

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6355236号
(P6355236)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/00
G02B 13/18

請求項の数 12 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2014-96645 (P2014-96645)
 (22) 出願日 平成26年5月8日 (2014.5.8)
 (65) 公開番号 特開2015-215398 (P2015-215398A)
 (43) 公開日 平成27年12月3日 (2015.12.3)
 審査請求日 平成29年5月7日 (2017.5.7)

(73) 特許権者 391014055
 カンタツ株式会社
 栃木県矢板市片岡1150番地23
 (72) 発明者 橋本 雅也
 福島県須賀川市横山町88番地 カンタツ
 株式会社 須賀川工場内

審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 6枚の光学素子構成の撮像レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子上に被写体の像を結像する6枚の光学素子構成の撮像レンズであって、物体側から像側に向かって順に、第1の光学素子としての物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、第2の光学素子としての像側に凹面を向けた負の屈折力を有する第2レンズと、第3の光学素子としての正の屈折力を有する第3レンズと、第4の光学素子としての像側に凸面を向けた負の屈折力を有する両面が非球面の第4レンズと、第5の光学素子としての像側に凹面を向けた両面が非球面の第5レンズとを備えており、前記第1レンズから撮像面までの間に、第6の光学素子としての、近軸で平行平板の形状であり、近軸で屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子を1枚配して構成し、前記第5レンズは、屈折力を有する光学素子の中で最も弱い正または負の屈折力に設定されており、以下の条件式(4b)、(8a)、および(9)を満足することを特徴とする6枚の光学素子構成の撮像レンズ。

$$(4b) 0.1 \leq T23/f \leq 0.17$$

$$(8a) -1.8 < f45/f < -1.5$$

$$(9) 2.5 < (r3 + r4) / (r3 - r4) < 5.0$$

ただし、

T23: 第2レンズと第3レンズの光軸上の空気間隔

f45: 第4レンズと第5レンズの合成焦点距離

f: 撮像レンズ全系の焦点距離

10

20

r 3 : 第 2 レンズの物体側の面の曲率半径

r 4 : 第 2 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 2】

前記収差補正光学素子が前記第 1 レンズと前記第 2 レンズとの間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

【請求項 3】

前記収差補正光学素子が前記第 2 レンズと前記第 3 レンズとの間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

【請求項 4】

前記収差補正光学素子が前記第 3 レンズと前記第 4 レンズとの間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。 10

【請求項 5】

前記収差補正光学素子が前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとの間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

【請求項 6】

前記収差補正光学素子が前記第 5 レンズと撮像面との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

【請求項 7】

以下の条件式 (1) から (3) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。 20

$$(1) 0.05 < TN / f < 0.5$$

$$(2) 0.03 < dN / f < 0.1$$

$$(3) 40 < dN < 70$$

ただし、

T N : 収差補正光学素子が配置されるレンズ間隔の光軸上の距離

d N : 収差補正光学素子の光軸上の厚み

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

d N : 収差補正光学素子の d 線に対するアッペ数

【請求項 8】

前記第 5 レンズは、屈折力を有する光学素子の中で最も弱い正または負の屈折力に設定された像側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズであり、物体側および像側の面は光軸上以外の位置に変極点が形成された非球面形状であることを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。 30

【請求項 9】

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

$$(5) 0.03 < d2 / f < 0.08$$

ただし、

d 2 : 第 2 レンズの光軸上の厚み

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 10】

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

$$(6) 1.0 < f12 / f < 1.6$$

ただし、

f 12 : 第 1 レンズと第 2 レンズの合成焦点距離

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 11】

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする請求項 1 または 10 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。 50

(7) $1.0 < f_3 / f < 2.0$

ただし、

f_3 : 第 3 レンズの焦点距離

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 1 2】

以下の条件式(10)から(12)を満足することを特徴とする請求項 1 または 7 に記載の 6 枚の光学素子構成の撮像レンズ。

(10) $20 < d_1 - d_2 < 40$

(11) $20 < |d_4 - d_3| < 40$

(12) $40 < d_5 < 70$

ただし、

d_1 : 第 1 レンズの d 線に対するアッベ数

d_2 : 第 2 レンズの d 線に対するアッベ数

d_3 : 第 3 レンズの d 線に対するアッベ数

d_4 : 第 4 レンズの d 線に対するアッベ数

d_5 : 第 5 レンズの d 線に対するアッベ数

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、小型の撮像装置に使用される C C D センサや C - M O S センサの固体撮像素子上に被写体の像を結像させる撮像レンズに関し、特に、小型化、低背化が進むスマートフォンや携帯電話機および P D A (P e r s o n a l D i g i t a l A s s i s t a n t) やゲーム機、 P C などの情報端末機器、更にはカメラ機能が付加された家電製品等に搭載される撮像装置に内蔵する 6 枚の光学素子で構成される撮像レンズに関するものである。

【0002】

本発明において、光学素子の内でレンズか否かの分類は、光軸上の屈折力の有無によって分類されるものである。光軸上で屈折力の有る光学素子をレンズと呼ぶ。レンズ機能のない光学素子は、全体の焦点距離を変更することなく、周辺部の収差の改善に寄与させることができる。なお、レンズの面形状について、凸面、凹面とは近軸(光軸近傍)における形状を指すものとする。また、非球面に形成される変極点とは、接平面が光軸と垂直に交わる非球面上の点を意味するものとする。

30

【背景技術】

【0003】

近年、多くの情報端末機器にカメラ機能が搭載されることが一般的になった。また、カメラ付きの家電製品も登場するようになり、例えばスマートフォンと家電製品とを通信させることで、外出先からでも家電製品に搭載したカメラを通して自宅の様子をタイムリーに観察しながら、様々な機能をスマートフォン上でコントロールをすることも可能になった。このような、いわゆるスマート家電と呼ばれる製品として、既に掃除機、エアコン、冷蔵庫などが広く普及するようになった。その一方で、いわゆるウェアラブル端末と呼ばれる製品として、カメラ機能を備えた眼鏡や腕時計等も登場している。様々な製品にカメラ機能を融合させることで、従来では考えられなかったような機能を備えた高付加価値の商品が続々と登場するようになっており、消費者の利便性や満足度を高めた商品開発は今後も益々発展していくものと考えられる。このような製品に搭載するカメラの性能は、高画素化に対応した高い解像力を備えることはもちろんのこと、小型で、低背であり、明るいレンズ系であることに加えて、広い画角に対応することも求められる。例えば、携帯端末機器への適用に対しては、高い解像力を備えた明るく低背な撮像レンズの要求が強いが、一方、様々な家電製品等への応用に対しては、これらの性能を満足するとともに、広い被写体の像を撮影可能な広角化された撮像レンズの要求が強い。

40

50

【0004】

しかしながら、低背で明るく、さらに広画角の撮像レンズを得るには、画面周辺部における収差補正が困難であり、画面全体にわたって良好な結像性能を確保することには課題があった。

【0005】

従来、小型で高解像力を備えた撮像レンズとして、例えば、以下の特許文献1、2のような撮像レンズが知られている。

【0006】

特許文献1には、物体側より順に、正の第1レンズと、正の第2レンズと、負の第3レンズ、正の第4レンズ、負の第5レンズからなり、小型でF2程度の明るさを有し、諸収差が良好に補正された5枚構成の撮像レンズが開示されている。10

【0007】

特許文献2には、物体側に凸状の第1レンズを含む第1レンズ群、結像側に凹状の第2レンズを含む第2レンズ群、物体側に凹状のメニスカス形状の第3レンズを含む第3レンズ群、物体側に凹状のメニスカス形状の第4レンズを含む第4レンズ群、及び物体側に変曲点を有する非球面が配されたメニスカス形状の第5レンズを含む第5レンズ群を備え、撮像レンズ系の大型化を抑制する態様にて撮像レンズ系に対して高解像力を具備させることを目的とした撮像レンズが開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】**

20

【0008】

【特許文献1】特開2010-026434号公報

【特許文献2】特開2011-085733号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

上記特許文献1に記載の撮像レンズは、5枚構成として諸収差を良好に補正しつつ、F値は2.0から2.5程度の明るいレンズ系を実現している。しかし、撮像素子の有効撮像面の対角線の長さよりも光学全長の方が長く、低背化に不利な構成になっている。また、焦点距離も長く、画角は62°程度であり、この構成で例えば70°以上の広角化に対応するには周辺部の収差補正に課題がある。30

