

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5907616号
(P5907616)

(45) 発行日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)

(24) 登録日 平成28年4月1日 (2016. 4. 1)

(51) Int. Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006. 01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006. 01) G O 2 B 13/18

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2012-63356 (P2012-63356)
(22) 出願日 平成24年3月21日 (2012. 3. 21)
(65) 公開番号 特開2013-195749 (P2013-195749A)
(43) 公開日 平成25年9月30日 (2013. 9. 30)
審査請求日 平成27年3月10日 (2015. 3. 10)

(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 萩原 泰明
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、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群より構成され、ズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記開口絞りは不動であり、前記第2、第3、第4レンズ群は互いに異なる軌跡で移動し、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、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、
 $0.8 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 5.0$
なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、
 $-2.5 < f_2 / f_w < -1.5$
なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき

10

20

、

$$2.5 < f_3 / f_w < 5.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッベ数を p_3 とするとき、前記第 3 レンズ群は、

$$65.0 < p_3$$

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

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と屈折率を各々 n_3 、 N_{n_3} とするとき、前記第 3 レンズ群は、

$$n_3 < 35.0$$

$$1.8 < N_{n_3}$$

なる条件式を満足する負レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 4 レンズ群はフォーカシングに際して移動する 1 枚のレンズよりなり、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$-0.4 < f_4 / f_t < -0.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

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。

【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、特にスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラそして監視用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、そして銀塩フィルムを用いた銀塩写真用カメラ等の撮像装置に用いる撮影光学系には、明るい F ナンバーであること、広画角であることが要求されている。更に高い光学性能を有すること、全系が小型なズームレンズであること等が要求されている。

【0003】

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として、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正の屈折力の第 1 ～ 第 5 レンズ群の 5 つのレンズ群より成る 5 群ズームレンズが知られている（特許文献 1、2）。

【0004】

特許文献 1、2 には、ズーミングに際して第 1 レンズ群を固定とし、それより像側の複数のレンズ群を移動させることによってズーミングを行い、また第 1 レンズ群以外のレンズ群でフォーカスを行うことで、広画角かつ小型なズームレンズが提案されている。特許文献 1 では、広角端の撮影画角が約 80 度程度、ズーム比約 5 倍程度、また広角端での F ナンバーは 3.6 程度のズームレンズを開示している。また、特許文献 2 では、広角端での撮影画角が約 63 度程度、ズーム比 2.5 ～ 3.0、広角端での F ナンバー 1.45 程度のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-164194号公報

【特許文献2】特開2000-180722号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

撮像装置に用いるズームレンズには、明るいFナンバー（Fナンバーが小さい）でありながら広画角で、高い光学性能を有しかつ小型であることが要求されている。同時に、ズームングの際に必要な駆動源の省力化やズームングの際の微小な像ブレの抑制、さらには

10

【0007】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、第1レンズ群をズームングの際に固定にして、所定のFナンバーや光学性能を良好に維持しつつ広画角化を図ろうとすると、第1レンズ群の有効径が極端に大きくなり、レンズ鏡筒全体が大型化してくる。また全系の小型化を図りつつ、広画角化を図るため各レンズ群の屈折力を強くすると諸収差の発生が多くなり、これらを良好に補正することが困難となる。

【0008】

前述した5群ズームレンズは、広画角化でレンズ系全体の小型化を図りつつ、良好な光学性能を得るのが容易なズームタイプである。しかしながら、これらの特徴を得るには、例えば各レンズ群の屈折力や各レンズ群の結像倍率（変倍分担）等を適切に設定することが重要となる。特にズームレンズ全系の小型化を図るには、広角端と望遠端における第2、第3レンズ群の結像倍率（変倍分担）を適切に設定することが重要となる。

20

【0009】

また、ズームレンズの多くは開口絞りが配置されている開口絞り付近に光量を制御する駆動機構や、減光フィルターなどが配置される。このため、ズームングに際して開口絞りは不動であることが鏡筒全系の小型化のために重要となる。これらの構成が適切でないと、広画角化かつ高ズーム比化を図る際にズームレンズ全体及び鏡筒全系が大型化し又ズームングに伴う諸収差の変動が増大し、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。

30

【0010】

本発明は、広画角、高ズーム比、大口径比で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。

【課題を解決するための手段】

【0011】

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、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群より構成され、ズームングに際して、前記第1レンズ群と前記開口絞りは不動であり、前記第2、第3、第4レンズ群は互いに異なる軌跡で移動し、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、

40

前記第1レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成され、

広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$0.8 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 5.0$

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】

【0012】

本発明によれば、広画角、高ズーム比、大口径比で全系が小型のズームレンズが得られ

50

る。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【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

10

【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

【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】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

【図10】(A)、(B)、(C) 実施例5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11】実施例1において第3レンズ群を防振動作させた時の望遠端における横収差図

【図12】本発明の撮像装置の要部概略図

20

【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】

【0014】

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、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群より構成されている。ズーミングに際しては第1レンズ群と前記開口絞りが不動であり、第2レンズ群乃至第4レンズ群が互いに異なる軌跡で移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズから構成されている。第1レンズ群の物体側又は第5レンズ群の像側の少なくとも一方に屈折力のあるレンズ群が配置される場合もある。

30

【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2.9.54、開口比(Fナンバー)1.85~3.50、撮影画角72.66°~3.36°のズームレンズである。

【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2.9.49、開口比(Fナンバー)1.85~3.50、撮影画角73.76°~3.42°のズームレンズである。

