

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5665637号
(P5665637)

(45) 発行日 平成27年2月4日(2015.2.4)

(24) 登録日 平成26年12月19日(2014.12.19)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/16 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/16
G02B 13/18

請求項の数 9 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2011-93215 (P2011-93215)
 (22) 出願日 平成23年4月19日 (2011.4.19)
 (65) 公開番号 特開2012-226091 (P2012-226091A)
 (43) 公開日 平成24年11月15日 (2012.11.15)
 審査請求日 平成26年4月9日 (2014.4.9)

(73) 特許権者 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
 ャノン株式会社内

審査官 森内 正明

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) 【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レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群および前記第4レンズ群が移動し、ズーミングのためには前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は不動であり、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$1.2.0 < f_1 / f_w < 2.8.0$$

$$-0.265 < f_2 / (f_w \cdot f_t) < -0.20$$

$$5.9 < f_4 / f_w < 1.2.0$$

10

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第2レンズ群に含まれる負レンズの材料の d 線における平均屈折率を N_2a とするとき、

$$1.80 < N_2a < 2.05$$

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レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$9.0 < f_3 / f_w < 17.0$$

20

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 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 1 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と部分分散比を各々 d_p と $g_F p$ とするとき、

$$7.0 < d_p$$

$$0.004 < g_F p - (0.644 - 0.00168 \cdot d_p) < 0.060$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第 2 レンズ群の移動量を M_2 するとき、

$$0.15 < M_2 / f_t < 0.23$$

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。

【請求項 6】

前記第 3 レンズ群は非球面形状の正レンズを有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】

前記第 4 レンズ群は正レンズと負レンズを接合した接合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 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 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することを特徴とする撮像装置。

【請求項 9】

前記ズームレンズで生ずる歪曲収差を 画像処理 によって補正する補正手段を有することを特徴とする請求項 8 に記載の撮像装置。

【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、例えばビデオカメラ、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像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（広角）・高ズーム比（高倍）のズームレンズであることが求められている。さらに、固体撮像素子の高精細化に対応できる高い光学性能を有したズームレンズであることが要望されている。

【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 レンズ群による 4 群ズームレンズが知られている。この 4 群ズームレンズにおいて、第 2 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 4 レンズ群を移動させ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ルのズームレンズが知られている（特許文献 1 ~ 3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008-158062 号公報

【特許文献 2】特開 2000-227548 号公報

【特許文献 3】特開 2005-107202 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

撮像装置に使用されるズームレンズには、全系が小型で、広画角かつ高ズーム比であり、かつ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。特に近年の撮像装置では、イメージサイズの増大に伴う高画素化に対応し、それに用いるズームレンズには高周波領域で、高い解像力を有することが求められている。例えば全系の小型化を実現しつつ、高ズーム比化を図るために、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、ズー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来る。

10

【0006】

この他、高ズーム比化することにより広角端から望遠端までの全ズーム範囲において色収差や像面湾曲などが増大し、これらを全ズーム域で良好に補正するのが難しくなって来る。前述したリアフォーカスタイルの4群ズームレンズにおいて全系の小型化、広画角化及び高ズーム比化を図るには各レンズ群の屈折力そして第1、第2レンズ群のレンズ構成等を適切に配置するのが重要になってくる。これらの構成が不適切であると、所定のズーム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。

【0007】

本発明は、広画角、高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有する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。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

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レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群および前記第4レンズ群が移動し、ズーミングのためには前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は不動であり、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

30

$$\begin{aligned} 12.0 &< f_1 / f_w < 28.0 \\ -0.265 &< f_2 / (f_w \cdot f_t) < -0.20 \\ 5.9 &< f_4 / f_w < 12.0 \end{aligned}$$

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】

【0009】

本発明によれば、広画角、高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

40

【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】(A)、(B)、(C)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2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C)実施例2のズームレンズの広角端における諸収差図

【図5】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6】(A)、(B)、(C)実施例3のズームレンズの広角端における諸収差図

【図7】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8】(A)、(B)、(C)実施例4のズームレンズの広角端における諸収差図

【図9】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

【発明を実施するための形態】

50

【0011】

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。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レンズ群を有する4群構成のズームレンズである。ズーミングに際して第2レンズ群および第4レンズ群が移動し、フォーカスに際しては第4レンズ群が移動する。ズーミングのためには第1レンズ群と第3レンズ群は不動である。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。

【0012】

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、図2（A）、（B）、（C）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。図3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4（A）、（B）、（C）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。図5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6（A）、（B）、（C）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。

10

【0013】

図7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8（A）、（B）、（C）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。図9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。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、そして監視用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。

20

【0014】

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。実施例1乃至4の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。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L3の物体側に位置している。

30

【0015】

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）の撮像面に相当し、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。

【0016】

収差図のうち球面収差において、d、gはd線及びg線、非点収差においてM、Sはd線のメリディオナル像面、サジタル像面を表している。歪曲収差においてはd線を表示し、倍率色収差においてはd線に対するg線の収差を表示している。FnoはFナンバー、は半画角である。なお、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。

40

【0017】

各実施例では、広角端から望遠端のズーム位置へズーミングに際して第2レンズ群L2を像側へ移動させて変倍を行うとともに、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の一部を有しつつ移動させて補正している。

【0018】

さらに、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っている。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

50

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ミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。また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 L 4 を前方に繰り出すことで行っている。

【0019】

なお、実施例 1 乃至 4 において第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 と開口絞り S P はズーミング及びフォーカスのためには不動であるが必要に応じて移動させても良い。各実施例において、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とする。第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_1 、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_2 、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離を f_4 とする。このとき、

$$12.0 < f_1 / f_w < 28.0 \quad \dots (1)$$

$$-0.265 < f_2 / (f_w \cdot f_t) < -0.20 \quad \dots (2)$$

$$5.9 < f_4 / f_w < 12.0 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足している。

【0020】

条件式 (1) 乃至 (3) は広画角・高ズーム比でありながらズーム全域において良好な光学性能を得るためにものである。条件式 (1) は、第 1 レンズ群 L 1 のパワー（屈折力）に関する。条件式 (1) の上限を超えて第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離が長くなると、第 1 レンズ群 L 1 の正の屈折力の負荷が軽くなり収差補正上は好ましいが、レンズ全長や前玉有効径が大型化してくる。また、条件式 (1) の下限を超えると、望遠端において球面収差をはじめとする諸収差の補正が困難となる。

【0021】

条件式 (2) は変倍用のレンズ群である第 2 レンズ群のパワーに関する。条件式 (2) の上限値を超えて第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離が長くなりすぎると、所望のズーム比を得るために第 2 レンズ群 L 2 の移動量が大きくなり、レンズ全長及び前玉有効径が増大してくる。また、条件式 (2) の下限値を超えて、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離が短くなりすぎると、レンズ系全体の小型化には有利となるが諸収差の補正が困難となる。

