

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6257251号
(P6257251)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 15/16 (2006.01) G O 2 B 15/16
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 6 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2013-207104 (P2013-207104)
 (22) 出願日 平成25年10月2日(2013.10.2)
 (65) 公開番号 特開2015-72325 (P2015-72325A)
 (43) 公開日 平成27年4月16日(2015.4.16)
 審査請求日 平成28年9月26日(2016.9.26)

(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 安部 大史
 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 瀬戸 息吹

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】

物体側から像側へ順に配置された、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、負の屈折力の第5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、前記第3レンズ群、前記第5レンズ群は不動で、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第5レンズ群は、該第5レンズ群における最も広い空気間隔を隔てて物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の部分群L5n、正の屈折力の部分群L5pから構成され、

レンズ全長をTL、望遠端における全系の焦点距離をft、前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記第4レンズ群の焦点距離をf4、前記部分群L5nの焦点距離をf5n、前記部分群L5nと前記部分群L5pの光軸上の間隔をL5d、前記第5レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離をD5とするとき、

$$1.70 < f_t / T L < 2.50$$

$$2.3 < f_t / | f_2 | < 10.0$$

$$1.0 < f_4 / | f_{5n} | < 5.0$$

$$0.3 < L_{5d} / D_5 < 0.9$$

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】

広角端から望遠端へのズームングにおける前記第2レンズ群の移動量を $BL2str$ とすると、

$$4.0 < BL2str / |f2| < 10.0$$

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】

前記部分群 $L5p$ の焦点距離を $f5p$ とすると、

$$1.0 < f5p / |f5n| < 3.0$$

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に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記部分群 $L5n$ は1枚の負レンズより構成され、前記部分群 $L5p$ は1枚の正レンズより構成され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】

請求項1乃至4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撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項6】

前記撮像素子の有効受光面の対角線長の半分を $hmax$ とすると、

$$2.7 < TL / hmax < 3.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

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、例えばビデオカメラ、電子スチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように固体撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に用いられる撮影光学系には、レンズ全長が短く、コンパクト（小型）であること、そして高ズーム比（高変倍比）で、しかも高解像力のズームレンズであることが要望されている。これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側に正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている。ポジティブリード型のズームレンズで、全体として5つのレンズ群より構成されるズームレンズが知られている（特許文献1, 2）。

30

【0003】

特許文献1, 2では、物体側から像側へ順に、正、負、正、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群よりなる5群構成のズームレンズにおいて、第2レンズ群と第4レンズ群を移動させてズームングを行い、第4レンズ群でフォーカスを行っている。そして第5レンズ群を物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズより構成している。このようなレンズ構成によって特許文献1, 2ではズーム比3.4～3.7の高ズーム比のズームレンズを達成している。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-178598号公報

【特許文献2】特開2007-178769号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、撮像装置の小型化及び高機能化に伴って高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、かつレンズ系全体が小型であることが強く要望されている。一般にズームレンズにおいて、高ズーム比を確保しつつ、全系

50

の小型化を図るためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。

【0006】

しかしながら、このように構成したズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増してしまい、レンズ系の短縮効果が不十分になる。またそれと同時に諸収差の発生が多くなり、諸収差の良好なる補正が困難になり、高い光学性能を得るのが困難になってくる。

【0007】

前述したポジティブリード型の5群ズームレンズにおいて、全系の小型化と、高ズーム比を確保しつつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、ズームレンズの各要素を適切に設定することが重要となってくる。例えばズーミングに伴い、移動する第2レンズ群や第4レンズ群の屈折力、そして第5レンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が適切でないと、高ズーム比化を図る際に全系が大型化し、又、ズーミングに伴う諸収差の変動が増大し、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくる。

【0008】

本発明は、高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有する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。また近年、撮像装置では、暗所での感度を向上させるために、撮像素子の画素ピッチを拡大する、解像力を高めるために、撮像素子を多画素数化するなどの理由から、撮像素子が大型化しつつある。

【0009】

本発明は前述したズームレンズを有し、大きな寸法の撮像素子に対しても十分対応し、画面全体にわたり良好なる画質の像が容易に得られ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、物体側から像側へ順に配置された、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、負の屈折力の第5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、前記第3レンズ群、前記第5レンズ群は不動で、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第5レンズ群は、該第5レンズ群における最も広い空気間隔を隔てて物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の部分群L5n、正の屈折力の部分群L5pから構成され、

レンズ全長をTL、望遠端における全系の焦点距離をft、前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記第4レンズ群の焦点距離をf4、前記部分群L5nの焦点距離をf5n、前記部分群L5nと前記部分群L5pの光軸上の間隔をL5d、前記第5レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離をD5とするととき、

$$\begin{aligned} 1.70 < f_t / T L < 2.50 \\ 2.3 < f_t / |f_2| < 100 \\ 1.0 < f_4 / |f_{5n}| < 5.0 \\ 0.3 < L_{5d} / D_5 < 0.9 \end{aligned}$$

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】

【0011】

本発明によれば、全体が小型で、かつ高ズーム比でありながら、全ズーム範囲にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施例1のレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端における広角端、中間のズーム位置

10

20

30

40

50

、望遠端における収差図

【図3】実施例2のレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端における広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図5】実施例3のレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端における広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図7】実施例4のレンズ断面図

【図8】(A)、(B)、(C) 実施例4の広角端における広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

10

【図9】実施例5のレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C) 実施例5の広角端における広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図11】実施例6のレンズ断面図

