

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5241281号

(P5241281)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(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 10 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2008-67546 (P2008-67546)
 (22) 出願日 平成20年3月17日(2008.3.17)
 (65) 公開番号 特開2009-223008 (P2009-223008A)
 (43) 公開日 平成21年10月1日(2009.10.1)
 審査請求日 平成23年3月17日(2011.3.17)

(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 難波 則廣
 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 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、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、

広角端に比べて望遠端において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が広く、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が狭く、広角端における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔と望遠端における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔とが互いに異なるズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、1枚の正レンズと、1枚の負レンズから構成され、

前記第2レンズ群は、3枚の負レンズと、1枚の正レンズから構成されており、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、

広角端と望遠端における前記第1レンズ群の光軸方向の距離を m_1 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$8.0 < f_1 / f_w < 13.0$$

$$1.0 < |f_2| / f_w < 1.7$$

$$2.0 < m_1 / f_w < 5.0$$

$$4.0 < f_4 / f_w < 7.0$$

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】

10

20

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$1.5 < f_3 / f_w < 2.7$$

なる条件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 3 レンズ群の最も像側には像側に凸面を向けた正レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面および最も像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{1a} 、 R_{1b} とするとき、

$$-3.0 < (R_{1a} + R_{1b}) / (R_{1a} - R_{1b}) < -1.0$$

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 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 4 レンズ群の最も物体側のレンズ面および最も像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{4a} 、 R_{4b} とするとき、

$$-1.6 < (R_{4a} + R_{4b}) / (R_{4a} - R_{4b}) < -1.0$$

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 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群の正レンズの材料の屈折率を N_{2p} 、アッベ数を ν_{2p} とするとき、

$$1.9 < N_{2p}$$

$$15 < \nu_{2p} < 20$$

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 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群は負レンズを有し、該負レンズの材料の屈折率を N_{3n} 、アッベ数を ν_{3n} とするとき、

$$1.9 < N_{3n}$$

$$15 < \nu_{3n} < 30$$

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

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群および前記第 2 レンズ群の光軸上の厚みを各々 D_1 、 D_2 とするとき、

$$1.5 < D_2 / D_1 < 2.5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸の軌跡を描いて移動し、前記第 2 レンズ群は像側へ凸の軌跡を描いて移動し、前記第 3 レンズ群は物体側へ移動し、前記第 4 レンズ群は物体側へ凸の軌跡を描いて移動しており、前記第 1 レンズ群は、広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラや電子ス

10

20

30

40

50

チルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように固体撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、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、放送用カメラ、監視カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。

【0003】

そしてそれに用いる撮影光学系としてレンズ全長が短く、コンパクト（小型）で高ズーム比（高変倍比）で、しかも高解像力のズームレンズであることが要求されている。

10

【0004】

これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側に正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている。

【0005】

ポジティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群からなる4群ズームレンズが知られている。

【0006】

この4群ズームレンズにおいて、第1レンズ群を1枚のレンズより構成した簡易な構成のズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

20

【0007】

又、この4群ズームレンズにおいて第1レンズ群を1枚の負レンズと1枚の正レンズより構成した簡易な構成のズームレンズが知られている（特許文献3）。

【0008】

又、この4群ズームレンズにおいて、第1レンズ群を負レンズと正レンズとを接合した接合レンズとし、更に第2レンズ群を3枚の負レンズと1枚の正レンズで構成した4群ズームレンズが知られている（特許文献4、5）。

【0009】

又、4群ズームレンズにおいてズームレンズが振動したときの画像ブレを補正するために第3レンズ群を光軸と垂直方向（直交方向）の成分を持つように移動して、撮影画像のブレを補正することが知られている（特許文献6）。

30

【特許文献1】特開2001-042215号公報

【特許文献2】特開2004-199000号公報

【特許文献3】特開2006-235062号公報

【特許文献4】特開2006-308649号公報

【特許文献5】特開2000-347102号公報

【特許文献6】特開2006-189627号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

40

一般に所定のズーム比を確保しつつズームレンズ全体を小型にするためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。

【0011】

しかしながら、このようなズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増すと同時に諸収差の補正が困難になってくる。

【0012】

前述した4群ズームレンズにおいて、高ズーム比とレンズ系全体の小型化を図りつつ、良好な光学性能を得るには、各レンズ群の屈折力やレンズ構成、そして各レンズ群のズーミングに伴う移動条件を適切に設定することが重要となる。

【0013】

50

特にズームングに伴う各レンズ群の移動条件、そして第 1、第 2 レンズ群の屈折力（焦点距離の逆数）とレンズ構成等を適切に設定することが重要となってくる。

【 0 0 1 4 】

これらの構成を適切に設定しないと、前玉径の小型化を図り、かつ高ズーム比を確保しつつ、全ズーム範囲で高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

【 0 0 1 5 】

本発明は高ズーム比で前玉径が小型であり、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型の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】

【 0 0 1 6 】

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、正の屈折力の第 4 レンズ群より構成され、

広角端に比べて望遠端において、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の間隔が広く、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の間隔が狭く、広角端における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の間隔と望遠端における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔とが互いに異なるズームレンズにおいて、

前記第 1 レンズ群は、1 枚の正レンズと、1 枚の負レンズから構成され、

前記第 2 レンズ群は、3 枚の負レンズと、1 枚の正レンズから構成されており、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、

広角端と望遠端における前記第 1 レンズ群の光軸方向の距離を m_1 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$\begin{aligned} & 8.0 < f_1 / f_w < 13.0 \\ & 1.0 < |f_2| / f_w < 1.7 \\ & 2.0 < m_1 / f_w < 5.0 \\ & 4.0 < f_4 / f_w < 7.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、高ズーム比で前玉径が小型であり、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型の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】

【 0 0 1 8 】

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。

【 0 0 1 9 】

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、正の屈折力の第 4 レンズ群より構成されている。そしてズームングに際して、各レンズ群の間隔（第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔、そして第 3 レンズ群と第 4 レンズ群との間隔）を変化させている。

