

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-11641

(P2013-11641A)

(43) 公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)

(51) Int.Cl.  
G02B 15/20 (2006.01)

F I  
G02B 15/20

テーマコード(参考)  
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2011-142615 (P2011-142615)  
(22) 出願日 平成23年6月28日 (2011.6.28)

(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都港区港南1丁目7番1号  
(74) 代理人 100112955  
弁理士 丸島 敏一  
(72) 発明者 金井 真実  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内  
Fターム(参考) 2H087 KA02 LA01 MA14 PA10 PA20  
PB13 QA02 QA07 QA12 QA14  
QA22 QA25 QA34 QA42 QA45  
RA32 SA13 SA17 SA19 SA62  
SA63 SA64 SB04 SB14 SB21

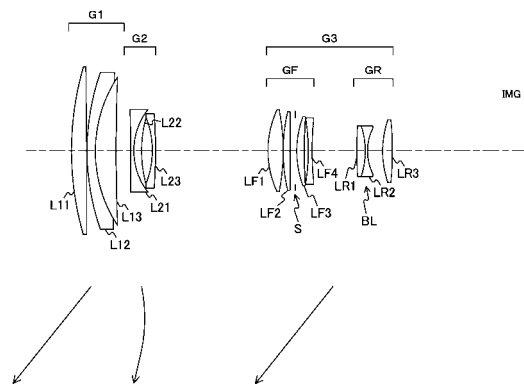
(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】ズームレンズにおいて第3レンズ群の径を小さくしてレンズ全体を小型化する。

【解決手段】ズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とからなる。広角端から望遠端への変倍時には第1乃至第3レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行う。第3レンズ群は、この第3レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、条件式(1)「 $-0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10$ 」を満足する。但し、 $f_{GF}$ は正レンズ群の焦点距離であり、 $f_{GR}$ は負レンズ群の焦点距離である。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負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 レンズ群とからなり、

広角端から望遠端への変倍時には前記第 1 乃至第 3 レンズ群の間の間隔を変化させることにより変倍を行い、

前記第 3 レンズ群は、当該第 3 レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、以下の条件式 ( 1 ) を満足するズームレンズ。

$$\text{条件式 ( 1 ) : } - 0 . 4 5 < f_{GF} / f_{GR} < - 0 . 1 0$$

但し、

$f_{GF}$  : 前記正レンズ群の焦点距離

$f_{GR}$  : 前記負レンズ群の焦点距離

とする。

## 【請求項 2】

以下の条件式 ( 2 ) をさらに満足する請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 ( 2 ) : } 0 . 1 < L_3 / f_t < 0 . 2$$

但し、

$L_3$  : 前記第 3 レンズ群の光軸上の長さ

$f_t$  : 前記ズームレンズの望遠端における全系の焦点距離

とする。

## 【請求項 3】

前記第 3 レンズ群を構成する前記負レンズ群は、最も物体側に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからなる負の屈折力を有する接合レンズを有し、以下の条件式 ( 3 ) および ( 4 ) を満足する請求項 2 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 ( 3 ) : } 0 . 2 < ( R_{LR1} - R_{LR2} ) / ( R_{LR1} + R_{LR2} ) < 0 . 8$$

$$\text{条件式 ( 4 ) : } n_{dLR2} > 1 . 7 2$$

但し、

$R_{LR1}$  : 前記接合レンズの最も被写体側の面の曲率半径

$R_{LR2}$  : 前記接合レンズの最も像側の面の曲率半径

$n_{dLR2}$  : 前記負レンズの d 線における屈折率

とする。

## 【請求項 4】

以下の条件式 ( 5 ) をさらに満足する請求項 3 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 ( 5 ) : } d_p / d_n > 1 . 1 8$$

但し、

$d_p$  : 前記接合レンズを構成する前記正レンズの d 線におけるアッベ数

$d_n$  : 前記接合レンズを構成する前記負レンズの d 線におけるアッベ数

とする。

## 【請求項 5】

前記第 3 レンズ群を構成する前記負レンズ群は、物体側から順に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからなる負の屈折力を有する接合レンズと、第 2 の正レンズとを有する請求項 2 記載のズームレンズ。

## 【請求項 6】

物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負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 レンズ群とからなるズームレンズと、

前記ズームレンズにより形成された光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを備え、

前記ズームレンズは、広角端から望遠端への変倍時には前記第 1 乃至第 3 レンズ群の間

10

20

30

40

50

の間隔を変化させることにより変倍を行い、

前記第3レンズ群は、当該第3レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、以下の条件式(1)を満足する撮像装置。

条件式(1)： $-0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10$

但し、

$f_{GF}$ ：前記正レンズ群の焦点距離

$f_{GR}$ ：前記負レンズ群の焦点距離

とする。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、ズームレンズおよび撮像装置に関する。詳しくは、いわゆるレンズ交換式デジタルカメラの交換レンズ装置に用いられる撮像光学系として好適なズームレンズおよびそれを用いた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、レンズ交換式デジタルカメラ等の固体撮像素子を用いた撮像装置が普及しつつある。このようなレンズ交換式デジタルカメラには、結像性能に優れた、コンパクトで低コスト、かつ、高ズーム比であることが要求される。特にエントリー向けの望遠ズームレンズとしては、望遠端の焦点距離が35mmフィルム換算で公称450mm程度において半画角が3°を下回り、ズーム比が5倍を超えるような焦点距離域を包括したものが求められている。

【0003】

レンズ交換式デジタルカメラ用のズームレンズとしては多くの種類があり、望遠ズームレンズに適したレンズタイプとして4群構成のものや3群構成のものが知られている。例えば、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群を有するタイプが提案されている(例えば、特許文献1および2参照。 )。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-029765号公報

【特許文献2】特開2008-122775号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、プラスチックの光学系、その中でも特にコストを重視するエントリー向けのレンズ交換式カメラ用レンズでは、従来より光学系の中で径が最も大きく重量の大きな第1レンズ群をフォーカスに用いることが多かった。これは第1レンズ群の特性として、被写体距離の変動によるフォーカスの移動量がズーム位置によらず一定であるため、メカ構成が容易であり、コスト優位性が非常に高いことが主な理由である。これに対し、第2レンズ群をフォーカスに用いることも考えられるが、この場合にはフォーカス時にレンズ全長が変わらないという利点を得る代わりにメカの構成難易度が上がるため、コストについては第1レンズ群フォーカスよりも不利である。

【0006】

これら第1群フォーカスまたは第2群フォーカスのいずれの形態をとっても、これらフォーカス群はレンズ系の比較的被写体側に位置するため、ズミング時に繰り出したり収納したりする際に、より像側のレンズ構成部材との干渉を避ける必要がある。このため、これらの群のすぐ周りにフォーカス駆動機構のような部材を配置することはできない。必

10

20

30

40

50

然的に、比較的レンズ径が小さく、しかも他の部材との干渉を避けられるより像側に位置する第3レンズ群以降の周囲に、フォーカス駆動機構を配置する必要がある。この点、上述の従来のズームレンズにおいては、フォーカス駆動用のアクチュエーターを配置する第3レンズ群の径が比較的大きく、レンズ全体としての小径化に不利である。