【0022】

条件式 (3) は、ズーミングに際しての移動レンズ群である第 4 レンズ群 L 4 のパワーに関する。条件式 (3) の上限を超えると第 4 レンズ群 L 4 のパワーが弱まり、ズーミングおよびフォーカス時の移動量が多くなり全系の小型化が難しくなる。また、下限を超えると第 4 レンズ群 L 4 のパワーが強くなり過ぎてしまい諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは条件式 (1) 乃至 (3) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0023】

$$13.0 < f_1 / f_w < 26.0 \quad \dots (1a)$$

$$-0.255 < f_2 / (f_w \cdot f_t) < -0.21 \quad \dots (2a)$$

$$6.1 < f_4 / f_w < 11.0 \quad \dots (3a)$$

これにより各実施例においては、全系が小型で広画角・高ズーム比化としつつもズーム全域で諸収差が良好に補正された高い光学性能のズームレンズを得ている。

【0024】

本発明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も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好ましい。第 2 レンズ群 L 2 に含まれる負レンズの材料の d 線における平均屈折率を N_{2a} とする。第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を f_3 とする。第 1 レンズ群 L 1 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と部分分散比を各々 d_p と g_{Fp} とする。広角端から望遠端のズーミングにおける前記第 2 レンズ群 L 2 の移動量を M_2 とする。

【0025】

ここで移動量 M_2 の符号は像面を基準とし、広角端に比べ望遠端において像側に位置するときを正、物体側に位置するときを負としている。尚、アッベ数 d_p 、部分分散比

10

20

30

40

50

$g F p$ は次のとおりである。

【0026】

d 線 (587.56 nm) に対する屈折率を n_d 、
 g 線 (435.84 nm) に対する屈折率を n_g 、
 F 線 (486.13 nm) に対する屈折率を n_F 、
 C 線 (656.28 nm) に対する屈折率を n_C とする。

【0027】

このときアッベ数 $d p$ と部分分散比 $g F p$ は

$$d p = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$g F p = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

10

で定義されるものである。

【0028】

このとき、

$$1.80 < N_2 a < 2.05 \quad \dots (4)$$

$$9.0 < f_3 / f_w < 17.0 \quad \dots (5)$$

$$7.0 < d p \quad \dots (6)$$

$$0.004 < g F p - (0.644 - 0.00168 \cdot d p) < 0.060 \dots (7)$$

$$0.15 < M_2 / f_t < 0.23 \quad \dots (8)$$

なる条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

【0029】

20

条件式 (4) は、第 2 レンズ群 L_2 に含まれる負レンズの材料の屈折率に関する。条件式 (4) の上限を超えると、第 2 レンズ群 L_2 のパワーを強めるのが容易となり、ズーミングに際しての移動量が少なくなるため全系の小型化には有利となる。しかしながら材料の選択においてアッベ数が小さくなる傾向があるので色収差の補正が困難となる。また、条件式 (4) の下限を超えると、各レンズのレンズ面の曲率を強くしなければならず、諸収差のバランスをとるのが困難になってくる。更に好ましくは、条件式 (4) を次の如く設定するのが良い。

【0030】

$$1.86 < N_2 a < 1.98 \quad \dots (4a)$$

条件式 (5) は、第 3 レンズ群 L_3 のパワーに関する。条件式 (5) の上限を超えて第 3 レンズ群 L_3 の焦点距離が長くなりすぎると、第 3 レンズ群 L_3 の正の屈折力の負荷が軽くなり収差補正は容易となるが、レンズ全長が増大する。このために第 4 レンズ群 L_4 のパワーを大きくしなければならない。そうすると、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。さらに第 4 レンズ群 L_4 のレンズ径が大きくなり、全系の小型化が困難になる。更に第 4 レンズ群 L_4 でフォーカスするときのアクチュエータの駆動負荷が大きくなってくる。

30

【0031】

また、条件式 (5) の下限を超えて第 3 レンズ群 L_3 の焦点距離が短くなると、第 3 レンズ群 L_3 のパワーが強くなりすぎてしまい、諸収差、特に広角端における球面収差の補正が困難になる。さらに第 4 レンズ群 L_4 の位置の変化に伴う射出瞳の位置の変動が大きくなってくる。更に好ましくは条件式 (5) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

40

【0032】

$$10.5 < f_3 / f_w < 15.5 \quad \dots (5a)$$

条件式 (6)、(7) は色収差（特に望遠領域における軸上色収差）を良好に補正するためのものである。条件式 (6)、(7) を同時に満たすと、異常分散かつ低分散（もしくは超低分散）となる材料の特性を有効に利用することができて、色収差を良好に補正するのが容易となる。条件式 (6)、(7) の条件式の範囲を外れてしまうと色収差の補正が不足し、像の色にじみが目立ってくるので好ましくない。

【0033】

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

50

7 5 < d p . . . (6 a)
 0 . 0 2 0 < g F p - (0 . 6 4 4 - 0 . 0 0 1 6 8 + d p) < 0 . 0 5 5
 . . . (7 a)

条件式(8)は、望遠端における全系の焦点距離に対する第2レンズ群L2のズーミングに際しての移動量に関する。条件式(8)の上限を超えると、第2レンズ群L2の移動量が大きくなってしまい全系の小型化が困難になる。条件式(8)の下限を超えると、第2レンズ群L2の移動量が少なくなり全系の小型化には有利となるが第2レンズ群L2のパワーを大きくする必要があり、これに伴いペッツバール和が負の方向に大きくなつて像面湾曲の補正が困難となる。

【0034】

10

更に好ましくは条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

0 . 1 6 < M 2 / f t < 0 . 2 2 . . . (8 a)

各実施例において好ましくは次の構成のうち1以上をとるのが良い。第3レンズ群L3は非球面形状の正レンズを少なくとも1枚有するのが良い。これは、広角端において、球面収差と軸上色収差の補正を良好に行いつつ、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するのに好ましい。第3レンズ群L3に非球面を設けると諸収差の補正が容易となる。仮に非球面を採用せず、レンズ枚数を増やして諸収差の補正を行うと、全系の小型化が困難になる。

【0035】

20

第4レンズ群L4はフォーカシング及び変倍に際しての像面変動の補正を行っている為、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成するのが良い。第4レンズ群L4を正レンズと負レンズの貼り合わせレンズより構成すれば、広角端から望遠端へのズーミング、さらに近距離物体から無限遠物体へのフォーカシングに際しての色収差の補正を効率的に行なうことが容易になる。

【0036】

本発明のズームレンズを用いた撮像装置では、電気的な補正手段により歪曲収差を画像処理によって補正するのが良い。これは、銀塩フィルムを用いた撮像装置とは異なり本発明をデジタルカメラなどでの撮像装置に適用したときは、画像をデジタルデータとして取得できるという特性を利用し、ズームレンズから得られた画像に対して画像変換処理を施し諸収差を低減させるのが良い。

