

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-39237

(P2021-39237A)

(43) 公開日 令和3年3月11日(2021.3.11)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G O 2 B 13/00	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2019-160510 (P2019-160510)
 (22) 出願日 令和1年9月3日 (2019.9.3)

(71) 出願人 391014055
 カンタツ株式会社
 東京都品川区南品川三丁目6番21号
 (72) 発明者 平野 整
 栃木県矢板市片岡1150番地23 カン
 タツ株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA08 PA17 PB08
 QA02 QA06 QA12 QA22 QA25
 QA37 QA39 QA41 QA45 QA46
 RA04 RA05 RA12 RA13 RA34
 RA42 RA43 RA44 UA01

(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

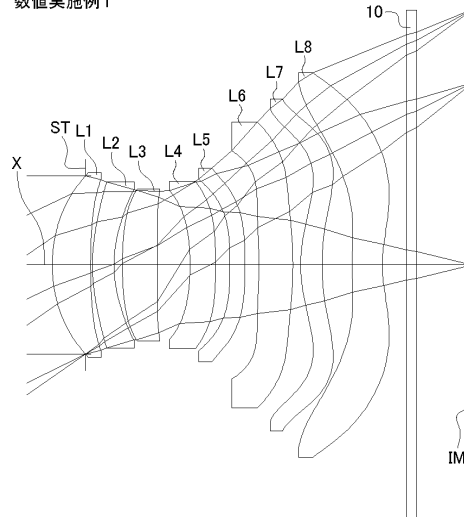
(57) 【要約】

【課題】 諸収差が良好に補正される小型の撮像レンズを提供する。

【解決手段】 物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズL1と、負の屈折力を有する第2レンズL2と、正の屈折力を有する第3レンズL3と、負の屈折力を有する第4レンズL4と、第5レンズL5と、第6レンズL6と、正の屈折力を有する第7レンズL7と、負の屈折力を有する第8レンズL8とを配置する。第4レンズL4を、光軸近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成する。第8レンズL8を、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有する形状に形成する。また、条件式「 $0.04 < D_{34} / f < 0.15$ 」を満足する構成とする。但し、当該条件式において、 f はレンズ系全体の焦点距離とし、 D_{34} は第3レンズL3と第4レンズL4との間の光軸上の距離とする。

【選択図】 図1

数値実施例1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第 1 レンズと、負の屈折力を有する第 2 レンズと、正の屈折力を有する第 3 レンズと、負の屈折力を有する第 4 レンズと、第 5 レンズと、第 6 レンズと、正の屈折力を有する第 7 レンズと、負の屈折力を有する第 8 レンズとを備え、

前記第 4 レンズは、物体側の面の曲率半径および像面側の面の曲率半径が共に負となる形状に形成され、

前記第 8 レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有し、

レンズ系全体の焦点距離を f 、前記第 3 レンズと前記第 4 レンズとの間の光軸上の距離を D_{34} としたとき、

$$0.04 < D_{34} / f < 0.15、$$

を満足する撮像レンズ。

【請求項 2】

前記第 1 レンズの焦点距離を f_1 、前記第 3 レンズの焦点距離を f_3 としたとき、

$$1.20 < f_3 / f_1 < 5.50、$$

を満足する請求項 1 に記載の撮像レンズ。

【請求項 3】

前記第 3 レンズの焦点距離を f_3 、前記第 4 レンズの焦点距離を f_4 としたとき、

$$-5.50 < f_4 / f_3 < -0.80、$$

を満足する請求項 1 または 2 に記載の撮像レンズ。

【請求項 4】

前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとの間の光軸上の距離を D_{45} としたとき、

$$0.02 < D_{45} / D_{34} < 1.00、$$

を満足する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 5】

前記第 6 レンズおよび前記第 7 レンズの合成焦点距離を f_{67} としたとき、

$$0.80 < f_{67} / f < 3.50、$$

を満足する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 6】

前記第 7 レンズの焦点距離を f_7 、前記第 8 レンズの焦点距離を f_8 としたとき、

$$-1.20 < f_8 / f_7 < -0.35、$$

を満足する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCD センサや CMOS センサ等の撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズに係り、携帯電話機や携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラ、デジタルステイルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラへの組み込みが好適な撮像レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

被写体を精細に撮影したり被写体に関してより多くの情報を取得したりするためには、高画素の撮像素子とともに解像度の高い撮像レンズが必要になる。撮像レンズの高解像度化を実現するための方法の一つとして、撮像レンズを構成するレンズの枚数を諸収差の補正の難易度に応じて増加させる方法がある。

【0003】

8 枚のレンズから成るレンズ構成は、撮像レンズを構成するレンズの枚数が多いことから設計上の自由度が高く、諸収差を良好に補正できる。8 枚構成の撮像レンズとしては、例えば特許文献 1 に記載の撮像レンズが知られている。

【0004】

特許文献1には、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、第2レンズと、第3レンズと、第4レンズと、第5レンズと、第6レンズと、負の屈折力を有する第7レンズと、像面側に凹面を向けた負の屈折力を有する第8レンズとから構成された撮像レンズが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2017-116594号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献1に記載の撮像レンズによれば比較的良好に諸収差を補正できるものの、当該撮像レンズはレンズ系全体の焦点距離に対して光学全長が長いため、スマートフォン等の薄型の機器に内蔵される小型のカメラに組み込むには小型化や低背化が不十分である。特許文献1に記載の撮像レンズによって更なる小型化や低背化を図りつつより良好な収差補正を実現することは困難である。

【0007】

なお、こうした問題はスマートフォンに組み込まれる撮像レンズに特有の問題ではなく、携帯電話機、携帯情報端末、デジタルスティルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラに組み込まれる撮像レンズにおいて共通の問題である。

【0008】

本発明の目的は、撮像レンズの小型化と良好な収差補正との両立を図ることのできる撮像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】

本発明の撮像レンズは、撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズと、負の屈折力を有する第2レンズと、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有する第4レンズと、第5レンズと、第6レンズと、正の屈折力を有する第7レンズと、負の屈折力を有する第8レンズとを備える。第8レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有する。

【0010】

本発明の撮像レンズにおいては、正の屈折力を有する第1レンズの像面側に、負の屈折力を有する第2レンズを配置する。これにより、撮像レンズの低背化を好適に図りつつ色収差を良好に補正できる。また、第3レンズが正の屈折力を有することから、第1レンズから第3レンズまでの屈折力の配列が正負正となり、広範囲の波長について色収差を良好に補正できる。さらに、負の屈折力を有するレンズを第4レンズとして配置することによって第3レンズおよび第4レンズの屈折力の配列が正負となるため、高解像度化において必須となる色収差の補正を精細に行うことができる。

【0011】

本発明の撮像レンズにおいてはまた、正の屈折力を有する第7レンズの像面側に、負の屈折力を有する第8レンズを配置する。このような屈折力の配列によって軸上色収差および倍率色収差を良好に補正できる。さらに、第8レンズの像面側の面を、変曲点を有する非球面形状に形成することにより、バックフォーカスを確保しつつ画像周辺部の像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。第8レンズのこのような形状によれば、撮像レンズから出射した光線の撮像素子の像面への入射角度を主光線角度(CRA: Chief Ray Angle)の範囲内に抑制しつつ近軸および周辺の諸収差についても良好に補正できる。

【0012】

なお、本発明において「レンズ」とは、屈折力を有する光学要素を指すものとする。よ

10

20

30

40

50

って、光の進行方向を変えるプリズムや平板のフィルタ等の光学要素は本発明の「レンズ」に含まれず、これら光学要素は適宜、撮像レンズの前後や各レンズ間に配置することができる。

【0013】

上記構成の撮像レンズにおいては第4レンズを、物体側の面の曲率半径および像面側の面の曲率半径が共に負となる形状、すなわち光軸近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成することが望ましい。

【0014】

第4レンズをこのような形状に形成することにより、像高が高い位置における上光線の入射角度の増大を抑制しつつ、像面湾曲、コマ収差、および全反射等を良好に補正できる。

10

【0015】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第3レンズと第4レンズとの間の光軸上の距離を D_{34} としたとき、次の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$0.04 < D_{34} / f < 0.15 \quad (1)$$

【0016】

条件式(1)を満足することにより、第3レンズと第4レンズとの間のクリアランスを確保しつつ広角化を好適に図ることができる。また、バックフォーカスを確保できる。

【0017】

上記構成の撮像レンズにおいては、第1レンズの焦点距離を f_1 、第3レンズの焦点距離を f_3 としたとき、次の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$1.20 < f_3 / f_1 < 5.50 \quad (2)$$

20

【0018】

条件式(2)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ球面収差および像面湾曲を良好に補正できる。

【0019】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第3レンズの焦点距離を f_3 としたとき、次の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$1.35 < f_3 / f < 4.50 \quad (3)$$

30

【0020】

条件式(3)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ球面収差および像面湾曲を良好に補正できる。

【0021】

上記構成の撮像レンズにおいては、第3レンズの焦点距離を f_3 、第4レンズの焦点距離を f_4 としたとき、次の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$-5.50 < f_4 / f_3 < -0.80 \quad (4)$$

【0022】

条件式(4)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ色収差を良好に補正できる。

40

【0023】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第4レンズの焦点距離を f_4 としたとき、次の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$-12.00 < f_4 / f < -1.00 \quad (5)$$

【0024】

条件式(5)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ色収差を良好に補正できる。

【0025】

上記構成の撮像レンズにおいては、第3レンズと第4レンズとの間の光軸上の距離を D_{34} 、第4レンズと第5レンズとの間の光軸上の距離を D_{45} としたとき、次の条件式(

50

6) を満足することが望ましい。

$$0.02 < D_{45} / D_{34} < 1.00 \quad (6)$$

【0026】

条件式(6)を満足することにより、撮像レンズの低背化および広角化の両立を好適に図ることができる。

【0027】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第6レンズおよび第7レンズの合成焦点距離を f_{67} としたとき、次の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$0.80 < f_{67} / f < 3.50 \quad (7)$$

10

【0028】

条件式(7)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ球面収差および歪曲収差を良好に補正できる。

【0029】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第7レンズの焦点距離を f_7 としたとき、次の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$0.80 < f_7 / f < 3.50 \quad (8)$$

