

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5330202号
(P5330202)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/04 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/04
G02B 13/18

D

請求項の数 11 (全 41 頁)

(21) 出願番号

特願2009-264998 (P2009-264998)

(22) 出願日

平成21年11月20日(2009.11.20)

(65) 公開番号

特開2011-107593 (P2011-107593A)

(43) 公開日

平成23年6月2日(2011.6.2)

審査請求日

平成24年7月2日(2012.7.2)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(74) 代理人 100090468

弁理士 佐久間 剛

(72) 発明者 浅見 太郎

埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
番地 フジノン株式会社内

審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像レンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の第1レンズと、像側の面が凹面である負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズと、物体側の面が凹面である第5レンズとからなり、

前記第2レンズ、前記第4レンズ、前記第5レンズの少なくとも1つは、少なくとも一面が非球面であり、

前記第3レンズと前記第5レンズの材質のd線に対するアッベ数が30以下であり、前記第4レンズの材質のd線に対するアッベ数が40以上であり、

下記条件式(1)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$1.0 < (R_3 - R_4) / (R_3 + R_4) \dots (1)$$

ただし、

R₃：前記第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R₄：前記第2レンズの像側の面の近軸曲率半径

【請求項 2】

物体側から順に、負の第1レンズと、両凹レンズである負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズと、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズである第5レンズとからなり、

前記第2レンズ、前記第4レンズ、前記第5レンズの少なくとも1つは、少なくとも一面が非球面であり、

10

20

前記第3レンズと前記第5レンズの材質のd線に対するアッペ数が30以下であり、前記第4レンズの材質のd線に対するアッペ数が40以上であり、

前記第2レンズの物体側の面は、中心で負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱いことを特徴とする撮像レンズ。

【請求項3】

下記条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の撮像レンズ。

$$1.0 < D_3 / f < 1.6 \dots (2)$$

ただし、

D₃：前記第2レンズの中心厚

f：全系の焦点距離

10

【請求項4】

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

$$2.0 < D_2 / f < 4.0 \dots (3)$$

ただし、

D₂：前記第1レンズと前記第2レンズの光軸上の空気間隔

f：全系の焦点距離

【請求項5】

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

$$1.0 < D_1 / f < 3.0 \dots (4)$$

ただし、

D₁：前記第1レンズの中心厚

f：全系の焦点距離

20

【請求項6】

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

$$13.0 < L / f < 19.0 \dots (5)$$

ただし、

L：前記第1レンズの物体側の面頂点から像面までの光軸上の距離

30

f：全系の焦点距離

【請求項7】

前記第1レンズの物体側の面が凸面であり、下記条件式(6)を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0.4 < (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) < 1.0 \dots (6)$$

ただし、

R₁：前記第1レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R₂：前記第1レンズの像側の面の近軸曲率半径

【請求項8】

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

$$1.1 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 2.0 \dots (7)$$

ただし、

R₈：前記第4レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R₉：前記第4レンズの像側の面の近軸曲率半径

40

【請求項9】

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8のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0.3 < R_9 / R_{10} < 0.9 \dots (8)$$

ただし、

50

R 9 : 前記第4レンズの像側の面の近軸曲率半径

R 10 : 前記第5レンズの物体側の面の近軸曲率半径

【請求項10】

前記第1レンズの中心厚が1.5mm以上であることを特徴とする請求項1から9のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項11】

請求項1から10のいずれか一項記載の撮像レンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

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

【背景技術】

【0002】

従来、自動車の周囲の映像を撮影するための車載用カメラや、携帯電話に付属される携帯電話用カメラ、および監視映像の取得や防犯の目的で設置される監視カメラ等の撮像装置が知られている。これらの撮像装置は一般に、撮像レンズと、該撮像レンズにより形成された像を電気信号に変換するCCDやCMOS等の撮像素子を備えている。この種の撮像素子の小型化および高画素化は年々進んでおり、それに伴って撮像装置も小型化が進み、撮像装置に搭載される撮像レンズにも小型化および高性能化が求められるようになってきている。一方、車載用カメラや監視カメラ用途の撮像レンズには、安価であり、例えば全画角が180°を超えるような広角を有しながら高い耐候性を持つことが求められている。

20

【0003】

上記分野の撮像レンズとしては、例えば下記特許文献1～5に記載のものがある。特許文献1～4には、非球面レンズを含む5枚構成の撮像レンズが記載されている。特許文献5には、全て球面レンズからなる5枚構成の撮像レンズが記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-227426号公報

【特許文献2】特開2007-025499号公報

【特許文献3】特開2007-233152号公報

【特許文献4】特開2008-122922号公報

【特許文献5】特許第3672278号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年では、撮像素子の小型化および高画素化が非常に進歩しており、それに伴って撮像レンズに対する小型化および高性能化の要求は厳しいものとなってきている。一方で、車載用カメラや監視カメラ用途の撮像レンズに対する広角化の強い要望は依然として存在している。しかしながら、従来の小型のレンズ系では、安価で小型に構成しながら、広角化と、近年の高画素化が進んだ撮像素子に対応可能な高性能とを両立させるには不十分な点があった。

【0006】

特許文献1、2に記載の5枚構成の撮像レンズは、最も像側に配置されるレンズのアッ

50

ベ数が大きいため、軸上色収差の良好な補正が困難であった。特許文献3に記載の撮像レンズは、接合レンズを用いているため、車載のような厳しい環境下で使用するレンズとしては不向きである、またはコストが高くなるという不具合がある。特許文献4に記載の撮像レンズは、ガラスレンズを多用しているため、高コストである。特許文献5に記載の撮像レンズは、全て球面レンズで構成されているため、近年の高画素化に対応するには性能の点で改良の余地がある。

【0007】

本発明は、上記事情に鑑み、安価で小型に構成可能で、十分な広角化を達成するとともに、近年の高画素化が進んだ撮像素子に対応可能な高い光学性能を有する撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズと、像側の面が凹面である負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズと、物体側の面が凹面である第5レンズとからなり、第2レンズ、第4レンズ、第5レンズの少なくとも1つは、少なくとも一面が非球面であり、第3レンズと第5レンズの材質のd線に対するアッペ数が30以下であり、第4レンズの材質のd線に対するアッペ数が40以上であり、下記条件式(1)を満足することを特徴とするものである。

$$1.0 < (R_3 - R_4) / (R_3 + R_4) \dots (1)$$

ただし、

20

R3：第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R4：第2レンズの像側の面の近軸曲率半径

【0009】

本発明の第2の撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズと、両凹レンズである負の第2レンズと、正の第3レンズと、絞りと、正の第4レンズと、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズである第5レンズとからなり、第2レンズ、第4レンズ、第5レンズの少なくとも1つは、少なくとも一面が非球面であり、第3レンズと第5レンズの材質のd線に対するアッペ数が30以下であり、第4レンズの材質のd線に対するアッペ数が40以上であり、第2レンズの物体側の面は、中心で負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱いことを特徴とするものである。

30

【0010】

また、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(2)～(8)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(2)～(8)のいずれか1つを満足するものでもよく、あるいは任意の2つ以上の組合せを満足するものでもよい。

$$1.0 < D_3 / f < 1.6 \dots (2)$$

$$2.0 < D_2 / f < 4.0 \dots (3)$$

$$1.0 < D_1 / f < 3.0 \dots (4)$$

$$13.0 < L / f < 19.0 \dots (5)$$

$$0.4 < (R_1 - R_2) / (R_1 + R_2) < 1.0 \dots (6)$$

40

$$1.1 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 2.0 \dots (7)$$

$$0.3 < R_9 / R_10 < 0.9 \dots (8)$$

ただし、

D3：第2レンズの中心厚

f：全系の焦点距離

D2：第1レンズと第2レンズの光軸上の空気間隔

D1：第1レンズの中心厚

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

R1：第1レンズの物体側の面の近軸曲率半径

50

R 2 : 第 1 レンズの像側の面の近軸曲率半径
 R 8 : 第 4 レンズの物体側の面の近軸曲率半径
 R 9 : 第 4 レンズの像側の面の近軸曲率半径
 R 10 : 第 5 レンズの物体側の面の近軸曲率半径

【 0 0 1 1 】

また、上記本発明の第 1 および第 2 の撮像レンズにおいては、第 1 レンズの中心厚が 1 . 5 mm 以上であることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

なお、本発明の第 1 および第 2 の撮像レンズにおける「負の第 1 レンズ」、「負の第 2 レンズ」、「正の第 3 レンズ」、「正の第 4 レンズ」は各レンズの近軸領域におけるパワー（屈折力）の符号に関するものである。本発明の第 1 の撮像レンズにおける「像側の面が凹面である負の第 2 レンズ」、「物体側の面が凹面である第 5 レンズ」、本発明の第 2 の撮像レンズにおける、「両凹レンズである負の第 2 レンズ」、「物体側に凹面を向けたメニスカスレンズである第 5 レンズ」、好ましい態様における「第 1 レンズの物体側の面が凸面」は近軸領域におけるものである。また、本発明においては、近軸曲率半径（中心の曲率半径ともいう）の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負とすることにする。

【 0 0 1 3 】

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）からなる図形の直径に相当する寸法を意味し、「有効径端」とは、この最も外側の点を意味するものとする。

【 0 0 1 4 】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の第 1 または第 2 の撮像レンズを備えたことを特徴とするものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明の第 1 の撮像レンズによれば、最少 5 枚のレンズ系において、各レンズの形状やパワー、材質等の構成を好適に設定し、条件式（1）を満足するようにしているため、安価で小型に構成可能で、十分な広角化を達成するとともに、近年の高画素化が進んだ撮像素子に対応可能な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。

【 0 0 1 6 】

本発明の第 2 の撮像レンズによれば、最少 5 枚のレンズ系において、各レンズの形状やパワー、材質等の構成を好適に設定し、特に第 2 レンズの物体側の面形状を好適に設定しているため、安価で小型に構成可能で、十分な広角化を達成するとともに、近年の高画素化が進んだ撮像素子に対応可能な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。

【 0 0 1 7 】

本発明の撮像装置によれば、本発明の撮像レンズを備えているため、安価で小型に構成可能で、広い画角を有するとともに、解像度の高い良好な像を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態にかかる撮像レンズの光路図

【 図 2 】 非球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

【 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

10

20

30

40

50

【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】図11(A)～図11(I)は本発明の実施例1の撮像レンズの各収差図

【図12】図12(A)～図12(I)は本発明の実施例2の撮像レンズの各収差図

【図13】図13(A)～図13(I)は本発明の実施例3の撮像レンズの各収差図

【図14】図14(A)～図14(I)は本発明の実施例4の撮像レンズの各収差図

【図15】図15(A)～図15(I)は本発明の実施例5の撮像レンズの各収差図

【図16】図16(A)～図16(I)は本発明の実施例6の撮像レンズの各収差図

【図17】図17(A)～図17(I)は本発明の実施例7の撮像レンズの各収差図

【図18】図18(A)～図18(I)は本発明の実施例8の撮像レンズの各収差図

【図19】本発明の実施形態にかかる車載用の撮像装置の配置を説明するための図

10

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図1を参照しながら、本発明の実施形態にかかる撮像レンズについて説明する。図1に、本発明の一実施形態にかかる撮像レンズ1のレンズ断面図、および、無限遠の距離にある物点からの軸上光束2、全画角2 θ での軸外光束3、4を示す。図1では、図の左側が物体側、右側が像側である。

【0020】

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。

20

【0021】

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})の間に配置した例を示している。

【0022】

図1に示す撮像レンズ1は、以下に述べる第1の態様と第2の態様の両方を備えるものである。撮像レンズ1の第1の態様は、物体側から順に、負の第1レンズL1と、像側の面が凹面である負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、開口絞りStと、正の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた第5レンズL5とを備え、第2レンズL2、第4レンズL4、第5レンズL5の少なくとも1つは、少なくとも片方の面が非球面であり、第3レンズL3と第5レンズL5の材質のd線に対するアッベ数が30以下であり、第4レンズL4の材質のd線に対するアッベ数が40以上であり、下記条件式(1)を満足するものである。

30

【0023】

$$1.0 < (R_3 - R_4) / (R_3 + R_4) \dots (1)$$

ただし、

R₃：第2レンズL2の物体側の面の近軸曲率半径

40

R₄：第2レンズL2の像側の面の近軸曲率半径

【0024】

物体側に配置される第1レンズL1および第2レンズL2を負のパワーを持つレンズとすることで、大きな画角の光線をとらえることができ、系全体を広角化することが可能となる。また、負のレンズを2枚使用することで、例えば180°を超えるような広い画角を達成することが可能となる。第2レンズL2の像側の面を凹面とすることで、広角化と共にディストーションの補正が容易となる。開口絞りStの物体側直前の第3レンズL3を正のパワーを持つレンズとし、第3レンズL3を構成する材質のアッベ数を30以下とすることで、像面湾曲と共に倍率の色収差も良好に補正することが可能となる。そして、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、収差を良好に補

50

正しながらレンズ系の径方向を小型化することが可能となる。なお、図1における開口絞りS_tは、形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。

【0025】

第4レンズL4を正のパワーを持つレンズとし、第4レンズL4を構成する材質のアッペ数を40以上とし、第5レンズL5を物体側に凹面を向けたレンズとし、第5レンズL5を構成する材質のアッペ数を30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可能となる。少なくとも第2レンズL2、第4レンズL4、第5レンズL5の少なくとも片方の面を非球面とすることで、像面湾曲と球面収差を良好に補正することが可能となる。全系のレンズ枚数を最少5枚とすることで、小型化および低コスト化が可能となる。

10

【0026】

条件式(1)を満足することで、第2レンズL2の物体側の面と像側の面のバランスをとることができ、広角化が容易となる。第2レンズL2を像側の面が凹面の負レンズとし条件式(1)を満足することで、第2レンズL2は近軸領域で両凹形状となるため、第2レンズL2の負のパワーを強くすることが容易となり、レンズ系を広角化することが容易となる。

【0027】

ここで、近軸領域における第2レンズL2の形状について説明する。第2レンズL2は像側の面が凹面の負レンズであるから、第2レンズL2の物体側の面形状について考える。まず、条件式(1)は下記条件式(1A)のように変形することができる。

20

$$1.0 < (1 - R_4 / R_3) / (1 + R_4 / R_3) \dots \quad (1A)$$

第2レンズL2の物体側の面が平面、すなわちR₃=∞とすると、上記条件式(1A)を満たさないため、第2レンズL2の物体側の面は平面になりえない。

【0028】

仮に、第2レンズL2の物体側の面が凸面、すなわちR₃>0とすると、(R₃-R₄)<(R₃+R₄)となり、条件式(1)の下限を満たさなくなるため、第2レンズL2の物体側の面が凸面になることはない。よって、第2レンズL2の物体側の面は凹面となり、第2レンズL2は両凹形状となる。

