

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-88829

(P2022-88829A)

(43)公開日 令和4年6月15日(2022.6.15)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G 0 2 B 13/04 D	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	5 C 1 2 2
H 0 4 N 5/225(2006.01)	H 0 4 N 5/225 4 0 0	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全18頁)

(21)出願番号	特願2020-200887(P2020-200887)	(71)出願人	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
(22)出願日	令和2年12月3日(2020.12.3)	(74)代理人	100094112 弁理士 岡部 譲
		(74)代理人	100101498 弁理士 越智 隆夫
		(74)代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司
		(74)代理人	100128668 弁理士 齋藤 正巳
		(72)発明者	鈴木 匠 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
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA03 MA06 PA06 最終頁に続く

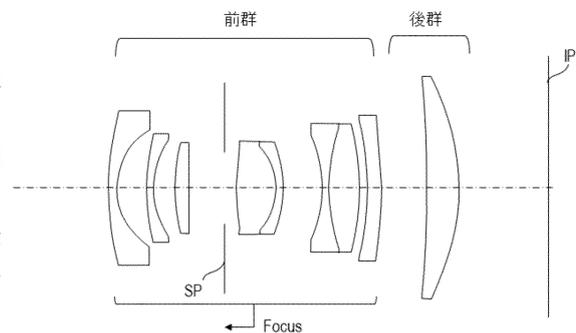
(54)【発明の名称】 光学系及びそれを有する撮像装置

(57)【要約】

【課題】広角レンズにおいて、小型軽量で高い光学性能を有する光学系を提供することを目的とする。

【解決手段】物体側から像側へ順に配列された、正の屈折力の前群、正の屈折力のレンズを有する後群を有し、合焦のために、前記前群と前記後群の間隔が変化し、最も像側の正の屈折力を有するレンズの物体側面の曲率半径と、像側面の曲率半径を適切に設定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に配列された、正の屈折力の前群、正の屈折力のレンズを有する後群を有し、

合焦のために、前記前群と前記後群の間隔が変化し、最も像側の正の屈折力を有するレンズの物体側面の曲率半径を $G L R 1$ 、像側面の曲率半径を $G L R 2$ としたとき、

$$0.1 < (G L R 1 + G L R 2) / (G L R 1 - G L R 2) < 10.0$$

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】

最も像側のレンズの像側のレンズ面から像面の距離（空気換算でのバックフォーカス）を $s k$ 、無限遠合焦時における最も物体側のレンズの物体側の面から最も像側のレンズの像側の面までの光軸上の距離を $L D$ としたとき、

$$0.1 < s k / L D < 0.5$$

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】

前記前群内に絞りを有し、

前記前群内の前記絞りより物体側に配置された第 1 サブレンズ群の焦点距離を $f 1 1$ 、前記前群内の絞りより像側に配置された第 2 サブレンズ群の焦点距離を $f 1 2$ としたとき、

$$-5.0 < f 1 1 / f 1 2 < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

無限遠合焦時における前記前群と前記後群の光軸上の間隔を $L B$ 、無限遠合焦時における最も物体側のレンズの物体側の面から最も像側のレンズの像側の面までの光軸上の距離を $L D$ としたとき、

$$0.05 < L B / L D < 0.60$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記後群の焦点距離を $f 2$ 、全系の焦点距離を f としたとき、

$$1.0 < f 2 / f < 7.0$$

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

【請求項 6】

無限遠合焦時における前記前群のフォーカス敏感度を $E S i n f$ としたとき、

$$0.2 < E S i n f < 2.0$$

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

【請求項 7】

無限遠合焦時において、最も物体側のレンズの物体側の面から前記絞りまでの光軸上の距離を $P D$ 、最も物体側のレンズの物体側の面から最も像側のレンズの像側の面までの光軸上の距離を $L D$ としたとき、

$$P D / L D < 0.45$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

全系の焦点距離を f 、前記前群内の前記絞りより物体側に配置された第 1 サブレンズ群の焦点距離を $f 1 1$ としたとき、

$$-3.0 < f 1 1 / f < 12.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の光学系。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記前群内に絞りを有し、

前記前群内の前記絞りより物体側に配置された第 1 サブレンズ群は 3 枚のレンズを含むことを特徴とする請求項 1 から 8 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記第 1 サブレンズ群は正の屈折力を有するレンズを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の光学系。

【請求項 11】

最も物体側のレンズと最も物体側から 2 枚目のレンズの間隔を L_{12} 、最も物体側から 2 枚目のレンズと最も物体側から 3 枚目のレンズの間隔を L_{23} としたとき、

$$0.1 < L_{12} / L_{23} < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 12】

最も物体側から 2 枚目のレンズの像側の面の曲率半径を $G_2 R_2$ 、最も物体側から 3 枚目のレンズの物体側の面の曲率半径を $G_3 R_1$ としたとき、

$$-8.0 < (G_2 R_2 + G_3 R_1) / (G_2 R_2 - G_3 R_1) < -0.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 11 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 13】

前記前群内における負の屈折力を有する最も物体側のレンズの焦点距離を f_{Gn1} 、前記前群内の前記絞りより物体側に配置された第 1 サブレンズ群の焦点距離を f_{11} としたとき、

$$0.1 < f_{Gn1} / f_{11} < 7.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 12 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 14】

前記前群内における負の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値を d_n 、前記前群内における正の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値を d_p としたとき、

$$0.3 < d_n / d_p < 4.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 13 までのいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 まで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た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。

【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する。

【背景技術】

【0002】

撮影画角が広い撮影光学系として、物体側に負の屈折力を有する光学系を配置し、像側に正の屈折力を有する光学系を配置した、いわゆるレトロフォーカスタイプの撮影光学系が知られており、例えば単焦点の広角レンズに用いられている。

