

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4631872号
(P4631872)

(45) 発行日 平成23年2月16日(2011.2.16)

(24) 登録日 平成22年11月26日(2010.11.26)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 22 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2007-112167 (P2007-112167)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成19年4月20日 (2007.4.20)	(74) 代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(65) 公開番号	特開2007-323054 (P2007-323054A)	(72) 発明者	武 俊典 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
(43) 公開日	平成19年12月13日 (2007.12.13)		
審査請求日	平成22年4月2日 (2010.4.2)		
(31) 優先権主張番号	特願2006-127714 (P2006-127714)		
(32) 優先日	平成18年5月1日 (2006.5.1)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
			審査官 濱川 勝久
			(56) 参考文献 特開2005-352347 (JP, A) 特開2005-321545 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズとこれを具備する光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸に沿って物体側より順に、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、

広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に対して固定され、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減少し、

前記第1レンズ群は、負レンズを含み、

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$n_d 1 > 1.900$

$d_1 < 20.50$

但し、

$n_d 1$: 前記負レンズの d 線の屈折率

d_1 : 前記負レンズの d 線のアッベ数

【請求項2】

前記第3レンズ群は、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、像面に対して固定されることを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

前記第3レンズ群は、少なくとも一つの接合レンズを有することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記負レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から3の何れか一項に記載のズームレンズ。

$$n_d 1 > 1 . 94$$

但し、

$n_d 1$: 前記負レンズのd線の屈折率

【請求項5】

前記第3レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの負の屈折力を有する接合レンズで構成されることを特徴とする請求項1から4の何れか一項に記載のズームレンズ。 10

【請求項6】

前記第4レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの負の屈折力を有する接合レンズで構成されることを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載のズームレンズ。 20

$$0 . 5 < f_4 / f_3 < 1 . 1$$

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

【請求項8】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0 . 5 < f_4 / f_3 < 1 . 0$$

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

【請求項9】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0 . 5 < f_4 / f_3 < 0 . 95$$

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

【請求項10】

前記第1レンズ群の前記負レンズは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであつて、

前記第1レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、前記負メニスカスレンズと、前記光路折り曲げ光学素子と、物体側に凸面を向けた正レンズで構成されることを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載のズームレンズ。 40

【請求項11】

前記光路折り曲げ光学素子は、直角プリズムであり、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$n_d p > 1 . 800$$

但し、

n_{dp} : 前記直角プリズムの d 線の屈折率

【請求項 12】

前記第1レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを含むことを特徴とする請求項1から1_1のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

前記第2レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズと正レンズとの負の屈折力を有する接合レンズから構成されることを特徴とする請求項1から1_2のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

前記第2レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを含むことを特徴とする請求項1から1_3のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 15】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から1_4のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$0.8 < (-f_2) / fw < 1.3$$

但し、

fw : 広角端状態におけるズームレンズ系全体での焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

【請求項 16】

前記第2レンズ群を光軸に沿って物体側に移動させて、無限遠物体から近距離物体への焦点調節を行うことを特徴とする請求項1から1_5のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 17】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から1_6のいずれか一項に記載のズームレンズ。

$$1.5 < f_1 / (-f_2) < 4.0$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

【請求項 18】

前記第3レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを含むことを特徴とする請求項1から1_7のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 19】

前記第4レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを含むことを特徴とする請求項1から1_8のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 20】

請求項1から請求項1_9のいずれか一項に記載のズームレンズを搭載することを特徴とする光学装置。

【請求項 21】

物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、

前記第1レンズ群は、負レンズを含み、前記負レンズは、以下の条件を満足し、

広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に対して固定され、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減少するように、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が光軸に沿って移動することを特徴とするズームレンズの変倍方法。

$$n_{d1} > 1.900$$

10

20

30

40

50

$d_1 < 20.50$

但し、

n_{d1} ：前記負レンズの d 線の屈折率

d_1 ：前記負レンズの d 線のアッベ数

【請求項 22】

物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、
10

広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に
対して固定され、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減少し、
10

前記第1レンズ群は、負レンズを含み、前記負レンズは、以下の条件を満足し、

前記第2レンズ群を光軸に沿って物体側に移動させて、無限遠物体から近距離物体への
焦点調節を行うことを特徴とするズームレンズの焦点調節方法。

$n_{d1} > 1.900$

$d_1 < 20.50$

但し、

n_{d1} ：前記負レンズの d 線の屈折率

d_1 ：前記負レンズの d 線のアッベ数

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像素子等を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等に適したズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、CCDやCMOS等の固体撮像素子を用いて、被写体像を記録する、例えばデジタルスチルカメラやビデオカメラ等は、ズームレンズの搭載が一般的である。

【0003】

しかしながら、多くのズームレンズでは、望遠端状態の焦点距離が大きくなるに従い、レンズ系全長が大きくなると共に、最も物体側のレンズ群のレンズ外径が大型化してしまい、結果として鏡筒部材が大型化してしまい携帯性に不都合が生じてしまった。

【0004】

そこで、デジタルスチルカメラの携帯時には各レンズ群の間隔が最小になるように各レンズ群間隔を狭めた状態でカメラ本体内に格納することによって、携帯性を高めていた。

【0005】

更に、格納状態でのデジタルスチルカメラの厚みを減らす為に、部分鏡筒で構成し、各部分鏡筒の長さを小さくすることも考えられた。しかし、各部分鏡筒の長さよりも厚みを小さくすることは不可能であった。

【0006】

今日では、デジタルスチルカメラ等を携行する際の携帯性が非常に重視され、カメラ本体の小型化、薄型化、軽量化を図るために、撮影レンズであるズームレンズの小型化および軽量化が図られている。

【0007】

そこで、レンズ系の一部に光路を約90度折り曲げられるような光学素子を備えたズームレンズが考案された。このようなズームレンズを搭載することで、格納状態から使用状態へ移行する際に、カメラ本体より突出することがなく、使用状態においても携帯性に優れている。また、カメラの小型化、薄型化に大きく寄与している。さらに、可動部分がカメラ本体内部に存在するため、表面上は可動部分が存在しないため、防水・防滴・防塵等

40

50

10

20

の用途にも効果的である。

【0008】

従来の光路を折り曲げられるズームレンズは、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群で構成される正負正正の4群タイプのズームレンズが開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2003-302576号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1の開示例では、変倍の際に第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の空気間隔を効果的に可変させることで、小型化に寄与していたが、三つのレンズ群を移動するために、可動するレンズ群が多くなってしまい可動機構が複雑化してしまう問題があった。

【0010】

本発明は、上記課題に鑑みて行われたものであり、ズームレンズを配置する場所が限られた光学装置に好適な、小型かつ簡素な可動機構で優れた結像性能を有するズームレンズを提供する。また、このズームレンズを具備することを特徴とする光学装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明は、光軸に沿って物体側より順に、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に対して固定され、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減少し、前記第1レンズ群は、負レンズを含み、以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。

$n_d 1 > 1.900$

$d 1 < 20.50$

但し、

$n_d 1$ ：前記負レンズのd線の屈折率

$d 1$ ：前記負レンズのd線のアッベ数

【0012】

また、本発明は、前記ズームレンズを搭載することを特徴とする光学装置を提供する。

【0013】

また、本発明は、物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群は、負レンズを含み、前記負レンズは、以下の条件を満足し、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に対して固定され、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減少するように、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が光軸に沿って移動することを特徴とするズームレンズの変倍方法を提供する。

$n_d 1 > 1.900$

$d 1 < 20.50$

但し、

$n_d 1$ ：前記負レンズのd線の屈折率

$d 1$ ：前記負レンズのd線のアッベ数

10

20

30

40

50

【0014】

また、本発明は、物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、前記第1レンズ群は、像面に対して固定され、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減少し、前記第1レンズ群は、負レンズを含み、前記負レンズは、以下の条件を満足し、前記第2レンズ群を物体側に移動させて、無限遠物体から近距離物体への焦点調節を行うことを特徴とするズームレンズの焦点調節方法を提供する。

10

$n_d 1 > 1.900$

$d_1 < 20.50$

但し、

$n_d 1$ ：前記負レンズの d 線の屈折率

d_1 ：前記負レンズの d 線のアッベ数

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、ズームレンズを配置する場所が限られた光学装置に好適な、小型かつ簡素な可動機構で優れた結像性能を有する屈曲ズームレンズ、およびこのズームレンズを具備することを特徴とする光学装置を提供することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態に関し説明する。

【0017】

図1は、後述する本発明の実施の形態にかかるズームレンズを搭載する光学装置である電子スチルカメラを示し、(a)は正面図を、(b)は背面図をそれぞれ示す。図2は、図1(a)のA-A'線に沿った断面図であり、後述する本発明の実施の形態にかかるズームレンズの配置の概要を示している。

【0018】

図1、図2において、本発明にかかる電子スチルカメラ1は、不図示の電源釦を押すと撮影レンズの不図示のシャッタが開放され撮影レンズ2で不図示の被写体からの光が集光され、像面Iに配置された撮像素子Cに結像される。撮像装置Cに結像された被写体像は、電子スチルカメラ1の背後に配置された液晶モニター3に表示される。撮影者は、液晶モニター3を見ながら被写体像の構図を決めた後、レリーズ釦4を押し下げ被写体像を撮像素子Cで撮影し、不図示のメモリーに記録保存する。

