

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5438620号
(P5438620)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 15/167 (2006.01) G O 2 B 15/167
G O 2 B 15/12 (2006.01) G O 2 B 15/12
G O 3 B 5/00 (2006.01) G O 3 B 5/00 J

請求項の数 8 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2010-169991 (P2010-169991)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成22年7月29日 (2010.7.29)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2012-32469 (P2012-32469A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成24年2月16日 (2012.2.16)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成25年1月18日 (2013.1.18)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	青井 敏浩
			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

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、前記第2レンズ群および前記第3レンズ群を光軸に沿って移動させて相互の間隔を変化させることにより全系の焦点距離を変化させるズームレンズであって、

前記第1レンズ群が、物体側から順に、ともに負メニスカスレンズおよび正レンズが接合された2組の接合レンズと、正レンズとを有するものであり、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_{G1} とし、望遠端における全系の焦点距離を f_t としたとき、下記条件式(1)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$0.14 < f_{G1} / f_t < 0.26 \quad \dots \quad (1)$$

【請求項2】

前記第1レンズ群に含まれる全ての負レンズのd線におけるアッペ数の平均値を n とし、前記第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのd線におけるアッペ数の平均値を p としたとき、下記条件式(2)、(3)を満たすことを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

$$n > 4.8 \quad \dots \quad (2)$$

$$p > 7.5 \quad \dots \quad (3)$$

【請求項3】

前記第1レンズ群の負メニスカスレンズおよび正レンズが接合された前記接合レンズの

うち、最も物体側の前記接合レンズを第1の接合レンズとし、物体側から2番目の前記接合レンズを第2の接合レンズとし、前記第1の接合レンズを構成する前記負メニスカスレンズと前記正レンズのd線におけるアッペ数の差の絶対値を1とし、前記第2の接合レンズを構成する前記負メニスカスレンズと前記正レンズのd線におけるアッペ数の差の絶対値を2としたとき、下記条件式(4)、(5)を満たすことを特徴とする請求項1または2記載のズームレンズ。

$$1 < 1 \quad \dots \quad (4)$$

$$2 > 5 \quad \dots \quad (5)$$

【請求項4】

前記第1レンズ群が、物体側から順に、負メニスカスレンズと正レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズ、負メニスカスレンズと正レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズ、正レンズを配置してなる、5枚のレンズのみからなることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

10

【請求項5】

前記第4レンズ群が、1枚の正レンズおよび1枚の負レンズを含む第1の負レンズ群と、該第1の負レンズ群の像側に配置されて、光軸と直交する方向に移動させることにより撮影画像のぶれを補正する第2の負レンズ群とを有するものであり、

前記第1の負レンズ群の焦点距離を f_{4a} とし、前記第2の負レンズ群の焦点距離を f_{4b} としたとき、下記条件式(6)を満たすことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

$$1.5 < f_{4a} / f_{4b} < 3.5 \quad \dots \quad (6)$$

【請求項6】

前記第2レンズ群が、物体側から順に、負メニスカスレンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズと、正レンズおよび負レンズが接合された接合レンズとが配置された3群5枚構成であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

前記第4レンズ群の前記第2の負レンズ群の像側直後に、光路中に挿入することにより全系の焦点距離を長焦点側に変更するエクステンダーが挿脱可能に配置されていることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

30

【請求項8】

請求項1から7のいずれか1項に記載のズームレンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズおよび撮像装置に関し、特に、高変倍比で遠方監視用の監視カメラ用途として好適に使用可能なズームレンズおよび該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】

40

【0002】

従来、港湾などでの遠方監視に用いる監視用ビデオカメラ用の光学系としてズームレンズが用いられている。このような用途のズームレンズには、50倍以上の高変倍比かつ高性能を有し、夜間時や濃霧時での撮影のために近赤外域の波長にも対応可能であることが要望される。また、高変倍の光学系であることから、防振機能を備えていることが好ましいとされている。

【0003】

遠方監視用ビデオカメラに適した高変倍比のズームレンズとして、例えば特許文献1には変倍比が60倍程度のズームレンズが開示されている。このレンズ系は、正の第1レンズ群、負の第2レンズ群、正の第3レンズ群、および負の第4レンズ群からなり、第2レ

50

レンズ群と第3レンズ群とを光軸に沿って移動させることにより変倍を行うように構成されている。また、特許文献2には、変倍比が20倍程度のズームレンズが開示されている。このレンズ系は、第1レンズ群における屈折力の配置やアッペ数等を適切に設定することにより、収差補正、中でも色収差の補正を良好に行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-39005号公報

【特許文献2】特開2008-241884号公報

【発明の開示】

【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に記載のズームレンズは、高変倍比を実現しているが、近年の要望に応える程度にまで高性能を追求しようとすると、収差補正、特に望遠端の色収差の補正に改善の余地がある。特許文献2に記載のズームレンズは、高性能ではあるが、変倍比が20倍程度であり、港湾監視等の遠方監視の用途にはさらなる高変倍化が望まれる。このように、高変倍比を実現しながら全変倍域にわたって良好な性能を有し、さらには可視から近赤外までの波長帯域に対応可能な光学系を実現することは難しい。これらの要望を同時に満たすためには光学系が大型化する傾向にあるが、近年では装置のコンパクト性に対する要望も厳しくなっている。

【0006】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、レンズ系の大型化を抑制しながら、可視から近赤外までの波長帯域に対応可能で、高変倍比かつ高性能の両方を実現可能なズームレンズおよび該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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、第2レンズ群および第3レンズ群を光軸に沿って移動させて相互の間隔を変化させることにより全系の焦点距離を変化させるズームレンズであって、第1レンズ群が、物体側から順に、ともに負メニスカスレンズおよび正レンズが接合された2組の接合レンズと、正レンズとを有するものであり、第1レンズ群の焦点距離を f_{G1} とし、望遠端における全系の焦点距離を f_t としたとき、下記条件式(1)を満たすことを特徴とするものである。

$$0.14 < f_{G1} / f_t < 0.26 \quad \dots \quad (1)$$

【0008】

なお、本発明のズームレンズの第1レンズ群の上記2組の接合レンズはともに、物体側から、負メニスカスレンズ、正レンズの順に配置された2枚が接合されたものである。

【0009】

本発明のズームレンズにおいては、第1レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと正レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズ、負メニスカスレンズと正レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズ、正レンズを配置してなる、5枚のレンズのみからなるように構成してもよい。

【0010】

本発明のズームレンズにおいては、第1レンズ群に含まれる全ての負レンズのd線におけるアッペ数の平均値を n とし、第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのd線におけるアッペ数の平均値を p としたとき、下記条件式(2)、(3)を満たすことが好ましい。

$$n > 4.8 \quad \dots \quad (2)$$

$$p > 7.5 \quad \dots \quad (3)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

また、本発明のズームレンズにおいては、第 1 レンズ群が有する負メニスカスレンズおよび正レンズが接合された接合レンズのうち、最も物体側の接合レンズを第 1 の接合レンズとし、物体側から 2 番目の接合レンズを第 2 の接合レンズとし、第 1 の接合レンズを構成する負メニスカスレンズと正レンズの d 線におけるアッベ数の差の絶対値を 1 とし、第 2 の接合レンズを構成する負メニスカスレンズと正レンズの d 線におけるアッベ数の差の絶対値を 2 としたとき、下記条件式 (4)、(5) を満たすことが好ましい。

$$1 < 1 \quad \dots \quad (4)$$

$$2 > 5 \quad \dots \quad (5)$$

【 0 0 1 2 】

本発明のズームレンズにおいては、第 4 レンズ群が、1 枚の正レンズおよび 1 枚の負レンズを含む第 1 の負レンズ群と、該第 1 の負レンズ群の像側に配置されて、光軸と直交する方向に移動させることにより撮影画像のぶれを補正する第 2 の負レンズ群とを有するように構成してもよく、その場合は、第 1 の負レンズ群の焦点距離を $f_4 a$ とし、第 2 の負レンズ群の焦点距離を $f_4 b$ としたとき、下記条件式 (6) を満たすことが好ましい。

$$1.5 < f_4 a / f_4 b < 3.5 \quad \dots \quad (6)$$

【 0 0 1 3 】

本発明のズームレンズにおける第 2 レンズ群は、物体側から順に、負メニスカスレンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズと、正レンズおよび負レンズが接合された接合レンズとが配置された 3 群 5 枚構成とすることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明のズームレンズにおいては、第 4 レンズ群の第 2 の負レンズ群の像側直後に、光路中に挿入することにより全系の焦点距離を長焦点側に変更するエクステンダーが挿脱可能に配置されているように構成してもよい。なお「直後」とは、他の光学部材を配置することなく、ということの意味する。

【 0 0 1 5 】

なお、上述した本発明のズームレンズ、その可能な構成、好ましい構成での「負メニスカスレンズ」、「正レンズ」、「負レンズ」は、そのレンズが非球面レンズの場合は近軸領域におけるものとする。

