

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5399306号
(P5399306)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/00
G02B 13/18

請求項の数 9 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2010-74958 (P2010-74958)
 (22) 出願日 平成22年3月29日 (2010.3.29)
 (65) 公開番号 特開2011-65132 (P2011-65132A)
 (43) 公開日 平成23年3月31日 (2011.3.31)
 審査請求日 平成24年7月2日 (2012.7.2)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-95569 (P2009-95569)
 (32) 優先日 平成21年4月10日 (2009.4.10)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-189939 (P2009-189939)
 (32) 優先日 平成21年8月19日 (2009.8.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 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
 (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 浅見 太郎
 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
 審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像レンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の第1レンズと、負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズとからなり、

前記第2レンズ、前記第3レンズ、前記第4レンズの各レンズは少なくとも片側の面が非球面であり、

前記第3レンズの材質のd線におけるアッベ数が2.8以下であり、

下記条件式(1)、(5)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$-0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.2 \dots (1)$$

$$2.0 < D_2 / f < 5.0 \dots (5)$$

10

ただし、

R₃：前記第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R₄：前記第2レンズの像側の面の近軸曲率半径

f：全系の焦点距離

D₂：前記第1レンズと前記第2レンズの光軸上の空気間隔

【請求項 2】

下記条件式(6)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。

$$0.01 < |f_{12}/f_{34}| < 0.5 \dots (6)$$

ただし、

f₁₂：前記第1レンズと前記第2レンズの合成焦点距離

20

$f_{3\ 4}$: 前記第3レンズと前記第4レンズの合成焦点距離

【請求項3】

下記条件式(7)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。

$$2.5 < (D_4 + D_5) / f < 5.5 \dots (7)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

D_4 : 前記第2レンズと前記第3レンズの光軸上の空気間隔

D_5 : 前記第3レンズの中心厚

【請求項4】

下記条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項記載の撮像レンズ。 10

$$10.0 < L / f < 20.0 \dots (8)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

L : 前記第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離

【請求項5】

下記条件式(9)を満足することを特徴とする請求項1から4のいずれか一項記載の撮像レンズ。 20

$$1.5 < Bf / f < 4.0 \dots (9)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

Bf : 前記第4レンズの像側の面から像面までの光軸上の距離

【請求項6】

下記条件式(10)を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか一項記載の撮像レンズ。 20

$$0.3 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 1.0 \dots (10)$$

ただし、

R_8 : 前記第4レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R_9 : 前記第4レンズの像側の面の近軸曲率半径

【請求項7】

下記条件式(1-1)を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項記載の撮像レンズ。 30

$$-0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.12 \dots (1-1)$$

【請求項8】

下記条件式(5-2)を満足することを特徴とする請求項1から7のいずれか一項記載の撮像レンズ。 30

$$2.3 < D_2 / f < 4.5 \dots (5-2)$$

【請求項9】

請求項1から8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】

【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 50

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良好な光学性能に加え、小型化が求められている。一方、車載用カメラや監視カメラ等の用途では、例えば全画角が180度を超えるような広角のレンズでありながら高い耐候性を持ち、小型で高性能を有するレンズが求められている。

【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1～4には、非球面レンズを含む4枚構成の撮像レンズが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2007-264676号公報

【特許文献2】特開2005-227426号公報

【特許文献3】特開2006-259704号公報

【特許文献4】特開2007-206516号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、車載用カメラや監視カメラ等に搭載される撮像レンズに対する要求は年々厳しくなっており、小型であり、全画角が180度を超えるような広角化を満たした上で、さらに、結像領域周辺部まで良好な像が得られることが求められるようになっている。しかしながら、従来の小型のレンズ系では、全画角が180度を超えるような広角化を達成することと、結像領域周辺部まで良好な像を得ることの両方を同時に実現することは困難であった。

20

【0006】

本発明は、上記事情に鑑み、全画角が180度を超えるような広角化を達成しながら、小型に構成可能で、良好な光学性能を有し、結像領域周辺部まで良好な像を得ることが可能な撮像レンズ、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。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明の撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズと、負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズとからなり、第2レンズ、第3レンズ、第4レンズの各レンズは少なくとも片側の面が非球面であり、第3レンズの材質のd線におけるアーベ数が2.8以下であり、下記条件式(1)、(5)を満足することを特徴とするものである。

$$\begin{aligned} -0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) &< 0.2 \dots (1) \\ 2.0 < D_2 / f &< 5.0 \dots (5) \end{aligned}$$

ただし、

R₃：第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径

40

R₄：第2レンズの像側の面の近軸曲率半径

f：全系の焦点距離

D₂：前記第1レンズと前記第2レンズの光軸上の空気間隔

【0011】

また、上記本発明の撮像レンズにおいては、下記条件式(6)～(10)、(1-1)、(5-2)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(6)～(10)、(1-1)、(5-2)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。

$$\begin{aligned} 0.01 < |f_{12}/f_{34}| &< 0.5 \dots (6) \\ 2.5 < (D_4 + D_5) / f &< 5.5 \dots (7) \end{aligned}$$

50

$$\begin{aligned}
 & 10.0 < L / f < 20.0 \dots (8) \\
 & 1.5 < B_f / f < 4.0 \dots (9) \\
 & 0.3 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 1.0 \dots (10) \\
 & -0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.12 \dots (1-1) \\
 & \underline{2.3 < D_2 / f < 4.5 \dots (5-2)}
 \end{aligned}$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

D_2 : 第1レンズと第2レンズの光軸上の空気間隔

f_{12} : 第1レンズと第2レンズの合成焦点距離

f_{34} : 第3レンズと第4レンズの合成焦点距離

10

D_4 : 第2レンズと第3レンズの光軸上の空気間隔

D_5 : 第3レンズの中心厚

L : 第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離 (バックフォーカス分は空気換算長)

B_f : 第4レンズの像側の面から像面までの光軸上の距離 (空気換算長)

R_8 : 第4レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R_9 : 第4レンズの像側の面の近軸曲率半径

【0012】

本発明においては、非球面レンズのパワーの符号は、近軸領域で考えるものとする。曲率半径の符号および近軸曲率半径の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負とすることにする。

20

【0013】

なお、「面の有効径」とは、結像に寄与する全光線とレンズ面との交わる点を考えたとき、径方向における最も外側の点（最も光軸から離れた点）からなる円の直径を意味し、「有効径端」とは、この最も外側の点を意味するものとする。なお、光軸に対して回転対称の系においては、上記の最も外側の点からなる図形は円となるが、回転対称ではない系においては円とならない場合があり、そのような場合は、等価の円形を考えてその円の直径を有効径としてもよい。

【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。

30

【発明の効果】

【0015】

本発明の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、第2レンズから第4レンズの各レンズに非球面を設け、全系におけるパワー配置、絞りの位置、第3レンズの材質等の構成を好適に設定し、条件式(1)を満足するようにしているため、小型に構成可能で、全画角が180度を超えるような広角化を達成できるとともに、像面湾曲、ディストーション、倍率の色収差を良好に補正して結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。

40

【0019】

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、小型に構成可能で、全画角が180度を超えるような広い画角を有するとともに、結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施形態にかかる撮像レンズの光路図

【図2】第2レンズの面形状等を説明するための図

【図3】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4】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5】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

50

【図6】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7】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8】図8(A)～図8(E)は本発明の実施例1の撮像レンズの各収差図

【図9】図9(A)～図9(E)は本発明の実施例2の撮像レンズの各収差図

【図10】図10(A)～図10(E)は本発明の実施例3の撮像レンズの各収差図

【図11】図11(A)～図11(E)は本発明の実施例4の撮像レンズの各収差図

【図12】図12(A)～図12(E)は本発明の実施例5の撮像レンズの各収差図

【図13】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】

【0021】

10

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。

【0022】

〔撮像レンズの実施形態〕

まず、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。

図1は、本発明の実施例1にかかる撮像レンズ1のレンズ断面図である。図1に示す撮像レンズ1は、以下に述べる本発明の第1～第4の実施形態の構成を備えている。

【0023】

20

図1では、図の左側が物体側、右側が像側であり、無限遠の距離にある物点からの軸上光束2、全画角2°での軸外光束3、4も合わせて示してある。図1では、撮像レンズ1が撮像装置に適用される場合を考慮して、撮像レンズ1の像点Pimを含む像面Sim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1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CCDイメージセンサやCMOSイメージセンサ等を用いることができる。

【0024】

なお、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を最も像側のレンズと撮像素子5(像面Sim)の間に配置した例を示している。

【0025】

30

まず、本発明の第1の実施形態の構成について説明する。本発明の第1の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズL1と、負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、開口絞りStと、正の第4レンズL4とを備える。なお、図1における開口絞り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。

【0026】

この撮像レンズは、4枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された2枚のレンズである第1レンズL1と第2レンズL2を負のレンズとして、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、負レンズを2枚にすることで、負レンズに求められる各収差の補正をこれらの2枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。同様に、像側の正レンズも第3レンズL3と第4レンズL4の2枚とすることで、像面で像を結ぶための収束作用および正レンズに求められる各収差の補正をこれらの2枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。また、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で系全体を小型化することが可能となる。

40

【0027】

また、本発明の第1の実施形態にかかる撮像レンズは、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4の各レンズは少なくとも片側の面が非球面であり、第3レンズL3の材質のd線におけるアッベ数が3.5以下であり、下記条件式(1)を満足するように構成されている。

50

$$-0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.2 \dots (1)$$

ただし、

R_3 ：第2レンズ L_2 の物体側の面の近軸曲率半径

R_4 ：第2レンズ L_2 の像側の面の近軸曲率半径

【0028】

第2レンズ L_2 、第3レンズ L_3 、第4レンズ L_4 の3枚のレンズを非球面レンズとすることによって、少ないレンズ枚数でありながら、諸収差を良好に補正して広角化を図ることができる。

【0029】

第3レンズ L_3 の材質の d 線におけるアッペ数を35以下とすることで、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。 10

【0030】

条件式(1)を満足することで、第2レンズ L_2 は近軸領域で両凹形状となる。以下、条件式(1)に基づく近軸領域における第2レンズ L_2 の形状について説明する。

まず、上記条件式(1)は下記条件式(1A)のように変形することができる。

$$-0.2 < (1 + R_4 / R_3) / (1 - R_4 / R_3) < 0.2 \dots (1A)$$

第2レンズ L_2 の物体側の面が平面、すなわち $R_3 = \infty$ とすると、上記条件式(1A)を満たさないため、第2レンズ L_2 の物体側の面は平面になりえない。

【0031】

同様に、上記条件式(1)は下記条件式(1B)のように変形することができ、 20

$$-0.2 < (R_3 / R_4 + 1) / (R_3 / R_4 - 1) < 0.2 \dots (1B)$$

第2レンズ L_2 の像側の面を平面、すなわち $R_4 = \infty$ とすると、上記条件式(1B)を満たさないため、第2レンズ L_2 の像側の面は平面になりえない。

