

(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2009-192598

(P2009-192598A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 15/16 (2006.01)	G O 2 B 15/16	2 H 0 8 7
G O 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	5 C 1 2 2
H O 4 N 5/225 (2006.01)	H O 4 N 5/225 D	
H O 4 N 5/232 (2006.01)	H O 4 N 5/232 A	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-30298 (P2008-30298)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成20年2月12日 (2008.2.12)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100086818
			弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	山崎 真司
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		F ターム (参考)	2H087 KA01 MA15 PA08 PA09 PA20
			PB11 PB12 QA02 QA07 QA17
			QA21 QA25 QA34 QA42 QA45
			RA05 RA12 RA13 RA32 RA42
			RA43 SA23 SA27 SA29 SA32
			SA63 SA65 SA72 SA74 SB05
			SB14 SB22 SB23 SB34
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

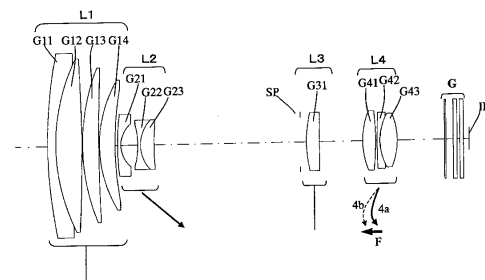
(57) 【要約】

【課題】 高ズーム比としつつ、全ズーム範囲で無限遠物点から近距離物体に至る物体距離全体において高い光学性能が得られる小型なズームレンズを得ること。

【解決手段】 物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、ズームングに際して該第2、第4レンズ群が移動し、該第3レンズ群が不動のズームレンズであって、

広角端における全系の焦点距離 f_w 、該第3レンズ群の焦点距離 f_3 、望遠端における空気換算長でのバックフォーカス bft を各々適切に設定したこと。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群を有し、

ズーミングに際して該第 2、第 4 レンズ群が移動し、該第 3 レンズ群が不動のズームレンズであって、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、望遠端における空気換算長でのバックフォーカスを bft とするとき、

$$10.0 < f_3 / f_w < 26.0$$

$$1.2 < bft / f_w < 3.5$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項 2】

前記第 3 レンズ群は非球面形状の面を有する正レンズを含む 1 枚以上の正レンズを有し、該非球面形状の面を有する正レンズの焦点距離を f_{3asp} とするとき、

$$8.0 < f_{3asp} / f_w < 30.0$$

なる条件式を満足す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 レンズ群は非球面形状の面を有する 1 枚の正レンズ又は非球面形状の面を有する正レンズと球面より成る正レンズの 2 枚のレンズから成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。

20

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群は 3 枚以上の正レンズを有し、該第 1 レンズ群に含まれる正レンズの材料の平均アッベ数を vd_1 とするとき、

$$58 < vd_1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1、2、又は 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群は、1 枚以上の負レンズを有し、このうち 1 つの負レンズの材料の屈折率を nd_2 とするとき

$$1.9 < nd_2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 6】

前記第 4 レンズ群は非球面形状の面を有する正レンズを含む 1 枚以上の正レンズを有し、該非球面形状の面を有する正レンズの焦点距離を f_{4asp} とするとき

$$4.5 < f_{4asp} / f_w < 10$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

40

【数 1】

$$-0.40 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.15$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

ズーミングに際して不動の開口絞りを有し、前記第 1 レンズ群はズーミングに際して不動であり、物体側の第 1 レンズ面から像面までの距離を OAL 、該開口絞りから像面までの距離を $OALs$ とするとき、

50

$$2. \ 0 < OAL / OALs < 2.8$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群は物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズと正レンズとの接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズより成り、

前記第 2 レンズ群は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、両凹形状の負レンズと物体側の面が凸形状の正レンズとの接合レンズより成り、

前記第 4 レンズ群は、両凸形状の正レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズと両凸形状の正レンズの接合レンズにより成ること、
を特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有していることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、ビデオカメラ、監視カメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩写真用カメラ等の撮像装置用の撮影レンズとして好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。

【0003】

そしてそれに用いる撮影光学系としてレンズ全長が短く、コンパクトでしかも高ズーム比のズームレンズであることが要求されている。

【0004】

これらの要求を満足するズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第 1～第 4 レンズ群より成る 4 群ズームレンズが知られている。

【0005】

このうち、第 2 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 4 レンズ群にて変倍に伴う像面変動を補正すると共に、フォーカシングを行う所謂リアフォーカスタイプの 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 1～4）。

【特許文献 1】特許 2002-182109 号公報

【特許文献 2】特開 2002-287027 号公報

【特許文献 3】特許 2000-89116 号公報

【特許文献 4】特開 2000-227548 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ズームレンズにおいて上述のようなリアフォーカス方式を採用すると、第 1 レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 レンズ群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になる。しかしその反面、フォーカスの際の収差変動が多くなり、無限遠物点から近距離物体に至る物体距離全体にわたり高い光学性能を得るのが困難になってしまう。

【0007】

従って、ズームレンズを小型で且つ高ズーム比化するためには、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力そして各レンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要となる。

