

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6171184号  
(P6171184)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int.Cl. F 1  
**G O 2 B 13/00 (2006.01)**  
**G O 2 B 13/18 (2006.01)**

G O 2 B 13/00  
G O 2 B 13/18

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2013-166821 (P2013-166821)	(73) 特許権者	391014055
(22) 出願日	平成25年8月9日(2013.8.9)		カンタツ株式会社
(65) 公開番号	特開2015-34940 (P2015-34940A)		栃木県矢板市片岡 1 1 5 0 番地 2 3
(43) 公開日	平成27年2月19日(2015.2.19)	(74) 代理人	100201248
審査請求日	平成28年7月19日(2016.7.19)		弁理士 田伏 克成
		(74) 代理人	100091694
			弁理士 中村 守
		(72) 発明者	鈴木 久則
			福島県須賀川市横山町 8 8 番地 カンタツ
			株式会社 須賀川工場内
		審査官	小倉 宏之
		(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)	
			G O 2 B 1 3 / 0 0
			G O 2 B 1 3 / 1 8

(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子用の撮像レンズであって、物体側から像面側に向かって順に、  
物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第 1 レンズと、  
像面側に凹面を向けた負の屈折力を有する第 2 レンズと、  
像面側に凸面を向けたメニスカス形状の正の屈折力を有する第 3 レンズと、  
光軸近傍で物体側と像面側に凹面を向けた負の屈折力を有する第 4 レンズとで構成され

、  
前記第 1 レンズから前記第 3 レンズのいずれか 1 つの面に第 1 の回折光学面を形成し、  
前記第 4 レンズの物体側の面に第 2 の回折光学面を形成し、  
以下の条件式 ( 1 ) 、 ( 5 ) および ( 6 ) を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$(1) 0.0 < r_6 / r_7 < 0.1$$

$$(5) -0.07 < f / (2 \cdot f_2) + f / (d_4 \cdot f_{d4}) < -0.02$$

$$(6) 0.0 < f / f_{d4} < 0.1$$

ただし、

r<sub>6</sub> : 第 3 レンズの像面側の面の曲率半径r<sub>7</sub> : 第 4 レンズの物体側の面の曲率半径

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f<sub>2</sub> : 第 2 レンズの焦点距離f<sub>d4</sub> : 第 2 の回折光学面の焦点距離

10

20

2 : 第 2 レンズの d 線に対するアッベ数

d 4 : 第 2 の回折光学面の d 線に対するアッベ数

【請求項 2】

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

$$( 2 ) - 0 . 1 < r 8 / r 7 < 0 . 0$$

ただし、

r 7 : 第 4 レンズの物体側の面の曲率半径

r 8 : 第 4 レンズの像面側の面の曲率半径

【請求項 3】

以下の条件式 ( 3 ) および ( 4 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。 10

$$( 3 ) - 0 . 0 7 < f / ( 2 \cdot f 2 ) + f / ( d 1 3 \cdot f d 1 3 ) < - 0 . 0 2$$

$$( 4 ) 0 . 0 < f / f d 1 3 < 0 . 1$$

ただし、

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f 2 : 第 2 レンズの焦点距離

f d 1 3 : 第 1 の回折光学面の焦点距離

2 : 第 2 レンズの d 線に対するアッベ数

d 1 3 : 第 1 の回折光学面の d 線に対するアッベ数

【請求項 4】 20

以下の条件式 ( 7 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

$$( 7 ) 0 . 6 < T T L / 2 i h < 0 . 9$$

ただし、

T T L : フィルタ類を取り外した際の、最も物体側に配置された光学素子の物体側の面から像面までの光軸上の距離

i h : 最大像高

【請求項 5】

以下の条件式 ( 8 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

$$( 8 ) 0 . 5 < f 1 / f < 0 . 8$$

ただし、 30

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f 1 : 第 1 レンズの焦点距離

【請求項 6】

以下の条件式 ( 9 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

$$( 9 ) - 1 . 5 0 < f 2 / f < - 0 . 8 5$$

ただし、

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f 2 : 第 2 レンズの焦点距離

【請求項 7】

以下の条件式 ( 1 0 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。 40

$$( 1 0 ) 0 . 3 < f 3 / f < 0 . 6$$

ただし、

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f 3 : 第 3 レンズの焦点距離

【請求項 8】

以下の条件式 ( 1 1 ) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

$$( 1 1 ) - 0 . 6 < f 4 / f < - 0 . 3$$

ただし、

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f 4 : 第 4 レンズの焦点距離 50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、携帯電話機やスマートフォンなどの携帯端末、PDA(Personal Digital Assistant)等に搭載される比較的小型で薄型のCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子を用いたカメラモジュールに搭載される撮像レンズに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、携帯電話機やスマートフォンなどの携帯端末、PDA等の機器に搭載されるカメラ性能は、高画素化に対応した高い解像力を備えるようになってきている。また、これらの機器の利便性、デザイン性などの向上のため、内蔵するカメラモジュールの小型化、薄型化の要求も高まってきている。同時に、カメラモジュールに組み込まれる撮像レンズに対しても、高解像度、小型化、薄型化とともに明るいレンズ系(すなわち、小さなF値)であることや、広範囲において被写体の像を撮影可能な、広い画角に対応できることが強く求められている。

## 【0003】

上述した機器に搭載される撮像レンズとして、近年の高画素化の流れに対応するため、4枚構成や5枚構成の撮像レンズが多く提案されてきた。しかしながら、4枚構成の撮像レンズは、レンズ枚数が少ないため、小型化には適しているものの、収差補正の面では今や不十分であり、更なる高解像度化の実現には限界があった。また、5枚構成の撮像レンズは、レンズ枚数が増えたことで収差補正が容易となり、高解像度化、高性能化を図るには有利な構成だが、その反面、近年の小型化および薄型化に対しては不利な構成である。

## 【0004】

このような課題を解決する構成として、本発明の出願人は特許文献1に記載の撮像レンズを提案した。即ち、4枚構成の撮像レンズにおいて、1つのレンズ面に回折光学面を形成することによって、構成枚数を増やすことなく高解像度化および高性能化を目指したものである。

## 【0005】

特許文献1において、本発明の出願人は、物体側より順に、両凸形状の第1レンズと、両凹形状の第2レンズと、物体側に凹面を向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズである第3レンズと、両凹形状の第4レンズとを配置して構成され、全てのレンズ面を非球面で形成し、かつ第1レンズの物体側の面から第3レンズの物体側の面のうち、何れか1つの面に色分散機能を発揮する回折光学面を形成し、全てのレンズをプラスチック材料で形成した撮像レンズを開示している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2013-15587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は、F値が2.4程度の明るさを有し、色収差や諸収差を良好に補正した小型の撮像レンズを実現している。特許文献1によれば、第2レンズの屈折力を負にするとともに、第2レンズに高分散の材料を採用し、回折光学面をレンズ系の最適な位置に形成することによって従来の4枚で構成された撮像レンズよりも、軸上および軸外の色収差を良好に補正し、高い結像性能を達成することができる。しかし、近年において益々要求が強まる、広画角で、明るく、小型化を維持し、かつ高い結像性能の撮像レンズを実現するには、さらなる改良が必要である。すなわち、プラスチック材料は選択肢が限られていることに加えて、一般に高分散の材料は、二次曲線的な部分分散特

10

20

30

40

50

性に起因して残存する色収差の補正が問題になるからである。回折光学面を最適なレンズ面に1面形成することで、従来の屈折レンズよりも良好な色収差補正が可能になるものの、上述した材料特性の問題で発生する、特に倍率色収差の更なる改善は困難であり、結像性能を更に向上させるには限界があった。

【0008】

本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、比較的広画角で、明るく、小型でありながら、諸収差の良好な補正に加えて、従来の回折光学面を採用した撮像レンズよりも更なる色収差の補正を可能にし、高い結像性能を実現することが可能な撮像レンズを提供することにある。