【 0 0 1 6 】

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ことを特徴とするものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明のズームレンズは、物体側から順に、正の第 1 レンズ群と、負の第 2 レンズ群と、正の第 3 レンズ群と、正の第 4 レンズ群とを備え、第 2 レンズ群および第 3 レンズ群を光軸に沿って移動させて相互の間隔を変化させることにより全系の焦点距離を変化させるズームレンズにおいて、第 1 レンズ群のレンズ構成を好適に設定し、条件式 (1) を満たすように構成しているため、レンズ系の大型化を抑制しながら、可視から近赤外までの広い波長帯域で使用可能であり、高変倍比かつ高性能の両方を実現することができる。

【 0 0 1 8 】

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、コンパクトな装置を実現しながら、可視から近赤外までの広い波長帯域で使用可能であり、高変倍で高画質の映像を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 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

【 図 2 】 図 1 に示すズームレンズの第 4 レンズ群のレンズ構成を示す断面図

【 図 3 】 図 2 に示す第 4 レンズ群にエクステンダーを挿入した場合のレンズ構成を示す断面図

10

20

30

40

50

【図4】図4(A)、図4(B)はそれぞれ本発明の実施例1のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

【図5】図5(A)、図5(B)はそれぞれ本発明の実施例2のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

【図6】図6(A)、図6(B)はそれぞれ本発明の実施例3のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

【図7】図7(A)、図7(B)はそれぞれ本発明の実施例4のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

【図8】図8(A)、図8(B)はそれぞれ本発明の実施例5のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ構成を示す断面図

10

【図9】図9(A)～図9(L)は本発明の実施例1のズームレンズの各収差図

【図10】図10(A)～図10(L)は本発明の実施例2のズームレンズの各収差図

【図11】図11(A)～図11(L)は本発明の実施例3のズームレンズの各収差図

【図12】図12(A)～図12(L)は本発明の実施例4のズームレンズの各収差図

【図13】図13(A)～図13(L)は本発明の実施例5のズームレンズの各収差図

【図14】本発明の実施例1のズームレンズにエクステンダーを挿入した場合のレンズ構成を示す断面図

【図15】本発明の実施例2のズームレンズにエクステンダーを挿入した場合のレンズ構成を示す断面図

【図16】本発明の実施形態にかかる撮像装置の概略構成図

20

【発明を実施するための形態】

【0020】

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。まず、図1を参照しながら、本発明の実施形態にかかるズームレンズについて説明する。図1は本発明の一実施形態にかかるズームレンズの構成例を示す断面図であり、後述の実施例1のズームレンズに対応する。図1では、左側が物体側、右側が像側であり、無限遠に位置する物体に合焦時の広角端におけるレンズ配置を示したものである。

【0021】

本実施形態のズームレンズは、光軸Zに沿って、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備える。図1に示すズームレンズでは、開口絞りStとNDフィルタNDが第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間に配置されており、この開口絞りStは変倍時に固定されている。なお、図1に示す開口絞り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。

30

【0022】

NDフィルタNDは、本ズームレンズに必須の構成ではないが、例えばNDフィルタNDを光軸上の点から径方向に向かって濃度分布を持つように構成することにより、変倍に伴う像面の照度変化を低減することができる。

【0023】

このズームレンズは60倍程度の高変倍比を実現可能にするものであり、港湾等の遠方監視用の監視カメラに好適なものである。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や各種フィルタ等を配置することが好ましく、図1では、これらを想定した平行平板状の光学部材GCを第4レンズ群G4と像面Simとの間に配置した例を示している。

40

【0024】

このズームレンズは、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3を光軸Zに沿って移動させてこれら2つのレンズ群の相互の間隔を変化させることにより全系の焦点距離を連続的に変化させ、変倍を行うように構成されている。広角端から望遠端へ変倍するときの第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の移動軌跡を図1において各レンズ群の下に矢印

50

で模式的に示す。第1レンズ群G1および第4レンズ群G4は、変倍時には光軸方向に関しては固定されている。

【0025】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、負メニスカスレンズであるレンズL1および正レンズであるレンズL2を接合した接合レンズと、負メニスカスレンズであるレンズL3および正レンズであるレンズL4を接合した接合レンズと、正レンズであるレンズL5とを有する。第1レンズ群G1はさらにレンズを含むように構成することも可能であるが、小型化を考慮する場合には、上記5枚のレンズからなる3群5枚の構成とすることが好ましい。

【0026】

第1レンズ群G1が正負のレンズからなる接合レンズを2組有することで色収差の補正に有利となる。そして、第1レンズ群G1において上記順のように、パワーおよび形状の規定された各レンズを配置することで、特許文献1記載の実施例の光学系よりも収差補正の自由度を高くすることができ、高倍率のズームレンズで補正が困難な望遠側における残存2次スペクトルを含む軸上色収差と、基準波長における収差とをバランス良く補正することができ、可視から近赤外域までの広い波長帯域に対応可能な高性能の光学系を実現できる。

【0027】

第1レンズ群G1は、具体的には例えば、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズおよび両凸レンズの貼り合わせによる接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズおよび物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの貼り合わせによる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの3群5枚の構成とすることができる。

【0028】

また、このズームレンズは、第1レンズ群G1の焦点距離を f_{G1} とし、望遠端における全系の焦点距離を f_t としたとき、下記条件式(1)を満たすように構成されている。

$$0.14 < f_{G1} / f_t < 0.26 \quad \dots \quad (1)$$

【0029】

条件式(1)は、第1レンズ群G1と望遠端における全系の焦点距離の比を規定する式である。条件式(1)の下限を下回って第1レンズ群G1の屈折力が強くなると、望遠端の負の球面収差が大きくなり、収差補正が困難となり好ましくない。また、条件式(1)の上限を上回ると、所望の倍率を得るためにズームストロークが長くなり、光学系の大型化を招き好ましくない。

【0030】

より好ましくは、下記条件式(1-1)を満たすことである。条件式(1-1)を満たすことで、条件式(1)を満たすことにより得られる効果を高めることができる。

$$0.16 < f_{G1} / f_t < 0.24 \quad \dots \quad (1-1)$$

【0031】

さらに、本ズームレンズにおいては、第1レンズ群G1に含まれる全ての負レンズのd線におけるアッペ数の平均値を n とし、第1レンズ群G1に含まれる全ての正レンズのd線におけるアッペ数の平均値を p としたとき、下記条件式(2)、(3)を満たすことが好ましい。

$$n > 4.8 \quad \dots \quad (2)$$

$$p > 7.5 \quad \dots \quad (3)$$

【0032】

条件式(2)は、第1レンズ群G1中の負レンズのアッペ数を規定する式であり、条件式(3)は、第1レンズG1群中の正レンズのアッペ数を規定する式である。高変倍比、高性能、かつ近赤外も撮像可能なズームレンズを実現するためには、残存2次スペクトルが小さく、かつ高倍比で変倍した際にも色収差の変動量が小さいことが要求される。そのため、正レンズと負レンズともにアッペ数の大きな材質を用いることが好ましい。条

10

20

30

40

50

件式(2)、(3)の下限を下回ると、軸上色収差の残存2次スペクトルが増大し、得られる像に色滲みが生じ、良好な像を得ることが困難になる。

【0033】

より好ましくは、下記条件式(2-1)を満たすことである。

$$48 < n < 60 \quad \dots \quad (2-1)$$

条件式(2-1)の上限を超えると、正レンズとのアッペ数の差が小さくなりすぎ、1次の色消しが困難となる。

【0034】

さらにより好ましくは、下記条件式(2-2)を満たすことである。条件式(2-2)を満たすことで、条件式(2-1)を満たすことにより得られる効果を高めることができる。

$$50 < n < 58 \quad \dots \quad (2-2)$$

【0035】

また、条件式(3)に関しては、より好ましくは、下記条件式(3-1)を満たすことである。条件式(3-1)を満たすことで、条件式(3)を満たすことにより得られる効果を高めることができる。

$$p > 78 \quad \dots \quad (3-1)$$

【0036】

また、本ズームレンズにおいては、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズおよび正レンズが接合された接合レンズのうち、最も物体側の接合レンズを第1の接合レンズとし、物体側から2番目の接合レンズを第2の接合レンズとし、第1の接合レンズにおける負メニスカスレンズと正レンズのd線におけるアッペ数の差の絶対値を1とし、第2の接合レンズにおける負メニスカスレンズと正レンズのd線におけるアッペ数の差の絶対値を2としたとき、下記条件式(4)、(5)を満たすことが好ましい。

$$1 < 11 \quad \dots \quad (4)$$

$$2 > 50 \quad \dots \quad (5)$$

【0037】

第1レンズ群G1の第1の接合レンズは、色収差補正と、望遠側の基準波長の収差、特に球面収差を担うものである。第1レンズ群G1の第2の接合レンズは、主に望遠側の色収差補正を担うものである。条件式(4)の上限を上回ると、色収差の変動量が大きくなる。また、条件式(4)の上限を上回るような光学材料を用いた負メニスカスレンズと正レンズの組合せで第1の接合レンズを構成した場合には、基準波長の良好な収差補正を行うことが困難になる。条件式(5)の下限を下回ると、良好な色収差補正、特に望遠側の良好な色収差補正を行うことが困難になる。

