

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4657624号  
(P4657624)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/16	(2006.01)	GO2B 15/16
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18
GO2B 13/22	(2006.01)	GO2B 13/22

請求項の数 10 (全 36 頁)

(21) 出願番号

特願2004-137028 (P2004-137028)

(22) 出願日

平成16年5月6日(2004.5.6)

(65) 公開番号

特開2005-321426 (P2005-321426A)

(43) 公開日

平成17年11月17日(2005.11.17)

審査請求日

平成19年4月28日(2007.4.28)

(73) 特許権者 000001225

日本電産コパル株式会社

東京都板橋区志村2丁目18番10号

(74) 代理人 100106312

弁理士 山本 敏敏

(72) 発明者 竹内 穂高  
東京都板橋区志村2丁目18番10号  
日本電産コパル株式  
会社内

審査官 森内 正明

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】

物体側から像面側に向けて順に配列された、全体として負の屈折力をもつ第1レンズ群と、全体として正の屈折力をもつ第2レンズ群とからなり、前記第2レンズ群を像面側から物体側に移動させて広角端から望遠端への変倍を行うと共に、前記第1レンズ群を移動させて前記変倍に伴う像面の変動を補正して焦点調整を行うズームレンズであって、

前記第1レンズ群は、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けるメニスカス形状に形成された負の屈折力をもつ第1レンズ、物体側に凸面を向けるメニスカス形状に形成された正の屈折力をもつ第2レンズからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に配列された、両凸形状に形成された正の屈折力をもつ第3レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状にそれぞれ形成されかつ全体として負の屈折力をもつように接合された正の屈折力をもつ第4レンズ及び負の屈折力をもつ第5レンズ、両凸形状に形成された正の屈折力をもつ第6レンズからなり、

前記第1レンズは、ガラスレンズの曲率半径が小さい方の面に対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に前記樹脂層に対して周辺部に向かうに連れて負の屈折力が弱くなる形状に非球面が形成されたハイブリッドレンズであり、

前記第1レンズのアッペ数を1、前記第2レンズのアッペ数を2、前記第1レンズと第2レンズとの光軸方向における間隔をD2、広角端におけるレンズ全系の焦点距離をfw、前記第1レンズのガラスレンズと樹脂層が接合される面の曲率半径をR2a、前記第1レンズの非球面が形成される面の曲率半径をR2とするとき、

10

20

次の 3 つの条件式、

$$\begin{aligned} 1 - 2 &> 10 \\ D 2 / f w &> 0.2 \\ 1 < R 2 a / R 2 &< 1.5 \end{aligned}$$

を満足する、

ことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を  $f_2$ 、広角端におけるレンズ全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、次の2 つの条件式、

$$\begin{aligned} 0.5 < f_2 / f_1 &< 1.3 \\ 1.25 < f_1 / f_w &< 2.5 \end{aligned}$$

を満足する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 4 レンズのアッペ数を 4、前記第 5 レンズのアッペ数を 5、前記第 4 レンズの物体側の面の曲率半径を  $R_7$ 、前記第 5 レンズの像面側の面の曲率半径を  $R_9$  とするとき、次の2 つの条件式、

$$\begin{aligned} 4 > 5 \\ 1.0 < R_7 / R_9 &< 3.0 \end{aligned}$$

を満足する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 3 レンズは、ガラスレンズに対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に、前記樹脂層に対して非球面が形成されたハイブリッドレンズである、  
ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 いずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記樹脂層は、前記第 3 レンズの曲率半径が小さい方の面に接合されている、  
ことを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記樹脂層に形成された非球面は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されている、

ことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 3 レンズにおいて、前記ガラスレンズと前記樹脂層が接合される面の曲率半径を  $R_{5a}$ 、前記非球面が形成される面の曲率半径を  $R_5$  とするとき、次の条件式、

$$0.7 < R_{5a} / R_5 < 2.0$$

を満足する、ことを特徴とする請求項 4 ないし 6 いずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 6 レンズは、ガラスレンズに対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に、前記樹脂層に対して非球面が形成されたハイブリッドレンズである、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記樹脂層に形成された非球面は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されている、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 6 レンズにおいて、前記ガラスレンズと前記樹脂層が接合される面の曲率半径を  $R_{11a}$ 、前記非球面が形成される面の曲率半径を  $R_{11}$  とするとき、次の条件式、

$$0.5 < R_{11a} / R_{11} < 2.0$$

を満足する、ことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

**【0001】**

本発明は、CCD等の固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に適用されるズームレンズに関し、特に画素数の多い固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に好適な小型のズームレンズに関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年において、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に用いられるCCD等の固体撮像素子の著しい技術進歩により、その高密度化、高画素化等が達成され、それに伴って光学系としても光学性能の高いレンズが要望されている。また、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の小型化に伴い、それらに搭載される撮影用のズームレンズに対しても、小型化、軽量化等が強く要望されている。10

小型化については、携帯性の良さを実現させるために、携帯時の短縮化、すなわち、カメラ収納時におけるサイズの薄型化が特に要望されている。

**【0003】**

また、CCD等の固体撮像素子には、光を効率良く使うために、その表面にマイクロレンズが施されている。それ故に、固体撮像素子に入射する光線の角度が大き過ぎると、ケラレ現象（いわゆるシェーディング現象）が生じて、光が固体撮像素子に入りていかないという問題があった。したがって、このような固体撮像素子に用いられるレンズとしては、射出瞳が像面から十分離れており、固体撮像素子に入射する角度、すなわち、射出角度が小さいテレセントリック光学系であることが望まれている。近年の著しい技術進歩により、マイクロレンズ等を工夫することにより、光線の入射角度が15°位までは問題なく使用できるようになっている。20

**【0004】**

一方、変倍比が2～3程度の従来のズームレンズとしては、例えば、コンパクトカメラ等に搭載された二つのレンズ群からなるズームレンズが多数報告されている（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。このズームレンズは、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群とにより構成された、いわゆるテレフォトタイプの2群ズームレンズであり、カメラ収納時の薄型化という点では好ましい。

しかしながら、このように、第1レンズ群が正の屈折力及び第2レンズ群が負の屈折力を有する配置構成では、特に広角端での最外光線の射出角度が大きくなり過ぎるため、CCD等の固体撮像素子に適用するのは非常に困難である。30

**【0005】**

また、物体側から像面側に向けて順に、全体として負の屈折力をもつ第1レンズ群と、全体として正の屈折力をもつ第2レンズ群とが配列された2群構成のズームレンズが知られている（例えば、特許文献3参照）。

しかしながら、第1レンズ群は、正の屈折力、負の屈折力、負の屈折力、及び正の屈折力をそれぞれもつ4枚のレンズにより構成されているため、カメラを収納した（沈胴状態）ときの全長が長くなり、又、最も物体側のレンズが正の屈折力をもつため、歪曲収差の補正には効果的だが最も物体側に位置するレンズの外径が大きくなり、薄型化、小型化が困難である。40

**【0006】**

【特許文献1】特開2003-075721号公報

【特許文献2】特開2003-307676号公報

【特許文献3】特開2000-035537号公報

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

上記のように、従来のテレフォトタイプの2群ズームレンズでは、特に、広角端での最外角光線の射出角度が大きくなり、テレセントリック性が得られず、近年における高画素の固体撮像素子には対応できないという問題がある。また、従来の2群ズームレンズでは50

、第1レンズ群を構成するレンズの枚数が多くて、部品点数も増加するため、小型化、軽量化、特にカメラ収納時の薄型化を達成できないという問題がある。

【0008】

本発明は、上記の点に鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、諸収差が効率良く補正されて高い光学性能を有し、軽量化、小型化、特にカメラ収納時の薄型化が図れ、近年における高画素の固体撮像素子に適したズームレンズを提供することにあり、より具体的には、2.5～3倍程度のズーム倍率を有し、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面～像面）が35mm以下、各レンズ群の光軸方向における厚み（第1レンズ群の厚み+第2レンズ群の厚み）の合計寸法が12mm以下で、さらに、ローパスフィルタ等の配置のためにバックフォーカスが5mm以上、広角端でのレンズの明るさ（Fナンバー）が3.2程度、歪曲収差が5%以下等の条件を満たし、高画素の固体撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側から像面側に向けて順に配列された、全体として負の屈折力をもつ第1レンズ群と、全体として正の屈折力をもつ第2レンズ群とからなり、第2レンズ群を像面側から物体側に移動させて広角端から望遠端への変倍を行うと共に、第1レンズ群を移動させて変倍に伴う像面の変動を補正して焦点調整を行うズームレンズであって、上記第1レンズ群は、物体側から順に配列された、物体側に凸面を向けるメニスカス形状に形成された負の屈折力をもつ第1レンズ、物体側に凸面を向けるメニスカス形状に形成された正の屈折力をもつ第2レンズからなり、上記第2レンズ群は、物体側から順に配列された、両凸形状に形成された正の屈折力をもつ第3レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状にそれぞれ形成されかつ全体として負の屈折力をもつよう接合された正の屈折力をもつ第4レンズ及び負の屈折力をもつ第5レンズ、両凸形状に形成された正の屈折力をもつ第6レンズからなり、第1レンズは、ガラスレンズの曲率半径が小さい方の面に対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に樹脂層に対して周辺部に向かうに連れて負の屈折力が弱くなる形状に非球面が形成されたハイブリッドレンズであり、第1レンズのアッベ数を1、第2レンズのアッベ数を2、第1レンズと第2レンズとの光軸方向における間隔をD2、広角端におけるレンズ全系の焦点距離をfw、第1レンズのガラスレンズと樹脂層が接合される面の曲率半径をR2a、第1レンズの非球面が形成される面の曲率半径をR2とするとき、

次の3つの条件式、

$$\begin{aligned} 1 - 2 &> 10 \\ D2 / fw &> 0.2 \\ 1 < R2a / R2 &< 1.5 \end{aligned}$$

を満足する、ことを特徴としている。

この構成によれば、2つのレンズ群でかつ6枚のレンズにより構成され、良好な光学性能が得られると共に、全長が短くなり、カメラ収納時（沈胴時）のサイズも小さくでき、小型化、薄型化を達成できる。

