

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5590444号  
(P5590444)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 2 B 15/20 (2006.01)** G O 2 B 15/20  
**G 0 2 B 13/18 (2006.01)** G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 37 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-55377 (P2010-55377)                  (22) 出願日 平成22年3月12日 (2010.3.12)                  (65) 公開番号 特開2011-191353 (P2011-191353A)                  (43) 公開日 平成23年9月29日 (2011.9.29)                  審査請求日 平成25年1月18日 (2013.1.18)</p>	<p>(73) 特許権者 000006747                  株式会社リコー                  東京都大田区中馬込1丁目3番6号                  (74) 代理人 100082636                  弁理士 真田 修治                  (72) 発明者 須藤 芳文                  東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式                  会社リコー内                  審査官 小倉 宏之</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ、撮像装置および情報装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して、前記第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が増大し、そして前記第1レンズ群および前記第3レンズ群が、長焦点端にて短焦点端におけるよりも物体側に位置するように移動するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口絞りを配設するとともに、

前記第2レンズ群は物体側から、順次、第1負レンズと、物体側に凸の第2負レンズおよび正レンズの接合レンズとを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して前記開口絞りは前記第3レンズ群とは独立に移動し、短焦点端における前記第2レンズ群と前記開口絞りの間隔を  $D2Sw$  とし、そして短焦点端における前記開口絞りとの前記第3レンズ群の間隔を  $DS3w$  として、条件式：

$$0.3 < DS3w / D2Sw < 2.0$$

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2レンズ群の前記第1負レンズの焦点距離を  $f21$  とし、そして前記第2レンズ

群の前記第2負レンズの焦点距離を  $f_{22}$  として、

条件式：

$$0.1 < f_{21} / f_{22} < 0.8$$

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】

前記第2レンズ群の前記第1負レンズの焦点距離を  $f_{21}$  とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  として、

条件式：

$$0.5 < f_{21} / f_2 < 1.5$$

を満足することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のズームレンズ。

10

【請求項4】

前記第2レンズ群の光軸上の厚さを  $D_2$  とし、そしてレンズ全系の短焦点端の焦点距離を  $f_w$  として、

条件式：

$$0.7 < D_2 / f_w < 1.3$$

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

【請求項5】

前記第2レンズ群の前記正レンズの像側の面は、物体側に凸で且つ非球面であることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

20

短焦点端から長焦点端への変倍に際しての前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔の変化量を  $X_{1-2}$  とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  として、

条件式：

$$2.0 < |X_{1-2} / f_2| < 4.0$$

を満足することを特徴とする請求項1～請求項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レンズ群の前記第1負レンズの物体側の面の有効光線径を  $\phi_1$  とし、そして前記第2レンズ群の前記第2負レンズの物体側の面の有効光線径を  $\phi_2$  として、

条件式：

$$0.50 < \phi_2 / \phi_1 < 0.80$$

を満足することを特徴とする請求項1～請求項6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

30

【請求項8】

撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することを特徴とする撮像装置。

【請求項9】

撮像機能を有し、撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することを特徴とする情報装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、焦点距離を変化させて画角を変化させる変倍機能を有するレンズに係り、特に、固体撮像素子を用いて被写体のデジタル画像データを取得する、いわゆるデジタルカメラやビデオカメラ等に好適なズームレンズ、そのようなズームレンズを撮像用光学系として用いる撮像装置およびそのような撮像機能を有する携帯情報端末装置の如き情報装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラの市場は非常に大きなものとなっており、ユーザのデジタルカメラに対する要望も多岐にわたっている。中でも、高画質化と小型化は常にユーザの欲するところであり、ユーザのデジタルカメラに対する要望の大きなウエイトを占めている。こ

50

のため、撮影レンズとして用いるズームレンズにも、高性能化と小型化の両立が求められている。

小型化という面では、まず、使用時のレンズ全長（最も物体側のレンズ面から像面までの距離）を短縮することが必要であり、また、各レンズ群の厚みを縮小して、収納時の全長を抑えることも重要である。さらに、高性能化という面では、全ズーム域にわたって、少なくとも、1000万～1500万画素の撮像素子に対応する解像力を有することが必要である。

また、撮影レンズの広画角化を望むユーザも多く、ズームレンズの短焦点端の半画角は38度以上であることが望ましい。半画角38度は、35mm銀塩フィルム（いわゆるライカ判）用のレンズ換算の焦点距離で28mmに相当する。

さらに、変倍比についても、なるべく大きなものが望まれている。35mm銀塩カメラ用レンズ換算の焦点距離で28～200mm相当程度（約7.1倍）のズームレンズであれば、一般的な撮影のほとんど全てをこなすことが可能であると考えられる。

#### 【0003】

デジタルカメラ用のズームレンズとしては、多くの種類が考えられるが、高変倍化に適するタイプとして、物体側より、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、そして正の屈折力を有する第4レンズ群を配設し、短焦点端から長焦点端への変倍に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化するズームレンズがある。

このタイプの従来のズームレンズとしては、変倍に際して第1レンズ群が固定されるタイプおよび第1レンズ群が像側に凸となる弧状の軌跡を描いて往復移動するタイプ等があるが、この場合、変倍作用の多くを負担する第2レンズ群の移動量を大きく確保しようとすると、第3レンズ群近傍に配設される絞りが短焦点端においても第1レンズ群から離れることになり、広角・高変倍化のためには第1レンズ群が非常に大きなものになってしまう。よって、広角・高変倍で且つ小型のズームレンズを実現するためには、第1レンズ群が、長焦点端において短焦点端におけるよりも物体側に位置するように移動するタイプが望ましい。短焦点端でのレンズ全長を長焦点端に比べて短くすることにより、第1レンズ群の大型化を抑制しつつ、十分な広角化が可能となる。

#### 【0004】

また、第2レンズ群は、主要な変倍作用を負担する、いわゆるパリエータとして構成されるため、第2レンズ群の構成は非常に重要である。従来から良く知られている第2レンズ群の構成としては、物体側から、順次、像側に曲率の大きな面を向けた負レンズと、物体側に凹面を向けた負レンズと、そして物体側に凸面を向けた正レンズとの3枚のレンズを配置して構成されるものがある。従来のこの種のズームレンズの例が、特許文献1（特開2008-145501号）、特許文献2（特開2006-23531号）および特許文献3（特許第3328001号）等に開示されている。

また、従来から良く知られている第2レンズ群の構成として、物体側から、順次、像側に曲率の大きな面を向けた負レンズと、物体側に凸面を向けた負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとの3枚を配置したものがある。従来のこの種のズームレンズの例が、特許文献4（特開2009-198798号）に示されている。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

上述した、特許文献1（特開2008-145501号）および特許文献2（特開2006-23531号）に示されたものは、8倍以上の高変倍ズームレンズにはなっていない。また、第2レンズ群において物体側から2番目の負レンズと正レンズを接合していないため、それらのレンズ同士の偏心量が大きくなり、解像度の低下が懸念される。一方、特許文献3（特許第3328001号）に示されたものは、高変倍化はできているが、長焦点端におけるレンズ全長が長くなり、小型のズームレンズになっていない。

また、特許文献4（特開2009-198798号）に示されたものは、8倍以上の高変倍ズームレンズにはなっていない。また、この場合も第2レンズ群における物体側から2番目の負レンズと正レンズとを接合していないため、それらのレンズ同士の偏心量が大きくなり、解像度の低下が懸念される。

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、短焦点端における半画角を38度以上と十分な広画角とし、8倍以上の変倍比とすることを可能として、しかもレンズ構成枚数を10枚程度と少なくすることができ、小型で且つ変倍領域全域にわたって1000万～1500万画素の撮像素子に対応する解像力を得ることの可能なズームレンズ、該ズームレンズを用いる撮像装置および情報装置を提供することを目的としている。

【0006】

本発明の請求項1の目的は、短焦点端における半画角を38度以上の十分な広画角とし、8倍以上の変倍比を得て、しかも構成枚数が10枚程度と少なくて済み、小型で且つ1000万～1500万画素の撮像素子に対応する解像力を得ることを可能とし、特に、短焦点端における軸外収差をさらに良好に補正し、得るズームレンズを提供することにある。

本発明の請求項2および請求項3の目的は、特に、各収差を、さらに良好に補正して、高性能で且つ安定して製造することが可能なズームレンズを提供することにある。

本発明の請求項4の目的は、特に、各収差を、さらに良好に補正し、小型で且つ高性能を得ることが可能なズームレンズを提供することにある。

本発明の請求項5および請求項6の目的は、特に、各収差をさらに良好に補正し、高性能を得ることが可能なズームレンズを提供することにある。

本発明の請求項7の目的は、特に、各収差を、さらに一層良好に補正して、高性能で且つ安定して製造することが可能なズームレンズを提供することにある。

本発明の請求項8の目的は、特に、小型で高画質を得ることが可能な撮像装置を提供することにある。

本発明の請求項9の目的は、特に、小型で高画質を得ることが可能な情報装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に記載した本発明に係るズームレンズは、上述した目的を達成するために、物体側から、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が増大し、そして前記第1レンズ群および前記第3レンズ群が、長焦点端にて短焦点端におけるよりも物体側に位置するように移動するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口絞りを配設するとともに、

前記第2レンズ群は物体側から、順次、第1負レンズと、物体側に凸の第2負レンズおよび正レンズの接合レンズとを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して前記開口絞りは前記第3レンズ群とは独立に移動し、短焦点端における前記第2レンズ群と前記開口絞りの間隔をD2Swとし、そして短焦点端における前記開口絞りとは前記第3レンズ群の間隔をDS3wとして、条件式：

$$0.3 < DS3w / D2Sw < 2.0$$

を満足することを特徴としている。

【0008】

請求項2に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1のズームレンズであって、

前記第2レンズ群の前記第1負レンズの焦点距離をf21とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離をf22として、

10

20

30

40

50

条件式：

$$0.1 < f_{21} / f_{22} < 0.8$$

を満足することを特徴としている。

請求項3に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1または請求項2のズームレンズであって、

前記第2レンズ群の前記第1負レンズの焦点距離を  $f_{21}$  とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  として、

条件式：

$$0.5 < f_{21} / f_2 < 1.5$$

を満足することを特徴としている。

10

【0009】

請求項4に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1～請求項3のいずれか1項のズームレンズであって、

前記第2レンズ群の光軸上の厚さを  $D_2$  とし、そしてレンズ全系の短焦点端の焦点距離を  $f_w$  として、

条件式：

$$0.7 < D_2 / f_w < 1.3$$

を満足することを特徴としている。

【0010】

請求項5に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1～請求項4のいずれか1項のズームレンズであって、

前記第2レンズ群の前記正レンズの像側の面は、物体側に凸で且つ非球面であることを特徴としている。

請求項6に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1～請求項5のいずれか1項のズームレンズであって、

短焦点端から長焦点端への変倍に際しての前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔の変化量を  $X_{1-2}$  とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  として、

条件式：

$$2.0 < |X_{1-2} / f_2| < 4.0$$

を満足することを特徴としている。

30

請求項7に記載した本発明に係るズームレンズは、請求項1～請求項6のいずれか1項のズームレンズであって、

前記第2レンズ群の前記第1負レンズの物体側の面の有効光線径を  $\phi_1$  とし、そして前記第2レンズ群の前記第2負レンズの物体側の面の有効光線径を  $\phi_2$  として、

条件式：

$$0.50 < \phi_2 / \phi_1 < 0.80$$

を満足することを特徴としている。

【0011】

請求項8に記載した本発明に係る撮像装置は、

撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することを特徴としている。

40

請求項9に記載した本発明に係る情報装置は、

撮像機能を有し、撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、短焦点端における半画角を38度以上の十分な広画角とし、8倍以上の変倍比とすることを可能として、しかもレンズ構成枚数を10程度と少なくすることができ、小型で且つ変倍領域全域にわたって1000万～1500万画素の撮像素子に対応する解像力を得ることの可能なズームレンズ、該ズームレンズを用いる撮像装置および情

50

報装置を提供することができる。

すなわち本発明の請求項 1 のズームレンズによれば、

物体側から、順次、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が増大し、そして前記第 1 レンズ群および前記第 3 レンズ群が、長焦点端にて短焦点端におけるよりも物体側に位置するように移動するズームレンズにおいて、

