

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7183456号
(P7183456)

(45)発行日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(24)登録日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 13/02 (2006.01) G 0 2 B 13/02

請求項の数 12 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-492(P2022-492)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和4年1月5日(2022.1.5)		キヤノン株式会社
(62)分割の表示	特願2017-223150(P2017-223150))の分割		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
原出願日	平成29年11月20日(2017.11.20)	(74)代理人	100126240
(65)公開番号	特開2022-33291(P2022-33291A)		弁理士 阿部 琢磨
(43)公開日	令和4年2月28日(2022.2.28)	(74)代理人	100124442
審査請求日	令和4年1月5日(2022.1.5)		弁理士 黒岩 創吾
		(72)発明者	齋藤 慎一郎
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			ヤノン株式会社内
		(72)発明者	中原 誠
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			ヤノン株式会社内
		(72)発明者	井上 卓
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系及びそれを有する撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、第3レンズ群から構成され、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レンズ群が像側へ移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系であって、

前記第1レンズ群は、最も物体側に配置された正レンズG1pと、前記正レンズG1pの像側に隣接して配置されたレンズG2と、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの中で最も物体側に配置された負レンズG1nを含み、
前記第2レンズ群は1枚の負レンズから成り、

前記光学系のバックフォーカスをBF、前記正レンズG1pの焦点距離をfG1p、前記負レンズG1nの焦点距離をfG1n、前記負レンズG1nの材料のアッベ数をdG1n、部分分散比をgFG1n、前記レンズG2の材料のアッベ数をdG2、部分分散比をgFG2としたとき、

$$0.02 < BF / fG1p < 0.14$$

$$2.00 < | fG1p / fG1n | < 10.00$$

$$20.0 < dG1n < 40.0$$

$$-0.1000 < gFG1n - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG1n^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG1n^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG1n + 0.7268) < -0.0010$$

$$0.0100 < gFG2 - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG2^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG2^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG2 + 0.7268) < -0.0010$$

10

20

$$\frac{5}{x} \times d_{G2}^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times (d_{G2} + 0.7268) < 0.1000$$

なる条件式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 G 1 p と前記レンズ G 2 の光軸上の距離を D 1 2、前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離を L D としたとき、

$$0.13 < D 1 2 / L D < 0.50$$

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。

【請求項 3】

前記レンズ G 2 は正の屈折力を有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。

10

【請求項 4】

前記レンズ G 2 の焦点距離を f G 2 としたとき、

$$0.05 < B F / f G 2 < 0.23$$

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 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記レンズ G 2 の焦点距離を f G 2 としたとき、

$$1.5 < f G 1 p / f G 2 < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 6】

$$d_{G2} > 73.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光学系。

20

【請求項 7】

前記第 1 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 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズを含み、前記第 3 レンズに含まれる正レンズの内、最も像側に配置された正レンズの焦点距離を f G k p、前記第 3 レンズに含まれる負レンズの内、最も像側に配置された負レンズの焦点距離を f G k n としたとき、

$$1.02 < | f G k p / f G k n | < 2.50$$

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 のいずれか一項に記載の光学系。

30

【請求項 9】

前記第 3 レンズ群は、最も像側に配置された正レンズ G k p と、前記正レンズ G k p の物体側に隣接して配置された負レンズ G k n を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記第 3 レンズ群は負の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか一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を有することを特徴とする撮像装置。

40

【請求項 12】

前記撮像装置における最大像高を I H としたとき、

$$0.05 < B F / I H < 2.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 11 に記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系及びそれを有する撮像装置に関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、放送用カメラ等の撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩写真フ

50

フィルムを用いたカメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

焦点距離の長い撮影光学系として、物体側に正の屈折力の光学系を配置し、像側に負の屈折力の光学系を配置した、いわゆるテレフォトタイプの撮影光学系が知られている。テレフォトタイプの撮影光学系は、例えば単焦点の超望遠レンズに用いられている。

【0003】

超望遠レンズでは、一般に、焦点距離が長くなるにつれて軸上色収差や倍率色収差が多く発生する。これらの色収差を良好に補正するための手法として、物体側に配置されるレンズの枚数を増やし、各レンズに色収差の補正作用を分担させることが知られている。しかしながら、超望遠レンズの物体側に配置されるレンズは有効径が大きくなりやすく、上述した手法により色収差の補正を図ると撮影光学系の重量が増大してしまう。

10

【0004】

特許文献1の撮影光学系では、最も物体側から連続して、低分散かつ異常分散性を有する材料から形成された正レンズを配置することで、軸上色収差や倍率色収差の補正を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2015-215561号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の光学系では、低分散かつ異常分散性を有する材料から形成された正レンズをできる限り物体側に配置することで色収差の補正を図っているが、これらの正レンズは有効径が大きくなるため、光学系を十分に軽量化することができていない。

