

(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2015-166834

(P2015-166834A)

(43) 公開日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	2K005
G03B 5/00 (2006.01)	G03B 5/00	J

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2014-41750 (P2014-41750)
 (22) 出願日 平成26年3月4日 (2014.3.4)

(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 細井 正晴
 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 MA14 NA07 PA10 PA11
 PA19 PB12 PB13 QA02 QA06
 QA17 QA22 QA26 QA39 QA41
 QA45 RA05 RA12 RA13 RA36
 RA44 SA24 SA26 SA29 SA33
 SA62 SA63 SA64 SA65 SB05
 SB14 SB22 SB35 SB36 UA01
 2K005 AA01 AA05 CA23

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

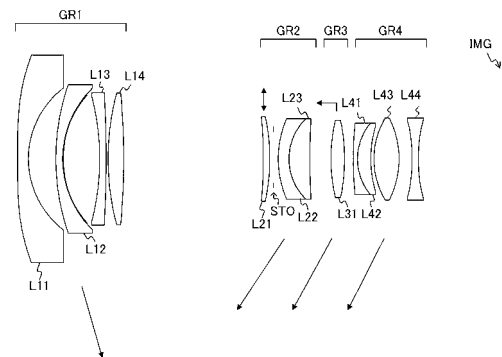
【課題】高い結像性を保ちながらコンパクト化した広角ズームレンズを提供する。

【解決手段】ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成される。第4レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを有する。そして、以下の条件式(a)を満足する。

条件式(a) : $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$

但し、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群とから構成され、

前記第 4 レンズ群は少なくとも 2 枚の正レンズを有し、

以下の条件式 (a) を満足するズームレンズ。

$$\text{条件式 (a) : } - 2 . 0 < f 3 / f 4 < - 0 . 3 5$$

但し、

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

10

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

とする。

【請求項 2】

以下の条件式 (b) を満足する請求項 1 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (b) : } 0 . 4 < f 2 / f 3 < 1 . 5$$

但し、

f 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

とする。

【請求項 3】

以下の条件式 (c) を満足する請求項 1 記載のズームレンズ。

20

$$\text{条件式 (c) : } - 0 . 4 < (r 1 p + r 2 p) / (r 1 p - r 2 p) < 0 . 4$$

但し、

r 1 p : 第 4 レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径

r 2 p : 第 4 レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径

とする。

【請求項 4】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動する請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 4 レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される請求項 1 記載のズームレンズ。

30

【請求項 6】

前記第 4 レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 7】

物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群とから構成され、

前記第 4 レンズ群は 1 枚の正レンズから構成され、

以下の条件式 (a 1) を満足するズームレンズ。

40

$$\text{条件式 (a 1) : } - 2 . 0 < f 3 / f 4 < - 0 . 4 0$$

但し、

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

とする。

【請求項 8】

以下の条件式 (b) を満足する請求項 7 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (b) : } 0 . 4 < f 2 / f 3 < 1 . 5$$

但し、

f 2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

50

とする。

【請求項 9】

以下の条件式 (c) を満足する請求項 7 記載のズームレンズ。

$$\text{条件式 (c) : } -0.4 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.4$$

但し、

r_{1p} : 第 4 レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径

r_{2p} : 第 4 レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径

とする。

【請求項 10】

広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動する請求項 7 記載のズームレンズ。 10

【請求項 11】

前記第 4 レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される請求項 7 記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 4 レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される請求項 7 記載のズームレンズ。

【請求項 13】

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具備する撮像装置であって、 20

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群とから構成され、

前記第 4 レンズ群は少なくとも 2 枚の正レンズを有し、

以下の条件式 (a) を満足する撮像装置。

$$\text{条件式 (a) : } -2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$$

但し、

f_3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

とする。 30

【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、レンズ交換式カメラシステムの撮像レンズ系として好適な広角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システムが急速に普及している。特に、ミラーレスデジタルカメラと呼ばれる、カメラ本体内にクイックリターンミラーを持たないレンズ交換式デジタルカメラシステムが注目されている。ミラーレスカメラシステムは、最も像側に配置されたレンズから撮像素子までの距離（バックフォーカス）が従来のレフレックスカメラシステムより短いという一般的特徴を有する。従来のレフレックスカメラ用レンズよりもバックフォーカスを短くすることができるため、撮像レンズ、特に広角レンズはレフレックスカメラ用のレンズよりもさらに光学全長を短くすることが求められている。 40

【0003】

このような広角レンズとして、物体側より順に負の第 1 レンズ群、正の第 2 レンズ群、正の第 3 レンズ群、負の第 4 レンズ群により構成される広角ズームレンズが提案されている（例えば、特許文献 1 および 2 参照。）。 50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-176097号公報

【特許文献2】特開2005-106878号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の従来技術では、第4レンズ群の負のパワーが弱く、バックフォーカスが十分に短縮することができない。そのため、これら従来技術によるレンズをミラーレスカメラ用の撮像レンズに適用すると、バックフォーカスが長いいため鏡筒全長が長くなってしまおうという問題が生じる。

10

【0006】

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、高い結像性を保ちながらコンパクト化した広角ズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

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、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、上記第4レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを有し、以下の条件式(a)を満足するズームレンズである。

20

条件式(a)： $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$

但し、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離とする。

【0008】

また、本技術の第2の側面は、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、上記第4レンズ群は1枚の正レンズから構成され、以下の条件式(a1)を満足するズームレンズである。

条件式(a1)： $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.40$

但し、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離とする。

30

【0009】

また、これら第1および第2の側面において、以下の条件式(b)を満足するようにしてもよい。

条件式(b)： $0.4 < f_2 / f_3 < 1.5$

但し、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離とする。

【0010】

また、これら第1および第2の側面において、以下の条件式(c)を満足するようにしてもよい。

条件式(c)： $-0.4 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.4$

但し、 r_{1p} は第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径、 r_{2p} は第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径とする。

40

【0011】

また、これら第1および第2の側面において、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動するようにしてもよい。

【0012】

また、これら第1および第2の側面において、上記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成されてもよい。一方、上記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成されてもよい。

50

【 0 0 1 3 】

また、本技術の第3の側面は、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气的信号に変換する撮像素子とを具備する撮像装置であって、上記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、上記第4レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを有し、以下の条件式(a)を満足する撮像装置である。

条件式(a)： $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$

但し、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_4 は第4レンズ群の焦点距離とする。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 1 4 】

本技術によれば、高い結像性能を保ちながら、バックフォーカスが短い小型の広角ズームレンズを実現することができるという優れた効果を奏し得る。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 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 】 本技術の第1の実施の形態によるズームレンズの広角端における諸収差図である。

20

【 図 3 】 本技術の第1の実施の形態によるズームレンズの中間焦点距離における諸収差図である。

【 図 4 】 本技術の第1の実施の形態によるズームレンズの望遠端における諸収差図である。

【 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 】 本技術の第2の実施の形態によるズームレンズの広角端における諸収差図である。

【 図 7 】 本技術の第2の実施の形態によるズームレンズの中間焦点距離における諸収差図である。

【 図 8 】 本技術の第2の実施の形態によるズームレンズの望遠端における諸収差図である。

30

【 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 1 0 】 本技術の第3の実施の形態によるズームレンズの広角端における諸収差図である。

【 図 1 1 】 本技術の第3の実施の形態によるズームレンズの中間焦点距離における諸収差図である。

【 図 1 2 】 本技術の第3の実施の形態によるズームレンズの望遠端における諸収差図である。

【 図 1 3 】 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。

40

【 図 1 4 】 本技術の第4の実施の形態によるズームレンズの広角端における諸収差図である。

【 図 1 5 】 本技術の第4の実施の形態によるズームレンズの中間焦点距離における諸収差図である。

【 図 1 6 】 本技術の第4の実施の形態によるズームレンズの望遠端における諸収差図である。

【 図 1 7 】 本技術の第5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 1 8 】 本技術の第5の実施の形態によるズームレンズの広角端における諸収差図である。

50

【図19】本技術の第5の実施の形態によるズームレンズの中間焦点距離における諸収差図である。

【図20】本技術の第5の実施の形態によるズームレンズの望遠端における諸収差図である。

【図21】本技術の第1乃至5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】

【0016】

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。

【0017】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、第4レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを有し、以下の条件式（a）を満足する。

条件式（a）： $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$

但し、

f₃：第3レンズ群の焦点距離

f₄：第4レンズ群の焦点距離

とする。

【0018】

本技術の実施の形態におけるズームレンズにおいては、第4レンズ群が2枚以上の正レンズを有することにより、2枚の正レンズが第4レンズ群で発生する倍率色収差、コマ収差を良好に補正する。

【0019】

条件式（a）は第4レンズ群の焦点距離に対する、第3レンズ群の焦点距離を規定している。条件式（a）を下回ると、第4レンズ群の負のパワーが強くなりすぎるため、第4レンズ群で発生する諸収差、特に倍率色収差およびコマ収差が悪化し、高い結像性能を保つことができない。また、条件式（a）を上回ると、第4レンズ群の負のパワーが弱くなりすぎるため、バックフォーカスを十分に短縮することができない。

【0020】

なお、本技術の実施の形態におけるズームレンズは、条件式（a）の数値範囲を以下の条件式（a'）の数値範囲に設定することがより望ましい。条件式（a'）の範囲に設定することによって、より性能が高く小型のズームレンズを実現することができる。