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間に開口絞りを配設するとともに、

前記第 2 レンズ群は物体側から、順次、第 1 負レンズと、物体側に凸の第 2 負レンズおよび正レンズの接合レンズとを配置してなり、

短焦点端から長焦点端への変倍に際して前記開口絞りは前記第 3 レンズ群とは独立に移動し（根拠；各実施例）、短焦点端における前記第 2 レンズ群と前記開口絞りの間隔を  $D 2 S w$  とし、そして短焦点端における前記開口絞りとの間隔を  $D S 3 w$  とし、条件式：

$$0.3 < D S 3 w / D 2 S w < 2.0$$

を満足することにより、

短焦点端における半画角を 38 度以上の十分な広画角とし、8 倍以上の変倍比を得て、しかも構成枚数が 10 枚程度と少なく済み、小型で且つ 1000 万～1500 万画素の撮像素子に対応する解像力を得ることが可能となり、特に、短焦点端における軸外収差をさらに良好に補正し、小型で高性能を得ることが可能となる。

#### 【0013】

本発明の請求項 2 のズームレンズによれば、請求項 1 のズームレンズにおいて、

前記第 2 レンズ群の前記第 1 負レンズの焦点距離を  $f 2 1$  とし、そして前記第 2 レンズ群の前記第 2 負レンズの焦点距離を  $f 2 2$  とし、

条件式：

$$0.1 < f 2 1 / f 2 2 < 0.8$$

を満足することにより、

特に、各収差を、さらに良好に補正して、高性能で且つ安定して製造することが可能となる。

本発明の請求項 3 のズームレンズによれば、請求項 1 または請求項 2 のズームレンズにおいて、

前記第 2 レンズ群の前記第 1 負レンズの焦点距離を  $f 2 1$  とし、そして前記第 2 レンズ群の焦点距離を  $f 2$  とし、

条件式：

$$0.5 < f 2 1 / f 2 < 1.5$$

を満足することにより、

特に、各収差を、さらに良好に補正して、高性能で且つ安定して製造することが可能となる。

#### 【0014】

本発明の請求項 4 のズームレンズによれば、請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項のズームレンズにおいて、

前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを  $D 2$  とし、そしてレンズ全系の短焦点端の焦点距離を  $f w$  とし、

条件式：

$$0.7 < D 2 / f w < 1.3$$

を満足することにより、

特に、各収差を、さらに良好に補正し、小型で且つ高性能を得ることが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【0015】

本発明の請求項5のズームレンズによれば、請求項1～請求項4のいずれか1項のズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群の前記正レンズの像側の面を、物体側に凸で且つ非球面とすることにより、

特に、各収差をさらに良好に補正し、高性能を得ることが可能となる。

## 【0016】

本発明の請求項6のズームレンズによれば、請求項1～請求項5のいずれか1項のズームレンズにおいて、

短焦点端から長焦点端への変倍に際しての前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔の変化量を $X1 - 2$ とし、そして前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ として、

条件式：

$$2.0 < |X1 - 2 / f2| < 4.0$$

を満足することにより、

特に、各収差をさらに良好に補正し、高性能を得ることが可能となる。

## 【0017】

本発明の請求項7のズームレンズによれば、請求項1～請求項6のいずれか1項のズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群の前記第1負レンズの物体側の面の有効光線径を $1$ とし、そして前記第2レンズ群の前記第2負レンズの物体側の面の有効光線径を $2$ として、

条件式：

$$0.50 < 2 / 1 < 0.80$$

を満足することにより、

特に、各収差を、さらに一層良好に補正して、高性能で且つ安定して製造することが可能となる。

本発明の請求項8の撮像装置によれば、

撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することにより、

小型で高画質を得ることが可能となる。

本発明の請求項9の情報装置によれば、

撮像機能を有し、撮像用光学系として、請求項1～請求項7のいずれか1項のズームレンズを具備することにより、

特に、小型で高画質を得ることが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明の第1の実施の形態の実施例1に係るズームレンズの光学系の構成およびズームに伴うズーム軌跡を模式的に示す図であり、(a)は短焦点端(Wide)、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離(Wide-Mean)、(c)は中間焦点距離(Mean)、(d)は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離(Mean-Tele)および(e)は長焦点端(Tele)のそれぞれにおける光軸に沿った断面図である。

【図2】図1に示す本発明の実施例1によるズームレンズの短焦点端(広角端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図3】図1に示す本発明の実施例1によるズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図4】図1に示す本発明の実施例1によるズームレンズの長焦点端(望遠端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態の実施例2に係るズームレンズの光学系の構成およびズームに伴うズーム軌跡を模式的に示す図であり、(a)は短焦点端(Wide)、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離(Wide-Mean)、(c)は

10

20

30

40

50

中間焦点距離 (Mean)、(d) は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離 (Mean-Tele) および (e) は長焦点端 (Tele) のそれぞれにおける光軸に沿った断面図である。

【図6】図5に示す本発明の実施例2によるズームレンズの短焦点端(広角端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図7】図5に示す本発明の実施例2によるズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図8】図5に示す本発明の実施例2によるズームレンズの長焦点端(望遠端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態の実施例3に係るズームレンズの光学系の構成およびズームングに伴うズーム軌跡を模式的に示す図であり、(a)は短焦点端(Wide)、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離(Wide-Mean)、(c)は中間焦点距離(Mean)、(d)は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離(Mean-Tele) および (e) は長焦点端(Tele) のそれぞれにおける光軸に沿った断面図である。

10

【図10】図9に示す本発明の実施例3によるズームレンズの短焦点端(広角端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図11】図9に示す本発明の実施例3によるズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図12】図9に示す本発明の実施例3によるズームレンズの長焦点端(望遠端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

20

【図13】本発明の第1の実施の形態の実施例4に係るズームレンズの光学系の構成およびズームングに伴うズーム軌跡を模式的に示す図であり、(a)は短焦点端(Wide)、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離(Wide-Mean)、(c)は中間焦点距離(Mean)、(d)は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離(Mean-Tele) および (e) は長焦点端(Tele) のそれぞれにおける光軸に沿った断面図である。

【図14】図13に示す本発明の実施例4によるズームレンズの短焦点端(広角端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図15】図13に示す本発明の実施例4によるズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

30

【図16】図13に示す本発明の実施例4によるズームレンズの長焦点端(望遠端)における球面収差、非点収差、歪曲収差およびコマ収差を示す収差曲線図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態に係る撮像装置としてのデジタルカメラの外観構成を模式的に示す被写体側から見た斜視図である。

【図18】図17のデジタルカメラの外観構成を模式的に示す撮影者側から見た斜視図である。

【図19】図17のデジタルカメラの機能構成を模式的に示すブロック図である。

【図20】本発明で使用している画像処理による歪曲収差の電子的な補正を説明するための撮像視野の模式図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態に基づき、図面を参照して本発明に係るズームレンズ、撮像装置および情報装置を詳細に説明する。具体的な実施例について説明する前に、まず、本発明の原理的な実施の形態を説明する。

本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズは、物体側から、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを配置してなり、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記

50



第4レンズ群との間隔が増大し、そして前記第1レンズ群および前記第3レンズ群が長焦点端にて、短焦点端におけるよりも物体側に位置するように移動するズームレンズにおいて、さらに、次に述べるような特徴を有している。

先ず、本発明に係るズームレンズの第1の特徴は、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口絞りを配設することであり、さらに前記第2レンズ群は、物体側から、順次、第1負レンズと、物体側に凸の第2負レンズと、正レンズとを配置し、前記第2負レンズと正レンズとは互いに密着接合して接合レンズを形成することである。

【0020】

次に、本発明に係るズームレンズの第2の特徴は、さらに、次の条件式を満足することである。

$$0.1 < f_{21} / f_{22} < 0.8$$

ここで、 $f_{21}$ は、第2レンズ群の第1負レンズ(L21)の焦点距離を、そして、 $f_{22}$ は、第2レンズ群の第2負レンズ(L22)の焦点距離を、それぞれ示している。

本発明に係るズームレンズの第3の特徴は、また次の条件式を満足することである。

$$0.5 < f_{21} / f_2 < 1.5$$

ここで、 $f_{21}$ は、第2レンズ群の第1負レンズ(L21)の焦点距離を、そして、 $f_2$ は、第2レンズ群(全体)の焦点距離を、それぞれ示している。

本発明に係るズームレンズの第4の特徴は、さらにまた、次の条件式を満足することである。

$$0.7 < D_2 / f_w < 1.3$$

ここで、 $D_2$ は、第2レンズ群の光軸上の厚さを、そして、 $f_w$ は、短焦点端の焦点距離を、それぞれ示している。

【0021】

本発明に係るズームレンズの第5の特徴は、さらに次の条件式を満足することである。

$$0.3 < D_{S3w} / D_{2Sw} < 2.0$$

ここで、 $D_{2Sw}$ は、短焦点端における第2レンズ群と開口絞りとの間隔を、そして、 $D_{S3w}$ は、短焦点端における開口絞りと第3レンズ群との間隔を、それぞれ示している。

本発明に係るズームレンズの第6の特徴は、さらに第2レンズ群の正レンズの像側の面は、物体側に凸であり、非球面であることである。

【0022】

本発明に係るズームレンズの第7の特徴は、さらにまた次の条件式を満足することである。

$$2.0 < |X_{1-2} / f_2| < 4.0$$

ここで、 $X_{1-2}$ は、短焦点端から長焦点端への変倍に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔の変化量を、そして、 $f_2$ は、第2レンズ群(全体)の焦点距離を、それぞれ示している。

【0023】

本発明に係るズームレンズの第8の特徴は、さらに、次の条件式を満足することである。

$$0.50 < \frac{2}{1} < 0.80$$

ここで、 $1$ は、第2レンズ群の第1負レンズ(L21)の物体側の面の有効光線径を、そして、 $2$ は、第2レンズ群の第2負レンズ(L22)の物体側の面の有効光線径を、それぞれ示している。

本発明のように、正-負-正-正の4レンズ群で構成されるズームレンズは、一般に、第2レンズ群が主要な変倍作用を負担する、いわゆるバリエータとして構成される。また、短焦点端から長焦点端への変倍に際して、第1レンズ群を大きく物体側へ移動させることにより、短焦点端において第1レンズ群を通過する光線高さを低くして、広角化に伴う第1レンズ群の大型化を抑制するとともに、長焦点端では第1レンズ群と第2レンズ群の間隔を大きく確保して、長焦点化を達成している。

10

20

30

40

50

短焦点端から長焦点端への変倍に際して、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は大きくなり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は小さくなって、第2レンズ群および第3レンズ群の倍率（絶対値）は、どちらも増加し、変倍作用を互いに分担する。

【0024】

従来の光学設計においては、短焦点端の歪曲収差を低減するために第2レンズ群の最も物体側の負レンズにある大きさのパワーしか持たせられず、第2レンズ群の物体側から2番目の負レンズ（L22）の物体側の面を凹とし、軸外光線の面への入射角を大きくすることで短焦点端の軸外収差補正の自由度を得ていた。しかしながら、画像処理による像の歪み補正ができるようになったこともあり、歪曲収差を許容した設計ができるようになってきた。

10

そこで、本発明に係るズームレンズにおいては、第2レンズ群は、物体側から順に負レンズ（L21）と、物体側に凸の負レンズ（L22）および正レンズ（L23）を互いに密接してなる接合レンズとを配置するようにした。

短焦点端における歪曲収差を許容することにより、第2レンズ群の最も物体側の負レンズ（L21）が大きくパワーを持つことができるようになり、第2レンズ群内の軸外収差の補正を十分にできるようになる。そのため、第2レンズ群の物体側から2番目の負レンズ（L22）の物体側の面を凸とし、その面で発生する収差を小さくすることができ、偏心等による影響を小さくすることができる。また、負レンズ（L22）と正レンズ（L23）とを接合することにより長焦点端において効きが大きい正レンズ（L23）に対する負レンズ（L22）の偏心による影響を十分に抑制することができる。

20

【0025】

より高性能で偏心等による影響を抑制するためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.1 < f_{21} / f_{22} < 0.8 \quad (1)$$