【0008】

特に、前述したリアフォーカス式の4群ズームレンズにおいては、第3レンズ群のレンズ構成や全系のバックフォーカスなどを適切に設定することが重要となっている。

【0009】

本発明は、これらの課題を解決するために、高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、

ズーミングに際して該第2、第4レンズ群が移動し、該第3レンズ群が不動のズームレンズであって、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第3レンズ群の焦点距離を f_3 、望遠端における空気換算長でのバックフォーカスを bft とすると、

$$10.0 < f_3 / f_w < 26.0$$

$$1.2 < bft / f_w < 3.5$$

なる条件式を満足することによって特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、高ズーム比としつつ、全ズーム範囲で無限遠物点から近距離物体に至る物体距離全体において高い光学性能が得られる小型なズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有している。

【0014】

ズーミングに際して該第2、第4レンズ群が移動し、該第3レンズ群が不動である。

【0015】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。

【0016】

図2、図3、図4はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。

【0017】

図5は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6、図7、図8はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0018】

図9は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図10、図11、図12はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0019】

図13は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図14、図15、図16はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0020】

図 17 は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0021】

図 18 は本発明のズームレンズを備えるビデオカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0022】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系であり、レンズ断面図において、左方が被写体側で、右方が像側（後方）である。

【0023】

各実施例のズームレンズをプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

レンズ断面図において、L1 は正の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第 1 レンズ群、L2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、L3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、L4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。SP は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L3 の物体側に位置している。

【0024】

G は光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学ブロックである。

【0025】

IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が、銀塩フィルム用カメラの撮像光学系として使用する際にはフィルム面に相当する。

【0026】

収差図において、d、g は各々 d 線及び g 線、 ΔM 、 ΔS はメリディオナル像面、サジタル像面を表している。F は F ナンバー、 ω は撮影半画角である。

【0027】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群（第 2 レンズ群 L2）が機構上光軸上移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0028】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように、第 2 レンズ群 L2 を像側へ移動させて変倍を行うと共に、変倍に伴う像面変動を第 4 レンズ群 L4 を物体側に凸状の軌跡を有するよう移動させて補正している。

【0029】

また、第 4 レンズ群 L4 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリアフォーカスタイプを採用している。第 4 レンズ群 L4 に関する実線の曲線 4a と点線の曲線 4b は、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。このように第 4 レンズ群 L4 を物体側へ凸状の軌跡とすることで第 3 レンズ群 L3 と第 4 レンズ群 L4 との間の空気の有効利用を図り、レンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0030】

又、望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印 F に示すように第 4 レンズ群 L4 を前方に繰り出すことで行っている。

【0031】

尚、第 1 レンズ群 L1 と第 3 レンズ群 L3、そして開口絞り SP は、ズーミング及びフォーカスの為には光軸方向に移動しない。但し収差補正上必要に応じ移動させても良い。

【0032】

又、各実施例において第 1 レンズ群 L1 の物体側又は／及び第 4 レンズ群 L4 の像側に、必要に応じて屈折力のあるレンズ群を配置しても良い。

【0033】

各実施例では、広角端における全系の焦点距離を f_w 、第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、望遠端における空気換算長でのバックフォーカスを bft とする。このとき

10

20

30

40

50

$$10.0 < f_3 / f_w < 26.0 \quad \dots (1)$$

$$1.2 < bft / f_w < 3.5 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足している。

【0034】

条件式(1)、(2)は全系が小型で高ズーム比のズームレンズを得るためのものである。

【0035】

条件式(1)の上限値を超えて第3レンズ群L3の焦点距離が長くなると、第3レンズ群L3の正の屈折力の負荷が軽くなり収差補正上は好ましくなる。しかしながらレンズ全長(第1レンズ面から像面までの長さ)を抑えるために第4レンズ群L4のパワーを大きく(強く)する必要がある。そうするとズーム全域における収差変動を抑えることが困難になってしまう。

10

【0036】

加えて、第3レンズ群L3の焦点距離が長くなれば第4レンズ群L4のレンズ有効径が大きくなり、全系が大型化してくる。更に第4レンズ群L4でフォーカスするときのアクチュエータの負荷が大きくなってくるので好ましくない。

【0037】

また、条件式(1)の下限値を超えて第3レンズ群L3の焦点距離が短くなると、正の屈折力の負担が大きくなり良好な光学性能を得るのが難しくなる。

【0038】

特に広角端において球面収差が悪化してくる。さらに、ズーム全域において収差補正をバランス良く維持するのが困難になってくる。

20

【0039】

条件式(2)は、バックフォーカス(ガラスブロックG等の屈折力のない光学部材を除去したときの最終レンズ面から像面までの空気換算での距離)の長さを適切に設定するためのものである。

【0040】

高ズーム比のリアフォーカスタイプにおいては、望遠端において第4レンズ群が最も像面側に位置することになるので、望遠端においてバックフォーカスを必要な長さとなるようにする必要がある。

30

【0041】

条件式(2)の上限を超えて、バックフォーカスが長くなりすぎると第1レンズ群L1から像面までの距離が拡大してしまい第1レンズ群L1の有効径が増大し、全系の小型化が難しくなる。

【0042】

さらには、第3レンズ群L3から第4レンズ群L4への光束の発散が大きくなり、第4レンズ群L4の有口径が大型化してきて、ズーミングの際の像面補正や合焦を行う際のアクチュエータの負荷が大きくなってくる。

