

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5718528号
(P5718528)

(45) 発行日 平成27年5月13日(2015.5.13)

(24) 登録日 平成27年3月27日(2015.3.27)

(51) Int.Cl. F 1
GO 2 B 13/04 (2006.01) GO 2 B 13/04 D
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

請求項の数 20 (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2014-526740 (P2014-526740)
 (86) (22) 出願日 平成25年7月2日(2013.7.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/004086
 (87) 国際公開番号 W02014/017030
 (87) 国際公開日 平成26年1月30日(2014.1.30)
 審査請求日 平成27年1月7日(2015.1.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-162665 (P2012-162665)
 (32) 優先日 平成24年7月23日(2012.7.23)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 浅見 太郎
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士フイルム株式会社内
 審査官 原田 英信

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、負のパワーを持つ第1レンズ、正のパワーを持つ第2レンズ、負のパワーを持つ第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、正のパワーを持つ第5レンズ、および負のパワーを持つ第6レンズから実質的になり、

開口絞りが前記第4レンズの像側の面より物体側にあり、

前記第3レンズの材質のd線に対するアッベ数が30以下であり、

下記条件式(4)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$f_{56} / f < -6.4 \dots (4)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f₅₆：前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離

【請求項2】

下記条件式(5-1)および(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。

$$-1.5 < f_{34} / f_{56} < 0.0 \dots (5-1)$$

$$0.0 < f_{34} / f \dots (6)$$

ただし、

f₃₄：前記第3レンズと前記第4レンズとの合成焦点距離

f₅₆：前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離

【請求項 3】

前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズ、前記第 5 レンズおよび前記第 6 レンズの材質がプラスチック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】

下記条件式 (7) を満足することを特徴とする請求項 3 記載の撮像レンズ。

$$2.0 < f_{3456} / f \dots (7)$$

ただし、

f_{3456} : 前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズ、前記第 5 レンズおよび前記第 6 レンズの合成焦点距離

【請求項 5】

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 4 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.9 < d_2 / d_3 \dots (8)$$

ただし、

d_2 : 前記第 2 レンズの材質の d 線に対するアッベ数

d_3 : 前記第 3 レンズの材質の d 線に対するアッベ数

【請求項 6】

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 5 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$-2.5 < f_3 / f < -0.5 \dots (9)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_3 : 前記第 3 レンズの焦点距離

【請求項 7】

開口絞りが、前記第 2 レンズ物体側の面と前記第 4 レンズ像側の面との間に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。

【請求項 8】

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 7 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$-3.0 < f_3 / f_4 < -0.2 \dots (10)$$

ただし、

f_3 : 前記第 3 レンズの焦点距離

f_4 : 前記第 4 レンズの焦点距離

【請求項 9】

下記条件式 (11) を満足す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。

$$0.2 < f_{12} / f < 5.0 \dots (11)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_{12} : 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズとの合成焦点距離

【請求項 10】

下記条件式 (12) を満足す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。

$$(Nd_1 + Nd_2 + Nd_3 + Nd_4 + Nd_5 + Nd_6) / 6 < 1.70 \dots (12)$$

ただし、

$Nd_1 \sim Nd_6$: 前記第 1 レンズから前記第 6 レンズの材質の d 線に対する屈折率

【請求項 11】

前記第 4 レンズの物体側の面が非球面であり、中心と有効径端とがともに正のパワーであり、前記有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い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。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記第 1 レンズの材質の d 線に対するアッペ数が 4 0 以上であることを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 3】

前記第 2 レンズの材質の d 線に対するアッペ数が 2 5 以上であることを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 4】

前記第 4 レンズの材質の d 線に対するアッペ数が 4 0 以上であることを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 5】

前記第 5 レンズの材質の d 線に対するアッペ数が 4 0 以上であることを特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 6】

前記第 6 レンズの材質の d 線に対するアッペ数が 3 2 以下であることを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 7】

下記条件式 (4 - 1) を満足することを特徴とする請求項 1 記載の撮像レンズ。

$$f_{56} / f < - 7 . 0 \quad \dots \quad (4 - 1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f₅₆ : 前記第 5 レンズと前記第 6 レンズとの合成焦点距離

【請求項 1 8】

下記条件式 (4 - 2) 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。

$$f_{56} / f < - 7 . 2 \quad \dots \quad (4 - 2)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f₅₆ : 前記第 5 レンズと前記第 6 レンズとの合成焦点距離

【請求項 1 9】

下記条件式 (4 - 3) 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。

$$- 5 0 . 0 < f_{56} / f < - 7 . 2 \quad \dots \quad (4 - 3)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f₅₆ : 前記第 5 レンズと前記第 6 レンズとの合成焦点距離

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 のいずれか 1 項記載の撮像レンズを搭載し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】

【0 0 0 1】

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、およびこの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】

【0 0 0 2】

CCD や CMOS 等の撮像素子は近年非常に小型化および高画素化が進んでいる。それとともに、これら撮像素子を備えた撮像機器本体も小型化が進み、それに搭載される撮像レンズにも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、小型化とともに、安価に構成可能で、広角で高性能であることが求

10

20

30

40

50

められている。

【0003】

下記特許文献1～3には、車載用カメラに搭載される撮像レンズとして、物体側から順に、負、正、負、正、正、負のレンズ配置からなる6枚構成の撮像レンズが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-216858号公報

【特許文献2】特開2010-107531号公報

【特許文献3】特開2010-72622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、さらなる小型化、低コスト化、広角化および高性能化とともに、温度変化によるフォーカスシフトを抑制することが望まれている。

【0006】

本発明は、上記事情に鑑み、小型化、低コスト化、広角化および高性能化、さらには温度変化によるフォーカスシフトの抑制が実現可能な撮像レンズ、およびこの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】

【0007】

本発明の第1の撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持つ第1レンズ、正のパワーを持つ第2レンズ、負のパワーを持つ第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、正のパワーを持つ第5レンズ、および負のパワーを持つ第6レンズからなり、

開口絞りが第4レンズの像側の面より物体側にあり、

下記条件式(4)を満足することを特徴とするものである。

【0008】

$$f_{56} / f < -6.4 \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f₅₆：第5レンズと第6レンズとの合成焦点距離

本発明の第2の撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持つ第1レンズ、正のパワーを持つ第2レンズ、負のパワーを持つ第3レンズ、正のパワーを持つ第4レンズ、正のパワーを持つ第5レンズ、および負のパワーを持つ第6レンズからなり、

第1レンズおよび第2レンズの材質がガラスであり、第3レンズから第6レンズの材質がプラスチックであり、

開口絞りが第4レンズの像側の面より物体側にあり、

下記条件式(5)を満足することを特徴とするものである。

【0009】

$$f_{34} / f_{56} < 0.0 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、

f₃₄：第3レンズと第4レンズとの合成焦点距離

f₅₆：第5レンズと第6レンズとの合成焦点距離

本発明の撮像レンズは、6枚のレンズからなるものであるが、6枚のレンズ以外に、実質的にパワーを持たないレンズ、絞りやカバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子、手ぶれ補正機構等の機構部分等を持つものも含むものであってもよい。

【0010】

10

20

30

40

50

また、本発明においては、凸面、凹面、平面、両凹、メニスカス、両凸、平凸および平凹等といったレンズの面形状、正および負といったレンズの屈折力の符号は、非球面が含まれているものについてはとくに断りのない限り近軸領域で考えるものとする。また、本発明においては、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸面を向けた場合を正、像側に凸面を向けた場合を負とすることにする。「レンズ面の中心が正のパワーを持つ」とは、レンズ面の近軸曲率が、レンズ面が凸面を形成するような値となっていることを意味し、「レンズ面の中心が負のパワーを持つ」とは、レンズ面の近軸曲率が、レンズ面が凹面を形成するような値となっていることを意味する。

【0011】

なお、本発明の第1および第2の撮像レンズにおいては、下記条件式(5-1)および(6)を満足することが好ましい。

【0012】

$$-1.5 < f_{34} / f_{56} < 0.0 \quad \dots \quad (5-1)$$

$$0.0 < f_{34} / f \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

f_{34} : 第3レンズと第4レンズとの合成焦点距離

f_{56} : 第5レンズと第6レンズとの合成焦点距離

なお、本発明の第1の撮像レンズにおいては、第3レンズ、第4レンズ、第5レンズおよび第6レンズの材質をプラスチックとしてもよい。

【0013】

また、本発明の第1および第2の撮像レンズにおいては、開口絞りを、第2レンズ物体側の面と第4レンズ像側の面との間にあるものとしてもよい。

【0014】

また、本発明の第1および第2の撮像レンズにおいては、第4レンズの物体側の面が非球面であり、中心と有効径端とがともに正のパワーであり、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱いものとしてもよい。

【0015】

「有効径端で正のパワーを持つ」とは、有効径端で凸形状であることを意味する。「有効径端で負のパワーを持つ」とは、有効径端で凹形状であることを意味する。

【0016】

「有効径端では中心と比較してパワーが弱い形状」とは、正のパワーおよび負のパワーのいずれの場合であっても、「有効径端では中心と比較してパワーが弱い形状」であることを意味する。

【0017】

上記本発明の第1および第2の撮像レンズにおいては、下記条件式(1)~(3)、(7)~(12)を満足することが好ましい。なお、好ましい態様としては、下記条件式(1)~(3)、(7)~(12)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つ以上を組み合わせた構成を有するものでもよい。

【0018】

$$2.38 < f_5 / f \quad \dots \quad (1)$$

$$-4.1 < R_1 / f < 0.0 \quad \dots \quad (2)$$

$$0 < f_4 / f_5 < 0.45 \quad \dots \quad (3)$$

$$2.0 < f_{3456} / f \quad \dots \quad (7)$$

$$0.9 < d_2 / d_3 \quad \dots \quad (8)$$

$$-2.5 < f_3 / f < -0.5 \quad \dots \quad (9)$$

$$-3.0 < f_3 / f_4 < -0.2 \quad \dots \quad (10)$$

$$0.2 < f_{12} / f < 5.0 \quad \dots \quad (11)$$

$$(Nd_1 + Nd_2 + Nd_3 + Nd_4 + Nd_5 + Nd_6) / 6 < 1.70 \quad \dots \quad (12)$$

ただし、

10

20

30

40

50

f : 全系の焦点距離

R 1 : 第 1 レンズ物体側の面の曲率半径

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 1 2 : 第 1 レンズおよび第 2 レンズの合成焦点距離

f 3 4 5 6 : 第 3 レンズ、第 4 レンズ、第 5 レンズおよび第 6 レンズの合成焦点距離

N d 1 ~ N d 6 : 第 1 レンズから第 6 レンズの材質の d 線に対する屈折率

d 2 : 第 2 レンズの材質の d 線に対するアッベ数

d 3 : 第 3 レンズの材質の d 線に対するアッベ数

10

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の第 1 および第 2 の撮像レンズの少なくともいずれか 1 つを搭載したことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0019】

本発明の第 1 の撮像レンズによれば、最小 6 枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置および開口絞りの配置等を好適に設定し、条件式(4)を満足するようにしているため、小型化、低コスト化および広角化を達成できるとともに、第 5 レンズおよび第 6 レンズをプラスチックにより作製した場合に、温度変化によるフォーカスシフトを抑制することができ、さらには諸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。

20

【0020】

本発明の第 2 の撮像レンズによれば、最小 6 枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、レンズの材質および開口絞りの配置等を好適に設定し、条件式(5)を満足するようにしているため、小型化、低コスト化および広角化を達成できるとともに、温度変化によるフォーカスシフトを抑制することができ、さらには諸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。

【0021】

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、小型で安価に構成でき、広い画角での撮影が可能であり、解像度の高い良好な像を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図 1】本発明の一実施形態に係る撮像レンズの構成と光路を示す図

【図 2】第 4 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

【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】本発明の実施例 6 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

40

【図 9】本発明の実施例 7 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 10】本発明の実施例 8 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 11】本発明の実施例 9 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 12】本発明の実施例 10 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 13】本発明の実施例 11 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 14】本発明の実施例 12 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 15】本発明の実施例 13 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 16】本発明の実施例 14 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 17】本発明の実施例 15 の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【図 18】図 18 (A) ~ 図 18 (D) は本発明の実施例 1 の撮像レンズの各収差図

50

【図19】図19(A)～図19(D)は本発明の実施例2の撮像レンズの各収差図
 【図20】図20(A)～図20(D)は本発明の実施例3の撮像レンズの各収差図
 【図21】図21(A)～図21(D)は本発明の実施例4の撮像レンズの各収差図
 【図22】図22(A)～図22(D)は本発明の実施例5の撮像レンズの各収差図
 【図23】図23(A)～図23(D)は本発明の実施例6の撮像レンズの各収差図
 【図24】図24(A)～図24(D)は本発明の実施例7の撮像レンズの各収差図
 【図25】図25(A)～図25(D)は本発明の実施例8の撮像レンズの各収差図
 【図26】図26(A)～図26(D)は本発明の実施例9の撮像レンズの各収差図
 【図27】図27(A)～図27(D)は本発明の実施例10の撮像レンズの各収差図
 【図28】図28(A)～図28(D)は本発明の実施例11の撮像レンズの各収差図
 【図29】図29(A)～図29(D)は本発明の実施例12の撮像レンズの各収差図
 【図30】図30(A)～図30(D)は本発明の実施例13の撮像レンズの各収差図
 【図31】図31(A)～図31(D)は本発明の実施例14の撮像レンズの各収差図
 【図32】図32(A)～図32(D)は本発明の実施例15の撮像レンズの各収差図
 【図33】本発明の実施形態に係る車載用の撮像装置の配置を説明するための図 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。

10

【0023】

〔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係る撮像レンズについて説明する。図1は、本発明の実施形態に係る撮像レンズ1の構成と光路を示す図である。なお、図1に示す撮像レンズ1は後述する本発明の実施例1に係る撮像レンズに対応するものである。

20

【0024】

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も併せて示してある。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 P_{im} を含む像面 S_{im} 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。

【0025】

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 S_{im})との間に配置した例を示している。

30

【0026】

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の実施形態に係る撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持つ第1レンズL1、正のパワーを持つ第2レンズL2、負のパワーを持つ第3レンズL3、正のパワーを持つ第4レンズL4、正のパワーを持つ第5レンズL5、および負のパワーを持つ第6レンズL6を備える。また、図1に示す例では、第4レンズL4の像側の面より物体側、より具体的には第2レンズL2と第3レンズL3との間に開口絞りStが配置されている。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。

40

【0027】

また、第1の実施形態の撮像レンズは、下記条件式(4)を満足するように構成されている。

【0028】

$$f_{56} / f < -6.4 \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f_{56} ：第5レンズL5と第6レンズL6との合成焦点距離

条件式(4)の上限を満足することで、第5レンズL5と第6レンズL6との合成パワ

50

ーを負のパワーとしながら、そのパワーが強くなりすぎるのを抑えることが容易となり、像面湾曲の補正が容易となるとともに、光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることが容易となる。また、第5レンズL5と第6レンズL6との合成パワーを抑えることが容易となるため、第5レンズL5および第6レンズL6をプラスチックにより作製した場合に、温度変化によるフォーカスシフトを抑えることが容易となる。

【0029】

第1の実施形態の撮像レンズは、最小6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4レンズL4の像側の面よりも物体側に配置しているため、各レンズのレンズ径を小型化することが容易となる。また、温度変化によるフォーカスシフトを抑制することができ、さらには諸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。

10

【0030】

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の実施形態に係る撮像レンズは、物体側から順に、負のパワーを持つ第1レンズL1、正のパワーを持つ第2レンズL2、負のパワーを持つ第3レンズL3、正のパワーを持つ第4レンズL4、正のパワーを持つ第5レンズL5、および負のパワーを持つ第6レンズL6を備える。また、図1に示す例では、第4レンズL4の像側の面より物体側、より具体的には第2レンズL2と第3レンズL3との間に開口絞りStが配置されている。また、第3レンズL3から第6レンズL6の材質がプラスチックである。

20

【0031】

また、第2の実施形態の撮像レンズは、下記条件式(5)を満足するように構成されている。

【0032】

$$f_{34} / f_{56} < 0.0 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、

f_{34} : 第3レンズL3と第4レンズL4との合成焦点距離

f_{56} : 第5レンズL5と第6レンズL6との合成焦点距離

条件式(5)の上限を満足することで、条件式(5)が負の値となる。このため、 f_{34} および f_{56} の一方を正、他方を負とすることができ、温度変化時に正負のパワーを打ち消しあうことで、温度変化によるフォーカスシフトを抑えることが容易となる。