30

【0037】

例えば、歪曲収差や色収差の補正を電気的な手段を用いれば、従来よりもさらに諸収差が良好に補正された画像を得ることができる。またこれによれば非球面や異常分散ガラス等を用いずに良好なる光学性能が得られる。本発明のズームレンズは、形成された像を受光する固体撮像素子を有した撮像装置に用いるのが良い。撮像装置には、デジタル的に像を処理するためにCCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)などがあもに使用されている。本発明もこれに相当する固体撮像素子を有した撮像装置に適用するのが良い。

【0038】

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。実施例1について説明する。第1レンズ群L1は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG11、両凸形状の正レンズG12、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG13より成っている。正レンズG12は、色収差の補正に効果を持たせるためにアッペ数の大きい(異常分散特性を有する)材料を使用している。

【0039】

第2レンズ群L2は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG21、像側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG22、両凹形状の負レンズG23、両凸形状の正レンズG24より成っている。第2レンズ群L2内の負レンズは、変倍レンズ群としての役割を担うことも考慮しなるべくズーミングに際しての移動量を少なくするために高屈折率の材

50

料を使用している。これを踏まえつつさらに色収差の発生を抑えるためになるべく低分散の材料を用いている。

【0040】

第3レンズ群L3は、開口絞りSP、両凸形状の正レンズG31、両凹形状の負レンズG32、両凸形状の正レンズG33より成っている。このとき正レンズG31の両面、正レンズG33の像側の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。また第3レンズ群L3からの発散光束径が大きくなると第4レンズ群L4が大型化するので第3レンズ群L3からは光束径が小さくなるように射出している。

【0041】

第4レンズ群L4は、両凸形状の正レンズG41と像側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG42を接合した接合レンズより成っている。また接合レンズとすることによりズーム全域において軸上色収差および倍率色収差を良好に補正している。さらに正レンズG41の物体側の面を非球面形状とすることにより、変倍の際に変動する像面補正およびフォーカスのために移動する第4レンズ群L4から発生する諸収差を補正している。特に非球面を用いることにより広角端から望遠端における全ズーム位置および無限遠物体から至近距離物体にフォーカスしたときの収差を、レンズ枚数を増やすことなく効率的に補正している。

【0042】

実施例2について説明する。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2と第4レンズ群L4は実施例1と同じである。第3レンズ群L3は、実施例1に比べて正レンズG31の両面のみが非球面形状であることが異なっており、この他は同じである。

【0043】

実施例3について説明する。第1レンズ群L1は、実施例1と同じである。第2レンズ群L2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、および両凸形状の正レンズG23より成っている。第3レンズ群L3は、開口絞りSPおよび物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG31により成っている。このとき正レンズG31の両面は非球面形状である。第4レンズ群L4は、実施例1と同じである。

【0044】

実施例4について説明する。第1レンズ群L1は、実施例1と同じである。第2レンズ群L2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、両凸形状の正レンズG23と両凹形状の負レンズG24を接合した接合レンズにより成っている。

【0045】

第3レンズ群L3は、開口絞りSP、および物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG31により成っている。このとき正レンズG31の両面は非球面形状である。第4レンズ群L4は、実施例1と同じである。なお、実施例1乃至4において、正レンズG12には、商品名S-FPL51((株)OHARA製)やS-FPL53((株)OHARA製)の異常分散ガラスを用いているが、これに限定されるものではない。

【0046】

以上のように、各実施例によれば広画角かつ高ズーム比で、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が得られる。なお各実施例においては以下のような構成をとっても良い。

【0047】

- ・各実施例に示したガラスの形状、枚数に限定されるものではなく、適宜変更すること
- ・開口絞りSPを第3レンズ群L3の物体側に設定しているが、これに限らず別の位置に設定しても良い。例えば開口絞りSPを第3レンズ群L3のレンズ中や像側に配置しても良い。また開口絞りSPをズーミングに際して他のレンズ群と独立に移動させても良い
- ・非球面レンズの材料はガラスに限らず、球面レンズ面上に樹脂材料で非球面を形成し

10

20

30

40

50

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、プラスチック材料より成る非球面レンズを用いても良い

・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、これにより手ぶれ等のズームレンズが振動したときの画像のブレを補正しても良い。

【0048】

次に本発明の実施例1～4に各々対応する数値実施例1～4を示す。各数値実施例において i は物体側からの面の順番を示す。 r_i は物体側から第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側から第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面との間の面間隔、 n_i は第 i 番目のレンズの材料のd線における屈折率、 A_i は第 i 番目のレンズのd線におけるアッペ数を示すものとする。

10

【0049】

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 を円錐定数、 A_4, A_6, A_8, A_{10} を4次、6次、8次、10次の非球面係数とし、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、非球面形状は、

$$x = (h^2 / R) / [1 + [1 - (1 + K)(h / R)^2]^{1/2}]^3 + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10}$$

で表示される。但し、 R は曲率半径であり、「 $e - X$ 」は「 $\times 10^{-X}$ 」を意味している。尚、非球面は各表中の面番号の右側に*印を付している。

【0050】

20

レンズ全長は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスBF（最終レンズ面から像面までの空気換算距離）を加えた値と定義する。長さの単位はmmである。各実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。

【0051】

[数値実施例1]

面番号	r	d	nd	d	
1	42.996	1.3	1.90366	31.3	
2	25.978	7	1.43875	95	30
3	-203.074	0.15			
4	24.225	3.79	1.62041	60.3	
5	78.072	(可変)			
6	16.019	0.5	2.00069	25.5	
7	3.823 s	1.84			
8	-6.964	0.5	1.883	40.8	
9	-40.933	0.24			
10	-28.706	0.5	1.883	40.8	
11	11.517	0.15			
12	10.783	1.38	1.92286	18.9	40
13	-14.24	(可変)			
14(絞り)		0.15			
15*	22.124	2.35	1.58313	59.4	
16*	-9.529	1.7			
17	-8.126	0.72	1.883	40.8	
18	16.415	0.2			
19	12.62	2.77	1.59282	68.6	
20*	-8.732	(可変)			
21*	70.727	2.5	1.6935	53.2	
22	-5.765	0.5	1.911	35.3	50

23 -10.898 (可变)
 24 2.1 1.51633 64.2
 像面

非球面データ

第15面

K = -1.03304e+000 A4= 2.09274e-004 A6=-4.89471e-006 A8=-3.89412e-008

第16面

K = 1.20423e+000 A4= 7.45080e-004 A6=-4.91526e-006

第20面

K = 1.99770e-001 A4=-4.49548e-005 A6= 4.02768e-006 A8= 1.12141e-007

第21面

K = -1.37839e+002 A4=-2.75620e-005 A6= 2.85249e-006 A8=-4.51252e-008

10

各種データ

ズーム比 90.31

	広角	中間	望遠
焦点距離	1.80	20.14	162.51
Fナンバー	2.09	2.78	5.88
像高	1.15	1.15	1.15
レンズ全長	82.40	82.40	82.40
BF	10.18	16.40	4.61