【0043】

それと同時に第4レンズ群L4の移動時の収差変動も大きくなる。また、条件式(2)の下限を超えるとバックフォーカスが短くなりすぎてしまい、光学フィルター等を入れるスペースを確保するのが難しくなる。

40

【0044】

条件式(1)、(2)の数値範囲に関しては、それぞれ以下の如く設定すると更に好ましい。

【0045】

$$10.5 < f_3 / f_w < 23.0 \quad \dots (1a)$$

$$1.5 < bft / f_w < 2.5 \quad \dots (2a)$$

各実施例では、以上説明したように各レンズ群を構成することにより、ズーム比40倍程度の高ズーム比を得ている。更にズーム全域で諸収差が良好に補正され、かつFナンバ

50

ーが1.65程度と大口径比のリアフォーカスタイプのズームレンズを実現している。

【0046】

本発明の初期の目的とするズームレンズは、以上のような構成を満足することにより実現されるが、更に高ズーム比を維持しつつ光学性能を良好に維持するためには、以下の条件のうち少なくとも1つを満足することが望ましい。

【0047】

第3レンズ群L3は非球面形状の面を有する正レンズを含む1枚以上の正レンズG3pを有し、非球面形状の面を有する正レンズG3pの焦点距離を f_{3asp} とする。

【0048】

第1レンズ群L1は3枚以上の正レンズを有し、第1レンズ群L1に含まれる正レンズの材料の平均アッベ数を v_{d1} とする。

10

【0049】

第2レンズ群L2は、1枚以上の負レンズを有し、このうち1つの負レンズG2nの材料の屈折率を n_{d2} とする。

【0050】

第4レンズ群L4は非球面形状の面を有する正レンズG4pを含む1枚以上の正レンズを有し、非球面形状の面を有する正レンズG4pの焦点距離を f_{4asp} とする。

【0051】

望遠端における全系の焦点距離を f_t 、第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 とする。

【0052】

20

物体側の第1レンズ面から像面までの距離をOAL、開口絞りSPから像面までの距離をOALsとする。

【0053】

このとき、

$$8.0 < f_{3asp} / f_w < 30.0 \quad \dots\dots (3)$$

$$5.8 < v_{d1} \quad \dots\dots (4)$$

$$1.9 < n_{d2} \quad \dots\dots (5)$$

$$4.5 < f_{4asp} / f_w < 10 \quad \dots\dots (6)$$

【0054】

【数1】

30

$$-0.40 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.15 \quad \dots\dots (7)$$

【0055】

$$2.0 < OAL / OALs < 2.8 \quad \dots\dots (8)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。但し距離OALsは最終レンズ面から像面までの間にパワーのないガラスブロックがないとしたときの値である。

【0056】

次の前述の各条件式の技術的意味を説明する。条件式(3)は第3レンズ群L3中の非球面形状の面を有する正レンズG3pの焦点距離に関する。

【0057】

40

条件式(3)の上限を超えると、正レンズG3pの屈折力が小さくなり第3レンズ群L3の小型化が困難になってくる。

【0058】

また下限を超えて、正レンズG3pの屈折力が大きくなりすぎると、諸収差、特に球面収差が悪化してくる。さらに、非球面の成形における製造敏感度が高くなり諸収差における敏感度に強く影響してくる。

【0059】

この結果、非球面の成形に求められる精度が上がり製造が難しくなり、又レンズの組み立てによる精度も厳しくなってくるので好ましくない。

【0060】

50

なお非球面形状を有するレンズに関してはガラス材料の他に、ガラス材料より成る球面レンズの面上に樹脂材料で非球面を形成した（非球面成分を乗せた）ハイブリッドタイプのレンズやプラスチック成形の非球面レンズを用いても良い。

【0061】

条件式（3）の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0062】

$$10.0 < f_{3asp} / f_w < 25 \quad \dots\dots (3a)$$

条件式（4）は、第1レンズ群L1中の正レンズの材料の平均アッベ数に関する。

【0063】

条件式（4）はズーム全域において軸上色収差を良好に補正するための条件である。条件式（4）の下限を超えるとズーム全域において軸上色収差の補正が不十分なものとなり、特に望遠端における軸上色収差を良好に補正することが困難となる。

【0064】

条件式（4）の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0065】

$$60 < v_{d1} \quad \dots\dots (4a)$$

条件式（5）は第2レンズ群L2における、負レンズG2nの材料の屈折率に関する。

【0066】

条件式（5）の下限値を超えて負レンズG2nの材料の屈折率が小さくなると、ペッツパール和が負の方向に大きくなり像面がオーバーとなるため良くない。

【0067】

条件式（5）の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0068】

$$1.95 < n_{d2} \quad \dots\dots (5a)$$

条件式（6）は第4レンズ群L4における非球面形状の面を有する正レンズG4pの焦点距離に関する。

【0069】

条件式（6）の上限を超えて、正レンズG4pの焦点距離が長くなる（パワーが弱まる）と、ズーミングおよびフォーカスによる移動量が大きくなってしまい、全系が大型化してくるので良くない。

【0070】

条件式（6）の下限を超えて、正レンズG4pの焦点距離が短くなる（パワーが強まる）と、ズーミングおよびフォーカスに際して球面収差やコマ収差等の変動が大きくなってくるので良くない。

【0071】

なお非球面形状の面を有するレンズに関してはガラス材料の他に、ガラス材料より成る球面レンズの面上に樹脂材料で非球面を形成した（非球面成分を乗せた）ハイブリッドタイプのレンズやプラスチック成形のレンズを用いても良い。

