

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6501810号
(P6501810)

(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 13/04	(2006.01)	GO2B 13/04
G02B 13/14	(2006.01)	GO2B 13/14
G02B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18

D

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-34330 (P2017-34330)
(22) 出願日	平成29年2月27日 (2017.2.27)
(65) 公開番号	特開2018-141825 (P2018-141825A)
(43) 公開日	平成30年9月13日 (2018.9.13)
審査請求日	平成30年9月28日 (2018.9.28)

早期審査対象出願

(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第1レンズ群と第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有する第1レンズと第2レンズとから構成され、前記第2レンズ群は、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有するとともに像面側の面の曲率半径が正となる形状に形成された第4レンズとから構成され、

前記第1レンズのアッベ数を d_1 、前記第2レンズのアッベ数を d_2 、前記第3レンズのアッベ数を d_3 、レンズ系全体の焦点距離を f 、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 D_{12} 、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 D_{23} 、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} としたとき

10

、

$$\begin{aligned} 4.0 < d_1 < 7.0, \\ 4.0 < d_2 < 7.0, \\ 4.0 < d_3 < 7.0, \\ 0.2 < D_{12} / D_{23} < 1.4, \\ 0.01 < D_{34} / f < 0.1, \end{aligned}$$

を満足する撮像レンズ。

【請求項 2】

物体側から像面側に向かって順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と第2レンズ群とから構成され、

20

前記第1レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズと、像面側の面の曲率半径が負となる形状に形成された第2レンズとから構成され、

前記第2レンズ群は、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有するとともに像面側の面の曲率半径が正となる形状に形成された第4レンズとから構成され、

レンズ系全体の焦点距離を f 、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3レンズと前記第4レンズとの間の光軸上の距離をD34、前記第2レンズの光軸上の厚さをT2としたとき、

$$\begin{aligned} 0.2 < D12 / D23 < 1.4, \\ 0.01 < D34 / f < 0.1, \\ 0.1 < T2 / f < 1.5, \end{aligned}$$

10

を満足する撮像レンズ。

【請求項3】

前記第2レンズの焦点距離を f_2 としたとき、

$$1.5 < f_2 / f < 1.5,$$

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】

前記第1レンズおよび前記第2レンズの合成焦点距離を f_{12} 、前記第3レンズの焦点距離を f_3 としたとき、

$$-1.5 < f_{12} / f_3 < -1,$$

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。

20

【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、

$$-1 < f_3 / f_4 < -0.1,$$

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】

レンズ系全体のd線における焦点距離を f_d 、波長850nmにおける焦点距離を f_{ir} としたとき、

$$0.9 < f_{ir} / f_d < 1.1,$$

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。

【発明の詳細な説明】

30

【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、スマートフォンや携帯電話機、デジタルカメラ、赤外線カメラ、デジタルビデオカメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ、TV会議用カメラ、ファイバースコープ、カプセル内視鏡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、一部の車両には利便性やセキュリティ性の向上を目的として複数のカメラが搭載されている。例えば、車両後方を撮影するためのバックカメラが搭載された車両では、運転者が車両を後退させる際に車両後方の状況がモニタに映し出されるため、運転者は車両の影で見えない障害物等であっても接触することなく安全に車両を後退させることができる。こうした車両に搭載されるカメラ、いわゆる車載カメラは今後も需要の増加が見込まれている。

40

【0003】

車載カメラは通常、車両のバックドア、フロントグリル、サイドミラー、車両室内等の比較的狭いスペースに搭載されることが多い。このため、車載カメラに搭載される撮像レンズには、小型化とともに、撮像素子の高画素化に伴う高解像度への対応、および広い撮影範囲に対応するための広角化が求められる。しかしながら、諸収差を良好に補正しつつ

50

小型化や高解像度といった要求に応え、併せて撮影画角の広角化を図ることは困難である。例えば、撮像レンズの小型化を図ると一枚一枚のレンズの屈折力が強くなる傾向にあり、収差を良好に補正することが困難になる。撮像レンズの実際の設計にあたっては、これらの課題をバランスよく達成することが重要になる。

【0004】

撮影画角の広い広角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。この撮像レンズは物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第1レンズと、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正の第2レンズと、正の第3レンズと、正の第4レンズとを配置して構成される。この撮像レンズでは、第2レンズはアッペ数が23から40の間の値となる材料で形成され、第3レンズはアッペ数が50から85の間の値となる材料でそれぞれ形成される。また、当該撮像レンズでは、レンズ系全体の焦点距離 f と物体側の入射面から結像面までの距離 D との比(f/D)が一定の範囲内に抑制されており、これにより撮像レンズの広角化および小型化の両立が図られるとともに色収差が良好に補正される。10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-145665号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

広角の撮像レンズに対する要求は年々多様化してきている。特に近年では、暗闇でも被写体像を撮影することのできるカメラへの需要が高まり、カメラに組み込まれる撮像レンズにあっても、暗闇での良好な光学性能の確保が要求される。暗闇において被写体像を撮影するためには、例えば、カメラ側から近赤外線を被写体像に照射してその反射光を撮影する必要がある。ところが、近赤外線は可視光線よりも波長が長いため、一般的な広角レンズでは可視光線の焦点位置に対して近赤外線の焦点位置が大きく変動してしまい、撮像素子上に被写体像を形成することは困難である。そこで、撮像レンズには、可視光線のみならず近赤外線領域での結像性能も求められることになる。20

【0007】

上記特許文献1に記載の撮像レンズによれば、撮像レンズを構成するレンズ枚数が4枚と少ないながらも撮影画角が広く、加えて比較的良好に諸収差が補正される。しかし、特許文献1に記載の撮像レンズをはじめとする従来の広角の撮像レンズでは、可視光線から近赤外線領域までの広波長帯域にわたって良好な結像性能を得ることは困難である。こうした問題への解決方法の一つとして、焦点距離を調整するための光学素子を撮像レンズと撮像素子との間に挿抜する方法があるものの、そのためには光学素子を挿抜するための機構を撮像レンズあるいはカメラ側に備える必要があり、撮像レンズやカメラの小型化の観点から望ましくなかった。30

【0008】

なお、こうした問題は車載カメラに搭載される撮像レンズに固有のものではない。監視カメラでは、日没後の監視のために赤外線照射による撮影が必須機能となりつつあるし、スマートフォン等の携帯機器においては、暗闇での撮影を可能とする暗視カメラがオプションとして販売されている。デジタルカメラやデジタルビデオカメラにあっては暗視機能を備えた製品が既に登場している。また、ネットワークカメラ、TV会議用カメラ、ファイバースコープ、およびカプセル内視鏡等のカメラには、近赤外線領域での撮影機能を備えた製品もある。上記問題は、この種の比較的小型のカメラに搭載される撮像レンズにおいて共通の問題である。40

