

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6854575号
(P6854575)

(45) 発行日 令和3年4月7日(2021.4.7)

(24) 登録日 令和3年3月18日(2021.3.18)

(51) Int. Cl. F 1
GO 2 B 13/00 (2006.01) GO 2 B 13/00
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

請求項の数 5 (全 46 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-42526 (P2019-42526) (22) 出願日 平成31年3月8日(2019.3.8) (65) 公開番号 特開2020-144314 (P2020-144314A) (43) 公開日 令和2年9月10日(2020.9.10) 審査請求日 令和2年9月18日(2020.9.18)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 391014055 カンタツ株式会社 東京都品川区南品川三丁目6番21号 (72) 発明者 平野 整 栃木県矢板市片岡1150番地23 カン タツ株式会社内</p> <p>審査官 小倉 宏之</p>
---	---

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】

撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、
 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、正の屈折力を有する第2レンズと、負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、第7レンズと、第8レンズと、負の屈折力を有する第9レンズとから構成され、

前記第3レンズは、近軸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、

前記第8レンズは、近軸においてメニスカスレンズとなる形状に形成され、

前記第9レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有する、撮像レンズ。

【請求項2】

撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、

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、正の屈折力を有する第2レンズと、負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、第7レンズと、第8レンズと、負の屈折力を有する第9レンズとから構成され、

前記第9レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有し、

レンズ系全体の焦点距離を f 、前記第3レンズおよび前記第4レンズの合成焦点距離を

f 3 4 としたとき、

$$- 3 < f 3 4 / f - 1 . 4 0、$$

を満足する撮像レンズ。

【請求項 3】

撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、

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、正の屈折力を有する第 2 レンズと、負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、第 7 レンズと、第 8 レンズと、負の屈折力を有する第 9 レンズとから構成され、

前記第 9 レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有し、
レンズ系全体の焦点距離を f、前記第 8 レンズと前記第 9 レンズとの間の光軸上の距離を D 8 9、前記第 9 レンズの像面側の面の近軸曲率半径を R 9 r としたとき、

$$0 . 0 1 < D 8 9 / f < 0 . 2 0、$$

$$0 . 2 < R 9 r / f < 1 . 0、$$

を満足する撮像レンズ。

【請求項 4】

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、

$$4 < f 4 / f 3 < 2 0、$$

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】

レンズ系全体の焦点距離を f、前記第 9 レンズの焦点距離を f 9 としたとき、

$$- 4 . 0 < f 9 / f < - 0 . 5、$$

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。

【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、デジタルステイルカメラ、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。

【背景技術】

【0002】

音声通話機能とともに様々な機能の利用が可能で多機能携帯電話機、いわゆるスマートフォン (smartphone) の普及が進んでいる。カメラ機能はその中でも最も多く利用される機能の一つである。こうしたカメラ機能を実現するため、スマートフォンには 1 基以上のカメラが搭載される。近年、画像の処理能力の向上や画像処理技術の発展に伴い、スマートフォンに搭載されるカメラの数は増加する傾向にある。解像度や画角等の異なる 2 基以上のカメラが搭載されたスマートフォンにおいては、各カメラの撮像レンズを通して撮影された画像がソフトウェアにより合成され、画像の高解像度化やズーム機能を実現される。スマートフォンに搭載されるカメラは今後も需要の増加が見込まれる。

【0003】

被写体を精細に撮影したり被写体に関してより多くの情報を取得したりするためには、高画素の撮像素子とともに解像度の高い撮像レンズが必要になる。撮像レンズの高解像度化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諸収差の補正の難易度に応じて増加させる方法がある。しかしながら、安易なレンズ枚数の増加は撮像レンズの大型化を招き易い。撮像レンズの開発においては、光学全長 (Total Track Length) の伸長を抑制しつつ解像度を向上させる必要がある。

【0004】

9 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、諸収差を良好に補正できる。9 枚構成の撮像レンズとしては、

10

20

30

40

50

例えば特許文献1に記載の撮像レンズが知られている。

【0005】

特許文献1に記載の撮像レンズは、正の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第2レンズ群とを備える。第1レンズ群は、正の第1レンズ、正の第2レンズ、負の第3レンズ、負の第4レンズ、正の第5レンズ、および正の第6レンズを有する。第2レンズ群は、像面側の面が凹面である負の第7レンズ、物体側の面が凹面である負のメニスカスレンズの第8レンズ、および正の第9レンズを有する。当該撮像レンズはさらに、第8レンズの焦点距離に対する第7レンズの焦点距離の比を一定の範囲内に抑制することにより、諸収差の良好な補正を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2018-156011号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記特許文献1に記載の撮像レンズによれば、比較的良好に諸収差を補正できる。しかしながら、特許文献1の撮像レンズはレンズ系全体の焦点距離に対して光学全長が長いいため、スマートフォンに内蔵される小型のカメラに組み込むには不向きである。当該構成の撮像レンズによっては、諸収差をより良好に補正しつつ撮像レンズの小型化を図ることは困難である。

【0008】

なお、こうした問題は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、携帯電話機、携帯情報端末、デジタルスティルカメラ、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おいて共通の問題である。

【0009】

本発明の目的は、撮像レンズの小型化と良好な収差補正との両立を図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】

【0010】

本発明の撮像レンズは、撮像素子上に被写体像を形成する撮像レンズであって、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、正の屈折力を有する第2レンズと、負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、第7レンズと、第8レンズと、負の屈折力を有する第9レンズとを備える。第9レンズは、変曲点が設けられた非球面形状の像面側の面を有する。

【0011】

9枚のレンズのうち物体側に配置される4枚のレンズの屈折力の配列を「正正負負」とすることにより、色収差をはじめとする諸収差を良好に補正しつつ撮像レンズの小型化を図ることができる。本発明に係る撮像レンズでは、正の屈折力を有する第1レンズを最も物体側に配置するとともに、当該第1レンズの像面側には、同じく正の屈折力を有する第2レンズを配置する。このように2枚のレンズによって正の屈折力が分担されるレンズ構成によれば、撮像レンズの小型化に伴う第1レンズの屈折力の増大を抑制できるため、撮像レンズの小型化を好適に実現できる。また、第1レンズにおいては、最薄部と最厚部との比率である偏肉比が小さく抑えられるため、撮像レンズの製造に際して生じるディセンタ(偏芯)やチルト等に対する結像性能の劣化に対する敏感度、いわゆる製造誤差感度を良好な範囲に抑制できる。加えて、偏肉比が小さいことによりレンズ成形時における材料の流動性が向上するため、第1レンズの製造コストを低減できる。

【0012】

負の屈折力を有する第3レンズを第2レンズの像面側に配置することで色収差の良好な

10

20

30

40

50

補正を実現できる。しかしながら、撮像レンズの小型化に伴って第1レンズおよび第2レンズの屈折力は強くなる傾向にある。撮像レンズのより一層の小型化と色収差の良好な補正との両立を実現するためには第3レンズの屈折力を強くする必要が生じる。そこで、本発明に係る撮像レンズにおいては、第3レンズの像面側に、負の屈折力を有する第4レンズを配置する。このような構成によれば、第3レンズおよび第4レンズの2枚のレンズによって負の屈折力が分担されるため、第3レンズの屈折力の増大を抑制できる。これにより、撮像レンズのより一層の小型化と色収差の良好な補正との両立を好適に実現できる。なお、第3レンズおよび第4レンズの2枚のレンズが共に負の屈折力を有することから、広い範囲の光線が撮像レンズ内に取り込まれ、撮像レンズの広角化を実現できる。

【0013】

10

本発明の撮像レンズにおいて最も像面側に配置される第9レンズの屈折力を負にすることにより、画像周辺部における像面湾曲および歪曲収差を良好に補正しつつバックフォーカスを確保できる。また、当該第9レンズの像面側の面を、変曲点が設けられた非球面形状に形成することによって、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)の範囲内に抑制しつつ、近軸および画像周辺部の諸収差を良好に補正できる。

【0014】

なお、本発明において「レンズ」とは、屈折力を有する光学要素を指すものとする。よって、光の進行方向を変えるプリズムや平板のフィルタ等の光学要素は本発明の「レンズ」に含まれず、これら光学要素は適宜、撮像レンズの前後や各レンズ間に配置することができる。

20

【0015】

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、第2レンズ、および第3レンズの合成焦点距離を f_{123} としたとき、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$0 < f_{123} / f \quad (1)$$

【0016】

条件式(1)を満足することにより、像面の最大像高に対する光学全長(Total Track Length)の比を小さくすることができ、ひいては撮像レンズの小型化を好適に実現できる。

30

【0017】

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4レンズ、第5レンズ、および第6レンズの合成焦点距離を f_{456} としたとき、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$0 < f_{456} / f \quad (2)$$

【0018】

撮像レンズの小型化に当たっては、正の屈折力を有するレンズを物体側に配置することが望ましい。しかし、このレンズの有する正の屈折力が強くなりすぎると諸収差の補正が困難になる。条件式(2)を満足することにより、これら第4レンズ、第5レンズ、および第6レンズにおいて正の屈折力が分担されるため、諸収差の発生を好適に抑制できる。

40

【0019】

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7レンズ、第8レンズ、および第9レンズの合成焦点距離を f_{789} としたとき、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$f_{789} / f < 0 \quad (3)$$

【0020】

条件式(3)を満足することにより、像面に近い位置に配置される3枚のレンズの合成屈折力が負となる。これによって撮像レンズのテレフォト性能が確保されるため、撮像レンズの小型化を好適に実現できる。

【0021】

50

上記構成の撮像レンズにおいては、第5レンズ、第6レンズ、第7レンズ、および第8レンズのうち少なくとも2枚のレンズは、レンズ系全体の焦点距離の8倍以上の焦点距離を有することが望ましい。レンズ枚数が多いレンズ構成の場合には、諸収差を如何に補正するかが重要となる。焦点距離が短いレンズが多くなると、当該レンズで発生する収差も増大するため、諸収差の良好な補正が困難になり易い。そこで本発明に係る撮像レンズでは、これら4枚のレンズのうち少なくとも2枚のレンズを、諸収差の補正を主たる役割とする補正レンズとして働かせる。これにより、諸収差をより良好に補正できる。

【0022】

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レンズの焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$4 < f_1 / f < 20 \quad (4)$$

【0023】

撮像レンズのより一層の小型化を図るためには、最も物体側に配置される第1レンズの屈折力を強くすることが望ましい。しかし、第1レンズの有する正の屈折力が強くなりすぎると諸収差の補正が困難になる。条件式(4)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ、コマ収差、像面湾曲、および歪曲収差をバランスよく良好に補正できる。また、バックフォーカスを確保できる。

【0024】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(4a)を満足することが望ましい。

$$5 < f_1 / f < 15 \quad (4a)$$

【0025】

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2レンズの焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.3 < f_2 / f < 1.2 \quad (5)$$

【0026】

条件式(5)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ球面収差を良好に補正できる。

【0027】

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

$$0.5 < f_2 / f < 1.2 \quad (5a)$$

【0028】

上記構成の撮像レンズにおいては、第1レンズの焦点距離を f_1 、第2レンズの焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$5 < f_1 / f_2 < 20 \quad (6)$$

【0029】

条件式(6)を満足することにより、バックフォーカスを確保しつつ撮像レンズの小型化を好適に実現できる。また、コマ収差、像面湾曲、および歪曲収差をバランスよく良好に補正できる。

【0030】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(6a)を満足することが望ましい。

$$7 < f_1 / f_2 < 18 \quad (6a)$$

【0031】

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レンズおよび第2レンズの合成焦点距離を f_{12} としたとき、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$0.3 < f_{12} / f < 2.0 \quad (7)$$

【0032】

10

20

30

40

50

条件式(7)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ球面収差を良好に補正できる。

【0033】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(7a)を満足することが望ましい。

$$0.5 < f_{12} / f < 1.2 \quad (7a)$$

【0034】

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3レンズの焦点距離をf₃としたとき、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$-3.5 < f_3 / f < -1.0 \quad (8)$$

10

【0035】

条件式(8)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ色収差を良好に補正できる。

【0036】

上記構成の撮像レンズにおいては、第3レンズの物体側の面の近軸曲率半径をR_{3f}、第3レンズの像面側の面の近軸曲率半径をR_{3r}としたとき、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$0.8 < R_{3f} / R_{3r} < 3.5 \quad (9)$$

【0037】

条件式(9)を満足することにより、色収差を良好に補正できる。また、製造誤差感度を良好な範囲に抑制できる。

20

【0038】

上記構成の撮像レンズにおいては、第3レンズを、物体側の面の近軸曲率半径および像面側の面の近軸曲率半径が共に正となる形状であって、近軸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することが望ましい。第3レンズをこのような形状に形成することにより、撮像レンズの大口径化、すなわちFナンバーの値を小さくできる。特に、第1レンズの物体側に絞りを配置する構成、いわゆる前絞りタイプの場合には、第3レンズとしての当該形状が有効となる。

【0039】

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、第3レンズの焦点距離をf₃としたとき、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$-5.0 < f_3 / f_2 < -1.0 \quad (10)$$

30

【0040】

条件式(10)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ色収差および球面収差を良好に補正できる。

【0041】

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

$$-3.0 < f_3 / f_2 < -1.5 \quad (10a)$$

【0042】

上記構成の撮像レンズにおいては、第4レンズを、物体側の面の近軸曲率半径および像面側の面の近軸曲率半径が共に正となる形状であって、近軸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することが望ましい。第4レンズをこのような形状に形成することにより、撮像レンズの大口径化を好適に実現できる。

40

【0043】

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f₃、第4レンズの焦点距離をf₄としたとき、以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$4 < f_4 / f_3 < 20 \quad (11)$$

【0044】

条件式(11)を満足することにより、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角

50

度をCRAの範囲内に抑制しつつ色収差を良好に補正できる。

【0045】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(11a)を満足することが望ましい。

$$6 < f_4 / f_3 < 1.5 \quad (11a)$$

【0046】

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3レンズおよび第4レンズの合成焦点距離をf₃₄としたとき、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$-3 < f_{34} / f < -1 \quad (12)$$

10

【0047】

条件式(12)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ色収差を良好に補正できる。

【0048】

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f₁₂、第3レンズおよび第4レンズの合成焦点距離をf₃₄としたとき、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

$$-4.0 < f_{34} / f_{12} < -0.5 \quad (13)$$

【0049】

条件式(13)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ色収差および球面収差を良好に補正できる。

20

【0050】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(13a)を満足することが望ましい。

$$-3.0 < f_{34} / f_{12} < -1.0 \quad (13a)$$

【0051】

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5レンズの焦点距離をf₅、第6レンズの焦点距離をf₆としたとき、以下の条件式(14)を満足することが望ましい。

$$1.2 < f_5 \times f_6 / \{f \times (f_5 + f_6)\} < 6.0 \quad (14)$$

30

【0052】

条件式(14)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつコマ収差および非点収差を良好に補正できる。

【0053】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(14a)を満足することが望ましい。

$$1.4 < f_5 \times f_6 / \{f \times (f_5 + f_6)\} < 5.6 \quad (14a)$$

【0054】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズを、物体側の面の近軸曲率半径および像面側の面の近軸曲率半径が共に正となる形状、またはこれら近軸曲率半径が共に負となる形状、すなわち近軸においてメニスカスレンズとなる形状に形成することが望ましい。