40

【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2.4.92、開口比(Fナンバー)1.85~3.50、撮影画角72.66°~3.98°のズームレンズである。

【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)

50

A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比2.4、8、開口比(Fナンバー)1.85~3.50、撮影画角77.1°~4.32°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10(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例5はズーム比10.00、開口比(Fナンバー)1.85~3.00、撮影画角67.66°~9.02°のズームレンズである。図11は実施例1において第3レンズ群を防振動作させたときの望遠端における横収差図である。図12、図13は各々本発明の撮像装置の要部概略図である。

10

【0020】

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や望遠鏡、双眼鏡の観察装置、複写機、プロジェクター等の光学機器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、 B_i は第 i レンズ群である。

【0021】

次に各実施例のズームレンズについて説明する。各実施例のレンズ断面図において、 B_1 は正の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群、 B_2 は負の屈折力の第2レンズ群、 B_3 は正の屈折力の第3レンズ群、 B_4 は負の屈折力の第4レンズ群、 B_5 は正の屈折力の第5レンズ群である。 SP は開放Fナンバー(F_{no})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2レンズ群 B_2 と第3レンズ群 B_3 との間に位置している。

20

【0022】

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。

【0023】

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、倍率色収差は g 線によって表している。 F_{no} はFナンバー、 ω は半画角である。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。尚、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。

30

【0024】

各実施例は、広角端における撮影画角 2ω は73~67度であり、ズーム比20~10程度、開口比1.8~3.0程度と、広画角、高ズーム比、大口径比のズームレンズである。

40

【0025】

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 B_2 を像側に移動させて主たる変倍を行っている。また第3レンズ群 B_3 を移動させて変倍を行っている。第4レンズ群 B_4 を非直線的に移動させて変倍に伴う像面変動を補正している。第1レンズ群 B_1 、第5レンズ群 B_5 、開口絞り SP はズーミングに際して不動である。以上のように各実施例のズームレンズは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。

【0026】

各実施例では第2レンズ群 B_2 の屈折力を後述する条件式(2)を満足する程度にある程度強めつつ、第3レンズ群と適切な変倍分担を行うことで、広画角でありながら高い変

50

倍量を実現しつつ高性能を維持している。

【 0 0 2 7 】

第 5 レンズ群 B 5 は、ズーム機構の簡略化し、鏡筒機構を含めた小型化のためズームに際して不動としている。また、第 4 レンズ群 B 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。無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、第 4 レンズ群 L 4 を後方に繰り込むことで行っている。また第 3 レンズ群 B 3 の全部若しくは一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させて、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させても良い。即ち防振を行っても良い。

【 0 0 2 8 】

各実施例のズームレンズは広画角化、高ズーム比、大口径比化を確保し、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、負の屈折力のレンズ群、開口絞り、正、負、正の屈折力のレンズ群を有する構成としている。物体側から像側へ順に、正と負の屈折力のレンズ群を交互に配置し、集光作用と拡散作用を順次組み合わせることで広画角化、高ズーム比化、大口径比化を図る際に発生する諸収差を容易に補正している。

【 0 0 2 9 】

第 2 レンズ群 B 2 を主変倍レンズ群とし、さらに第 3 レンズ群 B 3 に適切な変倍分担を行わせることで、明るい F ナンバー（小さな F ナンバー）でありながらズームの際の収差変動を良好に補正している。また、第 4 レンズ群 B 4 によってズームの際の像面変動を補正している。開口絞り S P をズームに際して不動とすることで、開口絞りの駆動装置等を移動する必要がなくなり、鏡筒全体として小型化を容易にしている。

【 0 0 3 0 】

各実施例において、広角端と望遠端における第 2 レンズ群 B 2 の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、広角端と望遠端における第 3 レンズ群 B 3 の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とする。このとき、

$$0.8 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 5.0 \quad \cdots (1)$$

なる条件式を満足している。

【 0 0 3 1 】

条件式 (1) は広画角かつ高ズーム比化を実現するためのものである。条件式 (1) は、副変倍レンズ群である第 3 レンズ群 B 3 の広角端と望遠端における横倍率の比を、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 B 2 の広角端と望遠端における横倍率の比によって適切に定めるものである。

【 0 0 3 2 】

条件式 (1) を満足することで、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 B 2 と副変倍レンズ群である第 3 レンズ群 B 3 の変倍分担比を適切に設定している。条件式 (1) の上限値を超えて、第 3 レンズ群 B 3 の変倍分担が小さくなりすぎると、第 2 レンズ群 B 2 の変倍分担を大きくしなければならず、高ズーム比化を実現するためには第 2 レンズ群 B 2 のズームに際しての移動量を増やさなければならなくなる。そして全系の小型化が困難になる。

【 0 0 3 3 】

条件式 (1) の下限値を超えて、第 3 レンズ群 B 3 の変倍分担が大きくなりすぎると、所望の広画角や変倍量は確保しやすくなるが、広画角化に伴い諸収差が増加し、特に球面収差やコマ収差が増加し、これらの補正が困難となり、高性能化が難くなる。更に好ましくは条件式 (1) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 3 4 】

$$0.9 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 4.5 \quad \cdots (1a)$$

更に好ましくは条件式 (1a) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 3 5 】

$$1.0 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 4.2 \quad \cdots (1b)$$

以上のように各実施例によれば、明るい F ナンバーを維持しつつ広画角化を図っている。それと共に、第 1 レンズ群 B 1 と開口絞り S P をズームに際して不動としながら前