【0007】

本技術はこのような状況に鑑みて生み出されたものであり、第3レンズ群の径を小さくしてレンズ全体を小型化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本技術は、上述の問題点を解消するためになされたものであり、その第1の側面は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とからなり、広角端から望遠端への変倍時には上記第1乃至第3レンズ群の間の間隔を変化させることにより変倍を行い、上記第3レンズ群は、当該第3レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、以下の条件式(1)を満足するズームレンズおよびそのズームレンズを含む撮像装置である。

$$\text{条件式(1)}: -0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10$$

但し、 $f_{GF}$ は上記正レンズ群の焦点距離であり、 $f_{GR}$ は上記負レンズ群の焦点距離である。これにより、第3レンズ群を構成する正レンズ群GFと負レンズ群GRの焦点距離の比が規定される。

【0009】

また、この第1の側面において、以下の条件式(2)をさらに満足するようにしてもよい。

$$\text{条件式(2)}: 0.1 < L_3 / f_t < 0.2$$

但し、 $L_3$ は上記第3レンズ群の光軸上の長さであり、 $f_t$ は上記ズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。これにより、第3レンズ群の全長が規定される。

【0010】

また、この第1の側面において、上記第3レンズ群を構成する上記負レンズ群は、最も物体側に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからなる負の屈折力を有する接合レンズを有し、以下の条件式(3)および(4)を満足するようにしてもよい。

$$\text{条件式(3)}: 0.2 < (R_{LR1} - R_{LR2}) / (R_{LR1} + R_{LR2}) < 0.8$$

$$\text{条件式(4)}: n_{dLR2} > 1.72$$

但し、 $R_{LR1}$ ：上記接合レンズの最も被写体側の面の曲率半径であり、 $R_{LR2}$ は上記接合レンズの最も像側の面の曲率半径であり、 $n_{dLR2}$ は上記負レンズのd線における屈折率である。これにより、接合レンズBLの最も被写体側の面の曲率半径と、最も像側の面の曲率半径の比が規定され、また、接合レンズBLを構成する負レンズLR2の屈折率が規定される。

【0011】

また、この第1の側面において、以下の条件式(5)をさらに満足するようにしてもよい。

$$\text{条件式(5)}: d_p / d_n > 1.18$$

但し、 $d_p$ は上記接合レンズを構成する上記正レンズのd線におけるアッペ数であり、 $d_n$ は上記接合レンズを構成する上記負レンズのd線におけるアッペ数である。これにより、接合レンズBLを構成する正レンズLR1と負レンズLR2のアッペ数の関係が規定される。

【0012】

また、この第1の側面において、上記第3レンズ群を構成する上記負レンズ群は、物体側から順に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからな

10

20

30

40

50

る負の屈折力を有する接合レンズと、第2の正レンズとを有するようにしてもよい。これにより、ズーム中の球面収差や、広角端での非点収差および歪曲収差を良好に補正するという作用をもたらす。

【発明の効果】

【0013】

本技術によれば、ズームレンズにおける第3レンズ群の径を小さくすることによりレンズ全体を小型化することができるという優れた効果を奏し得る。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。 10

【図2】第1の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。

【図3】第1の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。

【図4】第1の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。

【図5】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図6】第2の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。

【図7】第2の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。

【図8】第2の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。

【図9】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。 20

【図10】第3の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。

【図11】第3の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。

【図12】第3の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。

【図13】本技術の第4の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図14】第4の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。

【図15】第4の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。

【図16】第4の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。 30

【図17】第1乃至第4の実施の形態によるズームレンズを撮像装置100に適用した例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本開示におけるズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負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とを有する。広角端から望遠端への変倍時には前記第1乃至第3レンズ群の間の間隔を変化させることにより変倍を行う。第3レンズ群G3は、当該第3レンズ群G3において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群GFと、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群GRとを有する。本発明におけるズームレンズでは、第3レンズ群G3を適切に構成することで、レンズ系全体としての小径化を実現する。 40

【0016】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$-0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10 \quad \dots \text{条件式(1)}$$

但し、 $f_{GF}$ は正レンズ群GFの焦点距離であり、 $f_{GR}$ は負レンズ群GRの焦点距離である。

【0017】

条件式(1)は、第3レンズ群G3を構成する正レンズ群GFと、その像側に配置され 50

る負レンズ群 G R の焦点距離の比を規定したものである。条件式 ( 1 ) の下限を下回ると、相対的に負レンズ群 G R の屈折力が強くなりすぎるため、球面収差やコマ収差などの諸収差の補正が困難になるだけでなく、第 3 レンズ群 G 3 内の相対偏芯感度が上がり、製造難易度も上がってしまうため好ましくない。また、条件式 ( 1 ) の上限を上回ると、相対的に負レンズ群 G R の屈折力が弱くなり、正レンズ群 G F で収斂された光束を発散させる効果が弱くなり過ぎるため、ズームレンズ系で最もレンズ径の小さくなる負レンズ群 G R を構成するレンズ径が大きくなってしまふ。

【 0 0 1 8 】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 ( 2 ) を満足することが望ましい。

$$0.1 < L3 / f_t < 0.2 \quad \dots \text{条件式 ( 2 )}$$

但し、L 3 は第 3 レンズ群 G 3 の光軸上の長さであり、f t はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。条件式 ( 2 ) は、第 3 レンズ群 G 3 の全長を規定したものである。条件式 ( 2 ) の下限を下回った場合、第 3 レンズ群 G 3 の全長が短くなり、レンズ系の小型化には有利である。しかし、この場合、第 3 レンズ群 G 3 を構成する正レンズ群 G F および負レンズ群 G R のそれぞれの屈折力を強くする必要があり、球面収差等の補正が困難になるとともに、第 3 レンズ群 G 3 内の相対偏芯感度があがってしまう。条件式 ( 2 ) の上限を上回ると、第 3 レンズ群 G 3 の全長が長くなりレンズ系の全長が大きくなるため小型化に反する。

【 0 0 1 9 】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式 ( 1 ) および ( 2 ) の範囲内において、それぞれ以下の条件式 ( 1 ' ) および条件式 ( 2 ' ) を満たすようにすることが望ましい。

$$-0.35 < f_{GF} / f_{GR} < -0.20 \quad \dots \text{条件式 ( 1 ' )}$$

$$0.13 < L3 / f_t < 0.17 \quad \text{条件式} \dots ( 2 ' )$$

【 0 0 2 0 】

また、本開示におけるズームレンズにおいて、第 3 レンズ群 G 3 を構成する負レンズ群 G R は、最も物体側に、物体側の面に凸を向けた正レンズ L R 1 と像側の面に凹を向けた負レンズ L R 2 とからなる負の屈折力を有する接合レンズ B L を有することが望ましい。これにより、第 3 レンズ群 G 3 を構成する正レンズ群 G F で収斂された光束を、負レンズ群 G R で発散させる上で、負レンズ群 G R の最も物体側の面を凸にすることでこの面への光線の入射角度を抑え、発生する球面収差を小さく抑えることができる。また、接合レンズ B L の最も像側の面を凹面にすることにより軸外光線を大きく跳ね上げ、接合レンズ B L のレンズ径を小さく抑えることができる。

