

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6824860号  
(P6824860)

(45) 発行日 令和3年2月3日(2021.2.3)

(24) 登録日 令和3年1月15日(2021.1.15)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/00 (2006.01)  
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/00  
G02B 13/18

請求項の数 17 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2017-200166 (P2017-200166)  
 (22) 出願日 平成29年10月16日 (2017.10.16)  
 (65) 公開番号 特開2019-74631 (P2019-74631A)  
 (43) 公開日 令和1年5月16日 (2019.5.16)  
 審査請求日 令和1年5月24日 (2019.5.24)

(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 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 片寄 慎斗  
 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】光学系及びそれを用いた撮像装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズLpとし、該正レンズLpの材料のアッベ数と部分分散比を各々 d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、無限遠にフォーカスしているときの前記光学系のバックフォーカスをbfとするとき、

$$\begin{aligned} 0.0 < \frac{gF + 0.001618}{d - 0.6415} \\ 0.4 < f_{Lp} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \\ 0.01 < b_f / f_{1b} < 0.40 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

## 【請求項 2】

前記正レンズLpの材料のアッベ数を dLpとするとき、

$$5.0 < d_{Lp}$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の光学系。

10

20

**【請求項 3】**

前記第1 b 部分群は前記正レンズ L p の像側に1枚以上の正レンズを有し、

前記1枚以上の正レンズのうち、最も屈折力が強い正レンズ L p r の焦点距離を f L p r とするとき、

$$0.2 < f L p r / f L p < 1.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の光学系。

**【請求項 4】**

前記第1 b 部分群は、前記正レンズ L p と負レンズとを接合した接合レンズ L p c と、該接合レンズ L p c の像側に配置され、複数のレンズを接合した接合レンズ L c 2 を有し、

10

前記接合レンズ L p c の焦点距離を f L p c 、前記接合レンズ L c 2 の焦点距離を f L c 2 とするとき、

$$-0.80 < f L p c / f L c 2 < -0.15$$

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項に記載の光学系。

**【請求項 5】**

前記第1 b 部分群に含まれる正レンズの材料の d 線における屈折率の平均値を N d r a v e とするとき、

$$1.60 < N d r a v e < 1.83$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項 6】**

20

前記第1 b 部分群は前記正レンズ L p の像側に1枚以上の正レンズを有し、前記1枚以上の正レンズのうちの1枚の正レンズを正レンズ L p a とし、該正レンズ L p a の材料のアッペ数と部分分散比を各々 d p a 、 g F p a とするとき、

$$0 < g F p a - (-1.720 \times 10^{-7} \times d p a^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times d p a^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times d p a + 0.7245)$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項 7】**

前記正レンズ L p a の焦点距離を f L p a とするとき、

$$0.20 < f L p a / f 1 < 1.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項6に記載の光学系。

30

**【請求項 8】**

前記第1 b 部分群は1枚以上の負レンズを有し、前記1枚以上の負レンズのうちの1枚の負レンズ L n a の材料のアッペ数と部分分散比を各々 d n a 、 g F n a とするとき、

$$g F n a - (-4.516 \times 10^{-5} \times d n a^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d n a + 0.965) < 0.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項 9】**

前記第1レンズ群の像側に隣接して配置された正の屈折力の第2レンズ群を有し、前記第2レンズ群はフォーカシングに際して不動であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光学系。

40

**【請求項 10】**

前記第1レンズ群の像側に隣接して配置された正の屈折力の第2レンズ群を有し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、前記第2レンズ群は像側へ移動することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項 11】**

前記第1レンズ群と、該第1レンズ群の像側配置された正の屈折力の第2レンズ群からなり、前記第2レンズ群は前記第1レンズ群との間隔が変化するようにフォーカシングに際して移動することを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項 12】**

50

前記第1レンズ群からなることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光学系。

**【請求項13】**

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群は、前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズである正レンズLpと負レンズとを接合した接合レンズLpcと、該接合レンズLpcの像側に配置され複数のレンズを接合した接合レンズLc2を有し、

前記正レンズLpの材料のアッペ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、前記接合レンズLpcの焦点距離をfLpc、前記接合レンズLc2の焦点距離をfLc2とするとき、

$$0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415$$

$$0.4 < fLp / f1 < 1.2$$

$$0.15 < f1b / f1a < 0.60$$

$$-0.80 < fLpc / fLc2 < -0.15$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

**【請求項14】**

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群は、前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズである正レンズLpと、前記正レンズLpの像側に配置された正レンズLpaを有し、

前記正レンズLpの材料のアッペ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、前記正レンズLpaの材料のアッペ数と部分分散比を各々dpa、gFpaとするとき、

$$0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415$$

$$0.4 < fLp / f1 < 1.2$$

$$0.15 < f1b / f1a < 0.60$$

$$0 < gFpa - (-1.720 \times 10^{-7} \times dpa^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times dpa^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times dpa + 0.7245)$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

**【請求項15】**

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群はさらに負レンズLn aを有し、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズLpとし、該正レンズLpの材料のアッペ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、前記負レンズLn aの材料のアッペ数と部分分散比を各々dna、gFn aとするとき、

$$0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415$$

$$0.4 < fLp / f1 < 1.2$$

10

20

30

40

50

$$\frac{0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60}{g_F n_a - (-4.516 \times 10^{-5} \times d_n a^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d_n)} \\ a + 0.965 < 0.0$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

**【請求項 1 6】**

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群からなる光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズLpとし、該正レンズLpの材料のアッベ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1bとするとき、

$$0.0 < g_F + 0.001618 \times d - 0.6415 \\ 0.4 < f_{Lp} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60$$

なる条件を満足することを特徴とする光学系。

**【請求項 1 7】**

請求項1乃至16のいずれか1項に記載の光学系と、該光学系によって形成される像を受光する撮像素子とを有してい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】**

本発明は光学系に関し、特に一眼レフカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、ビデオカメラ、監視用カメラ等の撮像装置の撮像光学系として好適なものである。

**【背景技術】**

**【0002】**

撮像素子を用いた撮像装置に用いられる撮像光学系には、画質の高画質化（高解像力化）に加え、画像のボケ味が良いことが要求されている。これらの要求を満足する撮像光学系として、大口径比の撮像光学系が知られている。大口径比化の撮像光学系は、被写界深度が浅いので、高画質化を図りつつ、ボケ味をきれいにするためには、色収差を始めとする諸収差を良好に補正されていることが要望される。

**【0003】**

従来、色収差を含めた諸収差を良好に補正するようにした大口径比の撮像光学系が種々と提案されている（特許文献1、2）。

**【0004】**

特許文献1は物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、正または負の屈折力の第2レンズ群より構成され、フォーカシングに際して第1レンズ群が移動する光学系を開示している。

**【0005】**

特許文献2は物体側から像側へ順に配置された、正または負の屈折力の前群、開口絞り、正の屈折力の後群より構成された光学系を開示している。特許文献2では前群を正または負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群より構成し、後群を正の屈折力の第3レンズ群より構成している。そしてフォーカシングに際して第2レンズ群と第3レンズ群を移動させている。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0006】**

**【特許文献1】**特開2013-218015号公報

**【特許文献2】**特開2015-200845号公報

10

20

30

40

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

大口径比の光学系では、被写界深度が浅くなるため、軸上色収差や倍率色収差、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差が画質に与える影響が大きくなる。大口径比の光学系において全体の小型化を図りつつ、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差を良好に補正するためには、正の屈折力の第1レンズ群に含まれる正レンズに屈折率が高く、比較的低分散な材料を使用することが有効である。

