

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6271860号
(P6271860)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(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 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-93608 (P2013-93608)
 (22) 出願日 平成25年4月26日 (2013.4.26)
 (65) 公開番号 特開2014-215500 (P2014-215500A)
 (43) 公開日 平成26年11月17日 (2014.11.17)
 審査請求日 平成28年4月21日 (2016.4.21)

(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 酒井 秀樹
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、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ように各レンズ群が移動するズームレンズであって、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第4レンズ群の移動量をM4とし、該移動量の符号は前記第4レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、望遠端における空気換算値のバックフォーカスをskt、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とするとき、

$$1.20 < M4 / skt < 50.00$$

$$0.10 < f2 / f4 < 0.55$$

10

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レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔をD1、望遠端における前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第4レンズ群の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔をD24tとするとき、

$$0.001 < D1 / D24t < 0.300$$

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】

広角端における前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も像

20

側のレンズ面との光軸上の間隔を D_{12w} 、広角端における前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第4レンズ群の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔を D_{34w} とするとき、

$$3.00 < D_{12w} / D_{34w} < 30.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$0.10 < f_2 / |f_3| < 0.60$$

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

10

【請求項5】

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$1.00 < |f_3| / f_4 < 2.00$$

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

【請求項6】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.20 < |f_1| / f_4 < 0.80$$

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。

20

【請求項7】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.30 < |f_1| / f_t < 0.60$$

なる条件式を満足する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。

【請求項8】

望遠端におけるレンズ全長を L_t とするとき、

$$0.03 < M_4 / L_t < 0.40$$

なる条件式を満足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。

30

【請求項9】

前記第2レンズ群の変倍比を $2z$ 、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の合成の変倍比を $34z$ とするとき、

$$0.25 < 34z / 2z < 0.50$$

なる条件式を満足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】

前記第3レンズ群は1枚の負レンズからなることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載のズームレンズ。

40

【請求項11】

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記第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10のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項12】

前記第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、前記第1レンズ群に含まれるレンズにおける少なくとも1つのレンズ面は非球面形状であることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項13】

前記第2レンズ群は、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、第2a群と第2b群より構成され、像ぶれ補正に際して前記第2b群は光軸に対して垂直

50

方向の成分を持つように移動することを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

前記第 2 b 群は、1 枚の正レンズからなることを特徴とする請求項 1 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 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る像を受光する固体撮像素子と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】

10

【0 0 0 1】

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、あるいは監視カメラ等のように、撮像素子を用いた撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、撮像素子を用いた撮像装置に用いる撮影光学系は、レンズ全長が短く、広画角で、高ズーム比で所定のバックフォーカスを有したズームレンズであることが要求されている。全系が小型で広画角かつ、所定の長さのバックフォーカスを有するズームレンズとして、最も物体側に負の屈折力のレンズ群を有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。

20

【0 0 0 3】

ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側から像側へ順に、負、正、負、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 4 レンズ群からなり、隣り合うレンズ群の間隔を変化させてズーミングを行う 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 1, 2）。またこのズームタイプの 4 群ズームレンズにおいて、小型軽量の第 3 レンズ群でフォーカシングを行う 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 3, 4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開平 3 - 92808 号公報

30

【特許文献 2】特開 2011 - 95488 号公報

【特許文献 3】特開 2003 - 131130 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 343584 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

ネガティブリード型のズームレンズは、広画角化を図りつつレンズ系全体の小型化を図るのが比較的容易である。しかし前述した 4 群ズームレンズにおいて、所定の長さのバックフォーカスを有し、レンズ全長を短くして全系の小型化を図り、更に高ズーム比化を図るには各レンズ群の屈折力及びズーミングにおけるレンズ群の移動量等を適切に設定することが重要となる。これらの構成等を適切に設定しないと、所定の長さのバックフォーカスを有し全系の小型化を図りつつ、広画角で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ってくる。

40

【0 0 0 6】

本発明は、高ズーム比であり、全ズーム領域で高い光学性能を有する小型のズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

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、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、負の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群

50

より構成され、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ように各レンズ群が移動するズームレンズであって、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第4レンズ群の移動量をM4とし、該移動量の符号は前記第4レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、望遠端における空気換算値のバックフォーカスをskt、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とするとき、

$$1.20 < M4 / skt < 50.00$$

$$0.10 < f2 / f4 < 0.55$$

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】

10

【0008】

本発明によれば、高ズーム比であり、全ズーム領域で高い光学性能を有する小型のズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【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

20

【図5】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

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

【図7】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】

【0010】

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、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群より構成されている。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ように各レンズ群が移動する。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第3レンズ群が像側へ移動する。

30

【0011】

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4.94、Fナンバー1.89~5.87のズームレンズである。