ここで、 $f_{21}$ は、第2レンズ群の第1負レンズ（L21）の焦点距離を、そして、 $f_{22}$ は、第2レンズ群の第2負レンズ（L22）の焦点距離を、それぞれ示している。

【0026】

上記条件式（1）において、上限値と下限値で挟まれる範囲を外れると、第2レンズ群の第1負レンズ（L21）か、第2レンズ群の第2負レンズ（L22）か、のどちらかが強いパワーを持つことになり、強いパワーを持つレンズが大きく収差を発生することになるため、ズーム域全体の収差補正が困難になる。また、強いパワーを持ったレンズの偏心による影響を抑制することが困難になる。

30

より望ましくは、次の条件式を満足するとよい。

【0027】

$$0.2 < f_{21} / f_2 < 0.7 \quad (1)$$

さらに高性能で偏心等による影響を抑制するためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_{21} / f_2 < 1.5 \quad (2)$$

ここで、 $f_{21}$ は、第2レンズ群の第1負レンズ（L21）の焦点距離を、そして、 $f_2$ は、第2レンズ群（全体）の焦点距離を、それぞれ示している。

40

【0028】

上記条件式（2）において、上限値を超えると、短焦点端における第2レンズ群を通る軸外光線の高さが高くなり、短焦点端における軸外収差の補正が困難になる。下限値を下回ると、負レンズ（L21）の像側の面で発生する収差が大きくなり過ぎ、ズーム域全体の収差補正が困難になる。また、負レンズ（L21）の像側の面の偏心による画質への影響も大きくなる。

より望ましくは、次の条件式を満足するとよい。

$$0.7 < f_{21} / f_2 < 1.2 \quad (2)$$

また、さらに高性能で小型化するためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.7 < D_2 / f_w < 1.3 \quad (3)$$

50

ここで、 $D_2$ は、第2レンズ群の光軸上の厚さを、そして、 $f_w$ は、レンズ全系の短焦点端の焦点距離を、それぞれ示している。

上記条件式(3)において、上限値を超えると、第2レンズ群の光軸上の厚さが厚くなり、第2レンズ群の変倍するためのスペースが狭くなり、ズーム域全体の収差補正をすることが困難になる。下限値を下回ると、第2レンズ群を構成するスペースが小さくなり過ぎ、第2レンズ群内の収差補正をすることが困難になる。

【0029】

より望ましくは、次の条件式を満足するとよい。

$$0.8 < D_2 / f_w < 1.2 \quad (3)$$

また、さらに高性能で小型化するためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.3 < DS_{3w} / D_{2Sw} < 2.0 \quad (4)$$

ここで、 $D_{2Sw}$ は、短焦点端における第2レンズ群と開口絞りの間隔を、そして、 $DS_{3w}$ は、短焦点端における開口絞りと第3レンズ群の間隔を、それぞれ示している。

下限値を下回ると、第2レンズ群と絞りの間隔が大きくなり、短焦点端における第2レンズ群を通る軸外光線が高くなり過ぎ、第2レンズ群内における軸外収差の補正が困難になり、且つ第2レンズ群が大型化する。上限値を超えると、第3レンズ群と絞りの間隔が大きくなり、短焦点端における第3レンズ群を通る軸外光線が高くなり過ぎ、第3レンズ群内における収差補正が困難になり、且つ第3レンズ群が大型化する。

より望ましくは、次の条件式を満足するとよい。

$$0.6 < DS_{3w} / D_{2Sw} < 1.5 \quad (4)$$

また、短焦点端から長焦点端への変倍において、開口絞りとは第3レンズ群の間隔が狭くなる構成にするとよい。

【0030】

更に高性能にするには、第2レンズ群の正レンズの像側の面は物体側に凸で、且つ非球面であることが望ましい。非球面の形状は、負のパワーが弱くなるようにすると、第2レンズ群内における収差を抑制することができる。

また、第2レンズ群の正レンズは、次の条件式を満足するようにすると、より高性能とすることができる。

$$2.2 > Nd_{23} > 1.95$$

$$2.5 > d_{23} > 1.5$$

ここで、 $Nd_{23}$ は、第2レンズ群の正レンズ(L23)のd線の屈折率を、そして $d_{23}$ は、第2レンズ群の正レンズ(L23)のd線に係るアッペ数を、それぞれ示している。

さらに、高性能にするためには、次の条件式を満足するとよい。

$$2.0 < |X_{1-2} - 2 / f_2| < 4.0 \quad (5)$$

ここで、 $X_{1-2}$ は、短焦点端から長焦点端への変倍に伴う、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔の変化量を、そして、 $f_2$ は、第2レンズ群(全体)の焦点距離を、それぞれ示している。

【0031】

上記(5)式において、上限値を超えると、第2レンズ群による変倍が大きくなり過ぎて、第3レンズ群による変倍効果が得られず、ズーム域全体としての収差補正が困難になる。また、下限値を下回ると、第2レンズ群による変倍が小さくなり過ぎ、第3レンズ群により大きな変倍をする必要が生じてきて、ズーム域全体としての収差補正が困難になる。

より望ましくは、次の条件式を満足すると良い。

$$2.5 < |X_{1-2} - 2 / f_2| < 3.5 \quad (5)$$

より高性能とし、偏心等による影響を抑制するためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.5 < \frac{2}{r_1} < 0.8 \quad (6)$$

ここで、 $r_1$ は、第2レンズ群の負レンズ(L21)の物体側の面の有効光線径を、そ

10

20

30

40

50

して、2は、第2レンズ群の負レンズ(L22)の物体側の面の有効光線径を、それぞれ示している。

【0032】

上記条件式(6)において、上限値を超えると、短焦点端における第2レンズ群を通る軸外光線径が大きくなり、短焦点端における軸外収差の補正が困難になる。下限値を下回ると、負レンズ(L21)の像側面で発生する収差が大きくなり過ぎ、ズーム域全体の収差補正が困難になる。また、負レンズ(L21)の像側の面の偏心による画質への影響も大きくなる。

より望ましくは、次の条件式を満足すると良い。

$$0.6 < 2 / 1 < 0.75 \quad (6)$$

10

また、小型であって、しかも高性能とするためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$-1.5 < f2 / fw < -0.8 \quad (7)$$

上記条件式(7)において、上限値を超えると、第2レンズ群のパワーが強すぎ、第2レンズ群内の収差を補正することが困難になる。第2レンズ群内にレンズをさらに増やすと、第2レンズ群が大型化する。下限値を下回ると、第2レンズ群のパワーが弱く、第2レンズ群の変倍への寄与が弱まり、第3レンズ群の変倍への寄与を強くしなければならなくなって、第3レンズ群内の収差を補正することが困難になる。

【0033】

また、高性能であって、しかも小型にするためには、次の条件式を満足することが望ましい。

$$0.8 < TLt / ft < 1.5 \quad (8)$$

20

ただし、TLtは長焦点端における全長、ftは長焦点端の焦点距離を表す。

上記条件式(8)において、上限値を超えると、長焦点端における全長が長くなるため、カメラの厚み寸法に対し長焦点端における全長が支配的になる。下限値を下回ると、長焦点端における全長を十分に確保することができず、長焦点端における収差補正が困難になる。

開口絞りの開放径は、長焦点端において短焦点端より大きくすることにより、変倍に伴うFナンバーの変化を小さくすることができる。また、像面に到達する光量を減少させる必要があるときには、絞りを小径化しても良いが、絞り径を大きく変えることなく、ND(中間濃度)フィルタ等を挿入することによって、光量を減少させた方が、回折現象による解像力の低下を防止できて好ましい。

30

また、フォーカシング操作は、全体繰出しによるものとしても良いが、第4レンズ群のみの移動によって行うことが望ましい。

【0034】

上述においては、本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズの基本的な構成について説明したが、この実施の形態に従ったズームレンズの詳細な構成については、後述する実施例において、具体的な数値例に基づき、図1～図16を参照して、詳細に説明する。

次に、上述した本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズを撮像用光学系として採用して構成した本発明の第2の実施の形態に係る撮像装置としてのデジタルカメラについて図17～図19を参照して説明する。図17は、物体側、すなわち被写体側、である前面側から見たデジタルカメラの外観を模式的に示す斜視図、図18は、撮影者側である背面側から見たデジタルカメラの外観を模式的に示す斜視図であり、図19は、デジタルカメラの機能構成を示す模式的ブロック図である。なお、ここでは、デジタルカメラを例にとって撮像装置について説明しているが、在来の画像記録媒体として銀塩フィルムを用いる銀塩フィルムカメラに本発明に係るズームレンズを採用してもよい。また、いわゆるPDA(personal data assistant)や携帯電話機等の携帯情報端末装置のような情報装置にカメラ機能を組み込んだものが広く用いられている。このような情報装置も外観は若干異なるもののデジタルカメラと実質的に全く同様の機能・構成を含んでおり、このような情報装置における撮像用光学系として、本発明に係るズームレンズを採用

40

50

してもよい。

【0035】

図17および図18に示すように、デジタルカメラは、撮影レンズ101、光学ファインダ102、ストロボ（フラッシュライト）103、シャッターボタン104、カメラボディ105、電源スイッチ106、液晶モニタ107、操作ボタン108、メモリカードスロット109およびズームスイッチ110等を具備している。さらに、図19に示すように、デジタルカメラは、中央演算装置（CPU）111、画像処理装置112、受光素子113、信号処理装置114、半導体メモリ115および通信カード等116を備えている。

デジタルカメラは、撮像用光学系としての撮影レンズ101と、CMOS（相補型金属酸化物半導体）撮像素子またはCCD（電荷結合素子）撮像素子等を用いてイメージセンサとして構成された受光素子113とを有しており、撮影レンズ101によって結像される被写体（物体）光学像を受光素子113によって読み取る。この撮影レンズ101として、上述した第1の実施の形態において説明したような本発明に係るズームレンズを用いる。

受光素子113の出力は、中央演算装置111によって制御される信号処理装置114によって処理され、デジタル画像情報に変換される。すなわち、このようなデジタルカメラは、撮像された画像（被写体画像）をデジタル画像情報に変換する手段を含んでおり、この手段は、実質的に、受光素子113、信号処理装置114およびこれらを制御する中央演算装置（CPU）111等により構成される。

【0036】

信号処理装置114によってデジタル化された画像情報は、やはり中央演算装置114によって制御される画像処理装置112において所定の画像処理が施された後、不揮発性メモリ等の半導体メモリ115に記録される。この場合、半導体メモリ115は、メモリカードスロット109に装填されたメモリカードでもよく、カメラ本体に（オンボードで）内蔵された半導体メモリでもよい。液晶モニタ107には、撮影中の画像を表示することもできるし、半導体メモリ115に記録されている画像を表示することもできる。また、半導体メモリ115に記録した画像は、通信カードスロット（図示していない）に装填した通信カード等116を介して外部へ送信することも可能である。

撮影レンズ101は、カメラの携帯時には、その対物面がレンズバリア（図示していない）により覆われており、ユーザが電源スイッチ106を操作して電源を投入すると、レンズバリアが開き、対物面が露出する構成とする。このとき、撮影レンズ101の鏡胴の内部では、ズームレンズを構成する各群の光学系が、例えば短焦点端（広角端）の配置となっており、ズームスイッチ110を操作することによって、各群光学系の配置が変更されて、中間焦点距離を経て長焦点端（望遠端）への変倍動作を行うことができる。なお、光学ファインダ102の光学系も撮影レンズ101の画角の変化に連動して変倍するようにすることが望ましい。

【0037】

多くの場合、シャッターボタン104の半押し操作により、フォーカシングがなされる。本発明に係るズームレンズ（請求項1～請求項8で定義され、あるいは後述する実施例1～実施例4に示されるズームレンズ）におけるフォーカシングは、ズームレンズを構成する複数群の光学系の一部の群の移動、または受光素子の移動などによって行うことができる。シャッターボタン104をさらに押し込み全押し状態とすると撮影が行なわれ、その後上述した通りの処理がなされる。

半導体メモリ115に記録した画像を液晶モニタ107に表示させたり、通信カード等116を介して外部へ送信させる際には、操作ボタン108を所定のごとく操作する。半導体メモリ115および通信カード等116は、メモリカードスロット109および通信カードスロット等のような、それぞれ専用または汎用のスロットに装填して使用される。

