

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6099983号
(P6099983)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2013-3236 (P2013-3236)

(22) 出願日

平成25年1月11日(2013.1.11)

(65) 公開番号

特開2014-134702 (P2014-134702A)

(43) 公開日

平成26年7月24日(2014.7.24)

審査請求日

平成28年1月6日(2016.1.6)

(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 斎藤 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 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】

物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、通過光束を制限する光束制限部材、正の屈折力の第3レンズ群からなり、広角端に比べて望遠端において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が狭くなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が広くな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、物体側より像側へ順に配置された、負レンズG11、正レンズG12からなり、

広角端における前記第2レンズ群と前記光束制限部材との光軸上の間隔を $2aw$ 、全ズーム範囲における前記第2レンズ群と前記光束制限部材との光軸上の間隔の最大値を $2ai$ 、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 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記光束制限部材の移動量を m_a とするとき、

$$0.01 < |2ai - 2aw| / 2ai < 0.99$$

$$0.60 < ma / m_2 < 0.95$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

広角端におけるレンズ全長を $T Dw$ 、広角端における前記光束制限部材から像面までの光軸上の空気換算距離を Law とするとき、

$$0.1 < Law / Dw < 0.3$$

10

20

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。とするとき、

【請求項 3】

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 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.4 < (|f_1| \times f_w) / f_2 < 0.8$$

なる条件式を満たす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、

$$0.7 < |f_1| / f_2 < 1.1$$

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。 10

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群は 1 枚の正レンズ G31 からなり、前記正レンズ G31 の物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{3a} 、 R_{3b} とするとき、

$$-0.5 < (R_{3a} + R_{3b}) / (R_{3a} - R_{3b}) < 1.0$$

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】

前記負レンズ G11 の焦点距離を f_{11} 、前記正レンズ G12 の焦点距離を f_{12} とするとき、 20

$$0.2 < |f_{11}| / f_{12} < 0.5$$

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】

望遠端における前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離を L_{2t} 、望遠端における前記光束制限部材から像面までの光軸上の空気換算距離を L_{at} 、望遠端におけるレンズ全長を TD_t とするとき、

$$0.01 < (L_{2t} - L_{at}) / TD_t < 0.50$$

なる条件式を満たす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。 30

【請求項 8】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第 2 レンズ群と前記光束制限部材は互いに異なる軌跡で物体側へ移動し、前記第 3 レンズ群は像側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記光束制限部材は開口絞りとしての機能を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

ズーミングに際して前記第 2 レンズ群と一体的に移動する開口絞りをさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。 40

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 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。

【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、監視用カメラ等の撮像装置に好適なものである。 50

【背景技術】**【0002】**

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置（カメラ）は、小型化及び高機能化されている。そして撮像装置の小型化及び高機能化にともない、それに用いる撮像光学系には広い画角（撮影画角）を包含し、高ズーム比で高い光学性能を有した小型のズームレンズであることが求められている。

【0003】

全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型のズームレンズが知られている。ネガティブリード型の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、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より成る3群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

10

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】****【特許文献1】特開2008-152189号公報****【特許文献2】特開2011-33770号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

20

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有することが強く要望されている。

【0006】

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、このように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と同時に諸収差の発生が多くなり、高い光学性能を得るのが困難になってくる。また、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、諸収差のうち、特に像面湾曲を少なくすることが重要になってくる。

30

【0007】

全ズーム範囲に渡り平坦な像面特性を得るにはペツツバール和を小さく抑え像面湾曲を低減することが好ましい。そのためには正の屈折力のレンズ枚数を増加させて正の屈折力を複数の正レンズで分担する、もしくは正レンズの材料に高屈折率材料を用いるのが有効である。しかしながら正レンズの枚数を増やすと正レンズの屈折力を強めて、全系の小型化を図ろうとすると、ペツツバール和が増大し像面湾曲の発生が増大する。特に高ズーム比化と全系の小型化を図ろうとすると平坦な像面特性を実現するのが大変難しくなる。

【0008】

一方、前述したネガティブリード型のズームレンズは広画角化及び全系の小型化が有利であるが、開口絞りに対し、レンズ系全体が非対称となるため、ズーミングに伴う諸収差の変動が大きく全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが難しい。

40

【0009】

ネガティブリード型のズームレンズにおいて、全ズーム範囲で画面全体にわたり高い光学性能を得るには、軸外光束のうちフレア光となる不要光を開口絞りや光束制限部材（フレアカット絞り）等で遮光するのが良い。しかしながら光束制限部材で軸外光束を遮光するとき、軸外光束をあまり多く遮光すると画面周辺光量の低下が多くなり、好ましくない。このため、光束制限部材で不要光をカットするときには、光束制限部材の光学配置、及びズーミングに伴って移動させるときはその移動条件等を適切に設定することが重要になってくる。

【0010】

50

特許文献1では、第2レンズ群を4つのレンズより構成し、第3レンズ群の像側にフレアカット絞りを配置し、緒収差を良好に抑えつつ第2レンズ群の屈折力を強めて全系の小型化を図っている。特許文献2では、第2レンズ群の像側に開口絞りを配置し不要光を効果的に遮光して広画角化及び高ズーム比化を図っている。光束制限部材を用いてフレア光を効果的に遮光し、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには特にズーミングに際して光束制限部材を適切に移動することが重要であり、この構成が不適切であると全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが困難になる。

【0011】

本発明は光束制限部材を適切に構成することにより、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比で、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の提供を目的とする。10

