

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6153310号
(P6153310)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(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
G O 3 B 5/00 (2006.01)	G O 3 B 5/00 J
H O 4 N 5/225 (2006.01)	H O 4 N 5/225

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-238822 (P2012-238822)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年10月30日(2012.10.30)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-89299 (P2014-89299A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年5月15日(2014.5.15)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成27年10月20日(2015.10.20)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	齋藤 慎一郎
			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	越河 勉

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、1以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と前記後群の中で最も物体側に配置されたレンズ群が移動し、前記第1レンズ群はズーミングのためには不動であり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記後群に含まれるレンズ群は全て正の屈折力を有し、前記第3レンズ群の物体側に開口絞りを有し、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズからなり、

前記第1レンズ群の焦点距離と前記第2レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_2 、広角端におけるレンズ全長を TDW 、広角端における前記開口絞りから像面までの空気換算長を DSP 、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_1 、 R_2 とし、シェープファクター $SFG1$ を

$$SFG1 = (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2)$$

とするとき、

$$5.0 < f_1 / |f_2| < 7.0$$

$$-0.2 < SFG1 < 1.1$$

$$0.2 < DSP / TDW < 0.4$$

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 1 レンズ群に含まれる負レンズの焦点距離を f_{1n} とするとき、
 $0.8 < |f_{1n}| / f_1 < 2.0$
 なる条件式を満たす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 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、
 $2.0 < f_1 / (f_W \times f_T) < 4.0$
 なる条件式を満たす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】

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 、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 とするとき、
 $1.5 < |m_2| / (f_W \times f_T) < 3.0$
 なる条件式を満たす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】

望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、
 $0.5 < f_1 / f_T < 1.5$
 なる条件式を満たす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】

前記後群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、

前記第 5 レンズ群は負の屈折力の第 5 1 レンズ成分、正の屈折力の第 5 2 レンズ成分を有し、前記第 5 1 レンズ成分と前記第 5 2 レンズ成分のいずれか一方のレンズ成分 I_S は、像振れ補正に際して、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動し、

前記レンズ成分 I_S の望遠端における横倍率を a 、前記レンズ成分 I_S より像側に配置されたレンズ成分の望遠端における横倍率を b とするとき、（但しレンズ成分 I_S より像側にレンズ成分がないときは $b = 1$ とする）

$$0.4 < |(1 - a) \times b| < 1.5$$

なる条件式を満たす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】

前記後群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、前記第 5 レンズ群はズーミングに際して不動であ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 8】

前記後群は、正の屈折力の第 4 レンズ群から構成され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 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【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、特にデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ、銀塩写真用カメラなどに好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラやビデオカメラなどの撮像装置に用いられている撮像光学系には全系がコンパクトで、しかも広画角、高ズーム比で高解像力のズームレンズであることが要求されている。全系が小型で、高ズーム比のズームレンズとして、最も物体側に正の屈折力のレンズ群を配置した、所謂ポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。

【 0 0 0 3 】

ポジティブリードタイプのズームレンズとして物体側より順に、正、負、正、正の屈折力の第 1 ～ 第 4 レンズ群より成り、ズーミングに際して各レンズ群が移動し、フォーカシングを第 4 レンズ群で行う 4 群構成のズームレンズが知られている（特許文献 1、2）。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1、2 では、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式のズームレンズを開示している。また特許文献 1、2 では第 1 レンズ群を 1 枚の負レンズと 3 枚の正レンズで構成して全系の小型化を図っている。この他、高ズーム比のポジティブリードタイプのズームレンズとして、物体側より順に、正、負、正、正、正の屈折力の第 1 ～ 第 5 レンズ群より成る 5 群構成のズームレンズが知られている（特許文献 3）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 9 - 3 3 4 2 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 9 - 2 0 4 9 4 2 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 4 - 1 1 7 8 2 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、高ズーム比で広画角、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、所定のズーム比を確保しつつ、全系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。しかしながら、このような構成のズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増してくる。この結果、レンズ系の短縮効果が不十分になると同時に諸収差の発生が多くなり、諸収差の補正が困難になってくる。

【 0 0 0 7 】

ポジティブリード型の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高い光学性能を得るには、ズームレンズを構成する各要素を適切に設定することが重要となってくる。例えばズームタイプ（ズーミングによって移動するレンズ群の数や各レンズ群の屈折力）、各レンズ群のズーミングに伴う移動軌跡、そして各レンズ群の変倍負担、開口絞りの位置等の構成を適切に設定することが重要である。

【 0 0 0 8 】

特に第 1 レンズ群のレンズ構成や屈折力そして変倍用の第 2 レンズ群の屈折力等の構成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、特に像面湾曲の変動が増大し、全ズーム範囲、及び画面全体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。

【 0 0 0 9 】

本発明は、高ズーム比、広画角で前玉有効径の小型化を維持して広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる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。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明のズームレンズは、物体側より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、1以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と前記後群の中で最も物体側に配置されたレンズ群が移動し、前記第1レンズ群はズーミングのためには不動であり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記後群に含まれるレンズ群は全て正の屈折力を有し、前記第3レンズ群の物体側に開口絞りを有し、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズからなり、

前記第1レンズ群の焦点距離と前記第2レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_2 、広角端におけるレンズ全長をTDW、広角端における前記開口絞りから像面までの空気換算長をDSP、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_1 、 R_2 とし、シェープファクターSFG1を

$SFG1 = (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2)$

とするとき、

$$5.0 < f_1 / |f_2| < 7.0 \quad \dots (1)$$

$$-0.2 < SFG1 < 1.1 \quad \dots (2)$$

$$0.2 < DSP / TDW < 0.4 \quad \dots (5)$$

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、高ズーム比、広画角で前玉有効径の小型化を維持して広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】(A)(B)(C)(D) 実施例1のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)(B)(C)(D) 実施例1のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図3】(A)(B) 実施例1の広角端と望遠端において画角0.3度の像位置変位後の横収差図

【図4】(A)(B)(C)(D) 実施例2のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図5】(A)(B)(C)(D) 実施例2のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図6】(A)(B)(C)(D) 実施例3のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図7】(A)(B)(C)(D) 実施例3のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図8】(A)(B) 実施例3の広角端と望遠端において画角0.3度の像位置変位後の横収差図