【0032】

次に、第2レンズ L_2 の物体側の面が凸面、すなわち $R_3 > 0$ とすると、第2レンズ L_2 が負レンズであることから、第2レンズ L_2 の像側の面が凸面になることはなく、像側に凹面を向けた負メニスカス形状をなすことになり、 $R_4 > 0$ かつ $R_3 > R_4$ となる。しかし、そうすると、上記条件式(1A)を満たさなくなるため、第2レンズ L_2 の物体側の面が凸面、すなわち $R_3 > 0$ になることはない。

【0033】

よって、第2レンズ L_2 の物体側の面は凹面、すなわち $R_3 < 0$ となる。そこで、 $R_3 < 0$ の条件下で、第2レンズ L_2 の像側の面を凸面、すなわち $R_4 < 0$ とすると、第2レンズ L_2 が負レンズであることから、 $R_3 > R_4$ の負メニスカス形状をなすことになる。しかし、そうすると、上記条件式(1A)を満たさなくなるため、第2レンズ L_2 が負メニスカス形状になることはない。したがって、 $R_3 < 0$ かつ $R_4 > 0$ となり、すなわち、第2レンズ L_2 は両凹形状となる。 30

【0034】

このような形状の第2レンズ L_2 の曲率半径を条件式(1)を満足するように選択することで、第2レンズ L_2 の物体側の面と像側の面の曲率半径のバランスをとることができ。また、後述の非球面式で表すように、一般には近軸曲率半径を用いて非球面形状を規定するため、条件式(1)を満足することで、広角化が容易になると共に像面湾曲、ディストーションを良好に補正することが可能となる。条件式(1)の上限以上になると第2レンズ L_2 の物体側の面の曲率半径の絶対値が大きくなり、像面湾曲を良好に補正しながら広角化することが困難となる。また、第2レンズ L_2 のパワーが弱くなり、レンズ系が大型化してしまう。条件式(1)の下限以下になると、第2レンズ L_2 の像側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてしまい、広角化と共にディストーションを良好に補正することが困難となる。 40

【0035】

さらに、下記条件式(1-2)を満足することが望ましい。条件式(1-2)の上限を満足することで、広角化と共に像面湾曲をより良好に補正することが可能となる。条件式 50

(1-2)の下限を満足することで、広角化と共にディストーションをより良好に補正することができる。

$$-0.08 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.12 \dots (1-2)$$

【0036】

さらに、下記条件式(1-3)を満足することがより望ましい。条件式(1-3)の上限を満足することで、広角化と共に像面湾曲をさらに良好に補正することができる。

$$-0.08 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.08 \dots (1-3)$$

【0037】

またさらに、下記条件式(1-4)を満足することがより望ましい。条件式(1-4)の上限を満足することで、広角化と共に像面湾曲をさらにより良好に補正することができる。条件式(1-4)の下限を満足することで、広角化と共にディストーションをさらにより良好に補正することができる。

$$-0.06 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 0.03 \dots (1-4)$$

【0038】

次に、本発明の第2の実施形態の構成について説明する。本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負の第1レンズL1と、物体側の面および像側の面が非球面である第2レンズL2と、少なくとも物体側の面が非球面である正の第3レンズL3と、開口絞りStと、少なくとも像側の面が非球面である正の第4レンズL4とを備える。

【0039】

この撮像レンズは、4枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、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で系全体を小型化することが可能となる。そして、最も物体側に配置される第1レンズL1を像側に凹面を向けた負メニスカスレンズとして、レンズ系全体を広角化することが可能となり、例えば全画角が180°を超えるような広角のレンズを作製することが可能となる。

【0040】

本発明の第2の実施形態の撮像レンズでは、第2レンズL2の物体側の面および像側の面、第3レンズL3の物体側の面、第4レンズL4の像側の面を非球面としている。すなわち、これら3つのレンズのうち、開口絞りStに最も遠い第2レンズL2は両側の面が非球面となっており、開口絞りStに隣接して配置された第3レンズL3、第4レンズL4については、それぞれ開口絞りStに遠い方の面が必ず非球面となっている。図1に示すように、このように、各像高の軸外光線と軸上光線がより分離されている面を非球面として、諸収差を効果的に補正することができ、少ないレンズ枚数でありながら、広角化と同時に像面湾曲とディストーションを良好に補正することに有利となる。

【0041】

また、本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズは、第3レンズL3の材質のd線におけるアッベ数が35以下であり、下記条件式(2)を満足するように構成されている。

$$1.0 < D_3 / f < 5.0 \dots (2)$$

ただし、

D3：第2レンズL2の中心厚

f：全系の焦点距離

【0042】

第3レンズL3の材質のd線におけるアッベ数を35以下とすることで、倍率の色収差を良好に補正することができる。

【0043】

条件式(2)の上限以上になるとレンズ系が大型化してしまう。条件式(2)の下限以下になると、第2レンズL2の中心厚が小さくなってしまい、第2レンズL2の周辺部と中心部の肉厚比が大きくなり、成形が困難となる。

本発明の第2の実施形態の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、第2レンズ

10

20

30

40

50

L 2 から第 4 レンズ L 4 の各レンズに効果的に非球面を設け、各レンズの面形状とパワー、絞りの位置、第 3 レンズ L 3 の材質等の構成を好適に設定し、条件式(2)を満足するようにしているため、小型に構成可能で、全画角が 180 度を超えるような広角化を達成できるとともに、像面湾曲、ディストーション、倍率の色収差を良好に補正して結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。なお、本発明の第 2 の実施形態の撮像レンズの第 1 レンズ L 1 の「凹面」、「メンスカス形状」は、非球面については近軸領域で考えるものとする。

【0044】

さらに、下記条件式(2-2)を満足することが望ましい。条件式(2-2)の上限を満足すると、レンズ系の小型化がより容易となる。

$$1.0 < D_3 / f < 2.2 \dots (2-2)$$

【0045】

次に、本発明の第 3 の実施形態の構成について説明する。本発明の第 3 の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、負の第 1 レンズ L 1 と、負の第 2 レンズ L 2 と、正の第 3 レンズ L 3 と、開口絞り S t と、正の第 4 レンズ L 4 とを備える。

【0046】

この撮像レンズは、4 枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された 2 枚のレンズである第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 を負のレンズとして、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、負レンズを 2 枚にすることで、負レンズに求められる各収差の補正をこれらの 2 枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。同様に、像側の正レンズも第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 の 2 枚として、像面で像を結ぶための収束作用および正レンズに求められる各収差の補正をこれらの 2 枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。また、開口絞り S t 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で系全体を小型化することが可能となる。

【0047】

また、本発明の第 3 の実施形態にかかる撮像レンズは、第 1 レンズ L 1 の中心厚が 1.7 mm 以上であり、下記条件式(3)を満足するように構成されている。

$$2.5 < D_1 / f < 5.5 \dots (3)$$

ただし、

D 1 : 第 1 レンズ L 1 の中心厚

f : 全系の焦点距離

【0048】

例えば車載等の用途で用いられる場合、最も物体側に配置される第 1 レンズ L 1 には各種衝撃に対する強度が求められるため、第 1 レンズ L 1 の中心厚が 1.7 mm 以上であることが好ましく、条件式(3)を満足することが好ましい。条件式(3)の下限以下になると、第 1 レンズ L 1 が薄くなり割れやすくなる。条件式(3)の上限以上になるとレンズ系が大型化してしまう。あるいは、第 1 レンズ L 1 の大型化を避けるためには、第 1 レンズ L 1 の物体側の面の曲率半径の絶対値を大きくして周辺光線を急激に曲げる必要があるが、第 1 レンズ L 1 の物体側の面の曲率半径の絶対値を大きくして周辺光線を急激に曲げると特に周辺部でディストーションが大きくなってしまう。ディストーションが大きくなると画像周辺部が像面 S im 上で小さく結像してしまって、撮像素子で撮像して画像処理により拡大しても中心と比べて画質が低下してしまうという問題がある。

本発明の第 3 の実施形態の撮像レンズによれば、4 枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、絞りの位置、第 1 レンズ L 1 の中心厚の構成を好適に設定し、条件式(3)を満足するようにしているため、小型に構成可能で、全画角が 180 度を超えるような広角化を達成できるとともに、ディストーションを良好に補正して結像領域周辺部まで良好な像を得ることができ、高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。

【0049】

10

20

30

40

50

さらに、下記条件式(3-2)を満足することが望ましい。条件式(3-2)の上限を満足することで、レンズ系を小型化することが容易となる。条件式(3-2)の下限を満足することで、第1レンズL1をより割れにくくすることが可能となる。

$$2.5 < D_1 / f < 3.0 \dots (3-2)$$

【0050】

次に、本発明の第4の実施形態の構成について説明する。本発明の第4の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズL1と、負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、開口絞りStと、正の第4レンズL4とを備える。

【0051】

この撮像レンズは、4枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された2枚のレンズである第1レンズL1と第2レンズL2を負のレンズとしてすることで、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、負レンズを2枚にすることで、負レンズに求められる各収差の補正をこれらの2枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。同様に、像側の正レンズも第3レンズL3と第4レンズL4の2枚とすることで、像面で像を結ぶための収束作用および正レンズに求められる各収差の補正をこれらの2枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。また、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で系全体を小型化することが可能となる。

【0052】

また、本発明の第4の実施形態にかかる撮像レンズは、第1レンズL1の中心厚が1.7mm以上であり、下記条件式(4)を満足するように構成されている。

$$0.5 < E_D_1 / R_1 < 0.95 \dots (4)$$

ただし、

E_D_1 ：第1レンズL1の物体側の面の有効径（直径）

R_1 ：第1レンズL1の物体側の面の曲率半径

【0053】

条件式(4)の上限以上になると、第1レンズL1の物体側の面が半球に近くなり、加工が困難となるか、コストアップの原因となってしまう。あるいは、第1レンズL1が大きくなってしまい、車の外観を損ねてしまうという問題もある。条件式(4)の下限以下になると、加工は容易だが、ディストーションの補正が困難となり、周辺部の画像が像面Sim上で小さく結像されてしまうため、撮像素子で撮像して画像処理により拡大しても中心と比べて画質が低下してしまうという問題がある。

本発明の第4の実施形態の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、絞りの位置、第1レンズL1の中心厚の構成を好適に設定し、条件式(4)を満足するようにしているため、小型に構成可能で、全画角が180度を超えるような広角化を達成できるとともに、ディストーションを良好に補正して結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。本発明の第4の実施形態の撮像レンズのR1は第1レンズL1の物体側の面が非球面の場合は近軸曲率半径を用いることにする。