【0007】

光学系の更なる軽量化を実現するためには、正レンズのみならず、負レンズについても適切な材料や配置を見出すことが重要である。

【0008】

本発明は、小型であり、かつ色収差等の収差が良好に補正された光学系及びそれを有する撮像装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の光学系は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、第3レンズ群から構成され、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レンズ群が像側へ移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する光学系であって、前記第1レンズ群は、最も物体側に配置された正レンズG1pと、前記正レンズG1pの像側に隣接して配置されたレンズG2と、前記第1レンズ群に含まれる負レンズの中で最も物体側に配置された負レンズG1nを含み、前記第2レンズ群は1枚の負レンズから成り、前記光学系のバックフォーカスをBF、前記正レンズG1pの焦点距離をfG1p、前記負レンズG1nの焦点距離をfG1n、前記負レンズG1nの材料のアッペ数をdG1n、部分分散比をgFG1n、前記レンズG2の材料のアッペ数をdG2、部分分散比をgFG2としたとき、

$$0.02 < BF / fG1p < 0.14$$

$$2.00 < |fG1p / fG1n| < 10.00$$

$$20.0 < dG1n < 40.0$$

$$-0.1000 < gFG1n - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG1n^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG1n^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG1n + 0.7268) < -0.0$$

$$010$$

40

50

$$\frac{0.0100 < \frac{gFG2 - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG2^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG2^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG2 + 0.7268)}{0.1000}}{5} < 0.1000$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、小型であり、かつ色収差等の収差が良好に補正された光学系を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1の光学系のレンズ断面図である。

10

【図2】無限遠に合焦しているときにおける実施例1の光学系の収差図である。

【図3】実施例2の光学系のレンズ断面図である。

【図4】無限遠に合焦しているときにおける実施例2の光学系の収差図である。

【図5】実施例3の光学系のレンズ断面図である。

【図6】無限遠に合焦しているときにおける実施例3の光学系の収差図である。

【図7】撮像装置の要部概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、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、添付の図面に基づいて詳細に説明する。各実施例の光学系は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群から構成される。フォーカシングに際して第2レンズ群が移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。ここでレンズ群とは、フォーカシングに際して一体的に移動するレンズ要素であって、1枚以上のレンズを有していればよく、複数枚のレンズを有していなくてもよい。

20

【0013】

図1、3、5は、それぞれ実施例1乃至3の光学系の断面図である。各実施例の光学系はビデオカメラやデジタルカメラ、銀塩フィルムカメラ、テレビカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。またレンズ断面図において、jを物体側から像側へのレンズ群の順番とするとB_jは第jレンズ群を示す。

30

【0014】

各実施例において、SPは開口絞りである。各実施例の光学系では、開口絞りSPは、第1レンズ群B₁と第2レンズ群B₂の間に配置されている。

【0015】

IPは像面である。ビデオカメラやデジタルカメラの撮像光学系として光学系を使用する際には、像面IPはCCDセンサやCMOSセンサといった固体撮像素子（光電変換素子）に相当する。銀塩フィルムカメラの撮像光学系として各実施例の光学系を使用する際には、像面IPはフィルム面に相当する。

【0016】

図2、4、6は、それぞれ無限遠合焦時の実施例1乃至3の光学系の収差図である。

40

【0017】

球面収差図においてF_{no}はFナンバーであり、d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）に対する球面収差を示している。非点収差図においてSはサジタル像面における非点収差量、Mはメリディオナル像面における非点収差量を示している。歪曲収差はd線について示している。色収差図ではg線における色収差を示している。は撮像半画角である。

【0018】

各実施例の光学系では、レンズ断面図中の矢印で示すように、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群B₂が像側へ移動し、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。すなわち、各実施例の光学系において第2レンズ群B₂がフォーカス群に相当する。

50

【 0 0 1 9 】

また、各実施例の光学系では、光学系の一部のレンズを防振群として、防振群を光軸と垂直方向の成分を持つ方向に移動させることにより結像位置を変化させることができる。これにより像ぶれ補正を行うことができる。第1レンズ群B1、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3のいずれかのレンズ群を防振群としても良いし、特定のレンズ群に含まれる一部のレンズを防振群としても良い。

【 0 0 2 0 】

各実施例の光学系では、第1レンズ群B1に含まれる負レンズに、高分散かつ異常分散性の高い材料を用いることで色収差を良好に補正している。従来の超望遠レンズでは、第1レンズ群B1に含まれる正レンズの材料を適切に設定することで色収差の発生量を低減させており、第1レンズ群B1に含まれる負レンズによる色収差の補正効果は十分ではなかった。そこで、各実施例の光学系では、第1レンズ群B1に含まれる負レンズに高分散かつ異常分散性の高い材料を用いることで、第1レンズ群B1に含まれる負レンズにおける色収差の補正効果を高め、光学系全体での色収差を良好に補正している。

10

【 0 0 2 1 】

ここで、光学系における色収差の補正に関連するパラメータとして、アッペ数 d 、部分分散比 gF が知られている。 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 N_g 、 N_F 、 N_C 、 N_d とするとき、アッペ数 d 、部分分散比 gF はそれぞれ、以下の式で表される。

20

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

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

【 0 0 2 2 】

一般に、全体として正の屈折力を有するレンズ群の中に配置された負レンズの材料として高分散の材料を用いることで、1次の色収差の補正効果を得ることができる。また、全体として正の屈折力を有するレンズ群の中に配置された負レンズの材料として異常分散性の高い材料を用いることで、2次の倍率色収差を良好に補正することができる。

【 0 0 2 3 】

ここで、レンズに用いられる材料の異常分散性について説明する。本願明細書では、異常分散性の強さの指標 gF を以下の式で定義する。

30

$$gF = gF - (-1.665 \times 10^{-7} \times d^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times d^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times d + 0.7268)$$

【 0 0 2 4 】

多くの光学材料では、 gF の値はゼロ近傍の値となる。 gF の値がゼロから離れるほど、異常分散性の高い材料となる。

【 0 0 2 5 】

光学系のバックフォーカスをBF、第1レンズ群B1に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズG1pの焦点距離を f_{G1p} とする。また、第1レンズ群B1に含まれる負レンズの中で最も物体側に配置された負レンズG1nの焦点距離、アッペ数、部分分散比をそれぞれ f_{G1n} 、 d_{G1n} 、 $gFG1n$ としたとき、各実施例の光学系は、以下の式(1)乃至(4)を満足する。

