

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6141036号  
(P6141036)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(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 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-18183 (P2013-18183)
(22) 出願日	平成25年2月1日 (2013.2.1)
(65) 公開番号	特開2014-149428 (P2014-149428A)
(43) 公開日	平成26年8月21日 (2014.8.21)
審査請求日	平成28年1月27日 (2016.1.27)

(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 ヤノン株式会社内

審査官 濱戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、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ズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群と前記第4レンズ群は、それぞれ1枚の正レンズからなり、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群の間に開口絞りを有し、

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をM1、広角端における全系の焦点距離をfw、広角端において無限遠物体にフォーカスしているときにおける前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上の間隔をL1s、前記開口絞りから前記第4レンズ群に含まれる正レンズの像側のレンズ面までの光軸上の間隔をLs4とするとき、

$$3.8 < |M1| / fw < 10.0$$

$$0.10 < L1s / Ls4 < 0.248$$

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4レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッベ数をd4とするとき、  
10.0 < d4 < 40.0

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

## 【請求項 3】

10

20

前記第3レンズ群の焦点距離を $f_3$ 、前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$$0.50 < 3t / (3w \times f_3) \leq 5.00$$

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1レンズ群に含まれる正レンズの光軸上の厚さを $D_1$ 、前記第4レンズ群に含まれる正レンズの光軸上の厚さを $D_4$ 、望遠端における全系の焦点距離を $f_t$ とするとき、

$$0.02 < (D_1 + D_4) / f_t < 0.10$$

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1レンズ群に含まれる正レンズは両凸形状であり、物体側のレンズ面の曲率が像側のレンズ面の曲率よりも大きい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】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群は物体側へ移動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】

前記第2レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、負レンズ、物体側のレンズ面が凸でメニスカス形状の正レンズよりな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。

20

#### 【請求項8】

前記第3レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、物体側のレンズ面が凸形状の正レンズ、像側のレンズ面が凹形状の負レンズよりな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】

前記第3レンズ群は、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ように移動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】

30

固体撮像素子に像を形成す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。

#### 【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】

##### 【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、監視カメラ、銀塩写真用のカメラ等の撮像光学系として好適なものである。

40

##### 【背景技術】

##### 【0002】

最近、固体撮像素子を用いたデジタルスチ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、高ズーム比で、全系が小型なズームレンズであることが要求されている。これらの要求を満足するズームレンズとして、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、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなる4群のズームレンズが知られている（特許文献1～4）。

##### 【0003】

特許文献1はズーミングに際して各レンズ群が移動するズーム比5程度の小型のズーム

50

レンズを開示している。特許文献2はズーミングに際して各レンズ群が移動するズーム比10程度の小型のズームレンズを開示している。特許文献3はズーミングに際して各レンズ群が移動するズーム比5程度の小型のズームレンズを開示している。特許文献4はズーミングに際して各レンズ群が移動するズーム比7~9程度の小型のズームレンズを開示している。特に特許文献3, 4は第1レンズ群と第4レンズ群を単一の正レンズより構成し、全系の小型化を図ったズームレンズを開示している。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0004】**

【特許文献1】特開2008-076493号公報

10

【特許文献2】特開2002-365550号公報

【特許文献3】特開2008-145665号公報

【特許文献4】特開2009-294304号公報

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0005】**

撮像装置に用いるズームレンズとして、全系の小型化及び高ズーム比化を図りつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、ズームタイプや各レンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要である。

**【0006】**

20

また従来、多くのカメラでは非撮影時にカメラを薄型化（前後方向の薄型化）するために、鏡筒（レンズ鏡筒）を数段に分けて、ズームレンズを構成する各レンズ群を光軸方向に畳んで収納する、所謂沈胴方式が多く用いられている。この沈胴方式において、カメラの薄型化を効果的に行うには、ズームレンズを構成する各レンズ群のレンズ枚数を削減し、レンズ群の厚さを小さくするのが良い。

**【0007】**

前述した4群ズームレンズにおいて、高ズーム比化を図りつつ全系の小型化を図るには、各レンズ群のレンズ構成のうち、特に第1レンズ群や第4レンズ群のレンズ構成やズーミングに際しての第1レンズ群の移動量等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成を適切に設定しないと、全系の小型化、及び高ズーム比化を図りつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

