

(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2011-158868

(P2011-158868A)

(43) 公開日 平成23年8月18日(2011.8.18)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04	D 2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	2H100
G03B 17/02 (2006.01)	G03B 17/02	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-22927 (P2010-22927)	(71) 出願人	306037311 富士フィルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成22年2月4日 (2010.2.4)	(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	山川 博充 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 LA07 PA04 PA17 PB04 QA02 QA07 QA17 QA22 QA25 QA32 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 UA01 2H100 AA31 CC04

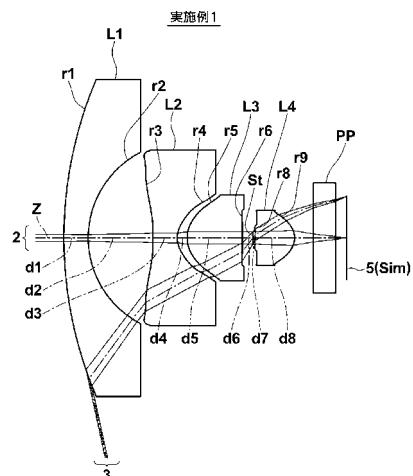
(54) 【発明の名称】撮像レンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】撮像レンズにおいて、小型かつ低成本に構成し、広角化と高い光学性能を実現する。

【解決手段】撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持ち、物体側の面が凸形状であり、像側の面が凹形状である第1レンズL1と、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で負のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第2レンズL2と、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第3レンズL3と、絞りと、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凹形状であり、像側の面が光軸近傍で凸形状である第4レンズL4が配されてなる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、

負のパワーを持ち、物体側の面が凸形状であり、像側の面が凹形状である第1レンズと、

物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で負のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第2レンズと、

物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第3レンズと、

絞りと、

物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凹形状であり、像側の面が光軸近傍で凸形状である第4レンズとが配されることを特徴とする撮像レンズ。

【請求項 2】

前記第1レンズの焦点距離を f_1 とし、全系の焦点距離を f としたとき、下記条件式(1)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$-11.0 < f_1 / f < -8.0 \dots (1)$$

【請求項 3】

前記第1レンズと前記第2レンズの光軸上の間隔を d_2 とし、前記第1レンズの物体側の面の面頂点から像面までの距離を L としたとき、下記条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の撮像レンズ。

$$0.16 < d_2 / L < 0.30 \dots (2)$$

【請求項 4】

前記第2レンズと前記第3レンズの光軸上の間隔を d_4 とし、前記第1レンズの物体側の面の面頂点から像面までの距離を L としたとき、下記条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載の撮像レンズ。

$$0.02 < d_4 / L < 0.05 \dots (3)$$

【請求項 5】

前記第2レンズの焦点距離を f_2 とし、前記第3レンズの焦点距離を f_3 としたとき、下記条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の撮像レンズ。

$$-1.2 < f_2 / f_3 < -0.5 \dots (4)$$

【請求項 6】

前記前記第3レンズと前記第4レンズの合成焦点距離を f_{34} とし、前記第1レンズの物体側の面の面頂点から像面までの距離を L としたとき、下記条件式(5)を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の撮像レンズ。

$$2.0 < L / f_{34} < 6.0 \dots (5)$$

【請求項 7】

前記第2レンズの像側の面の近軸曲率半径を r_4 とし、前記第3レンズの物体側の面の近軸曲率半径を r_5 としたとき、下記条件式(6)を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項記載の撮像レンズ。

$$1.0 < r_5 / r_4 < 2.0 \dots (6)$$

【請求項 8】

前記第1レンズの材質の d 線におけるアッベ数が40以上であり、前記第2レンズの材質の d 線におけるアッベ数が50以上であり、前記第3レンズの材質の d 線におけるアッベ数が40以下であり、前記第4レンズの材質の d 線におけるアッベ数が50以上であることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項記載の撮像レンズ。

【請求項 9】

全画角が 200° より大きいことを特徴とする請求項1から8のいずれか1項記載の撮像レンズ。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 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】****【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、監視カメラ等に使用されるのに好適な広角の撮像レンズ、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。

10

【背景技術】**【0002】**

CCD や CMOS 等の撮像素子は近年非常に小型化および高画素化が進んでいる。そのため、撮像機器本体並びにそれに搭載される撮像レンズにも小型化、軽量化が求められている。一方、車載用カメラ、監視カメラ等に使用される撮像レンズには、高い耐候性を持ち、広範囲にわたって良好な視界を確保できるように広画角で高い光学性能を有することが求められている。

【0003】

さらに、上記分野の撮像レンズにおいては、低コスト化が望まれていることから、レンズ枚数が少ない光学系が求められている。従来、上記分野における 4 枚構成の撮像レンズとしては、例えば下記特許文献 1 ~ 5 に記載のものが知られている。

20

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2002 - 244031 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 259704 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 292988 号公報

【特許文献 4】特開 2005 - 227426 号公報

【特許文献 5】特開 2009 - 3343 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

ところで近年では、車載用カメラや監視カメラ等の分野において、例えば全画角で 180° を超えるものが望まれるなど、広角化に対する要望が強まってきている。また、近年の撮像素子の小型化および高画素化に伴い、高い解像性を有し、結像領域の広い範囲まで良好な像が得られるような高い光学性能を有する撮像レンズが求められるようになってきている。しかしながら、従来のレンズ系では、安価で小型に構成しながら、近年の要望を満たす程度の広角化と高い光学性能を同時に実現することは困難であった。

【0006】

特許文献 1 には、実施例 3 の広角レンズとして、物体側から順に配置された第 1 レンズ ~ 第 4 レンズの 4 枚のレンズで構成され、第 3 レンズと第 4 レンズの間に絞りが配置されたレンズ系が記載されている。特許文献 1 にはこのレンズ系の F ナンバー、画角に関する記載はないが、第 1 レンズの屈折率が 1.52 程度であり、第 1 レンズ、第 2 レンズの負のパワーが比較的小さいため、このレンズ系が全画角が 180° を超える仕様に対応できるものとは考えにくい。

