

(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2017-161845

(P2017-161845A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(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	D	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 11 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2016-48454 (P2016-48454)
 (22) 出願日 平成28年3月11日 (2016.3.11)

(71) 出願人 000004112
 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 100092897
 弁理士 大西 正悟
 (74) 代理人 100097984
 弁理士 川野 宏
 (74) 代理人 100157417
 弁理士 並木 敏章
 (72) 発明者 村谷 真美
 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
 社ニコン内

最終頁に続く

(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】

【課題】 小型で良好な光学性能を有した光学系（広角レンズ）を提供する。

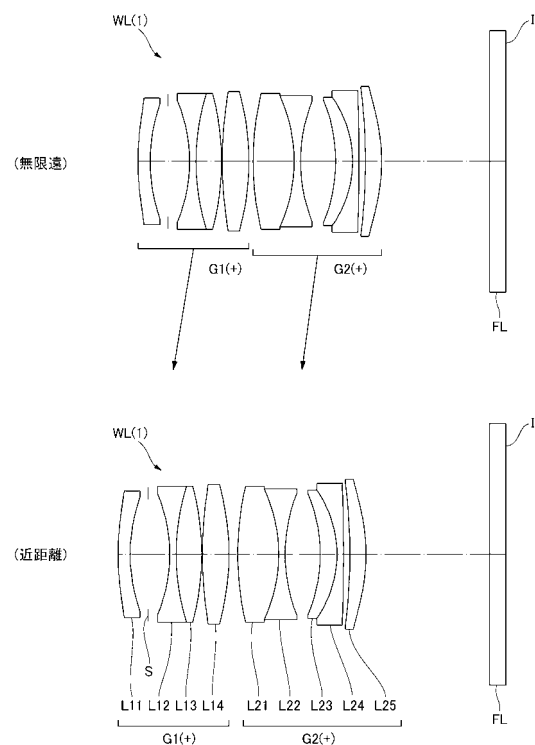
【解決手段】 光学系WLは、正の屈折力を有する前群G1と、正の屈折力を有する後群G2とを有し、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が光軸に沿って物体側に移動して、前群G1と後群G2との間隔が変化し、以下の条件式を満足している。

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00$$

但し、X1：合焦の際の前群G1の移動量、

X2：合焦の際の後群G2の移動量。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とを有し、
無限遠から近距離物体への合焦の際、前記前群および前記後群が光軸に沿って物体側に移動して、前記前群と前記後群との間隔が変化し、
以下の条件式を満足することを特徴とする光学系。

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00$$

但し、 $X1$ ：前記合焦の際の前記前群の移動量、

$X2$ ：前記合焦の際の前記後群の移動量。

10

【請求項 2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

$$0.20 < Bf / f < 0.75$$

但し、 Bf ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も像側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離、

f ：無限遠合焦状態の前記光学系の焦点距離。

【請求項 3】

前記前群もしくは前記後群に開口絞りが配置され、

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

$$0.04 < ST1 / TL < 0.30$$

20

但し、 $ST1$ ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も物体側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上の距離、

TL ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離、なお最も像側のレンズ面から像面までは空気換算距離。

【請求項 4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.10 < Dinf / Dmod < 1.60$$

但し、 $Dinf$ ：無限遠合焦状態における前記前群と前記後群との光軸上の空気間隔、

$Dmod$ ：近距離合焦状態における前記前群と前記後群との光軸上の空気間隔。

30

【請求項 5】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.30 < Y / BL < 0.70$$

但し、 Y ：前記光学系のイメージサークルの半径、

BL ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離。

【請求項 6】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.80 < TL / (FNO \times Bf) < 2.70$$

但し、 FNO ：無限遠合焦状態の前記光学系の F ナンバー、

Bf ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も像側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離、

TL ：無限遠合焦状態の前記光学系における最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離、なお最も像側のレンズ面から像面までは空気換算距離。

40

【請求項 7】

前記前群の最も物体側に配置されたレンズは負レンズであることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

50

前記前群の最も物体側に配置された前記負レンズにおける物体側のレンズ面が凹面であることを特徴とする請求項 7 に記載の光学系。

【請求項 9】

前記後群の最も像側に配置されたレンズにおける像側のレンズ面が凸面であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の光学系を搭載して構成される光学機器。

【請求項 11】

物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とを有する光学系の製造方法であって、

無限遠から近距離物体への合焦の際、前記前群および前記後群が光軸に沿って物体側に移動して、前記前群と前記後群との間隔が変化し、

以下の条件式を満足するように、

レンズ鏡筒内に各レンズを配置することを特徴とする光学系の製造方法。

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00$$

但し、 $X1$ ：前記合焦の際の前記前群の移動量、

$X2$ ：前記合焦の際の前記後群の移動量。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系、これを用いた光学機器およびこの光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の光学機器に用いられる光学系として、小型でありながら、フローティングフォーカス方式により良好な収差補正を行うことが可能な光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 を参照）。しかしながら、このような光学系では、フォーカシング（合焦）の際に生じる像面の変位を抑える必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 128294 号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明に係る光学系は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とを有し、無限遠から近距離物体への合焦の際、前記前群および前記後群が光軸に沿って物体側に移動して、前記前群と前記後群との間隔が変化し、以下の条件式を満足する。

【0005】

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00$$

但し、 $X1$ ：前記合焦の際の前記前群の移動量、

$X2$ ：前記合焦の際の前記後群の移動量。

【0006】

本発明に係る光学機器は、上記光学系を搭載して構成される。

【0007】

本発明に係る光学系の製造方法は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とを有する光学系の製造方法であって、無限遠から近距離物体への合焦の際、前記前群および前記後群が光軸に沿って物体側に移動して、前記前群と前記後群との間隔が変化し、以下の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置することを特徴とする。

10

20

30

40

50

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00$$

但し、 $X1$ ：前記合焦の際の前記前群の移動量、
 $X2$ ：前記合焦の際の前記後群の移動量。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態の第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図2】図2(a)は第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図2(b)は第1実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図3】本実施形態の第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図4】図4(a)は第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図4(b)は第2実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。 10

【図5】本実施形態の第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図6】図6(a)は第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図6(b)は第3実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図7】本実施形態の第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図8】図8(a)は第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図8(b)は第4実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図9】本実施形態の第5実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図10】図10(a)は第5実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図10(b)は第5実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。 20

【図11】本実施形態の第6実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図12】図12(a)は第6実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図12(b)は第6実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図13】本実施形態の第7実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図14】図14(a)は第7実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図14(b)は第7実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図15】本実施形態の第8実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

【図16】図16(a)は第8実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図であり、図16(b)は第8実施例に係る光学系の近距離合焦時の諸収差図である。

【図17】本実施形態に係る光学系を備えたカメラの構成を示す図である。 30

【図18】本実施形態に係る光学系の製造方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本実施形態の光学系、光学機器について図を参照して説明する。本実施形態に係る光学系(広角レンズ)WLの一例として、図1に示す光学系WL(1)は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群G1と、正の屈折力を有する後群G2とを有して構成される。このような光学系WL(1)において、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が光軸に沿って物体側に移動して、前群G1と後群G2との間隔が変化するようにになっている。

【0010】

本実施形態に係る光学系WLは、図3に示す光学系WL(2)でも良く、図5に示す光学系WL(3)でも良く、図7に示す光学系WL(4)でも良く、図9に示す光学系WL(5)でも良く、図11に示す光学系WL(6)でも良く、図13に示す光学系WL(7)でも良く、図15に示す光学系WL(8)でも良い。なお、図3、図5、図7、図9、図11、図13、および図15に示す光学系WL(2)~WL(8)の各群は、図1に示す光学系WL(1)と同様に構成される。

【0011】

上述したように、本実施形態に係る光学系WLは、正の屈折力を有する前群G1と、正の屈折力を有する後群G2とを有して構成され、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が光軸に沿って物体側に移動して、前群G1と後群G2との間隔が 40

変化するようになっている。この構成により、合焦の際の像面の変位を抑制して、小型で良好な光学性能を有した光学系を得ることが可能になる。

【0012】

上記構成の下、本実施形態に係る光学系WLは、次の条件式(1)を満足する。

【0013】

$$1.05 < X1 / X2 < 4.00 \quad \dots (1)$$

但し、X1：合焦の際の前群G1の移動量、

X2：合焦の際の後群G2の移動量。

【0014】

条件式(1)は、合焦の際の前群G1および後群G2の移動量について適切な範囲を規定するための条件式である。条件式(1)を満足することで、像面湾曲および軸外収差を良好に補正することができる。

10

【0015】

条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、後群G2のパワー(屈折力)を強くする必要があるので、球面収差、コマ収差等の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を好ましくは3.50とし、さらに好ましくは3.00としてもよい。

【0016】

条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、後群G2のパワーを弱くする必要があるため、至近距離合焦時の光学性能を良好に保つことができず、像面湾曲の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を好ましくは1.10とし、さらに好ましくは1.20としてもよい。

20

【0017】

本実施形態の光学系WLは、次の条件式(2)を満足することが好ましい。

【0018】

$$0.20 < Bf / f < 0.75 \quad \dots (2)$$

但し、Bf：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の空気換算距離、

f：無限遠合焦状態の光学系WLの焦点距離。

【0019】

条件式(2)は、光学系WLのバックフォーカスと焦点距離との適切な範囲を規定するための条件式である。条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、バックフォーカスが長くなるため、テレセントリック性は保たれるものの、光学系全系が大型化するので好ましくない。また、前群G1の径が大きくなるため、歪曲収差の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を好ましくは0.70とし、さらに好ましくは0.60としてもよい。

