

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4585796号  
(P4585796)

(45) 発行日 平成22年11月24日(2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月10日(2010.9.10)

(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 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2004-167214 (P2004-167214)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成16年6月4日(2004.6.4)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-345891 (P2005-345891A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成17年12月15日(2005.12.15)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成19年5月29日(2007.5.29)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	猿渡 浩
			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	原田 英信

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、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群からなり、各レンズ群の間隔を変化させてズームを行うズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $2z$ 、前記第3レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $3z$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、前記ズームレンズの望遠端での焦点距離を  $f_t$  とするとき

$$2.6 < 2z / 3z < 3.5$$

$$0.6 < |f_1 / f_t| < 0.7$$

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】

前記ズームレンズの広角端での全長を  $D_w$ 、望遠端での全長を  $D_t$ 、前記ズームレンズの広角端での焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$0.4 < (D_t - D_w) / f_w < 1.2$$

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】

広角端から望遠端へのズームングに際し、前記第3レンズ群は広角端に対し望遠端で像側に位置するよう移動すると共に、前記第3レンズ群の広角端から望遠端へのズーム

グに際する移動量を  $M_3$ 、前記ズームレンズの広角端での焦点距離を  $f_w$  とするとき、  
 $0.3 < M_3 / f_w < 0.6$

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】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第 2 レンズ群は物体側に単調に移動し、前記第 3 レンズ群は像側に移動することを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれかのズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群は、負レンズと正レンズの 2 枚のレンズにより成り、該負レンズは非球面レンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれかのズームレンズ。

10

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は、正レンズとその像側に配置された負レンズとを接合したレンズを有することを特徴とする請求項 1 ~ 5 いずれかのズームレンズ。

【請求項 7】

光電変換素子上に像を形成することを特徴とする請求項 1 ~ 6 いずれかのズームレンズ。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 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た像を受光する光電変換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】

20

【技術分野】

【0001】

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の撮影光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

最近、CCD センサや CMOS センサ等の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）の高機能化にともない、それに用いる撮影光学系には広い画角を包含した大口径比のズームレンズが求められている。

【0003】

30

この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、光学的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を配置するため、それに用いる撮影光学系には、比較的バックフォーカスの長いレンズ系が要求される。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、色シェーディングを避けるため、それに用いる光学系には像側のテレセントリック特性の良いものが望まれている。

【0004】

従来、負の屈折力の第 1 レンズ群と正の屈折力の第 2 レンズ群の 2 つのレンズ群で構成され、双方のレンズ間隔を変えてズーミングを行う、所謂ショートズームタイプの 2 群ズームレンズが種々提案されている。これらのショートズームタイプのズームレンズでは、正の屈折力の第 2 レンズ群を移動させることで変倍を行い、負の屈折力の第 1 レンズ群を移動させることで変倍に伴う像点位置の補正を行っている。これらの 2 つのレンズ群より成るレンズ構成においては、ズーム比は 2 倍程度である。

40

【0005】

さらに 2 倍以上の高いズーム比を有しつつ、レンズ全体をコンパクトな形状にまとめるため、例えば特許文献 1 や特許文献 2 等に 2 群ズームレンズの像側に負または正の屈折力の第 3 レンズ群を配置し、高ズーム比化に伴って発生する諸収差の補正を行った、所謂 3 群ズームレンズが提案されている。

【0006】

バックフォーカスとテレセントリック特性を満足する 3 群ズームレンズが、例えば、特許文献 3 や特許文献 4 等で提案されている。また、特許文献 5 には、3 群ズームレンズに

50

において負の屈折力の第1レンズ群を固定とし、正の屈折力の第2レンズ群と正の屈折力の第3レンズ群を移動させてズームを行う光学系も開示されている。同様に特許文献6～10にも3群ズームレンズが開示されている。

【特許文献1】特公平7-3507号公報

【特許文献2】特公平6-40170号公報

【特許文献3】特開昭63-135913号公報

【特許文献4】特開平7-261083号公報

【特許文献5】特開平3-288113号公報

【特許文献6】特開平7-261083号公報

【特許文献7】米国特許第4999007号明細書

【特許文献8】特開平11-23967号公報

【特許文献9】特開平11-287953号公報

【特許文献10】特開2001-296475号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1や特許文献2に開示された3群ズームレンズは、主として35mmフィルム写真用に設計されているため、固体撮像素子を用いた光学系に求められるバックフォーカスの長さと、良好なテレセントリック特性を両立したものとは言い難かった。

【0008】

特許文献3～5に開示されたズームレンズは、各レンズ群の構成枚数が比較的多く、レンズ全長が長い、製造コストが高いなどの欠点を有していた。

【0009】

特許文献6に開示されたズームレンズは、負の屈折力の第1レンズ群の最も物体側に正レンズが配置されており、特に広画角化した場合、レンズ外径が増大する傾向があった。さらに、この例では負の屈折力の第1レンズ群を移動させて近距離物体へのフォーカシングを行わせているため、ズームングでの移動とあいまってメカ構造が複雑化する傾向があった。