20

間隔	広角	中間	望遠
d 5	0.68	27.48	34.18
d13	35.23	8.43	1.73
d20	7.37	1.15	12.94
d23	8.27	14.49	2.70

30

【0052】

[数値実施例2]

面番号 r	d	nd	d
1 45.294	1	1.90366	31.3
2 23.531	6.44	1.497	81.5
3 -174.893	0.15		
4 21.844	3.6	1.6516	58.5
5 77.366	(可变)		
6 18.186	0.5	2.00069	25.5
7 4.21	1.6		
8 -9.854	0.5	1.883	40.8
9 -74.871	0.32		
10 -19.629	0.5	1.72916	54.7
11 6.637	0.25		
12 7.742	1.3	1.92286	18.9
13 -36.129	(可变)		
14(絞り)	0.15		
15* 18.809	2.35	1.58313	59.4

40

50

16*	-9.289	1.32		
17	-7.186	0.55	1.883	40.8
18	23.921	0.2		
19	18.395	2.13	1.59282	68.6
20	-8.279	(可变)		
21*	40.296	2.5	1.6935	53.2
22	-5.591	0.5	1.91082	35.3
23	-10.743	(可变)		
24		2.1	1.51633	64.2

像面

10

非球面データ

第15面

K = -1.03304e+000 A4= 2.99962e-004 A6=-4.03075e-006 A8=-7.03057e-008

第16面

K = 1.20423e+000 A4= 7.11903e-004 A6=-3.72590e-006

第21面

K = 6.45610e+000 A4= 4.48579e-006 A6= 5.90600e-007

20

各種データ

ズーム比 80.67

	広角	中間	望遠
焦点距離	1.80	19.73	145.27
Fナンバー	2.03	2.75	5.92
像高	1.15	1.15	1.15
レンズ全長	75.03	75.03	75.03
BF	10.52	15.97	4.63

30

	広角	中間	望遠
d 5	0.67	23.07	28.67
d13	30.66	8.26	2.66
d20	6.60	1.15	12.50
d23	8.14	13.59	2.24

【0053】

[数値実施例 3]

面番号	r	d	nd	d
1	44.768	1	1.90366	31.3
2	20.045	5.8	1.497	81.5
3	-79.494	0.15		
4	17.736	3.3	1.6779	55.3
5	59.986	(可变)		
6	17.882	0.5	2.0033	28.3
7	3.082	1.68		
8	-6.362	0.5	1.883	40.8
9	16.855	0.16		
10	10.088	1.24	1.94595	18

40

50

11	-16.5	(可变)		
13(絞り)		0.15		
14*	6.924	2.66	1.5311	55.9
15*	12.073	(可变)		
16	14.596	2.45	1.72916	54.7
17	-6.092	0.5	1.92286	20.9
18	-12.449	(可变)		
19		2.1	1.51633	64.2

像面

10

非球面データ

第14面

$K = 3.09113e-001$ $A4 = 8.88978e-004$ $A6 = 6.16388e-006$ $A8 = -1.15738e-006$
 $A10 = 6.22370e-008$ $A12 = 9.63845e-022$

第15面

$K = 7.63417e+000$ $A4 = 1.55486e-003$ $A6 = 2.54276e-006$ $A8 = 4.90548e-007$
 $A10 = -4.53517e-008$

20

各種データ

ズーム比 64.99

	広角	中間	望遠
焦点距離	1.80	21.32	116.99
Fナンバー	1.93	2.57	5.97
像高	1.15	1.15	1.15
レンズ全長	63.76	63.76	63.76
BF	9.79	15.12	4.81

30

間隔	広角	中間	望遠
d 5	0.65	18.41	22.85
d11	24.13	6.37	1.93
d15	8.39	3.05	13.36
d18	6.11	11.45	1.14

【0054】

[数値実施例4]

面番号	r	d	nd	d
1	44.181	1	2.0033	28.3
2	17.248	4.44	1.497	81.5
3	-132.579	0.15		
4	19.107	3.4	1.83481	42.7
5	243.367	(可变)		
6	36.854	0.5	2.0033	28.3
7	3.577	1.96		
8	-10.894	0.5	2.0033	28.3
9	45.665	0.1		
10	8.141	1.8	1.94595	18

40

50

11	-10.321	0.5	1.883	40.8
12	18.318	(可变)		
13(絞り)		0.15		
14*	9.562	1.36	1.58313	59.4
15*	43.182	(可变)		
16*	16.444	2.44	1.58313	59.4
17	-5.903	0.5	1.94595	18
18	-8.738	(可变)		
19		1.89	1.51633	64.2

像面

10

非球面データ

第14面

$K = 2.16118e-001$ $A4= 4.69607e-004$ $A6= 4.90912e-005$ $A8= 1.73150e-007$
 $A10= 2.61798e-008$

第15面

$K = 6.98905e+000$ $A4= 8.78320e-004$ $A6= 4.01259e-005$ $A8= 2.65510e-006$
 $A10=-3.49292e-008$

第16面

$K = 5.05978e-001$ $A4=-2.42671e-004$ $A6=-1.55001e-007$ $A8= 1.08712e-007$
 $A10=-3.39122e-009$

20

各種データ

ズーム比 59.25

	広角	中間	望遠
焦点距離	1.80	20.45	106.86
Fナンバー	2.06	2.57	6.09
像高	1.15	1.15	1.15
レンズ全長	61.13	61.13	61.13
BF	9.87	15.83	5.47

30

間隔	広角	中間	望遠
d 5	0.39	16.38	20.38
d12	21.83	5.84	1.84
d15	9.59	3.63	13.99
d18	6.45	12.42	2.05

40

【 0 0 5 5 】

【表1】

前述の各条件式と各数値実施例との関係を示す。

条件式	実施例			
	1	2	3	4
(1) f_1 / f_w	24.0	20.4	16.4	14.5
(2) $f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t}$	-0.251	-0.244	-0.244	-0.228
(3) f_4 / f_w	10.0	8.9	6.2	6.9
(4) $N_2 a$	1.92	1.87	1.94	1.96
(5) f_3 / f_w	11.5	11.9	14.4	11.5
(6) $v_d p$	95.0	81.5	81.5	81.5
(7) $\theta g F_p - (0.644 - 0.00168 \cdot v_d p)$	0.050	0.032	0.032	0.032
(8) M_2 / f_t	0.21	0.19	0.19	0.19

