

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4971726号

(P4971726)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(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 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2006-235427 (P2006-235427)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成18年8月31日(2006.8.31)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-58600 (P2008-58600A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成20年3月13日(2008.3.13)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成21年8月4日(2009.8.4)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	和田 健
			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	井上 信

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、負の屈折力の第1レンズ群と、正の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、ズーミングに際し、各レンズ群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において、該第1レンズ群は、レンズ要素と、該レンズ要素とは異なる光学特性を有し、該レンズ要素に積層される樹脂層を有する複合型光学素子で構成されており、該レンズ要素の屈折力と材料のd線に対するアッペ数を各々 a_1 、 a_2 、該樹脂層の屈折力と材料のd線に対するアッペ数を各々 b_1 、 b_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第1レンズ群の焦点距離を f_1 、該複合型光学素子の物体側と像側の面の曲率半径を各々 R_{11} 、 R_{12} とするとき、

$$0 < |(a_1/a_2 + b_1/b_2) f_w| < 0.00123$$

$$1.8 < |f_1/f_w| < 5.0$$

$$-0.34 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 0.20$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記樹脂層の光軸方向の厚みを t とするとき、

$$0.016 < t/f_w < 0.160$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項 3】

前記樹脂層の材料のd線に対するアッペ数 b は、

10

20

$$0 < b < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群は、単一の正レンズより成り、該正レンズの物体側と像側の面の曲率半径を各々 R_{31} 、 R_{32} とするとき、

$$-0.6 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【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、

$$0 < |f_w / f_3| < 0.6$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 6】

前記レンズ要素は、ガラス材より成ることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 7】

前記レンズ要素は負の屈折力より成り、前記樹脂層は、正の屈折力より成ることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【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 項記載のズームレンズ。

【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を有してい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】

本発明はスチルカメラやビデオカメラ、そしてデジタルスチルカメラ等に好適なズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関するものである。

【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）には、高機能であること、そしてカメラ全体がコンパクトであることが要望されている。そしてそれに伴い、これらのカメラに用いる光学系（撮像光学系）には、広画角で大口径でレンズ枚数が少なく、小型で、しかも高い光学性能を有するズームレンズであることが求められている。

【0003】

又、この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種光学部材が配置される。この為、それに用いるズームレンズには、比較的バックフォーカスが長いことが要求される。

【0004】

さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合、輝度や色のシェーディングを避けるため、それに用いるズームレンズには像側がテレセントリックであることが望まれている。

【0005】

像側がテレセントリックとしやすいズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負の屈折力の前群と正の屈折力の後群より成る、所謂レトロフォーカスタイプのズームレンズが知られている。

【0006】

このうち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、および正の屈折力の第 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

10

20

30

40

50

文献 1、2)。

【0007】

又、3群ズームレンズにおいて、高ズーム化に伴う諸収差を第3レンズ群で補正するようにしたズームレンズが知られている。(特許文献3、4)

又、3群ズームレンズにおいて、第1レンズ群を2枚で構成した小型の3群ズームレンズが知られている(例えば特許文献5、6)。

【特許文献1】特開2001-66503号公報

【特許文献2】特開2001-281545号公報

【特許文献3】特開平1-40913号公報

【特許文献4】特開2004-226850号公報

【特許文献5】特開2004-318104号公報

【特許文献6】特開2005-55496号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、カメラのコンパクト化とそれに用いるズームレンズの高倍化を両立することが行われている。このための方法として、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間隔まで縮小し、カメラ本体からのレンズの突出量を少なくする所謂沈胴式がある。

【0009】

ズームレンズを構成する各レンズ群のレンズ枚数が多いと、各レンズ群の光軸上の長さが長くなる(レンズ全長が長くなる)。又、各レンズ群のズミング及びフォーカシングにおける移動量が大きいとレンズ全長が長くなる。この結果非撮影時に各レンズ群を組み込んでも所望の沈胴長が得られず、沈胴式を利用するのが難しくなってくる。

【0010】

しかしながら、沈胴時のレンズ全長を短くするため及び全系のレンズ全長を短くするために、各レンズ群及び全系のレンズ枚数を単に削減した場合、球面収差やコマ収差といった単色の結像性能に関わった収差補正が困難となる。さらには、硝材が限られた使用範囲内となるため色収差を良好に補正する事も極めて困難となる。

【0011】

光学設計分野では、光学系を構成するレンズ面を非球面形状とする事によって、全体のレンズ枚数を削減する手法が多くとられている。しかしながら非球面を用いた場合、単色での結像性能に関わる収差は補正出来るものの、硝材の選択が支配的となる色収差を良好に補正する事が困難となる。