【0010】

上記特許文献2に記載の撮像レンズは、比較的低背で良好に収差が補正されたレンズ系が開示されている。しかし、F値は2.8で画角は最大で66°程度までにしか対応できない。この構成で、例えばF2.4以下の明るさと、70°以上の画角に適応させるためには、やはり周辺部の収差補正に課題が残る。

【0011】

このように、従来の技術においては、低背化と広角化に対応し、且つ明るく、高解像度の撮像レンズを得ることは困難であった。

【0012】

40

本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、構成枚数を増やしても低背化の要求に十分応え、F2.4以下の明るさと、広い画角に対応しながらも、諸収差が良好に補正された小型の撮像レンズを低コストで提供することにある。

【0013】

なお、ここでいう低背とは、光学全長が撮像素子の有効撮像面の対角線の長さよりも短いレベルを指しており、広角とは全画角で70°以上のレベルを指している。また、撮像素子の有効撮像面の対角線の長さとは、撮像レンズに入射した最大画角からの光線が撮像面に入射する位置の光軸から垂直な高さ、すなわち最大像高を半径とする有効像円の直径と同じとして扱う。

【課題を解決するための手段】

50

【0014】

本発明の撮像レンズは、固体撮像素子上に被写体の像を結像する6枚の光学素子構成の撮像レンズであって、物体側から像側に向かって順に、第1の光学素子としての物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、第2の光学素子としての像側に凹面を向けた負の屈折力を有する第2レンズと、第3の光学素子としての正の屈折力を有する第3レンズと、第4の光学素子としての像側に凸面を向けた負の屈折力を有する両面が非球面の第4レンズと、第5の光学素子としての像側に凹面を向けた両面が非球面の第5レンズとを備えており、前記第1レンズから撮像面までの間に、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子を1枚配して構成している。

【0015】

上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、物体側から順に正、負、正、負の屈折力で配置することでテレフォト性を高め低背化を図っている。

【0016】

上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、第1レンズの屈折力を強めることで低背化を図り、第2レンズで球面収差および色収差を良好に補正し、第3レンズで低背化を維持しつつ、非点収差、および像面湾曲の補正をする。第4レンズを像側に凸面を向けた負の屈折力を有する両面が非球面のレンズにすることで、第3レンズで発生した球面収差を補正するとともに、像面湾曲を良好に補正する。第5レンズは、像側に凹面を向けた正または負の屈折力有するレンズであり、両面に形成した非球面によって、主に周辺部の像面湾曲と歪曲収差の補正をする。このような屈折力を有する5枚のレンズ構成に加えて、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子を、第1レンズから撮像面までの間に1枚配置することで、画面周辺部における収差補正を良好なものとする。

【0017】

上記構成で配置される第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子は、近軸では平行平板の形状になっているため、撮像レンズ全系の屈折力、及び各レンズの屈折力に影響を与えることは無い。従って、光学系の焦点距離を変えることなく周辺部のみの収差を改善する場合に有効である。

【0018】

また、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子は、第1レンズから撮像面までの間に配置することで、両面に形成した非球面の効果により、特に収差補正光学素子よりも物体側に配置された光学素子において発生する周辺部の収差を、良好に補正することが可能なため、広い画角からの光線に対する収差の改善に有効に機能する。

【0019】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(1)から(3)を満足することが望ましい。

$$(1) 0.05 < TN/f < 0.5$$

$$(2) 0.03 < dN/f < 0.1$$

$$(3) 40 < dN < 70$$

ただし、

TN：収差補正光学素子が配置されるレンズ間隔の光軸上の距離

dN：収差補正光学素子の光軸上の厚み

f：撮像レンズ全系の焦点距離

dN：収差補正光学素子のd線に対するアッペ数

【0020】

条件式(1)は、実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子が配置されるスペースを適切に規定するものであり、低背化の維持と収差補正との両立を図るための条件である。条件式(1)の上限値を上回ると、収差補正光学素子を配置するレンズ間隔が広くなり過ぎて低背化が困難になる。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、収差補正光学素子の

10

20

30

40

50

配置スペースが狭くなるため、周辺部の形状的な制約を受けやすく、適切な非球面が形成できないことで収差補正の機能が十分発揮できない。なお、収差補正光学素子が第5レンズと撮像面との間に配置される場合、条件式(1)における収差補正光学素子が配置されるレンズ間隔の光軸上の距離とは第5レンズの像側の面と撮像面までの光軸上の距離を指すものとする。

【0021】

条件式(2)は、実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子の光軸上の厚みと光学系全体の焦点距離との関係を適切に規定するものであり、条件式(2)の範囲内に規定することで収差補正光学素子が適切な厚みとなり、低背化を維持しつつ軸外の収差補正機能を十分発揮することが可能になる。

10

【0022】

条件式(3)は、実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子の材料に関し、アッベ数を適切な範囲に規定するものであり、条件式(3)を満足する材料、すなわち低分散な材料を採用することによって、周辺部の収差補正を容易にする。また、条件式(3)の範囲は、安価なプラスチック材料の選択を可能にするため低コスト化に寄与する。

【0023】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズにおいて、第5レンズは屈折力を有する光学素子の中で最も弱い正または負の屈折力に設定された像側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズであり、物体側および像側の面は光軸上以外の位置に変極点が形成された非球面形状であることが望ましい。第5レンズを最も弱い屈折力に設定することで、第5レンズの製造誤差感度を低めて製造を容易にし、変極点が形成された非球面形状にすることで像面湾曲および歪曲収差の補正を容易にするとともに、撮像素子への光線入射角の適切な制御が可能になる。

20

【0024】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(4)、(5)を満足することが望ましい。

$$(4) 0.08 < T_{23} / f < 0.2$$

$$(5) 0.03 < d_2 / f < 0.08$$

ただし、

T_{23} ：第2レンズと第3レンズの光軸上の空気間隔

30

d_2 ：第2レンズの光軸上の厚み

f ：撮像レンズ全系の焦点距離

【0025】

条件式(4)は、第2レンズと第3レンズの光軸上の空気間隔を適切に設定するための条件である。条件式(4)の上限値を上回ると、第2レンズと第3レンズの間隔が広くなり過ぎて、低背化が困難となるとともに、収差補正光学素子を第2レンズと第3レンズとの間に配置したとしても、歪曲収差や像面湾曲の増大によって補正が不十分となりやすく、高い結像性能が得にくくなる。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、第2レンズと第3レンズの間隔が狭くなり過ぎ、第3レンズに入射する軸外光束の光線高の差が十分確保できず、その結果コマ収差の補正が困難になる。

40

【0026】

条件式(5)は、第2レンズの光軸上の厚みを適切に設定するための条件である。条件式(5)の上限値を上回ると、第2レンズの厚みが厚くなりすぎ、第2レンズの物体側および像側の空気間隔を確保するために光学全長が長くなりやすい。また、第1レンズと第2レンズとの間に収差補正光学素子を配置する際はそのスペースを確保することで低背化が困難になる。一方、条件式(5)の下限値を下回ると、第2レンズの物体側および像側の空気間隔を確保し、低背化を維持しながら収差補正光学素子を配置することが容易になるが、第2レンズの光軸上の厚みが薄くなりすぎ、第2レンズの成形性が損なわれ、製造が困難になる。

【0027】

50

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) 1.0 < f_{12} / f < 1.6$$

ただし、

f_{12} ：第1レンズと第2レンズの合成焦点距離

f ：撮像レンズ全系の焦点距離

【0028】

条件式(6)は、第1レンズと第2レンズとの正の合成焦点距離と光学系全体の焦点距離との関係を適切な範囲に規定し、低背化と良好な色収差補正をするための条件である。

条件式(6)の上限値を上回ると、第2レンズの負の屈折力が相対的に強くなるため、第2レンズによる色収差の補正には有利になるが、第2レンズの負の屈折力が相対的に強まるため、低背化に不利になる。一方、条件式(6)の下限値を下回ると、第1レンズの屈折力が相対的に強まるため、低背化には有利になるが、第2レンズの負の屈折力が相対的に弱まるため、色収差の補正が困難になる。

【0029】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) 1.0 < f_3 / f < 2.0$$