【0072】

条件式（6）の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0073】

$$5.5 < f_{4asp} / f_w < 8.5 \quad \dots\dots (6a)$$

条件式（7）は第2レンズ群L2の焦点距離すなわち屈折力を規定する。条件式（7）の上限値を超えて第2レンズ群L2の焦点距離が長くなる（パワーが弱まる）と、所望のズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量が大きくなり、レンズ全長及び前玉径が増大してくるので良くない。

【0074】

また、条件式（7）の下限値を超えて、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなる（パワーが強まる）と、レンズ系全体の小型化には有利となるが、ペッツパール和が負の方向に大きくなってしまい像面がオーバーとなり好ましくない。

【0075】

条件式(7)の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0076】

【数2】

$$-0.35 < f_2 / \sqrt{(f_w \times f_t)} < -0.20 \dots (7a)$$

【0077】

条件式(8)はレンズ系の第1レンズ面から像面までの距離と、開口絞りから像面までの距離の比に関する。

【0078】

10

条件式(8)の上限を超えると、開口絞りSPから像面までの距離が短くなってしまい第4レンズ群L4でのフォーカスにおいて無限遠物体から至近物体までのフォーカス範囲が限定されてしまい好ましくない。

【0079】

さらに、開口絞りSPから第1レンズ群L1までの距離が長くなる傾向となり、第1レンズ群L1の第1レンズG11の有効径が大きくなり小型化が難しくなる。

【0080】

条件式(8)の下限を超えると、開口絞りSPから像面までの距離が長くなる傾向となり、第4レンズ群L4の有効径が大きくなり高重量となる。そうすると、リアフォーカスタイプとして第4レンズ群L4でフォーカスするとき、迅速なフォーカス動作が難しくなる。

20

【0081】

条件式(8)の数値範囲に関しては、以下の如く設定すると更に好ましい。

【0082】

$$2.1 < OAL / OAL_s < 2.7 \dots (8a)$$

尚第3レンズ群L3は非球面形状の面を有する1枚の正レンズG3pから構成するのが良い。

【0083】

これは、正の屈折力の第3レンズ群L3において、非球面を使用すると広角端において球面収差を良好に補正するのが容易となる。また非球面を採用することによるレンズ枚数を削減することができる。

30

【0084】

このため第3レンズ群L3を1枚の正レンズG3pで構成し、第3レンズ群L3の小型化を図るのが良い。

【0085】

尚、良好なる収差補正のためにはレンズG3pに設ける非球面形状を片面だけでなく両面とするのが良い。

【0086】

又、第3レンズ群L3を非球面形状の面を有する正レンズG3pと1つの正レンズの2枚の正レンズで構成しても良く、これによれば諸収差の補正が更に容易になる。

【0087】

40

次に各実施例のレンズ構成について説明する。以下、レンズ構成は特に断りがない限り、物体側から像側へ順に配置されている順に説明する。

【0088】

実施例1～4のズームレンズは次のレンズ構成より成っている。

【0089】

第1レンズ群は物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11と正レンズとの接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG13、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG14より成っている。

【0090】

これにより、色収差および球面収差を良好に補正している。なお、第1レンズ群の正レ

50

ンズG12, 正レンズG13および正レンズG14においては、色収差をさらに良好なものとするために、商品名S-FPL51やS-FPL53(OHARA製)などの超低分散ガラスを使用するのが良い。

【0091】

第2レンズ群は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG21、両凹形状の負レンズG22と物体側の面が凸形状の正レンズG23との接合レンズより成っている。これによりズーミングに伴う収差変動を良好に補正している。

【0092】

実施例1~3では第3レンズ群L3は正レンズG31より成っている。図13の実施例4では正レンズG31と正レンズG32より成っている。このとき正レンズG31の両レン

10

【0093】

ズ面は非球面形状とし、レンズ自体のパワーを大きくしないことにより敏感度を上げることなく収差を効果的に補正している。

【0094】

非球面形状はレンズ中心からレンズの周辺にいくにしたがって正の屈折力が弱くなる形状としている。つまり、正レンズG31のパワーを適切に設定することにより、正レンズG31を両面とも非球面形状として良好に収差を補正している。更に第2レンズ群L2からの発散光束径を広げることなく(第4レンズ群L4が大型化しないように)射出している。

20

【0095】

また各実施例においては、開口絞りSPは第3レンズ群L3の物体側に設定しているが、これに限らずズーミングにおいて独立に移動させたり、第3レンズ群L3の中や像面側に設定しても良い。

【0096】

第4レンズ群は、両凸形状の正レンズG41、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG42と両凸形状の正レンズG43の接合レンズにより成っている。このとき正レンズG41の両レンズ面は非球面形状である。これにより第4レンズ群L4でフォーカスするときの収差の変動を少なくしている。

【0097】

以上のように、各実施例によればレンズ全系を小型化し、高ズーム比にも関わらず高い光学性能を有したズームレンズが得られる。

30

【0098】

この他、リアフォーカス方式を採用しつつ、ズーム比が40倍程度と高ズーム比でかつ広角端から望遠端に至るズーム領域全般にわたり、良好なる光学性能を有したズームレンズが得られる。