【 0 0 2 0 】

このうち第 1 レンズ群は広角端から望遠端へのズームングに際し、像側へ移動した後に物体側へ広角端に比べ望遠端において物体側に位置するようにしている。

【 0 0 2 1 】

本実施例においては、第 1、第 2、第 3、第 4 レンズ群全てをズームングに際して移動させているがその限りでは無く、例えば第 1、第 2、第 3 レンズ群のみを移動させても良いし、第 2、第 3、第 4 レンズ群のみを移動させても良い。又、第 1、第 2、第 4 レンズ群のみを移動させても良い。

【 0 0 2 2 】

図 1 は本発明の実施例 1 のズームレンズのレンズ断面図である。図 2、図 3、図 4 はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの広角端（短焦点距離端）、中間のズーム位置、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。

【 0 0 2 3 】

図 5 は本発明の実施例 2 のズームレンズのレンズ断面図である。図 6、図 7、図 8 はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 2 4 】

図 9 は本発明の実施例 3 のズームレンズのレンズ断面図である。図 10、図 11、図 12 はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

10

【 0 0 2 5 】

図 13 は本発明の実施例 4 のズームレンズのレンズ断面図である。図 14、図 15、図 16 はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 2 6 】

図 17 は本発明のズームレンズを備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である、各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラそして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。

20

【 0 0 2 7 】

レンズ断面図において（A）は広角端、（B）は中間のズーム位置、（C）は望遠端を示している。

【 0 0 2 8 】

レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。

【 0 0 2 9 】

レンズ断面図において、 L_1 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、 L_2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、 L_3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、 L_4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。

【 0 0 3 0 】

30

各レンズ断面図において、 SP は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L_3 の物体側に配置されている。

【 0 0 3 1 】

FP はフレアカット絞りであり、第 3 レンズ群 L_3 の像側に配置されている。

【 0 0 3 2 】

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。

【 0 0 3 3 】

IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや $CMOS$ センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

40

【 0 0 3 4 】

収差図において、 d 、 g は各々 d 線及び g 線である。 M 、 S は各々メリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。 ω は半画角、 FNO は F ナンバーである。

【 0 0 3 5 】

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。

【 0 0 3 6 】

各実施例では、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各レンズ群を移

50

動させている。

【 0 0 3 7 】

具体的には、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 を像側へ移動させた後、物体側へ移動させている。即ち第 1 レンズ群 L 1 は、像側へ凸状の軌跡（像側に凸の軌跡）を描いて（像側へ凸の曲線に沿って）移動している。また、第 2 レンズ群 L 2 を像側へ移動させた後に物体側へ移動させている。即ち第 2 レンズ群 L 2 は、像側へ凸状の軌跡（像側に凸の軌跡）を描いて（像側に凸の曲線に沿って）移動している。

【 0 0 3 8 】

また、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 を物体側へ移動させている。又、第 4 レンズ群 L 4 は、変倍に伴う像面位置の変動を補正するように物体側に凸状の軌跡で（物体側に凸の曲線に沿って）移動している。

10

【 0 0 3 9 】

また、第 4 レンズ群 L 4 を光軸上（光軸の方向に）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。

【 0 0 4 0 】

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レンズ断面図に示す第 4 レンズ群 L 4 を物体側（前方）に繰り出すことによって行っている。

【 0 0 4 1 】

各実施例では、開口絞り S P とフレアーカット絞り F P がズーミングに際して第 3 レンズ群と一体に移動している。開口絞り S P が第 3 レンズ群 L 3 と一体に移動すると、開口絞り S P が個別に移動するよりも移動群が少なくなるため、メカ構造が簡素化しやすくなる。

20

【 0 0 4 2 】

各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は、1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズから構成されている。第 2 レンズ群 L 2 は、3 枚の負レンズと 1 枚の正レンズから構成されている。広角端における全系の焦点距離を f_w 、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とする。

【 0 0 4 3 】

このとき、

$$8.0 < f_1 / f_w < 13.0 \quad (1)$$

$$1.0 < |f_2| / f_w < 1.7 \quad (2)$$

30

なる条件を満足している。

【 0 0 4 4 】

条件式 (1) は第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱くなりすぎるとポジティブリード型の屈折力配置が弱まり高いズーム比を得るために第 1 レンズ群 L 1、第 3 レンズ群 L 3 の移動ストローク（移動量）が増大してくる。

【 0 0 4 5 】

結果として望遠側においてレンズ全長が長くなっていく。下限を超えて屈折力が強すぎると第 1 レンズ群 L 1 を 2 枚のレンズ構成のままでは望遠側において球面収差が多く発生してくる。このときの収差補正のために第 1 レンズ群 L 1 の構成レンズ枚数を増やすと前玉径が大型化してくるので良くない。

40

【 0 0 4 6 】

条件式 (2) は第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると広角端において撮影画角を広くした場合、前玉径が増大してくる。

【 0 0 4 7 】

広画角化と前玉径の小型化を両立するためには、上限値を越えない程度第 2 レンズ群 L 2 の屈折力を強める必要がある。下限を超えて屈折力が強すぎると広角側において像面湾曲、望遠側において球面収差が多く発生してくるので良くない。

50

【 0 0 4 8 】

尚、本発明は更に好ましくは条件式 (1)、(2) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 4 9 】

$$8.5 < f_1 / f_w < 12.0 \quad (1a)$$

$$1.1 < |f_2| / f_w < 1.6 \quad (2a)$$

本発明によれば以上のように各構成を特定することにより、ポジティブリード型のズームレンズにおいて、広画角、高ズーム比としながらズーム全域に渡って諸収差が良好に補正され前玉径が小さいコンパクトなズームレンズを得ることができる。

