

(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2017-3677

(P2017-3677A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(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 20 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2015-115489 (P2015-115489)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	平成27年6月8日 (2015.6.8)		富士フイルム株式会社
			東京都港区西麻布2丁目26番30号
		(74) 代理人	100073184
			弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	孫 萍
			埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
			番地 富士フイルム株式会社内
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA01 MA01 MA07 NA14
			PA11 PA12 PA13 PA18 PA19
			PA20 PB13 PB14 PB15 QA02
			QA06 QA12 QA22 QA25 QA26
			QA37 QA39 QA41 QA45 RA05
			RA12 RA13 RA32 UA06

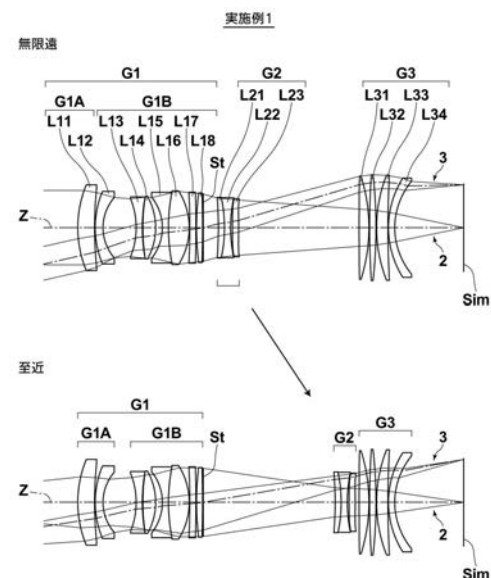
(54) 【発明の名称】 撮像レンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 大きな撮影倍率が得られ、合焦の際の収差変動が少なく、良好な光学性能を有するインナーフォーカス方式の撮像レンズ、およびこの撮像レンズを備えた撮像装置を提供する。

【解決手段】 撮像レンズは、物体側から順に、正の第1レンズ群G1と、絞りと、負の第2レンズ群G2と、正の第3レンズ群G3とから実質的に構成される。第2レンズ群G2のみを光軸方向に移動させることにより合焦が行われる。第1レンズ群G1は、物体側から順に、第1レンズ群前群G1Aと、第1レンズ群後群G1Bとから実質的に構成される。第1レンズ群前群G1Aは、物体側から順に、1枚の正レンズと、1枚の負レンズとから実質的に構成され、第1レンズ群後群G1Bは、2枚以上の負レンズと、3枚以上の正レンズとを含む。第2レンズ群G2は、1枚または2枚の正レンズと、1枚の負レンズとから実質的に構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、絞りと、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とから実質的に構成され、

前記第 2 レンズ群のみを光軸方向に移動させることにより合焦が行われ、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、第 1 レンズ群前群と、第 1 レンズ群後群とから実質的に構成され、前記第 1 レンズ群前群は、物体側から順に、1 枚の正レンズと、1 枚の負レンズとから実質的に構成され、前記第 1 レンズ群後群は、2 枚以上の負レンズと、3 枚以上の正レンズとを含み、

前記第 2 レンズ群は、1 枚または 2 枚の正レンズと、1 枚の負レンズとから実質的に構成されることを特徴とする撮像レンズ。 10

【請求項 2】

下記条件式 (1) を満足する請求項 1 記載の撮像レンズ。

$$0.4 < f_1 / f < 1 \quad (1)$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f : 無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

【請求項 3】

下記条件式 (2) を満足する請求項 1 または 2 記載の撮像レンズ。

$$0.6 < f_{1B} / f_1 < 1.2 \quad (2)$$

ただし、

f_{1B} : 前記第 1 レンズ群後群の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 4】

下記条件式 (9) を満足する請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.5 < -f_1 / f_2 < 1.3 \quad (9)$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 5】

下記条件式 (13) を満足する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.6 < -f_3 / f_2 < 1.7 \quad (13)$$

ただし、

f_3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 6】

下記条件式 (3) を満足する請求項 1 から 5 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.2 < Nd_1 - Nd_2 < 0.7 \quad (3)$$

ただし、

Nd_1 : 前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの d 線に対する屈折率 40

Nd_2 : 前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの d 線に対する屈折率

【請求項 7】

下記条件式 (4) を満足する請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$3.5 < v_{d2} - v_{d1} < 7.5 \quad (4)$$

ただし、

v_{d2} : 前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの d 線基準のアッベ数

v_{d1} : 前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの d 線基準のアッベ数

【請求項 8】

下記条件式 (5) を満足する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$1 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1r} - R_{1f}) < 2.5 \quad (5)$$

ただし、

R 1 f：前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの物体側の面の曲率半径

R 1 r：前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 9】

下記条件式 (6) を満足する請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.8 < (R2f + R2r) / (R2f - R2r) < 5.5 \quad (6)$$

ただし、

R 2 f：前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの物体側の面の曲率半径

R 2 r：前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群後群の物体側から 1、2 番目のレンズは互いに異符号の屈折力を有し、前記第 1 レンズ群後群の物体側から 3、4 番目のレンズは互いに異符号の屈折力を有する請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 11】

前記第 1 レンズ群は、8 枚以下のレンズから実質的に構成される請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

【請求項 12】

下記条件式 (1-1) を満足する請求項 1 から 11 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.5 < f1 / f < 0.9 \quad (1-1)$$

ただし、

f 1：前記第 1 レンズ群の焦点距離

f：無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

【請求項 13】

下記条件式 (2-1) を満足する請求項 1 から 12 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.7 < f1B / f1 < 1.1 \quad (2-1)$$

ただし、

f 1 B：前記第 1 レンズ群後群の焦点距離

f 1：前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 14】

下記条件式 (9-1) を満足する請求項 1 から 13 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.6 < -f1 / f2 < 1.2 \quad (9-1)$$

ただし、

f 1：前記第 1 レンズ群の焦点距離

f 2：前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 15】

下記条件式 (13-1) を満足する請求項 1 から 14 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.7 < -f3 / f2 < 1.6 \quad (13-1)$$

ただし、

f 3：前記第 3 レンズ群の焦点距離

f 2：前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 16】

下記条件式 (3-1) を満足する請求項 1 から 15 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$0.3 < Nd1 - Nd2 < 0.6 \quad (3-1)$$

ただし、

N d 1：前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの d 線に対する屈折率

N d 2：前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの d 線に対する屈折率

【請求項 17】

下記条件式 (4-1) を満足する請求項 1 から 16 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$40 < vd2 - vd1 < 70 \quad (4-1)$$

ただし、

$v d 2$: 前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの d 線基準のアップベ数

$v d 1$: 前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの d 線基準のアップベ数

【請求項 18】

下記条件式 (5-1) を満足する請求項 1 から 17 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$1. \quad 5 < (R1f + R1r) / (R1r - R1f) < 2.2 \quad (5-1)$$

ただし、

$R1f$: 前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの物体側の面の曲率半径

$R1r$: 前記第 1 レンズ群前群の前記正レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 19】

下記条件式 (6-1) を満足する請求項 1 から 18 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$1 < (R2f + R2r) / (R2f - R2r) < 5 \quad (6-1)$$

ただし、

$R2f$: 前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの物体側の面の曲率半径

$R2r$: 前記第 1 レンズ群前群の前記負レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 20】

請求項 1 から 19 のいずれか 1 項記載の撮像レンズを備えた撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像レンズおよび撮像装置に関し、特に、デジタルカメラ、ビデオカメラ等に好適な撮像レンズ、およびこのような撮像レンズを備えた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、上記分野のカメラに用いられる撮像レンズとして、レンズ系の中間部分の一部のレンズ群を移動させて合焦を行うインナーフォーカス方式の撮像レンズが提案されている。レンズ系全体を移動させて合焦を行う全群繰り出し方式に比べて、インナーフォーカス方式は合焦の際に移動するフォーカス群を軽量化し易いため、操作性が高いフォーカスと迅速なオートフォーカス制御が可能である。近年ではデジタルカメラで動画撮影を行うことが多くなっており、このような利点を有するインナーフォーカス方式のレンズ系が有用である。

【0003】

インナーフォーカス方式のレンズ系としては例えば下記特許文献 1、2 に記載のものが知られている。特許文献 1、2 には、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを備え、第 2 レンズ群を移動させて合焦を行うインナーフォーカス方式のレンズ系が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013-3324 号公報

【特許文献 2】特開 2013-161076 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1、2 に記載のレンズ系は得られる撮影倍率が小さい。インナーフォーカス方式のレンズ系において、より大きな撮影倍率で撮影可能なものが望まれている。また、無限遠から至近までの広範囲の物体距離において合焦の際の収差変動が少ないことも望まれている。

【0006】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、大きな撮影倍率が得られ、合焦の際の収差変動が少なく、良好な光学性能を有するインナーフォーカス方式の撮像レンズ、およびこの撮像レンズを備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の撮像レンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、絞りと、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから実質的に構成され、第2レンズ群のみを光軸方向に移動させることにより合焦が行われ、第1レンズ群は、物体側から順に、第1レンズ群前群と、第1レンズ群後群とから実質的に構成され、第1レンズ群前群は、物体側から順に、1枚の正レンズと、1枚の負レンズとから実質的に構成され、第1レンズ群後群は、2枚以上の負レンズと、3枚以上の正レンズとを含み、第2レンズ群は、1枚または2枚の正レンズと、1枚の負レンズとから実質的に構成されることを特徴とするものである。

