

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-156429

(P2017-156429A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G 0 2 B 13/04	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2016-37593 (P2016-37593)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成28年2月29日 (2016. 2. 29)		株式会社ニコン
			東京都港区港南二丁目15番3号
		(74) 代理人	100140800
			弁理士 保坂 丈世
		(74) 代理人	100156281
			弁理士 岩崎 敬
		(72) 発明者	小松原 陽子
			東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
			社ニコン内
		Fターム(参考)	2H087 KA01 MA07 NA07 PA10 PA11
			PA19 PA20 PB13 QA02 QA06
			QA17 QA22 QA25 QA32 QA39
			QA41 QA42 QA45 RA05 RA12
			RA13 RA36 RA43 RA44

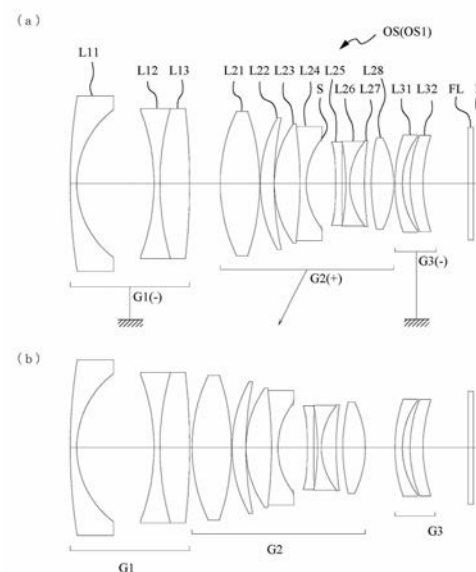
(54) 【発明の名称】 光学系、光学機器および光学系の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】良好な光学性能を有し、明るい光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供する。

【解決手段】光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、を有し、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凹面を向けた両凹負レンズL12と、を有し、最も像側のレンズの像側のレンズ面は、像側に向いた凹面であり、合焦時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化し、所定の条件式による条件を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、
 負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、
 第 3 レンズ群と、を有し、
 前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、
 物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第 1 レンズと、
 物体側に凹面を向けた第 2 レンズと、を有し、
 最も像側のレンズの像側のレンズ面は、像側に向いた凹面であり、
 合焦時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群
 と前記第 3 レンズ群との間隔が変化し、
 次式の条件を満足することを特徴とする光学系。

$$0.50 < f f / f < 20.00$$

但し、

$f f$: 合焦時に移動するレンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

【請求項 2】

開口絞りを有し、
 前記開口絞りに対向する像側のレンズ面が非球面形状を有することを特徴とする請求項
 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記開口絞りは、前記第 2 レンズ群中に配置されていることを特徴とする請求項 2 に記
 載の光学系。

【請求項 4】

変倍時に、前記第 1 レンズ群は像面に対して固定されていることを特徴とする請求項 1
 ～ 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

変倍時に、前記第 3 レンズ群は像面に対して固定されていることを特徴とする請求項 1
 ～ 4 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 6】

前記第 3 レンズ群は、負の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一
 項に記載の光学系。

【請求項 7】

変倍時に、前記第 2 レンズ群は光軸に沿って移動することを特徴とする請求項 1 ～ 6 の
 いずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.01 < 1 / r e < 0.04$$

但し、

$r e$: 前記最も像側のレンズの像側のレンズ面の曲率半径

【請求項 9】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光学系。

$$-0.6 < (r 2 + r 3) / (r 2 - r 3) < -0.3$$

但し、

$r 2$: 前記第 1 レンズの像側のレンズ面の曲率半径

$r 3$: 前記第 2 レンズの物体側のレンズ面の曲率半径

【請求項 10】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の光学系。

$$F n o < 1.50$$

但し、

F n o : F ナンバー

【請求項 1 1】

請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一項に記載の光学系を有することを特徴とする光学機器。

【請求項 1 2】

物体側から順に、負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、第 3 レンズ群と、を有する光学系の製造方法であって、

前記第 1 レンズ群として、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第 1 レンズと、物体側に凹面を向けた第 2 レンズと、を配置し、

最も像側に、像側のレンズ面が像側に向いた凹面であるレンズを配置し、

合焦時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が変化するように配置し、

次式の条件を満足するように配置することを特徴とする光学系の製造方法。

$$0.50 < f f / f < 20.00$$

但し、

f f : 合焦時に移動するレンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光学系、光学機器および光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。しかしながら、特許文献 1 は、さらなる光学性能の向上が要望されているという課題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 1 1 9 7 8 号公報

【発明の概要】

【0 0 0 4】

本発明の第一の態様に係る光学系は、物体側から順に、負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、第 3 レンズ群と、を有し、第 1 レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第 1 レンズと、物体側に凹面を向けた第 2 レンズと、を有し、最も像側のレンズの像側のレンズ面は、像側に向いた凹面であり、合焦時に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が変化し、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔が変化し、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$0.50 < f f / f < 20.00$$

但し、

f f : 合焦時に移動するレンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

【0 0 0 5】

また、本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、物体側から順に、負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、第 3 レンズ群と、を有する光学系の製造方法であって、第 1 レンズ群として、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第 1 レンズと、物体側に凹面を向けた第 2 レンズと、を配置し、最も像側に、像側のレンズ面が像側に向いた凹面であるレンズを配置し、合焦時に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が変化し、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔が変化するように配置し、次式の条件を満足するように配置することを特徴とする。

$$0.50 < f f / f < 20.00$$

但し、

$f f$: 合焦時に移動するレンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図2】第1実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

10

【図3】第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図4】第2実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図5】第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図6】第3実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図7】第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

20

【図8】第4実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図9】第5実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図10】第5実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図11】第6実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

【図12】第6実施例に係る光学系の諸収差図であって、(a)は無有限遠合焦状態を示し、(b)は至近合焦状態を示す。

30

【図13】上記光学系を搭載するカメラの断面図である。

【図14】上記光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図1に示すように、本実施形態に係る光学系OLは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、を有して構成されている。また、この光学系OLにおいて、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第1レンズ（例えば、図1における負メニスカスレンズL11）と、物体側に凹面を向けた第2レンズ（例えば、図1における、両凹負レンズL12）と、を有して構成されている。また、最も像側のレンズの像側のレンズ面は、像側に向いた凹面（例えば、図1における正メニスカスレンズL32の像側のレンズ面（第24面））で構成されている。また、この光学系OLは、合焦時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が変化するように構成されている。このように構成することにより、明るい光学系を実現することができ、また、無有限遠合焦状態から至近合焦状態に亘って優れた光学性能を得ることができる。