【 0 0 5 0 】

本発明において、更に好ましくは次の諸条件のうちの 1 以上を満足するのが良い。

【 0 0 5 1 】

広角端と望遠端における第 1 レンズ群 L 1 の光軸方向の距離を m_1 とする。

【 0 0 5 2 】

第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離を各々 f_3 、 f_4 とする。

【 0 0 5 3 】

【 0 0 5 4 】

第 1 レンズ群 L 1 の最も物体側のレンズ面および最も像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{1a} 、 R_{1b} とする。

【 0 0 5 5 】

第 4 レンズ群 L 4 の最も物体側のレンズ面および最も像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{4a} 、 R_{4b} とする。

【 0 0 5 6 】

第 2 レンズ群 L 2 の正レンズの材料の屈折率を N_{2p} 、アッベ数を $2p$ とする。

【 0 0 5 7 】

第 3 レンズ群 L 3 は負レンズを有し、負レンズの材料の屈折率を N_{3n} 、アッベ数を $3n$ とする。

【 0 0 5 8 】

第 1 レンズ群 L 1 および前記第 2 レンズ群 L 2 の光軸上の厚みを各々 D_1 、 D_2 とする。

【 0 0 5 9 】

このとき、

$$2.0 < m_1 / f_w < 5.0 \quad (3)$$

$$1.5 < f_3 / f_w < 2.7 \quad (4)$$

$$4.0 < f_4 / f_w < 7.0 \quad (5)$$

$$-3.0 < (R_{1a} + R_{1b}) / (R_{1a} - R_{1b}) < -1.0 \quad (6)$$

$$-1.6 < (R_{4a} + R_{4b}) / (R_{4a} - R_{4b}) < -1.0 \quad (7)$$

$$1.9 < N_{2p} \quad (8)$$

$$1.5 < 2p < 2.0 \quad (9)$$

$$1.9 < N_{3n} \quad (10)$$

$$1.5 < 3n < 3.0 \quad (11)$$

$$1.5 < D_2 / D_1 < 2.5 \quad (12)$$

なる条件のうち 1 以上を満足するのが良い。

【 0 0 6 0 】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【 0 0 6 1 】

条件式 (3) は第 1 レンズ群 L 1 のズームングに伴う移動量を規定した式である。上限を超えて移動量が長すぎると望遠端においてレンズ全長が増大し、前玉径が増大してくるので良くない。また沈胴構成の鏡筒とする場合、折り畳みの鏡筒段数が増加し鏡筒径が増大してくる。下限を超えて移動量が小さすぎると第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の

10

20

30

40

50

間隔を変化させて変倍する作用が低下してくる。このため所望のズーム比を得るためには第2レンズ群L2もしくは第3レンズ群L3の屈折力を強める必要があり、そうすると像面湾曲、球面収差等が多く発生してくるので良くない。

【0062】

条件式(4)は第3レンズ群L3の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると第3レンズ群L3の移動による変倍作用が低下してくるため第1レンズ群L1もしくは第3レンズ群L3の移動量を増大させる必要がある。その結果、望遠端におけるレンズ全長が長くなってくるので良くない。下限を超えて屈折力が強すぎると第3レンズ群L3において球面収差、コマ収差が多く発生してくるので良くない。

【0063】

条件式(5)は第4レンズ群L4の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると変倍に伴う像面変動を補正する効果が低下し、フォーカシングのための移動量が長くなってくる。これにより迅速なフォーカシングが困難になってくる。下限を超えて屈折力が強すぎるとベッツパールの和が増大しズーム全域にて像面湾曲が増大してくる。また構成レンズ枚数を増やして像面湾曲の発生を抑えようとすると、レンズ重量が増大し、第4レンズ群L4を駆動するためのトルクが増大してくるので良くない。

【0064】

【0065】

条件式(6)は第1レンズ群L1を構成する接合レンズの形状因子を規定する式である。条件式(6)が-1より小さいと物体側に凸面を向けたメニスカス形状となる。上限を超えて物体側に凸面を向けたメニスカス形状でなくなると広角端において軸外光線の入射角度が大きくなり非点収差が多く発生してくる。下限を超えてメニスカスの度合いが強まりすぎると望遠側において球面収差が多く発生してくるので良くない。

【0066】

条件式(7)は第4レンズ群L4を構成する正レンズ41の形状因子を規定する式である。条件式(7)が-1より小さいと物体側に凸面を向けたメニスカス形状となる。上限を超えて物体側に凸面を向けたメニスカス形状でなくなると物体距離の変化に伴い第1レンズ群L1で発生する像面湾曲の変化をキャンセルする作用が低下し、無限遠物体から近距離物体まで良好な像特性を得るのが難しくなる。下限を超えてメニスカスの度合いが強まりすぎると軸外光線の入射角度が大きくなり非点収差、倍率色収差が多く発生してくるので良くない。

【0067】

条件式(8)は第2レンズ群L2の正レンズの材料の屈折率を規定する式である。下限を超えて屈折率が小さすぎると正レンズの薄型化ができず第2レンズ群L2の厚みが増大する。結果として前玉径が増大してくる。

【0068】

尚、この条件式(8)の N_{2p} は、以下を満足すると尚好ましい。

【0069】

$$1.9 < N_{2p} < 2.2 \quad (8a)$$

条件式(9)は第2レンズ群L2の正レンズの材料のアップベ数すなわち分散を規定する式である。上限を超えて分散が小さすぎると色消し効果が低下し、正レンズの屈折力を強めなければならず、この結果、望遠側において球面収差が多く発生してくる。

【0070】

下限を超えて分散が大きすぎると色消しには有利である。しかし一般的なガラス材料では部分分散比が増大し望遠側において二次スペクトルが多く発生してくるので良くない。

【0071】

条件式(10)は第3レンズ群L3の負レンズの材料の屈折率を規定する式である。下限を超えて屈折率が小さすぎると負レンズの面の曲率がきつくなる。この結果としてコマ収差が多く発生してくる。また第3レンズ群L3を光軸と垂直方向の成分を持つように移