30

【0019】

撮影レンズ2は、後述する本発明の実施の形態にかかるズームレンズ2で構成されており、電子スチルカメラ1の正面から入射した光は、後述するズームレンズ2内のプリズムPで略90度下方(図2の紙面下方)に偏向されるため、電子スチルカメラ1を薄型化することが可能になる。

40

【0020】

また、電子スチルカメラ1には、被写体が暗い場合に補助光を発光する補助光発光部5、撮影レンズ2であるズームレンズ2を広角端状態(W)から望遠端状態(T)にズーミングする際のワイド(W)-テレ(T)釦6、および電子スチルカメラ1の種々の条件設定等に使用するファンクション釦7等が配置されている。

【0021】

このようにして、後述する本発明の実施の形態にかかるズームレンズ2を内蔵する光学装置である電子スチルカメラ1が構成されている。

【0022】

次に、本発明の実施の形態にかかるズームレンズに関し説明する。

50

【0023】

本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、光軸に沿って物体側より順に、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、第1レンズ群と第3レンズ群は像面に対して固定され、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減少する構成である。

【0024】

第1レンズ群は、光路を略90度折り曲げる作用と、光束を収斂する作用を有する。また、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、第1レンズ群は常に固定されている。このようにズームレンズを構成するレンズ群の中で一番大きく、重量を有する第1レンズ群を可動させないため、構造を簡素化することが可能である。 10

【0025】

第2レンズ群は、第1レンズ群により形成される被写体の像を拡大する作用をなし、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化するに従い、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を広げることにより拡大率を高めて、焦点距離を変化させている。

【0026】

第3レンズ群は、第2レンズ群によって拡大された光束を収斂させる作用をなし、高性能化を達成するために、第3レンズ群を複数のレンズ群で構成し、球面収差およびサインコンディション、ペツツバール和が良好に補正された状態を達成している。 20

【0027】

第4レンズ群は、第3レンズ群によって収斂される光束をより収斂させる作用をなし、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離を変化させる際に、第3レンズ群と第4レンズ群の間隔を積極的に変化させることで、焦点距離の変化に対する像面の変動を抑えることを可能にしている。

【0028】

このように構成することにより、小型で優れた結像性能を有するズームレンズを達成することができる。

【0029】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、小型化を図る為に、第1レンズ群に負レンズを含み、この負レンズが以下の条件式(1)を満足することが望ましい。 30

$$n_d 1 > 1.900 \quad (1)$$

但し、 $n_d 1$ は負レンズのd線(波長 = 587.6 nm)の屈折率である。

【0030】

条件式(1)は、第1レンズ群中の負レンズの屈折率を規定した条件式である。条件式(1)の下限値を超えると、第1レンズ群中の負レンズの有効径及び外径の大きさが大きくなり、ズームレンズ全体が大きくなってしまい好ましくない。結果としてカメラ本体の厚さにも影響してしまい小型化が困難くなってしまう。また、コマ収差、および歪曲収差が悪化してしまい好ましくない。 40

【0031】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を1.910にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(1)下限値を1.920、1.930、1.940のいずれかにすることが更に好ましい。また、条件式(1)を満足する負レンズは、複数在っても良い。

【0032】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、小型化を図るために、第1レンズ群の負レンズは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$d_1 < 20.50 \quad (2)$$

但し、 d_1 は負レンズのd線のアーベ数である。 50

【0033】

条件式(2)は、第1レンズ群中の負レンズのアッベ数を規定した条件式である。条件式(2)の上限値を超えると、第1レンズ群単独で発生する色収差が大きくなってしまい、良好に補正することが困難となってしまう。

【0034】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を20.30にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(2)の上限値を20.00、19.80のいずれかにすることが更に好ましい。

【0035】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズでは、第3レンズ群は、第3レンズ群单独で発生する球面収差を良好に補正するとともに射出瞳位置を像面からなるべく遠くする為に、正の屈折力を有する単レンズと負の屈折力を有する接合レンズとで構成されることが望ましく、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの負の屈折力を有する接合レンズで構成されることが望ましい。10

【0036】

物体側に凸面を向けた正レンズにより、軸外光束が収斂され、光軸から離れないようにすることで、レンズ径の小型化を達成することができる。

【0037】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズでは、第4レンズ群は、第4レンズ群单独で発生する球面収差を良好に補正するとともに射出瞳位置を像面からなるべく遠くする為に、正の屈折力を有する単レンズと負の屈折力を有する接合レンズとで構成されることが望ましく、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの負の屈折力を有する接合レンズで構成されることが望ましい。20

【0038】

物体側に凸面を向けた正レンズにより、軸外光束が収斂され、光軸から離れないようにすることで、レンズ径の小型化を達成することができる。また、第4レンズ群全体で正の屈折力を有することで、像面から射出瞳位置を遠ざけることが可能であり、固体撮像素子を受光素子として用いる光学系に好適である。30

【0039】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_4 / f_3 < 1.1 \quad (3)$$

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である。

【0040】

条件式(3)は、第3レンズ群と第4レンズ群の最適な焦点距離比の範囲を規定するための条件式である。

【0041】

条件式(3)の上限値を上回った場合、第3レンズ群の屈折力が相対的に弱くなってしまい、第3レンズ群が変倍に対して効率的に寄与することが困難となり、変倍比が3倍程度以上の高変倍比を確保できなくなってしまう。更に、第4レンズ群の屈折力が相対的に強くなることにより、第4レンズ群で発生するコマ収差および非点収差が大きくなり過ぎてしまい、優れた光学性能を得るという本発明の目的を達成できなくなってしまう。40

【0042】

条件式(3)の下限値を下回った場合、第3レンズ群の屈折力が相対的に強くなってしまい、ズーミングの際に第3レンズ群で発生する像面湾曲の変動が大きくなってしまう。また、第4レンズ群の屈折力が相対的に弱くなってしまい、ズーミングの際に移動量が大きくなり、第4レンズ群で発生するコマ収差および非点収差の変動が大きくなってしまう。結果として、広角端状態から望遠端状態での全てのズーム範囲において、性能の劣化を50

抑えることが困難となってしまう。

【0043】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を1.0にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(3)の上限値を0.95にすることが更に好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を0.55にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(3)下限値を0.60にすることが更に好ましい。

【0044】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、更なる高性能化と小型化をバランスさせるために、第1レンズ群の負レンズは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであって、第1レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、負メニスカスレンズと、光路折り曲げ光学素子と、物体側に凸面を向けた正レンズで構成されることが望ましい。

10

【0045】

第1レンズ群を上記構成とすることで、構造的に簡素化でき、最小限の構成枚数で、第1レンズ群単独で発生する球面収差及びコマ収差を良好に補正することができる。

【0046】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズでは、光路折り曲げ光学素子は、直角プリズムであり、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$n_d p > 1.800 \quad (4)$$

但し、 $n_d p$ は直角プリズムのd線の屈折率である。

20

【0047】

条件式(4)は、光路を折り曲げることを目的とした、直角プリズムの適切な屈折率の範囲を規定した条件式である。直角プリズムは全反射で光路を偏向でき光量ロスを低減することができると共に、光学系をコンパクトな構成にする事ができる。

【0048】

条件式(4)の下限値を超えると、直角プリズムの形状が大きくなり、ズームレンズ全体が大きくなってしまい好ましくない。また、第1レンズ群中で発生するコマ収差および倍率色収差が悪化してしまう。結果としてカメラ本体の厚さにも影響してしまい小型化が困難くなってしまう。なお、光路折り曲げ光学素子には、直角プリズム以外にもミラーや光ファイバー等を用いることも可能である。

30

【0049】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を1.820にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(4)下限値を1.830にすることが更に好ましい。

【0050】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、第1レンズ群中に少なくとも1枚が非球面レンズであることが望ましい。第1レンズ群中に非球面レンズを配置することにより広角端状態から望遠端状態への焦点距離変化に際して発生するコマ収差及び非点収差の変動を良好に補正することができる。更に、第1レンズ群のレンズ外径の小型化にも寄与することができる。

40

【0051】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、更なる高性能化と小型化をバランスさせるために、第2レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、物体側に凸面を向けた負レンズと正レンズとの負の屈折力を有する接合レンズから構成されることが望ましい。

【0052】

第2レンズ群を上記構成とすることで、簡素な構成で、第2レンズ群単独で発生するコマ収差及び倍率色収差を良好に補正することができる。

【0053】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、更なる高性能化を図るために、第

50

2レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを配置することが望ましい。ここで、第2レンズ群に非球面レンズを配置することにより、広角端状態から望遠端状態への焦点距離変化に際して発生するコマ収差の変動を良好に補正することができる。

【0054】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.8 < (-f_2) / f_w < 1.3 \quad (5)$$

【0055】

条件式(5)は、第2レンズ群の適切な焦点距離の範囲を規定するための条件式である。

10

【0056】

条件式(5)の上限値を上回った場合、第2レンズ群の屈折力が強まり、第2レンズ群単独で発生するコマ収差および非点収差が大きくなりすぎて、近距離撮影時の性能変化が大きくなってしまい、好ましくない。結果として最短撮影距離を短縮することが困難となってしまう。

【0057】

条件式(5)の下限値を下回った場合、第2レンズ群の屈折力が弱まり、焦点調節時の移動量が大きくなってしまい、移動する際に必要な駆動系の部材等が大型化してしまい、他の部材と干渉する恐れがある。また、小型化しようとすると球面収差が悪化する。結果的にカメラ本体内に格納する時に省スペース化が困難となってしまう。