【0029】

次に、撮像レンズ1の第2の態様について説明する。撮像レンズ1の第2の態様は、物体側から順に、負の第1レンズL1と、両凹レンズである負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、開口絞りS_tと、正の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズである第5レンズL5とを備え、第2レンズL2、第4レンズL4、第5レンズL5の少なくとも1つは、少なくとも一面が非球面であり、第3レンズ3と第5レンズL5の材質のd線に対するアッペ数が30以下であり、第4レンズL4の材質のd線に対するアッペ数が40以上であり、第2レンズL2の物体側の面は、中心で負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い構成である。

30

【0030】

第2レンズL2を両凹形状とすることで、負のパワーを強くすることが可能となり、レンズ系を広角化することが容易となる。また、第2レンズL2の物体側の面の中心のパワーを負とし、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で、広角化が容易となると共に像面湾曲とディストーションを良好に補正することが可能となる。第5レンズL5を物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとすることで、軸上の色収差を良好に補正することが可能となる。なお、第2の態様の構成のうち、第1の態様と同じ構成についてはその作用効果も同様であるため、ここではその重複説明を省略する。

40

【0031】

本発明の撮像レンズは、上記第1の態様および上記第2の態様の両方を備えるものであってもよく、またいずれか一方の態様を備えるものであってもよい。本発明の実施形態にかかる撮像レンズは、さらに以下に述べる構成を有することが好ましい。なお、好ましい態様としては、以下のいずれか1つの構成を有するものでもよく、あるいは任意の2つ以

50

上を組合せた構成を有するものでもよい。

【0032】

第2レンズL2の物体側の面の近軸曲率半径をR3とし、第2レンズL2の像側の面の近軸曲率半径をR4としたとき、下記条件式(1-2)を満足することが好ましい。条件式(1-2)の上限を上回ると、第2レンズL2の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなり、ディストーションの補正が困難となる。

$$1.0 < (R_3 - R_4) / (R_3 + R_4) < 3.0 \dots (1-2)$$

【0033】

さらに、下記条件式(1-3)を満足することがより好ましい。条件式(1-3)の上限を満足することで、ディストーションの補正がより容易となる。

$$1.0 < (R_3 - R_4) / (R_3 + R_4) < 2.0 \dots (1-3)$$

【0034】

第2レンズL2の中心厚をD3とし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(2)を満足することが好ましい。

$$1.0 < D_3 / f < 1.6 \dots (2)$$

【0035】

条件式(2)の上限を満足することで、第2レンズL2の中心厚を適切に選ぶことが可能となり、第1レンズL1、第2レンズL2の物体側の面において軸上光束と軸外光束を分離することでき、像面湾曲とディストーションの補正が容易となる。条件式(2)の上限以上になると、第2レンズL2の中心厚が大きくなりすぎてしまい、レンズ系の光軸方向と共に径方向も大型化してしまう。条件式(2)の下限以下になると、第2レンズL2の中心厚が小さくなり、軸上光束と軸外光束を分離することが困難となるため像面湾曲とディストーションの補正が困難となる。

【0036】

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

$$1.2 < D_3 / f < 1.4 \dots (2-2)$$

【0037】

第1レンズL1と第2レンズL2の光軸Z上の空気間隔をD2とし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(3)を満足することが好ましい。

$$2.0 < D_2 / f < 4.0 \dots (3)$$

【0038】

条件式(3)を満足することで、第1レンズL1と第2レンズL2の間隔を適切に選択することができるため、第2レンズL2の物体側の面を非球面にした場合は、その非球面形状を効果的に使用することができ、広角化が容易となると共に像面湾曲も良好に補正可能となる。条件式(3)の上限以上になると、第1レンズL1と第2レンズL2の空気間隔が広くなりすぎてしまい、レンズ系の光軸方向と共に径方向も大型化してしまう。条件式(3)の下限以下になると、レンズ系の小型化は可能だが、第1レンズL1と第2レンズL2の空気間隔が狭くなりすぎてしまい、第2レンズL2の物体側の面を非球面にした場合は、その非球面形状が制限されるため、広角化が困難となると共に軸上光束と軸外光束を分離することも困難となり、像面湾曲、ディストーションの補正が困難となる。

【0039】

さらに、下記条件式(3-2)を満足することがより好ましい。条件式(3-2)を満足することで、条件式(3)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$2.3 < D_2 / f < 3.5 \dots (3-2)$$

【0040】

またさらに、下記条件式(3-3)を満足することがよりいっそう好ましい。条件式(3-3)を満足することで、条件式(3-2)を満足した場合よりもさらに小型化を図る

10

20

30

40

50

ことが容易となる。

$$2.3 < D_2 / f < 3.3 \dots (3-3)$$

【0041】

第1レンズL1の中心厚をD1とし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(4)を満足することが好ましい。

$$1.0 < D_1 / f < 3.0 \dots (4)$$

【0042】

条件式(4)を満足することで、第1レンズL1の中心厚を適切に選ぶことが可能となり、レンズ系の小型化を容易とすると共に耐衝撃性を高めることが容易となる。条件式(4)の上限以上になると、第1レンズL1が厚くなりすぎてしまい、各種衝撃には強くなるがレンズ系の光軸方向と径方向が大型化してしまう。条件式(4)の下限以下になると、小型化は容易だが、第1レンズL1が薄くなりすぎてしまい衝撃に対する強度が低下してしまう。

【0043】

さらに、下記条件式(4-2)を満足することがより好ましい。条件式(4-2)を満足することで、条件式(4)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$1.8 < D_1 / f < 2.5 \dots (4-2)$$

【0044】

またさらに、下記条件式(4-3)を満足することがよりいっそう好ましい。条件式(4-3)を満足することで、条件式(4-2)を満足した場合よりもさらに小型化を図ることが容易となる。

$$1.8 < D_1 / f < 2.3 \dots (4-3)$$

【0045】

例えば車載カメラ用レンズとして使用する場合、レンズにも各種衝撃に対する強度が求められる。第1レンズL1の中心厚を1.5mm以上とすることが好ましく、このような厚さにすることで、各種衝撃に対する強度が強くなり、割れにくいレンズを作製することができる。レンズをより割れにくくするためには、第1レンズL1の中心厚を1.7mm以上とすることがより望ましい。レンズをさらに割れにくくするためには、第1レンズL1の中心厚を1.8mm以上とすることがさらにより望ましい。

【0046】

一方、第1レンズL1の中心厚は3.0mm以下とすることが望ましい。例えば全画角が180°を超えるような広角のレンズでは、第1レンズL1を厚くしていくと第1レンズL1の径方向も大きくなってしまう。例えば車載カメラ用レンズとして使用される場合、車の外観を損なわないためには第1レンズL1の径方向のサイズを小さくすることが求められる。第1レンズL1の中心厚を3.0mm以下とすることで、レンズ系の光軸方向だけでなく径方向のサイズも小型化することが可能となる。さらに第1レンズL1の中心厚を2.5mm以下とすることで、レンズ系をより小型化することが可能となる。

【0047】

第1レンズL1の物体側の面頂点から像面Si mまでの光軸上の距離をLとし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(5)を満足することが好ましい。なお、Lの算出の際には、バックフォーカス分は空気換算長とする。すなわち、最も像側のレンズと像面Si mとの間にカバーガラスやフィルタなどがある場合は、カバーガラスやフィルタの厚さは空気換算した値を用いるものとする。

$$13.0 < L / f < 19.0 \dots (5)$$

【0048】

条件式(5)を満足することで、レンズ系の小型化と同時に広角化を達成することが可能となる。条件式(5)の上限以上になると、広角化は容易に達成できるがレンズ系が大型化してしまう。条件式(5)の下限以下になると、広角化を達成することが困難となるか、全長が小さくなりすぎてしまい、各レンズのサイズが小さくなりすぎて加工が困難と

10

20

30

40

50

なる。

【0049】

さらに、下記条件式(5-2)を満足することがより好ましい。条件式(5-2)を満足することで、条件式(5)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$14.0 < L/f < 18.0 \dots (5-2)$$

【0050】

第1レンズL1の物体側の面を凸面とし、第1レンズL1の物体側の面の近軸曲率半径をR1とし、第1レンズL1の像側の面の近軸曲率半径をR2としたとき、下記条件式(6)を満足することが好ましい。

$$0.4 < (R1 - R2) / (R1 + R2) < 1.0 \dots (6)$$

【0051】

条件式(6)を満足することで、第1レンズL1の物体側の面および像側の面の曲率半径を適切に選択することができ、広角化と共に像面湾曲とディストーションの補正が容易となる。第1レンズL1は負レンズであるから、第1レンズL1の物体側の面を凸面とすることで、第1レンズL1は近軸領域で物体側に凸面を向けた負メニスカス形状となる。

【0052】

第1レンズL1の物体側の面を凸面としつつ条件式(6)の上限を上回ると、広角化を達成するために第1レンズL1の物体側の面と像側の面の曲率半径の絶対値を大きくする必要があるため、入射光線が第1レンズL1で急激に曲げられてしまい、ディストーションの補正が困難となる。第1レンズL1の物体側の面を凸面としつつ条件式(6)の下限を下回ると、第1レンズL1の物体側の面と像側の面の曲率半径の絶対値が小さくなり、光線を急激に曲げることなく集光させるためディストーションは容易に補正可能だが、像面湾曲が大きくなってしまい、良好な画像を得ることが困難となる。

【0053】

さらに、下記条件式(6-2)を満足することがより好ましい。条件式(6-2)を満足することで、条件式(6)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$0.6 < (R1 - R2) / (R1 + R2) < 0.8 \dots (6-2)$$

【0054】

第4レンズL4の物体側の面の近軸曲率半径をR8とし、第4レンズL4の像側の面の近軸曲率半径をR9としたとき、下記条件式(7)を満足することが好ましい。

$$1.1 < (R8 - R9) / (R8 + R9) < 2.0 \dots (7)$$

【0055】

条件式(7)を満足することで、第4レンズL4の物体側の面および像側の面の曲率半径を適切に選択することができ、コマ収差、軸上の色収差を良好に補正することができると共に画像周辺部の像面Silmへの光線の入射角を抑えることができる。第4レンズL4は正のパワーを持つレンズであることから、条件式(7)を満足することで、第4レンズL4は近軸領域で両凸形状となる。

【0056】

そして、第4レンズL4は正のパワーを持つレンズであるため、条件式(7)の上限以上になると、第4レンズL4の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなり、第4レンズL4の像側の面の曲率半径の絶対値が大きくなるため、コマ収差が大きくなると共に、第4レンズL4の像側の面の曲率半径の絶対値が大きくなることで、第5レンズL5との間で軸上の色収差を補正することも困難となる。条件式(7)の下限以下になると、第4レンズL4の像側の面の曲率半径の絶対値が小さくなりすぎてしまい、周辺での光線が像面Silmに入射する角度を抑えることが困難となり、いわゆるテレセントリック性の良いレンズを作製することが困難となる。

【0057】

ここで、条件式(7)を満たすときの近軸領域における第4レンズL4の形状について

10

20

30

40

50

説明する。まず、条件式(7)は下記条件式(7A)のように変形できる。

$$1.1 < (1 - R_9 / R_8) / (1 + R_9 / R_8) < 2.0 \dots (7A)$$

第4レンズL4の物体側の面が平面、すなわち $R_8 = \infty$ とすると、条件式(7A)を満たさないため、第4レンズL4の物体側の面は平面になりえない。同様に、条件式(7)は下記条件式(7B)のように変形することができ、

$$1.1 < (R_8 / R_9 - 1) / (R_8 / R_9 + 1) < 2.0 \dots (7B)$$

第4レンズL4の像側の面を平面、すなわち $R_9 = \infty$ とすると、条件式(7B)を満たさないため、第4レンズL4の像側の面は平面になりえない。

【0058】

第4レンズL4の物体側の面を凹面、すなわち、 $R_8 < 0$ とすると、第4レンズL4が正レンズであることから、 $R_9 < 0$ かつ $R_8 < R_9$ となる。しかし、そうすると、条件式(7)を満たさなくなるため、第4レンズL4の物体側の面が凹面になることはない。第4レンズL4の物体側の面が凸面のときに、第4レンズL4の像側の面を凹面とすると、 $R_8 > 0$ かつ $R_9 > 0$ となり、条件式(7)を満たさなくなるため、第4レンズL4は正メニスカス形状になることはない。よって、第4レンズL4は両凸形状となる。

【0059】

さらに、下記条件式(7-2)を満足することがより好ましい。条件式(7-2)を満足することで、条件式(7)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$1.2 < (R_8 - R_9) / (R_8 + R_9) < 1.8 \dots (7-2)$$

【0060】

第4レンズL4の像側の面の近軸曲率半径を R_9 とし、第5レンズL5の物体側の面の近軸曲率半径を R_{10} としたとき、下記条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0.3 < R_9 / R_{10} < 0.9 \dots (8)$$

【0061】

条件式(8)を満足することで、球面収差、軸上の色収差を良好に補正することが可能となる。条件式(8)の上限以上になると、第4レンズL4の像側の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてしまい、第4レンズL4のパワーが弱くなることで軸上の色収差の補正が困難となるか、第5レンズL5の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなりすぎてしまい、画像周辺部の光線の像面 S_{im} への入射角を抑えることが困難となる。条件式(8)の下限以下になると、第4レンズL4の像側の面の中心の曲率半径の絶対値が小さくなりすぎてしまい、球面収差の補正が困難となるか、第5レンズL5の物体側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてしまい、第5レンズL5のパワーが弱くなることで軸上の色収差の補正が困難となる。

【0062】

さらに、下記条件式(8-2)を満足することがより好ましい。条件式(8-2)を満足することで、条件式(8)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$0.4 < R_9 / R_{10} < 0.8 \dots (8-2)$$

【0063】

第5レンズL5の焦点距離を f_5 とし、全系の焦点距離を f としたとき、下記条件式(9)を満足することが好ましい。

$$f_5 / f < -1.2.0 \dots (9)$$

【0064】

条件式(9)の上限以上になると、軸上の色収差は良好に補正可能だが、第5レンズL5が負レンズの場合には第5レンズL5のパワーが強くなりすぎてしまい、画像周辺部の光線が像面 S_{im} に入射する角度が大きくなってしまい、シェーディングが大きくなってしまう。

