

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6021429号
(P6021429)

(45) 発行日 平成28年11月9日(2016.11.9)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 13/04	(2006.01)	GO2B 13/04
GO2B 15/167	(2006.01)	GO2B 15/167
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18

D

請求項の数 16 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2012-115553 (P2012-115553)
 (22) 出願日 平成24年5月21日 (2012.5.21)
 (65) 公開番号 特開2013-37339 (P2013-37339A)
 (43) 公開日 平成25年2月21日 (2013.2.21)
 審査請求日 平成27年5月15日 (2015.5.15)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-153681 (P2011-153681)
 (32) 優先日 平成23年7月12日 (2011.7.12)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 日浅 法人
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内
 (72) 発明者 江口 黒
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内
 審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ、単焦点レンズ及びそれを有する光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最も拡大側に配置された負の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第1レンズ群は複数の負レンズを有し、

前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} 、 n_{min} 、 広角端における全系の焦点距離を f_w 、 前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数を i_b 枚、 前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、 第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、 前記 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ g_F 、 v_i とし、 部分分散比差 ν_i を

$$\nu_i = g_F - (0.6438 - 0.001682 \varphi_i)$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

【数 1】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.00140$$

を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第1レンズ群に含まれる負レンズのうち、レンズの材料のアッベ数が最小値 n ,

10

20

n_{min} をとる負レンズの材料の d 線に対する屈折率を n_d とするとき、

$$1.8 < n_d < 2.5$$

なる条件式を満たす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 1 レンズ群は少なくとも 1 つの正レンズを有し、前記第 1 レンズ群に含まれる少なくとも 1 つの正レンズの屈折力を p_F 、材料のアッベ数と部分分散比を各々 p_g とし、部分分散比差 $p_F - p_g$ を

$$p_F = p_g - (0.6438 - 0.001682) \quad (P)$$

とするとき、

$$-0.0002 < f_w \cdot p_F / p_g < 0.0000 \quad (10)$$

なる条件式を満たす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】

前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値を各々 p_{max} 、 p_{min} とするとき、

$$2.5 < p_{max} / p_{min} < 6.5$$

なる条件式を満たす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】

前記ズームレンズは、拡大側から縮小側へ順に、

負の屈折力の第 1 レンズ群、

正の屈折力の第 2 レンズ群、

正の屈折力の第 3 レンズ群、

正の屈折力の第 4 レンズ群を有し、

ズーミングに際して、前記第 1 レンズ群と最も縮小側に配置されたレンズ群が不動であ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】

最も拡大側に配置された負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第 1 レンズ群は複数の負レンズを有し、前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、

前記第 1 レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} 、 n_{min} 、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ p_{max} 、 p_{min} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ p_g 、 p_F とし、部分分散比差 φ_i を

$$\varphi_i = p_F - (0.6438 - 0.001682) \quad (i)$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5 \quad (30)$$

$$2.5 < p_{max} / p_{min} < 6.5$$

【数 1】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{V_i} < -0.001$$

を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 7】

拡大側から縮小側へ順に、

負の屈折力の第 1 レンズ群、

正の屈折力の第 2 レンズ群、

負の屈折力の第 3 レンズ群、

正の屈折力の第4レンズ群を有し、
ズーミングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、
前記第1レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第1レンズ群は複数の負レンズを有し、

前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ v_i 、 g_F とし、部分分散比差 $\Delta\theta_i$ を

$$\Delta\theta_i = g_F - (0.6438 - 0.001682) \quad 10$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

【数1】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta\theta_i}{v_i} < -0.001$$

を満たす

ことを特徴とするズームレンズ。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズを有することを特徴とする光学機器。

【請求項9】

最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し、

前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、

前記前群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ v_i 、 g_F とし、部分分散比差 $\Delta\theta_i$ を

$$\Delta\theta_i = g_F - (0.6438 - 0.001682) \quad 30$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

【数2】

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta\theta_i}{v_i} \leq -0.00124$$

を満たすことを特徴とする単焦点レンズ。

【請求項10】

前記複数の負レンズのうち、レンズの材料のアッベ数が最大値 n_{max} と最小値 n_{min} をとる2枚の負レンズは、最も拡大側に配置された第1レンズの縮小側において、拡大側から縮小側に連続して配置され、かつフォーカシングに際して前記第1レンズと同一の軌跡で移動することを特徴とする請求項9に記載の単焦点レンズ。

【請求項11】

前記前群に含まれる負レンズのうちレンズの材料のアッベ数が最小値 n_{min} をとる負レンズの材料のd線に対する屈折率を n_d とするとき、

$$1.8 < n_d < 2.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項9又は10に記載の単焦点レンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記前群は少なくとも 1 つの正レンズを有し、前記前群に含まれる少なくとも 1 つの正レンズの屈折力を ν_p 、材料のアッベ数と部分分散比を各々 n_p 、 $g_F p$ とし、部分分散比差 ν_p を

$$\nu_p = g_F p - (0.6438 - 0.001682) \quad (p)$$

とするとき、

$$-0.0002 < f_w \cdot \nu_p \cdot \nu_p / \nu_p < 0.0000$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の単焦点レンズ。

【請求項 1 3】

10

前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値を各々 $n_{p, max}$ 、 $n_{p, min}$ とするとき、

$$2.5 < n_{p, max} / n_{p, min} < 6.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の単焦点レンズ。

【請求項 1 4】

最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し、

前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、

前記前群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ $n_{n, max}$ 、 $n_{n, min}$ 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を ν_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ n_i 、 $g_F i$ とし、部分分散比差 ν_i を

$$\nu_i = g_F i - (0.6438 - 0.001682) \quad (i)$$

とするとき、

$$3.3 < n_{n, max} / n_{n, min} < 6.5$$

【数 2】

20

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{i_b} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{V_i} < -0.001$$

30

を満たし、

前記複数の負レンズのうち、レンズの材料のアッベ数が最大値 $n_{n, max}$ と最小値 $n_{n, min}$ をとる 2 枚の負レンズは、最も拡大側に配置された第 1 レンズの縮小側において、拡大側から縮小側に連続して配置され、かつフォーカシングに際して前記第 1 レンズと同一の軌跡で移動することを特徴とする単焦点レンズ。

【請求項 1 5】

最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し、

40

前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、

前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、

前記前群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ $n_{n, max}$ 、 $n_{n, min}$ 、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値を各々 $n_{p, max}$ 、 $n_{p, min}$ 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を ν_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ n_i 、 $g_F i$ とし、部分分散比差 ν_i を

$$\nu_i = g_F i - (0.6438 - 0.001682) \quad (i)$$

とするとき、

50

3 . 3 < n , m a x / n , m i n < 6 . 5
 2 . 5 < p , m a x / p , m i n < 6 . 5
 【数2】

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{\nu_i} < -0.001$$

を満たすことを特徴とする単焦点レンズ。

【請求項16】

請求項9乃至15のいずれか1項に記載の単焦点レンズを有することを特徴とする光学機器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばデジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ、TVカメラ等に用いられる撮像光学系やプロジェクタに用いられる投射光学系等の光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

20

近年、デジタルカメラをはじめとする撮像光学系や液晶プロジェクタなどの投射光学系においては画質が高精細化されている。これを受け CCD 等のイメージセンサや液晶パネルの画素ピッチが縮小化されている。また一方でこれらに用いられる単焦点距離の撮像光学系やズームレンズ等の光学系では、広範囲の撮像や広範囲の投射ができるように広画角化が望まれている。

【0003】

一般に光学系を広画角にすると瞳近軸光線の高さが高くなるため、歪曲と色ずれが増大してくる。このとき色が隣の画素に混じって見えないようにするために、色ずれが0.5画素以下となるようにしなければならない。そのため広画角の光学系を得るには色ずれの原因である倍率色収差を少なくすることが要望されている。特に近年では画質の高精細化の影響も受けて色収差がより良好に補正されていることが要望されている。

30

【0004】

従来、光学系の色消し方法（色収差補正方法）として、光学系に比較的高分散かつ異常分散性の大きい材料を用いることが知られている（特許文献1、2）。特許文献1では、物体側の第1レンズ群に高分散かつ異常分散性の強い材料よりなるレンズを用いて色収差を補正している。特許文献2では第1レンズ群に上記の特性を有する材料に加えて低分散材料を併用して色収差を補正している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【特許文献1】特開2008-158159号公報

【特許文献2】特開2004-020765号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に光学材料の屈折率は可視領域において波長が短いほど高くなる。このため、倍率色収差の補正ではd線に対するg線の色ずれを抑制することが重要となる。広画角レンズに適したレンズ構成として単焦点レンズでは、レトロフォーカス型、ズームレンズではネガティブリード型の光学系が挙げられる。これらの光学系では、絞りより拡大側（拡大共役側、物体側）と縮小側（縮小共役側、像側）にそれぞれ負と正の屈折力を有するレンズ