10

20

30

40

50

動させて手ぶれ補正（防振）を行う際には像面の倒れが多く発生してくるので良くない。

【0072】

尚、この条件式（10）の $N3n$ は、以下を満足すると尚好ましい。

【0073】

$$1.9 < N3n < 2.2 \quad (10a)$$

条件式（11）は第3レンズ群L3の負レンズの材料のアップベ数すなわち分散を規定する式である。上限を超えて分散が小さすぎると色消し効果が低下し、負レンズの屈折力を強めなければならず、この結果ズーム全域に渡り球面収差、コマ収差が多く発生してくる。下限を超えて分散が大きすぎると色消しには有利である。しかし一般的なガラス材料では部分分散比が増大しズーム全域に渡り軸上二次スペクトルが多く発生してくるので良くない。

10

【0074】

条件式（12）は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の光軸方向の厚み（物体側のレンズ面から像側のレンズ面までの長さ）を規定する式である。一般に前玉径を小型化するためには広角側にて開口絞りSPから第1レンズ群L1までの距離を短縮するのが好ましい。

【0075】

このとき第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の厚みを適切に振り分けると小型化を図りつつ、高い光学性能が得られる。上限を超えて第1レンズ群L1に対して第2レンズ群L2の厚みが大きすぎると第2レンズ群L2内の空気間隔が十分の取れるため広角側において軸外収差の補正が容易になる。しかしながら前玉径が増大してくるので良くない。下限を超えて第1レンズ群L1に対して第2レンズ群L2の厚みが小さすぎると第2レンズ群L2内の空気間隔が小さすぎると広角側において像面湾曲、非点収差が多く発生してくるので良くない。

20

【0076】

本発明において更に好ましくは条件式（3）～（12）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0077】

$$2.5 < m1 / fw < 4.5 \quad (3a)$$

$$1.7 < f3 / fw < 2.5 \quad (4a)$$

$$5.0 < f4 / fw < 6.5 \quad (5a)$$

$$-2.8 < (R1a + R1b) / (R1a - R1b) < -1.2 \quad (6a)$$

$$-1.50 < (R4a + R4b) / (R4a - R4b) < -1.02 \quad (7a)$$

$$1.91 < N2p < 2.10 \quad (8b)$$

$$1.6 < 2p < 1.9 \quad (9a)$$

$$1.95 < N3n < 2.16 \quad (10b)$$

$$1.6 < 3n < 2.9 \quad (11a)$$

$$1.6 < D2 / D1 < 2.4 \quad (12a)$$

各実施例によれば以上のように各構成要件を設定することにより、ズーム比が5程度で広角端における撮影画角37度と広画角で高ズーム比としながらズーム全域にわたって諸収差が良好に補正された小型のズームレンズが得られる。

40

【0078】

次に各実施例の各レンズ群のレンズ構成の特徴について説明する。

【0079】

各実施例で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L1と第2レンズ群L2の間隔が広がるように第1レンズ群L1を像側に凸の軌跡を描いて物体側へ、移動させている。又第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が狭まるように第2レンズ群L2を像側へ凸の軌跡を描いて移動させている。又第3レンズ群L3を物体側へ移動させている。そして変倍に伴うピント変動（像面変動）を第4レンズ群L4を移動させて補正している。

50

【0080】

各実施例においては第1レンズ群L1をズームングに際して移動させることにより、広角端でのレンズ全長（第1レンズ面から最終レンズ面までの距離）を短縮し前玉径の小型化を図っている。

【0081】

又、ズームングに際して第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔を変化させて変倍作用を高めている。加えて、第3レンズ群L3を広角端から望遠端へのズームングに際して物体側に移動させるとともに、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔を広角端に対し望遠端で広がるように移動させて第3レンズ群L3に変倍作用を分担させている。

【0082】

これにより第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔変化による変倍作用を低減することができ、望遠端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔を短縮している。これによって、望遠側においてレンズ全長を短縮し、前玉径を小型にしている。

【0083】

第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に負レンズ11と正レンズ12からなる接合レンズ13で構成している。色消しレンズ構成としては最小限の構成レンズ枚数として軸上色収差と、倍率色収差の良好なる補正と第1レンズ群L1の小型化の両立を図っている。

【0084】

接合レンズ13は物体側に凸面を向けたメニスカス形状として広角側において軸外光束がレンズ面に入射する角度を低減し非点収差の発生を低減している。

【0085】

第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に像側に凹面を向けた2枚のメニスカス形状の負レンズ21、22、物体側に凹面を向けた負レンズ23、物体側に凸面を向けた正レンズ24で構成している。

【0086】

但し実施例4では物体側から像側へ順に、像側に凹面を向けた2枚のメニスカス形状の負レンズ21、22、物体側に凸面を向けた正レンズ、そして物体側に凹面を向けた負レンズ24より構成している。

【0087】

各実施例では広角端において広い画角（撮影画角）を得ながら第1レンズ群L1を小型化するために第2レンズ群L2の負の屈折力のある程度強めている。このとき第2レンズ群L2で発生する諸収差、特に広角側において像面湾曲、望遠側において球面収差の発生が多くなる。

【0088】

そこで本発明では、第2レンズ群L2の負の屈折力を3枚の負レンズで分担するとともに物体側の2枚の負レンズを像側に凹面を向けたメニスカス形状とすることによりこれら収差の発生を低減している。

【0089】

このようなレンズ構成により広画角化を図りながら前玉径の小型化を図りつつ、高い光学性能を得ている。

【0090】

また正レンズ24（実施例4では正レンズ23）は、アッペ数が2.0より小さく1.5より大きい高分散材料を用いて構成されている。これにより正レンズ24（実施例4では正レンズ23）の屈折力をあまり強めなくとも色消しができるようにしている。よって3枚の負レンズの屈折力も必要以上に強めなくともよく各レンズで発生する収差を低減できる。

【0091】

各実施例のズームレンズのように第2レンズ群L2の屈折力を強める場合には、このような高分散材料を正レンズの材料として用いるのが有効である。また正レンズ24（実施例4では正レンズ23）の材料は、屈折率が1.9より大きい高屈折率材料としている。