【0003】

さらに、デジタルカメラ、ビデオカメラにおいて CCD や CMOS センサ等の固体撮像素子の高画素化が進み、撮影レンズには色収差を含めて高い光学性能が要求されると共に、小型化が進んでいる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 7 - 0 0 9 6 4 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 4 - 0 5 5 9 9 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

近年、撮像装置に用いる広角レンズ系において、レンズ全体が小型でありながら、高い光学性能を有するレンズが求められている。

一般的に広角レンズにおいて、最も像側に負の屈折力を有するレンズを置くことで、レンズ全長の小型化を図っている。しかしながら、射出瞳が短くなり、軸外光線が撮像素子に入射する角度が大きくなるため、撮像素子の斜入射光特性の影響を受け、シェーディング等が発生する。また、広角レンズは軸外光線が高くなるため、フォーカシング時における像面湾曲や歪曲収差の変動が大きくなる。これらの課題を解決するために、後群を構成するレンズ形状とフォーカス群を適正化することが必要となる。

10

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 では、物体側から順に、正の屈折力を有する前群、1 枚の正の屈折力を有するレンズで構成される後群からなり、フォーカシング時において、前群が光軸方向に移動するレンズを開示している。最も像側のレンズは像側より物体側の曲率半径が小さく、また全系に対して正の屈折力が強いいため、主に軸外光線によって発生する像面湾曲の悪化を招き、好ましくない。

20

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 では、物体側から順に配列された、正の屈折力を有する前群、1 枚の負の屈折力を有するレンズで構成される後群からなり、フォーカシング時において、前群が光軸方向に移動するレンズを開示している。広角レンズにおいて、最も像側に負の屈折力を有するレンズを置くことで、レンズ全長の小型化が可能となる。しかしながら、射出瞳が短くなることで軸外光線が撮像素子に入射する角度が大きくなり、撮像素子の斜入射光特性の影響を受け、シェーディング等が発生するため、好ましくない。

【 0 0 0 8 】

本発明は、広角レンズにおいて、小型軽量でフォーカシングによる収差変動を抑えた高い光学性能を有する光学系及びそれを有する撮像装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明の光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の前群、正の屈折力のレンズを有する後群を有し、

合焦のために、前記前群と前記後群の間隔が変化し、最も像側の正の屈折力を有するレンズの物体側面の曲率半径を $G L R 1$ 、像側面の曲率半径を $G L R 2$ としたとき、

$$0.1 < (G L R 1 + G L R 2) / (G L R 1 - G L R 2) < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、広角レンズにおいて、小型軽量でフォーカシングによる収差変動を抑えた高い光学性能を有する光学系及びそれを有する撮像装置の提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】実施例 1 の物体距離無限遠時のレンズ断面図である。

【図 2】実施例 1 の物体距離無限遠時の収差図である。

【図 3】実施例 2 の物体距離無限遠時のレンズ断面図である。

【図 4】実施例 2 の物体距離無限遠時の収差図である。

【図 5】実施例 3 の物体距離無限遠時のレンズ断面図である。

【図 6】実施例 3 の物体距離無限遠時の収差図である。

50

【図 7】実施例 4 の物体距離無限遠時のレンズ断面図である。

【図 8】実施例 4 の物体距離無限遠時の収差図である。

【図 9】実施例 5 の物体距離無限遠時のレンズ断面図である。

【図 10】実施例 5 の物体距離無限遠時の収差図である。

【図 11】本発明の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】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

図 1、3、5、7、9 は本発明の実施例 1 乃至 5 の光学系の物体距離無限遠時の断面図である。

10

図 2、4、6、8、10 は本発明の実施例 1 乃至 5 の光学系の物体距離無限遠時の収差図である。

【0013】

各実施例の光学系はデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視用カメラ、車載カメラなどの撮像装置に用いられる。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。

【0014】

S P は絞りである。I P は像面であり、デジタルスチルカメラやビデオカメラの撮影光学系として使用する際には C C D 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）の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフ

20

【0015】

収差図において F n o は F ナンバー、 θ は半画角（度）である。球面収差図において、d は d 線（波長 587.56 nm）、g は g 線（波長 435.835 nm）である。

【0016】

非点収差図において S は d 線におけるサジタル像面、M は d 線におけるメリディオナル像面である。歪曲収差は d 線について示している。色収差図は倍率色収差であり g 線について示している。

本発明は、物体側から像側へ順に配列された、正の屈折力を有す前群、正の屈折力を有するレンズを少なくとも 1 枚有する後群を有し、フォーカシング時において、前群と後群の間隔が変化し、無限遠合焦時において、最も像側の正の屈折力を有するレンズの物体側面の曲率半径を G L R 1、像側面の曲率半径を G L R 2 としたとき、

30

$$0.1 < (G L R 1 + G L R 2) / (G L R 1 - G L R 2) < 10.0 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満たすことを特徴とする。

【0017】

広角レンズにおいて、最も像側に配置されるレンズ形状を適切に設定することで、射出瞳を長くすることができるため、軸外光線が撮像素子に入射する角度が小さくなる。これにより、撮像素子の斜入射光特性の影響を受けにくくなるため、シェーディング等の低減が可能になる。また、主に軸外光線によって発生する歪曲収差や倍率色収差を適切に補正することが可能となる。また、フォーカシング時において、前群を光軸方向に移動させることで、フォーカシング時における諸収差変動の抑制と、全系一体をフォーカス群とした際に比べてフォーカス群の軽量化を両立することができる。

