

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6422836号
(P6422836)

(45) 発行日 平成30年11月14日(2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日(2018.10.26)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
 G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 15 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-185014 (P2015-185014) (22) 出願日 平成27年9月18日 (2015. 9. 18) (65) 公開番号 特開2017-58589 (P2017-58589A) (43) 公開日 平成29年3月23日 (2017. 3. 23) 審査請求日 平成29年8月15日 (2017. 8. 15)</p>	<p>(73) 特許権者 306037311 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 110001519 特許業務法人太陽国際特許事務所 (72) 発明者 小松 大樹 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 審査官 吉川 陽吾</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【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、正の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群から実質的になり、

変倍の際に、前記第1レンズ群および前記第5レンズ群は像面に対して固定され、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群および前記第4レンズ群は隣接するレンズ群同士の間隔を変化させるように移動し、

下記条件式(1)を満足する

ことを特徴とするズームレンズ。

$$2.1 < DL3 / DL2 < 2.0 \quad \dots (1)$$

ただし、

DL3：前記第3レンズ群の移動範囲量

DL2：前記第2レンズ群の移動範囲量

【請求項2】

下記条件式(2)を満足する

請求項1記載のズームレンズ。

$$0.4 < f3 / f4 < 0.8 \quad \dots (2)$$

ただし、

f3：前記第3レンズ群のd線における焦点距離

f 4 : 前記第 4 レンズ群の d 線における焦点距離

【請求項 3】

前記第 3 レンズ群は 2 つの接合レンズを有し、

少なくとも 1 つの接合レンズは正レンズと負レンズから実質的になり、下記条件式 (3) を満足する

請求項 1 または 2 記載のズームレンズ。

$$0 < d_{3p} - d_{3n} < 10 \dots (3)$$

ただし、

d_{3p} : 前記第 3 レンズ群の前記正レンズと前記負レンズから実質的になる前記接合レンズ中の前記正レンズの d 線におけるアッベ数

10

d_{3n} : 前記第 3 レンズ群の前記正レンズと前記負レンズから実質的になる前記接合レンズ中の前記負レンズの d 線におけるアッベ数

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群の最も像側の接合レンズが前記条件式 (3) を満足する

請求項 3 記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 a レンズ群、正の屈折力を有する第 1 b レンズ群、正の屈折力を有する第 1 c レンズ群から実質的になり、

合焦の際に、前記第 1 a レンズ群および前記第 1 c レンズ群は像面に対して固定され、前記第 1 b レンズ群は移動する、

20

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 1 a レンズ群は、下記条件式 (4) , (5) , (6) を満足する負レンズを少なくとも 1 枚有する

請求項 5 記載のズームレンズ。

$$62 < d_{1an} \dots (4)$$

$$0.64 < g_{F1an} + 0.001625 \times d_{1an} < 0.7 \dots (5)$$

$$3 < f_{1an} / f_{1a} < 7 \dots (6)$$

ただし、

d_{1an} : 前記第 1 a レンズ群中の前記負レンズの d 線におけるアッベ数

30

g_{F1an} : 前記第 1 a レンズ群中の前記負レンズの部分分散比

f_{1an} : 前記第 1 a レンズ群中の前記負レンズの d 線における焦点距離

f_{1a} : 前記第 1 a レンズ群の d 線における焦点距離

【請求項 7】

下記条件式 (7) を満足する

請求項 5 または 6 記載のズームレンズ。

$$12 < f_{1c} / f_w < 24 \dots (7)$$

ただし、

f_{1c} : 前記第 1 c レンズ群の d 線における焦点距離

f_w : 広角端での全系の d 線における焦点距離

40

【請求項 8】

下記条件式 (8) を満足する

請求項 5 から 7 のいずれか 1 項記載のズームレンズ。

$$18 < f_{1b} / f_w < 30 \dots (8)$$

ただし、

f_{1b} : 前記第 1 b レンズ群の d 線における焦点距離

f_w : 広角端での全系の d 線における焦点距離

【請求項 9】

下記条件式 (1 - 1) を満足する

請求項 1 記載のズームレンズ。

50

$$2.2 < DL3 / DL2 < 1.7 \dots (1-1)$$

【請求項10】

下記条件式(2-1)を満足する

請求項2記載のズームレンズ。

$$0.5 < f3 / f4 < 0.7 \dots (2-1)$$

【請求項11】

下記条件式(3-1)を満足する

請求項3記載のズームレンズ。

$$4 < d3p - d3n < 1.0 \dots (3-1)$$

【請求項12】

下記条件式(4-1), (5-1), (6-1)のうち少なくとも1つを満足する

請求項6記載のズームレンズ。

$$7.0 < d1an < 1.00 \dots (4-1)$$

$$0.65 < gF1an + 0.001625x \quad d1an < 0.69 \dots (5-1)$$

$$4 < f1an / f1a < 6 \dots (6-1)$$

【請求項13】

下記条件式(7-1)を満足する

請求項7記載のズームレンズ。

$$1.4 < f1c / fw < 2.1 \dots (7-1)$$

【請求項14】

下記条件式(8-1)を満足する

請求項8記載のズームレンズ。

$$2.0 < f1b / fw < 2.7 \dots (8-1)$$

【請求項15】

請求項1から14のいずれか1項記載のズーム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、デジタルカメラ、ビデオカメラや放送用カメラ、映画撮影用カメラ、監視用カメラ等の電子カメラに用いられるズームレンズおよびこのズーム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】

デジタルカメラ、ビデオカメラや放送用カメラ、映画撮影用カメラ、監視用カメラ等の電子カメラに用いられるズームレンズとして、特許文献1～3のズームレンズが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-221999号公報

【特許文献2】特開2012-013817号公報

【特許文献3】特開2006-349947号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の放送用カメラはHD (High Definition) 規格で撮影されており、最大でもフルHD (1920×1080画素) の解像度であったが、近年ではフルHDに対して画素数が4倍程度となる4K規格 (例えば3840×2160画素) に対応したカメラが多く存在し、そのカメラでの撮影が増えている。さらに、4K以上の画素数を持ったスーパーハイビジョン規格の

10

20

30

40

50

カメラもあり、これらの高画素カメラにはより高性能なレンズが求められている。

【0005】

しかしながら、特許文献1のレンズは、比較的広画角のレンズが多いが、収差補正が十分なされているとは言いがたい。また、特許文献2のレンズは、十分広画角だが、イメージサイズに対しレンズが十分小型化されているとは言いがたい。また、特許文献3の実施例7, 8のレンズは、ズーム群の屈折力が物体側から順に正負正の配置となっており、バックフォーカスが短く、また諸収差が良好に補正されているとは言いがたい。

【0006】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、比較的バックフォーカスが長く、小型かつ広画角で、諸収差が良好に補正された高性能なズームレンズおよびこのズーム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】

本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群から実質的になり、変倍の際に、第1レンズ群および第5レンズ群は像面に対して固定され、第2レンズ群、第3レンズ群および第4レンズ群は隣接するレンズ群同士の間隔を変化させるように移動し、下記条件式(1)を満足することを特徴とする。

$$2.1 < DL3 / DL2 < 2.0 \quad \dots (1)$$

ただし、

DL3：第3レンズ群の移動範囲量

DL2：第2レンズ群の移動範囲量

ここで、「移動範囲量」とは、広角端から望遠端までの間で最も物体側となる位置から最も像側となる位置までの変位量を意味する。

【0008】

なお、下記条件式(1-1)を満足することがより好ましい。

$$2.2 < DL3 / DL2 < 1.7 \quad \dots (1-1)$$

【0009】

本発明のズームレンズにおいては、下記条件式(2)を満足することが好ましい。なお、下記条件式(2-1)を満足することがより好ましい。

$$0.4 < f3 / f4 < 0.8 \quad \dots (2)$$

$$0.5 < f3 / f4 < 0.7 \quad \dots (2-1)$$

ただし、

f3：第3レンズ群のd線における焦点距離

f4：第4レンズ群のd線における焦点距離

【0010】

また、第3レンズ群は2つの接合レンズを有し、少なくとも1つの接合レンズは正レンズと負レンズから実質的になり、下記条件式(3)を満足することが好ましい。この場合、第3レンズ群の最も像側の接合レンズが条件式(3)を満足することが好ましい。なお、下記条件式(3-1)を満足することがより好ましい。

$$0 < d3p - d3n < 1.0 \quad \dots (3)$$

$$4 < d3p - d3n < 1.0 \quad \dots (3-1)$$

ただし、

d3p：第3レンズ群の正レンズと負レンズから実質的になる接合レンズ中の正レンズのd線におけるアッペ数

d3n：第3レンズ群の正レンズと負レンズから実質的になる接合レンズ中の負レンズのd線におけるアッペ数

【0011】

また、第1レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1aレンズ群、正の屈

10

20

30

40

50

折力を有する第1 b レンズ群、正の屈折力を有する第1 c レンズ群から実質的になり、合焦の際に、第1 a レンズ群および第1 c レンズ群は像面に対して固定され、第1 b レンズ群は移動することが好ましい。