30

**【0008】**

本発明は、全系が小型で高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有した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】**

**【0009】**

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レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、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ズームレンズにおいて、

40

前記第1レンズ群と前記第4レンズ群は、それぞれ1枚の正レンズからなり、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群の間に開口絞りを有し、

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をM1、広角端における全系の焦点距離をfw、広角端において無限遠物体にフォーカスしているときにおける前記第1レンズ群に含まれる正レンズの物体側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上の間隔をL1s、前記開口絞りから前記第4レンズ群に含まれる正レンズの像側のレンズ面までの光軸上の間隔をLs4とするとき、

$$3.8 < |M1| / fw < 10.0$$

$$0.10 < L1s / Ls4 < 0.248$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

50

**【発明の効果】****【0010】**

本発明によれば、全系が小型で高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。

**【図面の簡単な説明】****【0011】****【図1】本発明の実施例1の広角端におけるレンズ断面図**

**【図2】(A), (B)** 本発明の実施例1に対応する数値実施例1の広角端、望遠端における収差図

**【図3】本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図**

10

**【図4】(A), (B)** 本発明の実施例2に対応する数値実施例2の広角端、望遠端における収差図

**【図5】本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図**

**【図6】(A), (B)** 本発明の実施例3に対応する数値実施例3の広角端、望遠端における収差図

**【図7】本発明の撮像装置の概略図****【発明を実施するための形態】****【0012】**

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配置された、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群を有する。そして各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズである。本発明のズームレンズにおいて、第1レンズ群と第4レンズ群は、それぞれ1枚の正レンズからなっている。

20

**【0013】**

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)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、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6.74、Fナンバー2.92～6.09程度のズームレンズである。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)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比6.86、Fナンバー2.69～4.91程度のズームレンズである。

30

**【0014】**

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)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比10.15、Fナンバー2.90～6.87程度のズームレンズである。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そして銀塩フィルム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、L*i*は第*i*レンズ群である。

40

**【0015】**

図1、図3、図5の実施例1乃至3のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群である。実施例1乃至3は4群ズームレンズである。レンズ断面図において、SPは開口絞りであり、光軸方向において第3レンズ群L3の最も物体側のレンズG31の物体側頂点からレンズG31の物体側の面と外周部（コバ部）との交点までの間に配置されている。

**【0016】**

50

F Pはフレアー絞りであり、第3レンズ群L 3の像側に配置しており、不要光を遮光している。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。I P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）の像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

#### 【0017】

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。球面収差図において、実線はd線、二点鎖線はg線である。非点収差図において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。θは半画角（度）（撮影画角の半分の値）、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。

#### 【0018】

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L 1と、負の屈折力の第2レンズ群L 2と、正の屈折力の第3レンズ群L 3と、正の屈折力の第4レンズ群L 4を有する。そして各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行う。第1レンズ群L 1と第4レンズ群L 4は、それぞれ正の屈折力のレンズ（正レンズ）で構成している。そして広角端から望遠端へのズーミングに際して第1レンズ群が物体側へ移動する量を適切に設定している。これにより、ズーム比7以上の高ズーム比を実現しながら、少ないレンズ枚数で全系の小型化を図りつつ良好なる光学性能を得ている。

#### 【0019】

具体的には、第1レンズ群L 1に含まれる正レンズは、物体側のレンズ面の曲率が像側のレンズ面の曲率よりも大きい両凸形状である。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と第2レンズ群L 2は像側に凸状の軌跡で移動し、第3レンズ群L 3と第4レンズ群L 4はいずれも物体側へ移動する。

#### 【0020】

各実施例のズームレンズは、前述の構成の下で以下の構成をとっている。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L 1の移動量をM1、広角端における全系の焦点距離をfwとする。このとき、

$$3.8 < |M1| / fw < 10.0 \quad \dots \quad (1)$$

なる条件式を満足している。

#### 【0021】

なお、広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群の移動量とは、広角端における第1レンズ群の位置と望遠端における第1レンズ群の位置との差をいう。ただし、移動量の符号は、広角端に比べて望遠端において第1レンズ群が像側に位置するときを正、物体側に位置するときを負としている。