10

20

30

40

50

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得ている。

【0036】

各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち1つ以上を満足するのが良い。第2レンズ群B2の焦点距離を f_2 とする。第3レンズ群B3の焦点距離を f_3 とする。第4レンズ群B4の焦点距離を f_4 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に含まれる少なくとも1枚の正レンズの材料のアッベ数を p_3 とする。第3レンズ群B3に含まれる少なくとも1枚の負レンズの材料のアッベ数と屈折率を各々 n_3 、 Nn_3 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。

10

【0037】

$$\begin{aligned} -2.5 < f_2 / f_w < -1.5 & \dots (2) \\ 2.5 < f_3 / f_w < 5.5 & \dots (3) \\ 65.0 < p_3 & \dots (4) \\ n_3 < 35.0 & \dots (5) \\ 1.8 < Nn_3 & \dots (6) \\ -0.4 < f_4 / f_t < -0.1 & \dots (7) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0038】

条件式(2)は、主変倍レンズ群である第2レンズ群B2の焦点距離を広角端の焦点距離との比によって適切に定めるものである。

20

【0039】

条件式(2)の上限値を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離が短くなりすぎると、所望の画角や変倍量は確保しやすくなるが諸収差が増大する。特にズームングに際しての像面湾曲の変動が大きくなり、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。条件式(2)の下限値を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離が長くなりすぎると、所望の画角や変倍量を確保するために第2レンズ群B2のズームングに際しての移動量を増大させなければならず、全系の小型化が困難になってくる。

【0040】

条件式(3)は、副変倍レンズ群である第3レンズ群B3の焦点距離を広角端の焦点距離との比によって適切に定めるものである。条件式(3)の上限値を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が長くなりすぎると、所望の変倍量を確保するには第3レンズ群B3のズームングに際しての移動量を増大させなければならず、全系の小型化が困難になってくる。条件式(3)の下限値を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が短くなりすぎると、諸収差が増大し、特に広角端においてコマ収差が増大し、これを良好に補正することが困難になる。

30

【0041】

条件式(4)は、第3レンズ群B3に含まれるいずれか1つの正レンズの材料のアッベ数の好ましい範囲を定めるものである。条件式(4)の下限値を超えた場合、望遠端において軸上色収差の補正が困難となる。さらに好ましくは、第3レンズ群B3は、2つ以上の正の屈折力のレンズを備え、それぞれの正レンズの材料が条件式(4)を満足することが良い。

40

【0042】

条件式(5)、(6)は、第3レンズ群B3に含まれる少なくとも1つの負レンズの材料の屈折率とアッベ数の好ましい範囲を定めるものである。条件式(5)の上限値を超えた場合、高ズーム比化に伴って望遠端において軸上色収差が増加し、この補正が困難となる。条件式(6)の下限値を超えた場合、広画角化にともなって広角端において倍率色収差が増大し、この補正が困難となる。

【0043】

条件式(7)は、第4レンズ群B4を1枚のレンズで構成し、フォーカシングを行うと

50

きの好ましい条件式である。条件式(7)は、第4レンズ群B4の焦点距離を望遠端の焦点距離との比によって適切に定めるものである。条件式(7)の上限値を超えて、第4レンズ群B4の焦点距離が短くなりすぎると、第4レンズ群B4でフォーカシングするときの移動量は短くてできるものの、微細な移動機構や制御が必要となり、駆動部を含む鏡筒全系が大型化するため好ましくない。

【0044】

条件式(7)の下限値を超えて、第4レンズ群B4の焦点距離が長くなりすぎると、フォーカシングに際して第4レンズ群B4の移動量が大きくなりすぎ、レンズ全系の小型化が困難になる。更に好ましくは条件式(2)乃至(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

10

【0045】

$$\begin{aligned} -2.3 < f_2 / f_w < -1.7 & \dots (2a) \\ 2.8 < f_3 / f_w < 5.0 & \dots (3a) \\ 68.0 < p_3 & \dots (4a) \\ n_3 < 32.0 & \dots (5a) \\ 1.9 < Nn_3 & \dots (6a) \\ -0.35 < f_4 / f_t < -0.13 & \dots (7a) \end{aligned}$$

更に好ましくは条件式(2a)乃至(7a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0046】

$$\begin{aligned} -2.1 < f_2 / f_w < -1.8 & \dots (2b) \\ 3.0 < f_3 / f_w < 4.5 & \dots (3b) \\ 80.0 < p_3 < 96.0 & \dots (4b) \\ 2.4 < n_3 < 30.0 & \dots (5b) \\ 1.95 < Nn_3 < 2.05 & \dots (6b) \\ -0.30 < f_4 / f_t < -0.15 & \dots (7b) \end{aligned}$$

20

尚、条件式(4b)の上限値を超えた場合、一般に低分散の硝材の屈折率は低いため広角端において球面収差やコマ収差が増加し、これらの補正が困難となる。以上のように各実施例によれば、各レンズ群の屈折力や変倍分担等を適切に設定している。

【0047】

これにより明るいFナンバーを維持しつつ広画角化かつ高ズーム比化を図ると共に、第1レンズ群B1と絞りSPをズームングに際して不動とし、前玉有効径の小型化を維持している。そ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。

30

【0048】

各実施例において、第4レンズ群B4には1つ以上の非球面形状のレンズ面を備えることが好ましい。これによれば少ないレンズ枚数で軽量化を図りつつ、諸収差の良好な補正が容易になる。各実施例において、第1レンズ群B1は物体側より像側へ順に、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズよりなっている。