20

【0058】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を1.25にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を1.20にすることが更に好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を0.85にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(5)下限値を0.90にすることが更に好ましい。

【0059】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、第2レンズ群を光軸に沿って物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体への焦点調節を行うことが望ましい。本発明のズームレンズでは、第2レンズ群は、広角端状態で第1レンズ群と第2レンズ群の空気間隔が近接してしまうが、焦点調節の際、第2レンズ群の物体側への繰り出し量が非常に小さい為にレンズ或いはレンズを支持する機械部品等の干渉を避けることが可能である。また、広角端状態から望遠端状態まで第2レンズ群の繰り出し量を確保することが出来、所謂マクロ撮影が可能となる。

30

【0060】

一方、第4レンズ群で無限遠物体から近距離物体への焦点調節を行なうことも考えられるが、望遠端状態において、第4レンズ群と第3レンズ群が近接してしまい、所望の繰り出し量を確保することが困難となってしまう。更に望遠端状態において、第3レンズ群と第4レンズ群の空気間隔を大きくしようとすると、望遠端状態の球面収差や像面湾曲の劣化が大きくなってしまい好ましくない。

40

【0061】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$1.5 < f_1 / (-f_2) < 4.0 \quad (6)$$

但し、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離である。

【0062】

条件式(6)は、第1レンズ群と第2レンズ群の焦点距離比について適切な範囲を規定するための条件式である。

【0063】

条件式(6)の上限値を上回った場合、第1レンズ群の屈折力が相対的に弱くなってしま

50

まい、第1レンズ群全体のレンズ外径が大きくなってしまい小型化に寄与できなくなってしまう。また、第2レンズ群の屈折力が相対的に強くなってしまうため、コマ収差の発生を抑えられなくなってしまい、高い光学性能が得られなくなってしまう。

【0064】

条件式(6)の下限値を下回った場合、第1レンズ群の屈折力が相対的に強くなってしまい、小型化には有利であるが、ズーミングの際の球面収差および像面湾曲の変動が大きくなってしまい好ましくない。また、第2レンズ群の屈折力が相対的に弱くなるため、第2レンズ群が変倍に対して効率的に寄与できなくなってしまい、変倍に必要な移動量が確保できなくなってしまう。

【0065】

なお、本発明の効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を3.5にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を3.0にすることが更に好ましい。また、本発明の効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を1.7にすることが好ましい。また、本発明の効果を更に確実にするために、条件式(6)下限値を2.0にすることが更に好ましい。

【0066】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、更なる高性能化を図るために、第3レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを配置することが望ましい。第3レンズ群に非球面レンズを配置することにより、広角端状態から望遠端状態への焦点距離変化に際して発生する球面収差及びコマ収差の変動を良好に補正することができる。

【0067】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、更なる高性能化を図るために、第4レンズ群中に少なくとも1枚の非球面レンズを配置することが望ましい。第4レンズ群に非球面レンズを配置することにより、広角端状態から望遠端状態への焦点距離変化に際して発生する像面湾曲の変動を良好に補正することができる。

【0068】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズの変倍方法は、物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、第1レンズ群は、負レンズを含み、この負レンズは、以下の条件式(1)を満足し、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、第1レンズ群と第3レンズ群は、像面に対して固定され、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減少するように、第2レンズ群と第4レンズ群が光軸に沿って移動することができる。

$$n_d 1 > 1.900 \quad (1)$$

但し、 $n_d 1$ は負レンズのd線の屈折率である。

【0069】

このような変倍方法を採用することで、可動レンズ群を少なくすることが可能となり、駆動機構を簡素化することが可能になる。

【0070】

また、本発明の実施の形態にかかるズームレンズの焦点調節方法は、物体側より順に光軸に沿って、光路折り曲げ光学素子を備え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レンズ群とから構成され、広角端状態から望遠端状態まで焦点距離が変化する際に、第1レンズ群と第3レンズ群は、像面に対して固定され、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減少し、第1レンズ群は、負レンズを含み、この負レンズは、以下の条件式(1)を満足し、第2レンズ群を光軸に沿って物体側に移動させて、無限遠物体から近距離物体への焦点調節を行う焦点調節方法が望ましい。

10

20

30

40

50

$n_d 1 > 1.900$ (1)

但し、 $n_d 1$ は負レンズの d 線の屈折率である。

【0071】

このような焦点調節方法を採用することによって、焦点調節の際にレンズ繰り出し量の少ない第2レンズ群を用いることによって、レンズ或いはレンズを支持する機械部品等の干渉を避けることが可能になると共に、広角端状態から望遠端状態まで第2レンズ群の繰り出し量を確保することができ、所謂マクロ撮影を可能にする事ができる。

【0072】

なお、本発明の実施の形態にかかるズームレンズは、高変倍ズームレンズで発生しがちな手ブレ等に起因する像ブレによる撮影の失敗を防ぐために、レンズ系のブレを検出するブレ検出系と駆動手段とをレンズ系に組み合わせ、レンズ系を構成するレンズ群のうち1つのレンズ群の全体または一部をシフトレンズ群として光軸に対して偏心させることにより、ブレ検出系により検出されたレンズ系のブレに起因する像ブレ（像面位置の変動）を補正するように、駆動手段によりシフトレンズ群を駆動させ、像面上の像をシフトさせることで、像ブレを補正することが可能である。上述のように、本発明のズームレンズは、いわゆる防振光学系として機能させることができ。

【0073】

（実施例）

以下、本発明の実施の形態にかかるズームレンズの各実施例について図面を参照しつつ説明する。

【0074】

図3は、本発明の各実施例にかかるズームレンズの屈折力配分および広角端状態Wから望遠端状態Tへの焦点距離状態の変化における各レンズ群の移動の様子を示す図である。図3に示すように、本発明の各実施例にかかるズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、オーパスフィルターや赤外カットフィルター等からなるフィルター群FLとから構成されている。そして、広角端状態Wから望遠端状態Tへの焦点距離状態の変化（すなわちズーミング）に際して、第1レンズ群G1と、第3レンズ群G3は像面Iに対して固定で、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少する構成である。

【0075】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）をS(y)、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）をr、円錐定数を、n次の非球面係数をCnとしたとき、以下の数式で表される。

$$S(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - C_4 \times y^4 + C_6 \times y^6 + C_8 \times y^8 + C_{10} \times y^{10})^{1/2} \}$$

【0076】

なお、各実施例において、2次の非球面係数C2は0である。各実施例の表中において、非球面には面番号の左側に*印を付している。

【0077】

（第1実施例）

図4は、本発明の第1実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0078】

図4において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を約90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

10

20

30

40

50

【0079】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備え物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

【0080】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL32で構成されている。

【0081】

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、像側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL42で構成されている。

【0082】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【0083】

さらに、フィルター群FLは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【0084】

像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子はCCDやCMOS等から構成されている（以降の実施例についても同様である。）。

【0085】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に配置され、広角端状態Wから望遠端状態Tへのズーミングに際して、像面Iに対して固定されている。

【0086】

次の表1に、本第1実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。表中の、「全体諸元」中のfは焦点距離を、F.NOはFナンバーを、2は画角（単位：度）を、Bfはバックフォーカスをそれぞれ表している。「レンズデータ」中の、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、面間隔は各レンズ面の面間隔を、屈折率およびアッペ数はそれぞれd線（= 587.6nm）に対する値を示している。尚、曲率半径0.0000は平面を示し、空気の屈折率1.00000は記載を省略してある。「非球面データ」中には、面番号、円錐係数、および各非球面係数C4～C10の値をそれぞれ示す。「可変間隔データ」中には、焦点距離f、各可変間隔、およびバックフォーカスBfの値をそれぞれ示す。「条件式対応値」には、各条件式に対応する値をそれぞれ示す。

【0087】

なお、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r、面間隔d、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、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ので、これに限られるものではない。また、上記符号は、他の実施例でも同様であり説明を省略する。

【0088】

（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 =	6.49	~ 13.00	~ 18.35
F.NO =	3.23	~ 3.88	~ 4.36
2 =	63.45	~ 31.73	~ 22.52

「レンズデータ」

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッペ数

10

20

30

40

50

1	25.0000	0.80	1.92286	18.90	
2	10.1687	2.92			
3	0.0000	8.00	1.83481	42.71	
4	0.0000	0.20			
* 5	16.5591	2.59	1.77377	47.18	
6	-26.6813	(d6)			
7	43.1399	1.00	1.80610	40.88	
* 8	9.6052	1.42			
9	-10.6311	0.70	1.78800	47.37	
10	9.2523	1.54	1.92286	18.90	10
11	139.6780	(d11)			
12	0.0000	0.50		(開口絞り S)	
*13	7.9234	1.32	1.69350	53.20	
14	-27.4529	0.20			
15	11.7142	1.57	1.65160	58.55	
16	-6.2105	0.70	1.83481	42.71	
17	7.4146	(d17)			
18	10.0252	1.55	1.58913	61.16	
*19	-11.6786	0.10			
20	6.5080	2.28	1.48749	70.23	20
21	-18.1248	0.75	1.79504	28.54	
22	5.7167	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

「非球面データ」

〔第5面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -1.4495 & +4.2291 \times 10^{-5} & -1.2508 \times 10^{-7} & +3.0136 \times 10^{-9} \\ - & - & - & -4.1299 \times 10^{-11} \end{array}$$

