

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5638495号
(P5638495)

(45) 発行日 平成26年12月10日(2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日(2014.10.31)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 13/04 (2006.01) G 0 2 B 13/04 D
 G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 14 (全 61 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-213838 (P2011-213838) (22) 出願日 平成23年9月29日 (2011. 9. 29) (65) 公開番号 特開2013-73146 (P2013-73146A) (43) 公開日 平成25年4月22日 (2013. 4. 22) 審査請求日 平成26年1月15日 (2014. 1. 15)</p>	<p>(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号 (74) 代理人 100073184 弁理士 柳田 征史 (74) 代理人 100090468 弁理士 佐久間 剛 (72) 発明者 浅見 太郎 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 富士フイルム株式会社内 (72) 発明者 勝間 敏明 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 富士フイルム株式会社内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像レンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の第1レンズと、負の第2レンズと、正の第3レンズと、正の第4レンズと、負の第5レンズと、正の第6レンズとの実質的に6枚のレンズからなり、

前記第2レンズの物体側の面が平面または凹面であり、

前記第3レンズの像側の面が平面または凹面であり、

下記条件式(4)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$0.20 < (R8 + R9) / (R8 - R9) \dots (4)$$

ただし、

R8：前記第4レンズ物体側の面の曲率半径

10

R9：前記第4レンズ像側の面の曲率半径

【請求項 2】

下記条件式(11)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$9 < L / f < 16 \dots (11)$$

ただし、

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

f：全系の焦点距離

【請求項 3】

下記条件式(12)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。

20

$$1 < B f / f < 3 \quad \dots \quad (12)$$

ただし、

$B f$: 最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の距離 (空気換算長)

f : 全系の焦点距離

【請求項 4】

下記条件式 (13) 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 1 項記載の撮像レンズ。

$$d_3 + d_5 < 50.0 \quad \dots \quad (13)$$

ただし、

d_3 : 前記第 3 レンズの材質の d 線に対するアッペ数

10

d_5 : 前記第 5 レンズの材質の d 線に対するアッペ数

【請求項 5】

下記条件式 (14) を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.2 < (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) < 1.0 \quad \dots \quad (14)$$

ただし、

R_3 : 前記第 2 レンズの物体側の面の曲率半径

R_4 : 前記第 2 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 6】

下記条件式 (15) を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

20

$$-1.0 < (R_5 + R_6) / (R_5 - R_6) < -1 \quad \dots \quad (15)$$

ただし、

R_5 : 前記第 3 レンズの物体側の面の曲率半径

R_6 : 前記第 3 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 7】

下記条件式 (16) 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 1 項記載の撮像レンズ。

$$1.1 < (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2) < 3.0 \quad \dots \quad (16)$$

ただし、

30

R_1 : 前記第 1 レンズの物体側の面の曲率半径

R_2 : 前記第 1 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 8】

下記条件式 (17) を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$-5 < f_{123} / f < -1.0 \quad \dots \quad (17)$$

ただし、

f_{123} : 前記第 1 レンズ、前記第 2 レンズおよび前記第 3 レンズの合成焦点距離

f : 全系の焦点距離

【請求項 9】

40

下記条件式 (18) を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$2 < f_3 / f < 1.2 \quad \dots \quad (18)$$

ただし、

f_3 : 前記第 3 レンズの焦点距離

f : 全系の焦点距離

【請求項 10】

下記条件式 (19) を満足することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.01 < D_9 / f < 0.5 \quad \dots \quad (19)$$

50

ただし、

D 9 : 前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとの光軸上の空気間隔

f : 全系の焦点距離

【請求項 1 1】

下記条件式 (2 0) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$1.0 < f_4 / f < 4.0 \quad \dots \quad (20)$$

ただし、

f₄ : 前記第 4 レンズの焦点距離

f : 全系の焦点距離

【請求項 1 2】

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

$$2.5 < ER_1 / f < 8 \quad \dots \quad (21)$$

ただし、

ER₁ : 前記第 1 レンズの物体側の面の有効半径

f : 全系の焦点距離

【請求項 1 3】

前記第 3 レンズと前記第 4 レンズとの間に絞りが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載の撮像レンズを搭載した撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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

【背景技術】

【0002】

CCD や CMOS 等の撮像素子は近年非常に小型化および高画素化が進んでいる。それとともに、これら撮像素子を備えた撮像機器本体も小型化が進み、それに搭載される撮像レンズにも良好な光学性能に加え、小型化が求められている。一方、車載用カメラや監視カメラ等の用途では、小型化とともに、安価に構成可能で、広角で高性能であることが求められている。

【0003】

下記特許文献 1 ~ 1 2 には、小型の CCD が搭載されたカメラに使用可能で、プラスチック非球面レンズを用いた 6 枚構成のレンズ系が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 3 4 9 9 2 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 0 - 1 6 0 4 7 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 0 - 2 4 3 7 0 9 号公報

【特許文献 4】米国特許明細書第 7 0 2 3 6 2 8 号

【特許文献 5】特開 2 0 0 5 - 2 2 1 9 2 0 号公報

【特許文献 6】米国特許明細書第 7 9 3 3 0 7 8 号

【特許文献 7】米国特許明細書第 7 7 6 8 7 1 9 号

10

20

30

40

50

【特許文献 8】特開 2008 - 76716 号公報

【特許文献 9】特開 2009 - 92797 号公報

【特許文献 10】特開 2009 - 92798 号公報

【特許文献 11】特開 2010 - 009028 号公報

【特許文献 12】特開 2008 - 134494 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、車載用カメラや監視カメラ等に搭載される撮像レンズに対する要求は年々厳しくなっており、さらなる小型化、低コスト化、広角化および高性能化が望まれている。

10

【0006】

ここで、特許文献 1 に記載されたレンズ系は、半画角が 40°以下であるため、広角化が不十分である。また、特許文献 4, 5, 6 に記載されたレンズ系は接合レンズを使用しているため、色収差や感度の面で有利であるが、使用条件によっては特殊な接合剤や加工をする必要がありコストアップとなる。また、特許文献 7 に記載されたレンズ系は、アナモフィックレンズであるため、安価に作製することができない。

【0007】

本発明は、上記事情に鑑み、小型化、低コスト化、広角化および高性能化が実現可能な撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

20

【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、負の第 2 レンズと、正の第 3 レンズと、正の第 4 レンズと、負の第 5 レンズと、正の第 6 レンズとの実質的に 6 枚のレンズからなり、

前記第 2 レンズの物体側の面が平面または凹面であり、

前記第 3 レンズの像側の面が平面または凹面であり、

下記条件式 (4) を満足することを特徴とするものである。

【0009】

$$0.20 < (R8 + R9) / (R8 - R9) \quad \dots \quad (4)$$

30

ただし、

R8 : 前記第 4 レンズ物体側の面の曲率半径

R9 : 前記第 4 レンズ像側の面の曲率半径

【0011】

「実質的に 6 枚のレンズからなる」とは、6 枚のレンズ以外に、実質的にパワーを持たないレンズ、絞りやカバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズパレル、撮像素子、手ぶれ補正機構等の機構部分等を持つものも含むことを意味する。

【0012】

本発明の撮像レンズを実質的に 6 枚のレンズからなるものとすることで、良好な光学性能を得ることができるとともに、レンズ枚数を抑えることで、小型化とコストを抑えることが可能となる。

40

【0013】

なお、本発明においては、凸面、凹面、平面、両凹、メニスカス、両凸、平凸および平凹等といったレンズの面形状、正のレンズおよび負のレンズといったレンズの屈折力の符号は、非球面が含まれているものについてはとくに断りのない限り近軸領域で考えるものとする。また、本発明においては、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負とすることにする。

【0014】

上記本発明の撮像レンズにおいては、下記条件式 (11) ~ (21) 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 (11) ~ (21) のいずれか 1 つ

50

の構成を有するものでもよく、あるいは任意の2つ以上を組み合わせた構成を有するものでもよい。

【0015】

$$\begin{aligned}
 &9 < L / f < 16 \quad \dots \quad (11) \\
 &1 < B f / f < 3 \quad \dots \quad (12) \\
 &d_3 + d_5 < 50.00 \quad \dots \quad (13) \\
 &0.2 \quad (R_3 + R_4) / (R_3 - R_4) \quad 1.0 \quad \dots \quad (14) \\
 &-1.0 \quad (R_5 + R_6) / (R_5 - R_6) \quad -1 \quad \dots \quad (15) \\
 &1.1 \quad (R_1 + R_2) / (R_1 - R_2) \quad 3.0 \quad \dots \quad (16) \\
 &-5 < f_{123} / f < -1.0 \quad \dots \quad (17) \\
 &2 < f_3 / f < 12 \quad \dots \quad (18) \\
 &0.01 < D_9 / f < 0.5 \quad \dots \quad (19) \\
 &1.0 < f_4 / f < 4.0 \quad \dots \quad (20) \\
 &2.5 < E R_1 / f < 8 \quad \dots \quad (21)
 \end{aligned}$$

10

ただし、

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

f：全系の焦点距離

Bf：最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の距離（空気換算長）

d₃：第3レンズの材質のd線に対するアッベ数

20

d₅：第5レンズの材質のd線に対するアッベ数

R₁：第1レンズの物体側の面の曲率半径

R₂：第1レンズの像側の面の曲率半径

R₃：第2レンズの物体側の面の曲率半径

R₄：第2レンズの像側の面の曲率半径

R₅：第3レンズの物体側の面の曲率半径

R₆：第3レンズの像側の面の曲率半径

f₁₂₃：第1レンズ、第2レンズおよび第3レンズの合成焦点距離

f₃：第3レンズの焦点距離

f₄：第4レンズの焦点距離

30

D₉：第4レンズと第5レンズとの光軸上の空気間隔

ER₁：第1レンズの物体側の面の有効半径

第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離Lと最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の距離Bfに関しては、最も像側のレンズから像面までの間に距離は空気換算したものを使用することとする（カバーガラスや各種フィルタが入っていた場合、その分は空気換算して計算する）。

【0016】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の第1から第3の撮像レンズの少なくともいずれか1つを備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

40

【0017】

本発明の第3の撮像レンズによれば、最小6枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、第2レンズおよび第3レンズの面形状等を好適に設定し、条件式(4)を満足するようにしているため、小型化、低コスト化および広角化を達成できるとともに、諸収差を良好に補正して、結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。

【0018】

本発明の第2の撮像レンズによれば、最小6枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、第2レンズおよび第3レンズの面形状等を好適に設定し、条件式(4)を満足するようにしているため、小型化、低コスト化および広角化を達成できるとともに、諸収差

50

を良好に補正して、結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の第3の撮像レンズによれば、最小6枚のレンズ系において、全系におけるパワー配置、第3レンズの面形状等を好適に設定し、条件式(4-1)を満足するようにしているため、小型化、低コスト化および広角化を達成できるとともに、諸収差を良好に補正して、結像領域周辺部まで良好な像を得ることができる高い光学性能を有する撮像レンズを実現することができる。

【 0 0 2 0 】

本発明の撮像装置によれば、本発明の撮像レンズを備えているため、小型で安価に構成でき、広い画角での撮影が可能であり、解像度の高い良好な像を得ることができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る撮像レンズの構成と光路を示す図

【 図 2 】 第2レンズの面形状等を説明するための図

【 図 3 】 本発明の実施例1の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 4 】 本発明の実施例2の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 5 】 本発明の実施例3の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 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

20

【 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

【 図 1 0 】 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 1 1 】 本発明の実施例9の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 2 】 本発明の実施例10の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 3 】 本発明の実施例11の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 4 】 本発明の実施例12の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 5 】 本発明の実施例13の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 6 】 本発明の実施例14の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 7 】 本発明の実施例15の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

30

【 図 1 8 】 本発明の実施例16の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 1 9 】 本発明の実施例17の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 2 0 】 本発明の実施例18の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 2 1 】 本発明の実施例19の撮像レンズのレンズ構成を示す断面図

【 図 2 2 】 図 2 2 (A) ~ 図 2 2 (D) は本発明の実施例1の撮像レンズの各収差図

【 図 2 3 】 図 2 3 (A) ~ 図 2 3 (D) は本発明の実施例2の撮像レンズの各収差図

【 図 2 4 】 図 2 4 (A) ~ 図 2 4 (D) は本発明の実施例3の撮像レンズの各収差図

【 図 2 5 】 図 2 5 (A) ~ 図 2 5 (D) は本発明の実施例4の撮像レンズの各収差図

【 図 2 6 】 図 2 6 (A) ~ 図 2 6 (D) は本発明の実施例5の撮像レンズの各収差図

【 図 2 7 】 図 2 7 (A) ~ 図 2 7 (D) は本発明の実施例6の撮像レンズの各収差図

40

【 図 2 8 】 図 2 8 (A) ~ 図 2 8 (D) は本発明の実施例7の撮像レンズの各収差図

【 図 2 9 】 図 2 9 (A) ~ 図 2 9 (D) は本発明の実施例8の撮像レンズの各収差図

【 図 3 0 】 図 3 0 (A) ~ 図 3 0 (D) は本発明の実施例9の撮像レンズの各収差図

【 図 3 1 】 図 3 1 (A) ~ 図 3 1 (D) は本発明の実施例10の撮像レンズの各収差図

【 図 3 2 】 図 3 2 (A) ~ 図 3 2 (D) は本発明の実施例11の撮像レンズの各収差図

【 図 3 3 】 図 3 3 (A) ~ 図 3 3 (D) は本発明の実施例12の撮像レンズの各収差図

【 図 3 4 】 図 3 4 (A) ~ 図 3 4 (D) は本発明の実施例13の撮像レンズの各収差図

【 図 3 5 】 図 3 5 (A) ~ 図 3 5 (D) は本発明の実施例14の撮像レンズの各収差図

【 図 3 6 】 図 3 6 (A) ~ 図 3 6 (D) は本発明の実施例15の撮像レンズの各収差図

【 図 3 7 】 図 3 7 (A) ~ 図 3 7 (D) は本発明の実施例16の撮像レンズの各収差図

50

【図38】図38(A)～図36(D)は本発明の実施例17の撮像レンズの各収差図

【図39】図39(A)～図39(D)は本発明の実施例18の撮像レンズの各収差図

【図40】図40(A)～図40(D)は本発明の実施例19の撮像レンズの各収差図

【図41】本発明の実施形態に係る車載用の撮像装置の配置を説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0022】

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。

【0023】

〔撮像レンズの実施形態〕

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

10

【0024】

図1では、図の左側が物体側、右側が像側であり、無限遠の距離にある物点からの軸上光束2、全画角 2θ での軸外光束3、4、第1レンズの物体側の面の有効半径 ER_1 も併せて示してある。図1では、撮像レンズ1が撮像装置に適用される場合を考慮して、撮像レンズ1の像点 P_{im} を含む像面 S_{im} に配置された撮像素子5も図示している。撮像素子5は、撮像レンズ1により形成される光学像を電気信号に変換するものであり、例えばCCDイメージセンサやCMOSイメージセンサ等を用いることができる。

20

【0025】

なお、撮像レンズ1を撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、カバーガラスや、ローパスフィルタまたは赤外線カットフィルタ等を設けることが好ましく、図1では、これらを想定した平行平板状の光学部材PPを最も像側のレンズと撮像素子5(像面 S_{im})との間に配置した例を示している。

【0026】

まず、本発明の第1の実施形態の構成について説明する。本発明の第1の実施形態に係る撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズ L_1 と、負の第2レンズ L_2 と、正の第3レンズ L_3 と、正の第4レンズ L_4 と、負の第5レンズ L_5 と、正の第6レンズ L_6 とを備える。図1に示す例では、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 との間に開口絞りStが配置されている。なお、図1における開口絞りStは、形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。開口絞りStを第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 との間に配置することで、系全体を小型化することが可能となる。開口絞りStが物体側に近い位置にあると、第1レンズ L_1 の外径を小さくすることが容易となるが、開口絞りStが物体側に近づきすぎると第1レンズ L_1 および第2レンズ L_2 で軸上光線と軸外光線との分離が難しくなり、像面湾曲の補正が困難となる。開口絞りStを第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 との間に配置することで、レンズ径を小型化しながら像面湾曲を補正することが容易となる。

30

【0027】

この撮像レンズは、最小6枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された2枚のレンズである第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 とをともに負のレンズとすることで、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、最も物体側に負のレンズを2枚並べることで、負のパワーを2枚のレンズで分担することができ、広い画角から入射する光線を段階的に曲げることができるため、ディストーションを効果的に補正することができる。正のレンズも第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 と第6レンズ L_6 との3枚とすることで、像面で像を結ぶための収束作用および正のレンズに求められる各収差の補正をこれらの3枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。

40

【0028】

第3レンズ L_3 を正のレンズとすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。第4レンズ L_4 を正のレンズ、第5レンズ L_5 を負のレンズとすることで、軸上の色

50

収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。第6レンズL6を正のレンズとすることで、周辺の光線が撮像レンズの結像面に入射する角度を小さくすることができ、シェーディングを抑えることができる。第4レンズL4を正のレンズ、第5レンズL5を負のレンズ、第6レンズL6を正のレンズとすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。物体側から順に、負、負、正、正、負、正のパワー配置とすることで、F値が小さなレンズ系においても、小型、広角で良好な解像性を持ったレンズ系を得ることが可能になる。

【0029】

また、第1の実施形態に係る撮像レンズは、第2レンズL2の物体側の面が平面または凹面であり、第3レンズL3の像側の面が平面または凹面である。第2レンズL2の物体側の面を平面または凹面とすることで、広角化が容易となる。第3レンズL3の像側の面を平面または凹面とすることで、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となるとともに、レンズ系の小型が容易となる。

10

【0030】

また、本発明の第1の実施形態に係る撮像レンズは、下記条件式(4)を満足するように構成されている。

【0031】

$$0.20 < (R8 + R9) / (R8 - R9) \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

R8：第4レンズL4の物体側の面の曲率半径

20

R9：第4レンズL4の像側の面の曲率半径

条件式(4)の下限を満足することで、物体側の面の曲率半径が小さくなりすぎてしまうのを抑えることが容易となり、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【0032】

次に、本発明の第2の実施形態の構成について説明する。本発明の第2の実施形態に係る撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズL1と、負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、正の第4レンズL4と、負の第5レンズL5と、正の第6レンズL6とを備える。

【0033】

この撮像レンズは、最小6枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された2枚のレンズである第1レンズL1と第2レンズL2とをともに負のレンズとすることで、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、最も物体側に負のレンズを2枚並べることによって、負のパワーを2枚のレンズで分担することができ、広い画角から入射する光線を段階的に曲げることができるため、ディストーションを効果的に補正することができる。正のレンズも第3レンズL3と第4レンズL4と第6レンズL6との3枚とすることで、像面で像を結ぶための収束作用および正のレンズに求められる各収差の補正をこれらの3枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。

30

【0034】

第3レンズL3を正のレンズとすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。第4レンズL4を正のレンズ、第5レンズL5を負のレンズとすることで、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。第6レンズL6を正のレンズとすることで、周辺の光線が撮像レンズの結像面に入射する角度を小さくすることができ、シェーディングを抑えることができる。第4レンズL4を正のレンズ、第5レンズL5を負のレンズ、第6レンズL6を正のレンズとすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。物体側から順に、負、負、正、正、負、正のパワー配置とすることで、F値が小さなレンズ系においても、小型、広角で良好な解像性を持ったレンズ系を得ることが可能になる。

40

【0035】

また、第2の実施形態に係る撮像レンズは、第2レンズL2の物体側の面が平面または

50

凹面であり、第3レンズL3の物体側の面の曲率半径絶対値が像側の曲率半径絶対値より小さい。第2レンズL2の物体側の面を平面または凹面とすることで、広角化が容易となる。第3レンズL3の物体側の面の曲率半径絶対値を像側の面の曲率半径絶対値より小さいものとするので、レンズ系を小型化することが容易となるとともに、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【0036】

また、本発明の第2の実施形態に係る撮像レンズは、下記条件式(4)を満足するように構成されている。

【0037】

$$0.20 < (R8 + R9) / (R8 - R9) \quad \dots \quad (4)$$

10

ただし、

R8：第4レンズL4の物体側の面の曲率半径

R9：第4レンズL4の像側の面の曲率半径

条件式(4)の下限を満足することで、物体側の面の曲率半径が小さくなりすぎてしまうのを抑えることが容易となり、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【0038】

次に、本発明の第3の実施形態の構成について説明する。本発明の第3の実施形態に係る撮像レンズは、物体側から順に、負の第1レンズL1と、負の第2レンズL2と、正の第3レンズL3と、正の第4レンズL4と、負の第5レンズL5と、正の第6レンズL6とを備える。

20

【0039】

この撮像レンズは、最小6枚という少ないレンズ枚数で構成することで、低コスト化とともに光軸方向の全長の小型化を図ることができる。また、物体側に配置された2枚のレンズである第1レンズL1と第2レンズL2とをともに負のレンズとすることで、レンズ系全体を広角化することが容易となる。また、最も物体側に負のレンズを2枚並べることにより、負のパワーを2枚のレンズで分担することができ、広い画角から入射する光線を段階的に曲げることができるため、ディストーションを効果的に補正することができる。正のレンズも第3レンズL3と第4レンズL4と第6レンズL6との3枚とすることで、像面で像を結ぶための収束作用および正のレンズに求められる各収差の補正をこれらの3枚のレンズで分担することができ、効果的に補正することができる。

30

【0040】

第3レンズL3を正のレンズとすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。第4レンズL4を正のレンズ、第5レンズL5を負のレンズとすることで、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。第6レンズL6を正のレンズとすることで、周辺の光線が撮像レンズの結像面に入射する角度を小さくことができ、シェーディングを抑えることができる。第4レンズL4を正のレンズ、第5レンズL5を負のレンズ、第6レンズL6を正のレンズとすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。物体側から順に、負、負、正、正、負、正のパワー配置とすることで、F値が小さなレンズ系においても、小型、広角で良好な解像性を持ったレンズ系を得ることが可能になる。

40

【0041】

また、第3の実施形態に係る撮像レンズは、第3レンズL3の像側の面が平面または凹面である。第3レンズL3の像側の面を平面または凹面とすることで、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【0042】

また、本発明の第3の実施形態に係る撮像レンズは、下記条件式(4-1)を満足するように構成されている。

【0043】

$$0.20 < (R8 + R9) / (R8 - R9) < 0.62 \quad \dots \quad (4-1)$$

R8：第4レンズL4の物体側の面の曲率半径

50

R 9 : 第 4 レンズ L 4 の像側の面の曲率半径

条件式 (4 - 1) の上限および下限を満足することで、第 4 レンズ L 4 を両凸レンズとすることができ、第 4 レンズ L 4 のパワーを強くすることが容易となるため、色収差の補正が容易となる。条件式 (4 - 1) の上限を満足することで、第 4 レンズ L 4 の物体側の面と像側の面との曲率半径の絶対値の差を抑えることが容易となり、球面収差の補正が容易となる。条件式 (4 - 1) の下限を満足することで、物体側の面の曲率半径が小さくなりすぎてしまうのを抑えることが容易となり、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【 0 0 4 4 】

上記第 1 から第 3 の実施形態に係る撮像レンズは、他の実施形態の構成の少なくとも 1 つ、または他の実施形態における好ましい構成の少なくとも 1 つを有するものであってもよい。例えば、第 1 の実施形態に係る撮像レンズが、第 2 の実施形態の構成を有するものであってもよく、第 2 の実施形態に係る撮像レンズが第 1 の実施形態の構成において述べた好ましい構成を有するものであってもよい。

10

【 0 0 4 5 】

次に、本発明の上記第 1 から第 3 の実施形態に係る撮像レンズが有することが好ましい構成を挙げて、その作用効果について説明する。なお、好ましい態様としては、以下のいずれか 1 つの構成を有するものでもよく、あるいは任意の 2 つ以上を組み合わせた構成を有するものでもよい。

【 0 0 4 6 】

下記条件式 (1 1) を満足することが好ましい。

20

【 0 0 4 7 】

$$9 < L / f < 16 \quad \dots \quad (1 1)$$

ただし、

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

f : 全系の焦点距離

条件式 (1 1) の上限を上回ると、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 (1 1) の下限を下回ると、レンズ系は小型化することができるが、広角化を達成することが困難となる。

30

【 0 0 4 8 】

下記条件式 (1 2) を満足することが好ましい。

【 0 0 4 9 】

$$1 < B f / f < 3 \quad \dots \quad (1 2)$$

ただし、

B f : 最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の距離 (空気換算長)

f : 全系の焦点距離

条件式 (1 2) の上限を満足することで、レンズ系の小型化が容易となる。条件式 (1 2) の下限を満足することで、バックフォーカスの確保が容易となる。

40

【 0 0 5 0 】

下記条件式 (1 3) を満足することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

$$d 3 + d 5 < 50 . 0 \quad \dots \quad (1 3)$$

ただし、

d 3 : 第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対するアッペ数

d 5 : 第 5 レンズ L 5 の材質の d 線に対するアッペ数

条件式 (1 3) の上限を満足することで、第 3 レンズ L 3 および第 5 レンズ L 5 のアッペ数を小さくすることが容易となり、軸上の色収差および倍率の色収差の補正が容易となる。