【課題を解決するための手段】

【0012】

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、通過光束を制限する光束制限部材、正の屈折力の第3レンズ群からなり、広角端に比べて望遠端において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が狭くなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が広くな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、物体側より像側へ順に配置された、負レンズG11、正レンズG12からなり、20

広角端における前記第2レンズ群と前記光束制限部材との光軸上の間隔を $2aw$ 、全ズーム範囲における前記第2レンズ群と前記光束制限部材との光軸上の間隔の最大値を $2ai$ 、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 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記光束制限部材の移動量を ma とするとき、

$$\begin{aligned} 0.01 < |2ai - 2aw| / 2ai < 0.99 \\ 0.60 < ma / m_2 < 0.95 \end{aligned}$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比で、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。30

【図面の簡単な説明】

【0014】

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

【図2】(A), (B), (C) 実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】(A), (B), (C) 実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図4】(A), (B), (C) 実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図40

【図5】(A), (B), (C) 実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

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

【図7】本発明の撮像装置の要部概略図

【図8】本発明の撮像装置の要部概略図

【図9】本発明のズームレンズに係る光束制限部材で光束を制限するときの説明図

【発明を実施するための形態】

【0015】

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、通過光束を制限する光束制限部材、正の屈折力の第3レンズ群からなる。そして広角端（短焦点距離端）に比べ望遠端（長焦点距離端）において、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が狭く、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が広くなるように各レンズ群が移動する。光束制限部材はズーミングに際して他のレンズ群とは異なった移動軌跡で移動する。

【0016】

図1(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、望遠端での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、中間焦点距離、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比4.74、開口比2.37～5.80、広角端における撮影半画角48.6度程度のズームレンズである。

【0017】

図3(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、望遠端での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、中間焦点距離、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比4.79、開口比2.48～5.80、広角端半画角48.5度程度のズームレンズである。

【0018】

図5(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、望遠端での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、中間焦点距離、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比4.56、開口比3.00～7.00、広角端半画角48.0度程度のズームレンズである。

【0019】

図7、図8はそれぞれ本発明の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。レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 B_i は第*i*レンズ群である。 S_P はFナンバー光束を制限する開口絞りである。 P は通過光束を制限する光束制限部材である。実施例1では光束制限部材Pは開口絞りS_Pとしての機能を有する。

【0020】

G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センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。

【0021】

収差図において、d、gは各々d線及びg線である。M、Sは各々メリディオナル像面、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）、FnoはFナンバーである。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群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。

【0022】

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群B1、正の屈折力の第2レンズ群B2、正の屈折力の第3レンズ群B3の3つのレンズ群から構成されている。広角端から望遠端へのズーミングに際してはレンズ断面図の矢印で示す如く、第1レンズ群B1が像側に凸状の軌跡で移動、第2レンズ群B2が物体側に移動し、第3レンズ群B3は像側に移動している。光束制限部材Pは他のレンズ群とは異なった軌跡で物体側へ移動する。実施例2、3においては、光束制限部材Pの他に開口絞りS_Pを更に有し、開口絞りS_Pは第2レンズ群B2と一体的に移動する。

10

20

30

40

50

【0023】

各実施例のズームレンズは、第2レンズ群B2の移動により主な変倍を行い、第1レンズ群B1の像側に凸状の軌跡の移動によって変倍に伴う像面の移動を補正している。また、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を第3レンズ群B3にフィールドレンズの役割を持たせる事で達成している。

【0024】

また、第2レンズ群B2の像側には光束制限部材Pを配置している。この光束制限部材Pは光学性能を劣化させる有害な光線（フレアーア光）をカットしている。一般的に、ズーム全域を大口径化すると、軸上光線が大量に入射するが、同時に軸上光線が通過する高さまで軸外光線も入射する。光量が大量に入ってくる分、軸外光線の上線がコマフレアとなり光学性能に悪影響を与える。光束制限部材Pは、この軸外光線の上線をカットする。10

【0025】

各実施例において、広角端における第2レンズ群B2と光束制限部材Pとの光軸上の間隔を2aw、全ズーム範囲における第2レンズ群B2と光束制限部材Pとの光軸上の間隔の最大値を2aiとする。このとき、

$$0.01 < |2ai - 2aw| / 2ai < 0.99 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満たしている。

【0026】

条件式(1)は、第2レンズ群B2と光束制限部材Pとの位置関係を規定している。条件式(1)を満足することにより、軸外光束を制限し、画面周辺での開口効率を落とし、レンズ枚数の増加を避けつつ、高い結像性能を達成している。また、広角端での撮影画角90度以上を達成しつつ、レンズ構成の簡素化及び全系の小型化を図っている。20

【0027】

各実施例の3群ズームレンズにおいて、第2レンズ群B2の像側に光束制限部材Pを配置し、光束制限部材Pが第2レンズ群B2と同じ軌跡でズーミングすると、ズーム中間域から望遠端にかけて、軸外光束は、第2レンズ群B2の光軸から離れた位置を通過する。そうすると第2レンズ群B2にて、球面収差と軸外光束に対してコマ収差の補正をすると、像面湾曲を良好に補正することが難しくなる。これに対して、開口比を大きく（暗く）すれば、球面収差の発生を抑え、軸外諸収差の発生を抑制することができる。しかしながら所望の明るさのFナンバーを確保することが困難になる。30

