

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5405360号
(P5405360)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 13/00 (2006.01) G O 2 B 13/00
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G O 3 B 27/50 (2006.01) G O 3 B 27/50 A

請求項の数 12 (全 39 頁)

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2010-52884 (P2010-52884) | (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 |
| (22) 出願日 | 平成22年3月10日(2010.3.10) | (74) 代理人 | 100073184 弁理士 柳田 征史 |
| (65) 公開番号 | 特開2011-100094 (P2011-100094A) | (74) 代理人 | 100090468 弁理士 佐久間 剛 |
| (43) 公開日 | 平成23年5月19日(2011.5.19) | (72) 発明者 | 森 将生 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 フジノン株式会社内 |
| 審査請求日 | 平成24年7月2日(2012.7.2) | 審査官 | 堀井 康司 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2009-232217 (P2009-232217) | | |
| (32) 優先日 | 平成21年10月6日(2009.10.6) | | |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | | |

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、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第1レンズと、両凸形状の正の第2レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第3レンズと、物体側に凸面を向けた第4レンズとからなり、

下記条件式(1)、(3)、(4-1)、(5)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$0.25 < D / f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

$$\underline{> 50^\circ \quad \dots \quad (3)}$$

$$\underline{1.0 < \gamma < 2.0 \quad \dots \quad (4-1)}$$

$$\underline{0.0 \leq Z4 / Z5 < 0.5 \quad \dots \quad (5)}$$

ただし、

D：前記第1レンズと前記第2レンズの光軸上の間隔

f：全系の焦点距離

：前記第1レンズの物体側の面に入射する最大画角の光束の主光線と、該主光線が前記第1レンズの物体側の面を通る点における該面の法線との角度

：前記第1レンズの像側の面から出射する最大画角の光束の主光線と、該主光線が前記第1レンズの像側の面を通る点における該面の法線との角度

Z4：前記第2レンズの物体側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第2レンズの物体側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

Z 5 : 前記第 2 レンズの像側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第 2 レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

【請求項 2】

物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 レンズと、正の第 2 レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第 3 レンズと、物体側に凸面を向けた第 4 レンズとからなり、

軸上光束の最外光線が前記第 2 レンズの物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側で光軸と交わることを特徴とする撮像レンズ。

【請求項 3】

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

$$0.25 < D / f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

ただし、

D : 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの光軸上の間隔

f : 全系の焦点距離

【請求項 4】

下記条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 2 または 3 記載の撮像レンズ。

$$0.0 \quad | Z 4 | / | Z 5 | < 0.5 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、

Z 4 : 前記第 2 レンズの物体側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第 2 レンズの物体側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

Z 5 : 前記第 2 レンズの像側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第 2 レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

【請求項 5】

下記条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0.3 < d 1 / D < 4.0 \quad \dots \quad (2)$$

ただし、

d 1 : 前記第 1 レンズの中心厚

D : 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの光軸上の間隔

【請求項 6】

下記条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$3 < 3 5 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

3 : 前記第 3 レンズの d 線におけるアッベ数

【請求項 7】

前記第 3 レンズの像側の面が、非球面であり、

軸上光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側の第 1 の点で光軸と交わり、

5 割画角の光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、前記第 1 の点より物体側の第 2 の点で光軸と交わるか、光軸と平行となるか、前記第 3 レンズの像側の面より像側の第 3 の点で光軸と交わり、

前記 5 割画角の光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が前記第 2 の点で光軸と交わる場合には、最大画角の光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、前記第 2 の点より物体側で光軸と交わるか、光軸と平行となるか、前記第 3 レンズの像側の面より像側で光軸と交わり、

前記 5 割画角の光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、光軸と平行となるか、前記第 3 の点で光軸と交わる場合には、最大画角の光束の最外光線が前記第 3 レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、該面より像側で光軸と交わり、

10

20

30

40

50

下記条件式(7)を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$-0.25 < Z7m / f < -0.03 \quad \dots \quad (7)$$

ただし、

Z7m：前記第3レンズの像側の非球面上の各点と、前記第3レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の最長距離

【請求項8】

最大画角の光束の主光線が前記第4レンズの物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より像側で光軸と交わり、

下記条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1から7のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0^\circ < \theta < 35^\circ \quad \dots \quad (8)$$

ただし、

θ：最大画角の光束の主光線が前記第4レンズの物体側の面を通る点における該面の法線と光軸との角度

【請求項9】

少なくとも1つのレンズが、ガラス材料からなることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項10】

前記第1レンズと前記第2レンズの間に開口絞りが配置されており、

下記条件式(9)を満足することを特徴とする請求項1から9のいずれか一項記載の撮像レンズ。

$$0.0 < d3 / f < 0.5 \quad \dots \quad (9)$$

ただし、

d3：前記開口絞りと前記第2レンズとの光軸上の間隔

【請求項11】

前記第1レンズが、少なくとも一面の非球面を有するとともに、ポリオレフィン系のプラスチック材料からなることを特徴とする請求項1から10のいずれか一項記載の撮像レンズ。

【請求項12】

請求項1から9のいずれか一項記載の撮像レンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【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、原稿画像を読み取るための読取レンズとして好適な撮像レンズ、および該撮像レンズを備えた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、レンズを用いて原稿画像を読み取り、CCD(Charge Coupled Device)等の撮像素子上に結像させ、画像情報を信号化する画像読取装置が知られている。このような画像読取装置は原稿画像の情報を忠実に読み取ることが要求されるため、読み取りに用いられる撮像レンズは、像面湾曲やディストーション等の諸収差が良好に補正されていることが必要である。また、近年では撮像素子の高密度化に伴って、より高い解像力の撮像レンズが望まれるようになってきている。特に、カラー原稿画像を読み込む場合には、赤(R)、緑(G)、青(B)の波長帯ごとで結像する像が、撮像素子の撮像面上でほぼ合致し、それぞれの像のコントラストも等しくなるように設計されていることが望ましい。具体的には、RGB各色における球面収差の偏差や軸上色収差、倍率の色収差を小さくし、さらに像の中心から周辺にわたって結像位置を一致させる(像面を一致させる)ことにより、撮像面上でコントラストの高い像を広い波長域で得ることができる。

10

20

30

40

50

【0003】

画像読取装置に用いられる撮像素子としてはラインセンサが多用されており、ラインセンサにより原稿画像を走査して読み取りを行う方式のものが多い。これは、原稿画像を高解像で読み取るためには撮像素子側の分解能を上げる必要があり、撮像素子の大きさを選択性の高いラインセンサを用いることで高解像化への対応が容易となるからである。

【0004】

その一方で、ラインセンサの代わりにエリアセンサを用いる画像読取装置も提案されている。近年のエリアセンサにおける撮像素子の高精細化は一段と進み、画素ピッチが1 μ mに近づくものも開発されており、例えば1/3インチといった小型センサで500万画素から800万画素を有するセンサが市場に投入されつつある。このような高精細化センサを使うことにより、読取幅の大きなラインセンサと同様の高い解像力で原稿画像を読み取ることが可能となる。また、エリアセンサを使うことで原稿画像を走査せずに一度に画像を読み取ることが可能となるため、走査機構を省くことができ、装置の小型化を促進できるという長所もある。

10

【0005】

上記のような画像読取装置では小型化に対する要望が強いことから、撮像レンズ自体のコンパクト化も望まれている。下記特許文献1、2には、上記のような画像読取装置に使用可能な4枚構成、3枚構成の画像読取レンズが記載されている。また、下記特許文献3、4には、4枚構成の撮像レンズが記載されており、下記特許文献5、6には3枚構成の撮像レンズが記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-275783号公報

【特許文献2】特開2009-53411号公報

【特許文献3】特開2005-18041号公報

【特許文献4】特開2007-122007号公報

【特許文献5】特開2005-181596号公報

【特許文献6】特開2007-133324号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述したように、画像読取装置用の撮像レンズには、諸収差が良好に補正されている上に、近年の高画素化・高精細化した撮像素子に対応可能な高い光学性能を有することが望まれる。また、画像読取装置の小型化のためには、撮像レンズ自体の小型化は勿論のこと、この撮像レンズの焦点距離を短くして共役長（実質的には、原稿画像から撮像素子の撮像面までの距離）を短くすることが必要である。

【0008】

画像読取装置にラインセンサを用いる場合、高解像化に対しては有利となるが、その反面、撮像素子の大きさが大きいため、光学系の結像倍率を小さくできない（縮小率を高くできない）ので、撮像レンズの焦点距離を短くすることはできない。また、この種の装置で共役長の短縮を進めると光学系の広角化が顕著となるため、従来の撮像レンズでは諸収差の補正が不十分となり、高解像で原稿画像の読み取りを行うことが困難となる。

40

【0009】

画像読取装置にエリアセンサを用いる場合、結像倍率が小さくなる（縮小率が高くなる）ため、焦点距離を短くできるので共役長の短縮も比較的容易であり、装置の小型化が可能となる。しかし、大きな原稿画像をエリアセンサで一度に読み取る場合には、その対角の長さまでが撮像範囲となるため、撮像レンズの広角化が不十分な場合には共役長が長くなってしまい、装置の小型化が図れないという不具合が生じる。

【0010】

50

特許文献 1、2 に記載のレンズ系は、F 値が 5.2 ~ 6 と大きく、高精細化した画素に十分対応可能なものとは言えない。また、レンズ系自体も小型化されておらず、撮像装置に搭載した際には大きな撮像素子が必要となるため装置をコンパクトに構成できない。特許文献 3、4 に記載のレンズ系は、携帯端末用途を想定していることから、小型化が図られており、F 値は 2.4 ~ 3.0 と十分に小さく、高解像に対応できている。しかし、これらの画角は大きくても全画角で 75° ほどしかないので、大きな原稿画像をエリアセンサで一度に読み取る場合には、広角化が不十分となり、装置の小型化を図ることができない。特許文献 5、6 に記載のレンズ系は、小型であり、特許文献 3、4 に記載のものより広角化が図られているが、いずれも色収差の補正が不十分であり、高い解像性を得ることができない。

10

【0011】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、小さな F 値と高い解像力を有し、十分な広角化が図られ、装置の小型化が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。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の第 1 の撮像レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 レンズと、両凸形状の正の第 2 レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第 3 レンズと、物体側に凸面を向けた第 4 レンズとからなり、下記条件式 (1)、(3)、(4-1)、(5) を満足することを特徴とするものである。

20

$$0.25 < D / f < 4.0 \quad \dots (1)$$

$$> 50^\circ \quad \dots (3)$$

$$1.0 < / < 2.0 \quad \dots (4-1)$$

$$0.0 \quad | \quad Z4 \quad | \quad / \quad | \quad Z5 \quad | \quad < 0.5 \quad \dots (5)$$

ただし、

D：第 1 レンズと第 2 レンズの光軸上の間隔

f：全系の焦点距離

：前記第 1 レンズの物体側の面に入射する最大画角の光束の主光線と、該主光線が前記第 1 レンズの物体側の面を通る点における該面の法線との角度

：前記第 1 レンズの像側の面から出射する最大画角の光束の主光線と、該主光線が前記第 1 レンズの像側の面を通る点における該面の法線との角度

30

Z4：前記第 2 レンズの物体側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第 2 レンズの物体側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

Z5：前記第 2 レンズの像側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、前記第 2 レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

【0013】

本発明の第 2 の撮像レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 レンズと、正の第 2 レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第 3 レンズと、物体側に凸面を向けた第 4 レンズとからなり、軸上光束の最外光線が第 2 レンズの物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側で光軸と交わることを特徴とするものである。

40

【0017】

なお、本発明の第 1 ~ 第 2 の撮像レンズにおいて上述した、第 1 レンズに関する「物体側に凹面を向けたメニスカス形状」、第 2 レンズに関する「両凸形状の」、「正の」、第 3 レンズに関する「像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の」、第 4 レンズに関する「物体側に凸面を向けた」、第 2 レンズ群の最も像側に配置されるレンズに関する「正」は近軸領域におけるものである。

【0018】

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

50

とが好ましく、好ましい態様としては、下記条件式(1)、(2)、(5)のうち1つを満足するものでもよく、あるいは任意の組合せを満足するものでもよい。

$$0.25 < D/f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

$$0.3 < d1/D < 4.0 \quad \dots \quad (2)$$

$$0.0 \leq |Z4|/|Z5| < 0.5 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

d1：第1レンズの中心厚

D：第1レンズと第2レンズの光軸上の間隔

Z4：第2レンズの物体側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、第2レンズの物体側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

10

Z5：第2レンズの像側の面における最大画角の光束の最外光線が該面を通る点と、第2レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の距離

【0019】

なお、上記、 に関する「入射」、「出射」は、物体側から像側へ光線が進行すると想定した場合のものである。

【0020】

本発明の第2の撮像レンズにおいては、第2レンズが近軸領域で両凸形状となるように構成してもよい。

【0021】

20

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

$$3 < 35 \quad \dots \quad (6)$$

ただし、

3：第3レンズのd線におけるアッベ数

【0022】

本発明の第1～第2の撮像レンズにおいては、第3レンズの像側の面が、非球面であり、軸上光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側の第1の点で光軸と交わり、5割画角の光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、第1の点より物体側の第2の点で光軸と交わるか、光軸と平行となるか、第3レンズの像側の面より像側の第3の点で光軸と交わり、5割画角の光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が第2の点で光軸と交わる場合には、最大画角の光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、第2の点より物体側で光軸と交わるか、光軸と平行となるか、第3レンズの像側の面より像側で光軸と交わり、5割画角の光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、光軸と平行となるか、第3の点で光軸と交わる場合には、最大画角の光束の最外光線が第3レンズの像側の面を通る点における該面の法線が、該面より像側で光軸と交わり、下記条件式(7)を満足することが好ましい。なお、ここでいう「最外光線」は、第3レンズの像側の面におけるものである。

30

$$-0.25 < Z7m/f < -0.03 \quad \dots \quad (7)$$

40

ただし、

Z7m：第3レンズの像側の非球面上の各点と、第3レンズの像側の面頂点の接平面との光軸方向の最長距離（Z7mの符号は、第3レンズの像側の面頂点の接平面に対して物体側の距離を負、像側の距離を正とする）

f：全系の焦点距離

【0023】

なお、上記の「5割画角の光束」とは、最大画角の5割の画角で入射する光束の意味である。また、上記Z7mに関する「非球面上の各点」とは、第3レンズの像側の面において光軸から最大画角の光束の最外光線が通る点までの範囲の各点を意味し、すなわち、有効径内の各点を意味するものである。