【 0 0 5 2 】

50

下記条件式(14)を満足することが好ましい。

【0053】

$$0.2 < (R3 + R4) / (R3 - R4) < 1.0 \quad \dots \quad (14)$$

ただし、

R3：第2レンズL2の物体側の面の曲率半径

R4：第2レンズL2の像側の面の曲率半径

第2レンズL2は負のレンズであるため、条件式(14)を満足することで、第2レンズL2を物体側の曲率半径絶対値が像側の曲率半径絶対値より大きい両凹レンズとすることができ、第2レンズL2のパワーを強くすることが容易となり、広角化が容易となる。第2レンズL2は負のレンズであるため、条件式(14)の上限を上回ると第2レンズL2が物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる。条件式(14)の上限を満足することで、第2レンズL2を両凹レンズとすることができ、像面湾曲およびディストーションの補正が容易となる。条件式(14)の下限を満足することで、第2レンズL2の物体側の面と像側の面との曲率半径絶対値が近くなるのを抑えることができるため、物体側の面の曲率半径絶対値が小さくなりすぎるのを抑えることが容易となり、像面湾曲の補正が容易となる。

10

【0054】

下記条件式(15)を満足することが好ましい。

【0055】

$$-10 < (R5 + R6) / (R5 - R6) < -1 \quad \dots \quad (15)$$

ただし、

R5：第3レンズL3の物体側の面の曲率半径

R6：第3レンズL3の像側の面の曲率半径

条件式(15)の上限を満足することで、第3レンズL3を物体側に凸面を向けた正メニスカス形状とすることができ、像面湾曲の補正が容易となる。条件式(15)の下限を満足することで、第3レンズL3の物体側の面と像側の面の曲率半径が近くなり、第3レンズL3のパワーが弱くなりすぎるのを抑えることができ、像面湾曲および倍率の色収差の補正が容易となる。

20

【0056】

下記条件式(16)を満足することが好ましい。

【0057】

$$1.1 < (R1 + R2) / (R1 - R2) < 3.0 \quad \dots \quad (16)$$

ただし、

R1：第1レンズL1の物体側の面の曲率半径

R2：第1レンズL1の像側の面の曲率半径

条件式(16)の上限を満足することで、第1レンズL1の物体側の面と像側の面との曲率半径が近くなりすぎるのを防ぐことができ、第1レンズL1のパワーを強くすることが容易となるため広角化が容易となる。条件式(16)の下限を満足することで、第1レンズL1の物体側の面の曲率半径を小さくすることが容易となり、ディストーションの補正が容易となる。

30

40

【0058】

下記条件式(17)を満足することが好ましい。

【0059】

$$-5 < f_{123} / f < -1.0 \quad \dots \quad (17)$$

ただし、

f₁₂₃：第1レンズL1、第2レンズL2および第3レンズL3の合成焦点距離

f：全系の焦点距離

条件式(17)の上限を上回ると、第1レンズL1と第2レンズL2との負のパワーが強くなり、広角化は容易となるが、像面湾曲の補正が困難となるが、第3レンズL3のパワーが弱くなり、倍率の色収差の補正が困難となる。条件式(17)の下限を下回ると、

50

第1レンズL1と第2レンズL2との負のパワーが弱くなり、広角化が困難となるか、レンズ系が大型化してしまう。

【0060】

下記条件式(18)を満足することが好ましい。

【0061】

$$2 < f_3 / f < 1.2 \quad \dots \quad (18)$$

ただし、

f₃：第3レンズL3の焦点距離

f：全系の焦点距離

条件式(18)の上限を満足することで、第3レンズL3のパワーが弱くなりすぎるのを防ぐことができ、像面湾曲および倍率の色収差の補正が容易となる。条件式(18)の下限を満足することで、バックフォーカスを長くすることが容易となる。

10

【0062】

下記条件式(19)を満足することが好ましい。

【0063】

$$0.01 < D_9 / f < 0.5 \quad \dots \quad (19)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

D₉：第4レンズL4と第5レンズL5との光軸上の空気間隔

条件式(19)の上限を満足することで、第4レンズL4と第5レンズL5との間隔を小さくすることが容易となり、色収差の補正が容易となるとともにレンズ系の小型化が容易となる。条件式(19)の下限を満足することで、第4レンズL4と第5レンズL5との間に空気間隔を設けることができ、第4レンズL4と第5レンズL5とを接合レンズでないものとするができる。例えば車載カメラのように耐環境性が求められる用途で使用する場合、求められる条件によっては、接合レンズは耐環境性を高めるため特殊な接合剤を使用したり、耐環境性を高める処置をする必要があり、コストアップの原因となってしまうため、第4レンズL4と第5レンズL5とは接合レンズでないことが好ましい。

20

【0064】

下記条件式(20)を満足することが好ましい。

【0065】

$$1.0 < f_4 / f < 4.0 \quad \dots \quad (20)$$

ただし、

f₄：第4レンズL4の焦点距離

f：全系の焦点距離

条件式(20)の上限を満足することで、第4レンズL4のパワーを強くすることが容易となり、色収差の補正が容易となる。条件式(20)の下限を満足することで、バックフォーカスの確保が容易となる。

30

【0066】

下記条件式(21)を満足することが好ましい。

【0067】

$$2.5 < ER_1 / f < 8 \quad \dots \quad (21)$$

ただし、

ER₁：第1レンズの物体側の面の有効半径

f：全系の焦点距離

ここで、車載カメラにおいては、外部に露出する部分が大きいと車の外観を損ねるため、外部に露出する部分を小さくしたいという要望がある。条件式(21)の上限を満足することで、第1レンズL1の有効径を小さくすることが容易となり、外部に露出する部分を小さく抑えることが容易となる。条件式(21)の下限を満足することで、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のを抑えることが容易となり、レンズ系の前側の凹レンズにおいて中心光束と軸外光束の光路を分離することが容易となるため、デ

40

50

イストーションおよび像面湾曲の補正が容易となる。

【 0 0 6 8 】

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

【 0 0 6 9 】

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

【 0 0 7 0 】

条件式(4)、(4-1)が規定する $(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の値は0.0から1.0の間、すなわち $0.0 < (R8 + R9) / (R8 - R9) < 1.0$ とすることが好ましい。 $(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の値を0.0から1.0とすることで、第4レンズL4を物体側の面の曲率半径絶対値が像側の面の曲率半径絶対値より大きい両凸レンズとすることが容易となる。第4レンズL4を両凸レンズとすることで第4レンズL4のパワーを強くすることが容易となるため、色収差の補正が容易となる。また、物体側の面の曲率半径絶対値が像側の面の曲率半径絶対値より大きいレンズとすることで、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。

【 0 0 7 1 】

$(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の上限は0.97とすることが好ましい。これにより、第4レンズL4の物体側の面と像側の面との曲率半径の絶対値の差を抑えることが容易となり、球面収差の補正が容易となる。さらに球面収差の補正を容易とするためには、 $(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の上限は0.80とすることが好ましく、0.75とすることがより好ましく、0.72とすることがさらに好ましく、0.62とすることがさらに好ましく、0.60とすることがさらに好ましく、0.58とすることがさらに好ましく、0.55とすることが最も好ましい。

【 0 0 7 2 】

$(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の下限は0.20とすることが好ましく、これにより物体側の面の曲率半径が小さくなりすぎるのを抑えることが容易となり、像面湾曲およびコマ収差の補正が容易となる。さらに像面湾曲とコマ収差の補正を容易とするためには、 $(R8 + R9) / (R8 - R9)$ の下限は0.21とすることが好ましく、0.22とすることがより好ましく、0.24とすることがさらに好ましく、0.26とすることがさらに好ましい。

【 0 0 7 3 】

上記より例えば下記条件式(4-2)~(4-5)を満足することが好ましい。

【 0 0 7 4 】

$$0.2(R8 + R9) / (R8 - R9) < 0.97 \quad \dots \quad (4-2)$$

$$0.21(R8 + R9) / (R8 - R9) < 0.62 \quad \dots \quad (4-3)$$

$$0.22(R8 + R9) / (R8 - R9) < 0.72 \quad \dots \quad (4-4)$$

$$0.24(R8 + R9) / (R8 - R9) < 0.60 \quad \dots \quad (4-5)$$

条件式(11)の上限は15.8とすることが好ましい。条件式(11)の上限を15.8とすることで、レンズ系の小型化がさらに容易となる。さらに、条件式(11)の上限は15.3とすることがより好ましく、15.0とすることがさらに好ましい。

【 0 0 7 5 】

条件式(11)の下限は11とすることが好ましい。条件式(11)の下限を11とす

10

20

30

40

50

ることで、広角化がさらに容易となる。さらに、条件式(11)の下限は1.2とすることが好ましく、1.2.5とすることがより好ましい。

【0076】

上記より、例えば下記条件式(11-1)、(11-2)、(11-3)を満足することが好ましい。

【0077】

$$1.1 < L/f < 1.5.8 \quad \dots \quad (11-1)$$

$$1.2 < L/f < 1.5.3 \quad \dots \quad (11-2)$$

$$1.2.5 < L/f < 1.5.0 \quad \dots \quad (11-3)$$

条件式(12)の上限は2.8とすることが好ましい。条件式(12)の上限を2.8とすることで、小型化がさらに容易となる。小型化のためには、条件式(12)の上限は2.5とすることがより好ましく、2.4とすることがより好ましく、2.3とすることがさらに好ましい。

【0078】

条件式(12)の下限は1.5とすることが好ましい。条件式(12)の下限を1.5とすることで、バックフォーカスの確保がより容易となる。条件式(12)の下限は1.6とすることがより好ましく、1.7とすることがさらに好ましい。

【0079】

上記より、例えば下記条件式(12-1)、(12-2)を満足することが好ましい。

【0080】

$$1.5 < Bf/f < 2.8 \quad \dots \quad (12-1)$$

$$1.7 < Bf/f < 2.3 \quad \dots \quad (12-2)$$

条件式(13)の上限は49.5とすることが好ましい。条件式(13)の上限を49.5とすることで、軸上の色収差および倍率の色収差の補正がさらに容易となる。色収差の補正のためには、条件式(13)の上限は48.0とすることが好ましく、45.0とすることがより好ましい。

【0081】

条件式(13)に下限を設けることが好ましく、この場合、下限は30.0とすることが好ましい。条件式(13)の下限を30.0とすると、第3レンズL3および第5レンズL5の材質のコストを抑えることが容易となり、レンズ全体としてコストを抑えることが容易となる。第3レンズL3および第5レンズL5の材料のコストを抑えるためには、条件式(13)の下限を32.0とすることが好ましい。さらにコストを抑えるためには条件式(13)の下限は34.0とすることが好ましく、38.0とすることがさらに好ましく、40.0とすることがさらにより好ましい。

【0082】

上記より、例えば下記条件式(13-1)、(13-2)、(13-3)を満足することが好ましい。

【0083】

$$34.0 < d3 + d5 < 50.0 \quad \dots \quad (13-1)$$

$$38.0 < d3 + d5 < 48.0 \quad \dots \quad (13-2)$$

$$40.0 < d3 + d5 < 45.0 \quad \dots \quad (13-3)$$

条件式(14)の上限は0.9とすることが好ましい。条件式(14)の上限を0.9とすることで、第2レンズが両凹レンズでありながら、物体側の面の曲率半径絶対値を小さくすることが容易となり、広角化、像面湾曲の補正およびディストーションの補正がさらに容易となる。広角化、像面湾曲の補正およびディストーションの補正を容易とするためには、条件式(14)の上限は0.85とすることがより好ましく、0.80とすることがさらに好ましい。

【0084】

条件式(14)の下限は0.3とすることが好ましい。条件式(14)の下限を0.3とすることで、像面湾曲の補正がさらに容易となる。像面湾曲の補正のためには、条件式

10

20

30

40

50

(14) の下限は 0.4 とすることがより好ましく、0.5 とすることがさらに好ましい。

【0085】

上記より、例えば下記条件式(14-1)、(14-2)、(14-3)を満足することが好ましい。

【0086】

$$\begin{aligned} 0.3 & (R3 + R4) / (R3 - R4) & 0.9 & \dots & (14-1) \\ 0.4 & (R3 + R4) / (R3 - R4) & 0.85 & \dots & (14-2) \\ 0.5 & (R3 + R4) / (R3 - R4) & 0.80 & \dots & (14-3) \end{aligned}$$

条件式(15)の上限は -1.2 とすることが好ましい。条件式(15)の上限を -1.2 とすることで、像面湾曲の補正がさらに容易となる。レンズ系の小型化と像面湾曲の補正をさらに容易とするためには、条件式(15)の上限は -1.25 とすることがより好ましく、-1.3 とすることがさらに好ましい。

10

【0087】

条件式(15)の下限は -8.5 とすることが好ましい。条件式(15)の下限を -8.5 とすることで、像面湾曲および倍率の色収差の補正がさらに容易となる。さらに像面湾曲および倍率の色収差の補正を容易とするためには、条件式(15)の下限は -5 とすることが好ましく、-3.5 とすることがより好ましい。

【0088】

上記より、例えば下記条件式(15-1)、(15-2)、(15-3)を満足することが好ましい。

20

【0089】

$$\begin{aligned} -8.5 & (R5 + R6) / (R5 - R6) & -1.2 & \dots & (15-1) \\ -5 & (R5 + R6) / (R5 - R6) & -1.25 & \dots & (15-2) \\ -3.5 & (R5 + R6) / (R5 - R6) & -1.3 & \dots & (15-3) \end{aligned}$$

条件式(16)の上限は 2.5 とすることが好ましく、これにより広角化がさらに容易となる。さらに広角化を容易とするためには、条件式(16)の上限は 2.0 とすることが好ましく、1.8 とすることがより好ましく、1.82 とすることがさらに好ましい。

【0090】

条件式(16)の下限は 1.2 とすることが好ましく、これによりディストーションの補正がさらに容易となる。さらに条件式(16)の下限は 1.3 とすることが好ましく、1.4 とすることがより好ましく、1.43 とすることがさらに好ましい。

30

【0091】

上記より、例えば下記条件式(16-1)、(16-2)、(16-3)を満足することが好ましい。

【0092】

$$\begin{aligned} 1.2 & (R1 + R2) / (R1 - R2) & 2.5 & \dots & (16-1) \\ 1.3 & (R1 + R2) / (R1 - R2) & 2.0 & \dots & (16-2) \\ 1.4 & (R1 + R2) / (R1 - R2) & 1.8 & \dots & (16-3) \end{aligned}$$

条件式(17)の上限は -1.5 とすることが好ましい。これにより像面湾曲および倍率の色収差の補正がさらに容易となる。さらに像面湾曲および倍率の色収差の補正を容易とするためには、条件式(17)の上限は -1.7 とすることが好ましく、-1.8 とすることがより好ましく、-2.0 とすることがさらに好ましい。

40

【0093】

条件式(17)の下限は -4 とすることが好ましい。これにより広角化とレンズ系の小型化が容易となる。さらに広角化とレンズ系の小型化を容易とするためには、条件式(17)の下限は -3.5 とすることが好ましく、-3.2 とすることがより好ましい。

【0094】

上記より、例えば下記条件式(17-1)、(17-2)、(17-3)を満足することが好ましい。

50

【 0 0 9 5 】

- $4 < f_{123} / f < -1.5 \dots (17-1)$
- $3.5 < f_{123} / f < -1.7 \dots (17-2)$
- $3.2 < f_{123} / f < -1.8 \dots (17-3)$

条件式(18)の上限は11とすることが好ましい。これにより像面湾曲および倍率の色収差の補正が容易となる。さらに像面湾曲および倍率の色収差の補正を容易とするためには、条件式(18)の上限は10とすることが好ましく、8とすることがより好ましい。

【 0 0 9 6 】

条件式(18)の下限は2.5とすることが好ましい。これによりバックフォーカスの確保がさらに容易となる。さらにバックフォーカスの確保を容易とするためには、条件式(18)の下限は3.0とすることが好ましく、3.5とすることがより好ましい。

10

【 0 0 9 7 】

上記より、例えば下記条件式(18-1)、(18-2)、(18-3)を満足することが好ましい。

【 0 0 9 8 】

- $2.5 < f_3 / f < 1.1 \dots (18-1)$
- $3.0 < f_3 / f < 1.0 \dots (18-2)$
- $3.5 < f_3 / f < 1.0 \dots (18-3)$

条件式(19)の上限は0.3とすることが好ましい。これにより色収差の補正およびレンズ系の小型化がさらに容易となる。色収差の補正およびレンズ系の小型化をさらに容易とするためには、条件式(19)の上限は0.25とすることが好ましく、0.2とすることがより好ましい。

20

【 0 0 9 9 】

条件式(19)の下限は0.05とすることが好ましい。これにより、例えば第4レンズL4の像側の面もしくは第5レンズL5の物体側の面に非球面を用いた場合、面間隔を広くとることが容易となるため非球面形状の自由度を高くすることができ、像面湾曲および球面収差の補正が容易となる。条件式(19)の下限は0.07とすることがより好ましい。

【 0 1 0 0 】

上記より、例えば下記条件式(19-1)、(19-2)、(19-3)を満足することが好ましい。

30

【 0 1 0 1 】

- $0.05 < D_9 / f < 0.3 \dots (19-1)$
- $0.05 < D_9 / f < 0.25 \dots (19-2)$
- $0.05 < D_9 / f < 0.2 \dots (19-3)$

条件式(20)の上限は3.5とすることが好ましい。これにより軸上色収差および倍率の色収差の補正が容易となる。軸上色収差および倍率の色収差の補正をさらに容易とするためには、条件式(20)の上限は3.0とすることが好ましく、2.9とすることがより好ましく、2.8とすることがさらに好ましい。

40

【 0 1 0 2 】

条件式(20)の下限は1.5とすることが好ましい。これによりバックフォーカスの確保が容易となる。バックフォーカスの確保をさらに容易とするためには、容易条件式(20)の下限は1.7とすることが好ましく、1.8とすることがより好ましい。

【 0 1 0 3 】

上記より、例えば下記条件式(20-1)、(20-2)、(20-3)を満足することが好ましい。

【 0 1 0 4 】

- $1.5 < f_4 / f < 3.0 \dots (20-1)$
- $1.7 < f_4 / f < 2.9 \dots (20-2)$

50

$$1.8 < f_4 / f < 2.8 \quad \dots \quad (20-3)$$

条件式(21)の上限は7.0とすることが好ましく、これにより第1レンズL1の有効径を小さくすることがさらに容易となる。第1レンズL1の有効径をさらに小さくするためには、条件式(21)の上限は6.8とすることが好ましく、6.5とすることがより好ましい。

【0105】

条件式(21)の下限は3.0とすることが好ましく、これによりディストーションおよび像面湾曲の補正がさらに容易となる。さらにディストーションおよび像面湾曲の補正を容易とするためには、条件式(21)の下限は3.5とすることが好ましく、4.0とすることがより好ましく、4.5とすることがさらに好ましい。

10

【0106】

上記より、例えば下記条件式(21-1)、(21-2)、(21-3)を満足することが好ましい。

【0107】

$$3.0 < ER_1 / f < 7.0 \quad \dots \quad (21-1)$$

$$3.5 < ER_1 / f < 6.8 \quad \dots \quad (21-2)$$

$$4.0 < ER_1 / f < 6.5 \quad \dots \quad (21-3)$$

開口絞りは、第3レンズL3と第4レンズL4との間に配置されていることが好ましい。開口絞りを第3レンズL3と第4レンズL4との間に配置することで、系全体を小型化することが可能となる。開口絞りが物体側に近い位置にあると、第1レンズL1の外径を小さくすることが容易となるが、開口絞りが物体側に近づきすぎると第1レンズL1および第2レンズL2で軸上光線と軸外光線との分離が難しくなり、像面湾曲の補正が困難となる。開口絞りを第3レンズL3と第4レンズL4との間に配置することで、レンズ径を小型化しながら像面湾曲を補正することが容易となる。

20

【0108】

第1レンズL1、第2レンズL2、第4レンズL4および第6レンズL6の材質のd線に対するアッペ数を40以上とすることが好ましく、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。また、47以上とすることがより好ましい。

【0109】

第2レンズL2の材質のd線に対するアッペ数は50以上とすることが好ましく、これにより、色収差の発生をさらに抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。また、52以上とすることがより好ましい。

30

【0110】

第6レンズL6の材質のd線に対するアッペ数は50以上とすることが好ましく、これにより、色収差の発生をさらに抑え、良好な解像性能を得ることが可能となる。また、52以上とすることがより好ましい。

【0111】

第3レンズL3の材質のd線に対するアッペ数を40以下とすることが好ましく、これにより、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。また、30以下とすることがより好ましく、28以下とすることがさらに好ましく、25以下とすることがさらに好ましい。

40

【0112】

第5レンズL5の材質のd線に対するアッペ数を40以下とすることが好ましく、これにより、倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。また、30以下とすることがより好ましく、28以下とすることがさらに好ましく、25以下とすることがさらに好ましく、20以下とすることがさらに好ましい。

【0113】

第1レンズL1の材質のd線に対するアッペ数を d_1 、第2レンズL2の材質のd線に対するアッペ数を d_2 としたとき、 d_1 / d_2 は0.7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できる。さらに、0

50

． 8 以上であることがより好ましい。第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 とのアップ数のバランスをとり、色収差の発生を抑えるためには、 d_1 / d_2 は 1 . 2 以下であることが望ましい。

【 0 1 1 4 】

第 2 レンズ L 2 の材質の d 線に対するアップ数を d_2 、第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対するアップ数を d_3 としたとき、 d_2 / d_3 は 2 . 0 以上であることが好ましく、これにより、軸上の色収差および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。

【 0 1 1 5 】

第 1 レンズ L 1 の材質の d 線に対するアップ数を d_1 、第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対するアップ数を d_3 としたとき、 d_1 / d_3 は 1 . 8 以上であることが好ましく、これにより、軸上の色収差および倍率色収差を良好に補正することが容易となる。さらに軸上の色収差および倍率色収差を良好に補正するためには、1 . 9 以上であることがより好ましい。

10

【 0 1 1 6 】

第 1 レンズ L 1 の材質の d 線に対するアップ数を d_1 、第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対するアップ数を d_3 としたとき、 d_1 / d_3 は 2 . 5 以下であることが好ましく、これにより、第 3 レンズ L 3 のアップ数が小さくなりすぎてしまうのを防ぐことができ、第 3 レンズ L 3 の材質を安価とすることが容易となるか、または第 1 レンズ L 1 のアップ数が大きくなりすぎてしまうのを防ぐことができるため、第 1 レンズ L 1 の屈折率を大きくして、第 1 レンズ L 1 のパワーを強くすることが容易となり、レンズ系の小型化およびディストーションの補正が容易となる。

20

【 0 1 1 7 】

第 1 レンズ L 1 の材質の d 線に対する屈折率を 1 . 9 0 以下とすることが好ましく、これにより、第 1 レンズ L 1 の材質を安価にすることが容易となる。さらに、屈折率の低い材質とすることで、アップ数の大きい材質を選択することが可能となり、色収差の補正が容易となり、良好な解像性能を得ることが容易となる。さらに色収差を良好に補正するためには、1 . 8 5 以下とすることがより好ましく、1 . 8 0 以下とすることがさらに好ましい。

【 0 1 1 8 】

第 1 レンズ L 1 の材質の d 線に対する屈折率を 1 . 6 0 以上とすることが好ましく、これにより、第 1 レンズ L 1 のパワーを強くすることが容易となり、広角化が容易となるとともに、ディストーションの補正が容易となる。さらに広角化およびディストーションの補正を容易とするには 1 . 6 5 以上とすることがより好ましく、1 . 7 0 以上とすることがさらに好ましい。

30

【 0 1 1 9 】

第 2 レンズ L 2 の材質の d 線に対する屈折率を 1 . 7 0 以下とすることが好ましく、これにより、第 2 レンズ L 2 の材質を安価にすることが可能となる。さらに、屈折率の高い材質ではアップ数が小さくなってしまいうため、色収差が大きくなってしまい、良好な解像性能を得ることが困難となる。第 2 レンズ L 2 の材質を安価にするためには、1 . 6 5 以下とすることがより好ましく、1 . 6 0 以下とすることがさらに好ましい。

40

【 0 1 2 0 】

第 2 レンズ L 2 の材質の d 線に対する屈折率を 1 . 5 0 以上とすることが好ましく、これにより、第 2 レンズ L 2 のパワーを強くすることが容易となり、ディストーションの補正が容易となる。また、第 2 レンズ L 2 のパワーを強くすることが容易となるため、レンズ系を小型化することが容易となる。