10

【0008】

本発明の撮像レンズにおいては、下記条件式(1)～(6)、(9)、(13)、(1-1)～(6-1)、(9-1)、(13-1)の少なくとも1つを満足することが好ましい。

$$0.4 < f_1 / f < 1 \quad (1)$$

$$0.5 < f_1 / f < 0.9 \quad (1-1)$$

20

$$0.6 < f_{1B} / f_1 < 1.2 \quad (2)$$

$$0.7 < f_{1B} / f_1 < 1.1 \quad (2-1)$$

$$0.2 < Nd_1 - Nd_2 < 0.7 \quad (3)$$

$$0.3 < Nd_1 - Nd_2 < 0.6 \quad (3-1)$$

$$3.5 < vd_2 - vd_1 < 7.5 \quad (4)$$

$$4.0 < vd_2 - vd_1 < 7.0 \quad (4-1)$$

$$1 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1r} - R_{1f}) < 2.5 \quad (5)$$

$$1.5 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1r} - R_{1f}) < 2.2 \quad (5-1)$$

$$0.8 < (R_{2f} + R_{2r}) / (R_{2f} - R_{2r}) < 5.5 \quad (6)$$

$$1 < (R_{2f} + R_{2r}) / (R_{2f} - R_{2r}) < 5 \quad (6-1)$$

30

$$0.5 < -f_1 / f_2 < 1.3 \quad (9)$$

$$0.6 < -f_1 / f_2 < 1.2 \quad (9-1)$$

$$0.6 < -f_3 / f_2 < 1.7 \quad (13)$$

$$0.7 < -f_3 / f_2 < 1.6 \quad (13-1)$$

ただし、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

f ：無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

f_{1B} ：第1レンズ群後群の焦点距離

Nd_1 ：第1レンズ群前群の正レンズのd線に対する屈折率

Nd_2 ：第1レンズ群前群の負レンズのd線に対する屈折率

40

vd_2 ：第1レンズ群前群の負レンズのd線基準のアッペ数

vd_1 ：第1レンズ群前群の正レンズのd線基準のアッペ数

R_{1f} ：第1レンズ群前群の正レンズの物体側の面の曲率半径

R_{1r} ：第1レンズ群前群の正レンズの像側の面の曲率半径

R_{2f} ：第1レンズ群前群の負レンズの物体側の面の曲率半径

R_{2r} ：第1レンズ群前群の負レンズの像側の面の曲率半径

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離

【0009】

本発明の撮像レンズにおいては、第1レンズ群後群の物体側から1、2番目のレンズは

50

互いに異符号の屈折力を有し、第 1 レンズ群後群の物体側から 3、4 番目のレンズは互いに異符号の屈折力を有することが好ましい。

【0010】

本発明の撮像レンズにおいては、第 1 レンズ群は、8 枚以下のレンズから実質的に構成されるようにしてもよい。

【0011】

なお、上記の「～から実質的に構成され」の「実質的に」は、挙げた構成要素以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやカバーガラスやフィルタ等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、手ぶれ補正機構等の機構部分、等を含んでもよいことを意図するものである。

10

【0012】

なお、上記の本発明の撮像レンズにおけるレンズ群の屈折力の符号、レンズの屈折力の符号、レンズの面形状、曲率半径の値は、非球面が含まれているものについては近軸領域で考えるものとする。

【0013】

本発明の撮像装置は、本発明の撮像レンズを備えたものである。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、物体側から順に、正の第 1 レンズ群、負の第 2 レンズ群、絞り、正の第 3 レンズ群とから実質的になり、合焦の際に第 2 レンズ群のみが移動するレンズ系において、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群のレンズ構成を好適に設定しているため、大きな撮影倍率が得られ、合焦の際の収差変動が少なく、良好な光学性能を有するインナーフォーカス方式の撮像レンズ、およびこの撮像レンズを備えた撮像装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】本発明の実施例 1 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

【図 2】本発明の実施例 2 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

【図 3】本発明の実施例 3 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

【図 4】本発明の実施例 4 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

【図 5】本発明の実施例 5 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

30

【図 6】本発明の実施例 6 の撮像レンズの構成と光路を示す断面図である。

【図 7】本発明の実施例 1 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図 8】本発明の実施例 2 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図 9】本発明の実施例 3 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図 10】本発明の実施例 4 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図 11】本発明の実施例 5 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

40

【図 12】本発明の実施例 6 の撮像レンズの各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図 13 A】本発明の一実施形態に係る撮像装置の前側の斜視図である。

【図 13 B】本発明の一実施形態に係る撮像装置の背面側の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1～図 6 は、本発明の実施形態に係る撮像レンズの構成と光路を示す断面図であり、それぞれ後述の実施例 1～6 に対応している。図 1～図 6 に示す例の基本構成や図示方法は同様であるため、以

50

下では主に図 1 に示す例を参照しながら説明する。

【0017】

図 1 では、左側が物体側、右側が像側である。図 1 の無限遠という語句を付した上段には無限遠物体に合焦した状態を示し、至近という語句を付した下段には至近物体に合焦した状態を示す。図 1 では光路は軸上光束 2、最大画角の軸外光束 3 について示している。

【0018】

この撮像レンズは、光軸 Z に沿って物体側から像側へ向かって順に、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S t と、全体として負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、全体として正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とから実質的に構成される。図 1 に示す例では、第 1 レンズ群 G 1 は物体側から順にレンズ L 1 1 ~ L 1 8 の 8 枚のレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は物体側から順にレンズ L 2 1 ~ L 2 3 の 3 枚のレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は物体側から順にレンズ L 3 1 ~ L 3 4 の 4 枚のレンズからなる。なお、図 1 に示す開口絞り S t は必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸 Z 上の位置を示すものである。

【0019】

この撮像レンズは、合焦の際には第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S t と、第 3 レンズ群 G 3 とは像面 S i m に対して固定されており、第 2 レンズ群 G 2 のみを像面 S i m に対して光軸方向に移動させることにより合焦が行われるインナーフォーカス方式のレンズ系である。図 1 に示す例は、無限遠物体から至近物体へ合焦する際に第 2 レンズ群 G 2 が物体側から像側へ移動するものであり、図 1 では上段と下段の間にこの移動方向を示す矢印を記入している。なお、この矢印は正確な移動軌跡を示すものではなく、移動方向を模式的に示すものである。

【0020】

この撮像レンズは、物体側から順に、正レンズ群、開口絞り S t、負レンズ群、正レンズ群を配列して開口絞り S t に対して対称性の良い構成を採ることで、撮影倍率を拡大していった際の収差変動を小さくすることが容易となる。また、開口絞り S t の両側に正レンズ群を配置することで歪曲収差の補正に有利となる。3つのレンズ群のうち唯一の負レンズ群である第 2 レンズ群 G 2 は強い負の屈折力を有することが可能であり、この第 2 レンズ群 G 2 をフォーカス群とすることで、合焦の際のフォーカス群の移動距離を短縮でき、レンズ系全長の短縮に貢献できる。

【0021】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、第 1 レンズ群前群 G 1 A と、第 1 レンズ群後群 G 1 B とから実質的に構成される。第 1 レンズ群前群 G 1 A は、物体側から順に、1 枚の正レンズと、1 枚の負レンズとから実質的に構成され、第 1 レンズ群後群 G 1 B は、2 枚以上の負レンズと、3 枚以上の正レンズとを含む。

【0022】

第 1 レンズ群前群 G 1 A の正レンズにより歪曲収差と倍率色収差を補正することができ、第 1 レンズ群前群 G 1 A の負レンズによりレンズ系全体の大径化を抑制しながら球面収差を抑えることができる。第 1 レンズ群前群 G 1 A の負レンズをメニスカス形状とした場合は上記効果をより高いものとすることができる。第 1 レンズ群前群 G 1 A は例えば、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズとからなる構成とすることができる。

【0023】

第 1 レンズ群後群 G 1 B は上記構成によれば、負の屈折力と正の屈折力をそれぞれ複数のレンズに分割することができる。これにより、高次の球面収差を良好に補正することができ、合焦可能な至近距離をより近くして撮影倍率をより大きなものとするのが容易になる。

【0024】

第 1 レンズ群後群 G 1 B の物体側から 1、2 番目のレンズは互いに異符号の屈折力を有することが好ましく、第 1 レンズ群後群 G 1 B の物体側から 3、4 番目のレンズは互いに

10

20

30

40

50

異符号の屈折力を有することが好ましい。すなわち、第1レンズ群後群G1Bの物体側から1、2番目のレンズは、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズであることが好ましく、第1レンズ群後群G1Bの物体側から3、4番目のレンズは、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズであることが好ましい。このような構成を採った場合は、第1レンズ群後群G1Bの物体側から1、2番目のレンズの組、3、4番目のレンズの組それぞれにより球面収差、軸上色収差の良好な補正が可能となり、また、第1レンズ群後群G1Bで高次の球面収差を良好に補正することができ、さらに合焦の際の球面収差の変動を抑えることが容易となる。

【0025】

第1レンズ群後群G1Bの最も像側には正レンズを配置してもよく、このようにした場合はこの正レンズにより球面収差の良好な補正とレンズ系全長の短縮が容易になる。

10

【0026】

なお、収差補正のためにはレンズ枚数が多い方が有利であるが、開口絞りStよりも物体側のレンズ群である第1レンズ群G1のレンズ枚数が過剰に多くなると最も物体側のレンズが大径化してしまうため、第1レンズ群G1は8枚以下のレンズから実質的に構成されることが好ましい。