30

【0020】

条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、バックフォーカスが短くて、射出瞳の位置が像面Iに近くなりすぎるため、シェーディングが顕著となり、特に画面周辺での解像の低下を招く。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を好ましくは0.30とし、さらに好ましくは0.40としてもよい。

40

【0021】

本実施形態の光学系WLにおいて、前群G1もしくは後群G2に開口絞りSが配置され、次の条件式(3)を満足することが好ましい。

【0022】

$$0.04 < ST1 / TL < 0.30 \quad \dots (3)$$

但し、ST1：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から開口絞りSまでの光軸上の距離、

TL：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離、なお最も像側のレンズ面から像面までは空気換算距離。

50

【0023】

条件式(3)は、光学系WLの全長と開口絞りSの位置から、射出瞳の位置の適切な範囲を規定するための条件式である。条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、テレセントリック性は保たれるものの、結果として光学系WLの全長が長くなり、光学系全系が大型化するので好ましくない。また、光学系WLの全長が長い状態で前群G1の径を小さくしようとする、歪曲収差等の軸外光束の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を好ましくは0.25とし、さらに好ましくは0.20としてもよい。

【0024】

条件式(3)の対応値が下限値を下回ると、開口絞りSの位置が適切な位置よりも物体側に変位するため、光線を均等に遮ることができない。そのため、絞り込み時の点像の歪みや、周辺減光が生じる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を好ましくは0.05とし、さらに好ましくは0.06としてもよい。

【0025】

本実施形態の光学系WLは、次の条件式(4)を満足することが好ましい。

【0026】

$$0.10 < D_{\text{inf}} / D_{\text{mod}} < 1.60 \quad \dots (4)$$

但し、 D_{inf} ：無限遠合焦状態における前群G1と後群G2との光軸上の空気間隔、
 D_{mod} ：近距離合焦状態における前群G1と後群G2との光軸上の空気間隔。

【0027】

条件式(4)は、前群G1と後群G2との間隔(空気間隔)について適切な範囲を規定するための条件式である。条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、近距離合焦状態における前群G1と後群G2との間隔が短すぎるため、至近距離合焦時の光学性能を良好に保つことができず、像面湾曲の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を好ましくは1.30とし、さらに好ましくは1.10としてもよい。

【0028】

条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、近距離合焦状態における前群G1と後群G2との間隔が長くなるため、テレセントリック性は保たれるものの、前群G1の径が大きくなり、光学系全系が大型化するので好ましくない。また、歪曲収差等の軸外光束の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を好ましくは0.15とし、さらに好ましくは0.20としてもよい。

【0029】

本実施形態の光学系WLは、次の条件式(5)を満足することが好ましい。

【0030】

$$0.30 < Y / BL < 0.70 \quad \dots (5)$$

但し、Y：光学系WLのイメージサークルの半径、

BL：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離。

【0031】

条件式(5)は、光学系WLのイメージサークルの半径(すなわち最大像高)とレンズ厚について、適切な範囲を規定するための条件式である。条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、撮像素子のフォーマットサイズに対して薄型のレンズ構成になっているが、諸収差の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を好ましくは0.65とし、さらに好ましくは0.60としてもよい。

【0032】

条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、光学系WLの最大像高が小さくなるため、周辺光束においてケラレが生じるため好ましくない。また、軸外光線の入射高を小さくするためのパワー配置およびレンズ配置が必要になるため、結果的に像面湾曲、歪曲収差等の補正が困難になる可能性があり好ましくない。本実施形態の効果を確実にするために、

10

20

30

40

50

条件式(5)の下限値を好ましくは0.35とし、さらに好ましくは0.40としてもよい。

【0033】

本実施形態の光学系WLは、次の条件式(6)を満足することが好ましい。

【0034】

$$0.80 < TL / (FNO \times Bf) < 2.70 \quad \dots (6)$$

但し、FNO：無限遠合焦状態の光学系WLのFナンバー、

Bf：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の空気換算距離、

TL：無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離、なお最も像側のレンズ面から像面までは空気換算距離。

10

【0035】

条件式(6)は、明るい単焦点レンズ(広角レンズ)として、光学系WLの全長、バックフォーカス、Fナンバーの適切なバランスを規定する条件式である。条件式(6)の対応値が上限値を上回ると、光学系WLの全長が長すぎるため好ましくない。また、光学系WLのFナンバーが小さすぎるため、球面収差の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を好ましくは2.40とし、さらに好ましくは2.20としてもよい。

【0036】

条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、光学系WLの全長が短すぎるため、コマ収差等の補正が困難になる。本実施形態の効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を好ましくは0.90とし、さらに好ましくは0.95としてもよい。

20

【0037】

本実施形態の光学系WLにおいて、前群G1の最も物体側に配置されたレンズは負レンズであることが好ましい。ガウス型のレンズ構成を有する光学系(広角レンズ)は、近距離合焦時に球面収差がマイナス側に変動し、近距離合焦時の光学性能を良好に保つことが困難であった。これに対し、前群G1の最も物体側に負レンズを配置することで、近距離合焦時の球面収差をプラス側に変動させて、結果的に球面収差を抑えることが可能になる。

【0038】

本実施形態の光学系WLにおいて、前群G1の最も物体側に配置された負レンズにおける物体側のレンズ面が凹面であることが好ましい。前群G1の最も物体側の負レンズにおける物体側のレンズ面を凹面にすることで、当該負レンズのパワーが強くなるため、球面収差を効果的に抑えることが可能になる。

30

【0039】

本実施形態の光学系WLにおいて、後群G2の最も像側に配置されたレンズにおける像側のレンズ面が凸面であることが好ましい。これにより、ペッツバル和を適切に補正することが可能になり、像面Iから十分に離れた射出瞳の位置を確保することが可能になる。

【0040】

本実施形態の光学機器は、上述した構成の光学系WLを備えて構成される。その具体例として、上記光学系WLを備えたカメラ(光学機器)を図17に基づいて説明する。このカメラ1は、図17に示すように撮影レンズ2として上記実施形態に係る光学系WLを備えたデジタルカメラである。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、撮像素子3へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子3によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、このカメラ1は、ミラーレスカメラでも、クイックリターンミラーを有した一眼レフタイプのカメラであってもよい。また、このカメラ1は、レンズ鏡筒とカメラボディ本体とが着脱可能な一眼レフタイプのカメラに限られるものではなく、レンズ鏡筒とカメラボディ本体とが一体

40

50

型のコンパクトタイプのカメラであってもよい。このような構成によれば、撮影レンズとして上記光学系WLを搭載することにより、合焦の際の像面の変位を抑制して、小型で良好な光学性能を有した光学機器を得ることが可能になる。

【0041】

続いて、図18を参照しながら、上述の光学系WLの製造方法について概説する。まず、鏡筒内に、物体側から順に並べて、正の屈折力を有する前群G1と、正の屈折力を有する後群G2とを配置する(ステップST1)。そして、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が光軸に沿って物体側に移動して、前群G1と後群G2との間隔が変化するように構成する(ステップST2)。さらに、少なくとも上記条件式(1)を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する(ステップST3)。このよう

10

【実施例】

【0042】

以下、本実施形態の実施例に係る光学系(広角レンズ)WLを図面に基づいて説明する。図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15は、第1～第8実施例に係る光学系WL{WL(1)～WL(8)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。各断面図には、無限遠から近距離物体へ合焦する際の、(「無限遠」および「近距離」と併記された)各群の位置が記載されている。

【0043】

これら図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15において、各群を符号Gと数字の組み合わせにより、各レンズを符号Lと数字の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ群等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものではない。

20

【0044】

以下に表1～表8を示すが、この内、表1は第1実施例、表2は第2実施例、表3は第3実施例、表4は第4実施例、表5は第5実施例、表6は第6実施例、表7は第7実施例、表8は第8実施例における各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出

30

【0045】

[全体諸元]の表において、fは無限遠合焦状態の光学系WLにおける全系の焦点距離を示し、FNOはFナンバーを示す。2 ω は画角(単位は°(度)で、 ω が半画角である)を示し、Yは像高(最大像高)を示す。Bfは無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も像側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の空気換算距離(バックフォーカス)を示し、TLは無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から像面Iまでの光軸上の距離(全長)を示す。なお、TLにおいて、光学系WLにおける最も像側のレンズ面から像面Iまでは空気換算距離を示す。また、TLおよびBfの値は、後述の[可変間隔データ]において、無限遠合焦状態、近距離(至近距離)合焦状態におけるそれぞれについて示す。

40

【0046】

また、X1は合焦の際の前群G1の移動量を示し、X2は合焦の際の後群G2の移動量を示す。各移動量は、物体側から像側へ向かう方向を正とする。ST1は無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から開口絞りSまでの光軸上の距離を示し、BLは無限遠合焦状態の光学系WLにおける最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離を示す。

【0047】

[レンズ諸元]の表において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学

50

面の順序を示し、Rは各光学面の曲率半径（曲率中心が像側に位置する面を正の値としている）、Dは各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔、 v_d は光学部材の材質のd線を基準とするアッペ数、 n_d は光学部材の材質のd線に対する屈折率を、それぞれ示す。曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を示し、（絞りS）は開口絞りSを示す。空気の屈折率 $n_d = 1.00000$ の記載は省略している。レンズ面が非球面である場合には面番号に*印を付して曲率半径Rの欄には近軸曲率半径を示している。