【 0 1 2 1 】

第 3 レンズ L 3 の材質の d 線に対する屈折率を 1 . 7 5 以下とすることが好ましく、これにより、第 3 レンズ L 3 の材質を安価にすることが可能となる。第 3 レンズ L 3 の材質を安価にするためには、1 . 7 0 以下とすることがより好ましく、1 . 6 8 以下とすることがさらに好ましく、1 . 6 5 以下とすることがさらに好ましい。

50

【0122】

第3レンズL3の材質のd線に対する屈折率を1.50以上とすることが好ましく、これにより、第3レンズL3の材質の屈折率を高くし、第3レンズL3のパワーを強くすることが容易となり、倍率色収差および像面湾曲の補正が容易となる。第3レンズL3の屈折率を高くするためには、1.55以上とすることがより好ましく、1.60以上とすることがさらに好ましく、1.63以上とすることがさらに好ましい。

【0123】

第4レンズの材質のd線に対する屈折率を1.80以下とすることが好ましく、これにより、第4レンズL4の材質を安価にすることが可能となる。また、アッペ数の大きい材質を選ぶことが容易となるため、色収差の補正が容易となり、良好な解像性能を得ることができる。

10

【0124】

第4レンズL4の材質のd線に対する屈折率を1.50以上とすることが好ましく、これにより、第4レンズL4の材質の屈折率を高くし、第4レンズL4のパワーを強くすることが容易となる。第4レンズL4のパワーを強くすることで、第4レンズL4で球面収差の補正が容易となるとともに、第4レンズL4で光線を大きく曲げることが容易となるため周辺光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることが容易となり、シェーディングを抑えることが容易となる。

【0125】

第5レンズL5の材質のd線に対する屈折率を1.50以上とすることが好ましく、これにより、第5レンズL5の材質の屈折率を高くし、第5レンズL5のパワーを強くすることが容易となる。また、アッペ数の大きい材質を選ぶことが容易となるため、色収差の補正が容易となり、良好な解像性能を得ることができる。第5レンズL5の材質の屈折率を高くするためには、1.55以上とすることがより好ましく、1.60以上とすることがさらに好ましく、1.63以上とすることがさらに好ましい。

20

【0126】

第6レンズL6の材質のd線に対する屈折率を1.50以上とすることが好ましく、これにより、第6レンズL6の材質の屈折率を高くし、第6レンズL6のパワーを強くすることが容易となるため、球面収差の補正と光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることが容易となり、シェーディングを抑えることが容易となる。第6レンズL6の材質のd線に対する屈折率を1.70以下とすることが好ましく、これによりアッペ数の大きい材質を選ぶことが容易となるため、色収差の補正が容易となり、良好な解像性能を得ることが容易となる。色収差の補正のためには、第6レンズL6の材質のd線に対する屈折率を1.60以下とすることが望ましい。

30

【0127】

第2レンズL2の物体側の面は非球面とすることが好ましく、これにより、レンズ系を小型化および広角化することが容易となるか、像面湾曲およびディストーションを良好に補正することが容易となる。第2レンズの物体側の面を、中心で負のパワーを持ち、中心と有効径端との間に正のパワーとなる部分を含み、有効径端では負のパワーを持つ形状とすることが好ましい。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、レンズ系を小型化、広角化すると同時に像面湾曲およびディストーションを良好に補正することが可能となる。

40

【0128】

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

【0129】

50

また、非球面の形状に関して、各レンズのレンズ面 i (i は該当するレンズ面を表す記号である。例えば、第2レンズ L_2 の物体側の面が3で表されるとき、第2レンズ L_2 の物体側の面に関する以下の説明は $i = 3$ として考えることができる) 上のある点を X_i として、その点での法線と光軸との交点を P_i とするとき、 $X_i - P_i$ の長さ ($|X_i - P_i|$) を X_i 点での曲率半径の絶対値 $|R_{X_i}|$ とし、 P_i をその点 X_i での曲率中心と定義する。また、第 i レンズ面と光軸の交点を Q_i とする。このとき点 X_i でのパワーは点 P_i が点 Q_i を基準として物体側、像側のいずれの側にあるかで定義する。物体側の面においては点 P_i が点 Q_i より像側にある場合を正のパワー、点 P_i が点 Q_i より物体側にある場合を負のパワーと定義し、像側の面においては点 P_i が点 Q_i より物体側にある場合を正のパワー、点 P_i が点 Q_i より像側にある場合を負のパワーと定義する。

10

【0130】

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

【0131】

ここで、図2を参照しながら、上記の第2レンズ L_2 の物体側の面の形状について説明する。図2は図1で示した撮像レンズ1の光路図である。図2において、点 Q_3 は、第2レンズ L_2 の物体側の面の中心であり、第2レンズ L_2 の物体側の面と光軸 Z との交点である。また図2において、第2レンズ L_2 の物体側の面上の点 X_3 は有効径端にあり、軸外光束3に含まれる最も外側の光線6と第2レンズ L_2 の物体側の面との交点となっている。図2では点 X_3 は有効径端にあるが、点 X_3 は第2レンズ物体側の面上の任意の点であるため、他の点でも同様に考えることができる。

20

【0132】

このとき、点 X_3 でのレンズ面の法線と光軸 Z との交点を図2に示すように点 P_3 とし、点 X_3 と点 P_3 を結ぶ線分 $X_3 - P_3$ を点 X_3 での曲率半径 R_{X_3} と定義し、線分 $X_3 - P_3$ の長さ $|X_3 - P_3|$ を曲率半径 R_{X_3} の絶対値 $|R_{X_3}|$ と定義する。すなわち、 $|X_3 - P_3| = |R_{X_3}|$ である。また、点 Q_3 での曲率半径、すなわち、第2レンズ L_2 の物体側の面の中心の曲率半径を R_3 とし、その絶対値を $|R_3|$ とする (図2では不図示)。

30

【0133】

上記の第2レンズ L_2 の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち、中心と有効径端との間に正のパワーとなる部分を含む形状」とは、点 Q_3 を含む近軸領域が凹形状であり、中心と有効径端との間に、点 P_3 が点 Q_3 より像側にある点 X_3 が存在する形状を意味する。また、上記の第2レンズ L_2 の「有効径端では負のパワーを持つ形状」とは、点 X_3 を有効径端とした場合に、点 P_3 が点 Q_3 よりも物体側にある形状を意味する。

【0134】

第2レンズ L_2 の物体側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーであり、中心と有効径端との負のパワーを比較した場合、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状としてもよい。第2レンズ L_2 の物体側の面をこのような形状とすることで、レンズ系を小型化、広角化すると同時に像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

40

【0135】

上記の第2レンズ L_2 の物体側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーであり、中心と有効径端との負のパワーを比較した場合、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点 X_3 を有効径端とした場合に、点 Q_3 を含む近軸領域が凹形状であり、点 P_3 が点 Q_3 よりも物体側にあり、点 X_3 での曲率半径の絶対値 $|R_{X_3}|$ が点 Q_3 での曲率半径の絶対値 $|R_3|$ よりも大きい形状を意味する。

【0136】

50

ここで、図2では理解を助けるために、半径 $|R_3|$ で点 Q_3 を通り、光軸上の点を中心とする円 CQ_3 を二点鎖線で描き、半径 $|RX_3|$ で点 X_3 を通り、光軸上の点を中心とする円 CX_3 の一部を破線で描いている。円 CX_3 の方が円 CQ_3 よりも大きな円となっており、 $|R_3| < |RX_3|$ であることが明示されている。

【0137】

第2レンズL2の像側の面は非球面とすることが好ましく、これにより像面湾曲およびディストーションを良好に補正することができる。第2レンズL2の像側の面は、中心と有効径の5割の点とがともに負のパワーを持ち、有効径の5割の点では中心と比較して負のパワーが強い形状としてもよい。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、像面湾曲およびディストーションを良好に補正することができる。なお、「有効径の5割の点」とは、レンズ面の径方向の座標（光軸と垂直方向の座標）が、レンズの中心からレンズの有効径の5割となる距離にあるレンズ面上の点を意味する。

10

【0138】

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の像側の面上のある点を X_4 として、その点での法線と光軸Zとの交点を点 P_4 とすると、点 X_4 と点 P_4 とを結ぶ線分 $X_4 - P_4$ を点 X_4 での曲率半径とし、点 X_4 と点 P_4 とを結ぶ線分の長さ $|X_4 - P_4|$ を点 X_4 での曲率半径の絶対値 $|RX_4|$ とする。よって、 $|X_4 - P_4| = |RX_4|$ となる。また、第2レンズL2の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第2レンズL2の像側の面の中心を点 Q_4 とする。そして、点 Q_4 での曲率半径の絶対値を $|R_4|$ とする。説明を分かりやすくするため、第2レンズL2の像側の面において、点 X_4 を有効径の5割の点とした場合を点 X_4 、点 X_4 を有効径端とした場合を点 X_4 とし、 $|RX_4|$ 等他の記号に関しても同様に $|RX_4|$ 、 $|RX_4|$ のように「 X_4 」、「 X_4 」を付与して記載している。

20

【0139】

上記の第2レンズL2の像側の面の「中心と有効径の5割の点とがともに負のパワーを持ち、有効径の5割の点では中心と比較して負のパワーが強い形状」とは、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の5割の点を点 X_4 とし、その点での法線と光軸Zとの交点を点 P_4 としたとき、点 Q_4 を含む近軸領域で凹形状であり、点 P_4 が点 Q_4 より像側にあり、かつ、点 X_4 での曲率半径の絶対値 $|RX_4|$ が点 Q_4 での曲率半径の絶対値 $|R_4|$ よりも小さい形状を意味する。

30

【0140】

また、第2レンズL2の像側の面においては、有効径の5割の点と有効径端とのパワーを比較した場合、有効径の5割の点と比較して有効径端のパワーが弱い形状としてもよい。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、像面湾曲およびディストーションを良好に補正することが可能となる。

【0141】

「有効径の5割の点と比較して有効径端のパワーが弱い形状」とは、点 X_4 を有効径端とした場合に、点 X_4 での曲率半径の絶対値 $|RX_4|$ が上記点 X_4 での曲率半径の絶対値 $|RX_4|$ よりも大きい形状を意味する。

40

【0142】

第2レンズL2の像側の面において、有効径の5割の点と有効径端とはともに負のパワーを持つ形状とすることが好ましく、これにより像面湾曲とディストーションの補正が容易となる。第2レンズL2の像側の面の「有効径の5割の点と有効径端とがともに負のパワーを持つ形状」とは、点 P_4 と点 P_4 とがともに点 Q_4 より像側にある形状を意味する。

【0143】

第2レンズL2は両凹レンズとしてもよく、これにより、レンズ系を小型化、広角化しながら、像面湾曲およびディストーションの補正が容易となる。

【0144】

50

第3レンズL3の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第3レンズL3の物体側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状とすることが好ましい。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、像面湾曲および倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。

【0145】

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の物体側の面上のある点を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、点X5と点P5とを結ぶ線分の長さ $|X5-P5|$ を点X5での曲率半径の絶対値 $|RX5|$ とする。よって、 $|X5-P5|=|RX5|$ となる。また、第3レンズL3の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の物体側の面の中心を点Q5とする。そして、点Q5での曲率半径の絶対値を $|R5|$ とする。

10

【0146】

第3レンズL3の物体側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが強い形状」とは、点X5を有効径端とした場合に、点Q5を含む近軸領域で凸形状であり、点P5が点Q5より像側にあり、かつ、点X5での曲率半径の絶対値 $|RX5|$ が点Q5での曲率半径の絶対値 $|R5|$ よりも小さい形状を意味する。

【0147】

20

第3レンズL3の像側の面は非球面とすることが好ましい。第3レンズL3の像側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状、または中心が平面であり、有効径端では負のパワーを持つ形状とすることが好ましい。第3レンズL3をこのような形状とすることで、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0148】

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の像側の面上のある点を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、点X6と点P6とを結ぶ線分の長さ $|X6-P6|$ を点X6での曲率半径の絶対値 $|RX6|$ とする。よって、 $|X6-P6|=|RX6|$ となる。また、第3レンズL3の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第3レンズL3の像側の面の中心を点Q6とする。そして、点Q6での曲率半径の絶対値を $|R6|$ とする。

30

【0149】

第3レンズL3の像側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状」とは、点X6を有効径端とした場合に、点Q6を含む近軸領域で凹形状であり、点P6が点Q6より像側にあり、かつ、点X6での曲率半径の絶対値 $|RX6|$ が点Q6での曲率半径の絶対値 $|R6|$ よりも小さい形状を意味する。

40

【0150】

また、「中心が平面であり、有効径端では負のパワーを持つ形状」とは、点X6を有効径端とした場合に、点Q6を含む近軸領域で平面であり、点P6が点Q6より像側にある形状を意味する。

【0151】

第4レンズL4の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第4レンズL4の物体側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状、または中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つ形状とすることが好ましい。第4レンズL4をこのような形状とすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

50

【 0 1 5 2 】

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の物体側の面上のある点をX8として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P8とするとき、点X8と点P8とを結ぶ線分X8 - P8を点X8での曲率半径とし、点X8と点P8とを結ぶ線分の長さ $|X8 - P8|$ を点X8での曲率半径の絶対値 $|RX8|$ とする。よって、 $|X8 - P8| = |RX8|$ となる。また、第4レンズL4の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の物体側の面の中心を点Q8とする。そして、点Q8での曲率半径の絶対値を $|R8|$ とする。

【 0 1 5 3 】

第4レンズL4の物体側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状」とは、点X8を有効径端とした場合に、点Q8を含む近軸領域で凸形状であり、点P8が点Q8より像側にあり、かつ、点X8での曲率半径の絶対値 $|RX8|$ が点Q8での曲率半径の絶対値 $|R8|$ よりも大きい形状を意味する。

【 0 1 5 4 】

また、「中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つ形状」とは、点X8を有効径端とした場合に、点Q8を含む近軸領域で凸形状であり、点P8が点Q8より物体側にある形状を意味する。

【 0 1 5 5 】

第4レンズL4の像側の面は非球面とすることが好ましい。第4レンズL4の像側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第4レンズL4をこのような形状とすることで、球面収差、像面湾曲およびディストーションを良好に補正することが可能となる。

【 0 1 5 6 】

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の像側の面上のある点をX9として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P9とするとき、点X9と点P9とを結ぶ線分X9 - P9を点X9での曲率半径とし、点X9と点P9とを結ぶ線分の長さ $|X9 - P9|$ を点X9での曲率半径の絶対値 $|RX9|$ とする。よって、 $|X9 - P9| = |RX9|$ となる。また、第4レンズL4の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第4レンズL4の像側の面の中心を点Q9とする。そして、点Q9での曲率半径の絶対値を $|R9|$ とする。

【 0 1 5 7 】

第4レンズL4の像側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状」とは、点X9を有効径端とした場合に、点Q9を含む近軸領域で凸形状であり、点P9が点Q9より物体側にあり、かつ、点X9での曲率半径の絶対値 $|RX9|$ が点Q9での曲率半径の絶対値 $|R9|$ よりも大きい形状を意味する。

【 0 1 5 8 】

第5レンズL5の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第5レンズL5の物体側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状とすることが好ましい。第5レンズL5をこのような形状とすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【 0 1 5 9 】

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の物体側の面上のある点を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、点X10と点P10とを結ぶ線分の長さ $|X10 - P10|$ を点X10

10

20

30

40

50

での曲率半径の絶対値 $|R_{X10}|$ とする。よって、 $|X10 - P10| = |R_{X10}|$ となる。また、第5レンズL5の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第5レンズL5の物体側の面の中心を点Q10とする。そして、点Q10での曲率半径の絶対値を $|R10|$ とする。

【0160】

第5レンズL5の物体側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状」とは、点X10を有効径端とした場合に、点Q10を含む近軸領域で凹形状であり、点P10が点Q10より物体側にあり、かつ、点X10での曲率半径の絶対値 $|R_{X10}|$ が点Q10での曲率半径の絶対値 $|R10|$ よりも小さい形状を意味する。

10

【0161】

第5レンズL5が両凹レンズの場合には、第5レンズL5の物体側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが強い形状とすることが好ましい。第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、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0162】

第5レンズL5の物体側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第5レンズL5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。

【0163】

第5レンズL5の物体側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点X10を有効径端とした場合に、点Q10を含む近軸領域で凹形状であり、点P10が点Q10より物体側にあり、かつ、点X10での曲率半径の絶対値 $|R_{X10}|$ が点Q10での曲率半径の絶対値 $|R10|$ よりも大きい形状を意味する。

20

【0164】

第5レンズL5の像側の面は非球面とすることが好ましい。第5レンズL5の像側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第5レンズL5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。

30

【0165】

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の像側の面上のある点をX11として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P11とするとき、点X11と点P11とを結ぶ線分X11-P11を点X11での曲率半径とし、点X11と点P11とを結ぶ線分の長さ $|X11 - P11|$ を点X11での曲率半径の絶対値 $|R_{X11}|$ とする。よって、 $|X11 - P11| = |R_{X11}|$ となる。また、第5レンズL5の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第5レンズL5の像側の面の中心を点Q11とする。そして、点Q11での曲率半径の絶対値を $|R11|$ とする。

40

【0166】

第5レンズL5の像側の面の「中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状」とは、点X11を有効径端とした場合に、点Q11を含む近軸領域で凹形状であり、点P11が点Q11より像側にあり、かつ、点X11での曲率半径の絶対値 $|R_{X11}|$ が点Q11での曲率半径の絶対値 $|R11|$ よりも大きい形状を意味する。

【0167】

第5レンズL5が両凹レンズの場合には、第5レンズL5の像側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して負のパワーが弱い形状とすることが好ましい。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、第5レン

50

ズL5と第6レンズL6との間で色収差を良好に補正しつつも、像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0168】

第5レンズL5が物体側に凹面を向けたメニスカス形状の場合には、第5レンズL5の物体側の面は、中心と有効径端とがともに負のパワーを持ち、有効径端では中心と比較してパワーが弱い負形状とすることが好ましい。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、第4レンズL4と第5レンズL5との間で軸上色収差の補正が容易となるとともに、像面湾曲の補正が容易となる。

【0169】

第5レンズL5が物体側に凹面を向けたメニスカス形状の場合には、第5レンズL5の像側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較してパワーが弱い正形状とすることが好ましい。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、球面収差を良好に補正することが容易となる。

10

【0170】

第5レンズL5が物体側に凹面を向けたメニスカス形状の場合には、第5レンズL5の像側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較してパワーが強い正形状としてもよい。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、像面湾曲を良好に補正することが容易となる。

【0171】

第6レンズL6は両凸レンズとすることが好ましい。第6レンズL6をこのような形状とすることで、第6レンズL6のパワーを強くすることが容易となり、光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることが可能となり、シェーディングを抑えることが可能となる。

20

【0172】

第6レンズL6の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第6レンズL6の物体側の面は、中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第6レンズL6の物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲および球面収差を良好に補正することが容易となる。

【0173】

第6レンズL6の物体側の面の上記形状は、図2を用いて説明した第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6レンズL6の物体側の面上のある点をX12として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P12とすると、点X12と点P12とを結ぶ線分X12-P12を点X12での曲率半径とし、点X12と点P12とを結ぶ線分の長さ|X12-P12|を点X12での曲率半径の絶対値|R_{X12}|とする。よって、|X12-P12|=|R_{X12}|となる。また、第6レンズL6の物体側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第6レンズL6の物体側の面の中心を点Q12とする。そして、点Q12での曲率半径の絶対値を|R₁₂|とする。

30

【0174】

第6レンズL6の物体側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状」とは、点X12を有効径端とした場合に、点Q12を含む近軸領域で凸形状であり、点P12が点Q12より像側にあり、かつ、点X12での曲率半径の絶対値|R_{X12}|が点Q12での曲率半径の絶対値|R₁₂|よりも大きい形状を意味する。

40

【0175】

第6レンズL6を両凸レンズとした場合には、第6レンズL6の物体側の面は、中心が正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状とすることが好ましい。第6レンズL6を両凸レンズとした場合に物体側の面をこのような形状とすることで、像面湾曲および球面収差を良好に補正することが容易となる。

【0176】

第6レンズL6は、像側に凸面を向けたメニスカス形状としてもよい。第6レンズL6

50

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容易となる。

【0177】

第6レンズL6の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第6レンズL6物体側の面は、中心が負のパワーを持ち、有効径の5割から8割の間に正のパワーとなる部分を持つ形状とすることが好ましい。第6レンズL6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容易となる。なお、「有効径の8割の点」とは、レンズ面の径方向の座標（光軸と垂直方向の座標）が、レンズの中心からレンズの有効径の8割となる距離にあるレンズ面上の点を意味する。

【0178】

第6レンズL6の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち、有効径の5割から8割の間に正のパワーとなる部分を持つ形状」とは、点Q12を含む近軸領域が凹形状であり、有効径の5割の点と8割の点との間に、点P12が点Q12より像側にある点X12が存在することを意味する。

10

【0179】

第6レンズL6の物体側の面は非球面とすることが好ましい。第6レンズL6物体側の面は、中心が負のパワーを持ち、有効径の5割から8割の間に正のパワーとなる部分を持ち、有効径端で負のパワーを持つ形状とすることが好ましい。第6レンズL6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容易となる。

【0180】

なお、説明を分かりやすくするため、以下の説明では第6レンズL6の物体側の面において、点X12を有効径端とした場合、点X12のように全ての記号に「」をつけて表している。

20

【0181】

第6レンズL6の物体側の面の「中心で負のパワーを持ち、有効径の5割から8割の間に正のパワーとなる部分を持ち、有効径端で負のパワーを持つ形状」とは、第6レンズL6の物体側の面の有効径端をX12、その点での法線と光軸Zとの交点を点P12とした場合に、点Q12を含む近軸領域が凹形状であり、有効径の5割から8割の間に、点P12が点Q12より像側にある点X12が存在し、点P12が点Q12より物体側にある形状を意味する。

【0182】

30

第6レンズL6の像側の面は非球面とすることが好ましい。第6レンズL6の像側の面は中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状、もしくは中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つ形状とすることが好ましい。第6レンズL6の像側の面をこのような形状とすることで、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。

【0183】

第6レンズL6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6レンズL6の像側の面上のある点をX13として、その点での法線と光軸Zとの交点を点P13とするとき、点X13と点P13とを結ぶ線分X13-P13を点X13での曲率半径とし、点X13と点P13とを結ぶ線分の長さ $|X13-P13|$ を点X13での曲率半径の絶対値 $|RX13|$ とする。よって、 $|X13-P13|=|RX13|$ となる。また、第6レンズL6の像側の面と光軸Zとの交点、すなわち、第6レンズL6の像側の面の中心を点Q13とする。そして、点Q13での曲率半径の絶対値を $|R13|$ とする。

40

【0184】

上記の第6レンズL6の像側の面の「中心と有効径端とがともに正のパワーを持ち、有効径端では中心と比較して正のパワーが弱い形状」とは、点X13を有効径端とした場合に、点Q13を含む近軸領域で凸形状であり、点P13が点Q13より物体側にあり、かつ、点X13での曲率半径の絶対値 $|RX13|$ が点Q13での曲率半径の絶対値 $|R1$

50

3 | よりも大きい形状を意味する。

【0185】

また、「中心が正のパワーを持ち、有効径端では負のパワーを持つ形状」とは、点X13を有効径端とした場合に、点Q13を含む近軸領域で凸形状であり、点P13が点Q13より像側にある形状を意味する。

【0186】

第2レンズL2の物体側の面から第6レンズL6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、像面湾曲および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。

【0187】

第1レンズL1は、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることが好ましく、これにより、例えば180度を超えるような広角のレンズを作製することが可能となる。第1レンズL1が両凹レンズとなると、第1レンズL1のパワーを強くすることが容易となるため広角化は容易となるが、第1レンズL1で急激に光線が曲げられてしまうため、ディストーションの補正が困難となる。また、物体側の面を凹面とすると、周辺光線がレンズ面に入射する際の入射角が大きくなり、面への入射時の反射損失が大きくなるため周辺部が暗くなってしまふ。また、入射角が180度を超える光線は入射することができなくなってしまう。そのため、広角でありながらディストーションの補正が容易とするためには、第1レンズL1は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとすることが好ましい。

【0188】

第2レンズL2を両凹レンズとすることが好ましい。第2レンズL2を両凹レンズとすることで、広角化が容易となるとともに、像面湾曲、ディストーションおよび球面収差の補正が容易となる。

【0189】

第3レンズL3を物体側に凸面を向けたメニスカス形状とすることが好ましく、これにより、レンズ系の系方向を小型化することが容易となるとともに、像面湾曲およびコマ収差を良好に補正することが可能となる。