40

【0055】

上記構成の撮像レンズにおいて第8レンズを、近軸でメニスカスレンズとなる形状に形成する場合には、第8レンズの物体側の面の近軸曲率半径をR_{8f}、第8レンズの像面側の面の近軸曲率半径をR_{8r}としたとき、以下の条件式(15)を満足することが望ましい。

$$0.2 < R_{8f} / R_{8r} < 3.0 \quad (15)$$

【0056】

条件式(15)を満足することにより、第8レンズの概形を平坦な形状、すなわちサゲ量が少ない形状に近づけることができるため、製造上の加工性の向上を通じて撮像レンズ

50

の製造コストの抑制を図ることができる。また、条件式(15)を満足することにより、像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。

【0057】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズを、物体側の面の近軸曲率半径および像面側の面の近軸曲率半径が共に正となる形状であって、近軸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することが望ましい。第8レンズをこのような形状に形成することにより、撮像レンズの小型化を図りつつ、球面収差、像面湾曲、および歪曲収差を良好に補正できる。

【0058】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズの両面を、変曲点が設けられた非球面形状に形成することが望ましい。第8レンズの物体側の面および像面側の面の両面を、変曲点を有する非球面形状に形成することで、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CRAの範囲内に好適に抑制できる。

【0059】

上記構成の撮像レンズにおいては、第7レンズの光軸上の厚さをT7、第8レンズの光軸上の厚さをT8としたとき、以下の条件式(16)を満足することが望ましい。

$$0.3 < T8 / T7 < 3.0 \quad (16)$$

【0060】

条件式(16)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつバックフォーカスを確保できる。

【0061】

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

$$0.4 < T8 / T7 < 2.0 \quad (16a)$$

【0062】

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8レンズと第9レンズとの間の光軸上の距離をD89としたとき、以下の条件式(17)を満足することが望ましい。

$$0.01 < D89 / f < 0.20 \quad (17)$$

【0063】

撮像レンズの小型化を図ると、像面に近い位置に配置されるレンズ程、有効径が大きくなる傾向にある。このような有効径の大きなレンズを複数枚配置した場合には、レンズ間で干渉が生じたり、レンズ間隔が狭すぎて撮像レンズの製造や組立てが困難になったりすることが多い。条件式(17)を満足することにより、第8レンズおよび第9レンズの間の光軸上の距離を適度に確保しつつバックフォーカスを確保できる。また、撮像レンズの小型化を図りつつ、像面湾曲、非点収差、および歪曲収差をバランスよく良好に補正できる。

【0064】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(17a)を満足することが望ましい。

$$0.03 < D89 / f < 0.15 \quad (17a)$$

【0065】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズの焦点距離をf8、第9レンズの焦点距離をf9としたとき、以下の条件式(18)を満足することが望ましい。

$$2 < |f8 / f9| < 50 \quad (18)$$

【0066】

条件式(18)を満足することにより、球面収差および歪曲収差を良好に補正できる。

【0067】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(18a)を満足することが望ましい。

10

20

30

40

50

$$3 < |f_8 / f_9| < 3.0 \quad (18a)$$

【0068】

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8レンズおよび第9レンズの合成焦点距離を f_{89} としたとき、以下の条件式(19)を満足することが望ましい。

$$-5.0 < f_{89} / f < -0.1 \quad (19)$$

【0069】

条件式(19)を満足することにより、バックフォーカスを確保しつつ像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。また、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角度を CRA の範囲内に好適に抑制できる。

【0070】

上記構成の撮像レンズにおいては、さらに以下の条件式(19a)を満足することが望ましい。

$$-3.5 < f_{89} / f < -0.3 \quad (19a)$$

【0071】

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9レンズの像面側の面の近軸曲率半径を R_{9r} としたとき、以下の条件式(20)を満足することが望ましい。

$$0.2 < R_{9r} / f < 1.0 \quad (20)$$

【0072】

第9レンズの像面側の面は、撮像レンズにおいて最も像面側に位置する面である。この面の屈折力の大小によって非点収差、コマ収差、および歪曲収差の補正の困難さが異なることになる。条件式(20)を満足することにより、撮像レンズの小型化を図りつつバックフォーカスを確保できる。また、非点収差、コマ収差、および歪曲収差をバランスよく良好に補正できる。

【0073】

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9レンズの焦点距離を f_9 としたとき、以下の条件式(21)を満足することが望ましい。

$$-4.0 < f_9 / f < -0.5 \quad (21)$$

【0074】

条件式(21)を満足することにより、バックフォーカスを確保しつつ像面湾曲および歪曲収差を良好に補正できる。また、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角度を CRA の範囲内に好適に抑制できる。

【0075】

上記構成の撮像レンズにおいては、軸上色収差を良好に補正するため、第1レンズのアッベ数を d_1 、第2レンズのアッベ数を d_2 、第3レンズのアッベ数を d_3 としたとき、以下の条件式(22)~(24)を満足することが望ましい。

$$3.5 < d_1 < 7.5 \quad (22)$$

$$3.5 < d_2 < 7.5 \quad (23)$$

$$1.5 < d_3 < 3.5 \quad (24)$$

【0076】

上記構成の撮像レンズにおいては、倍率色収差を良好に補正するため、第9レンズのアッベ数を d_9 としたとき、以下の条件式(25)を満足することが望ましい。

$$3.5 < d_9 < 7.5 \quad (25)$$

【0077】

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レンズの物体側の面から像面までの光軸上の距離を TL としたとき、以下の条件式(26)を満足することが望ましい。当該条件式(26)を満足することにより、撮像レンズの小型化を好適に実現できる。

$$1.0 < TL / f < 1.4 \quad (26)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 8 】

なお、撮像レンズと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る。

【 0 0 7 9 】

ところで近年、撮像レンズが搭載される携帯機器の小型化とともに撮像素子の大型化が進んでいる。特に薄型の携帯機器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、撮像素子の大きさに対する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。そこで、上記構成の撮像レンズにおいては、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TL、最大像高をHmaxとしたとき、以下の条件式(27)を満足することが望ましい。条件式(27)を満足することにより、撮像レンズの小型化を実現できる。

$$1.0 < TL / Hmax < 1.8 \quad (27)$$

【 0 0 8 0 】

本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズから第9レンズまでの各レンズを、空気間隔を隔てて配列することが望ましい。各レンズが空気間隔を隔てて配列されることにより、本発明の撮像レンズは接合レンズを一枚も含まないレンズ構成になる。このようなレンズ構成では、撮像レンズを構成する9枚のレンズの全てをプラスチック材料から形成することが容易になるため、撮像レンズの製造コストを抑制できる。

【 0 0 8 1 】

また、レンズの材料としては熱可塑性樹脂が望ましい。熱可塑性樹脂は短時間での成形が可能であるため、生産性の向上を通じて撮像レンズの製造コストを抑制できる。なお、熱可塑性樹脂から成形するレンズの枚数は少なくとも2枚であることが望ましい。

【 0 0 8 2 】

本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズから第9レンズまでの各レンズの両面を非球面形状に形成することが望ましい。各レンズの両面を非球面形状に形成することにより、レンズの光軸近傍から周辺部に亘って諸収差をより良好に補正できる。特にレンズ周辺部における諸収差を良好に補正できる。

【 0 0 8 3 】

上記構成の撮像レンズにおいては第1レンズを、物体側に凸面を向けた形状に形成することが望ましい。第1レンズをこのような形状に形成することで撮像レンズの小型化を好適に図ることができる。

【 0 0 8 4 】

上記構成の撮像レンズにおいては、第8レンズおよび第9レンズのうち少なくとも二面を、変曲点が設けられた非球面形状に形成することが望ましい。第9レンズの像面側の面に加えて、変曲点を有する非球面形状のレンズ面をさらに一面以上設けることにより、撮像レンズから出射した光線の像面への入射角度をCRAの範囲内により好適に抑制できるとともに、画像周辺部の諸収差をより良好に補正できる。

【 0 0 8 5 】

上記構成の撮像レンズにおいては、画角を 2θ としたとき、 $65^\circ < 2\theta$ 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を好適に実現できる。

【 0 0 8 6 】

ところで、高画素の撮像素子では各画素の受光面積が減少するため、撮影した画像が暗くなる傾向にある。これを補正するための方法として、電気回路を用いて撮像素子の受光感度を向上させる方法がある。しかし、受光感度が上がると画像の形成に直接寄与しないノイズ成分も増幅されてしまう。そこで、電気回路等を設けなくても十分に明るい画像を得るために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、撮像レンズの入射瞳径をDepとしたとき、以下の条件式(28)を満足することが望ましい。

$$f / Dep < 2.4 \quad (28)$$

【0087】

なお、本発明においては、上述のようにレンズの形状を近軸曲率半径の符号を用いて特定している。近軸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、近軸曲率半径の中心がレンズ面からみて像面側にある場合には近軸曲率半径を正とし、物体側にある場合には近軸曲率半径を負とする定義に従っている。よって、「近軸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、「近軸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、「近軸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、「近軸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、本明細書では近軸曲率半径によりレンズの形状を特定しているため、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。

10

【発明の効果】

【0088】

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】

【0089】

【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球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

【図3】図1に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

20

【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。

【図5】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6】図4に示す撮像レンズの横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球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

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

。

【図12】図10に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

30

【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。

【図14】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15】図13に示す撮像レンズの横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球面収差、非点収差、歪曲収差を示す収差図である。

。

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

40

。

【図21】図19に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図22】数値実施例8に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図23】図22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24】図22に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【図25】数値実施例9に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図26】図25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27】図25に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

50

【図 28】数値実施例 10 に係る撮像レンズの概略構成を示す断面図である。

【図 29】図 28 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 30】図 28 に示す撮像レンズの横収差を示す収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0090】

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。

【0091】

図 1、図 4、図 7、図 10、図 13、図 16、図 19、図 22、図 25、および図 28 は、本実施の形態の数値実施例 1 ~ 10 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。

10

【0092】

図 1 に示すように、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、正の屈折力を有する第 2 レンズ L2 と、負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、第 5 レンズ L5 と、第 6 レンズ L6 と、第 7 レンズ L7 と、第 8 レンズ L8 と、負の屈折力を有する第 9 レンズ L9 とを配置して撮像レンズを構成する。第 9 レンズ L9 と撮像素子の像面 IM との間にはフィルタ 10 を配置する。なお、フィルタ 10 は省略できる。

【0093】

20

第 1 レンズ L1 は、物体側の面の近軸曲率半径 r_1 および像面側の面の近軸曲率半径 r_2 が共に正となる形状を有する。第 1 レンズ L1 は、近軸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である。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、第 1 レンズ L1 の屈折力が正となるような形状であればよい。第 1 レンズ L1 の形状としては、近軸曲率半径 r_1 および r_2 が共に負となる形状や、近軸曲率半径 r_1 が正となり近軸曲率半径 r_2 が負となる形状でもよい。前者は近軸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であり、後者は近軸において両凸レンズとなる形状である。撮像レンズの小型化の観点からは、第 1 レンズ L1 を、近軸曲率半径 r_1 が正となる形状に形成することが望ましい。

【0094】

30

本数値実施例 1 では第 1 レンズ L1 の物体側の面に開口絞り ST を設けている。開口絞り ST の位置は本数値実施例 1 にて示される位置に限定されない。第 1 レンズ L1 よりも物体側に開口絞り ST を設けてもよい。または、第 1 レンズ L1 と第 2 レンズ L2 との間、第 2 レンズ L2 と第 3 レンズ L3 との間、あるいは第 3 レンズ L3 と第 4 レンズ L4 の間等に開口絞り ST を設けるようにしてもよい。

【0095】

第 2 レンズ L2 は、物体側の面の近軸曲率半径 r_3 および像面側の面の近軸曲率半径 r_4 が共に正となる形状を有する。第 2 レンズ L2 は、近軸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である。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ない。数値実施例 7 ~ 10 は、近軸曲率半径 r_3 が正となり、近軸曲率半径 r_4 が負となる形状、すなわち近軸において両凸レンズとなる形状の例である。第 2 レンズ L2 の形状としてはこの他にも、近軸曲率半径 r_3 および r_4 が共に負となる形状であって、近軸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でもよい。第 2 レンズ L2 の形状は、第 2 レンズ L2 の屈折力が正となるような形状であればよい。

40

【0096】

第 3 レンズ L3 は、物体側の面の近軸曲率半径 r_5 ($= R_{3f}$) および像面側の面の近軸曲率半径 r_6 ($= R_{3r}$) が共に正となる形状を有する。第 3 レンズ L3 は、近軸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である。第 3 レンズ L3 の形状は本数値実施例 1 に係る形状に限定されない。第 3 レンズ L3 の形状は、第 3 レンズ L3 の屈折力が負となるような形状であればよい。第 3 レンズ L3 の形状としては、近軸曲率半

50

径 r_5 が負となり、近軸曲率半径 r_6 が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよいし、近軸曲率半径 r_5 および r_6 が共に負となる形状であって、近軸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でもよい。

【0097】

第4レンズL4は、物体側の面の近軸曲率半径 r_7 および像面側の面の近軸曲率半径 r_8 が共に正となる形状を有する。第4レンズL4は、近軸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である。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。第4レンズL4の形状は、第4レンズL4の屈折力が負となるような形状であればよい。第4レンズL4の形状としては、近軸曲率半径 r_7 が負となり、近軸曲率半径 r_8 が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。また、第4レンズL4の形状は、近軸曲率半径 r_7 および r_8 が共に負となる形状であって、近軸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でもよい。

10

【0098】

第5レンズL5は正の屈折力を有する。この第5レンズL5の屈折力は正に限定されない。第5レンズL5の屈折力が負となるレンズ構成の例を数値実施例7～10に示す。

【0099】

第5レンズL5は、物体側の面の近軸曲率半径 r_9 が正となり、像面側の面の近軸曲率半径 r_{10} が負となる形状を有する。第5レンズL5は、近軸において両凸レンズとなる形状である。第5レンズL5の形状は本数値実施例1に係る形状に限定されない。数値実施例4、5、および7～10は、近軸曲率半径 r_9 および r_{10} が共に正となる形状であって、近軸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の例である。第5レンズL5の形状としてはこの他にも、近軸曲率半径 r_9 および r_{10} が共に負となる形状であって、近軸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でもよいし、近軸曲率半径 r_9 が負となり、近軸曲率半径 r_{10} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。

20

【0100】

第6レンズL6は正の屈折力を有する。この第6レンズL6の屈折力は正に限定されない。第6レンズL6の屈折力が負となるレンズ構成の例を数値実施例4～6に示す。

【0101】

第6レンズL6は、物体側の面の近軸曲率半径 r_{11} および像面側の面の近軸曲率半径 r_{12} が共に負となる形状を有する。第6レンズL6は、近軸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である。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ない。第6レンズL6の形状としては、近軸曲率半径 r_{11} が正となり、近軸曲率半径 r_{12} が負となる形状であって、近軸において両凸レンズとなる形状や、近軸曲率半径 r_{11} および r_{12} が共に正となる形状であって、近軸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でもよい。また、第6レンズL6の形状は、近軸曲率半径 r_{11} が負となり、近軸曲率半径 r_{12} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。

30

【0102】

第7レンズL7は正の屈折力を有する。この第7レンズL7の屈折力は正に限定されない。第7レンズL7の屈折力が負となるレンズ構成の例を数値実施例2、3、6、9、および10に示す。

40

【0103】

第7レンズL7は、物体側の面の近軸曲率半径 r_{13} および像面側の面の近軸曲率半径 r_{14} が共に負となる形状を有する。第7レンズL7は、近軸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である。また、本実施の形態の第7レンズL7は、物体側の面がレンズ周辺部において物体側に凹面を向けた形状であり、像面側の面がレンズ周辺部において像面側に凸面を向けた形状を有する。第7レンズL7のこのような形状により、倍率色収差や像面湾曲を良好に補正しつつ、撮像レンズから出射した光線の像面IMへの入射角度をCRAの範囲内に好適に抑制できる。なお、第7レンズL7の形状は本数

