

(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2010-9028
(P2010-9028A)

(43) 公開日 平成22年1月14日 (2010.1.14)

(51) Int.Cl.
GO2B 13/04 (2006.01)
GO2B 13/18 (2006.01)

F I
GO2B 13/04
GO2B 13/18

テーマコード (参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2009-122976 (P2009-122976)	(71) 出願人	000005430
(22) 出願日	平成21年5月21日 (2009. 5. 21)		フジノン株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2008-137990 (P2008-137990)		埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地
(32) 優先日	平成20年5月27日 (2008. 5. 27)	(74) 代理人	100073184
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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 3 2 4 番地 フジノン株式会社内
		F ターム (参考)	2H087 KA01 LA03 PA06 PA17 PB06 QA02 QA07 QA15 QA22 QA25 QA34 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 UA01

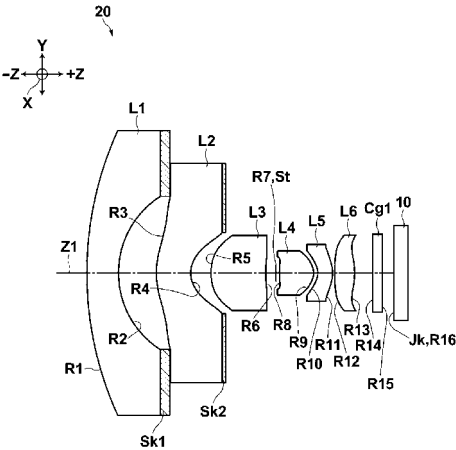
(54) 【発明の名称】 撮像レンズおよびこの撮像レンズを用いた撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 撮像レンズにおいて、広角化および小型化するとともに光学性能を高める。

【解決手段】 物体側から、負のパワーを持つ第1レンズ L 1、負のパワーを持つ第2レンズ L 2、第3レンズ L 3、正のパワーを持つ第4レンズ L 4、第5レンズ L 5、正のパワーを持つ第6レンズ L 6 をこの順で備える。第1レンズ L 1 をガラスレンズとし、第2レンズ L 2 から第6レンズ L 6 の各レンズをプラスチックレンズとする。第2レンズ L 2 から第6レンズ L 6 の各レンズを、少なくとも 1 つのレンズ面が非球面をなすものとするとともに、第3レンズ L 3 および第5レンズ L 5 を d 線に対するアッベ数が 4 5 以下の材料で形成されたものとする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から、負のパワーを持つ第1レンズ、負のパワーを持つ第2レンズ、第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、第5レンズ、正のパワーを持つ第6レンズをこの順で備え、

前記第1レンズがガラスレンズであり、

前記第2レンズから第6レンズの各レンズがプラスチックレンズであり、

前記第2レンズから第6レンズの各レンズが、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなすものであり、

前記第3レンズおよび第5レンズが、d線に対するアッベ数が45以下の材料で形成されたものであることを特徴とする撮像レンズ。 10

【請求項 2】

物体側から、

負のパワーを持ち像側に凹面を向けたメニスカスレンズである第1レンズ、

負のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第2レンズ、

正のパワーを持ち、少なくとも物体側のレンズ面は非球面をなし、該レンズ面の中心部は凸面をなし、該レンズ面は前記中心部と有効径周縁部との間に、前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持つ第3レンズ、

正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第4レンズ、

少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第5レンズ、 20

正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第6レンズをこの順に備えたことを特徴とする撮像レンズ。

【請求項 3】

前記第3レンズが、正のパワーを持ち、物体側のレンズ面の中心部が凸面をなすものであ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。

【請求項 4】

前記第5レンズが負のパワーを持つものであることを特徴とする請求項1または3記載の撮像レンズ。

【請求項 5】

前記第3レンズと第4レンズの間に、絞りが配置されたものであ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。 30

【請求項 6】

以下の条件式(1)を満足するものであ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。

$$2. \quad 0 < f_{45} / f < 5. \quad 0 \quad \cdots (1)$$

ただし、

f₄₅：前記第4レンズと第5レンズの合成焦点距離

f：前記撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 7】

以下の条件式(2)を満足するものであ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。 40

$$2. \quad 5 < (D_4 + D_5) / f < 5. \quad 5 \quad \cdots (2)$$

ただし、

D₄：前記第2レンズと第3レンズとの間の空気間隔

D₅：前記第3レンズの中心肉厚

f：前記撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 8】

以下の条件式(3)を満足するもの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。

$$-0. \quad 1 < f / f_3 < 0. \quad 5 \quad \cdots (3)$$

ただし、

f_3 : 前記第 3 レンズの焦点距離

f : 前記撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 9】

前記第 2 レンズの像側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも負のパワーが弱いものである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】

前記第 2 レンズの物体側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも正のパワーが弱いもしくは、前記中心部は凸面をなし有効径周縁部は負のパワーを持つものであることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

10

【請求項 11】

前記第 5 レンズの物体側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも負のパワーが弱いものであることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 12】

前記第 5 レンズの像側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも正のパワーが弱いものであることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

20

【請求項 13】

前記第 6 レンズの物体側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも正のパワーが強いものであることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 14】

前記第 6 レンズの像側のレンズ面が、該レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は負のパワーを持つものであることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 15】

以下の条件式 (4) を満足するものであることを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

30

$$7 < L / f < 18 \quad \cdots \quad (4)$$

ただし、

f : 前記撮像レンズ全系の焦点距離

L : 前記第 1 レンズの物体側のレンズ面から結像面までの距離

【請求項 16】

前記請求項 1 から 15 のいずれか 1 項記載の撮像レンズと、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】

40

【0001】

本発明は、被写体の像を結像させる撮像レンズおよびこの撮像レンズを用いた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、車載用、携帯電話用、監視用等の撮像装置に用いられる小型化、軽量化された高い耐候性を持つ広角の撮像レンズが知られている。このような撮像レンズは、CCD 素子や CMOS 素子等の撮像素子の受光面上に被写体となる物体の像を結像させるものである

また、6 枚のレンズで構成した、小型化、軽量化を狙った広角の撮像レンズも知られて

50

いる。このように6枚のレンズで構成した広角の撮像レンズとしては、物体側から3枚目のレンズに球面レンズを用いたものが知られている（特許文献1参照）。本発明のように、第3レンズに非球面レンズを用いることで、像面湾曲をさらに良好に補正することが可能となる。また、出願人は特許文献2に記載のものを出願している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-249073号公報

【特許文献2】特願2007-261625号

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、近年、CCD素子やCMOS素子等の撮像素子の小型化、高画素数化が急速に進んでいる。これにともない、車載用、携帯電話用、監視用等の撮像装置に用いられる撮像レンズをさらに広角化、小型化するとともに収差を小さくしたいという要請がある。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、広角化および小型化するとともに光学性能を高めることができる撮像レンズおよびこの撮像レンズを用い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】

20

【0006】

本発明の第1の撮像レンズは、物体側から、負のパワーを持つ第1レンズ、負のパワーを持つ第2レンズ、第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、第5レンズ、正のパワーを持つ第6レンズをこの順で備え、第1レンズがガラスレンズであり、第2レンズから第6レンズの各レンズがプラスチックレンズであり、第2レンズから第6レンズの各レンズが、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなすものであり、第3レンズおよび第5レンズが、d線に対するアッベ数が45以下の材料で形成されたものであることを特徴とするものである。

【0007】

本発明の第2の撮像レンズは、物体側から、負のパワーを持ち像側に凹面を向けたメニスカスレンズである第1レンズ、負のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第2レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも物体側のレンズ面は非球面をなし、このレンズ面の中心部は凸面をなし、そのレンズ面は中心部と有効径周縁部との間に、この中心部よりも正のパワーが強い領域を持つ第3レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第4レンズ、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第5レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第6レンズをこの順に備えたことを特徴とするものである。

30

【0008】

前記第3レンズは、正のパワーを持ち、物体側のレンズ面の中心部が凸面をなすものとすることが望ましい。

40

【0009】

前記第5レンズは負のパワーを持つものとすることが望ましい。

【0010】

前記第1の撮像レンズおよび第2の撮像レンズは、第3レンズと第4レンズとの間に、絞りが配置されたものとすることが望ましい。

【0011】

前記第1の撮像レンズおよび第2の撮像レンズは、条件式(1)； $2.0 < f_{45}/f < 5.0$ を満足するものとすることが望ましい。

【0012】

ただし、 f_{45} ：第4レンズと第5レンズの合成焦点距離、 f ：撮像レンズ全系の焦点距

50

離である。

【0013】

前記第1の撮像レンズおよび第2の撮像レンズは、条件式(2)； $2.5 < (D4 + D5) / f < 5.5$ を満足するものとするのが望ましい。

【0014】

ただし、D4：第2レンズと第3レンズとの間の空気間隔、D5：第3レンズの中心肉厚、f：撮像レンズ全系の焦点距離である。

【0015】

前記第1の撮像レンズおよび第2の撮像レンズは、条件式(3)； $-0.1 < f / f3 < 0.5$ を満足するものとするのが望ましい。

10

【0016】

ただし、f3：第3レンズの焦点距離、f：撮像レンズ全系の焦点距離である。

【0017】

前記第2レンズの像側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが弱いものとするのが望ましい。

【0018】

前記第2レンズの物体側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱いもしくは、レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は負のパワーを持つものとするのが望ましい。

【0019】

前記第5レンズの物体側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが弱いものとするのが望ましい。

20

【0020】

前記第5レンズの像側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱いものとするのが望ましい。

【0021】

前記第5レンズは、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとするのが望ましい。

【0022】

前記第6レンズの物体側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが強いものとするのが望ましい。

30

【0023】

前記第6レンズの像側のレンズ面は、このレンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は負のパワーを持つものとするのが望ましい。

【0024】

前記第1の撮像レンズおよび第2の撮像レンズは、条件式(4)； $7 < L / f < 18$ を満足するものとするのが望ましい。

【0025】

ただし、f：撮像レンズ全系の焦点距離、L：第1レンズの物体側のレンズ面から結像面までの距離である。

【0026】

本発明の撮像装置は、前記第1の撮像レンズあるいは第2の撮像レンズと、その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たことを特徴とするものである。

40

【0027】

「レンズ面の有効光線径」は、レンズ面を通る有効な光線のうちの最も外側（光軸から最も離れた位置）を通る光線とそのレンズ面との交点が描く円の直径を意味する。なお、上記レンズ面を通る有効な光線は、被写体の像の結像に用いられる光線である。

【0028】

ここでは、レンズ面の有効光線径とレンズ面の有効径とは一致する。

【0029】

50

なお、「レンズ面の有効径周縁部」は、レンズ面の有効径内を通過する全光線のうち最も外側（レンズの光軸から最も離れた位置）を通る光線とレンズ面とが交わるこのレンズ面上の部位を意味する。