40

【0018】

条件式（1）は最も像側に配置したレンズの形状（シェイプファクタ）を規定したものである。形状を適正化することで、射出瞳の確保によるシェーディング等の低減とフォーカシング時における諸収差変動の抑制を両立することができる。条件式（1）の上限を超えると、最も像側に配置したレンズの正の屈折力が強くなるため、射出瞳が長くなり、シェーディング等の低減が可能となる。しかしながら、後群の屈折力が強くなるため、レンズ全長の小型化が有利となるが、主に軸外光線によって発生する像面湾曲収差の悪化を招く。条件式（1）の下限を超えると、最も像側に配置したレンズの正の屈折力が弱くなり、

50

射出瞳が短くなるため好ましくない。

【0019】

好ましくは条件式(1)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.2 < (GLR1 + GLR2) / (GLR1 - GLR2) < 7.0 \quad \dots (1a)$$

更に好ましくは条件式(1a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.3 < (GLR1 + GLR2) / (GLR1 - GLR2) < 5.0 \quad \dots (1b)$$

以上のように、条件式(1)を満たすことにより、広角レンズにおいて、小型軽量で高い光学性能を有する光学系及びそれを有する撮像装置を提供することができる。

【0020】

各実施例において、更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのがよい。

10

最も像側のレンズの像側のレンズ面から像面の距離(空気換算でのバックフォーカス)を s_k 、最も物体側のレンズの物体側の面から最も像側のレンズの像側の面までの光軸上の距離を LD とする。前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系の焦点距離を f_{11} 、前群内の絞りより像側に配置されたレンズ系の焦点距離を f_{12} とする。前群と後群の光軸上の間隔を LB とする。全系の焦点距離を f 、前群の焦点距離を f_1 、後群の焦点距離を f_2 とする。無限遠合焦時における前群のフォーカス敏感度を $ESinf$ とする。フォーカス敏感度 $ESinf$ は、無限遠合焦時において、前群、後群の横倍率を夫々 1 、 2 としたとき、

$$ESinf = (1 - 1^2) \times 2^2$$

で表される。無限遠合焦時において、最も物体側のレンズの物体側の面から絞りまでの光軸上の距離を PD とする。最も物体側のレンズと最も物体側から2枚目のレンズの間隔を L_{12} 、最も物体側から2枚目のレンズと最も物体側から3枚目のレンズの間隔を L_{23} とする。最も物体側から2枚目のレンズの像側面の曲率半径を G_{2R2} 、最も物体側から3枚目のレンズの物体側面の曲率半径を G_{3R1} とする。前群内において、負の屈折力を有する最も物体側のレンズの焦点距離を f_{Gn1} とする。前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系において、負の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値を d_n 、正の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値を d_p とする。

20

$$0.1 < s_k / LD < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$-5.0 < f_{11} / f_{12} < 5.0 \quad \dots (3)$$

$$0.05 < LB / LD < 0.60 \quad \dots (4)$$

30

$$1.0 < f_2 / f < 7.0 \quad \dots (5)$$

$$0.2 < ESinf < 2.0 \quad \dots (6)$$

$$PD / LD < 0.45 \quad \dots (7)$$

$$-3.0 < f_{11} / f < 12.0 \quad \dots (8)$$

$$0.1 < L_{12} / L_{23} < 5.0 \quad \dots (9)$$

$$-8.0 < (G_{2R2} + G_{3R1}) / (G_{2R2} - G_{3R1}) < -0.1 \quad \dots (10)$$

$$0.1 < f_{Gn1} / f_{11} < 7.0 \quad \dots (11)$$

$$0.3 < d_n / d_p < 4.5 \quad \dots (12)$$

アッペ数 d は、フラウンホーファ線の d 線、 F 線、 C 線における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C 、とすると、

40

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

で定義される。

【0021】

条件式(2)はバックフォーカス s_k と最も物体側のレンズの物体側面から最も像側のレンズの像側面までの光軸上の距離を LD の比を規定したものである。条件式(2)の上限を超えると、バックフォーカス s_k の距離が増大し、撮像素子に近い位置にレンズを配置できなくなるため、像面湾曲や倍率色収差の改善が困難となり、結果として低画質化を招き、好ましくない。条件式(2)の下限を超えると、バックフォーカス s_k の距離が短縮し、より撮像素子に近い位置にレンズを配置できるため、像面湾曲や倍率色収差の改善は有利となるが、シャッター部材等の配置が難しくなる。

50

【 0 0 2 2 】

条件式 (3) は前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系 (第 1 サブレンズ群) の焦点距離 f_{11} と、前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系 (第 2 サブレンズ群) の焦点距離 f_{12} の比を規定したものである。条件式 (3) の上限を超えると、前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系の屈折力が強くなり、レンズ系の小型化には有利となるが、軸外光線によって発生する歪曲収差や倍率色収差が悪化するため好ましくない。条件式 (3) の下限を超えると、前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系の屈折力が弱くなり、諸収差の抑制には有利となるが、レンズ径が大型化するため好ましくない。

【 0 0 2 3 】

条件式 (4) は前群と後群の光軸上の間隔 L_B と、最も物体側のレンズの物体側の面から最も像側のレンズの像側の面までの光軸上の距離を L_D の比を規定したものである。条件式 (4) の上限を超えると、前群の最も像側のレンズ径が小型化するため有利となるが、レンズ全長が大型化するため好ましくない。条件式 (4) の下限を超えると、レンズ全長が小型化するため有利となるが、前群と後群の間隔を変化させるために必要なメカ部材を配置することが困難となるため、好ましくない。