【0028】

そこで各実施例では光束を制限する光束制限部材Pを第2レンズ群B2とは異なる軌跡でズーミングに際して移動することにより、所望の明るさのFナンバーを確保しつつ、球面収差、コマ収差、そして像面湾曲を良好に補正している。

【0029】

条件式(1)の上限を超えて、第2レンズ群B2と光束制限部材Pの光軸上の間隔が大きくなると、光束制限部材Pの有効径が増大してくるので、好ましくない。また、広画角化を図った際、最も物体側のレンズから光束制限部材Pまでの距離が長くなり、前玉有効径が大型化し、広画角化と全系の小型化を図るのが困難となる。

【0030】

条件式(1)の下限を超えて、第2レンズ群B2と光束制限部材Pの光軸上の間隔が小さくなると、光束制限部材Pによる軸外光束のフレア成分のカット効果が小さくなる。そうすると軸外光束のフレア成分の軽減効果、各波長毎に生じるコマ収差の変動（色コマ収差）による色収差の軽減効果が不十分となる。また第2レンズ群B2と光束制限部材Pの光軸上の間隔がズーム中間域であまり変化しないため、高ズーム比化を図った際にコマ収差が増大する。これを補正するために、望遠端における光学全長（第1レンズ面から最終レンズ面までの長さ）が増大し、全系の小型化が困難になる。40

【0031】

本発明のズームレンズでは、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、物体側から像側へ順に、負、正、正の屈折力のレンズ群よりなる3群ズームレンズにより50

構成している。また、各レンズ群のパワー配置（屈折力配置）を適正化し、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得ている。所定のズーム比を確保しつつ、諸収差を良好に補正するため、第2レンズ群B2の像側に光束を制限する光束制限部材Pを配置している。

【0032】

ここで光束制限部材Pは、入射光束を制限する遮光部材や開口絞り、光束を遮る状態と光束を通過可能な状態とに駆動可能なシャッター装置などからなり、開口絞りと別に設けた不要光（フレア）をカットするためのフレアカット絞りとは異なる特性を有す。具体的には、光束制限部材Pが光束を制限した（口径を小さくした）際、軸外光線の上下線の通過量の偏り（所謂片絞り）が生じず、画面周辺光量を極端に不足させない特性を有する。

【0033】

第1レンズ群B1を負の屈折力として負先行型の屈折力配置とすることで広画角化を図った際に増大する前玉有効径の小型化を図っている。また、正の屈折力の第2レンズ群B2を主変倍レンズ群とし、所定のズーム比を確保している。さらに第3レンズ群B3を正の屈折力として射出瞳を像面から十分に遠ざけ、固体撮像素子に入射する光束の入射角度を緩めつつ必要な長さのバックフォーカスを確保している。これにより固体撮像素子上でおこるシェーディングの発生を低減している。

10

【0034】

各実施例のズームレンズは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群B1は広角端のズーム位置から中間のズーム位置までは像側へ移動し、中間のズーム位置から望遠端のズーム位置までは物体側へ移動する。即ち像側に凸状の軌跡の一部を有するように移動する。第2レンズ群B2は物体側に移動し変倍を行い、第3レンズ群B3は像側へ移動している。ズーミングに際し、光束制限部材Pは第2レンズ群B2と異なる軌跡で移動する。

20

【0035】

また、フォーカシングは第3レンズ群B3により行う。これにより移動レンズ群の数を少なくし、駆動に伴うメカ構成を簡素化して鏡筒の小型化を図っている。また、第3レンズ群B3を正の屈折力とすることで、第3レンズ群B3にフィールドレンズの役割を持たせ、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリック性を良好にしている。

【0036】

30

第1レンズ群B1は、最も物体側に、像側のレンズ面の曲率が物体側に比べて大きい（曲率半径が小さい）負レンズG11を配置している。第1レンズ群B1は、軸外主光線を光束制限部材Pの中心に瞳結像させる役割を持っており、特に広角側においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が発生し易い。

【0037】

そこで各実施例では、通常の広画角レンズと同様、最も物体側のレンズ有効径の増大が抑えられるために負レンズG11を配置している。さらに、負レンズG11がレンズ周辺でレンズ中心に比べて負の屈折力が弱くなる形状の非球面を有することにより、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正し、全系のコンパクト化を図っている。

【0038】

40

各実施例では、色収差を良好に補正しつつ、ズーミングの際の像面湾曲の変動を良好に補正し、全系のコンパクト化を達成するために、第1レンズ群B1を正レンズG11と負レンズG12の2枚で構成している。第2レンズ群B2は、像側に比べ物体側のレンズ面の屈折力が大きい物体側のレンズ面が凸形状の正レンズG21を最も物体側に配置している。これにより、第1レンズ群B1を射出した軸外主光線の屈折角を少なくし、軸外収差の発生を抑制している。

【0039】

また、正レンズG21は、軸上光線の通る入射高さが最も高いレンズであり、主に球面収差、コマ収差の補正に関与しているレンズである。そこで各実施例では、正レンズG21がレンズ周辺でレンズ中心に比べて正の屈折力が弱くなる形状の非球面を有することに

50

より球面収差、コマ収差を良好に補正している。

【0040】

第3レンズ群B3は、メニスカス形状又は両凸形状の正レンズG31より構成し、像側のテレセントリック性を良好にするためのフィールドレンズとしての役割を有している。射出瞳を像面から十分に遠ざけ、固体撮像素子に入射する光束の入射角度を緩め、固体撮像素子上でおこるシェーディングを低減している。

