

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6501635号
(P6501635)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(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 10 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2015-115921 (P2015-115921)
 (22) 出願日 平成27年6月8日 (2015.6.8)
 (65) 公開番号 特開2017-3703 (P2017-3703A)
 (43) 公開日 平成29年1月5日 (2017.1.5)
 審査請求日 平成30年5月17日 (2018.5.17)

(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 久保田 洋治
 長野県伊那市西春近6554番地3 株式会社オプトロジック内
 (72) 発明者 深谷 尚生
 栃木県矢板市片岡1150番地23 カンタツ株式会社内
 (72) 発明者 久保田 賢一
 長野県伊那市西春近6554番地3 株式会社オプトロジック内
 (72) 発明者 平野 整
 長野県伊那市西春近6554番地3 株式会社オプトロジック内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズと、負の屈折力を有する第2レンズと、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有する第4レンズと、第5レンズと、第6レンズとを配置して構成され、

前記第5レンズは、像面側の面の曲率半径が正となる形状であり、

レンズ系全体の焦点距離をf、前記第5レンズおよび前記第6レンズの合成焦点距離をf₅₆、前記第1レンズと前記第2レンズとの間の光軸上の距離をD₁₂、前記第2レンズと前記第3レンズとの間の光軸上の距離をD₂₃、前記第1レンズの光軸上の厚さをT₁、前記第2レンズの光軸上の厚さをT₂としたとき、

$$\begin{aligned} f & 5 \ 6 < 0 \\ 2 & < D \ 2 \ 3 / D \ 1 \ 2 < 2 \ 0 \\ 0 \ . \ 3 & < (D \ 1 \ 2 / f) \times 1 \ 0 \ 0 < 1 \ . \ 5 \\ 2 & < (D \ 2 \ 3 / f) \times 1 \ 0 \ 0 < 1 \ 0 \\ 3 \ . \ 0 & < T \ 1 / T \ 2 < 4 \ . \ 0 \end{aligned}$$

を満足する撮像レンズ。

【請求項 2】

レンズ系全体の焦点距離をf、前記第1レンズから前記第3レンズまでの合成焦点距離をf₁₂₃としたとき、

$$0 \ . \ 5 < f \ 1 \ 2 \ 3 / f < 1 \ . \ 5$$

10

20

を満足する請求項 1 に記載の撮像レンズ。

【請求項 3】

前記第 2 レンズの焦点距離を f_2 、前記第 3 レンズの焦点距離を f_3 としたとき、

$$-1.3 < f_2 / f_3 < -0.3$$

を満足する請求項 1 または 2 に記載の撮像レンズ。

【請求項 4】

レンズ系全体の焦点距離を f 、前記第 3 レンズの焦点距離を f_3 としたとき、

$$0.5 < f_3 / f < 3.0$$

を満足する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 5】

前記第 3 レンズの焦点距離を f_3 、前記第 4 レンズの焦点距離を f_4 としたとき、

$$-1.0 < f_3 / f_4 < -0.01$$

を満足する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 6】

前記第 3 レンズの物体側の面の曲率半径を R_{3f} 、前記第 3 レンズの像面側の面の曲率半径を R_{3r} としたとき、

$$-2.0 < R_{3f} / R_{3r} < 0.6$$

を満足する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 7】

前記第 3 レンズと前記第 4 レンズとの間の光軸上の距離を D_{34} 、前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとの間の光軸上の距離を D_{45} としたとき、

$$0.2 < D_{34} / D_{45} < 2.0$$

を満足する請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 8】

前記第 4 レンズのアッベ数を d_4 としたとき、

$$4.0 < d_4 < 7.5$$

を満足する請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 9】

前記第 6 レンズは負の屈折力を有し、

前記第 6 レンズの焦点距離を f_6 、前記第 4 レンズおよび前記第 5 レンズの合成焦点距離を f_{45} としたとき、

$$2.5 < f_{45} / f_6 < 7$$

を満足する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【請求項 10】

前記第 6 レンズは正の屈折力を有し、

前記第 6 レンズの焦点距離を f_6 、前記第 4 レンズおよび前記第 5 レンズの合成焦点距離を f_{45} としたとき、

$$-0.5 < f_{45} / f_6 < -0.1$$

を満足する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の撮像レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCD センサや CMOS センサ等の撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズに係り、携帯電話機や携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラ、デジタルスタイルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラへの組み込みが好適な撮像レンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、音声通話主体の携帯電話機に代わり、音声通話機能に加えて様々なアプリケーションソフトウェアの実行が可能な多機能携帯電話機、いわゆるスマートフォン (smartpho

10

20

30

40

50

ne) が普及している。スマートフォン上でアプリケーションソフトウェアを実行することにより、例えばデジタルスタイルカメラやカーナビゲーション等の機能をスマートフォン上で実現することが可能になる。このような様々な機能を実現するために、スマートフォンの殆どの機種にカメラが搭載されている。

【0003】

スマートフォンの製品群は、エントリーモデルからハイエンドモデルまで様々な仕様の製品から構成される。このうちハイエンドモデルに組み込まれる撮像レンズには、小型化はもちろんのこと、近年の高画素化された撮像素子にも対応することのできる高い解像度を有するレンズ構成が要求される。

【0004】

高解像度の撮像レンズを実現するための方法の一つとして、撮像レンズを構成するレンズの枚数を増加させる方法がある。しかし、こうしたレンズ枚数の増加は撮像レンズの大型化を招き易く、上述のスマートフォン等の小型のカメラへの組み込みに対しては不利である。撮像レンズの開発においては、撮像レンズの高解像度化を図りつつも、光学全長 (Total Track Length) の短縮にも重きを置く必要があった。

【0005】

近年になり、撮像素子の高画素化技術や画像処理技術が目まぐるしい進歩を遂げ、撮像レンズの開発の中心は、光学全長の短縮よりも高解像度のレンズ構成の実現に移りつつある。最近では、スマートフォンとは別体のカメラユニットをスマートフォンに装着することでデジタルスタイルカメラと比較しても遜色のない画像を得られるようになった。

10

【0006】

6枚のレンズから成るレンズ構成は、撮像レンズを構成するレンズの枚数が多いことから設計上の自由度が高く、高解像度の撮像レンズに必要な諸収差の良好な補正と撮像レンズの小型化とをバランスよく実現できる可能性を秘めている。6枚構成の撮像レンズとしては、例えば特許文献1に記載の撮像レンズが知られている。

【0007】

特許文献1に記載の撮像レンズは、物体側に凸面を向けた正の第1レンズと、像面側に凹面を向けた負の第2レンズと、物体側に凹面を向けた負の第3レンズと、像面側に凸面を向けた正の第4レンズおよび第5レンズと、物体側に凹面を向けた負の第6レンズとが配置されて構成される。この特許文献1の撮像レンズでは、第1レンズおよび第3レンズの焦点距離の比、および第2レンズの焦点距離とレンズ系全体の焦点距離との比に関する条件式を満足することにより歪曲収差および色収差の良好な補正を実現している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2013-195587号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

携帯電話機やスマートフォンの高機能化や小型化は年々進展しており、撮像レンズに要求される小型化のレベルは以前にも増して高くなっている。上記特許文献1に記載の撮像レンズは第1レンズの物体側の面から撮像素子の像面までの距離が長いため、こうした要求に応えて撮像レンズのより一層の小型化を図りつつ良好な収差補正を実現するには自ずと限界が生じる。なお、上述のように携帯電話機やスマートフォンとは別体にカメラを構成して撮像レンズに対する小型化の要求レベルを緩和する方法もある。しかし、カメラ内蔵型の携帯電話機やスマートフォンの方が利便性や携帯性の面から優位であるため、小型で高解像度の撮像レンズへの要求が依然として存在する。

30

【0010】

こうした問題は携帯電話機やスマートフォンに組み込まれる撮像レンズに特有の問題ではなく、近年特に高機能化や小型化が進んでいるデジタルスタイルカメラ、携帯情報端末

40

50

、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラに組み込まれる撮像レンズにおいて共通の問題である。

【0011】

本発明の目的は、小型でありながらも諸収差を良好に補正することのできる撮像レンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために本発明の撮像レンズは、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズと、負の屈折力を有する第2レンズと、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有する第4レンズと、第5レンズと、第6レンズとを配置して構成される。第5レンズは、像面側の面の曲率半径が正となる形状に形成される。また、本発明の撮像レンズは、レンズ系全体の焦点距離を f 、第5レンズおよび第6レンズの合成焦点距離を f_{56} 、第1レンズと第2レンズとの間の光軸上の距離を D_{12} 、第2レンズと第3レンズとの間の光軸上の距離を D_{23} 、第1レンズの光軸上の厚さを T_1 、第2レンズの光軸上の厚さを T_2 としたとき、次の各条件式を満足する。10

$$f_{56} < 0 \quad (1)$$

$$2 < D_{23} / D_{12} < 20 \quad (2)$$

$$0.3 < (D_{12} / f) \times 100 < 1.5 \quad (3)$$

$$2 < (D_{23} / f) \times 100 < 10 \quad (4)$$

$$3.0 < T_1 / T_2 < 4.0 \quad (5)$$

【0013】

条件式(1)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差および歪曲収差を良好に補正するための条件である。また、条件式(1)は、撮像レンズから出射した光線の撮像素子への入射角度を主光線角度(CRA: Chief Ray Angle)の範囲内に抑制するための条件でもある。周知のように撮像素子には、その像面に取り込むことのできる光線の範囲がCRAとして定められている。CRAの範囲外の光線の撮像素子への入射はシェーディング(shading)の原因となり、良好な結像性能を実現する上での障害となる。