特に、条件式（1-2>10）を満たすことにより、色収差を良好に補正することができ、条件式（D2/fw>0.2）を満たすことにより、球面収差を良好に補正することができる。

また、第1レンズを、ガラスレンズの曲率半径が小さい方の面に対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に樹脂層に対して周辺部に向かうに連れて負の屈折力が弱くなる形状に非球面が形成されたハイブリッドレンズとすることにより、仮にガラス材料あるいは樹脂材料（プラスチック）だけで非球面をもつ第1レンズを形成すると使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、このようにガラスレンズに樹脂層を施すと共に樹脂層に非球面を形成することにより、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができ、低コスト化を達成しつつ、特に、色収差、歪曲収差、非点収差を良好に補正することができる。

10

20

30

40

50

さらに、条件式 ( $1 < R_2 a / R_2 < 1.5$ ) を満足することにより、第1レンズにおける樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に生産性を向上させることができる。

【0010】

上記構成において、第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$ 、広角端におけるレンズ全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、次の2つの条件式、

$$\frac{0.5 < f_2 / f_1 < 1.3}{1.25 < f_1 / f_w < 2.5}$$

を満足する、構成を採用することができる。

10

この構成によれば、特に  $2.5 \sim 3$  倍程度の変倍比が達成され、歪曲収差、倍率色収差、球面収差、非点収差が効率良く補正されて良好な光学性能が得られると共に、十分なテレセントリック性が得られて、特に小型化、薄型化を達成できる。

【0011】

上記構成において、第4レンズのアッベ数を 4、第5レンズのアッベ数を 5、第4レンズの物体側の面の曲率半径を  $R_7$ 、第5レンズの像面側の面の曲率半径を  $R_9$  とするとき、次の2つの条件式、

$$\frac{4 > 5}{1.0 < R_7 / R_9 < 3.0}$$

を満足する、構成を採用することができる。

20

この構成によれば、諸収差、特に色収差、球面収差を良好に補正することができる。

【0020】

上記構成において、第3レンズは、ガラスレンズに対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に樹脂層に対して非球面が形成されたハイブリッドレンズである、構成を採用することができる。

この構成によれば、仮にガラス材料あるいは樹脂材料(プラスチック)だけで非球面をもつ第3レンズを形成すると、使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、このようにガラスレンズに樹脂層を施して、この樹脂層に非球面を形成することにより、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができ、低コスト化を達成しつつ、色収差を良好に補正できる。

30

【0021】

上記構成において、樹脂層は、第3レンズの曲率半径が小さい方の面に接合されている、構成を採用することができる。

この構成によれば、諸収差、特に、球面収差を良好に補正することができる。

【0022】

上記構成において、第3レンズの樹脂層に形成された非球面は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されている、構成を採用することができる。

この構成によれば、諸収差、特に、球面収差を良好に補正することができる。

【0023】

上記構成において、第3レンズに関し、ガラスレンズと樹脂層が接合される面の曲率半径を  $R_{5a}$ 、非球面が形成される面の曲率半径を  $R_5$  とするとき、次の条件式、

$$\frac{0.7 < R_{5a} / R_5 < 2.0}{}$$

を満足する、構成を採用することができる。

40

この構成によれば、第3レンズにおける樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に、生産性を向上させることができる。

【0024】

上記構成において、第6レンズは、ガラスレンズに対して樹脂材料からなる樹脂層を接合すると共に樹脂層に対して非球面が形成されたハイブリッドレンズである、構成を採用することができる。

50

この構成によれば、仮にガラス材料あるいは樹脂材料（プラスチック）だけで非球面をもつ第6レンズを形成すると、使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、このようにガラスレンズに樹脂層を施して、この樹脂層に非球面を形成することにより、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができ、低コスト化を達成しつつ、色収差を良好に補正できる。

#### 【0025】

上記構成において、第6レンズの樹脂層に形成された非球面は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されている、構成を採用することができる。

この構成によれば、諸収差、特に、非点収差、コマ収差を良好に補正することができる。

10

#### 【0026】

上記構成において、第6レンズに関し、ガラスレンズと樹脂層が接合される面の曲率半径をR11a、非球面が形成される面の曲率半径をR11とするとき、次の条件式、

$$0.5 < R_{11a} / R_{11} < 2.0$$

を満足する、構成を採用することができる。

この構成によれば、第6レンズにおける樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に、生産性を向上させることができる。

20

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

上記構成をなす本発明のズームレンズによれば、小型化、薄型化、軽量化、低コスト化等が行え、諸収差が良好に補正された光学性能の高いズームレンズを得ることができる。

特に、約2.5～3倍程度のズーム倍率を有し、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面～像面）が35mm以下であるが故に小型化が行え、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群の厚み+第2レンズ群の厚み）の合計寸法が12mm以下であるが故に収納時の小型化及び薄型化が行え、バックフォーカスが5mm以上であるが故にローパスフィルタ等を容易に配置でき、広角端でのFナンバーが3.2程度と明るく、歪曲収差が5%

以下で諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適なズームレンズを得ることができる。

30

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0028】

以下、本発明の最良の実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

図1は、本発明に係るズームレンズの一実施形態を示す基本構成図である。この実施形態に係るズームレンズにおいては、図1に示すように、物体側から像面側に向けて、全体として負の屈折力をもつ第1レンズ群（I）と、全体として正の屈折力をもつ第2レンズ群（II）とが、順次に配列されている。

#### 【0029】

第1レンズ群（I）は、物体側から順に配列された、負の屈折力をもつ第1レンズ1と、正の屈折力をもつ第2レンズ2と、により形成されている。

40

第2レンズ群（II）は、物体側から順に配列された、正の屈折力をもつ第3レンズ3と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状にそれぞれ形成されかつ全体として負の屈折力をもつよう接合された正の屈折力をもつ第4レンズ及び負の屈折力をもつ第5レンズ5と、正の屈折力をもつ第6レンズ6と、により形成されている。

#### 【0030】

この配列構成において、第2レンズ群（II）（第6レンズ6）よりも像面側寄りには、赤外線カットフィルタ、ローパスフィルタ等のガラスフィルタ7,8が配置され、第2レンズ群（II）（第6レンズ6）とガラスフィルタ7との間には、光路を開閉するシャッタ（不図示）が配置されるようになっている。また、第2レンズ群（II）を保持する保持枠の最も物体側に位置する外縁部、すなわち、第3レンズ3の周りに位置する外縁部

50

により開口絞りが画定されるようになっている。

【0031】

上記構成において、第2レンズ群(II)は、光軸方向Lにおいて、像面側から物体側に移動して広角端から望遠端への変倍を行い、第1レンズ群(I)は、この変倍に伴う像面の変動を補正して焦点調整(合焦)を行うようになっている。

このように、ズームレンズが、2つのレンズ群(I, II)でかつ6枚のレンズ1~6により構成されているため、良好な光学性能が得られると共に、全長が短くなり、カメラ収納時(沈胴時)のサイズも小さくでき、小型化、薄型化を達成できる。

【0032】

ここで、第1レンズ群(I)の焦点距離をf1、第2レンズ群(II)の焦点距離はf2、広角端におけるレンズ全系の焦点距離をfw、望遠端におけるレンズ全系の焦点距離をft、中間領域におけるレンズ全系の焦点距離をfmで表す。

また、第1レンズ1ないし第6レンズ6、並びにガラスフィルタ7, 8においては、図1に示すように、物体側及び像面側のそれぞれの面をSi(i=1~15)、それぞれの面Siの曲率半径をRi(i=1~15)、d線に対する屈折率をNi及びアッペ数をai(i=1~8)で表す。

さらに、第1レンズ1~ガラスフィルタ8までのそれぞれの光軸方向Lにおける間隔(厚さ、空気間隔)を、Di(i=1~14)、バックフォーカスをBFで表す。

【0033】

第1レンズ1は、負の屈折力をもつように、物体側の面S1が凸状及び像面側の面S2aが凹状をなすメニスカス形状に形成されたガラスレンズに対して、曲率半径の小さい側の面S2aに樹脂材料からなる樹脂層を接合したハイブリッドレンズである。そして、樹脂層の像面側の面S2が非球面として形成されている。

尚、樹脂層に関して、屈折率をN1a、アッペ数を1a、光軸方向Lにおける厚みをD1aで表す。

このように、ガラスレンズに樹脂層を施し、この樹脂層に非球面を形成することにより、仮にガラス材料あるいは樹脂材料(プラスチック)だけで非球面をもつ第1レンズを形成すると、使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができる。したがって、コストをさらに低減でき、色収差をさらに良好に補正することができる。

ここで、樹脂層は、第1レンズ1の曲率半径が小さい方の面S2aに接合され、又、樹脂層に形成された非球面S2は、周辺部に向かうに連れて負の屈折力が弱くなる形状に形成されているため、諸収差、特に歪曲収差、非点収差を効率良く補正することができる。

【0034】

第2レンズ2は、ガラス材料を用いて、正の屈折力をもつように、物体側の面S3が凸状及び像面側の面S4が凹状をなすメニスカス形状に形成され、又、面S3, S4は共に球面として形成されている。

【0035】

第3レンズ3は、ガラス材料を用いて、正の屈折力をもつように、物体側の面S5が凸状及び像面側の面S6が凸状をなす両凸形状に形成され、又、物体側の面S5が非球面及び像面側の面S6が球面として形成されている。ここでは、非球面S5を設けたことにより、特に、球面収差を良好に補正することができる。

【0036】

第4レンズ4は、ガラス材料を用いて、正の屈折力をもつように、物体側の面S7が凸状及び像面側の面S8が凹状をなすメニスカス形状に形成され、又、面S7, S8は共に球面として形成されている。

第5レンズ5は、ガラス材料を用いて、負の屈折力をもつように、物体側の面S8が凸状及び像面側の面S9が凹状をなすメニスカス形状に形成され、又、面S8, S9は共に球面として形成されている。