【0027】

下記条件式(1)～(7)の少なくとも1つを満足することが好ましい。

$$0.4 < f_1 / f < 1 \quad (1)$$

$$0.6 < f_{1B} / f_1 < 1.2 \quad (2)$$

$$0.2 < Nd_1 - Nd_2 < 0.7 \quad (3)$$

$$3.5 < vd_2 - vd_1 < 7.5 \quad (4)$$

$$1 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1r} - R_{1f}) < 2.5 \quad (5)$$

$$0.8 < (R_{2f} + R_{2r}) / (R_{2f} - R_{2r}) < 5.5 \quad (6)$$

$$0.16 < D_4 / f < 0.26 \quad (7)$$

20

ただし、

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

f ：無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

f_{1B} ：第1レンズ群後群の焦点距離

Nd_1 ：第1レンズ群前群の正レンズのd線に対する屈折率

Nd_2 ：第1レンズ群前群の負レンズのd線に対する屈折率

vd_2 ：第1レンズ群前群の負レンズのd線基準のアッベ数

vd_1 ：第1レンズ群前群の正レンズのd線基準のアッベ数

R_{1f} ：第1レンズ群前群の正レンズの物体側の面の曲率半径

R_{1r} ：第1レンズ群前群の正レンズの像側の面の曲率半径

R_{2f} ：第1レンズ群前群の負レンズの物体側の面の曲率半径

R_{2r} ：第1レンズ群前群の負レンズの像側の面の曲率半径

D_4 ：第1レンズ群前群と第1レンズ群後群の光軸上の間隔

30

【0028】

条件式(1)の下限以下とならないようにすることで、第1レンズ群G1の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、非点収差、歪曲収差の良好な補正が可能となる。条件式(1)の上限以上とならないようにすることで、第1レンズ群G1の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため、レンズ系全長の短縮に貢献できる。

40

【0029】

条件式(2)の下限以下とならないようにすることで、第1レンズ群後群G1Bの屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、非点収差、球面収差の良好な補正が可能となるか、またはレンズ系全長の短縮に貢献できる。条件式(2)の上限以上とならないようにすることで、最も物体側のレンズが大径化するのを抑制し、小型化に貢献できる。

【0030】

条件式(3)の下限以下とならないようにすることで、第1レンズ群前群G1Aの正レ

50

ンズと、負レンズが大径化するのを抑制することができる。条件式（３）の上限以上とならないようにすることで、球面収差を良好に抑えることができる。

【００３１】

条件式（４）の下限以下とならないようにすることで、倍率色収差が補正不足とならないようにして良好に補正することができる。条件式（４）の上限以上とならないようにすることで、倍率色収差が補正過剰とならないようにして良好に補正することができる。

【００３２】

条件式（５）の下限以下とならないようにすることで、歪曲収差、倍率色収差を抑えることができる。条件式（５）の上限以上とならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。

10

【００３３】

条件式（６）の下限以下とならないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式（６）の上限以上とならないようにすることで、球面収差または色収差の良好な補正が容易となる。

【００３４】

条件式（７）の下限以下とならないようにすることで、レンズの大径化を抑えることができる。条件式（７）の上限以上とならないようにすることで、レンズ系全長を抑制できる。

【００３５】

第２レンズ群Ｇ２は、１枚または２枚の正レンズと、１枚の負レンズとから実質的に構成される。図１からわかるように第２レンズ群Ｇ２における軸外光束３の光路は無限遠物体合焦時と至近物体合焦時とは異なっている。そこで、フォーカス群が正レンズと負レンズの両方を含む構成とすることで、合焦の際の倍率色収差の変動を抑えることができ、ひいては撮影倍率を大きくすることが容易となる。また、第２レンズ群Ｇ２を構成するレンズ枚数を２枚または３枚とすることで、フォーカス群の軽量化を図ることができる。

20

【００３６】

例えば第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、正レンズおよび負レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズと、正レンズとからなる３枚構成としてもよい。第２レンズ群Ｇ２が正負のレンズからなる接合レンズを有する場合は倍率色収差の補正に有利となる。あるいは、第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、負レンズと、正レンズとからなる２枚構成としてもよい。２枚構成とした場合は、フォーカス群の軽量化に有利となる。上記３枚構成、２枚構成のいずれの場合も、第２レンズ群Ｇ２の最も像側の正レンズにより合焦の際の球面収差の変動を抑制することが容易になる。

30

【００３７】

第２レンズ群Ｇ２について、下記条件式（８）を満足することが好ましい。

$$0.4 < -f_2 / f < 1.3 \quad (8)$$

ただし、

f_2 ：第２レンズ群の焦点距離

f ：無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

【００３８】

条件式（８）の下限以下とならないようにすることで、第２レンズ群Ｇ２の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、軸上色収差の良好な補正が容易となり、また、至近物体に合焦した状態での球面収差を良好に補正でき、さらに合焦の際の収差変動を抑制できる。条件式（８）の上限以上とならないようにすることで、第２レンズ群Ｇ２の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため、合焦の際のフォーカス群の移動量を抑制でき、レンズ系全長の短縮に貢献できる。

40

【００３９】

また、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２について、下記条件式（９）を満足することが好ましい。

$$0.5 < -f_1 / f_2 < 1.3 \quad (9)$$

50

ただし、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

【0040】

条件式 (9) の下限以下とならないようにすることで、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるか、または第 2 レンズ群 G 2 の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため、非点収差、歪曲収差を良好に補正することが可能となる。条件式 (9) の上限以上とならないようにすることで、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるか、または第 2 レンズ群 G 2 の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、軸上色収差を補正することが容易になり、また至近物体に合焦した際の球面収差が補正過剰になるのを抑制できる。

10

【0041】

また、第 2 レンズ群 G 2 の負レンズについて、下記条件式 (10) ~ (12) の少なくとも 1 つを満足することが好ましい。

$$1. \quad 65 < N_{G2n} < 2.2 \quad (10)$$

$$2. \quad 8 < v_{G2n} < 60 \quad (11)$$

$$-0.3 < (R_{G2nf} + R_{G2nr}) / (R_{G2nf} - R_{G2nr}) < 1.8$$

(12)

ただし、

N_{G2n} : 第 2 レンズ群の負レンズの d 線に対する屈折率

v_{G2n} : 第 2 レンズ群の負レンズの d 線基準のアッベ数

R_{G2nf} : 第 2 レンズ群の負レンズの物体側の面の曲率半径

R_{G2nr} : 第 2 レンズ群の負レンズの像側の面の曲率半径

20

【0042】

条件式 (10) の下限以下とならないようにすることで、第 2 レンズ群 G 2 の負の屈折力を強くすることが容易となり、合焦の際のフォーカス群の移動量を短縮することが容易となり、レンズ系全長の短縮に貢献できる。条件式 (10) の上限以上とならないようにすることで、現在使用可能な光学材料のなかから材料を選択する際に分散が大きな材料を避けることができ、合焦の際の収差変動を抑制することができる。

【0043】

条件式 (11) の下限以下とならないようにすることで、倍率色収差が補正不足にならないようにして良好に補正することが容易になる。条件式 (11) の上限以上とならないようにすることで、倍率色収差が補正過剰にならないようにして良好に補正することが容易になる。

30

【0044】

条件式 (12) の下限以下とならないようにすることで、フォーカス群である第 2 レンズ群 G 2 での球面収差が補正不足になるのを抑制し、第 2 レンズ群 G 2 と他のレンズ群とのバランスをとりながら良好に球面収差を補正することができ、また、合焦の際の球面収差の変動を抑制することができる。条件式 (12) の上限以上とならないようにすることで、第 2 レンズ群 G 2 での球面収差が補正過剰になるのを抑制し球面収差の良好な補正を容易にすることができる。

40

【0045】

また、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 について、下記条件式 (13) を満足することが好ましい。

$$0.6 < -f_3 / f_2 < 1.7 \quad (13)$$

ただし、

f_3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

【0046】

条件式 (13) の下限以下とならないようにすることで、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が

50

強くなりすぎるのを防ぐことができるか、または第2レンズ群G2の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため、球面収差、非点収差、歪曲収差を良好に補正することが可能となる。条件式(13)の上限以上としないようにすることで、合焦の際の収差変動を抑えることができる。

【0047】

第3レンズ群G3の好ましい態様は、物体側から順に、2枚または3枚の正レンズと、1枚の負レンズとから実質的に構成されることである。図1からわかるように第3レンズ群G3における軸外光束3の光路は無限遠物体合焦時と至近物体合焦時とは異なる。第3レンズ群G3が2枚または3枚の正レンズを有する場合は、第3レンズ群G3の正の屈折力をこれらの正レンズで分担することができ、無限遠物体から至近物体へ合焦した際に歪曲収差が正の方向に大きく変動するのを抑えることができ、撮影倍率を大きくすることが容易となる。

10

【0048】

なお、第3レンズ群G3は、物体側から順に、2枚または3枚の正レンズを連続して配列し、且つその像側に負レンズを配置した構成とした場合は、上記の歪曲収差に関する効果を良好に得ることができる。仮に、2枚または3枚の正レンズと1枚の負レンズとからなる第3レンズ群G3において、2枚または3枚の正レンズを不連続に配列したり、負レンズを最も像側以外に配置したりした場合は、光線は負レンズによる発散作用の後で正レンズによる収束作用を受けることになり光線が上下すると、上記の歪曲収差に関する効果を良好に得ることができない。

20

【0049】

上記の好ましい態様のように、第3レンズ群G3の正の屈折力を複数の正レンズで分担した場合は、球面収差を良好に抑えることができる。第3レンズ群G3が上記の好ましい態様を採る場合は、第3レンズ群G3の最も物体側の正レンズにより球面収差を補正することができ、第3レンズ群G3の物体側から2番目の正レンズにより球面収差と軸上色収差を補正することができ、第3レンズ群G3の最も像側の負レンズにより軸上色収差と歪曲収差の良好な補正が容易となる。

【0050】

第3レンズ群G3が上記の好ましい態様を採る場合は、第3レンズ群G3の負レンズは、像側に凹面を向けたメニスカスレンズであることが好ましく、このようにした場合は、歪曲収差の良好な補正により有利となる。