【0190】

第4レンズL4を両凸レンズとすることが好ましく、これにより、球面収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となる。さらに第4レンズL4のパワーを強くすることで、第5レンズL5との間で色収差の補正が容易となる。

【0191】

第5レンズL5を像側に凸面を向けた負のメニスカスレンズ、もしくは像側に平面を向けた平凹レンズとしてもよく、これにより、コマ収差および像面湾曲を良好に補正することが容易となる。

【0192】

第5レンズL5を物体側に凹面を向けた平凹レンズまたは両凹レンズとしてもよい。これにより、第5レンズL5のパワーを強くすることで、第4レンズL4と協働しながら色収差を補正することが容易となる。

【0193】

第6レンズL6を両凸レンズとすることが好ましく、これにより、光線が撮像素子へ入射する角度を抑えることが可能となり、シェーディングを抑えることが容易となる。

【0194】

第6レンズL6を像側に凸面を向けたメニスカスレンズとしてもよく、これにより、像面湾曲を良好に補正することが容易となる。

【0195】

第1レンズL1の材質はガラスであることが好ましい。撮像レンズが例えば車載用カメラや監視カメラ用等の厳しい環境において使用される場合には、最も物体側に配置される第1レンズL1は、風雨による表面劣化、直射日光による温度変化に強く、さらには油脂・洗剤等の化学薬品に強い材質、すなわち耐水性、耐候性、耐酸性および耐薬品性等が高

10

20

30

40

50

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。

【0196】

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可能となる。

【0197】

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

【0198】

第2レンズL2、第3レンズL3および第6レンズL6のいずれか、あるいはこれらのうちの任意の複数の組み合わせにおいて、その材質をプラスチックとすることが好ましい。材質をプラスチックとすることで、レンズ系を安価で軽量に構成することが可能となるとともに、非球面を設けた場合には、非球面形状を正確に作製することができるため、良好な性能のレンズを作製することが可能となる。

【0199】

第4レンズL4および第5レンズL5の少なくとも一方の材質をプラスチックとしてもよい。材質をプラスチックとすることで、レンズ系を安価で軽量に構成することが可能となるとともに、非球面を設けた場合には、非球面形状を正確に作製することができるため、良好な性能のレンズを作製することが可能となる。

【0200】

第2レンズL2、第4レンズL4および第6レンズL6の材質は、ポリオレフィンであることが好ましい。ポリオレフィンは吸水率が低く、透明度が高く、複屈折が小さく、アッペ数の大きい材質を作製することが可能となる。第2レンズL2の材質をポリオレフィンとすることで、吸水による形状変更が小さく、透過率が高く、複屈折の小さいレンズを作製することが可能となる。さらにアッペ数が大きい材質とすることができるため、軸上の色収差、倍率色収差の発生を抑えることができ、耐環境性の高い良好な解像性能のレンズを作製することが可能となる。

【0201】

第3レンズL3および第5レンズL5の材質はポリカーボネイトであることが好ましい。ポリカーボネイトはアッペ数が小さいという特徴がある。第3レンズL3にポリカーボネイトを使用することで、倍率色収差を良好に補正することが可能となる。

【0202】

第2レンズL2および第4レンズL4の材質をアクリルとしてもよい。アクリルは安価であるためアクリルを用いることで、レンズ系を安価にすることが可能となる。

【0203】

第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の少なくともいずれか1つにプラスチック材質を用いた場合は、その材質として、プラスチックに光の波長より小さな粒子を混合させたいわゆるナノコンポジット材料を用いてもよい。

【0204】

第2レンズL2、第3レンズL3および第6レンズL6のいずれか、あるいはこれらのうちの任意の複数の組み合わせにおいて、その材質をガラスとしてもよい。材質をガラスとすることで、温度変化による性能劣化を抑制することが可能となる。

【0205】

第4レンズL4および第5レンズL5の少なくとも一方の材質をガラスとすることが好ましい。第4レンズL4の材質をガラスとすることで、温度変化による性能劣化を抑制することが可能となる。また、第5レンズL5の材質をガラスとすることで、アッペ数の小さい材質を選ぶことが容易となるため、色収差の補正が容易となる。

10

20

30

40

50

【0206】

第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の少なくともいずれか1つの材質としてガラス転移温度(Tg)が145以上のもを用いることが好ましく、さらに好ましくは、150以上であることが好ましい。ガラス転移温度が150以上の材質を使用することで、耐熱性のよいレンズを作製することが可能となる。

【0207】

なお、撮像レンズ1の用途に応じて、レンズ系と撮像素子5との間に紫外光から青色光をカットするようなフィルタ、または赤外光をカットするようなIR(Infrared)カットフィルタを挿入してもよい。上記フィルタと同様の特性を持つコートレンズ面に塗布してもよい。またはいずれかのレンズの材質として紫外光や青色光、赤外光などを吸収する材質を用いてもよい。

10

【0208】

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

【0209】

なお、各レンズ間の有効径外を通過する光束は、迷光となって像面に達し、ゴーストとなるおそれがあるため、必要に応じて、この迷光を遮光する遮光手段を設けることが好ましい。この遮光手段としては、例えばレンズの有効径外の部分に不透明な塗料を施したり、不透明な板材を設けたりしてもよい。または迷光となる光束の光路に不透明な板材を設けて遮光手段としてもよい。あるいは、最も物体側のレンズのさらに物体側に迷光を遮断するフードのようなものを配置してもよい。一例として、図1では、第1レンズL1および第5レンズL5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。

20

【0210】

さらに、各レンズの間に周辺光量比が実用上問題の無い範囲で周辺光線を遮断する絞り等の部材を配置してもよい。周辺光線とは、光軸Z外の物点からの光線のうち、光学系の入射瞳の周辺部分を通る光線のことである。このように周辺光線を遮断する部材を配置することにより、結像領域周辺部の画質を向上させることができる。また、この部材でゴーストを発生させる光を遮断することにより、ゴーストを低減することが可能となる。

30

【0211】

また、第1から第3の実施形態に係る撮像レンズにおいては、レンズ系が、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の6枚のみからなるように構成することが好ましい。レンズ系を6枚のレンズのみで構成することで、レンズ系を安価にすることが可能となる。

【0212】

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

40

【0213】

なお、第1から第3の実施形態に係る撮像レンズを備えた撮像装置で撮影した画像を携帯電話に表示するようにしてもよい。例えば本実施形態の撮像レンズを備えた撮影装置を車載カメラとして自動車に搭載し、自動車の背後や周辺を車載カメラにより撮影し、撮影により取得した画像を表示装置に表示する場合がある。このような場合、カーナビゲーションシステム(以下カーナビとする)が搭載されている自動車においては、撮影した画像はカーナビの表示装置に表示すればよいが、カーナビが搭載されていない場合、液晶ディスプレイ等の専用の表示装置を自動車に設置する必要がある。しかしながら、表示装置は

50

高価である。一方、近年の携帯電話は、動画やWebの閲覧が可能になる等、高性能な表示装置が搭載されている。携帯電話を車載カメラ用の表示装置として用いることで、カーナビが搭載されていない自動車に関しても、専用の表示装置を搭載する必要がなくなり、その結果、安価に車載カメラを搭載することが可能となる。

【0214】

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

10

【0215】

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

【0216】

〔撮像レンズの数値実施例〕

次に、本発明の撮像レンズの数値実施例について説明する。実施例1～実施例19の撮像レンズのレンズ断面図をそれぞれ図3～図21に示す。図3～図21において、図の左側が物体側、右側が像側であり、図1と同様、開口絞りSt、光学部材PP、像面Simに配置された撮像素子5も併せて図示している。各図の開口絞りStは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。各実施例において、レンズ断面図の符号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。

20

【0217】

なお、本発明の第1から第3の実施形態に係る撮像レンズは実施例1～19に対応する。

【0218】

表1～表19にそれぞれ実施例1～実施例19の撮像レンズのレンズデータを示す。各表の(A)には基本レンズデータを、(B)には各種データを、(C)には非球面データを示している。

30

【0219】

基本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物体側の面を1番目として像側に向かうに従い順次増加するi番目(i = 1、2、3、...)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、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。また、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、基本レンズデータには、開口絞りStおよび光学部材PPも含めて示しており、開口絞りStに相当する面の面番号の欄には、(St)という語句を併せて記載している。

40

【0220】

基本レンズデータでは、非球面の面番号に*印を付しており、非球面の曲率半径として近軸曲率半径(中心の曲率半径)の数値を示している。非球面データには、非球面の面番号と、各非球面に関する非球面係数を示す。非球面データの数値の「E - n」(n:整数)は「 $\times 10^{-n}$ 」を意味し、「E + n」は「 $\times 10^n$ 」を意味する。なお、非球面係数は、以下の式で表される非球面式における各係数KA、RBm(m = 3、4、5、... 20)の値である。

【数 1】

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

【0221】

Zd：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）

10

C：近軸曲率

KA、RBm：非球面係数（m = 3、4、5、... 20）

各種データにおいて、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）、Bfは最も像側のレンズの像側の面から像面Simまでの光軸Z上の距離（バックフォーカスに相当、空気換算長）、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、f6は第6レンズL6の焦点距離、f56は第5レンズL5と第6レンズL6との合成焦点距離、f123は第1レンズL1と第2レンズL2と第3レンズL3との合成焦点距離、ER1は第1レンズL1の物体側の面の有効半径である。

20

【0222】

また、表20、21に各実施例の条件式（1）～（21）に対応する値を一括して示す。

【0223】

なお、条件式（1）は（D6 + D7）/ f、条件式（2）はD12 / f、条件式（3）はf56 / f、条件式（4）は（R8 + R9）/（R8 - R9）、条件式（5）はR2 / f、条件式（6）はD3 / f、条件式（7）は（R12 + R13）/（R12 - R13）、条件式（8）はf5 / f、条件式（9）はD2 / f、条件式（10）はD5 / f、条件式（11）はL / f、条件式（12）はBf / f、条件式（13）はd3 + d5、条件式（14）は（R3 + R4）/（R3 - R4）、条件式（15）は（R5 + R6）/（R5 - R6）、条件式（16）は（R1 + R2）/（R1 - R2）、条件式（17）はf123 / f、条件式（18）はf3 / f、条件式（19）はD9 / f、条件式（20）はf4 / f、条件式（21）はER1 / fである。

30

【0224】

ただし、

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

Bf：最も像側のレンズの像側の面頂点から像面までの距離（空気換算長）

D2：第1レンズL1と第2レンズL2との光軸上の空気間隔

D3：第2レンズL2の中心厚

40

D5：第3レンズL3の中心厚

D6 + D7：第3レンズL3と第4レンズL4との光軸上の空気間隔

D9：第4レンズと第5レンズとの光軸上の空気間隔

D12：第6レンズL6の中心厚

d3：第3レンズL3の材質のd線に対するアッペ数

d5：第5レンズL5の材質のd線に対するアッペ数

R1：第1レンズL1の物体側の面の曲率半径

R2：第1レンズL1の像側の面の曲率半径

R3：第2レンズL2の物体側の面の曲率半径

R4：第2レンズL2の像側の面の曲率半径

50

- R 5 : 第 3 レンズ物体側の面の曲率半径
- R 6 : 第 3 レンズ像側の面の曲率半径
- R 8 : 第 4 レンズ L 4 の物体側の面の曲率半径
- R 9 : 第 4 レンズ L 4 の像側の面の曲率半径
- R 1 2 : 第 6 レンズ L 6 の物体側の面の曲率半径
- R 1 3 : 第 6 レンズ L 6 の像側の面の曲率半径
- f : 全系の焦点距離
- f 3 : 第 3 レンズ L 3 の焦点距離
- f 4 : 第 4 レンズ L 4 の焦点距離
- f 5 : 第 5 レンズ L 5 の焦点距離
- f 5 6 : 第 5 レンズ L 5 および第 6 レンズ L 6 の合成焦点距離
- f 1 2 3 : 第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2 および第 3 レンズ L 3 の合成焦点距離
- E R 1 : 第 1 レンズ L 1 の物体側の面の有効半径

10

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

【表 1】

実施例 1

(A)		(B)			
Si	Ri	Di	Ndj	ν	dj
1	18.3300	1.10000	1.7725	49.6	
2	4.2821	2.41086			
*3	-10.9675	1.04000	1.5339	55.9	
*4	2.0822	1.10385			
*5	3.4282	2.70000	1.6336	23.6	
*6	11.0508	0.34979			
7(St)	∞	0.30000			
8	6.7259	2.65027	1.7550	52.3	
9	-3.2121	0.20000			
10	-4.3240	0.80000	1.9229	18.9	
11	∞	0.15000			
*12	5.7712	2.64633	1.5339	55.9	
*13	-2.3745	2.00000			
14	∞	0.55000	1.5168	64.2	
15	∞	0.37877			
像面	∞	*			

(B)	
L	18.2
Bf	2.7
f	1.38
f1	-7.49
f2	-3.19
f3	6.90
f4	3.25
f5	-4.69
f6	3.55
f56	5.41
f123	-3.13
ERI	6.4

(C)		RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	-1.2203821E-03	-1.3342639E-03	-2.9306060E-04	-3.0697136E-05	3.7714415E-06	3.0298547E-06	1.0247916E-06	2.3522192E-07
4	0.0000000E+00	-3.0984205E-02	2.3277885E-02	9.3713090E-03	3.6442103E-04	-1.1873853E-03	-7.1877181E-04	-2.9007732E-04	-8.3911030E-05
5	0.0000000E+00	-3.3483114E-04	2.0468558E-02	1.8796711E-03	5.4332978E-04	-3.4104862E-04	-2.7491475E-04	-4.3236723E-05	4.4585419E-05
6	0.0000000E+00	-1.5762733E-04	1.5952589E-02	1.2794484E-02	1.2411890E-02	2.0822314E-02	-4.7699952E-04	-1.9440064E-02	-1.7745559E-02
12	0.0000000E+00	3.2297689E-03	-7.4060853E-03	5.6984069E-04	1.0922267E-04	1.0909132E-05	-9.6273651E-07	-8.0044142E-07	-3.9501979E-07
13	0.0000000E+00	-2.1658420E-03	1.4980160E-02	-1.6813242E-03	1.4460435E-05	9.3129201E-05	3.4470693E-05	6.3519131E-06	-1.5002912E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20
3	3.0377619E-08	-5.3078151E-09	-4.5298394E-09	-1.6702149E-09	-3.7083760E-10	-2.0657146E-11	3.8213084E-11	8.1555895E-12	-1.1452319E-12
4	-1.1054129E-05	6.4658723E-06	6.4987795E-06	3.3257377E-06	1.1289315E-06	1.2187485E-07	-1.3545855E-07	-9.6552895E-08	1.7808281E-08
5	3.1191005E-05	8.5866426E-06	-1.6627707E-06	-3.2222937E-06	-1.9037596E-06	-4.5910144E-07	1.5048991E-07	2.1783866E-07	-3.9255584E-08
6	1.3102408E-02	-1.8435194E-02	8.3527067E-02	-7.3097711E-02	-3.3379937E-02	1.2155611E-01	-1.1001173E-01	4.0730415E-02	-4.0146188E-03
12	-2.2230840E-07	-1.5412219E-07	-6.7353491E-08	-1.5631228E-08	4.9939708E-09	8.1232698E-09	3.9200026E-09	-5.3565231E-10	-4.8031671E-10
13	-1.4117923E-06	-4.9131247E-07	-3.5293605E-08	7.8053938E-08	6.3618963E-08	-2.2757698E-08	9.8934239E-09	-5.8430684E-09	9.1165409E-10

10

20

30

40

【表 2】

実施例2

(A)		(B)				
Si	Ri	Di	N _{dj}	ν _{dj}	L	ERI
1	18.9561	1.10000	1.7725	49.6	Bf	17.6
2	4.3867	2.28987			f	2.7
*3	-12.3083	1.04000	1.5339	55.9	f1	1.35
*4	1.9729	1.16578			f2	-7.64
*5	3.3130	2.70000	1.6336	23.6	f3	-3.11
*6	10.4808	0.30827			f4	6.67
7(St)	∞	0.30000			f5	3.16
8	6.5165	2.65028	1.7550	52.3	f6	-4.46
9	-3.1039	0.20000			f56	3.44
10	-4.1171	0.80000	1.9229	18.9	f123	5.70
11	∞	0.15000				-3.20
*12	5.9265	2.13612	1.5339	55.9		
*13	-2.3234	2.00000				
14	∞	0.55000	1.5168	64.2		
15	∞	0.37964				
像面	∞	*				

(C)	面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	4.0338046E-02	-1.0743021E-03	-1.3340914E-03	-3.0300139E-04	-3.5147716E-05	2.3942538E-06	2.6923338E-06	9.6321333E-07	2.3044629E-07	
4	0.000000E+00	8.2006053E-02	-3.0966821E-02	2.2600377E-02	9.7052044E-03	2.8607614E-04	-1.2051468E-03	-7.2016083E-04	-2.8843184E-04	-8.2443878E-05	
5	0.000000E+00	-4.1031457E-04	1.8655539E-02	2.3662765E-03	1.8452284E-03	5.6034979E-04	-3.0563804E-04	-2.5133363E-04	-3.4860208E-05	4.4771475E-05	
6	0.000000E+00	-8.4164986E-04	1.9303764E-02	8.3087206E-03	-1.5159560E-02	1.4903042E-02	1.8619237E-02	-4.0107532E-03	-2.1523904E-02	-1.6916637E-02	
12	0.000000E+00	2.7056953E-03	-8.3331435E-03	3.5915384E-04	4.9037990E-04	1.2396396E-04	1.8357634E-05	1.3538371E-06	-2.9365113E-07	-3.3726780E-07	
13	0.000000E+00	-3.7165884E-03	1.4720134E-02	-1.6720482E-03	-7.6194511E-04	8.0443566E-06	9.0020119E-05	3.3078743E-05	6.2839651E-06	-1.3033089E-06	
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20		
3	3.3222817E-08	-3.7445771E-09	-3.9352154E-09	-1.4883284E-09	-3.2778828E-10	-1.7169096E-11	3.4964233E-11	6.7873782E-12	-1.2105165E-12		
4	-1.0291323E-05	6.7878811E-06	6.6186647E-06	3.3789865E-06	1.1545893E-06	1.3587984E-07	-1.3175931E-07	-9.9572847E-08	1.4581404E-08		
5	2.9191842E-05	6.9740336E-06	-2.4342311E-06	-3.4355531E-06	-1.8795784E-06	-3.9305727E-07	1.9372832E-07	2.3498032E-07	-4.5838906E-08		
6	1.5220420E-02	-1.5867659E-02	8.5456845E-02	-7.3423461E-02	-3.4403288E-02	1.2048389E-01	-1.1098351E-01	4.0239417E-02	-3.1771880E-03		
12	-2.3199793E-07	-1.5993614E-07	-6.7321062E-08	-1.4274329E-08	5.2958273E-09	8.3771209E-09	3.9001134E-09	-5.1492254E-10	-6.0722910E-10		
13	-1.2571666E-06	-4.1616396E-07	-4.9188042E-09	8.8011678E-08	6.6092828E-08	-2.3077283E-08	9.4788573E-09	-6.0470120E-09	7.9923495E-10		

10

20

30

40

【表 3】

実施例3

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	193524	1.10000	1.7725
2	4.4984	2.35679	
*3	-11.3495	1.04000	1.5339
*4	2.1197	1.08210	
*5	3.4613	2.70000	1.6336
*6	9.5676	0.40060	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.9466	2.65027	1.7550
9	-3.2558	0.20000	
10	-4.6898	0.80000	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	6.2734	2.70945	1.5339
*13	-2.2213	2.00000	
14	∞	0.70000	1.5168
15	∞	0.20776	
像面	∞	*	

(B)	
	ν dj
L	18.2
Bf	2.7
f	1.35
f1	-7.84
f2	-3.26
f3	7.31
f4	3.31
f5	-5.08
f6	3.46
f56	4.80
f123	-3.05
ERI	6.3

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
	3	0.000000E+00	3.7551531E-02	-1.2892048E-03	-1.3302647E-03	-2.8856774E-04	-2.9022210E-05	4.2228128E-06	3.1139496E-06	1.0294459E-06
4	0.000000E+00	8.0359552E-02	-3.2121460E-02	2.2181449E-02	9.5558299E-03	2.7167009E-04	-1.1884789E-03	-7.0610793E-04	-2.8067345E-04	-7.8680267E-05
5	0.000000E+00	-7.3639082E-04	2.1768367E-02	2.0504466E-03	1.4961870E-03	4.8446076E-04	-2.9566921E-04	-2.4016807E-04	-3.3391941E-05	4.2491904E-05
6	0.000000E+00	-1.2031605E-03	2.0753176E-02	1.1235278E-02	-2.1121387E-02	1.1722830E-02	2.1126024E-02	2.3204559E-04	-1.8841767E-02	-1.7530390E-02
12	0.000000E+00	2.5501041E-03	-8.1338797E-03	3.6277463E-04	4.1568374E-04	7.2761037E-05	-3.2532707E-06	-5.0506636E-06	-1.3565631E-06	-1.4015390E-07
13	0.000000E+00	-6.7882386E-04	1.4529059E-02	-1.9449092E-03	-8.2324579E-04	7.7504874E-06	8.9266567E-05	3.1465481E-05	4.6781939E-06	-2.2174023E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	2.7683302E-08	-6.2173746E-09	-4.7459452E-09	-1.6959921E-09	-3.6295172E-10	-1.4528507E-11	4.0903279E-11	8.7476565E-12	-1.3621087E-12	
4	-8.4422100E-06	7.6874514E-06	7.0298694E-06	3.5287852E-06	1.1899077E-06	1.2808857E-07	-1.4480963E-07	-1.0667854E-07	1.0583634E-08	
5	2.7082304E-05	5.9213419E-06	-2.7338879E-06	-3.4002279E-06	-1.7665238E-06	-3.0196240E-07	2.4621297E-07	2.4299686E-07	-5.9144405E-08	
6	1.2960253E-02	-1.8593865E-02	8.3206254E-02	-7.3381240E-02	-3.3162449E-02	1.2103157E-01	-1.0985504E-01	4.0789070E-02	-3.7440283E-03	
12	2.7436323E-08	-3.0662470E-08	-2.6139702E-08	-8.3148057E-09	2.4139814E-09	5.6444952E-09	2.6279788E-09	-1.0468448E-09	-2.8130423E-10	
13	-1.65668921E-06	-5.5400788E-07	-4.2760435E-08	8.2048172E-08	6.7894662E-08	-2.1302783E-08	1.0544992E-08	-5.8603043E-09	8.1807959E-10	

10

20

30

40

【表 4】

実施例4

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	20.0756	1.10000	1.7725
2	4.3584	2.30398	
*3	-15.6992	1.04000	1.5339
*4	2.0060	1.08063	
*5	3.2644	2.70000	1.6336
*6	8.4153	0.40316	
7(St)	∞	0.30000	
8	7.1573	2.65027	1.7550
9	-3.1856	0.20000	
10	-4.6223	0.80000	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	5.9317	2.77086	1.5339
*13	-2.2494	2.00000	
14	∞	0.40000	1.5168
15	∞	0.40576	
像面	∞	*	

(B)	
	ν dj
L	18.2
Bf	2.7
f	1.34
f1	-7.43
f2	-3.26
f3	7.00
f4	3.28
f5	-5.01
f6	3.46
f56	4.82
f123	-2.98
ERI	6.3

(C)												
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11		
3	0.000000E+00	3.6895301E-02	-1.4449016E-03	-1.3354861E-03	-2.8518700E-04	-2.7726578E-05	4.5133876E-06	3.1374421E-06	1.0154350E-06	2.2036498E-07		
4	0.000000E+00	7.7675871E-02	-2.9136659E-02	2.1938476E-02	9.1478855E-03	1.1811636E-04	-1.2177217E-03	-7.0163676E-04	-2.7283138E-04	-7.3690478E-05		
5	0.000000E+00	-2.0367848E-03	2.3021351E-02	2.1014123E-03	1.2219900E-03	4.0284010E-04	-2.7115641E-04	-2.0895292E-04	-1.9954111E-05	4.4404918E-05		
6	0.000000E+00	-7.8793970E-04	1.9435050E-02	1.4064488E-02	-2.1148269E-02	1.0446959E-02	2.0710501E-02	7.9811269E-04	-1.8020980E-02	-1.6895939E-02		
12	0.000000E+00	2.9221550E-03	-8.5080988E-03	4.7569663E-04	4.5410782E-04	6.7070206E-05	-1.2792171E-05	-9.7787320E-06	-2.7853207E-06	-3.2192727E-07		
13	0.000000E+00	-5.8373348E-04	1.4832616E-02	-2.1607847E-03	-8.6217115E-04	1.5584293E-05	9.4896238E-05	3.2685312E-05	4.5101540E-06	-2.4898690E-06		
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20			
3	2.4393833E-08	-7.3179872E-09	-4.9529704E-09	-1.7019372E-09	-3.4229484E-10	-1.3956764E-12	4.6113029E-11	9.3019279E-12	-1.9898847E-12			
4	-5.9831300E-06	8.6992637E-06	7.3623911E-06	3.5841558E-06	1.1625686E-06	9.1745066E-08	-1.6653950E-07	-1.1109243E-07	1.2617392E-08			
5	2.5485990E-05	4.4349811E-06	-3.3902909E-06	-3.4987623E-06	-1.6586718E-06	-1.7041461E-07	3.1774786E-07	2.5542954E-07	-7.9827270E-08			
6	1.3201353E-02	-1.8230690E-02	8.2673021E-02	-7.3621193E-02	-3.2762814E-02	1.2032052E-01	-1.1043471E-01	4.0509447E-02	-2.7771419E-03			
12	1.2133844E-07	5.2184545E-08	1.0114388E-08	1.1623336E-09	2.4277120E-09	4.0896230E-09	1.6525616E-09	-1.4312864E-09	-9.7207514E-11			
13	-1.8000828E-06	-6.0584710E-07	-5.5874525E-08	8.0922210E-08	6.9046519E-08	-2.0734752E-08	1.0937383E-08	-5.8611431E-09	7.8706782E-10			