50

【0024】

本発明の第1～第2の撮像レンズにおいては、最大画角の光束の主光線が第4レンズの物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より像側で光軸と交わり、下記条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0^\circ < \theta < 35^\circ \dots (8)$$

ただし、

θ：最大画角の光束の主光線が第4レンズの物体側の面を通る点における該面の法線と光軸との角度

【0025】

なお、θは-90°～90°の範囲で考えるものとし、最大画角の光束の主光線が第4レンズの物体側の面を通る点における該面の法線が該面より像側で光軸と交わる場合にθの符号を正とし、物体側で交わる場合にθの符号を負とするものとする。

10

【0026】

また、本発明の第1～第2の撮像レンズにおいては、少なくとも1つのレンズがガラス材料からなるように構成してもよい。

【0027】

本発明の第1～第2の撮像レンズにおいては、第1レンズと第2レンズの間に開口絞りが配置されており、下記条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.0 < d3/f < 0.5 \dots (9)$$

ただし、

d3：開口絞りと第2レンズとの光軸上の間隔

f：全系の焦点距離

20

【0028】

また、本発明の第1～第2の撮像レンズにおいては、第1レンズが、少なくとも一面の非球面を有し、ポリオレフィン系のプラスチック材料からなるように構成してもよい。

【0029】

なお、本発明における「軸上光束」、「5割画角の光束」、「最大画角の光束」は、仕様に基づいた最大径まで光束を入射させたときのものである。また、本発明における、ある面における「光束の最外光線」とは、その光束に含まれる光線のうち、光線とある面との交点が、光軸に垂直な方向において光軸から最も離れた位置となる光線である。

30

【0030】

なお、最大画角は撮像レンズの像面に配置される撮像素子の撮像面の寸法に基づき決めることができる。具体的には例えば、撮像面が矩形でありその対角長が2Yである場合には、最大像高をYとし、全系の焦点距離をfとして、最大画角θは、以下の関係式で表すことができる。ただし、無視できない量のディストーションが存在する場合は、ディストーションを考慮した像高を用いることが好ましい。

$$\tan \theta = Y/f$$

【0031】

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

40

【発明の効果】

【0032】

本発明の第1の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、各レンズの形状やパワーを好適に設定し、条件式(1)、(3)、(4-1)、(5)を満足するようにしているため、小さなF値と高い解像力を有し、近年の高画素化・高精細化した撮像素子に対応することができ、十分な広角化が図られ、レンズ系の小型化だけでなく装置の小型化も可能な撮像レンズを提供することができる。

【0033】

本発明の第2の撮像レンズによれば、4枚のレンズ系において、各レンズの形状やパワーを好適に設定しているため、小さなF値と高い解像力を有し、近年の高画素化・高精細

50

化した撮像素子に対応することができ、十分な広角化が図られ、レンズ系の小型化だけでなく装置の小型化も可能な撮像レンズを提供することができる。特に本発明の第2の撮像レンズでは、第2レンズの形状を好適に設定しているため、得られるイメージサークルの大きさに対して、従来のものに比べてより小型化が図られたレンズ系を提供することができる。

【0035】

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、小型に構成可能で、広い画角での撮像が可能であり、近年の高画素化・高精細化した撮像素子を搭載して高解像の画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0036】

【図1A】本発明の一実施形態にかかる撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図1B】条件式(5)を説明するための部分拡大図

【図1C】第3レンズの非球面形状を説明するための断面図

【図1D】第3レンズの非球面形状と条件式(7)を説明するための部分拡大図

【図2A】本発明の別の実施形態にかかる撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図2B】第2レンズの面形状を説明するための要部拡大図

【図3】本発明の実施例1の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図4】本発明の実施例2の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図5】本発明の実施例3の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

20

【図6】本発明の実施例4の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図7】本発明の実施例5の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図8】本発明の実施例6の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図9】本発明の実施例7の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図10】本発明の実施例8の撮像レンズの構成と光路を示す断面図

【図11】図11(A)～図11(K)は本発明の実施例1の撮像レンズの各収差図

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

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

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

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

30

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

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

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

【図19】本発明の一実施形態にかかる画像読取装置の概略構成図

【図20】本発明の別の実施形態にかかる画像読取装置の概略構成図

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図1Aを参照しながら、本発明の第1の実施形態にかかる撮像レンズについて説明する。図1Aは、本発明の第1の実施形態にかかる撮像レンズの構成と光路を示す断面図であり、後述の実施例1の撮像レンズに対応している。なお、図1Aに示す構成例は、後述する本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズの構成も合わせもつものであり、図1A中の符号G1、G2については、第3の実施形態の説明において後述する。図1Aにおいては、左側が物体側、右側が像側であり、所定の有限距離にある物体からの軸上光束2、最大画角の光束3も合わせて示してある。

40

【0038】

図1Aでは、撮像レンズが撮像装置に適用される場合を考慮して、撮像レンズの像面Si mに配置される撮像素子5も図示している。なお、撮像レンズを撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、カバーガラスや、ローパスフィルタまたは赤外線カットフィルタ等を設けることが好ましく、図1Aでは、これらを想定した平

50

行平板状の光学部材 P P を最も像側のレンズと撮像素子 5 (像面 S i m) との間に配置した例を示している。

【 0 0 3 9 】

本発明の第 1 の実施形態にかかる撮像レンズは、図 1 A に示すように、光軸 Z に沿って、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第 1 レンズ L 1 と、正の第 2 レンズ L 2 と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第 3 レンズ L 3 と、物体側に凸面を向けた第 4 レンズ L 4 とを備える。小型化を重視する場合は、少ないレンズ枚数で構成することが好ましく、図 1 A に示す例のようにレンズ枚数を 4 枚とした構成を採ることが好ましい。図 1 A に示す撮像レンズは、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の間に配置された開口絞り S t をさらに備える。なお、図示されている開口絞り S t は必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸 Z 上の位置を示すものである。

10

【 0 0 4 0 】

第 1 レンズ L 1 の物体側の面を凹形状とすることで、特に周縁部の光束に含まれる光線について、各光線が第 1 レンズ L 1 の物体側の面を通る位置での該面の法線と各光線との角度を大きくすることができるので、広角化が可能となる。さらに、第 1 レンズ L 1 をメニスカス形状にすることで、物体側の凹面で発生する正の像面湾曲を像側の凸面で打ち消すことができる。このように、第 1 レンズ L 1 は広角化と像面の補正に好適な形状であると言える。なお、広角化を進めると、第 1 レンズ L 1 の物体側の凹面はパワーの強い面となる。第 1 レンズ L 1 をメニスカス形状にして、第 1 レンズ L 1 の像側の面を凸面にして強いパワーを持たせることで、物体側のパワーの強い凹面で発生する大きな正の像面湾曲を、像側のパワーの強い凸面で打ち消すことができる。

20

【 0 0 4 1 】

第 1 レンズ L 1 の像側に正の第 2 レンズ L 2 を配置することで、広角の画角で入射した軸外光束を光軸側へ屈折させることができ、小型化を図ることができる。

【 0 0 4 2 】

第 3 レンズ L 3 を像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとすることで、正の第 2 レンズ L 2 とバランスをとりながら球面収差を始めとする諸収差を良好に補正することが容易になり、小さな F 値と高い解像力の実現に有利となる。

【 0 0 4 3 】

軸上の物体から発して、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3 を通過した軸上光束は、第 4 レンズ L 4 に集束光として入射する。第 4 レンズ L 4 の物体側の面を凸形状とすることにより、第 4 レンズ L 4 の物体側の面に入射する集束光線と、各集束光線が第 4 レンズ L 4 の物体側の面を通る各点における各法線との角度を小さく抑えることができるので、第 2 レンズ L 2 の強い正のパワーと第 3 レンズ L 3 の強い負のパワーでバランス良く補正された球面収差を大きく変化させることなく微調整しながら集束させることができる。

30

【 0 0 4 4 】

本発明の第 1 の実施形態にかかる撮像レンズは、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の光軸上の間隔を D とし、全系の焦点距離を f としたとき、さらに下記条件式 (1) を満足するように構成されている。

40

$$0.25 < D / f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

【 0 0 4 5 】

条件式 (1) の下限を下回ると、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の間隔が狭まるためレンズの小型化には有利であるが、第 2 レンズ L 2 に入射する軸外光束と光軸 Z との角度が大きくなるため、第 2 レンズ L 2 から第 4 レンズ L 4 までを 1 つのレンズ群と考えたとき、このレンズ群でも広角レンズを形成する必要が生じ、倍率色収差やコマ収差、歪曲収差の補正が難しくなる。条件式 (1) の上限を上回ると、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の間隔が広がるためレンズ系が大きくなってしまふ。また、条件式 (1) の上限を上回ると、第 2 レンズ L 2 に入射する軸外光束と光軸 Z との角度を抑制できるので、第 2 レンズ L 2 から第 4 レンズ L 4 までのレンズ群での収差補正は良好に行えるが、第 1 レンズ L

50

1の像側の面の凸形状の曲率半径の絶対値が大きくなり、パワーが弱くなるため、第1レンズL1の物体側の強い凹面で発生した像面湾曲を補正することが困難になる。

【0046】

レンズ系の小型化を図るためには下記条件式(1-1)を満足することがより好ましい。

$$0.25 < D/f < 2.5 \quad \dots \quad (1-1)$$

【0047】

さらに、本発明の第1の実施形態にかかる撮像レンズは以下に述べる構成を有することが好ましい。なお、好ましい態様としては、いずれか1つの構成でもよく、あるいは任意の複数の構成の組合せでもよい。

【0048】

本撮像レンズは、第1レンズL1の中心厚をd1とし、第1レンズL1と第2レンズL2の光軸上の間隔をDとしたとき、下記条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.3 < d1/D < 4.0 \quad \dots \quad (2)$$

【0049】

条件式(2)は、レンズ系の小型化と収差補正に関する式である。条件式(2)の下限を下回り、第1レンズL1と第2レンズL2の間隔が広がり第2レンズL2に入射する周縁光束と光軸Zとの角度が小さくなる場合には、第1レンズL1の像側の面の凸形状の曲率半径の絶対値が大きくなるため像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(2)の上限を上回ると、第1レンズL1の中心厚が厚くなる場合にはレンズが大きくなってしま

【0050】

さらに下記条件式(2-1)を満足することがより好ましい。条件式(2-1)の上限を満たすことで、レンズ系のさらなる小型化を図ることができ、また第1レンズL1が厚くなりすぎて加工性が低下することを回避できる。条件式(2-1)の下限を満たすことで、第1レンズL1が薄くなりすぎて加工性が低下することを回避できる。

$$0.5 < d1/D < 3.0 \quad \dots \quad (2-1)$$

【0051】

本撮像レンズは、図1Aに示すように、第1レンズL1の物体側の面に入射する最大画角の光束の主光線6と、該主光線6が第1レンズL1の物体側の面を通る点における該面の法線H(点線で図示)との角度を θ としたとき、下記条件式(3)を満足することが好ましい。

$$\theta > 50^\circ \quad \dots \quad (3)$$

【0052】

条件式(3)は、広角化を図り装置の小型化を実現するための式である。条件式(3)の下限を下回ると、レンズ系の十分な広角化ができないため、課題の項で述べたように、このような撮像レンズを画像読取装置に搭載したときには画像読取装置の小型化が難しくなる。

【0053】

角度 θ が次第に大きくなってくると、複数の面において、光線が通る点における面の法線と光線とのなす角度が大きくなるため、高次のコマ収差の補正が難しくなる。このことから、角度 θ はさらに下記条件式(3-1)を満足することがより好ましい。

$$50^\circ < \theta < 85^\circ \quad \dots \quad (3-1)$$

【0054】

本撮像レンズは、図1Aに示すように、第1レンズL1の物体側の面に入射する最大画角の光束の主光線6と、該主光線6が第1レンズL1の物体側の面を通る点における該面の法線H(点線で図示)との角度を θ_1 とし、第1レンズL1の像側の面から出射する最大画角の光束の主光線6と、該主光線6が第1レンズL1の像側の面を通る点における該面の法線H(点線で図示)との角度を θ_2 としたとき、下記条件式(4)を満足すること

10

20

30

40

50

が好ましい。

$$0.8 < \gamma < 3.0 \quad \dots \quad (4)$$

【0055】

条件式(4)は、第1レンズL1のメニスカス形状を規制する式であり、主に広角化を実現しながら像面湾曲を良好に補正するための式である。条件式(4)の下限を下回ると、広角化には有利となるが、各面において、光線が通る点における面の法線と光線の角度が大きくなるため、周縁光束で高次のコマ収差が発生し、高い解像性が得られなくなる。条件式(4)の上限を上回ると、第1レンズL1の像側の面の凸形状の曲率半径の絶対値が大きくなり像面湾曲の補正が不十分となる。

【0056】

条件式(4)を満足することにより得られる効果をより高めるためには、下記条件式(4-1)を満足することがより好ましい。

$$1.0 < \gamma < 2.0 \quad \dots \quad (4-1)$$

【0057】

本撮像レンズの第2レンズL2は、図1Aに示す例のように、両凸形状に構成することができる。第2レンズL2を両凸レンズとすれば、強い正のパワーを確保しやすいため、短焦点化および小型化に有利となる。このような効果は第2レンズL2を近軸領域で両凸形状とした場合に期待できるが、さらに近軸領域から最大画角の光束3が通過する領域までの全領域において両凸形状とした場合には、結像に寄与する全光線に収束作用を与えることができるため、より小型化に有利となる。

【0058】

また、本撮像レンズの第2レンズL2は、軸上光束2の最外光線9が第2レンズL2の物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側で光軸Zと交わるような構成としてもよい。これは後述する第2の実施形態にかかる撮像レンズが有する基本構成であるため、この構成の説明は第2の実施形態の説明において図2Bを参照しながら行う。この構成を採った場合には、第2レンズL2の物体側の面における軸上光束2の最外光線9が第2レンズL2の物体側の面を通る点およびその近傍を凹形状とすることができ、各入射光線と面法線とのなす角度を小さくできるので、この面で光線が大きく光軸側に屈折することを防ぐことができ、大きなイメージサークルを確保しやすくなる。さらに、第2レンズL2の物体側の面において、近軸領域から最大画角の光束3が通過する領域までの全領域で凹形状とした場合には、大きなイメージサークルの確保がより容易となる。