30

【0051】

また、第3レンズ群G3が上記の好ましい態様を採る場合は、下記条件式(14)～(16)の少なくとも1つを満足することが好ましい。

$$0.6 < f_3 / f < 1.2 \quad (14)$$

$$0.5 < f_1 / f_3 < 1.2 \quad (15)$$

$$-0.5 < (R_{G3nf} + R_{G3nr}) / (R_{G3nf} - R_{G3nr}) < 1.0 \quad (16)$$

ただし、

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離

f ：無限遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

R_{G3nf} ：第3レンズ群の負レンズの物体側の面の曲率半径

R_{G3nr} ：第3レンズ群の負レンズの像側の面の曲率半径

40

【0052】

条件式(14)の下限以下としないようにすることで、第3レンズ群G3の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、球面収差を抑えることができる。条件式(14)の上限以上としないようにすることで、第3レンズ群G3の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため、周辺画角の主光線の像面Simへの入射角を小さくすることができる。

50

【0053】

条件式(15)の下限以下としないようにすることで、第1レンズ群G1の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため非点収差、像面湾曲の発生を抑制することができる、または、第3レンズ群G3の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため周辺画角の主光線の像面Simへの入射角を小さくすることができる。条件式(15)の上限以上としないようにすることで、第1レンズ群G1の屈折力が弱くなりすぎるのを防ぐことができるため第1レンズ群G1のレンズの大径化を抑制できる、または、第3レンズ群G3の屈折力が強くなりすぎるのを防ぐことができるため、球面収差を抑えることができる。

【0054】

条件式(16)の下限以下としないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式(16)の上限以上としないようにすることで、球面収差または色収差を良好に補正することが可能となる。

【0055】

条件式(1)～(16)それぞれに関する効果をより高めるためには、条件式(1)～(16)それぞれの範囲内においてさらに下記条件式(1-1)～(16-1)それぞれを満足することがより好ましい。

$$0.5 < f_1 / f < 0.9 \quad (1-1)$$

$$0.7 < f_{1B} / f_1 < 1.1 \quad (2-1)$$

$$0.3 < Nd_1 - Nd_2 < 0.6 \quad (3-1)$$

$$40 < vd_2 - vd_1 < 70 \quad (4-1)$$

$$1.5 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1r} - R_{1f}) < 2.2 \quad (5-1)$$

$$1 < (R_{2f} + R_{2r}) / (R_{2f} - R_{2r}) < 5 \quad (6-1)$$

$$0.17 < D_4 / f < 0.25 \quad (7-1)$$

$$0.5 < -f_2 / f < 1.2 \quad (8-1)$$

$$0.6 < -f_1 / f_2 < 1.2 \quad (9-1)$$

$$1.7 < NG_{2n} < 2.1 \quad (10-1)$$

$$30 < v_{G2n} < 55 \quad (11-1)$$

$$-0.2 < (RG_{2nf} + RG_{2nr}) / (RG_{2nf} - RG_{2nr}) < 1.5 \quad (12-1)$$

$$0.7 < -f_3 / f_2 < 1.6 \quad (13-1)$$

$$0.7 < f_3 / f < 1.1 \quad (14-1)$$

$$0.6 < f_1 / f_3 < 1.1 \quad (15-1)$$

$$-0.3 < (RG_{3nf} + RG_{3nr}) / (RG_{3nf} - RG_{3nr}) < 9 \quad (16-1)$$

【0056】

なお、図1では示していないが、この撮像レンズが撮像装置に搭載される際には、この撮像レンズと像面Simとの間もしくは各レンズ間に撮像装置の仕様に応じたローパスフィルタや赤外線カットフィルタ等の各種フィルタを配置してもよく、この撮像レンズの像側や物体側にカバーガラス等の保護部材を配置してもよい。

【0057】

条件式に関する構成も含め、以上述べた好ましい構成や可能な構成は、任意の組合せが可能であり、要求される仕様に応じて適宜選択的に採用されることが好ましい。例えば、上記構成を適宜採用することにより、レンズ系の小型化を図りながら、撮影倍率が大きく、合焦の際の収差変動が少なく、良好な光学性能を有するインナーフォーカス方式の撮像レンズを実現することが可能である。なお、ここでいう「撮影倍率が大きい」とは、撮影倍率が0.6倍以上のことを意味する。

【0058】

次に、本発明の撮像レンズの数値実施例について説明する。以下に示す実施例1～6は無遠物体に合焦した状態での全系の焦点距離が1.00となるように規格化されたもの

である。

【0059】

〔実施例1〕

実施例1の撮像レンズのレンズ構成と光路は図1に示したものであり、その図示方法については上述したとおりであるので、ここでは重複説明を省略する。実施例1の撮像レンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りStと、負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とからなる。フォーカス群は第2レンズ群G2のみであり、無限遠物体から至近物体へ合焦する際、第2レンズ群G2が像側へ移動する。なお、ここで述べた、3群構成である点、各レンズ群の屈折力の符号、合焦の方法は後述の実施例2～6の撮像レンズについても同様である。

10

【0060】

実施例1の撮像レンズにおいては、第1レンズ群G1は物体側から順に第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとからなり、第1レンズ群前群G1Aは物体側から順にレンズL11～L12の2枚のレンズからなり、第1レンズ群後群G1Bは物体側から順にレンズL13～L18の6枚のレンズからなり、第2レンズ群G2は物体側から順にレンズL21～L23の3枚のレンズからなり、第3レンズ群G3は物体側から順にレンズL31～L34の4枚のレンズからなる。

【0061】

実施例1の撮像レンズの基本レンズデータを表1に、非球面係数を表2に、諸元と可変面間隔の値を表3に示す。表1のSiの欄には最も物体側の構成要素の物体側の面を1番目として像側に向かうに従い順次増加するように構成要素の面に面番号を付した場合のi番目(i=1、2、3、…)の面番号を示し、Riの欄にはi番目の面の曲率半径を示し、Diの欄にはi番目の面とi+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示し、Ndjの欄には最も物体側の構成要素を1番目として像側に向かうに従い順次増加するj番目(j=1、2、3、…)の構成要素のd線(波長587.6nm)に関する屈折率を示し、vdjの欄にはj番目の構成要素のd線基準のアッペ数を示す。

20

【0062】

ここで、曲率半径の符号は、物体側に凸面を向けた面形状のものを正とし、像側に凸面を向けた面形状のものを負としている。表1には開口絞りStも合わせて示しており、開口絞りStに相当する面の面番号の欄には面番号と(St)という語句を記載している。Diの最下欄の値は表中の最も像側の面と像面Simとの間隔である。

30

【0063】

表1では、非球面の面番号には*印を付しており、非球面の曲率半径の欄には近軸の曲率半径の数値を記載している。表2に、実施例1の各非球面の非球面係数を示す。表2の非球面係数の数値の「E+n」(n:整数)は「 $\times 10^{+n}$ 」を意味する。非球面係数は、下式で表される非球面式における各係数KA、Am(m=4、6、8、10)の値である。

【0064】

【数1】

$$Zd = \frac{C \times h^2}{1 + \sqrt{1 - KA \times C^2 \times h^2}} + \sum_m Am \times h^m$$

40

ただし、

Zd: 非球面深さ(高さhの非球面上の点から、非球面頂点が接する光軸に垂直な平面に下ろした垂線の長さ)

h: 高さ(光軸からのレンズ面までの距離)

C: 近軸曲率

KA、Am(m=4、6、8、10): 非球面係数

【0065】

また、表1では合焦の際に変化する可変面間隔についてはDD[]という記号を用い

50

、[]の中にこの間隔の物体側の面番号を記入している。表3に、撮影倍率、全系の焦点距離 f' 、FナンバーFNo.、最大全画角 2ω と、可変面間隔の値をd線基準で示す。 2ω の欄の[°]は単位が度であることを意味する。表3では、無限遠物体に合焦した状態、中間位置物体に合焦した状態、至近物体に合焦した状態の各値をそれぞれ無限遠、中間、至近と表記した欄に示している。なお、以下に示す各表では所定の桁でまるめた数値を記載している。

【0066】

【表1】

実施例1

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.63204	0.091	2.00100	29.13
2	2.26470	0.003		
3	0.53092	0.042	1.43875	94.94
4	0.25894	0.179		
5	-0.43611	0.033	1.72825	28.46
6	0.97373	0.003		
7	1.19506	0.069	1.74100	52.64
8	-0.36029	0.036		
9	-0.27528	0.033	1.80518	25.42
10	1.04268	0.112	1.91082	35.25
11	-0.38714	0.003		
12	-3.78334	0.033	1.63980	34.47
13	-7.14791	0.003		
14	1.60570	0.033	1.95375	32.32
15	-5.97366	0.003		
16(St)	∞	DD[16]		
17	-2.27046	0.033	1.89286	20.36
18	-0.80135	0.033	1.88100	40.14
19	0.81707	0.010		
*20	-112209.57870	0.033	1.74320	49.29
*21	-2.64435	DD[21]		
22	18.82478	0.053	1.43875	94.94
23	-0.96415	0.003		
24	4.56711	0.035	1.91082	35.25
25	-2.64812	0.003		
26	0.81084	0.061	1.49700	81.54
27	5.33412	0.003		
28	0.52444	0.034	1.84666	23.78
29	0.40902	0.372		

【0067】

【表2】

実施例1

面番号	20	21
KA	-5.3864616E+13	-9.9124092E+01
A4	1.0712889E+01	9.7459703E+00
A6	8.1918456E+01	1.1295672E+02
A8	-3.7482135E+02	-8.8666278E+02
A10	1.5318435E+04	2.7944816E+04