50

群が配置されている。

【0007】

レトロフォーカス型は、このような配置によってバックフォーカスが全系の焦点距離よりも長いという性質を持っている。つまり、最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい。また、レトロフォーカス型の特徴として、次の性質が挙げられる。軸上光束におけるマージナル光線の光軸からの高さを h_m とする。レトロフォーカス型では、光学系の最も拡大側の面での $|h_m|$ は、光学系の入射瞳より縮小側における $|h_m|$ の最大値よりも小さくなる。

【0008】

レトロフォーカス型や、ネガティブリード型の光学系では、前述のような屈折力の配置をすることで、 g 線の倍率色収差はオーバー側に発生する。さらに瞳近軸光線の高さが高いほど倍率色収差は増大するため、像高が高くなるほど g 線の倍率色収差はよりオーバー側へ曲がってしまう。これは異常部分分散性の材料を用いることで補正することができ、その効果は瞳近軸光線の高さとレンズの屈折力によって変わる。

10

【0009】

例えは絞りより拡大側の負レンズに部分分散比が標準より大きい材料を使用することで、 g 線の倍率色収差をアンダー方向へ曲げて小さくすることができる。正レンズに標準より部分分散比の小さい材料を使用することでも同様の効果を得られる。絞りより縮小側では瞳近軸光線の高さの符号が変化するため、適用する材料の部分分散比の特性を逆にすればよい。さらに適用する材料が高分散でレンズの屈折力が大きいほど、 g 線の倍率色収差に対する補正効果は大きくなる。

20

【0010】

以下、 C 線に対する F 線の倍率色収差を 1 次の色収差、 F 線に対する g 線の倍率色収差を 2 次の色収差と記述することとする。1 次と 2 次の色消しが共に良好に行われている場合、良好な色ずれの補正が実現される。

【0011】

前述の特許文献 1 では第 1 レンズ群の負レンズに非常に高分散で異常分散性の大きい材料を使用することで g 線の倍率色収差を補正している。第 1 レンズ群の 1 次の色消しのバランスを保つため、第 1 レンズ群内の正レンズにも高分散で部分分散比が標準より大きい材料を使用している。高精細化による画素ピッチの縮小や更なる広画角化を視野に入れた場合には、倍率色収差を更に小さくする必要がある。

30

【0012】

また特許文献 2 では第 1 レンズ群の負レンズに比較的低分散な材料と異常分散性の大きい高分散材料を用いている。これによって第 1 レンズ群内の正レンズに 2 次の色収差を悪化させる材料を使用することなく、第 1 レンズ群内の 1 次の色収差バランスを取っている。

【0013】

一般に倍率色収差の補正量は各レンズにおける効果の総和であるため、全体の補正量を考慮しなければ十分な補正効果が得られない。第 1 レンズ群に使用した低分散材料の異常分散性が非常に弱いと、2 次の色消し効果が小さくなってくる。特許文献 2 では第 2 レンズ群中の、屈折力が大きい正レンズに部分分散比が標準より大きい高分散材料を使用しているため 2 次の色収差が残存する傾向がある。

40

【0014】

本発明は、倍率色収差を良好に補正して高精細化に対応できる広画角のズームレンズ及び単焦点レンズを得ることを目的とする。

【0015】

この他本発明はズームレンズや単焦点レンズを構成する第 1 レンズ群に最適な材料のレンズを用い、絞りより拡大側のレンズによる色収差の補正量を適切に規定することで倍率色収差の補正を良好に行ったズームレンズ及び単焦点レンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【0016】

本発明のズームレンズは、最も拡大側に配置された負の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第1レンズ群は複数の負レンズを有し、

前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} 、 n_{min} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数をib枚、前記ib枚のレンズのうち拡大側から順に、第i番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第i番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ g_F 、 v_i とし、部分分散比差 $\Delta\theta_i$ を

$$\Delta\theta_i = g_F - (0.6438 - 0.001682) \quad 10$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

【数1】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta\theta_i}{v_i} \leq -0.00140$$

を満たすことを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、最も拡大側に配置された負の屈折力を有する第1レンズ群と、前記第1レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第1レンズ群は複数の負レンズを有し、前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、

前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} 、 n_{min} 、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ p_{max} 、 p_{min} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数をib枚、前記ib枚のレンズのうち拡大側から順に、第i番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第i番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ g_F 、 v_i とし、部分分散比差 $\Delta\theta_i$ を

$$\Delta\theta_i = g_F - (0.6438 - 0.001682) \quad 10$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5 \quad 30$$

$$2.5 < p_{max} / p_{min} < 6.5$$

【数1】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta\theta_i}{v_i} < -0.001$$

を満たすことを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、拡大側から縮小側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、ズーミングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化し、前記第1レンズ群よりも縮小側に配置された絞りを有し、前記第1レンズ群は複数の負レンズを有し、

前記第1レンズ群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記絞りより拡大側に存在するレンズの枚数をib枚、前記ib枚のレンズのうち拡大側から順に、第i番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第i番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ g_F 、 v_i とし、部分分散比差 $\Delta\theta_i$ を

$$\Delta\theta_i = g_F - (0.6438 - 0.001682) \quad 40$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

【数1】

$$-0.004 < f_W \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} < -0.001$$

を満たすことを特徴としている。

【0017】

この他、本発明の他の一側面としての単焦点レンズは、最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し

10

前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、前記前群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を ib 枚、前記 ib 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ v_i 、 g_F とし、部分分散比差 $\Delta \theta_i$ を

$$\frac{1}{v_i} = g_F \cdot \varphi_i - (0.6438 - 0.001682) \Delta \theta_i$$

とするとき、

$$3.3 < \frac{n_{max}}{n_{min}} < 6.5$$

20

【数2】

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.00124$$

を満たすことを特徴としている。この他、本発明の他の一側面としての単焦点レンズは、最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、前記前群に含まれる負レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を ib 枚、前記 ib 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッベ数と部分分散比をそれぞれ v_i 、 g_F とし、部分分散比差 $\Delta \theta_i$ を

$$\frac{1}{v_i} = g_F \cdot \varphi_i - (0.6438 - 0.001682) \Delta \theta_i$$

とするとき、

$$3.3 < \frac{n_{max}}{n_{min}} < 6.5$$

【数2】

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} < -0.001$$

40

を満たし、前記複数の負レンズのうち、レンズの材料のアッベ数が最大値 n_{max} と最小値 n_{min} をとる 2 枚の負レンズは、最も拡大側に配置された第 1 レンズの縮小側において、拡大側から縮小側に連続して配置され、かつフォーカシングに際して前記第 1 レンズと同一の軌跡で移動することを特徴としている。この他、本発明の他の一側面としての単焦点レンズは、最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい単焦点レンズであって、絞りを有し

50

前記絞りよりも拡大側のレンズ群を前群とし、前記前群は複数の負レンズを有し、
 前記絞りより縮小側に複数の正レンズを有し、
 前記前群に含まれる負レンズの材料のアッペ数の最大値と最小値をそれぞれ n_{max} と n_{min} 、前記絞りより縮小側に位置する正レンズの材料のアッペ数の最大値と最小値を各々 p_{max} と p_{min} 、全系の焦点距離を f 、前記前群に含まれるレンズの枚数を i_b 枚、前記 i_b 枚のレンズのうち拡大側から順に、第 i 番目のレンズの屈折力を φ_i 、前記第 i 番目のレンズの材料のアッペ数と部分分散比をそれぞれ n_i と g_i とし、部分分散比差 Δg_i を

$$\Delta g_i = g_i - (0.6438 - 0.001682) \quad (1)$$

とするとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5$$

$$2.5 < p_{max} / p_{min} < 6.5$$

【数 2】

$$-0.004 < f \sum_{i=1}^{i_b} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{V_i} < -0.001$$

を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、倍率色収差を良好に補正して高精細化に対応できる広画角のズームレンズ及び単焦点レンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【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における諸収差図

【図3】本発明の実施例2のレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 本発明の実施例2における諸収差図

【図5】本発明の実施例3のレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 本発明の実施例3における諸収差図

【図7】本発明の実施例4のレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 本発明の実施例4における諸収差図

【図9】本発明の実施例5のレンズ断面図

【図10】(A)、(B) 本発明の実施例5における諸収差図

【図11】本発明の光学機器の要部概略図

【図12】本発明の光学機器の要部概略図

【図13】条件式(2)によるg線の倍率色収差の変化を表した概念図

【図14】(A)、(B) 従来の投射光学系の広角端における倍率色収差図と本発明の実施例4の広角端における倍率色収差図

【図15】本発明の実施例6のレンズ断面図

【図16】本発明の実施例6における諸収差図

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明のズームレンズ、単焦点レンズ及びそれを有する撮像装置について説明する。本発明は単焦点レンズやズームレンズ等の光学系である。ここで絞りは、開口径を制御する開口絞りに限られず、開口径固定の絞り又はレンズ有効径で特定される絞り等を含む。例えば、レンズのコバ部なども含む。