【0012】

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4.71、Fナンバー1.85~5.87のズームレンズである。

40

【0013】

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4.50、Fナンバー1.88~5.87のズームレンズである。

【0014】

図7は、本発明のズームレンズを備えるカメラ(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、銀塩フィルムカメラ、TVカメラ

50

などの撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。

【0015】

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、 L_i は第*i*レンズ群を示す。 S_P は開口絞りである。 F_S はフレアーカット絞りである。 I_P は像面である。像面 I_P は、デジタルカメラやビデオカメラ、監視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。また、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。

【0016】

矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ群の移動軌跡を示している。またフォーカスに関する矢印は無限遠から近距離へフォーカシングするときのレンズ群の移動方向を示している。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 L_1 は像側に凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 は物体側へ移動し、第4レンズ群 L_4 は像側へ移動する。

【0017】

各実施例では第3レンズ群 L_3 でフォーカシングを行うリアフォーカス方式を採用している。レンズ断面図の第3レンズ群 L_3 に関する実線 $3a$ と点線 $3b$ は各々無限遠と近距離にフォーカスしているときの広角端から望遠端へのズーミングに伴う移動軌跡を示している。また望遠端において無限遠から近距離へフォーカシングを行う場合には、レンズ断面図の矢印 $3c$ に示すように第3レンズ群 L_3 を像側に繰り込むことで行っている。

【0018】

球面収差図において、実線は d 線、二点鎖線は g 線を示している。非点収差図において点線の M はメリディオナル像面、実線の S はサジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。 α は半画角（度）、 F_{no} は F ナンバーである。なお、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。

【0019】

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 L_1 と、正の屈折力の第2レンズ群 L_2 と、負の屈折力の第3レンズ群 L_3 と、正の屈折力の第4レンズ群 L_4 より構成される。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ように各レンズ群が移動する。これにより、各レンズ群で変倍を分担することにより、十分な変倍比を確保しつつ、レンズ全長の短縮化及び前玉有効径の小型化を図っている。

【0020】

広角端から望遠端へのズーミングに際して開口絞り S_P は物体側へ移動している。また、広角端から望遠端へのズーミングに際しては、第4レンズ群 L_4 を像側へ適切な量だけ移動させている。そして望遠端におけるバックフォーカスを適切な範囲に設定することでき、ズーム全域にわたりレンズ全長を短縮している。具体的には、広角端から望遠端へのズーミングにおける第4レンズ群 L_4 の移動量を M_4 、望遠端におけるバックフォーカスを s_{kt} とする。

【0021】

このとき、

$$1.20 < M_4 / s_{kt} < 50.00 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足している。ここで広角端から望遠端へのズーミングにおける移動量とは、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。移動量の符号はレンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、物体側に位置するときを負とする。

【0022】

条件式(1)は、ズーミングにおける第4レンズ群 L_4 の移動量と、望遠端におけるバックフォーカスの比を適切に設定するものである。条件式(1)の上限を上回って、第4

10

20

30

40

50

レンズ群 L 4 の像側への移動量が大きくなりすぎると、広角端におけるレンズ全長が長くなり、ズーミングに際して倍率色収差等の変動が大きくなってくる。

【 0 0 2 3 】

条件式(1)の下限を下回って、第4レンズ群 L 4 の移動量が少なくなると、第2レンズ群 L 2 の変倍負担が増えて望遠端におけるレンズ全長が長くなる。更に望遠端におけるバックフォーカスを十分に短くすることが困難となり、望遠端における倍率色収差の補正が困難になる。さらに好ましくは、条件式(1)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 2 4 】

$$1.25 < M_4 / s_k t < 10.00 \quad \dots (1a)$$

10

以上のように各実施例によれば、高ズーム比であり、全ズーム領域で高い光学性能を有する小型のズームレンズが得られる。

【 0 0 2 5 】

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足することがより好ましい。第1レンズ群 L 1 の最も物体側のレンズ面と、第1レンズ群の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔を D 1 、望遠端における第2レンズ群 L 2 の最も物体側のレンズ面と、第4レンズ群の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔を D 2 4 t とする。

【 0 0 2 6 】

広角端における第1レンズ群 L 1 の最も物体側のレンズ面と、第2レンズ群 L 2 の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔を D 1 2 w とする。広角端における第3レンズ群 L 3 の最も物体側のレンズ面と、第4レンズ群 L 4 の最も像側のレンズ面との光軸上の間隔を D 3 4 w とする。第1レンズ群 L 1 の焦点距離を f 1 とする。第2レンズ群 L 2 の焦点距離を f 2 とする。第3レンズ群 L 3 の焦点距離を f 3 とする。第4レンズ群 L 4 の焦点距離を f 4 とする。望遠端における全系の焦点距離を f t とする。望遠端におけるレンズ全長を L t とする。