#### 【0022】

少ないレンズ枚数で高ズーム比を実現するために、各実施例のズームレンズでは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L 1と、負の屈折力の第2レンズ群L 2と、正の屈折力の第3レンズ群L 3と、正の屈折力の第4レンズ群L 4より構成している。第1レンズ群L 1と第4レンズ群L 4は、それぞれ1つの正レンズで構成している。これにより、レンズ径やレンズ肉厚が大きくなりやすい第1レンズ群L 1と第4レンズ群L 4のレンズ枚数を最小化して、レンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）や、沈胴厚の短縮を図っている。

#### 【0023】

条件式(1)は、ズーミングに際しての第1レンズ群L 1の移動量を規定するものである。条件式(1)の下限を下回ると、広角端における全系の焦点距離に対する第1レンズ群L 1の移動量が少なくなりすぎる。このため、十分なズーム比を得るためにには第1レンズ群L 1の正レンズの焦点距離を短縮する（屈折力を強くする）必要があり、この結果、

10

20

30

40

50

望遠端において球面収差や、倍率色収差が増加してくるため良くない。また、条件式(1)の上限を上回ると、第1レンズ群L1の移動量が多くなりすぎる。

#### 【0024】

そうすると広角端で周辺光量を十分確保するために、第1レンズ群L1の正レンズの有効径が大型化し、全系が大型化するので、良くない。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。

#### 【0025】

$$3.8 < |M1| / fw < 6.5 \quad \dots (1a)$$

とするのが良い。

#### 【0026】

本発明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。第4レンズ群L4に含まれる正レンズの材料のアッペ数をd4とする。第3レンズ群L3の焦点距離をf3、第3レンズ群L3の広角端と望遠端における横倍率を各々3w、3tとする。第1レンズ群L1と第4レンズ群L4の間に開口絞りSPを有し、広角端において、無限遠物体にフォーカスしているときにおける、第1レンズ群L1に含まれる正レンズの物体側のレンズ面から開口絞りSPまでの光軸上の間隔をL1sとする。開口絞りSPから第4レンズ群L4に含まれる正レンズの像側のレンズ面までの光軸上の間隔をLs4とする。

#### 【0027】

第1レンズ群L1に含まれる正レンズの光軸上の厚さをD1、第4レンズ群L4に含まれる正レンズの光軸上の厚さをD4、望遠端における全系の焦点距離をft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。

#### 【0028】

$$10.0 < d4 < 40.0 \quad \dots (2)$$

$$0.50 < 3t / (3w \times f3) \leq 5.00 \quad \dots (3)$$

$$0.10 < Ls4 / L1s \leq 0.248 \quad \dots (4)$$

$$0.02 < (D1 + D4) / ft < 0.10 \quad \dots (5)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

#### 【0029】

条件式(2)は、第4レンズ群L4に含まれる正レンズの材料のアッペ数の好ましい範囲を規定し、主に色収差を良好に補正するためのものである。条件式(2)の下限を下回ると、第4レンズ群L4の正レンズの材料の分散が大きすぎて、フォーカシングに際して倍率色収差の変動が大きくなる。また第3レンズ群L3を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動し、結像位置を光軸に対して垂直方向に変移させて手ぶれ補正を行う際には軸上の色ずれが増加したりするので良くない。

#### 【0030】

また、条件式(2)の上限を上回ると、第4レンズ群L4の正レンズの材料の分散が小さすぎるために、倍率色収差が補正不足となる。この結果、第1レンズ群L1により発生する倍率色収差を低減することが必要となる。そのためには、第1レンズ群L1のレンズ枚数を増やしたり、第1レンズ群L1の正レンズの材料に低分散・低屈折率の材料を用いたりせざるを得なくなる。

#### 【0031】

この結果、レンズ全長が増加し、望遠端において球面収差が増大してくる。さらに好ましくは、条件式(2)の範囲を、

$$10.0 < d4 < 25.0 \quad \dots (2a)$$

とするのが良い。

#### 【0032】

条件式(3)は、第3レンズ群L3の焦点距離と変倍比の好ましい配置を規定する。条件式(3)の下限を下回ると第3レンズ群L3の屈折力及び変倍比が小さくなりすぎるため、全系で十分な変倍比を得るためにには第2レンズ群のズーム比を大きくする必要がある

