

(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2011-257462

(P2011-257462A)

(43) 公開日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 13/04 (2006.01)	GO2B 13/04 D	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-129519 (P2010-129519)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	平成22年6月7日(2010.6.7)		富士フイルム株式会社
			東京都港区西麻布2丁目26番30号
		(74) 代理人	100073184
			弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	北原 有
			埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
			番地 フジノン株式会社内
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA03 NA02 PA03 PA04
			PA17 PA18 PB04 QA03 QA07
			QA19 QA21 QA26 QA34 QA42
			QA45 RA05 RA12 RA13 RA32
			RA42 RA43 RA44 UA01

(54) 【発明の名称】 撮像レンズおよび撮像装置

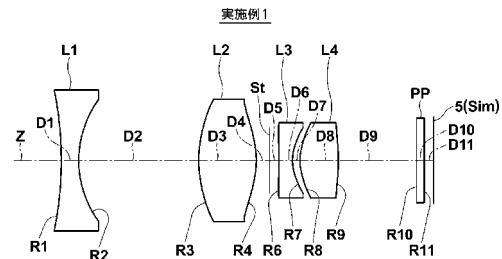
(57) 【要約】

【課題】 撮像レンズにおいて、コンパクトな構成でありながら、長いバックフォーカスを有し、広い画角が確保され、F値が小さく、良好な光学性能を有する。

【解決手段】 撮像レンズは、物体側から順に、両凹レンズである第1レンズL1と、両凸レンズである第2レンズL2と、両凹レンズである第3レンズL3と、正レンズである第4レンズL4とが配されてなる4枚構成である。第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4のうち、少なくとも1つのレンズの両側の面が非球面である。撮像レンズは、第2レンズL2のd線に対する屈折率をNd2としたとき、下記条件式(1)を満たす。

$$1.6 < Nd2 \dots (1)$$

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、両凹レンズである第 1 レンズと、両凸レンズである第 2 レンズと、両凹レンズである第 3 レンズと、正レンズである第 4 レンズとが配されてなる 4 枚構成であり、

前記第 1 レンズ、前記第 2 レンズ、前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズのうち、少なくとも 1 つのレンズの両側の面が非球面であり、

前記第 2 レンズの d 線に対する屈折率を $N d 2$ としたとき、下記条件式 (1) を満たすことを特徴とする撮像レンズ。

$$1.6 < N d 2 \quad \dots \quad (1)$$

10

【請求項 2】

前記第 1 レンズの物体側、像側の面の曲率半径をそれぞれ $R 1$ 、 $R 2$ としたとき、下記条件式 (2) を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の撮像レンズ。

$$R 2 < | R 1 | \quad \dots \quad (2)$$

【請求項 3】

全系の焦点距離を f とし、前記第 1 レンズの焦点距離を $f 1$ としたとき、下記条件式 (3) を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の撮像レンズ。

$$- 2.0 < f 1 / f < - 0.7 \quad \dots \quad (3)$$

【請求項 4】

前記第 1 レンズの d 線に対するアッペ数を $d 1$ としたとき、下記条件式 (4) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$5.0 < d 1 \quad \dots \quad (4)$$

20

【請求項 5】

全系の焦点距離を f とし、前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの光軸上の間隔を $D 1 2$ としたとき、下記条件式 (5) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0.5 < D 1 2 / f < 1.5 \quad \dots \quad (5)$$

【請求項 6】

前記第 3 レンズの d 線に対するアッペ数を $d 3$ としたとき、下記条件式 (6) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$d 3 < 3.0 \quad \dots \quad (6)$$

30

【請求項 7】

絞りが、前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの間配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項 8】

絞りが、前記第 2 レンズと前記第 3 レンズの間配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項 9】

前記第 3 レンズと前記第 4 レンズが接合されていることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

40

【請求項 10】

前記第 1 レンズがガラス製であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項 11】

全てのレンズがガラス製であることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか一項記載の撮像レンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、撮像レンズおよび撮像装置に関し、より詳しくは、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子を用いた車載用カメラ、携帯端末用カメラ、監視カメラ等に使用されるのに好適な撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

CCDやCMOS等の撮像素子は近年非常に小型化及び高画素化が進んでいる。それとともに、これら撮像素子を備えた撮像機器本体も小型化が進み、それに搭載される撮像レンズにも小型化と高性能化が求められている。さらに、車載用カメラや監視カメラ等に搭載されるレンズには、厳しい環境でも使用可能なように耐環境性が高く、安価で軽量であることが求められている。

10

【0003】

上記分野において従来知られている比較的レンズ枚数の少ない撮像レンズとしては、例えば下記特許文献1～4に記載のものがある。特許文献1には、最も物体側の第1レンズが物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、全系が5枚のレンズからなる撮像レンズが記載されている。特許文献2、3には、最も物体側の第1レンズが物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、全系が4枚のレンズからなる撮像レンズが記載されている。特許文献4には、最も物体側の第1レンズが物体側に凹面を向けた負メニスカス

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平9-189856号公報

【特許文献2】特開2009-14947号公報

【特許文献3】特開3756114号公報

【特許文献4】特許3411565号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

ところで、上記分野のレンズに対する要望は年々厳しくなっており、複数の高度な条件を同時に満たすことが求められるようになってきている。すなわち、レンズ枚数が少なく、コンパクトな構成でありながら、レンズ系と撮像素子との間にカバーガラスやフィルタ等を配置できるように長いバックフォーカスを有し、夜間等の低照度の条件下でも使用可能なようにF値が小さく、全画角で60°程度の広角が確保されており、良好に収差補正された撮像レンズが要望されるようになってきている。

【0006】

しかしながら、特許文献1、2に記載のものは、最も物体側の第1レンズのパワーが小さいため長いバックフォーカスを確保しつつ小型化を進めることが困難である。特許文献3に記載のものは、F値が3.5と大きく、夜間に使用するには不適である。特許文献4に記載のものは、F値が2.8とやや大きく、最も物体側の第1レンズが物体側に凹面を向けた負メニスカス形状のため画角を広くとることが困難である。

40

【0007】

本発明は、上記事情に鑑み、コンパクトな構成でありながら、長いバックフォーカスを有し、広い画角が確保され、F値が小さく、良好な光学性能を有する撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の撮像レンズは、物体側から順に、両凹レンズである第1レンズと、両凸レンズ

50

である第2レンズと、両凹レンズである第3レンズと、正レンズである第4レンズとが配されてなる4枚構成であり、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズ、第4レンズのうち、少なくとも1つのレンズの両側の面が非球面であり、第2レンズのd線に対する屈折率をNd2としたとき、下記条件式(1)を満たすことを特徴とするものである。

$$1.6 < Nd2 \quad \dots \quad (1)$$

【0009】

本発明の撮像レンズにおいては、下記条件式(2)～(6)のいずれか1つ、あるいはこれらのうちの任意の2つ以上を組み合わせたものを満たすことが好ましい。

$$R2 < |R1| \quad \dots \quad (2)$$

$$-2.0 < f1/f < -0.7 \quad \dots \quad (3)$$

$$50 < d1 \quad \dots \quad (4)$$

$$0.5 < D12/f < 1.5 \quad \dots \quad (5)$$

$$d3 < 30 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

R1：第1レンズの物体側の面の曲率半径

R2：第1レンズの像側の面の曲率半径

f：全系の焦点距離

f1：第1レンズの焦点距離

d1：第1レンズのd線に対するアッベ数

d3：第3レンズのd線に対するアッベ数

D12：第1レンズと第2レンズの光軸上の空気間隔

【0010】

本発明の撮像レンズにおいては、絞りは、第1レンズと第2レンズの間に配置されていてもよく、あるいは、第2レンズと第3レンズの間に配置されていてもよい。

【0011】

また、本発明の撮像レンズにおいては、全てのレンズを接合されていない単レンズとしてもよく、あるいは第3レンズと第4レンズを接合した構成としてもよい。

【0012】

また、本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズがガラス製であることが好ましい。さらに、本発明の撮像レンズにおいては、全てのレンズがガラス製であることがより好ましい。