【0009】

なお、ここでいう撮像レンズの小型化とは光学全長 $TTL$ が $5.0\text{ mm}$ 程度以下で、撮像素子の有効撮像面の対角線の長さ $2ih$ との比、すなわち $TTL/2ih$ が $1.0$ 以下を満たすレベルを指している。つまり、撮像素子のサイズよりも光学全長を短く抑えることで、カメラモジュールの低背化に貢献し、薄型化が進む携帯端末機器のデザインに貢献するものである。なお、光学全長とは、 $IR$ カットフィルタ等を取り外した際の、光学系において最も物体側に位置する光学素子の物体側の面から撮像面までの光軸上の距離を意味する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明による撮像レンズは、固体撮像素子用の撮像レンズであって、物体側から像面側に向かって順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、像面側に凹面を向けた負の屈折力を有する第2レンズと、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の正の屈折力を有する第3レンズと、光軸近傍で物体側と像面側に凹面を向けた負の屈折力を有する第4レンズとで構成される。第1レンズから第3レンズのいずれか1つの面に第1の回折光学面が形成され、第4レンズの物体側の面に第2の回折光学面が形成される。さらに、当該構成において、次の条件式(1)を満足する。

$$(1) \quad 0.0 < r_6 / r_7 < 0.1$$

ただし、 $r_6$ は第3レンズの像面側の面の曲率半径、 $r_7$ は第4レンズの物体側の面の曲率半径とする。

【0011】

上記構成の撮像レンズは、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズとから構成される合成屈折力が正のレンズ群と、負の屈折力の第4レンズとで構成することで良好な収差補正を可能にするとともに、いわゆるテレフォトタイプにすることによって、光学全長の短縮化を図っている。また、レンズ面に形成する回折光学面とは、光路差関数で定義される光路差を発生させるレリーフによって形成されるものである。通常、光学材料の $e$ 線におけるアッペ数は $25$ から $80$ であるのに対して、回折光学面の $e$ 線のアッペ数は約 $-3.3$ と逆符号でおよそ1桁大きな分散を示す性質がある。一般のレンズ系で採用される、分散値の小さな材料の正レンズと分散値の大きな負レンズとの組み合わせによって行われる、いわゆる「色消し」効果に加えて、適切なレンズ面に適切な光路差関数を設定した回折光学面を形成することによって、さらに効果的に「色消し」、すなわち色収差補正を行うことができるものである。

【0012】

本発明の基本的な構成として、第1レンズは、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズであり、物体側の面に強い屈折力を設定することにより、第1レンズに比較的強い正の屈折力を持たせ、撮像レンズの小型化を図っている。また、第2レンズは像面側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズであり、色収差、非点収差およびコマ収差を良好に補正している。第3レンズは像面側に凸面を向けたメニスカス形状の正の屈折力を有するレンズであり、諸収差を良好に補正しながら、光学全長の増大を抑制している。また、第4レンズは光軸近傍で物体側と像面側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズであり、適切なバックフォーカスの確保を容易にしている。第3レンズと第4レンズとに適切な

10

20

30

40

50

屈折力を持たせることで、光学全長の短縮化と軸外の諸収差の良好な補正を実現している。このような構成の撮像レンズは、収差補正と小型化の両立を実現しやすいため、従来要求されていた性能に対しては、十分な結像性能を実現することが可能であった。本発明は、上述した構成では除去できなかった色収差の課題を解決し、近年の要求に適応可能な、更なる良好な結像性能を実現するものであり、以下にその特徴を説明する。

【0013】

まず、本発明において採用する第1の回折光学面は、第1レンズから第3レンズのそれぞれのレンズ面のうち、回折効率が最適となる1つの面に形成されている。従って、第1レンズから第3レンズで発生する色収差の補正は、負の屈折力を有する第2レンズと、第1の回折光学面の2つの要素によってバランス良く行われることになる。特に、第1の回折光学面では低像高側の色収差の補正に有効であり、4枚で構成された従来の屈折レンズよりも良好な色収差の補正を可能にする。

10

【0014】

ここで、第1の回折光学面を形成する最適な面とは、開口絞りに近い面、すなわち光線束の直径が比較的大きい面で、且つ光線の入射角と射出角の変化が少ないレンズ面を指している。その条件を満足するレンズ面であれば、回折効率を高めることができ、2次光、3次光によるフレアーの発生を抑制し、効果的な色収差補正を実現することができる。本発明による撮像レンズは、上述した条件を満たす、第1レンズから第3レンズのうちのいずれか1つのレンズ面に第1の回折光学面を形成している。

【0015】

20

さらに、本発明において、第2の回折光学面は、第4レンズの物体側の面に形成されている。本発明の出願人は、上述した負の屈折力を有する第2レンズによる色収差補正効果と第1の回折光学面の色収差補正によっても残存してしまう、材料の特性に依存する部分分散特性による色収差を、第4レンズの物体側の面に第2の回折光学面を形成することによって、効果的に補正できることを実験によって明らかにした。従って、当該面は撮像レンズ全系で見た場合の色収差の発生をさらに効果的に抑える意味で極めて重要な面となる。また、2次光、3次光によるフレアーの影響を最小限にするために、当該回折光学面が形成される第4レンズの物体側の面は、非常に緩やかな面形状に設定されており、変極点、または変曲点が存在しない、一様に変化する非球面で形成されている。このような非球面上に第2の回折光学面を形成することは、第3レンズから出射した光線を小さな角度で第4レンズに入射させることができるため、回折効率の低下を防止し、フレアーの発生を軽減して良好な色収差の補正を可能にする。第2の回折光学面は、特に高像高側における色収差の補正に有効である。従って、本発明の撮像レンズは、負の屈折力を有する第2レンズ、第1の回折光学面、第2の回折光学面、これら3つの要素によって、低像高から高像高に至るまで非常にバランスのとれた色収差補正を可能にする。なお、ここでいう変極点とは接平面と光軸が垂直に交わる非球面上の点を意味し、変曲点とは、曲率半径の符号が反転する非球面上の点を意味するものとする。

30

【0016】

条件式(1)は第2の回折光学面の回折効率を向上させ、良好な色収差補正を行うための条件である。条件式(1)の上限値を上回る場合には、第3レンズから出射した光線が第2の回折光学面へ入射する際の入射角度が大きくなってしまい、回折効率が低下する。一方、条件式(1)の下限値を下回る場合も、第3レンズから出射した光線が第2の回折光学面へ入射する際の入射角度が大きくなってしまい、回折効率が低下してしまう。条件式(1)に規定する範囲内にすることで、第4レンズへの光線の入射角度を小さくして回折効率を向上させ、フレアーを抑制することが可能になる。

40

【0017】

条件式(1)は、以下に示す(1a)がより好適な範囲である。

$$(1a) \quad 0.0 < r_6 / r_7 < 0.05$$

【0018】

本発明において、開口絞りの位置は、第1の回折光学面の回折効率を高めるために有効

50

な、第1レンズの物体側、または第1レンズと第2レンズの間、または第2レンズと第3レンズの間に配置することが可能である。周知のように、固体撮像素子に適用する撮像レンズの場合、画面周辺部の明るさの確保と画面周辺部における色ズレ現象を防止するため、撮像面に入射する光線の角度は小さく抑制する（撮像面に対してなるべく垂直な角度になるよう抑制する）必要がある。開口絞りの位置をより物体側に配置すれば、射出瞳位置は像面から遠ざかるため、撮像面に入射する光線の角度を小さくできる。従って、開口絞りの位置は、なるべく物体側へ配置することが望ましく、第1レンズの物体側に配置することがより望ましい。

#### 【0019】

また、本発明の撮像レンズにおいて、第1レンズは両凸形状とすることが望ましい。第1レンズを両凸形状にすることによって正の屈折力を物体側の面と像面側の面とで分担させることができるため、球面収差の発生およびレンズ面の公差感度の上昇を抑制しながら、光学全長の短縮化が容易になる。

#### 【0020】

また、本発明の撮像レンズにおいて、第2レンズは物体側の面の曲率半径が像面側の面の曲率半径よりも大きな値となる両凹形状とすることが望ましい。その結果、倍率色収差および軸外の諸収差を有効に補正することが可能になる。

#### 【0021】

また、本発明の撮像レンズにおいて、第4レンズは像面側の面に光軸上以外の位置に変極点を有する非球面形状を形成することが望ましい。これにより、主に歪曲収差および像面湾曲の補正効果と撮像素子へ入射する光線の角度を制御しやすくなる効果を得ることができる。

#### 【0022】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) - 0.1 < r_8 / r_7 < 0.0$$

ただし、 $r_7$ は第4レンズの物体側の面の曲率半径、 $r_8$ は第4レンズの像面側の面の曲率半径である。

#### 【0023】

条件式(2)は、第2の回折光学面の回折効率を向上させつつ、適切なバックフォーカスを確保するための条件である。条件式(2)の上限値を上回る場合、第4レンズの負のパワーが強くなりすぎ、その結果バックフォーカスが長くなり、光学全長の短縮が困難になる。一方、条件式(2)の下限値を下回る場合、第4レンズの負のパワーが弱くなりすぎ、バックフォーカスの確保が困難になる。第4レンズの物体側の面および像面側の面の曲率半径の関係性を条件式(2)に規定する範囲内にすることによって、第2の回折光学面による良好な色収差補正機能を損なうことなく、適切なバックフォーカスを確保することができる。

#### 【0024】

条件式(2)は、以下に示す(2a)がより好適な範囲である。

$$(2a) - 0.05 < r_8 / r_7 < 0.0$$

#### 【0025】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(3)および(4)を満足することが望ましい。

$$(3) - 0.07 < f / (2 \cdot f_2) + f / (d_{13} \cdot f_{d13}) < - 0.02$$

$$(4) 0.0 < f / f_{d13} < 0.1$$

ただし、 $f$ は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_2$ は第2レンズの焦点距離、 $f_{d13}$ は第1の回折光学面の焦点距離、 $2$ は第2レンズの $d$ 線に対するアッペ数、