【0025】

図1は本発明の実施例1のレンズ断面図である。図2は本発明の実施例1の収差図であ

10

20

30

40

50

る。図3は本発明の実施例2の広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)は本発明の実施例2の広角端と望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図5は本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)は本発明の実施例3の広角端と望遠端における収差図である。

【0026】

図7は本発明の実施例4の広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)は本発明の実施例4の広角端と望遠端における収差図である。図9は本発明の実施例5の広角端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)は本発明の実施例5の広角端と望遠端における収差図である。図11、図12は本発明の光学機器の要部概略図である。図15は本発明の実施例6のレンズ断面図である。図16は本発明の実施例6の収差図である。

10

【0027】

従来、多くの光学系においては、倍率色収差を補正するために比較的高分散でかつ異常分散性の大きい材料を使用することが行われている。倍率色収差を補正するに際しては各レンズの補正効果を合わせた光学系全体の補正量に注目する必要がある。

【0028】

本発明の広画角の単焦点レンズやズームレンズ等の光学系では負の屈折力を有する第1レンズ群または前群内に使用する異常分散性の強い高分散材料と低分散材料のアッペ数(Abbe数)を適切に設定している。更に最も拡大側(拡大共役側)から開口絞りまでの間に存在するレンズの色収差の補正量を適切に設定している。以下では説明を分かりやすくするため、ズームレンズの場合を例にとって行う。以下の説明の第1レンズ群を前群に置き換えれば、本発明の効果は単焦点レンズにおいても同様に得られる。また単焦点レンズはズームレンズの広角端におけるズーム位置に相当する。

20

【0029】

本発明のズームレンズによれば、第1レンズ群に含まれる負レンズに異常分散性の大きい高分散材料を用いても、正レンズにg線の倍率色収差を増大させる材料を使用する必要がない。この理由は、第1レンズ群内の2枚の負レンズの材料のアッペ数の差を大きく離すことで、1次の色消しを維持させられるためである。加えて開口絞りより拡大側に位置する全レンズの2次の色収差に対する寄与を適切な範囲に收めることで、倍率色収差が図14(A)、(B)に示したように良好に補正された広画角の光学系を実現している。

30

【0030】

ここで図14(A)は従来の投射光学系の倍率色収差図である。図14(B)は本発明の実施例4のズームレンズの広角端における収差図である。

【0031】

以下に添付した図面を用いて、本発明の好ましい実施形態の詳細について説明する。各レンズ断面図において L_i は第*i*レンズ群である。 L_F は前群、 L_R は後群である。 G_1 は最も拡大共役側のレンズである。 S_P は開口径固定又は開口径可変の絞り、 G_B はフィルターや色分解プリズム等のガラスブロック、 I_P は縮小共役側の共役面(撮像光学系では像面)である。矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡又は無限遠物体から近距離物体へのフォーカスに際しての移動方向を示している。

40

【0032】

各実施例のズームレンズでは、第1レンズ群 L_1 は複数の負レンズを有し、第1レンズ群 L_1 に含まれる負レンズの材料のアッペ数の最大値 n_{max} と最小値 n_{min} とする。広角端における焦点距離を f_w 、絞り S_P 或いは絞り S_P を含んだレンズ群より拡大共役側に存在するレンズの枚数を i_b 枚とする。拡大共役側から縮小共役側へ順に、 i_b 枚のレンズのうち第*i*番目のレンズの屈折力を n_i 、材料のアッペ数と部分分散比をそれぞれ n_i 、 g_F 、 i とする。そして、部分分散比差 Δn_i (異常部分分散比)を

$$\Delta n_i = g_F \cdot i - (0.6438 - 0.001682 \cdot i)$$

とおく。このとき、

$$3.3 < n_{max} / n_{min} < 6.5 \quad \dots (1)$$

50

【0033】

【数3】

$$-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.001 \quad \dots \quad (2)$$

【0034】

なる条件式を満たしている。尚、条件式(2)の上限値は後述する数値実施例4の値を用いて、

【数1】

10

$$\underline{-0.004 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.00140} \quad \dots \quad (2X)$$

とするのが良い。この他、条件式(2)の上限値は後述する数値実施例1の値を用いて、

【数2】

$$\underline{-0.004 < f \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.00124} \quad \dots \quad (2Y)$$

20

とするのが良い。以下、条件式(2)、(2X)、(2Y)を総称して条件式(2)という。前述のとおり、レトロフォーカス型の光学系は、最も縮小側に配置されたレンズと縮小側焦点との間隔が、全系の焦点距離より大きい。レトロフォーカス型の単焦点レンズやネガティブリード型のズームレンズの広角端においては、多くの場合g線の倍率色収差がd線に対しオーバー側に発生する。

【0035】

条件式(2)は絞りより拡大側のこれに対する補正効果を表している。条件式(2)の値が負であればg線の倍率色収差はアンダー方向へ曲がって小さくなる。逆に正であればさらにオーバー方向へ曲がり、収差を増大させてしまう。この効果を図示したものが図13である。

30

【0036】

従来より、広画角の光学系における倍率色収差の補正には、異常分散性の大きい高分散材料を使用していた。高分散材料は一般的に正の部分分散比差を持ち、高分散になるほどその値が大きくなる傾向がある。この材料を絞りより拡大側で使用する際は、条件式(2)から負レンズに適用することで2次の色収差を補正することができる。このとき負レンズの屈折力が強く、また瞳近軸光線の高さが高いほどその効果は高くなる。よって本発明では瞳近軸光線の高さが一般に高くなる第1レンズ群に含まれる負レンズに上記の材料を適用している。

【0037】

40

しかしこれによって第1レンズ群内における1次の色消しのバランスが崩れてくる。そのためには、第1レンズ群内の正レンズの材料を高分散側へシフトさせる必要がある。先ほども述べたように高分散材料は一般に正の部分分散比差を持つ。よって正レンズに高分散材料を用いた場合、広角端におけるg線の倍率色収差を悪化させてしまう。

【0038】

そこで本発明では条件式(1)を満たすように高分散材料と同時に非常に低分散な材料を負レンズに使用している。これにより、正レンズに高分散材料を使用することなく第1レンズ群内の1次の色収差をバランス良く補正している。

【0039】

また広画角化、或いは高精細化に対応するように(ズームレンズのときは広角端におい

50

て) g 線の倍率色収差が良好に補正されるように条件式(2)を規定した。条件式(2)に含まれる $\cdot \cdot /$ は光学系の g 線の色収差の補正量を表すものであり、絞り S P より拡大側ではこの値が負方向に大きいほど 2 次の色消し効果が高い。各レンズの効果の総和である条件式(2)の値が、最終的な倍率色収差の補正量を表している。

【0040】

次に条件式(2)の導出に関して詳しく説明する。光学系全体の倍率色収差係数は以下の式(a1)および式(a2)で記述される。

【0041】

【数4】

$$T_{FC} = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \frac{h_i \bar{h}_i \varphi_i}{v_i} \quad \dots \quad (a1)$$

10

$$T_{gF} = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \frac{h_i \bar{h}_i \varphi_i}{v_i} \theta_{gF,i} \quad \dots \quad (a2)$$

【0042】

ここで、 T_{FC} は F 線と C 線に関する倍率色収差係数であり、 T_{gF} は g 線と F 線に関する倍率色収差係数である。 i_{\max} は光学系を構成する全レンズ枚数である。 h_i は i 番目のレンズに入射する物体近軸光線の光軸からの高さ、

20

【0043】

【数5】

$$\bar{h}_i$$

【0044】

は i 番目のレンズに入射する瞳近軸光線の光軸からの高さである。物体近軸光線とは光軸上の物点から射出されて、光学系に入射する近軸光線を表し、瞳近軸光線とは軸外の物点から射出されて、光学系の入射瞳中心に向かって入射する近軸光線を表す。では、ここで拡大側から j 番目のレンズの材料を変更した場合を考える。この時の F 線と C 線に関する倍率色収差係数は、以下の式(a3)で表され、 g 線と F 線に関する倍率色収差係数は式(a4)のように表される。

30

【0045】

【数6】

$$T_{FC} + \frac{H_j \bar{H}_j \Phi_j}{N_j} - \frac{h_j \bar{h}_j \varphi_j}{v_j} \quad \dots \quad (a3)$$

$$T_{gF} + \frac{H_j \bar{H}_j \Phi_j}{N_j} \Theta_{gF,j} - \frac{h_j \bar{h}_j \varphi_j}{v_j} \theta_{gF,j} \quad \dots \quad (a4)$$

40

【0046】

ここで、 Φ_j 、 $\Theta_{gF,j}$ 、 φ_j 、 $\theta_{gF,j}$ 、 H_j 、 v_j 、

【0047】

【数7】

$$\bar{H}_j$$

【0048】

50

は、それぞれ材料変更後の j 番目のレンズの屈折力、アッペ数、部分分散比、物体近軸光線の入射する高さ、瞳近軸光線の入射する高さである。式 (a3) と式 (a4) が、それぞれ式 (a1) と式 (a2) の値より 0 に近付いていれば、材料を変更したことにより、倍率色収差が補正されたこととなる。今、1次の色消しが十分に行われているとすると、式 (a3) において以下の式 (a5) が近似的に成り立つ。