20

【 0 0 2 7 】

第2レンズ群 L 2 の変倍比を $2z$ 、第3レンズ群 L 3 と第4レンズ群 L 4 の合成の変倍比を $34z$ とする。このとき次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

【 0 0 2 8 】

$$0.001 < D_1 / D_{24} t < 0.300 \quad \dots (2)$$

30

$$3.00 < D_{12w} / D_{34w} < 30.00 \quad \dots (3)$$

$$0.10 < f_2 / f_4 < 0.55 \quad \dots (4)$$

$$0.10 < f_2 / |f_3| < 0.60 \quad \dots (5)$$

$$1.00 < |f_3| / f_4 < 2.00 \quad \dots (6)$$

$$0.20 < |f_1| / f_4 < 0.80 \quad \dots (7)$$

$$0.30 < |f_1| / f_t < 0.60 \quad \dots (8)$$

$$0.03 < M_4 / L_t < 0.40 \quad \dots (9)$$

$$0.25 < 34z / 2z < 0.50 \quad \dots (10)$$

【 0 0 2 9 】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(2)は、第1レンズ群 L 1 の厚み(光軸方向の厚み、以下同じ)に対する望遠端における第2レンズ群 L 2 から第4レンズ群 L 4 までの厚みの好ましい比率を規定している。条件式(2)の上限を上回って、第1レンズ群 L 1 の厚みが厚くなりすぎると、前玉有効径が大きくなってくる。条件式(2)の下限を下回ると、望遠端におけるレンズ全長が長くなってくる。

40

【 0 0 3 0 】

条件式(3)は、広角端における第1レンズ群 L 1 から第2レンズ群 L 2 までの厚みに対する第3レンズ群 L 3 から第4レンズ群 L 4 までの厚みの、好ましい比率を規定している。条件式(3)の上限を上回って、第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 がそれぞれ厚くなりすぎると、全系が大型化してしまうか、第1レンズ群 L 1 と第2レンズ群 L 2 の間隔が広くなりすぎて前玉有効径が大型化してくる。

50

【0031】

条件式(3)の下限を下回って、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4がそれぞれ厚くなりすぎると、全系が大型化したり、第1レンズ群L1や第2レンズ群L2が移動して変倍を行うのに十分なスペースを確保するのが困難になる。

【0032】

条件式(4)は、第2レンズ群L2の焦点距離と第4レンズ群L4の焦点距離の、好ましい比率を規定している。条件式(4)の上限を上回って、第4レンズ群L4の焦点距離が短くなりすぎると、望遠端において倍率色収差が補正過剰となったり、第2レンズ群L2の焦点距離が長くなりすぎて、望遠端におけるレンズ全長が増大する。条件式(4)の下限を下回って、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなりすぎると、ズーミングに際して球面収差やコマ収差等の変動が大きくなってくる。10

【0033】

条件式(5)は、第2レンズ群L2の焦点距離と第3レンズ群L3の焦点距離の、好ましい比率を規定している。条件式(5)の上限を上回って、第3レンズ群L3の焦点距離が短くなりすぎると、像面湾曲が補正不足となったり、第2レンズ群L2の焦点距離が長くなりすぎると、望遠端におけるレンズ全長が増大する。また条件式(5)の下限を下回って、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなりすぎると、ズーミングに際して球面収差やコマ収差等の変動が大きくなってくる。

【0034】

条件式(6)は、第3レンズ群L3の焦点距離と第4レンズ群L4の焦点距離の、好ましい比率を規定している。条件式(6)の上限を上回って、第4レンズ群L4の焦点距離が短くなりすぎると、望遠端において倍率色収差が補正過剰となったり、第3レンズ群L3の焦点距離が長くなりすぎると、望遠端におけるレンズ全長が増大する。条件式(6)の下限を下回って、第3レンズ群L3の焦点距離が短くなりすぎると、像面湾曲が補正不足となってくる。20

【0035】

条件式(7)は、第1レンズ群L1の焦点距離と第4レンズ群L4の焦点距離の、好ましい比率を規定している。条件式(7)の上限を上回って、第4レンズ群L4の焦点距離が短くなりすぎると、望遠端において倍率色収差が補正過剰となったり、第1レンズ群L1の焦点距離が長くなりすぎると、レンズ全長が増大する。条件式(7)の下限を下回って、第1レンズ群L1の焦点距離が短くなりすぎると、広角端において樽型のディストーションが大きくなってくる。30

【0036】

条件式(8)は、第1レンズ群L1の焦点距離に対する望遠端における全系の焦点距離の好ましい比率の範囲を規定している。条件式(8)の上限を上回って、第1レンズ群L1の焦点距離が長くなりすぎると、レンズ全長が増大する。条件式(8)の下限を下回って、第1レンズ群L1の焦点距離が短くなりすぎると、広角端において樽型のディストーションが大きくなってくる。