30

【0033】

第2の実施形態の撮像レンズは、最小6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4レンズL4の像側の面よりも物体側に配置しているため、各レンズのレンズ径を小型化することが容易となる。また、第3から第6レンズの材質をプラスチックとしているため、レンズ系を安価に構成できる。また、温度変化によるフォーカスシフトを抑制することができ、さらには諸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

【0034】

次に、本発明の上記第1および第2の実施形態に係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説明する。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つ以上を組み合わせた構成を有するものでもよい。

【0035】

下記条件式(1)を満足することが好ましい。

【0036】

$$2.38 < f_5 / f \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

50

f₅ : 第5レンズL₅の焦点距離

条件式(1)の下限を満足することで、第5レンズL₅のパワーを抑えることができ、バックフォーカスの確保が容易となるとともに、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。バックフォーカスを十分に確保することで、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等を配置することが容易となるとともに、射出瞳位置を像面から遠くすることが容易となり、周辺光線が撮像素子に入射する角度を抑えることが容易となり、シェーディングを抑えることが容易となる。

【0037】

下記条件式(2)を満足することが好ましい。

【0038】

$$-4.1 < R1 / f < 0.0 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

R₁ : 第1レンズL₁の物体側の面の曲率半径

条件式(2)の上限を満足することで、第1レンズL₁の物体側の面を凹面とすることができ、第1レンズL₁のパワーを強くすることが容易となり、バックフォーカスの確保が容易となるとともに、レンズ系の径方向の小型化が容易となる。条件式(2)の下限を満足することで、第1レンズL₁の物体側の面の曲率半径が小さくなりすぎるのを抑えることが容易となり、ディストーションを抑えることが容易となるとともに、全長が長くなりすぎるのを抑えることが容易となる。

【0039】

下記条件式(3)を満足することが好ましい。

【0040】

$$0 < f4 / f5 < 0.45 \quad \dots \quad (3)$$

ただし、

f₄ : 第4レンズL₄の焦点距離

f₅ : 第5レンズL₅の焦点距離

条件式(3)の上限を満足することで、第5レンズL₅と比べて第4レンズL₄のパワーを強くすることが容易となる。第4レンズL₄のパワーを強くすることで、第3レンズL₃と第4レンズL₄との間で色収差の補正が容易となるとともに、第5レンズL₅のパワーを抑えることができ、バックフォーカスの確保が容易となるとともに、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。条件式(3)の下限が0となると、第4レンズL₄のパワーが強くなりすぎるか、第5レンズL₅のパワーが弱くなりすぎてしまい、球面収差の補正が困難となる。条件式(3)の下限を満足することで、第4レンズL₄のパワーを抑えることが容易となるか、第5レンズL₅のパワーが弱くなりすぎるのを抑えることが容易となり、球面収差の補正が容易となる。

【0041】

下記条件式(5-1)および(6)を満足することが好ましい。

【0042】

$$-1.5 < f34 / f56 < 0.0 \quad \dots \quad (5-1)$$

$$0.0 < f34 / f \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

f₃₄ : 第3レンズL₃と第4レンズL₄との合成焦点距離

f₅₆ : 第5レンズL₅と第6レンズとL₆の合成焦点距離

条件式(6)を満足することでf₃₄を正の値とすることができる。条件式(5-1)の上限と条件式(6)とを同時に満足することで、f₃₄を正の値、f₅₆を負の値とすることができ、温度変化によるフォーカスシフトを抑えることが容易となる。さらに、条件式(5-1)の下限を満足することで、f₃₄の正のパワーを強くすることが容易となるため、フォーカスシフトの抑制がさらに容易となるとともに、像面湾曲の補正が容易となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

第1の実施形態の撮像レンズにおいては、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の材質がプラスチックであることが好ましい。これにより、レンズを安価に構成することができる。

【 0 0 4 4 】

下記条件式(7)を満足することが好ましい。

【 0 0 4 5 】

$$2.0 < f_{3456} / f \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

f_{3456} : 第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の合成焦点距離

10

条件式(7)の下限を満足することで、第3レンズL3から第6レンズL6までの合成パワーが、正のパワーで強くなりすぎるのを抑えることが容易となり、バックフォーカスの確保が容易となる。

【 0 0 4 6 】

また、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の材質がプラスチックであり、上記条件式(7)を満足することが好ましい。これにより、プラスチックレンズの合成焦点距離が正のパワーで強くなりすぎるのを抑えることが容易となり、フォーカスシフトを抑えるのが容易となる。

【 0 0 4 7 】

下記条件式(8)を満足することが好ましい。

【 0 0 4 8 】

$$0.9 < d_2 / d_3 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

d_2 : 第2レンズL2の材質のd線に対するアッベ数

d_3 : 第3レンズL3の材質のd線に対するアッベ数

第3レンズL3のアッベ数を小さくすると、軸上の色収差の補正に対して有利となる。条件式(8)の下限を満足することで、第2レンズL2および第3レンズL3の材質のアッベ数の比率のバランスをとることが容易となり、色収差の補正が容易となる。

20

【 0 0 4 9 】

下記条件式(9)を満足することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

$$-2.5 < f_3 / f < -0.5 \quad \dots \quad (9)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_3 : 第3レンズL3の焦点距離

条件式(9)の下限を満足することで、第3レンズL3のパワーを強くすることが容易となり、軸上の色収差を抑えることが容易となる。条件式(9)の上限を満足することで、第3レンズL3の誤差感度を抑えることが容易となり、軸ズレ等に強いレンズを作成することが容易となる。

30

40

【 0 0 5 1 】

開口絞りStが、第4レンズL4の像側の面より物体側にあることが好ましい。開口絞りStを第4レンズL4より物体側に配置することで、レンズ径を小型化することが容易となる。開口絞りStは、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置されることが好ましい。これにより、第1レンズL1の小型化が容易となる。例えば車載カメラ用レンズとして使用される場合、車の外観を良くするため外部に露出するレンズ面を小さくしたいという要求がある。開口絞りStを第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置することで、外部に露出するレンズを小さくすることができ、車の外観を良くすることが容易となる。

【 0 0 5 2 】

50

開口絞り S_t は、第2レンズ L_2 と第3レンズ L_3 との間もしくは第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 との間に配置されることが好ましい。これにより、開口絞り S_t の前側のレンズと後側のレンズとのレンズ径のバランスが良くなり、レンズの最大径を抑えることが容易となることで、レンズを小型化することが容易となる。また、開口絞り S_t を第2レンズ L_2 と第3レンズ L_3 との間に配置することで、開口絞り S_t の前後のレンズのレンズ径のバランスを保ちながら、光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることも容易となり、シェーディングを抑えることが容易となる。

【0053】

下記条件式(10)を満足することが好ましい。

【0054】

$$-3.0 < f_3 / f_4 < -0.2 \quad \dots \quad (10)$$

ただし、

f_3 : 第3レンズ L_3 の焦点距離

f_4 : 第4レンズ L_4 の焦点距離

条件式(10)の上限および下限を満足することで、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 とのパワーのバランスをとることができ、色収差の補正が容易となる。条件式(10)の上限を満足することで、第3レンズ L_3 のパワーが強くなりすぎるのを防ぐことができ、これにより、像面湾曲の補正が容易となるか、第4レンズ L_4 のパワーが弱くなりすぎるのを防ぐことができ、これにより、球面収差および像面湾曲の補正が容易となる。条件式(10)の下限を満足することで、第3レンズ L_3 のパワーが弱くなりすぎるのを防ぐことができ、これにより、軸上の色収差の補正が容易となるか、第4レンズ L_4 のパワーが強くなりすぎるのを防ぐことができ、これにより、球面収差の補正およびバックフォーカスの確保が容易となる。

【0055】

下記条件式(11)を満足することが好ましい。

【0056】

$$0.2 < f_{12} / f < 5.0 \quad \dots \quad (11)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_{12} : 第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 との合成焦点距離

条件式(11)の上限を満足することで、第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 との合成パワーを強くすることが容易となり、球面収差および像面湾曲の補正が容易となる。条件式(11)の下限を満足することで、第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 との合成パワーが正のパワーで強くなりすぎるのを抑えることが容易となり、像面湾曲の補正が容易となる。

【0057】

第1レンズ L_1 から第6レンズ L_6 の材質の d 線に対する屈折率 $N_{d1} \sim N_{d6}$ のうち、1.8を超えるものが3つ以下であることが好ましい。屈折率が1.8を超えるとレンズの材料コストが高くなる。このため屈折率が1.8を超えるものは3つ以下とすることが好ましく、2つ以下とすることがさらに好ましく、1つ以下とすることがさらに好ましい。

【0058】

下記条件式(12)を満足することが好ましい。

【0059】

$$(N_{d1} + N_{d2} + N_{d3} + N_{d4} + N_{d5} + N_{d6}) / 6 < 1.70 \quad \dots \quad (12)$$

ただし、

$N_{d1} \sim N_{d6}$: 第1レンズ L_1 から第6レンズ L_6 の材質の d 線に対する屈折率

条件式(12)の上限を満足することで、各レンズの屈折率を抑えることが容易となり、材質のコストを下げる事が容易となる。

【0060】

第1レンズ L_1 から第6レンズ L_6 の材質の d 線に対する屈折率 $N_{d1} \sim N_{d6}$ のうち

10

20

30

40

50

、1.8を超えるものが3つ以下であるとともに、条件式(12)を満足することが好ましい。これにより、各レンズの屈折率を抑えることが容易となり、材質のコストを下げることがさらに容易となる。

【0061】

下記条件式(13)を満足することが好ましい。

【0062】

$$2.0 < L / f < 7.0 \quad \dots \quad (13)$$

ただし、

L：第1レンズL1の物体側の面から像面までの距離（バックフォーカス分は空気換算長）

f：全系の焦点距離

条件式(13)の上限を超えると、レンズ全長が長くなり、小型化が困難となる。条件式(13)の下限を超えると、広角化が困難となるか、全長が短くなりすぎてしまい、各レンズが薄くなり、製造が困難となるかコストアップの原因となる。

【0063】

下記条件式(14)を満足することが好ましい。

【0064】

$$0.3 < B f / f < 1.5 \quad \dots \quad (14)$$

ただし、

Bf：第6レンズL6の像側の面から像面までの距離（空気換算長）

f：全系の焦点距離

条件式(14)の上限を超えると、バックフォーカスが長くなり、レンズ系が大型化してしまう。条件式(14)の下限を超えると、バックフォーカスが短くなりすぎてしまい、レンズ系と撮像素子の間に各種フィルタやカバーガラス等を配置することが困難となる。

【0065】

なお、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と最も像側のレンズ（第6レンズL6）の像側の面から像面までの光軸上の距離Bfに関しては、最も像側のレンズから像面までの間に距離は空気換算したものを使用することとする（カバーガラスや各種フィルタが入っていた場合、その分は空気換算して計算する）。

【0066】

下記条件式(15)を満足することが好ましい。

【0067】

$$45.0 < (d2 + d4 + d5) / 3 \quad \dots \quad (15)$$

ただし、

d2：第2レンズL2の材質のd線に対するアッペ数

d4：第4レンズL4の材質のd線に対するアッペ数

d5：第5レンズL5の材質のd線に対するアッペ数

条件式(15)の下限を満足することで、各レンズのアッペ数を大きくすることが容易となり、軸上色収差および倍率の色収差の補正が容易となる。

【0068】

なお、上記の作用効果を高めるためには、上記の各条件式について、さらに以下のように上限を追加したり、下限または上限を変更したりしたものを満足することが好ましい。また、好ましい態様としては、以下に述べる下限の変更値と上限の変更値とを組み合わせる条件式を満足するものでもよい。下記に例として好ましい条件式の変更例を述べるが、条件式の変更例は下記に式として記載されたものに限定されず、記載された変更値を組み合わせたものとしてもよい。

【0069】

条件式(1)に上限を設けることが好ましく、上限としては30.0が好ましい。これにより、第5レンズL5のパワーが弱くなりすぎるのを抑えることが容易となり、球面収

10

20

30

40

50

差の補正が容易となる。さらに球面収差の補正を容易とするためには、条件式(1)の上限は20.0とすることが好ましく、17.0とすることがより好ましく、8.0とすることがさらに好ましい。条件式(1)の下限は2.5とすることが好ましく、3.0とすることがより好ましく、3.2とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(1-1)~(1-3)を満足することがより好ましい。

【0070】

$$2.5 < f_5 / f < 20.0 \quad \dots \quad (1-1)$$

$$3.0 < f_5 / f < 17.0 \quad \dots \quad (1-2)$$

$$3.2 < f_5 / f < 17.0 \quad \dots \quad (1-3)$$

条件式(2)の上限は-1.0とすることが好ましく、これにより、第1レンズL1のパワーを強くすることがさらに容易となり、バックフォーカスの確保が容易となるとともに、レンズ系の径方向の小型化が容易となる。なお、-2.0とすることがより好ましく、-2.5とすることがさらに好ましい。また、条件式(2)の下限は-3.9とすることが好ましく、-3.8とすることがより好ましく、-3.7とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(2-1)~(2-3)を満足することがより好ましい。

【0071】

$$-3.9 < R_1 / f < -1.0 \quad \dots \quad (2-1)$$

$$-3.9 < R_1 / f < -2.0 \quad \dots \quad (2-2)$$

$$-3.8 < R_1 / f < -2.5 \quad \dots \quad (2-3)$$

条件式(3)の上限は0.40とすることが好ましく、0.35とすることがより好ましく、0.30とすることがさらに好ましい。また、条件式(3)の下限は0.02とすることが好ましく、これにより、第4レンズL4のパワーを抑えることが容易となるか、第5レンズL5のパワーが弱くなりすぎるのを抑えることが容易となり、球面収差の補正が容易となる。なお、条件式(3)の下限は0.05とすることがより好ましい。上記より、例えば下記条件式(3-1)~(3-3)を満足することがより好ましい。

【0072】

$$0.02 < f_4 / f_5 < 0.40 \quad \dots \quad (3-1)$$

$$0.02 < f_4 / f_5 < 0.35 \quad \dots \quad (3-2)$$

$$0.05 < f_4 / f_5 < 0.35 \quad \dots \quad (3-3)$$

条件式(4)の上限は-7.0とすることが好ましく、-7.2とすることがより好ましく、-7.5とすることがさらに好ましい。条件式(4)に下限を設けることが好ましく、下限としては-100.0が好ましい。これにより、第5レンズL5と第6レンズL6との合成のパワーが負でありながら、弱くなりすぎるのを抑えることで、像面湾曲の補正が容易となる。さらに像面湾曲の補正を容易とするためには、条件式(4)の下限は-50.0とすることが好ましく、-45.0とすることがより好ましく、-20.0とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(4-1)~(4-3)を満足することがより好ましい。

【0073】

$$f_{56} / f < -7.0 \quad \dots \quad (4-1)$$

$$f_{56} / f < -7.2 \quad \dots \quad (4-2)$$

$$-50.0 < f_{56} / f < -7.2 \quad \dots \quad (4-3)$$

条件式(5)の上限は-0.02とすることが好ましく、-0.04とすることがより好ましく、-0.06とすることがさらに好ましい。条件式(6)を満足する場合において、条件式(5)に下限を設けることが好ましく、下限は-1.5とすることが好ましい。これにより、 f_{34} の正のパワーを強くすることが容易となるため、フォーカスシフトの抑制がさらに容易となるとともに、像面湾曲の補正が容易となる。さらにフォーカスシフトの抑制および像面湾曲の補正を容易とするためには、条件式(5)の下限は-1.2とすることが好ましく、-1.0とすることがより好ましく、-0.9とすることがさらに好ましく、-0.7とすることがさらに好ましく、-0.6とすることがよりいっ

10

20

30

40

50

そう好ましい。上記より、例えば下記条件式(5-2)~(5-4)を満足することがより好ましい。

【0074】

$$\begin{aligned} -0.9 < f_{34} / f_{56} < 0.0 & \dots (5-2) \\ -1.2 < f_{34} / f_{56} < -0.05 & \dots (5-3) \\ -0.7 < f_{34} / f_{56} < -0.02 & \dots (5-4) \end{aligned}$$

