

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4479150号
(P4479150)

(45) 発行日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月26日(2010.3.26)

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

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2002-381663 (P2002-381663)
 (22) 出願日 平成14年12月27日(2002.12.27)
 (65) 公開番号 特開2004-212616 (P2004-212616A)
 (43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)
 審査請求日 平成17年12月26日(2005.12.26)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (74) 代理人 100077919
 弁理士 井上 義雄
 (72) 発明者 大竹 基之
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変焦点距離レンズ系

(57) 【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、正の屈折力を有する第4レンズ群とからなり、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が増大するように、前記第1レンズ群が物体側へ移動し、

前記第3レンズ群が物体側へ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側より順に、像側に凹面を向けた第1負レンズ成分と、像側に凹面を向けた第2負レンズ成分と、物体側に凸面を向けた正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成されており、

開口絞りが前記第3レンズ群の物体側に隣接して配置されており、

前記第3レンズ群は、物体側より順に、正レンズ成分と、負レンズ成分と、正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成されており、

以下の条件式を満足することを特徴とする可変焦点距離レンズ系。

$$0.5 < D a / f w < 1.5$$

$$1.30 < 1 / (f w \cdot f t)^{1/2} < 2$$

$$0.03 < D 2 3 / | f 2 | < 0.20$$

但し、

D_a : 前記第 3 レンズ群中の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上距離、

1 : 広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第 1 レンズ群の移動量、

f_w : 広角端状態における前記可変焦点距離レンズ系全体の焦点距離、

f_t : 望遠端状態における前記可変焦点距離レンズ系全体の焦点距離、

D_{23} : 前記第 2 レンズ群における前記第 2 負レンズ成分と前記正レンズ成分との間隔、

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の可変焦点距離レンズ系において、

前記第 1 レンズ群は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正レンズとの接合レンズで構成されており、

以下の条件式を満足することを特徴とする可変焦点距離レンズ系。

$$D_1 / R_1 < (f_w^2 / (f_w^2 + y_{max}^2))^{1/2}$$

但し、

D_1 : 広角端状態における前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上距離、

R_1 : 前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径、

y_{max} : 最大像高。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の可変焦点距離レンズ系において、

前記第 2 レンズ群は、非球面を有することを特徴とする可変焦点距離レンズ系。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の可変焦点距離レンズ系において、

前記第 3 レンズ群は、非球面を有することを特徴とする可変焦点距離レンズ系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、可変焦点距離レンズ系に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、カメラにおいて被写体像を記録する方法として、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の光電変換素子を利用した撮像素子を用いる方法が知られている。この方法による被写体像の記録は、ズームレンズ等の光学系を介して撮像素子面上に被写体像を形成し、該被写体像の光量を光電変換素子によって電気出力に変換して記憶媒体に記録することで行われる。

【0003】

近年の微細加工技術の進歩に伴い、中央演算処理装置 (CPU) の高速化や記憶媒体の高集積化が図られている。これにより、これまで取り扱えなかった大容量の画像データを高速に処理できるようになってきている。また、撮像素子においても高集積化や小型化が図られている。この撮像素子の高集積化によってより高い空間周波数の記録が可能となり、撮像素子の小型化によってカメラ全体の小型化を図ることが可能となる。

【0004】

しかしながら、撮像素子の高集積化と小型化により、撮像素子における個々の光電変換素子の受光面積が小さくなる。このため、電気出力が低下し、この低下に伴ってノイズの影響が大きくなってしまふ。これを防ぐため、光学系の大口徑比化を図ることによって、撮像素子へ到達する光の光量を増大させることが行われている。また、個々の光電変換素子の直前に微小なレンズ素子、いわゆるマイクロレンズアレイを配置することも行われている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

光電変換素子の直前に配置されたマイクロレンズアレイは、隣り合う光電変換素子どうしの間へ入射する光束を光電変換素子へ導くことができる。しかしここで、光学系の射出瞳位置が撮像素子に近づく場合、即ち撮像素子に入射する主光線と光軸とのなす角が大きくなる場合、画面周辺部へ向かう軸外光束は光軸に対して大きな角をなし撮像素子へ入射せず、光量不足を招くことになってしまう。したがって、光電変換素子の直前にマイクロレンズアレイを配置することで、上述のように隣り合う光電変換素子どうしの間へ入射する光束を光電変換素子へ導く代わりに、光学系の射出瞳位置に制約を与えることとなってしまう。

【 0 0 0 6 】

光電変換素子を利用した撮像素子を用いて被写体像を記録するカメラ、いわゆるデジタルスチルカメラは、現像作業が不要であるため撮影結果を容易に確認できる等、データの取扱いが容易である。しかしこの反面、画質に関して銀塩カメラに劣っていたり、データの処理を行うためのパーソナルコンピュータ等の機器との接続が必要となる。このため、デジタルスチルカメラの普及率は向上していなかった。しかし近年の画質の向上や機器の普及により、デジタルスチルカメラはより一般的に使われるようになってきている。

【 0 0 0 7 】

画質の向上を図るためには、上述の撮像素子の高集積化と併せて、光学系の高性能化が必要不可欠である。これに加えて光学系の変倍比を高めることは、撮影者の撮影の自由度を高め、例えば被写体により近づいた撮影が可能となることや、室内等のように被写体の位置が近い場合においても広範囲の撮影が可能となること等の利点がある。

【 0 0 0 8 】

光電変換素子を利用した撮像素子を用いて被写体像を記録するカメラに好適なズームレンズとして、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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備えたズームレンズ、いわゆる正負正正4群タイプのズームレンズであって、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群と第4レンズ群が固定であり、第2レンズ群と第3レンズ群が移動する構成のものが提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

また、正負正正4群タイプのズームレンズであって、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群、第2レンズ群、および第3レンズ群が可動である構成のものも提案されている（例えば、特許文献2参照。）。

また、正負正正4群タイプのズームレンズであって、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、全てのレンズ群が移動する構成のものも提案されている（例えば、特許文献3参照。）。

【 0 0 0 9 】

【特許文献1】

特開2001-56436号公報

【特許文献2】

特開2001-356269号公報

【特許文献3】

特開2001-188170号公報

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、カメラにおける撮像素子の高集積化に伴い、高い空間周波数に対して高いコントラストを実現できる光学系が必要とされている。またこれと同時に、個々の光電変換素子の受光面積が小さくなることにより、十分な光量を個々の光電変換素子に与えるために、大口径比の光学系が必要とされている。この結果、光学系を構成するレンズの枚数がより多くなることや、光学系が大型化すること等の問題が生じることとなる。