**【0008】**

しかし、高屈折率かつ低分散である材料は一般的に異常分散性が低い。このため、軸上色収差の二次スペクトルの補正が難しく、軸上色収差をバランス良く補正することが困難となる。特に、フォーカシングに際して移動するフォーカスレンズ群内で発生する軸上色収差が十分に補正されていないと、フォーカシングによる軸上色収差の変動が大きくなり、無限遠から近距離までの全物体距離において高画質化を達成することが困難となる。

**【0009】**

無限遠から近距離までの全物体距離において高画質化を達成するためには、軸上色収差や倍率色収差、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差をバランスよく補正する必要がある。そのためには、フォーカスレンズ群内に含まれるレンズの材料と各レンズ群の屈折力等を適切に設定することが重要となる。

**【0010】**

本発明は、軸上色収差や倍率色収差を始めとする諸収差を良好に補正し、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能が容易に得られる光学系の提供を目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0011】**

本発明の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズLpとし、該正レンズLpの材料のアッベ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、無限遠にフォーカスしているときの前記光学系のバックフォーカスをbfとするとき、

$$\begin{aligned} 0.0 < gF & Lp \\ 0.4 < fLp / f1 & < 1.2 \\ 0.15 < f1b / f1a & < 0.60 \\ 0.01 < bf / f1b & < 0.40 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

また、本発明の他の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群は、前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズである正レンズLpと負レンズとを接合した接合レンズLpcと、該接合レンズLpcの像側に配置され複数のレンズを接合した接合レンズLc2を有し、

前記正レンズLpの材料のアッベ数と部分分散比を各々d、gF、前記正レンズLpの焦点距離をfLp、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第1a部分群の焦点距離をf1a、前記第1b部分群の焦点距離をf1b、前記接合レンズLpcの焦点距離をfLpc、前記接合レンズLc2の焦点距離をfLc2とするとき、

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} 0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415 \\ 0.4 < f_{LP} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \\ -0.80 < f_{Lpc} / f_{Lc2} < -0.15 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

また、本発明の他の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群は、前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズである正レンズ $L_p$ と、前記正レンズ $L_p$ の像側に配置された正レンズ $L_{pa}$ を有し、

前記正レンズ $L_p$ の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d$ 、 $gF$ 、前記正レンズ $L_p$ の焦点距離を  $f_{LP}$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、前記第1a部分群の焦点距離を  $f_{1a}$ 、前記第1b部分群の焦点距離を  $f_{1b}$ 、前記正レンズ $L_{pa}$ の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d_{pa}$ 、 $gF_{pa}$ とするとき、

$$\begin{aligned} 0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415 \\ 0.4 < f_{LP} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \\ 0 < gF_{pa} - (-1.720 \times 10^{-7} \times d_{pa}^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times d_{pa}^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times d_{pa} + 0.7245) \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

また、本発明の他の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群はさらに負レンズ $L_{na}$ を有し、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズ $L_p$ とし、該正レンズ $L_p$ の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d$ 、 $gF$ 、前記正レンズ $L_p$ の焦点距離を  $f_{LP}$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、前記第1a部分群の焦点距離を  $f_{1a}$ 、前記第1b部分群の焦点距離を  $f_{1b}$ 、前記負レンズ $L_{na}$ の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d_{na}$ 、 $gF_{na}$ とするとき、

$$\begin{aligned} 0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415 \\ 0.4 < f_{LP} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \\ gF_{na} - (-4.516 \times 10^{-5} \times d_{na}^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d_{na} + 0.965) < 0.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

また、本発明の他の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群からなる光学系において、

前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなり、

前記第1b部分群に含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズ $L_p$ とし、該正レンズ $L_p$ の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d$ 、 $gF$ 、前記正レンズ $L_p$ の焦点距離を  $f_{LP}$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、前記第1a部分群の焦点距離を  $f_{1a}$ 、前記第1b部分群の焦点距離を  $f_{1b}$ とするとき、

$$\begin{aligned} 0.0 < gF + 0.001618 \times d - 0.6415 \\ 0.4 < f_{LP} / f_1 < 1.2 \\ 0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

10

20

30

40

50

**【発明の効果】****【0012】**

本発明によれば、大口径比でありながら、色収差を始めとする諸収差が良好に補正され、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能の光学系が容易に得られる。

**【図面の簡単な説明】****【0013】****【図1】本発明の実施例1のレンズ断面図****【図2】(A)、(B) 本発明の実施例1の無限遠、至近に合焦時における収差図****【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の無限遠、至近に合焦時における収差図**

10

**【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の無限遠、至近に合焦時における収差図****【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の無限遠、至近に合焦時における収差図****【図9】本発明の撮像装置の要部概略図****【発明を実施するための形態】****【0014】**

以下、図面を用いて本発明の光学系及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

**【0015】**

20

本発明の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する正の屈折力の第1レンズ群を有する。そして第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群、開口絞り、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群からなっている。

**【0016】**

図1は本発明の実施例1の光学系のレンズ断面図である。図2(A)、(B)はそれぞれ実施例1の無限遠と、至近への合焦時における収差図である。実施例1の光学系はFナンバー1.24、撮像画角45.58度である。

**【0017】**

図3は本発明の実施例2の光学系のレンズ断面図である。図4(A)、(B)はそれぞれ実施例2の無限遠と、至近への合焦時における収差図である。実施例2の光学系はFナンバー1.25、撮像画角45.9度である。

30

**【0018】**

図5は本発明の実施例3の光学系のレンズ断面図である。図6(A)、(B)はそれぞれ実施例3の無限遠と、至近への合焦時における収差図である。実施例3の光学系はFナンバー1.24、撮像画角47.08度である。

**【0019】**

図7は本発明の実施例4の光学系のレンズ断面図である。図8(A)、(B)はそれぞれ実施例4の無限遠と、至近への合焦時における収差図である。実施例4の光学系はFナンバー1.24、撮像画角45.9度である。

40

**【0020】**

図9は本発明の撮像装置の要部概略図である。

**【0021】**

各実施例の光学系はビデオカメラ、デジタルカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系である。レンズ断面図において、左方が被写体側(物体側)(前方)で、右方が像側(後方)である。レンズ断面図において、L0は光学系である。iは物体側からのレンズ群の順番を示し、Liは第iレンズ群である。

**【0022】**

実施例1乃至3のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群である。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に配置された、

50

正の屈折力の第1a部分群L1a、開口絞りSP、正の屈折力の第1b部分群L1bからなる。実施例1乃至3の光学系L0は2つのレンズ群からなる光学系である。

#### 【0023】

実施例4のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群である。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1a部分群L1a、開口絞りSP、正の屈折力の第2b部分群L1bからなる。実施例4は1つのレンズ群からなる光学系である。

#### 【0024】

レンズ断面図において、IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。10

#### 【0025】

収差図において、d、g、C、Fは各々d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）、C線（波長656.3nm）、F線（波長486.1nm）を表す。M、Sはd線のメリディオナル像面、d線のサジタル像面である。また、歪曲収差はd線によって表している。は半画角（撮像画角の半分の値）（度）、Fn0はFナンバーである。