【0038】

なお、条件式(4)、(5)に関して、より好ましくは、下記条件式(4-1)、(5-1)を満たすことである。条件式(4-1)、(5-1)それぞれを満たすことで、条件式(4)、(5)それぞれを満たすことにより得られる効果を高めることができる。

$$1 < 9 \quad \dots \quad (4-1)$$

$$2 > 52 \quad \dots \quad (5-1)$$

【0039】

第2レンズ群G2は、例えば、物体側から順に、負メニスカスレンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズと、正レンズおよび負レンズが接合された接合レンズとが配置された3群5枚の構成とすることができる。これにより、第2レンズ群G2として必要最小限のレンズ枚数で小型化を図りながら、全変倍域にわたって各収差を良好に補正することができ、特に中間焦点距離から望遠端における軸上色収差、倍率色収差の補正を容易にすることができる。

【0040】

第2レンズ群G2は、より具体的には例えば、図1に示す例のように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであるレンズL6と、物体側に凸面を向けた

10

20

30

40

50

負メニスカスレンズであるレンズL7および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるレンズL8が接合された接合レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるレンズL9および両凹レンズであるレンズL10が接合された接合レンズとが配置された3群5枚の構成とすることができる。移動群である第2レンズ群において、正負のレンズが接合された接合レンズを2組有し、メニスカスレンズを多用することで、色収差補正に有利になるとともに、全変倍域にわたって各収差を良好に補正することができる。

【0041】

第3レンズ群G3は、例えば図1に示す例のように、物体側から順に、両凸レンズであるレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであるレンズL12および両凸レンズであるレンズL13が接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるレンズL14とが配置された3群4枚の構成とすることができる。

10

【0042】

図2に、図1のズームレンズの第4レンズ群G4およびその近傍部分を拡大した図を示す。図2に示す例の第4レンズ群G4はレンズL15～L25からなる8群11枚構成である。

【0043】

第4レンズ群G4は、少なくとも1枚の正レンズおよび1枚の負レンズを含み、全体として負の屈折力を有する第1の負レンズ群G4aと、該第1の負レンズ群G4aの像側に配置されて、光軸Zと直交する方向に移動することにより撮影画像のぶれを補正する防振機能を有し、全体として負の屈折力を有する第2の負レンズ群G4bとを備えることが好ましい。

20

【0044】

後述のように、高変倍化のためには第4レンズ群G4中にエクステンダーを挿入することが好ましい。そして、エクステンダーを挿入際のエクステンダーの光軸方向の位置の誤差の許容量を大きくするためには、エクステンダーに入射する光束は平行光束であることが好ましい。第3レンズ群G3からの射出光束は一般に収束光束となるため、第3レンズ群G3とエクステンダーの間に位置するレンズ群は、全体として負の屈折力をもつものであることが好ましい。

【0045】

第3レンズ群G3と第1の負レンズ群G4aの間隔が大きくなると、第1の負レンズ群G4aに入射する光線の高さが低くなり、所望の射出画角を得るためには構成要素の各レンズの屈折力が強くなり、製造誤差の許容量が小さくなり、好ましくない。同様に、第1の負レンズ群G4aと第2の負レンズ群G4bの間隔が大きくなると、第2の負レンズ群G4bに入射する光線の高さが低くなり、所望の射出画角を得るためには構成要素の各レンズの屈折力が強くなり、製造誤差の許容量が小さくなり、好ましくない。

30

【0046】

以上のことから、第1の負レンズ群G4aは第4レンズ群G4の最も物体側に位置することが好ましく、第2の負レンズ群G4bは、第1の負レンズ群G4aの像側直後に配置することが好ましい。すなわち、第1の負レンズ群G4aと第2の負レンズ群G4bは、第3レンズ群G3とエクステンダーが挿入される位置の間にあることが好ましい。上述したように、第3レンズ群G3とエクステンダーの間に位置するレンズ群は全体として負の屈折力をもつことが好ましいことから、仮に、第1の負レンズ群G4aと第2の負レンズ群G4bの一方が正レンズ群であると、他方は負レンズ群となり、この他方の負レンズ群は一方の正レンズ群のパワーを打ち消すほどの強い負のパワーをもたなくてはならなくなるため、製造誤差の許容量が小さくなり、好ましくない。したがって、第1の負レンズ群G4aと第2の負レンズ群G4bはいずれも負レンズ群であることが好ましい。

40

【0047】

第1の負レンズ群G4aは、例えば図2に示す例のように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであるレンズL15および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるレンズL16が接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メ

50

ニスカスレンズであるレンズL 1 7とが配置された2群3枚の構成とすることができる。

【0048】

第2の負レンズ群G 4 bは、例えば図2に示す例のように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズであるレンズL 1 8と、両凹レンズであるレンズL 1 9とが配置された2群2枚の構成とすることができる。

【0049】

なお、第1の負レンズ群G 4 a、第2の負レンズ群G 4 bは必ずしも図2に示す構成に限定されない。例えば、第1の負レンズ群G 4 aは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズおよび物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズが接合された接合レンズからなる1群2枚の構成としてもよい。第2の負レンズ群G 4 bは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凹レンズとが配置された3群3枚の構成としてもよい。

【0050】

第1の負レンズ群G 4 aの最も物体側に正負のレンズからなる接合レンズを配置することで、この接合レンズと開口絞りS tとの距離が近くなるため、倍率色収差にほとんど影響を与えることなく、軸上色収差を好適に補正することが可能となる。

【0051】

第2の負レンズ群G 4 bにおいては、最も像側に配置される負の単レンズより物体側に位置するレンズ群は正の屈折力をもつことが好ましい。例えば、図2に示す例では、レンズL 1 9より物体側に位置するレンズL 1 8は正レンズであることが好ましい。仮に、第2の負レンズ群G 4 bにおいて、最も像側に配置される負の単レンズより物体側に位置するレンズ群が負の屈折力をもつと、該レンズ群からの射出光束は発散光束となり、第2の負レンズ群G 4 bにおいて最も像側に位置する負の単レンズの径が大きくなる。すると、この負の単レンズの重量が大きくなってしまいうため、第2の負レンズ群G 4 bを移動させる際に駆動系の負荷が大きくなり好ましくない。

【0052】

第4レンズ群G 4が、1枚の正レンズおよび1枚の負レンズを含む第1の負レンズ群G 4 aと、該第1の負レンズ群G 4 aの像側に配置されて、光軸と直交する方向に移動することにより撮影画像のぶれを補正する第2の負レンズ群G 4 bを有する場合は、第1の負レンズ群G 4 aの焦点距離を f_{4a} とし、第2の負レンズ群G 4 bの焦点距離を f_{4b} としたとき、下記条件式(6)を満たすことが好ましい。

$$1.5 < f_{4a} / f_{4b} < 3.5 \quad \dots \quad (6)$$

【0053】

条件式(6)は、第1の負レンズ群G 4 aと、防振のため光軸に対して垂直方向に移動可能な第2の負レンズ群G 4 bの焦点距離の比を規定する式である。条件式(6)の下限を下回って、第1の負レンズ群G 4 aの屈折力が強くなると、第1の負レンズ群G 4 aの光束発散性が強くなり、第2の負レンズ群G 4 bが大型化してしまい、重量も大きくなるので、迅速な防振制御が困難となる。条件式(6)の上限を上回って、第1の負レンズ群G 4 aの屈折力が弱くなると、第2の負レンズ群G 4 bを構成するレンズの製造誤差および組立誤差による性能変化量が大きくなり、画像の劣化を招きやすくなるため好ましくない。

【0054】

より好ましくは、下記条件式(6-1)を満たすことである。条件式(6-1)を満たすことで、条件式(6)を満たすことにより得られる効果を高めることができる。

$$1.8 < f_{4a} / f_{4b} < 3.2 \quad \dots \quad (6-1)$$

【0055】

本ズームレンズは、光路中に挿入することにより全系の焦点距離を長焦点側に変更するエクステンダーを挿脱可能に配置するようにしてもよい。その場合は、図3に例示するように、第2の負レンズ群G 4 bの像側直後に配置することが好ましい。図3は、図2に示す第4レンズ群G 4にエクステンダーExが挿入された第4レンズ群G 4'の構成を示す

10

20

30

40

50

レンズ断面図である。防振群である第2の負レンズ群G4b、およびエクステンダーは駆動装置により駆動させる必要があるため、仮に防振群とエクステンダーの間に固定群が配置されていると、機構的に煩雑となり好ましくない。

【0056】

本ズームレンズに耐環境性が求められる場合は、全系の最も物体側のレンズはガラス材質からなることが好ましい。最も物体側に配置されるレンズは、監視カメラの用途等で屋外で使用される場合は、常に太陽光に晒されるため、プラスチックレンズで構成すると、劣化や変質が懸念される。

【0057】

本ズームレンズが厳しい環境において使用される場合には、保護用の多層膜コートが施されることが好ましい。さらに、保護用コート以外にも、使用時のゴースト光低減等のための反射防止コートを施すようにしてもよい。

【0058】

図1に示す例では、レンズ系と結像面との間に光学部材GC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。

