

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7387312号
(P7387312)

(45)発行日 令和5年11月28日(2023.11.28)

(24)登録日 令和5年11月17日(2023.11.17)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 13/04 (2006.01) G 0 2 B 13/04
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 13 (全16頁)

(21)出願番号	特願2019-126339(P2019-126339)	(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
(22)出願日	令和1年7月5日(2019.7.5)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65)公開番号	特開2020-56995(P2020-56995A)	(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43)公開日	令和2年4月9日(2020.4.9)	(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
審査請求日	令和4年6月17日(2022.6.17)	審査官	岡田 弘
(31)優先権主張番号	特願2018-186423(P2018-186423)		
(32)優先日	平成30年10月1日(2018.10.1)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

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、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

該光学系は、屈折力を有するレンズを6枚以上有し、

前記第1レンズ群は、前記第1レンズ群の最も物体側に配置された負レンズG1Nと、前記負レンズG1Nの像側に隣り合って配置された負レンズG2Nを有し、

前記第2レンズ群は少なくとも1枚の負レンズと、少なくとも1枚の正レンズを有し、

前記負レンズG1Nの焦点距離をfG1N、前記第2レンズ群において負の屈折力が最も大きい負レンズGLNの焦点距離をfGLN、前記光学系の焦点距離をf、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記負レンズG2Nの焦点距離をfG2N、前記第2レンズ群の焦点距離をf2、前記第2レンズ群に含まれる全ての正レンズの材料のアッペ数の平均値をdP2とするとき、

$$0.70 < f_{G1N} / f_1 < 1.0$$

$$2.00 < |f_{GLN} / f| < 2.5$$

$$0.441 - f_{G1N} / f_{G2N} < 0.80$$

$$-2.0 < f_1 / f_2 < -1.0$$

$$7.5 < dP2 < 10.0$$

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】

前記負レンズG L Nの物体側のレンズ面の曲率半径をR 1 G L N、前記負レンズG L Nの像側のレンズ面の曲率半径をR 2 G L Nとするとき、

$$1.0 < (R 2 G L N + R 1 G L N) / (R 2 G L N - R 1 G L N) < 6.0$$

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】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

該光学系は、屈折力を有するレンズを6枚以上有し、

前記第1レンズ群は、前記第1レンズ群の最も物体側に配置された負レンズG 1 Nと、前記負レンズG 1 Nの像側に隣り合って配置された負レンズG 2 Nを有し、

前記第2レンズ群は少なくとも1枚の負レンズを有し、

前記負レンズG 1 Nの焦点距離をf G 1 N、前記第2レンズ群において負の屈折力が最も大きい負レンズG L Nの焦点距離をf G L N、前記光学系の焦点距離をf、前記第1レンズ群の焦点距離をf 1、前記負レンズG 2 Nの焦点距離をf G 2 N、前記第2レンズ群の焦点距離をf 2、前記負レンズG L Nの物体側のレンズ面の曲率半径をR 1 G L N、前記負レンズG L Nの像側のレンズ面の曲率半径をR 2 G L Nとするとき、

$$0.70 < f G 1 N / f 1 < 1.0$$

$$2.00 < | f G L N / f | < 2.5$$

$$0.441 < f G 1 N / f G 2 N < 0.80$$

$$-2.0 < f 1 / f 2 < -1.0$$

$$1.0 < (R 2 G L N + R 1 G L N) / (R 2 G L N - R 1 G L N) < 6.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項4】

前記負レンズG L Nの材料の屈折率をn d G L Nとするとき、

$$1.85 < n d G L N < 2.40$$

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】

前記光学系のレンズ全長をT Dとするとき、

$$1.0 < T D / f < 10.0$$

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1項に記載の光学系。

【請求項6】

前記光学系のバックフォーカスをS Kとするとき、

$$0.5 < S K / f < 2.6$$

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】

前記第2レンズ群に含まれる負レンズの材料の屈折率の平均値をn d N 2とするとき、

$$1.86 < n d N 2 < 2.40$$

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

【請求項8】

前記光学系における最も像側のレンズ面は像側に凸形状であ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】

前記光学系を構成するレンズの総数は8枚以下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。

【請求項10】

前記第2レンズ群を構成するレンズの数は3枚以上であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項11】