条件式（a'）： $-1.7 < f_3 / f_4 < -0.43$

【0021】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、以下の条件式（b）を満足することが望ましい。

但し、

条件式（b）： $0.4 < f_2 / f_3 < 1.5$

f₂：第2レンズ群の焦点距離

とする。

【0022】

条件式（b）は、第3レンズ群に対する第2レンズ群の焦点距離を規定した式である。条件式（b）を下回ると、第3レンズ群に対する第2レンズ群の正パワーが強くなりすぎてしまい、ズミングした際の収差変動、特に球面収差の変化が大きくなり、良好な結像性能を確保することができなくなる。条件式（b）の上限を上回ると、第2レンズ群に対する第3レンズ群の正パワーが強くなりすぎてしまい、第3レンズ群で発生する諸収差、特に球面収差および軸上色収差が悪化する。

【0023】

なお、本技術の実施の形態におけるズームレンズは、条件式（b）を以下の条件式（b

10

20

30

40

50

') の数値範囲に設定することがより望ましい。条件式 (b') の範囲に設定することによって、より良好な結像性能を得ることが出来る。

但し、

$$\text{条件式 (b') : } 0.44 < f_2 / f_3 < 1.35$$

とする。

【 0 0 2 4 】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、以下の条件式 (c) を満足することが望ましい。

$$\text{条件式 (c) : } -0.4 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.4$$

但し、

r_{1p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径

r_{2p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径

とする。

【 0 0 2 5 】

条件式 (c) は第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズのシェイプファクターを規定している。条件式 (c) を下回ると、物体側の面がきつい凸面になり、軸外マージナル光線の物体側凸面への入射角度が大きくなり、コマ収差の発生が多くなる。条件式 (c) を上回ると、像面側の面が曲率のきつい凸面になり、像側の面における軸外マージナル光線の偏角が大きくなり、やはりコマ収差の発生が多くなる。

【 0 0 2 6 】

なお、本発明においては条件式 (c) の数値範囲を以下の条件式 (c') の数値範囲に設定することがより望ましい。条件式 (c') の範囲に設定することによって、より良好な結像性能を得ることができる。

$$\text{条件式 (c') : } -0.3 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.3$$

【 0 0 2 7 】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動することが望ましい。

【 0 0 2 8 】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、第4レンズ群が、物体側より順に、負レンズ、正レンズ、正レンズ、負レンズにより構成されることがより望ましい。最も像側に配置された負レンズは、軸外光線を跳ね上げバックフォーカスを短くすることを可能としている。また、2枚の正レンズを2枚の負レンズで挟む構成をとることにより、第4レンズ群内で発生する諸収差、特にコマ収差および倍率色収差を効率的に改善することが可能となる。

【 0 0 2 9 】

本技術の実施の形態におけるズームレンズは、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成されてもよい。

【 0 0 3 0 】

また、本技術の実施の形態におけるズームレンズにおいて、第4レンズ群は1枚の正レンズから構成されてもよく、この場合には、条件式 (a) の数値範囲を以下の条件式 (a 1) の数値範囲に設定することがより望ましい。

$$\text{条件式 (a 1) : } -2.0 < f_3 / f_4 < -0.40$$

【 0 0 3 1 】

以下、本技術の実施の形態の数値実施例について説明する。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 . 第5の実施の形態 (数値実施例 5)

10

20

30

40

50

6. 適用例 (撮像装置)

【0032】

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、「 s_i 」は物体側から数えて i 番目の面を意味する面番号を示す。「 r_i 」は物体側から数えて第 i 番目の面の曲率半径を示す。「 d_i 」は物体側から数えて第 i 番目の面と第 $i + 1$ 番目の面との間の軸上面間隔を示す。「 n_i 」は物体側に第 i 面を有する硝材または素材の d 線 (波長 587.6 nm) に対する屈折率を示す。「 σ_i 」は物体側に第 i 面を有する硝材または素材の d 線に対するアッペ数を示す。そして、曲率半径に関し「 σ 」は、当該面が平面であることを示す。また、面番号の欄の「ASP」は、当該面が非球面形状で構成されていることを示す。また、「 f 」はレンズ全系の焦点距離を示す。「 Fno 」は開放 F 値 (F ナンバー) を示す。「 ω 」は半画角を示す。

10

【0033】

また、各実施の形態において用いられるレンズには、上述のようにレンズ面が非球面によって構成されるものがある。レンズ面の頂点から光軸方向の距離 (サグ量) を「 x 」、光軸と垂直な方向の高さを「 y 」、レンズ頂点での近軸曲率を「 c 」、円錐 (コーニック) 定数を「 k 」とすると、

$$x = y^2 c^2 / (1 + (1 - (1 + k) y^2 c^2)^{1/2}) + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12}$$

によって定義されるものとする。なお、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} および A_{12} は、それぞれ第 4 次、第 6 次、第 8 次、第 10 次および第 12 次の非球面係数である。

20

【0034】

< 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。

【0035】

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 に向かって順に、第 1 レンズ群 $GR1$ と、第 2 レンズ群 $GR2$ と、第 3 レンズ群 $GR3$ と、第 4 レンズ群 $GR4$ とが配列されてなる。第 1 レンズ群 $GR1$ は負の屈折力を有する。第 2 レンズ群 $GR2$ は正の屈折力を有する。第 3 レンズ群 $GR3$ は正の屈折力を有する。第 4 レンズ群 $GR4$ は負の屈折力を有する。

30

【0036】

第 1 レンズ群 $GR1$ は、物体側より順に、負メニスカスレンズ $L11$ と、負メニスカスレンズ $L12$ と、負メニスカスレンズ $L13$ と、両凸レンズ $L14$ とが配列されてなる。負メニスカスレンズ $L11$ は、物体側に凸面を向けて、両面に非球面を用いたレンズである。負メニスカスレンズ $L12$ は、物体側に凸面を向けたレンズである。この負メニスカスレンズ $L12$ は、像面側の球面に非球面の樹脂を張り付けて形成される。負メニスカスレンズ $L13$ は、物体側に凹面を向けたレンズである。両凸レンズ $L14$ は、両面に凸面を有するレンズである。

40

【0037】

第 2 レンズ群 $GR2$ は、物体側より順に、正メニスカスレンズ $L21$ と、負メニスカスレンズ $L22$ と、正メニスカスレンズ $L23$ とが配列されてなる。正メニスカスレンズ $L21$ は、像側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズ $L22$ は、物体側に凸面を向け、物体側の面に非球面を用いたレンズである。正メニスカスレンズ $L23$ は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズ $L22$ および正メニスカスレンズ $L23$ は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。

【0038】

第 3 レンズ群 $GR3$ は、両側に非球面を用いた、両面に凸面を有する両凸レンズ $L31$ から構成される。

【0039】

50

第4レンズ群GR4は、物体側より順に、負メニスカスレンズL41と、正メニスカスレンズL42と、両凸レンズL43と、両凹レンズL44とが配列されてなる。負メニスカスレンズL41は、物体側に凸面を向けたレンズである。正メニスカスレンズL42は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL41および正メニスカスレンズL42は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。両凸レンズL43は、両面に凸面を有するレンズである。両凹レンズL44は、両側の面に非球面を用いた、両面に凹面を有するレンズである。

【0040】

この第1の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、全てのレンズ群が光軸方向に移動する。

10

【0041】

また、無限遠から至近側へのフォーカシングは、第3レンズ群GR3が光軸方向に移動することにより行われる。

【0042】

手ブレ発生時には、防振レンズとして第2レンズ群GR2の最も物体側に配置された正メニスカスレンズL21を、光軸に対して垂直方向に移動させることにより、像ブレ補正を行う。

【0043】

なお、第2レンズ群GR2における正メニスカスレンズL21と負メニスカスレンズL22との間には絞りSTOが配置される。

20

【0044】

[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】

si	ri	di	ni	ν_i
1(ASP)	1500.000	2.800	1.77173	49.20
2(ASP)	22.170	7.193		
3	57.806	1.800	1.83945	42.70
4	25.233	0.150	1.53699	41.70
5(ASP)	28.164	9.466		
6	-63.675	1.700	1.80831	46.50
7	-275.715	0.500		
8	64.870	4.067	2.00912	29.10
9	-187.494	(d9)		
10	-119.397	1.700	1.57124	56.00
11	-49.774	0.900		
12(絞り)	Infinity	1.300		
13(ASP)	24.504	2.800	1.74688	49.30
14	14.347	5.485	1.49845	81.50
15	188.879	(d15)		
16(ASP)	46.745	3.500	1.48914	70.30
17(ASP)	-51.179	(d17)		
18	91.996	1.113	1.80831	46.50
19	14.264	3.433	1.49845	81.60
20	28.727	0.850		
21	20.480	6.509	1.49845	81.60
22	-23.194	3.411		
23(ASP)	-46.430	1.680	1.77767	47.10
24(ASP)	55.000	(d24)		

10

20

30

【 0 0 4 5 】

表 2 に、第 1 の実施の形態のズームレンズの、広角端、中間焦点距離、望遠端における焦点距離 f 、F 値 Fno 、半画角 および各面間隔を示す。

【表 2】

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	16.48	24.07	33.95
Fno	4.07	4.08	4.09
ω	54.04	41.55	31.80
d9	36.400	16.337	3.395
d15	5.491	5.300	4.703
d17	2.300	2.491	3.087
d24	25.839	33.876	43.762