40

$$0.02 < BF / f_{G1p} < 0.14 \quad (1)$$

$$2.00 < |f_{G1p} / f_{G1n}| < 10.00 \quad (2)$$

$$20.00 < d_{G1n} < 40.00 \quad (3)$$

$$-0.1000 < gFG1n - (-1.665 \times 10^{-7} \times d_{G1n}^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times d_{G1n}^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times d_{G1n} + 0.7268) < -0.0010 \quad (4)$$

【 0 0 2 6 】

条件式(1)は、光学系のバックフォーカスと正レンズG1pの焦点距離の関係を規定するものである。条件式(1)を満たすことで、全長の短い小型な光学系を実現できる。

50

条件式(1)の上限値を上回ると、バックフォーカスが長くなりすぎる結果、光学系や光学系が装着される撮像装置が光軸方向に大型化してしまうため好ましくない。また、条件式(1)の下限値を下回ると、バックフォーカスが短くなりすぎる。この場合、光学系の最も像側に配置されるレンズの径が大きくなりすぎ、撮像装置に光学系を装着するためのマウントの径が大型化してしまう。結果として、光学系や撮像装置を小型かつ軽量に構成することが困難となる。また、条件式(1)の下限値を下回るほどにバックフォーカスを小さくしつつ光学系の最終レンズの径を小さくしようとすると、撮像素子への光線入射角が大きくなる結果、特に画像の周辺で画質が低下しやすくなるため好ましくない。

【0027】

条件式(2)は、正レンズG1pの焦点距離 f_{G1p} と負レンズG1nの焦点距離 f_{G1n} の比を規定した条件式である。条件式(2)の下限値を下回って正レンズG1pの焦点距離 f_{G1p} が短くなると、正レンズG1pの屈折力が強くなり過ぎて、正レンズG1pにおいて軸上色収差が多く発生するため好ましくない。正レンズG1pで発生した軸上色収差を第1レンズ群B1に含まれる負レンズで補正するためには、負レンズの枚数を増やす必要性が生じ、光学系の重量化を招くため好ましくない。

10

【0028】

また、条件式(2)の上限値を上回って正レンズG1pの焦点距離 f_{G1p} が長くなると、正レンズG1pの屈折力が弱くなり過ぎる。その結果、正レンズG1pにおいて光を十分に収斂させることができず、正レンズG1pの像側に配置されたレンズの有効径が大きくなり、光学系の重量化を招くため好ましくない。

20

【0029】

条件式(3)は、負レンズG1nの材料のアッベ数 d_{G1n} を規定した条件式である。正の屈折力の第1レンズ群B1に含まれる負レンズG1nの材料として、高分散の材料を用いることで1次の色収差を良好に補正することができる。条件式(3)の下限値を下回ると、負レンズG1nにおいて倍率色収差が過剰に補正されてしまうため好ましくない。また、条件式(3)の上限値を上回ると、負レンズG1nにおいて倍率色収差を十分に補正することが困難になるため、好ましくない。

【0030】

条件式(4)は、負レンズG1nの材料の異常分散性 g_{FG1n} を規定した条件式である。異常分散性の高い材料を用いて負レンズG1nを構成することで、2次の倍率色収差の補正効果を高めることができる。条件式(4)の下限値を下回る材料は、撮影光学系としての実用性が乏しくなる。負レンズG1nの材料として、条件式(4)の上限値を上回る材料を用いると、2次の倍率色収差を十分に補正することが困難になるため好ましくない。

30

【0031】

なお、各実施例の光学系では光学系全体の収差補正のバランスを考慮した結果、負レンズG1nを構成する材料としてNBFD15(HOYA株式会社製。 $d = 33.27$ 、 $g_F = 0.5883$ 、 $g_F = -0.0019$)を用いている。なお、本発明の負レンズG1nは式(3)、(4)を共に満足する材料から構成されていれば良い。式(3)、(4)を共に満たす材料としては、例えばS-LAH79(株式会社OHARA製。 $d = 28.27$ 、 $g_F = 0.5980$ 、 $g_F = -0.0068$)がある。また、S-NBH56(株式会社OHARA製。 $d = 24.80$ 、 $g_F = 0.6122$ 、 $g_F = -0.0039$)等でも良い。

40

【0032】

各実施例では以上説明したように、条件式(1)~(4)を満足するように各要素を適切に設定している。これにより小型であり、色収差等の収差が良好に補正された光学系を得ることができる。

【0033】

なお、各実施例において、好ましくは、条件式(1)~(4)の数値範囲を次のように設定するのが良い。

50

$$0.02 < BF / f_{G1p} < 0.11 \quad (1a)$$

$$2.50 < |f_{G1p} / f_{G1n}| < 8.00 \quad (2a)$$

$$21.00 < d_{G1n} < 39.00 \quad (3a)$$

$$-0.0300 < g_{FG1n} - (-1.665 \times 10^{-7} \times d_{G1n}^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times d_{G1n}^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times d_{G1n} + 0.7268) < -0.0013 \quad (4a)$$

【0034】

また、さらに好ましくは、条件式(1)～(4)の数値範囲を次のように設定するのが良い。

$$0.04 < BF / f_{G1p} < 0.09 \quad (1b)$$

$$2.20 < |f_{G1p} / f_{G1n}| < 7.00 \quad (2b)$$

$$23.00 < d_{G1n} < 36.00 \quad (3b)$$

$$-0.0020 < g_{FG1n} - (-1.665 \times 10^{-7} \times d_{G1n}^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times d_{G1n}^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times d_{G1n} + 0.7268) < -0.0015 \quad (4b)$$