【0009】

本発明は上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、小型でありながらも撮影画角が広く、諸収差を良好に補正することのできる撮像レンズを提50

供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

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第1レンズ群と第2レンズ群とから構成される。このうち第1レンズ群は負の屈折力を有する第1レンズと第2レンズとから構成される。一方、第2レンズ群は、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有するとともに像面側の面の曲率半径が正となる形状に形成された第4レンズとから構成される。当該構成において本発明の撮像レンズは、第1レンズのアッペ数を d_1 、第2レンズのアッペ数を d_2 、第3レンズのアッペ数を d_3 、レンズ系全体の焦点距離を f 、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3レンズと第4レンズとの間の光軸上の距離を D_{34} としたとき、次の条件式(1)～(5)を満足する。
10

$$4.0 < d_1 < 7.0 \quad (1)$$

$$4.0 < d_2 < 7.0 \quad (2)$$

$$4.0 < d_3 < 7.0 \quad (3)$$

$$0.2 < D_{12} / D_{23} < 1.4 \quad (4)$$

$$0.01 < D_{34} / f < 0.1 \quad (5)$$

【0011】

条件式(1)～(3)は、広波長帯域にわたって色収差を良好な範囲内に抑制するための条件である。周知の通り、レンズの屈折率が波長毎に相違するため、撮像レンズを通過した各波長の光線の焦点位置はそれぞれ異なることになる。この焦点位置の相違は色収差として現れ、撮像レンズにおける結像性能の悪化要因の一つとなっている。可視光線から近赤外線までの広範囲の波長において良好な結像性能を得るためにには、この色収差の抑制が重要になる。本発明に係る撮像レンズでは、4枚のレンズのうち物体側に配置された3枚のレンズを高アッペ数の材料で形成することにより、軸上色収差および倍率色収差の良好な補正を可能としている。
20

【0012】

上限値「7.0」を超えると、軸上の色収差が補正過剰（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）になり、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「4.0」を下回ると、軸上の色収差が補正不足（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）にな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）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。
30

【0013】

条件式(4)は、コマ収差、非点収差、および像面湾曲をバランスよく良好な範囲内に抑制するための条件である。上限値「1.4」を超えると、非点収差のサジタル像面が物体側に湾曲する。これにより結像面が物体側に湾曲するため、像面湾曲が補正不足の状態になる。また、軸外光束に対する内方コマ収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。一方、下限値「0.2」を下回ると、非点収差のサジタル像面が像面側に湾曲し、結像面が像面側に湾曲して像面湾曲が補正過剰の状態となる。また、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になる。
40

【0014】

条件式(5)は、色収差、歪曲収差、および非点収差のそれぞれを良好に補正するための条件である。上限値「0.1」を超えると、歪曲収差および軸上色収差の補正については有利になるものの、非点収差のサジタル像面が像面側に湾曲するとともに非点隔差が増大する。また、倍率色収差が補正不足になるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「0.01」を下回ると、倍率色収差の補正には有利となるものの負の歪曲収差が増大する。また、非点収差のサジタル像面が物体側に湾曲し、非点隔差の増大とともに像面湾曲が補正不足の状態となる。このため、良好な結像性能を得ることが困難
50

になる。

【0015】

上記構成の撮像レンズにおいては、良好に諸収差を補正するために次の条件式(5A)をさらに満足することが望ましい。

$$0.01 < D_{34} / f < 0.08 \quad (5A)$$

【0016】

また、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、負の屈折力を有する第1レンズ群と第2レンズ群とから構成される。第1レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズと、像面側の面の曲率半径が負となる形状に形成された第2レンズとから構成され、第2レンズ群は、正の屈折力を有する第3レンズと、負の屈折力を有するとともに像面側の面の曲率半径が正となる形状に形成された第4レンズとから構成される。当該構成において本発明の撮像レンズは、レンズ系全体の焦点距離をf、第1レンズと第2レンズとの間の光軸上の距離をD12、第3レンズと第4レンズとの間の光軸上の距離をD34、第2レンズの光軸上の厚さをT2としたとき、次の条件式(4)、(5)、および(7)を満足する。

$$0.2 < D_{12} / D_{23} < 1.4 \quad (4)$$

$$0.01 < D_{34} / f < 0.1 \quad (5)$$

$$0.1 < T_2 / f < 1.5 \quad (7)$$

【0017】

本発明の撮像レンズにおいて第2レンズの像面側の面は、曲率半径が負となる形状、すなわち光軸近傍において像面側に凸面を向けた形状に形成される。第2レンズの像面側の面がこのような形状に形成されることにより、軸外光束に対する内方コマ収差の発生が好適に抑制される。

【0018】

また、本発明の撮像レンズでは第1レンズ群の屈折力が負であることから、屈折力の配列は物体側から順に、第1レンズ群の負、第3レンズの正、第4レンズの負となる。このような負正負の配列により、倍率色収差、像面湾曲、コマ収差、非点収差、および歪曲収差がバランスよく良好に補正される。なお、第1レンズ群の屈折力が正の場合には、歪曲収差の補正には有利となるものの軸上色収差および倍率色収差の補正が困難になる。また、外方コマ収差が増大するとともに像面湾曲が補正不足の状態となるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0019】

条件式(7)は、色収差、非点収差、および歪曲収差をバランスよく良好に補正するための条件である。上限値「1.5」を超えると、負の歪曲収差が増大するとともに軸上色収差が補正過剰になる。また、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。一方、下限値「0.1」を下回ると、軸上色収差や歪曲収差の補正に対しては有利になるものの非点隔差が増大する。したがって、この場合も良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0020】

上記構成の撮像レンズにおいては、第2レンズの焦点距離をf2としたとき、次の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$1.5 < f_2 / f < 1.5 \quad (6)$$

【0021】

条件式(6)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差、コマ収差、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「1.5」を超えると、負の歪曲収差が増大するとともに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。さらに、撮像レンズの小型化も困難になる。一方、下限値「1.5」を下回ると、歪曲収差の補正や撮像レンズの小型化には有利となるものの、倍率色収差が補正不足になるとともに軸外光束に対する外方コマ収差が増大する。このため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

10

20

30

40

50

上記構成の撮像レンズにおいては、良好に諸収差を補正するために次の条件式(6A)をさらに満足することが望ましい。

$$1.5 < f_2 / f < 1.0 \quad (6A)$$

【0024】

上記構成の撮像レンズにおいては、第1レンズおよび第2レンズの合成焦点距離を f_1 、第3レンズの焦点距離を f_3 としたとき、次の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$-1.5 < f_12 / f_3 < -1 \quad (8)$$