10

【0046】

20

この第1の実施の形態におけるズームレンズでは、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL11の両面（第1面、第2面）、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL12の像側面（第5面）、第2レンズ群GR2の負メニスカスレンズL22の物体側面（第13面）、第3レンズ群GR3の両凸レンズL31の両面（第16面、第17面）、第4レンズ群GR4の両凹レンズL44の両面（第23面、第24面）は、非球面に形成される。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次、第10次および第12次の非球面係数A4、A6、A8、A10およびA12を、表3に示す。なお、表3および以下の非球面係数を示す表において「E - i」は10を底とする指数表現、すなわち、「 10^{-i} 」を表しており、例えば、「0.12345E - 05」は「 0.12345×10^{-5} 」を表している。

30

【表 3】

si	κ	A4	A6	A8	A10	A12
1	-1.0000	1.5215E-05	-2.4220E-08	2.8219E-11	-1.9560E-14	5.59000E-18
2	-0.8006	5.8285E-06	2.3793E-08	-4.9708E-11	1.1524E-13	0.00000E+00
5	-0.7179	2.1334E-05	1.2458E-08	-1.6800E-10	4.0809E-13	-5.84010E-16
13	0.0000	-8.6923E-06	-2.5058E-08	1.1660E-10	-5.7880E-13	0.00000E+00
16	0.0000	1.0633E-05	-3.6480E-08	8.8691E-10	-1.1156E-11	0.00000E+00
17	0.0000	-1.0859E-06	-7.5619E-08	8.8706E-10	-1.1124E-11	0.00000E+00
23	0.0000	2.1652E-05	-5.8231E-07	2.9815E-09	-1.2507E-11	0.00000E+00
24	0.0000	6.1977E-05	-4.6543E-07	2.6378E-09	-7.1537E-12	0.00000E+00

10

20

【 0 0 4 7 】

表 4 に、この第 1 の実施の形態のズームレンズにおける各レンズ群 GR 1 乃至 4 の開始面、焦点距離、全長、前側および後側主点位置を示す。

【表 4】

	開始面	焦点距離	全長	前側主点位置	後側主点位置
GR1	1	-30.834	27.677	2.12	-30.407
GR2	10	53.887	12.186	-0.479	-7.818
GR3	16	50.539	3.5	-1.135	-1.243
GR4	18	-75.795	16.997	-10.891	-0.711

30

【 0 0 4 8 】

[ズームレンズの収差]

図 2 乃至 4 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるズームレンズの諸収差図である。図 2 は広角端での合焦状態、図 3 は広角端と望遠端との中間焦点距離への合焦状態、図 4 は望遠端での合焦状態における各収差図を示す。これらの図において、a は球面収差図、b は非点収差図（像面湾曲図）、c は歪曲収差図をそれぞれ示している。

40

【 0 0 4 9 】

なお、これら球面収差図および以下の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、これら非点収差図および以下の非点収差図において、実線は d 線のサジタル像面、破線は d 線のメリディオナル像面における値を示す。また、これら歪曲収差図および以下の歪曲収差図において実線は d 線における値を示すものである。また、これら球面収差図および以下の球面収差図において、縦軸の「Fno」は開放 F 値（Fナン

50

バー)を表し、「NA」は開口数(Numerical Aperture)を表す。また、これら非点収差図および歪曲収差図ならびに以下の非点収差図および歪曲収差図において、縦軸の「Y」は像高を表しており、単位はミリメートルである。

【0050】

各収差図から、数値実施例1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明らかである。

【0051】

<2.第2の実施の形態>

[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

10

【0052】

この第2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に向かって順に、第1レンズ群GR1と、第2レンズ群GR2と、第3レンズ群GR3と、第4レンズ群GR4とが配列されてなる。第1レンズ群GR1は負の屈折力を有する。第2レンズ群GR2は正の屈折力を有する。第3レンズ群GR3は正の屈折力を有する。第4レンズ群GR4は負の屈折力を有する。

【0053】

第1レンズ群GR1は、物体側より順に、負メニスカスレンズL11と、負メニスカスレンズL12と、負メニスカスレンズL13と、両凸レンズL14とが配列されてなる。負メニスカスレンズL11は、物体側に凸面を向けて、両面に非球面を用いたレンズである。負メニスカスレンズL12は、物体側に凸面を向けたレンズである。この負メニスカスレンズL12は、像面側の球面に非球面の樹脂を張り付けて形成される。負メニスカスレンズL13は、物体側に凹面を向けたレンズである。両凸レンズL14は、両面に凸面を有するレンズである。

20

【0054】

第2レンズ群GR2は、物体側より順に、正メニスカスレンズL21と、負メニスカスレンズL22と、正メニスカスレンズL23とが配列されてなる。正メニスカスレンズL21は、像側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22は、物体側に凸面を向け、物体側の面に非球面を用いたレンズである。正メニスカスレンズL23は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22および正メニスカスレンズL23は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。

30

【0055】

第3レンズ群GR3は、両側に非球面を用いた、両面に凸面を有する両凸レンズL31から構成される。

【0056】

第4レンズ群GR4は、物体側より順に、負メニスカスレンズL41と、正メニスカスレンズL42と、両凸レンズL43と、両凸レンズL45と、両凹レンズL46とが配列されてなる。負メニスカスレンズL41は、物体側に凸面を向けたレンズである。正メニスカスレンズL42は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL41および正メニスカスレンズL42は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。両凸レンズL43は、両面に凸面を有するレンズである。両凸レンズL45は、両面に凸面を有するレンズである。両凹レンズL46は、両側の面に非球面を用いた、両面に凹面を有するレンズである。

40

【0057】

この第2の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、全てのレンズ群が光軸方向に移動する。

【0058】

また、無限遠から至近側へのフォーカシングは、第3レンズ群GR3が光軸方向に移動することにより行われる。

50

【 0 0 5 9 】

手ブレ発生時には、防振レンズとして第2レンズ群GR2の最も物体側に配置された正メニスカスレンズL21を、光軸に対して垂直方向に移動させることにより、像ブレ補正を行う。

【 0 0 6 0 】

なお、第2レンズ群GR2における正メニスカスレンズL21と負メニスカスレンズL22との間には絞りSTOが配置される。

【 0 0 6 1 】

[ズームレンズの緒元]

表5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 5】

si	ri	di	ni	ν_i
1(ASP)	1500.000	2.800	1.77173	49.20
2(ASP)	23.051	7.296		
3	53.179	1.800	1.83945	42.70
4	25.233	0.150	1.53699	41.70
5(ASP)	27.823	9.839		
6	-55.866	1.700	1.80831	46.50
7	-195.709	0.500		
8	70.182	3.977	2.00912	29.10
9	-168.913	(d9)		
10	-134.850	1.764	1.57124	56.00
11	-49.618	0.900		
12(絞り)	Infinity	0.800		
13(ASP)	25.397	2.659	1.74688	49.30
14	14.660	5.274	1.49845	81.50
15	157.123	(d15)		
16(ASP)	42.875	3.500	1.48914	70.30
17(ASP)	-55.819	(d17)		
18	219.200	0.900	1.80831	46.50
19	16.702	2.376	1.49845	81.60
20	26.643	0.850		
21	20.442	6.088	1.49845	81.60
22	-27.471	1.694		
23	119.522	2.600	1.43809	95.00
24	-68.702	2.193		
25(ASP)	-46.491	1.400	1.77767	47.10
26(ASP)	41.490	(d26)		

10

20

30

40

【 0 0 6 2 】

表 6 に、第 2 の実施の形態のズームレンズの、広角端、中間焦点距離、望遠端における焦点距離 f 、F 値 Fno 、半画角 および各面間隔を示す。

【表 6】

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	16.48	24.00	33.95
Fno	4.10	4.09	4.09
ω	54.19	41.71	31.84
d9	35.925	16.297	3.307
d15	5.404	5.416	4.865
d17	2.312	2.300	2.851
d26	24.289	32.190	41.848

10

【0063】

20

この第2の実施の形態におけるズームレンズでは、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL11の両面（第1面、第2面）、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL12の像側面（第5面）、第2レンズ群GR2の負メニスカスレンズL22の物体側面（第13面）、第3レンズ群GR3の両凸レンズL31の両面（第16面、第17面）、第4レンズ群GR4の両凹レンズL46の両面（第25面、第26面）は、非球面に形成される。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次、第10次および第12次の非球面係数A4、A6、A8、A10およびA12を、表7に示す。

【表 7】

si	κ	A4	A6	A8	A10	A12
1	-1.0000	1.7847E-05	-2.7556E-08	2.7793E-11	-1.6945E-14	4.51000E-18
2	-0.6398	1.0302E-05	3.0287E-08	-5.1404E-11	2.4512E-14	0.00000E+00
5	-0.8831	1.9716E-05	-7.7329E-09	-4.4147E-11	2.7278E-13	-4.13080E-16
13	0.0000	-9.0247E-06	-2.5995E-08	1.5090E-10	-7.7954E-13	0.00000E+00
16	0.0000	1.5069E-05	-9.1790E-08	1.4508E-09	-1.7008E-11	0.00000E+00
17	0.0000	2.9780E-06	-1.4257E-07	1.4130E-09	-1.6252E-11	0.00000E+00
25	0.0000	-2.0173E-05	-3.2261E-07	1.2161E-09	-9.1450E-12	0.00000E+00
26	0.0000	1.8839E-05	-2.0129E-07	1.1731E-09	-3.3367E-12	0.00000E+00