50

値実施例 1 に係る形状に限定されない。数値実施例 4、5、7、および 8 は、近軸曲率半径 r_{13} が正となり、近軸曲率半径 r_{14} が負となる形状であって、近軸において両凸レンズとなる形状の例である。第 7 レンズ L_7 の形状としてはこの他にも、近軸曲率半径 r_{13} および r_{14} が共に正となる形状であって、近軸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や、近軸曲率半径 r_{13} が負となり、近軸曲率半径 r_{14} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよい。

【0104】

第 8 レンズ L_8 は負の屈折力を有する。この第 8 レンズ L_8 の屈折力は負に限定されない。第 8 レンズ L_8 の屈折力が正となるレンズ構成の例を数値実施例 2、4、6、7、および 9 に示す。

【0105】

第 8 レンズ L_8 は、物体側の面の近軸曲率半径 r_{15} ($= R_{8f}$) および像面側の面の近軸曲率半径 r_{16} ($= R_{8r}$) が共に正となる形状を有する。第 8 レンズ L_8 は、近軸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である。また、本実施の形態の第 8 レンズ L_8 は、物体側の面がレンズ周辺部において物体側に凹面を向けた形状であり、像面側の面がレンズ周辺部において像面側に凸面を向けた形状を有する。さらに、第 8 レンズ L_8 の両面は、変曲点が設けられた非球面形状を有する。よって、本実施の形態における第 8 レンズ L_8 は、近軸においては物体側に凸面を向けたメニスカス形状であり、レンズ周辺部においては物体側に凹面を向けたメニスカス形状である。第 8 レンズ L_8 のこのような形状により、倍率色収差や像面湾曲を良好に補正しつつ、撮像レンズから出射した光線の像面 IM への入射角度を CRA の範囲内に好適に抑制できる。なお、第 8 レンズ L_8 の形状は本数値実施例 1 に係る形状に限定されない。第 8 レンズ L_8 の形状は、近軸曲率半径 r_{15} および r_{16} が共に負となる形状であって、近軸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でもよい。また、第 8 レンズ L_8 の形状としてはこの他にも、近軸曲率半径 r_{15} が正となり、近軸曲率半径 r_{16} が負となる形状であって、光軸近傍において両凸レンズとなる形状や、近軸曲率半径 r_{15} が負となり、近軸曲率半径 r_{16} が正となる形状であって、光軸近傍において両凹レンズとなる形状でもよい。

【0106】

第 9 レンズ L_9 は、物体側の面の近軸曲率半径 r_{17} および像面側の面の近軸曲率半径 r_{18} ($= R_{9r}$) が共に正となる形状を有する。第 9 レンズ L_9 は、近軸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である。第 9 レンズ L_9 の形状は本数値実施例 1 に係る形状に限定されない。第 9 レンズ L_9 の形状としては、近軸曲率半径 r_{17} が負となり、近軸曲率半径 r_{18} が正となる形状であって、近軸において両凹レンズとなる形状でもよいし、近軸曲率半径 r_{17} および r_{18} が共に負となる形状であって、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとなる形状もよい。第 9 レンズ L_9 の形状は、第 9 レンズ L_9 の屈折力が負となるような形状であればよい。

【0107】

また、上記第 9 レンズ L_9 の像面側の面は、変曲点が設けられた非球面形状である。ここで変曲点とは、曲線上で曲率の符号が変化する点をいい、レンズ面上の曲線で曲がる方向が変わる点を指すものとする。なお、本実施の形態に係る撮像レンズにおける第 9 レンズ L_9 の像面側の面は、極点を有する非球面形状である。第 9 レンズ L_9 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を良好に補正できるとともに、撮像レンズから出射した光線の像面 IM への入射角度を CRA の範囲内に好適に抑制できる。本数値実施例 1 に係る撮像レンズでは、第 8 レンズ L_8 および第 9 レンズ L_9 の両面が、変曲点が設けられた非球面形状であるため、撮像レンズから出射した光線の入射角度を CRA の範囲内に抑制しつつ、画像周辺部の諸収差をより良好に補正できる。なお、要求される光学性能や撮像レンズの小型化の程度によっては、第 8 レンズ L_8 および第 9 レンズ L_9 のレンズ面のうち、第 9 レンズ L_9 の像面側の面を除く他のレンズ面を、変曲点の無い非球面形状や球面に形成するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

本実施の形態に係る撮像レンズは、以下に示す条件式 (1) ~ (2 8) を満足する。

$0 < f_{123} / f$	(1)	
$0 < f_{456} / f$	(2)	
$f_{789} / f < 0$	(3)	
$4 < f_1 / f < 2.0$	(4)	
$5 < f_1 / f < 1.5$	(4 a)	
$0.3 < f_2 / f < 1.2$	(5)	
$0.5 < f_2 / f < 1.2$	(5 a)	
$5 < f_1 / f_2 < 2.0$	(6)	10
$7 < f_1 / f_2 < 1.8$	(6 a)	
$0.3 < f_{12} / f < 2.0$	(7)	
$0.5 < f_{12} / f < 1.2$	(7 a)	
$-3.5 < f_3 / f < -1.0$	(8)	
$0.8 < R_{3f} / R_{3r} < 3.5$	(9)	
$-5.0 < f_3 / f_2 < -1.0$	(10)	
$-3.0 < f_3 / f_2 < -1.5$	(10 a)	
$4 < f_4 / f_3 < 2.0$	(11)	
$6 < f_4 / f_3 < 1.5$	(11 a)	
$-3 < f_{34} / f < -1$	(12)	20
$-4.0 < f_{34} / f_{12} < -0.5$	(13)	
$-3.0 < f_{34} / f_{12} < -1.0$	(13 a)	
$1.2 < f_5 \times f_6 / \{ f \times (f_5 + f_6) \} < 6.0$	(14)	
$1.4 < f_5 \times f_6 / \{ f \times (f_5 + f_6) \} < 5.6$	(14 a)	
$0.2 < R_{8f} / R_{8r} < 3.0$	(15)	
$0.3 < T_8 / T_7 < 3.0$	(16)	
$0.4 < T_8 / T_7 < 2.0$	(16 a)	
$0.01 < D_{89} / f < 0.20$	(17)	
$0.03 < D_{89} / f < 0.15$	(17 a)	
$2 < f_8 / f_9 < 5.0$	(18)	30
$3 < f_8 / f_9 < 3.0$	(18 a)	
$-5.0 < f_{89} / f < -0.1$	(19)	
$-3.5 < f_{89} / f < -0.3$	(19 a)	
$0.2 < R_{9r} / f < 1.0$	(20)	
$-4.0 < f_9 / f < -0.5$	(21)	
$3.5 < d_1 < 7.5$	(22)	
$3.5 < d_2 < 7.5$	(23)	
$1.5 < d_3 < 3.5$	(24)	
$3.5 < d_9 < 7.5$	(25)	
$1.0 < TL / f < 1.4$	(26)	40
$1.0 < TL / H_{max} < 1.8$	(27)	
$f / Dep < 2.4$	(28)	

但し、

- f : レンズ系全体の焦点距離
- f₁ : 第1レンズL₁の焦点距離
- f₂ : 第2レンズL₂の焦点距離
- f₃ : 第3レンズL₃の焦点距離
- f₄ : 第4レンズL₄の焦点距離
- f₅ : 第5レンズL₅の焦点距離
- f₆ : 第6レンズL₆の焦点距離

f 8	: 第 8 レンズ L 8 の焦点距離	
f 9	: 第 9 レンズ L 9 の焦点距離	
f 1 2	: 第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 の合成焦点距離	
f 3 4	: 第 3 レンズ L 3 および第 4 レンズ L 4 の合成焦点距離	
f 8 9	: 第 8 レンズ L 8 および第 9 レンズ L 9 の合成焦点距離	
f 1 2 3	: 第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、および第 3 レンズ L 3 の合成焦点距離	
f 4 5 6	: 第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5、および第 6 レンズ L 6 の合成焦点距離	
f 7 8 9	: 第 7 レンズ L 7、第 8 レンズ L 8、および第 9 レンズ L 9 の合成焦点距離	
T 7	: 第 7 レンズ L 7 の光軸上の厚さ	
T 8	: 第 8 レンズ L 8 の光軸上の厚さ	10
d 1	: 第 1 レンズ L 1 のアッペ数	
d 2	: 第 2 レンズ L 2 のアッペ数	
d 3	: 第 3 レンズ L 3 のアッペ数	
d 9	: 第 9 レンズ L 9 のアッペ数	
R 3 f	: 第 3 レンズ L 3 の物体側の面の近軸曲率半径	
R 3 r	: 第 3 レンズ L 3 の像面側の面の近軸曲率半径	
R 8 f	: 第 8 レンズ L 8 の物体側の面の近軸曲率半径	
R 8 r	: 第 8 レンズ L 8 の像面側の面の近軸曲率半径	
R 9 r	: 第 9 レンズ L 9 の像面側の面の近軸曲率半径	
D 8 9	: 第 8 レンズ L 8 と第 9 レンズ L 9 との間の光軸上の距離	20
H m a x	: 最大像高	
T L	: 第 1 レンズ L 1 の物体側の面から像面 I M までの光軸 X 上の距離 (フィルタ 1 0 は空気換算長)	
D e p	: 入射瞳径	

【 0 1 0 9 】

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。

【 0 1 1 0 】

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 】

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

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 1 1 1 】

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、 θ は半画角を示す。i は物体側より数えた面番号、r は近軸曲率半径、d は光軸上のレンズ面間の距離 (面間隔)、n d は基準波長 5 8 8 n m における屈折率、 μ は当該基準波長におけるアッペ数をそれぞれ示す。なお、面番号に * (アスタリスク) の符号が付加された面は非球面であることを示す。

【 0 1 1 2 】

数値実施例 1

基本的なレンズデータ

【表 1】

f=5.69mm Fno=1.9 $\omega=39.3^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST) 2*	2.388 2.399	0.554 0.076	1.5443	55.9	f1=51.100
L2	3* 4*	2.511 294.151	0.601 0.030	1.5443	55.9	f2=4.650
L3	5* 6*	8.344 3.562	0.250 0.417	1.6707	19.2	f3=-9.465
L4	7* 8*	14.575 11.396	0.405 0.028	1.5443	55.9	f4=-100.497
L5	9* 10*	11.354 -40.134	0.321 0.415	1.5443	55.9	f5=16.295
L6	11* 12*	-4.680 -4.393	0.251 0.036	1.5443	55.9	f6=100.651
L7	13* 14*	-24.707 -12.866	0.695 0.068	1.5443	55.9	f7=48.322
L8	15* 16*	6.587 5.785	0.574 0.355	1.6707	19.2	f8=-99.441
L9	17* 18*	4.035 2.077	0.840 0.350	1.5443	55.9	f9=-9.262
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.639			
(IM)		∞				

10

20

【 0 1 1 3 】

f12=4.614mm
 f34=-8.530mm
 f89=-8.616mm
 f123=7.372mm
 f456=16.838mm
 f789=-11.004mm
 D89=0.355mm
 T7=0.695mm
 T8=0.574mm
 TL=7.045mm
 Hmax=4.65mm
 Dep=2.992mm

30

【 0 1 1 4 】

【表 2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.580E-01	-3.518E-04	5.357E-03	-8.415E-03	7.084E-03	-3.536E-03	8.294E-04	-7.908E-05
2	-2.513E+00	-2.905E-02	-9.248E-03	-3.148E-04	1.284E-03	-3.373E-04	6.355E-04	-1.993E-04
3	-3.290E-02	-4.683E-02	-1.436E-02	2.375E-03	4.139E-04	1.750E-03	-3.137E-04	-4.230E-05
4	0.000E+00	4.346E-03	-9.670E-03	8.995E-04	3.687E-03	-1.994E-03	3.224E-04	8.024E-05
5	-3.969E+00	1.964E-03	7.119E-03	-8.826E-03	4.713E-03	-3.559E-03	1.754E-03	-2.778E-04
6	-1.779E+00	-9.027E-04	1.295E-02	-6.907E-03	-2.148E-04	1.013E-03	2.033E-04	-1.436E-04
7	8.670E+01	-1.873E-02	-1.602E-02	8.495E-03	-3.887E-03	-1.424E-03	1.413E-03	-3.398E-04
8	0.000E+00	-5.059E-02	-1.205E-02	7.001E-05	-2.769E-04	8.708E-04	-1.910E-04	-2.040E-05
9	0.000E+00	-6.643E-02	2.744E-03	1.071E-03	2.250E-03	-4.302E-04	7.610E-05	-2.324E-05
10	0.000E+00	-4.256E-02	-1.161E-02	1.771E-02	-7.742E-03	1.982E-03	-2.444E-04	2.178E-05
11	0.000E+00	-5.454E-02	3.482E-03	-4.833E-04	2.001E-03	-3.671E-04	5.057E-05	-4.572E-06
12	0.000E+00	-3.667E-02	-1.245E-02	1.872E-02	-7.842E-03	1.798E-03	-2.325E-04	1.822E-05
13	0.000E+00	8.924E-03	-1.704E-02	6.582E-03	-2.247E-03	4.652E-04	-7.332E-05	3.394E-06
14	0.000E+00	1.704E-02	-1.296E-02	1.963E-04	1.148E-03	-2.707E-04	2.135E-05	-4.977E-07
15	0.000E+00	2.915E-03	-2.315E-02	8.644E-03	-1.954E-03	2.827E-04	-2.236E-05	5.335E-07
16	-1.568E+00	-1.030E-02	-1.142E-02	4.320E-03	-8.310E-04	9.125E-05	-5.265E-06	1.133E-07
17	-2.617E+01	-5.193E-02	-3.508E-03	3.717E-03	-6.159E-04	4.592E-05	-1.625E-06	2.185E-08
18	-5.799E+00	-3.438E-02	5.801E-03	-6.711E-04	5.200E-05	-2.473E-06	6.272E-08	-6.291E-10

10

20

【 0 1 1 5 】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.30$

$f_{456}/f=2.96$

$f_{789}/f=-1.94$

$f_1/f=8.99$

$f_2/f=0.82$

$f_1/f_2=10.99$

$f_{12}/f=0.81$

$f_3/f=-1.66$

$R_{3f}/R_{3r}=2.34$

$f_3/f_2=-2.04$

$f_4/f_3=10.62$

$f_{34}/f=-1.50$

$f_{34}/f_{12}=-1.85$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 2.47$

$R_{8f}/R_{8r}=1.14$

$T_8/T_7=0.83$

$D_{89}/f=0.06$

$|f_8/f_9|=10.74$

$f_{89}/f=-1.52$

$R_{9r}/f=0.37$

$f_9/f=-1.63$

$TL/f=1.24$

$TL/H_{max}=1.51$

$f/Dep=1.90$

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。

【 0 1 1 6 】

図 2 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。非点収差図および歪曲収差図には基準波長 (588nm) における収差

30

40

50

量を示す。また、非点収差図にあってはサジタル像面（S）およびタンジェンシャル像面（T）をそれぞれ示す（図5、図8、図11、図14、図17、図20、図23、図26、および図29においても同じ）。図3は、最大像高 H_{max} 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6、図9、図12、図15、図18、図21、図24、図27、および図30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を良好に補正できる。