【0010】

特許文献7に開示されたズームレンズは、第1レンズ群、第2レンズ群をそれぞれ1枚の単レンズで構成したシンプルな構成であるものの、広角端でのレンズ全長が比較的大きく、さらに広角端での第1レンズ群と開講絞りが大きく離れているため軸外光線の入射高が大きく第1レンズ群を構成するレンズの径が増大してしまうため、レンズ系全体が大きくなっていく傾向があった。

【0011】

特許文献8に開示されたズームレンズは、2.5倍以上のズーム比であるが、広角端から望遠端まで十分な光学性能を確保した上で、固体撮像素子に適するように十分な射出瞳距離を確保するために、レンズ全長の点では十分なコンパクト化がなされているとは言えない。

【0012】

特許文献9に開示されたズームレンズは、第1レンズ群及び第2レンズ群を各々3枚の単レンズで構成されており、また特許文献10に開示されたズームレンズは、更に第1レンズ群を2枚で構成することで、更にコンパクト化を実現している。しかしながら、これらは、いずれもズーム比が3倍程度であり、更なる高ズーム比化した際に求められる構成条件を開示したものではない。

【0013】

本発明はこれらの従来例を踏まえてなされたもので、レンズ構成枚数を増やすことなく、より大きなズーム比を実現したとしても全ズーム域において優れた光学性能が維持できる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 1 4 】

上記目的を達成するため、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、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有し、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において、第2レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $2z$ 、第3レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $3z$  とするとき、

$$2.6 < 2z / 3z < 3.5$$

なる条件を満足するようにし、第2レンズ群と第3レンズ群の変倍分担が適切に設定した。

## 【 発明の効果 】

10

## 【 0 0 1 5 】

本発明によれば、レンズ構成枚数を増やすことなく、従来よりも大きなズーム比で、しかも優れた光学性能のズームレンズを達成することができる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 6 】

以下に図面を用いて本発明の実施例について説明する。本実施例で開示するズームレンズは、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）上に被写体像を形成するデジタルスチルカメラ等の撮像装置用の撮影光学系である。

## 【 0 0 1 7 】

図1、3、5、7はそれぞれ実施例1（数値実施例1）、参考例1（数値実施例2）、実施例2（数値実施例3）、実施例3（数値実施例4）のズームレンズの広角端でのレンズ断面図である。図2、4、6、8はそれぞれ実施例1、参考例1、実施例2、3のズームレンズの収差図であり、（a）が広角端の状態、（b）が望遠端での状態である。

20

## 【 0 0 1 8 】

各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。L1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、L2は正の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群である。SPは開口絞り、Fは光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター、カバーガラス等の光路中に存在する平行平板に対応して設計上設けたガラスブロックである。

## 【 0 0 1 9 】

30

収差図において、d、gは各々d線及びg線、Mはメリディオナル像面、Sはサジタル像面、倍率色収差はg線によって表している。

## 【 0 0 2 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、各レンズ群の間隔が変化するように、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡の一部を描いて移動、第2レンズ群は物体側に移動、第3レンズ群は像側に移動している。

## 【 0 0 2 1 】

各実施例のズームレンズでは、第2レンズ群L2の移動により主な変倍を行い、第1レンズ群L1の略往復移動及び第3レンズ群の一旦物体側へ移動した後の像側方向への凸状の移動によって変倍に伴う像位置の移動を補正している。

40

## 【 0 0 2 2 】

第3レンズ群L3は、撮像素子の小型化に伴う撮影レンズの屈折力の増大を分担し、第1、第2レンズ群L1、L2で構成されるショートズーム系の屈折力を減らすことで、特に第1レンズ群L1を構成するレンズでの収差の発生を抑え、良好な光学性能を達成するために用いられている。また、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を第3レンズ群L3にフィールドレンズの役割を持たせることで達成している。

## 【 0 0 2 3 】

また、実施例1、2では、開口絞りSPを第2レンズ群L2の最も物体側に配置し、広角側での入射瞳と第1レンズ群L1との距離を縮めることで、第1レンズ群L1を構成す

50

るレンズの外径の増大を抑えると共に、開口絞り S P を挟んで第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 とで軸外の諸収差を打ち消し合うように作用させることで、構成レンズ枚数を増やさずに良好な光学性能を得ている。

【 0 0 2 4 】

一方、実施例 3 では、第 2 レンズ群 L 2 内に開口絞り S P を配置し、その物体側に物体側が凸形状の正レンズを配置することで、第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の望遠端での光軸上間隔を極めて小さくすることが可能となる。その結果、全長の短縮とともに、前玉径の小型化が可能となっている。