【0013】

なお、上記のうち、第1レンズに関する「両凹レンズ」、第2レンズに関する「両凸レンズ」、第3レンズに関する「両凹レンズ」、第4レンズに関する「正レンズ」は、各レンズが非球面レンズの場合は近軸領域におけるものとし、第1レンズが非球面レンズの場合は条件式(2)における曲率半径は近軸曲率半径を用いるものとする。また、条件式(2)における曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負とすることにする。

【0014】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の撮像レンズを備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、4枚構成のレンズ系において、パワー配列を好適に設定し、各レンズの形状またはパワーの符号を好適に設定し、非球面レンズを有し、条件式(1)を満たすようにしているため、コンパクトな構成でありながら、長いバックフォーカスを有し、広い画角が確保され、F値が小さく、良好な光学性能を有する撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明の実施例 1 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 2】本発明の実施例 2 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 3】本発明の実施例 3 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 4】本発明の実施例 4 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 5】本発明の実施例 5 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 6】本発明の実施例 6 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 7】本発明の実施例 7 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 8】本発明の実施例 8 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 9】本発明の実施例 9 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 10】図 10 (A) ~ 図 10 (D) は本発明の実施例 1 の撮像レンズの各収差図

10

【図 11】図 11 (A) ~ 図 11 (D) は本発明の実施例 2 の撮像レンズの各収差図

【図 12】図 12 (A) ~ 図 12 (D) は本発明の実施例 3 の撮像レンズの各収差図

【図 13】図 13 (A) ~ 図 13 (D) は本発明の実施例 4 の撮像レンズの各収差図

【図 14】図 14 (A) ~ 図 14 (D) は本発明の実施例 5 の撮像レンズの各収差図

【図 15】図 15 (A) ~ 図 15 (D) は本発明の実施例 6 の撮像レンズの各収差図

【図 16】図 16 (A) ~ 図 16 (D) は本発明の実施例 7 の撮像レンズの各収差図

【図 17】図 17 (A) ~ 図 17 (D) は本発明の実施例 8 の撮像レンズの各収差図

【図 18】図 18 (A) ~ 図 18 (D) は本発明の実施例 9 の撮像レンズの各収差図

【図 19】本発明の実施形態にかかる車載用の撮像装置の配置を説明するための図

【発明を実施するための形態】

20

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1 ~ 図 9 は、本発明の実施形態にかかる撮像レンズの構成例の断面図であり、それぞれ後述の実施例 1 ~ 実施例 9 の撮像レンズに対応している。実施例 1 ~ 実施例 9 の基本構成は同じであり、図 1 ~ 図 9 の図示方法も同様であるため、ここでは、主に図 1 に示す構成例を参照しながら、本発明の実施形態にかかる撮像レンズについて説明する。

【0018】

撮像レンズは、物体側から順に、第 1 レンズ L 1 と、第 2 レンズ L 2 と、第 3 レンズ L 3 と、第 4 レンズ L 4 とが配されてなる 4 枚構成である。開口絞り S t は、例えば図 1 に示す例のように第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 の間に配置してもよいが、本発明の撮像レンズにおける開口絞り S t の位置は必ずしもこれに限定されない。なお、図示されている開口絞り S t は必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸上の位置を示すものである。図 1 では、左側が物体側、右側が像側としており、図 1 中の符号 R i (i = 1、2、3、...) は、各レンズ面の曲率半径を示し、符号 D i (i = 1、2、3、...) は面間隔を示す。

30

【0019】

図 1 では、撮像レンズが撮像装置に適用される場合を考慮して、撮像レンズの像面 S i m に配置された撮像素子 5 も図示している。撮像素子 5 は、撮像レンズにより形成される光学像を電気信号に変換するものであり、例えば C C D イメージセンサや C M O S イメージセンサ等を用いることができる。

40

【0020】

なお、撮像レンズを撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、カバーガラスや、ローパスフィルタまたは赤外線カットフィルタ等を設けることが好ましく、図 1 では、これらを想定した平行平板状の光学部材 P P を最も像側のレンズと撮像素子 5 (像面 S i m) の間に配置した例を示している。

【0021】

本発明の撮像レンズでは、第 1 レンズ L 1 は両凹レンズであり、第 2 レンズ L 2 は両凸レンズであり、第 3 レンズ L 3 は両凹レンズであり、第 4 レンズ L 4 は正レンズであり、第 1 レンズ L 1 ~ 第 4 レンズ L 4 の 4 枚のレンズのうち少なくとも 1 つのレンズの両側の面が非球面であるよう構成される。なお、ここでいう各レンズの面形状や符号は、当該レ

50

レンズが非球面レンズの場合には近軸領域におけるものとする。

【0022】

第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3をそれぞれ両凹レンズ、両凸レンズ、両凹レンズとすることで、各レンズの屈折力を強くでき、少ないレンズ枚数での構成が可能となる。また、最も物体側の第1レンズL1を負レンズ、最も像側の第4レンズL4を正レンズとすることで、焦点距離に対してバックフォーカスを長くとることができる。第1レンズL1と第4レンズL4の間に、両凸レンズである第2レンズL2と両凹レンズである第3レンズL3を配置することで、像面湾曲、非点収差を抑えることができ、さらに複数の面を非球面とすることで、球面収差、歪曲収差についても良好な補正が可能となり、広角と小さなF値を確保しながら高い光学性能を実現することに有利となる。

10

【0023】

また、本撮像レンズは、第2レンズL2のd線に対する屈折率をNd2としたとき、下記条件式(1)を満たすように構成される。

$$1.6 < Nd2 \quad \dots \quad (1)$$

【0024】

本撮像レンズは、構成レンズ枚数が4枚と少ないため、各レンズに比較的強いパワーを持たせることが好ましい。その中でも特に、色収差補正およびコンパクト化のために正レンズである第2レンズL2のパワーを強くすることが好ましい。条件式(1)の下限を下回ると、パワーを強くするためにレンズの曲率を大きくしなくてはならず、像面湾曲、倍率色収差の補正が困難になる。

20

【0025】

なお、条件式(1)に代えて下記条件式(1-1)を満たすように構成することがより好ましい。

$$1.68 < Nd2 \quad \dots \quad (1-1)$$

【0026】

さらに、本撮像レンズは、以下に述べる構成のいずれか1つ、または任意の2つ以上を組合せた構成を有することが好ましい。

【0027】

第1レンズL1の物体側の曲率半径をR1とし、第1レンズL1の像側の曲率半径をR2としたとき、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