【0065】

さらに、下記条件式(9-2)を満足することがより好ましい。条件式(9-2)の上

10

20

30

40

50

限を満足することで、第5レンズL5が負レンズの場合に第5レンズL5のパワーが強くなりすぎてシェーディングが大きくなるのをさらに抑制することができる。条件式(9-2)の下限を満足することで、第5レンズL5の負のパワーが弱くなりすぎるのを防止でき、軸上の色収差を良好に補正することが容易となる。

$$-5.0 < f_5 / f < -13.0 \dots (9-2)$$

【0066】

またさらに、下記条件式(9-3)を満足することがより好ましい。条件式(9-3)の下限を満足することで、軸上の色収差をより良好に補正することが容易となる。

$$-3.0 < f_5 / f < -13.0 \dots (9-3)$$

【0067】

またさらに、下記条件式(9-4)を満足することがよりいっそう好ましい。条件式(9-4)の下限を満足することで、軸上の色収差をよりいっそう良好に補正することが容易となる。

$$-2.5 < f_5 / f < -13.0 \dots (9-4)$$

【0068】

第5レンズL5の物体側の面の近軸曲率半径をR10とし、第5レンズL5の像側の面の近軸曲率半径をR11としたとき、下記条件式(10)を満足することが好ましい。

$$-0.5 < (R_{10} - R_{11}) / (R_{10} + R_{11}) < -0.05 \dots (10)$$

【0069】

条件式(10)を満足することで、第5レンズL5の物体側の面および像側の面の曲率半径を適切に選択することができ、球面収差を良好に補正することが可能であると共に画像周辺での像面S1mへの光線の入射角を抑えることができる。第5レンズL5は物体側に凹面を向けたレンズであるため、条件式(10)の上限以上になると、第5レンズL5が弱い負のパワーまたは正のパワーをもつようになるため、軸上の色収差を良好に補正することが困難となると共に、バックフォーカスを長くとることも困難となる。条件式(10)の下限以下になると、第5レンズL5の物体側の面の曲率半径の絶対値が小さくなりすぎてしまい、軸上の色収差は良好に補正可能だが、周辺光線の像面S1mへの入射角を小さく抑えることが困難となる。

【0070】

さらに、下記条件式(10-2)を満足することがより好ましい。条件式(10-2)を満足することで、条件式(10)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$-0.3 < (R_{10} - R_{11}) / (R_{10} + R_{11}) < -0.08 \dots (10-2)$$

【0071】

第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3の合成焦点距離をf123とし、第4レンズL4、第5レンズL5の合成焦点距離をf45としたとき、下記条件式(11)を満足することが好ましい。

$$-0.8 < f_{45} / f_{123} < 0.0 \dots (11)$$

【0072】

条件式(11)を満足することで、開口絞りS1tより物体側のレンズと開口絞りS2tより像側のレンズのパワーの比を効果的に選択することができ、広角化が容易となると共に像面湾曲、コマ収差の補正が容易となる。条件式(11)の上限以上になると、開口絞りS1tより物体側のレンズのパワーが正に偏ってしまい、広角化が困難となるとともに像面湾曲の補正が困難となる。条件式(11)の下限以下になると、広角化は容易に達成できるがコマ収差が増大してしまう。

【0073】

さらに、下記条件式(11-2)を満足することがより好ましい。条件式(11-2)を満足することで、条件式(11)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

10

20

30

40

50

$$-0.6 < f_{45} / f_{123} < -0.2 \dots (11-2)$$

【0074】

第1レンズL1の物体側の面の有効径をED1とし、第1レンズL1の物体側の面の近軸曲率半径をR1としたとき、下記条件式(12)を満足することが好ましい。

$$0.3 < ED1 / R1 < 0.8 \dots (12)$$

【0075】

条件式(12)を満足することで、第1レンズL1の有効径を小さく抑え、外部に露出するレンズ部分の面積を小さくすると共に、像面湾曲、ディストーションも良好に補正することが可能となる。条件式(12)の上限以上になると、第1レンズL1の物体側の面の有効径が大きくなりすぎてしまい、レンズ系の径方向が大型化してしまう。例えば車載用カメラレンズとして使用する場合、外部に露出する面積が大きいと車の外観を損ねてしまう。また、後述のように第1レンズL1はガラスレンズとすることが望ましいため、第1レンズL1が大型化することでコストアップの原因にもなってしまう。条件式(12)の下限以下になると、第1レンズL1の径方向の小型化は容易となるが、第1レンズL1の物体側の面の有効径が小さくなりすぎるため、軸上光束と周辺光束を分離することが困難となり、像面湾曲の補正が困難となるか、第1レンズL1の物体側の面の曲率半径の絶対値が大きくなりすぎてしまい、光線が急激に曲げられてしまうことでディストーションの補正が困難となる。

10

【0076】

さらに、下記条件式(12-2)を満足することがより好ましい。条件式(12-2)を満足することで、条件式(12)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$0.4 < ED1 / R1 < 0.7 \dots (12-2)$$

20

【0077】

第1レンズL1と第2レンズL2の合成焦点距離をf₁₂とし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(13)を満足することが好ましい。

$$-1.5 < f_{12} / f < -0.9 \dots (13)$$

【0078】

条件式(13)を満足することで、最も物体側の2枚の負のレンズのパワーを適切に選択することが可能となるため、広角化が容易となると共に像面湾曲も良好に補正可能となる。条件式(13)の上限以上になると、広角化は容易に達成できるが、最も物体側の2枚の負のレンズのパワーが強くなりすぎると像面湾曲を補正することが困難となる。条件式(13)の下限以下になると、最も物体側の2枚の負のレンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、広角化が困難となる。

30

【0079】

さらに、下記条件式(13-2)を満足することがより好ましい。条件式(13-2)を満足することで、条件式(13)を満足することにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$-1.4 < f_{12} / f < -1.0 \dots (13-2)$$

40

【0080】

第1レンズL1は、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状であることが望ましい。第1レンズL1をこのような形状とすることにより、広角化に有利となり、例えば全画角が180°を超えるような広角のレンズ系を作製することが可能となる。

【0081】

第2レンズL2は、近軸領域で両凹形状であることが望ましい。第2レンズL2をこのような形状とすることにより、負のパワーを強くすることが可能となり、例えば180°を超えるような広い画角を達成することが可能となる。

【0082】

第2レンズL2の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第2レンズL2の物体側の面は、中心で負のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、有効径端では中心と

50

比較して負のパワーが弱い形状であることが好ましい。第2レンズL2の物体側の面をこのような形状とすることで、広角化と同時に像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0083】

ここで、図2を参照しながら、上記の第2レンズL2の物体側の面形状について説明する。図2において、点C3は、第2レンズL2の物体側の面の中心であり、第2レンズL2の物体側の面と光軸Zとの交点である。図2の点X3は、第2レンズL2の物体側の面の有効径端の点であり、軸外光束4に含まれる最も外側の光線6と第2レンズL2の物体側の面との交点である。

【0084】

このとき、点X3でのレンズ面の法線と光軸Zとの交点を図2に示すように点P3とし、点X3と点P3を結ぶ線分X3-P3を点X3での曲率半径とし、線分X3-P3の長さ $|X3 - P3|$ を点X3での曲率半径の絶対値とする。また、点C3での曲率半径、すなわち、第2レンズL2の物体側の面の中心の曲率半径をR3とし、その絶対値を|R3|とする(図2では不図示)。

【0085】

上記の第2レンズL2の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち(中心の曲率半径が負であり)、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C3を含む近軸領域で凹形状であり、点P3が点C3より物体側にあり、 $|X3 - P3| > |R3|$ であることを意味する。

【0086】

図2では理解を助けるために、半径|R3|で点C3を通り、光軸上の点を中心とする円CC3を二点鎖線で描き、半径|X3-P3|で点X3を通り、光軸上の点を中心とする円CX3の一部を破線で描いている。円CX3の方が円CC3よりも大きな円となることがわかり、 $|X3 - P3| > |R3|$ であることが明示されている。

【0087】

$|X3 - P3|$ は、全系の焦点距離をfとしたとき、 $10 < |X3 - P3| / f < 20$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の負のパワーを弱くすることができ、広角化と同時に像面湾曲を良好に補正することができる。

【0088】

第2レンズL2の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第2レンズL2の像側の面は、中心で負のパワーを持ち(中心の曲率半径が正であり)、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状であることが好ましい。第2レンズL2の像側の面をこのような形状とすることで、周辺の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に、ディストーションを良好に補正することができる。

【0089】

第2レンズL2の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第2レンズL2の像側の面の有効径端を点X4として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P4とするとき、点X4と点P4とを結ぶ線分X4-P4を点X4での曲率半径とし、線分の長さ $|X4 - P4|$ を点X4での曲率半径の絶対値とする。また、第2レンズL2の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第2レンズL2の像側の面の中心を点C4とする。そして、点C4での曲率半径の絶対値を|R4|とする。

【0090】

第2レンズL2の像側の面の「中心で負のパワーを持ち(中心の曲率半径が正であり)、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C4を含む近軸領域で凹形状であり、点P4が点C4より像側にあり、 $|X4 - P4| > |R4|$ であることを意味する。

【0091】

$|X4 - P4|$ は、全系の焦点距離をfとしたとき、 $1.8 < |X4 - P4| / f < 3$

10

20

30

40

50

.5の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで周辺の光線の面への入射角度を適切な範囲に収めることができ、広角化が容易になるとともにディストーションを良好に補正することが可能となる。

【0092】

第3レンズL3は、近軸領域において両凸形状であることが望ましい。第3レンズL3をこのような形状とすることにより、正のパワーを強くすることが可能となる。第3レンズL3の正のパワーを強くすることで、倍率の色収差の補正が容易となる。

【0093】

第3レンズL3の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第3レンズL3の物体側の面は、中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が正であり）、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状であることが好ましい。第3レンズL3の物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。10

【0094】

第3レンズL3の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第3レンズL3の物体側の面の有効径端を点X5として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P5とするとき、点X5と点P5とを結ぶ線分X5-P5を点X5での曲率半径とし、線分の長さ $|X5 - P5|$ を点X5での曲率半径の絶対値とする。また、第3レンズL3の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の物体側の面の中心を点C5とする。そして、点C5での曲率半径の絶対値を|R5|とする。20

【0095】

第3レンズL3の物体側の面の「中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が正であり）、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C5を含む近軸領域で凸形状であり、点P5が点C5より像側にあり、 $|X5 - P5| > |R5|$ であることを意味する。

【0096】

$|X5 - P5|$ は、全系の焦点距離をfとしたとき、 $2 < |X5 - P5| / f < 7$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の正のパワーを弱くすることが可能となり、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0097】

第3レンズL3の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第3レンズL3の像側の面は、中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状であることが好ましい。第3レンズL3の像側の面をこのような形状とすることで、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。30

【0098】

第3レンズL3の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第3レンズL3の像側の面の有効径端を点X6として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P6とするとき、点X6と点P6とを結ぶ線分X6-P6を点X6での曲率半径とし、線分の長さ $|X6 - P6|$ を点X6での曲率半径の絶対値とする。また、第3レンズL3の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の像側の面の中心を点C6とする。そして、点C6での曲率半径の絶対値を|R6|とする。40

【0099】

第3レンズL3の像側の面の「中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、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C6を含む近軸領域で凸形状であり、点P6が点C6より物体側にあり、 $|X6 - P6| < |R6|$ であることを意味する。

【0100】

$|X6 - P6|$ は、全系の焦点距離をfとしたとき、 $4 < |X6 - P6| / f < 12$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の正のパワーを強くする50

ことが可能となり、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。

【0101】

第4レンズL4は、近軸領域において両凸形状であることが望ましい。第4レンズL4をこのような形状とすることにより、正のパワーを強くすることが可能となる。第4レンズL4の正のパワーを強くすることで、周辺光線の像面S1mへの入射角を小さく抑えることができると共に、第5レンズL5との間で軸上の色収差の補正が容易となる。

【0102】

第4レンズL4の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第4レンズL4の物体側の面は、中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が正であり）、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状、もしくは、中心で正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーをもつ形状であることが好ましい。第4レンズL4の物体側の面をこのような形状とすることで、球面収差を良好に補正することが可能となる。10

【0103】

第4レンズL4の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第4レンズL4の物体側の面の有効径端を点X8として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P8とするとき、点X8と点P8とを結ぶ線分X8-P8を点X8での曲率半径とし、線分の長さ $|X8 - P8|$ を点X8での曲率半径の絶対値とする。また、第4レンズL4の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の物体側の面の中心を点C8とする。そして、点C8での曲率半径の絶対値を|R8|とする。20

【0104】

第4レンズL4の物体側の面の「中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が正であり）、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C8を含む近軸領域で凸形状であり、点P8が点C8より像側にあり、 $|X8 - P8| > |R8|$ であることを意味する。第4レンズL4の物体側の面の「中心で正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーをもつ形状」とは、点C8を含む近軸領域で凸形状であり、点P8が点C8より物体側にある形状である。

【0105】

$|X8 - P8|$ は、全系の焦点距離をfとしたとき、 $5 < |X8 - P8| / f < 50$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の正のパワーを弱くすることが可能となり、球面収差を良好に補正することが可能となる。30

【0106】

第4レンズL4の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第4レンズL4の像側の面は、中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状であることが好ましい。第4レンズL4をこのような形状とすることで、像面湾曲と球面収差を良好に補正することが可能となる。

【0107】

第4レンズL4の像側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズL2の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第4レンズL4の像側の面の有効径端を点X9として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P9とするとき、点X9と点P9とを結ぶ線分X9-P9を点X9での曲率半径とし、線分の長さ $|X9 - P9|$ を点X9での曲率半径の絶対値とする。また、第4レンズL4の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の像側の面の中心を点C9とする。そして、点C9での曲率半径の絶対値を|R9|とする。40

【0108】

第4レンズL4の像側の面の「中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、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C9を含む近軸領域で凸形状であり、点P9が点C9より物体側にあり、 $|X9 - P9| > |R9|$ であることを意味する。

【0109】

10

20

30

40

50

$|X_9 - P_9|$ は、全系の焦点距離を f としたとき、 $1.2 < |X_9 - P_9| / f < 1.8$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の正のパワーを弱くすることが可能となり、球面収差を良好に補正することが可能となる。

【0110】

第5レンズ L5 は、物体側に凹面向けた負メニスカス形状であることが望ましい。第5レンズ L5 をこのような形状とすることにより、コマ収差と共に軸上の色収差を良好に補正することが可能となる。

【0111】

第5レンズ L5 の物体側の面は、非球面とすることが望ましい。第5レンズ L5 の物体側の面は、中心で負のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状であることが好ましい。第5レンズ L5 の物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。10