ただし、

f_3 ：第3レンズの焦点距離

f ：撮像レンズ全系の焦点距離

【0030】

条件式(7)は第3レンズの焦点距離と光学系全体の焦点距離との関係を適切な範囲に規定するものであり、低背化と球面収差およびコマ収差を良好に補正するための条件である。条件式(7)の上限値を上回ると、第3レンズの正の屈折力が弱まるため、低背化に不利になる。一方、条件式(7)の下限値を下回ると、第3レンズの正の屈折力が強くなり過ぎ、球面収差、およびコマ収差の増大を招き、十分な補正が出来ない。

【0031】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) -2.0 < f_{45} / f < -1.2$$

ただし、

f_{45} ：第4レンズと第5レンズの合成焦点距離

f ：撮像レンズ全系の焦点距離

【0032】

条件式(8)は第4レンズと第5レンズの負の合成焦点距離と光学系全体の焦点距離との関係を適切な範囲に規定するものであり、低背化と良好な色収差補正を行うための条件である。条件式(8)の上限値を上回ると、第4レンズと第5レンズの負の合成屈折力が強くなり過ぎ、色収差の補正には有利になるものの、低背化に不利になる。一方、条件式(8)の下限値を下回ると、第4レンズと第5レンズの負の合成屈折力が弱くなり過ぎ、色収差の十分な補正が困難になる。

【0033】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$(9) 2.5 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 5.0$$

ただし、

r_3 ：第2レンズの物体側の面の曲率半径

r_4 ：第2レンズの像側の面の曲率半径

【0034】

条件式(9)は第2レンズの近軸における形状を適切な範囲に規定し、諸収差を良好に

10

20

30

40

50

補正するための条件である。条件式(9)の範囲内で第2レンズの像側の凹面の屈折力を強めることによって、色収差、および軸外のコマ収差、非点収差、像面湾曲の補正が容易になる。

【0035】

また、上記構成における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(10)から(12)を満足することが望ましい。

$$(10) 20 < d_1 - d_2 < 40$$

$$(11) 20 < d_4 - d_3 < 40$$

$$(12) 40 < d_5 < 70$$

ただし、

10

d_1 : 第1レンズのd線に対するアッベ数

d_2 : 第2レンズのd線に対するアッベ数

d_3 : 第3レンズのd線に対するアッベ数

d_4 : 第4レンズのd線に対するアッベ数

d_5 : 第5レンズのd線に対するアッベ数

【0036】

条件式(10)から(12)は、第1レンズから第5レンズそれぞれのアッベ数を適切な範囲に規定し、良好な色収差補正を行うための条件である。それぞれのレンズに対して条件式(10)から(12)の範囲の材料に規定することで、良好な色収差補正を容易にする。また、これらの条件式の範囲は、すべてのレンズをプラスチック材料で構成することが可能であることを示すものであり、低コストへの対応を容易にする。

20

【発明の効果】

【0037】

本発明により、低背化の要求に十分応え、F2.4以下の明るさと、広い画角に対応しながらも、諸収差が良好に補正された小型の撮像レンズを低コストで得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の実施形態に係る数値実施例1の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る数値実施例1の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

30

【図3】本発明の実施形態に係る数値実施例2の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図4】本発明の実施形態に係る数値実施例2の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る数値実施例3の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る数値実施例3の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図7】本発明の実施形態に係る数値実施例4の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係る数値実施例4の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図9】本発明の実施形態に係る数値実施例5の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図10】本発明の実施形態に係る数値実施例5の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

40

【図11】本発明の実施形態に係る数値実施例6の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図12】本発明の実施形態に係る数値実施例6の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図1、図3、図5、図7、図9及び図11はそれぞれ、本実施形態の実施例1から6に係る6枚の光

50

光学素子構成の撮像レンズの概略構成図を示している。何れの実施例も基本的な構成は同様のため、主に実施例1の概略構成図を参照しながら、本実施形態の撮像レンズ構成について説明する。

【0040】

図1に示すように、本実施形態の6枚の光学素子構成の撮像レンズは、物体側から順に、第1の光学素子としての正の第1レンズL1と、第2の光学素子としての負の第2レンズL2と、第3の光学素子としての正の第3レンズL3と、第4の光学素子としての負の第4レンズL4と、第5の光学素子としての負の第5レンズL5とを備え、第1レンズL1と第2レンズL2との間には、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子NEが配置されて構成されている。従って、本実施形態の6枚の光学素子構成の撮像レンズは5枚の屈折力を有するレンズと、1枚の実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子との合計6枚で構成されている。10

【0041】

また、第5レンズL5と撮像面IMGとの間には、赤外線カットフィルタ等のフィルタIRが配置されている。なお、このフィルタIRは省略することも可能である。本実施形態に係る撮像レンズの光学全長やバックフォーカスの値はフィルタIRを空気換算した距離として定義している。また、開口絞りSTは第1レンズL1の物体側に配置している。

【0042】

本実施形態の6枚の光学素子構成の撮像レンズは、第1レンズL1から第4レンズL4の屈折力が正、負、正、負の配列であり、テレフォト性を高めて低背化を実現するのに有利な構成になっている。第1レンズL1は、両凸形状に形成されており、屈折力を強めることで低背化を図っている。第2レンズL2は、像側に凹面を向けたメニスカス形状に形成されており、球面収差および色収差を良好に補正している。第3レンズL3は、像側に凸面を向けたメニスカス形状に形成されており、正の屈折力によって低背化を維持しつつ、非点収差、および像面湾曲の補正をしている。第4レンズL4は、像側に凸面を向けたメニスカス形状に形成されており、第3レンズL3で発生した球面収差を補正するとともに、両面に形成した非球面によって、像面湾曲を良好に補正している。第5レンズL5は、像側に凹面を向けたメニスカス形状に形成されており、両面に形成した非球面によって、主に周辺部の像面湾曲と歪曲収差の補正をしている。このような屈折力を有する5枚のレンズ構成に加えて、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子NEを、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置し、周辺部で発生する収差を良好に補正している。20

【0043】

第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子NEは、近軸では平行平板の形状になっているため、撮像レンズ全系の屈折力に影響を与えることは無く、また第1レンズL1から第5レンズL5の5枚のレンズの屈折力に影響を与えることは無い。従って、焦点距離やレンズの中心厚等のパラメータを変化させることなく、周辺部のみの収差を補正する。30

【0044】

また、第6の光学素子としての実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子NEは、第1レンズL1から撮像面IMGまでの間に配置することで、両面に形成した非球面の効果により、特に収差補正光学素子NEよりも物体側に配置されたレンズにおいて発生する周辺部の収差を良好に補正する。従って、広い画角からの光線に対する収差の改善に有効に機能するため、広角化および低F値化に伴って増大する周辺部の収差補正に寄与する。40

【0045】

さらに、収差補正光学素子NEが配置される位置は、実施例2のように第2レンズL2と第3レンズL3との間、実施例3のように第3レンズL3と第4レンズL4との間、実施例4のように第4レンズL4と第5レンズL5との間、実施例5、6のように第5レンズL5と撮像面IMGとの間であってもよい。つまり、任意のレンズ間隔内に配置することで、収差補正光学素子NEよりも物体側に位置するレンズの周辺部で発生する収差を良50

好に補正する。

【0046】

なお、第1レンズL1の形状は両凸形状に限定されるものではなく、実施例3から実施例6に示すように、物体側に凸面を向けたメニスカス形状であっても良い。また、第3レンズL3の形状は像側に凸面を向けたメニスカス形状に限定されるものではなく、実施例2に示すように両凸形状であっても良い。また、第5レンズL5の屈折力は負に限定されるものではなく、第4レンズL4との合成屈折力が負になるよう適切にバランスさせることで、正の屈折力にすることも可能である。実施例2から実施例5は第5レンズL5が正の屈折力になる例である。