30

$$R2 < |R1| \quad \dots \quad (2)$$

第1レンズL1を条件式(2)を満たすような両凹レンズとすることで、球面収差の発生を抑えつつ、広い画角に対応することが可能となる。

【0028】

全系の焦点距離をfとし、第1レンズL1の焦点距離をf1としたとき、下記条件式(3)を満たすことが好ましい。

$$-2.0 < f1/f < -0.7 \quad \dots \quad (3)$$

条件式(3)の上限を上回ると、倍率色収差の補正が困難になる。条件式(3)の下限を下回ると、長いバックフォーカスの確保、像面湾曲の補正が困難になる。

40

【0029】

ここで、より好ましいのは条件式(3)に代えて下記条件式(3-1)を満たすことである。

$$-1.8 < f1/f < -0.8 \quad \dots \quad (3-1)$$

【0030】

第1レンズL1のd線に対するアッペ数をd1としたとき、下記条件式(4)を満たすことが好ましい。

$$50 < d1 \quad \dots \quad (4)$$

条件式(4)を満たす材料を選択することで、色収差、特に軸上色収差の発生を抑えることが容易になる。

【0031】

50

全系の焦点距離を f とし、第 1 レンズ L_1 と第 2 レンズ L_2 の光軸上の間隔を D_{12} としたとき、下記条件式 (5) を満たすことが好ましい。

$$0.5 < D_{12} / f < 1.5 \quad \dots \quad (5)$$

【0032】

条件式 (5) の上限を上回ると、レンズ系全体をコンパクトにできなくなる。本撮像レンズでは長いバックフォーカスを確保するために、第 1 レンズ L_1 で光束を広げ、ある程度広がった光束を第 2 レンズ L_2 で収束させるようにしている。そのため、条件式 (5) の下限を下回ると、第 1 レンズ L_1 と第 2 レンズ L_2 の間の短い距離を光が通る間に光束を広げなくてはならず、第 1 レンズ L_1 の焦点距離を短くしなくてはならなくなるため、倍率色収差の補正が困難になる。

10

【0033】

第 3 レンズ L_3 の d 線に対するアッペ数を d_3 としたとき、下記条件式 (6) を満たすことが好ましい。

$$d_3 < 30 \quad \dots \quad (6)$$

条件式 (6) を満たす材料を選択することで、非点収差の発生を抑えつつ、倍率色収差を良好に補正することが容易になる。

【0034】

ここで、より好ましいのは条件式 (6) に代えて下記条件式 (6-1) を満たすことである。

$$d_3 < 26 \quad \dots \quad (6-1)$$

20

【0035】

第 4 レンズ L_4 は両凸レンズであることが好ましい。第 4 レンズ L_4 を両凸レンズとすることで、少ないレンズ枚数で構成した系において、必要な正のパワーを確保しやすくなる。

【0036】

開口絞り S_t は、第 1 レンズ L_1 と第 2 レンズ L_2 の間、あるいは第 2 レンズ L_2 と第 3 レンズ L_3 の間に配置されていることが好ましい。開口絞り S_t が第 1 レンズ L_1 と第 2 レンズ L_2 の間に配置されている場合には、射出瞳位置を像面 S_{im} から遠い位置に設定することができるため、高いテレセントリック性の確保が容易となる。開口絞り S_t が第 2 レンズ L_2 と第 3 レンズ L_3 の間に配置されている場合には、開口絞り S_t の物体側、像側のパワー配分を均等に近づけられるため、非点収差、歪曲収差などの軸外収差の発生を抑制できる。

30

【0037】

また、撮像レンズは、全てのレンズが接合されていない単レンズからなる 4 群 4 枚構成としてもよいし、あるいは第 1 レンズ L_1 と第 2 レンズ L_2 は単レンズで、第 3 レンズ L_3 と第 4 レンズ L_4 とを接合した 3 群 4 枚構成としてもよい。4 群 4 枚構成の場合は、接合剤を用いないため耐環境性の点で有利であり、接合する場合に比べて低コストに構成でき、設計自由度も高い。3 群 4 枚構成の場合には、全て単レンズ構成とした場合よりも、軸上色収差、倍率色収差の双方をいっそう良好に補正することができる。

【0038】

最も物体側に配置される第 1 レンズ L_1 はガラス材料からなることが好ましい。外部に露出する第 1 レンズ L_1 をプラスチックよりも耐環境性の高いガラスで製作することでレンズ系の耐環境性を確保することができる。撮像レンズが例えば車載用カメラや監視カメラ用等の厳しい環境において使用される場合には、最も物体側に配置される第 1 レンズ L_1 は、風雨による表面劣化、紫外線による経年変化、直射日光による温度変化に強く、さらには油脂・洗剤等の化学薬品に強い材質、すなわち耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高い材質を用いることが要望されることがある。材質をガラスとすることで、これらの要望を満たすことが可能となる。また、第 1 レンズ L_1 の材質として、透明なセラミックスを用いてもよい。具体的には例えば、日本光学硝子工業会が定める粉末法耐水性が 1 のものを用いることが好ましい。さらに、より高い耐環境性を確保するためには、全系の

40

50

全てのレンズをガラス材料、あるいは透明なセラミックスで構成することが好ましい。

【0039】

なお、第1レンズL1の物体側の面に、強度、耐キズ性、耐薬品性を高めるための保護手段を施してもよく、その場合には、第1レンズL1の材質をプラスチックとしてもよい。このような保護手段は、ハードコートであってもよく、撥水コートであってもよい。

【0040】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4のいずれか、あるいはこれらのうちの任意の組合せにおいて、その材質をプラスチックとしてもよい。材質をプラスチックとすることで、レンズ系を安価で軽量に構成することが可能となるとともに、これらに非球面を施す場合には、非球面形状を正確に作製することが容易となるため、良好な光学性能を確保しやすくなる。

10

【0041】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4の少なくともいずれか1つにプラスチック材質を用いた場合は、その材質として、プラスチックに光の波長より小さな粒子を混合させた、いわゆるナノコンポジット材料を用いてもよい。ナノコンポジット材料は混合させる粒子の種類や量によって、材質の屈折率とアッペ数を変化させることが可能となる。ナノコンポジット材料を用いることで、例えばこれまでのプラスチック材料では得られなかった高屈折率の材質や、アッペ数の小さい材質等を作ることができ、それにより良好な光学性能のレンズを作製することが可能となる。

【0042】

なお、撮像レンズの用途に応じて、レンズ系と撮像素子5との間に紫外光から青色光をカットするようなフィルタ、または赤外光をカットするようなIR (InfraRed) カットフィルタを挿入してもよい。上記フィルタと同様の特性を持つコートレンズ面に塗布してもよい。またはいずれかのレンズの材質として紫外光や青色光、赤外光などを吸収する材質を用いてもよい。

20

【0043】

図1では、レンズ系と撮像素子5との間に各種フィルタ等を想定した光学部材PPを配置した例を示しているが、この代わりに、各レンズの間にこれらの各種フィルタを配置してもよい。あるいは、撮像レンズが有するいずれかのレンズのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を有するコート層を施してもよい。

30

【0044】

なお、各レンズ間の有効径外を通過する光束は、迷光となって像面に達し、ゴーストとなるおそれがあるため、必要に応じて、この迷光を遮光する遮光手段を設けることが好ましい。この遮光手段としては、例えばレンズの有効径外の部分に不透明な塗料を施したり、不透明な板材を設けたりしてもよい。または、迷光となる光束の光路に不透明な板材を設けて遮光手段としてもよい。あるいは、最も物体側のレンズのさらに物体側に迷光を遮断するフードのようなものを配置してもよい。

