

(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2015-114366

(P2015-114366A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G 0 2 B 13/00	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 4 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2013-254099 (P2013-254099)	(71) 出願人	000131326
(22) 出願日	平成25年12月9日 (2013. 12. 9)		株式会社シグマ
			神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号
		(72) 発明者	塩田 了
			神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA06 MA07 MA08 MA09
			PA08 PA09 PA10 PA17 PA20
			PB12 PB13 QA02 QA07 QA12
			QA22 QA25 QA26 QA34 QA42
			QA45 RA05 RA12 RA13 RA36
			RA44

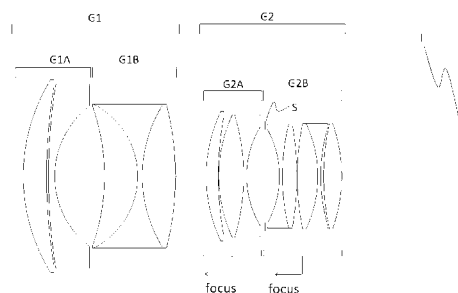
(54) 【発明の名称】 光学系

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 諸収差を良好に補正し画面全域で良好な画質を得、製品の小型化を図り、交換レンズに適した大口径の光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、第1レンズ群G1と、正屈折力の第2レンズ群G2とからなり、第1レンズ群G1は、物体側から順に、第1レンズ群G1の中で最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負屈折力の第1レンズ群前群G1Aと正屈折力の1レンズ群後群G1Bとからなり、第1レンズ群前群G1Aの最も像面I側の面は、像面I側に凹面を向け、第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の面は、物体側に凹面を向け、第1レンズ群後群G1Bの最も像面I側の面は、像面I側に凸面を向け、第2レンズ群G2は、物体側から順に、正屈折力の第2レンズ群前群G2Aと正屈折力の第2レンズ群後群G2Bとからなり、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像面I側から物体側へ移動すること。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像面側の順に、第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 とからなり、

前記第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像面側の順に、前記第 1 レンズ群 G 1 の中で最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群前群 G 1 A と正の屈折力を持つ第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなり、

前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面は、像面側に凹面を向けており、

前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面は、物体側に凹面を向けており、

前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面は、像面側に凸面を向けており、

前記第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像面側の順に、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群前群 G 2 A と正の屈折力を持つ第 2 レンズ群後群 G 2 B とからなり、

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って像面側から物体側へ移動し、以下に示す条件式 (1) 乃至 (3) を満足することを特徴とする光学系。

$$(1) \quad 1.50 < |R1br / R1ar| < 6.00$$

$$(2) \quad 0.35 < T / f < 0.55$$

$$(3) \quad 0.50 < |f / R1bf| < 1.50$$

f : 無限遠物体合焦時における光学系全系の焦点距離

R1ar : 前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面の曲率半径

R1bf : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面の曲率半径

R1br : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面の曲率半径

T : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面から前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像側の光学面までの光軸上の距離

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群前群 G 1 A は、その最も物体側に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を持つレンズを有し、前記第 1 レンズ群後群 G 1 B は、その最も像面側に、正の屈折力を持つレンズ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】

前記第 2 レンズ群前群 G 2 A と前記第 2 レンズ群後群 G 2 B は、前記第 2 レンズ群 G 2 の中で最も長い光軸上の空気間隔で隔てられ、以下に示す条件式 (4) 乃至 (5) 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。

$$(4) \quad 1.80 < nd2p$$

$$(5) \quad 0.50 < |R2bf / R2ar| < 1.50$$

nd2p : 前記第 2 レンズ群前群 G 2 A の最も屈折率の高い正の屈折力を持つレンズの屈折率

R2ar : 前記第 2 レンズ群前群 G 2 A の最も像側の光学面の曲率半径

R2bf : 前記第 2 レンズ群後群 G 2 B の最も物体側の光学面の曲率半径

【請求項 4】

以下に示す条件式 (6) 乃至 (8) を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光学系。

$$(6) \quad 0.20 < |f / f1a| < 0.50$$

$$(7) \quad 0.20 < f / f1b < 0.60$$

$$(8) \quad 0.20 < f / f2a < 0.60$$

$$(9) \quad 0.50 < f / f2b < 1.00$$

f1a : 前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の焦点距離

f1b : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の焦点距離

f2a : 前記第 2 レンズ群前群 G 2 A の焦点距離

f2b : 前記第 2 レンズ群後群 G 2 B の焦点距離

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明はスチルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置に好適な撮影レンズのうち、大口径レンズに用いられる光学系に関し、特に歪曲収差や軸上色収差等の諸収差を強く補正した光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

開放F値の明るい大口径レンズに於いては、その焦点深度の浅さから球面収差やコマ収差等の諸収差が特に問題になるが、エレメントを絞りに対し前後対称の形に配置した光学系の場合、コマ収差等は前後の構成で互いに打ち消しあう。こうした前後対称のエレメント配置を持つ大口径単焦点光学系として、光学系の最も物体側から順に正、負、負、正の屈折力を持つレンズエレメントを配置した、所謂ダブルガウス型の光学系が提案されている（例えば特許文献1）。

10

【0003】

一方、光学系にミラーアップ機構を採用する一眼レフシステムの交換レンズにダブルガウス型の光学系を適用するためには、一定以上のバックフォーカスを確保しておかななくてはならず、特に広角レンズに於いてはしばしば問題となる。そこで、こうした長いバックフォーカスを持つ広角単焦点光学系として、光学系の最も物体側から順に負、正の屈折力を持つエレメントを配置した、所謂レトロフォーカス型の光学系が提案されている（例えば特許文献2）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4929902号

【特許文献2】特開2011-107450号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ダブルガウス型の光学系は、前述した広角レンズに適用した際のバックフォーカスの問題に加えて、サジタルコマ収差の補正が難しい、C線とF線の色消し条件ではg線の軸上色収差が目立ちやすいと言った課題を有する。

30

【0006】

一方、レトロフォーカス型の光学系は、屈折力の配置が前後非対称であるため、倍率色収差や歪曲収差が発生し易い。また、大口径比とした場合、物体側に配置した負の屈折力を持つエレメントによりマージナル光線が光軸から離れる方向に屈折するため、像側のエレメントや光学絞りが径方向に大型化し易いという課題を有する。

【0007】

こうした課題を解決する為、特許文献1に開示されている光学系は、主に光学面の一部を非球面とすることで、ダブルガウス型でありながら球面収差やコマ収差の補正を実現している。しかしながら、非球面によるサジタルコマフレアに対する補正効果が不十分であり、十分な周辺光量の導入と結像性能の両立が難しい。また、非球面を絞り直後の強い曲率を持つ面に設定しているため、偏芯による性能の変化が著しいという課題を有している。

40

【0008】

また、特許文献2に開示されている光学系は、最も物体側にある負のレンズの像面側に強い正の屈折力を持つレンズを配置することで、大口径比のレトロフォーカス型でありながらレンズ径の大型化を抑制し、更に硝材を適切に選択することで倍率色収差を抑えているものの、像面湾曲が著しく、軸上色収差も大きいという課題を有している。

【0009】

本発明によれば、球面収差、軸上色収差、像面湾曲、及びコマ収差等の諸収差を良好に

50

補正し画面全域で良好な画質を得る事が可能で、絞りモータやオートフォーカス機構を省略することなく製品の小型化を図り、マウント径やフランジバック、サイズなどが交換レンズに適した大口径の光学系を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するための手段である第1の発明は、物体側から像面側の順に、第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2とからなり、
前記第1レンズ群G1は、物体側から像面側の順に、前記第1レンズ群G1の中で最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負の屈折力を持つ第1レンズ群前群G1Aと正の屈折力を持つ第1レンズ群後群G1Bとからなり、
前記第1レンズ群前群G1Aの最も像面側の光学面は、像面側に凹面を向けており、
前記第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面は、物体側に凹面を向けており、
前記第1レンズ群後群G1Bの最も像面側の光学面は、像面側に凸面を向けており、
前記第2レンズ群G2は、物体側から像面側の順に、正の屈折力を持つ第2レンズ群前群G2Aと正の屈折力を持つ第2レンズ群後群G2Bとからなり、
無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第2レンズ群G2を光軸に沿って像面側から物体側へ移動し、以下に示す条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とする光学系である。

$$(1) \quad 1.50 < |R1br / R1ar| < 6.00$$

$$(2) \quad 0.35 < T / f < 0.55$$

$$(3) \quad 0.50 < |f / R1bf| < 1.50$$

f : 無限遠物体合焦時における光学系全系の焦点距離

R1ar : 前記第1レンズ群前群G1Aの最も像面側の光学面の曲率半径

R1bf : 前記第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面の曲率半径

R1br : 前記第1レンズ群後群G1Bの最も像面側の光学面の曲率半径

T : 前記第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面から前記第1レンズ群後群G1Bの最も像側の光学面までの光軸上の距離

【0011】

また、前述の課題を解決するための手段である第2の発明は、第1の発明である光学系であって、前記第1レンズ群前群G1Aは、その最も物体側に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を持つレンズを有し、前記第1レンズ群後群G1Bは、その最も像面側に、正の屈折力を持つレンズを有することを特徴とする。