30

40

【0064】

表8に、この第2の実施の形態のズームレンズにおける各レンズ群GR1乃至4の開始

50

面、焦点距離、全長、前側および後側主点位置を示す。

【表 8】

	開始面	焦点距離	全長	前側主点位置	後側主点位置
GR1	1	-31.424	28.064	1.907	-30.427
GR2	10	55.873	11.398	-0.019	-7.595
GR3	16	50.159	3.5	-1.033	-1.345
GR4	18	-76.008	18.103	-13.583	1.107

10

【0065】

[ズームレンズの収差]

図6乃至8は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの諸収差図である。図6は広角端での合焦状態、図7は広角端と望遠端との中間焦点距離への合焦状態、図8は望遠端での合焦状態における各収差図を示す。これらの図において、aは球面収差図、bは非点収差図(像面湾曲図)、cは歪曲収差図をそれぞれ示している。

20

【0066】

各収差図から、数値実施例2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明らかである。

【0067】

<3.第3の実施の形態>

[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。

【0068】

この第3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に向かって順に、第1レンズ群GR1と、第2レンズ群GR2と、第3レンズ群GR3と、第4レンズ群GR4とが配列されてなる。第1レンズ群GR1は負の屈折力を有する。第2レンズ群GR2は正の屈折力を有する。第3レンズ群GR3は正の屈折力を有する。第4レンズ群GR4は負の屈折力を有する。

30

【0069】

第1レンズ群GR1は、物体側より順に、負メニスカスレンズL11と、負メニスカスレンズL12と、負メニスカスレンズL13と、両凸レンズL14とが配列されてなる。負メニスカスレンズL11は、物体側に凸面を向けて、両面に非球面を用いたレンズである。負メニスカスレンズL12は、物体側に凸面を向けたレンズである。この負メニスカスレンズL12は、像面側の球面に非球面の樹脂を張り付けて形成される。負メニスカスレンズL13は、物体側に凹面を向けたレンズである。両凸レンズL14は、両面に凸面を有するレンズである。

40

【0070】

第2レンズ群GR2は、物体側より順に、正メニスカスレンズL21と、負メニスカスレンズL22と、両凸レンズL24とが配列されてなる。正メニスカスレンズL21は、像側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22は、物体側に凸面を向け、物体側の面に非球面を用いたレンズである。両凸レンズL24は、両面に凸面を有するレンズである。負メニスカスレンズL22および両凸レンズL24は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。

【0071】

50

第3レンズ群GR3は、両側に非球面を用いた、両面に凸面を有する両凸レンズL31から構成される。

【0072】

第4レンズ群GR4は、物体側より順に、負メニスカスレンズL41と、正メニスカスレンズL42と、両凸レンズL43と、両凹レンズL44とが配列されてなる。負メニスカスレンズL41は、物体側に凸面を向けたレンズである。正メニスカスレンズL42は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL41および正メニスカスレンズL42は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。両凸レンズL43は、両面に凸面を有するレンズである。両凹レンズL44は、両側の面に非球面を用いた、両面に凹面を有するレンズである。

10

【0073】

この第3の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、全てのレンズ群が光軸方向に移動する。

【0074】

また、無限遠から至近側へのフォーカシングは、第3レンズ群GR3が光軸方向に移動することにより行われる。

【0075】

手ブレ発生時には、防振レンズとして第2レンズ群GR2の最も物体側に配置された正メニスカスレンズL21を、光軸に対して垂直方向に移動させることにより、像ブレ補正を行う。

20

【0076】

なお、第2レンズ群GR2における正メニスカスレンズL21と負メニスカスレンズL22との間には絞りSTOが配置される。

【0077】

[ズームレンズの緒元]

表9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 9】

si	ri	di	ni	ν_i
1(ASP)	1500.000	2.800	1.77173	49.20
2(ASP)	22.671	7.220		
3	53.435	1.800	1.83945	42.70
4	25.233	0.150	1.53699	41.70
5(ASP)	27.896	9.786		
6	-56.848	1.700	1.80831	46.50
7	-196.301	0.500		
8	69.860	3.963	2.00912	29.10
9	-173.890	(d9)		
10	-86.430	1.401	1.57124	56.00
11	-53.740	0.934		
12(絞り)	Infinity	1.300		
13(ASP)	26.196	2.800	1.74688	49.30
14	16.260	6.000	1.49845	81.50
15	-58.708	(d15)		
16(ASP)	77.400	2.893	1.48914	70.30
17(ASP)	-47.907	(d17)		
18	113.986	0.900	1.80831	46.50
19	14.047	3.123	1.49845	81.60
20	25.322	1.844		
21	22.965	6.806	1.49845	81.60
22	-18.998	3.165		
23(ASP)	-36.848	1.435	1.77767	47.10
24(ASP)	55.000	(d24)		

10

20

30

40

【 0 0 7 8 】

表 10 に、第 3 の実施の形態のズームレンズの、広角端、中間焦点距離、望遠端における焦点距離 f 、F 値 Fno 、半画角 および各面間隔を示す。

【表 10】

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	16.48	24.00	33.95
Fno	4.04	4.06	4.08
ω	54.06	41.59	31.79
d9	36.036	16.558	3.582
d15	4.637	4.595	4.138
d17	2.300	2.342	2.799
d24	24.419	32.336	42.209

10

【0079】

20

この第3の実施の形態におけるズームレンズでは、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL11の両面（第1面、第2面）、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL12の像側面（第5面）、第2レンズ群GR2の負メニスカスレンズL22の物体側面（第13面）、第3レンズ群GR3の両凸レンズL31の両面（第16面、第17面）、第4レンズ群GR4の両凹レンズL44の両面（第23面、第24面）は、非球面に形成される。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次、第10次および第12次の非球面係数A4、A6、A8、A10およびA12を、表11に示す。

【表 11】

si	κ	A4	A6	A8	A10	A12
1	-1.0000	1.7700E-05	-2.6479E-08	2.4386E-11	-1.2881E-14	2.74000E-18
2	-0.8324	1.1550E-05	3.4842E-08	-5.4217E-11	1.3366E-14	0.00000E+00
5	-0.7102	1.9321E-05	-8.5467E-09	-5.8959E-11	3.3438E-13	-4.72840E-16
13	0.0000	-1.2112E-05	-2.6747E-08	1.1812E-10	-6.3396E-13	0.00000E+00
16	0.0000	-1.1540E-05	-3.0701E-08	4.8632E-10	-6.7914E-12	0.00000E+00
17	0.0000	-2.0639E-05	-2.5121E-08	5.6597E-10	-7.3317E-12	0.00000E+00
23	0.0000	-9.4433E-06	-1.3457E-07	7.6058E-10	-7.6156E-12	0.00000E+00
24	0.0000	3.0937E-05	-3.9525E-08	2.2625E-10	-1.7479E-12	0.00000E+00

30

40

【0080】

表12に、この第3の実施の形態のズームレンズにおける各レンズ群GR1乃至4の開

50

始面、焦点距離、全長、前側および後側主点位置を示す。

【表 1 2】

	開始面	焦点距離	全長	前側主点位置	後側主点位置
GR1	1	-31.07	27.921	1.904	-30.267
GR2	10	39.252	12.436	-3.931	-5.012
GR3	16	60.958	2.894	-1.21	-0.749
GR4	18	-50.799	17.276	-6.912	-4.502

10

【0081】

[ズームレンズの収差]

図10乃至12は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの諸収差図である。図10は広角端での合焦状態、図11は広角端と望遠端との中間焦点距離への合焦状態、図12は望遠端での合焦状態における各収差図を示す。これらの図において、aは球面収差図、bは非点収差図(像面湾曲図)、cは歪曲収差図をそれぞれ示している。

20

【0082】

各収差図から、数値実施例3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明らかである。

【0083】

<3.第4の実施の形態>

[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。

【0084】

この第4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に向かって順に、第1レンズ群GR1と、第2レンズ群GR2と、第3レンズ群GR3と、第4レンズ群GR4とが配列されてなる。第1レンズ群GR1は負の屈折力を有する。第2レンズ群GR2は正の屈折力を有する。第3レンズ群GR3は正の屈折力を有する。第4レンズ群GR4は負の屈折力を有する。

30

【0085】

第1レンズ群GR1は、物体側より順に、負メニスカスレンズL11と、負メニスカスレンズL12と、負メニスカスレンズL13と、両凸レンズL14とが配列されてなる。負メニスカスレンズL11は、物体側に凸面を向けて、両面に非球面を用いたレンズである。負メニスカスレンズL12は、物体側に凸面を向けたレンズである。この負メニスカスレンズL12は、像面側の球面に非球面の樹脂を張り付けて形成される。負メニスカスレンズL13は、物体側に凹面を向けたレンズである。両凸レンズL14は、両面に凸面を有するレンズである。

40

【0086】

第2レンズ群GR2は、物体側より順に、正メニスカスレンズL21と、負メニスカスレンズL22と、両凸レンズL24とが配列されてなる。正メニスカスレンズL21は、像側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22は、物体側に凸面を向け、物体側の面に非球面を用いたレンズである。両凸レンズL24は、両面に凸面を有するレンズである。負メニスカスレンズL22および両凸レンズL24は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。