【0012】

この場合、第1 a レンズ群は、下記条件式(4)、(5)、(6)を満足する負レンズを少なくとも1枚有することが好ましい。なお、条件式(4)、(5)、(6)を満足した上で、さらに下記条件式(4-1)、(5-1)、(6-1)のいずれか1つあるいは複数の組合せを満足することがより好ましい。

$$62 < d1an \dots (4)$$

$$70 < d1an < 100 \dots (4-1)$$

$$0.64 < gF1an + 0.001625 \times d1an < 0.7 \dots (5)$$

$$0.65 < gF1an + 0.001625 \times d1an < 0.69 \dots (5-1)$$

$$3 < f1an / f1a < 7 \dots (6)$$

$$4 < f1an / f1a < 6 \dots (6-1)$$

ただし、

d1an：第1 a レンズ群中の負レンズのd線におけるアッペ数

gF1an：第1 a レンズ群中の負レンズの部分分散比

f1an：第1 a レンズ群中の負レンズのd線における焦点距離

f1a：第1 a レンズ群のd線における焦点距離

【0013】

また、下記条件式(7)を満足することが好ましい。なお、下記条件式(7-1)を満足することがより好ましい。

$$12 < f1c / fw < 24 \dots (7)$$

$$14 < f1c / fw < 21 \dots (7-1)$$

ただし、

f1c：第1 c レンズ群のd線における焦点距離

fw：広角端での全系のd線における焦点距離

【0014】

また、下記条件式(8)を満足することが好ましい。なお、下記条件式(8-1)を満足することがより好ましい。

$$18 < f1b / fw < 30 \dots (8)$$

$$20 < f1b / fw < 27 \dots (8-1)$$

ただし、

f1b：第1 b レンズ群のd線における焦点距離

fw：広角端での全系のd線における焦点距離

【0016】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明のズームレンズを備えたものである。

【0017】

なお、上記「～から実質的になる」とは、構成要素として挙げたもの以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやマスク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、レンズパレル、撮像素子、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。

【0018】

また、上記のレンズの面形状や屈折力の符号は、非球面が含まれている場合は近軸領域で考えるものとする。

【発明の効果】

【0019】

本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、負の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群から実質的になり、変倍の際に、第1レンズ

10

20

30

40

50

群および第5レンズ群は像面に対して固定され、第2レンズ群、第3レンズ群および第4レンズ群は隣接するレンズ群同士の間隔を変化させるように移動し、下記条件式(1)を満足するものとしたので、比較的バックフォーカスが長く、小型かつ広画角で、諸収差が良好に補正された高性能なズームレンズとすることができる。

$$2.1 < DL3 / DL2 < 2.0 \quad \dots (1)$$

【0020】

また、本発明の撮像装置は、本発明のズームレンズを備えているため、装置を小型化できるとともに、広画角かつ高画質の画像を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施形態にかかるズームレンズ(実施例1と共通)のレンズ構成を示す断面図

【図2】本発明の実施例2のズームレンズのレンズ構成を示す断面図

【図3】本発明の実施例3のズームレンズのレンズ構成を示す断面図

【図4】本発明の実施例4のズームレンズのレンズ構成を示す断面図

【図5】本発明の実施例1のズームレンズの各収差図

【図6】本発明の実施例2のズームレンズの各収差図

【図7】本発明の実施例3のズームレンズの各収差図

【図8】本発明の実施例4のズームレンズの各収差図

【図9】本発明の実施形態にかかる撮像装置の概略構成図

【発明を実施するための形態】

【0022】

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は本発明の一実施形態にかかるズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。図1に示す構成例は、後述の実施例1のズームレンズの構成と共通である。図1においては、左側が物体側、右側が像面側であり、図示されている開口絞りSt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。また、図1では、広角端から望遠端への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡、各像高の光束(軸上光束wa、中間画角の光束wb、最大画角の光束wc)を合わせて示している。

【0023】

本実施形態のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、正の屈折力を有する第2レンズ群G2、負の屈折力を有する第3レンズ群G3、負の屈折力を有する第4レンズ群G4、正の屈折力を有する第5レンズ群G5から実質的になり、変倍の際に、第1レンズ群G1および第5レンズ群G5は像面Simに対して固定され、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3および第4レンズ群G4は隣接するレンズ群同士の間隔を変化させるように移動するように構成されている。

【0024】

このように、最も物体側のレンズ群の屈折力を正とすることにより、レンズ系全長の短縮が可能となり、小型化に有利となる。また、移動群を3つのレンズ群とすることで、2つの場合と比較してズーム中の球面収差や像面湾曲の変動を抑えるのに有利となる。また、3つの移動群の屈折力を物体側から順に正負負の配置とし、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2で正の屈折力を分担することで、第1レンズ群G1の小型化に有利となる。また、最も物体側の第1レンズ群G1と最も像面側の第5レンズ群G5が固定されているため、変倍の際にレンズ系全長が変化しないという効果を奏する。また、第4レンズ群G4の屈折力を負、第5レンズ群G5の屈折力を正とすることで、バックフォーカスを稼ぐのに有利となる。

【0025】

このズームレンズを撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、光学系と像面Simの間にカバーガラス、プリズム、赤外線カットフィルタやローパスフィルタなどの各種フィルタを配置することが好ましいため、図1では、これらを想

10

20

30

40

50

定した平行平板状の光学部材 P P 1 , P P 2 をレンズ系と像面 S i m との間に配置した例を示している。

【 0 0 2 6 】

また、下記条件式 (1) を満足するように構成されている。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 G 1 の小型化に有利となる。また、条件式 (1) を満足することで、ズーム中の収差変動の抑制に有利となる。なお、下記条件式 (1 - 1) を満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

$$2 . 1 < D L 3 / D L 2 < 2 0 \quad \dots (1)$$

$$2 . 2 < D L 3 / D L 2 < 1 7 \quad \dots (1 - 1)$$

ただし、

D L 3 : 第 3 レンズ群の移動範囲量

D L 2 : 第 2 レンズ群の移動範囲量

【 0 0 2 7 】

本実施形態のズームレンズにおいては、下記条件式 (2) を満足することが好ましい。条件式 (2) 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 の屈折力が大きくなり過ぎるのを抑えることができるため、ズーム中の収差変動を抑えるのに有利となる。条件式 (2) の上限以上とならないようにすることで、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が小さくなり移動量が大きくなり過ぎるのを抑えることができるため、小型化に有利となる。なお、下記条件式 (2 - 1) を満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

$$0 . 4 < f 3 / f 4 < 0 . 8 \quad \dots (2)$$

$$0 . 5 < f 3 / f 4 < 0 . 7 \quad \dots (2 - 1)$$

ただし、

f 3 : 第 3 レンズ群の d 線における焦点距離

f 4 : 第 4 レンズ群の d 線における焦点距離

【 0 0 2 8 】

また、第 3 レンズ群 G 3 は 2 つの接合レンズを有し、少なくとも 1 つの接合レンズは正レンズと負レンズから実質的になり、下記条件式 (3) を満足することが好ましい。条件式 (3) を満足することで、倍率色収差を良好に補正することができる。この場合、第 3 レンズ群 G 3 の最も像側の接合レンズが条件式 (3) を満足するものとすれば、軸上色収差と倍率色収差のバランスをとるのに有利となる。さらに、下記条件式 (3 - 1) を満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

$$0 < d 3 p - d 3 n < 1 0 \quad \dots (3)$$

$$4 < d 3 p - d 3 n < 1 0 \quad \dots (3 - 1)$$

ただし、

d 3 p : 第 3 レンズ群の正レンズと負レンズから実質的になる接合レンズ中の正レンズの d 線におけるアッペ数

d 3 n : 第 3 レンズ群の正レンズと負レンズから実質的になる接合レンズ中の負レンズの d 線におけるアッペ数

【 0 0 2 9 】

また、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 a レンズ群 G 1 a、正の屈折力を有する第 1 b レンズ群 G 1 b、正の屈折力を有する第 1 c レンズ群 G 1 c から実質的になり、合焦の際に、第 1 a レンズ群 G 1 a および第 1 c レンズ群 G 1 c は像面に対して固定され、第 1 b レンズ群 G 1 b は移動することが好ましい。このような構成とすることで、フォーカス時の画角変化を抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