【0012】

また、前述の課題を解決するための手段である第3の発明は、第1の発明または第2の発明である光学系であってさらに、前記第2レンズ群前群G2Aと前記第2レンズ群後群G2Bは、前記第2レンズ群G2の中で最も長い光軸上の空気間隔で隔てられ、以下に示す条件式(4)乃至(5)を満足することを特徴とする。

$$(4) \quad 1.80 < nd2p$$

$$(5) \quad 0.50 < |R2bf / R2ar| < 1.50$$

nd2p : 前記第2レンズ群前群G2Aの最も屈折率の高い正の屈折力を持つレンズの屈折率

R2ar : 前記第2レンズ群前群G2Aの最も像側の光学面の曲率半径

R2bf : 前記第2レンズ群後群G2Bの最も物体側の光学面の曲率半径

【0013】

また、前述の課題を解決するための手段である第4の発明は、第1の発明乃至第3の発明のいずれかの発明である光学系であってさらに、以下に示す条件式(6)乃至(8)を満足することを特徴とする。

$$(6) \quad 0.20 < |f / f1a| < 0.50$$

$$(7) \quad 0.20 < f / f1b < 0.60$$

$$(8) \quad 0.20 < f / f2a < 0.60$$

(9) $0.50 < f / f_{2b} < 1.00$

f : 無限遠物体合焦時における光学系全系の焦点距離

f_{1a} : 前記第1レンズ群前群G1Aの焦点距離

f_{1b} : 前記第1レンズ群後群G1Bの焦点距離

f_{2a} : 前記第2レンズ群前群G2Aの焦点距離

f_{2b} : 前記第2レンズ群後群G2Bの焦点距離

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、球面収差、軸上色収差、像面湾曲、及びコマ収差等の諸収差を良好に補正し画面全域で良好な画質を得る事が可能で、絞りモータやオートフォーカス機構を省略することなく製品の小型化を図り、マウント径やフランジバック、サイズなどが交換レンズに適した大口径の光学系を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の光学系の実施例1に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

【図2】本実施例1の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図3】本実施例1の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図4】本実施例1の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図5】本実施例1の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図6】本発明の光学系の実施例2に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

20

【図7】本実施例2の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図8】本実施例2の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図9】本実施例2の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図10】本実施例2の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図11】本発明の光学系の実施例3に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

【図12】本実施例3の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図13】本実施例3の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図14】本実施例3の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図15】本実施例3の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図16】本発明の光学系の実施例4に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

30

【図17】本実施例4の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図18】本実施例4の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図19】本実施例4の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図20】本実施例4の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図21】本発明の光学系の実施例5に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

【図22】本実施例5の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図23】本実施例5の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図24】本実施例5の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図25】本実施例5の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図26】本発明の光学系の実施例6に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

40

【図27】本実施例6の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図28】本実施例6の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図29】本実施例6の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図30】本実施例6の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図31】本発明の光学系の実施例7に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

【図32】本実施例7の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図33】本実施例7の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図34】本実施例7の光学系の撮影距離400mmにおける縦収差図

【図35】本実施例7の光学系の撮影距離400mmにおける横収差図

【図36】本発明の光学系の実施例8に係る無限遠物体合焦時におけるレンズ構成図

50

【図 3 7】本実施例 8 の光学系の無限遠物体合焦時における縦収差図

【図 3 8】本実施例 8 の光学系の無限遠物体合焦時における横収差図

【図 3 9】本実施例 8 の光学系の撮影距離 4 0 0 mm における縦収差図

【図 4 0】本実施例 8 の光学系の撮影距離 4 0 0 mm における横収差図

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 6】

本発明の光学系は、第 1 の発明として、図 1、図 6、図 1 1、図 1 6、図 2 1、図 2 6 及び図 3 1 に示す本発明の実施例の構成図からわかるように、物体側から像面側の順に、第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 とからなり、

前記第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像面側の順に、前記第 1 レンズ群 G 1 の中で最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群前群 G 1 A と正の屈折力を持つ第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなり、

前記第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像面側の順に、前記第 1 レンズ群 G 1 の中で最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群前群 G 1 A と正の屈折力を持つ第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなり、

前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面は、像面側に凹面を向けており、

前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面は、物体側に凹面を向けており、

前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面は、像面側に凸面を向けており、

前記第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像面側の順に、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群前群 G 2 A と正の屈折力を持つ第 2 レンズ群後群 G 2 B とからなり、

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群 G 2 を光軸に沿って像面側から物体側へ移動し、以下に示す条件式 (1) 乃至 (3) を満足することを特徴とする光学系。

$$(1) \quad 1.50 < |R1br / R1ar| < 6.00$$

$$(2) \quad 0.35 < T / f < 0.55$$

$$(3) \quad 0.50 < |f / R1bf| < 1.50$$

f : 無限遠物体合焦時における光学系全系の焦点距離

R1ar : 前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面の曲率半径

R1bf : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面の曲率半径

R1br : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面の曲率半径

T : 前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も物体側の光学面から前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像側の光学面までの光軸上の距離

【0 0 1 7】

第 1 の発明である光学系の第 1 レンズ群 G 1 は、その最も長い光軸上の空気間隔を隔てて、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群前群 G 1 A と正の屈折力を持つ第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなる。このような構成を取る事により、第 1 レンズ群 G 1 がマージナル光線と光軸との距離を離すワイドコンバージョンレンズとして機能し、画角を広角化しつつバックフォーカスを確保する事が可能になった。

【0 0 1 8】

条件式 (1) は前記第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面と前記第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式を満たすことで、双方の面で発生したコマ収差や非点収差を適切に打ち消しあい良好な収差補正となる。

【0 0 1 9】

条件式 (1) の上限値を超え、第 1 レンズ群前群 G 1 A の最も像面側の光学面の曲率が強くなると、この面で発生するコマ収差を補正することが困難になる。また、条件式 (1) の下限値を超え、第 1 レンズ群後群 G 1 B の最も像面側の光学面の曲率が強くなると、この面で発生する非点収差や歪曲収差を補正することが困難になる。

【0 0 2 0】

なお、上述した条件式 (1) について、その下限値をさらに 2.00 に、また、上限値

をさらに 5.50 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0021】

条件式(2)は第1レンズ群後群G1Bの光軸上の全長を規定するものである。この条件式を満たすことで、第1レンズ群G1のワンドコンバージョンレンズとしての効果を確保しつつ、光学系の小型化に貢献し、製造誤差敏感度を抑制することができる。

【0022】

条件式(2)の上限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの全長が長くなると、光学全長が増大する他、像側のレンズの径が拡大し、偏芯等の製造公差による性能低下が発生し易くなる。また、条件式(2)の下限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの全長が短くなると、第2レンズ群G2に入射するマージナル光線と光軸との距離が十分離す事ができず、バックフォーカスの確保が困難になる。

10

【0023】

なお、上述の条件式(2)について、その下限値をさらに0.40に、また、上限値をさらに0.50とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0024】

条件式(3)は前記第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面の曲率半径を規定するものである。この条件式を満たすことで、第1レンズ群G1内で歪曲収差等の諸収差を適切に補正する効果が得られる。

【0025】

条件式(3)の上限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面の曲率が強くなると、負の歪曲収差を補正する事が困難になる他、偏芯等の製造公差による性能低下が発生し易くなる。また、条件式(3)の下限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの最も物体側の光学面の曲率が弱くなると、正の歪曲収差や非点収差を補正する事が困難になる。

20

【0026】

なお、上述の条件式(3)について、その下限値をさらに0.55に、また、上限値をさらに1.20とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0027】

また第2の発明である光学系は、第1の発明であって、さらに前記第1レンズ群前群G1Aは、その最も物体側に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を持つレンズを有し、前記第1レンズ群後群G1Bは、その最も像面側に、正の屈折力を持つレンズを有することを特徴とする。

30

【0028】

第2の発明である光学系の第1レンズ群前群G1Aは、その最も物体側に、物体側に凸面を向けた正の屈折力を持つレンズを有し、前記第1レンズ群後群G1Bは、その最も像面側に、正の屈折力を持つレンズを有する。このような構成を取る事により、第1レンズ群G1がレンズの径方向のサイズを抑制しながらワンドコンバージョンレンズとしての効果を確保しつつ、群内で歪曲収差を補正でき、全合焦域で歪曲収差を抑える事が可能となる。

【0029】

40

また第3の発明である光学系は、第1の発明または第2の発明であって、さらに前記第2レンズ群前群G2Aと前記第2レンズ群後群G2Bは、前記第2レンズ群G2の中で最も長い光軸上の空気間隔で隔てられ、以下に示す条件式(4)乃至(5)を満足することを特徴とする。

$$(4) \quad 1.80 < n_{d2p}$$

$$(5) \quad 0.50 < |R_{2bf} / R_{2ar}| < 1.50$$

n_{d2p} ：前記第2レンズ群前群G2Aの最も屈折率の高い正の屈折力を持つレンズの屈折率

R_{2ar} ：前記第2レンズ群前群G2Aの最も像側の光学面の曲率半径

R_{2bf} ：前記第2レンズ群後群G2Bの最も物体側の光学面の曲率半径

50

【0030】

第3の発明である光学系の第2レンズ群前群G2aと第2レンズ群後群G2bは、第2レンズ群G2の中で最も長い光軸上の空気間隔で隔てられる。このような構成を取る事で、第2レンズ群前群G2aと第2レンズ群後群G2bの間に光学絞りやフィルタ等を挿入するスペースを確保する事が可能となる。

【0031】

条件式(4)は第2レンズ群前群G2Aを構成する正の屈折力を持つレンズの中で、最も屈折率が高いレンズの屈折率を規定するものである。この条件式を満たすことで、第2レンズ群G2の中の、他の正の屈折力を持つレンズに、軸上色収差の補正上有利な特殊低分散ガラス等の屈折率の低い材料を採用しても、非点収差や像面湾曲を抑制する事が可能となる。