【0049】

第2レンズ群B2は物体側より像側へ順に、2枚又は3枚の負レンズと正レンズよりなっている。第3レンズ群B3は物体側より像側へ順に、正レンズ、負レンズ、正レンズよりなっている。第5レンズ群B5は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズよりなっている。

40

【0050】

各レンズ群を以上のように構成することにより、明るいFナンバーでありながら広画角かつ高ズーム比を容易に実現している。近年の撮像装置に用いられるズームレンズには光学系全体が振動(傾動)した時の画像ぶれを補正する機構が求められ、かつぶれ補正時にも高い光学性能を維持することが要求されている。

【0051】

各実施例のズームレンズでは、第3レンズ群B3を光軸に対して垂直方向の成分を持つ

50

方向に移動させることで、高い光学性能を維持しつつ画像ぶれを補正している。第3レンズ群B3は有効径が小さいため、光軸方向に対し垂直方向の成分を持つ方向に移動させる手段を設けることが容易であり、また駆動源の小型化による鏡筒の全体の小型化も容易となる。

【0052】

図11には実施例1のズームレンズにおいて、第3レンズ群B3を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させ、ズームレンズが振動（傾動）したときの撮影画像のぶれを補正する防振動作を行った時の横収差図である。図11はズームレンズが0.3度傾いた状態のブレを補正するよう動作させた時の望遠端におけるd線の横収差図を示しており、中央部の収差図は軸上（ $Y = 0.0$ ）、上下のグラフは最大像高を10割としたときの像高Yの上側7割、像高の下側7割を示している。

10

【0053】

各実施例において、より好ましくは、第3レンズ群B3が1つ以上の非球面形状のレンズ面を備え、第3レンズ群B3の全部または一部を光軸方向に対し垂直方向の成分を持つ方向に移動させて、画像ぶれを補正することが好ましい。開口絞りSP近傍にある第3レンズ群B3は画像ぶれの補正時に発生する偏芯コマ収差の抑制が容易になる。

【0054】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルビデオカメラ装置の実施例について図12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1～5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。また、本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラ装置（一眼レフカメラ）の実施例を図13を用いて説明する。

20

【0055】

図13において、20はカメラ本体、21は実施例1～5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。また本発明のズームレンズはレンズシャッターカメラにも同様に適用である。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。

30

【0056】

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。

【0057】

本発明の撮像装置は、上記のいずれかのズームレンズと、歪曲収差又は倍率色収差の少なくとも一方を電氣的に補正する回路とを備えている。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小型化がしやすくなる。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。

40

【0058】

次に本発明の各実施例に対応する数値実施例を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順序を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径である。 d_i は物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔である。 n_{di} と d_i は各々物体側より順に第i番目の材料のガラスのd線に対する屈折率、アッペ数である。最終の2つの面はガラスブロックである。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} 、 A_{12} を各々非球面係数としたとき

【0059】

50

【数 1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10} + A12 \times H^{12}$$

【0060】

なる式で表している。また、[e + X] は [× 1 0 + ×] を意味し、[e - X] は [× 1 0 - ×] を意味している。B F はバックフォーカスであり、レンズ最終面から近軸像面までの距離（バックフォーカス）を空気換算したものである。レンズ全長はレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカス B F を加えたものである。非球面は面番号の後に * を付加して示す。開口絞り S P とガラスブロック G は各々 1 つの群として示している。このため各実施例では 7 つの群より成っているとしている。前述の各条件式と数値実施例における諸数値の関係を表 1 に示す。

10

【0061】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	55.857	1.20	1.85478	24.8
2	23.237	4.00	1.63854	55.4
3	1162.831	0.15		
4	28.334	2.50	1.80400	46.6
5	133.766	(可変)		
6	6397.449	0.80	1.88300	40.8
7	6.289	1.90		
8	118.048	0.60	1.83481	42.7
9	11.645	1.20		
10	-18.132	0.60	1.80400	46.6
11	119.045	0.30		
12	16.494	2.00	1.95906	17.5
13	-329.988	(可変)		
14(絞り)		(可変)		
15*	9.896	2.80	1.55332	71.7
16*	-23.448	2.60		
17	15.263	0.60	2.00100	29.1
18	7.609	0.50		
19	8.864	2.50	1.49700	81.5
20	-11.963	(可変)		
21*	-2329.977	0.60	1.55332	71.7
22*	6.609	(可変)		
23	8.155	2.73	1.59522	67.7
24	-9.260	0.65	1.84666	23.8
25	-17.795	1.87		
26		1.78	1.54400	60.0
27		1.20		

20

30

40

像面

【0062】

非球面データ

50

第15面

K = -3.31466e-001 A 4= -9.40085e-005 A 6= 3.91165e-007 A 8= 6.00236e-009 A10= 3.75997e-010 A12= -6.47418e-011

第16面

K = -1.03245e+001 A 4= 1.37361e-004 A 6= 3.10899e-007 A 8= 3.75177e-009 A10= -3.13924e-010 A12= -6.89459e-011

第21面

K = 6.49081e+005 A 4= -4.46534e-005 A 6= 2.64254e-005 A 8= -7.40796e-007 A10= 10
-1.81608e-007

第22面

K = -3.97997e-001 A 4= 1.04662e-004 A 6= 1.91884e-005 A 8= -1.34853e-006 A10= 5.06561e-007 A12= -8.45556e-008