【0054】

上記第1～第4の実施形態にかかる撮像レンズは、他の実施形態の構成の少なくとも1つ、または他の実施形態における好ましい構成の少なくとも1つを有するものであってもよい。例えば、第1の実施形態にかかる撮像レンズが、第2の実施形態の構成を有するものであってもよく、第2の実施形態にかかる撮像レンズが第1の実施形態の構成において述べた好ましい構成を有するものであってもよい。

【0055】

次に、本発明の上記第1～第4の実施形態にかかる撮像レンズが有することが好ましい構成を挙げて、その作用効果について述べる。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

10

20

30

40

50

ものでもよい。

【0056】

下記条件式(5)を満足することが望ましい。

$$2.0 < D_2 / f < 5.0 \dots (5)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

D_2 : 第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 の光軸上の空気間隔

【0057】

条件式(5)の上限以上になるとレンズ系が大型化してしまう。条件式(5)の下限以下になると、第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 の間隔が小さくなってしまい、第2レンズ L_2 の物体側の面の非球面形状が制限され、像面湾曲、ディストーションの補正が困難となる。10

【0058】

さらに、下記条件式(5-2)を満足することが望ましい。条件式(5-2)の上限を満足すると、レンズ系の小型化がより容易となる。条件式(5-2)の下限を満足すると、像面湾曲、ディストーションの補正がより容易となる。

$$2.3 < D_2 / f < 4.5 \dots (5-2)$$

【0059】

下記条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0.01 < |f_{12}/f_{34}| < 0.5 \dots (6)$$

ただし、

f_{12} : 第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 の合成焦点距離

f_{34} : 第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 の合成焦点距離

【0060】

条件式(6)の上限以上になると広角化が難しくなると同時に像面湾曲が大きくなり、良好な像を得ることが難しくなる。条件式(6)の下限以下になると広角化は容易に達成できるが、コマ収差が増大してしまい、画角の周辺においても良好な像を得ることが困難となる。

【0061】

下記条件式(7)を満足することが望ましい。

$$2.5 < (D_4 + D_5) / f < 5.5 \dots (7)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

D_4 : 第2レンズ L_2 と第3レンズ L_3 の光軸上の空気間隔

D_5 : 第3レンズ L_3 の中心厚

【0062】

条件式(7)を満足することで、球面収差、ディストーション、コマ収差の良好な補正が可能になり、さらにバックフォーカスが長くとれ、画角を大きくすることができ、十分な性能が得られる。条件式(7)の上限以上になると、球面収差、ディストーション、コマ収差を良好に補正することが困難になり、長いバックフォーカスや大きな画角を確保することが困難になる。また、条件式(7)の上限以上になると、最も物体側の負の第1レンズ L_1 の径が大きくなり、かつレンズ全長も長くなり、小型化が難しくなる。条件式(7)の下限以下になると球面収差、コマ収差を良好に補正できなくなり、Fナンバーの小さなレンズ系を得るのが困難になる。40

【0063】

さらに、下記条件式(7-2)を満足することが望ましい。条件式(7-2)の上限を満足することで球面収差、ディストーション、コマ収差をさらに良好に補正でき、所望の長さのバックフォーカス、大きな画角の確保がより容易となる。条件式(7-2)の下限を満足すると、球面収差、コマ収差の補正が容易となる。

$$3.0 < (D_4 + D_5) / f < 4.0 \dots (7-2)$$

10

20

30

40

50

【0064】

下記条件式(8)を満足することが望ましい。なお、Lの算出の際には、バックフォーカス分は空気換算長とする。すなわち、最も像側のレンズと像面S imとの間にカバーガラスやフィルタなどがある場合は、カバーガラスやフィルタの厚さは空気換算した値を用いるものとする。

$$10.0 < L / f < 20.0 \dots (8)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

L : 第1レンズL1の物体側の面から像面までの光軸上の距離

【0065】

条件式(8)を満足することで、小型化と同時に広角化を達成することが可能となる。条件式(8)の上限以上になると広角化は容易に達成できるがレンズ系が大型化してしまう。条件式(8)の下限以下になるとレンズ系は小型化することができるが、広角化を達成することが困難となる。

【0066】

さらに、下記条件式(8-2)を満足することが望ましい。条件式(8-2)の上限を満足すると、小型化がより容易となる。条件式(8-2)の下限を満足すると、広角化がより容易となる。

$$13.0 < L / f < 19.0 \dots (8-2)$$

【0067】

レンズ系を小型にするためには、第1レンズL1の物体側の面から像面までの光軸上の距離Lを15mm以下とすることが望ましく、さらにレンズ系を小型にするためには、上記Lを13mm以下とすることが望ましい。

【0068】

下記条件式(9)を満足することが望ましい。なお、Bfはバックフォーカスに相当するものであり、その算出の際には空気換算長を用いるものとする。すなわち、最も像側のレンズと像面S imとの間にカバーガラスやフィルタなどがある場合は、空気換算した値を用いるものとする。

$$1.5 < Bf / f < 4.0 \dots (9)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

Bf : 第4レンズL4の像側の面から像面までの光軸上の距離

【0069】

条件式(9)の上限以上になるとレンズ系が大型化してしまう。条件式(9)の下限以下になるとレンズ系と撮像素子との間に各種フィルタやカバーガラスなどを挿入することが困難となる。

【0070】

さらに、下記条件式(9-2)を満足することが望ましい。条件式(9-2)の上限を満足すると、小型化がより容易となる。条件式(9-2)の下限を満足すると、バックフォーカスの確保が容易となる。

$$2.0 < Bf / f < 3.5 \dots (9-2)$$

【0071】

下記条件式(10)を満足することが望ましい。

$$0.3 < (R8 - R9) / (R8 + R9) < 1.0 \dots (10)$$

ただし、

R8 : 第4レンズL4の物体側の面の近軸曲率半径

R9 : 第4レンズL4の像側の面の近軸曲率半径

【0072】

上記条件式(10)を満足することで、第4レンズL4は近軸領域でメニスカス形状となる。以下、条件式(10)に基づく近軸領域における第4レンズL4の形状について説

10

20

30

40

50

明する。

まず、上記条件式(10)は下記条件式(10A)のように変形できる。

$$0.3 < (1 - R_9 / R_8) / (1 + R_9 / R_8) < 1.0 \dots (10A)$$

第4レンズL4の物体側の面が平面、すなわち $R_8 = \infty$ とすると、上記条件式(10A)を満たさないため、第4レンズL4の物体側の面は平面になりえない。

【0073】

同様に、上記条件式(10)は下記条件式(10B)のように変形することができ、

$$0.3 < (R_8 / R_9 - 1) / (R_8 / R_9 + 1) < 1.0 \dots (10B)$$

第4レンズL4の像側の面を平面、すなわち $R_9 = \infty$ とすると、上記条件式(10B)を満たさないため、第4レンズL4の像側の面は平面になりえない。 10

【0074】

次に、第4レンズL4の物体側の面と像側の面がともに凸面、すなわち $R_8 > 0$ かつ $R_9 < 0$ とすると、条件式(10A)の $(1 - R_9 / R_8)$ が1より大きくなり、 $(1 + R_9 / R_8)$ が1より小さくなり、条件式(10A)の上限を満たさなくなるため、第4レンズL4が両凸形状、すなわち $R_8 > 0$ かつ $R_9 < 0$ になることはない。

【0075】

第4レンズL4の物体側の面が凸面で、第4レンズL4の像側の面が凹面、すなわち、 $R_8 > 0$ かつ $R_9 > 0$ とすると、第4レンズL4が正レンズであることから、 $R_8 < R_9$ となる。しかし、そうすると、上記条件式(10A)の $(1 - R_9 / R_8)$ が負となり、 $(1 + R_9 / R_8)$ は正であるから、上記条件式(10A)を満たさなくなるため、第4レンズL4の物体側の面が凸面、すなわち $R_8 > 0$ になることはない。 20

【0076】

よって、第4レンズL4の物体側の面は凹面、すなわち $R_8 < 0$ となる。さらに、第4レンズL4が正レンズであること、上述したように第4レンズL4の像側の面が平面にならざることを考慮すると、第4レンズL4は正メニスカス形状となる。

【0077】

以上のように、上記条件式(10)を満足することで、第4レンズL4を近軸領域においてメニスカス形状にすることができる、テレセントリック性の良いレンズを作製することができるとなると共に、像面湾曲と球面収差を良好に補正することができる。すなわち、条件式(10)の上限を満足することで、像面湾曲と球面収差を良好に補正することができる。また、条件式(10)の下限を満足することで、第4レンズL4の像側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎるか第4レンズL4の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなりすぎて第4レンズL4のパワーが小さくなりすぎるので抑制できる。これにより、結像領域周辺での光線が像面(撮像素子)に入射する角度が大きくなつてテレセントリック性が悪化するのを抑制できるため、いわゆるテレセントリック性の良いレンズ系を作製することができる。 30

【0078】

さらに、下記条件式(10-2)を満足することが望ましい。条件式(10-2)の上限を満足することで、像面湾曲と球面収差をさらに良好に補正することができる。条件式(10-2)の下限を満足することで、さらにテレセントリック性の良いレンズを作製することができる。 40

$$0.4 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 0.9 \dots (10-2)$$

【0079】

下記条件式(11)を満足することが望ましい。

$$-1.3 < R_8 / f < -3 \dots (11)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

R_8 : 第4レンズL4の物体側の面の近軸曲率半径

【0080】

条件式(11)の上限以上になると第4レンズL4のパワーが弱くなり、結像領域周辺 50

での光線が像面（撮像素子）に入射する角度を抑えることが困難となり、いわゆるテレセントリック性の良いレンズを作製することが困難となる。条件式（11）の下限以下になると球面収差の補正が困難となる。

【0081】

さらに、下記条件式（11-2）を満足することが望ましい。条件式（11-2）の上限を満足することで、テレセントリック性の良いレンズを作製することがより容易となる。条件式（11-2）の下限を満足すると、球面収差の補正がより容易となる。

$$-11.5 < R_8 / f < -4 \dots (11-2)$$

【0082】

下記条件式（12）を満足することが望ましい。

$$3.2 < L / f_{34} < 6.0 \dots (12)$$

ただし、

L ：第1レンズ L_1 の物体側の面から像面までの光軸上の距離

f_{34} ：第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 の合成焦点距離

【0083】

条件式（12）の上限以上になると第3レンズ L_3 、第4レンズ L_4 のパワーが強くなり、バックフォーカスを長くとることが困難となる。条件式（12）の下限以下になると倍率の色収差、像面湾曲、及びコマ収差の補正が難しくなる。