【0049】

【数8】

$$\frac{H_j \bar{H}_j \Phi_j}{N_j} - \frac{h_j \bar{h}_j \varphi_j}{V_j} = 0 \quad \dots \quad (a5)$$

10

【0050】

式 (a5) を式 (a4) に代入することで、以下の式 (a6) が求められる。

【0051】

【数9】

$$T_{gF} + \frac{H_j \bar{H}_j \Phi_j}{N_j} (\Theta_{gF,j} - \theta_{gF,j}) \quad \dots \quad (a6)$$

【0052】

20

式 (a6) の第二項が j 番目のレンズの材料を変更したことによる、2次の色消し効果を表す。式 (a6) の第二項から、光線の入射高と屈折力が大きいレンズに、高分散で部分分散比が変更前の材料と大きく異なる材料を使用することで、 g 線の倍率色収差に対する補正効果が高まることが分かる。異常分散性の大きい材料を使用すると、 $| \frac{\theta_{gF,j}}{\theta_{gF,j}} |$ の値が大きくなりやすいため、2次の色消しに有効であると分かる。2次の色収差がオーバー側に出ている場合、式 (a6) の第二項が負の値を持っていると、2次の色収差を補正できる。

【0053】

【数10】

$$\bar{H}_j$$

30

【0054】

は絞りの拡大側か、縮小側かによって正負の符号が反転する。そのため、絞りより拡大側においては、負の屈折力をを持つレンズに高分散、かつ前述の $\theta_{gF,j}$ が大きい異常分散性材料を使用することで、式 (a6) の第二項を負の大きな値にできる。ここまででは、1枚のレンズに関して材料変更をした場合の2次の色消し効果について説明した。複数のレンズの材料を変更した場合は、それぞれのレンズに対して式 (a6) の第二項を求め、その総和をとればよい。以上から、絞りより拡大側において2次の色消し効果が十分に行われている条件として、条件式 (2) が求められる。

【0055】

40

一般に高分散、或いは低分散材料は部分分散比 N_j が正でかつ大きいため、絞り SP より拡大側では屈折力の大きい負レンズに用いることで大きく2次の色収差を補正することができる。また N_j / V_j は概して非常に高分散、或いは低分散になるほど値が大きくなる。よって第1レンズ群 L1 の2枚の負レンズの材料の分散性の差を条件式 (1) を満たすように大きく離すことで、2次の色収差の補正量を大きくすることができる。

【0056】

しかし前述した通り最終的な倍率色収差は各レンズの効果を合わせたもので考えなければならない。よってレンズ単体ではなく、各レンズの補正効果の総和である条件式 (2) を考慮することが必要となる。

【0057】

50

そのため条件式(1)を満たすように第1レンズ群L1における負レンズの材料を選択し、絞りSPより拡大側の色収差の補正量を条件式(2)の範囲に収めている。これにより、非常に広画角な光学系においても効率的かつ良好に1次と2次の色消しを図ることが容易となる。

【0058】

逆に条件式(1)の上限あるいは下限を超えた場合、正レンズの材料の部分分散比差が大きい高分散材料になったり、負レンズの材料の部分分散比差が小さくなり条件式(2)の上限を満たせなくなる。このため、g線の倍率色収差が残存してしまう。また条件式(2)の下限を超えた場合は補正が過剰となり、倍率色収差が図13に示したように逆のアンダー側に補正前より大きく出てしまう。そのため条件式(2)で定めた範囲とするのが良い。10

【0059】

条件式(1)、(2)を同時に満たすことで負レンズに異常分散性の大きい高分散材料を使用しても、1次と2次の色収差の補正を効率的に行える。高分散材料は一般に屈折率が大きく、収差の面で有利になる。そのため条件式(1)のように材料を選択すれば、倍率色収差をはじめとする各収差が良好に補正され、高精細化に対応した広画角の光学系を実現することができる。条件式(1)、(2)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$3.35 < n_{\text{max}} / n_{\text{min}} < 6.00 \quad \dots \quad (1a)$$

【0060】

【数11】

$$-0.003 < f_w \sum_{i=1}^{ib} \frac{\varphi_i \Delta \theta_i}{v_i} \leq -0.001 \quad \dots \quad (2a)$$

【0061】

また、単焦点レンズにおいては、条件式(1)を満たす2枚の負レンズは、最も拡大側に配置された第1レンズの縮小側において、拡大側から縮小側に連続して配置され、かつフォーカシングに際して第1レンズと同じ軌跡で移動することが望ましい。前述の通り、2次の色消し効果は瞳近軸光線の高さが大きいほど高くなる。前記2枚の負レンズが前記の複数のレンズに含まれることで、絞りに対してもより拡大側に位置することとなり、瞳近軸光線の高さを大きくすることができる。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。30

【0062】

第1レンズ群L1に含まれる負レンズのうちレンズの材料のアッベ数が最小値 n_{min} をとる負レンズの材料のd線に対する屈折率を n_d とする。第1レンズ群L1は少なくとも1つの正レンズを有し、第1レンズ群L1に含まれる少なくとも1つの正レンズの屈折力を p とし、材料のアッベ数と部分分散比を各々 p_p 、 $g_F p$ とし、部分分散比差 $p_p = g_F p - (0.6438 - 0.001682 p)$ とおく。絞りSPより縮小共役側に複数の正レンズを有し、絞りSPより縮小共役側に位置する正レンズの材料のアッベ数の最大値と最小値を各々 p_{max} 、 p_{min} とする。40

【0063】

このとき、

$$1.8 < n_d < 2.5 \quad \dots \quad (3)$$

$$-0.0002 < f_w \cdot p_p / p_p < 0.0000 \quad \dots \quad (4)$$

$$2.5 < p_{\text{max}} / p_{\text{min}} < 6.5 \quad \dots \quad (5)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0064】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(3)の下限を超えると歪曲等の収差が大きくなり、上限を超えるとPetzval和の補正が困難になり、結果と50

して良好な光学性能を得ることが難しくなる。条件式(3)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$1.82 < n_d < 2.0 \quad \dots \quad (3a)$$

さらに条件式(1)によって第1レンズ群L1内の正レンズの材料はそれほど高分散である必要がなくなる。故に正レンズに部分分散比差 ν が負となるような材料を選ぶことでき、さらに効率的にg線の倍率色収差を抑えることができる。これにより、条件式(4)を満たすとよいことが分かる。

【0065】

条件式(4)の上限或いは下限のどちらかを超えても、良好な色収差の補正が難しくなる。さらに望ましくは、条件式(4a)の数値範囲を次の如く設定すると、更に良好な光学性能を保ちつつ2次の色収差が容易になる。

$$-0.00010 < f_w \cdot \nu_p / \nu_p - 0.00001 \quad \dots \quad (4a)$$

ここまでは絞りSPより拡大側に位置するレンズのみについて説明した。本発明では絞りSPより縮小側のレンズに関しても同様の議論が成り立つ。絞りSPより縮小側では瞳近軸光線の高さが拡大側と逆符号になるため、正レンズに部分分散比差 ν が正、負レンズに部分分散比差 ν が負となるような材料を適用してやればよい。

【0066】

この場合、絞りSPより縮小側に位置する正レンズのアッペ数の最大値 $\nu_{p, max}$ 、絞りより縮小側に位置する正レンズのアッペ数の最小値を $\nu_{p, min}$ として、条件式(5)を満たすのが良い。条件式(5)の下限を満足しない場合、負レンズが正の大きい部分分散比差 ν を持つ材料になったり、2次の色収差の補正効果が小さくなり倍率色収差が残存してしまう。逆に上限を超えると材料が非常に限定されるため、良好な光学性能を得にくくなってしまう。

【0067】

望ましくは、条件式(5)の数値範囲を次の如く設定すると、さらに倍率色収差の発生を抑えることが容易になる。

$$2.7 < \nu_{p, max} / \nu_{p, min} < 6.5 \quad \dots \quad (5a)$$

次に各実施例のズームレンズ及び単焦点レンズのレンズ構成について説明する。

【実施例1】

図1の本発明の実施例1について説明する。本実施例は一眼レフカメラなどに装着される広画角の単焦点レンズである。図1の単焦点レンズは物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する前群LF、正の屈折力を有する後群LRで構成されている。IPは像面である。光学系全体が光軸上を移動し、フォーカシングを行う。

【0068】

前群LFの負レンズに異常分散性の大きい(アッペ数)=18.90、(部分分散比差)=0.03749といった高分散材料と、=95.00、=0.04999といった低分散材料を使用して倍率色収差を補正している。また前群LF内の正レンズには=39.70、=-0.00332といった材料を使用して2次の色消しを効率的に行っている。また、実施例1において、ib=9である。

