

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4881035号  
(P4881035)

(45) 発行日 平成24年2月22日(2012.2.22)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(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 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-50269 (P2006-50269)  
 (22) 出願日 平成18年2月27日 (2006.2.27)  
 (65) 公開番号 特開2007-226142 (P2007-226142A)  
 (43) 公開日 平成19年9月6日 (2007.9.6)  
 審査請求日 平成21年2月5日 (2009.2.5)

(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 猿渡 浩  
 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 殿岡 雅仁

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、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レンズ群を有し、ズーミングに際して隣接するレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、アッペ数を  $d$ 、部分分散比を  $g F$  とするとき、

$$g F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.755) > 0$$

なる条件を満足する固体材料で形成される光学素子を前記第3レンズ群が有し、前記光学素子は2つの屈折面がともに、無機材料と接していることを特徴とするズームレンズ。

## 【請求項 2】

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、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隣接するレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、アッペ数を  $d$ 、部分分散比を  $g F$  とするとき、

$$g F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.755) > 0$$

なる条件を満足する固体材料で形成される光学素子を前記第3レンズ群が有することを特徴とするズームレンズ。

10

20

**【請求項 3】**

前記光学素子は 2 つの屈折面とともに、無機材料と接していることを特徴とする請求項 2 のズームレンズ。

**【請求項 4】**

前記光学素子は、2 つの屈折面とともに空気に接するときの焦点距離を  $f_{GIT}$ 、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$2 < f_{GIT} / f_w < 15$$

なる条件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 項のズームレンズ。

**【請求項 5】**

前記光学素子は、2 つの屈折面とともに空気に接するときの焦点距離を  $f_{GIT}$ 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を  $f_3$  とするとき、

$$0.8 < f_{GIT} / f_3 < 8.0$$

なる条件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 項のズームレンズ。

**【請求項 6】**

開口絞りを有し、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$ 、望遠端における前記開口絞りと前記光学素子の物体側の面との間隔を  $t_3$  とするとき、

$$0.5 < t_3 / f_w < 4.0$$

なる条件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 項のズームレンズ。

**【請求項 7】**

前記ズームレンズは、物体側より像側へ順に、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群より構成されることを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

**【請求項 8】**

光電変換素子に像を形成することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項のズームレンズ。

**【請求項 9】**

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、特にデジタルカメラ、ビデオカメラ、フィルム用カメラ等の撮像装置に用いられるズームレンズに関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

デジタルカメラ等の撮像装置に用いられる固体撮像素子（光電変換素子）は、高画素化が進んでいる。高画素の撮像素子を用いた撮像装置用のズームレンズには、単色の諸収差のみならず色収差の補正を十分に行った仕様が要求されている。

**【0003】**

特に高ズーム比で望遠側の焦点距離が長いズームレンズには、色収差の補正として一次の色消しに加え二次スペクトルの低減が求められている。

**【0004】**

色収差補正のため、高分散で、かつ異常部分分散な光学特性を示す液体材料を用いた光学系が提案されている（特許文献 1）。

また、樹脂中に ITO 微粒子を分散させた光学素子を用いた ITO 樹脂の分散特性を利用して、望遠側の色収差を改善したズームレンズも提案されている（特許文献 2）。

【特許文献 1】米国特許 4,913,535 号公報

【特許文献 2】特開 2005-316047 号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】**

10

20

30

40

50

**【0005】**

色消し作用を有する液体材料を用いた光学系では、それを封止する構造が必要となり、製造が複雑になる傾向があった。また、温度変化による屈折率、分散特性などの特性が変化し、耐環境性を良好に維持するのが難しいという課題がある。

**【0006】**

本発明は適切なる分散特性の光学素子を光路中の適切なる位置に配置することによって、色収差を良好に補正し、全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有したズームレンズ及びそれを用いた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】****【0007】**

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、正の屈折力の第3レンズ群を有し、ズーミングに際して隣接するレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、アッペ数を  $d$ 、部分分散比を  $g_F$  とするとき、

$$g_F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.755) > 0$$

なる条件を満足する固体材料で形成される光学素子を前記第3レンズ群が有し、前記光学素子は2つの屈折面がともに、無機材料と接していることを特徴としている。

**【0008】**

この他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、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隣接するレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、アッペ数を  $d$ 、部分分散比を  $g_F$  とするとき、

$$g_F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.755) > 0$$

なる条件を満足する固体材料で形成される光学素子を前記第3レンズ群が有することを特徴としている。

**【発明の効果】****【0009】**

本発明によれば、色収差を良好に補正し、全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有したズームレンズ及びそれを用いた撮像装置が得られる。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0010】**

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

**【0011】**

図1は実施例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、図3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。

**【0012】**

図4は実施例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5、図6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。

**【0013】**

図7は実施例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8、図9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。

**【0014】**

図10は実施例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11、図12はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

**【0015】**

図13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。

## 【0016】

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。

## 【0017】

レンズ断面図において、左方が被写体側（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。 $G$ 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。

## 【0018】

$I_P$ は像面である。像面 $I_P$ は、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ズームレンズを使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。銀塩フィルム用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。

10

## 【0019】

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とフォーカシングの際の移動軌跡を示している。

## 【0020】

収差図において $d$ 、 $g$ は各々 $d$ 線及び $g$ 線、 $M$ 、 $S$ は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。 $\Delta$ は半画角、 $F$ は $F$ ナンバーである。