$d_{13}$ は第1の回折光学面の $d$ 線に対するアッペ数である。

#### 【0026】

条件式(3)は、第2レンズの屈折力と第1の回折光学面の近軸の屈折力との関係を規定し、第1の回折光学面による良好な色収差補正を実現するための条件である。条件式(

3) の上限値を上回る場合には、色収差を補正するための第2レンズおよび第1の回折光学面の屈折力が不足し、色収差補正が困難となる。一方、条件式(3)の下限値を下回る場合には、第2レンズおよび第1の回折光学面の屈折力が過剰となり、この場合も第1の回折光学面による色収差補正が困難になる。

#### 【0027】

条件式(4)は、第1の回折光学面の近軸の屈折力の範囲を規定するもので、条件式(3)と相まって良好な色収差補正を実現するための条件である。条件式(4)の上限値を上回る場合には、軸上色収差が補正過剰(基準波長の色収差に対して短波長の色収差がプラス方向に増大)となり、軸上色収差と倍率色収差のバランスが崩れ、良好な色収差補正が困難になる。一方、条件式(4)の下限値を下回る場合には、第2レンズの軸上色収差補正の負担が過大となり、この場合も良好な色収差補正が困難になる。

10

#### 【0028】

条件式(4)は、以下に示す(4a)がより好適な範囲である。

$$(4a) \quad 0.0 < f / f_{d13} < 0.05$$

#### 【0029】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(5)および(6)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad -0.07 < f / (2 \cdot f_2) + f / (d_4 \cdot f_{d4}) < -0.02$$

$$(6) \quad 0.0 < f / f_{d4} < 0.1$$

ただし、 $f$  は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_2$  は第2レンズの焦点距離、 $f_{d4}$  は第2の回折光学面の焦点距離、 $2$  は第2レンズの $d$ 線に対するアッペ数、 $d_4$  は第2の回折光学面の $d$ 線に対するアッペ数である。

20

#### 【0030】

条件式(5)は、第2レンズの屈折力と第2の回折光学面の近軸の屈折力との関係を規定し、第2の回折面による良好な色収差補正を実現するための条件である。条件式(5)の上限値を上回る場合には、色収差を補正するための第2レンズおよび第2の回折光学面の屈折力が不足し、色収差補正が困難となる。一方、条件式(5)の下限値を下回る場合には、第2レンズおよび第2の回折光学面の屈折力が過剰となり、この場合も色収差補正が困難になる。

#### 【0031】

30

条件式(6)は、第2の回折光学面の近軸の屈折力の範囲を規定するもので、条件式(5)と相まって良好な色収差補正を実現するための条件である。条件式(6)の上限値を上回る場合には、軸上色収差が補正過剰(基準波長の色収差に対して短波長の色収差がプラス方向に増大)となり、軸上色収差と倍率色収差のバランスが崩れ、良好な色収差補正が困難になる。一方、条件式(6)の下限値を下回る場合には、第2レンズの軸上色収差補正の負担が過大となり、この場合も良好な色収差補正が困難になる。

#### 【0032】

条件式(6)は、以下に示す(6a)がより好適な範囲である。

$$(6a) \quad 0.0 < f / f_{d4} < 0.05$$

#### 【0033】

40

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.6 < TTL / 2ih < 0.9$$

ただし、 $TTL$  はフィルタ類を取り外した際の最も物体側に配置された光学素子の物体側の面から像面までの光軸上の距離、 $ih$  は最大像高である。

#### 【0034】

条件式(7)は、光学全長と最大像高との関係を規定するものである。条件式(7)の上限値を上回ると光学全長が長くなりすぎるため、近年要求される小型化のレベルに適応することが困難となる。一方、条件式(7)の下限値を下回ると光学全長が短くなりすぎて、諸収差の補正が困難になるとともに、4枚レンズを構成するスペースが狭くなり過ぎる。無理に狭いスペースに構成すれば、製造可能なレンズ厚の確保や適切な非球面形状の

50

形成が困難になる、製造時の誤差感度が高くなる、などの製造する上での問題が生じやすくなる。

【0035】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$(8) \quad 0.5 < f_1 / f < 0.8$$

ただし、 $f$  は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_1$  は第1レンズの焦点距離である。

【0036】

条件式(8)は第1レンズの焦点距離と撮像レンズ全系の焦点距離との比を適切な範囲に規定するものであり、光学全長の短縮化と諸収差の発生を抑制するための条件である。条件式(8)の上限値を上回ると、撮像レンズ全系のパワーに占める第1レンズの正のパワーが弱くなり過ぎるため、レンズの製造誤差感度を低減するためには有利になるが、光学全長の短縮化には不利となり、小型化や薄型化の実現が困難となる。一方、条件式(8)の下限値を下回ると、撮像レンズ全系のパワーに占める第1レンズの正のパワーが強くなり過ぎ、収差補正が困難になるとともに、レンズの製造誤差感度が高くなるため好ましくない。

【0037】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$(9) \quad -1.50 < f_2 / f < -0.85$$

ただし、 $f$  は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_2$  は第2レンズの焦点距離である。

【0038】

条件式(9)は、撮像レンズ全系のパワーに対する第2レンズの負のパワーを規定し、撮像レンズの光学全長を短縮しつつ色収差を良好に補正するための条件である。条件式(9)の上限値を上回ると、第2レンズの負のパワーが強くなり過ぎ、光学全長の短縮が困難になると共に、色収差が補正過剰(基準波長の色収差に対して短波長の色収差がプラス方向に増大)となってしまう、良好な結像性能を得ることが困難になる。一方、条件式(9)の下限値を下回ると、光学全長の短縮化には有利になるが、第2レンズの負のパワーが弱くなり過ぎ、色収差が補正不足(基準波長の色収差に対して短波長の色収差がマイナス方向に増大)となる。この場合、色収差補正を回折光学面で補おうとすると、輪帯数の増加を招き、製造の難易度が高くなるため好ましくない。

【0039】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$(10) \quad 0.3 < f_3 / f < 0.6$$

ただし、 $f$  は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_3$  は第3レンズの焦点距離である。

【0040】

条件式(10)は、撮像レンズ全系のパワーに対する第3レンズの正のパワーを規定し、撮像レンズの光学全長を短縮しながら、球面収差およびコマ収差を良好に補正するための条件である。条件式(10)の上限値を上回ると第3レンズの正のパワーが弱くなり過ぎ、光学全長の短縮が困難となる。一方、条件式(10)の下限値を下回ると第3レンズの正のパワーが強くなり過ぎ、光学全長の短縮には有利だが、球面収差やコマ収差が増大するため好ましくない。

【0041】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$(11) \quad -0.6 < f_4 / f < -0.3$$

ただし、 $f$  は撮像レンズ全系の焦点距離、 $f_4$  は第4レンズの焦点距離である。

【0042】

条件式(11)は、撮像レンズ全系のパワーに対する第4レンズの負のパワーを規定し、小型化を図りつつ、適切なバックフォーカスを確保しながら良好な収差補正を行うための条件である。条件式(11)の上限値を上回ると、第4レンズの負のパワーが強くなりすぎ、光学全長の短縮が困難になる。一方、条件式(11)の下限値を下回ると、第4レンズの負のパワーが弱くなりすぎるため、バックフォーカスの確保が困難になるとともに



歪曲収差および像面湾曲の補正が困難になる。

【 0 0 4 3 】

また、本発明の撮像レンズは、第 1 レンズから第 4 レンズまでの全てのレンズは、プラスチック材料で構成され、各レンズ面は全て非球面で形成することが望ましい。全てのレンズにプラスチック材料を採用することにより、製造を容易にし、低コストでの大量生産が可能になる。なお、色収差補正のために異常分散特性を有するガラスレンズを採用すれば、結像性能の向上が見込めるが、低コスト化が要求される市場に対しては望ましくない。本発明では第 2 レンズに高分散のポリカーボネート系のプラスチック材料を、第 1 レンズ、第 3 レンズ、第 4 レンズそれぞれに低分散のシクロオレフィン系のプラスチック材料を採用している。また、全てのレンズ面に適切な非球面を形成すれば諸収差を抑制しやすくなるため、第 1 および第 2 の回折光学面による色収差補正機能をより効果的なものにする  
10

【 0 0 4 4 】

また、本発明の撮像レンズは第 1 の回折光学面および第 2 の回折光学面に形成する輪帯の数は 10 よりも少ないことが望ましい。形成する輪帯の数が 10 を超える場合には、輪帯のエッジ部からの乱反射が増大することでコントラストの低下を招き、良好な結像性能を得ることができない。

【発明の効果】

【 0 0 4 5 】

本発明により、比較的広画角で、明るく、小型でありながら、諸収差の良好な補正に加えて、従来よりも色収差を良好に補正した、高い結像性能を備えた撮像レンズを得ることができる。  
20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 6 】