上述のようなデジタルカメラ（撮像装置）または情報装置には、既に述べた通り、第1の実施の形態に示されたようなズームレンズを用いて構成した撮影レンズ101を撮像

10

20

30

40

50

用光学系として使用することができる。したがって、1、000万画素～1,500万画素またはそれ以上の画素数の受光素子を使用した高画質で小型のデジタルカメラ（撮像装置）または情報装置を実現することができる。

【実施例1】

【0038】

次に、上述した本発明の第1の実施の形態に基づく、具体的なズームレンズの実施例（数値実施例）を詳細に説明する。実施例1、実施例2、実施例3および実施例4は、本発明に係るズームレンズの具体的な数値例による具体的な構成の実施例である。本発明に係るズームレンズの実施例1～実施例4においては、ズームレンズの構成およびその具体的な数値例を示している。

実施例1～実施例4において、第4レンズ群の像面側に配設される平行平板からなる光学要素は、光学ローパスフィルタ・赤外カットフィルタのような各種の光学フィルタや、CMOSイメージセンサのような受光素子のカバーガラス（シールドガラス）等を想定したものであり、ここでは、これらをまとめてフィルタ等（FM）と総称することにする。

また、実施例1～実施例4のズームレンズにおけるレンズを形成する材質については、実施例1～実施例4の全てのズームレンズにおける第4レンズ群の正レンズの材質が光学プラスチックである以外は、全てのレンズの材質が光学ガラスである。

実施例1～実施例4において、第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面の双方、第3レンズ群の最も物体側のレンズの両面および第4レンズ群の物体側の面をそれぞれ非球面としている。なお、実施例1～実施例4における非球面は、いわゆるモールド非球面レンズのように、各レンズ面を直接非球面とするものとして説明しているが、球面レンズのレンズ面に非球面を形成する樹脂薄膜を敷設して同等の非球面を得る、いわゆるハイブリッド非球面等により非球面レンズを構成してもよい。

【0039】

実施例1～実施例4における収差は、十分に補正されており、1、000万～1,500万画素またはそれ以上の画素数の受光素子に対応することが可能となっている。本発明に従ってズームレンズを構成することによって、十分な小型化を達成しながら、非常に良好な像性能を確保し得ることは、実施例1～実施例4より明らかである。

また、実施例1～実施例4のズームレンズにおいては、先に述べたように、歪曲収差の画像処理による収差補正を行う。すなわち、実施例1～実施例4のズームレンズにおいては、図20に、受光素子の撮像範囲（並びに中間焦点距離および長焦点端（望遠端）における撮像範囲）をTFとし、短焦点端（広角端）における撮像範囲をWFとして、それぞれ示すように、矩形の受光素子受光面TF上に、短焦点端においては、撮像範囲WFのような樽型の歪曲収差が発生する。一方、中間焦点距離およびその近傍の状態や長焦点端においては、歪曲収差の発生が抑えられている。歪曲収差を電氣的に補正するために、有効撮像範囲を、短焦点端では樽型形状（WF）とし、中間焦点距離や長焦点端では矩形状（TF）となるようにしている。そして、短焦点端における有効撮像範囲（WF）を画像処理により画像変換し、歪みを低減させた矩形の画像情報に変換する。そのため、実施例1～実施例4においては、短焦点端での像高を、中間焦点距離での像高や長焦点端での像高よりも小さくなるようにしている。

【0040】

なお、実施例1～実施例4における記号の意味は、以下の通りである。

【0041】

- f：全系の焦点距離
- F：F値（Fナンバ）
- ：半画角
- R：曲率半径
- D：面間隔
- Nd：屈折率
- d：アッペ数

10

20

30

40

50

：有効光線径

K：非球面の円錐定数

A<sub>4</sub>：4次の非球面係数

A<sub>6</sub>：6次の非球面係数

A<sub>8</sub>：8次の非球面係数

A<sub>10</sub>：10次の非球面係数

但し、ここで用いられる非球面は、近軸曲率半径の逆数（近軸曲率）をC、光軸からの高さをHとすると、面頂点から光軸方向の変位量をA<sub>2i</sub>として、非球面は、次式で定義される。

【0042】

【数1】

$$X = \frac{CH^2}{1 + \sqrt{\{1 - (1+K)C^2H^2\}}} + A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8 + A_{10} \cdot H^{10} \quad (9)$$

【0043】

図1は、本発明の第1の実施の形態の実施例1に係るズームレンズの光学系の構成および短焦点端（広角端）から所定の中間焦点距離を経て長焦点端（望遠端）へのズームに伴うズーム軌跡を模式的に示しており、(a)は短焦点端（Wide）における光軸に沿った模式的断面図、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離（Wide-Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(c)は中間焦点距離（Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(d)は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離（Mean-Tele）における光軸に沿った模式的断面図および(e)は長焦点端（望遠端～Tele）における光軸に沿った模式的断面図である。なお、実施例1のレンズ群配置を示す図1において、図示左側が物体（被写体）側である。

図1に示すズームレンズは、光軸に沿って、物体側から、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、そして正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを配置し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞りADを配している。第1レンズ群G1は、第1レンズL11、第2レンズL12および第3レンズL13を有してなり、第2レンズ群G2は、第1レンズL21、第2レンズL22および第3レンズL23を有してなり、第3レンズ群G3は、第1レンズL31、第2レンズL32および第3レンズL33を有してなり、そして第4レンズ群G4は、単一のレンズL40を有してなる。

【0044】

第1レンズ群G1～第4レンズ群G4は、それぞれ各群毎に適宜なる共通の支持枠等によって支持され、ズーム等に際しては各群毎に一体的に動作し、開口絞りADは、各群とは独立に動作する。図1には、各光学面の面番号も示している。なお、図1における各参照符号は、参照符号の桁数の増大による説明の煩雑化を避けるため、各実施例毎に独立に用いており、そのため他の実施例に係る図面と共通の参照符号を付していてもそれらは他の実施例とはかならずしも共通の構成ではない。

短焦点端（広角端）から長焦点端（望遠端）への変倍に際しては、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4の全群が移動して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大し、そして第1レンズ群および第3レンズ群は、それぞれの長焦点端における位置が、短焦点端における位置よりも物体側に位置するように移動する。

第1レンズ群G1は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第1レンズ（負レンズ）L11と、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズか

10

20

30

40

50

らなる第2レンズ(第1正レンズ)L12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第3レンズ(第2正レンズ)L13とを配している。第1レンズL11と第2レンズL12の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

【0045】

第2レンズ群G2は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであって、その物体側に非球面を形成している非球面レンズからなる第1レンズ(第1負レンズ)L21と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第2レンズ(第2負レンズ)L22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであって、その像側に非球面を形成している非球面レンズからなる第3レンズ(正レンズ)L23とを配している。第2レンズL22と第3レンズL23の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

10

開口絞りADは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に介挿配置されている。

第3レンズ群G3は、物体側から、順次、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり且つ両面に非球面を形成した非球面レンズからなる第1レンズ(第1正レンズ)L31と、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズからなる第2レンズ(第2正レンズ)L32と、像側により強い凹面を向けた両凹負レンズからなる第3レンズ(負レンズ)L33とを配している。第2レンズL32と第3レンズL33の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

20

【0046】

第4レンズ群G4は、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり、且つ物体側を非球面とした非球面レンズからなる単一の正レンズL40のみからなっている。

この場合、図1に示すように、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に伴って、第1レンズ群G1は像側から物体側へほぼ単調に移動し、第2レンズ群G2は像側に凸となる軌跡を描いて移動し、第3レンズ群G3は像側から物体側へ移動した後に物体側から像側へ移動しその後再度像側から物体側へ移動し、そして第4レンズ群G4は物体側に凸となる軌跡を描いて移動する。

この実施例1における各光学要素の光学特性は、次表の通りである。

【0047】

30



【表 1】  
光学特性

面番号	R	D	N	$\nu$	$\phi$	ガラス等	備考
1	40.561	0.80	2.00069	25.46	23.0	TAFD40(HOYA)	L11
2	22.554	3.26	1.59282	68.63	21.6	FCD505(HOYA)	L12
3	-2233.709	0.20			21.2		
4	18.274	3.02	1.72916	54.68	18.0	S-LAL18(OHARA)	L13
5	50.251	可変DA			17.4		
6*	23.054	0.80	1.86400	40.58	10.2	L-LAH83(OHARA)	L21
7	4.131	2.09			7.0		
8	61.871	0.80	1.81600	46.62	6.8	S-LAH59(OHARA)	L22
9	7.179	1.80	2.00178	19.32	6.4	MFDS2(HOYA)	L23
10*	21.315	可変DB			5.7		
11	開口絞り	可変DC			2.9		AD
12*	7.460	2.57	1.55332	71.68	7.2	MFCD500(HOYA)	L31
13*	-9.422	0.60			7.4		
14	7.650	2.31	1.59282	68.63	7.2	FCD505(HOYA)	L32
15	-16.173	0.80	1.85026	32.27	6.6	S-LAH71(OHARA)	L33
16	5.351	可変DD			6.0		
17*	10.000	3.33	1.52528	56.20	9.4	プラスチック	L40
18	-74.577	可変DE			9.2		
19	$\infty$	0.80	1.50000	64.00	8.6	フィルタ等	FM
20	$\infty$	-			8.6		

10

20

30

## 【 0 0 4 8 】

表 1 において、面番号に「\* (アスタリスク)」を付して示した面番号のレンズ面が非球面であり、また、ガラス名の後には、次の通り硝材の製造メーカー名を、HOYA (HOYA 株式会社) および OHARA (株式会社オハラ) として略記した。これらは、他の実施例についても同様である。

すなわち、表 1 においては、「\*」が付された第 6 面、第 10 面、第 12 面、第 13 面および第 17 面の各光学面が非球面であり、式 (9) における各非球面のパラメータは、次表の通りである。

## 【 0 0 4 9 】

40

【表 2】

非球面係数

	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
6	0	-3.59577E-04	2.88790E-06	1.05189E-07	-2.41047E-09
10	0	-7.38687E-04	-4.12163E-06	5.00682E-07	-9.07816E-08
12	0	-6.50523E-04	2.94728E-05	-2.54075E-06	1.16148E-07
13	0	1.73404E-04	4.00476E-05	-3.54538E-06	1.57333E-07
17	0	-5.77707E-05	4.41283E-06	-1.53886E-07	2.60428E-09

10

## 【0050】

この実施例 1 においては、全光学系の焦点距離  $f$ 、F ナンバ  $F$ 、半画角  $\omega$ 、第 1 レンズ群  $G 1$  と第 2 レンズ群  $G 2$  との間の可変間隔  $D A$ 、第 2 レンズ群  $G 2$  と開口絞り  $A D$  との間の可変間隔  $D B$ 、開口絞り  $A D$  と第 3 レンズ群  $G 3$  との間の可変間隔  $D C$ 、第 3 レンズ群  $G 3$  と第 4 レンズ群  $G 4$  との間の可変間隔  $D D$ 、そして第 4 レンズ群  $G 4$  とフィルタ  $F M$  等との間の可変間隔  $D E$  は、ズーミングに伴って次表のように変化させられる。

## 【0051】

【表 3】

可変間隔

20

	短焦点端 (Wide)	短-中 (W-M)	中間焦点距離 (Mean)	中-長 (M-T)	長焦点端 (Tele)
$f$	5.05	9.00	16.01	29.02	52.01
F ナンバ	3.47	4.42	4.73	5.00	5.47
$\omega$	39.83	25.21	14.65	8.09	4.44
$D A$	0.600	4.643	9.545	15.014	17.226
$D B$	6.484	4.379	1.614	0.800	0.800
$D C$	6.243	4.134	3.745	2.605	0.950
$D D$	3.740	5.356	4.599	4.055	11.440
$D E$	2.450	4.008	6.530	6.117	2.376

30

## 【0052】

また、長焦点 (Tele) 端における開口絞り  $A D$  の開口径は 3.6 であり、このときの像高  $Y = 4.1$  である。図 20 を参照して、先に述べたように、歪曲収差の画像処理による収差補正を行うため、受光素子の撮像範囲に長焦点端 (および中間焦点距離) における撮像範囲をほぼ一致させて、矩形の撮像範囲とし、短焦点 (Wide) 端では、 $Y = 3.75$  として、短焦点端における撮像範囲が樽型となるような歪曲収差を発生させる。そして、短焦点端における樽型の有効撮像範囲を画像処理により画像変換し、歪みを低減させた矩形の画像情報に変換する。