条件式(7)に上限を設けることが好ましく、上限は6.0とすることが好ましい。これにより、第3レンズL3から第6レンズL6の合成のパワーが弱くなりすぎるのを防ぐことができ、光線が撮像面に入射する角度を抑えることが容易となるとともに、像面湾曲の補正が容易となる。条件式(7)の上限は5.0とすることが好ましく、4.0とすることがより好ましい。条件式(7)の下限は2.5とすることが好ましく、2.7とすることがより好ましく、2.8とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(7-1)~(7-3)を満足することがより好ましい。

【0075】

$$\begin{aligned} 2.5 < f_{3456} / f < 6.0 & \dots (7-1) \\ 2.5 < f_{3456} / f < 5.0 & \dots (7-2) \\ 2.7 < f_{3456} / f < 4.0 & \dots (7-3) \end{aligned}$$

条件式(8)に上限を設けることが好ましく、条件式(8)の上限は3.5とすることが好ましい。これにより、第3レンズL3のアップ数が小さくなりすぎるか、第2レンズL2のアップ数が大きくなりすぎて、コストが高くなるのを抑えるのが容易となる。また、第3レンズL3のアップ数が小さくなることで第3レンズL3の屈折率が高くなり、第3レンズL3のパワーが強くなりすぎるのを防ぐことができ、像面湾曲の補正が容易となる。条件式(8)の上限は3.0とすることが好ましく、2.5とすることがより好ましい。条件式(8)の下限は1.0とすることが好ましく、1.2とすることがより好ましく、1.5とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(8-1)~(8-3)を満足することがより好ましい。

【0076】

$$\begin{aligned} 1.0 < d_2 / d_3 < 3.5 & \dots (8-1) \\ 1.2 < d_2 / d_3 < 3.0 & \dots (8-2) \\ 1.5 < d_2 / d_3 < 2.5 & \dots (8-3) \end{aligned}$$

条件式(9)の上限は-0.6とすることが好ましく、-0.7とすることがより好ましく、-0.8とすることがさらに好ましい。条件式(9)の下限は-2.2とすることが好ましく、-2.0とすることがより好ましく、-1.8とすることがさらに好ましく、-1.7とすることがさらにより好ましい。上記より、例えば下記条件式(9-1)~(9-3)を満足することがより好ましい。

【0077】

$$\begin{aligned} -2.2 < f_3 / f < -0.6 & \dots (9-1) \\ -2.0 < f_3 / f < -0.7 & \dots (9-2) \\ -1.8 < f_3 / f < -0.8 & \dots (9-3) \end{aligned}$$

条件式(10)の上限は-0.5とすることが好ましく、-0.7とすることがより好ましく、-0.8とすることがさらに好ましい。条件式(10)の下限は-2.5とすることが好ましく、-2.0とすることがより好ましく、-1.8とすることがさらに好ましく、-1.7とすることがさらにより好ましい。上記より、例えば下記条件式(10-1)~(10-3)を満足することがより好ましい。

【0078】

$$\begin{aligned} -2.5 < f_3 / f_4 < -0.5 & \dots (10-1) \\ -2.0 < f_3 / f_4 < -0.7 & \dots (10-2) \\ -1.8 < f_3 / f_4 < -0.8 & \dots (10-3) \end{aligned}$$

条件式(11)の上限は4.0とすることが好ましく、3.0とすることがより好ましく、2.0とすることがさらに好ましい。条件式(11)の下限は0.5とすることが好

10

20

30

40

50

ましく、0.8とすることがより好ましく、1.0とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(11-1)~(11-3)を満足することがより好ましい。

【0079】

$$0.5 < f_{12} / f < 4.0 \quad \dots \quad (11-1)$$

$$0.8 < f_{12} / f < 3.0 \quad \dots \quad (11-2)$$

$$1.0 < f_{12} / f < 2.0 \quad \dots \quad (11-3)$$

条件式(12)の上限は1.68とすることが好ましく、1.64とすることがより好ましい。条件式(12)に下限を設けることが好ましく、条件式(12)の下限は1.50とすることが好ましい。これにより、第1レンズL1から第6レンズL6の材質のd線に対する屈折率が小さくなりすぎるのを防ぐことができ、各レンズのパワーを大きくすることが容易となり、レンズの小型化が容易となる。条件式(12)の下限は1.55とすることが好ましく、1.57とすることがより好ましい。上記より、例えば下記条件式(12-1)~(12-3)を満足することがより好ましい。

【0080】

$$1.50 < (Nd_1 + Nd_2 + Nd_3 + Nd_4 + Nd_5 + Nd_6) / 6 < 1.70 \quad \dots \quad (12-1)$$

$$1.55 < (Nd_1 + Nd_2 + Nd_3 + Nd_4 + Nd_5 + Nd_6) / 6 < 1.68 \quad \dots \quad (12-2)$$

$$1.57 < (Nd_1 + Nd_2 + Nd_3 + Nd_4 + Nd_5 + Nd_6) / 6 < 1.64 \quad \dots \quad (12-3)$$

条件式(13)の上限は6.0とすることが好ましく、5.0とすることがより好ましく、4.5とすることがさらに好ましい。条件式(13)の下限は2.5とすることが好ましく、2.8とすることがより好ましく、3.0とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(13-1)~(13-3)を満足することがより好ましい。

【0081】

$$2.5 < L / f < 6.0 \quad \dots \quad (13-1)$$

$$2.8 < L / f < 5.0 \quad \dots \quad (13-2)$$

$$3.0 < L / f < 4.5 \quad \dots \quad (13-3)$$

条件式(14)の下限は0.5とすることが好ましく、0.6とすることがより好ましく、0.65とすることがさらに好ましい。条件式(14)の上限は1.2とすることが好ましく、1.0とすることがより好ましく、0.9とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(14-1)~(14-3)を満足することがより好ましい。

【0082】

$$0.5 < Bf / f < 1.5 \quad \dots \quad (14-1)$$

$$0.6 < Bf / f < 1.2 \quad \dots \quad (14-2)$$

$$0.6 < Bf / f < 1.0 \quad \dots \quad (14-3)$$

条件式(15)に上限を設けることが好ましく、上限としては60.0とすることが好ましい。これにより、第2レンズL2、第4レンズL4および第5レンズL5の材質のd線に対するアッベ数が大きくなりすぎるのを抑えることで、材質の屈折率を高くすることが容易となるとともに、各レンズのパワーを強くすることで、レンズ径の小型化が容易となる。また、材質のアッベ数が大きくなりすぎて硝材のコストが高くなるのを抑えることが容易となる。条件式(15)の上限は58.0とすることが好ましく、56.0とすることがより好ましい。条件式(15)の下限は47.0とすることが好ましく、49.0とすることがより好ましく、50.0とすることがさらに好ましく、51.0とすることがさらに好ましい。上記より、例えば下記条件式(15-1)~(15-3)を満足することがより好ましい。

【0083】

$$47.0 < (d_2 + d_4 + d_5) / 3 \quad \dots \quad (15-1)$$

$$49.0 < (d_2 + d_4 + d_5) / 3 < 60.0 \quad \dots \quad (15-2)$$

$$51.0 < (d_2 + d_4 + d_5) / 3 < 58.0 \quad \dots \quad (15-3)$$

第1レンズL1の材質のd線に対するアッペ数は40以上とすることが好ましく、これにより、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。また、50以上とすることがより好ましく、55以上とすることがさらに好ましい。

【0084】

第2レンズL2の材質のd線に対するアッペ数は25以上とすることが好ましく、これにより、軸上の色収差を良好に補正することが可能となる。また、35以上とすることがより好ましく、40以上とすることがさらに好ましい。

【0085】

第3レンズL3の材質のd線に対するアッペ数は35以下とすることが好ましく、これにより、軸上の色収差を良好に補正することが可能となる。また、30以下とすることがより好ましく、28以下とすることがさらに好ましく、26以下とすることがさらに好ましい。

10

【0086】

第4レンズL4の材質のd線に対するアッペ数は40以上とすることが好ましく、これにより、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。また、50以上とすることがより好ましく、55以上とすることがさらに好ましい。

【0087】

第5レンズL5の材質のd線に対するアッペ数は40以上とすることが好ましく、これにより、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。また、50以上とすることがより好ましく、52以上とすることがさらに好ましい。

20

【0088】

第6レンズL6の材質のd線に対するアッペ数を32以下とすることが好ましく、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。また、26以下とすることがより好ましく、25以下とすることがさらに好ましい。

【0089】

第4レンズL4の少なくとも片側の面を非球面とすることが好ましい。第4レンズL4の少なくとも片側の面を非球面とすることで、像面湾曲および球面収差を補正することが容易となり、良好な解像性能を得ることが可能となる。第4レンズL4は両面を非球面とすることがより好ましい。

【0090】

30

第4レンズL4の物体側の面を非球面とすることが好ましい。第4レンズL4の物体側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第4レンズL4をこのような形状とすることで、球面収差および像面湾曲の補正が容易となる。

【0091】

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。

40

【0092】

また、非球面の形状に関して、各レンズのレンズ面 i (i は該当するレンズ面を表す記号である。例えば、第4レンズL4の物体側の面が8で表されるとき、第4レンズL4の物体側の面に関する以下の説明は $i=8$ として考えることができる)上のある点を X_i として、その点での法線と光軸との交点を P_i とすると、 $X_i - P_i$ の長さ($|X_i - P_i|$)を X_i 点での曲率半径の絶対値 $|R_{X_i}|$ とし、 P_i をその点 X_i での曲率中心と定義する。また、第 i レンズ面と光軸の交点を Q_i とする。このとき点 X_i でのパワーは点 P_i が点 Q_i を基準として物体側、像側のいずれの側にあるかで定義する。物体側の面においては点 P_i が点 Q_i より像側にある場合を正のパワー、点 P_i が点 Q_i より物体側に

50

ある場合を負のパワーと定義し、像側の面においては点 P_i が点 Q_i より物体側にある場合を正のパワー、点 P_i が点 Q_i より像側にある場合を負のパワーと定義する。

【0093】

中心と点 X_i とのパワーを比較する場合、中心の曲率半径（近軸の曲率半径）の絶対値と、点 X_i での曲率半径の絶対値 $|R_{X_i}|$ とを比較し、近軸の曲率半径絶対値より $|R_{X_i}|$ が小さくなっている場合、中心と比較して点 X_i のパワーは強くなっているものとする。逆に近軸の曲率半径絶対値より $|R_{X_i}|$ が大きくなっている場合、中心と比較して点 X_i のパワーは弱くなっているものとする。これは面が正のパワーである場合も負のパワーである場合も同様である。

【0094】

ここで、図2を参照しながら、上記の第4レンズL4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 Q_8 は、第4レンズL4の物体側の面の中心であり、第4レンズL4の物体側の面と光軸Zとの交点である。また図2において、第4レンズL4の物体側の面上の点 X_8 は有効径端にあり、軸外光束3に含まれる最も外側の光線6と第4レンズL4の物体側の面との交点となっている。図2では点 X_8 は有効径端にあるが、点 X_8 は第4レンズ物体側の面上の任意の点であるため、他の点でも同様に考えることができる。

【0095】

このとき、点 X_8 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 P_8 とし、点 X_8 と点 P_8 を結ぶ線分 $X_8 - P_8$ を点 X_8 での曲率半径 R_{X_8} と定義し、線分 $X_8 - P_8$ の長さ $|X_8 - P_8|$ を曲率半径 R_{X_8} の絶対値 $|R_{X_8}|$ と定義する。すなわち、 $|X_8 - P_8| = |R_{X_8}|$ である。また、点 Q_8 での曲率半径、すなわち、第4レンズL4の物体側の面の中心の曲率半径を R_8 とし、その絶対値を $|R_8|$ とする（図2では不図示）。

【0096】

第4レンズL4の物体側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、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 X_8 を有効径端とした場合に、点 Q_8 を含む近軸領域で凸形状であり、点 P_8 が点 Q_8 より像側にあり、かつ、点 X_8 での曲率半径の絶対値 $|R_{X_8}|$ が点 Q_8 での曲率半径の絶対値 $|R_8|$ よりも大きい形状を意味する。

【0097】

第5レンズL5の少なくとも片側の面を非球面とすることが好ましい。第5レンズL5の少なくとも片側の面を非球面とすることで、像面湾曲および球面収差を補正することが容易となり、良好な解像性能を得ることが可能となる。第5レンズL5は両面を非球面とすることがより好ましい。

【0098】

第5レンズL5の物体側の面を非球面とすることが好ましい。第5レンズL5の物体側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状、もしくは中心が負のパワーを持ち、有効径端では正のパワーを持つ形状とすることが好ましい。第5レンズL5をこのような形状とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

【0099】

第5レンズL5の物体側の面上の形状は、図2を用いて説明した第4レンズL4の物体側の面の形状と同様に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5レンズL5の物体側の面上のある点を X_{10} とし、その点での法線と光軸Zとの交点を点 P_{10} とするとき、点 X_{10} と点 P_{10} とを結ぶ線分 $X_{10} - P_{10}$ を点 X_{10} での曲率半径とし、点 X_{10} と点 P_{10} とを結ぶ線分の長さ $|X_{10} - P_{10}|$ を点 X_{10} での曲率半径の絶対値 $|R_{X_{10}}|$ とする。よって、 $|X_{10} - P_{10}| = |R_{X_{10}}|$ となる。また、第5レンズL5の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第5レンズL5の物体側の面の中心を点 Q_{10} とする。そして、点 Q_{10} での曲率半径の絶対値を $|R$

10

20

30

40

50

10 | とする。

【0100】

第5レンズL5の物体側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、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X10を有効径端とした場合に、点Q10を含む近軸領域で凸形状であり、点P10が点Q10より像側にあり、かつ、点X10での曲率半径の絶対値 $|R_{X10}|$ が点Q10での曲率半径の絶対値 $|R_{10}|$ よりも小さい形状を意味する。

【0101】

第5レンズL5の物体側の面の「中心が負のパワーを持ち、有効径端では正のパワーを持つ形状」とは、点X10を有効径端とした場合に、点Q10を含む近軸領域で凹形状であり、点P10が点Q10より像側にある形状を意味する。

10

【0102】

第5レンズL5の像側の面を非球面とすることが好ましい。第5レンズL5の像側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第5レンズL5をこのような形状とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

【0103】

第5レンズL5の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第4レンズL4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5レンズL5の像側の面上のある点をX11として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P11とするとき、点X11と点P11とを結ぶ線分X11-P11を点X11での曲率半径とし、点X11と点P11とを結ぶ線分の長さ $|X11-P11|$ を点X11での曲率半径の絶対値 $|R_{X11}|$ とする。よって、 $|X11-P11|=|R_{X11}|$ となる。また、第5レンズL5の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第5レンズL5の像側の面の中心を点Q11とする。そして、点Q11での曲率半径の絶対値を $|R_{11}|$ とする。

20

【0104】

第5レンズL5の像側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、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X11を有効径端とした場合に、点Q11を含む近軸領域で凸形状であり、点P11が点Q11より物体側にあり、かつ、点X11での曲率半径の絶対値 $|R_{X11}|$ が点Q11での曲率半径の絶対値 $|R_{11}|$ よりも大きい形状を意味する。

30

【0105】

第6レンズL6の少なくとも片側の面を非球面とすることが好ましい。第6レンズL6の少なくとも片側の面を非球面とすることで、像面湾曲および球面収差を補正することが容易となり、良好な解像性能を得ることが可能となる。第6レンズL6は両面を非球面とすることがより好ましい。

【0106】

第6レンズL6の物体側の面を非球面とすることが好ましい。第6レンズL6の物体側の面を、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状とすることが好ましい。第6レンズL6をこのような形状とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

40

【0107】

第6レンズL6の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第4レンズL4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6レンズL6の物体側の面上のある点をX12として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P12とするとき、点X12と点P12とを結ぶ線分X12-P12を点X12での曲率半径とし、点X12と点P12とを結ぶ線分の長さ $|X12-P12|$ を点X12での曲率半径の絶対値 $|R_{X12}|$ とする。よって、 $|X12-P12|=|R_{X12}|$ となる。また、第6レンズL6の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第6レンズL