【0069】

【実施例2】

図3の本発明の実施例2について説明する。本実施例は一眼レフカメラなどに装着される広画角のズームレンズである。図3のズームレンズは物体側から像側へ順に、負の屈折力を有する第1レンズ群L1、正の屈折力を有する第2レンズ群L2、負の屈折力を有する第3レンズ群L3、正の屈折力を有する第4レンズ群L4で構成されている。IPは像面である。広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印の如く前記第1レンズ群乃至第4レンズ群が全て独立に移動する。すなわち、ズーミングに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【0070】

第4レンズ群L4の最も像側の面を非球面形状とすることで、ズーミングの際の収差変

10

20

30

40

50

動を抑えている。また第1レンズ群L1の最も物体側の面を非球面形状とすることで、広画角でありますから歪曲を良好に補正している。第1レンズ群L1の負レンズに異常分散性の大きい $=22.76$ 、 $=0.02518$ といった高分散材料と、 $=76.98$ 、 $=0.02578$ といった低分散材料を併用して倍率色収差を補正している。また第1レンズ群L1内の正レンズには $=37.20$ 、 $=-0.00363$ といった材料を使用して2次の色消しを行っている。また、実施例2において、 $i_b=7$ である。

【0071】

【実施例3】

図5の本発明の実施例3について説明する。本実施例は一眼レフカメラなどに装着される広画角のズームレンズである。

10

【0072】

ズームタイプは図3の実施例2と同じである。第1レンズ群L1の負レンズに $=22.76$ 、 $=0.02518$ といった高分散材料と $=81.54$ 、 $=0.03085$ といった低分散材料を併用している。また第1レンズ群L1の正レンズには $=37.20$ 、 $=-0.00363$ といった材料を使用している。その他は実施例2と同様である。また、実施例3において、 $i_b=7$ である。

【0073】

【実施例4】

図7の本発明の実施例4について説明する。本実施例は液晶プロジェクタなどに搭載される投射用の広画角のズームレンズである。拡大共役側(拡大側、スクリーン側)から縮小共役側(縮小側、液晶パネル側)へ順に負の屈折力を有する第1レンズ群L1、正の屈折力を有する第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3、正の屈折力を有する第4レンズ群L4で構成されている。GBは色分解プリズム等のガラスブロック、IPは液晶表示素子の表示面である。広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印の如く少なくとも第2、第3レンズ群L2、L3が独立に移動する。

20

【0074】

ズーム全域に対して縮小共役側がテレセントリックとなるように第4レンズ群L4はズーミングに際して固定である。また第1レンズ群L1も重量が大きくフォーカスなどに用いるには負荷が大きいので固定としている。フォーカスは1つのレンズ群よりなる第2レンズ群L2で行っている。

30

【0075】

本実施例では第1レンズ群L1の負レンズに異常分散性の大きい $=95.00$ 、 $=0.04999$ といった低分散材料と、 $=18.90$ 、 $=0.03749$ といった高分散材料を用いることで、倍率色収差を良好に補正している。また第1レンズ群L1の正レンズに $=37.20$ 、 $=-0.00363$ といった材料を使用することで2次の色消しを効率的に行っている。また、実施例4において、 $i_b=10$ である。

【0076】

【実施例5】

図9の本発明の実施例5について説明する。本実施例は液晶プロジェクタなどに搭載される投射用の広画角のズームレンズである。拡大共役側から縮小共役側へ順に、以下のレンズ群より成っている。負の屈折力を有する第1レンズ群L1、正の屈折力を有する第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3、正の屈折力を有する第4レンズ群L4、正の屈折力を有する第5レンズ群L5、正の屈折力を有する第6レンズ群で構成されている。

40

【0077】

広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印の如く前記第2レンズ群乃至第5レンズ群が全て独立に移動する。ズーミングに際して第1レンズ群L1と第6レンズ群L6は固定されている。第2レンズ群L2を移動させてフォーカスを行っている。第1レンズ群L1の負レンズに $=81.54$ 、 $=0.03085$ といった低分散材料と、 $=18.90$ 、 $=0.03749$ といった高分散材料を併用している。また、実施例5にお

50

いて、 $i_b = 10$ である。

【0078】

[実施例6]

図15の本発明の実施例6について説明する。本実施例は一眼レフカメラなどに装着される広画角の単焦点レンズである。図15の単焦点レンズは物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する前群LF、正の屈折力を有する後群LRで構成されている。IPは像面である。前群LFはフォーカシングの際に不動の第1部分群LF1と、光軸方向に移動してフォーカシングを行う第2部分群LF2で構成されている。

【0079】

前群LFの第1部分群LF1の負レンズに異常分散性の大きい(アッペ数)=18.10
 9.0 、(部分分散比差)= 0.03749 といった高分散材料と、 $=95.00$ 、
 $=0.04999$ といった低分散材料を使用して倍率色収差を補正している。また前群LFの正レンズには $=35.25$ 、 $=-0.00241$ といった材料を使用して2次の色消しを効率的に行っている。また、実施例6において、 $i_b = 9$ である。

【0080】

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たものではなく、その要旨の範囲内で様々な変形、及び変更が可能である。

【0081】

次に各実施例における数値実施例を以下に示す。 i は物体側(拡大側)からの面の順序を示し、 r_i は第*i*面の曲率半径、 d_i は第*i*面と第*i+1*面間のレンズ肉厚或いは空気間隔である。 nd_i と d_i はそれぞれd線に対する屈折率とアッペ数を表す。 gF は部分分散比を表す。また数値実施例4、5で最も縮小側に配置される4面はガラスプロックGBを構成する面であり、平面よりなる。バックフォーカスBFは最終レンズ面から像面までの空気換算での距離である。半画角は度で表している。

【0082】

k 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} は非球面係数である。非球面形状は光軸からの高さ h での光軸方向の変位を、面頂点を基準として x とするとき以下の式で定義される。

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) (h / r)^2\}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

ここで r は近軸曲率半径である。なおE-yの表示は、 10^{-y} の意である。また表1に各数値実施例における前述の条件式の値を示す。

【0083】

数値実施例1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	
1	2.958	0.14	1.59282	68.6	4.58	0.5441	
2	1.875	0.43			3.57		
3	2.254	0.14	1.49700	81.5	3.56	0.5375	40
4	1.403	0.65			2.75		
5	2.247	0.14	1.43875	94.9	2.75	0.5340	
6*	0.730	0.84			2.20		
7	9.530	0.35	1.92286	18.9	2.12	0.6495	
8	2.084	0.08			1.86		
9	3.211	0.35	1.91082	35.3	1.86	0.5821	
10	13.537	0.39			1.77		
11	2.045	0.14	1.80100	35.0	1.50	0.5864	
12	0.994	0.48	1.72047	34.7	1.33	0.5834	
13	-2.547	0.01			1.25		50

14	-2.324	0.35	1.61800	63.3	1.24	0.5441
15	0.776	0.35	1.65412	39.7	0.99	0.5737
16	-5.261	0.51			0.93	
17(絞り)		0.04			0.86	
18	11.774	0.17	1.83400	37.2	0.85	
19	1.174	0.01			0.83	
20	1.181	0.39	1.49700	81.5	0.83	
21	-0.598	0.14	1.83400	37.2	0.84	
22	-5.053	0.01			0.96	
23	5.408	0.36	1.49700	81.5	1.03	10
24	-0.938	0.01			1.14	
25*	-2.655	0.19	1.71736	29.5	1.22	
26	-1.698	2.82			1.31	

像面

【 0 0 8 4 】

非球面データ

第6面

K = -7.05181e-001 A 4=-4.04170e-002 A 6=-5.83979e-002 A 8= 6.88039e-003 A10=-3.88641e-002

20

第25面

K = 5.36176e+000 A 4=-2.93222e-002 A 6= 1.84527e-002 A 8=-5.33384e-002 A10=-2.69443e-002

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	1.00
Fナンバー	2.90
半画角	56.66
像高	1.52
レンズ全長	9.51
BF	2.82
入射瞳位置	2.01
射出瞳位置	-1.65
前側主点位置	2.79
後側主点位置	1.82

40

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-9.08
2	3	-7.92
3	5	-2.54
4	7	-2.96
5	9	4.55
6	11	-2.57
7	12	1.05
8	14	-0.90