【 0 0 2 5 】

いずれの実施例のズームレンズも、第 1 レンズ群 L 1 は少なくとも 1 枚の負レンズと 1 枚の正レンズを有し、第 2 レンズ群 L 2 は正レンズとその像側に配置された負レンズとを接合した接合レンズを有し、第 3 レンズ群は少なくとも 1 枚の正レンズを有している。

【 0 0 2 6 】

次に各実施例のズームレンズの具体的なレンズ構成について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示した実施例 1 のズームレンズは、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を、物体側から像側へ順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ 1 1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ 1 2 の 2 枚のレンズで構成している。そして、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 を、物体側から像側へ順に、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 1、両レンズ面が凹形状の負レンズ 2 2、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ 2 3、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 4 の 4 枚のレンズで構成している。そして、正レンズ 2 1 と負レンズ 2 2 とを接合レンズ、負レンズ 2 3 と正レンズ 2 4 とを接合レンズとしている。又、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 を両レンズ面が凸形状の正レンズ 3 1 で構成している。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示した参考例 2 のズームレンズは、実施例 1 のズームレンズと各レンズ群を構成するレンズ枚数、正・負の配置等は全く同じであるが、レンズ形状が異なっているものがある。実施例 2 の第 1 レンズ群 L 1 は、メニスカス形状の負レンズ 1 1 とメニスカス形状の正レンズ 1 2 から構成される。第 2 レンズ群 L 2 は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズ 2 1、同じく像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ 2 2、メニスカス形状の負レンズ 2 3、両面が凸形状の正レンズ 2 4 で構成され、正レンズ 2 1 と負レンズ 2 2、負レンズ 2 3 と正レンズ 2 4 を接合レンズとしている。第 3 レンズ群 L 3 は、像側の面が平面の正レンズ 3 1 で構成している。

【 0 0 2 9 】

図 5 に示した実施例 2 のズームレンズは、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を、他の実施例と同様に像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ 1 1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ 1 2 の 2 枚のレンズで構成している。そして正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 を、物体側から像側へ順に、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 1、両レンズ面が凹形状の負レンズ 2 2、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 3 で構成し、正レンズ 2 1 と負レンズ 2 2 とを接合レンズとしている。又、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 を両レンズ面が凸形状の正レンズ 3 1 で構成している。

【 0 0 3 0 】

図 7 に示した実施例 3 のズームレンズは、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を、やはり他の実施例と同様に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ 1 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ 1 2 の 2 枚のレンズで構成している。そして正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 を、物体側から像側へ順に、物体側が凸形状の正レンズ 2 1、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 2、両レンズ面が凹形状の負レンズ 2 3、両レンズ面が凸形状の正レンズ 2 4 で構成し、レンズ 2 2 と負レンズ 2 3 とを接合レンズとしている。又、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 を両レンズ面が凸形状の正レンズ 3 1 で構成している。

【 0 0 3 1 】

以上のように、各実施例のズームレンズにおいては、各レンズ群を所望の屈折力配置と収差補正とを両立するレンズ構成とすることにより、良好な性能を保ちつつ、レンズ系全体のコンパクト化を達成している。

#### 【0032】

次に各実施形態全体にわたる一般的な特徴について説明する。

#### 【0033】

第1レンズ群L1は、軸外主光線を開口絞りSPの中心に瞳結像させる役割を持っており、特に広角側においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が発生し易い。

#### 【0034】

各実施例はいずれも通常の広角レンズと同様、最も物体側のレンズ径の増大が抑えられる負レンズと正レンズの構成としている。そして、必要に応じてメニスカス状の負レンズ11の像側のレンズ面を、レンズ周辺で負の屈折力が弱くなる形状の非球面とすることにより、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正すると共に、少ないレンズ枚数で第1レンズ群L1を構成し、レンズ全体のコンパクト化に寄与している。

#### 【0035】

また第1レンズ群L1を構成する各レンズは、軸外主光線の屈折によって生じる軸外収差の発生を抑えるために開口絞りSPと光軸が交差する点を中心とする同心球面に近い形状をとっている。

#### 【0036】

次に第2レンズ群L2は、そのレンズ群中の最も物体側に、像側に比べて物体側に強い屈折力の凸面を有する正レンズ21を配置し、第1レンズ群L1を射出した軸外主光線の屈折角を少なくし、軸外諸収差の発生が少ないレンズ形状としている。

#### 【0037】

また、開口絞りSP近傍に配置された正レンズは、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差、コマ収差の補正に関与しているレンズである。したがって、第2レンズ群L2の開口絞りSP近傍に配置された正レンズの物体側のレンズ面は、レンズ周辺で正の屈折力が弱くなる形状の非球面とするのが良い。これによれば、球面収差、コマ収差を良好に補正するのが容易となる。

#### 【0038】

さらに各実施例においては、固体撮像素子の高画素化及びセルピッチの微細化に伴って要求される、色収差量の縮小化に対応するために、第2レンズ群L2に接合レンズを配置することにより、軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正している。