【0030】

条件式(8)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ球面収差および歪曲収差を良好に補正できる。

20

【0031】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズをメニスカス形状に形成することが望ましい。

【0032】

第7レンズをこのような形状に形成することにより、第7レンズの有する正の屈折力の増大が抑制され、球面収差、像面湾曲、および歪曲収差をバランスよく良好に補正できる。

【0033】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズの物体側の面の曲率半径を R_{7f} 、第7レンズの像面側の面の曲率半径を R_{7r} としたとき、次の条件式(9)を満足することが望ましい。

30

$$1.00 < R_{7r} / R_{7f} < 3.00 \quad (9)$$

【0034】

条件式(9)を満足することにより、第7レンズにおけるレンズ中心部の肉厚とレンズ周辺部の肉厚との均一性を確保しつつ、像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。

【0035】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズの光軸上の厚さを T_7 、第8レンズの光軸上の厚さを T_8 としたとき、次の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$0.30 < T_7 / T_8 < 1.50 \quad (10)$$

【0036】

40

撮像レンズの低背化を図ると、像面に近い位置に配置されるレンズ程、有効径が大きくなる傾向にある。条件式(10)を満足することにより、有効径が比較的大きくなりがちな第7レンズと第8レンズの光軸上の厚みが良好に保たれる。このため、撮像レンズの低背化を図りつつ諸収差を良好に補正できる。また、バックフォーカスの確保も可能となる。なお、第7レンズおよび第8レンズをプラスチック材料から形成する場合には、当該条件式(10)を満足することにより、レンズの製造コストの低減とともにレンズの成形性を確保できる。

【0037】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズの焦点距離を f_7 、第8レンズの焦点距離を f_8 としたとき、次の条件式(11)を満足することが望ましい。

50

$$-1.20 < f_8 / f_7 < -0.35 \quad (11)$$

【0038】

条件式(11)を満足することにより、球面収差、像面湾曲、および倍率色収差をバランスよく良好に補正できる。

【0039】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズを、像面側の面の曲率半径が正となる形状であって、光軸近傍において像面側に凹面を向けた形状に形成することが望ましい。

【0040】

第8レンズをこのような形状に形成することにより主点の位置が物体側に移動するため、撮像レンズの低背化を好適に図ることができる。また、バックフォーカスを確保できる。

10

【0041】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離を f 、第7レンズと第8レンズとの間の光軸上の距離を D_{78} としたとき、次の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$0.03 < D_{78} / f < 0.15 \quad (12)$$

【0042】

条件式(12)を満足することにより、撮像レンズの低背化を図りつつ像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。また、バックフォーカスを確保しつつ、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角度を CRA の範囲内に好適に抑制できる。

20

【0043】

本発明の撮像レンズにおいて色収差をより良好に補正するためには、第3レンズのアッベ数を d_3 、第4レンズのアッベ数を d_4 としたとき、次の条件式(13)および(14)を満足することが望ましい。

$$35 < d_3 \quad (13)$$

$$35 < d_4 \quad (14)$$

【0044】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに次の条件式(13a)および(14a)を満足することが望ましい。

$$35 < d_3 < 90 \quad (13a)$$

$$35 < d_4 < 90 \quad (14a)$$

30

【0045】

上記構成の撮像レンズにおいて、軸上色収差および倍率色収差をより良好に補正するためには、第7レンズのアッベ数を d_7 、第8レンズのアッベ数を d_8 としたとき、次の条件式(15)および(16)を満足することが望ましい。

$$35 < d_7 \quad (15)$$

$$35 < d_8 \quad (16)$$

【0046】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに次の条件式(15a)および(16a)を満足することが望ましい。

$$35 < d_7 < 90 \quad (15a)$$

$$35 < d_8 < 90 \quad (16a)$$

40

【0047】

本発明の撮像レンズは、レンズ系全体の焦点距離を f 、第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離を TL としたとき、次の条件式(17)を満足することが望ましい。当該条件式(17)を満足することにより、撮像レンズの小型化を好適に図ることができる。

$$TL / f < 1.2 \quad (17)$$

【0048】

なお、撮像レンズと像面との間には通常、赤外線カットフィルターやカバーガラス等の

50

挿入物が配置されることが多いが、本明細書ではこれら挿入物の光軸上の距離については空気換算長を用いる。

【0049】

ところで、薄型の携帯機器、例えばスマートフォンに内蔵される撮像レンズにおいては、限られたスペース内に撮像レンズを収納する必要があることから、撮像素子の大きさに対する撮像レンズの光軸方向の長さについて厳しい制約が課されることが多い。すなわち、撮像レンズの低背化が強く求められる。そこで、本願発明の撮像レンズは、第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離をTL、最大像高をHmaxとしたとき、次の条件式(18)を満足することが望ましい。

$$1.00 < TL / Hmax < 1.80 \quad (18)$$

10

【0050】

本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズから第8レンズまでの各レンズを、空気間隔を隔てて配列することが望ましい。各レンズが空気間隔を隔てて配列されることにより、本発明の撮像レンズは接合レンズを一枚も含まないレンズ構成になる。このようなレンズ構成では、撮像レンズを構成する8枚のレンズの全てをプラスチック材料から形成できるため、撮像レンズの製造コストを好適に抑制できる。

【0051】

本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズから第8レンズまでの各レンズの両面を非球面形状に形成することが望ましい。各レンズの両面を非球面形状に形成することにより、レンズの光軸近傍から周辺部に亘って諸収差をより良好に補正できる。特にレンズ周辺部における諸収差を良好に補正できる。

20

【0052】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズおよび第8レンズのうち少なくとも二面を、変曲点を有する非球面形状で形成することが望ましい。第8レンズの像面側の面に加えて、変曲点を有する非球面形状のレンズ面をさらに一面設けることにより、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角度をCRAの範囲内により好適に抑制できるとともに、画像周辺部の諸収差をより良好に補正できる。

【0053】

本発明の撮像レンズは、画角を 2θ としたとき、 $65^\circ < 2\theta$ を満足することが望ましい。本条件式を満足することにより、撮像レンズの広角化が図られ、撮像レンズの小型化と広角化との両立を好適に図ることができる。

30

【0054】

なお、本発明においては、上述のようにレンズの形状を曲率半径の符号を用いて特定している。曲率半径が正か負かは一般的な定義、すなわち光の進行方向を正として、曲率半径の中心がレンズ面からみて像面側にある場合には曲率半径を正とし、物体側にある場合には曲率半径を負とする定義に従っている。よって、「曲率半径が正となる物体側の面」とは、物体側の面が凸面であることを指し、「曲率半径が負となる物体側の面」とは、物体側の面が凹面であることを指す。また、「曲率半径が正となる像面側の面」とは、像面側の面が凹面であることを指し、「曲率半径が負となる像面側の面」とは、像面側の面が凸面であることを指す。なお、本明細書での曲率半径は近軸の曲率半径を指しており、レンズ断面図におけるレンズの概形にそぐわない場合がある。

40

【発明の効果】

【0055】

本発明の撮像レンズによれば、諸収差が良好に補正された高い解像度を有しながらも、小型のカメラへの組込みに特に適した小型の撮像レンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】数値実施例1に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図2】図1に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図3】図1に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

50

【図 4】数値実施例 2 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 5】図 4 に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図 6】図 4 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図 7】数値実施例 3 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 8】図 7 に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図 9】図 7 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図 10】数値実施例 4 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 11】図 10 に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図 12】図 10 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

10

【図 13】数値実施例 5 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 14】図 13 に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図 15】図 13 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図 16】数値実施例 6 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 17】図 16 に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図 18】図 16 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0057】

20

以下、本発明を具体化した一実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0058】

図 1、図 4、図 7、図 10、図 13、および図 16 は、本実施の形態の数値実施例 1 ~ 6 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。いずれの数値実施例も基本的なレンズ構成は同一であるため、ここでは数値実施例 1 の断面図を参照しながら本実施の形態に係る撮像レンズについて説明する。

【0059】

図 1 に示すように本実施の形態に係る撮像レンズは、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ L 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ L 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ L 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ L 4 と、第 5 レンズ L 5 と、第 6 レンズ L 6 と、正の屈折力を有する第 7 レンズ L 7 と、負の屈折力を有する第 8 レンズ L 8 とを備える。これら第 1 レンズ L 1 から第 8 レンズ L 8 までの各レンズは空気間隔を隔てて配列する。第 8 レンズ L 8 と撮像素子の像面 IM との間にはフィルタ 10 を配置する。なお、フィルタ 10 は省略できる。

30

【0060】

第 1 レンズ L 1 は、物体側の面の曲率半径 r_2 および像面側の面の曲率半径 r_3 が共に正となる形状を有する。第 1 レンズ L 1 は、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第 1 レンズ L 1 の形状は本数値実施例 1 に係る形状に限定されない。第 1 レンズ L 1 の形状は、第 1 レンズ L 1 の屈折力が正となるような形状であればよい。第 1 レンズ L 1 の形状としては、曲率半径 r_2 および r_3 が共に負となる形状や、曲率半径 r_2 が正となり曲率半径 r_3 が負となる形状でもよい。前者は近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状であり、後者は近軸において両凸レンズとなる形状である。撮像レンズの小型化を図る点からは、曲率半径 r_2 が正となる形状が望ましい。

40

【0061】

本数値実施例 1 では第 1 レンズ L 1 の物体側に開口絞り S T を設けている。この開口絞り S T の位置は本数値実施例 1 の位置に限定されるものではない。第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 との間に開口絞り S T を設けてもよいし、第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 との間に開口絞り S T を設けてもよい。または、第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 との間や、第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 との間等に開口絞り S T を設けるようにしてもよい。

50

【0062】

第2レンズL2は、物体側の面の曲率半径 r_4 および像面側の面の曲率半径 r_5 が共に正となる形状を有する。第2レンズL2は、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第2レンズL2の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第2レンズL2の形状は、第2レンズL2の屈折力が負となるような形状であればよい。第2レンズL2の形状としては、曲率半径 r_4 および r_5 が共に負となる形状であって、近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状でもよいし、曲率半径 r_4 が負となり曲率半径 r_5 が正となり、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。撮像レンズの小型化の観点からは、曲率半径 r_4 が正となる形状が望ましい。