10

20

30

40

50

これにより正レンズ 2 4（実施例 4 では正レンズ 2 3）の薄型化を図っている。

【0092】

第 3 レンズ群 L 3 は物体側から像側へ順に、正レンズ 3 1、正レンズ 3 2 と負レンズ 3 3 から構成される接合レンズ 3 5、正レンズ 3 4 の 3 群 4 枚構成としている。

【0093】

本実施例では第 3 レンズ群 L 3 の変倍作用を強めるために第 3 レンズ群 L 3 の屈折力がある程度強めている。このとき第 3 レンズ群 L 3 で発生する諸収差、特にズーム全域に渡り球面収差、コマ収差、軸上色収差が多く発生してくる。

【0094】

本実施例では第 3 レンズ群 L 3 の正の屈折力を 3 枚の正レンズで分担することによりこれら諸収差の発生を低減している。

10

【0095】

加えて正レンズ 3 1 の両レンズ面を非球面形状として特に球面収差、コマ収差を良好に補正している。正レンズ 3 1 の非球面形状としてはレンズ中心からレンズ周辺に向かって正の屈折力が弱まるような形状とするのがよい。接合レンズ 3 5 は物体側に凸面、像側に凹面を向けた形状とすることで球面収差とコマ収差の補正を両立している。

【0096】

負レンズ 3 3 は材料の屈折率が 1.9 を超えるような高屈折率材料を用いている。これにより像側レンズ面の曲率を緩め高次のコマ収差を低減している。また第 3 レンズ群 L 3 を平行偏芯させたときの像面変化を低減できる効果も有する。また負レンズ 3 3 は材料のアッペ数が 3 0 より小さく、1 5 より大きい高分散材料を用いている。

20

【0097】

これにより負レンズ 3 3 の屈折力をあまり強めなくとも色消しができるようにしている。よって正レンズ 3 枚の屈折力も必要以上に強めなくともよく各レンズで発生する収差を低減している。

【0098】

第 3 レンズ群 L 3 の最も像側に配置した正レンズ 3 4 は像側に凸面を向けたレンズ形状とすることで像側のレンズ面に対する軸外主光線の射出角度を小さくしている。これにより第 3 レンズ群 L 3 を平行偏芯させたときの像面変化を低減している。

【0099】

30

このように負レンズ 3 3、正レンズ 3 4 を構成することで第 3 レンズ群 L 3 を光軸と垂直方向の成分を持つように駆動させて手ぶれ補正（防振）を行う際の像面変化を小さくしている。これにより高い光学性能を維持しつつ手ぶれ補正を容易にしている。

【0100】

第 4 レンズ群 L 4 は正レンズ 4 1 の 1 枚で構成している。各実施例では第 4 レンズ群 L 4 の移動によりフォーカシングを行なっている。この小型軽量のレンズ構成にしておくことでフォーカシングのための駆動トルクが小さくてすむ。

【0101】

また物体距離の変化に伴う像面変化を低減するためには第 4 レンズ群 L 4 を物体側に凸を向けたレンズ形状とするのがよい。物体距離の変化に伴い第 1 レンズ群 L 1 で発生する像面湾曲が変化する。これを第 4 レンズ群 L 4 のフォーカシングにてキャンセルするようにして無限遠物体から近距離物体まで良好な像面特性を得るためには第 4 レンズ群 L 4 を物体側に凸面を向けたレンズ形状とするのが良い。

40

【0102】

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 は物体側からの光学面の順序を示す。 r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 n_{di} と d_i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズの材料の d 線に対する屈折率、アッペ数である。又前述の各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【0103】

50

非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4、A6、A8を各々非球面係数としたとき

【 0 1 0 4 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8$$

【 0 1 0 5 】

なる式で表している。

10

【 0 1 0 6 】

又非球面係数の値において、例えば「E - Z」の表示は「1 0 - Z」を意味する。数値実施例において最後の2つの面（r 2 3、r 2 4）はフィルター、フェースプレート等の光学ブロックの面である。

【 0 1 0 7 】

B Fはレンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算したバックフォーカスである。レンズ全長はレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスB Fを加えたものである。非球面は面番号の後に*を付加して示す。

【 0 1 0 8 】

[数値実施例 1]

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	27.364	1.20	1.84666	23.9
2	20.088	4.00	1.77250	49.6
3	66.608	(可変)		
4	21.154	0.95	1.88300	40.8
5	7.854	2.52		
6	17.211	0.90	1.88300	40.8
7	8.731	3.14		
8	-24.403	0.80	1.80400	46.6
9	166.576	0.20		
10	16.917	1.80	1.92286	18.9
11	94.775	(可変)		
12(絞り)		1.50		
13*	12.089	2.20	1.58313	59.4
14*	-21.698	0.20		
15	6.003	2.40	1.48749	70.2
16	13.648	0.70	2.00069	25.5
17	5.537	1.46		
18	-19.438	1.20	1.48749	70.2
19	-10.131	0.50		
20フレアーカット絞り		(可変)		
21	15.301	2.00	1.48749	70.2
22	109.326	(可変)		
23		1.10	1.51633	64.1
24		(可変)		

像面

50

30

40

非球面データ

第13面

K = 1.43178e+000 A 4=-2.01411e-004 A 6=-1.69744e-006 A 8= 2.82246e-008

第14面

K =-6.18021e-001 A 4= 1.13642e-004 A 6=-6.70660e-007 A 8= 5.94851e-008

各種データ

ズーム比	4.81			10
	広角	中間	望遠	
焦点距離	6.22	13.52	29.89	
Fナンバー	2.88	3.49	4.57	
画角	36.78	18.97	8.84	
像高	4.65	4.65	4.65	
レンズ全長	57.13	59.56	76.99	
BF	6.90	11.59	10.32	
d 3	0.30	8.78	20.58	
d11	17.49	6.04	2.08	20
d20	4.77	5.49	16.35	
d22	5.58	10.26	8.99	
d24	0.60	0.60	0.60	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	59.97	
2	4	-8.99	
3	12	13.91	
4	21	36.24	30
5	23		