40

【0007】

特許文献 2、3 に記載されたレンズは、それぞれの全画角が約 140° ~ 165° 、約 152° ~ 164° であり、近年要望されている全画角が 180° を超えるような広角化に対応できるものとは言えない。特許文献 4 に記載されたレンズは、F ナンバーが 2.5 ~ 2.8 であり、全画角が 180° 以上であるが、全系の焦点距離 f 、半画角 を用いて

50

、理想像高を $2 \times f \times \tan(\theta/2)$ とする射影方式を採用した場合、ディストーションが半画角 80° を超えてから急激にマイナス側に大きくなるため、最周辺部の画像が小さくなるという短所がある。特許文献 5 には、全画角が 190° に近い実施例が記載されており、歪曲収差、倍率の色収差ともに良好に補正されているが、非点収差が残存しており、高画素化が進んだ撮像素子と組み合わせて使用する際に、さらに広い深度を要求される場合がある。

【0008】

本発明は、上記事情に鑑み、小型かつ低コストでありながら、広角化と高い光学性能を実現可能な撮像レンズ、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。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持ち、物体側の面が凸形状であり、像側の面が凹形状である第 1 レンズと、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で負のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第 2 レンズと、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状である第 3 レンズと、絞りと、物体側の面および像側の面が非球面であり、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凹形状であり、像側の面が光軸近傍で凸形状である第 4 レンズとが配されてなることを特徴とするものである。

20

【0010】

なお、本発明の撮像レンズの第 1 レンズに関する上記「負のパワーを持ち、物体側の面が凸形状であり、像側の面が凹形状」は、第 1 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する。また、上記「光軸近傍」は近軸領域と同義の意味とする。

【0011】

本発明の撮像レンズにおいては、下記条件式 (1) ~ (6) を満足することが好ましい。なお、好ましい態様としては、下記条件式 (1) ~ (6) のいずれか 1 つを満足するものでもよく、あるいは任意の 2 つ以上の組合せを満足するものでもよい。

$$-1.1 < f_1 / f < -8.0 \quad \dots \quad (1)$$

30

$$0.16 < d_2 / L < 0.30 \quad \dots \quad (2)$$

$$0.02 < d_4 / L < 0.05 \quad \dots \quad (3)$$

$$-1.2 < f_2 / f_3 < -0.5 \quad \dots \quad (4)$$

$$2.0 < L / f_3 & 4 < 6.0 \quad \dots \quad (5)$$

$$1.0 < r_5 / r_4 < 2.0 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_1 : 第 1 レンズの焦点距離

f_2 : 第 2 レンズの焦点距離

f_3 : 第 3 レンズの焦点距離

$f_3 & 4$: 第 3 レンズと第 4 レンズの合成焦点距離

40

d_2 : 第 1 レンズと第 2 レンズの光軸上の間隔

d_4 : 第 2 レンズと第 3 レンズの光軸上の間隔

r_4 : 第 2 レンズの像側の面の近軸曲率半径

r_5 : 第 3 レンズの物体側の面の近軸曲率半径

L : 第 1 レンズの物体側の面頂点から像面までの光軸上の距離

【0012】

なお、上記 L のうち、バックフォーカス分は空気換算長を用いるものとする。また、上記 r_4 、 r_5 の符号は、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。

【0013】

本発明の撮像レンズにおいては、第 1 レンズの材質の d 線におけるアッペ数は 40 以上

50

であることが好ましい。第2レンズの材質のd線におけるアッペ数は50以上であることが好ましい。第3レンズの材質のd線におけるアッペ数は40以下であることが好ましい。第4レンズの材質のd線におけるアッペ数は50以上であることが好ましい。

【0014】

また、本発明の撮像レンズにおいては、全画角が200°より大きいように構成することが好ましい。

【0015】

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】

【0016】

本発明の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、各レンズのパワーおよび形状を好適に設定し、絞りを好適な位置に配置しているため、安価で小型に構成しながら、広角化と高い光学性能を同時に実現することができる。

【0017】

本発明の撮像装置によれば、本発明の撮像レンズを備えているため、安価で小型に構成でき、広い画角での撮像が可能であり、高画質の映像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施例1の撮像レンズのレンズ構成および光路を示す断面図

【図2】本発明の実施例2の撮像レンズのレンズ構成および光路を示す断面図

【図3】本発明の実施例3の撮像レンズのレンズ構成および光路を示す断面図

【図4】図4(A)～図4(G)は本発明の実施例1の撮像レンズの各収差図

【図5】図5(A)～図5(G)は本発明の実施例2の撮像レンズの各収差図

【図6】図6(A)～図6(G)は本発明の実施例3の撮像レンズの各収差図

【図7】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】

【0019】

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3は、本発明の実施形態にかかる撮像レンズの構成例を示す断面図であり、それぞれ後述の実施例1～3の撮像レンズに対応している。図1～図3に示す例の基本的な構成は同様であり、図示方法も同様であるため、ここでは主に図1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。

【0020】

本実施形態の撮像レンズは、光軸Zに沿って、物体側から順に、第1レンズL1と、第2レンズL2と、第3レンズL3と、第4レンズL4とが配された4枚構成のレンズ系である。第3レンズL3と第4レンズL4の間には、開口絞りStが配置されている。開口絞りStを第3レンズL3と第4レンズL4の間に配置することにより、径方向の小型化を図ることができる。

【0021】

なお、図1では、左側が物体側、右側が像側としており、図示されている開口絞りSt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中の符号ri(i=1, 2, 3, ...)は、各レンズ面の曲率半径を示し、符号di(i=1, 2, 3, ...)は面間隔を示す。また、図1には、無限遠の距離にある物点からの軸上光束2、最大画角での軸外光束3も合わせて示す。

【0022】

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1の像面Simに配置された撮像素子5も図示している。また、撮像レンズ1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 PP を第 4 レンズ L 4 と撮像素子 5 (像面 Sim) の間に配置した例を示している。

