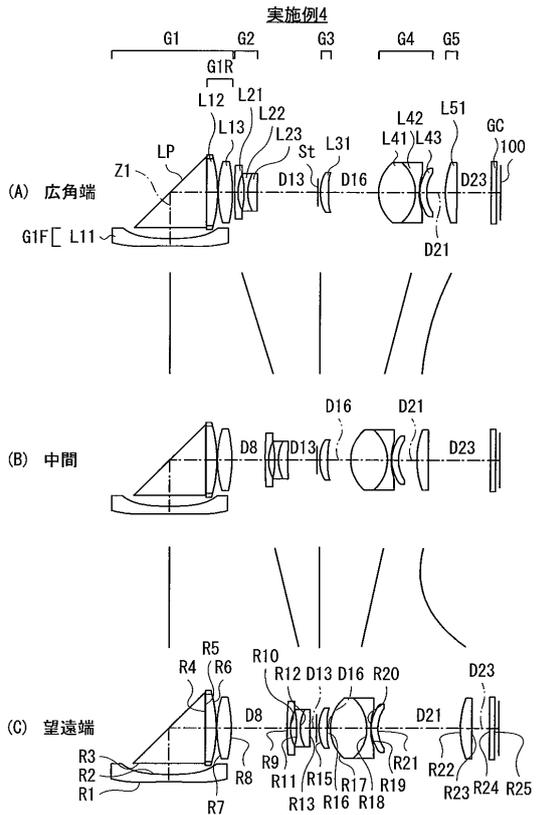
【図2】



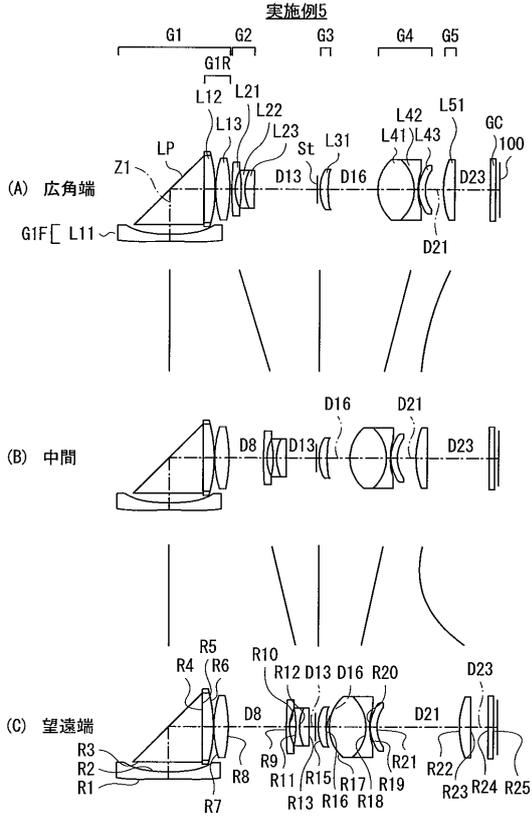
【図3】



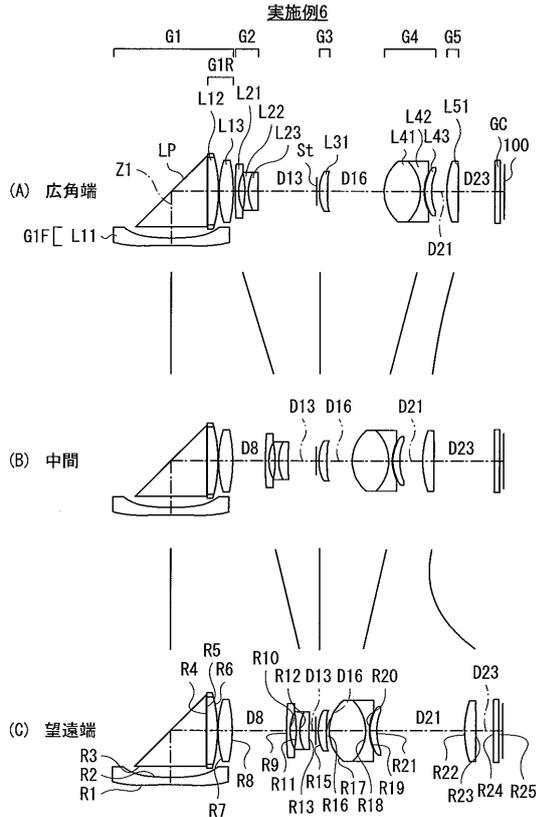
【図4】



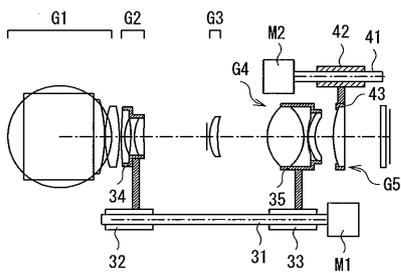
【図5】



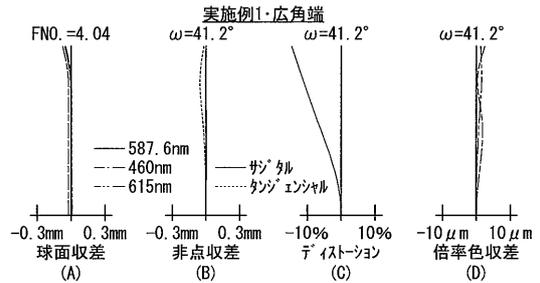
【図6】



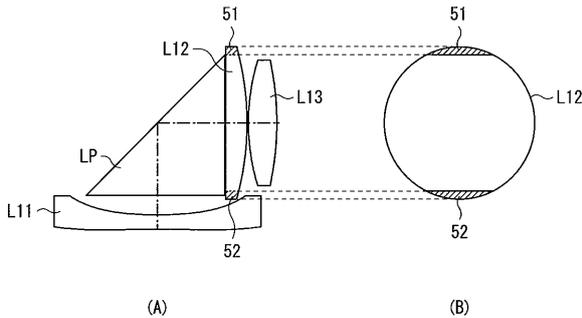
【図7】



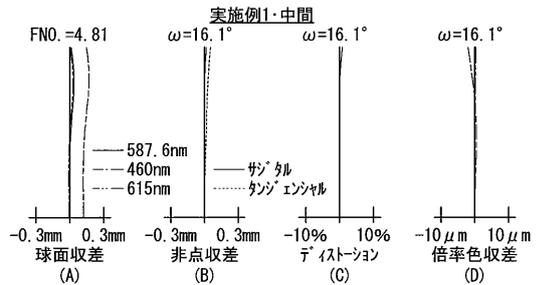
【図9】