【図9】(A)(B)(C)(D) 実施例4のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図10】(A)(B)(C)(D) 実施例4のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図11】(A)(B) 実施例4の広角端と望遠端において画角0.3度の像位置変位後の横収差図

【図12】本発明の撮像装置の要部概略図

【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】

10

20

30

40

50

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（光学的パワー＝焦点距離の逆数）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、1以上のレンズ群を含む後群より構成されている。ズームングのためには第1レンズ群は不動である。ズームングに際して第2レンズ群と後群の中で最も物体側に配置されたレンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。後群に含まれるレンズ群は全て正の屈折力を有する。第3レンズ群の物体側に開口絞りを有する。

【0014】

図1(A)、(B)、(C)、(D)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）、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端（長焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図である。図3(A)、(B)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端と望遠端において画角0.3°の像位置を变移したときの横収差図である。実施例1はズーム比13.57、開口比1.80～2.80程度のズームレンズである。

10

【0015】

図4(A)、(B)、(C)、(D)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図5(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2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11.85、開口比1.80～2.88程度のズームレンズである。

20

【0016】

図6(A)、(B)、(C)、(D)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図7(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図である。図8(A)、(B)は各々実施例3のズームレンズの広角端と望遠端において画角0.3度の像位置を变移したときの横収差図である。実施例3はズーム比11.99、開口比1.80～2.88程度のズームレンズである。

【0017】

30

図9(A)、(B)、(C)、(D)は本発明の実施例4のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、第1中間ズーム位置、第2中間ズーム位置、望遠端における収差図である。図11(A)、(B)は各々実施例4のズームレンズの広角端と望遠端において画角0.3度の像位置を变移したときの横収差図である。実施例4はズーム比11.83、開口比1.80～2.88程度のズームレンズである。

【0018】

図12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。図13は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

40

【0019】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルスチルカメラ、銀塩フィルムカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮像レンズ系である。尚、各実施例のズームレンズは投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系として用いることもできる。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。また、レンズ断面図において、 i を物体側からのレンズ群の順番とすると、 B_i は第 i レンズ群を示す。 LR は1以上のレンズ群を有する後群である。

【0020】

SP は開放Fナンバー（ Fno ）の光束を決定（制限）する開口絞りである。 G は光学

50

フィルター、フェースプレート、ローパスフィルター、赤外カットフィルターなどに相当する光学ブロックである。I Pは像面である。像面I Pは、ビデオカメラやデジタルカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。銀塩フィルムカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、フィルム面に相当する。矢印は広角端から望遠端へのズーミング（変倍）に際して、各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0021】

収差図においてF n oはFナンバー、 θ は半画角（度）であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、実線はd線（波長587.6nm）、2点鎖線はg線（波長435.8nm）である。非点収差図で実線と点線はd線におけるサジタル像面とメリ
10
ディオナル像面である。歪曲収差はd線について示している。倍率色収差図において2点鎖線はg線である。横収差図においてh g tは像高である。h g t N o = 1は光軸、h g t N o = 2はプラス側の像高、h g t N o = 3はマイナス側の像高を示す。

【0022】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群が機構上、光軸上を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。各実施例はいずれも、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群B 1、負の屈折力の第2レンズ群B 2、正の屈折力の第3レンズ群B 3、そして1以上のレンズ群を有する後群L Rを有するズームレン
20
ズである。後群L Rに含まれるレンズ群は全て正の屈折力である。第3レンズ群L 3の物体側に開口絞りS Pを有する。

【0023】

ズーミングに際して第1レンズ群B 1は不動である。広角端から望遠端へのズーミングに際して少なくとも第2レンズ群B 2は像側へ単調移動し、後群L Rの最も物体側のレンズ群である第4レンズ群B 4は物体側へ凸状の軌跡で移動する。このとき広角端に比べ望遠端において第1レンズ群B 1と第2レンズ群B 2との間隔が大きくなり、第2レンズ群B 2と第3レンズ群B 3との間隔が小さくなるように各レンズ群が移動する。各実施例において第2レンズ群B 2と第3レンズ群B 3との間に開口絞りS Pを有する。

【0024】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第4レンズ群B 4を物体側へ移動するリアフォーカス式を採用している。リアフォーカス式のズームレンズは第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。また、近接撮影、特に極至近撮影が容易となる。さらに、フォーカシングに際して小型軽量のレンズ群を移動させているので、レンズ群の駆動力が小さくて済み、迅速なフォーカスが容易になる等の特徴がある。

【0025】

実施例1において後群L Rは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第4レンズ群B 4、正の屈折力の第5レンズ群B 5より構成される。広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群B 2は像側へ単調に移動し、第4レンズ群B 4は物体側に凸状の軌跡で移動する。ズーミングに際して第1レンズ群B 1と第3レンズ群B 3と第5
30
レンズ群B 5は不動である。実施例2では後群L Rは正の屈折力の第4レンズ群B 4より構成される。

【0026】

広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群B 2は像側へ単調に移動し、第4レンズ群B 4は物体側に凸状の軌跡で移動する。ズーミングに際して第1レンズ群B 1と第3レンズ群B 3は不動である。実施例3では後群L Rは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第4レンズ群B 4、正の屈折力の第5レンズ群B 5より構成される。広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群B 2は像側へ単調移動し、第3
40
レンズ群B 3と第4レンズ群B 4は物体側へ凸状の軌跡で移動する。ズーミングに際して第1レンズ群B 1と第5レンズ群B 5は不動である。

【0027】

10

20

30

40

50

開口絞り S P は第 3 レンズ群 B 3 と一体的 (同じ軌跡) に移動する。実施例 4 では後群 L R は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 4 レンズ群 B 4、正の屈折力の第 5 レンズ群 B 5 より構成される。広角端から望遠端へのズーミングに際して第 2 レンズ群 B 2 は像側へ単調に移動し、第 4 レンズ群 B 4 は物体側に凸状の軌跡で移動する。ズーミングに際して第 1 レンズ群 B 1、第 3 レンズ群 B 3、第 5 レンズ群 B 5 は不動である。実施例 1、3、4 では第 5 レンズ群 B 5 を物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 5 1 レンズ成分 B 5 1 と正の屈折力の第 5 2 レンズ成分 B 5 2 より構成している。