#### 【0026】

実施例1乃至3では第1レンズ群L1の像側に隣接して配置された正の屈折力の第2レンズ群L2を有している。実施例1、2では、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、点線の矢印に示す如く第1レンズ群L1を物体側へ移動させている。第2レンズ群L2は不動である。20

#### 【0027】

実施例3では、第1レンズ群L1および第2レンズ群L2をそれぞれ光軸方向に独立に移動させることでフォーカシングを行っている。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、点線の矢印に示す如く第1レンズ群L1を物体側に移動させ、第2レンズ群L2を像側へ移動させている。実施例4では無限遠から近距離へのフォーカシングの際に、点線の矢印に示す如く第1レンズ群L1を物体側へ移動させている。

#### 【0028】

各実施例では、無限遠から近距離へのフォーカシングの際に、物体側に移動する正の屈折力の第1レンズ群L1を有する。第1レンズ群は物体側から像側へ順に配置された、第1a部分群L1a、開口絞りSP、1枚以上の正レンズを有する第1b部分群L1bからなる。30

#### 【0029】

第1b部分群L1bに含まれる正レンズの材料のうち異常分散性が最も大きい正レンズを正レンズLpとし、正レンズLpの材料の異常分散性をgFLp、正レンズLpの焦点距離をfLpとする。第1レンズ群L1の焦点距離をf1、第1a部分群L1aの焦点距離をf1a、第1b部分群L1bの焦点距離をf1bとする。

#### 【0030】

このとき、40

$$0.0 < g_{FLp} \dots (1)$$

$$0.4 < f_{Lp} / f_1 < 1.2 \dots (2)$$

$$0.15 < f_{1b} / f_{1a} < 0.60 \dots (3)$$

なる条件式を満足する。

#### 【0031】

ここで、材料のアッベ数d、部分分散比gFは、g線（波長435.8nm）、F線（486.1nm）、C線（656.3nm）、d線（587.6nm）に対する材料の屈折率をそれぞれNg、NF、NC、Ndとするとき、以下の式で表される。

#### 【0032】

$$d = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

$$g F = ( N g - N F ) / ( N F - N C )$$

また異常分散性  $g F$  は以下の条件式で定義されるものとする。

### 【0033】

$$g F = g F + 0.001618 \times d - 0.6415$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

### 【0034】

条件式(1)は正の屈折力の第1レンズ群L1内で発生する軸上色収差および倍率色収差を良好に補正するために、第1b部分群L1bに含まれる正レンズLpの異常分散性を適切に定めたものである。

### 【0035】

軸上色収差を良好に補正するためには、軸上色収差の二次スペクトルをできる限り小さくする必要がある。各実施例では、正の屈折力の第1レンズ群L1の軸上色収差の二次スペクトルを補正するために、正レンズLpに異常分散性の高い材料を使用している。また、異常分散性の高い材料を使用した正レンズLpを開口絞りSPより像側に配置することで、倍率色収差の二次スペクトルも良好に補正している。

### 【0036】

第1b部分群L1b内に含まれる正レンズLpに、条件式(1)の下限値より大きい異常分散性を持つ材料を使用することで、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトルを良好に補正している。

### 【0037】

条件式(2)は正の屈折力の第1レンズ群L1内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、正レンズLpの焦点距離と正の屈折力の第1レンズ群L1の焦点距離の比を適切に定めたものである。条件式(2)の上限を超えて正レンズLpの焦点距離が長くなると、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトル補正の効果が小さくなるため、軸上色収差および倍率色収差の良好なる補正が困難となる。

### 【0038】

条件式(2)の下限を超えて正レンズLpの焦点距離が短くなると、正レンズLpの各レンズ面の曲率半径が小さくなりすぎるため、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の発生が少なくなり、諸収差の補正が困難となる。

### 【0039】

条件式(3)は正の屈折力の第1レンズ群L1内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、第1a部分群L1aの焦点距離と第1b部分群L1bの焦点距離の比を適切に定めたものである。

### 【0040】

各実施例において、開口絞りSPより物体側に配置され、正の屈折力の第1a部分群L1aでは、正レンズに異常分散性の高い材料を使用した場合、軸上色収差の二次スペクトル補正は容易となるが、倍率色収差の二次スペクトル補正が困難になる。しかし、開口絞りSPより像側に配置され、正の屈折力の第1b部分群L1bでは、正レンズに異常分散性の高い材料を使用した場合、軸上色収差と倍率色収差の二次スペクトル補正が共に容易となる。

### 【0041】

このため、第1b部分群L1bに含まれる正レンズに異常分散性の高い材料を使用し、且つ第1a部分群L1aに対して第1b部分群L1bの屈折力を強く設定することで、軸上色収差と倍率色収差を良好に補正している。

### 【0042】

条件式(3)の上限を超えて、第1a部分群L1aの焦点距離に対して第1b部分群L1bの焦点距離が長くなると、軸上色収差と倍率色収差の両方を良好に補正することが困難となる。条件式(3)の下限を超えて、第1a部分群L1aの焦点距離に対して第1b部分群L1bの焦点距離が短くなると、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の補正が困難となる。

10

20

30

40

50

**【 0 0 4 3 】**

尚、更に好ましくは条件式(1)、(2)、(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

**【 0 0 4 4 】**

$$\begin{aligned} 0.005 < g F L p &\cdots (1a) \\ 0.5 < f L p / f 1 < 1.1 &\cdots (2a) \\ 0.18 < f 1 b / f 1 a < 0.55 &\cdots (3a) \end{aligned}$$

**【 0 0 4 5 】**

更に好ましくは条件式(1a)、(2a)、(3a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

10

**【 0 0 4 6 】**

$$\begin{aligned} 0.010 < g F L p &\cdots (1b) \\ 0.6 < f L p / f 1 < 1.0 &\cdots (2b) \\ 0.22 < f 1 b / f 1 a < 0.50 &\cdots (3b) \end{aligned}$$

**【 0 0 4 7 】**

以上の如く構成することにより、大口径比でありながら、色収差を始めとする諸収差を良好に補正し、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能の光学系を得ている。

**【 0 0 4 8 】**

各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足することがより好ましい。

20

**【 0 0 4 9 】**

正レンズ  $L_p$  の材料のアッペ数を  $d_{Lp}$  とする。第1b部分群  $L_1b$  は正レンズ  $L_p$  の像側に1枚以上の正レンズを有し、1枚以上の正レンズのうち、最も屈折力が強い正レンズ  $L_{pr}$  の焦点距離を  $f_{Lpr}$  とする。第1b部分群  $L_1b$  は正レンズ  $L_p$  と負レンズとを接合した接合レンズ  $L_{pc}$  と、接合レンズ  $L_{pc}$  の像側に配置され、複数のレンズを接合した接合レンズ  $L_{c2}$  を有し、接合レンズ  $L_{pc}$  の焦点距離を  $f_{Lpc}$ 、接合レンズ  $L_{c2}$  の焦点距離を  $f_{Lc2}$  とする。

**【 0 0 5 0 】**

第1b部分群  $L_1b$  に含まれる正レンズの材料の  $d$  線における屈折率の平均値を  $N_{drave}$  とする。第1b部分群  $L_1b$  は正レンズ  $L_p$  の像側に1枚以上の正レンズを有し、1枚以上の正レンズのうちの1枚の正レンズを正レンズ  $L_{pa}$  とし、正レンズ  $L_{pa}$  の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d_{pa}$ 、 $g_{Fpa}$  とする。正レンズ  $L_{pa}$  の焦点距離を  $f_{Lpa}$  とするとき、第1b部分群  $L_1b$  は1枚以上の負レンズを有し、1枚以上の負レンズのうちの1枚の負レンズ  $L_{na}$  の材料のアッペ数と部分分散比を各々  $d_{na}$ 、 $g_{Fnna}$  とする。無限遠にフォーカスしているときのバックフォーカスを  $b_f$  とする。