40

したがって、条件式 (1) ~ 条件式 (8) に対応する値は、次表のようになり、それぞれ条件式 (1) ~ 条件式 (8) を満足している。

## 【0053】

【表 4】  
条件式

条件式 (1)	$f_{21} / f_{22}$	0.59
条件式 (2)	$f_{21} / f_2$	1.10
条件式 (3)	$D_2 / f_w$	1.09
条件式 (4)	$DS_{3w} / D_{2Sw}$	0.96
条件式 (5)	$ X_{1-2} / f_2 $	3.08
条件式 (6)	$\phi_2 / \phi_1$	0.67
条件式 (7)	$f_2 / f_w$	-1.07
条件式 (8)	$TL_t / f_t$	1.10

10

## 【0054】

また、図 2、図 3 および図 4 に、それぞれ、実施例 1 の広角端、中間焦点距離および望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、並びにコマ収差の各収差図を示している。なお、これらの図において、球面収差における破線は正弦条件をあらわし、非点収差における実線はサジタル、そして破線はメリディオナルをそれぞれあらわしている。また、球面収差、非点収差、並びにコマ収差の各収差図における g および d はそれぞれ、g 線および d 線をあらわしている。これらは、他の実施例の収差図についても同様である。

20

## 【実施例 2】

## 【0055】

図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態の実施例 2 に係るズームレンズの光学系の構成および短焦点端（広角端）から所定の中間焦点距離を経て長焦点端（望遠端）へのズームに伴うズーム軌跡を模式的に示しており、(a) は短焦点端（Wide）における光軸に沿った模式的断面図、(b) は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離（Wide-Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(c) は中間焦点距離（Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(d) は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離（Mean-Tele）における光軸に沿った模式的断面図および (e) は長焦点端（Tele）における光軸に沿った模式的断面図である。なお、実施例 2 のレンズ群配置を示す図 5 においても、図示左側が物体側である。

30

図 5 に示すズームレンズは、光軸に沿って、物体側から、順次、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、そして正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とを配置し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に開口絞り AD を配している。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ L 1 1、第 2 レンズ L 1 2 および第 3 レンズ L 1 3 を有してなり、第 2 レンズ群 G 2 は、第 1 レンズ L 2 1、第 2 レンズ L 2 2 および第 3 レンズ L 2 3 を有してなり、第 3 レンズ群 G 3 は、第 1 レンズ L 3 1、第 2 レンズ L 3 2 および第 3 レンズ L 3 3 を有してなり、そして第 4 レンズ群 G 4 は、単一のレンズ L 4 0 を有してなる。

40

## 【0056】

第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 4 レンズ群 G 4 は、それぞれ各群毎に適宜なる共通の支持枠等によって支持され、ズーム等に際しては各群毎に一体的に動作し、開口絞り AD は、各群とは独立に動作する。図 5 にも、各光学面の面番号も示している。なお、図 5 における各参照符号は、参照符号の桁数の増大による説明の煩雑化を避けるため、各実施例毎に独立に用いており、そのため他の実施例に係る図面と共通の参照符号を付していてもそれらは他の実施例とはかならずしも共通の構成ではない。

短焦点端から長焦点端への変倍に際しては、第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 4 レンズ群 G 4 の全群が移動して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G

50

2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大し、そして第1レンズ群および第3レンズ群は、それぞれの長焦点端における位置が、短焦点端における位置よりも物体側に位置するように移動する。

第1レンズ群G1は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第1レンズ(負レンズ)L11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズ(第1正レンズ)L12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第3レンズ(第2正レンズ)L13とを配している。第1レンズL11と第2レンズL12の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

【0057】

第2レンズ群G2は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであって、その物体側に非球面を形成している非球面レンズからなる第1レンズ(第1負レンズ)L21と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第2レンズ(第2負レンズ)L22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであって、その像側に非球面を形成している非球面レンズからなる第3レンズ(正レンズ)L23とを配している。第2レンズL22と第3レンズL23の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

開口絞りADは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に介挿配置されている。

第3レンズ群G3は、物体側から、順次、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり且つ両面に非球面を形成した非球面レンズからなる第1レンズ(第1正レンズ)L31と、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズからなる第2レンズ(第2正レンズ)L32と、像側により強い凹面を向けた両凹負レンズからなる第3レンズ(負レンズ)L33とを配している。第2レンズL32と第3レンズL33の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

【0058】

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであり、且つ物体側を非球面とした非球面レンズからなる単一の正レンズL40のみからなっている。

この場合、図5に示すように、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に伴って、第1レンズ群G1は像側から物体側へほぼ単調に移動し、第2レンズ群G2は像側にほぼ凸となる軌跡を描いて移動し、第3レンズ群G3は像側から物体側へ移動した後に物体側から像側へ移動しその後再度像側から物体側へ移動し、そして第4レンズ群G4は物体側に凸となる軌跡を描いて移動する。

この実施例2における各光学要素の光学特性は、次表の通りである。

【0059】

10

20

30

【表 5】  
光学特性

面番号	R	D	N	$\nu$	$\phi$	ガラス等	備考
1	40.310	0.80	2.00069	25.46	24.0	TAFD40(HOYA)	L11
2	23.189	3.45	1.59282	68.63	22.6	FCD505(HOYA)	L12
3	772.480	0.20			22.0		
4	19.647	2.83	1.72916	54.68	20.0	S-LAL18(OHARA)	L13
5	52.995	可変DA			19.6		
6*	40.667	0.80	1.86400	40.58	11.6	L-LAH83(OHARA)	L21
7	4.559	2.26			8.0		
8	30.349	0.80	1.81600	46.62	7.8	S-LAH59(OHARA)	L22
9	8.466	1.69	2.00178	19.32	7.4	MFDS2(HOYA)	L23
10*	25.433	可変DB			7.0		
11	開口絞り	可変DC			2.8		AD
12*	7.306	2.56	1.55332	71.68	7.2	MFCD500(HOYA)	L31
13*	-9.884	0.67			7.4		
14	8.536	1.99	1.59282	68.63	7.0	FCD505(HOYA)	L32
15	-19.863	0.83	1.85026	32.27	6.6	S-LAH71(OHARA)	L33
16	5.610	可変DD			6.0		
17*	10.978	1.92	1.52528	56.20	8.8	プラスチック	L40
18	301.021	可変DE			8.8		
19	$\infty$	0.80	1.50000	64.00	8.4	フィルタ等	FM
20	$\infty$	-			8.4		

10

20

30

## 【 0 0 6 0 】

表 5 において、面番号に「\* (アスタリスク)」を付して示した面番号のレンズ面が非球面であり、また、ガラス名の後には、次の通り硝材の製造メーカー名を、HOYA (HOYA 株式会社) および OHARA (株式会社オハラ) として略記した。これらは、他の実施例についても同様である。

すなわち、表 5 においても、「\*」が付された第 6 面、第 10 面、第 12 面、第 13 面および第 17 面の各光学面が非球面であり、式 (9) における各非球面のパラメータは、次表の通りである。

## 【 0 0 6 1 】

40

【表 6】

非球面係数

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
6	0	-1.55548E-04	3.71202E-06	-5.52669E-08	4.22128E-10
10	0	-5.18794E-04	1.81659E-06	-5.38944E-07	-1.23131E-08
12	0	-6.41712E-04	2.82143E-05	-2.79043E-06	1.16780E-07
13	0	1.75023E-04	3.95581E-05	-3.73008E-06	1.51988E-07
17	0	-1.64923E-05	3.14180E-07	8.55118E-08	-1.87844E-09

10

## 【0062】

この実施例 2 においても、全光学系の焦点距離  $f$ 、F ナンバ  $F$ 、半画角  $\omega$ 、第 1 レンズ群  $G 1$  と第 2 レンズ群  $G 2$  との間の可変間隔  $DA$ 、第 2 レンズ群  $G 2$  と開口絞り  $AD$  との間の可変間隔  $DB$ 、開口絞り  $AD$  と第 3 レンズ群  $G 3$  との間の可変間隔  $DC$ 、第 3 レンズ群  $G 3$  と第 4 レンズ群  $G 4$  との間の可変間隔  $DD$ 、そして第 4 レンズ群  $G 4$  とフィルタ等との間の可変間隔  $DE$  は、ズーミングに伴って次表のように変化させられる。

## 【0063】

【表 7】

可変間隔

20

	短焦点端 (Wide)	短-中 (W-M)	中間焦点距離 (Mean)	中-長 (M-T)	長焦点端 (Tele)
$f$	5.05	9.01	16.00	29.00	52.01
F ナンバ	3.83	3.84	5.06	5.24	5.60
$\omega$	39.81	24.90	14.57	8.11	4.42
$DA$	0.600	5.527	9.643	16.533	18.902
$DB$	8.500	2.466	1.357	0.800	0.800
$DC$	6.907	8.520	5.380	3.784	0.950
$DD$	3.500	6.097	6.866	5.331	11.359
$DE$	3.720	4.058	6.422	5.906	2.304

30

## 【0064】

また、長焦点 (Tele) 端における開口絞り  $AD$  の開口径は 3.6 であり、このときの像高  $Y = 4.1$  である。図 20 を参照して、先に述べたように、歪曲収差の画像処理による収差補正を行うため、受光素子の撮像範囲に長焦点端 (および中間焦点距離) における撮像範囲をほぼ一致させて、矩形の撮像範囲とし、短焦点 (Wide) 端では、 $Y = 3.75$  として、短焦点端における撮像範囲が樽型となるような歪曲収差を発生させる。そして、短焦点端における樽型の有効撮像範囲を画像処理により画像変換し、歪みを低減させた矩形の画像情報に変換する。

40

したがって、条件式 (1) ~ 条件式 (8) に対応する値は、次表のようになり、それぞれ条件式 (1) ~ 条件式 (8) を満足している。

## 【0065】

【表 8】  
条件式

条件式 (1)	$f_{21} / f_{22}$	0.41
条件式 (2)	$f_{21} / f_2$	0.95
条件式 (3)	$D_2 / f_w$	1.10
条件式 (4)	$DS_{3w} / D_{2Sw}$	0.81
条件式 (5)	$ X_{1-2} / f_2 $	2.89
条件式 (6)	$\phi_2 / \phi_1$	0.67
条件式 (7)	$f_2 / f_w$	-1.25
条件式 (8)	$TL_t / f_t$	1.09

10

## 【0066】

また、図 6、図 7 および図 8 に、それぞれ、実施例 2 の広角端、中間焦点距離および望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、並びにコマ収差の各収差図を示している。なお、これらの図において、球面収差における破線は正弦条件をあらわし、非点収差における実線はサジタル、そして破線はメリディオナルをそれぞれあらわしている。また、球面収差、非点収差並びにコマ収差の各収差図における g および d はそれぞれ、g 線および d 線をあらわしている。これらは、他の実施例の収差図についても同様である。

20

## 【実施例 3】

## 【0067】

図 9 は、本発明の第 1 の実施の形態の実施例 3 に係るズームレンズの光学系の構成および短焦点端（広角端）から所定の中間焦点距離を経て長焦点端（望遠端）へのズームに伴うズーム軌跡を模式的に示しており、(a) は短焦点端（Wide）における光軸に沿った模式的断面図、(b) は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離（Wide-Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(c) は中間焦点距離（Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(d) は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離（Mean-Tele）における光軸に沿った模式的断面図および (e) は長焦点端（望遠端～Tele）における光軸に沿った模式的断面図である。なお、実施例 3 のレンズ群配置を示す図 9 においても、図示左側が物体側である。

30

図 9 に示すズームレンズは、光軸に沿って、物体側から、順次、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、そして正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とを配置し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に開口絞り AD を配している。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ L 1 1、第 2 レンズ L 1 2 および第 3 レンズ L 1 3 を有してなり、第 2 レンズ群 G 2 は、第 1 レンズ L 2 1、第 2 レンズ L 2 2 および第 3 レンズ L 2 3 を有してなり、第 3 レンズ群 G 3 は、第 1 レンズ L 3 1、第 2 レンズ L 3 2 および第 3 レンズ L 3 3 を有してなり、そして第 4 レンズ群 G 4 は、単一のレンズ L 4 0 を有してなる。