またデジタルカメラは、その一般化に伴い使用される場面も広がってきている。このため

10

20

30

40

50

、デジタルカメラの携帯性の向上、具体的には小型化および軽量化というユーザーのニーズが高まってきている。またこれと同時に、高変倍比化も求められている。

【0011】

斯かる背景の下、上記特許文献1に開示のズームレンズをカメラに適用する場合、可動レンズ群が2つのみであるため、高変倍比を実現するために各レンズ群の移動量を大きくしなければならず、ズームレンズが大型化して携帯性の向上を図るには不向きであるという問題がある。

また、上記特許文献2に開示のズームレンズをカメラに適用する場合、第3レンズ群が大きく、携帯性の向上を図ることが困難であるという問題がある。

また、上記特許文献3に開示のズームレンズをカメラに適用する場合、第3レンズ群が物体側より順に、正レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズとから構成されているため、第3レンズ群単独で発生する負の球面収差を補正することが難しく、小型化と両立することが困難であるという問題がある。

【0012】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、小型化と高変倍比化とを図った可変焦点距離レンズ系を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本発明は、

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とからなり

、
 広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が増大するように、前記第1レンズ群が物体側へ移動し、

前記第3レンズ群が物体側へ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側より順に、像側に凹面を向けた第1負レンズ成分と、像側に凹面を向けた第2負レンズ成分と、物体側に凸面を向けた正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成されており、

開口絞りが前記第3レンズ群の物体側に隣接して配置されており、

前記第3レンズ群は、物体側より順に、正レンズ成分と、負レンズ成分と、正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成されており、

以下の条件式を満足することを特徴とする可変焦点距離レンズ系を提供する。

$$0.5 < D a / f w < 1.5$$

$$1.30 < 1 / (f w \cdot f t) < 2$$

$$0.03 < D 2 3 / | f 2 | < 0.20$$

但し、

$D a$ ：前記第3レンズ群中の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上距離、

1 ：広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の前記第1レンズ群の移動量、

$f w$ ：広角端状態における前記可変焦点距離レンズ系全体の焦点距離、

$f t$ ：望遠端状態における前記可変焦点距離レンズ系全体の焦点距離、

$D 2 3$ ：前記第2レンズ群における前記第2負レンズ成分と前記正レンズ成分との間隔、

$f 2$ ：前記第2レンズ群の焦点距離。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明の可変焦点距離レンズ系は、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、正の屈折力

を有する第4レンズ群との4つのレンズ群で構成されている。そして、レンズ系全体の焦点距離が最も短くなる広角端状態から最も長くなる望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化するように、少なくとも第1レンズ群が物体側へ移動するように構成されている。

【0015】

特に、開口絞りは第3レンズ群の物体側に隣接して配置されており、第3レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとの3枚のレンズで構成されている。以上の構成により、本発明の可変焦点距離レンズ系は、光学性能の向上、小型化、および高変倍比化を実現することができる。したがって、カメラの携帯性の向上と撮像素子の高集積化に伴い可変焦点距離レンズ系に対して求められる小型化と光学性能の向上に対応することができる。

10

【0016】

本発明の可変焦点距離レンズ系では、広角端状態において第1レンズ群と第2レンズ群とは近接して配置される。これにより、第1レンズ群を通過する軸外光束を光軸に近づけ、軸外収差の発生を抑えることができる。

また、望遠端状態へ向かってレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大する。これにより、第1レンズ群を通過する軸外光束の高さを積極的に変化させ、レンズ位置状態の変化に伴い発生する軸外収差の変動を良好に補正することができる。

20

【0017】

同時に、広角端状態において第2レンズ群と第3レンズ群とは間隔を広げて配置される。これにより、第2レンズ群を通過する軸外光束と軸上光束との高さの差を大きくし、軸上収差と軸外収差とを独立して補正することができる。

また、望遠端状態へ向かってレンズ位置状態が変化する際に、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が小さくなる。これにより、第2レンズ群を通過する軸外光束の高さを積極的に変化させ、レンズ位置状態の変化に伴い発生する軸外収差の変動を補正することができる。

【0018】

つまり、本発明の可変焦点距離レンズ系は、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、第1レンズ群が物体側へ移動することによって、レンズ全長が変化して、各レンズ群どうしの間隔が積極的に変化する。これにより、レンズ位置状態の変化に伴う諸収差の変動を良好に補正することができる。

30

【0019】

例えば、上記特許文献3に開示されたズームレンズは、上述のように第3レンズ群が物体側より順に、正レンズと、正レンズと負レンズとの接合負レンズとから構成されている。この正負の屈折力配置は、広角端状態において発生する負の歪曲収差を良好に補正するためのものであるが、第3レンズ群は大きな正の屈折力を有する。このため、斯かる屈折力配置にてレンズ系を構成するためには、正と負との間隔を広げることが必要、すなわち第3レンズ群の厚みを大きくすることが必要となる。さらに上記特許文献3に開示されたズームレンズは、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が大きくなってしまふ。このため、レンズ全長の小型化を十分に図ることができない。一方、レンズ全長の小型化を図るために、正の屈折力および負の屈折力を強めると、高い光学性能を実現することが困難となる。

40

【0020】

以上から、本発明の可変焦点距離レンズ系において、第3レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、負レンズと、正レンズとの3枚のレンズで構成されている。これにより、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔を小さくし、レンズ全長を短縮することができる。また、トリプレット構成であることから高い光学性能を実現することができる。

【0021】

50

以下、本発明の可変焦点距離レンズ系における各条件式について説明する。

上記条件式(1)は、第3レンズ群のレンズ厚を規定する条件式である。

条件式(1)の上限値を上回ると、第3レンズ群のレンズ厚が大きくなってしまふ。したがって、コンパクトにした状態で携帯することができなくなってしまう。一方、下限値を下回ると、第3レンズ群を構成する3つのレンズ成分の屈折力がそれぞれ大きくなるため、特に広角端状態において画面周辺部にて発生するコマ収差を良好に補正することができなくなってしまう。