10

【0056】

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9を用いて説明する。図9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。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。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。

【0057】

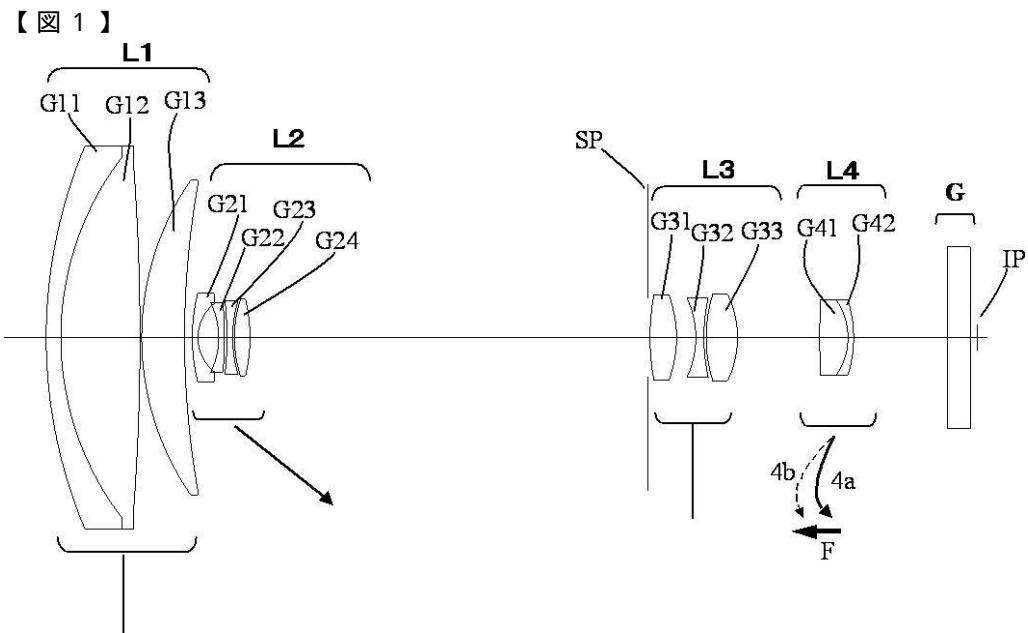
上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。

20

【符号の説明】

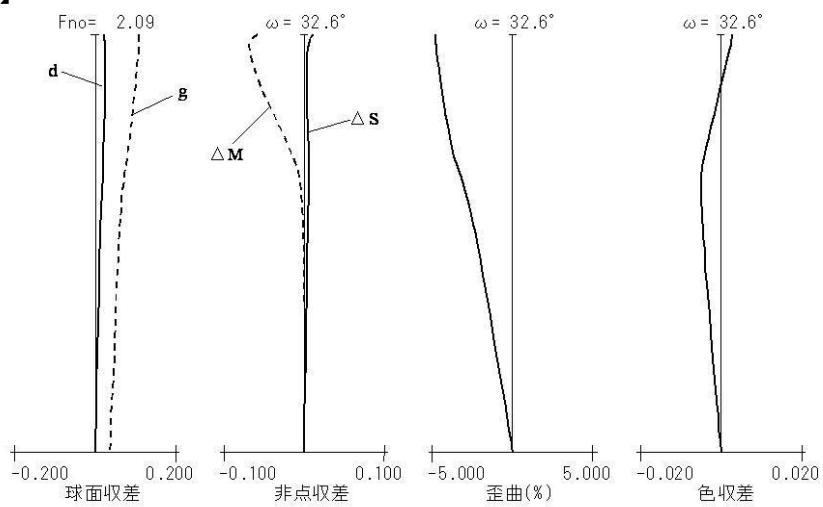
【0058】

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	d 線	g 線
M メリディオナル像面	S サジタル像面	S P 絞り
G ガラスブロック	半画角	F F ナンバー

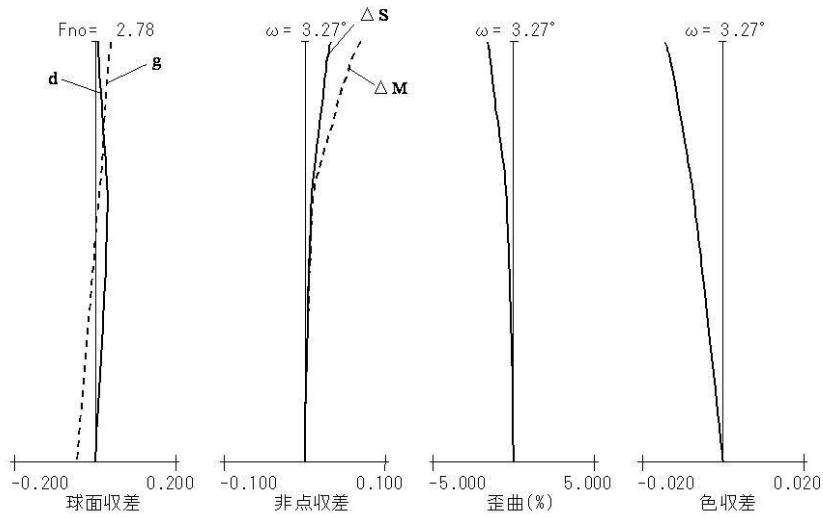


【図2】

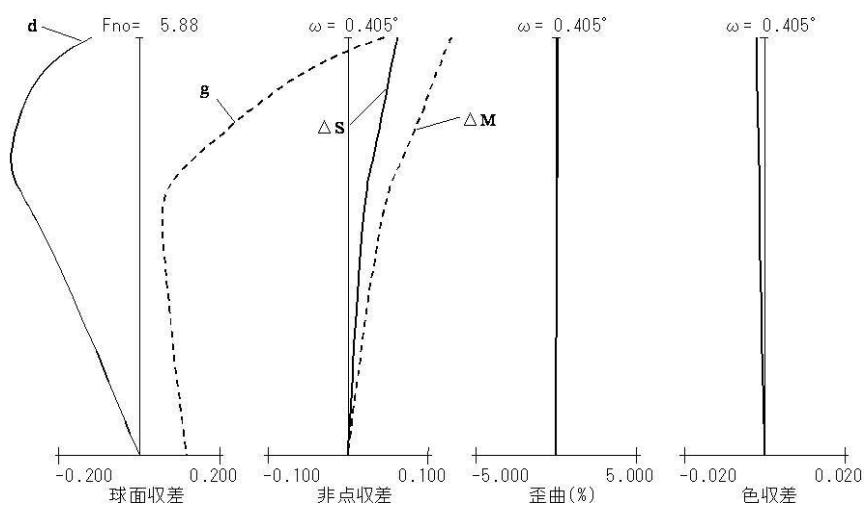
(A)