40

【0008】

また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

50

【0009】

$$0.50 < f f / f < 20.00 \quad (1)$$

但し、

$f f$: 合焦時に移動するレンズ群の焦点距離

f : 全系の焦点距離

【0010】

条件式(1)は、全系の焦点距離に対する合焦時に移動するレンズ群(以下、「合焦レンズ群」と呼ぶ)の焦点距離を規定するものである。なお、合焦レンズ群の焦点距離は、複数のレンズ群で合焦を行うときは、無限遠合焦時におけるそれらのレンズ群の合成の焦点距離である。条件式(1)の上限値を上回ると、合焦レンズ群の屈折力が弱くなり球面収差が悪化するため好ましくない。なお、この条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の上限値を15.00とすることが望ましい。また、この条件式(1)の効果をさらに確実なものとするために、条件式(1)の上限値を10.00とすることが望ましい。また、条件式(1)の下限値を下回ると、合焦レンズ群の屈折力が強くなり、至近合焦時の光学性能、特にコマ収差が悪化するため好ましくない。なお、この条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の下限値を0.60とすることが望ましい。また、この条件式(1)の効果をさらに確実なものとするために、条件式(1)の下限値を0.70とすることが望ましい。また、この条件式(1)の効果をさらに確実なものとするために、条件式(1)の下限値を0.80とすることが望ましい。

【0011】

また、本実施形態に係る光学系OLは、開口絞りSを有し、この開口絞りSに対向する像側のレンズ面が非球面形状を有することが望ましい。このように構成することにより、球面収差を良好に補正することができる。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2中に配置されていることが望ましい。なお、第2レンズ群G2中とは、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズと最も像側のレンズとの間に配置されていることを意味する。

【0012】

また、本実施形態に係る光学系OLは、変倍時に、第1レンズ群G1が像面に対して固定されていることが望ましい。このように構成することにより、合焦時における像面湾曲の変動を小さくすることができる。また、この光学系OLを小型化することができる。

【0013】

また、本実施形態に係る光学系OLは、変倍時に、第3レンズ群G3が像面に対して固定されていることが望ましい。このように構成することにより、コマ収差の補正に有利となる。

【0014】

また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、第3レンズ群G3は、負の屈折力を有することが望ましい。すなわち、光学系OLを、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とで構成することにより、コマ収差の補正に有利となる。

【0015】

また、本実施形態に係る光学系OLは、変倍時に、第2レンズ群G2が光軸に沿って移動するように構成する、すなわち、第2レンズ群G2を合焦レンズ群とすることが望ましい。このように構成することにより、合焦時の球面収差変動が小さくなり、また、軸上色収差及び倍率色収差変動に有利となる。

【0016】

また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

【0017】

$$0.01 < 1 / r e < 0.04 \quad (2)$$

但し、

$r e$: 最も像側のレンズの像側のレンズ面の曲率半径

【0018】

条件式(2)は、この光学系OLの最も像側のレンズの像側のレンズ面の曲率を規定するものである。条件式(2)の上限値を上回ると、最も像側のレンズ面の曲率が強くなり、特にコマ収差に悪影響を及ぼすため好ましくない。なお、この条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の上限値を0.03とすることが望ましい。また、条件式(2)の下限値を下回ると、このレンズ面が立ってきて(曲率が緩くなり)球面収差等に悪影響を及ぼすため好ましくない。なお、この条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の下限値を0.02とすることが望ましい。

【0019】

また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

【0020】

$$-0.6 < (r_2 + r_3) / (r_2 - r_3) < -0.3 \quad (3)$$

但し、

r_2 : 第1レンズの像側のレンズ面の曲率半径

r_3 : 第2レンズの物体側のレンズ面の曲率半径

【0021】

条件式(3)は、この光学系OLにおける、物体側から最初の空気レンズ(第1レンズ群G1における第1レンズと第2レンズとの空気間隔)の形状を規定するものである。条件式(3)の上限値を上回ると、空気レンズの負の屈折力が弱くなり、諸収差に悪影響を及ぼす。特に歪曲収差や像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の上限値を-0.4とすることが望ましい。また、条件式(3)の下限値を下回ると、空気レンズの負の屈折力が強くなり、諸収差に悪影響を及ぼす。特に歪曲収差や像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の下限値を-0.5とすることが望ましい。

【0022】

また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(4)を満足することが望ましい。

【0023】

$$Fno < 1.50 \quad (4)$$

但し、

Fno : Fナンバー

【0024】

条件式(4)は、この光学系OLのFナンバーを規定するものである。この条件式(4)を満足することで、明るい光学系を得ることができる。なお、この条件式(4)の効果を確実なものとするために、この条件式(4)の上限値を1.40とすることが望ましい。また、この条件式(4)の効果をさらに確実なものとするために、この条件式(4)の上限値を1.30とすることが望ましい。また、この条件式(4)の効果をさらに確実なものとするために、この条件式(4)の上限値を1.25とすることが望ましい。

【0025】

なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

【0026】

次に、本実施形態に係る光学系OLを備えた光学機器であるカメラを図13に基づいて説明する。このカメラ1は、撮影レンズ2として本実施形態に係る光学系OLを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF(Optical low pass filte

10

20

30

40

50

r：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部 3 の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部 3 に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ 1 に設けられた E V F（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4 に表示される。これにより撮影者は、E V F 4 を介して被写体を観察することができる。

【0027】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部 3 により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る光学系 O L を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

【0028】

以下、本実施形態に係る光学系 O L の製造方法の概略を、図 14 を参照して説明する。まず、各レンズを配置して第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 をそれぞれ準備する（ステップ S 100）。そして、第 1 レンズ群 G 1 として、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである第 1 レンズと、物体側に凹面を向けた第 2 レンズと、を配置し（ステップ S 200）、最も像側に、像側のレンズ面が像側に向いた凹面であるレンズを配置する（ステップ S 300）。また、合焦時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が変化し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が変化するように配置する（ステップ S 400）。さらに、所定の条件式（例えば、上述した条件式（1））による条件を満足するように配置する（ステップ S 500）。