【図12】(A)、(B)、(C) 実施例6の広角端における広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図13】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、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、負の屈折力の第5レンズ群から構成されている。そしてズームングに際して、第1レンズ群、第3レンズ群、第5レンズ群は不動で、第2レンズ群と第4レンズ群が移動する。

20

【0014】

第5レンズ群は第5レンズ群における最も広い空気間隔を隔てて、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の部分群L5nと、正の屈折力の部分群L5pを有している。ここで部分群は1枚のレンズ又は2枚以上のレンズを接合した接合レンズを意味する。

【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。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39.50、開口比(Fナンバー)1.65~5.60のズームレンズである。

30

【0016】

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)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比39.49、開口比(Fナンバー)1.65~5.60のズームレンズである。

【0017】

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)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比39.50、開口比(Fナンバー)1.65~5.60のズームレンズである。

40

【0018】

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)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比45.10、開口比(Fナンバー)1.65~6.00のズームレンズである。

【0019】

図9は、本発明の実施例5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1

50

0 (A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例5はズーム比50.09、開口比(Fナンバー)1.65~6.50のズームレンズである。

【0020】

図11は、本発明の実施例6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12(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例6のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例6はズーム比34.09、開口比(Fナンバー)1.65~5.00のズームレンズである。図13は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【0021】

本発明のズームレンズは、デジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられるものである。レンズ断面図において左方が前方(物体側、拡大側)で右方が後方(像側、縮小側)である。レンズ断面図において、 i は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、 L_i は第 i レンズ群である。

【0022】

各実施例のレンズ断面図において、 L_1 は正の屈折力の第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 は正の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は負の屈折力の第5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。)であり、第3レンズ群 L_3 の物体側に位置している。

【0023】

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 $CMOS$ センサ等の撮像素子(光電変換素子)の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。

【0024】

収差図のうち球面収差図において実線は d 線、2点鎖線は g 線である。非点収差図において点線はメリディオナル像面、実線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。 Fno はFナンバー、 θ は半画角(度)である。半画角 θ は光線追跡値による値を示す。レンズ断面図において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。ズーミングに際しては第2レンズ群 L_2 と第4レンズ群 L_4 が移動する。

【0025】

以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍レンズ群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。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 L_2 を像側に移動することによって変倍を行う。また、第4レンズ群 L_4 を物体側に凸状の軌跡で移動させることで変倍に伴う像面変動を補正している。

【0026】

また、第4レンズ群 L_4 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 L_4 に関する実線の曲線 $4a$ と点線の曲線 $4b$ は、各々無限遠と近距離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 L_4 を物体側へ凸状の軌跡とすることで第3レンズ群 L_3 と第4レンズ群 L_4 間の空間の有効利用を図り、レンズ全長(第1レンズ面から最終レンズ面までの距離に空気換算長のバックフォーカスの値を加えた距離である。)の短縮を効果的に達成している。

【0027】

又、望遠端において無限遠から近距離へフォーカスを行う場合には、矢印 $4c$ に示すように第4レンズ群 L_4 を前方に繰り出すことを行っている。開口絞り SP はズーミングに

10

20

30

40

50

際して不動である。

【0028】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5より構成している。この構成により、全系の小型化及び高ズーム比を確保している。

【0029】

広角端から望遠端へのズームングに際し、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第5レンズ群L5を不動としている。ズームングとフォーカシングを2つのレンズ群のみを移動レンズ群とすることで、機械構成を単純化して、装置全体の小型化を容易にしている。第5レンズ群L5は、物体側から像側へ順に、最も広い空気間隔を境に負の屈折力の部分群L5nと正の屈折力の部分群L5pを有する構成としている。

10

【0030】

第5レンズ群L5の最も物体側に負の屈折力の部分群L5nを配することで、フォーカシングのためのレンズ群である第4レンズ群L4の正の屈折力を強くしても適正な長さのバックフォーカスが得られるようにしている。そして、第4レンズ群L4の全ズーム範囲における移動量が小さくなるようにしてレンズ全長を短縮している。また第5レンズ群L5の部分群L5nの像側に正の屈折力の部分群L5pを配することで、射出瞳位置を所望の遠方の位置に設定して、撮像素子への光線の入射角の補正を容易にしている。

【0031】

20

レンズ全長をTL、望遠端における全系の焦点距離をft、第2レンズ群の焦点距離をf2、第4レンズ群の焦点距離をf4、部分群L5nの焦点距離をf5nとする。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にバックフォーカスの値を加えた値である。バックフォーカスは最終レンズ面から像面までの距離を空気換算した値である。このとき、

$$1.70 < f_t / T L < 2.50 \quad \dots (1)$$

$$2.3 < f_t / |f_2| < 10.0 \quad \dots (2)$$

$$1.0 < f_4 / |f_{5n}| < 5.0 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足している。

【0032】

30

次に前述の条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は、ズームレンズのレンズ全長に対する、望遠端における全系の焦点距離の比を規定している。条件式(1)の上限を超えて、ズームレンズのレンズ全長が短くなると、高いズーム比を得るために各レンズ群の屈折力が強くなりすぎてしまうため、球面収差、像面湾曲といった諸収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。条件式(1)の下限を超えて、ズームレンズのレンズ全長が長くなると、ズームレンズ全体の小型化が困難となる。

【0033】

条件式(2)は、第2レンズ群L2の焦点距離の絶対値に対する望遠端における全系の焦点距離との比を規定している。条件式(2)の上限を超えて、第2レンズ群L2の負の屈折力が強くなりすぎると、ペッツパール和が負の方向に増大し、像面湾曲の補正が困難となる。条件式(2)の下限を超えて、第2レンズ群L2の負の屈折力が不足すると、所望のズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量が長くなり、全系が長大化してしまう。