20

## 【0021】

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】

各実施例はいずれも、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群 $L_1$ 、負の屈折力の第2レンズ群 $L_2$ 、正の屈折力の第3レンズ群 $L_3$ を有するズームレンズである。そしてズーミングに際して、各レンズ群間隔が変化している。即ち、隣接するレンズ群の間隔が変化する。各実施例では、第3レンズ群 $L_3$ の像側に更に後続レンズ群を有している。後続レンズ群は、実施例1、4では、正の屈折力の第4レンズ群 $L_4$ により構成されている。実施例2、3では、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第4レンズ群 $L_4$ 、正の屈折力の第5レンズ群 $L_5$ により構成されている。但し、本発明において、後続レンズ群は必ずしも設けなければならないものではなく、最低限、正、負、正の屈折力の3つのレンズ群で構成されれば良い。

30

## 【0023】

第3レンズ群 $L_3$ は、以下の条件を満足する固体材料から形成される少なくとも一つの光学素子GITを有している。すなわち、光学素子GITを形成する固体材料のアッベ数を $d$ 、部分分散比を $g_F$ とするとき、

$$g_F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.755) > 0 \quad (1)$$

40

なる条件をこの固体材料は満足している。

## 【0024】

ここで波長436nm（ $g$ 線）、波長486nm（ $F$ 線）、波長588nm（ $d$ 線）、波長656nm（ $C$ 線）のそれぞれに対する材料の屈折率を、それぞれ $n_g$ 、 $n_F$ 、 $n_d$ 、 $n_C$ とするとき、アッベ数 $d$ と部分分散比 $g_F$ は次のとおりである。

## 【0025】

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

条件式(1)は、光学素子GITとして使用する固体材料の屈折率に関する波長依存性を示したものである。条件式(1)がとる正の値が大きいほど、材料自体の色収差の補正

50

効果は大きいので好ましい。

**【0026】**

条件式(1)を外れると色収差の補正効果が少なくなるので良くない。

**【0027】**

更に好ましくは条件式(1)を満たすと同時に、部分分散比  $g_F$  が、

$$g_F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 1.011) < 0$$

(1a)

を満たす事が良い。これによれば他の諸収差を悪化させる事無く色収差の良好なる補正が容易となる。

10

**【0028】**

更に色収差を改善するためには、条件式(1)の代わりに、部分分散比  $g_F$  が、

$$g_F - (-1.665 \times 10^{-7} \cdot d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \cdot d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \cdot d + 0.762) < 0$$

(1b)

を満足する事が好ましい。

**【0029】**

ここで光学素子 GIT を構成する固体材料としては、例えば UV 硬化樹脂 ( $n_d = 1.636$ ,  $d = 22.7$ ) や、 $TiO_2$  をホストポリマーである UV 硬化樹脂や N - ポリビニルカルバゾール ( $n_d = 1.696$ ,  $d = 17.7$ )、フッ素ポリマー ( $n_d = 1.341$ ,  $d = 93.8$ ) 等に分散させた材料を用いる事が考えられる。

20

**【0030】**

そして、光学素子 GIT の焦点距離を  $f_{GIT}$ 、全系の広角端における焦点距離を  $f_w$ 、第3レンズ群 L3 の焦点距離を  $f_3$ 、望遠端における開口絞り SP と光学素子 GIT の物体側の面との間隔を  $t_3$  とするとき、

$$2 < f_{GIT} / f_w < 15 \quad (2)$$

$$0.8 < f_{GIT} / f_3 < 8.0 \quad (3)$$

$$0.5 < t_3 / f_w < 4.0 \quad (4)$$

なる条件の 1 以上を満足している。ここで、光学素子 GIT の焦点距離は、光学素子 GIT の 2 つの屈折面が共に空気 (屈折率が 1) に接するときの焦点距離である。

30

**【0031】**

これによって、各条件に応じた効果を得ている。

**【0032】**

条件式(2)は、光学素子 GIT の空气中における屈折力に関するものである。条件式(1)で表される異常分散性を有する材料を使用した場合、色収差に及ぼす効果は、その材料の異常分散性および屈折力が大きくなるほど、色収差の補正効果も大きくなる。

**【0033】**

条件式(2)の下限を超えると、屈折面の曲率が大きくなりすぎるため、球面収差やコマ収差の補正が困難になる。逆に上限を超えると光学素子 GIT の屈折力が小さすぎて、ズームレンズの望遠側での色収差の補正が困難になる。

40

**【0034】**

条件式(3)は条件式(2)と同様、光学素子 GIT の屈折力に関するものである。特に第3レンズ群 L3 群内での屈折力の分担に関するものである。条件式(3)の下限を超えると、光学素子 GIT の屈折面の曲率が大きくなりすぎるため、少ないレンズ枚数より成る第3レンズ群 L3 の構成で球面収差やコマ収差の補正をすることが困難になる。

**【0035】**

逆に上限を超えると屈折面の曲率は小さくなるが、光学素子 GIT が空気ではなく、光学ガラスなどの屈折率 1 以上の材料と接している場合、屈折面のパワー (屈折力、焦点距離の逆数) が小さくなり、充分な色収差の補正効果が得られない。

**【0036】**

50

条件式(4)は、光学素子G I Tの光学系中における配置に関するものである。条件式(4)を満足するように軸外光線入射高の低い絞り開口近傍に光学素子G I Tを配置することで、倍率色収差に悪影響を与える事なく軸上色収差の補正が容易になる。