【 0 0 2 8 】

第 5 1 レンズ成分 B 5 1 は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向へ移動している。即ちズームレンズが振動したときに生ずる画像ぶれを補正している (防振を行っている)。尚、防振は他のレンズ群又は他のレンズ成分で行っても良い。

10

【 0 0 2 9 】

各実施例において、第 1 レンズ群 B 1 は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズからなる。第 1 レンズ群 B 1 の焦点距離と第 2 レンズ群 B 2 の焦点距離を各々 f_1 、 f_2 とする。第 1 レンズ群 B 1 に含まれる負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_1 、像側のレンズ面の曲率半径を R_2 とし、シェープファクター S F G 1 を

$$S F G 1 = (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2)$$

とする。

20

【 0 0 3 0 】

このとき、

$$5.0 < f_1 / |f_2| < 7.0 \quad \cdots (1)$$

$$-0.2 < S F G 1 < 1.1 \quad \cdots (2)$$

なる条件式を満足する。

【 0 0 3 1 】

各実施例では高ズーム比を確保しつつ、諸収差を良好に補正するために、物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群を有する構成をとっている。ズーミングに際して結像面に対し、第 1 レンズ群 B 1 を不動とすることにより、高い位置精度を保つこと、ズーミングに際してのレンズ全長の変化が無いようにしている。また、可動レンズ群を少なくして、機構部品の簡素化を図っている。

30

【 0 0 3 2 】

機構部品の簡素化はゴミ等の発生を低減することができ、高い光学性能を維持したズームレンズおよびそれを用いた撮像装置が得られる。さらに、コンバータレンズなどのアクセサリを取り付ける場合に、強度が確保される。ズーミングに際して、第 2 レンズ群 B 2 と第 4 レンズ群 B 4 を移動させるようにして、可動レンズ群を減らして、レンズ全系の小型化や構成の簡素化を図っている。

【 0 0 3 3 】

第 1 レンズ群 B 1 は最も物体側に配置され、第 1 レンズ群 B 1 には軸外光束が光軸から離れた位置を通過する。また、そのレンズ構成によりレンズ全長やレンズ径が大きく影響されるため、全系の小型化を図りつつ、高い光学性能を得るにはレンズ構成を適切に設定することが重要である。

40

【 0 0 3 4 】

そこで第 1 レンズ群 B 1 を、物体側から像側へ順に、1 枚の負レンズと 3 枚の正レンズにて構成することで、各正レンズのレンズ面の曲率半径を適正な範囲として、前玉有効径の増大を極力抑えている。第 1 レンズ群を上記の構成とすることにより、第 2 レンズ群 B 2 以降のレンズ群には広画角化のための負担をあまり負わせることなく広角側において像面湾曲と倍率色収差を補正し、望遠側において球面収差およびコマ収差を補正するのを容易にしている。

【 0 0 3 5 】

50

次に前述の条件式(1)、(2)の技術的意味について説明する。条件式(1)は、第1レンズ群B1と第2レンズ群B2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、第2レンズ群B2の焦点距離が小さくなりすぎると、広画角化と高ズーム比化には有利となるが、ペッツパル和が負の方向に大きくなり、像面湾曲が増大してくる。また条件式(1)の下限を超えて、第1レンズ群B1の焦点距離が小さくなりすぎると、第1レンズ群B1より軸上色収差と球面収差が多く発生し、これらの収差を他のレンズ群で補正するのが難しくなる。

【0036】

条件式(2)は、第1レンズ群B1の負レンズのシェープファクター(レンズ形状)を規定している。条件式(2)の上限を超えると、第1レンズ群B1の像側主点を像側へ移動することが難しくなり、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、物体側のレンズ面の凹形状の曲率が大きくなりすぎ、高次の収差が多く発生してくる。そうすると全系の小型化を図る場合に、諸収差の補正が困難となる。

【0037】

条件式(1)と条件式(2)の範囲内であれば、諸収差の発生が少なく、各レンズ面の曲率半径を大きくするために第1レンズ群B1や第2レンズ群B2に新たにレンズを追加する必要がなくなる。この結果、各レンズ群の枚数を少なくすることができ、全系の小型化と高い光学性能が容易に得られる。

【0038】

各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。第1レンズ群B1に含まれる負レンズの焦点距離を f_{1n} とする。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3レンズ群B3の物体側に開口絞りSPを有し、広角端におけるレンズ全長をTDW、広角端における開口絞りSPから像面までの空気換算長(フィルター等の平行平面版を除去したときの距離)をDSPとする。広角端から望遠端へのズームングにおける第2レンズ群B2の移動量を m_2 とする。

【0039】

後群LRは物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第4レンズ群B4、正の屈折力の第5レンズ群B5より構成されているときであって、第5レンズ群B5は負の屈折力の第51レンズ成分B51、正の屈折力の第52レンズ成分B52を有している。そしていずれか一方のレンズ成分ISは、像ぶれ補正に際して光軸と垂直に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動している。

【0040】

レンズ成分ISの望遠端における横倍率を a 、レンズ成分ISより像側のレンズ成分の望遠端における横倍率を b とする。(但しレンズ成分ISより像側にレンズ成分がないときは $b=1$ とする)。

【0041】

ここで、広角端から望遠端へのズームングに際してのレンズ群の移動量とは広角端と望遠端におけるレンズ群の光軸方向の位置の差である。移動量の符号は望遠端において広角端よりも像側に位置するときを正とする。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0042】

$$0.8 < |f_{1n}| / f_1 < 2.0 \quad \dots (3)$$

$$2.0 < f_1 / (f_W \times f_T) < 4.0 \quad \dots (4)$$

$$0.2 < DSP / TDW < 0.4 \quad \dots (5)$$

$$1.5 < |m_2| / (f_W \times f_T) < 3.0 \quad \dots (6)$$

$$0.4 < |(1 - a) \times b| < 1.5 \quad \dots (7)$$

$$0.5 < f_1 / f_T < 1.5 \quad \dots (8)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0043】

