

(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2013-125106

(P2013-125106A)

(43) 公開日 平成25年6月24日 (2013.6.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G O 2 B 15/20	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2011-272948 (P2011-272948)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成23年12月14日 (2011.12.14)		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	松井 拓未
			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 KA01 MA15 NA14 PA07 PA19
			PB09 QA02 QA07 QA17 QA21
			QA26 QA34 QA41 QA46 RA04
			RA05 RA12 RA13 RA32 RA42
			SA23 SA27 SA29 SA32 SA62
			SA63 SA64 SA65 SB03 SB14
			SB24 SB32 UA01

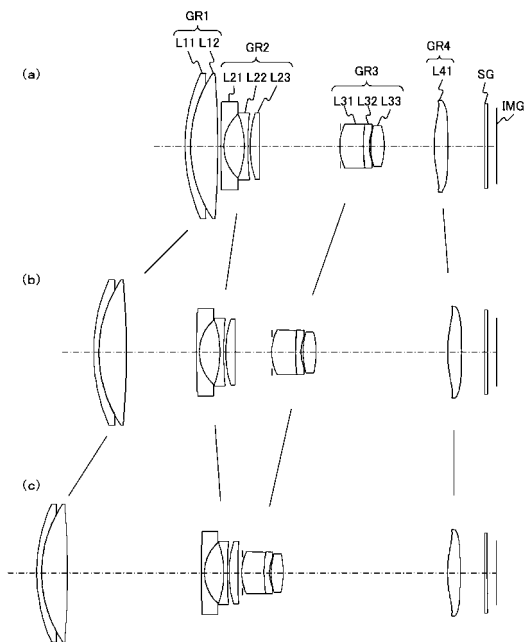
(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】ズーム域での球面収差、像面湾曲、歪曲収差を適切に補正し、光学全長と前玉径を小型化する。

【解決手段】ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とから構成される。広角端から望遠端への変倍において、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大するとともに、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少するように各群が移動する。第1レンズ群は、物体側から順に、メニスカス形状を有する負レンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなる。第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなる。第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなる。第4レンズ群は、正レンズからなる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とから構成され、広角端から望遠端への変倍において、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大するとともに、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズであって、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、メニスカス形状を有する負レンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり、

前記第 4 レンズ群は、正レンズからなるズームレンズ。

【請求項 2】

以下の条件式 (a) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (a) : } 0.95 < | F2 / FW | < 1.25$$

但し、

F 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離、

FW : 前記ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

【請求項 3】

以下の条件式 (b) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (b) : } 0.75 < | 3W | < 1.0$$

但し、

3 W : 前記第 3 レンズ群の広角端における横倍率

とする。

【請求項 4】

以下の条件式 (c) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (c) : } 0.9 < L2 / IM < 1.3$$

但し、

L 2 : 前記第 2 レンズ群における最も物体側の前記負レンズの物体側面頂から前記正レンズの像側面頂までの距離、

IM : 像面上の記録範囲における最大像高

とする。

【請求項 5】

以下の条件式 (d) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (d) : } 6.0 < | \text{Tan} (W) / \text{Tan} (T) | < 16.0$$

但し、

W : 前記ズームレンズの広角端での半画角、

T : 前記ズームレンズの望遠端での半画角

とする。

【請求項 6】

以下の条件式 (e) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (e) : } 5.0 < F1 / FW < 7.5$$

但し、

F 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

FW : 前記ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

以下の条件式 (f) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (f) : } 1.0 < |LT / FT| < 1.5$$

但し、

LT : 前記ズームレンズの望遠端での光学全長、

FT : 前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

【請求項 8】

以下の条件式 (g) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (g) : } 0.5 < F1 / FT < 1.2$$

但し、

F1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

FT : 前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

【請求項 9】

以下の条件式 (h) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (h) : } 2.1 < |3T / 3W| < 2.6$$

但し、

3T : 前記第 3 レンズ群の望遠端での横倍率、

3W : 前記第 3 レンズ群の広角端における横倍率

とする。

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群において、前記負レンズと前記正レンズとは互いに接合された接合レンズであり、

前記第 2 レンズ群において、物体側から 2 番目の前記負レンズと 3 番目の前記正レンズはそれぞれ接合されていないレンズである

請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 1 レンズ群における前記正レンズの像側面、前記第 2 レンズ群における最も物体側の前記負レンズの物体側面および像側面は、非球面形状を有する請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に設けられ、変倍に際しては第 3 レンズ群と一体となって移動し、各ズーム位置で F 値を規定する開口絞りを備える請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 13】

前記第 3 レンズ群において、物体側の前記正レンズおよび前記負レンズは互いに接合された接合レンズである請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 14】

物体への合焦に際しては前記第 4 レンズ群のみが移動し、以下の条件式 (i) を満たす請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (i) : } 0.2 < FM / FT < 0.8$$

但し、

FM : 無限遠物体への合焦時に前記第 4 レンズ群における前記正レンズが最も像側に位置するズーム位置での焦点距離、

FT : 前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

【請求項 15】

物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とから構成され、広角端から望遠端へ

10

20

30

40

50

の変倍において、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大するとともに、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズと、

前記ズームレンズによって形成された光学像を電氣的信号に変換する撮像素子とを備え、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり

10

、
前記第 4 レンズ群は、正レンズからなる撮像装置。

【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、デジタルスチルカメラや家庭用ビデオカメラ等の小型撮像装置に用いられる撮像レンズ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】

20

【0002】

近年、デジタルスチ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。このようなデジタルスチルカメラの普及に伴い、一層の高画質化が求められており、特に画素数の多いデジタルスチルカメラ等においては、画素数の多い固体撮像素子に対応した結像性能に優れた撮影用レンズ、特にズームレンズが求められている。

【0003】

さらに最近では、小型化、広画角化、ズーム比の高変倍化の要求も強まってきており、これらの要求を全て満たすようなズームレンズが求められている。また、小型化においては、光学全長および前玉径等の撮影状態での小型化だけでなく、レンズ群がカメラ本体内に収納された状態、いわゆる沈胴状態時での小型化も同時に求められている。

30

【0004】

デジタルスチルカメラ用のズームレンズには多くの種類があるが、特に小型化、高変倍化に適したレンズタイプとして、以下の組合せからなる 4 群構成のズームレンズが従来から知られている。すなわち、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 群レンズ、負の屈折力を有する第 2 群レンズ、正の屈折力を有する第 3 群レンズ、および、正の屈折力の第 4 群レンズからなるズームレンズである（例えば、特許文献 1 参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 186983 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の従来技術では、第 3 レンズ群が物体側から順に、正レンズと、正レンズおよび負レンズの接合レンズとにより構成されている。しかしながら、このような配置にした場合、第 3 レンズ群の主点が、第 3 レンズ群の実際の位置よりも物体側に位置するため、第 3 レンズ群は前玉からより離れた位置に配置せざるを得ず、開口絞りを第 3 レンズ群近傍に設けている場合には前玉径の大型化を招く。さらに、第 3 レンズ群が像側に近づくため、射出瞳位置も像側に近づき、撮像面への光線の入射角の増大をもたらし、好ましくない。また、このような構成において広角化を試みるとさらに前玉径が大型化し、小型化との両

50

立が困難となる。また、上述の従来技術のように第2レンズ群内の像側の2枚のレンズを接合レンズとすると、設計自由度の低下による収差補正の制約から第2レンズ群の屈折力を上げるには限界があり、ズームレンズの小型化および高変倍化において適さないものとなる。

【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、高い結像性能を有し、広角端における画角が十分な広画角であり、十分なズーム比とし、光学全長が短く、前玉径が小さく、さらには沈胴状態時の小型化を実現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、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とから構成され、広角端から望遠端への変倍において、上記第1レンズ群と上記第2レンズ群との間隔が増大するとともに、上記第2レンズ群と上記第3レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズであって、上記第1レンズ群は、物体側から順に、メニスカス形状を有する負レンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、上記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、上記第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり、上記第4レンズ群は、正レンズからなるズームレンズである。

【0009】

また、この第1の側面において、以下の条件式(a)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(a)}: 0.95 < |F2 / FW| < 1.25$$

但し、F2は上記第2レンズ群の焦点距離、FWは上記ズームレンズの広角端での焦点距離とする。

【0010】

また、この第1の側面において、以下の条件式(b)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(b)}: 0.75 < |3W| < 1.0$$

但し、3Wは上記第3レンズ群の広角端における横倍率とする。

【0011】

また、この第1の側面において、以下の条件式(c)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(c)}: 0.9 < L2 / IM < 1.3$$

但し、L2は上記第2レンズ群の最も物体側の上記負レンズの物体側面頂から上記正レンズの像側面頂までの距離、IMは像面上の記録範囲における最大像高とする。

【0012】

また、この第1の側面において、以下の条件式(d)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(d)}: 6.0 < |\tan(W) / \tan(T)| < 16.0$$