#### 【0039】

また、実施例1においては、正レンズ21と負レンズ22を接合した全体として正の屈折力を有する接合レンズと、負レンズ23と、正レンズ24の4つのレンズより構成している。この構成による利点は、所謂トリプレットタイプにおける負レンズ成分の屈折力を2成分に分離し、トリプレットタイプのような単一の負レンズ成分による収差補正方法に対して、収差補正上の自由度を増やすことにある。この結果、トリプレットタイプでは、負レンズ成分のガラス厚を増大させることにより補正していた軸外フレアの補正や、負レンズ成分の前後に設けた2つの負の空気レンズによる球面収差補正を行う必要が無くなり、トリプレットタイプに比較して第2レンズ群L2の光軸上の厚みを小さくすることが可能となる。これは、光学全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮に寄与している。

#### 【0040】

次に第3レンズ群L3は、物体側に凸面を設けた形状の正レンズ31より構成し、像側テレセントリックにするためのフィールドレンズとしての役割をも有している。

#### 【0041】

いま、バックフォーカスを $s_k$ 、第3レンズ群の焦点距離を $f_3$ 、第3レンズ群の結像倍率を $\beta_3$ とすると、

$$s_k = f_3 (1 - \beta_3)$$

10

20

30

40

50

の関係が成り立っている。

【 0 0 4 2 】

但し、

$$0 < \beta_3 < 1.0$$

である。

【 0 0 4 3 】

ここで、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 L 3 を像側に移動するとバックフォーカス  $s_k$  が減少することになり、第 3 レンズ群 L 3 の結像倍率  $\beta_3$  は望遠側で増大する。

【 0 0 4 4 】

すると、結果的に第 3 レンズ群 L 3 で変倍を分担できて、第 2 レンズ群 L 2 の移動量が減少し、そのためのスペースが節約できるためにレンズ系の小型化に寄与する。

【 0 0 4 5 】

各実施例のズームレンズを用いて無限遠物体から近距離物体への撮影をする場合には、第 1 レンズ群 L 1 を物体側へ移動することで良好な性能を得られるが、さらに望ましくは、第 3 レンズ群 L 3 を物体側に移動させるようにしても良い。

【 0 0 4 6 】

これは、最も物体側に配置した第 1 レンズ群 L 1 をフォーカシングさせた場合に生じる、前玉径の増大、レンズ重量が最も重い第 1 レンズ群 L 1 を移動させる事によるアクチュエーターの負荷の増大を防ぎ、さらに第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 とをカム等で単純に連携してズーミング時に移動させることが可能となり、メカ構造の簡素化及び精度向上を達成できるためである。

【 0 0 4 7 】

また、第 3 レンズ群 L 3 にてフォーカシングを行う場合、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 L 3 を像側に移動させることにより、フォーカシング移動量の大きい望遠端で第 3 レンズ群 L 3 をより像側に配置することができる。このため、ズーミング及びフォーカシングで必要となる第 3 レンズ群 L 3 の総移動量を最小とすることが可能となり、レンズ系のコンパクト化を達成している。

【 0 0 4 8 】

尚、各実施例のズームレンズは、高ズーム比において良好なる光学性能を得るため、又レンズ系全体の小型化を図るために次に示す諸条件を満足している。本発明のズームレンズにおいて、これらの諸条件の少なくとも 1 つを満足することにより、それぞれの条件式を満足することによる光学性能の向上、又はレンズ系全体の小型化といった効果が得られる。

【 0 0 4 9 】

第 2 レンズ群 L 2 の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $\beta_{2z}$ 、第 3 レンズ群 L 3 の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $\beta_{3z}$  とするとき、

$$2.6 < \beta_{2z} / \beta_{3z} < 3.5 \quad \dots\dots (1)$$

なる条件を満足している。

【 0 0 5 0 】

条件式 (1) は、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の変倍分担を表したものであり、下限値を超えると第 2 レンズ群 L 2 の変倍負担が不充分となり、3 倍を超える大きなズーム比の実現は難しい。あるいは、第 3 レンズ群 L 3 の移動量が大きくなることで、全長の短縮化の点で問題が生じる。一方、上限値を超えると、第 2 レンズ群 L 2 の変倍負担が大きくなりすぎるため、群を構成するレンズ枚数を増やし、第 2 レンズ群 L 2 内での収差の負担を分散させる必要が出てくるため、結果として小型化が困難になる。

【 0 0 5 1 】

条件式 (1) は更に好ましくは次のごとく設定するのが良い。

$$2.65 < \beta_{2z} / \beta_{3z} < 3.35 \quad \dots\dots (1a)$$

## 【 0 0 5 2 】

次に、前玉径の小型化と、広角端の画面周辺部での像面湾曲を補正するためには、ズームレンズ全系の広角端での全長を  $D_w$ 、望遠端での全長を  $D_t$ 、ズームレンズ全系の広角端での焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$0.4 < (D_t - D_w) / f_w < 1.2 \quad \dots\dots (2)$$