この場合、第 1 a レンズ群 G 1 a は、下記条件式 (4) , (5) , (6) を満足する負レンズを少なくとも 1 枚有することが好ましい。条件式 (4) を満足することで、広角側の倍率色収差や望遠側の軸上色収差の補正に有利となる。条件式 (4) と合わせて条件式 (5) を満足することで、2 次スペクトルを良好に補正することができる。条件式 (6)

10

20

30

40

50

を満足することで、色収差の補正に必要な適正な屈折力が得られるため、色収差を良好に補正することができる。なお、条件式(4)、(5)、(6)を満足した上で、さらに下記条件式(4-1)、(5-1)、(6-1)のいずれか1つあるいは複数の組合せを満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

$$62 < d1an \dots (4)$$

$$70 < d1an < 100 \dots (4-1)$$

$$0.64 < gF1an + 0.001625 \times d1an < 0.7 \dots (5)$$

$$0.65 < gF1an + 0.001625 \times d1an < 0.69 \dots (5-1)$$

$$3 < f1an / f1a < 7 \dots (6)$$

$$4 < f1an / f1a < 6 \dots (6-1)$$

10

ただし、

$d1an$: 第1aレンズ群中の負レンズのd線におけるアッベ数

$gF1an$: 第1aレンズ群中の負レンズの部分分散比

$f1an$: 第1aレンズ群中の負レンズのd線における焦点距離

$f1a$: 第1aレンズ群のd線における焦点距離

【0031】

また、下記条件式(7)を満足することが好ましい。条件式(7)の下限以下とならないようにすることで、第1cレンズ群G1cの屈折力が大きくなり過ぎるのを抑えることができるため、特に望遠側の球面収差の補正に有利となる。条件式(7)の上限以上とならないようにすることで、第1cレンズ群G1cを射出する光線の角度が光軸に対して平行に近くなり過ぎるのを抑えることができるため、移動群である第2レンズ群G2の径の増大を抑え小型化に有利となる。なお、下記条件式(7-1)を満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

20

$$12 < f1c / fw < 24 \dots (7)$$

$$14 < f1c / fw < 21 \dots (7-1)$$

ただし、

$f1c$: 第1cレンズ群のd線における焦点距離

fw : 広角端での全系のd線における焦点距離

【0032】

また、下記条件式(8)を満足することが好ましい。条件式(8)の下限以下とならないようにすることで、第1bレンズ群G1bの屈折力が大きくなり過ぎるのを抑えることができるため、特に望遠側の球面収差の補正に有利となる。条件式(8)の上限以上とならないようにすることで、第1bレンズ群G1bの屈折力が小さくなり過ぎるのを抑えることができるため、無限遠から最至近の物体に合焦するときの移動量を抑え、小型化に有利となる。なお、下記条件式(8-1)を満足するものとすれば、より良好な特性とすることができる。

30

$$18 < f1b / fw < 30 \dots (8)$$

$$20 < f1b / fw < 27 \dots (8-1)$$

ただし、

$f1b$: 第1bレンズ群のd線における焦点距離

fw : 広角端での全系のd線における焦点距離

40

【0033】

また、第1aレンズ群G1aは、下記条件式(9)、(10)、(11)を満足する正レンズを少なくとも1枚有することが好ましい。条件式(9)を満足することで、広角側の倍率色収差や望遠側の軸上色収差の補正に有利となる。条件式(9)と合わせて条件式(10)を満足することで、2次スペクトルを良好に補正することができる。条件式(11)を満足することで、色収差の補正に必要な適正な屈折力が得られるため、色収差を良好に補正することができ、また、球面収差や像面湾曲、歪曲収差の補正にも有利となる。なお、条件式(9)、(10)、(11)を満足した上で、さらに下記条件式(9-1)、(10-1)、(11-1)のいずれか1つあるいは複数の組合せを満足するものとす

50

れば、より良好な特性とすることができる。

$$d_{1ap} < 40 \quad \dots (9)$$

$$20 < d_{1ap} < 39 \quad \dots (9-1)$$

$$0.62 < g_{F1ap} + 0.001625x \quad d_{1ap} < 0.67 \quad \dots (10)$$

$$0.63 < g_{F1ap} + 0.001625x \quad d_{1ap} < 0.66 \quad \dots (10-1)$$

)

$$0.4 < f_{1ap} / f_1 < 2 \quad \dots (11)$$

$$0.5 < f_{1ap} / f_1 < 1.5 \quad \dots (11-1)$$

ただし、

d_{1ap} : 第1aレンズ群中の正レンズのd線におけるアッペ数

g_{F1ap} : 第1aレンズ群中の正レンズの部分分散比

f_{1ap} : 第1aレンズ群中の正レンズのd線における焦点距離

f_1 : 第1レンズ群のd線における焦点距離

【0034】

また、図1に示す例では、レンズ系と像面Simとの間に光学部材PP1, PP2を配置した例を示したが、ローパスフィルタや特定の波長域をカットするような各種フィルタ等をレンズ系と像面Simとの間に配置する代わりに、各レンズの間にこれらの各種フィルタを配置してもよく、あるいは、いずれかのレンズのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を有するコートを施してもよい。

【0035】

次に、本発明のズームレンズの数値実施例について説明する。

まず、実施例1のズームレンズについて説明する。実施例1のズームレンズのレンズ構成を示す断面図を図1に示す。なお、図1および後述の実施例2~4に対応した図2~4においては、左側が物体側、右側が像面側であり、図示されている開口絞りSt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。また、図1では、広角端から望遠端への変倍の際の各レンズ群の移動軌跡、各像高の光束(軸上光束wa、中間画角の光束wb、最大画角の光束wc)を合わせて示している。

【0036】

実施例1のズームレンズは、物体側から順に、レンズL1a~レンズL1kの11枚のレンズからなる第1レンズ群G1、レンズL2aのみの1枚のレンズからなる第2レンズ群G2、レンズL3a~レンズL3eの5枚のレンズからなる第3レンズ群G3、レンズL4a, レンズL4bの2枚のレンズからなる第4レンズ群G4、レンズL5a~レンズL5kの11枚のレンズからなる第5レンズ群G5から構成されている。

【0037】

なお、第1レンズ群G1は、レンズL1a~レンズL1eの5枚のレンズからなる第1aレンズ群G1a、レンズL1f~レンズL1hの3枚のレンズからなる第1bレンズ群G1b、レンズL1i~レンズL1kの3枚のレンズからなる第1cレンズ群G1cから構成されている。

【0038】

実施例1のズームレンズの基本レンズデータを表1に、諸元に関するデータを表2に、変化する面間隔に関するデータを表3に、非球面係数に関するデータを表4に示す。以下では、表中の記号の意味について、実施例1のものを例にとり説明するが、実施例2~4についても基本的に同様である。

【0039】

表1のレンズデータにおいて、面番号の欄には最も物体側の構成要素の面を1番目として像面側に向かうに従い順次増加する面番号を示し、曲率半径の欄には各面の曲率半径を示し、面間隔の欄には各面とその次の面との光軸Z上の間隔を示す。また、ndの欄には各光学要素のd線(波長587.6nm)における屈折率を示し、dの欄には各光学要素のd線(波長587.6nm)におけるアッペ数を示し、gFの欄には各光学要素の部分分散比を示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

なお、部分分散比 $g F$ は下記式で表される。

$$g F = (n g - n F) / (n F - n C)$$

ただし、

$n g$: g 線における屈折率

$n F$: F 線における屈折率

$n C$: C 線における屈折率

【 0 0 4 1 】

ここで、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像面側に凸の場合を負としている。基本レンズデータには、開口絞り $S t$ 、光学部材 $P P 1$ 、 $P P 2$ も含めて示している。開口絞り $S t$ に相当する面の面番号の欄には面番号とともに（絞り）という語句を記載している。また、表 1 のレンズデータにおいて、変倍の際に間隔が変化する面間隔の欄にはそれぞれ $D D$ [面番号] と記載している。この $D D$ [面番号] に対応する数値は表 3 に示している。