50

6の物体側の面の中心を点 Q_{12} とする。そして、点 Q_{12} での曲率半径の絶対値を $|R_{12}|$ とする。

【0108】

第6レンズ L_6 の物体側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、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 X_{12} を有効径端とした場合に、点 Q_{12} を含む近軸領域で凹形状であり、点 P_{12} が点 Q_{12} より物体側にあり、かつ、点 X_{12} での曲率半径の絶対値 $|R_{X_{12}}|$ が点 Q_{12} での曲率半径の絶対値 $|R_{12}|$ よりも小さい形状を意味する。

【0109】

第3レンズ L_3 の少なくとも片側の面を非球面とすることが好ましい。第3レンズ L_3 の少なくとも片側の面を非球面とすることで、像面湾曲、球面収差および色収差を補正することが容易となり、良好な解像性能を得ることが可能となる。第3レンズ L_3 は両面を非球面とすることがより好ましい。

10

【0110】

第3レンズ L_3 の物体側の面を非球面とすることが好ましい。第3レンズ L_3 の物体側の面を、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第3レンズ L_3 の物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

【0111】

第3レンズ L_3 の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第4レンズ L_4 の物体側の面の形状と同様に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 L_3 の物体側の面上のある点を X_6 として、その点での法線と光軸 Z との交点を点 P_6 とすると、点 X_6 と点 P_6 とを結ぶ線分 $X_6 - P_6$ を点 X_6 での曲率半径とし、点 X_6 と点 P_6 とを結ぶ線分の長さ $|X_6 - P_6|$ を点 X_6 での曲率半径の絶対値 $|R_{X_6}|$ とする。よって、 $|X_6 - P_6| = |R_{X_6}|$ となる。また、第3レンズ L_3 の物体側の面と光軸 Z との交点、すなわち、第3レンズ L_3 の物体側の面の中心を点 Q_6 とする。そして、点 Q_6 での曲率半径の絶対値を $|R_6|$ とする。

20

【0112】

第3レンズ L_3 の物体側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点 X_6 を有効径端とした場合に、点 Q_6 を含む近軸領域で凹形状であり、点 P_6 が点 Q_6 より物体側にあり、かつ、点 X_6 での曲率半径の絶対値 $|R_{X_6}|$ が点 Q_6 での曲率半径の絶対値 $|R_6|$ よりも大きい形状を意味する。

30

【0113】

第3レンズ L_3 の像側の面は非球面とすることが好ましい。第3レンズ L_3 の像側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状とすることが好ましい。第3レンズ L_3 をこのような形状とすることで、色収差の補正が容易となる。

【0114】

第3レンズ L_3 の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第4レンズ L_4 の物体側の面の形状と同様に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 L_3 の像側の面上のある点を X_7 として、その点での法線と光軸 Z との交点を点 P_7 とすると、点 X_7 と点 P_7 とを結ぶ線分 $X_7 - P_7$ を点 X_7 での曲率半径とし、点 X_7 と点 P_7 とを結ぶ線分の長さ $|X_7 - P_7|$ を点 X_7 での曲率半径の絶対値 $|R_{X_7}|$ とする。よって、 $|X_7 - P_7| = |R_{X_7}|$ となる。また、第3レンズ L_3 の像側の面と光軸 Z との交点、すなわち、第3レンズ L_3 の像側の面の中心を点 Q_7 とする。そして、点 Q_7 での曲率半径の絶対値を $|R_7|$ とする。

40

【0115】

第3レンズ L_3 の像側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、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 X_7 を有効径端とした場合に、点 Q_7

50

7を含む近軸領域で凹形状であり、点P7が点Q7より像側にあり、かつ、点X7での曲率半径の絶対値 $|R_{X7}|$ が点Q7での曲率半径の絶対値 $|R7|$ よりも小さい形状を意味する。

【0116】

第3レンズL3の像側の面を、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状としてもよい。第3レンズL3をこのような形状とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

【0117】

第3レンズL3の像側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点X7を有効径端とした場合に、点Q7を含む近軸領域で凹形状であり、点P7が点Q7より像側にあり、かつ、点X7での曲率半径の絶対値 $|R_{X7}|$ が点Q7での曲率半径の絶対値 $|R7|$ よりも大きい形状を意味する。

10

【0118】

第1レンズL1は両凹レンズであることが好ましい。これにより、第1レンズL1の負のパワーを強くすることができ、広角化に有利であるとともに、バックフォーカスを長くすることが容易となる。

【0119】

第2レンズL2は両凸レンズであることが好ましい。これにより、第2レンズL2のパワーを強くすることができ、第1レンズL1のパワーを強くした場合でも、第1レンズL1と第2レンズL2との合成パワーのバランスを保つことができるため、コマ収差および像面湾曲の補正が容易となる。

20

【0120】

第3レンズL3は両凹レンズであることが好ましい。これにより、第3レンズL3のパワーを強くすることができ、軸上の色収差および倍率の色収差の補正が容易となる。

【0121】

第4レンズL4は両凸レンズであることが好ましい。これにより、第4レンズL4のパワーを強くすることができ、第3レンズL3との間で色収差の補正が容易となる。

【0122】

第5レンズL5は像側に凸面を向けたレンズであることが好ましい。これにより、像面湾曲の補正が容易となる。

30

【0123】

第5レンズL5は両凸レンズであってもよい。これにより、第5レンズL5のパワーを強くすることが容易となり、球面収差の補正が容易となる。

【0124】

第5レンズL5は像側に凸面を向けたメニスカスレンズとしてもよい。これにより、像面湾曲の補正が容易となる。

【0125】

第6レンズL6は物体側に凹面を向けたレンズであることが好ましい。これにより、第6レンズL6のパワーを強くすることが容易となり、第5レンズL5との間で色収差の補正が容易となる。

40

【0126】

第6レンズL6は物体側に凹面を向けたメニスカスレンズ、もしくは物体側に凹面を向けた平凹レンズとすることが好ましい。これにより、倍率の色収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。また、第6レンズL6を両凹レンズとした場合よりも、テレセントリック性を向上させることができる。

【0127】

第1レンズL1の物体側の面は、物体側に凹面を向けていることが好ましい。これにより、第1レンズL1のパワーを強くすることが容易となり、広角化に有利となるとともに、第1レンズL1のレンズ径を小さくすることが容易となり、小型化に有利となる。

50

【0128】

第1レンズL1の像側の面は凹面であることが好ましい。これにより、第1レンズL1のパワーを強くすることが容易となり、広角化に有利となる。

【0129】

第2レンズL2の物体側の面は凸面であることが好ましい。これにより、第2レンズL2のパワーを強くすることが容易となり、像面湾曲の補正が容易となる。

【0130】

第2レンズL2の像側の面は凸面であることが好ましい。これにより、第2レンズL2のパワーを強くすることが容易となり、像面湾曲の補正が容易となる。

【0131】

第3レンズL3の物体側の面は凹面であることが好ましい。これにより、第3レンズL3のパワーを強くすることが容易となり、軸上の色収差の補正が容易となる。

【0132】

第3レンズL3の像側の面は凹面であることが好ましい。これにより、第3レンズL3のパワーを強くすることが容易となり、軸上の色収差の補正が容易となる。

【0133】

第4レンズL4の物体側の面は凸面であることが好ましい。これにより、第4レンズL4のパワーを強くすることが容易となり、軸上の色収差の補正が容易となる。

【0134】

第4レンズL4の像側の面は凸面であることが好ましい。これにより、第4レンズL4のパワーを強くすることが容易となり、軸上の色収差の補正が容易となる。

第5レンズL5の物体側の面は凸面であってもよい。これにより、球面収差の補正が容易となる。

【0135】

第5レンズL5の物体側の面は凹面であってもよい。これにより、像面湾曲の補正が容易となる。

【0136】

第5レンズL5像側の面は凸面であることが好ましい。これにより、球面収差および像面湾曲の補正が容易となる。

【0137】

第6レンズL6の物体側の面は凹面であることが好ましい。これにより、像面湾曲および倍率の色収差の補正が容易となる。

【0138】

第6レンズL6の像側の面は平面または凸面とすることが好ましい。第6レンズL6の像側の面を平面または凸面とすることで、像面湾曲の補正が容易となる。

【0139】

第6レンズL6の像側の面は、凹面であってもよい。

【0140】

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、耐酸性および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。材質をガラスとすることで、これらの要望を満たすことが可能となる。また、第1レンズL1の材質として、透明なセラミックスを用いてもよい。

【0141】

なお、第1レンズL1の物体側の面に、強度、耐傷性および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。

【0142】

10

20

30

40

50

第1の実施形態の撮像レンズにおいては、耐環境性のよい光学系を作製するためには、すべてのレンズがガラスであることが好ましい。監視カメラ用レンズや車載カメラ用レンズとして用いられた場合、高温から低温までの広い温度範囲や高温等の様々な条件で用いられる可能性がある。それらに強い光学系を作製するためには、すべてのレンズがガラスで作製されていることが好ましい。

【0143】

第2レンズL2の材質はガラスであることが好ましい。第2レンズL2にガラスを用いることで、屈折率の高い材質を使用することが容易となり、第2レンズL2のパワーを強くすることが容易となるため、像面湾曲の補正が容易となる。また、第3レンズL3から第6レンズL6にプラスチックを用いた場合、凸レンズである第2レンズL2にガラスを用いることで、温度変化によるフォーカスシフトを抑えることが容易となる。

10

【0144】

第1の実施形態の撮像レンズにおいては、第3レンズL3から第6レンズL6のいずれか、あるいはこれらのうちの任意の複数の組み合わせにおいて、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化することが容易となるとともに、非球面形状を安価かつ正確に作製することができるため、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0145】

温度変化に強いレンズ系を作製するためには、正のパワーのプラスチックレンズと負のパワーのプラスチックレンズとを有することが好ましい。プラスチックレンズは一般的に温度変化による特性の変化が大きく、これによりフォーカスシフトが発生してしまうが、レンズ系に正のパワーのプラスチックレンズと負のパワーのプラスチックレンズとを含むことで、パワー変化を打ち消しあい、性能劣化を最小限にとどめることが可能となる。

20

【0146】

このため、第1の実施形態の撮像レンズにおいては、第3レンズL3と第6レンズL6との少なくとも一方、および第4レンズL4と第5レンズL5との少なくとも一方プラスチックレンズとすることが好ましく、コストダウンの観点からは、第3レンズL3から第6レンズL6のすべてをプラスチックレンズとすることがより好ましい。

【0147】

なお、レンズ系のうち正のパワーのプラスチックレンズの枚数と、負のパワーを持つプラスチックレンズの枚数とを一致させることが好ましい。これにより、プラスチックレンズの正のパワーと負のパワーとのバランスをとることが容易となり、温度変化によるフォーカスシフトを抑えることが容易となる。なお、正のパワーと負のパワーとのバランスを保つことができれば、正のパワーのプラスチックレンズの枚数と、負のパワーのプラスチックレンズの枚数とは一致しなくてもよい。

30

【0148】

第1の実施形態の撮像レンズにおいては、第3レンズL3から第6レンズL6までの4枚すべてをプラスチックレンズとしてもよいが、いずれかの組み合わせで2枚のレンズのみプラスチックレンズとしてもよく、または第3レンズL3から第6レンズL6に代えて、他のレンズをプラスチックレンズとしてもよい。例えば第4レンズL4に代えて、第2レンズL2をプラスチックレンズとしてもよい。また、第6レンズL6に代えて、第1レンズL1をプラスチックレンズとしてもよい。

40

【0149】

プラスチックの材質としては、例えば、アクリル、ポリオレフィン系の材質、ポリカーボネイト系の材質、エポキシ樹脂、PET (Polyethylene terephthalate)、PES (Poly Ether Sulphone)、ポリカーボネイト等を用いることができる。

【0150】

第3レンズL3の材質を、ポリカーボネイト系の材質とすることが好ましい。これにより、アッペ数を小さくすることができ、軸上の色収差および倍率の色収差の補正が容易と

50

なる。

【0151】

第4レンズL4の材質をポリオレフィン系の材質とすることが好ましい。これにより、アッペ数を大きくすることができるとともに、材質の複屈折を抑えることが容易となり、良好な解像性能を得ることが容易となる。

【0152】

第5レンズL5の材質をポリオレフィン系の材質とすることが好ましい。これにより、アッペ数を大きくすることができるとともに、材質の複屈折を抑えることが容易となり、良好な解像性能を得ることが容易となる。

【0153】

第6レンズL6の材質をポリカーボネイト系の材質とすることが好ましい。これにより、アッペ数を小さくすることができ、軸上の色収差および倍率の色収差の補正が容易となる。

【0154】

第1レンズL1の中心厚は、0.8mm以上であることが好ましい。これにより、堅いレンズを作製することが可能となり、各種衝撃に強いレンズを作製することが可能となる。

【0155】

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、赤外光等を吸収する材質を用いてもよい。

【0156】

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

【0157】

なお、各レンズ間の有効径外を通過する光束は、迷光となって像面に達し、ゴーストとなるおそれがあるため、必要に応じて、この迷光を遮光する遮光手段を設けることが好ましい。この遮光手段としては、例えばレンズの有効径外の部分に不透明な塗料を施したり、不透明な板材を設けたりしてもよい。または迷光となる光束の光路に不透明な板材を設けて遮光手段としてもよい。あるいは、最も物体側のレンズのさらに物体側に迷光を遮断するフードのようなものを配置してもよい。一例として、図1では、第1レンズL1および第3レンズL3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。

【0158】

さらに、各レンズの間に周辺光量比が実用上問題のな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。

【0159】

また、レンズ系が、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の6枚のみからなるように構成することが好ましい。レンズ系を6枚のレンズのみで構成することで、レンズ系を安価にすることが可能となる。

【0160】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る撮像装置は、本実施形態に係る撮像レンズを備えているため、小型で安価に構成でき、十分広い画角を有し、撮像素子を用いて解像度の高い良好な像を得ることができる。

【0161】

なお、第1および第2の実施形態に係る撮像レンズを備えた撮像装置で撮影した画像を携帯電話に表示するようにしてもよい。例えば本実施形態の撮像レンズを備えた撮像装置を車載カメラとして自動車に搭載し、自動車の背後や周辺を車載カメラにより撮影し、撮影により取得した画像を表示装置に表示する場合がある。このような場合、カーナビゲーションシステム(以下カーナビとする)が搭載されている自動車においては、撮影した画像はカーナビの表示装置に表示すればよいが、カーナビが搭載されていない場合、液晶ディスプレイ等の専用の表示装置を自動車に設置する必要がある。しかしながら、表示装置は高価である。一方、近年の携帯電話は、動画やWebの閲覧が可能になる等、高性能な表示装置が搭載されている。携帯電話を車載カメラ用の表示装置として用いることで、カーナビが搭載されていない自動車に関しても、専用の表示装置を搭載する必要がなくなり、その結果、安価に車載カメラを搭載することが可能となる。

10

【0162】

ここで、車載カメラが撮影した画像は、ケーブル等を用いて有線にて携帯電話に送信してもよく、赤外線通信等の無線により携帯電話に送信してもよい。また、携帯電話等と自動車の作動状態とを連動させ、自動車のギアがバックに入ったり、ウイinker等を出したりした際に、自動で携帯電話の表示装置に車載カメラの画像を表示するようにしてもよい。

20

【0163】

なお、車載カメラの画像を表示する表示装置としては、携帯電話のみならず、PDA等の携帯情報端末でもよく、小型のパソコンでもよく、あるいは持ち歩き可能な小型のカーナビでもよい。

【0164】

また、本発明の撮像レンズを搭載した携帯電話を自動車に固定することで、車載カメラとして使用してもよい。近年のスマートホンはPC並の処理能力を備えているため、例えば携帯電話を自動車のダッシュボード等に固定し、カメラを前方に向けることで、携帯電話のカメラを車載カメラと同様に用いることが可能となる。なお、スマートホンのアプリケーションとして、白線や道路標識を認識し、警告を行う機能を備えていてもよい。また、運転手にカメラを向け、居眠りや脇見の際に警告を行うシステムとしてもよい。また、自動車と連動し、ハンドルを操作するシステムの一部としてもよい。自動車は高温環境や低温環境に放置されるため、車載カメラは厳しい耐環境性が要求される。本発明の撮像レンズを携帯電話に搭載した場合、運転時以外は携帯電話は運転手とともに車外に出してしまうため、撮像レンズの耐環境性をゆるめることが可能となり、安価に車載システムを導入することが可能となる。