そして、第4レンズ4と第5レンズ5とは、同一の曲率半径R8をなす面S8にて接合

10

20

30

40

50

された接合レンズとして形成され、全体として負の屈折力をもつように、物体側に凸面を向けたメニスカス形状をなしている。

#### 【0037】

第6レンズ6は、ガラス材料を用いて、正の屈折力をもつように、物体側の面S10が凸状及び像面側の面S11が凸状をなす両凸形状に形成され、又、物体側の面S10が球面及び像面側の面S11が非球面に形成されている。ここでは、非球面S11を設けたことにより、特に、非点収差、コマ収差を良好に補正することができる。

#### 【0038】

ここで、非球面を表す式としては、次式で規定される。

$$Z = C y^2 / [ 1 + ( 1 - C^2 y^2 )^{1/2} ] + D y^4 + E y^6 + F y^8 + G y^{10} + H y^{12} \quad 10$$

ただし、Z：非球面の頂点における接平面から、光軸Xからの高さがyの非球面上の点までの距離、y：光軸Lからの高さ、C：非球面の頂点における曲率(1/R)、：円錐定数、D, E, F, G, H：非球面係数である。

#### 【0039】

また、上記構成において、第1レンズ群(I)及び第2レンズ群(II)は、第1レンズ群(I)の焦点距離f1、第2レンズ群(II)の焦点距離f2、広角端におけるレンズ全系の焦点距離fwが、次の条件式(1)、(2)

$$(1) \quad 0.5 < f2 / f1 < 1.3$$

$$(2) \quad 1.25 < f1 / fw < 2.5$$

を満足するように構成されている。 20

条件式(1)は、第1レンズ群(I)と第2レンズ群(II)との適切な焦点距離の比を定めたものであり、上限値を超えると、特に歪曲収差、倍率色収差が大きくなつて補正が困難になり、一方、下限値を超えると、2.5～3倍程度の変倍比を達成するのが困難になる。

条件式(2)は、第1レンズ群(I)の適切な焦点距離を定めたものであり、上限値を越えると、2.5～3倍程度の変倍比を達成するにはレンズの全長を長くする必要があり、又、広角端での最外角光線が光軸Lから離れるため第1レンズ1の外径が大きくなつて、薄型化及び小型化が困難になり、一方、下限値を越えると、特に球面収差、非点収差の補正が困難になる。

すなわち、条件式(1), (2)を満たすことにより、2.5～3倍程度の変倍比が達成され、歪曲収差、倍率色収差、球面収差、非点収差が効率良く補正されて良好な光学性能が得られると共に、十分なテレセントリック性が得られて、特に小型化、薄型化を達成できる。 30

#### 【0040】

また、上記構成において、第2レンズ群(II)の一部をなす接合レンズすなわち第4レンズ4及び第5レンズ5については、第4レンズ4のアッベ数4、第5レンズ5のアッベ数5、第4レンズ4の物体側の面S7の曲率半径R7、第5レンズ5の像面側の面S9の曲率半径R9が、次の条件式(3)、(4)

$$(3) \quad 4 > 5$$

$$(4) \quad 1.0 < R7 / R9 < 3.0$$

を満足するように構成されている。 40

条件式(3)は、第4レンズ4と第5レンズ5とのアッベ数の関係を規定するものであり、条件式(3)を満たすことにより、特に色収差を良好に補正することができる。

条件式(4)は、接合レンズの物体側及び像面側の両面における曲率半径の関係を規定するものであり、条件式(4)を満たすことにより、特に球面収差を良好に補正することができる。

#### 【0041】

また、上記構成において、第1レンズ群(I)を構成する第1レンズ1及び第2レンズ2は、第1レンズ1のアッベ数1、第2レンズ2のアッベ数2、第1レンズ1と第2レンズ2との光軸方向Lにおける間隔D2、広角端におけるレンズ全系の焦点距離fwが

、次の条件式(5)、(6)

$$(5) \quad 1 - 2 > 1.0$$

$$(6) \quad D_2 / f_w > 0.2$$

を満足するように構成されている。

条件式(5)は、第1レンズ1と第2レンズ2とのアッペ数の関係を規定するものであり、条件式(5)を満たすことにより、特に、色収差を良好に補正することができる。

条件式(6)は、第1レンズ1と第2レンズ2との間隔を規定するものであり、特に、球面収差を良好に補正することができる。

#### 【0053】

さらに、第1レンズ1に関しては、ガラスレンズと樹脂層が接合される面S2aの曲率半径R2aと非球面が形成される面S2の曲率半径R2とが、次の条件式(7)

$$(7) \quad 1 < R_2a / R_2 < 1.5$$

を満足するように構成されている。

条件式(7)は、接合される面S2aと非球面S2とのそれぞれの曲率半径の適切な比を規定したものであり、上限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく厚くなつて、非球面の精度が悪化し、一方、下限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく薄くなつて、非球面の精度が悪化する。また、この範囲を逸脱すると、温度あるいは吸水等により形状に変化を生じ、さらには、使用される材料の量も増えてコスト増加を招く。

したがつて、条件式(7)を満たすことにより、第1レンズ1における樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面S2を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に、生産性を向上させることができる。

#### 【0054】

この実施形態の具体的な数値による構成を、実施例1として以下に示す。実施例1において、主な仕様諸元は表1に、種々の数値データ(設定値)は表2に、非球面に関する数値データは表3に、広角端、中間位置、望遠端におけるそれぞれのレンズ系の焦点距離f(fw, fm, ft)、光軸L上での面間隔D4, D11に関する数値データは表4にそれぞれ示される。

尚、実施例1において、条件式(1)ないし(7)の数値データは、(1)  $f_2 / f_1 = 0.827$ 、(2)  $f_1 / f_w = 1.853$ 、(3)  $f_4 = 38.0 > 5 = 23.8$ 、(4)  $R_7 / R_9 = 1.221$ 、(5)  $1 - 2 = 16.9$ 、(6)  $D_2 / f_w = 0.321$ 、(7)  $R_2a / R_2 = 1.231$ 、となる。

#### 【0055】

また、広角端、中間位置、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差に関する収差線図は、図2、図3、図4に示されるような結果となる。尚、図2ないし図4において、dはd線による収差、FはF線による収差、cはc線による収差をそれぞれ示し、又、SCは正弦条件の不満足量を示し、さらに、DSはサジタル平面での収差、DTはメリジオナル平面での収差を示す。

#### 【0056】

10

20

30

40

【表1】

物体距離 (mm)	無限 ( $\infty$ )	第2レンズ群 の厚み (mm)	5. 40
焦点距離 (mm)	4. 98～ 9. 20～ 13. 45	レンズ群の合 計寸法 (mm)	9. 70
Fナンバー	3. 24～ 4. 31～ 5. 42	バックフォー カス(空気換算) (mm)	7. 70～ 11. 19～ 14. 70
射出瞳位置 (mm)	-11. 77～ -15. 26～ -18. 77	画角 (2 $\omega$ )	61. 0°～ 34. 0°～ 23. 5°
最外角光線の 射出角度	11. 8°～ 11. 17°～ 9. 1°	焦点距離 f1 (mm)	-9. 228
レンズ全長 (mm)	19. 65～ 13. 16～ 10. 74	焦点距離 f2 (mm)	7. 634
レンズ系全長 (mm)	27. 83～ 24. 83～ 25. 92	広角端での焦 点距離 f w (mm)	4. 980
第1レンズ群 の厚み (mm)	4. 30		

10

20

30

【0057】

【表2】

面	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (d線)	アッペ数
S 1	R 1 24. 905	D 1 1. 250	N 1 1. 80610	v 1 40. 7
S 2 a	R 2 a 4. 113		N 1 a 1. 51313	v 1 a 53. 9
S 2 *	R 2 3. 340	D 1 a 0. 050		
			D 2 1. 600	
S 3	R 3 5. 831	D 3 1. 400	N 2 1. 84666	v 2 23. 8
S 4	R 4 10. 186			
		D 4 可変		
S 5 *	R 5 5. 940	D 5 1. 300	N 3 1. 48419	v 3 70. 0
S 6	R 6 -23. 449			
		D 6 0. 150		
S 7	R 7 3. 542	D 7 1. 200	N 4 1. 60342	v 4 38. 0
S 8	R 8 10. 100			
S 9	R 9 2. 900	D 8 0. 550	N 5 1. 84666	v 5 23. 8
S 10	R 10 13. 393	D 10 1. 300	N 6 1. 51450	v 6 63. 1
S 11 *	R 11 -10. 678			
		D 11 可変		
S 12	∞	D 12 0. 900	N 7 1. 51680	v 7 64. 2
S 13	∞			
		D 13 0. 500		
S 14	∞	D 14 0. 500	N 8 1. 51680	v 8 64. 2
S 15	∞			
		B F 0. 500		

\* 非球面

【0058】

10

20

30

40

【表3】

面	非球面係数	数値データ
S 2	$\epsilon$	0. 2230000
	D	0. 4103460 $\times 10^{-3}$
	E	0. 1086030 $\times 10^{-4}$
	F	-0. 1652350 $\times 10^{-5}$
	G	-0. 1854690 $\times 10^{-9}$
	H	-0. 3368230 $\times 10^{-8}$
S 5	$\epsilon$	1. 0000000
	D	-0. 7670420 $\times 10^{-3}$
	E	-0. 2741760 $\times 10^{-4}$
	F	-0. 1552780 $\times 10^{-5}$
	G	-0. 7294890 $\times 10^{-7}$
	H	0. 0
S 11	$\epsilon$	1. 0000000
	D	0. 1980620 $\times 10^{-3}$
	E	0. 5208730 $\times 10^{-5}$
	F	0. 2156490 $\times 10^{-6}$
	G	0. 5215280 $\times 10^{-8}$
	H	0. 0

【0059】

【表4】

	広角端	中間位置	望遠端
f (mm)	4. 98 (fw)	9. 20 (fm)	13. 45 (ft)
D4 (mm)	9. 950	3. 461	1. 043
D11 (mm)	5. 777	9. 269	12. 781

