

(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2010-72052

(P2010-72052A)

(43) 公開日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 15/16 (2006.01)

F 1

G 0 2 B 15/16

テーマコード (参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2008-236320 (P2008-236320)
 (22) 出願日 平成20年9月16日 (2008.9.16)

(71) 出願人 000001007
 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 PA10 PA19 PB12
 QA02 QA07 QA17 QA21 QA25
 QA37 QA41 QA45 RA05 RA12
 RA13 RA32 RA42 RA43 SA23
 SA27 SA29 SA32 SA63 SA65
 SA72 SA74 SB04 SB15 SB24
 SB33

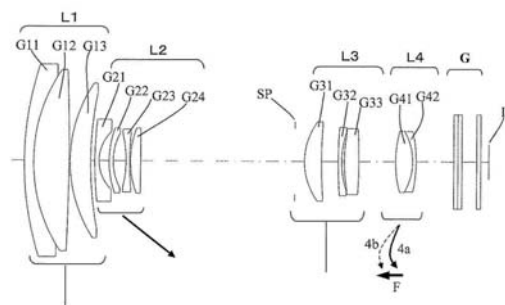
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 広画角で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能で全系が小型の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レンズ群および第4レンズ群が移動するズームレンズであって、該第2レンズ群は、光軸方向に連続して独立に配置される3枚以上の負レンズと、1枚以上の正レンズを有し、該第3レンズ群は最も物体側に正レンズを有し、広角端における全系の焦点距離 f_w 、該第2、第3レンズ群の焦点距離 f_2 、 f_3 、該第3レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離 f_{31} を各々適切に設定すること。

【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 レンズ群および第 4 レンズ群が移動するズームレンズであって、

該第 2 レンズ群は、光軸方向に連続して独立に配置される 3 枚以上の負レンズと、

1 枚以上の正レンズを有し、

該第 3 レンズ群は最も物体側に正レンズを有し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第 2、第 3 レンズ群の焦点距離を各々 f_2 、 f_3 、該第 3 レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離を f_{31} とするとき

$$\begin{aligned} 0.65 &< f_{31} / f_3 < 1.05 \\ -1.80 &< f_2 / f_w < -1.35 \\ 3.50 &< f_3 / f_w < 5.60 \end{aligned}$$

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 2 レンズ群の広角端と望遠端における結像倍率をそれぞれ β_{2w} 、 β_{2t} とするとき、

$$18.0 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 40.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

20

【請求項 3】

第 3 レンズ群の最も物体側の正レンズは、物体側の面が凸でメニスカス形状であり、該正レンズの物体側の面の曲率半径を R_{31} 、該正レンズの厚さを D_{31} とするとき

$$2.8 < R_{31} / D_{31} < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群に含まれる少なくとも 1 つの正レンズの材料のアッベ数を v_{2p} 、屈折率を N_{2p} とするとき、

$$\begin{aligned} v_{2p} &< 24.0 \\ 1.82 &< N_{2p} \end{aligned}$$

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 のズームレンズ。

30

【請求項 5】

第 3 レンズ群は、物体側から像側へ順に、非球面を有する正レンズ、負レンズ、非球面を有する正レンズから構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は物体側から像側へ順に、物体側の面が凸でメニスカス形状の 2 つの負レンズ、両レンズ面が凹形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズより構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 7】

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を接合した接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズより構成され、前記第 4 レンズ群は、両凸形状の正レンズと負レンズとを接合した接合レンズにより構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項のズームレンズ。

40

【請求項 8】

請求項 1 から 7 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】

50

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に用いる撮影レンズとして好適なものである。

【背景技術】

【0002】

固体撮像素子を用いたビデオカメラ、監視用カメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に用いる撮影光学系には、広画角・高ズーム比で高い光学性能を有したズームレンズであることが要求されている。

【0003】

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。

【0004】

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1～6）。

【特許文献1】特開2007-148340号公報

【特許文献2】特開平11-23965号公報

【特許文献3】特開2002-182109号公報

【特許文献4】特開2002-287027号公報

【特許文献5】特開2000-89116号公報

【特許文献6】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】

【0005】

近年ビデオカメラや監視用カメラ等の撮像装置に使用されるズームレンズには、全系が小型で、広画角化（広角化）かつ高ズーム比（高倍率化）であり、ズーム全域において高い光学性能を有していることが要望されている。

【0006】

全系の小型化を実現するためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めるのが良い。しかしながら、単に各レンズ群の屈折力を強めると、ズミングに伴う収差変動が大きくなり、全ズーム範囲にわたり良好な光学性能を得ることが難しくなってくる。

【0007】

また、ズームレンズにおいて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。

【0008】

さらに小型のレンズ群を移動させて変倍およびフォーカスを行うことになるので、レンズ群の駆動力が小さくて済み迅速なフォーカスが可能となる等の特徴がある。

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くる。

【0009】

前述したリアフォーカスタイプの4群ズームレンズにおいて全系の小型化を維持しながら広画角化を図るには変倍用の負の屈折力の第2レンズ群のレンズ構成を適切に配置するのが重要になってくる。

【0010】

特に第2レンズ群の屈折力や第2レンズ群を構成する負レンズの数、そして負レンズの形状や配置等を適切に設定することが重要になってくる。

【0011】

第2レンズ群を構成する各レンズのレンズ形状や配置が不適切であると、所定のズーム

10

20

30

40

50

比を確保しつつ全系の小型化を図るのが困難となり、またズーミングに伴う諸収差の変動が増大し高い光学性能を得るのが難しくなる。

【 0 0 1 2 】

これらの理由から、前述したリアフォーカスタイプの 4 群ズームレンズにおいて高い光学性能を維持しつつ広画角化と全系の小型化を図るには、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力、各レンズ群内のレンズ構成を適切に設定することが重要となる。

【 0 0 1 3 】

特に所定のズーム比を確保しつつ、全系の小型化を実現するためには、第 2 レンズ群および第 3 レンズ群の屈折力やレンズ構成等を適切に設定することが重要となる。

【 0 0 1 4 】

本発明は、広画角化で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能で、全系が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】

【 0 0 1 5 】

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 レンズ群および第 4 レンズ群が移動するズームレンズであって、

該第 2 レンズ群は、光軸方向に連続して独立に配置される 3 枚以上の負レンズと、
1 枚以上の正レンズを有し、

該第 3 レンズ群は最も物体側に正レンズを有し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第 2、第 3 レンズ群の焦点距離を各々 f_2 、 f_3 、該第 3 レンズ群の最も物体側の正レンズの焦点距離を f_{31} とするとき

$$0.65 < f_{31} / f_3 < 1.05$$

$$-1.80 < f_2 / f_w < -1.35$$

$$3.50 < f_3 / f_w < 5.60$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、広画角で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能で全系が小型の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】

【 0 0 1 7 】

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。

【 0 0 1 8 】

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、正の第 4 レンズ群を有している。

【 0 0 1 9 】

ズーミングに際して、第 2 レンズ群および第 4 レンズ群が移動する。フォーカスに際しては第 4 レンズ群が移動する。

【 0 0 2 0 】

第 1 レンズ群の物体側又は第 4 レンズ群の像側の少なくとも一方にコンバーターレンズ等の屈折力のあるレンズ群が配置される場合もある。

【 0 0 2 1 】

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。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。

【 0 0 2 2 】

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、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

10

20

30

40

50

差図である。

【 0 0 2 3 】

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、図 1 0、図 1 1、図 1 2 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。

【 0 0 2 4 】

図 1 3 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、図 1 4、図 1 5、図 1 6 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。

【 0 0 2 5 】

図 1 7 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。

【 0 0 2 6 】

図 1 8 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。

【 0 0 2 7 】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において、左方が被写体側（物体側）（前方）で、右方が像側（後方）である。

【 0 0 2 8 】

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ても良く、このときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

【 0 0 2 9 】

レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。

【 0 0 3 0 】

実施例 1 ~ 4 のレンズ断面図において、 L_1 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、 L_2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、 L_3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、 L_4 は正または負の屈折力の第 4 レンズ群である。