【 0 0 2 1 】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 ( 3 ) および ( 4 ) を満足することが望ましい。

$$0.2 < ( R_{LR1} - R_{LR2} ) / ( R_{LR1} + R_{LR2} ) < 0.8 \quad \dots \text{条件式 ( 3 )}$$

$$n_{dLR2} > 1.72 \quad \dots \text{条件式 ( 4 )}$$

但し、R L R 1 は接合レンズ B L の最も被写体側の面の曲率半径であり、R L R 2 は接合レンズ B L の最も像側の面の曲率半径であり、n d L R 2 は負レンズ L R 2 の d 線における屈折率である。

【 0 0 2 2 】

条件式 ( 3 ) は、接合レンズ B L の最も被写体側の面の曲率半径と、最も像側の面の曲率半径の比を規定している。条件式 ( 3 ) の下限を下回ると、接合レンズ B L の負の屈折力を十分に大きくすることが困難であるため、負レンズ群 G R の径が大きくなり、レンズ系全体としての小型化に不利である。また、条件式 ( 3 ) の上限を上回ると、接合レンズ B L の最も像側の面での光線の発散効果が強くなり過ぎ、第 3 レンズ群 G 3 内における偏芯敏感度が大きくなって製造上不利となるとともにバックフォーカスが確保し難くなる。

10

20

30

40

50

## 【0023】

一方、条件式(4)は、接合レンズBLを構成する負レンズLR2の屈折率を規定するものである。条件式(4)の下限を超えると、必要な負の屈折力を得るために負レンズLR2の像側の面の曲率が小さくなり過ぎるため、そこで発生する球面収差、コマ収差、非点収差が過大となってしまう、レンズ系全体としてこれらの収差の補正が困難となる。

## 【0024】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(3)および(4)の範囲内において、それぞれ以下の条件式(3')および条件式(4')を満たすようにすることが望ましい。

$$0.3 < (RLR1 - RLR2) / (RLR1 + RLR2) < 0.7 \quad \cdot \cdot \quad 10$$

・条件式(3')

$$ndLR2 > 1.80 \quad \cdot \cdot \cdot \text{条件式(4')}$$

## 【0025】

また、本開示におけるズームレンズにおいて、以下の条件式(5)をさらに満足することが望ましい。

$$dp / dn > 1.18 \quad \cdot \cdot \cdot \text{条件式(5)}$$

但し、dpは接合レンズBLを構成する正レンズLR1のd線におけるアッペ数であり、dnは接合レンズBLを構成する負レンズLR2のd線におけるアッペ数である。

## 【0026】

条件式(5)は、接合レンズBLを構成する正レンズLR1と負レンズLR2のアッペ数の関係を規定したものである。この条件式(5)の下限を超えると、第3レンズ群G3全体として発生する色収差を良好に補正することが困難になる。したがって、条件式(5)を満足することで、特に望遠端での色収差をより良好に補正することができる。

## 【0027】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(5)の範囲内において、以下の条件式(5')を満たすようにすることが望ましい。

$$dn / dp > 1.23 \quad \cdot \cdot \cdot \text{条件式(5')}$$

## 【0028】

また、本開示におけるズームレンズでは、第3レンズ群G3を構成する負レンズ群GRは、物体側から順に、物体側の面に凸を向けた正レンズLR1と像側の面に凹を向けた負レンズLR2からなる負の屈折力を有する接合レンズBLと、第2の正レンズLR3とを有することが望ましい。第3レンズ群G3を構成する負レンズ群GRは、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2で発生する軸外の非点収差や歪曲収差を補正する役割を担う。このため、負レンズ群GRの構成を、負の屈折力を持つ接合レンズBLの像側に第2の正レンズLR3を配置することにより、ズミング中の球面収差や、広角端での非点収差および歪曲収差を良好に補正するとともに、バックフォーカスの確保もし易くなる。

## 【0029】

なお、本開示におけるズームレンズでは、第1レンズ群G1から最終レンズ群G3のうち、一つのレンズ群または一つのレンズ群の一部を、光軸に略垂直な方向へ移動(シフト)させることにより、像をシフトさせることが可能である。本開示におけるズームレンズは、このようにレンズ群またはその一部を光軸に略垂直な方向へ移動させて像ブレを検出する検出系、各レンズ群をシフトさせる駆動系および検出系の出力に基づいて駆動系にシフト量を付与する制御系を組み合わせている。これにより、本開示におけるズームレンズは、ズームレンズを防振光学系としても機能させることが可能である。特に、第3レンズ群G3中の負レンズ群GRを構成する接合レンズBLをその用途に用いることで、像シフト時に特に問題となる色収差変動による性能劣化を低減し、駆動機構を組み込むことによるレンズの大型化の影響を最小限に抑えることができる。

## 【0030】

以下、本技術を実施するための形態(以下、実施の形態と称する)について説明する。説明は以下の順序により行う。

1. 第1の実施の形態(数値実施例1)
2. 第2の実施の形態(数値実施例2)
3. 第3の実施の形態(数値実施例3)
4. 第4の実施の形態(数値実施例4)
5. 適用例(撮像装置)

【0031】

なお、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。すなわち、「面番号」は物体側から数えて $i$ 番目の面、「 $R_i$ 」は前記 $i$ 番目の面の曲率半径、「 $D_i$ 」は物体側から数えて $i$ 番目の面と $i+1$ 番目の面との間の軸上面間隔(レンズ中心厚あるいは空気間隔)である。「 $N_{di}$ 」は第 $i$ レンズを構成する材質の $d$ 線(波長 $587.6\text{nm}$ )における屈折率、「 $d_i$ 」は第 $i$ レンズを構成する材質の $d$ 線(波長 $587.6\text{nm}$ )におけるアッペ数、「 $f$ 」はレンズ全系の焦点距離、「 $F_{no}$ 」は開放 $F$ 値、「 $\omega$ 」は半画角を示すものとする。

10

【0032】

< 1. 第1の実施の形態 >

[レンズ構成]

図1は、本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。この第1の実施の形態におけるズームレンズは、物体側から像面 $IMG$ に対して順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 $G_1$ 、負の屈折力を有する第2レンズ群 $G_2$ 、正の屈折力を有する第3レンズ群 $G_3$ を有する。広角端から望遠端への変倍時には、第1乃至第3

20

【0033】

第1レンズ群 $G_1$ は、両凸レンズ $L_{11}$ と、凸レンズ $L_{12}$ および両凸レンズ $L_{13}$ より構成される接合レンズとからなる。すなわち、この第1レンズ群 $G_1$ は、3枚のレンズ $L_{11}$ 、 $L_{12}$ および $L_{13}$ からなり、全体として正の屈折力を有する。

【0034】

第2レンズ群 $G_2$ は、両凹レンズ $L_{21}$ と、凸レンズ $L_{22}$ および凹レンズ $L_{23}$ より構成される接合レンズとからなる。すなわち、この第2レンズ群 $G_2$ は、3枚のレンズ $L_{21}$ 、 $L_{22}$ および $L_{23}$ からなり、全体として負の屈折力を有する。