【0022】

ところで、本発明の可変焦点距離レンズ系では、高変倍比化を図り、かつより高い光学性能を達成するために、広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、レンズ全長を積極的に変化させ、かつ各レンズ群どうしの間隔を積極的に変化させることが望ましい。

特に、広角端状態では、レンズ全長をできるだけ短縮することにより、第1レンズ群に入射する光束を光軸に近づけて軸外収差の発生を抑えている。また望遠端状態では、第1レンズ群を物体側へ移動させて第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を大きくすることにより、第1レンズ群による収斂作用を高めてレンズ全長を短縮している。

また、広角端状態では、第3レンズ群を像面に近づけることにより、第1レンズ群と第2レンズ群による発散作用を弱め、かつこれと同時に第3レンズ群による収斂作用を弱めている。また望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際には、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔を大きくするように第3レンズ群を物体側へ移動させることにより、レンズ位置状態の変化に伴って発生する軸外収差を良好に補正している。

【0023】

また、本発明の可変焦点距離レンズ系は、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 1 < 1 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2$$

但し、

1 : 広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際の第1レンズ群の移動量、

f_t : 望遠端状態における可変焦点距離レンズ系の焦点距離。

【0024】

条件式(2)は、第1レンズ群の移動量を規定する条件式である。

条件式(2)の上限値を上回ると、望遠端状態において第1レンズ群を通過する軸外光束が光軸から大きく離れてしまふ。これにより、レンズ径の大型化を引き起こすばかりでなく、画面周縁部においてコマ収差が多量に発生してしまふ。

条件式(2)の下限値を下回ると、第1レンズ群と第2レンズ群の屈折力が大きくなる。このため、レンズ位置状態の変化に伴って発生する軸外収差の変動を良好に補正することが困難となってしまう。

【0025】

また、本発明の可変焦点距離レンズ系は、小型化と高性能化とをより効率的に図るために、第2レンズ群は、物体側より順に、像側に凹面を向けた第1負レンズ成分と、像側に凹面を向けた第2負レンズ成分と、物体側に凸面を向けた正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成されており、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 0.03 < D_{23} / |f_2| < 0.20$$

但し、

D_{23} : 第2レンズ群における第2負レンズ成分と正レンズ成分との間隔、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離。

【0026】

本発明の可変焦点距離レンズ系において、第2レンズ群は、唯一の負レンズ群でありその屈折力が大きくなるため、第2レンズ群で発生する諸収差を良好に補正する必要がある。

また、第2レンズ群のレンズ厚が大きくなると、レンズ系を小型にしてカメラ内に格納し

10

20

30

40

50

携帯することができなくなってしまう。またこれと同時に、第1レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れるため、第1レンズ群のレンズ径が大きくなり、鏡筒の径が大型化してしまう。

【0027】

以上から、本発明の可変焦点距離レンズ系は、第2レンズ群を、物体側より順に、像側に凹面を向けた第1負レンズ成分と、像側に凹面を向けた第2負レンズ成分と、物体側に凸面を向けた正レンズ成分との3つのレンズ成分で構成し、さらに第2負レンズ成分と正レンズ成分とをダブルレット構成としている。この構成により、第2レンズ群において発生する正の球面収差を良好に補正し、さらに第2負レンズ成分の物体側に配置された第1負レンズ成分によって軸外収差を補正することができる。

10

また、開口絞りが第2レンズ群よりも像側に配置されているため、開口絞りから離れて位置する第1負レンズ成分が軸外収差を補正し、開口絞り付近に位置する第2負レンズ成分と正レンズ成分とが軸上収差を補正することができる。

【0028】

上述のように第2レンズ群の屈折力が大きいことから、正の球面収差を良好に補正するため、第2負レンズ成分と正レンズ成分との間隔を適切に設定することが望ましい。このため、本発明の可変焦点距離レンズ系は、上記条件式(3)を満足することが望ましい。

条件式(3)は、第2レンズ群における第2負レンズ成分と正レンズ成分との間隔を適切に規定するための条件式である。

条件式(3)の上限値を上回ると、第1レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れる。このため、広角端状態において画面周縁部で発生するコマ収差を良好に補正することができず、また、鏡筒の径の大型化を招くこととなってしまう。一方、条件式(3)の下限値を下回ると、第2レンズ群における第2負レンズ成分と正レンズ成分の屈折力が大きくなる。このため、製造時に発生する微小な偏心によっても性能が極端に劣化してしまうこととなる。

20

【0029】

また、本発明の可変焦点距離レンズ系は、レンズ系を薄型化するため、第1レンズ群が、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正レンズとの接合レンズで構成されていることが望ましい。さらに、広角端状態において画角の変化に伴うコマ収差の変動を良好に補正するため、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

30

$$(4) D1 / R1 < (fw^2 / (fw^2 + y_{max}^2))^{1/2}$$

但し、

D1：広角端状態における第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から開口絞りまでの距離

,

R1：第1レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径、

y_{max}：最大像高。

【0030】

条件式(4)は、第1レンズ群に入射する軸外光束の入射角を規定するための条件式である。条件式(4)中の $fw^2 / (fw^2 + y_{max}^2)$ は、広角端状態における半画角に関するものである。一般的に用いられる正射影方式では、像高をy、焦点距離をf、半画角をθとそれぞれするとき、 $y = f \cdot \tan \theta$ を基準として用いる。したがって、半画角が0乃至90度であれば、 $\cos \theta$ は $\cos \theta = (f^2 / (f^2 + y^2))^{1/2}$ で表される。即ち、広角端状態での半画角の余弦が条件式(4)の右辺となる。

40

【0031】

条件式(4)の左辺D1/R1が上限値を上回ると、広角端状態において画面周縁部に向かう軸外光束が、第1レンズ群の最も物体側のレンズ面において光軸から離れる方向へ屈折される傾向になる。この第1レンズ群の最も物体側のレンズ面は本来凸面であるため、画面中心部では入射光束が光軸に近づく方向に屈折される。しかし、画角の変化にしたがって屈折作用が弱まり、周縁部では逆に光軸から離れる方向に屈折されてしまう。これにより、高次の像面湾曲が発生しやすくなってしまう。特に、画角の大きい広角端状態では

50

像面湾曲が発生しやすいため、より高性能化を図るためには広角端状態において第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から開口絞りまでの間隔と、第1レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径とを適切に設定することが肝要となる。