【0035】

このように、負レンズG1nの材料として異常分散性の高い材料を用いることで、第1レンズ群B1に含まれる正レンズを比較的像側に配置することができる。これにより、第1レンズ群B1の重量を効果的に低減させることができ、光学系の小型化と色収差の良好な補正を両立させることができる。

【0036】

さらに、各実施例において、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。

$$0.13 < D12 / LD < 0.50 \quad (5)$$

$$1.50 < f_{G1p} / f_{G2} < 5.00 \quad (6)$$

$$d_{G2} > 73.00 \quad (7)$$

$$0.0100 < g_{FG2} - (-1.665 \times 10^{-7} \times d_{G2}^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times d_{G2}^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times d_{G2} + 0.7268) < 0.1000 \quad (8)$$

$$0.05 < BF / IH < 2.20 \quad (9)$$

$$0.05 < BF / f_{G2} < 0.23 \quad (10)$$

$$1.02 < |f_{Gkp} / f_{Gkn}| < 2.50 \quad (11)$$

【0037】

ここで、第1レンズ群B1の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離をLDとする。また、正レンズG1pの像側に隣接して配置されたレンズG2と正レンズG1pの光軸上の距離をD12、レンズG2の焦点距離をfG2、レンズG2の材料のアッペ数をdG2、レンズG2の材料の部分分散比をgFG2とする。

【0038】

また、IHを最大像高とする。なお、最大像高IHは、出力画像の形成に用いられる撮像素子の使用範囲の対角長の半分の長さを指す。

【0039】

また、第3レンズ群B3に含まれる正レンズの内最も像側に配置された正レンズの焦点距離をfGkp、第3レンズ群B3に含まれる負レンズの内最も像側に配置された負レンズの焦点距離をfGknとする。

【0040】

条件式(5)は、正レンズG1pと、正レンズG1pの像側に隣接して配置されたレンズG2との光軸上の距離D12と、レンズ全長LDの比を規定した式である。条件式(5)の下限値を下回って、正レンズG1pとレンズG2の距離D12が短くなると、レンズG2の有効径が大きくなり、レンズG2の重量が増大するため好ましくない。条件式(5)の上限値を上回って、正レンズG1pとレンズG2の距離D12が長くなると、正レンズG1pで発生する球面収差や色収差をレンズG2以降のレンズで補正することが困難になるため好ましくない。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

また、レンズG 2は、正の屈折力を有することが好ましい。光学系の最も物体側から連続して2枚の正レンズを配置することで、レンズを通過する光線を大きく収斂させることができ、結果として、レンズG 2よりも像側に配置されるレンズの有効径を小さくすることができる。これにより、光学系全系のさらなる軽量化を実現することができる。

【 0 0 4 2 】

条件式(6)は、正レンズG 1 pの焦点距離 $f_{G 1 p}$ とレンズG 2の焦点距離 $f_{G 2}$ の比を規定した条件式である。条件式(6)の下限値を下回って正レンズG 1 pの焦点距離 $f_{G 1 p}$ が短くなると、正レンズG 1 pの屈折力が強くなり過ぎて、正レンズG 1 pにおいて軸上色収差が多く発生するため好ましくない。正レンズG 1 pで発生した軸上色収差を第1レンズ群B 1に含まれる負レンズで補正するためには、負レンズの枚数を増やす必要性が生じ、光学系の重量化を招くため好ましくない。

10

【 0 0 4 3 】

また、条件式(6)の上限値を上回って正レンズG 1 pの焦点距離 $f_{G 1 p}$ が長くなると、正レンズG 1 pの屈折力が弱くなり過ぎる。その結果、正レンズG 1 pにおいて光を十分に収斂させることができず、正レンズG 1 pの像側に配置されたレンズの有効径が大きくなり、光学系の重量化を招くため好ましくない。

【 0 0 4 4 】

条件式(7)は、レンズG 2の材料のアッベ数 $d_{G 2}$ を規定する条件式である。条件式(7)の下限値を下回って、アッベ数 $d_{G 2}$ が小さくなると、レンズG 2において色収差が多く発生するため好ましくない。

20

【 0 0 4 5 】

条件式(8)は、レンズG 2の材料の異常分散性を規定した条件式である。異常分散性の高い材料を用いてレンズG 2を構成することで、2次の倍率色収差の補正効果を高めることができる。条件式(8)の下限値を下回る材料は、撮影光学系に用いられる光学材料としての実用性が乏しくなる。レンズG 2の材料として、条件式(8)の上限値を上回る材料を用いると、2次の倍率色収差を十分に補正することが困難になるため好ましくない。

【 0 0 4 6 】

なお、各実施例の光学系では光学系全体の収差補正のバランスを考慮した結果、レンズG 2を構成する材料としてF C D 1 0 0 (H O Y A 株式会社製。 $d = 95.10$ 、 $g_F = 0.5334$ 、 $g_F = 0.0162$)を用いている。なお、式(3)、(4)を共に満たす他の材料としては、例えばS - F P L 5 3 (株式会社O H A R A 製。 $d = 94.93$ 、 $g_F = 0.5340$ 、 $g_F = 0.0168$)がある。また、S - F P L 5 1 (株式会社O H A R A 製。 $d = 81.54$ 、 $g_F = 0.5375$ 、 $g_F = 0.0168$)等でも良い。