【0030】

なお、「正のパワーを持つレンズ」は、そのレンズが近軸領域で正のパワーを有することを意味する。

【0031】

また、「負のパワーを持つレンズ」は、そのレンズが近軸領域で負のパワーを有することを意味する。

【0032】

また、「レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも正のパワーが弱い」とは、中心部と有効径周縁部が共に凸面をなし、この中心部の曲率半径の値の絶対値よりも有効径周縁部の曲率半径の値の絶対値の方が大きい場合を意味する。

【0033】

また、「レンズ面の中心部は凸面をなし有効径周縁部では負のパワーを持つ」とは、レンズ面の中心部が凸面をなし有効径周縁部は凹面をなす場合を意味する。

【0034】

さらに、「レンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも負のパワーが弱い」とは、中心部と有効径周縁部が共に凹面をなし、この中心部の曲率半径の値の絶対値よりも有効径周縁部の曲率半径の値の絶対値の方が大きい場合を意味する。

【0035】

また、「レンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部では正のパワーを持つ」とは、レンズ面の中心部が凹面をなし有効径周縁部は凸面をなす場合を意味する。

【0036】

「レンズ面の中心部のパワーよりも有効径周縁部のパワーの方が弱い」とは、中心部と有効径周縁部が共に凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱い場合、または、中心部と有効径周縁部が共に凹面をなし、有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが弱い場合を意味するものである。

【0037】

「レンズ面の中心部は凹面をなし有効径周縁部は前記中心部よりも負のパワーが強い」とは、中心部と有効径周縁部が共に凹面をなし、この中心部の曲率半径の絶対値よりも有効径周縁部の曲率半径の絶対値の方が小さい場合を意味する。

【0038】

「レンズ面の中心部は凸面をなし、レンズ面の中心部と有効径周縁部との間に前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持つ」とは、そのレンズ面の中心部から有効径周縁部まで面全体が凸面をなし、中心部と有効径周縁部との間に中心部の曲率半径の値の絶対値よりも曲率半径の値の絶対値が小さくなるような領域を持つ構成を意味する。

【0039】

「レンズ面の中心部と有効径周縁部との間に前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持ち前記有効径周縁部は前記中心部よりも正のパワーが弱い」とは、そのレンズ面の中心部から有効径周縁部まで面全体が凸面をなし、中心部と有効径周縁部との間に中心部の曲率半径の値の絶対値よりも曲率半径の値の絶対値が小さくなるような領域を持ち、有効径周縁部では中心部の曲率半径の値の絶対値よりも曲率半径の値の絶対値が大きくなるような構成を意味する。

【0040】

なお、中心部の曲率半径は、レンズ面が光軸と交わる位置におけるレンズ面の曲率半径を意味する。

【0041】

また、曲率半径の値を絶対値で示す理由は、曲率半径の大小関係を明確にするためである。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0042】

本発明の第1の撮像レンズおよびこの撮像レンズを用いた撮像装置によれば、物体側から、負のパワーを持つ第1レンズ、負のパワーを持つ第2レンズ、第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、第5レンズ、正のパワーを持つ第6レンズをこの順で備え、第1レンズがガラスレンズであり、第2レンズから第6レンズの各レンズがプラスチックレンズであり、第2レンズから第6レンズの各レンズが、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなすものであり、第3レンズおよび第5レンズが、d線に対するアッペ数が4.5以下の材料で形成されるようにしたので、広角化および小型化するとともに光学性能を高めることができる。

10

【0043】

最も物体側に負の第1レンズ、第2レンズを配置することで、大きな画角で入射してきた光線をとらえることができ、光学系を広角化することが可能となる。第2レンズの少なくとも片側の面を非球面とすることで、諸収差を良好に補正することが可能であると共に、レンズ系を小型化することが可能となる。第2レンズでは、軸上光線と軸外光線が分離されているため、このレンズを非球面とすると収差の補正上有利であり、ディストーションの補正も比較的容易である。

【0044】

なお、第1レンズも軸上光線と軸外光線とが分離されているが、レンズ系の最も物体側に配置される第1レンズの材質としては後述のようにガラス材料を用いることが好ましい。また、第1レンズはレンズ系の中で最も大口径のレンズとなっている。これらの事情から、プラスチック材質を適用しやすい第2レンズを非球面レンズとすることがレンズの製作上および収差補正上好ましい。

20

【0045】

また、第3レンズ、第4レンズ、第6レンズを共に少なくとも片側の面が非球面である正のパワーを持つレンズとし、第3レンズと第4レンズの間に絞りを配置することで、球面収差、像面湾曲、コマ収差を良好に補正すると共にレンズ系を小型化することが可能となる。

【0046】

第3レンズおよび第5レンズを、d線に対するアッペ数が4.5以下の材料で形成されるようにすることで、軸上の色収差と倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。

30

【0047】

第1レンズをガラスレンズとすることで、耐候性が高く割れにくい撮像レンズを作製することができる。第2レンズから第6レンズの各レンズをプラスチック材料により作製することで、非球面形状を正確に再現することが可能となり、さらにレンズ系を安価、軽量にすることが可能となる。

【0048】

本発明の第2の撮像レンズおよびこの撮像レンズを用いた撮像装置によれば、物体側から、負のパワーを持ち像側に凹面を向けたメニスカスレンズである第1レンズ、負のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第2レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも物体側のレンズ面は非球面をなし、このレンズ面の中心部と有効径周縁部との間に、前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持つ第3レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第4レンズ、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第5レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第6レンズをこの順に配置したので、広角化および小型化するとともに光学性能を高めることができる。

40

【0049】

最も物体側から順に負の第1レンズ、第2レンズを配置することで、大きな画角で入射してきた光線をとらえることができ、光学系を広角化することが可能となる。第1レンズを、像側に凹面を向けたメニスカスレンズとすることで、像面湾曲を良好に補正すること

50

が可能となる。

【0050】

第2レンズの少なくとも片側の面を非球面とすることで、諸収差を良好に補正することが可能であると共に、レンズ系を小型化することが可能となる。第2レンズでは、軸上光線と軸外光線が分離されているため、このレンズを非球面とすると収差の補正上有利であり、ディストーションの補正も比較的容易である。

【0051】

なお、第1レンズも軸上光線と軸外光線とが分離されているが、レンズ系の最も物体側に配置される第1レンズの材質としては後述のようにガラス材料を用いることが好ましい。また、第1レンズはレンズ系の中で最も大口径のレンズとなっている。これらの事情から、プラスチック材質を適用しやすい第2レンズを非球面レンズとすることがレンズの製作上および収差補正上好ましい。

【0052】

また第3レンズを、少なくとも物体側のレンズ面は非球面をなし、レンズ面の中心部は凸面をなし、このレンズ面の前記中心部と有効径周縁部との間に、前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持つレンズとすることで、バックフォーカス距離を長く取りつつ像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0053】

第4レンズ、第6レンズを共に少なくとも片側の面が非球面である正のパワーを持つレンズとし、第5レンズの少なくとも片側の面を非球面とし、第3レンズと第4レンズの間に絞りを配置することで、球面収差、像面湾曲、コマ収差を良好に補正すると共にレンズ系を小型化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の撮像レンズの概略構成を示す図

【図2】図1に対して説明のための補助線等を加えた図

【図3】実施例1の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図4】実施例2の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図5】実施例3の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図6】実施例4の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図7】実施例5の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図8】実施例6の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図9】実施例7の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図10】実施例8の撮像レンズの概略構成を示す断面図

【図11】実施例1の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図12】実施例2の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図13】実施例3の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図14】実施例4の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図15】実施例5の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図16】実施例6の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図17】実施例7の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図18】実施例8の撮像レンズの基本的なデータを示す図

【図19】条件式(1)～(8)中の各パラメータに対応する値を各実施例毎に示す図

【図20】実施例1の撮像レンズの諸収差を示す図

【図21】実施例2の撮像レンズの諸収差を示す図

【図22】実施例3の撮像レンズの諸収差を示す図

【図23】実施例4の撮像レンズの諸収差を示す図

【図24】実施例5の撮像レンズの諸収差を示す図

【図25】実施例6の撮像レンズの諸収差を示す図

【図26】実施例7の撮像レンズの諸収差を示す図

10

20

30

40

50

【図 27】実施例 8 の撮像レンズの諸収差を示す図

【発明を実施するための最良の形態】

【0055】

以下、本発明の撮像レンズおよびこの撮像レンズを用いた撮像装置の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0056】

図 1 は、本発明の撮像レンズを用いた撮像装置の概略構成を示す断面図、図 2 は、図 1 に対して説明のための補助線等を加えた図である。

【0057】

図示の撮像レンズ 20 は、主に自動車の前方、側方、後方などの状況を撮影するための車載用の撮像装置に用いられる広角の撮像レンズであり、CCD や CMOS 等からなる撮像素子 10 の受光面 Jk 上に被写体の像を結像させるものである。この撮像素子 10 は、撮像レンズ 20 により形成される光学像を電気信号に変換して、この光学像を示す画像信号を得るものである。

【0058】

<撮像レンズの基本構成およびその作用、効果について>

はじめに、撮像レンズ 20 の基本構成について説明する。撮像レンズ 20 は、光軸 Z1 に沿って物体側から、第 1 レンズ L1、第 2 レンズ L2、第 3 レンズ L3、開口絞り St、第 4 レンズ L4、第 5 レンズ L5、第 6 レンズ L6、光学部材 Cg1 をこの順に備えている。

【0059】

なお、ここでは、第 1 レンズ L1～第 6 レンズ L6 の各レンズが単レンズである場合について説明するが、これらのレンズは単レンズに限るものではなく接合レンズ等であってもよい。

【0060】

この撮像レンズ 20 を通して被写体である物体を表す像が結像される結像面 R16 には、上記のように撮像素子 10 の受光面 Jk が配置されている。

【0061】

また、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配置することが好ましく、図 1 ではこれらを想定した平行平板状の光学部材 Cg1 をレンズ系と撮像素子 10 との間に配置した例を示している。

【0062】

なお、レンズ系と撮像素子との間にローパスフィルタや特定の波長域をカットするような各種フィルタ等を配置する代わりに、第 1 レンズ L1～第 6 レンズ L6 のうちの隣り合う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、第 1 レンズ L1～第 6 レンズ L6 のいずれかのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を奏するコーティングを施してもよい。

【0063】

なお、図 1 中の符号 R1～R16 は以下の構成要素を指している。すなわち、R1 と R2 は第 1 レンズ L1 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R3 と R4 は第 2 レンズ L2 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R5 と R6 は第 3 レンズ L3 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R7 は開口絞り St の開口部、R8 と R9 は第 4 レンズ L4 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R10 と R11 は第 5 レンズ L5 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R12 と R13 は第 6 レンズ L6 の物体側のレンズ面と像側のレンズ面、R14 と R15 は光学部材 Cg1 の物体側の表面と像側の表面、R16 は上記のように撮像レンズ 20 の受光面 Jk と一致する結像面を示している。

【0064】

また、レンズ面 R1～R6、レンズ面 R8～R13 それぞれは、光軸と交わる中心部から有効径周縁部に亘って滑らかにつながる曲面で形成されたものであり、段差等の不連続