【0045】

さらに、各レンズの間に周辺光量比が実用上問題の無い範囲で周辺光線を遮断する絞り等の部材を配置してもよい。周辺光線とは、光軸Z外の物点からの光線のうち、光学系の入射瞳の周辺部分を通る光線のことである。このように周辺光線を遮断する部材を配置することにより、結像領域周辺部の画質を向上させることができる。また、この部材でゴーストを発生させる光を遮断することにより、ゴーストを低減することが可能となる。

40

【0046】

次に、本発明の撮像レンズの数値実施例について説明する。実施例1～実施例9の撮像レンズのレンズ断面図はそれぞれ図1～図9に示したものである。図1～図9において、図の左側が物体側、右側が像側であり、開口絞りSt、光学部材PPも合わせて図示している。各図の開口絞りStは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。各実施例において、レンズ断面図の符号R_i、D_i (i = 1, 2, 3, ...) は以下に説明するレンズデータのR_i、D_iと対応している。

50

【 0 0 4 7 】

実施例 1 にかかる撮像レンズのレンズデータの面データを表 1 に、非球面データを表 2 に示す。同様に、実施例 2 ~ 9 にかかる撮像レンズのレンズデータの面データおよび非球面データをそれぞれ表 3 ~ 表 1 8 に示す。以下では表中の記号の意味について、実施例 1 を例にとり説明するが、実施例 2 ~ 9 のものについても基本的に同様である。

【 0 0 4 8 】

表 1 の面データにおいて、 S_i の欄は最も物体側の構成要素の面を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する i 番目 ($i = 1, 2, 3, \dots$) の面番号を示し、 R_i の欄は i 番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄は i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸 Z 上の面間隔を示している。なお、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としており、 D_i の欄の最下欄には表に記載の最終面と像面 S_{im} との面間隔を記入している。

10

【 0 0 4 9 】

また、表 1 の面データにおいて、 N_{dj} の欄は最も物体側のレンズを 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 ($j = 1, 2, 3, \dots$) の光学要素の d 線 (波長 587.6 nm) に対する屈折率を示し、 d_j の欄は j 番目の光学要素の d 線に対するアッベ数を示している。なお、面データには、開口絞り S_t および光学部材 PP も含めて示しており、開口絞り S_t に相当する面の面番号の欄には、(開口絞り) という語句も記載している。

20

【 0 0 5 0 】

表 1 の面データでは、非球面の面番号に * 印を付しており、非球面の曲率半径として近軸曲率半径 (中心の曲率半径) の数値を示している。表 2 の非球面データには、非球面の面番号と、各非球面に関する近軸曲率、非球面係数を示す。表 2 の非球面データの数値の「 $E - n$ 」(n : 整数) は「 $\times 10^{-n}$ 」を意味し、「 $E + n$ 」は「 $\times 10^n$ 」を意味する。なお、非球面係数は、以下の式で表される非球面式における各係数 K_A 、 B_m ($m = 3, 4, 5, \dots, 10$) の値である。

【 数 1 】

$$Zd = \frac{C \times Y^2}{1 + \sqrt{1 - KA \times C^2 \times Y^2}} + \sum_m B_m Y^m$$

30

ただし、

Zd : 非球面深さ (高さ Y の非球面上の点から、非球面頂点が接する光軸に垂直な平面に下るした垂線の長さ)

Y : 高さ (光軸からのレンズ面までの距離)

C : 近軸曲率

K_A 、 B_m : 非球面係数 ($m = 3, 4, 5, \dots, 10$)

【 0 0 5 1 】

【 表 1 】

実施例 1 面データ

S_i	R_i	D_i	N_{dj}	ν_{dj}
1	-19.1813	0.900	1.58913	61.2
2	5.5902	6.271		
3*	6.6214	3.000	1.69098	53.0
4*	-4.6569	0.704		
5(開口絞り)	∞	0.482		
6*	-19.6807	0.701	1.61400	25.5
7*	2.1692	0.400		
8*	2.8066	2.000	1.53391	56.0
9*	-10.0261	4.088		
10	∞	0.400	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

40

50

【 0 0 5 2 】

【 表 2 】

実施例1 非球面データ

	S3	S4	S6	S7
C	1.510250175E-01	-2.147374032E-01	-5.081119579E-02	4.609921288E-01
KA	7.627147637E-01	-8.459570665E+00	1.082509304E+01	-2.353135326E+00
B3	-1.563829503E-03	-7.271304498E-04	5.194942803E-03	2.793732674E-03
B4	3.306908776E-04	-1.577353603E-04	7.125711249E-03	-3.362440363E-03
B5	4.775687503E-05	6.019356252E-05	-2.679007219E-03	-4.412792343E-04
B6	-8.463650050E-05	-1.140324157E-04	-2.504929729E-03	5.948450816E-05
B7	-2.470406364E-04	-3.929747709E-04	8.995574922E-04	-2.173695839E-03
B8	1.768512451E-04	4.095143920E-04	8.431652383E-04	-5.497531937E-04
B9	-4.650552882E-05	-1.388244978E-04	-1.946755346E-04	2.880556679E-03
B10	5.049345263E-06	1.720315122E-05	-4.059294027E-05	-9.375716025E-04

10

	S8	S9
C	3.563059890E-01	-9.973978182E-02
KA	-4.839799381E+00	-1.630677901E+01
B3	3.578980070E-03	1.553762875E-03
B4	4.725725769E-04	8.034712604E-04
B5	5.274918238E-03	-1.928875144E-03
B6	3.327238916E-04	4.028464452E-03
B7	-4.373002830E-03	4.827012816E-04
B8	-3.729281898E-03	-4.477605276E-03
B9	5.690804746E-03	2.837369754E-03
B10	-1.527172931E-03	-5.276891998E-04

20

【 0 0 5 3 】

【 表 3 】

実施例2 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-15.1912	0.900	1.58913	61.2
2	6.6386	6.078		
3 *	6.5919	2.998	1.69098	53.0
4 *	-4.7202	0.331		
5(開口絞り)	∞	1.074		
6 *	-1.9901	0.701	1.61400	25.5
7 *	10.5287	0.203		
8 *	2.2688	2.000	1.53391	56.0
9 *	-8.8239	4.201		
10	∞	0.500	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

30

【 0 0 5 4 】

【表 4】

実施例2 非球面データ

	S3	S4	S6	S7
C	1.517006408E-01	-2.118552173E-01	-5.024802862E-01	9.497810533E-02
KA	-3.164241826E-01	-7.466790981E+00	-6.781661183E+00	-1.926322974E+01
B3	-4.679224993E-04	-1.828665928E-03	7.139664666E-03	1.545838816E-02
B4	-1.280598553E-03	1.628619730E-03	5.135506914E-03	2.526382895E-03
B5	1.990054561E-03	-3.032541086E-04	-2.692152193E-03	-1.210203580E-02
B6	-5.223814722E-05	-3.955486893E-04	-4.433300566E-03	-2.538678624E-03
B7	-1.271119698E-03	-4.199751115E-04	1.067722473E-03	2.891342505E-03
B8	8.592270846E-04	6.414328213E-04	1.433972836E-03	-1.898149173E-04
B9	-2.319488692E-04	-2.629730786E-04	-7.827730526E-04	1.957205568E-05
B10	2.288503764E-05	3.584034089E-05	1.186065918E-04	-4.410514797E-05