【0014】

合成焦点距離 f_{56} の値が条件式(1)から外れると、第1レンズおよび第3レンズの有する正の屈折力が相対的に弱くなるため、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制し易くなるものの、撮像レンズの小型化が困難になる。諸収差の補正に関しては、軸上色収差の補正には有利になるものの、歪曲収差が負方向に増大するとともに倍率色収差が補正不足(基準波長の結像点に対して短波長の結像点が光軸に近づく方向に移動)となり、良好な結像性能を得ることが困難になる。30

【0015】

条件式(2)は、色収差、非点収差、および歪曲収差のそれぞれを良好な範囲内にバランスよく抑制するための条件である。上限値「20」を超えると、軸上色収差が補正過剰(基準波長の焦点位置に対して短波長の焦点位置が像面側に移動)になるとともに、画像中間部において倍率色収差が補正過剰(基準波長の結像点に対して短波長の結像点が光軸から遠ざかる方向に移動)になる。また、歪曲収差が負方向に増大するとともに非点収差のうちサジタル像面が物体側に湾曲するため良好な結像性能を得ることが困難となる。一方、下限値「2」を下回ると、色収差や歪曲収差の補正には有利となるものの、軸外光束に対して非点隔差が増大することとなり、良好な結像性能を得ることが困難になる。40

【0016】

なお、諸収差を良好に補正しつつ撮像レンズの小型化を図るために、条件式(2)に加えてさらに条件式(3)および(4)を満足することが望ましい。

【0017】

レンズ系全体の焦点距離を f 、第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離を f_{123} としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_{123} / f < 1.5 \quad (5)$$

10

20

40

50

【0018】

条件式(5)は、色収差、非点収差、像面湾曲、および歪曲収差のそれぞれを良好な範囲内にバランスよく抑制するための条件である。上限値「1.5」を超えると、軸上色収差の補正には有利となる。しかし、非点隔差が増大するとともに歪曲収差が正方向に増大するため、良好な結像性能を得ることが困難となる。一方、下限値「0.5」を下回ると、倍率色収差の補正には有利となるものの、歪曲収差が負方向に増大するとともに結像面が物体側に湾曲して像面湾曲が補正不足の状態になる。このため、良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0019】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに次の条件式(5A)を満足することが望ましい。
10

$$0.7 < f_{123} / f < 1.4 \quad (5A)$$

【0020】

第2レンズの焦点距離をf₂、第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離をf₁₂₃としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$-1.7 < f_2 / f_{123} < -0.7 \quad (6)$$

【0021】

条件式(6)は、色収差、非点収差、および像面湾曲を良好に補正するための条件である。上限値「-0.7」を超えると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰になる。また、非点収差のうちサジタル像面が像面側に倒れて非点隔差が増大するとともに、結像面の周辺部が像面側に湾曲して像面湾曲が補正過剰の状態になる。このため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「-1.7」を下回ると、倍率色収差の補正に関しては有利になるものの、軸上色収差が補正不足（基準波長の焦点位置に対して短波長の焦点位置が物体側に移動）となる。また、非点収差のうちサジタル像面が物体側に湾曲して非点隔差が増大するとともに結像面の周辺部が物体側に湾曲する。この場合も、良好な結像性能を得ることが困難になる。
20

【0022】

第2レンズの焦点距離をf₂、第3レンズの焦点距離をf₃としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$-1.3 < f_2 / f_3 < -0.3 \quad (7)$$

30

【0023】

条件式(7)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差、非点収差、歪曲収差、およびコマ収差を良好に補正するための条件である。上限値「-0.3」を超えると、撮像レンズの小型化には有利となるものの、非点収差のうちサジタル像面が物体側に湾曲して非点隔差が増大する。また、軸外光束に対して内方コマ収差が増大するため、良好な結像性能を得ることが困難となる。一方、下限値「-1.3」を下回ると、バックフォーカス(back focal length)が増大するため撮像レンズの小型化が困難になる。また、歪曲収差が負方向に増大するとともに非点収差が増大する。軸外光束においては外方コマ収差が発生する。このため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0024】

レンズ系全体の焦点距離をf、第3レンズの焦点距離をf₃としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_3 / f < 3.0 \quad (8)$$

40

【0025】

条件式(8)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差、歪曲収差、コマ収差、および非点収差を良好な範囲内にバランスよく抑制するための条件である。上限値「3.0」を超えると、撮像レンズの小型化および軸上色収差の補正には有利となる。しかし、歪曲収差が正方向に増大するとともに非点収差のうちサジタル像面が像面側に倒れて非点隔差が増大する。よって、良好な結像性能を得ることが困難となる。一方、下限値「0.5」を下回ると、撮像レンズの小型化が困難になるとともに歪曲収差、非点収差、像面湾曲、
50

およびコマ収差の補正が困難となり、良好な結像性能を得ることが困難になる。具体的には、歪曲収差が負方向に増大するとともに非点収差のうちサジタル像面が物体側に湾曲して非点隔差が増大する。また、結像面の周辺部が物体側に湾曲して像面湾曲が補正不足の状態になるとともに外方コマ収差が増大することになる。

【0026】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに次の条件式(8A)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_3 / f < 2.5 \quad (8A)$$

【0027】

第3レンズの焦点距離を f_3 、第4レンズの焦点距離を f_4 としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$-1.0 < f_3 / f_4 < -0.01 \quad (9)$$

【0028】

条件式(9)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、非点収差、色収差、および歪曲収差を良好に補正するための条件である。上限値「-0.01」を超えると、撮像レンズの小型化には有利となるもののバックフォーカスの確保が困難になる。また、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰となり、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「-1.0」を下回ると、軸上色収差を補正し易くなるものの倍率色収差が補正不足になる。また、非点収差のうちサジタル像面が物体側に倒れて非点隔差が増大するとともに像面湾曲が補正不足の状態になる。歪曲収差は負方向に増大する。このため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0029】

上記構成の撮像レンズにおいて第1レンズは、曲率半径が正となる物体側の面を有し、その像面側の面の曲率半径を R_{1r} 、レンズ系全体の焦点距離を f としたとき、次の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$3.0 < |R_{1r}| / f \quad (10)$$

【0030】

条件式(10)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、非点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。当該条件式の値が「3.0」よりも小さくなると、バックフォーカスが増大するため撮像レンズの小型化が困難になる。また、非点隔差が増大するとともに軸外光束に対して外方コマ収差が増大するため良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0031】

上記構成の撮像レンズにおいて第2レンズは、曲率半径が負となる物体側の面と曲率半径が正となる像面側の面とを有し、その物体側の面の曲率半径を R_{2f} 、その像面側の面の曲率半径を R_{2r} としたとき、次の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$-100 < R_{2f} / R_{2r} \quad (11)$$

【0032】

本発明に係る撮像レンズにおいて第2レンズは、物体側の面の曲率半径が負となり、像面側の面の曲率半径が正となる形状、すなわち、光軸近傍において両凹レンズとなる形状に形成されることが望ましい。また、第2レンズがこのような形状に形成される場合、さらに上記条件式(11)を満足することが望ましい。条件式(11)は、第2レンズの光軸近傍の形状を規定し、非点収差および歪曲収差を良好に補正するための条件である。条件式(11)から外れると、歪曲収差が負方向に増大するとともに、非点収差のうちタンジェンシャル像面の周辺部が像面側に湾曲することとなって非点隔差が増大するため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0033】

第3レンズの物体側の面の曲率半径を R_{3f} 、第3レンズの像面側の面の曲率半径を R_{3r} としたとき、上記構成の撮像レンズは次の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$-2.0 < R_{3f} / R_{3r} < 0.6 \quad (12)$$

【0034】

条件式(12)は、歪曲収差、非点収差、像面湾曲、およびコマ収差を良好に補正するための条件である。上限値「0.6」を超えると、歪曲収差が負方向に増大するとともに非点収差のうちサジタル像面が物体側に湾曲する。また、像面湾曲が補正不足の状態になるとともに軸外光束に対して外方コマ収差が増大するため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「-2.0」を下回ると、歪曲収差の補正には有利となるものの非点隔差やコマ収差が増大することになる。よって、この場合も良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0035】