【 0 0 3 1 】

各レンズ群中において G_{ij} は第 i レンズ群 L_i の第 j 番目の第 ij レンズである。

【 0 0 3 2 】

各実施例のレンズ断面図において、 SP は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L_3 の物体側に位置している。

【 0 0 3 3 】

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。 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。

【 0 0 3 4 】

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 は半画角である。非点収差、歪曲の収差図では 2ω として示しているが、光軸からの画角は ω となる。

【 0 0 3 5 】

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 L_2 ）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。

【 0 0 3 6 】

実施例 1 ~ 4 は物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L_1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 、正の屈折力の第 3 レンズ群 L_3 、正の屈折力の第 4 レンズ群 L_4 より

10

20

30

40

50

構成される４群ズームレンズである。

【００３７】

そして広角端から望遠端のズーム位置へズームングに際して矢印の如く第２レンズ群Ｌ２を像側へ移動させて変倍を行っている。そして、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の一部を有しつつ移動させて補正している。

【００３８】

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式を採用している。第４レンズ群Ｌ４の実線の曲線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広角端から望遠端のズーム位置へのズームングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。

10

【００３９】

実施例１～４において、例えば望遠端のズーム位置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。

【００４０】

尚、実施例１～４において第１レンズ群Ｌ１と第３レンズ群Ｌ３と開口絞りＳＰはズームング及びフォーカスのためには不動である。但し収差補正上、必要に応じてこれらを移動させても良い。

【００４１】

各実施例において、第２レンズ群Ｌ２は、光軸方向に連続して独立に配置される３枚以上の負レンズと、１枚以上の正レンズを有している。

20

【００４２】

第３レンズ群Ｌ３は最も物体側に第３１正レンズＧ３１を有している。

【００４３】

広角端における全系の焦点距離を f_w 、第２、第３レンズ群Ｌ２、Ｌ３の焦点距離を各々 f_2 、 f_3 、第３レンズ群Ｌ３の最も物体側の第３１正レンズＧ３１の焦点距離を f_{31} とする。このとき

$$0.65 < f_{31} / f_3 < 1.05 \dots (1)$$

$$-1.80 < f_2 / f_w < -1.35 \dots (2)$$

$$3.50 < f_3 / f_w < 5.60 \dots (3)$$

30

なる条件式を満足している。

【００４４】

条件式（１）～（３）は広画角で、ズーム全域において良好な光学性能を得るためのものである。

【００４５】

条件式（１）は、第３レンズ群Ｌ３全体の焦点距離すなわち屈折力に対し第３レンズ群Ｌ３の最も物体側の第３１正レンズＧ３１の屈折力を適切に設定するためのものである。

【００４６】

条件式（１）の上限値を超えて、第３レンズ群Ｌ３の最も物体側の第３１正レンズＧ３１の焦点距離が大きく（屈折力が小さく）なると、諸収差の補正が不十分となってしまう。またレンズ全長が増大し、全系が大型化してくるので好ましくない。

40

【００４７】

条件式（１）の下限値を超えて、第３レンズ群Ｌ３の最も物体側の第３１正レンズＧ３１の焦点距離が小さく（屈折力が大きく）なると、球面収差をはじめとする諸収差の発生が大きくなっていくので好ましくない。さらにはズーム全域における諸収差の変動を抑えることが困難になってくる。

【００４８】

条件式（２）は、広角端における全系の屈折力に対し第２レンズ群Ｌ２の屈折力を適切に設定するためのものである。

【００４９】

50

条件式(2)の上限値を超えて、第2レンズ群L2の屈折力が大きくなるとレンズ系の小型化には有利となるが、ペッツバル和が負の方向に大きくなってしまい、像面の平坦性が崩れてくるので好ましくない。

【0050】

条件式(2)の下限値を超えて、第2レンズ群L2の屈折力が小さくな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、レンズ全長および前玉径が増大してくるので好ましくない。

【0051】

条件式(3)は、広角端における全系の屈折力に対し第3レンズ群L3の屈折力を適切に設定するためのものである。

10

【0052】

条件式(3)の上限値を超えて第3レンズ群L3の屈折力が小さくなると、第3レンズ群L3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のパワーを大きくする必要がある。そうするとズーム全域の収差変動を抑えることが困難になってくる。

【0053】

条件式(3)の下限値を超えて第3レンズ群L3の屈折力が大きくなると、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。特に広角端において球面収差が悪化し、ズーム全域における収差補正のバランスを良好に維持することが困難になってくる。

20

【0054】

尚、各実施例において更に好ましくは条件式(1)、(2)、(3)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0055】

$$\begin{aligned} 0.75 &< f_{31}/f_3 < 1.00 && \cdots (1a) \\ -1.60 &< f_2/f_w < -1.40 && \cdots (2a) \\ 3.9 &< f_3/f_w < 5.0 && \cdots (3a) \end{aligned}$$

さらに、好ましくは条件式(1a)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0056】

$$0.785 < f_{31}/f_3 < 0.950 \quad \cdots (1b)$$

30

各実施例では、以上のような構成とすることにより、半画角で約30°となる広画角化を実現し、ズーム全域で諸収差が良好に補正されたズームレンズを得ている。

【0057】

更に、広角端におけるFナンバーが1.6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。

【0058】

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、高ズーム比を維持しつつ更に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。

【0059】

40

第2レンズ群L2の広角端と望遠端における結像倍率をそれぞれ β_{2w} 、 β_{2t} とする。

【0060】

第3レンズ群L3の最も物体側の第31正レンズG31は、物体側の面が凸でメニスカス形状であり、第31正レンズG31の物体側の面の曲率半径を R_{31} 、第31正レンズG31の厚さ(光軸上)を D_{31} とする。

【0061】

第2レンズ群L2に含まれる少なくとも1つの正レンズの材料のアッベ数を v_{2p} 、屈折率を N_{2p} とする。

【0062】

50

このとき

$$18.0 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 40.0 \quad \dots (4)$$

$$2.8 < R_{31} / D_{31} < 5.0 \quad \dots (5)$$

$$v_{2p} < 24.0 \quad \dots (6)$$

$$1.82 < N_{2p} \quad \dots (7)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0063】

条件式(4)は、第2レンズ群L2の広角端から望遠端へのズームングに際しての結像倍率の変動範囲を規定するためのものである。条件式(4)の上限値を超えると、高ズーム比化には有利だが諸収差の補正が困難となってくる。また、条件式(4)の下限値を超えると所望のズーム比(倍率)を確保することが困難となってくる。

10

【0064】

更に好ましくは条件式(4)の数値範囲は、以下の如く設定するのが良い。

【0065】

$$20.0 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 28.0 \quad \dots (4a)$$

条件式(5)は、ズーム全域で諸収差を良好に補正するための第31正レンズG31のレンズ形状を規定している。

【0066】

条件式(5)の上限値を超えると、第31正レンズG31の屈折力が弱まり、球面収差の補正が不十分となり好ましくない。条件式(5)の下限値を超えると、ズーム全域における球面収差のバランスがとれず好ましくない。

20

【0067】

更に好ましくは条件式(5)の数値範囲は、以下の如く設定するのが良い。

【0068】

$$3.0 < R_{31} / D_{31} < 4.2 \quad \dots (5a)$$

条件式(6)、(7)は、変倍作用を担う第2レンズ群L2中の少なくとも1つの正レンズの材料の特性を規定したものである。条件式(6)の上限値を超えると、広角端から望遠端に至るズーム全域における倍率色収差の変動を抑えることが困難となる。

【0069】

条件式(7)の下限値を超えると、第2レンズ群L2の主点位置が像側へ移動し前玉径が増大し、全系の小型化が困難になる。

30

【0070】

更に好ましくは条件式(6)、(7)の数値範囲は、以下の如く設定するのが良い。

【0071】

$$v_{2p} < 20.0 \quad \dots (6a)$$

$$1.90 < N_{2p} \quad \dots (7a)$$

一般に広画角のズームレンズを実現するためには物体側に位置する負レンズ(もしくは負レンズ群)のパワー(屈折力)増大させることが必要である。このとき、正・負・正・正の屈折力のレンズ群より成る4群ズームレンズにおいて、広画角化を図りつつ、レンズ有効径の増大を抑えて小型化を図るには第2レンズ群L2の負の屈折力を増大させるレンズ構成が有利となる。