【 0 0 2 3 】

第 1 レンズ L 1 は、負のパワーを持ち、物体側の面が凸形状であり、像側の面が凹形状であるように構成される。このように第 1 レンズ L 1 を物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとすることにより、広角化およびディストーションの補正に有利となる。最も物体側に配置される第 1 レンズ L 1 は、風雨や洗浄用の溶剤に晒されることが想定されるが、第 1 レンズ L 1 を物体側に凸面を向けたメニスカス形状とすれば、これらの状況において懸念されるゴミ、埃、水滴等が残留しにくいという利点もある。

【 0 0 2 4 】

なお、図 1 に示す例では第 1 レンズ L 1 は球面レンズで構成しているが、非球面レンズで構成することも可能である。ただし、後述のように、最も物体側に配置される第 1 レンズの材質は、樹脂よりもガラスの方が好ましいことから、第 1 レンズ L 1 を球面レンズとすれば、非球面レンズとした場合よりも低コストに製作することができる。

【 0 0 2 5 】

第 2 レンズ L 2 、第 3 レンズ L 3 、第 4 レンズ L 4 は全て、物体側の面および像側の面が非球面形状である。第 2 レンズ L 2 は、光軸近傍で負のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状であるように構成される。第 3 レンズ L 3 は、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凸形状であり、像側の面が光軸近傍で凹形状であるように構成される。第 4 レンズ L 4 は、光軸近傍で正のパワーを持ち、物体側の面が光軸近傍で凹形状であり、像側の面が光軸近傍で凸形状であるように構成される。第 2 レンズ L 2 、第 3 レンズ L 3 、第 4 レンズ L 4 を両面非球面のレンズとすることで、光学系の光軸方向の全長を短くしながらも高い解像性を得ることが可能になる。

【 0 0 2 6 】

本撮像レンズは、4 群 4 枚のレンズ構成において、上記のように第 1 レンズ L 1 ~ 第 4 レンズの各レンズのパワーおよび形状を好適に設定し、開口絞り St を第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 の間に配置することにより、少ないレンズ枚数および短い全長で小型かつ低コストに構成しながら、十分な広角化を達成し、さらに像面湾曲を始め歪曲収差、倍率の色収差、コマ収差を含む諸収差を良好に補正することができる。本撮像レンズによれば、結像領域の広い範囲にわたって高解像を実現することができるため、近年の高画素化が進んだ撮像素子にも対応することができる。

【 0 0 2 7 】

本発明の実施形態にかかる撮像レンズは、さらに以下に述べる構成を有することが好ましい。なお、好ましい態様としては、以下のいずれか 1 つの構成を有するものでもよく、あるいは任意の 2 つ以上を組合せた構成を有するものでもよい。

【 0 0 2 8 】

第 1 レンズ L 1 の焦点距離を f 1 とし、全系の焦点距離を f としたとき、下記条件式 (1) を満足することが好ましい。

$$-1.1 . 0 < f 1 / f < -8 . 0 \dots (1)$$

【 0 0 2 9 】

条件式 (1) の上限を上回ると、第 1 レンズ L 1 の負のパワーが強くなるため、第 1 レンズ L 1 の像側の面の曲率半径の絶対値が小さくなってしまい、第 1 レンズ L 1 の製作が難しくなるため、コストアップになる。条件式 (1) の下限を下回ると、第 1 レンズ L 1 の負のパワーが弱くなり、それを補うために第 2 レンズ L 2 の負のパワーを強くしなくてはならず、第 2 レンズ L 2 の曲率半径の絶対値が小さくなるため、第 2 レンズの製作が難しくなり、コストアップになる。

【 0 0 3 0 】

さらに、下記条件式 (1 - 1) を満たすことがより好ましい。条件式 (1 - 1) を満たすことで、条件式 (1) を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

10

20

30

40

50

$$-10.5 < f_1 / f < -8.5 \dots (1-1)$$

【0031】

またさらに、下記条件式(1-2)を満たすことがよりいっそう好ましい。条件式(1-2)を満たすことで、条件式(1-1)を満たす場合よりもさらに製作コストを抑制することが可能となる。

$$-10.0 < f_1 / f < -8.5 \dots (1-2)$$

【0032】

第1レンズL1と第2レンズL2の光軸上の間隔をd2とし、第1レンズL1の物体側の面の面頂点から像面までの距離をLとしたとき、下記条件式(2)を満足することが好ましい。なお、Lはバックフォーカス分は空気換算長を用いるものとする。

$$0.16 < d_2 / L < 0.30 \dots (2)$$

【0033】

条件式(2)の上限を上回ると、第1レンズL1の像側の面の有効半径が大きくなり曲率半径に近づくためレンズの加工が困難になるのでコストアップになるとともに、レンズ系の光軸方向の全長が長くなる。条件式(2)の下限を下回った状態で第1レンズL1に適正なパワーを確保しようとすると、第1レンズL1の像側の面と第2レンズL2の物体側の面が干渉してしまい、必要な有効半径を確保できなくなり、本発明の目的とする光学系を実現することが困難になる。

【0034】

さらに、下記条件式(2-1)を満たすことがより好ましい。条件式(2-1)を満たすことで、条件式(2)を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$0.17 < d_2 / L < 0.25 \dots (2-1)$$

【0035】

第2レンズL2と第3レンズL3の光軸上の間隔をd4とし、第1レンズL1の物体側の面の面頂点から像面までの距離をLとしたとき、下記条件式(3)を満足することが好ましい。なお、Lはバックフォーカス分は空気換算長を用いるものとする。

$$0.02 < d_4 / L < 0.05 \dots (3)$$

【0036】

条件式(3)の上限を上回ると、倍率色収差を良好に保ちながらディストーションを良好に補正することが難しくなり、また、レンズ系の全長が長くなる。第2レンズL2の像側の面と第3レンズL3の物体側の面は有効径内で接触しなければよいが、条件式(3)の下限を下回ると、これらが接触する危険性が増大してしまう。

【0037】

さらに、下記条件式(3-1)を満たすことがより好ましい。条件式(3-1)を満たすことで、条件式(3)を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$0.03 < d_4 / L < 0.045 \dots (3-1)$$