なお、本発明においては、上述のようにレンズの形状を曲率半径の符号を用いて特定している。曲率半径が正か負かは一般的な定義、すなわち光の進行方向を正として、曲率中心がレンズ面からみて像面側にある場合には曲率半径を正とし、物体側にある場合には曲率半径を負とする定義に従っている。よって、「曲率半径が正となる物体側の面」とは、物体側の面が凸面であることを指し、「曲率半径が負となる物体側の面」とは、物体側の面が凹面であることを指す。また、「曲率半径が正となる像面側の面」とは、像面側の面が凹面であることを指し、「曲率半径が負となる像面側の面」とは、像面側の面が凸面であることを指す。なお、本明細書での曲率半径は近軸の曲率半径を指しており、レンズ断面図におけるレンズの概形にそぐわない場合がある。

【0036】

第2レンズのアッベ数をd2、第3レンズのアッベ数をd3としたとき、本発明の撮像レンズは次の条件式(13)および(14)を満足することが望ましい。

$$1.5 < d_2 < 3.5 \quad (13)$$

$$4.0 < d_3 < 7.5 \quad (14)$$

【0037】

条件式(13)および(14)は色収差を良好に補正するための条件である。本発明の撮像レンズにおいては、第2レンズが負の屈折力を有し、第3レンズが正の屈折力を有する。条件式(13)および(14)に示されるように、高分散の材料から負レンズを形成するとともに低分散の材料から正レンズを形成することにより、色収差を良好に補正することができる。

【0038】

条件式(13)において、上限値「3.5」を超えると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正不足となり、下限値「1.5」を下回ると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰となる。また、条件式(14)において、上限値「7.5」を超えると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰となり、下限値「4.0」を下回ると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正不足となる。よって、いずれの場合も良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0039】

第6レンズのアッベ数をd6としたとき、本発明の撮像レンズは次の条件式(15)を満足することが望ましい。

$$4.0 < d_6 < 7.5 \quad (15)$$

【0040】

条件式(15)は色収差を良好に補正するための条件である。上限値「7.5」を超えると、軸上色収差の補正には有利となるものの、画像周面部において波長毎の最良像面の差が大きくなり、良好な結像性能を得ることが困難となる。一方、下限値「4.0」を下回ると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰となり、良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0041】

第3レンズと第4レンズとの間の光軸上の距離をD34、第4レンズと第5レンズとの間の光軸上の距離をD45としたとき、本発明の撮像レンズは次の条件式(16)を満足

10

20

30

40

50

することが望ましい。

$$0.2 < D_{34} / D_{45} < 2.0$$

(16)

【0042】

条件式(16)は、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制しつつ、色収差、歪曲収差、およびコマ収差を良好に補正するための条件である。上限値「2.0」を超えると、軸上色収差および倍率色収差が共に補正過剰になるとともに歪曲収差が正方向に増大する。また、軸外光束に対する内方コマ収差も増大するため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「0.2」を下回ると、色収差の補正に対しては有利となるものの、歪曲収差が負方向に増大するとともに軸外光束に対する外方コマ収差が増大するため、良好な結像性能を得ることが困難となる。

10

【0043】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに次の条件式(16A)を満足することが望ましい。

$$0.3 < D_{34} / D_{45} < 1.5$$

(16A)

【0044】

上記構成の撮像レンズにおいて第4レンズは負の屈折力を有するとともに、当該第4レンズのアッベ数をd4としたとき、次の条件式(17)を満足することが望ましい。

$$40 < d_4 < 75$$

(17)

【0045】

本発明の撮像レンズでは、第1レンズから第3レンズまでの屈折力の配列が物体側から順に正負正となっている。第4レンズが負の屈折力を有することにより、第1レンズから第4レンズまでの屈折力の配列は正負正負となる。このように正の屈折力と負の屈折力とが交互に配列されるレンズ構成は、ペツツバール・サムを抑制する上で非常に有効なレンズ構成である。

20

【0046】

条件式(17)は、色収差を良好に補正するための条件である。上限値「75」を超えると、軸上色収差の補正には有利となるものの倍率色収差が補正過剰となり、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「40」を下回ると、軸上色収差が補正過剰になるとともに倍率色収差が補正不足となる。このため、良好な結像性能を得ることが困難となる。

30

【0047】

上記構成の撮像レンズにおいては、第6レンズが負の屈折力を有し、当該第6レンズの焦点距離をf6、第4レンズおよび第5レンズの合成焦点距離をf45としたとき、次の条件式(18)を満足することが望ましい。

$$2.5 < f_{45} / f_6 < 7$$

(18)

【0048】

条件式(18)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差および歪曲収差を良好に補正するための条件である。また、条件式(18)は、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制するための条件でもある。上限値「7」を超えると、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制し易くなるものの撮像レンズの小型化が困難になる。一方、下限値「2.5」を下回ると、撮像レンズの小型化には有利となるものの、歪曲収差が正方向に増大するとともに倍率色収差が補正過剰になるため、良好な結像性能を得ることが困難となる。また、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制することが困難となる。

40

【0049】

上記構成の撮像レンズにおいては、第6レンズが正の屈折力を有し、当該第6レンズの焦点距離をf6、第4レンズおよび第5レンズの合成焦点距離をf45としたとき、次の条件式(19)を満足することが望ましい。

$$-0.5 < f_{45} / f_6 < -0.1$$

(19)

【0050】

50

条件式(19)は、撮像レンズの小型化を図りつつ歪曲収差を良好に補正するための条件である。また、条件式(19)は、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制するための条件である。上限値「-0.1」を超えると、撮像レンズの小型化には有利となるものの、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制することが困難となる。一方、下限値「-0.5」を下回ると、撮像レンズから出射した光線の入射角度をCRAの範囲内に抑制し易くなるものの撮像レンズの小型化が困難になる。また、歪曲収差が負方向に増大することとなり、良好な結像性能を得ることが困難となる。

【発明の効果】

【0051】

10

本発明の撮像レンズによれば、諸収差が良好に補正された高い解像度を有しながらも、小型のカメラへの組込みに特に適した小型の撮像レンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の一実施の形態について、数値実施例1に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図2】図1に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図3】図1に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図4】本発明の一実施の形態について、数値実施例2に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

20

【図5】図4に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図6】図4に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図7】本発明の一実施の形態について、数値実施例3に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図8】図7に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図9】図7に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図10】本発明の一実施の形態について、数値実施例4に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図11】図10に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図12】図10に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

30

【図13】本発明の一実施の形態について、数値実施例5に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図14】図13に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図15】図13に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図16】本発明の一実施の形態について、数値実施例6に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図17】図16に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図18】図16に示す撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0053】

以下、本発明を具体化した一実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0054】

図1、図4、図7、図10、図13、および図16は、本実施の形態の数値実施例1～6に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。いずれの数値実施例も基本的なレンズ構成は同一であるため、ここでは数値実施例1の概略断面図を参照しながら、本実施の形態に係る撮像レンズについて説明する。

50

【 0 0 5 5 】

図1に示すように本実施の形態に係る撮像レンズは、物体側から像面側に向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズL1と、負の屈折力を有する第2レンズL2と、正の屈折力を有する第3レンズL3と、負の屈折力を有する第4レンズL4と、負の屈折力を有する第5レンズL5と、第6レンズL6とが配列されて構成される。第6レンズL6と撮像素子の像面IMとの間にはフィルタ10が配置される。このフィルタ10は割愛することも可能である。

【 0 0 5 6 】

数値実施例1において第6レンズL6は負の屈折力を有している。しかし、第6レンズL6の屈折力は負に限定されない。第5レンズL5および第6レンズL6の合成焦点距離が負となるようであれば、第6レンズL6の屈折力は正または0のいずれでもよい。数値実施例5に係る撮像レンズは、第6レンズL6の屈折力が正となるレンズ構成の例である。
10

【 0 0 5 7 】

第1レンズL1は、物体側の面の曲率半径r1および像面側の面の曲率半径r2が共に正となる形状であり、光軸Xの近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成される。当該第1レンズL1の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。第1レンズL1の形状は物体側の面の曲率半径r1が正となる形状であればよい。数値実施例4の第1レンズL1は像面側の面の曲率半径r2が負となる形状、すなわち光軸Xの近傍において両凸レンズとなる形状の例である。
20

【 0 0 5 8 】

なお、第1レンズL1の形状としては上述のように、光軸Xの近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状および光軸Xの近傍において両凸レンズとなる形状のいずれでもよいが、望ましくは、物体側の面の曲率半径をR1f(=r1)、像面側の面の曲率半径をR1r(=r2)としたとき、第1レンズL1は次の条件式を満足する形状に形成されることが望ましい。

$$0 < | R_1 f / R_1 r | < 0.15$$

【 0 0 5 9 】

本実施の形態に係る撮像レンズでは、撮像レンズの組立性の向上等を目的として、第1レンズL1の物体側に開口絞りSTを設けている。開口絞りSTの位置は本数値実施例1に記載の位置に限定されない。例えば、第1レンズL1と第2レンズL2との間に開口絞りSTを設けるようにすれば、カメラにおける撮像レンズの存在感が強調されるため、当該カメラの意匠の一部として高級感やレンズ性能の高さ等をユーザに訴えることが可能となる。
30