【0025】

条件式(8)は、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差、像面湾曲、および歪曲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「-1」を超えると、色収差の補正には有利となる。しかし、負の歪曲収差が増大するとともに像面湾曲が補正過剰の状態になるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。また、撮像レンズの小型化も困難になる。一方、下限値「-1.5」を下回ると、撮像レンズの小型化には有利となる。しかし、倍率色収差が補正過剰になるとともに像面湾曲が補正不足の状態になるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0026】

上記構成の撮像レンズにおいては、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、次の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$-1 < f_3 / f_4 < -0.1 \quad (9)$$

10

【0027】

条件式(9)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に補正するための条件である。上限値「-0.1」を超えると、軸上色収差が補正過剰になるとともに像面湾曲が補正過剰の状態となるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「-1」を下回ると、軸上色収差が補正不足になるとともに倍率色収差が補正過剰になり、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0028】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体のd線における焦点距離を f_d 、波長850nmにおける焦点距離を f_{ir} としたとき、次の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$0.9 < f_{ir} / f_d < 1.1 \quad (10)$$

30

【0029】

条件式(10)は、広波長帯域で良好な結像性能を得るための条件である。当該条件式の範囲を外れると、可視光線の焦点位置と近赤外線の焦点位置との乖離が大きくなり、近赤外線で撮影したときの結像性能が劣化する。このため、良好な結像性能を広波長帯域で得ることが困難になる。

【0030】

上記構成の撮像レンズにおいて、第2レンズの屈折力は正であることが望ましい。第2レンズの屈折力を正にすることにより、レンズ系全体の正の屈折力は第2レンズおよび第3レンズの2枚のレンズで分担されることになる。レンズ系全体の正の屈折力を1枚のレンズで負担した場合よりも2枚のレンズで分担した方が各レンズの屈折力は弱く抑えられる。これにより、諸収差をより良好に補正することができる。なお、第2レンズの正の屈折力は、撮像レンズを構成する4枚のレンズの中で最も弱いことが望ましい。

40

【0031】

上記構成の撮像レンズにおいては、第2レンズと第3レンズとの間に絞りが配置されることが望ましい。絞りをこのような位置に配置することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ、色収差や非点収差を良好に補正することができる。また、撮像レンズから出射した光線の撮像素子の像面への入射角度を主光線角度(CRA:Chief Ray Angle)の範囲内に好適に抑制することもできる。

【0032】

50

上記絞りを第2レンズよりも物体側に配置した場合には、上記入射角度をCRAの範囲内に抑制し易くなるものの、絞りよりも像面側に配置されるレンズの大型化を招き、撮像レンズの小型化が困難になる。一方、上記絞りを第3レンズよりも像面側に配置した場合には、上記入射角度が大きくなり、当該入射角度をCRAの範囲内に抑制することが困難になる。また、絞りよりも物体側に配置されるレンズの大型化を招き、撮像レンズの小型化が困難になる。

【0033】

上記構成の撮像レンズにおいては、第2レンズの光軸上の厚さをT2、第3レンズの光軸上の厚さをT3としたとき、次の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$0.1 < T2 / T3 < 5.0$$

(11)

10

【0034】

条件式(11)は、色収差、像面湾曲、および非点収差をバランスよく良好に補正するための条件である。上限値「5.0」を超えると、色収差の補正には有利となるものの非点収差のサジタル像面が像面側に湾曲する。これにより、非点隔差が増大するとともに像面湾曲が補正過剰の状態になるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、下限値「0.1」を下回ると、軸上色収差が補正不足になるとともに像面湾曲が補正不足の状態となるため、良好な結像性能を得ることが困難になる。

【0035】

上記構成の撮像レンズにおいては、良好に諸収差を補正するために次の条件式(11A)をさらに満足することが望ましい。

$$0.3 < T2 / T3 < 2.5$$

(11A)

20

【0036】

上記構成の撮像レンズにおいては、レンズ系全体の焦点距離をf、第1レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離をLaとしたとき、次の条件式(15)を満足することが望ましい。

$$2.5 < La / f < 5.0$$

(12)

【0037】

ところで近年、撮像レンズを通じてより広い範囲を撮影したいといった要望が強くなつてきており、撮像レンズには、小型化と広角化との両立が要求されることも多い。特に薄型の携帯機器、例えばスマートフォンに内蔵される撮像レンズにおいては、限られたスペース内に撮像レンズを収納する必要があることから、撮像レンズの光軸方向の長さについて厳しい制約が課される。この点、本願発明の撮像レンズによれば、上記条件式(12)を満足することにより、撮像レンズの小型化と広角化とをバランスよく図ることができる。なお、撮像レンズと撮像素子の像面との間には通常、赤外線カットフィルターやカバーガラス等の挿入物が配置されることが多いが、本明細書ではこれら挿入物の光軸上の距離については空気換算長を用いている。

【0038】

本発明の撮像レンズは、画角を2としたとき、 100° を満足することが望ましい。本条件式を満足することにより、撮像レンズの広角化が図られ、撮像レンズの小型化と広角化との両立が好適に図られる。

40

【0039】

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。

50

【発明の効果】

【0040】

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広角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】

【0041】

【図1】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】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。 10

【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】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】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

。

【図13】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。 20

【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】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

。

【図19】数値実施例7に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図20】図19に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図21】図19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

。

【発明を実施するための形態】

【0042】

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

。

【0043】

図1、図4、図7、図10、図13、図16、および図19は、本実施の形態の数値実施例1～7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。 40

【0044】

本実施の形態に係る撮像レンズは、負の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、第2レンズ群とから構成される。このうち第1レンズ群は、第1レンズと第2レンズとから構成され、第2レンズ群は第3レンズと第4レンズとから構成される。よって、第1レンズおよび第2レンズの合成焦点距離を f_{12} としたとき、本実施の形態に係る撮像レンズは次の条件式を満足する。

$$f_{12} < 0$$

【0045】

詳しくは、本実施の形態に係る撮像レンズは図1に示すように、物体側から像面側に向かって順に、負の屈折力を有する第1レンズL1と、正の屈折力を有する第2レンズL2

と、開口絞り S T と、正の屈折力を有する第 3 レンズ L 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ L 4 とが配列されて構成される。第 4 レンズ L 4 と撮像素子の像面 I M との間にはフィルタ 1 0 が配置される。このフィルタ 1 0 は割愛することも可能である。