但し、Wは上記ズームレンズの広角端での半画角、Tは上記ズームレンズの望遠端での半画角とする。

【0013】

また、この第1の側面において、以下の条件式(e)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(e)}: 5.0 < F1 / FW < 7.5$$

但し、F1は上記第1レンズ群の焦点距離、FWは上記ズームレンズの広角端での焦点距離とする。

【0014】

また、この第1の側面において、以下の条件式(f)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式(f)}: 1.0 < |LT / FT| < 1.5$$

但し、LTは上記ズームレンズの望遠端での光学全長、FTは上記ズームレンズの望遠端での焦点距離とする。

【0015】

10

20

30

40

50

また、この第1の側面において、以下の条件式 (g) を満たすようにしてもよい。

条件式 (g) : $0.5 < F1 / FT < 1.2$

但し、F1は上記第1レンズ群の焦点距離、FTは上記ズームレンズの望遠端での焦点距離とする。

【0016】

また、この第1の側面において、以下の条件式 (h) を満たすようにしてもよい。

条件式 (h) : $2.1 < |3T / 3W| < 2.6$

但し、3Tは上記第3レンズ群の望遠端での横倍率、3Wは上記第3レンズ群の広角端における横倍率とする。

【0017】

また、この第1の側面において、上記第1レンズ群において、上記負レンズと上記正レンズとは互いに接合された接合レンズであり、上記第2レンズ群において、物体側から2番目の上記負レンズと3番目の上記正レンズはそれぞれ接合されていないレンズであるように構成してもよい。

【0018】

また、この第1の側面において、上記第1レンズ群における上記正レンズの像側面、上記第2レンズ群における最も物体側の上記負レンズの物体側面および像側面は、非球面形状を有するように構成してもよい。

【0019】

また、この第1の側面において、上記第2レンズ群と上記第3レンズ群との間に設けられ、変倍に際しては第3レンズ群と一体となって移動し、各ズーム位置でF値を規定する開口絞りを備えるように構成してもよい。

【0020】

また、この第1の側面において、上記第3レンズ群において、物体側の上記正レンズおよび上記負レンズは互いに接合された接合レンズであってもよい。

【0021】

また、この第1の側面において、物体への合焦に際しては上記第4レンズ群のみが移動し、以下の条件式 (i) を満たすようにしてもよい。

条件式 (i) : $0.2 < FM / FT < 0.8$

但し、FMは無遠物体への合焦時に上記第4レンズ群における上記正レンズが最も像側に位置するズーム位置での焦点距離、FTは上記ズームレンズの望遠端での焦点距離とする。

【0022】

また、本技術の第2の側面は、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とから構成され、広角端から望遠端への変倍において、上記第1レンズ群と上記第2レンズ群との間隔が増大するとともに、上記第2レンズ群と上記第3レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズと、上記ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備え、上記第1レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、上記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、上記第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり、上記第4レンズ群は、正レンズからなる撮像装置である。

【発明の効果】

【0023】

本技術によれば、ズームレンズにおいて、高い結像性能を有し、広角端における画角が十分な広画角であり、十分なズーム比とし、光学全長が短く、前玉径が小さく、さらには沈胴状態時の小型化を実現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】

【0024】

10

20

30

40

50

【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。

【図 2】第 1 の実施の形態によるズームレンズの単焦点距離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の標準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長焦点距離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単焦点距離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の標準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長焦点距離端における各収差図である。

10

【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。

【図 10】第 3 の実施の形態によるズームレンズの単焦点距離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の標準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長焦点距離端における各収差図である。

【図 13】第 1 乃至第 3 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】

20

【0025】

本開示におけるズームレンズは、物体側より光軸に沿って順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 GR1 と、負の屈折力の第 2 レンズ群 GR2 と、正の屈折力の第 3 レンズ群 GR3 と、正の屈折力の第 4 レンズ群 GR4 とからなる。広角端から望遠端への変倍時に、第 1 レンズ群 GR1 と第 2 レンズ群 GR2 の間隔が増大するとともに、第 2 レンズ群 GR2 と第 3 レンズ群 GR3 の間隔が減少するように各群が移動する。第 1 レンズ群 GR1 は、物体側から順に、負メニスカスレンズ L11 と、両側に凸面を有する正レンズ L12 からなる。第 2 レンズ群 GR2 は、物体側から順に負レンズ L21 と、両側に凹面を有する負レンズ L22 と、正レンズ L23 とからなる。第 3 レンズ群 GR3 は、物体側から順に正レンズ L31 と、負レンズ L32 と、正レンズ L33 とからなる。第 4 レンズ群 GR4 は、正

30

【0026】

変倍時に、第 1 レンズ群 GR1 と第 2 レンズ群 GR2 の間隔が変化することにより、第 2 レンズ群 GR2 の横倍率を変化させる。さらに、変倍時に、第 2 レンズ群 GR2 とズームレンズの結像作用を主に担う第 3 レンズ群 GR3 の間隔も変化させることにより、各群での変倍負担の自由度が向上し、小型に高変倍比を実現できる。また、変倍時に、第 3 レンズ群 GR3 と第 4 レンズ群 GR4 との間隔も変化させることにより、第 4 レンズ群 GR4 における変倍作用が生じて、より小型化できるだけでなく、変倍に伴う像面湾曲の変化等も効果的に抑制することができる。

【0027】

40

第 1 レンズ群 GR1 は、物体側から順に、負メニスカスレンズ L11 と正レンズ L12 の 2 枚の構成とすることにより、主に望遠側での軸上色収差を抑えつつ、第 1 レンズ群 GR1 を薄くすることができる。さらに、第 1 レンズ群 GR1 が薄くできると、第 1 レンズ群 GR1 から、開口絞りまでの距離が近くなり、必然的に第 1 レンズ群 GR1 と入射瞳の距離が近づく。それにより、前玉径の増大を抑えながら広角化することが可能となる。また、前玉径が小型化されると第 1 レンズ群 GR1 の正レンズ L12 の必要コバ厚はさらに小さくなり、第 1 レンズ群 GR1 が 3 枚以上で構成されたズームレンズより一層の薄型化が可能となる。前述のような第 1 レンズ群 GR1 の小型化は光学全長短縮、および、前玉径の小型化だけではなく、沈胴時の小型化にも寄与する。仮に、第 1 レンズ群を 3 枚のレンズにより構成した場合には、入射瞳がズームレンズの物体側面から離れるため前玉径が

50

大型化してしまう。また、その場合、第1レンズ群の光軸上の中心厚を薄くすることができず、沈胴状態時の小型化に適さない。また、その場合において広角化を試みるとさらに前玉径が大型化するため、広角化には適さない。

【0028】

第2レンズ群GR2は、物体側から順に、負レンズL21と、両側に凹面を有する負レンズL22と、正レンズL23からなる。全体として負の屈折力を有する第2レンズ群GR2を前述のような3枚の構成とすることにより、変倍比が6倍以上の高倍率ズームレンズであっても、広角端での像面湾曲および倍率色収差や、望遠端での球面収差を効果的に抑制することができる。

【0029】

第3レンズ群GR3は、物体側から順に、正レンズL31と、負レンズL32と、正レンズL33とからなる。このような配置を採用することにより、広角端から望遠端までの全域における球面収差、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。また、第3レンズ群GR3の物体側に開口絞りを配置した場合には、射出瞳位置が像面から遠ざかり、撮像面への光線入射角度を小さくすることができ、撮像域周辺部での光量低下や偽色の発生を低減することができる。仮に、第3レンズ群を4枚のレンズにより構成してしまうと、第3レンズ群の中心厚を薄くすることができず、沈胴状態時の小型化に適さない。

【0030】

第4レンズ群GR4は、1枚の正レンズからなり、変倍時の結像位置の変動、および、諸収差の変動を補正している。また、小型な1枚のレンズで構成されるため軽量であり、様々な物体距離への合焦に用いることに適している。

【0031】

上述した各群のレンズ構成とすることにより、6倍以上のズームレンズにあって各ズーム域での球面収差、像面湾曲、歪曲収差を適切に補正することができるようになる。また、光学全長と前玉径を小型化することができる。さらに、合計で9枚のレンズにより構成されることから沈胴時の小型化も実現することができる。