【0035】

第3レンズ群 $G_3$ は、第3レンズ群 $G_3$ において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群 $G_F$ 、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群 $G_R$ を有し、全体として正の屈折力を有する。そして、広角端から望遠端への変倍時には、正レンズ群 $G_F$ と負レンズ群 $G_R$ との間の間隔を変化させることにより変倍を行う。

30

【0036】

正レンズ群 $G_F$ は、物体側から順に2枚の両凸レンズ $L_{F1}$ および $L_{F2}$ と、絞り $S$ と、両凸レンズ $L_{F3}$ および両凹レンズ $L_{F4}$ からなる接合レンズとから構成されている。また、負レンズ群 $G_R$ は、両凸レンズ $L_{R1}$ および両凹レンズ $L_{R2}$ からなる接合レンズ $B_L$ と、両凸レンズ $L_{R3}$ とから構成されている。

40

【0037】

[ズームレンズの緒元]

表1に、第1の実施の形態におけるズームレンズに具体的数値を適用した数値実施例1のレンズデータを示す。



【表 1】

面番号	R	D	Nd	$\nu d$
1	89.814	5.272	1.618000	63.39
2	-2792.763	0.250		
3	78.123	2.531	1.90366	31.32
4	45.117	7.019	1.48749	70.44
5	509.707	D5		
6	-447.504	1.100	1.72916	54.67
7	21.398	2.268	1.92286	20.88
8	39.389	3.614		
9	-37.680	1.1	1.83481	42.72
10	-256.905	D10		
11	32.249	4.985	1.48749	70.44
12	-76.065	0.150		
13	58.146	2.500	1.618000	63.39
14	-382.326	1.500		
15	絞り	0.500		
16	31.206	2.685	1.49700	81.61
17	328.805	1.314		
18	-65.914	1.000	1.84666	23.78
19	105.192	15.279		
20	100.000	2.747	1.68893	31.16
21	-27.266	0.700	1.83481	42.72
22	20.000	5.206		
23	31.922	3.134	1.59551	39.22
24	-84.916			

10

20

30

40

## 【0038】

この第1の実施の形態において、広角端から望遠端へとレンズ位置が変化する際に、以下の各レンズ群の間隔が変化する。すなわち、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D10である。広角端（ $f = 56.6$ ）、中間焦点距離（ $f = 150.0$ ）、望遠端（ $f = 291.0$ ）における、開放F値Fno、焦点距離f、半画角、間隔D5およびD10の各数値を、表2に示す。

【表 2】

Fno	4.00	4.74	6.25
f	56.6	150.0	291.0
$\omega$	14.4	5.3	2.8
D5	5.000	39.030	46.925
D10	37.217	17.114	1.000

10

## 【0039】

## [ズームレンズの収差]

図 2 乃至 4 に第 1 の実施の形態によるズームレンズの各収差図を示す。図 2 は、第 1 の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。図 3 は、第 1 の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。図 4 は、第 1 の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。それぞれにおいて、(a) 球面収差図、(b) 非点収差図および (c) 歪曲収差図をそれぞれ示している。

20

## 【0040】

なお、球面収差図において、実線は d 線 (587.6 nm)、破線は c 線 (波長 656.3 nm)、一点鎖線は g 線 (波長 435.8 nm) における値を示す。また、非点収差図において、実線 S はサジタル像面、破線 M はメリディオナル像面における値を示す。

## 【0041】

## &lt; 2 . 第 2 の実施の形態 &gt;

## [レンズ構成]

図 5 は、本技術の第 2 の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。この第 2 の実施の形態におけるズームレンズは、上述の第 1 の実施の形態と同様に、物体側から像面 IMG に対して順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 を有する。すなわち、この第 2 の実施の形態は、具体的な数値例は異なるものの、基本的には上述の第 1 の実施の形態と同様の構成を有している。

30

## 【0042】

## [ズームレンズの緒元]

表 3 に、第 2 の実施の形態におけるズームレンズに具体的数値を適用した数値実施例 2 のレンズデータを示す。

【表 3】

面番号	R	D	Nd	$\nu d$
1	88.889	5.055	1.618000	63.39
2	15408.713	0.150		
3	78.897	2.151	1.90366	31.32
4	45.823	6.921	1.48749	70.44
5	552.805	D5		
6	-488.152	1.100	1.72916	54.67
7	22.026	2.636	1.92286	20.88
8	40.444	3.913		
9	-41.051	1.100	1.83481	42.72
10	-522.434	D10		
11	30.200	4.886	1.48749	70.44
12	-81.651	0.150		
13	61.882	2.500	1.618000	63.39
14	-500.000	1.500		
15	絞り	0.500		
16	30.966	2.444	1.49700	81.61
17	170.272	1.381		
18	-64.852	1.000	1.84666	23.78
19	110.778	15.168		
20	52.727	2.907	1.68893	31.16
21	-22.941	0.700	1.83481	42.72
22	20.000	6.900		
23	34.081	2.500	1.59551	39.22
24	-374.351			

10

20

30

40

## 【0043】

この第2の実施の形態において、広角端から望遠端へとレンズ位置が変化する際に、以下の各レンズ群の間隔が変化する。すなわち、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D10である。広角端（ $f = 56.6$ ）、中間焦点距離（ $f = 150.0$ ）、望遠端（ $f = 291.0$ ）における、開放F値Fno、焦点距離f、半画角、間隔D5およびD10の各数値を、表4に示す。

【表 4】

Fno	4.00	4.73	6.43
f	56.6	150.0	291.0
$\omega$	14.5	5.3	2.8
D5	5.000	39.732	46.573
D10	37.769	17.050	1.000

10

## 【0044】

## [ズームレンズの収差]

図6乃至8に第2の実施の形態によるズームレンズの各収差図を示す。図6は、第2の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。図7は、第2の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。図8は、第2の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。それぞれにおいて、(a)球面収差図、(b)非点収差図および(c)歪曲収差図をそれぞれ示している。なお、各収差図における線種は第1の実施の形態において説明したものと同様である。

20

## 【0045】

## &lt; 3 . 第3の実施の形態 &gt;

## [レンズ構成]

図9は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。この第3の実施の形態におけるズームレンズは、上述の第1の実施の形態と同様に、物体側から像面IMGに対して順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3を有する。すなわち、この第3の実施の形態は、具体的な数値例は異なるものの、基本的には上述の第1の実施の形態と同様の構成を有している。

30

## 【0046】

## [ズームレンズの緒元]

表5に、第3の実施の形態におけるズームレンズに具体的数値を適用した数値実施例3のレンズデータを示す。

【表 5】

面番号	R	D	Nd	$\nu d$
1	91.105	5.253	1.618000	63.39
2	-2630.060	0.150		
3	79.093	2.198	1.90366	31.32
4	45.902	7.000	1.48749	70.44
5	516.215	D5		
6	-230.970	1.100	1.74330	49.22
7	22.067	3.003	1.92286	20.88
8	49.229	3.374		
9	-48.394	1.100	1.83400	37.34
10	390.797	D10		
11	31.812	4.575	1.49700	81.61
12	-85.256	0.150		
13	57.578	2.500	1.618000	63.39
14	-500.000	1.500		
15	絞り	0.500		
16	32.561	2.144	1.49700	81.61
17	114.513	1.453		
18	-69.713	1.000	1.84666	23.78
19	176.408	15.504		
20	69.529	2.991	1.69895	30.05
21	-20.879	0.700	1.83400	37.34
22	20.000	6.486		
23	33.895	2.500	1.63980	34.57
24	-196.930			