【 0 0 6 0 】

第2レンズL2は、物体側の面の曲率半径r3が負となり、像面側の面の曲率半径r4が正となる形状であり、光軸Xの近傍において両凹レンズとなる形状に形成される。第2レンズL2の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されず、像面側の面の曲率半径r4が正となる形状であればよい。

【 0 0 6 1 】

第3レンズL3は、物体側の面の曲率半径r5および像面側の面の曲率半径r6が共に正となる形状であって、光軸Xの近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成される。この第3レンズL3の形状は光軸Xの近傍において両凸レンズとなる形状でもよい。数値実施例4の第3レンズL3は光軸Xの近傍において両凸レンズとなる形状の例である。
40

【 0 0 6 2 】

第4レンズL4は、物体側の面の曲率半径r7および像面側の面の曲率半径r8が共に負となる形状であり、光軸Xの近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成される。第4レンズL4の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。例えば、第4レンズL4の形状は光軸Xの近傍において両凹レンズとなる形状でもよい
50

。数値実施例4の第4レンズL4は光軸Xの近傍において両凹レンズとなる形状の例である。

【0063】

第5レンズL5は、物体側の面の曲率半径r9および像面側の面の曲率半径r10が共に正となる形状であり、光軸Xの近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成される。この第5レンズL5の形状は像面側の面の曲率半径r10が正となる形状であればよく、光軸Xの近傍において両凹レンズとなる形状でもよい。

【0064】

なお、本実施の形態に係る撮像レンズにおいて第5レンズは、次の条件式を満足する材料から形成されることが望ましい。数値実施例1～5の第5レンズは次の条件式を満足する材料から形成されている。
10

$$15 < d_5 < 35$$

【0065】

第6レンズL6は、物体側の面の曲率半径r11および像面側の面の曲率半径r12が共に正となる形状であり、光軸Xの近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとなる形状に形成される。第6レンズL6の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されず、光軸Xの近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状や両凹レンズとなる形状でもよい。数値実施例4の第6レンズL6は光軸Xの近傍において両凹レンズとなる形状の例である。

【0066】

また、上記第5レンズL5および上記第6レンズL6において物体側の面および像面側の面は変曲点を有する非球面形状に形成される。第5レンズL5および第6レンズL6の有するこのような形状により、軸上の色収差のみならず軸外の倍率色収差が良好に補正されるとともに、撮像レンズから出射した光線の像面IMへの入射角度がCRAの範囲内に好適に抑制されることになる。
20

【0067】

本実施の形態に係る撮像レンズは、以下に示す条件式(1)～(17)を満足する。

$$f_{56} < 0 \quad (1)$$

$$2 < D_{23} / D_{12} < 20 \quad (2)$$

$$0.3 < (D_{12} / f) \times 100 < 1.5 \quad (3)$$

$$2 < (D_{23} / f) \times 100 < 10 \quad (4)$$

$$0.5 < f_{123} / f < 1.5 \quad (5)$$

$$-1.7 < f_2 / f_{123} < -0.7 \quad (6)$$

$$-1.3 < f_2 / f_3 < -0.3 \quad (7)$$

$$0.5 < f_3 / f < 3.0 \quad (8)$$

$$-1.0 < f_3 / f_4 < -0.01 \quad (9)$$

$$3.0 < |R_1 r| / f \quad (10)$$

$$-100 < R_2 f / R_2 r \quad (11)$$

$$-2.0 < R_3 f / R_3 r < 0.6 \quad (12)$$

$$15 < d_2 < 35 \quad (13)$$

$$40 < d_3 < 75 \quad (14)$$

$$40 < d_6 < 75 \quad (15)$$

$$0.2 < D_{34} / D_{45} < 2.0 \quad (16)$$

$$40 < d_4 < 75 \quad (17)$$

但し、

f : レンズ系全体の焦点距離

f_2 : 第2レンズL2の焦点距離

f_3 : 第3レンズL3の焦点距離

f_4 : 第4レンズL4の焦点距離

f_{123} : 第1レンズL1から第3レンズL3までの合成焦点距離

10

20

30

40

50

$f_{5\ 6}$: 第 5 レンズ L 5 および第 6 レンズ L 6 の合成焦点距離
 $R_1 r$: 第 1 レンズ L 1 の像面側の面の曲率半径 (= r_2)
 $R_2 f$: 第 2 レンズ L 2 の物体側の面の曲率半径 (= r_3)
 $R_2 r$: 第 2 レンズ L 2 の像面側の面の曲率半径 (= r_4)
 $R_3 f$: 第 3 レンズ L 3 の物体側の面の曲率半径 (= r_5)
 $R_3 r$: 第 3 レンズ L 3 の像面側の面の曲率半径 (= r_6)
 d_2 : 第 2 レンズ L 2 のアッベ数
 d_3 : 第 3 レンズ L 3 のアッベ数
 d_4 : 第 4 レンズ L 4 のアッベ数
 d_6 : 第 6 レンズ L 6 のアッベ数

10

$D_{1\ 2}$: 第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 との間の光軸上の距離
 $D_{2\ 3}$: 第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 との間の光軸上の距離
 $D_{3\ 4}$: 第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 との間の光軸上の距離
 $D_{4\ 5}$: 第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 との間の光軸上の距離

【0068】

本実施の形態に係る撮像レンズは、さらに次の条件式(5A)、(8A)、および(16A)を満足する。

$$0.7 < f_{1\ 2\ 3} / f < 1.4 \quad (5A)$$

$$0.5 < f_3 / f < 2.5 \quad (8A)$$

$$0.3 < D_{3\ 4} / D_{4\ 5} < 1.5 \quad (16A)$$

20

【0069】

また、本実施の形態の撮像レンズは、第 6 レンズ L 6 の焦点距離の符号によって次の条件式(18)および(19)のいずれかを満足する。具体的には、数値実施例 1 ~ 4 および 6 に係る撮像レンズは条件式(18)を満足し、数値実施例 5 に係る撮像レンズは条件式(19)を満足する。

$$2.5 < f_{4\ 5} / f_6 < 7 \quad (18)$$

$$-0.5 < f_{4\ 5} / f_6 < -0.1 \quad (19)$$

但し、

f_6 : 第 6 レンズ L 6 の焦点距離

$f_{4\ 5}$: 第 4 レンズ L 4 および第 5 レンズ L 5 の合成焦点距離

30

【0070】

なお、上記各条件式の全てを満たす必要はなく、上記各条件式のそれぞれを単独に満たすことにより、各条件式に対応する作用効果をそれぞれ得ることができる。

【0071】

本実施の形態に係る撮像レンズを構成するレンズは全てプラスチック材料から形成されている。プラスチック材料は軽量であってコストも安いため、近年、スマートフォン等の携帯機器に搭載される撮像レンズのレンズ材料として使用されている。プラスチックレンズの成形過程には、溶かされたプラスチック材料が金型に流し込まれる工程が一般的にある。このため、所望のレンズ形状に成形するためにはプラスチック材料の流動性が非常に重要となる。

40

【0072】

そこで、レンズ成形時の流動性を確保しつつ、撮像レンズの小型化と諸収差の良好な補正との両立を図るため、本実施の形態の撮像レンズは次の各条件式を満足する。

$$3.0 < T_1 / T_2 < 4.0$$

$$0.15 < T_2 / T_3 < 0.6$$

$$0.7 < T_3 / T_4 < 4.5$$

$$0.6 < T_5 / T_6 < 2.0$$

但し

T_1 : 第 1 レンズ L 1 の光軸上の厚さ

T_2 : 第 2 レンズ L 2 の光軸上の厚さ

50

T 3 : 第 3 レンズ L 3 の光軸上の厚さ

T 4 : 第 4 レンズ L 4 の光軸上の厚さ

T 5 : 第 5 レンズ L 5 の光軸上の厚さ

T 6 : 第 6 レンズ L 6 の光軸上の厚さ

【 0 0 7 3 】

本実施の形態では各レンズのレンズ面が非球面で形成されている。これら非球面の非球面式を次式に示す。

【 数 1 】

$$Z = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) \cdot C^2 \cdot H^2}} + \sum (A_n \cdot H^n)$$

10

但し、

Z : 光軸方向の距離

H : 光軸に直交する方向の光軸からの距離

C : 近軸曲率 (= 1 / r、r : 近軸曲率半径)

k : 円錐定数

A n : 第 n 次の非球面係数

【 0 0 7 4 】

20

次に、本実施の形態に係る撮像レンズの数値実施例を示す。各数値実施例において、f はレンズ系全体の焦点距離、F n o は F ナンバー、i は半画角を示す。i は物体側より数えた面番号、r は曲率半径、d は光軸上のレンズ面間の距離（面間隔）、n d は屈折率、

d はアッベ数を示す。なお、*（アスタリスク）の符号が付加された面番号は非球面であることを示す。

【 0 0 7 5 】

数値実施例 1

基本的なレンズデータ

【表 1】

f=4.84mm Fno=2.2 ω=38.8°

30

	i	r	d	n d	v d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.147	0.750	1.5346	56.1	f1=4.175
	2*	49.288	0.050	(=D12)		
L2	3*	-252.142	0.238	1.6355	23.9	f2=-4.897
	4*	3.152	0.169	(=D23)		
L3	5*	2.624	0.525	1.5346	56.1	f3=5.350
	6*	29.514	0.417	(=D34)		
L4	7*	-2.678	0.514	1.5346	56.1	f4=-104.564
	8*	-3.001	0.378	(=D45)		
L5	9*	4.012	1.058	1.6355	23.9	f5=-99.984
	10*	3.387	0.372			
L6	11*	12.192	0.561	1.5346	56.1	f6=-9.149
	12*	3.435	0.150			
	13	∞	0.210	1.5168	64.2	
	14	∞	0.591			
	(IM)	∞				