【0037】

条件式(9)は、第4レンズ群L4のズーミングにおける移動量と、望遠端におけるレンズ全長の好ましい比率を規定している。条件式(9)の下限を下回って、第4レンズ群L4の移動量が少なすぎると、変倍比を十分にとれず、その結果、第1レンズ群L1のズーミングに際しての移動量が増えるので望遠端におけるレンズ全長が増大する。条件式(9)の上限を上回って、第4レンズ群L4の移動量が望遠端におけるレンズ全長に占める割合が大きくなりすぎると、他のレンズ群に十分な枚数のレンズを配置したり、ズーミングにおける他のレンズ群の移動する空間を十分確保するのが困難になる。40

【0038】

条件式(10)は、第2レンズ群L2の変倍比に対する、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の合成の変倍比の好ましい範囲を規定している。条件式(10)の上限を上回って、第2レンズ群L2の変倍負担が少なくなりすぎると、全系で十分な変倍比を確保する50

のが困難になる。条件式(10)の下限を下回って、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の変倍負担が少なくなりすぎると、第2レンズ群L2の変倍負担を多くするためにズーミングにおける第2レンズ群L2の移動量を増やす事が必要となる。この結果、望遠端においてレンズ全長が増大する。

【0039】

なお、好ましくは、条件式(2)乃至条件式(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0040】

| | |
|---------------------------|-----------|
| 0.05 < D1 / D24 t < 0.15 | ・・・ (2a) |
| 4.50 < D12w / D34w < 7.00 | ・・・ (3a) |
| 0.30 < f2 / f4 < 0.55 | ・・・ (4a) |
| 0.15 < f2 / f3 < 0.45 | ・・・ (5a) |
| 1.20 < f3 / f4 < 1.80 | ・・・ (6a) |
| 0.30 < f1 / f4 < 0.70 | ・・・ (7a) |
| 0.43 < f1 / ft < 0.50 | ・・・ (8a) |
| 0.05 < M4 / Lt < 0.15 | ・・・ (9a) |
| 0.30 < 34z / 2z < 0.45 | ・・・ (10a) |

10

各実施例では以上のように各要素を特定することにより、高ズーム比であり、全ズーム領域で高い光学性能を有する小型のズームレンズを得ている。

【0041】

20

次に、各実施例のレンズ構成について説明する。各実施例において、第1レンズ群L1は1以上の負レンズと正レンズを有する。第1レンズ群L1に含まれるレンズにおける少なくとも1つのレンズ面は非球面形状である。具体的には負の屈折力の第1レンズ群L1は、最も物体側に負レンズ、最も像側に正レンズを有している。また、第1レンズ群L1中の負レンズは非球面を有している。このレンズ構成により、最小のレンズ枚数で倍率色収差や、像面湾曲を良好に補正している。また、第1レンズ群L1は広角端から望遠端へのズーミングに際して像側に凸状の軌跡で移動することで、前玉有効径の小型化を図っている。

【0042】

30

各実施例において、第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けた正レンズと像面側に凹面を向けた負レンズとを接合した接合レンズ、正レンズとで構成している。最も物体側に配置された正レンズの少なくとも1つのレンズ面を、非球面形状とすることにより球面収差とコマ収差を良好に補正している。このレンズ構成により、球面収差やコマ収差を良好に補正し、大口径化に対応している。

【0043】

40

また第2レンズ群L2は、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、正の屈折力の第2a群と正の屈折力の第2b群より構成されている。そして第2b群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いる。

即ち像ぶれ補正を行っている。

【0044】

具体的には第2レンズ群L2の最も像側に配置した第2b群は、1枚の正レンズ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変移させることにより、像ぶれ補正(防振)を行っても良い。これによれば、比較的大型の撮像素子に対応したズームレンズにおいても、軽量なレンズの駆動によって防振機能を容易に実現することができる。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L2は物体側に移動している。

【0045】

各実施例においては、第3レンズ群L3は、1枚の負レンズで構成している。これによ

50

り、レンズ全系の薄型化を実現すると共に、軽量な第3レンズ群L3を光軸方向に移動してフォーカシングを行っている。具体的には、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第3レンズ群L3は像側へ移動している。これにより、比較的大型の撮像素子に対応したズームレンズにおいても、軽量なレンズの駆動によって高速なフォーカシングを容易に実現している。

【0046】

後述する各数値実施例の数値は、無限遠にフォーカシングしたときのものである。広角端から望遠端へのズーミングに際して第3レンズ群L3は物体側に移動している。各実施例においては、第4レンズ群L4は、1枚の正レンズで構成しており、広角端から望遠端へのズーミングに際して像側に移動する。これによって変倍を行い、第1レンズ群L1のズーミングに際しての移動量を軽減している。各レンズ群には、軸外光線の収差をより良好に抑制するため、1以上の非球面レンズを有するのが良い。