【0012】

また、レンズ面に非球面を加工する方法の一つとして、ベースとなるレンズ面上に樹脂等を積層させ、この樹脂層に非球面形状の金型を押し当てて非球面レンズを成形する方法がある。しかしながらこの方法は非球面を用いて収差を補正しつつ、レンズ全長を短くすることはできるが、レンズの材料と樹脂の材料の違いを適切に設定しないと、色収差を良好に補正することができない

特に、有効径が大きくなる第1レンズ群のレンズ構成が不適切であると全系をコンパクトにしつつ、高い光学性能を得るのが難しくなってくる。

【0013】

本発明は全系の構成レンズ枚数が少なく、レンズ全長が短く、且つ諸収差を良好に特に色収差を良好に補正した高い光学性能を有す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。

【0014】

この他本発明は全系の、構成レンズ枚数が少なく、広画角で高いズーム比でかつ、優れた光学性能を有する沈胴式に好適な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】

10

20

30

40

50

【0015】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群と、正の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、ズーミングに際し、各レンズ群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において、該第1レンズ群は、レンズ要素と、該レンズ要素とは異なる光学特性を有し、該レンズ要素に積層される樹脂層を有する複合型光学素子で構成されており、該レンズ要素の屈折力と材料のd線に対するアッペ数を各々 a_1 、 a_2 、該樹脂層の屈折力と材料のd線に対するアッペ数を各々 b_1 、 b_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第1レンズ群の焦点距離を f_1 、該複合型光学素子の物体側と像側の面の曲率半径を各々 R_{11} 、 R_{12} とするとき、

$$\begin{aligned} 0 < | (a_1 / a_2 + b_1 / b_2) f_w | < 0.00123 \\ 1.8 < | f_1 / f_w | < 5.0 \\ -0.34 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 0.20 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、

全系の構成レンズ枚数が少なく、レンズ全長が短く、且つ諸収差を良好に特に色収差を良好に補正した高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

【実施例1】

【0019】

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。

【0020】

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、図2（A）、（B）はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端と、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。

【0021】

実施例1は、ズーム比3.9、開口比2.9～6.5程度のズームレンズである。

【0022】

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、図4（A）、（B）はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端と、望遠端における収差図である。実施例2は、ズーム比3.9、開口比2.9～6.5程度のズームレンズである。

【0023】

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、図6（A）、（B）はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端と、望遠端における収差図である。実施例3は、ズーム比3.8、開口比2.9～5.7程度のズームレンズである。

【0024】

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、図8（A）、（B）はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端と、望遠端における収差図である。実施例4は、ズーム比3.9、開口比2.9～6.5程度のズームレンズである。

【0025】

図9は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0026】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。各実施例のズームレンズを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やCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に被写体像を形成する。

【0027】

10

20

30

40

50

各レンズ断面図において、左方が被写体（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、L 1 は負の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第 1 レンズ群、L 2 は正の屈折力の第 2 レンズ群、L 3 は正の屈折力の第 3 レンズ群である。G は光学フィルター、フェースプレート等に相当するガラスブロック、I P は像面である。

【 0 0 2 8 】

収差図において、d、g は各々 d 線（波長 5 8 7 . 6 n m）、g 線（波長 4 3 5 . 8 n m）を表している。M、S は各々メリディオナル像面、サジタル像面を表している。F n o は F ナンバー、 θ は半画角である。

【 0 0 2 9 】

10

尚、各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群（第 2 レンズ群 L 2 又は、第 2、第 3 レンズ群 L 2、L 3）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。

【 0 0 3 0 】

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 L 1 が像側に凸の軌跡で移動、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に単調に移動し、第 3 レンズ群 L 3 が像側又は物体側へ単調に移動している。

【 0 0 3 1 】

即ち、各実施例では、ズーミングに際し、各レンズ群間隔が変化するように各レンズ群が移動している。

20

【 0 0 3 2 】

実施例 1、2、4 では、第 3 レンズ群 L 3 でフォーカスを行なっている。

【 0 0 3 3 】

実施例 3 では、第 1 レンズ群 L 1 でフォーカスを行っている。

【 0 0 3 4 】

第 1 レンズ群 L 1 は、ガラス材又は樹脂より成る負の屈折力のレンズ要素 G a と、レンズ要素 G a とは異なる光学特性を有し、レンズ要素 G a に積層される樹脂層 G b を有する複合型光学素子 G c で構成されている。

【 0 0 3 5 】

樹脂層 G b は、正の屈折力のレンズ作用（屈折作用）をする。

30

【 0 0 3 6 】

レンズ要素 G a の少なくとも 1 つの面は、非球面形状である。

【 0 0 3 7 】

レンズ要素 G a は、ガラス材料を研磨することにより又はガラス材料をモールド成形することにより形成されている。

【 0 0 3 8 】

樹脂層 G b の少なくとも一つの面は、非球面形状である。

【 0 0 3 9 】

各実施例では、レンズ群中に効果的に非球面を導入することによって軸外諸収差、特に非点収差および大口径比化した際の球面収差の補正を効果的に行っている。

40

【 0 0 4 0 】

ここでレンズ要素 G a とは、ガラス材より成るレンズ、プラスチック材より成るレンズ等のその面上に樹脂が積層出来る基板となる光学素子（レンズ）の事である。又、積層される樹脂層とはレンズ要素と異なる光学特性を有していれば、前もって成形された樹脂層でも良い。レンズ要素 G a は製造上の観点から材料の安定性を考えるとガラス材であることが望ましい。

