

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5774055号
(P5774055)

(45) 発行日 平成27年9月2日(2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(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 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2013-108835 (P2013-108835)

(22) 出願日

平成25年5月23日 (2013.5.23)

(65) 公開番号

特開2014-228733 (P2014-228733A)

(43) 公開日

平成26年12月8日 (2014.12.8)

審査請求日

平成26年10月23日 (2014.10.23)

(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 桑代 慎

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

審査官 堀井 康司

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群から構成され、ズーミングに際して前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化するよう各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズを有し、広角端におけるレンズ全長を $T L w$ 、広角端におけるバックフォーカスを $B F w$ 、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 $f 2$ とするとき、

$$4 . 1 8 \quad T L w / B F w < 1 2 . 0$$

$$0 . 2 0 < f 2 / f t < 0 . 9 0$$

$$- 1 . 3 0 < f 1 / f 2 < - 0 . 2 0$$

なる条件式を満足し、

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料の屈折率を $N d$ とするとき、前記第1レンズ群に含まれる少なくとも1枚の正レンズは、

$$1 . 8 6 < N d < 3 . 0 0$$

なる条件式を満足する正レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比をそれぞれ d 、
 $g F$ とするとき、前記第1レンズ群に含まれる少なくとも1枚の正レンズは、

$$1 0 < d < 3 0$$

10

20

$0.020 < g_F - (0.644 - 0.00168 \times d) < 0.080$

なる条件式を満足する正レンズであ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】

広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$-4.00 < f_1 / f_w < -2.10$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記第1レンズ群を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を $N_d 1a$ とするとき、

$1.80 < N_d 1a < 2.20$

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。 10

【請求項5】

前記第2レンズ群は複数のレンズを有し、前記第2レンズ群を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を $N_d 2a$ とするとき、

$1.65 < N_d 2a < 1.90$

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】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第1レンズ群は物体側へ移動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。 20

【請求項7】

請求項1乃至6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る像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】

前記撮像装置において得られた画像に対して画像処理を行うことで、前記撮像装置に含まれるズームレンズによって生じる収差を補正する補正手段を有することを特徴とする請求項7に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、特にデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視用カメラ、放送用カメラ、フィルム用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系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撮像装置に用いる撮像光学系には、固体撮像素子の高精細化に対応できる程度の高い光学性能を有し、更に種々の倍率で撮影できるズームレンズが要望されている。例えば監視カメラ用のズームレンズは、広域な撮影範囲を1台のカメラで監視できるような超広画角であり、また夜間においても鮮明な撮影ができるよう明るい($FN0$ が小さい)ことが望まれている。さらには、屋内および屋外で場所を選ばず設置しやすくするために、全系が小型化であること等が要望されている。 40

【0003】

従来、全系が小型で広画角で明るいズームレンズとして物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群と正の屈折力の第2レンズ群で構成され、双方のレンズ群を移動してズーミングを行う2群ズームレンズが知られている(特許文献1, 2)。特許文献1は広角端の撮影画角80度程度、広角端のFナンバー2、ズーム比3~6程度の小型のズームレンズを開示している。特許文献2は広角端の撮影画角140度程度、広角端のFナンバー1.2、ズーム比3.5程度の小型のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0004】

【特許文献1】特開平8-320435号公報

【特許文献2】特開2009-204699号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

撮像装置に用いられるズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型の2群ズームレンズにおいては全系が小型であること、そして広画角で明るいFナンバーを有しつつ、高い光学性能を有することが要望されている。そのような特徴のあるズームレンズを得るには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力や各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。10

【0006】

例えば第1レンズ群、第2レンズ群の屈折力やレンズ群を構成する各レンズの材料等を適切に設定することが重要である。これらの構成が不適切であると、広画角で明るいFナンバーを有しつつ高い光学性能のズームレンズを得るのが大変困難になってくる。

【0007】

本発明は、広画角で明るく、しかもレンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置を提供することを目的とする。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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群から構成され、ズーミングに際して前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズを有し、広角端におけるレンズ全長をTLw、広角端におけるバックフォーカスをBFw、望遠端における全系の焦点距離をft、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第2レンズ群の焦点距離をf2とするとき、

$$\begin{aligned} & 4.18 \quad TLw / BFw < 12.0 \\ & 0.20 < f2 / ft < 0.90 \\ & -1.30 < f1 / f2 < -0.20 \end{aligned}$$

なる条件式を満足し、30

前記第1レンズ群に含まれる正レンズの材料の屈折率をNdとするとき、前記第1レンズ群に含まれる少なくとも1枚の正レンズは、

$$1.86 < Nd < 3.00$$

なる条件式を満足する正レンズであることを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、広画角で明るく、しかもレンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【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、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【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、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【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、中間のズーム位置、望遠端における収差図40

10

20

30

40

50

【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、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図9】本発明のビデオカメラでの実施例

【発明を実施するための形態】

【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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群から構成され、ズーミングに際して第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動する。

10

【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である。図2(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例1はズーム比3.42、開口比1.44~2.68のズームレンズである。

【0013】

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である。図4(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例2はズーム比3.07、開口比1.65~2.80のズームレンズである。

20

【0014】

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である。図6(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例3はズーム比3.90、開口比1.44~2.68のズームレンズである。

【0015】

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である。図8(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例4はズーム比3.43、開口比1.45~2.75のズームレンズである。図9は本発明のズームレンズを備えるビデオカメラ等の撮像装置の要部概略図である。

30

【0016】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮像光学系であり、レンズ断面図において、左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の光学機器に用いても良く、このときは、左方がスクリーン、右方が被投影画像となる。

【0017】

レンズ断面図において、L1は負の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群である。SPは開放Fナンバー(Fno)光束を決定(制限)する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材(以下「開口絞り」ともいう。)である。

40

【0018】

GBは光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学プロックである。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチ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)の撮像面が置かれる。

【0019】

矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。第1レンズ群L1に関する矢印1aは無限遠にフォーカス(合焦)しているときの広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡を示す。また矢印1bは近距離にフォー

50

カスしているときの広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡を示す。矢印 1 c は無限遠（無限遠物体）から近距離（近距離物体）へのフォーカシングに際しての移動方向を示している。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第1レンズ群 L 1 は物体側へ移動している。

【0020】

収差図のうち、球面収差図においては、実線の d は d 線（波長 587.6 nm）、点線の g は g 線（波長 435.8 nm）を示している。F no は F ナンバーである。非点収差図において、点線の M はメリディオナル像面、実線の S はサジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。は半画角（度）である。

【0021】

各実施例は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群 L 1、正の屈折力の第2レンズ群 L 2 より構成されるネガティブリード型（負群先行）の2群構成のズームレンズである。ズーミングに際しては第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 の間隔が変化するよう第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 が矢印の方向に移動する。