10

20

30

40

50

。その結果、第2レンズ群L2のレンズ枚数を増やさないと、第2レンズ群L2の各レンズのレンズ面の曲率半径を小さくしたり、ズーミングに際しての移動量を増やしたりすることが必要となる。

#### 【0033】

この結果、ズーミングによる像面湾曲の変化が増加して、像面湾曲の補正が困難になってくる。また、条件式(3)の上限を上回ると、第3レンズ群L3の焦点距離が短縮されすぎたり、変倍比が大きくなりすぎる。この結果、第3レンズ群L3において、ズーム全域に渡りコマ収差等の諸収差を良好に補正するのが困難になってくる。さらに好ましくは、条件式(3)の数値範囲を、次の如く設定するのが良い。

$$0.90 < 3t / (3w \times f_3) \leq 3.00 \quad \dots (3a)$$

10

#### 【0034】

各実施例において好ましくは、第1レンズ群L1と第4レンズ群L4の間に開口絞りSPを配置するのが良い。

#### 【0035】

条件式(4)はこのとき広角端で物体距離を無限遠とした際の、第1レンズ群L1の正レンズの物体側のレンズ面から開口絞りSPまでの距離をL1sに対する開口絞りSPから第4レンズ群L4の正レンズの像側のレンズ面までの距離Ls4の比に関する。条件式(4)は、広角端において開口絞りSPと、第1レンズ群L1、第4レンズ群L4の好ましい配置を規定している。条件式(4)の下限を下回ると、広角端において開口絞りSPが第4レンズ群L4に近くなりすぎるため、倍率色収差が補正不足となってくるので良くない。

20

#### 【0036】

また、条件式(4)の上限を上回ると、広角端において開口絞りSPが第1レンズ群L1に近くなりすぎるため、倍率色収差が補正過剰となってくるので良くない。さらに好ましくは、条件式(4)の数値範囲を、次の如く設定するのが良い。

$$0.15 < Ls4 / L1s \leq 0.248 \quad \dots (4a)$$

#### 【0037】

条件式(5)は、望遠端における全系の焦点距離に対する、第1レンズ群L1に含まれる正レンズと第4レンズ群L4に含まれる正レンズの光軸上の厚さを規定している。条件式(5)の下限を下回ると、望遠端における全系の焦点距離を色収差の許容できる範囲に設定した際に、第1レンズ群L1と第4レンズ群L4の正レンズの肉厚を薄くすることが必要となる。この結果、十分なコバ厚を確保できないため製造困難となってくる。

30

#### 【0038】

また、条件式(5)の上限を上回ると、第1レンズ群L1と第4レンズ群L4の正レンズの肉厚を適正にした際に、望遠端における全系の焦点距離を長くするのが困難になる。さらに好ましくは、条件式(5)の数値範囲を、次の如く設定するのが良い。

$$0.040 < (D1 + D4) / ft < 0.085 \quad \dots (5a)$$

#### 【0039】

以上のように各実施例によれば、ズーム比7~10程度の高ズーム比を実現しながら、少ないレンズ枚数で全系が小型で良好なる光学性能を有するズームレンズを得ることができる。

40

#### 【0040】

次に、各実施例のレンズ構成について説明する。各実施例においては、正の屈折力の第1レンズ群L1を1枚の正レンズで構成し、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している。この構成により、レンズ径の増大を抑えつつ、最小のレンズ枚数で高ズーム比を容易にしている。

#### 【0041】

各実施例においては、負の屈折力の第2レンズ群L2を物体側から像側へ順に配置された、負レンズと物体側のレンズ面が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。そして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している。この構成

50

により、レンズ径の増大を抑えつつ、高ズーム比を容易にしている。また、第2レンズ群の負レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面、そして正レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面とは、いずれも非球面形状である。これにより、最小のレンズ枚数で球面収差や像面湾曲等の諸収差を良好に補正している。

#### 【0042】

各実施例においては、正の屈折力の第3レンズ群L3を物体側から像側へ順に配置された、物体側のレンズ面が凸形状の正レンズと、像側のレンズ面が凹形状の負レンズとで構成している。そして広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側に移動している。第3レンズ群の正レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面、そして負レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面は、いずれも非球面形状としている。これにより、最小のレンズ枚数で球面収差やコマ収差等の諸収差を良好に補正している。10