10

【 0 0 4 2 】

表 2 の諸元に関するデータに、ズーム倍率、焦点距離 f' 、 F 値 $F N o .$ 、全画角 2 の値を示す。

【 0 0 4 3 】

基本レンズデータ、諸元に関するデータ、および変化する面間隔に関するデータにおいて、角度の単位としては度を用い、長さの単位としては mm を用いているが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても使用可能なため他の適当な単位を用いることもできる。

20

【 0 0 4 4 】

表 1 のレンズデータでは、非球面の面番号に * 印を付しており、非球面の曲率半径として近軸の曲率半径の数値を示している。表 4 の非球面係数に関するデータには、非球面の面番号と、これら非球面に関する非球面係数を示す。非球面係数は、下記式で表される非球面式における各係数 $K A$ 、 $A m$ ($m = 3 \dots 20$) の値である。

$$Z d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + A m \cdot h^m$$

ただし、

$Z d$: 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)

30

h : 高さ (光軸からの距離)

C : 近軸曲率半径の逆数

$K A$ 、 $A m$: 非球面係数 ($m = 3 \dots 20$)

【 0 0 4 5 】

【表 1】

実施例1・レンズデータ

面番号	曲率半径	面間隔	nd	νd	θ_{gF}
*1	611.6241	4.999	1.72916	54.68	0.5445
2	43.0090	23.977			
*3	84.2654	2.801	1.72916	54.68	0.5445
4	50.2209	12.669			
5	-509.3035	2.399	1.90366	31.31	0.5948
6	97.2009	16.055			
7	-54.7354	2.521	1.49700	81.54	0.5375
8	-112.3395	0.762			
9	256.7812	12.899	1.72047	34.71	0.5835
10	-84.7040	DD[10]			
11	1394.9826	6.818	1.56732	42.82	0.5731
12	-142.1118	0.199			
13	-711.9176	12.357	1.59282	68.62	0.5441
14	-61.6355	3.582	1.91082	35.25	0.5822
15	-165.2168	DD[15]			
16	1745.0802	2.999	1.88300	40.76	0.5668
17	89.7471	13.863	1.43875	94.66	0.5340
18	-122.9182	12.102			
19	-445.0803	11.148	1.43875	94.66	0.5340
20	-72.0979	DD[20]			
21	115.1885	5.649	1.49700	81.54	0.5375
22	-443.3357	DD[22]			
*23	92.2350	2.999	1.59282	68.62	0.5441
24	34.5945	10.197			
25	-58.0235	2.378	1.62004	36.26	0.5880
26	-43.0353	1.309	1.61800	63.33	0.5441
27	90.8097	7.280			
28	92.2231	1.299	1.80518	25.42	0.6162
29	34.2804	6.510	1.80000	29.84	0.6018
30	-507.0856	DD[30]			
31	-43.9303	1.299	1.61800	63.33	0.5441
32	69.3453	4.448	1.59270	35.31	0.5934
33	-128.8295	DD[33]			
34(絞り)	∞	1.983			
35	156.3168	3.758	1.58913	61.13	0.5407
36	-90.2315	0.149			
37	83.1206	6.943	1.80518	25.43	0.6103
38	-124.1461	2.509	1.80440	39.59	0.5730
39	-4631.7618	2.009			
40	56.0963	6.093	1.49700	81.54	0.5375
41	-60.0790	1.501	1.78472	25.68	0.6162
42	57.6300	20.607			
43	122.6141	4.233	1.80518	25.43	0.6103
44	-69.7199	3.553			
45	47.2239	4.986	1.53775	74.70	0.5394
46	-54.5659	1.499	1.79952	42.22	0.5673
47	28.6533	1.678			
48	34.5188	8.160	1.49700	81.54	0.5375
49	-30.7033	4.541	1.95375	32.32	0.5901
50	95.3450	0.150			
51	61.6857	13.401	1.48749	70.24	0.5301
52	-35.7142	3.000			
53	∞	1.400	1.51633	64.14	0.5353
54	∞	1.000			
55	∞	3.690	1.51633	64.14	0.5353
56	∞	48.612			

10

20

30

40

【 0 0 4 6 】

【表 2】

実施例1・諸元 (d線)

	広角端	中間	望遠端
ズーム倍率	1.00	1.90	2.94
f'	12.13	23.05	35.67
FNo.	2.86	2.86	2.86
2 ω [°]	102.2	62.4	43.2

【 0 0 4 7 】

【表 3】

実施例1・ズーム間隔

	広角端	中間	望遠端
DD[10]	1.504	1.504	1.504
DD[15]	8.062	8.062	8.062
DD[20]	1.709	19.242	36.117
DD[22]	0.576	30.480	44.695
DD[30]	77.744	30.703	4.460
DD[33]	7.150	6.754	1.907

10

【 0 0 4 8 】

【表 4】

実施例1・非球面係数

面番号	1	3	23
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00	1.00000000E+00
A3	-3.79267381E-06	7.77369253E-06	-2.13579459E-06
A4	3.17212640E-06	-3.95786533E-06	4.41321477E-07
A5	-2.19548887E-08	7.34888830E-08	-6.29270461E-09
A6	-1.02289636E-09	-1.88238585E-09	3.09890218E-10
A7	2.00288741E-12	-1.11706885E-11	-1.17511139E-11
A8	6.59256187E-13	2.16594773E-12	-2.39545534E-12
A9	-1.83366970E-15	-2.71954025E-15	4.90811051E-14
A10	-2.07675211E-16	-1.39995123E-15	1.01203142E-14
A11	1.41466668E-19	2.04469973E-18	-1.08677281E-16
A12	3.18013714E-20	4.25233594E-19	-1.36204236E-17
A13	1.09068072E-22	1.99172151E-21	-1.32500906E-19
A14	1.01467934E-24	5.74342767E-23	-6.11271642E-21
A15	-7.22594558E-27	6.26541679E-25	3.65500596E-22
A16	-3.65147509E-28	-3.94247984E-26	-3.41985713E-25
A17	-1.05391228E-29	-1.82458274E-27	1.81405280E-24
A18	-1.61820829E-31	-4.30897965E-29	1.71039651E-26
A19	-1.00837111E-33	-3.40391639E-31	-8.61576912E-28
A20	7.57841102E-35	4.06959794E-32	-7.72625188E-29

20

30

【 0 0 4 9 】

実施例1のズームレンズの各収差図を図5に示す。なお、図5中の上段左側から順に広角端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示し、図5中の中段左側から順に中間位置での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示し、図5中の下段左側から順に望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。これらの収差図は、物体距離を無限遠としたときの状態を示す。球面収差、非点収差、歪曲収差を表す各収差図には、d線(波長587.6nm)を基準波長とした収差を示す。球面収差図にはd線(波長587.6nm)、C線(波長656.3nm)、g線(波長435.8nm)についての収差をそれぞれ実線、長破線、短破線で示す。非点収差図にはサジタル方向、タンジェンシャル方向の収差をそれぞれ実線と短破線で示す。倍率色収差図にはC線(波長656.3nm)、g線(波長435.8nm)についての収差をそれぞれ長破線、短破線で

40

50

示す。なお、球面収差図の $FNo.$ は F 値、その他の収差図の θ は半画角を意味する。

【 0 0 5 0 】

次に、実施例 2 のズームレンズについて説明する。実施例 2 のズームレンズのレンズ構成を示す断面図を図 2 に示す。実施例 2 のズームレンズは、実施例 1 のズームレンズと同じレンズ枚数構成である。また、実施例 2 のズームレンズの基本レンズデータを表 5 に、諸元に関するデータを表 6 に、変化する面間隔に関するデータを表 7 に、非球面係数に関するデータを表 8 に、各収差図を図 6 に示す。