10

【0047】

Fナンバー決定絞りである開口絞りSPは、ズーミングに際して開口面積が可変又は不变であっても良い。開口面積を不变とする場合でも、ズーミングに際して適切に移動させれば、広角端以外のズーム位置でも所望のFナンバーを得ることが容易となる。

【0048】

以下、実施例1～3に対応する数値実施例1～3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。riは第i番目の光学面(第i面)の曲率半径である。diは第i面と第(i+1)面との軸上間隔である。ndi、diはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数である。BFはバックフォーカスであり、最も像側のレンズ面から像面までの距離の空気換算値である。レンズ全長は、最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離に、空気換算長のバックフォーカスを加えたものである。

20

【0049】

非球面形状は、光の進行方向を正、xを光軸方向の面頂点からの変位量として、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4、A6、A8、A10、A12を非球面係数とするとき、

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K) \times (h / r)^2\}^{1/2}] + A4 \times h^4 + A6 \times h^6 + A8 \times h^8 + A10 \times h^{10} + A12 \times h^{12}$$

30

なる式で表される。なお、各非球面係数における「e±XX」は「×10^{±XX}」を意味している。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。

【0050】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d |
|-------|------------|------|---------|------|
| 1* | -91.240 | 0.80 | 1.85135 | 40.1 |
| 2* | 14.452 | 4.13 | | |
| 3 | 23.742 | 2.30 | 1.95906 | 17.5 |
| 4 | 48.492 | (可変) | | |
| 5(絞り) | | (可変) | | |
| 6* | 12.379 | 3.50 | 1.69350 | 53.2 |
| 7* | 36.238 | 0.20 | | |
| 8 | 10.198 | 3.45 | 1.48749 | 70.2 |
| 9 | 17.933 | 1.00 | 1.85478 | 24.8 |
| 10 | 7.606 | 2.71 | | |
| 11* | 12.462 | 2.50 | 1.55332 | 71.7 |
| 12* | -66086.623 | (可変) | | |

40

50

| | | | | |
|----|---------|------|---------|------|
| 13 | 33.612 | 0.40 | 1.49700 | 81.5 |
| 14 | 20.522 | 0.61 | | |
| 15 | | (可变) | | |
| 16 | 75.395 | 1.90 | 1.69680 | 55.5 |
| 17 | -97.756 | (可变) | | |
| 18 | | 0.50 | 1.51633 | 64.1 |
| 19 | | 0.5 | | |

像面

【 0 0 5 1 】

10

非球面データ

第1面

K = -1.11872e+002 A 4=-2.44571e-005 A 6= 2.69860e-007
 A 8=-1.12897e-009 A10= 1.79096e-012

第2面

K = -8.27975e-002 A 4=-2.90749e-005 A 6=-1.80346e-008
 A 8= 1.30611e-009 A10=-8.85200e-012

第6面

20

K = -1.11612e-001 A 4=-4.99459e-005 A 6=-1.01222e-007
 A 8=-4.68545e-010

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.82312e-005 A 6= 2.34295e-007
 A 8=-5.54313e-012

第11面

K = -2.03784e-001 A 4=-8.61835e-005 A 6=-2.50098e-007
 A 8= 1.13877e-008

30

第12面

K = -2.41845e+010 A 4= 5.19515e-006 A 6=-1.48762e-007
 A 8=-3.37190e-009

各種データ

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| ズーム比 | 4.94 | | |
| | 広角 | 中間 | 望遠 |
| 焦点距離 | 10.79 | 29.40 | 53.30 |
| Fナンバー | 1.89 | 4.26 | 5.87 |
| 半画角(度) | 35.77 | 17.46 | 9.85 |
| 像高 | 7.77 | 9.25 | 9.25 |
| レンズ全長 | 76.48 | 68.35 | 78.85 |
| BF | 10.45 | 5.95 | 1.45 |

40

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| d 4 | 28.05 | 3.65 | 1.94 |
| d 5 | 5.97 | 4.89 | -0.24 |
| d12 | 0.25 | 7.63 | 15.00 |
| d15 | 8.26 | 22.74 | 37.21 |
| d17 | 9.62 | 5.12 | 0.62 |

50

ズームレンズ群データ

| 群 | 始面 | 焦点距離 |
|---|----|---------|
| 1 | 1 | -23.62 |
| 2 | 6 | 20.43 |
| 3 | 13 | -107.11 |
| 4 | 16 | 61.36 |

【0052】

[数値実施例 2]

