

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4945989号
(P4945989)

(45) 発行日 平成24年6月6日 (2012.6.6)

(24) 登録日 平成24年3月16日 (2012.3.16)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/16 (2006.01)

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 15/16

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2005-285396 (P2005-285396)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成17年9月29日 (2005.9.29)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2007-94174 (P2007-94174A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成19年4月12日 (2007.4.12)	(74) 代理人	100077919
審査請求日	平成20年8月25日 (2008.8.25)		弁理士 井上 義雄
		(72) 発明者	佐藤 治夫
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		(72) 発明者	木村 陽子
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		審査官	原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群と後方負レンズ群とにより、実質的に2個のレンズ群からなり、

前記前方負レンズ群は、実質的に2つの負レンズからなり、当該2つの負レンズのうちの像側の負レンズは少なくとも1面の非球面を有する非球面レンズであり、

前記後方負レンズ群は、負レンズと正レンズとを少なくとも含む複数のレンズを有し、
前記前方負レンズ群中の前記非球面レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0 < \{ (d_{\max} - d_0) / h_{\max} \} / \{ (d_{30} - d_0) / h_{30} \} < 3$$
$$-1.5 < f_{\text{asp}} / f_w < -1.7$$
$$0.221 \leq f_f / f_r \leq 0.63$$

但し、

d₀ : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ(中心厚)

d_{max} : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ

d₃₀ : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の3割位置における光軸と平行

な厚さ

h max : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効半径

h 3 0 : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の 3 割位置における有効半径

f asp : 前記非球面レンズの近軸焦点距離

f w : 広角端状態における無限遠合焦時の前記ズームレンズ全系の焦点距離

f f : 前記第 1 レンズ群における前記前方負レンズ群の焦点距離

f r : 前記第 1 レンズ群における前記後方負レンズ群の焦点距離

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群の一部が合焦レンズ群であることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

10

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群は、負メニスカスレンズと正メニスカスレンズとの接合正レンズを有しており、

前記接合正レンズは、近距離合焦に際して、前記第 2 レンズ群から分割して移動する合焦レンズ群であることを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記後方負レンズ群は、2 つの負レンズと 1 つの正レンズとを少なくとも有していることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 面の非球面は、前記非球面レンズの像側レンズ面に設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 6】

前記少なくとも 1 面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって負の屈折力が減少する形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって正の屈折力へ変位する形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記前方負レンズ群の前記 2 つの負レンズのうちの像側の負レンズの最も物体側のレンズ面は球面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 9】

前記後方負レンズ群は、実質的に 3 つのレンズからなることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記ズームレンズは、前記第 2 レンズ群の像側に正の屈折力を有する第 3 レンズ群を有し、

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔及び前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との空気間隔を変化させることによって変倍することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、負先行型ズームレンズであって特に大画角を有する超広角大口径のズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、いわゆる広角ズームレンズは多数提案されているが、最大画角 110°を越える

50

超広角の領域をカバーする超広角ズームレンズの提案は少ない。本願出願人は、最大画角 118.7° を有し、 $F2.8$ 程度の口径を有する負正 2 群構成の超広角ズームレンズを提案している（特許文献 1 を参照。）。また、同じく本願出願人は、最大画角 102.4° で最大口径 $F4$ 程度の負正 2 群構成の超広角ズームレンズを提案している（特許文献 2 を参照。）。

【特許文献 1】特開 2001-166206 号公報

【特許文献 2】特開 2004-21223 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

10

上記特許文献 1 に開示されているズームレンズは、最も物体側の負レンズに非球面を 2 面導入して広角側の歪曲収差及び下方コマ収差を中心に収差の補正を行うものであった。このため、非球面レンズが大型で、いわゆる複合型非球面レンズであっても製造が困難であり、また性能的にも不十分であるという問題があった。したがって、小型で製造が容易、かつ高性能な超広角大口径のズームレンズが望まれており、上記特許文献 2 に開示されているズームレンズは、今までに無い非球面設計方法によって高性能化と生産性の向上を図るものであった。しかしながらこの光学系は、最大画角 102.4° 、最大口径の F ナンバー $F4$ 程度で、さらなる高スペック化が必要であるという問題があった。

【0004】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、最大画角が 110° を越え、F ナンバーが $F2.8$ 程度の大口徑比を有し、高性能で製造の容易な超広角のズームレンズを提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために本発明は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群とを有し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群と後方負レンズ群とにより、実質的に 2 個のレンズ群からなり、

30

前記前方負レンズ群は、実質的に 2 つの負レンズからなり、当該 2 つの負レンズのうちの像側の負レンズは少なくとも 1 面の非球面を有する非球面レンズであり、

前記後方負レンズ群は、負レンズと正レンズとを少なくとも含む複数のレンズを有し、

前記前方負レンズ群中の前記非球面レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。

$$0 < \{ (d_{\max} - d_0) / h_{\max} \} / \{ (d_{30} - d_0) / h_{30} \} < 3$$

$$-1.5 < f_{\text{asp}} / f_w < -1.7$$

$$0.221 \leq f_f / f_r \leq 0.63$$

但し、

d_0 : 前記非球面レンズの光軸上の厚さ（中心厚）

40

d_{\max} : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の位置における光軸と平行な厚さ

d_{30} : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の 3 割位置における光軸と平行な厚さ

h_{\max} : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効半径

h_{30} : 前記非球面レンズの像側レンズ面の最大有効径の 3 割位置における有効半径

f_{asp} : 前記非球面レンズの近軸焦点距離

f_w : 広角端状態における無限遠合焦時の前記ズームレンズ全系の焦点距離

f_f : 前記第 1 レンズ群における前記前方負レンズ群の焦点距離

f_r : 前記第 1 レンズ群における前記後方負レンズ群の焦点距離

50

【 0 0 0 6 】

また、本発明のズームレンズは、

前記第 2 レンズ群の一部が合焦レンズ群であることが望ましい。

また、本発明のズームレンズは、

前記第 2 レンズ群は、負メニスカスレンズと正メニスカスレンズとの接合正レンズを有しており、

前記接合正レンズは、近距離合焦に際して、前記第 2 レンズ群から分割して移動する合焦レンズ群であることが望ましい。

【 0 0 0 7 】

また、本発明のズームレンズは、

前記後方負レンズ群は、2つの負レンズと1つの正レンズとを少なくとも有していることが望ましい。

また、本発明のズームレンズは、

前記少なくとも1面の非球面は、前記非球面レンズの像側レンズ面に設けられていることが望ましい。

【 0 0 0 8 】

また、本発明のズームレンズは、

前記少なくとも1面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって負の屈折力が減少する形状であることが望ましい。

【 0 0 0 9 】

また、本発明のズームレンズは、

前記少なくとも1面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって正の屈折力へ変位する形状であることが望ましい。

また、本発明のズームレンズは、

前記前方負レンズ群の前記2つの負レンズのうちの像側の負レンズの最も物体側のレンズ面は球面であることが望ましい。

また、本発明のズームレンズは、

前記後方負レンズ群は、実質的に3つのレンズからなることが望ましい。

また、本発明のズームレンズは、

前記ズームレンズは、前記第2レンズ群の像側に正の屈折力を有する第3レンズ群を有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔及び前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との空気間隔を変化させることによって変倍することが望ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、最大画角が 110° を越え、FナンバーがF2.8程度の大口径比を有し、高性能で製造の容易な超広角のズームレンズを提供することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明のズームレンズについて説明する。