【図 1】実施例 1 の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図 2】実施例 1 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3】実施例 1 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 4】実施例 2 の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図 5】実施例 2 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 6】実施例 2 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。  
30

【図 7】実施例 3 の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図 8】実施例 3 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 9】実施例 3 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 10】実施例 4 の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図 11】実施例 4 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 12】実施例 4 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 13】実施例 5 の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図 14】実施例 5 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 15】実施例 5 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 16】実施例 6 の撮像レンズの概略構成を示す図である。  
40

【図 17】実施例 6 の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 18】実施例 6 の撮像レンズの倍率色収差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 7 】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

図 1、図 4、図 7、図 10、図 13、及び図 16 はそれぞれ、本実施形態の実施例 1 から 6 に係る撮像レンズの概略構成図を示している。いずれも基本的なレンズ構成は同様であるため、ここでは実施例 1 の概略構成図を参照しながら、本実施形態の撮像レンズ構成について説明する。

【 0 0 4 8 】

10

20

30

40

50

図 1 に示すように、本実施形態の撮像レンズは、物体側から像面側に向かって順に、開口絞り S T、正の屈折力を有する第 1 レンズ L 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ L 2 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 とで構成されている。第 3 レンズ L 3 の物体側の面には第 1 の回折光学面 D O E 1 が形成されている。また、第 4 レンズ L 4 の物体側の凹面には第 2 の回折光学面 D O E 2 が形成されている。なお、第 1 の回折光学面 D O E 1 は第 1 レンズ L 1 から第 3 レンズ L 3 のうち回折効率を高めることの出来る 1 つのレンズ面に形成すればよい。例えば、実施例 3 においては第 1 レンズ L 1 の像面側の面に、実施例 4 においては第 1 レンズ L 1 の物体側の面に、実施例 6 においては第 2 レンズ L 2 の像面側の面に形成している。

【 0 0 4 9 】

10

なお、第 1 レンズ L 1 の物体側の面は直接ユーザーの目に触れることから、製品の外観上の観点から輪帯数は少ないほうが好ましい。本実施形態における実施例 4 は、第 1 レンズ L 1 の物体側の面に第 1 の回折光学面 D O E 1 を形成する例であるが、輪帯数は 1 つと極めて少なく、製品の外観上の問題にならない程度となっている。このような輪帯数が極めて少ない回折光学面であっても、特に低像高の色収差を良好に補正している。そして、第 2 の回折光学面 D O E 2 において高像高の色収差を補正し、図 1 1 および図 1 2 に示すように低像高から高像高まで色収差は良好に補正される。

【 0 0 5 0 】

また、全てのレンズは接合されずに配置され、全てのレンズ面は非球面で形成されており、回折光学面 D O E 1、D O E 2 は、非球面上に形成されている。また、第 4 レンズ L 4 と像面 I M との間にはフィルタ I R が配置されている。なお、このフィルタ I R は省略することが可能である。

20

【 0 0 5 1 】

第 1 レンズ L 1 は物体側の面と像面側の面が共に凸面で形成された両凸形状のレンズであり、第 2 レンズ L 2 は物体側の面と像面側の面が共に凹面で形成された両凹形状のレンズであり、第 3 レンズ L 3 は物体側の面が凹面で像面側の面が凸面のメニスカス形状のレンズであり、第 4 レンズ L 4 は光軸 X の近傍で物体側の面と像面側の面が共に凹面で形成された両凹形状のレンズである。

【 0 0 5 2 】

なお、第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 の形状は、本実施の形態に係る形状に限定されるものではない。第 1 レンズ L 1 は、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズであればよく、例えば、製造誤差感度が上昇しない範囲内で物体側に凸面を向けたメニスカス形状のレンズであってもよい。また、第 2 レンズ L 2 は像面側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズであってもよい。

30

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態の撮像レンズはすべてプラスチック材料を採用しており、低コストで大量生産を可能にしている。

【 0 0 5 4 】

本発明の撮像レンズは以下の条件式を満足する。

$$(1) \quad 0.0 < r_6 / r_7 < 0.1$$

40

$$(2) \quad -0.1 < r_8 / r_7 < 0.0$$

$$(3) \quad -0.07 < f / (2 \cdot f_2) + f / (d_{13} \cdot f_{d13}) < -0.02$$

$$(4) \quad 0.0 < f / f_{d13} < 0.1$$

$$(5) \quad -0.07 < f / (2 \cdot f_2) + f / (d_4 \cdot f_{d4}) < -0.02$$

$$(6) \quad 0.0 < f / f_{d4} < 0.1$$

$$(7) \quad 0.6 < TTL / 2ih < 0.9$$

$$(8) \quad 0.5 < f_1 / f < 0.8$$

$$(9) \quad -1.50 < f_2 / f < -0.85$$

$$(10) \quad 0.3 < f_3 / f < 0.6$$

$$(11) \quad -0.6 < f_4 / f < -0.3$$

50

ただし、

r 6：第3レンズL 3の像面側の面の曲率半径

r 7：第4レンズL 4の物体側の面の曲率半径

r 8：第4レンズL 4の像面側の面の曲率半径

f：撮像レンズ全系の焦点距離

f 1：第1レンズL 1の焦点距離

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

f d 1 3：第1の回折光学面D O E 1の焦点距離

f d 4：第2の回折光学面D O E 2の焦点距離

2：第2レンズL 2のd線に対するアッペ数

d 1 3：第1の回折光学面D O E 1のd線に対するアッペ数

d 4：第2の回折光学面D O E 2のd線に対するアッペ数

T T L：フィルタI R類を取り外した際の、最も物体側に配置された光学素子の物体側の面から像面までの光軸上の距離

i h：最大像高

【0055】

本実施形態では、すべてのレンズ面を非球面で形成している。これらのレンズ面に採用する非球面形状は光軸方向の軸をZ、光軸に直交する方向の高さをY、円錐係数をK、非球面係数をA<sub>2i</sub>としたとき、数式1により表される。

【0056】

【数1】

$$Z = \frac{\frac{Y^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \times \frac{Y^2}{R^2}}} + \sum_{i=1}^8 A_{2i} \times Y^{2i}$$

【0057】

また、回折格子によって生じる光路差は、光軸からの高さをY、n次(偶数次)の光路差関数係数をB<sub>2i</sub>としたとき、数式2で定義される光路差関数Pにより表される。なお、表1～表6に示す光路差関数係数は、基準波長を520nmで設定している。

【数2】

$$P = \sum_{i=1}^7 B_{2i} Y^{2i}$$

【0058】

次に本実施形態に係る撮像レンズの実施例を示す。各実施例において、fは撮像レンズ全系の焦点距離を、F n oはFナンバーを、θは半画角を、i hは最大像高をそれぞれ示す。また、iは物体側から数えた面番号、rは曲率半径、dは光軸上のレンズ面間の距離(面間隔)、N dはd線(基準波長)における屈折率、dはd線に対するアッペ数をそれぞれ示す。なお、非球面に関しては、面番号iの後に\*(アスタリスク)の符号を付加して示し、回折光学面が形成された面をD O E 1およびD O E 2で示す。

【実施例1】

【0059】

基本的なレンズデータを以下の表1に示す。なお、第1の回折光学面D O E 1は第3レンズL 3の物体側の面に、第2の回折光学面D O E 2は第4レンズL 4の物体側の面にそれぞれ形成されている。

10

20

30

40

50

## 【表 1】

## 数値実施例1

単位mm

$f = 3.822$

$Fno = 2.42$

$\omega(^{\circ}) = 37.1$

$ih = 2.872$

## 面データ

面番号 i	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 Nd	アッベ数 vd	10
(物面)	Infinity	Infinity			
1*(絞り)	1.575	0.752	1.5346	56.16	
2*	-6.128	0.051			
3*	-7.936	0.364	1.6142	25.58	
4*	3.836	0.672			
5*(DOE1)	-2.409	1.013	1.5441	55.98	
6*	-0.765	0.117			
7*(DOE2)	-31.000	0.446	1.5346	56.16	20
8*	0.892	0.500			
9	Infinity	0.300	1.5168	64.20	
10	Infinity	0.551			
像面	Infinity				

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.426
2	3	-4.161
3	5	1.698
4	7	-1.619

## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-4.930E+00	0.000E+00	4.695E+01	8.289E+00
A4	1.548E-01	1.073E-01	1.763E-01	1.026E-01
A6	-1.212E-01	-4.602E-01	-4.775E-01	-1.212E-01
A8	1.258E-01	2.458E-01	2.337E-01	4.800E-02
A10	-1.259E-01	0.000E+00	5.278E-02	5.008E-02
A12	0.000E+00	0.000E+00	5.677E-02	-3.323E-02
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	5.631E+00	-4.018E+00	0.000E+00	-6.902E+00
A4	-7.555E-02	-2.697E-01	-1.170E-01	-9.987E-02
A6	3.046E-03	2.510E-01	5.431E-02	4.970E-02
A8	6.345E-01	-2.247E-01	-1.031E-02	-1.932E-02
A10	-2.189E+00	9.410E-02	6.847E-04	4.975E-03
A12	2.602E+00	-6.194E-03	0.000E+00	-8.259E-04
A14	-1.025E+00	-1.040E-02	0.000E+00	7.950E-05
A16	-6.615E-02	2.331E-03	0.000E+00	-3.466E-06