【0060】

以上述べたように、実施例1では、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面S1～像面）が27.83mm（広角端）～24.83mm（中間）～25.92mm（望遠端）、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群（I）の厚み+第2レンズ群（II）の厚み

10

20

30

40

50

) の合計寸法が 9.70 mm、バックフォーカス(空気換算)が 7.70 mm(広角端) ~ 11.19 mm(中間) ~ 14.70 mm(望遠端)、Fナンバーが 3.24(広角端) ~ 4.31(中間) ~ 5.42(望遠端)、歪曲収差が 5% 以下となり、諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズが得られる。

#### 【0061】

図5は、本発明に係るズームレンズの他の実施形態を示す基本構成図である。この実施形態に係るズームレンズは、前述の図1に示す実施形態(実施例1)と同一の構成をなすものであるため、構成についての説明を省略する。

この実施形態の具体的な数値による構成を、実施例2として以下に示す。実施例2において、主な仕様諸元は表5に、種々の数値データ(設定値)は表6に、非球面に関する数値データは表7に、広角端、中間位置、望遠端におけるそれぞれのレンズ系の焦点距離  $f$  ( $f_w$ ,  $f_m$ ,  $f_t$ )、光軸  $L$  上での面間隔  $D_4$ ,  $D_{11}$  に関する数値データは表8にそれぞれ示される。

尚、実施例2において、条件式(1)ないし(7)の数値データは、(1)  $f_2 / f_1 = 0.825$ 、(2)  $f_1 / f_w = 1.851$ 、(3)  $4 = 64.2 > 5 = 33.3$ 、(4)  $R_7 / R_9 = 1.136$ 、(5)  $1 - 2 = 16.9$ 、(6)  $D_2 / f_w = 0.313$ 、(7)  $R_{2a} / R_2 = 1.231$ 、となる。

#### 【0062】

また、広角端、中間位置、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差に関する収差線図は、図6、図7、図8に示されるような結果となる。尚、図6ないし図8において、dはd線による収差、FはF線による収差、cはc線による収差をそれぞれ示し、又、SCは正弦条件の不満足量を示し、さらに、DSはサジタル平面での収差、DTはメリジオナル平面での収差を示す。

#### 【0063】

10

20

【表5】

物体距離 (mm)	無限 ( $\infty$ )	第2レンズ群 の厚み (mm)	6. 68
焦点距離 (mm)	6. 40～ 12. 16～ 17. 92	レンズ群の合 計寸法 (mm)	11. 63
Fナンバー	3. 25～ 4. 42～ 5. 61	バックフォー カス (空気換算) (mm)	9. 78～ 14. 53～ 19. 28
射出瞳位置 (mm)	-15. 01～ -19. 76～ -24. 51	画角 (2 $\omega$ )	60. 9°～ 33. 1°～ 22. 7°
最外角光線の 射出角度	12. 1°～ 11. 1°～ 8. 9°	焦点距離 f1 (mm)	-11. 848
レンズ全長 (mm)	24. 33～ 15. 76～ 12. 70	焦点距離 f2 (mm)	9. 769
レンズ系全長 (mm)	34. 59～ 30. 77～ 32. 46	広角端での焦 点距離 fW (mm)	6. 400
第1レンズ群 の厚み (mm)	4. 95		

10

20

30

【0064】

【表6】

面	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (d線)	アッペ数
S1	R1 31.133	D1 1.200	N1 1.80610	v1 40.7
S2a	R2a 5.220		N1a 1.51313	v1a 53.9
S2*	R2 4.239	D1a 0.050		
			D2 2.000	
S3	R3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R4 13.163			
		D4 可変		
S5*	R5 7.613	D5 1.500	N3 1.51450	v3 63.1
S6	R6 -23.245			
		D6 0.150		
S7	R7 4.105	D7 1.600	N4 1.51680	v4 64.2
S8	R8 45.000		N5 1.80610	v5 33.3
S9	R9 3.612	D8 0.630		
			D9 1.300	
S10	R10 17.386	D10 1.500	N6 1.51450	v6 63.1
S11*	R11 -12.683			
		D11 可変		
S12	∞	D12 0.900	N7 1.51680	v7 64.2
S13	∞			
		D13 0.500		
S14	∞	D14 0.500	N8 1.51680	v8 64.2
S15	∞			
		BF 0.500		

\* 非球面

【0065】

10

20

30

40

【表7】

面	非球面係数	数値データ
S 2	$\epsilon$	0. 2248000
	D	$0. 1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0. 3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0. 2450000 \times 10^{-9}$
S 5	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$-0. 3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0. 7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 6992022 \times 10^{-8}$
	H	0. 0
S 11	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$0. 1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0. 1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0. 3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0. 5400299 \times 10^{-9}$
	H	0. 0

【0066】

【表8】

	広角端	中間位置	望遠端
f (mm)	6. 40 (f w)	12. 16 (f m)	17. 92 (f t)
D 4 (mm)	12. 700	4. 133	1. 074
D 11 (mm)	7. 860	12. 609	17. 358

【0067】

以上述べたように、実施例2では、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面S1～像面）が34.59mm（広角端）～30.77mm（中間）～32.46mm（望遠端）、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群（I）の厚み+第2レンズ群（II）の厚み

10

20

30

40

50

) の合計寸法が 11.63 mm、バックフォーカス(空気換算)が 9.78 mm(広角端) ~ 14.53 mm(中間) ~ 19.28 mm(望遠端)、F ナンバーが 3.25(広角端) ~ 4.42(中間) ~ 5.61(望遠端)、歪曲収差が 5% 以下となり、諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズが得られる。

【0068】

図9は、本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態を示す基本構成図である。この実施形態に係るズームレンズは、第3レンズ3をハイブリッドレンズにした以外は、前述の図1に示す実施形態(実施例1)と同一の構成をなすものである。したがって、前述の図1に示す実施形態と同一の構成については説明を省略する。

10

【0069】

すなわち、第3レンズ3は、図9に示すように、正の屈折力をもつように、物体側の面S5aが凸状及び像面側の面S6が凸状をなす両凸形状に形成されたガラスレンズに対して、曲率半径の小さい側の面S5aに樹脂材料からなる樹脂層を接合したハイブリッドレンズである。そして、樹脂層の物体側の面S5が非球面として形成されている。

尚、樹脂層に関して、屈折率をN3a、アッペ数を3a、光軸方向Lにおける厚みをD5aで表す。

【0070】

このように、ガラスレンズに樹脂層を施し、この樹脂層に非球面を形成することにより、仮にガラス材料あるいは樹脂材料(プラスチック)だけで非球面をもつ第3レンズを形成すると、使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができる。したがって、コストをさらに低減でき、色収差をさらに良好に補正することができる。

20

【0071】

ここで、樹脂層は、第3レンズ3の曲率半径が小さい方の面S5aに接合され、又、樹脂層に形成された非球面S5は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されているため、諸収差、特に球面収差を効率良く補正することができる。

【0072】

さらに、第3レンズ3に関しては、ガラスレンズと樹脂層が接合される面S5aの曲率半径R5aと非球面が形成される面S5の曲率半径R5とが、次の条件式(8)

30

$$(8) 0.7 < R5a / R5 < 2.0$$

を満足するように構成されている。

条件式(8)は、接合される面S5aと非球面S5とのそれぞれの曲率半径の適切な非を規定したものであり、上限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく薄くなってしまって、非球面の精度が悪化し、一方、下限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく厚くなってしまって、非球面の精度が悪化する。また、この範囲を逸脱すると、温度あるいは吸水等により形状に変化を生じ、さらには、使用される材料の量も増えてコスト増加を招く。

したがって、条件式(8)を満たすことにより、第3レンズ3における樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面S5を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に、生産性を向上させることができる。

40

【0073】

この実施形態の具体的な数値による構成を、実施例3として以下に示す。実施例3において、主な仕様諸元は表9に、種々の数値データ(設定値)は表10に、非球面に関する数値データは表11に、広角端、中間位置、望遠端におけるそれぞれのレンズ系の焦点距離f(fw, fm, ft)、光軸L上での面間隔D4, D11に関する数値データは表12にそれぞれ示される。

尚、実施例3において、条件式(1)ないし(8)の数値データは、(1)  $f2 / f1 = 0.825$ 、(2)  $f1 / fw = 1.851$ 、(3)  $4 = 64.2 > 5 = 50$

50

33.3、(4) R7/R9 = 1.136、(5) 1-2 = 16.9、(6) D2/  
 $f_w = 0.313$ 、(7) R2a/R2 = 1.231、(8) R5a/R5 = 1  
.00、となる。

## 【0074】

また、広角端、中間位置、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差に関する収差線図は、図10、図11、図12に示されるような結果となる。尚、図10ないし図12において、dはd線による収差、FはF線による収差、cはc線による収差をそれぞれ示し、又、SCは正弦条件の不満足量を示し、さらに、DSはサジタル平面での収差、DTはメリジオナル平面での収差を示す。

## 【0075】

## 【表9】

物体距離 (mm)	無限 ( $\infty$ )	第2レンズ群 の厚み (mm)	6. 68
焦点距離 (mm)	6. 40～ 12. 16～ 17. 92	レンズ群の合 計寸法 (mm)	11. 63
Fナンバー	3. 25～ 4. 42～ 5. 60	バックフォー カス(空気換算) (mm)	9. 78～ 14. 53～ 19. 28
射出瞳位置 (mm)	-15. 01～ -19. 76～ -24. 51	画角 (2 $\omega$ )	60. 9°～ 33. 1°～ 22. 7°
最外角光線の 射出角度	12. 1°～ 11. 1°～ 8. 9°	焦点距離 $f_1$ (mm)	-11. 848
レンズ全長 (mm)	24. 33～ 15. 76～ 12. 70	焦点距離 $f_2$ (mm)	9. 769
レンズ系全長 (mm)	34. 59～ 30. 77～ 32. 46	広角端での焦 点距離 $f_w$ (mm)	6. 400
第1レンズ群 の厚み (mm)	4. 95		