【0084】

下記条件式（13）を満足することが望ましい。

$$2.0 < D_5 / f < 4.0 \dots (13)$$

ただし、

f ：全系の焦点距離

D_5 ：第3レンズ L_3 の中心厚

【0085】

条件式（13）の上限以上になると、第3レンズ L_3 が大きくなりすぎてしまい、系が大型化してしまう。条件式（13）の下限以下になると第3レンズ L_3 のパワーが弱くなり、倍率の色収差の補正が困難となるか、第3レンズ L_3 のコバ（縁肉）の確保が困難となる。

【0086】

さらに、下記条件式（13-2）を満足することが望ましい。条件式（13-2）の上限を満足することで、系の小型化が容易となる。条件式（13-2）の下限を満足することで、倍率の色収差の補正及び、第3レンズ L_3 のコバの確保が容易となる。

$$2.2 < D_5 / f < 3.8 \dots (13-2)$$

【0087】

下記条件式（14）を満足することが望ましい。

$$0.3 < (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) < 0.7 \dots (14)$$

ただし

R_1 ：第1レンズ L_1 の物体側の面の曲率半径

R_2 ：第1レンズ L_1 の像側の面の曲率半径

【0088】

条件式（14）の上限以上になると、第1レンズ L_1 の物体側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてディストーションの補正が困難となるか、第1レンズ L_1 の像側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてしまい、広角化が困難となる。条件式（14）の下限以下になると、第1レンズ L_1 の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなり過ぎてしまい、広角化が困難となるか、半球に近くなるか、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りすぎてしまい、加工が困難となる。

【0089】

第1レンズ L_1 は、近軸領域において、負メニスカス形状であることが望ましい。この構成により、広角化に有利となり、例えば全画角が180度を超えるような広角のレンズ

10

20

30

40

50

系を作製することが可能となる。

【0090】

第2レンズL2は、近軸領域において、両凹形状のレンズであることが望ましい。この構成により、広角化を容易にするとともにディストーションと像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0091】

第2レンズL2の物体側の面は、中心で負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状であることが好ましい。第2レンズL2の物体側の面をこのような形状とすることで、広角化と同時に像面湾曲とディストーションを良好に補正することが可能となる。

10

【0092】

ここで、図2を参照しながら、上記の第2レンズL2の物体側の面の形状について説明する。図2は図1で示した撮像レンズ1の光路図である。図2において、点Q3は、第2レンズL2の物体側の面の中心であり、第2レンズL2の物体側の面と光軸Zとの交点である。図2の点X3は、第2レンズL2の物体側の面の有効径端の点であり、軸外光束4に含まれる最も外側の光線6と第2レンズL2の物体側の面との交点である。

【0093】

このとき、点X3でのレンズ面の法線と光軸Zとの交点を図2に示すように点P3とし、点X3と点P3を結ぶ線分X3-P3を点X3での曲率半径RX3と定義し、線分X3-P3の長さ|X3-P3|を曲率半径RX3の絶対値|R X 3|と定義する。すなわち、|X3-P3|=|R X 3|である。また、点Q3での曲率半径、すなわち、第2レンズL2の物体側の面の中心の曲率半径をR3とし、その絶対値を|R3|とする(図2では不図示)。

20

【0094】

上記の第2レンズL2の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち」とは、点Q3を含む近軸領域が凹形状であることを意味する。また、上記の第2レンズL2の物体側の面の「有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点P3が点Q3より物体側にあり、点X3での曲率半径の絶対値|R X 3|が点Q3での曲率半径の絶対値|R3|よりも大きい形状を意味する。

【0095】

30

図2では理解を助けるために、半径|R3|で点Q3通り、光軸上の点を中心とする円CQ3を二点鎖線で描き、半径|R X 3|で点X3通り、光軸上の点を中心とする円CX3の一部を破線で描いている。円CX3の方が円CQ3よりも大きな円となっており、|R3|<|R X 3|であることが明示されている。

【0096】

第2レンズL2の物体側の面は、中心で負のパワーを持ち、有効径端では正のパワーを持つ形状としてもよい。第2レンズL2の物体側の面をこのような形状とすることで、広角化と同時に像面湾曲とディストーションを良好に補正することが可能となる。

【0097】

上記の第2レンズL2の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち」とは、点Q3を含む近軸領域が凹形状であることを意味する。また、上記の第2レンズL2の物体側の面の「有効径端では正のパワーを持つ形状」とは、点P3が点Q3より像側にある形状を意味する。

40

【0098】

点X3での曲率半径の絶対値|R X 3|は、点Q3での曲率半径の絶対値|R3|の5.0倍より大きいこと、すなわち、5.0<|R X 3|/|R3|であることが好ましく、この場合には像面湾曲とディストーションの補正が容易となる。

【0099】

第2レンズL2の像側の面は、中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状であることが好ましい。第2レンズL2の像側の面をこのような形

50

状とすることで、像面湾曲の良好な補正が可能となる。

【0100】

第2レンズL2の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第2レンズL2の像側の面の有効径端を点X4として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P4とするとき、点X4と点P4とを結ぶ線分X4-P4を点X4での曲率半径とし、点X4と点P4とを結ぶ線分の長さ|X4-P4|を点X4での曲率半径の絶対値|R_X4|とする。よって、|X4-P4|=|R_X4|となる。また、第2レンズL2の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第2レンズL2の像側の面の中心を点Q4とする。そして、点Q4での曲率半径の絶対値|R₄|とする。

10

【0101】

第2レンズL2の像側の面の「中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状」とは、点Q4を含む近軸領域で凹形状であり、点P4が点Q4より像側にあり、かつ、点X4での曲率半径の絶対値|R_X4|が点Q4での曲率半径の絶対値|R₄|よりも小さい形状である。

【0102】

点X4での曲率半径の絶対値|R_X4|は、点Q4での曲率半径の絶対値|R₄|の0.9倍より小さいこと、すなわち、0.9>|R_X4|/|R₄|であることが好ましく、この場合には像面湾曲の補正が容易となる。

【0103】

第3レンズL3は、近軸領域において、両凸形状のレンズであることが望ましい。この構成により、像面湾曲と共に倍率の色収差も良好に補正可能となる。

20

【0104】

第3レンズL3の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第3レンズL3の物体側の面は、中心が正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状であることが好ましい。第3レンズL3の物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲とコマ収差を良好に補正することが可能となる。

【0105】

第3レンズL3の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第3レンズL3の物体側の面の有効径端を点X5として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P5とするとき、点X5と点P5とを結ぶ線分X5-P5を点X5での曲率半径とし、点X5と点P5とを結ぶ線分の長さ|X5-P5|を点X5での曲率半径の絶対値|R_X5|とする。よって、|X5-P5|=|R_X5|となる。また、第3レンズL3の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の物体側の面の中心を点Q5とする。そして、点Q5での曲率半径の絶対値|R₅|とする。

30

【0106】

第3レンズL3の物体側の面の「中心が正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状」とは、点Q5を含む近軸領域で凸形状であり、点P5が点Q5より像側にあり、かつ、点X5での曲率半径の絶対値|R_X5|が点Q5での曲率半径の絶対値|R₅|よりも小さい形状である。

40

【0107】

点X5での曲率半径の絶対値|R_X5|は、点Q5での曲率半径の絶対値|R₅|の1.0倍より小さいこと、すなわち、1.0>|R_X5|/|R₅|であることが好ましく、この場合には像面湾曲とコマ収差の補正が容易となる。

【0108】

第3レンズL3の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第3レンズL3の像側の面は、中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つことが好ましい。第3レンズL3の像側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

50

【0109】

第3レンズL3の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第3レンズL3の像側の面の有効径端を点X6として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P6とするとき、点X6と点P6とを結ぶ線分X6-P6を点X6での曲率半径とし、点X6と点P6とを結ぶ線分の長さ|X6-P6|を点X6での曲率半径の絶対値|R_X6|とする。よって、|X6-P6|=|R_X6|となる。また、第3レンズL3の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の像側の面の中心を点Q6とする。そして、点Q6での曲率半径の絶対値|R₆|とする。

【0110】

第3レンズL3の像側の面の「中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つ形状」とは、点Q6を含む近軸領域で凸形状であり、点P6が点Q6より像側にある形狀である。

【0111】

点X6での曲率半径の絶対値|R_X6|は、点Q6での曲率半径の絶対値|R₆|の2.0倍より大きいこと、すなわち、2.0<|R_X6|/|R₆|であることが好ましく、この場合には像面湾曲の補正が容易となる。

【0112】

第4レンズL4は、近軸領域において正メニスカスレンズであることが望ましい。この構成により、球面収差、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

10

20

【0113】

第4レンズL4の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第4レンズL4の物体側の面は、中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形狀であることが好ましい。第4レンズL4の物体側の面をこのような形狀とすることで、球面収差とコマ収差、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0114】

第4レンズL4の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第4レンズL4の物体側の面の有効径端を点X8として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P8とするとき、点X8と点P8とを結ぶ線分X8-P8を点X8での曲率半径とし、点X8と点P8とを結ぶ線分の長さ|X8-P8|を点X8での曲率半径の絶対値|R_X8|とする。よって、|X8-P8|=|R_X8|となる。また、第4レンズL4の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の物体側の面の中心を点Q8とする。そして、点Q8での曲率半径の絶対値|R₈|とする。

30

【0115】

第4レンズL4の物体側の面の「中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形狀」とは、点Q8を含む近軸領域で凹形狀であり、点P8が点Q8より物体側にあり、かつ、点X8での曲率半径の絶対値|R_X8|が点Q8での曲率半径の絶対値|R₈|よりも小さい形狀である。

【0116】

点X8での曲率半径の絶対値|R_X8|は、点Q8での曲率半径の絶対値|R₈|の0.9倍より小さいこと、すなわち、0.9>|R_X8|/|R₈|であることが好ましく、この場合には像面湾曲の補正が容易となる。

40

【0117】

第4レンズL4の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第4レンズL4の像側の面は、中心が正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形狀であることが好ましい。第4レンズL4をこのような形狀とすることで、球面収差、像面湾曲、コマ収差の良好な補正が可能となる。

【0118】

第4レンズL4の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体

50

側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第4レンズL4の像側の面の有効径端を点X9として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P9とするとき、点X9と点P9とを結ぶ線分X9-P9を点X9での曲率半径とし、点X9と点P9とを結ぶ線分の長さ $|X9 - P9|$ を点X9での曲率半径の絶対値 $|RX9|$ とする。よって、 $|X9 - P9| = |RX9|$ となる。また、第4レンズL4の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の像側の面の中心を点Q9とする。そして、点Q9での曲率半径の絶対値を $|R9|$ とする。

【0119】

第4レンズL4の像側の面の「中心が正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状」とは、点Q9を含む近軸領域で凸形状であり、点P9が点Q9より物体側にあり、かつ、点X9での曲率半径の絶対値 $|RX9|$ が点Q9での曲率半径の絶対値 $|R9|$ よりも大きい形状である。10