【0048】

〔非球面データ〕の表には、〔レンズ諸元〕に示した非球面について、その形状を次式（a）で示す。X（y）は非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸方向に沿った距離（ザグ量）を、Rは基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第i次の非球面係数を示す。「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、 $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ である。なお、2次の非球面係数 A_2 は0であり、その記載を省略している。

10

【0049】

$$X(y) = (y^2 / R) / \{ 1 + (1 - \kappa \times y^2 / R^2)^{1/2} \} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} + A_{14} \times y^{14} \cdots (a)$$

【0050】

〔群データ〕の表において、前群G1および後群G2のそれぞれの始面（最も物体側の面）と焦点距離を示す。

【0051】

〔可変間隔データ〕の表は、〔レンズ諸元〕を示す表において面間隔が「可変」となっている面番号iにおける次の面までの面間隔 D_i を示す。例えば、第1実施例では、面番号8, 16での面間隔 D_8 , D_{16} を示す。これらの値は、無限遠合焦状態、近距離（至近距離）合焦状態におけるそれぞれについて示す。

20

【0052】

〔条件式対応値〕の表には、上記の条件式（1）～（6）に対応する値を示す。

【0053】

以下、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、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又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。

30

【0054】

ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

【0055】

（第1実施例）

第1実施例について、図1～図2および表1を用いて説明する。図1は、本実施形態の第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第1実施例に係る光学系WL（1）は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群G1と、正の屈折力を有する後群G2とから構成されている。各群の記号に付けている符号（+）もしくは（-）は各群の屈折率を示し、このことは以下の全ての実施例でも同様である。

40

【0056】

前群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1の負レンズL11と、開口絞りSと、両凹形状の第2の負レンズL12および両凸形状の第1の正レンズL13からなる接合レンズと、両凸形状の第2の正レンズL14と、から構成される。第1の負レンズL11は、物体側のレンズ面が非球面である。

【0057】

後群G2は、物体側から順に並んだ、両凸形状の第1の正レンズL21および両凹形状の第1の負レンズL22からなる接合レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第2の正レンズL23および像側に凸面を向けたメニスカス形状の第2の負レンズL24からなる接合レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第3の正レンズL25と、か

50

ら構成される。第3の正レンズL25は、像側のレンズ面が非球面である。

【0058】

後群G2の像側に、像面Iが配置される。後群G2と像面Iとの間における像面Iの近傍に、像面Iに配設される撮像素子（例えば、CCDやCMOS等）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタFLが配置される。第1実施例に係る光学系WL(1)では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群G1と後群G2との間隔が変化する（大きくなる）ように構成される。

【0059】

以下の表1に、第1実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

10

【0060】

(表1)

[全体諸元]

f = 24.88

FNO = 1.87

2ω = 60.1

Y = 14.25

Bf = 14.687

TL = 44.867

X1 = -2.466

X2 = -1.925

ST1 = 3.701

BL = 30.180

20

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v d	n d
1*	30.8401	1.5000	31.16	1.688930
2	20.5905	2.2008		
3	∞	2.6833		(絞りS)
4	-19.3699	0.8001	40.98	1.581440
5	27.7890	3.1806	52.33	1.755000
6	-30.9598	0.1001		
7	52.2934	3.2581	40.66	1.883000
8	-32.4827	D8(可変)		
9	36.5887	5.0663	40.66	1.883000
10	-18.9352	0.8001	30.13	1.698950
11	19.9997	4.3541		
12	-19.0168	2.0763	46.59	1.816000
13	-13.5233	0.8004	30.13	1.698950
14	-254.9861	0.8000		
15	-71.2612	2.0000	40.10	1.851348
16*	-21.9663	D16(可変)		
17	∞	2.0000	63.88	1.516800
18	∞	0.1000		

30

40

[非球面データ]

第1面

κ=1.0000, A4=-5.34672E-05, A6=-6.49809E-08

A8=-4.57464E-09, A10=4.18288E-11, A12=-1.57370E-13, A14=0.00000E+00

第16面

κ=1.0000, A4=4.49624E-05, A6=1.25196E-08

A8=3.83338E-09, A10=-3.15603E-11, A12=1.34880E-13, A14=0.00000E+00

50

[群 データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	24.38
G2	9	916.87

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 24.88$	$\beta = -0.1$
D0	∞	261.29
D8	0.559	1.101
D16	13.268	15.193
Bf(air)	14.687	16.612
TL(air)	44.867	47.332

10

[条件式対応値]

- 条件式 (1) $X_1 / X_2 = 1.281$
 条件式 (2) $Bf / f = 0.590$
 条件式 (3) $ST1 / TL = 0.082$
 条件式 (4) $D_{inf} / D_{mod} = 0.508$
 条件式 (5) $Y / BL = 0.472$
 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 1.632$

20

【 0 0 6 1 】

図 2 (a) は、第 1 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 2 (a) の各収差図において、FNO は F ナンバー、A は半画角をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバーの値を示し、非点収差図および歪曲収差図では半画角の最大値をそれぞれ示し、横収差図では各半画角の値を示す。図 2 (b) は、第 1 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。図 2 (b) の各収差図において、NA は開口数、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開口数の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では物体高の最大値をそれぞれ示し、横収差図では各物体高の値を示す。また、図 2 (a) および図 2 (b) の各収差図において、d は d 線 (波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、g は g 線 (波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示す。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す。なお、以下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、重複する説明は省略する。

30

【 0 0 6 2 】

各収差図より、第 1 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 6 3 】

(第 2 実施例)

第 2 実施例について、図 3 ~ 図 4 および表 2 を用いて説明する。図 3 は、本実施形態の第 2 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 2 実施例に係る光学系 WL (2) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G1 と、正の屈折力を有する後群 G2 とから構成されている。

40

【 0 0 6 4 】

前群 G1 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズ L11 と、開口絞り S と、両凹形状の第 2 の負レンズ L12 および両凸形状の第 1 の正レンズ L13 からなる接合レンズと、両凸形状の第 2 の正レンズ L14 と、から構成される。第 1 の負レンズ L11 は、物体側のレンズ面が非球面である。

【 0 0 6 5 】

後群 G2 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の第 1 の正レンズ L21 および両凹形状の第 1 の負レンズ L22 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 の負レンズ L23 と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 の正レンズ L24 と、

50

から構成される。第 2 の正レンズ L 2 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

【 0 0 6 6 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子（例えば、CCD や CMOS 等）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタ FL が配置される。第 2 実施例に係る光学系 WL (2) では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群 G 1 および後群 G 2 が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群 G 1 と後群 G 2 との間隔が変化する（大きくなる）ように構成される。

【 0 0 6 7 】

以下の表 2 に、第 2 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

10

【 0 0 6 8 】

(表 2)

[全体諸元]

f = 24.87

F N O = 1.85

2 ω = 60.3

Y = 14.25

B f = 14.314

T L = 44.835

X 1 = -2.548

X 2 = -1.927

S T 1 = 3.916

B L = 30.521

20

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v d	n d
1*	25.5040	1.5000	31.16	1.688930
2	18.6960	2.4157		
3	∞	2.6833		(絞り S)
4	-15.7969	0.8001	38.03	1.603420
5	60.8750	3.0479	52.33	1.755000
6	-24.1051	0.1001		
7	57.7654	3.2320	40.66	1.883000
8	-31.5105	D8 (可変)		
9	37.6601	5.8206	40.66	1.883000
10	-16.5976	0.7993	30.13	1.698950
11	20.0514	4.7260		
12	-17.8284	0.8002	27.57	1.755200
13	-93.7042	1.0000		
14	-77.4574	2.2166	40.10	1.851348
15*	-19.9971	D15 (可変)		
16	∞	2.0000	63.88	1.516800
17	∞	0.1000		

30

40

[非球面データ]

第 1 面

κ = 1.0000, A4 = -4.88778E-05, A6 = 2.20240E-08

A8 = -5.16914E-09, A10 = 3.00275E-11, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00

第 1 5 面

κ = 1.0000, A4 = 4.38327E-05, A6 = 5.96629E-09

A8 = 3.39332E-09, A10 = -8.97554E-12, A12 = -2.19810E-13, A14 = 1.84040E-15

[群データ]

50

群	始面	焦点距離
G1	1	26.15
G2	9	325.65

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 24.87$	$\beta = -0.1$
D0	∞	261.29
D8	1.379	2.001
D15	12.896	14.823
Bf(air)	14.314	16.241
TL(air)	44.835	47.383

10

[条件式対応値]

- 条件式 (1) $X1 / X2 = 1.323$
 条件式 (2) $Bf / f = 0.576$
 条件式 (3) $ST1 / TL = 0.087$
 条件式 (4) $Dinf / Dmod = 0.689$
 条件式 (5) $Y / BL = 0.467$
 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 1.693$

【 0 0 6 9 】

図 4 (a) は、第 2 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 4 (b) は、第 2 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 2 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

20

【 0 0 7 0 】

(第 3 実施例)

第 3 実施例について、図 5 ~ 図 6 および表 3 を用いて説明する。図 5 は、本実施形態の第 3 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 3 実施例に係る光学系 WL (3) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G 1 と、正の屈折力を有する後群 G 2 とから構成されている。

【 0 0 7 1 】

前群 G 1 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズ L 1 1 と、開口絞り S と、両凹形状の第 2 の負レンズ L 1 2 および両凸形状の第 1 の正レンズ L 1 3 からなる接合レンズと、両凸形状の第 2 の正レンズ L 1 4 と、から構成される。第 1 の負レンズ L 1 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。