## 【0076】

10

20

30

40

【表 10】

面	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (d 線)	アッペ数
S 1	R 1 31. 133	D 1 1. 200	N 1 1. 80610	v 1 40. 7
S 2 a	R 2 a 5. 220		N 1 a 1. 51313	v 1 a 53. 9
S 2*	R 2 4. 239	D 1 a 0. 050		
		D 2 2. 000		
S 3	R 3 7. 404	D 3 1. 700	N 2 1. 84666	v 2 23. 8
S 4	R 4 13. 163			
		D 4 可変		
S 5*	R 5 7. 642	D 5 a 0. 050	N 3 a 1. 51313	v 3 a 53. 9
S 5 a	R 5 a 7. 642		N 3 1. 51680	v 3 64. 2
S 6	R 6 -23. 402	D 5 1. 450		
		D 6 0. 150		
S 7	R 7 4. 105	D 7 1. 600	N 4 1. 51680	v 4 64. 2
S 8	R 8 45. 000		N 5 1. 80610	v 5 33. 3
S 9	R 9 3. 612	D 8 0. 630		
		D 9 1. 300		
S 10	R 10 17. 386	D 10 1. 500	N 6 1. 51450	v 6 63. 1
S 11*	R 11 -12. 683			
		D 11 可変		
S 12	∞	D 12 0. 900	N 7 1. 51680	v 7 64. 2
S 13	∞			
		D 13 0. 500		
S 14	∞	D 14 0. 500	N 8 1. 51680	v 8 64. 2
S 15	∞			
		BF 0. 500		

\* 非球面

【0077】

【表 1 1】

面	非球面係数	数値データ
S 2	$\epsilon$	0. 2248000
	D	$0. 1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0. 3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0. 2450000 \times 10^{-9}$
S 5	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$-0. 3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0. 7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 6992022 \times 10^{-8}$
	H	0. 0
S 1 1	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$0. 1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0. 1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0. 3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0. 5400299 \times 10^{-9}$
	H	0. 0

【0078】

【表 1 2】

	広角端	中間位置	望遠端
f (mm)	6. 40 (f w)	12. 16 (f m)	17. 92 (f t)
D 4 (mm)	12. 700	4. 134	1. 075
D 1 1 (mm)	7. 861	12. 610	17. 359

【0079】

以上述べたように、実施例3では、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面S1～像面）が34.59mm（広角端）～30.77mm（中間）～32.46mm（望遠端）、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群（I）の厚み+第2レンズ群（II）の厚み

10

20

30

40

50

) の合計寸法が 11.63 mm、バックフォーカス(空気換算)が 9.78 mm(広角端) ~ 14.53 mm(中間) ~ 19.28 mm(望遠端)、Fナンバーが 3.25(広角端) ~ 4.42(中間) ~ 5.60(望遠端)、歪曲収差が 5% 以下となり、諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズが得られる。

【0080】

図13は、本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態を示す基本構成図である。この実施形態に係るズームレンズは、第6レンズ6をハイブリッドレンズにした以外は、前述の図1に示す実施形態(実施例1)と同一の構成をなすものである。したがって、前述の図1に示す実施形態と同一の構成については説明を省略する。

10

【0081】

すなわち、第6レンズ6は、図13に示すように、正の屈折力をもつように、物体側の面S10が凸状及び像面側の面S11aが凸状をなす両凸形状に形成されたガラスレンズに対して、像面側の面S11aに樹脂材料からなる樹脂層を接合したハイブリッドレンズである。そして、樹脂層の像面側の面S11が非球面として形成されている。

尚、樹脂層に関して、屈折率をN6a、アッペ数を6a、光軸方向Lにおける厚みをD10aで表す。

【0082】

このように、ガラスレンズに樹脂層を施し、この樹脂層に非球面を形成することにより、仮にガラス材料あるいは樹脂材料(プラスチック)だけで非球面をもつ第6レンズを形成すると、使用できるガラス材料あるいは樹脂材料の種類が限られてしまうが、ベースとなるガラスレンズとして種々のガラス材料を用いることができる。したがって、コストをさらに低減でき、色収差をさらに良好に補正することができる。

20

【0083】

ここで、樹脂層は、第6レンズ6の像面側の面S11aに接合され、又、樹脂層に形成された非球面S11は、周辺部に向かうに連れて正の屈折力が弱くなる形状に形成されているため、諸収差、特に非点収差、コマ収差を効率良く補正することができる。

【0084】

さらに、第6レンズ6に関しては、ガラスレンズと樹脂層が接合される面S11aの曲率半径R11aと非球面が形成される面S11の曲率半径R11とが、次の条件式(9)

30

$$(9) 0.5 < R_{11a} / R_{11} < 2.0$$

を満足するように構成されている。

条件式(9)は、接合される面S11aと非球面S11とのそれぞれの曲率半径の適切な比を規定したものであり、上限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく薄くなってしまって、非球面の精度が悪化し、一方、下限値を超えると、樹脂層の中心部の厚さに対して最も外側にある周辺部の厚さが著しく厚くなってしまって、非球面の精度が悪化する。また、この範囲を逸脱すると、温度あるいは吸水等により形状に変化を生じ、さらには、使用される材料の量も増えてコスト増加を招く。

したがって、条件式(9)を満たすことにより、第6レンズ6における樹脂層の形状が、温度変化に応じてあるいは吸水状態等に応じて変化するのを防止して、非球面S11を高精度に形成でき、諸収差を良好に補正することができると共に、生産性を向上させることができる。

40

【0085】

この実施形態の具体的な数値による構成を、実施例4として以下に示す。実施例4において、主な仕様諸元は表13に、種々の数値データ(設定値)は表14に、非球面に関する数値データは表15に、広角端、中間位置、望遠端におけるそれぞれのレンズ系の焦点距離f(fw, fm, ft)、光軸L上での面間隔D4, D11に関する数値データは表16にそれぞれ示される。

尚、実施例4において、条件式(1)ないし(7), (9)の数値データは、(1)  $f_2 / f_1 = 0.824$ 、(2)  $f_1 / f_w = 1.851$ 、(3)  $f_4 = 64.2$

50

> 5 = 33.3、(4) R7 / R9 = 1.136、(5) 1 - 2 = 16.9、(6)  
 ) D2 / fw = 0.313、(7) R2a / R2 = 1.231、(9) R11a /  
 R11 = 1.00、となる。

## 【0086】

また、広角端、中間位置、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差に関する収差線図は、図14、図15、図16に示されるような結果となる。尚、図14ないし図16において、dはd線による収差、FはF線による収差、cはc線による収差をそれぞれ示し、又、SCは正弦条件の不満足量を示し、さらに、DSはサジタル平面での収差、DTはメリジオナル平面での収差を示す。

## 【0087】

## 【表13】

物体距離 (mm)	無限 ( $\infty$ )	第2レンズ群 の厚み (mm)	6. 68
焦点距離 (mm)	6. 40～ 12. 16～ 17. 92	レンズ群の合 計寸法 (mm)	11. 63
Fナンバー	3. 25～ 4. 42～ 5. 60	バックフォー カス(空気換算) (mm)	9. 78～ 14. 53～ 19. 28
射出瞳位置 (mm)	-15. 01～ -19. 76～ -24. 50	画角 (2ω)	60. 9°～ 33. 1°～ 22. 7°
最外角光線の 射出角度	12. 1°～ 11. 1°～ 8. 9°	焦点距離 f1 (mm)	-11. 848
レンズ全長 (mm)	24. 33～ 15. 76～ 12. 70	焦点距離 f2 (mm)	9. 768
レンズ系全長 (mm)	34. 59～ 30. 77～ 32. 46	広角端での焦 点距離 fw (mm)	6. 400
第1レンズ群 の厚み (mm)	4. 95		

## 【0088】

10

20

30

40

【表 14】

面	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (d線)	アッベ数
S1	R 1 31.133	D1 1.200	N1 1.80610	v1 40.7
S2 a	R 2 a 5.220		N1 a 1.51313	v1 a 53.9
S2 *	R 2 4.239	D1 a 0.050		
			D2 2.000	
S3	R 3 7.404	D3 1.700	N2 1.84666	v2 23.8
S4	R 4 13.163			
		D4 可変		
S5 *	R 5 7.613	D5 1.500	N3 1.51450	v3 63.1
S6	R 6 -23.245			
		D6 0.150		
S7	R 7 4.105	D7 1.600	N4 1.51680	v4 64.2
S8	R 8 45.000		N5 1.80610	v5 33.3
S9	R 9 3.612	D8 0.630		
			D9 1.300	
S10	R 10 17.409	D10 1.450	N6 1.51680	v6 64.2
S11 a	R 11 a -12.771		N6 a 1.51313	v6 a 53.9
S11 *	R 11 -12.771	D10 a 0.050		
		D11 可変		
S12	∞	D12 0.900	N7 1.51680	v7 64.2
S13	∞			
		D13 0.500		
S14	∞	D14 0.500	N8 1.51680	v8 64.2
S15	∞			
		BF 0.500		

\* 非球面

【0089】

【表 15】

面	非球面係数	数値データ
S 2	$\epsilon$	0. 2248000
	D	$0. 1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0. 3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0. 2450000 \times 10^{-9}$
S 5	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$-0. 3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0. 7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 6992022 \times 10^{-8}$
	H	0. 0
S 11	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$0. 1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0. 1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0. 3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0. 5400299 \times 10^{-9}$
	H	0. 0

【0090】

【表 16】

	広角端	中間位置	望遠端
f (mm)	6. 40 (f w)	12. 16 (f m)	17. 92 (f t)
D 4 (mm)	12. 700	4. 134	1. 075
D 11 (mm)	7. 859	12. 608	17. 358

【0091】

以上述べたように、実施例4では、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面S1～像面）が34.59mm（広角端）～30.77mm（中間）～32.46mm（望遠端）、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群（I）の厚み+第2レンズ群（II）の厚み

10

20

30

40

50

) の合計寸法が 11.63 mm、バックフォーカス(空気換算)が 9.78 mm(広角端) ~ 14.53 mm(中間) ~ 19.28 mm(望遠端)、F ナンバーが 3.25(広角端) ~ 4.42(中間) ~ 5.60(望遠端)、歪曲収差が 5% 以下となり、諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズが得られる。