10

【0032】

条件式(4)の下限值を超え、第2レンズ群前群G2Aを構成する正の屈折力を持つレンズの最大の屈折率が低くなると、非点収差や像面湾曲の補正と軸上色収差の補正を両立させることが困難になる。

【0033】

なお、条件式(4)について、その下限値をさらに1.85とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0034】

条件式(5)は第2レンズ群前群G2Aの最も像面側の光学面と第2レンズ群後群G2Bの最も物体側の光学面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式を満たすことで、双方の面で発生したコマ収差や歪曲収差を適切に打ち消しあい良好な収差補正となる。

20

【0035】

条件式(5)の上限値を超え、第2レンズ群後群G2Bの最も物体側の光学面の曲率に対する第2レンズ群前群G2Aの最も像面側の光学面の曲率が強くなると、この面で発生する高次のコマ収差や歪曲収差を補正することが困難になる。また、条件式(5)の下限値を超え、第2レンズ群前群G2Aの最も像面側の光学面の曲率に対する第2レンズ群後群G2Bの最も物体側の光学面の曲率が強くなると、この面で発生するコマ収差を補正することが困難になる。

30

【0036】

なお、条件式(5)について、その下限値をさらに0.70に、また、上限値をさらに1.20とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0037】

また第4の発明である光学系は、第1の発明乃至第3の発明のいずれかであって、さらに以下に示す条件式(6)乃至(8)を満足することを特徴とする。

$$(6) \quad 0.20 < |f/f_{1a}| < 0.50$$

$$(7) \quad 0.20 < f/f_{1b} < 0.60$$

$$(8) \quad 0.20 < f/f_{2a} < 0.60$$

$$(9) \quad 0.50 < f/f_{2b} < 1.00$$

40

f : 無限遠物体合焦時における光学系全系の焦点距離

f_{1a} : 前記第1レンズ群前群G1Aの焦点距離

f_{1b} : 前記第1レンズ群後群G1Bの焦点距離

f_{2a} : 前記第2レンズ群前群G2Aの焦点距離

f_{2b} : 前記第2レンズ群後群G2Bの焦点距離

【0038】

条件式(6)は第1レンズ群前群G1Aの焦点距離を規定するものである。この条件式を満たすことで、第1レンズ群G1のワンドコンバージョンレンズとしての効果を確保しつつ、光学系のサイズを抑え、歪曲収差等の諸収差を補正する事ができる。

【0039】

50

条件式(6)の上限値を超え、第1レンズ群前群G1Aの負の屈折力が強くなると、第1レンズ群後群G1Bの径が拡大し製品の径が拡大する他、コマ収差や歪曲収差を補正することが困難になる。また、条件式(6)の下限値を超え、第1レンズ群前群G1Aの負の屈折力が弱くなると、バックフォーカスを確保する事が困難になる他、物体側のレンズの径が拡大し易くなる。

【0040】

なお、条件式(6)について、その下限値をさらに0.25に、また、上限値をさらに0.45とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0041】

条件式(7)は第1レンズ群後群G1Bの焦点距離を規定するものである。この条件式を満たすことで、光学系のサイズを抑えつつ、コマ収差等の諸収差、製造誤差敏感度を改善する事ができる。

10

【0042】

条件式(7)の上限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの正の屈折力が強くなると、偏芯等の製造公差による性能低下が発生し易くなる他、コマ収差や非点収差を補正することが困難になる。また、条件式(7)の下限値を超え、第1レンズ群後群G1Bの正の屈折力が弱くなると、第2レンズ群G2の径が拡大し製品の径も拡大する他、第2レンズ群前群G2Aの正のパワーの負担が増え、収差を補正する上で好ましくない。

【0043】

なお、条件式(7)について、その下限値をさらに0.22に、また、上限値をさらに0.55とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

20

【0044】

条件式(8)は第2レンズ群前群G2Aの焦点距離を規定するものである。この条件式を満たすことで、光学系のサイズを抑えつつ、軸上色収差と非点収差をバランスよく改善する事ができる。

【0045】

条件式(8)の上限値を超え、第1レンズ群前群G2Aの正の屈折力が強くなると、軸上色収差を抑制しつつ球面収差や非点収差を補正することが困難になる。また、条件式(8)の下限値を超え、第2レンズ群前群G2Aの正の屈折力が弱くなると、第2レンズ群後群G2Bと歪曲収差補正等のバランスを取る事が困難になる他、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bの間に光学絞りを配置する場合、光学絞りの径が拡大する。

30

【0046】

なお、条件式(8)について、その下限値をさらに0.25に、また、上限値をさらに0.55とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0047】

条件式(9)は第2レンズ群後群G2Bの焦点距離を規定するものである。この条件式を満たすことで、光学系のサイズを抑えつつ、軸上色収差と非点収差をバランスよく改善する事ができる。

【0048】

条件式(9)の上限値を超え、第2レンズ群後群G2Bの正の屈折力が強くなると、軸上色収差を抑制しつつコマ収差や非点収差を補正することが困難になる。また、条件式(9)の下限値を超え、第2レンズ群後群G2Bの正の屈折力が弱くなると、第2レンズ群G2の径が拡大し製品の径が拡大する他、第2レンズ群前群G2Aの正の屈折力の負担が増え、収差補正上好ましくない。

40

【0049】

なお、条件式(9)について、その下限値をさらに0.60に、また、上限値をさらに0.80とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0050】

以下に前述した本発明の光学系に係る実施例1乃至8の数値データを示す。

【0051】

50

〔面データ〕において、面番号は物体側から数えたレンズ面又は開口絞りの番号、 r は各面の曲率半径、 d は各面の間隔、 n_d は d 線（波長 $\lambda=587.6\text{nm}$ ）に対する屈折率、 v_d は d 線（波長 $\lambda=587.6\text{nm}$ ）に対するアッベ数を示している。

【0052】

面番号に付した*（アスタリスク）は、そのレンズ面形状が非球面であることを示している。また、 B_F はバックフォーカスを表している。

【0053】

面番号に付した（絞り）は、その位置に開口絞り S が位置していることを示している。平面又は開口絞り S に対する曲率半径には ∞ （無限大）を記入している。（フレアカット絞り）はフレアカット絞り面を示している。

【0054】

〔非球面データ〕には、〔面データ〕において*を付したレンズ面の非球面形状を与える各係数値を示している。非球面の形状は、非球面の形状は、光軸に直行する方向への光軸からの変位を y 、非球面と光軸の交点から光軸方向への変位（サグ量）を z 、基準球面の曲率半径を r 、コーニック係数を K 、4、6、8、10次の非球面係数をそれぞれ A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} と置くと、非球面の座標が以下の式で表されるものとする。

$$z = \frac{(1/r)y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(y/r)^2}} + A_4y^4 + A_6y^6 + A_8y^8 + A_{10}y^{10}$$

【0055】

〔各種データ〕には、各焦点距離状態における焦点距離等の値を示している。

【0056】

〔可変間隔データ〕には、各レンズ群を構成する最も物体側の面番号及び群全体の合成焦点距離を示している。

【0057】

なお、以下の全ての諸元の値において、記載している焦点距離 f 、曲率半径 r 、レンズ面間隔 d 、その他の長さの他には特記のない限りミリメートル（mm）を使用するが、光学系では比例拡大と比例縮小におい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。

【0058】

また、各実施例に対応する収差図において、 d 、 g 、 C はそれぞれ d 線、 g 線、 C 線を表しており、 ΔS 、 ΔM はそれぞれサジタル像面、メリジオナル像面を表している。

【0059】

さらに、図1、図6、図11、図16、図21、図26、図31及び図36に示すレンズ構成図において、 I は像面、中心を通る一点鎖線は光軸である。

【0060】

次に、本発明の光学系に係る実施例のレンズ構成について説明する。なお、以下の説明ではレンズ構成を物体側から像面側の順番で記載する。

【実施例1】

【0061】

図1は、本発明の実施例1の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0062】

図1の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第1レンズ群 G_1 と、全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群 G_2 とから構成される。

【0063】

第1レンズ群 G_1 は、第1レンズ群前群 G_{1A} と第1レンズ群後群 G_{1B} とから成る。また、第1レンズ群 G_1 は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

【0064】

10

20

30

40

50

第1レンズ群前群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0065】

第1レンズ群後群G1Bは、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズと両凸レンズとから成る正の屈折力を持つ3枚接合レンズで構成される。また、第1レンズ群後群G1Bの像面側にフレアカット絞りを設ける。

【0066】

第2レンズ群G2は、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bは、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

10

【0067】

第2レンズ群前群G2Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、及び両凸レンズと両凹レンズとから成る負の屈折力を持つ接合レンズで構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0068】

開口絞りSは、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとの間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第2レンズ群後群G2Bと同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0069】

20

第2レンズ群後群G2Bは、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、両凸レンズと両凹レンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0070】