10

【 0 0 2 4 】

条件式 (5) は後群の焦点距離 f_2 と全系の焦点距離 f の比を規定したものである。後群の焦点距離を適正化することで、レンズ全長の小型化とフォーカシング時における諸収差変動の抑制を両立することができる。条件式 (5) の上限を超えると、後群の正の屈折力が弱くなり、諸収差の抑制には有利となるが、レンズ全長の大型化につながる。条件式 (5) の下限を超えると、後群の正の屈折力が強くなり、レンズ全長の小型化につながるが、像面湾曲や球面収差が悪化するため好ましくない。

20

【 0 0 2 5 】

条件式 (6) は無限遠合焦時における前群のフォーカス敏感度 $E \sin f$ を規定したものである。条件式 (6) の上限を超えると、フォーカシング時のフォーカスレンズ群移動量に対する画角の変化が大きくなるため、好ましくない。また、フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変動を抑制することが難しくなるため好ましくない。条件式 (6) の下限を超えると、フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変化を抑制しやすくなるが、フォーカシング時のフォーカスレンズ群の移動量が増加し、レンズ全長の大型化を招く。

【 0 0 2 6 】

条件式 (7) は全系における絞り位置を規定したものである。絞り位置を適正化することで、物体側のレンズ径の小型化を図ることができる。条件式 (7) の上限を超えると、物体側のレンズ径の小型化が困難となるため好ましくない。

30

【 0 0 2 7 】

条件式 (8) は前群の焦点距離 f_1 と全系の焦点距離 f の比を規定したものである。主として、前群の屈折力を適正化することで、レンズ系の小型化と良好な光学性能を両立することができる。条件式 (8) の上限を超えると、前群の屈折力が強くなり、レンズ全長の小型化が有利となるが、像面湾曲収差の悪化を招く。条件式 (8) の下限を超えると、前群の屈折力が弱くなり、諸収差発生抑制には有利となるが、レンズ全長の小型化が困難となるため好ましくない。

40

【 0 0 2 8 】

条件式 (9) は最も物体側のレンズと最も物体側から 2 枚目のレンズの間隔 L_{12} 、最も物体側から 2 枚目のレンズと最も物体側から 3 枚目のレンズの間隔 L_{23} の比を規定したものである。条件式 (9) の上限を超えると、最も物体側のレンズと最も物体側から 2 枚目のレンズの間隔 L_{12} が長くなり、最も物体側のレンズを通る軸外マージナル光線が高くなるため、レンズ径の大型化するため好ましくない。条件式 (9) の下限を超えると、最も物体側から 2 枚目のレンズと最も物体側から 3 枚目のレンズの間隔 L_{23} が長くなり、最も物体側から 3 枚目のレンズを通る軸上マージナル光線が高くなるため、球面収差の補正には有利となるが、レンズ径が大型化するため好ましくない。

【 0 0 2 9 】

50

条件式(10)は最も物体側から2枚目のレンズの像側の面と、最も物体側から3枚目のレンズの物体側の面の間の空気レンズの形状(シェイプファクタ)を規定したものである。形状を適正化することで、主として前群内において、良好な光学性能を両立することができる。条件式(10)の上限を超えると、空気レンズによる屈折力が弱くなり、諸収差発生抑制には有利となるが、好ましくない。条件式(10)の下限を超えると、空気レンズの屈折力が強くなり、レンズ全長の小型化には有利となるが、軸外光線が大きく発散され、色収差の悪化を招く。

【0030】

条件式(11)は前群内の負の屈折力を有する最も物体側のレンズの焦点距離 f_{Gn1} と全系の焦点距離 f の比を規定したものである。前群内の負の屈折力を有する最も物体側のレンズの焦点距離を適正化することで、レンズ径の小型化と良好な光学性能を両立することができる。条件式(11)の上限を超えると、前群内の負の屈折力を有する最も物体側のレンズの屈折力が弱くなり、諸収差発生抑制には有利となるが、レンズ径が大型化するため好ましくない。条件式(11)の下限を超えると、前群内の負の屈折力を有する最も物体側のレンズの屈折力が強くなり、レンズ径の小型化には有利となるが、色収差が悪化するため好ましくない。

10

【0031】

条件式(12)は前群内の負の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値 d_n と正の屈折力を有するレンズのアッペ数の平均値 d_p の比を規定したものである。前群内のレンズのアッペ数を適正化することで、レンズ径の小型化と前群内で発生する倍率色収差の抑制を両立することができる。条件式(12)の上限を超えると、倍率色収差の補正効果は増加するが、軸上色収差の悪化を招き、また負の屈折力を有するレンズの屈折力を適正化することが困難となるため、レンズ径の大型化を招く。

20

条件式(12)の下限を超えると、負の屈折力を有するレンズの屈折力を適正化することができ、レンズ径の小型化が可能となるが、倍率色収差を適切に補正することが困難となるため好ましくない。

好ましくは条件式(2)乃至(12)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$\begin{aligned}
 0.15 < s_k / LD < 0.40 & \quad \cdot \cdot (2a) \\
 -3.0 < f_{11} / f_{12} < 4.5 & \quad \cdot \cdot (3a) \\
 0.08 < LB / LD < 0.30 & \quad \cdot \cdot (4a) \\
 2.2 < f_2 / f < 6.2 & \quad \cdot \cdot (5a) \\
 0.4 < ES \sin f < 1.0 & \quad \cdot \cdot (6a) \\
 PD / LD < 0.4 & \quad \cdot \cdot (7a) \\
 -2.6 < f_{11} / f < 10.0 & \quad \cdot \cdot (8a) \\
 0.3 < L_{12} / L_{23} < 4.0 & \quad \cdot \cdot (9a) \\
 -4.0 < (G_2 R_2 + G_3 R_1) / (G_2 R_2 - G_3 R_1) < -0.3 & \quad \cdot (10a) \\
 0.3 < f_{Gn1} / f_1 < 4.0 & \quad \cdot \cdot (11a) \\
 0.8 < d_n / d_p < 3.2 & \quad \cdot \cdot (12a)
 \end{aligned}$$