10

20

30

40

## 【0047】

この第3の実施の形態において、広角端から望遠端へとレンズ位置が変化する際に、以下の各レンズ群の間隔が変化する。すなわち、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D10である。広角端（ $f = 56.6$ ）、中間焦点距離（ $f = 151.8$ ）、望遠端（ $f = 291.0$ ）における、開放F値Fno、焦点距離f、半画角、間隔D5およびD10の各数値を、表6に示す。

【表 6】

Fno	4.11	4.82	6.31
f	56.6	151.8	291.0
$\omega$	14.4	5.2	2.8
D5	5.000	39.779	47.242
D10	41.086	18.664	1.000

10

## 【0048】

## [ズームレンズの収差]

図10乃至12に第3の実施の形態によるズームレンズの各収差図を示す。図10は、第3の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。図11は、第3の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。図12は、第3の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。それぞれにおいて、(a)球面収差図、(b)非点収差図および(c)歪曲収差図をそれぞれ示している。なお、各収差図における線種は第1の実施の形態において説明したものと同様である。

20

## 【0049】

## &lt;4. 第4の実施の形態&gt;

## [レンズ構成]

図13は、本技術の第4の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。この第4の実施の形態におけるズームレンズは、上述の第1の実施の形態と同様に、物体側から像面IMGに対して順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、負の屈折力を有する第2レンズ群G2、正の屈折力を有する第3レンズ群G3を有する。すなわち、この第4の実施の形態は、具体的な数値例は異なるものの、基本的には上述の第1の実施の形態と同様の構成を有している。

30

## 【0050】

## [ズームレンズの緒元]

表7に、第4の実施の形態におけるズームレンズに具体的数値を適用した数値実施例4のレンズデータを示す。

【表 7】

面番号	R	D	Nd	$\nu d$
1	95.119	4.840	1.618000	63.39
2	8514.703	0.150		
3	83.818	2.733	1.90366	31.32
4	48.939	6.585	1.48749	70.44
5	550.832	D5		
6	-213.809	1.100	1.74330	49.22
7	22.530	2.828	1.92286	20.88
8	46.390	3.497		
9	-46.254	1.100	1.83481	42.72
10	2604.067	D10		
11	118.873	2.467	1.48749	70.44
12	-71.924	0.150		
13	44.422	2.635	1.618000	63.39
14	-413.258	1.500		
15	絞り	0.500		
16	33.032	3.832	1.49700	81.61
17	-111.891	0		
18	-110.587	1.000	1.84666	23.78
19	91.406	17.593		
20	42.099	2.073	1.75211	25.05
21	-89.195	0.845	1.83481	42.72
22	19.239	12.420		
23	34.897	2.237	1.49700	81.61
24	137.983			

10

20

30

40

## 【0051】

この第4の実施の形態において、広角端から望遠端へとレンズ位置が変化する際に、以下の各レンズ群の間隔が変化する。すなわち、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔D5、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔D10である。広角端（ $f = 56.6$ ）、中間焦点距離（ $f = 150.0$ ）、望遠端（ $f = 291.0$ ）における、開放F値 $Fno$ 、焦点距離 $f$ 、半画角、間隔D5およびD10の各数値を、表8に示す。

【表 8】

Fno	4.16	4.65	6.15
f	56.6	150.0	291.0
$\omega$	14.5	5.3	2.8
D5	5.000	46.534	54.177
D10	36.911	17.811	1.000

10

## 【0052】

## [ズームレンズの収差]

図14乃至16に第4の実施の形態によるズームレンズの各収差図を示す。図14は、第4の実施の形態によるズームレンズの広角端における各収差図である。図15は、第4の実施の形態によるズームレンズの広角端と望遠端との中間焦点距離における各収差図である。図16は、第4の実施の形態によるズームレンズの望遠端における各収差図である。それぞれにおいて、(a)球面収差図、(b)非点収差図および(c)歪曲収差図をそれぞれ示している。なお、各収差図における線種は第1の実施の形態において説明したものと同様である。

20

## 【0053】

## [条件式のまとめ]

表9に第1乃至第4の実施の形態の数値実施例1乃至4における各値を示す。この値からも明らかのように、条件式(1)乃至(5)を満足することがわかる。また、各収差図に示すように、広角端、広角端と望遠端との中間焦点距離位置および望遠端において、各種収差もバランスよく補正されていることがわかる。



【表 9】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4
fGF	32.7	34.3	33.4	33.5
fGR	-114.3	-164.4	-99.1	-121.8
L3	41.7	42.5	42.0	47.3
ft	291.0	291.0	291.0	291.0
RLR1	100.000	57.727	69.530	42.099
RLR2	20.000	20.000	20.000	19.239
ndLR2	1.83481	1.83481	1.83400	1.83481
vdp	31.16	31.16	30.05	25.05
vdn	42.72	42.72	37.34	42.72
条件式(1)	-0.286	-0.209	-0.337	-0.275
条件式(2)	0.143	0.146	0.144	0.163
条件式(3)	0.667	0.450	0.553	0.373
条件式(4)	1.83481	1.83481	1.83400	1.83481
条件式(5)	1.371	1.371	1.243	1.705

10

20

30

## 【0054】

&lt; 5 . 適用例 &gt;

[ 撮像装置の構成 ]

図17は、第1乃至第4の実施の形態によるズームレンズを撮像装置100に適用した例を示す図である。この撮像装置100は、カメラブロック110と、カメラ信号処理部120と、画像処理部130と、表示部140と、リーダライタ150と、プロセッサ160と、操作受付部170と、レンズ駆動制御部180とを備えている。

40

## 【0055】

カメラブロック110は、撮像機能を担うものであり、第1乃至第4の実施の形態によるズームレンズ111と、そのズームレンズ111により形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子112とを備える。撮像素子112としては、例えば、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 等の光電変換素子を利用することができる。ズームレンズ111としては、ここでは、第1乃至第4の実施の形態のレンズ群を単レンズに簡略化して示している。

## 【0056】

カメラ信号処理部120は、撮影された画像信号のアナログ - デジタル変換等の信号処理を行うものである。このカメラ信号処理部120は、撮像素子112からの出力信号に

50

対してデジタル信号への変換を行う。また、このカメラ信号処理部 120 は、ノイズ除去、画質補正、輝度・色差信号への変換等の各種の信号処理を行う。

【0057】

画像処理部 130 は、画像信号の記録再生処理を行うものである。この画像処理部 130 は、所定の画像データフォーマットに基づく画像信号の圧縮符号化・伸張復号化処理や解像度等のデータ仕様の変換処理等を行う。