40

【0072】

そのため、各実施例では第2レンズ群L2のレンズ構成を、物体側から像側へ順に負レンズを3枚以上配置するレンズ構成としている。これにより広画角化を実現させている。

【0073】

このとき第2レンズ群L2を負レンズのみのレンズ構成とすると諸収差の変動が大きくなるので、1以上の正レンズを追加して、第2レンズ群L2全体のパワーのバランスをとったレンズ構成としている。

【0074】

また、第2レンズ群L2において物体側から像側へ順に3以上の負レンズを連続的に配

50

置することにより、広画角化を実現しつつ第2レンズ群L2自体の大きさを極力抑えて、全系の小型化を容易にしている。

【0075】

特に第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、物体側の面が凸でメニスカス形状の2つの負レンズ、両レンズ面が凹形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズより構成している。

【0076】

これによって前述した効果を得ている。

【0077】

また第3レンズ群L3は、物体側から像側へ順に、非球面を有する第31正レンズG31、第32負レンズG32、非球面を有する第33正レンズG33から構成している。

10

【0078】

第3レンズ群L3をこのように構成することによって、広角端において、球面収差と軸上色収差の補正を行い、かつ広角端から望遠端までのズーム全域において像面湾曲を良好に補正している。

【0079】

さらに第3レンズ群L3内において連続しない正レンズの一面を非球面形状とすることにより、球面収差やコマ収差をより効果的に補正している。

【0080】

ここで、連続した正レンズの配置とし、双方の間隔を十分に大きくすれば収差補正に関しては同様の効果が得られるがレンズ全長が増大してくるので好ましくない。

20

【0081】

また第3レンズ群L3は、最も物体側に第31正レンズG31を配置して第2レンズ群L2で発生したおもに球面収差を補正している。

【0082】

また、第31正レンズG31の最も物体側の面を凸形状とすることにより、Fナンバーを決定する開口絞りSPに近い位置での補正を容易とし、適切なパワーを持たせることにより良好な光学性能を得ている。

【0083】

特に軸上光線における光束が支配的なことから球面収差等を良好に補正することが容易となる。さらに、最も物体側の面が凸で非球面形状とすることにより、さらに収差補正を効果的に行っている。

30

【0084】

第1レンズ群L1は物体側の面が凸でメニスカス形状の第11負レンズG11と第12正レンズG12とを接合した接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の第13正レンズG13より構成している。

【0085】

これにより、色収差及び球面収差を良好に補正している。

【0086】

第4レンズ群L4は、両凸形状の正レンズと負レンズとを接合した接合レンズにより構成している。

40

【0087】

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。

【0088】

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。

【0089】

[実施例1(図1)]

第1レンズ群L1は、物体側の面が凸でメニスカス形状の第11負レンズG11、両凸形状の第12正レンズG12、物体側の面が凸でメニスカス形状の第13正レンズG13

50

より成っている。

【 0 0 9 0 】

これにより、第 1 1 負レンズ G 1 1 で発生する諸収差を第 1 2 正レンズ G 1 2、および第 1 3 正レンズ G 1 3 で補正している。

【 0 0 9 1 】

第 2 レンズ群 L 2 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 1 負レンズ G 2 1、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 2 負レンズ G 2 2、両凹形状の第 2 3 負レンズ G 2 3、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 4 正レンズ G 2 4 により成っている。

【 0 0 9 2 】

第 3 レンズ群 L 3 は物体側の面が凸でメニスカス形状の第 3 1 正レンズ G 3 1、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 3 2 負レンズ G 3 2、両凸形状の第 3 3 正レンズ G 3 3 により成っている。

【 0 0 9 3 】

このとき第 3 1 正レンズ G 3 1 の物体側のレンズ面、および第 3 3 正レンズ G 3 3 の物体側のレンズ面は非球面形状であり、これにより広角端における球面収差をはじめズーム全域における諸収差を効果的に補正している。

【 0 0 9 4 】

また、第 3 1 正レンズ G 3 1 と第 3 3 正レンズ G 3 3 の各レンズ面のうち少なくとも 1 つのレンズ面を非球面形状としている。これにより良好に諸収差を補正しつつも、第 2 レンズ群 L 2 からの発散光束径をあまり広げることなく（第 4 レンズ群 L 4 が大型化しないように）射出している。

【 0 0 9 5 】

第 4 レンズ群 L 4 は、両凸形状の第 4 1 正レンズ G 4 1 と像面側の面が凸でメニスカス形状の第 4 2 負レンズ G 4 2 を接合した接合レンズにより成っている。

【 0 0 9 6 】

また、第 4 レンズ群 L 4 に接合レンズを設けることによりズーム全域において軸上および倍率色収差を良好に補正している。

【 0 0 9 7 】

[実施例 2 (図 5)]

第 1 レンズ群 L 1 は、実施例 1 と同じである。

【 0 0 9 8 】

第 2 レンズ群 L 2 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 1 負レンズ G 2 1、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 2 負レンズ G 2 2、両凹形状の第 2 3 負レンズ G 2 3、両凸形状の第 2 4 正レンズ G 2 4 により成っている。

【 0 0 9 9 】

第 3 レンズ群 L 3 は実施例 1 と同じである。

【 0 1 0 0 】

第 4 レンズ群 L 4 は実施例 1 と同じである。

【 0 1 0 1 】

[実施例 3 (図 9)]

実施例 3 は実施例 1 と同じである。

【 0 1 0 2 】

[実施例 4 (図 1 3)]

第 1 レンズ群 L 1 は、実施例 1 と同じである。

【 0 1 0 3 】

第 2 レンズ群 L 2 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 1 負レンズ G 2 1、物体側の面が凸でメニスカス形状の第 2 2 負レンズ G 2 2、両凹形状の第 2 3 負レンズ G 2 3、両凸形状の第 2 4 正レンズ G 2 4 により成っている。

【 0 1 0 4 】

第 3 レンズ群 L 3 は物体側の面が凸でメニスカス形状の第 3 1 正レンズ G 3 1、物体側

10

20

30

40

50

の面が凸でメニスカス形状の第 3 2 負レンズ G 3 2、両凸形状の第 3 3 正レンズ G 3 3 により成っている。

【 0 1 0 5 】

このとき第 3 1 正レンズ G 3 1 の両側のレンズ面、および第 3 3 正レンズ G 3 3 の両側のレンズ面は非球面形状であり、これにより広角端における球面収差をはじめズーム全域における諸収差を効果的に補正している。

【 0 1 0 6 】

また、第 3 1 正レンズ G 3 1 と第 3 3 正レンズ G 3 3 の全てのレンズ面を非球面形状として良好に諸収差を補正しつつも、第 2 レンズ群 L 2 からの発散光束径をあまり広げることなく（第 4 レンズ群 L 4 が大型化しないように）射出している。

10

【 0 1 0 7 】

第 4 レンズ群 L 4 は、実施例 1 と同じである。

【 0 1 0 8 】

なお、実施例 1 ~ 4 において、第 1 2 正レンズ G 1 2 を、第 1 レンズ群 L 1 内での色収差をさらに良好なものとするために、材料に商品名 S - F P L 5 1 や商品名 S - F P L 5 3（（株）O H A R A 社製）などの超低分散ガラスを使用しても良い。

【 0 1 0 9 】

開口絞り S P を第 3 レンズ群 L 3 の物体側に設定しているが、これに限らず光路中のどこに設定しても良い。例えば開口絞り S P を第 3 レンズ群 L 3 の中や像面側に配置しても良い。又、開口絞り S P をズームングに際して他のレンズ群と独立に移動させても良い。

20

【 0 1 1 0 】

ズームレンズを撮像装置に用いたとき、ズームレンズの歪曲収差をはじめとする諸収差を電氣的に補正する電氣的補正手段を利用しても良い。

【 0 1 1 1 】

非球面形状を有するレンズの材料は、ガラス材料に限らずガラス材料より成る球面レンズ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非球面レンズやプラスチック成形より成る非球面レンズを用いても良い。

【 0 1 1 2 】

一部のレンズおよびレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させ、これにより像を光軸と垂直方向に移動させて手ぶれ等の振動に伴う像ぶれを補正しても良い。