〔第8面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -9.0000 & +1.4000 \times 10^{-3} & -3.9508 \times 10^{-5} & +1.3308 \times 10^{-6} \\ - & - & - & -4.6579 \times 10^{-9} \end{array}$$

〔第13面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ +0.3527 & +1.7586 \times 10^{-5} & +1.2242 \times 10^{-5} & -8.6518 \times 10^{-7} \\ - & - & - & +5.7865 \times 10^{-8} \end{array}$$

〔第19面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ +5.6263 & +7.1091 \times 10^{-4} & +1.4030 \times 10^{-5} & -1.5418 \times 10^{-7} \\ - & - & - & +2.2411 \times 10^{-8} \end{array}$$

「可変間隔データ」

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.4900	13.0000	18.3500
d6	1.3806	6.0114	7.8333
d11	7.5027	2.8719	1.0500
d17	5.2220	2.5639	1.1150
d22	5.6760	8.3341	9.7830
Bf	0.5900	0.5900	0.5900

「条件式対応値」

- (1) $n_d 1 = 1.92286$
- (2) $d 1 = 18.90$
- (3) $f 4 / f 3 = 0.74169$
- (4) $n_d p = 1.83481$
- (5) $(-f 2) / f w = 1.13206$
- (6) $f 1 / (-f 2) = 2.65137$

【0089】

図5は、本第1実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を、(b)は中間焦点距離状態($f = 13.00 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

10

【0090】

各収差図において、FNOはFナンバーを、Aは半画角(単位:度)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、球面収差を示す収差図において、実線は球面収差を示し、破線はサインコンディション(正弦条件)を示している。なお、上記符号は、その他の実施例も同様であり説明を省略する。

【0091】

各収差図から明らかなように、本第1実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【0092】

(第2実施例)

図6は、本発明の第2実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0093】

図6において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を略90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

30

【0094】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備え物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

【0095】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL32で構成されている。

【0096】

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、像側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL42で構成されている。

40

【0097】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【0098】

また、フィルター群FLは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【0099】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に配置され、広角端状

50

態Wから望遠端状態Tへのズーミングに際して、像面Iに対して固定されている。

【0100】

次の表2に、本第2実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

【0101】

(表2)

「全体諸元」

広角端状態		中間焦点距離状態		望遠端状態		10
$f =$	6.49	~	12.42	~	18.35	
$F.NO =$	3.29	~	3.89	~	4.40	
2 =	63.45	~	33.16	~	22.52	

「レンズデータ」

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
1	37.3815	0.80	1.92286	18.90	
2	11.4743	2.50			
3	0.0000	9.00	1.80420	46.50	
4	0.0000	0.20			
* 5	15.6194	2.52	1.77377	47.18	
6	-26.0835	(d6)			
7	33.9415	0.90	1.82080	42.71	20
* 8	8.3923	1.47			
9	-9.3559	0.70	1.80400	46.57	
10	10.5119	1.31	1.92286	18.90	
11	-104.7189	(d11)			
12	0.0000	0.50			(開口絞りS)
*13	7.2921	1.40	1.69350	53.20	
14	-24.0200	0.15			
15	12.7408	1.68	1.65160	58.55	
16	-4.9883	0.70	1.83481	42.71	
17	7.2495	(d17)			30
18	9.8677	1.86	1.58913	61.16	
*19	-11.3223	0.10			
20	7.1768	2.06	1.49700	81.54	
21	-21.5501	0.80	1.79504	28.54	
22	5.9728	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			40

「非球面データ」

〔第5面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -1.2861 + 2.7530 \times 10^{-5} & -1.9665 \times 10^{-7} + 6.3806 \times 10^{-10} & -1.9119 \times 10^{-12} \\ \end{array}$$

〔第8面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -9.0000 + 2.0979 \times 10^{-3} & -9.3712 \times 10^{-5} + 4.3205 \times 10^{-6} & -6.7633 \times 10^{-8} \\ \end{array}$$

〔第13面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ +0.4009 + 7.1395 \times 10^{-5} + 1.4244 \times 10^{-5} & -4.5095 \times 10^{-7} + 6.1718 \times 10^{-8} \\ \end{array}$$

〔第19面〕

C 4	C 6	C 8	C 10
-9.0000	-4.4999×10^{-4}	$+3.2020 \times 10^{-5}$	-1.0016×10^{-6}
			$+1.0650 \times 10^{-8}$

「可変間隔データ」

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	6.4900	12.4200	18.3500	
d6	1.3518	5.5097	7.5388	
d11	7.2370	3.0791	1.0500	
d17	5.2070	2.6787	1.1000	10
d22	5.8964	8.4247	10.0034	
Bf	0.6000	0.6000	0.6000	

「条件式対応値」

(1) $n_d 1 = 1.92286$
 (2) $d 1 = 18.90$
 (3) $f 4 / f 3 = 0.77620$
 (4) $n_d p = 1.80420$
 (5) $(-f 2) / f w = 1.08310$
 (6) $f 1 / (-f 2) = 2.52762$

【0102】

図7は、本第2実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ mm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は、広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を、(b)は中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【0103】

各収差図から明らかなように、本第2実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0104】

(第3実施例)

図8は、本発明の第3実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0105】

図8において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を略90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

【0106】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備え物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

【0107】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL32で構成されている。

【0108】

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL42で構成されている。

【0109】

10

20

30

40

50

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【0110】

また、フィルター群FLは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【0111】

また、開口絞りSは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に配置され、広角端状態Wから望遠端状態Tへのズーミングに際して、像面に対して固定されている。

【0112】

次の表3に、本第3実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

10

【0113】

(表3)

「全体諸元」

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
$f = 6.49$	~	12.42
$F.NO = 3.46$	~	4.03
2 = 63.45	~	33.21
		~ 18.35
		~ 4.40
		22.52

「レンズデータ」

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッベ数

20

1	37.2624	0.90	1.92286	18.90
2	11.1482	2.45		
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71
4	0.0000	0.20		
* 5	15.1979	2.57	1.77377	47.18
6	-25.3799	(d6)		
7	41.2336	0.90	1.82080	42.71
* 8	8.4256	1.50		
9	-9.2831	0.70	1.78800	47.37
10	12.0522	1.30	1.92286	18.90
11	-68.6250	(d11)		
12	0.0000	0.50		(開口絞りS)
*13	7.6045	1.45	1.69350	53.20
14	-34.1354	0.15		
15	10.6131	1.87	1.65160	58.55
16	-5.3841	0.70	1.83481	42.71
17	7.0835	(d17)		
18	10.0717	1.99	1.58913	61.16
*19	-10.9249	0.10		
20	7.5031	2.19	1.48749	70.23
21	-11.3937	0.80	1.79504	28.54
22	6.7316	(d22)		
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51
24	0.0000	0.40		
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14
26	0.0000	(Bf)		

30

「非球面データ」

〔第5面〕

C 4

C 6

C 8

C 10

50

-5.8159 +1.8991 × 10⁻⁴ -2.5581 × 10⁻⁶ +2.9511 × 10⁻⁸ -2.0089 × 10⁻¹⁰

【第8面】

C 4	C 6	C 8	C 10
-9.0000 +2.0520 × 10 ⁻³	-8.7500 × 10 ⁻⁵ +3.6741 × 10 ⁻⁶	-4.7536 × 10 ⁻⁸	

【第13面】

C 4	C 6	C 8	C 10
+0.4028 +8.0510 × 10 ⁻⁵	+1.5444 × 10 ⁻⁵ -9.1869 × 10 ⁻⁷	+7.2852 × 10 ⁻⁸	

【第19面】

C 4	C 6	C 8	C 10
-9.0000 -5.8178 × 10 ⁻⁴	+3.4645 × 10 ⁻⁵ -1.1500 × 10 ⁻⁶	+1.5550 × 10 ⁻⁸	

10

「可変間隔データ」

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f 6.4900	12.4200	18.3500
d6 1.3774	5.6717	7.9738
d11 7.6464	3.3521	1.0500
d17 4.4527	2.2134	1.1000
d22 5.6029	7.8422	8.9556
Bf 0.5999	0.6000	0.6000

20

「条件式対応値」

(1) n d 1 = 1.92286

(2) d 1 = 18.90

(3) f 4 / f 3 = 0.79595

(4) n d p = 1.83481

(5) (-f 2) / f w = 1.10029

(6) f 1 / (-f 2) = 2.42205

【0114】

図9は、本第3実施例にかかるズームレンズのd線(=587.6nm)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態(f=6.49mm)における諸収差図を、(b)は中間焦点距離状態(f=12.42mm)における諸収差を、(c)は望遠端状態(f=18.35mm)における諸収差をそれぞれ示す。

30

【0115】

各収差図から明らかなように、本第3実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0116】

(第4実施例)

図10は、本発明の第4実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

40

【0117】

図10において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を約90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

【0118】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備えた両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

【0119】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状

50

の正レンズ L 3 1 と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズ L 3 2 で構成されている。

【 0 1 2 0 】

第4レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側から順に、像面 I 側に非球面を備えた両凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズ L 4 2 で構成されている。

【 0 1 2 1 】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群 G 2 を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【 0 1 2 2 】

また、フィルター群 F L は、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【 0 1 2 3 】

また、開口絞り S は、第2レンズ群 G 2 と第3レンズ群 G 3 の間に配置され、広角端状態 W から望遠端状態 T へのズーミングに際して、像面 I に対して固定されている。

