

(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
G O 2 B 13/04 (2006.01) G O 2 B 13/04 D
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 11 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2009-264998 (P2009-264998)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成21年11月20日 (2009.11.20)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2011-107593 (P2011-107593A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成23年6月2日 (2011.6.2)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成24年7月2日 (2012.7.2)		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、

下記条件式(1)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$1.0 < (R3 - R4) / (R3 + R4) \quad \dots \quad (1)$$

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、

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。

$$1.0 < D3 / f < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

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。

$$2.0 < D2 / f < 4.0 \quad \dots \quad (3)$$

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。

$$1.0 < D1 / f < 3.0 \quad \dots \quad (4)$$

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。

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

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

f：全系の焦点距離

30

【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。

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

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。

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

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

【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。

$$0.3 < R9 / R10 < 0.9 \quad \dots \quad (8)$$

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 1 0 : 前記第 5 レンズの物体側の面の近軸曲率半径

【請求項 1 0】

前記第 1 レンズの中心厚が 1 . 5 m m 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 1 1】

請求項 1 から 1 0 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

【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、C C D (C h a r g e C o u p l e d D e v i c e) や C M O S (C o m p l e m e n t a r y M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r) 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】

【0 0 0 2】

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 C C D や C M O S 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 1 8 0 ° 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

【0 0 0 3】

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】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 2 7 4 2 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 0 2 5 4 9 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 7 - 2 3 3 1 5 2 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 8 - 1 2 2 9 2 2 号公報

【特許文献 5】特許第 3 6 7 2 2 7 8 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

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。

【0 0 0 6】

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ァッ

50

べ数が大きいいため、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。

【 0 0 0 7 】

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】

【 0 0 0 8 】

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 3.0 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 4.0 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。

$$1.0 < (R3 - R4) / (R3 + R4) \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

20

R 3 : 第 2 レンズの物体側の面の近軸曲率半径

R 4 : 第 2 レンズの像側の面の近軸曲率半径

【 0 0 0 9 】

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 3.0 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 4.0 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

【 0 0 1 0 】

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。

$$1.0 < D3 / f < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

$$2.0 < D2 / f < 4.0 \quad \dots \quad (3)$$

$$1.0 < D1 / f < 3.0 \quad \dots \quad (4)$$

$$1.3 < L / f < 1.9 \quad \dots \quad (5)$$

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

40

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

$$0.3 < R9 / R10 < 0.9 \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

D 3 : 第 2 レンズの中心厚

f : 全系の焦点距離

D 2 : 第 1 レンズと第 2 レンズの光軸上の空気間隔

D 1 : 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)

R 1 : 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 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 i m 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 C C D イメージセンサや C M O S 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 P P を最も像側のレンズと撮像素子 5 (像面 S i m) 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 L 1 と、像側の面が凹面である負の第 2 レンズ L 2 と、正の第 3 レンズ L 3 と、開口絞り S t と、正の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた第 5 レンズ L 5 とを備え、第 2 レンズ L 2、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 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 L 3 と第 5 レンズ L 5 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 L 4 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) を満足するものである。

30

【0023】

$$1.0 < (R3 - R4) / (R3 + R4) \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

R 3 : 第 2 レンズ L 2 の物体側の面の近軸曲率半径

40

R 4 : 第 2 レンズ L 2 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 L 1 および第 2 レンズ L 2 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 L 2 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 S t の物体側直前の第 3 レンズ L 3 を正のパワーを持つレンズとし、第 3 レンズ L 3 を構成する材質のアッペ数を 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 S t を第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 の間に配置することで、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。

【 0 0 2 5 】

第 4 レンズ L 4 を正のパワーを持つレンズとし、第 4 レンズ L 4 を構成する材質のアップベ数を 4 0 以上とし、第 5 レンズ L 5 を物体側に凹面を向けたレンズとし、第 5 レンズ L 5 を構成する材質のアップベ数を 3 0 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 L 2、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 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

【 0 0 2 6 】

条件式 (1) を満足することで、第 2 レンズ L 2 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 L 2 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 L 2 は近軸領域で両凹形状となるため、第 2 レンズ L 2 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。

【 0 0 2 7 】

ここで、近軸領域における第 2 レンズ L 2 の形状について説明する。第 2 レンズ L 2 は像側の面が凹面の負レンズであるから、第 2 レンズ L 2 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 (1 A) のように変形することができる。

20

$$1. 0 < (1 - R 4 / R 3) / (1 + R 4 / R 3) \dots (1 A)$$

第 2 レンズ L 2 の物体側の面が平面、すなわち $R 3 = \infty$ とすると、上記条件式 (1 A) を満たさないため、第 2 レンズ L 2 の物体側の面は平面になりえない。

【 0 0 2 8 】

仮に、第 2 レンズ L 2 の物体側の面が凸面、すなわち $R 3 > 0$ とすると、 $(R 3 - R 4) < (R 3 + R 4)$ 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 L 2 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 L 2 の物体側の面は凹面となり、第 2 レンズ L 2 は両凹形状となる。