【0047】

開口絞りSTは第1レンズL1の物体側に配置している。従って、射出瞳位置が撮像面IMGから遠ざかるため、テレセントリック性の確保が容易になっている。

【0048】

本実施形態における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(1)から(12)を満足することにより、好ましい効果を奏するものである。

$$(1) 0.055 < TN / f < 0.5$$

$$(2) 0.03 < dN / f < 0.1$$

$$(3) 40 < dN < 70$$

$$(4) 0.08 < T23 / f < 0.2$$

$$(5) 0.03 < d2 / f < 0.082$$

$$(6) 1.0 < f12 / f < 1.6$$

$$(7) 1.0 < f3 / f < 2.0$$

$$(8) -2.0 < f45 / f < -1.2$$

$$(9) 2.5 < (r3 + r4) / (r3 - r4) < 5.0$$

$$(10) 20 < d1 - d2 < 40$$

$$(11) 20 < \underline{d4} - \underline{d3} < 40$$

$$(12) 40 < d5 < 70$$

ただし、

TN：収差補正光学素子NEが配置されるレンズ間隔の光軸X上の距離

dN：収差補正光学素子NEの光軸X上の厚み

f：撮像レンズ全系の焦点距離

dN：収差補正光学素子NEのd線に対するアッベ数

T23：第2レンズL2と第3レンズL3の光軸X上の空気間隔

d2：第2レンズL2の光軸X上の厚み

f12：第1レンズL1と第2レンズL2の合成焦点距離

f3：第3レンズL3の焦点距離

f45：第4レンズL4と第5レンズL5の合成焦点距離

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

d1：第1レンズL1のd線に対するアッベ数

d2：第2レンズL2のd線に対するアッベ数

d3：第3レンズL3のd線に対するアッベ数

d4：第4レンズL4のd線に対するアッベ数

d5：第5レンズL5のd線に対するアッベ数

【0049】

また、本実施形態における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(1a)から(12a)を満足することにより、より好ましい効果を奏するものである。

$$(1a) 0.05 < TN / f < 0.40$$

$$(2a) 0.04 < dN / f < 0.08$$

10

20

30

40

50

(3 a) $4.5 < d_N < 6.5$
 (4 a) $0.09 < T_23 / f < 0.18$
 (5 a) $0.04 < d_2 / f < 0.06$
 (6 a) $1.0 < f_{12} / f < 1.5$
 (7 a) $1.0 < f_3 / f < 1.6$
 (8 a) $-1.8 < f_{45} / f < -1.5$
 (9 a) $2.5 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 4.8$
 (10 a) $2.5 < d_1 - d_2 < 4.0$
 (11 a) $2.5 < \underline{d_4} - \underline{d_3} < 4.0$
 (12 a) $4.5 < d_5 < 6.5$

10

ただし、各条件式の符号は前の段落での説明と同様である。

【 0 0 5 0 】

さらに、本実施形態における6枚の光学素子構成の撮像レンズは、以下の条件式(1b)から(12b)を満足することにより、特に好ましい効果を奏するものである。

(1 b) $0.06 < T_N / f < 0.35$
 (2 b) $0.05 < d_N / f < 0.07$
 (3 b) $5.0 < d_N < 6.0$
 (4 b) $0.10 < T_{23} / f < 0.17$
 (5 b) $0.05 < d_2 / f < 0.06$
 (6 b) $1.13 < f_{12} / f < 1.46$
 (7 b) $1.19 < f_3 / f < 1.87$
 (8 b) $-1.99 < f_{45} / f < -1.38$
 (9 b) $2.82 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 4.41$
 (10 b) $2.8 < d_1 - d_2 < 3.6$
 (11 b) $2.8 < \underline{d_4} - \underline{d_3} < 3.6$
 (12 b) $5.0 < d_5 < 6.0$

20

ただし、各条件式の符号は前の段落での説明と同様である。

【 0 0 5 1 】

30

本実施形態では、すべてのレンズ面を非球面で形成している。これらのレンズ面に採用する非球面形状は光軸方向の軸をZ、光軸に直交する方向の高さをH、円錐係数をk、非球面係数をA4、A6、A8、A10、A12、A14、A16としたとき数式1により表わされる。

【 0 0 5 2 】

【 数 1 】

$$Z = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (k+1) \frac{H^2}{R^2}}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} + A_{12} H^{12} + A_{14} H^{14} + A_{16} H^{16}$$

40

【 0 0 5 3 】

次に本実施形態に係る撮像レンズの実施例を示す。各実施例において、fは撮像レンズ全系の焦点距離を、FnoはFナンバーを、θは半画角を、ihは最大像高を、TLAはフィルタIRを空気換算した際の光学全長を、bfはフィルタIRを空気換算した際のバックフォーカスをそれぞれ示す。また、iは物体側から数えた面番号、rは曲率半径、dは光軸上のレンズ面間の距離(面間隔)、Ndはd線(基準波長)の屈折率、dはd線に対するアッベ数をそれぞれ示す。なお、非球面に関しては、面番号iの後に*(アスタリスク)の符号を附加して示す。

50

【0054】

数値実施例 1

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

 $f = 4.25$ $Fno = 2.3$ $\omega(^{\circ}) = 35.4$ $ih = 3.06$ $TLA = 5.15$ $b f = 1.26$

10

面データ

| 面番号 i (物面) | 曲率半径 r | 面間隔 d | 屈折率 Nd | アッベ数 vd |
|-----------------|----------|----------|--------|-------------|
| 1 (絞り) | Infinity | Infinity | | |
| 2* | 1.858 | 0.539 | 1.544 | 55.57 (vd1) |
| 3* | -90.000 | 0.071 | | |
| 4* | Infinity | 0.200 | 1.535 | 55.66 (vdN) |
| 5* | Infinity | 0.021 | | |
| 6* | 2.762 | 0.200 | 1.635 | 23.97 (vd2) |
| 7* | 1.568 | 0.449 | | |
| 8* | -49.915 | 0.363 | 1.544 | 55.57 (vd3) |
| 9* | -2.607 | 0.378 | | |
| 10* | -0.878 | 0.417 | 1.614 | 25.58 (vd4) |
| 11* | -1.196 | 0.100 | | |
| 12* | 2.778 | 1.157 | 1.544 | 55.57 (vd5) |
| 13* | 1.906 | 0.280 | | |
| 14 | Infinity | 0.300 | 1.563 | 51.30 |
| 15 | Infinity | 0.785 | | |
| 像面 | Infinity | | | |

20

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | 合成焦点距離 | レンズ |
|-----|----|---------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3.354 | 1,2 | 5.655 |
| 2 | 6 | -6.111 | 4,5 | -5.872 |
| 3 | 8 | 5.044 | | |
| 4 | 10 | -10.697 | | |
| 5 | 12 | -20.943 | | |

30

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| k | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.156E+01 | -1.068E+01 | |
| A4 | -2.570E-02 | -8.669E-02 | 1.921E-03 | 5.299E-04 | -1.206E-01 | -1.362E-02 | |
| A6 | 3.148E-02 | 8.816E-02 | -7.954E-03 | 1.051E-02 | 1.286E-01 | 3.824E-02 | |
| A8 | -6.597E-02 | -8.687E-02 | -6.724E-03 | -6.687E-03 | 3.982E-02 | 1.350E-01 | |
| A10 | -2.043E-02 | -2.255E-02 | -4.384E-04 | -1.264E-02 | -1.296E-01 | -2.363E-01 | 20 |
| A12 | 8.918E-02 | 4.768E-02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.503E-02 | 1.510E-01 | |
| A14 | -6.655E-02 | -2.451E-02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 1.695E-02 | -2.738E-02 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 | |
| k | 0.000E+00 | 3.581E+00 | -3.899E+00 | -8.168E-01 | -2.476E+01 | -1.031E+01 | |
| A4 | -1.076E-01 | -1.638E-02 | -5.435E-02 | 1.273E-01 | -1.233E-01 | -4.748E-02 | |
| A6 | -3.004E-02 | -4.221E-02 | -1.490E-02 | -4.880E-02 | 6.750E-02 | 1.762E-02 | |
| A8 | 3.611E-02 | 3.786E-02 | 1.137E-01 | 1.994E-02 | -4.172E-02 | -7.368E-03 | |
| A10 | -6.063E-03 | 4.558E-02 | -4.709E-02 | 1.099E-02 | 2.106E-02 | 2.149E-03 | |
| A12 | 1.702E-02 | -1.558E-03 | -5.391E-03 | -2.911E-03 | -5.895E-03 | -3.892E-04 | 30 |
| A14 | 6.292E-02 | 6.163E-04 | 3.333E-03 | -2.719E-03 | 8.248E-04 | 3.848E-05 | |
| A16 | -4.209E-02 | 0.000E+00 | -1.655E-04 | 7.487E-04 | -4.592E-05 | -1.572E-06 | |