30

【 0 0 4 7 】

条件式(9)は、光学系のバックフォーカスと最大像高との関係式である。条件式(9)の上限値を上回ると、全長が長くなりすぎて、光学系を保持するメカ部材(鏡筒等)の重量が大きくなってしまい、光学系の軽量化が困難になる。また、条件式(9)の下限値を下回ると、バックフォーカスが短くなりすぎる。この場合、光学系の最も像側に配置されるレンズの径が大きくなりすぎ、撮像装置に光学系を装着するためのマウントの径が大型化してしまう。結果として、光学系や撮像装置を小型かつ軽量に構成することが困難となる。また、条件式(9)の下限値を下回るほどにバックフォーカスを小さくしつつ光学系の最終レンズの径を小さくしようとする、撮像素子への光線入射角が大きくなる結果、特に画像の周辺で画質が低下しやすくなるため好ましくない。

40

【 0 0 4 8 】

条件式(10)は、光学系のバックフォーカスとレンズG 2の焦点距離との関係式である。条件式(10)の上限値を上回ると、全長が長くなりすぎて、光学系を保持するメカ部材(鏡筒等)の重量が大きくなってしまい、光学系の軽量化が困難になる。また、条件式(10)の下限値を下回ると、バックフォーカスが短くなりすぎる。この場合、光学系

50

の最も像側に配置されるレンズの径が大きくなりすぎ、撮像装置に光学系を装着するためのマウントの径が大型化してしまう。結果として、光学系や撮像装置を小型かつ軽量に構成することが困難となる。また、条件式(10)の下限値を下回るほどにバックフォーカスを小さくしつつ光学系の最終レンズの径を小さくしようとすると、撮像素子への光線入射角が大きくなる結果、特に画像の周辺で画質が低下しやすくなるため好ましくない。

【0049】

条件式(11)は、第3レンズ群B3の正レンズのうち、最も像側に位置する正レンズGkpと、負レンズのうち、最も像側に位置する負レンズGknの焦点距離の関係を規定したものである。条件式(11)を満足することで、歪曲収差、倍率色収差を良好に補正しつつ、光学系の全長を短縮することができる。

10

【0050】

条件式(11)の上限値を超える場合、光学系の全長の短縮には有利だが、歪曲収差や倍率色収差の補正が不十分となり易く好ましくない。

【0051】

条件式(11)の下限値を超えると、像面湾曲や歪曲収差が大きくなるため好ましくない。

【0052】

好ましくは、条件式(5)~(11)の数値範囲を次のように設定するのが良い。

$$0.15 < D12 / LD < 0.45 \quad (5a)$$

$$1.55 < fG1p / fG2 < 4.50 \quad (6a)$$

$$dG2 > 80.00 \quad (7a)$$

$$0.0120 < gFG2 - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG2^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG2^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG2 + 0.7268) < 0.0600 \quad (8a)$$

$$0.06 < BF / IH < 2.00 \quad (9a)$$

$$0.06 < BF / fG2 < 0.21 \quad (10a)$$

$$1.04 < |fGkp / fGkn| < 2.20 \quad (11a)$$

20

【0053】

なお、さらに好ましくは、条件式(5)~(8)の数値範囲を次のように設定するのが良い。

$$0.17 < D12 / LD < 0.40 \quad (5b)$$

$$1.60 < fG1p / fG2 < 4.00 \quad (6b)$$

$$dG2 > 90.00 \quad (7b)$$

$$0.0150 < gFG2 - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG2^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG2^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG2 + 0.7268) < 0.0170 \quad (8b)$$

$$0.07 < BF / IH < 1.80 \quad (9b)$$

$$0.07 < BF / fG2 < 0.20 \quad (10b)$$

$$1.06 < |fGkp / fGkn| < 1.90 \quad (11b)$$

30

【0054】

なお、フォーカシングに際して移動する第2レンズ群B2は、1枚の負レンズから成ることが好ましい。これにより、第2レンズ群B2を駆動させるためのメカ機構の小型化や軽量化を実現できる。また、迅速なフォーカシングが容易となる。

【0055】

さらに、各実施例の光学系において、フォーカシングに際して第1レンズ群B1が不動であることが好ましい。光学系を構成するレンズ群の中で最も物体側に配置される第1レンズ群B1は、有効径が大きくなり高重量である。重量の大きい第1レンズ群B1をフォーカシングに際して移動させるためには大型の駆動機構が必要となり、光学系や光学系を含む撮像装置が重量化してしまうため好ましくない。

40

【0056】

50

また、各実施例の光学系において、第3レンズ群B3は像面側から順に正レンズ、負レンズを有することが好ましい。すなわち、第3レンズ群B3は最も像側に配置された正レンズGkpと、正レンズGkpの物体側に隣接して配置された負レンズGknを有することが好ましい。光学系の最も像面側において、物体側から順に負レンズ、正レンズが配置された構成をとることによって、撮像面への入射角度を小さくすることが可能となる。これによって、撮像素子としてCMOSセンサやCCDセンサを用いる場合に問題となる画像周辺部での光量の低下や画質の低下を抑制できる。

【0057】

また、各実施例の光学系において、第2レンズ群B2および第3レンズ群B3は共に負の屈折力を有することが好ましい。これによって、テレフォトタイプのパワー配置の傾向を強めることができ、光学系の全長を短くすることができる。

10

【0058】

次に、実施例1から3にそれぞれ対応する数値実施例1から3を示す。各数値実施例において、iは物体側からの光学面の順序を示す。riは第i番目の光学面(第i面)の曲率半径、diは無遠慮合焦時の第i面と第i+1面との間の間隔、ndiとdiはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。レンズ面の間隔変化に関しては、無限遠に合焦しているときのレンズ面の間隔と、最至近距離に合焦しているときのレンズ面の間隔を記載している。