#### 【0092】

図17は、本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態を示す基本構成図である。この実施形態に係るズームレンズは、第3レンズ3及び第6レンズ6をハイブリッドレンズにした以外は、前述の図1に示す実施形態(実施例1)と同一の構成をなすものであり、前述の図1に示す実施形態(実施例1)に対して、前述の図9に示す実施形態(実施例3)及び図13に示す実施形態(実施例4)を採用したものであるため、構成については説明を省略する。

10

#### 【0093】

この実施形態の具体的な数値による構成を、実施例5として以下に示す。実施例5において、主な仕様諸元は表17に、種々の数値データ(設定値)は表18に、非球面に関する数値データは表19に、広角端、中間位置、望遠端におけるそれぞれのレンズ系の焦点距離  $f$  ( $f_w, f_m, f_t$ )、光軸  $L$  上での面間隔  $D_4, D_{11}$  に関する数値データは表20にそれぞれ示される。

尚、実施例5において、条件式(1)ないし(9)の数値データは、(1)  $f_2 / f_1 = 0.825$ 、(2)  $f_1 / f_w = 1.851$ 、(3)  $4 = 64.2 > 5 = 33.3$ 、(4)  $R_7 / R_9 = 1.136$ 、(5)  $1 - 2 = 16.9$ 、(6)  $D_2 / f_w = 0.313$ 、(7)  $R_{2a} / R_2 = 1.231$ 、(8)  $R_{5a} / R_5 = 1.00$ 、(9)  $R_{11a} / R_{11} = 1.00$ 、となる。

20

#### 【0094】

また、広角端、中間位置、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差に関する収差線図は、図18、図19、図20に示されるような結果となる。尚、図18ないし図20において、dはd線による収差、FはF線による収差、cはc線による収差をそれぞれ示し、又、SCは正弦条件の不満足量を示し、さらに、DSはサジタル平面での収差、DTはメリジオナル平面での収差を示す。

#### 【0095】

30

【表 17】

物体距離 (mm)	無限 ( $\infty$ )	第2レンズ群 の厚み (mm)	6. 68
焦点距離 (mm)	6. 40 ~ 12. 16 ~ 17. 92	レンズ群の合 計寸法 (mm)	11. 63
Fナンバー	3. 25 ~ 4. 42 ~ 5. 60	バックフォー カス (空気換算) (mm)	9. 78 ~ 14. 53 ~ 19. 28
射出瞳位置 (mm)	-15. 01 ~ -19. 75 ~ -24. 50	画角 (2 $\omega$ )	60. 9° ~ 33. 1° ~ 22. 7°
最外角光線の 射出角度	12. 1° ~ 11. 1° ~ 8. 9°	焦点距離 f1 (mm)	-11. 848
レンズ全長 (mm)	24. 33 ~ 15. 77 ~ 12. 71	焦点距離 f2 (mm)	9. 769
レンズ系全長 (mm)	34. 59 ~ 30. 77 ~ 32. 46	広角端での焦 点距離 fW (mm)	6. 400
第1レンズ群 の厚み (mm)	4. 95		

10

20

30

【0096】

【表 18】

面	曲率半径 (mm)	間隔 (mm)	屈折率 (d線)	アッペ数
S 1	R 1 31. 133	D 1 1. 200	N 1 1. 80610	$\nu$ 1 40. 7
S 2 a	R 2 a 5. 220	D 1 a 0. 050	N 1 a 1. 51313	$\nu$ 1 a 53. 9
S 2 *	R 2 4. 239	D 2 2. 000		
S 3	R 3 7. 404	D 3 1. 700	N 2 1. 84666	$\nu$ 2 23. 8
S 4	R 4 13. 163	D 4 可変		
S 5 *	R 5 7. 642	D 5 a 0. 050	N 3 a 1. 51313	$\nu$ 3 a 53. 9
S 5 a	R 5 a 7. 642	D 5 1. 450	N 3 1. 51680	$\nu$ 3 64. 2
S 6	R 6 -23. 402	D 6 0. 150		
S 7	R 7 4. 105	D 7 1. 600	N 4 1. 51680	$\nu$ 4 64. 2
S 8	R 8 45. 000	D 8 0. 630	N 5 1. 80610	$\nu$ 5 33. 3
S 9	R 9 3. 612	D 9 1. 300		
S 10	R 10 17. 409	D 10 1. 450	N 6 1. 51680	$\nu$ 6 64. 2
S 11 a	R 11 a -12. 771	D 10 a 0. 050	N 6 a 1. 51313	$\nu$ 6 a 53. 9
S 11 *	R 11 -12. 771	D 11 可変		
S 12	$\infty$	D 12 0. 900	N 7 1. 51680	$\nu$ 7 64. 2
S 13	$\infty$	D 13 0. 500		
S 14	$\infty$	D 14 0. 500	N 8 1. 51680	$\nu$ 8 64. 2
S 15	$\infty$	B F 0. 500		

\* 非球面

【0097】

【表19】

面	非球面係数	数値データ
S 2	$\epsilon$	0. 2248000
	D	$0. 1938790 \times 10^{-3}$
	E	$0. 3071690 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2910730 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 2641060 \times 10^{-10}$
	H	$-0. 2450000 \times 10^{-9}$
S 5	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$-0. 3255306 \times 10^{-3}$
	E	$-0. 7113555 \times 10^{-5}$
	F	$-0. 2522561 \times 10^{-6}$
	G	$-0. 6992022 \times 10^{-8}$
	H	0. 0
S 11	$\epsilon$	1. 0000000
	D	$0. 1000000 \times 10^{-3}$
	E	$0. 1480948 \times 10^{-5}$
	F	$0. 3706728 \times 10^{-7}$
	G	$0. 5400299 \times 10^{-9}$
	H	0. 0

【0098】

【表20】

	広角端	中間位置	望遠端
f (mm)	6. 40 (fw)	12. 16 (fm)	17. 92 (ft)
D 4 (mm)	12. 700	4. 135	1. 076
D 11 (mm)	7. 861	12. 609	17. 358

【0099】

以上述べたように、実施例5では、撮影時のレンズ系全長（第1レンズ群の前面S1～像面）が34.59mm（広角端）～30.77mm（中間）～32.46mm（望遠端）、各レンズ群の光軸上間隔（第1レンズ群（I）の厚み+第2レンズ群（II）の厚み

10

20

30

40

50

)の合計寸法が11.63mm、バックフォーカス(空気換算)が9.78mm(広角端)～14.53mm(中間)～19.28mm(望遠端)、Fナンバーが3.25(広角端)～4.42(中間)～5.60(望遠端)、歪曲収差が5%以下となり、諸収差が良好に補正されて光学性能が高く、高画素撮像素子に好適な薄型で小型のズームレンズが得られる。

【0100】

上記実施形態においては、第1レンズ1、第3レンズ3、第6レンズ6に非球面を設ける構成のみを示したが、非球面を設けない構成においても、負の屈折力をもつ第1レンズ群(I)及び正の屈折力をもつ第2レンズ群(II)を備え、かつ、第1レンズ群(I)が負の屈折力をもつ第1レンズ1及び正の屈折力をもつ第2レンズ2からなり、第2レンズ群(II)が正の屈折力をもつ第3レンズ3、負の屈折力をもつ接合レンズ(第4レンズ4及び第5レンズ5)、正の屈折力をもつ第6レンズ6からなる構成であれば、収納時の全長を短くでき、小型化、薄型化を達成することができる。

【産業上の利用可能性】

【0101】

以上述べたように、本発明のズームレンズは、所望の光学性能を確保しつつも、小型化、薄型化が達成されるため、特に画素数の多い固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図1】本発明に係るズームレンズの一実施形態(実施例1)を示す構成図である。

【図2】実施例1に係るズームレンズにおいて、広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図3】実施例1に係るズームレンズにおいて、中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図4】実施例1に係るズームレンズにおいて、望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図5】本発明に係るズームレンズの他の実施形態(実施例2)を示す構成図である。

【図6】実施例2に係るズームレンズにおいて、広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図7】実施例2に係るズームレンズにおいて、中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図8】実施例2に係るズームレンズにおいて、望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図9】本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態(実施例3)を示す構成図である。

【図10】実施例3に係るズームレンズにおいて、広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図11】実施例3に係るズームレンズにおいて、中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図12】実施例3に係るズームレンズにおいて、望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図13】本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態(実施例4)を示す構成図である。

【図14】実施例4に係るズームレンズにおいて、広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図15】実施例4に係るズームレンズにおいて、中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図16】実施例4に係るズームレンズにおいて、望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

10

20

30

40

50

【図17】本発明に係るズームレンズのさらに他の実施形態（実施例5）を示す構成図である。

【図18】実施例5に係るズームレンズにおいて、広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図19】実施例5に係るズームレンズにおいて、中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【図20】実施例5に係るズームレンズにおいて、望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差の各収差図を示す。