【0022】

変倍においては、第2レンズ群 L 2 を移動させることにより行い、それに伴う像面変動を第1レンズ群 L 1 で補正している。

【0023】

各実施例では可動レンズ群を2つとすることにより、鏡筒構造の簡略化を図りつつ、全系の小型化を図っている。各実施例において、開口絞り SP は第1レンズ群 L 1 の像側に配置している。開口絞り SP はズーミングに際して不動又は第2レンズ群 L 2 と一体的に（同じ軌跡で）移動している。具体的には、実施例 1、3、4において開口絞り SP は第2レンズ群 L 2 の最も物体側のレンズ G 2 1 のレンズ面頂点と、レンズ G 2 1 の物体側のレンズ面と外周部（コバ部）の交点との間に位置している。

【0024】

そしてズーミングに際して第2レンズ群 L 2 と一体的に移動する。実施例 2において開口絞り SP は、第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 の間に配置しており、ズーミングに際して不動である。開口絞り SP の開口径はズーミングに際して一定としても良く、又は変化させても良い。開口絞り SP の開口径を変化させると、望遠端において大きく発生する軸外光束による下線のコマフレアを最大限カットすることができ、光学性能を良好に維持することが容易になる。

【0025】

フォーカシングは第1レンズ群 L 1 全体で行う他、第1レンズ群 L 1 の一部のレンズ部又は第2レンズ群 L 2 、若しくはその一部のレンズ部を光軸上に移動させて行ってもよい。各実施例において、第1レンズ群 L 1 は正レンズ（正の屈折力のレンズ）と、負レンズ（負の屈折力のレンズ）を有している。広角端におけるレンズ全長を TLW、広角端におけるバックフォーカスを BFW、望遠端における全系の焦点距離を ft、第1レンズ群 L 1 の焦点距離を f 1 、第2レンズ群の焦点距離を f 2 、第1レンズ群 L 1 に含まれる正レンズの材料の屈折率を N d とする。

【0026】

このとき、

$$\frac{4.18}{0.20} < \frac{TLW}{BFW} < 12.0 \quad \dots (1)$$

$$0.20 < \frac{f_2}{ft} < 0.90 \quad \dots (2)$$

$$-1.30 < \frac{f_1}{f_2} < -0.20 \quad \dots (3)$$

を満足し、第1レンズ群 L 1 に含まれる少なくとも1枚の正レンズは、

$$1.86 < N_d < 3.00 \quad \dots (4)$$

なる条件式を満足する正レンズである。

【0027】

ここでレンズ全長とは第1レンズ面から最終レンズ面までの距離（光学全長）にバックフォーカス（最終レンズ面から像面までの空気換算での距離）を加えたものである。

10

20

30

40

50

【0028】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は、広角端におけるレンズ全長と広角端におけるバックフォーカスの比を規定したものである。条件式(1)の上限値を超えて、バックフォーカスが短くなりすぎると、最終レンズ面と像面との間にローパスフィルター等のフィルターを配置するスペースが少なくなってしまう。また条件式(1)の下限値を超えて、バックフォーカスが長くなりすぎると、ズーミングのための第2レンズ群L2の移動スペースを十分確保することが難しくなり、またレンズ全長が長くなってしまう。

【0029】

条件式(2)は、第2レンズ群L2の焦点距離と、望遠端における全系の焦点距離の比を規定したものである。条件式(2)の上限値を超えて、第2レンズ群L2の焦点距離が長くなりすぎると、高ズーム比化を図るために、ズーミングに際して第2レンズ群L2の移動量を増大させる必要が生じ、この結果、レンズ全長が長くなってしまう。また条件式(2)の下限値を超えて、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなりすぎると、全ズーム範囲にわたり球面収差やコマ収差等が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

10

【0030】

条件式(3)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定したものである。条件式(3)の下限値を超えて、第1レンズ群L1の焦点距離の絶対値が大きくなると、変倍によって変動する像面を補正するための移動量が大きくなり、レンズ全長が長くなってしまう。この他、条件式(3)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と、全ズーム範囲にわたり球面収差やコマ収差等が増大する。また条件式(3)の上限値を超えて、第1レンズ群L1の焦点距離の絶対値が小さくなると、広角端において像面湾曲が大きく発生してくる。

20

【0031】

この他、条件式(3)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と、ズーミングのための移動量が長くなり、レンズ全長が長くなってしまう。

【0032】

条件式(4)は第1レンズ群L1に含まれる少なくとも1つの正レンズの材料の屈折率を規定したものである。条件式(4)の上限値を超えて、正レンズの材料の屈折率が高くなりすぎると、ペッツバール和が負の方向に大きくなり、像面湾曲がオーバー側に発生してくる。また条件式(4)の下限値を超えて、正レンズの材料の屈折率が小さくなりすぎると、第1レンズ群L1の全長が厚くなってしまい、レンズ全長が長くなってくる。また、所定の屈折力を得るためにレンズ面の曲率をきつくする必要があり、この結果、広角端において像面湾曲の補正が困難となる。

30

【0033】

各実施例では上記の如く、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定している。これにより全系が小型で、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を有するズームレンズを得ている。なお、各実施例において、好ましくは条件式(1)乃至(4)の数値範囲を次のように設定するのがよい。

【0034】

40

$$\begin{aligned} & \frac{4.18}{T L w / B F w} < 10.0 \quad \cdots (1a) \\ & 0.40 < f_2 / f_t < 0.88 \quad \cdots (2a) \\ & -1.28 < f_1 / f_2 < -0.50 \quad \cdots (3a) \\ & 1.90 < N_d < 2.50 \quad \cdots (4a) \end{aligned}$$

また、さらに好ましくは条件式(1a)乃至(4a)の数値範囲を次のように設定するのがよい。

【0035】

$$\begin{aligned} & \frac{4.18}{T L w / B F w} < 7.60 \quad \cdots (1b) \\ & 0.60 < f_2 / f_t < 0.87 \quad \cdots (2b) \\ & -1.26 < f_1 / f_2 < -0.80 \quad \cdots (3b) \end{aligned}$$

50

1 . 9 3 < N d < 2 . 3 0 · · · (4 b)

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【 0 0 3 6 】

第1レンズ群 L 1 に含まれる正レンズの材料のアッペ数と、部分分散比をそれぞれ d 、 g F とする。広角端における全系の焦点距離を f w とする。第1レンズ群 L 1 を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を N d 1 a とする。第2レンズ群 L 2 は複数のレンズを有し、第2レンズ群 L 2 を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を N d 2 a とする。