なる条件を満足するのがよい。

## 【 0 0 5 3 】

条件式 (2) は、ズーム端でのレンズ全長の比率を表したものであり、下限値を超えると、広角端における軸外での入射光束高さが大きくなり、広角端での像面収差の補正に不利である。レンズの外径は、最も物体側にある負レンズの外径でほぼ決まるため、広角端での入射光束高さが大きくなるということは、レンズの小径化と相反する。

10

## 【 0 0 5 4 】

一方、上限値を超えると、第1レンズ群  $L_1$  の移動量が大きくなるため、像側に凸状の移動軌跡を持つ本実施例のズームタイプでは、駆動手段への負担が大きい。第3レンズ群  $L_3$  の像側への移動量を増やすことも考えられるが、各種フィルター類がレンズ系と撮像素子との間に配置されていることを考えると、バックフォーカスの確保は必須であり、これも小型化の障害となる。

## 【 0 0 5 5 】

条件式 (2) は更に好ましくは次のごとく設定するのが良い。

$$0.45 < (D_t - D_w) / f_w < 1.1 \quad \dots\dots (2a)$$

20

## 【 0 0 5 6 】

次に、4倍程度のズーム比を確保した上で、全長の小型化を図るためには、広角端から望遠端のズームングに際する第3レンズ群の移動量 (広角端での位置と望遠端での位置の差) を  $M_3$  とするとき、

$$0.3 < M_3 / f_w < 0.6 \quad \dots\dots (3)$$

なる条件を満足するのがよい。

## 【 0 0 5 7 】

条件式 (3) は第3レンズ群の移動量に関する条件であり、下限値を超えると、第3レンズ群での十分な変倍が得られなくなるため、高倍化を達成するのが困難になる。

30

## 【 0 0 5 8 】

一方、上限値を超えると、第3レンズ群の像側への移動量が大きくなるため、条件式 (2) で述べたように小型化には不利である。

## 【 0 0 5 9 】

条件式 (3) は更に好ましくは次のごとく設定するのが良い。

$$0.34 < M_3 / f_w < 0.55 \quad \dots\dots (3a)$$

## 【 0 0 6 0 】

高ズーム比化と共に十分なバックフォーカスを確保するためには、第1レンズ群  $L_1$  の焦点距離を  $f_1$ 、ズームレンズ全系の望遠端での焦点距離を  $f_t$  とするとき、

$$0.6 < |f_1 / f_t| < 0.7 \quad \dots\dots (4)$$

なる条件を満足するのがよい。

40

## 【 0 0 6 1 】

条件式 (4) は、第1レンズ群  $L_1$  の屈折力を適切に保つための条件式であり、下限値を超えると、第1レンズ群  $L_1$  の屈折力が強くなることで、ズームングの差異の歪曲や像面湾曲の変動の補正が難しくなる。逆に上限値を超えると、バックフォーカスの確保が困難になる。

## 【 0 0 6 2 】

次に実施例 1、参考例 1、実施例 2、3 に対応する数値実施例 1 ~ 4 の数値データを示す。数値実施例において、 $f$  は焦点距離、 $F_n o$  は F ナンバー、 $\omega$  は半画角である。 $i$  は物体側より数えた順序を示し、 $R_i$  は第  $i$  番目の面の曲率半径、 $D_i$  は第  $i$  番目の面と第  $(i+1)$  番目の面との軸上間隔、 $N_i$  と  $i$  は各々第  $i$  番目の面と第  $(i+1)$  番目の

50



面との間の材料の d 線を基準とした屈折率とアッペ数である。

【 0 0 6 3 】

非球面形状は、光の進行方向を正とし、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 ~ E を各々非球面係数とするとき、

【 0 0 6 4 】

【 数 1 】

$$x = \frac{(1/R) h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) (h/R)^2}} + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10}$$

10

【 0 0 6 5 】

なる式で表している。なお「D ± Z」は「x 1 0 ± Z」を意味する。

【 0 0 6 6 】

又前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【 0 0 6 7 】

( 数値実施例 1 )

$$f = 6.03 \sim 22.94 \quad Fno = 2.7 \sim 5.6 \quad 2 = 61.0^\circ \sim 17.6^\circ$$

R1=	85.239	D1=	1.30N1=	1.80238	1=	40.2
R2=	5.262	D2=	1.62N2=	1	2=	1
R3=	9.055	D3=	1.80N3=	1.84666	3=	23.9
R4=	25.992	D4=	可変	N4= 1	4=	1
R5=		D5=	0.64	N5= 1	5=	1
R6=	4.478	D6=	2.00N6=	1.80238	6=	40.8
R7=	-26.613	D7=	0.50N7=	1.69895	7=	30.1
R8=	3.659	D8=	0.70N8=	1	8=	1
R9=	12.478	D9=	0.50N9=	1.69895	9=	30.1
R10=	6.194	D10=	1.80N10=	1.58313	10=	59.4
R11=	-21.779	D11=	可変	N11= 1	11=	1
R12=	15.944	D12=	1.30N12=	1.48749	12=	70.2
R13=	-139.647	D13=	可変	N13= 1	13=	1
R14=		D14=2.00	N14=	1.51633	14=	64.1
R15=						