10

20

30

40

50

な領域を有するものではない。

【0065】

撮像レンズ20は、第1レンズL1が負のパワーを持ち、第2レンズL2が負のパワーを持ち、第4レンズL4が正のパワーを持ち、第6レンズL6が正のパワーを持つものである。

【0066】

さらに、この撮像レンズ20は、第1レンズL1がガラスレンズであり、第2レンズL2から第6レンズL6の各レンズがプラスチックレンズであり、第2レンズL2から第6レンズL6の各レンズが、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなすものであり、第3レンズL3および第5レンズL5が、d線に対するアッベ数が45以下の材料で形成されたものである。

10

【0067】

第3レンズL3を形成する材料のd線に対するアッベ数を45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容易となる。しかしながら、第3レンズL3を形成する材料のd線に対するアッベ数が45を超えるようにすると、倍率の色収差の補正が困難となる。

【0068】

第5レンズL5を形成する材料のd線に対するアッベ数を45以下とすることで、軸上の色収差を良好に補正することが容易となる。しかしながら、第5レンズL5を形成する材料のd線に対するアッベ数が45を超えるようにすると、軸上の色収差の補正が困難となる。

20

【0069】

なお、第3レンズL3または第5レンズL5を形成する材料として帝人化成株式会社製ポリカーボネイト樹脂、パンライトSP-1516（同社製品名、「パンライト」は同社登録商標）を使用することができる。この材料は屈折率が1.6以上であり、アッベ数が25.5と小さく、さらに光学歪みが小さいという特徴がある。

【0070】

第3レンズL3または第5レンズL5にこの材料を使用することで、倍率の色収差と軸上の色収差を良好に補正すると同時に成型時に生ずる歪みによる影響を最小限に抑えることができ、例えば100万画素を超えるような高画素の撮像素子用のレンズに用いても良好な像を得ることが可能となる。

30

【0071】

また、第1レンズL1をガラスレンズとすることで、撮像レンズの耐候性を向上させることができる。さらに、第2レンズL2から第6レンズL6を非球面レンズとすることで、広角でありながら球面収差、像面湾曲、ディストーションを良好に補正することができる。

【0072】

また、上記撮像レンズ20は以下のように構成されたものでもある。

【0073】

すなわち、撮像レンズ20は、光軸Z1に沿って物体側から、負のパワーを持ち像側に凹面を向けたメニスカスレンズである第1レンズL1、負のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面をなす第2レンズL2、正のパワーを持ち、少なくとも物体側のレンズ面が非球面であり、このレンズ面の中心部は凸面をなし、このレンズ面の前記中心部と有効径周縁部との間に、前記中心部よりも正のパワーが強い領域を持つ第3レンズL3、開口絞りSt、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面である第4レンズL4、少なくとも1つのレンズ面が非球面である第5レンズ、正のパワーを持ち、少なくとも1つのレンズ面が非球面である第6レンズをこの順に備えたものである。

40

【0074】

なお、レンズを構成するレンズ面の中心部は、このレンズを通る光軸と交わるレンズ面上の部位（光軸とレンズ面との交点）である。

50

【0075】

本発明の撮像レンズは、上記2種類の基本構成のいずれか1つを満足するものであってもよいし、上記2種類の基本構成の両方を満足するものであってもよい。

【0076】

上記撮像レンズの備える基本構成によれば、撮像レンズを広角化および小型化するとともにこの撮像レンズの光学性能を高めることができる。

【0077】

＜撮像レンズの基本構成をさらに限定する構成およびその作用、効果について＞

次に、この撮像レンズ20の備える上記基本構成をさらに限定する構成要素およびその作用、効果について説明する。なお、基本構成をさらに限定するこれらの構成要素は本発明の撮像レンズにとって必須の構成ではない。

【0078】

《上記基本構成を条件式により限定する構成とその作用、効果について》

はじめに、撮像レンズの基本構成をさらに限定する、以下の条件式(1)～(8)とその作用、効果について説明する。なお、本願発明の撮像レンズは、条件式(1)～(8)のうちの1つのみを満足するものとしてもよいし、あるいは、条件式(1)～(8)のうちの2つ以上の組合わせを満足するものとしてもよい。

【0079】

なお、条件式(1)～(8)中に記号で示す各パラメータの意味をまとめて以下に示す。

【0080】

f ：撮像レンズ全系の焦点距離、すなわち第1レンズ L_1 ～第6レンズ L_6 の合成焦点距離

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_4 ：第4レンズの焦点距離

f_5 ：第5レンズの焦点距離

f_6 ：第6レンズの焦点距離

f_{45} ：第4レンズ、第5レンズの合成焦点距離

D_1 ：第1レンズの中心肉厚

D_4 ：第2レンズと第3レンズとの空気間隔

D_5 ：第3レンズの中心肉厚

v_{d4} ：第4レンズの d 線に対するアッペ数

v_{d5} ：第5レンズの d 線に対するアッペ数

L ：第1レンズの物体側のレンズ面から結像面までの距離

ただし、上記距離 L の値は、バックフォーカス距離分を空気換算長で示す値と、上記距離 L の値のうちのバックフォーカス距離分以外を実長で示す値とを加算した値である。

【0081】

なお、バックフォーカス距離 Bf は、第6レンズ L_6 の像側のレンズ面 R_{13} から結像面 R_{16} までの空気換算長である。

【0082】

◇条件式(1)： $2.0 < f_{45}/f < 5.0$ は、収差の補正に関連するものである。

【0083】

条件式(1)を満足するようにレンズ系を構成すれば、色収差および像面湾曲の補正を容易に行なうことができる。

【0084】

しかしながら、 f_{45}/f の値が条件式(1)の上限を上回るように、すなわち、 $f_{45}/f \geq 5.0$ の条件式を満足するようにレンズ系を構成すると、色収差を良好に補正することが困難となる。

【0085】

一方、 f_{45}/f の値が条件式 (1) の下限を下回るように、すなわち、 $2.0 \geq f_{45}/f$ の条件式を満足するようにレンズ系を構成すると、像面湾曲を良好に補正することが困難となる。

【0086】

◇条件式 (2) : $2.5 < (D_4 + D_5) / f < 5.5$ は、収差の補正やレンズ系のサイズに関連するものである。

【0087】

条件式 (2) を満足するようにレンズ系を構成すれば、球面収差、歪曲、コマ収差を良好に補正でき、さらにバックフォーカスが長くとれるので、画角を大きくすることができるとともに撮像レンズとして十分な光学性能が得られる。

10

【0088】

しかしながら、 $(D_4 + D_5) / f$ の値が条件式 (2) の上限を上回るようにレンズ系を構成すると、第1レンズの物体側のレンズ面の径が大きくなり、かつレンズ全長も長くなって小型化が難しくなる。

【0089】

一方、 $(D_4 + D_5) / f$ の値が条件式 (2) の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、球面収差、コマ収差を良好に補正できなくなり、明るい (F 値の小さい) レンズを構成することが困難になる。

【0090】

◇条件式 (3) : $-0.1 < f / f_3 < 0.5$ は、倍率の色収差やバックフォーカス距離に関連するものである。

20

【0091】

条件式 (3) を満足するようにレンズ系を構成すれば、バックフォーカス距離を短くすることなく倍率の色収差を良好に補正することができる。

【0092】

しかしながら、 f / f_3 の値が条件式 (3) の上限を上回るようにレンズ系を構成すると、倍率の色収差を良好に補正することが困難となる。

【0093】

一方、 f / f_3 の値が条件式 (3) の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、倍率の色収差は良好に補正可能だがバックフォーカス距離が短くなってしまい、撮像素子 10 と撮像レンズ 20 の間に各種のフィルタを挿入することが困難となる。

30

【0094】

条件式 (4) : $7 < L / f < 14$ は、画角と装置サイズに関連するものである。

【0095】

条件式 (4) を満足するようにレンズ系を構成すれば、小型で広画角のレンズ系を実現できる。

【0096】

しかしながら、 L / f の値が条件式 (4) の上限を上回るようにレンズ系を構成すると、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。

40

【0097】

一方、 L / f の値が条件式 (4) の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、レンズ系を小型化することはできるが広角化を達成することが困難となる。

【0098】

◇条件式 (5) : $-4.2 < f_5 / f < -1.0$ は、倍率の色収差および軸上の色収差に関連するものである。

【0099】

条件式 (5) を満足するようにレンズ系を構成すれば、倍率の色収差および軸上の色収差を良好に補正することができる。

【0100】

50

しかしながら、 f_5/f の値が条件式(5)の上限を上回るようにレンズ系を構成すると、倍率の色収差が大きくなってしまう。

【0101】

一方、 f_5/f の値が条件式(5)の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、第5レンズの持つ負のパワーが弱くなり、軸上の色収差を良好に補正できなくなる。

【0102】

◇条件式(6)： $0.70 < D_4/f$ は、収差の補正に関連するものである。

【0103】

条件式(6)を満足するようにすれば、レンズ系の大型化、収差の発生、ゴーストの発生等を容易に防止することができる。

【0104】

条件式(6)の下限を下回るようにすると、色収差は良好に補正可能だが、第2レンズL2と第3レンズL3とが近接しすぎるため、第2レンズL2の像側のレンズ面R4および第3レンズL3の物体側のレンズ面R5の非球面の形状が制限されるので収差の補正が不十分となる。また、組立てが難しくなるとともに、2つのレンズ面R4、R5間における反射を原因とするゴーストも発生してしまう。

【0105】

◇条件式(7)： $1.5 < v_{d4}/v_{d5}$ は、軸上色収差と倍率の色収差に関連するものである。

【0106】

条件式(7)を満足するようにレンズ系を構成すれば、軸上色収差と倍率の色収差を両方共に良好に補正することができる。

【0107】

しかしながら、 v_{d4}/v_{d5} の値が条件式(7)の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、軸上色収差と倍率の色収差を両方共に良好に補正することが困難となる。

【0108】

◇条件式(8)： $0.8 < D_1/f$ は、第1レンズの耐衝撃性に関連するものである。

【0109】

条件式(8)を満足するようにレンズ系を構成すれば、例えば車載などの用途で用いられる場合の第1レンズの各種衝撃に対する強度を高めることができる。

【0110】

しかしながら、 D_1/f の値が条件式(8)の下限を下回るようにレンズ系を構成すると、第1レンズが薄くなり割れやすくなる。

【0111】

《上記基本構成を限定するその他の構成要素とその作用、効果について》

以下、撮像レンズを限定する上記条件式以外の構成要素、およびその作用、効果について説明する。

【0112】

◇開口絞りに関連する構成要素の限定について

開口絞りStは、第3レンズL3と第4レンズL4の間に配置されていることが望ましい。

【0113】

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レンズ系全体を小型化することが可能となる。

【0114】

◇第1レンズに関する構成要素の限定について

撮像レンズが、車載カメラや監視カメラのような厳しい環境下で使用される場合には、第1レンズとして耐水性、耐酸性、耐薬品性等が良い材質を用いることが適切である。

【0115】

第1レンズを形成するための材料として、日本光学硝子工業会規格の粉末法耐水性が1

10

20

30

40

50

級から4級の材料を用いることが望ましい。

【0116】

また、第1レンズを形成するための材料として、日本光学硝子工業会規格の粉末法耐酸性が1級から4級の材料を用いることが望ましい。

【0117】

また、第1レンズを形成する材料として、堅い材質を用いることが望ましい。例えば、第1レンズの形成材料としてガラス材料を用いることが望ましい。また、第1レンズの形成材料として透明なセラミックス材料を用いてもよい。