【0063】

第3レンズL3は、物体側の面の曲率半径 r_6 が正となり像面側の面の曲率半径 r_7 が負となる形状を有する。第3レンズL3は、近軸において両凸レンズとなる形状である。なお、第3レンズL3の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第3レンズL3の形状は、第3レンズL3の屈折力が正となるような形状であればよい。数値実施例3~5は、曲率半径 r_6 および r_7 が共に正となる形状であって、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状の例である。第3レンズL3の形状としてはこの他、曲率半径 r_6 および r_7 が共に負となる形状、すなわち近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状でもよい。撮像レンズの小型化の観点からは、曲率半径 r_6 が正となる形状が望ましい。

【0064】

第4レンズL4は、物体側の面の曲率半径 r_8 および像面側の面の曲率半径 r_9 が共に負となる形状を有する。第4レンズL4は、近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。またこの第4レンズL4は、レンズ周辺部において第3レンズ側に凹面を向けた形状を有する。このため、像面湾曲および非点収差を良好に補正できる。

【0065】

なお、第4レンズL4の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第4レンズL4の形状は、第4レンズL4の屈折力が負となるような形状であればよい。第4レンズL4の形状としては、曲率半径 r_8 が負となり曲率半径 r_9 が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状や、曲率半径 r_8 および r_9 が共に正となる形状であって、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状でもよい。

【0066】

第5レンズL5は正の屈折力を有する。この第5レンズL5の屈折力は正に限定されない。第5レンズL5の屈折力が負となるレンズ構成の例を数値実施例3、4、6に示す。また、第5レンズL5の屈折力が近軸において零となるレンズ構成の例を数値実施例5として示す。

【0067】

第5レンズL5は、物体側の面の曲率半径 r_{10} および像面側の面の曲率半径 r_{11} が共に負となる形状を有する。第5レンズL5は、近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第5レンズL5の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第5レンズL5の形状としては、曲率半径 r_{10} が負となり曲率半径 r_{11} が正となる形状、すなわち近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。第5レンズL5の形状としてはこの他にも、曲率半径 r_{10} および r_{11} が共に正となる形状や、曲率半径 r_{10} が正となり曲率半径 r_{11} が負となる形状でもよい。前者は近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状であり、後者は近軸において両凸レンズとなる形状である。一方、数値実施例5は、光軸近傍において曲率半径 r_{10} および曲率半径 r_{11} が共に無限大となる形状の例である。この第5レンズL5は、近軸では屈折力が無いもののレンズ周辺部においては屈折力を有する。この種の第5レンズL5はレンズ周辺部における諸収差の補正に適する。

【0068】

第6レンズL6は正の屈折力を有する。この第6レンズL6の屈折力は正に限定されない。第6レンズL6の屈折力が負となるレンズ構成の例を数値実施例2、4、5に示す。また、第6レンズL6の屈折力が近軸において零となるレンズ構成の例を数値実施例6として示す。

【0069】

第6レンズL6は、物体側の面の曲率半径 r_{12} および像面側の面の曲率半径 r_{13} が共に負となる形状を有する。第6レンズL6は、近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第6レンズL6の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第6レンズL6の形状としては、本数値実施例1に係る形状の他、曲率半径 r_{12} および r_{13} が共に正となる形状や、曲率半径 r_{12} が正となり曲率半径 r_{13} が負となる形状でもよい。前者は近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状であり、後者は近軸において両凸レンズとなる形状である。また、第6レンズL6の形状は、曲率半径 r_{12} が負となり曲率半径 r_{13} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。数値実施例6は、光軸近傍において曲率半径 r_{12} および曲率半径 r_{13} が共に無限大となる形状の例である。この第6レンズL6は、近軸では屈折力が無いもののレンズ周辺部においては屈折力を有する。よって、この種の第6レンズL6はレンズ周辺部における諸収差の補正に適する。

10

【0070】

第7レンズL7は、物体側の面の曲率半径 r_{14} ($= R_{7f}$) および像面側の面の曲率半径 r_{15} ($= R_{7r}$) が共に正となる形状を有する。第7レンズL7は、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第7レンズL7の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第7レンズL7の形状は、曲率半径 r_{14} および r_{15} が共に負となる形状であって、近軸において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状でもよい。また、第7レンズL7の形状としてはこの他、曲率半径 r_{14} が正となり曲率半径 r_{15} が負となる形状であって、近軸において両凸レンズとなる形状でもよい。要するに第7レンズL7の形状は、第7レンズL7の屈折力が正となるような形状であればよい。

20

【0071】

第8レンズL8は、物体側の面の曲率半径 r_{16} および像面側の面の曲率半径 r_{17} が共に正となる形状を有する。第8レンズL8は、近軸において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状である。第8レンズL8の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。数値実施例2は、曲率半径 r_{16} が負となり曲率半径 r_{17} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状の例である。この他にも第8レンズL8の形状としては、曲率半径 r_{16} および r_{17} が共に負となり、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状でもよい。第8レンズL8の形状は、第8レンズL8の屈折力が負となるような形状であればよい。なお、撮像レンズの低背化を図りつつバックフォーカスを確保する観点からは、第8レンズL8を、曲率半径 r_{17} が正となる形状に形成することが望ましい。

30

【0072】

また、上記第8レンズL8において像面側の面は変曲点が設けられた非球面形状である。ここで変曲点とは、曲線上で曲率の符号が変化する点を指し、レンズ面上の曲線で曲がる方向が変わる点を指すものとする。なお、本実施の形態に係る撮像レンズにおける第8レンズL8の像面側の面は、極点を有する非球面形状である。第8レンズL8の有するこのような形状により、軸上の色収差のみならず軸外の倍率色収差が良好に補正されるとともに、撮像レンズから出射した光線の像面IMへの入射角度がCRAの範囲内に好適に抑制される。本実施の形態に係る撮像レンズでは、第7レンズL7および第8レンズL8の両面が、変曲点を有する非球面形状である。このため、画像周辺部の諸収差はより良好に補正されることになる。なお、要求される光学性能や撮像レンズの小型化の程度によっては、第7レンズL7および第8レンズL8のレンズ面のうち、第8レンズL8の像面側の面を除く他のレンズ面を、変曲点の無い非球面形状に形成するようにしてもよい。

40

50

【 0 0 7 3 】

本実施の形態に係る撮像レンズは、以下に示す条件式(1)~(18)を満足する。

$$0.04 < D_{34} / f < 0.15 \quad (1)$$

$$1.20 < f_3 / f_1 < 5.50 \quad (2)$$

$$1.35 < f_3 / f < 4.50 \quad (3)$$

$$-5.50 < f_4 / f_3 < -0.80 \quad (4)$$

$$-12.00 < f_4 / f < -1.00 \quad (5)$$

$$0.02 < D_{45} / D_{34} < 1.00 \quad (6)$$

$$0.80 < f_{67} / f < 3.50 \quad (7)$$

$$0.80 < f_7 / f < 3.50 \quad (8)$$

$$1.00 < R_{7r} / R_{7f} < 3.00 \quad (9)$$

$$0.30 < T_7 / T_8 < 1.50 \quad (10)$$

$$-1.20 < f_8 / f_7 < -0.35 \quad (11)$$

$$0.03 < D_{78} / f < 0.15 \quad (12)$$

$$3.5 < d_3 \quad (13)$$

$$3.5 < d_4 \quad (14)$$

$$3.5 < d_3 < 9.0 \quad (13a)$$

$$3.5 < d_4 < 9.0 \quad (14a)$$

$$3.5 < d_7 \quad (15)$$

$$3.5 < d_8 \quad (16)$$

$$3.5 < d_7 < 9.0 \quad (15a)$$

$$3.5 < d_8 < 9.0 \quad (16a)$$

$$TL / f < 1.2 \quad (17)$$

$$1.00 < TL / H_{max} < 1.80 \quad (18)$$

但し、

f : レンズ系全体の焦点距離

f₁ : 第1レンズL₁の焦点距離

f₃ : 第3レンズL₃の焦点距離

f₄ : 第4レンズL₄の焦点距離

f₇ : 第7レンズL₇の焦点距離

f₈ : 第8レンズL₈の焦点距離

f₆₇ : 第6レンズL₆および第7レンズL₇の合成焦点距離

T₇ : 第7レンズL₇の光軸上の厚さ

T₈ : 第8レンズL₈の光軸上の厚さ

d₃ : 第3レンズL₃のアッペ数

d₄ : 第4レンズL₄のアッペ数

d₇ : 第7レンズL₇のアッペ数

d₈ : 第8レンズL₈のアッペ数

R_{7f} : 第7レンズL₇の物体側の面の近軸曲率半径

R_{7r} : 第7レンズL₇の像面側の面の近軸曲率半径

D₃₄ : 第3レンズL₃と第4レンズL₄との間の光軸上の距離

D₄₅ : 第4レンズL₄と第5レンズL₅との間の光軸上の距離

D₇₈ : 第7レンズL₇と第8レンズL₈との間の光軸上の距離

H_{max} : 最大像高

TL : 第1レンズL₁の物体側の面から像面IMまでの光軸X上の距離
(フィルタ10は空気換算長)

【 0 0 7 4 】

本実施の形態に係る撮像レンズは次の条件式を満足する。

$$65^\circ < 2$$

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

なお、上記各条件式の全てを満たす必要はなく、上記各条件式のそれぞれを単独に満たすことにより、各条件式に対応する作用効果をそれぞれ得ることができる。

【0076】

本実施の形態では各レンズのレンズ面が非球面で形成されている。これら非球面の非球面式を次式に示す。

【数1】

$$Z = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) \cdot C^2 \cdot H^2}} + \sum (A_n \cdot H^n)$$

10

但し、

Z : 光軸方向の距離

H : 光軸に直交する方向の光軸からの距離

C : 近軸曲率 (= 1 / r、r : 近軸曲率半径)

k : 円錐定数

A_n : 第 n 次の非球面係数

【0077】

次に、本実施の形態に係る撮像レンズの数値実施例を示す。各数値実施例において、f はレンズ系全体の焦点距離、Fno は F ナンバー、 ω は半画角を示す。i は物体側より数えた面番号、r は曲率半径、d は光軸上のレンズ面間の距離 (面間隔)、n_d は基準波長 588 nm における屈折率、 ν_d は当該基準波長におけるアッペ数をそれぞれ示す。なお、面番号に * (アスタリスク) の符号が付加された面は非球面であることを示す。