【0068】

【表 3】

実施例 1

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.0	0.3	0.7
f'	1.00	1.12	0.84
FNo.	2.44	2.83	3.33
$2\omega[^\circ]$	26.8	22.2	18.2
DD[16]	0.082	0.293	0.711
DD[21]	0.650	0.438	0.021

【0069】

10

図 7 に実施例 1 の撮像レンズの各収差図を示す。図 7 の上段に左から順に無限遠物体に合焦した状態での球面収差、非点収差、歪曲収差（ディストーション）、倍率色収差（倍率の色収差）を示し、中段に左から順に中間位置物体に合焦した状態での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示し、下段に左から順に至近物体に合焦した状態での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。球面収差図では、d 線（波長 587.6 nm）、C 線（波長 656.3 nm）、F 線（波長 486.1 nm）に関する収差をそれぞれ黒の実線、長破線、短破線で示す。非点収差図では、サジタル方向、タンジェンシャル方向の d 線に関する収差をそれぞれ実線、短破線で示しており、線種の説明にそれぞれ（S）、（T）という記号を記入している。歪曲収差図では、d 線に関する収差を実線で示す。倍率色収差図では、C 線、F 線に関する収差をそれぞれ長破線、短破線で示す。球面収差図の FNo. は F ナンバーを意味し、その他の収差図の ω は半画角を意味する。

20

【0070】

上記の実施例 1 の説明で述べた各データの記号、意味、記載方法は、特に断りがない限り以下の実施例のものについても同様であるので、以下では重複説明を省略する。

【0071】

[実施例 2]

実施例 2 の撮像レンズのレンズ構成と光路は図 2 に示したものである。実施例 2 の撮像レンズにおいては、第 1 レンズ群 G1 は物体側から順に第 1 レンズ群前群 G1A と第 1 レンズ群後群 G1B とからなり、第 1 レンズ群前群 G1A は物体側から順にレンズ L11 ～ L12 の 2 枚のレンズからなり、第 1 レンズ群後群 G1B は物体側から順にレンズ L13 ～ L18 の 6 枚のレンズからなり、第 2 レンズ群 G2 は物体側から順にレンズ L21 ～ L22 の 2 枚のレンズからなり、第 3 レンズ群 G3 は物体側から順にレンズ L31 ～ L34 の 4 枚のレンズからなる。実施例 2 の撮像レンズの基本レンズデータを表 4 に、非球面係数を表 5 に、諸元と可変面間隔の値を表 6 に示す。実施例 2 の撮像レンズの各収差図を図 8 に示す。

30

【0072】

【表 4】

実施例2

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.61822	0.166	1.95375	32.32
2	2.51407	0.020		
3	2.15700	0.052	1.49700	81.54
4	0.28283	0.241		
5	4.40896	0.089	1.75500	52.32
6	-0.32888	0.033	1.89286	20.36
7	-1.02588	0.036		
8	-0.31467	0.041	1.80000	29.84
9	2.78021	0.073	1.65160	58.55
10	-0.47471	0.011		
11	-1.43329	0.047	1.95375	32.32
12	-0.46809	0.003		
13	1.27109	0.033	1.95375	32.32
14	9.80529	0.003		
15(St)	∞	DD[15]		
16	5.07225	0.033	1.75500	52.32
17	0.45450	0.031		
*18	-41.77007	0.033	1.51633	64.06
*19	139.47539	DD[19]		
20	-38.15026	0.049	1.95375	32.32
21	-0.92788	0.003		
22	0.86401	0.036	1.90366	31.31
23	1.82375	0.013		
24	5.22997	0.046	1.95375	32.32
25	-1.25360	0.003		
26	-1.52673	0.033	1.80518	25.42
27	0.82695	0.360		

【0 0 7 3】

【表 5】

実施例2

面番号	18	19
KA	5.0331526E+04	7.6941132E+04
A4	7.5673513E+00	8.3136771E+00
A6	1.4506726E+01	-1.8674367E+01
A8	-1.5755261E+03	4.6999687E+01
A10	3.8046507E+04	8.9188892E+03

【0 0 7 4】

【表 6】

実施例2

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.0	0.3	0.7
f'	1.00	0.96	0.72
FNo.	2.40	2.77	3.19
$2\omega[^\circ]$	27.0	22.6	18.8
DD[15]	0.082	0.238	0.495
DD[19]	0.465	0.309	0.052

【 0 0 7 5 】

[実施例 3]

実施例 3 の撮像レンズのレンズ構成と光路は図 3 に示したものである。実施例 3 の撮像レンズにおいては、第 1 レンズ群 G 1 は物体側から順に第 1 レンズ群前群 G 1 A と第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなり、第 1 レンズ群前群 G 1 A は物体側から順にレンズ L 1 1 ～ L 1 2 の 2 枚のレンズからなり、第 1 レンズ群後群 G 1 B は物体側から順にレンズ L 1 3 ～ L 1 8 の 6 枚のレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は物体側から順にレンズ L 2 1 ～ L 2 2 の 2 枚のレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は物体側から順にレンズ L 3 1 ～ L 3 4 の 4 枚のレンズからなる。実施例 3 の撮像レンズの基本レンズデータを表 7 に、非球面係数を表 8 に、諸元と可変面間隔の値を表 9 に示す。実施例 3 の撮像レンズの各収差図を図 9 に示す。

10

【 0 0 7 6 】

【 表 7 】

実施例 3

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.66437	0.167	2.00100	29.13
2	2.55019	0.006		
3	2.11546	0.042	1.43875	94.94
4	0.28759	0.232		
5	-82.15544	0.066	1.74100	52.64
6	-0.35545	0.033	1.89286	20.36
7	-0.93329	0.072		
8	-0.33083	0.035	1.85478	24.80
9	3.14894	0.065	1.66672	48.32
10	-0.48834	0.025		
11	-1.45113	0.050	1.95375	32.32
12	-0.46852	0.003		
13	1.17858	0.033	1.95375	32.32
14	15.91691	0.003		
15(St)	∞	DD[15]		
16	26.48657	0.033	1.75500	52.32
17	0.44493	0.032		
*18	-42.62703	0.033	1.51633	64.06
*19	-9.34225	DD[19]		
20	2.81287	0.062	1.95375	32.32
21	-0.97311	0.005		
22	1.12226	0.033	1.90366	31.31
23	2.63299	0.018		
24	-6.61629	0.054	1.95375	32.32
25	-0.74700	0.033	1.80518	25.42
26	1.03374	0.364		

20

30

40

【 0 0 7 7 】

【表 8】

実施例3

面番号	18	19
KA	5.1534294E+04	-2.8565398E+03
A4	7.8635298E+00	7.8214244E+00
A6	1.6321118E+01	-1.5802662E+01
A8	-1.4441207E+03	-3.1108658E+00
A10	2.5589291E+04	1.0379843E+03

【0078】

10

【表 9】

実施例3

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.0	0.3	0.7
f'	1.00	0.98	0.73
FNo.	2.40	2.78	3.27
$2\omega[^\circ]$	27.2	23.0	18.8
DD[15]	0.082	0.224	0.481
DD[19]	0.469	0.327	0.071

20

【0079】

[実施例4]

実施例4の撮像レンズのレンズ構成と光路は図4に示したものである。実施例4の撮像レンズにおいては、第1レンズ群G1は物体側から順に第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとからなり、第1レンズ群前群G1Aは物体側から順にレンズL11～L12の2枚のレンズからなり、第1レンズ群後群G1Bは物体側から順にレンズL13～L17の5枚のレンズからなり、第2レンズ群G2は物体側から順にレンズL21～L23の3枚のレンズからなり、第3レンズ群G3は物体側から順にレンズL31～L34の4枚のレンズからなる。実施例4の撮像レンズの基本レンズデータを表10に、非球面係数を表11に、諸元と可変面間隔の値を表12に示す。実施例4の撮像レンズの各収差図を図10に示す。

30

【0080】

【表 1 0】

実施例4

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.64147	0.105	2.00100	29.13
2	2.14656	0.003		
3	0.53880	0.042	1.43875	94.94
4	0.26345	0.188		
5	-0.45741	0.033	1.72825	28.46
6	1.03499	0.003		
7	1.26223	0.075	1.74100	52.64
8	-0.39336	0.052		
9	-0.27505	0.054	1.80809	22.76
10	2.55358	0.003		
11	2.93989	0.083	1.95375	32.32
12	-0.37976	0.003		
13	1.38205	0.033	1.91082	35.25
14	-21.92271	0.003		
15(St)	∞	DD[15]		
16	-2.45448	0.033	1.89286	20.36
17	-0.91952	0.033	1.88100	40.14
18	0.77675	0.018		
*19	-7.55072	0.033	1.74320	49.29
*20	-2.09387	DD[20]		
21	12.19384	0.062	1.43875	94.94
22	-0.91498	0.003		
23	1.66956	0.033	1.91082	35.25
24	17.44372	0.003		
25	0.76616	0.074	1.49700	81.54
26	-18.26309	0.003		
27	0.82191	0.033	1.57501	41.50
28	0.45841	0.375		

10

20

30

【0 0 8 1】

【表 1 1】

実施例4

面番号	19	20
KA	-8.1112496E+02	-5.5866557E+01
A4	1.0398805E+01	9.4325513E+00
A6	7.6793003E+01	1.0577538E+02
A8	-4.9620868E+02	-9.5967492E+02
A10	1.5259945E+04	2.5827776E+04

40

【0 0 8 2】

【表 1 2】

実施例4

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.00	0.30	0.75
f'	1.00	1.12	0.87
FNo.	2.40	2.84	3.37
2 ω [°]	27.2	22.4	18.2
DD[15]	0.082	0.293	0.673
DD[20]	0.635	0.424	0.044

