

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5253043号
(P5253043)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

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

G O 2 B 15/20
 G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2008-217841 (P2008-217841)
 (22) 出願日 平成20年8月27日(2008.8.27)
 (65) 公開番号 特開2010-54667 (P2010-54667A)
 (43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)
 審査請求日 平成23年8月22日(2011.8.22)

(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 田代 欣久
 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 堀井 康司

(56) 参考文献 特開2007-298555 (JP, A
)

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】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、少なくとも2つのレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズーミングに際して各レンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は、2つの正レンズが接合された接合レンズを有し、前記接合レンズを構成する一方の正レンズの材料の屈折率を N_{d1p} 、アッベ数を $d1p$ 、部分分散比を g_{F1p} 、前記一方の正レンズの空気中における焦点距離を $f1p$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を $f1$ とするととき、

$$1.72 < N_{d1p} < 2.30$$

$$0.790 < g_{F1p} - (1.0 \times 10^{-4} \times d1p^2 - 9.1 \times 10^{-3} \times d1p) < 0.860$$

$$1.0 < d1p < 3.0$$

$$2.0 < f1p / f1 < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記一方の正レンズの物体側の面の曲率半径を $R1F$ 、像側の面の曲率半径を $R1R$ とするととき、

$$1.0 < (R1F + R1R) / (R1R - R1F) < 20.0$$

なる条件式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】

前記一方の正レンズと接合されている他方の正レンズの物体側の面の曲率半径を R_2F 、像側の面の曲率半径を R_2R とするとき、

$$1.0 < (R_2F + R_2R) / (R_2R - R_2F) < 10.0$$

なる条件式を満足す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】

望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

$$0.3 < f_1 / f_T < 1.0$$

なる条件式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 1 レンズ群は、物体側から像側に順に、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の 2 つの正レンズを接合した接合レンズより構成され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】

前記後続レンズ群は、物体側から像側に順に、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群で構成され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】

前記後続レンズ群は、物体側から像側に順に、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群で構成され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 8】

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

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 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光電変換素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズに関し、特にデジタルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、銀塩写真用カメラなどの撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラやビデオカメラなどの撮像装置に用いられている撮像素子は高画素化が進んでいる。このような撮像素子を備える撮像装置で用いる撮影レンズには、球面収差、コマ収差などの単色（短波長）収差の補正に加え、白色光源において像の色にじみがないように色収差も良好に補正された、高解像力なズームレンズであることが要求されている。

【0003】

また、撮影領域の拡大のため、高ズーム比（高変倍比）であることが望まれている。特に、高ズーム比で望遠側の焦点距離の長い望遠型のズームレンズでは、高解像力化のため色収差の補正として、1 次の色消しに加え、2 次スペクトルが良好に補正されていることが望まれている。

【0004】

高ズーム比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 レンズ群と負の屈折力の第 2 レンズ群及び 1 以上のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後続レンズ群を配置した、所謂ポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。

【0005】

10

20

30

40

50

ポジティブリードタイプのズームレンズとして第1レンズ群のレンズの材料に異常分散材料を使用し、色収差(2次スペクトル)を良好に補正したズームレンズが知られている。

【0006】

このうち物体側より順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群構成のズームレンズにおいて第1レンズ群に低分散で異常分散性を有する材料より成るレンズを用いたズームレンズが知られている(特許文献1)。

【0007】

特許文献1では第1レンズ群に、低分散な光学材料を用いて望遠端の色収差を良好に補正している。

10

【0008】

特に特許文献1では第1レンズ群に低分散かつ異常分散性を有する光学材料を用いて、第1レンズ群自らで発生する色収差を低減することで、全系の色収差をズーム全域で良好に補正している。

【0009】

また物体側より順に、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成る5群構成のズームレンズにおいて第1レンズ群に異常分散性を有する材料より成るレンズを用いたズームレンズが知られている(特許文献2)。

【0010】

特許文献2では、第1レンズ群に、高分散でかつ異常分散性を有する光学材料を用いて望遠端の色収差を良好に補正している。

20

【0011】

特許文献2では、高分散でかつ異常分散性の非常に大きな光学材料を第1レンズ群に用いることで、第1レンズ群内の2次スペクトルを良好に補正し、全系の色収差をズーム全域で良好に補正している。このとき、前記光学材料で生じる1次の色収差は、第1レンズ群内の他の光学材料を適切な構成とすることで補正している。

【0012】

ここで、特許文献2で開示されている高分散でかつ異常分散性の大きい材料としては、紫外線硬化樹脂や有機ポリマーに無機ナノ微粒子を分散させた材料を用いている。また、耐環境性や成型難易度への配慮から、主に前記光学材料をガラスで封止した3枚レンズの接合レンズを用い、このとき全体の光学素子の厚みが厚くならないように配慮している。

30

【特許文献1】特開2001-194590号公報

【特許文献2】特開2006-349947号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

ポジティブリード型のズームレンズは全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図ることが比較的容易である。しかしながらポジティブリード型のズームレンズにおいて、高ズーム比化を図ると望遠側のズーム領域において軸上色収差の二次スペクトルが多く発生してくる。

40

【0014】

前述の4群ズームレンズや5群ズームレンズにおいては、望遠域において第1レンズ群で入射光線高が高くなり、前述の軸上色収差は主にこの第1レンズ群で発生している。

【0015】

このときの2次スペクトルを軽減するには、望遠端において近軸光線の高さが高くなる第1レンズ群で補正することが重要である。

【0016】

第1レンズ群内でこのときの軸上色収差の二次スペクトルを低減させるには第1レンズ群内のレンズに低分散かつ異常分散性の材料を用いるのが有効である。

【0017】

50

しかしながら一般に低分散でかつ異常分散性を有する光学材料は、蛍石に代表されるように屈折率が低い。ゆえに、所望の２次スペクトルを補正するためにレンズの屈折力を変化させる場合、レンズの曲率を大きく変化させる必要がある。

【００１８】

また、特許文献２に開示されている高分散でかつ大きな異常分散性をもつ光学材料の屈折率も従来のガラス材料と比較して低い。高分散かつ異常分散性が大きく高屈折率な材料を得るためには、ホストポリマーに分散させる無機微粒子の体積分率を大きくするのが良い。

【００１９】

しかしながら、分散させる無機微粒子の体積分率を大きくしていくと、微粒子の径のばらつきや凝縮などに起因して可視光領域で材料に着色してくる場合がある。このため、光学材料として必要な透過率を保ったまま、ホストポリマーに分散させる無機微粒子の体積分率を大きくして高屈折率化を図ることが重要になってくる。