続いて、以下に実施例1に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例1

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	59.9687	7.5464	1.91082	35.25
2	178.4018	0.6242		
3	192.0154	2.0000	1.62588	35.74
4	28.7552	16.1562		
5	-67.9622	10.7338	1.49700	81.61
6	-26.2761	1.5000	1.54814	45.82
7	43.9346	10.7524	1.88300	40.81
8	-94.4447	0.0000		
9(フレアカット絞り)	∞	(d9)		
10	49.8944	3.9121	1.92286	20.88
11	108.4891	0.1500		
12	47.6761	8.0538	1.72916	54.67
13	-69.2432	0.9500	1.72825	28.32
14	31.4317	(d14)		
15(絞り)	∞	4.6436		
16	-31.6556	0.9500	1.62588	35.74
17	71.6171	4.6610	1.59282	68.62
18	-96.5972	0.1500		
19	85.5221	6.6571	1.59282	68.62
20	-40.3262	0.9500	1.51742	52.15

30

40

50

21	57.5543	0.9291		
22*	77.4702	5.8822	1.77250	49.47
23*	-47.5092	(BF)		
像面	∞			

[非球面データ]

	22面	23面
K	0.00000	0.00000
A4	-9.93095E-07	3.17495E-06
A6	1.24366E-09	-1.01711E-10
A8	-7.51084E-13	2.00250E-12
A10	0.00000E+00	-1.26705E-15

10

[各種データ]

	INF	400mm
焦点距離	49.58	48.35
Fナンバー	1.46	1.67
全画角 2ω	47.19	43.47
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	142.00	142.00

20

[可変間隔データ]

	INF	400mm
d0	∞	258.0000
d9	9.9796	1.2000
d14	6.0186	5.8989
BF	38.7999	47.6991

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	282.98
G1A	1	-153.20
G1B	5	114.66
G2A	10	173.27
G2B	15	65.28

30

【実施例2】

【0071】

図6は、本発明の実施例2の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0072】

図6の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群G2とから構成される。 40

【0073】

第1レンズ群G1は、第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとから成る。また、第1レンズ群G1は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

【0074】

第1レンズ群前群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0075】

第1レンズ群後群G1Bは、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズと 50

両凸レンズとから成る正の屈折力を持つ 3 枚接合レンズで構成される。また、第 1 レンズ群後群 G 1 B の像面側にフレアカット絞りを設ける。

【0076】

第 2 レンズ群 G 2 は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B とから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

【0077】

第 2 レンズ群前群 G 2 A は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、及び両凸レンズと両凹レンズとから成る負の屈折力を持つ接合レンズで構成され、全体として正の屈折力を持つ。

10

【0078】

開口絞り S は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B との間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第 2 レンズ群後群 G 2 B と同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0079】

第 2 レンズ群後群 G 2 B は、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

20

【0080】

続いて、以下に実施例 2 に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例 2

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	67.5814	5.3292	1.95375	32.32
2	130.0875	0.4000		
3	94.5475	2.0000	1.58144	40.89
4	27.9000	18.2013		
5	-59.3951	10.9270	1.55332	71.68
6	-25.1731	1.4000	1.60342	38.01
7	44.6540	10.8848	1.88300	40.81
8	-85.7707	0.0000		
9(フレアカット絞り)	∞	(d9)		
10	52.6706	4.6589	1.92286	20.88
11	216.9523	0.1500		
12	47.4352	8.1142	1.72916	54.67
13	-94.6784	0.9500	1.72825	28.32
14	31.2801	(d14)		
15(絞り)	∞	5.5017		
16	-31.0428	0.9000	1.64769	33.84
17	49.6877	5.6695	1.59282	68.62
18	-84.4975	0.1500		
19	-549.5685	4.9878	1.59282	68.62
20	-36.1297	0.9000	1.51742	52.15
21	-386.2514	0.3595		
22*	180.2764	6.2315	1.77250	49.47
23*	-44.1428	(BF)		

30

40

50

像面 ∞

[非球面データ]

	22面	23面
K	0.00000	0.00000
A4	-1.99497E-06	2.23091E-06
A6	8.32607E-10	-6.25203E-10
A8	-5.11430E-12	-1.61803E-12
A10	3.33468E-15	0.00000E+00

10

[各種データ]

	INF	400mm
焦点距離	47.24	46.37
Fナンバー	1.46	1.69
全画角2 ω	49.17	45.50
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	142.00	142.00

[可変間隔データ]

	INF	400mm
d0	∞	258.0000
d9	8.4672	1.2000
d14	7.0173	5.8935
BF	38.8001	47.1911

20

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	640.64
G1A	1	-149.73
G1B	5	150.39
G2A	10	107.16
G2B	15	71.85

30

【実施例3】

【0081】

図11は、本発明の実施例3の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0082】

図11の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群G2とから構成される。

【0083】

第1レンズ群G1は、第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとから成る。また、第1レンズ群G1は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

40

【0084】

第1レンズ群前群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0085】

第1レンズ群後群G1Bは、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズと両凸レンズから成る正の屈折力を持つ3枚接合レンズで構成される。また、第1レンズ群後群G1Bの像面側にフレアカット絞りを設ける。

【0086】

50

第2レンズ群G2は、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第2レンズ群G2は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、一体として物体側へ移動する。

【0087】

第2レンズ群前群G2Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、及び両凸レンズと両凹レンズとから成る負の屈折力を持つ接合レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0088】

開口絞りSは、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとの間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第2レンズ群G2と同じ軌跡で物体側へ移動する。

10

【0089】

第2レンズ群後群G2Bは、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0090】

続いて、以下に実施例3に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例3

単位：mm

20

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	69.3268	5.7689	1.91082	35.25
2	150.8995	0.4000		
3	111.8401	2.0000	1.51742	52.15
4	27.5900	19.1543		
5	-56.3775	10.7794	1.49700	81.61
6	-25.5196	1.4000	1.58144	40.89
7	47.7869	10.9813	1.88300	40.81
8	-72.9205	0.0000		
9(フレアカット絞り)	∞	(d9)		
10	52.0348	4.7594	2.00100	29.13
11	353.4283	0.1500		
12	67.3442	7.6358	1.59282	68.62
13	-56.4856	0.9500	1.72825	28.32
14	35.4963	5.4034		
15(絞り)	∞	5.5130		
16	-31.4067	0.9000	1.58144	40.89
17	93.2099	4.9486	1.59282	68.62
18	-67.8887	0.1500		
19	-212.6632	4.4855	1.59282	68.62
20	-37.9803	0.9000	1.51742	52.15
21	424.1691	0.7700		
22*	143.2209	7.0329	1.77250	49.47
23*	-42.7183	(BF)		
像面	∞			

30

40

[非球面データ]

22面

23面

50

K	0.00000	0.00000
A4	-2.15210E-06	2.13955E-06
A6	1.16820E-09	-7.09088E-10
A8	-3.35193E-12	7.15990E-13
A10	3.62418E-15	0.00000E+00

[各種データ]

	INF	400mm
焦点距離	46.93	45.97
Fナンバー	1.46	1.69
全画角2 ω	49.57	46.01
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	142.00	142.00

10

[可変間隔データ]

	INF	400mm
d0	∞	258.0000
d9	9.1175	1.2000
BF	38.7998	46.7173

20

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	283.39
G1A	1	-169.69
G1B	5	127.43
G2A	10	163.95
G2B	15	64.95

【実施例4】

【0091】

図16は、本発明の実施例4の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

30

【0092】

図16の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群G2とから構成される。

【0093】

第1レンズ群G1は、第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとから成る。また、第1レンズ群G1は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

【0094】

第1レンズ群前群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び両凹レンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

40

【0095】

第1レンズ群後群G1Bは、両凹レンズと両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0096】

第2レンズ群G2は、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bは、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

【0097】

第2レンズ群前群G2Aは、両凸レンズ、及び両凸レンズ及び両凹レンズから成る負の

50

屈折力を持つ接合レンズで構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0098】

開口絞りSは、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとの間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第2レンズ群後群G2Bと同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0099】

第2レンズ群後群G2Bは、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、両凸レンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0100】

続いて、以下に実施例4に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例4

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	60.7903	8.8428	2.00100	29.13
2	300.3415	1.9380		
3	-2651.9755	2.0000	1.64769	33.84
4	29.0684	13.3974		
5	-81.9097	1.5000	1.62588	35.74
6	88.6016	9.0900		
7	73.2400	9.0246	1.80420	46.50
8	-83.4926	(d8)		
9	47.5968	6.3990	1.95375	32.32
10	-516.1485	0.1981		
11	754.2127	4.5821	1.49700	81.61
12	-64.2559	1.9846	1.80518	25.46
13	52.7297	(d13)		
14(絞り)	∞	4.6336		
15	-46.9274	1.0000	1.58144	40.89
16	62.9033	4.2357	1.59282	68.62
17	-229.6247	0.1500		
18	986.1933	6.8302	1.59282	68.62
19	-26.7075	1.0000	1.51742	52.15
20	92.4851	0.5450		
21*	77.1764	7.7735	1.77250	49.47
22*	-52.7466	(BF)		
像面	∞			

[非球面データ]

	21面	22面
K	0.00000	0.00000
A4	-1.05814E-06	4.04323E-06
A6	-3.34540E-09	-5.46959E-09
A8	2.15521E-11	2.71991E-11
A10	0.00000E+00	-2.00988E-15

[各種データ]

INF 398mm

10

20

30

40

50

焦点距離	48.50	47.65
Fナンバー	1.46	1.67
全画角 2ω	48.25	44.39
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	140.13	140.13

[可変間隔データ]

	INF	398mm
d0	∞	258.0000
d8	10.5828	1.2000
d13	5.6275	6.7324
BF	38.7999	47.0779

10

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	272.31
G1A	1	-152.19
G1B	5	112.68
G2A	9	185.34
G2B	14	66.52