10

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d |
|-------|----------|------|---------|------|
| 1 | -390.127 | 0.60 | 1.83481 | 42.7 |
| 2 | 14.720 | 3.44 | | |
| 3* | -97.470 | 0.60 | 1.80610 | 40.7 |
| 4* | 53.138 | 0.30 | | |
| 5 | 17.762 | 2.60 | 1.92286 | 18.9 |
| 6 | 40.071 | (可変) | | |
| 7(絞り) | | (可変) | | |
| 8* | 10.431 | 3.10 | 1.69350 | 53.2 |
| 9* | 39.681 | 0.30 | | |
| 10 | 10.076 | 2.50 | 1.48749 | 70.2 |
| 11 | 20.682 | 0.85 | 1.80518 | 25.4 |
| 12 | 7.247 | 3.69 | | |
| 13* | 11.238 | 2.30 | 1.55332 | 71.7 |
| 14* | -618.954 | (可変) | | |
| 15 | 25.736 | 0.40 | 1.49700 | 81.5 |
| 16 | 11.291 | 1.02 | | |
| 17 | | (可変) | | |
| 18 | 132.270 | 2.60 | 1.69680 | 55.5 |
| 19 | -27.148 | (可変) | | |
| 20 | | 0.50 | 1.51633 | 64.1 |
| 21 | | 0.5 | | |

像面

【0053】

非球面データ

第3面

K = -1.40377e+002 A 4= 6.97472e-005 A 6= 7.53787e-007
 A 8=-7.27084e-009 A10= 9.17058e-011 A12=-3.70370e-013

40

第4面

K = 1.58416e+001 A 4= 9.82974e-005 A 6= 1.49146e-007
 A 8=-2.20250e-009 A10= 8.53987e-011 A12=-4.50355e-013

第8面

K = -1.42681e-001 A 4=-8.11529e-005 A 6=-2.94696e-007
 A 8= 1.74968e-009

50

第9面

K = 7.96766e-001 A 4=-9.52038e-005 A 6= 7.71523e-007
 A 8=-1.28121e-010

第13面

K =-4.00160e-001 A 4=-1.61356e-004 A 6=-2.63346e-007
 A 8= 2.06423e-008

第14面

K =-1.16387e+005 A 4=-7.06461e-005 A 6= 1.17561e-006
 A 8=-9.86479e-009

10

各種データ

| | | | | |
|--------|-------|-------|-------|----|
| ズーム比 | 4.71 | | | |
| | 広角 | 中間 | 望遠 | |
| 焦点距離 | 9.14 | 23.53 | 43.04 | |
| Fナンバー | 1.85 | 4.26 | 5.87 | |
| 半画角(度) | 36.24 | 18.63 | 10.44 | |
| 像高 | 6.70 | 7.93 | 7.93 | |
| レンズ全長 | 68.37 | 60.74 | 67.68 | 20 |
| BF | 9.43 | 6.67 | 3.92 | |
| d 6 | 24.97 | 3.95 | 1.65 | |
| d 7 | 3.62 | 3.83 | -0.10 | |
| d14 | 1.79 | 9.96 | 18.13 | |
| d17 | 4.25 | 12.01 | 19.77 | |
| d19 | 8.60 | 5.84 | 3.09 | |

ズームレンズ群データ

| | | | | |
|---|----|--------|--|--|
| 群 | 始面 | 焦点距離 | | |
| 1 | 1 | -19.26 | | |
| 2 | 8 | 17.28 | | |
| 3 | 15 | -40.85 | | |
| 4 | 18 | 32.54 | | |

30

【0054】

[数値実施例3]

単位 mm

| 面番号 | r | d | nd | d | |
|-------|---------|------|---------|------|----|
| 1* | -82.851 | 0.70 | 1.85135 | 40.1 | |
| 2* | 12.421 | 2.80 | | | |
| 3 | 19.194 | 2.20 | 1.95906 | 17.5 | |
| 4 | 39.627 | (可変) | | | |
| 5(絞り) | | (可変) | | | |
| 6* | 10.376 | 3.27 | 1.67790 | 55.3 | |
| 7* | 38.804 | 0.30 | | | |
| 8 | 9.880 | 2.49 | 1.48749 | 70.2 | |
| 9 | 20.568 | 0.85 | 1.80518 | 25.4 | 50 |

| | | | | |
|-----|----------|------|---------|------|
| 10 | 7.175 | 3.69 | | |
| 11* | 11.045 | 2.59 | 1.55332 | 71.7 |
| 12* | 2078.525 | (可変) | | |
| 13 | 18.155 | 0.40 | 1.49700 | 81.5 |
| 14 | 10.121 | 1.52 | | |
| 15 | | (可変) | | |
| 16* | 59.727 | 3.57 | 1.53110 | 55.9 |
| 17* | -24.854 | (可変) | | |
| 18 | | 0.50 | 1.51633 | 64.1 |
| 19 | | 0.5 | | |