10

20

30

40

【表 5】

実施例5

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	18.2309	1.10000	1.7725
2	4.2655	2.36488	
*3	-14.3608	1.04000	1.5339
*4	1.8967	1.14456	
*5	3.3658	2.70000	1.6336
*6	9.4707	0.35592	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.5456	2.65000	1.7550
9	-3.1926	0.20000	
10	-4.3364	0.80000	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	5.6339	2.55868	1.5339
*13	-2.3389	2.00000	
14	∞	0.30000	1.5168
15	∞	0.54266	
像面	∞	*	

(B)	
L	18.1
Bf	2.7
f	1.32
f1	-7.46
f2	-3.07
f3	7.03
f4	3.22
f5	-4.70
f6	3.48
f56	5.27
f123	-2.87
ER1	6.5

(C)	面番号	KA	RB										
			RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11		
3	0.000000E+00	3.7811555E-02	-1.6160127E-03	-1.4095377E-03	-3.0221910E-04	-3.0735246E-05	4.1826658E-06	3.2034393E-06	1.0786706E-06	2.4965090E-07			
4	0.000000E+00	7.4931771E-02	-3.1633167E-02	2.3119481E-02	1.0008256E-02	4.0057849E-04	-1.1753560E-03	-7.1891984E-04	-2.9310423E-04	-8.6296934E-05			
5	0.000000E+00	-5.1131479E-03	2.2074704E-02	3.0719775E-03	1.8526233E-03	4.5609354E-04	-3.6753804E-04	-2.7270189E-04	-3.6915445E-05	4.7574047E-05			
6	0.000000E+00	-8.9411174E-04	1.8405032E-02	1.0981925E-02	-1.7212328E-02	1.3724146E-02	1.9615554E-02	-2.3819658E-03	-2.0798381E-02	-1.7378663E-02			
12	0.000000E+00	4.3154744E-03	-7.0669105E-03	6.1738432E-04	4.9263058E-04	1.0668437E-04	1.1207469E-05	-2.9527996E-07	-4.1980210E-07	-2.5621751E-07			
13	0.000000E+00	-1.4811408E-05	1.5681532E-02	-1.7239449E-03	-7.9108696E-04	1.1886220E-05	9.5240445E-05	3.5185620E-05	6.7433629E-06	-1.3068711E-06			
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20				
3	3.3607961E-08	-4.7299349E-09	-4.4936930E-09	-1.7003329E-09	-3.8849878E-10	-2.6709783E-11	3.4972980E-11	7.1825777E-12	-8.1501468E-13				
4	-1.2451591E-05	5.8162544E-06	6.2407990E-06	3.2559166E-06	1.1256385E-06	1.3622319E-07	-1.2526405E-07	-9.4629348E-08	2.1467086E-08				
5	3.1912358E-05	8.4495446E-06	-2.0043911E-06	-3.4761417E-06	-2.0322497E-06	-4.9246045E-07	1.4161194E-07	2.2618228E-07	-2.8477257E-08				
6	1.4245183E-02	-1.7196284E-02	8.4967937E-02	-7.2935404E-02	-9.3625789E-02	1.2012240E-01	-1.1045902E-01	4.0358007E-02	-3.4225506E-03				
12	-1.9072134E-07	-1.5462852E-07	-7.2535581E-08	-1.9075035E-08	2.8798823E-09	7.5894395E-09	3.8142324E-09	-4.2353527E-10	-4.5096091E-10				
13	-1.3247424E-06	-4.6145349E-07	-2.6256064E-08	8.0100644E-08	6.3718843E-08	-2.2748883E-08	9.5194244E-09	-5.9252070E-09	8.8948423E-10				

10

20

30

40

【表 6】

実施例6

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	19.2029	1.10000	1.7725
2	4.3241	2.34599	
*3	-12.2457	1.04002	1.5339
*4	2.0566	1.12244	
*5	3.3991	2.70000	1.6336
*6	9.7780	0.33999	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.5829	2.65027	1.7550
9	-3.1673	0.20000	
10	-4.2361	0.80000	1.9229
11	-147.6781	0.15000	
*12	5.8977	2.56093	1.5339
*13	-2.3846	0.15000	
14	∞	0.80000	1.5168
15	∞	2.06399	
像面	∞		

ν dj	ν di
49.6	18.1
	2.7
	1.38
	-7.46
	-3.22
	7.06
	3.21
	-4.74
	3.56
	5.47
	-3.04
	6.4

(C)		RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
面番号	KA									
3	0.000000E+00	3.8645011E-02	-1.2858181E-03	-1.3510637E-03	-2.9799188E-04	-3.2131985E-05	3.3935389E-06	2.9507687E-06	1.0163721E-06	2.3766645E-07
4	0.000000E+00	8.1064040E-02	-3.0513124E-02	2.3221307E-02	9.9056824E-03	3.2520801E-04	-1.2063294E-03	-7.2699830E-04	-2.9341121E-04	-8.5112640E-05
5	0.000000E+00	-1.0721532E-03	2.1168606E-02	2.5241749E-03	1.7251796E-03	4.8429462E-04	-3.3517903E-04	-2.5800421E-04	-3.3630081E-05	4.7264250E-05
6	0.000000E+00	-9.7495149E-04	1.8576393E-02	9.6516233E-03	-1.6350427E-02	1.4724096E-02	1.9716312E-02	-2.8359381E-03	-2.1279406E-02	-1.7692037E-02
12	0.000000E+00	3.4146319E-03	-7.3970021E-03	5.6231525E-04	5.0274368E-04	1.1476957E-04	1.3434775E-05	-1.9075347E-07	-6.4993752E-07	-4.0098856E-07
13	0.000000E+00	-2.1742389E-03	1.4926714E-02	-1.6486916E-03	-7.5499826E-04	1.5327209E-05	9.3616852E-05	3.4076604E-05	6.3393832E-06	-1.4307159E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.2389149E-08	-4.5631268E-09	-4.3079394E-09	-1.6125328E-09	-3.6343267E-10	-2.1692362E-11	3.6112090E-11	7.1750163E-12	-1.0393877E-12	
4	-1.1508615E-05	6.3047281E-06	6.4438894E-06	3.3224363E-06	1.1394024E-06	1.3355717E-07	-1.2912403E-07	-9.5982359E-08	1.8510987E-08	
5	3.0859020E-05	7.6857433E-06	-2.2927330E-06	-3.5154732E-06	-1.9917344E-06	-4.6002655E-07	1.6344464E-07	2.3067954E-07	-3.4515674E-08	
6	1.4160312E-02	-1.7059710E-02	8.4959433E-02	-7.2627908E-02	-3.4173364E-02	1.2121900E-01	-1.1046706E-01	4.0307671E-02	-3.6939612E-03	
12	-2.4459224E-07	-1.6685416E-07	-7.2198692E-08	-1.6972053E-08	4.1837939E-09	8.0994340E-09	3.9302517E-09	-4.3646224E-10	-5.1231052E-10	
13	-1.3550861E-06	-4.6649581E-07	-2.5510888E-08	8.0869494E-08	6.4157036E-08	-2.2828942E-08	9.6004363E-09	-5.8849897E-09	8.9301272E-10	

10

20

30

40

【表 7】

実施例7

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	19.0143	1.10000	1.7725
2	4.2822	2.41665	
*3	-1.9650	1.04439	1.5110
*4	1.9510	1.12727	
*5	3.3580	2.70000	1.6140
*6	11.6317	0.34490	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.4440	2.65027	1.7130
9	-3.0978	0.20000	
10	-4.2395	0.80000	1.9229
11	-258.6831	0.15000	
*12	5.4289	2.64099	1.5110
*13	-2.2367	2.00000	
14	∞	0.55000	1.5168
15	∞	0.37857	
像面	∞		

(B)	
L	18.2
Bf	2.7
f	1.36
f1	-7.40
f2	-3.20
f3	6.84
f4	3.32
f5	-4.68
f6	3.51
f56	5.22
f123	-3.19
ERI	6.4

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	3.7195457E-02	-1.5029063E-03	-1.3680468E-03	-2.9408784E-04	-2.9719912E-05	4.1796430E-06	3.1479403E-06	1.0535937E-06	2.4133789E-07
4	0.000000E+00	7.8142180E-02	-2.9256774E-02	2.3754836E-02	1.0000802E-02	3.1220623E-04	-1.2294244E-03	-7.4210620E-04	-3.0115418E-04	-8.8572737E-05
5	0.000000E+00	-4.0815105E-04	2.1581699E-02	2.8751661E-03	1.8802502E-03	5.2129366E-04	-3.3746159E-04	-2.6506137E-04	3.7313483E-05	4.6351276E-05
6	0.000000E+00	-7.1139628E-04	1.8384332E-02	1.0241171E-02	-1.7384277E-02	1.4407392E-02	2.0611580E-02	-1.7179144E-03	-2.0699573E-02	-1.7735108E-02
12	0.000000E+00	1.7567774E-03	-7.5528037E-03	6.0648445E-04	5.1898713E-04	1.1614524E-04	1.2347537E-05	-9.2213678E-07	-9.4091586E-07	-4.8639161E-07
13	0.000000E+00	-1.7154267E-03	1.5317294E-02	-1.6985412E-03	-7.8763382E-04	9.4389609E-06	9.3916609E-05	3.4635185E-05	6.5360493E-06	-1.4029521E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.1372173E-08	-5.3341720E-09	-4.6158450E-09	-1.7130976E-09	-3.8707383E-10	-2.5817627E-11	3.5706564E-11	7.7310689E-12	-8.1390639E-13	
4	-1.2876140E-05	5.8354423E-06	6.3128873E-06	3.3011785E-06	1.1461831E-06	1.4314766E-07	-1.2168060E-07	-9.0240437E-08	2.1250539E-08	
5	3.1042462E-05	8.0362632E-06	-2.0668868E-06	-3.4220461E-06	-1.9717796E-06	-4.6525611E-07	1.5400817E-07	2.2321702E-07	-3.7647472E-08	
6	1.3632522E-02	-1.7401161E-02	8.4562120E-02	-7.3206382E-02	-3.4113991E-02	1.2160303E-01	-1.1033290E-01	4.0466775E-02	-3.6757261E-03	
12	-2.6047584E-07	-1.6543327E-07	-6.8866085E-08	-1.4848122E-08	5.1674133E-09	8.4524590E-09	4.0231896E-09	-4.4129855E-10	-5.4184985E-10	
13	-1.3671016E-06	-4.7844789E-07	-3.1731155E-08	7.8384095E-08	6.3366707E-08	-2.2909732E-08	9.6166208E-09	-5.8385090E-09	9.1882156E-10	

10

20

30

40

【表 8】

実施例8

(A)		(B)				
Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	L	ERI
1	18.6165	1.10000	1.7725	49.6	Bf	2.8
2	4.3350	2.40281			f	1.36
*3	-11.6217	1.04439	1.5316	55.1	f1	-7.57
*4	2.0105	1.12841			f2	-3.14
*5	3.4002	2.70000	1.6140	25.5	f3	6.82
*6	12.6334	0.34626			f4	3.36
7(St)	∞	0.30000			f5	-4.55
8	6.2806	2.65027	1.6935	53.2	f6	3.45
9	-3.0691	0.20000			f56	5.19
10	-4.3064	0.80000	1.9229	18.9	f123	-3.22
11	176.8730	0.15000				6.4
*12	5.3872	2.64198	1.5316	55.1		
*13	-2.3075	2.00000				
14	∞	0.40000	1.5168	64.2		
15	∞	0.519674z				
像面	∞					

(C)		RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	-1.3560185E-03	-2.9011136E-04	-2.8710092E-05	4.3834779E-06	3.1745098E-06	1.0515327E-06	2.3823933E-07
4	0.000000E+00	2.3649000E-02	9.9199619E-03	2.7058656E-04	-1.2466776E-03	-7.4786239E-04	-3.0236650E-04	-8.8341253E-05
5	0.000000E+00	2.9015955E-02	1.8431919E-03	4.9400076E-04	-3.4980523E-04	-2.6878555E-04	-3.7579211E-05	4.6953470E-05
6	0.000000E+00	1.0796810E-02	-1.6945857E-02	1.4548218E-02	2.0580418E-02	-1.8586581E-03	-2.0859746E-02	-1.7854642E-02
12	0.000000E+00	5.8022420E-04	5.0879171E-04	1.1351559E-04	1.1939126E-05	-8.9233239E-07	-8.9035890E-07	-4.6554419E-07
13	0.000000E+00	-1.7259590E-03	-7.9301496E-04	8.6701313E-06	9.3865857E-05	3.4624699E-05	6.5160932E-06	-1.4196877E-06
	RB12	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	2.9912863E-08	-1.7545707E-09	-3.9637625E-10	-2.6756950E-11	3.6379286E-11	8.3203681E-12	-7.0525857E-13	
4	-1.2380826E-05	3.4337729E-06	1.2068981E-06	1.6523750E-07	-1.1767163E-07	-9.3527864E-08	1.6096763E-08	
5	3.1576079E-05	-3.4075290E-06	-1.9874320E-06	-4.7863666E-07	1.4462068E-07	2.2098831E-07	-3.5237048E-08	
6	1.3540241E-02	-7.3140580E-02	-3.4009526E-02	1.2171736E-01	-1.1033733E-01	4.0418184E-02	-3.7982289E-03	
12	-2.5625374E-07	-7.0225208E-08	-1.5678850E-08	8.3379833E-09	4.0062008E-09	-4.3367894E-10	-5.2634625E-10	
13	-1.3768332E-06	-4.8303174E-07	-3.3615852E-08	-2.2957596E-08	9.6126126E-09	-5.8352927E-09	9.2242241E-10	

10

20

30

40

【表 9】

実施例9

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	17.9020	1.10000	1.8348
2	4.4051	2.28419	
*3	-12.6079	1.04000	1.5339
*4	1.9662	1.16000	
*5	3.0722	2.70000	1.5836
*6	11.8857	0.37412	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.5423	2.65028	1.7550
9	-3.0399	0.20000	
10	-3.7244	0.80000	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	6.0446	2.18621	1.5339
*13	-2.2636	0.15000	
14	∞	0.30000	1.5168
15	∞	2.46120	
像面	∞		

(B)	
L	17.8
Bf	2.8
f	1.35
f1	-7.27
f2	-3.11
f3	6.38
f4	3.12
f5	-4.04
f6	3.40
f56	5.84
f123	-3.36
ERI	6.3

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
	3	0.000000E+00	4.006911E-02	-1.090975E-03	-1.327974E-03	-2.999551E-04	-3.429546E-05	2.577954E-06	2.722027E-06	9.643562E-07
4	0.000000E+00	8.256066E-02	-3.036064E-02	2.274184E-02	9.671704E-03	2.478578E-04	-1.222295E-03	-7.255301E-04	-2.889630E-04	-8.172210E-05
5	0.000000E+00	8.745659E-04	2.015520E-02	2.825330E-03	1.964274E-03	5.766581E-04	-3.116091E-04	-2.569356E-04	-3.694074E-05	4.474164E-05
6	0.000000E+00	-1.069244E-03	2.030344E-02	8.530059E-03	-1.553265E-02	1.538049E-02	1.983175E-02	-2.862076E-03	-2.087376E-02	-1.692473E-02
12	0.000000E+00	3.709521E-03	-8.047954E-03	4.011329E-04	4.890126E-04	1.203760E-04	1.680015E-05	8.783783E-07	-4.125780E-07	-3.648759E-07
13	0.000000E+00	-3.170163E-03	1.494978E-02	-1.652609E-03	-7.644803E-04	7.780676E-06	9.041191E-05	3.326010E-05	6.299104E-06	-1.333446E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.238486E-08	-4.082017E-09	-4.045398E-09	-1.518543E-09	-3.354531E-10	-1.840956E-11	3.529446E-11	6.904337E-12	-1.164834E-12	
4	-9.546692E-06	7.281951E-06	6.889082E-06	3.506896E-06	1.205601E-06	1.504062E-07	-1.320780E-07	-1.039473E-07	9.400166E-09	
5	2.979093E-05	7.533451E-06	-2.080687E-06	-3.257136E-06	-1.806448E-06	-3.706093E-07	1.973609E-07	2.313088E-07	-4.987936E-08	
6	1.482703E-02	-1.621601E-02	8.484367E-02	-7.392121E-02	-3.446201E-02	1.202694E-01	-1.109502E-01	4.057535E-02	-2.553509E-03	
12	-2.399037E-07	-1.633389E-07	-6.908959E-07	-1.508953E-08	4.998456E-09	8.313838E-09	3.916500E-09	-4.859067E-10	-5.810676E-10	
13	-1.283550E-06	-4.309133E-07	-1.154108E-08	8.548557E-08	6.528926E-08	-2.325119E-08	9.475894E-09	-6.015565E-09	8.249449E-10	

10

20

30

40

【表 10】

実施例10

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	N _{dj}
1	19.5803	1.10000	1.7550
2	4.2212	2.29380	
*3	-12.4510	1.04000	1.5339
*4	1.9709	1.13366	
*5	3.1309	2.55984	1.6140
*6	11.2086	0.36032	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.6118	2.65028	1.7725
9	-3.0702	0.20000	
10	-3.7319	0.80000	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	5.9238	2.18027	1.5339
*13	-2.2424	0.15000	
14	∞	0.60000	1.5168
15	∞	2.19550	
像面	∞		

ν _{dj}	L
52.3	17.5
	2.7
	1.36
55.9	-7.35
	-3.11
25.5	6.31
	3.08
	-4.04
49.6	3.36
	5.69
18.9	-3.36
	6.4

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	3.9948848E-02	-1.1137545E-03	-1.3309814E-03	-3.0038892E-04	-3.4402300E-05	2.5420387E-06	2.7105504E-06	9.6119859E-07	2.2817587E-07
4	0.000000E+00	8.1784930E-02	-3.0331822E-02	2.2741218E-02	9.6428532E-03	2.2291919E-04	-1.2383655E-03	-7.3389469E-04	-2.9319958E-04	-8.3764309E-05
5	0.000000E+00	7.7132831E-04	1.9878510E-02	2.6597867E-03	1.9123889E-03	5.7289704E-04	-3.0423713E-04	-2.5078518E-04	-3.3824921E-05	4.5824150E-05
6	0.000000E+00	-7.9245340E-04	1.9903167E-02	8.1410514E-03	-1.5761885E-02	1.5345355E-02	1.9908451E-02	-2.7725467E-02	-2.0831303E-02	-1.6938937E-02
12	0.000000E+00	3.0766875E-03	-8.1211176E-03	3.9751676E-04	4.9032983E-04	1.2104778E-04	1.7059500E-05	9.8949984E-07	-3.5960001E-07	-3.3942046E-07
13	0.000000E+00	-3.1515149E-03	1.5067387E-02	-1.6268569E-03	-7.6255645E-04	6.9465913E-06	8.9932412E-05	3.3112590E-05	6.2735765E-06	-1.3294587E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.2265177E-08	-4.0826797E-09	-4.0363851E-09	-1.5135919E-09	-3.3362723E-10	-1.7843927E-11	3.5471944E-11	6.9344125E-12	-1.1680562E-12	
4	-1.0485898E-05	6.8736490E-06	6.7251867E-06	3.4494035E-06	1.1912463E-06	1.5144090E-07	-1.2696575E-07	-9.8807547E-08	1.3386159E-08	
5	2.9933653E-05	7.3725445E-06	-2.2717191E-06	-3.3959598E-06	-1.8878295E-06	-4.1076326E-07	1.8133649E-07	2.2789366E-07	-4.7895393E-08	
6	1.4767616E-02	-1.6299221E-02	8.4765081E-02	-7.3983858E-02	-3.4508226E-02	1.2025566E-01	-1.1095032E-01	4.0600006E-02	-2.5151177E-03	
12	-2.2830939E-07	-1.5848224E-07	-6.7176761E-08	-1.4405761E-08	5.2181870E-09	8.3745456E-09	3.9281284E-09	-4.8761656E-10	-5.8298476E-10	
13	-1.2770921E-06	-4.2691728E-07	-9.6230802E-09	8.6283748E-08	6.5583930E-08	-2.3092798E-08	9.5595448E-09	-6.0074431E-09	8.2532367E-10	

10

20

30

40

【表 1 1】

実施例11

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	21.2615	1.30000	1.7550
2	4.1145	2.28766	
*3	-12.1823	1.04000	1.5339
*4	1.9557	1.10403	
*5	2.9735	2.51285	1.6140
*6	12.3269	0.35517	
7(St)	∞	0.30000	
8	6.5531	2.65028	1.7725
9	-3.0630	0.20000	
10	-3.7335	0.64189	1.9229
11	∞	0.15000	
*12	6.9865	2.06464	1.5339
*13	-2.1919	0.15000	
14	∞	0.30000	1.5168
15	∞	1.00000	
像面	∞		

	ν dj
	52.3
	55.9
	25.5
	49.6
	6.09
	-3.61
	6.4

(C)		RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	4.0030838E-02	-1.0978633E-03	-1.3300128E-03	-3.0086781E-04	-3.4687705E-05	2.4337603E-06	2.6755794E-06	9.5090679E-07	2.2532408E-07
4	0.0000000E+00	8.0798589E-02	-3.0802319E-02	2.2548922E-02	9.5633228E-03	1.9033332E-04	-1.2515710E-03	-7.3921310E-04	-2.9532922E-04	-8.4603969E-05
5	0.0000000E+00	7.1068450E-04	2.0112218E-02	2.7754028E-03	1.9626136E-03	5.9315789E-04	-2.9667214E-04	-2.4822761E-04	-3.3089052E-05	4.5968424E-05
6	0.0000000E+00	-8.1581714E-04	2.0512080E-02	8.6494568E-03	-1.5514775E-02	1.5481397E-02	2.0020281E-02	-2.6715115E-03	-2.0751377E-02	-1.6882436E-02
12	0.0000000E+00	2.6103399E-03	-8.2012878E-03	3.7392207E-04	4.8367713E-04	1.1963182E-04	1.7017932E-05	1.1736365E-06	-2.1696137E-07	-2.6186282E-07
13	0.0000000E+00	-3.9477637E-03	1.4960594E-02	-1.6230684E-03	-7.5187890E-04	1.2811034E-05	9.2428742E-05	3.4058412E-05	6.6066107E-06	-1.2187194E-06
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	3.1528366E-08	-4.2699340E-09	-4.0815331E-09	-1.5240774E-09	-3.3602663E-10	-1.8407798E-11	3.5287787E-11	6.8781715E-12	-1.1934338E-12	
4	-1.0804934E-05	6.7624506E-06	6.6941674E-06	3.4468855E-06	1.1970826E-06	1.5827714E-07	-1.2133728E-07	-9.4729269E-08	1.6096803E-08	
5	2.9920500E-05	7.3372810E-06	-2.2965307E-06	-3.4082319E-06	-1.8919129E-06	-4.1038264E-07	1.83222269E-07	2.2993329E-07	-4.6088087E-08	
6	1.4804415E-02	-1.6264277E-02	8.4785004E-02	-7.3958484E-02	-3.4488381E-02	1.2025955E-01	-1.1094771E-01	4.0586491E-02	-2.5431818E-03	
12	-1.9271418E-07	-1.4410273E-07	-6.2104490E-08	-1.2961020E-08	5.4340202E-09	8.2636905E-09	3.7839989E-09	-5.9342708E-10	-6.4837046E-10	
13	-1.2422074E-06	-4.1657378E-07	-6.7358194E-09	8.6960017E-08	6.5710046E-08	-2.3091736E-08	9.5458611E-09	-6.0162942E-09	8.2092541E-10	