前記第2レンズ群は、複数の負レンズを有することを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の光学系。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 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。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 2 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た像を受光する撮像素子を有し、光線追跡による撮像半画角を とするとき、

$$80^\circ < < 120^\circ$$

なる条件式を満足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】

10

【0001】

本発明は光学系及びそれを有する撮像装置に関し、特に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撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、CCDやCMOSセンサ等の撮像素子の多画素化が進み、撮像素子を用いた撮像装置に用いる撮像光学系は高い光学性能を有するとともに広い撮像視野が得られること（広画角であること）が望まれている。近年、撮像半画角が80度を超える領域を特定の大きさのイメージサークル内に写し込むことができる光学系として、魚眼レンズや超広角レンズが提案されている（特許文献1、2）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2013-238684号公報

【文献】特開2002-72085号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

撮像装置に用いる撮像光学系はレンズ系全体が小型でありながら広画角で高い光学性能を有することが強く要望されている。一般に広画角の撮像光学系は、開口絞りより物体側に負の屈折力のレンズ群が配置され、開口絞りより像側に正の屈折力のレンズ群が配置されている。広画角の撮像光学系は、開口絞りに対して非対称のレンズ構成をとるため、広画角化を図りつつ、倍率色収差等の色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るのが難しい。

30

【0005】

魚眼レンズの射影方式として、正射影、等立体角射影、等距離射影、立体射影が知られている。この中で等立体角射影方式は、球面上の図形の立体角が射影面上での面積に比例するという性質があるため、視環境評価などで利用される。一方、魚眼レンズは超広角レンズと異なり、負の歪曲収差を発生させる構成を採るため、倍率色収差を良好に補正するのが困難になってくる。

40

【0006】

撮像光学系の小型軽量化を図りつつ倍率色収差等の諸収差を良好に補正するには、各レンズ群の光学的配置や、各レンズ群の屈折力、材料の分散特性等を適切に設定することが重要になってくる。

【0007】

本発明は、広画角で全系が小型で高い光学性能を有す光学系及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の光学系は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、開

50

開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、該光学系は、屈折力を有するレンズを6枚以上有し、前記第1レンズ群は、前記第1レンズ群の最も物体側に配置された負レンズG1Nと、前記負レンズG1Nの像側に隣り合って配置された負レンズG2Nを有し、前記第2レンズ群は少なくとも1枚の負レンズと、少なくとも1枚の正レンズを有し、前記負レンズG1Nの焦点距離を f_{G1N} 、前記第2レンズ群において負の屈折力が最も大きい負レンズGLNの焦点距離を f_{GLN} 、前記光学系の焦点距離を f 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記負レンズG2Nの焦点距離を f_{G2N} 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第2レンズ群に含まれる全ての正レンズの材料の阿ッペ数の平均値を d_{P2} とするとき、

$$0.70 < f_{G1N} / f_1 < 1.0$$

$$2.00 < |f_{GLN} / f| < 2.5$$

$$0.441 < f_{G1N} / f_{G2N} < 0.80$$

$$-2.0 < f_1 / f_2 < -1.0$$

$$7.5 < d_{P2} < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、広画角で全系が小型で高い光学性能を有す光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1の光学系のレンズ断面図

【図2】実施例1の光学系の無限遠合焦時の収差図

【図3】実施例2の光学系のレンズ断面図

【図4】実施例2の光学系の無限遠合焦時の収差図

【図5】実施例3の光学系のレンズ断面図

【図6】実施例3の光学系の無限遠合焦時の収差図

【図7】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】

【0011】

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説明する。

【0012】

本発明の光学系は、物体側より像側へ順に配置された負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群から構成される。フォーカシングに際してはレンズ系全体が移動する。

【0013】

図1、図3、図5は本発明の実施例1乃至3の光学系のレンズ断面図である。図2、図4、図6は実施例1乃至3の光学系の収差図である。

【0014】

実施例1はFナンバー4.0、撮像半画角91度の光学系である。実施例2はFナンバー4.0、撮像半画角91度の光学系である。実施例3はFナンバー4.0、撮像半画角90度の光学系である。

【0015】

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撮像光学系である。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。L0は光学系である。L1は第1レンズ群、L2は第2レンズ群である。

【0016】

SPは開放Fナンバー（Fno）の光束を決定（制限）する開口絞りである。IP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CCDセンサやCMOS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。