【0038】

第2レンズL2の焦点距離をf2とし、第3レンズL3の焦点距離をf3としたとき、下記条件式(4)を満足することが好ましい。

$$-1.2 < f_2 / f_3 < -0.5 \dots (4)$$

【0039】

条件式(4)の上限を上回ると、中間画角での歪曲収差、倍率色収差が大きくなる。条件式(4)の下限を下回ると、コマ収差の補正が難しくなり、また、軸上色収差を実用レベルにまで抑えることが難しくなる。

【0040】

さらに、下記条件式(4-1)を満たすことがより好ましい。条件式(4-1)を満たすことで、条件式(4)を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$-1.1 < f_2 / f_3 < -0.6 \dots (4-1)$$

【0041】

またさらに、下記条件式(4-2)を満たすことがよりいっそう好ましい。条件式(4

- 2) を満たすことで、条件式 (4 - 1) を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$- 1 . 0 < f_2 / f_3 < - 0 . 7 \dots (4 - 2)$$

【 0 0 4 2 】

第 3 レンズ L_3 と第 4 レンズ L_4 の合成焦点距離を f_{34} とし、第 1 レンズ L_1 の物体側の面の面頂点から像面までの距離を L としたとき、下記条件式 (5) を満足することが好ましい。なお、 L はバックフォーカス分は空気換算長を用いるものとする。

$$2 . 0 < L / f_{34} < 6 . 0 \dots (5)$$

【 0 0 4 3 】

条件式 (5) の上限を上回ると、第 3 レンズ L_3 のパワーが弱くなり倍率色収差の補正が不足するか、第 4 レンズ L_4 のパワーが弱くなり像面湾曲及びコマ収差の補正が不足する。あるいは、条件式 (5) の上限を上回り、かつ、第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 のパワーが強い場合は、第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 が近接しすぎてしまうため配置が困難になり、低コストでの製造が難しくなる。条件式 (5) の下限を下回ると、第 3 レンズ L_3 のパワーが強くなり軸上色収差が過大になるか、第 4 レンズ L_4 のパワーが強くなり像面湾曲及びコマ収差の補正が難しくなる。あるいは、条件式 (5) の下限を下回り、かつ第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 のパワーが強くない場合は、第 3 レンズ L_3 と第 4 レンズ L_4 の間隔が大きくなりレンズ系が大型化する。

【 0 0 4 4 】

さらに、下記条件式 (5 - 1) を満たすことがより好ましい。条件式 (5 - 1) を満たすことで、条件式 (5) を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$2 . 2 < L / f_{34} < 5 . 0 \dots (5 - 1)$$

【 0 0 4 5 】

またさらに、下記条件式 (5 - 2) を満たすことがよりいっそう好ましい。条件式 (5 - 2) を満たすことで、条件式 (5 - 1) を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$2 . 3 < L / f_{34} < 4 . 8 \dots (5 - 2)$$

【 0 0 4 6 】

第 2 レンズ L_2 の像側の面の近軸曲率半径を r_4 とし、第 3 レンズ L_3 の物体側の面の近軸曲率半径を r_5 としたとき、下記条件式 (6) を満足することが好ましい。

$$1 . 0 < r_5 / r_4 < 2 . 0 \dots (6)$$

【 0 0 4 7 】

条件式 (6) の上限を上回ると、中間画角での歪曲収差、倍率の色収差が大きくなる。条件式 (6) の下限を下回ると、コマ収差を良好に補正することが困難になる。

【 0 0 4 8 】

さらに、下記条件式 (6 - 1) を満たすことがより好ましい。条件式 (6 - 1) を満たすことで、コマ収差を良好に補正することがより容易になる。

$$1 . 1 < r_5 / r_4 < 1 . 8 \dots (6 - 1)$$

【 0 0 4 9 】

第 1 レンズ L_1 の材質の d 線におけるアッペ数は 40 以上であることが好ましく、このように材質を選択した場合には、倍率の色収差の良好な補正が容易になる。第 2 レンズ L_2 の材質の d 線におけるアッペ数は 50 以上であることが好ましく、このように材質を選択した場合には、倍率の色収差の良好な補正が容易になる。第 3 レンズ L_3 の材質の d 線におけるアッペ数は 40 以下であることが好ましく、このように材質を選択した場合には、倍率の色収差の良好な補正が容易になる。さらには、第 3 レンズ L_3 の材質の d 線におけるアッペ数は 29 以下であることがより好ましく、このように材質を選択した場合には、倍率の色収差のより良好な補正が容易になる。第 4 レンズ L_4 の材質の d 線におけるアッペ数は 50 以上であることが好ましく、このように材質を選択した場合には、倍率の色収差の良好な補正が容易になる。倍率の色収差を良好に補正することで、解像性を高めることができ、近年の高画素化が進んだ撮像素子にも対応可能となる。

10

20

30

40

50

【0050】

本撮像レンズは、全画角が200°より大きいことが好ましい。全画角は、最大画角での軸外光束3の主光線と光軸Zとのなす角の2倍である。全画角が200°より大きな広角のレンズ系とすることで、近年の広角化の要望に対応可能となる。

【0051】

また、本撮像レンズは、図1に示す例のように、第1レンズL1～第4レンズL4のレンズ全てが接合されていない単レンズであることが好ましい。車載カメラや監視カメラ用途のような厳しい環境下での使用が想定される場合は、接合レンズを含まない構成とすることが好ましく、また、接合レンズを含まない構成とすることで低コストに作製することが可能となる。

10

【0052】

本撮像レンズが例えば車載用カメラや監視用カメラ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L1は、風雨による表面劣化、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。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。また、第1レンズL1には、堅く、割れにく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、上記要望を満たすことが可能となる。あるいは、第1レンズL1の材質として、透明なセラミックスを用いてもよい。

20

【0053】

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。

【0054】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4の材質としては、プラスチックを用いることが好ましく、この場合には、非球面形状を精度良く作製することができるとともに、軽量化および低コスト化を図ることが可能となる。