【0032】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式(a)を満たすことがより好ましい。

$$\text{条件式 (a)} : 0.95 < |F2 / FW| < 1.25$$

但し、

F2 : 第2レンズ群GR2の焦点距離、

FW : ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

【0033】

条件式(a)は、第2レンズ群GR2の焦点距離を、広角端の焦点距離で正規化したものである。収差を十分に補正しながら、光学全長を小型にするためには各レンズ群の焦点距離の配分が適切になされる必要があるが、その中でもいわゆる変倍群である第2レンズ群GR2の焦点距離の範囲は条件式の範囲内であることが望ましい。条件式(a)の上限を超えて、第2レンズ群GR2の屈折力が大きくなりすぎると、望遠端での像面湾曲が大きくなり過ぎ、結像性能を維持したままの高変倍化が困難となる。一方、条件式(a)の下限を下回って第2レンズ群GR2の屈折力が小さくなり過ぎると、変倍のための屈折力が弱くなり、光学全長の短縮に適さない。また、入射瞳位置が第1レンズ群GR1の物体位置から遠ざかるため、前玉径の大型化も招く。

【0034】

なお、本開示のズームレンズにおいては条件式(a)の数値範囲を以下の条件式(a')

$$\text{条件式 (a')} : 1.00 < |F2 / FW| < 1.20$$

【0035】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式(b)を満たすことがより好まし

10

20

30

40

50

い。

条件式 (b) : $0.75 < |3W| < 1.0$

但し、

3W : 第3レンズ群GR3の広角端における横倍率とする。

【0036】

条件式 (b) は、第3レンズ群GR3の広角端での横倍率の絶対値を規定するものである。条件式 (b) の上限を超えて第3レンズ群GR3の広角端での横倍率の絶対値が大きくなり過ぎると、望遠端での横倍率の絶対値が大きくなり過ぎてしまう。そのため、望遠端において、第1レンズ群GR1および第2レンズ群GR2で発生する球面収差、色収差、像面湾曲が第3レンズ群GR3により大きく拡大されてしまい、高変倍化が困難となる。一方、条件式 (b) の下限を下回って第3レンズ群の横倍率の絶対値が小さくなり過ぎると、広角端で第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3の間隔が広がり過ぎて、前玉径の大型化を招くため、広角化に適さない。また、第3レンズ群が像側に近づくため、像面への光線入射角度が大きくなり過ぎ、撮像面の周辺部での光量の低下や、偽色が発生し易くなる。

10

【0037】

なお、本開示のズームレンズにおいては条件式 (b) の数値範囲を以下の条件式 (b') の範囲に設定することがより望ましい。

条件式 (b') : $0.80 < |3W| < 1.05$

20

【0038】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (c) を満たすことがより好ましい。

条件式 (c) : $0.9 < L2 / IM < 1.3$

但し、

L2 : 第2レンズ群GR2における物体側の負レンズL21の物体側面頂から正レンズL23の像側面頂までの距離、

IM : 像面上の記録範囲における最大像高

とする。

【0039】

30

条件式 (c) は、第2レンズ群GR2の負レンズL21の物体側面頂から正レンズL23の像側面頂までの距離、すなわち光軸上の中心厚を規定するものである。IMはズーム光学系の像面上の記録範囲における最大像高であり、すなわち最大画角とされる光線が到達する像高である。ズームレンズの各ズーム域において最大となる像高が変化する場合においては、望遠端での最大像高とする。

【0040】

本開示のズームレンズにおいては、条件式 (c) を満たすことにより、必要な変倍のための屈折力を維持しながら、上述の各レンズ群のレンズ構成に最適な収差補正が可能となり、光学全長の短縮と前玉径の小型化を実現することができる。つまり、条件式 (c) の下限を下回ると、第2レンズ群GR2は薄くなりすぎ、像面湾曲および倍率色収差等を補正すると所望の屈折力を得ることの両立が困難になる。また、薄型化のために第2レンズ群GR2内の負レンズL21の曲率を小さくすると、それに伴って第2レンズ群GR2の屈折力が弱まるため、光学全長および前玉径が大型化してしまう。一方、条件式 (c) の上限を超えると、第2レンズ群GR2は厚くなり過ぎ、変倍のための空気間隔が減少し、光学全長の大型化を招く。また、必然的に沈胴時の厚さ方向の大型化を引き起こす。

40

【0041】

なお、本開示のズームレンズにおいては、条件式 (c) の数値範囲を以下の条件式 (c') の範囲に設定することがより望ましい。

条件式 (c') : $1.0 < L21 - L23 / IM < 1.2$

【0042】

50

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (d) を満たすことがより好ましい。

$$\text{条件式 (d)} : 6.0 < |\tan(W) / \tan(T)| < 16.0$$

但し、

W : ズームレンズの広角端での半画角、

T : ズームレンズの望遠端での半画角

とする。

【0043】

条件式 (d) は、望遠端の画角と広角端の画角の比を、特に本発明の効果がより顕著となる範囲に規定するものである。条件式 (d) の上限を超えて、画角の比が大きくなりすぎると本開示におけるレンズ構成においては、全ズーム域において良好な収差補正を実現することが困難となってくる。また、条件式 (d) の下限を下回ると、本開示におけるズームレンズが目的とする所望の高変倍化が実現できなくなるとともに、各レンズ構成を上述の如く構成するのに最適なものでなくなる場合がある。

10

【0044】

なお、本開示のズームレンズにおいては条件式 (d) の数値範囲を以下の条件式 (d')

$$\text{条件式 (d')} : 7.0 < |\tan(W) / \tan(T)| < 14.0$$

【0045】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (e) を満たすことがより好ましい。

20

$$\text{条件式 (e)} : 5.0 < F1 / FW < 7.5$$

但し、

F1 : 第1レンズ群 GR1 の焦点距離、

FW : ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

【0046】

条件式 (e) は、第1レンズ群 GR1 の焦点距離を広角端の焦点距離で規格化したものである。条件式 (e) の上限を超えて第1レンズ群 GR1 の焦点距離が大きくなり過ぎると、第1レンズ群 GR1 と第2レンズ群 GR2 の間隔変化によって生じる変倍の作用が弱まるため、所望の高変倍化が困難となる。一方、条件式 (e) の下限を下回って、第1レンズ群 GR1 の焦点距離が小さくなり過ぎると、第1レンズ群 GR1 で発生に起因する、主に望遠端での球面収差と軸上色収差が大きくなる。これらの諸収差は変倍比の増加に伴って増大していくため、これにより高変倍化が困難となる。

30

【0047】

なお、本開示のズームレンズにおいては条件式 (e) の数値範囲を以下の条件式 (e')

$$\text{条件式 (e')} : 5.0 < F1 / FW < 6.5$$

【0048】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (f) を満たすことがより好ましい。

40

$$\text{条件式 (f)} : 1.0 < |LT / FT| < 1.5$$

但し、

LT : ズームレンズの望遠端での光学全長、

FT : ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

【0049】

条件式 (f) は、望遠端の焦点距離に対する、ズームレンズの望遠端での光学全長の比を表す、いわゆる望遠比である。ここでの光学全長とは一般的に解釈されるとおり、第1レンズ群 GR1 の物体側の面頂から像側焦点までの光軸上の距離のことである。条件式 (

50

f) の上限を超えて望遠比が大きくなり過ぎることは、望遠端での光学全長の増大を意味し、所望の小型化を達成できない。一方、条件式 (f) の下限を下回って望遠比が小さくなり過ぎることは、望遠端での光学全長が短くなり過ぎることを表す。したがって、このような光学全長とした場合、第 1 レンズ群 G R 1 および第 2 レンズ群 G R 2 の屈折力が大きくなり過ぎるため、望遠端での球面収差および軸上色収差の補正が困難となる。

【 0 0 5 0 】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (g) を満たすことがより好ましい。

$$\text{条件式 (g) : } 0.5 < F1 / FT < 1.2$$

但し、

F 1 : 第 1 レンズ群 G R 1 の焦点距離、

F T : ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

【 0 0 5 1 】

条件式 (g) は、第 1 レンズ群 G R 1 の焦点距離を望遠端の焦点距離で規格化したものである。条件式 (g) の上限を超えて第 1 レンズ群 G R 1 の焦点距離が大きくなり過ぎると、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間隔変化によって生じる変倍の作用が弱まるため、所望の高変倍化が困難となる。一方、条件式 (g) の下限を下回って、第 1 レンズ群 G R 1 の焦点距離が小さくなり過ぎると、第 1 レンズ群 G R 1 で発生に起因する、主に望遠端での球面収差と軸上色収差が大きくなる。これらの諸収差は変倍比の増加に伴って増大していくため、高変倍化が困難となる。