【 0 0 4 6 】

第 1 レンズ L 1 は、物体側の面の曲率半径 r 1 および像面側の面の曲率半径 r 2 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 L 1 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 L 1 の形状は、像面側の面の曲率半径 r 2 が正となる形状であればよい。数値実施例 6 の第 1 レンズ L 1 は、物体側の面の曲率半径 r 1 が負となる形状、すなわち光軸 X の近傍において両凹レンズとなる形状の例である。

10

【 0 0 4 7 】

第 2 レンズ L 2 は、物体側の面の曲率半径 r 3 および像面側の面の曲率半径 r 4 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。この第 2 レンズ L 2 の形状もまた、本数値実施例 1 に係る形状に限定されない。第 2 レンズ L 2 の形状は、像面側の面の曲率半径 r 4 が負となる形状であればよい。数値実施例 3 および 6 の第 2 レンズ L 2 は、物体側の面の曲率半径 r 3 が正となる形状、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。

【 0 0 4 8 】

第 3 レンズ L 3 は、物体側の面の曲率半径 r 6 が正となり、像面側の面の曲率半径 r 7 が負となる形状であって、光軸 X の近傍において両凸レンズとなる形状に形成される。

20

【 0 0 4 9 】

第 4 レンズ L 4 は、物体側の面の曲率半径 r 8 が負となり、像面側の面の曲率半径 r 9 が正となる形状であって、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。

【 0 0 5 0 】

本実施の形態に係る撮像レンズは、以下に示す条件式 (1) ~ (1 2) を満足する。

$$4.0 < d_1 < 7.0 \quad (1)$$

$$4.0 < d_2 < 7.0 \quad (2)$$

$$4.0 < d_3 < 7.0 \quad (3)$$

$$0.2 < D_{12} / D_{23} < 1.4 \quad (4)$$

$$0.01 < D_{34} / f < 0.1 \quad (5)$$

$$0.01 < D_{34} / f < 0.08 \quad (5A)$$

$$1.5 < f_2 / f < 1.5 \quad (6)$$

$$1.5 < f_2 / f < 1.0 \quad (6A)$$

$$0.1 < T_2 / f < 1.5 \quad (7)$$

$$-1.5 < f_{12} / f_3 < -1 \quad (8)$$

$$-1 < f_3 / f_4 < -0.1 \quad (9)$$

$$0.9 < f_{ir} / f_d < 1.1 \quad (10)$$

$$0.1 < T_2 / T_3 < 5.0 \quad (11)$$

$$0.3 < T_2 / T_3 < 2.5 \quad (11A)$$

$$2.5 < L_a / f < 5.0 \quad (12)$$

30

但し、

f : レンズ系全体の焦点距離

f d : レンズ系全体の d 線における焦点距離

f ir : レンズ系全体の波長 850 nm における焦点距離

f 2 : 第 2 レンズ L 2 の焦点距離

f 3 : 第 3 レンズ L 3 の焦点距離

f 4 : 第 4 レンズ L 4 の焦点距離

T 2 : 第 2 レンズ L 2 の光軸上の厚さ

T 3 : 第 3 レンズ L 3 の光軸上の厚さ

D 12 : 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

40

50

D₂₃ : 第2レンズL₂と第3レンズL₃との間の光軸上の距離
D₃₄ : 第3レンズL₃と第4レンズL₄との間の光軸上の距離
L_a : 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
(フィルター10は空気換算長)
d₁ : 第1レンズL₁のアッペ数
d₂ : 第2レンズL₂のアッペ数
d₃ : 第3レンズL₃のアッペ数

【0051】

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。

10

【0052】

本実施の形態では、第2レンズL₂から第4レンズL₄までの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】

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

但し、

20

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

【0053】

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、Fno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)、ndはd線の屈折率、nirは波長850nmの屈折率、dはアッペ数を示す。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。

30

【0054】

数値実施例1

基本的なレンズデータ

【表1】

f=3.43mm Fno=2.4 ω=65.0°

	i	r	d	nd	nir	vd	[mm]
		∞	∞				
L1	1	30.000	0.500	1.5346	1.5272	56.1	f1=-4.051
	2	2.008	1.154				
L2	3*	-19.627	1.816	1.5346	1.5272	56.1	f2=10.361
	4*	-4.459	-0.132				
ST	5	∞	1.552				
L3	6*	2.968	1.859	1.5346	1.5272	56.1	f3=2.625
	7*	-2.081	0.081				
L4	8*	-3.110	0.397	1.6503	1.6291	21.5	f4=-4.555
	9*	65.466	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.915				
	(IM)	∞					

40

50

【0055】

$T_2=1.816\text{mm}$
 $T_3=1.859\text{mm}$
 $D_{12}=1.154\text{mm}$
 $D_{23}=1.420\text{mm}$
 $D_{34}=0.081\text{mm}$
 $f_d=3.431\text{mm}$
 $f_{ir}=3.439\text{mm}$
 $f_{12}=-11.314\text{mm}$
 $L_a=11.880\text{mm}$

10

【表2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.603E-02	-8.159E-03	1.557E-03	-4.678E-04
4	-4.387E+00	-3.696E-02	4.489E-03	-9.314E-04	1.125E-04
6	0	-1.596E-02	2.626E-03	-2.849E-04	4.258E-05
7	-1.568E-01	6.939E-03	1.374E-02	-3.804E-03	4.790E-04
8	0	-3.116E-02	2.349E-02	-6.777E-03	6.236E-04
9	0	-1.861E-02	8.021E-03	-2.004E-03	1.796E-04

【0056】

20

各条件式の値を以下に示す。

$D_{34}/f=0.023$
 $D_{12}/D_{23}=0.81$
 $f_2/f=3.02$
 $T_2/f=0.53$
 $f_{12}/f_3=-4.31$
 $f_3/f_4=-0.58$
 $f_{ir}/f_d=1.002$
 $T_2/T_3=0.98$
 $L_a/f=3.46$

30

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。

【0057】

図2は、半画角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、図17、および図20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、図18、および図21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。

【0058】

40

数値実施例2

基本的なレンズデータ

【表3】

 $f=3.37\text{mm}$ $Fno=2.4$ $\omega=60.6^\circ$

i	r	d	n d	n ir	v d	[mm]
	∞	∞				
L1 1	28.000	0.400	1.5348	1.5274	55.7	$f_1=-3.706$
2	1.842	0.830				
L2 3*	-50.695	2.610	1.5348	1.5274	55.7	$f_2=16.730$
4*	-7.741	-0.076				
ST 5	∞	0.997				
L3 6*	2.475	1.750	1.5348	1.5274	55.7	$f_3=2.486$
7*	-2.165	0.079				
L4 8*	-3.481	0.400	1.6503	1.6291	21.5	$f_4=-4.591$
9*	21.924	0.600				
10	∞	0.210	1.5168		64.2	
11	∞	4.194				
(IM)	∞					