【0055】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第1レンズL 1と第2レンズL 2の間隔内に配置されている。

【0056】

実施例1の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【0057】

図2は実施例1の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図は、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示しており、非点収差図はサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおけるd線の収差量をそれぞれ示している(図4、図6、図8、図10、図12においても同じ)。図2に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0058】

数値実施例2

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

10

f= 4.17

Fno= 2.2

 $\omega(^{\circ})$ = 36.0

ih= 3.06

TLA= 5.15

bf= 1.28

面データ

| 面番号i (物面) | 曲率半径r Infinity | 面間隔d Infinity | 屈折率Nd | アッベ数vd | |
|--------------|-------------------|------------------|-------|-------------|----|
| 1(絞り) | Infinity | -0.213 | | | 20 |
| 2* | 2.014 | 0.514 | 1.544 | 55.57 (vd1) | |
| 3* | -37.346 | 0.085 | | | |
| 4* | 2.559 | 0.220 | 1.639 | 23.23 (vd2) | |
| 5* | 1.583 | 0.126 | | | |
| 6* | Infinity | 0.228 | 1.535 | 55.66 (vdN) | |
| 7* | Infinity | 0.334 | | | |
| 8* | 88.859 | 0.367 | 1.544 | 55.57 (vd3) | |
| 9* | -2.873 | 0.380 | | | |
| 10* | -0.837 | 0.339 | 1.639 | 23.23 (vd4) | |
| 11* | -1.177 | 0.135 | | | 30 |
| 12* | 2.208 | 1.135 | 1.544 | 55.57 (vd5) | |
| 13* | 1.813 | 0.540 | | | |
| 14 | Infinity | 0.300 | 1.517 | 64.20 | |
| 15 | Infinity | 0.546 | | | |
| 像面 | Infinity | | | | |

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | レンズ | 合成焦点距離 | |
|-----|----|----------|-----|--------|----|
| 1 | 2 | 3.531 | 1,2 | 5.741 | |
| 2 | 4 | -7.122 | 4,5 | -6.105 | 40 |
| 3 | 8 | 5.124 | | | |
| 4 | 10 | -7.420 | | | |
| 5 | 12 | 1709.609 | | | |

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| k | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -2.937E+01 | -9.649E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A4 | 1.708E-03 | -7.268E-02 | -1.446E-01 | -5.982E-02 | -9.294E-03 | -1.454E-02 | |
| A6 | 2.061E-02 | 1.205E-01 | 8.857E-02 | -2.712E-02 | 2.627E-02 | 4.235E-02 | |
| A8 | -5.672E-02 | -9.474E-02 | 4.803E-02 | 1.415E-01 | 3.476E-02 | 2.168E-02 | |
| A10 | -5.036E-03 | -1.517E-02 | -1.294E-01 | -2.241E-01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A12 | 9.875E-02 | 5.516E-02 | 8.495E-03 | 1.327E-01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A14 | -7.472E-02 | -4.466E-02 | 1.541E-02 | -2.451E-02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 10 |
| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 | |
| k | 0.000E+00 | 4.243E+00 | -3.919E+00 | -7.832E-01 | -2.014E+01 | -8.448E+00 | |
| A4 | -1.185E-01 | -2.503E-02 | -5.027E-02 | 1.336E-01 | -1.277E-01 | -5.264E-02 | |
| A6 | -4.313E-02 | -6.120E-02 | -1.626E-02 | -4.001E-02 | 6.972E-02 | 2.013E-02 | |
| A8 | 3.789E-02 | 2.366E-02 | 1.052E-01 | 2.059E-02 | -4.182E-02 | -7.766E-03 | |
| A10 | -2.964E-02 | 4.859E-02 | -4.351E-02 | 8.561E-03 | 2.102E-02 | 2.154E-03 | |
| A12 | 2.574E-02 | 2.543E-03 | -4.569E-03 | -3.125E-03 | -5.891E-03 | -3.836E-04 | |
| A14 | 7.214E-02 | -1.847E-03 | 2.486E-03 | -2.519E-03 | 8.238E-04 | 3.835E-05 | |
| A16 | -4.822E-02 | 0.000E+00 | -3.554E-04 | 7.539E-04 | -4.561E-05 | -1.599E-06 | 20 |

【0059】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第2レンズL 2と第3レンズL 3の間隔内に配置されている。

【0060】

実施例2の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【0061】

図4は実施例2の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図4に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

30

【0062】

数値実施例3

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

$f = 4.15$
 $Fno = 2.2$
 $\omega(^{\circ}) = 36.0$
 $ih = 3.06$ 10
 $TLA = 5.18$
 $bf = 1.24$

面データ

| 面番号 i (物面) | 曲率半径 r Infinity | 面間隔 d -0.276 | 屈折率 Nd | アッベ数 vd |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------|-------------|
| 1 (紋り) | Infinity | | | |
| 2* | 1.718 | 0.507 | 1.544 | 55.57 (vd1) |
| 3* | 9.438 | 0.133 | | |
| 4* | 2.996 | 0.220 | 1.639 | 23.23 (vd2) |
| 5* | 1.801 | 0.415 | | |
| 6* | -13.134 | 0.372 | 1.544 | 55.57 (vd3) |
| 7* | -2.511 | 0.020 | | |
| 8* | Infinity | 0.259 | 1.535 | 55.66 (vdN) |
| 9* | Infinity | 0.390 | | |
| 10* | -0.847 | 0.364 | 1.639 | 23.23 (vd4) |
| 11* | -1.230 | 0.024 | | |
| 12* | 2.022 | 1.236 | 1.544 | 55.57 (vd5) |
| 13* | 1.955 | 0.540 | | |
| 14 | Infinity | 0.210 | 1.517 | 64.20 |
| 15 | Infinity | 0.561 | | |
| 像面 | Infinity | | | 30 |

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | 合成焦点距離 | |
|-----|----|--------|--------|--------|
| | | | レンズ | レンズ |
| 1 | 2 | 3.774 | 1,2 | 6.079 |
| 2 | 4 | -7.614 | 4,5 | -8.258 |
| 3 | 6 | 5.640 | | |
| 4 | 10 | -6.774 | | |
| 5 | 12 | 19.715 | | |

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| k | 0.000E+00 | 1.532E+01 | -3.112E+01 | -1.038E+01 | 0.000E+00 | 3.428E+00 | |
| A4 | 2.160E-03 | -7.454E-02 | -1.356E-01 | -1.860E-02 | -8.171E-02 | -2.431E-02 | |
| A6 | 3.761E-02 | 1.085E-01 | 1.092E-01 | 1.024E-02 | -4.947E-02 | -5.037E-02 | |
| A8 | -5.439E-02 | -8.601E-02 | 1.417E-02 | 1.288E-01 | 3.894E-02 | 2.458E-02 | |
| A10 | -6.624E-03 | -1.322E-02 | -1.441E-01 | -2.425E-01 | -3.019E-03 | 4.834E-02 | |
| A12 | 9.680E-02 | 4.563E-02 | 4.376E-02 | 1.564E-01 | 2.399E-02 | 4.622E-03 | |
| A14 | -7.115E-02 | -3.629E-02 | 2.283E-02 | -2.795E-02 | 5.154E-02 | 6.046E-03 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.171E-02 | 0.000E+00 | 10 |
| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 | |
| k | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.363E+00 | -7.103E-01 | -2.141E+01 | -8.826E+00 | |
| A4 | -3.669E-02 | -3.058E-02 | -7.187E-02 | 1.087E-01 | -1.162E-01 | -4.764E-02 | |
| A6 | -2.386E-02 | 5.094E-04 | -1.232E-02 | -3.615E-02 | 6.629E-02 | 1.807E-02 | |
| A8 | 7.154E-03 | -2.151E-04 | 1.202E-01 | 2.303E-02 | -4.189E-02 | -7.454E-03 | |
| A10 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.675E-02 | 9.586E-03 | 2.108E-02 | 2.165E-03 | |
| A12 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -7.169E-03 | -3.120E-03 | -5.880E-03 | -3.877E-04 | |
| A14 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 3.261E-03 | -2.651E-03 | 8.242E-04 | 3.801E-05 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 4.275E-04 | 7.816E-04 | -4.621E-05 | -1.548E-06 | |