【0029】

具体的には、本実施形態では、例えば図 1 に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 11、及び、両凹負レンズ L 12 と両凸正レンズ L 13 とを接合した接合正レンズを配置して第 1 レンズ群 G 1 とし、両凸正レンズ L 21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 22、両凸正レンズ L 23 と両凹負レンズ L 24 とを接合した接合負レンズ、開口絞り S、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズ L 25、両凹負レンズ L 26 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 27 とを接合した接合負レンズ、及び、像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸レンズ形状の正レンズ L 28 を配置して第 2 レンズ群 G 2 とし、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 31、及び、物体側に凸面を向けた（像側に凹面を向けた）正メニスカスレンズ L 32 を配置して第 3 レンズ群 G 3 とする。このようにして準備した各レンズ群を上述した手順で配置して光学系 O L を製造する。

【0030】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0031】

本実施形態では、3 群構成の光学系 O L を示したが、以上の構成条件等は、4 群、5 群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも 1 枚のレンズを有する部分を示す。また、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

【0032】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、第 2 レンズ群 G 2 を合焦レンズ群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、

合焦レンズ群は単レンズから構成するのが好ましい。

【0033】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部、又は、第3レンズ群G3の少なくとも一部（第3レンズ群G3の最も像側のレンズ成分は除く）を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0034】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0035】

開口絞りSは、第2レンズ群G2の中に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

【0036】

さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

【0037】

以上のような構成により、良好な光学性能を有し、明るい光学系OL、この光学系OLを有する光学機器及び光学系OLの製造方法を提供することができる。

【実施例】

【0038】

以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図1、図3、図5、図7、図9、及び、図11は、各実施例に係る光学系OL（OL1～OL6）の構成及び屈折力配分を示す断面図である。また、これらの光学系OL1～OL6の断面図の下部には、無限遠合焦状態から至近合焦状態に合焦する際に移動するレンズ群の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

【0039】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を K とし、 n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（a）で表される。なお、以降の実施例において、「 $E-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

【0040】

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad (a)$$

【0041】

なお、各実施例において、2次の非球面係数 $A2$ は0である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

【0042】

〔第1実施例〕

図1は、第1実施例に係る光学系OL1の構成を示す図である。この光学系OL1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

【0043】

この光学系OL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、及び、両凹負レンズL12と両凸正レンズL13とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22、両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合負レンズ、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL25、両凹負レンズL26と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL27とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL28で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、像側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ形状の負レンズL31、及び、物体側に凸面を向けた（像側に凹面を向けた）正メニスカスレンズL32で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合負レンズの像側（両凹負レンズL24と非球面負レンズL25の間）に配置されている。また、この光学系OL1と像面Iとの間にはフィルター群FLが配置されている。

10

【0044】

また、この光学系OL1において、無限遠から至近物点への合焦は、第2レンズ群G2を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【0045】

以下の表1に、光学系OL1の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示すfは全系の焦点距離、FNOはFナンバー、 ω は半画角[°]、Yは最大像高、TLは全長、及び、BFはバックフォーカスの値を表している。ここで、全長TLは、無限合焦時の最も物体側のレンズ面（第1面）から像面Iまでの光軸上の距離を示している。また、バックフォーカスBFは、無限遠合焦時の最も像面側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離とその空気換算長を示している。また、レンズデータにおける第1欄mは、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第2欄rは、各レンズ面の曲率半径を、第3欄dは、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第4欄nd及び第5欄vdは、d線（ $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率及びアッペ数を示している。また、曲率半径0.00000は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。なお、レンズ群焦点距離は第1～第3レンズ群G1～G3の各々の始面の番号と焦点距離を示している。

20

【0046】

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離f、曲率半径r、面間隔d、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

30

【0047】

（表1）第1実施例

〔全体諸元〕

f	=	36.00
FNO	=	1.27
ω	=	31.0
Y	=	20.94
TL	=	159.500
BF	=	21.673
BF（空気換算長）	=	20.991

40

〔レンズデータ〕

m	r	d	nd	vd
物面	∞			
1	219.89650	2.500	1.58913	61.2

50

2	36.65680	30.287			
3	-80.31177	2.200	1.49782	82.6	
4	107.63024	11.655	1.85026	32.4	
5	-266.99457	D5			
6	66.74362	15.450	1.43700	95.1	
7	-88.13127	0.200			
8	53.89207	5.408	1.80400	46.6	
9	124.87901	0.040			
10	40.75122	10.000	1.80400	46.6	
11	-177.14586	2.469	1.78472	25.6	10
12	28.55427	6.000			
13	0.00000	5.500			開口絞り S
14*	-300.20287	2.500	1.58913	61.2	
15	770.69740	1.500			
16	-92.49917	1.500	1.62004	36.4	
17	26.27027	5.786	1.49782	82.6	
18	115.96610	2.617			
19	77.41625	8.770	1.80400	46.6	
20	-40.30267	D20			
21	56.86132	2.945	1.49710	81.6	20
22*	32.88058	3.000			
23	50.78860	5.000	1.80400	46.6	
24	60.00000	17.673			
25	0.00000	2.000	1.51680	63.9	
26	0.00000	2.000			
像面	∞				

〔レンズ群焦点距離〕

レンズ群	始面	焦点距離	
第 1 レンズ群	1	-80.62	30
第 2 レンズ群	6	53.00	
第 3 レンズ群	21	-301.07	

【 0 0 4 8 】

この光学系 O L 1 において、第 1 4 面及び第 2 2 面は非球面形状に形成されている。次の表 2 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 4 9 】

(表 2)

〔非球面データ〕

面	K	A 4	A 6	A 8	A 10	
14	-4.90000e+01	-1.43121e-05	-5.65379e-09	-1.13282e-11	3.45438e-14	40
22	1.87050e+00	-1.72052e-06	-4.28818e-09	2.47112e-12	-1.11278e-14	