20

【0078】

数値実施例 1

基本的なレンズデータ

【表1】

f=7.34mm Fno=2.1 ω =34.6°

	i	r	d	n _d	ν_d	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.758	0.746	1.5445	56.4	f1= 6.226
	3*	13.386	0.035			
L2	4*	3.564	0.422	1.6707	19.2	f2= -12.198
	5*	2.365	0.161			
L3	6*	6.954	0.681	1.5445	56.4	f3= 12.300
	7*	-175.138	0.637			
L4	8*	-5.115	0.496	1.5445	56.4	f4= -13.752
	9*	-16.698	0.278			
L5	10*	-28.943	0.295	1.6707	19.2	f5= 106.528
	11*	-20.683	0.272			
L6	12*	-9.069	0.660	1.6142	25.6	f6= 101.094
	13*	-8.132	0.153			
L7	14*	2.885	0.418	1.5348	55.7	f7= 12.100
	15*	4.942	0.585			
L8	16*	6.976	0.587	1.5348	55.7	f8= -7.459
	17*	2.464	0.462			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	1.097			
(IM)		∞				

30

40

【0079】

f67=10.527mm

50

R7f=2.885mm
 R7r=4.942mm
 D34=0.637mm
 D45=0.278mm
 D78=0.585mm
 T7=0.418mm
 T8=0.587mm
 TL=8.125mm
 Hmax=5.1mm

【 0 0 8 0 】

【 表 2 】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-5.374E-01	1.252E-02	-1.657E-02	2.779E-02	-2.677E-02
3	0.000E+00	3.354E-02	-8.001E-02	1.485E-01	-1.701E-01
4	-1.167E+00	6.104E-03	-8.641E-02	1.655E-01	-1.932E-01
5	-1.894E+00	-1.279E-02	1.080E-02	-4.512E-02	9.158E-02
6	0.000E+00	2.625E-02	-3.465E-02	8.812E-02	-1.216E-01
7	0.000E+00	2.975E-03	1.392E-02	-2.535E-02	3.717E-02
8	0.000E+00	-6.270E-02	8.163E-02	-1.625E-01	1.937E-01
9	0.000E+00	-6.532E-02	-6.328E-04	5.819E-02	-1.110E-01
10	0.000E+00	-1.720E-01	1.742E-01	-2.071E-01	1.760E-01
11	0.000E+00	-1.229E-01	1.099E-01	-9.309E-02	4.876E-02
12	0.000E+00	2.126E-02	2.509E-02	-3.290E-02	1.740E-02
13	0.000E+00	-1.142E-02	2.073E-02	-7.364E-03	3.137E-04
14	-1.627E+00	-2.605E-02	4.897E-03	-5.294E-03	2.051E-03
15	0.000E+00	1.536E-02	-1.454E-02	2.111E-03	9.122E-05
16	7.764E-01	-1.047E-01	3.531E-02	-7.632E-03	1.042E-03
17	-1.026E+01	-5.469E-02	1.502E-02	-3.241E-03	4.805E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.611E-02	-5.909E-03	1.240E-03	-1.245E-04	2.919E-06
3	1.274E-01	-6.200E-02	1.886E-02	-3.248E-03	2.402E-04
4	1.471E-01	-7.271E-02	2.246E-02	-3.930E-03	2.964E-04
5	-1.001E-01	6.507E-02	-2.508E-02	5.285E-03	-4.670E-04
6	1.073E-01	-6.004E-02	2.074E-02	-4.063E-03	3.491E-04
7	-3.283E-02	1.767E-02	-5.529E-03	8.876E-04	-5.508E-05
8	-1.474E-01	7.108E-02	-2.083E-02	3.341E-03	-2.239E-04
9	1.085E-01	-6.300E-02	2.197E-02	-4.244E-03	3.486E-04
10	-1.020E-01	3.900E-02	-9.353E-03	1.287E-03	-7.982E-05
11	-1.549E-02	2.705E-03	-1.501E-04	-2.235E-05	2.913E-06
12	-5.880E-03	1.307E-03	-1.845E-04	1.477E-05	-4.988E-07
13	3.790E-04	-1.105E-04	1.447E-05	-9.526E-07	2.538E-08
14	-4.222E-04	4.948E-05	-3.204E-06	1.040E-07	-1.274E-09
15	-8.364E-05	1.326E-05	-1.006E-06	3.833E-08	-5.774E-10
16	-8.978E-05	4.886E-06	-1.636E-07	3.088E-09	-2.481E-11
17	-4.657E-05	2.851E-06	-1.061E-07	2.189E-09	-1.855E-11

【 0 0 8 1 】

各条件式の値を以下に示す。

D34/f=0.09
 f3/f1=1.98
 f3/f=1.67
 f4/f3=-1.12

10

20

30

40

50

$f4/f=-1.87$
 $D45/D34=0.44$
 $f67/f=1.43$
 $f7/f=1.65$
 $R7r/R7f=1.71$
 $T7/T8=0.71$
 $f8/f7=-0.62$
 $D78/f=0.08$
 $TL/f=1.11$
 $TL/Hmax=1.60$

10

このように、本数値実施例 1 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 0 8 2 】

図 2 は、球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示した収差図である。非点収差図および歪曲収差図には基準波長 (588nm) における収差量を示す。また、非点収差図にあってはサジタル像面 (S) およびタンジェンシャル像面 (T) をそれぞれ示す (図 5、図 8、図 11、図 14、および図 17 においても同じ)。図 3 は、最大像高 H_{max} に対する各像高の比 H (以下、「像高比 H 」という) に対応する横収差をタンジェンシャル方向とサジタル方向とに分けて示した収差図である (図 6、図 9、図 12、図 15、および図 18 においても同じ)。図 2 および図 3 に示されるように、本数値実施例 1 に係る撮像レンズによれば諸収差を良好に補正できる。

20

【 0 0 8 3 】

数値実施例 2

基本的なレンズデータ

【表 3】

$f=6.91\text{mm}$ $Fno=2.1$ $\omega=33.7^\circ$

	i	r	d	n d	νd	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.767	0.795	1.5445	56.4	$f1=6.198$
	3*	13.825	0.028			
L2	4*	4.052	0.475	1.6707	19.2	$f2=-11.801$
	5*	2.554	0.187			
L3	6*	7.994	0.496	1.5445	56.4	$f3=11.550$
	7*	-28.836	0.466			
L4	8*	-6.006	0.643	1.5445	56.4	$f4=-42.743$
	9*	-8.400	0.164			
L5	10*	-12.633	0.390	1.6707	19.2	$f5=101.130$
	11*	-10.782	0.379			
L6	12*	-10.980	0.685	1.6142	25.6	$f6=-39.151$
	13*	-20.686	0.106			
L7	14*	2.989	0.602	1.5348	55.7	$f7=13.910$
	15*	4.646	0.756			
L8	16*	-16.886	0.714	1.5348	55.7	$f8=-6.118$
	17*	4.118	0.442			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	0.494			
(IM)		∞				

30

40

【 0 0 8 4 】

$f67=21.232\text{mm}$
 $R7f=2.989\text{mm}$
 $R7r=4.646\text{mm}$

50

D34=0.466mm
 D45=0.164mm
 D78=0.756mm
 T7=0.602mm
 T8=0.714mm
 TL=7.962mm
 Hmax=4.6mm

【 0 0 8 5 】

【 表 4 】

非球面データ

10

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-6.388E-01	1.003E-02	-1.073E-02	2.043E-02	-2.147E-02
3	0.000E+00	3.388E-02	-7.991E-02	1.481E-01	-1.706E-01
4	-7.721E-01	9.396E-03	-8.298E-02	1.607E-01	-1.907E-01
5	-2.234E+00	-1.071E-02	1.131E-02	-4.511E-02	9.025E-02
6	0.000E+00	1.658E-02	-2.473E-02	6.945E-02	-9.819E-02
7	0.000E+00	-1.233E-03	1.259E-02	-1.969E-02	3.440E-02
8	0.000E+00	-4.436E-02	4.337E-02	-1.009E-01	1.440E-01
9	0.000E+00	-7.505E-02	2.311E-02	4.200E-02	-1.034E-01
10	0.000E+00	-1.263E-01	1.558E-01	-1.850E-01	1.555E-01
11	0.000E+00	-7.724E-02	9.313E-02	-8.937E-02	4.942E-02
12	0.000E+00	-1.152E-04	3.297E-02	-3.424E-02	1.689E-02
13	0.000E+00	-1.851E-02	1.865E-02	-6.673E-03	3.899E-04
14	-1.545E+00	-3.884E-02	7.929E-03	-5.476E-03	2.053E-03
15	0.000E+00	-4.668E-04	-8.391E-03	1.060E-03	1.615E-04
16	0.000E+00	-6.833E-02	2.878E-02	-7.224E-03	1.053E-03
17	-2.290E+01	-4.111E-02	1.276E-02	-2.995E-03	4.626E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.409E-02	-5.720E-03	1.383E-03	-1.783E-04	8.803E-06
3	1.278E-01	-6.207E-02	1.882E-02	-3.232E-03	2.391E-04
4	1.463E-01	-7.268E-02	2.253E-02	-3.957E-03	2.998E-04
5	-9.848E-02	6.448E-02	-2.527E-02	5.435E-03	-4.881E-04
6	9.412E-02	-5.773E-02	2.173E-02	-4.608E-03	4.290E-04
7	-3.239E-02	1.780E-02	-5.514E-03	8.698E-04	-4.935E-05
8	-1.291E-01	7.170E-02	-2.380E-02	4.280E-03	-3.129E-04
9	1.065E-01	-6.293E-02	2.219E-02	-4.349E-03	3.638E-04
10	-9.316E-02	3.841E-02	-1.007E-02	1.490E-03	-9.585E-05
11	-1.645E-02	2.923E-03	-5.020E-05	-7.374E-05	8.875E-06
12	-5.606E-03	1.300E-03	-1.927E-04	1.543E-05	-4.679E-07
13	3.525E-04	-1.098E-04	1.470E-05	-9.742E-07	2.611E-08
14	-4.192E-04	4.940E-05	-3.249E-06	9.983E-08	-5.957E-10
15	-8.017E-05	1.279E-05	-1.028E-06	4.179E-08	-6.702E-10
16	-9.082E-05	4.827E-06	-1.631E-07	3.380E-09	-2.710E-11
17	-4.618E-05	2.941E-06	-1.146E-07	2.395E-09	-1.760E-11