【 0 0 5 2 】

なお、本開示のズームレンズにおいては条件式 (g) の数値範囲を以下の条件式 (g ') の範囲に設定することがより望ましい。

$$\text{条件式 (g ') : } 0.6 < F1 / FT < 1.1$$

【 0 0 5 3 】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (h) を満たすことがより好ましい。

$$\text{条件式 (h) : } 2.1 < | 3T / 3W | < 2.6$$

但し、

3 T : 第 3 レンズ群 G R 3 の望遠端での横倍率、

3 W : 第 3 レンズ群 G R 3 の広角端における横倍率

とする。

【 0 0 5 4 】

条件式 (h) は、第 3 レンズ群 G R 3 の望遠端での横倍率と広角端での横倍率の比の絶対値である。条件式 (h) の上限を超えて比の絶対値が大きくなることは、第 3 レンズ群 G R 3 の変倍作用が大きくなり過ぎることを表し、第 3 レンズ群 G R 3 の移動量の増大につながるため、光学全長の短縮が困難となる。また、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間に絞りを配置してある場合には、広角端から望遠端への変倍時に F 値の変化が大きくなり過ぎ、望遠端での所望の口径比の確保が難しくなる。もしくは、口径比を確保するための可変絞り等の付加的な機構が必要となり機構の大型化を招く。条件式 (h) の下限を下回って比の絶対値が小さくなることは、第 3 レンズ群 G R 3 の変倍作用が小さくなり過ぎることを表す。したがって、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間隔の変動による変倍作用の負担が大きくなるため、光学全長の増大につながる。さらに、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間隔の変動が大きくなり過ぎると、変倍に際しての像面湾曲の変動も大きくなるため、所望の結像性能を有することが困難となる。

【 0 0 5 5 】

また、本開示におけるズームレンズは、負レンズ L 1 1 と正レンズ L 1 2 は互いに接合された接合レンズとし、負レンズ L 2 2 と正レンズ L 2 3 はそれぞれ接合されていないレンズとすることがより好ましい。第 1 レンズ群 G R 1 を構成する負レンズ L 1 1 と正レン

10

20

30

40

50

ズ L 1 2 が接合されていない場合は、互いのレンズの偏芯が起こり易く、主に像面湾曲、倍率色収差の非対称性をもたらす偏芯収差が発生し易くなる。また、第 1 レンズ群 G R 1 の主点位置が実際のレンズ群の位置よりも像側となるため、同じ屈折力で構成した場合に全長が大型化する。負レンズ L 1 1 と正レンズ L 1 2 が互いに接合された接合レンズである場合には、これらの偏芯収差を抑えることができる。また、それだけでなく、ズームレンズ全系で発生している偏芯収差を、負レンズ L 1 1 と正レンズ L 1 2 からなる接合レンズを一体的に偏芯させて補正する、いわゆる調芯が容易となる。また、負レンズ L 2 2 と正レンズ L 2 3 をそれぞれ分離した構成とすることで、負レンズ L 2 2 と正レンズ L 2 3 の空気間隔での収差補正の自由度が向上するため、広角側での軸外収差、望遠端での軸上および軸外収差を効果的に補正することが容易となる。

10

【 0 0 5 6 】

また、本開示におけるズームレンズは、正レンズ L 1 2 の像側面、負レンズ L 2 1 の物体側面および像側面において非球面形状を有することがより好ましい。正レンズ L 1 2 の像側面を非球面形状とすることにより、第 1 レンズ群 G R 1 が 2 枚のみの構成であっても、望遠側の単色収差、特に球面収差と像面湾曲を補正することが容易となり、光学全長と沈胴時の全長の短縮が可能となる。負レンズ L 2 1 の物体側および像側の両面を非球面形状とすることにより、負レンズ L 2 1 の屈折力を強めた場合でも、広角側での歪曲収差、像面湾曲の補正効果を維持することができ、撮影画角 70 度以上の広角化が比較的容易になる。さらに、第 2 レンズ群 G R 2 全体の屈折力も向上し、各レンズ群の変倍時の移動量が減少するため、結果として光学全長の短縮が可能となる。

20

【 0 0 5 7 】

また、本開示におけるズームレンズは、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間に、各ズーム位置で F 値を規定する開口絞りを設けてあり、変倍に際しては第 3 レンズ群 G R 3 と一体となって移動することがより好ましい。各ズーム位置で F 値を規定する絞りとしての開口部は、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間に配置されることが好ましく、第 3 レンズ群 G R 3 近傍に配置されると、広角側での球面収差、コマ収差の抑制に効果がある。特に、第 3 レンズ群 G R 3 を保持する機構部とともに変倍時に移動するようであれば、絞りを移動させるための付加的な機構部の必要がなく、ズームレンズの小型化に望ましいものとなる。

30

【 0 0 5 8 】

また、本開示におけるズームレンズは、第 3 レンズ群 G R 3 において正レンズ L 3 1 と負レンズ L 3 2 は互いに接合された接合レンズとすることがより好ましい。正レンズ L 3 1 と負レンズ L 3 2 が接合可能な形状とし、接合することで、ズーム全域での軸上収差の補正を行うことが容易となり、組み立ても容易となる。

【 0 0 5 9 】

また、本開示におけるズームレンズは、物体への合焦に際して第 4 レンズ群 G R 4 のみが移動させることがより好ましい。第 4 レンズ群 G R 4 をフォーカシングのためのレンズ群として用いることにより、シャッターユニットやアイリスユニットの駆動制御を行う駆動系やレンズ群をシフトさせる防振駆動系との干渉を回避し易く、小型化を図ることができる。なお、正レンズ L 4 1 は収差補正の自由度を得るために非球面形状を有することがより好ましい。また、正レンズ L 4 1 は軽量化、低コスト化のために樹脂材料により成形されることがより好ましい。

40

【 0 0 6 0 】

また、本開示におけるズームレンズは、以下の条件式 (i) を満たすことがより好ましい。

$$\text{条件式 (i) : } 0.2 < FM / FT < 0.8$$

但し、

FM : 無限遠物体への合焦時に第 4 レンズ群 G R 4 における正レンズ L 4 1 が最も像側に位置するズーム位置での焦点距離、

FT : ズームレンズの望遠端での焦点距離

50

とする。

【0061】

条件式 (i) は、望遠端の焦点距離と、無限遠物体への合焦時に第 4 レンズ群 G R 4 が最も像側に位置するズーム位置での焦点距離との比を表すものである。条件式 (i) を満たす場合には、無限遠物体へ合焦した状態でのズームレンズの変倍において、広角端と望遠端以外の中間ズーム域で最も像側に位置される。そのため、近距離物体への合焦時の第 4 レンズ群 G R 4 の物体側の空間を確保することができ、これにより第 4 レンズ群 G R 4 の移動量範囲を小さくすることが可能となる。条件式 (i) の下限を下回るとき、すなわち変倍において広角側で、第 4 レンズ群 G R 4 が最も像側に位置するようなズームレンズであるとき、必然的に広角端よりも望遠端で第 4 レンズ群が物体側に位置することになる。これにより、第 4 レンズ群 G R 4 の横倍率は広角端よりも望遠端の方が大きくなるため、変倍への寄与がなくなり好ましくない状態となる。一方、条件式 (i) の上限を上回るとき、すなわち変倍において望遠端で第 4 レンズ群 G R 4 が最も像側に位置するようなズームレンズであるとき、ズームレンズ全系の焦点距離が大きくなっているにも関わらず、第 4 レンズ群 G R 4 のフォーカス感度が低下する。これにより、結果として近距離物体への合焦に際しての移動量が大きくなるため、小型化することが困難となる。

10

【0062】

なお、本開示におけるズームレンズのフォーカス感度とは、フォーカスレンズ群である第 4 レンズ群 G R 4 の光軸方向の移動量に対する、像の光軸方向の移動量の比を表すものである。

20

【0063】

また、本開示における焦点距離、画角、入射瞳位置、射出瞳位置、横倍率等は、特に断りのない限り d 線の波長の光線に対する諸数値を表すものとする。

【0064】

すなわち、本開示における撮像装置は、上述のズームレンズを有することにより、高い結像性能を有し、撮影状態および沈胴時にも小型でありながら、広角端での撮影画角が 70°乃至 90°程度あり、6 倍以上のズーム比を実現可能な撮像装置とすることができる。

【0065】

なお、ズームレンズにおいては、第 1 レンズ群 G R 1 乃至第 4 レンズ群 G R 4 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。このように、本開示のズームレンズは、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と、各レンズ群をシフトさせる駆動系と、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とを備える。これら検出系、駆動系および制御系を組み合わせることにより、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、本開示のズームレンズにおいては、第 3 レンズ群 G R 3 の全体を光軸に略垂直な方向にシフトさせることにより、少ない収差変動で像をシフトさせることが可能である。

30

【0066】

また、ここでは第 1 レンズ群 G R 1 乃至第 4 レンズ群 G R 4 からなるズームレンズについて説明するが、実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに備えるようにしてもよく、その場合にもズームレンズ全系としての性能に影響を与えない。

40

【0067】

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. 適用例 (撮像装置)