【 0 0 5 1 】

【表 5】

実施例2・レンズデータ

面番号	曲率半径	面間隔	nd	νd	θ_{gF}
*1	666.6823	5.000	1.72916	54.68	0.5445
2	42.7467	24.024			
*3	95.0754	2.799	1.80610	40.93	0.5702
4	50.5817	11.168			
5	829.1279	2.400	1.91082	35.25	0.5822
6	119.1291	14.621			
7	-58.2787	3.301	1.53775	74.70	0.5394
8	-116.2341	5.532			
9	210.4026	12.933	1.64665	35.68	0.5858
10	-105.4508	DD[10]			
11	-939.8487	5.692	1.69763	37.46	0.5826
12	-143.9374	0.201			
13	-502.6960	10.617	1.59522	67.73	0.5443
14	-69.9202	3.600	1.91082	35.25	0.5822
15	-196.0975	DD[15]			
16	1224.8928	3.001	1.88300	40.76	0.5668
17	96.2921	15.047	1.43875	94.66	0.5340
18	-131.1512	3.869			
19	424.4044	12.001	1.43875	94.66	0.5340
20	-87.4145	DD[20]			
21	352.3454	4.617	1.49700	81.54	0.5375
22	-537.5402	DD[22]			
*23	54.6748	3.000	1.49700	81.54	0.5375
24	28.1791	18.042			
25	-50.4191	2.754	1.60342	38.03	0.5836
26	-36.2927	1.310	1.60300	65.44	0.5402
27	70.6131	1.957			
28	68.7224	1.299	1.80518	25.46	0.6157
29	36.5763	6.511	1.80100	34.97	0.5864
30	-255.7170	DD[30]			
31	-48.2746	1.300	1.59282	68.62	0.5441
32	56.5754	4.468	1.58144	40.75	0.5776
33	-153.0068	DD[33]			
34(絞り)	∞	2.003			
35	142.5835	2.951	1.66859	58.07	0.5426
36	-135.2406	0.149			
37	90.0679	4.925	1.80519	25.47	0.6101
38	-74.1510	1.211	1.80440	39.59	0.5730
39	-10057.1794	2.967			
40	50.1513	6.121	1.49700	81.54	0.5375
41	-58.4119	1.400	1.78929	25.54	0.6110
42	56.7875	19.859			
43	120.6065	4.146	1.80519	25.47	0.6101
44	-65.4318	0.999			
45	49.6164	6.090	1.66597	58.20	0.5426
46	-53.1161	1.201	1.88300	40.76	0.5668
47	28.6534	1.735			
48	35.2727	8.206	1.49700	81.54	0.5375
49	-29.0312	4.173	1.95375	32.32	0.5901
50	95.4429	0.149			
51	64.7599	13.401	1.51599	64.39	0.5381
52	-35.8213	3.000			
53	∞	1.400	1.51633	64.14	0.5353
54	∞	1.000			
55	∞	3.760	1.51633	64.14	0.5353
56	∞	48.570			

10

20

30

40

【 0 0 5 2 】

【表 6】

実施例2・諸元 (d線)

	広角端	中間	望遠端
ズーム倍率	1.00	1.90	2.94
f'	12.14	23.06	35.68
FNo.	2.86	2.86	2.86
2 ω [°]	101.8	62.4	43.0

【 0 0 5 3 】

【表 7】

実施例2・ズーム間隔

	広角端	中間	望遠端
DD[10]	8.850	8.850	8.850
DD[15]	10.294	10.294	10.294
DD[20]	3.529	4.041	8.119
DD[22]	1.035	50.393	74.166
DD[30]	75.611	25.502	3.756
DD[33]	8.036	8.275	2.170

10

【 0 0 5 4 】

【表 8】

実施例2・非球面係数

面番号	1	3	23
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00	1.00000000E+00
A3	-3.79267381E-06	7.77369253E-06	-2.13579459E-06
A4	3.08816575E-06	-3.63855252E-06	1.47163910E-06
A5	-1.60690917E-08	7.12912047E-08	1.20519166E-09
A6	-1.09429310E-09	-2.02247919E-09	6.82692882E-10
A7	1.30016770E-12	-1.12989973E-11	-1.07063651E-11
A8	6.70813102E-13	2.09891485E-12	-2.43084305E-12
A9	-1.58597109E-15	-1.93010451E-15	5.06077625E-14
A10	-2.08942542E-16	-1.38653907E-15	9.97208937E-15
A11	1.30082612E-19	2.35999931E-18	-1.07909394E-16
A12	3.16390426E-20	4.26989245E-19	-1.26730592E-17
A13	1.07537876E-22	2.02816792E-21	-1.53511762E-19
A14	1.00223404E-24	5.88331353E-23	-2.90127582E-21
A15	-7.13877311E-27	5.24336365E-25	4.91971553E-22
A16	-3.58425980E-28	-4.23519399E-26	9.57551896E-24
A17	-1.04600688E-29	-1.84128581E-27	1.21864288E-24
A18	-1.60608825E-31	-4.67174622E-29	-1.11137033E-26
A19	-9.91973045E-34	-4.54746669E-31	-3.17226066E-27
A20	7.59906780E-35	4.89125983E-32	5.67978343E-29

20

30

【 0 0 5 5 】

次に、実施例3のズームレンズについて説明する。実施例3のズームレンズのレンズ構成を示す断面図を図3に示す。実施例3のズームレンズは、実施例1のズームレンズと同じレンズ枚数構成である。また、実施例3のズームレンズの基本レンズデータを表9に、諸元に関するデータを表10に、変化する面間隔に関するデータを表11に、非球面係数に関するデータを表12に、各収差図を図7に示す。

40

【 0 0 5 6 】

【表 9】

実施例3・レンズデータ

面番号	曲率半径	面間隔	nd	νd	θ_{gF}
*1	720.9888	5.000	1.72916	54.68	0.5445
2	42.7441	23.981			
*3	83.5774	2.799	1.72916	54.68	0.5445
4	52.5981	12.777			
5	-266.3340	2.399	1.94999	26.16	0.6119
6	112.1747	15.411			
7	-54.4818	2.499	1.43875	94.66	0.5340
8	-133.2456	0.401			
9	290.3445	13.099	1.73800	32.26	0.5900
10	-80.2289	DD[10]			
11	1465.2152	6.641	1.56732	42.82	0.5731
12	-145.8072	0.199			
13	-609.3755	13.031	1.59282	68.62	0.5441
14	-58.3631	2.999	1.91082	35.25	0.5822
15	-147.7936	DD[15]			
16	3821.7337	2.999	1.88300	40.76	0.5668
17	93.2323	13.639	1.43875	94.66	0.5340
18	-108.8913	15.872			
19	-299.8528	9.616	1.43875	94.66	0.5340
20	-71.2398	DD[20]			
21	120.0615	5.467	1.49700	81.54	0.5375
22	-451.7087	DD[22]			
*23	93.5156	2.999	1.59282	68.62	0.5441
24	32.9359	10.172			
25	-51.8309	1.732	1.62004	36.26	0.5880
26	-45.0164	1.310	1.61800	63.33	0.5441
27	116.5947	6.772			
28	101.3784	1.299	1.80518	25.42	0.6162
29	34.9315	6.511	1.80000	29.84	0.6018
30	-257.9508	DD[30]			
31	-43.7192	1.300	1.61800	63.33	0.5441
32	78.5468	4.486	1.59270	35.31	0.5934
33	-104.8622	DD[33]			
34(絞り)	∞	1.866			
35	141.5395	3.506	1.58913	61.13	0.5407
36	-114.6360	0.149			
37	83.3614	8.900	1.80518	25.43	0.6103
38	-171.9012	2.511	1.80440	39.59	0.5730
39	-3427.6730	3.576			
40	60.3173	5.901	1.49700	81.54	0.5375
41	-58.8661	1.499	1.78472	25.68	0.6162
42	59.6604	20.140			
43	128.7780	4.283	1.80518	25.43	0.6103
44	-67.9375	4.037			
45	51.9878	5.349	1.53775	74.70	0.5394
46	-46.1818	1.500	1.79952	42.22	0.5673
47	27.8391	1.562			
48	32.1332	9.054	1.49700	81.54	0.5375
49	-28.3436	3.022	1.95375	32.32	0.5901
50	175.1794	0.623			
51	80.5048	13.401	1.48749	70.24	0.5301
52	-33.5185	3.000			
53	∞	1.400	1.51633	64.14	0.5353
54	∞	1.000			
55	∞	3.690	1.51633	64.14	0.5353
56	∞	48.419			

10

20

30

40

【 0 0 5 7 】

【表 1 0】

実施例3・諸元 (d線)