【0099】

又、ズーム比が約40倍と高いにも関わらず、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、かつ広角端のFナンバーが1.65程度の大口径比のズームレンズが得られる。

40

【0100】

次に、各実施例に対応する数値実施例を示す。各数値実施例においてiは物体側からの面の順序を示し、Riは第i番目の面(第i面)の曲率半径、diは第i面と第i+1面との間隔、Ni、viはそれぞれd線を基準とした屈折率、アッペ数を示す。

【0101】

又、ズーム比が約40倍と高いにも関わらず、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、かつ広角端のFナンバーが1.65程度の

【0102】

また、各数値実施例において最も像側の2面は光学ブロックGに相当する平面である。また、k、B、C、D、Eは非球面係数である。

50

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。

【0103】

また、例えば「E-Z」の表示は「10-Z」を意味する。

【0104】

又、前述の各条件式と各数値実施例との関係を（表1）に示す。

【0105】

実施例1

i	Ri	di	Ni	vi	
1	99.207	1.70	1.80518	25.4	10
2	41.142	5.45	1.48749	70.2	
3	-325.945	0.17			
4	43.541	3.40	1.48749	70.2	
5	298.330	0.17			
6	26.891	3.25	1.60311	60.6	
7	65.488	(可変)			
8	50.090	0.70	2.00060	25.5	
9	5.971	3.51			
10	-17.285	0.60	1.58313	59.4	20
11	7.690	2.80	1.92286	18.9	
12	43.001	(可変)			
13	(絞り)	1.30			
14*	22.573	2.70	1.58313	59.4	
15*	215.489	(可変)			
16*	15.337	2.70	1.58313	59.4	
17*	-53.052	0.33			
18	123.556	0.60	1.84666	23.8	
19	11.628	3.60	1.51742	52.4	
20	-15.274	(可変)			30
21	∞	0.30	1.51400	70.0	
22	∞	1.51			
23	∞	0.80	1.54400	60.0	
24	∞	0.60			
25	∞	0.75	1.49000	70.0	
26	∞				

【0106】

【表 1】

非球面係数

	K	B	C	D	E
14*	7.355E-02	-8.726E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15*	7.226E+02	-6.549E-05	4.120E-07	0.000E+00	0.000E+00
16*	-1.294E+00	-4.795E-05	1.775E-07	2.179E-09	-3.479E-11
17*	-3.432E+01	3.512E-06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

各種データ ズーム比 39.48

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.41	34.67	134.48
F ナンバー	1.65	2.24	5.13
半画角	33.45	3.71	0.96
像高	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	87.5	87.5	87.5
BF	14.45	20.31	5.87

20

間隔

d7	0.52	23.56	29.32
d12	30.50	7.46	1.70
d15	9.06	3.30	17.61
d20	9.94	15.70	1.38

【 0 1 0 7 】

実施例2

i	Ri	di	Ni	v i
1	50.493	1.65	1.84666	23.4
2	30.309	5.42	1.51633	64.1
3	294.807	0.20		
4	31.866	3.50	1.48749	70.2
5	126.658	0.20		
6	37.603	2.73	1.696797	55.5
7	62.948	(可変)		
8	76.728	0.70	2.0033	28.3
9	6.529	3.47		
10	-22.254	0.60	1.669979	39.3
11	7.455	2.13	1.92286	18.9
12	68.866	(可変)		
13	(絞り)	1.11		
14*	23.853	1.97	1.583126	59.4
15*	-500.000	(可変)		
16*	20.088	2.90	1.583126	59.4
17*	-49.325	0.35		
18	475.741	0.65	1.92286	18.9
19	21.567	3.34	1.603112	60.6
20	-17.600	(可変)		
21	∞	0.30	1.514	70.0

30

40

50

22	∞	1.51		
23	∞	1.78	1.544	60.0
24	∞	0.60		
25	∞	0.75	1.49	70.0
26	∞			

【 0 1 0 8 】

【表 2】

非球面係数

	K	B	C	D	E
14*	1.886E+00	-9.412E-05	-1.924E-06	0.000E+00	0.000E+00
15*	0.000E+00	-4.069E-05	-1.588E-06	-1.767E-09	0.000E+00
16*	-1.127E+00	-1.920E-06	-1.776E-07	-5.067E-09	5.419E-11
17*	0.000E+00	9.379E-05	-4.655E-07	0.000E+00	0.000E+00

10

各種データ ズーム比 38.90

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.50	31.50	136.15
F ナンバー	1.67	1.86	5.38
半画角	32.74	4.09	0.95
像高	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	87.2	87.2	87.2
BF	13.73	18.42	5.70

20

間隔

d7	0.60	24.30	30.52
d12	32.37	8.67	2.44
d15	9.62	4.99	18.52
d20	8.42	13.05	0.50

30

【 0 1 0 9 】

実施例3

i	Ri	di	Ni	v i
1	91.145	1.70	1.84666	23.4
2	37.812	5.20	1.51633	64.1
3	-1579.582	0.20		
4	39.279	3.76	1.51633	64.1
5	488.340	0.20		
6	26.082	2.87	1.69680	55.5
7	55.834	(可変)		
8	47.213	0.70	2.00060	25.5
9	6.200	3.49		
10	-20.205	0.60	1.69350	53.2
11	7.195	2.96	1.92286	18.9
12	63.590	(可変)		
13	(絞り)	0.61		