20

【実施例5】

【0101】

図21は、本発明の実施例5の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0102】

図21の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第1レンズと、全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群G2とから構成される。

【0103】

第1レンズ群G1は、第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとから成る。また、第1レンズ群G1は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

30

【0104】

第1レンズ群前群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び両凹レンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0105】

第1レンズ群後群G1Bは、両凹レンズと両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0106】

第2レンズ群G2は、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bは、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

40

【0107】

第2レンズ群前群G2Aは、両凸レンズ、及び両凸レンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズで構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0108】

開口絞りSは、第2レンズ群前群G2Aと第2レンズ群後群G2Bとの間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第2レンズ群後群G2Bと同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0109】

第2レンズ群後群G2Bは、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レ

50

ンズ、両凸レンズと両凹レンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0110】

続いて、以下に実施例5に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例5

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面	∞	(d0)			
1	59.1787	9.1320	1.95375	32.32	10
2	311.5111	1.9221			
3	-2148.9683	2.0000	1.64769	33.84	
4	29.0524	13.3413			
5	-83.6747	1.6130	1.62588	35.74	
6	89.4776	9.1265			
7	72.6692	9.0316	1.80420	46.50	
8	-84.0466	(d8)			
9	46.6909	6.4070	2.00100	29.13	
10	-669.2278	0.2934			
11	773.5381	4.5435	1.49700	81.61	20
12	-65.5618	1.0000	1.80518	25.46	
13	48.9240	(d13)			
14(絞り)	∞	4.5718			
15	-47.4197	1.0000	1.60342	38.01	
16	43.9470	4.6019	1.59282	68.62	
17	-5000.0000	0.1500			
18	193.3916	7.4101	1.59282	68.62	
19	-26.2375	1.0000	1.51742	52.15	
20	177.2481	0.2905			
21*	100.8101	7.0602	1.77250	49.47	30
22*	-52.7466	(BF)			
像面	∞				

[非球面データ]

	21面	22面	
K	0.00000	0.00000	
A4	-1.17521E-06	3.97830E-06	
A6	-3.24487E-09	-5.63388E-09	
A8	2.35948E-11	3.06394E-11	
A10	0.00000E+00	-4.71092E-15	40

[各種データ]

	INF	398mm
焦点距離	48.50	47.67
Fナンバー	1.46	1.67
全画角2 ω	48.30	44.40
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	139.83	139.83

[可変間隔データ]

	INF	398mm
d0	∞	258.0000
d8	10.7108	1.2000
d13	5.8214	7.0974
BF	38.7999	47.0347

[レンズ群 データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	262.98
G1A	1	-149.73
G1B	5	110.03
G2A	9	180.40
G2B	14	67.11

10

【実施例 6】

【0111】

図 26 は、本発明の実施例 6 の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0112】

図 26 の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 とから構成される。

20

【0113】

第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群前群 G 1 A と第 1 レンズ群後群 G 1 B とから成る。また、第 1 レンズ群 G 1 は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

【0114】

第 1 レンズ群前群 G 1 A は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0115】

第 1 レンズ群後群 G 1 B は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ、及び両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

30

【0116】

第 2 レンズ群 G 2 は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B とから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

【0117】

第 2 レンズ群前群 G 2 A は、両凸レンズ、及び両凸レンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0118】

開口絞り S は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B との間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第 2 レンズ群後群 G 2 B と同じ軌跡で物体側へ移動する。

40

【0119】

第 2 レンズ群後群 G 2 B は、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、両凸レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0120】

続いて、以下に実施例 6 に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例 6

50

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	60.8145	9.7817	2.00100	29.13
2	961.2391	0.4514		
3	1040.2761	2.0000	1.70154	41.15
4	28.6634	15.9911		
5	-40.7492	1.5000	1.84666	23.78
6	-565.0365	3.8873		
7	-61.9388	5.5803	1.88100	40.14
8	-40.5080	0.1500		
9	52.2341	9.0758	1.59282	68.62
10	-149.8277	(d10)		
11	52.0046	5.7073	2.00100	29.13
12	-3629.6800	0.1500		
13	269.7091	4.8326	1.49700	81.61
14	-69.2869	1.0000	1.64769	33.84
15	43.0996	(d15)		
16(絞り)	∞	5.2887		
17	-35.8562	1.0000	1.58144	40.89
18	54.8872	3.9938	1.59282	68.62
19	-1000.0000	0.1500		
20	1000.0000	6.8905	1.59282	68.62
21	-25.3861	1.0000	1.58144	40.89
22	-349.2909	0.1500		
23*	168.8265	7.4914	1.77250	49.47
24*	-42.9103	(BF)		
像面	∞			

10

20

30

[非球面データ]

	23面	24面
K	0.00000	0.00000
A4	-1.01132E-06	4.20558E-06
A6	-5.37917E-09	-6.54219E-09
A8	2.98408E-11	3.12080E-11
A10	0.00000E+00	-6.26392E-16

[各種データ]

	INF	399mm
焦点距離	48.50	47.22
Fナンバー	1.46	1.67
全画角2 ω	47.62	44.39
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	141.29	141.29

40

[可変間隔データ]

	INF	399mm
d0	∞	258.0000
d10	10.2359	1.2000

50

d15	6.1802	6.8588
BF	38.8002	47.1575

[レンズ群 データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	202.73
G1A	1	-173.82
G1B	5	106.30
G2A	11	156.41
G2B	16	73.42

10

【実施例 7】

【0 1 2 1】

図 3 1 は、本発明の実施例 7 の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0 1 2 2】

図 3 1 の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、全体として正の屈折力を持つ第 2 のレンズ群 G 2 とから構成される。

【0 1 2 3】

第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群前群 G 1 A と第 1 レンズ群後群 G 1 B とから成る。また、第 1 レンズ群 G 1 は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

20

【0 1 2 4】

第 1 レンズ群前群 G 1 A は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0 1 2 5】

第 1 レンズ群後群 G 1 B は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、及び両凸レンズから構成される。

【0 1 2 6】

第 2 レンズ群 G 2 は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B とから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側へ移動する。

30

【0 1 2 7】

第 2 レンズ群前群 G 2 A は、両凸レンズと物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズとから成る正の屈折力を持つ 3 枚接合レンズで構成される。

【0 1 2 8】

開口絞り S は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B との間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第 2 レンズ群後群 G 2 B と同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0 1 2 9】

第 2 レンズ群後群 G 2 B は、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、両凹レンズと両凸レンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

40

【0 1 3 0】

続いて、以下に実施例 7 に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例 7

単位：mm

[面 データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	61.5553	9.1056	2.00100	29.13

50

2	416.8509	1.2069			
3	2077.2771	2.0000	1.64769	33.84	
4	26.5881	14.7728			
5	-66.4944	10.0841	1.49700	81.61	
6	-26.1053	1.5000	1.60342	38.01	
7	266.0512	1.5163			
8	80.2575	9.4664	1.80420	46.50	
9	-65.4401	(d9)			
10	54.7291	6.3242	2.00100	29.13	
11	-190.2656	4.9430	1.59282	68.62	10
12	-43.4725	1.0517	1.64769	33.84	
13	50.6721	(d13)			
14(絞り)	∞	4.4632			
15	-46.6787	1.0000	1.67270	32.17	
16	114.7391	4.7250	1.43700	95.10	
17	-56.3927	1.0346			
18	-41.7538	1.0000	1.58144	40.89	
19	37.9020	6.7490	1.72916	54.67	
20	-75.5083	0.1500			
21*	1000.0000	6.5783	1.77250	49.47	20
22*	-46.9507	(BF)			
像面	∞				

[非球面データ]

	21面	22面	
K	0.00000	0.00000	
A4	-1.59572E-06	3.90584E-06	
A6	-4.50908E-09	-5.65822E-09	
A8	3.83392E-11	3.86862E-11	
A10	0.00000E+00	7.01344E-15	30

[各種データ]

	INF	400mm
焦点距離	48.50	47.20
Fナンバー	1.46	1.67
全画角2 ω	47.67	44.48
像高Y	21.63	21.63
レンズ全長	142.00	142.00

[可変間隔データ]

	INF	400mm
d0	∞	258.0000
d9	9.8338	1.2000
d13	5.6952	5.9008
BF	38.7998	47.2280

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	223.63
G1A	1	-135.14

G1B	5	97.97
G2A	9	123.14
G2B	14	78.83

【実施例 8】

【0131】

図 36 は、本発明の実施例 8 の光学系の無限遠合焦時におけるレンズ構成図である。

【0132】

図 36 の光学系は、物体側から像面側の順に、全体として負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 とから構成される。

【0133】

第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群前群 G 1 A と第 1 レンズ群後群 G 1 B とから成る。また、第 1 レンズ群 G 1 は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して像面に対する位置が固定である。

【0134】

第 1 レンズ群前群 G 1 A は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ及び物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズから構成され、全体として負の屈折力を持つ。

【0135】

第 1 レンズ群後群 G 1 B は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズと両凸レンズとから成る正の屈折力を持つ 3 枚接合レンズで構成される。また、第 1 レンズ群後群 G 1 B の像面側にフレアカット絞りを設ける。

【0136】

第 2 レンズ群 G 2 は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B とから成り、全体として正の屈折力を持つ。また、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、互いに独立して物体側絵移動する。

【0137】

第 2 レンズ群前群 G 2 A は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、及び両凸レンズと両凹レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズで構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0138】