30

【0165】

〔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15の撮像レンズのレンズ断面図をそれぞれ図3～図17に示す。図3～図17において、図の左側が物体側、右側が像側であり、図1と同様、開口絞りSt、光学部材PP、像面Simに配置された撮像素子5も併せて図示している。各図の開口絞りStは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。各実施例において、レンズ断面図の符号R_i、D_i(i=1、2、3、...)は以下に説明するレンズデータのR_i、D_iと対応している。

40

【0166】

表1～表15にそれぞれ実施例1～実施例15の撮像レンズのレンズデータを示す。各表の(A)には基本レンズデータを、(B)には各種データを、(C)には非球面データを示している。

50

【0167】

基本レンズデータにおいて、 S_i の欄は最も物体側の構成要素の物体側の面を1番目として像側に向かうに従い順次増加する*i*番目($i = 1, 2, 3, \dots$)の面番号を示し、 R_i の欄は*i*番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄は*i*番目の面と*i + 1*番目の面との光軸Z上の面間隔を示している。なお、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。また、 N_{d_j} の欄は最も物体側のレンズを1番目として像側に向かうに従い順次増加する*j*番目($j = 1, 2, 3, \dots$)の光学要素のd線(波長587.6nm)に対する屈折率を示し、 d_j の欄は*j*番目の光学要素のd線に対するアッペ数を示している。なお、基本レンズデータには、開口絞りStおよび光学部材PPも含めて示しており、開口絞りStに相当する面の面番号の欄には、(St)という語句を併せて記載している。

10

【0168】

基本レンズデータでは、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近軸曲率半径(中心の曲率半径)の数値を示している。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。非球面データの数値の「E - n」(n:整数)は「 $\times 10^{-n}$ 」を意味し、「E + n」は「 $\times 10^n$ 」を意味する。なお、非球面係数は、以下の式で表される非球面式における各係数KA、RBm($m = 3, 4, 5, \dots, 20$)の値である。

【0169】

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

20

ただし、

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

h: 高さ(光軸からのレンズ面までの距離)

C: 近軸曲率半径の逆数

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

各種データにおいて、L(in Air)は第1レンズL1の物体側の面から像面S_{im}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)、Bf(in Air)は最も像側のレンズの像側の面から像面S_{im}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)、*f*は全系の焦点距離、*f*₁は第1レンズL1の焦点距離、*f*₂は第2レンズL2の焦点距離、*f*₃は第3レンズL3の焦点距離、*f*₄は第4レンズL4の焦点距離、*f*₅は第5レンズL5の焦点距離、*f*₆は第6レンズL6の焦点距離、*f*₁₂は第1レンズL1と第2レンズL2との合成焦点距離、*f*₃₄は第3レンズL3と第4レンズL4との合成焦点距離、*f*₅₆は第5レンズL5と第6レンズL6との合成焦点距離、*f*₃₄₅₆は第3レンズL3と第4レンズL4と第5レンズL5と第6レンズL6との合成焦点距離である。

30

【0170】

また、表16, 17に各実施例の条件式(1)~(15)に対応する値を一括して示す。なお、条件式(1)は*f*₅/*f*、条件式(2)は*R*₁/*f*、条件式(3)は*f*₄/*f*₅、条件式(4)は*f*₅₆/*f*、条件式(5)は*f*₃₄/*f*₅₆、条件式(6)は*f*₃₄/*f*、条件式(7)は*f*₃₄₅₆/*f*、条件式(8)は*d*₂/*d*₃、条件式(9)は*f*₃/*f*、条件式(10)は*f*₃/*f*₄、条件式(11)は*f*₁₂/*f*、条件式(12)は(*N*_{d1} + *N*_{d2} + *N*_{d3} + *N*_{d4} + *N*_{d5} + *N*_{d6})/6、条件式(13)はL/*f*、条件式(14)はBf/*f*、条件式(15)は(*d*₂ + *d*₄ + *d*₅)/3である。

40

【0171】

ただし、

L: 第1レンズL1の物体側の面頂点から像面までの距離(バックフォーカス分は空気換算長)

Bf: 第6レンズL6の像側の面頂点から像面までの距離(空気換算長)

*R*₁: 第1レンズL1の物体側の面の曲率半径

50

f : 全系の焦点距離

f 1 : 第 1 レンズ L 1 の焦点距離

f 3 : 第 3 レンズ L 3 の焦点距離

f 4 : 第 4 レンズ L 4 の焦点距離

f 5 : 第 5 レンズ L 5 の焦点距離

f 1 2 : 第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 の合成焦点距離

f 3 4 : 第 3 レンズ L 3 および第 4 レンズ L 4 の合成焦点距離

f 5 6 : 第 5 レンズ L 5 および第 6 レンズ L 6 の合成焦点距離

f 3 4 5 6 : 第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 および第 6 レンズ L 6 の合成焦点距離

N d 1 ~ N d 6 : 第 1 レンズ L 1 から第 6 レンズ L 6 の材質の d 線に対する屈折率

d 2 : 第 2 レンズ L 2 の材質の d 線に対するアッベ数

d 3 : 第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対するアッベ数

d 4 : 第 4 レンズ L 4 の材質の d 線に対するアッベ数

d 5 : 第 5 レンズ L 5 の材質の d 線に対するアッベ数

各数値の単位として、長さについては「mm」を用いているが、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても使用可能なため、他の適当な単位を用いることもできる。

【表 1】

実施例 1

(A)

Si	Ri	Di	N _{dj}	ν _{dj}	ガラス
1	-16.0028	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1023	1.72148			
3	9.5114	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.4913	0.00002			
5(St)	∞	0.70000			
*6	-4.3687	0.70000	1.6336	23.6	
*7	11.0194	0.15000			
*8	3.7836	2.18923	1.5339	56.0	
9	-5.1610	0.20000			
*10	47.8358	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-11.5322	0.50036			
*12	-8.8380	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	1.00000	1.5168	64.2	
15	∞	0.41173			
像面					

(B)

L(in Air)	16.7
Bf(in Air)	4.1
f	4.68
f1	-4.33
f2	4.35
f3	-4.85
f4	4.47
f5	17.59
f6	-13.95
f12	6.46
f34	14.52
f56	-84.30
f3456	16.79

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	4.5461595E-03	-4.6801135E-04	-5.4733110E-04	-5.9052316E-05
7	0.0000000E+00	1.5793110E-03	-2.2626274E-03	-3.2644487E-04	4.5376646E-04
8	-3.1504000E+00	-4.9541018E-03	3.8630852E-03	-2.0162564E-04	-1.4892261E-04
10	0.0000000E+00	-3.5018449E-04	8.4265693E-04	-2.7405436E-04	-3.3738862E-04
11	0.0000000E+00	-7.0343776E-03	1.6960230E-03	-1.8416642E-05	-1.6412146E-03
12	0.0000000E+00	-4.5147700E-03	-3.7940482E-03	-2.5909004E-03	-5.9928496E-04

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	8.3853951E-05	4.9787435E-05	-1.5545871E-05	3.0333532E-06
7	1.1092399E-04	-6.0919650E-05	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-1.7330176E-06	3.8453547E-05	3.7180158E-07	-3.8938003E-06
10	-2.6082230E-05	1.4375497E-04		
11	-5.2906671E-04	4.9034938E-04		
12	3.5669815E-05	8.5319892E-05		

10

20

30

40

50

【表 2】

実施例2

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.0233	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1453	1.64365			
3	9.5311	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.4755	0.00002			
5(St)	∞	0.70000			
*6	-4.2210	0.70000	1.6336	23.6	
*7	11.0450	0.15000			
*8	3.7590	2.30000	1.5339	56.0	
9	-5.1488	0.20000			
*10	31.8403	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-11.8978	0.50036			
*12	-8.5603	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	1.10000	1.5168	64.2	
15	∞	0.37981			
像面					

(B)

L(in Air)	16.8
Bf(in Air)	4.1
f	4.76
f1	-4.38
f2	4.35
f3	-4.74
f4	4.47
f5	16.46
f6	-13.51
f12	6.57
f34	14.98
f56	-104.69
f3456	16.59

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	5.1355246E-03	-3.5652299E-04	-5.3536977E-04	-6.3698863E-05
7	0.0000000E+00	1.7092451E-03	-2.2160942E-03	-3.2318111E-04	4.4896698E-04
8	-3.1504000E+00	-5.0899737E-03	3.8242317E-03	-2.0522243E-04	-1.4544310E-04
10	0.0000000E+00	-6.1454567E-04	7.7540717E-04	-2.9340560E-04	-3.4211634E-04
11	0.0000000E+00	-7.0108481E-03	1.6601079E-03	-1.7823331E-05	-1.6380659E-03
12	0.0000000E+00	-4.1825659E-03	-3.6552371E-03	-2.5602851E-03	-5.9012182E-04

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	7.9993277E-05	4.7861831E-05	-1.4861770E-05	3.6095246E-06
7	8.4625108E-05	-5.2452017E-05	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	1.7126242E-06	4.0645575E-05	1.0787694E-06	-4.2884376E-06
10	-3.1663199E-05	1.3851698E-04		
11	-5.2956386E-04	4.8816991E-04		
12	4.2203515E-05	9.1618032E-05		

30

【表 3】

実施例3

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-15.0107	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.0422	1.68716			
3	7.9319	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.4959	0.00002			
5(St)	∞	0.70000			
*6	-3.6033	0.70000	1.6336	23.6	
*7	13.3327	0.15000			
*8	3.8015	2.30004	1.5339	56.0	
9	-4.3179	0.20000			
*10	-10000.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-11.8194	0.50036			
*12	-9.2974	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	2.60000			
14	∞	1.50000	1.5168	64.2	
15	∞	0.35643			
像面					

(B)

L(in Air)	16.7
Bf(in Air)	3.9
f	4.63
f1	-4.21
f2	4.11
f3	-4.41
f4	4.20
f5	22.16
f6	-14.67
f12	5.87
f34	12.62
f56	-46.53
f3456	17.21

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	7.7486443E-03	1.2716555E-03	-4.3336430E-04	-2.1760088E-04
7	0.0000000E+00	2.6789274E-03	-1.0103058E-03	-5.7293572E-04	1.9851144E-04
8	-3.1504000E+00	-6.2026828E-03	2.7236052E-03	-3.0511802E-04	-1.7179420E-04
10	0.0000000E+00	-1.1390821E-03	-1.1756415E-03	-9.1406236E-04	-4.8865070E-04
11	0.0000000E+00	-1.7517292E-03	1.3992760E-04	4.5056149E-04	-1.3115059E-03
12	0.0000000E+00	-2.2858830E-03	1.3920545E-03	-1.9586408E-03	-7.2439547E-04

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-2.5513301E-05	-7.5523981E-06	-2.2859767E-05	1.6889624E-05
7	-1.4341074E-04	-1.6766734E-06	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-3.0608921E-05	1.8431415E-05	-2.0068488E-06	1.4573847E-07
10	-4.9534555E-05	1.5848561E-04		
11	-5.2267657E-04	3.9550621E-04		
12	-1.4911200E-05	1.5513427E-04		

30

【表 4】

実施例4

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-15.0307	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1268	1.51747			
3	7.7961	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.4769	0.00002			
5(St)	∞	0.70000			
*6	-4.2659	0.70000	1.6336	23.6	
*7	9.0109	0.15000			
*8	4.0102	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.9299	0.20000			
*10	-10000.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-16.0005	0.50036			
*12	-10.5053	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	2.30000			
14	∞	1.20000	1.5168	64.2	
15	∞	0.64647			
像面					

(B)

L(in Air)	16.3
Bf(in Air)	3.7
f	4.68
f1	-4.31
f2	4.08
f3	-4.48
f4	4.13
f5	30.02
f6	-16.58
f12	6.05
f34	11.42
f56	-38.47
f3456	16.19

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	7.4926052E-03	1.1460193E-03	-1.8619950E-04	-6.0312019E-04
7	0.0000000E+00	1.1227733E-02	6.7701809E-04	-2.9358140E-03	1.7148372E-04
8	-3.1504000E+00	7.1260395E-03	-5.0416075E-03	-2.8899716E-05	-1.3726197E-04
10	0.0000000E+00	1.2950331E-03	2.4505233E-03	4.5322149E-05	-2.2864912E-04
11	0.0000000E+00	-8.8321408E-03	9.0509371E-03	7.2509657E-04	-2.0201209E-03
12	0.0000000E+00	-2.0761457E-02	1.3916614E-02	-4.1334881E-03	-1.6031457E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-8.7046884E-05	1.1334053E-05	-2.5468386E-06	8.7823398E-06
7	6.9277888E-04	-4.2248530E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-4.8767895E-05	1.6086385E-06	-1.4210755E-05	-1.5652353E-05
10	-1.3859690E-06	1.4225855E-04		
11	-8.2840469E-04	3.6787139E-04		
12	-3.0480417E-04	6.3900004E-05		

30

【表 5】

実施例5

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.3949	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.2572	1.68493			
3	8.3055	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.7302	0.00002			
5(St)	∞	0.68002			
*6	-4.4415	0.70000	1.6336	23.6	
*7	9.1118	0.15000			
*8	3.9439	2.30004	1.5339	56.0	
9	-4.0317	0.20000			
*10	-10000.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-12.4755	0.50037			
*12	-8.8343	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	0.50000	1.5168	64.2	
15	∞	0.36647			
像面					

(B)

L(in Air)	16.4
Bf(in Air)	3.7
f	4.63
f1	-4.53
f2	4.27
f3	-4.62
f4	4.15
f5	23.39
f6	-13.94
f12	6.24
f34	11.11
f56	-36.43
f3456	15.68

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	6.1685644E-03	3.7629714E-04	1.3294315E-04	-6.6272661E-04
7	0.0000000E+00	1.4902890E-03	2.0516194E-05	-2.8366138E-03	5.3871721E-04
8	-3.1504000E+00	-2.5747681E-03	-5.1166286E-03	3.9464087E-04	-1.2102856E-04
10	0.0000000E+00	-4.1549964E-05	4.4397957E-03	2.1703092E-04	-2.2253916E-04
11	0.0000000E+00	-6.9812796E-03	9.6093236E-03	1.2503105E-03	-2.0045277E-03
12	0.0000000E+00	-1.7871411E-02	1.4075293E-02	-4.6420608E-03	-1.5497149E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.0153078E-04	2.5123572E-05	1.6046661E-06	7.0006730E-06
7	6.1670732E-04	-4.1231674E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-4.4050934E-05	7.5969523E-06	-1.1478378E-05	-1.6073373E-05
10	-3.0924771E-05	1.2146325E-04		
11	-8.5740078E-04	3.6539968E-04		
12	-2.6000809E-04	9.5510122E-05		

30

【表 6】

実施例6

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.4518	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.2368	1.72555			
3	8.1572	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.7689	0.00002			
5(St)	∞	0.68002			
*6	-4.8649	0.70000	1.6336	23.6	
*7	7.0313	0.15000			
*8	3.7415	2.30004	1.5339	56.0	
9	-4.0068	0.20000			
*10	-10000.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-13.4756	0.50037			
*12	-9.1347	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	2.90000			
14	∞	0.55000	1.5168	64.2	
15	∞	0.41914			
像面					

(B)

L(in Air)	16.4
Bf(in Air)	3.7
f	4.63
f1	-4.51
f2	4.26
f3	-4.44
f4	4.04
f5	25.27
f6	-14.42
f12	6.16
f34	11.20
f56	-35.18
f3456	16.16

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	5.5874231E-03	-1.0065671E-03	1.9671317E-04	-6.4928315E-04
7	0.0000000E+00	1.3188541E-04	-1.3372053E-03	-2.9735562E-03	5.5422930E-04
8	-3.1504000E+00	-3.2542152E-03	-4.5873432E-03	2.3104910E-04	-2.3219224E-04
10	0.0000000E+00	5.6261784E-04	4.2230406E-03	2.2290216E-04	-2.1074218E-04
11	0.0000000E+00	-4.5301926E-03	9.2119493E-03	1.1385821E-03	-2.0813184E-03
12	0.0000000E+00	-1.6428603E-02	1.4388018E-02	-5.0293255E-03	-1.5891795E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-9.2704708E-05	3.3852922E-05	3.4408043E-06	5.7233182E-06
7	5.4786705E-04	-3.7836793E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-6.7353535E-05	8.4539828E-06	-9.3218888E-06	-1.5462930E-05
10	-2.9656625E-05	1.1965457E-04		
11	-8.6447582E-04	3.7903492E-04		
12	-2.4484457E-04	1.1064799E-04		