10

20

30

40

50

【0017】

収差図において $F_n o$ は F ナンバー、 θ は撮像半画角（度）であり、光線追跡による画角である。球面収差図において、 d は d 線（波長 587.56nm ）、 g は g 線（波長 435.835nm ）である。

【0018】

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。倍率色収差図において g は g 線である。

【0019】

本発明の各実施例の光学系 L_0 における射影方式は、等立体角射影方式（ $Y = 2 \cdot f \cdot \sin(\theta/2)$ ）を採用している。なお、本発明にかかる光学系 L_0 においては、射影方式を等立体角射影に限定すべきものではなく、いかなる射影方式であっても構わない。

10

【0020】

本発明の光学系 L_0 は、物体側より像側へ順に配置された負の屈折力の第1レンズ群 L_1 、開口絞り SP 、正の屈折力の第2レンズ群 L_2 より構成されている。第1レンズ群 L_1 及び第2レンズ群はそれぞれ負レンズを有する。第1レンズ群 L_1 中の最も物体側の負レンズ G_{1N} の焦点距離を $f_{G_{1N}}$ とする。第2レンズ群中の負の屈折力が最も大きい負レンズ G_{LN} の焦点距離を $f_{G_{LN}}$ とする。光学系 L_0 の焦点距離を f 、第1レンズ群 L_1 の焦点距離を f_1 とする。このとき、下記の条件式を満足する。

$$0.10 < f_{G_{1N}} / f_1 < 1.00 \quad \dots (1)$$

20

$$0.10 < |f_{G_{LN}} / f| < 2.50 \quad \dots (2)$$

【0021】

ここでレンズ全長とは、物体側の第1レンズ面から最も像側のレンズ面までの距離に空気換算のバックフォーカスを加えた値である。一般にレンズ全長を短縮し、光学系全体の小型化を図るほど諸収差、特に倍率色収差などの色収差の発生が多くなり、光学性能が低下してくる。特にレンズ全長の短縮化を図ったレトロフォーカス型の光学系では、負の屈折力の第1レンズ群 L_1 が大型化しやすく、第1レンズ群 L_1 のレンズ構成、屈折力配置等を適切にすることが重要となる。

【0022】

各実施例では、第2レンズ群 L_2 中の負レンズ G_{LN} の負の屈折力を適性化することでレンズ全長の短縮化およびバックフォーカスの短縮化を図っている。

30

【0023】

条件式(1)は、第1レンズ群 L_1 における最も物体側の負レンズ G_{1N} の焦点距離を第1レンズ群 L_1 の焦点距離で規定したものであり、光学系 L_0 の小型化と広画角化を図るためのものである。条件式(1)の上限を超えると、倍率色収差の補正には有利だが前玉有効径が大型化してくる。条件式(1)の下限を超えると、像面湾曲や歪曲収差の補正が難しくなり、レンズ枚数が増加し、レンズ全長が増大してくる。

【0024】

条件式(2)は、第2レンズ群 L_2 中の負の屈折力が最も大きい負レンズ G_{LN} の焦点距離を光学系 L_0 の焦点距離で規定したものであり、バックフォーカスの短縮化とレンズ全長の短縮化を図るためのものである。条件式(2)の上限を超えると、収差補正は容易となるが、バックフォーカスの短縮が難しくなり、レンズ全長が増大して、光学系が大型化してくる。条件式(2)の下限を超えると、軸外のコマ収差の像高変化が大きくなり、像面湾曲や非点収差の補正が難しくなり、レンズ枚数が増加してくるため好ましくない。

40

【0025】

各実施例では以上説明したように、条件式(1)、(2)を満足するように各要素を適切に設定している。これにより小型で色収差等の諸収差が良好に補正された光学系を得ている。

【0026】

各実施例において更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定する

50

のが良い。

$$0.50 < f_{G1N} / f_1 < 0.92 \quad \dots (1a)$$

$$1.00 < |f_{GLN} / f| < 2.40 \quad \dots (2a)$$

【0027】

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

$$0.70 < f_{G1N} / f_1 < 0.88 \quad \dots (1b)$$

$$2.00 < |f_{GLN} / f| < 2.30 \quad \dots (2b)$$

【0028】

各実施例では以上のように各レンズ群の構成を適切にし、条件式(1)、(2)を満たすことにより、大口径比で実現し、レンズ系全体が小型で色収差を良好に補正した高い結像性能を有す光学系を得ている。