【 0 0 2 9 】

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 L 1 と、両凹レンズである負の第 2 レンズ L 2 と、正の第 3 レンズ L 3 と、開口絞り S t と、正の第 4 レンズ L 4 と、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 L 5 とを備え、第 2 レンズ L 2、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 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 L 3 と第 5 レンズ L 5 の材質の d 線に対するアップベ数が 3 0 以下であり、第 4 レンズ L 4 の材質の d 線に対するアップベ数が 4 0 以上であり、第 2 レンズ L 2 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

【 0 0 3 0 】

第 2 レンズ L 2 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 L 2 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 L 5 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

【 0 0 3 1 】

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。

【 0 0 3 2 】

第 2 レンズ L 2 の物体側の面の近軸曲率半径を R 3 とし、第 2 レンズ L 2 の像側の面の近軸曲率半径を R 4 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 L 2 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。

$$1.0 < (R3 - R4) / (R3 + R4) < 3.0 \quad \dots \quad (1 - 2)$$

【 0 0 3 3 】

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。

$$1.0 < (R3 - R4) / (R3 + R4) < 2.0 \quad \dots \quad (1 - 3)$$

【 0 0 3 4 】

第 2 レンズ L 2 の中心厚を D 3 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。

$$1.0 < D3 / f < 1.6 \quad \dots \quad (2)$$

【 0 0 3 5 】

条件式 (2) の上限を満足することで、第 2 レンズ L 2 の中心厚を適切に選ぶことが可能となり、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2 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 L 2 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 L 2 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。

【 0 0 3 6 】

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。

$$1.2 < D3 / f < 1.4 \quad \dots \quad (2 - 2)$$

【 0 0 3 7 】

第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の光軸 Z 上の空気間隔を D 2 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。

$$2.0 < D2 / f < 4.0 \quad \dots \quad (3)$$

【 0 0 3 8 】

条件式 (3) を満足することで、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の間隔を適切に選択することが可能となるため、第 2 レンズ L 2 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 L 1 と第 2 レンズ L 2 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 L 1 と第 2 レンズ L 2 の空気間隔が狭くなりすぎてしまい、第 2 レンズ L 2 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。

【 0 0 3 9 】

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。

$$2.3 < D2 / f < 3.5 \quad \dots \quad (3 - 2)$$

【 0 0 4 0 】

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

ことが容易となる。

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

【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。

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

【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。

10

【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。

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

【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。

20

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

【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。

30

【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Sim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Sim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。

40

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

【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

50

なる。

【 0 0 4 9 】

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。

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

【 0 0 5 0 】

第 1 レンズ L 1 の物体側の面を凸面とし、第 1 レンズ L 1 の物体側の面の近軸曲率半径を R 1 とし、第 1 レンズ L 1 の像側の面の近軸曲率半径を R 2 としたとき、下記条件式 (6) を満足することが好ましい。

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

【 0 0 5 1 】

条件式 (6) を満足することで、第 1 レンズ L 1 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 L 1 は負レンズであるから、第 1 レンズ L 1 の物体側の面を凸面とすることで、第 1 レンズ L 1 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。

【 0 0 5 2 】

第 1 レンズ L 1 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 L 1 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 L 1 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 L 1 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 L 1 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。

【 0 0 5 3 】

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。

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

【 0 0 5 4 】

第 4 レンズ L 4 の物体側の面の近軸曲率半径を R 8 とし、第 4 レンズ L 4 の像側の面の近軸曲率半径を R 9 としたとき、下記条件式 (7) を満足することが好ましい。

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

【 0 0 5 5 】

条件式 (7) を満足することで、第 4 レンズ L 4 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可能であると共に画像周辺部の像面 S i m への光線の入射角を抑えることができる。第 4 レンズ L 4 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 L 4 は近軸領域で両凸形状となる。

【 0 0 5 6 】

そして、第 4 レンズ L 4 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 L 4 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 L 4 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 L 4 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 L 5 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 L 4 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 S i m 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。

【 0 0 5 7 】

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 L 4 の形状について

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。

$$1.1 < (1 - R9/R8) / (1 + R9/R8) < 2.0 \quad \dots \quad (7A)$$

第4レンズL4の物体側の面が平面、すなわち $R8 = \infty$ 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、

$$1.1 < (R8/R9 - 1) / (R8/R9 + 1) < 2.0 \quad \dots \quad (7B)$$

第4レンズL4の像側の面を平面、すなわち $R9 = \infty$ 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、 $R8 < 0$ とすると、第4レンズL4が正レンズであることから、 $R9 < 0$ かつ $R8 < R9$ 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、 $R8 > 0$ かつ $R9 > 0$ 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。

$$1.2 < (R8 - R9) / (R8 + R9) < 1.8 \quad \dots \quad (7-2)$$

【0060】

第4レンズL4の像側の面の近軸曲率半径を $R9$ とし、第5レンズL5の物体側の面の近軸曲率半径を $R10$ としたとき、下記条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0.3 < R9/R10 < 0.9 \quad \dots \quad (8)$$