【0120】

点X9での曲率半径の絶対値 $|RX9|$ は、点Q9での曲率半径の絶対値 $|R9|$ の1.1倍よりも大きいこと、すなわち、 $1.1 < |RX9| / |R9|$ であることが好ましく、この場合には球面収差、像面湾曲、コマ収差の補正が容易となる。

【0121】

第2レンズL2の物体側の面から第4レンズL4の像側の面までの各面を上記のような非球面形状とすることで、球面収差、像面湾曲、コマ収差に加えてディストーションまで良好に補正することが可能となる。20

【0122】

なお、第3レンズL3の像側の面は、中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状であるように構成してもよく、その場合は、球面収差の補正が容易となる。

【0123】

上記で定義した記号を用いて説明すれば、第3レンズL3の像側の面の「中心が負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状」とは、点Q6を含む近軸領域で凹形状であり、点P6が点Q6より像側にあり、かつ、点X6での曲率半径の絶対値 $|RX6|$ が点Q6での曲率半径の絶対値 $|R6|$ よりも小さい形状である。

【0124】

ディストーションは、全系の焦点距離をf、画角を(変数扱い、0度)、は半画角)とし、理想像高を $2f \times \tan(\pi/2)$ として、それからのずれ量を示すものとした場合、中心から最大画角まで正の値であることが望ましい。ディストーションを理想像高 $2f \times \tan(\pi/2)$ に対して中心から最大画角まで正の値とすることで、ディストーションによる周辺の画像のつぶれを最小限に抑えることが可能となり、画像劣化を抑えることが可能となる。30

【0125】

第1レンズL1の材質のd線におけるアッベ数は40以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第2レンズL2の材質のd線におけるアッベ数は40以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第4レンズL4の材質のd線におけるアッベ数は40以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。40

【0126】

第3レンズL3の材質のd線におけるアッベ数は30以下であることが好ましく、これにより、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。さらに、第3レンズL3の材質のd線におけるアッベ数を28以下にすることが好ましく、この場合には、倍率の色収差をより良好に補正することが可能となる。

【0127】

第1レンズL1の材質はガラスであることが好ましい。撮像レンズが例えば車載用カメ50

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、また、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。材質をガラスとして、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L1の材質として、透明なセラミックスを用いてもよい。

【0128】

例えば車載カメラ用レンズにおいては、レンズは各種衝撃に耐えることが求められる。そのため第1レンズL1は厚いことが望ましい。第1レンズL1の中心厚は1.7mm以上であることが望ましい。さらに第1レンズL1を割れにくくするためには、第1レンズL1の中心厚が1.75mm以上であることが望ましい。さらにより第1レンズL1を割れにくくするためには、第1レンズL1の中心厚が1.80mm以上であることが望ましい。

10

【0129】

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。

【0130】

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複数の組合せにおいて、その材質をプラスチックとすることが好ましい。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できるとともに、非球面を設けた場合には、非球面形状を正確に作製することができるため、良好な性能のレンズを作製することが可能となる。

20

【0131】

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。

【0132】

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複数の組合せにおいて、その材質をガラスとしてもよい。材質をガラスとして、温度変化による性能劣化を抑制することができる。

30

【0133】

第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4の少なくともいずれか1つは、その材質のガラス転移温度(T_g)が145以上であることが好ましく、さらに好ましくは、150以上であることが好ましい。ガラス転移温度が150以上の材質を使用することで、耐熱性の良いレンズを作成することができる。

【0134】

なお、撮像レンズ1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を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。

40

【0135】

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を施してもよい。

【0136】

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

50

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。一例として、図1では、第1レンズL1、第2レンズL2それぞれの像側の面の有効径外に遮光手段11、12を設けた例を示している。なお、遮光手段を設ける箇所は図1に示す例に限定されず、他のレンズや、レンズ間に配置してもよい。

【0137】

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。10

【0138】

〔撮像レンズの数値実施例〕

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5の撮像レンズのレンズ断面図をそれぞれ図3～図7に示す。図3～図7において、図の左側が物体側、右側が像側であり、図1同様、開口絞りS_t、光学部材P_P、像面S_{i m}に配置された撮像素子5も合せて図示している。各図の開口絞りS_t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。20

【0139】

実施例1にかかる撮像レンズのレンズデータおよび各種データを表1に、非球面データを表2に、曲率半径に関するデータを表3に示す。同様に、実施例2～5にかかる撮像レンズのレンズデータおよび各種データ、非球面データをそれぞれ表4～表15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2～5のものについても基本的に同様である。

【0140】

表1のレンズデータにおいて、S_i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, ...)の面番号を示し、R_iはi番目の面の曲率半径を示し、D_i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。30

【0141】

また、レンズデータにおいて、N_{d j}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, ...)の光学要素のd線(波長587.6nm)に対する屈折率を示し、d_j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、レンズデータには、開口絞りS_tおよび光学部材P_P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)」という語句も合わせて記載している。40

【0142】

表1の各種データにおいて、F_{n o .}はFナンバー、2は全画角、B_fは最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸Z上の距離(バックフォーカスに相当、空気換算長)、Lは第1レンズL1の物体側の面から像面S_{i m}までの光軸Z上の距離(バックフォーカス分は空気換算長)、E_{D 1}は第1レンズL1の物体側の面の有効径、fは全系の焦点距離、f₁は第1レンズL1の焦点距離、f₂は第2レンズL2の焦点距離、f₃は第3レンズL3の焦点距離、f₄は第4レンズL4の焦点距離、f₁₂は第1レンズL1と第2レンズL2の合成焦点距離、f₃₄は第3レンズL3と第4レンズL4の合成焦点距離、f₂₃は第2レンズL2と第3レンズL3の合成焦点距離である。50

【0143】

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（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（A）で表される非球面式における各係数KA、RB_m（m = 3、4、5、…20）の値である。

$$Z_d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K_A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + R_B m \cdot h^m \dots \quad (A)$$

ただし、

10

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

KA、RB_m：非球面係数（m = 3、4、5、…20）

【0144】

表3の曲率半径に関するデータでは、面番号と、有効径端での曲率半径の絶対値、有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比を前述の説明の記号を用いて示している。|RX3|は第2レンズL2の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX3|/|R3|は第2レンズL2の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。|RX4|は第2レンズL2の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX4|/|R4|は第2レンズL2の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。|RX5|は第3レンズL3の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX5|/|R5|は第3レンズL3の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。|RX6|は第3レンズL3の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX6|/|R6|は第3レンズL3の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。|RX8|は第4レンズL4の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX8|/|R8|は第4レンズL4の物体側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。|RX9|は第4レンズL4の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値、|RX9|/|R9|は第4レンズL4の像側の面の有効径端での曲率半径の絶対値と中心の曲率半径の絶対値の比である。

20

【0145】

なお、表1～表3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、表1の2について「度」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。

30

【0146】

【表1】

実施例1 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	17.8693	1.8000	1.77250	49.6
2	4.3015	2.7700		
3*	-2.3041	1.1500	1.53389	56.0
4*	2.5054	0.5200		
5*	1.9355	2.4300	1.61396	25.5
6*	-26.8680	0.3440		
7(開口絞り)	∞	0.1960		
8*	-7.2959	1.5000	1.53389	56.0
9*	-0.8090	0.8000		
10	∞	0.4000	1.51680	64.2
11	∞	0.7175		
像面	∞			

実施例1 各種データ

Fno.	2.8
2ω	200.6
Bf	1.78
L	12.49
ED1	14.58
f	0.70
f1	-7.78
f2	-2.08
f3	3.04
f4	1.58
f12	-1.28
f34	2.98
f23	281.11

【0147】

【表2】

実施例1 非球面データ

Si	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	1.1653827E-01	-1.8636336E-02	-1.1947154E-03	9.1398589E-05
4	0.0000000E+00	6.3956034E-02	8.6718689E-02	-8.0754884E-02	3.0017612E-02
5	0.0000000E+00	4.6807814E-02	-7.6100827E-02	9.9181960E-02	3.3619602E-03
6	0.0000000E+00	-8.7917006E-02	4.1282208E-01	-3.8877619E-01	-1.6580207E-01
8	0.0000000E+00	3.5209446E-02	-3.0931879E-01	-1.0145646E+00	6.3324260E+00
9	0.0000000E+00	1.2322568E-02	-2.8539274E-02	-1.2781895E-03	-3.4674531E-02
Si	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	8.3604298E-05	2.5710606E-05	4.4013013E-07	-1.7637650E-06	-6.9677203E-07
4	2.3513223E-02	6.2682161E-03	-1.0962071E-03	-2.3313869E-03	-1.6716429E-03
5	-5.2880345E-03	-3.0989202E-03	-2.7339125E-03	-1.0008128E-03	8.4222020E-04
6	1.8884538E-01	3.4022776E-01	2.1058271E-01	-4.6238690E-02	-4.3452606E-01
8	-6.7075090E+00	-1.2218420E+01	-2.4036478E+00	5.4473170E+01	7.2387974E+01
9	6.0908220E-02	1.4939656E-02	-4.6683745E-02	-5.8252482E-02	-2.8540678E-02
Si	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.9423857E-07	2.0943140E-09	1.8539024E-08	6.9303654E-09	3.0741411E-09
4	-8.7547306E-04	-3.1733652E-04	-3.6361978E-05	3.3568504E-05	7.3173384E-05
5	4.8007882E-04	1.9342859E-04	6.2469479E-05	5.71112843E-06	-1.5668953E-05
6	-7.7469316E-01	-6.6642884E-01	3.7088131E-01	2.5324976E-01	3.7185084E+00
8	-1.0365839E+02	-2.4126122E+02	-1.5879540E+02	1.9973356E+02	5.9812146E+02
9	1.4732444E-02	4.2110080E-02	4.3277334E-02	2.2254455E-02	-8.1162316E-03
Si	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-2.2561656E-10	-3.1765557E-10	-8.7958402E-11	2.7552704E-11	
4	5.2970863E-05	2.2254597E-05	-4.7208128E-06	-7.6346136E-06	
5	-2.7331531E-05	-3.7960909E-05	-5.6460859E-06	1.1640230E-05	
6	-1.5256084E+00	3.0435349E+00	-1.0297627E+01	5.8668040E+00	
8	1.8496308E+03	3.2293289E+02	-9.1486931E+03	6.7570017E+03	
9	-3.3526222E-02	-3.9472904E-02	-1.8951891E-02	4.7534705E-02	

【0148】

【表3】

実施例1 曲率半径に関するデータ

Si	有効径端	有効径端と中心の比
3	RX3 25.99	RX3 / R3 11.28
4	RX4 2.00	RX4 / R4 0.80
5	RX5 1.87	RX5 / R5 0.97
6	RX6 93.31	RX6 / R6 3.47
8	RX8 4.12	RX8 / R8 0.56
9	RX9 1.23	RX9 / R9 1.52