10

【0 0 8 3】

[実施例 5]

実施例 5 の撮像レンズのレンズ構成と光路は図 5 に示したものである。実施例 5 の撮像レンズにおいては、第 1 レンズ群 G 1 は物体側から順に第 1 レンズ群前群 G 1 A と第 1 レンズ群後群 G 1 B とからなり、第 1 レンズ群前群 G 1 A は物体側から順にレンズ L 1 1 ～ L 1 2 の 2 枚のレンズからなり、第 1 レンズ群後群 G 1 B は物体側から順にレンズ L 1 3 ～ L 1 7 の 5 枚のレンズからなり、第 2 レンズ群 G 2 は物体側から順にレンズ L 2 1 ～ L 2 3 の 3 枚のレンズからなり、第 3 レンズ群 G 3 は物体側から順にレンズ L 3 1 ～ L 3 3 の 3 枚のレンズからなる。実施例 5 の撮像レンズの基本レンズデータを表 1 3 に、非球面係数を表 1 4 に、諸元と可変面間隔の値を表 1 5 に示す。実施例 5 の撮像レンズの各収差図を図 1 1 に示す。

20

【0 0 8 4】

【表 1 3】

実施例5

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.66618	0.109	1.90366	31.31
2	2.32521	0.003		
3	0.49859	0.042	1.43875	94.94
4	0.27026	0.186		
5	-0.47502	0.034	1.66680	33.05
6	0.79306	0.008		
7	1.08352	0.088	1.69100	54.82
8	-0.37047	0.040		
9	-0.27869	0.034	1.80518	25.42
10	1.04828	0.128	1.91082	35.25
11	-0.39341	0.003		
12	1.26997	0.034	1.91082	35.25
13	13.57534	0.003		
14(St)	∞	DD[14]		
15	-2.24435	0.034	1.89286	20.36
16	-0.86537	0.034	1.88100	40.14
17	1.14123	0.010		
*18	-4.11205	0.034	1.74320	49.29
*19	-2.76622	DD[19]		
20	-13.72277	0.066	1.43875	94.94
21	-0.72467	0.003		
22	0.59499	0.083	1.48749	70.24
23	-23.06729	0.003		
24	0.57517	0.063	1.54072	47.23
25	0.36270	0.384		

30

40

50

【 0 0 8 5 】

【 表 1 4 】

実施例5

面番号	18	19
KA	2.7945507E+02	-4.9796900E+02
A4	1.4495994E+01	1.1336837E+01
A6	1.2274345E+02	1.9652043E+02
A8	-2.1097548E+03	-2.7107758E+03
A10	2.3428469E+04	2.8670177E+04

10

【 0 0 8 6 】

【 表 1 5 】

実施例5

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.00	0.30	0.67
f'	1.00	1.02	0.81
FNo.	2.40	2.80	4.00
$2\omega[^\circ]$	27.4	22.8	19.0
DD[14]	0.082	0.305	0.659
DD[19]	0.604	0.381	0.027

20

【 0 0 8 7 】

[実施例 6]

実施例6の撮像レンズのレンズ構成と光路は図6に示したものである。実施例6の撮像レンズにおいては、第1レンズ群G1は物体側から順に第1レンズ群前群G1Aと第1レンズ群後群G1Bとからなり、第1レンズ群前群G1Aは物体側から順にレンズL11～L12の2枚のレンズからなり、第1レンズ群後群G1Bは物体側から順にレンズL13～L17の5枚のレンズからなり、第2レンズ群G2は物体側から順にレンズL21～L22の2枚のレンズからなり、第3レンズ群G3は物体側から順にレンズL31～L34の4枚のレンズからなる。実施例6の撮像レンズの基本レンズデータを表16に、非球面係数を表17に、諸元と可変面間隔の値を表18に示す。実施例6の撮像レンズの各収差図を図12に示す。

30

【 0 0 8 8 】

【表 16】

実施例6

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	0.61934	0.093	1.84666	23.78
2	1.72334	0.005		
3	0.43604	0.041	1.48749	70.24
4	0.27712	0.195		
5	-0.92133	0.033	1.89286	20.36
6	1.01512	0.012		
7	3.06084	0.039	1.95375	32.32
8	-0.77461	0.111		
9	-0.27896	0.045	1.69895	30.13
10	23.75973	0.092	1.72916	54.68
11	-0.35460	0.003		
12	2.50792	0.033	1.88300	40.76
13	-1.06703	0.003		
14(St)	∞	DD[14]		
15	-3.27219	0.033	1.90366	31.31
16	0.78760	0.013		
*17	-11.67494	0.033	2.10205	16.77
*18	-1.78157	DD[18]		
19	-1.64036	0.033	1.81600	46.62
20	-0.82667	0.003		
21	-115.22976	0.033	1.80400	46.58
22	-1.56241	0.003		
23	1.27176	0.038	1.49700	81.54
24	6.57624	0.003		
25	0.56978	0.033	1.48749	70.24
26	0.41379	0.366		

10

20

【0089】

30

【表 17】

実施例6

面番号	17	18
KA	2.8326868E+03	-1.8673334E+02
A4	7.0139490E+00	2.7914370E+00
A6	8.5714585E+01	1.7878428E+02
A8	-4.1131414E+02	-2.0318768E+03
A10	2.2178514E+04	4.1310586E+04

【0090】

40

【表 18】

実施例6

	無限遠	中間	至近
撮影倍率	0.00	0.30	0.62
f'	1.00	1.07	0.88
FNo.	2.44	2.66	3.06
$2\omega[^\circ]$	27.0	23.8	19.6
DD[14]	0.081	0.251	0.746
DD[18]	0.696	0.526	0.031

【0091】

50

表 19 に上記実施例 1 ～ 6 の撮像レンズの条件式 (1) ～ (16) の対応値を示す。表 19 に示す値は d 線を基準とするものである。

【0092】

【表 19】

式番号		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	$f1/f$	0.771	0.655	0.642	0.759	0.774	0.796
(2)	$f1B/f1$	0.987	0.796	0.829	0.954	0.947	0.938
(3)	$Nd1-Nd2$	0.56225	0.45675	0.56225	0.56225	0.46491	0.35917
(4)	$\nu d2-\nu d1$	65.81	49.22	65.81	65.81	63.63	46.46
(5)	$\frac{(R1f+R1r)}{(R1r-R1f)}$	1.774	1.652	1.705	1.852	1.803	2.122
(6)	$\frac{(R2f+R2r)}{(R2f-R2r)}$	2.904	1.302	1.315	2.914	3.367	4.488
(7)	$D4/f$	0.179	0.241	0.232	0.188	0.186	0.195
(8)	$-f2/f$	0.852	0.654	0.617	0.817	0.936	1.141
(9)	$-f1/f2$	0.905	1.001	1.041	0.929	0.827	0.698
(10)	$NG2n$	1.88100	1.75500	1.75500	1.88100	1.88100	1.90366
(11)	$\nu G2n$	40.14	52.32	52.32	40.14	40.14	31.31
(12)	$\frac{(RG2nf+RG2nr)}{(RG2nf-RG2nr)}$	-0.010	1.197	1.034	0.084	-0.137	0.612
(13)	$-f3/f2$	0.953	1.356	1.389	0.992	1.022	0.821
(14)	$f3/f$	0.812	0.887	0.857	0.811	0.956	0.937
(15)	$f1/f3$	0.949	0.738	0.749	0.936	0.809	0.850
(16)	$\frac{(RG3nf+RG3nr)}{(RG3nf-RG3nr)}$	8.088	0.297	-0.161	3.522	4.414	6.305

10

20

30

【0093】

以上のデータからわかるように、実施例 1 ～ 6 の撮像レンズは、最大撮影倍率が 0.6 以上あり大きな撮影倍率が得られており、合焦の際の収差変動が少なく、無限遠から至近までの広範囲の物体距離について良好な光学性能が実現されている。

【0094】

次に、本発明の実施形態に係る撮像装置について説明する。図 13A、図 13B に、本発明の一実施形態に係る撮像装置であるカメラ 30 の外観図を示す。図 13A は、カメラ 30 を前側から見た斜視図を示し、図 13B は、カメラ 30 を背面側から見た斜視図を示す。カメラ 30 は、交換レンズ 20 が取り外し自在に装着される、レフレックスファインダーを持たない一眼形式のデジタルカメラである。交換レンズ 20 は、本発明の実施形態に係る撮像レンズ 1 を鏡筒内に収納したものである。

40

【0095】

このカメラ 30 はカメラボディ 31 を備え、カメラボディ 31 の上面にはシャッターボタン 32 と電源ボタン 33 とが設けられている。またカメラボディ 31 の背面には、操作部 34、35 と表示部 36 とが設けられている。表示部 36 は、撮像された画像や、撮像される前の画角内にある画像を表示するためのものである。

【0096】

50

カメラボディ 31 の前面中央部には、撮影対象からの光が入射する撮影開口が設けられ、その撮影開口に対応する位置にマウント 37 が設けられ、マウント 37 を介して交換レンズ 20 がカメラボディ 31 に装着されるようになっている。

【0097】

カメラボディ 31 内には、交換レンズ 20 によって形成された被写体像に応じた撮像信号を出力する CCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子 (不図示)、その撮像素子から出力された撮像信号を処理して画像を生成する信号処理回路 (不図示)、およびその生成された画像を記録するための記録媒体 (不図示) 等が設けられている。このカメラ 30 では、シャッターボタン 32 を押すことにより静止画または動画の撮影が可能であり、この撮影で得られた画像データが上記記録媒体に記録される。

10

【0098】

このようなカメラ 30 に用いられる交換レンズ 20 に、本発明の実施形態に係る撮像レンズ 1 を適用することにより、大きな撮影倍率で撮影可能であり、無限遠から至近距離までの物体距離について良好な画像を取得することができる。