30

【 0 1 1 3 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 0 1 1 4 】

以上のように、各実施例によればレンズ全系が小型で、半画角が約 30° と広画角で、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズが得られる。

【 0 1 1 5 】

この他、各実施例によれば、以下のような効果が得られる。

【 0 1 1 6 】

前述の如く各レンズ群のレンズ構成を特定したリアフォーカス方式を採用することにより、全系の小型化を図りつつ、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得ている。

40

【 0 1 1 7 】

第 1 レンズ群 L 1 をズームングのためには不動としているためメカ機構を簡単とすることができる。

【 0 1 1 8 】

第 2 レンズ群 L 2 を前述の如く構成することによって、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、かつ広角端における F ナンバーが 1.6 程度の大口径比を図ることができる。

50

【 0 1 1 9 】

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、 R_i は第 i 番目の面（第 i 面）の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i + 1$ 面との間隔、 N_i 、 v_i はそれぞれ d 線を基準とした屈折率、アッペ数を示す。また、 k 、 B 、 C 、 D 、 E は非球面係数である。

【 0 1 2 0 】

非球面形状は光軸からの高さ h の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして x とするとき

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 + Eh^{10}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。また、例えば「 $e - Z$ 」の表示は「 10^{-2} 」を意味する。

【 0 1 2 1 】

数値実施例 1、4 で像側の 5 つの面、数値実施例 2、3 で像側の 7 つの面はガラスブロックに相当する面である。

【 0 1 2 2 】

前述の各条件式と各数値実施例との関係を（表 1）に示す。

[数値実施例 1]

10

20

i	Ri	di	Ni	ν_i
1	55.155	1.600	1.84666	23.8
2	28.978	6.150	1.60311	60.6
3	-396.314	0.170		
4	25.337	3.500	1.69680	55.5
5	62.366	(可変)		
6	62.322	0.750	1.88300	40.8
7	7.208	1.739		
8	16.946	0.700	1.83400	37.2
9	10.392	2.230		
10	-19.900	0.650	1.72000	50.2
11	59.661	0.143		
12	16.530	1.750	1.92286	18.9
13	3370.896	(可変)		
14	(絞り)	1.650		
15*	11.714	2.950	1.69350	53.2
16	77.864	2.910		
17	84.521	0.600	1.84666	23.8
18	16.567	0.452		
19*	23.342	2.500	1.58313	59.4
20	-100.078	(可変)		
21	20.982	3.000	1.65844	50.9
22	-10.806	0.600	1.84666	23.8
23	-25.367	(可変)		
24	∞	0.700	1.51400	70.0
25	∞	0.700	1.51633	64.1
26	∞	2.600		
27	∞	0.700	1.50000	60.0
28	∞			

10

20

非球面係数

	K	B	C	D	E
15*	-1.00E+00	6.56E-05	2.22E-07	3.28E-09	-5.66E-12
19*	3.41E-01	-1.71E-04	-6.88E-07	-1.13E-08	0.00E+00

各種データ ズーム比 15.6

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.16	26.09	80.75
Fナンバー	1.65	2.87	3.30
半画角	30.17	6.56	2.13
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	79.9	79.9	79.9
BF	11.97	16.83	8.57

30

間隔	広角	中間	望遠
d5	0.711	19.448	26.031
d13	26.830	8.093	1.510
d20	6.356	2.300	10.559
d23	6.600	10.655	2.397

【 0 1 2 3 】

【数 2】

i	Ri	di	Ni	ν_i
1	61.067	1.600	1.84666	23.8
2	30.297	6.002	1.60311	60.6
3	-215.921	0.200		
4	25.275	3.311	1.71300	53.9
5	59.018	(可変)		
6	73.408	0.750	1.88300	40.8
7	7.171	1.938		
8	23.003	0.700	1.84666	23.8
9	13.279	1.926		
10	-24.043	0.650	1.77250	49.6
11	37.971	0.108		
12	16.471	1.805	1.92286	18.9
13	-181.572	(可変)		
14	(絞り)	2.050		
15*	10.833	2.771	1.69350	53.2
16	34.423	4.665		
17	124.516	0.600	1.84666	23.8
18	16.229	0.406		
19*	17.535	1.511	1.58313	59.4
20	-121.944	(可変)		
21	17.004	3.154	1.63854	55.4
22	-14.321	0.600	1.84666	23.8
23	-33.896	(可変)		
24	∞	0.310	1.54400	60.0
25	∞	1.000	1.51400	70.0
26	∞	0.260	1.54400	60.0
27	∞	0.310	1.54400	60.0
28	∞	1.154		
29	∞	0.500	1.49000	70.0
30	∞			

10

20

非球面係数

	K	B	C	D	E
15*	-8.54E-01	6.18E-05	2.66E-07	1.06E-09	4.55E-11
19*	-1.37E+00	-1.56E-04	-6.64E-07	-2.44E-08	0.00E+00

各種データ ズーム比 15.8

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.18	26.36	81.78
Fナンバー	1.65	2.87	3.31
半画角	30.10	6.49	2.10
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	80.2	80.2	80.2
BF	12.22	16.23	7.67

30

間隔	広角	中間	望遠
d5	0.600	19.646	26.338
d13	27.118	8.072	1.380
d20	5.486	1.473	10.033
d23	8.782	12.796	4.235

【 0 1 2 4 】

[数値実施例 3]

【数 3】

i	Ri	di	Ni	ν_i
1	62.395	1.600	1.84666	23.8
2	30.480	6.051	1.60311	60.6
3	-207.268	0.200		
4	25.255	3.306	1.71300	53.9
5	58.693	(可変)		
6	62.427	0.750	1.88300	40.8
7	7.066	2.034		
8	23.199	0.700	1.88300	40.8
9	14.959	1.789		
10	-20.195	0.650	1.71300	53.9
11	50.432	0.091		
12	16.950	1.666	1.92286	18.9
13	1486.433	(可変)		
14	(絞り)	1.950		
15*	10.531	3.036	1.69350	53.2
16	45.790	3.186		
17	177.963	0.600	1.84666	23.8
18	15.765	0.595		
19*	19.774	2.500	1.58313	59.4
20	-135.888	(可変)		
21	17.521	2.878	1.65844	50.9
22	-12.281	0.600	1.84666	23.8
23	-30.482	(可変)		
24	∞	0.310	1.54400	60.0
25	∞	1.000	1.51400	70.0
26	∞	0.260	1.54400	60.0
27	∞	0.310	1.54400	60.0
28	∞	1.154		
29	∞	0.500	1.49000	70.0
30	∞			

10

20

非球面係数

	K	B	C	D	E
15*	-9.46E-01	9.11E-05	2.83E-07	8.00E-09	1.60E-11
19*	-4.59E-01	-2.18E-04	-7.46E-07	-5.05E-08	0.00E+00

各種データ ズーム比 15.8

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.18	26.40	81.78
Fナンバー	1.65	2.87	3.30
半画角	30.10	6.37	2.10
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	80.2	80.2	80.2
BF	11.96	16.02	7.67

30

間隔	広角	中間	望遠
d5	0.6	19.730	26.451
d13	27.22139	8.091	1.370
d20	6.21235	2.150	10.502
d23	8.56027	12.623	4.271

【0 1 2 5】

[数値実施例 4]

【数 4】

i	Ri	di	Ni	ν_i
1	60.534	1.600	1.84666	23.8
2	30.254	6.000	1.60311	60.6
3	-181.323	0.200		
4	24.529	3.300	1.71300	53.9
5	52.679	(可変)		
6	75.400	0.750	1.88300	40.8
7	6.824	2.092		
8	36.855	0.700	1.84666	23.8
9	16.925	1.575		
10	-28.260	0.650	1.77250	49.6
11	28.114	0.108		
12	15.271	1.800	1.92286	18.9
13	-194.270	(可変)		
14	(絞り)	2.051		
15*	10.607	3.170	1.69350	53.2
16*	43.216	3.099		
17	81.313	0.750	1.84666	23.8
18	13.505	0.455		
19*	15.170	2.400	1.58313	59.4
20*	-143.843	(可変)		
21	18.438	3.080	1.63854	55.4
22	-15.365	0.600	1.84666	23.8
23	-34.828	(可変)		
24	∞	0.700	1.51400	70.0
25	∞	0.700	1.51633	64.1
26	∞	1.154		
27	∞	0.700	1.49000	70.0
28	∞			