【0112】

第5レンズ L5 の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第2レンズ L2 の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第5レンズ L5 の物体側の面の有効径端を点 X10 として、その点での法線と光軸 Zとの交点を点 P10 とするとき、点 X10 と点 P10 とを結ぶ線分 X10 - P10 を点 X10 での曲率半径とし、線分の長さ $|X10 - P10|$ を点 X10 での曲率半径の絶対値とする。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 C10 とする。そして、点 C10 での曲率半径の絶対値を $|R10|$ とする。20

【0113】

第5レンズ L5 の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、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 C10 を含む近軸領域で凹形状であり、点 P10 が点 C10 より物体側にあり、 $|X10 - P10| > |R10|$ であることを意味する。

【0114】

$|X10 - P10|$ は、全系の焦点距離を f としたとき、 $3.0 < |X10 - P10| / f$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の負のパワーを弱くすることが可能となり、球面収差を良好に補正することが可能となる。30

【0115】

第5レンズ L5 の像側の面は、非球面とすることが望ましい。第5レンズ L5 の像側の面は、中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状であることが好ましい。第5レンズ L5 の像側の面をこのような形状とすることで、球面収差、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。

【0116】

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2レンズ L2 の物体側の面の形状と同様にして以下のように考えることができる。レンズ断面図において、第5レンズ L5 の像側の面の有効径端を点 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、線分の長さ $|X11 - P11|$ を点 X11 での曲率半径の絶対値とする。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 C11 とする。そして、点 C11 での曲率半径の絶対値を $|R11|$ とする。40

【0117】

第5レンズ L5 の像側の面の「中心で正のパワーを持ち（中心の曲率半径が負であり）、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 C11 を含む近軸領域で凸形状であり、点 P11 が点 C11 より物体側にあり、 $|X11 - P11| > |R11|$ であることを意味する。50

【 0 1 1 8 】

| X 1 1 - P 1 1 | は、全系の焦点距離を f としたとき、 $2 < | X 1 1 - P 1 1 | / f < 1 2$ の範囲にあることが好ましく、この範囲に設定することで有効径端の正のパワーを弱くすることが可能となり、球面収差、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。

【 0 1 1 9 】

第 2 レンズ L 2 の物体側の面から第 5 レンズ L 5 の像側の面までの各面を上記のような非球面形状とすることで、球面収差、像面湾曲、コマ収差に加えてディストーションまで良好に補正することが可能となる。

【 0 1 2 0 】

なお、図 1 に示す撮像レンズ 1 は、第 1 レンズ L 1 ~ 第 5 レンズ L 5 のレンズ全てが単レンズである。車載用途のような厳しい環境下での使用が想定される場合は、このような接合レンズを含まない構成とすることが好ましく、また、接合レンズを含まない構成とすることで低コストに作製することが可能となる。

【 0 1 2 1 】

第 1 レンズ L 1 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 0 以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第 1 レンズ L 1 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 5 以上であることがより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがより容易となる。また、第 1 レンズ L 1 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 7 以上であることがさらにより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがさらにより容易となる。

【 0 1 2 2 】

第 2 レンズ L 2 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 0 以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第 2 レンズ L 2 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 5 以上であることがより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがより容易となる。また、第 2 レンズ L 2 の材質の d 線におけるアッペ数は 5 0 以上であることがさらにより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがさらにより容易となる。

【 0 1 2 3 】

第 4 レンズ L 4 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 0 以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第 4 レンズ L 4 の材質の d 線におけるアッペ数は 4 5 以上であることがより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがより容易となる。また、第 4 レンズ L 4 の材質の d 線におけるアッペ数は 5 0 以上であることがさらにより好ましく、この場合には、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることがさらにより容易となる。

【 0 1 2 4 】

第 3 レンズ L 3 の材質の d 線におけるアッペ数は 3 0 以下であることが好ましく、これにより、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。第 3 レンズ L 3 の材質の d 線におけるアッペ数は 2 8 以下であることがより好ましく、この場合には、倍率の色収差をより良好に補正することが可能となる。第 3 レンズ L 3 の材質の d 線におけるアッペ数は 2 6 以下であることがさらにより好ましく、この場合には、倍率の色収差をさらにより良好に補正することが可能となる。第 3 レンズ L 3 の材質の d 線におけるアッペ数は 2 5 以下であることがさらによりいっそう好ましく、この場合には、倍率の色収差をさらによりいっそう良好に補正することが可能となる。

【 0 1 2 5 】

第 5 レンズ L 5 の材質の d 線におけるアッペ数は 3 0 以下であることが好ましく、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。第 5 レンズ L 5 の材質の d 線におけるアッペ数は 2 8 以下であることがより好ましく、この場合には、軸上の色収差をより良好に補正することが可能となる。第 5 レンズ L 5 の材質の d 線におけるアッペ数は 2 6 以下であることがさらにより好ましく、この場合には、軸上の色収差をさらにより良

10

20

30

40

50

好に補正することが可能となる。第5レンズL5の材質のd線におけるアッペ数は25以下であることがさらによりいっそう好ましく、この場合には、軸上の色収差をさらによりいっそう良好に補正することが可能となる。

【0126】

本実施形態の撮像レンズは、第1レンズL1の材質がガラスであり、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5の材質がプラスチックであることが望ましい。

【0127】

撮像レンズが例えば車載用カメラや監視用カメラ等の厳しい環境において使用される場合には、最も物体側に配置される第1レンズL1は、風雨による表面劣化、直射日光による温度変化に強く、さらには油脂・洗剤等の化学薬品に強い材質、すなわち耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高い材質を用いることが要望され、また、堅く、割れにくい材質を用いることが要望されることがある。材質をガラスとして、透明なセラミックスを用いてもよい。

10

【0128】

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

20

【0129】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5の材質をプラスチックとすることで、レンズ系を安価で軽量に構成することができるとともに、非球面形状を正確に作製することができるため、良好な性能のレンズを作製することができる。

【0130】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5の少なくともいずれかの材質にプラスチックを用いた場合は、その材質として、プラスチックに光の波長より小さな粒子を混合させたいわゆるナノコンポジット材料を用いてもよい。

【0131】

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。あるいは、上記フィルタと同様の特性を持つコートをレンズ面に塗布してもよい。

30

【0132】

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

【0133】

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。

40

【0134】

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

【0135】

50

さらに、各レンズの間に周辺光量比が実用上問題の無い範囲で周辺光線を遮断する絞り等の部材を配置してもよい。周辺光線とは、光軸Z外の物点からの光線のうち、光学系の入射瞳の周辺部分を通る光線のことである。このように周辺光線を遮断する部材を配置することにより、画像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。

【0136】

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8の撮像レンズのレンズ断面図をそれぞれ図3～図10に示す。図3～図10において、図の左側が物体側、右側が像側であり、図1同様、開口絞りS_t、光学部材P_P、像面S_{im}に配置された撮像素子S₅も合せて図示している。各図の開口絞りS_tは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。各実施例において、レンズ断面図の符号R_i、D_i(i=1, 2, 3, ...)は以下に説明するレンズデータのR_i、D_iと対応している。

【0137】

実施例1にかかる撮像レンズのレンズデータおよび各種データを表1に、非球面データを表2に、有効径端での曲率半径に関するデータを表3に示す。同様に、実施例2～8にかかる撮像レンズのレンズデータおよび各種データ、非球面データ、有効径端での曲率半径に関するデータをそれぞれ表4～表24に示す。以下では表中の記号の意味について、実施例1を例にとり説明するが、実施例2～8のものについても基本的に同様である。

【0138】

表1のレンズデータにおいて、S_iの欄は最も物体側の構成要素の面を1番目として像側に向かうに従い順次増加するi番目(i=1, 2, 3, ...)の面番号を示し、R_iの欄はi番目の面の曲率半径を示し、D_iの欄はi番目の面とi+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示している。なお、曲率半径の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。

【0139】

また、表1のレンズデータにおいて、N_{dj}の欄は最も物体側のレンズを1番目として像側に向かうに従い順次増加するj番目(j=1, 2, 3, ...)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線に対するアッベ数を示している。なお、レンズデータには、開口絞りS_tおよび光学部材P_Pも含めて示しており、開口絞りS_tに相当する面の曲率半径の欄には、「(開口絞り)」という語句を記載している。

【0140】

表1の各種データにおいて、F_no.はFナンバー、2は全画角、B_fは最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸Z上の距離(バックフォーカスに相当、空気換算長)、Lは第1レンズL1の物体側の面から像面S_{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)、ED1は第1レンズL1の物体側の面の有効径、fは全系の焦点距離、f₁は第1レンズL1の焦点距離、f₂は第2レンズL2の焦点距離、f₃は第3レンズL3の焦点距離、f₄は第4レンズL4の焦点距離、f₅は第5レンズL5の焦点距離、f₁₂は第1レンズL1と第2レンズL2の合成焦点距離、f₄₅は第4レンズL4と第5レンズL5の合成焦点距離、f₁₂₃は第1レンズと第2レンズと第3レンズL3の合成焦点距離である。

【0141】

表1のレンズデータでは、非球面の面番号に*印を付しており、非球面の曲率半径として光軸近傍の曲率半径(近軸曲率半径)の数値を示している。表2の非球面データには、非球面の面番号と、各非球面に関する非球面係数を示す。表2の非球面データの数値の「E-n」(n:整数)は「×10⁻ⁿ」を意味し、「E+n」は「×10ⁿ」を意味する。なお、非球面係数は、以下の式で表される非球面式における各係数K_A、R_{Bm}(m=3, 4, 5, ... 20)の値である。

10

20

30

40

【数1】

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

ただし、

Z d : 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）

Y : 高さ（光軸からのレンズ面までの距離）

C : 近軸曲率半径の逆数

K A、R B_m : 非球面係数（m = 3、4、5、…20）

【0142】

10

表3の有効径端での曲率半径に関するデータでは、面番号と、有効径端での曲率半径の絶対値、有効径端での曲率半径の絶対値と全系の焦点距離の比を前述の説明の記号を用いて示している。

【0143】

なお、各表には、所定の桁で丸めた数値を記載している。各数値の単位としては、角度については「°」を用い、長さについては「mm」を用いている。しかし、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、他の適当な単位を用いることもできる。

【0144】

20

【表1】

実施例1 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	19.8727	1.7979	1.7725	49.6
2	3.3985	2.2808		
3*	-3.8953	1.1652	1.5316	55.4
4*	1.3670	0.8680		
5*	2.2000	2.4357	1.6139	25.5
6*	-12.8278	0.5248		
7	(開口絞り)	0.1500		
8*	8.6933	1.5001	1.5316	55.4
9*	-1.2570	0.1000		
10*	-2.5270	0.7000	1.6139	25.5
11*	-3.1130	0.5000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.5155		
像面	∞			

実施例1 各種データ

Fno.	2.8
2ω	186.0
L	13.87
ED1	11.74
f	0.88
f5	-40.08
f12	-0.99
f45	2.52
f123	-6.22

30

【0145】

【表2】

実施例1 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	3.6291771E-02	5.0612999E-03	-1.0705137E-03	-4.7220214E-04
4	0.0000000E+00	-1.3274093E-02	3.3138411E-03	-1.5912992E-02	1.8506112E-02
5	0.0000000E+00	5.0848676E-03	-2.8067141E-02	2.0253635E-02	3.9596966E-03
6	0.0000000E+00	-3.1674621E-02	7.5462426E-02	-8.0303941E-02	1.9344612E-03
8	0.0000000E+00	3.5070754E-02	1.5367486E-02	-2.7524489E+00	8.4189364E+00
9	0.0000000E+00	-5.1412694E-02	-1.2605686E-01	1.1450597E-01	-1.0582157E-01
10	0.0000000E+00	-5.5128879E-02	1.4978312E-02	1.2731194E-02	9.4298238E-03
11	0.0000000E+00	2.7518242E-02	5.7419401E-02	1.5295997E-02	2.7470838E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-7.6766618E-05	4.00355856E-06	2.6402897E-06	6.0911749E-07	6.3242560E-08
4	8.4353300E-03	1.2361532E-03	-9.2388663E-04	-9.6886902E-04	-5.8760245E-04
5	3.1298752E-03	3.3119886E-04	-2.2052173E-03	-1.2721400E-03	4.9439680E-04
6	2.9243138E-02	1.8700958E-03	-2.3584297E-02	-1.6105682E-02	1.9936702E-02
8	-2.9484039E+00	-1.4640163E+01	-1.4160826E+01	3.6815051E+01	7.5480097E+01
9	-2.7053231E-03	3.1556112E-02	1.7482201E-02	1.7854989E-04	-7.3236983E-03
10	9.0293100E-03	6.7136085E-03	1.7604332E-03	-4.6780101E-03	-2.0262504E-04
11	-1.6407559E-03	-3.3059983E-03	-1.5526258E-03	1.2727605E-03	7.7579583E-05
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-4.1625993E-08	-3.6368490E-10	3.7307606E-09	7.5110674E-10	6.8693827E-10
4	-2.4332717E-04	-9.6681447E-05	-1.5878503E-05	1.3541568E-05	1.6125065E-05
5	2.6949484E-04	6.8441532E-05	-3.7623941E-08	-1.3135250E-05	-1.2791580E-05
6	1.7679339E-02	-1.9073052E-02	-4.1740114E-03	1.0780472E-02	-1.8419011E-03
8	-4.2591256E+01	-1.4233448E+02	-5.7887540E+01	9.7179918E+01	-1.0599932E+02
9	-4.0742718E-03	-5.9424963E-04	2.7058287E-06	-1.6536855E-03	-4.0902536E-03
10	-1.3046534E-04	-5.7447457E-05	8.7014453E-06	5.6643226E-05	0.0000000E+00
11	3.5706484E-05	1.9230382E-06	-2.4088174E-05	-4.3954222E-05	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.3120607E-11	-6.1608877E-11	-6.9583190E-11	1.1300642E-11	
4	1.1568838E-05	6.9899461E-06	-3.7899612E-07	-1.5650438E-06	
5	-1.0362913E-05	-6.5810333E-06	-1.3998491E-06	3.1373198E-06	
6	-5.9243272E-04	-3.3662313E-05	-1.0192463E-03	5.1437177E-04	
8	7.6863840E+02	-1.0121787E+02	-1.2982643E+03	8.0459518E+02	
9	-5.3755978E-03	-4.0335556E-03	4.0552665E-05	7.4442965E-03	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