【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Sim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。

$$0.4 < R9/R10 < 0.8 \quad \dots \quad (8-2)$$

【0063】

第5レンズL5の焦点距離を $f5$ 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。

$$f5/f < -12.0 \quad \dots \quad (9)$$

【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Sim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。

$$-5.0 < f_5 / f < -1.3 \dots (9-2)$$

【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。

$$-3.0 < f_5 / f < -1.3 \dots (9-3)$$

【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。

$$-2.5 < f_5 / f < -1.3 \dots (9-4)$$

【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。

$$-0.5 < (R10 - R11) / (R10 + R11) < -0.05 \dots (10)$$

【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S_im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す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S_im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。

$$-0.3 < (R10 - R11) / (R10 + R11) < -0.08 \dots (10-2)$$

【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。

$$-0.8 < f_{45} / f_{123} < 0 \dots (11)$$

【0072】

条件式(11)を満足することで、開口絞りS_tより物体側のレンズと開口絞りS_t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S_t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

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

【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。

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

【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。

【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。

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

【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。

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

【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ため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。

【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。

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

【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

10

20

30

40

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、 $1.0 < |X3-P3|/f < 2.0$ 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容易となる。

【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、ディストーションを良好に補正することが可能となる。

【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、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、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の正のパワーをと強くすることで、周辺光線の像面Sim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】

50

$|X9 - P9|$ は、全系の焦点距離を f としたとき、 $1.2 < |X9 - P9| / f < 1.8$ 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、物体側に凹面を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。

【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、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。

【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。

【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、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。

【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。

10

20

30

40

50

【0118】

$|X11 - P11|$ は、全系の焦点距離を f としたとき、 $2 < |X11 - P11| / f < 12$ 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。

【0119】

第2レンズL2の物体側の面から第5レンズL5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。

【0120】

なお、図1に示す撮像レンズ1は、第1レンズL1～第5レンズL5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。

【0121】

第1レンズL1の材質のd線におけるアッペ数は40以上であることが好ましく、これにより、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L1の材質のd線におけるアッペ数は45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L1の材質のd線におけるアッペ数は47以上であることがさらに好ましく、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容易となる。

【0122】

第2レンズL2の材質のd線におけるアッペ数は40以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第2レンズL2の材質のd線におけるアッペ数は45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L2の材質のd線におけるアッペ数は50以上であることがさらに好ましく、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容易となる。

【0123】

第4レンズL4の材質のd線におけるアッペ数は40以上であることが好ましく、これにより、色収差の発生を抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。第4レンズL4の材質のd線におけるアッペ数は45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L4の材質のd線におけるアッペ数は50以上であることがさらに好ましく、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容易となる。

【0124】

第3レンズL3の材質のd線におけるアッペ数は30以下であることが好ましく、これにより、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。第3レンズL3の材質のd線におけるアッペ数は28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L3の材質のd線におけるアッペ数は26以下であることがさらに好ましく、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L3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、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。

【0125】

第5レンズL5の材質のd線におけるアッペ数は30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L5の材質のd線におけるアッペ数は28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L5の材質のd線におけるアッペ数は26以下であることがさらに好ましく、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。

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。

【0129】

20

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可能となるとともに、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可能となる。

【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St、光学部材PP、像面Simに配置された撮像素子5も合わせて図示している。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Ri、Di (i = 1、2、3、...) は以下に説明するレンズデータのRi、Diと対応している。

10

【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】

20

表1のレンズデータにおいて、Si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、Riの欄はi番目の面の曲率半径を示し、Di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、Ndj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、dj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、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に相当する面の曲率半径の欄には、(開口絞り) という語句を記載している。

30

【0140】

表1の各種データにおいて、Fno. はFナンバー、2は全画角、Bf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Sim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。

40

【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「 $\times 10^{-n}$ 」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、... 20) の値である。

【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

KA、RB_m：非球面係数（m = 3、4、5、... 20）

10

【0142】

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

【0144】

20

【表1】

実施例1 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
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	4.0035856E-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

【0146】

【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	
3	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

【0147】

【表 4】

実施例2 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
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	-4.1119327E-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	ν dj
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	
3	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 10】

実施例4 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
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

【0154】

【表 11】

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

【0155】

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	ν dj
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	-3.4826136E-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	
3	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 16】

実施例6 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
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

【0160】

【表 17】

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

【0161】

50

【表 18】

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

【0162】

【表 19】

実施例7 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
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

【0163】

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	
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	

10

20

30

【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

40

【0165】

【表 2 2】

実施例8 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
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 2 4】

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 L 1 はガラス材質の球面レンズであるが、第 1 レンズ L 1 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 L 1 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。

【 0 1 6 8 】

上記実施例 1 ~ 8 全ての撮像レンズの第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 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。