【0032】

本発明の変焦点距離レンズ系は、非球面レンズを用いることによって、より高い光学性能を実現することができる。特に、第2レンズ群における第1負レンズ成分を非球面レンズとして構成することにより、広角端状態において発生する軸外収差をより良く補正することが可能である。また、第3レンズ群に非球面レンズを導入することにより、広角端状態において画面周縁部で発生するコマ収差を良好に補正することが可能である。さらに、好ましくは複数の非球面を1つの光学系に用いることでより高い光学性能を実現することができる。

10

【0033】

また、本発明の変焦点距離レンズ系は、小型化を達成するためにレンズ枚数を極力少なくしている。しかし、例えば第3レンズ群を構成する3つのレンズ成分のうちの少なくとも1つのレンズ成分を接合レンズとすることによって、より高い光学性能を実現することができる。また、第2レンズ群を構成するレンズ成分のうちの少なくとも1つのレンズ成分を接合レンズとすることによって、より高い光学性能を実現することができる。

【0034】

また、本発明の変焦点距離レンズ系は、該レンズ系を構成するレンズ群のうちの1つのレンズ群全体、またはレンズ群中の一部のレンズを光軸に対して略垂直な方向にシフトさせることによって、像をシフトさせることが可能である。これにより、本発明の変焦点距離レンズ系は、カメラのブレを検出するためのブレ検出系と、上記1つのレンズ群全体、またはレンズ群中の一部のレンズをシフトさせるための駆動系と、ブレ検出系で検出されたブレを補正するように駆動系を制御するための制御系と組み合わせることで、防振光学系として機能させることができる。

20

【0035】

また、本発明の変焦点距離レンズ系は、近距離合焦時に第2レンズ群乃至第4レンズ群を光軸方向に移動させることが、諸収差の変動を抑えることに適している。特に、以下の実施例において第4レンズ群は、1枚の正レンズで構成されているが、近距離合焦時に発生する軸外収差の変動をより良く補正するために、接合レンズで構成することも可能である。

30

また、本発明の変焦点距離レンズ系は、該レンズ系の像側にモアレ縞の発生を防ぐため、ローパスフィルタを配置することや、受光素子の周波数特性に応じて赤外カットフィルタを配置することも可能である。

さらに、本発明の変焦点距離レンズ系(変倍光学系)は、焦点距離状態が連続的に存在しない、いわゆるバリフォーカルズームレンズに適用することもできる。

【0036】

【実施例】

以下、本発明の各実施例に係るズームレンズを添付図面に基づいて説明する。

各実施例において、非球面の形状は以下の非球面式で表される。尚、 y は光軸からの高さ、 x はサグ量、 c は基準曲率(近軸曲率)、 K は円錐定数、 C_4, C_6, C_8, C_{10} は各々4, 6, 8, 10次の非球面係数とする。

40

【0037】

【数1】

$$x = c y^2 / \{ 1 + (1 - K c^2 y^2)^{1/2} \} + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10}$$

【0038】

図1は、本発明の各実施例に係る変焦点距離レンズ系の屈折力配分を示す図であり、 W は広角端状態、 T は望遠端状態を示す。

本発明の各実施例に係る変焦点距離レンズ系は、物体側より順に、正の屈折力を有する

50

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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。そして、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が増大するように、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3とが物体側へ移動する。このとき第2レンズ群は、像側へ移動するか、または一旦像側へ移動した後に物体側へ移動する。また第4レンズ群は、固定であるか、または一旦物体側へ移動した後に像側へ移動する。

【0039】

(第1実施例)

図2は、本発明の第1実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL11と物体側に凸面を向けた正レンズL12との接合レンズで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側より順に、像側に凹面を向けた負レンズL21と、像側に凹面を向けた負レンズL22と、物体側に凸面を向けた正レンズL23とから構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凸形状の正レンズL31と、像側に凹面を向けた負レンズL32と、像側に凸面を向けた正レンズL33とから構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正レンズL41で構成されている。

本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側に配置されており、レンズ位置状態が変化する際に第3レンズ群G3と共に移動する。

【0040】

以下の表1に、本発明の第1実施例に係る可変焦点距離レンズ系の諸元の値を掲げる。

(全体諸元)において、 f は焦点距離、 FNO はFナンバー、 2 は画角の最大値(単位:度)をそれぞれ示す。

(レンズデータ)において、面は物体側からのレンズ面の順序、間隔はレンズ面の間隔をそれぞれ示す。また、屈折率は d 線($\lambda = 587.6\text{ nm}$)に対する値である。さらに、曲率半径 0.0000 は平面を示し、 Bf はバックフォーカスを示す。

【0041】

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 f 、曲率半径、間隔、その他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかし光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

尚、以下の全実施例の諸元値において、本実施例と同様の符号を用いる。

【0042】

(表1)

(全体諸元)

	広角端状態		中間焦点距離状態		望遠端状態
f	6.39	~	14.40	~	27.16
FNO	2.88	~	4.07	~	4.57
2	75.21	~	35.49	~	19.12°

(レンズデータ)

面	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数
1	40.2543	0.900	1.84666	23.78
2	26.0490	2.800	1.75500	52.32
3	-1909.4996	(D3)	1.0	
4	37.9055	1.000	1.79450	45.40
5	7.0398	2.450	1.0	
6	-61.1984	0.700	1.77250	49.61
7	10.3694	1.200	1.0	

10

20

30

40

50

8	11.9637	1.800	1.84666	23.78	
9	134.7168	(D9)	1.0		
10	0.0000	2.000	1.0		(開口絞り)
11	5.3928	2.250	1.72916	54.66	
12	-42.5477	0.800	1.0		
13	-16.5589	0.650	1.80809	22.76	
14	13.3606	0.450	1.0		
15	-12.4508	0.900	1.79450	45.40	
16	-11.0987	(D16)	1.0		
17	12.3487	2.300	1.49700	81.61	
18	-9944.9996	(Bf)	1.0		10

(非球面係数)