【0087】

50

第3レンズ群GR3は、両側に非球面を用いた、両面に凸面を有する両凸レンズL31から構成される。

【0088】

第4レンズ群GR4は、物体側より順に、負メニスカスレンズL41と、正メニスカスレンズL42と、両凸レンズL43と、両凹レンズL44とが配列されてなる。負メニスカスレンズL41は、物体側に凸面を向けたレンズである。正メニスカスレンズL42は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL41および正メニスカスレンズL42は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。両凸レンズL43は、両面に凸面を有するレンズである。両凹レンズL44は、両側の面に非球面を用いた、両面に凹面を有するレンズである。

10

【0089】

この第4の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、全てのレンズ群が光軸方向に移動する。

【0090】

また、無限遠から至近側へのフォーカシングは、第3レンズ群GR3が光軸方向に移動することにより行われる。

【0091】

手ブレ発生時には、防振レンズとして第2レンズ群GR2の最も物体側に配置された正メニスカスレンズL21を、光軸に対して垂直方向に移動させることにより、像ブレ補正を行う。

20

【0092】

なお、第2レンズ群GR2における正メニスカスレンズL21と負メニスカスレンズL22との間には絞りSTOが配置される。

【0093】

[ズームレンズの緒元]

表13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 1 3】

si	ri	di	ni	ν_i
1(ASP)	1500.000	2.800	1.77173	49.20
2(ASP)	22.588	7.199		
3	50.601	1.800	1.83945	42.70
4	25.233	0.150	1.53699	41.70
5(ASP)	27.185	10.640		
6	-44.437	1.700	1.80831	46.50
7	-89.064	0.763		
8	85.163	3.665	2.00912	29.10
9	-158.649	(d9)		
10	-90.120	1.388	1.57124	56.00
11	-55.727	0.900		
12(絞り)	Infinity	1.371		
13(ASP)	24.392	2.679	1.74688	49.30
14	17.205	6.000	1.49845	81.50
15	-45.779	(d15)		
16(ASP)	190.436	2.486	1.48914	70.30
17(ASP)	-44.100	(d17)		
18	365.493	0.900	1.80831	46.50
19	12.943	3.929	1.49845	81.60
20	28.735	1.945		
21	26.493	6.888	1.49845	81.60
22	-17.042	2.832		
23(ASP)	-36.926	1.642	1.77767	47.10
24(ASP)	62.046	(d24)		

10

20

30

40

【 0 0 9 4 】

表 1 4 に、第 4 の実施の形態のズームレンズの、広角端、中間焦点距離、望遠端における焦点距離 f 、F 値 Fno 、半画角 および各面間隔を示す。

【表 1 4】

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	16.48	24.00	33.95
Fno	4.11	4.09	4.09
ω	54.00	41.54	31.78
d9	36.061	16.605	3.527
d15	4.623	4.623	4.132
d17	2.300	2.300	2.791
d24	24.119	32.348	42.572

10

【0095】

20

この第4の実施の形態におけるズームレンズでは、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL11の両面（第1面、第2面）、第1レンズ群GR1の負メニスカスレンズL12の像側面（第5面）、第2レンズ群GR2の負メニスカスレンズL22の物体側面（第13面）、第3レンズ群GR3の両凸レンズL31の両面（第16面、第17面）、第4レンズ群GR4の両凹レンズL44の両面（第23面、第24面）は、非球面に形成される。これら各面の円錐定数、第4次、第6次、第8次、第10次および第12次の非球面係数A4、A6、A8、A10およびA12を、表15に示す。

【表 1 5】

si	κ	A4	A6	A8	A10	A12
1	1.0000	1.9907E-05	-3.0641E-08	2.6112E-11	-1.0865E-14	1.04000E-18
2	-0.4941	1.2154E-05	4.0288E-08	-6.4534E-11	-6.2405E-14	0.00000E+00
5	-0.9493	1.6838E-05	-1.6203E-08	-3.7605E-12	2.9705E-13	-2.30840E-16
13	0.0000	-1.2148E-05	-2.5966E-08	9.5143E-12	-1.8120E-13	0.00000E+00
16	0.0000	-3.8995E-05	4.6688E-08	6.5982E-10	6.4493E-13	0.00000E+00
17	0.0000	-4.0206E-05	1.1291E-07	4.0421E-10	-8.7453E-14	0.00000E+00
23	0.0000	-3.7142E-05	3.0940E-07	-1.7715E-09	1.6105E-12	0.00000E+00
24	0.0000	7.9921E-08	3.6337E-07	-2.1972E-09	5.0729E-12	0.00000E+00

30

40

【0096】

表16に、この第4の実施の形態のズームレンズにおける各レンズ群GR1乃至4の開

50

始面、焦点距離、全長、前側および後側主点位置を示す。

【表 1 6】

	開始面	焦点距離	全長	前側主点位置	後側主点位置
GR1	1	-30.634	28.727	1.922	-31.751
GR2	10	33.086	12.34	-4.331	-4.627
GR3	16	73.461	2.486	-1.36	-0.315
GR4	18	-44.522	18.138	-3.841	-7.95

10

【0097】

[ズームレンズの収差]

図14乃至16は、本技術の第4の実施の形態におけるズームレンズの諸収差図である。図14は広角端での合焦状態、図15は広角端と望遠端との中間焦点距離への合焦状態、図16は望遠端での合焦状態における各収差図を示す。これらの図において、aは球面収差図、bは非点収差図(像面湾曲図)、cは歪曲収差図をそれぞれ示している。

20

【0098】

各収差図から、数値実施例4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明らかである。

【0099】

<5.第5の実施の形態>

[レンズ構成]

図17は、本技術の第5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。

【0100】

この第5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に向かって順に、第1レンズ群GR1と、第2レンズ群GR2と、第3レンズ群GR3と、第4レンズ群GR4とが配列されてなる。第1レンズ群GR1は負の屈折力を有する。第2レンズ群GR2は正の屈折力を有する。第3レンズ群GR3は正の屈折力を有する。第4レンズ群GR4は負の屈折力を有する。

30

【0101】

第1レンズ群GR1は、物体側より順に、負メニスカスレンズL11と、負メニスカスレンズL12と、両凹レンズL15と、両凸レンズL16とが配列されてなる。負メニスカスレンズL11は、物体側に凸面を向けて、両面に非球面を用いたレンズである。負メニスカスレンズL12は、物体側に凸面を向けたレンズである。この負メニスカスレンズL12は、像面側の球面に非球面の樹脂を張り付けて形成される。両凹レンズL15は、両面に凹面を有するレンズである。両凸レンズL16は、両面に凸面を有するレンズである。

40

【0102】

第2レンズ群GR2は、物体側より順に、正メニスカスレンズL21と、負メニスカスレンズL22と、正メニスカスレンズL23とが配列されてなる。正メニスカスレンズL21は、像側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22は、物体側に凸面を向け、物体側の面に非球面を用いたレンズである。正メニスカスレンズL23は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL22および正メニスカスレンズL23は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。

【0103】

50

第3レンズ群GR3は、両側に非球面を用いた、両面に凸面を有する両凸レンズL31から構成される。

【0104】

第4レンズ群GR4は、物体側より順に、負メニスカスレンズL41と、正メニスカスレンズL42と、両凸レンズL43と、両凹レンズL44とが配列されてなる。負メニスカスレンズL41は、物体側に凸面を向けたレンズである。正メニスカスレンズL42は、物体側に凸面を向けたレンズである。負メニスカスレンズL41および正メニスカスレンズL42は、互いに貼り合わされて接合レンズを形成する。両凸レンズL43は、両面に凸面を有するレンズである。両凹レンズL44は、両側の面に非球面を用いた、両面に凹面を有するレンズである。

10

【0105】

この第5の実施の形態におけるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、全てのレンズ群が光軸方向に移動する。

【0106】

また、無限遠から至近側へのフォーカシングは、第3レンズ群GR3が光軸方向に移動することにより行われる。

【0107】

手ブレ発生時には、防振レンズとして第2レンズ群GR2の最も物体側に配置された正メニスカスレンズL21を、光軸に対して垂直方向に移動させることにより、像ブレ補正を行う。

20

【0108】

なお、第2レンズ群GR2における正メニスカスレンズL21と負メニスカスレンズL22との間には絞りSTOが配置される。

【0109】

[ズームレンズの緒元]

表17に、第5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5のレンズデータを示す。

【表 17】

si	ri	di	ni	ν_i
1(ASP)	1500.000	2.800	1.77173	49.20
2(ASP)	22.228	7.770		
3	64.181	1.800	1.83945	42.70
4	25.233	0.150	1.53699	41.70
5(ASP)	28.104	8.331		
6	-113.573	1.700	1.80831	46.50
7	249.690	0.500		
8	51.905	4.361	2.00912	29.10
9	-302.364	(d9)		
10	-98.545	1.530	1.57124	56.00
11	-52.054	0.900		
12(絞り)	Infinity	1.300		
13(ASP)	23.898	2.800	1.74688	49.30
14	14.357	5.180	1.49845	81.50
15	95.071	(d15)		
16(ASP)	44.945	3.500	1.48914	70.30
17(ASP)	-51.348	(d17)		
18	71.182	0.900	1.80831	46.50
19	14.291	3.529	1.49845	81.60
20	32.992	0.850		
21	19.255	5.981	1.49845	81.60
22	-32.092	4.240		
23(ASP)	-56.794	1.814	1.77767	47.10
24(ASP)	55.000	(d24)		