10

20

30

40

【表 1 2】

実施例 12

(A)		(B)				
Si	Ri	Di	N _{dj}	ν _{dj}	L	18.0
1	18.7463	1.10000	1.8348	42.7	Bf	2.8
2	4.5093	2.31246			f	1.32
*3	-16.0435	1.08823	1.5339	55.9	f1	-7.37
*4	1.8553	1.19022			f2	-3.05
*5	3.2054	2.70000	1.5836	30.3	f3	6.34
*6	16.5379	0.43533			f4	3.10
7(St)	∞	0.30000			f5	-3.52
8	6.0100	2.65021	1.7550	52.3	f6	3.19
9	-3.1037	0.20000			f56	5.46
10	-3.6049	0.80002	1.9591	17.5	f123	-3.48
11	59.5256	0.15001			ERI	6.3
*12	5.4301	2.28264	1.5339	55.9		
*13	-2.1206	0.15000				
14	∞	0.30000	1.5168	64.2		
15	∞	2.442192z				
像面	∞					

(C)		RB15		RB16		RB17		RB18		RB19		RB20	
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13	RB14
3	0.0000000E+00	3.8588951E-02	-1.3494183E-03	-1.3540159E-03	-2.9776191E-04	-3.2709758E-05	3.0182900E-06	2.8107893E-06	9.7402655E-07	2.2692522E-07			
4	0.0000000E+00	7.9672693E-02	-2.9876635E-02	2.3460175E-02	9.7138156E-03	1.7086551E-04	-1.2682795E-03	-7.4118481E-04	-2.9207151E-04	-8.1141431E-05			
5	0.0000000E+00	-9.6107661E-04	2.3118235E-02	2.1559144E-03	1.6361936E-03	5.5584849E-04	-2.7084839E-04	-2.3119476E-04	-2.8541246E-05	4.5429694E-05			
6	0.0000000E+00	-2.5100752E-03	2.0696071E-02	8.4811231E-03	-2.0325189E-02	1.4264469E-02	2.2585431E-02	2.7609814E-04	-1.9806829E-02	-1.7799396E-02			
12	0.0000000E+00	2.1629233E-03	-7.7035054E-03	4.6995359E-04	4.7153229E-04	1.0420325E-04	1.1414584E-05	2.9844657E-07	4.0619230E-08	-4.8492210E-09			
13	0.0000000E+00	-3.3902156E-03	1.6107442E-02	-1.5065148E-03	-8.2848288E-04	-2.2799213E-05	8.3872169E-05	3.3004940E-05	6.7518797E-06	-1.0884750E-06			
3	3.1182456E-08	-4.6398634E-09	-4.1777359E-09	-1.5293376E-09	-3.2668593E-10	-1.3322138E-11	3.6834952E-11	6.6513899E-12	-1.2743815E-12				
4	-8.5567475E-06	7.9271014E-06	7.1906501E-06	3.6111790E-06	1.2231332E-06	1.4260641E-07	-1.4222220E-07	-1.0855936E-07	9.8137275E-09				
5	2.8698186E-05	6.6645682E-06	-2.4498025E-06	-3.3215772E-06	-1.7597042E-06	-3.1417589E-07	2.2848289E-07	2.3984785E-07	-5.8588406E-08				
6	1.2951281E-02	-1.8017420E-02	8.3943488E-02	-7.3842160E-02	-3.3860370E-02	1.2159895E-01	-1.0984309E-01	4.0775212E-02	-3.7627941E-03				
12	-8.3716453E-08	-1.1891557E-07	-6.4592244E-08	-1.9209433E-08	1.5356114E-09	6.7249144E-09	3.4844257E-09	-4.7020559E-10	-3.9899904E-10				
13	-1.2015341E-06	-4.1181210E-07	-1.0972676E-08	8.4795619E-08	6.4555678E-08	-2.3404754E-08	9.4834428E-09	-5.9758082E-09	8.5899942E-10				

10

20

30

40

【表 1 3】

実施例13

(A)		(B)				
Si	Ri	Di	Ndj	ν dj	L	17.3
1	17.7341	1.10000	1.8348	42.7	Bf	2.7
2	4.4617	2.31398			f	1.24
*3	-18.2169	1.05272	1.5339	55.9	f1	-7.42
*4	1.6925	1.19321			f2	-2.85
*5	3.0699	2.78256	1.5836	30.3	f3	5.93
*6	18.1145	0.42953			f4	3.01
7(St)	∞	0.30865			f5	-3.38
8	5.9552	2.20510	1.7550	52.3	f6	3.03
9	-3.0974	0.20000			f56	5.17
10	-4.0786	0.50756	2.1435	17.8	f123	-3.46
11	80.5799	0.15000			ER1	6.5
*12	5.5532	2.32603	1.5339	55.9		
*13	-1.9514	0.15000				
14	∞	0.30000	1.5168	64.2		
15	∞	2.385494z				
像面	∞					

(C)		RB15		RB16		RB17		RB18		RB19		RB20	
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13	RB14
3	0.000000E+00	3.8487440E-02	-1.4596050E-03	-1.3650318E-03	-2.9500968E-04	-3.1224311E-05	3.4257304E-06	2.8925086E-06	9.8607153E-07	2.2763519E-07	3.0836953E-08	-4.8445148E-09	-4.2159469E-09
4	0.000000E+00	7.4574264E-02	-3.0193365E-02	2.3867204E-02	9.8160113E-03	1.6707089E-04	-1.2794907E-03	-7.4487643E-04	-2.9154202E-04	-7.9684984E-05	-7.3962712E-06	8.6023891E-06	7.5137963E-06
5	0.000000E+00	-3.0972246E-03	2.2730622E-02	2.2779053E-03	1.8071022E-03	6.3193013E-04	-2.5556743E-04	-2.3586608E-04	-3.5015245E-05	4.1599093E-05	2.7169597E-05	6.3417841E-06	-2.3381583E-06
6	0.000000E+00	-2.6016501E-03	2.3051605E-02	9.6294347E-03	-2.1420725E-02	1.3517336E-02	2.2875346E-02	8.7147609E-04	-1.9388953E-02	-1.7730221E-02	1.2787967E-02	-1.8248460E-02	8.3796722E-02
12	0.000000E+00	-1.8727334E-03	-8.0348140E-03	5.9209228E-04	5.3715895E-04	1.2118341E-04	1.2949639E-05	-8.4618077E-07	-8.2754637E-07	-3.8654847E-07	0.000000E+00	-1.0765061E-06	-1.4085738E-07
13	0.000000E+00	-4.3095631E-03	1.6612698E-02	-1.3967061E-03	-8.3499609E-04	-3.0578642E-05	8.2270656E-05	3.3359394E-05	7.2366637E-06	-8.0841479E-07	RB12	RB13	RB14
3	3.0836953E-08	-4.8445148E-09	-4.2159469E-09	-1.5304181E-09	-3.2360429E-10	-1.2089246E-11	3.7690265E-11	6.9324349E-12	-1.4351974E-12				
4	-7.3962712E-06	8.6023891E-06	7.5137963E-06	3.7368498E-06	1.2588770E-06	1.4466297E-07	-1.4880268E-07	-1.1587888E-07	6.2952088E-09				
5	2.7169597E-05	6.3417841E-06	-2.3381583E-06	-3.1386667E-06	-1.6234787E-06	-2.4162846E-07	2.5761970E-07	2.4022973E-07	-7.0017938E-08				
6	1.2787967E-02	-1.8248460E-02	8.3796722E-02	-7.3872430E-02	-3.3730713E-02	1.2160677E-01	-1.0971800E-01	4.0723204E-02	-3.8030623E-03				
12	-2.0423657E-07	-1.4085738E-07	-6.0178227E-08	-1.2395011E-08	5.5935639E-09	8.3326196E-09	3.7828914E-09	-6.7326118E-10	-7.1814722E-10				
13	-1.0765061E-06	-3.6399092E-07	6.5674289E-09	8.9261729E-08	6.5624404E-08	-2.3472942E-08	9.2897340E-09	-6.1178469E-09	7.7694390E-10				

10

20

30

40

【表 1 4】

実施例 14

(A)				(B)			
Si	Ri	Di	Ndj	ν	dj	L	ERI
1	19.5408	1.10000	1.7725		49.6	17.9	
2	4.6528	2.34575				2.7	
*3	-12.1993	1.04005	1.5339		55.9	1.36	
*4	2.2827	1.15665				-8.17	
*5	3.4648	2.32737	1.6336		23.6	-3.51	
*6	7.4016	0.58440				8.36	
7(St)	∞	0.50011				3.30	
8	6.4935	2.48664	1.7550		52.3	-5.42	
9	-3.3707	0.20000				3.56	
10	-4.2419	0.80001	1.9229		18.9	5.08	
11	-30.3670	0.15000				-3.05	
*12	6.9227	2.41814	1.5339		55.9	6.6	
*13	-2.3036	0.15000					
14	∞	0.30000	1.5168		64.2		
15	∞	2.39381					
像面	∞						

(C)												
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13
3	0.000000E+00	3.8301292E-02	-1.3020555E-03	-1.3466622E-03	-2.9505889E-04	-3.1002177E-05	3.7482005E-06	3.0486299E-06	1.0406199E-06	2.4297599E-07		
4	0.000000E+00	8.1476528E-02	-3.0265840E-02	2.3371804E-02	9.9953925E-03	3.7272084E-04	-1.1833138E-03	-7.1648427E-04	-2.8879131E-04	-8.3142149E-05		
5	0.000000E+00	5.4458849E-03	2.2404469E-02	3.0300218E-03	1.8642040E-03	5.2000539E-04	-3.2335663E-04	-2.5236837E-04	-3.0495498E-05	4.8987603E-05		
6	0.000000E+00	5.3186943E-03	2.0389406E-02	8.3951141E-03	-1.6262038E-02	1.6576462E-02	2.1866804E-02	-1.5067169E-03	-2.1018727E-02	-1.8201761E-02		
12	0.000000E+00	7.2131851E-03	-6.9864812E-03	5.9346494E-04	4.9420028E-04	1.0766043E-04	1.0852771E-05	-1.0820116E-06	-8.9658182E-07	-4.3334361E-07		
13	0.000000E+00	1.3649383E-03	1.5811569E-02	-1.5122789E-03	-7.3084818E-04	2.1585100E-05	9.5768040E-05	3.4894164E-05	6.6447647E-06	-1.3189784E-06		
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20			
3	3.3371340E-08	-4.4381748E-09	-4.3125566E-09	-1.6231903E-09	-3.6830741E-10	-2.3379546E-11	3.569230E-11	7.0313334E-12	-1.0661587E-12			
4	-1.0694679E-05	6.6258263E-06	6.5606052E-06	3.3576507E-06	1.1447504E-06	1.2971632E-07	-1.3457211E-07	-1.0077472E-07	1.5208511E-08			
5	3.1758224E-05	8.1309274E-06	-2.0822846E-06	-3.4210113E-06	-1.9526700E-06	-4.4639697E-07	1.6565839E-07	2.2840819E-07	-3.8057320E-08			
6	1.3319810E-02	-1.7854956E-02	8.4430365E-02	-7.2822713E-02	-3.4045007E-02	1.2154545E-01	-1.1009769E-01	4.0568157E-02	-3.6813858E-03			
12	-2.3156270E-07	-1.5786055E-07	-6.7029281E-08	-1.4871140E-08	4.8393780E-09	8.2033742E-09	3.8518774E-09	-5.2146977E-10	-5.6827939E-10			
13	-1.3165378E-06	-4.5225576E-07	-2.0413830E-08	8.2839220E-08	6.5138606E-08	-2.4317763E-08	9.7462517E-09	-6.1738542E-09	8.7716077E-10			

10

20

30

40

【表 15】

実施例 15

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	20.8161	1.10000	1.7725
2	4.3148	2.37552	
*3	-14.5157	1.04005	1.5339
*4	2.7852	0.67607	
*5	3.4325	2.22028	1.6336
*6	4.4185	0.76934	
7(St)	∞	0.50011	
8	6.1488	2.26866	1.7550
9	-3.5492	0.20000	
10	-4.2337	0.80001	1.9229
11	-19.3225	0.15000	
*12	7.3174	2.52643	1.5339
*13	-2.1296	0.15000	
14	∞	0.30000	1.5168
15	∞	2.585642z	
像面	∞		

(B)	
	ν dj
L	17.6
Bf	2.9
f	1.32
f1	-7.26
f2	-4.29
f3	12.96
f4	3.31
f5	-6.03
f6	3.41
f56	4.35
f123	-2.41
ERI	6.5

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	3.715207E-02	-1.2997268E-03	-1.3456267E-03	-2.9432181E-04	-3.0563181E-05	3.9170890E-06	3.0999162E-06	1.0540443E-06	2.4604648E-07
4	0.000000E+00	8.2250176E-02	-3.0369752E-02	2.3357276E-02	9.9816608E-03	3.6073690E-04	-1.1909755E-03	-7.2059901E-04	-2.9075197E-04	-8.3978586E-05
5	0.000000E+00	1.0150619E-02	2.6860193E-02	4.1421179E-03	2.1411002E-03	5.6832605E-04	-3.2015090E-04	-2.5397174E-04	-3.2179445E-05	4.8965057E-05
6	0.000000E+00	9.5198367E-04	2.6845516E-02	7.5302929E-03	-1.7009971E-02	1.7751133E-02	2.4282095E-02	4.5583807E-04	-2.0326982E-02	-1.8852099E-02
12	0.000000E+00	8.0590170E-03	-7.0079690E-03	5.9092907E-04	4.9343813E-04	1.0656663E-04	1.0220513E-05	-1.2985890E-06	-9.4714948E-07	-4.5091585E-07
13	0.000000E+00	2.8488226E-03	1.6136986E-02	-1.5138456E-03	-7.5390828E-04	1.0742549E-05	9.2173174E-05	3.3444649E-05	6.2772145E-06	-1.3914252E-06
3	3.3973125E-08	-4.3383843E-09	-4.3101072E-09	-1.6290643E-09	-3.7154716E-10	-2.4650897E-11	3.5362554E-11	6.9508352E-12	-1.0700161E-12	
4	-1.1006513E-05	6.5325716E-06	6.5464383E-06	3.3655900E-06	1.1537883E-06	1.3697898E-07	-1.3193906E-07	-1.0015688E-07	1.4985526E-08	
5	3.1905703E-05	8.0212348E-06	-2.1933012E-06	-3.4304616E-06	-1.9840205E-06	-4.4800962E-07	1.6313283E-07	2.2691604E-07	-3.8419262E-08	
6	1.2166831E-02	-1.8720139E-02	8.4163074E-02	-7.2535532E-02	-3.3415378E-02	1.2222766E-01	-1.09633581E-01	4.0565197E-02	-4.3384751E-03	
12	-2.4874429E-07	-1.6276673E-07	-7.0797480E-08	-1.6468885E-08	4.2234036E-09	7.9598934E-09	4.2115961E-09	-5.2493470E-10	-5.3834510E-10	
13	-1.3161231E-06	-4.4255484E-07	-2.0303969E-08	8.8116116E-08	6.5428728E-08	-2.5659319E-08	9.6844929E-09	-6.2089107E-09	9.4434420E-10	

10

20

30

40

【表 16】

実施例16

(A)				(B)			
Si	Ri	Di	Ndj	ν	dj		
1	18.7533	1.10000	1.7725	49.6		L	17.6
2	4.3303	2.57437				Bf	2.2
*3	-6.0784	1.10069	1.5339	55.9		f	1.31
*4	1.8968	1.00457				f1	-7.54
*5	2.8661	2.86877	1.6336	23.6		f2	-2.58
*6	18.5046	0.26287				f3	5.00
7(St)	∞	0.30020				f4	3.45
8	5.4023	2.61305	1.6180	63.3		f5	-4.27
9	-2.8661	0.20000				f6	3.10
*10	-11.1783	0.80000	1.6336	23.6		f56	5.08
*11	3.6728	0.15000				f123	-3.63
*12	4.1487	2.37759	1.5339	55.9		ERI	6.4
*13	-2.2022	1.45000					
14	∞	0.30000	1.5168	64.2			
15	∞	0.59871					
像面	∞						

(C)												
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13
3	0.000000E+00	3.6657033E-02	-1.1693465E-03	-1.0696269E-03	-2.1402853E-04	-1.8362935E-05	3.7072483E-06	2.2919507E-06	7.3540666E-07	1.6082904E-07		
4	0.000000E+00	3.8072568E-02	-2.3112886E-02	1.7687996E-02	7.1533557E-03	-3.4066181E-04	-1.1966272E-03	-6.0106857E-04	-1.9787773E-04	-3.4109616E-05		
5	0.000000E+00	-1.1974064E-02	1.5962746E-02	2.4764019E-03	1.5499029E-03	4.6728857E-04	-3.1431346E-04	-2.6666233E-04	-5.6285323E-05	2.9468305E-05		
6	0.000000E+00	-2.4909692E-03	2.6610524E-02	-4.5992208E-03	-1.5270179E-02	1.7786778E-02	1.9760912E-02	-4.0411666E-03	-2.1885250E-02	-1.7431835E-02		
10	1.000000E+00	-8.0725986E-03	-1.1831671E-02	6.1539058E-04	2.0518478E-04	-1.8443362E-04	-8.3541204E-05	2.4485575E-05	3.8479657E-05	9.7995834E-06		
11	1.000000E+00	-1.4837526E-02	-1.8995953E-03	-7.7828305E-04	1.4135006E-05	5.7851345E-05	1.4053162E-05	-2.1648860E-06	-2.1198145E-06	-9.2687142E-07		
12	0.000000E+00	8.2105919E-03	-7.9168456E-03	3.7999098E-04	3.1885879E-04	5.7961484E-05	4.7033433E-06	2.0526790E-07	2.1351975E-07	6.7853798E-09		
13	0.000000E+00	8.9302603E-03	1.5224564E-02	-2.8235937E-03	-9.3350545E-04	3.3434863E-05	1.0792124E-04	3.7305926E-05	6.5004409E-06	-1.6080304E-06		
		RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20			
3	1.7840356E-08	-5.7442838E-09	-3.7072607E-09	-1.2231102E-09	-2.0449764E-10	1.9397425E-11	4.0633566E-11	6.3533702E-12	-2.5429409E-12			
4	1.0485822E-05	1.3957976E-05	8.2525630E-06	3.2415168E-06	7.0349392E-07	-1.9467560E-07	-2.9079628E-07	-1.4021740E-07	4.1144932E-08			
5	2.2993164E-05	6.3077195E-06	-1.2538044E-06	-2.2344048E-06	-1.1657029E-06	-7.9425355E-08	2.6701232E-07	2.1639629E-07	-8.3019456E-08			
6	1.4852625E-02	-1.6813019E-02	8.5484969E-02	-7.3322171E-02	-3.3300632E-02	1.1977025E-01	-1.1097353E-01	4.0617885E-02	-2.8915634E-03			
10	-1.9091660E-05	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00			
11	-5.9359664E-07	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00			
12	-1.1509747E-07	-1.4222116E-07	-7.4269970E-08	-2.1355037E-08	1.8946094E-09	7.9489272E-09	3.7856274E-09	-4.2847331E-10	-4.6756867E-10			
13	-1.4532413E-06	-5.3485351E-07	-5.6697041E-08	6.8037917E-08	5.9265913E-08	-2.3314872E-08	9.9576950E-09	-5.7677101E-09	1.0174086E-09			

10

20

30

40

【表 17】

実施例 17

(A)		(B)	
Si	Ri	Di	Ndj
1	170720	1.10000	1.7725
2	4.8454	2.76434	
*3	-11.5218	1.10069	1.5339
*4	1.9329	1.39107	
*5	3.5446	3.13824	1.6336
*6	9.0612	0.37228	
7(St)	∞	0.30020	
8	5.9129	2.61003	1.6180
9	-3.0024	0.20000	
*10	-14.9178	0.80000	1.6336
*11	3.4594	0.15000	
*12	3.9457	2.66775	1.5339
*13	-2.2480	1.45000	
14	∞	0.30000	1.5168
15	∞	0.98160	
像面	∞		

(B)	
	ν dj
L	19.2
Bf	2.6
f	1.31
f1	-9.12
f2	-3.01
f3	7.53
f4	3.63
f5	-4.36
f6	3.16
f56	5.01
f123	-2.93
ERI	7.2

面番号	(C)												
	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13	RB14
3	0.000000E+00	2.9435396E-02	-1.4177565E-03	-1.0271427E-03	-1.9574916E-04	-1.4033216E-05	4.3022442E-06	2.2548755E-06	6.7730233E-07	1.3681069E-07			
4	0.000000E+00	6.3237880E-02	-2.0898794E-02	1.3045598E-02	6.1306700E-03	-1.6516443E-04	-9.4895306E-04	-4.7216004E-04	-1.5123450E-04	-2.3243903E-05			
5	0.000000E+00	1.1524321E-03	1.2825813E-02	1.5024288E-03	1.1291876E-03	4.4383361E-04	-2.5270545E-04	-2.2637358E-04	-4.0144890E-05	3.4685321E-05			
6	0.000000E+00	-2.4666675E-03	2.8157943E-02	-1.31113929E-02	-4.9130077E-03	2.1988229E-02	1.4488640E-02	-9.9426912E-03	-2.2992864E-02	-1.4135637E-02			
10	1.000000E+00	-5.6487593E-03	-1.5449110E-02	-1.3697411E-05	-2.5443167E-05	-2.3666339E-04	-3.8604781E-05	9.1489687E-05	8.5241718E-05	2.5745442E-05			
11	0.000000E+00	-1.4999331E-02	-8.6372961E-03	-2.1505026E-03	-6.1354508E-05	1.3235233E-04	5.7619817E-05	1.2395774E-05	6.3328409E-07	-1.1241963E-06			
12	0.000000E+00	-3.0707778E-03	-6.3073038E-03	7.3331087E-04	3.1518354E-04	4.7399959E-05	5.3470188E-06	2.8448009E-06	1.8184423E-06	6.3883485E-07			
13	0.000000E+00	-5.6048503E-03	1.6289539E-02	-2.5669546E-03	-7.5138339E-04	1.0700628E-04	1.2647514E-04	4.0657515E-05	6.8548781E-06	-1.6399011E-06			
3	1.0802148E-08	-7.3223196E-09	-3.9428358E-09	-1.2191358E-09	-1.8518535E-10	2.8000483E-11	4.3070595E-11	6.6725349E-11	-2.6882543E-12				
4	1.0008595E-05	1.1485179E-05	6.3733967E-06	2.2240061E-06	2.6515664E-07	-3.3486685E-07	-3.0627740E-07	-1.1644221E-07	6.9038745E-08				
5	2.4636511E-05	6.8697121E-06	-1.1088381E-06	-2.2864177E-06	-1.2852731E-06	-1.8694037E-07	2.0480220E-07	2.0068691E-07	-6.5659299E-08				
6	1.9463628E-02	-1.3722125E-02	8.5745911E-02	-7.5522070E-02	-3.6358720E-02	1.1760476E-01	-1.1114909E-01	4.2269098E-02	-2.0315415E-03				
10	-2.7636685E-05	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00				
11	-8.8380372E-07	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00				
12	5.5540427E-08	-1.2444350E-07	-8.8088469E-08	-3.3302139E-08	-4.0048431E-09	5.8736764E-09	3.3824856E-09	-3.0079628E-10	-2.6066932E-10				
13	-1.4808007E-06	-5.4159082E-07	-5.6569060E-08	6.8961622E-08	5.9732630E-08	-2.3215205E-08	9.9068760E-09	-5.8443570E-09	9.5513453E-10				

10

20

30

40

【表 18】

実施例 18

(A)

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1	16.7345	1.10000	1.7725	49.6
2	4.2717	2.79711		
*3	-8.6275	1.20000	1.5339	55.9
*4	1.8168	1.01194		
*5	2.8941	3.02110	1.6336	23.6
*6	8.6673	0.45000		
7(St)	∞	0.25438		
*8	4.5948	1.80000	1.5339	55.9
*9	-1.3632	0.10000		
*10	-2.2134	0.80000	1.6336	23.6
*11	-4.6480	0.15000		
*12	-7.5843	1.00000	1.5339	55.9
*13	-2.6051	1.45000		
14	∞	0.40000	1.5168	64.2
15	∞	0.68725		
像面	∞			

(B)

L	16.1
Bf	2.4
f	1.11
f1	-7.72
f2	-2.70
f3	5.70
f4	2.20
f5	-7.64
f6	6.95
f56	18.65
f123	-2.76
ERI	6.4

(C)