30

【 0 0 7 2 】

後群 G 2 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の第 1 の正レンズ L 2 1 および両凹形状の第 1 の負レンズ L 2 2 からなる接合レンズと、両凹形状の第 2 の負レンズ L 2 3 と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 の正レンズ L 2 4 と、から構成される。第 2 の正レンズ L 2 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

【 0 0 7 3 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子 (例えば、CCD や CMOS 等) の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタ FL が配置される。第 3 実施例に係る光学系 WL (3) では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群 G 1 および後群 G 2 が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群 G 1 と後群 G 2 との間隔が変化する (大きくなる) ように構成される。

40

【 0 0 7 4 】

以下の表 3 に、第 3 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 7 5 】

(表 3)

50

[全体諸元]

$f = 24.47$
 $FNO = 1.80$
 $2\omega = 64.7$
 $Y = 15.30$
 $Bf = 14.174$
 $TL = 44.984$
 $X1 = -2.513$
 $X2 = -1.854$
 $ST1 = 3.918$
 $BL = 30.810$

10

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v_d	n_d
1*	33.6258	1.5000	31.16	1.688930
2	21.3183	2.4178		
3	∞	2.6833		(絞り S)
4	-18.3419	0.7972	38.03	1.603420
5	52.2261	3.2276	52.33	1.755000
6	-27.2223	0.0975		
7	58.8778	3.2618	40.66	1.883000
8	-30.7587	D8 (可変)		
9	34.5854	5.7924	40.66	1.883000
10	-17.5323	0.8042	30.13	1.698950
11	19.2264	4.5520		
12	-19.3254	0.8777	27.57	1.755200
13	2309.2099	1.0000		
14	-141.6693	2.4035	40.10	1.851348
15*	-20.2687	D15 (可変)		
16	∞	2.0000	63.88	1.516800
17	∞	0.1000		

20

30

[非球面データ]

第 1 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = -5.40060E-05, A6 = -7.45960E-08$
 $A8 = -3.30700E-09, A10 = 2.14440E-11, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

第 15 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 4.41290E-05, A6 = -1.40220E-08$
 $A8 = 3.73110E-09, A10 = -8.21740E-12, A12 = -2.66630E-13, A14 = 2.18070E-15$

[群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	25.78
G2	9	319.15

40

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 24.47$	$\beta = -0.1$
D0	∞	256.93
D8	1.395	2.054
D15	12.755	14.609
Bf(air)	14.174	16.028
TL(air)	44.984	47.497

[条件式対応値]

50

条件式 (1) $X_1 / X_2 = 1.356$
 条件式 (2) $Bf / f = 0.579$
 条件式 (3) $ST_1 / TL = 0.087$
 条件式 (4) $D_{inf} / D_{mod} = 0.375$
 条件式 (5) $Y / BL = 0.497$
 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 1.763$

【 0 0 7 6 】

図 6 (a) は、第 3 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 6 (b) は、第 3 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 3 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

10

【 0 0 7 7 】

(第 4 実施例)

第 4 実施例について、図 7 ~ 図 8 および表 4 を用いて説明する。図 7 は、本実施形態の第 4 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 4 実施例に係る光学系 WL (4) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G 1 と、正の屈折力を有する後群 G 2 とから構成されている。

【 0 0 7 8 】

前群 G 1 は、物体側から順に並んだ、両凹形状の第 1 の負レンズ L 1 1 と、両凸形状の第 1 の正レンズ L 1 2 と、開口絞り S と、両凹形状の第 2 の負レンズ L 1 3 および両凸形状の第 2 の正レンズ L 1 4 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第 3 の負レンズ L 1 5 と、から構成される。第 3 の負レンズ L 1 5 は、像側のレンズ面が非球面である。

20

【 0 0 7 9 】

後群 G 2 は、物体側から順に並んだ、両凸形状の第 1 の正レンズ L 2 1 および両凹形状の第 1 の負レンズ L 2 2 からなる接合レンズと、両凹形状の第 2 の負レンズ L 2 3 と、両凸形状の第 2 の正レンズ L 2 4 と、から構成される。第 2 の正レンズ L 2 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

【 0 0 8 0 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子 (例えば、CCD や CMOS 等) の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタ FL が配置される。第 4 実施例に係る光学系 WL (4) では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群 G 1 および後群 G 2 が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群 G 1 と後群 G 2 との間隔が変化する (大きくなる) ように構成される。

30

【 0 0 8 1 】

以下の表 4 に、第 4 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 8 2 】

(表 4)

[全体諸元]

40

$f = 24.97$

$FNO = 1.85$

$2\omega = 62.1$

$Y = 14.25$

$Bf = 14.318$

$TL = 44.678$

$X_1 = -3.115$

$X_2 = -2.382$

$ST_1 = 6.433$

$BL = 30.360$

50

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v d	n d
1	-23.5865	1.0000	41.51	1.575010
2	32.5087	0.9332		
3	20.7551	3.5088	40.66	1.883000
4	-45.6852	1.0000		
5	∞	2.0111		(絞リ S)
6	-30.3720	0.8000	32.18	1.672700
7	15.9804	3.7857	40.66	1.883000
8	-34.7764	1.0000		
9	-23.1553	0.8000	31.16	1.688930
10*	-100.1049	D10 (可変)		
11	34.2710	5.2717	40.66	1.883000
12	-13.3880	0.8000	32.18	1.672700
13	31.6442	3.9709		
14	-16.5099	0.8000	33.72	1.647690
15	104.7860	0.1000		
16	62.8584	4.2211	40.10	1.851348
17*	-21.0915	D17 (可変)		
18	∞	2.0000	63.88	1.516800
19	∞	0.1000		

10

20

[非球面データ]

第 1 0 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 7.09969E-05, A6 = 5.82420E-08$ $A8 = 3.73981E-09, A10 = -1.74407E-11, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

第 1 7 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 3.72602E-05, A6 = -2.34539E-08$ $A8 = 1.32257E-09, A10 = -6.49301E-12, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

[群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	57.97
G2	11	34.64

30

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 24.97$	$\beta = -0.1$
D0	∞	263.17
D10	0.358	1.090
D17	12.899	15.281
Bf(air)	14.318	16.700
TL(air)	44.678	47.792

40

[条件式対応値]

条件式 (1)	$X1 / X2 = 1.307$
条件式 (2)	$Bf / f = 0.573$
条件式 (3)	$ST1 / TL = 0.144$
条件式 (4)	$Dinf / Dmod = 0.328$
条件式 (5)	$Y / BL = 0.469$
条件式 (6)	$TL / (FNO \times Bf) = 1.687$

【 0 0 8 3 】

図 8 (a) は、第 4 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 8 (b) は、第 4 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図よ

50

り、第４実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

【００８４】

（第５実施例）

第５実施例について、図９～図１０および表５を用いて説明する。図９は、本実施形態の第５実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第５実施例に係る光学系ＷＬ（５）は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群Ｇ１と、正の屈折力を有する後群Ｇ２とから構成されている。

【００８５】

前群Ｇ１は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ１１と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズＬ１２と、から構成される。

【００８６】

後群Ｇ２は、物体側から順に並んだ、開口絞りＳと、両凹形状の第１の負レンズＬ２１および両凸形状の第１の正レンズＬ２２からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第２の負レンズＬ２３と、両凹形状の第３の負レンズＬ２４および両凸形状の第２の正レンズＬ２５からなる接合レンズと、両凹形状の第４の負レンズＬ２６と、両凸形状の第３の正レンズＬ２７と、から構成される。第２の負レンズＬ２３は、像側のレンズ面が非球面である。第４の負レンズＬ２６は、物体側のレンズ面が非球面である。第３の正レンズＬ２７は、像側のレンズ面が非球面である。

【００８７】

後群Ｇ２の像側に、像面Ｉが配置される。後群Ｇ２と像面Ｉとの間における像面Ｉの近傍に、像面Ｉに配設される撮像素子（例えば、ＣＣＤやＣＭＯＳ等）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタＦＬが配置される。第５実施例に係る光学系ＷＬ（５）では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群Ｇ１および後群Ｇ２が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群Ｇ１と後群Ｇ２との間隔が変化する（大きくなる）ように構成される。

【００８８】

以下の表５に、第５実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【００８９】

（表５）

[全体諸元]

$f = 30.54$

$FNO = 2.09$

$2\omega = 53.0$

$Y = 15.00$

$Bf = 18.311$

$TL = 47.320$

$X1 = -5.716$

$X2 = -2.286$

$ST1 = 7.414$

$BL = 29.009$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v_d	n_d
1	55.0636	0.8000	29.57	1.717360
2	22.1561	0.3000		
3	23.9630	1.8848	40.66	1.883000
4	643.3073	D4（可変）		
5	∞	2.0651		（絞りＳ）
6	-42.5194	0.8000	39.21	1.595510
7	9.3595	6.7632	40.66	1.883000

8	-69.0596	0.1121		
9	148.4065	0.8000	45.45	1.801387
10*	34.0456	3.3527		
11	-15.0000	0.8371	30.13	1.698950
12	25.5709	4.1237	40.66	1.883000
13	-17.8073	0.5000		
14*	-29.1326	1.4823	31.16	1.688930
15	124.3007	1.5000		
16	45.4049	2.6878	40.10	1.851348
17*	-96.6279	D17 (可 変)		
18	∞	2.0000	63.88	1.516800
19	∞	0.1000		

10

[非球面 データ]

第 1 0 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 3.93427E-05, A6 = 7.10185E-07$ $A8 = -1.02837E-08, A10 = 3.49200E-10, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

第 1 4 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = -6.65698E-05, A6 = 1.61906E-08$ $A8 = -7.10032E-09, A10 = 4.59883E-11, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