	広角端	中間	望遠端
ズーム倍率	1.00	1.90	2.94
f'	12.13	23.04	35.65
FNo.	2.86	2.86	2.86
2 ω [°]	102.2	62.4	43.2

【 0 0 5 8】

【表 1 1】

実施例3・ズーム間隔

	広角端	中間	望遠端
DD[10]	1.505	1.505	1.505
DD[15]	7.920	7.920	7.920
DD[20]	1.676	14.922	30.572
DD[22]	0.616	33.096	48.007
DD[30]	73.706	28.864	4.272
DD[33]	8.510	7.626	1.657

10

【 0 0 5 9】

【表 1 2】

実施例3・非球面係数

面番号	1	3	23
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00	1.00000000E+00
A3	-3.79267381E-06	7.77369253E-06	-2.13579459E-06
A4	3.43124383E-06	-4.31934600E-06	6.34919063E-07
A5	-2.82099665E-08	7.29270735E-08	-6.46247210E-09
A6	-9.69191271E-10	-1.90075033E-09	2.98634441E-10
A7	1.44954007E-12	-1.06709266E-11	-1.11021290E-11
A8	6.82544312E-13	2.20452609E-12	-2.36981658E-12
A9	-1.95746128E-15	-3.01462331E-15	5.22583969E-14
A10	-2.09263407E-16	-1.40430171E-15	1.01305617E-14
A11	1.33557677E-19	1.85488134E-18	-1.17022067E-16
A12	3.17782734E-20	4.22528921E-19	-1.39802644E-17
A13	1.10805778E-22	1.96374712E-21	-1.91863981E-19
A14	1.04653083E-24	5.63814969E-23	-6.29926869E-21
A15	-6.73207866E-27	6.71959911E-25	3.81827537E-22
A16	-3.59209165E-28	-3.84742212E-26	2.56475274E-24
A17	-1.04582542E-29	-1.77779559E-27	2.43128708E-24
A18	-1.61161149E-31	-4.20176418E-29	1.08598630E-26
A19	-1.00927738E-33	-3.45319852E-31	-5.52864322E-28
A20	7.56465850E-35	3.99789994E-32	-1.24533336E-28

20

30

【 0 0 6 0】

次に、実施例4のズームレンズについて説明する。実施例4のズームレンズのレンズ構成を示す断面図を図4に示す。実施例4のズームレンズは、実施例1のズームレンズと同じレンズ枚数構成である。また、実施例4のズームレンズの基本レンズデータを表13に、諸元に関するデータを表14に、変化する面間隔に関するデータを表15に、非球面係数に関するデータを表16に、各収差図を図8に示す。

40

【 0 0 6 1】

【表 1 3】

実施例4・レンズデータ

面番号	曲率半径	面間隔	nd	νd	θ_{gF}
*1	620.0124	5.001	1.72916	54.68	0.5445
2	43.1045	24.410			
*3	110.7421	2.800	1.80610	40.93	0.5702
4	47.2896	15.057			
5	-308.2095	2.524	1.91082	35.25	0.5822
6	221.2196	12.659			
7	-62.3975	2.500	1.53775	74.70	0.5394
8	-116.9980	2.581			
9	229.8331	12.373	1.72047	34.71	0.5835
10	-94.4939	DD[10]			
11	645.1587	11.435	1.56732	42.82	0.5731
12	-129.4768	0.200			
13	1096.1308	11.572	1.59282	68.62	0.5441
14	-69.0840	2.908	1.91082	35.25	0.5822
15	-326.8838	DD[15]			
16	908.1935	2.650	1.88300	40.76	0.5668
17	83.3310	16.154	1.43875	94.66	0.5340
18	-161.0353	9.149			
19	-478.9183	11.842	1.43875	94.66	0.5340
20	-72.8359	DD[20]			
21	129.4863	5.514	1.49700	81.54	0.5375
22	-367.6692	DD[22]			
*23	78.7279	3.000	1.59282	68.62	0.5441
24	34.3649	7.681			
25	-67.3423	3.591	1.62004	36.26	0.5880
26	-41.6530	1.309	1.61800	63.33	0.5441
27	68.0011	7.457			
28	75.3447	1.301	1.74077	27.79	0.6096
29	30.4950	6.500	1.73800	32.26	0.5900
30	-1340.9778	DD[30]			
31	-43.0976	1.301	1.61800	63.33	0.5441
32	61.6660	4.749	1.59270	35.31	0.5934
33	-124.7213	DD[33]			
34(絞り)	∞	2.131			
35	181.9135	3.956	1.59522	67.73	0.5443
36	-93.4507	0.151			
37	94.8331	4.558	1.80518	25.43	0.6103
38	-118.4030	1.510	1.80440	39.59	0.5730
39	-902.1238	3.814			
40	51.9558	6.819	1.49700	81.54	0.5375
41	-61.8300	1.999	1.78472	25.68	0.6162
42	58.5434	19.036			
43	116.6437	5.826	1.80518	25.43	0.6103
44	-70.4189	2.436			
45	53.3390	5.864	1.59282	68.62	0.5441
46	-53.3390	1.495	1.83481	42.72	0.5649
47	28.9062	1.694			
48	34.9661	9.693	1.49700	81.54	0.5375
49	-29.3610	2.286	1.95375	32.32	0.5901
50	124.4152	0.353			
51	67.1748	13.400	1.48749	70.24	0.5301
52	-35.7166	5.000			
53	∞	1.400	1.51633	64.14	0.5353
54	∞	1.000			
55	∞	3.690	1.51633	64.14	0.5353
56	∞	47.645			

10

20

30

40

【 0 0 6 2 】

【表 1 4】

実施例4・諸元 (d線)

	広角端	中間	望遠端
ズーム倍率	1.00	1.90	2.94
f'	12.12	23.03	35.63
FNo.	2.85	2.85	2.85
2 ω [°]	102.0	62.6	43.2

【 0 0 6 3 】

【表 1 5】

実施例4・ズーム間隔

	広角端	中間	望遠端
DD[10]	1.944	1.944	1.944
DD[15]	7.604	7.604	7.604
DD[20]	2.993	10.043	21.618
DD[22]	0.788	37.418	54.615
DD[30]	71.396	28.361	4.619
DD[33]	7.554	6.908	1.879

10

【 0 0 6 4 】

【表 1 6】

実施例4・非球面係数

面番号	1	3	23
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00	1.00000000E+00
A3	-3.79267381E-06	7.77369253E-06	-2.13579459E-06
A4	3.05396688E-06	-3.53726191E-06	4.67377256E-07
A5	-1.58949456E-08	7.25905827E-08	-1.03930108E-08
A6	-1.11778765E-09	-1.94634143E-09	2.33349715E-10
A7	2.88140472E-12	-1.01626981E-11	5.30322938E-12
A8	6.55805075E-13	2.17411825E-12	-1.71572287E-12
A9	-1.89633398E-15	-2.35603476E-15	1.81844609E-14
A10	-2.06015119E-16	-1.41174817E-15	8.58816477E-15
A11	1.60603752E-19	1.82716729E-18	-1.32452870E-16
A12	3.20087757E-20	4.18204047E-19	-1.30195079E-17
A13	9.54541440E-23	1.85900170E-21	-5.40768220E-20
A14	1.07311109E-24	5.35431955E-23	-4.88866480E-21
A15	-6.57878596E-27	6.68557294E-25	4.15495783E-22
A16	-3.39223115E-28	-3.57771926E-26	4.02031048E-23
A17	-1.12469968E-29	-1.78996826E-27	5.56385014E-25
A18	-1.58539863E-31	-3.93402007E-29	-2.78067849E-26
A19	-9.74722274E-34	-2.05853915E-31	-1.38439284E-27
A20	7.62412059E-35	3.69864088E-32	-2.74220828E-29

20

30

【 0 0 6 5 】

実施例 1 ~ 4 のズームレンズの条件式 (1) ~ (1 1) に対応する値を表 1 7 に示す。
 なお、全実施例とも d 線を基準波長としており、下記の表 1 7 に示す値はこの基準波長におけるものである。