【0041】

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。広角端におけるレンズ全長（第1レンズ面から像面までの空気換算距離（フィルター等の光学部材を除去したときの距離））をTDw、望遠端におけるレンズ全長をTDtとする。広角端における光束制限部材Pから像面までの光軸上の空気換算距離をLawとする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群B2の移動量をm2、広角端から望遠端へのズーミングにおける光束制限部材Pの移動量をmaとする。移動量の符号は像側への移動するときを正、物体側に移動するときを負とする。

10

【0042】

第1レンズ群B1の焦点距離をf1、第2レンズ群B2の焦点距離をf2、広角端における全系の焦点距離をfwとする。第3レンズ群B3は1枚の正レンズG31からなり、正レンズG31の物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々R3a, R3bとする。第1レンズ群B1は物体側より像側へ順に配置された、負レンズG11、正レンズG12からなり、負レンズG11の焦点距離をf11、正レンズG12の焦点距離をf12とする。

20

【0043】

望遠端における第2レンズ群B2の最も物体側に配置されたレンズの物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離をL2t、望遠端における光束制限部材Pから像面までの光軸上の空気換算距離をLat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。

【0044】

$$\begin{aligned} 0.1 < L_{aw} / TDw < 0.3 & \cdots (2) \\ 0.60 < ma / m2 < 0.95 & \cdots (3) \\ 0.4 < (|f_1| \times fw) / f_2 < 0.8 & \cdots (4) \\ 0.7 < |f_1| / f_2 < 1.1 & \cdots (5) \\ -0.5 < (R_{3a} + R_{3b}) / (R_{3a} - R_{3b}) < 1.0 & \cdots (6) \\ 0.2 < |f_{11}| / f_{12} < 0.5 & \cdots (7) \\ 0.01 < (L_{2t} - Lat) / TDt < 0.50 & \cdots (8) \end{aligned}$$

30

【0045】

条件式(2)は、広角端における光束制限部材Pから像面位置までの光軸上の空気換算距離を広角端におけるレンズ全長で規定したものである。条件式(2)の上限を超えると光束制限部材Pより後方（像側）のレンズ群の画面周辺に入射する画面周辺光束の光軸からの距離変化が大きくなる。この結果、画面周辺光束の収差を良好に補正するためには、レンズ枚数を増加しなければならず、全系が大型化してくる。また下限を超えると、広角端側において第1レンズ群B1に入射する軸外光束が光軸から離れ、第1レンズ群B1の径方向が増大し、全系が大型化してくる。

40

【0046】

条件式(3)は、ズーミングに伴う光束制限部材Pの移動量を第2レンズ群B2の移動量で規定している。条件式(3)は広角端から望遠端までのズーム領域全域においてフレア光を効果的にカットし、高性能化と全系の小型化を図るためにものである。

【0047】

図9は各実施例において、フレア光を効果的にカットするための模式的な説明図である。図9においてPは、光束制限部材であり、軸上光束Laを制限することなく、軸外光線Lbの上線を抑制している。全系の小型化を図るために、第2レンズ群B2の屈折力を強めた際、ズーム中間域から望遠側のズーム域にて、コマ収差、像面湾曲が多く発生してく

50

る。

【0048】

各実施例では、光束制限部材Pにより、軸外光束を効果的にカットして、コマ収差、像面湾曲の発生を低減して、広画角化と高ズーム比化を図っている。

【0049】

条件式(3)の上限を超えて、第2レンズ群B2の移動量が小さくなると、レンズ全長の短縮は容易になるが、所定のズーム比を実現するために第2レンズ群B2の屈折力を大きくする必要がある。そうすると、望遠側において球面収差やコマ収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。条件式(3)の下限を超えて、光束制限部材Pの移動量が小さくなると、ズーム中間域から望遠側において軸外光束を効果的にカットすることが困難になる。10

【0050】

条件式(4)は、第1レンズ群B1の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の積を第2レンズ群B2の焦点距離で規定している。条件式(4)は全系の小型化と広画角化を図るためにものである。条件式(4)の上限を超えると、ズーミングの際の第2レンズ群B2の移動量が増大し、レンズ全長が増大してくる。

【0051】

条件式(4)の下限を超えると、第1レンズ群B1の負の屈折力が大きくなり、第1レンズ群B1からの光束が大きく発散する。このとき発散した光束を第2レンズ群B2および第3レンズ群B3で収束させるため、第2レンズ群B2の屈折力を強くしなければならず、この結果第2レンズ群B2より球面収差が多く発生してくるので良くない。20

【0052】

条件式(5)は、第1レンズ群B1の焦点距離を第2レンズ群B2の焦点距離で規定している。第1レンズ群B1の屈折力をある程度強めることで広画角化を図るものである。また、第2レンズ群B2の屈折力をある程度強め、ズーミングに際して第2レンズ群B2の移動量を減らし、望遠端においてレンズ全長の短縮を図り、全系の小型化を図るものである。

【0053】

条件式(5)の上限を超えて、第2レンズ群B2の屈折力が大きくなると、望遠側において球面収差が多く発生し、特に各波長毎に生じる球面収差の変動(色の球面収差)による色収差が増大してくる。また条件式(5)の下限を超えて、第1レンズ群B1の負の屈折力が大きくなると、広角端において非点収差が増大し、これを補正するのが困難になる。30

【0054】

条件式(6)は第3レンズ群B3の正レンズG31のレンズ形状(シェープファクター)を規定する。条件式(6)は、主に高ズーム比化、全系の小型化、高性能化を図るためにものである。