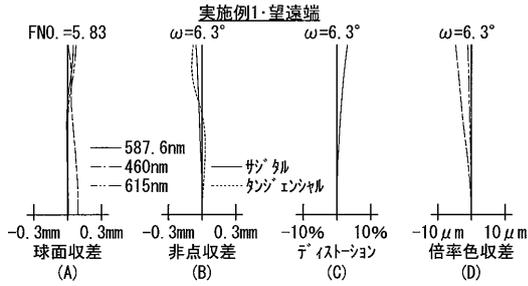
【図8】



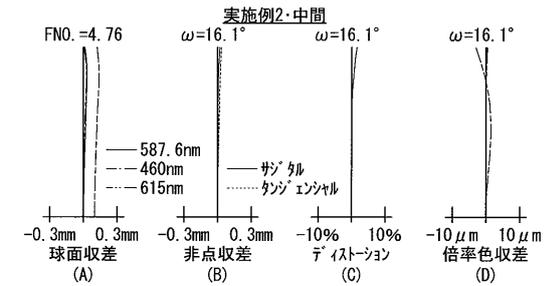
【図10】



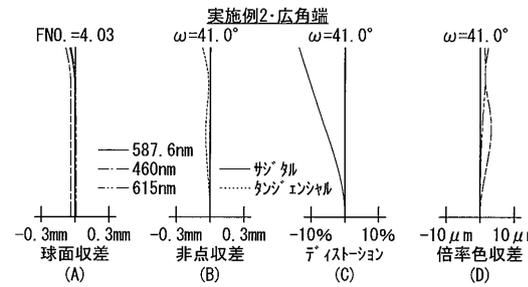
【図11】



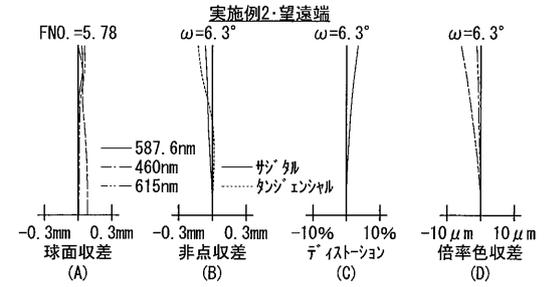
【図13】



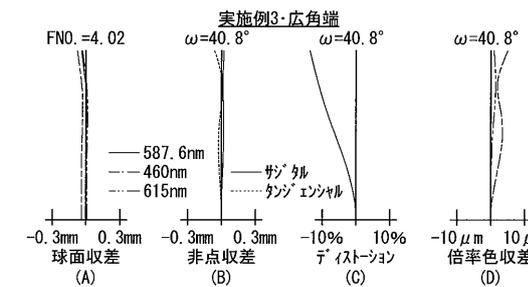
【図12】



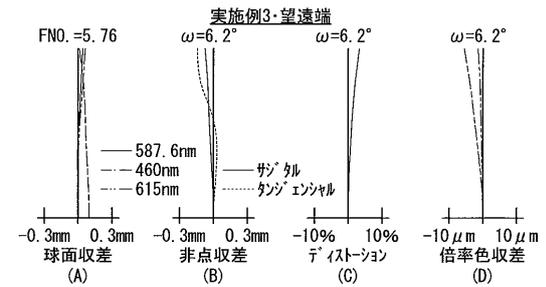
【図14】



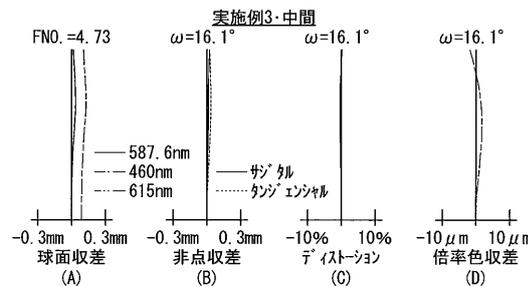
【図15】



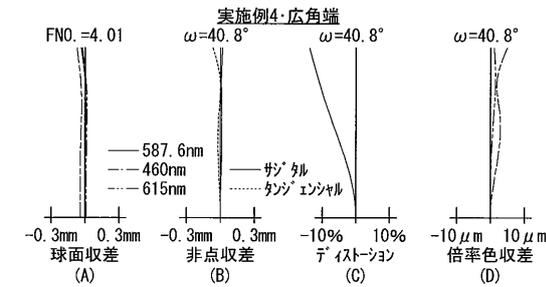