【 0 1 2 4 】

次の表4に、本第4実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 1 2 5 】

(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 =	6.49	~	12.42	~ 18.35
F.NO =	3.46	~	4.04	~ 4.41
2 =	63.44	~	33.20	~ 22.52

「レンズデータ」

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッベ数

1	33.7718	0.80	1.94595	17.98
2	11.7461	2.50		
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71
4	0.0000	0.20		
* 5	13.9344	2.60	1.77377	47.18
6	-27.5986	(d6)		
7	-61.3807	0.90	1.82080	42.71
* 8	8.9234	1.40		
9	-12.0258	0.80	1.81600	46.62
10	11.6524	1.35	1.94595	17.98
11	-97.7336	(d11)		
12	0.0000	0.50		(開口絞り S)
*13	7.7058	1.50	1.68863	52.85
14	-25.9720	0.15		
15	13.8124	1.90	1.65160	58.55
16	-4.5044	0.80	1.83481	42.71
17	9.1795	(d17)		
18	10.2475	2.15	1.58913	61.16
*19	-10.8582	0.10		
20	6.9779	2.15	1.48749	70.23
21	-13.5284	0.80	1.79504	28.54
22	5.9758	(d22)		
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51

10

20

30

40

50

24 0.0000 0.40
 25 0.0000 0.50 1.51633 64.14
 26 0.0000 (Bf)

「非球面データ」

〔第5面〕

C 4	C 6	C 8	C 10
$-1.5628 +5.9482 \times 10^{-5}$	-5.0922×10^{-7}	$+3.3737 \times 10^{-9}$	-3.2731×10^{-11}

〔第8面〕

C 4	C 6	C 8	C 10
$-9.0000 +1.6926 \times 10^{-3}$	-5.7910×10^{-5}	$+6.6386 \times 10^{-7}$	$+9.8033 \times 10^{-8}$

〔第13面〕

C 4	C 6	C 8	C 10
$+0.4479 +1.1451 \times 10^{-4}$	$+2.1327 \times 10^{-5}$	-1.1862×10^{-6}	$+1.2675 \times 10^{-7}$

〔第19面〕

C 4	C 6	C 8	C 10
$-9.0000 -5.6183 \times 10^{-4}$	$+3.8657 \times 10^{-5}$	-1.1222×10^{-6}	$+2.5253 \times 10^{-9}$

「可変間隔データ」

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	20
f 6.4900	12.4198	18.3496	
d6 1.3281	5.1577	7.2028	
d11 6.9247	3.0950	1.0500	
d17 4.7633	2.4074	1.2377	
d22 5.7268	8.0827	9.2525	
Bf 0.5998	0.5997	0.5997	

「条件式対応値」

(1) $n_d 1 = 1.94595$
 (2) $d 1 = 17.98$
 (3) $f 4 / f 3 = 0.85941$
 (4) $n_d p = 1.83481$
 (5) $(-f 2) / f w = 0.97891$
 (6) $f 1 / (-f 2) = 2.50823$

【0126】

図11は、本第4実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を、(b)は中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【0127】

各収差図から明らかなように、本第4実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0128】

(第5実施例)

図12は、第5実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0129】

図12において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を約90度折り曲げることを目的とした直角ブ

リズム P と、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズ L 1 2 から構成されている。

【 0 1 3 0 】

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向け像面 I 側に非球面を備えた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズ L 2 2 から構成されている。

【 0 1 3 1 】

第 3 レンズ群 G 3 は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズ L 3 1 と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズ L 3 2 で構成されている。

10

【 0 1 3 2 】

第 4 レンズ群 G 4 は、光軸に沿って物体側から順に、像面 I 側に非球面を備えた両凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズ L 4 2 で構成されている。

【 0 1 3 3 】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【 0 1 3 4 】

また、フィルター群 F L は、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

20

【 0 1 3 5 】

また、開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の最も物体側に配置され、広角端状態から望遠端状態へのズーミングに際して、像面 I に対して固定である。

【 0 1 3 6 】

次の表 5 に、本第 5 実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 1 3 7 】

(表 5)

「 全体諸元 」

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f = 6.49	~ 13.00	~ 18.35	
F.NO = 3.25	~ 3.92	~ 4.44	
2 = 63.46	~ 31.68	~ 22.52	

30

「 レンズデータ 」

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
1	30.0000	0.80	1.92286	18.90	
2	10.8266	2.76			
3	0.0000	10.50	1.88300	40.76	
4	0.0000	0.20			
* 5	17.6854	2.54	1.77377	47.18	
6	-24.9579	(d6)			
7	49.4226	1.00	1.80610	40.88	
* 8	10.1943	1.32			
9	-11.0741	0.70	1.77250	49.60	
10	8.9104	1.40	1.92286	18.90	
11	66.6471	(d11)			
12	0.0000	0.50		(開口絞り S)	
*13	8.0543	1.33	1.69350	53.20	
14	-23.6288	0.10			
15	14.5229	1.55	1.65160	58.55	

40

50

16	-5.8631	0.70	1.83481	42.71	
17	8.2446	(d17)			
18	9.6258	2.04	1.58913	61.16	
*19	-11.5184	0.10			
20	6.9573	2.15	1.48749	70.23	
21	-18.4789	0.80	1.79504	28.54	
22	5.7682	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	10
26	0.0000	(Bf)			

「非球面データ」

〔第5面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -1.8966 & +3.3740 \times 10^{-5} & -2.5195 \times 10^{-7} & +2.9256 \times 10^{-9} \\ & & & -2.3805 \times 10^{-11} \end{array}$$

〔第8面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ -8.9802 & +1.2224 \times 10^{-3} & -3.6939 \times 10^{-5} & +1.5818 \times 10^{-6} \\ & & & -1.8716 \times 10^{-8} \end{array}$$

〔第13面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ +0.3629 & +2.1443 \times 10^{-5} & +9.5031 \times 10^{-6} & -4.2244 \times 10^{-7} \\ & & & +3.9902 \times 10^{-8} \end{array}$$

〔第19面〕

$$\begin{array}{cccc} C_4 & C_6 & C_8 & C_{10} \\ +5.7565 & +7.8405 \times 10^{-4} & +1.7280 \times 10^{-5} & -2.5355 \times 10^{-7} \\ & & & +2.9997 \times 10^{-8} \end{array}$$

「可変間隔データ」

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	6.4900	12.9997	18.3499	
d6	1.3662	5.9198	7.7019	30
d11	7.3857	2.8321	1.0500	
d17	5.4454	2.6465	1.1000	
d22	6.1696	8.9684	10.5150	
Bf	0.5900	0.5900	0.5900	

「条件式対応値」

- (1) $n_d 1 = 1.92286$
 (2) $d 1 = 18.90$
 (3) $f 4 / f 3 = 0.71550$
 (4) $n_d p = 1.88300$
 (5) $(-f 2) / f w = 1.14409$
 (6) $f 1 / (-f 2) = 2.49132$

【0138】

図13～図15は、本第5実施例にかかるズームレンズのd線(=587.6nm)に対する無限遠合焦点状態における諸収差図であり、図13は広角端状態(f=6.49mm)における諸収差を、図14は中間焦点距離状態(f=13.00mm)における諸収差を、図15は望遠端状態(f=18.35mm)における諸収差をそれぞれ示す。

【0139】

各収差図から明らかなように、本第5実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有

することがわかる。

【0140】

(第6実施例)

図16は、第6実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0141】

図16において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を略90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

【0142】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向け像面I側に非球面を備えた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

【0143】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL32で構成されている。

【0144】

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、像側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL42で構成されている。

【0145】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【0146】

また、フィルター群FLは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【0147】

また、開口絞りSは、第3レンズ群G3の最も物体側に配置され、広角端状態から望遠端状態へのズーミングに際して、像面Iに対して固定である。

【0148】

次の表6に、本第6実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

【0149】

(表6)

「全体諸元」

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f =	6.49	~ 13.00	~ 18.35	
F.NO =	3.28	~ 3.89	~ 4.40	
2 =	63.45	~ 33.20	~ 22.52	

「レンズデータ」

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	24.5000	0.80	1.92286	18.90
2	9.9772	2.95		
3	0.0000	8.50	1.83481	42.71
4	0.0000	0.20		
* 5	16.6000	2.63	1.77377	47.18
6	-24.8401	(d6)		
7	74.7674	1.00	1.82080	42.71
* 8	9.4961	1.39		

10

20

30

40

50

9	-10.0785	0.70	1.78800	47.37	
10	11.0108	1.35	1.92286	18.90	
11	-140.1574	(d11)			
12	0.0000	0.50		(開口絞りS)	
*13	7.2743	1.39	1.69350	53.20	
14	-26.2141	0.15			
15	13.0403	1.59	1.65160	58.55	
16	-5.7472	0.70	1.83481	42.71	
17	7.0000	(d17)			
18	9.8799	1.69	1.58913	61.16	10
*19	-11.2538	0.10			
20	6.8394	2.19	1.48749	70.23	
21	-15.4997	0.80	1.79504	28.54	
22	6.0883	(d22)			
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51	
24	0.0000	0.40			
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14	
26	0.0000	(Bf)			