30

【0055】

プラスチック材質によっては、吸水性が高いと水分の出入りによって屈折率および形状寸法が変化するため、光学性能に悪影響が出る可能性がある。そこで、第2レンズL2と第4レンズL4にポリオレフィン系のプラスチック、第3レンズにポリカーボネート系のプラスチックあるいはペット系のプラスチックの吸水性のきわめて小さい材質を用いれば、吸水による性能劣化を最小限に抑えることができる。

【0056】

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の材質にプラスチックを用いた場合は、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。

40

【0057】

本撮像レンズにおいては、ゴースト光低減等のために、各レンズに反射防止膜を施すようにしてよい。その際、図1に例示するような撮像レンズでは、第1レンズL1の像側の面、第2レンズL2の像側の面、第3レンズL3の物体側の面において、周辺部の各面の接線と光軸とのなす角が小さいため、周辺部の反射防止膜の厚さがレンズ中央部より薄くなる。そこで、上記3つの面のうちの1面以上の面に、中央付近での反射率が最も小さくなる波長を600nm以上900nm以下とした反射防止膜を施すことにより、有効径全体で反射率を平均的に低減することができ、ゴースト光を低減させることが出来る。

【0058】

なお、中央付近での反射率が最も小さくなる波長が600nmより短いと、周辺部での反射率が最も小さくなる波長が短くなり過ぎ、長波長側の反射率が高くなるため、赤味がかったゴーストが発生しやすくなってしまう。また、中央付近での反射率が最も小さくなる波長が900nmより長いと、中央部での反射率が最も小さくなる波長が長くなり過ぎ

50

、短波長側の反射率が高くなるため、像の色合いがかなり赤みがかってしまうとともに、青味がかかったゴーストが発生しやすくなってしまう。

【0059】

また、本撮像レンズにおいては、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、例えばレンズの像側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。

【0060】

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。あるいは、上記フィルタと同様の特性を持つコートをレンズ面に施してもよい。

10

【0061】

図1では、レンズ系と撮像素子5との間に各種フィルタ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を施してもよい。

10

【0062】

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3の撮像レンズのレンズ断面図はそれぞれ図1～図3に示したものである。

20

【0063】

実施例1の撮像レンズのレンズデータを表1に、非球面データを表2に示す。同様に、実施例2、3の撮像レンズのレンズデータ、非球面データをそれぞれ表3～表6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、3のものについても基本的に同様である。

20

【0064】

表1のレンズデータにおいて、 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、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。各実施例において、レンズデータの表の r_i 、 d_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)は、レンズ断面図の符号 r_i 、 d_i と対応している。

30

【0065】

また、表1のレンズデータにおいて、 $N_e j$ 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($j = 1, 2, 3, \dots$)のレンズのe線(波長546.07nm)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(波長587.6nm)に対するアッベ数を示している。なお、レンズデータには、開口絞りStも含めて示しており、開口絞りStに相当する面の曲率半径の欄には、(開口絞り)と記載している。

40

【0066】

図1～図3において第4レンズL4と像面Simとの間に配置されている光学部材PPは、カバーガラスやフィルタ等を想定したものであり、実施例1～3全てにおいて屈折率1.52のガラス材を用いており、その厚みは1.0mmである。

【0067】

表1のレンズデータでは、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光軸近傍の曲率半径(近軸曲率半径)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、下式で表される非球面式における各係数K、Bm(m=3、4、

50

5、…20)の値である。

$$Z_d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + B_m \cdot h^m$$

ただし、

Z_d ：非球面深さ（高さ h 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ろした垂線の長さ）

h ：高さ（光軸からのレンズ面までの距離）

C ：近軸曲率半径の逆数

K 、 B_m ：非球面係数（ $m = 3, 4, 5, \dots, 20$ ）

【0068】

【表1】

10

実施例1 レンズデータ

si	ri	di	Nej	νdj
1	18.5000	1.1000	1.77620	49.6
2	4.4000	2.9191		
*3	21.2547	1.1000	1.53340	55.4
*4	1.1861	0.4439		
*5	1.6015	2.5000	1.61965	25.5
*6	309.1497	0.3261		
7	∞ (開口絞り)	0.2529		
*8	-2.8164	1.7723	1.53340	55.4
*9	-0.7874			

20

【0069】

【表2】

実施例1 非球面データ

si	3	4	5	6	8	9
K	0	0	0	0	0	0
B3	-1.07085E-01	1.09695E-01	1.42222E-01	1.90687E-02	6.44924E-01	3.82425E-01
B4	3.23383E-02	-7.71575E-02	-2.63693E-02	-8.52345E-02	-2.21922E+00	-1.16610E+00
B5	3.63280E-03	-7.30225E-02	-6.41480E-02	-1.41954E-02	-7.76311E+00	1.48922E+00
B6	-8.53521E-04	1.58088E-02	-7.75601E-03	1.03763E-01	4.33865E+01	-5.03427E-01
B7	-3.83752E-04	1.41655E-02	2.56094E-02	9.05899E-02	-4.65732E+00	-4.80903E-01
B8	-2.12706E-05	5.97121E-03	1.54811E-02	-7.20423E-02	-1.18775E+02	-2.46806E-02
B9	1.08108E-05	1.76421E-03	-1.01407E-02	-2.31246E-01	-2.16444E+02	2.15078E-01
B10	6.02633E-06	3.47288E-04	-1.05785E-02	-1.46871E-01	2.92903E+02	1.96269E-01
B11	1.48539E-06	-9.70726E-06	6.98253E-03	3.40228E-01	1.23849E+03	4.90114E-02
B12	-5.80385E-07	1.67504E-04	3.50574E-03	3.62878E-01	-1.23741E+02	-3.86469E-02
B13	-1.11525E-07	-1.17825E-04	3.39266E-05	-4.26406E-01	-1.44797E+03	-7.87345E-02
B14	-3.11264E-08	-1.22839E-04	-9.76987E-04	-1.58022E-01	-4.26434E+03	-7.12486E-02
B15	-5.36088E-10	-9.95548E-05	-7.24161E-04	3.71372E-01	-2.44421E+03	-3.73169E-02
B16	6.19375E-09	-5.95826E-05	-1.72384E-04	-1.72999E-01	3.97231E+03	-3.19576E-03
B17	2.56661E-09	-5.88284E-06	7.76195E-05	-1.15243E-01	4.90443E+04	2.50949E-02
B18	-5.68227E-11	1.59735E-05	1.22487E-04	7.92883E-02	-1.02677E+04	5.25043E-02
B19	-5.37297E-10	1.75314E-05	5.74794E-05	7.45992E-02	-1.61194E+05	2.09098E-02
B20	8.84899E-11	-5.70999E-06	-3.76576E-05	-4.45220E-02	1.36354E+05	-3.07445E-02