【 0 0 4 1 】

次に各実施例のズームレンズの構成について説明する。

【 0 0 4 2 】

図 1 の実施例 1 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

50

レンズ群 L 1 が像側に凸状の往復移動し、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に、第 3 レンズ群 L 3 が像側へ移動している。

【 0 0 4 3 】

実施例 1 のズームレンズは、第 2 レンズ群 L 2 の移動により主な変倍を行い、第 1 レンズ群 L 1 の往復移動および第 3 レンズ群 L 3 による像側移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

【 0 0 4 4 】

実施例 1 においては、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を両面が凹形状の負レンズ(レンズ要素) G a と、この負レンズの像面側に積層された樹脂層 G b とで構成している。

【 0 0 4 5 】

第 2 レンズ群 L 2 は物体側から順に、両凸形状の正レンズと、両凹形状の負レンズを接合した接合レンズと、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズと物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズを接合した接合レンズで構成している。

【 0 0 4 6 】

第 3 レンズ群 L 3 は像面側が凸面でメニスカス形状の正レンズで構成している。

【 0 0 4 7 】

図 3 の実施例 2 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 L 1 が像側に凸状の往復移動、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に移動し、第 3 レンズ群 L 3 は像側に移動する。

【 0 0 4 8 】

第 2 レンズ群 L 2 の移動により主な変倍を行い、第 1 レンズ群 L 1 の往復移動及び第 3 レンズ群 L 3 による像側方向への移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

【 0 0 4 9 】

実施例 2 においては、第 1 レンズ群 L 1 を両面が凹形状の負レンズ(レンズ要素 G a)と、この負レンズの像面側に積層された樹脂層 G b とで構成している。

【 0 0 5 0 】

第 2 レンズ群 L 2 は物体側から順に、両凸形状の正レンズと、両凹形状の負レンズと、物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズで構成している。

【 0 0 5 1 】

第 3 レンズ群 L 3 は両凸形状の正レンズで構成している。

【 0 0 5 2 】

図 5 の実施例 3 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 L 1 が像側に凸状の往復移動、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に移動し、第 3 レンズ群 L 3 は物体側に移動する。

【 0 0 5 3 】

第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の移動により主な変倍を行い、第 1 レンズ群 L 1 の往復移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

【 0 0 5 4 】

実施例 3 においては、第 1 レンズ群 L 1 を両面が凹形状の負レンズ(レンズ要素) G a と、この負レンズの像面側に積層された樹脂層 G b とで構成している。

【 0 0 5 5 】

第 2 レンズ群 L 2 は物体側から順に、両凸形状の正レンズと、物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズで構成している。

【 0 0 5 6 】

第 3 レンズ群 L 3 は両凸形状の正レンズで構成している。

【 0 0 5 7 】

図 7 の実施例 4 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 L 1 が像側に凸状の往復移動し、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に、第 3 レンズ群 L 3 が像側へ移動している。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

実施例 4 のズームレンズは、第 2 レンズ群 L 2 の移動により主な変倍を行い、第 1 レンズ群 L 1 の往復移動および第 3 レンズ群 L 3 による像側移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

【 0 0 5 9 】

実施例 4 においては、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を両面が凹形状の負レンズ(レンズ要素) G a と、この負レンズの像面側に積層された樹脂層 G b とで構成している。

【 0 0 6 0 】

第 2 レンズ群 L 2 は物体側から順に両凸形状の正レンズと、両凹形状の負レンズを接合した接合レンズと、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズと物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズを接合した接合レンズで構成している。

10

【 0 0 6 1 】

第 3 レンズ群 L 3 は像面側が凸面でメニスカス形状の正レンズで構成している。

【 0 0 6 2 】

以上のように、各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は、レンズ要素(負レンズ) G a とこのレンズ要素に積層された樹脂層 G b にて構成した複合型光学素子 G c を有している。この樹脂層 G b を例えば光または熱により硬化する硬化性樹脂によって作成する場合、一般的には成型型を用いて光重合成型または熱重合成型によって作成される。このため、樹脂厚を十分に薄く設定することが容易となり、硝子で構成した場合と比較して光学系全体のコンパクト化が容易となる。