40

【0034】

条件式(3)は、第5レンズ群L5内の最も物体側に位置する負の屈折力の部分群L5nの焦点距離の絶対値に対する第4レンズ群L4の焦点距離との比を規定している。条件式(3)の上限を超えて、第4レンズ群L4の正の屈折力が不足すると、全ズーム範囲にわたってフォーカスをおこなうための第4レンズ群L4の移動量が長くなり、レンズ全長が長くなってしまふ。また、第5レンズ群L5内の最も物体側に位置する部分群L5nの負の屈折力が強くなりすぎてしまい、ペッツパール和が負の方向に増大し、像面湾曲の補

50

正が困難となる。

【0035】

条件式(3)の下限を超えて、第4レンズ群L4の正の屈折力が強くなると、ズームに伴うコマ収差の変動が大きくなり、このコマ収差の補正が困難となる。更に好ましくは条件式(1)乃至条件式(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0036】

$$1.75 < f_t / T L < 2.30 \quad \dots (1a)$$

$$2.5 < f_t / |f_2| < 5.0 \quad \dots (2a)$$

$$1.5 < f_4 / |f_{5n}| < 3.0 \quad \dots (3a)$$

以上の構成をとることにより、全系がコンパクトかつ全ズーム域にわたって高い光学性能を有する、高いズーム比のズームレンズが得られるが、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。

【0037】

広角端から望遠端へのズームにおける第2レンズ群L2の移動量を $BL2str$ とする。ここで移動量とは広角端におけるレンズ群の光軸上の位置と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置との差をいう。移動量の符号は広角端に比べて望遠端においてレンズ群が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。部分群L5nと部分群L5pとの光軸上の間隔を $L5d$ 、第5レンズ群L5の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離(レンズ群厚)を $D5$ とする。部分群L5pの焦点距離を f_{5p} とする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0038】

$$4.0 < BL2str / |f_2| < 10.0 \quad \dots (4)$$

$$0.3 < L5d / D5 < 0.9 \quad \dots (5)$$

$$1.0 < f_{5p} / |f_{5n}| < 3.0 \quad \dots (6)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0039】

条件式(4)は、第2レンズ群L2の焦点距離の絶対値に対する広角端から望遠端へのズームにおける第2レンズ群L2の移動量との比を規定している。条件式(4)の上限を超えて、第2レンズ群L2の移動量が長くなりすぎると、レンズ全長が長くなっていく。また条件式(4)の下限を超えて、第2レンズ群L2の移動量が短くなると、所望のズーム比を得ることが困難となる。

【0040】

条件式(5)は、第5レンズ群L5のレンズ群厚に対する第5レンズ群L5の部分群L5nと部分群L5pとの空気間隔との比を規定している。条件式(5)の上限を超えて、第5レンズ群L5のレンズ群厚が短くなりすぎると、第5レンズ群L5を構成する各レンズのレンズ肉厚が短くなり、第5レンズ群L5を構成する各レンズの製造が困難となっていく。

条件式(5)の下限を超えて、部分群L5nと部分群L5pとの空気間隔が狭まってくると、部分群L5pに適正な入射高さで光線を入射させるために、部分群L5nの負の屈折力が強くなりすぎてしまう。そして像面湾曲やズームに際してコマ収差の変動が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0041】

条件式(6)は、第5レンズ群L5内の部分群L5nの焦点距離に対する部分群L5pの焦点距離との比を規定している。条件式(6)の上限を超えて部分群L5nの負の屈折力が強くなると(負の屈折力の絶対値が大きくなると)、像面湾曲やズームに際してコマ収差の変動が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0042】

条件式(6)の下限を超えて、部分群L5nの負の屈折力が弱くなると(負の屈折力の絶対値が小さくなると)、第4レンズ群L4で強く収斂された光束を十分に拡散させることが困難となる。その結果、第4レンズ群L4の正の屈折力を弱くせざるを得なくなり、

10

20

30

40

50

レンズ全長が増大してくる。更に好ましくは条件式(4)乃至条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0043】

$$4.2 < BL2str / |f2| < 8.0 \quad \dots (4a)$$

$$0.4 < L5d / D5 < 0.8 \quad \dots (5a)$$

$$1.5 < f5p / |f5n| < 2.5 \quad \dots (6a)$$

また、条件式(1)、(2)、(4)は、ズームレンズのズーム比と大きく関連しており、39倍以上の高いズーム比を確保しようとした場合は、条件式の数値範囲は以下のように設定することが更に望ましい。

【0044】

$$1.90 < ft / TL < 2.40 \quad \dots (1b)$$

$$30 < ft / |f2| < 100 \quad \dots (2b)$$

$$4.5 < BL2str / |f2| < 8.0 \quad \dots (4b)$$

以上の各実施例において部分群L5nは1枚の負レンズより構成され、部分群L5pは1枚の正レンズより構成されているが、接合レンズで構成しても良い。また各実施例において好ましくは各レンズ群を次の如く構成するのが良い。

【0045】

第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズより構成するのが良い。これによれば全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが容易になる。第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ、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。これによればズームングに際しての収差変動を軽減することが容易になる。

【0046】

第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズより構成するのが良い。これによれば全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが容易になる。第4レンズ群L4は物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成するのが良い。又は正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成するのが良い。これによればフォーカシングに際しての収差変動を軽減するのが容易になる。