40

50

14*	44.069	2.70	1.58313	59.4
15*	2684.252	(可変)		
16*	15.178	2.70	1.58313	59.4
17*	-57.162	0.35		
18	151.323	0.60	1.84666	23.8
19	13.724	3.31	1.60311	60.6
20	-17.477	(可変)		
21	∞	0.30	1.51400	70.0
22	∞	1.51		
23	∞	0.80	1.54400	60.0
24	∞	0.60		
25	∞	0.70	1.49000	70.0
26	∞			

10

【0 1 1 0】

【表 3】

非球面係数

	K	B	C	D	E
14*	-3.259E+00	-2.098E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15*	2.630E+05	-1.921E-04	8.548E-07	0.000E+00	0.000E+00
16*	-2.213E+00	-1.787E-05	2.311E-07	-7.668E-09	7.300E-11
17*	3.454E+01	6.617E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

20

各種データ ズーム比 39.49

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.37	30.37	133.14
F ナンバー	1.65	2.00	5.13
半画角	33.72	4.24	0.97
像高	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	86.9	86.9	86.9
BF	15.43	19.33	5.95

30

間隔

d7	0.53	20.83	25.90
d12	26.78	6.48	1.40
d15	12.18	8.28	21.62
d20	10.95	14.84	1.50

40

【0 1 1 1】

実施例4

i	Ri	di	Ni	v i
1	101.610	1.70	1.80518	25.4
2	41.262	5.45	1.48749	70.2
3	-325.945	0.17		
4	43.324	3.40	1.48749	70.2
5	759.715	0.17		
6	27.052	3.25	1.60311	60.6

50

7	64.453	(可変)		
8	54.592	0.70	2.00060	25.5
9	5.983	3.51		
10	-18.302	0.60	1.58313	59.4
11	7.635	2.80	1.92286	18.9
12	40.197	(可変)		
13	(絞り)	1.30		
14*	37.580	2.69	1.58313	59.4
15*	215.489	0.50		
16	22.721	1.47	1.48749	70.2
17	47.528	(可変)		
18*	14.960	2.79	1.58313	59.4
19*	-52.509	0.33		
20	263.451	0.60	1.84666	23.8
21	13.117	3.60	1.51742	52.4
22	-16.817	(可変)		
23	∞	0.30	1.51400	70.0
24	∞	1.51		
25	∞	0.80	1.54400	60.0
26	∞	0.60		
27	∞	0.75	1.49000	70.0
28	∞			

10

20

【0 1 1 2】

【表4】

非球面係数

	K	B	C	D	E
14*	7.355E-02	-5.614E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
15*	7.226E+02	-5.758E-05	1.438E-07	8.105E-09	-8.501E-11
18*	-7.443E-01	-1.160E-04	-1.361E-07	-3.897E-09	-3.075E-10
19*	5.277E+01	2.264E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

30

各種データ ズーム比 38.17

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.56	35.16	135.90
Fナンバー	1.68	2.22	5.01
半画角	32.30	3.66	0.95
像高	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	88.2	88.2	88.2
BF	14.69	20.47	5.77

間隔

d7	0.51	22.86	28.44
d12	29.52	7.16	1.60
d17	8.43	2.62	17.48
d22	10.21	16.03	1.16

40

【0 1 1 3】

【表 5】

(表 1)

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	$f3/fw$	12.6	11.2	22.8	11.7
条件式(2)	bft/fw	1.72	1.63	1.77	1.62
条件式(3)	$f3asp/fw$	12.6	11.2	22.8	21.8
条件式(4)	$\nu d1$	67.0	63.3	61.2	67.0
条件式(5)	$nd2$	2.00069	2.00330	2.00069	2.00069
条件式(6)	$f4asp/fw$	6.1	7.1	6.2	5.7
条件式(7)	$f2/\sqrt{(fw \times ft)}$	-0.28	-0.30	-0.28	-0.27
条件式(8)	$OAL/OALs$	2.5	2.6	2.3	2.4

10

【0114】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施例を図17を用いて説明する。

【0115】

図17において、20はカメラ本体、21は実施例1～4で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。

20

【0116】

22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。

【0117】

24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

【0118】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラ（光学機器）の実施例を図18を用いて説明する。

30

【0119】

図18において、10はビデオカメラ本体、11は実施例1～4で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。

【0120】

12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。13は固体撮像素子12によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録する記録手段である。

【0121】

14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダである。

【0122】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

40

【0123】

このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0124】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの広角端における諸収差図

【図3】実施例1のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図

50

- 【図 4】 実施例 1 のズームレンズの望遠端における諸収差図
- 【図 5】 実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図
- 【図 6】 実施例 2 のズームレンズの広角端における諸収差図
- 【図 7】 実施例 2 のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図
- 【図 8】 実施例 2 のズームレンズの望遠端における諸収差図
- 【図 9】 実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図
- 【図 10】 実施例 3 のズームレンズの広角端における諸収差図
- 【図 11】 実施例 3 のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図
- 【図 12】 実施例 3 のズームレンズの望遠端における諸収差図
- 【図 13】 実施例 4 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図
- 【図 14】 実施例 4 のズームレンズの広角端における諸収差図
- 【図 15】 実施例 4 のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図
- 【図 16】 実施例 4 のズームレンズの望遠端における諸収差図
- 【図 17】 本発明のズームレンズをデジタルカメラに適用したときの要部概略図
- 【図 18】 本発明のズームレンズをビデオカメラに適用したときの要部概略図
- 【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