【0118】

第1レンズL1をガラスレンズとすることで、耐候性が高く割れにくい撮像レンズを作ることができる。

【0119】

なお、第1レンズL1はガラス球面レンズとする場合に限らず、この第1レンズL1の片側のレンズ面もしくは両側のレンズ面を非球面で構成するようにしてもよい。第1レンズL1を非球面ガラスレンズとすることで、耐水性、耐酸性、耐薬品性等に優れ、かつ諸収差をさらに良好に補正することが可能な撮像レンズを形成することができる。

【0120】

第1レンズのレンズ面を非球面にすることで、諸収差をさらに良好に補正することが可能となる。

【0121】

第1レンズより物体側にレンズを保護するカバーガラスを配置するか、もしくは第1レンズ物体側のレンズ面に耐候性を高めるハードコート、ガラス質の薄膜のようなものを配置してもよい。

【0122】

第1レンズよりも物体側にカバーガラス等を配置し、第1レンズが外部環境の影響を受け難い構成とした場合には、第1レンズはプラスチック非球面レンズとすることができる。第1レンズをプラスチック非球面レンズとした場合には、像面湾曲、ディストーションをさらに良好に補正することが可能となる。

【0123】

◇第2レンズに関連する構成要素の限定について

第2レンズL2の物体側のレンズ面R3は非球面とすることが望ましい。

【0124】

さらに、第2レンズL2の物体側のレンズ面R3は、中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱くなっているか、もしくは有効径周縁部が負のパワーを持つ（凹面をなす）ことが望ましい。

【0125】

図2に示すように、上記「第2レンズの物体側のレンズ面R3の中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱い構成（以後、レンズ面R3の構成ともいう）」は、以下のような構成である。

【0126】

すなわち、中心部が凸面をなす（正のパワーを持つ）レンズ面R3の有効径周縁部上の点X3における法線H3と光軸Z1とが交わる点を交点P3とし、点X3と交点P3とを結ぶ線分X3-P3の長さを、レンズ面R3の点X3における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面R3と光軸Z1との交点を中心部C3とする。このように定めたときに、上記レンズ面R3の構成例は、レンズ面R3が光軸Z1上（中心部C3）で凸面をなし（正のパワーを持ち）、レンズ面R3の中心部C3における曲率の中心E3および上記交点P3が両方共に、中心部C3より像側にあり、かつ、線分X3-P3の長さ（レンズ面R3の点X3での曲率半径R3xの絶対値）がレンズ面R3の中心部C3での曲率半径R3cの絶対値より大きくなるようにしたものである。

【0127】

なお、交点 P_3 を中心として半径の長さを線分 $X_3 - P_3$ の長さとする円 S_{p1} を図中に示す。また、曲率の中心 E_3 を中心として半径の長さを曲率半径 R_{3c} の絶対値とする円 S_{p2} を図中に示す。

【0128】

なお、曲率半径の値を絶対値で示す理由は、曲率半径の大小関係を明確にするためである。

【0129】

また、レンズ面 R_3 以外の後述するレンズ面に関する同様の説明においては、その説明で使用する符号の図示は省略する。

【0130】

以後の説明において曲率半径の大きさを絶対値で示す理由は上記と同様である。

【0131】

また、「第2レンズの物体側のレンズ面は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部は負のパワーを持つ（凹面をなす）」とは、レンズ面 R_3 の中心部 C_3 の曲率中心を示す点 E_3 がレンズ面 R_3 と光軸 Z_1 の交点である中心部 C_3 よりも像側にあり、上記レンズ面 R_3 上の有効径周縁部である点 X_3 の曲率中心を示す点 P_3 が中心部 C_3 よりも物体側に位置する場合である。

【0132】

上記のように、第2レンズ L_2 の物体側のレンズ面 R_3 の中心部が凸面をなし、その有効径周縁部は中心部よりも正のパワーを弱くする、もしくは有効径周縁部は凹面をなすようにすることにより、広角化を維持しつつ像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0133】

第2レンズ L_2 の像側のレンズ面 R_4 は非球面とすることが望ましい。

【0134】

さらに、第2レンズ L_2 の像側のレンズ面 R_4 は、中心部が凹面をなし（負のパワーを持ち）、有効径周縁部では中心部よりも負のパワーが弱くなっていることが望ましい。

【0135】

上記「レンズ面 R_4 の中心部が凹面をなし、有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが弱い構成（以後、レンズ面 R_4 の構成例ともいう）」は、以下のような構成である。

【0136】

すなわち、中心部が凹面をなす（負のパワーを持つ）レンズ面 R_4 の有効径周縁部上の点 X_4 における法線 H_4 と光軸 Z_1 とが交わる点を交点 P_4 とし、点 X_4 と交点 P_4 とを結ぶ線分 $X_4 - P_4$ の長さをレンズ面 R_4 の点 X_4 における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面 R_4 と光軸 Z_1 との交点を中心部 C_4 とする。このように定めたときに、上記レンズ面 R_4 の構成例は、レンズ面 R_4 が光軸 Z_1 上（中心部 C_4 ）で凹面をなし（負のパワーを持ち）、レンズ面 R_4 の中心部 C_4 における曲率の中心 E_4 および上記交点 P_4 が両方共に、中心部 C_4 より像側にあり、かつ、線分 $X_4 - P_4$ の長さ（レンズ面 R_4 の点 X_4 での曲率半径 R_{4x} の絶対値）がレンズ面 R_4 の中心部 C_4 での曲率半径 R_{4c} の絶対値より大きくなるようにしたものである。

【0137】

上記のように、第2レンズの像側のレンズ面 R_4 の中心部が凹面をなし、その有効径周縁部では中心部と比較して負のパワーを弱くすることで、第2レンズの周辺を通る光線を急激に曲げることなく集光させることができるため、ディストーションを良好に補正することが可能となる。

【0138】

なお、第2レンズ L_2 の物体側のレンズ面 R_3 の有効径周縁部 X_3 での曲率半径を R_{3x} としたとき、この曲率半径 R_{3x} の絶対値（ $|X_3 - P_3|$ ）は中心部 C_3 における曲率半径 R_{3c} の絶対値の1.5倍以上の値であることが望ましい。

【0139】

曲率半径 R_{3x} の絶対値を曲率半径 R_{3c} の絶対値の1.5倍以上の値とすることで、

10

20

30

40

50

広角化を容易とすると同時に像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0140】

また、第2レンズL2の像側のレンズ面R4の有効径周縁部X4での曲率半径を R_{4x} としたとき、この曲率半径 R_{4x} の絶対値($|X4-P4|$)は中心部C4における曲率半径 R_{4c} の絶対値の1.5倍以上の値であることが望ましい。

【0141】

曲率半径 R_{4x} の絶対値を曲率半径 R_{4c} の絶対値の1.5倍以上の値とすることで、ディストーションを良好に補正することが可能となる。

【0142】

◇第3レンズに関連する構成要素の限定について

10

第3レンズL3の物体側のレンズ面R5は非球面とすることが望ましい。

【0143】

また、第3レンズL3の物体側のレンズ面R5は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、中心部と有効径周縁部の間には中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持つような構成とすることが望ましい。

【0144】

上記「レンズ面R5の中心部が凸面をなし、中心部と有効径周縁部の間には中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持つ構成（以後、レンズ面R5の構成例ともいう）」は、以下のような構成である。

【0145】

20

すなわち、中心部が凸面をなす（正のパワーを持つ）レンズ面R5の有効径上のある点X5Aにおける法線H5Aと光軸Z1とが交わる点を交点P5Aとし、点X5Aと交点P5Aとを結ぶ線分X5A-P5Aの長さをレンズ面R5の点X5Aにおける曲率半径の絶対値とする。このように定めたとき、中心部と有効径周縁部との間に中心部よりも曲率半径の絶対値が小さくなる領域を持つ構成である。

【0146】

さらに、第3レンズL3の物体側のレンズ面R5は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが強くなっていることが望ましい。

【0147】

上記「レンズ面R5の中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが強い構成」は、以下のような構成である。

30

【0148】

すなわち、中心部が凸面をなす（正のパワーを持つ）レンズ面R5の有効径周縁部上の点X5における法線H5と光軸Z1とが交わる点を交点P5とし、点X5と交点P5とを結ぶ線分X5-P5の長さをレンズ面R5の点X5における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面R5と光軸Z1との交点を中心部C5とする。このように定めたときに、上記レンズ面R5の構成例は、レンズ面R5が光軸Z1上（中心部C5）で凸面をなし（正のパワーを持ち）、レンズ面R5の中心部C5における曲率の中心E5および上記交点P5が両方共に、中心部C5よりも像側にあり、かつ、線分X5-P5の長さ（レンズ面R5の点X5での曲率半径 R_{5x} の絶対値）がレンズ面R5の中心部C5での曲率半径 R_{5c} の絶対値より小さくなるようにしたものである。

40

【0149】

また、第3レンズL3の物体側のレンズ面R5は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、中心部と有効径周縁部の間には中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持ち、有効径周縁部では中心部よりも正のパワーが弱くなるような構成とすることもできる。

【0150】

この第3レンズL3の物体側のレンズ面R5は、中心部よりも有効径周縁部の方が正のパワーが強いものとしてすることができる。また、レンズ面R5は、中心部と有効径周縁部との間に中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持つものとしてすることもできる。さ

50

らに、レンズ面 R 5 は、中心部と有効径周縁部との間に中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持ち、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱いものとする 것도できる。

【0151】

上記のように、第3レンズの物体側のレンズ面の中心部と有効径周縁部の間には中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持つ、または、中心部が凸面をなし、その有効径周縁部では中心部よりも正のパワーが強い、もしくは、中心部と有効径周縁部の間には中心部よりも正のパワーが強くなっている領域を持ち、有効径周縁部では中心部よりも正のパワーが弱くなるような構成とすることで、バックフォーカス距離を長く取りつつ像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

10

【0152】

第3レンズ L 3 の像側のレンズ面 R 6 は非球面とすることが望ましい。

【0153】

さらに、第3レンズ L 3 の像側のレンズ面 R 6 は、中心部が凹面をなし（負のパワーを持ち）、有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが強くなっていることが望ましい。

【0154】

すなわち、レンズ面 R 6 の中心部における曲率半径の絶対値よりもこのレンズ面 R 6 の有効径周縁部における曲率半径の絶対値の方が小さくなっていることが望ましい。