10

20

30

【0 1 4 6】

【表3】

実施例1 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
	X3-P3	14.83	X3-P3 /f	16.86
4	X4-P4	1.90	X4-P4 /f	2.16
5	X5-P5	2.40	X5-P5 /f	2.73
6	X6-P6	6.90	X6-P6 /f	7.85
8	X8-P8	5.55	X8-P8 /f	6.31
9	X9-P9	1.23	X9-P9 /f	1.40
10	X10-P10	3.42	X10-P10 /f	3.88
11	X11-P11	9.36	X11-P11 /f	10.64

40

【0 1 4 7】

【表4】

実施例2 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	25.1403	1.8000	1.7725	49.6
2	3.5076	2.3520		
3 *	-2.7034	1.1000	1.5316	55.4
4 *	2.1844	0.8644		
5 *	2.6043	2.9553	1.6139	25.5
6 *	-10.7426	0.7184		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	7.9390	1.5021	1.5316	55.4
9 *	-1.2117	0.1500		
10 *	-2.4219	0.7005	1.6139	25.5
11 *	-3.4288	0.8000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.0469		
像面	∞			

実施例2 各種データ

Fno.	2.8
2ω	185.8
L	14.47
ED1	11.83
f	0.86
f5	-18.27
f12	-1.14
f45	2.55
f123	-8.39

10

【0 1 4 8】

【表5】

実施例2 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.6637213E-02	3.1444829E-03	-1.5996184E-03	-5.5720640E-04
4	0.0000000E+00	4.2341314E-02	1.5981604E-02	-2.6538982E-02	1.5188764E-02
5	0.0000000E+00	3.2280506E-02	-4.3535131E-02	1.9540016E-02	4.8631850E-03
6	0.0000000E+00	-1.7875753E-02	4.5156924E-02	-6.6866844E-02	1.9104007E-02
8	0.0000000E+00	-1.1527591E-02	2.9505348E-01	-3.0918598E+00	7.9022786E+00
9	0.0000000E+00	4.1773420E-02	-2.2186725E-01	1.3011338E-01	-7.1116451E-02
10	0.0000000E+00	8.1488740E-03	1.8062520E-02	-1.7369938E-02	-3.4571640E-03
11	0.0000000E+00	2.6293187E-02	6.6675458E-02	3.9602341E-02	9.9475377E-05
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-6.8585376E-05	1.4832533E-05	6.7318760E-06	1.3211354E-06	6.2815047E-08
4	8.5196777E-03	1.8163652E-03	-4.9882850E-04	-7.2043992E-04	-4.6918564E-04
5	3.8064793E-03	5.6270949E-04	-2.2009830E-03	-1.3316303E-03	4.3027605E-04
6	3.4220398E-02	-1.2447645E-03	-2.8382197E-02	-1.9252401E-02	1.8881904E-02
8	-2.1294474E+00	-1.4392575E+01	-1.3621755E+01	3.7232685E+01	7.4908443E+01
9	1.1626356E-02	2.5104465E-02	3.8868035E-03	-9.5346591E-03	-1.0101041E-02
10	2.3852778E-02	3.1624190E-02	1.5590038E-02	-1.2178371E-02	-4.4969522E-03
11	-1.0337159E-02	-6.9620325E-03	3.1173972E-03	1.4841162E-02	3.2569431E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.1467764E-07	-4.3475125E-08	-8.8181534E-09	-1.0353071E-09	1.3990862E-09
4	-1.9326422E-04	-8.0520030E-05	-1.5096468E-05	7.2917521E-06	1.1142558E-05
5	2.3605706E-04	6.0862796E-05	3.7168832E-06	-4.9383441E-06	-5.0203544E-06
6	1.7919503E-02	-1.8361655E-02	-3.5383097E-03	1.1140756E-02	-1.7362485E-03
8	-4.4786539E+01	-1.4690061E+02	-6.2390251E+01	9.6253312E+01	-9.5901510E+01
9	-7.0640094E-05	6.7065454E-03	6.6763967E-03	1.8220524E-03	-4.6564523E-03
10	-5.6726627E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-7.5099914E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	2.5371496E-10	1.2959286E-11	-7.1886337E-11	1.6161015E-11	
4	8.0186319E-06	5.0111901E-06	-1.1973932E-06	-8.3325830E-07	
5	-5.1131078E-06	-4.11119327E-06	-1.2158121E-06	1.7453833E-06	
6	-6.3651888E-04	-1.4327853E-04	-1.0930769E-03	5.1631308E-04	
8	7.9619033E-02	-5.3111962E+01	-1.2732550E+03	6.4598517E+02	
9	-9.5491449E-03	-8.9743186E-03	-2.0125351E-03	1.3677293E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

20

30

40

【0 1 4 9】

50

【表6】

実施例2 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
3	X3-P3	25.82	X3-P3 /f	29.86
4	X4-P4	2.12	X4-P4 /f	2.45
5	X5-P5	2.72	X5-P5 /f	3.14
6	X6-P6	6.52	X6-P6 /f	7.54
8	X8-P8	8.46	X8-P8 /f	9.78
9	X9-P9	1.28	X9-P9 /f	1.48
10	X10-P10	7.97	X10-P10 /f	9.22
11	X11-P11	3.45	X11-P11 /f	3.99

10

【0 1 5 0】

【表7】

実施例3 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	24.5429	1.8000	1.7550	52.3
2	3.5451	2.4012		
3 *	-2.5849	1.1000	1.5339	56.0
4 *	2.3189	0.8500		
5 *	2.8005	2.4655	1.6336	23.6
6 *	-16.4376	0.9381		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	4.6240	1.5000	1.5339	56.0
9 *	-1.1999	0.1500		
10 *	-2.0174	0.7476	1.6336	23.6
11 *	-3.1566	0.5000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.3642		
像面	∞			

実施例3 各種データ

Fno.	2.8
2ω	182.6
L	14.29
ED1	11.76
f	0.90
f5	-11.84
f12	-1.16
f45	2.53
f123	-5.21

20

【0 1 5 1】

30

【表8】

実施例3 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.5479872E-02	2.7900217E-03	-1.6619736E-03	-5.6483388E-04
4	0.0000000E+00	2.8996806E-02	1.1442142E-02	-2.8581706E-02	1.4137414E-02
5	0.0000000E+00	2.6999098E-02	-4.6226420E-02	1.8348284E-02	4.4214648E-03
6	0.0000000E+00	-1.3677234E-02	4.6006398E-02	-6.7758668E-02	1.7520559E-02
8	0.0000000E+00	-1.0609471E-02	3.0941305E-01	-3.0754451E+00	7.9130631E+00
9	0.0000000E+00	3.5955970E-02	-2.1974544E-01	1.3210870E-01	-7.1637490E-02
10	0.0000000E+00	1.9050484E-03	8.7464856E-03	-2.6289096E-02	-9.5478724E-03
11	0.0000000E+00	2.1669339E-02	5.8394812E-02	3.6347534E-02	-1.0451306E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-6.8699860E-05	1.4949513E-05	6.6339010E-06	1.2198017E-06	-2.4650358E-09
4	7.9407753E-03	1.5008694E-03	-6.5976813E-04	-7.9337856E-04	-4.9553027E-04
5	3.6852641E-03	5.4854260E-04	-2.1961763E-03	-1.3341522E-03	4.1856852E-04
6	3.2763374E-02	-2.1368068E-03	-2.8621299E-02	-1.8968729E-02	1.9458117E-02
8	-2.1305053E+00	-1.4405172E+01	-1.3658059E+01	3.7183901E+01	7.4843651E+01
9	9.1294177E-03	2.2019383E-02	1.4114025E-03	-1.0794294E-02	-1.0127014E-02
10	2.0879089E-02	3.1043772E-02	1.6425456E-02	-1.0714499E-02	-2.7911458E-03
11	-1.1338876E-02	-8.3936113E-03	1.4533359E-03	1.3554664E-02	3.0978124E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.3845888E-07	-4.6708613E-08	-8.4301571E-09	2.2968869E-09	2.3253601E-09
4	-1.9793469E-04	-7.6456815E-05	-9.1634737E-06	1.2321420E-05	1.4541754E-05
5	2.1991603E-04	4.4980934E-05	-9.1526557E-06	-1.3940304E-05	-1.0404351E-05
6	1.8556248E-02	-1.7849847E-02	-3.2627356E-03	1.1151303E-02	-1.9471592E-03
8	-4.4850582E+01	-1.4691934E+02	-6.2280808E+01	9.6623817E+01	-9.5120151E+01
9	7.3707904E-04	7.7561134E-03	7.3756469E-03	1.7409763E-03	-5.6498438E-03
10	-3.6795124E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-5.8162426E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	4.0753560E-10	-1.0306345E-10	-1.2092951E-11	8.6242429E-12	
4	9.8571145E-06	5.7113454E-06	-1.3187206E-06	-1.2686667E-06	
5	-7.6685235E-06	-4.6062858E-06	-4.9055829E-07	3.1145130E-06	
6	-9.6992626E-04	-4.5711915E-04	-1.2178703E-03	7.6653159E-04	
8	7.9740173E+02	-5.2047270E+01	-1.2747346E+03	6.3568621E+02	
9	-1.1239174E-02	-1.0611602E-02	-2.2764578E-03	1.6841160E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

10

20

30

【0152】

【表9】

実施例3 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
	X3-P3	15.17	X3-P3 /f	16.93
4	X4-P4	2.87	X4-P4 /f	3.20
5	X5-P5	5.07	X5-P5 /f	5.66
6	X6-P6	6.29	X6-P6 /f	7.02
8	X8-P8	28.69	X8-P8 /f	32.02
9	X9-P9	1.25	X9-P9 /f	1.40
10	X10-P10	3.13	X10-P10 /f	3.49
11	X11-P11	5.51	X11-P11 /f	6.15

40

【0153】

【表 1 0】

実施例4 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	24.1262	1.8000	1.7550	52.3
2	3.4847	2.4175		
3 *	-2.5813	1.1000	1.5339	56.0
4 *	2.2962	0.8500		
5 *	2.7740	2.4382	1.6336	23.6
6 *	-15.9016	0.9208		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	4.6144	1.5000	1.5339	56.0
9 *	-1.1947	0.1500		
10 *	-2.0282	0.7476	1.6336	23.6
11 *	-3.1566	0.5000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.3294		
像面	∞			

実施例4 各種データ

Fno.	2.8
2ω	184.6
L	14.23
ED1	11.81
f	0.88
f5	-12.05
f12	-1.15
f45	2.51
f123	-5.29

10

【0 1 5 4】

【表 1 1】

実施例4 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.5522918E-02	2.7970030E-03	-1.6606087E-03	-5.6460076E-04
4	0.0000000E+00	2.8885430E-02	1.1437433E-02	-2.8578870E-02	1.4139396E-02
5	0.0000000E+00	2.7316362E-02	-4.6138071E-02	1.8381226E-02	4.4341452E-03
6	0.0000000E+00	-1.3705042E-02	4.6088105E-02	-6.7675559E-02	1.7586395E-02
8	0.0000000E+00	-1.0035000E-02	3.0887649E-01	-3.0764833E+00	7.9119556E+00
9	0.0000000E+00	3.5841377E-02	-2.1972155E-01	1.3216262E-01	-7.1562184E-02
10	0.0000000E+00	1.9840670E-03	8.7778913E-03	-2.6232907E-02	-9.4892698E-03
11	0.0000000E+00	2.2589719E-02	5.9210266E-02	3.6891003E-02	-7.0860205E-04
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-6.8677185E-05	1.4945588E-05	6.6313265E-06	1.2191549E-06	-2.7313938E-09
4	7.9419264E-03	1.5014321E-03	-6.5961003E-04	-7.9344542E-04	-4.9568738E-04
5	3.6896005E-03	5.4965775E-04	-2.1960697E-03	-1.3342082E-03	4.1858684E-04
6	3.2807856E-02	-2.1116955E-03	-2.8610619E-02	-1.8966993E-02	1.9455494E-02
8	-2.1314048E+00	-1.4405640E+01	-1.3657856E+01	3.7185052E+01	7.4846077E+01
9	9.2096278E-03	2.2083918E-02	1.4439199E-03	-1.0801351E-02	-1.0172095E-02
10	2.0927093E-02	3.1081643E-02	1.6461779E-02	-1.0669211E-02	-2.7288951E-03
11	-1.1138335E-02	-8.2781202E-03	1.5155482E-03	1.3581183E-02	3.0966122E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.3839446E-07	-4.6734894E-08	-8.4687214E-09	2.3013376E-09	2.3146927E-09
4	-1.9809649E-04	-7.6584262E-05	-9.2449334E-06	1.2278136E-05	1.4526395E-05
5	2.2001913E-04	4.5119361E-05	-9.0234729E-06	-1.3843118E-05	-1.0343116E-05
6	1.8552531E-02	-1.7852946E-02	-3.2644300E-03	1.1150798E-02	-1.9474196E-03
8	-4.4846532E+01	-1.4691336E+02	-6.2272704E+01	9.6633944E+01	-9.5108581E+01
9	6.6249112E-04	7.6651830E-03	7.2838562E-03	1.6640890E-03	-5.6957088E-03
10	-3.5971002E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-5.8430545E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	4.1300679E-10	-1.3598986E-10	-1.4996109E-11	1.3911701E-11	
4	9.8590709E-06	5.7227960E-06	-1.3056870E-06	-1.2550140E-06	
5	-7.6395908E-06	-4.6007017E-06	-5.0056940E-07	3.0964045E-06	
6	-9.7077081E-04	-4.5973457E-04	-1.2233143E-03	7.5731567E-04	
8	7.9741347E-02	-5.2037295E+01	-1.2747282E+03	6.3569030E+02	
9	-1.1240127E-02	-1.0553775E-02	-2.1483946E-03	1.7049606E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

20

30

40

【0 1 5 5】

50

【表 1 2】

実施例4 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
3	X3-P3	15.18	X3-P3 /f	17.21
4	X4-P4	2.78	X4-P4 /f	3.15
5	X5-P5	4.67	X5-P5 /f	5.29
6	X6-P6	6.36	X6-P6 /f	7.20
8	X8-P8	34.64	X8-P8 /f	39.26
9	X9-P9	1.25	X9-P9 /f	1.42
10	X10-P10	3.13	X10-P10 /f	3.55
11	X11-P11	5.23	X11-P11 /f	5.93

10

【0 1 5 6】

【表 1 3】

実施例5 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	22.0465	1.8000	1.8040	46.6
2	3.5387	2.4397		
3 *	-2.6567	1.1000	1.5316	55.4
4 *	2.1681	0.8502		
5 *	2.5998	2.7511	1.6140	25.5
6 *	-12.8952	0.9831		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	5.8258	1.5021	1.5316	55.4
9 *	-1.2219	0.1500		
10 *	-2.0936	0.7481	1.6140	25.5
11 *	-3.1766	0.8000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.1376		
像面	∞			