【0059】

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。実施例1のズームレンズのレンズ断面図を図4(A)、図4(B)に示す。図4(A)、図4(B)はそれぞれ、無限遠に位置する物体に合焦時の広角端、望遠端におけるレンズ配置を示す図である。図4(A)、図4(B)において、図の左側が物体側、右側が像側であり、図1と同様に開口絞り、NDフィルタND、光学部材GCも含めて示している。

【0060】

同様に、実施例2のズームレンズのレンズ断面図を図5(A)、図5(B)に、実施例3のズームレンズのレンズ断面図を図6(A)、図6(B)に、実施例4のズームレンズのレンズ断面図を図7(A)、図7(B)に、実施例5のズームレンズのレンズ断面図を図8(A)、図8(B)に示す。

【0061】

実施例1のズームレンズの基本レンズデータを表1に、ズームに関するデータを表2に示す。同様に、実施例2～5のズームレンズの基本レンズデータ、ズームに関するデータをそれぞれ表3～表10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2～5のものについても基本的に同様である。

【0062】

表1の基本レンズデータにおいて、 S_i の欄には最も物体側の構成要素の面を1番目として像側に向かうに従い順次増加する*i*番目($i = 1, 2, 3, \dots$)の面番号を示し、 R_i の欄には*i*番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄には*i*番目の面と*i*+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示している。また、 N_{d_i} の欄には*i*番目の面と*i*+1番目の面を有する光学要素の*d*線(波長587.6nm)に対する屈折率を示し、 d_i の欄には*i*番目の面と*i*+1番目の面を有する光学要素の*d*線に対するアッペ数を示している。

【0063】

なお、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。レンズデータには、開口絞りSt、NDフィルタ、光学部材GCも含めて示している。開口絞りStに相当する面の曲率半径の欄には(開口絞り)という語句も記載している。面間隔の最下欄の数値は、光学部材GCから像面までの面間隔である。

【0064】

表1のレンズデータにおいて、変倍時に間隔が変化する面間隔の欄にはそれぞれD8、D16、D23と記載している。D8は第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔であり、D16は第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔であり、D23は第3レンズ群G3と開口絞りStとの間隔である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

表2のズームに関するデータに、広角端、中間焦点距離位置、望遠端における、d線に対する全系の焦点距離 f 、F値 (F n o .)、全画角 2ω 、D8、D16、D23の値を示す。

【 0 0 6 6 】

以下に記載する表では、所定の桁で丸めた数値を記載している。また、以下に記載する表のデータにおいて、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使用することが可能なため、他の適当な単位を用いることもできる。

【 0 0 6 7 】

【表 1】

実施例1 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{di} (アッベ数)
1	233.6026	2.900	1.51633	64.14
2	93.1487	20.486	1.618	63.33
3	-3833.7762	0.650		
4	191.658	2.928	1.834807	42.71
5	78.1878	17.551	1.43875	94.93
6	635.5842	0.120		
7	84.7498	14.210	1.43875	94.93
8	335.9694	D8		
9	175.2338	1.304	1.882997	40.76
10	49.2827	8.414		
11	131.2409	1.750	1.72342	37.95
12	17.9408	3.389	1.92286	18.9
13	34.6022	3.273		
14	-56.1166	2.733	1.846609	23.78
15	-23.5633	1.200	1.882997	40.76
16	90.8451	D16		
17	73.4854	4.856	1.43875	94.93
18	-74.1927	0.120		
19	70.0324	2.791	1.903658	31.32
20	34.9293	5.792	1.43875	94.93
21	-176.776	0.120		
22	60.0622	4.266	1.696797	55.53
23	165.8201	D23		
24	∞ (開口絞り)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.033		
27	50.5827	1.201	1.882997	40.76
28	17.832	3.316	1.698947	30.13
29	93.2505	1.022		
30	62.3932	1.223	1.620041	36.26
31	37.5485	2.498		
32	15.9019	2.867	1.48749	70.23
33	34.9466	2.761		
34	-122.4569	1.200	1.882997	40.76
35	25.8067	29.974		
36	107.1766	2.823	1.6727	32.1
37	-22.524	0.532		
38	60.5761	3.656	1.48749	70.23
39	-15.3746	1.200	1.882997	40.76
40	-130.3878	0.153		
41	23.6367	1.200	1.785896	44.2
42	18.0173	10.541		
43	-117.9177	1.498	1.834807	42.71
44	19.9485	5.361	1.496999	81.54
45	-18.6671	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	17.711		

10

20

30

40

【 0 0 6 8 】

【表 2】

実施例1 ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	16.972	128.133	967.384
Fno.	3.6	3.601	9.042
2ω	28.113	3.881	0.516
D8	28.907	89.878	108.12
D16	150.303	68.143	4.961
D23	2.473	23.662	68.601

【 0 0 6 9 】

【表 3】

実施例2 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{di} (アッベ数)
1	294.3607	2.900	1.51633	64.14
2	97.8299	18.532	1.618	63.33
3	-1069.1708	0.120		
4	192.7874	2.900	1.834807	42.71
5	77.4382	16.911	1.43875	94.93
6	662.8557	0.120		
7	81.0121	13.454	1.43875	94.93
8	327.3442	D8		
9	225.4275	1.200	1.882997	40.76
10	52.5241	2.143		
11	148.6586	1.200	1.72342	37.95
12	16.7483	4.047	1.92286	18.9
13	35.1682	7.008		
14	-44.9107	2.058	1.846609	23.78
15	-25.7974	1.200	1.882997	40.76
16	73.8616	D16		
17	73.8167	5.252	1.43875	94.93
18	-69.2646	0.120		
19	70.1794	1.200	1.903658	31.32
20	35.2461	6.269	1.43875	94.93
21	-152.5383	0.120		
22	60.0153	3.078	1.696797	55.53
23	222.4074	D23		
24	∞ (開口絞り)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.439		
27	117.5173	1.200	1.806098	40.92
28	15.6108	3.814	1.6668	33.05
29	149.9867	1.260		
30	41.9588	1.200	1.581439	40.75
31	25.7300	0.120		
32	13.5546	3.421	1.48749	70.23
33	55.1078	3.259		
34	-53.4304	1.588	1.834807	42.71
35	28.9919	24.471		
36	188.1151	2.551	1.698947	30.13
37	-25.4125	7.044		
38	23.8037	4.104	1.48749	70.23
39	-11.5194	1.200	1.834807	42.71
40	326.0944	0.389		
41	29.2000	1.200	1.785896	44.2
42	17.2835	11.147		
43	-69.3281	1.200	1.834807	42.71
44	41.5446	3.480	1.43875	94.93
45	-11.6179	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	9.848		

10

20

30

40

【 0 0 7 0 】

【表 4】

実施例2 ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	16.972	128.133	967.379
Fno.	3.6	3.6	9.051
2ω	25.675	3.544	0.47
D8	40.725	96.664	113.322
D16	138.681	63.073	4.964
D23	2.529	22.197	63.648

【 0 0 7 1 】

【表 5】

実施例3 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν di (アッベ数)
1	208.9115	3.309	1.522494	59.84
2	99.4181	18.674	1.592399	68.3
3	-1685.0654	1.987		
4	166.830	6.211	1.834807	42.71
5	77.2468	18.340	1.43875	94.93
6	573.8424	0.584		
7	77.8302	14.794	1.43875	94.93
8	256.4075	D8		
9	327.3412	3.410	1.882997	40.76
10	46.7393	12.659		
11	885.5311	4.395	1.701536	41.24
12	19.6615	2.220	1.92286	18.9
13	37.7421	2.406		
14	-52.8041	2.776	1.846609	23.78
15	-20.3287	1.200	1.882997	40.76
16	131.418	D16		
17	73.5018	5.836	1.43875	94.93
18	-70.0534	1.330		
19	68.1318	1.264	1.903658	31.32
20	34.9274	5.568	1.43875	94.93
21	-146.4106	0.299		
22	60.702	2.840	1.670029	47.23
23	194.5105	D23		
24	∞ (開口絞り)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.763		
27	53.7394	1.217	1.882997	40.76
28	17.2512	3.418	1.698947	30.13
29	95.3722	1.045		
30	56.6147	1.290	1.620041	36.26
31	34.2113	2.486		
32	15.7566	2.636	1.496999	81.54
33	33.0112	2.848		
34	-119.5627	1.827	1.882997	40.76
35	28.3539	34.965		
36	96.7319	8.089	1.6727	32.1
37	-22.1327	0.246		
38	61.7716	3.286	1.496999	81.54
39	-15.2823	5.638	1.882997	40.76
40	-271.6175	0.120		
41	22.8343	1.242	1.785896	44.2
42	17.5214	17.292		
43	-534.2052	1.304	1.834807	42.71
44	18.6756	2.864	1.496999	81.54
45	-18.8972	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	11.124		

10

20

30

40

【 0 0 7 2 】

【表 6】

実施例3 ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	16.107	121.605	918.094
Fno.	3.6	3.601	8.596
2ω	29.397	3.997	0.469
D8	19.605	73.2	88.871
D16	137.121	63.235	5.626
D23	2.178	22.469	64.407