#### 【0043】

第3レンズ群L3を像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させている。即ち防振を行っている。なお、各実施例では第3レンズ群L3を光軸に対して垂直方向に移動させて防振を行っているが、移動方式は第3レンズ群L3を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させれば、画像のぶれを補正することができる。例えば鏡筒構造の複雑化を許容すれば、光軸上に回転中心を持つように第3レンズ群L3を回転させて防振を行っても良い。また第3レンズ群の一部で防振を行っても良い。

#### 【0044】

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、これによりレンズ全系の薄型化を容易にしている。そして各実施例では第4レンズ群L4を光軸方向に移動してフォーカシングを行っている。尚、後述する各数値実施例の数値は、無限遠物体にフォーカシングしたときのものである。開口絞りSPは、ズーミングに際して各レンズ群と一体的に移動している。20

#### 【0045】

各実施例において好ましくは、第1レンズ群L1に含まれる正レンズは、物体側のレンズ面が像側のレンズ面よりも強い曲率をもった両凸形状とするのが良い。これによれば、主点間隔を確保し易いので、第1レンズ群の屈折力の低減を図ることが容易となり、レンズ全長の短縮や、球面収差を低減することが容易になる。

#### 【0046】

各実施例においては第1レンズ群L1と第4レンズ群L4は単一の正レンズで構成している。これにより、沈胴した際のカメラの薄型化を図っている。各実施例によれば以上の如く構成することにより、光学系全体が小型で、沈胴した際にカメラが薄型化し、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したズームレンズを得ている。30

#### 【0047】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

#### 【0048】

次に各実施例に示した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の実施形態を図7を用いて説明する。40

#### 【0049】

図7において、20はカメラ本体、21は実施例1～3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。23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24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22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。

#### 【0050】

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。50

## 【0051】

次に、本発明の実施例1乃至3に各々対応する数値実施例1乃至3を示す。各数値実施例において $i$ は物体側からの光学面の順序を示す。 $r_i$ は第*i*番目の光学面(第*i*面)の曲率半径、 $d_i$ は第*i*面と第*i*+1面との間の間隔、 $n_{d,i}$ と $d_i$ 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、アッペ数を示す。

## 【0052】

数値実施例における $d_7$ の値がマイナスとなっているがこれは物体側から像側へ順に開口絞り、第3レンズ群と数えたためである。また $k$ を離心率A4、A6、A8を非球面係数、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、非球面形状は、

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

で表示される。

## 【0053】

但しRは近軸曲率半径である。また例えば「e-Z」の表示は「10-Z」を意味する。数値実施例において最後の2つの面は、フィルター、フェースプレート等の光学プロックの面である。各実施例において、バックフォーカス(BF)はレンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算長により表したものである。レンズ全長は最も物体側のレンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。また、各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。

## 【0054】

## [数値実施例1]

単位 mm

## 面データ

面番号	$r$	$d$	$n_d$	$d$
1	42.747	1.60	1.48749	70.2
2	-151.315	(可変)		
3*	2475.562	0.50	1.76802	49.2
4*	4.727	2.30		
5*	9.959	1.50	2.00178	19.3
6*	15.377	(可変)		
7(絞り)		-0.50		
8*	4.428	2.05	1.55332	71.7
9*	-22.066	1.00		
10*	9.557	0.50	2.00178	19.3
11*	4.911	0.60		
12		(可変)		(フレアーカット絞り)
13	55.021	0.65	1.84666	23.9
14	-33.412	(可変)		
15		1.00	1.51633	64.1
16		1.00		