【 0 0 5 0 】

この光学系 O L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 5、及び、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2 0 は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表 3 に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状態での可変間隔を示す。なお、D 0 は光学系 O L 1 の最も物体側の面（第 1 面）から物体までの距離を示し、β は倍率を示す（以降の実施例においても同様である）。

【 0 0 5 1 】

(表 3)

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
D 0	∞	140.50
β	—	-0.2438
f	36.00	—
D 5	12.000	0.930
D 2 0	0.500	11.570

【0052】

次の表4に、この光学系OL1における各条件式対応値を示す。この表4において、fは全系の焦点距離を、ffは合焦レンズ群の焦点距離を、reは最も像側のレンズ面の曲率半径を、r2は第1レンズの像側のレンズ面の曲率半径を、r3は第2レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を、FnoはFMナンバーを、それぞれ表している。この符号の説明は、以降の実施例においても同様である。なお、この第1実施例において、負メニスカスレンズL11が第1レンズに相当し、両凹負レンズL12が第2レンズに相当する。また、第2レンズ群G2が合焦レンズ群に相当する。

10

【0053】

(表4)

[条件式対応値]

(1) $ff/f = 1.47$

(2) $1/re = 0.02$

20

(3) $(r2 + r3) / (r2 - r3) = -0.37$

(4) $Fno = 1.27$

【0054】

このように、この光学系OL1は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0055】

この光学系OL1の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図2に示す。各収差図において、FNOはFナンバー、NAは開口数、Yは像高を、H0は物体高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバー又は開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高または物体高の最大値をそれぞれ示し、横収差図では各像高または各物体高の値を示している。また、dはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示す。また、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示している。また、歪曲収差図はd線の値を示している。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この光学系OL1は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

30

【0056】

[第2実施例]

図3は、第2実施例に係る光学系OL2の構成を示す図である。この光学系OL2は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

40

【0057】

この光学系OL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、及び、両凹負レンズL12と両凸正レンズL13とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22、両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合負レンズ、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL25、両凹負レンズL26と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL27とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL28で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、像側のレンズ面が非球面形状

50

に形成された物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ形状の負レンズL 3 1、及び、物体側に凸面を向けた（像側に凹面を向けた）正メニスカスレンズL 3 2で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G 2内の両凸正レンズL 2 3と両凹負レンズL 2 4とを接合した接合負レンズの像側（両凹負レンズL 2 4と非球面負レンズL 2 5の間）に配置されている。また、この光学系O L 2と像面Iとの間にはフィルター群F Lが配置されている。

【0058】

また、この光学系O L 2において、無限遠から至近物点への合焦は、第2レンズ群G 2を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【0059】

10

以下の表5に、光学系O L 2の諸元の値を掲げる。

【0060】

（表5）第2実施例

[全体諸元]

f	=	36.00
F N o	=	1.25
ω	=	31.8
Y	=	21.64
T L	=	159.500
B F	=	22.298
B F（空気換算長）	=	21.617

20

[レンズデータ]

m	r	d	n d	v d
物面	∞			
1	246.05022	2.500	1.58913	61.2
2	36.66899	29.381		
3	-88.05876	2.292	1.49782	82.6
4	99.30956	12.694	1.85026	32.4
5	-315.07398	D5		
6	67.04505	15.024	1.43700	95.1
7	-85.05554	0.200		
8	51.92997	5.292	1.80400	46.6
9	109.80341	0.076		
10	40.84094	10.000	1.80400	46.6
11	-180.43368	2.275	1.78472	25.6
12	28.59592	6.014		
13	0.00000	5.500		
14*	-248.39060	2.500	1.58913	61.2
15	620.45949	1.500		
16	-94.42498	1.500	1.62004	36.4
17	26.26690	5.950	1.49782	82.6
18	125.00265	2.281		
19	77.69599	8.826	1.80400	46.6
20	-39.67814	D20		
21	57.20705	2.899	1.49710	81.6
22*	32.37479	3.000		
23	49.86745	5.000	1.80400	46.6
24	60.00000	18.298		
25	0.00000	2.000	1.51680	63.9

開口絞り S

30

40

50

26 0.00000 2.000
像面 ∞

〔レンズ群焦点距離〕

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-81.49
第2レンズ群	6	52.84
第3レンズ群	21	-301.65

【0061】

この光学系OL2において、第14面及び第22面は非球面形状に形成されている。次の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

【0062】

(表6)

〔非球面データ〕

面	K	A4	A6	A8	A10
14	-5.09240e+00	-1.44908e-05	-5.86467e-09	-9.70725e-12	3.11615e-14
22	1.74910e+00	-1.53739e-06	-3.80710e-09	1.72799e-12	-6.57323e-15

【0063】

この光学系OL2において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D5、及び、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D20は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表7に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状態での可変間隔を示す。

【0064】

(表7)

〔可変間隔データ〕

	無限遠	至近
D0	∞	140.50
β	—	-0.2436
f	36.00	—
D5	12.000	1.118
D20	0.500	11.382

【0065】

次の表8に、この光学系OL2における各条件式対応値を示す。なお、この第2実施例において、負メニスカスレンズL11が第1レンズに相当し、両凹負レンズL12が第2レンズに相当する。また、第2レンズ群G2が合焦レンズ群に相当する。

【0066】

(表8)

〔条件式対応値〕

(1) $f/f' = 1.47$
 (2) $1/r_e = 0.02$
 (3) $(r_2 + r_3)/(r_2 - r_3) = -0.41$
 (4) $Fno = 1.25$

【0067】

このように、この光学系OL2は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0068】

この光学系OL2の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図4に示す。これらの各収差図より、この光学系OL2は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

10

20

30

40

50

【0069】

[第3実施例]

図5は、第3実施例に係る光学系OL3の構成を示す図である。この光学系OL3は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

【0070】

この光学系OL3において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、及び、両凹負レンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22、両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合正レンズ、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸レンズ形状の正レンズL25、両凹負レンズL26と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL27とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL28で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、像側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ形状の負レンズL31、及び、物体側に凸面を向けた（像側に凹面を向けた）正メニスカスレンズL32で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合正レンズの像側（両凹負レンズL24と非球面正レンズL25の間）に配置されている。また、この光学系OL3と像面Iとの間には