【0055】

条件式(6)の上限を超えると、望遠側においてコマ収差が増大し、このコマ収差を補正するのが困難となる。また、ズーミングに伴う歪曲収差のズーム変動を抑制することが難しくなる。また、第3レンズ群B3にてフォーカスを行った場合、無限遠物体から近距離物体に至る物体距離全般にわたり高い光学性能を得ることが難しくなる。条件式(6)の下限を超えると、広角側において像面湾曲、望遠側において歪曲収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難になる。40

【0056】

色収差を良好に保ちつつ、ズーミングに際しての像面湾曲の変動を良好に補正し、全系のコンパクト化を図るためにには、第1レンズ群B1を1つの負レンズと、1つの正レンズで構成することが望ましい。

【0057】

条件式(7)は、第1レンズ群B1の負レンズG11の焦点距離と正レンズG12の焦50

点距離の比を規定している。条件式(7)は主に、像面湾曲を良好に抑えつつ、広画角化を図るためにものである。条件式(7)の上限を超えて、正レンズG12の屈折力が大きくなると、レンズ全長を短縮することが困難になる。条件式(7)の下限を超えて、負レンズG11の屈折力が大きくなると、広画角化を図るのは容易となるが、広角側において像面湾曲が増大し、この補正が難しくなる。

【0058】

条件式(8)は第2レンズ群B2と光束制限部材Pの光軸上の間隔に関して、望遠端におけるレンズ全長で規定している。条件式(8)の上限を超えて、望遠端において光束制限部材Pと第2レンズ群B2の間隔が広がると、第2レンズ群B2のレンズ外径が大きくなり好ましくない。条件式(8)の下限を超えて、望遠端において光束制限部材Pと第2レンズ群B2の間隔が狭まると射出瞳を像面から遠ざける作用が強まるがフレア光のカットが不十分となり、諸収差の補正が困難になる。10

【0059】

本発明のズームレンズを用いた撮像装置では、歪曲収差と倍率色収差のうち少なくとも一方を電気的に補正する回路とを備える構成とするのが良い。

【0060】

このようにズームレンズの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、倍率色収差を電気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。また、第3レンズ群B3は少なくとも1つの非球面を有することが望ましい。20

【0061】

広角端において像面湾曲を小さくし、ズーミングによる歪曲収差の変動を抑制するためには、非球面を有することが望ましい。実施例1乃至3では、第3レンズ群B3の正レンズG31の少なくとも一方のレンズ面を非球面形状にすることにより、正レンズG31の収差を更に低く抑えている。すなわち、正レンズG31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。

【0062】

各実施例において、更に好ましくは条件式(1)乃至(8)の数値範囲を次の如く設定するのが好ましい。30

【0063】

$$\begin{aligned}
 & 0.20 < |2\alpha_i - 2\alpha_w| / 2\alpha_i < 0.95 & \dots (1a) \\
 & 0.2 < L_{aw} / T_{Dw} < 0.3 & \dots (2a) \\
 & 0.7 < m_a / m_2 < 0.9 & \dots (3a) \\
 & 0.5 < (|f_1| \times f_w) / f_2 < 0.7 & \dots (4a) \\
 & 0.8 < |f_1| / f_2 < 1.1 & \dots (5a) \\
 & -0.4 < (R_{3a} + R_{3b}) / (R_{3a} - R_{3b}) < 0.8 & \dots (6a) \\
 & 0.25 < |f_{11}| / f_{12} < 0.40 & \dots (7a) \\
 & 0.05 < (L_{2t} - L_{at}) / T_{Dt} < 0.30 & \dots (8a)
 \end{aligned}$$

【0064】

条件式(1a)を満たすことにより、レンズ系全体の小型化を図りつつ、広画角化と高性能化を達成することが更に容易になり、より好ましい。条件式(2a)を満たすことにより、広角端にて画面周辺光束をより効果的に制限できるため好ましい。条件式(3a)を満たすことにより、ズーム中間域から望遠端までのズーム領域において、より効果的なフレアカットが容易になり、好ましい。条件式(4a)を満たすことにより、全系の小型化を図りながら広角側において高次の像面湾曲、球面収差、コマ収差を全て良好に補正することが容易になり、より好ましい。40

【0065】

条件式(5a)を満たすことにより、高ズーム比化を図りつつ、全系の小型化と高性能化がより容易になる。条件式(6a)を満たすことにより、ズーム中間域から望遠端での50

正の歪曲収差を抑えることが、より容易になる。条件式(7a)を満たすことにより、ズーミングに際しての像面湾曲の変動の抑制と小型化がより容易になる。条件式(8a)を満たすことにより、高性能化と第2レンズ群B2のレンズ外径の小型化がより容易になる。さらに、好ましくは条件式(1a)乃至(8a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0066】

$$\begin{aligned}
 & 0.45 < |2\alpha_i - 2\alpha_w| / 2\alpha_i < 0.93 & \cdots & (1b) \\
 & 0.23 < L_{aw} / T_{Dw} < 0.27 & \cdots & (2b) \\
 & 0.75 < m_a / m_2 < 0.90 & \cdots & (3b) \\
 & 0.55 < (|f_1| \times f_w) / f_2 < 0.65 & \cdots & (4b) \\
 & 0.9 < |f_1| / f_2 < 1.1 & \cdots & (5b) \\
 & -0.35 < (R_{3a} + R_{3b}) / (R_{3a} - R_{3b}) < 0.70 & \cdots & (6b) \\
 & 0.30 < |f_{11}| / f_{12} < 0.35 & \cdots & (7b) \\
 & 0.07 < (L_{2t} - L_{at}) / T_{Dt} < 0.15 & \cdots & (8b)
 \end{aligned}
 \quad 10$$