【0155】

このように、第3レンズ L 3 の像側のレンズ面 R 6 の中心部が凹面をなし、その有効径周縁部では中心部と比較して負のパワーを強くすることで、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。

20

【0156】

第3レンズ L 3 の物体側のレンズ面 R 5 の有効径周縁部 X 5 での曲率半径を R_{5x} としたとき、この曲率半径 R_{5x} の絶対値（ $|X5 - P5|$ ）は中心部 C 5 における曲率半径 R_{5c} の絶対値の 0.3 倍から 1.5 倍の間の値であることが望ましい。

【0157】

曲率半径 R_{5x} の絶対値が曲率半径 R_{5c} の絶対値の 0.3 倍から 1.5 倍の間の値とすることで、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。

【0158】

30

◇第4レンズに関連する構成要素の限定について

第4レンズ L 4 の像側のレンズ面 R 9 は非球面とすることが望ましい。

【0159】

第4レンズ L 4 の像側のレンズ面 R 9 は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱くなっていることが望ましい。

【0160】

上記「レンズ面 R 9 の中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱い構成（以後、レンズ面 R 9 の構成例ともいう）」は以下のような構成である。

【0161】

すなわち、中心部が凸面をなすレンズ面 R 9 の有効径周縁部上の点 X 9 における法線 H 9 と光軸 Z 1 とが交わる点を交点 P 9 とし、点 X 9 と交点 P 9 とを結ぶ線分 X 9 - P 9 の長さをレンズ面 R 9 の点 X 9 における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面 R 9 と光軸 Z 1 との交点を中心部 C 9 とする。このように定めたときに、上記レンズ面 R 9 の構成例は、レンズ面 R 9 が光軸 Z 1 上（中心部 C 9）で凸面をなし（正のパワーを持ち）、レンズ面 R 9 の中心部 C 9 における曲率の中心 E 9 および上記交点 P 9 が両方共に、中心部 C 9 より像側にあり、かつ、線分 X 9 - P 9 の長さ（レンズ面 R 9 の点 X 9 での曲率半径 R_{9x} の絶対値）がレンズ面 R 9 の中心部 C 9 での曲率半径 R_{9c} の絶対値より大きくなるようにしたものである。

40

【0162】

上記のように、第4レンズの像側のレンズ面 R 9 を、中心部が凸面をなし（正のパワー

50

を持ち)、有効径周縁部では中心部と比較して正のパワーを弱くすることで、球面収差と像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0163】

第4レンズL4の像側のレンズ面R9の有効径周縁部X9での曲率半径を R_{9x} としたとき、曲率半径 R_{9x} の絶対値($|X9-P9|$)は中心部C9における曲率半径 R_{9c} の絶対値の1.2倍以上の値であることが望ましい。

【0164】

曲率半径 R_{9x} の絶対値を曲率半径 R_{9c} の絶対値の1.2倍以上の値とすることで、球面収差と像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0165】

◇第5レンズに関連する構成要素の限定について

第5レンズは、負のパワーを持つことが望ましい。このように構成することで、軸上の色収差をさらに良好に補正することが可能となる。

【0166】

また、第5レンズL5の物体側のレンズ面R10は非球面とすることが望ましい。

【0167】

さらに、第5レンズL5の物体側のレンズ面R10は、中心部が凹面をなし(負のパワーを持ち)、有効径周縁部は中心よりも負のパワーが弱くなっていることが望ましい。

【0168】

上記「レンズ面R10の中心部が凹面をなし、有効径周縁部は中心部よりも負のパワーが弱い構成(以後、レンズ面R10の構成例ともいう)」は以下のような構成である。

【0169】

すなわち、中心部が凹面をなす(負のパワーを持つ)レンズ面R10の有効径周縁部上の点X10の法線H10と光軸Z1とが交わる点を交点P10とし、点X10と交点P10とを結ぶ線分X10-P10の長さをレンズ面R10の点X10における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面R10と光軸Z1との交点を中心部C10とする。このように定めたときに、上記レンズ面R10の構成例は、レンズ面R10が光軸Z1上(中心部C10)で凹面をなし(負のパワーを持ち)、レンズ面R10の中心部C10における曲率の中心E10および上記交点P10が両方共に、中心部C10より物体側にあり、かつ、線分X10-P10の長さ(レンズ面R10の点X10での曲率半径 R_{10x} の絶対値)がレンズ面R10の中心部C10での曲率半径 R_{10c} の絶対値より大きくなるようにしたものである。

【0170】

上記のように、第5レンズL5の物体側のレンズ面R10の中心部が凹面をなし(負のパワーを持ち)、その有効径周縁部は中心部よりも負のパワーを弱くすることで、色収差と共に像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0171】

第5レンズL5の像側のレンズ面R11は非球面とすることが望ましい。

【0172】

上記第5レンズL5は、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとすることが望ましい。

【0173】

第5レンズL5の像側のレンズ面R11は、中心部が凸面をなし(正のパワーを持ち)、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱くなっていることが望ましい。

【0174】

上記「レンズ面R11の中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが弱い構成(以後、レンズ面R11の構成例ともいう)」は以下のような構成である。

【0175】

すなわち、中心部が凸面をなす(正のパワーを持つ)レンズ面R11の有効径周縁部上の点X11における法線H11と光軸Z1とが交わる点を交点P11とし、点X11と交

10

20

30

40

50

点 P 1 1 とを結ぶ線分 X 1 1 - P 1 1 の長さをレンズ面 R 1 1 の点 X 1 1 における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面 R 1 1 と光軸 Z 1 との交点を中心部 C 1 1 とする。このように定めたときに、上記レンズ面 R 1 1 の構成例は、レンズ面 R 1 1 が光軸 Z 1 上（中心部 C 1 1）で凸面をなし（正のパワーを持ち）、レンズ面 R 1 1 の中心部 C 1 1 における曲率の中心 E 1 1 および上記交点 P 1 1 が両方共に、中心部 C 1 1 より物体側にあり、かつ、線分 X 1 1 - P 1 1 の長さ（レンズ面 R 1 1 の点 X 1 1 での曲率半径 R 1 1 x の絶対値）がレンズ面 R 1 1 の中心部 C 1 1 での曲率半径 R 1 1 c の絶対値より大きくなるようにしたものである。

【0176】

上記のように、第5レンズ L 5 の像側のレンズ面 R 1 1 の中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、その有効径周縁部は中心部よりも正のパワーを弱くすることで、球面収差とコマ収差を良好に補正することが可能となる。

【0177】

◇第6レンズに関連する構成要素の限定について

第6レンズ L 6 の物体側のレンズ面 R 1 2 は非球面とすることが望ましい。

【0178】

さらに、第6レンズ L 6 の物体側のレンズ面 R 1 2 は中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが強くなっていることが望ましい。

【0179】

上記「レンズ面 R 1 2 の中心部が凸面をなし、有効径周縁部は中心部よりも正のパワーが強い構成（以後、レンズ面 R 1 2 の構成例ともいう）」は以下のような構成である。

【0180】

すなわち、中心部が凸面をなす（正のパワーを持つ）レンズ面 R 1 2 の有効径周縁部上の点 X 1 2 における法線 H 1 2 と光軸 Z 1 とが交わる点を交点 P 1 2 とし、点 X 1 2 と交点 P 1 2 とを結ぶ線分 X 1 2 - P 1 2 の長さをレンズ面 R 1 2 の点 X 1 2 における曲率半径の絶対値とする。また、レンズ面 R 1 2 と光軸 Z 1 との交点を中心部 C 1 2 とする。このように定めたときに、上記レンズ面 R 1 2 の構成例は、レンズ面 R 1 2 が光軸 Z 1 上（中心部 C 1 2）で凸面をなし（正のパワーを持ち）、レンズ面 R 1 2 の中心部 C 1 2 における曲率の中心 E 1 2 および上記交点 P 1 2 が両方共に、中心部 C 1 2 より像側にあり、かつ、線分 X 1 2 - P 1 2 の長さ（レンズ面 R 1 2 の点 X 1 2 での曲率半径 R 1 2 x の絶対値）がレンズ面 R 1 2 の中心部 C 1 2 での曲率半径 R 1 2 c の絶対値より小さくなるようにしたものである。

【0181】

第6レンズ L 6 の物体側のレンズ面 R 1 2 をこのように構成することにより、球面収差と像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0182】

第6レンズ L 6 の像側のレンズ面 R 1 3 は非球面とすることが望ましい。

【0183】

さらに、第6レンズ L 6 の像側のレンズ面 R 1 3 は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部では負のパワーを持つことが望ましい。

【0184】

「第6レンズの像側のレンズ面は、中心部が凸面をなし（正のパワーを持ち）、有効径周縁部では負のパワーを持つ。」とは、レンズ面 R 1 3 の中心部 C 1 3 の曲率中心である点 K 1 3 c がレンズ面 R 1 3 と光軸 Z 1 の交点 C 1 3（中心部を示す点 C 1 3 と一致する）よりも物体側に位置し、上記レンズ面 R 1 3 の有効径周縁部上の点 X 1 3 の曲率中心である点 P 1 3 が交点 C 1 3 よりも像側に位置する場合である。

【0185】

第6レンズ L 6 の像側のレンズ面 R 1 3 をこのように構成することにより、コマ収差と像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0186】

10

20

30

40

50

第6レンズL6の像側のレンズ面R13の有効径周縁部X13での曲率半径をR13xとしたとき、曲率半径R13xの絶対値(|X13-P13|)は中心部C13における曲率半径R13cの絶対値の0.2倍から2.5倍の値であることが望ましい。

【0187】

曲率半径R13xの絶対値を曲率半径R13cの絶対値の0.2倍から2.5倍の値とすることで、球面収差と像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0188】

◇その他の構成要素の限定について

本発明の撮像レンズは、理想像高を $2f \times \tan(\theta/2)$ としたとき、ディストーションが±10%以内であることが望ましい。

【0189】

第1レンズL1や第2レンズL2の有効径外を通過する光束は、迷光となって結像面に達するとゴーストが発生するが、第1レンズL1や第2レンズL2上の有効径外の領域に遮光手段である遮光板Sk1、Sk2を設けて迷光を遮断することが望ましい。

【0190】

この遮光手段は、光を遮断する板材をレンズ上の有効径外の領域に配置したり、遮光塗料からなる被膜をレンズ上の有効径外の領域に塗布したりする構成を採用することができる。

【0191】

また、遮光手段は、必要に応じて、第1レンズL1と第2レンズL2の間の空間に配置するようにしてもよい。さらに、遮光手段は、第2レンズL2～第6レンズL6上の有効径外の領域、あるいはこれらのレンズ間に配置しても良い。