10

20

【0071】

また、この光学系OL3において、無限遠から至近物点への合焦は、第2レンズ群G2を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【0072】

以下の表9に、光学系OL3の諸元の値を掲げる。

【0073】

（表9）第3実施例

[全体諸元]

f	=	36.00
FNo	=	1.26
ω	=	31.0
Y	=	20.94
TL	=	159.500
BF	=	24.982
BF（空気換算長）	=	24.300

30

[レンズデータ]

m	r	d	nd	vd
物面	∞			
1	56.34034	3.000	1.58913	61.2
2	29.51320	30.470		
3	-80.37066	2.200	1.49782	82.6
4	53.53185	22.517	1.85026	32.4
5	105.06163	D5		
6	101.38502	12.057	1.43700	95.1
7	-50.69927	0.200		
8	48.33234	4.415	1.80400	46.6
9	78.64722	0.000		
10	36.84443	10.000	1.80400	46.6
11	-455.49991	1.800	1.78472	25.6

40

50

12	33.41670	6.000			
13	0.00000	4.700			開口絞り S
14*	86.31951	3.000	1.58913	61.2	
15	-330.60152	1.500			
16	-69.41237	1.500	1.62004	36.4	
17	29.37490	3.355	1.49782	82.6	
18	45.67496	1.600			
19	47.14360	7.652	1.80400	46.6	
20	-44.02788	D20			
21	322.20199	1.600	1.49710	81.6	10
22*	28.00000	3.000			
23	43.29099	3.500	1.80400	46.6	
24	60.00000	20.982			
25	0.00000	2.000	1.51680	63.9	
26	0.00000	2.000			
像面	∞				

〔レンズ群焦点距離〕

レンズ群	始面	焦点距離	
第 1 レンズ群	1	-50.84	20
第 2 レンズ群	6	39.00	
第 3 レンズ群	21	-93.61	

【0074】

この光学系 O L 3 において、第 1 4 面及び第 2 2 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 0 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4～A 10 の値を示す。

【0075】

(表 1 0)

〔非球面データ〕

面	K	A 4	A 6	A 8	A 10	
14	-3.79400e-01	-1.01346e-05	-8.44430e-09	-1.58206e-11	2.71537e-14	30
22	1.72830e+00	-1.06092e-06	-6.82637e-09	-1.83223e-11	1.00110e-14	

【0076】

この光学系 O L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 5、及び、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2 0 は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表 1 1 に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状態での可変間隔を示す。

【0077】

(表 1 1)

〔可変間隔データ〕

	無限遠	至近	
D 0	∞	140.50	40
β	—	-0.2411	
f	36.00	—	
D 5	9.954	1.095	
D 2 0	0.500	9.359	

【0078】

次の表 1 2 に、この光学系 O L 3 における各条件式対応値を示す。なお、この第 3 実施例において、負メニスカスレンズ L 1 1 が第 1 レンズに相当し、両凹負レンズ L 1 2 が第 2 レンズに相当する。また、第 2 レンズ群 G 2 が合焦レンズ群に相当する。

【0079】

(表12)

[条件式対応値]

(1) $f_f / f = 1.08$

(2) $1 / r_e = 0.02$

(3) $(r_2 + r_3) / (r_2 - r_3) = -0.46$

(4) $F_{no} = 1.26$

【0080】

このように、この光学系OL3は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0081】

10

この光学系OL3の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図6に示す。これらの各収差図より、この光学系OL3は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0082】

[第4実施例]

図7は、第4実施例に係る光学系OL4の構成を示す図である。この光学系OL4は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

【0083】

20

この光学系OL4において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、及び、両凹負レンズL12と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22、両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合正レンズ、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凹面を向けたメニスカスレンズ形状の負レンズL25、両凹負レンズL26と両凸正レンズL27とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL28、及び、両凸正レンズL29で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側のレンズ面及び像側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL31で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL23と両凹負レンズL24とを接合した接合正レンズの像側（両凹負レンズL24と非球面負レンズL25の間）に配置されている。また、この光学系OL4と像面Iとの間にはフィルター群FLが配置されている。

30

【0084】

また、この光学系OL4において、無限遠から至近物点への合焦は、第2レンズ群G2を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【0085】

以下の表13に、光学系OL4の諸元の値を掲げる。

【0086】

(表13) 第4実施例

40

[全体諸元]

f	=	35.98
F _{no}	=	1.27
ω	=	31.8
Y	=	21.64
T _L	=	163.947
B _F	=	24.606
B _F (空気換算長)	=	23.924

[レンズデータ]

50

m	r	d	n d	v d	
物面	∞				
1	216.86600	1.152	1.58913	61.2	
2	35.11157	15.690			
3	-125.44233	1.176	1.49782	82.6	
4	45.20690	4.381	1.83400	37.2	
5	59.40289	D5			
6	63.75781	9.160	1.43385	95.2	
7	-648.64355	10.892			
8	53.15512	9.759	1.80400	46.6	10
9	2111.54700	10.028			
10	62.88393	13.074	1.77250	49.6	
11	-46.26170	1.803	1.79504	28.7	
12	103.52264	6.003			
13	0.00000	6.001			開口絞り S
14*	-138.20036	2.515	1.58913	61.2	
15	-3613.69650	3.274			
16	-43.04113	1.500	1.60342	38.0	
17	35.24270	11.340	1.49782	82.6	
18	-40.21062	0.495			20
19	102.31995	9.383	1.49782	82.6	
20	-48.33420	1.144			
21	84.51525	7.893	1.80400	46.6	
22	-92.66154	D22			
23*	-171.56086	1.410	1.49710	81.6	
24*	27.97393	20.606			
25	0.00000	2.000	1.51680	63.9	
26	0.00000	2.000			
像面	∞				30

〔レンズ群焦点距離〕

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-36.59
第 2 レンズ群	6	138.34
第 3 レンズ群	23	-48.27

【 0 0 8 7 】

この光学系 O L 4 において、第 1 4 面、第 2 3 面及び第 2 4 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 4 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 1 0 の値を示す。

【 0 0 8 8 】

(表 1 4)