【0059】

 $T_2=2.610\text{mm}$ $T_3=1.750\text{mm}$ $D_{12}=0.830\text{mm}$ $D_{23}=0.921\text{mm}$ $D_{34}=0.079\text{mm}$ $f_d=3.375\text{mm}$ $f_{ir}=3.382\text{mm}$ $f_{12}=-6.051\text{mm}$ $L_a=11.922\text{mm}$

【表4】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.080E-02	-1.498E-03	-1.690E-03	3.998E-04
4	2.257E-02	-3.692E-02	1.013E-02	-3.402E-03	7.643E-04
6	0	-2.456E-02	4.517E-03	-9.884E-04	1.009E-04
7	-3.293E-01	7.163E-03	9.160E-03	-2.902E-03	3.874E-04
8	0	-3.772E-02	2.307E-02	-6.600E-03	7.088E-04
9	0	-2.508E-02	1.272E-02	-2.944E-03	2.822E-04

【0060】

各条件式の値を以下に示す。

 $D_{34}/f=0.023$ $D_{12}/D_{23}=0.90$ $f_2/f=4.96$ $T_2/f=0.77$ $f_{12}/f_3=-2.43$ $f_3/f_4=-0.54$ $f_{ir}/f_d=1.002$ $T_2/T_3=1.49$ $L_a/f=3.54$

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。

【0061】

図5は半画角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

10

20

30

40

50

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。

【0062】

数値実施例3

基本的なレンズデータ

【表5】

$f=3.43\text{mm}$ $F\text{no}=2.4$ $\omega=61.3^\circ$

i	r	d	n d	n ir	v d	[mm]
	∞	∞				
L1	1	28.000	0.389	1.5348	1.5274	55.7
	2	1.971	1.435			$f_1=-3.984$
L2	3*	101.839	1.048	1.5348	1.5274	55.7
	4*	-7.834	1.015			$f_2=13.647$
ST	5	∞	0.991			
L3	6*	2.533	1.750	1.5348	1.5274	55.7
	7*	-2.039	0.109			$f_3=2.438$
L4	8*	-4.078	0.814	1.6503	1.6291	21.5
	9*	6.987	0.600			$f_4=-3.848$
	10	∞	0.210	1.5168		64.2
	11	∞	3.612			
(IM)		∞				

10

20

【0063】

$T_2=1.048\text{mm}$

$T_3=1.750\text{mm}$

$D_{12}=1.435\text{mm}$

$D_{23}=2.006\text{mm}$

$D_{34}=0.109\text{mm}$

$f_d=3.426\text{mm}$

$f_{ir}=3.429\text{mm}$

$f_{12}=-7.145\text{mm}$

$L_a=11.901\text{mm}$

30

【表6】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.292E-02	-6.212E-03	6.366E-04	-2.551E-04
4	-3.785E+01	-4.559E-02	1.281E-03	5.121E-04	-1.314E-04
6	0	-8.737E-03	-8.015E-04	4.828E-04	-1.575E-04
7	-5.635E-01	1.666E-02	5.997E-03	-2.079E-03	2.052E-04
8	0	-3.981E-02	2.222E-02	-6.237E-03	8.093E-04
9	0	-3.398E-02	1.484E-02	-3.135E-03	3.924E-04

40

各条件式の値を以下に示す。

$D_{34}/f=0.032$

$D_{12}/D_{23}=0.72$

$f_2/f=3.98$

$T_2/f=0.31$

$f_{12}/f_3=-2.93$

$f_3/f_4=-0.63$

$f_{ir}/f_d=1.001$

$T_2/T_3=0.60$

$L_a/f=3.47$

50

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。

【0065】

図8は半画角 ω 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。

【0066】

数値実施例4

基本的なレンズデータ

【表7】

$f=3.76\text{mm}$ $F\text{no}=2.4$ $\omega=61.6^\circ$

	i	r	d	n d	n ir	v d	[mm]
	∞						
L1	1	28.000	0.405	1.5348	1.5274	55.7	$f_1=-5.256$
	2	2.541	1.139				
L2	3*	-34.802	1.004	1.5348	1.5274	55.7	$f_2=21.215$
	4*	-8.642	0.838				
ST	5	∞	1.244				
L3	6*	2.728	2.173	1.5348	1.5274	55.7	$f_3=2.549$
	7*	-1.969	0.100				
L4	8*	-4.240	0.580	1.6503	1.6291	21.5	$f_4=-4.236$
	9*	8.291	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.659				
(IM)		∞					

10

【0067】

$T_2=1.004\text{mm}$

$T_3=2.173\text{mm}$

$D_{12}=1.139\text{mm}$

$D_{23}=2.082\text{mm}$

$D_{34}=0.100\text{mm}$

$f_d=3.757\text{mm}$

$f_{ir}=3.760\text{mm}$

$f_{12}=-7.971\text{mm}$

$L_a=11.880\text{mm}$

30

【表8】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.307E-02	-1.178E-02	3.989E-03	-5.379E-04
4	-5.466E+01	-5.053E-02	5.178E-03	-2.016E-04	-5.003E-05
6	0	-1.001E-02	-9.352E-06	1.762E-04	-4.648E-05
7	-7.021E-01	1.141E-02	5.450E-03	-1.155E-03	7.596E-05
8	0	-5.593E-02	2.630E-02	-5.217E-03	4.285E-04
9	0	-4.742E-02	1.710E-02	-3.012E-03	2.609E-04

40

【0068】

各条件式の値を以下に示す。

$D_{34}/f=0.027$

$D_{12}/D_{23}=0.55$

$f_2/f=5.65$

$T_2/f=0.27$

$f_{12}/f_3=-3.13$

50

$f_3/f_4=-0.60$
 $f_{ir}/f_d=1.001$
 $T_2/T_3=0.46$
 $L_a/f=3.16$

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。

【0069】

図11は半画角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。

10

【0070】

数値実施例5

基本的なレンズデータ

【表9】

$f=3.52\text{mm}$ $Fno=2.4$ $\omega=60.6^\circ$

i	r	d	n d	n ir	v d	[mm]
∞						
L1	1	28.000	0.400	1.5348	1.5274	55.7
	2	1.925	0.775			$f_1=-3.885$
L2	3*	-17.722	2.391	1.5348	1.5274	55.7
	4*	-8.577	-0.072			$f_2=28.484$
ST	5	∞	0.971			
L3	6*	2.464	1.795	1.5348	1.5274	55.7
	7*	-2.187	0.057			$f_3=2.503$
L4	8*	-4.092	0.400	1.6503	1.6291	21.5
	9*	15.353	0.600			$f_4=-4.928$
10			0.210	1.5168	64.2	
11			∞	4.466		
(IM)	∞					