【0099】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズの曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数の値等は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

【0100】

20

また、撮像装置の実施形態では、レフレックスファインダーを持たない一眼形式のデジタルカメラに適用した例について図を示して説明したが、本発明はこの用途に限定されるものではなく、例えば、一眼レフ形式のカメラや、フィルムカメラ、ビデオカメラ等に適用することも可能である。

【符号の説明】

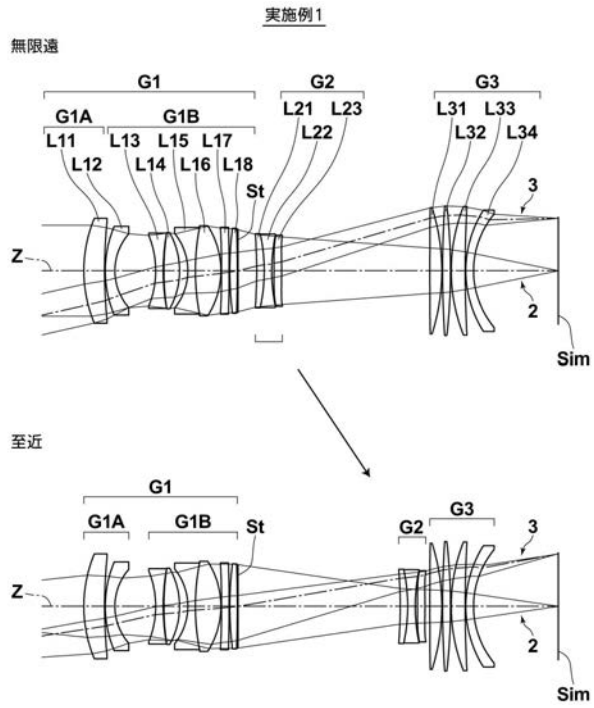
【0101】

- 1 撮像レンズ
- 2 軸上光束
- 3 最大画角の軸外光束
- 20 交換レンズ
- 30 カメラ
- 31 カメラボディ
- 32 シャッターボタン
- 33 電源ボタン
- 34、35 操作部
- 36 表示部
- 37 マウント
- G1 第1レンズ群
- G1A 第1レンズ群前群
- G1B 第1レンズ群後群
- G2 第2レンズ群
- G3 第3レンズ群
- L11～L18、L21～L23、L31～L34 レンズ
- S i m 像面
- S t 開口絞り
- Z 光軸