20

30

	\ 焦点距離	6.03	11.71	22.94
可変間隔 \				
D4		16.50	4.67	0.69
D11		5.17	8.96	24.62
D13		3.95	5.77	1.00

40

非球面係数

第 2 面

$$k = -1.71216$$

$$B = 8.94917D-04 \quad C = -5.38070D-06 \quad D = 1.19609D-08 \quad E = 1.11975D-09$$

第 6 面

$$k = -3.42673D-01$$

$$B = -5.51323D-05 \quad C = 1.21893D-06 \quad D = 3.54443D-08 \quad E = -3.54915D-09$$

( 数値実施例 2 )

$$f = 6.09 \sim 24.17 \quad Fno = 2.8 \sim 5.7 \quad 2 = 60.5^\circ \sim 16.7^\circ$$

50

R1= 186.908	D1= 1.70	N1= 1.69350	1= 53.3
R2= 5.400	D2= 1.98	N2= 1	2= 1
R3= 9.188	D3= 2.00	N3= 1.76182	3= 26.5
R4= 20.411	D4= 可変	N4= 1	4= 1
R5=	D5= 2.00	N5= 1	5= 1
R6= 5.183	D6= 2.20	N6= 1.80610	6= 40.7
R7= 23.821	D7= 0.50	N7= 1.69895	7= 30.1
R8= 4.549	D8= 0.60	N8= 1	8= 1
R9= 9.640	D9= 2.60	N9= 1.80610	9= 33.3
R10= 4.317	D10= 可変	N10= 1.58313	10= 59.4
R11= -23.713	D11= 1.60	N11= 1	11= 1
R12= 17.314	D12= 可変	N12= 1.48749	12= 70.2
R13=	D13= 3.96	N13= 1	13= 1
R14=	D14= 2.00	N14= 1.51633	14= 64.1
R15=			

10

\ 焦点距離	6.09	12.21	24.17
可変間隔 \			
D 4	19.00	6.54	0.78
D11	5.65	13.19	28.27
D13	3.96	3.62	1.34

20

非球面係数

第 2 面

k=-2.47397

B=1.39245D-03 C=-1.76536D-05 D=1.93211D-07

第 6 面

k=-7.60196D-01

B=3.94992D-04 C= 8.06311D-06 D=1.52192D-07 E=2.30274D-09

30

( 数值実施例 3 )

f = 6.12 ~ 23.0 F no = 2.6 ~ 5.6 2 = 60.2° ~ 17.5°

R1= 46.462	D1= 1.30	N1= 1.68343	1= 52.4
R2= 4.790	D2= 1.90	N2= 1	2= 1
R3= 7.607	D3= 1.60	N3= 1.76182	3= 26.5
R4= 13.722	D4= 可変	N4= 1	4= 1
R5=	D5= 0.64	N5= 1	5= 1
R6= 4.715	D6= 2.25	N6= 1.80238	6= 40.7
R7= 31.015	D7= 0.55	N7= 1.80518	7= 25.4
R8= 4.090	D8= 0.70	N8= 1	8= 1
R9= 14.127	D9= 1.45	N9= 1.60311	9= 60.6
R10= -16.232	D10= 可変	N10= 1	10= 1
R11= 17.960	D11= 1.60	N11= 1.48749	11= 70.2
R12= -35.631	D12= 可変	N12= 1	12= 1
R13=	D13= 2.00	N13= 1.54427	13= 70.6
R14=			

40

\ 焦点距離	6.12	11.84	23.00
--------	------	-------	-------

50

可変間隔 \

D 4	16.00	4.29	1.52
D10	6.21	9.31	27.30
D12	3.76	6.74	1.67

非球面係数

第 2 面

$$k=-1.58884$$

$$B=1.21851D-03 \quad C=-5.16576D-06 \quad D=1.94233D-07$$

第 6 面

$$k=-3.68649D-01$$

$$B=1.42548D-05 \quad C=3.14446D-06 \quad D=-2.37539D-09 \quad E=5.32019D-09$$

10

( 数値実施例 4 )

$$f = 6.09 \sim 22.98 \quad Fno = 2.6 \sim 5.6 \quad 2 = 60.5^\circ \sim 17.6^\circ$$