40

## 【0068】

短焦点端から長焦点端への変倍に際しては、第 1 レンズ群 G 1 ～第 4 レンズ群 G 4 の全群が移動して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が减小し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が増大し、そして第 1 レンズ群および第 3 レンズ群は、それぞれの長焦点端における位置が、短焦点端における位置よりも物体側に位置するように移動する。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第 1 レンズ（負レンズ）L 1 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第 2 レンズ（第 1 正レンズ）L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズか

50

らなる第3レンズ(第2正レンズ)L13とを配している。第1レンズL11と第2レンズL12の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

第2レンズ群G2は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであって、その物体側に非球面を形成している非球面レンズからなる第1レンズ(第1負レンズ)L21と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第2レンズ(第2負レンズ)L22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであって、その像側に非球面を形成している非球面レンズからなる第3レンズ(正レンズ)L23とを配している。第2レンズL22と第3レンズL23の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

10

【0069】

開口絞りADは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に介挿配置されている。

第3レンズ群G3は、物体側から、順次、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり且つ両面に非球面を形成した非球面レンズからなる第1レンズ(第1正レンズ)L31と、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズからなる第2レンズ(第2正レンズ)L32と、像側により強い凹面を向けた両凹負レンズからなる第3レンズ(負レンズ)L33とを配している。第2レンズL32と第3レンズL33の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

第4レンズ群G4は、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり、且つ物体側を非球面とした非球面レンズからなる単一の正レンズL40のみからなっている。

20

この場合、図9に示すように、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に伴って、第1レンズ群G1は像側から物体側へほぼ単調に移動し、第2レンズ群G2は像側に凸となる軌跡を描いて移動し、第3レンズ群G3は像側から物体側へ移動した後、物体側から像側へ移動しその後再度像側から物体側へ移動し、そして第4レンズ群G4は物体側に凸となる軌跡を描いて移動する。

この実施例3における各光学要素の光学特性は、次表の通りである。

【0070】



【表 9】  
光学特性

面番号	R	D	N	$\nu$	$\phi$	ガラス等	備考
1	39.385	0.80	2.00069	25.46	22.0	TAFD40(HOYA)	L11
2	23.268	3.02	1.59282	68.63	21.0	FCD505(HOYA)	L12
3	447.036	0.20			20.8		
4	19.984	2.93	1.72916	54.68	19.4	S-LAL18(OHARA)	L13
5	51.283	可変DA			18.8		
6*	64.922	0.80	1.86400	40.58	11.2	L-LAH83(OHARA)	L21
7	4.417	2.33			7.8		
8	35.355	0.80	1.81600	46.62	7.6	S-LAH59(OHARA)	L22
9	10.095	1.64	2.00178	19.32	7.4	MFDS2(HOYA)	L23
10*	42.774	可変DB			7.0		
11	開口絞り	可変DC			3.1		AD
12*	7.015	2.63	1.55332	71.68	7.2	MFCD500(HOYA)	L31
13*	-9.753	1.19			7.4		
14	9.961	2.08	1.59282	68.63	6.8	FCD505(HOYA)	L32
15	-11.411	0.80	1.85026	32.27	6.4	S-LAH71(OHARA)	L33
16	5.787	可変DD			6.0		
17*	10.555	3.56	1.52528	56.20	9.4	プラスチック	L40
18	-39.989	可変DE			9.2		
19	$\infty$	0.80	1.50000	64.00	8.6	フィルタ等	FM
20	$\infty$	-			8.6		

10

20

30

## 【0071】

表9において、面番号に「\*（アスタリスク）」を付して示した面番号のレンズ面が非球面であり、また、ガラス名の後には、次の通り硝材の製造メーカー名を、HOYA（HOYA株式会社）およびOHARA（株式会社オハラ）として略記した。これらは、他の実施例についても同様である。

すなわち、表9においても、「\*」が付された第6面、第10面、第12面、第13面および第17面の各光学面が非球面であり、式(9)における各非球面のパラメータは、次表の通りである。

## 【0072】

40

【表 10】

非球面係数

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
6	0	-2.01225E-07	3.03676E-06	-9.28013E-08	8.85457E-10
10	0	-4.71631E-04	1.31394E-06	-4.32224E-07	-3.24959E-08
12	0	-7.00887E-04	3.06337E-05	-2.76257E-06	1.25320E-07
13	0	1.92836E-04	4.13616E-05	-3.68036E-06	1.65944E-07
17	0	-9.81990E-05	3.85346E-06	-8.48706E-08	7.29562E-10

10

## 【0073】

この実施例3においても、全光学系の焦点距離  $f$ 、Fナンバ  $F$ 、半画角  $\omega$ 、第1レンズ群  $G1$  と第2レンズ群  $G2$  との間の可変間隔  $DA$ 、第2レンズ群  $G2$  と開口絞り  $AD$  との間の可変間隔  $DB$ 、開口絞り  $AD$  と第3レンズ群  $G3$  との間の可変間隔  $DC$ 、第3レンズ群  $G3$  と第4レンズ群  $G4$  との間の可変間隔  $DD$ 、そして第4レンズ群  $G4$  とフィルタ等との間の可変間隔  $DE$  は、ズーミングに伴って次表のように変化させられる。

## 【0074】

【表 11】

可変間隔

	短焦点端 (Wide)	短-中 (W-M)	中間焦点距離 (Mean)	中-長 (M-T)	長焦点端 (Tele)
$f$	5.05	9.00	16.00	29.01	52.03
Fナンバ	3.59	4.30	4.64	5.04	5.87
$\omega$	39.39	24.55	14.48	8.08	4.44
$DA$	0.600	4.963	10.414	17.010	19.630
$DB$	8.500	4.556	1.203	0.800	0.800
$DC$	6.387	5.538	4.464	2.622	0.950
$DD$	3.500	6.322	5.037	4.135	11.652
$DE$	2.437	3.305	6.487	6.111	2.318

20

30

## 【0075】

また、長焦点 (Tele) 端における開口絞り  $AD$  の開口径は 3.6 であり、このときの像高  $Y = 4.1$  である。図 20 を参照して、先に述べたように、歪曲収差の画像処理による収差補正を行うため、受光素子の撮像範囲に長焦点端 (および中間焦点距離) における撮像範囲をほぼ一致させて、矩形の撮像範囲とし、短焦点 (Wide) 端では、 $Y = 3.85$  として、短焦点端における撮像範囲が樽型となるような歪曲収差を発生させる。そして、短焦点端における樽型の有効撮像範囲を画像処理により画像変換し、歪みを低減させた矩形の画像情報に変換する。

40

したがって、条件式 (1) ~ 条件式 (8) に対応する値は、次表のようになり、それぞれ条件式 (1) ~ 条件式 (8) を満足している。

## 【0076】

【表 1 2】

条件式

条件式 (1)	$f_{21} / f_{22}$	0.31
条件式 (2)	$f_{21} / f_2$	0.87
条件式 (3)	$D_2 / f_w$	1.10
条件式 (4)	$DS_{3w} / D_{2Sw}$	0.75
条件式 (5)	$ X_{1-2} / f_2 $	3.01
条件式 (6)	$\phi_2 / \phi_1$	0.68
条件式 (7)	$f_2 / f_w$	-1.25
条件式 (8)	$TL_t / f_t$	1.15

10

## 【0077】

また、図10、図11および図12に、それぞれ、実施例3の広角端、中間焦点距離および望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、並びにコマ収差の各収差図を示している。なお、これらの図において、球面収差における破線は正弦条件をあらわし、非点収差における実線はサジタル、そして破線はメリディオナルをそれぞれあらわしている。また、球面収差、非点収差、並びにコマ収差の各収差図におけるgおよびdはそれぞれ、g線およびd線をあらわしている。これらは、他の実施例の収差図についても同様である。

20

## 【実施例4】

## 【0078】

図13は、本発明の第1の実施の形態の実施例4に係るズームレンズの光学系の構成および短焦点端（広角端）から所定の中間焦点距離を経て長焦点端（望遠端）へのズームに伴うズーム軌跡を模式的に示しており、(a)は短焦点端（Wide）における光軸に沿った模式的断面図、(b)は短焦点端と中間焦点距離との中間の焦点距離（Wide-Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(c)は中間焦点距離（Mean）における光軸に沿った模式的断面図、(d)は中間焦点距離と長焦点端との中間の焦点距離（Mean-Tele）における光軸に沿った模式的断面図および(e)は長焦点端（望遠端~Tele）における光軸に沿った模式的断面図である。なお、実施例4のレンズ群配置を示す図13においても、図示左側が物体側である。

30

図13に示すズームレンズは、光軸に沿って、物体側から、順次、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、そして正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを配置し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に開口絞りADを配している。第1レンズ群G1は、第1レンズL11、第2レンズL12および第3レンズL13を有してなり、第2レンズ群G2は、第1レンズL21、第2レンズL22および第3レンズL23を有してなり、第3レンズ群G3は、第1レンズL31、第2レンズL32および第3レンズL33を有してなり、そして第4レンズ群G4は、単一のレンズL40を有してなる。

40

## 【0079】

短焦点端から長焦点端への変倍に際しては、第1レンズ群G1～第4レンズ群G4の全群が移動して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が减小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大し、そして第1レンズ群および第3レンズ群は、それぞれの長焦点端における位置が、短焦点端における位置よりも物体側に位置するように移動する。

第1レンズ群G1は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第1レンズ（負レンズ）L11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズ（第1正レンズ）L12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズか

50

らなる第3レンズ(第2正レンズ)L13とを配している。第1レンズL11と第2レンズL12の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

第2レンズ群G2は、物体側から、順次、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであって、その物体側に非球面を形成している非球面レンズからなる第1レンズ(第1負レンズ)L21と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズからなる第2レンズ(第2負レンズ)L22と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであって、その像側に非球面を形成している非球面レンズからなる第3レンズ(正レンズ)L23とを配している。第2レンズL22と第3レンズL23の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

10

開口絞りADは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に介挿配置されている。

第3レンズ群G3は、物体側から、順次、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり且つ両面に非球面を形成した非球面レンズからなる第1レンズ(第1正レンズ)L31と、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズからなる第2レンズ(第2正レンズ)L32と、像側により強い凹面を向けた両凹負レンズからなる第3レンズ(負レンズ)L33とを配している。第2レンズL32と第3レンズL33の2枚のレンズは、互いに密接して貼り合わせられて一体に接合され、2枚接合からなる接合レンズを形成している。

第4レンズ群G4は、物体側により強い凸面を向けた両凸正レンズであり、且つ物体側を非球面とした非球面レンズからなる単一の正レンズL40のみからなっている。

20

この場合、図13に示すように、短焦点端(広角端)から長焦点端(望遠端)への変倍に伴って、第1レンズ群G1は像側から物体側へほぼ単調に移動し、第2レンズ群G2は像側に凸となる軌跡を描いて移動し、第3レンズ群G3は像側から物体側へ移動した後に物体側から像側へ移動しその後再度像側から物体側へ移動し、そして第4レンズ群G4は物体側に凸となる軌跡を描いて移動する。

【0080】

この実施例4における各光学要素の光学特性は、次表の通りである。

【0081】

【表 1 3】  
光学特性

面番号	R	D	N	$\nu$	$\phi$	ガラス等	備考
1	32.064	0.80	2.00069	25.46	21.8	TAFD40(HOYA)	L11
2	18.776	3.20	1.59282	68.63	20.2	FCD505(HOYA)	L12
3	226.673	0.20			20.0		
4	17.124	3.00	1.72916	54.68	17.6	S-LAL18(OHARA)	L13
5	56.420	可変DA			17.0		
6*	82.992	0.80	1.86400	40.58	10.2	L-LAH83(OHARA)	L21
7	4.283	1.91			7.0		
8	24.116	0.80	1.81600	46.62	7.0	S-LAH59(OHARA)	L22
9	6.832	1.65	2.00178	19.32	6.6	MFDS2(HOYA)	L23
10*	18.548	可変DB			6.0		
11	開口絞り	可変DC			2.5		AD
12*	7.332	2.69	1.55332	71.68	7.3	MFCD500(HOYA)	L31
13*	-9.449	0.66			7.6		
14	8.806	2.37	1.59282	68.63	7.2	FCD505(HOYA)	L32
15	-13.301	0.83	1.85026	32.27	6.8	S-LAH71(OHARA)	L33
16	5.720	可変DD			6.2		
17*	10.174	2.57	1.52528	56.20	9.6	プラスチック	L40
18	-45.123	可変DE			9.6		
19	$\infty$	0.80	1.50000	64.00	8.8	フィルタ等	FM
20	$\infty$	-			8.8		