30

**【 0 0 5 1 】**

このとき次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

$$\begin{aligned} 50.0 < d_{Lp} &\cdots (4) \\ 0.2 < f_{Lpr} / f_{Lp} < 1.1 &\cdots (5) \\ -0.80 < f_{Lpc} / f_{Lc2} < -0.15 &\cdots (6) \\ 1.60 < N_{drave} < 1.83 &\cdots (7) \\ 0.0 < g_{Fpa} - (-1.720 \times 10^{-7} \times d_{pa}^3 + 5.572 \times 10^{-5} \\ \times d_{pa}^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times d_{pa} + 0.7245) &\cdots (8) \\ 0.20 < f_{Lpa} / f_1 < 1.00 &\cdots (9) \\ g_{Fnna} - (-4.516 \times 10^{-5} \times d_{na}^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d_{na} \\ + 0.965) < 0.0 &\cdots (10) \\ 0.01 < b_f / f_{1b} < 0.60 &\cdots (11) \end{aligned}$$

40

**【 0 0 5 2 】**

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(4)は正の屈折力の第1

50

レンズ群 L 1 内で発生する軸上色収差および倍率色収差を良好に補正するために、正レンズ L p の材料の d 線におけるアッペ数を適切に定めたものである。条件式(4)の下限値より大きいアッペ数を持つ材料を使用することで、軸上色収差および倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

#### 【0053】

条件式(5)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、正レンズ L p の焦点距離と正レンズ L p r の焦点距離の比を適切に定めたものである。条件式(5)の上限を超えて正レンズ L p r の焦点距離が長くなる、もしくは正レンズ L p の焦点距離が短くなると、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の発生が多くなり、これらの諸収差の補正が困難となる。条件式(5)の下限を超えて正レンズ L p r の焦点距離が短くなる、もしくは正レンズ L p の焦点距離が長くなると、軸上色収差および倍率色収差の補正が困難となる。10

#### 【0054】

条件式(6)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、接合レンズ L p c の負の焦点距離と接合レンズ L c 2 の正の焦点距離の比を適切に定めたものである。

#### 【0055】

条件式(6)の上限を超えて接合レンズ L p c の負の焦点距離の絶対値が接合レンズ L c 2 の正の焦点距離の絶対値に対して小さくなると、軸上色収差および倍率色収差の補正が困難となる。条件式(6)の下限を超えて接合レンズ L p c の負の焦点距離の絶対値が接合レンズ L c 2 の正の焦点距離の絶対値に対して大きくなると、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の発生が多くなり、これらの諸収差の補正が困難となる。20

#### 【0056】

条件式(7)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、第1b部分群 L 1 b に含まれる正レンズの全ての正レンズの材料の d 線における屈折率の平均を適切に定めたものである。

#### 【0057】

条件式(7)の上限を超えて、第1b部分群 L 1 b に含まれる全ての正レンズの材料の d 線における屈折率の平均値が大きくなると、高分散材料を多用することとなり、軸上色収差および倍率色収差の補正が困難となる。条件式(7)の下限を超えて、第1b部分群 L 1 b 内の正レンズの材料の d 線における屈折率の平均値が小さくなると、各々の正レンズのレンズ面の曲率半径が小さくなる。そして、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。30

#### 【0058】

条件式(8)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する軸上色収差および倍率色収差を良好に補正するために、第1b部分群 L 1 b に含まれ、且つ正レンズ L p の像側に配置された正レンズ L p a の材料の部分分散比を適切に定めたものである。条件式(8)を満足する部分分散比を持つ材料を正レンズ L p a に使用することで、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトルを良好に補正している。特に、正レンズ L p の像側に正レンズ L p a を配置することで倍率色収差の二次スペクトルを良好に補正している。40

#### 【0059】

条件式(9)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する色収差を始めとする諸収差を良好に補正するために、正レンズ L p a の焦点距離を適切に定めたものである。条件式(9)の上限を超えて正レンズ L p a の焦点距離が長くなると、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトル補正の効果が小さくなるため、軸上色収差および倍率色収差の補正が困難となる。条件式(9)の下限を超えて正レンズ L p a の焦点距離が短くなると、正レンズ L p a のレンズ面の曲率半径が小さくなりすぎるため、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

#### 【0060】

条件式(10)は正の屈折力の第1レンズ群 L 1 内で発生する軸上色収差および倍率色50

収差を良好に補正するために、第1b部分群L1bに含まれる負レンズLnaの材料の部分分散比を適切に定めたものである。

#### 【0061】

各実施例では、第1b部分群L1bに含まれる正レンズLpaの材料に異常分散性の高い材料を使用し、且つ負レンズLnaに異常分散性の低い材料を使用することで軸上色収差と倍率色収差の二次スペクトルを良好に補正している。

#### 【0062】

条件式(10)を満足する部分分散比を持つ材料を第1b部分群L1bに含まれる負レンズLnaに使用することで、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトルを良好に補正している。

10

#### 【0063】

条件式(11)は正の屈折力の第1レンズ群L1内で発生する色収差を良好に補正しつつ、光学系の全体の小型化を達成するために、バックフォーカスと第1b部分群L1bの焦点距離の比を適切に定めたものである。

#### 【0064】

条件式(11)の上限を超えてバックフォーカスが長くなると、全体の小型化が困難となる。また、条件式(11)の上限を超えて第1b部分群L1bの焦点距離が短くなると、球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の発生が多くなり、これらの諸収差の補正が困難となる。条件式(11)の下限を超えて第1b部分群L1bの焦点距離が長くなると、軸上色収差および倍率色収差の二次スペクトル補正の効果が小さくなるため、軸上色収差および倍率色収差の補正が困難となる。

20

#### 【0065】

なお、各実施例において、好ましくは、条件式(4)乃至条件式(11)の数値範囲を次の如くするのが良い。

#### 【0066】

$$\begin{aligned}
 & 58.0 < d_{Lp} \quad \dots (4a) \\
 & 0.30 < f_{Lpr}/f_{Lp} < 1.00 \quad \dots (5a) \\
 & -0.70 < f_{Lpc}/f_{Lc2} < -0.20 \quad \dots (6a) \\
 & 1.63 < N_{drv} < 1.80 \quad \dots (7a) \\
 & 0.001 < g_{Fpa} - (-1.720 \times 10^{-7} \times d_{pa}^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times d_{pa}^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times d_{pa} + 0.7245) \quad \dots (8a) \\
 & 0.30 < f_{Lpa}/f_1 < 0.85 \quad \dots (9a) \\
 & g_{Fna} - (-4.516 \times 10^{-5} \times d_{na}^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d_{na} + 0.965) < -0.0005 \quad \dots (10a) \\
 & 0.10 < b_f/f_{1b} < 0.50 \quad \dots (11a)
 \end{aligned}$$