【0059】

第2レンズL2が、近軸領域で両凸形状の構成、有効径全域で両凸形状の構成、軸上光束2の最外光線9が第2レンズL2の物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側で光軸Zと交わるような構成のいずれを採る場合においても、本撮像レンズは下記条件式(5)を満足することが好ましい。

$$0.0 \leq |Z4| / |Z5| < 0.5 \quad \dots \quad (5)$$

【0060】

ここで、条件式(5)においては、図1Bに示すように、第2レンズL2の物体側の面における最大画角の光束3の最外光線7が該面を通る点と、第2レンズL2の物体側の面頂点の接平面との光軸方向の距離をZ4とし、第2レンズL2の像側の面における最大画角の光束3の最外光線7が該面を通る点と、第2レンズL2の像側の面頂点の接平面との光軸方向の距離をZ5としている。図1Bは、図1Aに示した撮像レンズの開口絞りSt、第2レンズL2、第3レンズL3、軸上光束2、最大画角の光束3を含む部分拡大図である。

【0061】

以下では、Z4に関しては第2レンズL2の物体側の面頂点の接平面の位置を基準とし、第2レンズL2の物体側の面における最大画角の光束3の最外光線7が該面を通る点がこの基準より物体側にある場合にZ4の符号を負とし、像側にある場合にZ4の符号を正として説明する。同様に、Z5に関しては第2レンズL2の像側の面頂点の接平面の位置

10

20

30

40

50

を基準とし、第2レンズL2の像側の面における最大画角の光束3の最外光線7が該面を通る点がこの基準より物体側にある場合にZ5の符号を負とし、像側にある場合にZ5の符号を正として説明する。

【0062】

第2レンズL2は、小型化と収差補正の点から、近軸領域において像側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値よりも小さい形状とすることが好ましい。条件式(5)は、第2レンズL2の形状に関するものであり、周縁光束のコマ収差の劣化と球面収差の補正不足を防ぐための式である。

【0063】

Z4が正で|Z4|が大きな値をとり、周縁光束の光線と、その光線が第2レンズL2の物体側の面を通る点での面の法線とのなす角度が大きくなりすぎると、高次のコマ収差が発生し高い解像性が得られない。またZ4が負で|Z4|が大きな値をとり、周縁光束の光線と、その光線が第2レンズL2の物体側の面を通る点での面の法線とのなす角度が小さくなりすぎると、レンズ系が大きくなることを防ぐために第2レンズL2の像側の面において光線を光軸側に強く屈折させる必要がある。この場合、周縁光束の光線と、その光線が第2レンズL2の像側の面を通る点での面の法線との角度を大きくさせる必要があるため、|Z5|が大きな値をとり、やはり高次のコマ収差が発生し好ましくない。さらに、第2レンズL2の像側の面の曲率半径の絶対値が小さくなると、大きな負の球面収差が発生し、補正が困難となる。よって、条件式(5)の範囲内でZ4とZ5の値を維持することにより、良好な収差補正が可能となる。

【0064】

第2レンズL2を、両凸形状とし、かつ上記条件式(5)を満足するように構成した場合には、第2レンズL2の物体側の面における収束作用が強くなりすぎるのを抑制でき、高次のコマ収差を抑制して高い解像性を得やすくなる。

【0065】

第2レンズL2を、軸上光束2の最外光線9が第2レンズL2の物体側の面を通る点における該面の法線が、該面より物体側で光軸Zと交わり、かつ上記条件式(5)を満足するように構成した場合には、軸上光束2においては第2レンズL2の物体側の面において発散作用を与えることができるため、レンズ系と撮像素子5との距離を大きく取ることができ、フォーカシングなどを考慮した鏡胴形状の機械的な制約を緩和することができる。さらに軸外光束においては、第2レンズL2の物体側の面に入射する光線と、その光線が第2レンズL2の物体側の面を通る点での該面の法線との角度を比較的大きくすることができるため、第1レンズL1と第2レンズL2の間隔を狭くすることができ、第1レンズL1の曲率半径を大きくできるため、第1レンズL1の深さを含めた最大厚を小さくできるのでレンズ系の全長の小型化を狙うことができる。なおここで、「第1レンズL1の深さを含めた最大厚」とは、第1レンズL1の最も物体側の点から最も像側の点までの光軸方向の長さであり、第1レンズL1を収納するために必要とする空間の光軸方向の長さである。

【0066】

本撮像レンズは、第3レンズL3のd線におけるアッペ数を3としたとき、下記条件式(6)を満足することが好ましい。

$$3 < 3.5 \dots (6)$$

【0067】

条件式(6)は第3レンズL3の材料に関するものであり、特に色収差の補正に関する式である。条件式(6)の上限を上回ると、色収差の補正が不足し、例えば可視域の広い波長域で使用する場合には高い解像性が得られなくなる。

【0068】

本撮像レンズにおいては、第3レンズL3の像側の面が非球面であることが好ましい。図1C、図1Dを参照しながら、第3レンズL3の像側の面の好ましい非球面形状について説明する。なお、図1C、図1Dは好ましい態様の1例を示すものであり、後述するよ

10

20

30

40

50

うに、好ましい態様は必ずしも図1C、図1Dに示すものに限定されない。図1Cは、撮像レンズと、所定の有限距離にある物体からの軸上光束2、最大画角の光束3、最大画角の5割の画角で入射する5割画角の光束4を示す図である。図1Dは、開口絞りSt、第2レンズL2、第3レンズL3を含む部分拡大図であり、図の煩雑化を避けるため、光線は最大画角の光束3の最外光線7、5割画角の光束4の最外光線8、軸上光束2の最外光線9のみ部分的に図示している。なお、ここでいう最外光線7、8、9は第3レンズL3の像側の面におけるものである。

【0069】

図1Dに示すように、最大画角の光束3の最外光線7、5割画角の光束4の最外光線8、軸上光束2の最外光線9が、第3レンズL3の像側の面を通る点における該面の法線（点線で図示）をそれぞれ H_7 、 H_8 、 H_9 とする。そして、法線 H_7 、 H_8 、 H_9 と光軸Zとの交点をそれぞれ P_7 、 P_8 、 P_9 とする。図1Cにもこれら3つの法線を点線で示し、点 P_7 、 P_8 、 P_9 を図示しているが、図1Cでは図面の煩雑化を避けるため法線の符号を省略している。

【0070】

本撮像レンズにおいては、軸上光束2の最外光線9が第3レンズL3の像側の面を通る点における該面の法線 H_9 が光軸Zと交わる点 P_9 は、第3レンズL3の像側の面より物体側であることが好ましい。そして、5割画角の光束4の最外光線8が第3レンズL3の像側の面を通る点における該面の法線 H_8 は、図1C、図1Dに点 P_8 として示すように点 P_9 より物体側で光軸Zと交わるか、あるいは図1C、図1Dに示す態様とは異なり、光軸Zと平行となるか、第3レンズL3の像側の面より像側で光軸Zと交わるのが好ましい。これら好ましい態様をとるように第3レンズL3の像側の面形状を決めることが好ましい。このように、軸外での凸形状を緩和することにより光束を光軸Zから離れる方向に屈折させることができるので、大きなイメージサークルを確保できる。例えば撮像レンズをエリアセンサを用いた画像読取装置に適用する場合、イメージサークルが大きい方が、共役長を長くすることなく原稿画像の読み取りが可能になるため、装置の小型化に貢献できる。

【0071】

上記の第3レンズL3の像側の非球面形状の構成に加え、第3レンズL3の像側の非球面上の各点と、第3レンズL3の像側の面頂点の接平面との光軸方向の最長距離を $Z7m$ としたとき、下記条件式(7)を満足することが好ましい。ただし、 $Z7m$ の符号は、第3レンズL3の像側の面頂点の接平面に対して物体側の距離を負、像側の距離を正とするものとする。

$$-0.25 < Z7m / f < -0.03 \quad \dots \quad (7)$$

【0072】

図1Dに、 $Z7m$ を例示する。条件式(7)の下限を下回ると、第3レンズL3の像側の面の凸形状の緩和が不足し、周縁光束が光軸Zから離れにくくなるため、第3レンズL3と第4レンズL4の間隔やレンズ系と撮像素子5の間隔を長くとらないと大きなイメージサークルを得ることができず、広角化と小型化に不適なものとなる。条件式(7)の上限を上回ると、大きなイメージサークルの確保はし易くなるが、周縁光線と、その光線が通る点における面法線との角度が大きくなるため、高次のコマ収差が発生し補正が困難になる。

【0073】

全系の焦点距離を短くしてより広角化と小型化を図るためには、第3レンズL3の像側の面で周縁光束をより光軸Zから離れる方向に屈折させる必要がある。そのためには、最大画角の光束3の最外光線7に関して、以下のように構成することが好ましい。上記の法線 H_8 と光軸Zとが交わる点 P_8 が点 P_9 より物体側にある場合は、最大画角の光束3の最外光線7が第3レンズL3の像側の面を通る点における該面の法線 H_7 が、図1C、図1Dに点 P_7 として示すように第3レンズL3の像側の面より像側で光軸Zと交わるか、あるいは図1C、図1Dに示す態様とは異なり、点 P_8 より物体側で光軸Zと交わるか、

10

20

30

40

50

光軸 Z と平行となるのが好ましい。また、法線 H₈ が光軸 Z と平行となるか、第 3 レンズ L₃ の像側の面より像側で光軸 Z と交わる場合は、最大画角の光束 3 の最外光線 7 が第 3 レンズ L₃ の像側の面を通る点における該面の法線 H₇ が光軸 Z と交わる点 P₇ は、第 3 レンズ L₃ の像側の面より像側であることが好ましい。このように第 3 レンズ L₃ の像側の面形状を決めることが好ましく、この場合にはさらに下記条件式 (7 - 1) を満足することが好ましい。

$$-0.16 < Z7m / f < -0.03 \quad \dots \quad (7-1)$$

【 0 0 7 4 】

第 4 レンズ L₄ は、近軸領域において正レンズであるように構成してもよく、この場合には、小型化に有利となる。第 4 レンズ L₄ は例えば、近軸領域において、両凸形状、あるいは正メニスカス形状とすることができる。

10

【 0 0 7 5 】

本撮像レンズは、図 1 A に示すように、最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における該面の法線 H が、該面より像側で光軸 Z と交わることが好ましく、さらに、最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における該面の法線 H と光軸 Z との角度を θ としたとき、下記条件式 (8) を満足することが好ましい。なお、 θ は -90° から 90° の範囲で考えるものとし、最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における該面の法線 H が該面より像側で光軸 Z と交わる場合に θ の符号を正とし、物体側で交わる場合に θ の符号を負ととるものとする。

20

$$0^\circ < \theta < 35^\circ \quad \dots \quad (8)$$

【 0 0 7 6 】

条件式 (8) は、撮像レンズが装置に搭載され、像面 S_{im} に撮像素子が配置される際の、撮像面への入射角、すなわち、撮像面に入射する光線と撮像面の法線との角度を制御するための式であり、テレセントリック性に関する式である。撮像面への入射角が大きくなりすぎると光量を効率的に確保することができなくなり、解像や光分布などに影響が出るため留意が必要である。

【 0 0 7 7 】

最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における法線 H が、この面の像側で光軸 Z と交差するように構成することにより、主光線 6 が通る部分の第 4 レンズ L₄ の物体側の面を凸形状として、撮像面への入射角を制御している。条件式 (8) の下限を下回ると、撮像面への入射角の補正が不足するため、レンズ系と撮像素子の距離を広く取る等の対応が必要となり、全系の焦点距離が長くなるなど広角化や小型化の障害が生じるので好ましくない。条件式 (8) の上限を上回り、法線と光軸 Z のなす角度が大きくなると、周縁部の光束で高次のコマ収差が発生し高い解像性が得られない。

30

【 0 0 7 8 】

高い解像力を得るようにコマ収差を良好に補正するためには、さらに下記条件式 (8 - 1) 式を満足することがより好ましい。

$$0^\circ < \theta < 25^\circ \quad \dots \quad (8-1)$$

【 0 0 7 9 】

最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における該面の法線 H が、該面より物体側で光軸 Z と交わる場合は、テレセントリック性の点では不利となるが、第 4 レンズ L₄ の深さを含めた最大厚を小さくできるのでレンズ系の全長の小型化に貢献できる。ただし、 θ が負の値をとり、その絶対値が大きすぎると、第 4 レンズ L₄ の像側の面における撮像面への入射角の制御の負担が増大し、第 4 レンズ L₄ の像側の面の周縁部が強い凸形状となるため、コバ (縁肉) の確保や成形性の点で不利となる。したがって、最大画角の光束 3 の主光線 6 が第 4 レンズ L₄ の物体側の面を通る点における該面の法線 H が、該面より物体側で光軸 Z と交わる場合は、下記条件式 (8 ') を満足することが好ましい。

40

$$-25^\circ < \theta < 0^\circ \quad \dots \quad (8')$$

50

【0080】

本撮像レンズにおいては、レンズ系のF値、いわゆるレンズ系の明るさを決める開口絞りStは第1レンズL1と第2レンズL2の間に配置されていることが好ましく、その際に開口絞りStと第2レンズL2との光軸上の間隔をd3としたとき、下記条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.0 < d3 / f < 0.5 \quad \dots \quad (9)$$

【0081】

条件式(9)は、開口絞りStと第2レンズL2との間隔に関するものである。条件式(9)の上限を上回ると、撮像面への光線の入射角を小さくできる点では良いが、開口絞りStより像側のレンズ群に入射する光線の光線高が大きくなり、各レンズの有効径が大きくなり、小型化に反する。また、レンズ系の光軸方向の全長を抑えようとする、第1レンズL1と開口絞りStの距離が比較的短くなり、開口絞りStに入射する最大画角の光束3と光軸Zの角度を大きくする必要があり、そのためには第1レンズL1の像側の面における各光線と面法線の角度を大きくしなければならず、そうすると高次のコマ収差が発生して高い解像が得られなくなる。

【0082】

本撮像レンズにおいては、全系のレンズのうち少なくとも1つのレンズがガラス材料からなることが好ましい。

【0083】

撮像レンズが例えば監視用のレンズとして直接外気に触れるような環境下で使用される場合は、第1レンズL1がガラス材料からなることが望ましい。ガラス材料はプラスチック材料と比べて湿気や紫外線による影響が少なく、傷もつきにくい用途によっては有用である。

【0084】

また、第2レンズL2は全系の集束作用のほとんどを担うものであり、強い正の屈折力を持つため、短焦点化して広角化が進むと曲率半径の絶対値が小さくなりすぎて高次収差が発生しやすくなる。プラスチック材料は屈折率が比較的低いことから第2レンズL2をプラスチック材料で構成した場合には、この傾向が顕著となり好ましくない。したがって、高い屈折率を選択できるガラス材料を第2レンズL2に用いることも収差補正の観点から有用である。