【0058】

表示部 140 は、撮影された画像等を表示するものである。この表示部 140 は、操作受付部 170 における操作状態や、撮影した画像等の各種のデータを、表示する機能を有している。この表示部 140 は、例えば液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display) により構成することができる。 10

【0059】

リーダライタ 150 は、メモリカード 190 に対して画像信号の書き込みおよび読出しのアクセスを行うものである。このリーダライタ 150 は、画像処理部 130 によって符号化された画像データをメモリカード 190 に対して書き込み、また、メモリカード 190 に記録された画像データを読み出す。メモリカード 190 は、例えば、リーダライタ 150 に接続されたスロットに対して着脱可能な半導体メモリである。

【0060】

プロセッサ 160 は、撮像装置の全体を制御するものである。このプロセッサ 160 は、撮像装置 100 に設けられた各回路ブロックを制御する制御処理部として機能し、操作受付部 170 からの操作指示信号等に基づいて各回路ブロックを制御する。 20

【0061】

操作受付部 170 は、ユーザからの操作を受け付けるものである。この操作受付部 170 は、例えば、シャッター操作を行うためのシャッターリリースボタンや、動作モードを選択するための選択スイッチ等によって実現することができる。この操作受付部 170 によって受け付けられた操作指示信号は、プロセッサ 160 に供給される。

【0062】

レンズ駆動制御部 180 は、カメラブロック 110 に配置されたレンズの駆動を制御するものである。このレンズ駆動制御部 180 は、ズームレンズ 111 の各レンズを駆動するための (図示しない) モータ等を、プロセッサ 160 からの制御信号に基づいて制御する。 30

【0063】

この撮像装置 100 では、撮影の待機状態においては、プロセッサ 160 による制御下でカメラブロック 110 において撮影された画像信号が、カメラ信号処理部 120 を介して表示部 140 へ出力され、カメラスルー画像として表示される。また、操作受付部 170 においてズーミングのための操作指示信号を受け付けられると、プロセッサ 160 はレンズ駆動制御部 180 に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部 180 の制御に基づいてズームレンズ 111 の所定のレンズが移動される。

【0064】

操作受付部 170 においてシャッター操作を受け付けられると、撮影された画像信号がカメラ信号処理部 120 から画像処理部 130 へ出力されて圧縮符号化処理され、所定のデータフォーマットのデジタルデータに変換される。変換されたデータはリーダライタ 150 へ出力され、メモリカード 190 へ書き込まれる。 40

【0065】

フォーカシングは、例えば、操作受付部 170 においてシャッターリリースボタンが半押しされた場合や、記録 (撮影) のために全押しされた場合等に行われる。この場合、プロセッサ 160 からの制御信号に基づいて、レンズ駆動制御部 180 がズームレンズ 111 の所定のレンズを移動させる。

【0066】

メモリカード 190 に記録された画像データを再生する場合には、操作受付部 170 に 50

において受け付けられた操作に応じて、リーダライタ 150 によってメモリカード 190 から所定の画像データが読み出される。そして、画像処理部 130 によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号が表示部 140 に出力されて、再生画像が表示される。

【0067】

なお、上述の実施の形態においては撮像装置 100 をデジタルスチルカメラと想定した例を示したが、撮像装置 100 はデジタルスチルカメラに限られることはなく、デジタルビデオカメラ等のデジタル入出力機器として広く適用することができる。

【0068】

このように、本技術の実施の形態によれば、第 3 レンズ群を構成する正レンズ群 GF と、その像側に配置される負レンズ群 GR の焦点距離の比を所定の範囲内とすることにより、第 3 レンズ群の口径を小さくして、ズームレンズ全体を小型化することができる。すなわち、コンパクトで低コストでありながらも、優れた結像性能を有し、望遠端の焦点距離が 35 mm フィルム換算で公称 450 mm 程度において半画角が 3° を下回り、ズーム比が 5 倍を超えるような焦点距離域を包括したレンズを実現することができる。

【0069】

なお、上述の実施の形態は本技術を具現化するための一例を示したものであり、実施の形態における事項と、特許請求の範囲における発明特定事項とはそれぞれ対応関係を有する。同様に、特許請求の範囲における発明特定事項と、これと同一名称を付した本技術の実施の形態における事項とはそれぞれ対応関係を有する。ただし、本技術は実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において実施の形態に種々の変形を施すことにより具現化することができる。

(1) 物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負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 レンズ群とからなり、

広角端から望遠端への変倍時には前記第 1 乃至第 3 レンズ群の間の間隔を変化させることにより変倍を行い、

前記第 3 レンズ群は、当該第 3 レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、以下の条件式 (1) を満足するズームレンズ。

$$\text{条件式 (1)} : -0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10$$

但し、

$f_{GF}$  : 前記正レンズ群の焦点距離

$f_{GR}$  : 前記負レンズ群の焦点距離

とする。

(2) 以下の条件式 (2) をさらに満足する前記 (1) に記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (2)} : 0.1 < L3 / f_t < 0.2$$

但し、

$L3$  : 前記第 3 レンズ群の光軸上の長さ

$f_t$  : 前記ズームレンズの望遠端における全系の焦点距離

とする。

(3) 前記第 3 レンズ群を構成する前記負レンズ群は、最も物体側に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからなる負の屈折力を有する接合レンズを有し、以下の条件式 (3) および (4) を満足する前記 (1) または (2) に記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (3)} : 0.2 < (RLR1 - RLR2) / (RLR1 + RLR2) < 0.8$$

$$\text{条件式 (4)} : ndLR2 > 1.72$$

但し、

$RLR1$  : 前記接合レンズの最も被写体側の面の曲率半径

$RLR2$  : 前記接合レンズの最も像側の面の曲率半径

$ndLR2$  : 前記負レンズの d 線における屈折率

10

20

30

40

50

とする。

(4) 以下の条件式(5)をさらに満足する前記(1)から(3)のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式(5)： $d_p / d_n > 1.18$

但し、

$d_p$ ：前記接合レンズを構成する前記正レンズのd線におけるアッペ数

$d_n$ ：前記接合レンズを構成する前記負レンズのd線におけるアッペ数

とする。

(5) 前記第3レンズ群を構成する前記負レンズ群は、物体側から順に、物体側の面に凸を向けた正レンズと像側の面に凹を向けた負レンズとからなる負の屈折力を有する接合レンズと、第2の正レンズとを有する前記(1)から(4)のいずれかに記載のズームレンズ。

10

(6) 実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する前記(1)から(5)のいずれかに記載のズームレンズ。

(7) 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とからなるズームレンズと、

前記ズームレンズにより形成された光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを備え、

前記ズームレンズは、広角端から望遠端への変倍時には前記第1乃至第3レンズ群の間隔を変化させることにより変倍を行い、

20

前記第3レンズ群は、当該第3レンズ群において最も広い空気間隔を隔てて、物体側から正の屈折力を有する正レンズ群と、その像側に配置される負の屈折力を有する負レンズ群とからなり、以下の条件式(1)を満足する撮像装置。

条件式(1)： $-0.45 < f_{GF} / f_{GR} < -0.10$

但し、

$f_{GF}$ ：前記正レンズ群の焦点距離

$f_{GR}$ ：前記負レンズ群の焦点距離

とする。

(8) 前記ズームレンズは、実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する、前記(7)に記載の撮像装置。