写真レンズを含む対物光学系の設計において最も困難なことは、著しい大画角化と同時に大口径化を図ることである。これは、ザイデル収差を余すところなく補正することにはならない。またさらに、斯かる対物光学系をズームレンズとして構成することは、非常に難易度が高い。このため、通常の射影方式では限界に近い包括角（画角） $2\theta = 114.6^{\circ}$ を越え、口径F2.8に達し、変倍比1.7を越えるズームレンズの発明提案は殆どなく、商品も存在していない。

【 0 0 1 2 】

本発明は、このような今までに無い仕様の光学系を常用可能なほど小型で、十分な周辺光量を確保し、かつ高い光学性能を有し、使用する非球面レンズを現代の量産技術で十分生産できうるズームレンズとして開発したものである。特に非球面は、製造方法を考慮す

10

20

30

40

50

ると、生産性の悪い精研削非球面ではなく、量産性の高いガラスモールドで製造可能な非球面であることが望ましく、著しいコストダウンにつながるためユーザーメリットも大きい。

【 0 0 1 3 】

はじめに、本発明のズームレンズの基本的な構成について説明する。

本発明のズームレンズは、基本的に発散性の負レンズ群と収斂性の正レンズ群とからなる、いわゆる負先行２群ズームレンズであり、本発明の特徴は発散性の負レンズ群にある。

前記発散性の負レンズ群である第１レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群と後方負レンズ群とからなり、前方負レンズ群は、２つの負レンズ成分を有し、当該２つの負レンズ成分うちの像側の負レンズ成分は少なくとも１面の非球面を有する非球面レンズであり、後方負レンズ群は、負レンズ成分と正レンズ成分とを少なくとも含む複数のレンズを有する構成である。

【 0 0 1 4 】

この構成はすなわち、後方負レンズ群が、一般的な負先行ズームレンズの発散性の負レンズ群を基本にした言わばマスターレンズ群的な働きをなし、２枚の負レンズ成分からなる前方負レンズ群が、いわゆるワイドコンバーターレンズ群を構成していることを示す。この独特な基本構成と特徴的な非球面レンズの使用によって、非常に大きな画角を有し、かつ周辺部分まで残収差の少ない、比較的小型な大口径超広角ズームレンズを実現することができる。なお、後方負レンズ群における負レンズ成分と正レンズ成分とは、互いに空気で隔てられていることがより好ましい。

ここで、本明細書及び請求の範囲では、単レンズ、及び貼り合わせレンズを含む表現として「レンズ成分」を用いている。

【 0 0 1 5 】

次に、本発明のズームレンズの要である非球面レンズについて説明する。

本発明のズームレンズにおける非球面の特徴は、以下の数式（Ａ）に示す非球面式で表現したとき、幾つかの非球面係数の他に を有効的に使用し、レンズ周辺部分に非常に大きなサグ量をもたせ、収差補正と小型化に貢献させたことである。

【 0 0 1 6 】

< 数式（Ａ） >

$$X(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - \quad \cdot y^2 / r^2)^{1/2} \} + C2 \cdot y^2 + C4 \cdot y^4 + C6 \cdot y^6 + C8 \cdot y^8 + C10 \cdot y^{10} + C12 \cdot y^{12}$$

但し、

$X(y)$: 光軸から垂直方向の高さ y における各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離（サグ量）

r : 基準球面の曲率半径

: 円錐係数

C_n : n 次の非球面係数

【 0 0 1 7 】

ここで、 について説明する。上記非球面式（数式（Ａ））の第１項をべき級数展開し、 に関係する非球面項のみを示すと次の数式（Ｂ）となる。

< 数式（Ｂ） >

$$X(y) = (1/2)(C0 + 2C2)y^2 - (1/8)(C0^3 + 8C4)y^4 + (1/16)(C0^5 + 16C6)y^6 + \dots \quad C0 = (1/r)$$

【 0 0 1 8 】

上記数式（Ｂ）より、 は４次以降の非球面係数に影響を与えることが分かる。またを積極的に収差補正に使用することは、 １つの項で低次項から非常に高次の非球面係数まで使用することに近い効果が得られる。特に、本発明のズームレンズにおける前方負レンズ群の非球面レンズのように、低次部分（比較的光軸近傍）の負の屈折力を強め、高次部分（光軸から離れ、最大有効径近傍）の負の屈折力を著しく弱めたい場合、さらには正

10

20

30

40

50

の屈折力に変位させるような効果を非球面にもたせたい場合、 $\gamma = -1$ から $+1$ 未満、すなわち楕円面から双曲面を基準にした非球面が望ましい。

【0019】

斯かる非球面を有するレンズが、収差補正にどう関与しているのか概念的な説明を補足する。超広角レンズの軸外収差、特に歪曲収差、像面湾曲、下方コマ収差、及び倍率色収差を補正するためには、最も物体側のレンズを含む数枚のレンズ構成が重要である。

従来の超広角レンズでは、最も物体側のレンズ成分は凹凸構成と凸凹構成の2つの基本的な構成が知られおり、これは負レンズで大画角化を図る一方、発生する負の収差を補正するために負レンズの直前直後のいずれかに正レンズを配置する構成である。

【0020】

しかし、本来負レンズによって発生する正の収差を補正するために配置した正レンズが、高画角の光束に対して非常に大きな偏角を有するため、高次の負の収差を著しく発生させてしまう。また、本来焦点距離を短く、かつバックフォーカスを長くするために配置した負レンズ成分中に、正レンズを配置することで、同じ合成焦点距離を得る理由から、負レンズの屈折力をより強める必要性が生じてくる。これらの理由により、過剰な高次の下方コマ収差、像面湾曲の曲がり（像高の違いによる著しい収差値の差異）、倍率色収差の曲がり（像高の違いによる著しい収差値の差異）、陣笠形状の歪曲収差が発生してしまう。

【0021】

この収差的な特徴は、 90° 近傍の画角までは、基本構成である凹凸構成と凸凹構成ともに顕著な差は無い。しかし、画角が 100° を越えた付近から、凸凹構成が著しく収差補正上不利となり、さらにレンズ系全体の小型化を図る点においても不利となる。したがって、画角が 100° を越える本発明のズームレンズにおいては、そのような収差補正上の理由から、前方負レンズ群が先行する2つの負レンズ成分を有する構成としている。

【0022】

また、いずれの基本構成においても正レンズは、短い焦点距離と長いバックフォーカスを阻害する。しかしながら、軸外の周辺性能は凹凸の屈折力で収差を打ち消し、補正しなければ確保できない。このため、本発明のズームレンズでは、本発明の特徴的な非球面レンズが効果的に機能する。概念的に言えば、本発明のズームレンズでは、前方負レンズ群の軸上の屈折力は凹凹であり、ごく周辺部においては凹凸に変位すると考えれば、本発明における非球面の収差補正上の効果は簡単に理解できる。したがって、本発明のズームレンズは、非球面係数の通常の偶数次項に加え、 γ を最適にコントロールし、良好な収差補正を実現することができる。