【0067】

以上のように各実施例によれば、球面収差、コマ収差、像面湾曲などの諸収差を良好に補正した、ズーム比4以上で広画角かつレンズ系全体が小型で高い光学性能のズームレンズが得られる。

【0068】

実施例1乃至3では、第1レンズ群B1に非球面レンズを採用することにより、広角端における像面湾曲を良好に補正している。また、第2レンズ群B2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3においては任意のレンズ群を光軸と垂直方向の成分を持つ方向に移動させて結像位置を光軸に対し垂直方向に移動させて手ぶれ補正を行っても良い。

【0069】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置としてのデジタルビデオカメラの実施例を図7を用いて説明する。図7において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至3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は液晶ディスプレイ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。

【0070】

また、本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置としてのデジタルスチルカメラの実施例を図8を用いて説明する。

【0071】

図8において、20はカメラ本体、21は実施例1乃至3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。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。

【0072】

このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。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。

【0073】

次に、本発明の実施例1～3に対応する数値実施例1～3を示す。各数値実施例において、 i は物体からの面の順番を示す。 r_i はレンズ面の曲率半径、 d_i は第*i*面と第*i+1*面との間の面を示す。 n_{di} 、 d_i はそれぞれd線を基準とした第*i*番目の光学部材

20

30

40

50

の屈折率と、アッベ数である。非球面形状は光軸からの高さ h の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして x とするとき、

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

で表される。

【0074】

但し、 K は円錐定数、 A_4, A_6, A_8, A_{10} は 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数、 R は近軸曲率半径である。又、「e-X」は「 $\times 10^{-X}$ 」を意味している。又、前述の各条件式と各数値実施例との関係を表 1 に示す。数値実施例 2, 3 において間隔 d_5 の値が負となっているのは開口絞り SP、第 2 レンズ群 B 2 の順に数えたためである。

【0075】

[数値実施例 1]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*	5192.584	0.70	1.85135	40.1	
2*	4.738	2.47			
3	10.564	1.31	2.14352	17.8	
4	19.933	(可変)			
5*	6.215	1.52	1.82080	42.7	20
6*	-131.152	0.20			
7	8.541	0.80	1.48749	70.2	
8	18.514	0.50	1.92286	20.9	
9	4.834	1.65			
10	-19.738	0.87	1.49700	81.5	
11	-6.451	(可変)			
12(P)		(可変)			
13	42.991	1.52	1.55332	71.7	
14*	-17.850	(可変)			
15		0.80	1.51633	64.1	30
16		0.50			
像面					

20

30

像面

非球面データ

第1面

$K = -2.52890e+008$ $A_4 = -1.44681e-004$ $A_6 = 2.56273e-006$
 $A_8 = -2.85100e-008$ $A_{10} = 8.30706e-011$

第2面

$K = -1.59789e+000$ $A_4 = 7.56802e-004$ $A_6 = -1.44796e-005$
 $A_8 = 4.11309e-007$ $A_{10} = -6.67356e-009$

40

第5面

$K = -3.35594e-001$ $A_4 = -6.21244e-005$ $A_6 = 5.15397e-006$
 $A_8 = -7.76989e-007$ $A_{10} = 6.06531e-008$

第6面

$K = 8.77898e+001$ $A_4 = 5.44453e-004$ $A_6 = -1.02429e-006$

第14面

50

K = -1.15903e+000 A 4= 3.34298e-004 A 6=-1.20220e-005
A 8= 3.51212e-007

各種データ

ズーム比	4.74	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.67	10.45	17.43		
Fナンバー	2.37	4.05	5.80		
半画角(度)	48.6	20.4	12.3		
像高	3.30	3.88	3.88		10
レンズ全長	36.74	33.06	39.63		
BF	4.72	4.47	4.22		
d 4	16.72	3.62	0.78		
d11	0.35	2.44	4.52		
d12	3.40	10.98	18.56		
d14	3.69	3.44	3.19		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		20
1	1	-9.36		
2	5	10.21		
3	12			
4	13	23.00		
5	15			

【0076】

[数値実施例 2]

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*		0.70	1.85135	40.1	
2*	4.981	2.47			
3	10.950	1.54	2.14352	17.8	
4	20.578	(可変)			
5		-0.30			
6*	6.122	1.56	1.82080	42.7	
7*	-120.006	0.20			
8	8.053	0.83	1.48749	70.2	
9	17.521	0.50	1.92286	20.9	
10	4.712	0.77			
11	-12.164	1.21	1.49700	81.5	
12	-5.907	(可変)			
13(P)		(可変)			
14	18.358	1.65	1.55332	71.7	
15*	-34.972	(可変)			
16		0.80	1.51633	64.1	
17		0.50			
像面					50

非球面データ

第1面

K = -2.52890e+008 A 4= -7.30527e-005 A 6= 1.87758e-006
A 8= -2.85100e-008 A10= 8.30706e-011

第2面

K = -1.63387e+000 A 4= 7.25040e-004 A 6= -7.03149e-006
A 8= 2.04085e-007 A10= -5.21639e-009

10

第6面

K = -3.06226e-001 A 4= -9.32252e-005 A 6= -1.35185e-005
A 8= -2.58326e-007 A10= -1.91906e-008