【 0 1 6 9 】

20

実施例 1 ~ 8 の撮像レンズにおける条件式 (1) ~ (1 3) に対応する値を表 2 5 に示す。実施例 1 ~ 8 では、d 線を基準波長としており、表 2 5 にはこの基準波長における各値を示す。表 2 5 からわかるように、実施例 1 ~ 8 全て条件式 (1) ~ (1 3) を満足している。

【 0 1 7 0 】

【表 2 5】

実施例	条件式対応値						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
	(R3-R4)/(R3+R4)	D3/f	D2/f	D1/f	L/f	(R1-R2)/(R1+R2)	
	2.08	1.32	2.59	2.04	15.76	0.71	
	2	1.27	2.72	2.08	16.73	0.76	
	3	1.23	2.68	2.01	15.95	0.75	
	4	1.25	2.74	2.04	16.13	0.75	
	5	1.24	2.74	2.02	16.58	0.72	
	6	1.24	2.70	2.03	16.40	0.71	
	7	1.36	3.08	2.23	16.77	0.70	
8	7.44	1.30	3.03	1.30	16.36	0.67	
条件式対応値							
実施例	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	(R8-R9)/(R8+R9)	R9/R10	f5/f	(R10-R11)/(R10+R11)	f45/f123	ED1/R1	f12/f
	1.34	0.50	-45.56	-0.10	-0.40	0.59	-1.13
	2	0.50	-21.13	-0.17	-0.30	0.47	-1.32
	3	0.59	-13.21	-0.22	-0.49	0.48	-1.30
	4	0.59	-13.66	-0.22	-0.48	0.49	-1.30
	5	0.58	-15.26	-0.21	-0.41	0.54	-1.26
	6	0.58	-15.69	-0.20	-0.36	0.54	-1.26
	7	0.52	-20.03	-0.18	-0.41	0.62	-1.35
	8	1.43	0.53	-16.72	-0.20	-0.47	0.59

【0171】

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(587.56nm)を基準波長とした収差を示すが、球面収差図および倍率の色収差図には、F線(波長486.13nm)、C線(波長656.27nm)についての収差も示す。球面収差図のFno.はFナンバーであり、その他の収差図の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θ(変数扱い、0°)を用いて、理想像高を $2f \times \tan(\theta/2)$ とし、それからのずれ量を示す。

【0172】

10

20

30

40

50

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 1 2（A）～図 1 2（I）、図 1 3（A）～図 1 3（I）、図 1 4（A）～図 1 4（I）、図 1 5（A）～図 1 5（I）、図 1 6（A）～図 1 6（I）、図 1 7（A）～図 1 7（I）、図 1 8（A）～図 1 8（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。

【 0 1 7 3 】

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 1 8 0 ° 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。

【 0 1 7 4 】

図 1 9 に使用例として、自動車 1 0 0 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 1 9 において、自動車 1 0 0 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 1 0 1 と、自動車 1 0 0 の後側の死角範囲を撮像するための車外カメラ 1 0 2 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 1 0 3 とを備えている。車外カメラ 1 0 1 と車外カメラ 1 0 2 と車内カメラ 1 0 3 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。

【 0 1 7 5 】

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 1 0 1 、 1 0 2 および車内カメラ 1 0 3 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。

【 0 1 7 6 】

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。

【 0 1 7 7 】

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 L 2 ～ 第 5 レンズ L 5 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。