10

【００２０】

色収差に関しては、材料特性（アッペ数や部分分散比）を基に、屈折力配置を最適化することで補正することができる。

【００２１】

ここで、ホストポリマーに無機微粒子を分散させる場合、ホストポリマーの耐環境性を鑑みてレンズに付与できる屈折力が決定される。このため、前記材料による色収差補正能力は、レンズに付与できる屈折力の範囲内に制限されてしまう。

20

【００２２】

特に前述したポジティブリード型のズームレンズの第１レンズ群は望遠端において物体近軸光線の高さが高くなるため、軸上色収差のほか、球面収差、コマ収差が多く発生してくる。

【００２３】

このため、低分散でかつ異常分散性を有する光学材料や屈折率の低い樹脂材料のみ用いたのでは、望遠端において色収差と球面収差、コマ収差等を良好に補正するのが難しい。

【００２４】

本発明は、ポジティブリード型のズームレンズにおいて、望遠端における色収差の補正と、球面収差、コマ収差などをバランス良く補正することができ、ズーム全域で良好な光学特性が得られるズームレンズの提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【００２５】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第１レンズ群、負の屈折力の第２レンズ群、少なくとも２つのレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズーミングに際して各レンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、前記第１レンズ群は、２つの正レンズが接合された接合レンズを有し、前記接合レンズを構成する一方の正レンズの材料の屈折率を N_{d1p} 、アッペ数を $d1p$ 、部分分散比を g_{F1p} 、前記一方の正レンズの空気中における焦点距離を $f1p$ 、前記第１レンズ群の焦点距離を $f1$ とするとき、

40

$$\begin{aligned} 1.72 < N_{d1p} < 2.30 \\ 0.790 < g_{F1p} - (1.0 \times 10^{-4} \times d1p^2 - 9.1 \times 10^{-3} \times d1p) < 0.860 \\ 1.0 < d1p < 3.0 \\ 2.0 < f1p / f1 < 5.0 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【００２６】

本発明によれば、ポジティブリード型のズームレンズにおいて、望遠端における色収差

50

の補正と、球面収差、コマ収差などをバランス良く補正することができ、ズーム全域で良好な光学特性が得られるズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【0028】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、少なくとも2つのレンズ群を含む後続レンズ群を有している。そしてズームングに際し各レンズ群の相互間隔が変化する。

【0029】

第1レンズ群は2つの正レンズを接合した接合レンズを有している。この接合レンズのうち一方の正レンズは後述する条件式(1)～(4)を満足する材料及び屈折力より成っている。

【0030】

図1は、本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。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、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。

【0031】

図5は、本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。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。

【0032】

図9は、本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。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。

【0033】

図13は、本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。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。

【0034】

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。

【0035】

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、銀塩フィルムカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。

【0036】

尚、各実施例のズームレンズは投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系として用いることもできる。

【0037】

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。

【0038】

また、レンズ断面図において、 i を物体側からのレンズ群の順番とすると、 L_i は第 i レンズ群を示す。

【0039】

L_R は2以上のレンズ群を有する後続レンズ群である。 L_{Ga} は2つの正レンズを接合した接合レンズである。 $N_{L_{Gp}}$ は接合レンズ L_{Ga} のうちの一方の正レンズである。

【0040】

SP は開口絞りである。 G は光学フィルター、フェースプレート、ローパスフィルター、赤外カットフィルターなどに相当する光学ブロックである。

【0041】

IP は像面である。像面 IP は、ビデオカメラやデジタルカメラの撮影光学系としてズ

10

20

30

40

50

ームレンズを使用する際には、ＣＣＤセンサやＣＭＯＳセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。銀塩フィルムカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、フィルム面に相当する。

【００４２】

矢印は広角端から望遠端へのズーミング（変倍）に際して、各レンズ群の移動軌跡を示している。

【００４３】

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

10

【００４４】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群が機構上、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。

【００４５】

各実施例はいずれも、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第１レンズ群 $L1$ 、負の屈折力の第２レンズ群 $L2$ 、そして２以上のレンズ群を有する後続レンズ群 LR を有するズームレンズである。そしてズーミングに際しては、第１レンズ群 $L1$ と第２レンズ群 $L2$ の間隔が変化している。

【００４６】

後続レンズ群 LR は、実施例１～３では正の屈折力の第３レンズ群 $L3$ と、正の屈折力の第４レンズ群 $L4$ により構成されている。

20

【００４７】

実施例４では正の屈折力の第３レンズ群 $L3$ と、負の屈折力の第４レンズ群 $L4$ と、正の屈折力の第５レンズ群 $L5$ により構成されている。

【００４８】

ただし、各実施例において、後続レンズ群 LR を構成するレンズ群の数は任意であり、少なくとも２つのレンズ群を有していれば良い。

【００４９】

各実施例にいて、第１レンズ群 $L1$ は、２つの正レンズを接合してなる接合レンズ Lga を有している。

30

【００５０】

接合レンズ Lga を構成する一方の正レンズ $NLGp$ の材料の屈折率を $nd1p$ 、アッベ数を $d1p$ 、部分分散比を $gF1p$ とする。又、一方の正レンズ $NLGp$ の空気中における焦点距離を $f1p$ とする。第１レンズ群 $L1$ の焦点距離を $f1$ とする。このとき、

$$\begin{aligned} 1.72 < nd1p < 2.30 \quad \cdots (1) \\ 0.790 < gF1p - (1.0 \times 10^{-4} \times d1p^2 - 9.1 \times 10^{-3} \times d1p) < 0.860 \quad \cdots (2) \\ 1.0 < d1p < 3.0 \quad \cdots (3) \\ 2.0 < f1p / f1 < 5.0 \quad \cdots (4) \end{aligned}$$

40

なる条件式を満足している。

【００５１】

各実施例において、異常分散性をもつ材料よりなる一方の正レンズ $NLGp$ は、第１レンズ群 $L1$ 中で他方の正レンズと接合した状態で用いている。

【００５２】

ここで、波長 435.8 nm (g 線)、波長 486.1 nm (F 線)、波長 587.6 nm (d 線)、波長 656.3 nm (C 線) のそれぞれの波長における材料の屈折率をそれぞれ Ng 、 NF 、 Nd 、 NC 、とする。このとき、アッベ数 d と部分分散比 gF は次のとおりである。

【００５３】

50

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

条件式(1)は正レンズNLGpの材料の屈折率、条件式(2)は正レンズNLGpの材料の異常分散性(屈折率の波長依存性)、条件式(3)は正レンズNLGpの材料のアップ数を規定したものである。