第7面

K = -1.44358e+002 A 4= 5.77218e-004 A 6= -2.65546e-005

第15面

K = -5.56094e+001 A 4= 2.53698e-004 A 6= -1.92214e-005
A 8= 4.89317e-007

20

各種データ

ズーム比	4.79			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.65	10.46	17.48	
Fナンバー	2.48	4.11	5.80	
半画角(度)	48.5	20.4	12.3	
像高	3.30	3.88	3.88	
レンズ全長	36.92	32.69	38.99	
BF	4.45	4.20	3.95	30
d 4	17.45	4.04	1.15	
d12	0.48	1.65	2.82	
d13	3.40	11.66	19.92	
d15	3.42	3.17	2.92	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	-9.77		
2	5	10.12		
3	13			
4	14	22.00		40
5	16			

【0077】

[数値実施例3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
					50

1*		0.70	1.85135	40.1	
2*	5.412	2.47			
3	10.066	1.71	2.14352	17.8	
4	16.190	(可変)			
5		-0.20			
6*	5.867	1.64	1.49710	81.6	
7*	-8.607	0.15			
8	25.542	1.77	1.91082	35.3	
9	-3.450	0.45	1.68893	31.2	
10*	4.205	(可変)			10
11(P)		(可変)			
12	59.545	1.33	1.55332	71.7	
13*	-10.936	(可変)			
14		0.80	1.51633	64.1	
15		0.36			
像面					

非球面データ

第1面

K = -2.52890e+008 A 4=-1.20236e-004 A 6= 2.58922e-006
A 8=-2.85100e-008 A10= 8.30706e-011

20

第2面

K = -1.68754e+000 A 4= 6.88547e-004 A 6=-8.26037e-006
A 8= 3.27341e-007 A10=-5.19812e-009

第6面

K = -1.03851e+000 A 4=-2.18454e-003 A 6=-1.10264e-004
A 8=-1.92871e-005

30

第7面

K = 4.36807e+000 A 4= 1.20860e-003 A 6=-3.27060e-005

第10面

K = 5.48955e-001 A 4=-2.01862e-004

第13面

K = 2.28003e+000 A 4= 8.63629e-004 A 6=-1.34888e-005
A 8= 5.10084e-007

40

各種データ

ズーム比	4.56		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.66	10.04	16.68
Fナンバー	3.00	4.97	7.00
半画角(度)	48.0	21.1	12.9
像高	3.15	3.88	3.88
レンズ全長	35.74	30.64	35.38
BF	3.82	3.57	3.32

50

d 4	17.00	4.23	1.32
d10	1.50	1.57	3.14
d11	3.40	11.24	17.58
d13	2.93	2.68	2.43

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-10.25
2	5	9.48
3	11	
4	12	16.81
5	14	

10

【0078】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3
f w	3.673	3.648	3.658
f t	17.427	17.484	16.682
f 1	-9.356	-9.774	-10.246
f 2	10.211	10.120	9.478
f 3	23.000	22.000	16.811
δ 2 a i	4.523	2.818	2.874
δ 2 a w	0.352	0.477	1.496
L a w	9.642	9.510	8.554
T D w	36.741	36.924	35.741
T D t	39.627	38.989	35.383
m a	-14.655	-16.018	-13.679
m 2	-18.826	-18.360	-15.320
f 1 1	-5.571	-5.851	-6.357
f 1 2	18.287	18.852	20.257
L 2 t	34.360	33.122	29.184
L a t	24.297	25.528	22.233

20

条件式

f t / f w	4.745	4.792	4.560
(1) δ 2 a i - δ 2 a w / δ 2 a i	0.922	0.831	0.479
(2) L a w / T D w	0.262	0.258	0.239
(3) m a / m 2	0.778	0.872	0.893
(4) √(f 1 × f w) / f 2	0.574	0.590	0.646
(5) f 1 / f 2	0.916	0.966	1.081
(6) (R 3 a + R 3 b) / (R 3 a - R 3 b)	0.413	-0.312	0.690
(7) f 1 1 / f 1 2	0.305	0.310	0.314
(8) (L 2 t - L a t) / T D t	0.254	0.195	0.196