## 像面

## 【0055】

## 非球面データ

第3面

$$K = 8.64501e+004 \quad A_4 = -1.32893e-004 \quad A_6 = 8.13446e-009$$

第4面

$$K = -7.00865e-001 \quad A_4 = 1.15052e-004 \quad A_6 = 5.42168e-006$$

10

20

30

40

50

A 8=-1.09223e-007

第5面

K = 1.51353e+000 A 4=-7.12784e-004 A 6= 3.14078e-008

第6面

K = -2.78857e+000 A 4=-6.05411e-004 A 6= 5.28043e-006  
A 8=-3.39288e-008

第8面

K = -6.72832e-001 A 4= 5.17099e-004 A 6= 3.27977e-005  
A 8= 1.54393e-006

10

第9面

K = -2.13397e+001 A 4= 6.73556e-004 A 6= 4.96603e-009

第10面

K = -2.80342e+000 A 4=-6.00235e-004 A 6= 1.15276e-006

第11面

K = -1.74942e+000 A 4= 1.55253e-003 A 6= 5.93153e-005  
A 8= 2.01322e-005

20

【 0 0 5 6 】

各種データ

ズーム比 6.74

焦点距離	4.39	8.99	29.57	5.35	23.43
------	------	------	-------	------	-------

Fナンバー	2.92	3.73	6.09	3.10	5.98
-------	------	------	------	------	------

半画角(度)	37.22	23.31	7.47	33.09	9.39
--------	-------	-------	------	-------	------

像高	3.33	3.88	3.88	3.49	3.88
----	------	------	------	------	------

30

レンズ全長	39.84	37.65	58.39	38.88	47.05
-------	-------	-------	-------	-------	-------

BF	7.41	10.96	21.54	8.05	21.43
----	------	-------	-------	------	-------

d 2	0.60	5.23	20.50	2.24	11.36
-----	------	------	-------	------	-------

d 6	19.18	8.49	0.99	15.71	1.41
-----	-------	------	------	-------	------

d12	2.45	2.78	5.16	2.68	2.66
-----	------	------	------	------	------

d14	5.75	9.30	19.88	6.39	19.77
-----	------	------	-------	------	-------

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

40

1	1	68.56
---	---	-------

2	3	-8.72
---	---	-------

3	7	11.28
---	---	-------

4	13	24.64
---	----	-------

【 0 0 5 7 】

[ 数値実施例 2 ]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
-----	---	---	----	---

50

1	23.881	1.80	1.69680	55.5	
2	125.520	(可変)			
3*	-3210.375	0.50	1.76802	49.2	
4*	4.824	2.30			
5*	9.986	1.50	2.00178	19.3	
6*	14.038	(可変)			
7(絞り)		-0.50			
8*	4.465	2.05	1.55332	71.7	
9*	-39.653	1.00			
10*	8.796	0.50	2.00178	19.3	10
11*	4.987	0.60			
12		(可変)		(フレアーカット絞り)	
13	16.240	0.65	1.83400	37.2	
14	-337.210	(可変)			
15		1.00	1.51633	64.1	
16		1.00			

## 像面

【0058】

非球面データ

## 第3面

K = 2.18518e+005 A 4=-1.15780e-004 A 6= 4.63088e-007

20

## 第4面

K = -6.96649e-001 A 4= 1.75350e-004 A 6= 7.71965e-006  
A 8=-1.48410e-007

## 第5面

K = 1.47045e+000 A 4=-7.41119e-004 A 6=-1.02694e-006

30

## 第6面

K = -2.86970e+000 A 4=-6.55986e-004 A 6= 4.63133e-006  
A 8=-1.40621e-010

## 第8面

K = -6.88856e-001 A 4= 5.87374e-004 A 6= 2.44728e-005  
A 8= 1.15570e-006

## 第9面

K = -2.20006e+001 A 4= 4.61271e-004 A 6= 4.04654e-006

40

## 第10面

K = -2.72016e+000 A 4=-6.01199e-004 A 6= 3.56629e-005

## 第11面

K = -1.60894e+000 A 4= 1.44931e-003 A 6= 8.47283e-005  
A 8= 1.70839e-005

【0059】

各種データ

ズーム比 6.86

50

焦点距離	4.39	12.92	30.11	5.49	24.06
Fナンバー	2.69	3.80	4.80	2.85	4.91
半画角(度)	37.20	16.70	7.33	32.43	9.15
像高	3.33	3.88	3.88	3.49	3.88
レンズ全長	38.95	37.38	55.80	38.02	46.05
BF	7.18	12.03	14.67	7.70	17.37

d 2	0.60	6.55	16.32	2.29	10.56
d 6	18.53	4.76	0.70	15.02	0.57
d12	2.24	3.64	13.71	2.61	7.16
d14	5.52	10.37	13.01	6.04	15.71

## ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	42.02
2	3	-8.26
3	7	11.71
4	13	18.59

【0060】

[ 数値実施例 3 ]

単位 mm

10

20

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	29.008	1.50	1.49700	81.5	
2	340.607	(可変)			
3*	4326.288	0.50	1.76802	49.2	
4*	5.368	2.30			
5*	9.394	1.50	2.00178	19.3	
6*	12.472	(可変)			30
7(絞り)		-0.50			
8*	4.521	2.05	1.55332	71.7	
9*	-25.746	1.00			
10*	9.935	0.50	2.00178	19.3	
11*	5.050	0.60			
12		(可変)		(フレアーカット絞り)	
13	42.922	0.70	1.92286	18.9	
14	-59.897	(可変)			
15		1.00	1.51633	64.1	
16		1.00			40

## 像面

【0061】

## 非球面データ

## 第3面

K = 4.59684e+005 A 4= 5.01581e-005 A 6=-1.45365e-006

## 第4面

K = -6.06180e-001 A 4= 1.17288e-004 A 6= 2.11416e-005  
A 8=-6.78568e-008

50

## 第5面

K = 1.37190e+000 A 4=-8.09828e-004

## 第6面

K = -1.68604e+000 A 4=-6.34556e-004 A 6= 7.11026e-007  
A 8= 1.29143e-007

## 第8面

K = -7.04308e-001 A 4= 5.61786e-004 A 6= 3.33764e-005  
A 8= 7.44954e-007

10

## 第9面

K = -5.82012e+000 A 4= 7.16026e-004 A 6= 1.68866e-006  
A 8=-1.34458e-006

## 第10面

K = -4.76863e+000 A 4=-6.90866e-004 A 6= 1.35432e-005  
A 8=-3.50037e-006

## 第11面

20

K = -2.12725e+000 A 4= 1.36702e-003 A 6= 6.34823e-005  
A 8= 1.08057e-005

## 【0062】

## 各種データ

ズーム比 10.15

焦点距離	4.63	9.13	47.00	5.57	29.35
------	------	------	-------	------	-------

Fナンバー	2.90	3.76	6.08	3.08	6.87
-------	------	------	------	------	------

半画角(度)	35.48	22.99	4.71	32.03	7.52
--------	-------	-------	------	-------	------

像高	3.30	3.88	3.88	3.49	3.88
----	------	------	------	------	------

30

レンズ全長	41.42	35.58	70.65	39.46	45.80
-------	-------	-------	-------	-------	-------

BF	8.88	12.45	21.11	9.50	26.22
----	------	-------	-------	------	-------

d2	0.60	2.22	30.88	1.41	9.62
----	------	------	-------	------	------

d6	20.91	9.56	0.69	17.27	1.26
----	-------	------	------	-------	------

d12	0.88	1.20	7.82	1.13	-1.45
-----	------	------	------	------	-------

d14	7.22	10.79	19.45	7.84	24.56
-----	------	-------	-------	------	-------

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
---	----	------

40

1	1	63.70
---	---	-------

2	3	-9.26
---	---	-------

3	7	12.08
---	---	-------

4	13	27.18
---	----	-------

【0063】
--------

【表1】

条件式		実施例1	実施例2	実施例3
(1)	$ M_1  / f_w$	4.228	3.840	6.315
(2)	$\nu d_4$	23.93	37.16	18.90
(3)	$\beta_3 t / (\beta_3 w \times f_3)$	2.316	0.929	1.132
(4)	$L_{s4}/L_{1s}$	0.248	0.244	0.178
(5)	$(D_1+D_4)/f_t$	0.076	0.081	0.047