10

【0029】

また、負レンズG_{LN}の物体側のレンズ面の曲率半径をR_{1GLN}、負レンズG_{LN}の像側のレンズ面の曲率半径をR_{2GLN}とする。ここで、物体側のレンズ面の曲率半径と、像側のレンズ面の曲率半径は、レンズ面が非球面形状の場合は、そのベースR(基準となる2次曲面の半径)を意味する。負レンズG_{LN}の材料の屈折率をn_{dGLN}とする。光学系のレンズ全長をTDとする。

【0030】

光学系のバックフォーカスをSKとする。第1レンズ群L₁は負レンズG_{1N}の像側に隣接して配置されて負レンズG_{2N}を有し、負レンズG_{2N}の焦点距離をf_{G2N}とする。第2レンズ群L₂の焦点距離をf₂とする。第2レンズ群L₂は1枚以上の正レンズを有し、第2レンズ群L₂に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値をd_{P2}とする。なお、材料のアッペ数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Nd、NF、NCとすると、

20

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

で定義される。第2レンズ群L₂に含まれる負レンズの材料の屈折率の平均値をn_{dN2}とする。

【0031】

各実施例の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撮像装置において、光線追跡による撮像半画角をとする。

30

【0032】

このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

$$1.0 < (R_{2GLN} + R_{1GLN}) / (R_{2GLN} - R_{1GLN}) < 6.0 \quad \dots (3)$$

$$1.85 < n_{dGLN} < 2.40 \quad \dots (4)$$

$$1.0 < TD / f < 10.0 \quad \dots (5)$$

$$0.5 < SK / f < 2.6 \quad \dots (6)$$

$$0.30 < f_{G1N} / f_{G2N} < 0.80 \quad \dots (7)$$

$$-2.0 < f_1 / f_2 < -1.0 \quad \dots (8)$$

$$75 < d_{P2} < 100 \quad \dots (9)$$

$$1.86 < n_{dN2} < 2.40 \quad \dots (10)$$

$$80^\circ < \theta < 120^\circ \quad \dots (11)$$

40

【0033】

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(3)は、第2レンズ群L₂中の負の屈折力が最も大きい負レンズG_{LN}のシェープファクタ(レンズ形状)を規定したもので、主に像面湾曲を良好に補正しつつバックフォーカスの短縮化を図るためのものである。条件式(3)の上限を超えると、負レンズG_{LN}のメニスカス形状が強くなり、所望の屈折力を確保することが難しくなり、レンズ全長が増大するため好ましくない、また、負レンズG_{LN}の製造が難しくなる。条件式(

50

3) の下限を超えると、歪曲収差がプラス側方向に強く発生しやすくなり好ましくない、また、像面湾曲補正と倍率色収差補正の両立が難しくなる。

【0035】

条件式(4)は、第2レンズ群L2中の負の屈折力が最も大きい負レンズGLNの材料の屈折率を規定したものである。光学材料の特性上、屈折率が大きくなるにつれて、アッペ数が小さくなり、倍率色収差が補正不足になってくる。このため、色収差を補正しようとすると屈折力を弱くせざるを得ず、レンズ全長が増大する。

【0036】

また、レトロフォーカス型の光学系において、構成レンズ枚数を少なくし小型化を図った場合、ベッツパール和が負の値となりやすく、像面がオーバー側へ倒れ、非点隔差が大きくなってくる。そのため、負レンズの材料の屈折率を適性化し、像面湾曲や非点隔差を良好に補正することが重要となる。

10

【0037】

条件式(4)の上限を超えると、像面の補正は容易となるが、歪曲収差と倍率色収差の補正が困難になってくる。条件式(4)の下限を超えると、像面湾曲を補正するために負レンズGLNの材料の屈折力を弱める必要があり、その結果バックフォーカスが增大するため、好ましくない。

【0038】

条件式(5)は、レンズ全長TDを光学系L0の焦点距離fで規定し、主に光学系を小型化しつつ、軸外収差の補正を良好に行うためのものである。条件式(5)の上限を超えると、光学系全体が大型化し、軸外収差の補正、特にサジタル方向のコマフレアーが増加し好ましくない。条件式(5)の下限を超えると、レンズ全長が短くなり、コマ収差や像面湾曲といった諸収差の補正が困難になる。