「非球面データ」

20

〔第5面〕

C 4 C 6 C 8 C 1 0

-1.5215 +3.9133 × 10⁻⁵ -1.9315 × 10⁻⁷ +3.1162 × 10⁻⁹ -3.5747 × 10⁻¹¹

〔第8面〕

C 4 C 6 C 8 C 1 0

-9.0000 +1.4631 × 10⁻³ -4.9164 × 10⁻⁵ +2.1048 × 10⁻⁶ -2.6229 × 10⁻⁸

〔第13面〕

C 4 C 6 C 8 C 1 0

+0.3110 +4.3394 × 10⁻⁵ +1.0663 × 10⁻⁵ -4.6198 × 10⁻⁷ +4.5396 × 10⁻⁸

〔第19面〕

C 4 C 6 C 8 C 1 0

-1.7610 +1.0693 × 10⁻⁴ +6.5769 × 10⁻⁶ -2.4528 × 10⁻⁷ +8.6823 × 10⁻¹⁰

「可変間隔データ」

30

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	6.4900	12.4200	18.3500
d6	1.3733	5.6158	7.7020
d11	7.3787	3.1362	1.0500
d17	5.0253	2.6114	1.1000
d22	5.9477	8.3616	9.8730
Bf	0.6000	0.6000	0.6000

40

「条件式対応値」

(1) n d 1 = 1.92286

(2) d 1 = 18.90

(3) f 4 / f 3 = 0.70338

(4) n d p = 1.83481

(5) (- f 2) / f w = 1.11448

(6) f 1 / (- f 2) = 2.51707

【0 1 5 0】

50

図17～図19は、本第6実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6\text{nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、図17は広角端状態($f = 6.49\text{m}$)における諸収差を、図18は中間焦点距離状態($f = 12.42\text{mm}$)における諸収差を、図19は望遠端状態($f = 18.35\text{mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【0151】

各収差図から明らかなように、本第6実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0152】

(第7実施例)

10

図20は、第7実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【0153】

図20において、第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、光路を略90度折り曲げることを目的とした直角プリズムPと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL12から構成されている。

【0154】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備えた両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL22から構成されている。

20

【0155】

第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL32で構成されている。

【0156】

第4レンズ群G4は、光軸に沿って物体側から順に、像面I側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの貼り合わせからなる負の屈折力の接合レンズL42で構成されている。

30

【0157】

また、無限遠物体から近距離物体への焦点調節は、第2レンズ群G2を光軸に沿って物体側に移動することで行う。

【0158】

また、フィルター群FLは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター等から構成されている。

【0159】

また、開口絞りSは、第3レンズ群G3の最も物体側に配置され、広角端状態から望遠端状態へのズーミングに際して、像面Iに対して固定である。

【0160】

次の表7に、本第7実施例にかかるズームレンズの諸元の値を掲げる。

【0161】

40

(表7)

「全体諸元」

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
$f =$	6.49	~ 12.42	~ 18.35
F.NO =	3.48	~ 4.07	~ 4.44
$2 =$	63.43	~ 33.20	~ 22.52

「レンズデータ」

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッベ数

1 29.3816 0.85 1.94595 17.98

50

2	10.9980	2.45				
3	0.0000	9.00	1.83481	42.71		
4	0.0000	0.20				
* 5	14.0983	2.60	1.77377	47.18		
6	-26.4642	(d6)				
7	-64.2210	0.90	1.82080	42.71		
* 8	9.3699	1.40				
9	-12.3854	0.80	1.81600	46.62		
10	10.6993	1.35	1.94595	17.98		
11	-299.4574	(d11)				10
12	0.0000	0.50		(開口絞りS)		
* 13	7.7797	1.45	1.68863	52.85		
14	-22.4777	0.20				
15	14.8768	1.90	1.64000	60.09		
16	-4.8081	0.80	1.83481	42.71		
17	9.2275	(d17)				
18	9.8310	2.15	1.58913	61.16		
* 19	-11.1803	0.10				
20	7.1100	2.15	1.48749	70.23		
21	-13.1759	0.80	1.79504	28.69		20
22	6.0262	(d22)				
23	0.0000	0.65	1.54437	70.51		
24	0.0000	1.40				
25	0.0000	0.50	1.51633	64.14		
26	0.0000	(Bf)				

「非球面データ」

〔第5面〕

C 4	C 6	C 8	C 10		
-1.5628	$+5.9061 \times 10^{-5}$	-4.2880×10^{-7}	$+6.8266 \times 10^{-10}$	$+2.1560 \times 10^{-11}$	30

〔第8面〕

C 4	C 6	C 8	C 10	
-9.0000	$+1.4768 \times 10^{-3}$	-4.2970×10^{-5}	$+3.4527 \times 10^{-7}$	$+8.8838 \times 10^{-8}$

〔第13面〕

C 4	C 6	C 8	C 10	
$+0.4479$	$+4.1008 \times 10^{-5}$	$+2.5708 \times 10^{-5}$	-2.5079×10^{-6}	$+1.8686 \times 10^{-7}$

〔第19面〕

C 4	C 6	C 8	C 10	
-9.0000	-4.8117×10^{-4}	$+3.5584 \times 10^{-5}$	-1.1993×10^{-6}	$+1.2638 \times 10^{-8}$

40

「可変間隔データ」

広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態	
f	6.4900	12.4198	18.3496
d6	1.3281	5.1578	7.2028
d11	7.0747	3.2450	1.2000
d17	4.7632	2.4074	1.2377
d22	4.6997	7.0555	8.2252
Bf	0.5997	0.5997	0.5997

「条件式対応値」

50

(1) $n_d 1 = 1.94595$
 (2) $d 1 = 17.98$
 (3) $f 4 / f 3 = 0.85941$
 (4) $n_d p = 1.83481$
 (5) $(- f 2) / f w = 0.97868$
 (6) $f 1 / (- f 2) = 2.50823$

【 0 1 6 2 】

図 2 1 ~ 図 2 3 は、本第 7 実施例にかかるズームレンズの d 線 ($= 587.6 \text{ mm}$) に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、図 2 1 は広角端状態 ($f = 6.49 \text{ mm}$) における諸収差を、図 2 2 は中間焦点距離状態 ($f = 12.42 \text{ mm}$) における諸収差を、図 2 3 は望遠端状態 ($f = 18.35 \text{ mm}$) における諸収差をそれぞれ示す。

10

【 0 1 6 3 】

各収差図から明らかなように、本第 7 実施例にかかるズームレンズは、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 1 6 4 】

以上説明したように、本発明によれば、固体撮像素子等を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等に適したズームレンズであって、ズームレンズを配置する場所が限られた際に使用することが可能な、小型で優れた結像性能を有する屈曲ズームレンズを実現することができる。

20

【 0 1 6 5 】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【 0 1 6 6 】

なお、本実施形態の 4 群構成のレンズ系は、最も像面側に一つのレンズ群を付加して、5 群構成のレンズ系とすることも可能である。この場合、付加する第 5 レンズ群は、正の屈折力を有するものと負の屈折力を有するものとの両方が採用可能である。付加する第 5 レンズ群は、ズーミングの際に固定でも可動でも良い。5 群構成のレンズ系は、第 3 レンズ群と第 5 レンズ群との少なくとも一方をシフトレンズ群として光軸に略直交方向にシフトさせることとしても良い。

【 0 1 6 7 】

30

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。また、前記合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モーター等の）モーター駆動にも適している。特に第 2 レンズ群または第 4 レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【 0 1 6 8 】

また、本実施形態のズームレンズは、第 3 レンズ群をシフトレンズ群としたが、他のレンズ群または部分群をシフトレンズ群としても良い。本実施形態のズームレンズは、第 3 レンズ群をズーミングの際の固定群としているので、第 3 レンズ群をシフトレンズ群とするのが好ましいが、第 2 レンズ群をシフトレンズ群としても良い。また、シフトレンズ群は、少なくとも 2 枚の単レンズを有していれば良く、2 枚の単レンズを接合した一つの接合レンズを有するのが好ましい。

40

【 0 1 6 9 】

また、レンズ面を非球面としても構わない。また、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。

【 0 1 7 0 】

また、各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜が施され、フレアやゴーストを軽減し高いコントラストの高い光学性能を達成できる。

【 0 1 7 1 】

50

なお、上述の実施の形態は例に過ぎず、上述の構成や形状に限定されるものではなく、本発明の範囲内において適宜修正、変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0172】

【図1】本発明の実施の形態にかかるズームレンズを搭載する光学装置である電子スチルカメラを示し、(a)は正面図を、(b)は背面図をそれぞれ示す。

【図2】図1(a)のA-A'線に沿った断面図であり、本発明の実施の形態にかかるズームレンズの配置の概要を示している。

【図3】本発明の各実施例にかかるズームレンズの屈折力配分および広角端状態Wから望遠端状態Tへの焦点距離状態の変化における各レンズ群の移動の様子を示す図である。

【図4】本発明の第1実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図5】本第1実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差を、(b)は中間焦点距離状態($f = 13.00 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【図6】本発明の第2実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図7】本第2実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差を、(b)は中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【図8】本発明の第3実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図9】本第3実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差を、(b)は中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【図10】本発明の第4実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図11】本第4実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態における諸収差図であり、(a)は広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差を、(b)は中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差を、(c)は望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差をそれぞれ示す。

【図12】本願の第5実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図13】本第5実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図14】本第5実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、中間焦点距離状態($f = 13.00 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図15】本第5実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図16】本願の第6実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図17】本第6実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図18】本第6実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図19】本第6実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

10

20

30

40

50

【図20】本願の第7実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を光軸に沿って展開して示す図である。