第 1 7 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = -5.81195E-07, A6 = -3.43147E-08$ $A8 = 2.90295E-10, A10 = -6.62198E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

20

[群 データ]

群 始面 焦点距離

G1 1 61.22

G2 5 43.63

[可変間隔 データ]

無限遠合焦状態

近距離合焦状態

 $f = 30.54$ $\beta = -0.1$ D0 ∞ 334.22

D4 1.000 4.430

D17 16.892 19.178

Bf(air) 18.311 20.597

TL(air) 47.320 53.036

30

[条件式対応値]

条件式 (1) $X1 / X2 = 2.500$ 条件式 (2) $Bf / f = 0.600$ 条件式 (3) $ST1 / TL = 0.157$ 条件式 (4) $Dinf / Dmod = 0.226$ 条件式 (5) $Y / BL = 0.517$ 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 1.236$

40

【 0 0 9 0 】

図 1 0 (a) は、第 5 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 0 (b) は、第 5 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 5 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 9 1 】

(第 6 実施例)

第 6 実施例について、図 1 1 ~ 図 1 2 および表 6 を用いて説明する。図 1 1 は、本実施形態の第 6 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 6 実施例に係る光学系 W

50

L (6) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G 1 と、正の屈折力を有する後群 G 2 とから構成されている。

【 0 0 9 2 】

前群 G 1 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 1 2 と、から構成される。

【 0 0 9 3 】

後群 G 2 は、物体側から順に並んだ、開口絞り S と、両凹形状の第 1 の負レンズ L 2 1 および両凸形状の第 1 の正レンズ L 2 2 からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 の負レンズ L 2 3 と、両凹形状の第 3 の負レンズ L 2 4 および両凸形状の第 2 の正レンズ L 2 5 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けたメニスカス形状の第 4 の負レンズ L 2 6 と、両凸形状の第 3 の正レンズ L 2 7 と、から構成される。第 2 の負レンズ L 2 3 は、像側のレンズ面が非球面である。第 4 の負レンズ L 2 6 は、物体側のレンズ面が非球面である。第 3 の正レンズ L 2 7 は、像側のレンズ面が非球面である。

10

【 0 0 9 4 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子（例えば、CCD や CMOS 等）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタ FL が配置される。第 6 実施例に係る光学系 WL (6) では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群 G 1 および後群 G 2 が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群 G 1 と後群 G 2 との間隔が変化する（大きくなる）ように構成される。

20

【 0 0 9 5 】

以下の表 6 に、第 6 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 9 6 】

(表 6)

[全体諸元]

f = 30.62

F N O = 2.14

2 ω = 52.8

Y = 15.00

B f = 16.576

T L = 46.417

X 1 = -5.237

X 2 = -2.089

S T 1 = 7.304

B L = 29.841

30

[レンズ諸元]

面番号	R	D	v d	n d
1	53.1624	0.8000	29.57	1.717360
2	18.9326	0.3000		
3	19.9763	2.0557	40.66	1.883000
4	713.1579	D4 (可変)		
5	∞	2.0651		(絞り S)
6	-39.7457	0.8000	39.21	1.595510
7	9.5460	7.0748	40.66	1.883000
8	-64.0501	0.1000		
9	200.6575	0.8000	45.45	1.801387
10*	37.1432	3.8475		
11	-15.0000	0.8000	30.13	1.698950
12	24.6832	4.0285	40.66	1.883000
13	-19.2739	0.5000		

40

50

14*	-25.7603	1.4823	31.16	1.688930
15	-981.1528	1.5000		
16	40.1314	2.6878	40.10	1.851348
17*	-189.9800	D17 (可 変)		
18	∞	4.6521	63.88	1.516800
19	∞	0.1000		

[非球面デ ー タ]

第 1 0 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 2.83775E-05, A6 = 4.12350E-07$
 $A8 = -2.80992E-09, A10 = 1.77330E-10, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

10

第 1 4 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = -5.97932E-05, A6 = -1.37330E-07$
 $A8 = -5.45235E-09, A10 = 1.92647E-11, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

第 1 7 面

 $\kappa = 1.0000, A4 = 7.84190E-06, A6 = -5.42053E-08$
 $A8 = 1.93014E-10, A10 = -2.25932E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$

[群デ ー タ]

群	始面	焦点距離
G1	1	52.98
G2	5	48.18

20

[可変間隔デ ー タ]

	無 限 遠 合 焦 状 態	近 距 離 合 焦 状 態
	$f = 30.62$	$\beta = -0.1$
D0	∞	335.52
D4	0.999	4.148
D17	13.409	15.498
Bf(air)	16.576	18.665
TL(air)	46.417	51.654

[条件式対応値]

- 条件式 (1) $X_1 / X_2 = 2.507$
 条件式 (2) $Bf / f = 0.541$
 条件式 (3) $ST1 / TL = 0.157$
 条件式 (4) $D_{inf} / D_{mod} = 0.241$
 条件式 (5) $Y / BL = 0.503$
 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 1.309$

30

【 0 0 9 7 】

図 1 2 (a) は、第 6 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 2 (b) は、第 6 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 6 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

40

【 0 0 9 8 】

(第 7 実施例)

第 7 実施例について、図 1 3 ~ 図 1 4 および表 7 を用いて説明する。図 1 3 は、本実施形態の第 7 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 7 実施例に係る光学系 WL (7) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G 1 と、正の屈折力を有する後群 G 2 とから構成されている。

【 0 0 9 9 】

前群 G 1 は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 の負レンズ L 1 1 と、両凸形状の正レンズ L 1 2 および両凹形状の第 2 の負レンズ L 1 3 からなる接合レンズと、から構成される。

50

【 0 1 0 0 】

後群 G 2 は、物体側から順に並んだ、開口絞り S と、両凸形状の第 1 の正レンズ L 2 1 および両凹形状の第 1 の負レンズ L 2 2 からなる接合レンズと、両凹形状の第 2 の負レンズ L 2 3 および両凸形状の第 2 の正レンズ L 2 4 からなる接合レンズと、両凸形状の第 3 の正レンズ L 2 5 と、から構成される。第 1 の正レンズ L 2 1 は、物体側のレンズ面が非球面である。第 2 の負レンズ L 2 3 は、物体側のレンズ面が非球面である。第 2 の正レンズ L 2 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

【 0 1 0 1 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子（例えば、CCD や CMOS 等）の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタ FL が配置される。第 7 実施例に係る光学系 WL (7) では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群 G 1 および後群 G 2 が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群 G 1 と後群 G 2 との間隔が変化する（大きくなる）ように構成される。

10

【 0 1 0 2 】

以下の表 7 に、第 7 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 0 3 】

(表 7)

[全体諸元]

$f = 31.56$

$FNO = 2.20$

$2\omega = 47.4$

$Y = 14.00$

$Bf = 22.645$

$TL = 47.455$

$X1 = -7.006$

$X2 = -3.117$

$ST1 = 8.804$

$BL = 24.810$

20

[レンズ諸元]

30

面番号	R	D	v_d	n_d
1	59.8248	0.8040	70.32	1.487490
2	14.4329	0.3274		
3	16.3422	4.8625	49.26	1.743200
4	-36.6404	0.7989	41.51	1.575010
5	27.5371	D5 (可変)		
6	∞	0.2959		(絞り S)
7*	16.6614	2.5633	40.10	1.851348
8	-39.9032	0.8000	30.13	1.698950
9	16.3607	5.0395		
10*	-12.0711	0.8000	31.16	1.688930
11	30.6678	2.2782	40.10	1.851348
12*	-24.1100	1.0000		
13	96.5352	3.2292	40.66	1.883000
14	-41.0451	D14 (可変)		
15	∞	2.0000	64.17	1.516800
16	∞	0.1000		

40

[非球面データ]

第 7 面

$\kappa = 1.0000, A4 = -2.21170E-05, A6 = -1.02561E-07$

50

A8=-3.74746E-09,A10=1.54704E-11,A12=0.00000E+00,A14=0.00000E+00

第 1 0 面

$\kappa = 1.0000$,A4=4.14903E-04,A6=1.73676E-06

A8=-6.05789E-08,A10=7.26224E-10,A12=0.00000E+00,A14=0.00000E+00

第 1 2 面

$\kappa = 1.0000$,A4=2.36538E-04,A6=3.42662E-07

A8=-1.74584E-08,A10=1.51803E-10,A12=0.00000E+00,A14=0.00000E+00

[群 デ ー タ]

群	始面	焦点距離
G1	1	200.03
G2	6	32.96

10

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 31.56$	$\beta = -0.1$
D0	∞	336.06
D5	2.011	5.900
D14	21.226	24.343
Bf(air)	22.645	25.762
TL(air)	47.455	54.460

20

[条件式対応値]

条件式 (1) $X_1 / X_2 = 2.248$
 条件式 (2) $Bf / f = 0.718$
 条件式 (3) $ST1 / TL = 0.186$
 条件式 (4) $D_{inf} / D_{mod} = 0.341$
 条件式 (5) $Y / BL = 0.564$
 条件式 (6) $TL / (FNO \times Bf) = 0.953$

【 0 1 0 4 】

図 1 4 (a) は、第 7 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 4 (b) は、第 7 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 7 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

30

【 0 1 0 5 】

(第 8 実施例)

第 8 実施例について、図 1 5 ~ 図 1 6 および表 8 を用いて説明する。図 1 5 は、本実施形態の第 8 実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。第 8 実施例に係る光学系 WL (8) は、物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する前群 G 1 と、正の屈折力を有する後群 G 2 とから構成されている。