【0192】

第2レンズから第6レンズまでの各レンズの材質はプラスチック（樹脂材料）とすることが望ましい。

【0193】

第2レンズから第6レンズまでのレンズの材質として、光の波長よりサイズの小さな粒子を樹脂材料に混合したいわゆるナノコンポジット材料を用いてもよい。

【0194】

第1レンズ～第6レンズの各レンズは屈折率が一定の材料で形成する場合に限らず、6枚のレンズのうちのいずれか1つ以上に屈折率分布型のレンズを用いてもよい。

【0195】

第2レンズから第6レンズの各レンズは、片面あるいは両面を非球面とする場合に限らず回折光学面としてもよい。すなわち第2レンズから第6レンズまでのいずれか1つ以上のレンズ面に回折光学素子を形成してもよい。

【0196】

倍率の色収差をさらに良好に補正するためには、第3レンズおよび第5レンズのうち、少なくとも一方を、d線に対するアッペ数が30以下の材料で形成することが望ましい。

【0197】

さらに、軸上の色収差を良好に補正するためには、第3レンズおよび第5レンズのうち、少なくとも一方を、d線に対するアッペ数が28以下の材料で形成することが望ましい。

【0198】

さらに、第1レンズ、第2レンズ、第4レンズ、第6レンズを、d線に対するアッペ数が40以上の材料で形成することが望ましい。

【0199】

第1レンズ、第2レンズ、第4レンズ、第6レンズを、d線に対するアッペ数が40以上の材料で形成することで、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。

【0200】

10

20

30

40

50

上記のように、第1レンズの材質をガラスとすることで、耐候性のよい撮像レンズを作製することができる。また、第2レンズから第6レンズを非球面レンズとすることで、広角でありながら球面収差、像面湾曲、ディストーションを良好に補正することができる。

【0201】

以上のように、本発明に係る広角の撮像レンズによれば、従来の広角の撮像レンズよりも光学性能を高めるとともに小型化することができる。

【0202】

<具体的な実施例>

次に、図3～27を参照し、本発明による実施例1～実施例8の各撮像レンズに係る数値データ等についてまとめて説明する。なお、図3～10は、実施例1～実施例8の撮像レンズそれぞれの概略構成を示す断面図であり、図1、2中の符号と一致する図3～8中の符号は、互に対応する構成を示している。

【0203】

図11～図18は、実施例1～実施例8の撮像レンズそれぞれの基本的なデータを示す図である。各図中の上左部（図中符号（a）で示す）にレンズデータを、上中央部（図中符号（b）で示す）に撮像レンズの概略仕様を示す。さらに、下左部（図中符号（d）で示す）にレンズ面の形状（非球面の形状）を表す非球面式の各係数を示す。下右部（図中符号（e）で示す）に、各レンズ面の有効形周縁部における曲率半径の絶対値を示す。

【0204】

図11～図18の各図中の上左部のレンズデータにおいて、レンズ等の光学部材の面番号を物体側から像側に向かうに従い順次増加する*i*番目（*i* = 1、2、3、…）の面番号として示す。なお、これらのレンズデータには、開口絞りS_tの面番号（*i* = 7）、および平行平板である光学部材C_g1の物体側の面と像側の面の面番号（*i* = 14、15）、結像面の面番号（*i* = 16）等も含めて記載している。なお、レンズ面が非球面をなすものについては面番号に*印を付している。

【0205】

R_{*i*}は*i*番目（*i* = 1、2、3、…）の面の近軸曲率半径を示し、D_{*i*}（*i* = 1、2、3、…）は*i*番目の面と*i* + 1番目の面との光軸Z₁上の面間隔を示す。なお、レンズデータの符号R_{*i*}は、図1中のレンズ面を示す符号R_{*i*}（*i* = 1、2、3、…）と対応している。

【0206】

また、各レンズデータ中の、N_{d*j*}は物体側から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、ν_{d*j*}は*j*番目の光学要素のd線に対するアッペ数を示す。

【0207】

また、近軸曲率半径および面間隔の単位はmmであり、近軸曲率半径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。

【0208】

なお、各非球面は下記非球面式により定義される。

10

20

30

【数 1】

$$Z = \frac{Y^2/R}{1 + (1 - K \cdot Y^2/R^2)^{1/2}} + \sum_{i=3}^{20} A_i Y^i$$

Z: 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ろした垂線の長さ)(mm)

Y: 高さ(光軸からの距離)(mm)

R: 近軸曲率半径 (mm)

A_i : 非球面係数($i=3 \sim 20$)

K: 円錐定数

10

【0209】

図11～18の各図中の上中央部の概略仕様において、以下の各値を示す。

【0210】

F値： F_{no} 、半画角： ω 、像高： I_H 、バックフォーカス距離： Bf (in Air)、第1レンズの物体側のレンズ面から結像面までの距離： L 、有効光線径： ED 、レンズ全系の焦点距離(第1レンズ～第6レンズの合成焦点距離)： f 、第1レンズの焦点距離： f_1 、第2レンズの焦点距離： f_2 、第3レンズの焦点距離： f_3 、第4レンズの焦点距離： f_4 、第5レンズの焦点距離： f_5 、第6レンズの焦点距離： f_6 、第4レンズ、第5レンズの合成焦点距離： f_{45} の値を示す。

20

【0211】

上記距離 L の値は、上述したようにバックフォーカス距離分を空気換算長で示す値と、上記距離 L の値のうちのバックフォーカス距離分以外を実長で示す値とを加算した値である。

【0212】

さらに、図11～18の各図中の下左部に、各非球面 R_i ($i=3, 4, \dots$)を表す非球面式の各係数 K 、 A_3 、 A_4 、 $A_5, \dots$ の値を示す。

【0213】

図19は、条件式(1)～(8)の各パラメータの値を1～8の各実施例毎に示す図である。

30

【0214】

図20～27は、実施例1～実施例8の撮像レンズそれぞれの諸収差を示す図である。図20～27それぞれは、各実施例の撮像レンズ毎の、 d 線(波長587.6nm)、 F 線(波長486.1nm)、 C 線(波長656.3nm)についての収差を示している。

【0215】

なお、ディストーションの図は、レンズ全系の焦点距離 f 、画角 θ (変数扱い、 $0 \leq \theta \leq \omega$)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。

【0216】

また、回転対称な形状をなすレンズを構成するレンズ面の有効径周縁部は、一般に、このレンズの光軸からの距離が一定な円形状をなす領域となる。この形状をなす領域はレンズ面上の有効領域の縁部となる。

40

【0217】

実施例1～8の基本的なデータおよび諸収差を示す図等から分かるように、本発明の広角の撮像レンズによれば、6枚のレンズそれぞれの形状や材質の最適化を図ることで、光学性能を高めるとともに小型化を実現することができる。

【0218】

なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各図中に

50

示した数値に限定されず、他の値を取り得る。

【0219】

本発明の撮像レンズは、第2レンズ以降に非球面を多用することで、レンズ系を小型化できるとともに安価に製作でき、さらに像面湾曲、ディストーションなどの収差をより良好に補正することが可能となる。

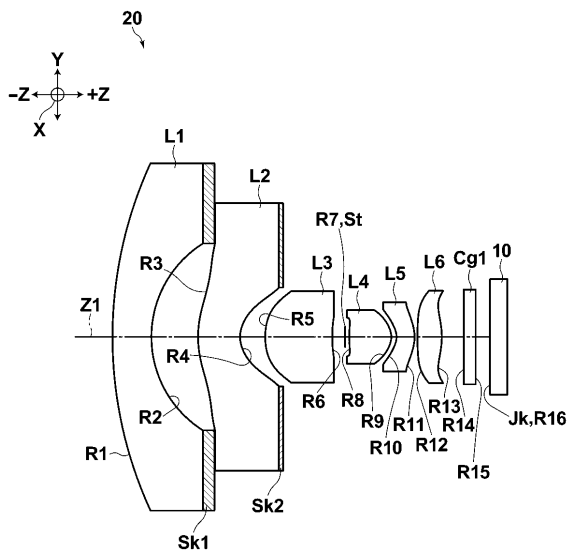
【符号の説明】

【0220】

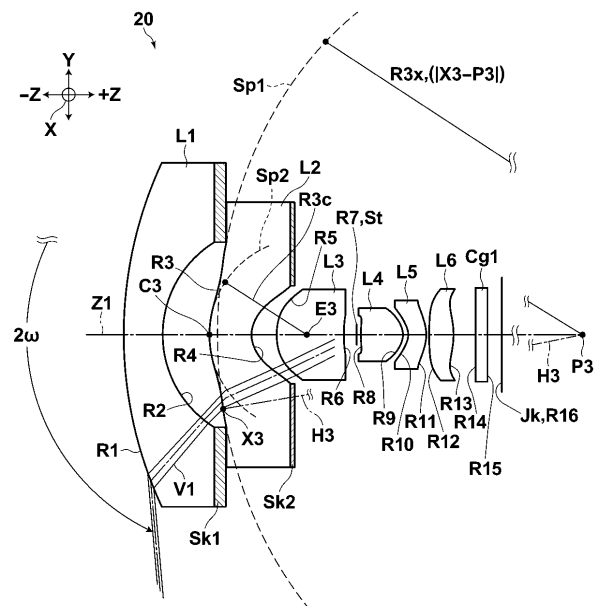
10	撮像素子
20	撮像レンズ
L1	第1レンズ
L2	第2レンズ
L3	第3レンズ
L4	第4レンズ
L5	第5レンズ
L6	第6レンズ