10

20

30

40

【0110】

表 18 に、第 5 の実施の形態のズームレンズの、広角端、中間焦点距離、望遠端における焦点距離 f 、F 値 Fno 、半画角 および各面間隔を示す。

【表 1 8】

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	16.48	24.00	33.95
Fno	4.13	4.12	4.13
ω	54.37	41.80	31.89
d9	35.429	16.204	3.601
d15	6.281	6.293	5.605
d17	2.312	2.300	2.988
d24	26.339	34.774	44.972

10

【 0 1 1 1】

20

この第 5 の実施の形態におけるズームレンズでは、第 1 レンズ群 G R 1 の負メニスカスレンズ L 1 1 の両面（第 1 面、第 2 面）、第 1 レンズ群 G R 1 の負メニスカスレンズ L 1 2 の像側面（第 5 面）、第 2 レンズ群 G R 2 の負メニスカスレンズ L 2 2 の物体側面（第 1 3 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の両凸レンズ L 3 1 の両面（第 1 6 面、第 1 7 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の両凹レンズ L 4 4 の両面（第 2 3 面、第 2 4 面）は、非球面に形成される。これら各面の円錐定数、第 4 次、第 6 次、第 8 次、第 1 0 次および第 1 2 次の非球面係数 A 4、A 6、A 8、A 1 0 および A 1 2 を、表 1 9 に示す。

【表 1 9】

si	κ	A4	A6	A8	A10	A12
1	-1.0000	1.7955E-05	-2.8604E-08	2.8048E-11	-1.4614E-14	2.50000E-18
2	-0.4638	5.9412E-06	3.3814E-08	-7.6209E-11	5.5525E-14	0.00000E+00
5	-0.7502	2.1512E-05	-1.7084E-09	-1.9909E-10	9.5084E-13	-1.44331E-15
13	0.0000	-7.6689E-06	-2.4037E-08	1.1956E-10	-5.1831E-13	0.00000E+00
16	0.0000	1.3381E-05	-9.5036E-08	2.1730E-09	-2.0542E-11	0.00000E+00
17	0.0000	3.9795E-06	-1.3188E-07	1.9730E-09	-1.9465E-11	0.00000E+00
23	0.0000	8.3247E-05	-1.1417E-06	5.6960E-09	-1.8041E-11	0.00000E+00
24	0.0000	1.2241E-04	-9.9664E-07	4.9973E-09	-1.1701E-11	0.00000E+00

30

40

【 0 1 1 2】

表 2 0 に、この第 5 の実施の形態のズームレンズにおける各レンズ群 G R 1 乃至 4 の開

50

始面、焦点距離、全長、前側および後側主点位置を示す。

【表 2 0】

	開始面	焦点距離	全長	前側主点位置	後側主点位置
GR1	1	-30.131	27.413	1.62	-28.772
GR2	10	64.221	11.711	0.749	-8.581
GR3	16	49.589	3.5	-1.11	-1.268
GR4	18	-107.794	17.315	-17.596	4.673

10

【 0 1 1 3 】

[ズームレンズの収差]

図 1 8 乃至 2 0 は、本技術の第 5 の実施の形態におけるズームレンズの諸収差図である。図 1 8 は広角端での合焦状態、図 1 9 は広角端と望遠端との中間焦点距離への合焦状態、図 2 0 は望遠端での合焦状態における各収差図を示す。これらの図において、a は球面収差図、b は非点収差図（像面湾曲図）、c は歪曲収差図をそれぞれ示している。

20

【 0 1 1 4 】

各収差図から、数値実施例 5 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明らかである。

【 0 1 1 5 】

[条件式のまとめ]

表 2 1 に本技術の第 1 乃至第 5 の実施の形態の数値実施例 1 乃至 5 における各値を示す。この値からも明らかのように、各数値実施例は条件式 (a) 乃至 (c) を満足することがわかる。

【表 2 1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
条件式(a) $-2.0 < f3/f4 < -0.35$	-0.67	-0.66	-1.20	-1.65	-0.46
条件式(b) $0.40 < f2/f3 < 1.5$	1.07	1.11	0.64	0.45	1.30
条件式(c) $-0.4 < (r1p+r2p)/(r1p-r2p) < 0.4$	-0.06	0.27	0.09	0.22	0.02
f3	50.54	50.16	60.96	73.46	49.59
f4	-75.80	-76.01	-50.80	-44.52	-107.79
f2	53.89	55.87	39.25	33.09	64.22
r1p	20.48	119.52	22.96	26.49	-56.79
r2p	-23.19	-68.70	-19.00	-17.04	55.00

30

40

【 0 1 1 6 】

50

< 6 . 適用例 >

[撮像装置の構成]

図 2 1 は、本技術の第 1 乃至 5 の実施の形態によるズームレンズを撮像装置 1 0 0 に適用した例を示す図である。この撮像装置 1 0 0 は、カメラブロック 1 1 0 と、カメラ信号処理部 1 2 0 と、画像処理部 1 3 0 と、表示部 1 4 0 と、リーダライタ 1 5 0 と、プロセッサ 1 6 0 と、操作受付部 1 7 0 と、レンズ駆動制御部 1 8 0 とを備えている。

【 0 1 1 7 】

カメラブロック 1 1 0 は、撮像機能を担うものであり、第 1 乃至 5 の実施の形態によるズームレンズ 1 1 1 と、そのズームレンズ 1 1 1 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 1 1 2 とを備える。撮像素子 1 1 2 としては、例えば、C C D (Charge Coupled Device) や C M O S (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 1 1 1 としては、ここでは、第 1 乃至 5 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。

10

【 0 1 1 8 】

カメラ信号処理部 1 2 0 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 1 2 0 は、撮像素子 1 1 2 からの出力信号に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 1 2 0 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。

【 0 1 1 9 】

画像処理部 1 3 0 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 1 3 0 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。

20

【 0 1 2 0 】

表示部 1 4 0 は、撮影された画像等を表示するものである。この表示部 1 4 0 は、操作受付部 1 7 0 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 1 4 0 は、例えば液晶ディスプレイ (L C D : Liquid Crystal Display) により構成することができる。

【 0 1 2 1 】

リーダライタ 1 5 0 は、メモリカード 1 9 0 に対して画像信号の書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 1 5 0 は、画像処理部 1 3 0 によって符号化された画像データをメモリカード 1 9 0 に対して書き込み、また、メモリカード 1 9 0 に記録された画像データを読み出す。メモリカード 1 9 0 は、例えば、リーダライタ 1 5 0 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。

30

【 0 1 2 2 】

プロセッサ 1 6 0 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 1 6 0 は、撮像装置 1 0 0 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 1 7 0 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。

【 0 1 2 3 】

操作受付部 1 7 0 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 1 7 0 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 1 7 0 によって受け付けられた操作指示信号は、プロセッサ 1 6 0 に供給される。

40

【 0 1 2 4 】

レンズ駆動制御部 1 8 0 は、カメラブロック 1 1 0 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 1 8 0 は、ズームレンズ 1 1 1 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 1 6 0 からの制御信号に基づいて制御する。

【 0 1 2 5 】

この撮像装置 1 0 0 では、撮影の待機状態においては、プロセッサ 1 6 0 による制御下でカメラブロック 1 1 0 において撮影された画像信号が、カメラ信号処理部 1 2 0 を介し

50

て表示部 140 に出力され、カメラルー画像として表示される。また、操作受付部 170 においてズームのための操作指示信号が受け付けられると、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。

【0126】

操作受付部 170 においてシャッター操作が受け付けられると、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 に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 に出力され、メモリカード 190 に書き込まれる。

【0127】

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。

【0128】

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。

【0129】

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。

【0130】

このように、本技術の実施の形態によれば、高い結像性能を保ちながら、バックフォーカスが短い小型の広角ズームレンズを実現することができる。

【0131】

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。また、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって、限定されるものではなく、また、他の効果があってもよい。

【0132】

なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

(1) 物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群とから構成され、

前記第 4 レンズ群は少なくとも 2 枚の正レンズを有し、

以下の条件式 (a) を満足するズームレンズ。

条件式 (a) : $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.35$

但し、

f₃: 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f₄: 前記第 4 レンズ群の焦点距離

とする。

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

条件式 (b) : $0.4 < f_2 / f_3 < 1.5$

但し、

f₂: 前記第 2 レンズ群の焦点距離

10

20

30

40

50

とする。

(3) 以下の条件式(c)を満足する前記(1)または(2)に記載のズームレンズ。

条件式(c) : $-0.4 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.4$

但し、

r_{1p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径

r_{2p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径

とする。

(4) 広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動する前記(1)から(3)のいずれかに記載のズームレンズ。

(5) 前記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される前記(1)から(4)のいずれかに記載のズームレンズ。

(6) 前記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される前記(1)から(4)のいずれかに記載のズームレンズ。

(7) 物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、

前記第4レンズ群は1枚の正レンズから構成され、

以下の条件式(a1)を満足するズームレンズ。

条件式(a1) : $-2.0 < f_3 / f_4 < -0.40$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

とする。

(8) 以下の条件式(b)を満足する前記(7)に記載のズームレンズ。

条件式(b) : $0.4 < f_2 / f_3 < 1.5$

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

とする。

(9) 以下の条件式(c)を満足する前記(7)または(8)に記載のズームレンズ。

条件式(c) : $-0.4 < (r_{1p} + r_{2p}) / (r_{1p} - r_{2p}) < 0.4$

但し、

r_{1p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの物体側の面の曲率半径

r_{2p} : 第4レンズ群の最も像面側に配置された正レンズの像面側の面の曲率半径

とする。

(10) 広角端状態から望遠端状態への変倍に際して全てのレンズ群が光軸方向に移動する前記(7)から(9)のいずれかに記載のズームレンズ。

(11) 前記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される前記(7)から(10)のいずれかに記載のズームレンズ。