【0054】

条件式(4)は第1レンズ群L1中における、正レンズNLGpの第1レンズ群L1内における屈折力の配分を示したものである。

【0055】

正レンズNLGpが条件式(1)～(3)を満たす材料で、条件式(4)の範囲の屈折力で構成して第1レンズ群L1に設けることで、望遠端において発生する軸上色収差と倍率色収差をバランスよく補正している。

【0056】

条件式(1)の上限を超えると、正レンズNLGpの材料の屈折率が大きくなりすぎ、ペッツバル和が負の方向に傾き、像面湾曲の補正が困難となる。一方、下限を超えると、色収差の補正と球面収差、コマ収差等をバランス良く補正するのが難しくなるので良くない。

【0057】

条件式(2)の上限を超えると、広角端において倍率色収差の補正が困難となる。一方、下限を超えると、異常分散性が小さくなるので、望遠端において軸上色収差と倍率色収差の補正が困難となるのでよくない。

【0058】

条件式(3)の上限を超えると、材料の分散が大きくなりすぎ、第1レンズ群L1内で1次の色収差を良好に補正するのが困難となる。一方、下限を超えると、材料の分散が小さくなり、色収差の補正のため屈折力を強くする必要があり、この結果、レンズの肉厚が増大しすぎてしまうのでよくない。

【0059】

条件式(4)の上限を超えて、第1レンズ群L1内での異常分散性を有する正レンズNLGpの屈折力が小さくなりすぎると、望遠端において軸上色収差の補正が困難となりよくない。

【0060】

一方、下限を超えると、異常分散性を有する正レンズNLGpの屈折力が強くなりすぎ、第1レンズ群L1内での1次の色収差補正及び広角端において倍率色収差の補正が困難となる。

【0061】

条件式(1)～(3)を満たす材料としては、高屈折率高分散ガラス材料がある。

【0062】

条件式(1)～(3)を満たす材料は、0～40の温度範囲内におけるd線の屈折率の温度に対する変化率の絶対値を $|dn/dT|$ とすると、以下の条件式を満足することが好ましい。

【0063】

$$|dn/dT| < 2.0 \times 10^{-5} /$$

これによれば、有機材料をベースとした光学材料と比較して、より広範囲の環境下で良好な光学性能を維持することが容易になる。

【0064】

各実施例において、より好ましくは、条件式(2)、(3)を以下の数値範囲とするとよい。

【0065】

$$0.793 < g_{F1p} - (1.0 \times 10^{-4} \times d_{1p}^2 - 9.1 \times 10^{-3} \times d_1$$

10

20

30

40

50

$$p) < 0.850 \quad \dots (2a)$$

$$13 < d1p < 30 \quad \dots (3a)$$

各実施例において、更に好ましくは、条件式 $(2a)$ 、 $(3a)$ を以下の数値範囲とするとよい。

【0066】

$$0.796 < gF1p - (1.0 \times 10^{-4} \times d1p^2 - 9.1 \times 10^{-3} \times d1p) < 0.840 \quad \dots (2b)$$

$$16 < d1p < 30 \quad \dots (3b)$$

以上のように各実施例ではズームレンズを構成する第1レンズ群L1に、前述した条件式(1)～(4)を満足する屈折率が高く異常分散性を有する材料よりなる正レンズNLGpを適切な屈折力で用いている。これにより、望遠端において色収差と球面収差、コマ収差等を良好に補正し、ズーム全域で良好な光学性能を得ている。

【0067】

各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち、1以上を満足するのが良い。

【0068】

それによれば各条件に相当する効果を得ることができる。

【0069】

正レンズNLGpの物体側の面の曲率半径をR1F、像側の面の曲率半径をR1Rとする。

【0070】

正レンズNLGpと接合されている他方の正レンズの物体側の面の曲率半径をR2F、像側の面の曲率半径をR2Rとする。

【0071】

第1レンズ群L1の焦点距離をf1、望遠端における全系の焦点距離をfTとする。

【0072】

このとき、

$$1.0 < (R1F + R1R) / (R1R - R1F) < 20.0 \quad \dots (5)$$

$$1.0 < (R2F + R2R) / (R2R - R2F) < 10.0 \quad \dots (6)$$

$$0.3 < f1 / fT < 1.0 \quad \dots (7)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0073】

条件式(5)は、正レンズNLGpのレンズ形状を規定する条件式である。

【0074】

高屈折率材料より成る正レンズNLGpを条件式(5)を満足するレンズ形状とすることで、第1レンズ群L1で発生する収差を良好に補正している。

【0075】

条件式(5)の上限を超えると、望遠端において球面収差が補正不足となる。一方、下限を超えると球面収差が補正過剰となるのでよくない。

【0076】

条件式(6)は、正レンズNLGpと接合される他方の正レンズのレンズ形状を規定する条件式である。

【0077】

各実施例において、正レンズNLGpを有する接合レンズLGaは第1レンズ群L1の主たる屈折力を担っている。そのため接合レンズLGaは、特に物体近軸光線が高くなる望遠端において、球面収差やコマ収差が良好に補正されるレンズ形状であることが好ましい。

【0078】

条件式(6)の上限を超えると、望遠端において球面収差が補正不足となる。一方、下限を超えると球面収差が補正過剰となるのでよくない。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

条件式 (7) は、レンズ全系の小型化を図りつつ、望遠端において色収差と、像面湾曲などの諸収差を良好に補正するための条件式である。

【 0 0 8 0 】

条件式 (7) の上限を超えると、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が弱く (焦点距離が長く) なりすぎて、収差補正には有利なものの、レンズ系全体が大型化してしまうのでよくない。

【 0 0 8 1 】

一方、下限を超えると第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が強くなりすぎて、望遠端において軸上色収差の補正が困難となり、また、ペッツバール和が正の方向に増大し、像面湾曲の補正が困難になる。

10

【 0 0 8 2 】

なお、各実施例において、より好ましくは条件式 (5) ~ (7) の数値範囲を以下とするのがよい。

【 0 0 8 3 】

$$1.5 < (R1F + R1R) / (R1R - R1F) < 18.0 \quad \dots (5a)$$

$$1.0 < (R2F + R2R) / (R2R - R2F) < 5.0 \quad \dots (6a)$$

$$0.35 < f1 / fT < 0.95 \quad \dots (7a)$$

各実施例において、更に好ましくは条件式 (5 a) ~ (7 a) の数値範囲を以下とするのがよい。

20

【 0 0 8 4 】

$$2.0 < (R1F + R1R) / (R1R - R1F) < 15.0 \quad \dots (5b)$$

$$1.2 < (R2F + R2R) / (R2R - R2F) < 5.0 \quad \dots (6b)$$

$$0.45 < f1 / fT < 0.90 \quad \dots (7b)$$

各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は、物体側から像側に順に、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の 2 つの正レンズを接合した接合レンズより構成している。