【 0 1 7 8 】

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。

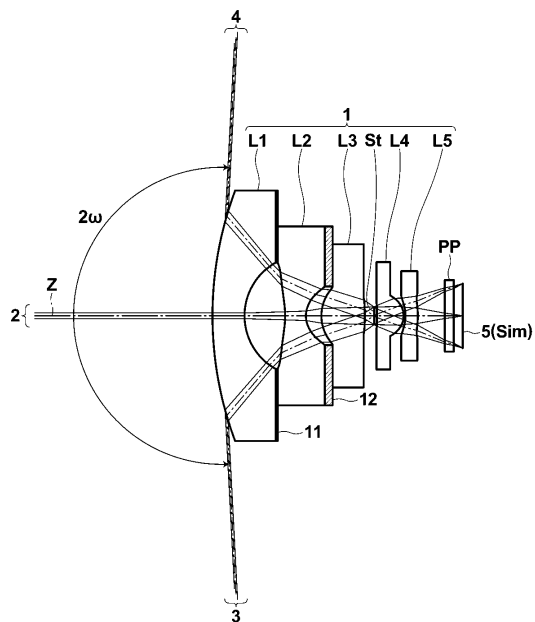
【 符号の説明 】

【 0 1 7 9 】

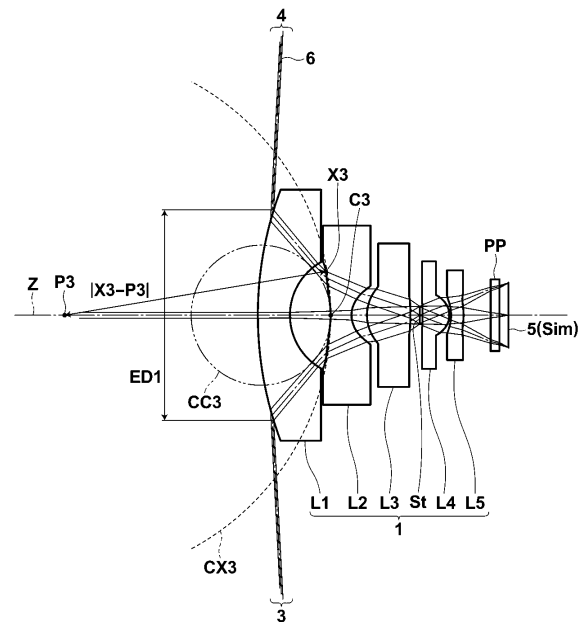
- 1 撮像レンズ
- 2 軸上光束
- 3、4 軸外光束
- 5 撮像素子
- 6 光線
- 1 1、1 2 遮光手段
- 1 0 0 自動車
- 1 0 1、1 0 2 車外カメラ
- 1 0 3 車内カメラ

L 1 第 1 レンズ
 L 2 第 2 レンズ
 L 3 第 3 レンズ
 L 4 第 4 レンズ
 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