R1=	133.316	D1=1.70	N1=1.80238	1=40.8	
R2=	5.400	D2=1.79	N2=1	2=1	
R3=	9.671	D3=2.00	N3=1.80518	3=25.4	
R4=	43.024	D4=17.00	N4=1	4=1	20
R5=	9.859	D5=1.20	N5=1.60311	5=60.6	
R6=		D6=1.20	N6=1	6=1	
R7=		D7=1.20	N7=1	7=1	
R8=	6.288	D8=2.30	N8=1.7433	8=49.2	
R9=	-20.810	D9=0.50	N9=1.76182	9=26.5	
R10=	4.665	D10=1.50	N10=1	10=1	
R11=	34.534	D11=1.20	N11=1.84666	11=23.9	
R12=	-93.876	D12=2.18	N12=1	12=1	
R13=	16.453	D13=1.60	N13=1.48749	13=70.2	
R14=	-42.191	D14=3.95	N14=1	14=1	30
R15=		D15=2	N15=1.51633	15=64.1	
R16=		D16=0.19936	N16=1	16=1	

\ 焦点距離 6.09 11.76 22.98

可変間隔 \

D 4	17.00	5.73	0.49
D12	2.18	8.75	21.54
D14	3.95	3.47	0.59

非球面係数

第 2 面

$$k=-2.32625$$

$$B=1.30212D-03 \quad C=-2.35872D-05 \quad D=6.52041D-07 \quad E=-1.01189D-08$$

第 8 面

$$k=-9.36521D-01$$

$$B=3.02866D-04 \quad C=-1.37859D-06$$

【 0 0 6 8 】

40

【表 1】

	実施例 1 (数値実施例 1)	実施例 2 (数値実施例 3)	実施例 3 (数値実施例 4)	参考例 1 (数値実施例 2)
条件式 (1)	2.98	3.02	2.67	3.32
条件式 (2)	0.6	1.08	0.47	0.72
条件式 (3)	0.49	0.34	0.55	0.43
条件式 (4)	0.64	0.61	0.7	0.6

## 【0069】

次に実施例 1～4 のズームレンズを撮影光学系として用いた光学機器の実施例を、図 9 を用いて説明する。

10

## 【0070】

図 9 は、本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラに用いた例である。図 9 において、20 はカメラ本体、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、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）、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、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ーである。

## 【0071】

このように本発明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。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0072】