【 0 0 7 3 】

【表 7】

実施例4 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν di (アッベ数)
1	215.5379	3.171	1.48749	70.23
2	88.9466	20.054	1.618	63.33
3	-9653.7791	0.168		
4	211.6353	3.926	1.834807	42.71
5	74.9054	17.360	1.43875	94.93
6	509.263	0.200		
7	86.9727	15.646	1.496999	81.54
8	288.7008	D8		
9	147.2507	1.419	1.882997	40.76
10	51.9298	8.297		
11	119.3308	4.559	1.72342	37.95
12	18.3142	3.172	1.92286	18.9
13	33.9007	2.964		
14	-55.4132	3.997	1.846609	23.78
15	-23.3736	1.914	1.882997	40.76
16	82.8884	D16		
17	71.4644	5.630	1.43875	94.93
18	-73.375	0.315		
19	67.8967	2.026	1.903658	31.32
20	34.7263	12.063	1.43875	94.93
21	-142.0527	0.281		
22	55.2241	2.959	1.696797	55.53
23	134.1399	D23		
24	∞ (開口絞り)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.500		
27	55.8484	1.200	1.882997	40.76
28	15.4202	3.322	1.698947	30.13
29	98.4491	1.000		
30	52.6359	1.286	1.620041	36.26
31	37.2841	2.221		
32	15.9249	2.008	1.48749	70.23
33	32.8095	2.315		
34	-141.4064	2.913	1.882997	40.76
35	27.4315	27.626		
36	109.332	3.493	1.6727	32.1
37	-22.7693	0.323		
38	71.4068	3.753	1.48749	70.23
39	-15.6159	2.207	1.882997	40.76
40	-144.2752	0.120		
41	23.7766	1.278	1.785896	44.2
42	18.4809	6.274		
43	-136.8969	3.720	1.834807	42.71
44	20.8142	4.417	1.496999	81.54
45	-18.5541	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	21.715		

10

20

30

40

【 0 0 7 4 】

【表 8】

実施例4 ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	14,219	107,352	810,492
Fno.	3.6	3.599	7.596
2ω	33.401	4.541	0.541
D8	19,548	89,355	110,646
D16	158,928	69,948	8,081
D23	1,818	20.99	61.567

【 0 0 7 5 】

【表 9】

実施例5 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{di} (アッベ数)
1	210.9815	3.218	1.522494	59.84
2	102.8806	18.559	1.569075	71.3
3	-995.4027	1.985		
4	165.4025	7.408	1.834807	42.71
5	78.124	18.093	1.43875	94.93
6	592.3707	0.510		
7	77.8117	14.387	1.43875	94.93
8	256.1136	D8		
9	391.5615	2.461	1.882997	40.76
10	47.8569	12.291		
11	-4632.254	3.973	1.701536	41.24
12	19.5322	4.713	1.92286	18.9
13	38.949	2.391		
14	-49.7582	2.632	1.846609	23.78
15	-22.7716	1.649	1.882997	40.76
16	136.257	D16		
17	73.7514	5.870	1.43875	94.93
18	-72.0202	1.112		
19	68.0002	1.216	1.903658	31.32
20	34.8202	5.893	1.43875	94.93
21	-142.5488	0.452		
22	60.8314	2.823	1.670029	47.23
23	205.5119	D23		
24	∞ (開口絞り)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	0.606		
27	57.4733	1.200	1.882997	40.76
28	20.1516	3.398	1.698947	30.13
29	107.9817	1.069		
30	56.5096	1.281	1.595509	39.24
31	33.3219	2.572		
32	16.0258	2.586	1.592399	68.3
33	26.652	2.927		
34	-106.0408	1.792	1.882997	40.76
35	28.5321	34.535		
36	101.1469	7.551	1.6727	32.1
37	-22.1168	0.221		
38	60.4887	3.273	1.496999	81.54
39	-15.3263	5.657	1.882997	40.76
40	-268.4097	0.120		
41	22.7552	1.253	1.785896	44.2
42	17.406	17.315		
43	-637.7136	1.325	1.834807	42.71
44	18.7193	2.870	1.496999	81.54
45	-18.8568	5.000		
46	∞	1.200	1.516329	64.1
47	∞	11.622		

10

20

30

40

【 0 0 7 6 】

【表 1 0】

実施例5 ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	15.671	118.31	893.222
Fno.	3.6	3.6	8.351
2 ω	30.093	4.099	0.486
D8	18.02	71.956	87.705
D16	138.092	64.077	7.047
D23	2.097	22.176	63.456

【 0 0 7 7 】

実施例 1 ~ 5 のズームレンズの条件式 (1) ~ (6) に対応する値を表 1 1 に示す。なお、表 1 1 の値は d 線に対するものである。

【 0 0 7 8 】

【表 1 1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1) fG1/ft	0.178	0.176	0.168	0.223	0.171
(2) ν_n	53.4	53.4	51.3	56.5	51.3
(3) ν_p	84.4	84.4	86.1	79.9	87.1
(4) $\Delta \nu 1$	0.8	0.8	8.5	6.9	11.5
(5) $\Delta \nu 2$	52.2	52.2	52.2	52.2	52.2
(6) f4a/f4b	3.03	3.01	2.06	2.42	2.67
fG1	172.309	169.958	154.659	180.521	152.962
f4a	-157.60	-154.58	-122.35	-130.86	-142.27
f4b	-52.08	-51.43	-59.38	-54.07	-53.35

【 0 0 7 9 】

実施例 1 のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、倍率色収差（倍率の色収差）をそれぞれ図 9（A）~ 図 9（D）に示し、中間焦点距離位置における球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、倍率色収差（倍率の色収差）をそれぞれ図 9（E）~ 図 9（H）に示し、望遠端における球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、倍率色収差（倍率の色収差）をそれぞれ図 9（I）~ 図 9（L）に示す。

【 0 0 8 0 】

各収差図は d 線を基準としたものであるが、球面収差図では g 線（波長 435.8 nm）、C 線（波長 656.3 nm）、波長 880 nm に関する収差も示し、倍率色収差図では g 線、C 線、波長 880 nm に関する収差を示す。非点収差図では、サジタル方向については実線で、タンジェンシャル方向については点線で示している。球面収差図の Fno. は F 値を意味し、その他の収差図の ω は半画角を意味する。

【 0 0 8 1 】

同様に、実施例 2 のズームレンズの広角端、中間焦点距離位置、望遠端における各収差図を図 10（A）~ 図 10（L）に示し、実施例 3 のズームレンズの広角端、中間焦点距離位置、望遠端における各収差図を図 11（A）~ 図 11（L）に示し、実施例 4 のズームレンズの広角端、中間焦点距離位置、望遠端における各収差図を図 12（A）~ 図 12（L）に示し、実施例 5 のズームレンズの広角端、中間焦点距離位置、望遠端における各収差図を図 13（A）~ 図 13（L）に示す。なお、上記全収差図は物体距離を 50 m としたときのものである。

【 0 0 8 2 】

実施例 1 ~ 5 のズームレンズは、約 5.7 倍の高変倍比を有し、高変倍の光学系としては比較的コンパクトに構成されながら、全変倍域にわたって可視から近赤外域までの広い波長帯域で良好に収差補正されて高い光学性能を実現するものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

また、上記実施例 1、2 のズームレンズに拡大率 2 倍のエクステンダー E x を挿入したもののレンズ断面図をそれぞれ図 1 4、図 1 5 に示す。図 1 4、図 1 5 の例では、エクステンダー E x は、各ズームレンズの第 4 レンズ群 G 4 の第 2 の負レンズ群 G 4 b の像側直後に配置されている。エクステンダー E x が挿入された状態の第 4 レンズ群は G 4 ' の符号を付して示している。

【 0 0 8 4 】

上記実施例 1 のズームレンズにエクステンダーを挿入したものの基本レンズデータを表 1 2 に、ズームに関するデータを表 1 3 に示す。上記実施例 2 のズームレンズにエクステンダーを挿入したものの基本レンズデータを表 1 4 に、ズームに関するデータを表 1 5 に示す。表 1 2 ~ 表 1 5 における記号の意味は前述の実施例 1 のものと同様である。