30

【表 7】

実施例7

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.7519	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1819	1.77402			
3	8.7837	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.5932	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-4.7070	0.70000	1.6336	23.6	
*7	6.9201	0.15000			
*8	3.8976	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.8758	0.20000			
*10	-100.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-13.3441	0.60000			
*12	-10.8851	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	0.80000	1.5168	64.2	
15	∞	0.39597			
像面					

(B)

L(in Air)	16.8
Bf(in Air)	3.9
f	4.63
f1	-4.46
f2	4.29
f3	-4.32
f4	4.06
f5	28.64
f6	-17.18
f12	6.13
f34	11.69
f56	-44.58
f3456	15.78

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	7.3486246E-03	-1.2947795E-03	3.8974350E-04	-8.0838337E-04
7	0.0000000E+00	3.9133637E-03	-1.2647512E-03	-2.9540091E-03	6.8598801E-04
8	-3.1504000E+00	-3.8997767E-04	-6.3371585E-03	4.6621084E-04	-2.0095408E-04
10	0.0000000E+00	1.4355894E-03	4.0679846E-03	2.4556746E-04	-1.8644191E-04
11	0.0000000E+00	-3.9758761E-03	8.7522017E-03	1.1477768E-03	-2.1753757E-03
12	0.0000000E+00	-1.7107323E-02	1.5834935E-02	-5.5191782E-03	-1.6540216E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.4103994E-04	4.1209943E-05	1.1850244E-05	5.2541751E-06
7	3.4314811E-04	-3.2364128E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-5.3512078E-05	2.1737292E-05	-2.3466717E-06	-1.9445456E-05
10	-5.4091890E-05	7.2523622E-05		
11	-9.1311243E-04	3.6284502E-04		
12	-2.3744740E-04	1.2690602E-04		

30

【表 8】

実施例8

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.6851	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1877	1.79562			
3	8.8582	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.6044	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-4.7799	0.70000	1.6336	23.6	
*7	6.9353	0.15000			
*8	3.8606	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.8664	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-12.5956	0.60000			
*12	-10.8953	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	0.80000	1.5168	64.2	
15	∞	0.39636			
像面					

(B)

L(in Air)	16.9
Bf(in Air)	3.9
f	4.63
f1	-4.46
f2	4.31
f3	-4.36
f4	4.04
f5	31.02
f6	-17.20
f12	6.14
f34	11.28
f56	-39.19
f3456	15.91

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	7.3584099E-03	-1.2022179E-03	4.0079151E-04	-8.2307870E-04
7	0.0000000E+00	3.9563005E-03	-1.2729845E-03	-2.9471907E-03	6.8291800E-04
8	-3.1504000E+00	-2.7538399E-04	-6.3373840E-03	4.5755584E-04	-2.1379193E-04
10	0.0000000E+00	1.4926923E-03	4.0928341E-03	2.5325247E-04	-1.8118490E-04
11	0.0000000E+00	-3.8427540E-03	8.7714589E-03	1.1601513E-03	-2.1679564E-03
12	0.0000000E+00	-1.7054863E-02	1.5814036E-02	-5.5230468E-03	-1.6491985E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.5137045E-04	3.7956840E-05	1.2742579E-05	5.8945849E-06
7	3.1127315E-04	-3.1093561E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-6.0046989E-05	2.0460645E-05	-1.1620740E-06	-1.9212624E-05
10	-5.2702831E-05	7.2273602E-05		
11	-9.1043567E-04	3.6249149E-04		
12	-2.3465369E-04	1.2790563E-04		

30

【表 9】

実施例9

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.3898	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.2332	1.70769			
3	9.1787	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.5515	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-4.6887	0.70000	1.6336	23.6	
*7	6.9776	0.15000			
*8	3.8181	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.8370	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-11.7003	0.60000			
*12	-10.8067	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	0.80000	1.5168	64.2	
15	∞	0.41381			
像面					

(B)

L(in Air)	16.8
Bf(in Air)	3.9
f	4.63
f1	-4.50
f2	4.33
f3	-4.33
f4	4.00
f5	28.15
f6	-17.06
f12	6.34
f34	11.12
f56	-44.27
f3456	14.84

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	7.0849026E-03	-1.1161414E-03	4.1199411E-04	-8.4491010E-04
7	0.0000000E+00	3.8823009E-03	-1.3661888E-03	-2.9746520E-03	6.6917489E-04
8	-3.1504000E+00	-1.4179684E-04	-6.3770267E-03	4.2527663E-04	-2.4507134E-04
10	0.0000000E+00	1.4843454E-03	4.1513434E-03	2.7517207E-04	-1.6896413E-04
11	0.0000000E+00	-4.0326765E-03	8.7927260E-03	1.1829809E-03	-2.1535396E-03
12	0.0000000E+00	-1.7022207E-02	1.5648395E-02	-5.5649359E-03	-1.6458331E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.6439126E-04	3.5292725E-05	1.4339604E-05	8.1339637E-06
7	2.4382636E-04	-2.6634264E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-7.2971234E-05	2.0150563E-05	2.0998427E-06	-1.7086546E-05
10	-4.6235487E-05	7.4795422E-05		
11	-8.9978097E-04	3.7021554E-04		
12	-2.2883928E-04	1.3067762E-04		

30

【表 10】

実施例10

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-17.1016	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.1717	1.59333			
3	8.6687	3.70000	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.4486	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-5.2309	0.70000	1.6336	23.6	
*7	7.1135	0.15000			
*8	4.0188	2.30004	1.5339	56.0	
9	-4.2339	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-12.0189	0.60000			
*12	-12.0608	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	1.00000	1.5168	64.2	
15	∞	0.09153			
像面					

(B)

L(in Air)	17.2
Bf(in Air)	3.8
f	4.63
f1	-4.46
f2	4.32
f3	-4.66
f4	4.28
f5	29.15
f6	-19.04
f12	6.01
f34	12.61
f56	-56.14
f3456	16.26

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	3.6772145E-03	-1.7394321E-03	5.0613802E-04	-7.7842783E-04
7	0.0000000E+00	1.8826424E-03	-1.6529237E-03	-3.0513283E-03	6.4270281E-04
8	-3.1504000E+00	1.7270468E-03	-6.0662635E-03	6.3232117E-04	-1.6781281E-04
10	0.0000000E+00	1.6111077E-03	3.7710753E-03	1.1186519E-04	-2.3094975E-04
11	0.0000000E+00	-3.2264468E-03	8.8080607E-03	1.1771203E-03	-2.1788291E-03
12	0.0000000E+00	-1.6340241E-02	1.5962307E-02	-5.5481006E-03	-1.6271278E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.3937288E-04	5.5792526E-05	7.2375511E-06	7.2180784E-06
7	2.5283385E-04	-1.6759346E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-3.5356384E-05	5.2235885E-05	1.3186518E-05	-1.0937991E-05
10	-7.6821948E-05	3.9274522E-05		
11	-9.1906575E-04	3.6109312E-04		
12	-2.0117402E-04	1.6266229E-04		

30

【表 1 1】

実施例11

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-16.3017	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.2620	1.66835			
3	9.6106	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.5020	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-4.6259	0.70000	1.6336	23.6	
*7	7.0221	0.15000			
*8	3.8083	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.8264	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-11.0661	0.60000			
*12	-10.8159	0.70000	1.6336	23.6	
13	∞	3.10000			
14	∞	0.80000	1.5168	64.2	
15	∞	0.38183			
像面					

(B)

L(in Air)	16.8
Bf(in Air)	4.0
f	4.63
f1	-4.53
f2	4.37
f3	-4.30
f4	3.99
f5	26.20
f6	-17.07
f12	6.49
f34	11.12
f56	-50.50
f3456	14.21

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	6.9491169E-03	-1.1665683E-03	3.8658669E-04	-8.5694348E-04
7	0.0000000E+00	3.7977043E-03	-1.4138100E-03	-2.9945546E-03	6.6171399E-04
8	-3.1504000E+00	-7.5893210E-05	-6.3761889E-03	4.1837970E-04	-2.5203552E-04
10	0.0000000E+00	1.4783705E-03	4.1839284E-03	2.8847223E-04	-1.6528467E-04
11	0.0000000E+00	-4.1870275E-03	8.7774782E-03	1.1809445E-03	-2.1519802E-03
12	0.0000000E+00	-1.7090390E-02	1.5572234E-02	-5.5835232E-03	-1.6456988E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.6694382E-04	3.6667459E-05	1.5605668E-05	8.6704854E-06
7	2.2575915E-04	-2.4805027E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-7.4024389E-05	2.2513143E-05	3.6260881E-06	-1.6287053E-05
10	-4.7066044E-05	7.3698993E-05		
11	-8.9626218E-04	3.7362965E-04		
12	-2.2668273E-04	1.3207277E-04		

30

【表 1 2】

実施例12

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	ガラス
1	-17.2921	1.00005	1.5891	61.1	S-BAL35
2	3.3261	1.87115			
3	8.9580	3.00019	1.8830	40.8	S-LAH58
4	-5.9249	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-4.7009	0.70000	1.6336	23.6	
*7	7.2258	0.15000			
*8	4.0101	2.30004	1.5339	56.0	
9	-3.8689	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-10.1234	0.60000			
*12	-10.7065	0.85001	1.6336	23.6	
13	∞	2.60000			
14	∞	1.40000	1.5168	64.2	
15	∞	0.43949			
像面					

(B)

L(in Air)	17.1
Bf(in Air)	4.0
f	4.63
f1	-4.65
f2	4.46
f3	-4.39
f4	4.11
f5	23.41
f6	-16.90
f12	6.44
f34	11.69
f56	-63.77
f3456	14.24

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	6.5812237E-03	-1.2189329E-03	4.8783295E-04	-7.8831726E-04
7	0.0000000E+00	2.7020159E-03	-1.7092048E-03	-3.0943202E-03	6.5072984E-04
8	-3.1504000E+00	-1.4588240E-03	-6.5566297E-03	4.1175512E-04	-2.4602348E-04
10	0.0000000E+00	8.2650209E-04	3.7142052E-03	3.1747360E-05	-2.7156520E-04
11	0.0000000E+00	-4.9063869E-03	8.7327237E-03	1.3131993E-03	-2.0782929E-03
12	0.0000000E+00	-1.7451774E-02	1.6748156E-02	-5.2063245E-03	-1.5297494E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.3515414E-04	4.6788496E-05	1.1343604E-05	4.3658914E-06
7	2.7561256E-04	-2.3633081E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-6.7446332E-05	2.6374460E-05	5.1266328E-06	-1.2959822E-05
10	-6.0626667E-05	9.0595940E-05		
11	-8.5642581E-04	3.9971646E-04		
12	-1.6125211E-04	1.8935400E-04		

30

【表 1 3】

実施例13

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	
1	-20.0340	1.00005	1.5168	64.2	BSC7
2	3.1433	1.74010			
3	8.7797	3.70000	1.8040	46.6	S-LAH65
4	-5.3977	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-5.1254	0.70000	1.6140	25.5	
*7	6.3925	0.15000			
*8	3.9735	2.48985	1.5110	55.2	
9	-3.9427	0.20000			
*10	50.4014	1.80007	1.5110	55.2	
*11	-12.8445	0.60000			
*12	-10.3810	0.70002	1.6140	25.5	
13	-300.0210	2.90000			
14	∞	1.00000	1.5168	64.2	
15	∞	0.12603			
像面					

(B)

L(in Air)	17.5
Bf(in Air)	3.7
f	4.64
f1	-5.18
f2	4.70
f3	-4.53
f4	4.33
f5	20.22
f6	-17.53
f12	6.51
f34	13.03
f56	-189.92
f3456	13.44

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	2.8737164E-03	-1.8135350E-03	6.5475083E-04	-6.7213841E-04
7	0.0000000E+00	2.7920640E-03	-1.7457556E-03	-3.1385275E-03	6.6751302E-04
8	-3.1504000E+00	2.0403883E-03	-5.8328022E-03	7.2045578E-04	-1.4488120E-04
10	0.0000000E+00	1.0817327E-03	3.3856758E-03	-1.9121692E-05	-2.5047474E-04
11	0.0000000E+00	-2.8442848E-03	9.1241463E-03	1.3037685E-03	-2.1372721E-03
12	0.0000000E+00	-1.4577508E-02	1.6448269E-02	-5.3711862E-03	-1.5509112E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.0170421E-04	5.8431400E-05	4.3849473E-08	3.9526003E-06
7	3.8456395E-04	-1.5544188E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-3.1035930E-05	5.1926396E-05	1.8758081E-05	-6.8379671E-06
10	-6.4197725E-05	3.5909333E-05		
11	-9.1333892E-04	3.6108992E-04		
12	-1.6848553E-04	1.7698934E-04		

30

【表 1 4】

実施例14

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	
1	-16.4294	1.00005	1.6228	57.1	S-BSM10
2	3.0668	1.73473			
3	6.3805	3.70000	1.7550	52.3	S-YGH51
4	-5.6095	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-10.3583	0.70000	1.6518	21.0	
*7	8.7374	0.15000			
*8	4.2311	2.30004	1.5339	56.0	
9	-5.2195	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-22.1857	0.60000			
*12	-9.9921	0.70002	1.6518	21.0	
13	∞	2.60000			
14	∞	1.00000	1.5168	64.2	
15	∞	0.05292			
像面					

(B)

L(in Air)	16.9
Bf(in Air)	3.3
f	4.63
f1	-4.07
f2	4.56
f3	-7.17
f4	4.78
f5	73.05
f6	-15.33
f12	7.04
f34	9.91
f56	-19.30
f3456	17.90

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	1.1807208E-03	-2.2664654E-03	5.8505295E-04	-6.8157326E-04
7	0.0000000E+00	-1.6710377E-03	-2.4163653E-03	-3.2115980E-03	6.0945995E-04
8	-3.1504000E+00	4.3131541E-04	-6.3534613E-03	5.2154368E-04	-1.8542540E-04
10	0.0000000E+00	1.1404314E-03	4.2902452E-03	1.9214242E-04	-2.2733727E-04
11	0.0000000E+00	-3.4548071E-03	8.5786281E-03	1.1273543E-03	-2.2078295E-03
12	0.0000000E+00	-1.8193550E-02	1.5554870E-02	-5.6688848E-03	-1.6491960E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.0460876E-04	5.4869859E-05	4.1855720E-07	-6.8002540E-07
7	2.6274261E-04	-1.6331070E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-3.0253078E-05	5.7547534E-05	1.7405484E-05	-9.3018294E-06
10	-8.4713120E-05	3.6190757E-05		
11	-9.3682461E-04	3.5757439E-04		
12	-1.9661625E-04	1.7440672E-04		

30

【表 15】

実施例15

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}	
1	-40.0278	1.00005	1.7550	52.3	S-YGH51
2	3.3804	1.49671			
3	8.2877	3.70000	1.8348	42.7	S-LAH55
4	-5.4766	0.00002			
5(St)	∞	0.70002			
*6	-5.6053	0.70000	1.6336	23.6	
*7	7.3258	0.15000			
*8	3.8947	2.30004	1.5339	56.0	
9	-4.1784	0.20000			
*10	-50.0000	1.80007	1.5339	56.0	
*11	-12.0111	0.60000			
*12	-13.6641	0.70002	1.6336	23.6	
13	∞	3.00000			
14	∞	1.00000	1.5168	64.2	
15	∞	0.35443			
像面					

(B)

L(in Air)	17.4
Bf(in Air)	4.0
f	4.46
f1	-4.09
f2	4.50
f3	-4.91
f4	4.19
f5	29.13
f6	-21.57
f12	7.33
f34	10.78
f56	-85.71
f3456	12.19

10

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
6	0.0000000E+00	3.8444001E-03	-1.6880696E-03	4.9899074E-04	-7.9641989E-04
7	0.0000000E+00	1.7341693E-03	-1.6781710E-03	-3.0495442E-03	6.4564541E-04
8	-3.1504000E+00	1.9672471E-03	-6.0058823E-03	6.4641903E-04	-1.6514924E-04
10	0.0000000E+00	1.6253022E-03	3.7470140E-03	1.0399510E-04	-2.3240832E-04
11	0.0000000E+00	-3.1467182E-03	8.8404977E-03	1.1857220E-03	-2.1783468E-03
12	0.0000000E+00	-1.6224325E-02	1.5873470E-02	-5.5682903E-03	-1.6239146E-03