50

9	15	1.06
10	18	-1.57
11	20	0.86
12	21	-0.83
13	23	1.64
14	25	6.06

【 0 0 8 5 】

数値実施例2

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	
1*	-40.420	0.11	1.80809	22.8	2.74	0.6307	
2	1.212	0.67			2.00		
3	-3.556	0.11	1.52855	77.0	2.00	0.5401	
4	1.955	0.01	1.51640	52.2	1.88	0.5560	
5*	2.322	0.01			1.87		
6	1.871	0.35	1.83400	37.2	1.88	0.5776	
7	25.392	(可変)			1.83		20
8	4.224	0.12	1.80100	35.0	1.09	0.5864	
9	1.010	0.43	1.72047	34.7	1.04	0.5834	
10	117.659	0.54			1.08		
11	2.807	0.21	1.74950	35.3	1.25	0.5818	
12	-11.718	(可変)			1.25		
13(絞り)		0.06			1.14		
14	-2.777	0.11	1.69680	55.5	1.14		
15	17.122	0.04			1.15		
16	-5.146	0.11	1.83400	37.2	1.15		
17	1.338	0.27	1.84666	23.8	1.21		30
18	-10.317	(可変)			1.23		
19	1.506	0.51	1.59240	68.3	1.28		
20	-1.180	0.11	1.83400	37.2	1.24		
21	-1.906	0.01			1.26		
22	9.215	0.11	1.84666	23.8	1.26		
23	1.891	0.31	1.49700	81.5	1.24		
24	-2.350	0.01			1.25		
25	-2.297	0.11	1.84666	23.8	1.25		
26*	-13.619	(可変)			1.28		
像面							40

【 0 0 8 6 】

非球面データ

第1面

K = -6.16680e+004 A 4= 8.76671e-002 A 6=-4.26370e-002 A 8= 1.81127e-002 A10= -4.89163e-003 A12= 5.94333e-004

第5面

K = 3.39137e+000 A 4= 4.10907e-002 A 6=-3.32966e-002 A 8=-8.64643e-002 A10= 1.12993e-001 A12=-6.56823e-002

50

第26面

K = -1.40230e+003 A 4= 4.70464e-002 A 6= 1.58162e-001 A 8=-3.24609e-002 A10= -1.11240e-001 A12= 2.23772e-001

各種データ

ズーム比	2.06				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	1.00	1.45	2.06		
Fナンバー	2.59	2.96	3.50	10	
半画角	51.25	41.72	32.84		
像高	1.25	1.30	1.33		
レンズ全長	8.79	8.40	8.58		
BF	2.42	2.86	3.50		
d 7	1.30	0.53	0.07		
d12	0.01	0.34	0.67		
d18	0.73	0.35	0.02		
d26	2.42	2.86	3.50	20	
入射瞳位置	1.10	1.07	1.10		
射出瞳位置	-2.93	-1.78	-1.19		
前側主点位置	1.91	2.07	2.26		
後側主点位置	1.42	1.41	1.44		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	-1.61	1.26	-0.00	-1.05	
2	8	2.49	1.30	0.71	-0.35	
3	13	-2.80	0.59	0.04	-0.34	30
4	19	2.21	1.17	-0.01	-0.71	

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離				
1	1	-1.45				
2	3	-2.37				
3	4	23.77				
4	6	2.41				
5	8	-1.68				
6	9	1.41				40
7	11	3.04				
8	14	-3.42				
9	16	-1.26				
10	17	1.41				
11	19	1.20				
12	20	-3.99				
13	22	-2.83				
14	23	2.16				
15	25	-3.28				

【 0 0 8 7 】

数値実施例3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	
1*	-40.371	0.11	1.80809	22.8	2.74	0.6307	
2	1.212	0.69			2.00		
3	-3.152	0.11	1.49700	81.5	2.00	0.5375	
4	2.020	0.01	1.51640	52.2	1.89	0.5560	10
5*	2.375	0.01			1.89		
6	1.968	0.34	1.83400	37.2	1.91	0.5776	
7	37.509	(可変)			1.88		
8	3.938	0.11	1.80100	35.0	1.70	0.5864	
9	1.101	0.46	1.72047	34.7	1.58	0.5834	
10	-18.666	0.49			1.56		
11	2.863	0.22	1.65412	39.7	1.41	0.5737	
12	-10.518	(可変)			1.38		
13(絞り)		0.05			0.94		
14	-2.975	0.11	1.69680	55.5	1.09		20
15	12.902	0.05			1.10		
16	-3.663	0.11	1.83400	37.2	1.10		
17	1.287	0.27	1.84666	23.9	1.17		
18	-7.468	(可変)			1.21		
19	1.421	0.54	1.49700	81.5	1.42		
20	-1.191	0.11	1.80440	39.6	1.42		
21	-1.741	0.01			1.46		
22	9.355	0.11	1.84666	23.8	1.40		
23	1.593	0.30	1.69680	55.5	1.34		
24	-4.622	0.02			1.33		30
25	-3.521	0.11	1.84666	23.8	1.33		
26*	-1282.057	(可変)			1.33		

像面

非球面データ

第1面

K = -3.71542e+004 A 4= 8.41381e-002 A 6=-4.18984e-002 A 8= 1.93219e-002 A10= -5.57516e-003 A12= 7.04170e-004

第5面

K = 3.46332e+000 A 4= 3.72343e-002 A 6=-4.23426e-002 A 8=-5.79351e-002 A10= 8.67092e-002 A12=-5.34560e-002

第26面

K = -7.43625e+005 A 4= 9.14262e-002 A 6= 5.63593e-002 A 8= 1.53305e-003 A10= 6.80592e-002 A12= 3.20014e-002

各種データ

ズーム比 2.06

広角 中間 望遠

40

50

焦点距離	1.00	1.45	2.06
Fナンバー	2.79	3.26	4.00
半画角	51.27	41.66	32.82
像高	1.25	1.29	1.33
レンズ全長	8.79	8.39	8.55
BF	2.41	2.84	3.46

d 7	1.31	0.53	0.07
d12	0.01	0.34	0.67
d18	0.72	0.35	0.02
d26	2.41	2.84	3.46

入射瞳位置	1.10	1.08	1.12
射出瞳位置	-3.28	-1.96	-1.28
前側主点位置	1.92	2.09	2.29
後側主点位置	1.41	1.39	1.40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-1.62	1.27	-0.01	-1.08
2	8	2.39	1.28	0.60	-0.43
3	13	-2.60	0.60	0.03	-0.36
4	19	2.16	1.19	0.08	-0.66

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-1.45
2	3	-2.46
3	4	25.94
4	6	2.48
5	8	-1.94
6	9	1.46
7	11	3.46
8	14	-3.46
9	16	-1.13
10	17	1.32
11	19	1.40
12	20	-5.15
13	22	-2.28
14	23	1.74
15	25	-4.17

【 0 0 8 8 】

数値実施例4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF
1	1.640	0.07	1.43875	95.0	2.23	0.5340
2	1.133	0.27			1.94	

3*	1.883	0.08	1.53000	55.8	1.91	0.5499
4	1.056	0.57			1.68	
5	-2.967	0.07	1.92286	18.9	1.66	0.6495
6	3.038	0.39			1.65	
7	3.400	0.35	1.83400	37.2	1.88	0.5776
8	-3.059	0.04			1.88	
9	-10.734	0.10	1.61800	63.3	1.79	0.5441
10	2.070	(可変)			1.71	
11	3.323	0.19	1.84666	23.9	1.72	0.6218
12	-27.668	(可変)			1.71	
13	4.490	0.13	1.84666	23.9	1.59	0.6218
14	26.591	0.69			1.56	
15	-1.402	0.09	1.76182	26.5	1.27	0.6136
16	-18.997	0.01			1.31	
17	36.740	0.22	1.67790	55.3	1.32	0.5472
18	-1.573	0.01			1.33	
19	-6.029	0.11	1.67790	54.9	1.29	0.5458
20*	-2.546	(可変)			1.29	
21(絞り)		0.36			0.78	
22	1.790	0.19	1.76182	26.5	0.86	
23	-1.294	0.01			0.86	
24	-1.251	0.07	1.83400	37.2	0.85	
25	1.040	0.81			0.85	
26	-5.557	0.40	1.49700	81.5	1.53	
27	-1.000	0.01			1.58	
28	-1.195	0.16	1.83400	37.2	1.58	
29	-2.042	0.24			1.78	
30	4.871	0.41	1.49700	81.5	2.15	
31	-2.721	0.01			2.17	
32	4.733	0.07	1.85026	32.3	2.16	
33	1.660	0.56	1.56907	71.3	2.08	
34	-4.605	0.20			2.08	
35		1.80	1.51633	64.1	2.01	
36		0.00			2.01	
37		1.29	1.69680	55.5	2.01	
38		0.13			2.01	

像面

【 0 0 8 9 】

非球面データ

第3面

K = 5.34490e-001 A 4= 4.04499e-002 A 6= 1.89834e-002 A 8=-8.72731e-003 A10= 1.44328e-002

第20面

K = -6.25526e-001 A 4= 4.68053e-003 A 6=-5.91062e-003 A 8= 1.48857e-002 A10= -9.64299e-003