10

	S8	S9
C	4.407610176E-01	-1.133283269E-01
KA	-6.845444550E+00	1.214194052E+01
B3	1.247167077E-02	1.898559778E-03
B4	-7.594276187E-03	5.960887650E-03
B5	1.046830026E-04	1.496557471E-03
B6	2.088273030E-04	7.986443273E-04
B7	-4.077777279E-04	-7.652755143E-04
B8	-2.372916061E-04	5.512776333E-05
B9	3.917818485E-04	1.200995346E-04
B10	-9.503212954E-05	-1.834529273E-05

20

【 0 0 5 5 】

【表 5】

実施例3 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1 *	-13.7687	0.900	1.69098	53.0
2	3.7445	2.974		
3(開口絞り)	∞	0.201		
4	4.9436	2.998	1.88300	40.8
5	-11.5885	1.098		
6	-4.1105	0.701	1.92286	18.9
7	198.2276	0.200		
8 *	5.5822	2.000	1.69098	53.0
9 *	-6.1015	5.688		
10	∞	0.250	1.51680	64.2
11	∞	0.497		

30

【 0 0 5 6 】

【表 6】

実施例3 非球面データ

	S1	S8	S9
C	-7.262830551E-02	1.791417371E-01	-1.638941766E-01
KA	2.000000000E+01	3.627027355E+00	5.018784265E+00
B3	-2.233114714E-04	-3.589776921E-03	9.896544867E-04
B4	2.639754213E-03	6.084069408E-03	2.898307826E-04
B5	-1.153737732E-03	-8.672323595E-03	9.758104190E-03
B6	3.511654658E-04	-4.158164469E-04	-4.449806970E-03
B7	0.000000000E+00	7.032788895E-03	-1.734720510E-03
B8	0.000000000E+00	-5.350731115E-03	3.071945302E-03
B9	0.000000000E+00	1.688506094E-03	-1.282136406E-03
B10	0.000000000E+00	-2.029192614E-04	1.918293440E-04

40

50

【 0 0 5 7 】

【 表 7 】

実施例4 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-15.0219	0.900	1.58913	61.2
2	2.8336	2.266		
3(開口絞り)	∞	0.216		
4	6.4202	3.000	1.88300	40.8
5	-6.3159	0.934		
6	-4.7096	0.732	1.92286	18.9
7	82.2091	0.200		
8*	5.1718	2.000	1.69098	53.0
9*	-8.3348	5.663		
10	∞	0.200	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

10

【 0 0 5 8 】

【 表 8 】

実施例4 非球面データ

	S8	S9
C	1.933558343E-01	-1.199788131E-01
KA	9.530361610E-01	-8.993034151E+00
B3	-4.830080884E-04	-4.717932764E-04
B4	3.054113665E-03	4.907588250E-03
B5	3.710340621E-04	1.115071662E-03
B6	-1.072789356E-03	-3.344862971E-04
B7	1.570986744E-03	-9.715759839E-04
B8	-8.252176837E-04	2.117567352E-03
B9	2.023334916E-04	-1.181394083E-03
B10	-1.494283234E-05	2.356282869E-04

20

【 0 0 5 9 】

【 表 9 】

実施例5 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-19.8809	0.900	1.48749	70.2
2	4.0158	4.939		
3(開口絞り)	∞	0.202		
4	4.5092	2.914	1.88300	40.8
5	-26.1775	0.567		
6	-8.7832	0.700	1.92286	18.9
7	5.9625	0.204		
8*	4.0404	2.000	1.80348	40.4
9*	-16.4640	4.193		
10	∞	0.400	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

40

【 0 0 6 0 】

【表 1 0】

実施例5 非球面データ

	S8	S9
C	2.474993399E-01	-6.073847948E-02
KA	2.649144471E+00	1.983468751E+01
B3	-4.652144836E-03	-1.919688115E-03
B4	9.895083359E-03	3.321459082E-03
B5	-2.276779822E-02	1.305029618E-02
B6	9.953513298E-03	-1.689461530E-02
B7	8.074522583E-03	8.162432445E-03
B8	-1.171582453E-02	-1.049080871E-04
B9	5.106903139E-03	-1.050520151E-03
B10	-8.141031646E-04	2.189556070E-04

10

【 0 0 6 1】

【表 1 1】

実施例6 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-200.0000	0.900	1.48749	70.2
2	2.5907	2.792		
3(開口絞リ)	∞	2.187		
4*	8.0847	3.000	1.86400	40.6
5*	-5.7337	0.571		
6	-15.1508	1.500	1.92286	18.9
7	7.3593	2.000	1.51823	59.0
8	-6.5795	5.556		
9	∞	0.450	1.51680	64.2
10	∞	0.500		

20

【 0 0 6 2】

【表 1 2】

実施例6 非球面データ

	S4	S5
C	1.236910023E-01	-1.744079772E-01
KA	-3.343613620E+00	-8.647964969E+00
B3	-4.232696615E-03	-8.152648161E-04
B4	7.072232873E-03	-6.695362870E-03
B5	-3.018643254E-03	4.426437184E-03
B6	-6.424876160E-04	-5.336337911E-04
B7	1.622824097E-03	-1.429284868E-03
B8	-7.962610231E-04	1.181065962E-03
B9	1.756520284E-04	-3.688260630E-04
B10	-1.474234856E-05	4.324574741E-05

30

40

【 0 0 6 3】

【表 1 3】

実施例7 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1 *	-130.9654	0.900	1.53391	56.0
2 *	4.0913	5.754		
3 *	6.3710	2.998	1.69098	53.0
4 *	-4.8659	0.300		
5(開口絞り)	∞	1.146		
6 *	-1.7536	0.701	1.61400	25.5
7 *	10.0777	0.201		
8 *	2.0947	2.003	1.53391	56.0
9 *	-6.3120	4.529		
10	∞	0.400	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

10

【 0 0 6 4】

【表 1 4】

実施例7 非球面データ

	S1	S2	S3	S4
C	-7.635603395E-03	2.444232724E-01	1.569600812E-01	-2.055106852E-01
KA	1.224949206E+01	1.173582692E+00	1.337688692E+00	-9.193045329E+00
B3	1.526265682E-03	8.544867933E-04	7.196676139E-04	-1.952368044E-03
B4	-5.762155848E-04	4.659104945E-04	-1.361274811E-03	8.297910622E-04
B5	-1.048103068E-04	-1.073210421E-04	1.906096660E-03	-9.117172982E-04
B6	6.733293619E-06	-9.449471460E-05	-2.488314570E-05	-4.875147023E-04
B7	-2.897881203E-06	-4.620313625E-05	-1.243661461E-03	-9.765409396E-05
B8	-6.916478223E-06	-2.856472150E-06	8.312049474E-04	1.042960258E-03
B9	3.089912617E-06	1.567066824E-05	-2.055739185E-04	-7.046466571E-04
B10	-4.554195101E-07	-5.747018278E-06	1.260958786E-05	1.331407267E-04