【 0 0 6 3 】

20

したがって成型型の形状を予め非球面形状としておけば、比較的容易にレンズ要素 G a の境界面とは反対側の面(物体側の面)を非球面形状とすることができる。

【 0 0 6 4 】

また、全ての実施例において、レンズ要素は、樹脂層との境界面とは反対側の面を非球面形状としている。また、レンズ要素と樹脂層との境界面についても非球面形状としても良い。

【 0 0 6 5 】

次に各実施例の前述した以外の特徴について説明する。

【 0 0 6 6 】

レンズ要素 G a の屈折力と材料の d 線に対するアッベ数を各々 n_a 、 v_a とする。樹脂層 G b の屈折力と材料の d 線に対するアッベ数を各々 n_b 、 v_b とする。広角端における全系の焦点距離を f_w とする。

30

【 0 0 6 7 】

第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_1 とする。

【 0 0 6 8 】

複合型光学素子 G c の物体側と像側の面の曲率半径を各々 R_{11} 、 R_{12} とする。

【 0 0 6 9 】

樹脂層 G b の光軸方向の厚みを t とする。

【 0 0 7 0 】

第 3 レンズ群 L 3 は、単一の正レンズより成り、正レンズの物体側と像側の面の曲率半径を各々 R_{31} 、 R_{32} とする。

40

【 0 0 7 1 】

第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を f_3 とする。

【 0 0 7 2 】

このとき、各実施例では以下の条件式のうち 1 以上を満足している。

【 0 0 7 3 】

$$0 < |(n_a / v_a + n_b / v_b) f_w| < 0.00123 \dots (1)$$

$$1.8 < |f_1 / f_w| < 5.0 \dots (2)$$

$$-0.34 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 0.20 \dots (3)$$

)

50

$$0.016 < t / f_w < 0.160 \quad \dots (4)$$

$$0 < b < 30 \quad \dots (5)$$

$$-0.6 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 3.0 \quad \dots (6)$$

$$0 < |f_w / f_3| < 0.6 \quad \dots (7)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0074】

条件式(1)は、レンズ要素G aと樹脂層G bとの間の色消しに関する条件式である。条件式(1)の上限値を超えると、十分な色消し効果が得られない。そのため、広角端における倍率色収差、および望遠端における軸上色収差等の第1レンズ群L 1によって発生する色収差の補正を十分に行う事が難しい。

10

【0075】

条件式(2)は、第1レンズ群L 1と広角端における全系の焦点距離の比に関する条件式である。条件式(2)の下限値を超えると、第1レンズ群L 1の屈折力が強くなりすぎて、特に広角端における樽型の歪曲収差が大きくなる。逆に上限を超えると所望の長さのバックフォーカスがとれなくなるため好ましくない。

【0076】

条件式(3)は、第1レンズ群L 1のレンズ要素G aと樹脂層G bからなる複合型光学素子G cの空気と接する両屈折面の形状を規定するものである。下限を超えると物体側の屈折面の曲率半径が小さくなり過ぎ広角端などにおける樽型の歪曲収差が大きくなる。また逆に上限を超えると像側の屈折面の曲率半径が小さくなり高次のコマ、ハ口成分が多く発生するようになるため好ましくない。

20

【0077】

条件式(4)は、樹脂層G bをレンズ要素G aに貼るときの厚さを適切に設定するものである。

【0078】

条件式(4)の下限を超えると、樹脂層G bが薄すぎて第1レンズ群L 1の主たる屈折力を担うレンズ要素G aに対して色消しをするために十分な正の屈折力が得られず所望の色消し効果が得られない。また上限を超えると樹脂層G bが厚くなりすぎて、第1レンズ群L 1及びレンズ全系のコンパクト化の効果が得られなくなってくる。

30

【0079】

各実施例において、負の屈折力の第1レンズ群L 1に含まれる複合型光学素子G cは、レンズ要素G a及び樹脂層G bによって構成され、この樹脂層G bは光入射側と光射出側が共に屈折面である。

【0080】

樹脂層G bは全体として正の屈折力を有しており、この樹脂層G bの光学材料特性として、分散が大きな(高い)材料を使用して、色収差の補正効果を高めている。

【0081】

条件式(5)は、このときの樹脂層G bの材質のd線に対するアッベ数 b_v を適切に設定するためのものである。

40

【0082】

条件式(5)の上限を超えると、第1レンズ群L 1の内部での色消し効果が弱くなってしまい、ズーム時の色収差の変動が大きくなるため好ましくない。

【0083】

条件式(5)を満足する樹脂の具体例として、様々な樹脂の中でも特にUV硬化樹脂($N_d = 1.635$, $b_v = 22.7$, $g_F = 0.69$)がある。尚、条件式(5)を満足する樹脂であれば、これに限定するものではない。

【0084】

また条件式(6)は、第3レンズ群L 3の正レンズのレンズ形状に関する。

【0085】

50

条件式(6)の下限を超えると正レンズの物体側の正の屈折力が強くなりすぎて、ズーム時に第1レンズ群L1にて発生する像面湾曲等の収差変動を打ち消すことが難しくなる。また上限を超えると像側の正の屈折力が強くなりすぎて特に望遠端について無限遠物体から至近物体への合焦時の像面湾曲の変動が大きくなる。