面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11
3	0.000000E+00	1.8376947E-02	-5.3428328E-03	-1.2951218E-04	6.4308259E-05	1.9362798E-05	3.2746129E-06	7.3336348E-08	-1.4850844E-07	-6.5777459E-08
4	0.000000E+00	6.3288508E-02	-3.5180789E-03	3.1506309E-03	3.3568174E-03	-9.3459970E-06	-5.1442930E-04	-2.8027767E-04	-1.0935559E-04	-3.4816294E-05
5	0.000000E+00	1.2031761E-02	2.3100557E-02	-4.4110329E-04	-3.9341123E-04	7.7968170E-04	2.6642848E-04	-4.2268520E-05	-5.4084700E-05	-1.7581980E-05
6	0.000000E+00	1.7829189E-03	3.5030459E-02	-3.2861003E-03	2.2264469E-02	1.07399897E-02	-8.2927429E-03	-1.5453281E-02	-1.2431203E-02	-3.6556586E-03
8	0.000000E+00	2.2292669E-02	-6.3564319E-02	-1.7358338E-01	6.2489083E-01	-4.5147260E-01	-5.0237810E-01	-5.8003338E-02	8.9024805E-01	7.5167230E-01
9	0.000000E+00	-2.5941784E-02	-1.8497313E-03	-1.2206569E-02	-7.1460535E-03	-2.5813114E-03	-3.5566675E-04	3.7499664E-04	4.1456903E-04	2.2492494E-04
10	0.000000E+00	-3.2890441E-02	-1.2012659E-02	-1.8612274E-03	-1.1183007E-04	1.3947648E-04	2.0598768E-04	2.5514961E-04	2.9365547E-04	2.0454647E-04
11	0.000000E+00	5.7748657E-03	3.7577243E-03	6.8418485E-04	4.6024309E-04	2.0952609E-04	-1.1055394E-05	-1.0796510E-04	-1.2110051E-04	-8.3290614E-05
12	0.000000E+00	2.9554360E-02	7.2675869E-03	2.8443979E-03	9.6136878E-04	4.5638691E-04	2.9047296E-04	1.8029222E-04	8.6739520E-05	2.1016321E-05
13	0.000000E+00	-1.1636875E-03	2.2544163E-02	2.8070136E-04	1.0628997E-03	1.6177879E-03	1.1739172E-03	6.2364874E-04	2.6106422E-04	8.1092650E-05
	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	
3	-1.9880797E-08	-4.3529890E-09	-6.1956473E-10	5.2122703E-11	7.8178794E-11	3.5876045E-11	1.0788517E-11	6.0209036E-13	-1.0793226E-12	
4	-8.3752046E-06	-5.5351217E-07	1.0679538E-06	9.1396066E-07	5.7438868E-07	7.2298191E-07	9.1673325E-08	1.2242891E-09	-3.1392286E-08	
5	-7.2287806E-06	-2.3404937E-06	-4.7441180E-07	9.2872587E-08	1.4558401E-07	1.0324208E-07	3.2921505E-08	5.0452688E-09	-1.0064348E-08	
6	4.3202333E-03	1.3650888E-02	1.2172522E-02	3.7164124E-03	-8.5634604E-04	-3.8176081E-03	8.1764038E-04	-3.0834732E-02	2.0454964E-02	
8	-6.2723893E-01	-1.0180173E+00	-4.4302801E-01	2.5085363E-01	5.8097485E-01	1.1257653E+00	4.6518291E-02	-1.9855272E+00	9.8726163E-01	
9	2.7850599E-05	-9.5410488E-05	-1.4354071E-04	-1.4056834E-04	-1.0834837E-04	-6.3307968E-05	-1.6620135E-05	2.4854548E-05	5.7877260E-05	
10	2.0369480E-04	1.8584905E-04	1.5353959E-04	1.1361183E-04	7.2948274E-05	3.5902660E-05	4.8588021E-06	-1.9212217E-05	-3.6137559E-05	
11	-5.5997622E-05	-3.4345710E-05	-1.9081621E-05	-9.1243452E-06	-3.0270434E-06	4.5774146E-07	2.2562856E-06	3.0213537E-06	3.1741450E-06	
12	-1.4884274E-05	-2.9620522E-05	-3.0699187E-05	-2.6361746E-05	-1.7141614E-05	-9.6434065E-06	-3.6614049E-06	5.3685225E-07	3.1369738E-06	
13	2.9541427E-06	-2.0313280E-05	-2.1025459E-05	-1.5202983E-05	-9.0765060E-06	-4.5266524E-06	-1.7911022E-06	-2.9437146E-07	3.8677527E-07	

10

20

30

40

【表 19】

実施例19

(A)		(B)			
Si	Ri	Di	Ndj	ν	dj
1	17.0382	1.10000	1.7725	49.6	
2	4.2973	2.76873			
*3	-11.6712	1.05001	1.5339	55.9	
*4	1.9906	1.12033			
*5	2.9828	2.80000	1.6336	23.6	
*6	8.0480	0.77559			
7(St)	∞	0.25000			
*8	4.7068	1.80000	1.5339	55.9	
*9	-1.4215	0.10000			
*10	-2.0997	0.80000	1.6336	23.6	
*11	-3.1414	0.15000			
*12	-7.8968	1.00004	1.5339	55.9	
*13	-2.4687	1.00000			
14	∞	0.30000	1.5168	64.2	
15	∞	0.83900			
像面	∞				

(C)		(B)																			
面番号	KA	RB3	RB4	RB5	RB6	RB7	RB8	RB9	RB10	RB11	RB12	RB13	RB14	RB15	RB16	RB17	RB18	RB19	RB20	RB21	
3	0.000000E+00	1.9961573E-02	-5.0111720E-03	-5.8322837E-05	7.4642634E-05	1.9655477E-05	2.8356119E-06	-1.1782620E-07	-1.9998872E-07	-7.4552448E-08											
4	0.000000E+00	6.7887635E-02	1.9893352E-03	4.2006484E-03	3.2536335E-03	-1.9370143E-04	-6.2034487E-04	-3.2823429E-04	-1.2873637E-04	-4.1972853E-05											
5	0.000000E+00	1.5229389E-02	2.2128468E-02	-1.0181562E-03	-5.8141933E-04	7.1158064E-04	2.3785358E-04	-5.3839229E-05	-5.7862069E-05	-1.8318226E-05											
6	0.000000E+00	-5.5117055E-03	3.8005330E-02	4.8594621E-03	1.2860603E-02	-5.7733341E-03	-1.6980945E-02	-1.1836823E-02	5.9632792E-04	1.0366148E-02											
8	0.000000E+00	1.8510215E-02	-5.8065830E-02	-1.6814230E-01	6.2598079E-01	-4.5485804E-01	-5.0734771E-01	-6.1249600E-02	8.9049669E-01	7.553144E-01											
9	0.000000E+00	-1.6913785E-02	-3.0327260E-03	-9.8632086E-03	-5.4405072E-03	-2.0277596E-03	-4.8654933E-04	1.7265868E-05	8.8221477E-05	2.4044007E-05											
10	0.000000E+00	-3.4283119E-02	-9.8010886E-03	-2.3751906E-03	-7.8360373E-04	-1.6397521E-04	1.5365198E-04	2.9576208E-04	3.2822209E-04	1.9754673E-04											
11	0.000000E+00	1.6906985E-03	-9.0903748E-04	-8.5557590E-04	-4.8860022E-04	-4.8538263E-04	-4.6590266E-04	-3.6557741E-04	-2.4610370E-04	-1.3219641E-04											
12	0.000000E+00	3.2700613E-02	7.6825152E-03	-1.1893391E-04	-6.2763145E-04	-7.4705995E-05	1.8663113E-04	1.9033868E-04	1.0371759E-04	2.3123497E-05											
13	0.000000E+00	-5.4575695E-03	2.1088672E-02	5.7268761E-04	5.1260736E-04	1.0102027E-03	8.1073703E-04	4.7358111E-04	2.2950613E-04	9.8143599E-05											
3	-1.9894511E-08	-3.6468998E-09	-2.4119429E-10	1.8624409E-10	1.1702561E-10	4.2855210E-11	1.0914310E-11	-3.5927702E-13	-1.4502877E-12												
4	-1.0710644E-05	-1.1343050E-06	1.0497823E-06	1.0260664E-06	6.7674887E-07	3.3639867E-07	1.2076485E-07	9.1904417E-09	-3.3768696E-08												
5	-7.1710730E-06	-2.2604713E-06	-5.0718617E-07	-3.1627729E-07	5.2851463E-08	3.3597801E-08	5.7024868E-10	1.4531935E-09	8.5840370E-10												
6	1.688488E-02	1.4171716E-02	6.8529281E-03	-8.2778354E-03	-7.6941262E-03	-9.7885717E-03	-8.5486134E-03	-3.2992581E-02	3.7802525E-02												
8	-6.2082192E-01	-1.0107167E+00	-4.3669249E-01	2.5453041E-01	5.8073119E-01	1.1210284E+00	3.7692815E-02	-1.9967236E+00	9.7717975E-01												
9	-4.6330350E-05	-7.9717312E-05	-8.0910814E-05	-6.5796550E-05	-4.4201187E-05	-2.1598845E-05	-1.1183304E-06	1.5557615E-05	2.7873572E-05												
10	1.5722144E-04	1.1714162E-04	8.1325883E-05	5.2040890E-05	2.9896650E-05	1.3875711E-05	2.566254E-06	-5.1051905E-06	-9.9159985E-06												
11	-6.7256871E-05	-3.0268037E-05	-1.0966304E-05	-1.8275622E-06	1.9295311E-06	3.0615996E-06	3.0372872E-06	2.5983210E-06	2.0710373E-06												
12	-2.3882887E-05	-4.2469348E-05	-4.2540766E-05	-3.3758637E-05	-2.2449432E-05	-1.2055512E-05	-3.9743613E-06	1.5604414E-06	4.8901425E-06												
13	3.1563995E-05	4.6134411E-06	-3.8220422E-06	-5.1235574E-06	-4.1632632E-06	-2.861062E-06	-1.9201815E-06	-1.2626805E-06	-8.5529088E-07												

10

20

30

40

【表 20】

実施例	条件式														
	(1) (D6+D7)/f	(2) D12/f	(3) f56/f	(4) (R8+R9)/(R8-R9)	(5) R2/f	(6) D3/f	(7) (R12+R13)/(R12-R13)	(8) f5/f	(9) D2/f	(10) D5/f	(11) L/f	(12) Bf/f	(13) $\nu d3 + \nu d5$	(14) (R3+R4)/(R3-R4)	(15) (R5+R6)/(R5-R6)
1	0.47	1.92	3.92	0.35	3.10	0.75	0.42	-3.39	1.75	1.96	13.18	1.99	42.51	0.68	-1.90
2	0.45	1.58	4.21	0.35	3.25	0.77	0.44	-3.30	1.69	2.00	13.01	2.03	42.51	0.72	-1.92
3	0.52	2.01	3.56	0.36	3.34	0.77	0.48	-3.77	1.75	2.00	13.48	1.98	42.51	0.69	-2.13
4	0.52	2.06	3.59	0.38	3.24	0.77	0.45	-3.73	1.71	2.01	13.52	1.99	42.51	0.77	-2.27
5	0.50	1.94	3.99	0.34	3.23	0.79	0.41	-3.56	1.79	2.04	13.71	2.07	42.51	0.77	-2.10
6	0.46	1.86	3.98	0.35	3.14	0.76	0.42	-3.44	1.70	1.96	13.11	1.99	42.51	0.71	-2.07
7	0.47	1.94	3.84	0.35	3.15	0.77	0.42	-3.44	1.78	1.98	13.39	2.01	44.42	0.72	-1.81
8	0.47	1.94	3.81	0.34	3.18	0.77	0.40	-3.34	1.77	1.98	13.40	2.04	44.42	0.71	-1.74
9	0.50	1.62	4.34	0.37	3.27	0.77	0.46	-3.00	1.70	2.01	13.19	2.09	49.17	0.73	-1.70
10	0.49	1.61	4.20	0.37	3.11	0.77	0.45	-2.98	1.69	1.89	12.91	2.02	44.42	0.73	-1.78
11	0.48	1.51	4.46	0.36	3.01	0.76	0.52	-2.96	1.67	1.84	12.69	2.00	44.42	0.72	-1.64
12	0.56	1.73	4.14	0.32	3.42	0.82	0.44	-2.67	1.75	2.05	13.64	2.11	47.74	0.79	-1.48
13	0.60	1.88	4.17	0.32	3.60	0.85	0.48	-2.73	1.87	2.24	13.95	2.20	48.07	0.83	-1.41
14	0.80	1.78	3.75	0.32	3.43	0.77	0.50	-4.00	1.73	1.72	13.17	2.02	42.51	0.68	-2.76
15	0.96	1.92	3.30	0.27	3.28	0.79	0.55	-4.58	1.80	1.69	13.33	2.23	42.51	0.68	-7.96
16	0.43	1.82	3.89	0.31	3.32	0.84	0.31	-3.27	1.97	2.20	13.49	1.72	47.22	0.52	-1.37
17	0.52	2.04	3.83	0.33	3.71	0.84	0.27	-3.34	2.12	2.40	14.72	2.01	47.22	0.71	-2.29
18	0.63	0.90	16.79	0.54	3.85	1.08	2.05	-6.88	2.52	2.72	14.48	2.16	47.22	0.65	-2.00
19	1.01	0.99	8.04	0.54	4.25	1.04	1.91	-14.06	2.74	2.77	15.56	2.01	47.22	0.71	-2.18

10

20

30

40

【表 2 1】

実施例	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
	$(R1+R2)/(R1-R2)$	$f123/f$	$f3/f$	$D9/f$	$f4/f$	$ER1/f$
1	1.61	-2.27	5.00	0.14	2.36	4.66
2	1.60	-2.36	4.94	0.15	2.34	4.75
3	1.61	-2.26	5.43	0.15	2.45	4.68
4	1.55	-2.22	5.20	0.15	2.44	4.69
5	1.61	-2.17	5.33	0.15	2.44	4.94
6	1.58	-2.21	5.13	0.15	2.33	4.62
7	1.58	-2.35	5.03	0.15	2.44	4.67
8	1.61	-2.36	5.01	0.15	2.47	4.72
9	1.65	-2.49	4.74	0.15	2.32	4.69
10	1.55	-2.48	4.66	0.15	2.27	4.70
11	1.48	-2.64	4.23	0.15	2.25	4.71
12	1.63	-2.64	4.81	0.15	2.35	4.80
13	1.67	-2.79	4.78	0.16	2.43	5.22
14	1.63	-2.25	6.17	0.15	2.43	4.84
15	1.52	-1.83	9.84	0.15	2.52	4.93
16	1.60	-2.78	3.83	0.15	2.64	4.91
17	1.79	-2.25	5.77	0.15	2.78	5.49
18	1.69	-2.49	5.13	0.09	1.98	5.72
19	1.67	-3.11	6.09	0.10	2.25	6.43

10

【0 2 2 5】

20

上記実施例 1 ~ 19 の撮像レンズにおいて、実施例 1 ~ 15 の撮像レンズでは、第 1 レンズ L 1、第 4 レンズ L 4 および第 5 レンズ L 5 はガラス球面レンズであり、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3 および第 6 レンズ L 6 はプラスチック非球面レンズである。実施例 16, 17 の撮像レンズでは、第 1 レンズ L 1 および第 4 レンズ L 4 はガラス球面レンズであり、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、第 5 レンズ L 5 および第 6 レンズ L 6 はプラスチック非球面レンズである。実施例 18, 19 の撮像レンズでは、第 1 レンズ L 1 はガラス球面レンズであり、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 および第 6 レンズ L 6 はプラスチック非球面レンズである。

【0 2 2 6】

上記実施例 1 ~ 19 に係る撮像レンズの各収差図をそれぞれ、図 22 (A) ~ 図 22 (D)、図 23 (A) ~ 図 23 (D)、図 24 (A) ~ 図 24 (D)、図 25 (A) ~ 図 25 (D)、図 26 (A) ~ 図 26 (D)、図 27 (A) ~ 図 27 (D)、図 28 (A) ~ 図 28 (D)、図 29 (A) ~ 図 29 (D)、図 30 (A) ~ 図 30 (D)、図 31 (A) ~ 図 31 (D)、図 32 (A) ~ 図 32 (D)、図 33 (A) ~ 図 33 (D)、図 34 (A) ~ 図 34 (D)、図 35 (A) ~ 図 35 (D)、図 36 (A) ~ 図 36 (D)、図 37 (A) ~ 図 37 (D)、図 38 (A) ~ 図 38 (D)、図 39 (A) ~ 図 39 (D)、図 40 (A) ~ 図 40 (D) に示す。

30

【0 2 2 7】

ここでは、実施例 1 の収差図を例にとり説明するが、他の実施例の収差図についても同様である。図 22 (A)、図 22 (B)、図 22 (C) および図 22 (D) はそれぞれ、実施例 1 に係る撮像レンズの球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）および倍率色収差（倍率の色収差）の収差図を示す。球面収差図の F は F 値を意味し、その他の収差図の θ は半画角を意味する。ディストーションの図は、全系の焦点距離 f 、画角 θ （変数扱い、 $0 < \theta < \pi/2$ ）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。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、球面収差図には、F 線（波長 486.13 nm）、C 線（波長 656.27 nm）、正弦条件違反量（SNC と表記）についての収差も示し、倍率色収差図には F 線、C 線についての収差を示す。倍率色収差図の線種は球面収差図のものと同じであるため、その表記を省略している。

40

【0 2 2 8】

50

以上のデータから分かるように、実施例 1 ~ 19 の撮像レンズは、6 枚という少ないレンズ枚数で構成され、小型で安価に作製可能である上、全画角が約 187 ~ 213 度と非常に広い画角を達成し、F ナンバーが 2.0 と小さく、各収差が良好に補正されて良好な光学性能を有する。これらの撮像レンズは、監視カメラや、自動車の前方、側方、後方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。

【0229】

〔撮像装置の実施形態〕

図 41 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 41 において、自動車 100 は、その助手席側の側面の死角範囲を撮像するための車外カメラ 101 と、自動車 100 の後側の死角範囲を撮像するための車外カメラ 102 と、ルームミラーの背面に取り付けられ、ドライバーと同じ視野範囲を撮影するための車内カメラ 103 とを備えている。車外カメラ 101 と車外カメラ 102 と車内カメラ 103 とは、本発明の実施形態に係る撮像装置であり、本発明の実施例の撮像レンズと、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。

10

【0230】

本発明の実施例に係る撮像レンズは、上述した長所を有するものであるから、車外カメラ 101、102 および車内カメラ 103 も小型で安価に構成でき、広い画角を有し、結像領域周辺部まで良好な映像を得ることができる。

【0231】

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

20

【0232】

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 6 レンズ L6 を非球面が施された屈折型レンズにより構成しているものがあるが、1つの面もしくは複数の面に回折光学素子を形成してもよい。

【0233】

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。

30

【符号の説明】

【0234】

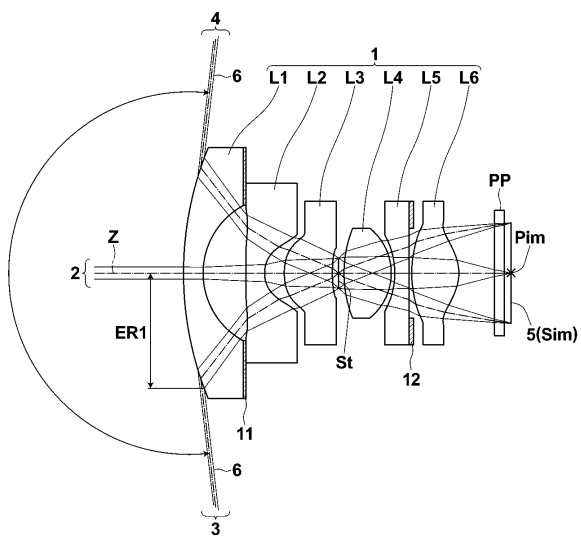
- 1 撮像レンズ
- 2 軸上光束
- 3, 4 軸外光束
- 5 撮像素子
- 6 光線
- 11, 12 遮光手段
- 100 自動車
- 101, 102 車外カメラ
- 103 車内カメラ
- P i m 結像位置
- L 1 第 1 レンズ
- L 2 第 2 レンズ
- L 3 第 3 レンズ
- L 4 第 4 レンズ
- L 5 第 5 レンズ