【 0 0 8 5 】

この構成により、色収差の補正を効果的に行いつつ、第 1 レンズ群 L 1 で発生する諸収差、特に望遠端において球面収差や広角端において歪曲収差を良好に補正している。

30

【 0 0 8 6 】

次に各実施例のレンズ構成の特徴について説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 8 7 】

図 1 の実施例 1 は、広角端から望遠端へのズーミング (変倍) に際し、矢印のように第 1 レンズ群 L 1 は像側に凸状の軌跡を描いて移動する。第 3 レンズ群 L 3 は物体側に移動する。第 2 レンズ群 L 2 は像側に凸状の軌跡で物体側に移動している。そして、第 4 レンズ群 L 4 は物体側に凸状の軌跡で移動し、変倍による像面の変動を補償している。

【 0 0 8 8 】

また、開口絞り S P は第 3 レンズ群 L 3 の物体側に位置しており、第 3 レンズ群 L 3 と

40

【 0 0 8 9 】

無限遠物体から有限距離物体への合焦には、第 4 レンズ群 L 4 を光軸上で物体側へ移動させるリアフォーカス方式を採用している。軽量の第 4 レンズ群 L 4 をフォーカス群とすることで、迅速な合焦を容易にしている。

【 0 0 9 0 】

以下、各レンズ群のレンズ構成は、物体側から像側の順とする。

【 0 0 9 1 】

第 1 レンズ群 L 1 は、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズと物体側の面が凸形状の正レンズとを接合した接合レンズを有している。更に前述した条件式 (1) ~ (4) を

50

満足する高屈折率で異常分散を有する光学材料からなる正レンズNLGpと物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズとを接合した接合レンズLGaで構成している。

【0092】

この構成により、望遠端において色収差と球面収差、コマ収差等の補正を効果的にこなっている。

【0093】

第2レンズ群L2は、像側の面が凹でメニスカス形状の2つの負レンズ、物体側の面が凹形状の負レンズ、正レンズで構成している。

【0094】

第3レンズ群L3は、開口絞りSP、物体側の面が非球面形状の正レンズ、負レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズで構成している。

10

【0095】

第4レンズ群L4は、物体側の面が非球面形状の正レンズと負レンズとを接合した接合レンズで構成している。

【実施例2】

【0096】

図5の実施例2は、レンズ群の数、屈折力配置、ズーミングに伴う各レンズ群の移動条件等のズームタイプは図1の実施例1と全く同じである。実施例2は実施例1と比較して、ズーム比(変倍比)を大きくし、第1レンズ群L1のレンズ構成を変更した点異なる。

20

【0097】

第1レンズ群L1は、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズと物体側の面が凸形状の正レンズとを接合した接合レンズを有している。

【0098】

更に、物体側の面が凸でメニスカス形状正レンズと前述した条件式(1)~(4)を満足する高屈折率で異常分散を有する光学材料からなる正レンズNLGpとを接合した接合レンズLGaで構成している。この構成により、望遠端において色収差と球面収差、コマ収差等の補正を効果的にこなっている。

【0099】

第2~第4レンズ群L2~L4のレンズ構成、合焦方式は実施例1と同じである。

30

【実施例3】

【0100】

図9の実施例3は、実施例1と同様の屈折力の4つのレンズ群より成っている。実施例3では広角端から望遠端へのズーミングに際し、矢印のように第2レンズ群L2は像側に移動して変倍をおこなっている。そして、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動し、変倍による像面の変動を補償している。

【0101】

なお、変倍及び合焦に際し第1レンズ群L1と第3レンズ群L3は不動である。

【0102】

開口絞りSPは第3レンズ群L3のレンズ群内に配置しており、ズーミングに際して第3レンズ群L3と一体的に移動している。

40

【0103】

無限遠物体から有限距離物体へ合焦には、第4レンズ群L4を光軸上で物体側へ移動させるリアフォーカス方式を採用している。

【0104】

以下、各レンズ群のレンズ構成は、物体側から像側の順とする。

【0105】

第1レンズ群L1のレンズ構成は実施例1と同じである。

【0106】

第2レンズ群L2は、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズ、物体側の面が凹形状

50

の負レンズ、そして正レンズの独立した3つのレンズで構成している。

【0107】

第3レンズ群は、物体側の面が非球面形状の正レンズ、開口絞りSP、負レンズ、物体側の面が非球面形状の正レンズで構成している。

【0108】

第4レンズ群L4のレンズ構成は、実施例1と同じである。

【実施例4】

【0109】

図13の実施例4では、広角端から望遠端へのズーミングに際し、矢印のように第2レンズ群L2は像側へ移動している。第4レンズ群L4は像側に凸状の軌跡を描いて移動している。そして、第5レンズ群L5は第4レンズ群L4とのレンズ群間隔を変化させながら非直線的に物体側へ移動し、変倍による像面の変動を補償している。

10

【0110】

なお、変倍及び合焦に際し第1レンズ群L1と絞り、第3レンズ群L3は不動である。

【0111】

無限遠物体から有限距離物体へ合焦には、第5レンズ群L5を光軸上で物体側へ移動させるリアフォーカス方式を採用している。

【0112】

以下、各レンズ群のレンズ構成は、物体側から像側の順とする。

【0113】

20

第1レンズ群L1は、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズと物体側の面が凸形状の正レンズとを接合した接合レンズを有している。更に、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズと前述した条件式(1)~(4)を満足する高屈折率で異常分散を有する光学材料からなる正レンズNLGpとを接合した接合レンズLGaで構成している。

【0114】

この構成により、望遠端において色収差と球面収差、コマ収差等の補正を効果的にこなっている。

【0115】

第2レンズ群L2は、像側の面が凹でメニスカス形状の負レンズ、物体側の面が凹形状の負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズで構成している。

30

【0116】

第3レンズ群は、開口絞りSP、正レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズで構成している。

【0117】

第4レンズ群は、物体側の面が非球面形状の正レンズと負レンズとを接合した接合レンズで構成している。

【0118】

第5レンズ群は、正レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ、像側の面が非球面形状の正レンズで構成している。

40

【0119】

以上のように各実施例によれば、望遠端において色収差と、球面収差とコマ収差などの諸収差を良好に補正し、ズーム全域で良好な光学特性を有するズームレンズを達成することができる。

【0120】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0121】

以下、実施例1~4に対応する数値実施例1~4の具体的数値データを示す。各数値実施例において、iは物体側から数えた面の番号を示す。Riは第i番目の光学面(第i面)の曲率半径である。Diは第i面と第(i+1)面との軸上間隔である。Ni、iは