#### 【0037】

尚、各実施例において、更に収差補正及びズーミングの際の収差変動を小さくするためには、条件式(2)～(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

#### 【0038】

$$3 < f_{GIT} / fw < 1.0 \quad (2a)$$

$$1.0 < f_{GIT} / f_3 < 6.0 \quad (3a)$$

$$0.8 < t_3 / fw < 3.5 \quad (4a)$$

10

各実施例において、光学素子G I Tは2つの屈折面とともに、無機材料と接している。これによって色収差の補正を効果的に行っている。

#### 【0039】

尚、条件式(1)、(2)を満足する光学素子を、第3レンズ群L3以外のレンズ群や、複数のレンズ群に設けても良い。これによれば色収差の補正がより容易となる。

#### 【0040】

各実施例において、第3レンズ群L3は2枚の正レンズと1枚の負レンズで構成している。又、第3レンズ群L3は1面以上の非球面を有している。これによってズーミングに伴う収差変動を良好に補正している。

#### 【0041】

また、各実施例においては、第3レンズ群L3の一部又は全部を防振のために光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて光学系全体が振動したときの画像ぶれを補正している。

20

#### 【0042】

以上のように各実施例のズームレンズでは、現存する光学ガラスや蛍石とは異なる光学材料を応用している。そして、この光学材料より成る光学素子をズームレンズ中の適切な位置に適切な屈折力で配置することにより、色収差の補正を効果的に行ない高画質な像を得ている。また、従来の異常分散特性を有するガラスや蛍石等に比べ加工が容易で高性能のズームレンズを容易に得ている。

#### 【0043】

30

次に各実施例のレンズ構成について説明する。

#### 【実施例1】

#### 【0044】

図1の実施例1のレンズ構成について説明する。

#### 【0045】

図1のレンズ断面図において、L1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、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は正の屈折力の第4レンズ群である。

#### 【0046】

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1レンズ群L1は、像側に凸状の軌跡に沿って移動している。このとき第1レンズ群L1は、広角端に比べ望遠端において物体側に位置するように移動している。第2レンズ群L2は像面側へ凸状の軌跡に沿って移動し、変倍に伴う像面変動を補正している。第3レンズ群L3は物体側へ移動している。第4レンズ群L4は物体側へ凸状の軌跡に沿って移動している。

40

#### 【0047】

実施例1では、第4レンズ群L4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。望遠端において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同図矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことによって行っている。

#### 【0048】

50

第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々、無限遠物体と近距離物体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際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

#### 【0049】

軽量な第4レンズ群L4をフォーカスのために移動することで、例えば迅速な自動焦点調整を容易にしている。開口絞りSPはズーミングに際して、第3レンズ群L3と一緒に移動している。これにより、移動/可動で分けられる群数を少なくして、メカ構造を簡素化している。

#### 【0050】

第1レンズ群L1は有効レンズ径が大きいので、レンズ枚数が少ない方が好ましい。そこで第1レンズ群L1を正レンズと負レンズの、接合レンズ或いは独立の2枚のレンズで構成している。これにより第1レンズ群L1で発生する色収差を少なくしている。

#### 【0051】

第2レンズ群L2は、物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズ、両凹形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズの独立した3つのレンズより構成している。これによってズーミング時の収差変動を少なくし、特に広角端における歪曲収差や望遠端における球面収差を良好に補正している。

#### 【0052】

第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの2枚の正レンズと1枚の負レンズで構成している。第3レンズ群L3は1以上の非球面を有している。これによってズーミングに伴う収差変動を良好に補正している。

#### 【0053】

高ズーム比化に伴う望遠側の軸上色収差を良好に補正するため、第3レンズ群L3の正レンズと負レンズとの間を標準的な光学ガラスとは異なる固体材料で満たしている。例えば条件式(1), (2)を満たす樹脂材料(UV硬化樹脂)を光学ガラスでサンドイッチ構造とする事で、樹脂屈折面が露出した光学素子と比較して、耐環境性、信頼性を向上させている。

#### 【0054】

第3レンズ群L3を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて光学系全体が振動したときの像ぶれを補正するようにしている。

#### 【0055】

これにより、可変頂角プリズム等の光学部材や防振のためのレンズ群を新たに付加することなく防振を行うようにし、光学系全体が大型化するのを防止している。

#### 【実施例2】

#### 【0056】

図4の実施例2のレンズ構成について説明する。

#### 【0057】

図4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、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。

#### 【0058】

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L2は像面側に移動する。第5レンズ群L5は物体側に凸状の軌跡で移動する。第4レンズ群L4はS字状の軌跡で移動する。第1レンズ群L1と第3レンズ群L3はズーミングの為には移動しない。第5レンズ群L5は変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカスを行っている。

#### 【0059】

望遠端において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同図矢印5cに示すように第5レンズ群L5を物体側へ移動させることによって行っている。