【 0 1 0 9 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	25.682	1.20	1.84666	23.9	
2	18.458	4.50	1.77250	49.6	40
3	66.212	(可変)			
4	22.150	0.95	1.88300	40.8	
5	6.817	2.82			
6	14.908	0.90	1.88300	40.8	
7	7.381	2.25			
8	-41.401	0.80	1.80400	46.6	
9	32.321	0.20			
10	12.019	1.80	1.94595	18.0	
11	38.931	(可変)			
12(絞り)		1.50			50

13*	11.453	2.20	1.58313	59.4
14*	-15.809	0.20		
15	5.760	2.40	1.48749	70.2
16	29.150	0.70	2.00330	28.3
17	5.668	1.44		
18	-18.717	1.20	1.48749	70.2
19	-8.682	0.50		
20	フレアカット絞り		(可変)	
21	15.537	2.00	1.48749	70.2
22	772.512	(可変)		
23		1.10	1.51633	64.1
24		(可変)		
像面				

10

非球面データ

第13面

K = 2.02711e+000 A 4=-2.51997e-004 A 6= 2.64914e-006 A 8=-3.89547e-008

第14面

K = 1.21663e-001 A 4= 2.24871e-004 A 6= 5.72449e-006 A 8= 3.73190e-008

20

各種データ

ズーム比		4.91	
		広角	中間 望遠
焦点距離	6.09	13.83	29.88
Fナンバー	2.88	3.69	4.96
画角	37.37	18.58	8.84
像高	4.65	4.65	4.65
レンズ全長	52.41	57.32	77.23
BF	5.78	12.88	9.75
d 3	0.30	8.15	19.33
d11	12.91	3.61	1.81
d20	5.86	5.12	18.79
d22	4.46	11.56	8.42
d24	0.60	0.60	0.60

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	54.12
2	4	-7.00
3	12	12.24
4	21	32.50
5	23	

40

【 0 1 1 0 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

50

面番号	r	d	nd	d
1	29.262	1.20	1.84666	23.9
2	21.632	3.60	1.77250	49.6
3	63.618	(可変)		
4	17.756	0.95	1.88300	40.8
5	7.797	2.62		
6	17.816	0.90	1.88300	40.8
7	8.843	3.07		
8	-25.139	0.80	1.80400	46.6
9	536.548	0.20		
10	16.555	1.80	2.14352	17.8
11	38.838	(可変)		
12(絞り)		1.50		
13*	12.201	2.20	1.58313	59.4
14*	-30.548	0.20		
15	6.330	2.40	1.48749	70.2
16	8.381	0.70	2.14352	17.8
17	5.606	1.31		
18	-35.476	1.20	1.48749	70.2
19	-12.592	0.50		
20フレアカット絞り		(可変)		
21	16.866	2.00	1.48749	70.2
22	129.586	(可変)		
23		1.10	1.51633	64.1
24		(可変)		
像面				

10

20

非球面データ

第13面

K = 9.17559e-001 A 4=-7.37681e-005 A 6=-4.55229e-007 A 8= 2.66544e-007

30

第14面

K = 1.23791e+000 A 4= 1.85426e-004 A 6= 4.01899e-007 A 8= 3.20737e-007

各種データ

ズーム比	4.74		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.30	13.72	29.88
Fナンバー	2.88	3.62	4.83
画角	36.42	18.71	8.84
像高	4.65	4.65	4.65
レンズ全長	57.28	60.64	79.00
BF	6.00	11.03	10.58
d 3	0.30	9.97	22.96
d11	17.88	6.09	1.80
d20	5.95	6.40	16.52
d22	4.67	9.71	9.25
d24	0.60	0.60	0.60

40

50

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	70.00
2	4	-9.44
3	12	13.61
4	21	39.54
5	23	

【 0 1 1 1 】

[数値実施例 4]

10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	28.038	1.20	1.84666	23.9
2	22.236	4.00	1.60311	60.6
3	148.408	(可変)		
4	21.448	0.95	1.88300	40.8
5	7.219	4.45		
6	68.955	0.90	1.88300	40.8
7	12.592	1.60		
8	11.919	1.80	1.92286	18.9
9	28.100	1.00		
10	-50.000	0.80	1.80400	46.6
11	7993.949	(可変)		
12(絞り)		1.50		
13*	10.472	2.20	1.58313	59.4
14*	-19.990	0.20		
15	6.153	2.40	1.48749	70.2
16	13.839	0.70	2.00069	25.5
17	5.481	1.47		
18	-20.390	1.20	1.48749	70.2
19	-11.660	0.50		
20フレアカット絞り		(可変)		
21	18.000	2.00	1.48749	70.2
22	187.114	(可変)		
23		0.60	1.51633	64.1
24		(可変)		

像面

40

非球面データ

第13面

K = 1.11586e+000 A 4=-1.18995e-004 A 6=-2.40460e-006 A 8= 5.54405e-007

第14面

K =-6.28423e+000 A 4= 1.87183e-004 A 6=-3.58591e-007 A 8= 6.88720e-007

各種データ

ズーム比 4.70

広角 中間 望遠

50

焦点距離	6.36	13.75	29.87
Fナンバー	2.88	3.58	4.77
画角	36.18	18.68	8.84
像高	4.65	4.65	4.65
レンズ全長	56.75	59.67	77.58
BF	4.89	11.61	10.59

d 3	0.30	9.36	21.75
d11	16.38	5.22	1.56
d20	6.31	4.61	14.82
d22	3.90	10.61	9.60
d24	0.60	0.60	0.60

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	63.81
2	4	-8.77
3	12	12.98
4	21	40.70
5	23	