20

【0039】

条件式(6)は、バックフォーカスSKを光学系L0の焦点距離fで規定し、所謂レトロ口比を定義したものである。条件式(6)の上限を超えて、バックフォーカスが長くなると、歪曲収差や像面湾曲の補正が難しくなり、レンズ枚数が増加してくるため好ましくない。条件式(6)の下限を超えて、バックフォーカスが短くなると、像側にシャッター部材等の配置が難しくなる。

【0040】

30

条件式(7)は、負レンズG1Nの屈折力と負レンズG2Nの屈折力の分担を規定したものである。条件式(7)は光学系の小型化を図りつつ、広画角化を図るために物体側から像側に順に2枚の負レンズを配置し、その屈折力の分担を規定している。条件式(7)の上限を超えて、最も物体側の負レンズG1Nの負の屈折力が弱くなると(負の屈折力の絶対値が小さくなると)、前玉有効径が増加してくる。条件式(7)の下限を超えて、最も物体側の負レンズG1Nの負の屈折力が強くなると(負の屈折力の絶対値が大きくなると)、光学系の小型化には有利となるが、像面湾曲や非点収差の補正が難しくなる。

【0041】

条件式(8)は、負の屈折力の第1レンズ群L1の焦点距離f1を正の屈折力の第2レンズ群L2の焦点距離f2で規定したものである。条件式(8)の上限を超えて第1レンズ群L1の負の屈折力が強くなると、マージナル光線の発散作用が大きくなり、第2レンズ群L2において球面収差やコマ収差の補正が難しくなる。条件式(8)の下限を超えて第2レンズ群L2の正の屈折力が強くなると第2レンズ群L2の収斂作用が大きくなり、倍率色収差と軸上色収差の二次スペクトルを補正することが難しくなり好ましくない。

40

【0042】

条件式(9)は、第2レンズ群L2に含まれる正レンズの材料のアッペ数の平均値dP2を規定したものであり、主にレンズ全長を短縮化しつつ軸上色収差、倍率色収差を良好に補正するためのものである。条件式(9)の上限を超えると、軸上色収差、倍率色収差の補正は容易となるが、各レンズのレンズ面の曲率半径が増大し、球面収差やコマ収差が補正不足となり好ましくない。条件式(9)の下限を超えると、色収差が増大し、光学

50

系全体としての収差補正が困難になる。

【0043】

条件式(10)は、第2レンズ群L2に含まれる負レンズの材料の屈折率の平均値 nd_{N2} を規定したものであり、主に像面湾曲と歪曲収差を良好に補正するためのものである。条件式(10)の上限を超えると、光学系の小型化は容易となるが倍率色収差の補正が困難になる。条件式(10)の下限を超えると、像面湾曲の補正が難しくなる。

【0044】

条件式(11)は、各実施例の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撮像装置において、光線追跡による撮像半画角を規定したものである。条件式(11)の上限を超えて、最大の撮像半画角が大きくなると、各画角の像圧縮が高くなり、十分な解像力を得ることが難しくなる。条件式(11)の下限を超えると、円周魚眼レンズとして必要な画角を得ることが困難となる。

10

【0045】

好ましくは条件式(3)乃至(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.3 < (R2GLN + R1GLN) / (R2GLN - R1GLN) < 3.0 \dots (3a)$$

$$1.95 < nd_{GLN} < 2.20 \dots (4a)$$

$$3.0 < TD / f < 8.0 \dots (5a)$$

$$1.2 < SK / f < 2.4 \dots (6a)$$

$$0.35 < f_{G1N} / f_{G2N} < 0.70 \dots (7a)$$

$$-1.6 < f_1 / f_2 < -1.1 \dots (8a)$$

$$80 < d_{P2} < 95 \dots (9a)$$

$$1.90 < nd_{N2} < 2.10 \dots (10a)$$

20

【0046】

さらに好ましくは条件式(3a)乃至(10a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.6 < (R2GLN + R1GLN) / (R2GLN - R1GLN) < 2.0 \dots (3b)$$

$$2.00 < nd_{GLN} < 2.10 \dots (4b)$$

$$6.0 < TD / f < 7.0 \dots (5b)$$

$$1.6 < SK / f < 2.2 \dots (6b)$$

$$0.40 < f_{G1N} / f_{G2N} < 0.60 \dots (7b)$$

$$-1.4 < f_1 / f_2 < -1.2 \dots (8b)$$

$$85 < d_{P2} < 92 \dots (9b)$$

$$1.92 < nd_{N2} < 1.98 \dots (10b)$$

30

【0047】

以上のように本発明によれば、全系が小型で色収差を良好に補正し高い光学性能の光学系を得ることができる。

【0048】

なお、各実施例の光学系において、第1レンズ群L1は負レンズG1Nを含む少なくとも2枚の負レンズを有することが好ましい。これにより、光学系の広画角化が容易になる。

40

【0049】

なお、各実施例の光学系において最も像側のレンズ面は像側に凸形状となっていることが好ましい。これにより、撮像面で反射した光によるゴーストを低減することが可能となる。