【0068】

50

なお、以降の各表や説明において示す記号の意味等については、以下に示す通りである。F No. は開放F値（Fナンバー）、 f はレンズ全系の焦点距離、 θ は半画角、 r_i は第 i 面の曲率半径、 d_i は第 i 面のレンズ面の間隔、 n_i は第 i 面の d 線（波長 587.6 nm）に対する硝材または素材の屈折率、 k_i は第 i 面のアッペ数を示す。また、「ASP」で示した面は非球面（aspherical）であり、非球面は次式で表される形状である。

$$x = (y^2 \cdot c^2) / (1 + (1 - (1 + k_i) \cdot y^2 \cdot c^2)^{1/2}) + A_i \cdot Y_i$$

但し、

x : レンズ面頂点からの光軸方向の距離、

y : 光軸と垂直な方向の高さ、

c : レンズ頂点での近軸曲率、

k_i : コーニック定数、

A_i : 第 i 次の非球面係数

である。

【0069】

< 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では、物体側から像面に対して順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 GR 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 GR 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 GR 3、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 GR 4 が配列される。

【0070】

第 1 レンズ群 GR 1 は、負レンズ L 1 1 と像側に非球面を有する両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合レンズからなる。第 2 レンズ群 GR 2 は、物体側より順に、両側に非球面を有する負レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、正レンズ L 2 3 からなる。第 3 レンズ群の物体側には絞りを有する。第 3 レンズ群は、正レンズ L 3 1 および負レンズ L 3 2 の接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 3 3 とからなる。第 4 レンズ群は、両面が非球面形状であり光学樹脂に成形された 1 枚の正レンズ L 4 1 から構成される。なお、第 4 レンズ群 GR 4 と像面 IMG との間にはシールガラス SG が配置される。

【0071】

この第 1 の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離端へとレンズ位置が変化する際に、各レンズ群の間隔が変化する。同図 (a) は単焦点距離端、同図 (b) は標準焦点距離、同図 (c) は長焦点距離端をそれぞれ示している。

【0072】

[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。

10

20

30

【表 1】

si		ri	di	ni	ν_i
1		19.409	0.60	1.8467	23.7
2		14.066	2.91	1.6188	63.8
3	ASP	-89.350	(可変)		
4	ASP	95.000	0.30	1.8014	45.4
5	ASP	4.590	2.27		
6		-9.110	0.40	1.6968	55.4
7		41.300	0.23		
8		13.010	0.99	1.9459	17.9
9		211.500	(可変)		
10	(絞り)	∞	-0.35		
11	ASP	4.869	2.60	1.8344	37.2
12		18.150	0.60	1.9229	20.8
13		4.314	0.22		
14		7.770	1.40	1.5831	59.4
15		-9.790	(可変)		
16	ASP	14.884	1.46	1.5247	56.4
17	ASP	-58.972	(可変)		
18		∞	0.30	1.5168	64.1
19		∞	1.00		

10

20

30

40

【0073】

この第1の実施の形態におけるズームレンズでは、第3面、第4面、第5面、第11面、第16面、第17面は、上述の通り非球面形状によって構成されている。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次および第10次の非球面係数 A_4 、 A_6 、 A_8 および A_{10} を、表2に示す。なお、表中「E - x x」は10を底とする指数表現である。例えば、「E - 0 1」は「 10^{-1} 」を表す。

【表 2】

	s3	s4	s5	s11	s16	s17
κ	0	0	0	0	0	0
A4	1.4355E-05	-2.3596E-05	-2.1372E-04	-6.3930E-04	9.1687E-05	3.1208E-04
A6	9.6092E-10	3.8225E-06	7.1355E-08	-1.6474E-05	-1.7831E-05	-4.1992E-05
A8	-2.9194E-10	-2.3109E-07	2.3251E-06	4.3378E-06	-6.0418E-07	0
A10	0	0	-1.4992E-07	-6.9696E-07	0	0

10

20

40

50

【0074】

この第1の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離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GR1と第2レンズ群GR2との間の間隔d3、第2レンズ群GR2と絞りとの間の間隔d9、第3レンズ群GR3と第4レンズ群GR4との間の間隔d15、第4レンズ群GR4とシールガラスSGとの間の間隔d17である。単焦点距離端（ $f = 4.90$ ）、標準焦点距離（ $f = 14.31$ ）、長焦点距離端（ $f = 41.67$ ）における間隔d3、d9、d15およびd17の各数値、焦点距離f、開放F値FNo.、半画角、レンズ全長を、表3に示す。

【表 3】

f	4.90	14.31	41.67
FNo.	3.34	5.06	6.09
$\omega(^{\circ})$	39.9	14.6	5.1
レンズ全長	33.7	43.8	52.8
d3	0.350	7.656	15.446
d9	8.996	4.338	0.759
d15	5.434	14.301	18.890
d17	3.994	2.550	2.780

30

40

50

【0075】

[レンズの収差]

図2乃至図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単焦点距離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の標準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長焦点距離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。

【0076】

なお、球面収差図において、実線はd線（587.6nm）、破線はc線（波長656.3nm）、一点鎖線はg線（波長435.8nm）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。

【0077】

これら収差図からも明らかなように、第1の実施の形態におけるズームレンズでは諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0078】

< 2. 第2の実施の形態 >

[レンズの構成]

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では、物体側から像面に対して順に、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4が配列される。

【0079】

第1レンズ群は、負レンズL11と像側に非球面を有する両凸形状の正レンズL12との接合レンズからなる。第2レンズ群は、物体側より順に、両側に非球面を有する負レンズL21と、両凹形状の負レンズL22と、正レンズL23からなる。第3レンズ群の物体側には絞りを有する。第3レンズ群は、正レンズL31および負レンズL32の接合レンズと、両凸形状で像側面が非球面形状の正レンズL33からなる。第4レンズ群は、両面が球面の1枚の正レンズL41から構成される。なお、第4レンズ群GR4と像面IMGとの間にはシールガラスSGが配置される。

【0080】

この第2の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離端へとレンズ位置が変化する際に、各レンズ群の間隔が変化する。同図(a)は単焦点距離端、同図(b)は標準焦点距離、同図(c)は長焦点距離端をそれぞれ示している。

【0081】

[レンズの緒元]

表4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。

10

20

30

【表 4】

si		ri	di	ni	ν_i
1		25.805	0.60	1.9229	20.8
2		17.942	2.30	1.7290	54.0
3	ASP	-92.905	(可変)		
4	ASP	95.000	0.30	1.8820	37.2
5	ASP	5.386	2.14		
6		-10.748	0.40	1.6968	55.4
7		20.328	0.20		
8		12.057	1.10	1.9459	17.9
9		-761.091	(可変)		
10	(絞り)	∞	-0.42		
11	ASP	4.001	1.60	1.8344	37.2
12		20.144	0.85	1.9229	20.8
13		3.897	0.25		
14		7.929	1.00	1.5831	59.4
15	ASP	-13.795	(可変)		
16		15.108	1.30	1.5311	56.0
17		-164.904	(可変)		
18		∞	0.30	1.5168	64.1
19		∞	1.00		

10

20

30

40

【0082】

この第2の実施の形態におけるズームレンズでは、第3面、第4面、第5面、第11面、第15面は、上述の通り非球面形状によって構成されている。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次および第10次の非球面係数A4、A6、A8およびA10を、表5に示す。

【表 5】

	s3	s4	s5	s11	s15
κ	0	0	0	-0.5502	0
A4	1.0012E-05	-4.4657E-04	-4.5914E-04	4.5447E-04	1.8041E-03
A6	-1.2376E-08	6.4330E-05	6.4576E-05	4.0558E-05	6.3816E-05
A8	0	-2.9023E-06	2.3096E-06	6.6794E-07	5.1911E-05
A10	0	4.3012E-08	-1.4120E-07	4.8575E-07	0

10

【 0 0 8 3 】

この第 2 の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離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 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 との間の間隔 d 3、第 2 レンズ群 G R 2 と絞りとの間の間隔 d 9、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 との間の間隔 d 1 5、第 4 レンズ群 G R 4 とシールガラス S G との間の間隔 d 1 7 である。単焦点距離端 ($f = 4.91$)、標準焦点距離 ($f = 12.80$)、長焦点距離端 ($f = 33.47$) における間隔 d 3、d 9、d 1 5 および d 1 7 の各数値、焦点距離 f、開放 F 値 F N o .、半画角、レンズ全長を、表 6 に示す。

20

【表 6】

f	4.91	12.80	33.47
FNo.	3.40	4.91	5.99
$\omega(^{\circ})$	40.5	16.3	6.3
レンズ全長	31.2	38.4	47.0
d3	0.350	6.966	14.800
d9	9.339	4.327	0.820
d15	5.150	11.982	15.978
d17	3.432	2.207	2.482

30

40

【 0 0 8 4 】

[レンズの収差]

図 6 乃至図 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単焦点距離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の標準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長焦点距離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)