20

【 0 1 1 2 】

【表 1】

表 1

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	9.65	8.89	11.11	10.04
条件式(2)	1.45	1.15	1.50	1.38
条件式(3)	3.19	4.08	3.45	3.28
条件式(4)	2.24	2.01	2.16	2.04
条件式(5)	5.83	5.34	6.28	6.40
条件式(6)	-2.39	-2.27	-2.70	-1.47
条件式(7)	-1.33	-1.04	-1.30	-1.21
条件式(8)	1.92286	1.94595	2.14352	1.92286
条件式(9)	18.9	18.0	17.8	18.9
条件式(10)	2.00069	2.00330	2.14352	2.00069
条件式(11)	25.5	28.3	17.8	25.5
条件式(12)	1.98	1.71	2.15	2.21

30

40

【 0 1 1 3 】

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 17 を用いて説明する。

【 0 1 1 4 】

図 17 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である。22 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 21 によって形成された被写体像を受光する CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23 は固体撮像素子 22 によって光電変換された被写体像

50

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。

【0115】

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】

【0116】

【図1】本発明の実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の実施例1の広角端における収差図

【図3】本発明の実施例1の中間位置における収差図

10

【図4】本発明の実施例1の望遠端における収差図

【図5】本発明の実施例2のレンズ断面図

【図6】本発明の実施例2の広角端における収差図

【図7】本発明の実施例2の中間位置における収差図

【図8】本発明の実施例2の望遠端における収差図

【図9】本発明の実施例3のレンズ断面図

【図10】本発明の実施例3の広角端における収差図

【図11】本発明の実施例3の中間位置における収差図

【図12】本発明の実施例3の望遠端における収差図

【図13】本発明の実施例4のレンズ断面図

20

【図14】本発明の実施例4の広角端における収差図

【図15】本発明の実施例4の中間位置における収差図

【図16】本発明の実施例4の望遠端における収差図

【図17】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

【0117】

L1...第1レンズ群

L2...第2レンズ群

L3...第3レンズ群

L4...第4レンズ群

30

SP...開口絞り

IP...結像面(像面)