〔非球面データ〕

面	K	A 4	A 6	A 8	A 10
14	2.54314e+01	-1.41995e-05	-4.97141e-09	-1.06303e-11	4.20381e-14
23	-5.45042e+01	-4.90431e-06	1.58151e-08	-3.00219e-11	2.33168e-14
24	4.00700e-01	1.24797e-06	2.04323e-08	-2.36678e-11	4.57415e-14

【 0 0 8 9 】

この光学系 O L 4 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 5、及び、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2 0 は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表 1 5 に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状

態での可変間隔を示す。

【0090】

(表15)

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
D 0	∞	136.05
β	—	-0.2128
f	35.98	—
D 5	8.111	1.785
D 2 2	3.158	9.483

10

【0091】

次の表16に、この光学系OL4における各条件式対応値を示す。なお、この第4実施例において、負メニスカスレンズL11が第1レンズに相当し、両凹負レンズL12が第2レンズに相当する。また、第2レンズ群G2が合焦レンズ群に相当する。

【0092】

(表16)

[条件式対応値]

(1) $f_f / f = 3.84$

(2) $1 / r_e = 0.04$

(3) $(r_2 + r_3) / (r_2 - r_3) = -0.56$

(4) $F_{no} = 1.27$

20

【0093】

このように、この光学系OL4は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0094】

この光学系OL4の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図8に示す。これらの各収差図より、この光学系OL4は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0095】

[第5実施例]

30

図9は、第5実施例に係る光学系OL5の構成を示す図である。この光学系OL5は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

【0096】

この光学系OL5において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、及び、両凹負レンズL12と両凸正レンズL13とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL21、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL24とを接合した接合負レンズ、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹レンズ形状の負レンズL25、両凹負レンズL26と両凸正レンズL27とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL28で構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、像側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカスレンズ形状の負レンズL31、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の正メニスカスレンズL23と負メニスカスレンズL24とを接合した接合負レンズの像側(負メニスカスレンズL24と非球面負レンズL25の間)に配置されている。また、この光学系OL5と像面Iとの間にはフィルタ群FLが配置されている。

40

【0097】

また、この光学系OL5において、無限遠から至近物点への合焦は、第2レンズ群G2

50

を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【0098】

以下の表17に、光学系OL5の諸元の値を掲げる。

【0099】

(表17) 第5実施例

[全体諸元]

f	=	36.00	
F N o	=	1.19	
ω	=	31.0	
Y	=	20.94	10
T L	=	166.000	
B F	=	16.500	
B F (空気換算長)	=	15.819	

[レンズデータ]

m	r	d	n d	v d	
物面	∞				
1	226.77416	2.500	1.58913	61.2	
2	42.56008	24.089			
3	-99.20602	3.000	1.49782	82.6	20
4	179.50875	23.995	1.85026	32.4	
5	-178.38716	D5			
6	54.76646	14.389	1.43700	95.1	
7	-127.19541	0.100			
8	45.69050	4.785	1.80400	46.6	
9	72.53249	0.200			
10	32.89215	8.503	1.80400	46.6	
11	596.69382	2.619	1.78472	25.6	
12	21.89256	7.575			
13	0.00000	4.489			開口絞り S 30
14*	-784.67328	2.500	1.58913	61.2	
15	115.72650	3.693			
16	-41.72563	2.000	1.62004	36.4	
17	71.83778	4.815	1.49782	82.6	
18	-100.00000	0.200			
19	122.20408	8.077	1.80400	46.6	
20	-39.42496	D20			
21	42.11001	6.940	1.49710	81.6	
22*	33.71561	3.688			
23	56.46265	5.000	1.80400	46.6	40
24	80.37069	12.500			
25	0.00000	2.000	1.51680	63.9	
26	0.00000	2.000			
像面	∞				

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離	
第1レンズ群	1	-127.24	
第2レンズ群	6	58.67	
第3レンズ群	21	450.00	50

【0100】

この光学系OL5において、第14面及び第22面は非球面形状に形成されている。次の表18に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

【0101】

(表18)

[非球面データ]

面	K	A4	A6	A8	A10
14	1.10000e+01	-1.30087e-05	-9.53891e-09	-3.89996e-11	6.10828e-14
22	1.93340e+00	-1.43816e-06	-3.97575e-09	-9.29548e-13	-7.64725e-15

10

【0102】

この光学系OL5において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D5、及び、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D20は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表19に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状態での可変間隔を示す。

【0103】

(表19)

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
D0	∞	134.00
β	—	-0.2566
f	36.00	—
D5	16.143	1.800
D20	0.200	14.543

20

【0104】

次の表20に、この光学系OL5における各条件式対応値を示す。なお、この第5実施例において、負メニスカスレンズL11が第1レンズに相当し、両凹負レンズL12が第2レンズに相当する。また、第2レンズ群G2が合焦レンズ群に相当する。

【0105】

(表20)

[条件式対応値]

- (1) $f_f / f = 1.63$
 (2) $1 / r_e = 0.01$
 (3) $(r_2 + r_3) / (r_2 - r_3) = -0.40$
 (4) $Fno = 1.19$

30

【0106】

このように、この光学系OL5は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0107】

この光学系OL5の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図10に示す。これらの各収差図より、この光学系OL5は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

40

【0108】

[第6実施例]

図11は、第6実施例に係る光学系OL6の構成を示す図である。この光学系OL6は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、から構成されている。

【0109】

この光学系OL6において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、両凹負レンズL12、及び、両凸正レンズL13で構成

50

10

また、この光学系 O L 6 において、無限遠から至近物点への合焦は、第 2 レンズ群 G 2 を、物体側に移動させることにより行うように構成されている。

【 0 1 1 2 】

[全体諸元]

20

30

40

50

21	-41.80902	D21		
22	51.83072	1.999	1.49710	81.6
23*	36.76981	2.686		
24	58.71193	4.008	1.80400	46.6
25	39.15432	22.103		
26	0.00000	2.000	1.51680	63.9
27	0.00000	1.000		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

10

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-50.02
第2レンズ群	7	57.06
第3レンズ群	22	-98.76

【0113】

この光学系OL6において、第15面及び第23面は非球面形状に形成されている。次の表22に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

【0114】

(表22)

20

[非球面データ]