30

#### 【0067】

また、さらに好ましくは条件式(4a)乃至条件式(11a)の数値範囲を次の如く設定すると、先に述べた各条件式が意味する効果を最大限に得られる。

#### 【0068】

40

$$\begin{aligned}
 & 65.0 < d_{Lp} \quad \dots (4b) \\
 & 0.40 < f_{Lpr}/f_{Lp} < 0.95 \quad \dots (5b) \\
 & -0.60 < f_{Lpc}/f_{Lc2} < -0.25 \quad \dots (6b) \\
 & 1.66 < N_{drv} < 1.77 \quad \dots (7b) \\
 & 0.0015 < g_{Fpa} - (-1.720 \times 10^{-7} \times d_{pa}^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times d_{pa}^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times d_{pa} + 0.7245) \quad \dots (8b) \\
 & 0.40 < f_{Lpa}/f_1 < 0.70 \quad \dots (9b) \\
 & g_{Fna} - (-4.516 \times 10^{-5} \times d_{na}^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times d_{na} + 0.965) < -0.001 \quad \dots (10b)
 \end{aligned}$$

50

0 . 2 0 < b f / f 1 b < 0 . 4 0                    · · · ( 1 1 b )

#### 【 0 0 6 9 】

各実施例では以上のように各要素を構成することにより、大口径比でありながら、色収差を始めとする諸収差を良好に補正し、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能の光学系を得ている。

#### 【 0 0 7 0 】

各実施例のように、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能を得るためにには、次の如く構成するのが良い。第1レンズ群 L 1 は物体側より像側へ順に配置された、第1a部分群 L 1 a、開口絞り S P、第1b部分群 L 1 b からなり、フォーカシングに際して第1レンズ群 L 1 が移動することが好ましい。フォーカシングに際して第1レンズ群 L 1 を移動することで、光学系全体の小型化を達成しつつ、フォーカシングによる色収差を始めとする諸収差の変動を良好に補正することが容易となる。10

#### 【 0 0 7 1 】

第1a部分群 L 1 a は物体側から像側へ順に、正レンズ G 1 と負レンズ G 2 を接合した接合レンズ、正レンズ G 3、負レンズ G 4、負レンズ G 5 と正レンズ G 6 を接合した接合レンズの6枚から構成されることが好ましい。第1a部分群 L 1 a をこのように構成することにより、大口径でありながら、レンズ外径の小型化を達成しつつ、コマ収差や非点収差等を良好に補正することが容易となる。

#### 【 0 0 7 2 】

実施例1乃至3において第1b部分群 L 1 b は物体側から像側へ順に、正レンズ G 7 と負レンズ G 8 を接合した接合レンズ、正レンズ G 9 と負レンズ G 1 0 を接合した接合レンズ、正レンズ G 1 1 の5枚から構成されることが好ましい。第1b部分群 L 1 b をこのように構成することにより、軸上色収差、倍率色収差の補正と球面収差、コマ収差、非点収差などの諸収差の補正を良好に行なうことが容易となる。20

#### 【 0 0 7 3 】

実施例4において、第1b部分群 L 1 b は物体側から像側へ順に正レンズ G 7 と負レンズ G 8 を接合した接合レンズ、正レンズ G 9 と負レンズ G 1 0 を接合した接合レンズ、正レンズ G 1 1 より構成することが良い。更に正レンズ G 1 2 と負レンズ G 1 3 を接合した接合レンズ、負レンズ G 1 4 と正レンズ G 1 5 を接合した接合レンズの9枚から構成されることが好ましい。30

#### 【 0 0 7 4 】

第1b部分群 L 1 b をこのように構成することにより、軸上色収差、倍率色収差の補正と球面収差、コマ収差、非点収差、サジタルフレアなどの諸収差の補正を良好に行なうことが容易となる。

#### 【 0 0 7 5 】

実施例1乃至3において、第2レンズ群 L 2 は物体側から像側へ順に正レンズ G 1 2 と負レンズ G 1 3 を接合した接合レンズ、負レンズ G 1 4 と正レンズ G 1 5 を接合した接合レンズの4枚から構成されることが好ましい。第2レンズ群 L 2 をこのように構成することにより、フォーカシングによる球面収差やコマ収差の変動を良好に補正することが容易となる。また、無限遠から近距離までの全物体距離においてサジタルフレアを良好に補正することが容易となる。40

#### 【 0 0 7 6 】

各実施例によれば、以上の如く構成することにより、大口径比でありながら、色収差を始めとする諸収差を良好に補正し、無限遠から近距離までの全物体距離に渡り、高い光学性能を有した光学系を得ることができる。

#### 【 0 0 7 7 】

次に本発明の光学系を用いた撮像装置（デジタルカメラ）の実施例を図9を用いて説明する。図9において、30はカメラ本体、31は実施例1乃至4で説明したいずれかの光学系である。光学系31によって形成された被写体像を受光するC C D センサやC M O S センサ等の撮像素子（光電変換素子）はカメラ本体30内に内蔵されている。50

## 【0078】

以下、実施例 1 乃至 4 の具体的な数値データを示す。各数値データにおいて  $i$  は物体側から数えた順序を示している。 $r_i$  は物体側から  $i$  番目の面の曲率半径、 $d_i$  は物体側から  $i$  番目の面と  $i + 1$  番目の面との間の面間隔、 $n_i$  は第  $i$  番目のレンズの材料の  $d$  線における屈折率、 $A_i$  は第  $i$  番目のレンズの  $d$  線におけるアッペ数を示すものとする。 $gF_i$  と  $gF_i$  は各々第  $i$  番目のレンズの材料の部分分散比と異常分散性を示す。

## 【0079】

非球面形状は  $k$  を円錐定数、 $A_4$ 、 $A_6$ 、 $A_8$ 、 $A_{10}$ 、 $A_{12}$  を 4 次、6 次、8 次、10 次、12 次の非球面係数とし、光軸からの高さ  $h$  の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして  $x$  とする。

10

## 【0080】

このとき、非球面形状は、

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

で表示される。但し、 $R$  は近軸曲率半径である。「e-X」は「 $\times 10^{-X}$ 」を意味している。尚、非球面は各表中の面番号の右側に \* 印を付している。また前述の各条件式と数値データとの関係を表 1 に示す。また各実施例における正レンズ  $L_p$ 、正レンズ  $L_{pr}$ 、正レンズ  $L_{pa}$ 、負レンズ  $L_{na}$  を表 2 に示す。

## 【0081】

## [ 数値データ 1 ]

20

単位 mm

## 面データ

面番号	$r$	$d$	$nd$	$d$	$gF$	$gF$
1*	82.909	8.39	1.76802	49.2	0.5515	-0.0103
2	-68.211	1.50	1.73800	32.3	0.5899	0.0006
3	77.682	0.20				
4	40.481	6.87	1.95375	32.3	0.5901	0.0009
5	855.015	0.20				
6	74.822	1.40	1.65412	39.7	0.5737	-0.0036
7	25.210	6.56				
8	-1195.622	1.20	1.66565	35.6	0.5820	-0.0018
9	31.561	4.14	2.00100	29.1	0.5994	0.0050
10	75.602	3.47				
11(絞り)		3.09				
12	-92.693	7.53	1.43875	94.7	0.5340	0.0457
13	-21.093	1.20	1.72047	34.7	0.5834	-0.0019
14	349.334	0.20				
15	55.420	10.37	1.76385	48.5	0.5589	-0.0041
16	-29.287	1.30	1.66565	35.6	0.5820	-0.0018
17	55.742	0.71				
18*	65.419	8.32	1.85400	40.4	0.5688	-0.0074
19*	-49.838	(可変)				
20	52.651	10.03	1.88300	40.8	0.5667	-0.0089
21	-47.216	1.50	1.66565	35.6	0.5820	-0.0018
22	41.182	7.53				
23	-48.251	1.40	1.61340	44.3	0.5633	-0.0066
24	151.332	3.90	1.85400	40.4	0.5688	-0.0074
25*	-163.746	14.00				