10

【 0 0 8 5 】

【表 1 2】

実施例 1 + エクステンダー 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν di (アッベ数)
1	233.6026	2.900	1.51633	64.14
2	93.1487	20.486	1.618	63.33
3	-3833.7762	0.650		
4	191.658	2.928	1.834807	42.71
5	78.1878	17.551	1.43875	94.93
6	635.5842	0.120		
7	84.7498	14.210	1.43875	94.93
8	335.9694	D8		
9	175.2338	1.304	1.882997	40.76
10	49.2827	8.414		
11	131.2409	1.750	1.72342	37.95
12	17.9408	3.389	1.92286	18.9
13	34.6022	3.273		
14	-56.1166	2.733	1.846609	23.78
15	-23.5633	1.200	1.882997	40.76
16	90.8451	D16		
17	73.4854	4.856	1.43875	94.93
18	-74.1927	0.120		
19	70.0324	2.791	1.903658	31.32
20	34.9293	5.792	1.43875	94.93
21	-176.776	0.120		
22	60.0622	4.266	1.696797	55.53
23	165.8201	D23		
24	∞ (開口絞リ)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.033		
27	50.5827	1.201	1.882997	40.76
28	17.832	3.316	1.698947	30.13
29	93.2505	1.022		
30	62.3932	1.223	1.620041	36.26
31	37.5485	2.498		
32	15.9019	2.867	1.48749	70.23
33	34.9466	2.761		
34	-122.4569	1.200	1.882997	40.76
35	25.8067	3.000		
36	18.2704	3.195	1.496999	81.54
37	-59.5365	2.429		
38	61.1442	3.307	1.808095	22.76
39	-12.7863	1.201	1.84666	23.78
40	32.5616	7.022		
41	-678.118	1.200	1.788001	47.37
42	7.1441	2.078	1.84666	23.78
43	14.2896	6.542		
44	107.1766	2.823	1.6727	32.1
45	-22.524	0.532		
46	60.5761	3.656	1.48749	70.23
47	-15.3746	1.200	1.882997	40.76
48	-130.3878	0.153		
49	23.6367	1.200	1.785896	44.2
50	18.0173	10.541		
51	-117.9177	1.498	1.834807	42.71
52	19.9485	5.361	1.496999	81.54
53	-18.6671	5.000		
54	∞	1.200	1.516329	64.1
55	∞	17.742		

10

20

30

40

【表 1 3】

実施例1 + エクステンダーズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	33.171	250.435	1890.744
Fno.	7.059	7.061	17.495
2ω	15.005	2.008	0.266
D8	28.907	89.878	108.12
D16	150.303	68.143	4.961
D23	2.473	23.662	68.601

【 0 0 8 7 】

【表 1 4】

実施例2+エクステンダー 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν di (アッベ数)
1	294.3607	2.900	1.51633	64.14
2	97.8299	18.532	1.618	63.33
3	-1069.1708	0.120		
4	192.7874	2.900	1.834807	42.71
5	77.4382	16.911	1.43875	94.93
6	662.8557	0.120		
7	81.0121	13.454	1.43875	94.93
8	327.3442	D8		
9	225.4275	1.200	1.882997	40.76
10	52.5241	2.143		
11	148.6586	1.200	1.72342	37.95
12	16.7483	4.047	1.92286	18.9
13	35.1682	7.008		
14	-44.9107	2.058	1.846609	23.78
15	-25.7974	1.200	1.882997	40.76
16	73.8616	D16		
17	73.8167	5.252	1.43875	94.93
18	-69.2646	0.120		
19	70.1794	1.200	1.903658	31.32
20	35.2461	6.269	1.43875	94.93
21	-152.5383	0.120		
22	60.0153	3.078	1.696797	55.53
23	222.4074	D23		
24	∞ (開口絞リ)	0.600		
25	∞	0.500	1.516798	64.2
26	∞	1.439		
27	117.5173	1.200	1.806098	40.92
28	15.6108	3.814	1.6668	33.05
29	149.9867	1.260		
30	41.9588	1.200	1.581439	40.75
31	25.73	0.120		
32	13.5546	3.421	1.48749	70.23
33	55.1078	3.259		
34	-53.4304	1.588	1.834807	42.71
35	28.9919	2.738		
36	19.1928	3.204	1.496999	81.54
37	-54.8105	3.708		
38	49.6926	3.395	1.808372	24.61
39	-13.6858	2.668	1.84666	23.78
40	93.0784	1.863		
41	-97.2381	1.083	1.882997	40.76
42	5.7136	2.887	1.84666	23.78
43	13.542	2.926		
44	188.1151	2.551	1.698947	30.13
45	-25.4125	7.044		
46	23.8037	4.104	1.48749	70.23
47	-11.5194	1.200	1.834807	42.71
48	326.0944	0.389		
49	29.2	1.200	1.785896	44.2
50	17.2835	11.147		
51	-69.3281	1.200	1.834807	42.71
52	41.5446	3.480	1.43875	94.93
53	-11.6179	5.000		
54	∞	1.200	1.516329	64.1
55	∞	9.889		

10

20

30

40

【表 15】

実施例2+エクステンダー ズームに関するデータ

	広角端	中間	望遠端
f	32.946	248.734	1877.898
Fno.	7.038	7.019	17.545
2 ω	13.727	1.835	0.243
D8	40.725	96.664	113.322
D16	138.681	63.073	4.964
D23	2.529	22.197	63.648

【0089】

図16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。撮像装置としては、例えば、監視カメラ、ビデオカメラ、電子スチルカメラ等を挙げることができる。

【0090】

図16に示す撮像装置10は、ズームレンズ1と、ズームレンズ1の像側に配置されたフィルタ2と、ズームレンズによって結像される被写体の像を撮像する撮像素子3と、撮像素子3からの出力信号を演算処理する信号処理部4と、ズームレンズ1の変倍を行うためのズーム制御部5とを備える。

【0091】

ズームレンズ1は、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りStと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備える。なお、図16では、各レンズ群を概念的に示している。撮像素子3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、その撮像面がズームレンズの像面に一致するように配置される。撮像素子3としては例えばCCDやCMOS等を用いることができる。

【0092】

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。

【符号の説明】

【0093】

- 1 ズームレンズ
- 2 フィルタ
- 3 撮像素子
- 4 信号処理部
- 5 ズーム制御部
- 10 撮像装置
- Ex エクステンダー
- G1 第1レンズ群
- G2 第2レンズ群
- G3 第3レンズ群
- G4、G4' 第4レンズ群
- G4a 第1の負レンズ群
- G4b 第2の負レンズ群
- GC 光学部材
- L1～L25 レンズ
- ND NDフィルタ
- Sim 像面
- St 開口絞り