20

	S6	S7	S8	S9
C	-5.702457830E-01	9.922873248E-02	4.773873287E-01	-1.584283981E-01
KA	-4.990724630E+00	4.856675263E+00	-6.015090716E+00	5.598304644E+00
B3	2.479755119E-03	2.972737887E-03	-1.359796507E-03	1.464976416E-03
B4	-1.775624250E-04	-2.373308829E-03	2.153250397E-03	5.371762594E-03
B5	-2.547610774E-03	-3.327155786E-03	1.258453685E-03	9.222639365E-04
B6	-3.595799712E-03	-3.600846094E-04	-1.579655091E-04	1.008149623E-03
B7	1.129350865E-03	-4.086137953E-04	-2.814442015E-04	-3.544860943E-04
B8	9.279722127E-04	-2.920674380E-04	-1.963489928E-04	2.275811782E-04
B9	-1.257936373E-03	4.361280167E-05	1.085288852E-04	-1.322513352E-04
B10	3.593368878E-04	4.188369970E-05	-3.544283044E-05	1.587394636E-05

30

【 0 0 6 5】

【表 1 5】

実施例8 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-34.6341	0.900	1.58913	61.2
2	4.2660	6.138		
3 *	5.0000	3.000	1.69098	53.0
4 *	-4.0522	0.300		
5(開口絞り)	∞	0.795		
6 *	-2.4009	0.701	1.90200	25.1
7 *	28.6388	0.204		
8 *	2.6133	2.000	1.56871	58.6
9 *	-13.9652	4.263		
10	∞	0.400	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

40

50

【 0 0 6 6 】

【 表 1 6 】

実施例8 非球面データ

	S3	S4	S6	S7
C	2.000000982E-01	-2.467772560E-01	-4.165061369E-01	3.491760882E-02
KA	2.090048873E+00	-8.084144177E+00	-1.049982520E+01	5.834498305E+00
B3	-2.323335561E-03	-3.083401865E-04	1.688631155E-02	2.341363346E-02
B4	-6.301641110E-04	7.763698367E-04	1.390437699E-02	1.759286784E-02
B5	1.912373607E-03	-1.603662580E-05	-2.184487232E-03	-2.925732074E-02
B6	-4.072590134E-03	-1.563158314E-04	-7.967061260E-03	1.359371623E-02
B7	2.661863379E-03	-1.667354622E-03	2.007113083E-03	4.697827200E-06
B8	-9.179443708E-04	1.791291698E-03	4.056144801E-03	-1.994308700E-04
B9	1.614233987E-04	-6.655921930E-04	-2.349932846E-03	7.727329100E-05
B10	-1.179159350E-05	8.698600843E-05	3.546399711E-04	-1.440034800E-05

10

	S8	S9
C	3.826593547E-01	-7.160671601E-02
KA	-1.137885686E+01	-7.455881899E+00
B3	2.725499570E-02	-6.221806273E-05
B4	-3.395842615E-02	1.726781867E-04
B5	-1.734550860E-03	-5.571879143E-03
B6	6.078849277E-03	1.300304196E-04
B7	-1.837846000E-05	1.631752167E-03
B8	-2.074567300E-07	7.128724139E-04
B9	-1.399764000E-05	-1.122540384E-03
B10	7.068194500E-06	2.832559574E-04

20

【 0 0 6 7 】

【 表 1 7 】

実施例9 面データ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	-200.0000	0.900	1.58913	61.2
2	3.0356	5.027		
3(開口絞リ)	∞	0.234		
4*	5.8064	3.000	1.86400	40.6
5*	-7.0066	0.578		
6	-12.6813	0.761	1.92286	18.9
7	6.1165	0.217		
8	9.3880	2.000	1.62299	58.2
9	-6.4585	5.847		
10	∞	0.450	1.51680	64.2
11	∞	0.500		

30

【 0 0 6 8 】

【表 18】

実施例9 非球面データ

	S4	S5
C	1.722233689E-01	-1.427223275E-01
KA	8.423177372E-01	-1.733952824E+00
B3	-1.520154484E-03	9.823966293E-05
B4	2.662519750E-03	3.370229172E-04
B5	-9.758866928E-04	1.893714011E-03
B6	-9.519067904E-04	2.972914701E-04
B7	1.245454952E-03	-1.431260743E-03
B8	-5.159403747E-04	9.742702943E-04
B9	9.677178223E-05	-2.866958559E-04
B10	-6.158874156E-06	3.596274216E-05

10

【0069】

実施例1～9の撮像レンズにおける、全系の焦点距離 f と、第1レンズL1の焦点距離 f_1 と、条件式(1)～(6)に対応する値を表19に示す。表19に示す値はd線におけるものである。実施例1～9は全て条件式(1)～(6)を満たしている。

【0070】

【表 19】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9
f	4.45	4.45	4.45	4.45	4.45	4.41	4.44	4.44	4.44
f1	-7.25	-7.72	-4.17	-3.97	-6.77	-5.24	-7.41	-6.39	-5.07
(1) Nd2	1.69098	1.69098	1.88300	1.88300	1.88300	1.86400	1.69098	1.69098	1.86400
(3) f1/f	-1.63	-1.74	-0.94	-0.89	-1.52	-1.19	-1.67	-1.44	-1.14
(4) $\nu d1$	61.2	61.2	53.0	61.2	70.2	70.2	56.0	61.2	61.2
(5) D12/f	1.41	1.37	0.71	0.56	1.15	1.13	1.29	1.38	1.18
(6) $\nu d3$	25.5	25.5	18.9	18.9	18.9	18.9	25.5	25.1	18.9

20

【0071】

なお、表1～表19には、所定の桁で丸められた数値を記載している。各数値の単位として、長さについては「mm」を用いているが、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても使用可能なため、他の適当な単位を用いることもできる。

30

【0072】

上記実施例1～9にかかる撮像レンズの各収差図をそれぞれ、図10(A)～図10(D)、図11(A)～図11(D)、図12(A)～図12(D)、図13(A)～図13(D)、図14(A)～図14(D)、図15(A)～図15(D)、図16(A)～図16(D)、図17(A)～図17(D)、図18(A)～図18(D)に示す。

【0073】

ここでは、実施例1の収差図を例にとり説明するが、他の実施例の収差図についても同様である。図10(A)、図10(B)、図10(C)、図10(D)のそれぞれに、実施例1にかかる撮像レンズの球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率色収差(倍率の色収差)の収差図を示す。球面収差図の $F_{no.}$ はF値を意味し、その他の収差図の θ は半画角を意味する。ディストーションの図は、全系の焦点距離 f 、画角(変数扱い、 $0 < \theta < 90^\circ$)を用いて、理想像高を $f \times \tan(\theta)$ とし、それからのずれ量を示す。各収差図には、e線(波長546.07nm)を基準波長とした収差を示すが、球面収差図および倍率色収差図には、g線(波長436nm)、C線(波長656.27nm)についての収差も示す。

40

【0074】

以上のデータからわかるように、実施例1～9の撮像レンズは、4枚という少ないレンズ枚数で構成され、小型で安価に作製可能である上、Fナンバーが2.0程度と小さく、全画角で60°程度の広い画角を有し、諸収差が良好に補正されて良好な光学性能を有す