【0117】

数値実施例2

基本的なレンズデータ

【表3】

$f=5.71\text{mm}$ $Fno=1.9$ $\omega=39.3^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST) 2*	2.387 2.394	0.539 0.075	1.5443	55.9	$f1=53.444$
L2	3* 4*	2.528 138.158	0.620 0.030	1.5443	55.9	$f2=4.724$
L3	5* 6*	7.496 3.427	0.250 0.434	1.6707	19.2	$f3=-9.653$
L4	7* 8*	15.336 11.862	0.404 0.027	1.5443	55.9	$f4=-100.324$
L5	9* 10*	9.533 -107.542	0.291 0.479	1.5443	55.9	$f5=16.102$
L6	11* 12*	-5.261 -4.267	0.259 0.029	1.5443	55.9	$f6=38.025$
L7	13* 14*	-12.718 -16.879	0.651 0.036	1.5443	55.9	$f7=-100.322$
L8	15* 16*	5.373 5.586	0.570 0.390	1.6707	19.2	$f8=101.288$
L9	17* 18*	4.245 2.104	0.820 0.350	1.5443	55.9	$f9=-8.863$
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.638			
(IM)		∞				

【0118】

$f12=4.689\text{mm}$
 $f34=-8.686\text{mm}$
 $f89=-10.378\text{mm}$
 $f123=7.464\text{mm}$
 $f456=13.217\text{mm}$
 $f789=-9.027\text{mm}$
 $D89=0.390\text{mm}$
 $T7=0.651\text{mm}$
 $T8=0.570\text{mm}$
 $TL=7.031\text{mm}$
 $Hmax=4.67\text{mm}$
 $Dep=3.020\text{mm}$

【0119】

10

20

30

40

【表 4】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.887E-01	-6.951E-04	5.329E-03	-8.334E-03	7.022E-03	-3.522E-03	8.384E-04	-8.126E-05
2	-2.373E+00	-2.928E-02	-9.253E-03	-2.162E-04	1.338E-03	-4.059E-04	6.240E-04	-1.882E-04
3	1.933E-02	-4.535E-02	-1.424E-02	2.074E-03	3.532E-04	1.719E-03	-3.240E-04	-3.668E-05
4	0.000E+00	3.095E-03	-9.299E-03	6.772E-04	3.730E-03	-1.970E-03	3.292E-04	5.969E-05
5	-9.701E+00	5.011E-04	7.437E-03	-8.139E-03	4.748E-03	-3.612E-03	1.725E-03	-2.729E-04
6	-2.335E+00	-1.206E-03	1.405E-02	-6.842E-03	-2.004E-04	9.560E-04	1.844E-04	-1.301E-04
7	9.260E+01	-1.582E-02	-1.673E-02	8.970E-03	-3.561E-03	-1.537E-03	1.349E-03	-3.207E-04
8	0.000E+00	-5.259E-02	-1.058E-02	-3.889E-04	-1.756E-04	8.581E-04	-2.257E-04	-2.328E-05
9	0.000E+00	-6.943E-02	2.272E-03	1.527E-03	2.115E-03	-5.153E-04	8.005E-05	-1.550E-05
10	0.000E+00	-3.951E-02	-1.117E-02	1.737E-02	-7.704E-03	1.993E-03	-2.552E-04	1.922E-05
11	0.000E+00	-5.153E-02	3.420E-03	-4.022E-04	1.813E-03	-4.306E-04	4.532E-05	9.698E-10
12	0.000E+00	-3.008E-02	-1.351E-02	1.875E-02	-7.803E-03	1.791E-03	-2.383E-04	1.737E-05
13	0.000E+00	1.729E-02	-1.783E-02	6.717E-03	-2.241E-03	4.697E-04	-6.827E-05	2.261E-06
14	0.000E+00	1.611E-02	-1.316E-02	3.816E-04	1.124E-03	-2.721E-04	2.181E-05	-5.023E-07
15	0.000E+00	8.983E-04	-2.226E-02	8.354E-03	-1.916E-03	2.834E-04	-2.305E-05	6.264E-07
16	1.255E-01	-8.237E-03	-1.214E-02	4.381E-03	-8.348E-04	9.170E-05	-5.294E-06	1.145E-07
17	-3.163E+01	-5.040E-02	-3.475E-03	3.688E-03	-6.145E-04	4.607E-05	-1.625E-06	2.110E-08
18	-6.073E+00	-3.431E-02	5.714E-03	-6.526E-04	5.089E-05	-2.468E-06	6.434E-08	-6.639E-10

10

20

【 0 1 2 0 】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.31$

$f_{456}/f=2.32$

$f_{789}/f=-1.58$

$f_1/f=9.36$

$f_2/f=0.83$

$f_1/f_2=11.31$

$f_{12}/f=0.82$

$f_3/f=-1.69$

$R_{3f}/R_{3r}=2.19$

$f_3/f_2=-2.04$

$f_4/f_3=10.39$

$f_{34}/f=-1.52$

$f_{34}/f_{12}=-1.85$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 1.98$

$R_{8f}/R_{8r}=0.96$

$T_8/T_7=0.88$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=11.43$

$f_{89}/f=-1.82$

$R_{9r}/f=0.37$

$f_9/f=-1.55$

$TL/f=1.23$

$TL/H_{max}=1.51$

$f/Dep=1.89$

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。

【 0 1 2 1 】

図 5 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り、図 6 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 5 および図 6 に示

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を良好に補正できる。

【 0 1 2 2 】

数値実施例 3

基本的なレンズデータ

【表 5】

f=5.70mm Fno=1.9 $\omega=39.4^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.393	0.547	1.5443	55.9	f1=53.000
	2*	2.400	0.074			
L2	3*	2.506	0.603	1.5443	55.9	f2=4.651
	4*	229.755	0.030			
L3	5*	8.072	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.502
	6*	3.517	0.421			
L4	7*	15.611	0.395	1.5443	55.9	f4=-100.326
	8*	12.032	0.026			
L5	9*	10.129	0.303	1.5443	55.9	f5=16.393
	10*	-74.124	0.439			
L6	11*	-5.185	0.295	1.5443	55.9	f6=27.386
	12*	-3.924	0.029			
L7	13*	-13.157	0.670	1.5443	55.9	f7=-100.324
	14*	-17.644	0.083			
L8	15*	6.465	0.556	1.6707	19.2	f8=-101.062
	16*	5.699	0.340			
L9	17*	3.848	0.845	1.5443	55.9	f9=-9.777
	18*	2.060	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.645			
(IM)		∞				

10

20

【 0 1 2 3 】

f12=4.624mm
 f34=-8.566mm
 f89=-9.056mm
 f123=7.381mm
 f456=11.868mm
 f789=-7.997mm
 D89=0.340mm
 T7=0.670mm
 T8=0.556mm
 TL=7.040mm
 Hmax=4.69mm
 Dep=2.969mm

30

40

【 0 1 2 4 】

【表 6】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.618E-01	-4.189E-04	5.295E-03	-8.357E-03	7.048E-03	-3.529E-03	8.344E-04	-8.041E-05
2	-2.414E+00	-2.943E-02	-9.252E-03	-2.171E-04	1.344E-03	-3.901E-04	6.282E-04	-1.933E-04
3	-1.570E-02	-4.603E-02	-1.437E-02	2.224E-03	4.059E-04	1.738E-03	-3.201E-04	-3.911E-05
4	0.000E+00	3.951E-03	-9.421E-03	8.008E-04	3.680E-03	-1.985E-03	3.354E-04	6.987E-05
5	-7.574E+00	8.357E-04	7.426E-03	-8.421E-03	4.739E-03	-3.597E-03	1.730E-03	-2.734E-04
6	-2.183E+00	-1.203E-03	1.336E-02	-6.833E-03	-1.870E-04	9.795E-04	1.929E-04	-1.399E-04
7	9.787E+01	-1.686E-02	-1.655E-02	8.455E-03	-3.661E-03	-1.466E-03	1.384E-03	-3.286E-04
8	0.000E+00	-5.158E-02	-1.132E-02	-8.163E-05	-1.977E-04	8.514E-04	-2.168E-04	-1.763E-05
9	0.000E+00	-6.807E-02	2.766E-03	1.389E-03	2.187E-03	-4.852E-04	8.161E-05	-2.000E-05
10	0.000E+00	-4.083E-02	-1.120E-02	1.756E-02	-7.714E-03	1.988E-03	-2.526E-04	2.202E-05
11	0.000E+00	-5.426E-02	3.656E-03	-3.013E-04	1.922E-03	-3.981E-04	4.379E-05	-1.618E-06
12	0.000E+00	-3.164E-02	-1.317E-02	1.873E-02	-7.820E-03	1.799E-03	-2.342E-04	1.793E-05
13	0.000E+00	1.242E-02	-1.775E-02	6.759E-03	-2.278E-03	4.615E-04	-7.003E-05	2.769E-06
14	0.000E+00	1.553E-02	-1.316E-02	2.589E-04	1.138E-03	-2.714E-04	2.172E-05	-5.082E-07
15	0.000E+00	3.876E-03	-2.306E-02	8.479E-03	-1.923E-03	2.828E-04	-2.309E-05	6.085E-07
16	-1.390E+00	-9.947E-03	-1.167E-02	4.357E-03	-8.337E-04	9.137E-05	-5.281E-06	1.141E-07
17	-2.420E+01	-5.139E-02	-3.539E-03	3.703E-03	-6.151E-04	4.601E-05	-1.623E-06	2.131E-08
18	-5.836E+00	-3.417E-02	5.736E-03	-6.590E-04	5.109E-05	-2.463E-06	6.423E-08	-6.701E-10

10

20

【 0 1 2 5】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.29$

$f_{456}/f=2.08$

$f_{789}/f=-1.40$

$f_1/f=9.30$

$f_2/f=0.82$

$f_1/f_2=11.40$

$f_{12}/f=0.81$

$f_3/f=-1.67$

$R_{3f}/R_{3r}=2.30$

$f_3/f_2=-2.04$

$f_4/f_3=10.56$

$f_{34}/f=-1.50$

$f_{34}/f_{12}=-1.85$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 1.80$

$R_{8f}/R_{8r}=1.13$

$T_8/T_7=0.83$

$D_{89}/f=0.06$

$|f_8/f_9|=10.34$

$f_{89}/f=-1.59$

$R_{9r}/f=0.36$

$f_9/f=-1.71$

$TL/f=1.23$

$TL/H_{max}=1.50$

$f/Dep=1.92$

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。

【 0 1 2 6】

図 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り、図 9 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 8 および図 9 に示

30

40

50

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を良好に補正できる。

【 0 1 2 7 】

数値実施例 4

基本的なレンズデータ

【表 7】

$f=5.74\text{mm}$ $Fno=1.9$ $\omega=39.3^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.402	0.516	1.5443	55.9	f1=66.258
	2*	2.378	0.074			
L2	3*	2.520	0.653	1.5443	55.9	f2=4.804
	4*	63.185	0.030			
L3	5*	6.775	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.883
	6*	3.301	0.462			
L4	7*	15.404	0.415	1.5443	55.9	f4=-100.320
	8*	11.901	0.027			
L5	9*	8.599	0.279	1.5443	55.9	f5=16.544
	10*	188.778	0.439			
L6	11*	-6.334	0.250	1.5443	55.9	f6=-59.084
	12*	-7.997	0.036			
L7	13*	392.034	0.668	1.5443	55.9	f7=21.359
	14*	-11.974	0.078			
L8	15*	4.802	0.537	1.6707	19.2	f8=101.360
	16*	4.935	0.453			
L9	17*	5.775	0.844	1.5443	55.9	f9=-7.904
	18*	2.339	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.588			
(IM)		∞				

10

20

【 0 1 2 8 】

f12=4.824mm

f34=-8.872mm

f89=-9.162mm

f123=7.692mm

f456=30.186mm

f789=-20.448mm

D89=0.453mm

T7=0.668mm

T8=0.537mm

TL=7.086mm

Hmax=4.70mm

Dep=3.037mm

30

40

【 0 1 2 9 】

【表 8】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-9.012E-01	-7.994E-04	5.419E-03	-8.271E-03	6.971E-03	-3.507E-03	8.499E-04	-8.421E-05
2	-2.147E+00	-2.861E-02	-9.334E-03	-1.345E-04	1.399E-03	-4.728E-04	6.082E-04	-1.760E-04
3	8.904E-02	-4.306E-02	-1.414E-02	1.832E-03	2.302E-04	1.697E-03	-3.328E-04	-3.047E-05
4	0.000E+00	2.292E-03	-8.723E-03	6.868E-04	3.654E-03	-1.973E-03	3.245E-04	5.633E-05
5	-1.241E+01	5.310E-04	7.789E-03	-7.753E-03	4.743E-03	-3.698E-03	1.707E-03	-2.556E-04
6	-2.497E+00	-8.075E-04	1.502E-02	-6.920E-03	-2.357E-04	8.834E-04	1.593E-04	-9.905E-05
7	9.245E+01	-1.700E-02	-1.655E-02	9.043E-03	-3.338E-03	-1.586E-03	1.319E-03	-3.019E-04
8	0.000E+00	-5.718E-02	-8.949E-03	-5.915E-04	-5.804E-05	8.364E-04	-2.487E-04	-1.447E-05
9	0.000E+00	-7.128E-02	2.415E-03	1.567E-03	1.756E-03	-5.386E-04	8.943E-05	-8.170E-06
10	0.000E+00	-3.951E-02	-1.112E-02	1.708E-02	-7.620E-03	1.997E-03	-2.670E-04	1.648E-05
11	0.000E+00	-4.469E-02	3.964E-03	-3.076E-04	1.748E-03	-5.094E-04	4.697E-05	5.914E-07
12	0.000E+00	-3.232E-02	-1.410E-02	1.864E-02	-7.813E-03	1.776E-03	-2.437E-04	1.777E-05
13	0.000E+00	1.437E-02	-1.873E-02	7.210E-03	-2.245E-03	4.654E-04	-6.771E-05	2.210E-06
14	0.000E+00	2.501E-02	-1.397E-02	3.755E-04	1.118E-03	-2.722E-04	2.208E-05	-4.743E-07
15	0.000E+00	-6.329E-04	-2.159E-02	8.081E-03	-1.884E-03	2.842E-04	-2.338E-05	6.700E-07
16	-6.897E-01	-9.017E-03	-1.229E-02	4.416E-03	-8.350E-04	9.158E-05	-5.301E-06	1.156E-07
17	-5.188E+01	-4.852E-02	-3.546E-03	3.675E-03	-6.144E-04	4.620E-05	-1.623E-06	2.065E-08
18	-5.901E+00	-3.395E-02	5.670E-03	-6.476E-04	5.064E-05	-2.473E-06	6.487E-08	-6.571E-10

10

20

【 0 1 3 0 】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.34$

$f_{456}/f=5.26$

$f_{789}/f=-3.56$

$f_1/f=11.54$

$f_2/f=0.84$

$f_1/f_2=13.79$

$f_{12}/f=0.84$

$f_3/f=-1.72$

$R_{3f}/R_{3r}=2.05$

$f_3/f_2=-2.06$

$f_4/f_3=10.15$

$f_{34}/f=-1.55$

$f_{34}/f_{12}=-1.84$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 4.00$

$R_{8f}/R_{8r}=0.97$

$T_8/T_7=0.80$

$D_{89}/f=0.08$

$|f_8/f_9|=12.82$

$f_{89}/f=-1.60$

$R_{9r}/f=0.41$

$f_9/f=-1.38$

$TL/f=1.23$

$TL/H_{max}=1.51$

$f/Dep=1.89$

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。

【 0 1 3 1 】

図 1 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り、図 1 2 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 1 1 および図