【0023】

また、非球面レンズは、設計的に可能であっても製造困難な設計解になることが多いが、本発明における非球面は巧みに形状制御を行って設計されているため、今まで研削方式やガラスモールド方式で製造が困難であった凹面非球面レンズをガラスモールド方式で製造可能な形状にすることが可能となった。

【0024】

次に、本発明のズームレンズに関する各条件式について説明する。

条件式(1)は、負の屈折力を有する発散性レンズ群（前群）中の非球面負レンズの非球面形状を適切に設定するための条件式である。この条件式(1)は、前述のように非球面係数の数々のパラメーターを駆使し、性能向上と生産性向上との共存を図るものである。そしてこの条件式(1)は、非球面レンズにおける軸外光線の通る最大の高さ部分（最大有効径位置）の厚みと、最大有効径の3割の高さにおける厚みとの比により、中心部分と周辺部分の非球面の擬似的な傾きとレンズ部品としての厚さの変化を表している。

【0025】

本発明のズームレンズにおける非球面レンズは、軸外光線の通る高さが最大の位置では主に非球面高次項と γ のコントロールが支配的で、最大有効径の3割近傍では γ 、低次項のコントロールが重要な意味をもつ。上述のように収差補正については、最大有効径の3

10

20

30

40

50

割近傍では球面収差、低画角の下方コマ収差、歪曲収差を良好に補正し、最大有効径近傍では周辺部分の歪曲収差、下方コマ収差、非点収差を良好に補正することができる。

【 0 0 2 6 】

また、現在の非球面レンズの製造上問題として、ガラスモールドの場合、メニスカス形状で厚肉差が数十倍の非球面レンズは量産の難易度が極端に上昇する。そして凹面側の接線角が 40° を越えると高精度な形状の面を成形することができなくなり、さらに接線角が増して曲面が半球に近づくと、モールドそのものが不可能になってしまう。

【 0 0 2 7 】

本発明のズームレンズにおいて条件式 (1) の対応値が当該条件式 (1) の上限値を上回ると、当該非球面レンズが周辺部分で著しく厚くなり、製造することが困難になってしまう。また、収差補正上は非球面の極小的な補正バランスが崩れ、上述のように歪曲収差、非点収差、球面収差等を補正状態が悪化してしまう。

なお、条件式 (1) の上限値を 2 . 8 に設定すれば製造上の難易度がより緩和される。また、条件式 (1) の上限値を 2 . 6 に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【 0 0 2 8 】

一方、本発明のズームレンズにおいて条件式 (1) の対応値が当該条件式 (1) の下限値を下回ると、非球面レンズの周辺部分の曲率が著しく変化し、周辺部分の屈折力が正の屈折力に過度に変位してしまう。したがって、周辺部分における像面湾曲、特に歪曲収差、下方コマ収差等の変化も極端に大きくなり、性能の劣化を招いてしまう。

なお、条件式 (1) の下限値を 0 . 3 に設定すればより良い収差補正を達成することができる。また、条件式 (1) の下限値を 0 . 8 以上に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【 0 0 2 9 】

なお、非球面レンズが接合レンズである場合には、接合前の非球面を備えるレンズ単体の厚み (d_0 、 d_{\max} 、 d_{30} 等) によって条件式を計算し、ガラスと樹脂の複合型非球面の場合には、ガラスと樹脂の合成の厚さ (d_0 、 d_{\max} 、 d_{30} 等) によって条件式の計算をするものとする。

【 0 0 3 0 】

また、前方負レンズ群中に複数枚の非球面レンズが存在している場合には、そのうちの少なくとも 1 つの非球面レンズが条件式 (1) を満たしていれば良い。

また、条件式 (1) を満足する非球面レンズは、非球面製造上の理由と、小型化と収差補正上の理由から、前方負レンズ群中の物体側から 2 枚目のレンズとして導入することが望ましく、これにより本発明の効果をさらに発揮することができる。

【 0 0 3 1 】

また、本発明の効果をさらに発揮し高性能化を図るためには、少なくとも該非球面以外にもう 1 面の非球面を設定し、軸外収差、特に下方コマ収差、球面収差の補正を補う構成とすることが望ましい。

また、非球面レンズは、生産性を考慮するとガラスモールド方式の非球面レンズ又は樹脂とガラスの複合からなる複合型非球面レンズであることが望ましい。

【 0 0 3 2 】

条件式 (2) は、本発明のズームレンズにおける前記非球面レンズの近軸パワーに関する条件式である。なお、上記数式 (A) で示された非球面の場合には、焦点距離等の近軸量は数式 (B) の第 1 項に示すように近軸曲率半径のみではなく 2 次の非球面項も含まれる。

本発明のズームレンズにおいて条件式 (2) の対応値が当該条件式 (2) の上限値を上回ると、非球面レンズの負の近軸パワーが極端に大きくなり、条件式 (1) の範囲で規定する形状を維持するためには非球面曲線の変化量が大きくなり過ぎ、特に歪曲収差、非点収差、球面収差等が悪化してしまうため好ましくない。

なお、条件式 (2) の上限値を - 2 に設定すればより良い収差補正を達成することがで

10

20

30

40

50

きる。また、条件式(2)の上限値を -2.5 に設定すればさらにより良い収差補正を達成することができる。また、条件式(2)の上限値を -3 に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0033】

一方、本発明のズームレンズにおいて条件式(2)の対応値が当該条件式(2)の下限値を下回ると、本発明のような大口径超広角ズームレンズの場合、条件式(1)の範囲にある非球面形状においても、非球面の変位量が極端に小さくなる。このため、非球面による収差補正効果が希薄になり特に像面湾曲、歪曲収差、下方コマ収差等の良好な補正を行うことができなくなってしまう。また、バックフォーカスを十分に確保する必要性の点からみても、各負レンズ要素には十分な負のパワーが必要とされる。

10

なお、条件式(2)の下限値を -10 に設定すればより良い収差補正を達成することができる。また、条件式(2)の下限値を -8 以上に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0034】

条件式(3)は、前方負レンズ群の焦点距離と後方負レンズ群の焦点距離との比を設定するための条件式である。本発明のような大口径超広角ズームレンズの場合、基本的に前玉径の小型化及び高性能化を決定するのは前方負レンズ群の焦点距離と後方負レンズ群の焦点距離との比であると言っても過言ではない。基本的には、必ず前方負レンズ群の屈折力が強い必要があり、その比には最適解がある。

【0035】

20

本発明のズームレンズにおいて条件式(3)の対応値が当該条件式(3)の上限値を上回ると、前方負レンズ群の屈折力が弱まることを意味し、本発明のような大口径超広角ズームレンズの場合、前玉径の大型化、ひいてはレンズ全系の大型化を招いてしまうため好ましくない。又は、後方負レンズ群の屈折力が強まることを意味し、特に像面湾曲、下コマ収差、望遠端状態における球面収差が増加してしまうため好ましくない。

なお、条件式(3)の上限値を 0.61 以下に設定すれば小径化を図る上で有利である。また、条件式(3)の上限値を 0.6 以下に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0036】