50

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。

【 0 0 8 5 】

これら収差図からも明らかなように、第 2 の実施の形態におけるズームレンズでは諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 8 6 】

< 3 . 第 3 の実施の形態 >

[レンズの構成]

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では、物体側から像面に対して順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 が配列される。

10

【 0 0 8 7 】

第 1 レンズ群は、負レンズ L 1 1 と像側に非球面を有する両凸形状の正レンズ L 1 2 との接合レンズからなる。第 2 レンズ群は、物体側より順に、両側に非球面を有する負レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、正レンズ L 2 3 からなる。第 3 レンズ群の物体側には絞りを有する。第 3 レンズ群は、正レンズ L 3 1 および負レンズ L 3 2 の接合レンズと、両凸形状で両面が非球面形状の正レンズ L 3 3 からなる。第 4 レンズ群は、片面が非球面形状であり光学樹脂に成形された 1 枚の正レンズ L 4 1 から構成される。

【 0 0 8 8 】

この第 3 の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離端へとレンズ位置が変化する際に、各レンズ群の間隔が変化する。同図 (a) は単焦点距離端、同図 (b) は標準焦点距離、同図 (c) は長焦点距離端をそれぞれ示している。

20

【 0 0 8 9 】

[レンズの緒元]

表 7 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 7】

si		ri	di	ni	ν_i
1		17.963	0.60	1.9136	24.9
2		13.210	2.93	1.6188	63.8
3	ASP	-124.445	(可変)		
4	ASP	36.968	0.30	1.8014	45.4
5	ASP	4.051	2.44		
6		-9.073	0.40	69.6802	55.4
7		52.737	0.23		
8		12.760	0.99	1.9459	17.9
9		143.718	(可変)		
10	(絞り)	∞	-0.35		
11	ASP	4.809	2.60	1.8344	37.2
12		11.684	0.60	1.9229	18.8
13		4.286	0.22		
14	ASP	7.531	1.40	1.5831	59.4
15	ASP	-11.537	(可変)		
16	ASP	14.517	1.40	1.5163	64.0
17	ASP	-49.858	(可変)		
18		∞	0.30	1.5168	64.1
19		∞	1.00		

10

20

30

40

【0090】

この第3の実施の形態におけるズームレンズでは、第3面、第4面、第5面、第11面、第14面、第15面、第16面、第17面は、上述の通り非球面形状によって構成されている。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次および第10次の非球面係数A4、A6、A8およびA10を、表8に示す。

【表 8】

	s3	s4	s5	s11	s14	s15	s16	s17
κ	0	0	0	0.0405	0	0	0	0
A4	1.3826E-05	-5.7967E-04	-1.0401E-03	-5.6675E-04	-2.4000E-04	2.5527E-04	-1.2646E-04	3.4377E-05
A6	-2.2475E-08	3.8704E-05	-3.2352E-05	-9.1476E-06	1.1322E-05	3.5403E-05	1.8146E-06	-9.4253E-06
A8	-2.8327E-11	-1.3998E-06	5.8261E-06	-2.7049E-06	0	-9.4719E-06	-2.1019E-07	0
A10	4.9432E-14	1.8071E-08	-4.7925E-07	2.4394E-07	0	1.5230E-06	0	0

10

20

40

50

【0091】

この第3の実施の形態において、単焦点距離端から長焦点距離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GR1と第2レンズ群GR2との間の間隔d3、第2レンズ群GR2と絞りとの間の間隔d9、第3レンズ群GR3と第4レンズ群GR4との間の間隔d15、第4レンズ群GR4とシールガラスSGとの間の間隔d17である。単焦点距離端（ $f = 4.65$ ）、標準焦点距離（ $f = 14.31$ ）、長焦点距離端（ $f = 46.60$ ）における間隔d3、d9、d15およびd17の各数値、焦点距離f、開放F値FNo.、半画角、レンズ全長を、表9に示す。

【表 9】

f	4.65	14.31	46.60
FNo.	3.38	5.23	6.07
$\omega(^{\circ})$	40.7	14.5	4.6
レンズ全長	34.3	45.1	54.0
d3	0.300	8.020	16.960
d9	9.135	4.177	0.413
d15	5.947	15.117	18.880
d17	3.853	2.752	2.700

30

40

50

【0092】

[レンズの収差]

図10乃至図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単焦点距離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の標準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長焦点距離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。

【0093】

これら収差図からも明らかなように、第3の実施の形態におけるズームレンズでは諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0094】

[条件式のまとめ]

表10に第1乃至第3の実施の形態の数値実施例1乃至3における各値を示す。この値からも明らかなように、条件式(a)乃至(i)を満足することがわかる。

【表 10】

		数值実施例1	数值実施例2	数值実施例3
Tan(ωW)		0.84	0.85	0.86
Tan(ωT)		0.09	0.11	0.08
FW		4.91	4.91	4.65
FT		41.67	33.47	46.60
F1		29.27	30.66	29.79
F2		-5.177	-5.787	-5.002
L21-L23		4.18	4.14	4.36
IM		3.882	3.882	3.882
$\beta 3W$		-0.95	-0.80	-0.94
$\beta 3T$		-2.26	-1.93	-2.18
LT		52.80	47.00	54.00
FM		14.31	12.80	24.45
式(a)	F2/FW	1.06	1.18	1.08
式(b)	$\beta 3W$	0.95	0.80	0.94
式(c)	L2/IM	1.08	1.07	1.12
式(d)	Tan(ωW)/Tan(ωT)	9.32	7.69	10.72
式(e)	F1/FW	5.97	6.24	6.41
式(f)	LT/FT	1.27	1.40	1.16
式(g)	F1/FT	0.70	0.92	0.64
式(h)	$\beta 3T/\beta 3W$	2.38	2.41	2.32
式(i)	FM/FT	0.34	0.38	0.52

【0095】

< 4 . 適用例 >

[撮像装置の構成]

図 13 は、第 1 乃至第 3 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

10

20

30

40

50

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、入力部 170 と、レンズ駆動制御部 180 とを備えている。

【0096】

カメラブロック 110 は、撮像機能を担うものであり、本開示によるズームレンズ 111 を含む光学系や、撮像素子 112 等により構成される。撮像素子 112 は、例えば、CCD (Charge Coupled Devices) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等を実現される。

【0097】

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 からの出力信号に対するデジタル信号への変換、ノイズ除去、画質補正、輝度信号または色差信号への変換等の各種の信号処理を行う。

【0098】

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および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。

【0099】

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、ユーザの入力部 170 に対す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する。この表示部 140 は、例えば、LCD (Liquid Crystal Display) 等により実現される。

【0100】

リーダ/ライタ 150 は、メモリカード 151 への画像信号の書き込みおよび読出しを行うものである。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のメモリカード 151 への書き込みや、メモリカード 151 に記録された画像データの読出しを行う。なお、メモリカード 151 は、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。

【0101】

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、入力部 170 からの指示入力信号等に基づいて各回路ブロックを制御する。

【0102】

入力部 170 は、ユーザによって所要の操作が行われる各種のスイッチ等から成るインターフェースである。この入力部 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構成され、ユーザによる操作に応じた指示入力信号をプロセッサ 160 に対して出力する。

【0103】

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、プロセッサ 160 からの制御信号に基づいてズームレンズ 111 の各レンズを駆動する図示しないモータ等を制御する。

【0104】

この撮像装置 100 において、撮影の待機状態では、プロセッサ 160 による制御の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 に出力されて、カメラスルー画像として表示される。また、入力部 170 からのズームのための指示入力信号が入力されると、プロセッサ 160 がレンズ駆動制御部 180 に制御信号を出力し、このレンズ駆動制御部 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する。

【0105】

入力部 170 からの指示入力信号によりカメラブロック 110 の図示しないシャッター

10

20

30

40

50

リリースボタンが押下されると、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 に出力される。そして、圧縮符号化処理されて、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 に出力され、メモリカード 151 に書き込まれる。

【0106】

なお、フォーカシングは、例えば、入力部 170 の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。このとき、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ことにより、フォーカシングが行われる。

【0107】

メモリカード 151 に記録された画像データを再生する場合には、入力部 170 に対する操作に応じて、リーダ/ライタ 150 によってメモリカード 151 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。

【0108】

なお、この実施の形態においては、撮像装置をデジタルスチルカメラに適用した例を示したが、撮像装置の適用範囲はデジタルスチルカメラに限定されない。すなわち、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラが組み込まれた携帯電話や PDA (Personal Digital Assistant) 等のデジタル入出力機器のカメラ部等として広く適用することができる。

【0109】

このように、本技術の実施の形態によれば、ズームレンズを上述の各群のレンズ構成とすることによって、6 倍以上のズームレンズにあって各ズーム域での球面収差、像面湾曲、歪曲収差を適切に補正することができる。また、光学全長と前玉径を小型化することができる。さらに、沈胴時の小型化も実現することができる。