30

40

【0070】

【表3】

実施例2 レンズデータ

si	ri	di	Nej	ν dj
1	16.3871	1.1000	1.77620	49.6
2	4.2987	2.0000		
*3	15.6586	1.1000	1.53340	55.4
*4	1.1349	0.4439		
*5	1.7264	2.3112	1.61965	25.5
*6	46.7464	0.2122		
7	∞(開口絞り)	0.2529		
*8	-3.2626	1.6875	1.53340	55.4
*9	-0.7205			

10

【0 0 7 1】

【表4】

実施例2 非球面データ

si	3	4	5	6	8	9
K	0	0	0	0	0	0
B3	-1.09473E-01	1.03196E-01	1.86366E-01	2.97260E-02	5.32974E-01	4.17383E-01
B4	3.23296E-02	-7.46155E-02	-3.54391E-02	-7.40899E-02	-2.04000E+00	-1.19777E+00
B5	3.59101E-03	-7.35290E-02	-6.22519E-02	-1.21869E-02	-7.53414E+00	1.51683E+00
B6	-8.73955E-04	1.65616E-02	-6.55950E-03	1.01768E-01	4.16763E+01	-5.04747E-01
B7	-3.87269E-04	1.46194E-02	2.57143E-02	9.09993E-02	-7.12646E+00	-4.91451E-01
B8	-2.05997E-05	6.15196E-03	1.57593E-02	-7.52594E-02	-1.19580E+02	-2.81003E-02
B9	1.08376E-05	1.73076E-03	-1.00002E-02	-2.38486E-01	-1.52340E+02	2.09002E-01
B10	6.17565E-06	1.79251E-04	-1.05116E-02	-1.36284E-01	1.86795E+02	1.82649E-01
B11	1.48539E-06	-9.70726E-06	6.98253E-03	3.40228E-01	1.23849E+03	4.90114E-02
B12	-5.80385E-07	1.67504E-04	3.50574E-03	3.62878E-01	-1.23741E+02	-3.86469E-02
B13	-1.11525E-07	-1.17825E-04	3.39266E-05	-4.26406E-01	-1.44797E+03	-7.87345E-02
B14	-3.11264E-08	-1.22839E-04	-9.76987E-04	-1.58022E-01	-4.26434E+03	-7.12486E-02
B15	-5.36088E-10	-9.95548E-05	-7.24161E-04	3.71372E-01	-2.44421E+03	-3.73169E-02
B16	6.19375E-09	-5.95826E-05	-1.72384E-04	-1.72999E-01	3.97231E+03	-3.19576E-03
B17	2.56661E-09	-5.88284E-06	7.76195E-05	-1.15243E-01	4.90443E+04	2.50949E-02
B18	-5.68227E-11	1.59735E-05	1.22487E-04	7.92883E-02	-1.02677E+04	5.25043E-02
B19	-5.37297E-10	1.75314E-05	5.74794E-05	7.45992E-02	-1.61194E+05	2.09098E-02
B20	8.84899E-11	-5.70999E-06	-3.76576E-05	-4.45220E-02	1.36354E+05	-3.07445E-02

20

30

【0 0 7 2】

【表5】

実施例3 レンズデータ

si	ri	di	Nej	ν dj
1	11.4714	1.1000	1.77620	49.6
2	3.8886	2.4375		
*3	50.0248	1.1000	1.53340	55.4
*4	1.6374	0.4439		
*5	2.3888	2.7740	1.61965	25.5
*6	11.1946	0.0065		
7	∞(開口絞り)	0.2529		
*8	-5.0476	1.6916	1.53340	55.4
*9	-0.7692			

40

【0 0 7 3】

【表6】

実施例3 非球面データ

si	3	4	5	6	8	9
K	0	0	0	0	0	0
B3	-1.05108E-01	1.55634E-01	2.42964E-01	6.44451E-02	3.26556E-01	3.46881E-01
B4	3.21826E-02	-5.83567E-02	-6.70300E-02	-7.89608E-02	-1.21417E+00	-1.07697E+00
B5	2.91906E-03	-9.38233E-02	-5.99298E-02	6.95324E-02	-7.69697E+00	1.44142E+00
B6	-7.73129E-04	1.74574E-02	-1.21169E-02	1.87876E-01	3.85675E+01	-5.17570E-01
B7	-3.69263E-04	1.34274E-02	2.84742E-02	-6.01199E-01	-9.12000E+00	-4.78376E-01
B8	-2.09081E-05	5.61684E-03	1.90741E-02	-2.43553E-01	-1.05489E+02	-1.78601E-02
B9	9.96154E-06	1.56344E-03	-9.99014E-03	3.14611E-01	-1.38947E+02	2.09564E-01
B10	6.25984E-06	8.06347E-04	-1.11779E-02	5.76104E-01	1.47154E+02	1.82541E-01
B11	1.48539E-06	-9.70726E-06	6.98253E-03	3.40228E-01	1.23849E+03	4.90114E-02
B12	-5.80385E-07	1.67504E-04	3.50574E-03	3.62878E-01	-1.23741E+02	-3.86469E-02
B13	-1.11525E-07	-1.17825E-04	3.39266E-05	-4.26406E-01	-1.44797E+03	-7.87345E-02
B14	-3.11264E-08	-1.22839E-04	-9.76987E-04	-1.58022E-01	-4.26434E+03	-7.12486E-02
B15	-5.36088E-10	-9.95548E-05	-7.24161E-04	3.71372E-01	-2.44421E+03	-3.73169E-02
B16	6.19375E-09	-5.95826E-05	-1.72384E-04	-1.72999E-01	3.97231E+03	-3.19576E-03
B17	2.56661E-09	-5.88284E-06	7.76195E-05	-1.15243E-01	4.90443E+04	2.50949E-02
B18	-5.68227E-11	1.59735E-05	1.22487E-04	7.92883E-02	-1.02677E+04	5.25043E-02
B19	-5.37297E-10	1.75314E-05	5.74794E-05	7.45992E-02	-1.61194E+05	2.09098E-02
B20	8.84899E-11	-5.70999E-06	-3.76576E-05	-4.45220E-02	1.36354E+05	-3.07445E-02