30

更に好ましくは条件式(2a)乃至(12a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$\begin{aligned}
 0.2 < s_k / LD < 0.36 & \quad \cdot \cdot (2b) \\
 -1.5 < f_{11} / f_{12} < 4.0 & \quad \cdot \cdot (3b) \\
 0.10 < LB / LD < 0.20 & \quad \cdot \cdot (4b) \\
 3.4 < f_2 / f < 5.5 & \quad \cdot \cdot (5b) \\
 0.5 < ES \sin f < 0.82 & \quad \cdot \cdot (6b) \\
 PD / LD < 0.35 & \quad \cdot \cdot (7b) \\
 -2.2 < f_{11} / f < 9.0 & \quad \cdot \cdot (8b) \\
 0.9 < L_{12} / L_{23} < 3.0 & \quad \cdot \cdot (9b) \\
 -2.7 < (G_2 R_2 + G_3 R_1) / (G_2 R_2 - G_3 R_1) < -1.1 & \quad \cdot (10b) \\
 0.5 < f_{Gn1} / f_1 < 2.1 & \quad \cdot \cdot (11b) \\
 1.1 < d_n / d_p < 2.6 & \quad \cdot \cdot (12b)
 \end{aligned}$$

40

50

【 0 0 3 2 】

無限遠合焦時から最至近合焦時までフォーカス群が移動する際、後群が固定であることが望ましい。さらに、フォーカス群は1つのみ有することが望ましい。これにより、フォーカス群を移動させるために必要なモーターなどの部品を削減することができるため、軽量化が可能となる。

【 0 0 3 3 】

前群内において、前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系に含まれる正の屈折力を有するレンズは1枚であることが望ましい。これにより、前群で発生する倍率色収差の補正とレンズ全長の小型化の両立が可能となる。

【 0 0 3 4 】

前群内において、前群内の絞りより物体側に配置されたレンズ系が有する少なくとも1枚の正の屈折力を有するレンズは像側面が像側に対して凸面であることが望ましい。これにより球面収差の補正とレンズ全長小型化の両立が可能となる。

【 0 0 3 5 】

前群は正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズの接合レンズを少なくとも1つ有することが望ましい。好ましくは正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズの接合レンズを2枚有することが望ましい。これにより、軸上色収差と倍率色収差の補正を行うことが可能となる。

【 0 0 3 6 】

前群は少なくとも1枚の非球面レンズを有することが望ましい。これにより、主に軸外光線によって発生する像面湾曲のフォーカシングによる変動を適切に補正することが可能となる。

【 0 0 3 7 】

後群は正の屈折力を有する1枚のレンズから構成されることが好ましい。これにより、射出瞳の確保とレンズの軽量化を両立することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

像振れ補正のために像振れ補正群を光軸に対して垂直方向に移動させて補正する場合には、全系における一部のレンズが移動機構（防振機構）を有していてもよい。

【 実施例 】

【 0 0 3 9 】

以下、数値実施例1乃至5を本実施形態と呼ぶ。

各数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 面と第 $i + 1$ 面間のレンズ厚及び空気間隔、 n_{di} と d_i は各々物体側より順に第 i 面と第 $i + 1$ 面間の光学媒体の屈折率とアッペ数である。

【 0 0 4 0 】

非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、 K を円錐定数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 、 A_{14} を各々非球面係数としたとき

【 数 1 】

$$X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} + A_{12} H^{12} + A_{14} H^{14}$$

なる式で表している。

【 0 0 4 1 】

面番号の右に付した * はその面が非球面形状を有する面であることを意味している。「 $e - x$ 」は「 $x 10 - x$ 」を意味している。BF はバックフォーカスを示している。

次に本発明の光学系を撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施例を、図 1 1 を用いて説明する。

図 1 1 において、1 0 はカメラ本体、1 1 は実施例 1 乃至 5 に説明したいずれかのズーム

10

20

30

40

50

レンズ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CMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

【0042】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	41.307	1.20	1.60311	60.6
2	9.978	4.26		
3	30.342	1.00	1.48749	70.2
4	12.124	3.17		
5	28.492	2.01	1.83481	42.7
6	-662.034	5.01		
7(絞り)		1.80		
8	47.613	5.77	1.81600	46.6
9	-8.980	0.91	1.90366	31.3
10	-16.902	5.69		
11	-18.534	0.92	1.69895	30.1
12	29.517	4.40	1.59282	68.6
13	-35.692	1.10		
14*	-54.759	2.10	1.53110	55.9
15*	-34.782	6.57		
16	-161.374	4.59	1.60311	60.6
17	-34.257	12.94		

像面

非球面データ

第14面

K = 0.00000e+000 A 4 = 4.57136e-005 A 6 = -1.97209e-006 A 8 = 3.74538e-008 A 10 = -4.12263e-010 A 12 = 1.59769e-012

第15面

K = 0.00000e+000 A 4 = 1.03365e-004 A 6 = -1.10800e-006 A 8 = 1.95771e-008 A 10 = -1.88559e-010 A 12 = 6.52817e-013

各種データ

焦点距離 18.20

Fナンバー 2.90

半画角 45.00

像高 18.20

レンズ全長 63.45

BF 12.94

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 21.96

2 16 71.14

【0043】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	25.173	1.20	1.59522	67.7