20

## 光路差関数係数

	第5面	第7面
B1	1.685E-03	-7.741E-04
B2	-3.994E-02	5.822E-04
B3	1.256E-01	-1.552E-04
B4	-3.591E-02	1.669E-05
B5	-4.733E-01	-3.889E-06
B6	7.989E-01	-1.778E-06
B7	-3.893E-01	4.986E-07

30

## 【 0 0 6 0 】

実施例 1 の撮像レンズは、表 7 に示すように条件式 ( 1 ) ~ ( 1 1 ) の全てを満たしている。

## 【 0 0 6 1 】

40

図 2 は実施例 1 の撮像レンズについて、球面収差 ( mm )、非点収差 ( mm )、歪曲収差 ( % ) を示したものである。球面収差図は、F 線 ( 4 8 6 nm )、d 線 ( 5 8 8 nm )、C 線 ( 6 5 6 nm ) の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面 S、タンジェンシャル像面 T における収差量をそれぞれ示している ( 図 5、図 8、図 1 1、図 1 4、図 1 7 においても同じ )。

## 【 0 0 6 2 】

図 3 は実施例 1 の撮像レンズについて、倍率色収差 ( μ m ) を示したものである。この収差図は、F 線 ( 4 8 6 nm )、d 線 ( 5 8 8 nm )、C 線 ( 6 5 6 nm ) の各波長に対する収差量を示している ( 図 6、図 9、図 1 2、図 1 5、図 1 8 においても同じ )。図 2 および図 3 に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

50

## 【 0 0 6 3 】

また、光学全長  $TTL$  と最大像高  $ih$  との比 ( $TTL / 2 ih$ ) は  $0.812$  であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、 $F$  値は約  $2.42$  と明るく、半画角は約  $37^\circ$  で広い画角が実現されている。

## 【 実施例 2 】

## 【 0 0 6 4 】

基本的なレンズデータを以下の表 2 に示す。なお、第 1 の回折光学面  $DOE1$  は第 3 レンズ  $L3$  の物体側の面に、第 2 の回折光学面  $DOE2$  は第 4 レンズ  $L4$  の物体側の面にそれぞれ形成されている。

## 【 表 2 】

10

## 数値実施例2

単位mm

$$f = 3.799$$

$$Fno = 2.40$$

$$\omega(^{\circ}) = 37.1$$

$$ih = 2.872$$

## 面データ

面番号 i	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
(物面)	Infinity	Infinity			20
1*(絞り)	1.551	0.743	1.5346	56.16	
2*	-4.565	0.046			
3*	-5.005	0.326	1.6142	25.58	
4*	4.317	0.646			
5*(DOE1)	-2.005	1.042	1.5441	55.98	
6*	-0.781	0.178			
7*(DOE2)	-95.890	0.400	1.5346	56.16	
8*	0.940	0.500			30
9	Infinity	0.300	1.5168	64.20	
10	Infinity	0.578			
像面	Infinity				

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.261
2	3	-3.724
3	5	1.790
4	7	-1.747

40

## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-6.945E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.869E+01
A4	2.197E-01	2.103E-01	3.122E-01	1.405E-01
A6	-2.231E-01	-6.203E-01	-6.569E-01	-9.946E-02
A8	2.348E-01	3.325E-01	2.447E-01	-1.581E-01
A10	-1.918E-01	0.000E+00	1.946E-01	2.953E-01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.221E-01
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	3.756E+00	-3.784E+00	0.000E+00	-6.908E+00
A4	2.324E-02	-2.319E-01	-7.370E-02	-8.734E-02
A6	-1.528E-01	1.887E-01	1.846E-02	4.149E-02
A8	4.238E-01	-1.575E-01	-8.696E-04	-1.656E-02
A10	-1.046E+00	6.028E-02	-1.560E-04	4.370E-03
A12	1.357E+00	-1.634E-02	0.000E+00	-7.497E-04
A14	-7.717E-01	7.215E-03	0.000E+00	7.585E-05
A16	7.761E-02	-3.090E-03	0.000E+00	-3.489E-06

20

## 光路差関数係数

	第5面	第7面
B1	-4.532E-03	-1.116E-03
B2	1.002E-02	1.253E-03
B3	-1.037E-02	-4.794E-04
B4	-2.507E-02	-4.633E-06
B5	4.208E-02	1.673E-05
B6	2.948E-02	3.038E-06
B7	-5.270E-02	-9.908E-07

30

## 【0065】

実施例2の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(11)の全てを満たしている。

## 【0066】

40

図5は実施例2の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図6は実施例2の撮像レンズについて、倍率色収差(μm)を示したものである。図5および図6に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

## 【0067】

また、光学全長TTLと最大像高ihとの比(TTL/2ih)は0.811であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、F値は2.40と明るく、半画角は約37°で広い画角が実現されている。

## 【実施例3】

## 【0068】

50

基本的なレンズデータを以下の表 3 に示す。なお、第 1 の回折光学面 D O E 1 は第 1 レンズ L 1 の像面側の面に、第 2 の回折光学面 D O E 2 は第 4 レンズ L 4 の物体側の面にそれぞれ形成されている。

【表 3】

## 数値実施例 3

単位 mm

$$f = 3.962$$

$$Fno = 2.45$$

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

$$ih = 2.872$$

10

## 面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 Nd	アッベ数 vd
1*(絞り)	Infinity	Infinity		
2*(DOE1)	1.495	0.618	1.5346	56.16
3*	-40.197	0.061		
4*	-40.614	0.334	1.6142	25.58
5*	3.610	0.704		
6*	-2.263	0.997	1.5346	56.16
7*(DOE2)	-0.788	0.173		
8*	-40.000	0.341	1.5346	56.16
9	0.960	0.409		
10	Infinity	0.300	1.5168	64.20
像面	Infinity	0.810		

20

## 単レンズデータ

30

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.680
2	3	-5.382
3	5	1.831
4	7	-1.771



## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-1.246E+00	9.900E+01	0.000E+00	1.272E+01
A4	5.190E-02	1.504E-01	2.021E-01	1.382E-01
A6	-5.769E-02	-4.854E-01	-3.785E-01	-1.324E-01
A8	1.369E-01	2.300E-01	-6.200E-03	1.440E-02
A10	-1.667E-01	-1.748E-02	2.245E-01	7.790E-02
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.181E-02
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	3.913E+00	-3.918E+00	-9.888E+01	-7.348E+00
A4	-2.949E-02	-1.669E-01	-1.488E-02	-9.168E-02
A6	3.568E-01	1.800E-01	-1.006E-01	3.417E-02
A8	-1.602E+00	-2.701E-01	1.052E-01	-1.124E-02
A10	3.696E+00	2.619E-01	-5.095E-02	2.918E-03
A12	-4.773E+00	-1.513E-01	1.349E-02	-5.913E-04
A14	3.296E+00	4.793E-02	-1.872E-03	7.393E-05
A16	-9.591E-01	-6.666E-03	1.063E-04	-3.994E-06

20

## 光路差関数係数

	第2面	第7面
B1	-2.162E-03	-2.863E-03
B2	-1.611E-02	3.295E-03
B3	5.490E-02	-1.547E-03
B4	-2.602E-02	1.568E-04
B5	-1.147E-01	3.811E-05
B6	1.940E-01	8.808E-09
B7	-9.530E-02	-1.772E-06

30

## 【 0 0 6 9 】

実施例3の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(11)の全てを満たしている。

## 【 0 0 7 0 】

40

図8は実施例3の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図9は実施例3の撮像レンズについて、倍率色収差(μm)を示したものである。図8および図9に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

## 【 0 0 7 1 】

また、光学全長TTLと最大像高ihとの比(TTL/2ih)は0.809であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、F値は2.45と明るく、半画角は約36°で広い画角が実現されている。

## 【 実施例4 】

## 【 0 0 7 2 】

50

基本的なレンズデータを以下の表 4 に示す。なお、第 1 の回折光学面 D O E 1 は第 1 レンズ L 1 の物体側の面に、第 2 の回折光学面 D O E 2 は第 4 レンズ L 4 の物体側の面にそれぞれ形成されている。

【表 4】

## 数値実施例 4

単位 mm

$$f = 3.991$$

$$Fno = 2.42$$

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

$$ih = 2.872$$

10

## 面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd
1*(絞り) (DOE1)	1.493	0.774	1.5346	56.16
2*	-6.097	0.038		
3*	-6.097	0.285	1.6142	25.58
4*	4.195	0.691		
5*	-2.002	0.959	1.5441	55.98
6*	-0.765	0.125		
7*(DOE2)	-32.810	0.400	1.5346	56.16
8*	0.940	0.500		
9	Infinity	0.300	1.5168	64.20
10	Infinity	0.694		
像面	Infinity			