40

【 0 0 7 6 】

f45=-46.663

f56=-9.167

50

f123=4.478

【表2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	-6.651E-03	2.384E-03	-1.981E-02	6.320E-03	2.116E-03	-3.372E-03	4.456E-04
2	0	1.570E-01	-4.937E-01	5.793E-01	-3.660E-01	1.020E-01	2.016E-03	-5.193E-03
3	0	1.686E-01	-4.813E-01	6.120E-01	-3.522E-01	5.060E-02	3.578E-02	-1.220E-02
4	0	-5.766E-03	-9.325E-02	1.702E-01	-8.656E-02	-8.893E-03	2.077E-02	-4.651E-03
5	0	-4.676E-02	-5.403E-02	6.893E-02	-7.953E-02	4.879E-02	-1.631E-02	3.618E-03
6	0	5.094E-03	-1.147E-02	-3.057E-02	1.582E-02	-1.131E-03	-3.552E-04	5.587E-04
7	0	-3.051E-02	4.035E-02	-2.156E-02	1.693E-03	1.442E-03	2.680E-03	-1.390E-03
8	0	-1.234E-01	1.093E-01	-6.345E-02	2.248E-02	1.499E-04	-2.408E-03	3.863E-04
9	0	-1.406E-01	6.219E-02	-3.536E-02	1.057E-02	7.226E-04	-1.522E-03	2.746E-04
10	0	-6.282E-02	4.731E-03	1.110E-04	-1.409E-04	1.992E-05	3.762E-07	-1.462E-07
11	0	-8.159E-02	1.341E-02	-1.271E-04	-1.035E-04	1.235E-06	8.329E-07	-6.214E-08
12	0	-8.376E-02	1.603E-02	-1.408E-03	8.565E-06	4.676E-06	-8.489E-09	-1.595E-08

【0077】

各条件式の値を以下に示す。

D23/D12=3.38

(D12/f) × 100=1.03

(D23/f) × 100=3.49

f123/f=0.93

f2/f123=-1.09

f2/f3=-0.92

f3/f=1.11

f3/f4=-0.05

|R1r|/f=10.18

R2f/R2r=-79.99

R3f/R3r=0.09

D34/D45=1.10

f45/f6=5.10

T1/T2=3.15

T2/T3=0.45

T3/T4=1.02

T5/T6=1.89

このように、本数値実施例1に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離(フィルタ10は空気換算長)は5.91mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0078】

図2は、最大像高に対する各像高の比H(以下、「像高比H」という)に対応する横収差をタンジェンシャル方向とサジタル方向とに分けて示した収差図である(図5、図8、図11、図14、および図17においても同じ)。また、図3は、球面収差(mm)、非点収差(mm)、および歪曲収差(%)をそれぞれ示した収差図である。このうち非点収差図においてSはサジタル像面を、Tはタンジェンシャル像面をそれぞれ示す(図6、図9、図12、図15、および図18においても同じ)。図2および図3に示されるように、本数値実施例1に係る撮像レンズによれば諸収差が良好に補正される。

【0079】

数値実施例2

基本的なレンズデータ

10

20

30

40

【表3】

f=4.75mm Fno=2.1 $\omega=39.3^\circ$

i	r	d	n d	νd	[mm]
	∞	∞			
L1	1*(ST) 1.897	0.790	1.5346	56.1	f1=3.882
	2* 18.874	0.033	(=D12)		
L2	3* -103.833	0.239	1.6355	23.9	f2=-5.451
	4* 3.587	0.187	(=D23)		
L3	5* 2.985	0.534	1.5346	56.1	f3=6.997
	6* 13.860	0.400	(=D34)		
L4	7* -3.124	0.467	1.5346	56.1	f4=-170.613
	8* -3.404	0.341	(=D45)		
L5	9* 4.103	0.903	1.6355	23.9	f5=-100.264
	10* 3.525	0.271			
L6	11* 8.776	0.566	1.5346	56.1	f6=-10.328
	12* 3.313	0.150			
	13 ∞	0.210	1.5168	64.2	
	14 ∞	0.648			
(IM)	∞				

10

【0080】

20

f45=-58.970

f56=-10.063

f123=4.479

【表4】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	-5.455E-03	1.226E-02	-2.200E-02	7.152E-03	3.858E-03	-3.661E-03	-7.239E-05
2	0	1.716E-01	-5.004E-01	5.796E-01	-3.655E-01	1.016E-01	1.749E-03	-5.201E-03
3	0	1.674E-01	-4.838E-01	6.097E-01	-3.534E-01	5.169E-02	3.533E-02	-1.200E-02
4	0	1.517E-04	-9.230E-02	1.697E-01	-8.613E-02	-8.110E-03	2.114E-02	-4.294E-03
5	0	-3.759E-02	-6.562E-02	6.871E-02	-7.731E-02	4.946E-02	-1.483E-02	3.394E-03
6	0	2.933E-03	-1.295E-02	-3.004E-02	1.605E-02	-9.152E-04	-1.714E-04	8.926E-04
7	0	-2.689E-02	3.860E-02	-2.248E-02	1.278E-03	1.513E-03	2.827E-03	-1.302E-03
8	0	-1.295E-01	1.149E-01	-6.277E-02	2.245E-02	1.752E-04	-2.429E-03	3.876E-04
9	0	-1.489E-01	6.323E-02	-3.518E-02	1.043E-02	6.676E-04	-1.523E-03	2.840E-04
10	0	-6.335E-02	4.619E-03	1.332E-04	-1.418E-04	2.010E-05	4.305E-07	-1.431E-07
11	0	-8.078E-02	1.360E-02	-1.105E-04	-1.119E-04	2.576E-07	8.320E-07	-2.796E-08
12	0	-8.300E-02	1.563E-02	-1.422E-03	1.002E-05	4.947E-06	-8.771E-09	-1.861E-08

30

【0081】

40

各条件式の値を以下に示す。

D23/D12=5.60

(D12/f) × 100=0.69

(D23/f) × 100=3.94

f123/f=0.94

f2/f123=-1.22

f2/f3=-0.78

f3/f=1.47

f3/f4=-0.04

|R1r|/f=3.97

50

R2f/R2r=-28.95
R3f/R3r=0.22

D34/D45=1.17

f45/f6=5.71

T1/T2=3.31

T2/T3=0.45

T3/T4=1.14

T5/T6=1.60

このように、本数値実施例2に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離（フィルタ10は空気換算長）は5.67mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0082】

図5は像高比Hに対応する横収差を示したものであり、図6は球面収差（mm）、非点収差（mm）、および歪曲収差（%）をそれぞれ示したものである。図5および図6に示されるように、本数値実施例2に係る撮像レンズによっても諸収差が良好に補正される。

【0083】

数値実施例3

基本的なレンズデータ

【表5】

f=4.59mm Fno=2.1 ω=40.3°

10

20

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	1.878	0.844	1.5346	56.1	f1=3.730
	2*	27.232	0.040 (=D12)			
L2	3*	-322.058	0.244	1.6355	23.9	f2=-6.255
	4*	4.026	0.196 (=D23)			
L3	5*	3.848	0.496	1.5346	56.1	f3=10.749
	6*	11.128	0.369 (=D34)			
L4	7*	-4.345	0.259	1.5346	56.1	f4=-141.091
	8*	-4.706	0.343 (=D45)			
L5	9*	3.960	0.942	1.6355	23.9	f5=-168.849
	10*	3.466	0.258			
L6	11*	7.574	0.723	1.5346	56.1	f6=-11.978
	12*	3.354	0.150			
	13	∞	0.210	1.5168	64.2	
	14	∞	0.503			
	(IM)	∞				