実施例5 各種データ

Fno.	2.8
2ω	184.4
L	14.74
ED1	11.81
f	0.89
f5	-13.57
f12	-1.12
f45	2.62
f123	-6.34

20

【0 1 5 7】

30

【表14】

実施例5 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.4955310E-02	2.6515377E-03	-1.7042030E-03	-5.7979692E-04
4	0.0000000E+00	3.3432457E-02	1.3705602E-02	-2.7619765E-02	1.4556968E-02
5	0.0000000E+00	2.9747558E-02	-4.5268345E-02	1.8865731E-02	4.6804008E-03
6	0.0000000E+00	-1.4051327E-02	4.6038329E-02	-6.7197736E-02	1.8463412E-02
8	0.0000000E+00	-1.0569757E-02	3.0241906E-01	-3.0821321E+00	7.9095311E+00
9	0.0000000E+00	3.5160641E-02	-2.2063139E-01	1.3110645E-01	-7.1559620E-02
10	0.0000000E+00	5.2618370E-03	1.2516129E-02	-2.2592565E-02	-7.0375976E-03
11	0.0000000E+00	2.4963598E-02	6.2017330E-02	3.6635785E-02	-1.9819240E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-7.3316787E-05	1.3854984E-05	6.5350029E-06	1.3005818E-06	5.6090935E-08
4	8.1343831E-03	1.5902241E-03	-6.2206054E-04	-7.8090382E-04	-4.9440141E-04
5	3.8003308E-03	5.9604130E-04	-2.1747551E-03	-1.3209907E-03	4.2946271E-04
6	3.3703599E-02	-1.4913609E-03	-2.8366883E-02	-1.9055292E-02	1.9156785E-02
8	-2.1303767E+00	-1.4401890E+01	-1.3652368E+01	3.7190146E+01	7.4846530E+01
9	9.8139165E-03	2.2889498E-02	2.0277619E-03	-1.0632212E-02	-1.0386637E-02
10	2.1959920E-02	3.0960548E-02	1.5641233E-02	-1.1742848E-02	-3.7280712E-03
11	-1.2139674E-02	-8.6382332E-03	1.7214152E-03	1.4027820E-02	3.3659615E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.1154408E-07	-3.9507708E-08	-6.6537947E-09	-5.9824647E-10	1.1935303E-09
4	-2.0078673E-04	-7.9944323E-05	-1.1992124E-05	1.0451898E-05	1.3498463E-05
5	2.2964179E-04	5.3175552E-05	-2.9369213E-06	-9.7309705E-06	-7.9619685E-06
6	1.8181589E-02	-1.8185938E-02	-3.482136E-03	1.1073366E-02	-1.8943998E-03
8	-4.4859726E+01	-1.4695755E+02	-6.2375661E+01	9.6434445E+01	-9.5435677E+01
9	2.3928665E-04	7.2668815E-03	7.1242531E-03	1.8764132E-03	-5.1352525E-03
10	-4.3349819E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-6.1741036E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	7.5596215E-10	5.9611248E-11	-4.7234010E-11	-1.6583107E-12	
4	9.3800574E-06	5.6256954E-06	-1.2020875E-06	-1.1349227E-06	
5	-6.5371014E-06	-4.4735936E-06	-9.2934732E-07	2.3783233E-06	
6	-8.3234752E-04	-2.9423999E-04	-1.1310753E-03	6.8149539E-04	
8	7.9699270E+02	-5.2288634E+01	-1.2739103E+03	6.3915119E+02	
9	-1.0473583E-02	-9.9849600E-03	-2.4181255E-03	1.4988144E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

10

20

30

【0158】

【表15】

実施例5 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
	X3-P3	13.19	X3-P3 /f	14.84
4	X4-P4	2.58	X4-P4 /f	2.90
5	X5-P5	3.90	X5-P5 /f	4.39
6	X6-P6	5.63	X6-P6 /f	6.33
8	X8-P8	9.60	X8-P8 /f	10.80
9	X9-P9	1.26	X9-P9 /f	1.42
10	X10-P10	3.93	X10-P10 /f	4.42
11	X11-P11	4.77	X11-P11 /f	5.37

40

【0159】

【表 1 6】

実施例6 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	21.4271	1.8000	1.8348	42.7
2	3.5947	2.3947		
3 *	-2.6508	1.1000	1.5316	55.4
4 *	2.1715	0.8502		
5 *	2.5163	2.7193	1.6140	25.5
6 *	-12.8023	0.9696		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	5.7701	1.5021	1.5316	55.4
9 *	-1.2142	0.1500		
10 *	-2.1085	0.7481	1.6140	25.5
11 *	-3.1751	0.8000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.0607		
像面	∞			

実施例6 各種データ

Fno.	2.8
2ω	184.4
L	14.57
ED1	11.62
f	0.89
f5	-13.94
f12	-1.12
f45	2.59
f123	-7.15

10

【0 1 6 0】

【表 1 7】

実施例6 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.4930620E-02	2.6629037E-03	-1.7006513E-03	-5.7880329E-04
4	0.0000000E+00	3.3779008E-02	1.3759567E-02	-2.7610266E-02	1.4559249E-02
5	0.0000000E+00	2.9603819E-02	-4.5288299E-02	1.8861679E-02	4.6788226E-03
6	0.0000000E+00	-1.4096706E-02	4.6020000E-02	-6.7206637E-02	1.8457068E-02
8	0.0000000E+00	-1.0597367E-02	3.0193680E-01	-3.0830461E+00	7.9082564E+00
9	0.0000000E+00	3.5527367E-02	-2.2036482E-01	1.3126658E-01	-7.1487454E-02
10	0.0000000E+00	5.1146079E-03	1.2380583E-02	-2.2666506E-02	-7.0491474E-03
11	0.0000000E+00	2.5394178E-02	6.2267633E-02	3.6797145E-02	-1.8703793E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-7.3071889E-05	1.3904556E-05	6.5399708E-06	1.2981350E-06	5.4050779E-08
4	8.1354579E-03	1.5910210E-03	-6.2145090E-04	-7.8046664E-04	-4.9410842E-04
5	3.7994687E-03	5.9555637E-04	-2.1750286E-03	-1.3211472E-03	4.2937104E-04
6	3.3699129E-02	-1.4935280E-03	-2.8366783E-02	-1.9053475E-02	1.9159556E-02
8	-2.1318325E+00	-1.4403561E+01	-1.3653881E+01	3.7189200E+01	7.4846859E+01
9	9.8198747E-03	2.2849832E-02	1.9597643E-03	-1.0715298E-02	-1.0474947E-02
10	2.2002232E-02	3.1045301E-02	1.5757208E-02	-1.1605185E-02	-3.5759286E-03
11	-1.2058214E-02	-8.5766508E-03	1.7703955E-03	1.4069913E-02	3.4056583E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.1261155E-07	-3.9934643E-08	-6.8227803E-09	-6.3667960E-10	1.1885831E-09
4	-2.0060247E-04	-7.9834662E-05	-1.1931124E-05	1.0483136E-05	1.3512295E-05
5	2.2958590E-04	5.3140702E-05	-2.9582639E-06	-9.7436457E-06	-7.9690631E-06
6	1.8184594E-02	-1.8183250E-02	-3.4805974E-03	1.1074570E-02	-1.8940172E-03
8	-4.4856978E+01	-1.4695050E+02	-6.2361785E+01	9.6458564E+01	-9.5397550E+01
9	1.5325689E-04	7.1894977E-03	7.0617411E-03	1.8357444E-03	-5.1454629E-03
10	-4.1732019E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-6.1332256E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	7.5352562E-10	6.1963730E-11	-4.4336017E-11	-1.1659443E-12	
4	9.3844835E-06	5.6256174E-06	-1.2040683E-06	-1.1373659E-06	
5	-6.5407543E-06	-4.4753747E-06	-9.3014762E-07	2.3778526E-06	
6	-8.3263578E-04	-2.9495812E-04	-1.1318634E-03	6.8102934E-04	
8	7.9704617E+02	-5.2221594E+01	-1.2738475E+03	6.3915554E+02	
9	-1.0442810E-02	-9.8993428E-03	-2.2603386E-03	1.5240202E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

20

30

40

【0 1 6 1】

50

【表 1 8】

実施例6 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
3	X3-P3	13.24	X3-P3 /f	14.90
4	X4-P4	2.56	X4-P4 /f	2.88
5	X5-P5	3.75	X5-P5 /f	4.22
6	X6-P6	5.66	X6-P6 /f	6.37
8	X8-P8	10.69	X8-P8 /f	12.03
9	X9-P9	1.26	X9-P9 /f	1.42
10	X10-P10	4.00	X10-P10 /f	4.50
11	X11-P11	4.61	X11-P11 /f	5.19

10

【0 1 6 2】

【表 1 9】

実施例7 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	19.2587	1.8000	1.7725	49.6
2	3.4098	2.4811		
3 *	-2.3929	1.1000	1.5338	56.0
4 *	2.1860	0.8500		
5 *	2.6255	2.1950	1.6336	23.6
6 *	-14.3666	0.6774		
7	(開口絞り)	0.1502		
8 *	4.5602	1.5000	1.5338	56.0
9 *	-1.1375	0.1500		
10 *	-2.1791	0.7526	1.6336	23.6
11 *	-3.1389	0.5000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.0424		
像面	∞			

実施例7 各種データ

Fno.	2.8
2ω	194.2
L	13.53
ED1	12.02
f	0.81
f5	-16.16
f12	-1.09
f45	2.31
f123	-5.66

20

【0 1 6 3】

30

【表20】

実施例7 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.5784948E-02	2.6921421E-03	-1.6814466E-03	-5.6441883E-04
4	0.0000000E+00	2.5467471E-02	1.0973634E-02	-2.8648754E-02	1.4130106E-02
5	0.0000000E+00	3.0210493E-02	-4.5713156E-02	1.8469268E-02	4.4537694E-03
6	0.0000000E+00	-1.4542168E-02	4.6066698E-02	-6.7522833E-02	1.7791462E-02
8	0.0000000E+00	-1.0781609E-02	3.0840395E-01	-3.0769393E+00	7.9119582E+00
9	0.0000000E+00	3.8573797E-02	-2.1816534E-01	1.3328485E-01	-7.0688933E-02
10	0.0000000E+00	2.5071707E-05	7.4393884E-03	-2.7227041E-02	-1.0195000E-02
11	0.0000000E+00	2.8831448E-02	6.2967844E-02	3.9522955E-02	1.2108256E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-6.6846736E-05	1.5937542E-05	7.0484847E-06	1.3813679E-06	5.9088470E-08
4	7.9420975E-03	1.5023182E-03	-6.5923090E-04	-7.9344225E-04	-4.9581639E-04
5	3.6914261E-03	5.4696935E-04	-2.1992834E-03	-1.3368571E-03	4.1667164E-04
6	3.3012922E-02	-1.9336642E-03	-2.8469528E-02	-1.8863789E-02	1.9522813E-02
8	-2.1301046E+00	-1.4401912E+01	-1.3650058E+01	3.7199445E+01	7.4870696E+01
9	9.8845628E-03	2.2585182E-02	1.7925446E-03	-1.0584308E-02	-1.0064037E-02
10	2.0513753E-02	3.0965419E-02	1.6641411E-02	-1.0196911E-02	-1.9656694E-03
11	-9.7705085E-03	-7.3666136E-03	2.0425859E-03	1.3787068E-02	3.0362725E-03
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.1573499E-07	-3.8958402E-08	-6.0695450E-09	2.8831902E-09	2.3681682E-09
4	-1.9822266E-04	-7.6661285E-05	-9.2710856E-06	1.2291477E-05	1.4559614E-05
5	2.1872834E-04	4.4289030E-05	-9.5435786E-06	-1.4159589E-05	-1.0530610E-05
6	1.8585991E-02	-1.7851550E-02	-3.2945384E-03	1.1089159E-02	-2.0407765E-03
8	-4.4805896E+01	-1.4684759E+02	-6.2167494E+01	9.6800997E+01	-9.4845008E+01
9	6.8678077E-04	7.6359393E-03	7.2386041E-03	1.6505601E-03	-5.6158983E-03
10	-2.5419917E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
11	-6.1222657E-03	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	20
3	3.5455837E-10	-1.9516248E-10	-5.5758215E-11	-1.0395742E-11	
4	9.9006408E-06	5.7635161E-06	-1.2675363E-06	-1.2256471E-06	
5	-7.7480023E-06	-4.6606102E-06	-5.3486449E-07	3.0776601E-06	
6	-1.0946299E-03	-6.1403839E-04	-1.4072234E-03	5.4584673E-04	
8	7.9782632E+02	-5.1397105E+01	-1.2737500E+03	6.3712636E+02	
9	-1.0987288E-02	-1.0022350E-02	-1.2026553E-03	1.8588045E-02	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

【0164】

【表21】

実施例7 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
3	X3-P3	11.08	X3-P3 /f	13.73
4	X4-P4	2.35	X4-P4 /f	2.91
5	X5-P5	3.02	X5-P5 /f	3.75
6	X6-P6	8.58	X6-P6 /f	10.63
8	X8-P8	28.30	X8-P8 /f	35.08
9	X9-P9	1.23	X9-P9 /f	1.53
10	X10-P10	3.10	X10-P10 /f	3.84
11	X11-P11	4.12	X11-P11 /f	5.11

【0165】

10

20

30

40

【表 2 2】

実施例8 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	19.2869	1.1000	1.7725	49.6
2	3.8350	2.5663		
3 *	-2.7442	1.1003	1.5316	55.4
4 *	2.0941	0.8500		
5 *	2.6140	2.6506	1.6140	25.5
6 *	-19.6251	0.9411		
7	(開口絞り)	0.1500		
8 *	6.2688	1.5053	1.5316	55.4
9 *	-1.1084	0.1000		
10 *	-2.0955	0.7000	1.6140	25.5
11 *	-3.1130	0.8000		
12	∞	0.5000	1.5231	54.5
13	∞	1.0512		
像面	∞			

実施例8 各種データ

Fno.	2.8
2ω	191.0
L	13.84
ED1	11.42
f	0.85
f5	-14.14
f12	-1.18
f45	2.39
f123	-5.12