【0047】

尚、各実施例のズームレンズと、ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有する撮像装置において、撮像素子の有効受光面の対角線長の半分をhmaxとする。このとき、

$$27 < TL / hmax < 32 \quad \dots (7)$$

なる条件式を満足するのが良い。

【0048】

条件式(7)は、撮像素子を有する撮像装置に本発明のズームレンズを適用したときの撮像素子の使用範囲の最大高さ(有効撮像画面の対角線長の半分)に対する、ズームレンズのレンズ全長の比を規定している。

【0049】

条件式(7)の上限を超えて、ズームレンズのレンズ全長が長くなりすぎると、全体の小型化が困難となる。条件式(7)の下限を超えて、ズームレンズのレンズ全長が短くなりすぎると、高いズーム比を得るために各レンズ群の屈折力が強くなりすぎてしまい、球面収差、像面湾曲といった諸収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは条件式(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0050】

$$27.10 < TL / hmax < 31.80 \quad \dots (7a)$$

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)の実施例について図13を用いて説明する。図13において、10はビデオカメラ本体、11は

10

20

30

40

50

本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、12は撮影光学系11によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子、13は撮像素子12が受光した被写体像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ーである。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。

【0051】

この様に本発明のズームレンズをビデオカメラ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。なお、撮像素子にCCD等の固体撮像素子を用いれば、電子的に収差補正をする事で出力画像を更に高画質化する事ができる。

【0052】

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。以上のように各実施例によれば、全系がコンパクトで、かつ全ズーム域にわたって高い光学性能を有するとともに、高いズーム比を有するズームレンズ及びそれを有する、より大きな撮像素子へ対応した撮像装置を得ることができる。

【0053】

次に本発明の実施例1乃至6に対応する数値実施例1乃至6を示す。数値実施例においてiは物体からの面の順番を示す。riは物体側より順に第i番目の面の曲率半径、diは物体側より順に第i番目と第i+1番目間のレンズ厚及び空気間隔、ndiとdiは各々物体側より順に第i番目の光学部材の材質の屈折率とアッペ数である。また最も像側の2つの面はフェースプレート等のガラス材である。

【0054】

数値実施例1, 2, 4~6のr16は設計上用いたダミー面であり、ズームレンズを構成するものではない。非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4, A6, A8, A10を各々非球面係数としたとき

【0055】

【数1】

$$X = \frac{\frac{H^2}{K}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

【0056】

なる式で表している。*は非球面形状を有する面を意味している。「e-x」は10^{-x}を意味している。BFはバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの空気変換長で表している。各数値実施例に基づく各条件式の計算結果を表1に示す。

【0057】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	65.262	1.30	1.85478	24.8
2	39.039	5.29	1.49700	81.5
3	880.122	0.10		
4	41.278	3.36	1.49700	81.5
5	152.845	0.10		
6	28.647	3.25	1.58694	71.0
7	69.803	(可変)		
8	88.111	0.45	2.00100	29.1
9	6.140	2.90		

10

20

30

40

50

10	-18.672	1.42	1.95796	17.3
11	-9.198	0.40	2.00102	29.8
12	33.629	0.10		
13	16.312	2.07	1.95906	17.5
14	-24.890	0.40	2.00455	29.1
15	13419.812	(可変)		
16		0.80		
17(絞り)		1.50		
18*	15.180	3.04	1.69350	53.2
19*	-1969.691	0.10		
20	24.045	2.01	1.49672	81.5
21	441.654	0.10		
22	32.050	0.60	1.98036	21.9
23	18.046	(可変)		
24*	31.212	1.22	1.55332	71.7
25	-98.288	0.10		
26	16.868	0.50	1.95906	17.5
27	12.489	2.81	1.49700	81.5
28	-24.060	(可変)		
29	-32.610	0.50	1.94026	35.6
30	10.653	2.02		
31	29.525	1.07	1.80897	22.6
32	-26.791	0.50		
33		2.20	1.51600	64.2
34		3.89		

10

20

像面

【 0 0 5 8 】

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.38453e-005 A 6=-2.40441e-007
A 8= 2.40506e-010 A10=-1.16249e-011

30

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.67343e-006 A 6=-1.80311e-007

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.13076e-004 A 6=-4.92731e-007
A 8= 1.22044e-008 A10= 4.38368e-011

40

各種データ

ズーム比 39.50

焦点距離	4.28	62.64	168.90
Fナンバー	1.65	5.13	5.60
半画角(度)	35.05	2.74	1.02
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	85.53	85.53	85.53
BF	5.84	5.84	5.84

50

d 7	0.65	26.53	30.06
d15	29.60	3.73	0.20
d23	8.28	3.00	11.41
d28	3.62	8.90	0.49

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	41.56
2	8	-5.36
3	16	21.76
4	24	16.19
5	29	-22.47
6	33	

10

【 0 0 5 9 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	64.743	1.30	1.85478	24.8
2	39.039	5.31	1.49700	81.5
3	1082.905	0.10		
4	41.036	3.37	1.49700	81.5
5	155.293	0.10		
6	28.575	3.23	1.57595	73.2
7	70.577	(可変)		
8	107.817	0.45	2.00100	29.1
9	6.284	2.86		
10	-17.096	1.38	1.96260	17.2
11	-9.005	0.40	1.99702	30.2
12	38.879	0.10		
13	17.364	2.08	1.95906	17.5
14	-21.471	0.40	1.99947	29.7
15	64286.794	(可変)		
16		0.80		
17(絞リ)		1.50		
18*	15.571	2.97	1.69350	53.2
19*	-1612.945	0.10		
20	25.010	1.94	1.53826	75.9
21	357.658	0.10		
22	30.103	0.60	1.98074	21.8
23	18.142	(可変)		
24*	28.511	1.31	1.55332	71.7
25	-105.864	0.10		
26	17.838	0.50	1.95906	17.5
27	12.863	2.69	1.49700	81.5
28	-25.752	(可変)		
29	-20.696	0.50	1.97085	33.1
30	9.557	2.24		