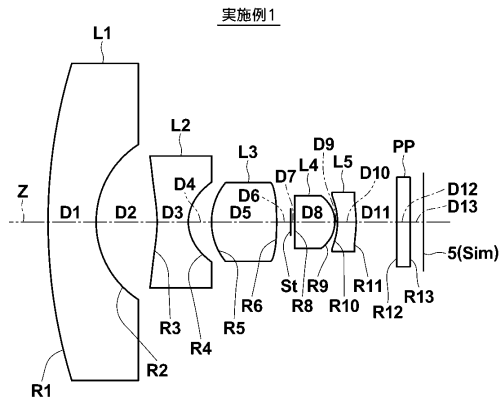
【図 1】



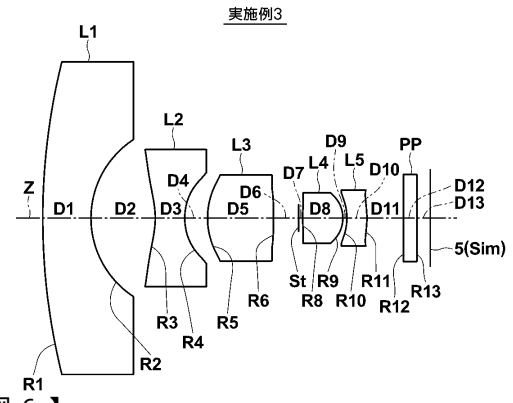
【図 2】



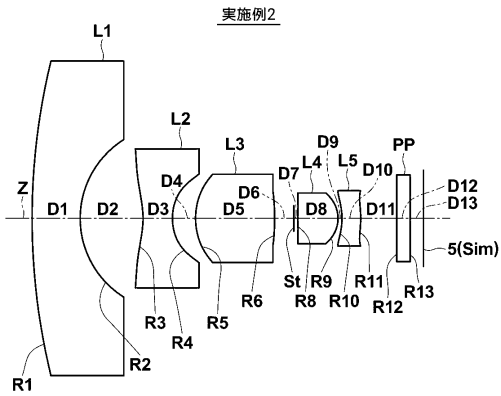
【図 3】



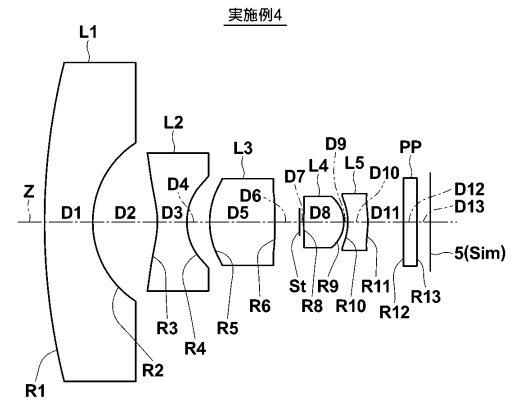
【図 5】



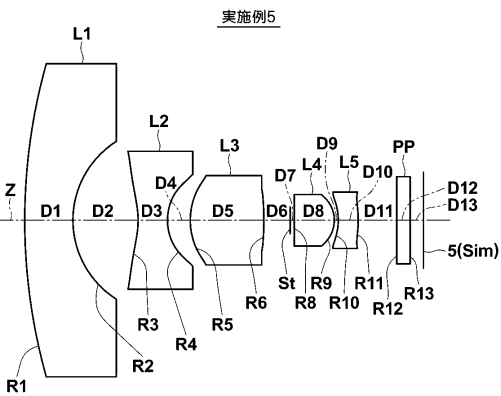
【図 4】



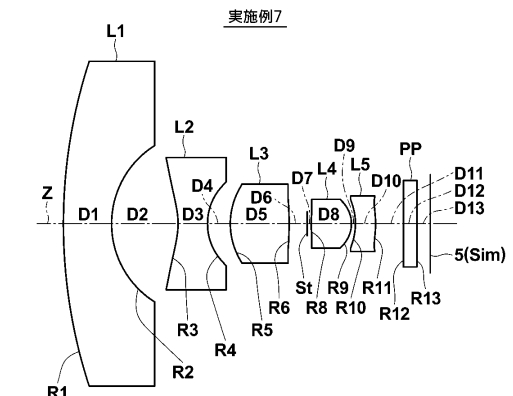
【図 6】



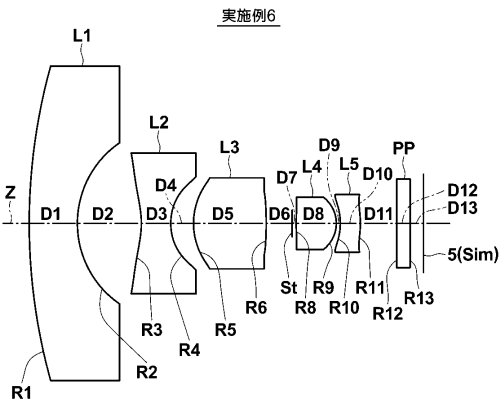
【図 7】



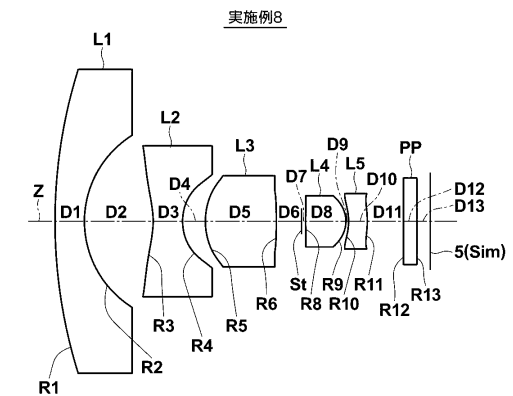
【図 9】



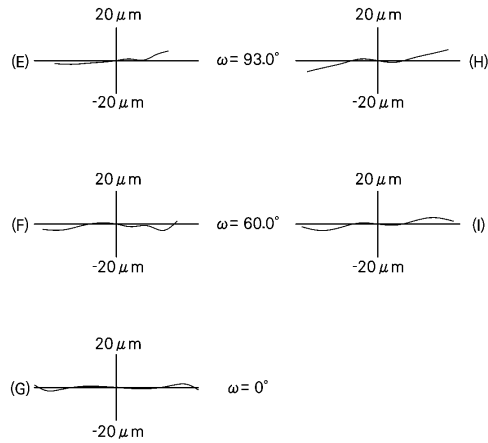
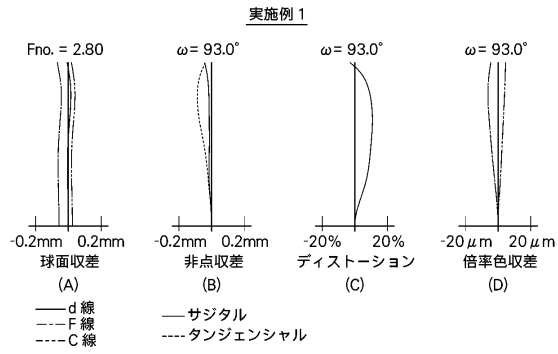
【図 8】



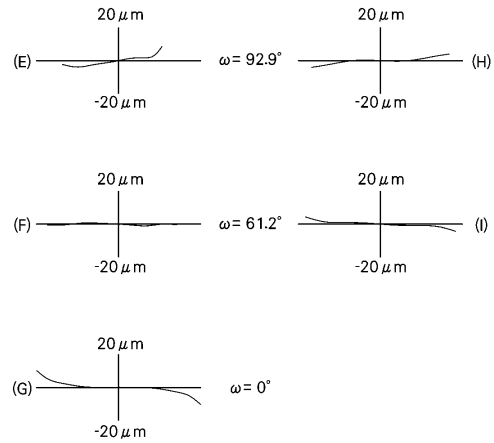
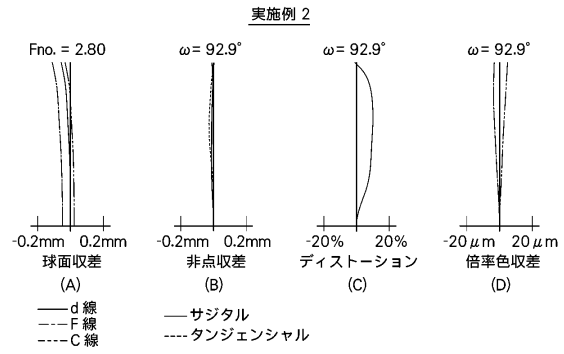
【図 10】