30

【符号の説明】

【0070】

100 撮像装置

110 カメラブロック

111 ズームレンズ

112 撮像素子

120 カメラ信号処理部

130 画像処理部

140 表示部

150 リーダライタ

40

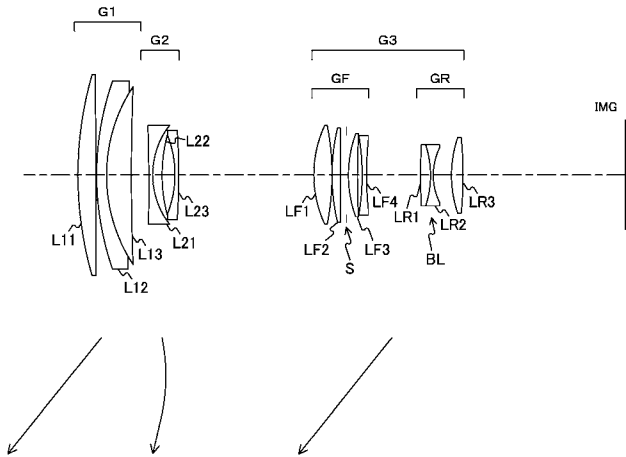
160 プロセッサ

170 操作受付部

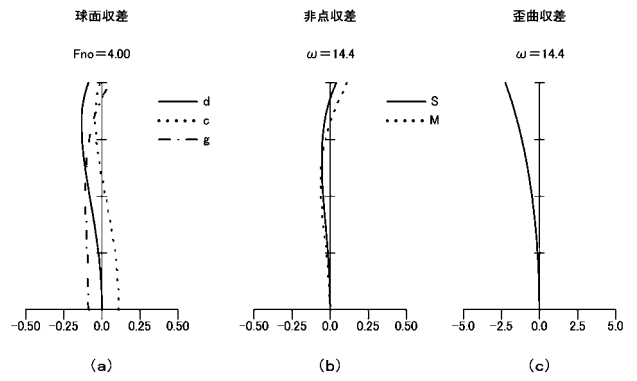
180 レンズ駆動制御部

190 メモリカード

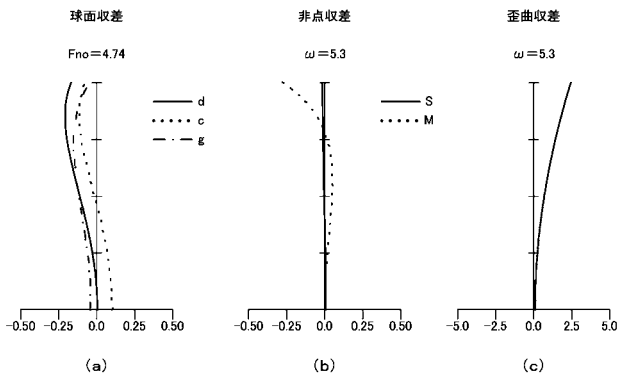
【 図 1 】



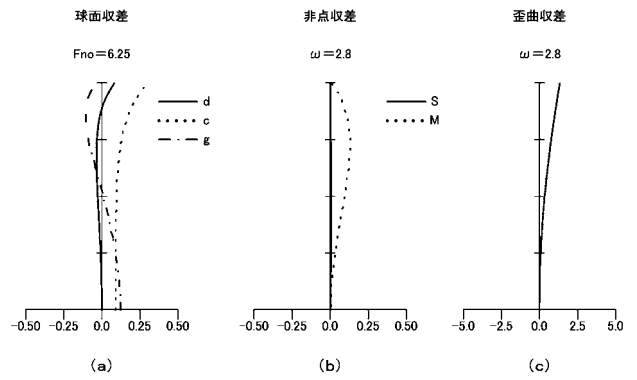
【 図 2 】



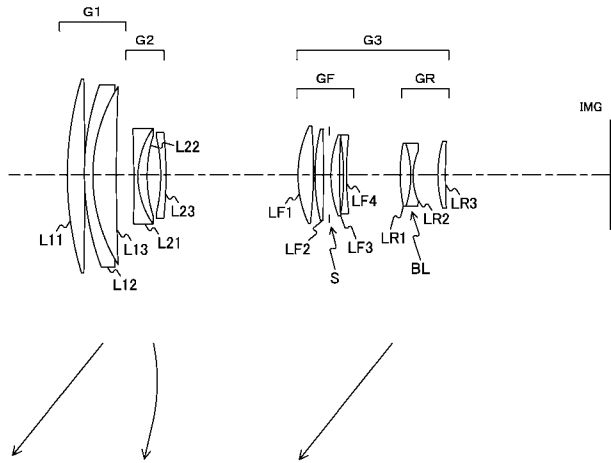
【 図 3 】



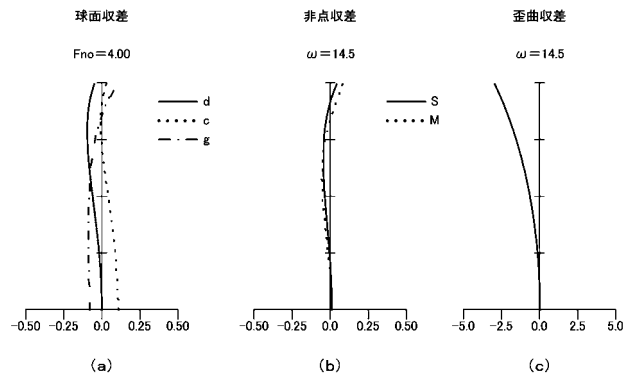
【 図 4 】



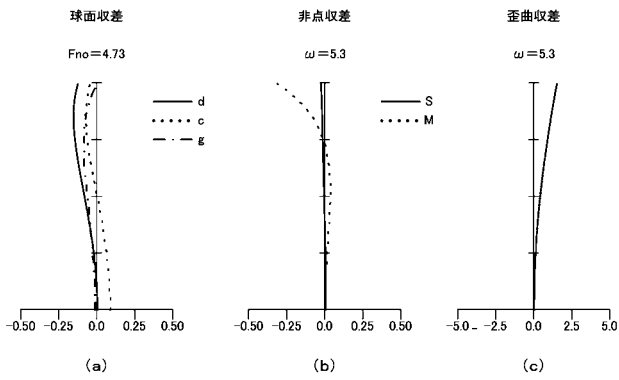
【 図 5 】