第5レンズ面と第15レンズ面と第16レンズ面とは非球面であり、それぞれの非球面係数を以下に示す。

[第5面]

$$= -2.5765 \quad C_4 = +1.1581 \times 10^{-3} \quad C_6 = -9.5500 \times 10^{-6}$$

$$C_8 = +2.2307 \times 10^{-8} \quad C_{10} = +4.0283 \times 10^{-9}$$

[第15面]

$$= 8.1170 \quad C_4 = +7.3841 \times 10^{-4} \quad C_6 = +3.9143 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = -1.0685 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -3.0515 \times 10^{-8}$$

20

[第16面]

$$= -9.0000 \quad C_4 = +7.9978 \times 10^{-4} \quad C_6 = +4.2205 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = -1.0964 \times 10^{-5} \quad C_{10} = +1.0713 \times 10^{-6}$$

(可変間隔データ)

レンズ位置状態が変化する際の可変間隔を以下に示す。

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	6.3854	14.3998	27.1599	
D3	0.7000	10.3807	17.4976	
D9	12.6680	3.6276	0.5852	
D16	6.2413	11.1178	21.0512	30
BF	6.0304	7.7015	6.0299	

(条件式対応値)

f 2 = -9.6564

(1) D a / f w = 0.79

(2) 1 / (f w · f t) ^{1 / 2} = 1.48

(3) D 2 3 / | f 2 | = 0.12

(4) D 1 / R 1 = 0.60

(f w ² / (f w ² + y _{m a x} ²)) ^{1 / 2} = 0.81

【0043】

図3(a), (b), (c)はそれぞれ、本発明の第1実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 (f = 6 . 3 9)、中間焦点距離状態 (f = 1 4 . 4 0)、望遠端状態 (f = 2 7 . 1 6)における無限遠合焦時の諸収差図を示す。 40

【0044】

各収差図において、FNOはFナンバー、Aは半画角をそれぞれ示す。また、Yは像高を示し、非点収差図及び歪曲収差図においてはその最大値を示す。

球面収差図において、FNOは最大口径に対応するFナンバーの値を示し、実線は球面収差、点線はサイン・コンディションをそれぞれ示す。

非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。コマ収差図は、像高 Y = 0 , 2 . 3 5 , 3 . 2 9 , 4 . 0 0 , 4 . 7 でのコマ収差をそれぞれ表している。 50

尚、以下に示す各実施例の諸収差図において、本実施例と同様の符号を用いる。

【 0 0 4 5 】

各諸収差図より本実施例に係る可変焦点距離レンズ系は、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 0 4 6 】

(第 2 実施例)

図 4 は、本発明の第 2 実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 2 との接合レンズで構成されている。

10

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 2 と、物体側に凸面を向けた正レンズ L 2 3 とから構成されている。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 3 2 と、像側に凸面を向けた正レンズ L 3 3 とから構成されている。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 4 1 で構成されている。

本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、レンズ位置状態が変化する際に第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。

以下の表 2 に、本発明の第 2 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 4 7 】

20

(表 2)

(全体諸元)

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.70	~ 14.60	~ 27.13
FNO	2.88	~ 3.84	~ 4.78
2	72.72	~ 35.08	~ 19.27 °

(レンズデータ)

面	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数
1	38.2542	0.900	1.84666	23.78
2	26.4710	2.500	1.77250	49.61
3	155.9562	(D3)	1.0	
4	36.3311	1.000	1.79450	45.40
5	7.7749	2.650	1.0	
6	-76.4394	0.700	1.75500	52.32
7	12.5365	1.650	1.0	
8	14.2461	1.800	1.84666	23.78
9	101.9364	(D9)	1.0	
10	0.0000	1.700	1.0	(開口絞り)
11	5.9506	2.150	1.72916	54.66
12	-121.3146	1.000	1.0	
13	-25.5408	0.650	1.80809	22.76
14	11.8809	0.500	1.0	
15	-19.0549	0.900	1.69350	53.22
16	-11.2921	(D16)	1.0	
17	23.5288	1.350	1.75500	52.32
18	0.0000	(Bf)	1.0	

30

40

(非球面係数)

第 5 レンズ面と第 1 5 レンズ面と第 1 6 レンズ面とは非球面であり、それぞれの非球面係数を以下に示す。

[第 5 面]

50

$$= -3.3630 \quad C_4 = +1.0617 \times 10^{-3} \quad C_6 = -1.6626 \times 10^{-5}$$

$$C_8 = +3.2651 \times 10^{-7} \quad C_{10} = -2.2032 \times 10^{-9}$$

[第 1 5 面]

$$= 11.0000 \quad C_4 = -3.1648 \times 10^{-4} \quad C_6 = +1.0222 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = +1.7755 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -9.2894 \times 10^{-7}$$

[第 1 6 面]

$$= -1.4398 \quad C_4 = +5.8112 \times 10^{-4} \quad C_6 = +1.2537 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = +1.3154 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -1.7033 \times 10^{-7}$$

(可変間隔データ)

レンズ位置状態が変化する際の可変間隔を以下に示す。

10

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.6999	14.5999	27.1315
D3	0.7000	11.3350	21.4250
D9	16.0590	5.7222	0.9432
D16	8.0203	14.0854	20.0819
BF	6.0303	6.0303	6.0300

(条件式対応値)

f 2 = -11.2610

(1) D a / f w = 0.78

(2) 1 / (f w · f t) ^{1/2} = 1.31

20

(3) D 2 3 / | f 2 | = 0.15

(4) D 1 / R 1 = 0.73

$$\frac{(f w^2 / (f w^2 + y_{m a x}^2))^{1/2}}{f} = 0.82$$

【 0 0 4 8 】

図 5 (a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第 2 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 (f = 6 . 7 0)、中間焦点距離状態 (f = 1 4 . 6 0)、望遠端状態 (f = 2 7 . 1 3) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。各諸収差図より本実施例に係る可変焦点距離レンズ系は、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 0 4 9 】

30

(第 3 実施例)

図 6 は、本発明の第 3 実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 2 との接合レンズで構成されている。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 2 と、物体側に凸面を向けた正レンズ L 2 3 とから構成されている。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 3 2 と、像側に凸面を向けた正レンズ L 3 3 とから構成されている。

40

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 4 1 で構成されている。

本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、レンズ位置状態が変化する際に第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。

以下の表 3 に、本発明の第 3 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 0 】

(表 3)

(全体諸元)

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	7.20	15.00	27.13
FNO	2.88	3.60	4.70

50

2 68.77 ~ 34.24 ~ 19.13 °

(レンズデータ)