50

それぞれ d 線に対する第 i 番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数である。f は焦点距離、F n o は F ナンバー、 θ は半画角である。

【 0 1 2 2 】

また、各実施例で用いた正レンズ N L G p については、材料の部分分散比 g_F も示す。最も像側の 2 つの面はガラスブロック G に相当している。

【 0 1 2 3 】

非球面形状は、光の進行方向を正、x を光軸方向の面頂点からの変位量として、h を光軸と垂直な方向の光軸からの高さとする。R を近軸曲率半径、k を円錐定数、B、D、C、E を非球面係数とする。このとき、

$$x = \left(h^2 / R \right) / \left[1 + \left\{ 1 - \left(1 + k \right) * \left(h / R \right)^2 \right\}^{1/2} \right] + B * h^4 + C * h^6 + D * h^8 + E * h^{10} \quad 10$$

なる式で表している。

【 0 1 2 4 】

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

【 0 1 2 5 】

また、前述の各条件式と数値実施例との関係を（表 1）に示す。

【 0 1 2 6 】

また、各実施例の用いた正レンズ N L G p の材料の各波長における屈折率、アッペ数、部分分散比を（表 2）に示す。

【 0 1 2 7 】

（数値実施例 1）

単位 mm

面番号	R	D	N		有効径	
1	102.471	1.85	1.84666	23.8	39.00	
2	39.419	6.50	1.48749	70.2	37.90	
3	-6066.931	0.10			37.88	
4	41.563	2.50	1.77071	23.0	37.79 (GNLp)	$g_F = 0.668$
5	59.629	3.30	1.69680	55.5	37.36	
6	197.777	(可変)			36.88	
7	43.739	1.05	1.88300	40.8	19.60	30
8	9.317	3.28			14.75	
9	60.991	1.05	1.88300	40.8	14.70	
10	15.178	2.89			13.74	
11	-44.857	0.80	1.77250	49.6	13.80	
12	175.282	0.10			14.06	
13	20.831	2.30	1.92286	18.9	14.55	
14	224.526	(可変)			14.37	
15(絞り)		0.55			7.65	
16*	9.970	3.14	1.80610	40.9	7.83	
17	46.395	1.00			7.11	40
18	14.382	1.05	1.84666	23.8	6.62	
19	9.162	0.80			6.11	
20	16.871	0.50	2.00330	28.3	6.00	
21	6.271	2.71	1.65844	50.9	5.79	
22	-151.147	(可変)			5.95	
23*	27.585	2.73	1.67790	55.3	9.08	
24	-23.164	0.60	1.69895	30.1	8.95	
25	-137.046	(可変)			8.89	
26		0.75	1.51633	64.1	20.00	
27					20.00	50

像面

非球面係数

	k	B	C	D	E
16面	2.00153e-02	-6.62140e-05	-4.28850e-07	-6.53275e-10	-1.50356e-10
23面	-4.49227e-01	-1.50742e-06	-4.08979e-08	2.08326e-08	-4.58824e-10

	広角	中間	望遠
f	5.15	25.94	103.35
Fno	2.86	4.49	5.38
	36.63	8.40	2.12

10

d 6	0.86	25.88	50.75
d14	35.90	5.53	2.00
d22	7.18	9.81	28.27
d25	7.43	19.06	6.71

【 0 1 2 8 】

(数值实施例 2)

单位 mm

20

面 番 号	R	D	N		有効径	
1	99.704	1.85	1.84666	23.8	39.06	
2	37.368	6.60	1.49700	81.5	36.71	
3	918.497	0.10			36.70	
4	41.024	3.80	1.69680	55.5	36.73	
5	91.099	2.10	1.94100	17.4	36.22 (GNLp)	gF = 0.678
6	189.269	(可 変)			35.77	
7	38.797	0.95	1.88300	40.8	19.68	
8	9.061	2.87			14.76	
9	26.788	0.65	1.88300	40.8	14.70	
10	13.340	3.55			13.81	
11	-26.066	0.60	1.77250	49.6	13.77	
12	247.881	0.10			14.11	
13	22.920	2.15	1.92286	18.9	14.60	
14	-400.724	(可 変)			14.50	
15(絞 り)		0.55			7.79	
16*	9.128	3.00	1.80610	40.9	8.03	
17	30.070	1.34			7.40	
18	16.117	1.05	1.84666	23.8	6.96	
19	8.330	0.60			6.48	
20	12.001	0.50	2.00330	28.3	6.49	
21	5.821	2.50	1.65844	50.9	6.24	
22	758.314	(可 変)			6.22	
23*	24.903	1.80	1.67790	55.3	8.77	
24	-139.981	0.80	1.69895	30.1	8.67	
25	142.805	(可 変)			8.60	
26		0.75	1.51633	64.1	20.00	
27					20.00	

30

40

像面

50

非球面係数

	k	B	C	D	E
16面	6.87140e-01	-1.81203e-04	-2.44164e-06	-1.16915e-08	-1.53390e-09
23面	1.73528e+01	-1.47472e-04	-1.62127e-06	-2.33065e-08	-2.66486e-09

	広角	中間	望遠
f	5.15	33.16	122.49
Fno	2.86	4.42	5.53
	36.64	6.59	1.79

10

d 6	0.80	31.76	50.80
d14	37.48	6.42	1.99
d22	4.02	4.63	30.56
d25	10.00	22.29	4.96

【 0 1 2 9 】

(数値実施例 3)

単位 mm

面番号	R	D	N	有効径
1	67.150	1.40	1.84666	23.8
2	24.572	5.40	1.48749	70.2
3	-112.970	0.20		
4	23.895	1.60	1.89000	19.1
5	27.607	3.50	1.60311	60.6
6	203.990	(可変)		
7	80.087	0.80	1.88300	40.8
8	7.590	3.04		
9	-25.197	0.65	1.48749	70.2
10	16.601	0.80		
11	13.475	1.50	1.92286	18.9
12	33.138	(可変)		
13*	10.039	3.00	1.69350	53.2
14	-886.416	1.46		
15(絞リ)		2.40		
16	35.624	0.65	1.84666	23.8
17	8.919	0.49		
18*	15.458	2.10	1.58313	59.4
19	44.582	(可変)		
20	14.654	3.20	1.83481	42.7
21	-10.764	0.60	1.84666	23.8
22	-87.746	(可変)		
23		2.60	1.51633	64.1
24				

像面

非球面係数

	k	B	C	D	E
13面	6.25643e-01	-1.36069e-04	-2.12111e-06	1.89076e-08	-8.93655e-10
18面	-1.36405e+01	2.49530e-04	-7.85808e-06	-2.31233e-07	1.02177e-08