10

【0 1 6 6】

【表 2 3】

実施例8 非球面データ

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6
3	0.0000000E+00	6.2117843E-02	3.0480176E-03	-1.6736087E-03	-5.5956639E-04
4	0.0000000E+00	4.4373296E-02	3.0545696E-03	-2.4978017E-02	1.7192600E-02
5	0.0000000E+00	2.9856409E-02	-4.7637317E-02	2.0746607E-02	6.4793605E-03
6	0.0000000E+00	-2.0298767E-02	5.0467941E-02	-6.5155744E-02	1.7132414E-02
8	0.0000000E+00	-8.9320799E-03	2.5868480E-01	-3.0310532E+00	8.1199828E+00
9	0.0000000E+00	3.4347938E-02	-1.7535448E-01	1.3589952E-01	-7.2153070E-02
10	0.0000000E+00	-6.7682276E-04	4.5320425E-02	1.0729310E-02	1.1044048E-02
11	0.0000000E+00	1.3546828E-02	6.8664944E-02	3.6742271E-02	9.3706856E-03
面番号	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	-6.3768964E-05	1.6601208E-05	7.0986057E-06	1.5244029E-06	5.3416672E-08
4	9.1984339E-03	1.9202135E-03	-5.5906093E-04	-8.0208614E-04	-5.1357880E-04
5	4.3509888E-03	5.8227842E-04	-2.3195082E-03	-1.4338502E-03	3.8888372E-04
6	3.2727051E-02	-1.4222121E-03	-2.7723413E-02	-1.8536190E-02	1.9295329E-02
8	-2.8607425E+00	-1.4022403E+01	-1.3438187E+01	3.7106194E+01	7.4886402E+01
9	1.0050926E-02	2.2602701E-02	-7.8629859E-04	-1.5853820E-02	-1.5179032E-02
10	2.1343907E-02	2.0355421E-02	5.0168371E-03	-1.8355640E-02	-7.2564991E-05
11	-4.5044244E-03	-6.6194088E-03	2.5214120E-04	1.3440722E-02	-5.7251492E-04
面番号	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16
3	-1.1275496E-07	-4.6407802E-08	-5.4463032E-09	-1.5944369E-09	2.2514249E-09
4	-2.1489764E-04	-8.7967597E-05	-1.5620315E-05	1.1986230E-05	1.2341892E-05
5	2.2494570E-04	6.1334199E-05	8.6456943E-06	-1.5826481E-06	-3.8972889E-06
6	1.8041177E-02	-1.8460263E-02	-3.7216504E-03	1.0932306E-02	-1.9429324E-03
8	-4.4207922E+01	-1.4469232E+02	-5.9741362E+01	9.7485517E+01	-1.0166118E+02
9	-3.0381386E-03	6.6961171E-03	9.7368006E-03	6.9595985E-03	9.1725229E-04
10	-1.9129839E-04	-1.5977530E-04	-2.6151907E-05	1.4808691E-04	0.0000000E+00
11	-7.0704711E-04	-5.3642588E-04	-1.2382189E-04	7.2644878E-04	0.0000000E+00
面番号	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	9.5205497E-10	-1.6939396E-10	-1.4502909E-10	3.0677010E-11	
4	8.7220875E-06	5.4275353E-06	-8.5823545E-07	-1.2792724E-06	
5	-5.3264057E-06	-4.7350825E-06	-1.6932651E-06	1.8635211E-06	
6	-8.0413474E-04	-2.2480188E-04	-1.0710806E-03	6.8396823E-04	
8	7.7554963E+02	-9.2913076E+01	-1.2990023E+03	7.8444938E+02	
9	-4.8041633E-03	-7.2092520E-03	-4.5156765E-03	5.3178493E-03	
10	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	

20

30

40

【0 1 6 7】

【表24】

実施例8 有効径端での曲率半径に関するデータ

面番号	絶対値		絶対値と焦点距離の比	
3	X3-P3	16.57	X3-P3 /f	19.59
4	X4-P4	2.37	X4-P4 /f	2.81
5	X5-P5	3.43	X5-P5 /f	4.05
6	X6-P6	6.70	X6-P6 /f	7.92
8	X8-P8	10.36	X8-P8 /f	12.24
9	X9-P9	1.29	X9-P9 /f	1.52
10	X10-P10	83.61	X10-P10 /f	98.81
11	X11-P11	3.01	X11-P11 /f	3.56

10

上記実施例1～8全ての撮像レンズの第1レンズL1はガラス材質の球面レンズであるが、第1レンズL1の片側の面もしくは両側の面を非球面として用いてもよい。第1レンズL1をガラス非球面レンズとすることで、諸収差をさらに良好に補正することができる。

【0168】

上記実施例1～8全ての撮像レンズの第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5はプラスチック材質の両面非球面の非球面レンズである。非球面を多用することで高性能を実現でき、プラスチック材質を用いることで軽量かつ安価なレンズを作製することができる。

【0169】

20

実施例1～8の撮像レンズにおける条件式(1)～(13)に対応する値を表25に示す。実施例1～8では、d線を基準波長としており、表25にはこの基準波長における各値を示す。表25からわかるように、実施例1～8全て条件式(1)～(13)を満足している。

【0170】

【表 2 5】

実施例	条件式対応値					
	(1) (R3-R4)/(R3+R4)	(2) D3/f	(3) D2/f	(4) D1/f	(5) L/f	(6) (R1-R2)/(R1+R2)
1	2.08	1.32	2.59	2.04	1.576	0.71
2	9.42	1.27	2.72	2.08	1.673	0.76
3	18.44	1.23	2.68	2.01	1.595	0.75
4	17.11	1.25	2.74	2.04	1.613	0.75
5	9.87	1.24	2.74	2.02	1.658	0.72
6	10.06	1.24	2.70	2.03	1.640	0.71
7	22.13	1.36	3.08	2.23	1.677	0.70
8	7.44	1.30	3.03	1.30	1.636	0.67

実施例	条件式対応値					
	(7) (R8-R9)/(R8+R9)	(8) R9/R10	(9) f5/f	(10) (R10-R11)/(R10+R11)	(11) f45/f123	(12) ED1/R1
1	1.34	0.50	-45.56	-0.10	-0.40	0.59
2	1.36	0.50	-21.13	-0.17	-0.30	0.47
3	1.70	0.59	-13.21	-0.22	-0.49	0.48
4	1.70	0.59	-13.66	-0.22	-0.48	0.49
5	1.53	0.58	-15.26	-0.21	-0.41	0.54
6	1.53	0.58	-15.69	-0.20	-0.36	0.54
7	1.66	0.52	-20.03	-0.18	-0.41	0.62
8	1.66	0.53	-16.72	-0.20	-0.47	0.59

【0 1 7 1】

実施例 1 の撮像レンズの収差図を図 11 (A) ~ 図 11 (I) に示す。図 11 (A) ~ 図 11 (D) は縦収差の収差図であり、それぞれ球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率色収差(倍率の色収差)を示している。図 11 (E) ~ 図 11 (I) は、横収差の収差図であり、各半画角におけるタンジェンシャル方向、サジタル方向の横収差を示している。各収差図には、d 線(587.56 nm)を基準波長とした収差を示すが、球面収差図および倍率の色収差図には、F 線(波長 486.13 nm)、C 線(波長 656.27 nm)についての収差も示す。球面収差図の F no. は F ナンバーであり、他の収差図の は半画角を意味する。ディストーションの図は、全系の焦点距離 f 、画角 (変数扱い、0) を用いて、理想像高を $2 f \times \tan(\theta/2)$ とし、それからのずれ量を示す。

【0 1 7 2】

また同様に、上記実施例2～8の撮像レンズそれぞれの球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率の色収差、横収差の収差図を図12(A)～図12(I)、図13(A)～図13(I)、図14(A)～図14(I)、図15(A)～図15(I)、図16(A)～図16(I)、図17(A)～図17(I)、図18(A)～図18(I)に示す。各収差図からわかるように、上記実施例1～8は各収差が良好に補正されている。

【0173】

以上のデータからわかるように、実施例1～8の撮像レンズは、5枚という少ないレンズ枚数で構成され、小型で安価に作製可能である上、全画角が180°を超える非常に広い画角を達成し、Fナンバーが2.8と小さく、各収差が良好に補正されて高い光学性能を有する。これらの撮像レンズは、監視カメラや、自動車の前方、側方、後方などの映像を撮影するための車載用カメラ等に好適に使用可能である。10

【0174】

図19に使用例として、自動車100に本実施形態の撮像レンズを備えた撮像装置を搭載した様子を示す。図19において、自動車100は、その助手席側の側面の死角範囲を撮像するための車外カメラ101と、自動車100の後側の死角範囲を撮像するための車外カメラ102と、ルームミラーの背面に取り付けられ、ドライバーと同じ視野範囲を撮影するための車内カメラ103とを備えている。車外カメラ101と車外カメラ102と車内カメラ103とは、本発明の実施形態にかかる撮像装置であり、本発明の実施例の撮像レンズと、該撮像レンズにより形成される光学像を電気信号に変換する撮像素子とを備えている。20

【0175】

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

【0176】

以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。30

【0177】

なお、上記した実施例では全てのレンズを均質な材料により構成しているが、屈折率分布型のレンズを用いてもよい。また、上記した実施例では第2レンズL2～第5レンズL5を非球面が施された屈折型レンズにより構成しているが、一つの面もしくは複数の面に回折光学素子を形成してもよい。

【0178】

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

【符号の説明】

【0179】

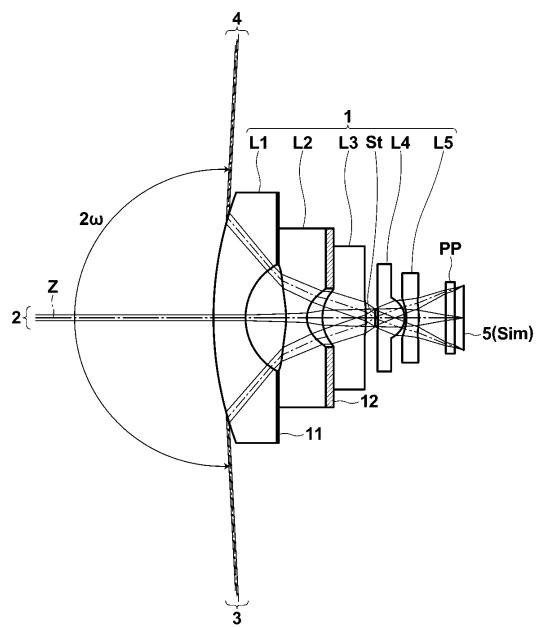
- 1 撮像レンズ
- 2 軸上光束
- 3、4 軸外光束
- 5 撮像素子
- 6 光線
- 11、12 遮光手段
- 100 自動車
- 101、102 車外カメラ
- 103 車内カメラ

40

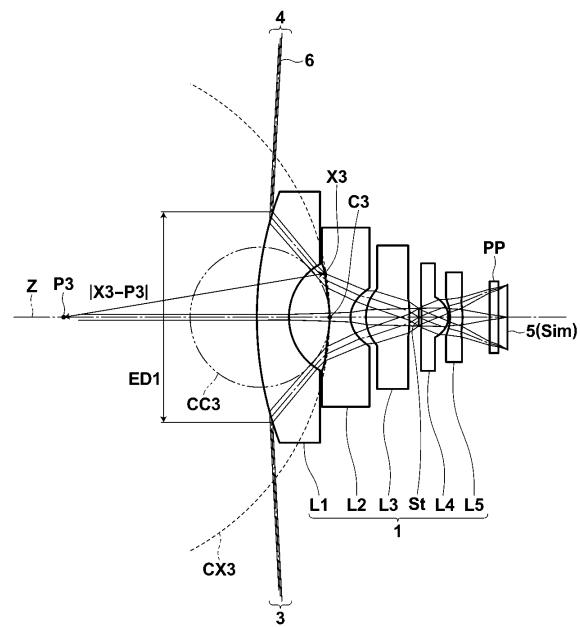
50

L 1 第 1 レンズ
 L 2 第 2 レンズ
 L 3 第 3 レンズ
 L 4 第 4 レンズ
 L 5 第 5 レンズ
 P P 光学部材
 S i m 像面
 S t 開口絞り
 Z 光軸