開口絞り S は、第 2 レンズ群前群 G 2 A と第 2 レンズ群後群 G 2 B との間に配置され、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、第 2 レンズ群後群 G 2 B と同じ軌跡で物体側へ移動する。

【0139】

第 2 レンズ群後群 G 2 B は、両凹レンズと両凸レンズから成る負の屈折力を持つ接合レンズ、両凸レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズから成る正の屈折力を持つ接合レンズ、及び物体側像面側両面に非球面を形成した両凸レンズから構成され、全体として正の屈折力を持つ。

【0140】

続いて、以下に実施例 8 に係る光学系の諸元値を示す。

数値実施例 8

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面	∞	(d0)		
1	68.6980	5.5111	1.95375	32.32
2	140.4190	0.4000		
3	90.0805	2.0000	1.59551	39.22
4	28.0310	17.4906		
5	-57.6273	11.4150	1.59282	68.62

6	-24.7074	1.4000	1.62588	35.74	
7	43.6599	10.7365	1.88300	40.81	
8	-95.6712	0.0000			
9(フレアカット絞り)	∞	(d9)			
10	57.2684	4.4674	1.92286	20.88	
11	247.3667	0.1500			
12	39.3575	7.5133	1.72916	54.67	
13	-842.9948	0.9500	1.64769	33.84	
14	27.3663	(d14)			
15(絞り)	∞	5.3318			10
16	-32.3508	0.9000	1.64769	33.84	
17	41.2236	5.0135	1.59282	68.62	
18	-469.6114	0.1500			
19	186.8195	6.9513	1.59282	68.62	
20	-27.7493	0.9000	1.58144	40.89	
21	-106.1094	0.1500			
22*	338.5122	5.3034	1.77250	49.47	
23*	-44.4036	(BF)			
像面	∞				20

[非球面データ]

	22面	23面
K	0.00000	0.00000
A4	-2.02470E-06	2.15920E-06
A6	7.06100E-12	-9.75660E-10
A8	-4.96280E-13	1.51180E-12
A10	2.34710E-15	0.00000E+00

[各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	47.17	46.51	30
Fナンバー	1.46	1.69	
全画角2 ω	49.24	45.33	
像高Y	21.63	21.63	
レンズ全長	142.00	142.00	

[可変間隔データ]

	INF	400mm	
d0	∞	258.0000	
d9	8.2225	1.2000	40
d14	8.2436	6.6132	
BF	38.8001	47.4530	

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離	
G1	1	-12811.28	
G1A	1	-158.83	
G1B	5	202.30	
G2A	10	89.30	
G2B	15	73.81	50

【0141】

また、これらの各実施例における条件式の対応値の一覧を示す。

[条件式対応値]

条件式／実施例	1	2	3	4
(1) $1.50 < R1br / R1ar < 6.0$	3.28	3.07	2.64	2.87
(2) $0.35 < T / f < 0.55$	0.46	0.49	0.49	0.40
(3) $0.50 < f / R1bf < 1.50$	0.73	0.80	0.83	0.59
(4) $1.80 < nd2p$	1.92	1.92	2.00	1.95
(5) $0.50 < R2bf / R2ar < 1.5$	1.01	0.99	0.88	0.89
(6) $0.20 < f / f1a < 0.50$	0.32	0.32	0.28	0.32
(7) $0.20 < f / f1b < 0.60$	0.43	0.31	0.37	0.43
(8) $0.20 < f / f2a < 0.60$	0.29	0.44	0.29	0.26
(9) $0.50 < f / f2b < 1.00$	0.76	0.66	0.72	0.73

10

条件式／実施例	5	6	7	8
(1) $1.50 < R1br / R1ar < 6.0$	2.89	5.23	2.46	3.41
(2) $0.35 < T / f < 0.55$	0.41	0.42	0.47	0.50
(3) $0.50 < f / R1bf < 1.50$	0.58	1.19	0.73	0.82
(4) $1.80 < nd2p$	2.00	2.00	2.00	1.92
(5) $0.50 < R2bf / R2ar < 1.5$	0.97	0.83	0.92	1.18
(6) $0.20 < f / f1a < 0.50$	0.32	0.28	0.36	0.30
(7) $0.20 < f / f1b < 0.60$	0.44	0.46	0.50	0.23
(8) $0.20 < f / f2a < 0.60$	0.27	0.31	0.39	0.53
(9) $0.50 < f / f2b < 1.00$	0.72	0.66	0.62	0.64

20

【符号の説明】

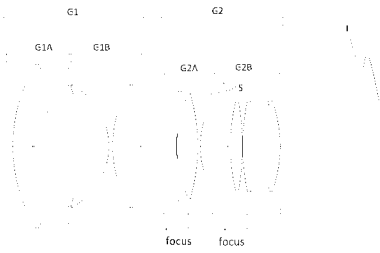
【0142】

G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 1 A	第1レンズ群前群
G 1 B	第1レンズ群後群
G 2 A	第2レンズ群前群
G 2 B	第2レンズ群後群
S	開口絞り
I	像面
d	d線
C	C線
g	g線
F	Fナンバー
△ S	サジタル像面
△ M	メリジオナル像面

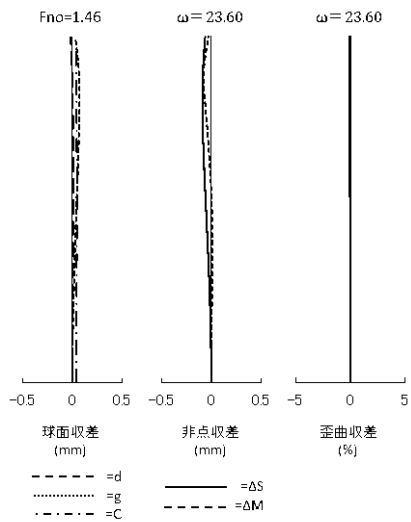
30

40

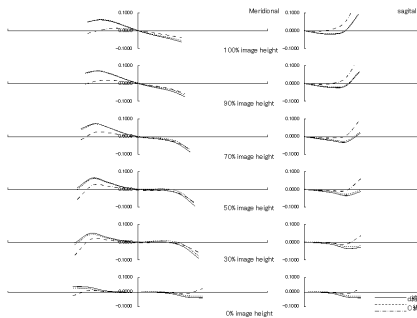
【図 1】



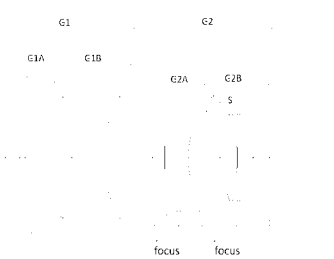
【図 2】



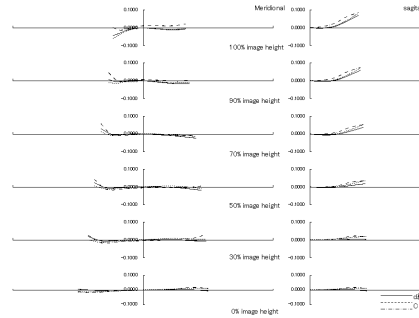
【図 5】



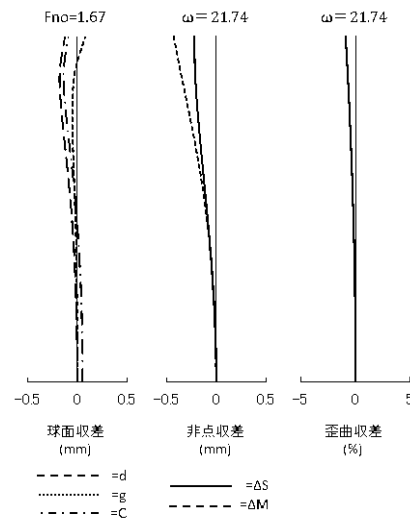
【図 6】



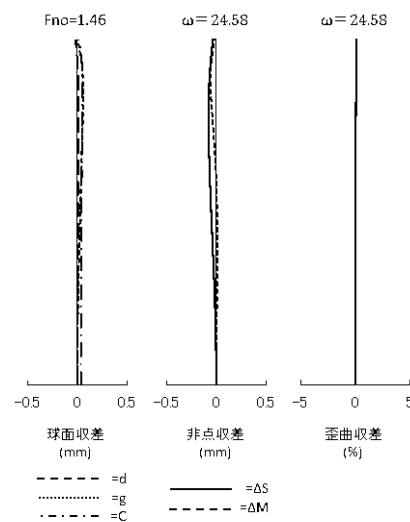
【図 3】



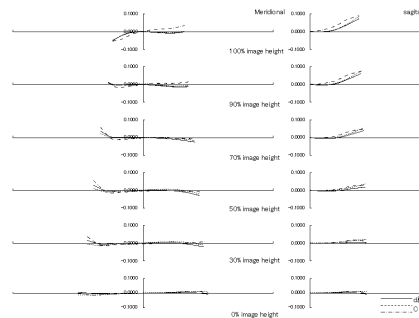
【図 4】



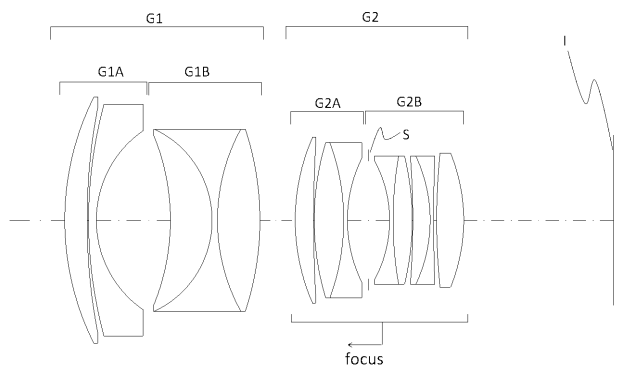
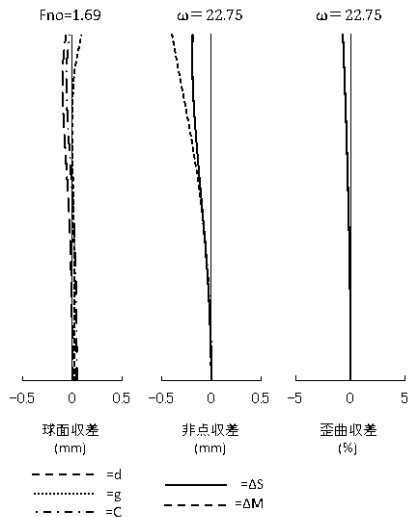
【図 7】