50

	広角	中間	望遠
f	7.11	31.99	69.07
Fno	1.85	2.70	3.00
	26.61	6.35	2.95
d 6	0.79	17.54	22.27
d12	21.97	5.22	0.49
d19	6.89	4.63	11.51
d22	4.99	7.25	0.37

10

【 0 1 3 0 】

(数値実施例 4)

単位 mm

面データ

面番号	R	D	N		有効径
1	84.353	1.80	2.01960	21.5	38.36
2	47.181	7.00	1.48749	70.2	37.08
3	-165.091	0.20			36.62
4	35.814	3.60	1.69680	55.5	34.18
5	60.695	1.80	1.74000	26.0	33.11 (GNLp)
6	91.192	(可変)			32.45
7	65.505	1.00	1.83481	42.7	20.32
8	9.721	5.70			15.55
9	-28.899	0.85	1.69350	53.2	15.35
10	-989.897	0.55			15.49
11	16.539	3.50	1.84666	23.8	15.78
12	-1439.057	0.75	1.83481	42.7	15.16
13	22.279	(可変)			14.33
14(絞リ)		2.30			8.57
15	54.324	2.20	1.69680	55.5	8.94
16	-57.073	0.80			8.98
17	49.069	2.90	1.60311	60.6	8.89
18	-14.824	0.60	1.84666	23.8	8.66
19	-30.561	(可変)			8.65
20*	-21.917	2.10	1.68893	31.1	9.28
21	-11.024	0.70	1.51633	64.1	9.61
22	33.809	(可変)			9.91
23	31.395	3.00	1.69680	55.5	14.19
24	-44.103	0.20			14.20
25	14.346	3.20	1.48749	70.2	13.63
26	-58.252	0.70	1.76182	26.5	13.09
27	16.239	1.00			12.24
28	49.200	1.80	1.58313	59.4	12.23
29*	-81.935	(可変)			12.08
30		3.06	1.51633	64.1	20.00
31					20.00

像面

20

30

40

非球面係数

50

	k	B	C	D	E
20面	-9.30745e+00	-1.25013e-04	5.80436e-07	1.72004e-08	-6.07310e-10
29面	1.03719e+02	5.46045e-05	-1.25014e-07	9.09226e-09	-2.73298e-11

	広角	中間	望遠
f	7.39	29.23	70.72
Fno	2.88	3.59	3.57
	30.90	8.60	3.58
d 6	1.00	23.95	34.76
d13	35.26	12.30	1.50
d19	2.50	10.86	10.00
d22	15.76	5.90	5.65
d29	2.86	4.37	5.48

10

【 0 1 3 1 】

【表 1】

(表1)

条件式	実施例		実施例			
	上限	下限	1	2	3	4
(1)	1.72	2.30	1.770	1.941	1.890	1.740
(2)	0.790	0.860	0.825	0.806	0.800	0.804
(3)	10	30	23.0	17.4	19.2	26.0
(4)	2.0	5.0	2.23	2.49	4.46	3.89
(5)	1.0	20.0	5.60	2.86	13.87	4.98
(6)	1.0	10.0	1.86	2.64	1.31	3.88
(7)	0.3	1.0	0.73	0.61	0.54	0.87

20

(表2) 正レンズNLGpの材料の諸数値

実施例	Nd	Ng	NC	NF	νd	θ_{gF}
1	1.77071	1.81730	1.76140	1.79491	23.0	0.668
2	1.94100	2.01707	1.92622	1.98036	17.4	0.678
3	1.89000	1.95437	1.87713	1.92360	19.2	0.662
4	1.74000	1.77857	1.73203	1.76049	26.0	0.635

30

【 0 1 3 2 】

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、デジタルカメラの実施形態を図 1 7 を用いて説明する。

【 0 1 3 3 】

図 1 7 において、2 0 はカメラ本体、2 1 は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系である。2 2 は撮像光学系 2 1 によって形成された被写体像を受光する CCD などの撮像素子（光電変換素子）である。2 3 は撮像素子 2 2 が受光した被写体像を記録する記録手段、2 4 は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。

40

【 0 1 3 4 】

上記表示素子は液晶パネルなどによって構成され、撮像素子 2 2 上に形成された被写体像が表示される。

【 0 1 3 5 】

このように本発明のズームレンズをデジタルカメラなどに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【図面の簡単な説明】

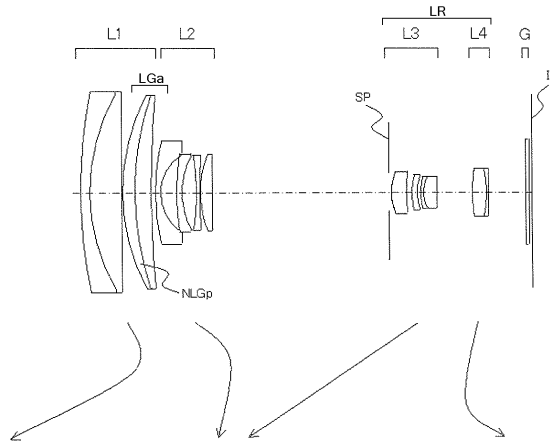
【 0 1 3 6 】

【図 1】実施例 1 の広角端におけるレンズ断面図

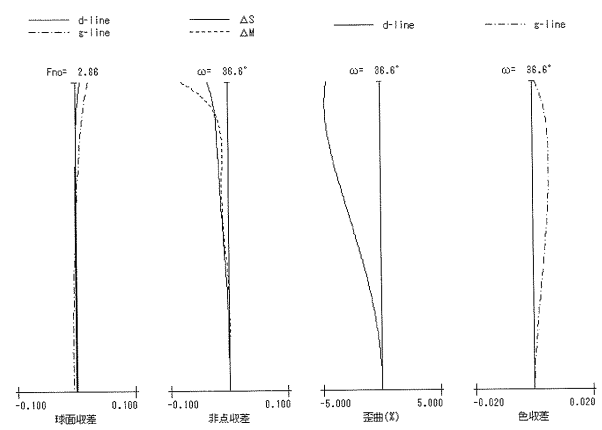
50

【図 2】実施例 1 の広角端における収差図	
【図 3】実施例 1 の中間のズーム位置における収差図	
【図 4】実施例 1 の望遠端における収差図	
【図 5】実施例 2 の広角端におけるレンズ断面図	
【図 6】実施例 2 の広角端における収差図	
【図 7】実施例 2 の中間のズーム位置における収差図	
【図 8】実施例 2 の望遠端における収差図	
【図 9】実施例 3 の広角端におけるレンズ断面図	
【図 10】実施例 3 の広角端における収差図	
【図 11】実施例 3 の中間のズーム位置における収差図	10
【図 12】実施例 3 の望遠端における収差図	
【図 13】実施例 4 の広角端におけるレンズ断面図	
【図 14】実施例 4 の広角端における収差図	
【図 15】実施例 4 の中間のズーム位置における収差図	
【図 16】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】	
【 0 1 3 7 】	
L 1 第 1 レンズ群	
L 2 第 2 レンズ群	20
L 3 第 3 レンズ群	
L 4 第 4 レンズ群	
L 5 第 5 レンズ群	
S P F ナンバー決定部材（開口絞り）	
I P 像面	
G ガラスブロック	
d d 線	
g g 線	
C C 線	
S サジタル像面	30
M メリディオナル像面	