各種データ

ズーム比	29.54			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	2.60	20.61	76.82	20
Fナンバー	1.85	3.07	3.50	
半画角（度）	36.33	6.23	1.68	
像高	1.91	2.25	2.25	
レンズ全長	73.07	73.07	73.07	
BF	4.23	4.23	4.23	
d 5	0.66	18.92	25.33	
d13	25.05	6.79	0.38	
d14	6.73	1.44	0.38	
d20	0.97	6.05	5.99	30
d22	7.21	7.40	8.54	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	36.20	
2	6	-5.05	
3	14		
4	15	10.67	
5	21	-11.91	
6	23	11.11	40
7	26		

【 0 0 6 3 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	51.787	1.20	1.85478	24.8	
2	24.448	4.00	1.59522	67.7	50

3	-5084.796	0.15		
4	28.688	2.50	1.80400	46.6
5	127.204	(可変)		
6	-1293.624	0.80	1.88300	40.8
7	6.262	1.90		
8	118.048	0.60	1.83481	42.7
9	11.281	1.20		
10	-17.887	0.60	1.80400	46.6
11	128.375	0.30		
12	16.494	2.00	1.95906	17.5
13	-153.819	(可変)		
14(絞リ)		(可変)		
15*	9.963	2.80	1.55332	71.7
16*	-21.228	2.60		
17	15.014	0.60	2.00100	29.1
18	7.609	0.50		
19	8.956	2.50	1.43875	94.9
20	-10.000	(可変)		
21*	-2344.892	0.60	1.55332	71.7
22*	6.609	(可変)		
23	8.056	2.73	1.59522	67.7
24	-9.731	0.65	1.84666	23.8
25	-17.795	1.87		
26		1.78	1.54400	60.0
27		1.20		

像面

【 0 0 6 4 】

非球面データ

第15面

K = -3.29101e-001 A 4 = -9.89697e-005 A 6 = 7.19183e-007 A 8 = -1.87197e-008 A10 = 3.15287e-010 A12 = -4.65304e-011

第16面

K = -1.06201e+001 A 4 = 1.37361e-004 A 6 = 3.10899e-007 A 8 = 3.75177e-009 A10 = -6.14276e-011 A12 = -6.89459e-011

第21面

K = 6.49081e+005 A 4 = -4.03975e-005 A 6 = 2.52915e-005 A 8 = -1.04384e-006 A10 = -1.60646e-007

第22面

K = -3.97997e-001 A 4 = 1.04662e-004 A 6 = 1.91884e-005 A 8 = -1.34853e-006 A10 = 5.06561e-007 A12 = -8.45556e-008

各種データ

ズーム比 29.49

	広角	中間	望遠
焦点距離	2.55	21.11	75.18
Fナンバー	1.85	3.07	3.50

10

20

30

40

50

半画角 (度)	36.88	6.09	1.71
像高	1.91	2.25	2.25
レンズ全長	72.84	72.84	72.84
BF	4.23	4.23	4.23

d 5	0.30	18.76	25.25
d13	25.22	6.75	0.26
d14	6.85	0.95	0.27
d20	0.97	6.51	6.57
d22	7.05	7.41	8.03

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.32
2	6	-5.11
3	14	
4	15	10.78
5	21	-11.91
6	23	10.87
7	26	

20

【 0 0 6 5 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	55.991	1.20	1.85478	24.8
2	23.239	4.00	1.63854	55.4
3	1347.216	0.15		
4	28.018	2.50	1.80400	46.6
5	128.365	(可変)		
6	4563.454	0.80	1.88300	40.8
7	6.330	1.90		
8	118.048	0.60	1.83481	42.7
9	11.659	1.20		
10	-18.905	0.60	1.80400	46.6
11	134.353	0.30		
12	16.494	2.00	1.95906	17.5
13	-316.248	(可変)		
14(絞リ)		(可変)		
15*	9.901	2.80	1.55332	71.7
16*	-21.070	2.60		
17	13.882	0.60	2.00069	25.5
18	7.609	0.50		
19	9.354	2.50	1.49700	81.5
20	-11.963	(可変)		
21*	-2325.097	0.60	1.55332	71.7
22*	6.609	(可変)		
23	7.977	2.73	1.59522	67.7

30

40

50

24	-10.769	0.65	1.84666	23.8
25	-17.795	0.50		
26		1.78	1.54400	60.0
27		1.35		
像面				

【 0 0 6 6 】

非球面データ

第15面

K = -3.15922e-001 A 4 = -9.19978e-005 A 6 = 3.60900e-007 A 8 = 6.56282e-009 A10 = 10
4.26809e-010 A12 = -7.62147e-011

第16面

K = -9.79463e+000 A 4 = 1.37361e-004 A 6 = 3.10899e-007 A 8 = 3.75177e-009 A10 =
-4.85642e-010 A12 = -6.89459e-011

第21面

K = 6.49081e+005 A 4 = -6.20723e-005 A 6 = 2.40292e-005 A 8 = -8.53404e-007 A10 =
-1.57777e-007

20

第22面

K = -3.97997e-001 A 4 = 1.04662e-004 A 6 = 1.91884e-005 A 8 = -1.34853e-006 A10 =
5.06561e-007 A12 = -8.45556e-008

各種データ

ズーム比	24.92		
	広角	中間	望遠
焦点距離	2.60	20.51	64.79
Fナンバー	1.85	3.07	3.50
半画角（度）	36.33	6.26	1.99
像高	1.91	2.25	2.25
レンズ全長	70.88	70.88	70.88
BF	3.00	3.00	3.00

30

d 5	0.56	18.45	24.74
d13	24.74	6.85	0.57
d14	6.57	0.95	0.99
d20	0.97	5.25	5.07
d22	6.81	8.15	8.29