10

20

30

40

50

条件式(3)は、第1レンズ群B1の負レンズの焦点距離を第1レンズ群B1の焦点距離で規定している。条件式(3)の上限を超えて、負レンズの焦点距離が大きく(長く)なると、第1レンズ群B1の像側主点を像側に移動することが困難となる。また、色収差の補正が困難となる。条件式(3)の下限を超えて、負レンズの焦点距離が小さく(短く)なると、広角端で発生する像面湾曲の補正が難しく、高ズーム比化と全系の小型化が難しくなる。また、望遠側において軸外光束の下光線が補正不足になるのを防ぎつつ、色収差を補正するのが困難になる。

【0044】

条件式(4)は、第1レンズ群B1の屈折力を規定している。条件式(4)は主に球面収差やコマ収差を良好に抑えつつ、広画角化を図るためのものである。条件式(4)の上限を超えて、第1レンズ群B1の屈折力が弱くなると、レンズ全長(第1レンズ面から像面までの長さ)を短縮することが困難となる。また、高ズーム比化が難しくなる。条件式(4)の下限を超えて、第1レンズ群B1の屈折力が強くなると、広画角化を図るためには有利だが、球面収差やコマ収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が難しくなってくる。

【0045】

条件式(5)は、広角端における開口絞りSPの位置を規定している。条件式(5)の上限を超えると軸外光束の開口絞りSPより後方のレンズ群への入射位置の光軸からの距離変化が大きくなる。そうすると軸外収差を良好に補正するため、レンズ枚数が多く必要となり、非球面も多く必要となり、好ましくない。条件式(5)の下限を超えると、望遠端側において軸外光束の第1レンズ群B1の入射位置が光軸から離れ、第1レンズ群B1の有効径が増大してくるので良くない。

【0046】

条件式(6)は、ズーミングに際しての第2レンズ群B2の移動量を規定している。条件式(6)は所定のズーム比を確保しつつ、レンズ系全体の小型化を図るためのものである。条件式(6)の上限を超えて、第2レンズ群B2の移動量が大きくなると、広角端においてレンズ全長を短くするのが難しくなり、また第1レンズ群B1の有効径が増大してくるので良くない。

【0047】

条件式(6)の下限を超えて、第2レンズ群B2の移動量が小さくなると、所定のズーム比を確保するために、第2レンズ群B2の屈折力を強めなければならない。そうするとズーミングによる像面湾曲の変化が大きくなり、ズーム全域にわたって像面湾曲を良好に補正することが困難になる。

【0048】

条件式(7)は、最終レンズ群のレンズ成分ISの像シフト敏感度(防振敏感度)を規定している。ここで、像シフト敏感度TSとは、シフト用のレンズ成分ISを光軸に対し垂直方向に移動させたときのレンズ成分ISの垂直方向の移動量Lとそのときの像面での像(結像位置)の光軸に対して垂直方向の移動量Iの比

$$TS = I / L$$

である。

【0049】

条件式(7)の上限を超えると、レンズ成分ISの微小な移動に対し、像が大きくシフト(移動)し、高い防振精度の制御が要求されるので良くない。条件式(7)の下限を超えると、像を光軸に対して垂直方向に所定量シフトするためにレンズ成分ISの必要な移動量が大きくなり、全系の小型化が困難になる。また、像を所定量シフトするためにレンズ成分ISをシフトした際の収差変動の抑制が困難となる。尚、像ぶれ補正のためのレンズ成分ISを小型軽量化するために、レンズ成分ISは1コンポーネント(単一レンズ又は接合レンズ)で構成することが望ましい。

【0050】

条件式(8)は第1レンズ群B1の屈折力を規定している。条件式(8)の上限を超え

10

20

30

40

50

て、第1レンズ群B1の屈折力が弱くなると、レンズ全長が増大し、また、望遠側において球面収差やコマ収差が増大し、これらの諸収差を良好に補正することが難しくなる。条件式(8)の下限を超えて、第1レンズ群B1の屈折力が強くなると望遠端でのレンズ全長は短縮されるが、製造誤差による像面倒れやズーミングに際しての像ゆれなどが多くなり、高い精度のレンズ鏡筒が必要になり好ましくない。更に好ましくは条件式(1)乃至(4)、(6)乃至(8)は次の条件式を満足すると、好ましい。

【0051】

$$\begin{aligned} 5.0 < f_1 / |f_2| < 6.0 & \dots (1a) \\ 0.2 < SFG1 < 1.0 & \dots (2a) \\ 0.8 < |f_{1n}| / f_1 < 1.5 & \dots (3a) \\ 2.5 < f_1 / (f_W \times f_T) < 3.8 & \dots (4a) \end{aligned}$$

10

$$\begin{aligned} 1.7 < |m_2| / (f_W \times f_T) < 2.5 & \dots (6a) \\ 0.4 < |(1 - a) \times b| < 0.8 & \dots (7a) \\ 0.6 < f_1 / f_T < 1.2 & \dots (8a) \end{aligned}$$

条件式(1a)を満たすことにより、ズーミングに伴うコマ収差および像面湾曲の変動の抑制が容易になる。

【0052】

条件式(2a)を満たすことにより、前玉有効径の小型化を図り、望遠側において球面収差およびコマ収差を良好に補正することが容易になる。条件式(3a)を満たすことにより、前玉有効径の小型化を図り、望遠側において軸外光束の下光線を良好に補正することが容易になる。条件式(4a)を満たすことにより、望遠側において球面収差を良好に補正し、レンズ全長を短縮することが容易になる。

20

【0053】

条件式(6a)を満たすことにより、第2レンズ群B2の移動量がより適切となり、高ズーム比化と全系の小型化が容易になる。条件式(7a)を満たすことにより、防振のため像変位を行うレンズ成分ISのシフト敏感度がより適切になり、高い結像性能を維持しつつ像変位が容易になる。条件式(8a)を満たすことにより、ズーム全域にわたって像面湾曲を良好に補正するのが容易になる。