20

30

## 単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.324
2	3	-4.004
3	5	1.789
4	7	-1.704

## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-7.437E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.993E+01
A4	2.357E-01	1.678E-01	2.774E-01	1.420E-01
A6	-1.793E-01	-5.491E-01	-5.891E-01	-1.029E-01
A8	1.347E-01	3.137E-01	2.400E-01	-1.590E-01
A10	-1.044E-01	0.000E+00	1.715E-01	3.186E-01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.543E-01
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	3.709E+00	-4.128E+00	0.000E+00	-8.168E+00
A4	2.204E-02	-2.251E-01	-7.235E-02	-9.065E-02
A6	-1.544E-01	1.950E-01	1.735E-02	4.141E-02
A8	4.806E-01	-1.613E-01	-1.051E-03	-1.646E-02
A10	-1.078E+00	5.970E-02	-8.817E-05	4.353E-03
A12	1.269E+00	-1.368E-02	0.000E+00	-7.500E-04
A14	-7.285E-01	5.792E-03	0.000E+00	7.598E-05
A16	1.083E-01	-2.860E-03	0.000E+00	-3.518E-06

20

## 光路差関数係数

	第1面	第7面
B1	-1.609E-04	-2.502E-04
B2	-1.841E-02	-9.189E-05
B3	9.302E-02	-2.088E-05
B4	-2.477E-01	-2.653E-06
B5	4.070E-01	-3.331E-07
B6	-3.866E-01	-3.670E-08
B7	1.598E-01	-1.600E-09

30

## 【0073】

実施例4の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(11)の全てを満たしている。

## 【0074】

40

図11は実施例4の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図12は実施例4の撮像レンズについて、倍率色収差( $\mu\text{m}$ )を示したものである。図11および図12に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

## 【0075】

また、光学全長TTLと最大像高ihとの比(TTL/2ih)は0.811であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、F値は2.42と明るく、半画角は約36°で広い画角が実現されている。

## 【実施例5】

## 【0076】

50

基本的なレンズデータを以下の表 5 に示す。なお、第 1 の回折光学面 D O E 1 は第 1 レンズ L 1 の像面側の面に、第 2 の回折光学面 D O E 2 は第 4 レンズ L 4 の物体側の面にそれぞれ形成されている。

【表 5】

## 数値実施例 5

単位 mm

$$f = 3.967$$

$$Fno = 2.42$$

$$\omega(^{\circ}) = 35.8$$

$$ih = 2.872$$

10

## 面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 Nd	アッベ数 vd
1*(絞り)	Infinity	Infinity		
2*(DOE1)	1.504	0.794	1.5346	56.16
3*	-8.281	0.031		
4*	-8.284	0.281	1.6142	25.58
5*	4.195	0.687		
6*	-2.003	0.980	1.5441	55.98
7*(DOE2)	-0.773	0.135		
8*	-31.000	0.401	1.5346	56.16
9	0.940	0.500		
10	Infinity	0.300	1.5168	64.20
像面	Infinity	0.655		

20

## 単レンズデータ

30

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.422
2	3	-4.496
3	5	1.805
4	7	-1.701

## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-4.949E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.920E+01
A4	1.717E-01	1.810E-01	2.741E-01	1.397E-01
A6	-1.248E-01	-6.109E-01	-5.900E-01	-7.941E-02
A8	1.240E-01	3.696E-01	2.700E-01	-1.511E-01
A10	-1.016E-01	0.000E+00	1.295E-01	2.615E-01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.088E-01
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	3.651E+00	-4.144E+00	0.000E+00	-8.087E+00
A4	3.140E-02	-2.218E-01	-7.888E-02	-9.184E-02
A6	-1.737E-01	1.856E-01	1.694E-02	4.153E-02
A8	4.857E-01	-1.557E-01	-9.883E-04	-1.651E-02
A10	-1.038E+00	6.046E-02	-6.544E-05	4.355E-03
A12	1.285E+00	-1.581E-02	0.000E+00	-7.499E-04
A14	-8.581E-01	6.482E-03	0.000E+00	7.590E-05
A16	2.161E-01	-2.860E-03	0.000E+00	-3.535E-06

20

## 光路差関数係数

	第2面	第7面
B1	-2.594E-03	-3.451E-04
B2	-6.041E-03	8.184E-05
B3	1.146E-02	-3.433E-05
B4	2.446E-02	-5.371E-06
B5	-5.135E-02	-7.381E-07
B6	1.861E-02	-9.311E-08
B7	-7.880E-05	-8.229E-09

30

## 【 0 0 7 7 】

実施例5の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(11)の全てを満たしている。

## 【 0 0 7 8 】

40

図14は実施例5の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図15は実施例5の撮像レンズについて、倍率色収差(μm)を示したものである。図14および図15に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

## 【 0 0 7 9 】

また、光学全長TTLと最大像高ihとの比(TTL/2ih)は0.811であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、F値は2.42と明るく、半画角は約36°で広い画角が実現されている。

## 【 実施例6 】

## 【 0 0 8 0 】

50

基本的なレンズデータを以下の表 6 に示す。なお、第 1 の回折光学面 D O E 1 は第 2 レンズ L 2 の像面側の面に、第 2 の回折光学面 D O E 2 は第 4 レンズ L 4 の物体側の面にそれぞれ形成されている。

【表 6】

## 数値実施例 6

単位 mm

$$f = 3.826$$

$$Fno = 2.41$$

$$\omega(^{\circ}) = 36.8$$

$$ih = 2.872$$

10

## 面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r	面間隔 d	屈折率 Nd	アッベ数 vd
1*(絞り)	Infinity	Infinity		
2*	1.519	0.760	1.5346	56.16
3*	-5.238	0.050		
4*(DOE1)	-5.422	0.280	1.6142	25.58
5*	4.298	0.684		
6*	-1.951	0.989	1.5441	55.98
7*(DOE2)	-0.759	0.049		
8*	-31.000	0.554	1.5346	56.16
9	0.940	0.500		
10	Infinity	0.300	1.5168	64.20
像面	Infinity	0.594		

20

## 単レンズデータ

30

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.292
2	3	-3.986
3	5	1.766
4	7	-1.715

## 非球面データ

	第1面	第2面	第3面	第4面
k	-6.574E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.050E+01
A4	2.211E-01	1.546E-01	2.845E-01	1.378E-01
A6	-2.216E-01	-4.913E-01	-5.715E-01	-9.332E-02
A8	2.316E-01	2.510E-01	2.198E-01	-1.667E-01
A10	-1.825E-01	0.000E+00	1.635E-01	2.991E-01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.334E-01
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

10

	第5面	第6面	第7面	第8面
k	3.602E+00	-3.788E+00	0.000E+00	-7.575E+00
A4	3.494E-03	-2.333E-01	-6.317E-02	-8.163E-02
A6	-1.401E-01	1.801E-01	1.886E-02	3.946E-02
A8	4.161E-01	-1.477E-01	-1.204E-03	-1.618E-02
A10	-1.028E+00	5.789E-02	-1.462E-04	4.347E-03
A12	1.350E+00	-1.913E-02	0.000E+00	-7.514E-04
A14	-9.203E-01	8.051E-03	0.000E+00	7.608E-05
A16	2.350E-01	-2.683E-03	0.000E+00	-3.472E-06

20

## 光路差関数係数

	第4面	第7面
B1	-3.523E-03	-2.315E-03
B2	8.585E-03	2.448E-03
B3	-1.334E-02	-1.019E-03
B4	-8.584E-03	8.989E-05
B5	4.092E-02	2.086E-05
B6	-4.421E-03	8.988E-07
B7	-3.885E-02	-1.010E-06

30

## 【0081】

実施例6の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(11)の全てを満たしている。

## 【0082】

40

図17は実施例6の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。図18は実施例6の撮像レンズについて、倍率色収差(μm)を示したものである。図17および図18に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

## 【0083】

また、光学全長TTLと最大像高ihとの比(TTL/2ih)は0.810であり、薄型化および小型化が実現されている。さらに、F値は2.41と明るく、半画角は約37°で広い画角が実現されている。

## 【0084】

以上、説明したように、本発明の実施形態に係る撮像レンズは、光学全長TTLが4、

50

7 mm以下であり、光学全長と最大像高  $i h$  との比 ( $T T L / 2 i h$ ) は 0.8 のレベルを達成するほどの小型化および薄型化が図られている。また、4 枚構成でありながら収差が良好に補正されており、特に倍率色収差が極めて良好に補正されている。さらに F 値は 2.4 程度と明るく、72° 前後の比較的広い画角の撮影を可能にする。