【 0 1 0 6 】

前群 G 1 は、物体側から順に並んだ、両凹形状の第 1 の負レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 の正レンズ L 1 2 と、開口絞り S と、両凸形状の第 2 の正レンズ L 1 3 および両凹形状の第 2 の負レンズ L 1 4 からなる接合レンズと、両凹形状の第 3 の負レンズ L 1 5 および両凸形状の第 3 の正レンズ L 1 6 からなる接合レンズと、から構成される。第 1 の正レンズ L 1 2 は、像側のレンズ面が非球面である。第 2 の正レンズ L 1 3 は、物体側のレンズ面が非球面である。第 3 の負レンズ L 1 5 は、物体側のレンズ面が非球面である。第 3 の正レンズ L 1 6 は、像側のレンズ面が非球面である。

40

【 0 1 0 7 】

後群 G 2 は、両凸形状の正レンズ L 2 1 から構成される。

【 0 1 0 8 】

後群 G 2 の像側に、像面 I が配置される。後群 G 2 と像面 I との間における像面 I の近傍に、像面 I に配設される撮像素子 (例えば、CCD や CMOS 等) の限界解像以上の空

50

間周波数をカットするためのローパスフィルタFLが配置される。第8実施例に係る光学系WL(8)では、無限遠から近距離物体への合焦の際、前群G1および後群G2が異なる移動量で光軸に沿って物体側へ移動し、前群G1と後群G2との間隔が変化する(大きくなる)ように構成される。

【0109】

以下の表8に、第8実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0110】

(表8)

[全体諸元]

f = 36.00

10

FNO = 1.86

2ω = 66.4

Y = 21.60

Bf = 26.266

TL = 67.489

X1 = -10.611

X2 = -7.439

ST1 = 21.099

BL = 41.223

[レンズ諸元]

20

面番号	R	D	v d	n d
1	-55.9752	3.276	32.2	1.67270
2	66.4702	6.696		
3	22.3000	4.647	37.2	1.88202
4*	78.5590	6.480		
5	∞	1.390		(絞りS)
6*	36.8224	7.514	40.1	1.85135
7	-13.1563	1.195	30.1	1.69895
8	28.8627	3.895		
9*	-17.3649	0.800	31.2	1.68893
10	41.4253	2.867	37.2	1.88202
11*	-38.8979	D11(可変)		
12	148.1269	2.363	40.7	1.88300
13	-84.7387	D13(可変)		
14	∞	1.500	63.9	1.51680
15	∞	0.100		

30

[非球面データ]

第4面

κ = -7.4347, A4 = -2.12039E-06, A6 = -4.62851E-09

A8 = -3.89378E-11, A10 = 1.62537E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00

40

第6面

κ = -3.7658, A4 = -3.64787E-05, A6 = -2.46920E-07

A8 = -2.72969E-11, A10 = -1.06678E-11, A12 = 5.40520E-14, A14 = 0.00000E+00

第9面

κ = -2.4977, A4 = 1.15907E-04, A6 = -6.01456E-08

A8 = 1.13761E-09, A10 = -6.10067E-12, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00

第11面

κ = -20.0000, A4 = 6.91648E-05, A6 = -6.87359E-08

A8 = -3.48048E-10, A10 = 6.16431E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00

[群データ]

50

群	始面	焦点距離
G1	1	63.80
G2	12	61.34

[可変間隔データ]

	無限遠合焦状態	近距離合焦状態
	$f = 36.00$	$\beta = -0.2287$
D0	∞	176.59
D11	0.100	3.271
D13	25.177	32.617
Bf(air)	26.266	33.706
TL(air)	67.489	85.538

10

[条件式対応値]

条件式 (1)	$X1 / X2 = 1.426$
条件式 (2)	$Bf / f = 0.730$
条件式 (3)	$ST1 / TL = 0.313$
条件式 (4)	$Dinf / Dmod = 0.031$
条件式 (5)	$Y / BL = 0.524$
条件式 (6)	$TL / (FNO \times Bf) = 1.381$

【 0 1 1 1 】

図 1 6 (a) は、第 8 実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図 1 6 (b) は、第 8 実施例に係る光学系の近距離 (至近距離) 合焦時の諸収差図である。各収差図より、第 8 実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し優れた結像性能を有していることがわかる。

20

【 0 1 1 2 】

上記各実施例によれば、小型で良好な光学性能を有した光学系を実現することができる。

【 0 1 1 3 】

ここで、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。

【 0 1 1 4 】

なお、以下の内容は、本実施形態の光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

30

【 0 1 1 5 】

本実施形態の光学系の数値実施例として、前群と後群からなる 2 群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成 (例えば、3 群等) の光学系を構成することもできる。具体的には、本実施形態の光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。

【 0 1 1 6 】

本実施形態の光学系において、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の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、手ブレ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。

40

【 0 1 1 7 】

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、レンズ加工および組立調整が容易になり、加工およ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。

【 0 1 1 8 】

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でも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布

50

型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

【0119】

開口絞りは、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良い。

【0120】

各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し、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良い。これにより、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ことができる。

【符号の説明】

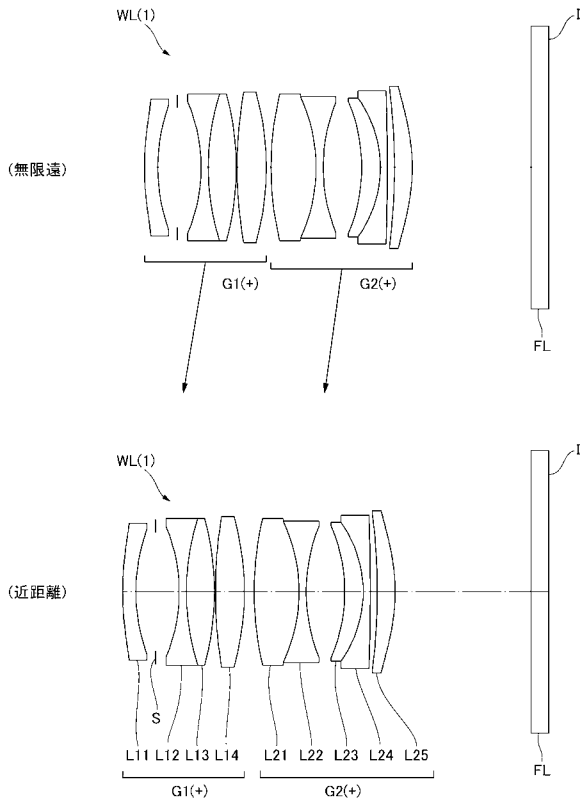
【0121】

G 1 前群
I 像面

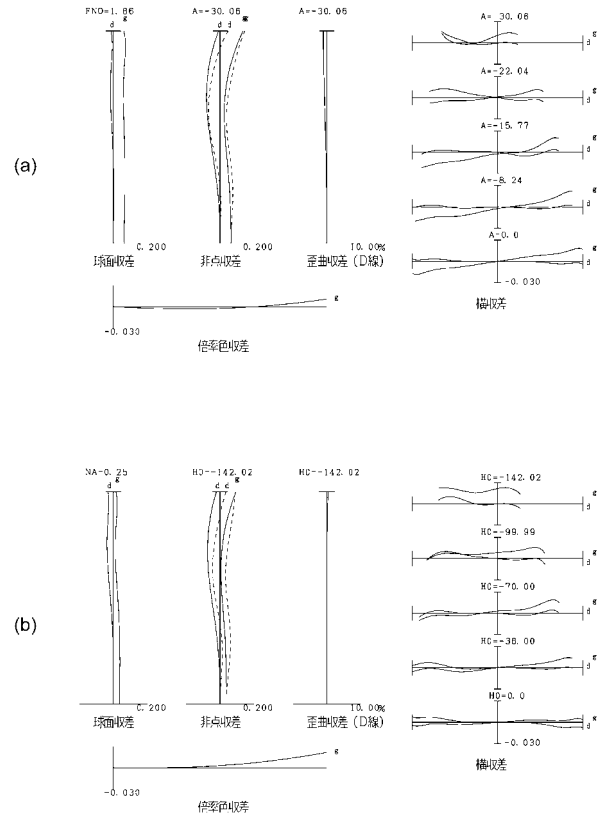
G 2 後群
S 開口絞り

10

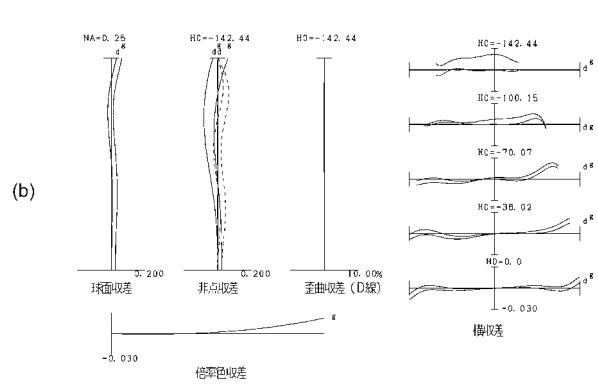
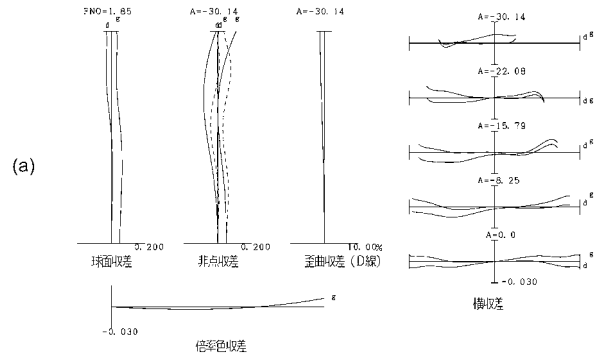
【図1】