一方、本発明のズームレンズにおいて条件式(3)の対応値が当該条件式(3)の下限値を下回ると、前方負レンズ群の屈折力が著しく強くなるため、特に本発明のような今までに無いほどの大画角を有し、かつ大口径化を図ったズームレンズの場合、軸外収差の補正、特に広角側では歪曲収差とコマ収差の補正が悪化してしまうため好ましくない。また、望遠側では球面収差、下方コマ収差も補正することが困難になり、大口径化を図ることもが困難になってしまうため好ましくない。

30

なお、条件式(3)の下限値を 0.02 以上に設定すれば収差補正をより容易に行うことができる。また、条件式(3)の下限値を 0.05 以上に設定すれば本発明の効果を最大限に発揮することができる。

【0037】

また、本発明のズームレンズにおいて、前記少なくとも1面の非球面は、前記非球面レンズの像側レンズ面に設けられていることが望ましい。これにより、像面湾曲と歪曲収差を良好に補正することができる。

40

また、本発明のズームレンズにおいて、前記少なくとも1面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって負の屈折力が減少する形状であることが望ましい。これにより、歪曲収差を良好に補正することができる。

また、本発明のズームレンズにおいて、前記少なくとも1面の非球面は、レンズ光軸近傍では負の屈折力を有し、周辺部へ向かうにしたがって正の屈折力へ変位する形状であることが望ましい。これにより、負の歪曲収差を良好に補正することができる。

【0038】

以下、添付図面に基づいて本発明の各実施例に係るズームレンズについて説明する。

50

(第1実施例)

図1は、本発明の第1実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

本実施例に係るズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなる。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群Gfと後方負レンズ群Grとからなる。

前方負レンズ群Gfは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf1と、像側レンズ面が本発明の特徴的な非球面である物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf2とからなる。

後方負レンズ群Grは、物体側から順に、像側レンズ面が非球面である樹脂材料とガラス材料の複合からなる物体側に凸面を向けた複合型負メニスカスレンズLr1と、両凹形状の負レンズLr2、両凸形状の正レンズLr3とからなる。

【0039】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2との接合よりなる接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凹形状の負レンズL4と、両凸形状の正レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8と像側レンズ面が非球面である両凸形状の正レンズL9との接合よりなる非球面接合正レンズとからなる。

【0040】

本実施形態において、広角端状態から望遠端状態への変倍は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の空気間隔が縮小するように第1レンズ群G1、第2レンズ群G2を移動させることによって行う。

また、本実施形態において、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL1と正メニスカスレンズL2との接合正レンズは、近距離合焦に際して第2レンズ群G2から分割して移動する合焦レンズ群であり、第2レンズ群G2を構成する他の各レンズは合焦に際して固定である。

なお、開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G2中に備えられており、変倍に際して第2レンズ群G2を構成する各レンズと一体的に移動する。

【0041】

以下の表1に、本発明の第1実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

[全体諸元]において、fは焦点距離、2θは画角(包括角)、FNOはFナンバーをそれぞれ示す。

[レンズデータ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番、riは物体側からi番目のレンズ面Riの曲率半径、diはレンズ面Riとレンズ面Ri+1との光軸上の面間隔、niはレンズ面Riとレンズ面Ri+1との間の媒質のd線(λ=587.56nm)に対する屈折率、アッペ数をそれぞれ示す。さらに、レンズデータ中の非球面には、星印(*)を付して曲率半径rの欄には近軸曲率半径を示し、及び各非球面係数は[非球面データ]の欄に記載する。

【0042】

[非球面データ]において、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。諸元表に示す非球面は、光軸から垂直方向の高さyにおける各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離(サグ量)をX(y)、基準球面の曲率半径をr、円錐係数をC4、n次の非球面係数をCnとすると、以下の非球面式で表される。なお、0(ゼロ)となる非球面係数はその記載を省略している。

$$X(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - C4 \cdot y^2 / r^2)^{1/2} \} + C4 \cdot y^4 + C6 \cdot y^6 + C8 \cdot y^8 + C10 \cdot y^{10} + C12 \cdot y^{12}$$

[可変間隔データ]において、βは物体と像間の結像倍率を示し、1-POSは広角端状態

10

20

30

40

50

における無限遠合焦時、2-POSは中間焦点距離状態における無限遠合焦時、3-POSは望遠端状態における無限遠合焦時、4-POSは広角端状態における中間距離合焦時、5-POSは中間焦点距離状態における中間距離合焦時、6-POSは望遠端状態における中間距離合焦時、7-POSは広角端状態における近距離合焦時、8-POSは中間焦点距離状態における近距離合焦時、9-POSは望遠端状態における近距離合焦時をそれぞれ示している。

【 0 0 4 3 】

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかし光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以下の全ての実施例の諸元値においても、本実施例と同様の符号を用いる。

10

【 0 0 4 4 】

(表 1)

[全体諸元]

$f = 14.4 \sim 23.8\text{mm}$
 $2 = 114.7 \sim 83.8^\circ$
 $FNO = 2.88$

[レンズデータ]

面番号	r	d	n	
1)	60.3984	3.5000	46.58	1.804000
2)	32.2578	7.0500		1.0
3)	35.5108	4.0000	55.34	1.677900
4)	19.4795	12.9400		1.0 (最大有効径 = 49.74mm)
5)	89.6335	2.5000	52.64	1.740999
6)	26.4868	0.3000	38.09	1.553890
7)	30.4991	12.5000		1.0
8)	-70.2692	2.5600	82.52	1.497820
9)	47.2822	2.0000		1.0
10)	47.8177	5.9600	39.58	1.804398
11)	-188.1989	d11		1.0
12)	34.3254	1.0000	42.71	1.834807
13)	19.3251	4.3300	47.04	1.623740
14)	537.9803	d14		1.0
15>	開口絞り S	1.6500		1.0
16)	-265.6796	2.6500	64.10	1.516800
17)	-47.8047	9.2200		1.0
18)	-27.9975	1.6800	42.72	1.834810
19)	135.6792	0.1000		1.0
20)	35.5262	4.4700	50.80	1.570989
21)	-69.9999	0.1000		1.0
22)	27.0980	1.3800	49.45	1.772789
23)	16.3144	8.5000	82.52	1.497820
24)	-53.0000	1.7200		1.0
25)	1851.7083	1.0000	40.92	1.806098
26)	20.5737	6.3200	61.13	1.589130
27)	-60.3799	BF		1.0

[非球面データ (及び各非球面係数)]

50

面番号		C 4	C 6	C 8	C 10
4)	0.3800	-5.17970E-06	-5.02460E-09	-1.19110E-11	2.64530E-15
7)	-0.3546	1.51670E-05	1.41920E-08	1.15200E-12	2.81920E-14
27)	5.9494	1.98780E-05	7.36870E-09	1.54420E-10	-6.11770E-13

[可変間隔データ]

< 無限遠合焦時 >

	1-POS	2-POS	3-POS
f	14.39984	17.99926	23.79789
D0			
d11	32.16889	16.60795	1.43931
d14	6.29963	6.29963	6.29963
BF	38.69454	44.53512	53.94475