【0086】

条件式(7)は第3レンズ群L3と広角端における全系の焦点距離の比を表したものである。下限を超えると第3レンズ群L3の屈折力が小さすぎるため第1、第2レンズ群L1、L2の合成屈折力を強く設定しなければならない。このため、特に広角端において歪曲・像面湾曲等の軸外収差を補正するのが難しくなる。また上限を超えると第3レンズ群L3の屈折力が強すぎてしまい特に望遠端において、諸収差の物体距離に関する変動が大きくなる。

10

【0087】

尚、各実施例においては、例えば公知の電氣的収差補正方法によって、歪曲収差を補正するようにしても良い。

【0088】

各実施例において、更に好ましくは、前述した条件式(1)~(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0089】

$$0 < |(a/a + b/b)f_w| < 0.00120 \quad \dots (1a)$$

$$1.8 < |f_1/f_w| < 4.0 \quad \dots (2a)$$

$$-0.34 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 0.10 \quad \dots (3a)$$

$$0.050 < t/f_w < 0.120 \quad \dots (4a)$$

$$1.0 < b < 2.7 \quad \dots (5a)$$

$$-0.6 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 2.0 \quad \dots (6a)$$

$$0.3 < |f_w/f_3| < 0.6 \quad \dots (7)$$

20

各実施例は以上の様に各要素を設定する事により、特に、固体撮像素子を用いた撮影系に好適なズームレンズを得ている。

30

【0090】

特に各実施例によれば構成レンズ枚数が少なくコンパクトで、沈胴式のズームレンズに適した、ズーム比が3~4倍程度の諸収差特に色収差を良好に補正した、高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【0091】

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カメラ(撮像装置)の実施例を図9を用いて説明する。

【0092】

図9において、20はデジタルカメラ本体、21は上述の実施例1~5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は撮影光学系21によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子(光電変換素子)である。23は撮像素子22が受光した被写体像を記録する記録手段、24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。

40

【0093】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。

【0094】

このように本発明のズームレンズをデジタ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を実現している。

50

【 0 0 9 5 】

次に、本発明の実施例 1 ～ 4 に対応する数値実施例 1 ～ 4 を示す。数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示し、 R_i は第 i 番目のレンズ面（面）の曲率半径、 D_i は第 i 面と第 $(i + 1)$ 面との間のレンズ肉厚および空気間隔、 N_i 、 ν_i はそれぞれ第 i 番目の部材の d 線に対する屈折率、アッベ数を示す。

【 0 0 9 6 】

は広角端、 T は望遠端である。

【 0 0 9 7 】

数値実施例 1、2、4 において最も像側の 5 面、数値実施例 3 において最も像側の 4 面はフェースプレート等のガラス材である。また、 k は円錐係数、 A 、 B 、 C 、 D 、 E は各々非球面係数である。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

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。

【 0 0 9 8 】

又「 $e - 0x$ 」は「 $x \times 10^{-x}$ 」を意味している。 f は焦点距離、 Fno は F ナンバー、 ω は半画角を示す。

【 0 0 9 9 】

又、前述の各条件式と各実施例との関係を表 1 に示す。

【 0 1 0 0 】

10

20

【数 1】

数値実施例1

f: 6.0mm~23.0mm Fno: 2.88~6.54 ω : 30.81° ~ 8.78°

	R	D	N	ν
1	(非球面)	1.00	1.487	70.2
2	13.601	0.62	1.636	22.7
3	(非球面)	(可変)		
4	(非球面)	2.02	1.860	40.3
5	-35.271	0.50	1.699	30.1
6	3.091	0.34		
7	18.036	0.50	1.801	35.0
8	2.513	1.69	1.883	40.8
9	296.852	(可変)		
10	(非球面)	2.69	1.487	70.2
11	(非球面)	(可変)		
12	inf. ∞	0.35	1.544	70.6
13	inf. ∞	0.50	1.494	75.0
14	inf. ∞	0.10		
15	inf. ∞	0.50	1.516	64.1
16	inf. ∞			

10

20

群間隔データ	焦点距離	
	W	T
d 3	17.74	0.45
d 9	1.92	17.67
d11	4.27	1.61

非球面データ

	(1/R)	k	A	B	C	D	E
1	-6.316e-02	5.997e-01	4.262e-05	7.705e-06	-1.510e-07	8.728e-10	3.593e-12
3	4.096e-02	1.020e+01	-1.577e-04	2.317e-06	1.514e-07	-8.563e-09	1.039e-10
4	2.253e-01	-4.037e-01	3.234e-05	-1.034e-06	2.875e-06	-4.716e-07	0.000e+00
10	-1.104e-02	0.000e+00	-6.470e-04	1.042e-05	-2.700e-06	-1.171e-08	-2.327e-11
11	-1.558e-01	-4.583e-01	7.221e-05	-1.126e-05	-7.177e-07	-2.560e-08	4.476e-13