50

る。これらの撮像レンズは、監視カメラや、自動車の前方、側方、後方などの映像を撮影するための車載用カメラ等に好適に使用可能である。

【0075】

図19に使用例として、自動車100に本実施形態の撮像レンズを備えた撮像装置を搭載した様子を示す。図19において、自動車100は、その助手席側の側面の死角範囲を撮像するための車外カメラ101と、自動車100の後側の死角範囲を撮像するための車外カメラ102と、ルームミラーの背面に取り付けられ、ドライバーと同じ視野範囲を撮影するための車内カメラ103とを備えている。車外カメラ101と車外カメラ102と車内カメラ103とは、本発明の実施形態にかかる撮像装置であり、本発明の実施形態にかかる撮像レンズと、該撮像レンズにより形成される光学像を電気信号に変換する撮像素子とを備えている。

10

【0076】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数、非球面係数の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

【0077】

また、撮像装置の実施形態では、本発明を車載用カメラに適用した例について図を示して説明したが、本発明はこの用途に限定されるものではなく、例えば、携帯端末用カメラや監視カメラ等にも適用可能である。

20

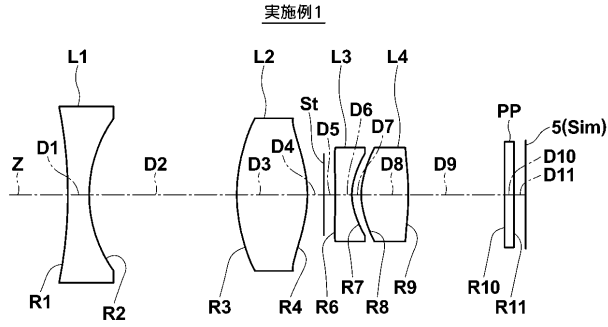
【符号の説明】

【0078】

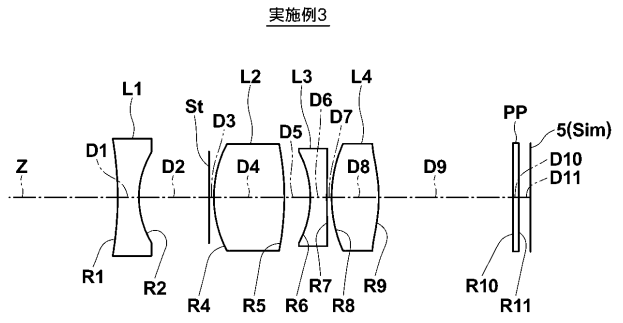
5 撮像素子
 100 自動車
 101、102 車外カメラ
 103 車内カメラ
 L1 第1レンズ
 L2 第2レンズ
 L3 第3レンズ
 L4 第4レンズ
 P P 光学部材
 S i m 像面
 S t 開口絞り
 Z 光軸