10

像面

【0 0 5 5】

非球面データ

第1面

K = -7.26909e+001 A 4=-4.10951e-005 A 6= 8.19865e-007
 A 8=-4.93406e-009 A10= 1.42698e-011 A12=-4.75590e-015

第2面

K = -3.73662e-002 A 4=-5.00884e-005 A 6=-2.42051e-007
 A 8= 5.67921e-009 A10=-2.79208e-012 A12=-7.90196e-014

20

第6面

K = -1.40721e-001 A 4=-8.23601e-005 A 6=-1.79314e-007
 A 8= 3.44747e-009 A10= 2.70354e-013

第7面

K = 1.11228e+000 A 4=-9.39585e-005 A 6= 7.50428e-007
 A 8= 3.33232e-009 A10= 4.94322e-013

30

第11面

K = -3.46747e-001 A 4=-1.60402e-004 A 6=-2.95101e-007
 A 8= 6.24506e-009 A10=-1.97287e-010

第12面

K = 4.75319e+004 A 4=-5.95823e-005 A 6= 3.23954e-007
 A 8=-1.03671e-008 A10= 1.12896e-010

第16面

K = -7.84670e+001 A 4=-4.78464e-005 A 6=-3.13841e-007
 A 8=-1.38943e-009 A10=-1.83353e-011

40

第17面

K = 1.17348e+000 A 4=-6.43004e-005 A 6=-2.44768e-007
 A 8=-1.30488e-009 A10=-2.83312e-011

各種データ

| | | | |
|------|------|-------|-------|
| ズーム比 | 4.50 | | |
| 広角 | 中間 | 望遠 | |
| 焦点距離 | 9.60 | 24.31 | 43.22 |

50

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| Fナンバー | 1.88 | 4.26 | 5.87 |
| 半画角(度) | 34.92 | 18.07 | 10.40 |
| 像高 | 6.70 | 7.93 | 7.93 |
| レンズ全長 | 68.03 | 58.79 | 64.98 |
| BF | 7.99 | 5.74 | 3.49 |

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| d 4 | 27.96 | 6.80 | 1.75 |
| d 5 | 1.56 | 0.85 | -0.55 |
| d12 | 1.20 | 8.84 | 16.48 |
| d15 | 4.92 | 12.17 | 19.42 |
| d17 | 7.16 | 4.91 | 2.66 |

10

ズームレンズ群データ

| 群 | 始面 | 焦点距離 |
|---|----|--------|
| 1 | 1 | -20.83 |
| 2 | 6 | 17.55 |
| 3 | 13 | -46.80 |
| 4 | 16 | 33.54 |

【0056】

20

【表1】

| 条件式 | | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 |
|------|--------------------|------|------|------|
| (1) | $M4/skt$ | 6.19 | 1.41 | 1.29 |
| (2) | $D1/D24t$ | 0.11 | 0.14 | 0.10 |
| (3) | $D12w/D34w$ | 5.02 | 5.99 | 4.71 |
| (4) | $f2/f4$ | 0.33 | 0.53 | 0.52 |
| (5) | $f2/ f3 $ | 0.19 | 0.42 | 0.38 |
| (6) | $ f3 /f4$ | 1.75 | 1.26 | 1.40 |
| (7) | $ f1 /f4$ | 0.39 | 0.59 | 0.62 |
| (8) | $ f1 /ft$ | 0.44 | 0.45 | 0.48 |
| (9) | $M4/Lt$ | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| (10) | $\beta34z/\beta2z$ | 0.36 | 0.40 | 0.39 |

30

次に実施例1乃至3のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ(40
撮像装置)の実施例を図7を用いて説明する。

【0057】

図7において、10は撮像装置の本体である。11は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系、12は撮像光学系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センサ等の像素子(光電変換素子)である。13は像素子12が受光した被写体像を記録する記録手段、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、像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【符号の説明】

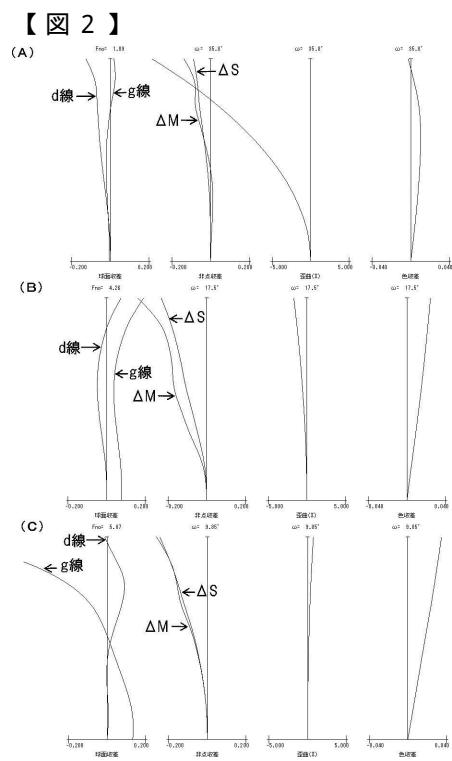
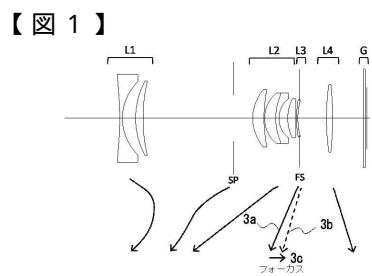
【0058】