【0050】

また、各実施例の光学系は8枚以下のレンズで構成されていることが好ましい。これにより、必要な光学性能を得つつ光学系を小型、軽量に構成することが可能となる。

【0051】

また、各実施例の光学系は、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間に開口絞りを

50

有すことが望ましい。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に配置された負レンズ、負レンズ、正レンズより構成するのが良い。また、第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に配置された正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成するのが良い。また、第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に配置された正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズより構成するのが良い。

【0052】

なお、各実施例ではいわゆる単焦点レンズについて述べたが、本発明はこれに限定されない。本発明の光学系としては焦点距離が可変であるズームレンズであっても良い。その場合、各条件式はズームレンズの広角端において満足していればよい。

【0053】

次に本発明の光学系を用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）を図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に説明したいずれかの光学系によって構成された撮像光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系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センサ等の撮像素子（光電変換素子）である。

【0054】

以下、実施例1乃至3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、 r_i は第 i 番目の光学面（第 i 面）の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $(i+1)$ 面との間の軸上間隔を示す。また、 nd_i 、 d_i 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、アッペ数である。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 を各々非球面係数としたとき

【0055】

【数1】

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

【0056】

なる式で表している。 $*$ は非球面形状を有する面を意味している。「 $e-x$ 」は 10^{-x} を意味している。 BF は空気換算のバックフォーカスである。また、前述の各条件式に関するパラメータと各条件式に対する数値データとの関係を表1に示す。

【0057】

[数値データ1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	gF
1	48.855	2.20	1.76385	48.49	0.5589
2	11.031	8.00			
3	13.330	1.50	1.53775	74.70	0.5392
4	8.150	7.29			
5	-48.351	6.58	1.85025	30.05	0.5979
6	-26.933	4.00			
7(絞り)		4.00			
8*	-38.065	5.26	1.49710	81.56	0.5377
9*	-9.535	1.12			

10

20

30

40

50

10	12.869	1.50	1.85025	30.05	0.5979
11	9.695	9.98	1.43700	95.10	0.5326
12	-12.615	1.50	2.05090	26.94	0.6054
13	-38.769	11.72			
14		1.50	1.51633	64.14	0.5353
15		0.50			

像面

非球面データ

第8面

K = 6.24411e+001 A 4=-1.54425e-004 A 6=-3.30729e-006

10

第9面

K = 9.25963e-001 A 4= 4.65880e-005 A 6=-1.63395e-008 A 8= 4.39179e-009

各種データ

焦点距離	8.10
Fナンバー	4.00
半画角(度)	90.84
像高	11.50
レンズ全長	66.13
BF	13.21

群データ

20

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	-21.96	25.56	-2.21	-32.37
2	7	17.16	23.36	5.35	-10.27

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-19.13
2	3	-43.40
3	5	62.67
4	8	24.12
5	10	-59.04
6	11	14.52
7	12	-18.33

30

【 0 0 5 8 】

[数値データ 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	gF
1	49.348	2.20	1.77250	49.60	0.5520
2	11.602	8.36			
3	16.043	1.50	1.59522	67.74	0.5442
4	8.639	8.43			
5	-127.111	7.34	1.85025	30.05	0.5979
6	-32.443	4.00			
7(絞り)		4.00			
8*	-37.935	5.08	1.49710	81.56	0.5377
9*	-9.832	1.12			
10	12.990	1.50	1.85025	30.05	0.5979
11	10.208	7.08	1.43700	95.10	0.5326
12	-11.612	1.50	2.00100	29.13	0.5997
13	-37.657	14.46			