20

【0063】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第3レンズL 3と第4レンズL 4の間隔内に配置されている。

【0064】

実施例3の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【0065】

図6は実施例3の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図6に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

30

【0066】

数値実施例4

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

$f = 4.16$
 $Fno = 2.2$
 $\omega(^{\circ}) = 36.0$
 $ih = 3.06$ 10
 $TLA = 5.09$
 $bf = 1.27$

面データ

| 面番号 i | 曲率半径 r | 面間隔 d | 屈折率 Nd | アッベ数 vd | |
|----------|----------|----------|--------|-------------|----|
| (物面) | Infinity | Infinity | | | |
| 1 (紋り) | Infinity | -0.286 | | | |
| 2* | 1.650 | 0.521 | 1.544 | 55.57 (vd1) | |
| 3* | 7.066 | 0.111 | | | |
| 4* | 2.822 | 0.231 | 1.639 | 23.23 (vd2) | 20 |
| 5* | 1.779 | 0.458 | | | |
| 6* | -17.526 | 0.398 | 1.544 | 55.57 (vd3) | |
| 7* | -2.620 | 0.430 | | | |
| 8* | -0.804 | 0.266 | 1.639 | 23.23 (vd4) | |
| 9* | -1.180 | 0.020 | | | |
| 10* | Infinity | 0.200 | 1.535 | 55.66 (vdN) | |
| 11* | Infinity | 0.020 | | | |
| 12* | 1.792 | 1.159 | 1.544 | 55.57 (vd5) | |
| 13* | 1.864 | 0.540 | | | |
| 14 | Infinity | 0.300 | 1.517 | 64.20 | |
| 15 | Infinity | 0.535 | | | |
| 像面 | Infinity | | | | 30 |

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | 合成焦点距離 | |
|-----|----|--------|--------|--------|
| | | | レンズ | |
| 1 | 2 | 3.828 | 1,2 | 5.877 |
| 2 | 4 | -8.245 | 4,5 | -7.536 |
| 3 | 6 | 5.611 | | |
| 4 | 8 | -5.458 | | |
| 5 | 12 | 12.799 | | |

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| k | 0.000E+00 | -7.475E+00 | -2.094E+01 | -8.011E+00 | 0.000E+00 | 3.556E+00 | |
| A4 | 3.354E-03 | -7.819E-02 | -1.256E-01 | -4.335E-03 | -1.037E-01 | -2.577E-02 | |
| A6 | 3.470E-02 | 1.081E-01 | 1.128E-01 | 2.455E-02 | -3.601E-02 | -4.613E-02 | |
| A8 | -5.526E-02 | -8.402E-02 | 1.636E-02 | 1.380E-01 | 4.126E-02 | 3.264E-02 | |
| A10 | -3.851E-03 | -1.685E-02 | -1.433E-01 | -2.363E-01 | -3.437E-03 | 4.496E-02 | |
| A12 | 9.690E-02 | 4.309E-02 | 4.470E-02 | 1.597E-01 | 2.051E-02 | -2.869E-03 | |
| A14 | -7.427E-02 | -3.524E-02 | 2.068E-02 | -2.579E-02 | 6.025E-02 | 1.378E-03 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.566E-02 | 0.000E+00 | 10 |
| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 | |
| k | -4.025E+00 | -7.240E-01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -1.839E+01 | -8.627E+00 | |
| A4 | -8.271E-02 | 1.085E-01 | -3.606E-03 | -2.031E-04 | -1.157E-01 | -4.818E-02 | |
| A6 | -1.035E-02 | -3.412E-02 | -1.727E-03 | 6.968E-04 | 6.678E-02 | 1.854E-02 | |
| A8 | 1.207E-01 | 2.249E-02 | 2.750E-04 | -2.901E-04 | -4.187E-02 | -7.614E-03 | |
| A10 | -4.711E-02 | 9.528E-03 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 2.106E-02 | 2.170E-03 | |
| A12 | -7.559E-03 | -3.216E-03 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -5.887E-03 | -3.844E-04 | |
| A14 | 3.198E-03 | -2.665E-03 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 8.236E-04 | 3.819E-05 | |
| A16 | 6.086E-04 | 7.748E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.567E-05 | -1.593E-06 | |

20

【0067】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第4レンズL 4と第5レンズL 5の間隔内に配置されている。

【0068】

実施例4の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【0069】

図8は実施例4の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図8に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

30

【0070】

数値実施例5

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

$f = 4.16$
 $Fno = 2.2$
 $\omega(^{\circ}) = 36.0$
 $ih = 3.06$
 $TLA = 5.14$
 $bf = 1.35$

面データ

| 面番号 i (物面) | 曲率半径 r Infinity | 面間隔 d Infinity | 屈折率 Nd | アッベ数 vd | 10 |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------|-------------|----|
| 1 (絞り) | Infinity | -0.299 | | | |
| 2* | 1.619 | 0.522 | 1.544 | 55.57 (vd1) | |
| 3* | 7.865 | 0.126 | | | |
| 4* | 2.737 | 0.220 | 1.639 | 23.23 (vd2) | |
| 5* | 1.678 | 0.456 | | | |
| 6* | -14.973 | 0.360 | 1.544 | 55.57 (vd3) | |
| 7* | -2.552 | 0.453 | | | |
| 8* | -0.805 | 0.351 | 1.639 | 23.23 (vd4) | |
| 9* | -1.138 | 0.035 | | | |
| 10* | 2.288 | 1.269 | 1.544 | 55.57 (vd5) | 20 |
| 11* | 2.188 | 0.200 | | | |
| 12* | Infinity | 0.200 | 1.535 | 55.66 (vdN) | |
| 13* | Infinity | 0.300 | | | |
| 14 | Infinity | 0.300 | 1.517 | 64.20 | |
| 15 | Infinity | 0.451 | | | |
| 像面 | Infinity | | | | |

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | 合成焦点距離 | | 30 |
|-----|----|--------|--------|--------|----|
| | | | レンズ | レンズ | |
| 1 | 2 | 3.642 | 1,2 | 5.773 | |
| 2 | 4 | -7.380 | 4,5 | -8.261 | |
| 3 | 6 | 5.600 | | | |
| 4 | 8 | -7.288 | | | |
| 5 | 10 | 26.587 | | | |

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| k | 0.000E+00 | -1.592E+00 | -2.341E+01 | -7.960E+00 | 0.000E+00 | 3.448E+00 | |
| A4 | 4.775E-03 | -7.694E-02 | -1.260E-01 | 2.184E-04 | -9.638E-02 | -2.532E-02 | |
| A6 | 3.436E-02 | 1.107E-01 | 1.146E-01 | 2.768E-02 | -3.270E-02 | -3.623E-02 | |
| A8 | -5.522E-02 | -7.825E-02 | 1.400E-02 | 1.371E-01 | 4.020E-02 | 3.471E-02 | |
| A10 | 6.881E-05 | -1.783E-02 | -1.430E-01 | -2.416E-01 | -4.716E-03 | 4.440E-02 | |
| A12 | 9.966E-02 | 4.318E-02 | 4.329E-02 | 1.558E-01 | 2.076E-02 | -1.989E-04 | |
| A14 | -7.794E-02 | -3.982E-02 | 1.527E-02 | -2.441E-02 | 6.126E-02 | 1.857E-03 | |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -4.840E-02 | 0.000E+00 | 10 |
| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 | |
| k | -3.751E+00 | -7.262E-01 | -2.596E+01 | -1.041E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A4 | -7.993E-02 | 1.167E-01 | -1.127E-01 | -4.821E-02 | -5.471E-04 | 3.600E-03 | |
| A6 | -9.851E-03 | -3.821E-02 | 6.623E-02 | 1.759E-02 | -3.314E-04 | -6.680E-04 | |
| A8 | 1.205E-01 | 2.258E-02 | -4.194E-02 | -7.469E-03 | -1.474E-05 | -1.517E-05 | |
| A10 | -4.720E-02 | 9.711E-03 | 2.106E-02 | 2.171E-03 | 4.112E-06 | 3.031E-06 | |
| A12 | -7.712E-03 | -3.071E-03 | -5.881E-03 | -3.860E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A14 | 3.133E-03 | -2.652E-03 | 8.250E-04 | 3.810E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |
| A16 | 6.918E-04 | 7.605E-04 | -4.611E-05 | -1.572E-06 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | |

20

【0071】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第5レンズL 5と撮像面IM Gの間隔内に配置されている。

【0072】

実施例5の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【0073】

図10は実施例5の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図10に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

30

【0074】

数値実施例6

基本的なレンズデータを以下に示す。

単位mm

f= 4.71

Fno= 2.2

 $\omega(^{\circ})$ = 35.7

ih= 3.43

TLA= 5.33

bf= 1.51

面データ

| 面番号 i (物面) | 曲率半径 r Infinity | 面間隔 d Infinity | 屈折率 Nd | アッベ数 vd | 10 |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------|-------------|----|
| 1 (絞り) | Infinity | -0.390 | | | |
| 2* | 1.614 | 0.628 | 1.544 | 55.57 (vd1) | |
| 3* | 12.591 | 0.088 | | | |
| 4* | 4.535 | 0.220 | 1.635 | 23.97 (vd2) | |
| 5* | 2.161 | 0.599 | | | |
| 6* | -6.796 | 0.307 | 1.544 | 55.57 (vd3) | |
| 7* | -2.857 | 0.369 | | | |
| 8* | -1.113 | 0.277 | 1.639 | 23.23 (vd4) | |
| 9* | -1.335 | 0.389 | | | |
| 10* | 3.017 | 0.948 | 1.544 | 55.57 (vd5) | 20 |
| 11* | 1.951 | 0.204 | | | |
| 12* | Infinity | 0.322 | 1.535 | 55.66 (vdN) | |
| 13* | Infinity | 0.115 | | | |
| 14 | Infinity | 0.210 | 1.517 | 64.20 | |
| 15 | Infinity | 0.729 | | | |
| 像面 | Infinity | | | | |

単レンズデータ

| レンズ | 始面 | 焦点距離 | 合成焦点距離 | | |
|-----|----|---------|--------|--------|----|
| | | | レンズ | | |
| 1 | 2 | 3.337 | 1,2 | 5.334 | 30 |
| 2 | 4 | -6.743 | 4,5 | -7.526 | |
| 3 | 6 | 8.820 | | | |
| 4 | 8 | -20.382 | | | |
| 5 | 10 | -14.801 | | | |

非球面データ

| | 第2面 | 第3面 | 第4面 | 第5面 | 第6面 | 第7面 |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| k | 0.000E+00 | 2.474E+01 | -5.029E+01 | -8.615E+00 | 0.000E+00 | 2.349E+00 |
| A4 | 9.239E-04 | -5.801E-02 | -7.901E-02 | 2.753E-02 | -9.798E-02 | -2.487E-02 |
| A6 | 1.929E-02 | 5.650E-02 | 9.725E-02 | 5.177E-02 | -2.279E-02 | -4.689E-02 |
| A8 | -2.631E-02 | -1.450E-02 | 1.355E-02 | 7.271E-02 | 1.802E-02 | 5.196E-02 |
| A10 | -2.527E-03 | -8.675E-03 | -5.394E-02 | -1.021E-01 | 2.425E-02 | 0.000E+00 |
| A12 | 3.072E-02 | 1.080E-02 | 1.460E-02 | 5.637E-02 | -6.249E-03 | 0.000E+00 |
| A14 | -1.692E-02 | -8.963E-03 | 0.000E+00 | -2.927E-03 | 1.228E-02 | 0.000E+00 |
| A16 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -8.610E-03 | 0.000E+00 |

10

| | 第8面 | 第9面 | 第10面 | 第11面 | 第12面 | 第13面 |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| k | -4.092E+00 | -7.796E-01 | -2.627E+01 | -9.941E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| A4 | -2.818E-02 | 8.952E-02 | -1.046E-01 | -5.639E-02 | -7.612E-03 | 6.290E-03 |
| A6 | -2.885E-03 | -2.530E-02 | 3.896E-02 | 1.065E-02 | -1.015E-04 | -1.650E-03 |
| A8 | 4.449E-02 | 1.211E-02 | -1.860E-02 | -3.088E-03 | 4.157E-05 | -2.549E-06 |
| A10 | -1.898E-02 | 3.216E-03 | 7.501E-03 | 7.829E-04 | 1.265E-07 | 5.363E-06 |
| A12 | -1.577E-03 | -1.315E-03 | -1.659E-03 | -1.128E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| A14 | 1.383E-03 | -6.889E-04 | 1.834E-04 | 8.110E-06 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| A16 | 0.000E+00 | 1.876E-04 | -8.133E-06 | -2.241E-07 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

20

【 0 0 7 5 】

本実施例では、実質的に屈折力を有さない両面が非球面の収差補正光学素子N Eは第5レンズL 5と撮像面IM Gの間に配置されている。

【 0 0 7 6 】

実施例6の撮像レンズは、表1に示すように条件式(1)から(12)の全てを満たしている。

【 0 0 7 7 】

図12は実施例6の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図12に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

30

【 0 0 7 8 】

【表1】

| | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 | 実施例6 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.05<TN/f<0.5 | 0.07 | 0.17 | 0.16 | 0.06 | 0.35 | 0.34 |
| 0.03<dN/f<0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.07 |
| 40<vdN<70 | 55.66 | 55.66 | 55.66 | 55.66 | 55.66 | 55.66 |
| 0.08<T23/f<0.2 | 0.11 | 0.17 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.13 |
| 0.03<d2/f<0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 |
| 1.0<f12/f<1.6 | 1.33 | 1.38 | 1.46 | 1.41 | 1.39 | 1.13 |
| 1.0<f3/f<2.0 | 1.19 | 1.23 | 1.36 | 1.35 | 1.35 | 1.87 |
| -2.0<f45/f<-1.2 | -1.38 | -1.47 | -1.99 | -1.81 | -1.98 | -1.60 |
| 2.5<(r3+r4)/(r3-r4)<5.0 | 3.63 | 4.25 | 4.02 | 4.41 | 4.17 | 2.82 |
| 20<vd1-vd2<40 | 31.60 | 32.34 | 32.34 | 32.34 | 32.34 | 31.60 |
| 20<vd4-vd3<40 | 29.99 | 32.34 | 32.34 | 32.34 | 32.34 | 32.34 |
| 40<vd5<70 | 55.57 | 55.57 | 55.57 | 55.57 | 55.57 | 55.57 |

【0079】

以上、説明したように、本発明の実施形態に係る6枚の光学素子構成の撮像レンズは、5枚の屈折力を有するレンズで構成される撮像レンズに1枚の実質的に屈折力を有さない収差補正光学素子を加えた、6枚という構成枚数を探りながらも、光学全長を短く抑えた小型な光学系を実現する。低背化率を光学全長T L Aと最大像高i hとの比(T L A / 2 i h)で表せば0.8前後のレベルを実現する。さらに、全画角で70°以上の広い画角を達成し、且つレンズの明るさもF2.4以下に対応しながら、諸収差が良好に補正された低コストの撮像レンズを可能にする。

【産業上の利用可能性】

【0080】

本発明の各実施の形態に係る6枚の光学素子構成の撮像レンズを、小型化、低背化が進むスマートフォンや携帯電話機およびPDA(Personal Digital Assistant)などの携帯端末機器等、ゲーム機やPCなどの情報端末機器等、更にはカメラ機能が付加された家電製品等に搭載される撮像装置に適用した場合、当該装置の小型化への寄与とともにカメラの高性能化を図ることができる。