10

20

非球面係数

	K	B	C	D	E
15*	-8.57E-01	8.33E-05	6.18E-08	8.86E-09	5.77E-12
16*	5.41E-02	7.49E-08	1.63E-09	0.00E+00	0.00E+00
19*	-1.57E+00	-1.72E-04	-5.33E-08	-5.82E-08	0.00E+00
20*	-1.19E+01	5.56E-07	2.44E-08	0.00E+00	0.00E+00

各種データ ズーム比 15.8

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.18	26.28	81.78
Fナンバー	1.66	2.87	3.30
半画角	30.10	6.51	2.10
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	80.3	80.3	80.3
BF	11.52	16.26	7.78

30

間隔	広角	中間	望遠
d5	0.600	19.479	26.112
d13	26.892	8.013	1.380
d20	6.886	2.150	10.644
d23	8.059	12.795	4.301

【0 1 2 6】

【表 1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	f_3/f_3	0.84	0.89	0.79	0.86
条件式(2)	f_2/f_w	-1.49	-1.53	-1.52	-1.47
条件式(3)	f_3/f_w	4.48	4.73	4.67	4.37
条件式(4)	β_{2t}/β_{2w}	22.7	25.0	24.1	21.3
条件式(5)	R_{31}/D_{31}	3.971	3.910	3.469	3.346
条件式(6)	ν_{2p}	18.9	18.9	18.9	18.9
条件式(7)	N_{2p}	1.92	1.92	1.92	1.92

40

【0 1 2 7】

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。

【0 1 2 8】

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。

50

【 0 1 2 9 】

2 2 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 2 1 によって形成された被写体像を受光する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。2 3 は固体撮像素子 2 2 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。

【 0 1 3 0 】

2 4 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 2 2 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。

【 0 1 3 1 】

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 1 8 を用いて説明する。

10

【 0 1 3 2 】

図 1 8 において、1 0 はビデオカメラ本体、1 1 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。

【 0 1 3 3 】

1 2 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 1 1 によって形成された被写体像を受光する C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。1 3 は固体撮像素子 1 2 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。

【 0 1 3 4 】

1 4 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。

【 0 1 3 5 】

20

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 1 2 上に形成された被写体像が表示される。

【 0 1 3 6 】

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 】

【 0 1 3 7 】

【 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

30

【 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 1 0 】 実施例 3 のズームレンズの広角端における諸収差図

【 図 1 1 】 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 1 2 】 実施例 3 のズームレンズの望遠端における諸収差図

【 図 1 3 】 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

40

【 図 1 4 】 実施例 4 のズームレンズの広角端における諸収差図

【 図 1 5 】 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 1 6 】 実施例 4 のズームレンズの望遠端における諸収差図

【 図 1 7 】 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 1 8 】 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 3 8 】

L 1 第 1 レンズ群

L 2 第 2 レンズ群

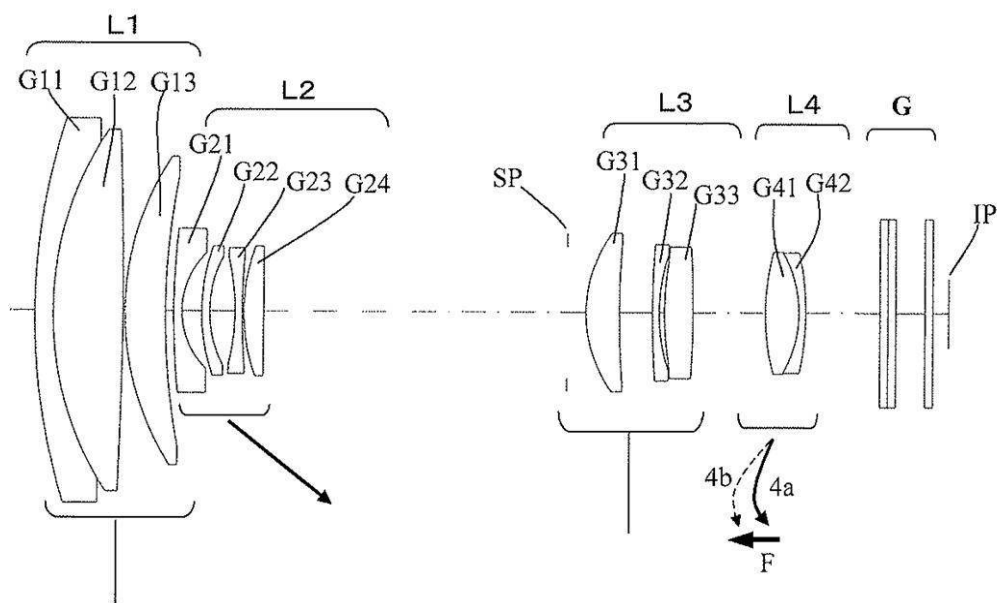
L 3 第 3 レンズ群

50

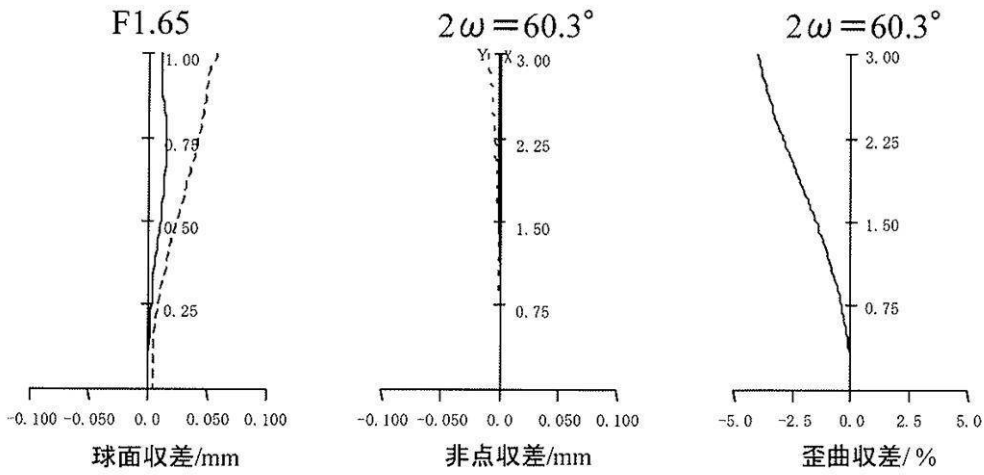
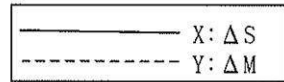
L 4 第 4 レンズ群
 S P 絞り
 I P 結像面
 G ガラスブロック
 d d 線
 g g 線
 ΔM メリディオナル像面
 ΔS サジタル像面
 ω 半画角
 F F ナンバー