像面

50

## 【 0 0 8 2 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.39341e-006 A 6=-4.81896e-010 A 8= 7.22917e-014 A10= 2.22678e-017

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.25923e-006 A 6= 8.73754e-010 A 8=-3.92386e-012 A10= -8.48899e-018

10

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.43503e-006 A 6= 8.01071e-010 A 8=-1.43275e-012

第25面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.90301e-006 A 6= 2.73324e-010 A 8= 1.09277e-011 A10= -1.31337e-014 A12= 5.68359e-018

## 【 0 0 8 3 】

各種データ

20

焦点距離	51.50
Fナンバー	1.24
半画角(度)	22.79
像高	21.64
レンズ全長	106.00
BF	14.00

	無限遠	至近
d19	1.00	13.22

30

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	62.11
2	20	614.51

1群内データ

群	始面	焦点距離
L1a	1	172.21
開口絞り	11	
L1b	12	56.98

40

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	49.93
2	2	-49.00
3	4	44.37
4	6	-58.78
5	8	-46.18
6	9	51.70

50

7	12	60.31
8	13	-27.57
9	15	26.49
10	16	-28.67
11	18	34.26
12	20	29.58
13	21	-32.82
14	23	-59.49
15	24	92.62

10

## 接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	1469.17
2	8	-345.19
3	12	-48.64
4	15	165.37
5	20	152.71
6	23	-175.12

【 0 0 8 4 】

20

[ 数値データ 2 ]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	gF	gF
1*	80.110	9.67	1.80400	46.58	0.5573	-0.0088
2	-68.243	1.64	1.68893	31.07	0.6004	0.0092
3	52.862	0.20				
4	42.184	7.47	2.00100	29.13	0.5997	0.0050
5	2510.576	0.70				
6	99.979	1.60	1.65412	39.68	0.5737	-0.0036
7	24.508	7.45				
8	-101.919	1.34	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
9	34.799	5.56	1.95375	32.32	0.5898	0.0009
10	516.053	2.44				
11(絞り)		2.58				
12	-1398.232	10.02	1.49700	81.54	0.5375	0.0279
13	-20.985	1.29	1.73800	32.26	0.5899	0.0006
14	251.143	0.44				
15	87.566	7.29	1.76385	48.51	0.5587	-0.0041
16	-43.447	1.28	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
17	105.692	1.79				
18*	161.695	7.96	1.88300	40.80	0.5652	-0.0101
19	-42.423	(可変)				
20	54.474	8.77	1.88300	40.80	0.5652	-0.0101
21	-60.531	1.54	1.59551	39.24	0.5803	0.0023
22	40.560	7.14				
23	-58.170	1.21	1.67300	38.15	0.5754	-0.0044
24	105.985	5.08	1.80400	46.58	0.5573	-0.0088
25*	-216.191	14.60				

50

像面

【 0 0 8 5 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.44652e-006 A 6=-1.02693e-009 A 8= 1.91678e-012 A10=-3.07794e-015 A12= 2.00476e-018

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.17027e-006 A 6= 4.00496e-009 A 8=-1.90948e-011 A10= 10 4.86536e-014 A12=-4.89586e-017

第25面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.50064e-006 A 6=-5.98670e-010 A 8= 1.34319e-011 A10=-2.56798e-014 A12= 2.59930e-017

【 0 0 8 6 】

各種データ

焦点距離	51.10	20
Fナンバー	1.25	
半画角(度)	22.95	
像高	21.64	
レンズ全長	111.01	
BF	14.60	
無限遠		
d19	1.95	16.11

レンズ群データ			30
群	始面	焦点距離	
1	1	61.31	
2	20	586.40	

1群内データ

群	始面	焦点距離
L1a	1	198.77
開口絞り	11	
L1b	12	55.13

単レンズデータ			40
レンズ	始面	焦点距離	
1	1	47.21	
2	2	-43.00	
3	4	42.80	
4	6	-50.05	
5	8	-38.82	
6	9	38.91	
7	12	42.76	
8	13	-26.19	50

9	15	38.96
10	16	-46.10
11	18	38.77
12	20	33.67
13	21	-40.55
14	23	-55.64
15	24	89.08

## 接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-1809.79
2	8	-17471.87
3	12	-67.39
4	15	204.76
5	20	136.64
6	23	-154.68

【 0 0 8 7 】

[ 数値データ 3 ]

単位 mm

10

20

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	gF	gF
1	223.541	6.85	1.80400	46.58	0.5573	-0.0088
2	-51.775	1.50	1.73800	32.26	0.5899	0.0006
3	56.579	0.20				
4	33.983	7.65	1.95375	32.32	0.5898	0.0009
5	191.944	0.40				
6*	36.354	1.40	1.65412	39.68	0.5737	-0.0036
7	23.649	9.58				
8	-80.008	1.30	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
9	39.501	5.15	2.00100	29.13	0.5997	0.0050
10	-883.910	2.04				
11(絞り)		4.14				
12	-70.654	8.52	1.59522	67.74	0.5442	0.0123
13	-19.484	1.20	1.73800	32.26	0.5899	0.0006
14	317.429	0.20				
15	68.670	9.16	1.76385	48.51	0.5587	-0.0041
16	-36.752	1.30	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
17	128.305	1.21				
18*	177.452	7.40	1.88300	40.76	0.5667	-0.0089
19*	-48.513	(可変)				
20	58.020	9.90	1.88300	40.76	0.5667	-0.0089
21	-44.927	1.43	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
22	42.504	7.20				
23	-47.989	1.40	1.61340	44.27	0.5633	-0.0066
24	65.040	5.00	1.85400	40.38	0.5688	-0.0074
25*	-233.207	(可変)				
像面						

30

40

50

## 【 0 0 8 8 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.21260e-006 A 6=-3.55131e-009 A 8=-8.76822e-012 A10=8.39780e-015

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.66481e-006 A 6=-2.24063e-009 A 8=-2.58094e-012 A10=1.31311e-015

10

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.33031e-006 A 6=-2.62278e-009 A 8=-1.55136e-012

第25面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.57096e-006 A 6= 5.74477e-010 A 8= 1.72057e-012 A10=2.16305e-015

## 【 0 0 8 9 】

各種データ

20

焦点距離	49.66
Fナンバー	1.24
半画角(度)	23.54
像高	21.64
レンズ全長	108.64
BF	13.50

	無限遠	至近
d19	1.00	12.71
d25	13.50	12.48

30

## レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	57.61
2	20	1105.73

## 1群内データ

群	始面	焦点距離
L1a	1	121.98
開口絞り	11	
L1b	12	60.68

40

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	52.87
2	2	-36.42
3	4	42.30
4	6	-108.16
5	8	-39.56
6	9	37.88

50

7	12	42.55
8	13	-24.84
9	15	32.57
10	16	-42.78
11	18	43.82
12	20	30.03
13	21	-32.60
14	23	-44.81
15	24	60.01

10

## 接合レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-125.68
2	8	733.03
3	12	-53.94
4	15	113.53
5	20	180.95
6	23	-190.48