【0059】

各数値実施例において、バックフォーカス(BF)は、光学系の最も像側の面から像面までの距離を、空気換算長により表したものである。

20

【0060】

なお、各実施例において第1レンズ群B1の物体側に、レンズを保護するための保護ガラスを配置しても良い。また、最も像面側に配置されたレンズと像面の間に保護ガラスやローパスフィルタを配置しても良い。本願明細書において、光学系の最も物体側および最も像側に配置された保護ガラスやローパスフィルタなどの屈折力が極めて弱い光学部材は、光学系を構成するレンズとしては扱わないものとする。なお、「屈折力が極めて弱い」とは、焦点距離の絶対値が光学系全系の焦点距離の5倍以上である光学部材を言う。

【0061】

なお、光学系と撮像素子の間に屈折力の極めて弱い光学部材が配置されている場合、バックフォーカスBFの値は光学系と撮像素子の間に配置された屈折力の極めて弱い光学部材を空気換算した際の値を用いる。

30

【0062】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	208.863	12.81	1.59522	67.7	135.17
2	2382.509	111.80			134.54
3	102.362	15.74	1.43700	95.1	89.59
4	-468.113	0.00			87.76
5	-468.113	1.50	1.80610	33.3	87.76
6	114.870	2.04			83.37
7	100.771	11.33	1.43700	95.1	83.11
8		16.95			82.34
9	82.389	5.78	1.89286	20.4	70.56
10	140.543	0.20			69.07
11	73.987	2.00	1.83400	37.2	65.93
12	42.707	11.70	1.43700	95.1	59.92
13	117.076	7.33			57.82

40

50

14(絞り)		5.00			54.98	
15	2203.612	1.60	1.61800	63.4	51.02	
16	70.804	55.04			48.37	
17	90.626	1.40	1.89286	20.4	33.99	
18	63.622	6.17	1.51742	52.4	33.76	
19	-141.334	1.00			33.75	
20	62.995	6.11	1.80610	33.3	33.21	
21	-112.871	1.20	1.53775	74.7	32.36	
22	28.360	7.05			29.59	
23	-61.753	1.20	1.72916	54.7	29.57	10
24	49.029	1.23			30.62	
25	58.720	3.29	1.65412	39.7	31.53	
26	384.248	6.25			31.95	
27	51.293	12.56	1.64769	33.8	36.97	
28	-41.167	1.70	1.80810	22.8	36.94	
29	-94.283	8.00			37.29	
30	-67.868	2.00	1.85025	30.1	35.98	
31	65.755	1.00			37.10	
32	54.455	8.04	1.56732	42.8	38.88	
33	-98.899	31.01			39.42	20

像面

各種データ

焦点距離	392.00
Fナンバー	2.90
画角	3.16
像高	21.64
レンズ全長	360.03
BF	31.01

入射瞳位置 379.29

射出瞳位置 -96.96

前側主点位置-429.43

後側主点位置-360.99

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	183.77	199.18	99.64	-110.90
2	15	-118.41	1.60	1.02	0.03
3	17	-2011.18	68.20	252.67	174.19

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	383.77
2	3	193.83
3	5	-114.29
4	7	230.60
5	9	213.02
6	11	-124.75
7	12	146.82
8	15	-118.41
9	17	-245.13
10	18	85.67
11	20	50.95

10

20

30

40

50

12 21 -42.02
 13 23 -37.31
 14 25 105.54
 15 27 37.25
 16 28 -91.74
 17 30 -39.01
 18 32 63.10

【 0 0 6 3 】

[数值実施例 2]

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	246.184	9.84	1.59349	67.0	118.93
2	7777.408	144.07			118.42
3	90.915	12.21	1.43700	95.1	74.98
4	-527.016	0.00			73.66
5	-527.016	1.85	1.80610	33.3	73.66
6	112.626	0.14			70.68
7	80.019	8.30	1.43700	95.1	70.47
8	289.154	26.22			69.69
9	73.539	3.98	1.92286	18.9	57.85
10	116.802	0.15			56.90
11	84.384	2.10	1.83481	42.7	55.90
12	39.915	11.42	1.43700	95.1	51.21
13	217.108	6.41			49.52
14(絞り)		3.77			46.57
15	449.487	1.60	1.59522	67.7	44.02
16	69.954	46.69			42.28
17	200.917	1.30	1.89286	20.4	30.60
18	38.569	4.77	1.80610	33.3	29.82
19	-622.316	1.03			29.52
20	86.674	4.54	1.66680	33.0	28.63
21	-56.951	1.30	1.59522	67.7	28.06
22	48.644	2.97			26.48
23	-148.460	1.10	1.77250	49.6	26.54
24	72.673	4.75			26.94
25	68.402	3.23	1.76182	26.5	29.85
26	-451.612	44.09			30.00
27	54.085	4.62	1.66565	35.6	36.58
28	359.236	1.60	1.92286	20.9	36.20
29	86.966	17.75			35.63
30	-68.784	1.60	1.72916	54.7	35.92
31	238.667	1.00			37.04
32	206.217	4.27	1.58144	40.8	37.66
33	-83.915	33.39			37.99

20

30

40

像面

各種データ

焦点距離 490.00

Fナンバー 4.12

画角 2.53

50

像高 21.64
 レンズ全長 412.08
 BF 33.39
 入射瞳位置 463.65
 射出瞳位置 -117.91
 前側主点位置 -633.29
 後側主点位置 -456.61