10

20

【0074】

上記実施例1～3では、第1レンズL1は、光学ガラスを材質とし、両面を球面形状としているため、良好な耐候性、および土砂等による傷つきにくさが得られるとともに、比較的安価に製造することができる。上記実施例1～3の第2レンズL2と第4レンズL4は、ポリオレフィン系のプラスチックを材質とし、第3レンズL3はポリカーボネート系のプラスチックを材質として、吸水による性能変化を極力抑えるように吸水性の小さい材質を選択している。

【0075】

上記実施例1～3の撮像レンズにおける各種データおよび上記条件式(1)～(6)に対応する値を表7に示す。実施例1～3では、e線を基準波長としており、表7にはこの基準波長における各値を示す。

30

【0076】

表7において、fは全系の焦点距離、Bfは最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の距離(バックフォーカスに相当)、Lは第1レンズL1の物体側の面から像面S imまでの光軸上の距離、Fno.はFナンバー、2は全画角である。Bfは空気換算長であり、すなわち、光学部材PPの厚みを空気換算して計算した値を示している。同様に、Lのうちバックフォーカス分は空気換算長を用いている。実施例1～3の最大像高は全て1.90mmである。表7からわかるように、実施例1～3全て条件式(1)～(6)を満足している。

40

【0077】

【表7】

	実施例1	実施例2	実施例3
f	0.848	0.785	0.835
Bf	1.999	1.819	1.965
L	12.413	10.927	11.772
Fno.	2.9	2.9	2.9
2ω	204.4°	206.2°	207.8°
f1/f	-9.085	-9.960	-9.696
d2/L	0.235	0.183	0.207
d4/L	0.036	0.041	0.038
f2/f3	-0.927	-0.830	-0.731
L/f34	2.456	3.226	4.540
r5/r4	1.350	1.521	1.459

10

【0078】

なお、上記各表には、所定の桁でまるめた数値を記載している。各数値の単位としては、角度については「°」を用い、長さについては「mm」を用いている。しかし、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同等の光学性能が得られるので、他の適当な単位を用いることもできる。

【0079】

実施例1の撮像レンズの収差図を図4(A)～図4(G)に示す。図4(A)～図4(D)はそれぞれ、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)を示している。図4(E)～図4(G)は、各半画角におけるタンジェンシャル方向の横収差を示している。各収差図には、e線を基準波長とした収差を示すが、球面収差図および倍率の色収差図には、g線(波長436nm)、C線(波長656.27nm)についての収差も示す。球面収差図のFno.はFナンバー、その他の収差図のは半画角を意味する。

20

【0080】

また同様に、上記実施例2、3の撮像レンズそれぞれの球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率色収差、横収差の収差図を図5(A)～図5(G)、図6(A)～図6(G)に示す。

30

【0081】

なお、ディストーションの収差図については、全系の焦点距離f、半画角(変数扱い、0)を用いて、理想像高を $2 \times f \times \tan(\theta/2)$ とし、それからのずれ量を示しているため、周辺部でマイナスの値になっている。しかし、実施例1～3の撮像レンズのディストーションは、等距離射影に基づく像高を基準として算出すれば、プラスの大きな値となる。これは、実施例1～3の撮像レンズが、等距離射影に基づく像高でディストーションを抑制するように設計されたレンズに比べて、周辺部の画像が大きく写るよう考慮されたものだからである。

40

【0082】

以上のデータからわかるように、実施例1～3の撮像レンズは、4枚という少ないレンズ構成で小型化および低コスト化を図った上で、さらに、205°前後の非常に広い全画角、2.9の小さいFナンバー、および各収差が良好に補正された高解像の良好な光学性能を実現している。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。

【0083】

図7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7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

50

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、本発明の実施例の撮像レンズと、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。

【0084】

本発明の実施例にかかる撮像レンズは、上述した長所を有するものであるから、車外カメラ101、102および車内カメラ103は、小型で安価に構成でき、広い画角を有し、解像度の高い良好な映像を得ることができる。

【0085】

以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の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、アッベ数、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。また、レンズの材質も上記各数値実施例で用いたものに限定されず、別の材質を用いてもよい。