【0085】

表 7 に実施例 1 ~ 6 の条件式 (1) ~ (11) の値を示す。

【表 7】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
条件式(1) $0.0 < r6 / r7 < 0.1$	0.025	0.008	0.020	0.023	0.025	0.024
条件式(2) $-0.1 < r8 / r7 < 0.0$	-0.029	-0.010	-0.024	-0.029	-0.030	-0.030
条件式(3) $-0.07 < f / (v2 \cdot f2) + f / (vd13 \cdot fd13) < -0.02$	-0.040	-0.050	-0.034	-0.039	-0.041	-0.046
条件式(4) $0.0 < f / fd13 < 0.1$	0.014	0.036	0.018	0.001	0.022	0.028
条件式(5) $-0.07 < f / (v2 \cdot f2) + f / (vd4 \cdot fd4) < -0.02$	-0.038	-0.042	-0.036	-0.040	-0.035	-0.043
条件式(6) $0.0 < f / fd4 < 0.1$	0.006	0.009	0.024	0.002	0.003	0.019
条件式(7) $0.6 < T T L / 2 i h < 0.9$	0.812	0.811	0.809	0.811	0.811	0.810
条件式(8) $0.5 < f1 / f < 0.8$	0.635	0.595	0.676	0.582	0.611	0.599
条件式(9) $-1.50 < f2 / f < -0.85$	-1.089	-0.980	-1.358	-1.003	-1.133	-1.042
条件式(10) $0.3 < f3 / f < 0.6$	0.444	0.471	0.462	0.448	0.455	0.461
条件式(11) $-0.6 < f4 / f < -0.3$	-0.424	-0.460	-0.447	-0.427	-0.429	-0.448

【産業上の利用可能性】

【0086】

本発明の各実施の形態に係る 4 枚構成の撮像レンズは、近年、薄型化、高画素化が進む携帯電話機やスマートフォンなどの携帯端末、PDA (Personal Digital Assistant) 等に搭載される撮像光学系に好適に適用することができる。