20

面番号	RB7	RB8	RB9	RB10
6	-1.5393923E-04	4.6680872E-05	4.2993358E-06	7.4751279E-06
7	2.6349095E-04	-1.7523183E-04	7.7273291E-05	-1.4400348E-05
8	-3.5178468E-05	5.1998701E-05	1.3371904E-05	-1.0188984E-05
10	-7.5074868E-05	3.8040097E-05		
11	-9.1765037E-04	3.6108998E-04		
12	-1.9936153E-04	1.6151910E-04		

30

【表 1 6】

実施例	条件式									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	$f5/f$	$R1/f$	$f4/f5$	$f56/f$	$f34/f56$	$f34/f$	$f3456/f$	$vd2/vd3$	$f3/f$	$f3/f4$
1	3.76	-3.42	0.25	-18.02	-0.17	3.10	3.59	1.73	-1.04	-1.09
2	3.46	-3.37	0.27	-21.99	-0.14	3.15	3.48	1.73	-0.99	-1.06
3	4.79	-3.24	0.19	-10.05	-0.27	2.73	3.72	1.73	-0.95	-1.05
4	6.42	-3.21	0.14	-8.22	-0.30	2.44	3.46	1.73	-0.96	-1.08
5	5.05	-3.54	0.18	-7.87	-0.30	2.40	3.39	1.73	-1.00	-1.11
6	5.46	-3.55	0.16	-7.60	-0.32	2.42	3.49	1.73	-0.96	-1.10
7	6.19	-3.62	0.14	-9.63	-0.26	2.52	3.41	1.73	-0.93	-1.06
8	6.70	-3.60	0.13	-8.46	-0.29	2.44	3.44	1.73	-0.94	-1.08
9	6.08	-3.54	0.14	-9.56	-0.25	2.40	3.20	1.73	-0.93	-1.08
10	6.30	-3.70	0.15	-12.14	-0.22	2.73	3.51	1.73	-1.01	-1.09
11	5.66	-3.52	0.15	-10.91	-0.22	2.40	3.07	1.73	-0.93	-1.08
12	5.05	-3.73	0.18	-13.77	-0.18	2.53	3.07	1.73	-0.95	-1.07
13	4.36	-4.32	0.21	-40.91	-0.07	2.81	2.90	1.82	-0.98	-1.04
14	15.79	-3.55	0.07	-4.17	-0.51	2.14	3.87	2.49	-1.55	-1.50
15	6.53	-8.98	0.14	-19.22	-0.13	2.42	2.73	1.81	-1.10	-1.17

10

【表 1 7】

実施例	条件式				
	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
	$f12/f$	$(Nd1+Nd2+Nd3+Nd4+Nd5+Nd6)/6$	L/f	Bf/f	$(vd2+vd4+vd5)/3$
1	1.38	1.63	3.58	0.87	50.93
2	1.38	1.63	3.53	0.86	50.93
3	1.27	1.63	3.60	0.85	50.93
4	1.29	1.63	3.49	0.80	50.93
5	1.35	1.63	3.54	0.80	50.93
6	1.33	1.63	3.55	0.80	50.93
7	1.32	1.63	3.64	0.85	50.93
8	1.33	1.63	3.64	0.85	50.93
9	1.37	1.63	3.63	0.85	50.93
10	1.30	1.63	3.72	0.81	50.93
11	1.40	1.63	3.64	0.87	50.93
12	1.39	1.63	3.70	0.86	50.93
13	1.40	1.60	3.76	0.79	52.32
14	1.52	1.62	3.65	0.72	54.77
15	1.64	1.65	3.89	0.90	51.57

20

30

【0 1 7 2】

上記実施例 1 ~ 15 の撮像レンズにおいて、第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 はガラス球面レンズであり、第 3 レンズ L 3 から第 6 レンズ L 6 はプラスチック非球面レンズである。なお、基本レンズデータには、第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 の材質名を記載している。例えば実施例 1 ~ 12 の第 1 レンズ L 1 の材質としてオハラ社製 S - B A L 3 5 を記載しているが、同等の特性を持つ他社硝材を用いてもよい。例えば、オハラ社製 S - B A L 3 5 に代えて、HOYA 社製 B A C D 5、住田社製 K - S K 5、および成都光明社製 H - Z K 3 等を使用してもよい。また、実施例 1 ~ 12 の第 2 レンズ L 2 の材質としてオハラ社製 S - L A H 5 8 を記載しているが、これに代えて、HOYA 社製 T A F D 3 0、住田社製 K - L A S F N 1 7、および成都光明社製 H - Z L A F 6 8 等を使用してもよい。

40

【0 1 7 3】

50

また、実施例 13 の第 1 レンズ L1 の材質として HOYA 社製 BSC7 を記載しているが、これに代えてオハラ社製 S-BSL7、住田社製 K-BK7、成都光明社製 H-K9L、およびショット社製 N-BK7 等を使用してもよい。また、実施例 13 の第 2 レンズ L2 の材質としてオハラ社製 S-LAH65 を記載しているが、これに代えて HOYA 社製 TAF3、住田社製 K-LASFN6、および成都光明社製 H-ZLAF50B 等を使用してもよい。

【0174】

また、実施例 14 の第 1 レンズ L1 の材質としてオハラ社製 S-BSM10 を記載しているが、これに代えて HOYA 社製 E-BACD10、および成都光明社製 H-ZK10 等を使用してもよい。また、実施例 14 の第 2 レンズ L2 および実施例 15 の第 1 レンズ L1 の材質としてオハラ社製 S-YGH51 を記載しているが、これに代えて HOYA 社製 TAC6、住田社製 K-LASKN1、および成都公明社製 H-LAK53A 等を使用してもよい。また、実施例 15 の第 2 レンズ L2 の材質としてオハラ社製 S-LAH55 を記載しているが、これに代えて HOYA 社製 TAFD5F、および住田社製 K-LASFN8、成都光明社製 H-ZLAF55A 等を使用してもよい。

【0175】

[収差性能]

上記実施例 1 ~ 15 に係る撮像レンズの各収差図をそれぞれ、図 18 (A) ~ 図 18 (D)、図 19 (A) ~ 図 19 (D)、図 20 (A) ~ 図 20 (D)、図 21 (A) ~ 図 21 (D)、図 22 (A) ~ 図 22 (D)、図 23 (A) ~ 図 23 (D)、図 24 (A) ~ 図 24 (D)、図 25 (A) ~ 図 25 (D)、図 26 (A) ~ 図 26 (D)、図 27 (A) ~ 図 27 (D)、図 28 (A) ~ 図 28 (D)、図 29 (A) ~ 図 29 (D)、図 30 (A) ~ 図 30 (D)、図 31 (A) ~ 図 31 (D)、図 32 (A) ~ 図 32 (D) に示す。

【0176】

ここでは、実施例 1 の収差図を例にとり説明するが、他の実施例の収差図についても同様である。図 18 (A)、図 18 (B)、図 18 (C) および図 18 (D) はそれぞれ、実施例 1 に係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) および倍率色収差 (倍率の色収差) の収差図を示す。球面収差図の F は F 値を意味し、その他の収差図の θ は半画角を意味する。ディストーションの図は、全系の焦点距離 f 、画角 (変数扱い、 $0 < \theta < \pi/2$) を用いて、理想像高を $f \times \tan(\theta)$ とし、それからのズレ量を示す。各収差図には、d 線 (波長 587.56 nm) を基準波長とした収差を示すが、球面収差図には、F 線 (波長 486.13 nm)、C 線 (波長 656.27 nm)、s 線 (波長 852.11 nm)、正弦条件違反量 (SNC と表記) についての収差も示し、倍率色収差図には F 線、C 線および s 線についての収差を示す。倍率色収差図の線種は球面収差図のものと同一であるため、その表記を省略している。

【0177】

以上のデータから分かるように、実施例 1 ~ 15 の撮像レンズは、6 枚という少ないレンズ枚数で構成され、小型で安価に作製可能である上、F ナンバーが 1.8 ~ 2.0 と小さく、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、後方等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。

【0178】

[撮像装置の実施形態]

図 33 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 33 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係る撮像装置であり、本発明の実施例の撮像

レンズと、こ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ている。

【0179】

本発明の実施例に係る撮像レンズは、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。

【0180】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率およびアッペ数の値は、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。

10

【0181】

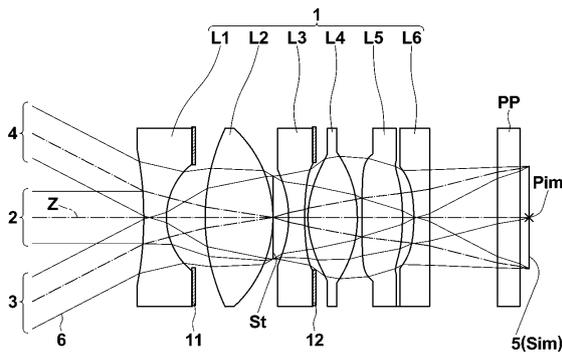
なお、上記した実施例ではすべてのレンズを均質な材料により構成しているが、屈折率分布型のレンズを用いてもよい。また、上記した実施例では第2レンズL2～第6レンズL6を非球面が施された屈折型レンズにより構成しているものがあるが、1つの面もしくは複数の面に回折光学素子を形成してもよい。

【0182】

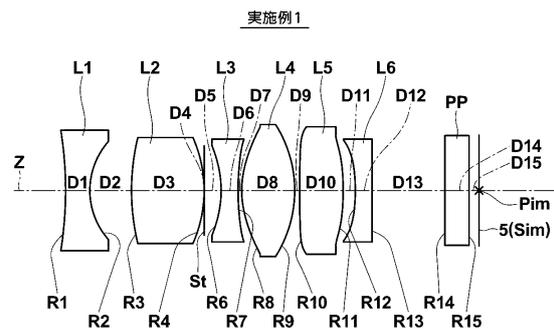
また、撮像装置の実施形態では、本発明を車載用カメラに適用した例について図を示して説明したが、本発明はこの用途に限定されるものではなく、例えば、携帯端末用カメラや監視カメラ等にも適用可能である。