40

50

14 1.50 1.51633 64.14 0.5353
 15 0.50

像面

非球面データ

第8面

K = 6.25847e+001 A 4=-1.19636e-004 A 6=-1.68125e-006

第9面

K = 1.14514e+000 A 4= 6.06644e-005 A 6=-4.08608e-008 A 8= 2.18193e-008

各種データ

焦点距離 8.05 10
 Fナンバー 4.00
 半画角(度) 90.96
 像高 11.50
 レンズ全長 68.06
 BF 15.95

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	-25.02	27.82	-4.13	-40.41
2	7	18.32	20.28	5.83	-8.26

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-20.15
2	3	-34.02
3	5	49.47
4	8	25.19
5	10	-74.51
6	11	13.79
7	12	-17.27

【0059】

[数値データ3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	gF
1	47.043	2.20	1.75500	52.32	0.5474
2	10.972	8.05			
3	16.238	1.50	1.59282	68.63	0.5446
4	8.975	8.46			
5	-56.618	6.70	1.85025	30.05	0.5979
6	-25.741	4.00			
7(絞り)		4.00			
8*	-36.732	6.16	1.49710	81.56	0.5377
9*	-10.650	1.12			
10	16.329	1.40	1.85025	30.05	0.5979
11	14.422	6.07	1.43700	95.10	0.5326
12	-13.895	0.24			
13	-12.740	1.10	2.00330	28.27	0.5980
14	-50.712	0.25			
15	-625.576	2.25	1.43700	95.10	0.5326
16	-26.985	15.44			
17		1.50	1.51633	64.14	0.5353

10

20

30

40

50

18 0.50

像面

非球面データ

第8面

K = 5.26909e+001 A 4=-5.71261e-005 A 6= 4.12322e-007

第9面

K = 1.08114e+000 A 4= 5.10417e-005 A 6= 3.13406e-007 A 8= 8.03706e-009

各種データ

焦点距離 8.05

Fナンバー 4.00

半画角(度) 90.07

像高 11.40

レンズ全長 70.43

BF 16.93

群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-26.07	26.92	-5.08	-42.53
2	7	19.16	22.59	8.62	-8.15

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-19.46
2	3	-36.67
3	5	50.48
4	8	27.98
5	10	-219.23
6	11	17.32
7	13	-17.21
8	15	64.46

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
f	8.100	8.050	8.050
f 1	-21.964	-25.025	-26.066
f 2	17.159	18.317	19.162
TD	52.915	52.105	53.505
s k	13.213	15.951	16.928
f G 1 N	-19.134	-20.147	-19.464
f G 2 N	-43.403	-34.017	-36.668
f G L N	-18.332	-17.269	-17.208
G L N R 1	-12.615	-11.612	-12.740
G L N R 2	-38.769	-37.657	-50.712
L D	66.128	68.056	70.433

10

(1) $f G 1 N / f 1$	0.871	0.805	0.747
(2) $ f G L N / f $	2.263	2.145	2.138
(3) S F G L N	1.965	1.892	1.671
(4) n d G L N	2.05090	2.00100	2.00330
(5) TD / f	6.533	6.473	6.647
(6) s k / f	1.631	1.981	2.103
(7) $f G 1 / f G 2$	0.441	0.592	0.531
(8) $f 1 / f 2$	-1.280	-1.366	-1.360
(9) v d P 2	88.33	88.33	90.59
(10) n d N 2	1.95058	1.92563	1.92678

20

30

【符号の説明】

【 0 0 6 1 】

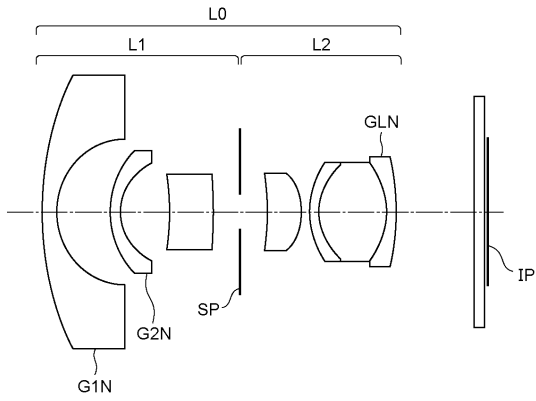
- L 1 第 1 レンズ群
- L 2 第 2 レンズ群
- S P 開口絞り