【0085】

第3レンズL3にガラス材料を用いる場合は、アッペ数の小さい材料の選択度が増すため色収差補正の設計自由度が上がり、より高解像のレンズを提供することができる。第4レンズL4にガラス材料を用いる場合は、プラスチック材料を用いる場合と比べて屈折率の高い材料を用いることができるため、各光線と各光線が面を通る点における面の法線との角度を小さくできるので高次の球面収差やコマ収差の発生を抑制することができる。

【0086】

本撮像レンズにおいては、第1レンズL1は、少なくとも一面の非球面を有し、ポリオレフィン系のプラスチック材料からなるように構成してもよい。第1レンズL1は収差補正の観点から非球面を有することが好ましい。第1レンズL1の両面を球面とした場合には、曲率半径の絶対値が小さくなり高次の収差が発生しやすくなる。さらに設計の自由度の観点からガラスに比べ成形条件に制限の少ないプラスチック材料を用いることが望ましい。プラスチック材としては、ポリカーボネイトやアクリルなどを用いても設計上は高い性能を得られるが、第1レンズL1はレンズ外径および厚さが大型化することから複屈折などの成形歪みの小さい材料を選択することが好ましく、耐候性の良いものが好ましい。プラスチック材料を用いる場合はポリオレフィン系の材料を選択することで、これらの要望に応えることができる。ポリオレフィン系のプラスチック材料としては例えば、ゼオネックス(登録商標、日本ゼオン株式会社製)を挙げることができる。

【0087】

本撮像レンズにおいて、開口絞りStより像側の複数のレンズを1つのレンズ群として

見たとき、このレンズ群が少なくとも一面の非球面を持つレンズを2つ以上含むように構成することが好ましい。かかる構成によれば、短焦点化のためにレンズの光軸近傍の曲率半径の絶対値が小さくなった場合でも収差の発生を抑制でき、特に高次の収差を良好に抑制して高い光学性能を実現することが可能になる。非球面レンズの材料には、プラスチックを用いてもよい。プラスチックは、ガラスに比べて成形条件に制限が少なく、安価であるという利点を有する。

【0088】

次に、図2A、図2Bを参照しながら、本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズについて説明する。図2Aは、本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズの構成と光路を示す断面図であり、後述の実施例7の撮像レンズに対応している。図2Bは図2Aに示す撮像レンズの要部拡大図である。なお、図2Aに示す構成例は、後述する本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズの構成も合わせもつものであり、図2A中の符号G1、G2については、第3の実施形態の説明において後述する。図2Aにおいては、左側が物体側、右側が像側であり、所定の有限距離にある物体からの軸上光束2、最大画角の光束3、光学部材PPも合わせて示してある。

10

【0089】

本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第1レンズL1と、正の第2レンズL2と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第3レンズL3と、物体側に凸面を向けた第4レンズL4とを備える。この構成の作用効果は、第1の実施形態の説明において述べたものと同様であるため、ここでは重複説明は省略する。

20

【0090】

本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズは、さらに、図2Bに示すように、軸上光束2の最外光線9が第2レンズL2の物体側の面を通る点における該面の法線 H_{2f} が、該面より物体側で光軸Zと交わるように構成されている。図2Bにおいて、法線 H_{2f} と光軸Zとの交点 P_{2f} は第2レンズL2の物体側の面より物体側に位置している。なお、図2Bは、図2Aに示した撮像レンズの開口絞りSt、第2レンズL2、軸上光束2を含む要部拡大図であり、図2Bでは、最大画角の光束3と破断線より物体側の光束の図示を省略している。

【0091】

法線 H_{2f} と光軸Zとの交点 P_{2f} が第2レンズL2の物体側の面より物体側に位置するような構成を採ることで、第2レンズL2の物体側の面における軸上光束2の最外光線が第2レンズL2の物体側の面を通る点およびその近傍を凹形状とすることができ、各入射光線と面法線とのなす角度を小さくできる。これにより、第2レンズL2の物体側の面で光線が大きく光軸側に屈折することを防ぐことができ、大きなイメージサークルを確保しやすくなる。さらに、第2レンズL2の物体側の面において近軸領域から最大画角の光束3が通過する領域までの全領域で凹形状としてもよく、この場合には、大きなイメージサークルを確保することがより容易となる。

30

【0092】

本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズにおいては、第1レンズL1と第2レンズL2の光軸上の間隔をDとし、全系の焦点距離をfとしたとき、下記条件式(1)を満足することが好ましい。下記条件式(1)を満足することにより得られる作用効果は、第1の実施形態の説明において述べたものと同様である。

40

$$0.25 < D/f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

【0093】

本発明の第2の実施形態にかかる撮像レンズは、上述した本実施形態の基本構成と矛盾しない範囲で、第1の実施形態にかかる撮像レンズにおいて説明した好ましい構成や採りうる構成の1つ、あるいは任意の組合せを採用することができる。

【0094】

次に、本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズについて説明する。図1A、図2A

50

に示す撮像レンズは、本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズの構成例である。本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2とが配されてなり、第1レンズ群G1は物体側に凹面を向けたメニスカス形状の第1レンズL1からなり、第2レンズ群G2の最も物体側には正の第2レンズL2が配置され、第2レンズ群G2の最も像側には正レンズが配置され、第2レンズ群G2は少なくとも一方の面が非球面の2つ以上のレンズを含むように構成されている。

【0095】

物体側に配置される第1レンズ群G1を物体側に凹面を向けたメニスカスレンズからなる第1レンズL1で構成することで、特に周縁部の光束に含まれる光線について、各光線が第1レンズL1の物体側の面を通る位置での該面の法線と各光線との角度を大きくすることができるので、広角化が可能となる。さらに、第1レンズL1をメニスカス形状にすることで、物体側の凹面で発生する正の像面湾曲を像側の凸面で打ち消すことができる。このように、第1レンズL1は広角化と像面の補正に好適な形状であると言える。なお、広角化を進めると、第1レンズL1の物体側の凹面はパワーの強い面となる。第1レンズL1をメニスカス形状にして、第1レンズL1の像側の面を凸面にして強いパワーを持たせることで、物体側のパワーの強い凹面で発生する大きな正の像面湾曲を、像側のパワーの強い凸面で打ち消すことができる。

10

【0096】

第2レンズ群G2の最も物体側および最も像側に正レンズを配置することで、短焦点化を図ることができ、小型化に有利となる。第2レンズ群が2枚以上の非球面レンズを含むことで、短焦点化のために光軸近傍の曲率半径の絶対値が小さくなった場合でも収差の発生を抑制でき、特に高次の収差を良好に抑制して高い光学性能を実現することができる。第2レンズ群G2に含まれる非球面レンズは、プラスチック材料からなることが好ましい。プラスチックは、ガラスに比べて成形条件に制限が少なく、安価であるという利点を有する。

20

【0097】

本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズは、第1レンズL1と第2レンズL2の光軸上の間隔をDとし、全系の焦点距離をfとしたとき、さらに下記条件式(1)を満足するように構成されている。下記条件式(1)を満足することにより得られる作用効果は、第1の実施形態の説明において述べたものと同様である。

30

$$0.25 < D / f < 4.0 \quad \dots \quad (1)$$

【0098】

本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズは、上述した本実施形態の基本構成と矛盾しない範囲で、第1の実施形態にかかる撮像レンズにおいて説明した好ましい構成や採りうる構成の1つ、あるいは任意の組合せを採用することができる。

【0099】

本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズの第2レンズ群G2は、例えば、図1A、図2Aに示すように、物体側から順に、正の第2レンズL2と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第3レンズL3と、物体側に凸面を向けた第4レンズL4とを備えるように構成することができる。小型化および高解像を図る場合は、第2レンズ群G2は、上記第2レンズL2～第4レンズL4の3枚構成としてもよい。

40

【0100】

本発明の第3の実施形態にかかる撮像レンズの第2レンズ群G2が、物体側から順に、上記第2レンズL2～第4レンズL4を備える場合は、第1の実施形態にかかる撮像レンズにおいて説明した第2レンズL2～第4レンズL4に関する好ましい構成や採りうる構成の1つ、あるいは任意の組合せを採用することができる。

【0101】

なお、小型化を重視する場合は、第2レンズ群G2は2枚の正レンズからなるように構成してもよい。あるいは、高性能を重視する場合は、第2レンズ群G2は4枚以上のレンズからなるように構成してもよい。

50

【0102】

次に、本発明の撮像レンズの数値実施例について説明する。実施例1～実施例8のレンズ断面図をそれぞれ図3～図10に示す。図3～図10において、左側が物体側、右側が像側であり、所定の有限距離にある物体からの軸上光束2および最大画角の光束3、光学部材PPも合わせて示してある。図3～図10に図示されている開口絞りStは必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。

【0103】

実施例1の撮像レンズのレンズデータを表1に、仕様データを表2に、非球面データを表3に示す。同様に、実施例2～8の撮像レンズのレンズデータ、仕様データ、非球面データをそれぞれ表4～表24に示す。

10

【0104】

各表のレンズデータにおいて、 s_i の欄には最も物体側のレンズの面を1番目として像側に向かうに従い順次増加する*i*番目($i = 1, 2, 3, \dots$)の面番号を示し、 r_i の欄には*i*番目の面の曲率半径を示し、 d_i の欄には*i*番目の面と*i*+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示している。なお、曲率半径の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。

【0105】

また、レンズデータにおいて、 n_{ej} の欄には最も物体側のレンズを1番目として像側に向かうに従い順次増加する*j*番目($j = 1, 2, 3, \dots$)の光学要素のe線(波長546.07nm)に対する屈折率を示し、 d_j の欄には*j*番目の光学要素のd線に対するアッペ数を示している。なお、レンズデータには、開口絞りStおよび光学部材PPも含めて示しており、開口絞りStに相当する面の面番号の欄には面番号の後に(開口絞り)と記載している。

20

【0106】

各表の仕様データには、実効F値と、倍率と、全画角と、焦点距離を示している。なお、ここでは全表において、表中の長さの単位として「mm」を用い、角度の単位として「度」を用いている。しかし、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、他の適当な単位を用いることもできる。

【0107】

各表のレンズデータでは、非球面の面番号に*印を付しており、非球面の曲率半径として近軸曲率半径(中心部の曲率半径)の数値を示している。非球面データには、非球面の面番号 s_i と、各非球面に関する非球面係数*k*、*n*次の非球面係数 B_n ($n = 3, 4, 5, \dots, 20$)を示す。これら非球面係数は、各非球面について、光軸Zに垂直な方向の高さを*y*、高さ*y*における非球面の、面頂点の接平面からの光軸方向の距離を $Z_f(y)$ 、近軸曲率を*c*として、

30

$$Z_f(y) = c \cdot y^2 / \{1 + (1 - k \cdot c^2 \cdot y^2)^{1/2}\} + B_n \cdot |y|^n$$

の非球面式で非球面形状を表したときのものである。各表の非球面係数の数値の「E-0m」(m:整数)は「 $\times 10^{-m}$ 」を意味し、「E+0m」(m:整数)は「 $\times 10^m$ 」を意味する。

【0108】

40

【表 1】

実施例1 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| *1 | -2.934 | 2.500 | 1.5362 | 56.0 |
| *2 | -3.133 | 1.831 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.139 | | |
| *4 | 3.857 | 1.653 | 1.5362 | 56.0 |
| *5 | -1.307 | 0.311 | | |
| *6 | -0.539 | 0.480 | 1.6197 | 25.5 |
| *7 | -1.217 | 0.150 | | |
| *8 | 1.616 | 1.100 | 1.5362 | 56.0 |
| *9 | 4.913 | 0.430 | | |
| 10 | ∞ | 0.980 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

10

【 0 1 0 9 】

【表 2】

実施例1 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.93 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 全画角 | 100.6 |
| 焦点距離 | 2.652 |

20

【 0 1 1 0 】

【表 3】

実施例1 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | 4.649152E-01 | -3.336890E-02 | 5.109018E+00 | -2.211964E+00 |
| B3 | 1.306390E-04 | 5.076302E-03 | 6.830333E-03 | -2.464676E-02 |
| B4 | 2.118088E-02 | 1.436154E-02 | -6.823472E-02 | -5.663545E-02 |
| B5 | -3.555920E-03 | -2.741394E-03 | 1.180439E-01 | 3.114193E-02 |
| B6 | -2.036059E-03 | -3.371853E-03 | -5.436028E-02 | 3.182688E-02 |
| B7 | 6.300744E-04 | 1.803681E-03 | -2.155328E-01 | -1.178126E-02 |
| B8 | 1.886219E-04 | -1.242446E-04 | 9.804065E-02 | -3.313294E-02 |
| B9 | -9.725204E-05 | -9.736597E-05 | 3.234116E-01 | -5.366294E-02 |
| B10 | 1.121217E-05 | 1.798307E-05 | -2.527450E-01 | 5.101542E-02 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -8.940727E-01 | -4.429356E+00 | 4.531239E-01 | 3.317158E+00 |
| B3 | 1.161698E-01 | 4.380198E-02 | -6.192280E-02 | -3.701536E-02 |
| B4 | -2.826690E-01 | -4.820414E-01 | -2.424629E-01 | 3.506271E-02 |
| B5 | 1.173443E+00 | 1.615296E+00 | 4.443063E-01 | -3.327637E-02 |
| B6 | -1.956330E+00 | -2.890235E+00 | -7.810180E-01 | -2.057596E-02 |
| B7 | 1.989095E+00 | 3.349919E+00 | 8.584499E-01 | 1.954641E-02 |
| B8 | -1.285047E+00 | -2.281774E+00 | -5.133770E-01 | 3.682724E-03 |
| B9 | 3.938611E-01 | 8.236779E-01 | 1.581766E-01 | -3.469347E-03 |
| B10 | -2.015919E-02 | -1.232059E-01 | -1.990616E-02 | 7.744107E-05 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -7.313742E-05 | -6.140350E-04 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 1.795299E-06 | 3.061344E-04 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 1.785500E-05 | -2.709611E-05 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.509860E-06 | 7.094802E-05 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 2.821358E-06 | -2.711078E-05 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.078953E-06 | -8.586420E-06 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.573021E-06 | 7.107552E-06 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -8.161427E-06 | -2.828282E-06 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 7.836608E-06 | 8.505820E-07 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.756497E-06 | -1.140854E-07 |