(12) 前記第4レンズ群は、物体側より順に、負レンズと、正レンズと、正レンズと、正レンズと、負レンズとから構成される前記(7)から(10)のいずれかに記載のズームレンズ。

(13) 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(12)のいずれかに記載のズームレンズ。

(14) 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具備する撮像装置であって、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とから構成され、

前記第4レンズ群は少なくとも2枚の正レンズを有し、

10

20

30

40

50

以下の条件式 (a) を満足する撮像装置。

条件式 (a) : $-2.0 < f3 / f4 < -0.35$

但し、

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

とする。

(1 5) 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 4) に記載の撮像装置。

【符号の説明】

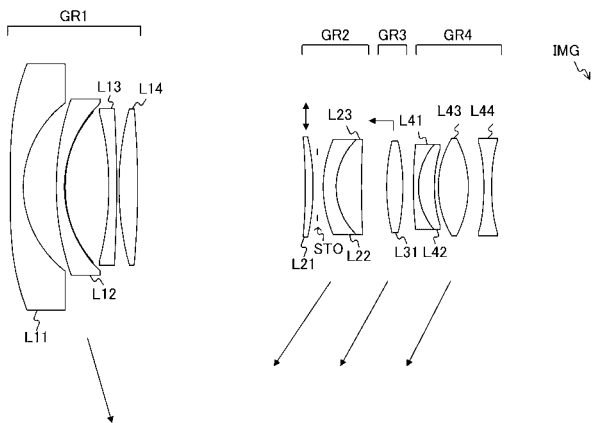
【 0 1 3 3 】

- 1 0 0 撮像装置
- 1 1 0 カメラブロック
- 1 1 1 ズームレンズ
- 1 1 2 撮像素子
- 1 2 0 カメラ信号処理部
- 1 3 0 画像処理部
- 1 4 0 表示部
- 1 5 0 リーダライタ
- 1 6 0 プロセッサ
- 1 7 0 操作受付部
- 1 8 0 レンズ駆動制御部
- 1 9 0 メモリカード