10

20

30

## 【 0 0 8 2 】

表 1 3 において、面番号に「\* (アスタリスク)」を付して示した面番号のレンズ面が非球面であり、また、ガラス名の後には、次の通り硝材の製造メーカー名を、HOYA (HOYA 株式会社) および OHARA (株式会社オハラ) として略記した。これらは、他の実施例についても同様である。

すなわち、表 1 3 においても、「\*」が付された第 6 面、第 1 0 面、第 1 2 面、第 1 3 面および第 1 7 面の各光学面が非球面であり、式 ( 9 ) における各非球面のパラメータは、次表の通りである。

## 【 0 0 8 3 】

40

【表 1 4】

非球面係数

	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
6	0	-2.13100E-04	5.36880E-06	-1.07091E-08	-8.91080E-10
10	0	-6.87197E-04	-8.00907E-06	7.90956E-07	-9.47677E-08
12	0	-6.68388E-04	2.76877E-05	-2.52557E-06	1.10843E-07
13	0	1.82600E-04	3.92416E-05	-3.58749E-06	1.52005E-07
17	0	-2.42568E-05	3.24165E-06	-1.12435E-07	1.76648E-09

10

【0 0 8 4】

この実施例 4 においても、全光学系の焦点距離  $f$ 、F ナンバ  $F$ 、半画角  $\omega$ 、第 1 レンズ群  $G 1$  と第 2 レンズ群  $G 2$  との間の可変間隔  $D A$ 、第 2 レンズ群  $G 2$  と開口絞り  $A D$  との間の可変間隔  $D B$ 、開口絞り  $A D$  と第 3 レンズ群  $G 3$  との間の可変間隔  $D C$ 、第 3 レンズ群  $G 3$  と第 4 レンズ群  $G 4$  との間の可変間隔  $D D$ 、そして第 4 レンズ群  $G 4$  とフィルタ等との間の可変間隔  $D E$  は、ズーミングに伴って次表のように変化させられる。

【0 0 8 5】

【表 1 5】

可変間隔

20

	短焦点端 (Wide)	短-中 (W-M)	中間焦点距離 (Mean)	中-長 (M-T)	長焦点端 (Tele)
$f$	5.05	9.00	15.99	28.97	51.99
F ナンバ	3.81	4.50	4.96	5.54	5.68
$\omega$	39.65	25.64	14.89	8.10	4.43
$D A$	0.600	4.056	8.612	13.327	14.886
$D B$	6.013	2.895	0.889	0.800	0.800
$D C$	7.455	6.460	5.136	2.810	0.950
$D D$	3.500	6.041	5.170	3.599	11.690
$D E$	3.205	4.263	6.508	6.071	2.291

30

【0 0 8 6】

また、長焦点 (Tele) 端における開口絞り  $A D$  の開口径は 3.6 であり、このときの像高  $Y = 4.1$  である。図 20 を参照して、先に述べたように、歪曲収差の画像処理による収差補正を行うため、受光素子の撮像範囲に長焦点端 (および中間焦点距離) における撮像範囲をほぼ一致させて、矩形の撮像範囲とし、短焦点 (Wide) 端では、 $Y = 3.65$  として、短焦点端における撮像範囲が樽型となるような歪曲収差を発生させる。そして、短焦点端における樽型の有効撮像範囲を画像処理により画像変換し、歪みを低減させた矩形の画像情報に変換する。

40

したがって、条件式 (1) ~ 条件式 (8) に対応する値は、次表のようになり、それぞれ条件式 (1) ~ 条件式 (8) を満足している。

【0 0 8 7】

【表 16】

条件式

条件式 (1)	$f_{21} / f_{22}$	0.44
条件式 (2)	$f_{21} / f_2$	0.98
条件式 (3)	$D_2 / f_w$	1.02
条件式 (4)	$DS_{3w} / D_{2Sw}$	1.24
条件式 (5)	$ X_{1-2} / f_2 $	2.68
条件式 (6)	$\phi_2 / \phi_1$	0.69
条件式 (7)	$f_2 / f_w$	-1.06
条件式 (8)	$TL_t / f_t$	1.04

10

## 【0088】

また、図14、図15および図16に、それぞれ、実施例4の広角端、中間焦点距離および望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差、並びにコマ収差の各収差図を示している。なお、これらの図において、球面収差における破線は正弦条件をあらわし、非点収差における実線はサジタル、そして破線はメリディオナルをそれぞれあらわしている。また、球面収差、非点収差、並びにコマ収差の各収差図におけるgおよびdはそれぞれ、g線およびd線をあらわしている。これらは、他の実施例の収差図についても同様である。

20

上述のように、本発明の第1の実施の形態の実施例1～実施例4によれば、短焦点端の半画角が38度以上と十分に広画角でありながら8倍以上の変倍比を有し、レンズ構成枚数が10程度と少なく、小型で且つ1000万～1500万画素の撮像素子に対応する解像力を有するズームレンズを提供することができ、本発明の第2の実施の形態によれば、本発明の第1の実施の形態に係るズームレンズを用いて、小型且つ高画質で、通常の撮影領域を十分にカバーする変倍域を有するデジタルカメラ等の撮像装置および携帯情報端末装置等の情報装置を実現することができる。

## 【0089】

また、短焦点端の軸外収差をより良好に補正して、高性能で小型なズームレンズを提供することができ、そのようなズームレンズを用いて短焦点端において画面周辺部まで良好な描写の得られる小型な撮像装置および情報装置を実現することができる。

30

さらに、各収差をさらに良好に補正し、高性能で安定したズームレンズを提供することができ、一層高い解像力を有する高画質の撮像装置および情報装置を実現することができる。

## 【符号の説明】

## 【0090】

- G1 第1レンズ群(正)
- L11 第1レンズ(負レンズ)
- L12 第2レンズ(第1正レンズ)
- L13 第3レンズ(第2正レンズ)
- G2 第2レンズ群(負)
- L21 第1レンズ(第1負レンズ)
- L22 第2レンズ(第2負レンズ)
- L23 第3レンズ(正レンズ)
- G3 第3レンズ群(正)
- L31 第1レンズ(第1正レンズ)
- L32 第2レンズ(第2正レンズ)
- L33 第3レンズ(負レンズ)

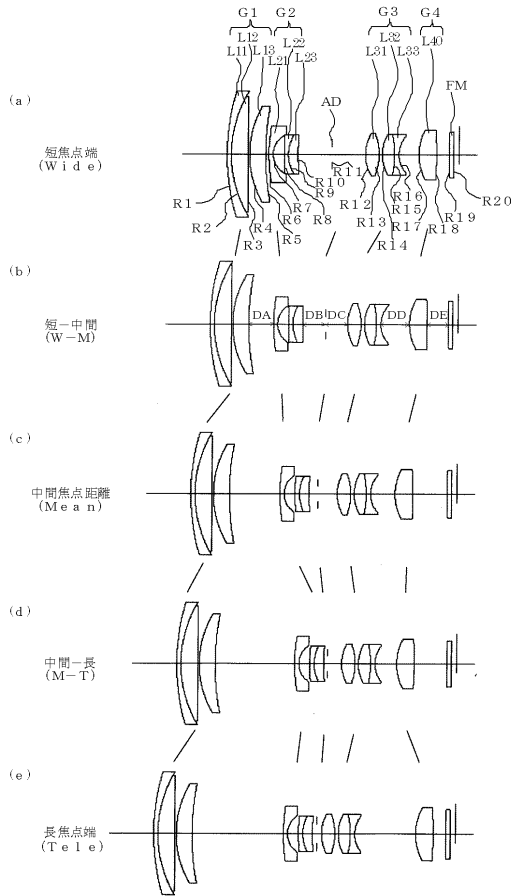
40

50

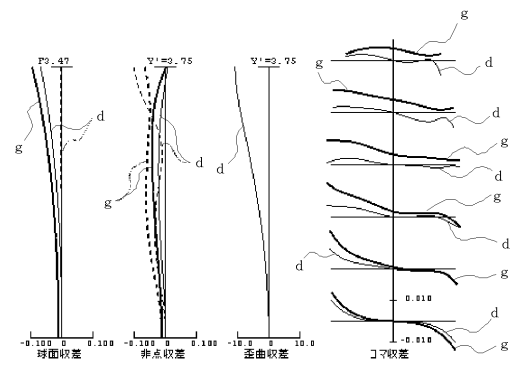
G 4	第 4 レンズ群 ( 正 )	
L 4 0	単一正レンズ	
A D	開口絞り	
F M	フィルタ等	
1 0 1	撮影レンズ	
1 0 2	光学ファインダ	
1 0 3	ストロボ ( フラッシュライト )	
1 0 4	シャッタボタン	
1 0 5	カメラボディ	
1 0 6	電源スイッチ	10
1 0 7	液晶モニタ	
1 0 8	操作ボタン	
1 0 9	メモ리카ードスロット	
1 1 0	ズームスイッチ	
1 1 1	中央演算装置 ( C P U )	
1 1 2	画像処理装置	
1 1 3	受光素子	
1 1 4	信号処理装置	
1 1 5	半導体メモリ	
1 1 6	通信カード等	20
【先行技術文献】		
【特許文献】		
【 0 0 9 1 】		
【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 1 4 5 5 0 1 号公報		
【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 2 3 5 3 1 号公報		
【特許文献 3】特許第 3 3 2 8 0 0 1 号公報		
【特許文献 4】特開 2 0 0 9 - 1 9 8 7 9 8 号公報		