【0149】

10

20

30

40

【表4】

実施例2 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	19.0625	1.8000	1.77250	49.6
2	4.3925	2.7261		
3 *	-2.4549	1.2000	1.53389	56.0
4 *	2.4046	0.7001		
5 *	1.9999	2.2307	1.61396	25.5
6 *	-60.3967	0.3393		
7(開口絞り)	∞	0.1900		
8 *	-7.6665	1.5000	1.53389	56.0
9 *	-0.8222	0.8000		
10	∞	0.5000	1.51680	64.2
11	∞	0.6752		
像面	∞			

実施例2 各種データ

Fno.	2.8
2ω	200.2
Bf	1.80
L	12.49
ED1	14.82
f	0.69
f1	-7.81
f2	-2.10
f3	3.20
f4	1.60
f12	-1.29
f34	2.70
f23	27471.06

【0150】

【表5】

実施例2 非球面データ

Si	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	1.1757190E-01	-1.8551506E-02	-1.2025746E-03	8.6404028E-05
4	0.0000000E+00	6.3769178E-02	8.6648548E-02	-8.0657306E-02	3.0104780E-02
5	0.0000000E+00	4.6981247E-02	-7.7010627E-02	9.8728819E-02	3.1942879E-03
6	0.0000000E+00	-8.4458739E-02	4.1379635E-01	-3.8817942E-01	-1.6430125E-01
8	0.0000000E+00	2.6678511E-02	-3.1355765E-01	-1.0184760E+00	6.3304116E+00
9	0.0000000E+00	1.1681251E-02	-3.7699816E-02	-3.6727182E-03	-3.4408756E-02
Si	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	8.2049031E-05	2.5309874E-05	3.4523428E-07	-1.7853785E-06	-7.0165814E-07
4	2.3565125E-02	6.2949837E-03	-1.0835414E-03	-2.3258666E-03	-1.6695080E-03
5	-5.3324442E-03	-3.0984317E-03	-2.7207006E-03	-9.8681020E-04	8.5336079E-04
6	1.9216480E-01	3.4583174E-01	2.1848741E-01	-3.6426196E-02	-4.2359051E-01
8	-6.7153776E+00	-1.2225635E+01	-2.4153343E+00	5.4453816E+01	7.2346964E+01
9	6.2035163E-02	1.6190216E-02	-4.5604622E-02	-5.7448893E-02	-2.8032226E-02
Si	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.9534648E-07	1.8425835E-09	1.8483791E-08	6.9198988E-09	3.0731742E-09
4	-8.7483952E-04	-3.1731163E-04	-3.6545098E-05	3.3344804E-05	7.2971137E-05
5	4.8787374E-04	1.9843812E-04	6.5457633E-05	7.3481955E-06	-1.4880136E-05
6	-7.6387719E-01	-6.5763223E-01	3.7471277E-01	2.4745337E-01	3.6957575E+00
8	-1.0330641E+02	-2.4345690E+02	-1.6303369E+02	1.9796159E+02	6.2703007E+02
9	1.4963584E-02	4.2097441E-02	4.3060065E-02	2.1872333E-02	-8.6249903E-03
Si	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-2.2505141E-10	-3.1714271E-10	-8.7665376E-11	2.7695848E-11	
4	5.2807135E-05	2.2128979E-05	-4.8143597E-06	-7.7030265E-06	
5	-2.7043636E-05	-3.7948358E-05	-5.7694720E-06	1.1462808E-05	
6	-1.5758514E+00	3.0410649E+00	-1.0276964E+01	5.8453232E+00	
8	1.8333531E+03	3.2248433E+02	-9.1486624E+03	6.7570094E+03	
9	-3.4125963E-02	-4.0130080E-02	-1.9341681E-02	4.7262966E-02	

【0151】

【表6】

実施例2 曲率半径に関するデータ

Si	有効径端	有効径端と中心の比
3	RX3	59.40
4	RX4	2.01
5	RX5	1.81
6	RX6	10.72
8	RX8	3.79
9	RX9	1.22
	$ RX3 /R3$	24.20
	$ RX4 /R4$	0.84
	$ RX5 /R5$	0.91
	$ RX6 /R6$	0.18
	$ RX8 /R8$	0.49
	$ RX9 /R9$	1.48

【0152】

10

20

30

40

【表7】

実施例3 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	17.4900	1.2000	1.77250	49.6
2	3.9435	2.4900		
3 *	-2.6335	1.1000	1.53389	56.0
4 *	2.6663	0.7800		
5 *	2.4573	2.1500	1.61396	25.5
6 *	65.5898	0.4500		
7(開口絞り)	∞	0.1500		
8 *	-3.7962	1.5000	1.53389	56.0
9 *	-0.9741	1.1640		
10	∞	0.6000	1.51680	64.2
11	∞	1.1800		
像面	∞			

実施例3 各種データ

Fno.	2.8
2ω	198.0
Bf	2.74
L	12.56
ED1	12.28
f	0.87
f1	-6.86
f2	-2.31
f3	4.10
f4	2.07
f12	-1.35
f34	2.74
f23	-13.10

【0153】

【表8】

実施例3 非球面データ

Si	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	1.1747109E-01	-1.9018252E-02	-1.3844296E-03	4.8501857E-05
4	0.0000000E+00	8.1172341E-02	8.8732724E-02	-8.0510691E-02	2.9557254E-02
5	0.0000000E+00	7.0856743E-02	-8.8535510E-02	9.6198743E-02	3.5582338E-03
6	0.0000000E+00	-8.4280868E-02	3.9962618E-01	-3.9119366E-01	-1.5156699E-01
8	0.0000000E+00	-2.1173061E-02	-1.3823737E-01	-1.1399805E+00	5.9746751E+00
9	0.0000000E+00	1.8546373E-02	-6.8889899E-02	-9.2800629E-03	-3.6351424E-02
Si	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	7.6617494E-05	2.4987325E-05	4.7265381E-07	-1.7246970E-06	-6.7736176E-07
4	2.3190165E-02	6.1250327E-03	-1.1468235E-03	-2.3468087E-03	-1.6750249E-03
5	-4.7992996E-03	-2.8122882E-03	-2.6164186E-03	-9.6843377E-04	8.4258940E-04
6	2.1357603E-01	3.6326261E-01	2.2137766E-01	-5.1534829E-02	-4.5406833E-01
8	-7.0038570E+00	-1.2012259E+01	-1.2940092E+00	5.6628258E+01	7.5191307E+01
9	6.1536486E-02	1.7377767E-02	-4.3074747E-02	-5.4358771E-02	-2.5234064E-02
Si	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.8981728E-07	3.4595852E-09	1.9021957E-08	7.0225147E-09	3.0934273E-09
4	-8.7706143E-04	-3.1791157E-04	-3.7082830E-05	3.3242871E-05	7.2742731E-05
5	4.7399626E-04	1.8967481E-04	6.2450673E-05	8.0491317E-06	-1.2407662E-05
6	-8.0112072E-01	-6.9085440E-01	3.6764029E-01	2.6950446E-01	3.7341682E+00
8	-9.9033645E+01	-2.8315430E+02	-1.9405051E+02	1.8768774E+02	5.2689482E+02
9	1.6770187E-02	4.2522522E-02	4.2028205E-02	1.9565977E-02	-1.1833646E-02
Si	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-2.2185989E-10	-3.1821893E-10	-8.9128124E-11	2.6496924E-11	
4	5.2719259E-05	2.2188352E-05	-4.4704606E-06	-7.5111483E-06	
5	-2.4495707E-05	-3.6144366E-05	-5.5300450E-06	1.0664779E-05	
6	-1.5058683E+00	3.0929629E+00	-1.0260925E+01	5.7524184E+00	
8	2.0133402E+03	9.8134027E+02	-8.0552025E+03	4.7259112E+03	
9	-3.7769518E-02	-4.3712422E-02	-1.7711454E-02	4.9576935E-02	

【0154】

【表9】

実施例3 曲率半径に関するデータ

Si	有効径端	有効径端と中心の比
3	RX3	31.55
4	RX4	1.91
5	RX5	1.81
6	RX6	8.77
8	RX8	2.21
9	RX9	1.22
	RX3 / R3	11.98
	RX4 / R4	0.72
	RX5 / R5	0.74
	RX6 / R6	0.13
	RX8 / R8	0.58
	RX9 / R9	1.25

【0155】

10

20

30

40

【表10】

実施例4 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	17.4889	1.2000	1.77250	49.6
2	4.4805	2.8200		
3*	-2.4536	1.2000	1.53389	56.0
4*	2.4071	0.7000		
5*	1.9993	2.2000	1.61396	25.5
6*	-59.6565	0.3600		
7(開口絞り)	∞	0.1900		
8*	-7.5645	1.5000	1.53389	56.0
9*	-0.8191	0.8000		
10	∞	0.7000	1.51680	64.2
11	∞	0.5335		
像面	∞			

実施例4 各種データ

Fno.	2.8
2ω	200.2
Bf	1.79
L	11.96
ED1	13.67
f	0.69
f1	-8.12
f2	-2.10
f3	3.19
f4	1.60
f12	-1.29
f34	2.70
f23	2103.14

【0156】

【表11】

実施例4 非球面データ

Si	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	1.1754131E-01	-1.8554644E-02	-1.2026496E-03	8.6511136E-05
4	0.0000000E+00	6.3816592E-02	8.6671452E-02	-8.0646915E-02	3.0109541E-02
5	0.0000000E+00	4.6865715E-02	-7.6989182E-02	9.8760241E-02	3.2157582E-03
6	0.0000000E+00	-8.4595774E-02	4.1368171E-01	-3.8827856E-01	-1.6438457E-01
8	0.0000000E+00	2.6429713E-02	-3.1365826E-01	-1.0187814E+00	6.3296832E+00
9	0.0000000E+00	1.3473496E-02	-3.7368843E-02	-3.5789859E-03	-3.4374981E-02
Si	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	8.2097713E-05	2.5325435E-05	3.4949573E-07	-1.7843312E-06	-7.0142673E-07
4	2.3567374E-02	6.2960958E-03	-1.0829562E-03	-2.3255360E-03	-1.6693079E-03
5	-5.3188753E-03	-3.0898896E-03	-2.7153165E-03	-9.8342867E-04	8.5546635E-04
6	1.9211238E-01	3.4581893E-01	2.1850223E-01	-3.6427013E-02	-4.2368950E-01
8	-6.7167245E+00	-1.2227696E+01	-2.4178195E+00	5.4452347E+01	7.2350971E+01
9	6.2051468E-02	1.6201128E-02	-4.5595433E-02	-5.7440327E-02	-2.8024043E-02
Si	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.9530253E-07	1.8485166E-09	1.8483596E-08	6.9193146E-09	3.0728604E-09
4	-8.7471170E-04	-3.1722701E-04	-3.6487965E-05	3.3383652E-05	7.2997537E-05
5	4.8916694E-04	1.9921654E-04	6.5912224E-05	7.6011062E-06	-1.4751132E-05
6	-7.6419866E-01	-6.5833086E-01	3.7349586E-01	2.4570051E-01	3.6938162E+00
8	-1.0332212E+02	-2.4356019E+02	-1.6275967E+02	1.9892150E+02	6.2332533E+02
9	1.4971356E-02	4.2104690E-02	4.3066658E-02	2.1878139E-02	-8.6200946E-03
Si	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-2.2518220E-10	-3.1719174E-10	-8.7682735E-11	2.7689906E-11	
4	5.2824982E-05	2.2140953E-05	-4.8063981E-06	-7.6977818E-06	
5	-2.6989342E-05	-3.7937872E-05	-5.7835660E-06	1.1435958E-05	
6	-1.5767814E+00	3.0387842E+00	-1.0274204E+01	5.8566222E+00	
8	1.8376165E+03	3.2222491E+02	-9.1486624E+03	6.7570094E+03	
9	-3.4122089E-02	-4.0127328E-02	-1.9223795E-02	4.7235463E-02	