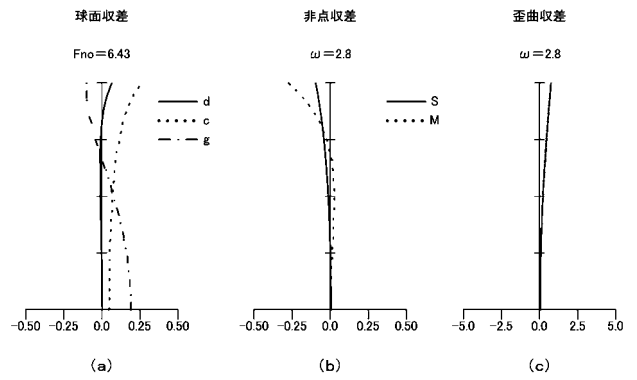
【 図 6 】



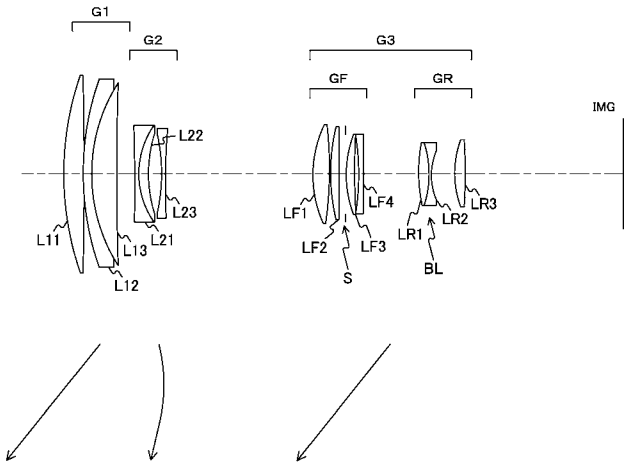
【 図 7 】



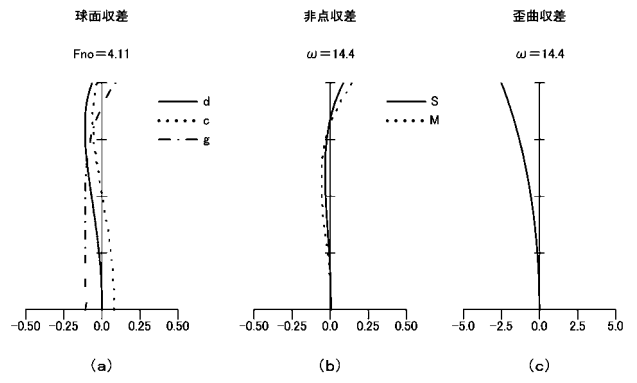
【 図 8 】



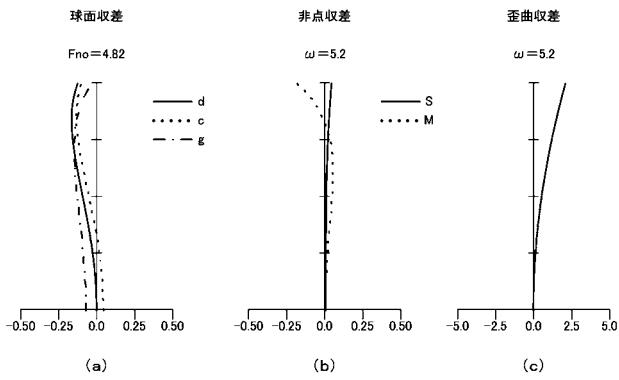
【 図 9 】



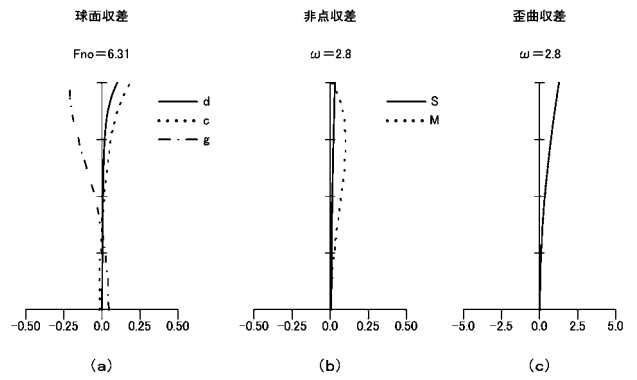
【 図 10 】



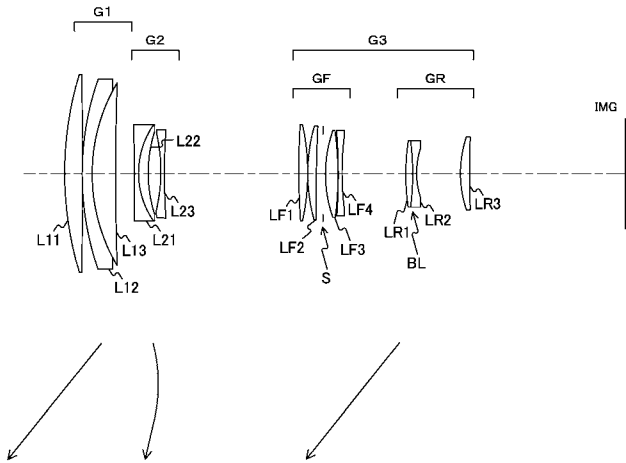
【 図 11 】



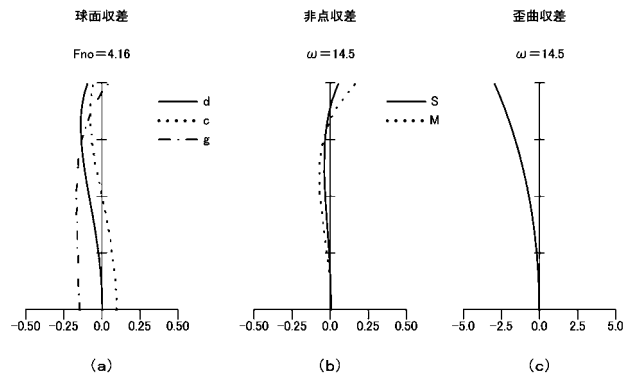
【 図 12 】



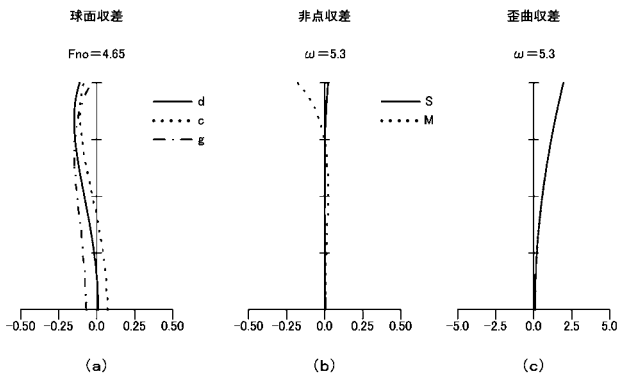
【 図 1 3 】



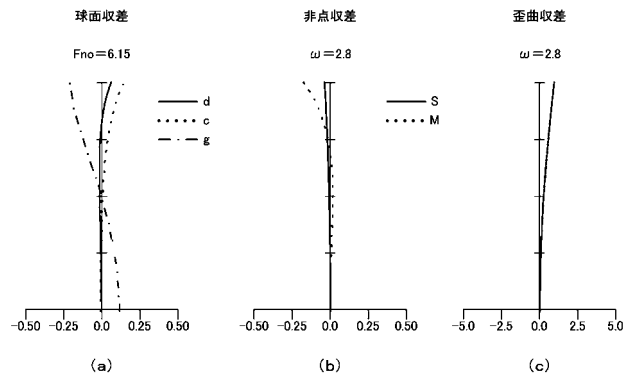
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】





【図 17】