#### 【0060】

10

20

30

40

50

第5レンズ群L5の実線の曲線5aと点線の曲線5bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

**【0061】**

第1レンズ群L1を1枚の負レンズと、2枚の正レンズで構成している。これにより望遠側での色収差補正を効果的に行っている。

**【0062】**

第2レンズ群L2を物体側から像側へ順に、像面側が凹面でメニスカス形状の負レンズ、負レンズ、両凸形状の正レンズ、負レンズで構成している。

**【0063】**

第3レンズ群L3を2枚の正レンズと1枚の負レンズより構成している。第3レンズ群L3中にUV硬化樹脂より成る光学素子GITを用いて実施例1と同様の効果を得ている。

**【0064】**

第4レンズ群L4を1枚の負レンズより構成している。

**【0065】**

第5レンズ群L5を物体側から像側へ順に両凸形状の正レンズ、両凸形状の正レンズ、負レンズ、正レンズより構成している。

**【実施例3】**

**【0066】**

図7の実施例3のレンズ構成について説明する。実施例3のズームレンズは、図4の実施例2と同様の屈折力配置の5つのレンズ群より成っている。

**【0067】**

広角端から望遠端へのズーミングに際し、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4は像側へ、第3レンズ群L3は物体側に凸状の軌跡で移動する。第5レンズ群L5はS字状の軌跡で移動している。

**【0068】**

第1レンズ群L1のレンズ構成は実施例2と同様である。第2レンズ群L2のレンズ構成は実施例1と同様である。

**【0069】**

第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に正レンズ、負レンズ、正レンズで構成している。そしてTiO<sub>2</sub>微粒子分散材料より成る光学素子GITを用いて色収差の補正を効果的に行っている。

**【0070】**

第4レンズ群L4は1枚の負レンズより成っている。第5レンズ群L5は正レンズと負レンズの接合レンズより成っている。

**【0071】**

第5レンズ群L5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。

**【0072】**

望遠端において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同図矢印5cに示すように第5レンズ群L5を前方に繰り出すことによって行っている。第5レンズ群L5に関する実線の曲線5aと点線の曲線5bは各々無限遠物体と近距離物体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際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

**【実施例4】**

**【0073】**

図10の実施例4のレンズ構成について説明する。実施例4のズームレンズは図1の実施例1と同様の屈折力配置の4つのレンズ群より成っている。

**【0074】**

10

20

30

40

50

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1レンズ群L1は、像側に凸状の軌跡に沿って移動している。このとき第1レンズ群L1は、広角端に比べ望遠端において物体側に位置するように移動している。

**【0075】**

第2レンズ群L2は像側へ移動している。第3、第4レンズ群L3、L4は物体側へ凸状の軌跡に沿って移動している。

**【0076】**

実施例4では、実施例1と同様に第4レンズ群L4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。

**【0077】**

第4レンズ群L4に関する矢印4a、4b、4cの技術的意味は実施例1と同じである。

**【0078】**

開口絞りSPは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とは独立に物体側へ移動している。開口絞りSPを第3レンズ群L3と別体にて移動させると、前玉径の小型化に有利となる。また、開口絞りSPを固定しても良い。この場合は絞りユニットを移動させる必要がないためズーミングの際、駆動させるアクチュエータの駆動トルクを小さく設定でき省電力化の点で有利となる。

**【0079】**

第1レンズ群L1は負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズの3枚のレンズで構成している。これによって第1レンズ群L1で発生する色収差を少なくしている。

**【0080】**

第2レンズ群L2のレンズ構成は、実施例1と同様である。

**【0081】**

第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に正レンズ、負レンズ、正レンズの2枚の正レンズと1枚の負レンズで構成している。

**【0082】**

第3レンズ群L3ではTiO<sub>2</sub>微粒子分散材料より成る光学素子GITを用いて色収差の補正を効果的に行っている。この他は実施例1と同様である。

**【0083】**

以下、数値実施例1～4の具体的な数値データを示す。各数値実施例において、iは物体側から数えた面の番号を示す。r<sub>i</sub>は第i番目の光学面(第i面)の曲率半径である。d<sub>i</sub>は第i面と第(i+1)面との間の軸上間隔である。n<sub>i</sub>、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、アッベ数である。fは焦点距離、FはFナンバー、θは半画角である。

**【0084】**

また、非球面形状は、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、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、B、C、D、E…を各次数の非球面係数とするとき、

**【0085】**

**【数1】**

$$X = \frac{h^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) (h / R)^2}} + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10} + A' h^3 + B' h^5 + C' h^7$$

**【0086】**

で表す。

**【0087】**

なお、各非球面係数における「E ± XX」は「× 1 0 ± × ×」を意味している。

**【0088】**

各実施例の最も像側の平面(曲率半径0の面)は、光学ブロックGを構成する面である

10

20

30

40

50

【0089】

又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を(表1)に示す。各実施例で使用した光学素子G I Tの材料のd, g, C, F線スペクトルに対する屈折率も(表1)に示す。

【0090】

【数2】

## 数値実施例1

10

$$f = 5.95 - 45.93 \quad F = 2.8 - 4.9 \quad 2\omega = 61.8^\circ - 8.9^\circ$$

r 1=	20.249	d 1=	1.00	n 1=	1.84666	v 1=	23.9
r 2=	14.163	d 2=	0.30	n 2=	1.69680	v 2=	55.5
r 3=	14.756	d 3=	3.60	n 3=	1.88300	v 3=	40.8
r 4=	588.446	d 4=可変		n 4=	1.69680	v 4=	55.5
r 5=	42.566	d 5=	0.65	n 5=	1.92286	v 5=	18.9
r 6=	6.411	d 6=	3.21				
r 7=	-16.800	d 7=	0.60	n 6=	1.58313	v 6=	59.4
r 8=	36.609	d 8=	0.60	n 7=	1.48749	v 7=	70.2
r 9=	16.196	d 9=	1.80	n 8=	1.63555	v 8=	22.7
r10=	104.247	d10=可変		n 9=	1.80518	v 9=	25.4
r11=	(絞り)	d11=	0.70				
r12=	8.853	d12=	2.30	n 10=	1.48749	v 10=	70.2
r13=	-17.423	d13=	0.20				
r14=	4.563	d14=	1.90	n 11=	1.51633	v 11=	64.1
r15=	13.129	d15=	0.50				
r16=	-106.190	d16=	0.70				
r17=	3.601	d17=可変					
r18=	8.977	d18=	2.00				
r19=	116.182	d19=可変					
r20=	$\infty$	d20=	1.30				
r21=	$\infty$						