30

【0084】

f45=-71.962

f56=-12.156

f123=4.658

40

【表6】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	-5.636E-03	1.594E-02	-2.429E-02	7.620E-03	4.343E-03	-3.377E-03	-2.417E-04
2	0	1.738E-01	-5.001E-01	5.794E-01	-3.653E-01	1.005E-01	3.971E-03	-6.543E-03
3	0	1.640E-01	-4.846E-01	6.087E-01	-3.540E-01	5.146E-02	3.790E-02	-1.371E-02
4	0	7.228E-03	-9.529E-02	1.697E-01	-8.571E-02	-7.601E-03	2.148E-02	-4.303E-03
5	0	-4.083E-02	-6.560E-02	7.090E-02	-7.585E-02	5.002E-02	-1.496E-02	3.489E-03
6	0	-7.546E-03	-1.300E-02	-2.820E-02	1.626E-02	-8.742E-04	-1.791E-04	8.259E-04
7	0	-2.078E-02	3.798E-02	-2.367E-02	1.088E-03	1.391E-03	2.862E-03	-1.263E-03
8	0	-1.282E-01	1.159E-01	-6.221E-02	2.267E-02	1.863E-04	-2.416E-03	3.439E-04
9	0	-1.470E-01	6.265E-02	-3.562E-02	1.017E-02	6.489E-04	-1.512E-03	2.946E-04
10	0	-6.468E-02	4.669E-03	1.358E-04	-1.441E-04	1.977E-05	3.982E-07	-1.417E-07
11	0	-8.232E-02	1.356E-02	-1.084E-04	-1.170E-04	1.489E-06	7.682E-07	-2.890E-08
12	0	-8.043E-02	1.531E-02	-1.430E-03	1.383E-05	4.768E-06	-3.487E-08	-1.558E-08

【0085】

各条件式の値を以下に示す。

$$D23/D12=4.90$$

$$(D12/f) \times 100=0.87$$

$$(D23/f) \times 100=4.27$$

$$f123/f=1.02$$

$$f2/f123=-1.34$$

$$f2/f3=-0.58$$

$$f3/f=2.34$$

$$f3/f4=-0.08$$

$$|R1r|/f=5.93$$

$$R2f/R2r=-79.99$$

$$R3f/R3r=0.35$$

$$D34/D45=1.08$$

$$f45/f6=6.01$$

$$T1/T2=3.46$$

$$T2/T3=0.49$$

$$T3/T4=1.92$$

$$T5/T6=1.30$$

このように、本数値実施例3に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離（フィルタ10は空気換算長）は5.51mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0086】

図8は像高比Hに対応する横収差を示したものであり、図9は球面収差(mm)、非点収差(mm)、および歪曲収差(%)をそれぞれ示したものである。図8および図9に示されるように、本数値実施例3に係る撮像レンズによっても諸収差が良好に補正される。

【0087】

数値実施例4

基本的なレンズデータ

10

20

30

40

【表7】

f=6.30mm Fno=2.4 $\omega=31.7^\circ$

i	r	d	n d	νd	[mm]
	∞	∞			
L1	1*(ST) 1.949	0.909	1.5346	56.1	f1=3.585
	2* -98.128	0.055	(=D12)		
L2	3* -229.614	0.237	1.6355	23.9	f2=-7.043
	4* 4.566	0.559	(=D23)		
L3	5* 20.772	0.980	1.5346	56.1	f3=15.456
	6* -13.495	0.177	(=D34)		
L4	7* -11.944	0.238	1.5346	56.1	f4=-18.179
	8* 52.527	0.526	(=D45)		
L5	9* 4.754	0.696	1.6355	23.9	f5=-100.822
	10* 4.174	0.341			
L6	11* -15.270	0.945	1.5346	56.1	f6=-5.586
	12* 3.792	0.150			
	13 ∞	0.210	1.5168	64.2	
	14 ∞	0.582			
(IM)	∞				

10

【0088】

20

f45=-14.525

f56=-5.548

f123=4.806

【表8】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	2.252E-03	1.015E-02	-1.581E-02	6.976E-03	3.286E-03	-3.094E-03	5.528E-04
2	0	1.743E-01	-4.560E-01	5.706E-01	-3.726E-01	1.243E-01	-2.026E-02	1.581E-03
3	0	1.881E-01	-4.965E-01	6.069E-01	-3.275E-01	3.112E-02	3.293E-02	-8.402E-03
4	0	7.130E-02	-1.381E-01	1.900E-01	-8.825E-02	-1.555E-02	2.213E-02	-3.252E-03
5	0	4.354E-04	-2.128E-02	4.538E-02	-5.976E-02	4.648E-02	-2.058E-02	3.455E-03
6	0	-1.697E-02	-1.468E-03	-2.963E-02	1.397E-02	-1.849E-03	-9.515E-04	3.661E-04
7	0	-5.057E-02	2.576E-02	-3.928E-02	2.619E-03	9.020E-04	3.078E-03	-8.405E-04
8	0	-1.028E-01	1.035E-01	-7.558E-02	2.323E-02	2.053E-03	-2.476E-03	3.699E-04
9	0	-1.210E-01	4.499E-02	-2.280E-02	3.768E-03	2.025E-03	-1.144E-03	1.578E-04
10	0	-7.454E-02	4.110E-03	3.789E-04	-5.602E-05	1.397E-05	1.279E-06	-3.940E-07
11	0	-8.124E-02	1.551E-02	-1.272E-04	-1.421E-04	6.317E-07	9.076E-07	-1.017E-08
12	0	-9.633E-02	2.184E-02	-2.375E-03	7.748E-05	2.621E-06	1.777E-08	-1.673E-08

30

【0089】

各条件式の値を以下に示す。

D23/D12=10.16

40

(D12/f) × 100=0.87

(D23/f) × 100=8.87

f123/f=0.76

f2/f123=-1.47

f2/f3=-0.46

f3/f=2.45

f3/f4=-0.85

|R1r|/f=15.58

R2f/R2r=-50.29

R3f/R3r=-1.54

50

D34/D45=0.34
 $f_{45}/f_6=2.60$
 $T_1/T_2=3.84$
 $T_2/T_3=0.24$
 $T_3/T_4=4.12$
 $T_5/T_6=0.74$

このように、本数値実施例4に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離（フィルタ10は空気換算長）は6.53mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0090】

10

図11は像高比Hに対応する横収差を示したものであり、図12は球面収差（mm）、非点収差（mm）、および歪曲収差（%）をそれぞれ示したものである。図11および図12に示されるように、本数値実施例4に係る撮像レンズによっても諸収差が良好に補正される。

【0091】

数値実施例5

基本的なレンズデータ

【表9】

 $f=5.64\text{mm}$ $F\text{no}=2.4$ $\omega=34.6^\circ$

i	r	d	n d	v d	[mm]
∞					
L1	1*(ST)	1.920	0.775	1.5346	56.1 $f_1=3.935$
	2*	18.951	0.042	(=D12)	
L2	3*	-278.506	0.238	1.6355	23.9 $f_2=-5.409$
	4*	3.481	0.237	(=D23)	
L3	5*	2.706	0.455	1.5346	56.1 $f_3=8.738$
	6*	6.053	0.386	(=D34)	
L4	7*	-2.832	0.523	1.5346	56.1 $f_4=-27.989$
	8*	-3.718	0.280	(=D45)	
L5	9*	4.395	1.004	1.6355	23.9 $f_5=-21.375$
	10*	3.026	0.123		
L6	11*	4.096	0.740	1.5346	56.1 $f_6=43.525$
	12*	4.658	0.150		
13	∞	0.210	1.5168	64.2	
14	∞	1.351			
(IM)		∞			

20

【0092】

$f_{45}=-11.038$
 $f_{56}=-35.332$
 $f_{123}=5.080$

30

40

【表10】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	-3.343E-03	1.228E-02	-2.152E-02	6.706E-03	3.560E-03	-3.355E-03	2.569E-05
2	0	1.757E-01	-4.966E-01	5.780E-01	-3.658E-01	1.014E-01	1.928E-03	-5.101E-03
3	0	1.698E-01	-4.830E-01	6.095E-01	-3.535E-01	5.194E-02	3.490E-02	-1.188E-02
4	0	-4.912E-04	-9.200E-02	1.704E-01	-8.597E-02	-8.383E-03	2.072E-02	-4.536E-03
5	0	-4.045E-02	-6.692E-02	6.874E-02	-7.720E-02	4.907E-02	-1.518E-02	3.250E-03
6	0	8.533E-04	-1.424E-02	-2.975E-02	1.607E-02	-8.649E-04	-1.295E-05	9.492E-04
7	0	-2.304E-02	4.427E-02	-2.227E-02	9.644E-04	1.563E-03	2.818E-03	-1.326E-03
8	0	-1.398E-01	1.161E-01	-6.171E-02	2.276E-02	2.432E-05	-2.446E-03	3.550E-04
9	0	-1.479E-01	6.628E-02	-3.565E-02	1.008E-02	7.377E-04	-1.492E-03	2.857E-04
10	0	-6.900E-02	4.109E-03	1.831E-04	-1.378E-04	2.007E-05	4.261E-07	-1.668E-07
11	0	-8.716E-02	1.354E-02	-9.241E-05	-1.107E-04	4.442E-07	8.477E-07	-3.171E-08
12	0	-7.134E-02	1.513E-02	-1.382E-03	1.076E-05	4.874E-06	-4.061E-09	-1.634E-08