20

30

40

50

31 16.480 1.74 1.71139 29.5
 32 -14.202 0.50
 33 2.20 1.51600 64.2
 34 3.89
 像面

【 0 0 6 0 】

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.05207e-005 A 6=-2.89504e-007
 A 8= 1.24205e-009 A10=-1.81816e-011

10

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.69470e-006 A 6=-1.98038e-007

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.08769e-004 A 6= 4.01759e-007
 A 8=-2.93577e-008 A10= 6.47990e-010

各種データ

20

ズーム比 39.49

焦点距離 4.28 63.65 168.87
 Fナンバー 1.65 5.13 5.60
 半画角（度） 35.05 2.70 1.02
 像高 3.00 3.00 3.00
 レンズ全長 85.79 85.79 85.79
 BF 5.84 5.84 5.84

d 7 0.69 26.25 29.74
 d15 29.25 3.68 0.20
 d23 8.06 2.56 11.23
 d28 3.78 9.28 0.61

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 41.19
 2 8 -5.27
 3 16 21.24
 4 24 16.71
 5 29 -51.61
 6 33

40

【 0 0 6 1 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号 r d nd d
 1 55.318 1.30 2.00069 25.5
 2 36.090 5.65 1.43875 94.9

50

3	615.719	0.10			
4	40.208	3.31	1.57424	71.3	
5	130.202	0.10			
6	30.004	3.39	1.59522	67.7	
7	84.292	(可変)			
8	64.552	0.45	2.00100	29.1	
9	6.402	3.08			
10	-29.516	1.54	1.95906	17.5	
11	-11.005	0.40	2.00100	29.1	
12	30.958	0.10			10
13	14.236	2.35	1.95906	17.5	
14	-27.994	0.40	1.99851	29.5	
15	42.469	(可変)			
16*	14.891	2.85	1.76802	49.2	
17	-87732.959	1.00			
18(絞リ)		1.50			
19*	24.274	1.15	1.55332	71.7	
20	86.770	0.60	2.00108	25.5	
21	22.150	(可変)			
22	20.578	2.18	1.49700	81.5	20
23	-30.515	0.50	1.97380	20.2	
24	250.872	0.10			
25*	22.341	2.21	1.76802	49.2	
26*	-21.274	(可変)			
27	-17.195	0.50	2.00100	29.1	
28	11.648	1.45			
29	21.034	1.50	1.82115	24.1	
30*	-15.279	0.50			
31		2.20	1.51600	64.2	
32		3.89			30
像面					

【 0 0 6 2 】

非球面データ

第16面

K = -1.41886e+000 A 4= 4.53385e-005 A 6= -3.73336e-007
A 8= 9.91428e-011 A10= 2.73869e-011

第19面

K = -5.19472e+000 A 4= -5.69575e-005 A 6= 1.13763e-006
A 8= 1.15575e-008 A10= -3.74154e-010

40

第25面

K = -4.64870e+000 A 4= 8.09062e-005 A 6= -1.01317e-005
A 8= -1.19226e-007

第26面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.70910e-004 A 6= -1.49125e-005
A 8= 5.11242e-008

50

第30面

K = -2.20777e+001 A 4 = -9.66161e-004 A 6 = 4.40442e-005

A 8 = -2.03621e-006 A10 = 6.01770e-008

各種データ

ズーム比 39.50

焦点距離	4.32	64.11	170.55
Fナンバー	1.65	5.13	5.60
半画角(度)	34.79	2.68	1.01
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	85.33	85.33	85.33
BF	5.84	5.84	5.84
d 7	0.50	25.93	29.40
d15	29.60	4.17	0.70
d21	6.86	1.91	11.20
d26	4.83	9.79	0.50

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	41.15
2	8	-5.55
3	16	24.36
4	22	14.00
5	27	-36.42
6	31	

20

【 0 0 6 3 】

[数值実施例 4]

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	51.137	1.30	2.00069	25.5
2	35.673	6.14	1.43875	94.9
3	940.518	0.10		
4	37.403	3.52	1.49700	81.5
5	113.809	0.10		
6	30.837	3.20	1.58008	69.9
7	77.739	(可変)		
8	93.819	0.45	2.00100	29.1
9	6.025	2.93		
10	-20.462	1.20	1.95906	17.5
11	-10.850	0.40	2.00100	29.1
12	31.307	0.10		
13	15.574	2.42	1.95906	17.5
14	-17.018	0.40	2.00100	29.1
15	303.514	(可変)		
16		0.80		

40

50

17(絞り)		1.50		
18*	19.521	2.62	1.76802	49.2
19*	-262.374	0.10		
20	31.981	2.09	1.43875	94.9
21	-125.498	0.10		
22	62.338	0.60	2.00085	27.0
23	28.231	(可変)		
24*	27.479	2.00	1.55332	71.7
25	-36.135	0.10		
26	19.362	0.50	1.95906	17.5
27	13.275	3.31	1.43875	94.9
28	-20.685	(可変)		
29	-19.242	0.50	1.99470	29.8
30	9.713	2.73		
31	63.453	1.54	1.79967	23.4
32	-10.703	0.50		
33		2.20	1.51600	64.2
34		3.89		