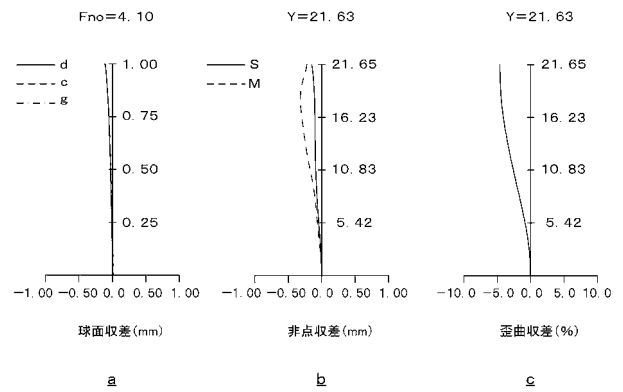
10

20

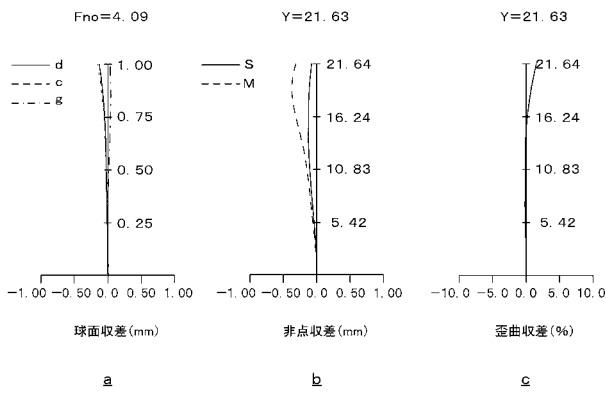
【 図 1 】



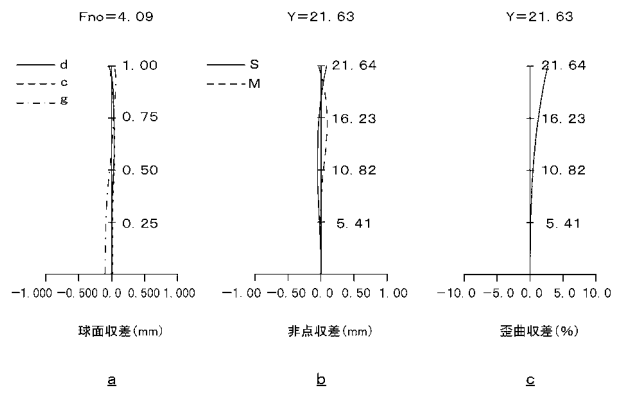
【 図 2 】



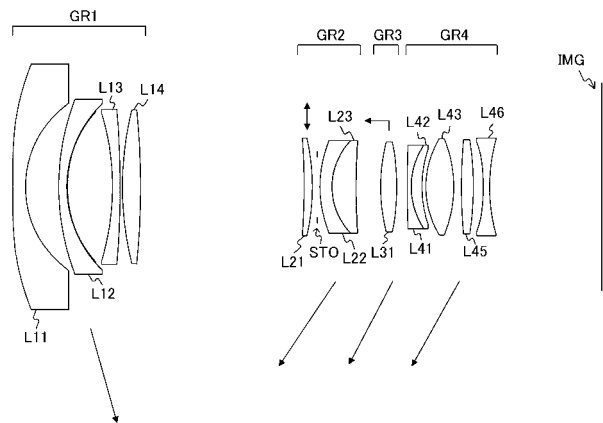
【 図 3 】



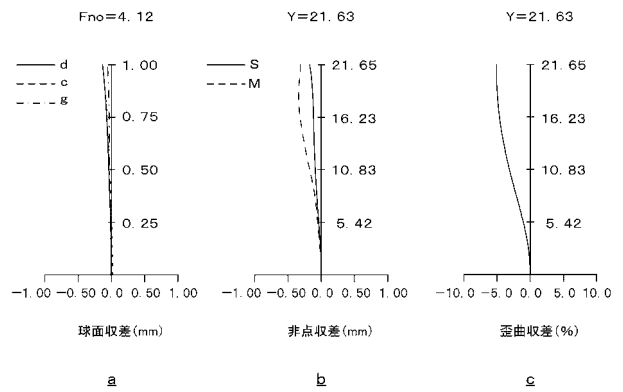
【 図 4 】



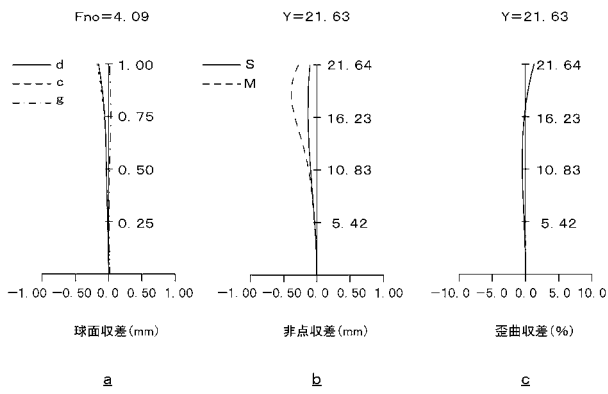
【 図 5 】



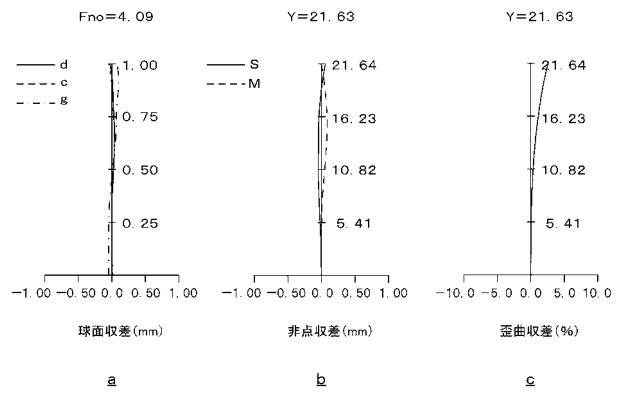
【 図 6 】



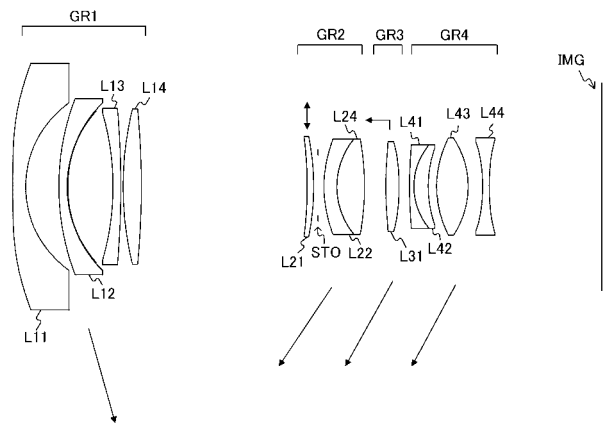
【 图 7 】



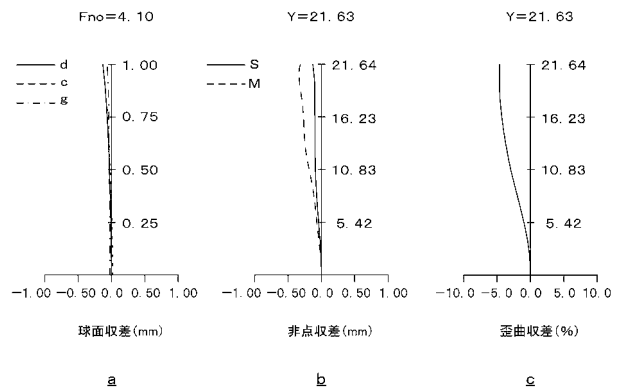
【 图 8 】



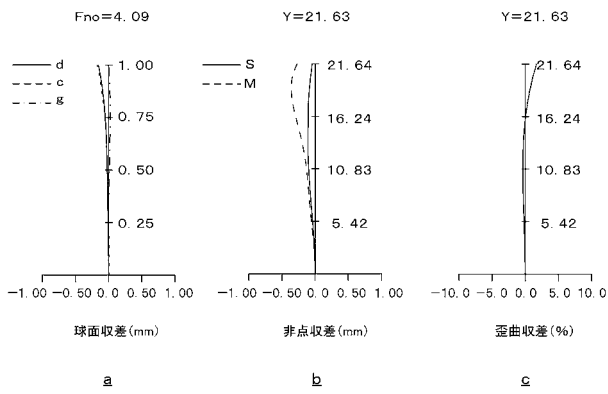
【 图 9 】



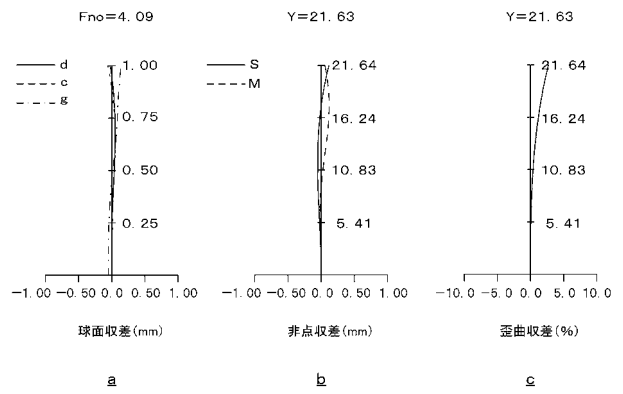
【 图 10 】



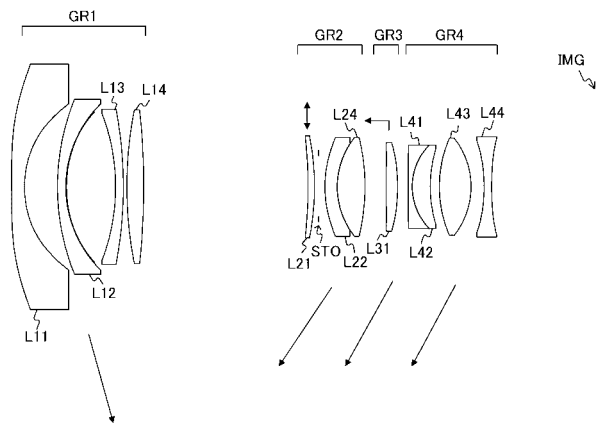
【 図 1 1 】



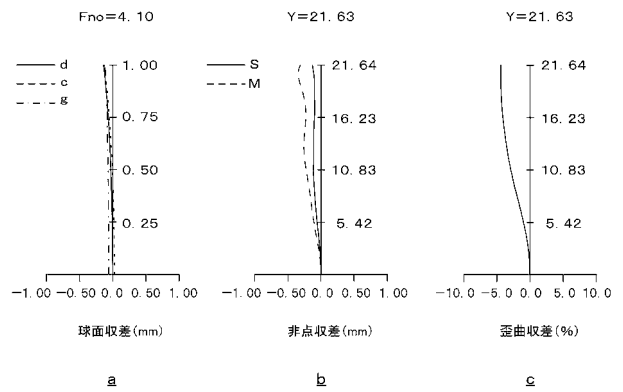
【 図 1 2 】



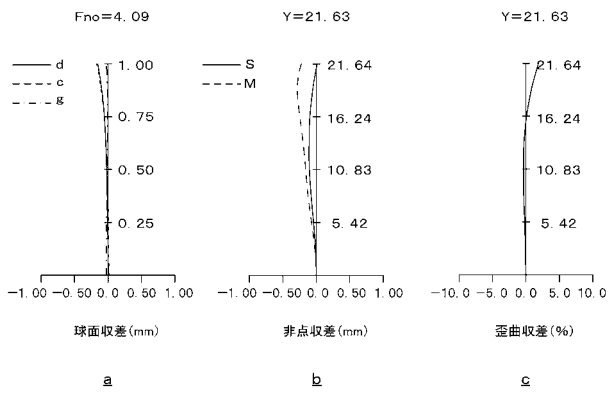
【 図 1 3 】



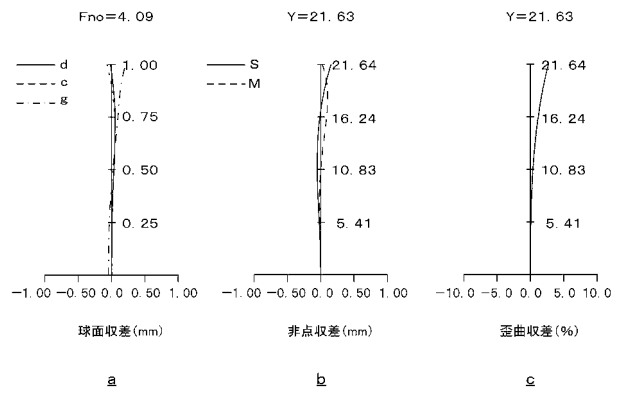
【 図 1 4 】



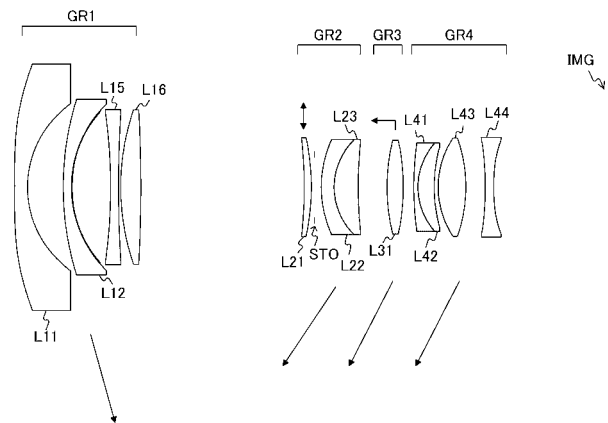
【 図 1 5 】



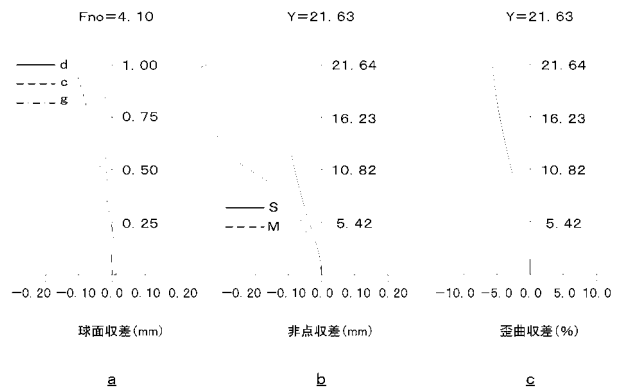
【 図 1 6 】



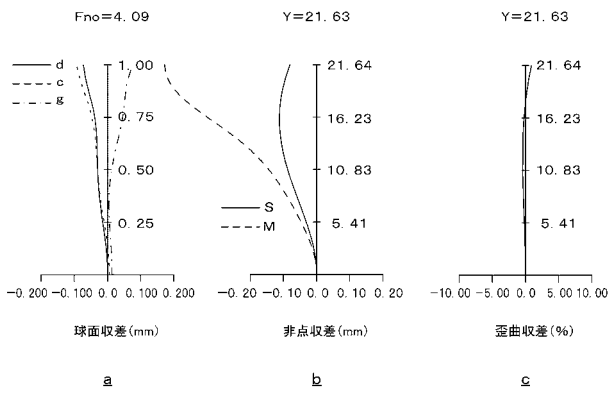
【 図 1 7 】



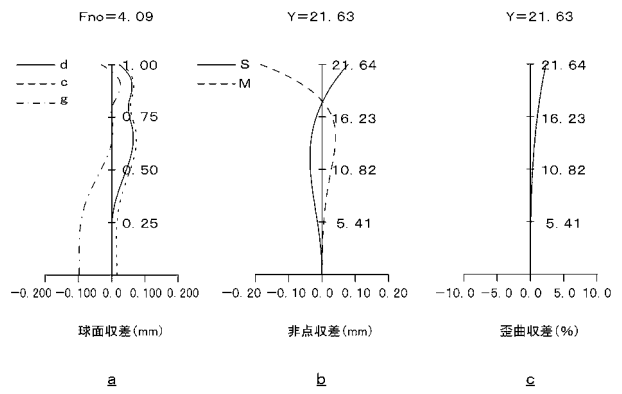
【 図 1 8 】



【図 19】



【図 20】



【図 21】