【 0 0 9 0 】

20

[ 数値データ 4 ]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	gF	gF
1*	62.022	9.40	1.80400	46.58	0.5573	-0.0088
2	-73.650	1.20	1.68893	31.07	0.6004	0.0092
3	43.632	0.20				
4	36.292	7.50	2.00100	29.13	0.5997	0.0050
5	306.885	0.50				
6	82.008	1.20	1.65412	39.68	0.5737	-0.0036
7	21.343	7.45				
8	-226.135	1.34	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
9	34.586	5.56	1.95375	32.32	0.5898	0.0009
10	200.510	2.00				
11(絞り)		2.00				
12	-206.999	9.50	1.59522	67.74	0.5442	0.0123
13	-20.984	1.29	1.73800	32.26	0.5899	0.0006
14	105.525	0.44				
15	66.670	7.29	1.76385	48.51	0.5587	-0.0041
16	-39.441	1.28	1.65412	39.68	0.5737	-0.0036
17	151.359	1.40				
18*	229.711	7.10	1.88300	40.80	0.5652	-0.0101
19*	-47.868	0.30				
20	77.851	8.50	1.88300	40.80	0.5652	-0.0101
21	-42.153	1.20	1.59551	39.24	0.5803	0.0023
22	49.261	6.50				
23	-68.406	1.20	1.66565	35.64	0.5824	-0.0018
24	44.331	6.80	1.85400	40.38	0.5688	-0.0074
25*	-213.325	(可変)				

50

像面

【 0 0 9 1 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.18603e-006 A 6=-3.97854e-009 A 8= 1.11659e-011 A10=-1.80729e-014 A12= 1.15111e-017

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.85779e-006 A 6= 3.34976e-008 A 8=-1.52805e-010 A10= 10  
4.34636e-013 A12=-2.58798e-016

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.85392e-006 A 6= 1.25294e-008 A 8=-1.28774e-011 A10=-3.75332e-014 A12= 3.47067e-016

第25面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.09163e-006 A 6=-2.63325e-008 A 8= 1.09898e-010 A10=-2.20659e-013 A12= 1.78857e-016

20

【 0 0 9 2 】

各種データ

焦点距離	51.09
Fナンバー	1.24
半画角(度)	22.95
像高	21.64
レンズ全長	108.00
BF	16.85

30

	無限遠	至近
d25	16.85	23.66

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	51.09

1群内データ

群	始面	焦点距離
L1a	1	187.57
開口絞り	11	
L1b	12	43.21

40

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	43.21
2	2	-39.61
3	4	40.56
4	6	-44.46
5	8	-44.97

50

6	9	43.12
7	12	38.50
8	13	-23.62
9	15	33.44
10	16	-47.71
11	18	45.41
12	20	32.03
13	21	-37.96
14	23	-40.24
15	24	43.51

10

**接合レンズデータ**

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-7064.62
2	8	1405.82
3	12	-58.96
4	15	99.62
5	20	153.72
6	23	-745.76

20

【0093】

【表1】

条件式	実施例				
	1	2	3	4	
(1) $0 < \Delta \theta g F L p$	0.0457	0.0279	0.0123	0.0123	
(2) $0 < f L p / f_1 < 1.2$	0.971	0.698	0.739	0.754	
(3) $0.15 < f_1 b / f_1 a < 0.60$	0.331	0.277	0.497	0.230	
(4) $50.0 < v d L p$	94.66	81.54	67.74	67.74	
(5) $0.2 < f L p r / f L p < 1.1$	0.439	0.907	0.765	0.832	
(6) $-0.80 < f L p c / f L c 2 < -0.15$	-0.294	-0.329	-0.475	-0.592	
(7) $1.60 < N d r a v e < 1.83$	1.686	1.715	1.747	1.747	
(8) $0.0 < \theta g F p a - (-1.720 \times 10^{-7} \times v d p a^3 + 5.572 \times 10^{-5} \times v d p a^2 - 5.755 \times 10^{-3} \times v d p a + 0.7245)$	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	
(9) $0.20 < f L p a / f_1 < 1.00$	0.426	0.635	0.565	0.654	
(10) $\theta g F n a - (-4.516 \times 10^{-5} \times v d n a^2 + 1.291 \times 10^{-3} \times v d n a + 0.965) < 0.0$	G8	-0.0035	-0.0012	-0.0012	-0.0012
	G10	-0.0031	-0.0031	-0.0031	-0.0029
	G14	---	---	---	-0.0031
(11) $0.01 < b f / f_1 b < 0.60$	0.246	0.265	0.222	0.390	

30

【0094】

【表2】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
正レンズLp	G 7	G 7	G 7	G 7
正レンズLpr	G 9	G 11	G 9	G 12
正レンズLpa	G 9	G 9	G 9	G 9
負レンズLn a	G 8	G 8	G 8	G 8
	G 10	G 10	G 10	G 10
				G 14