20

30

焦点距離 可変間隔	5.95	16.53	45.93
d 4	0.40	9.14	16.02
d 10	18.17	6.62	1.99
d 17	7.02	8.50	19.45
d 19	2.00	5.77	2.40

40

【0091】

非球面係数

第12面 k=-1.71740 B=1.64017E-4 C= 8.02840E-7 D=1.88795E-8

第13面 k=-1.65387E-1 B=1.79023E-4 C=-1.56975E-6 D=1.04720E-7

【0092】

【数3】

## 数值実施例2

$$f = 9.2 - 100.0 \quad F = 2.9 - 3.6 \quad 2\omega = 62.0^\circ - 6.3^\circ$$

r 1=	92.739	d 1=	2.20	n 1=	1.84666	v 1=	23.8
r 2=	47.511	d 2=	7.70	n 2=	1.51633	v 2=	64.1
r 3=	-501.575	d 3=	0.40				
r 4=	43.329	d 4=	4.30	n 3=	1.69680	v 3=	55.5
r 5=	150.256	d 5=可変					10
r 6=	238.653	d 6=	1.30	n 4=	1.80400	v 4=	46.6
r 7=	12.713	d 7=	5.20				
r 8=	-47.834	d 8=	1.00	n 5=	1.80400	v 5=	46.6
r 9=	92.869	d 9=	0.40				
r10=	21.690	d10=	4.20	n 6=	1.84666	v 6=	23.8
r11=	-63.517	d11=	0.95	n 7=	1.83481	v 7=	42.7
r12=	34.805	d12=可変					
r13=	(絞り)	d13=可変					
r14=	42.754	d14=	2.60	n 8=	1.69680	v 8=	55.5
r15=	-37.933	d15=	0.50				
r16=	55.425	d16=	2.50	n 9=	1.48749	v 9=	70.2
r17=	-38.721	d17=	0.90	n10=	1.63555	v10=	22.7
r18=	-18.542	d18=	0.80	n11=	1.84666	v11=	23.8
r19=	-104.088	d19=可変					
r20=	-33.970	d20=	1.20	n12=	1.58313	v12=	59.4
r21=	627.516	d21=可変					
r22=	24.892	d22=	4.00	n13=	1.69680	v13=	55.5
r23=	-61.502	d23=	0.20				
r24=	18.234	d24=	5.00	n14=	1.49700	v14=	81.5
r25=	-29.501	d25=	0.80	n15=	1.80610	v15=	33.3
r26=	21.561	d26=	2.00				
r27=	-63.865	d27=	2.10	n16=	1.58313	v16=	59.4
r28=	-33.750	d28=可変					
r29=	$\infty$	d29=	3.50	n17=	1.51633	v17=	64.2
r30=	$\infty$						30

焦点距離 可変間隔	9.15	30.19	99.98
d 5	1.00	25.16	41.00
d 12	41.86	17.70	1.86
d 13	2.86	2.86	2.86
d 19	3.57	14.11	19.01
d 21	24.04	10.46	8.71
d 28	4.00	7.04	3.89

【0093】

非球面係数

第20面 k=-7.82015 B=-1.93647E-5 C= 2.08784E-7 D=-2.36483E-9

第28面 k=-1.58559 B= 6.33790E-5 C=-6.19819E-8 D=-3.59058E-10

【0094】

40

【数4】

## 数值実施例3

$f = 6.3 - 57.0$

$F = 3 - 3.4$

$2\omega = 58.9^\circ - 7.2^\circ$

r 1=	35.560	d 1=	1.30	n 1=	1.80518	v 1=	25.4
r 2=	20.807	d 2=	3.80	n 2=	1.48749	v 2=	70.2
r 3=	-413.620	d 3=	0.10				
r 4=	20.191	d 4=	2.40	n 3=	1.60311	v 3=	60.6
r 5=	77.716	d 5=可变		n 4=	1.88300	v 4=	40.8
r 6=	39.792	d 6=	0.70	n 5=	1.69680	v 5=	55.5
r 7=	6.059	d 7=	2.83	n 6=	1.92286	v 6=	18.9
r 8=	-34.143	d 8=	0.60	n 7=	1.69350	v 7=	53.2
r 9=	19.132	d 9=	0.40	n 8=	1.84666	v 8=	23.9
r10=	11.073	d10=	1.70	n 9=	1.35217	v 9=	64.0
r11=	29.453	d11=可变		n10=	1.60311	v10=	60.6
r12=	(絞り)	d12=	1.50	n11=	1.48749	v11=	70.2
r13=	11.762	d13=	2.00	n12=	1.80400	v12=	46.6
r14=	-40.753	d14=	3.00	n13=	1.84666	v13=	23.9
r15=	30.184	d15=	0.60				
r16=	8.205	d16=	0.27				
r17=	12.653	d17=	1.70				
r18=	-21.591	d18=可变					
r19=	-30.483	d19=	0.70				
r20=	8.689	d20=可变					
r21=	13.556	d21=	3.50				
r22=	-11.149	d22=	0.60				
r23=	-39.609	d23=可变					
r24=	$\infty$	d24=	1.30	n14=	1.51633	v14=	64.1
r25=	$\infty$						