10

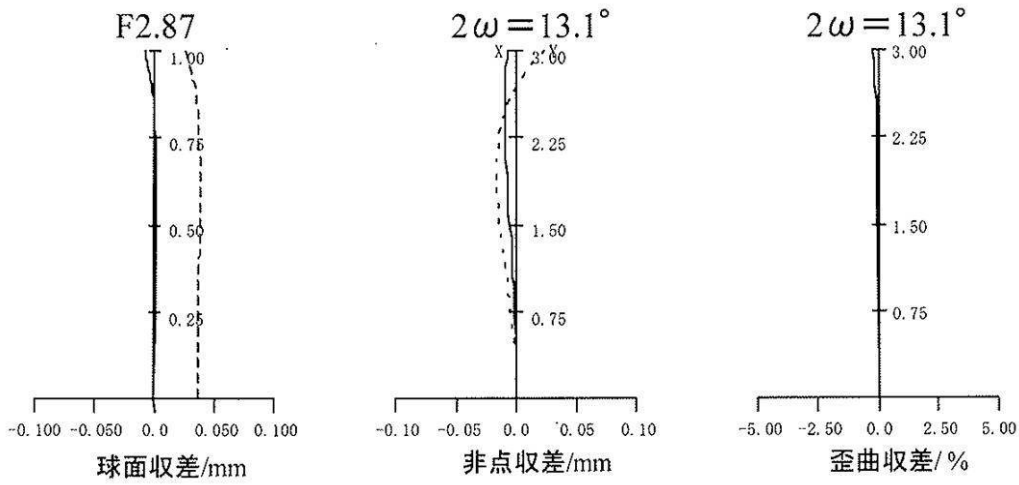
【 図 1 】



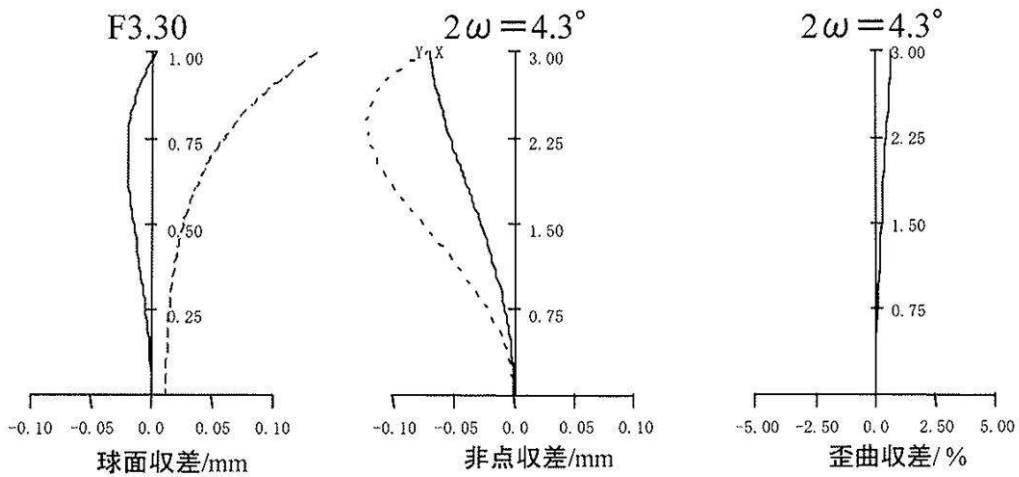
【 図 2 】



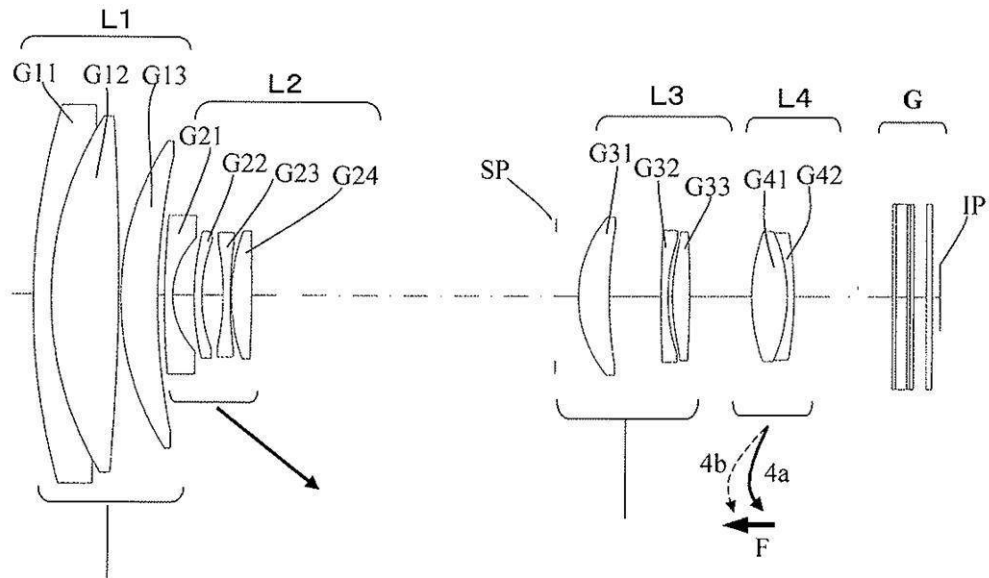
【 図 3 】



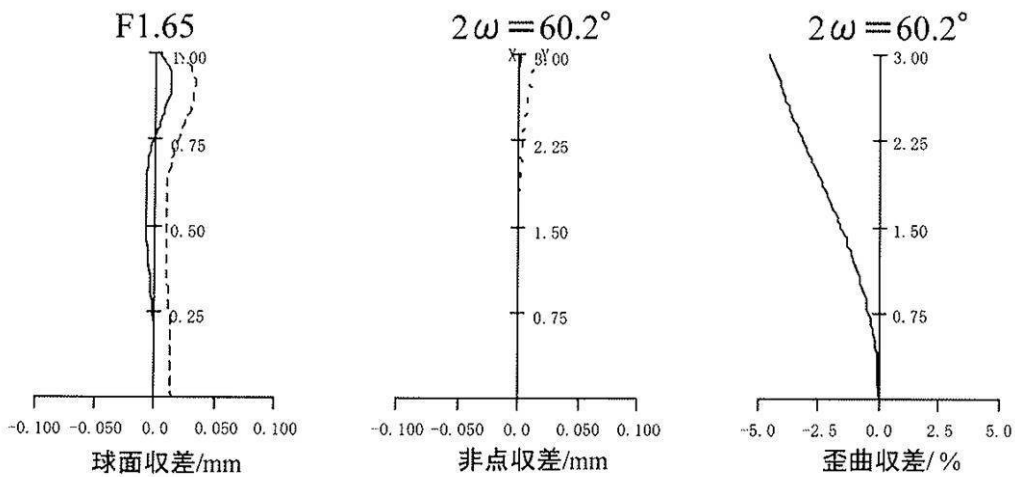
【 図 4 】



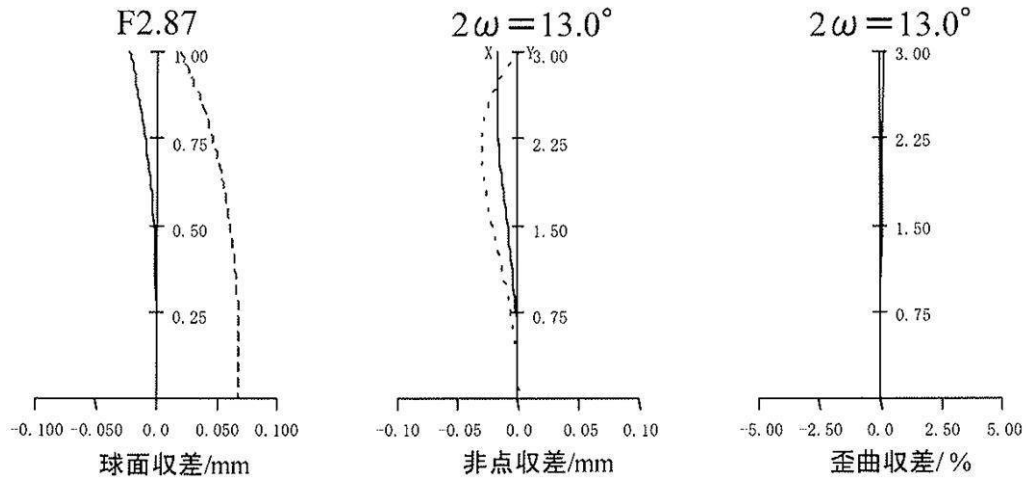
【図 5】



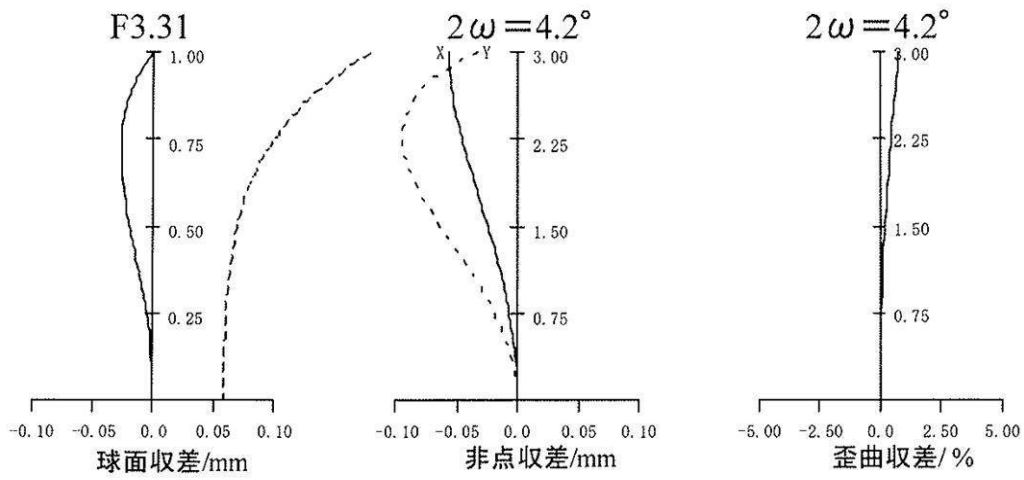