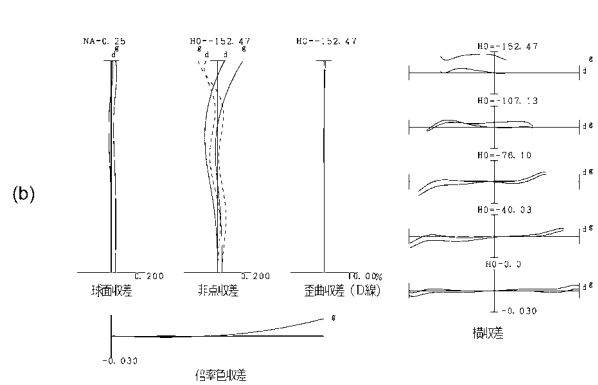
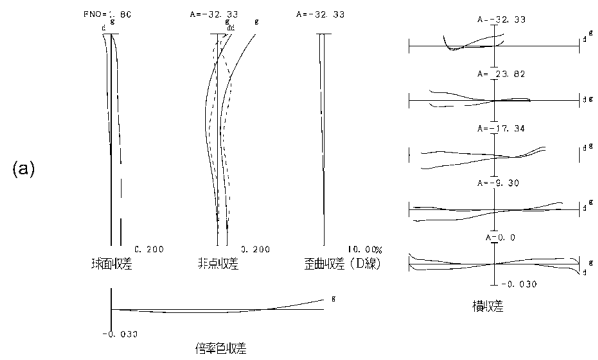
【図2】



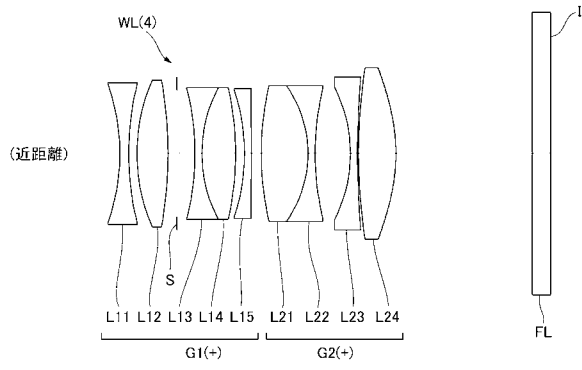
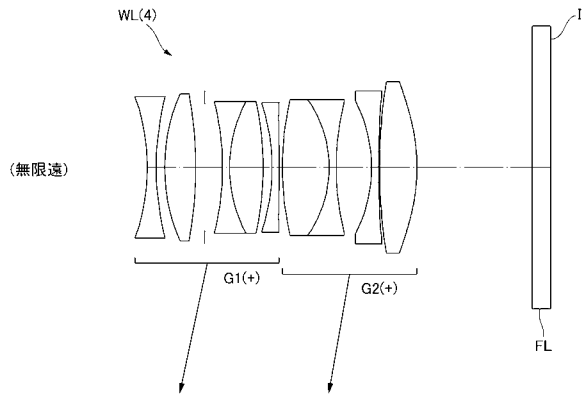
【 図 4 】



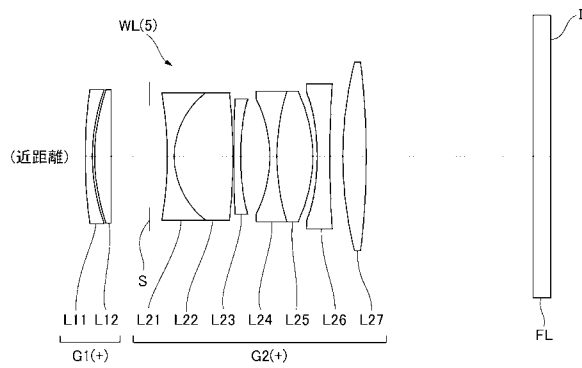
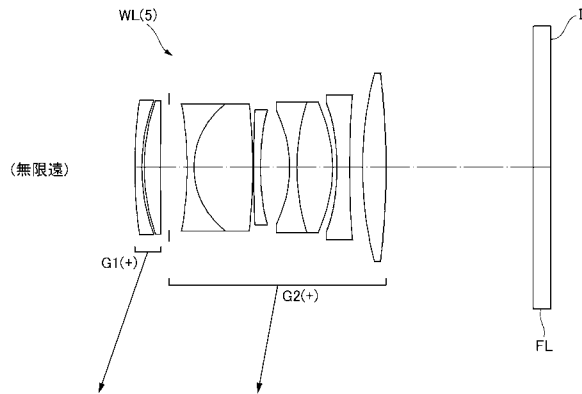
【 図 6 】



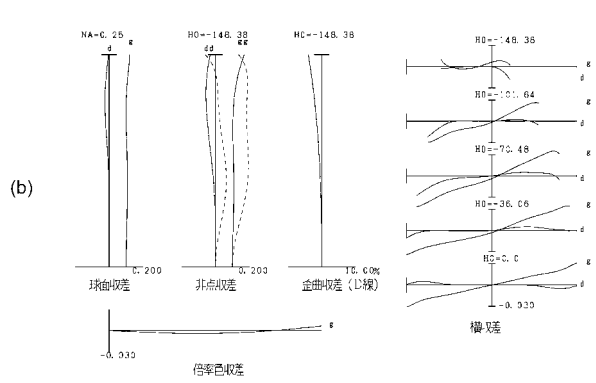
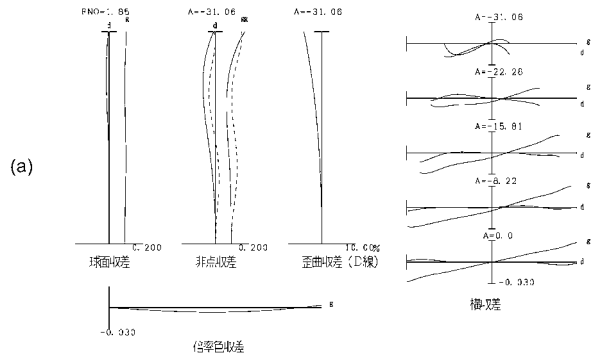
【図 7】



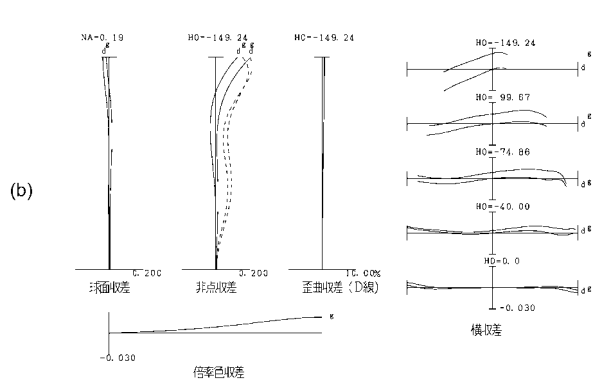
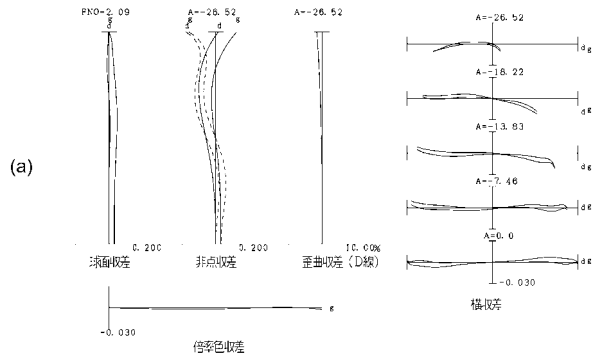
【図 9】



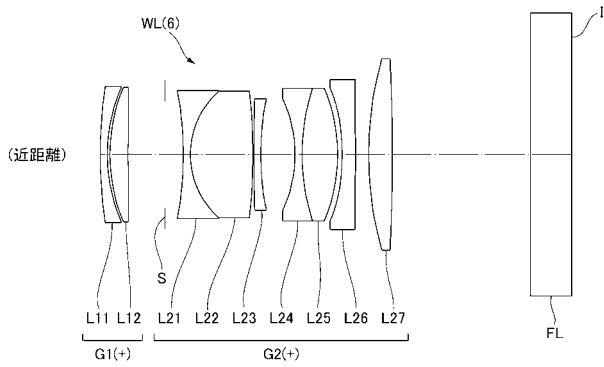
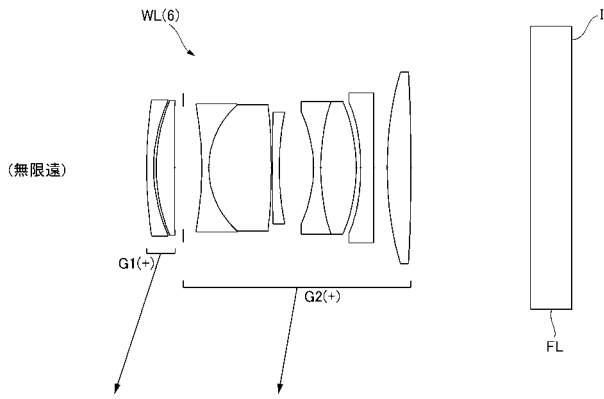
【図 8】