【符号の説明】

【0081】

S T : 開口絞り

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

N E : 収差補正光学素子

I R : フィルタ

I M G : 撮像面

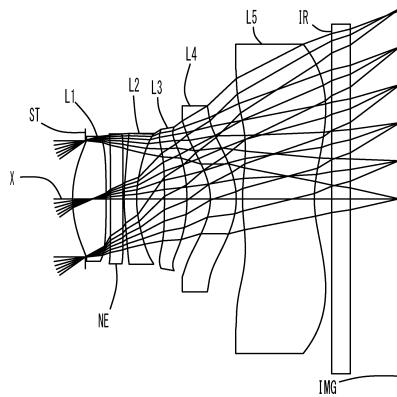
10

20

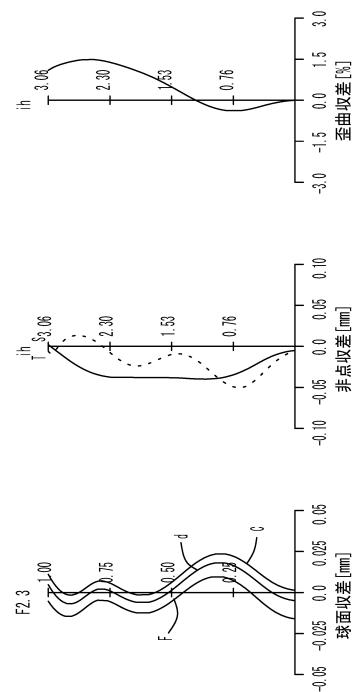
30

40

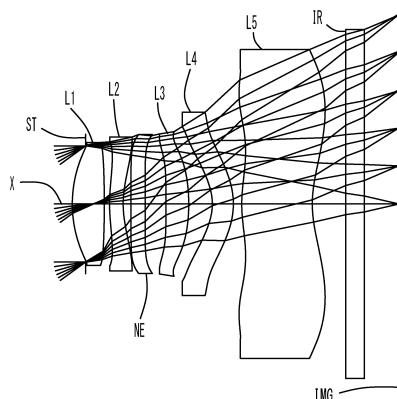
【図1】



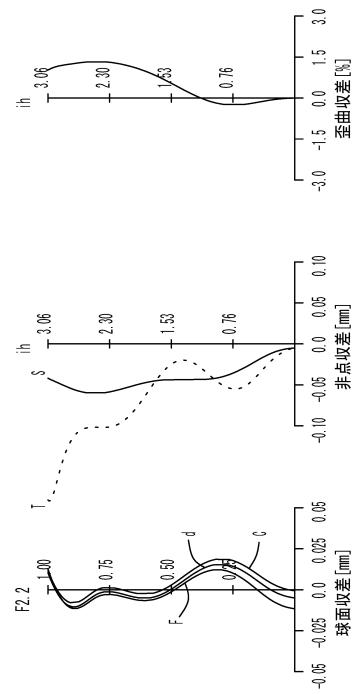
【図2】



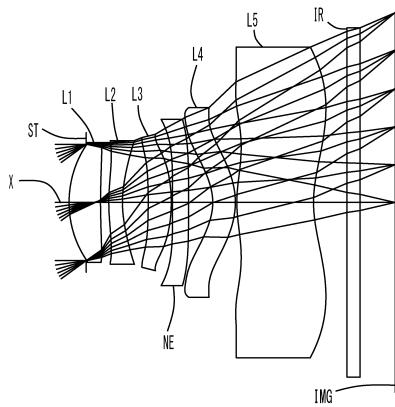
【図3】



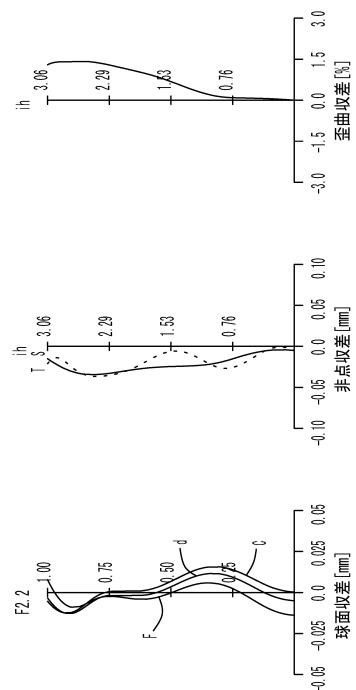
【図4】



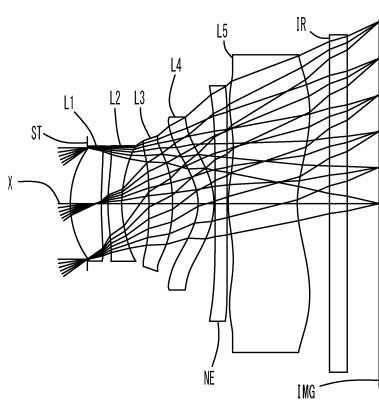
【図5】



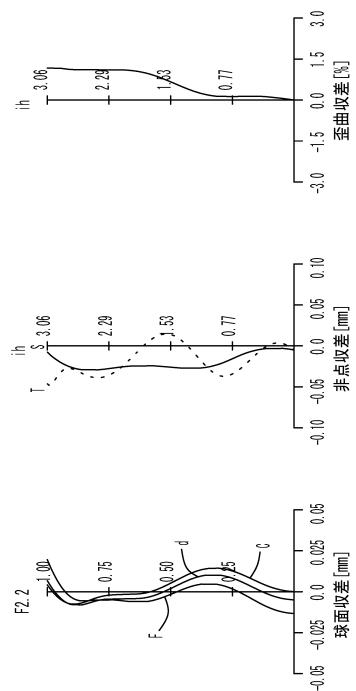
【図6】



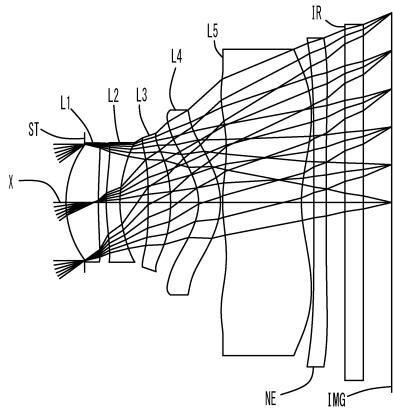
【図7】



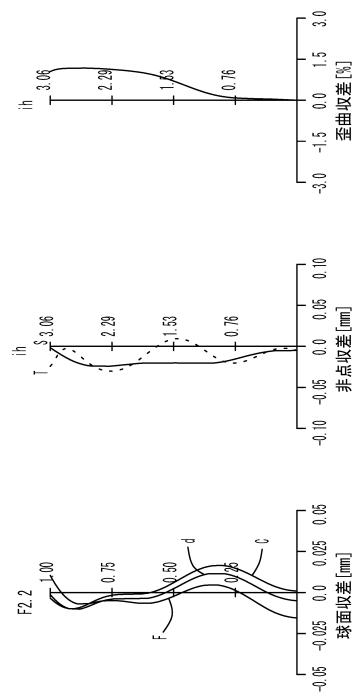
【図8】



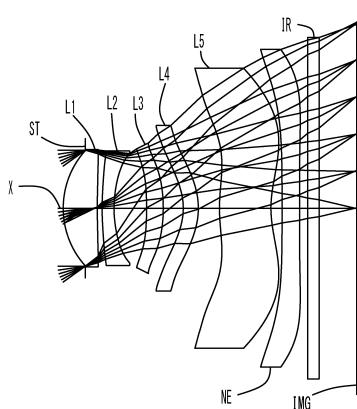
【図 9】



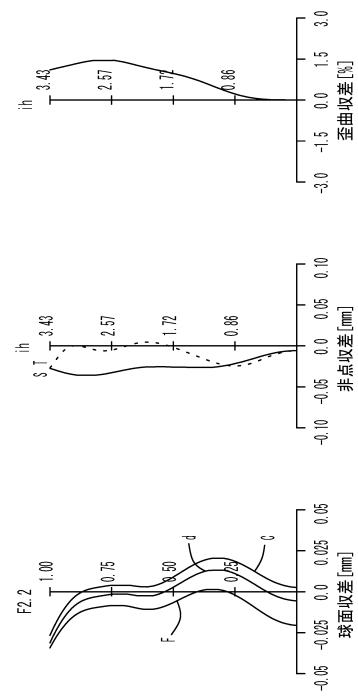
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-052635(JP, A)
台湾特許出願公開第201317620(TW, A)
台湾特許出願公開第201305595(TW, A)
台湾特許出願公開第201413284(TW, A)
特開2011-085733(JP, A)
特開2014-067018(JP, A)
特開2013-257527(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0114151(US, A1)
米国特許第08675289(US, B1)
国際公開第2014/045686(WO, A1)
特開平11-305129(JP, A)
特開2000-009995(JP, A)
米国特許第02803996(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | | | |
|--------|---------|---|---------|
| G 02 B | 9 / 00 | - | 17 / 08 |
| G 02 B | 21 / 02 | - | 21 / 04 |
| G 02 B | 25 / 00 | - | 25 / 04 |