20

【0071】

30

$T_2=2.391\text{mm}$
 $T_3=1.795\text{mm}$
 $D_{12}=0.775\text{mm}$
 $D_{23}=0.899\text{mm}$
 $D_{34}=0.057\text{mm}$
 $f_d=3.522\text{mm}$
 $f_{ir}=3.531\text{mm}$
 $f_{12}=-5.251\text{mm}$
 $L_a=11.921\text{mm}$

【表10】

40

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-2.333E-02	-2.719E-03	-1.043E-03	4.557E-04
4	-3.413E+00	-4.068E-02	1.249E-02	-4.279E-03	1.017E-03
6	0	-2.686E-02	4.886E-03	-1.143E-03	9.301E-05
7	-3.143E-01	-2.124E-03	1.218E-02	-3.392E-03	4.003E-04
8	0	-4.645E-02	2.481E-02	-6.616E-03	6.983E-04
9	0	-2.484E-02	1.177E-02	-2.489E-03	2.170E-04

【0072】

各条件式の値を以下に示す。

50

D34/f=0.016
 D12/D23=0.86
 $f_2/f=8.09$
 $T_2/f=0.68$
 $f_{12}/f_3=-2.10$
 $f_3/f_4=-0.51$
 $f_{ir}/fd=1.003$
 $T_2/T_3=1.33$
 $L_a/f=3.39$

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。

10

【0073】

図14は半画角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。

【0074】

数値実施例6

基本的なレンズデータ

【表11】

$f=3.24\text{mm}$ $Fno=2.4$ $\omega=61.3^\circ$

20

	i	r	d	n d	n ir	v d	[mm]
	∞ ∞						
L1	1	-31.154	0.465	1.5348	1.5274	55.7	$f_1=-3.491$
	2	1.996	2.286				
L2	3*	6.909	0.601	1.5348	1.5274	55.7	$f_2=6.654$
	4*	-7.115	-0.090				
ST	5	∞	1.916				
L3	6*	2.925	1.859	1.5348	1.5274	55.7	$f_3=2.686$
	7*	-2.197	0.128				
L4	8*	-3.084	0.869	1.6503	1.6291	21.5	$f_4=-3.849$
	9*	14.770	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	3.119				
(IM)		∞					

30

【0075】

$T_2=0.601\text{mm}$
 $T_3=1.859\text{mm}$
 $D_{12}=2.286\text{mm}$
 $D_{23}=1.826\text{mm}$
 $D_{34}=0.128\text{mm}$
 $f_d=3.239\text{mm}$
 $f_{ir}=3.251\text{mm}$
 $f_{12}=-35.056\text{mm}$
 $L_a=11.891\text{mm}$

40

【表 1 2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-1.302E-02	-1.768E-02	8.406E-03	-3.089E-03
4	-1.636E+03	-5.754E-02	1.053E-02	-2.752E-03	-7.154E-04
6	0	-4.741E-03	8.116E-04	8.407E-05	-1.893E-05
7	-5.002E-01	6.411E-03	1.089E-02	-3.331E-03	3.310E-04
8	0	-3.636E-02	2.550E-02	-8.098E-03	9.295E-04
9	0	-1.909E-02	9.479E-03	-2.048E-03	2.057E-04

【0 0 7 6】

各条件式の値を以下に示す。

$D34/f=0.040$

$D12/D23=1.25$

$f2/f=2.05$

$T2/f=0.19$

$f12/f3=-13.05$

$f3/f4=-0.70$

$f1r/fd=1.004$

$T2/T3=0.32$

$La/f=3.67$

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。

【0 0 7 7】

図 1 7 は半画角 ω に対応する横収差を示したものであり、図 1 8 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 1 7 および図 1 8 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っても諸収差が良好に補正される。

数値実施例 7

基本的なレンズデータ

【表 1 3】

$f=2.17\text{mm } Fno=3.0 \omega=60.6^\circ$

i	r	d	nd			vd	[mm]
			∞	∞	n_d		
L1	1	3.088	0.400	1.5348	1.5274	55.7	$f1=-5.086$
	2	1.381	0.827				
L2	3*	-7.284	2.172	1.5348	1.5274	55.7	$f2=20.317$
	4*	-4.814	0.088				
ST	5	∞	0.981				
L3	6*	1.775	1.181	1.5348	1.5274	55.7	$f3=2.227$
	7*	-2.781	0.050				
L4	8*	-5.925	0.400	1.6503	1.6291	21.5	$f4=-7.173$
	9*	22.508	0.600				
	10	∞	0.210	1.5168		64.2	
	11	∞	1.895				
(IM)		∞					

【0 0 7 8】

$T2=2.172\text{mm}$

$T3=1.181\text{mm}$

$D12=0.827\text{mm}$

$D23=1.069\text{mm}$

$D34=0.050\text{mm}$

10

20

30

40

50

$f_d=2.174\text{mm}$
 $f_i r=2.201\text{mm}$
 $f_{12}=-9.032\text{mm}$
 $L_a=8.732\text{mm}$

【表 1 4】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10
3	0	-3.250E-02	-8.560E-03	1.764E-03	-1.525E-03
4	5.674E+00	-3.880E-02	1.345E-02	1.631E-02	-6.530E-02
6	0	-4.063E-02	-2.792E-03	-1.631E-03	1.357E-04
7	1.369E+00	-6.472E-02	1.315E-02	3.065E-03	6.413E-04
8	0	-1.063E-01	2.527E-02	-6.042E-03	3.765E-03
9	0	-5.400E-03	3.820E-03	-1.237E-03	4.962E-04

【0 0 7 9】

各条件式の値を以下に示す。

$D34/f=0.023$

$D12/D23=0.77$

$f_2/f=9.35$

$T2/f=1.00$

$f_{12}/f_3=-4.05$

$f_3/f_4=-0.31$

$f_i r/f_d=1.012$

$T2/T3=1.84$

$L_a/f=4.02$

このように、本数値実施例 7 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【0 0 8 0】

図 2 0 は半画角 に対応する横収差を示したものであり、図 2 1 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 2 0 および図 2 1 に示されるように、本数値実施例 7 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。

【0 0 8 1】

以上説明した本実施の形態に係る撮像レンズは、100°以上の非常に広い画角 (2) を有する。具体的には、上述の数値実施例 1 ~ 7 に係る撮像レンズは 121.2° ~ 130° 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小型でありながらも広い範囲を撮影することが可能となる。