10

< 中間距離合焦時 >

	4-POS	5-POS	6-POS
	-0.02500	-0.02500	-0.02500
D0	536.7915	682.5129	916.1281
d11	33.42361	17.56746	2.18773
d14	5.04491	5.34012	5.55120
BF	38.69457	44.53517	53.94484

20

< 近距離合焦時 >

	7-POS	8-POS	9-POS
	-0.08769	-0.10454	-0.13500
D0	125.0026	134.7240	140.4854
d11	36.60706	20.62151	5.45056
d14	1.86146	2.28607	2.28837
BF	38.69466	44.53536	53.94527

30

[条件式対応値]

条件式 (1) = 2.25
 条件式 (2) = -4.86
 条件式 (3) = 0.381

【 0 0 4 5 】

図 2 (a)、図 2 (b)、図 2 (c) はそれぞれ、本発明の第 1 実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

各収差図において、FNO は F ナンバー、A は半画角 (単位 : 度)、をそれぞれ示す。なお、球面収差図においては最大口径に対応する F ナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図においては半画角 A の最大値をそれぞれ示す。

40

【 0 0 4 6 】

また、コマ収差図においては各半画角の値を示す。また、d, g はそれぞれ、d 線 ($= 587.56 \text{ nm}$), g 線 ($= 435.84 \text{ nm}$) の収差曲線を示す。さらに、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリジオナル像面をそれぞれ示す。

なお、以下に示す全実施例の諸収差図において、本実施例と同様の符号を用いる。

図 2 (a)、図 2 (b)、図 2 (c) より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各状態において、諸収差を良好に補正していることがわかる。

【 0 0 4 7 】

50

(第2実施例)

図3は、本発明の第2実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

本実施例に係るズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなる。

【0048】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群Gfと後方負レンズ群Grとからなる。

前方負レンズ群Gfは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf1と、像側レンズ面が本発明の特徴的な非球面である物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf2とからなる。

10

後方負レンズ群Grは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズLr1と、像側レンズ面が非球面である樹脂材料とガラス材料の複合からなる両凹形状の複合型負レンズLr2と、両凹形状の負レンズLr3、両凸形状の正レンズLr4とからなる。

【0049】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2との接合よりなる接合正レンズと、開口絞りSと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凹形状の負レンズL4と、両凸形状の正レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸形状の正レンズL7との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8と像側レンズ面が非球面である両凸形状の正レンズL9との接合よりなる非球面接合正レンズとからなる。

20

【0050】

本実施形態において、広角端状態から望遠端状態への変倍は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の空気間隔が縮小するように第1レンズ群G1、第2レンズ群G2を移動させることによって行う。

また、本実施形態において、第2レンズ群G2中の負メニスカスレンズL1と正メニスカスレンズL2との接合正レンズは、近距離合焦に際して第2レンズ群G2から分割して移動する合焦レンズ群であり、第2レンズ群G2を構成する他の各レンズは合焦に際して固定である。

30

なお、開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G2中に備えられており、変倍に際して第2レンズ群G2を構成する各レンズと一体的に移動する。

以下の表2に、本発明の第2実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

【0051】

(表2)

[全体諸元]

f = 14.4 ~ 23.8mm

2 = 114.7 ~ 83.8°

FNO = 2.88

40

[レンズデータ]

面番号	r	d	n
1)	47.7912	3.5000	49.45 1.772789
2)	30.9498	10.0000	1.0
3)	41.1633	4.0000	61.09 1.589130
4)	19.7869	12.0000	1.0
5)	91.3576	4.0000	82.52 1.497820
6)	240.1699	0.8000	1.0
7)	1006.1910	2.0000	52.67 1.741000

(最大有効径 = 49.90mm)

50

8)	24.0000	0.3000	38.09	1.553890
9)	27.2373	12.0000		1.0
10)	-59.6826	2.0000	67.87	1.593189
11)	67.8295	1.0000		1.0
12)	52.0737	6.5000	39.58	1.804398
13)	-88.0383	d13		1.0

14)	34.1179	1.0000	37.17	1.834000
15)	19.7303	6.2000	43.71	1.605620
16)	2031.7272	d16		1.0

10

17>	開口絞り S	1.5000		1.0
18)	-28796.2450	4.0000	81.54	1.496999
19)	-45.3898	7.4000		1.0
20)	-28.7323	1.0000	33.89	1.803834
21)	71.8528	0.1000		1.0
22)	35.4462	4.9000	28.46	1.728250
23)	-133.2653	0.1000		1.0
24)	25.3425	1.4000	37.16	1.834000
25)	16.1785	8.8000	82.52	1.497820
26)	-54.5260	0.1000		1.0
27)	4388.4146	1.0000	42.71	1.834807
28)	19.5519	8.2000	61.13	1.589130
29)	-50.8220	BF		1.0

20

[非球面データ (及び各非球面係数)]

面番号	C 4	C 6	C 8	C 10	C 12	
4)	0.0306	2.02880E-07	8.26530E-10	-2.44250E-11	1.92290E-14	-0.28554E-17
9)	-4.6395	4.51150E-05	-7.32380E-08	3.03190E-10	-6.65870E-13	0.70312E-15
29)	8.8248	2.21270E-05	1.65170E-08	1.55950E-10	-3.78420E-13	0.0

30

[可変間隔データ]

< 無限遠合焦時 >

	1-POS	2-POS	3-POS
f	14.39975	17.99970	23.79962
D0			
d13	30.85165	15.93246	1.38937
d16	5.95862	5.95862	5.95862
BF	38.81039	44.79147	54.42769

40

< 中間距離合焦時 >

	4-POS	5-POS	6-POS
	-0.02500	-0.02500	-0.02500
D0	537.2377	682.8765	916.4440
d13	32.02463	16.83061	2.08890
d16	4.78564	5.06046	5.25909
BF	38.80791	44.78900	54.42521

< 近距離合焦時 >

7-POS	8-POS	9-POS
-------	-------	-------

50

	-0.08793	-0.10523	-0.13647
D0	125.0014	133.9394	138.8462
d13	35.01025	19.71438	5.18094
d16	1.80002	2.17669	2.16705
BF	38.78038	44.74845	54.35532

[条件式対応値]

条件式 (1) = 2.35

条件式 (2) = -4.83

条件式 (3) = 0.558

10

【 0 0 5 2 】

図 4 (a)、図 4 (b)、図 4 (c) はそれぞれ、本発明の第 2 実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

図 4 (a)、図 4 (b)、図 4 (c) より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各状態において、諸収差を良好に補正していることがわかる。

【 0 0 5 3 】

(第 3 実施例)

図 5 は、本発明の第 3 実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

20

本実施例に係るズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とからなる。

【 0 0 5 4 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群 G f と後方負レンズ群 G r とからなる。

前方負レンズ群 G f は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 2 とからなる。そしてこの負メニスカスレンズ L f 2 は、像側レンズ面が本発明の特徴的な非球面である樹脂材料と像側レンズ面が非球面であるガラス材料との複合からなる複合型負メニスカスレンズである。

30

後方負レンズ群 G r は、物体側から順に、像側レンズ面が非球面である物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L r 1 と、両凹形状の負レンズ L r 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L r 3 との接合よりなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L r 4 とからなる。