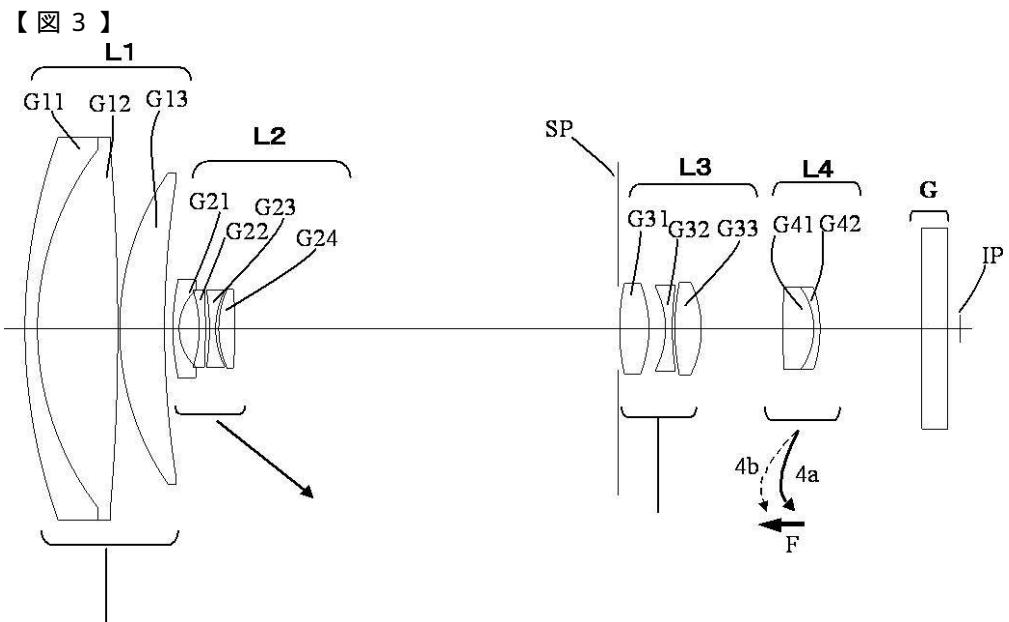


(B)



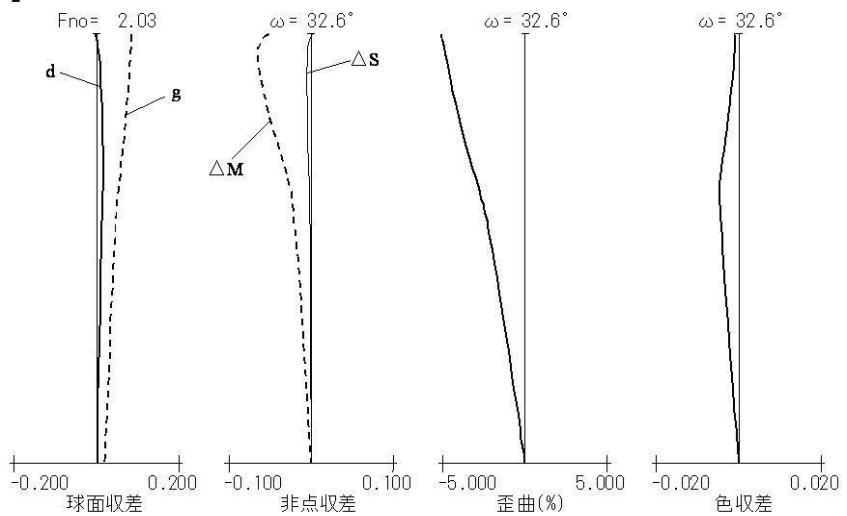
(C)



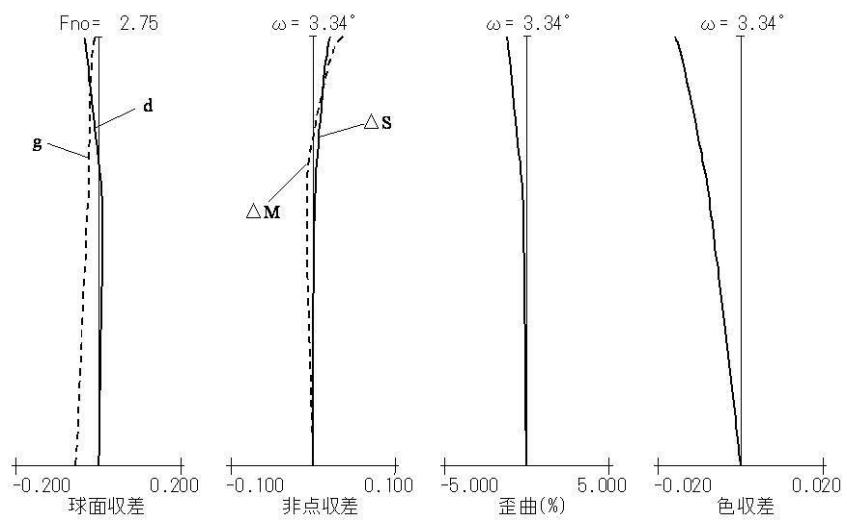


【図4】

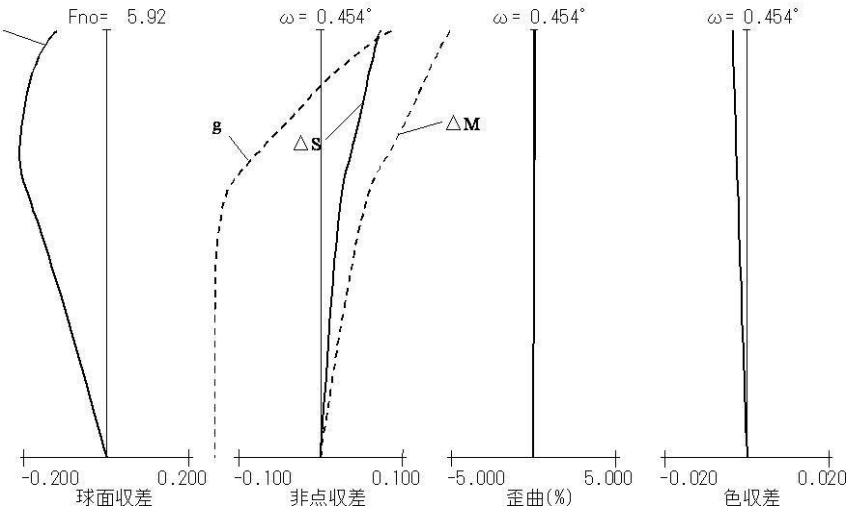
(A)