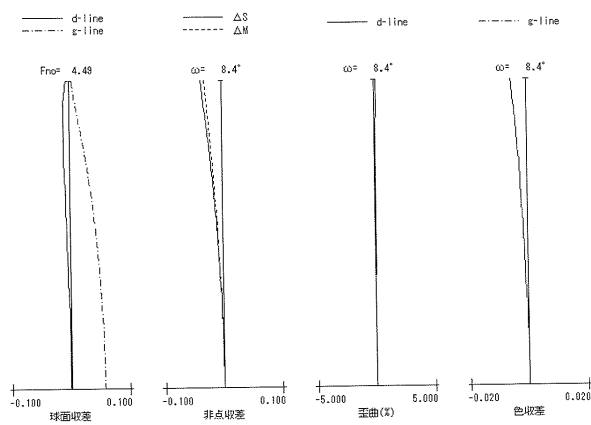
【図 1】



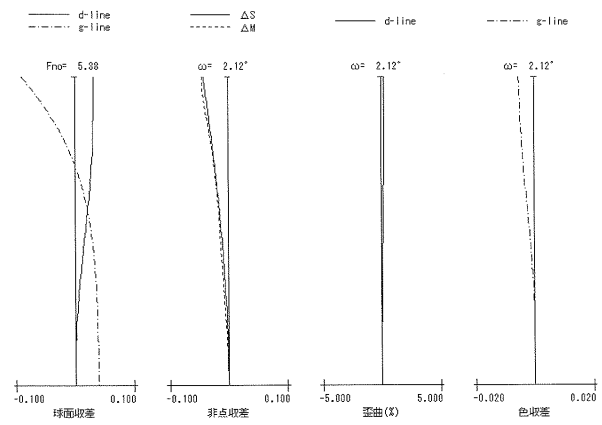
【図 2】



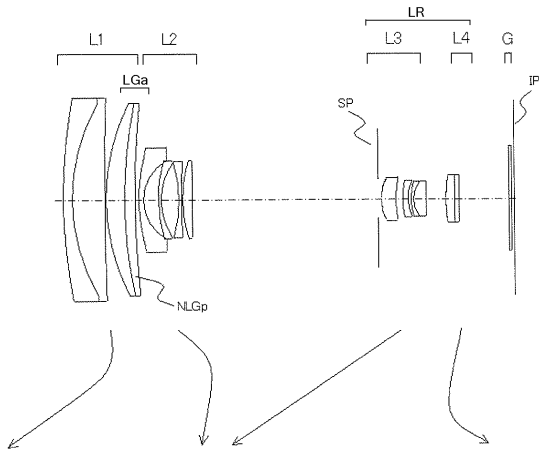
【図 3】



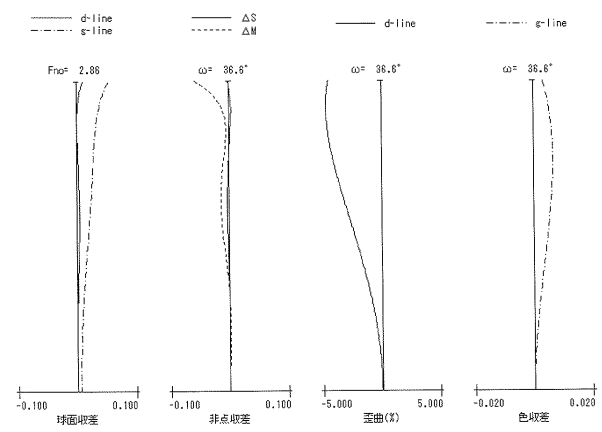
【図 4】



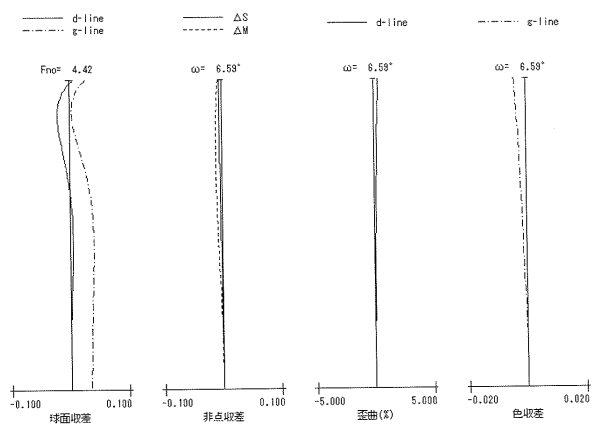
【図 5】



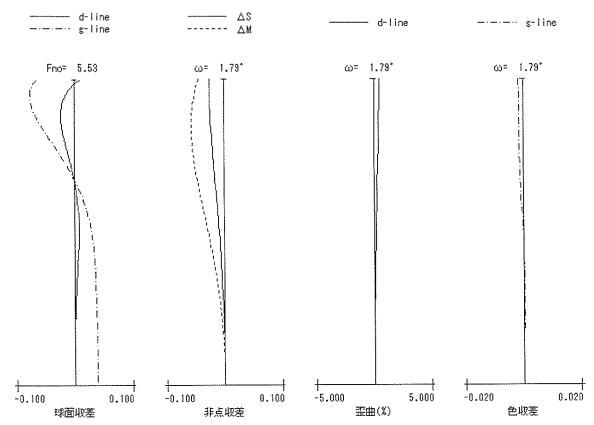
【図 6】



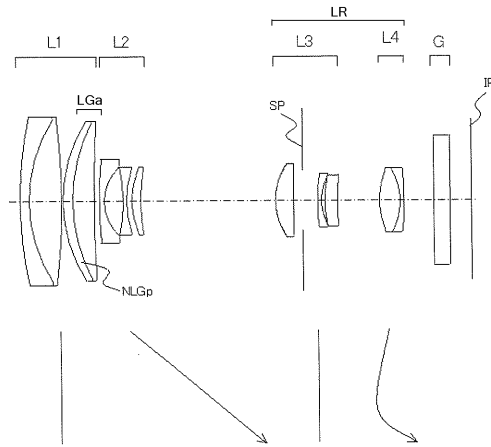
【図 7】



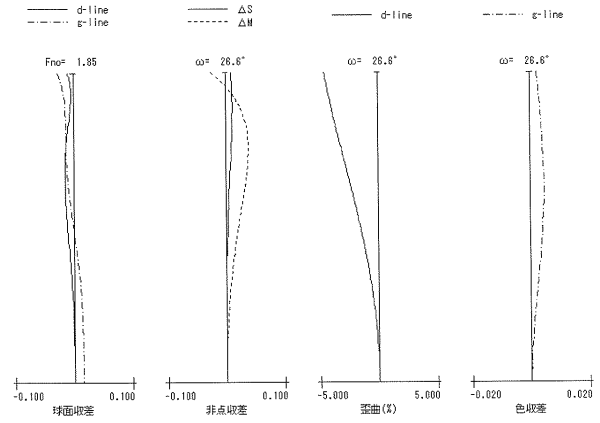
【図 8】