30

焦点距離 可変間隔	6.33	18.99	56.99
d 5	0.70	10.38	19.17
d 11	20.48	7.67	1.48
d 18	1.50	4.60	1.98
d 20	6.74	6.60	9.62
d 23	3.00	3.17	0.17

\* 40

【0095】

非球面係数

第14面 k=-1.69741E2 B=-1.57759E-4 C=1.38087E-5 D=-3.93944E-7

【0096】

【数5】

## 数值実施例4

$f = 6.2 - 66.0$

$F = 3.4 - 3.4$

$2\omega = 59.8^\circ - 6.2^\circ$

r 1=	70.122	d 1=	1.50	n 1=	1.84666	v 1=	23.9
r 2=	37.674	d 2=	4.60	n 2=	1.48749	v 2=	70.2
r 3=	-271.830	d 3=	0.20				
r 4=	32.170	d 4=	2.85	n 3=	1.77250	v 3=	49.6
r 5=	78.377	d 5=可変		n 4=	1.83400	v 4=	37.2
r 6=	35.934	d 6=	0.90	n 5=	1.60311	v 5=	60.6
r 7=	7.800	d 7=	4.32				
r 8=	-34.640	d 8=	0.75				
r 9=	22.616	d 9=	0.70				
r10=	14.144	d10=	2.00	n 6=	1.92286	v 6=	18.9
r11=	30.965	d11=可変					
r12=	(絞り)	d12=可変					
r13=	11.405	d13=	2.70	n 7=	1.58313	v 7=	59.4
r14=	-57.639	d14=	2.30				
r15=	140.161	d15=	0.70	n 8=	1.83400	v 8=	37.2
r16=	9.430	d16=	0.95	n 9=	1.35217	v 9=	64.0
r17=	115.259	d17=	1.60	n10=	1.60311	v10=	60.6
r18=	-55.316	d18=可変					
r19=	40.182	d19=	2.50	n11=	1.69680	v11=	55.5
r20=	-21.790	d20=	0.60	n12=	1.84666	v12=	23.9
r21=	-47.741	d21=可変					
r22=	$\infty$	d22=	1.30	n13=	1.49831	v13=	65.1
r23=	$\infty$						

10

20

30

焦点距離 可変間隔	6.16	20.18	65.99
d 5	0.80	19.33	33.94
d 11	36.49	11.02	1.00
d 12	10.29	11.51	13.89
d 18	6.02	4.22	9.59
d 21	9.79	15.51	10.09
d 23	9.79	9.79	9.79

40

【0097】

非球面係数

第13面 k=-8.63724E-1    B = 1.36448E-4    C = 3.78036E-5    D = 5.47074E-7  
 E=-1.88292E-9    A'=-8.59213E-5    B'=-1.01902E-4    C'=-6.93498E-6

【0098】

## 【表1】

(表1)

条件式	光学素子G I Tの屈折率			
	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
n d	1.63555	1.63555	1.35217	1.35217
n g	1.67532	1.67532	1.35954	1.35954
n C	1.62807	1.62807	1.35061	1.35061
n F	1.65604	1.65604	1.35611	1.35611
(1) 条件式(1)の左辺の値	0.038	0.038	0.061	0.061
(2) $f_{GIT}/f_w$	3.1	6.0	9.8	4.9
(3) $f_{GIT}/f_3$	1.5	2.0	5.3	1.1
(4) $t_3/f_w$	0.9	0.9	1.1	3.2

## 【0099】

次に各実施例に示したような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13を用いて説明する。

## 【0100】

図13において、20はカメラ本体である。21は実施例1～4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。

## 【0101】

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。

## 【0102】

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。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0103】