面	K	A4	A6	A8	A10
15	-7.63800e-01	-1.28105e-05	-5.41102e-09	3.98672e-12	4.03529e-15
23	1.04030e+00	4.43461e-06	8.54853e-10	1.14308e-11	1.98808e-14

【0115】

この光学系OL6において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D6、及び、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D21は、上述したように、合焦に際して変化する。次の表23に、無限遠物体合焦状態、並びに、至近合焦状態での可変間隔を示す。

【0116】

30

(表23)

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
D0	∞	136.19
β	—	-0.2521
f	35.97	—
D6	12.412	1.124
D21	1.001	12.288

【0117】

次の表24に、この光学系OL6における各条件式対応値を示す。なお、この第6実施例において、負メニスカスレンズL11が第1レンズに相当し、両凹負レンズL12が第2レンズに相当する。また、第2レンズ群G2が合焦レンズ群に相当する。

40

【0118】

(表24)

[条件式対応値]

- (1) $f/f' = 1.59$
 (2) $1/r_e = 0.03$
 (3) $(r_2 + r_3)/(r_2 - r_3) = -0.36$
 (4) $F_n o = 1.26$

【0119】

50

このように、この光学系OL6は、上記条件式(1)～(4)を全て満足している。

【0120】

この光学系OL6の、無限遠合焦状態及び至近合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及び横収差図を図12に示す。これらの各収差図より、この光学系OL6は、無限遠物体合焦状態から至近合焦状態にわたって諸収差が良好に補正されていることがわかる。

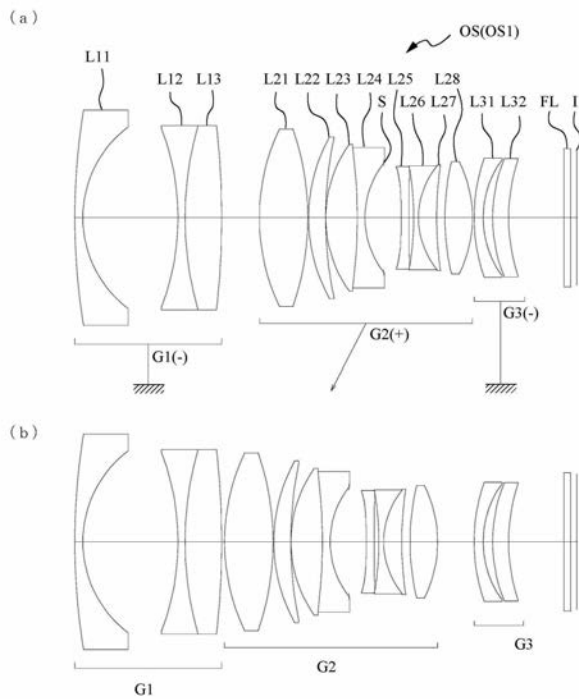
【符号の説明】

【0121】

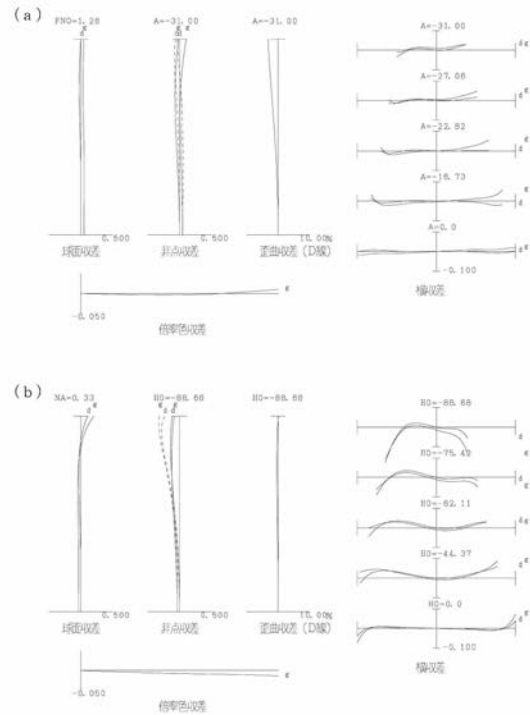
OL (OL1～OL6) 光学系 G1 第1レンズ群
G2 第2レンズ群 (合焦レンズ群) G3 第3レンズ群
S 開口絞り 1 カメラ (光学機器)