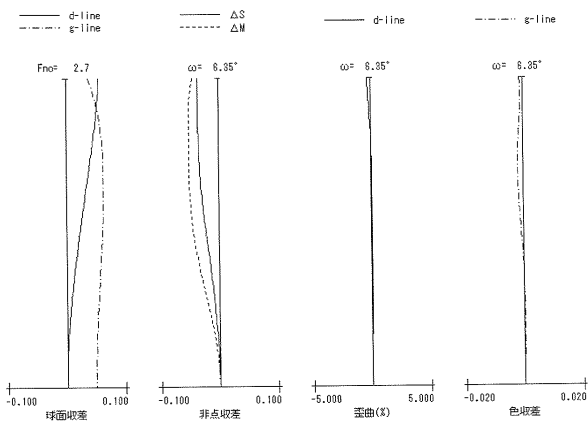
【図 9】



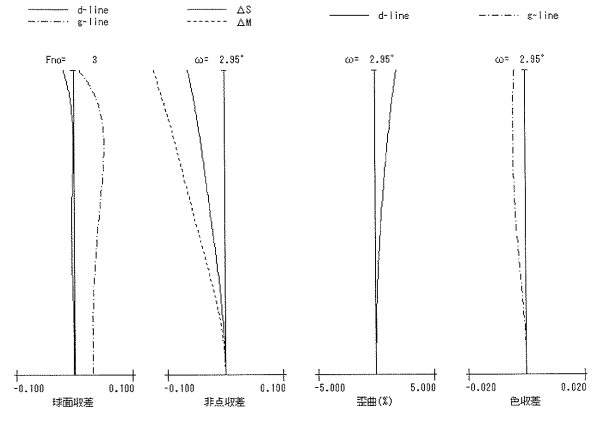
【図 10】



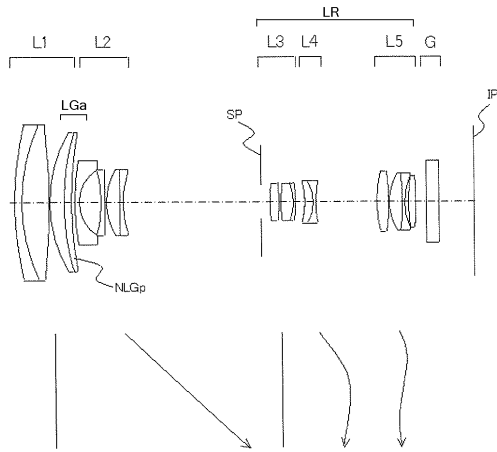
【図 11】



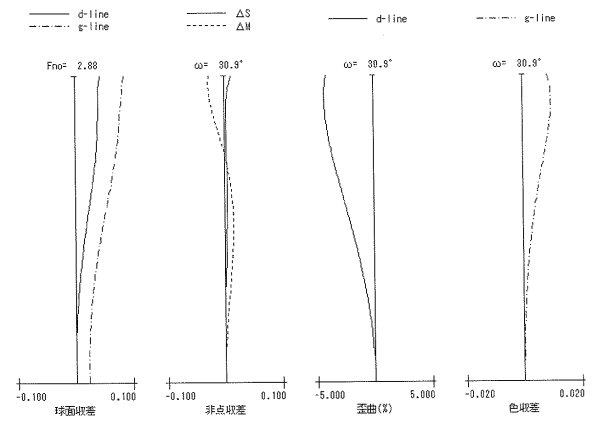
【図 12】



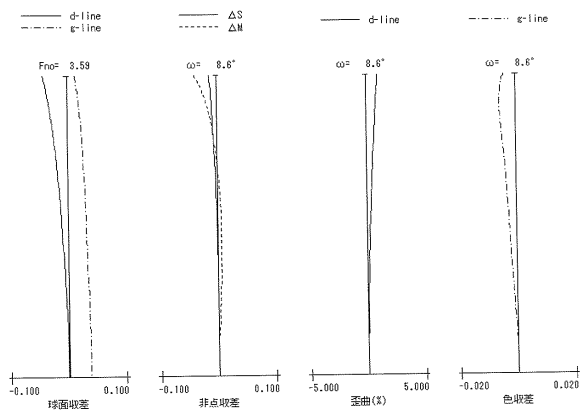
【図 13】



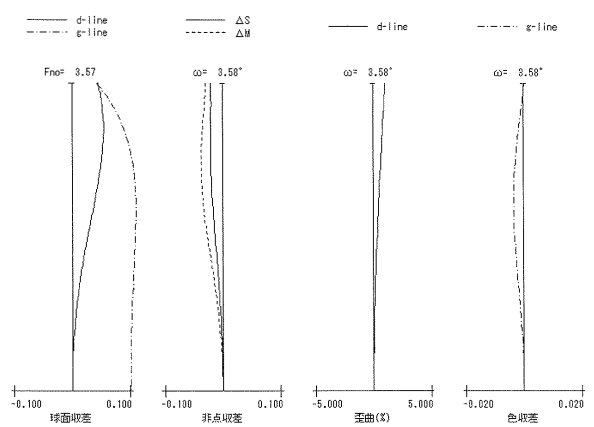
【図 14】



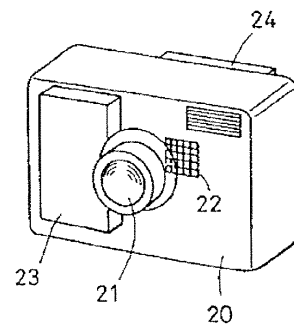
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 1 5 / 2 0

G 0 2 B 1 3 / 1 8