20

30

40

【 0 0 8 6 】

各条件式の値を以下に示す。

D34/f=0.07
 f3/f1=1.86
 f3/f=1.67
 f4/f3=-3.70
 f4/f=-6.19
 D45/D34=0.35

50

$f67/f=3.07$
 $f7/f=2.01$
 $R7r/R7f=1.55$
 $T7/T8=0.84$
 $f8/f7=-0.44$
 $D78/f=0.11$
 $TL/f=1.15$
 $TL/Hmax=1.73$

このように、本数値実施例 2 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 0 8 7 】

10

図 5 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 6 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 5 および図 6 に示されるように、本数値実施例 2 に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【 0 0 8 8 】

数値実施例 3

基本的なレンズデータ

【表 5】

$f=7.14\text{mm}$ $Fno=2.1$ $\omega=35.5^\circ$

	i	r	d	n d	νd	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.768	0.750	1.5445	56.4	$f1=6.191$
	3*	13.985	0.029			
L2	4*	3.601	0.414	1.6707	19.2	$f2=-12.630$
	5*	2.410	0.158			
L3	6*	7.088	0.657	1.5445	56.4	$f3=14.940$
	7*	53.306	0.578			
L4	8*	-8.139	0.421	1.5445	56.4	$f4=-35.946$
	9*	-14.189	0.313			
L5	10*	-8.045	0.329	1.6707	19.2	$f5=-17.816$
	11*	-25.021	0.342			
L6	12*	-10.864	0.609	1.6142	25.6	$f6=94.657$
	13*	-9.349	0.030			
L7	14*	2.565	0.547	1.5348	55.7	$f7=9.328$
	15*	4.886	0.662			
L8	16*	6.761	0.696	1.5348	55.7	$f8=-8.017$
	17*	2.530	1.086			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	0.343			
(IM)		∞				

20

30

【 0 0 8 9 】

40

$f67=8.303\text{mm}$
 $R7f=2.565\text{mm}$
 $R7r=4.886\text{mm}$
 $D34=0.578\text{mm}$
 $D45=0.313\text{mm}$
 $D78=0.662\text{mm}$
 $T7=0.547\text{mm}$
 $T8=0.696\text{mm}$
 $TL=8.102\text{mm}$
 $Hmax=5.1\text{mm}$

50

【 0 0 9 0 】

【 表 6 】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-5.374E-01	1.285E-02	-1.657E-02	2.785E-02	-2.679E-02
3	0.000E+00	3.377E-02	-8.007E-02	1.485E-01	-1.701E-01
4	-1.167E+00	5.640E-03	-8.636E-02	1.655E-01	-1.931E-01
5	-1.894E+00	-1.375E-02	1.083E-02	-4.504E-02	9.150E-02
6	0.000E+00	2.669E-02	-3.456E-02	8.789E-02	-1.217E-01
7	0.000E+00	3.635E-03	1.395E-02	-2.536E-02	3.710E-02
8	0.000E+00	-6.648E-02	8.166E-02	-1.640E-01	1.938E-01
9	0.000E+00	-5.834E-02	-3.658E-03	5.825E-02	-1.111E-01
10	0.000E+00	-1.619E-01	1.741E-01	-2.071E-01	1.760E-01
11	0.000E+00	-1.282E-01	1.120E-01	-9.316E-02	4.877E-02
12	0.000E+00	2.164E-02	2.583E-02	-3.271E-02	1.738E-02
13	0.000E+00	-1.232E-02	2.129E-02	-7.383E-03	3.126E-04
14	-2.175E+00	-2.573E-02	4.960E-03	-5.292E-03	2.051E-03
15	0.000E+00	1.549E-02	-1.458E-02	2.111E-03	9.099E-05
16	3.101E-01	-1.058E-01	3.538E-02	-7.631E-03	1.042E-03
17	-9.745E+00	-5.409E-02	1.503E-02	-3.241E-03	4.807E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.611E-02	-5.910E-03	1.241E-03	-1.244E-04	2.895E-06
3	1.274E-01	-6.200E-02	1.886E-02	-3.248E-03	2.403E-04
4	1.471E-01	-7.271E-02	2.246E-02	-3.930E-03	2.966E-04
5	-1.001E-01	6.509E-02	-2.508E-02	5.285E-03	-4.676E-04
6	1.073E-01	-6.004E-02	2.074E-02	-4.060E-03	3.484E-04
7	-3.282E-02	1.768E-02	-5.536E-03	8.839E-04	-5.221E-05
8	-1.474E-01	7.105E-02	-2.083E-02	3.345E-03	-2.219E-04
9	1.085E-01	-6.300E-02	2.197E-02	-4.243E-03	3.490E-04
10	-1.020E-01	3.901E-02	-9.345E-03	1.288E-03	-8.055E-05
11	-1.549E-02	2.704E-03	-1.497E-04	-2.206E-05	2.846E-06
12	-5.879E-03	1.308E-03	-1.844E-04	1.477E-05	-5.034E-07
13	3.787E-04	-1.105E-04	1.447E-05	-9.520E-07	2.543E-08
14	-4.222E-04	4.948E-05	-3.204E-06	1.040E-07	-1.279E-09
15	-8.366E-05	1.326E-05	-1.006E-06	3.833E-08	-5.778E-10
16	-8.978E-05	4.886E-06	-1.636E-07	3.086E-09	-2.488E-11
17	-4.657E-05	2.851E-06	-1.061E-07	2.186E-09	-1.880E-11

10

20

30

【 0 0 9 1 】

各条件式の値を以下に示す。

$$D34/f=0.08$$

$$f3/f1=2.41$$

$$f3/f=2.09$$

$$f4/f3=-2.41$$

$$f4/f=-5.04$$

$$D45/D34=0.54$$

$$f67/f=1.16$$

$$f7/f=1.31$$

$$R7r/R7f=1.91$$

$$T7/T8=0.79$$

$$f8/f7=-0.86$$

$$D78/f=0.09$$

$$TL/f=1.14$$

40

50

TL/Hmax=1.59

このように、本数値実施例 3 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 0 9 2 】

図 8 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 9 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 8 および図 9 に示されるように、本数値実施例 3 に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【 0 0 9 3 】

数値実施例 4

基本的なレンズデータ

【表 7】

f=6.87mm Fno=2.0 $\omega=36.6^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.755	0.722	1.5445	56.4	f1= 6.391
	3*	12.008	0.033			
L2	4*	3.323	0.376	1.6707	19.2	f2= -12.496
	5*	2.272	0.210			
L3	6*	6.682	0.678	1.5445	56.4	f3= 13.266
	7*	86.149	0.555			
L4	8*	-11.824	0.294	1.5445	56.4	f4= -47.434
	9*	-22.001	0.320			
L5	10*	-11.583	0.326	1.6707	19.2	f5= -18.851
	11*	-139.637	0.353			
L6	12*	-11.532	0.559	1.6142	25.6	f6= -100.681
	13*	-14.437	0.030			
L7	14*	2.415	0.560	1.5348	55.7	f7= 8.551
	15*	4.704	0.674			
L8	16*	5.673	0.701	1.5348	55.7	f8= -8.272
	17*	2.379	0.974			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	0.348			
(IM)		∞				

10

20

30

【 0 0 9 4 】

f67=9.192mm

R7f=2.415mm

R7r=4.704mm

D34=0.555mm

D45=0.320mm

D78=0.674mm

T7=0.560mm

T8=0.701mm

TL=7.851mm

Hmax=5.1mm

【 0 0 9 5 】

40

【表 8】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-5.374E-01	1.294E-02	-1.686E-02	2.797E-02	-2.681E-02
3	0.000E+00	3.340E-02	-8.024E-02	1.486E-01	-1.701E-01
4	-1.167E+00	4.776E-03	-8.629E-02	1.655E-01	-1.931E-01
5	-1.894E+00	-1.023E-02	1.070E-02	-4.505E-02	9.134E-02
6	0.000E+00	2.727E-02	-3.508E-02	8.738E-02	-1.218E-01
7	0.000E+00	2.214E-03	1.315E-02	-2.608E-02	3.721E-02
8	0.000E+00	-6.407E-02	8.217E-02	-1.664E-01	1.941E-01
9	0.000E+00	-4.943E-02	-4.383E-03	5.733E-02	-1.114E-01
10	0.000E+00	-1.538E-01	1.755E-01	-2.075E-01	1.759E-01
11	0.000E+00	-1.294E-01	1.133E-01	-9.324E-02	4.872E-02
12	0.000E+00	2.282E-02	2.559E-02	-3.259E-02	1.737E-02
13	0.000E+00	-1.284E-02	2.131E-02	-7.359E-03	3.122E-04
14	-2.759E+00	-2.262E-02	5.172E-03	-5.306E-03	2.048E-03
15	0.000E+00	1.615E-02	-1.460E-02	2.115E-03	9.085E-05
16	-3.463E-01	-1.079E-01	3.551E-02	-7.633E-03	1.042E-03
17	-8.507E+00	-5.350E-02	1.495E-02	-3.240E-03	4.807E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.610E-02	-5.909E-03	1.242E-03	-1.241E-04	2.776E-06
3	1.274E-01	-6.200E-02	1.886E-02	-3.248E-03	2.400E-04
4	1.471E-01	-7.271E-02	2.246E-02	-3.931E-03	2.969E-04
5	-1.001E-01	6.511E-02	-2.507E-02	5.284E-03	-4.695E-04
6	1.073E-01	-6.003E-02	2.075E-02	-4.055E-03	3.447E-04
7	-3.270E-02	1.769E-02	-5.551E-03	8.785E-04	-4.674E-05
8	-1.472E-01	7.108E-02	-2.083E-02	3.346E-03	-2.235E-04
9	1.086E-01	-6.295E-02	2.198E-02	-4.246E-03	3.476E-04
10	-1.021E-01	3.901E-02	-9.336E-03	1.291E-03	-8.158E-05
11	-1.549E-02	2.705E-03	-1.486E-04	-2.180E-05	2.749E-06
12	-5.881E-03	1.308E-03	-1.843E-04	1.477E-05	-5.044E-07
13	3.783E-04	-1.106E-04	1.447E-05	-9.516E-07	2.547E-08
14	-4.224E-04	4.947E-05	-3.203E-06	1.041E-07	-1.271E-09
15	-8.368E-05	1.325E-05	-1.006E-06	3.830E-08	-5.840E-10
16	-8.978E-05	4.886E-06	-1.636E-07	3.084E-09	-2.504E-11
17	-4.658E-05	2.851E-06	-1.061E-07	2.188E-09	-1.903E-11