【0110】

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

【0111】

なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

(1) 物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とから構成され、広角端から望遠端への変倍において、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大するとともに、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズであって、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、メニスカス形状を有する負レンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり、

前記第 4 レンズ群は、正レンズからなるズームレンズ。

(2) 以下の条件式 (a) を満たす前記 (1) に記載のズームレンズ。

条件式 (a) : $0.95 < |F2 / FW| < 1.25$

但し、

10

20

30

40

50

F 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離、

F W : 前記ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

(3) 以下の条件式 (b) を満たす前記 (1) または (2) に記載のズームレンズ。

条件式 (b) : $0.75 < | 3 W | < 1.0$

但し、

3 W : 前記第 3 レンズ群の広角端における横倍率

とする。

(4) 以下の条件式 (c) を満たす前記 (1) から (3) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (c) : $0.9 < L 2 / I M < 1.3$

但し、

L 2 : 前記第 2 レンズ群における最も物体側の前記負レンズの物体側面頂から前記正レンズの像側面頂までの距離、

I M : 像面上の記録範囲における最大像高

とする。

(5) 以下の条件式 (d) を満たす前記 (1) から (4) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (d) : $6.0 < | \text{Tan} (W) / \text{Tan} (T) | < 16.0$

但し、

W : 前記ズームレンズの広角端での半画角、

T : 前記ズームレンズの望遠端での半画角

とする。

(6) 以下の条件式 (e) を満たす前記 (1) から (5) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (e) : $5.0 < F 1 / F W < 7.5$

但し、

F 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

F W : 前記ズームレンズの広角端での焦点距離

とする。

(7) 以下の条件式 (f) を満たす前記 (1) から (6) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (f) : $1.0 < | L T / F T | < 1.5$

但し、

L T : 前記ズームレンズの望遠端での光学全長、

F T : 前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

(8) 以下の条件式 (g) を満たす前記 (1) から (7) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (g) : $0.5 < F 1 / F T < 1.2$

但し、

F 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離、

F T : 前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

(9) 以下の条件式 (h) を満たす前記 (1) から (8) のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式 (h) : $2.1 < | 3 T / 3 W | < 2.6$

但し、

3 T : 前記第 3 レンズ群の望遠端での横倍率、

3 W : 前記第 3 レンズ群の広角端における横倍率

10

20

30

40

50

とする。

(10) 前記第1レンズ群において、前記負レンズと前記正レンズとは互いに接合された接合レンズであり、

前記第2レンズ群において、物体側から2番目の前記負レンズと3番目の前記正レンズはそれぞれ接合されていないレンズである

前記(1)から(9)のいずれかに記載のズームレンズ。

(11) 前記第1レンズ群における前記正レンズの像側面、前記第2レンズ群における最も物体側の前記負レンズの物体側面および像側面は、非球面形状を有する前記(1)から(10)のいずれかに記載のズームレンズ。

(12) 前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に設けられ、変倍に際しては第3レンズ群と一体となって移動し、各ズーム位置でF値を規定する開口絞りを備える前記(1)から(11)のいずれかに記載のズームレンズ。

(13) 前記第3レンズ群において、物体側の前記正レンズおよび前記負レンズは互いに接合された接合レンズである前記(1)から(12)のいずれかに記載のズームレンズ。

(14) 物体への合焦に際しては前記第4レンズ群のみが移動し、以下の条件式(i)を満たす前記(1)から(13)のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式(i)： $0.2 < FM / FT < 0.8$

但し、

FM：無限遠物体への合焦時に前記第4レンズ群における前記正レンズが最も像側に位置するズーム位置での焦点距離、

FT：前記ズームレンズの望遠端での焦点距離

とする。

(15) 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(14)のいずれかに記載のズームレンズ。

(16) 物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とから構成され、広角端から望遠端への変倍において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大するとともに、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように各群が移動するズームレンズと、

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

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、両側に凸面を有する正レンズとからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、両側に凹面を有する負レンズと、正レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとからなり、