面	曲率半径	間隔	屈折率	アッベ数	
1	39.0896	0.900	1.84666	23.78	
2	26.1740	2.400	1.75500	52.32	
3	847.0754	(D3)	1.0		
4	29.8433	1.000	1.79450	45.40	
5	6.2925	2.350	1.0		
6	-26.6454	0.700	1.77250	49.61	
7	17.2580	0.750	1.0		10
8	13.0478	1.700	1.84666	23.78	
9	7831.4595	(D9)	1.0		
10	0.0000	1.700	1.0		(開口絞り)
11	5.3972	2.250	1.75500	52.32	
12	-53.8427	0.450	1.0		
13	-42.8393	0.650	1.80809	22.76	
14	8.9800	0.550	1.0		
15	-17.4827	0.900	1.79450	45.40	
16	-14.0668	(D16)	1.0		
17	16.6627	1.700	1.60300	65.47	20
18	-9944.9996	(Bf)	1.0		

(非球面係数)

第 5 レンズ面と第 1 5 レンズ面と第 1 6 レンズ面とは非球面であり、それぞれの非球面係数を以下に示す。

[第 5 面]

$$= -2.1043 \quad C_4 = +1.4570 \times 10^{-3} \quad C_6 = -8.7419 \times 10^{-6}$$

$$C_8 = +4.6555 \times 10^{-8} \quad C_{10} = +9.7870 \times 10^{-9}$$

[第 1 5 面]

$$= 4.5475 \quad C_4 = -5.7196 \times 10^{-4} \quad C_6 = +1.7009 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = +1.6752 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -1.2084 \times 10^{-6}$$

30

[第 1 6 面]

$$= -8.0776 \quad C_4 = +5.4710 \times 10^{-4} \quad C_6 = +2.2019 \times 10^{-4}$$

$$C_8 = +1.1611 \times 10^{-5} \quad C_{10} = +1.1219 \times 10^{-7}$$

(可変間隔データ)

レンズ位置状態が変化する際の可変間隔を以下に示す。

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	7.2028	14.9999	27.1330	
D3	0.7000	10.2814	17.8673	
D9	11.8980	3.6587	0.8000	
D16	7.6709	11.1235	19.7736	40
BF	6.0304	7.0303	6.0302	

(条件式対応値)

$$f_2 = -10.1618$$

$$(1) D_a / f_w = 0.67$$

$$(2) 1 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 1.30$$

$$(3) D_{23} / | f_2 | = 0.07$$

$$(4) D_1 / R_1 = 0.57$$

$$\frac{(f_w^2 / (f_w^2 + y_{max}^2))^{1/2}}{1} = 0.84$$

【 0 0 5 1 】

図 7 (a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第 3 実施例に係る可変焦点距離レンズ 50

系の広角端状態 ($f = 7.20$)、中間焦点距離状態 ($f = 15.00$)、望遠端状態 ($f = 27.13$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。各諸収差図より本実施例に係る可変焦点距離レンズ系は、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 0 5 2 】

(第 4 実施例)

図 8 は、本発明の第 4 実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 1 1 と物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 2 との接合レンズで構成されている。

10

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 2 2 と、物体側に凸面を向けた正レンズ L 2 3 とから構成されている。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凸形状の正レンズ L 3 1 と、像側に凹面を向けた負レンズ L 3 2 と、像側に凸面を向けた正レンズ L 3 3 とから構成されている。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 4 1 で構成されている。

本実施例に係る可変焦点距離レンズ系において、ガラスブロック B が第 4 レンズ群 G 4 と像面 I との間に配置されており、このガラスブロック B は像面 I に配設された固体撮像素子の限界解像以上の空間周波数をカットするためのフィルタ、即ちローパスフィルタと、固体撮像素子を保護するカバー硝子の機能を有する。また、開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、レンズ位置状態が変化する際に第 3 レンズ群 G 3 と共に移動する。

20

以下の表 4 に、本発明の第 4 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 3 】

(表 4)

(全体諸元)

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.45	~ 15.00	~ 24.30
FNO	2.88	~ 3.75	~ 4.50
2	74.84	~ 34.56	~ 21.72°

30

(レンズデータ)

面	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数
1	35.5670	0.900	1.84666	23.78
2	25.2949	3.000	1.81600	46.63
3	81.7907	(D3)	1.0	
4	55.7736	0.950	1.69350	53.22
5	9.0909	4.000	1.0	
6	-17.9746	0.800	1.65160	58.54
7	11.2326	1.650	1.0	
8	16.8117	2.600	1.80610	33.27
9	-58.3068	(D9)	1.0	
10	0.0000	0.500	1.0	(開口絞り)
11	5.6321	2.700	1.49700	81.61
12	-25.0030	1.700	1.0	
13	-10.2813	0.800	1.84666	23.83
14	-38.8327	0.650	1.0	
15	-6.3119	1.150	1.58913	61.18
16	-6.0000	(D16)	1.0	
17	25.0008	1.500	1.60300	65.47
18	0.0000	(D18)	1.0	

40

50

19 0.0000 3.260 1.51633 64.14 (ガラスブロック)
 20 0.0000 (Bf) 1.0

(非球面係数)

第 4 レンズ面と第 1 5 レンズ面と第 1 6 レンズ面とは非球面であり、それぞれの非球面係数を以下に示す。

[第 4 面]

$$= 11.0000 \quad C_4 = +8.6165 \times 10^{-5} \quad C_6 = -5.7772 \times 10^{-7}$$

$$C_8 = +4.8229 \times 10^{-9} \quad C_{10} = +1.9002 \times 10^{-12}$$

[第 1 5 面]

$$= 2.5931 \quad C_4 = -4.2473 \times 10^{-4} \quad C_6 = +8.0084 \times 10^{-5}$$

$$C_8 = +2.0467 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -5.5844 \times 10^{-7}$$

10

[第 1 6 面]

$$= 1.0000 \quad C_4 = +2.4812 \times 10^{-4} \quad C_6 = +8.0084 \times 10^{-5}$$

$$C_8 = +1.4345 \times 10^{-5} \quad C_{10} = -3.5453 \times 10^{-7}$$

(可変間隔データ)

レンズ位置状態が変化する際の可変間隔を以下に示す。

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.4500	15.0000	24.2971
D3	0.7000	13.6869	20.2971
D9	21.5550	7.2060	1.9990
D16	8.5440	14.5889	19.8175
D18	1.0000	1.0000	1.0000
BF	2.4410	2.4410	2.4410