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.05
2	6	-5.19
3	14	
4	15	10.21
5	21	-11.91
6	23	10.54
7	26	

50

【 0 0 6 7 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面 データ

面番号	r	d	nd	d	
1	53.202	1.20	1.85478	24.8	
2	22.380	4.50	1.63854	55.4	
3	408.497	0.15			
4	27.806	2.50	1.80400	46.6	10
5	131.602	(可変)			
6	116.924	0.80	1.88300	40.8	
7	5.926	1.90			
8	118.048	0.60	1.83481	42.7	
9	12.128	1.20			
10	-17.591	0.60	1.80400	46.6	
11	49.248	0.30			
12	16.494	2.00	1.95906	17.5	
13	-166.768	(可変)			
14(絞り)		(可変)			20
15*	9.961	2.80	1.55332	71.7	
16*	-23.259	2.60			
17	15.053	0.60	2.00100	29.1	
18	7.609	0.50			
19	8.721	2.50	1.49700	81.5	
20	-11.963	(可変)			
21*	-2331.827	0.60	1.55332	71.7	
22*	6.609	(可変)			
23	7.416	2.73	1.59522	67.7	
24	-8.243	0.65	1.84666	23.8	30
25	-17.795	1.00			
26		1.78	1.54400	60.0	
27		1.75			

像面

【 0 0 6 8 】

非球面データ

第15面

K = -3.19035e-001 A 4= -9.33622e-005 A 6= 4.00122e-007 A 8= 4.62197e-009 A10= 7.92491e-010 A12= -1.02473e-010

40

第16面

K = -1.08600e+001 A 4= 1.37361e-004 A 6= 3.10899e-007 A 8= 3.75177e-009 A10= -7.95334e-010 A12= -6.89459e-011

第21面

K = 6.49081e+005 A 4= -7.14004e-005 A 6= 3.01942e-005 A 8= -8.79423e-007 A10= -1.77019e-007

第22面

50

K = -3.97997e-001 A 4= 1.04662e-004 A 6= 1.91884e-005 A 8= -1.34853e-006 A10= 5.06561e-007 A12= -8.45556e-008

各種データ

ズーム比	24.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	2.40	17.91	59.71
Fナンバー	1.85	3.07	3.50
半画角(度)	38.55	7.16	2.16
像高	1.91	2.25	2.25
レンズ全長	72.60	72.60	72.60
BF	3.91	3.91	3.91
d 5	0.27	18.28	24.60
d13	24.97	6.96	0.64
d14	6.63	1.48	0.80
d20	0.97	6.25	8.72
d22	7.13	6.99	5.20

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.48
2	6	-4.83
3	14	
4	15	10.55
5	21	-11.91
6	23	10.63
7	26	

20

【 0 0 6 9 】

[数値実施例 5]

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	54.157	1.50	1.84666	23.9
2	33.403	5.43	1.48749	70.2
3	810.417	0.20		
4	35.032	3.35	1.60311	60.6
5	181.969	(可変)		
6	-435.202	0.49	1.88300	40.8
7	8.122	3.20		
8	-22.785	0.80	1.69680	55.5
9	26.186	0.26		
10	16.247	2.00	1.92286	18.9
11	64.624	(可変)		
12(絞り)		(可変)		
13*	13.293	3.00	1.58313	59.4
14*	-25.604	4.33		
15	26.018	0.50	1.84666	23.9

40

50

16	8.703	0.76		
17	10.465	3.27	1.71300	53.9
18	-20.104	(可変)		
19*	-31.746	0.50	1.58313	59.4
20*	7.996	(可変)		
21	11.605	0.50	1.84666	23.9
22	7.213	3.66	1.69680	55.5
23	-26.484	2.50		
24		2.38	1.54400	60.0
25		1.73		

10

像面

【 0 0 7 0 】

非球面データ

第13面

K = -2.94588e+000 A 4= 1.17484e-004 A 6= 6.71350e-008 A 8= 1.46270e-008 A10= 2.63374e-011 A12= -9.12649e-013

第14面

K = 3.54980e+000 A 4= 1.55804e-004 A 6= 3.98572e-007 A 8= 1.97233e-008 A10= -2.51494e-010 A12= 1.11981e-012

20

第19面

K = -5.40403e+001 A 4= 3.06317e-005 A 6= -8.47953e-007 A 8= -1.67404e-007 A10= -1.40973e-009 A12= 1.73863e-010

第20面

K = -6.28974e-001 A 4= 3.39396e-004 A 6= -3.81974e-006 A 8= -2.47412e-007 A10= 4.00993e-010 A12= 1.70105e-010

30

各種データ

ズーム比	10.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.80	17.83	38.04
Fナンバー	1.85	2.69	3.00
半画角(度)	33.83	9.55	4.51
像高	2.55	3.00	3.00
レンズ全長	86.94	86.94	86.94
BF	5.78	5.78	5.78

40

d 5	0.85	21.07	30.63
d11	31.46	11.24	1.68
d12	7.49	0.85	2.68
d18	0.97	4.68	7.81
d20	6.63	9.56	4.61