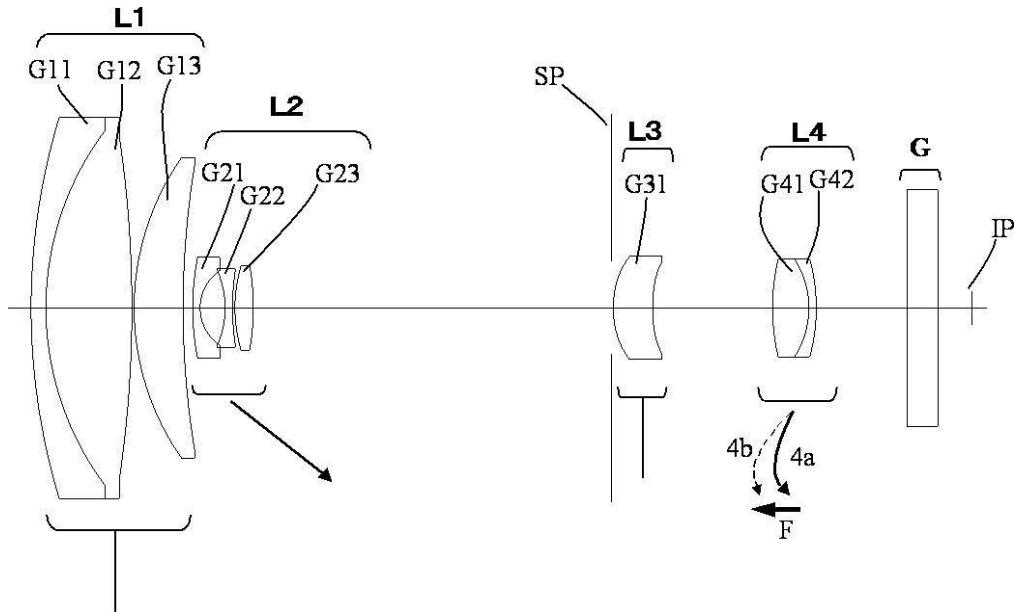
(B)



(C)

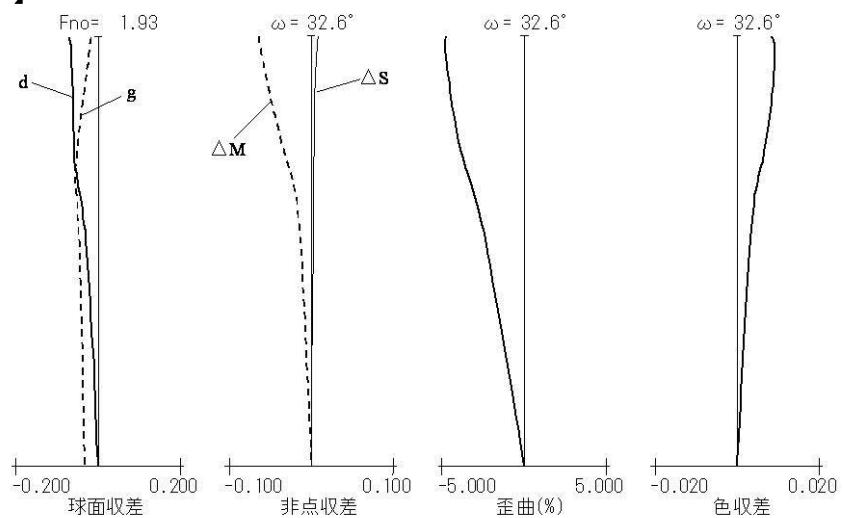


【図5】

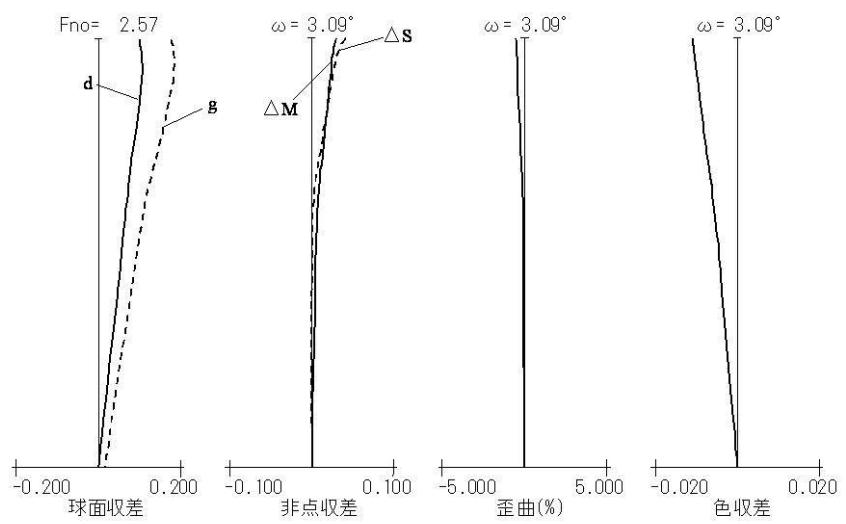


【図6】

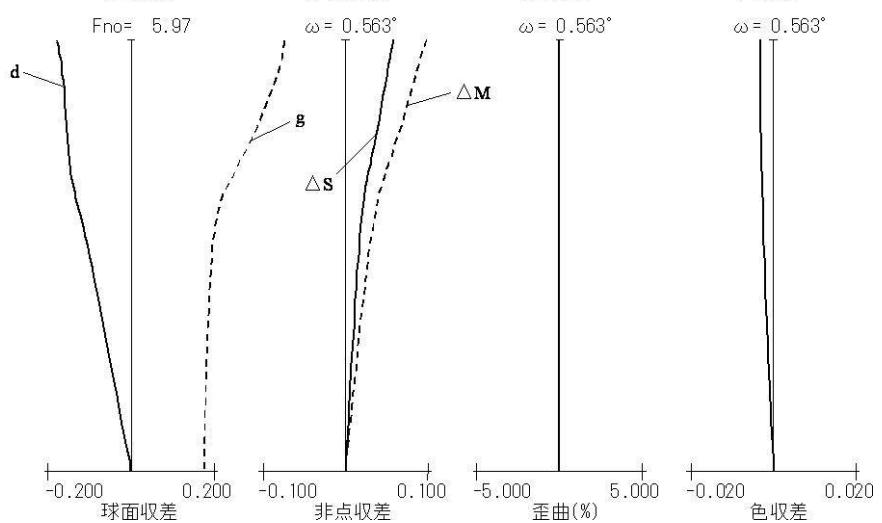
(A)