10

20

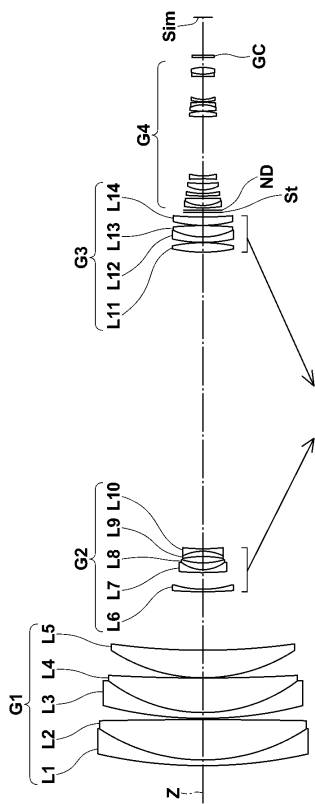
30

40

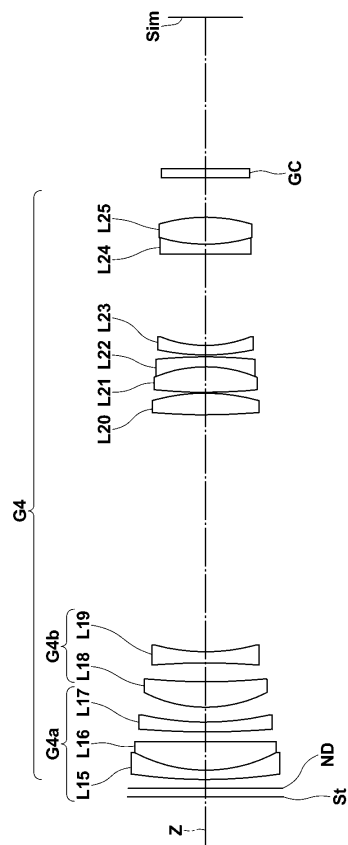
50

Z 光軸

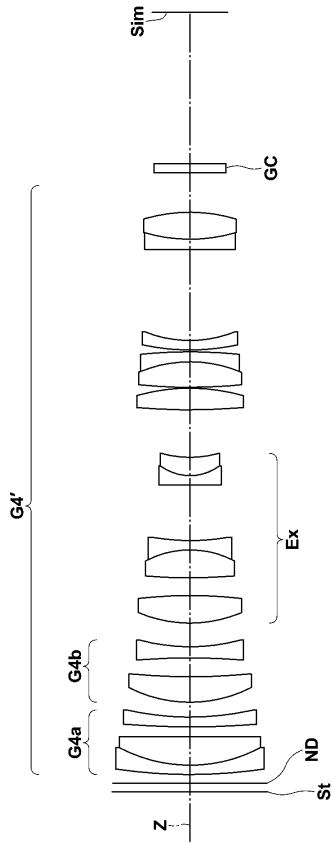
【 図 1 】



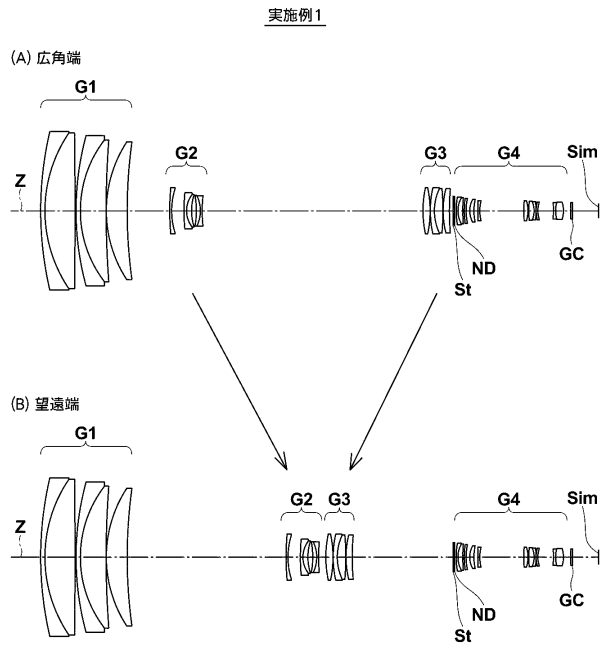
【 図 2 】



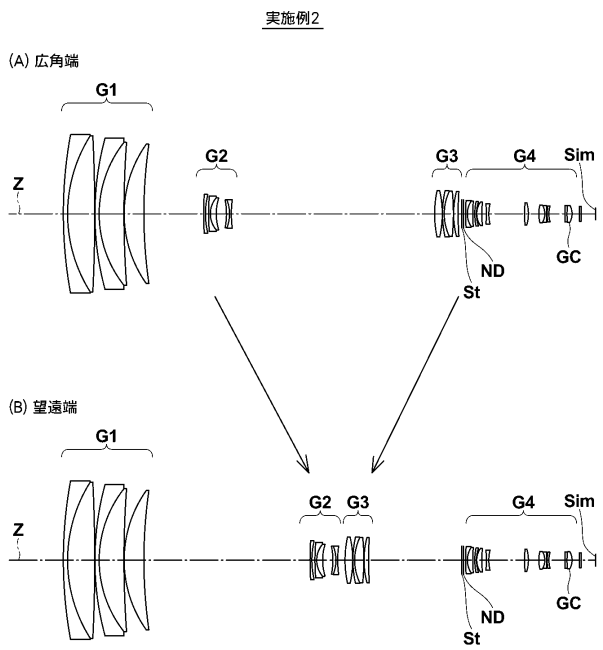
【 図 3 】



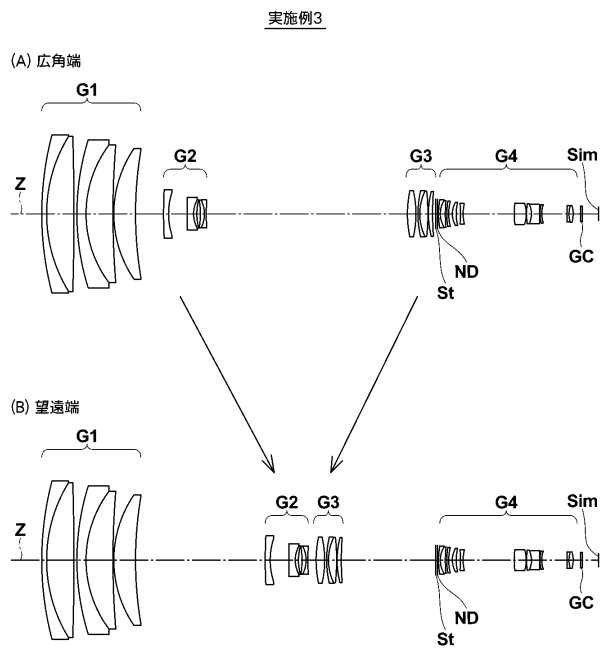
【 図 4 】



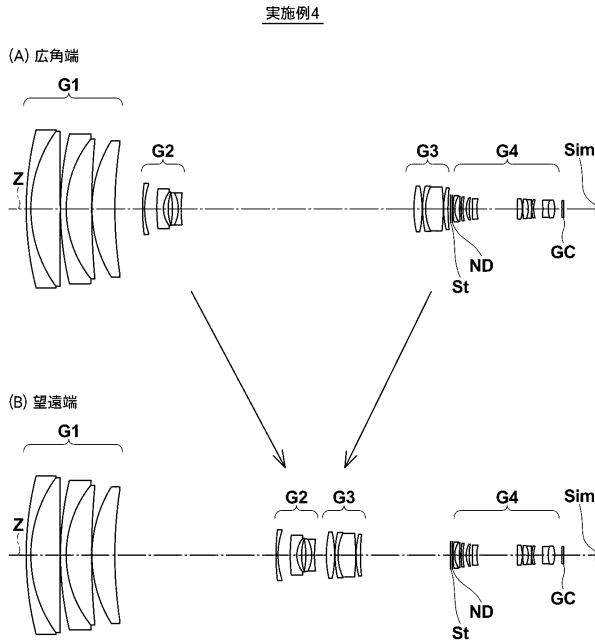
【 図 5 】



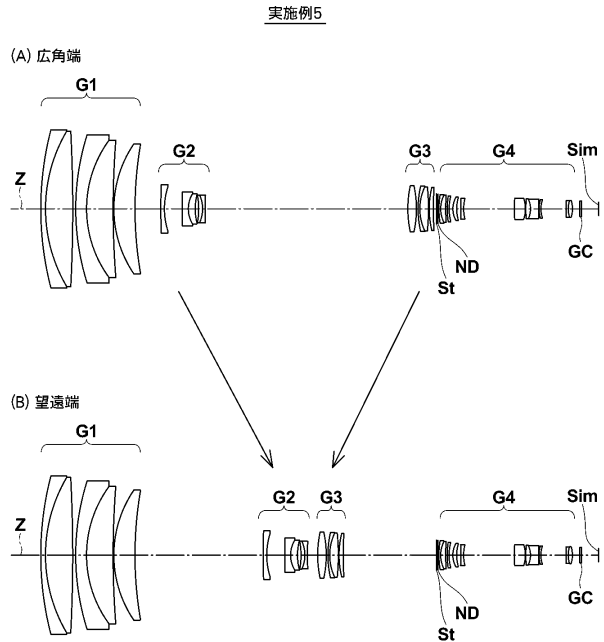
【 図 6 】



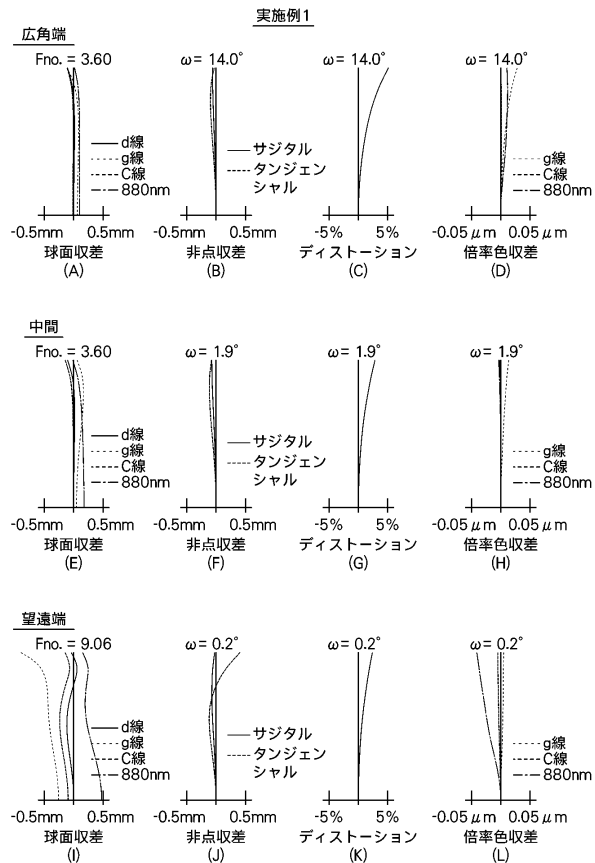
【図7】



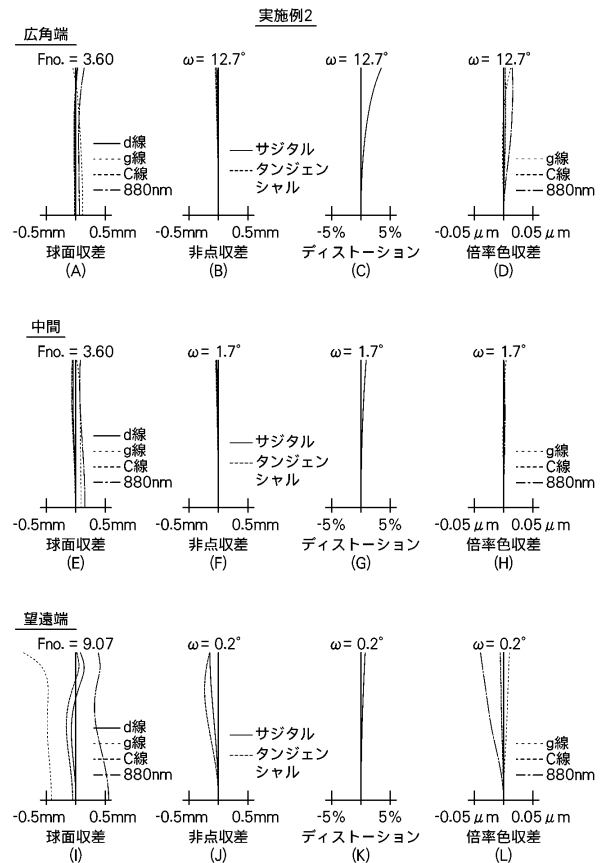
【図8】



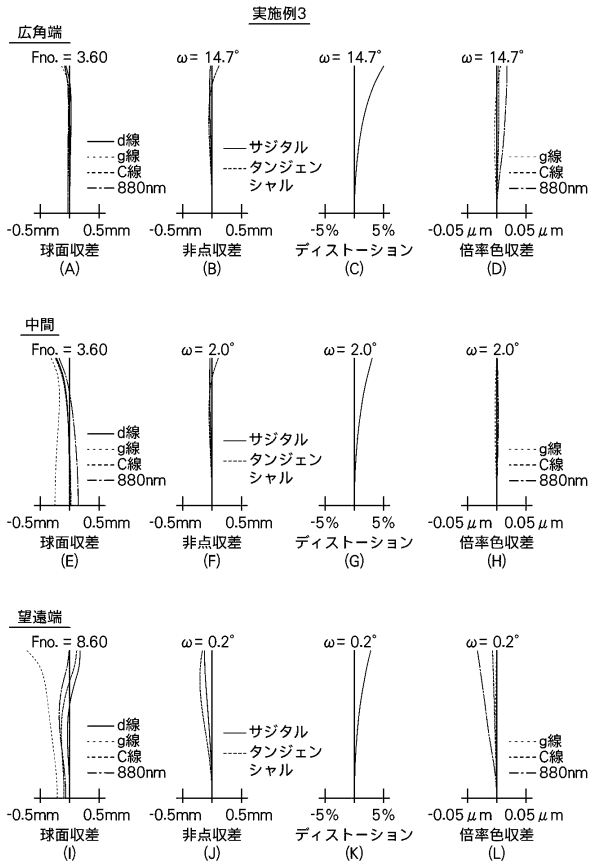
【図9】