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	55.44
2	6	-7.75

50

3	12	
4	13	12.07
5	19	-10.90
6	21	13.26
7	24	

【 0 0 7 1 】

【表 1】

条件式		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
	f w	2.60	2.55	2.60	2.40	3.81
	f t	76.82	75.18	64.79	59.71	38.05
	f2	-5.05	-5.11	-5.19	-4.83	-7.75
	f3	10.67	10.78	10.21	10.55	12.07
	f4	-11.91	-11.91	-11.91	-11.91	-10.90
	β 2w	-0.19	-0.18	-0.19	-0.17	-0.18
	β 3w	-0.30	-0.30	-0.29	-0.30	-0.26
	β 2t	-2.02	-1.92	-1.83	-1.38	-0.63
	β 3t	-0.79	-0.83	-0.71	-1.01	-0.81
(1)	$(\beta 2t / \beta 2w) /$ $(\beta 3t / \beta 3w)$	4.16	3.77	3.82	2.40	1.11
(2)	f2/fw	-1.94	-2.00	-2.00	-2.01	-2.04
(3)	f3/fw	4.10	4.23	3.93	4.40	3.17
(4)	ν p3	71.7/81.5	71.7/94.9	71.7/81.5	71.7/81.5	71.7/81.5
(5)	ν n3	29.1	29.1	25.46	29.1	25.46
(6)	Nn3	2.0010	2.0010	2.0007	2.0010	2.0007
(7)	f4/ft	-0.16	-0.16	-0.18	-0.20	-0.29