30

40

50

1 2 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を良好に補正できる。

【 0 1 3 2 】

数値実施例 5

基本的なレンズデータ

【表 9】

f=5.74mm Fno=1.9 $\omega=39.3^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.413	0.511	1.5443	55.9	f1=66.664
	2*	2.392	0.073			
L2	3*	2.529	0.647	1.5443	55.9	f2=4.822
	4*	62.755	0.030			
L3	5*	6.905	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.888
	6*	3.334	0.463			
L4	7*	15.786	0.413	1.5443	55.9	f4=-97.245
	8*	12.047	0.026			
L5	9*	8.530	0.280	1.5443	55.9	f5=16.448
	10*	178.610	0.440			
L6	11*	-6.131	0.269	1.5443	55.9	f6=-100.343
	12*	-7.013	0.029			
L7	13*	79.830	0.677	1.5443	55.9	f7=17.402
	14*	-10.715	0.138			
L8	15*	5.526	0.510	1.6707	19.2	f8=-102.687
	16*	4.926	0.417			
L9	17*	5.699	0.860	1.5443	55.9	f9=-7.920
	18*	2.324	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.574			
(IM)		∞				

10

20

【 0 1 3 3 】

f12=4.838mm

f34=-8.852mm

f89=-7.513mm

f123=7.742mm

f456=25.174mm

f789=-17.057mm

D89=0.417mm

T7=0.677mm

T8=0.510mm

TL=7.095mm

Hmax=4.70mm

Dep=3.037mm

【 0 1 3 4 】

30

40

【表 10】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.988E-01	-7.729E-04	5.368E-03	-8.221E-03	6.934E-03	-3.496E-03	8.518E-04	-8.515E-05
2	-2.090E+00	-2.829E-02	-9.306E-03	-1.010E-04	1.410E-03	-4.909E-04	6.015E-04	-1.732E-04
3	1.354E-01	-4.229E-02	-1.405E-02	1.741E-03	2.068E-04	1.691E-03	-3.345E-04	-2.892E-05
4	0.000E+00	2.360E-03	-8.487E-03	6.017E-04	3.619E-03	-1.957E-03	3.270E-04	5.523E-05
5	-1.353E+01	3.681E-04	7.828E-03	-7.549E-03	4.736E-03	-3.709E-03	1.690E-03	-2.501E-04
6	-2.563E+00	-9.943E-04	1.494E-02	-6.730E-03	-2.333E-04	8.559E-04	1.531E-04	-9.568E-05
7	9.718E+01	-1.700E-02	-1.662E-02	8.868E-03	-3.254E-03	-1.576E-03	1.300E-03	-2.969E-04
8	0.000E+00	-5.768E-02	-8.566E-03	-5.521E-04	-3.817E-05	8.088E-04	-2.557E-04	-9.936E-06
9	0.000E+00	-7.180E-02	2.453E-03	1.601E-03	1.739E-03	-5.335E-04	8.842E-05	-8.434E-06
10	0.000E+00	-3.978E-02	-1.140E-02	1.693E-02	-7.533E-03	1.997E-03	-2.676E-04	1.535E-05
11	0.000E+00	-4.411E-02	3.984E-03	-2.442E-04	1.740E-03	-5.124E-04	4.619E-05	6.440E-07
12	0.000E+00	-3.138E-02	-1.409E-02	1.856E-02	-7.785E-03	1.773E-03	-2.450E-04	1.802E-05
13	0.000E+00	1.268E-02	-1.889E-02	7.431E-03	-2.314E-03	4.679E-04	-6.541E-05	1.971E-06
14	0.000E+00	2.780E-02	-1.448E-02	3.713E-04	1.117E-03	-2.713E-04	2.218E-05	-4.874E-07
15	0.000E+00	1.549E-03	-2.174E-02	8.001E-03	-1.870E-03	2.841E-04	-2.345E-05	6.762E-07
16	-1.634E+00	-1.006E-02	-1.215E-02	4.417E-03	-8.364E-04	9.185E-05	-5.315E-06	1.151E-07
17	-4.909E+01	-4.833E-02	-3.564E-03	3.664E-03	-6.138E-04	4.624E-05	-1.625E-06	2.058E-08
18	-5.837E+00	-3.330E-02	5.644E-03	-6.459E-04	5.035E-05	-2.467E-06	6.532E-08	-6.706E-10

10

20

【0 1 3 5】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.35$

$f_{456}/f=4.39$

$f_{789}/f=-2.97$

$f_1/f=11.62$

$f_2/f=0.84$

$f_1/f_2=13.82$

$f_{12}/f=0.84$

$f_3/f=-1.72$

$R_{3f}/R_{3r}=2.07$

$f_3/f_2=-2.05$

$f_4/f_3=9.83$

$f_{34}/f=-1.54$

$f_{34}/f_{12}=-1.83$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 3.43$

$R_{8f}/R_{8r}=1.12$

$T_8/T_7=0.75$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=12.97$

$f_{89}/f=-1.31$

$R_{9r}/f=0.40$

$f_9/f=-1.38$

$TL/f=1.24$

$TL/H_{max}=1.51$

$f/Dep=1.89$

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。

【0 1 3 6】

図 1 4 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り、図 1 5 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 1 4 および図

30

40

50

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を良好に補正できる。

【0137】

数値実施例6

基本的なレンズデータ

【表11】

f=5.76mm Fno=2.0 $\omega=38.9^\circ$

	i	r	d	n _d	ν_d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.368	0.554	1.5443	55.9	f1=48.109
	2*	2.389	0.078			
L2	3*	2.530	0.619	1.5443	55.9	f2=4.711
	4*	172.959	0.030			
L3	5*	7.230	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.648
	6*	3.367	0.423			
L4	7*	15.244	0.414	1.5443	55.9	f4=-100.326
	8*	11.803	0.022			
L5	9*	10.373	0.301	1.5443	55.9	f5=14.119
	10*	-29.351	0.500			
L6	11*	-4.248	0.257	1.5443	55.9	f6=-100.518
	12*	-4.704	0.029			
L7	13*	-18.704	0.565	1.5443	55.9	f7=-100.347
	14*	-28.748	0.030			
L8	15*	5.255	0.634	1.6707	19.2	f8=64.260
	16*	5.694	0.334			
L9	17*	3.976	0.901	1.5443	55.9	f9=-11.066
	18*	2.204	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.640			
(IM)		∞				

10

20

【0138】

f12=4.646mm

f34=-8.681mm

f89=-14.768mm

f123=7.330mm

f456=20.161mm

f789=-12.343mm

D89=0.334mm

T7=0.565mm

T8=0.634mm

TL=7.069mm

Hmax=4.65mm

Dep=2.881mm

【0139】

30

40

【表 1 2】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.817E-01	-6.242E-04	5.330E-03	-8.344E-03	7.019E-03	-3.521E-03	8.395E-04	-8.098E-05
2	-2.342E+00	-2.922E-02	-9.312E-03	-2.478E-04	1.329E-03	-4.069E-04	6.253E-04	-1.864E-04
3	1.945E-02	-4.534E-02	-1.423E-02	2.064E-03	3.453E-04	1.716E-03	-3.240E-04	-3.607E-05
4	0.000E+00	3.043E-03	-9.279E-03	6.827E-04	3.727E-03	-1.976E-03	3.263E-04	5.929E-05
5	-1.028E+01	4.109E-04	7.465E-03	-8.108E-03	4.757E-03	-3.610E-03	1.726E-03	-2.714E-04
6	-2.430E+00	-1.398E-03	1.406E-02	-6.806E-03	-1.639E-04	9.743E-04	1.910E-04	-1.275E-04
7	9.525E+01	-1.510E-02	-1.658E-02	9.071E-03	-3.547E-03	-1.543E-03	1.346E-03	-3.182E-04
8	0.000E+00	-5.359E-02	-1.045E-02	-3.971E-04	-1.654E-04	8.658E-04	-2.243E-04	-2.451E-05
9	0.000E+00	-6.935E-02	2.170E-03	1.516E-03	2.106E-03	-5.186E-04	8.028E-05	-1.421E-05
10	0.000E+00	-3.895E-02	-1.111E-02	1.739E-02	-7.687E-03	1.999E-03	-2.540E-04	1.913E-05
11	0.000E+00	-5.083E-02	3.567E-03	-3.662E-04	1.816E-03	-4.298E-04	4.629E-05	6.880E-07
12	0.000E+00	-3.102E-02	-1.361E-02	1.873E-02	-7.808E-03	1.790E-03	-2.391E-04	1.714E-05
13	0.000E+00	1.671E-02	-1.836E-02	6.760E-03	-2.218E-03	4.726E-04	-6.870E-05	1.956E-06
14	0.000E+00	1.292E-02	-1.315E-02	3.837E-04	1.122E-03	-2.728E-04	2.170E-05	-5.212E-07
15	0.000E+00	-6.657E-04	-2.246E-02	8.342E-03	-1.914E-03	2.836E-04	-2.311E-05	5.997E-07
16	-2.192E-02	-8.277E-03	-1.217E-02	4.378E-03	-8.351E-04	9.170E-05	-5.289E-06	1.152E-07
17	-1.912E+01	-5.111E-02	-3.532E-03	3.686E-03	-6.144E-04	4.608E-05	-1.625E-06	2.101E-08
18	-5.373E+00	-3.492E-02	5.734E-03	-6.524E-04	5.083E-05	-2.471E-06	6.423E-08	-6.607E-10

10

20

【0 1 4 0】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.27$

$f_{456}/f=3.50$

$f_{789}/f=-2.14$

$f_1/f=8.35$

$f_2/f=0.82$

$f_1/f_2=10.21$

$f_{12}/f=0.81$

$f_3/f=-1.67$

$R_{3f}/R_{3r}=2.15$

$f_3/f_2=-2.05$

$f_4/f_3=10.40$

$f_{34}/f=-1.51$

$f_{34}/f_{12}=-1.87$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 2.85$

$R_{8f}/R_{8r}=0.92$

$T_8/T_7=1.12$

$D_{89}/f=0.06$

$|f_8/f_9|=5.81$

$f_{89}/f=-2.56$

$R_{9r}/f=0.38$

$f_9/f=-1.92$

$TL/f=1.23$

$TL/H_{max}=1.52$

$f/Dep=2.00$

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 1 4 1】

図 1 7 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り、図 1 8 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 1 7 および図

30

40

50

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っても諸収差を良好に補正できる。

【0142】

数値実施例7

基本的なレンズデータ

【表13】

f=5.54mm Fno=1.9 $\omega=39.1^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.471	0.531	1.5443	55.9	f1=72.383
	2*	2.437	0.071			
L2	3*	2.518	0.617	1.5443	55.9	f2=4.573
	4*	-201.144	0.030			
L3	5*	7.811	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.385
	6*	3.441	0.467			
L4	7*	21.170	0.364	1.5443	55.9	f4=-96.621
	8*	15.003	0.056			
L5	9*	29.389	0.409	1.5443	55.9	f5=-94.446
	10*	18.607	0.205			
L6	11*	-13.419	0.306	1.5443	55.9	f6=21.214
	12*	-6.256	0.048			
L7	13*	1578.862	0.532	1.5443	55.9	f7=19.697
	14*	-10.793	0.236			
L8	15*	4.631	0.449	1.6707	19.2	f8=101.528
	16*	4.775	0.387			
L9	17*	4.181	0.981	1.5443	55.9	f9=-9.965
	18*	2.166	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.702			
(IM)		∞				

10

20

【0143】

f12=4.636mm

f34=-8.461mm

f89=-11.815mm

f123=7.497mm

f456=37.901mm

f789=-52.326mm

D89=0.387mm

T7=0.532mm

T8=0.449mm

TL=7.128mm

Hmax=4.50mm

Dep=2.914mm

【0144】

30

40

【表 1 4】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-7.418E-01	6.963E-04	5.293E-03	-7.942E-03	6.889E-03	-3.466E-03	8.377E-04	-8.642E-05
2	-2.450E+00	-2.889E-02	-8.379E-03	4.542E-05	1.236E-03	-3.937E-04	6.135E-04	-1.806E-04
3	-2.690E-02	-4.556E-02	-1.392E-02	2.233E-03	4.614E-04	1.815E-03	-3.249E-04	-2.937E-05
4	0.000E+00	4.538E-03	-8.326E-03	1.217E-03	3.783E-03	-2.064E-03	3.860E-04	5.605E-05
5	-1.532E+01	2.754E-04	6.856E-03	-8.328E-03	4.641E-03	-3.729E-03	1.737E-03	-2.930E-04
6	-1.903E+00	-1.648E-03	1.176E-02	-7.317E-03	-9.970E-06	7.541E-04	2.260E-04	-1.650E-04
7	1.295E+02	-2.022E-02	-1.586E-02	9.078E-03	-3.791E-03	-1.433E-03	1.354E-03	-3.227E-04
8	0.000E+00	-4.709E-02	-1.259E-02	1.553E-05	2.229E-04	7.393E-04	-1.781E-04	-1.093E-05
9	0.000E+00	-6.289E-02	2.449E-03	9.455E-04	2.136E-03	-4.668E-04	6.957E-05	-2.608E-05
10	0.000E+00	-4.838E-02	-1.222E-02	1.664E-02	-7.757E-03	1.979E-03	-2.557E-04	1.656E-05
11	0.000E+00	-5.086E-02	2.770E-03	-4.523E-04	1.859E-03	-4.672E-04	5.513E-05	-2.489E-06
12	0.000E+00	-3.423E-02	-1.134E-02	1.832E-02	-7.727E-03	1.775E-03	-2.401E-04	1.812E-05
13	0.000E+00	1.718E-02	-1.921E-02	7.921E-03	-2.462E-03	4.826E-04	-6.310E-05	2.320E-06
14	0.000E+00	2.101E-02	-1.302E-02	3.754E-04	1.125E-03	-2.792E-04	2.231E-05	-4.127E-07
15	0.000E+00	3.190E-03	-2.184E-02	7.977E-03	-1.855E-03	2.748E-04	-2.218E-05	6.684E-07
16	-6.934E-01	-9.917E-03	-1.222E-02	4.382E-03	-8.289E-04	9.128E-05	-5.331E-06	1.197E-07
17	-2.161E+01	-5.232E-02	-3.100E-03	3.664E-03	-6.162E-04	4.657E-05	-1.649E-06	2.099E-08
18	-4.577E+00	-3.304E-02	5.539E-03	-6.445E-04	5.038E-05	-2.448E-06	6.408E-08	-6.651E-10

10

20

【0 1 4 5】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.35$

$f_{456}/f=6.84$

$f_{789}/f=-9.45$

$f_1/f=13.07$

$f_2/f=0.83$

$f_1/f_2=15.83$

$f_{12}/f=0.84$

$f_3/f=-1.69$

$R_{3f}/R_{3r}=2.27$

$f_3/f_2=-2.05$

$f_4/f_3=10.30$

$f_{34}/f=-1.53$

$f_{34}/f_{12}=-1.82$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 4.94$

$R_{8f}/R_{8r}=0.97$

$T_8/T_7=0.84$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=10.19$

$f_{89}/f=-2.13$

$R_{9r}/f=0.39$

$f_9/f=-1.80$

$TL/f=1.29$

$TL/H_{max}=1.58$

$f/Dep=1.90$

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 1 4 6】

図 2 0 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り、図 2 1 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 2 0 および図