10

【0086】

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。

【符号の説明】

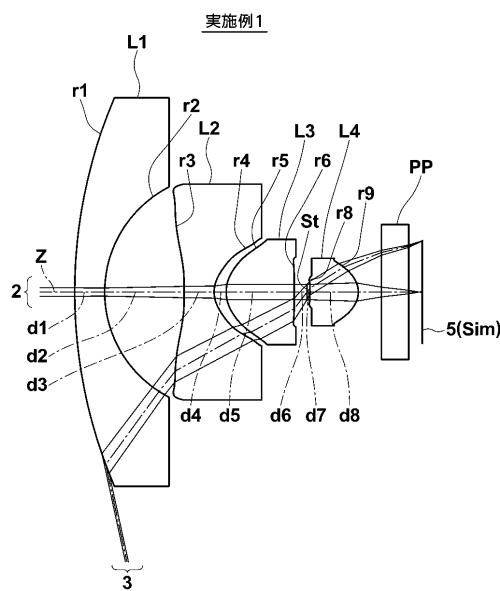
【0087】

20

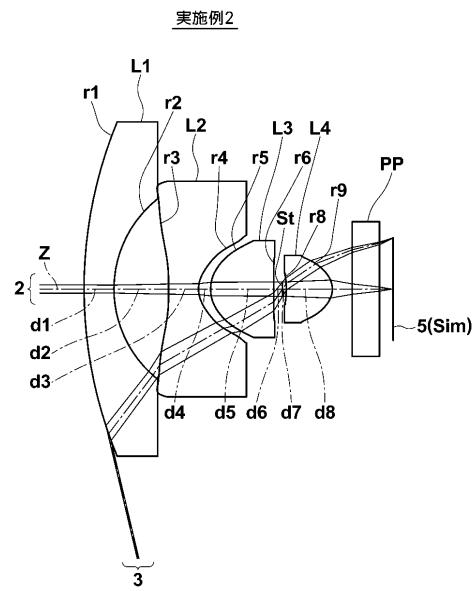
2	軸上光束
3	軸外光束
5	撮像素子
100	自動車
101、102	車外カメラ
103	車内カメラ
L 1	第1レンズ
L 2	第2レンズ
L 3	第3レンズ
L 4	第4レンズ
P P	光学部材
S i m	像面
S t	開口絞り
Z	光軸

30

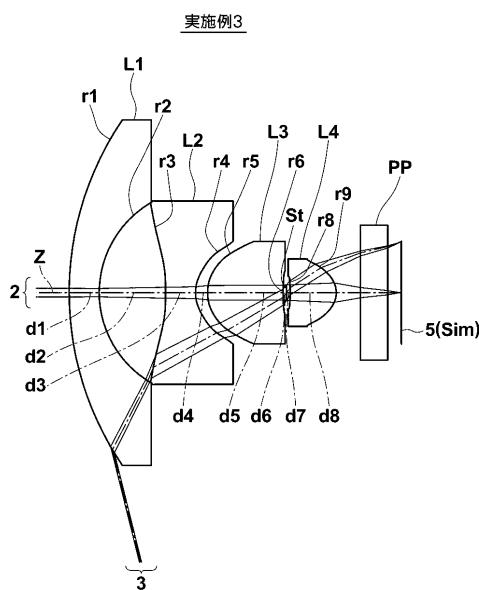
【図1】



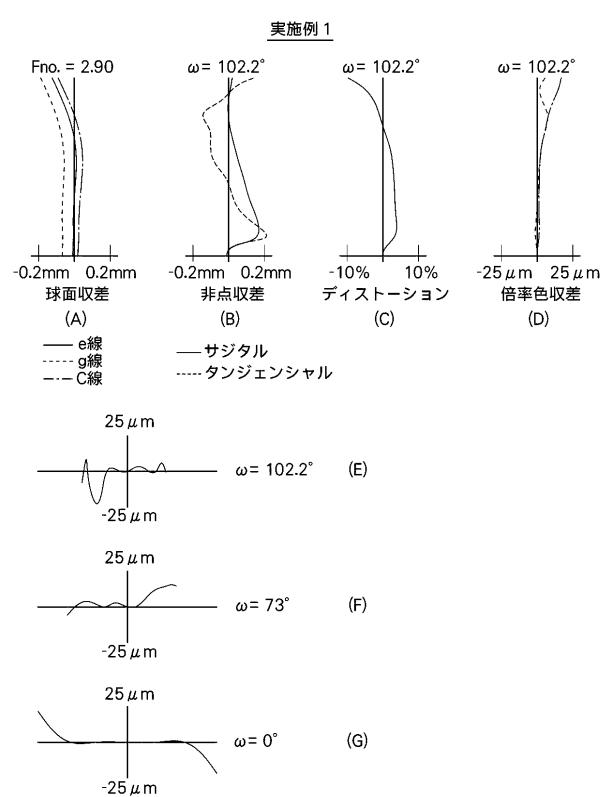
【図2】



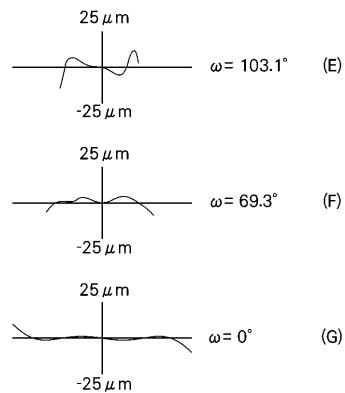
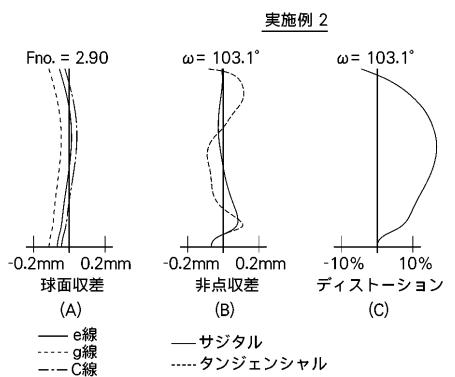
【図3】



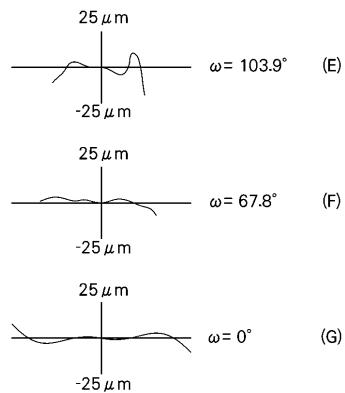
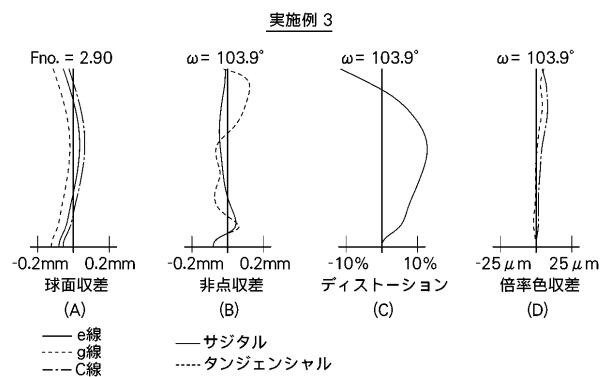
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