【0093】

各条件式の値を以下に示す。

$$D23/D12=5.64$$

$$(D12/f) \times 100=0.74$$

$$(D23/f) \times 100=4.20$$

$$f123/f=0.90$$

$$f2/f123=-1.06$$

$$f2/f3=-0.62$$

$$f3/f=1.55$$

$$f3/f4=-0.31$$

$$|R1r|/f=3.36$$

$$R2f/R2r=-80.01$$

$$R3f/R3r=0.45$$

$$D34/D45=1.38$$

$$f45/f6=-0.25$$

$$T1/T2=3.26$$

$$T2/T3=0.52$$

$$T3/T4=0.87$$

$$T5/T6=1.36$$

このように、本数値実施例5に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離（フィルタ10は空気換算長）は6.44mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0094】

図14は像高比Hに対応する横収差を示したものであり、図15は球面収差(mm)、非点収差(mm)、および歪曲収差(%)をそれぞれ示したものである。図14および図15に示されるように、本数値実施例5に係る撮像レンズによっても諸収差が良好に補正される。

【0095】

数値実施例6

本数値実施例6に係る撮像レンズでは、第5レンズL5が低分散の材料から形成されている。すなわち、この数値実施例6の撮像レンズでは、第1レンズL1および第3レンズL3～第6レンズL6の5枚のレンズが低分散の材料から形成されている。

基本的なレンズデータ

10

20

30

40

【表 1 1】

f=4.83mm Fno=2.1 $\omega=38.9^\circ$

i	r	d	n d	νd	[mm]
	∞	∞			
L1	1*(ST) 2*	1.942 24.930	0.827 0.031	1.5346 (=D12)	56.1 f1=3.891
L2	3* 4*	-97.261 3.323	0.237 0.183	1.6355 (=D23)	23.9 f2=-5.051
L3	5* 6*	2.804 13.741	0.488 0.419	1.5346 (=D34)	56.1 f3=6.488
L4	7* 8*	-2.739 -3.050	0.449 0.327	1.5346 (=D45)	56.1 f4=-101.271
L5	9* 10*	3.703 3.148	0.975 0.318	1.5346	56.1 f5=-101.244
L6	11* 12*	8.798 3.350	0.617 0.150	1.5346	56.1 f6=-10.534
	13	∞	0.210	1.5168	64.2
	14	∞	0.593		
(IM)		∞			

10

【0 0 9 6】

f45=-46.702

f56=-10.306

f123=4.546

20

【表 1 2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	0	-5.785E-03	1.314E-02	-2.182E-02	7.155E-03	3.957E-03	-3.531E-03	2.974E-05
2	0	1.698E-01	-5.006E-01	5.799E-01	-3.652E-01	1.017E-01	1.781E-03	-5.235E-03
3	0	1.640E-01	-4.852E-01	6.090E-01	-3.537E-01	5.157E-02	3.530E-02	-1.201E-02
4	0	1.296E-03	-9.417E-02	1.695E-01	-8.623E-02	-8.250E-03	2.093E-02	-4.618E-03
5	0	-3.064E-02	-6.295E-02	6.893E-02	-7.790E-02	4.864E-02	-1.520E-02	3.231E-03
6	0	8.027E-03	-1.072E-02	-3.107E-02	1.538E-02	-1.135E-03	-1.920E-04	8.638E-04
7	0	-2.903E-02	4.064E-02	-2.030E-02	1.767E-03	1.253E-03	2.597E-03	-1.248E-03
8	0	-1.262E-01	1.138E-01	-6.269E-02	2.260E-02	2.547E-04	-2.424E-03	3.628E-04
9	0	-1.578E-01	6.936E-02	-3.620E-02	1.020E-02	6.744E-04	-1.511E-03	2.836E-04
10	0	-6.600E-02	4.586E-03	1.456E-04	-1.410E-04	2.003E-05	4.075E-07	-1.474E-07
11	0	-8.132E-02	1.361E-02	-1.045E-04	-1.114E-04	2.563E-07	8.275E-07	-2.883E-08
12	0	-8.360E-02	1.569E-02	-1.399E-03	9.769E-06	4.721E-06	-1.804E-08	-1.632E-08

30

【0 0 9 7】

各条件式の値を以下に示す。

D23/D12=5.90

(D12/f) × 100=0.64

(D23/f) × 100=3.79

f123/f=0.94

f2/f123=-1.11

f2/f3=-0.78

f3/f=1.34

f3/f4=-0.06

|R1r|/f=5.16

R2f/R2r=-29.27

R3f/R3r=0.20

40

50

D34/D45=1.28
 f45/f6=4.43
 T1/T2=3.49
 T2/T3=0.49
 T3/T4=1.09
 T5/T6=1.58

このように、本数値実施例6に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。第1レンズL1の物体側の面から像面IMまでの光軸上の距離(フィルタ10は空気換算長)は5.75mmであり、撮像レンズの小型化が図られている。

【0098】

10

図17は像高比Hに対応する横収差を示したものであり、図18は球面収差(mm)、非点収差(mm)、および歪曲収差(%)をそれぞれ示したものである。図17および図18に示されるように、本数値実施例6に係る撮像レンズによつても諸収差が良好に補正される。

【0099】

以上説明した本実施の形態に係る撮像レンズは、60°以上の非常に広い画角(2)を有する。ちなみに、上述の数値実施例1~6に係る撮像レンズは63.4°~80.6°の広い画角を有する。本実施の形態に係る撮像レンズによれば、従来の撮像レンズよりも広い範囲を撮影することが可能となる。

【0100】

20

また近年では、撮像レンズを通じて得られた画像の任意の領域を画像処理によって拡大するデジタルズーム技術の進歩により、高画素の撮像素子と高解像度の撮像レンズとが組み合わせられることが多くなってきた。こうした高画素の撮像素子では1画素当りの受光面積が減少するが多く、撮影した画像が暗くなる傾向にある。数値実施例1~6の撮像レンズのFnoは2.1~2.4と小さな値になっている。本実施の形態に係る撮像レンズによれば、上述のような高画素の撮像素子にも対応した十分に明るい画像を得ることができる。

【0101】

したがって、上記実施の形態に係る撮像レンズを携帯電話機、スマートフォン、携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラや、デジタルスタイルルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の撮像光学系に適用した場合、当該カメラの高機能化と小型化の両立を図ることができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0102】

本発明は、携帯電話機、スマートフォン、携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラ、デジタルスタイルルカメラ、セキュリティカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ等の比較的小型のカメラに組み込まれる撮像レンズに適用することができる。

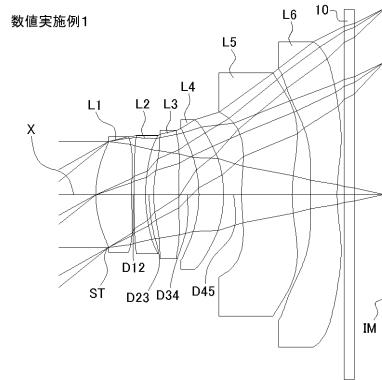
【符号の説明】

【0103】

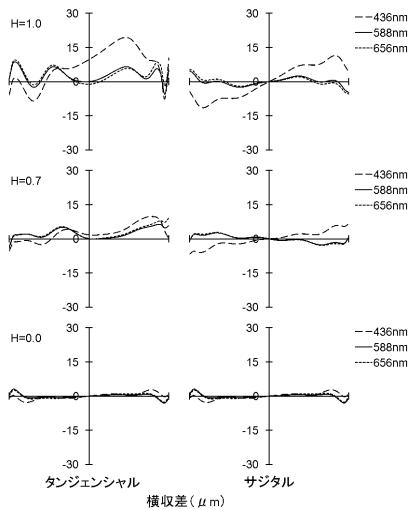
S T	開口絞り
L 1	第1レンズ
L 2	第2レンズ
L 3	第3レンズ
L 4	第4レンズ
L 5	第5レンズ
L 6	第6レンズ
1 0	フィルタ