10

20

30

【 0 0 9 6 】

各条件式の値を以下に示す。

$$D34/f=0.08$$

$$f3/f1=2.08$$

$$f3/f=1.93$$

$$f4/f3=-3.58$$

$$f4/f=-6.91$$

$$D45/D34=0.58$$

$$f67/f=1.34$$

$$f7/f=1.25$$

$$R7r/R7f=1.95$$

$$T7/T8=0.80$$

$$f8/f7=-0.97$$

$$D78/f=0.10$$

$$TL/f=1.14$$

$$TL/Hmax=1.54$$

40

50

このように、本数値実施例 4 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 0 9 7 】

図 1 1 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 1 2 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 1 1 および図 1 2 に示されるように、本数値実施例 4 に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【 0 0 9 8 】

数値実施例 5

基本的なレンズデータ

【表 9】

f=7.02mm Fno=2.0 $\omega=33.2^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.693	0.857	1.5445	56.4	f1= 6.273
	3*	11.300	0.028			
L2	4*	4.289	0.543	1.6707	19.2	f2= -10.240
	5*	2.506	0.232			
L3	6*	5.245	0.574	1.5445	56.4	f3= 9.863
	7*	216.791	0.382			
L4	8*	-7.857	0.610	1.5445	56.4	f4= -29.165
	9*	-15.978	0.123			
L5	10*	∞	0.408	1.6707	19.2	f5= ∞
	11*	∞	0.270			
L6	12*	-8.394	0.811	1.6142	25.6	f6= -76.733
	13*	-10.588	0.030			
L7	14*	2.686	0.392	1.5348	55.7	f7= 16.994
	15*	3.620	0.817			
L8	16*	10.980	0.764	1.5348	55.7	f8= -7.802
	17*	2.950	0.285			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	0.800			
(IM)		∞				

10

20

30

【 0 0 9 9 】

f67=21.050mm

R7f=2.686mm

R7r=3.620mm

D34=0.382mm

D45=0.123mm

D78=0.817mm

T7=0.392mm

T8=0.764mm

TL=8.064mm

Hmax=4.6mm

【 0 1 0 0 】

40

【表 1 0】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-4.137E-01	9.007E-03	-9.865E-03	1.930E-02	-2.060E-02
3	0.000E+00	3.436E-02	-7.935E-02	1.478E-01	-1.715E-01
4	-7.930E-03	1.070E-02	-7.766E-02	1.543E-01	-1.862E-01
5	-1.969E+00	-7.693E-03	1.518E-02	-4.237E-02	8.386E-02
6	0.000E+00	1.096E-02	-2.269E-02	6.627E-02	-9.977E-02
7	0.000E+00	-6.892E-03	8.386E-03	-1.945E-02	3.244E-02
8	0.000E+00	-3.956E-02	4.339E-02	-1.102E-01	1.559E-01
9	0.000E+00	-5.754E-02	1.932E-02	3.706E-02	-9.616E-02
10	0.000E+00	-1.127E-01	1.369E-01	-1.680E-01	1.493E-01
11	0.000E+00	-8.461E-02	8.953E-02	-8.554E-02	4.982E-02
12	0.000E+00	-4.333E-03	3.406E-02	-3.575E-02	1.764E-02
13	0.000E+00	-1.832E-02	2.024E-02	-6.689E-03	2.768E-04
14	-1.543E+00	-3.453E-02	8.851E-03	-5.532E-03	1.998E-03
15	0.000E+00	-3.873E-03	-7.948E-03	9.570E-04	1.862E-04
16	0.000E+00	-8.163E-02	2.952E-02	-7.231E-03	1.056E-03
17	-1.103E+01	-3.989E-02	1.167E-02	-2.669E-03	4.015E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.375E-02	-5.713E-03	1.428E-03	-1.946E-04	1.083E-05
3	1.285E-01	-6.216E-02	1.873E-02	-3.190E-03	2.340E-04
4	1.448E-01	-7.268E-02	2.273E-02	-4.021E-03	3.065E-04
5	-9.409E-02	6.348E-02	-2.564E-02	5.753E-03	-5.493E-04
6	9.621E-02	-5.935E-02	2.227E-02	-4.577E-03	3.900E-04
7	-3.175E-02	1.771E-02	-5.748E-03	9.787E-04	-6.521E-05
8	-1.359E-01	7.204E-02	-2.249E-02	3.733E-03	-2.395E-04
9	1.027E-01	-6.245E-02	2.237E-02	-4.375E-03	3.594E-04
10	-9.182E-02	3.805E-02	-1.016E-02	1.594E-03	-1.154E-04
11	-1.748E-02	3.197E-03	-4.324E-05	-8.775E-05	1.048E-05
12	-5.788E-03	1.314E-03	-1.847E-04	1.196E-05	-1.492E-07
13	3.785E-04	-1.108E-04	1.429E-05	-9.111E-07	2.296E-08
14	-4.169E-04	5.017E-05	-3.255E-06	9.661E-08	-9.531E-10
15	-8.272E-05	1.262E-05	-1.004E-06	4.229E-08	-7.371E-10
16	-9.073E-05	4.797E-06	-1.645E-07	3.452E-09	-2.544E-11
17	-4.127E-05	2.833E-06	-1.153E-07	2.011E-09	2.787E-12

10

20

30

【 0 1 0 1】

各条件式の値を以下に示す。

$$D34/f=0.05$$

$$f3/f1=1.57$$

$$f3/f=1.40$$

$$f4/f3=-2.96$$

$$f4/f=-4.15$$

$$D45/D34=0.32$$

$$f67/f=3.00$$

$$f7/f=2.42$$

$$R7r/R7f=1.35$$

$$T7/T8=0.51$$

$$f8/f7=-0.46$$

$$D78/f=0.12$$

$$TL/f=1.15$$

$$TL/Hmax=1.75$$

40

50

このように、本数値実施例 5 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 1 0 2 】

図 1 4 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 1 5 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 1 4 および図 1 5 に示されるように、本数値実施例 5 に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【 0 1 0 3 】

数値実施例 6

基本的なレンズデータ

【表 1 1】

f=7.07mm Fno=2.1 $\omega=35.8^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
ST	1	∞	-0.645			
L1	2*	2.770	0.777	1.5445	56.4	f1= 6.093
	3*	15.118	0.027			
L2	4*	3.706	0.424	1.6707	19.2	f2= -12.432
	5*	2.448	0.133			
L3	6*	8.116	0.576	1.5445	56.4	f3= 14.762
	7*	-811.770	0.617			
L4	8*	-6.130	0.455	1.5445	56.4	f4= -33.071
	9*	-9.538	0.280			
L5	10*	-6.330	0.360	1.6707	19.2	f5= -15.841
	11*	-16.015	0.300			
L6	12*	∞	0.583	1.6142	25.6	f6= ∞
	13*	∞	0.111			
L7	14*	2.378	0.586	1.5348	55.7	f7= 7.917
	15*	4.957	0.706			
L8	16*	7.385	0.737	1.5348	55.7	f8= -7.641
	17*	2.539	0.515			
	18	∞	0.210	1.5168	64.2	
	19	∞	0.771			
(IM)		∞				

10

20

30

【 0 1 0 4 】

f67=7.917mm

R7f=2.378mm

R7r=4.957mm

D34=0.617mm

D45=0.280mm

D78=0.706mm

T7=0.586mm

T8=0.737mm

TL=8.096mm

Hmax=5.09mm

40

【 0 1 0 5 】

【表 1 2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
2	-5.374E-01	1.268E-02	-1.628E-02	2.771E-02	-2.677E-02
3	0.000E+00	3.507E-02	-8.087E-02	1.487E-01	-1.701E-01
4	-1.167E+00	6.802E-03	-8.706E-02	1.653E-01	-1.931E-01
5	-1.894E+00	-1.477E-02	1.125E-02	-4.636E-02	9.208E-02
6	0.000E+00	2.656E-02	-3.412E-02	8.824E-02	-1.217E-01
7	0.000E+00	4.780E-03	1.477E-02	-2.503E-02	3.723E-02
8	0.000E+00	-5.827E-02	7.459E-02	-1.572E-01	1.910E-01
9	0.000E+00	-5.854E-02	-4.338E-03	5.873E-02	-1.110E-01
10	0.000E+00	-1.567E-01	1.712E-01	-2.064E-01	1.759E-01
11	0.000E+00	-1.237E-01	1.102E-01	-9.251E-02	4.866E-02
12	0.000E+00	6.436E-03	3.009E-02	-3.331E-02	1.742E-02
13	0.000E+00	-2.435E-02	2.302E-02	-7.493E-03	3.124E-04
14	-2.929E+00	-2.379E-02	4.901E-03	-5.332E-03	2.051E-03
15	0.000E+00	1.539E-02	-1.466E-02	2.124E-03	8.893E-05
16	3.555E-01	-1.043E-01	3.533E-02	-7.633E-03	1.042E-03
17	-9.762E+00	-5.346E-02	1.498E-02	-3.243E-03	4.809E-04
i	A12	A14	A16	A18	A20
2	1.612E-02	-5.907E-03	1.241E-03	-1.257E-04	3.173E-06
3	1.274E-01	-6.200E-02	1.886E-02	-3.247E-03	2.402E-04
4	1.471E-01	-7.271E-02	2.246E-02	-3.929E-03	2.961E-04
5	-1.000E-01	6.500E-02	-2.511E-02	5.307E-03	-4.693E-04
6	1.073E-01	-6.002E-02	2.072E-02	-4.069E-03	3.534E-04
7	-3.284E-02	1.764E-02	-5.539E-03	8.959E-04	-5.667E-05
8	-1.470E-01	7.106E-02	-2.083E-02	3.345E-03	-2.234E-04
9	1.084E-01	-6.303E-02	2.196E-02	-4.239E-03	3.492E-04
10	-1.020E-01	3.899E-02	-9.344E-03	1.289E-03	-8.028E-05
11	-1.549E-02	2.704E-03	-1.497E-04	-2.206E-05	2.834E-06
12	-5.887E-03	1.309E-03	-1.841E-04	1.472E-05	-5.048E-07
13	3.786E-04	-1.105E-04	1.447E-05	-9.518E-07	2.545E-08
14	-4.219E-04	4.952E-05	-3.201E-06	1.039E-07	-1.318E-09
15	-8.358E-05	1.327E-05	-1.006E-06	3.819E-08	-5.715E-10
16	-8.978E-05	4.885E-06	-1.635E-07	3.090E-09	-2.527E-11
17	-4.656E-05	2.852E-06	-1.061E-07	2.184E-09	-1.895E-11