30

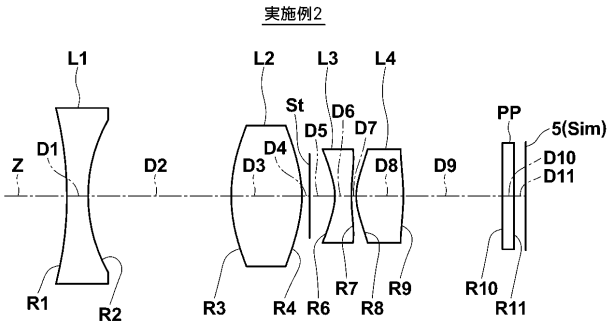
【 図 1 】



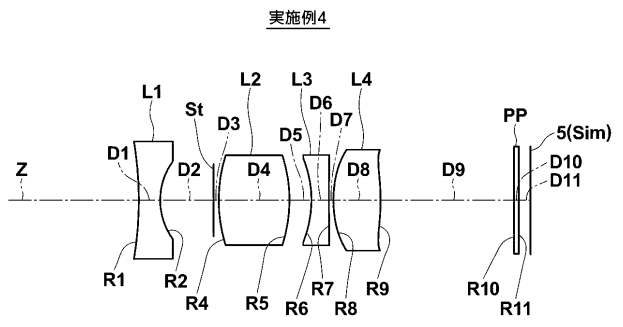
【 図 3 】



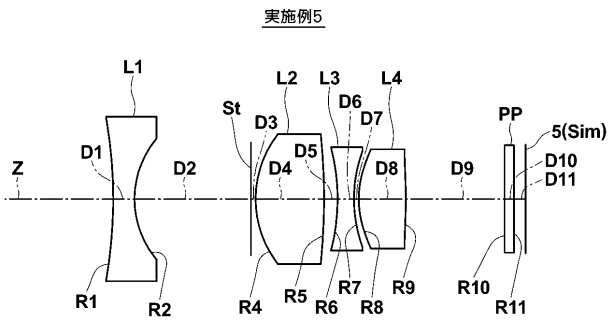
【 図 2 】



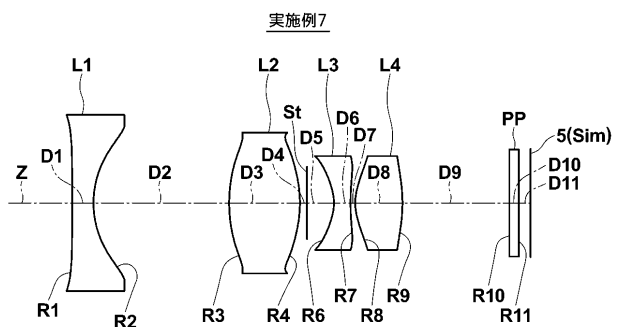
【 図 4 】



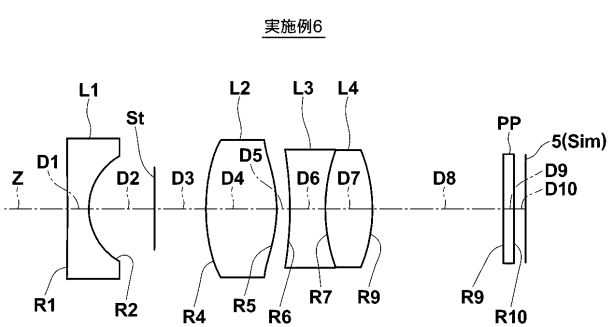
【 図 5 】



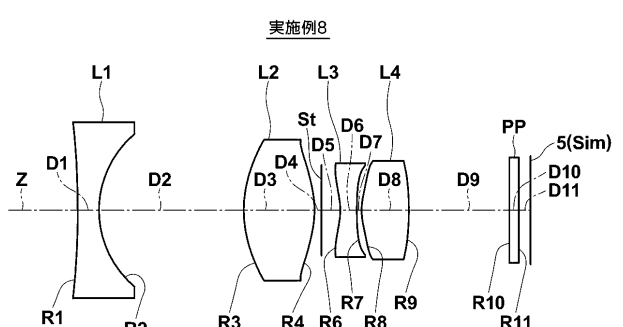
【 図 7 】



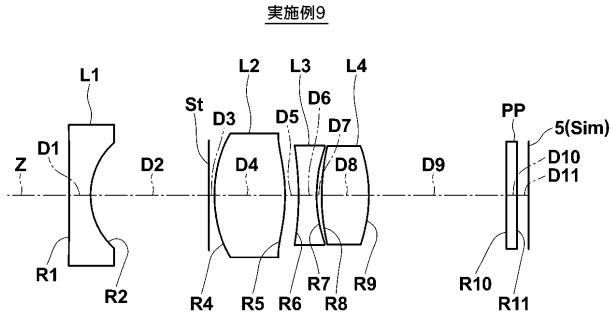
【 図 6 】



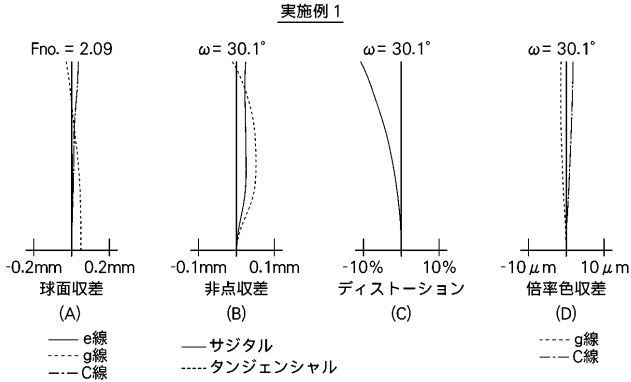
【 図 8 】



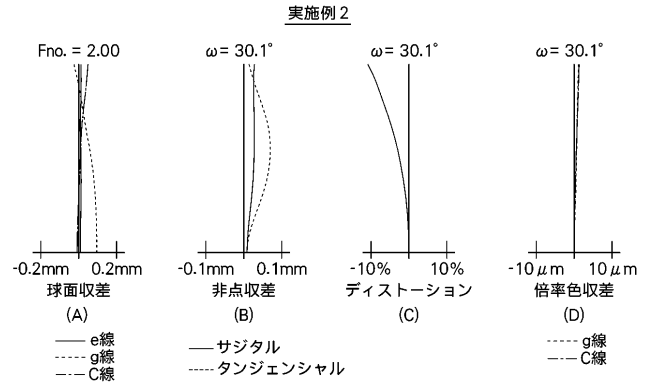
【 図 9 】



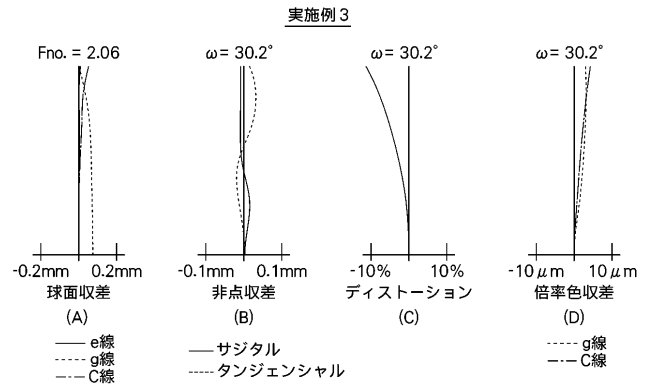
【 図 1 0 】



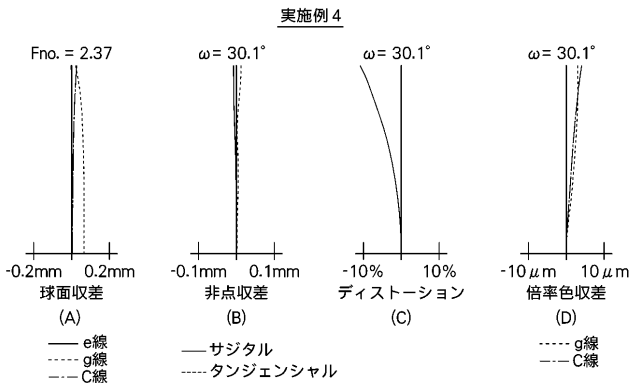
【 図 1 1 】



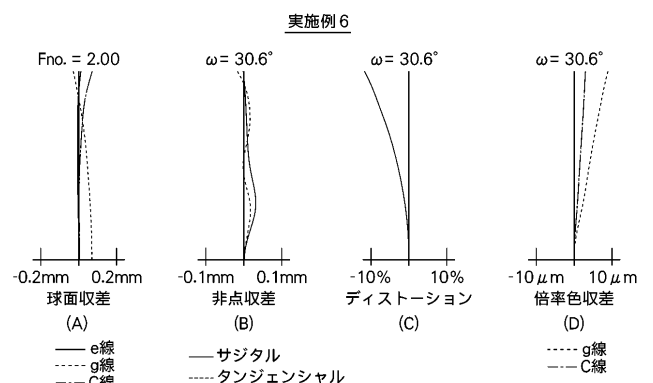
【 図 1 2 】



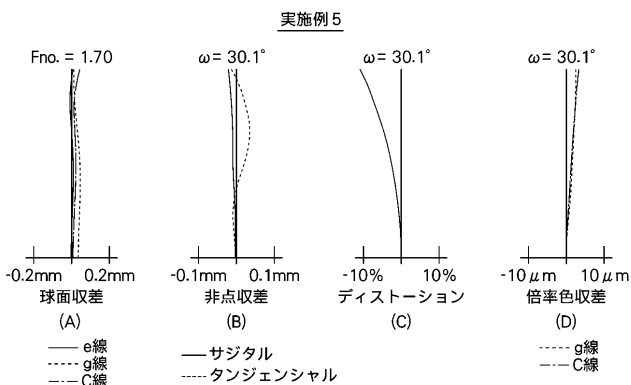
【 図 1 3 】



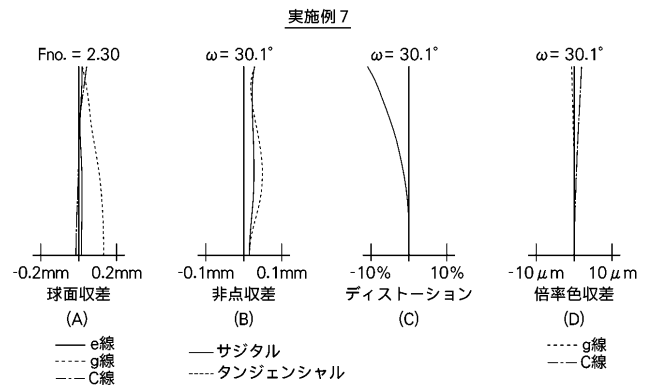
【 図 1 5 】



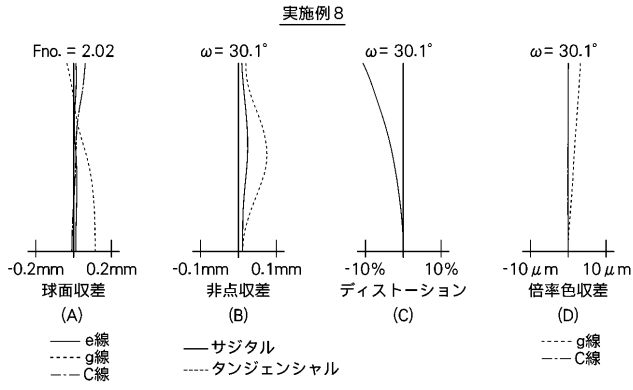
【 図 1 4 】



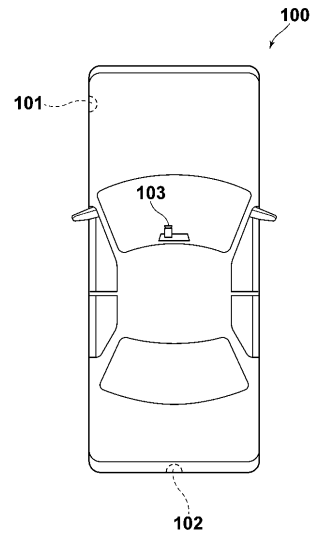
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 9 】



【 図 1 8 】