10

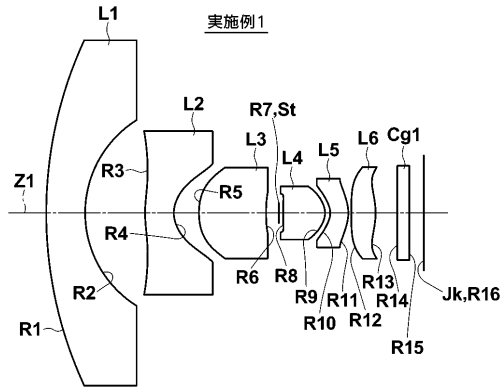
【図1】



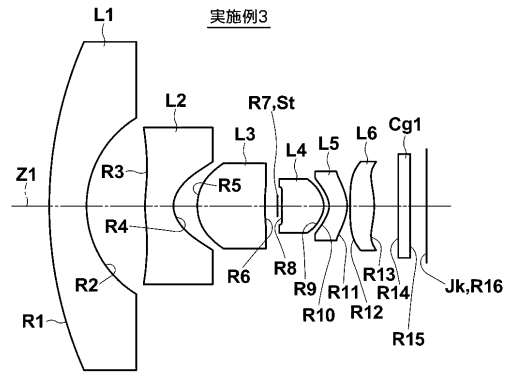
【図2】



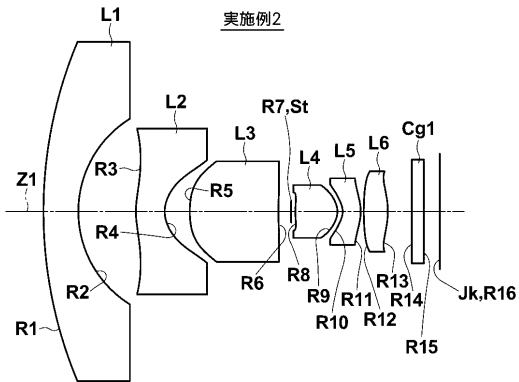
【図 3】



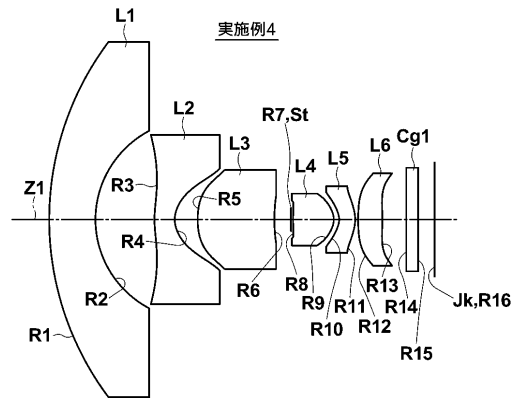
【図 5】



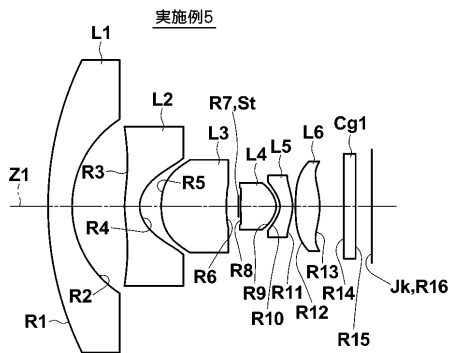
【図 4】



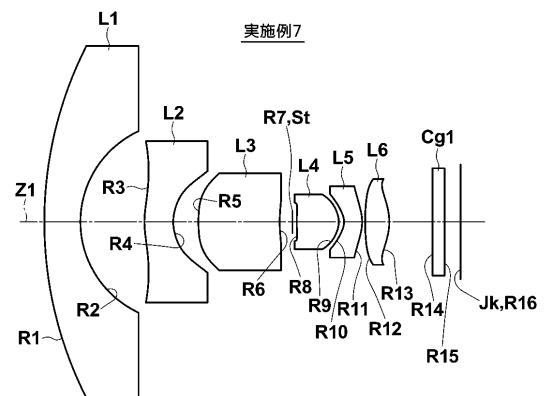
【図 6】



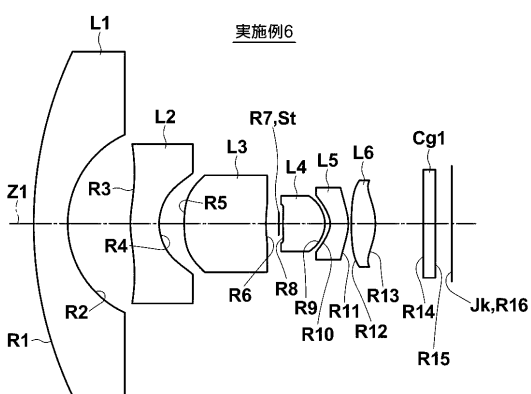
【図 7】



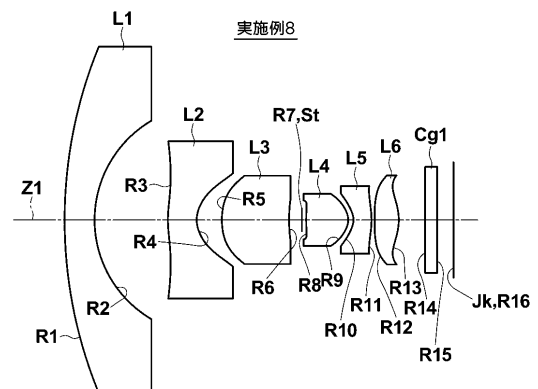
【図 9】



【図 8】



【図 10】



【図 1 1】

実態例1

(a) レンズサマ							(b) 組織仕様	
面番号	R1	D1	Nd1	γd1	Fno	2θ		
1	17.37	1.62	1.7725	49.6			Fno	2.8
2	4.62	2.50			φ	95.6°		
3	2.50	1.03	1.5316	55.4	BF(in Air)	1.84		
*4	1.10	1.03			L(in Air)	15.58		
*5	2.96	2.80	1.6140	25.5	f	1.12		
*6	8.40	0.33			r1	-8.62		
7	0.00	0.18			r2	-8.89		
*8	6.76	0.72	1.5316	55.4	r3	-1.44		
*9	3.16	0.75	1.6140	25.5	r4	-3.51		
*10	-0.70	0.75	1.6140	25.5	r5	-3.51		
*11	-1.47	0.13			r6	5.49		
*12	-505.36	1.01	1.5316	55.4				
*13	-2.90	1.00						
14	0.00	1.00	1.5168	64.2				
15	0.00	0.00						
16	0	0	0.931					

【図 1 3】

実態例3

(a) レンズサマ							(b) 組織仕様	
面番号	R1	D1	Nd1	γd1	Fno	2θ		
1	17.45	1.55	1.7725	49.6			Fno	2.8
2	4.40	2.44			φ	94.9°		
*3	2.44	1.03	1.5316	55.1	BF(in Air)	2.01		
*4	0.93	1.03			L(in Air)	15.55		
*5	2.12	2.81	1.6140	25.3	f	1.14		
*6	1.64	0.53			r1	8.03		
7	0.00	0.18			r2	8.03		
*8	7.89	0.75	1.5316	55.1	r3	2.72		
*9	3.16	0.75	1.6140	25.3	r4	1.80		
*10	-0.70	0.75	1.6140	25.3	r5	-4.24		
*11	-1.35	0.13			r6	5.64		
*12	-5480.32	1.00	1.5316	55.4				
*13	-3.00	1.00						
14	0.00	1.00	1.5168	64.2				
15	0.00	0.00						
16	0	0	0.938					

(c) 計算係数												(d) 有効径周縁部の曲率半径対準	
面番号	K	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	面番号	面番号	曲率半径対準
3	0.00E+00	-8.03E-02	9.13E-03	2.01E-03	-8.33E-05	-7.62E-05	-6.0E-06	3.30E-04	-7.28E-07	2.68E-08	3	X3-P3	21.48132
4	0.00E+00	-1.88E-01	1.03E-01	-1.16E-02	8.41E-04	-2.30E-04	5.08E-04	-3.33E-04	-1.28E-04	-2.95E-05	4	X4-P4	2.31229
5	0.00E+00	-6.76E-03	5.14E-02	-1.43E-02	-6.93E-04	5.18E-03	1.71E-03	-2.23E-03	-1.47E-03	7.08E-04	5	X5-P5	2.262078
6	0.00E+00	-4.39E-03	2.95E-02	-3.45E-02	2.66E-02	-3.72E-02	-8.10E-03	4.74E-02	-3.03E-02	2.35E-02	6	X6-P6	7.960767
7	0.00E+00	3.16E-02	2.69E-01	2.93E-01	-2.93E-01	3.16E-02	5.38E-02	-4.31E-02	1.42E-02	-3.91E-03	7	X7-P7	15.36367
8	0.00E+00	3.16E-02	2.69E-01	2.93E-01	-2.93E-01	3.16E-02	5.38E-02	-4.31E-02	1.42E-02	-3.91E-03	8	X8-P8	15.36367
9	0.00E+00	1.30E-01	4.25E-01	-1.30E-01	-1.30E-01	4.25E-01	-2.30E-02	5.10E-02	4.07E-02	1.78E-02	9	X9-P9	2.51103
10	0.00E+00	7.89E-02	1.23E-02	5.13E-02	-2.23E-02	2.35E-02	4.83E-03	4.20E-03	1.93E-03	11	X10-P10	12.61333	
11	0.00E+00	3.15E-02	7.50E-03	4.55E-03	1.63E-03	8.76E-05	-1.84E-04	2.22E-05	1.52E-05	5.74E-06	12	X11-P11	3.059346
12	0.00E+00	2.54E-02	2.28E-02	-2.41E-04	4.45E-03	2.05E-03	-5.30E-04	1.21E-04	2.78E-05	-7.10E-06	13	X12-P12	3.458408
13	0.00E+00	2.54E-02	2.28E-02	-2.41E-04	4.45E-03	2.05E-03	-5.30E-04	1.21E-04	2.78E-05	-7.10E-06	13	X13-P13	3.458408

非等価係数											
面番号	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2
3	-3.11E-08	3.14E-09	1.35E-09	1.51E-10	7.14E-12	6.54E-12	1.07E-12	5.37E-13	-7.95E-14		
4	1.79E-05	1.15E-06	-4.66E-07	-1.13E-06	6.33E-07	2.05E-07	3.32E-07	2.00E-07	-1.08E-07		
5	3.17E-04	-2.30E-05	-4.10E-05	-2.75E-05	6.76E-06	1.05E-06	8.24E-07	8.24E-07	-3.80E-07		
6	5.83E-02	2.14E-02	2.18E-02	2.00E-02	-1.86E-02	1.73E-02	-2.15E-03	-2.15E-03	-2.82E-03		
7	5.83E-02	2.14E-02	2.18E-02	2.00E-02	-1.86E-02	1.73E-02	-2.15E-03	-2.15E-03	-2.82E-03		
8	-2.25E-03	-3.32E-06	7.52E-05	-2.63E-03	2.73E-03	1.08E-03	2.58E-03	2.58E-03	-3.72E-04		
9	1.37E-03	-6.92E-03	-8.18E-03	-6.56E-03	-2.14E-03	6.84E-04	1.75E-03	1.23E-03	-5.68E-04		
10	2.76E-04	-3.57E-04	-3.87E-04	-2.03E-04	-5.18E-05	3.64E-05	4.55E-05	2.28E-05	-1.67E-05		
11	-1.78E-07	-2.37E-08	-3.13E-08	-4.35E-11	-2.84E-11	-1.72E-11	1.88E-13	3.20E-14	-3.37E-14		
12	-1.78E-07	-2.37E-08	-3.13E-08	-4.35E-11	-2.84E-11	-1.72E-11	1.88E-13	3.20E-14	-3.37E-14		
13	-1.78E-07	-2.37E-08	-3.13E-08	-4.35E-11	-2.84E-11	-1.72E-11	1.88E-13	3.20E-14	-3.37E-14		

実態例4

(a) レンズサマ							(b) 組織仕様	
面番号	R1	D1	Nd1	γd1	Fno	2θ		
1	12.59	0.193	1.7725	49.6			Fno	2.8
2	4.25	2.46			φ	95.1°		
*3	3.42	0.84	1.5316	55.4	BF(in Air)	2.40		
*4	1.05	0.93			L(in Air)	15.93		
*5	0.85	0.60	1.6140	25.5	f	1.12		
*6	0.00	0.08			r1	-9.22		
*7	5.76	1.70	1.5316	55.4	r2	-3.27		
*8	-0.78	0.22			r3	7.48		
*9	-0.72	0.67	1.5316	55.4	r4	3.48		
*10	-0.72	0.67	1.5316	55.4	r5	3.48		
*11	1.190	1.00	1.5316	55.4	r6	8.60		
*12	1.190	1.00	1.5316	55.4	r7	8.60		
*13	-3.67	1.00			r8	2.81		
14	0.00	0.50	1.5168	64.2				
15	0	0.68						
16	0	0						