10

20

30

【 0 1 1 1 】

【表 4】

実施例2 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| *1 | -3.237 | 2.738 | 1.8881 | 40.8 |
| *2 | -3.846 | 1.785 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.152 | | |
| *4 | 4.630 | 1.644 | 1.5182 | 64.1 |
| *5 | -1.283 | 0.322 | | |
| *6 | -0.543 | 0.350 | 1.6197 | 25.5 |
| *7 | -1.080 | 0.204 | | |
| *8 | 1.705 | 1.001 | 1.5362 | 56.0 |
| *9 | 6.681 | 0.466 | | |
| 10 | ∞ | 0.980 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

40

【 0 1 1 2 】

【表 5】

実施例2 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.71 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 全画角 | 106.9 |
| 焦点距離 | 2.370 |

【 0 1 1 3 】

【表 6】

実施例2 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | 3.790718E-01 | -1.991034E-01 | 4.873214E+00 | -1.865558E+00 |
| B3 | -7.568643E-04 | 7.480067E-04 | 1.306421E-02 | -2.834898E-02 |
| B4 | 2.197463E-02 | 1.436202E-02 | -1.010688E-01 | -5.454382E-02 |
| B5 | -4.040410E-03 | -2.035254E-03 | 1.851256E-01 | 4.881663E-02 |
| B6 | -2.144291E-03 | -3.718117E-03 | -7.707076E-02 | 3.739370E-02 |
| B7 | 6.534727E-04 | 1.795967E-03 | -2.687145E-01 | -1.474673E-02 |
| B8 | 1.965498E-04 | -1.095492E-04 | 8.878449E-02 | -4.600404E-02 |
| B9 | -9.955207E-05 | -8.966450E-05 | 4.122155E-01 | -6.066896E-02 |
| B10 | 1.108743E-05 | 1.562128E-05 | -2.826414E-01 | 5.907129E-02 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -1.020369E+00 | -4.137743E+00 | 4.796751E-01 | 6.405598E+00 |
| B3 | 1.055694E-01 | 4.851837E-02 | -6.101648E-02 | -3.335572E-02 |
| B4 | -2.647159E-01 | -4.607722E-01 | -2.509360E-01 | 3.792617E-02 |
| B5 | 1.183789E+00 | 1.616660E+00 | 4.506978E-01 | -3.859900E-02 |
| B6 | -1.956626E+00 | -2.898379E+00 | -7.812655E-01 | -1.805688E-02 |
| B7 | 1.983396E+00 | 3.347715E+00 | 8.580880E-01 | 2.096171E-02 |
| B8 | -1.286055E+00 | -2.283308E+00 | -5.134840E-01 | 3.159489E-03 |
| B9 | 3.950158E-01 | 8.241830E-01 | 1.581057E-01 | -3.770028E-03 |
| B10 | -2.336365E-02 | -1.226029E-01 | -1.981521E-02 | 4.389450E-05 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -7.820914E-05 | -5.876164E-04 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 1.704376E-05 | 3.280376E-04 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 2.592959E-05 | -2.816624E-05 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.950232E-06 | 7.069365E-05 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 2.745594E-06 | -2.707815E-05 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.873749E-06 | -9.250297E-06 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -2.068097E-06 | 7.258008E-06 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -8.339096E-06 | -2.640040E-06 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 7.838385E-06 | 8.709286E-07 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.682535E-06 | -1.480388E-07 |

【 0 1 1 4 】

10

20

30

40

【表 7】

実施例3 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| 1 | -5.324 | 2.320 | 1.8881 | 40.8 |
| 2 | -5.906 | 1.000 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.000 | | |
| *4 | 5.114 | 1.901 | 1.5362 | 56.0 |
| *5 | -1.728 | 0.639 | | |
| *6 | -0.512 | 0.302 | 1.8467 | 23.8 |
| *7 | -0.992 | 0.100 | | |
| *8 | 2.905 | 1.751 | 1.5362 | 56.0 |
| *9 | -2.069 | 1.676 | | |
| 10 | ∞ | 0.300 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

10

【 0 1 1 5 】

【表 8】

実施例3 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 3.00 |
| 倍率 | 0.01573 |
| 全画角 | 90.5 |
| 焦点距離 | 3.182 |

20

【 0 1 1 6 】

【表 9】

実施例3 非球面データ

| si | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | -4.739820E+00 | -3.305130E+00 | -4.947095E-01 | -2.186093E+00 |
| B3 | 1.512606E-02 | -2.771461E-02 | 4.656724E-02 | 1.764793E-02 |
| B4 | -8.532355E-02 | -6.583750E-02 | -3.294692E-01 | -5.383401E-01 |
| B5 | 8.895364E-02 | 1.060799E-02 | 1.163924E+00 | 1.617496E+00 |
| B6 | 6.481943E-02 | 1.577024E-02 | -1.943163E+00 | -2.898241E+00 |
| B7 | -1.076119E-01 | -3.568199E-03 | 1.997785E+00 | 3.343154E+00 |
| B8 | -8.156408E-02 | -3.927552E-03 | -1.282090E+00 | -2.281812E+00 |
| B9 | 7.056912E-02 | -3.554501E-02 | 3.891720E-01 | 8.232590E-01 |
| B10 | 5.533469E-03 | 2.444195E-02 | -1.920775E-02 | -1.205273E-01 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 8 | 9 | | |
| k | 1.569293E+00 | -3.122225E+00 | | |
| B3 | -9.594468E-02 | -2.121001E-02 | | |
| B4 | -1.816139E-01 | 1.276332E-02 | | |
| B5 | 4.497176E-01 | 1.427690E-02 | | |
| B6 | -7.821231E-01 | -3.415541E-02 | | |
| B7 | 8.572024E-01 | 1.513834E-02 | | |
| B8 | -5.139028E-01 | 4.522537E-03 | | |
| B9 | 1.581598E-01 | -2.578562E-03 | | |
| B10 | -2.028224E-02 | 4.560366E-04 | | |
| B11 | 1.964182E-05 | -5.666221E-04 | | |
| B12 | 2.323189E-05 | 2.988841E-04 | | |
| B13 | 1.314605E-05 | -4.941235E-05 | | |
| B14 | -8.152784E-06 | 5.886073E-05 | | |
| B15 | 7.270203E-06 | -3.053569E-05 | | |
| B16 | 1.134784E-06 | -8.487511E-06 | | |
| B17 | -7.828324E-07 | 6.977217E-06 | | |
| B18 | 2.188500E-06 | -2.515013E-06 | | |
| B19 | -1.991616E-06 | 8.913883E-07 | | |
| B20 | 3.988912E-07 | -1.133698E-07 | | |

10

20

30

【 0 1 1 7 】

【表 1 0】

実施例4 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| *1 | -3.312 | 1.362 | 1.7584 | 52.3 |
| *2 | -4.837 | 1.239 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.000 | | |
| 4 | 2.769 | 2.074 | 1.6255 | 58.2 |
| 5 | -2.374 | 0.560 | | |
| *6 | -0.527 | 0.350 | 1.6197 | 25.5 |
| *7 | -1.360 | 0.101 | | |
| *8 | 3.069 | 1.000 | 1.5362 | 56.0 |
| *9 | -2.100 | 1.429 | | |
| 10 | ∞ | 0.300 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

40

【 0 1 1 8 】

【表 1 1】

実施例4 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 3.00 |
| 倍率 | 0.01577 |
| 全画角 | 89.6 |
| 焦点距離 | 3.150 |

【 0 1 1 9 】

【表 1 2】

実施例4 非球面データ

| si | 1 | 2 | 6 | 7 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | 9.124500E-01 | 3.168649E+00 | -5.846498E-01 | -5.624411E+00 |
| B3 | -7.217074E-04 | 2.936454E-03 | 9.262954E-02 | -5.361329E-03 |
| B4 | 2.023328E-02 | 1.298744E-02 | -3.470662E-01 | -5.198965E-01 |
| B5 | -2.563589E-03 | 4.248082E-03 | 1.170064E+00 | 1.631661E+00 |
| B6 | -2.274835E-03 | -4.851564E-03 | -1.932733E+00 | -2.890002E+00 |
| B7 | 8.080741E-04 | 6.770046E-04 | 2.022560E+00 | 3.342139E+00 |
| B8 | 2.986241E-04 | 6.580696E-04 | -1.269343E+00 | -2.283037E+00 |
| B9 | -4.348510E-05 | 5.801471E-04 | 3.875270E-01 | 8.232870E-01 |
| B10 | -2.772904E-05 | -3.244744E-04 | -3.483611E-02 | -1.205595E-01 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 8 | 9 | | |
| k | 2.873352E+00 | -8.360554E+00 | | |
| B3 | -1.114733E-01 | -3.361246E-02 | | |
| B4 | -1.860983E-01 | -7.374667E-03 | | |
| B5 | 4.383989E-01 | 2.665029E-02 | | |
| B6 | -7.896699E-01 | -3.347658E-02 | | |
| B7 | 8.547736E-01 | 1.387889E-02 | | |
| B8 | -5.145575E-01 | 3.186605E-03 | | |
| B9 | 1.573045E-01 | -2.836616E-03 | | |
| B10 | -1.990565E-02 | 2.479912E-04 | | |
| B11 | -2.259974E-05 | -5.802231E-04 | | |
| B12 | -1.332168E-05 | 2.848506E-04 | | |
| B13 | 5.479899E-06 | -3.707956E-05 | | |
| B14 | 2.906018E-05 | 6.324749E-05 | | |
| B15 | -2.218154E-05 | -2.953529E-05 | | |
| B16 | -1.964487E-05 | -7.955842E-06 | | |
| B17 | 5.281059E-06 | 6.748525E-06 | | |
| B18 | -1.420156E-06 | -2.506920E-06 | | |
| B19 | -1.097379E-06 | 9.180359E-07 | | |
| B20 | -2.339490E-06 | -8.878211E-08 | | |

10

20

30

40

【 0 1 2 0 】

【表 1 3】

実施例5 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| *1 | -3.383 | 3.500 | 1.8202 | 46.6 |
| *2 | -5.950 | 4.104 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.033 | | |
| *4 | 2.842 | 2.803 | 1.5362 | 56.0 |
| *5 | -1.495 | 0.320 | | |
| *6 | -0.734 | 0.408 | 1.6197 | 25.5 |
| *7 | -2.472 | 0.666 | | |
| *8 | 2.045 | 1.303 | 1.5362 | 56.0 |
| *9 | -19.175 | 0.446 | | |
| 10 | ∞ | 0.980 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

10

【 0 1 2 1】

【表 1 4】

実施例5 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.61 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 全画角 | 100.9 |
| 焦点距離 | 2.655 |

20

【 0 1 2 2】

【表 1 5】

実施例5 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | 5.700713E-01 | 2.756741E+00 | 4.390826E+00 | -5.010579E+00 |
| B3 | -1.059763E-02 | -4.718015E-03 | 1.990356E-02 | -8.083626E-03 |
| B4 | 2.348611E-02 | 1.238592E-02 | -1.122256E-01 | -1.347522E-01 |
| B5 | -3.574180E-03 | -1.023148E-03 | 1.227293E-01 | 3.823593E-02 |
| B6 | -2.221884E-03 | -3.267889E-03 | 5.896742E-02 | 7.063577E-02 |
| B7 | 6.178862E-04 | 1.667000E-03 | -2.261513E-01 | 2.167190E-02 |
| B8 | 2.024037E-04 | -1.497666E-04 | -1.981873E-02 | -2.385852E-02 |
| B9 | -9.436938E-05 | -6.607505E-05 | 2.503946E-01 | -6.121695E-02 |
| B10 | 1.001314E-05 | 1.307309E-05 | -1.251029E-01 | 3.541441E-02 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -3.636316E-01 | -9.895051E+00 | 7.790164E-01 | 9.995228E+00 |
| B3 | 8.127773E-02 | 2.742729E-03 | -1.083995E-01 | -1.019271E-01 |
| B4 | -2.746436E-01 | -4.687729E-01 | -1.950132E-01 | 2.524314E-02 |
| B5 | 1.182116E+00 | 1.614976E+00 | 4.512262E-01 | 2.032936E-02 |
| B6 | -1.943566E+00 | -2.904584E+00 | -7.813887E-01 | -1.981292E-02 |
| B7 | 1.998674E+00 | 3.344409E+00 | 8.574766E-01 | 1.544873E-02 |
| B8 | -1.276938E+00 | -2.282641E+00 | -5.135119E-01 | 2.557093E-03 |
| B9 | 3.913623E-01 | 8.239478E-01 | 1.576328E-01 | -3.459502E-03 |
| B10 | -3.124162E-02 | -1.210417E-01 | -2.002718E-02 | 2.711485E-04 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -5.543243E-05 | -5.490136E-04 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 4.345033E-05 | 3.127014E-04 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 2.098765E-05 | -3.454811E-05 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 8.033004E-06 | 6.487184E-05 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 5.355722E-06 | -2.786571E-05 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.798824E-06 | -9.036346E-06 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -2.324089E-06 | 7.138922E-06 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -8.701828E-06 | -2.701250E-06 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 7.819628E-06 | 9.166956E-07 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.672474E-06 | -1.353304E-07 |

10

20

30

【 0 1 2 3 】

【表 1 6】

実施例6 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|----------|-------|--------|----------|
| *1 | -2.439 | 0.840 | 1.8881 | 40.8 |
| *2 | -2.526 | 1.087 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.035 | | |
| *4 | 4.431 | 1.713 | 1.5661 | 60.7 |
| *5 | -1.340 | 0.320 | | |
| *6 | -0.520 | 0.388 | 1.8550 | 23.8 |
| *7 | -1.022 | 0.091 | | |
| *8 | 1.629 | 1.068 | 1.6998 | 55.5 |
| *9 | 5.027 | 0.471 | | |
| 10 | ∞ | 0.980 | 1.5182 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.400 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

40

【 0 1 2 4 】

【表 17】

実施例6 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.93 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 全画角 | 98.0 |
| 焦点距離 | 2.641 |