40

【 0 0 6 6 】

【表 17】

式番号	条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)	DL3/DL2	2.283	16.917	2.640	3.639
(2)	$f3/f4$	0.601	0.643	0.545	0.627
(3)	$\nu d3p - \nu d3n$	4.42	9.51	4.42	4.47
(4)	$\nu d1an$	81.54	74.70	94.66	74.70
(5)	$\theta gF1an + 0.001625 \times \nu d1an$	0.6700	0.6607	0.6878	0.6607
(6)	$f1an/f1a$	4.721	4.678	4.621	5.253
(7)	$f1c/fw$	17.462	14.052	17.676	20.397
(8)	$f1b/fw$	21.033	26.820	20.548	20.439
(9)	$\nu d1ap$	34.71	35.68	32.26	34.71
(10)	$\theta gF1ap + 0.001625 \times \nu d1ap$	0.6399	0.6438	0.6424	0.6399
(11)	$f1ap/f1$	0.682	1.234	0.656	0.596

10

【0067】

以上のデータから、実施例1～4のズームレンズは全て、条件式(1)～(11)を満たしており、 Bf'/fw が1以上と比較的バックフォーカスが長く、全長/イメージサイズが35以下と小型で、かつ広角端での半画角が40度以上と広画角で、諸収差が良好に補正された高性能なズームレンズであることが分かる。

【0068】

次に、本発明の実施形態にかかる撮像装置について説明する。図9に、本発明の実施形態の撮像装置の一例として、本発明の実施形態のズームレンズを用いた撮像装置の概略構成図を示す。なお、図9では各レンズ群を概略的に示している。この撮像装置としては、例えば、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の固体撮像素子を記録媒体とするビデオカメラや電子スチルカメラ等を挙げることができる。

20

【0069】

図9に示す撮像装置10は、ズームレンズ1と、ズームレンズ1の像面側に配置されたローパスフィルタ等の機能を有するフィルタ6と、フィルタ6の像面側に配置された撮像素子7と、信号処理回路8とを備えている。撮像素子7はズームレンズ1により形成される光学像を電気信号に変換するものであり、例えば、撮像素子7としては、CCDやCMOS等を用いることができる。撮像素子7は、その撮像面がズームレンズ1の像面に一致するように配置される。

30

【0070】

ズームレンズ1により撮像された像は撮像素子7の撮像面上に結像し、その像に関する撮像素子7からの出力信号が信号処理回路8にて演算処理され、表示装置9に像が表示される。

【0071】

本実施形態の撮像装置10は、本発明のズームレンズ1を備えたものであるから、装置を小型化できるとともに、広画角かつ高画質の画像を取得することができる。

【0072】

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、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数等の値は、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。

40

【符号の説明】

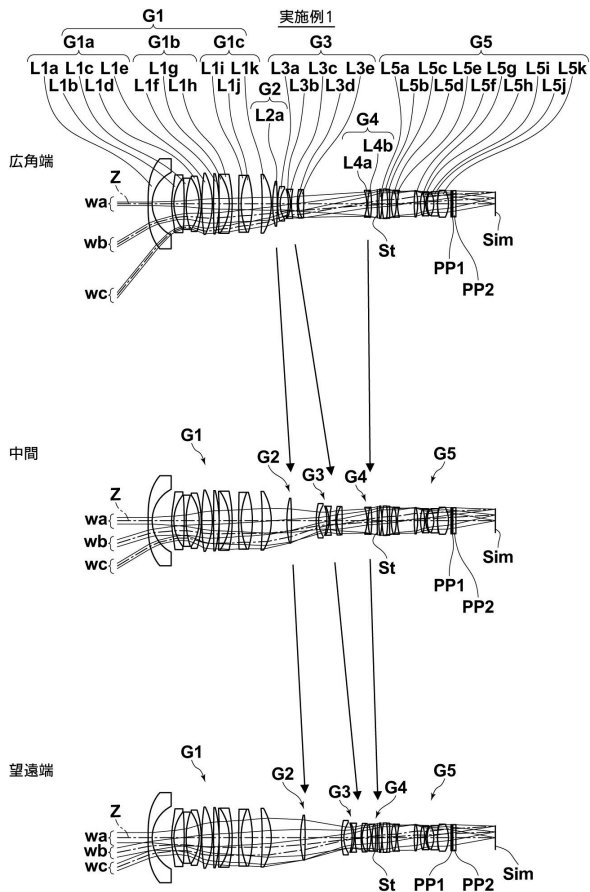
【0073】

- 1 ズームレンズ
- 6 フィルタ
- 7 撮像素子
- 8 信号処理回路
- 9 表示装置
- 10 撮像装置

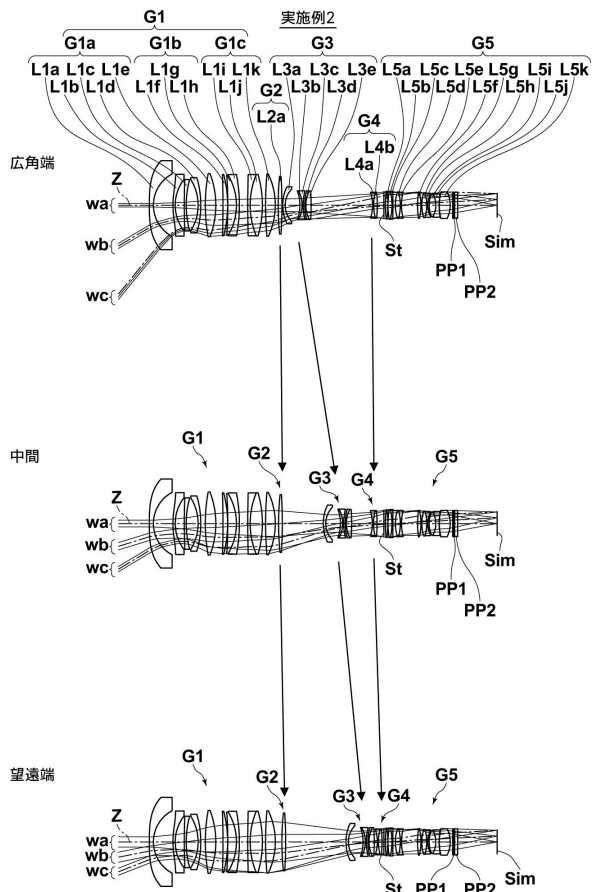
50

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群
- PP 1 , PP 2 光学部材
- L 1 a ~ L 5 k レンズ
- Sim 像面
- St 絞り
- wa 軸上光束
- wb 中間画角の光束
- wc 最大画角の光束
- Z 光軸