【 0 0 5 5 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と両凸形状の正レンズ L 2 との接合よりなる接合正レンズと、開口絞り S と、両凸形状の正レンズ L 3 と、両凹形状の負レンズ L 4 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 と像側レンズ面が非球面である両凸形状の正レンズ L 9 との接合よりなる非球面接合正レンズとからなる。

40

【 0 0 5 6 】

本実施形態において、広角端状態から望遠端状態への変倍は、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の空気間隔が縮小するように第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 を移動させることによって行う。

また、本実施形態において、第 2 レンズ群 G 2 中の負メニスカスレンズ L 1 と正メニスカスレンズ L 2 との接合正レンズは、近距離合焦に際して第 2 レンズ群 G 2 から分割して移動する合焦レンズ群であり、第 2 レンズ群 G 2 を構成する他の各レンズは合焦に際して固定である。

50

なお、開口絞り S は、上述のように第 2 レンズ群 G 2 中に備えられており、変倍に際して第 2 レンズ群 G 2 を構成する各レンズと一体的に移動する。

以下の表 3 に、本発明の第 3 実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 0 5 7 】

(表 3)

[全体諸元]

f = 14.4 ~ 23.8mm

2 = 114.7 ~ 83.8°

F N O = 2.88

10

[レンズデータ]

面番号	r	d	n	
1)	93.0730	3.5000	49.45	1.772789
2)	37.1507	5.5000		1.0
3)	36.4943	3.0000	55.34	1.677900
4)	15.9442	0.1000	56.41	1.501370
5)	15.9442	11.0000		1.0 (最大有効径 = 48.10mm)
6)	40.6126	3.0000	49.45	1.772789
7)	28.1737	11.7000		1.0
8)	-147.5160	1.8000	65.42	1.603001
9)	26.0945	7.0000	33.75	1.648311
10)	63.5134	0.1625		1.0
11)	41.0779	6.0000	38.03	1.603420
12)	-432.2463	d12		1.0
13)	33.7940	1.0000	37.35	1.834000
14)	19.0964	6.0000	56.36	1.568832
15)	-308.5083	d15		1.0
16>	開口絞り S	1.5000		1.0
17)	71.2226	4.0000	54.55	1.514540
18)	-73.5625	8.9693		1.0
19)	-47.9538	1.3000	46.54	1.804109
20)	39.0026	0.1000		1.0
21)	22.2416	4.5000	40.11	1.762000
22)	122.2459	0.2000		1.0
23)	47.5013	1.3000	43.35	1.840421
24)	14.3353	7.0000	90.33	1.455999
25)	310.8760	0.2000		1.0
26)	59.6047	1.0000	23.01	1.860741
27)	34.0218	7.5000	61.13	1.589130
28)	-32.6370	BF		1.0

20

30

40

[非球面データ (及び各非球面係数)]

面番号	C 4	C 6	C 8	C 10	C 12
4) -0.1124	1.38240E-07	3.40690E-09	-1.55360E-11	-1.91210E-14	0.31563E-16
5) -0.0881	1.43450E-07	2.03970E-10	-1.26120E-11	-1.54510E-14	0.31543E-16
7) 0.4109	1.51850E-05	-3.56670E-11	1.31390E-10	-3.03690E-13	0.55045E-15
28) 0.5209	5.24120E-06	-2.28310E-08	1.45290E-10	-8.71750E-13	0.0

50

[可変間隔データ]

< 無限遠合焦時 >

	1-POS	2-POS	3-POS
f	14.40016	18.00031	23.80063
D0			
d12	31.09655	16.06749	1.41732
d15	5.57959	5.57959	5.57959
BF	38.70186	44.89064	54.86160

< 中間距離合焦時 >

	4-POS	5-POS	6-POS
	-0.02500	-0.02500	-0.02500
D0	539.6724	685.2757	918.8284
d12	32.23597	16.94179	2.10015
d15	4.44017	4.70529	4.89676
BF	38.70296	44.89174	54.86269

< 近距離合焦時 >

	7-POS	8-POS	9-POS
	-0.08929	-0.10682	-0.13865
D0	124.9361	133.7762	138.4554
d12	35.19733	19.80369	5.17653
d15	1.47881	1.84339	1.82038
BF	38.71595	44.91080	54.89555

[条件式対応値]

条件式 (1) = 2.36

条件式 (2) = -3.08

条件式 (3) = 0.092

【 0 0 5 8 】

図 6 (a)、図 6 (b)、図 6 (c) はそれぞれ、本発明の第 3 実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

図 6 (a)、図 6 (b)、図 6 (c) より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各状態において、諸収差を良好に補正していることがわかる。

【 0 0 5 9 】

(第 4 実施例)

図 7 は、本発明の第 4 実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

本実施例に係るズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正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 とからなる。

【 0 0 6 0 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、負の屈折力を有する前方負レンズ群 G f と後方負レンズ群 G r とからなる。

前方負レンズ群 G f は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1 と、像側レンズ面が本発明の特徴的な非球面である物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 2 とからなる。

後方負レンズ群 G r は、物体側から順に、像側レンズ面が非球面である樹脂材料とガラ

10

20

30

40

50

ス材料の複合からなる物体側に凸面を向けた複合型負メニスカスレンズL r 1と、両凹形状の負レンズL r 2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL r 3との接合よりなる接合負レンズと、両凸形状の正レンズL r 4とからなる。

【 0 0 6 1 】

第2レンズ群G 2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と両凸形状の正レンズL 2との接合よりなる接合正レンズと、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL 3と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 4と両凹形状の負レンズL 5との接合よりなる接合負レンズとからなる。

第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 7と両凸形状の正レンズL 8との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9と像側レンズ面が非球面である両凸形状の正レンズL 10との接合よりなる非球面接合正レンズとからなる。

【 0 0 6 2 】

本実施形態において、広角端状態から望遠端状態への変倍は、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間の空気間隔が縮小し、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との間の空気間隔が縮小するように、第1レンズ群G 1、第2レンズ群G 2、及び第3レンズ群G 3を移動させることによって行う。

また、本実施形態において、第2レンズ群G 2中の負メニスカスレンズL 1と正メニスカスレンズL 2との接合正レンズは、近距離合焦に際して第2レンズ群G 2から分割して移動する合焦レンズ群であり、第2レンズ群G 2を構成する他の各レンズは合焦に際して固定である。

なお、開口絞りSは、上述のように第2レンズ群G 2中に備えられており、変倍に際して第2レンズ群G 2を構成する各レンズと一体的に移動する。

以下の表4に、本発明の第4実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

【 0 0 6 3 】

(表4)

[全体諸元]

f = 14.4 ~ 23.8mm
2 = 114.7 ~ 83.8°
F N O = 2.88

[レンズデータ]