【 0 0 3 7 】

このとき、第1レンズ群 L 1 に含まれる少なくとも1枚の正レンズは、

1 0 < d < 3 0 · · · (5)

0 . 0 2 0 < g F - (0 . 6 4 4 - 0 . 0 0 1 6 8 + d) < 0 . 0 8 0 · · · (6)

を満足する正レンズである。そして、

- 4 . 0 0 < f 1 / f w < - 2 . 1 0 · · · (7)

1 . 8 0 < N d 1 a < 2 . 2 0 · · · (8)

1 . 6 5 < N d 2 a < 1 . 9 0 · · · (9)

なる条件式を満足するのが良い。ここでアッペ数 d と部分分散比 g F は次のとおりである。波長 4 3 6 nm (g 線) 、波長 4 8 6 nm (F 線) 、波長 5 8 8 nm (d 線) 、波長 6 5 6 nm (C 線) のそれに対する材料の屈折率をそれぞれ n g 、 n F 、 n d 、 n C とする。このとき、アッペ数 d と部分分散比 g F は、

$$d = (n d - 1) / (n F - n C)$$

$$g F = (n g - n F) / (n F - n C)$$

である。

【 0 0 3 8 】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式 (5) は、第1レンズ群 L 1 に含まれる正レンズの材料のアッペ数を規定したものである。条件式 (5) の上限値を超えて、アッペ数が大きくなりすぎると、広角端において倍率色収差が補正不足となってしまう。また、条件式 (5) の下限値を超えて、アッペ数が小さくなりすぎると、広角端における倍率色収差が補正過剰となる。

【 0 0 3 9 】

条件式 (6) は第1レンズ群 L 1 に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比を規定したものである。条件式 (6) の上限値を超えて部分分散比 g F が大きくなりすぎると、広角端において倍率色収差の二次スペクトルが補正過剰となる。また、条件式 (6) の下限値を超えて部分分散比 g F が小さくなりすぎると、広角端において倍率色収差の二次スペクトルが補正不足となる。

【 0 0 4 0 】

条件式 (7) は第1レンズ群 L 1 の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比を規定したものである。条件式 (7) の下限値を超えて、第1レンズ群 L 1 の焦点距離 f 1 の絶対値が大きくなりすぎると、ズーミングに際して第1レンズ群 L 1 の移動量が長くなる。そして広角端において第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 の間隔が広くなり、レンズ全長が長くなってしまう。また、条件式 (7) の上限値を超えて、第1レンズ群 L 1 の焦点距離 f 1 の絶対値が小さくなりすぎると、広角端において像面湾曲の補正が困難となる。

【 0 0 4 1 】

条件式 (8) は第1レンズ群 L 1 を構成する各レンズの材料の平均屈折率を規定したものである。条件式 (8) の上限値を超えて第1レンズ群 L 1 を構成する各レンズの材料の平均屈折率が高くなりすぎると、ペツツバール和が正の方向に大きくなりすぎ、像面湾曲、非点収差の補正が困難となる。また、条件式 (8) の下限値を超えて平均屈折率が小さくなりすぎると、第1レンズ群 L 1 に所定の値の屈折力を持たせるために各レンズ面の曲率をきつくしなければならず、広角端において像面湾曲が大きくなってしまう。さらに第

10

20

30

40

50

1レンズ群L1の全長が厚くなりレンズ全長が長くなってしまう。

【0042】

条件式(9)は第2レンズ群L2を構成する各レンズの材料の平均屈折率を規定したものである。条件式(9)の上限値を超えて、第2レンズ群L2を構成する各レンズの材料の平均屈折率が高くなりすぎると、ペツツバール和が、負の値になり、絶対値が大きくなりすぎてしまうため、像面湾曲、非点収差の補正が困難となる。また、条件式(9)の下限値を超えて平均屈折率が小さくなりすぎると、第2レンズ群L2に所定の値の屈折力を持たせるために各レンズ面の曲率をきつくしなければならず、この結果、球面収差やコマ収差等が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0043】

また、第2レンズ群L2の全長の厚さが大きくなってしまい、レンズ全長が長くなってしまう。更に、好ましくは条件式(5)乃至条件式(9)の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

【0044】

$$\begin{aligned} 1.2 < d < 2.5 & \cdots (5a) \\ 0.035 < g_F - (0.644 - 0.00168 \cdot d) < 0.070 & \cdots (6a) \\ -3.50 < f_1 / f_w < -2.15 & \cdots (7a) \\ 1.83 < N_{d1a} < 2.10 & \cdots (8a) \\ 1.67 < N_{d2a} < 1.88 & \cdots (9a) \end{aligned}$$

また、さらに好ましくは条件式(5a)乃至条件式(9a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0045】

$$\begin{aligned} 1.4 < d < 2.0 & \cdots (5b) \\ 0.041 < g_F - (0.644 - 0.00168 \cdot d) < 0.060 & \cdots (6b) \\ -3.45 < f_1 / f_w < -2.20 & \cdots (7b) \\ 1.85 < N_{d1a} < 2.00 & \cdots (8b) \\ 1.68 < N_{d2a} < 1.85 & \cdots (9b) \end{aligned}$$

各実施例では以上のように各要素を構成することにより、全系が小型で、広画角かつ高ズーム比であり、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を得ている。また以上の条件式は任意に複数組み合わせることにより、さらに本発明の効果を高めることができる。

【0046】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。各レンズ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ものとする。実施例1, 3, 4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もしくは両面が凹形状の負レンズG11、両面が凹形状もしくは物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG12、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG13より構成している。

【0047】

第2レンズ群L2は、両面が凸形状もしくは物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG21、両面が凸形状もしくは物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG22、両面が凹形状もしくは物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG23を有する。更に両面が凸形状の正レンズG24より構成している。第2レンズ群L2を3つの正レンズを有するようにし、第2レンズ群L2の正の屈折力を分散させることで、各レンズ面の曲率を緩くしている。これにより、球面収差の発生を抑制している。

【0048】

さらに正レンズG21の両面を非球面形状とすることにより、球面収差、コマ収差等の諸収差を良好に補正している。また、正レンズG22と負レンズG23を貼り合わせた接合レンズより構成し、双方のレンズの材料のアッペ数の差を大きく(25以上と)するこ

10

20

30

40

50

とにより、ズーム全域において軸上色収差を良好に補正している。

【0049】

実施例2について説明する。第1レンズ群L1は両面が凹形状の負レンズG11、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG12より構成している。負レンズG11と、正レンズG12の材料を共に高屈折材料（屈折率1.8以上）とすることで、レンズ面の曲率が小さくなるようにして、広角端において像面湾曲を良好に補正している。また、双方のレンズの材料のアッベ数の差を大きく（25以上と）することで広角端において倍率色収差を良好に補正している。