【0157】

【表12】

実施例4 曲率半径に関するデータ

Si	有効径端	有効径端と中心の比
3	RX3	55.63
4	RX4	2.02
5	RX5	1.82
6	RX6	11.84
8	RX8	3.75
9	RX9	1.22
	RX3/R3	22.67
	RX4/R4	0.84
	RX5/R5	0.91
	RX6/R6	0.20
	RX8/R8	0.50
	RX9/R9	1.49

【0158】

10

20

30

40

【表13】

実施例5 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	17.1840	1.7800	1.75500	52.3
2	4.1645	2.7800		
3 *	-2.3197	1.1500	1.53389	56.0
4 *	2.4092	0.5500		
5 *	1.8597	2.4700	1.61396	25.5
6 *	-30.2305	0.2420		
7(開口絞り)	∞	0.2310		
8 *	-5.8076	1.5000	1.53389	56.0
9 *	-0.8014	0.4324		
10	∞	0.5000	1.51680	64.2
11	∞	1.0277		
像面	∞			

実施例5 各種データ

Fno.	2.8
2ω	199.8
Bf	1.79
L	12.49
ED1	14.52
f	0.70
f1	-7.74
f2	-2.04
f3	2.94
f4	1.58
f12	-1.26
f34	3.03
f23	63.19

【0159】

【表14】

実施例5 非球面データ

Si	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	1.1592772E-01	-1.8580954E-02	-1.1807897E-03	9.4970101E-05
4	0.0000000E+00	6.5294993E-02	8.6769754E-02	-8.0739372E-02	3.0029876E-02
5	0.0000000E+00	4.8561472E-02	-7.6579410E-02	9.8944817E-02	3.2602488E-03
6	0.0000000E+00	-9.7279866E-02	4.1069299E-01	-3.8981829E-01	-1.6576275E-01
8	0.0000000E+00	6.2953243E-02	-3.1000363E-01	-1.0178990E+00	6.3261200E+00
9	0.0000000E+00	1.0428072E-02	-2.5858787E-02	-5.9251176E-04	-3.4336347E-02
Si	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	8.3493801E-05	2.5530700E-05	3.2864695E-07	-1.7330881E-06	-6.9990336E-07
4	2.3521339E-02	6.2710849E-03	-1.0949852E-03	-2.3306055E-03	-1.6710488E-03
5	-5.3309016E-03	-3.1159616E-03	-2.7416004E-03	-1.0047283E-03	8.3999048E-04
6	1.8965623E-01	3.4110376E-01	2.1053746E-01	-4.8565687E-02	-4.4080305E-01
8	-6.7160840E+00	-1.2231443E+01	-2.4101454E+00	5.4500074E+01	7.2510935E+01
9	6.1185540E-02	1.5202765E-02	-4.6420695E-02	-5.7981896E-02	-2.8257217E-02
Si	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.9429388E-07	2.0918435E-09	1.8588603E-08	6.9534638E-09	3.0885577E-09
4	-8.7500266E-04	-3.1697201E-04	-3.6028019E-05	3.3757940E-05	7.3298405E-05
5	4.7870932E-04	1.9256837E-04	6.1938246E-05	5.3989964E-06	-1.5834222E-05
6	-7.8660830E-01	-6.8519914E-01	3.4510606E-01	2.2118152E-01	3.6816461E+00
8	-1.0334010E+02	-2.3993627E+02	-1.5236374E+02	1.9538575E+02	5.9333916E+02
9	1.5032386E-02	4.2428936E-02	4.3616649E-02	2.2615111E-02	-7.7338849E-03
Si	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-2.2464206E-10	-3.1972554E-10	-8.8587339E-11	2.7418346E-11	
4	5.3047189E-05	2.2295413E-05	-4.7047470E-06	-7.6348384E-06	
5	-2.7398635E-05	-3.7963296E-05	-5.6068019E-06	1.1705195E-05	
6	-1.5651690E+00	3.1111953E+00	-1.0176141E+01	5.9111779E+00	
8	1.8623821E+03	3.2296409E+02	-9.1486624E+03	6.7570094E+03	
9	-3.3122188E-02	-3.9046725E-02	-1.9703745E-02	4.7042778E-02	

【0160】

【表15】

実施例5 曲率半径に関するデータ

Si	有効径端	有効径端と中心の比
3	RX3	25.98
4	RX4	1.85
5	RX5	1.76
6	RX6	82.56
8	RX8	5.05
9	RX9	1.24
	RX3/R3	11.20
	RX4/R4	0.77
	RX5/R5	0.95
	RX6/R6	2.73
	RX8/R8	0.87
	RX9/R9	1.55

【0161】

上記実施例1～5の撮像レンズでは全て、第1レンズL1はガラス球面レンズであるが

10

20

30

40

50

、第1レンズL1の片側の面もしくは両側の面を非球面として用いてもよい。第1レンズL1をガラス非球面レンズとすることで、諸収差をさらに良好に補正することができる。

【0162】

また、上記実施例1～5の撮像レンズにおける、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4の材質は全てプラスチックであり、安価に作製可能である。

【0163】

実施例1～5の撮像レンズにおける条件式(1)～(14)に対応する値を表16に示す。実施例1～5では、d線を基準波長としており、表16にはこの基準波長における各値を示す。

【0164】

【表16】

実施例	条件式						
	(1) (R3+R4)/(R3-R4)	(2) D3/f	(3) D1/f	(4) ED1/R1	(5) D2/f	(6) f12/f34	(7) (D4+D5)/f
1	-0.04	1.63	2.56	0.82	3.94	0.43	4.19
2	0.01	1.73	2.60	0.78	3.94	0.48	4.24
3	-0.01	1.27	1.38	0.70	2.87	0.49	3.38
4	0.01	1.74	1.74	0.78	4.09	0.48	4.21
5	-0.02	1.63	2.53	0.85	3.95	0.42	4.29
実施例	条件式						
	(8) L/f	(9) Bf/f	(10) (R8-R9)/(R8+R9)	(11) R8/f	(12) L/f34	(13) D5/f	(14) (R1-R2)/(R1+R2)
1	17.75	2.53	0.80	-10.37	4.19	3.45	0.61
2	18.06	2.61	0.81	-11.08	4.62	3.23	0.63
3	14.48	3.16	0.59	-4.38	4.58	2.48	0.63
4	17.37	2.61	0.80	-10.98	4.42	3.19	0.59
5	17.74	2.54	0.76	-8.25	4.13	3.51	0.61

【0165】

実施例1にかかる撮像レンズの収差図を図8(A)～図8(E)に示す。図8(A)～図8(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8(E)は、横収差の収差図であり、各半画角におけるタンジェンシャル方向、サジタル方向の5つの収差図をまとめて示している。各収差図には、d線(587.56nm)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、F線(波長486.13nm)、C線(波長656.27nm)、S線(波長852.11nm)についての収差も示す。球面収差図のFno.はFナンバーであり、その他の収差図の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°)を用いて、理想像高を $2f \times \tan(\theta/2)$ とし、それからのずれ量を示す。

【0166】

また同様に、上記実施例2～5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)、横収差の収差図をそれぞれ図9(A)～図9(E)、図10(A)～図10(E)、図11(A)～図11(E)、図12(A)～図12(E)に示す。各収差図からわかるように、上記実施例1～5は可視域および近赤外域において各収差が良好に補正されている。

【0167】

以上のデータからわかるように、実施例1～5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、全画角が約200度と非常に広い画角を達成し、Fナンバーが2.8と小さく、像面湾曲、ディストーション、倍率の色収差を含む各収差が良好に補正されて良好な光学性能を有する。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。

【0168】

〔撮像装置の実施形態〕

10

20

30

40

50

図13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13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像素子とを備えている。

【0169】

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も小型で安価に構成でき、広い画角を有し、結像領域周辺部まで良好な映像を得ることができる。10

【0170】

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。

【0171】

なお、上記した実施例では全てのレンズを均質な材料により構成しているが、屈折率分布型のレンズを用いてもよい。また、上記した実施例では第2レンズL2～第4レンズL4を非球面が施された屈折型レンズにより構成しているが、一つの面もしくは複数の面に回折光学素子を形成してもよい。20

【0172】

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】

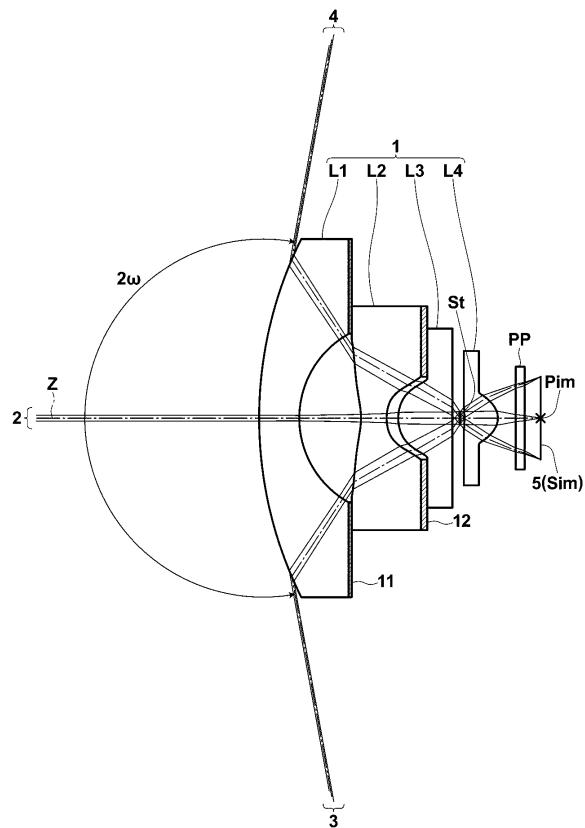
【0173】

1	撮像レンズ	30
2	軸上光束	
3、4	軸外光束	
5	像素子	
6	光線	
11、12	遮光手段	
100	自動車	
101、102	車外カメラ	
103	車内カメラ	
P i m	結像位置	