【図17】



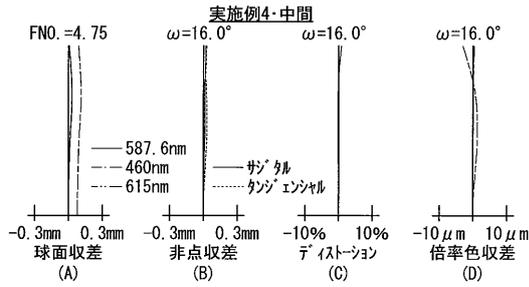
【図16】



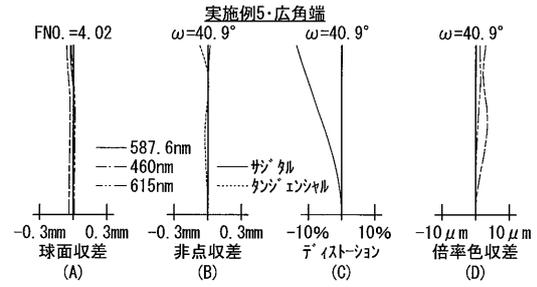
【図18】



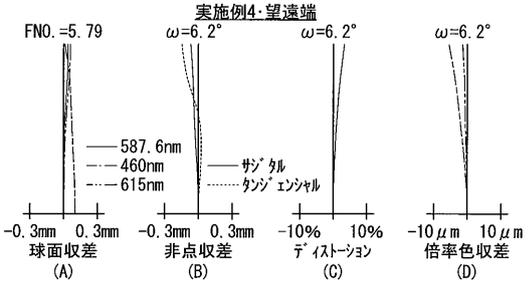
【図19】



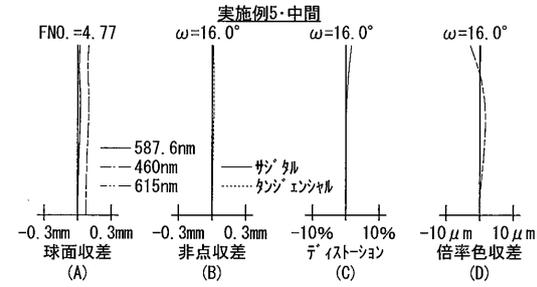
【図21】



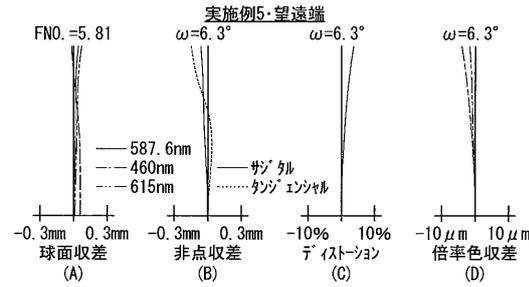
【図20】



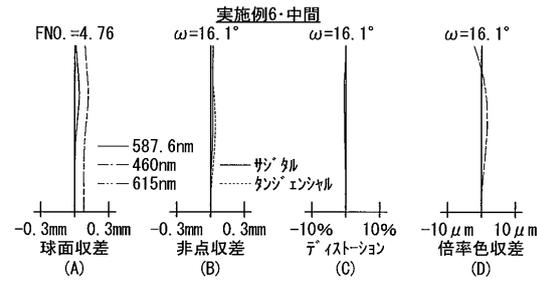
【図22】



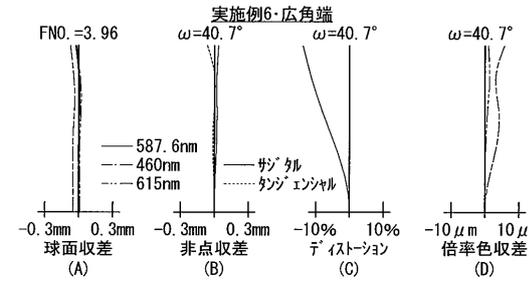