【図 6】



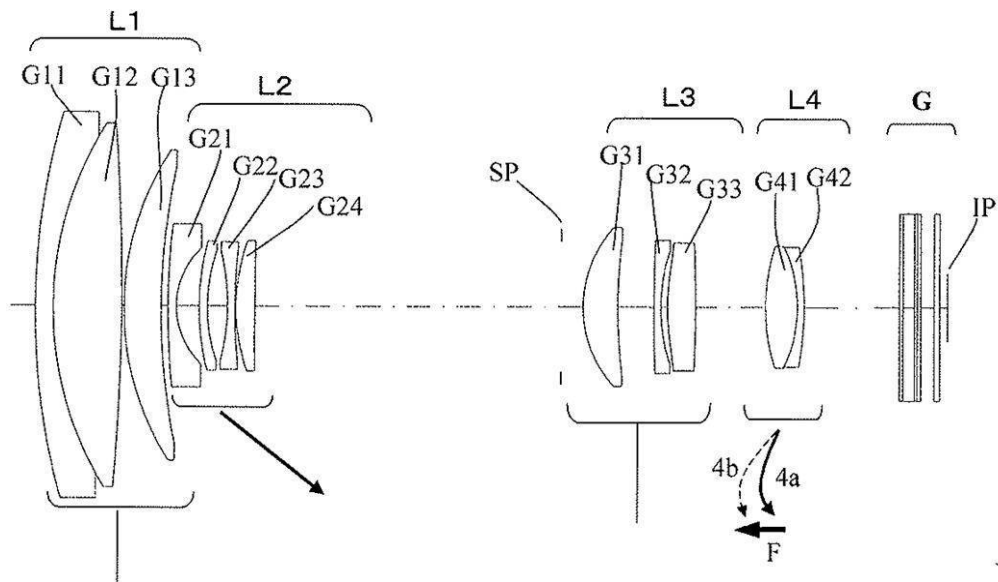
【 図 7 】



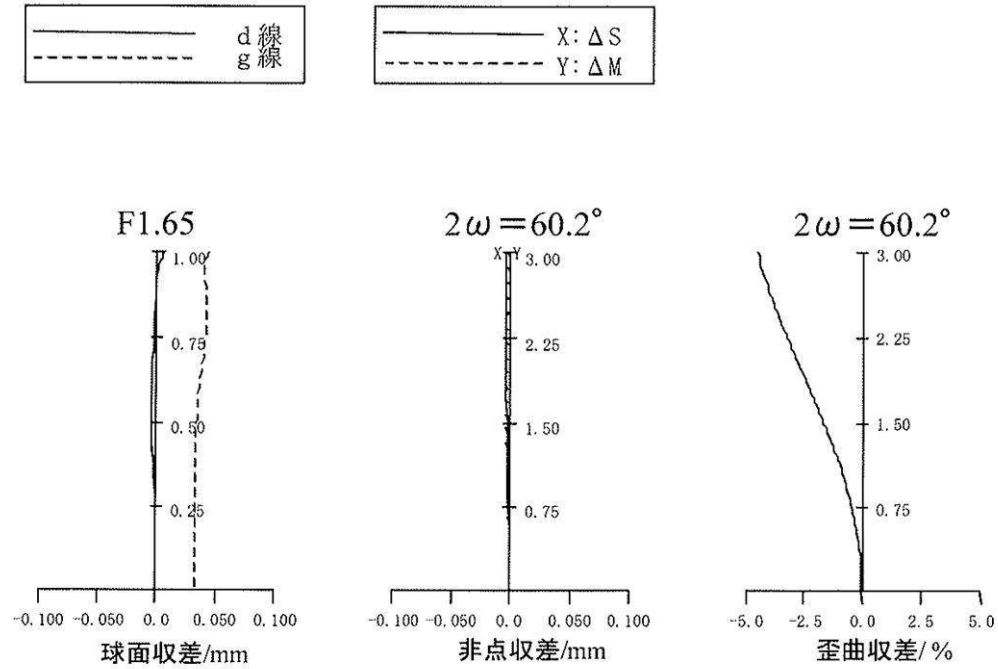
【 図 8 】



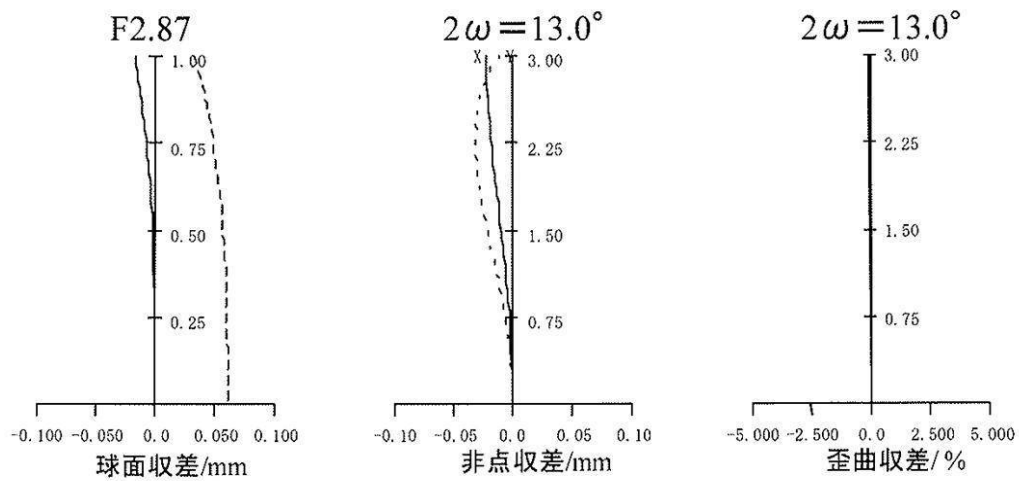
【 図 9 】



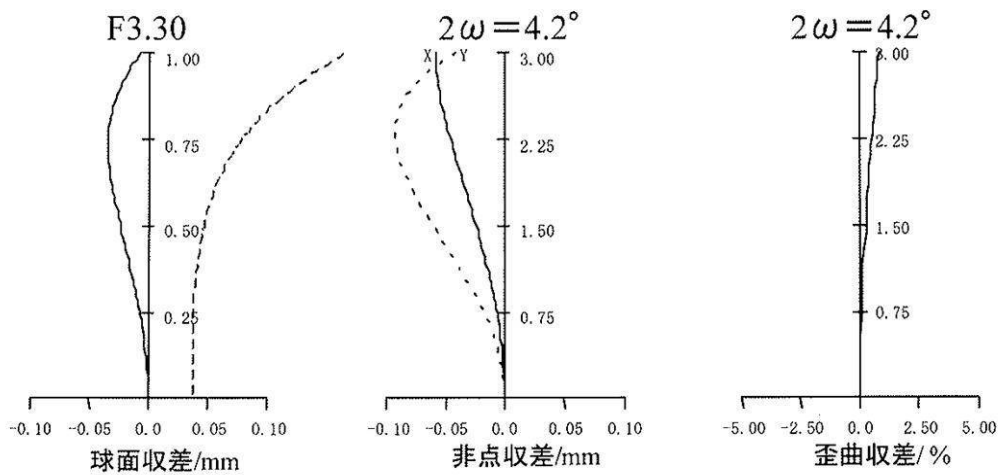
【図 1 0】



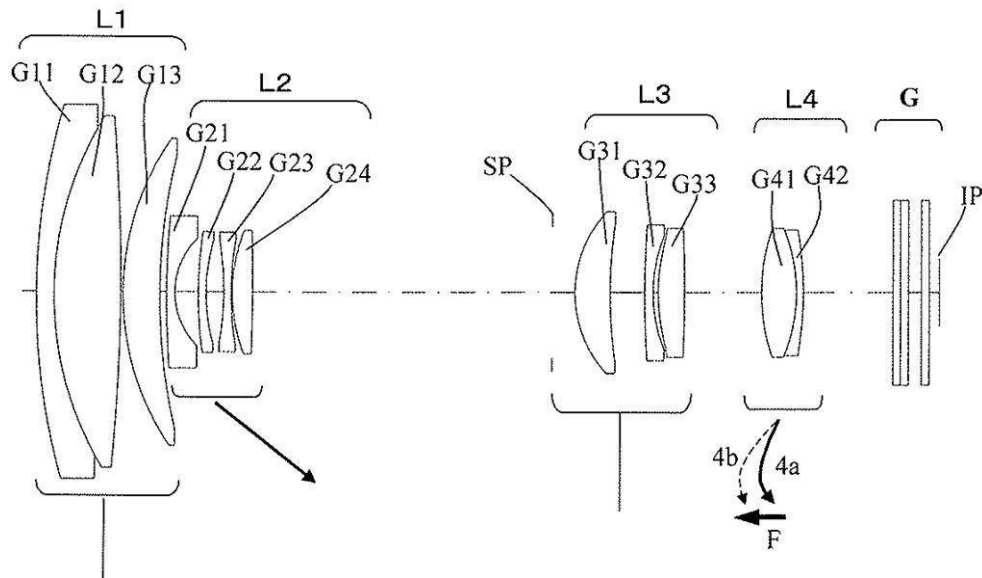
【図 1 1】



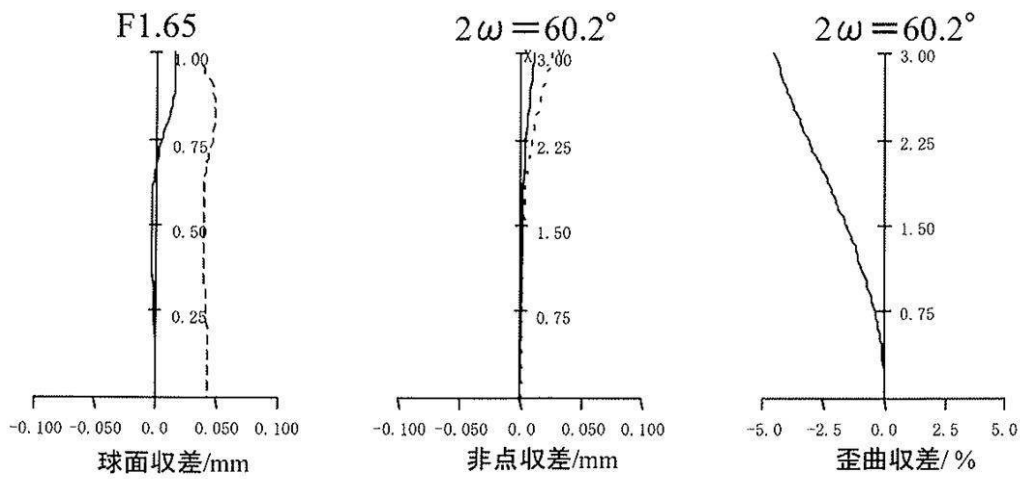