【符号の説明】

【0087】

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

IR フィルタ

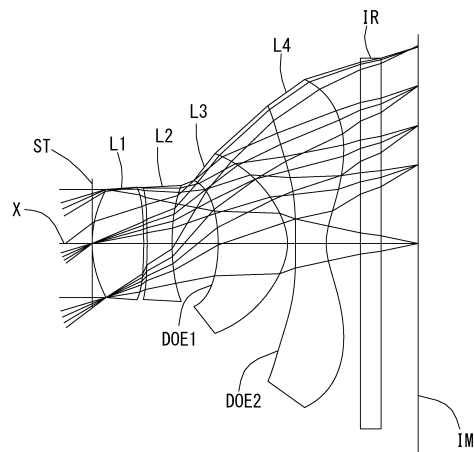
ih 最大像高

DOE1 第 1 の回折光学面

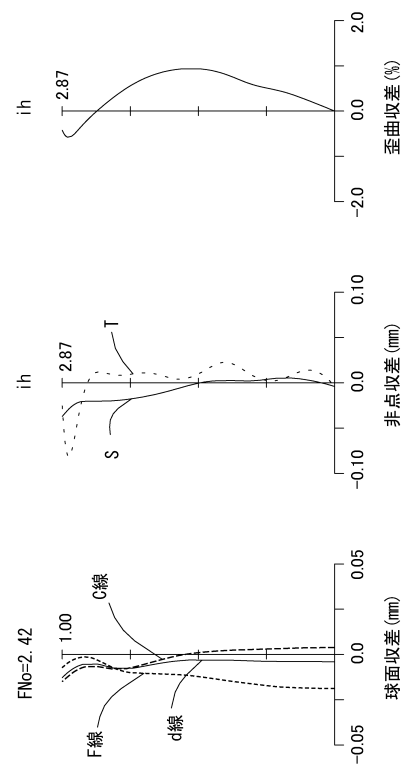
DOE2 第 2 の回折光学面



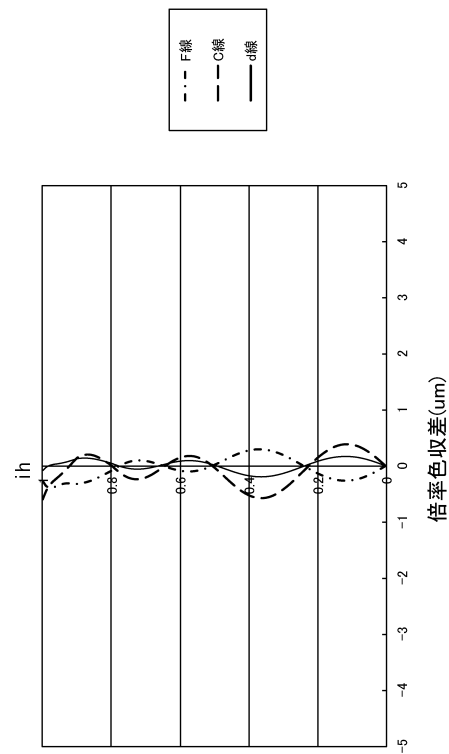
【図 1】



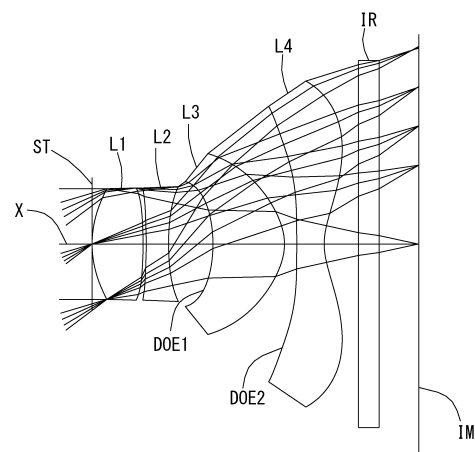
【図 2】



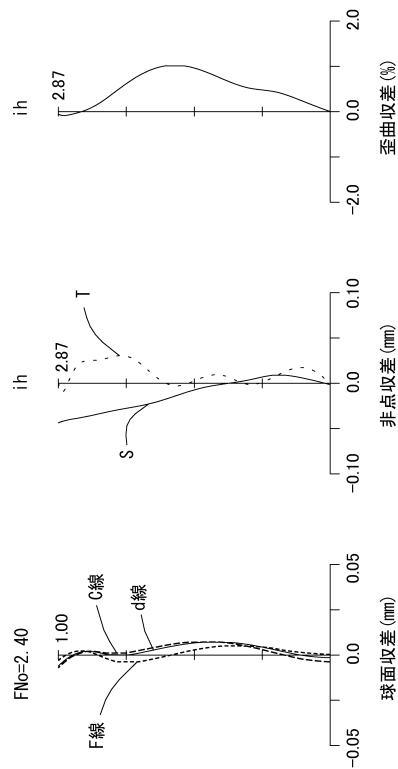
【図 3】



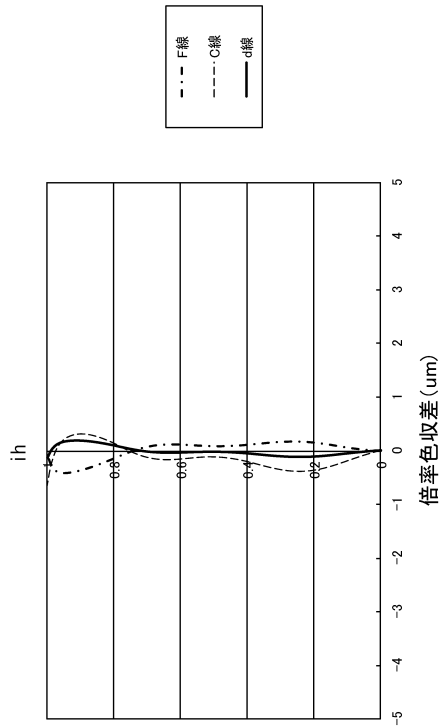
【図 4】



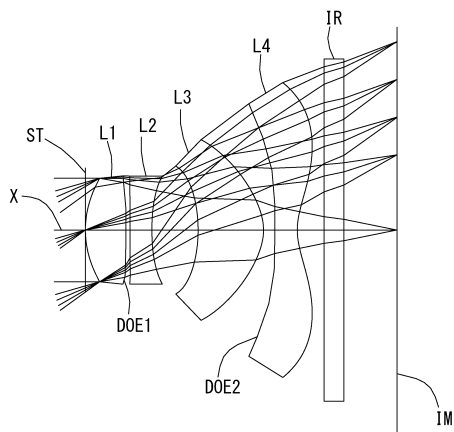
【図 5】



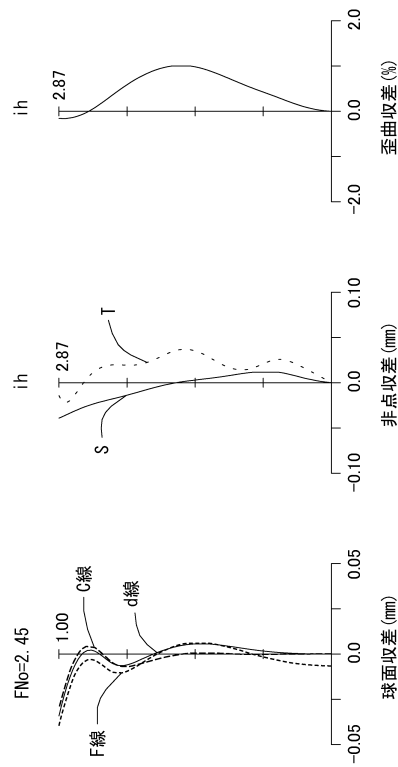
【図 6】



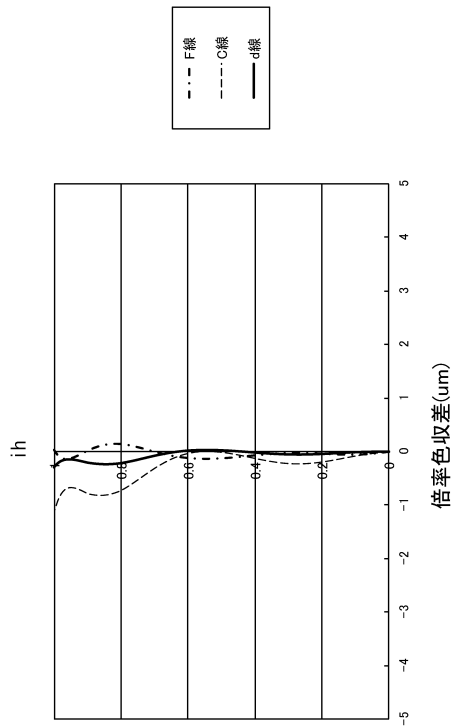
【図 7】



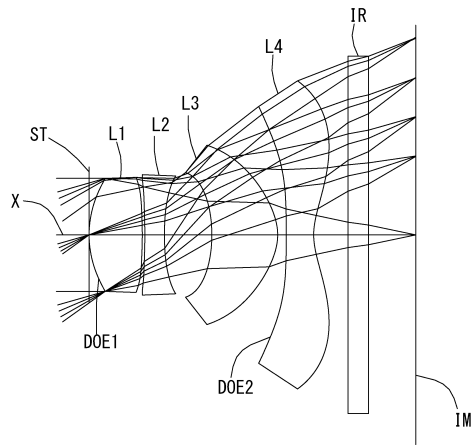
【図 8】



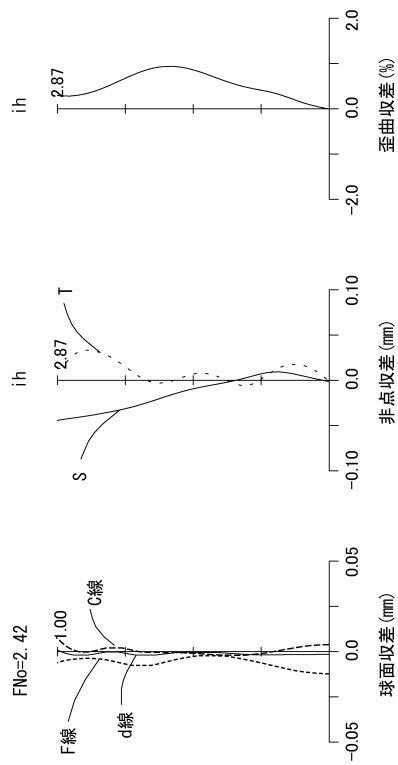
【図 9】



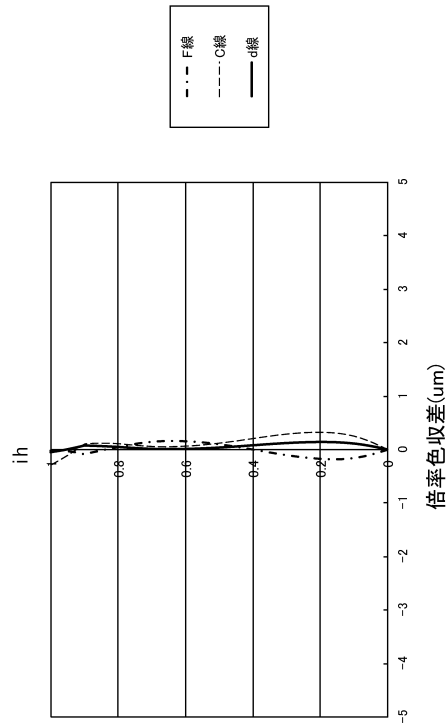
【図 10】



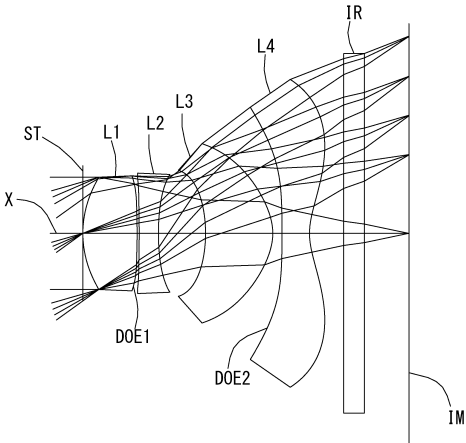
【図 11】



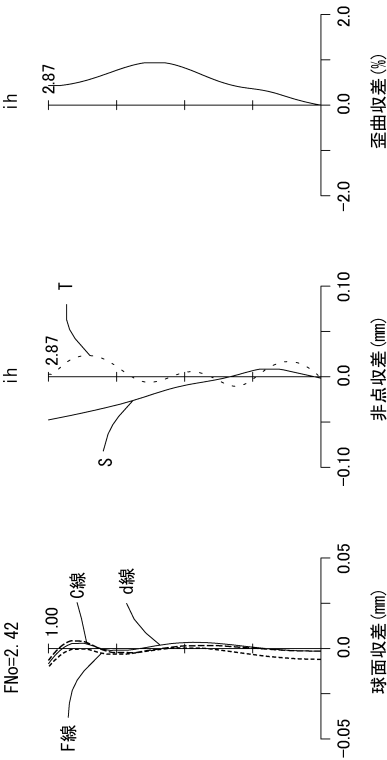
【図 12】



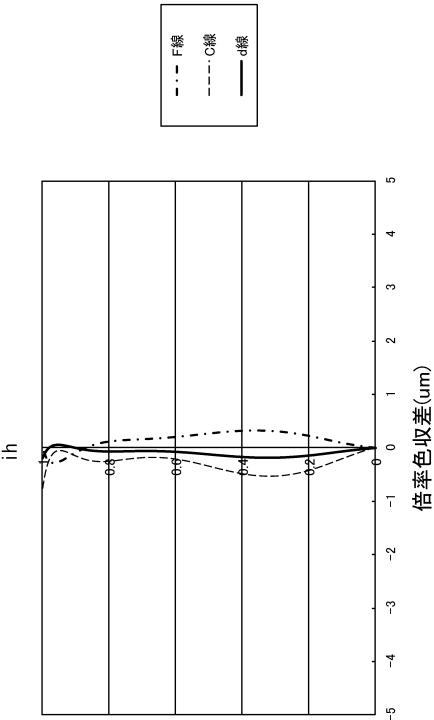
【図 13】



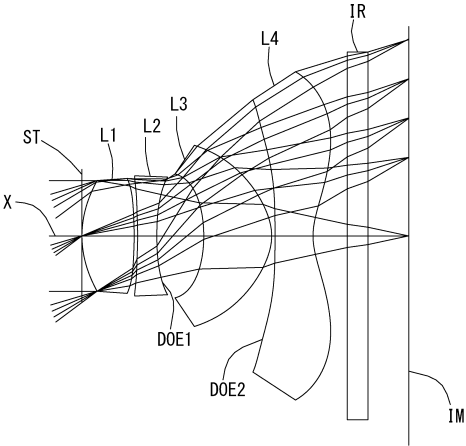
【図 14】



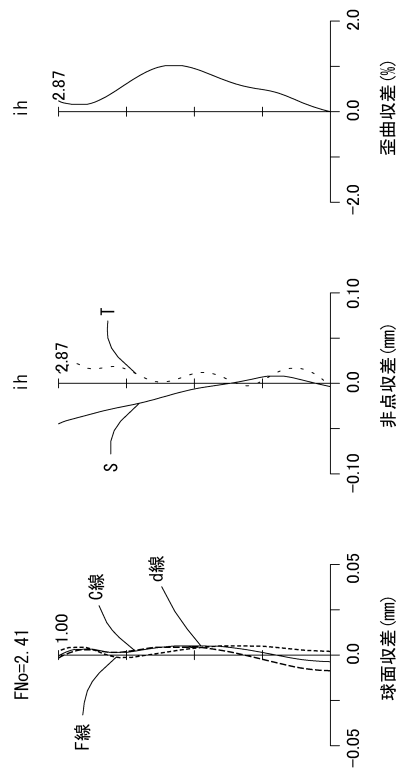
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【図 18】