各種データ

ズーム比 1.35

10

20

30

40

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	1.00	1.15	1.35
Fナンバー	3.10	3.10	3.10
半画角	36.04	32.29	28.32
像高	0.73	0.73	0.73
レンズ全長	11.33	11.33	11.33
BF	2.28	2.28	2.28

d10	0.17	0.11	0.08
d12	1.05	0.60	0.06
d20	0.04	0.54	1.11

入射瞳位置	1.66	1.69	1.78
射出瞳位置	32.34	32.34	32.34
前側主点位置	2.69	2.89	3.18
後側主点位置	-0.87	-1.02	-1.22

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-1.19	1.93	0.61	-0.96
2	11	3.48	0.19	0.01	-0.09
3	13	3.62	1.25	0.90	-0.26
4	21	2.32	6.58	2.50	-1.22

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-8.69
2	3	-4.67
3	5	-1.60
4	7	1.97
5	9	-2.79
6	11	3.48
7	13	6.31
8	15	-1.98
9	17	2.22
10	19	6.39
11	22	1.01
12	24	-0.67
13	26	2.38
14	28	-3.75
15	30	3.57
16	32	-3.02
17	33	2.21
18	35	0.00
19	37	0.00

【 0 0 9 0 】

数値実施例5

単位 mm

10

20

30

40

50

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	
1	2.086	0.07	1.49700	81.5	2.23	0.5375	
2	1.158	0.25			1.91		
3*	2.029	0.10	1.53000	55.8	1.88	0.5499	
4	1.158	0.51			1.70		
5	-2.998	0.07	1.92286	18.9	1.70	0.6495	
6	4.388	(可変)			1.72		
7	4.469	0.33	1.83400	37.2	2.06	0.5776	
8	-3.821	0.01			2.06		10
9	5.489	0.07	1.56907	71.3	1.97	0.5451	
10	2.001	(可変)			1.88		
11	2.691	0.15	1.84666	23.9	1.88	0.6218	
12	4.786	(可変)			1.85		
13	3.114	0.15	1.84666	23.9	1.74	0.6218	
14	8.382	0.75			1.72		
15	-1.870	0.07	1.73800	32.3	1.39	0.5899	
16	1.924	0.01			1.41		
17	1.948	0.25	1.67790	55.3	1.41	0.5472	
18	-6.120	0.01			1.42		20
19	40.919	0.21	1.67790	54.9	1.42	0.5458	
20*	-1.888	(可変)			1.42		
21(絞り)		0.49			0.85		
22	1.638	0.24	1.75520	27.5	0.97		
23	-1.258	0.01			0.95		
24	-1.225	0.10	1.83400	37.2	0.95		
25	1.077	0.80			0.92		
26	-6.766	0.38	1.49700	81.5	1.49		
27	-1.015	0.01			1.53		
28	-1.177	0.07	1.80440	39.6	1.53		30
29	-2.396	0.07			1.68		
30	5.864	0.38	1.49700	81.5	1.90		
31	-2.073	(可変)			1.92		
32	4.556	0.07	1.85026	32.3	1.92		
33	1.549	0.48	1.56907	71.3	1.87		
34	-4.557	0.18			1.87		
35		1.80	1.51633	64.1	2.01		
36		0.00			2.01		
37		1.29	1.69680	55.5	2.01		
38		2.23			2.01		40

像面

【0091】

非球面データ

第3面

K = 9.55134e-002 A 4= 4.78643e-002 A 6= 2.08420e-002 A 8=-7.21609e-003 A10= 1.34171e-002

第20面

K = -5.22145e-001 A 4= 7.03530e-004 A 6=-3.53651e-003 A 8= 1.85919e-003 A10= 50

-1.46518e-003

各種データ

ズーム比	1.35				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	1.00	1.18	1.35		
Fナンバー	3.10	3.13	3.16		
半画角	36.04	31.66	28.32		
像高	0.73	0.73	0.73		
レンズ全長	11.59	11.59	11.59		10
BF	2.23	2.23	2.23		
d6	0.63	0.62	0.61		
d10	0.28	0.13	0.09		
d12	1.11	0.58	0.04		
d20	0.04	0.61	1.11		
d31	0.04	0.15	0.24		
入射瞳位置	1.58	1.61	1.66		
射出瞳位置	-206.39	-353.86	-779.27		20
前側主点位置	2.57	2.79	3.01		
後側主点位置	-0.89	-1.07	-1.24		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	-0.96	1.00	0.58	-0.25	
2	7	4.32	0.41	-0.03	-0.26	
3	11	6.97	0.15	-0.10	-0.18	
4	13	4.11	1.45	0.93	-0.43	
5	21	4.60	2.56	3.00	1.52	
6	32	7.73	3.83	0.28	-2.20	30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離				
1	1	-5.36				
2	3	-5.28				
3	5	-1.90				
4	7	2.50				
5	9	-5.56				
6	11	6.97				
7	13	5.72				
8	15	-1.27				
9	17	2.20				
10	19	2.66				
11	22	0.97				
12	24	-0.67				
13	26	2.35				
14	28	-2.94				
15	30	3.12				
16	32	-2.77				50

17	33	2.09
18	35	0.00
19	37	0.00

【 0 0 9 2 】

数値実施例6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	10
1	2.958	0.15	1.59282	68.6	4.58	0.5441	
2	1.928	0.36			3.62		
3	2.254	0.15	1.49700	81.5	3.58	0.5375	
4	1.409	0.70			2.76		
5	2.370	0.15	1.43875	94.9	2.70	0.5340	
6*	0.728	0.73			2.17		
7	10.281	0.35	1.92286	18.9	2.17	0.6495	
8	2.041	0.09			1.89		
9	3.322	0.35	1.91082	35.3	1.89	0.5821	
10	13.807	0.40			1.81		20
11	2.011	0.15	1.80100	35.0	1.54	0.5864	
12	0.998	0.51	1.72047	34.7	1.37	0.5834	
13	-2.526	0.01			1.27		
14	-2.311	0.28	1.61800	63.3	1.26	0.5441	
15	0.783	0.36	1.65412	39.7	1.01	0.5737	
16	-5.439	0.55			0.96		
17(絞り)		0.04			0.85		
18	9.124	0.15	1.83400	37.2	0.84		
19	1.175	0.01			0.82		
20	1.172	0.40	1.49700	81.5	0.83		30
21	-0.597	0.15	1.83400	37.2	0.83		
22	-5.452	0.01			0.97		
23	4.954	0.38	1.49700	81.5	1.04		
24	-0.942	0.01			1.16		
25*	-2.560	0.21	1.71736	29.5	1.24		
26	-1.681	(可変)			1.35		

像面

【 0 0 9 3 】

非球面データ

第6面

K = -7.02972e-001 A 4=-4.62867e-002 A 6=-5.26266e-002 A 8= 4.92532e-003 A10=-4.07881e-002

第25面

K = 5.42875e+000 A 4=-2.95663e-002 A 6= 1.81113e-002 A 8=-4.76595e-002 A10=-2.93450e-002

各種データ

ズーム比 1.00

50

焦点距離 1.00
 Fナンバー 2.90
 画角 87.35
 像高 21.60
 レンズ全長 9.51
 BF 2.82

d26 2.82

入射瞳位置 2.03
 射出瞳位置 -1.76
 前側主点位置 2.81
 後側主点位置 1.82

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-9.89
2	3	-8.05
3	5	-2.46
4	7	-2.82
5	9	4.73
6	11	-2.65
7	12	1.06
8	14	-0.91
9	15	1.07
10	18	-1.63
11	20	0.86
12	21	-0.82
13	23	1.63
14	25	6.21

【 0 0 9 4 】

【表1】

	条件式(1)	条件式(2)	条件式(3)	条件式(4)	条件式(5)
実施例1	5.02	-0.00124	1.923	-0.00008	2.76
実施例2	3.38	-0.00103	1.834	-0.00004	3.43
実施例3	3.58	-0.00104	1.834	-0.00004	3.41
実施例4	5.02	-0.00140	1.834	-0.00005	3.07
実施例5	4.31	-0.00106	1.834	-0.00004	2.96
実施例6	5.02	-0.00100	1.923	-0.00001	2.76

【 0 0 9 5 】

以上の各実施例の光学系は、プロジェクタ用の投射光学系又は撮像装置の撮影光学系のいずれにも使用することができる。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。

【 0 0 9 6 】

次に本発明の光学系を撮像装置（カメラシステム）（光学機器）に適用した実施例を図11を用いて説明する。図11において、10は実施例1，2，3の光学系を有する撮像レンズである。光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体で

10

20

30

40

50

ある。カメラ本体は撮像レンズ10からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー3、撮像レンズ10の像形成位置に配置された焦点板4、焦点板4に形成された逆像を正立像に変換するペントダハプリズム5を有している。更に、その正立像を観察するための接眼レンズ6等によって構成されている。

【0097】

7は感光面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮影レンズ10によって像が形成される。

【0098】

次に本発明の光学系を投射装置（プロジェクタ）に適用した実施例を図12を用いて説明する。同図は本発明の光学系の実施例4，5を3板式のカラー液晶プロジェクタに適用し複数の液晶表示素子に基づく複数の色光の画像情報を色合成手段を介して合成し、投射用レンズでスクリーン面上に拡大投射する投射装置を示している。10