【0050】

第2レンズ群L2は、両面が凸形状の正レンズG21、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズG22、両面が凸形状の正レンズG23より構成している。正レンズG21の両面を非球面形状とすることにより、球面収差、コマ収差等の諸収差を良好に補正している。

【0051】

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（撮像装置）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乃至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メモリである。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。

【0052】

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。

【0053】

本発明の撮像装置は、上記のいずれかのズームレンズとともに、ズームレンズによって得られた画像に対して歪曲収差と倍率色収差等の収差の少なくとも1つを画像処理によって補正する回路（補正手段）を有していても良い。このようにズームレンズの歪曲収差等を許容することができる構成にすれば、ズームレンズ全体のレンズ枚数を少なくでき、小型化が容易になる。また倍率色収差を画像処理によって補正すれば、撮影した画像の色にじみを軽減し、解像力の向上を図ることが容易になる。

【0054】

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。

【0055】

次に本発明の実施例1乃至4にそれぞれ対応する数値実施例1乃至4を示す。各数値実施例において、iは物体側からの光学面の順序を示す。riは第i番目の光学面（第i面）の曲率半径、diは第i面と第i+1面との間の間隔、ndi、diはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。数値実施例1、3、4においてd7が負の値となっているが、これは物体側から像側へ順に、開口絞りSP、第2レンズ群L2の最も物体側のレンズ面と数えたためである。

【0056】

またkを離心率、A4、A6、A8、A10を非球面係数、面頂点を基準にして光軸からの高さhの位置における光軸方向の変位をxとする。このとき、非球面形状は、

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A4 h^4 + A6 h^6 + A8 h^8 + A10 h^{10}$$

で表される。但しRは近軸曲率半径である。また各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。

【0057】

10

20

30

40

50

50

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	101.633	0.40	1.83481	42.7	
2	13.074	0.94			
3	-17.693	0.40	1.80400	46.6	
4	5.773	1.12			
5	8.244	0.89	1.95906	17.5	10
6	16.752	(可変)			
7(絞り)		-0.50			
8*	6.326	2.14	1.69350	53.2	
9*	-23.836	0.18			
10	7.338	1.72	1.77250	49.6	
11	-50.974	0.45	1.84666	23.9	
12	3.999	1.06			
13	8.681	2.18	1.69680	55.5	
14	-10.775	(可変)			
15		0.80	1.51000	60.0	20
16		1.10			

像面

非球面データ

第8面

K = -4.78616e-001 A 4=-3.92885e-004 A 6=-2.50594e-005
A 8= 1.85523e-006 A10=-1.48911e-007

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.02576e-004 A 6=-5.57126e-005
A 8= 4.92040e-006 A10=-2.94804e-007

各種データ

ズーム比	3.42			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	2.22	4.21	7.60	
Fナンバー	1.44	1.90	2.68	
半画角(度)	47.50	22.00	11.90	
像高	1.58	1.58	1.58	
レンズ全長	28.52	23.00	22.92	40
BF	4.27	6.49	10.27	
d 6	13.27	5.53	1.67	
d14	2.65	4.87	8.65	

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-5.71
2	7	6.37

【 0 0 5 8 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	-11.979	0.50	1.83481	42.7	
2	5.971	0.52			
3	6.392	1.11	2.10205	16.8	10
4	9.351	(可変)			
5(絞り)		(可変)			
6*	4.279	2.38	1.58313	59.4	
7*	-48.850	0.25			
8	13.046	0.50	1.84666	23.9	
9	4.000	0.48			
10	5.967	1.96	1.71300	53.9	
11	-15.011	(可変)			
12		1.60	1.51000	60.0	
13		1.22			20

像面

非球面データ

第6面

K = -2.14873e-001 A 4=-9.10884e-004 A 6= 3.26896e-005
A 8=-6.86925e-006 A10= 1.41488e-007

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.26521e-004 A 6= 1.07717e-004
A 8=-2.31364e-005 A10= 1.15326e-006

30

各種データ

ズーム比	3.07			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	2.89	5.10	8.86	
Fナンバー	1.65	2.07	2.80	
半画角(度)	36.10	18.30	10.20	
像高	1.58	1.58	1.58	
レンズ全長	26.74	22.46	22.60	
BF	6.39	8.58	12.31	40
d 4	6.73	2.45	2.59	
d 5	5.92	3.73	0.00	
d11	4.11	6.30	10.03	

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-6.60
2	6	6.54

50

【 0 0 5 9 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	-71.409	0.55	2.00069	25.5	
2	12.495	1.82			
3	48.333	0.50	1.77250	49.6	10
4	16.258	0.57			
5	15.539	2.15	2.10205	16.8	
6	54.002	(可変)			
7(絞り)		-1.00			
8*	10.946	2.89	1.58313	59.4	
9*	-109.671	0.18			
10	7.962	3.16	1.88300	40.8	
11	93.887	0.40	1.84666	23.9	
12	5.155	2.32			
13	12.463	2.33	1.48749	70.2	20
14	-18.929	(可変)			
15		1.52	1.51000	60.0	
16		2.08			

像面

非球面データ

第8面

K = -4.32230e-001 A 4=-3.92252e-005 A 6=-3.89394e-007
A 8=-1.35638e-008 A10=-9.13159e-010

30

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.10021e-005 A 6=-1.48630e-006
A 8= 1.01029e-008 A10=-1.22483e-009

各種データ

ズーム比	3.90			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.22	8.75	16.46	
Fナンバー	1.44	1.89	2.68	
半画角(度)	47.80	19.80	10.40	40
像高	3.00	3.00	3.00	
レンズ全長	55.32	38.25	35.43	
BF	7.33	10.99	17.21	
d 6	32.12	11.40	2.35	
d14	4.24	7.90	14.12	

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 -14.47

50

2 7 11.67

【 0 0 6 0 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	1356.085	0.40	1.88300	40.8	10
2	11.444	1.11			
3	-20.156	0.40	1.83481	42.7	
4	6.335	1.29			
5	10.194	0.95	2.10205	16.8	
6	23.887	(可変)			
7(絞り)		-0.70			
8*	5.282	2.30	1.69350	53.2	
9*	503.803	0.15			
10	4.971	1.16	1.48749	70.2	
11	9.228	0.40	1.92286	18.9	20
12	3.792	1.12			
13	9.038	1.24	1.69680	55.5	
14	-11.606	(可変)			
15		0.80	1.51000	60.0	
16		1.45			

像面

非球面データ

第8面

K = -7.29555e-003 A 4=-8.44011e-005 A 6=-2.69894e-005
A 8= 5.18401e-006 A10=-1.56963e-007 A12= 6.04399e-009