【符号の説明】

【0103】

I 第1レンズ群

I I 第2レンズ群

1 第1レンズ

2 第2レンズ

3 第3レンズ

4 第4レンズ

5 第5レンズ

6 第6レンズ

7, 8 ガラスフィルタ

D 1 ~ D 14 光軸上での間隔

B F バックフォーカス

R 1 ~ R 15 曲率半径

S 1 ~ S 15 面

L 光軸

f 1 第1レンズ群の焦点距離

f 2 第2レンズ群の焦点距離

f w 広角端におけるレンズ全系の焦点距離

1 第1レンズのアッペ数

2 第2レンズのアッペ数

4 第4レンズのアッペ数

5 第5レンズのアッペ数

D 2 第1レンズと第2レンズとの光軸方向における間隔

R 2 a 第1レンズの樹脂層が接合された面の曲率半径

R 2 樹脂層の非球面が形成された面の曲率半径

R 5 a 第3レンズの樹脂層が接合された面の曲率半径

R 5 樹脂層の非球面が形成された面の曲率半径

R 11 a 第6レンズの樹脂層が接合された面の曲率半径

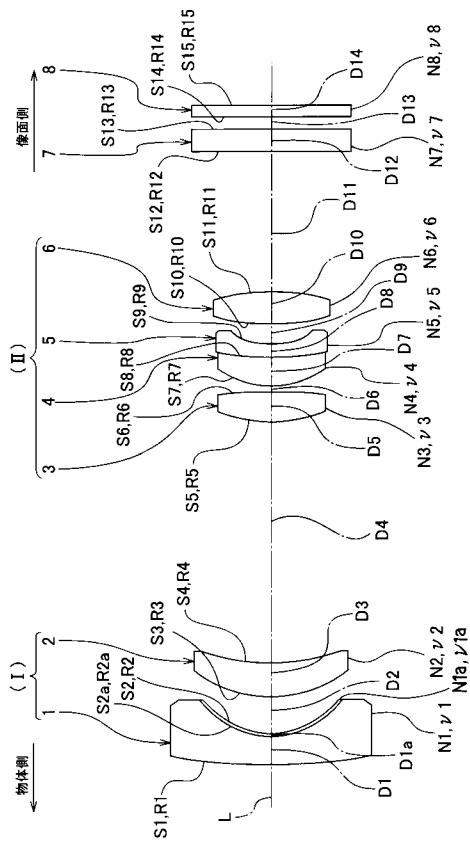
R 11 樹脂層の非球面が形成された面の曲率半径

10

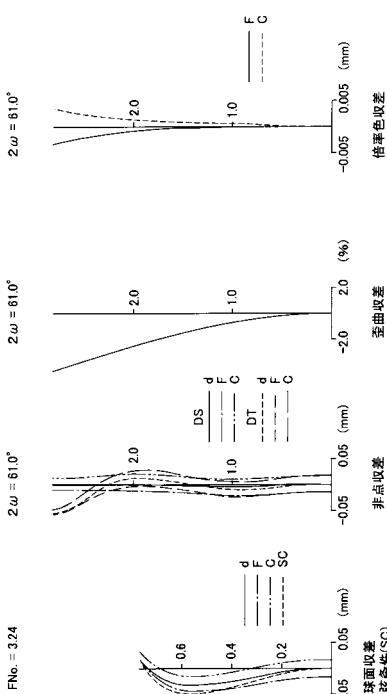
20

30

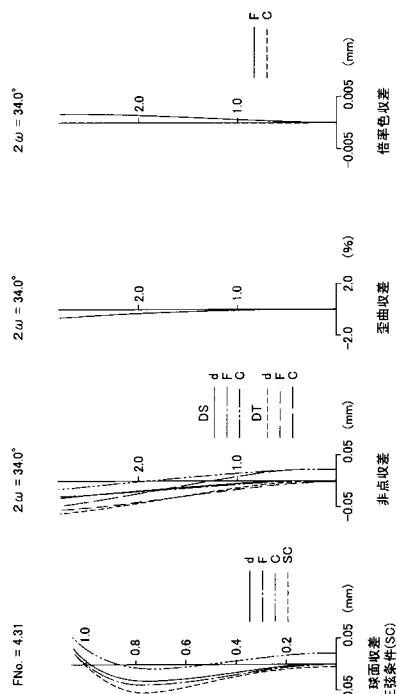
【図1】



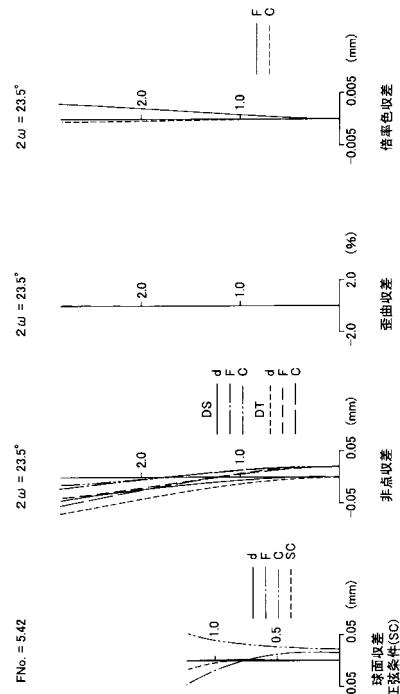
【図2】



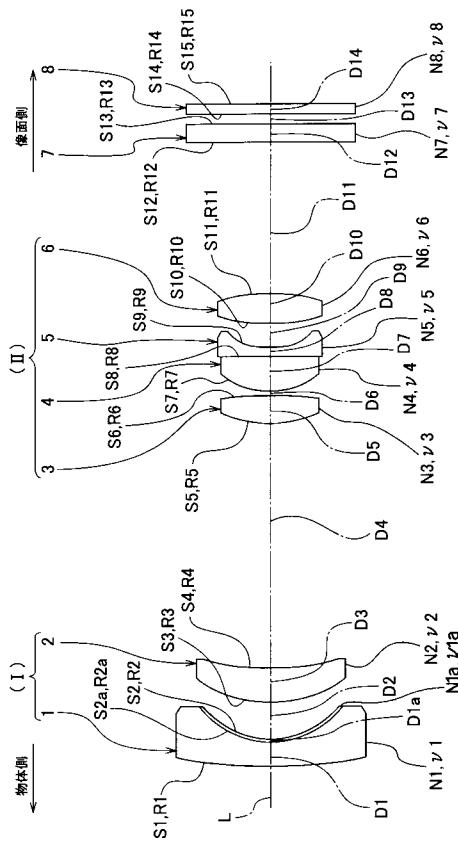
【図3】



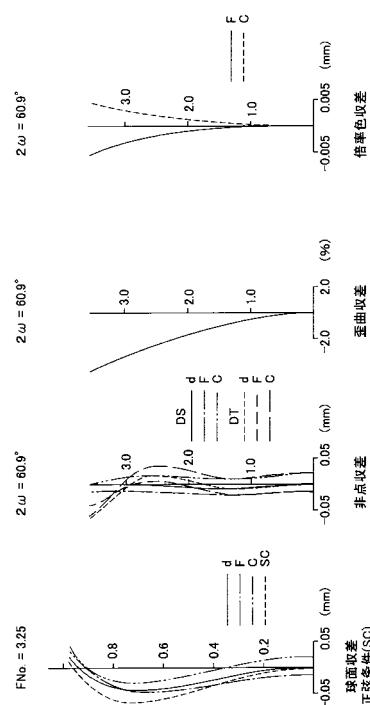
【図4】



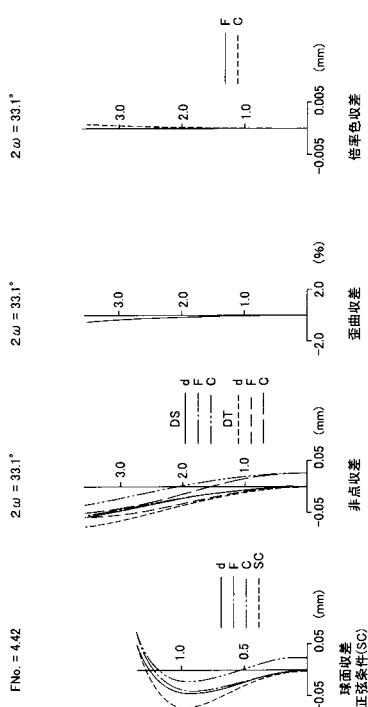