前記第4レンズ群は、正レンズからなる

撮像装置。

(17) 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(16)に記載の撮像装置。

【符号の説明】

【0112】

- 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

10

20

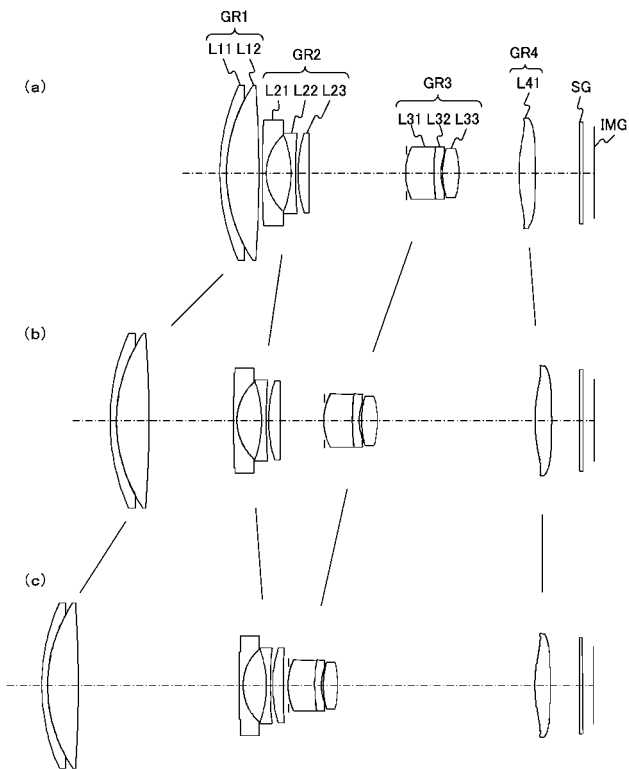
30

40

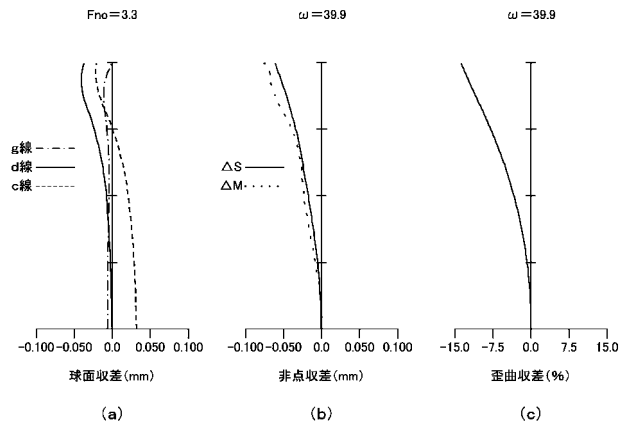
50

- 150 リーダ/ライタ
- 151 メモリカード
- 160 プロセッサ
- 170 入力部
- 180 レンズ駆動制御部

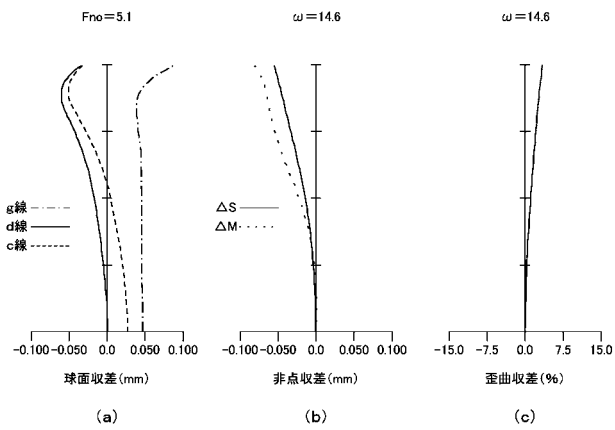
【 図 1 】



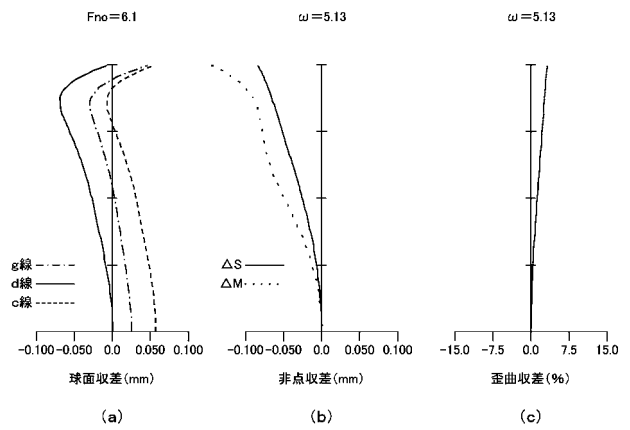
【 図 2 】



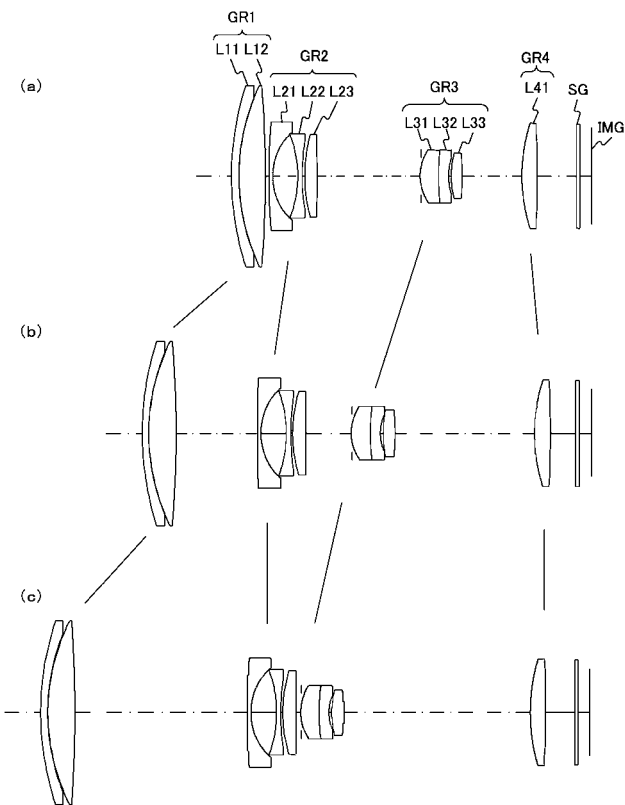
【 図 3 】



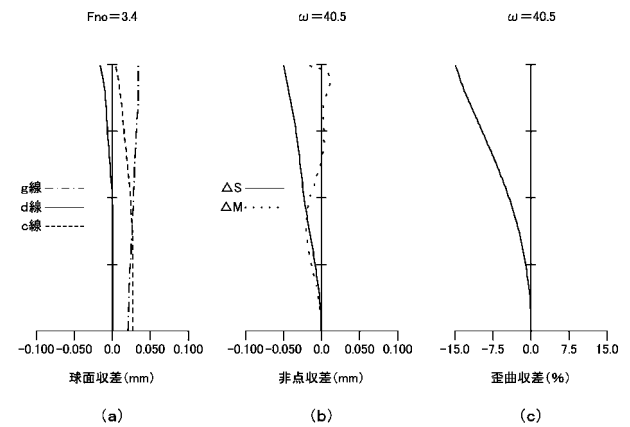
【 図 4 】



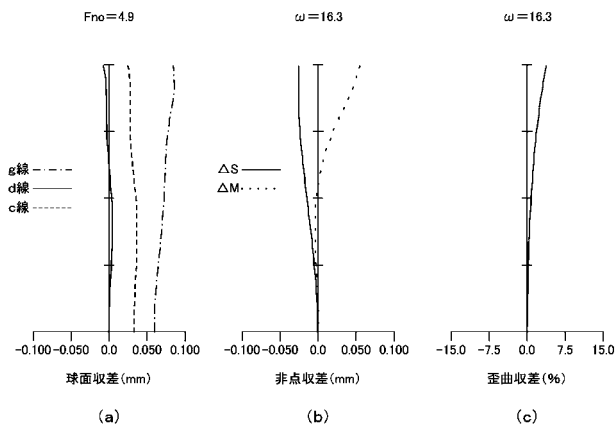
【 図 5 】



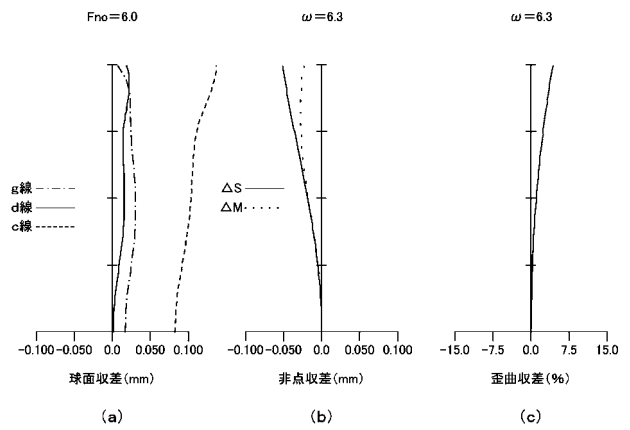
【 図 6 】



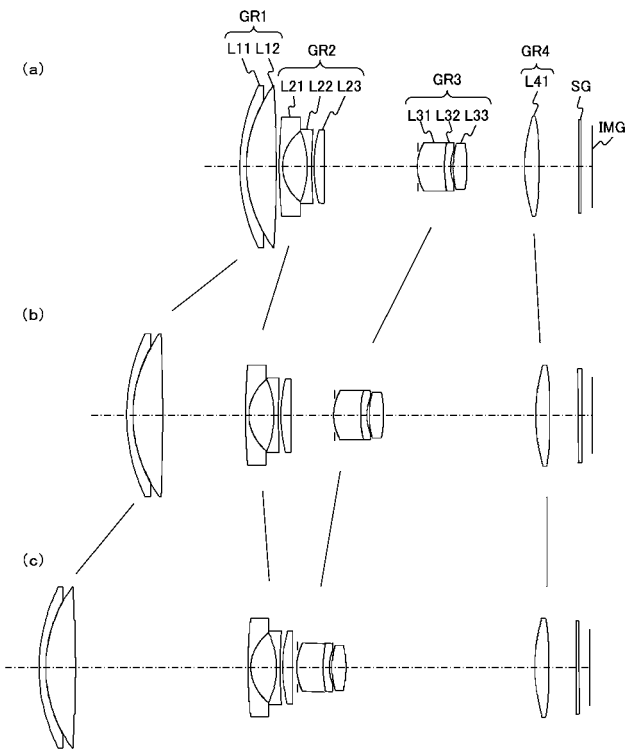
【 図 7 】



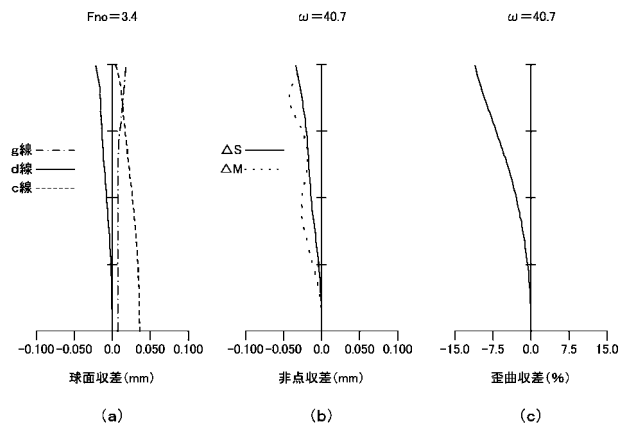
【 図 8 】



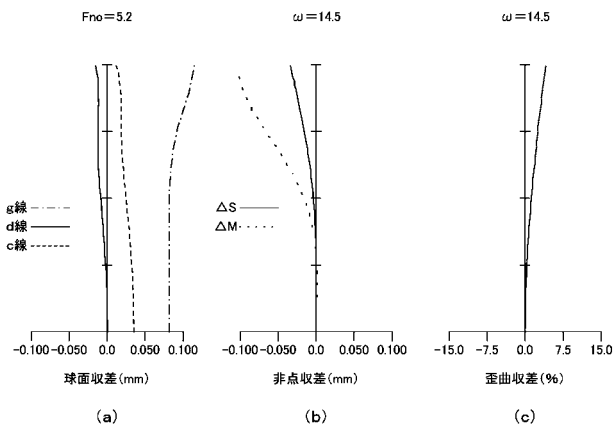
【 図 9 】



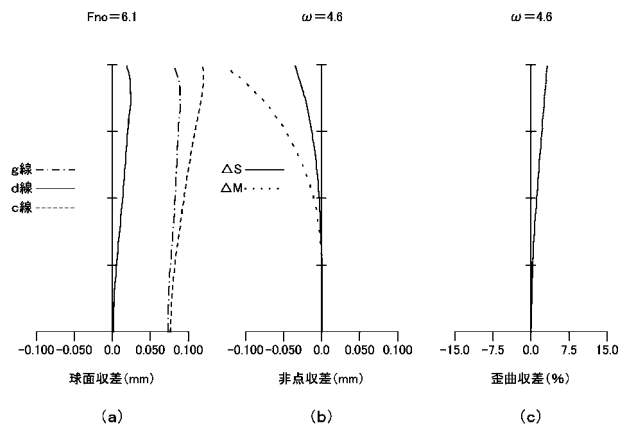
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