【図21】本第7実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、広角端状態($f = 6.49 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図22】本第7実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、中間焦点距離状態($f = 12.42 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

【図23】本第7実施例にかかるズームレンズのd線($= 587.6 \text{ nm}$)に対する無限遠合焦状態での、望遠端状態($f = 18.35 \text{ mm}$)における諸収差図を示す。

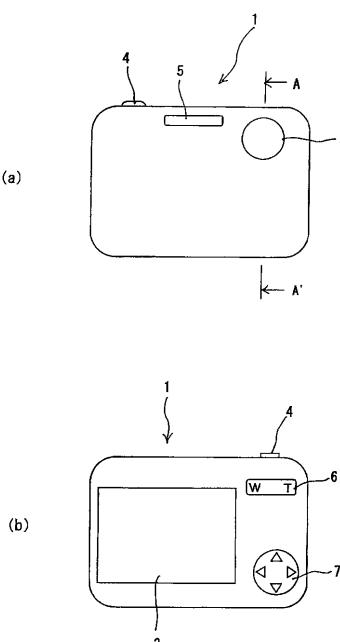
【符号の説明】

【0173】

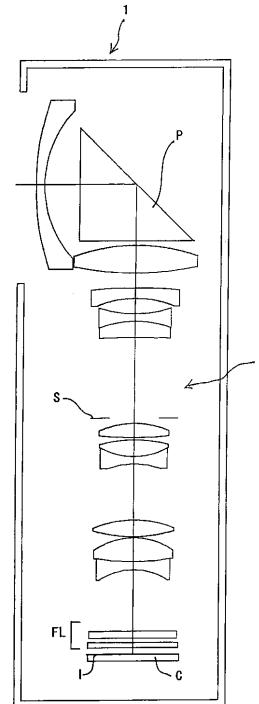
10

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
P	光路折り曲げ用光学素子(直角プリズム)
FL	フィルタ群
S	開口絞り
I	像面