30

40

50

21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を良好に補正できる。

【0147】

数値実施例8

基本的なレンズデータ

【表15】

f=5.72mm Fno=1.9 $\omega=39.5^\circ$

	i	r	d	n d	ν d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.466	0.533	1.5443	55.9	f1=67.022
	2*	2.443	0.072			
L2	3*	2.511	0.619	1.5443	55.9	f2=4.558
	4*	-189.939	0.030			
L3	5*	7.760	0.250	1.6707	19.2	f3=-9.511
	6*	3.456	0.468			
L4	7*	20.880	0.365	1.5443	55.9	f4=-100.383
	8*	15.014	0.056			
L5	9*	28.658	0.413	1.5443	55.9	f5=-100.382
	10*	18.703	0.208			
L6	11*	-13.558	0.307	1.5443	55.9	f6=20.698
	12*	-6.202	0.048			
L7	13*	1021.460	0.532	1.5443	55.9	f7=19.378
	14*	-10.655	0.239			
L8	15*	5.249	0.423	1.6707	19.2	f8=-100.688
	16*	4.713	0.391			
L9	17*	4.156	0.987	1.5443	55.9	f9=-10.086
	18*	2.167	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.735			
(IM)		∞				

10

20

【0148】

f12=4.601mm

f34=-8.594mm

f89=-9.272mm

f123=7.332mm

f456=35.049mm

f789=-24.335mm

D89=0.391mm

T7=0.532mm

T8=0.423mm

TL=7.164mm

Hmax=4.71mm

Dep=3.011mm

【0149】

30

40

【表 1 6】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.414E-01	-1.407E-04	5.132E-03	-8.060E-03	6.846E-03	-3.475E-03	8.393E-04	-8.387E-05
2	-2.468E+00	-2.931E-02	-8.856E-03	-7.704E-06	1.252E-03	-3.896E-04	6.083E-04	-1.857E-04
3	-4.268E-02	-4.587E-02	-1.374E-02	2.129E-03	3.459E-04	1.760E-03	-3.426E-04	-2.996E-05
4	0.000E+00	2.253E-03	-8.979E-03	8.862E-04	3.663E-03	-2.068E-03	4.010E-04	4.918E-05
5	-1.134E+01	8.668E-04	6.867E-03	-8.134E-03	4.785E-03	-3.686E-03	1.746E-03	-2.766E-04
6	-1.784E+00	-1.220E-03	1.254E-02	-7.046E-03	2.514E-05	7.466E-04	2.377E-04	-1.359E-04
7	1.277E+02	-1.981E-02	-1.630E-02	8.683E-03	-3.888E-03	-1.421E-03	1.382E-03	-2.996E-04
8	0.000E+00	-4.741E-02	-1.291E-02	1.093E-05	2.606E-04	7.518E-04	-1.786E-04	-1.369E-05
9	0.000E+00	-6.336E-02	2.449E-03	9.074E-04	2.122E-03	-4.690E-04	6.983E-05	-2.573E-05
10	0.000E+00	-4.792E-02	-1.224E-02	1.666E-02	-7.745E-03	1.982E-03	-2.552E-04	1.660E-05
11	0.000E+00	-5.105E-02	2.813E-03	-4.393E-04	1.862E-03	-4.666E-04	5.530E-05	-2.443E-06
12	0.000E+00	-3.398E-02	-1.134E-02	1.832E-02	-7.726E-03	1.776E-03	-2.400E-04	1.815E-05
13	0.000E+00	1.575E-02	-1.928E-02	7.931E-03	-2.457E-03	4.840E-04	-6.294E-05	2.285E-06
14	0.000E+00	2.140E-02	-1.295E-02	3.854E-04	1.125E-03	-2.791E-04	2.233E-05	-4.112E-07
15	0.000E+00	3.612E-03	-2.183E-02	7.978E-03	-1.855E-03	2.749E-04	-2.217E-05	6.678E-07
16	-8.316E-01	-1.011E-02	-1.222E-02	4.382E-03	-8.290E-04	9.128E-05	-5.330E-06	1.201E-07
17	-2.249E+01	-5.238E-02	-3.107E-03	3.663E-03	-6.163E-04	4.657E-05	-1.649E-06	2.110E-08
18	-5.182E+00	-3.320E-02	5.539E-03	-6.437E-04	5.041E-05	-2.448E-06	6.410E-08	-6.654E-10

10

20

【 0 1 5 0】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.28$

$f_{456}/f=6.13$

$f_{789}/f=-4.25$

$f_1/f=11.71$

$f_2/f=0.80$

$f_1/f_2=14.70$

$f_{12}/f=0.80$

$f_3/f=-1.66$

$R_{3f}/R_{3r}=2.25$

$f_3/f_2=-2.09$

$f_4/f_3=10.55$

$f_{34}/f=-1.50$

$f_{34}/f_{12}=-1.87$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 4.56$

$R_{8f}/R_{8r}=1.11$

$T_8/T_7=0.80$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=9.98$

$f_{89}/f=-1.62$

$R_{9r}/f=0.38$

$f_9/f=-1.76$

$TL/f=1.25$

$TL/H_{max}=1.52$

$f/Dep=1.90$

このように、本数値実施例 8 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 1 5 1】

図 2 3 は球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、および歪曲収差 (%) をそれぞれ示したものであり、図 2 4 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 2 3 および図

30

40

50

24に示されるように、本数値実施例8に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【0152】

数値実施例9

基本的なレンズデータ

【表17】

f=6.27mm Fno=2.1 $\omega=35.7^\circ$

	i	r	d	n _d	ν_d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.446	0.550	1.5443	55.9	f1=55.694
	2*	2.450	0.069			
L2	3*	2.504	0.641	1.5443	55.9	f2=4.549
	4*	-202.701	0.035			
L3	5*	7.346	0.247	1.6707	19.2	f3=-9.764
	6*	3.416	0.500			
L4	7*	20.828	0.354	1.5443	55.9	f4=-94.430
	8*	14.733	0.060			
L5	9*	29.485	0.425	1.5443	55.9	f5=-101.483
	10*	19.126	0.213			
L6	11*	-14.973	0.293	1.5443	55.9	f6=18.630
	12*	-6.087	0.044			
L7	13*	-15.669	0.519	1.5443	55.9	f7=-109.290
	14*	-21.521	0.231			
L8	15*	4.538	0.463	1.6707	19.2	f8=77.596
	16*	4.768	0.413			
L9	17*	4.100	0.994	1.5443	55.9	f9=-10.696
	18*	2.200	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.859			
(IM)		∞				

10

20

【0153】

f12=4.544mm

f34=-8.751mm

f89=-13.472mm

f123=7.025mm

f456=29.957mm

f789=-11.511mm

D89=0.413mm

T7=0.519mm

T8=0.463mm

TL=7.397mm

Hmax=4.51mm

Dep=2.987mm

【0154】

30

40

【表 18】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-8.149E-01	3.818E-04	4.117E-03	-7.573E-03	6.882E-03	-3.537E-03	8.210E-04	-7.362E-05
2	-2.756E+00	-3.057E-02	-9.231E-03	-2.911E-04	1.290E-03	-3.617E-04	6.122E-04	-1.687E-04
3	-2.272E-01	-4.826E-02	-1.488E-02	2.002E-03	3.445E-04	1.818E-03	-3.334E-04	-2.545E-05
4	0.000E+00	-4.128E-04	-9.699E-03	5.904E-04	3.675E-03	-1.988E-03	4.036E-04	1.212E-05
5	-1.055E+00	2.236E-03	6.977E-03	-8.360E-03	4.561E-03	-3.747E-03	1.713E-03	-2.507E-04
6	-7.761E-01	1.759E-03	1.334E-02	-7.436E-03	-2.190E-04	5.626E-04	6.450E-05	-5.177E-05
7	0.000E+00	-1.860E-02	-1.703E-02	9.110E-03	-3.921E-03	-1.396E-03	1.428E-03	-3.294E-04
8	0.000E+00	-5.207E-02	-1.197E-02	-2.935E-05	9.569E-04	9.725E-04	-1.971E-04	-5.198E-05
9	0.000E+00	-5.993E-02	3.454E-03	1.788E-03	2.240E-03	-5.125E-04	4.245E-05	-6.162E-05
10	0.000E+00	-4.720E-02	-1.167E-02	1.614E-02	-7.805E-03	1.980E-03	-2.577E-04	1.527E-05
11	0.000E+00	-5.921E-02	1.122E-03	-1.486E-05	2.112E-03	-4.371E-04	5.577E-05	-4.949E-06
12	0.000E+00	-2.968E-02	-9.784E-03	1.762E-02	-7.858E-03	1.772E-03	-2.335E-04	2.005E-05
13	0.000E+00	1.906E-02	-2.146E-02	8.498E-03	-2.485E-03	4.482E-04	-7.055E-05	2.039E-06
14	0.000E+00	6.705E-04	-1.054E-02	6.845E-04	1.131E-03	-2.791E-04	2.188E-05	-4.447E-07
15	0.000E+00	-1.126E-02	-2.052E-02	7.748E-03	-1.844E-03	2.798E-04	-2.187E-05	6.623E-07
16	-3.396E+00	-1.632E-02	-1.187E-02	4.440E-03	-8.388E-04	9.057E-05	-5.208E-06	1.533E-07
17	-4.214E+01	-5.567E-02	-2.716E-03	3.654E-03	-6.151E-04	4.683E-05	-1.635E-06	1.736E-08
18	-7.660E+00	-3.270E-02	5.384E-03	-6.203E-04	4.935E-05	-2.494E-06	6.540E-08	-5.812E-10

10

20

【0155】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.12$

$f_{456}/f=4.78$

$f_{789}/f=-1.84$

$f_1/f=8.88$

$f_2/f=0.73$

$f_1/f_2=12.24$

$f_{12}/f=0.72$

$f_3/f=-1.56$

$R_{3f}/R_{3r}=2.15$

$f_3/f_2=-2.15$

$f_4/f_3=9.67$

$f_{34}/f=-1.40$

$f_{34}/f_{12}=-1.93$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 3.64$

$R_{8f}/R_{8r}=0.95$

$T_8/T_7=0.89$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=7.25$

$f_{89}/f=-2.15$

$R_{9r}/f=0.35$

$f_9/f=-1.71$

$TL/f=1.18$

$TL/H_{max}=1.64$

$f/Dep=2.10$

このように、本数値実施例 9 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【0156】

図 26 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り、図 27 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 26 および図

30

40

50

27に示されるように、本数値実施例9に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【0157】

数値実施例10

基本的なレンズデータ

【表19】

f=6.21mm Fno=2.1 $\omega=35.9^\circ$

	i	r	d	n _d	ν_d	[mm]
		∞	∞			
L1	1*(ST)	2.427	0.548	1.5443	55.9	f1=45.942
	2*	2.474	0.064			
L2	3*	2.476	0.641	1.5443	55.9	f2=4.501
	4*	-215.478	0.035			
L3	5*	7.287	0.251	1.6707	19.2	f3=-9.997
	6*	3.444	0.500			
L4	7*	20.751	0.349	1.5443	55.9	f4=-99.249
	8*	14.903	0.060			
L5	9*	29.748	0.428	1.5443	55.9	f5=-100.413
	10*	19.165	0.212			
L6	11*	-15.066	0.277	1.5443	55.9	f6=17.372
	12*	-5.847	0.042			
L7	13*	-15.434	0.489	1.5443	55.9	f7=-100.990
	14*	-21.700	0.231			
L8	15*	4.750	0.460	1.6707	19.2	f8=-103.333
	16*	4.272	0.413			
L9	17*	4.148	0.986	1.5443	55.9	f9=-10.495
	18*	2.202	0.350			
	19	∞	0.210	1.5168	64.2	
	20	∞	0.740			
(IM)		∞				

10

20

【0158】

f12=4.426mm
 f34=-8.985mm
 f89=-9.694mm
 f123=6.636mm
 f456=26.563mm
 f789=-8.534mm
 D89=0.413mm
 T7=0.489mm
 T8=0.461mm
 TL=7.215mm
 Hmax=4.50mm
 Dep=2.958mm

30

40

【0159】

【表 2 0】

非球面データ

i	k	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
1	-1.018E+00	-4.268E-04	5.148E-03	-7.741E-03	6.436E-03	-3.489E-03	9.056E-04	-9.412E-05
2	-3.114E+00	-3.402E-02	-9.737E-03	6.019E-04	1.385E-03	-3.609E-04	6.127E-04	-1.733E-04
3	-4.823E-01	-5.021E-02	-1.596E-02	2.782E-03	3.658E-04	1.875E-03	-3.165E-04	-3.939E-05
4	0.000E+00	-9.654E-03	-9.466E-03	6.526E-04	4.026E-03	-1.916E-03	2.964E-04	2.642E-05
5	-6.591E+00	-7.958E-05	6.189E-03	-6.764E-03	4.756E-03	-3.713E-03	1.846E-03	-3.495E-04
6	-1.226E+00	5.632E-03	1.345E-02	-1.072E-02	2.333E-03	6.445E-04	-2.637E-04	1.310E-05
7	0.000E+00	-1.881E-02	-2.588E-02	1.071E-02	-2.878E-03	-1.266E-03	1.476E-03	-3.696E-04
8	0.000E+00	-4.157E-02	-2.047E-02	-1.631E-03	3.638E-03	1.125E-03	-1.044E-03	5.770E-05
9	0.000E+00	-4.886E-02	3.293E-03	1.483E-03	1.325E-03	-7.437E-04	-5.877E-06	-8.715E-05
10	0.000E+00	-5.838E-02	-8.703E-03	1.630E-02	-7.844E-03	1.967E-03	-2.399E-04	2.451E-05
11	0.000E+00	-6.429E-02	1.307E-03	1.479E-03	2.153E-03	-4.721E-04	4.844E-05	-1.033E-05
12	0.000E+00	-1.237E-02	-7.861E-03	1.640E-02	-7.614E-03	1.785E-03	-2.699E-04	1.904E-05
13	0.000E+00	3.227E-02	-2.744E-02	9.642E-03	-2.337E-03	4.394E-04	-7.584E-05	3.333E-06
14	0.000E+00	6.303E-03	-1.473E-02	1.789E-03	1.050E-03	-2.797E-04	2.159E-05	-3.684E-07
15	0.000E+00	-1.772E-02	-1.873E-02	7.862E-03	-1.900E-03	2.795E-04	-2.167E-05	6.104E-07
16	-1.506E+01	-1.659E-02	-1.080E-02	4.461E-03	-8.729E-04	9.316E-05	-5.393E-06	1.608E-07
17	-5.084E+01	-6.395E-02	-9.279E-04	3.468E-03	-6.145E-04	4.849E-05	-1.712E-06	1.064E-08
18	-9.014E+00	-3.262E-02	5.455E-03	-6.296E-04	4.653E-05	-2.237E-06	7.453E-08	-1.705E-09

10

20

【 0 1 6 0】

各条件式の値を以下に示す。

$f_{123}/f=1.07$

$f_{456}/f=4.28$

$f_{789}/f=-1.37$

$f_1/f=7.39$

$f_2/f=0.72$

$f_1/f_2=10.21$

$f_{12}/f=0.71$

$f_3/f=-1.61$

$R_{3f}/R_{3r}=2.12$

$f_3/f_2=-2.22$

$f_4/f_3=9.93$

$f_{34}/f=-1.45$

$f_{34}/f_{12}=-2.03$

$f_5 \cdot f_6 / (f \cdot (f_5 + f_6)) = 3.38$

$R_{8f}/R_{8r}=1.11$

$T_8/T_7=0.94$

$D_{89}/f=0.07$

$|f_8/f_9|=9.85$

$f_{89}/f=-1.56$

$R_{9r}/f=0.35$

$f_9/f=-1.69$

$TL/f=1.16$

$TL/H_{max}=1.60$

$f/Dep=2.10$

このように、本数値実施例 1 0 に係る撮像レンズは上記各条件式を満足する。

【 0 1 6 1】

図 2 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り、図 3 0 は像高比 H に対応する横収差を示したものである。図 2 9 および図