実態例2

(a) レンズサマ							(b) 組織仕様	
面番号	R1	D1	Nd1	γd1	Fno	2θ		
1	18.33	1.43	1.7550	52.3			Fno	2.8
2	4.56	2.40			φ	95.4°		
*3	2.80	1.20	1.5316	55.4	BF(in Air)	2.00		
*4	1.13	1.03			L(in Air)	16.33		
*5	1.932	0.33	1.6336	30.2	f	1.12		
*6	0.00	0.18			r1	-8.42		
*7	6.20	1.73	1.5316	55.4	r2	-4.75		
*8	-0.81	0.22			r3	9.03		
*9	-0.69	0.73	1.6140	25.5	r4	-2.47		
*10	-0.69	0.73	1.6140	25.5	r5	-2.47		
*11	10.44	1.00	1.5316	55.4	r6	4.70		
*12	10.44	1.00	1.5316	55.4	r7	4.70		
*13	-3.18	1.00			r8	3.49		
14	0.00	0.50	1.5168	64.2				
15	0	0.67						
16	0	0						

【図 1 4】

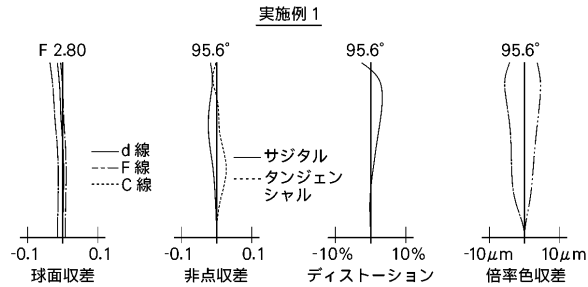
(c) 計算係数												(d) 有効径周縁部の曲率半径対準		
面番号	K	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	面番号	X3-P3	曲率半径対準	
3	0.00E+00	-8.43E-02	8.73E-03	1.95E-03	-9.10E-05	-7.53E-05	-5.94E-06	3.30E-04	-7.28E-07	2.68E-08	3	X3-P3	21.48132	
4	0.00E+00	-1.88E-01	1.03E-01	-1.16E-02	8.41E-04	-2.30E-04	5.08E-04	-3.33E-04	-1.28E-04	-2.95E-05	4	X4-P4	2.31229	
5	0.00E+00	-6.98E-04	5.76E-04	-1.41E-02	-7.54E-04	5.12E-03	1.67E-03	-2.24E-03	-1.47E-03	7.09E-04	5	X5-P5	3.122846	
6	0.00E+00	-7.98E-03	9.34E-02	-3.67E-02	2.27E-02	3.24E-02	-5.08E-03	-3.64E-02	-2.42E-02	2.76E-02	6	X6-P6	7.729161	
7	0.00E+00	-9.98E-07	9.64E-01	-4.97E-01	1.03E-01	-1.43E-01	-1.67E-01	-7.11E-01	4.76E-01	1.01E-02	7	X7-P7	10.78351	
8	0.00E+00	-9.98E-07	9.64E-01	-4.97E-01	1.03E-01	-1.43E-01	-1.67E-01	-7.11E-01	4.76E-01	1.01E-02	8	X8-P8	10.78351	
9	0.00E+00	3.39E-02	2.67E-01	3.37E-03	-2.88E-03	-3.88E-02	2.76E-02	4.32E-02	1.20E-02	-3.51E-03	9	X9-P9	1.301838	
10	0.00E+00	1.31E-01	4.25E-01	-1.30E-01	-1.30E-01	4.25E-01	-2.30E-02	5.10E-02	4.09E-02	1.78E-02	10	X10-P10	2.638105	
11	0.00E+00	7.89E-02	1.23E-02	5.13E-02	-2.23E-02	2.35E-02	4.83E-03	4.20E-03	1.93E-03	1.11E-03	11	X11-P11	3.059346	
12	0.00E+00	3.45E-02	2.62E-02	4.26E-03	1.36E-03	2.12E-04	-3.27E-04	3.27E-04	6.16E-06	1.48E-05	12	X12-P12	3.476045	
13	0.00E+00	3.45E-02	2.62E-02	4.26E-03	1.36E-03	2.12E-04	-3.27E-04	3.27E-04	6.16E-06	1.48E-05	13	X13-P13	3.476045	

(c) 計算係数												(d) 有効径周縁部の曲率半径対準		
面番号	K	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	面番号	X3-P3	曲率半径対準
3	-8.93E-08	3.46E-09	4.39E-09	-1.52E-10	4.51E-12	-7.77E-12	9.94E-12	5.26E-13	3.22E-14	1.00E-14	3	X3-P3	21.48132	
4	-1.88E-01	1.03E-01	-1.16E-02	8.41E-04	-2.30E-04	5.08E-04	-3.33E-04	-1.28E-04	-2.95E-05	2.68E-08	4	X4-P4	2.31229	
5	3.14E-04	2.43E-05	-4.63E-05	-7.72E-05	6.11E-06	1.10E-06	2.01E-06	8.24E-07	-3.84E-07	1.00E-08	5	X5-P5	1.00000	
6	2.43E-07	-7.71E-07	6.08E-08	1.68E-07	-3.92E-08	7.29E-09	3.98E-09	2.17E-04	-2.71E-04	1.00E-08	6	X6-P6	1.00000	
7	-5.06E-01	-1.98E-02	6.58E-01	-1.09E-02	1.98E-02	1.25E-03	-7.05E-02	-2.51E-03	1.00E-03	1.00E-03	7	X7-P7	1.00000	
8	4.51E-03	1.25E-04	-1.65E-04	-7.71E-05	-3.86E-05	-2.23E-05	1.02E-05	2.15E-03	4.10E-04	1.00E-04	8	X8-P8	1.00000	
9	1.53E-03	8.10E-03	-3.60E-03	2.14E-03	6.13E-04	1.72E-03	1.06E-03	1.06E-03	-6.37E-04	1.00E-04	9	X9-P9	1.00000	
10	-1.44E-07	-1.77E-06	-2.65E-06	-2.13E-04	6.10E-05	2.94E-05	4.33E-05	1.84E-05	-2.02E-05	1.00E-05	10	X10-P10	1.00000	
12	-1.04E-03	-3.55E-06	2.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.00E-06	12	X12-P12	1.00000	

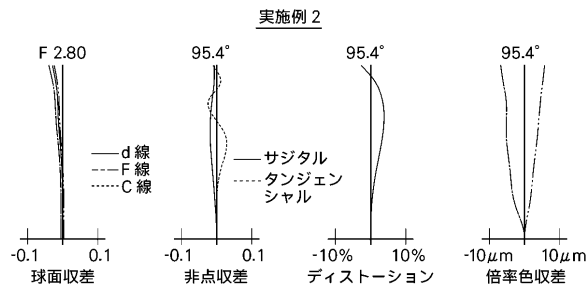
【図 19】

実施例	条件式							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	f_4/f	$(D_4+D_5)/f$	f/f_3	L/f	f_5/f	D_4/f	$\nu d_4/\nu d_5$	D_1/f
1	2.60	3.45	0.18	13.95	-3.14	0.94	2.17	1.45
2	3.10	4.23	0.12	14.58	-2.44	0.94	2.17	1.30
3	2.85	3.33	0.30	13.58	-3.70	0.87	2.17	1.35
4	2.39	3.54	0.16	13.54	-3.12	0.81	1.83	1.64
5	2.91	3.25	0.18	11.97	-2.07	0.81	2.17	0.90
6	4.50	3.71	0.00	14.35	-2.32	0.87	2.17	1.18
7	4.12	3.75	0.00	14.59	-2.41	0.89	2.17	1.27
8	3.40	3.32	0.17	13.83	-1.56	0.91	2.17	1.08
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

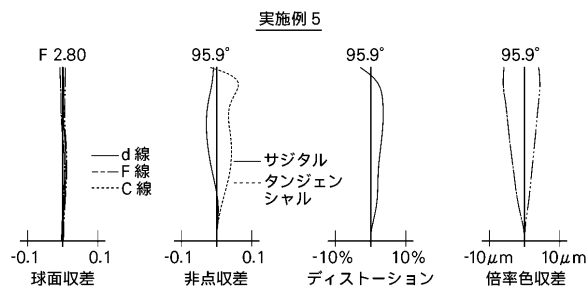
【図 20】



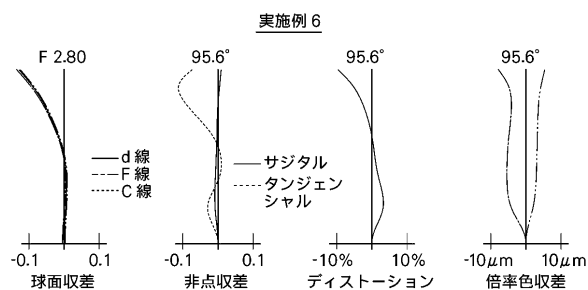
【図 21】



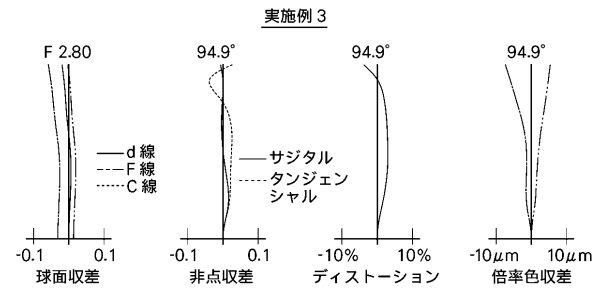
【図 24】



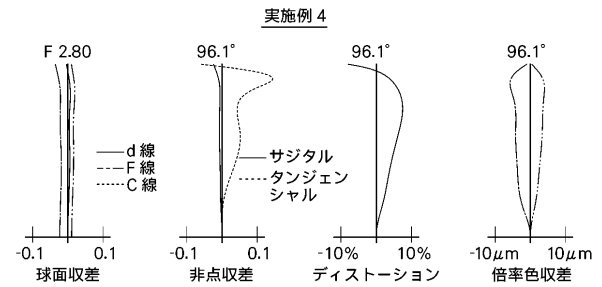
【図 25】



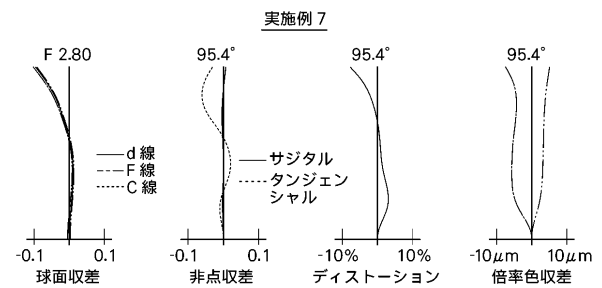
【図 22】



【図 23】



【図 26】



【図 27】