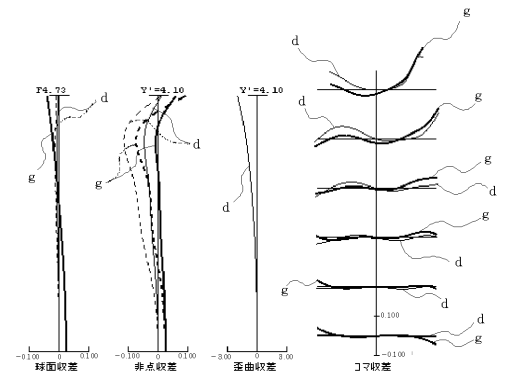
【圖 1】



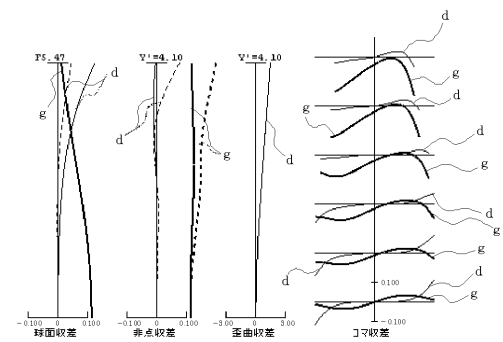
【圖 2】



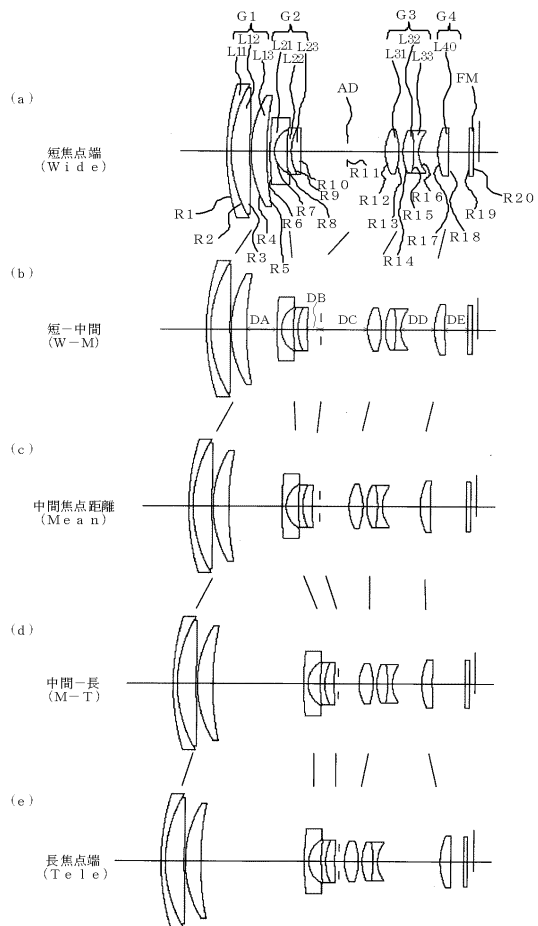
【圖 3】



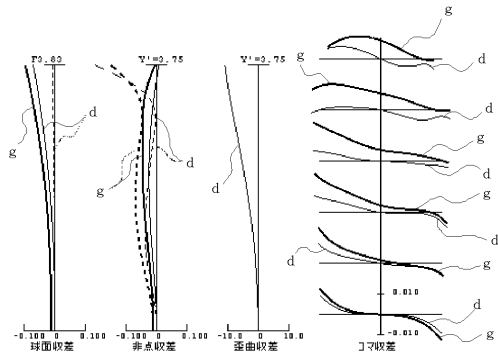
【圖 4】



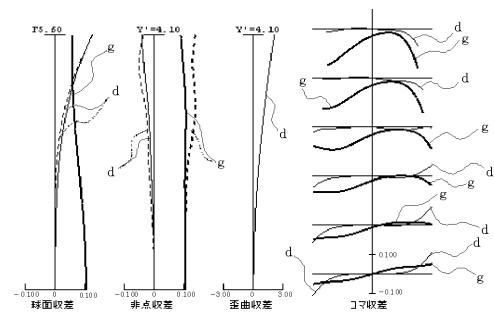
【圖 5】



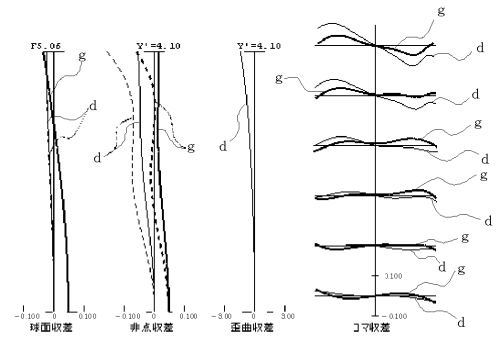
【 図 6 】



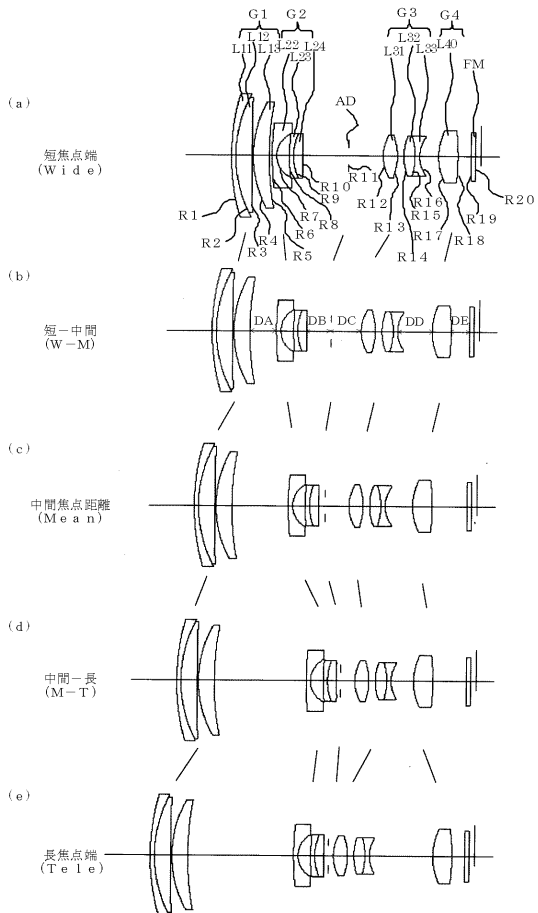
【 図 8 】



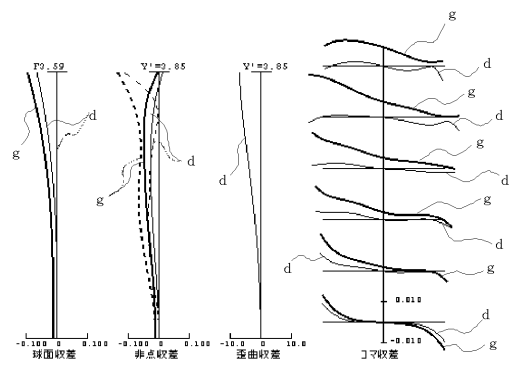
【 図 7 】



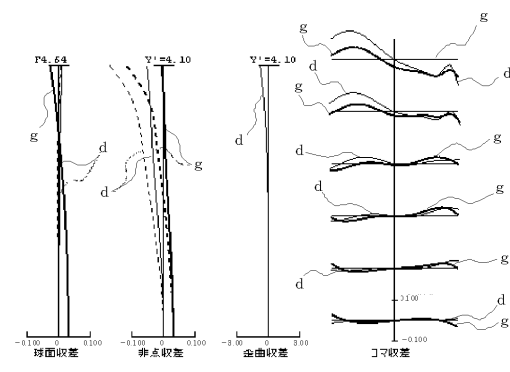
【 図 9 】



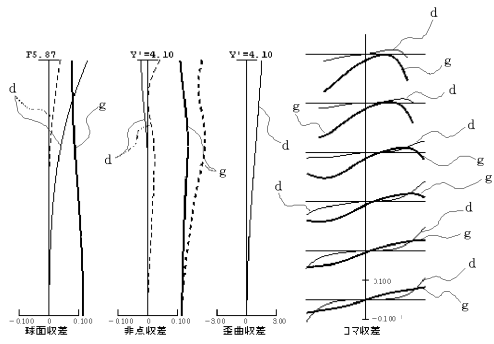
【 図 10 】



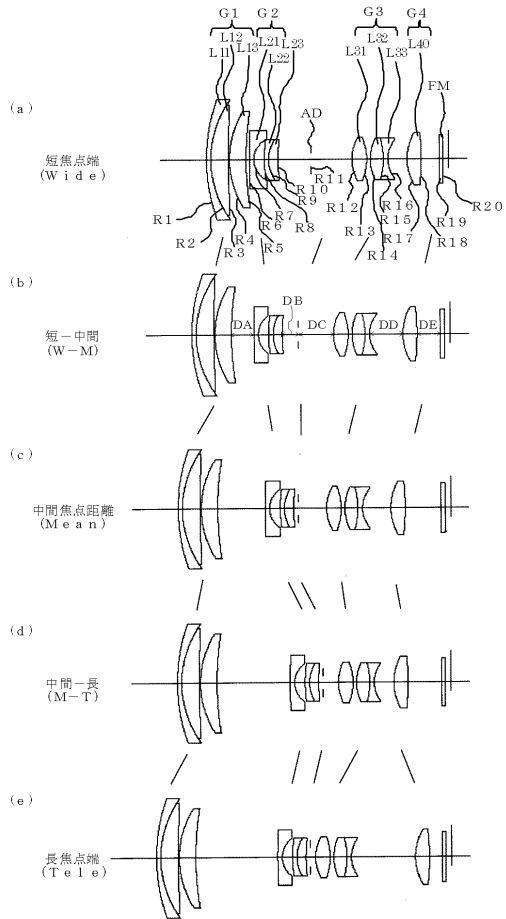
【 図 11 】



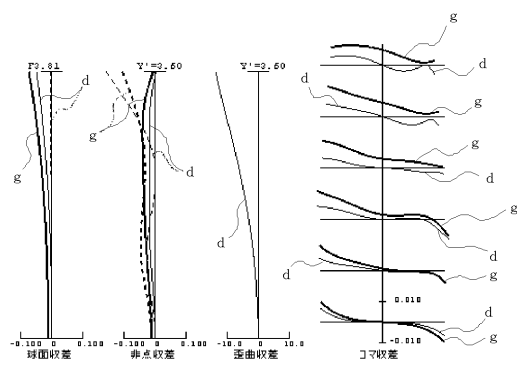
【 図 1 2 】



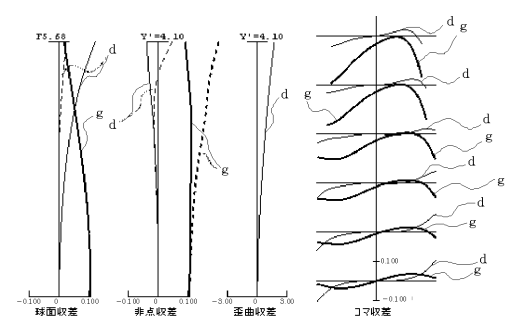
【 図 1 3 】



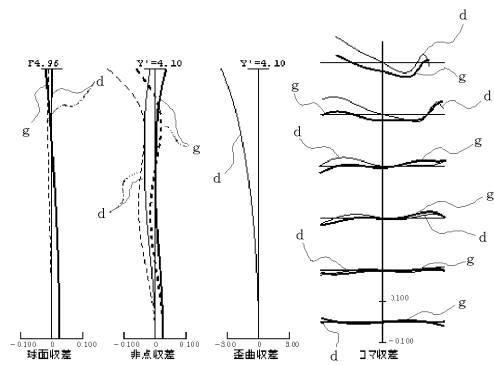
【 図 1 4 】



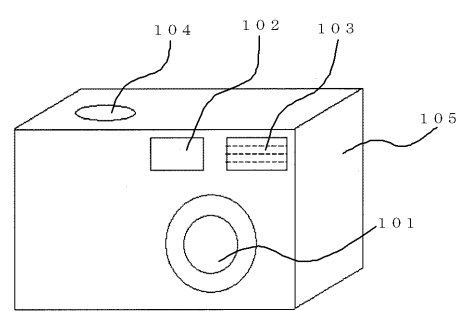
【 図 1 6 】



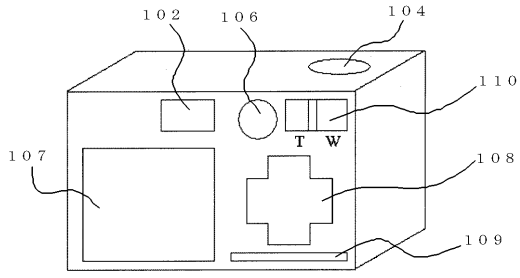
【 図 1 5 】



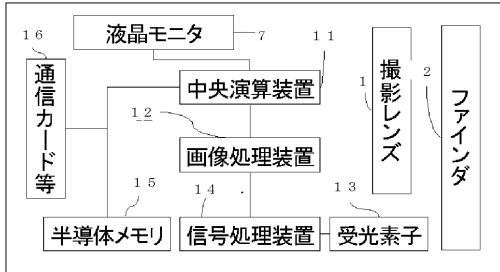
【 図 1 7 】



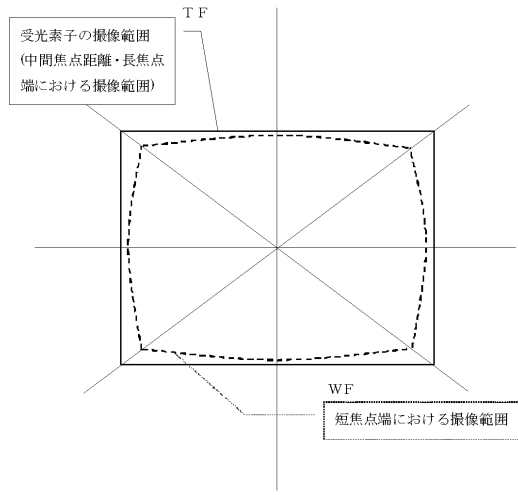
【図18】



【図19】



【図20】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-169082(JP,A)  
特開2009-134001(JP,A)  
特開2008-102165(JP,A)  
特開2007-139863(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08  
G02B 21/02 - 21/04  
G02B 25/00 - 25/04