40

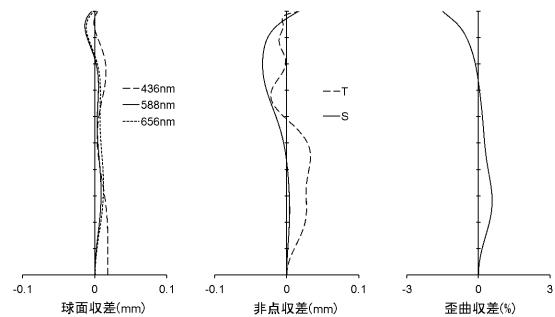
【図1】



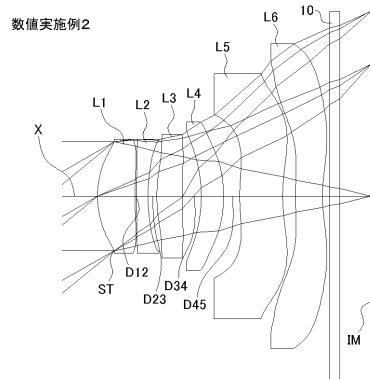
【図2】



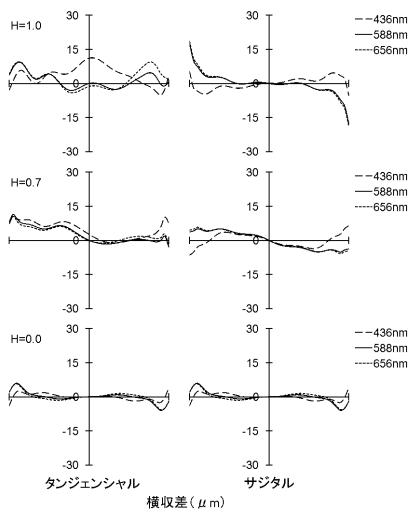
【図3】



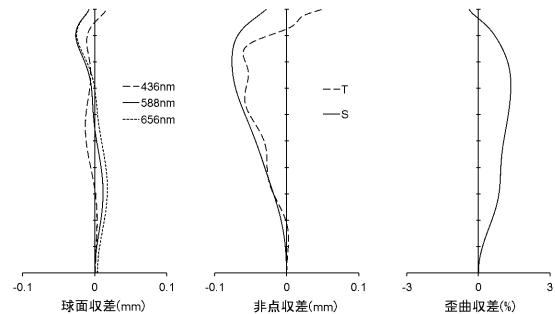
【図4】



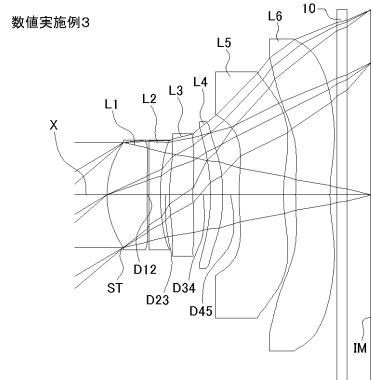
【図5】



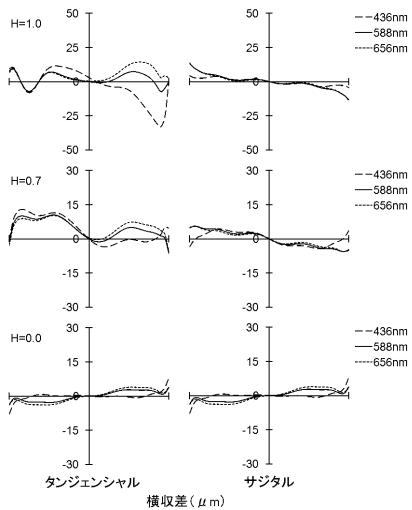
【図6】



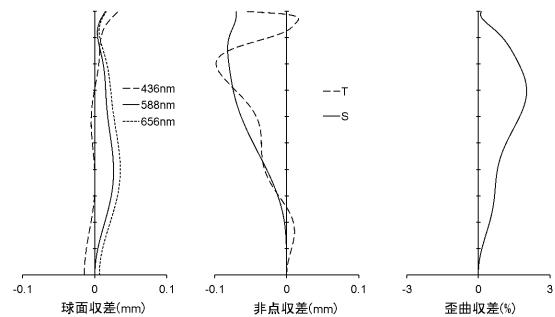
【図7】



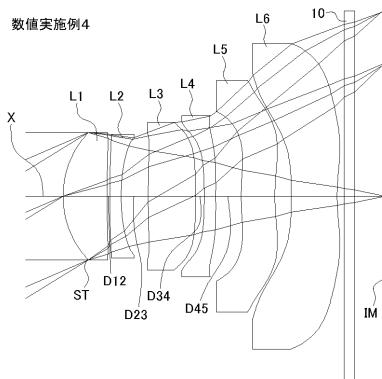
【図8】



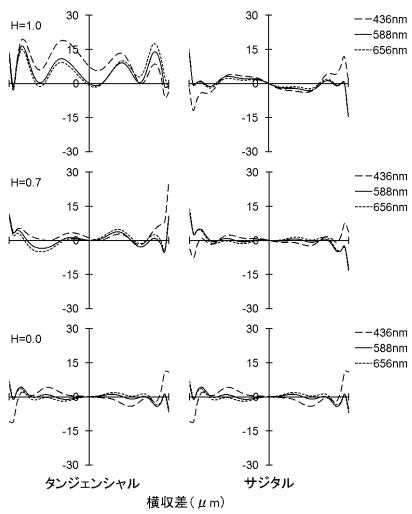
【図9】



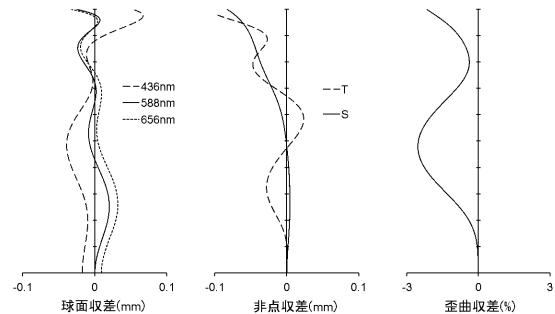
【図10】



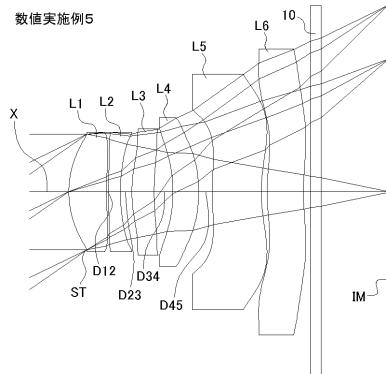
【図11】



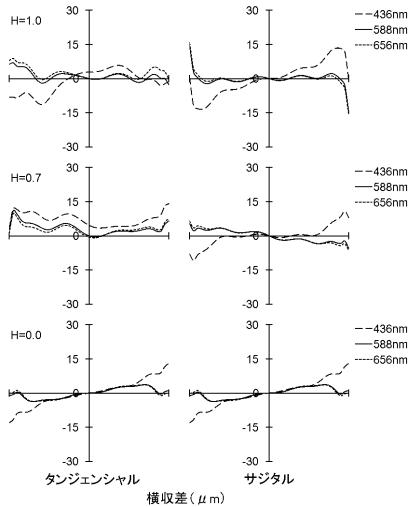
【図12】



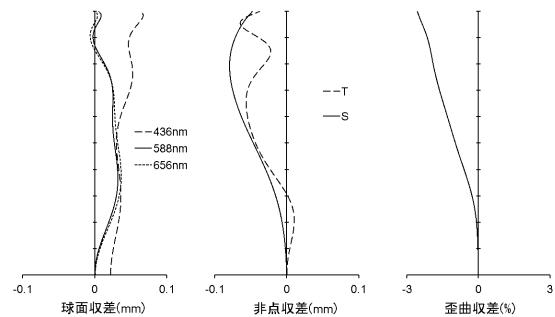
【図13】



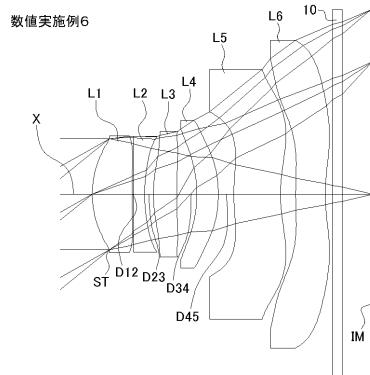
【図14】



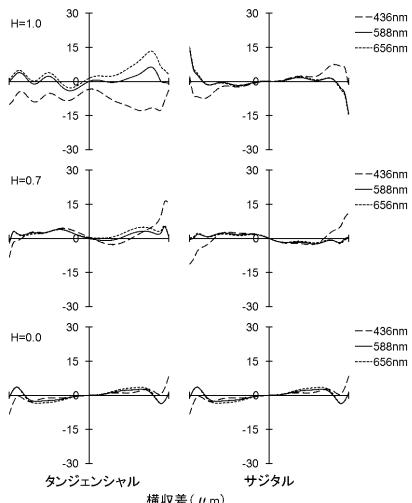
【図15】



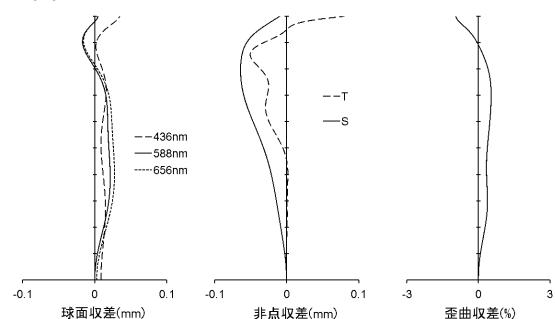
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 米国特許出願公開第2016/0187619(US, A1)
米国特許出願公開第2015/0370042(US, A1)
特開2014-044373(JP, A)
特公昭39-022091(JP, B1)
米国特許出願公開第2012/0229917(US, A1)
特開昭59-083121(JP, A)
中国特許出願公開第106199904(CN, A)
国際公開第2015/151697(WO, A1)

(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