10

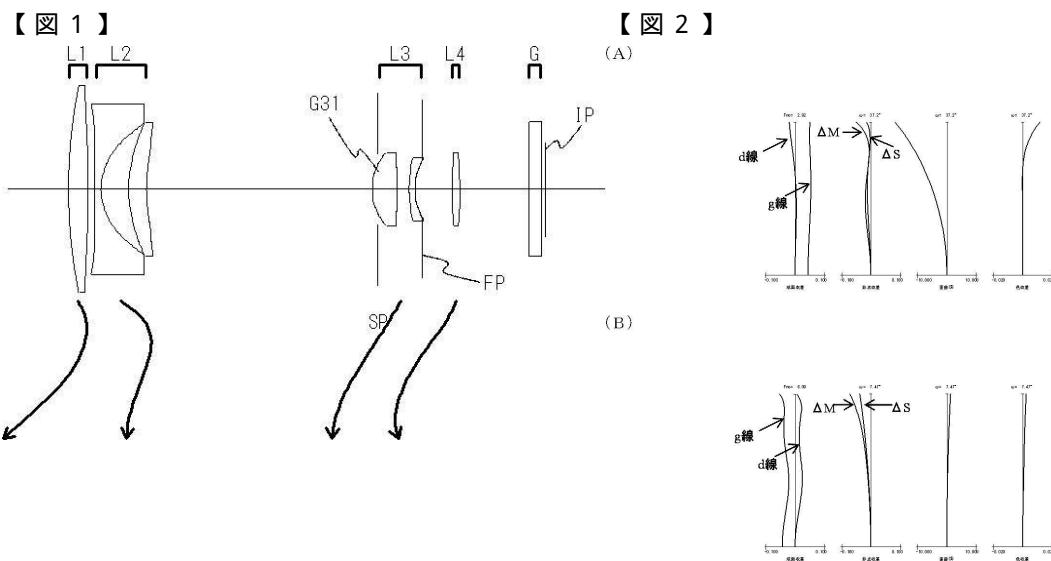
## 【符号の説明】

## 【0064】

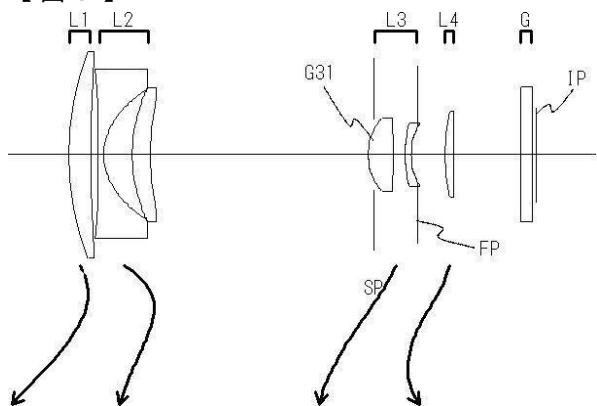
L 1 第1レンズ群  
L 2 第2レンズ群  
L 4 第4レンズ群

L 2 第2レンズ群  
S P 開口絞り

L 3 第3レンズ群

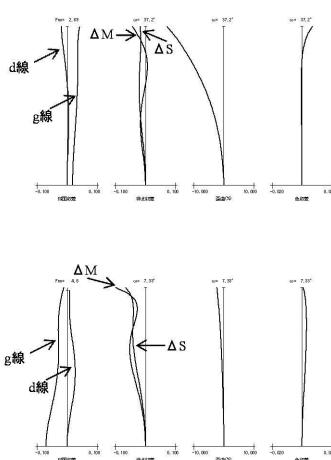


【図3】

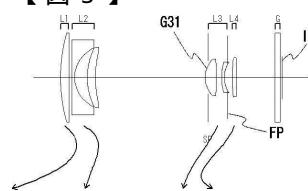


【図4】

(A)

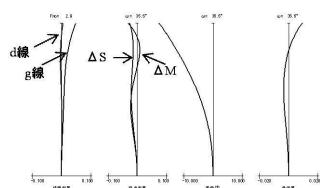


【図5】

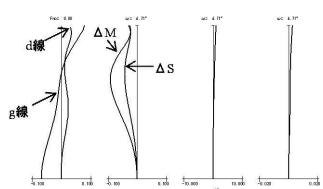


【図6】

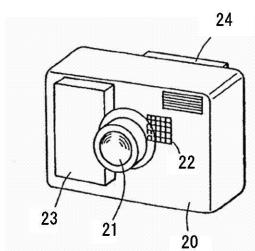
(A)



(B)



【図7】



24

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-203088(JP,A)  
特開2001-117000(JP,A)  
特開2011-017991(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0134540(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0058261(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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