20

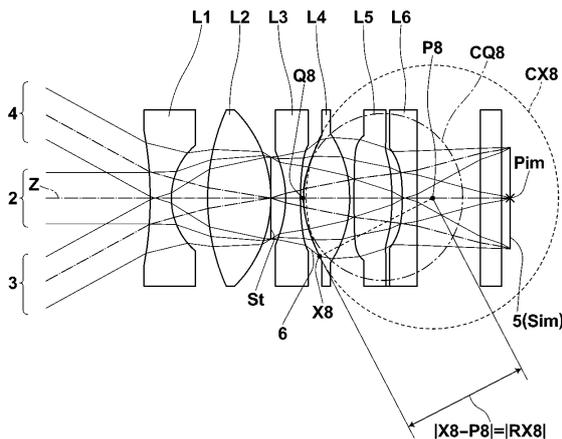
【図1】



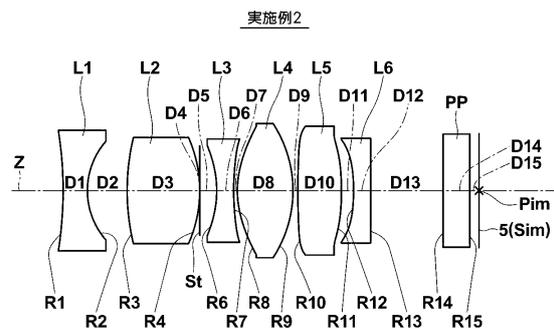
【図3】



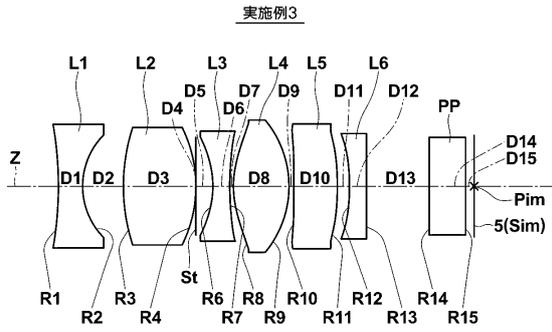
【図2】



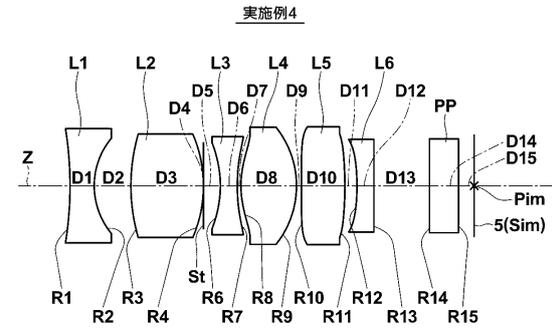
【図4】



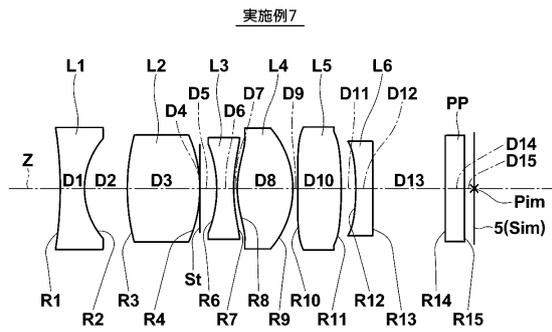
【 図 5 】



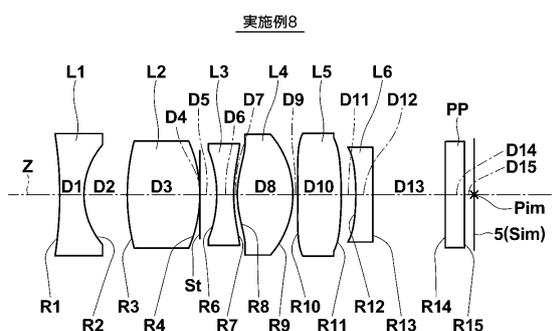
【 図 6 】



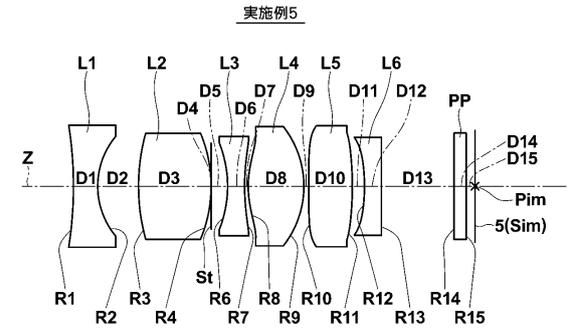
【 図 9 】



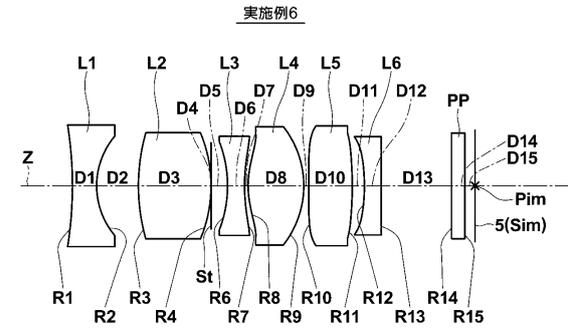
【 図 1 0 】



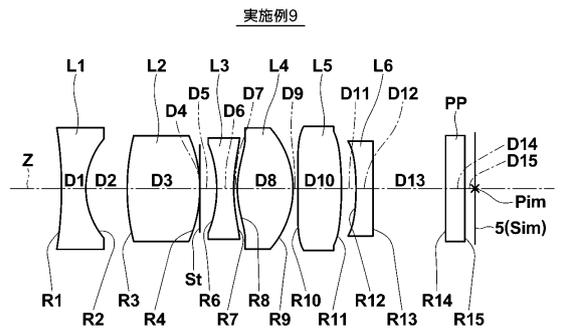
【 図 7 】



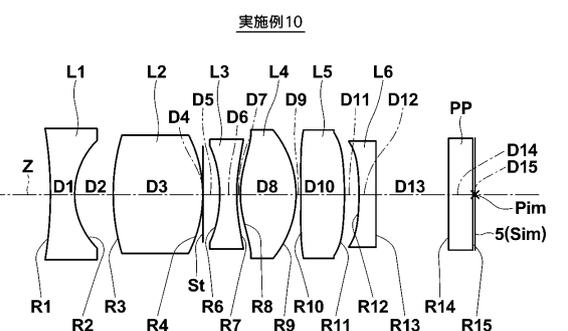
【 図 8 】



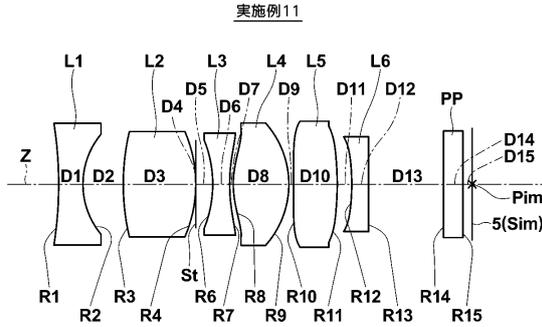
【 図 1 1 】



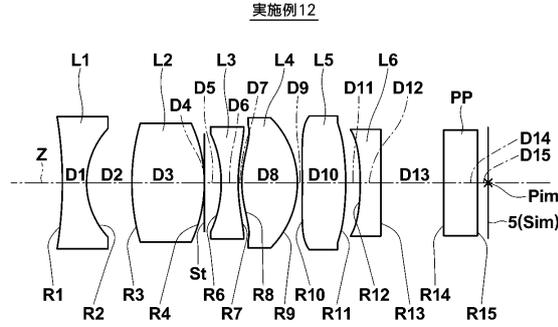
【 図 1 2 】



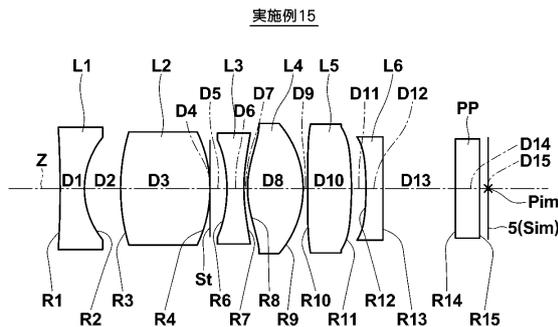
【 図 1 3 】



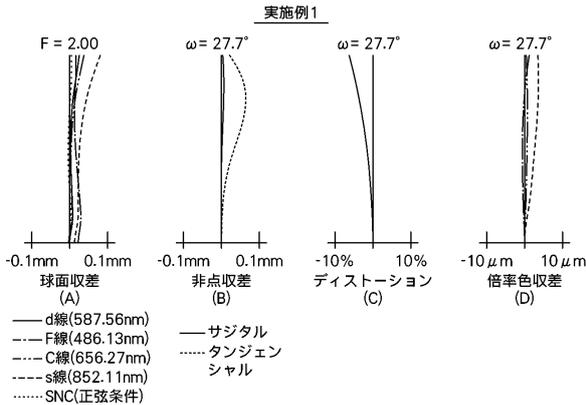
【 図 1 4 】



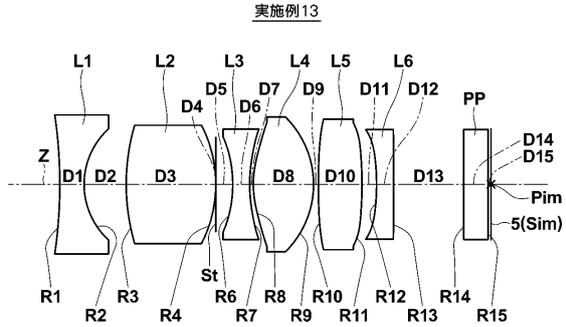
【 図 1 7 】



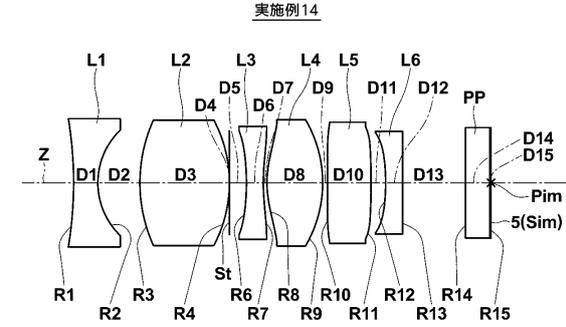
【 図 1 8 】



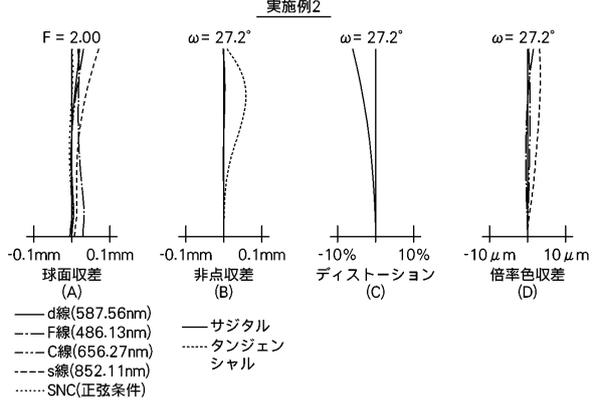
【 図 1 5 】



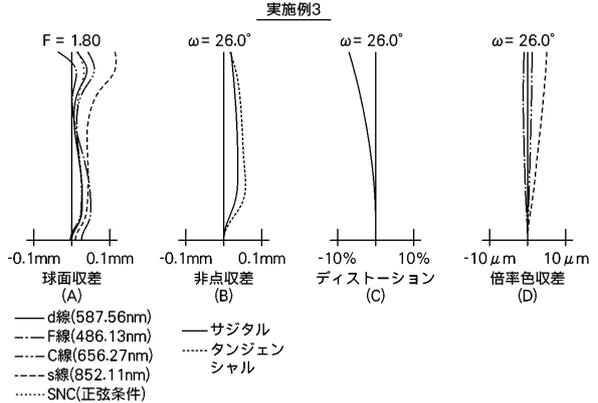
【 図 1 6 】



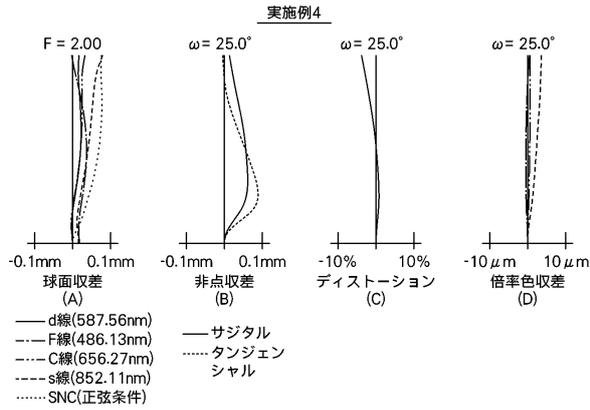
【 図 1 9 】



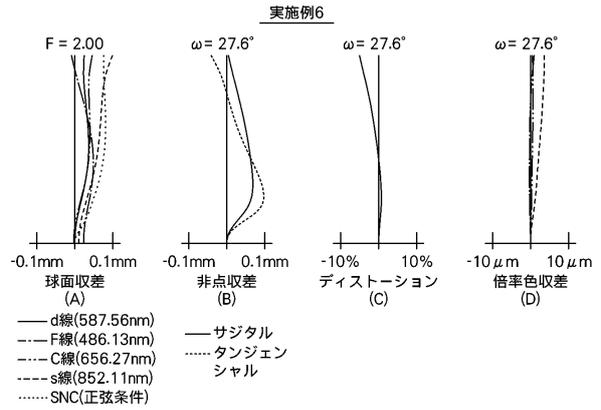
【 図 2 0 】



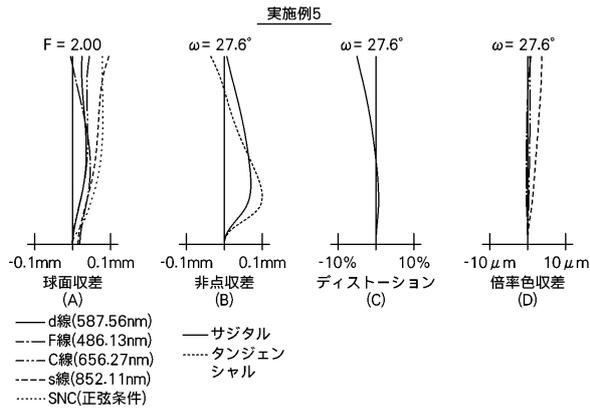
【 図 2 1 】



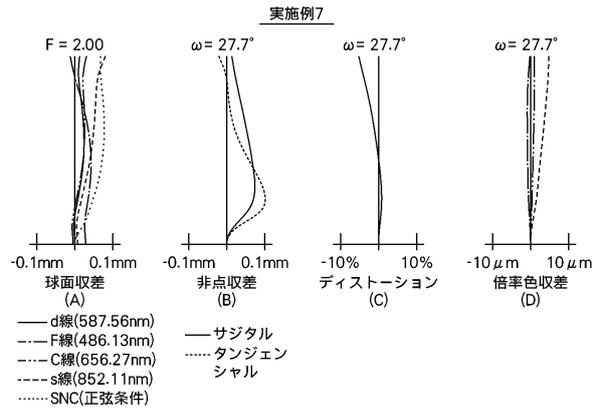
【 図 2 3 】



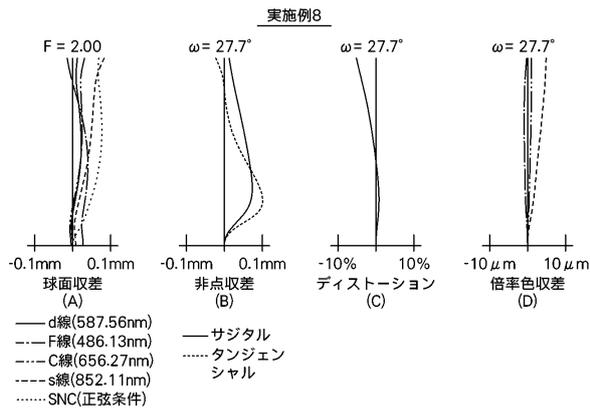
【 図 2 2 】



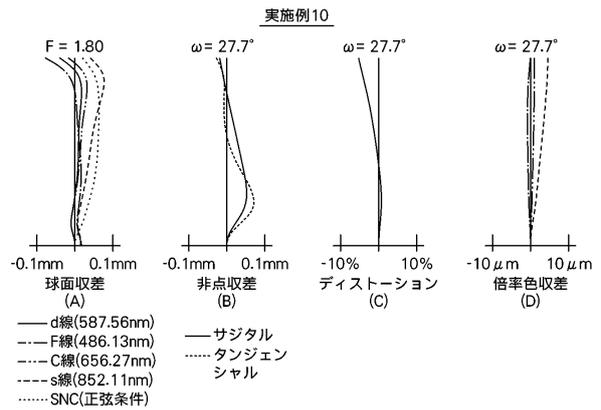
【 図 2 4 】



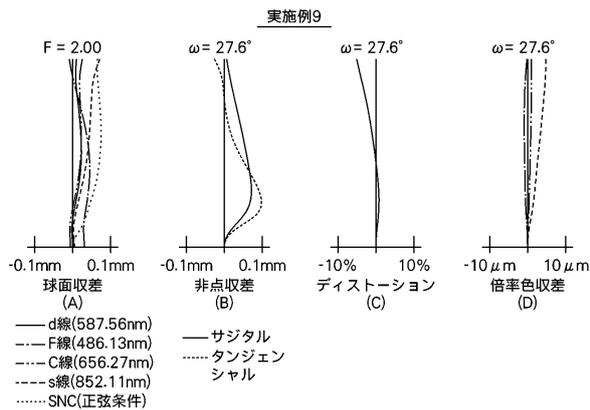
【 図 2 5 】



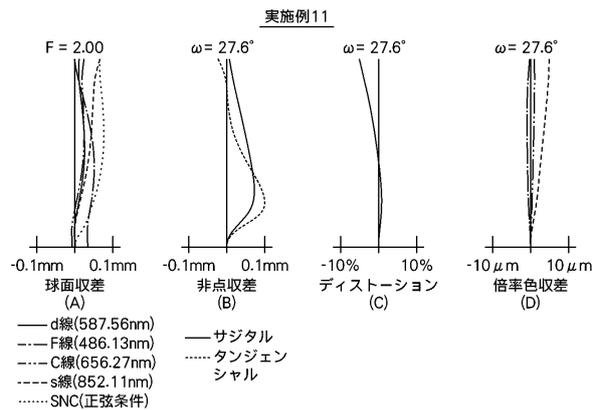
【 図 2 7 】



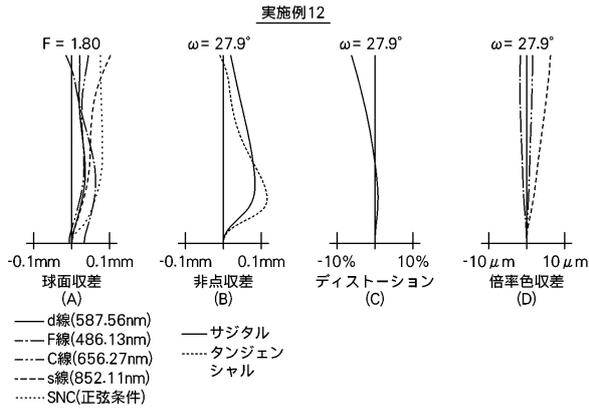
【 図 2 6 】



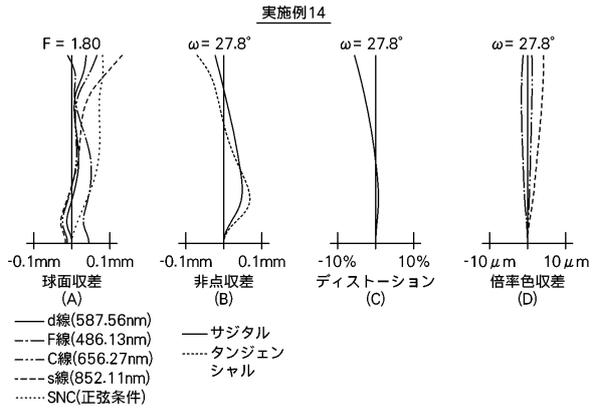
【 図 2 8 】



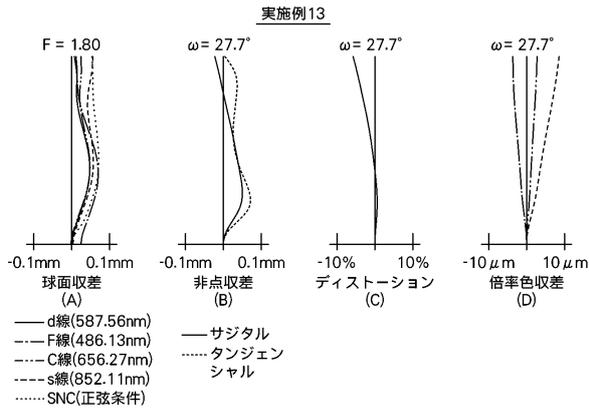
【図29】



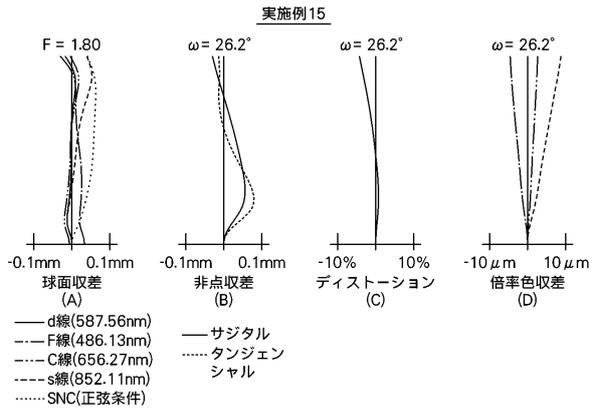
【図31】



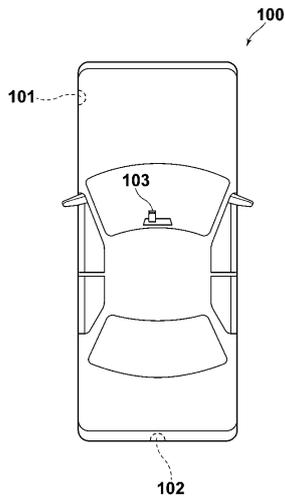
【図30】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 3 1 6 3 3 9 (J P , A)
特開平 5 - 1 7 3 0 6 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4