50

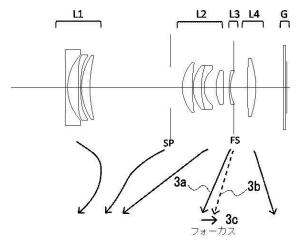
L 1 第1レンズ群
L 4 第4レンズ群

L 2 第2レンズ群
S P 開口絞り

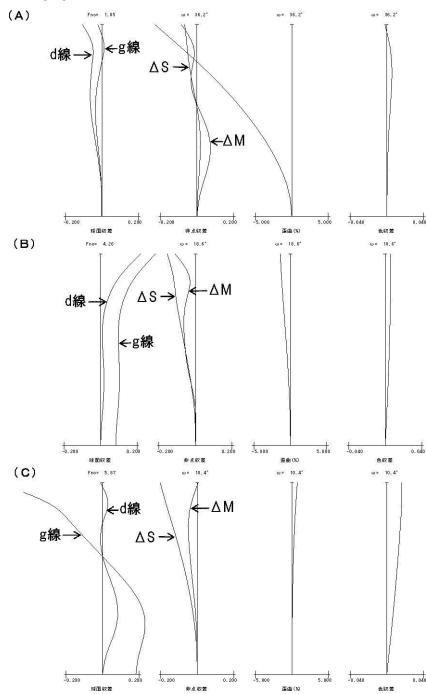
L 3 第3レンズ群
F S フレアカット絞り



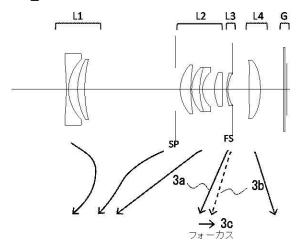
【図3】



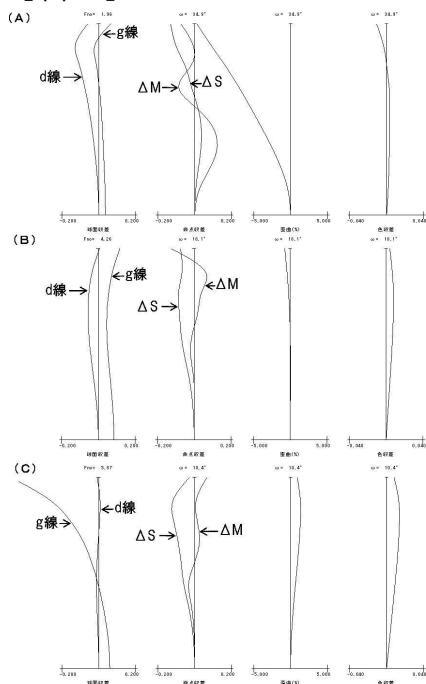
【図4】



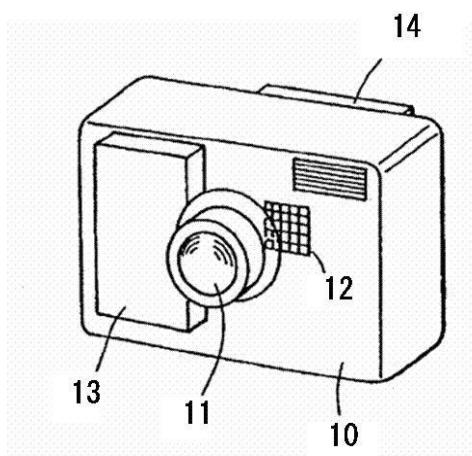
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-208378(JP, A)
特開2012-198503(JP, A)
特開2012-252175(JP, A)
特開2007-072263(JP, A)
特開2010-160275(JP, A)
特開2010-160276(JP, A)
特開2010-160277(JP, A)
特開2004-069808(JP, A)
特開2005-338143(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0250161(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0307372(US, A1)
米国特許出願公開第2007/0053069(US, A1)
米国特許出願公開第2004/0027685(US, A1)
米国特許出願公開第2005/0259329(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0229692(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08 , 21 / 02 - 21 / 04 , 25 / 00 - 25 / 04