【0099】

図12においてカラー液晶プロジェクタ100は、R、G、Bの3枚のパネル、R、G、BからのRGBの各色光を色合成手段としてのプリズム200である。そして1つの光路に合成し、前述した光学系より成る投射レンズ300を用いてスクリーン400に投影している。このように数値実施例1～5の光学系をデジタルカメラやプロジェクタ等に適用することにより、高い光学性能を有する投射装置（光学機器）を実現することができる。20

【符号の説明】

【0100】

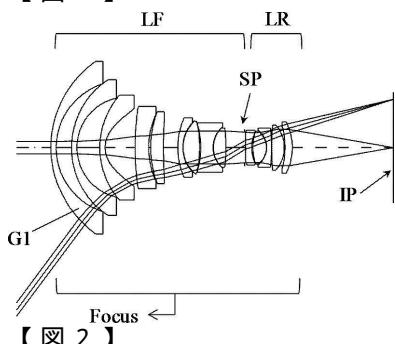
L1 第1レンズ群 L2 第2レンズ群 L3 第3レンズ群 L4 第4レンズ群

L5 第5レンズ群 L6 第6レンズ群 L2a 第2レンズ群前群

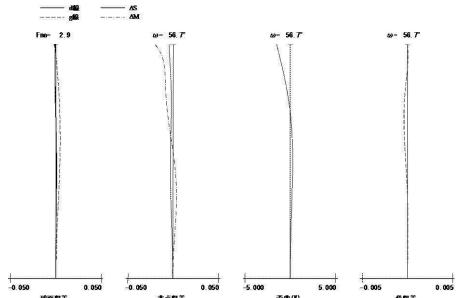
L2b 第2レンズ群後群 IP 縮小側共役面、或いは像面 SP 開口絞り

GB ガラスブロック S サジタル像面 M メリディオナル像面

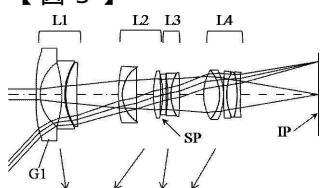
【図1】



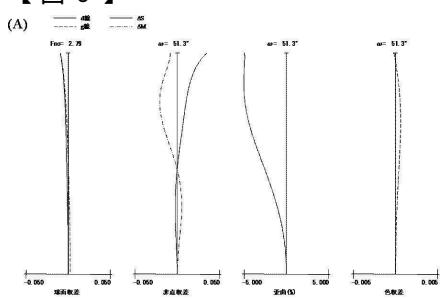
【図2】



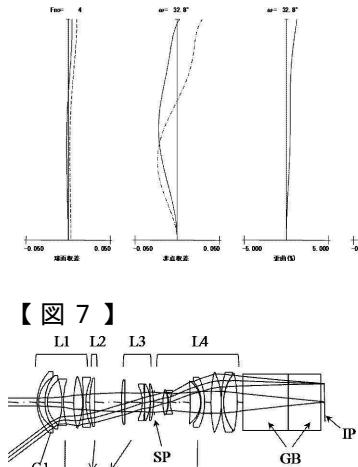
【図3】



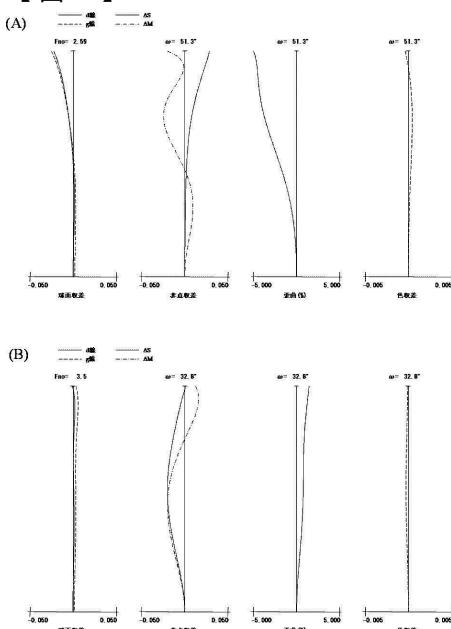
【図6】



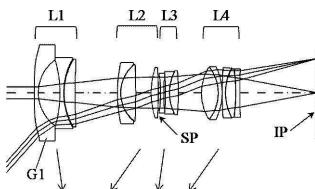
【図7】



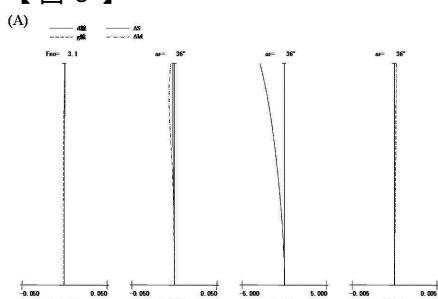
【図4】



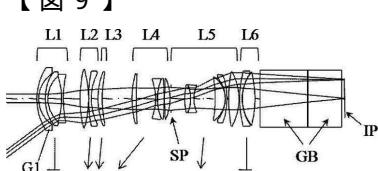
【図5】



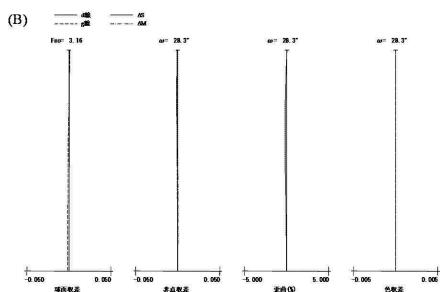
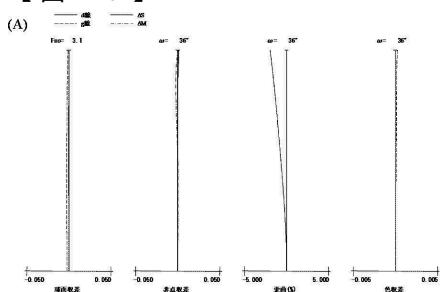
【図8】



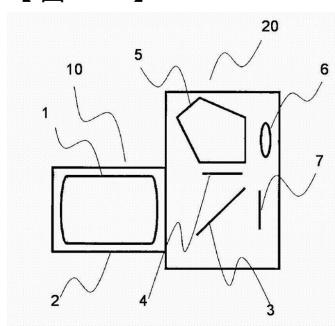
【図9】



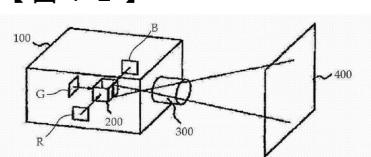
【図10】



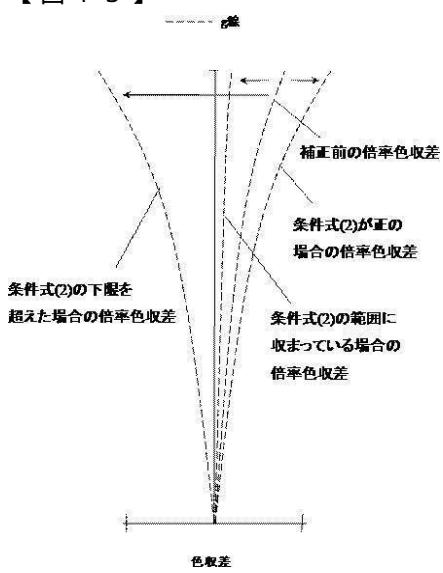
【図11】



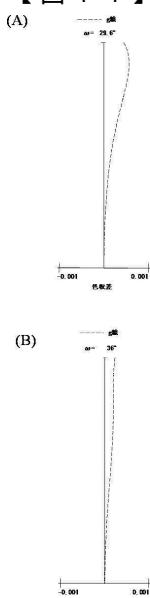
【図12】



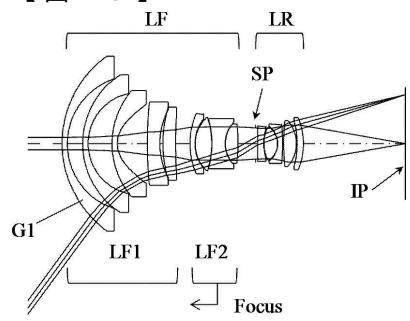
【図13】



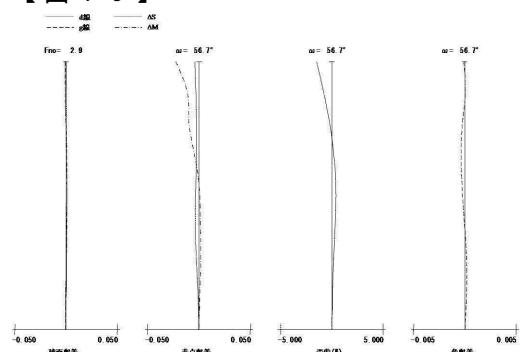
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-158159(JP,A)
特開2004-020765(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04