【0054】

更に好ましくは条件式(1a)乃至(4a)、(5)、(6a)乃至(8a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$\begin{aligned} 5.0 < f_1 / |f_2| < 5.5 & \dots (1b) \\ 0.5 < SFG1 < 1.0 & \dots (2b) \\ 0.9 < |f_{1n}| / f_1 < 1.5 & \dots (3b) \\ 2.6 < f_1 / (f_W \times f_T) < 3.5 & \dots (4b) \\ 0.3 < DSP / TDW < 0.4 & \dots (5b) \\ 1.8 < |m_2| / (f_W \times f_T) < 2.4 & \dots (6b) \\ 0.5 < |(1 - a) \times b| < 0.7 & \dots (7b) \\ 0.7 < f_1 / f_T < 1.1 & \dots (8b) \end{aligned}$$

30

40

【0055】

以上のように各実施例によれば、各レンズ群の屈折力等を適切に設定することにより、高ズーム比化、広画角化を図ると共に、前玉有効径の小型化を維持して、広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズを得ている。

【0056】

各実施例のズームレンズでは、第1レンズ群B1および第2レンズ群B2の屈折力のある程度強めることで広画角化を達成している。また、第1レンズ群B1と開口絞りSPの距離を小さくし、前玉有効径の小型化を達成している。これにより第1レンズ群B1のレンズ径の小型化を図っている。また、第3レンズ群B3の屈折力のある程度強めることで開口絞りSPから像面IPまでの距離を小さくしている。これによりレンズ全長を短縮し

50

ている。

【 0 0 5 7 】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端に向かって第2レンズ群を像側に移動させている。そして広角端よりも望遠端において第1レンズ群B1と第2レンズ群B2の間隔を広げることで変倍作用を得ている。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングについては第4レンズ群B4を物体側に移動させている。

【 0 0 5 8 】

以上のような構成とすることで広角端および望遠端におけるレンズ全長を短縮しつつ、高ズーム比化を図っている。

【 0 0 5 9 】

実施例1乃至実施例4では、第3レンズ群B3に非球面レンズを採用することにより、所定の明るさを確保しつつ、広角側において球面収差やコマ収差を良好に補正している。実施例1乃至4では、第3レンズ群B3の正レンズの少なくとも1つのレンズ面を非球面として諸収差を良好に補正している。すなわち、正レンズの基準球面により発生する収差とは逆の収差を非球面により発生させることにより、基準球面による収差と非球面による収差とバランスさせている。

【 0 0 6 0 】

実施例3、4では第2レンズ群B2に非球面レンズを採用することにより、光学性能のさらなる向上を図っている。特に広角側において像面の倒れを防止している。実施例3では、第2レンズ群B2の最も物体側の負レンズに、レンズ中心からレンズ周辺にかけて負の屈折力が弱くなる非球面形状とし、収差補正を良好に行っている。

【 0 0 6 1 】

本発明の撮像装置においては、歪曲収差と倍率色収差のうち少なくとも一方を電氣的に補正する回路とを備えるのが好ましい。このように歪曲収差を許容することのできる構成にすれば、ズームレンズのレンズ枚数の削減や全系の小型化が容易になる。また、倍率色収差を電氣的に補正することにより、撮影画像の色にじみを軽減し、また、解像力の向上を図ることが容易になる。

【 0 0 6 2 】

次に各実施例のズームレンズを撮像光学系として用いた撮像装置としてカムコーダー（ビデオカメラ）の実施例を図12、デジタルスチルカメラの実施例を図13を用いて説明する。図12において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至4に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12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 0 6 3 】

図13において、20はカメラ本体、21は実施例1乃至4に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。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

【 0 0 6 4 】

以下、実施例1～4に対応する数値実施例1～4の具体的数値データを示す。各数値実施例において、 i は物体側から数えた面の番号を示す。 r_i は第 i 番目の光学面（第 i 面）の曲率半径である。 d_i は第 i 面と第 $(i+1)$ 面との軸上間隔である。 n_{di} 、 d_i 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、アッペ数である。

【 0 0 6 5 】

最も像側の2つの面はガラスブロックGに相当している。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、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} を各々非球面係数としたとき

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

【数 1】

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

なる式で表している。

【0067】

*は最終レンズ面から像面までの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。B F は空気換算のバックフォーカスである。また、前述の各条件式と数値実施例との関係を（表 1）に示す。各数値実施例では広角端、第 1 中間ズーム位置、第 2 中間ズーム位置、望遠端における 4 つの焦点距離における F ナンバー、画角（度）、像高、レンズ全長、B F 等における値を示している。半画角は光線追跡値による半画角を示す。前述の各条件式とパラメータに対する各実施例との対応を表 - 1 に示す。

10

【0068】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-344.066	1.50	1.84666	23.8
2	50.245	4.07	1.60311	60.6
3	-164.337	0.20		
4	49.901	2.95	1.80400	46.6
5	-700.592	0.17		
6	26.799	2.05	1.77250	49.6
7	48.404	(可変)		
8	115.929	0.70	1.88300	40.8
9	8.374	2.63		
10	-13.413	0.60	1.80000	29.8
11	14.604	1.50		
12	-15.366	0.60	1.88300	40.8
13	-34.927	0.20		
14	40.719	2.03	1.92286	18.9
15	-18.683	(可変)		
16(絞り)		1.20		
17*	16.419	3.45	1.55332	71.7
18*	-21.931	(可変)		
19	12.803	0.60	1.84666	23.8
20	6.466	2.13	1.63854	55.4
21	-64.684	(可変)		
22*	35.578	1.02	1.83481	42.7
23	-46.779	0.50	1.64769	33.8
24	5.419	3.47		
25	10.055	3.23	1.51633	64.1
26	-9.717	3.00		
27		1.00	1.51633	64.1
28		1.00		

20

30

40

像面

【0069】

50

非球面データ

第17面

K = -6.51338e-001 A 4 = -8.42369e-005 A 6 = -2.73669e-008 A 8 = -1.56859e-008 A10 = 3.10785e-010