10

20

30

【0 1 0 6】

各条件式の値を以下に示す。

$$D34/f=0.09$$

$$f3/f1=2.42$$

$$f3/f=2.09$$

$$f4/f3=-2.24$$

$$f4/f=-4.68$$

$$D45/D34=0.45$$

$$f67/f=1.12$$

$$f7/f=1.12$$

$$R7r/R7f=2.08$$

$$T7/T8=0.79$$

$$f8/f7=-0.97$$

$$D78/f=0.10$$

$$TL/f=1.15$$

$$TL/Hmax=1.59$$

40

50

このように、本数値実施例 6 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【0107】

図 17 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 18 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 17 および図 18 に示されるように、本数値実施例 6 に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【0108】

以上説明した本実施の形態に係る撮像レンズは 65° 以上の非常に広い画角 (2) を有する。ちなみに、上述の数値実施例 1 ~ 6 に係る撮像レンズは $66.4^\circ \sim 73.2^\circ$ の画角を有する。本実施の形態に係る撮像レンズによれば、従来の撮像レンズよりも広い範囲を撮影することが可能となる。

10

【0109】

また近年では、撮像レンズを通じて得られた画像の任意の領域を画像処理によって拡大するデジタルズーム技術の進歩により、高画素の撮像素子と高解像度の撮像レンズとが組み合わされることが多い。高画素の撮像素子では 1 画素当りの受光面積が減少することが多く、撮影した画像が暗くなる傾向にある。数値実施例 1 ~ 6 の撮像レンズの Fno は $2.0 \sim 2.1$ と小さな値である。本実施の形態に係る撮像レンズによれば、上述のような高画素の撮像素子にも対応した十分に明るい画像を得ることができる。

【0110】

したがって、上記実施の形態に係る撮像レンズをスマートフォン、携帯電話機、および携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラや、デジタルスティルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の撮像光学系に適用した場合、当該カメラの高機能化と小型化の両立を図ることができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0111】

本発明は、スマートフォン、携帯電話機、および携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラ、デジタルスティルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラに組み込まれる撮像レンズに適用できる。

【符号の説明】

【0112】

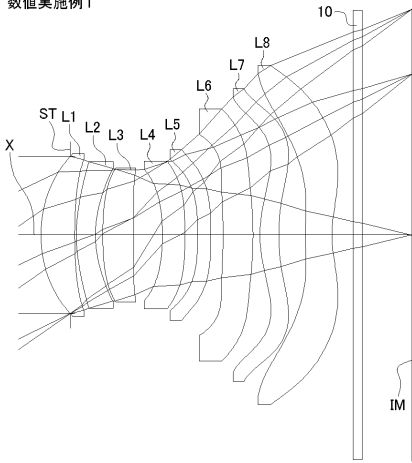
X	光軸
ST	開口絞り
L1	第 1 レンズ
L2	第 2 レンズ
L3	第 3 レンズ
L4	第 4 レンズ
L5	第 5 レンズ
L6	第 6 レンズ
L7	第 7 レンズ
L8	第 8 レンズ
I0	フィルタ
IM	像面