30

40

50

30に示されるように、本数値実施例10に係る撮像レンズによっても諸収差を良好に補正できる。

【0162】

以上説明した本実施の形態に係る撮像レンズは65°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1~10に係る撮像レンズは71.4°~78.9°の画角を有する。

【0163】

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い。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ことが多く、撮影した画像が暗くなる傾向にある。数値実施例1~10の撮像レンズのFnoは1.9~2.1と小さな値である。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。

10

【0164】

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、携帯電話機、および携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラや、デジタルスティルカメラ、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、当該カメラの高性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】

【0165】

本発明は、スマートフォン、携帯電話機、および携帯情報端末等の携帯機器に内蔵されるカメラ、デジタルスティルカメラ、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できる。

20

【符号の説明】

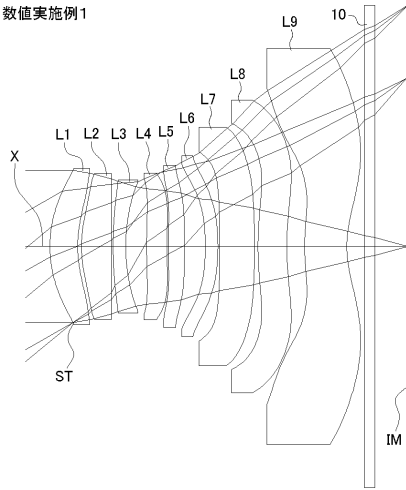
【0166】

X	光軸
ST	開口絞り
L1	第1レンズ
L2	第2レンズ
L3	第3レンズ
L4	第4レンズ
L5	第5レンズ
L6	第6レンズ
L7	第7レンズ
L8	第8レンズ
L9	第9レンズ
I0	フィルタ
IM	像面