【図1】実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1の広角端における諸収差図

【図3】実施例1の望遠端における諸収差図

【図4】実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図5】実施例2の広角端における諸収差図

【図6】実施例2の望遠端における諸収差図

【図7】実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図8】実施例3の広角端における諸収差図

【図9】実施例3の望遠端における諸収差図

【図10】実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図11】実施例4の広角端における諸収差図

【図12】実施例4の望遠端における諸収差図

【図13】本発明の撮像装置の要部概略図

## 【符号の説明】

## 【0104】

L1 第1レンズ群

L2 第2レンズ群

L3 第3レンズ群

10

20

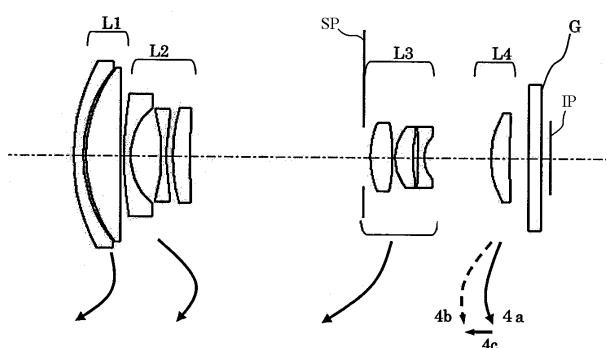
30

40

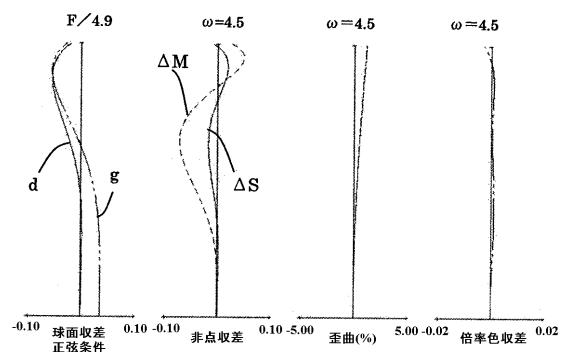
50

L 4 第4レンズ群  
 L 5 第5レンズ群  
 S P 開口絞り  
 I P 像面  
 G C C D のフォースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック  
 d d線  
 g g線  
 M メリディオナル像面  
 S サジタル像面