像面

10

20

【 0 0 6 4 】

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.03953e-005 A 6=-4.92406e-008
A 8=-1.05869e-009 A10= 5.12446e-012

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.73548e-005 A 6= 2.77479e-008

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.17013e-004 A 6=-2.47915e-007
A 8= 2.15325e-008 A10=-2.20682e-010

30

各種データ

ズーム比 45.10

焦点距離	4.24	66.70	191.14
Fナンバー	1.65	5.49	6.00
半画角(度)	35.29	2.58	0.90
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	89.38	89.38	89.38
BF	5.84	5.84	5.84

40

d 7	0.64	27.37	31.01
d15	30.77	4.04	0.40
d23	7.36	2.38	10.82
d28	4.01	8.99	0.55

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

50

1	1	42.76
2	8	-5.26
3	16	23.70
4	24	15.67
5	29	-47.21
6	33	

【 0 0 6 5 】

[数值実施例 5]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	48.337	1.30	2.00069	25.5
2	35.864	7.13	1.43875	94.9
3	-2962.152	0.10		
4	38.914	3.00	1.49700	81.5
5	81.708	0.10		
6	31.764	3.49	1.49741	81.5
7	82.659	(可変)		
8	74.736	0.45	2.00100	29.1
9	6.188	3.00		
10	-26.341	1.52	1.95906	17.5
11	-10.361	0.40	2.00100	29.1
12	27.305	0.10		
13	15.129	2.29	1.95906	17.5
14	-23.933	0.40	2.00100	29.1
15	99.734	(可変)		
16		0.80		
17(絞リ)		1.50		
18*	28.642	2.05	1.76802	49.2
19*	-146.610	0.10		
20	35.035	3.18	1.43875	94.9
21	-32.705	0.10		
22	83.358	0.60	2.00100	28.5
23	34.579	(可変)		
24*	27.633	2.31	1.55332	71.7
25	-35.860	0.10		
26	19.785	0.50	1.95906	17.5
27	13.686	2.87	1.43875	94.9
28	-35.518	(可変)		
29	-28.785	0.50	1.97454	31.7
30	8.686	3.03		
31	37.804	1.50	1.77271	25.4
32	-12.366	0.50		
33		2.20	1.51600	64.2
34		3.89		

20

30

40

像面

【 0 0 6 6 】

50

非球面データ

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.07742e-005 A 6= 3.73797e-008
A 8=-9.05237e-010 A10= 3.99687e-012

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.08386e-005 A 6= 2.62614e-008

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.39913e-005 A 6=-2.61254e-007
A 8= 1.43198e-008 A10=-1.35657e-010

10

各種データ

ズーム比 50.09

焦点距離	4.25	71.59	213.01
Fナンバー	1.65	5.95	6.50
半画角(度)	35.20	2.40	0.81
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	94.99	94.99	94.99
BF	5.84	5.84	5.84

20

d 7	0.55	30.02	34.04
d15	34.29	4.82	0.80
d23	7.59	1.81	11.31
d28	4.32	10.10	0.60

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	46.95
2	8	-5.45
3	16	24.04
4	24	17.71
5	29	-49.37
6	33	

30

【 0 0 6 7 】

[数值実施例 6]

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	52.530	1.30	2.00069	25.5
2	33.828	5.14	1.43875	94.9
3	508.759	0.10		
4	39.119	2.88	1.49700	81.5
5	115.074	0.10		
6	29.746	3.15	1.67776	57.9
7	87.210	(可変)		
8	96.118	0.45	2.00100	29.1

50

9	6.362	2.92			
10	-22.400	1.20	1.95906	17.5	
11	-11.647	0.40	2.00100	29.1	
12	29.403	0.10			
13	15.877	2.30	1.95906	17.5	
14	-21.598	0.40	2.00100	29.1	
15	-11361.397	(可変)			
16		0.80			
17(絞リ)		1.50			
18*	17.560	2.22	1.76802	49.2	10
19*	324.482	0.10			
20	27.159	1.92	1.43875	94.9	
21	-190.306	0.10			
22	72.053	0.60	1.94436	23.6	
23	31.983	(可変)			
24*	30.396	1.71	1.55332	71.7	
25	-36.711	0.10			
26	19.678	0.50	1.95906	17.5	
27	13.484	2.92	1.43875	94.9	
28	-21.276	(可変)			20
29	-21.221	0.50	1.99960	29.3	
30	9.841	1.37			
31	45.847	1.33	1.80816	22.8	
32	-12.172	0.50			
33		2.20	1.51600	64.2	
34		3.89			
像面					

【 0 0 6 8 】

非球面データ

30

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.39995e-005 A 6= 6.36518e-008
A 8= 9.11597e-010 A10=-6.90885e-012

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.91588e-006 A 6= 2.52342e-007

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.25889e-004 A 6= 7.07707e-007
A 8=-1.12887e-008 A10= 1.35577e-010

40

各種データ

ズーム比 34.09

焦点距離	4.29	59.58	146.39
Fナンバー	1.65	4.58	5.00
半画角(度)	34.94	2.88	1.17
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	81.53	81.53	81.53
BF	5.84	5.84	5.84

50

d 7	0.60	25.78	29.21
d15	28.80	3.62	0.19
d23	5.88	2.01	9.67
d28	4.29	8.16	0.49

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	40.26
2	8	-5.78
3	16	22.11
4	24	16.24
5	29	-24.22
6	33	