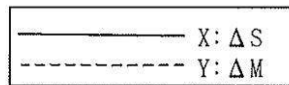
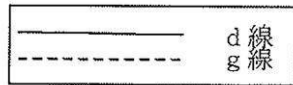
【図 1 2】



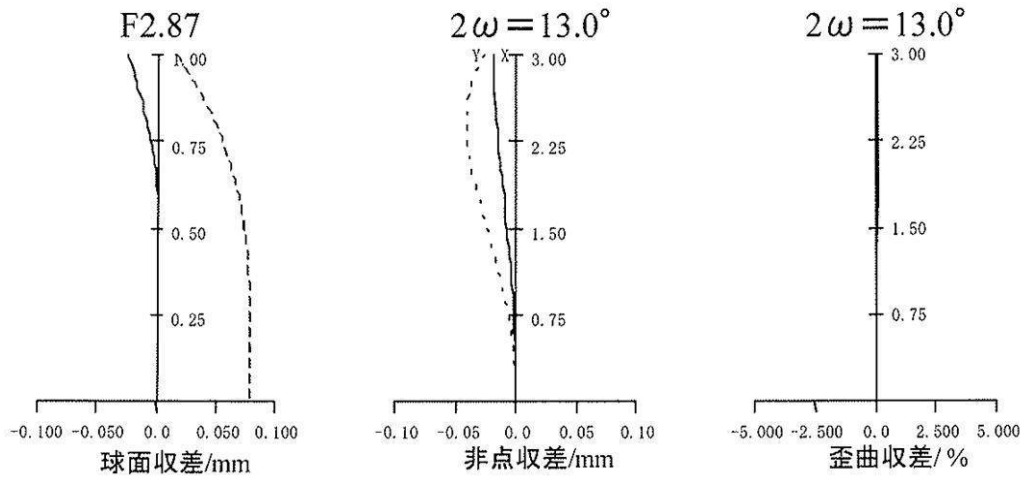
【図 13】



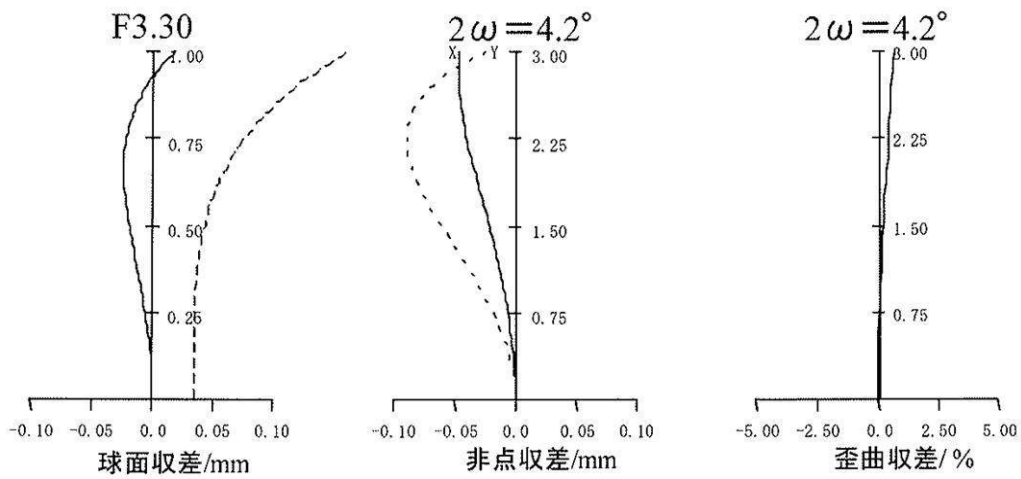
【図 14】



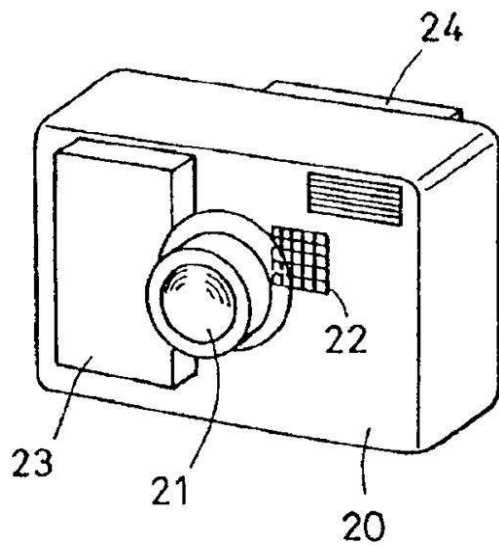
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【図 18】