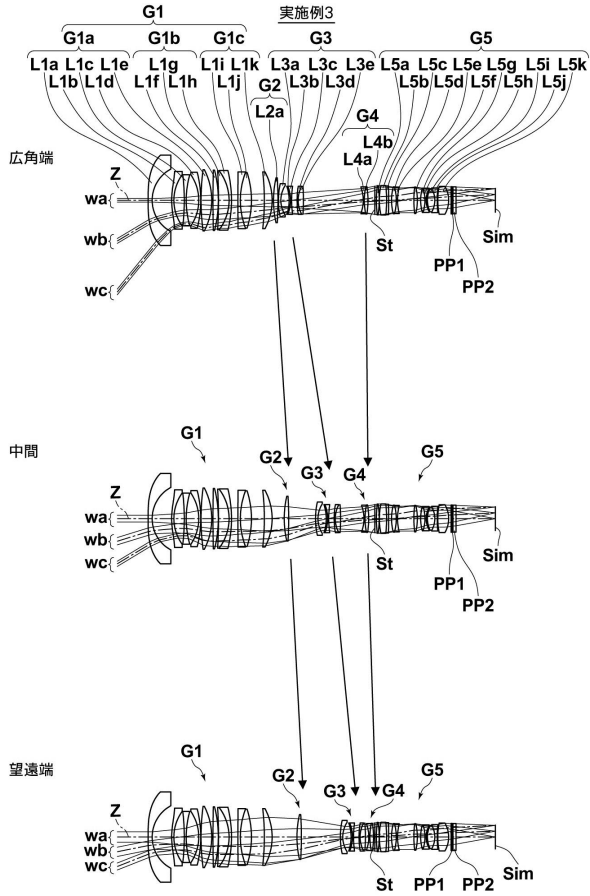
【 図 1 】



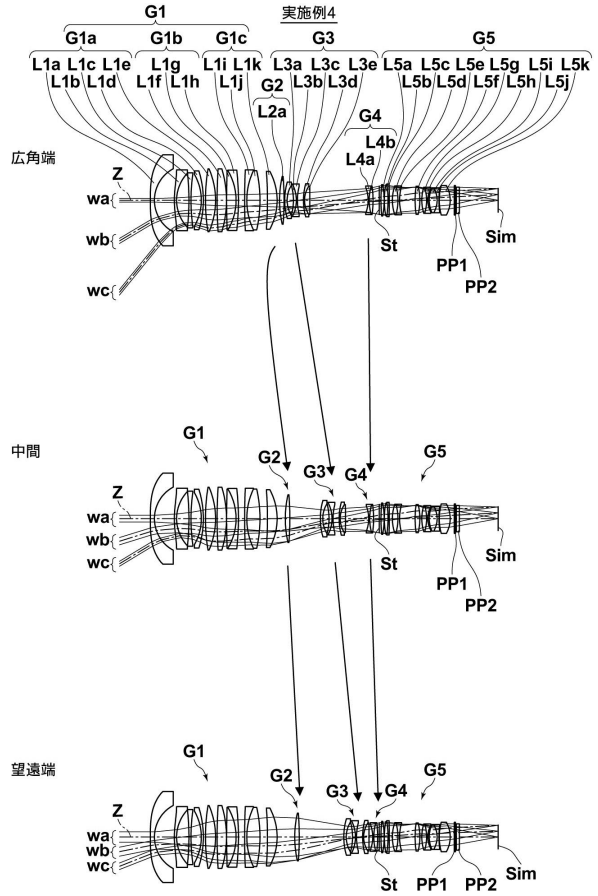
【 図 2 】



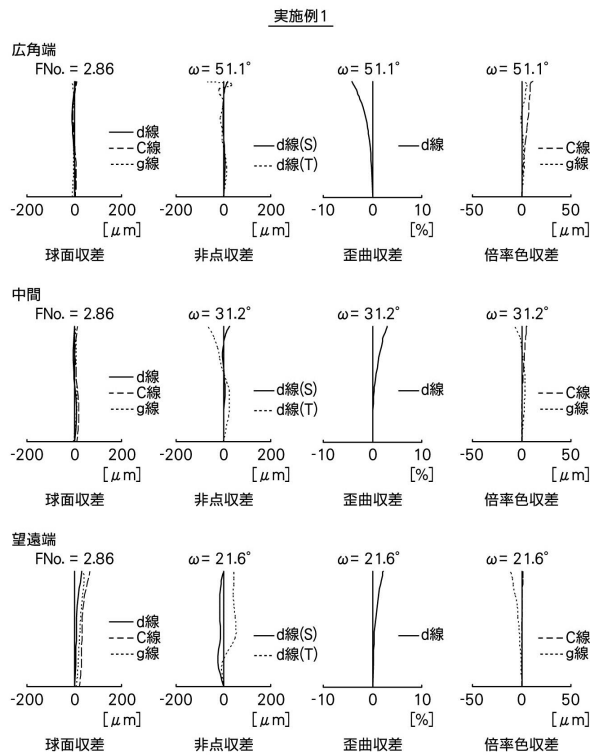
【図3】



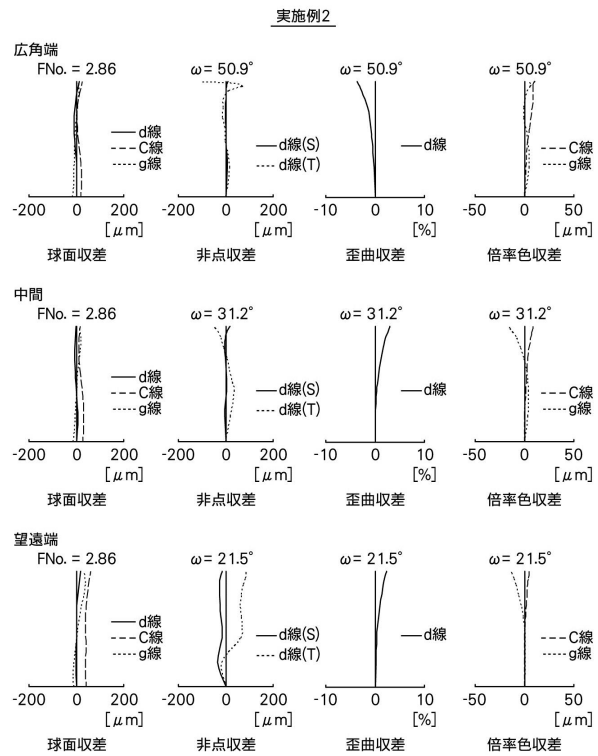
【図4】



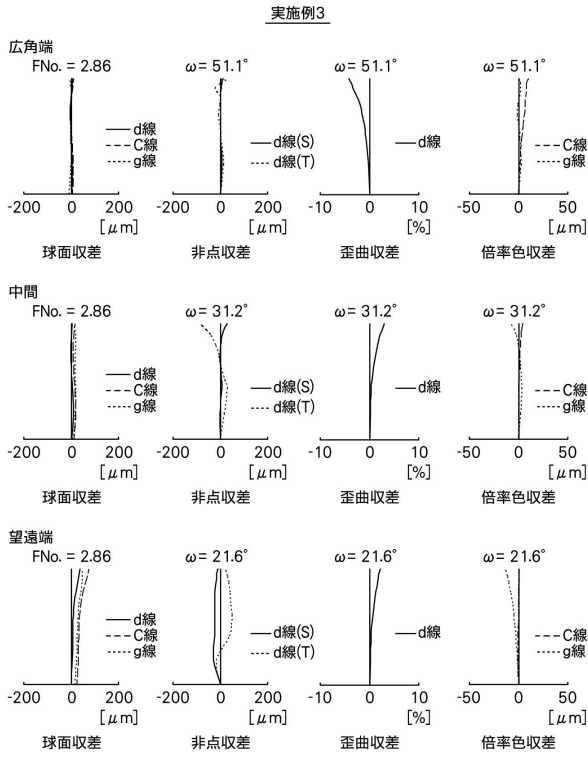
【図5】



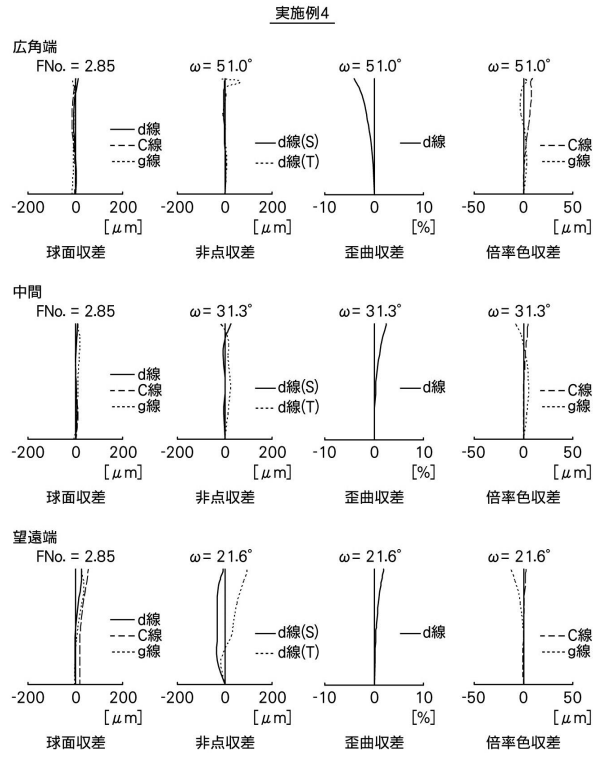
【図6】



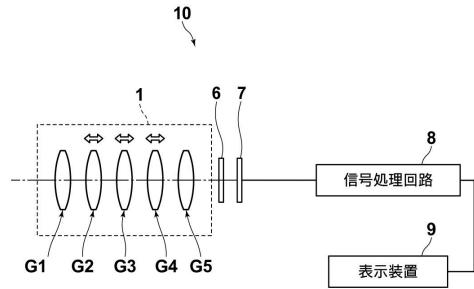
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-058590(JP,A)
特開2015-161695(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0241673(US,A1)
特開2009-237031(JP,A)
特開2002-162564(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0101661(US,A1)
特開2012-242766(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0300118(US,A1)
特開2013-221999(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0271849(US,A1)
特開2009-042346(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0046375(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/00 - 15/28