20

(条件式対応値)

$$f 2 = -12.086$$

$$(1) D a / f w = 1.09$$

$$(2) 1 / (f w \cdot f t)^{1/2} = 0.90$$

$$(3) D 2 3 / | f 2 | = 0.14$$

$$(4) D 1 / R 1 = 1.02$$

$$(f w^2 / (f w^2 + y_{m a x}^2))^{1/2} = 0.81$$

30

【 0 0 5 4 】

図 9 (a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第 4 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 ($f = 6 . 5 0$)、中間焦点距離状態 ($f = 1 5 . 0 0$)、望遠端状態 ($f = 2 4 . 3 0$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。各諸収差図より本実施例に係る可変焦点距離レンズ系は、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 0 5 5 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、小型化と高変倍比化とを図った可変焦点距離レンズ系を提供することができる。また、広角端状態におけるレンズ全長が比較的短く、レンズ全長の変化が少ない可変焦点距離レンズ系を実現することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の各実施例に係る可変焦点距離レンズ系の屈折力配分を示す図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【 図 3 】 (a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第 1 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 ($f = 6 . 3 9$)、中間焦点距離状態 ($f = 1 4 . 4 0$)、望遠端状態 ($f = 2 7 . 1 6$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【 図 5 】 (a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第 2 実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 ($f = 6 . 7 0$)、中間焦点距離状態 ($f = 1 4 . 6 0$)、望遠端状

50

態 ($f = 27.13$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。

【図6】本発明の第3実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【図7】(a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第3実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 ($f = 7.20$) 、中間焦点距離状態 ($f = 15.00$) 、望遠端状態 ($f = 27.13$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。

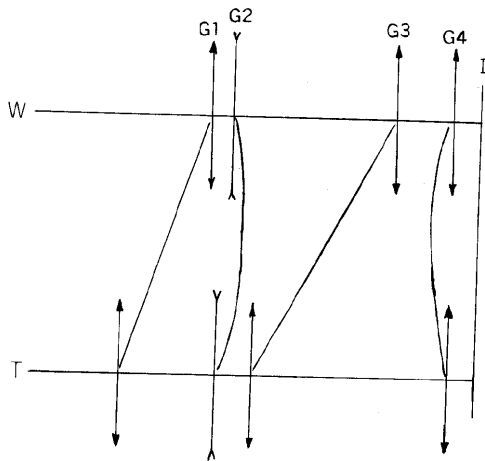
【図8】本発明の第4実施例に係る可変焦点距離レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【図9】(a) , (b) , (c) はそれぞれ、本発明の第4実施例に係る可変焦点距離レンズ系の広角端状態 ($f = 6.50$) 、中間焦点距離状態 ($f = 15.00$) 、望遠端状態 ($f = 24.30$) における無限遠合焦時の諸収差図を示す。