【0 0 8 2】

したがって、上記実施の形態に係る撮像レンズをスマートフォンや携帯電話等の携帯機器、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、赤外線カメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ、TV会議用カメラ、ファイバースコープ、カプセル内視鏡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。

【産業上の利用可能性】

【0 0 8 3】

本発明は、スマートフォンや携帯電話機、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、赤外線カメラ、車載カメラ、ネットワークカメラ、TV会議用カメラ、ファイバースコープ、カプセル内視鏡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ます。

【符号の説明】

【0 0 8 4】

S T 開口絞り

L 1 第 1 レンズ

10

20

30

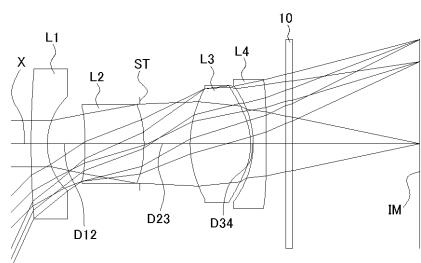
40

50

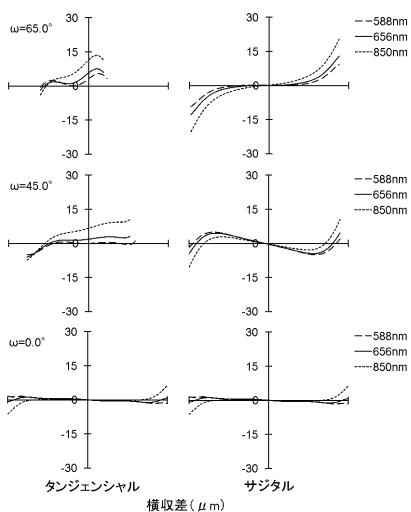
L 2 第2レンズ
 L 3 第3レンズ
 L 4 第4レンズ
 1 0 フィルタ