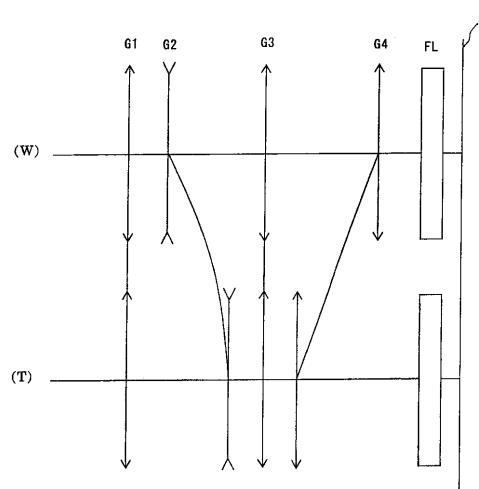
【図1】



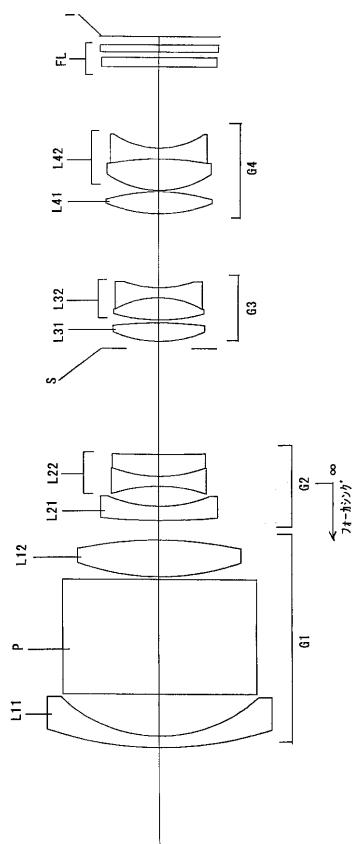
【図2】



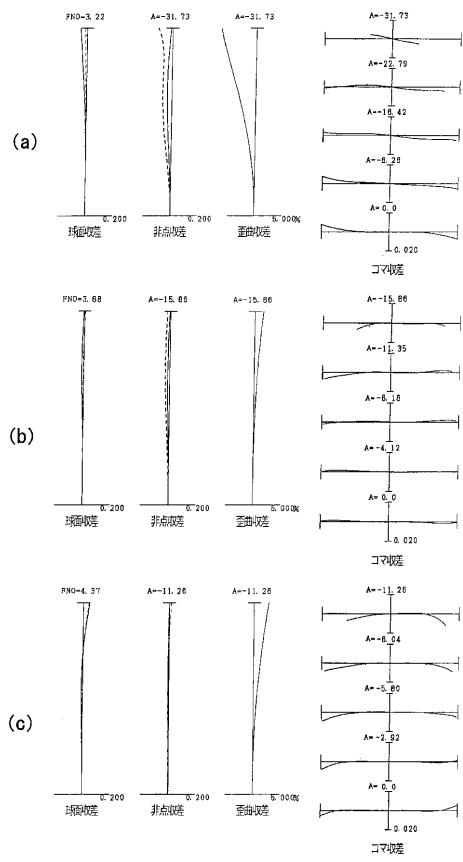
【図3】



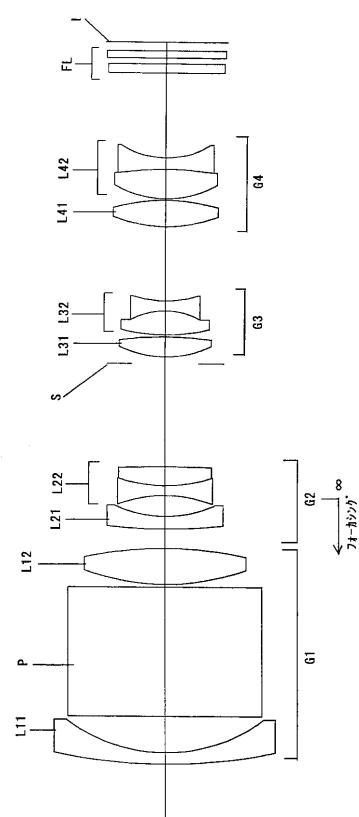
【図4】



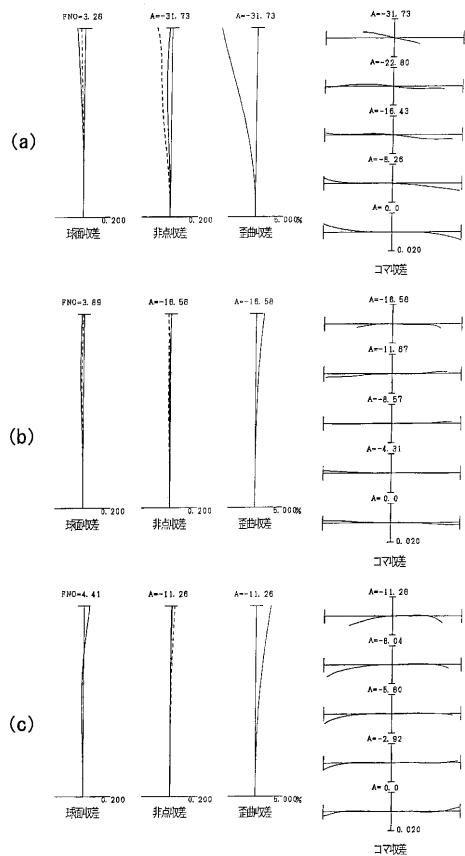
【図5】



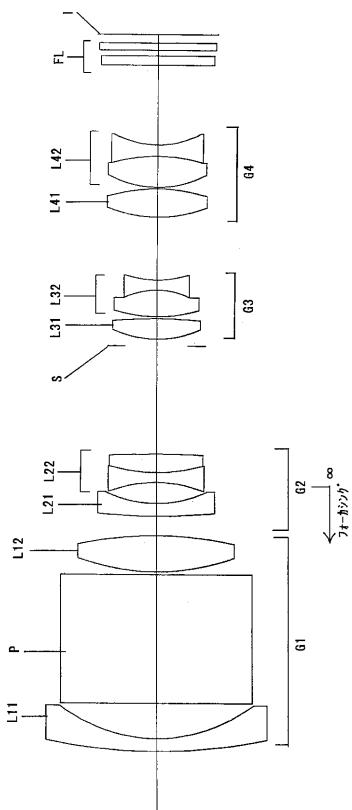
【図6】



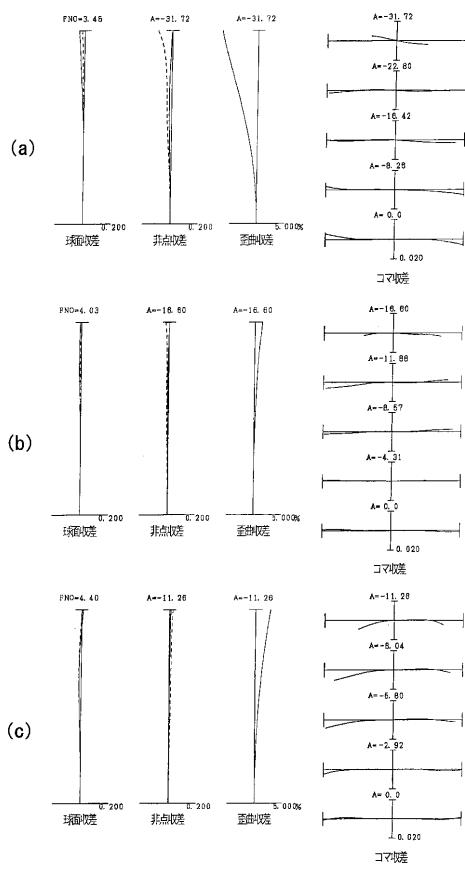
【図7】



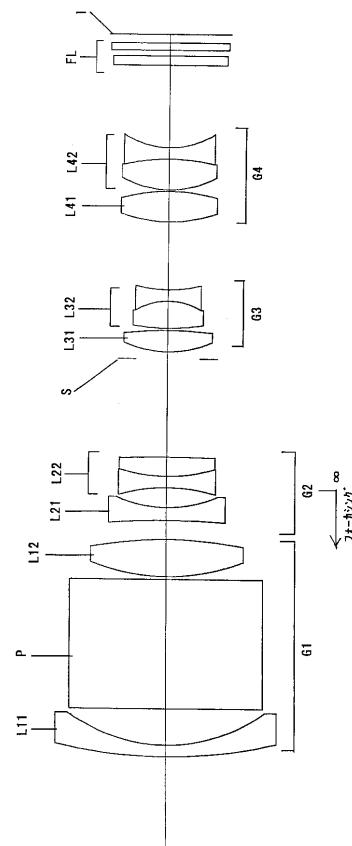
【図8】



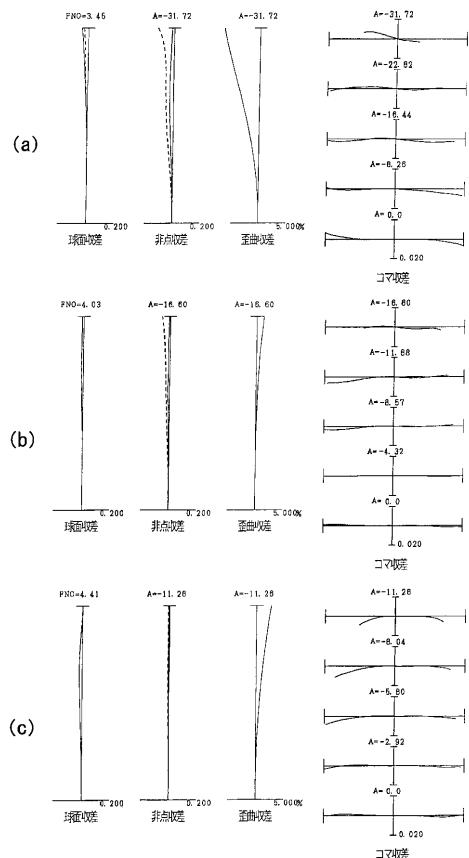
【図9】



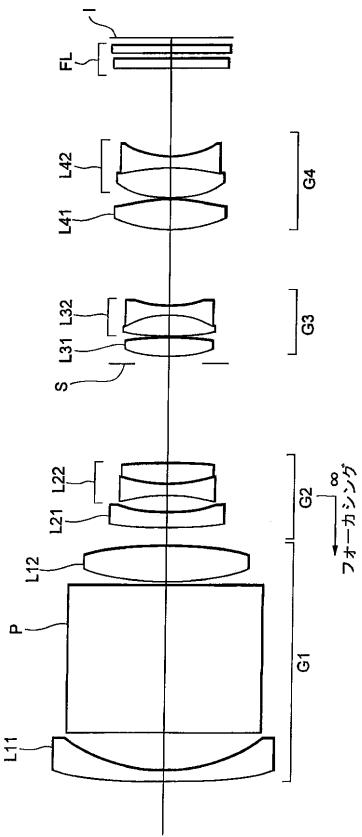
【図10】



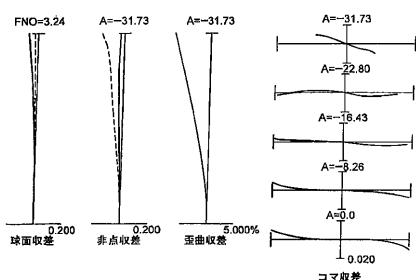
【図11】



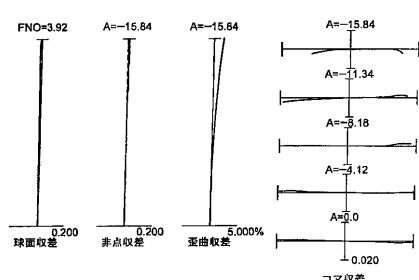
【図12】



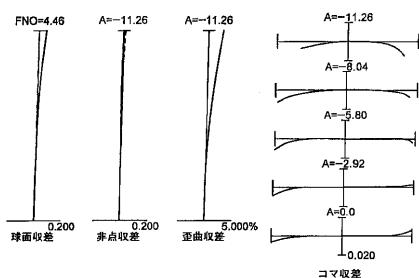
【図13】



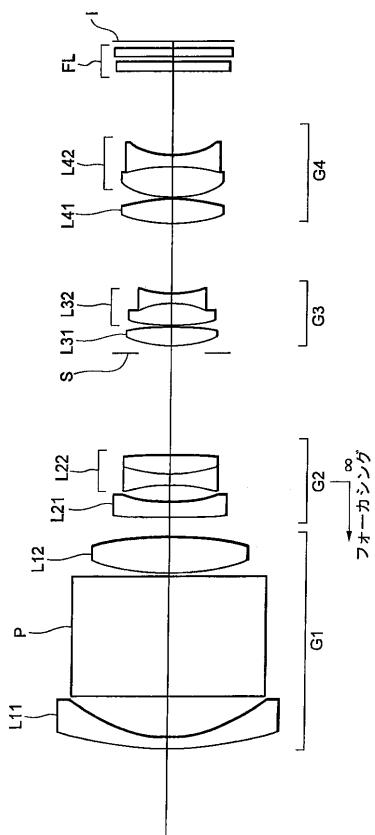
【図14】



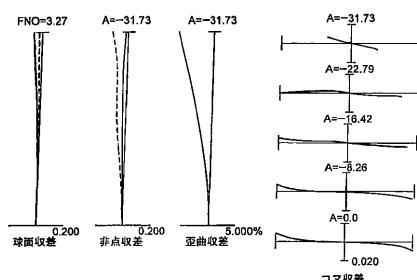
【図15】



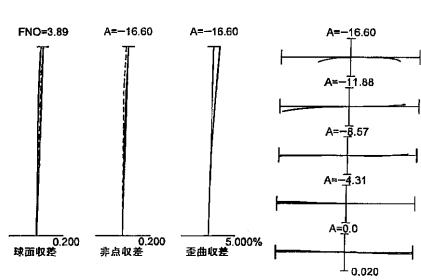
【図16】



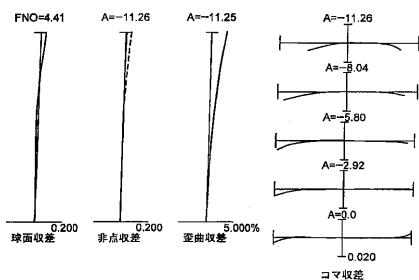
【図17】



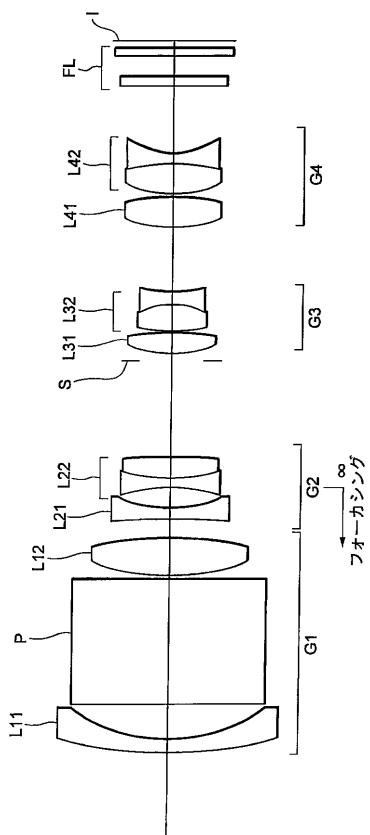
【図18】



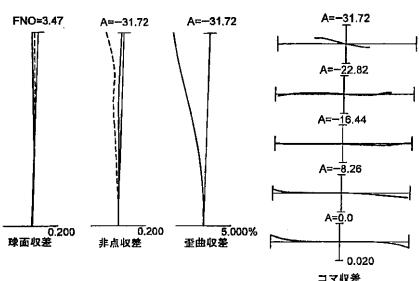
【図19】



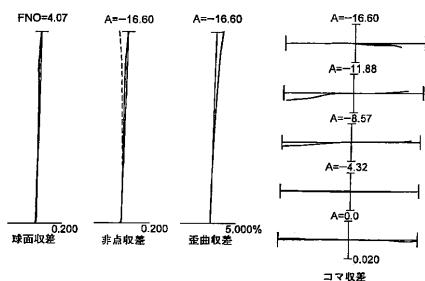
【図20】



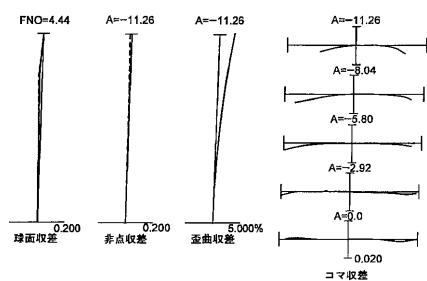
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8