面番号	r	d	n	
1)	56.1483	3.5000	49.45	1.772789
2)	31.2488	6.7024		1.0
3)	36.1882	2.5000	55.34	1.677900
4)	17.1957	14.0890		1.0 (最大有効径 =46.16)
5)	191.6042	2.0000	52.64	1.740999
6)	35.1321	10.3136		1.0
7)	-93.1738	1.0000	65.42	1.603001
8)	38.6142	6.1647	33.75	1.648311
9)	216.2089	0.2000		1.0
10)	51.3687	6.6064	44.41	1.612658
11)	-164.0143	d11		1.0
12)	37.1736	1.0000	37.20	1.834000
13)	21.4900	6.2536	56.36	1.568832
14)	-327.7174	d14		1.0
15>	0.0000	1.5000		1.0

16)	48.5898	5.0635	52.43	1.517417
17)	-61.5418	1.0307		1.000000
18)	0.0000	3.3669		1.0
19)	-44.2032	3.5914	33.75	1.648311
20)	-25.1943	1.0000	49.45	1.772789
21)	39.4935	d21		1.0
22)	22.0848	5.0413	40.10	1.762001
23)	142.5353	0.2000		1.0
24)	49.2619	1.0000	44.69	1.802180
25)	13.7312	6.5966	90.33	1.455999
26)	-7195.404	0.8235		1.0
27)	108.0634	1.0000	23.01	1.860741
28)	33.1536	6.6849	61.13	1.589130
29)	-32.7920	BF		1.0

10

[非球面データ (及び各非球面係数)]

面 番 号	C 4	C 6	C 8	C 10	C 12
4) -0.0015	2.96460E-06	3.31750E-10	-8.46290E-12	-3.96050E-14	0.33986E-16
6) 0.4308	1.18490E-05	-8.34650E-09	1.43840E-10	-4.01800E-13	0.52321E-15
29) 0.4753	6.10030E-06	-3.11380E-08	2.64060E-10	-1.54430E-12	0.0

20

[可変間隔データ]

< 無限遠合焦時 >

	1-POS	2-POS	3-POS
f	14.39970	17.99958	23.79936
D0			
d11	32.05059	15.92226	1.00000
d14	6.23155	6.23155	6.23155
d21	0.78923	0.69368	0.20000
BF	38.69917	44.49425	53.77415

30

< 中間距離合焦時 >

	4-POS	5-POS	6-POS
	-0.02500	-0.02500	-0.02500
D0	538.88560	684.63850	918.19630
d11	33.38100	16.93461	1.78251
d14	4.90114	5.21920	5.44904
d21	0.78923	0.69368	0.20000
Bf	38.69917	44.49425	53.77415

40

< 近距離合焦時 >

	7-POS	8-POS	9-POS
f	-0.08882	-0.10540	-0.13572
D0	125.00100	135.42970	141.56570
d11	36.82144	20.19416	5.22098
d14	1.46070	1.95965	2.01057
d21	0.78923	0.69368	0.20000
BF	38.69917	44.49425	53.77415

50

〔条件式対応値〕

条件式(1) = 0.0295

条件式(2) = -3.54

条件式(3) = 0.221

【0064】

図8(a)、図8(b)、図8(c)はそれぞれ、本発明の第4実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

図8(a)、図8(b)、図8(c)より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態の各状態において、諸収差を良好に補正していることがわかる。

10

【0065】

上記各実施例によれば、 $2\theta = 114.7 \sim 83.8^\circ$ という通常の射影方式では限界に近いほどの大画角を有する超広角領域までカバーし、約1.65倍の変倍比を有し、さらに各焦点距離状態においてFナンバーがF2.88という今までにない明るさを有し、構成が単純で製造が容易であり、小型でダウンサイジングされた超広角大口径ズームレンズを実現することができる。

【0066】

なお、本発明の実施例として、2群構成及び3群構成のレンズ系を示したが、該2群又は3群に付加レンズ群を加えただけのレンズ系も本発明の効果を内在した同等のレンズ系であることは言うまでもない。また、各レンズ群内の構成においても、実施例の構成に付加レンズを加えただけのレンズ群も本発明の効果を内在した同等のレンズ群であることは言うまでもない。

20

なお、上記各実施例は本発明の一具体例を示しているものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。

なお、上記第1、2、4実施例は本発明の実施例であり、上記第3実施例は本発明の参考例である。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明の第1実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

30

【図2】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、本発明の第1実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図3】本発明の第2実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図4】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、本発明の第2実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図5】本発明の第3実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図6】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、本発明の第3実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

40

【図7】本発明の第4実施例に係るズームレンズの構成、及び各レンズ群の移動軌跡を示す図である。

【図8】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、本発明の第4実施例に係るズームレンズの広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【符号の説明】