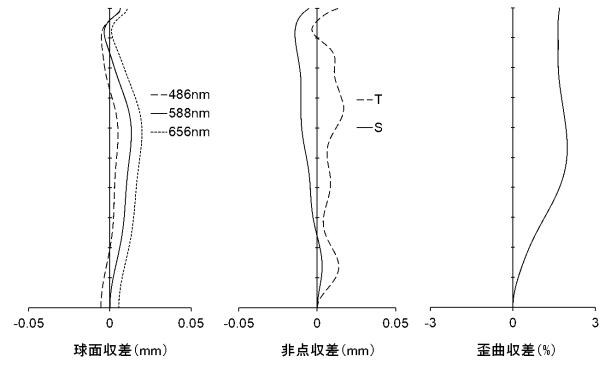
30

【図1】

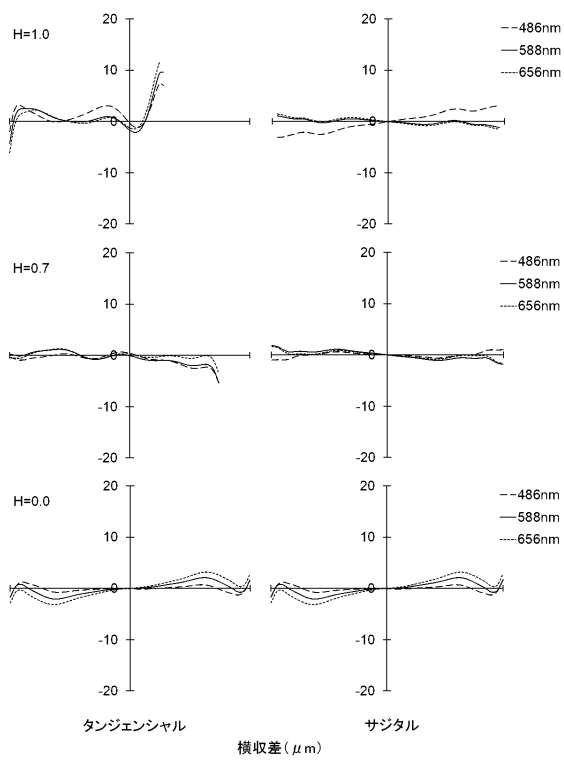
数值実施例1



【図2】

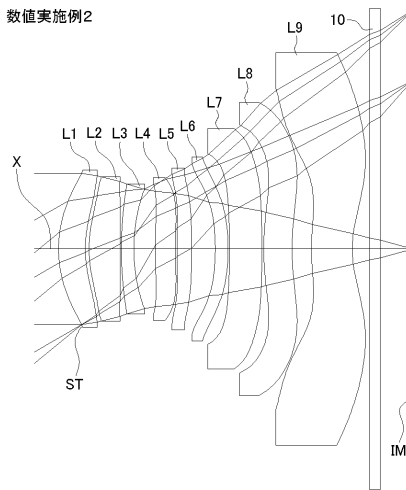


【図3】

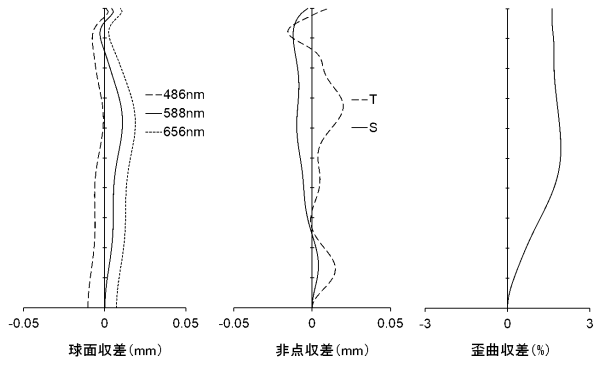


【図4】

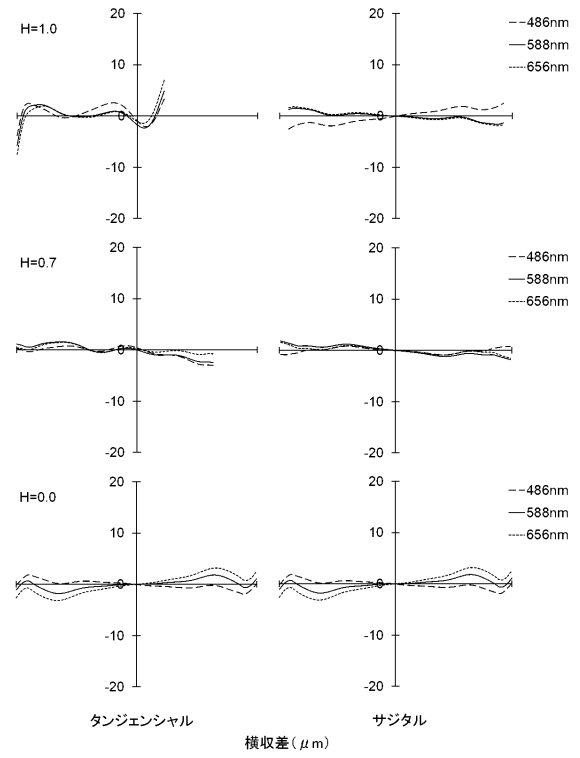
数值実施例2



【図5】

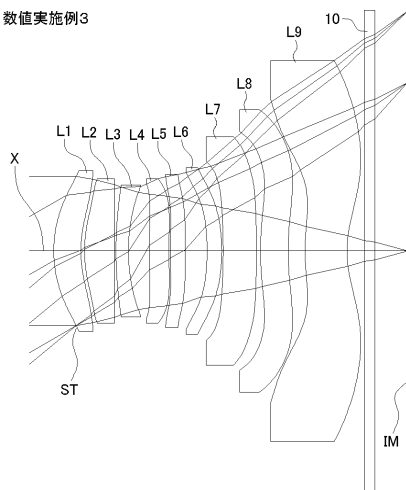


【図6】

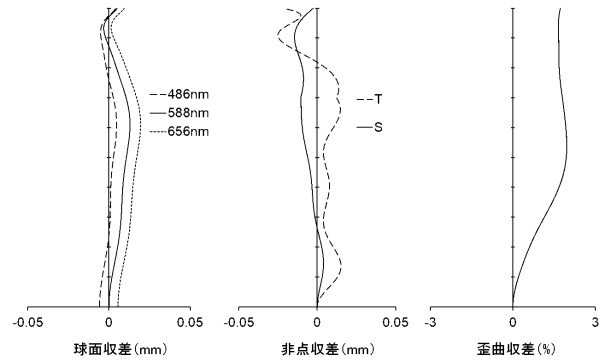


【図7】

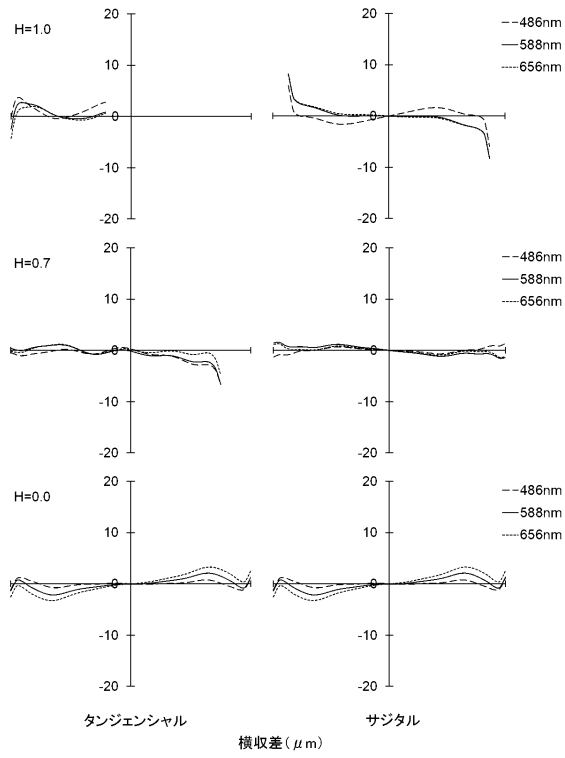
数値実施例3



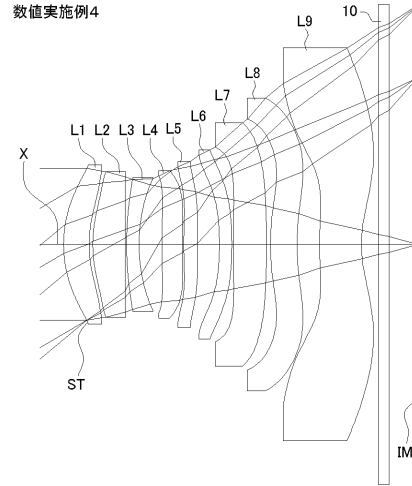
【図8】



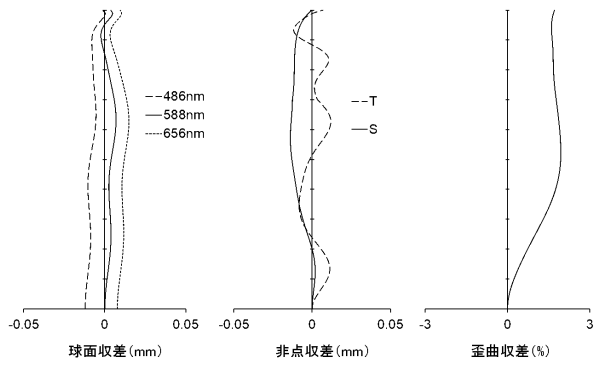
【図9】



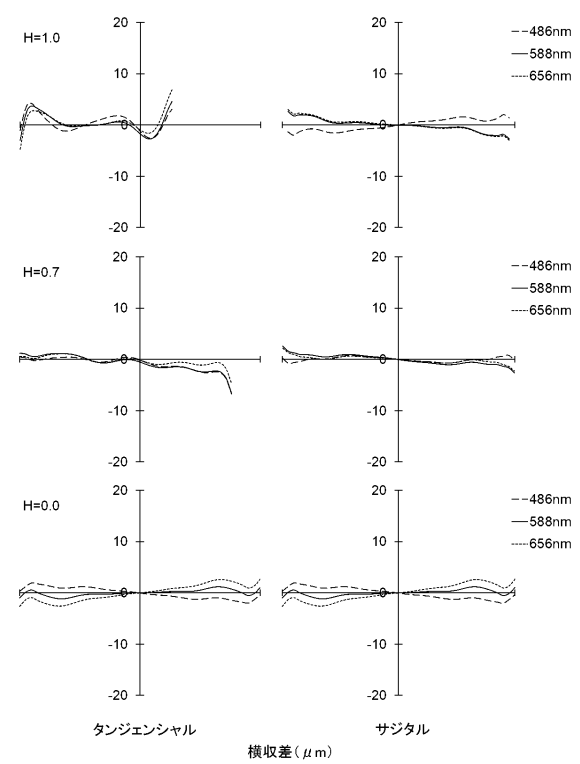
【図10】



【図11】

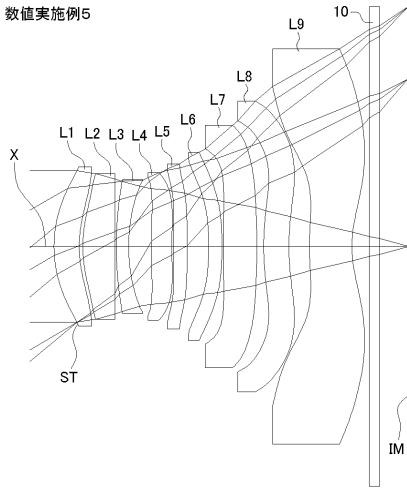


【図12】

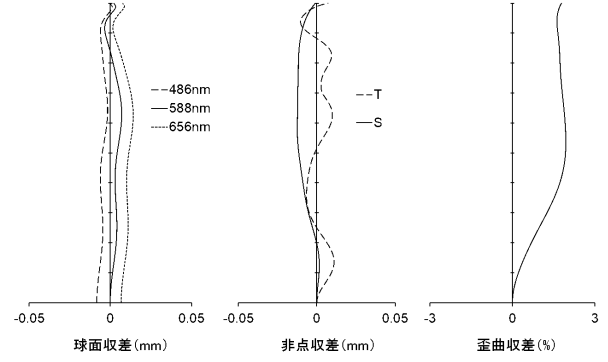


【図13】

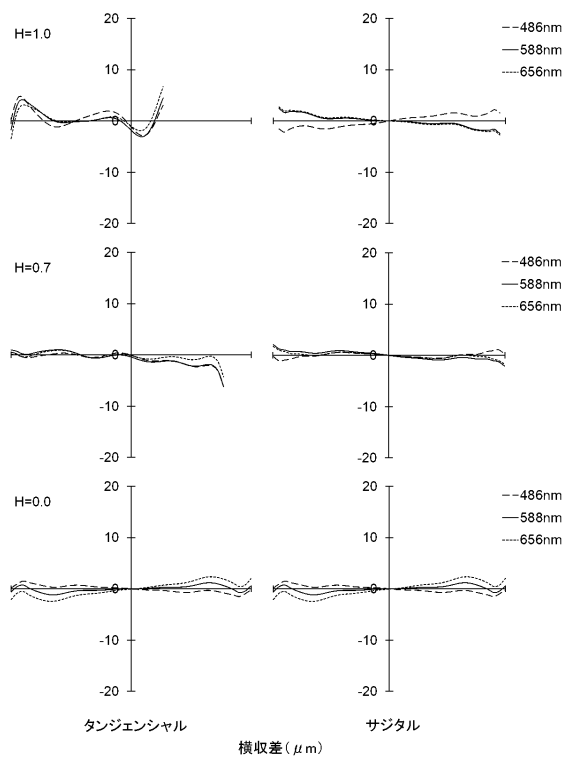
数值実施例5



【図14】

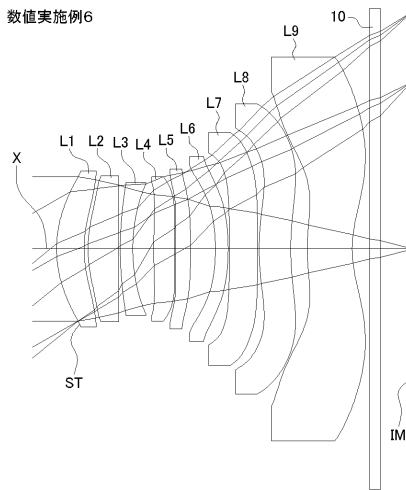


【図15】

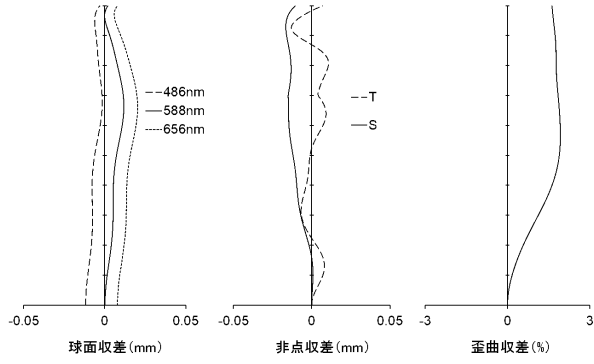


【図16】

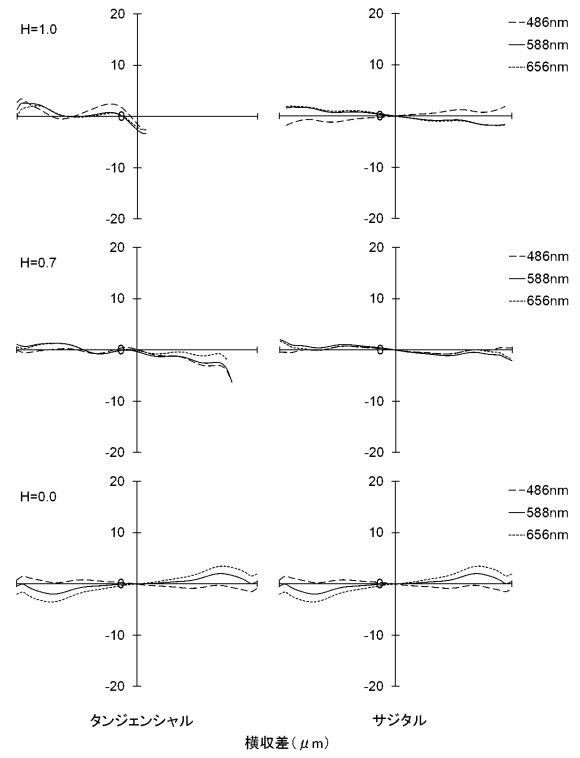
数值実施例6



【図17】

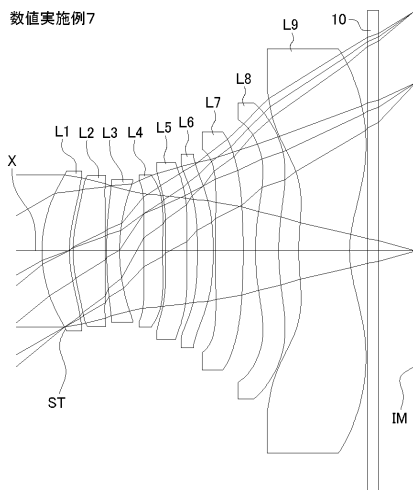


【図18】

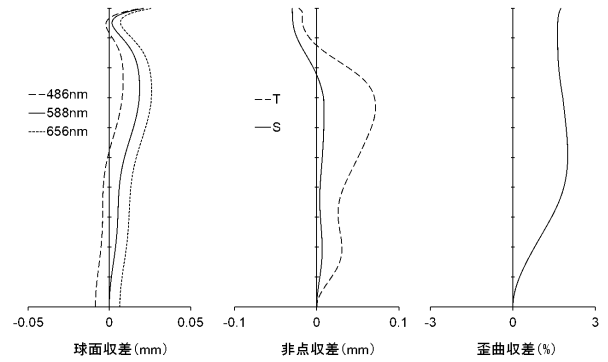


【図19】

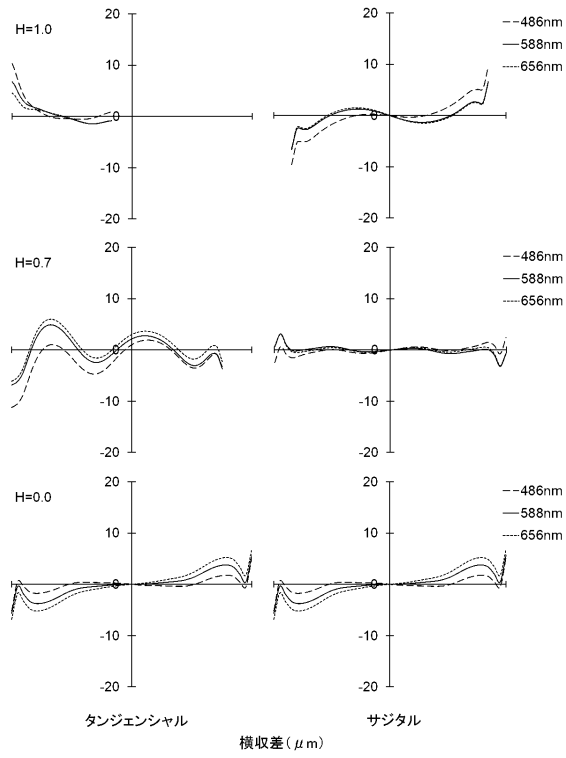
数值実施例7



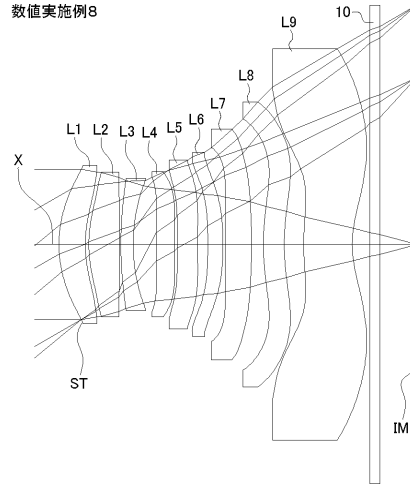
【図20】



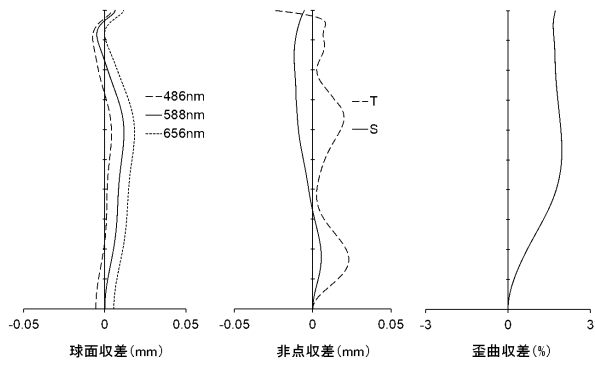
【図21】



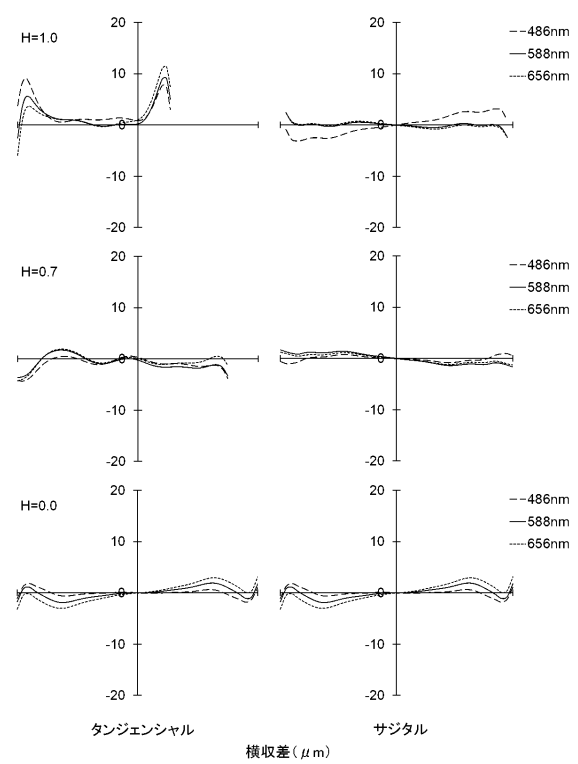
【図22】



【図23】

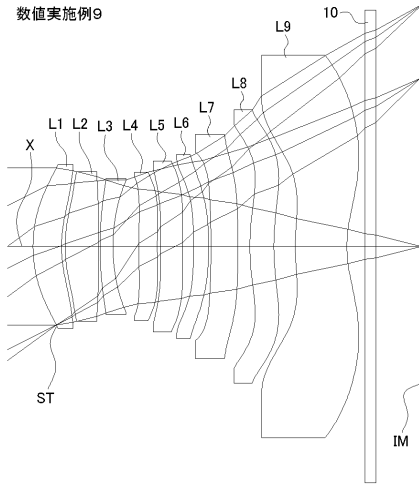


【図24】

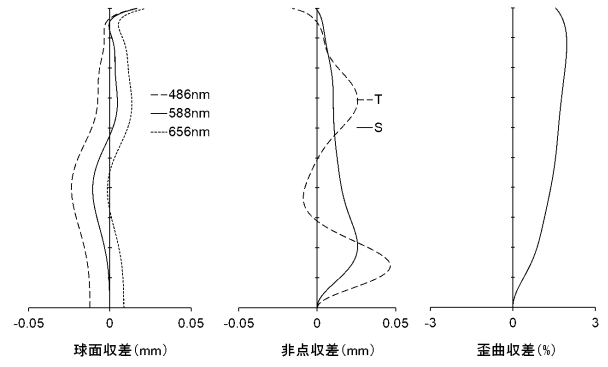


【図 25】

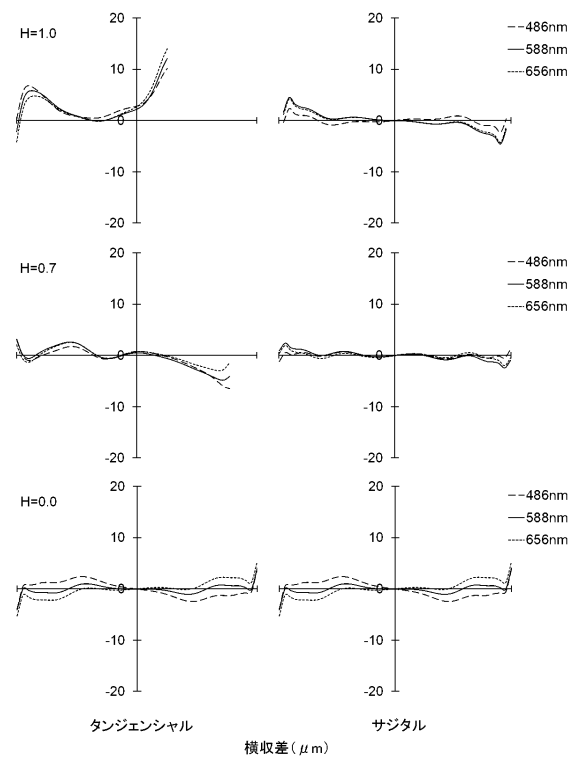
数值実施例9



【図 26】

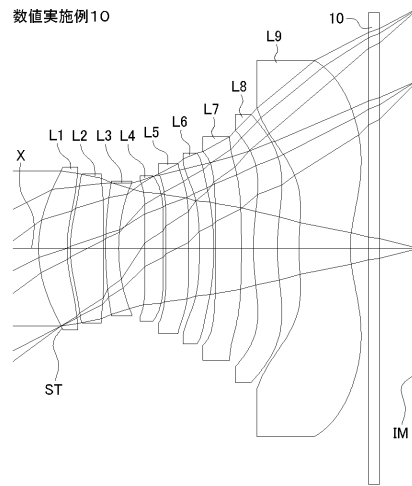


【図 27】

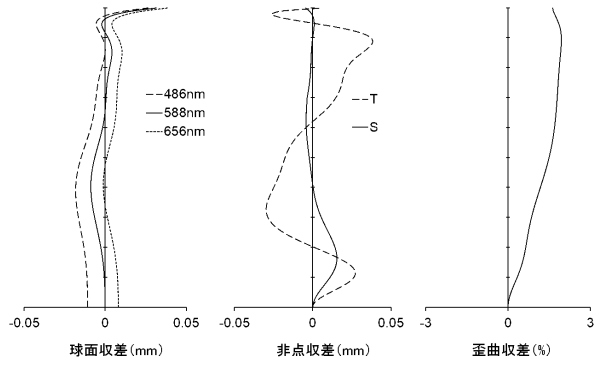


【図 28】

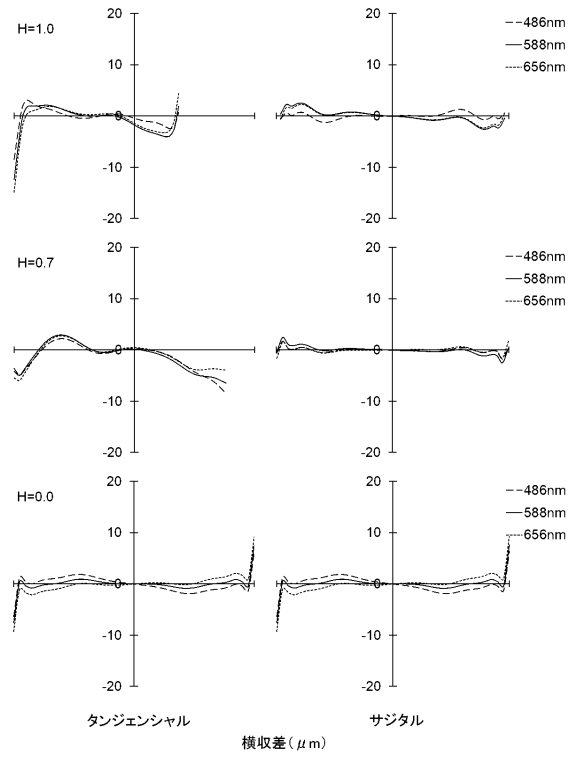
数值実施例10



【図29】



【図30】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-287007(JP,A)
特開2018-155833(JP,A)
特開2013-083783(JP,A)
特開平06-138385(JP,A)
韓国公開特許第10-2016-0075235(KR,A)
特開平11-064730(JP,A)
特開昭63-161422(JP,A)
米国特許第5508846(US,A)
特許第3946245(JP,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 13/00

G02B 13/18