【符号の説明】

【 0 0 7 2 】

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

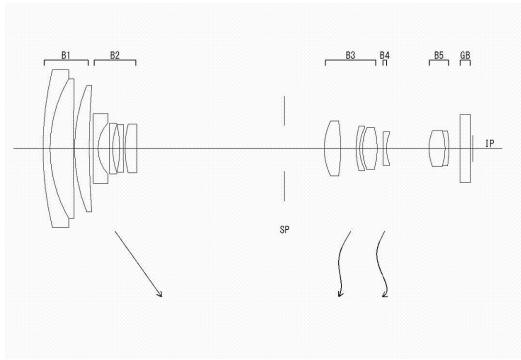
B 5 ... 第 5 レンズ群

S P ... 開口絞り

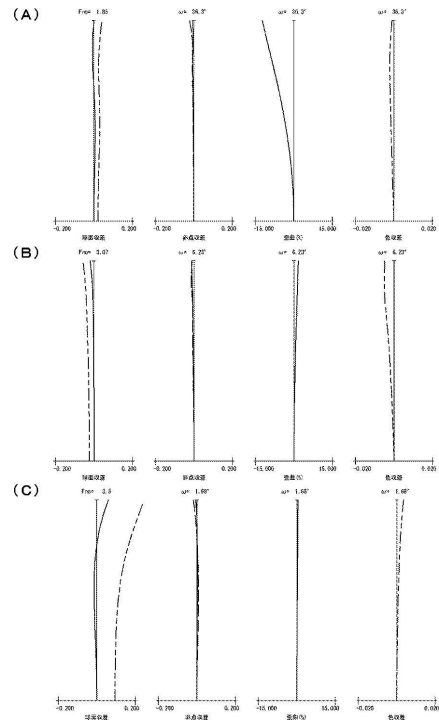
10

20

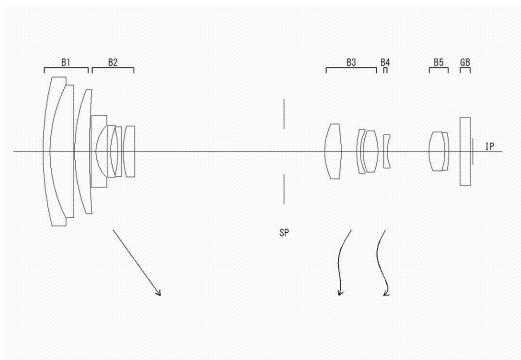
【図 1】



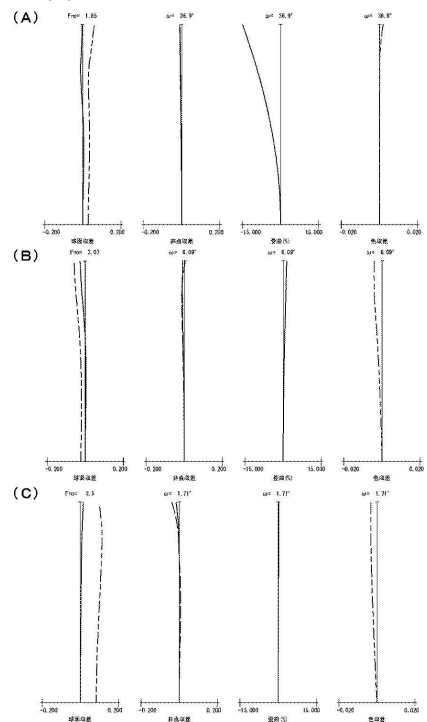
【図 2】



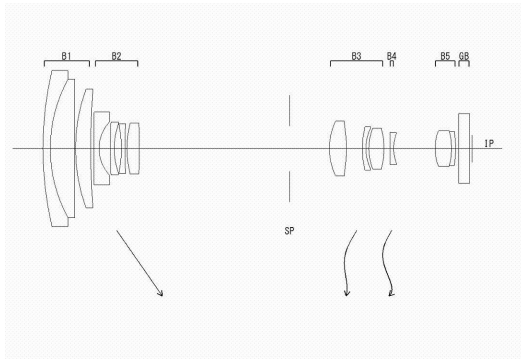
【図 3】



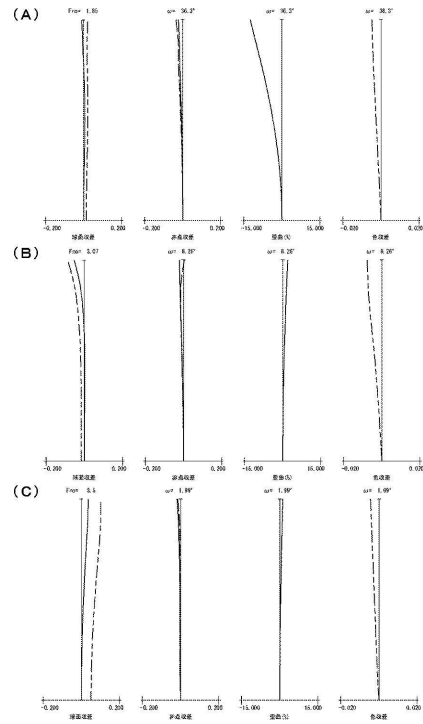
【図 4】



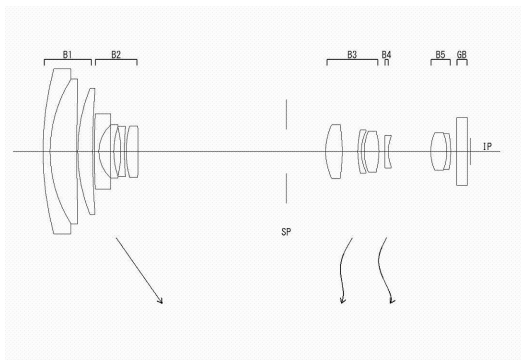
【図 5】



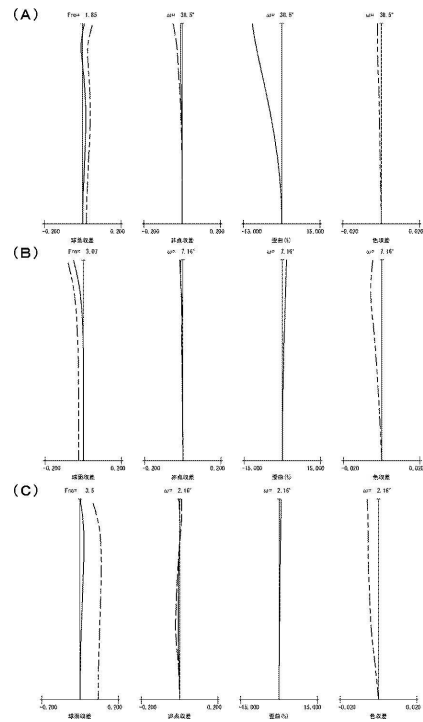
【図 6】



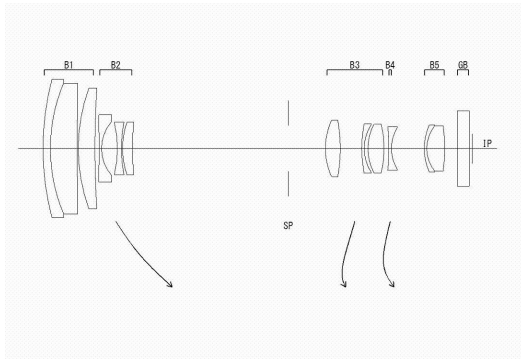
【図 7】



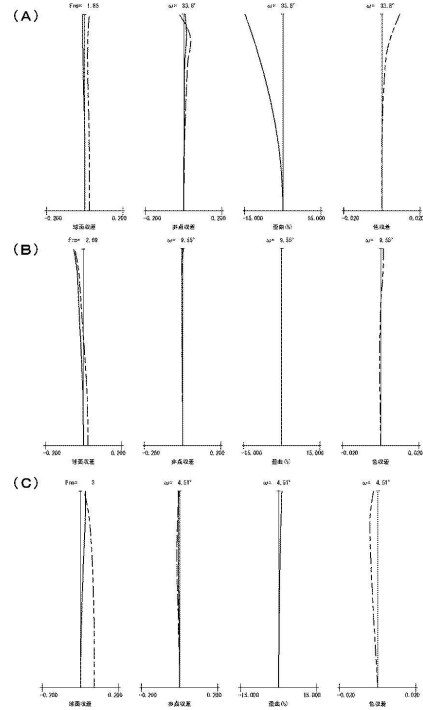
【図 8】



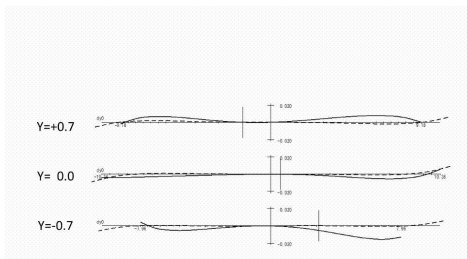
【図 9】



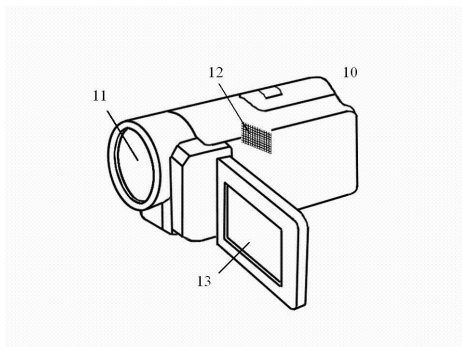
【図 10】



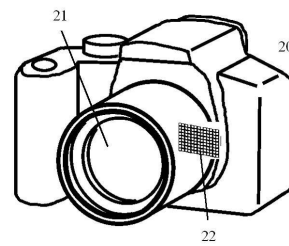
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-128620(JP,A)
特開平08-005913(JP,A)
特開2007-108696(JP,A)
特開2008-191286(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