40

**【符号の説明】**

【0095】

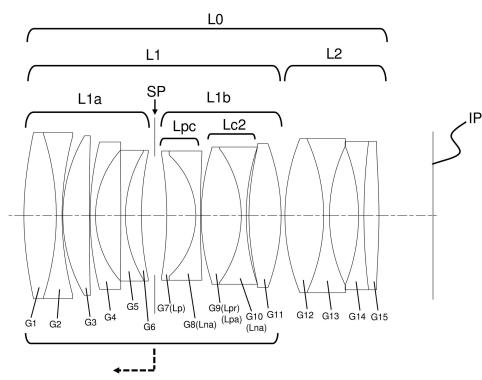
50

L 1 第1レンズ群  
L 1 b 第1 b 部分群

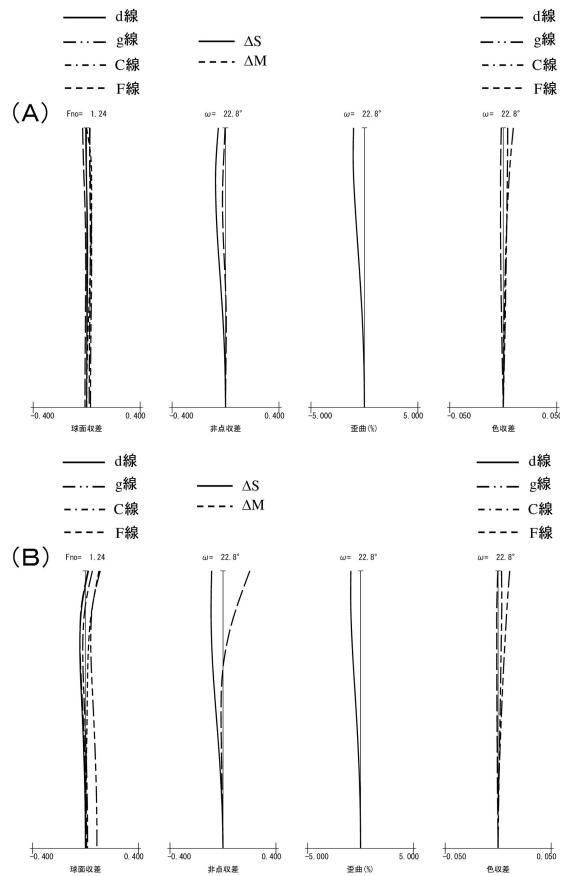
L 2 第2レンズ群  
S P 開口絞り

L 1 a 第1 a 部分群

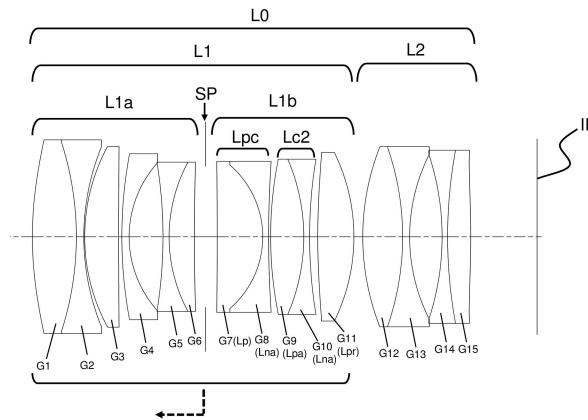
【図1】



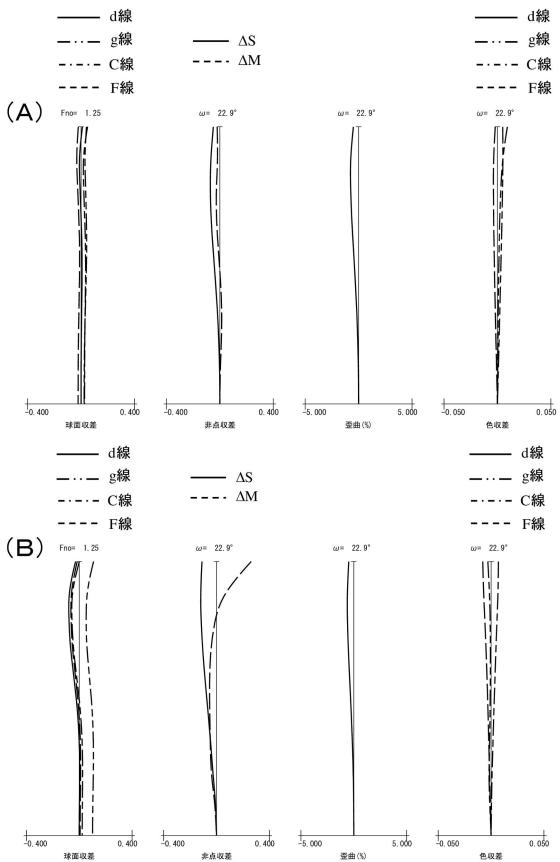
【図2】



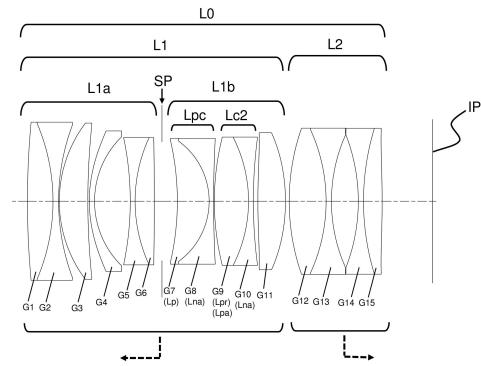
【図3】



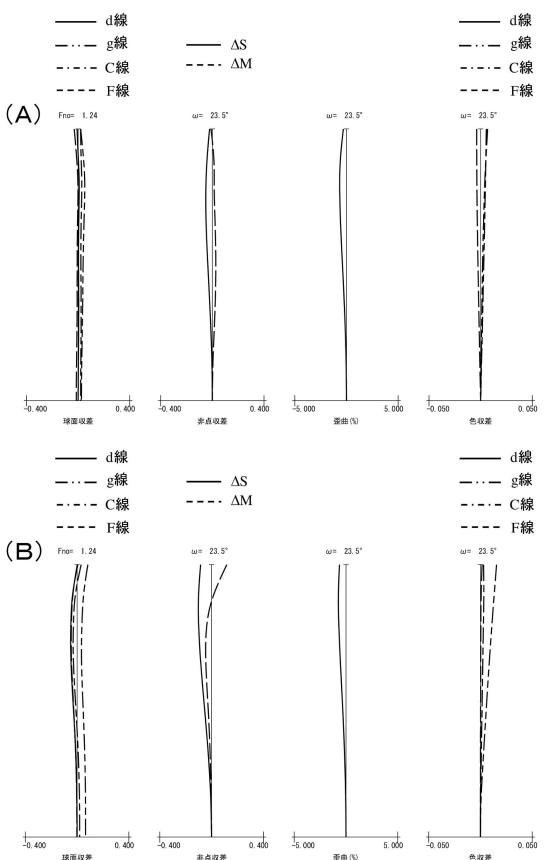
【図4】



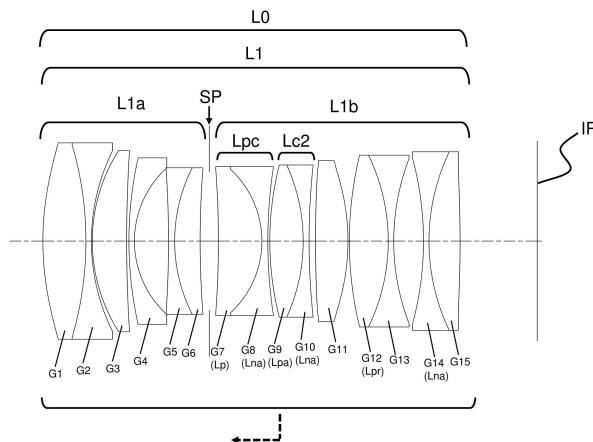
【図5】



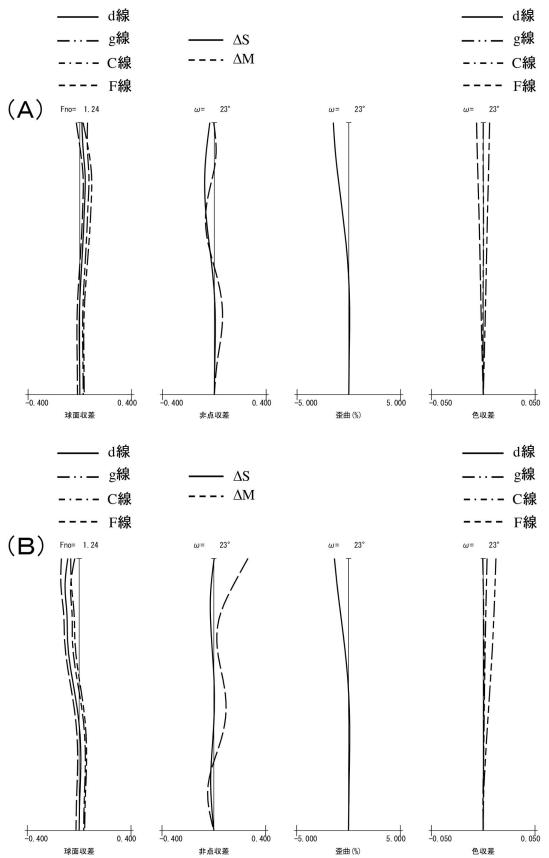
【図6】



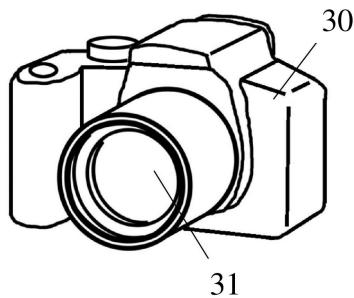
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2016-061919(JP,A)  
特開2016-061903(JP,A)  
特開2013-178365(JP,A)  
特開2014-126652(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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