【0068】

G1 第1レンズ群

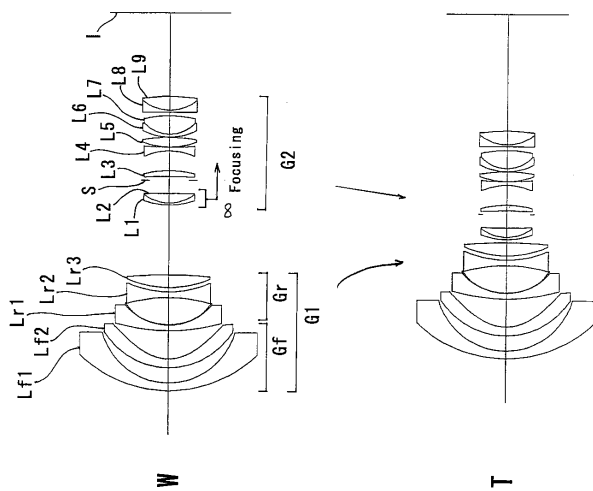
G2 第2レンズ群

Gf 前方負レンズ群

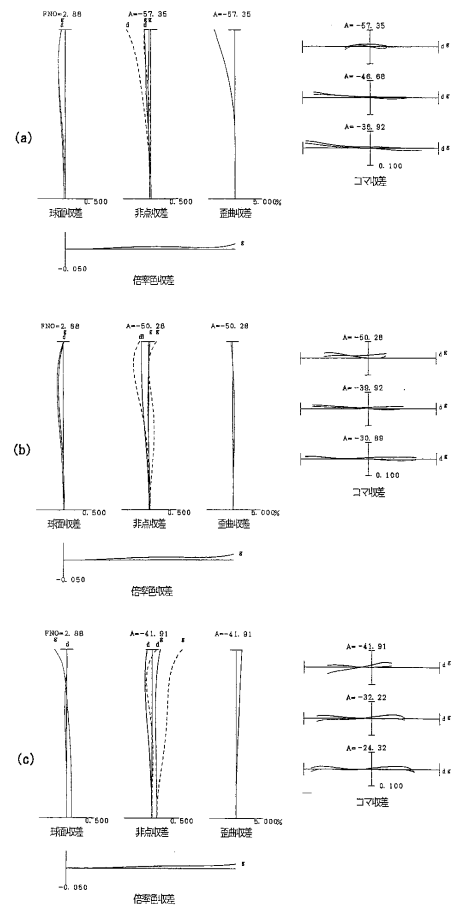
50

G r 後方負レンズ群
S 開口絞り

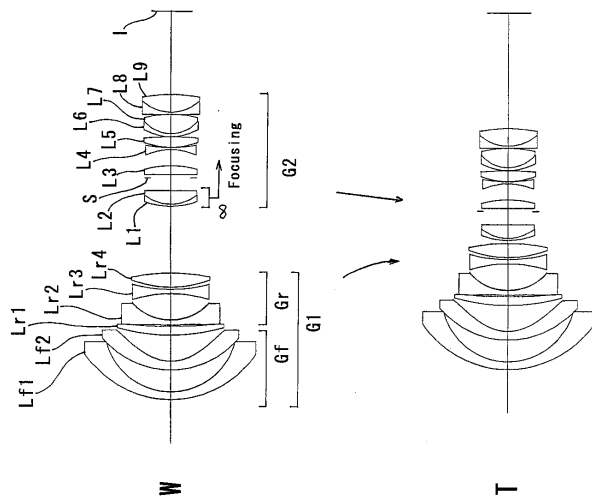
【図 1】



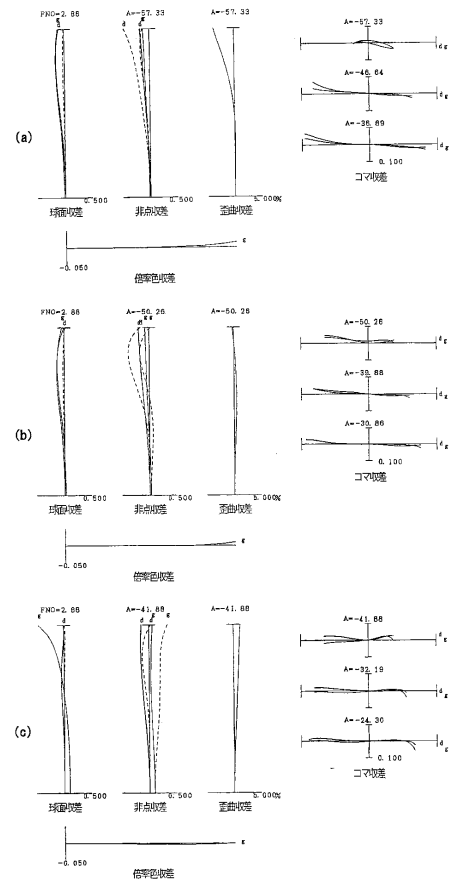
【図 2】



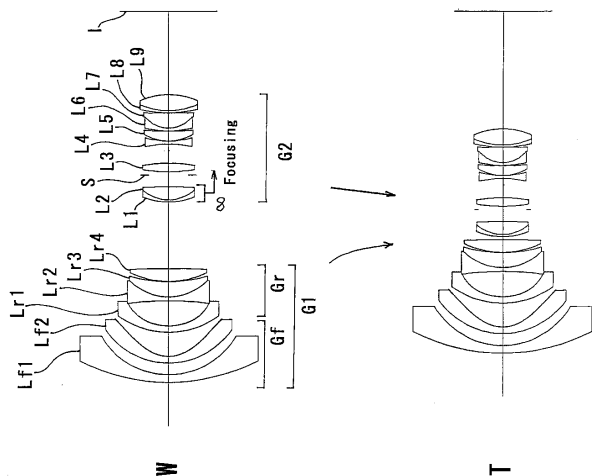
【図 3】



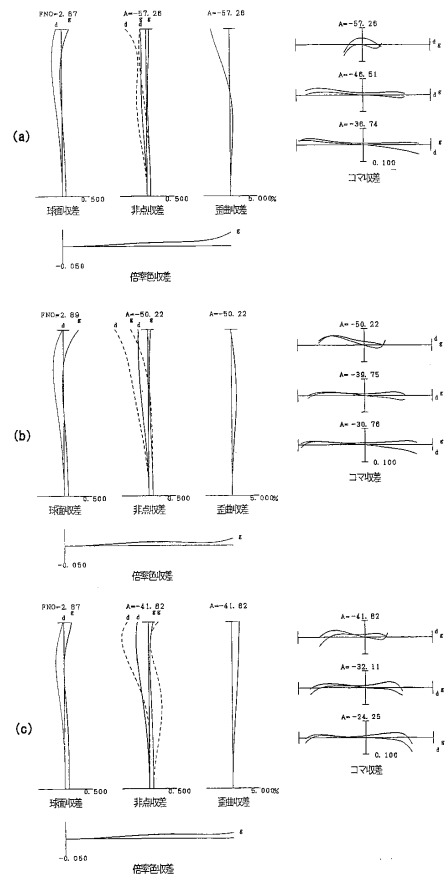
【図 4】



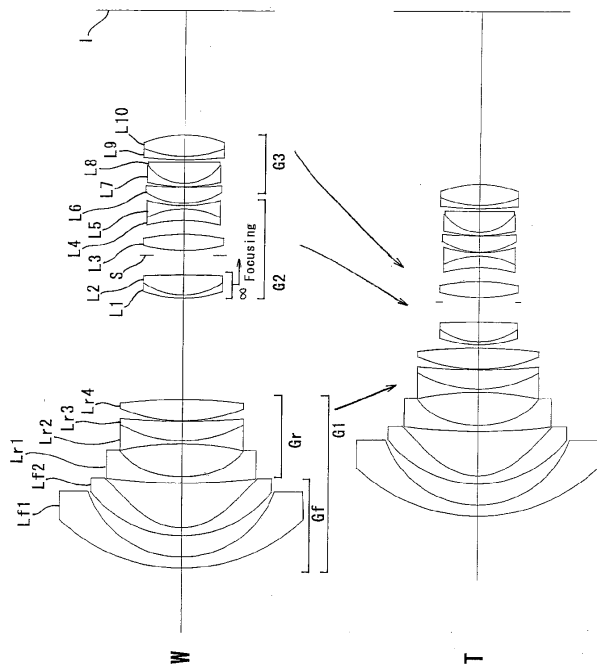
【図 5】



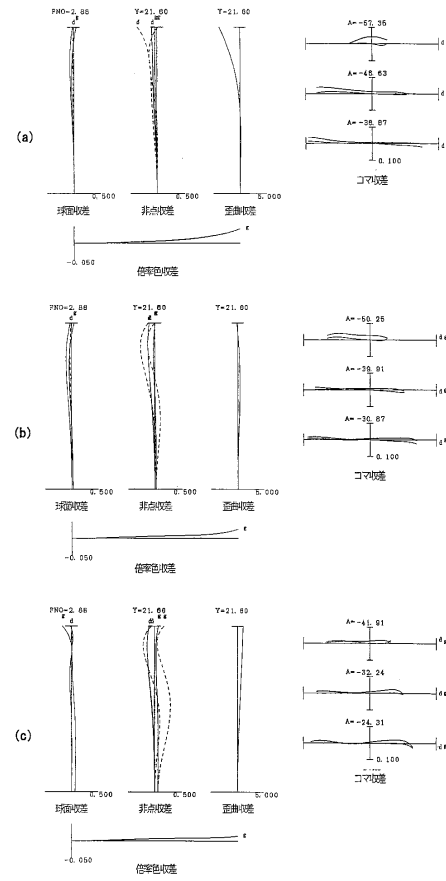
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-099758(JP,A)
特開2004-317644(JP,A)
特開2001-166206(JP,A)
特開2004-093593(JP,A)
特開2006-078535(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