30

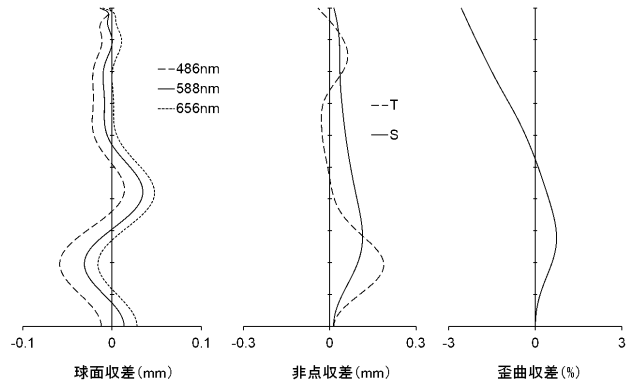
40

【 図 1 】

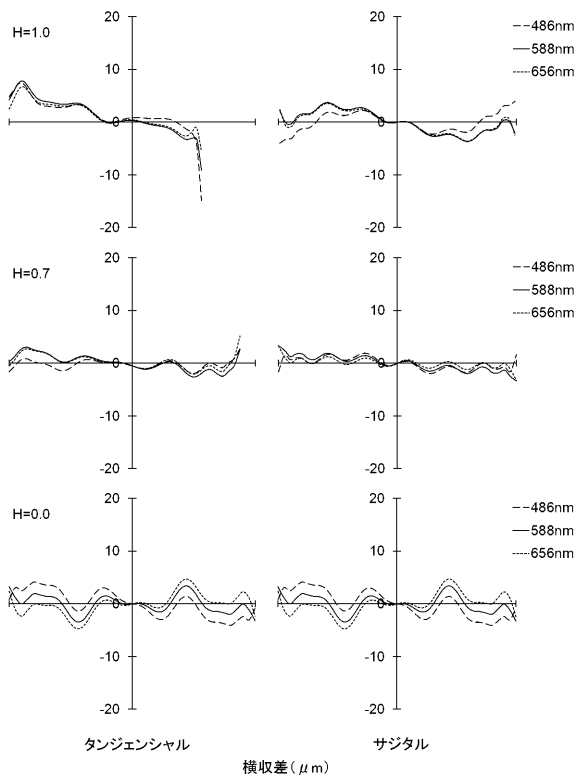
数值実施例1



【 図 2 】

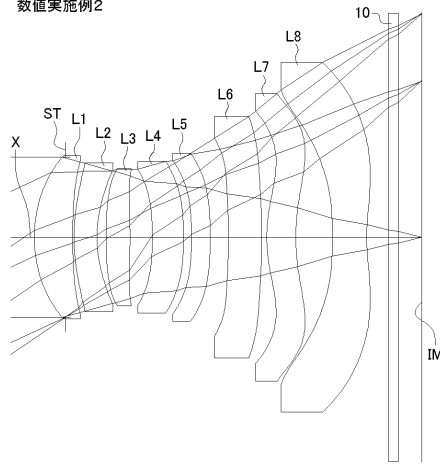


【 図 3 】

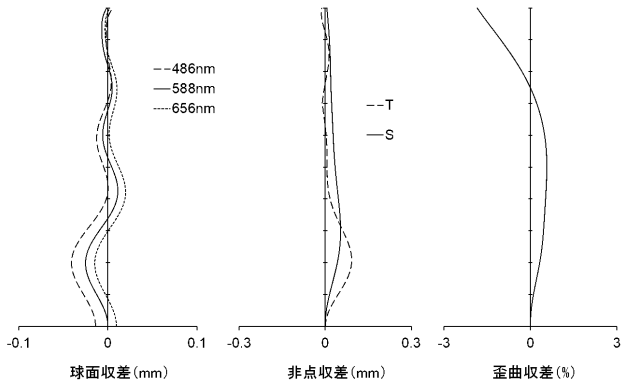


【 図 4 】

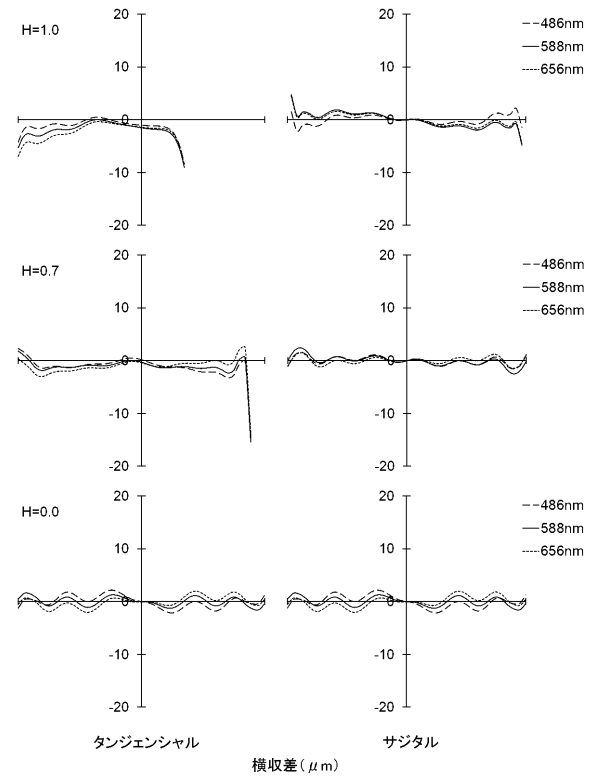
数值実施例2



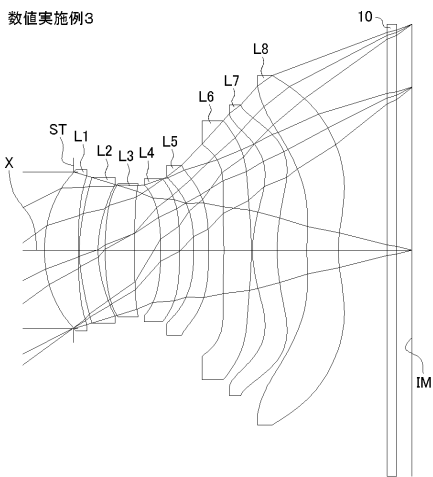
【図5】



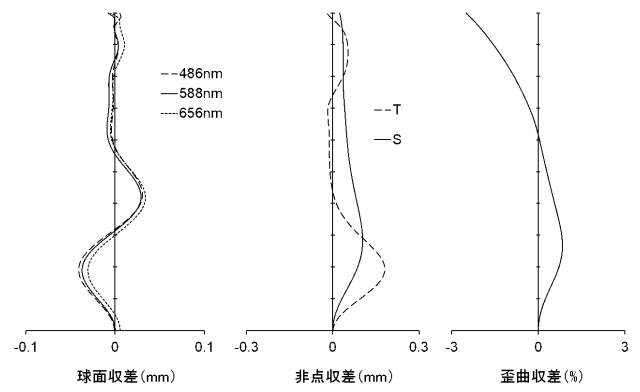
【図6】



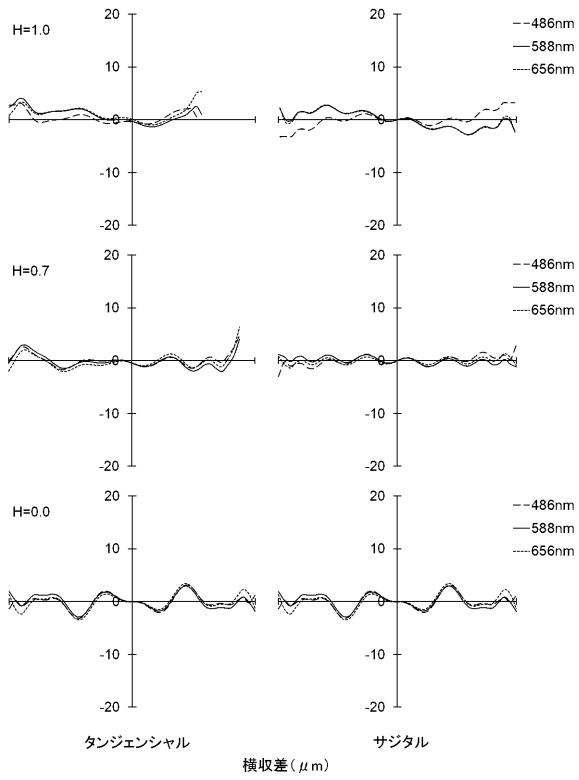
【図7】



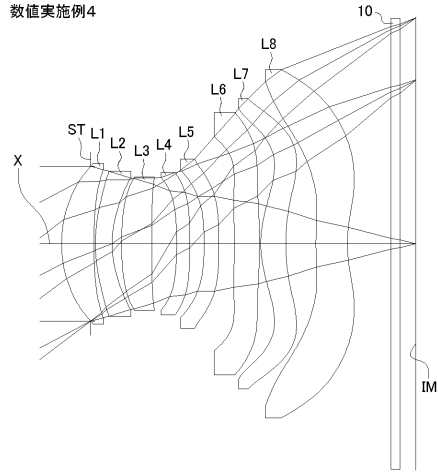
【図8】



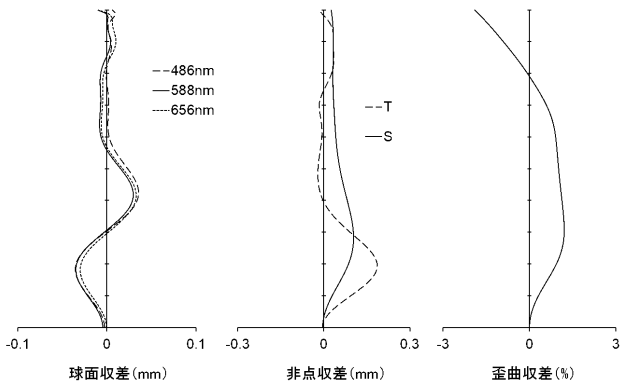
【 図 9 】



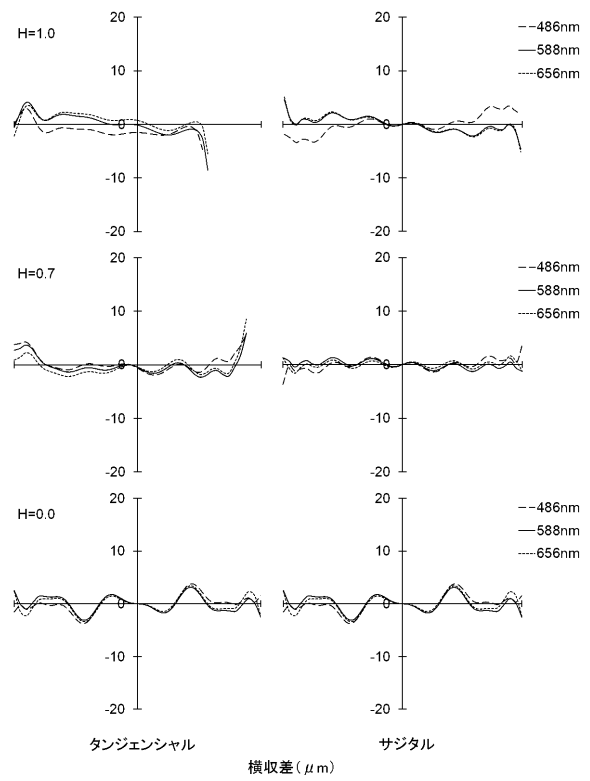
【 図 10 】



【 図 11 】

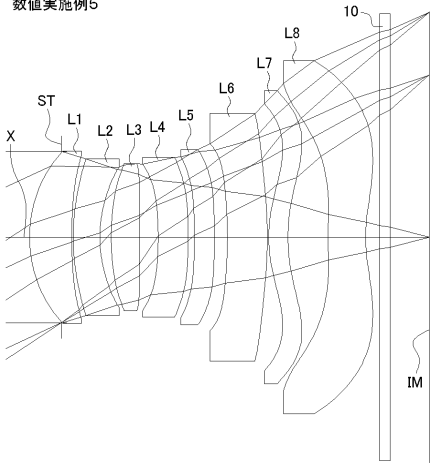


【 図 12 】

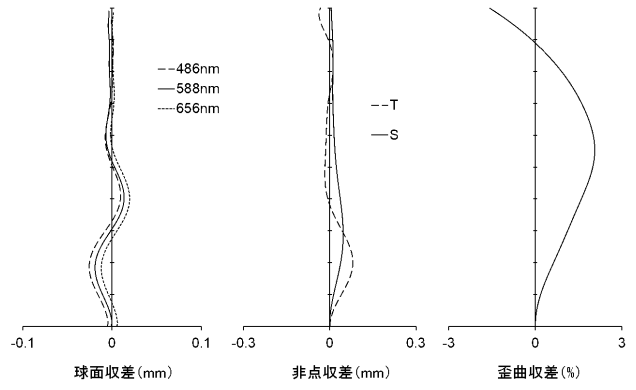


【 図 1 3 】

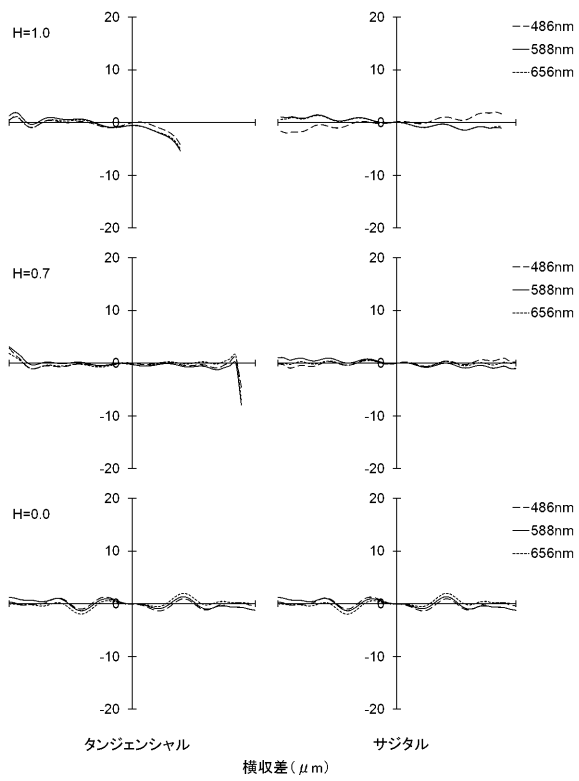
数值実施例5



【 図 1 4 】

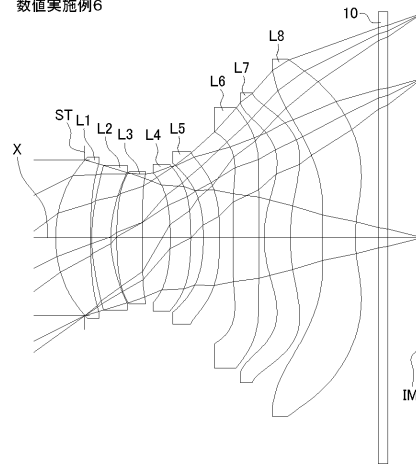


【 図 1 5 】

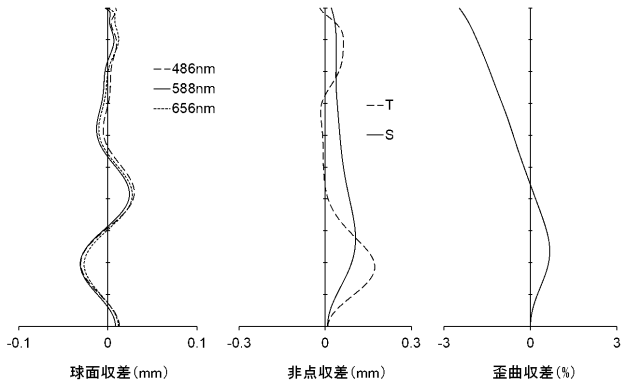


【 図 1 6 】

数值実施例6



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