2	9.960	4.83		
3	22.509	1.00	1.49700	81.5
4	7.529	1.81		
5	57.731	1.65	1.91650	31.6
6	-98.374	3.25		
7(絞り)		1.80		
8	64.342	6.53	1.88300	40.8
9	-7.326	0.91	2.00069	25.5
10	-12.387	3.52		
11	-19.745	0.92	1.69895	30.1
12	23.747	5.10	1.49700	81.5
13	-27.013	1.44		
14*	-29.866	2.10	1.53110	55.9
15*	-17.802	6.34		
16	-62.773	4.14	1.64000	60.1
17	-26.587	10.97		

像面

非球面データ

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.73841e-005 A 6=-3.88135e-007 A 8= 2.672 20
67e-008 A10=-4.37155e-010 A12= 2.30061e-012 A14=-5.75662e-015

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.95764e-005 A 6=-3.58079e-007 A 8= 2.899
45e-008 A10=-3.41257e-010 A12= 1.23584e-012 A14=-2.30241e-016

焦点距離 14.28

Fナンバー 2.91

半画角 51.88

像高 18.20

レンズ全長 57.50

BF 10.97

30

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 16.48

2 16 68.99

【 0 0 4 4 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	27.125	1.10	1.60311	60.6
2	9.735	3.67		
3	30.493	1.00	1.48749	70.2
4	10.586	3.21		
5	40.191	1.71	1.83400	37.2
6	-392.360	5.43		
7(絞り)		1.80		
8	38.857	6.25	1.83481	42.7
9	-8.128	0.90	1.90366	31.3
10	-16.045	4.69		
11	-16.526	0.92	1.68893	31.1

40

50

12	19.781	5.80	1.59282	68.6
13	-26.412	0.91		
14*	-50.009	2.10	1.53110	55.9
15*	-32.615	6.74		
16	-109.118	4.42	1.62299	58.2
17	-31.658	12.54		

像面

非球面データ

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.22756e-005 A 6=-1.92650e-006 A 8= 3.516 10
77e-008 A10=-3.71946e-010 A12= 1.36387e-012

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.10438e-004 A 6=-1.14287e-006 A 8= 2.014
98e-008 A10=-1.88642e-010 A12= 6.28660e-013

焦点距離 16.48

Fナンバー 2.90

半画角 47.84

像高 18.20

レンズ全長 63.19

BF 12.54

20

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 19.70

2 16 70.05

【0045】

[数值実施例4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	23.402	1.20	1.65160	58.5
2	9.036	4.12		
3	42.789	0.90	1.49700	81.5
4	13.075	1.50		
5	53.278	1.58	1.91082	35.3
6	-3366.466	6.15		
7(絞り)		1.66		
8	30.996	6.92	1.83481	42.7
9	-8.459	0.87	1.90366	31.3
10	-16.835	4.39		
11	-17.793	0.93	1.68893	31.1
12	17.113	7.09	1.61800	63.4
13	-24.767	0.50		
14*	-88.687	2.10	1.53110	55.9
15*	-49.891	6.99		
16	-37.109	3.65	1.60311	60.6
17	-22.451	13.47		

30

40

像面

非球面データ

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.20994e-005 A 6=-1.17847e-006 A 8= 5.688 50

53e-009 A10=-3.19562e-011 A12= 1.12210e-014

第15面

K = 0.00000e+000 A4= 1.04857e-004 A6=-6.86726e-007 A8= 1.82918e-009

焦点距離 16.48

Fナンバー 2.91

半画角 48.31

像高 18.50

レンズ全長 64.04

BF 13.47

10

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 18.71

2 16 86.17

【0046】

[数值実施例5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	370.091	1.20	1.65160	58.5
2	10.962	11.82		
3	23.532	2.35	1.81600	46.6
4	-261.263	1.97		
5(絞り)		1.80		
6	55.000	6.46	1.81600	46.6
7	-9.617	0.91	1.90366	31.3
8	-22.024	4.64		
9	-15.178	0.92	1.69895	30.1
10	37.405	3.54	1.59282	68.6
11	-45.470	2.59		
12*	-18.407	2.10	1.53110	55.9
13*	-15.903	6.80		
14	111.462	5.73	1.51633	64.1
15	-53.364	11.16		

20

30

像面

非球面データ

第12面

K = 0.00000e+000 A4=-4.23116e-005 A6=-3.29069e-007 A8= 3.49757e-008 A10=-2.97301e-010 A12= 7.14062e-013 A14=-9.39720e-016

第13面

K = 0.00000e+000 A4= 5.00081e-005 A6=-5.09273e-007 A8= 3.35843e-008 A10=-2.22271e-010 A12= 2.03270e-013 A14= 1.10164e-015

40

焦点距離 20.10

Fナンバー 2.90

半画角 42.16

像高 18.20

レンズ全長 63.99

BF 11.16

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

50

1 1 24.37
2 14 70.73

【 0 0 4 7 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【表 1】

表1 実施例条件式対応値

		数値 実施例1	数値 実施例2	数値 実施例3	数値 実施例4	数値 実施例5
(1)	$(GLR1+GLR2)/(GLR1-GLR2)$	1.54	2.47	1.82	4.06	0.35
(2)	sk/LD	0.26	0.24	0.25	0.27	0.21
(3)	f11/f12	-1.41	-1.11	-1.17	-1.02	3.62
(4)	LB/LD	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13
(5)	f2/f	3.91	4.83	4.25	5.23	3.52
(6)	ESinf	0.69	0.75	0.70	0.78	0.68
(7)	PD/LD	0.33	0.30	0.32	0.31	0.33
(8)	f11/f	-1.80	-1.34	-1.45	-1.17	8.46
(9)	L12/L23	1.35	2.67	1.14	2.75	-
(10)	$(G2R2+G3R1)/(G2R2-G3R1)$	-2.48	-1.30	-1.72	-1.65	-
(11)	fGn1/f11	0.68	1.50	1.08	1.21	-
(12)	vdn/ vdp	1.53	2.36	1.76	1.99	1.26