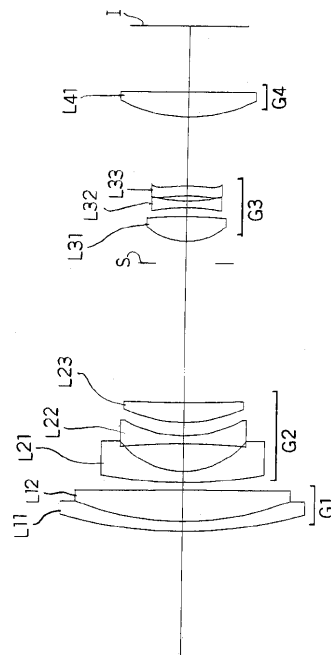
【符号の説明】

- G 1 第1レンズ群
- G 2 第2レンズ群
- G 3 第3レンズ群
- G 4 第4レンズ群
- S 開口絞り
- I 像面

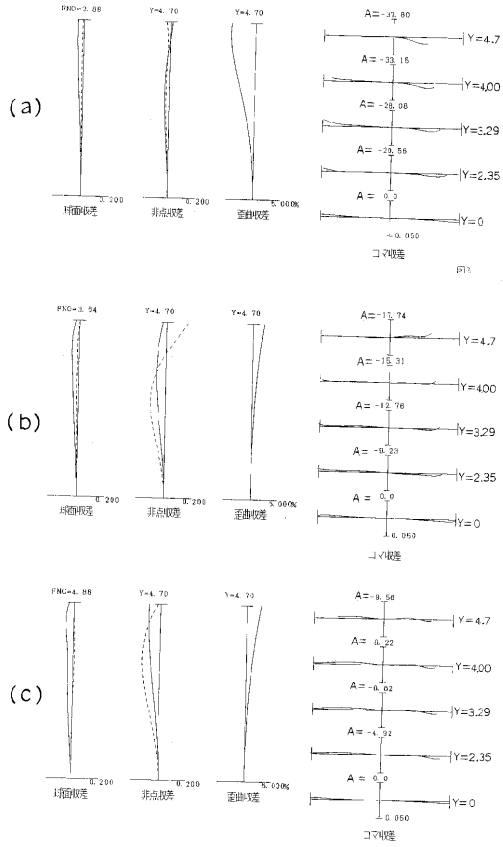
【図1】



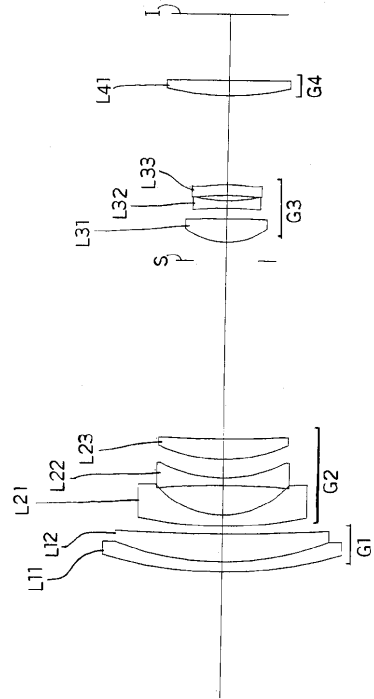
【図2】



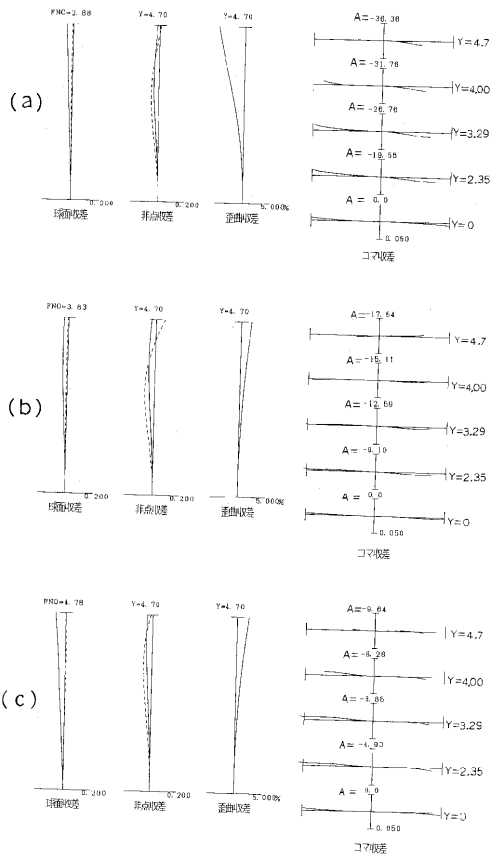
【 図 3 】



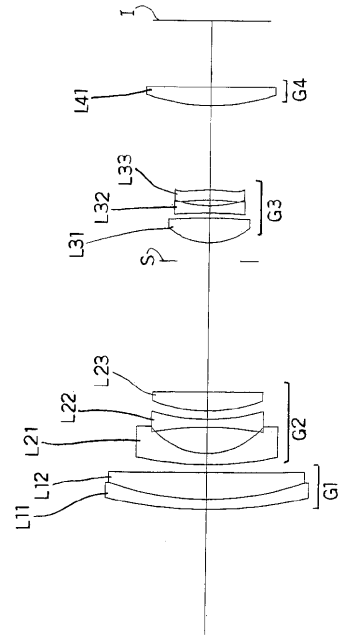
【 図 4 】



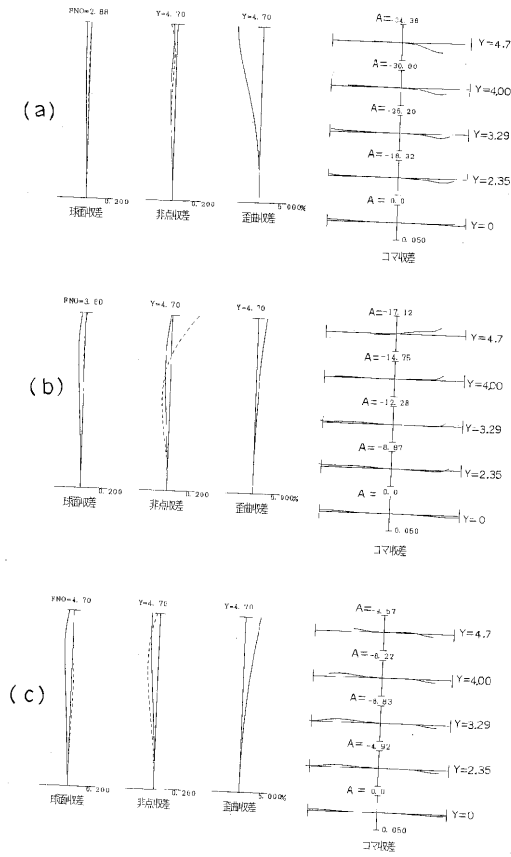
【 図 5 】



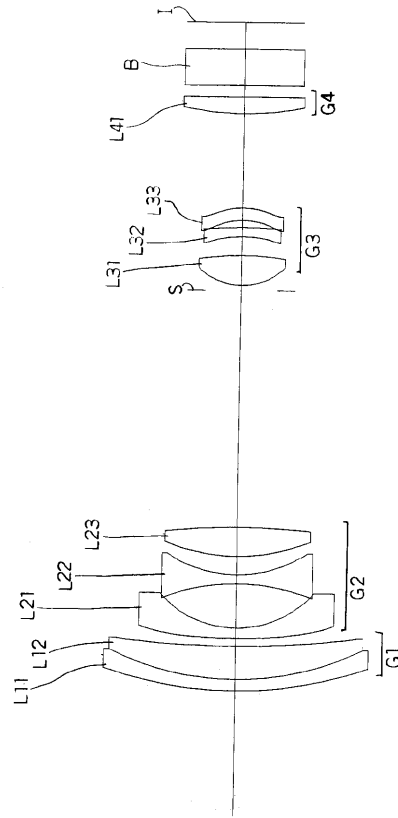
【 図 6 】



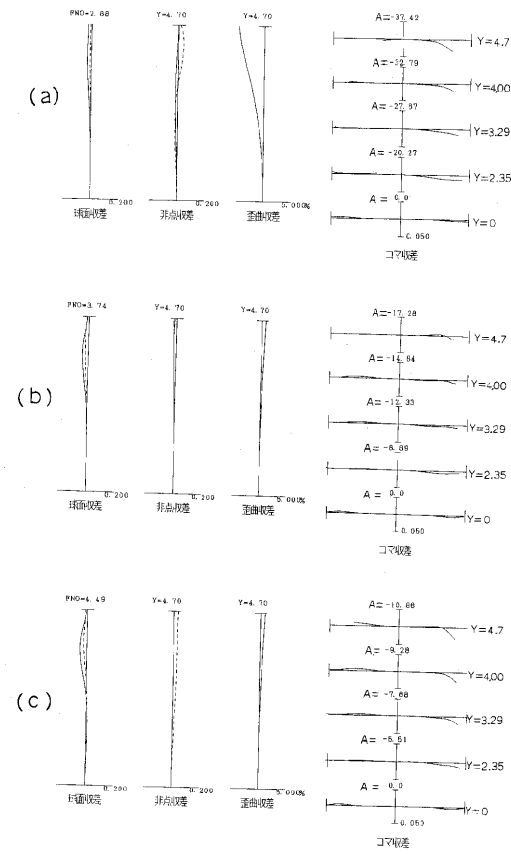
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-066500(JP,A)
特開平04-014006(JP,A)
特開2003-295059(JP,A)
特開平07-005361(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04