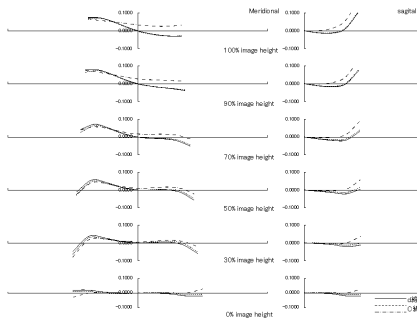
【図 8】



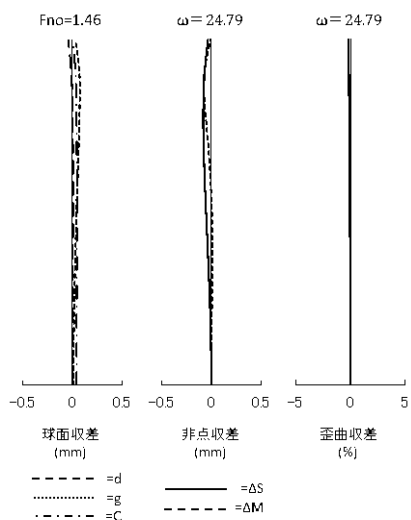
【 図 1 1 】



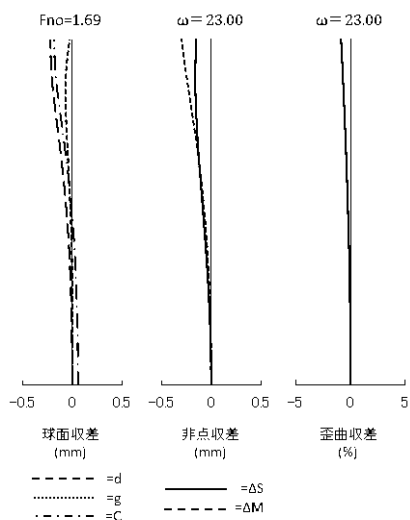
【図 10】



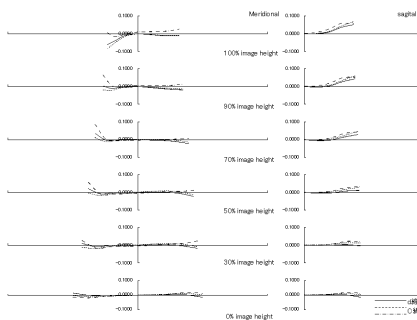
【图 1 2】



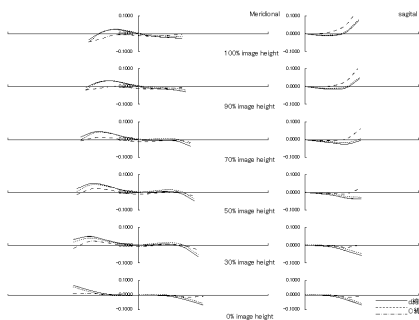
【图 14】



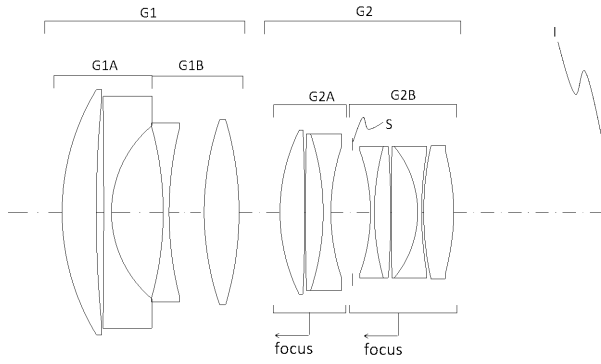
【图 1 3】



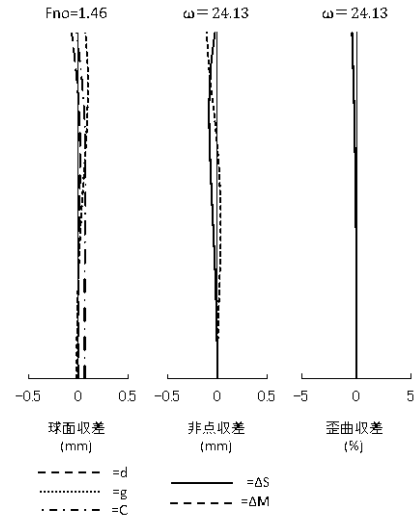
【 図 1 5 】



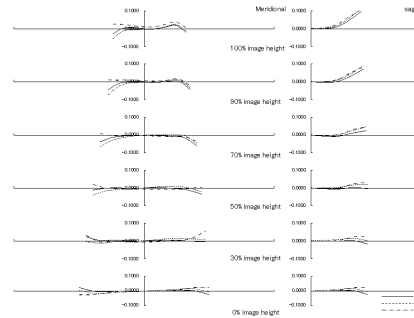
【図 16】



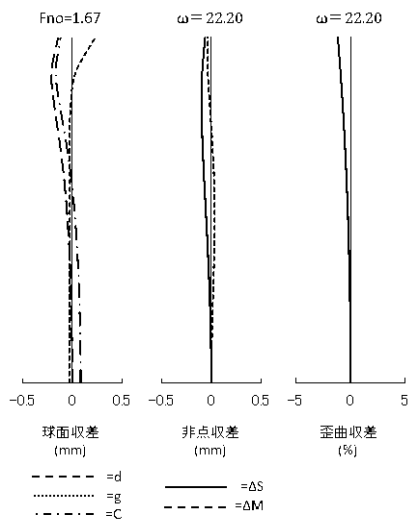
【図 17】



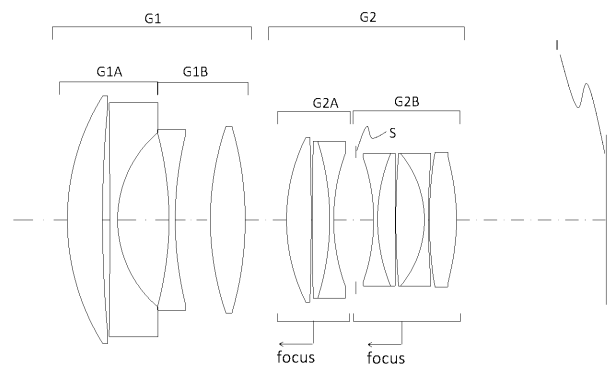
【図 18】



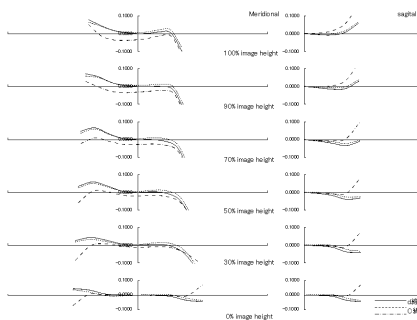
【図 19】



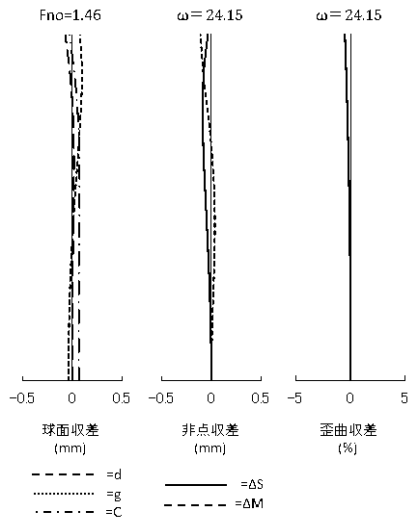
【図 21】



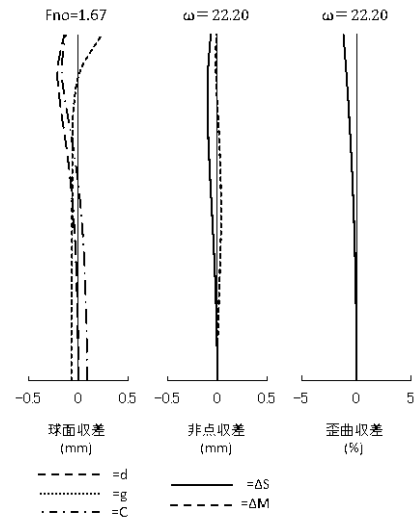
【図 20】



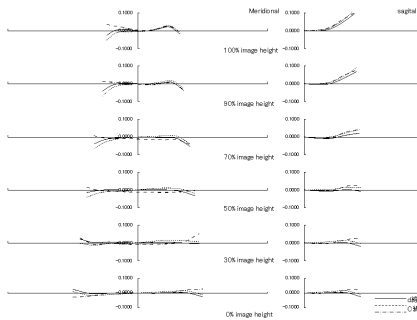
【図 2 2】



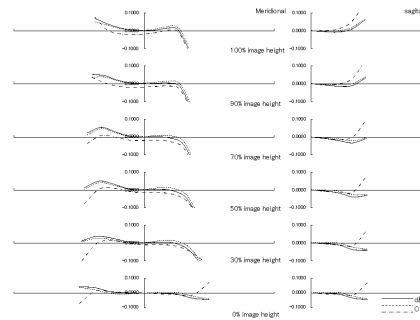