30

【0 1 0 1】

【数 2】

数値実施例2

f: 6.0mm~23.0mm Fno: 2.88~6.50

 ω : 31.29° ~ 8.96°

	R	D	N	ν
1	(非球面)	1.00	1.487	70.2
2	15.047	0.38	2.104	17.1
3	(非球面)	(可変)		
4	(非球面)	2.52	1.860	40.3
5	-7.734	0.50	1.741	27.8
6	3.319	1.60		
7	9.307	1.35	1.883	40.8
8	24.467	(可変)		
9	(非球面)	2.19	1.487	70.2
10	(非球面)	(可変)		
11	inf. ∞	0.35	1.544	70.6
12	inf. ∞	0.50	1.494	75.0
13	inf. ∞	0.10		
14	inf. ∞	0.50	1.516	64.1
15	inf. ∞			

10

20

群間隔データ	焦点距離	
	W	T
d 3	18.28	0.45
d 8	1.23	17.17
d10	4.14	1.61

非球面データ

	(1/R)	k	A	B	C	D	E
1	6.180e-02	7.072e-01	9.149e-05	4.656e-06	-9.418e-08	9.380e-10	-3.438e-12
3	5.135e-02	2.457e+00	-6.910e-05	5.997e-07	5.707e-08	-2.061e-09	2.195e-11
4	2.178e-01	-4.327e-01	1.323e-06	-2.781e-05	7.799e-06	-9.614e-07	0.000e+00
9	1.102e-02	0.000e+00	1.325e-04	3.039e-06	-1.384e-06	8.154e-08	-3.525e-12
10	-1.299e-01	-1.004e+00	4.196e-04	9.186e-06	-2.859e-06	1.256e-07	2.228e-12

30

【 0 1 0 2 】

【数 3】

数値実施例3

f: 6.5mm~24.2mm Fno: 2.92~5.67 ω : 28.77° ~ 8.34°

	R	D	N	ν
1	(非球面)	0.70	1.589	61.1
2	8.157	0.51	1.636	22.7
3	(非球面)	(可変)		
4	(非球面)	2.84	1.772	49.6
5	(非球面)	0.10		
6	40.192	0.50	1.762	26.5
7	4.169	(可変)		
8	(非球面)	2.93	1.564	60.7
9	(非球面)	(可変)		
10	inf. ∞	0.26	1.544	70.6
11	inf. ∞	0.50		
12	inf. ∞	0.50	1.516	64.1
13	inf. ∞			

10

群間隔データ	焦点距離	
	W	T
d 3	13.84	0.07
d 7	1.63	2.93
d 9	7.70	22.21

20

非球面データ

	(1/R)	k	A	B	C	D	E
1	-8.214e-02	1.460e+00	4.960e-04	-2.734e-05	2.081e-06	-4.633e-08	0.000e+00
3	5.922e-02	-1.897e+00	3.581e-04	-4.476e-05	4.087e-06	-1.084e-07	0.000e+00
4	1.863e-01	-2.917e+00	1.808e-03	-5.550e-05	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
5	-4.466e-02	-2.762e+01	3.572e-04	-5.728e-05	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
8	1.194e-01	4.342e+00	1.110e-04	-6.759e-05	3.216e-06	-3.312e-07	0.000e+00
9	-3.146e-02	-5.820e+01	5.378e-04	2.322e-05	-3.631e-07	3.675e-07	0.000e+00

30

【 0 1 0 3 】

【数 4】

数値実施例4

f: 6.0mm~23.0mm Fno: 2.88~6.51

 ω : 30.81° ~ 8.79°

	R	D	N	ν
1	(非球面)	1.00	1.497	81.5
2	15.507	0.53	1.636	22.7
3	(非球面)	(可変)		
4	(非球面)	2.02	1.860	40.3
5	-37.129	0.50	1.699	30.1
6	3.069	0.35		
7	19.175	0.50	1.801	35.0
8	2.511	1.69	1.883	40.8
9	2330.994	(可変)		
10	(非球面)	2.69	1.487	70.2
11	(非球面)	(可変)		
12	inf. ∞	0.35	1.544	70.6
13	inf. ∞	0.50	1.494	75.0
14	inf. ∞	0.10		
15	inf. ∞	0.50	1.516	64.1
16	inf. ∞			