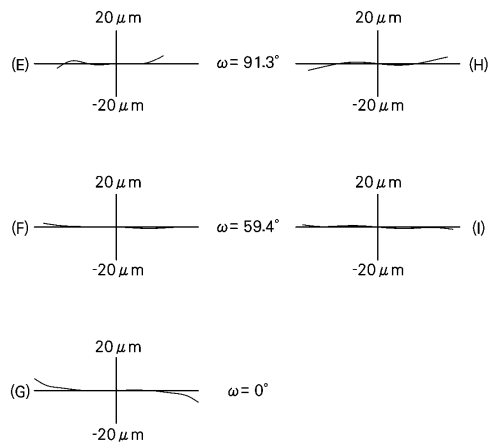
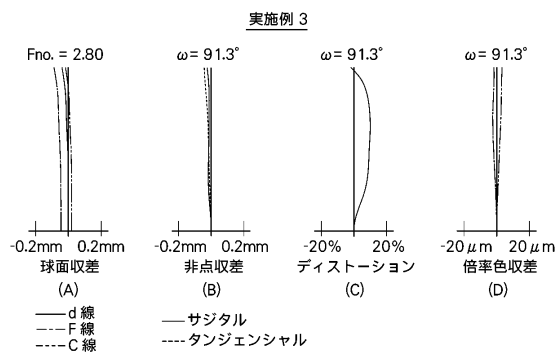
【図 1 1】



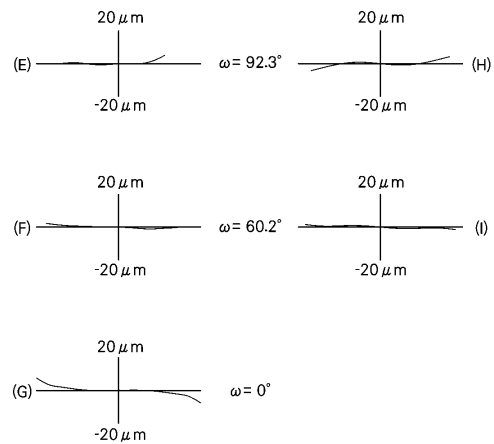
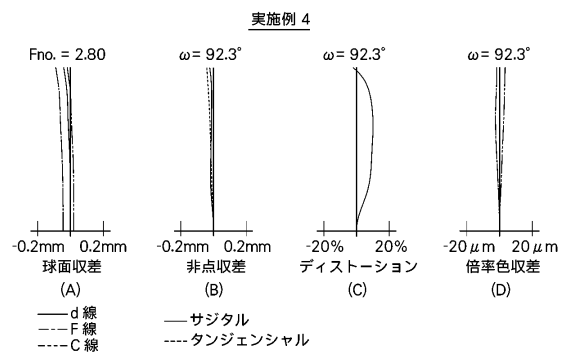
【図 1 2】