30

第9面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.47070e-003 A 6=-4.22941e-005
A 8= 1.10377e-005 A10=-2.49627e-007

各種データ

ズーム比	3.43			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	2.16	4.11	7.43	40
Fナンバー	1.45	1.92	2.75	
半画角(度)	48.30	22.50	12.20	
像高	1.58	1.58	1.58	
レンズ全長	28.42	22.86	22.82	
BF	4.98	7.22	11.05	
d 6	13.64	5.83	1.96	
d14	3.00	5.25	9.08	

ズームレンズ群データ

50

群 始面 焦点距離

1	1	-5.56
2	7	6.42

【0061】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	6.68	4.18	7.55	5.71
条件式(2)	0.84	0.74	0.71	0.86
条件式(3)	-0.90	-1.01	-1.24	-0.87
条件式(4)	1.96	2.10	2.10	2.10
条件式(5)	17.5	16.8	16.8	16.8
条件式(6)	0.045	0.045	0.045	0.056
条件式(7)	-2.57	-2.28	-3.43	-2.57
条件式(8)	1.87	1.97	1.96	1.94
条件式(9)	1.75	1.71	1.70	1.70

10

20

【符号の説明】

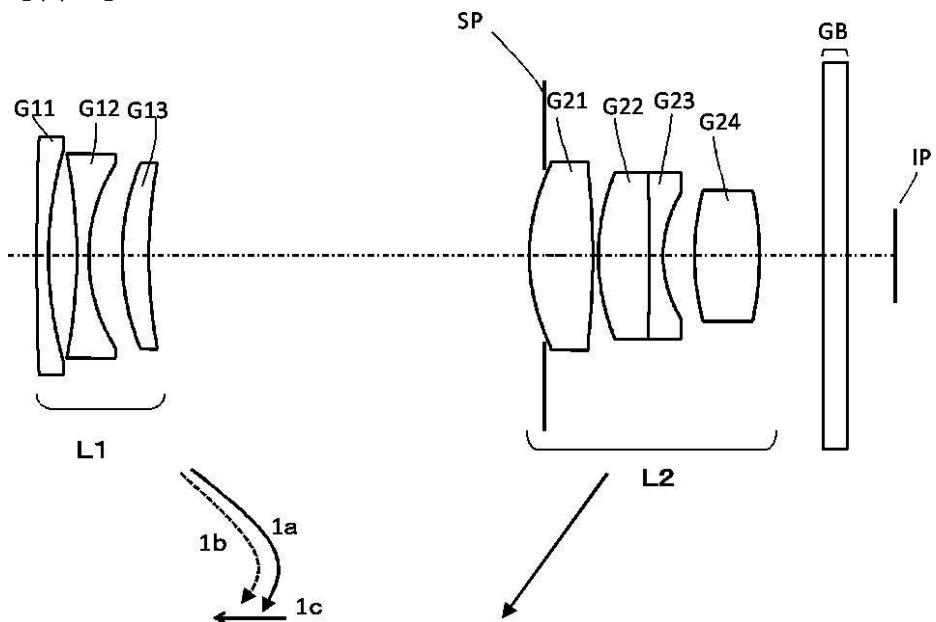
【0062】

L1 : 第1レンズ群

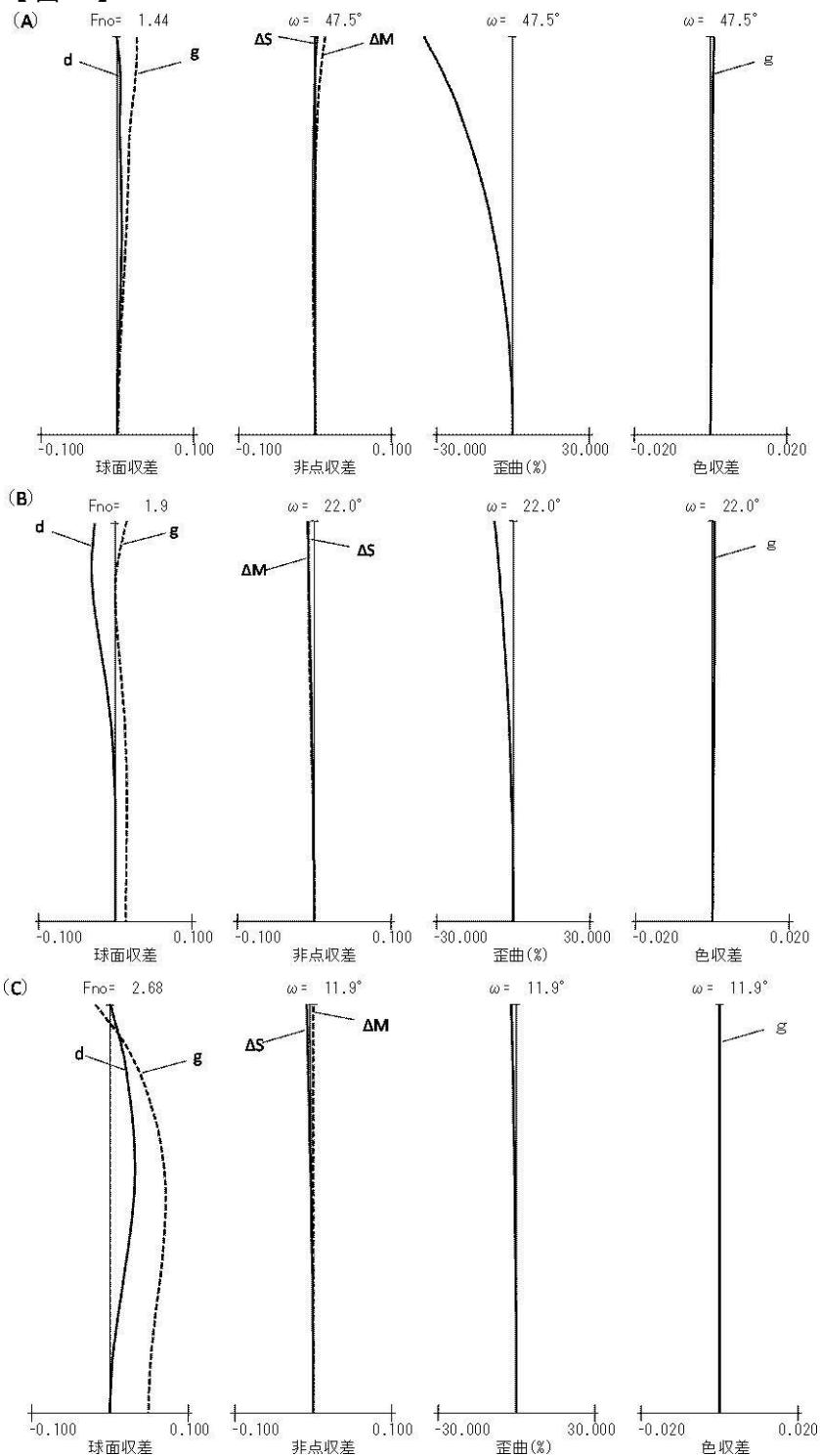
L2 : 第2レンズ群

SP : 開口絞り

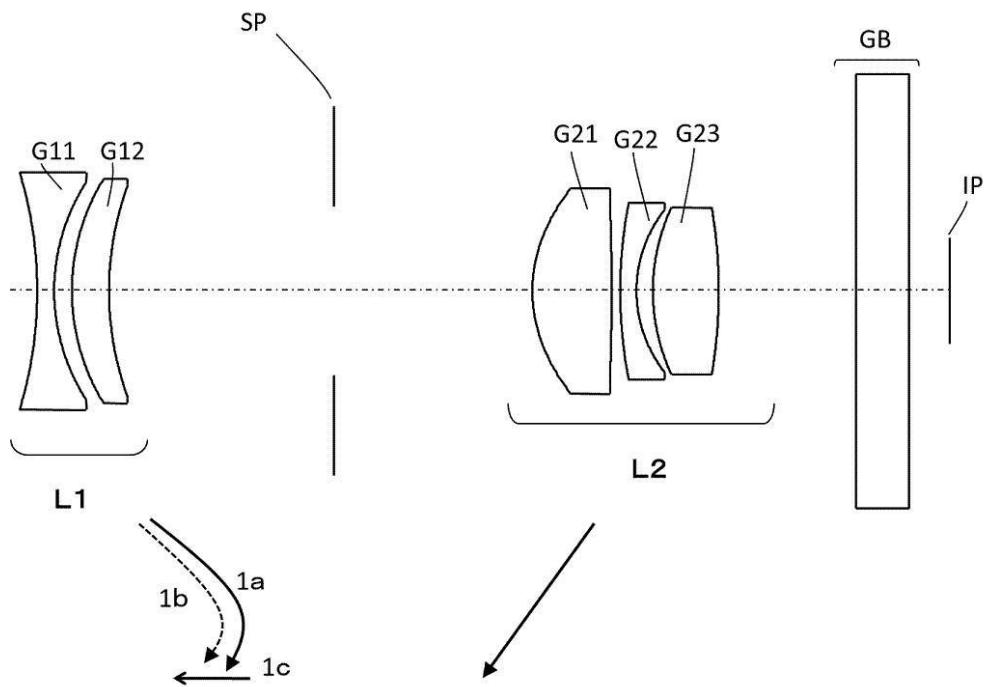
【図1】



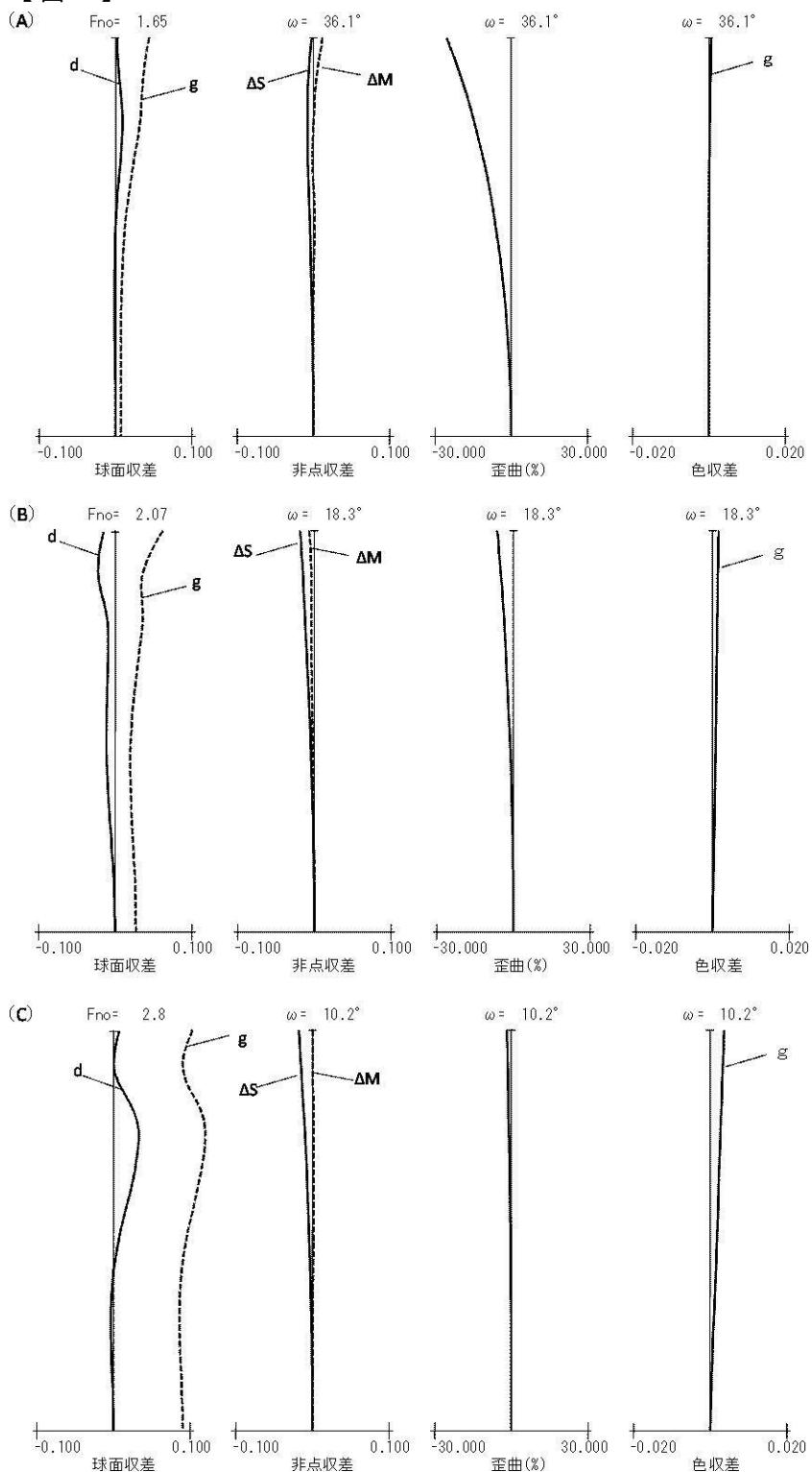
【図2】



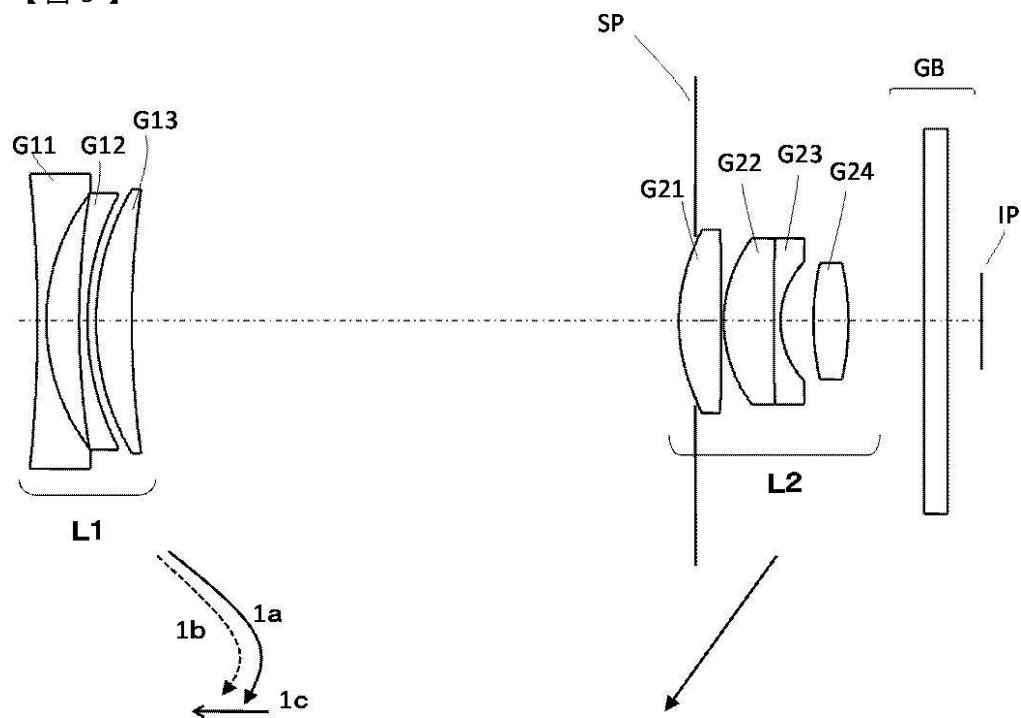
【図3】



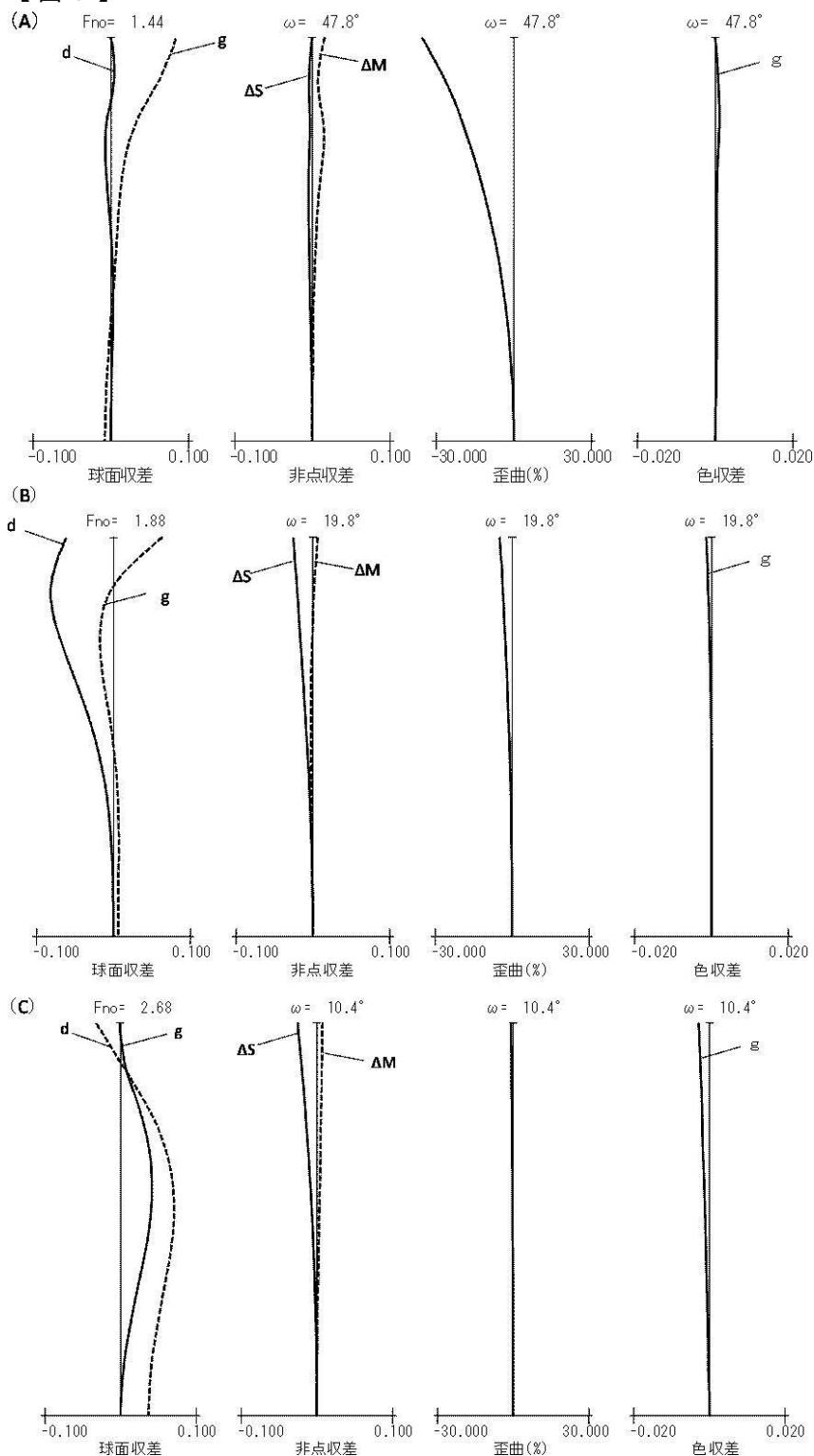