10

20

群間隔データ	焦点距離	
	W	T
d 3	17.81	0.45
d 9	1.92	17.64
d11	4.28	1.61

非球面データ

(1/R)	k	A	B	C	D	E
1-6.182e-02	7.819e-01	2.863e-05	7.667e-06	-1.439e-07	8.557e-10	2.882e-12
3 3.784e-02	1.089e+01	-1.595e-04	2.438e-06	1.537e-07	-8.021e-09	9.777e-11
4 2.267e-01	-4.022e-01	3.603e-05	-3.054e-06	3.237e-06	-4.902e-07	0.000e+00
10-1.009e-02	0.000e+00	-6.390e-04	1.375e-05	-2.763e-06	-5.656e-09	-2.327e-11
11-1.545e-01	-4.614e-01	5.106e-05	-8.326e-06	-7.531e-07	-2.402e-08	4.476e-13

30

【0 1 0 4】

【表 1】

条件式		下限	上限	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	$ (\phi_a/\nu_a + \phi_b/\nu_b)f_w $	0.0000	0.0012	1.64E-04	7.20E-04	1.19E-03	1.08E-04
(2)	$ f_1/f_w $	1.80	5.00	3.62	3.65	1.91	3.63
(3)	$(R_{11}+R_{12})/(R_{11}-R_{12})$	-0.34	0.20	-0.21	-0.09	-0.16	-0.24
(4)	t/f_w	0.016	0.160	0.105	0.065	0.079	0.089
(5)	ν_b	0.0	30.0	22.7	17.1	22.7	22.7
(6)	$(R_{31}+R_{32})/(R_{31}-R_{32})$	-0.60	3.00	1.15	0.84	-0.58	1.14
(7)	f_w/f_3	0.00	0.60	0.42	0.41	0.53	0.42

40

【図面の簡単な説明】

【0 1 0 5】

【図 1】実施例 1 のレンズ断面図

50

【図 2】実施例 1 の広角端と望遠端の収差図

【図 3】実施例 2 のレンズ断面図

【図 4】実施例 2 の広角端と望遠端の収差図

【図 5】実施例 3 のレンズ断面図

【図 6】実施例 3 の広角端と望遠端の収差図

【図 7】実施例 4 のレンズ断面図

【図 8】実施例 4 の広角端と望遠端の収差図

【図 9】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

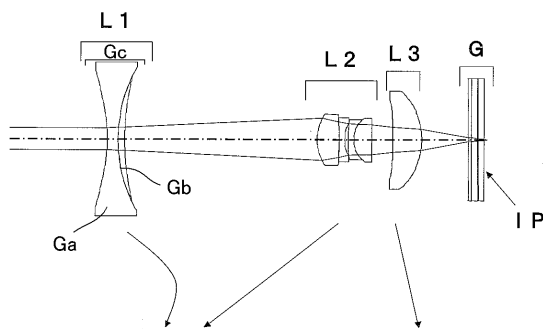
【 0 1 0 6 】

- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- L 3 第 3 レンズ群
- I P 像面
- G ガラスブロック
- d d 線
- g g 線
- S サジタル像面
- M メリディオナル像面
- G a レンズ要素
- G b 樹脂層
- G c 複合型光学素子