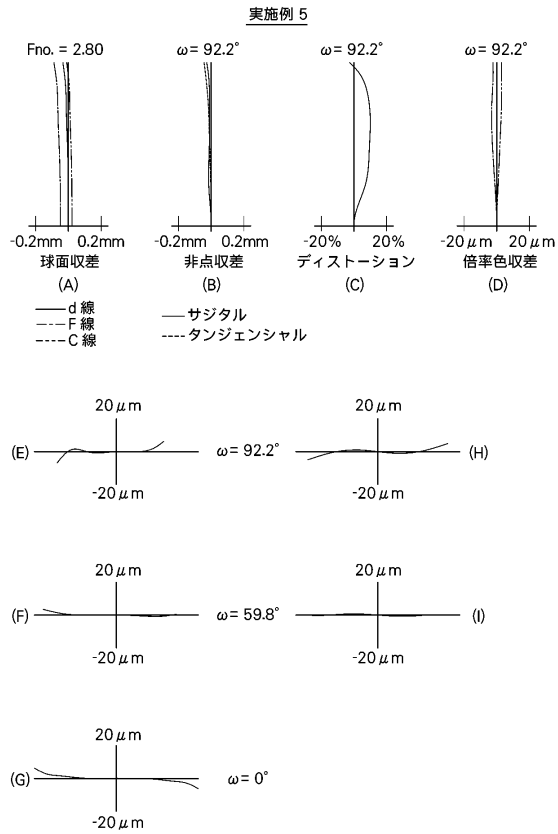
【図 1 3】



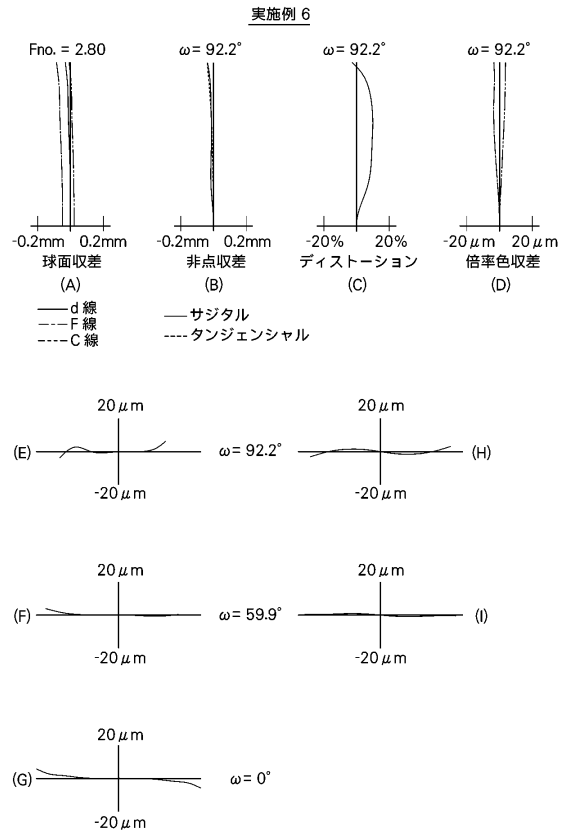
【図 1 4】



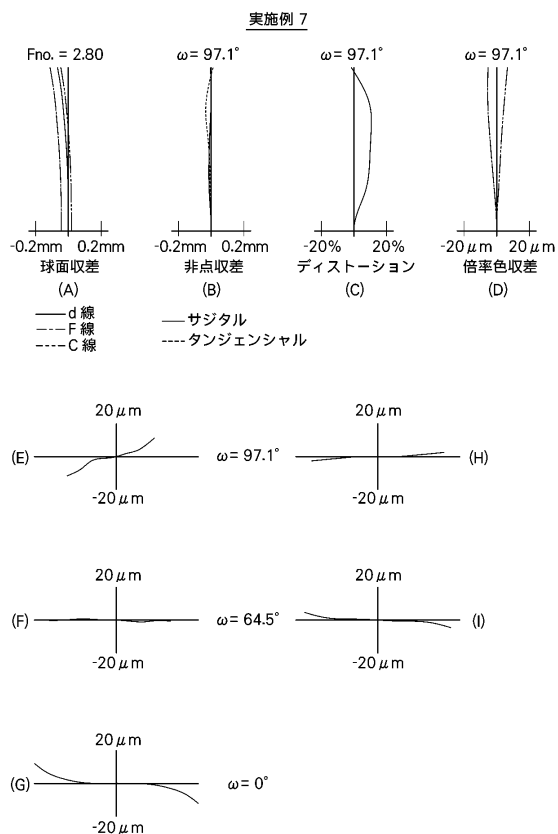
【図 15】



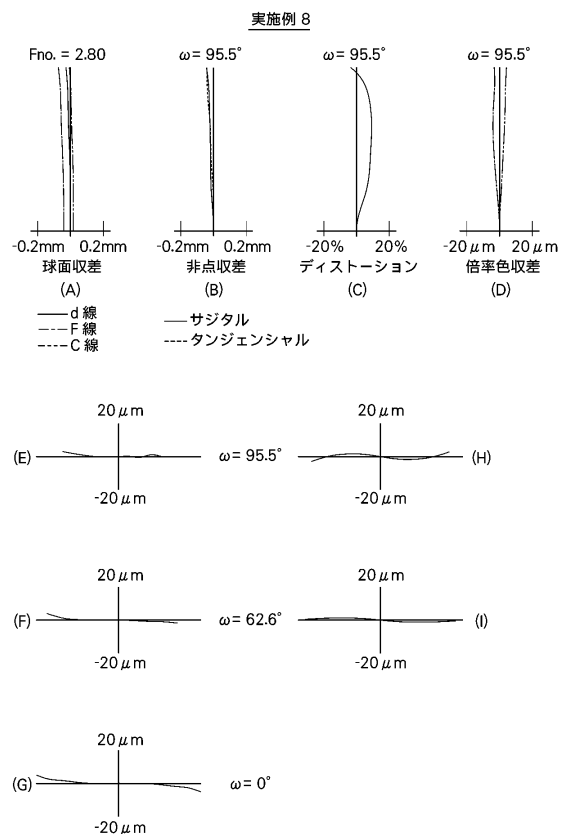
【図 16】



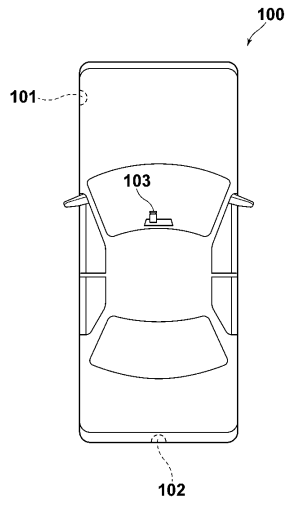
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 0 - 3 9 2 0 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 6 4 0 7 9 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 2 4 3 7 1 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 1 3 / 0 4
G 0 2 B 1 3 / 1 8