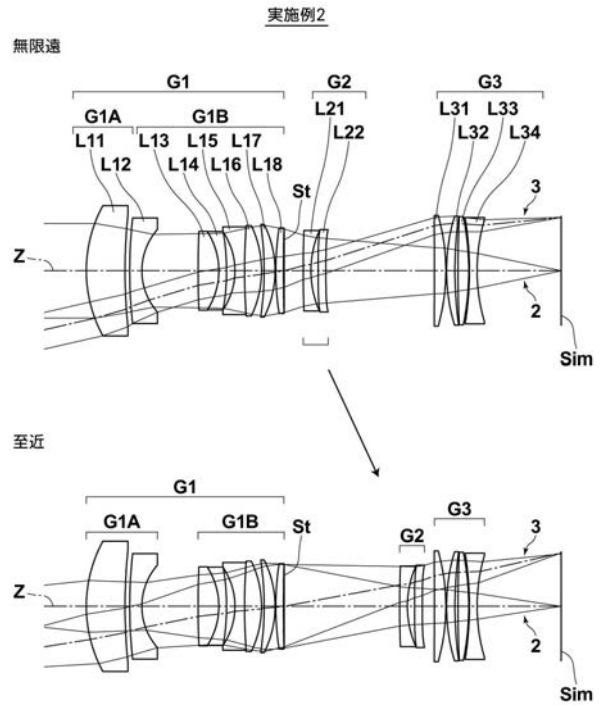
30

40

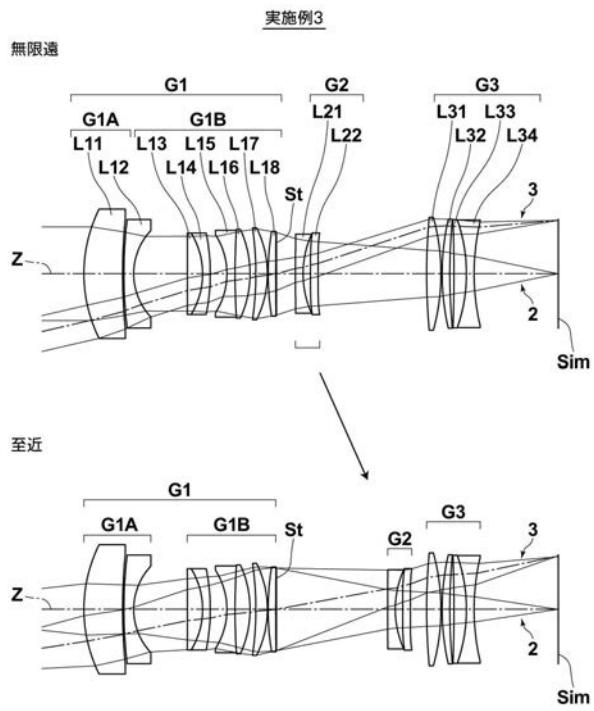
【図 1】



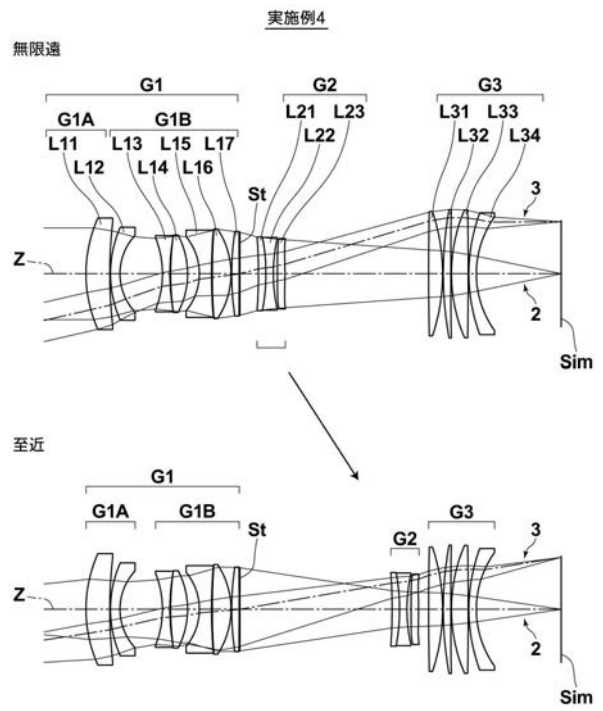
【図 2】



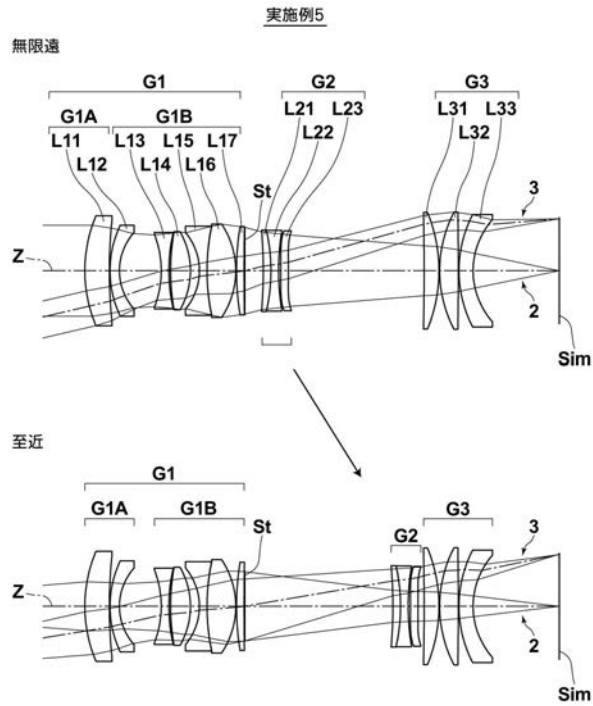
【図 3】



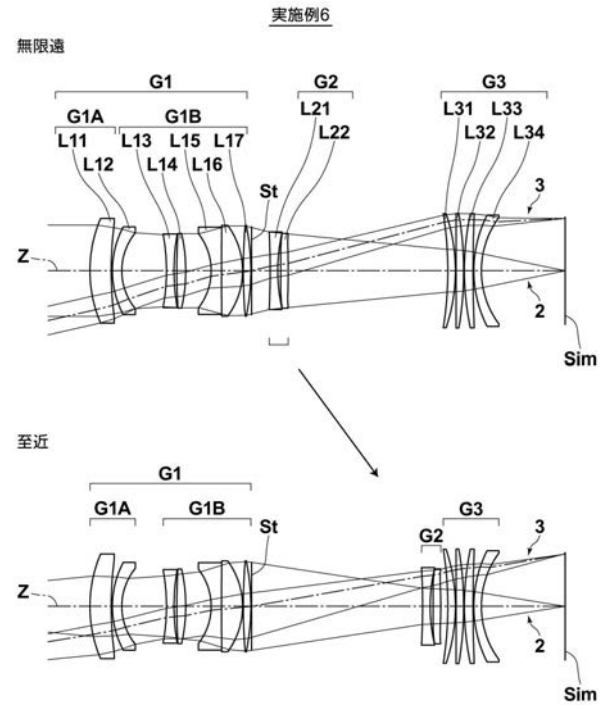
【図 4】



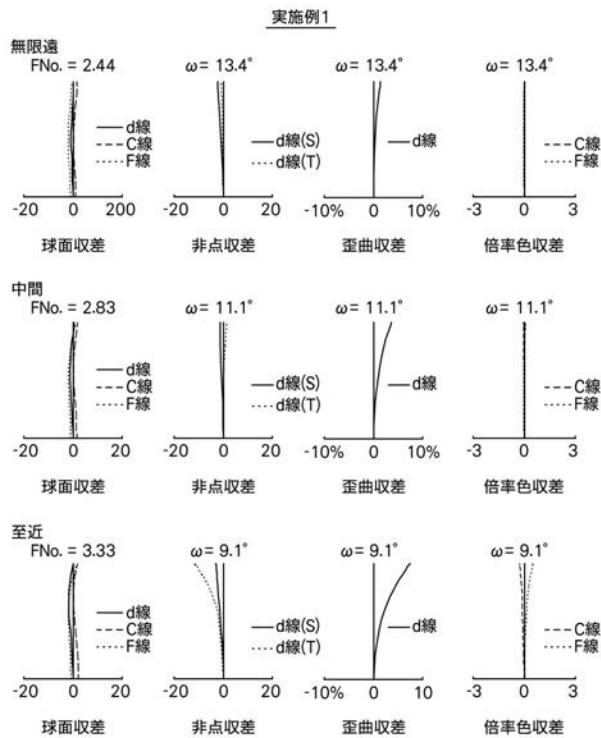
【図 5】



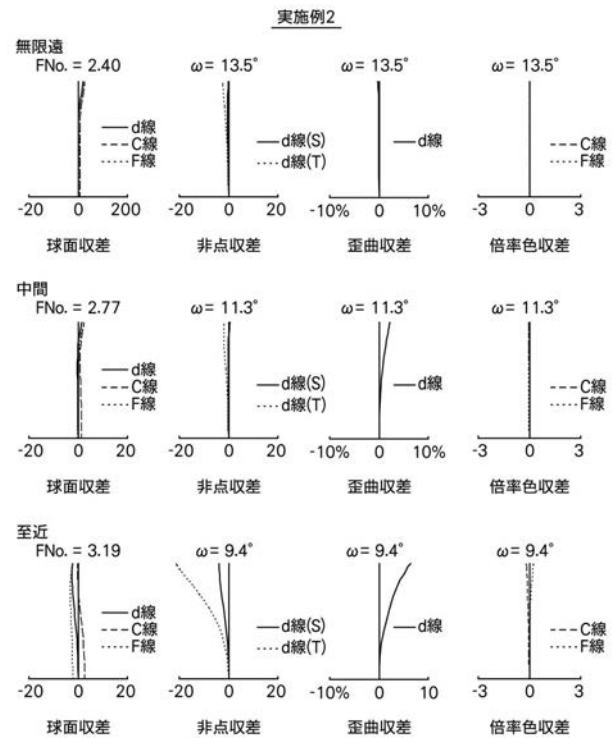
【図 6】



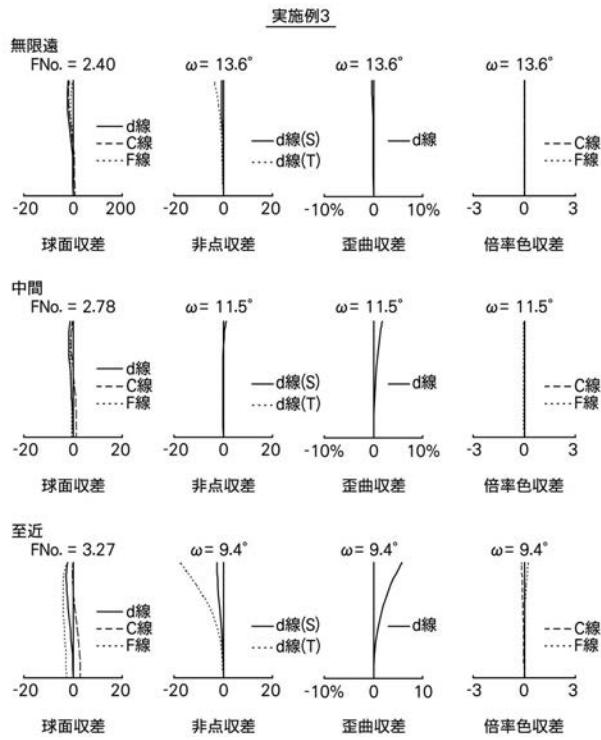
【図 7】



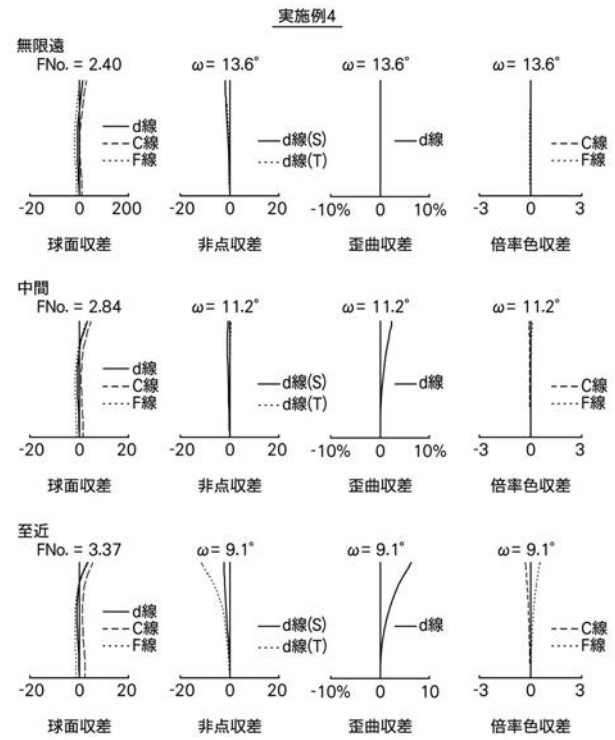
【図 8】



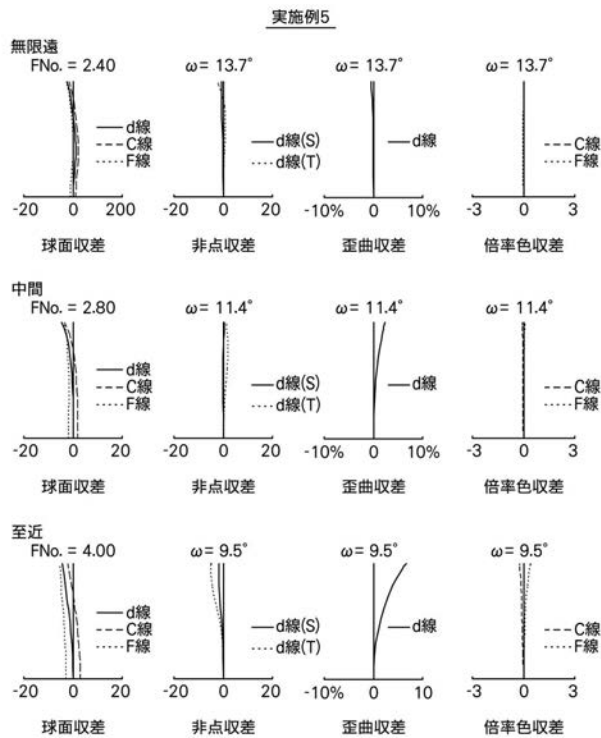
【図 9】



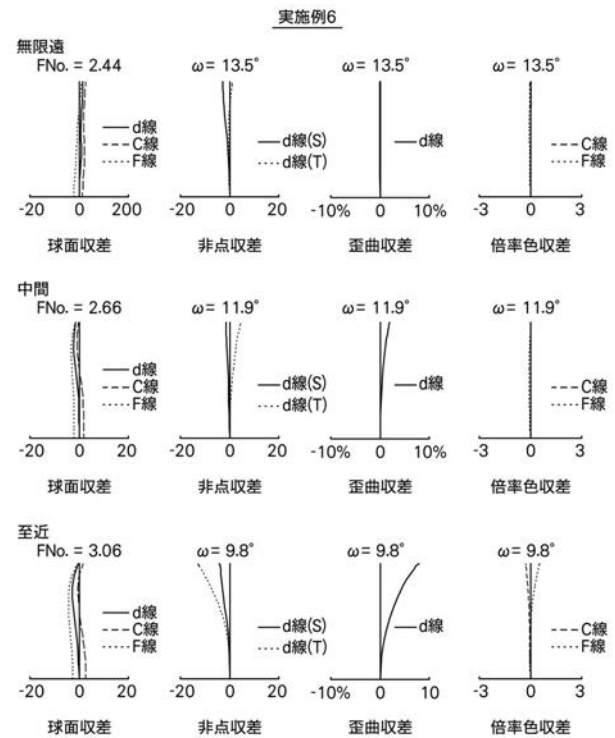
【図 10】



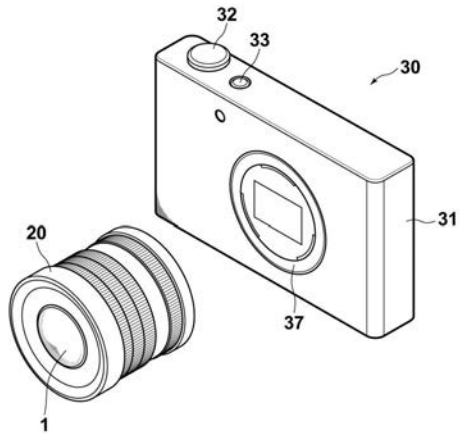
【図 11】



【図 12】



【図 1 3 A】



【図 1 3 B】