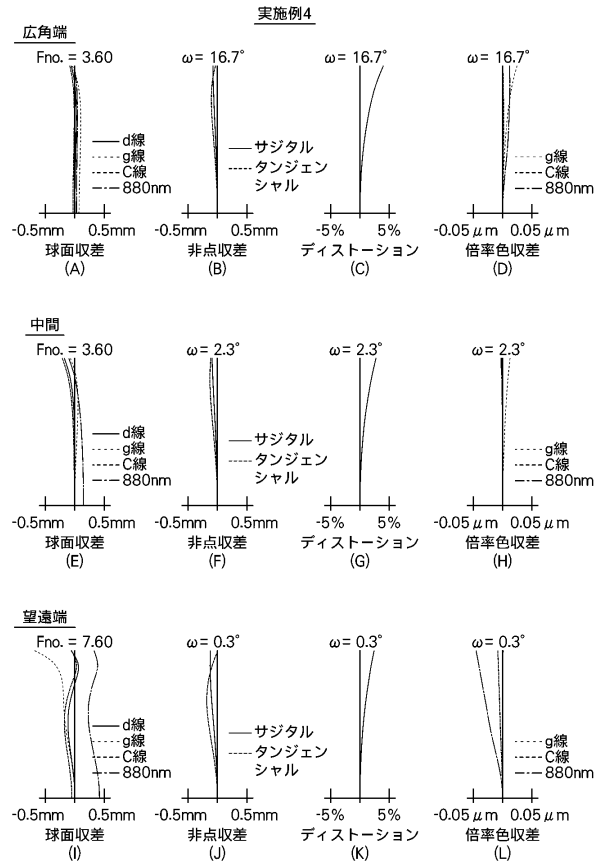
【図10】



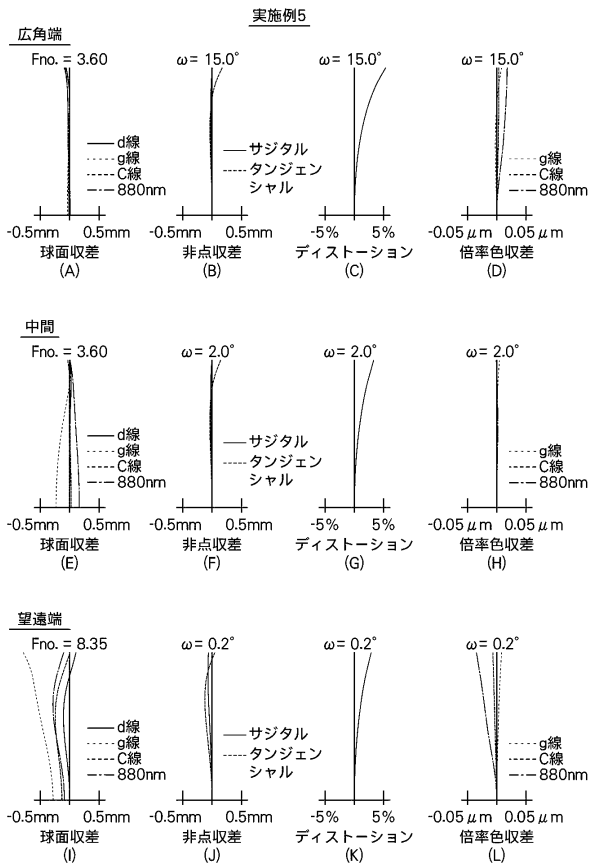
【図11】



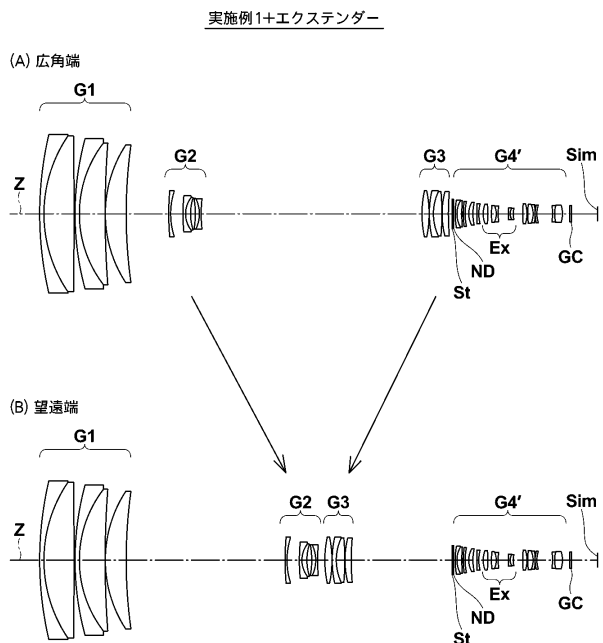
【図12】



【図13】

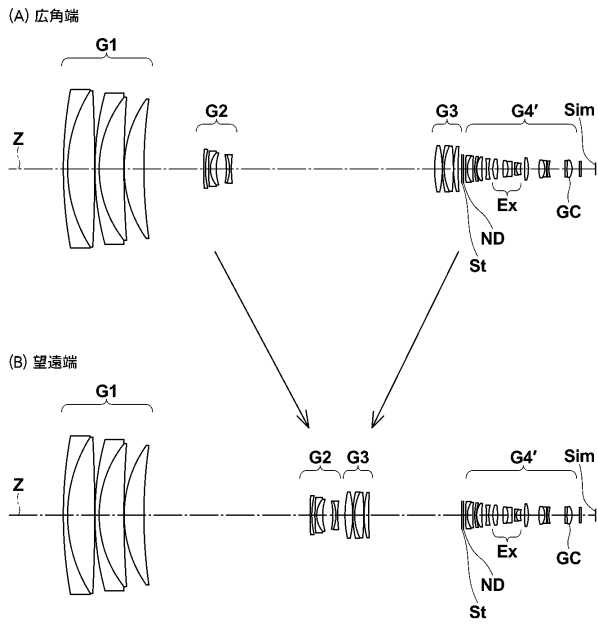


【図14】

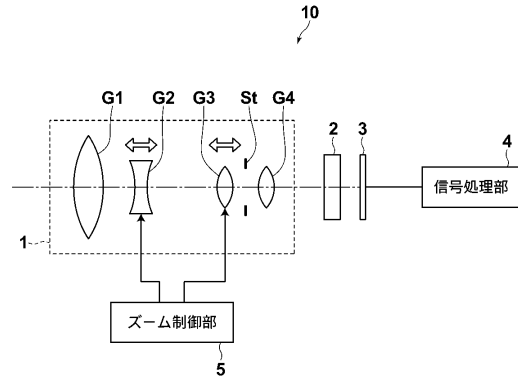


【図15】

実施例2+エクステンダー



【図16】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-091788(JP,A)
特開2008-241884(JP,A)
特開2008-216480(JP,A)
特開2004-085846(JP,A)
特開2007-212847(JP,A)
特開2007-078833(JP,A)
特開2010-044372(JP,A)
特開2002-049069(JP,A)
特開2009-086537(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
21/02 - 21/04
25/00 - 25/04
G03B 5/00