第18面

K = -4.76736e+000 A 4 = -4.65862e-005 A 6 = -1.49561e-007

第22面

K = 3.24617e+001 A 4 = -2.09482e-004

10

各種データ

ズーム比 13.57

焦点距離	3.64	11.01	22.91	49.32
Fナンバー	1.80	2.38	2.62	2.80
半画角(度)	36.60	11.55	5.61	2.61
像高	2.70	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	75.25	75.25	75.25	75.25
BF	4.66	4.66	4.66	4.66

20

d 7	0.70	14.78	20.61	24.98
d15	25.88	11.80	5.97	1.60
d18	8.17	5.31	4.38	6.78
d21	1.04	3.90	4.83	2.43

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.16
2	8	-6.70
3	16	17.53
4	19	22.81
5	22	20.93

30

【 0 0 7 0 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-135.961	1.50	1.90366	31.3
2	44.629	0.95		
3	64.758	3.78	1.60311	60.6
4	-118.605	0.15		
5	41.339	4.25	1.71300	53.9
6	-157.378	0.15		
7	32.789	2.40	1.69680	55.5
8	80.447	(可変)		
9	269.050	0.70	1.88300	40.8
10	9.053	1.92		

40

50

11	-279.080	0.60	1.92286	20.9
12	11.014	2.37		
13	-11.741	0.60	1.74400	44.8
14	-33.583	0.10		
15	38.458	2.00	1.95906	17.5
16	-20.816	(可変)		
17(絞り)		1.20		
18*	15.482	2.51	1.59201	67.0
19*	160.382	(可変)		
20*	11.494	2.04	1.68893	31.1
21	-276.118	0.15		
22	21.492	0.60	1.92286	20.9
23	6.364	3.14	1.51633	64.1
24	-56.611	(可変)		
25		1.00	1.51633	64.1
26		1.00		

像面

【 0 0 7 1 】

非球面データ

第18面

K = 1.27083e+000 A 4=-1.62706e-004 A 6=-8.28378e-007 A 8=-1.15364e-008 A10=
1.85815e-010

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.01028e-005 A 6=-2.57494e-007

第20面

K =-7.18029e-001 A 4=-9.01823e-006 A 6= 5.20604e-007

各種データ

ズーム比 11.85

焦点距離	3.48	11.04	24.37	41.30
Fナンバー	1.80	2.45	2.73	2.88
半画角(度)	36.73	11.52	5.28	3.12
像高	2.60	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	81.12	81.12	81.12	81.12
BF	10.54	13.35	14.51	13.32

d 8	0.70	17.39	24.63	28.52
d16	29.42	12.73	5.49	1.60
d19	9.35	6.54	5.38	6.57
d24	8.88	11.69	12.85	11.66

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	39.90
2	9	-7.86
3	17	28.76

10

20

30

40

50

4 20 19.12

【 0 0 7 2 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		1.50	1.84666	23.8
2	41.344	1.80		
3	94.752	3.03	1.48749	70.2
4	-126.575	0.15		
5	46.422	2.80	1.69680	55.5
6	297.361	0.15		
7	37.804	3.27	1.83481	42.7
8	1147.293	(可変)		
9	-124.873	0.60	1.85135	40.1
10*	7.294	2.81		
11	-16.328	0.60	1.80400	46.6
12	47.325	0.20		
13	19.795	1.81	1.92286	18.9
14	-76.231	(可変)		
15(絞り)		1.20		
16*	20.125	3.33	1.55332	71.7
17*	-24.740	(可変)		
18	23.545	0.60	1.84666	23.8
19	9.952	2.14	1.63854	55.4
20	-25.683	(可変)		
21*	45.164	1.16	1.88300	40.8
22	-52.263	0.60	1.67270	32.1
23	6.244	1.82		
24	7.565	3.50	1.69680	55.5
25	-428.888	3.30		
26		1.00	1.51633	64.1
27		1.00		

像面

【 0 0 7 3 】

非球面データ

第10面

K =-1.10126e-001 A 4=-1.61117e-005

第16面

K =-2.63299e+000 A 4= 2.93548e-006 A 6=-3.06369e-009 A 8= 1.93110e-008 A10=-2.66803e-010

第17面

K =-5.96116e+000 A 4= 1.08153e-005 A 6= 6.08640e-007

第21面

10

20

30

40

50

K = -7.26973e+001 A 4= 1.08789e-004

各種データ

ズーム比 11.99

焦点距離	3.81	15.73	27.56	45.70
Fナンバー	1.80	2.48	2.69	2.88
半画角(度)	34.31	10.80	6.21	3.76
像高	2.60	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	79.68	79.68	79.68	79.68
BF	4.96	4.96	4.96	4.96

10

d 8	0.70	18.05	23.28	28.24
d14	29.14	8.95	4.35	1.60
d17	8.69	5.93	3.95	4.69
d20	3.14	8.74	10.09	7.14

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	39.66
2	9	-7.87
3	15	20.60
4	18	25.40
5	21	42.15

20

【 0 0 7 4 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

30

面番号	r	d	nd	d
1	-800.000	1.50	1.90366	31.3
2	39.916	0.82		
3	45.540	4.51	1.60311	60.6
4	-166.248	0.15		
5	37.763	3.89	1.69680	55.5
6	-808.672	0.15		
7	36.152	1.96	1.69680	55.5
8	72.304	(可変)		
9	-130.913	0.70	2.00100	29.1
10	8.032	3.36		
11	-16.195	0.60	1.91082	35.3
12	18.017	2.42	2.00178	19.3
13*	-23.343	(可変)		
14(絞り)		1.20		
15*	14.319	2.18	1.59201	67.0
16*	-88.129	(可変)		
17	11.007	0.50	1.84666	23.8
18	6.235	2.45	1.63854	55.4
19	-42.556	(可変)		

40

50

20	11.433	0.70	1.55332	71.7
21*	4.539	2.13		
22	8.024	2.16	1.56384	60.7
23	-22.110	0.50	1.95906	17.5
24	-850.000	4.40		
25		1.00	1.51633	64.1
26		1.00		