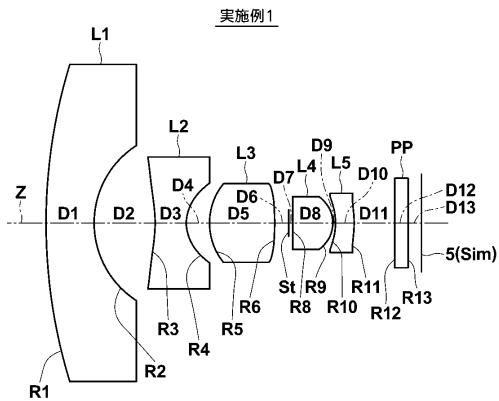
【図 1】



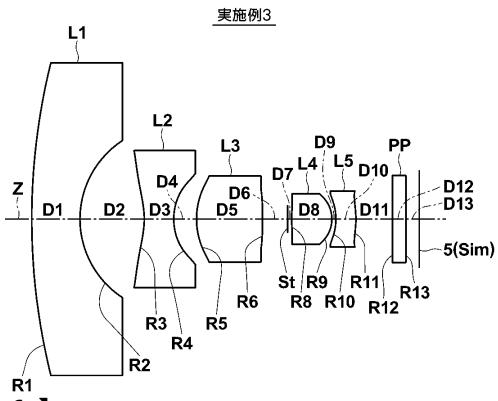
【図 2】



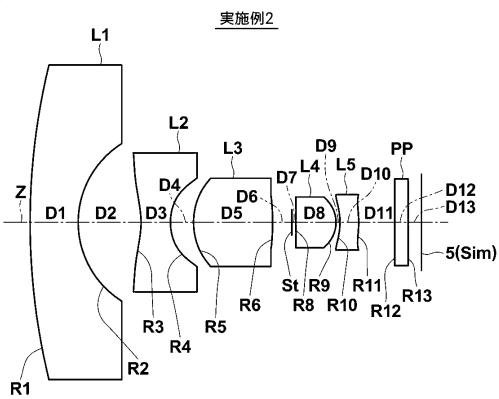
【図3】



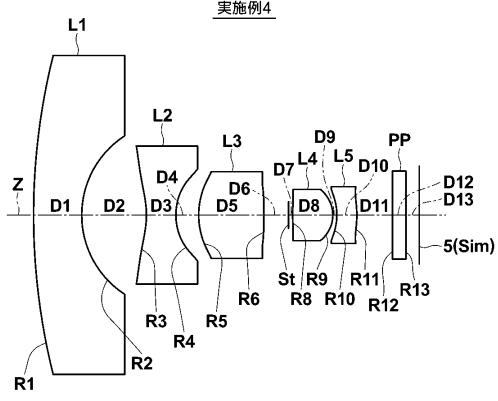
【図5】



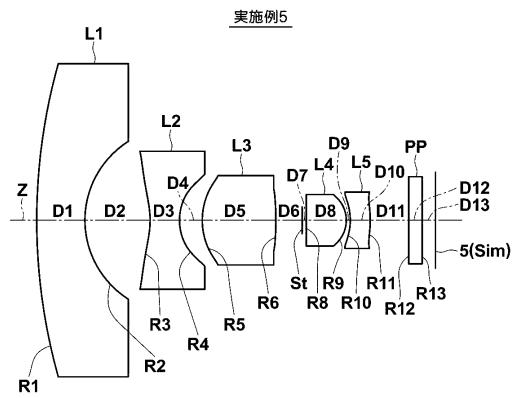
【図4】



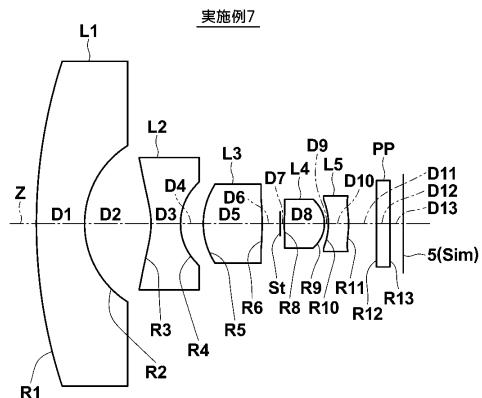
【図6】



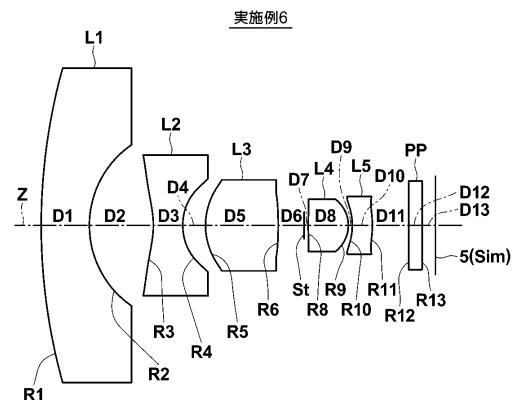
【図7】



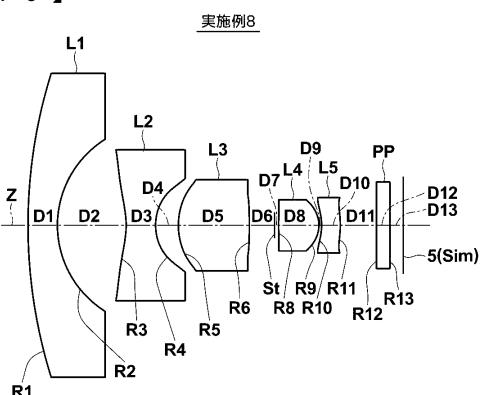
【図9】



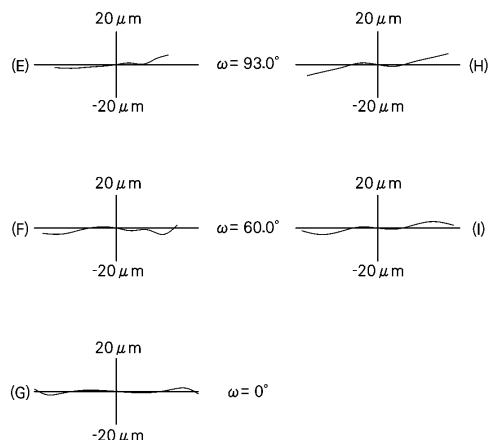
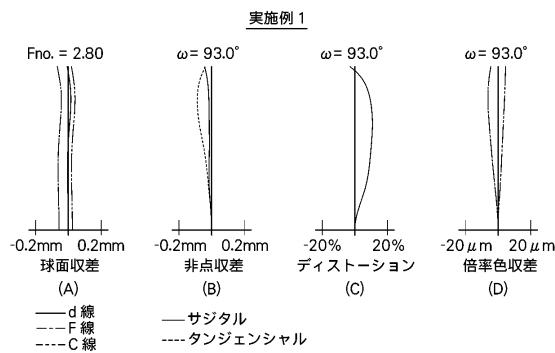
【図8】



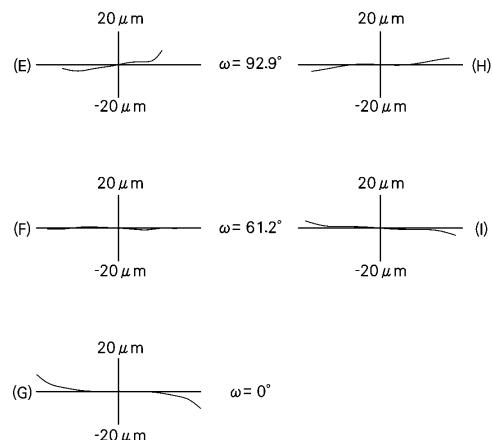
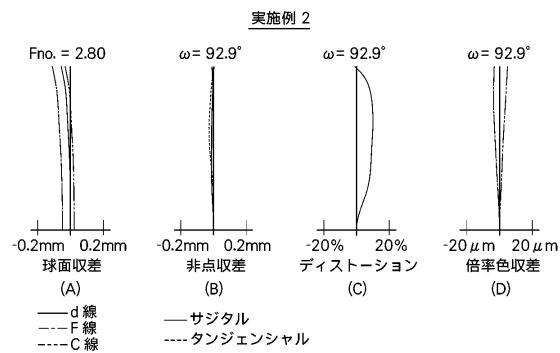
【図10】



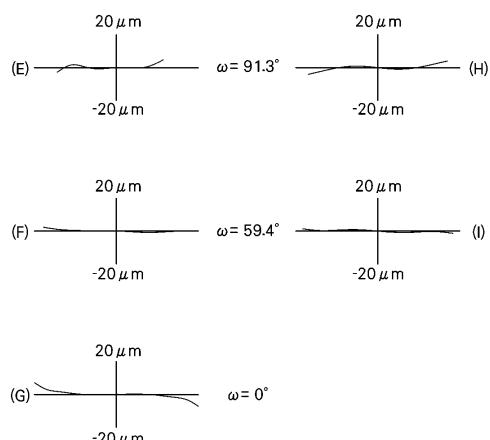
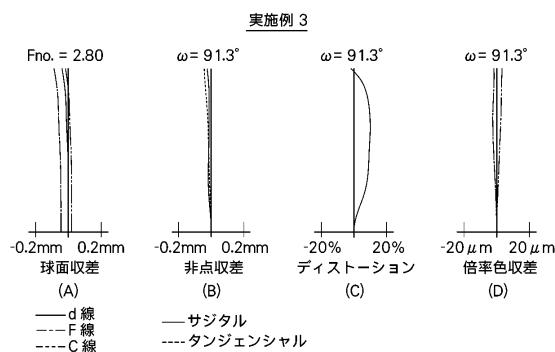
【図 1 1】



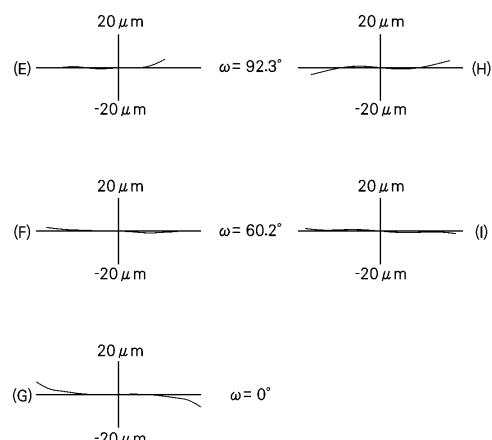
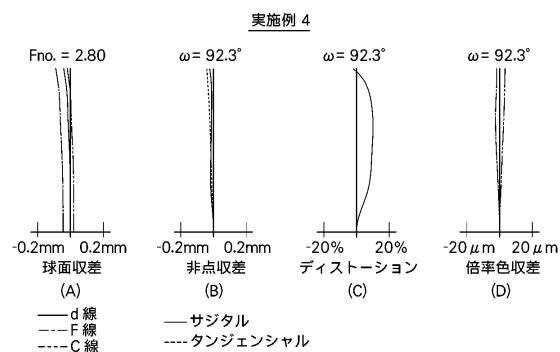
【図 1 2】



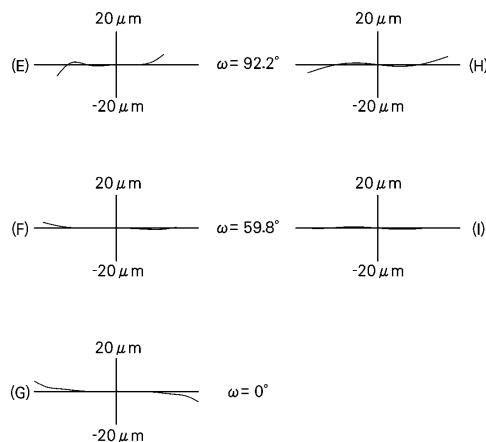
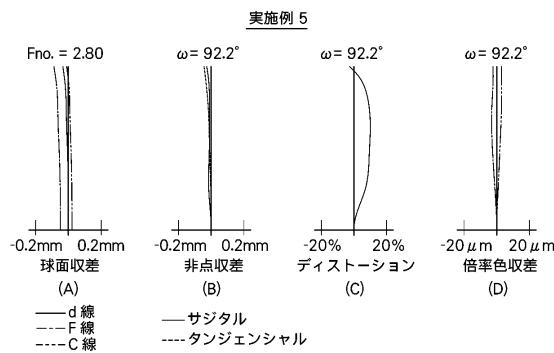
【図 1 3】



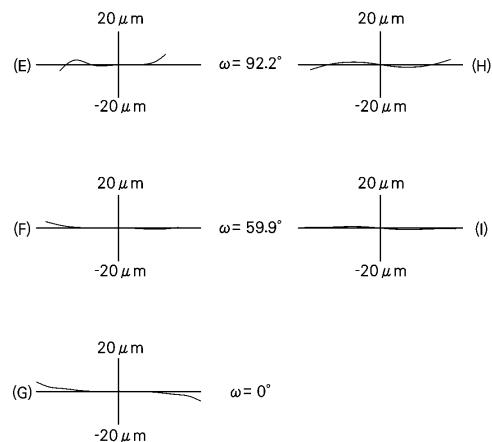
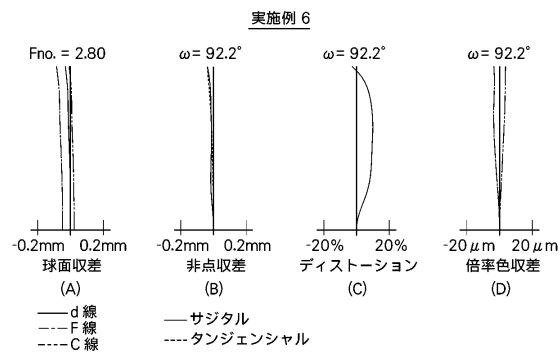
【図 1 4】



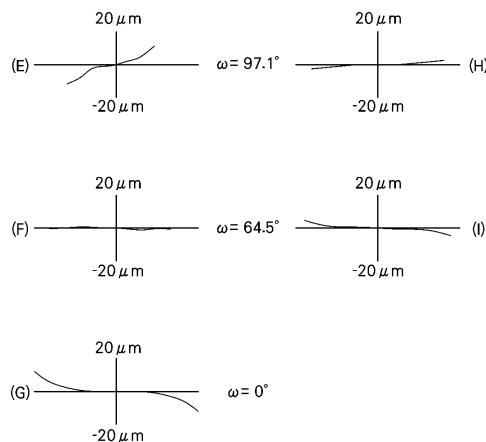
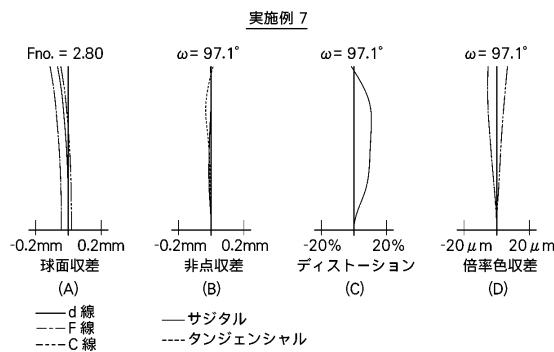
【図15】



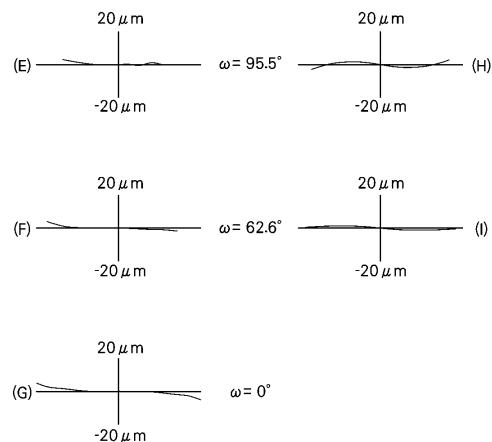
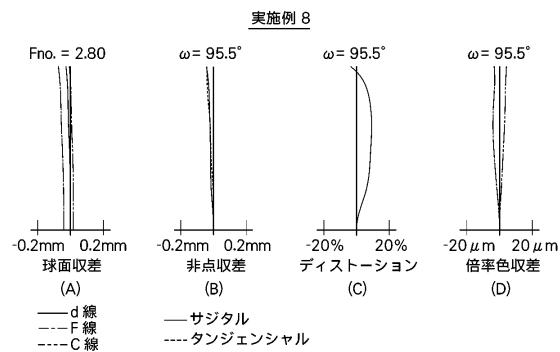
【図16】



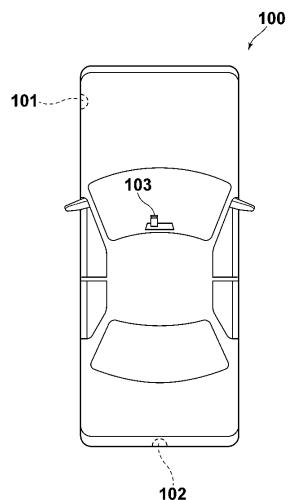
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-39206(JP,A)
特開2007-164079(JP,A)
特開2010-243711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 13/04
G02B 13/18