【 0 1 2 5 】

【表 18】

実施例6 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| k | -9.005470E-02 | -1.216693E+00 | -2.119000E+00 | -1.782157E+00 |
| B3 | 9.204584E-03 | 6.857257E-03 | 1.332818E-02 | -2.527286E-02 |
| B4 | 2.382473E-02 | 1.708855E-02 | -9.123372E-02 | -3.824106E-02 |
| B5 | -6.575811E-03 | -7.028084E-03 | 2.453142E-01 | 5.771852E-02 |
| B6 | -2.725610E-03 | -3.988928E-03 | -1.540389E-01 | 3.191076E-02 |
| B7 | 7.565657E-04 | 2.564667E-03 | -4.006448E-01 | -2.304744E-02 |
| B8 | 3.475226E-04 | -1.158955E-04 | 2.053007E-01 | -4.485357E-02 |
| B9 | -1.092987E-04 | -1.573769E-04 | 9.673737E-01 | -5.812226E-02 |
| B10 | 4.986111E-06 | 2.723828E-05 | -9.092781E-01 | 5.423379E-02 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -9.651467E-01 | -2.682487E+00 | 4.545410E-01 | 2.896911E+00 |
| B3 | 4.508318E-02 | -1.231462E-02 | -9.126932E-02 | -1.403305E-02 |
| B4 | -2.704025E-01 | -4.714562E-01 | -2.055512E-01 | 5.560846E-02 |
| B5 | 1.197024E+00 | 1.610126E+00 | 4.388019E-01 | -8.022034E-02 |
| B6 | -1.936086E+00 | -2.896644E+00 | -7.898259E-01 | 1.425856E-03 |
| B7 | 1.997459E+00 | 3.352613E+00 | 8.572080E-01 | 2.128992E-02 |
| B8 | -1.286122E+00 | -2.275976E+00 | -5.127449E-01 | 1.183797E-03 |
| B9 | 3.906907E-01 | 8.272771E-01 | 1.584160E-01 | -4.138950E-03 |
| B10 | -2.557777E-02 | -1.247229E-01 | -1.971064E-02 | 1.490146E-04 |
| B11 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -7.124516E-05 | -4.970768E-04 |
| B12 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -2.501249E-05 | 3.408595E-04 |
| B13 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 3.014397E-05 | -2.181979E-05 |
| B14 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -2.790090E-06 | 6.583701E-05 |
| B15 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 5.782853E-06 | -2.952807E-05 |
| B16 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -3.112704E-06 | -9.590923E-06 |
| B17 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.799342E-06 | 7.147481E-06 |
| B18 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -8.690450E-06 | -2.596891E-06 |
| B19 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | 8.100000E-06 | 8.958794E-07 |
| B20 | 0.000000E+00 | 0.000000E+00 | -1.751946E-06 | -1.339527E-07 |

10

20

30

40

【表 19】

実施例7 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|-----------|--------|---------|----------|
| *1 | -2.7770 | 2.5000 | 1.53620 | 56.0 |
| *2 | -3.0027 | 1.7587 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.1861 | | |
| *4 | -997.1279 | 1.2310 | 1.59143 | 61.2 |
| *5 | -1.3704 | 0.6277 | | |
| *6 | -0.6141 | 0.3694 | 1.61963 | 25.5 |
| *7 | -1.4385 | 0.1657 | | |
| *8 | 1.6703 | 1.4236 | 1.53620 | 56.0 |
| *9 | 30.5932 | 0.6364 | | |
| 10 | ∞ | 0.7000 | 1.51825 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.4000 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

10

【0126】

【表 20】

実施例7 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.945 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 画角 | 94.68 |
| 焦点距離 | 2.651 |

20

【0127】

【表 2 1】

実施例7 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| k | 3.8830217E-01 | -1.6136320E+00 | -7.6177227E+13 | -3.1636968E+00 |
| B3 | 1.7975300E-03 | 3.3184326E-03 | -4.0690486E-02 | -3.2808333E-02 |
| B4 | 2.4649913E-02 | 1.5188507E-02 | 2.4986437E-01 | -8.9618062E-02 |
| B5 | -4.1947163E-03 | -5.1524862E-03 | -1.0202638E+00 | -5.9791479E-02 |
| B6 | -2.1742781E-03 | -3.2394953E-03 | 9.1616267E-01 | -1.1901269E-02 |
| B7 | 6.1796737E-04 | 2.0032194E-03 | 1.1418423E+00 | 1.4668778E-01 |
| B8 | 1.9965981E-04 | -1.1818507E-04 | -5.5992719E-01 | 4.7143581E-02 |
| B9 | -9.3684926E-05 | -1.1715415E-04 | -2.4832036E+00 | -2.8813423E-01 |
| B10 | 1.0104791E-05 | 2.0378319E-05 | -2.5683053E+00 | 1.4136382E-01 |
| B11 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.1761735E+00 | 0.0000000E+00 |
| B12 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 6.5493624E+00 | 0.0000000E+00 |
| B13 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 6.3321835E+00 | 0.0000000E+00 |
| B14 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.4437289E+00 | 0.0000000E+00 |
| B15 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.0973001E+01 | 0.0000000E+00 |
| B16 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -9.8103060E+00 | 0.0000000E+00 |
| B17 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.8467980E+00 | 0.0000000E+00 |
| B18 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.3837769E+01 | 0.0000000E+00 |
| B19 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 2.5638664E+00 | 0.0000000E+00 |
| B20 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -6.0934552E+00 | 0.0000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -1.5862210E+00 | -9.0523295E+00 | 4.6966421E-01 | 7.5645316E+00 |
| B3 | 3.3967468E-02 | -7.1541726E-02 | -1.6134412E-01 | -4.7817566E-02 |
| B4 | -3.0240077E-01 | -3.5153873E-01 | -1.7821154E-01 | 3.5007077E-02 |
| B5 | 1.2473555E+00 | 1.6210534E+00 | 4.6044450E-01 | -6.6020616E-03 |
| B6 | -1.9310542E+00 | -2.8932288E+00 | -7.8394475E-01 | -2.5953915E-02 |
| B7 | 1.9263553E+00 | 3.3351164E+00 | 8.5509407E-01 | 1.7136871E-02 |
| B8 | -1.2970695E+00 | -2.2965888E+00 | -5.1420138E-01 | 3.6668031E-03 |
| B9 | 4.4899061E-01 | 8.1824616E-01 | 1.5799366E-01 | -3.2613417E-03 |
| B10 | -4.9709251E-02 | -1.1497345E-01 | -1.9942052E-02 | 1.4159507E-04 |
| B11 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -5.4110036E-05 | -6.0688499E-04 |
| B12 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 4.4223752E-05 | 3.0716681E-04 |
| B13 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 3.1795948E-05 | -2.6888157E-05 |
| B14 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.0103597E-05 | 7.1607019E-05 |
| B15 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 3.9614877E-06 | -2.6943816E-05 |
| B16 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.9951289E-06 | -8.6705595E-06 |
| B17 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -2.8136357E-06 | 6.9538770E-06 |
| B18 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -8.7136267E-06 | -2.9219598E-06 |
| B19 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 7.6679550E-06 | 8.2498760E-07 |
| B20 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.5706157E-06 | -8.7566509E-08 |

10

20

30

【 0 1 2 8 】

【表 2 2】

実施例8 レンズデータ

| si | ri | di | nej | ν dj |
|---------|-----------|--------|---------|----------|
| *1 | -3.3529 | 2.4175 | 1.53620 | 56.0 |
| *2 | -3.0059 | 1.2222 | | |
| 3(開口絞り) | ∞ | 0.1750 | | |
| *4 | -152.2296 | 1.2597 | 1.59143 | 61.2 |
| *5 | -1.2822 | 0.4067 | | |
| *6 | -0.6707 | 0.3500 | 1.63813 | 23.2 |
| *7 | -1.1470 | 0.5266 | | |
| *8 | 1.6644 | 0.7541 | 1.53620 | 56.0 |
| *9 | 2.1532 | 0.7592 | | |
| 10 | ∞ | 0.5000 | 1.51825 | 64.1 |
| 11 | ∞ | 0.4000 | | |
| 12(像面) | ∞ | | | |

40

【 0 1 2 9 】

【表 2 3】

実施例8 仕様データ

| | |
|------|---------|
| 実効F値 | 2.960 |
| 倍率 | 0.01554 |
| 画角 | 94.67 |
| 焦点距離 | 2.642 |

【 0 1 3 0 】

【表 2 4】

実施例8 非球面データ

| si | 1 | 2 | 4 | 5 |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| k | 2.6286288E-01 | -6.1881161E+00 | -7.6177227E+13 | -2.2060153E+00 |
| B3 | -9.4188727E-04 | 2.8791535E-03 | -6.0254009E-02 | -3.4804958E-02 |
| B4 | 2.3676273E-02 | 4.3402779E-03 | 4.2552585E-01 | -2.7469277E-02 |
| B5 | -4.4153439E-03 | -4.9563288E-03 | -1.5943992E+00 | -6.3537744E-02 |
| B6 | -2.2159726E-03 | -1.3083812E-03 | 1.6196204E+00 | -3.1863947E-02 |
| B7 | 5.9795195E-04 | 2.0574715E-03 | 1.6594460E+00 | 1.5866906E-01 |
| B8 | 2.0649122E-04 | -2.8774075E-04 | -1.2873200E+00 | 3.2527472E-02 |
| B9 | -9.1002022E-05 | -1.5257146E-04 | -4.1114335E+00 | -3.3530323E-01 |
| B10 | 9.2176482E-06 | 3.6686644E-05 | -3.2334286E+00 | 1.8013413E-01 |
| B11 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 2.8905251E+00 | 0.0000000E+00 |
| B12 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.0927551E+01 | 0.0000000E+00 |
| B13 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 9.8277252E+00 | 0.0000000E+00 |
| B14 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -4.2762269E+00 | 0.0000000E+00 |
| B15 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -2.0853941E+01 | 0.0000000E+00 |
| B16 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.7230033E+01 | 0.0000000E+00 |
| B17 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 5.5142108E+00 | 0.0000000E+00 |
| B18 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 2.5916162E+01 | 0.0000000E+00 |
| B19 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.0064641E+01 | 0.0000000E+00 |
| B20 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.6604163E+01 | 0.0000000E+00 |
| si | 6 | 7 | 8 | 9 |
| k | -1.1826928E+00 | -2.6430170E-01 | 4.3097689E-01 | -3.2329182E+00 |
| B3 | 1.6504645E-01 | 1.6301278E-01 | -5.7389315E-03 | -5.2860338E-03 |
| B4 | -4.2104674E-01 | -3.5977859E-01 | -2.6199135E-01 | -4.5296416E-02 |
| B5 | 1.3024576E+00 | 1.5684946E+00 | 4.2733318E-01 | 3.0704801E-03 |
| B6 | -1.9098980E+00 | -2.9171500E+00 | -7.8681390E-01 | -1.5655428E-02 |
| B7 | 1.9065460E+00 | 3.3363971E+00 | 8.6038551E-01 | 1.5411487E-02 |
| B8 | -1.3246590E+00 | -2.2803540E+00 | -5.1143951E-01 | 2.6215774E-03 |
| B9 | 4.5555244E-01 | 8.3140409E-01 | 1.5856094E-01 | -3.3657817E-03 |
| B10 | -4.2940884E-02 | -1.2463821E-01 | -2.0054992E-02 | 1.9801760E-04 |
| B11 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.5989261E-04 | -5.7845106E-04 |
| B12 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -5.8226216E-06 | 3.0927868E-04 |
| B13 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 2.3810099E-05 | -2.8682663E-05 |
| B14 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 1.1115011E-05 | 7.0430689E-05 |
| B15 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 5.8717113E-06 | -2.7174893E-05 |
| B16 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.6018630E-06 | -8.5567220E-06 |
| B17 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -2.8419044E-06 | 7.0681658E-06 |
| B18 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -8.9096420E-06 | -2.8640213E-06 |
| B19 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | 7.6157234E-06 | 8.3294756E-07 |
| B20 | 0.0000000E+00 | 0.0000000E+00 | -1.5055243E-06 | -1.0036698E-07 |

【 0 1 3 1 】

実施例 1 ~ 8 の撮像レンズは全て 4 枚構成である。実施例 1 の撮像レンズは、4 枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は、第 1 レンズ L 1 が近軸領域で物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズであり、第 2 レンズ L 2 が近軸領域で両凸レンズであり、第 3 レンズ L 3 が近軸領域で像側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第 4 レンズ L 4 が近軸領域で物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。

【 0 1 3 2 】

実施例 2 の撮像レンズは、4 枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は実施例 1 のものと同様である。実施例 3 の撮像レンズは、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3

10

20

30

40

50

、第4レンズL4全ての両面が非球面である。実施例3の撮像レンズの概略形状は、第4レンズL4が近軸領域で両凸レンズである点以外は、実施例1のものと同様である。実施例4の撮像レンズは、第1レンズL1、第3レンズL3、第4レンズL4全ての両面が非球面である。実施例4の撮像レンズの概略形状は、第4レンズL4が近軸領域で両凸レンズである点以外は、実施例1のものと同様である。実施例5の撮像レンズは、4枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は第4レンズL4が近軸領域で両凸レンズである点以外は、実施例1のものと同様である。実施例6の撮像レンズは、4枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は実施例1のものと同様である。実施例7の撮像レンズは、4枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は第2レンズL2が近軸領域で物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズである点以外は、実施例1のものと同様である。実施例8の撮像レンズは、4枚のレンズ全ての両面が非球面であり、その概略形状は第1レンズL1および第2レンズL2が近軸領域で物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズである点以外は、実施例1のものと同様である。

10

【0133】

実施例1の撮像レンズの収差図を図11(A)~図11(K)に示す。図11(A)~図11(D)はそれぞれ、球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、倍率色収差(倍率の色収差)を示している。図11(E)~図11(H)は各画角におけるタンジェンシャル方向の横収差を示し、図11(I)~図11(K)は各画角におけるサジタル方向の横収差を示している。球面収差図、倍率色収差図、横収差図では、e線(546.1nm)に関しては実線で、g線(波長435.8nm)に関しては破線で、C線(波長656.3nm)に関しては一点鎖線で示している。非点収差図および歪曲収差図はe線に関するものであり、非点収差図では、サジタル方向については実線で、タンジェンシャル方向については点線で示している。球面収差図のFno.は実効F値を意味し、その他の収差図のは半画角を意味する。

20

【0134】

同様に、実施例2~8の撮像レンズの各収差図を、図12(A)~図12(K)、図13(A)~図13(K)、図14(A)~図14(K)、図15(A)~図15(K)、図16(A)~図16(K)、図17(A)~図17(K)、図18(A)~図18(K)、に示す。

【0135】

実施例1~8の撮像レンズにおける条件式(1)~(9)に対応する値を表25に示す。なお、表25に示す値は、基準波長をe線とし、上記した各仕様データに基づいて光束を入射させたときのものである。