40

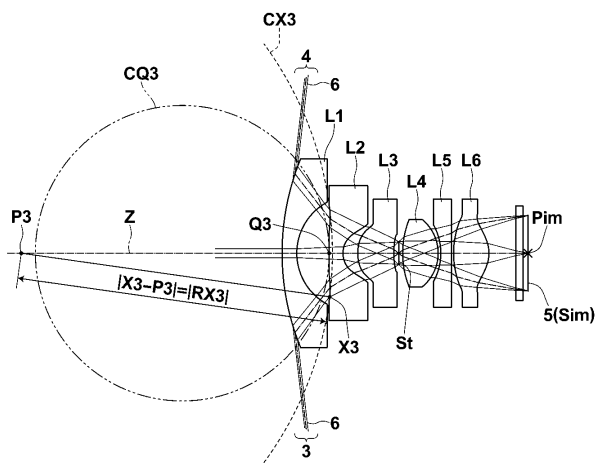
50

L 6 第 6 レンズ
P P 光学部材
S i m 像面
S t 開口絞り
Z 光軸

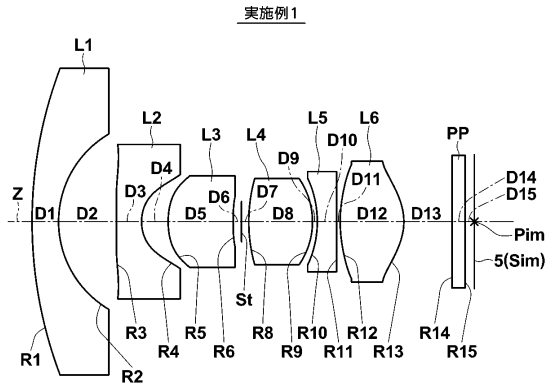
【 図 1 】



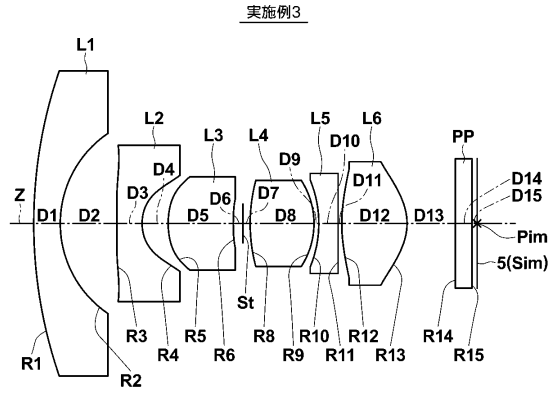
【 図 2 】



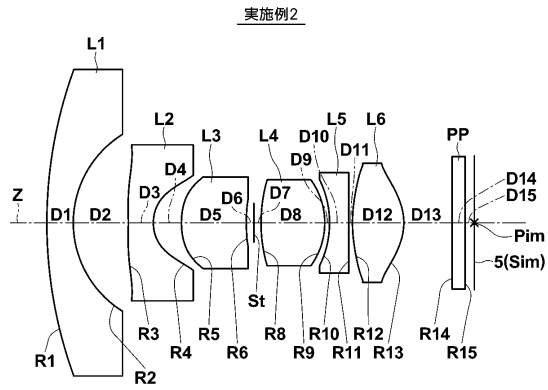
【 図 3 】



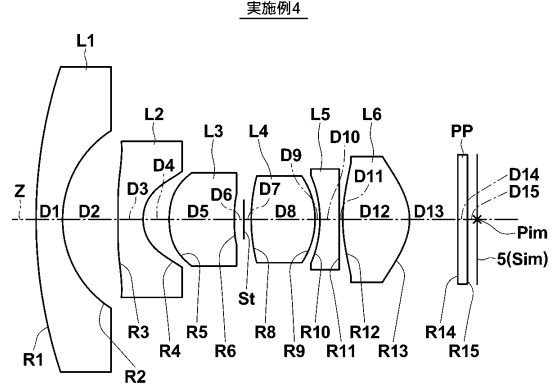
【 図 5 】



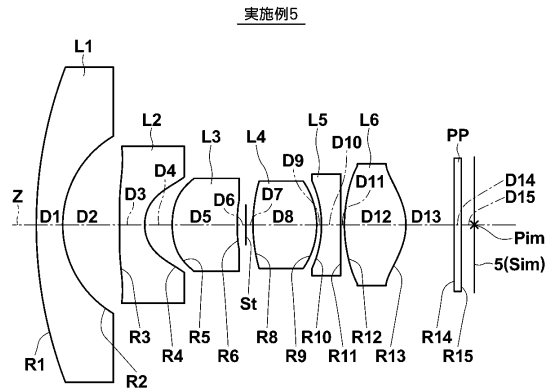
【 図 4 】



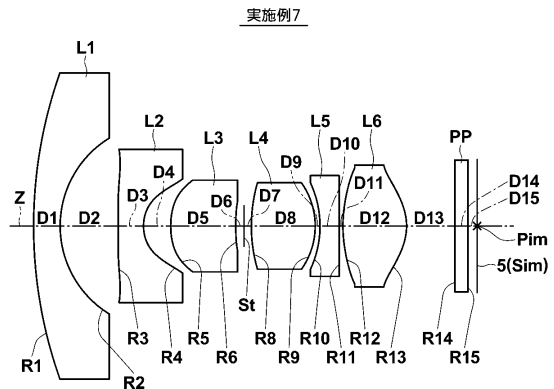
【 図 6 】



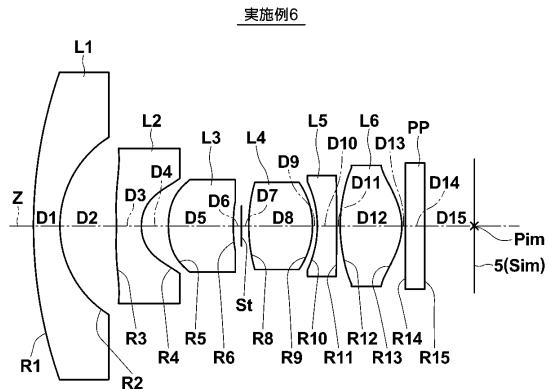
【 図 7 】



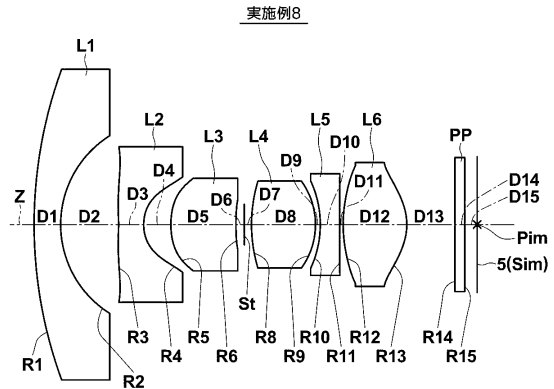
【 図 9 】



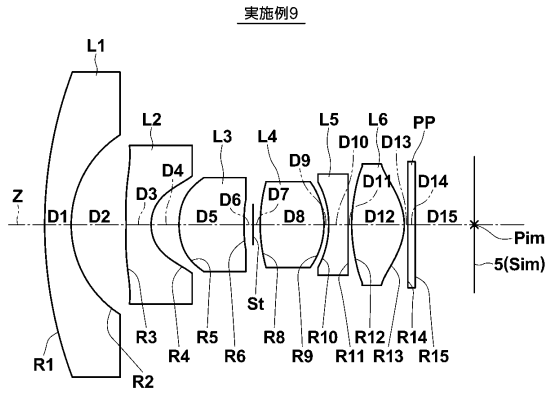
【 図 8 】



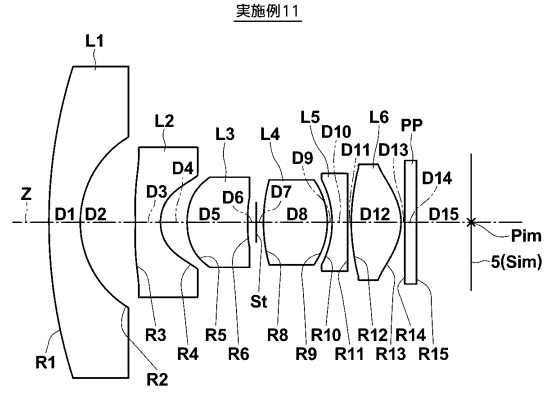
【 図 10 】



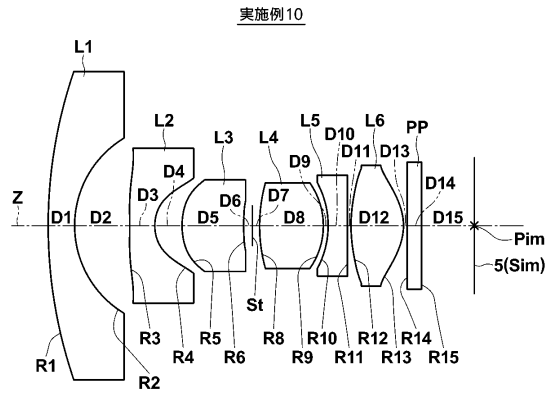
【 図 1 1 】



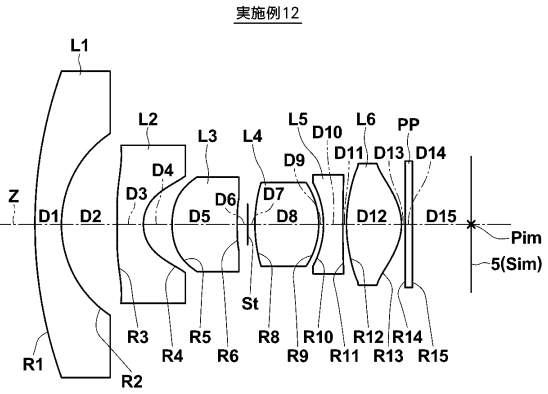
【 図 1 3 】



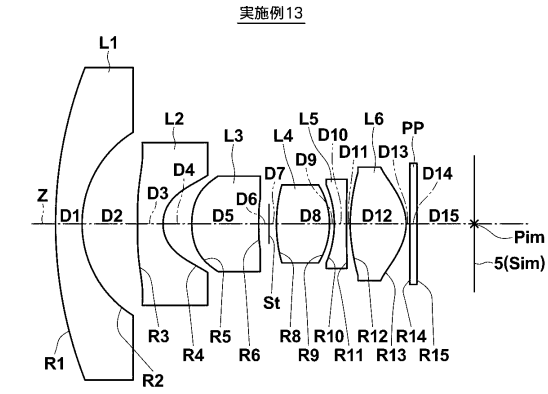
【 図 1 2 】



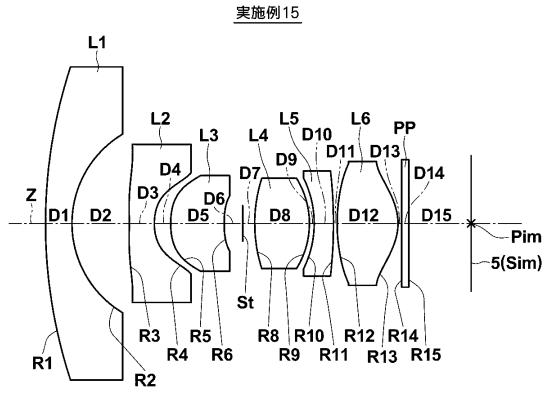
【 図 1 4 】



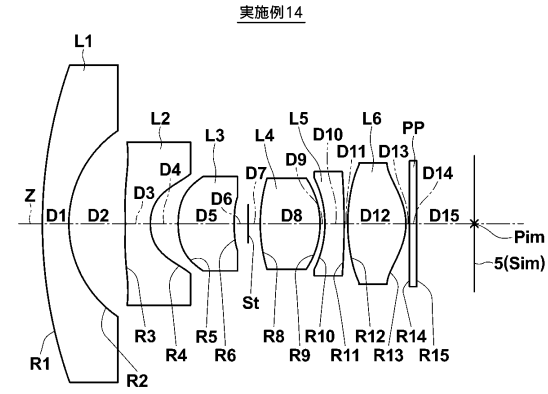
【 図 1 5 】



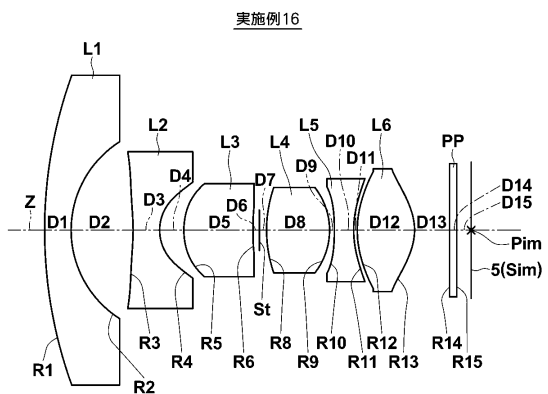
【 図 1 7 】



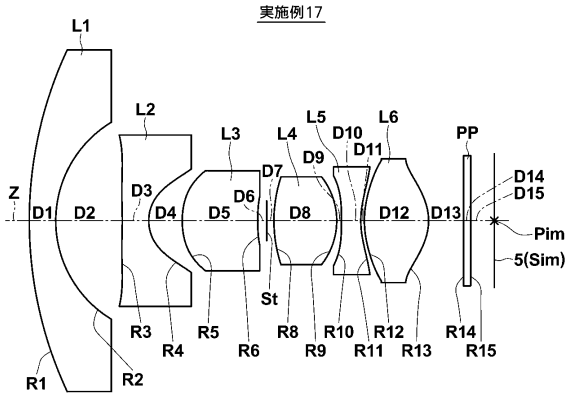
【 図 1 6 】



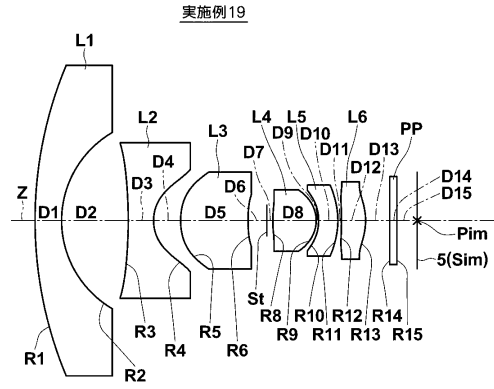
【 図 1 8 】



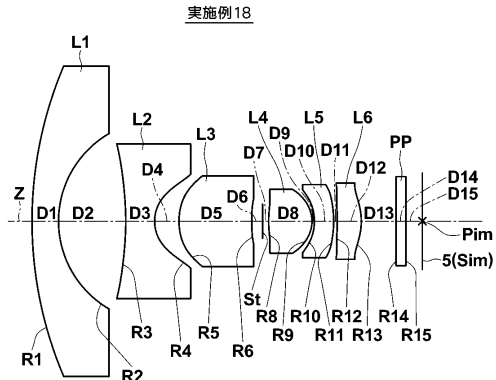
【図19】



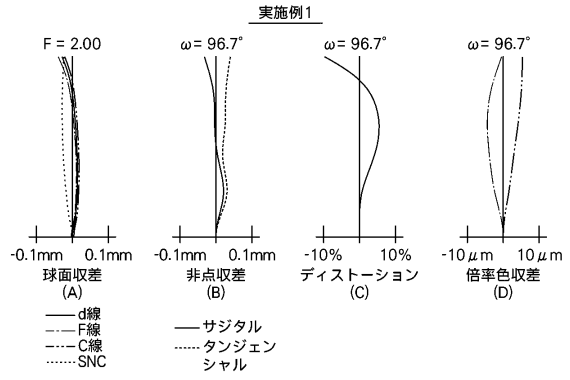
【図21】



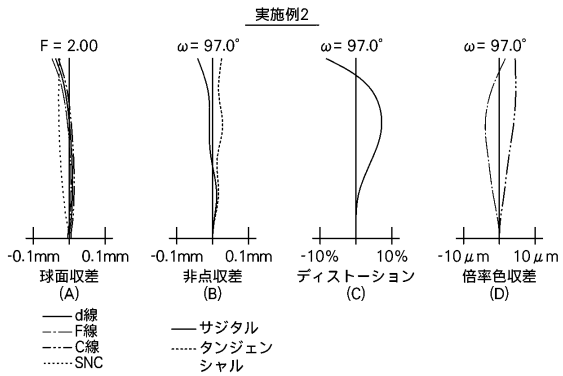
【図20】



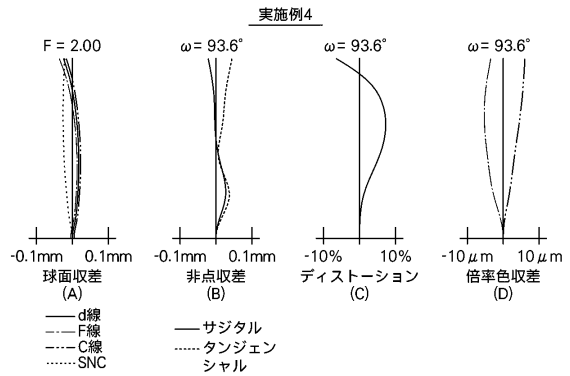
【図22】



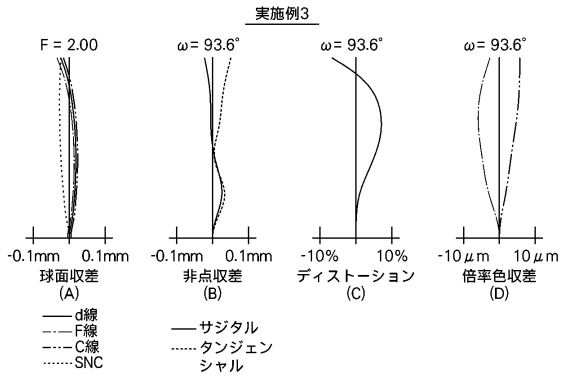
【図23】



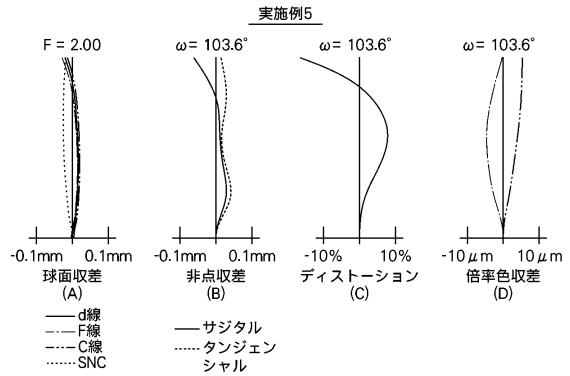
【図25】



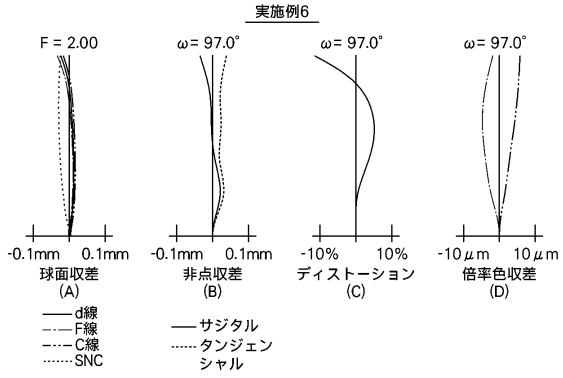
【図24】



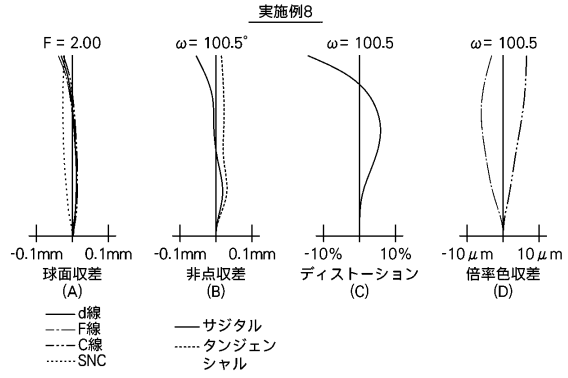
【図26】



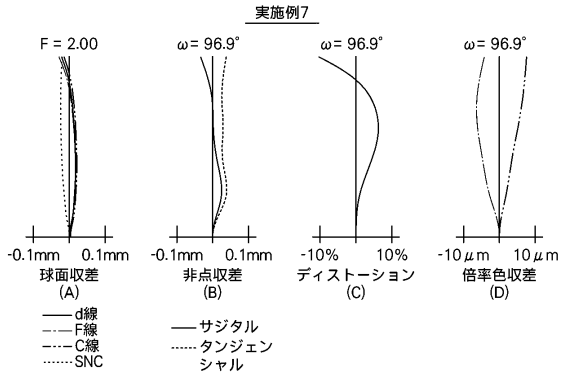
【図27】



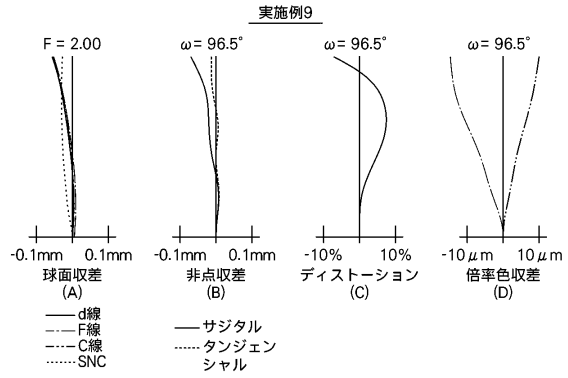
【図29】



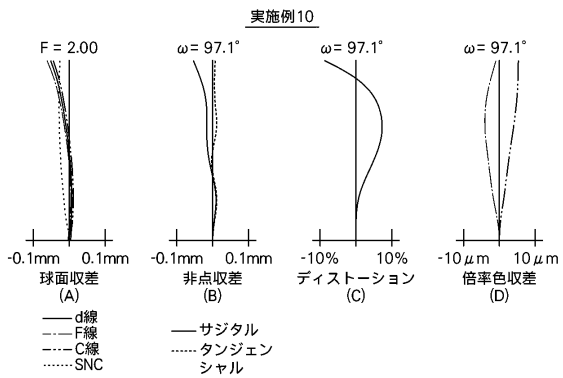
【図28】



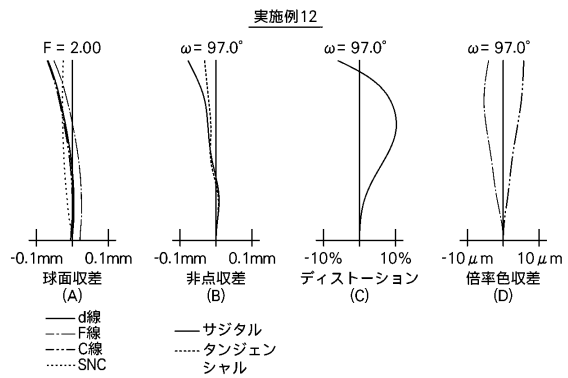
【図30】



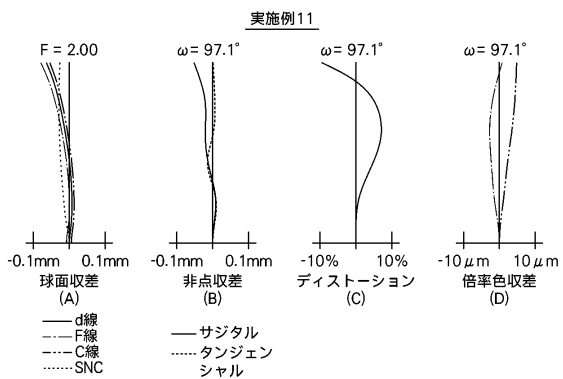
【図31】



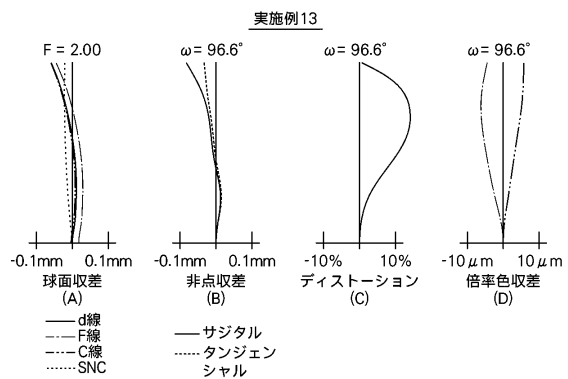
【図33】



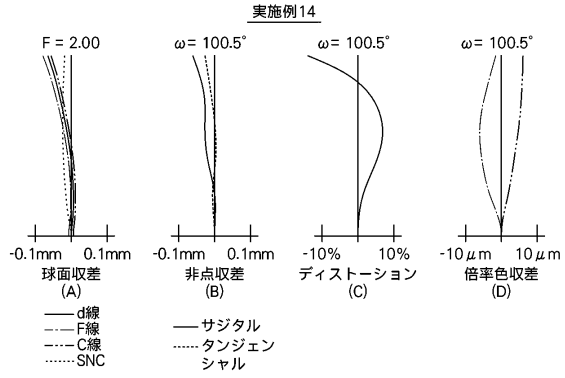
【図32】



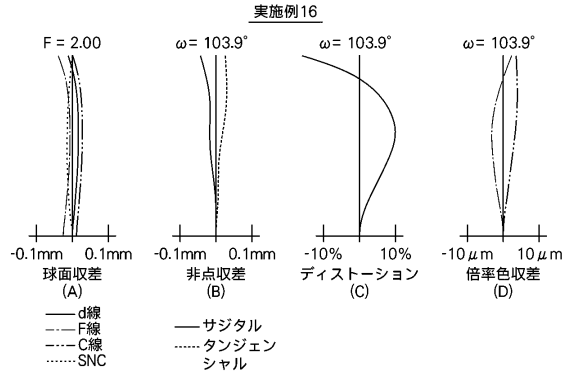
【図34】



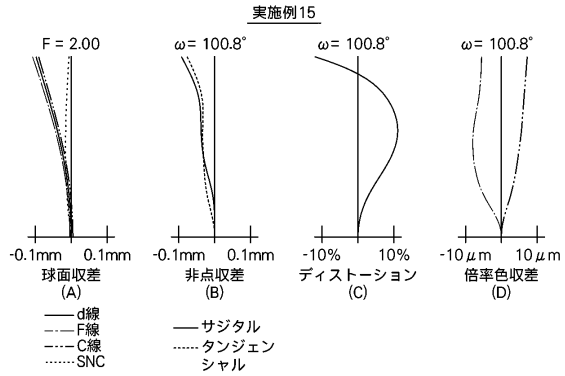
【図35】



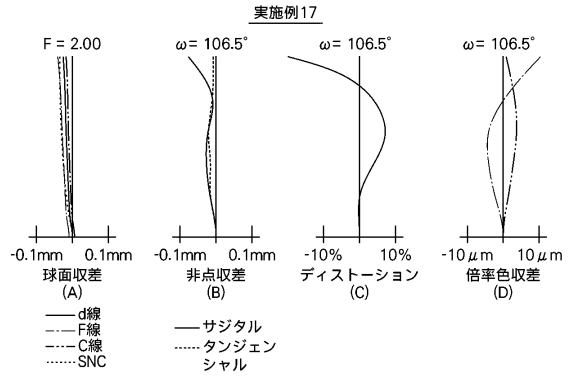
【図37】



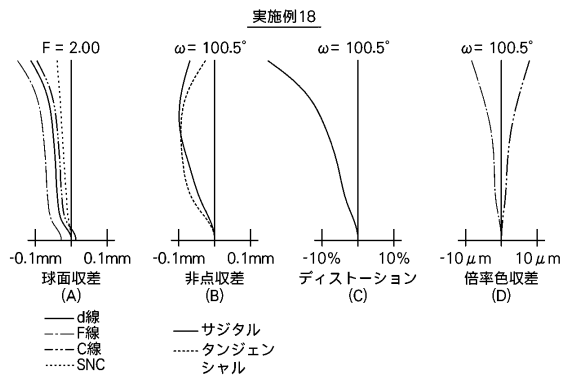
【図36】



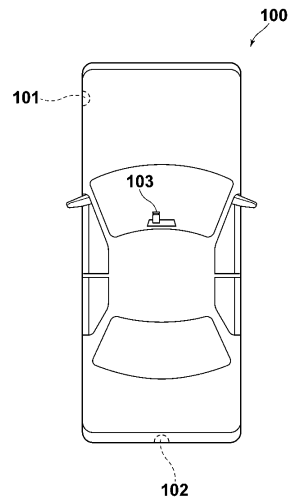
【図38】



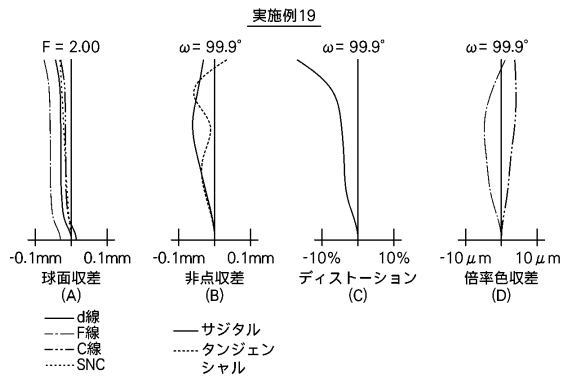
【図39】



【図41】



【図40】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 徹

埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内

審査官 原田 英信

(56)参考文献 特開2010-160479(JP,A)
特開2009-092797(JP,A)
特開2008-134494(JP,A)
特開2006-171597(JP,A)
特開2008-058387(JP,A)
特表2009-533710(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04