G...CCD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

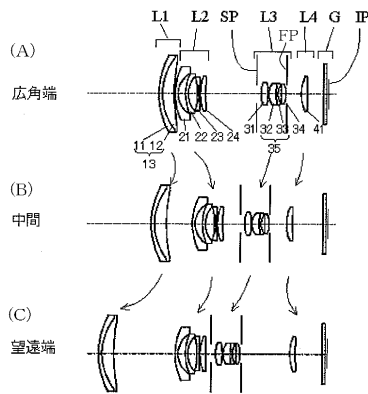
M...メリディオナル像面

S...サジタル像面

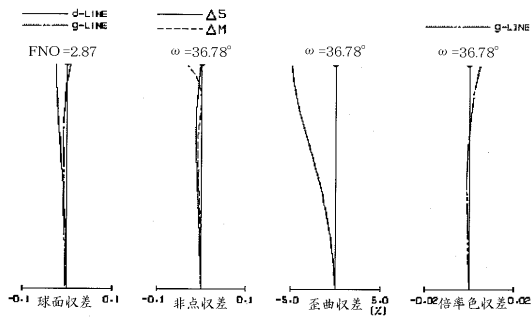
Fno...Fナンバー

...半画角

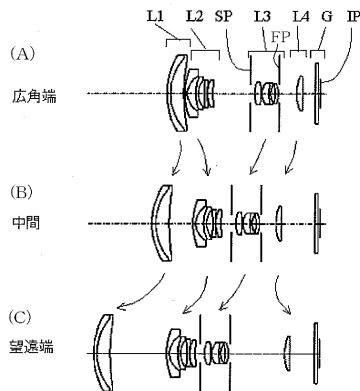
【図 1】



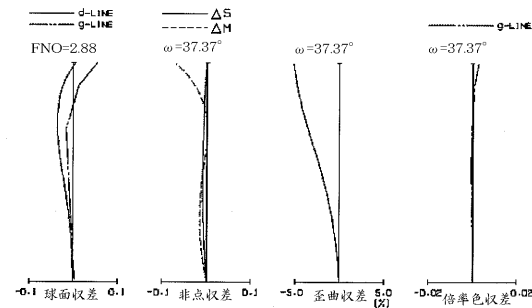
【図 2】



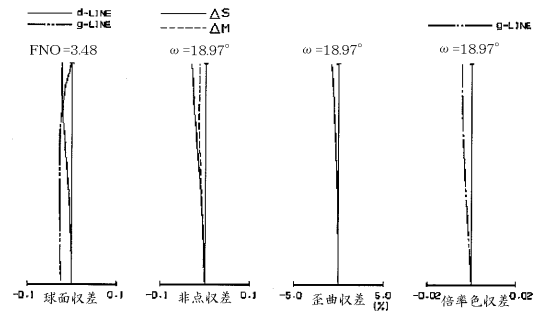
【図 5】



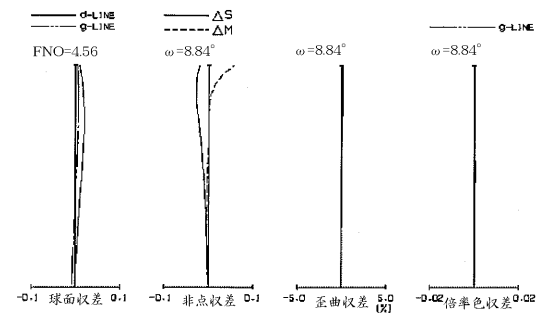
【図 6】



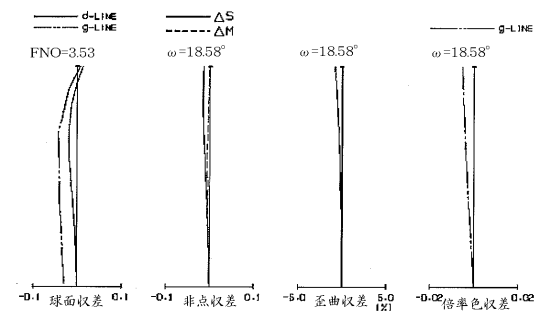
【図 3】



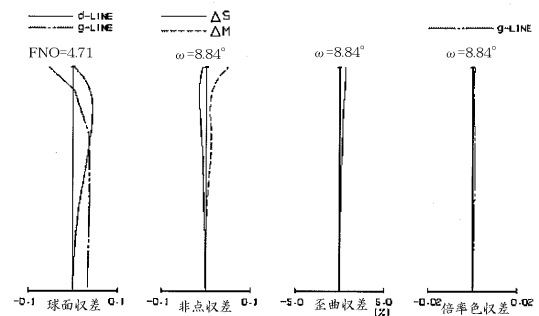
【図 4】



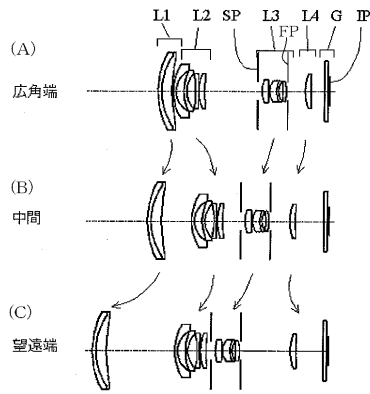
【図 7】



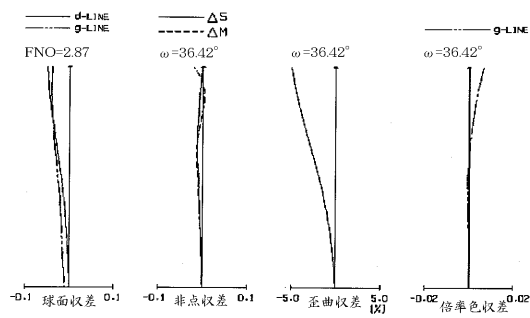
【図 8】



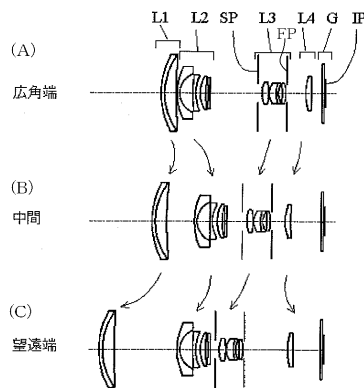
【図 9】



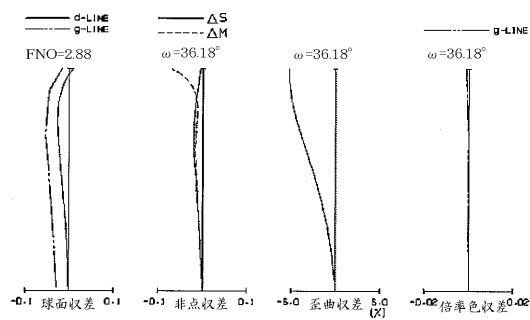
【図 10】



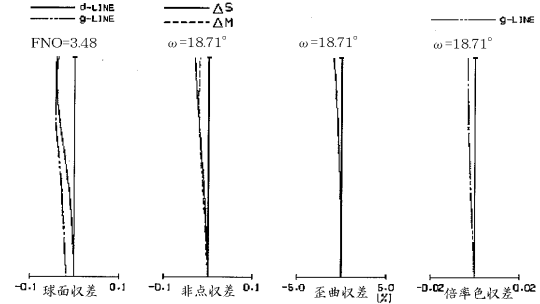
【図 13】



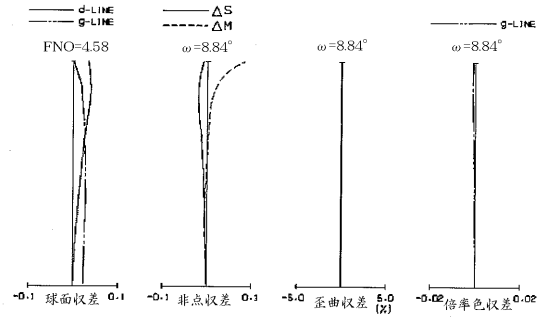
【図 14】



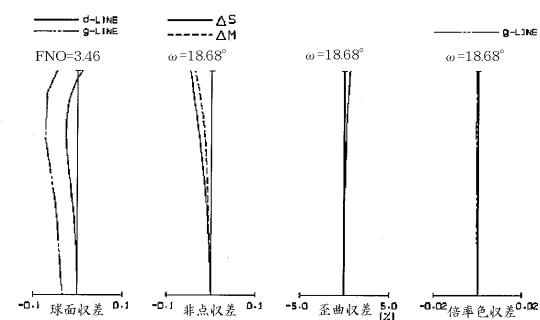
【図 11】



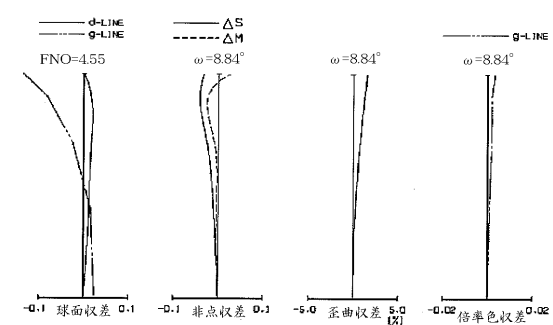
【図 12】



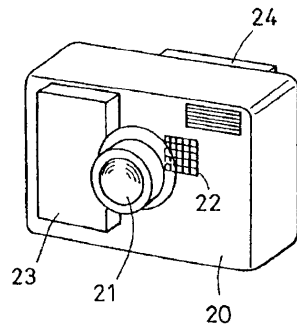
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-046347(JP,A)
特開2006-308649(JP,A)
特開2000-347102(JP,A)
特開平02-153311(JP,A)
特開2007-310179(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