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	206.83	226.69	130.87	-127.55
2	15	-139.41	1.60	1.19	0.19
3	17	-556.34	99.94	59.24	-25.69

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	428.16
2	3	178.51
3	5	-114.97
4	7	250.15
5	9	206.04
6	11	-92.72
7	12	109.76
8	15	-139.41
9	17	-53.66
10	18	45.20
11	20	52.20
12	21	-43.88
13	23	-63.02
14	25	78.19
15	27	95.08
16	28	-124.69
17	30	-73.07
18	32	103.14

20

30

【 0 0 6 4 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	337.123	11.90	1.59349	67.0	142.72
2	-2141.571	163.62			142.22
3	122.803	16.05	1.43700	95.1	90.55
4	-259.830	0.00			88.96
5	-259.830	1.60	1.80610	33.3	88.96
6	155.285	0.15			85.83
7	92.998	10.91	1.43387	95.1	85.67
8	356.639	44.95			84.69
9	82.341	5.68	1.84666	23.9	66.50
10	174.332	0.15			65.45
11	120.575	2.00	1.80420	46.5	64.32
12	44.732	14.19	1.43700	95.1	58.51
13	682.520	17.80			56.74

40

50

14(絞り)		3.30			45.94	
15	377.336	1.60	1.59349	67.0	43.47	
16	61.273	24.90			41.50	
17	214.060	1.50	1.89286	20.4	35.71	
18	49.453	5.28	1.73800	32.3	34.86	
19	-421.466	0.97			34.55	
20	84.928	4.22	1.80518	25.5	33.47	
21	-117.310	1.30	1.59349	67.0	32.93	
22	47.131	4.55			30.55	
23	-106.050	1.30	1.81600	46.6	30.22	10
24	94.264	3.59			30.00	
25	67.803	5.46	1.85478	24.8	30.63	
26	3886.804	50.06			30.13	
27	72.986	9.82	1.63980	34.5	33.25	
28	-57.663	1.60	1.89286	20.4	32.74	
29	223.691	22.76			32.73	
30	-78.575	1.60	1.53775	74.7	35.35	
31	53.409	1.00			37.05	
32	52.308	9.05	1.51742	52.4	38.24	
33	-84.502	33.21			39.00	20

像面

各種データ

焦点距離	588.00
Fナンバー	4.12
画角	2.11
像高	21.64
レンズ全長	476.08
BF	33.21
入射瞳位置	705.95
射出瞳位置	-142.39
前側主点位置	-675.02
後側主点位置	-554.79

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	234.60	289.00	193.11	-160.97
2	15	-123.49	1.60	1.20	0.20
3	17	-1500.00	124.07	-7.97	-121.60

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
1	1	491.66	40
2	3	193.29	
3	5	-120.37	
4	7	286.37	
5	9	179.23	
6	11	-89.48	
7	12	108.80	
8	15	-123.49	
9	17	-72.34	
10	18	60.26	
11	20	61.76	50

12	21	-56.49
13	23	-60.98
14	25	80.68
15	27	51.87
16	28	-51.21
17	30	-58.88
18	32	63.88

【0065】

各実施例の光学系における種々の値を以下の表1にまとめて示す。なお、表中の $gFG1n$ は、 $gFG1n - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG1n^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG1n^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG1n + 0.7268)$ の値である。また、 $gFG2$ は、 $gFG2 - (-1.665 \times 10^{-7} \times dG2^3 + 5.213 \times 10^{-5} \times dG2^2 - 5.656 \times 10^{-3} \times dG2 + 0.7268)$ の値である。

【0066】

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3
	f	392.000	490.000	588.000
	fG1p	383.774	428.158	491.657
	fG2	193.834	178.506	193.291
	fG1n	-114.292	-114.968	-120.369
	BF	31.015	33.390	33.207
	LD	360.029	412.085	476.081
	D12	111.800	144.071	163.622
	IH	21.640	21.640	21.640
	$\theta gFG1n$	0.5883	0.5883	0.5883
	$\theta gFG2$	0.5334	0.5334	0.5334
(1)	BF / fG1p	0.081	0.078	0.068
(2)	fGp1 / fG1n	3.358	3.724	4.085
(3)	$\nu dG1n$	33.27	33.27	33.27
(4)	$\Delta \theta gFG1n$	-0.0019	-0.0019	-0.0019
(5)	D12 / LD	0.311	0.350	0.344
(6)	fG1p / fG2	1.980	2.399	2.544
(7)	$\nu dG2$	95.10	95.10	95.10
(8)	$\Delta \theta gFG2$	0.0162	0.0162	0.0162
(9)	BF / IH	1.433	1.543	1.535
(10)	BF / fG2	0.160	0.187	0.172
(11)	fGkp / fGkn	1.618	1.412	1.085

【0067】

〔撮像装置〕

次に、上述した各実施例の光学系を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）について、図7を用いて説明する。図7において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至3で説明したいずれかの光学系によって構成された撮影光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセ

ンサやC M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

【 0 0 6 8 】

このように各実施例の光学系をデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、軽量であり、かつ色収差等の収差が良好に補正された撮像装置を得ることができる。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