40

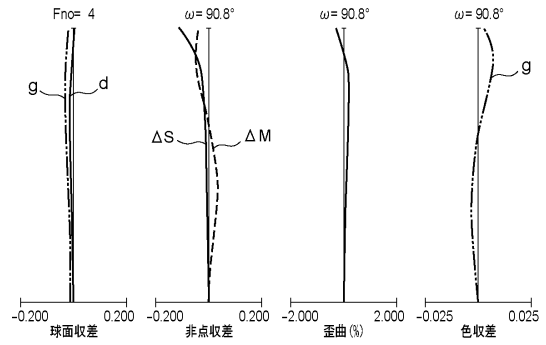
50

【 図面 】

【 図 1 】



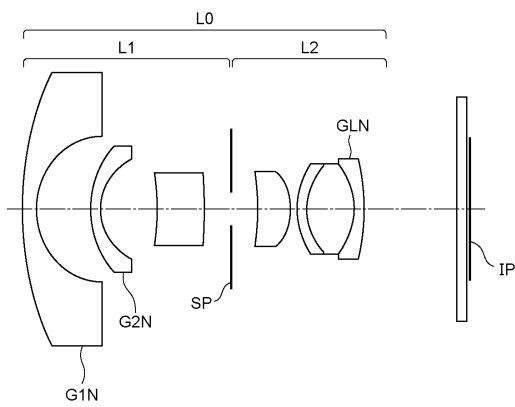
【 図 2 】



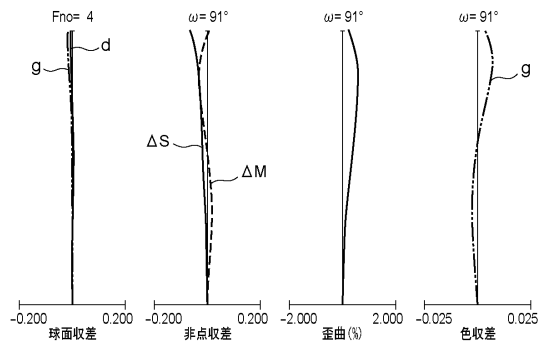
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

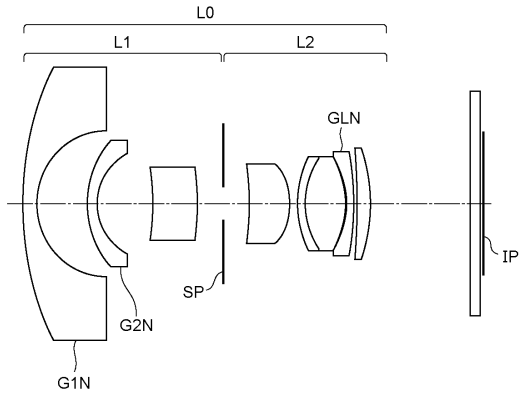


30

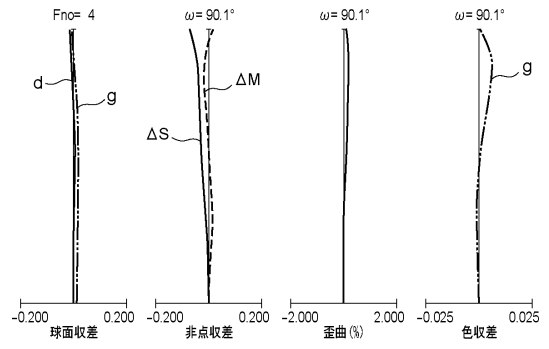
40

50

【 図 5 】



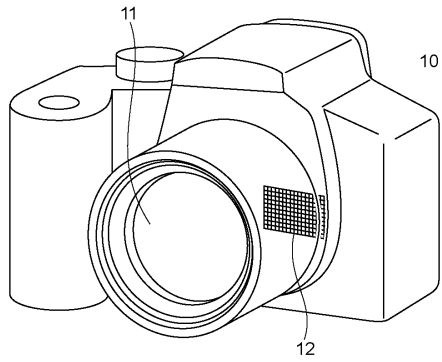
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-047982(JP,A)
特開2012-058406(JP,A)
国際公開第2017/043352(WO,A1)
特開2011-150196(JP,A)
特開2008-107391(JP,A)
特開2018-136487(JP,A)
特開2016-151629(JP,A)
特開2016-014754(JP,A)
特開2010-176015(JP,A)
特開平07-181377(JP,A)
米国特許出願公開第2018/0031807(US,A1)
特開2017-181857(JP,A)
特開2010-276923(JP,A)
特開2011-145315(JP,A)
特開2013-020073(JP,A)
特開2017-054107(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