PD	16.65	13.74	16.13	15.46	17.33
LD	50.51	46.53	50.65	50.57	52.82
LB	6.57	6.34	6.74	6.99	6.80
sk	12.94	10.97	12.54	13.47	11.16
f11	-32.77	-19.07	-23.97	-19.35	170.02
f12	23.16	17.25	20.55	19.02	46.95
f2	71.14	68.99	70.05	86.17	70.73
f	18.20	14.28	16.48	16.48	20.10
L12	4.26	4.83	3.67	4.12	11.82
L23	3.17	1.81	3.21	1.50	1.97
G2R1	30.34	22.51	30.49	42.79	23.53
G2R2	12.12	7.53	10.59	13.08	-261.26
G3R1	28.49	57.73	40.19	53.28	55.00
GLR1	-161.37	-62.77	-109.12	-37.11	111.46
GLR2	-34.26	-26.59	-31.66	-22.45	-53.36
fGn1	-22.13	-28.53	-25.79	-23.36	-17.36
vdn	65.44	74.64	65.44	70.05	58.55
vdp	42.74	31.60	37.16	35.25	46.62
ESinf	0.69	0.75	0.70	0.78	0.68

10

20

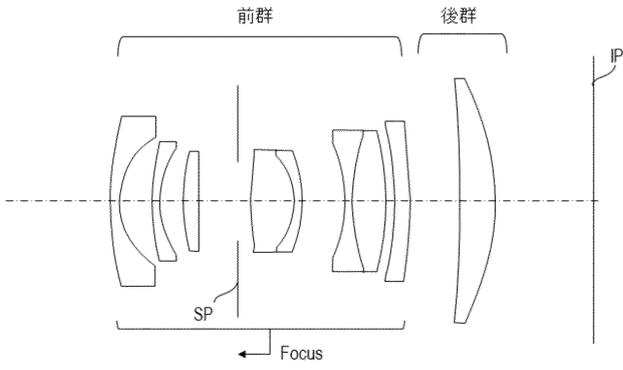
30

40

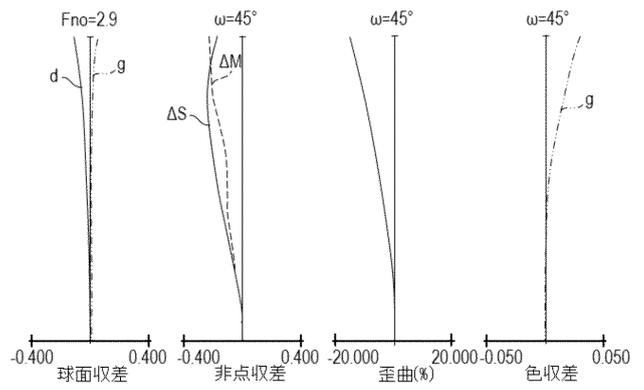