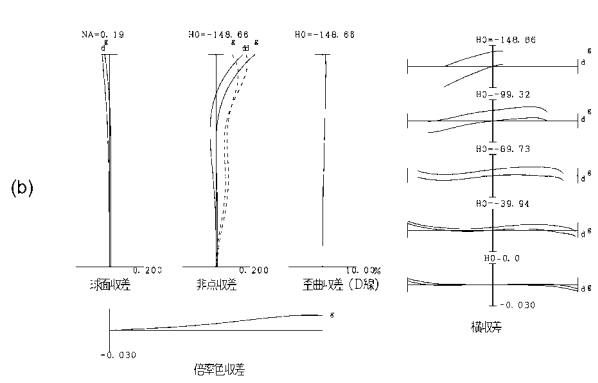
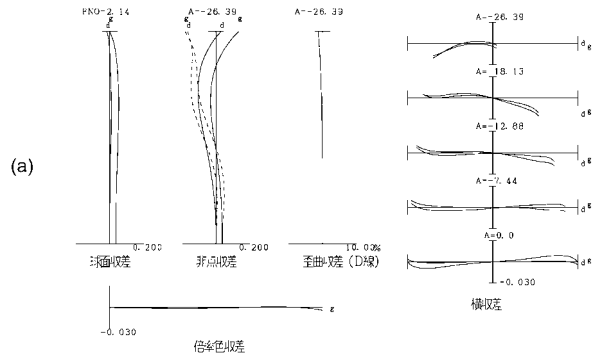
【図 10】



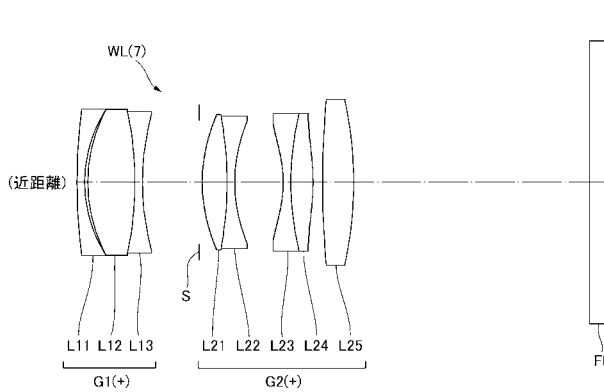
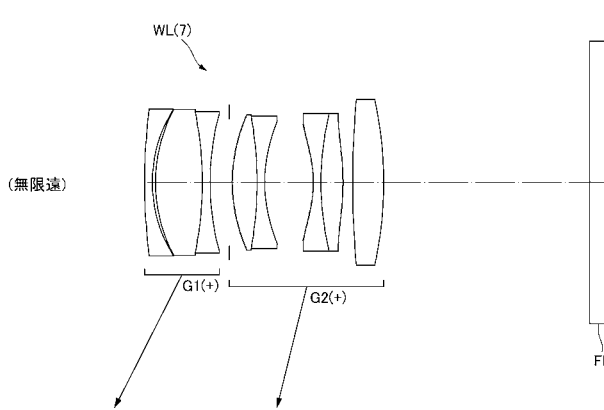
【図 1 1】



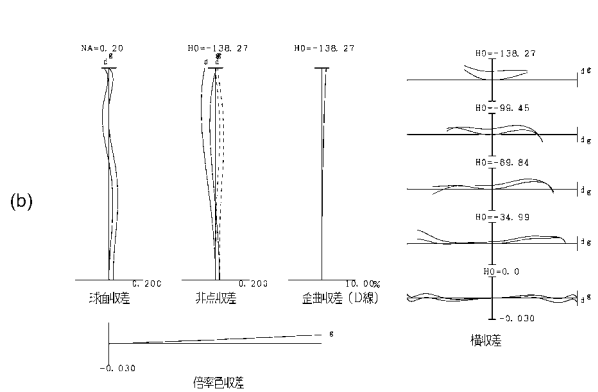
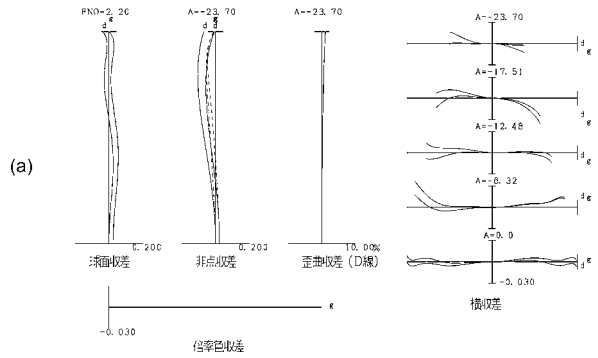
【図 1 2】



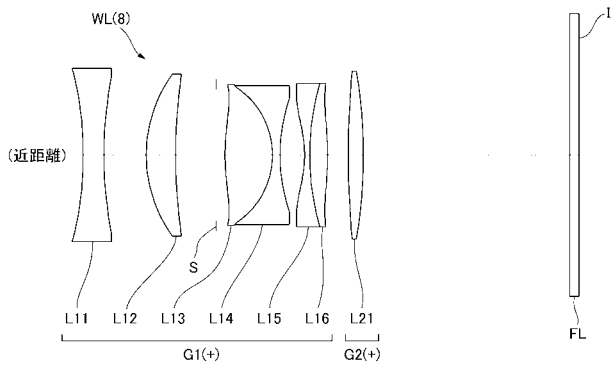
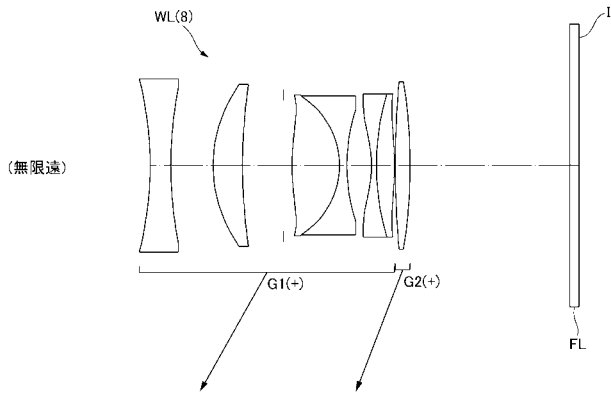
【図 1 3】



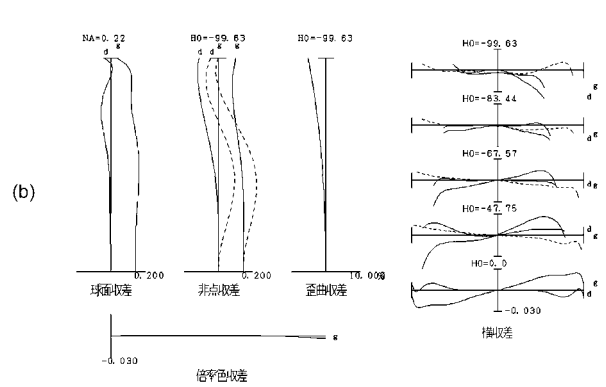
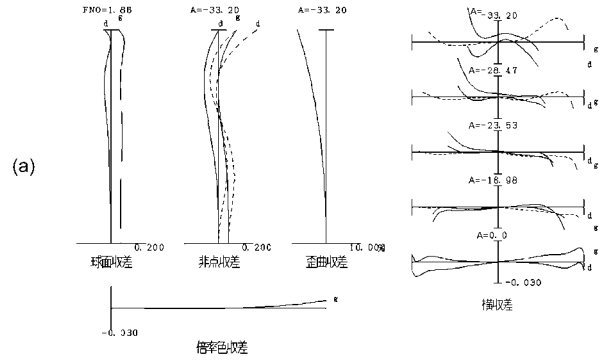
【図 1 4】



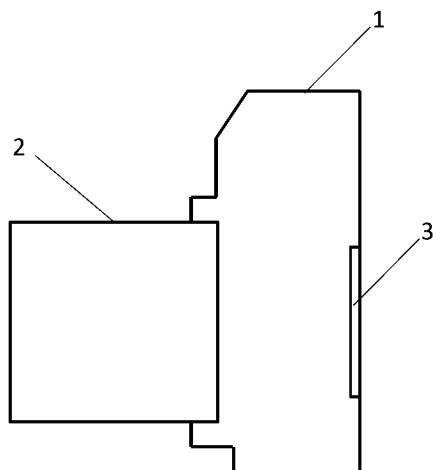
【図 15】



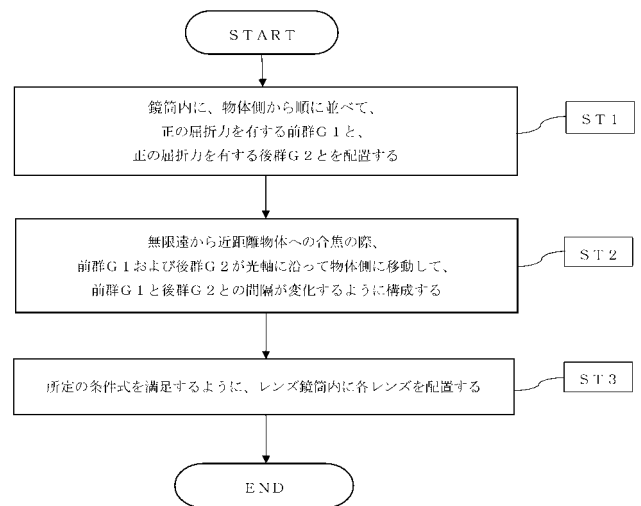
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 MA09 NA02 PA05 PA06 PA07 PA19 PA20 PB07
PB08 PB09 QA02 QA03 QA07 QA17 QA19 QA21 QA22 QA25
QA26 QA32 QA34 QA41 QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12
RA13 RA36 RA42 RA43