30

40

【符号の説明】

【0079】

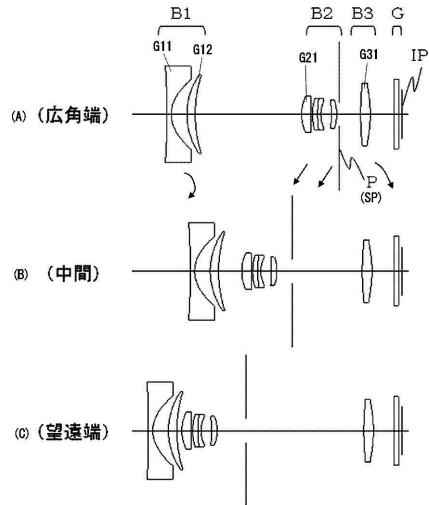
B 1 ... 第1レンズ群

B 2 ... 第2レンズ群

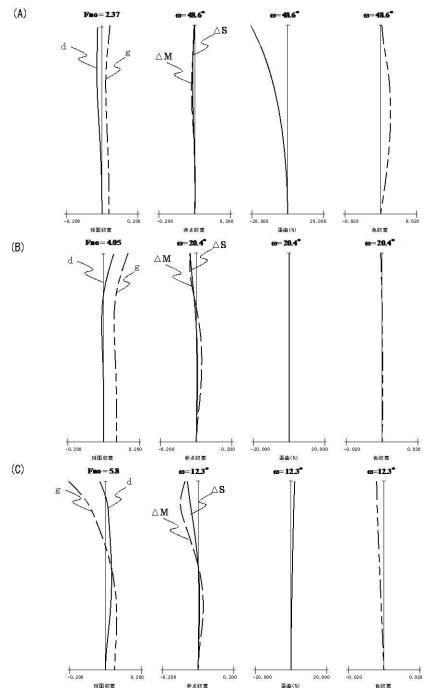
B 3 ... 第3レンズ群

P ... 光束制限部材

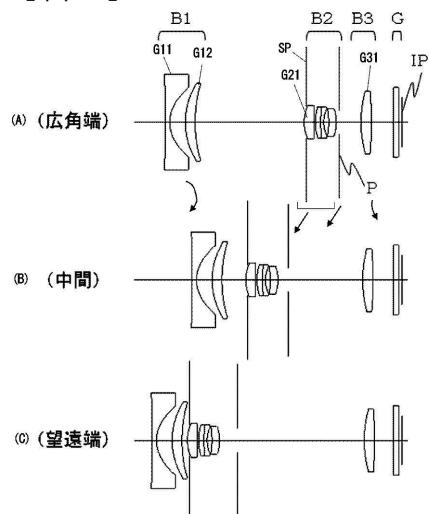
【図1】



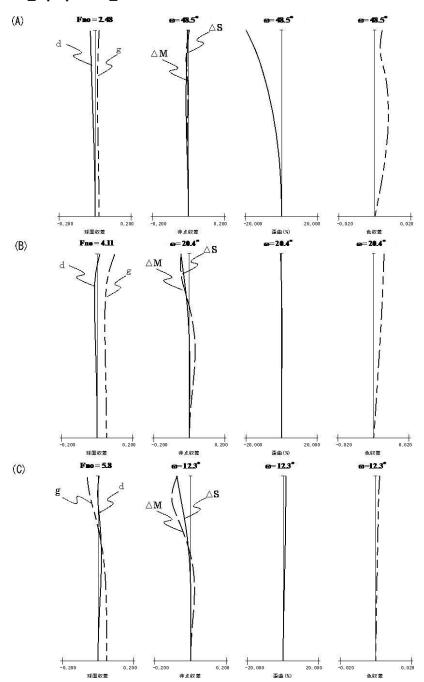
【図2】



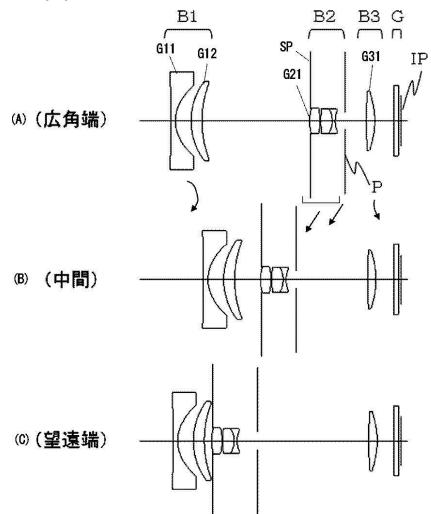
【図3】



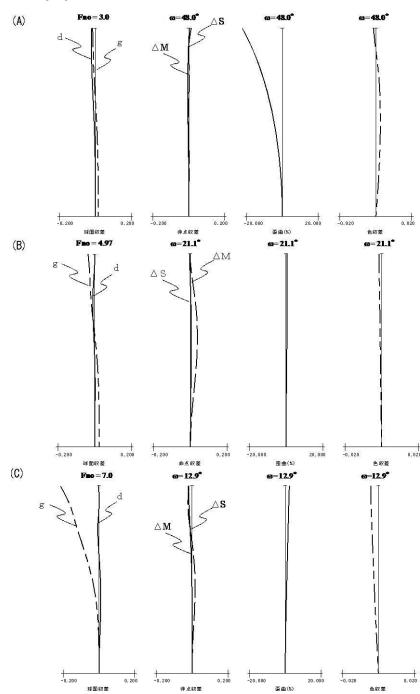
【図4】



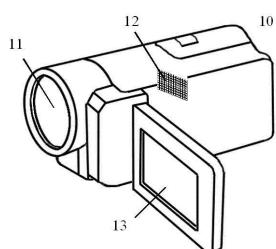
【図5】



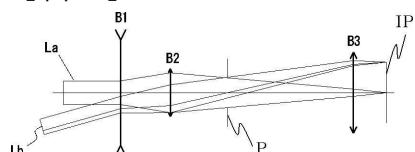
【図6】



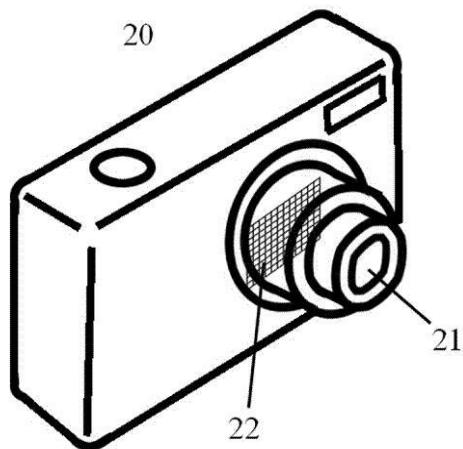
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-333805(JP,A)
特開平01-191820(JP,A)
特開2010-102083(JP,A)

(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