10

前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表 1 に示す。

【 0 0 6 9 】

【 表 1 】

条件式	数値実施例					
	1	2	3	4	5	6
(1)	1.97	1.97	2.00	2.14	2.24	1.80
(2)	31.51	32.03	31.37	36.34	39.08	25.31
(3)	1.91	2.50	2.00	2.44	2.60	2.43
(4)	4.83	4.85	5.27	5.77	6.14	4.35
(5)	0.56	0.50	0.42	0.57	0.60	0.43
(6)	2.06	1.64	1.60	1.80	1.80	1.80
(7)	28.51	28.60	28.44	29.79	31.66	27.18

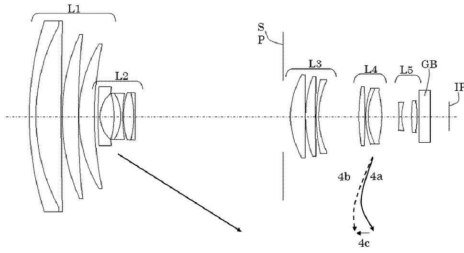
20

【 符号の説明 】

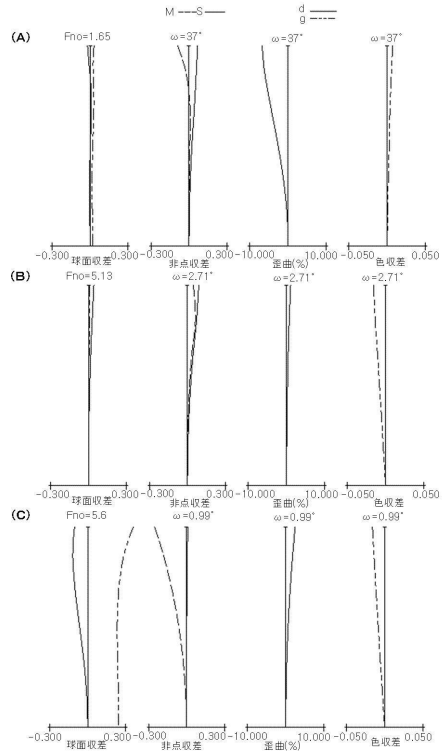
【 0 0 7 0 】

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	L 5	第 5 レンズ群	S P	絞り

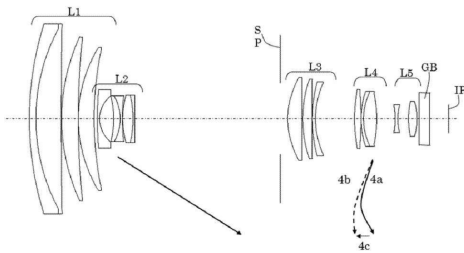
【図1】



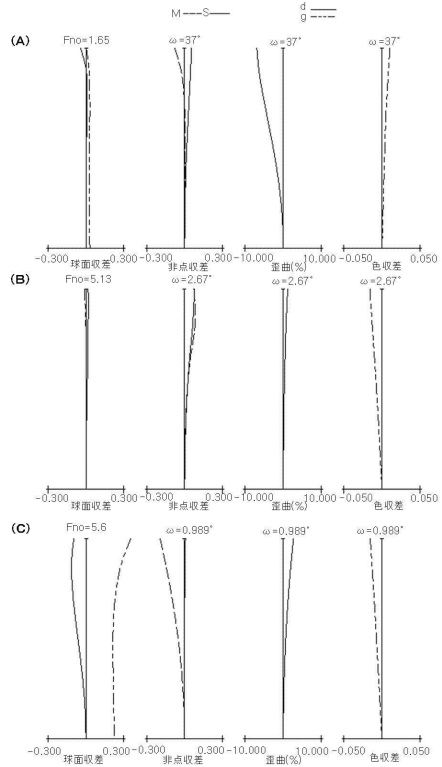
【図2】



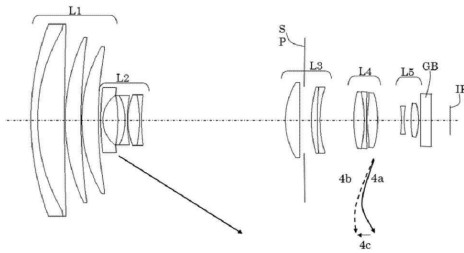
【図3】



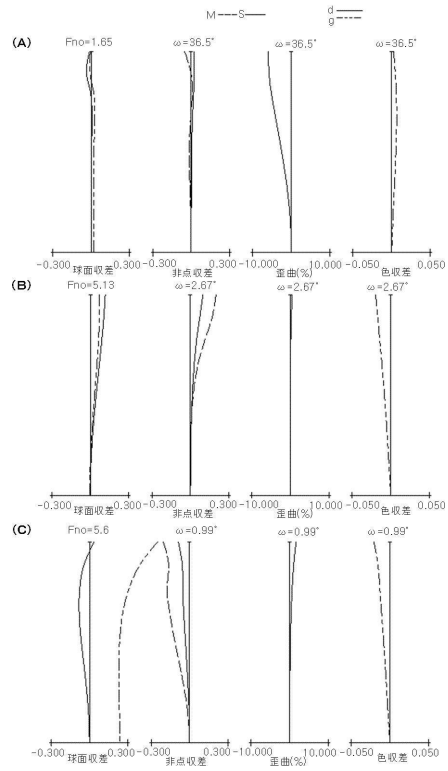
【図4】