【図1】

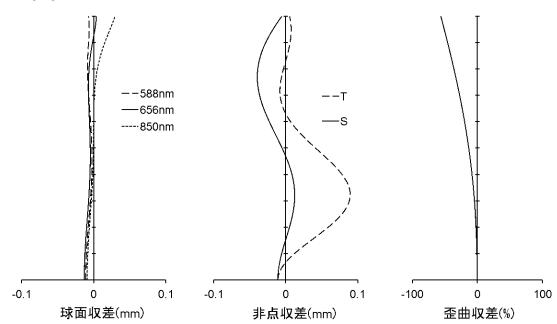
数値実施例1



【図2】

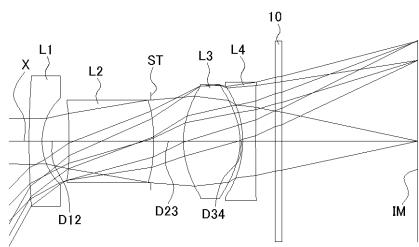


【図3】

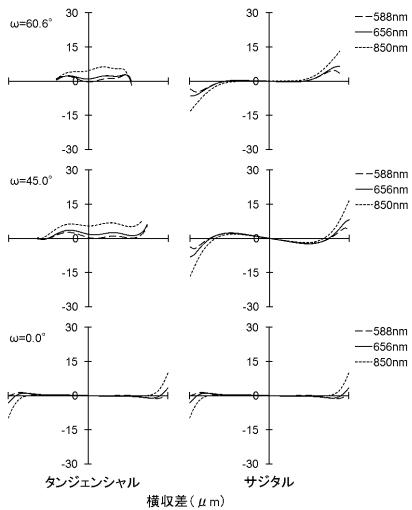


【図4】

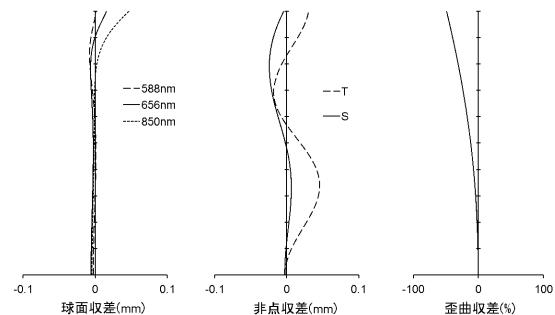
数値実施例2



【図5】

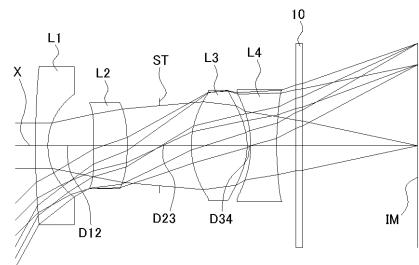


【図6】

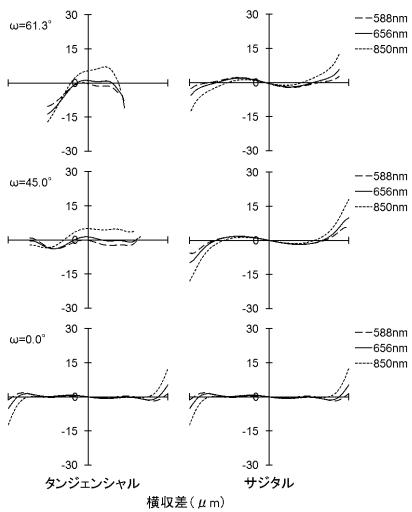


【図7】

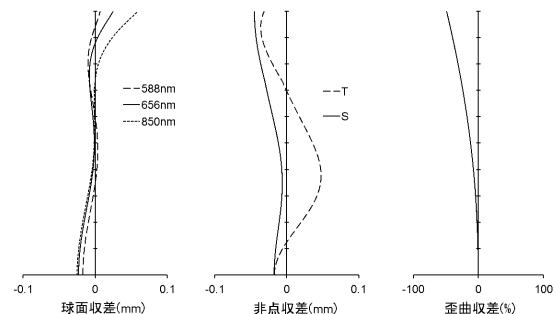
数値実施例3



【図8】

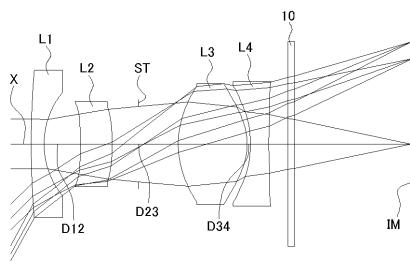


【図9】

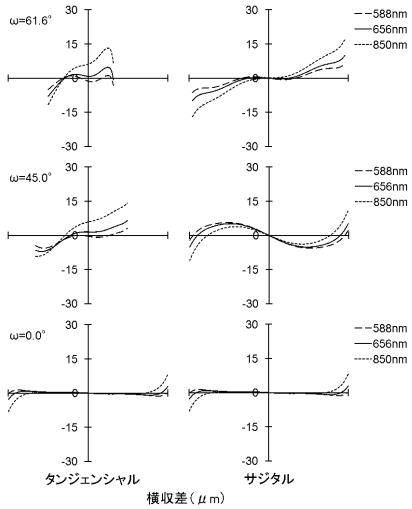


【図10】

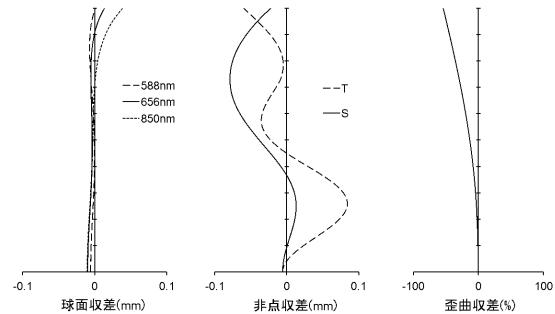
数値実施例4



【図11】

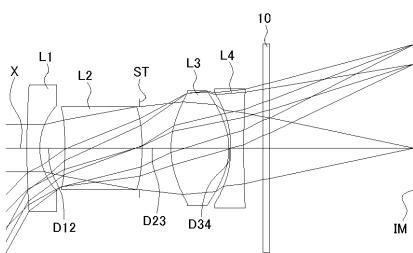


【図12】

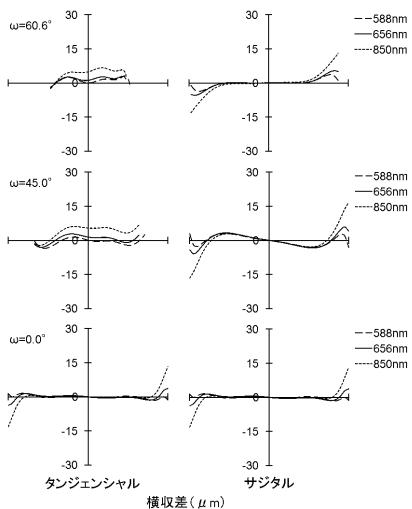


【図13】

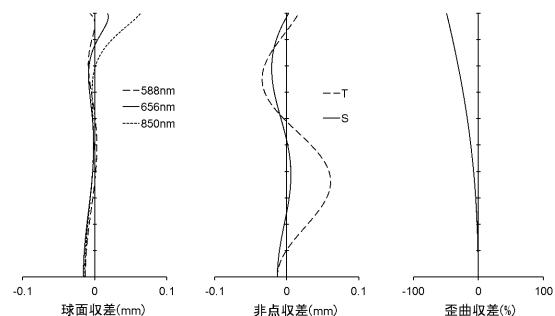
数値実施例5



【図14】

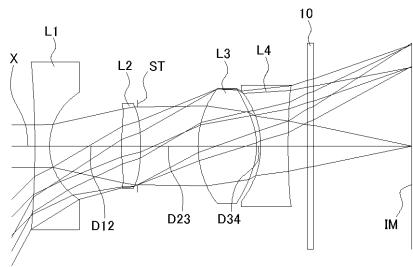


【図15】

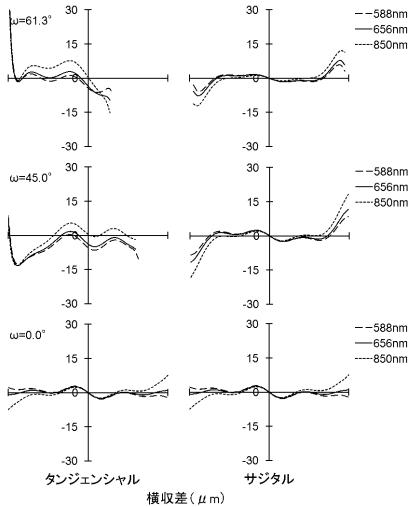


【図16】

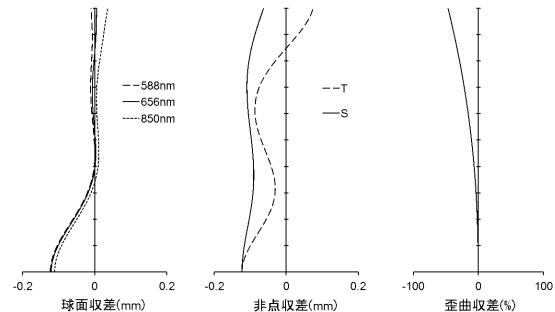
数値実施例6



【図17】

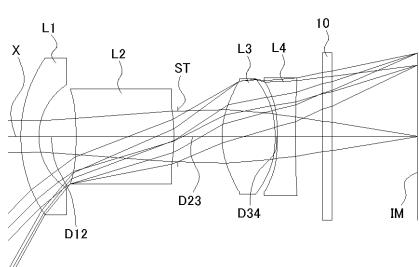


【図18】

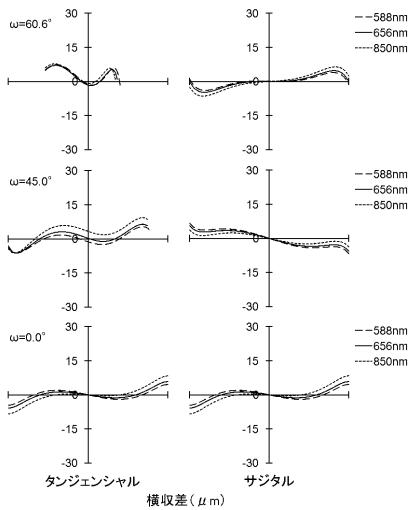


【図19】

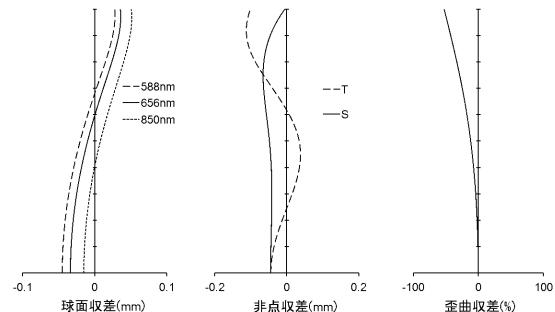
数値実施例7



【図20】



【図21】



フロントページの続き

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開平5 - 264895 (JP, A)

特開平6 - 273670 (JP, A)

特開2016 - 194604 (JP, 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