10

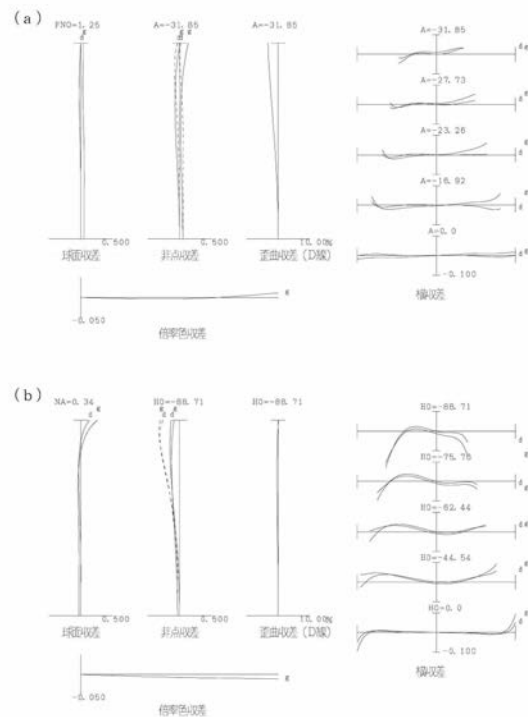
【図1】



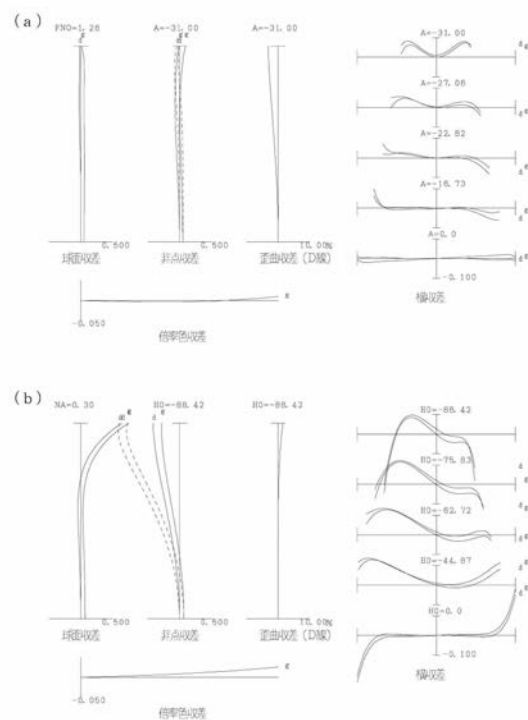
【図2】



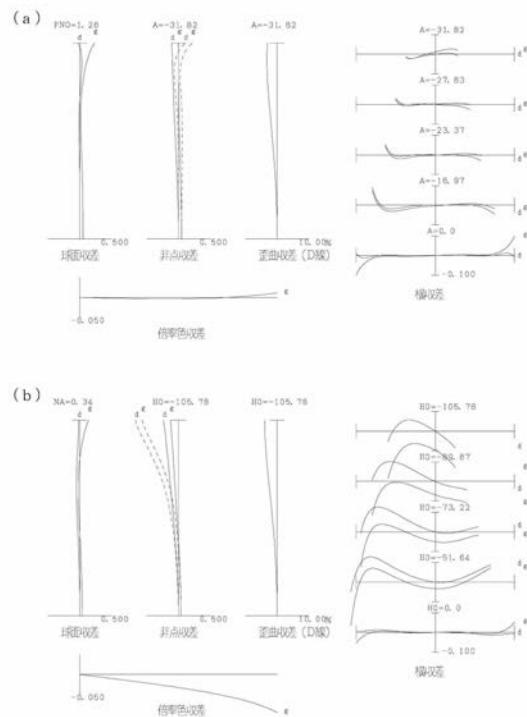
【図 4】



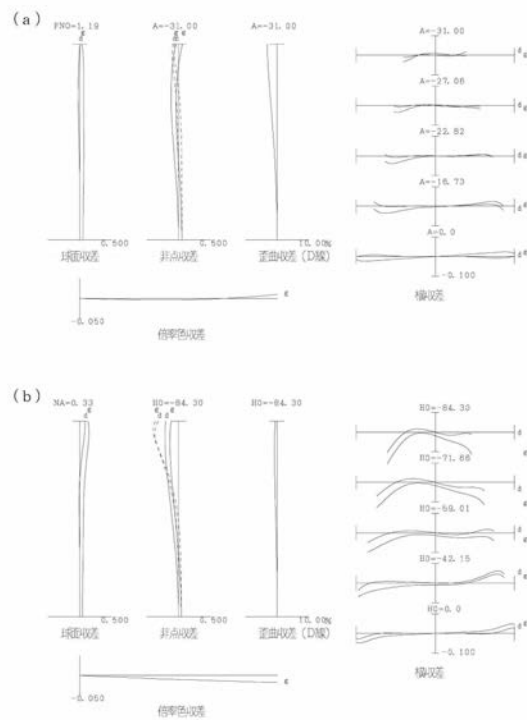
【图 6】



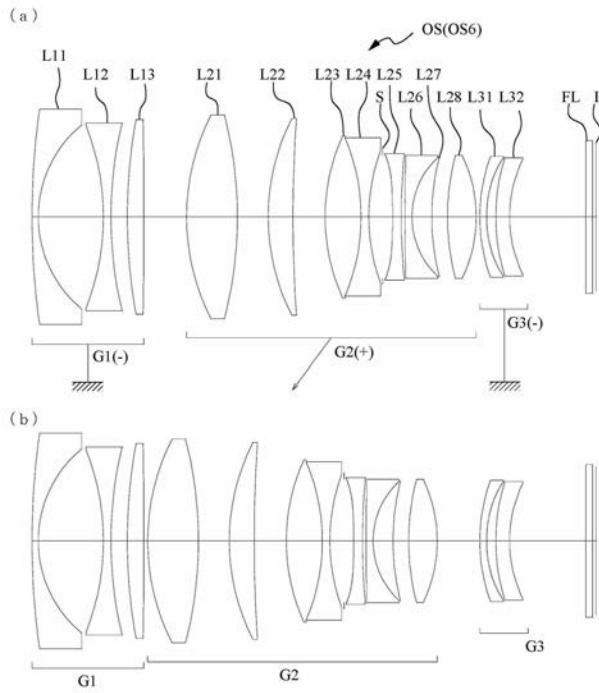
【图 8】



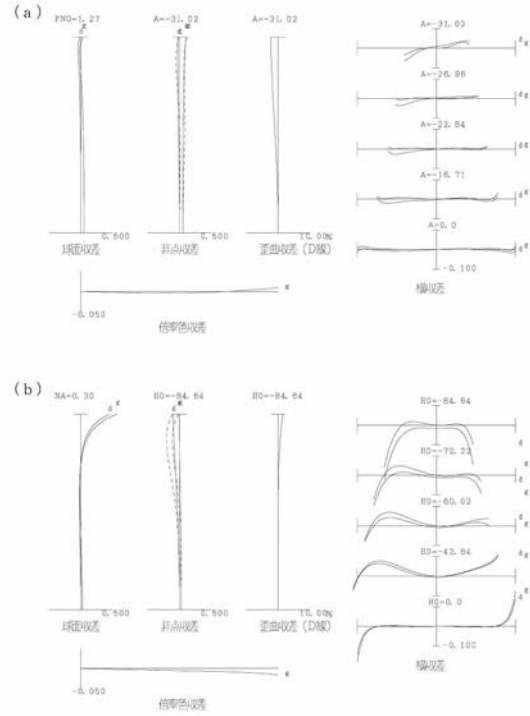
【図 10】



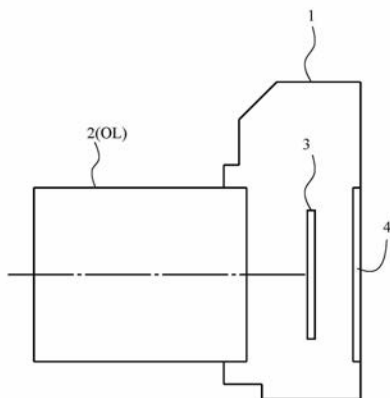
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