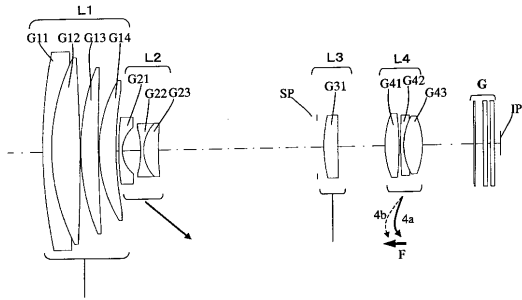
- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- L 3 第 3 レンズ群
- L 4 第 4 レンズ群
- S P 絞り
- I P 結像面
- G ガラスブロック
- d d 線
- g g 線
- ΔM メリディオナル像面
- ΔS サジタル像面
- ω 半画角
- F F ナンバー

10

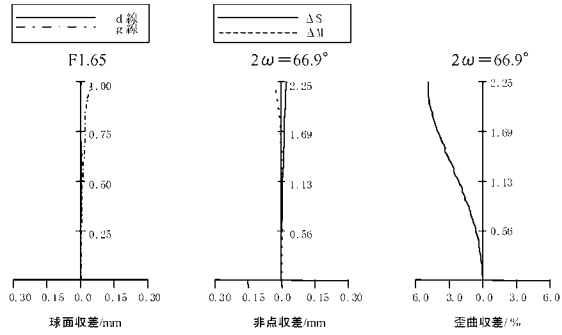
20

30

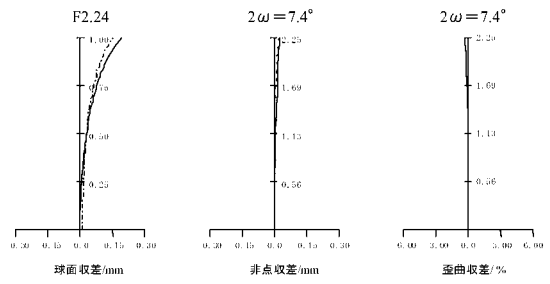
【図 1】



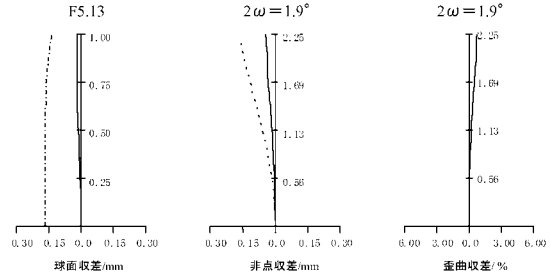
【図 2】



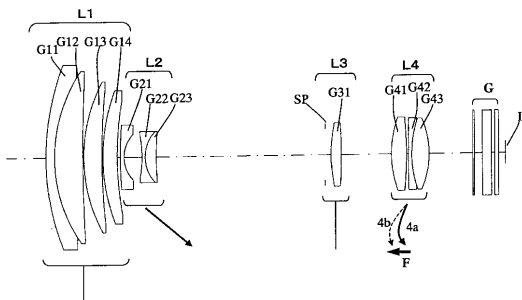
【図 3】



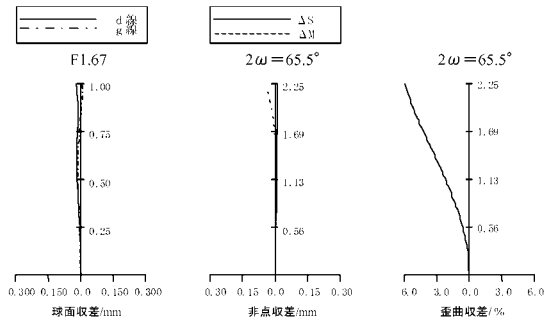
【図 4】



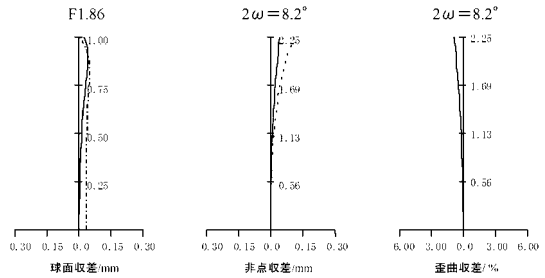
【図 5】



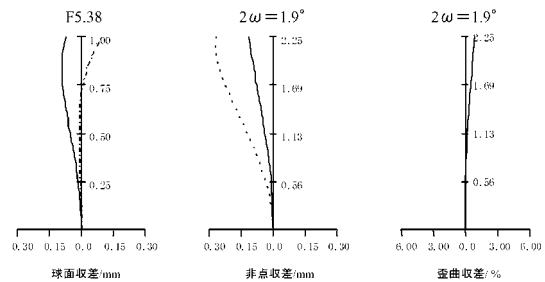
【図 6】



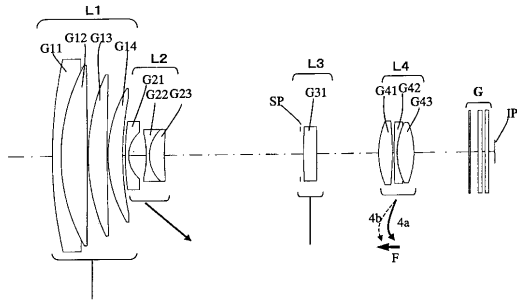