像面

【 0 0 7 5 】

10

非球面データ

第13面

K = 8.00261e-001 A 4=-5.85355e-005 A 6=-5.61599e-007

第15面

K = 5.69141e-001 A 4= 1.42937e-005 A 6= 1.76326e-006 A 8= 1.42819e-007 A10=-1.67455e-009

第16面

K =-8.78133e+002 A 4= 3.70614e-005 A 6= 8.23852e-006

20

第21面

K =-3.87586e-001 A 4= 1.40888e-004

各種データ

ズーム比 11.83

焦点距離	3.47	11.03	28.06	41.04
Fナンバー	1.80	2.45	2.77	2.88
半画角(度)	36.85	11.53	4.58	3.14
像高	2.60	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	75.82	75.82	75.82	75.82
BF	6.06	6.06	6.06	6.06

30

d 8	0.70	17.43	25.79	28.58
d13	29.58	12.85	4.49	1.70
d16	6.34	4.09	2.96	3.51
d19	1.26	3.50	4.63	4.09

ズームレンズ群データ

40

群 始面 焦点距離

1	1	41.70
2	9	-7.65
3	14	20.97
4	17	17.26
5	20	117.66

【 0 0 7 6 】

【表 1】

実施例条件式対応値

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
f W	3.636	3.484	3.810	3.469
f T	49.318	41.295	45.697	41.039
f 1	36.158	39.896	39.658	41.702
f 2	-6.702	-7.865	-7.868	-7.654
f 3	17.531	28.759	20.601	20.973
f 4	22.808	19.123	25.402	17.261
f 5	20.927	---	42.152	117.662
f 1 n	-51.681	-37.036	-48.832	-42.036
T D W	75.247	81.117	79.675	75.819
D S P	29.465	29.529	31.133	25.479
m 2	24.278	27.820	27.535	27.877

(1) $f 1 / f 2 $	5.395	5.073	5.040	5.449
(2) S F G 1	0.745	0.506	1.000	0.905
(3) $ f 1 n / f 1$	1.429	0.928	1.231	1.008
(4) $f 1 / \sqrt{(f W \times f T)}$	2.700	3.326	3.005	3.495
(5) D S P / T D W	0.392	0.364	0.391	0.336
(6) $ m 2 / \sqrt{(f W \times f T)}$	1.813	2.319	2.087	2.336
(7) $ (1 - \beta a) \times \beta b $	0.685	---	0.619	0.628
(8) $f 1 / f T$	0.733	0.966	0.868	1.016