B 1 第 1 レンズ群

B 2 第 2 レンズ群

B 3 第 3 レンズ群

S P 開口絞り

10

20

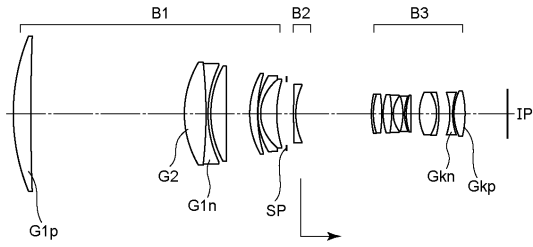
30

40

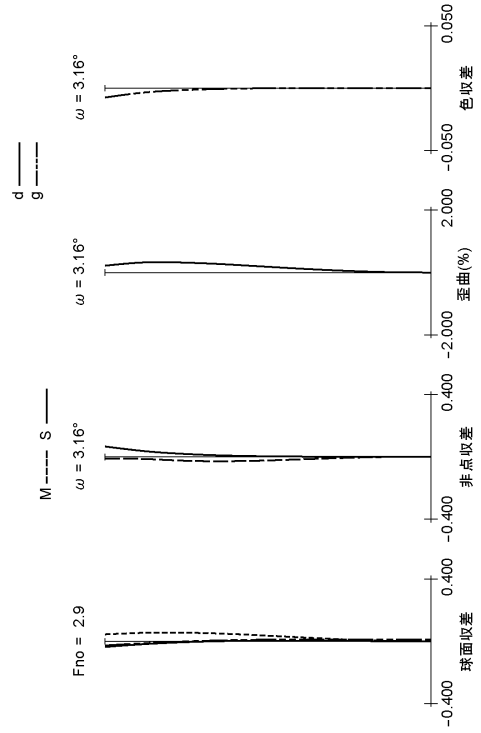
50

【 図面 】

【 図 1 】



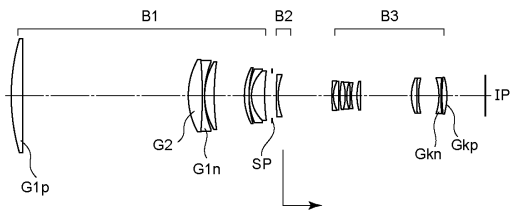
【 図 2 】



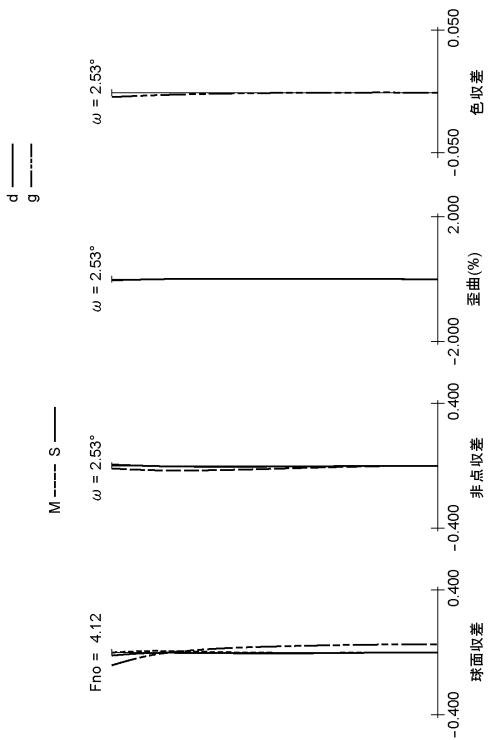
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

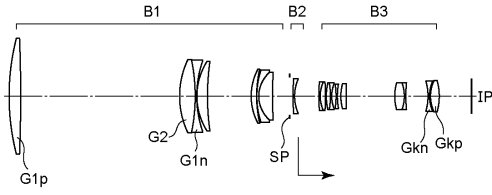


30

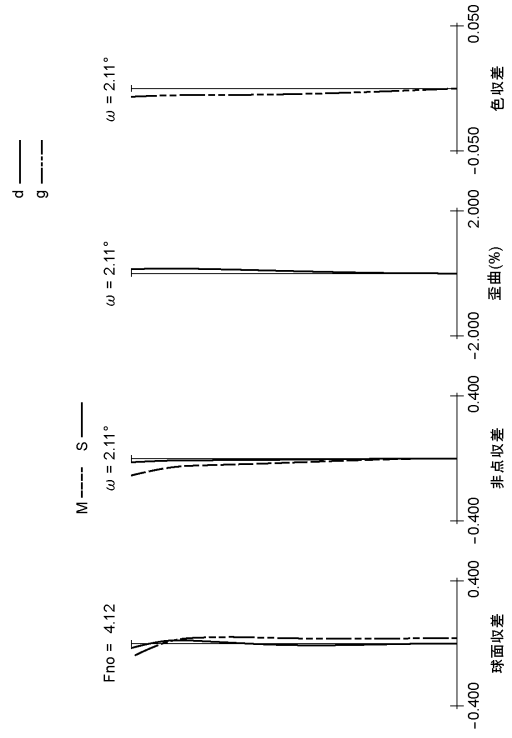
40

50

【 図 5 】



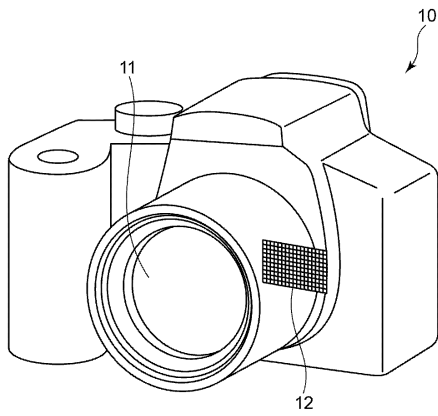
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

(72)発明者 水間 章
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 山岸 正和
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開2016-173397(JP,A)
特開2016-148699(JP,A)
特開2016-148793(JP,A)
特開2018-097276(JP,A)
特許第7005312(JP,B2)

(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