【図5】



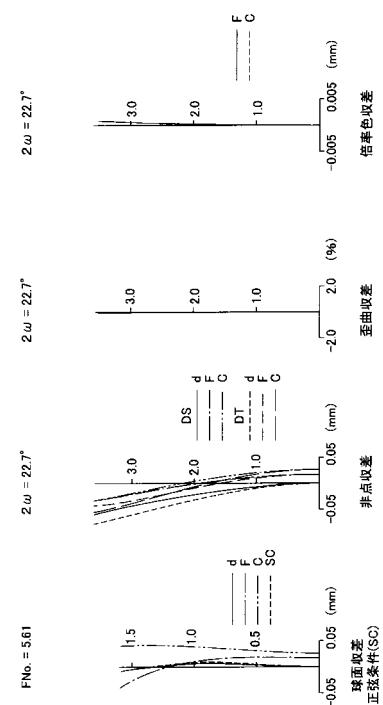
【図6】



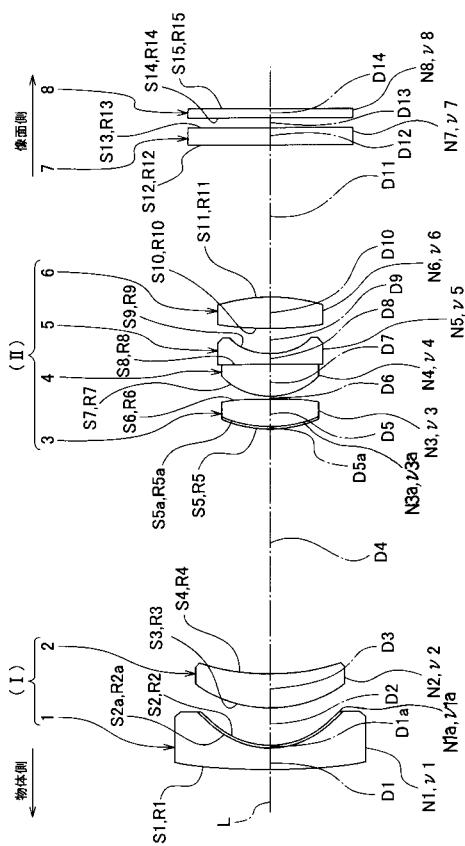
【図7】



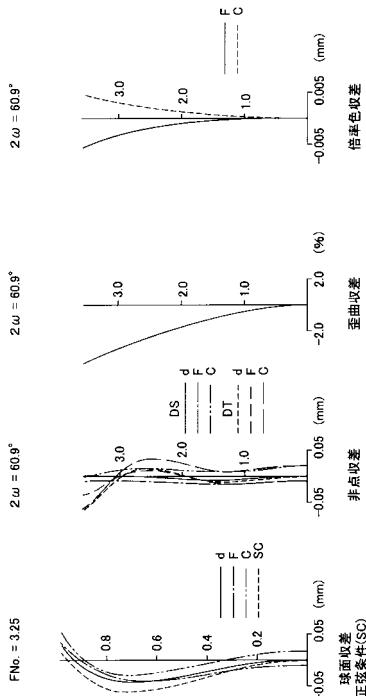
【図8】



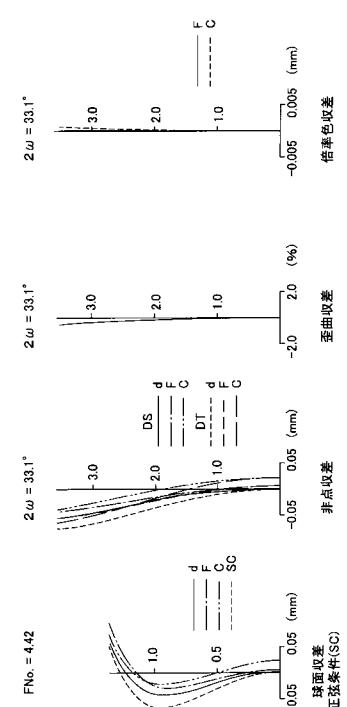
【図9】



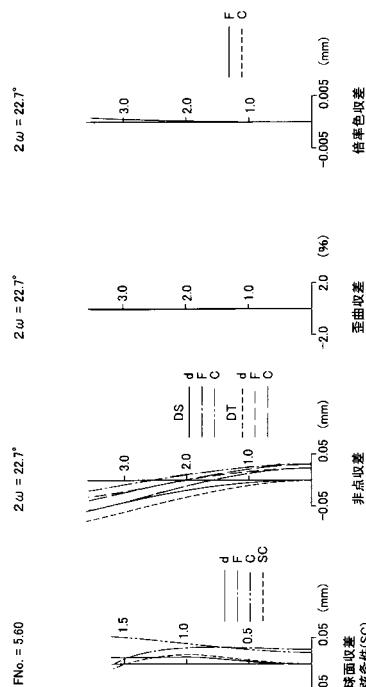
【図10】



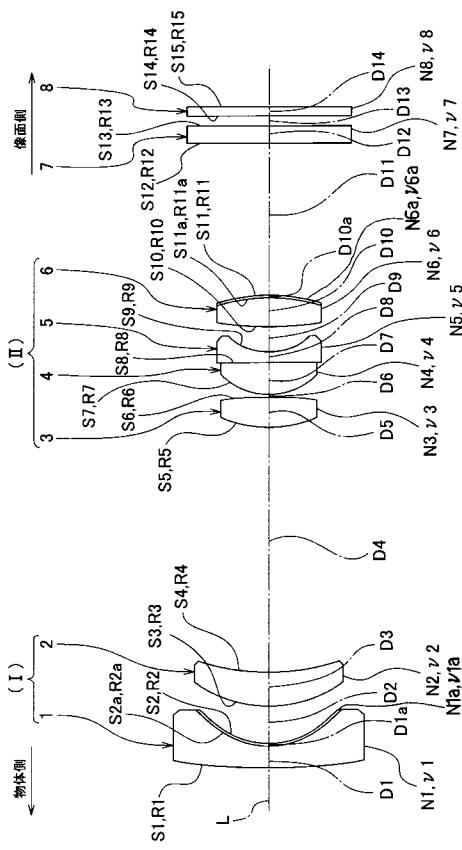
【図11】



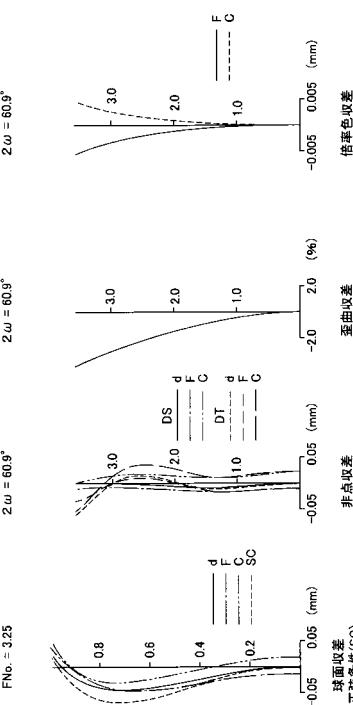
【図12】



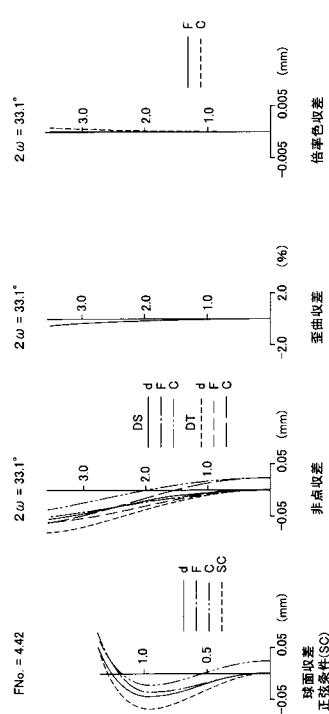
【図13】



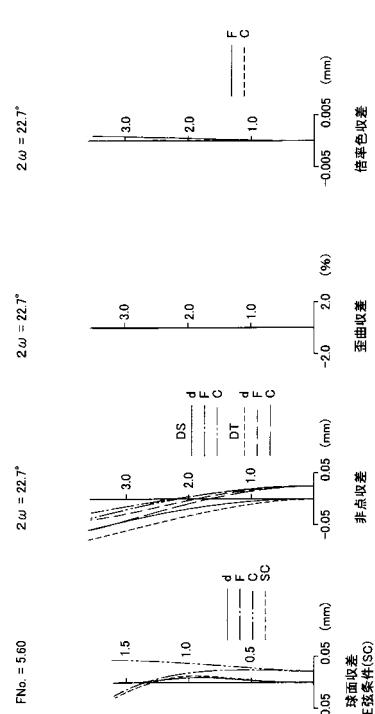
【図14】



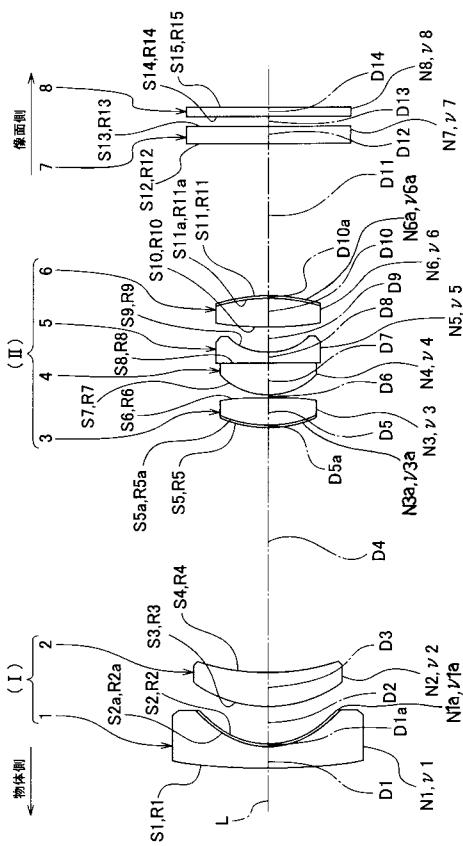
【図15】



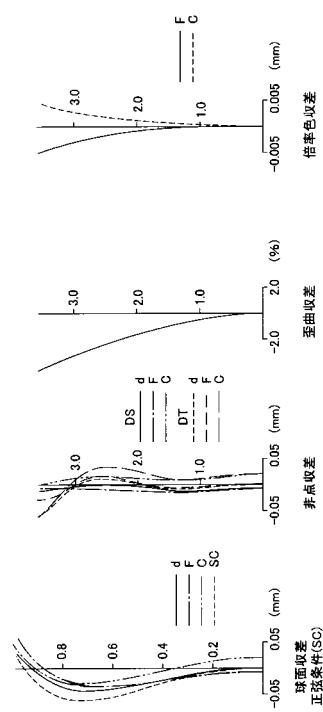
【図16】



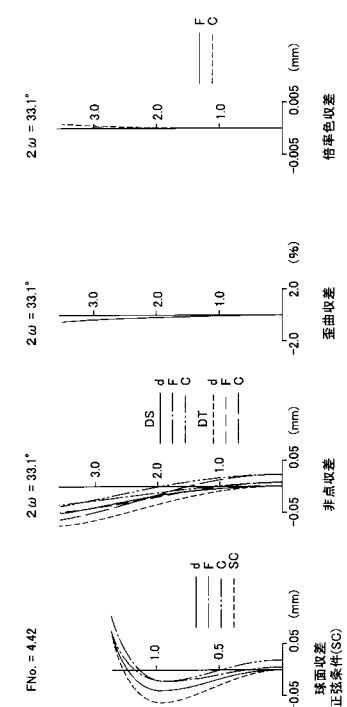
【図 1 7】



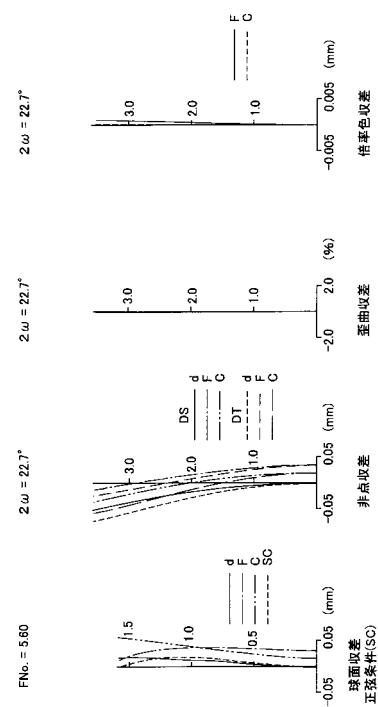
【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平3 - 282408 (JP, A)  
特開2003 - 84197 (JP, A)  
特開平8 - 334694 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4