【図23】



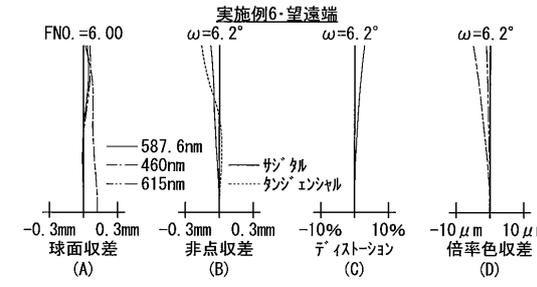
【図25】



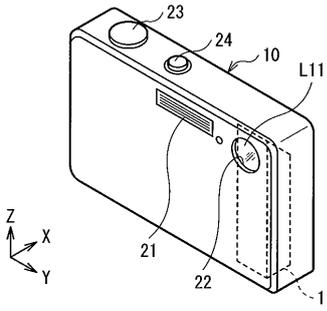
【図24】



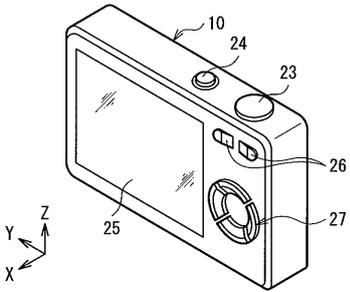
【図26】



【 27 】



【 28 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-173191(JP,A)  
特開2007-248952(JP,A)  
特開2004-093649(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 15/20  
G02B 13/18