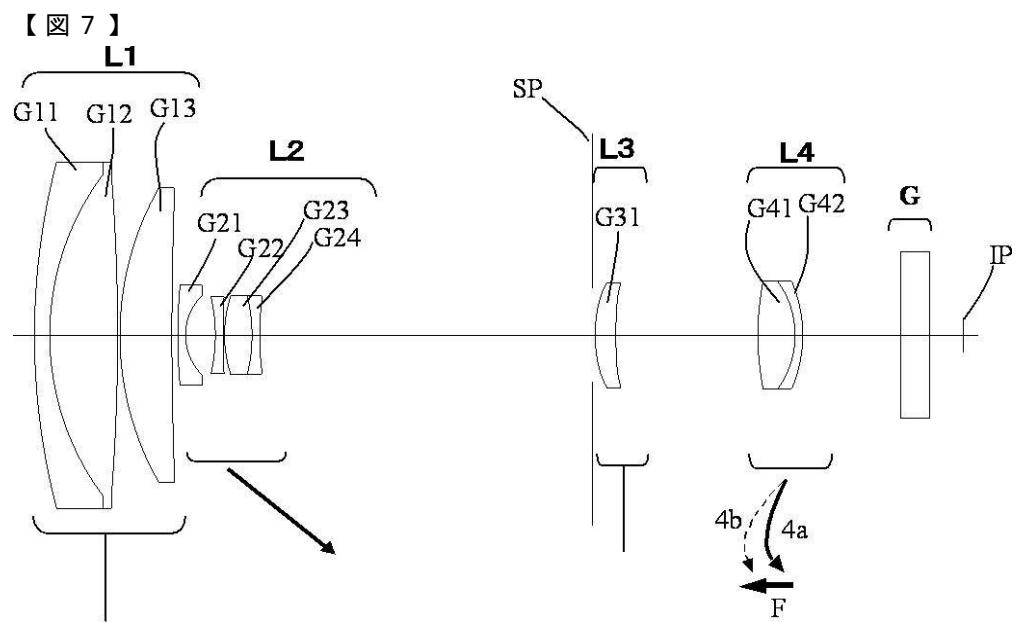


(B)

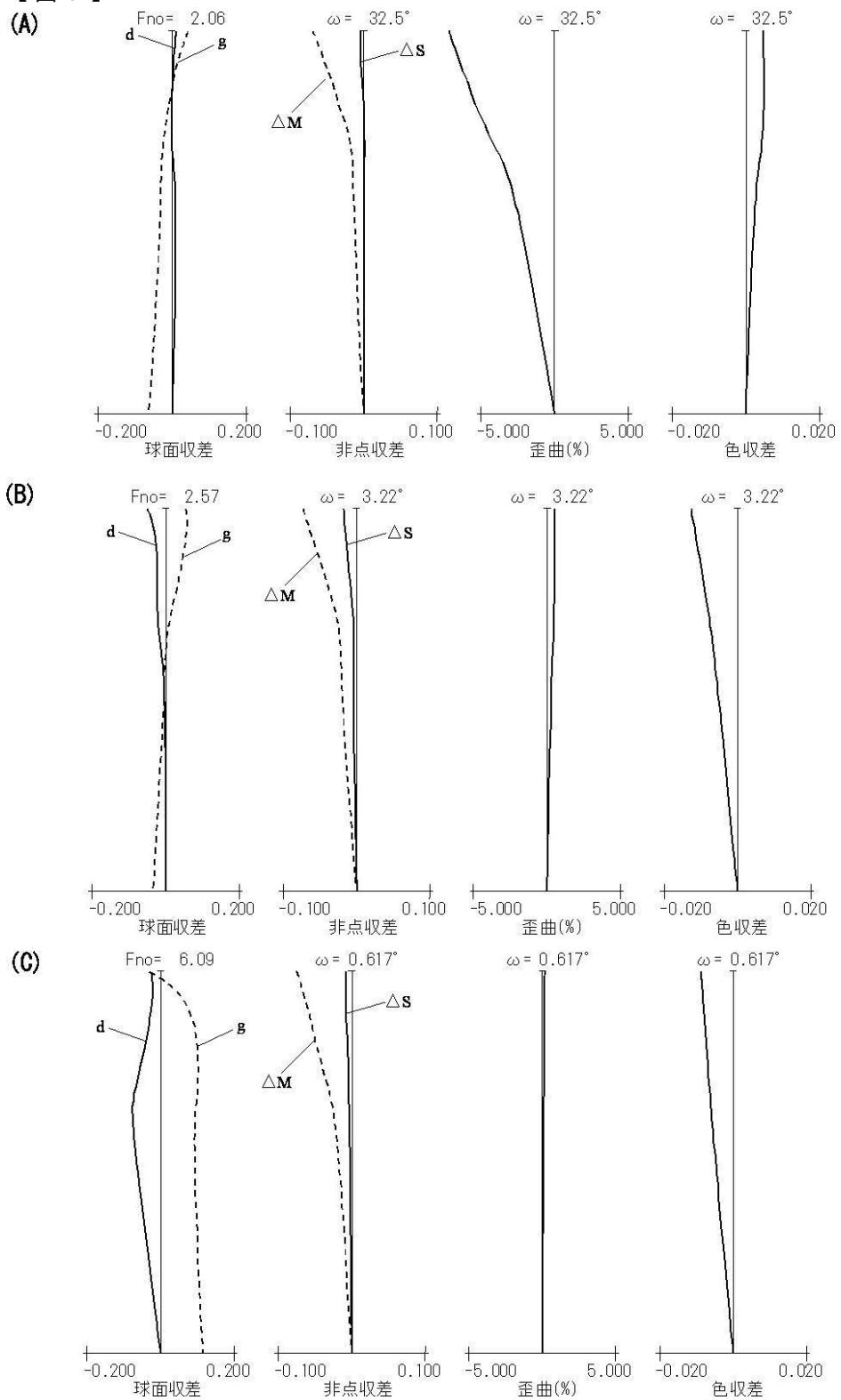


(C)

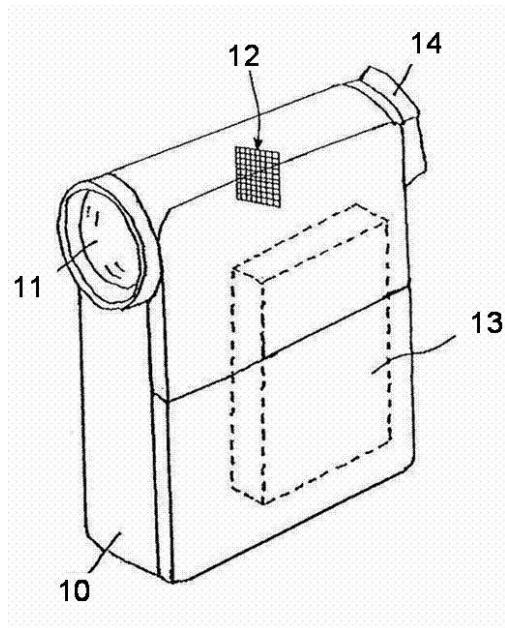




【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-227548(JP,A)
特開2008-158062(JP,A)
特開2005-107202(JP,A)
特開2007-271710(JP,A)
特開2008-158160(JP,A)
特開2006-276808(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4