10

20

【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

B 1 第 1 レンズ群

B 2 第 2 レンズ群

B 3 第 3 レンズ群

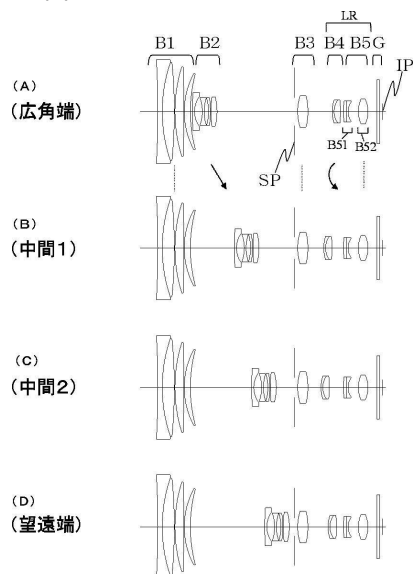
B 4 第 4 レンズ群

B 5 第 5 レンズ群

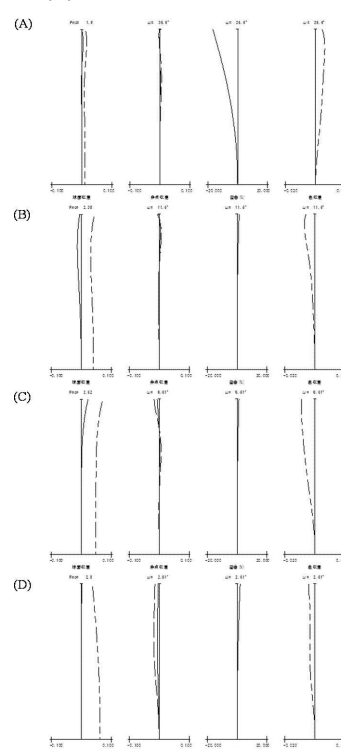
S P 絞り

L R 後群

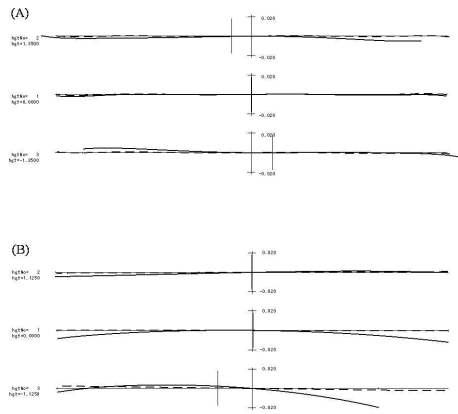
【図 1】



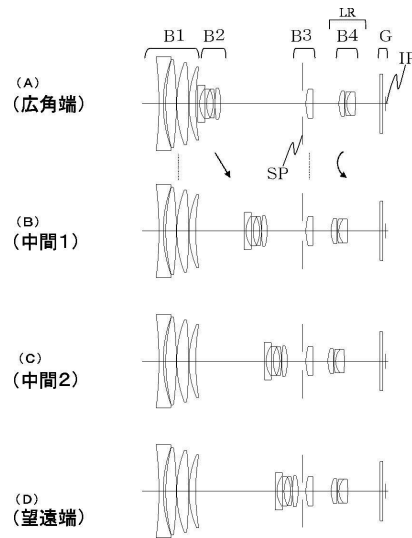
【図 2】



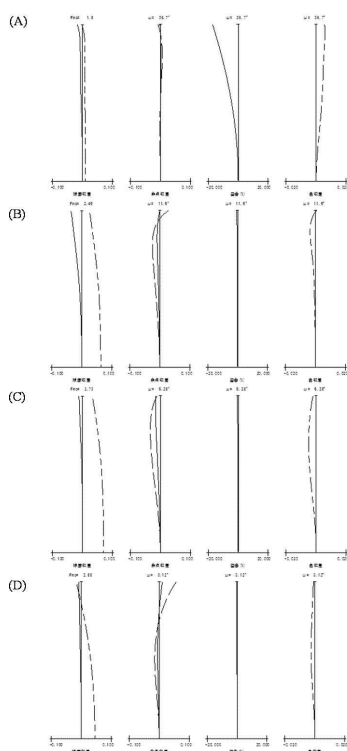
【図 3】



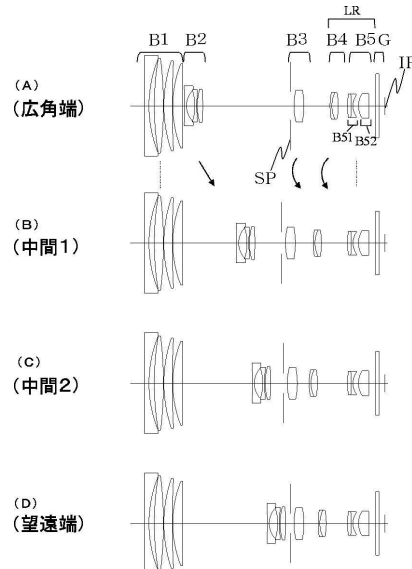
【図 4】



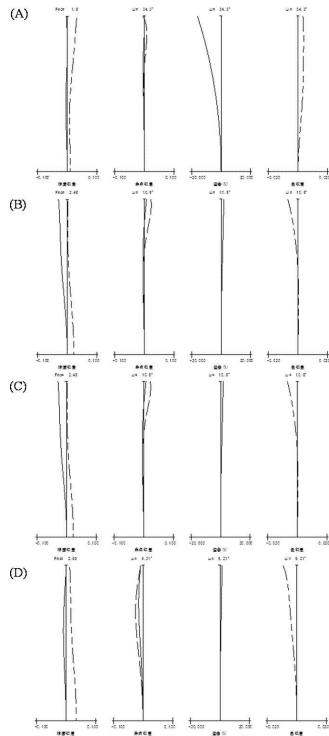
【図 5】



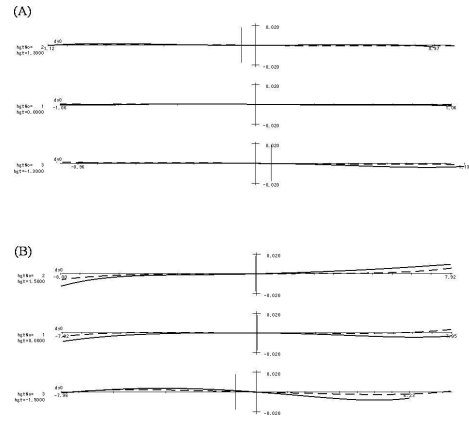
【図 6】



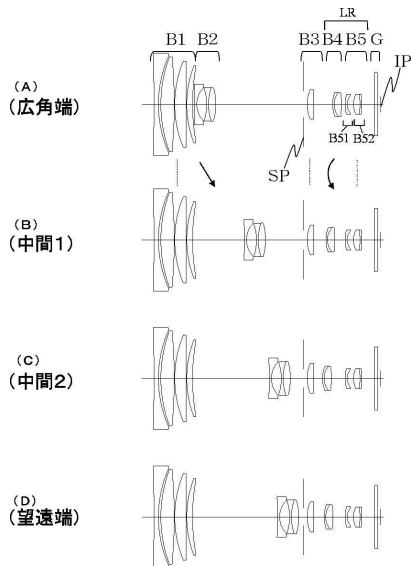
【図 7】



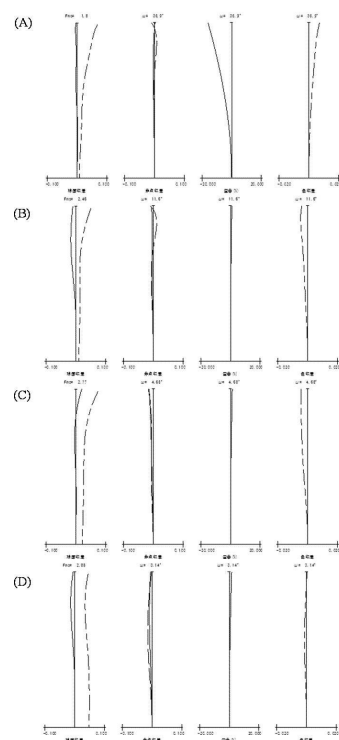
【図 8】



【図 9】

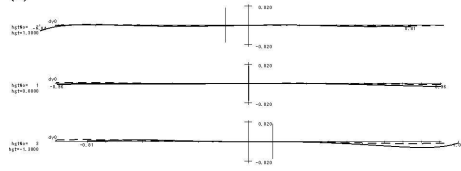


【図 10】

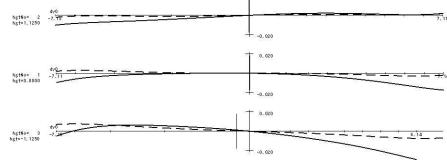


【図 1 1】

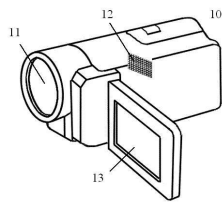
(A)



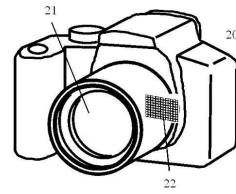
(B)



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-128116(JP,A)
特開2009-204942(JP,A)
特開2012-002900(JP,A)
特開2007-322636(JP,A)
特開2006-047771(JP,A)
特開2007-212847(JP,A)
国際公開第2012/137496(WO,A1)
国際公開第2004/025348(WO,A1)
米国特許出願公開第2012/0147253(US,A1)
米国特許第08964305(US,B1)
米国特許出願公開第2011/0304923(US,A1)
欧州特許出願公開第01862834(EP,A1)
米国特許出願公開第2006/0072200(US,A1)
特開2005-345970(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	15/16
G02B	13/18
G03B	5/00
H04N	5/225