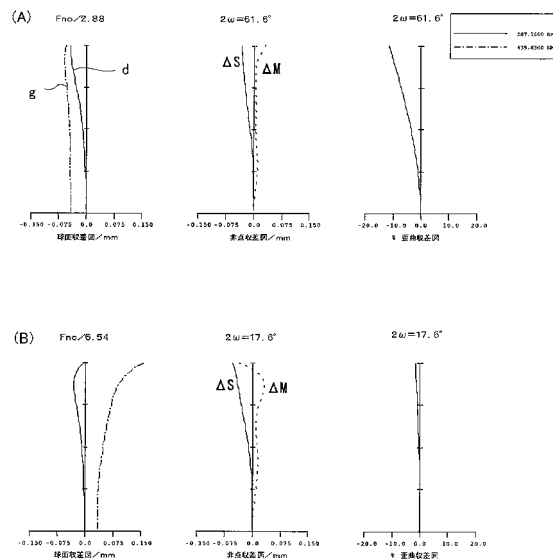
10

20

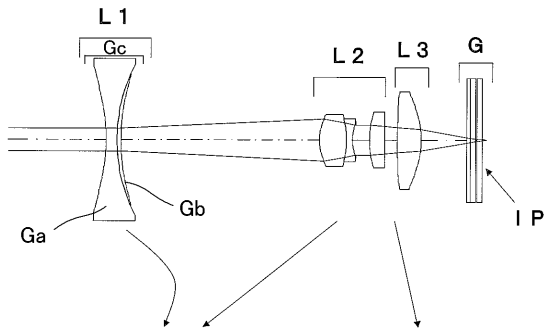
【図 1】



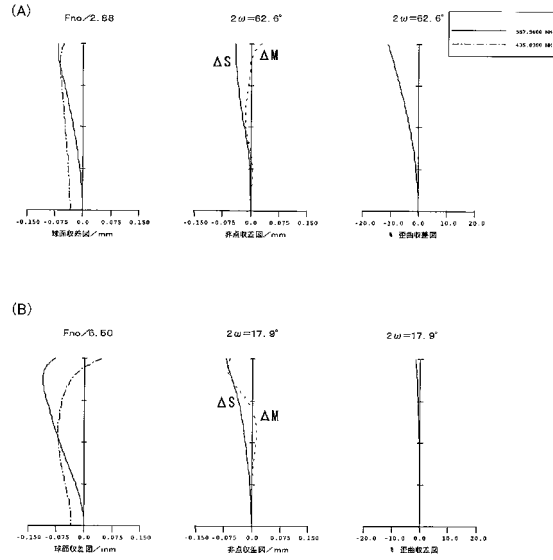
【図 2】



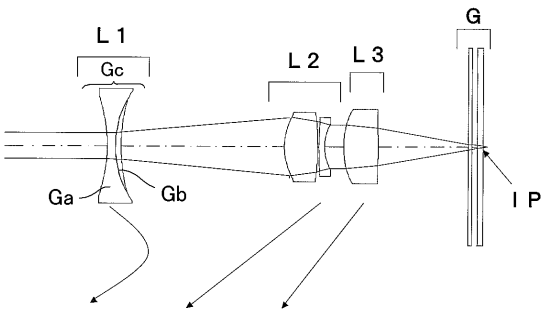
【図 3】



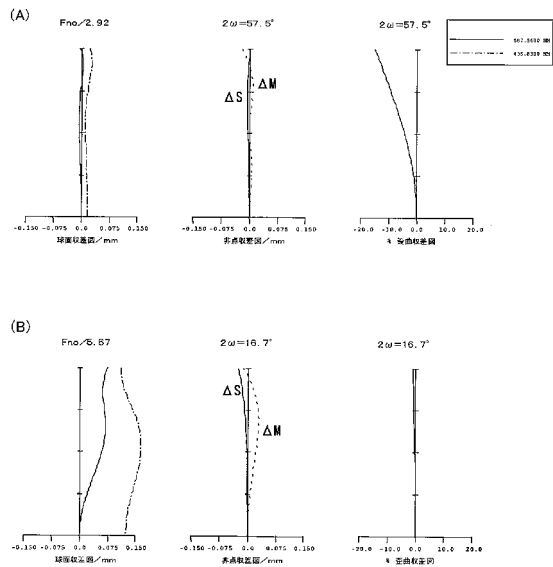
【図 4】



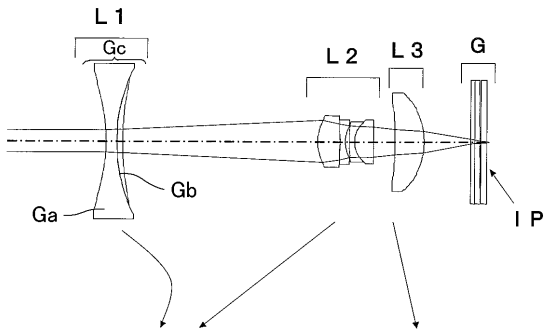
【図 5】



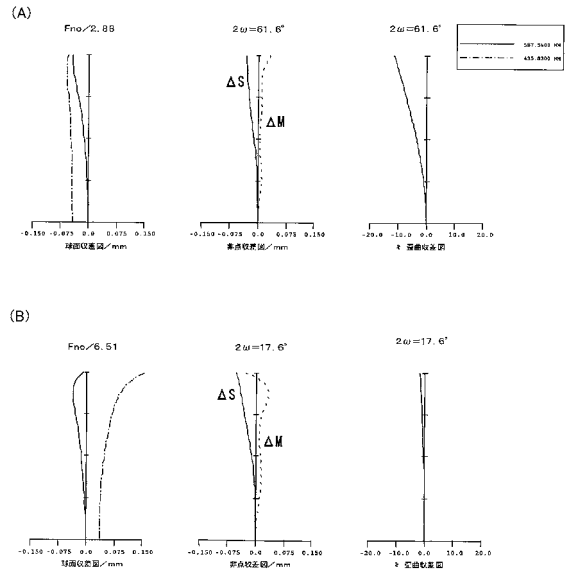
【図 6】



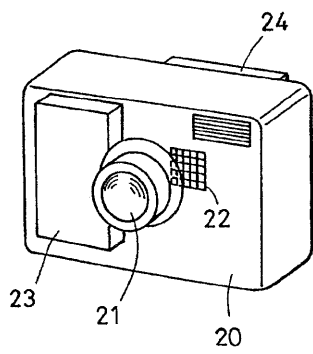
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-39063(JP,A)
特開2005-284098(JP,A)
特開昭64-40913(JP,A)
特開2005-156830(JP,A)
欧州特許出願公開第01659422(EP,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 15/00 - 15/28