50

【 図面 】

【 図 1 】

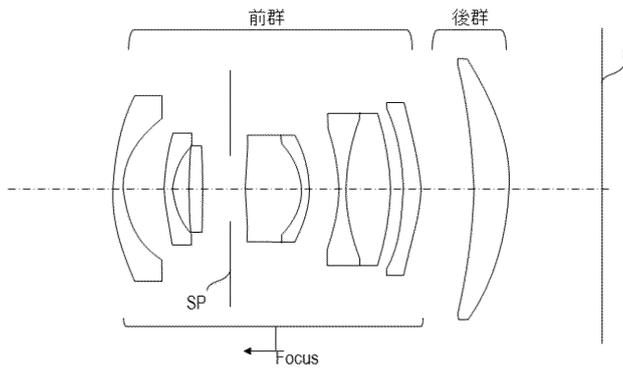


【 図 2 】

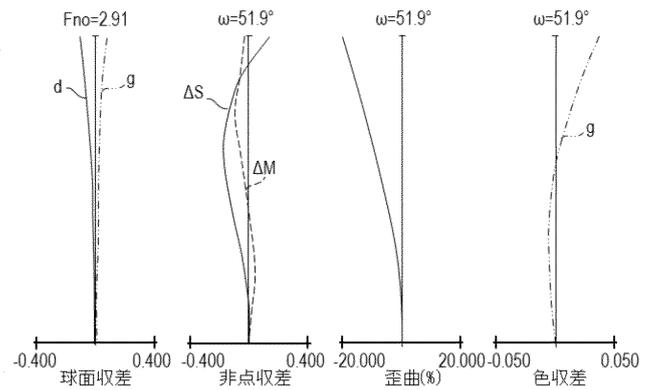


10

【 図 3 】



【 図 4 】



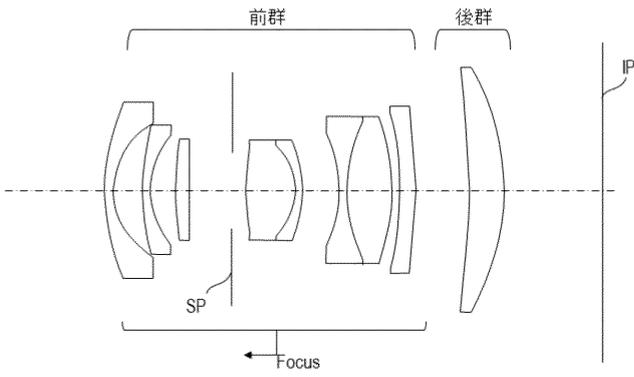
20

30

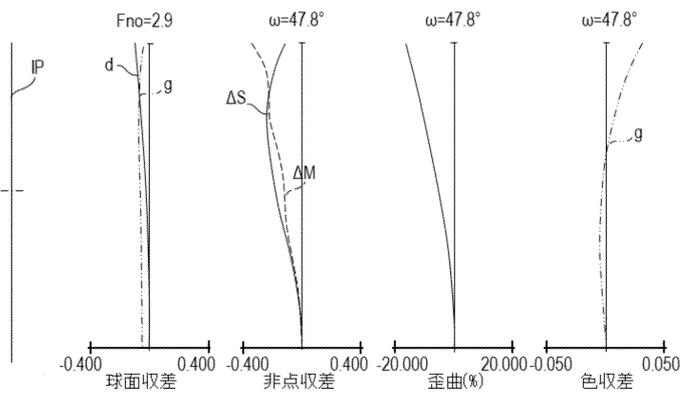
40

50

【 図 5 】

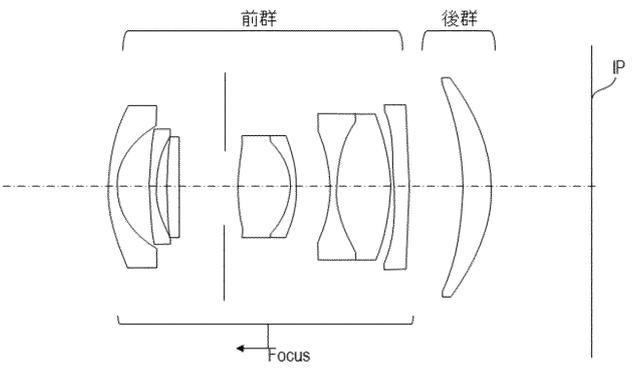


【 図 6 】

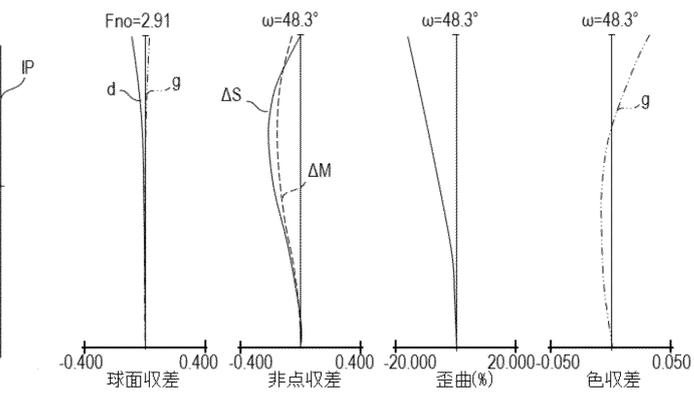


10

【 図 7 】

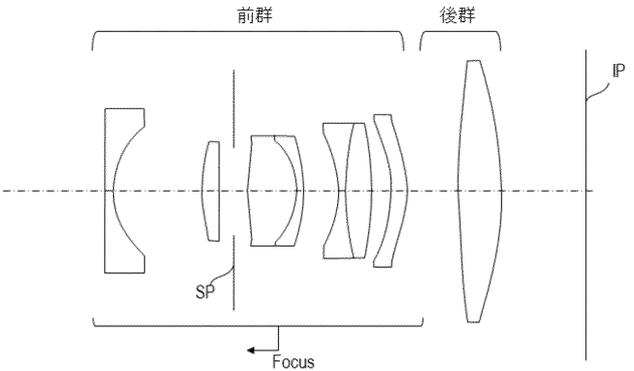


【 図 8 】

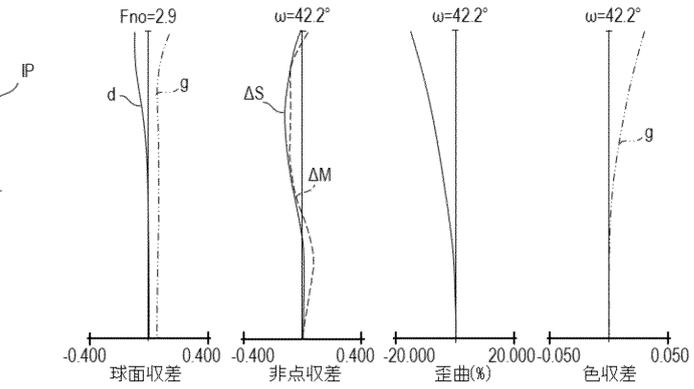


20

【 図 9 】



【 図 10 】

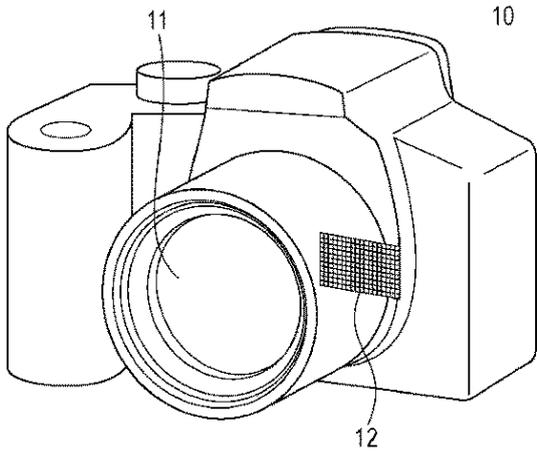


30

40

50

【 図 1 1 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) PA07 PA19 PB08 PB09 QA02 QA07 QA17 QA21 QA22 QA25
QA32 QA34 QA41 QA45 RA05 RA13
5C122 DA04 EA30 EA31 EA54 FA02 FB02 FB06 FC01 FC02 FD00
HB06 HB09 HB10