【図 1】実施例 1 のズームレンズのレンズ断面図である。

【図 2】実施例 1 のズームレンズの諸収差図である。

【図 3】参考例 1 のズームレンズのレンズ断面図である。

【図 4】参考例 1 のズームレンズの諸収差図である。

【図 5】実施例 2 のズームレンズのレンズ断面図である。

【図 6】実施例 2 のズームレンズの諸収差図である。

【図 7】実施例 3 のズームレンズのレンズ断面図である。

30

【図 8】実施例 3 のズームレンズの諸収差図である。

【図 9】デジタルスチルカメラの要部概略図である。

## 【符号の説明】

## 【0073】

L 1 第 1 レンズ群

L 2 第 2 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群

S P 開口絞り

F ガラスブロック

d d 線

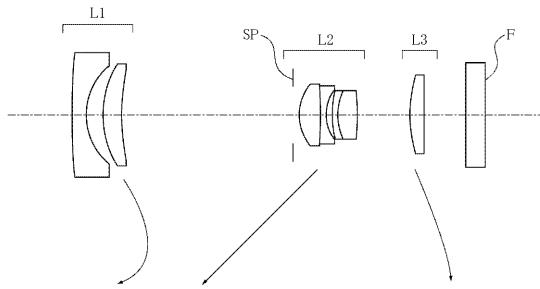
40

g g 線

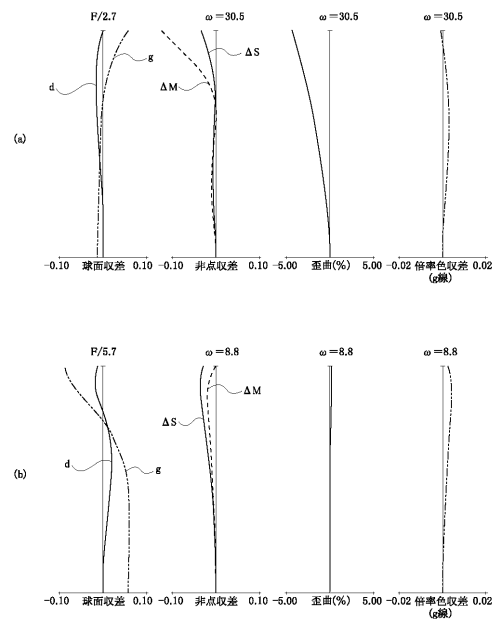
M メリディオナル像面

S サジタル像面

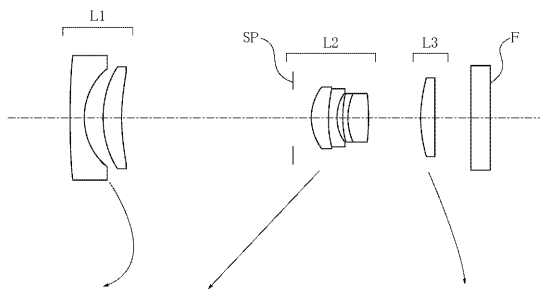
【図 1】



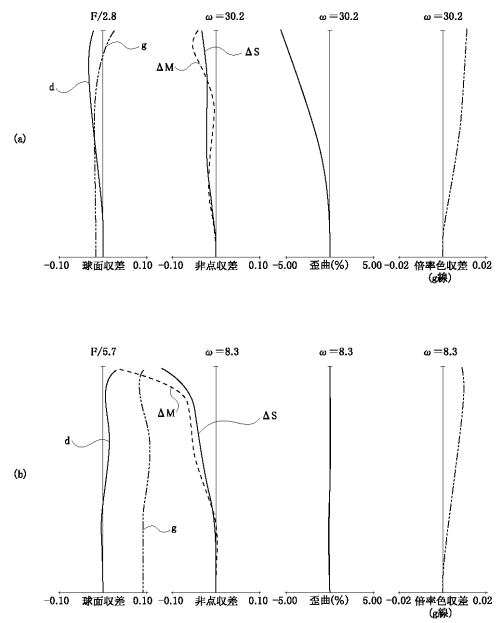
【図 2】



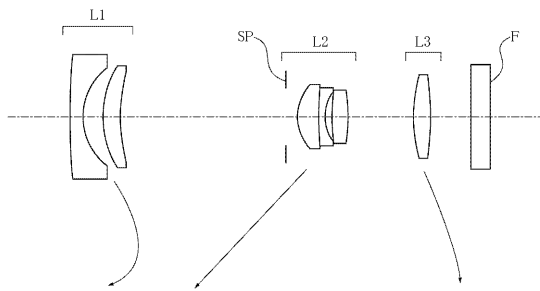
【図 3】



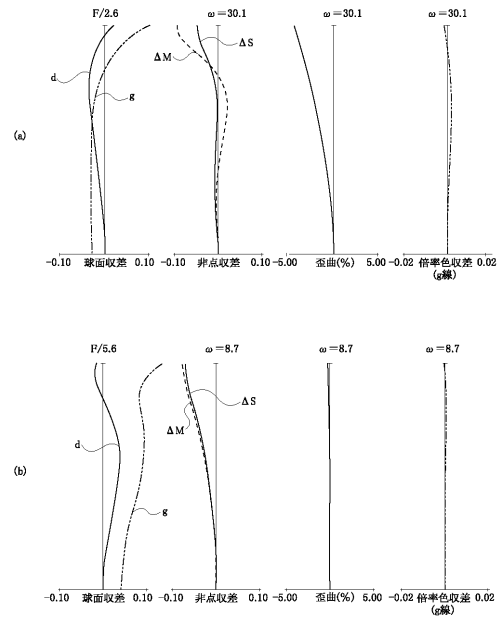
【図 4】



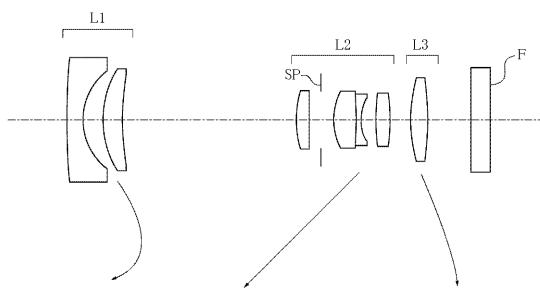
【図 5】



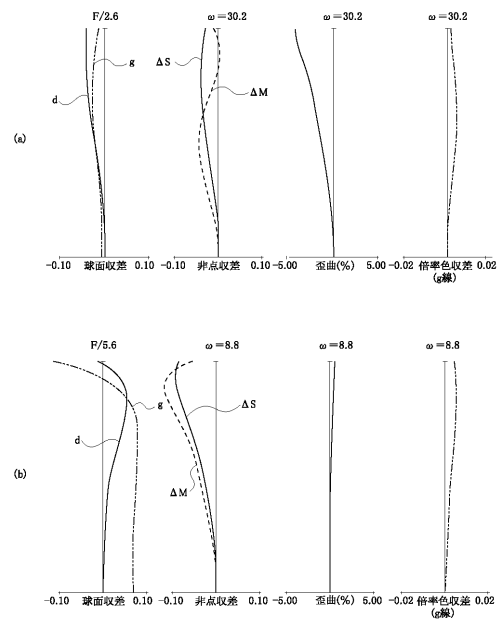
【図 6】



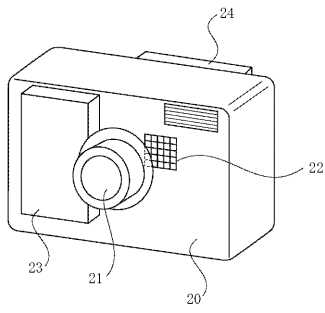
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-111798(JP,A)  
特開2004-102211(JP,A)  
特開2000-267009(JP,A)  
特開2000-009999(JP,A)  
特開2004-258311(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4