【図 2 4】



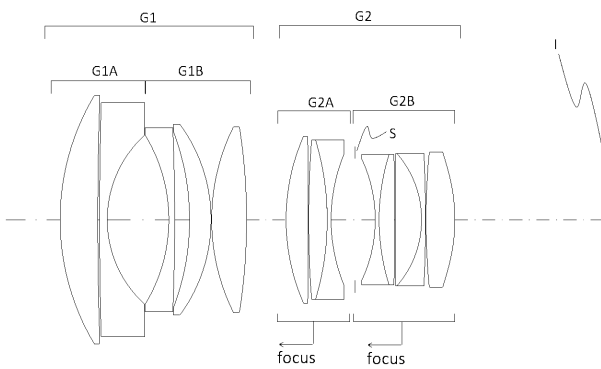
【図 2 3】



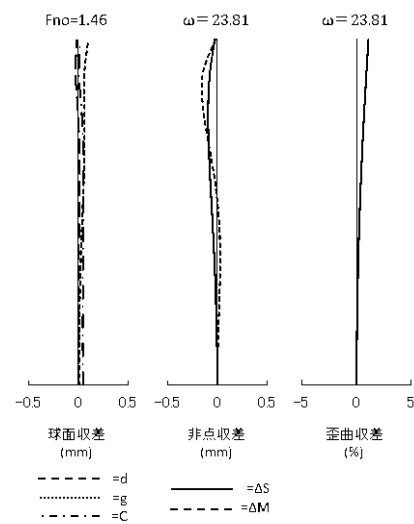
【図 2 5】



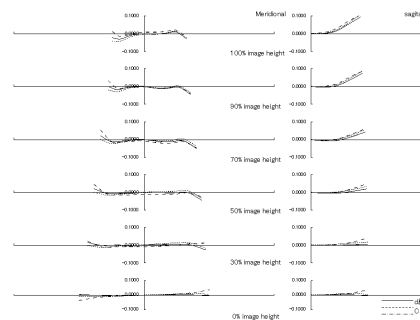
【図 2 6】



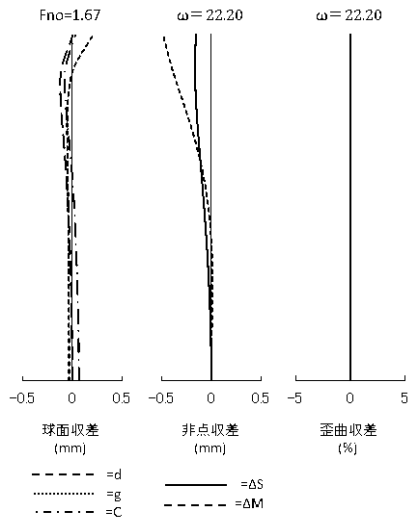
【図 2 7】



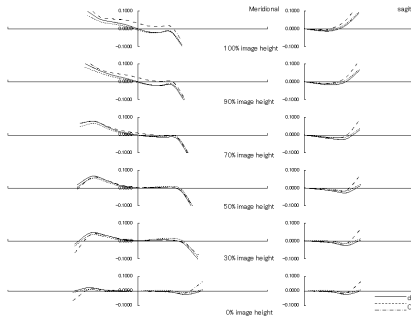
【図 2 8】



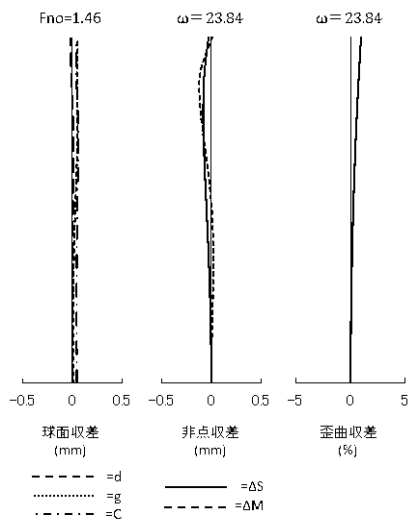
【図 29】



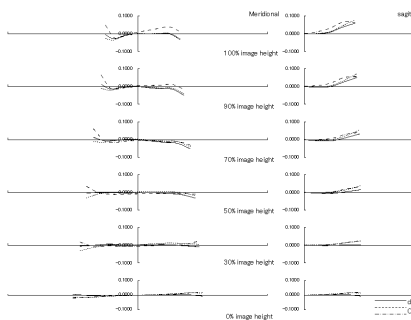
【図 30】



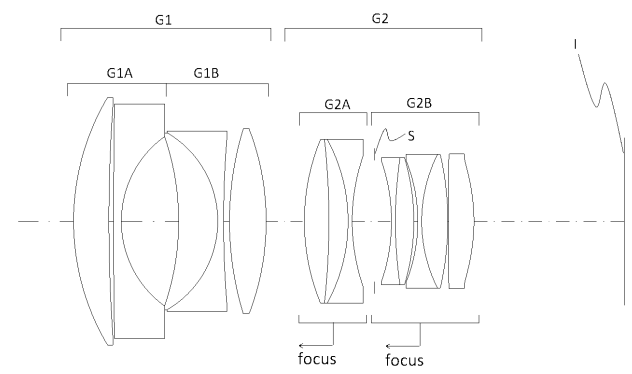
【図 32】



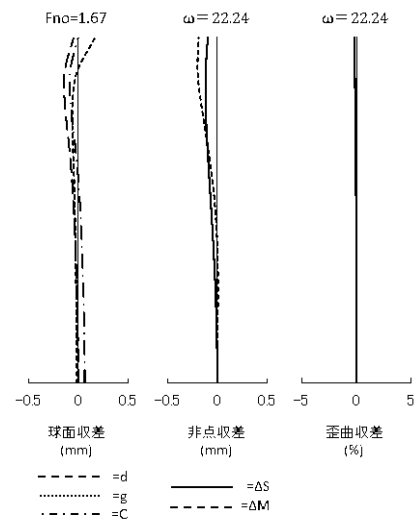
【図 33】



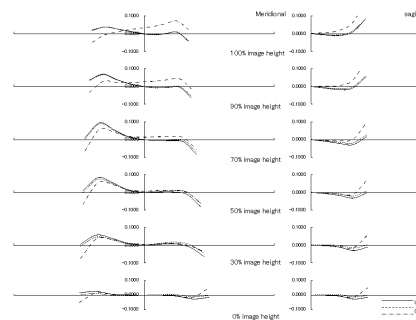
【図 31】



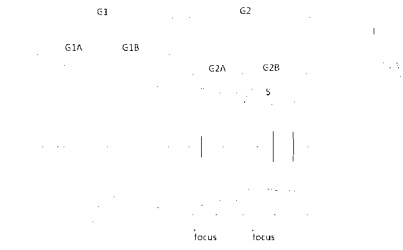
【図 34】



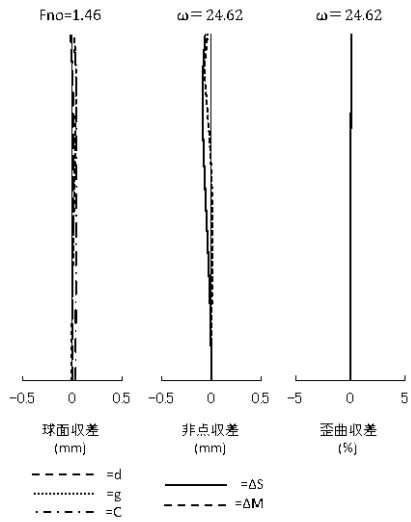
【図 35】



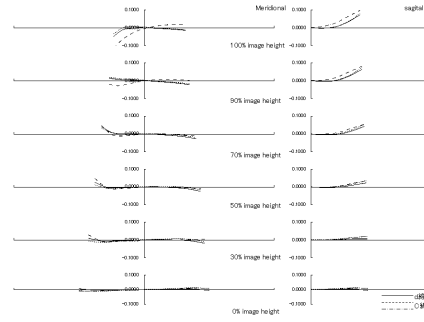
【図 36】



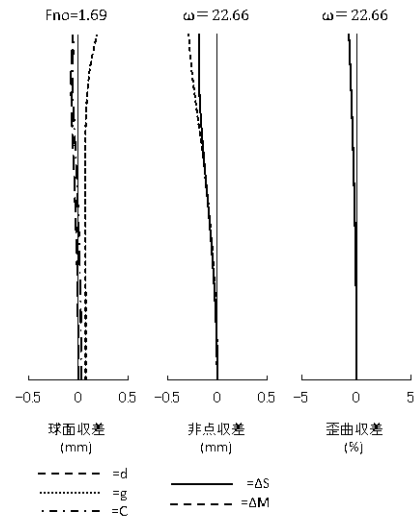
【図 37】



【図 38】



【図 39】



【図 40】