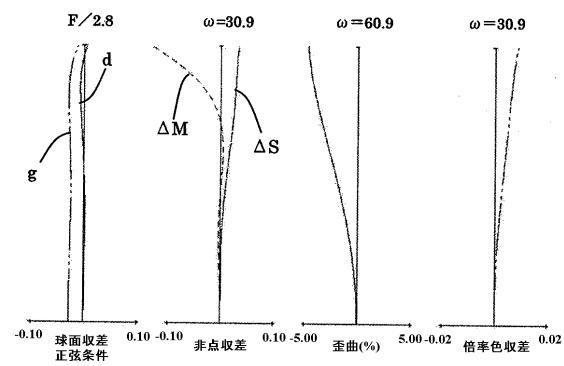
【図1】



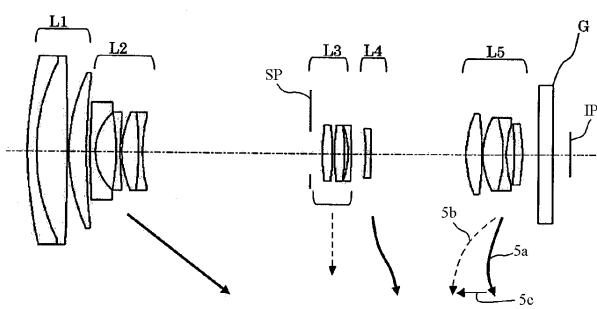
【図3】



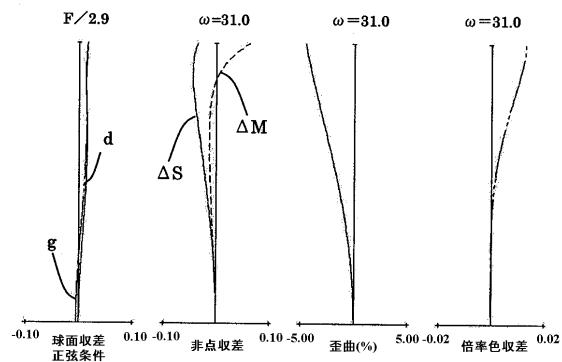
【図2】



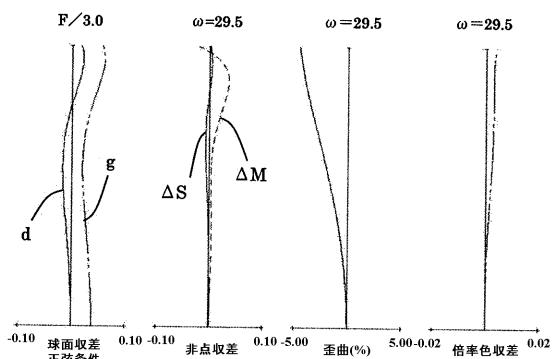
【図4】



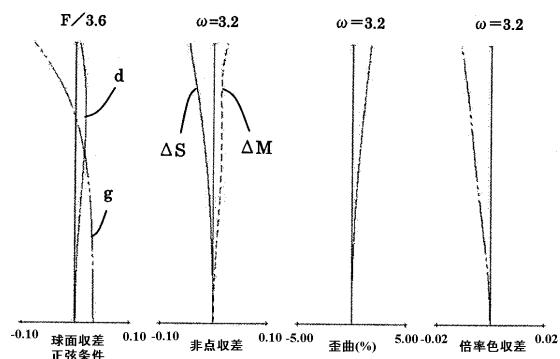
【図5】



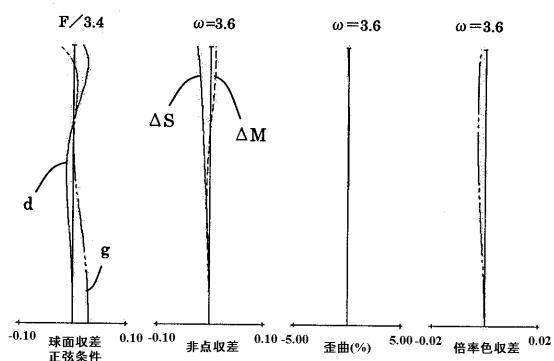
【図8】



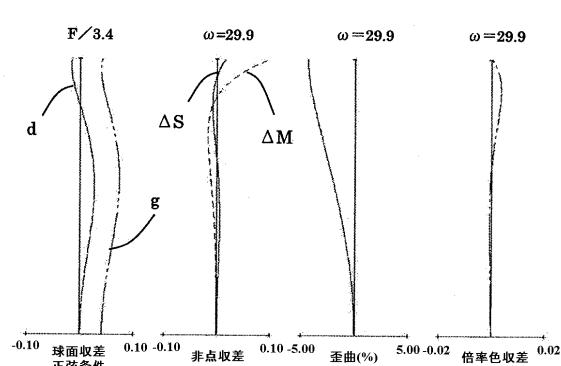
【図6】



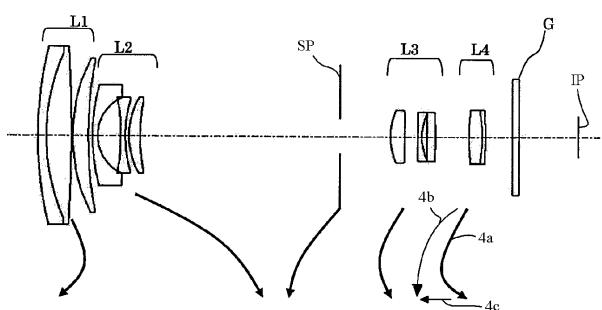
【図9】



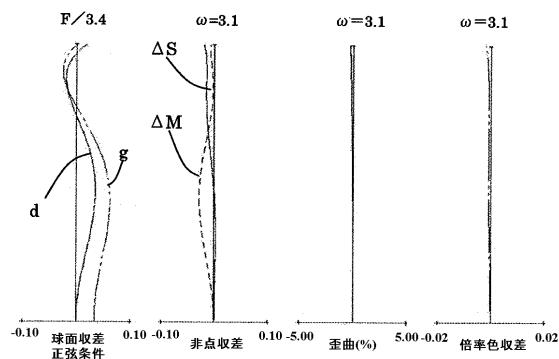
【図11】



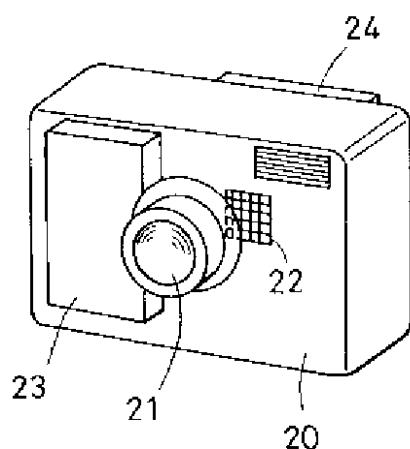
【図10】



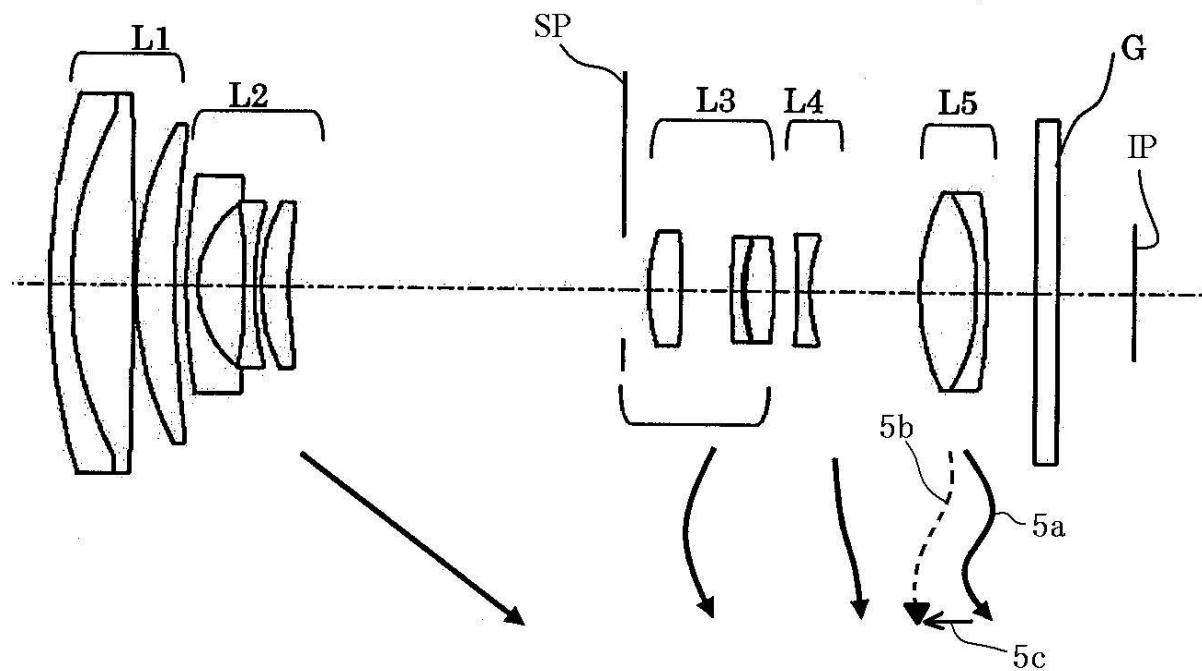
【図12】



【図13】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-148430(JP,A)  
特開2005-316186(JP,A)  
特開2005-352265(JP,A)  
特開2005-189670(JP,A)  
特開2005-316047(JP,A)

(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