30

【表25】

| | 条件式 | | | | | | | | |
|------|------------|-------------|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|-------------|
| | (1) D/f | (2) d1/D | (3) α | (4) α/β | (5) Z4 / Z5 | (6) $\nu 3$ | (7) Z7m/f | (8) γ | (9) d3/f |
| 実施例1 | 0.74 | 1.27 | 77.2 | 1.28 | 0.14 | 25.5 | -0.084 | 16.8 | 0.05 |
| 実施例2 | 0.82 | 1.41 | 75.6 | 1.31 | 0.11 | 25.5 | -0.096 | 14.4 | 0.06 |
| 実施例3 | 0.31 | 2.32 | 59.0 | 1.47 | 0.09 | 23.8 | -0.210 | 7.2 | 0.00 |
| 実施例4 | 0.39 | 1.10 | 60.9 | 1.49 | 0.34 | 25.5 | -0.105 | -22.9 | 0.00 |
| 実施例5 | 1.56 | 0.85 | 77.1 | 1.83 | 0.32 | 25.5 | -0.059 | 23.2 | 0.01 |
| 実施例6 | 0.42 | 0.75 | 71.3 | 1.11 | 0.09 | 23.8 | -0.138 | 4.7 | 0.01 |
| 実施例7 | 0.73 | 1.29 | 72.2 | 1.23 | 0.04 | 25.5 | -0.062 | 17.4 | 0.07 |
| 実施例8 | 0.53 | 1.73 | 66.8 | 1.14 | 0.03 | 23.2 | -0.076 | 1.4 | 0.07 |

40

【0136】

以上のデータからわかるように、実施例1~8の撮像レンズは、4枚という少ないレンズ枚数からなり小型に構成され、実効F値が2.6~3.0と小さく、全画角が約90°~107°と十分に広角化が図られ、各収差が良好に補正されて良好な光学性能および高い解像力を有する。

【0137】

50

なお、本発明は上記実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数等の値は、上記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。

【0138】

次に、本発明の実施形態にかかる撮像装置について説明する。図19に、本発明の一実施形態にかかる撮像装置の概略構成図を示す。図19に示す装置は、原稿画像を読み取るための画像読取装置10であり、本発明の実施形態にかかる撮像レンズからなる読取レンズ11と、読み取り対象となる原稿12が載置される原稿載置台13と、原稿12に向けて照明光を発する光源14と、原稿12の画像を撮像する撮像素子15とを備えている。ただし、図19では、読取レンズ11はレンズ系を一括して概略的に図示されている。

10

【0139】

撮像素子15は、読取レンズ11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やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)等からなる。必要に応じて、読取レンズ11と撮像素子15の間には、撮像素子を保護するためのカバーガラス等の光学素子を配置することが好ましい。また、必要に応じて、読取レンズ11と原稿12の間には、原稿12を原稿載置台13側に押さえ付けるための原稿押さえガラスまたはフィルタ等の光学素子を配置してもよい。

【0140】

この画像読取装置10は反射原稿式の読取装置である。画像読取装置10においては、光源14から原稿12に向けて照明光が照射され、原稿12で反射した光が読取レンズ11を透過して結像作用を受けることによって、原稿12の画像が撮像素子15上に結像され、撮像素子15によって画像情報として取り込まれる。

20

【0141】

図20に、本発明の別の実施形態にかかる画像読取装置20の概略構成図を示す。この画像読取装置20も反射原稿式の読取装置であるが、原稿12と読取レンズ11の間にミラー26を配置して光路を折り曲げることにより装置のコンパクト化を図っている点が図19に示す画像読取装置10と大きく異なる。また、画像読取装置20では、原稿12からの反射光が原稿載置台23を介して読取レンズ11に入射するため、光を透過する透明な部材で構成された原稿載置台23を用いている。なお、図20においても、読取レンズ11はレンズ系を一括して概略的に図示されている。

30

【0142】

以上、実施形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記では反射原稿式の画像読取装置について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ネガフィルムやポジフィルム等の画像原稿を読み取る透過原稿式の画像読取装置にも適用可能である。透過原稿式の画像読取装置は例えば、図20に示す画像読取装置20において、光源14を原稿側に配置するように変更し、光源14から投射されて原稿12を透過した光が原稿載置台23を介して読取レンズ11に入射し、読取レンズ11によって原稿12の画像を撮像素子15上に結像させるように構成することにより実現可能である。また、図19、図20には撮像素子15としてエリアセンサを用いた例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、撮像素子としてラインセンサを用い、本発明の撮像レンズを走査レンズとして用いる構成も可能である。

40

【0143】

さらに、本発明の撮像レンズは、画像読取光学系用のレンズとしてのみではなく、他の光学系に適用することも可能である。本発明の撮像レンズは、有限距離の物体を扱う光学系に限らず、無限遠距離の物体を扱う光学系に適用してもよい。また、本発明の撮像レンズは、可視光用の光学系に限らず、赤外光を扱う光学系に適用してもよい。

【0144】

具体的には例えば、本発明の撮像レンズを監視用カメラや車載カメラ、認証用カメラ等

50

に適用してもよい。本発明の撮像レンズを監視用カメラ等に適用する場合には、設計仕様の画角を超えた角度から光線がレンズ系へ入射する場合もあるため、迷光を防止するためにレンズ系の物体側や各レンズ間等に余分な光線を遮光するための絞りを設けることが好ましい。

【0145】

また、撮像レンズを適用する撮像装置に応じて、レンズ系の物体側や像側に、赤外線カットフィルタや可視光カットフィルタ、撥水コートや親水コートが施されたフィルタなどの各種フィルタを配置してもよい。あるいは、撮像レンズが有するいずれかのレンズのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を有するコートを施してもよい。

【符号の説明】

10

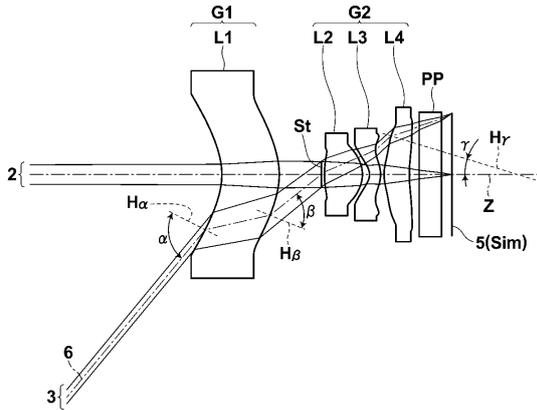
【0146】

- 2 軸上光束
- 3 最大画角の光束
- 4 5割画角の光束
- 5、15 撮像素子
- 6 主光線
- 7、8、9 最外光線
- 10、20 画像読取装置
- 11 読取レンズ
- 12 原稿
- 13、23 原稿載置台
- 14 光源
- 26 ミラー
- L1 第1レンズ
- L2 第2レンズ
- L3 第3レンズ
- L4 第4レンズ
- PP 光学部材
- St 開口絞り
- Z 光軸