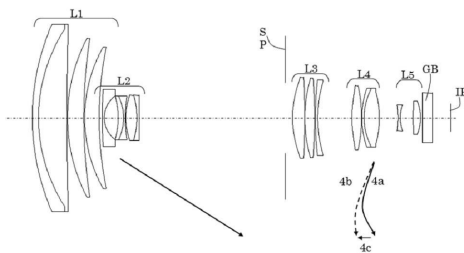
【図5】



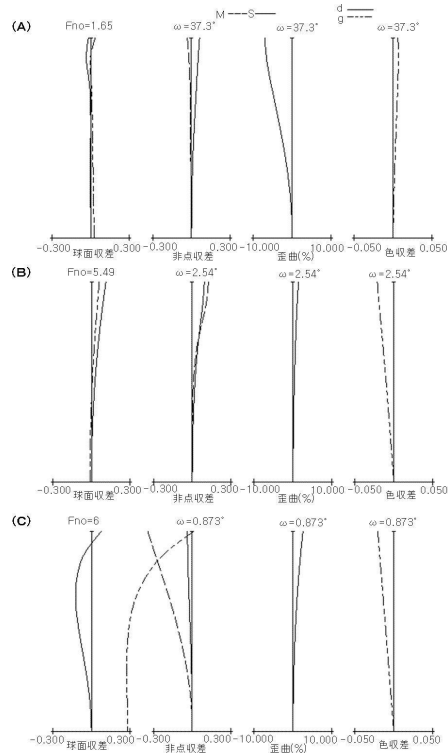
【図6】



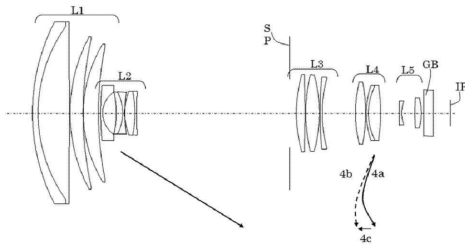
【図7】



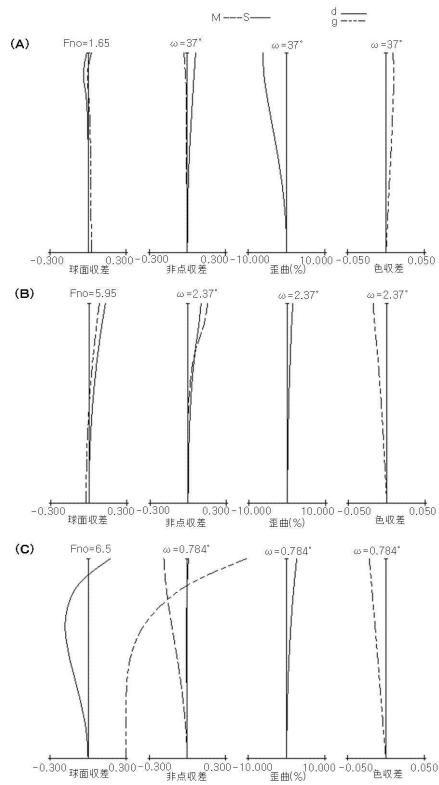
【図8】



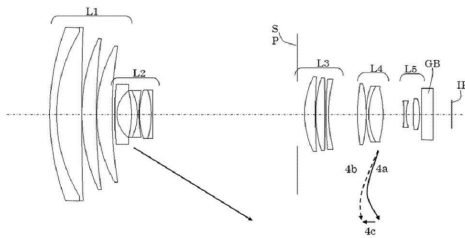
【図9】



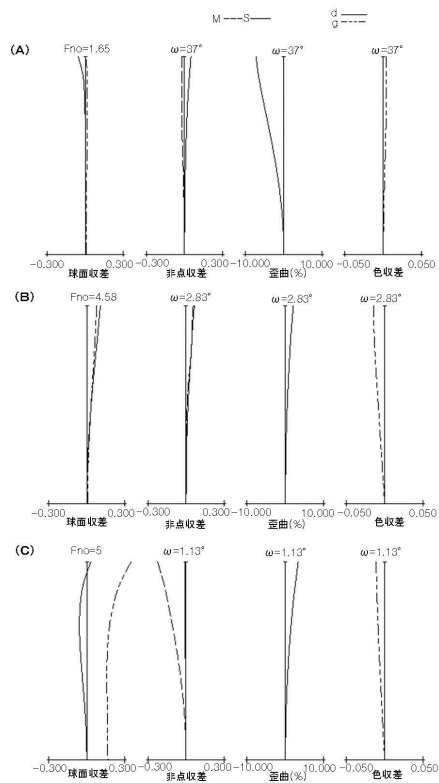
【図10】



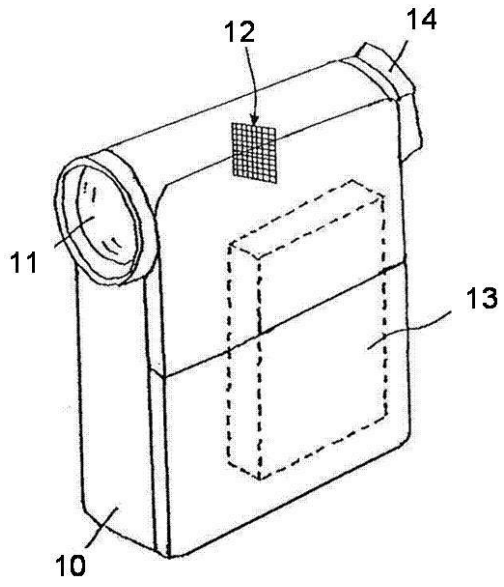
【図11】



【図12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-178598(JP,A)
特開2007-178769(JP,A)
特開2013-178410(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0222923(US,A1)
特開2011-048320(JP,A)
特開2011-022191(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0007396(US,A1)
特開平09-133865(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0154524(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04