【図 7】



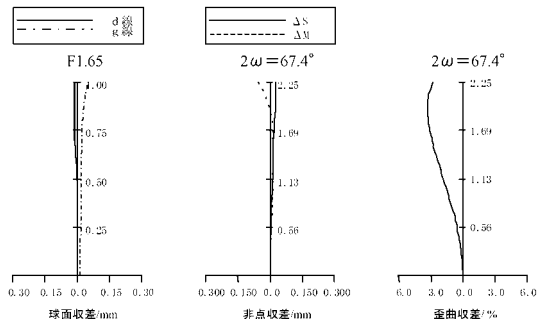
【図 8】



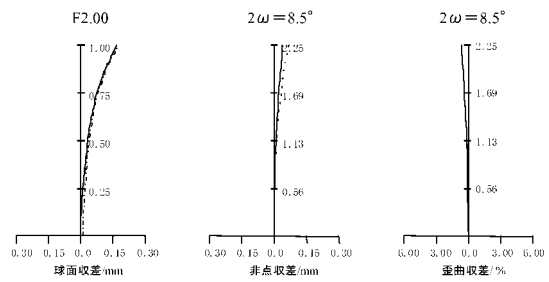
【図 9】



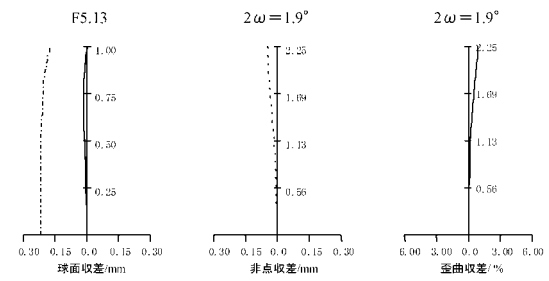
【図 10】



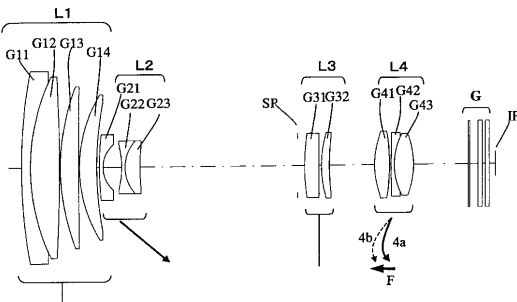
【図 11】



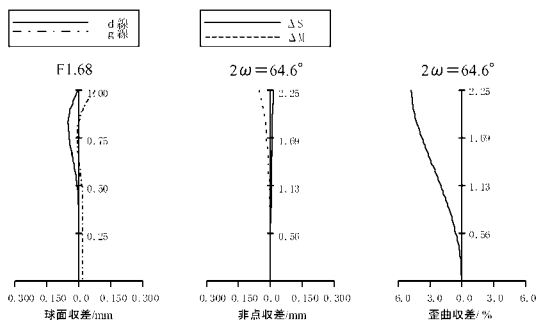
【図 12】



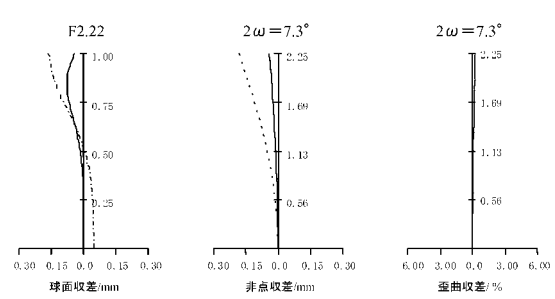
【図 13】



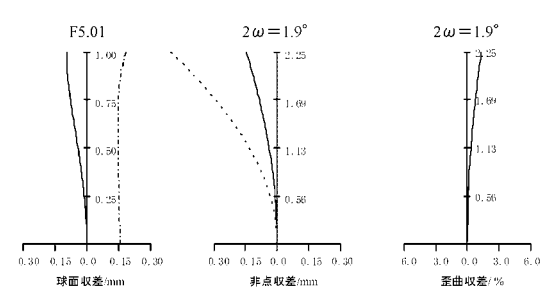
【図 14】



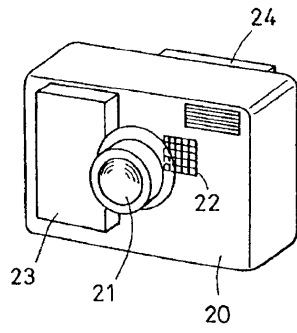
【図 15】



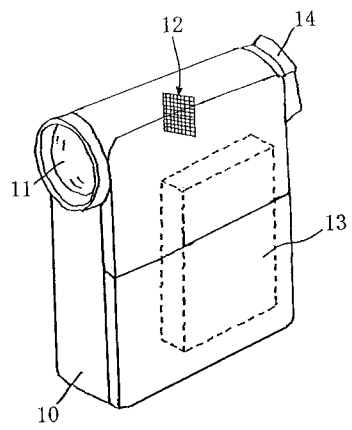
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C122 DA02 DA03 DA04 DA11 EA54 FB03 FB08 FC01 FC02 FE02
HB06 HB10