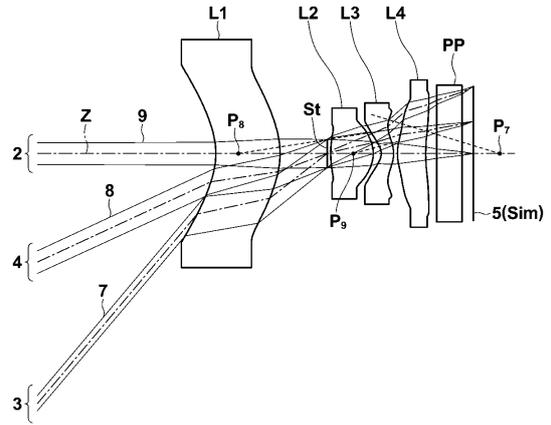
20

30

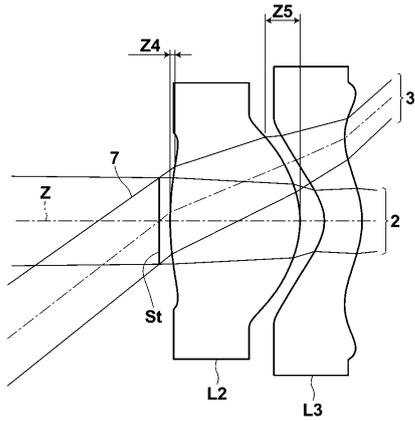
【図 1 A】



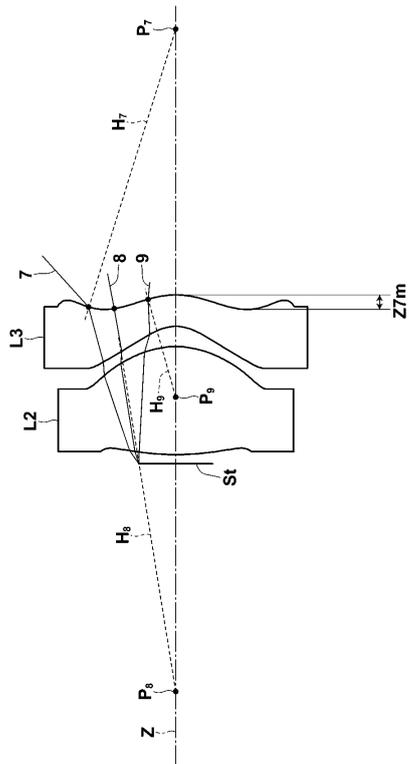
【図 1 C】



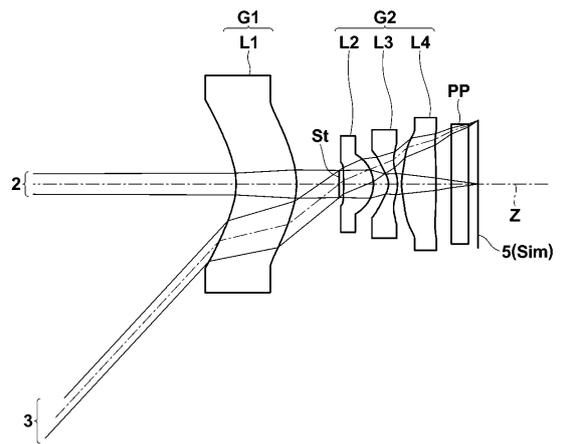
【図 1 B】



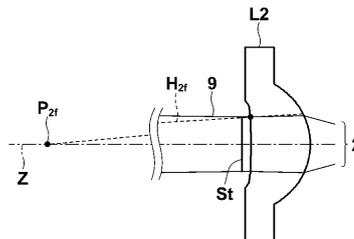
【図 1 D】



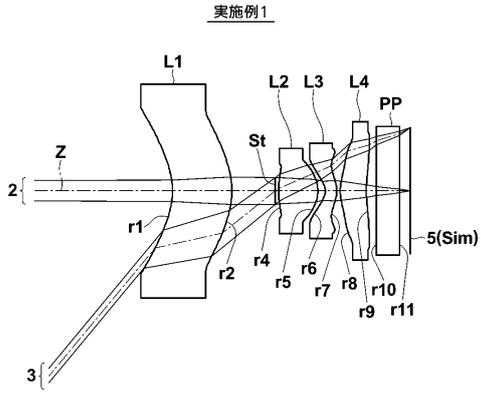
【図 2 A】



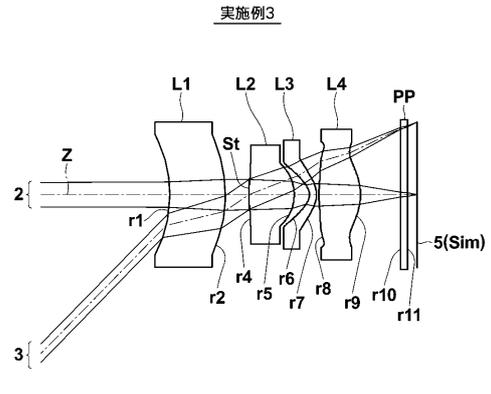
【図 2 B】



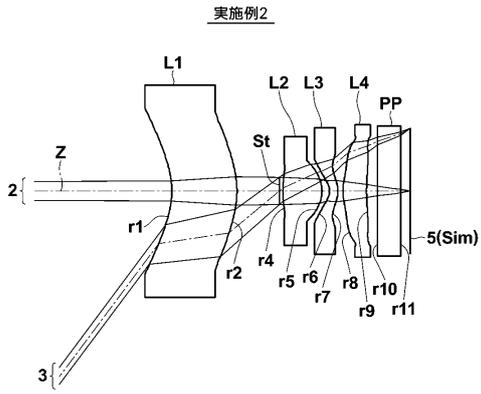
【 図 3 】



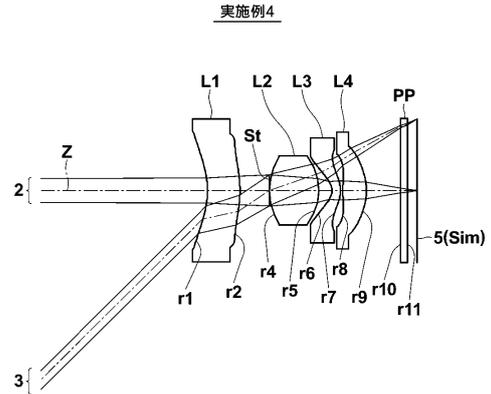
【 図 5 】



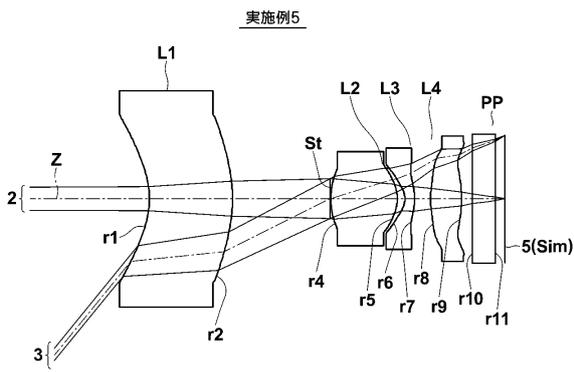
【 図 4 】



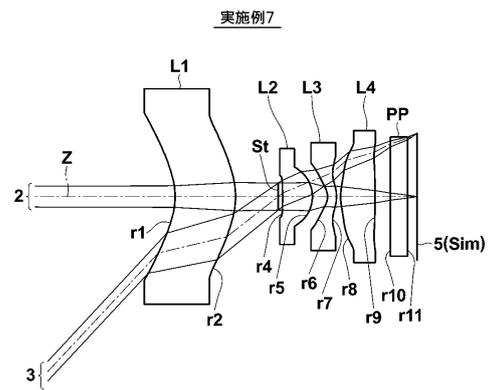
【 図 6 】



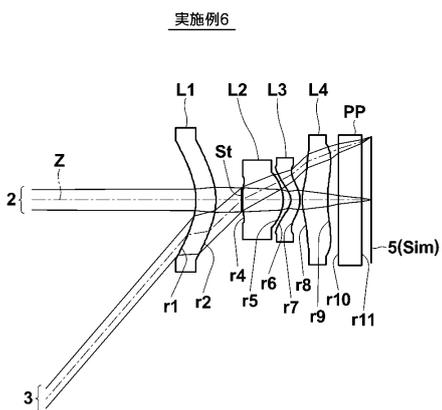
【 図 7 】



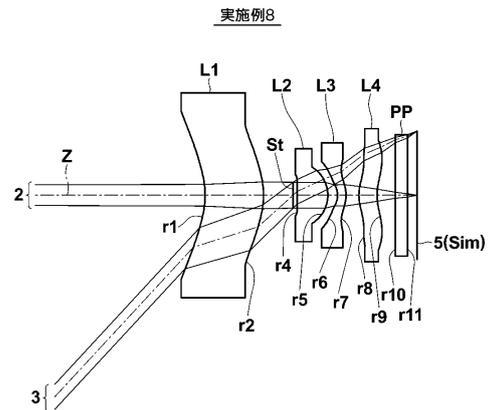
【 図 9 】



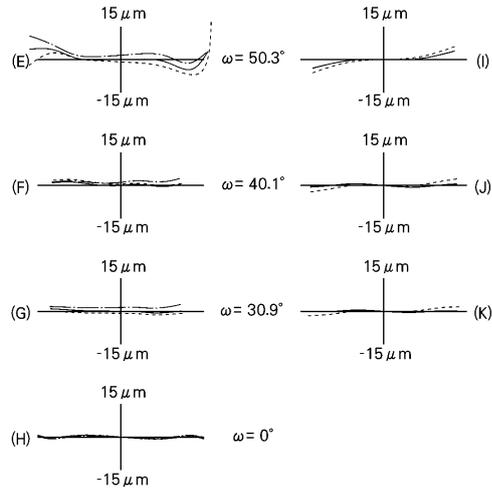
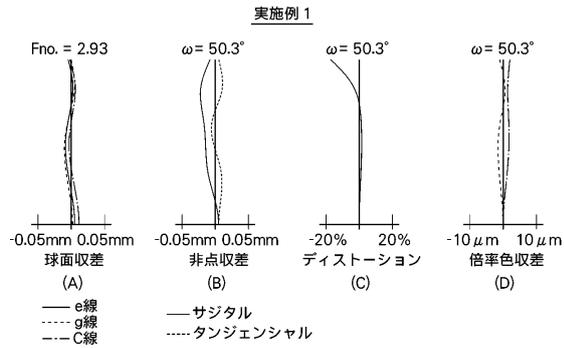
【 図 8 】



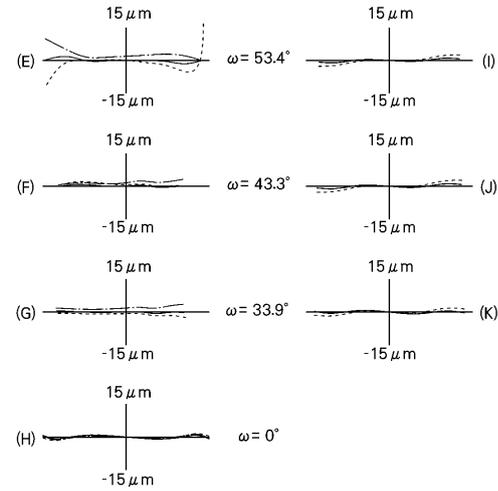
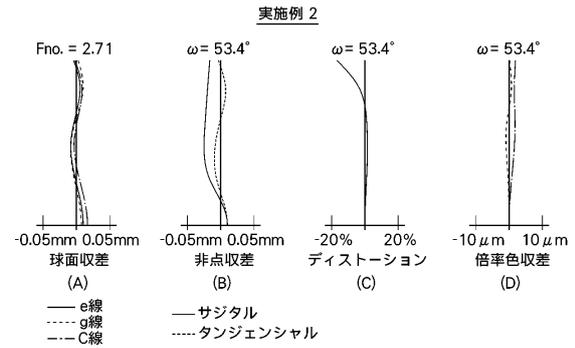
【 図 10 】



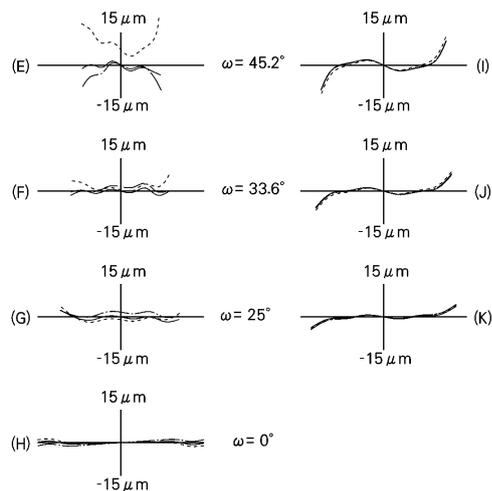
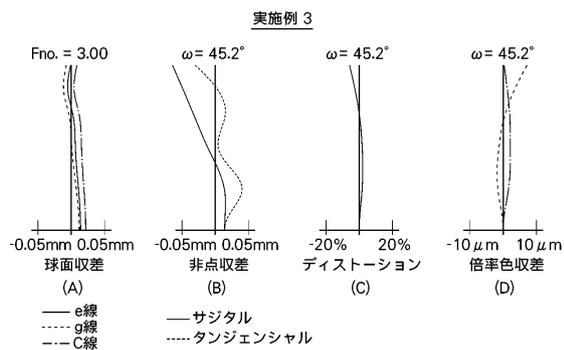
【 図 1 1 】



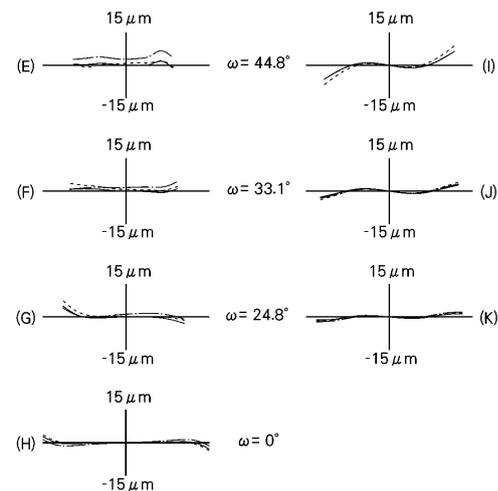
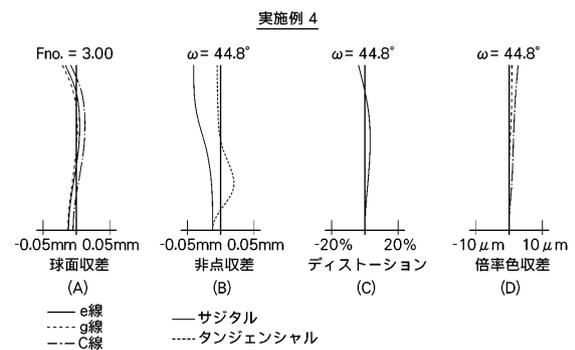
【 図 1 2 】



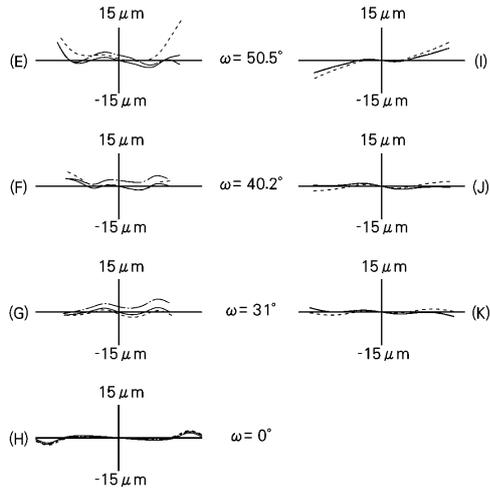
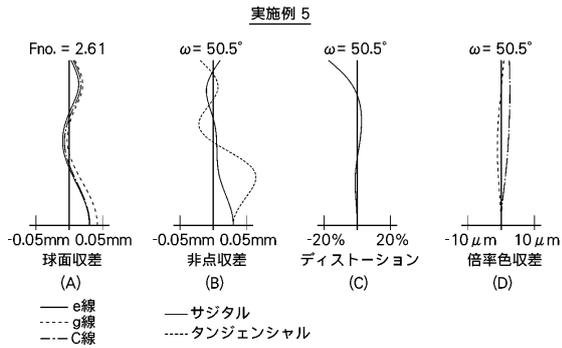
【 図 1 3 】



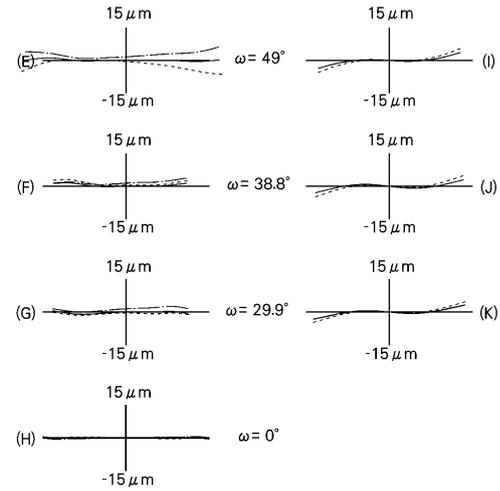
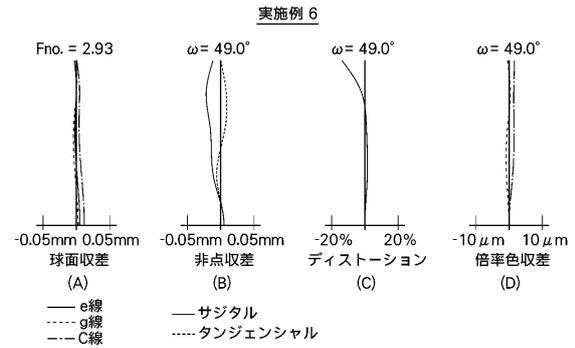
【 図 1 4 】



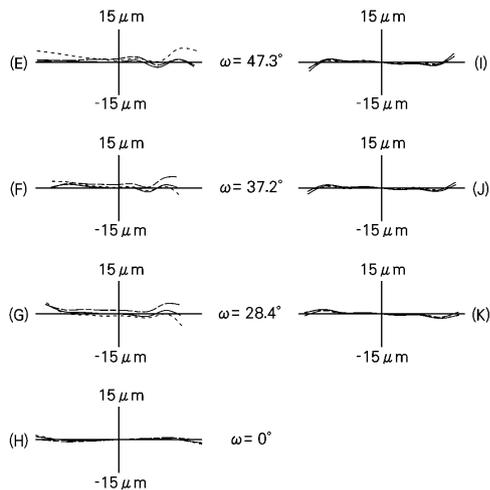
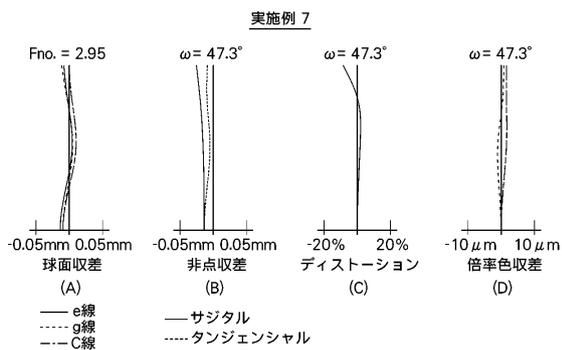
【 図 1 5 】



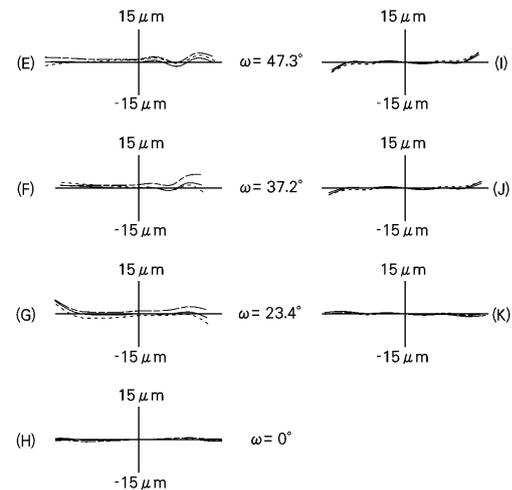
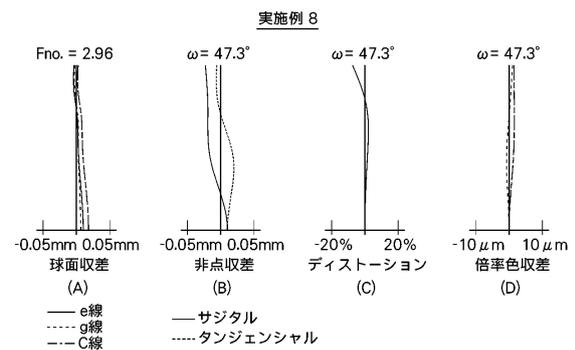
【 図 1 6 】



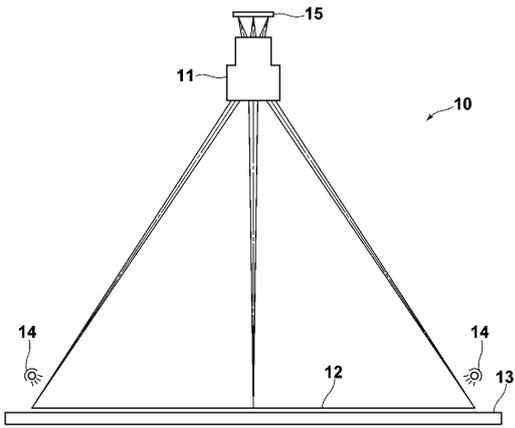
【 図 1 7 】



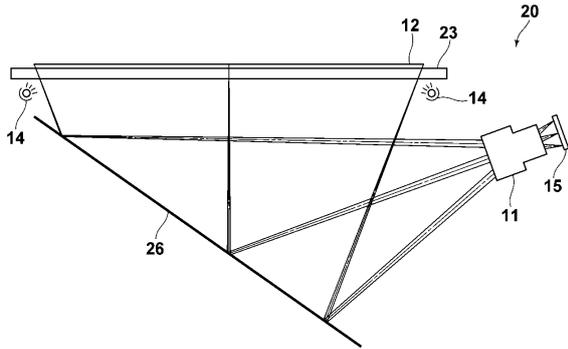
【 図 1 8 】



【 19 】



【 20 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-058840(JP,A)
特表2002-517773(JP,A)
特開2004-061938(JP,A)
特開平11-038316(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 13/00
G02B 13/18
G03B 27/50