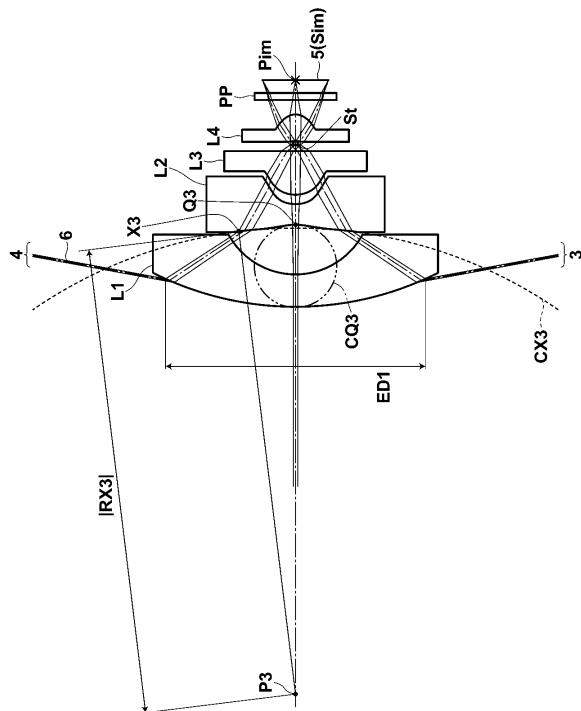
L 1	第1レンズ	40
L 2	第2レンズ	
L 3	第3レンズ	
L 4	第4レンズ	
P P	光学部材	

S i m	像面
S t	開口絞り
Z	光軸

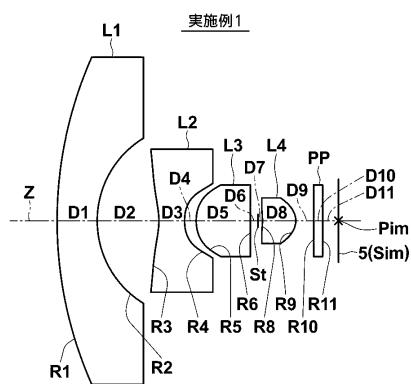
【図1】



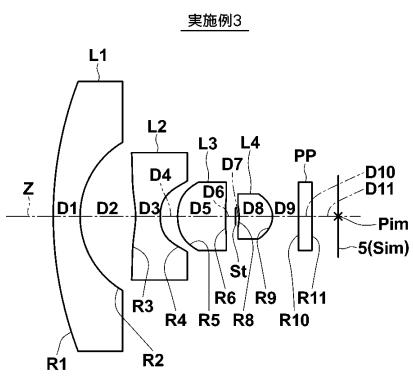
【図2】



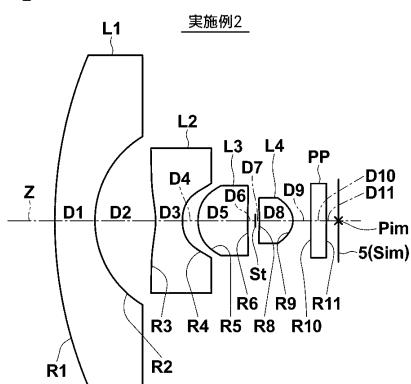
【図3】



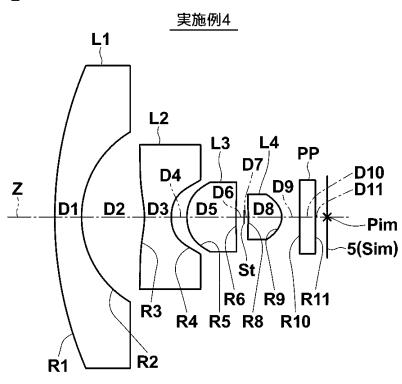
【図5】



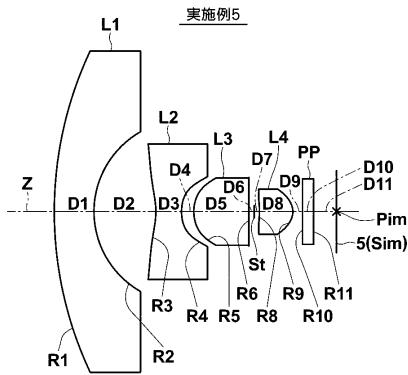
【図4】



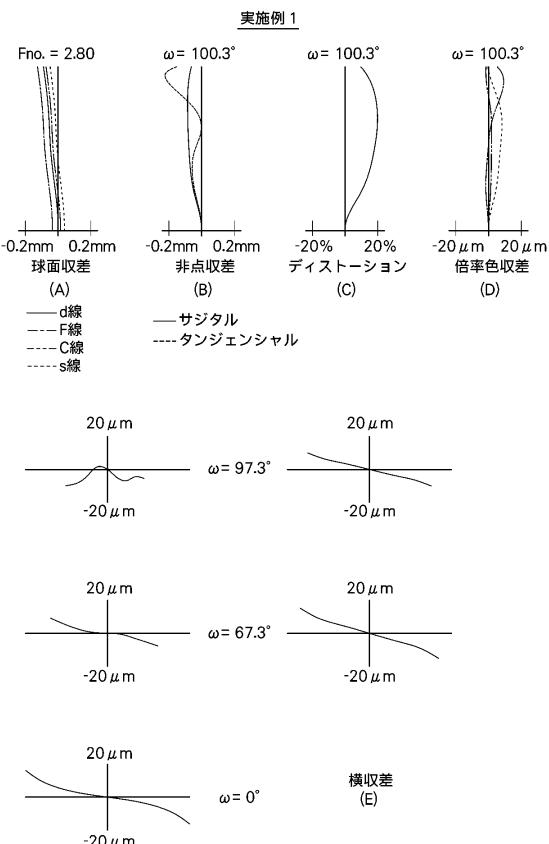
【図6】



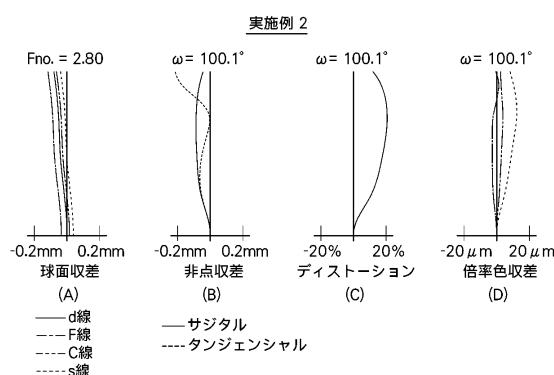
【図7】



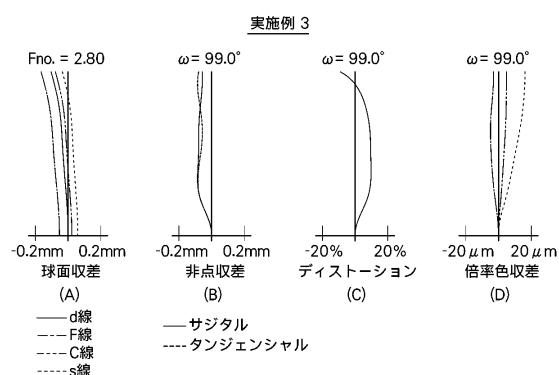
【図8】



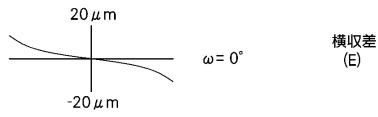
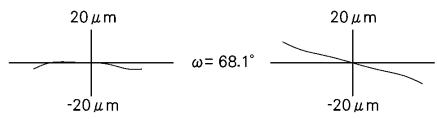
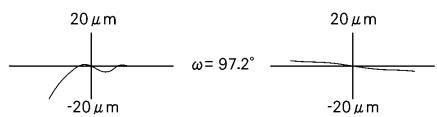
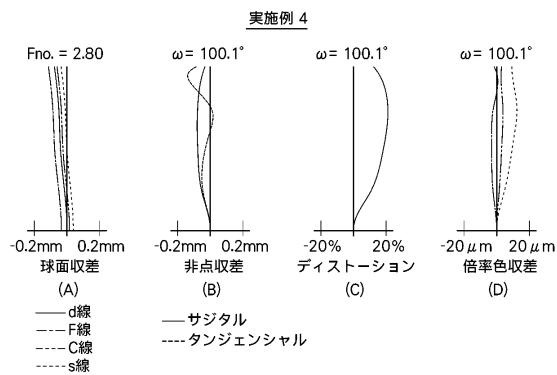
(9)



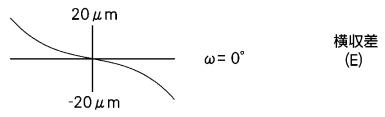
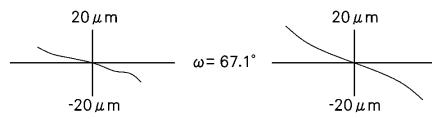
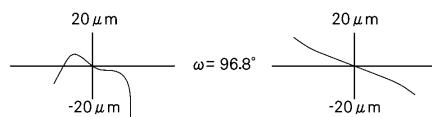
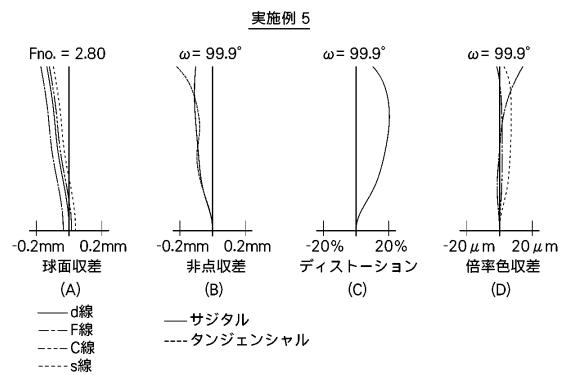
(10)



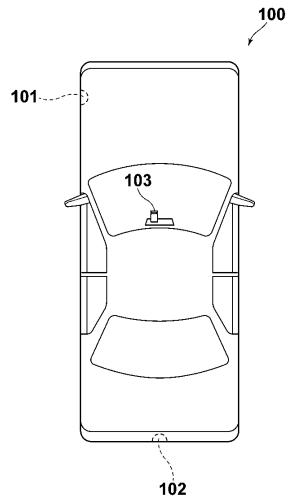
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-054646(JP,A)
特開2009-003343(JP,A)
国際公開第2009/041382(WO,A1)
特開2008-242040(JP,A)
特開2007-206516(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 13 / 00
G 02 B 13 / 18