【図4】



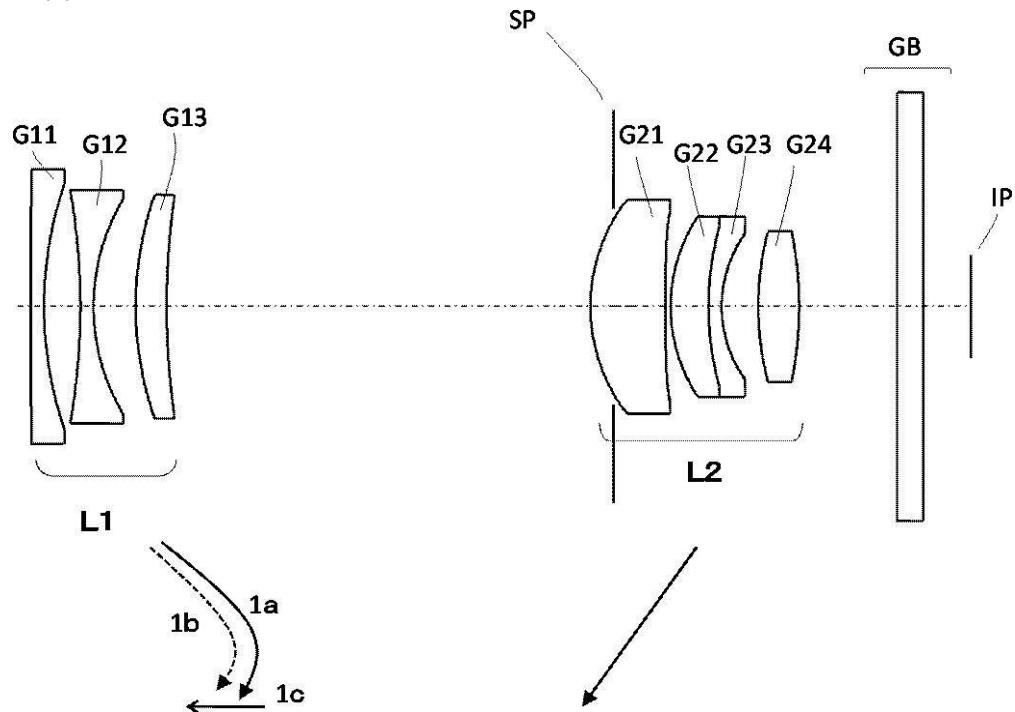
【図5】



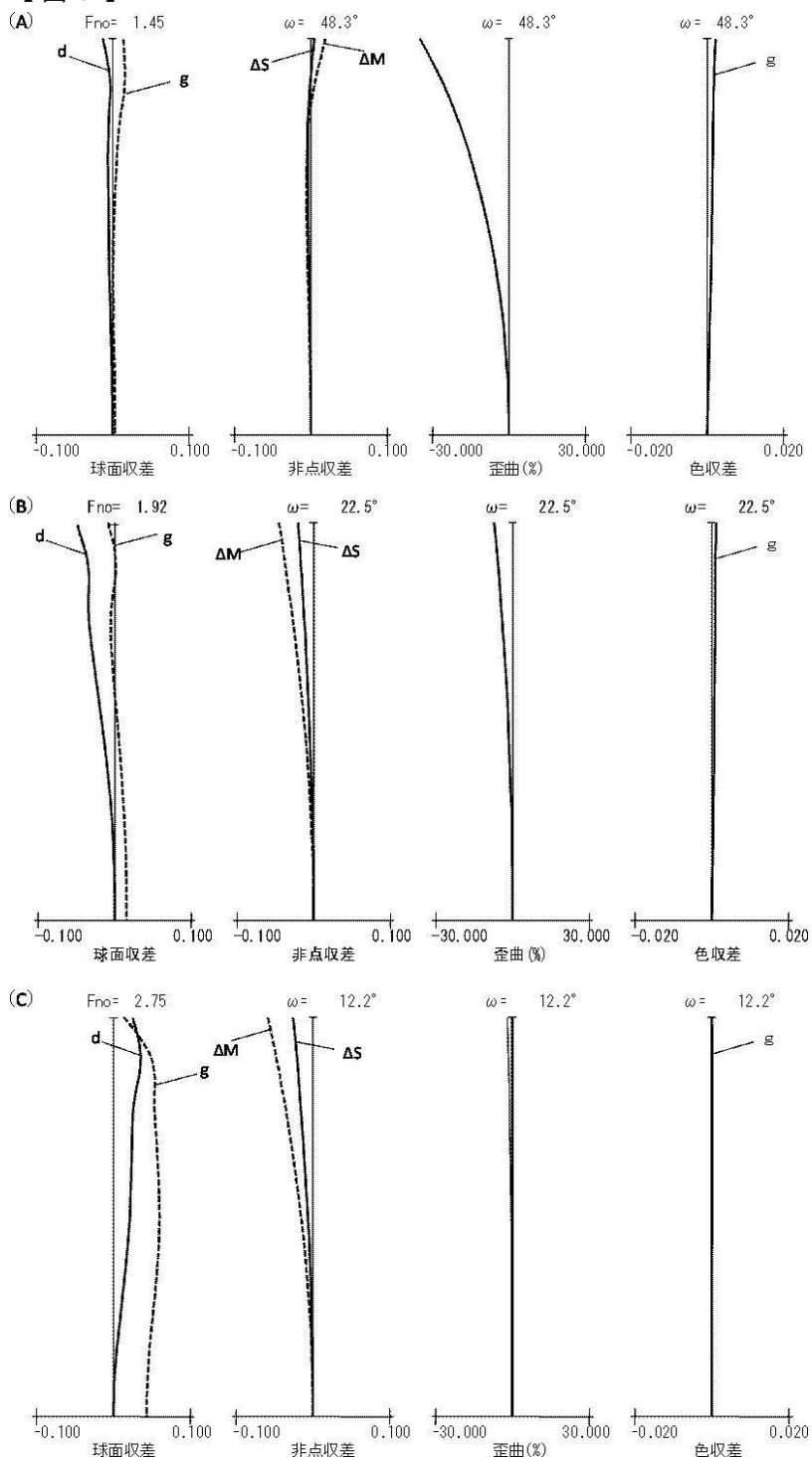
【図6】



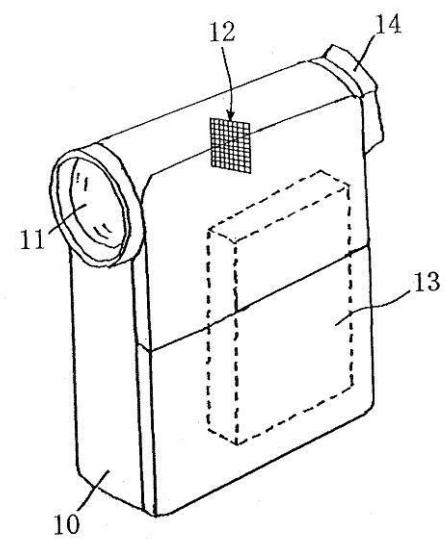
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-091948(JP,A)
特開2006-133370(JP,A)
特開2006-350027(JP,A)
特開平09-211327(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/16
G02B 13/18