

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5767332号
(P5767332)

(45) 発行日 平成27年8月19日(2015.8.19)

(24) 登録日 平成27年6月26日(2015.6.26)

(51) Int.Cl. F I
GO2B 15/16 (2006.01) GO2B 15/16
GO2B 13/18 (2006.01) GO2B 13/18

請求項の数 18 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2013-531075 (P2013-531075)	(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
(86) (22) 出願日	平成24年8月28日(2012.8.28)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/005371	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(87) 国際公開番号	W02013/031177	(72) 発明者	斉藤 広樹 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
(87) 国際公開日	平成25年3月7日(2013.3.7)	(72) 発明者	長 倫生 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
審査請求日	平成26年8月25日(2014.8.25)		
(31) 優先権主張番号	特願2011-185739 (P2011-185739)		
(32) 優先日	平成23年8月29日(2011.8.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

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】

実質的に、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とが配列されてなり、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とを移動させることにより変倍を行い、

前記第1レンズ群が実質的に、物体側から順に配置された負の屈折力を有する第1レンズ、第2レンズ、負の屈折力を有する第3レンズ、および正の屈折力を有する第4レンズから構成され、

前記第2レンズ群が実質的に4枚のレンズから構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第1レンズ群の物体側から2枚目のレンズの焦点距離を f_{G12} とし、第2レンズ群の物体側から1枚目のレンズの焦点距離を f_{G21} とし、第2レンズ群の物体側から2枚目のレンズの焦点距離を f_{G22} としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$-0.44 < f_1 / f_{G12} < 0.16 \quad \dots (1-3)$$

$$1.3 < f_{G21} / f_{G22} < 3.0 \quad \dots (9)$$

【請求項2】

前記焦点距離 f_1 および f_{G12} に関して、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

$$-0.19 < f_1 / f_{G12} < 0.10 \quad \dots (1-1)$$

【請求項3】

前記焦点距離 f_1 および f_{G12} に関して、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$-0.15 < f_1 / f_{G12} < 0.05 \quad \dots (1-2)$$

【請求項 4】

広角端における全系の焦点距離を f_w とし、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式を満たす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。

$$0.00 < |f_w / f_1| < 0.64 \quad \dots (2)$$

【請求項 5】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 4 に記載のズームレンズ。

$$0.20 < |f_w / f_1| < 0.50 \quad \dots (2')$$

【請求項 6】

広角端における全系の焦点距離を f_w とし、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式を満たす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。

$$0.31 < f_w / f_2 < 0.49 \quad \dots (3)$$

【請求項 7】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 6 に記載のズームレンズ。

$$0.31 < f_w / f_2 < 0.35 \quad \dots (3')$$

【請求項 8】

第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.56 < |f_1 / f_2| < 1.04 \quad \dots (4)$$

【請求項 9】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 8 に記載のズームレンズ。

$$0.70 < |f_1 / f_2| < 0.80 \quad \dots (4')$$

【請求項 10】

第 1 レンズ群の物体側から 2 枚目のレンズの焦点距離を f_{G12} とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$-0.04 < f_w / f_{G12} < 0.50 \quad \dots (5)$$

【請求項 11】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 10 に記載のズームレンズ。

$$-0.01 < f_w / f_{G12} < 0.20 \quad \dots (5')$$

【請求項 12】

第 1 レンズ群の物体側から 2 枚目のレンズの物体側面の最大有効半径を H_{G12F} とし、上記 2 枚目のレンズの物体側面の中心と光軸から高さ H_{G12F} の面上の点とを通り、面の中心を頂点とする球面の曲率半径を r'_{G12F} とし、上記 2 枚目のレンズの物体側面の中心と光軸から高さ $H_{G12F} \times 0.5$ の面上の点とを通り、面の中心を頂点とする球面の曲率半径を r''_{G12F} としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$0.20 < H_{G12F} \times \{ (1 / r'_{G12F}) - (1 / r''_{G12F}) \} \quad \dots (6)$$

【請求項 13】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 12 に記載のズームレンズ。

$$0.20 < H_{G12F} \times \{ (1 / r'_{G12F}) - (1 / r''_{G12F}) \} < 0.50 \quad \dots (6')$$

【請求項 14】

第 1 レンズ群の物体側から 2 枚目のレンズの物体側面の近軸曲率半径を r_{G12F} とし

10

20

30

40

50

、第1レンズ群の物体側から2枚目のレンズの像側面の近軸曲率半径を r_{G12R} としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1から13のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$2.0 < (r_{G12F} + r_{G12R}) / (r_{G12F} - r_{G12R}) < 30.0 \quad \dots \quad (7)$$

【請求項15】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項14に記載のズームレンズ。

$$2.0 < (r_{G12F} + r_{G12R}) / (r_{G12F} - r_{G12R}) < 15.0 \quad \dots \quad (7')$$

【請求項16】

第1レンズ群の物体側から1枚目のレンズの物体側面の近軸曲率半径を r_{G11F} とし、第1レンズ群の物体側から1枚目のレンズの像側面の近軸曲率半径を r_{G11R} としたとき、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1から15のいずれか1項に記載のズームレンズ。

$$2.5 < (r_{G11F} + r_{G11R}) / (r_{G11F} - r_{G11R}) < 10.0 \quad \dots \quad (8)$$

【請求項17】

以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項16に記載のズームレンズ。

$$2.8 < (r_{G11F} + r_{G11R}) / (r_{G11F} - r_{G11R}) < 4.0 \quad \dots \quad (8')$$

【請求項18】

請求項1から17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、特に、小型のビデオカメラ等に好適に使用可能なズームレンズに関するものである。

【0002】

また本発明は、そのような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】

【0003】

従来、変倍比が2.5倍程度で広角なズームレンズの一つとして、物体側から順に負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レンズ群が配列されてなり、第1レンズ群および第2レンズ群を光軸方向に移動させて変倍を行う2群タイプのズームレンズが公知となっている。この種のズームレンズは、小型のビデオカメラ等に好適に用いられている。

【0004】

例えば特許文献1および2には、第1レンズ群が4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された負レンズ（負の屈折力を有するレンズ）、負レンズ、負レンズおよび正レンズ（正の屈折力を有するレンズ）から構成され、第2レンズ群も4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された正レンズ、正レンズ、負レンズおよび正レンズから構成された2群タイプのズームレンズが示されている（共に実施例1）。

【0005】

また特許文献3にも、第1レンズ群が4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された負レンズ、負レンズ、負レンズおよび正レンズから構成され、第2レンズ群も4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された正レンズ、正レンズ、負レンズおよび正レンズから構成された2群タイプのズームレンズが示されている（実施例2）。

【0006】

さらに特許文献4にも、第1レンズ群が4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置さ

10

20

30

40

50

れた負レンズ、負レンズ、負レンズおよび正レンズから構成され、第2レンズ群も4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された正レンズ、正レンズ、負レンズおよび正レンズから構成された2群タイプのズームレンズが示されている（実施例4）。

【0007】

また引用文献5には、第1レンズ群が4枚のレンズすなわち、物体側から順に配置された負レンズ、正レンズ、負レンズおよび正レンズから構成された2群タイプのズームレンズが示されている（実施例1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2006-276430号公報

【特許文献2】特開2004-317901号公報

【特許文献3】特開2006-91643号公報

【特許文献4】特開2008-65051号公報

【特許文献5】特開2004-21223号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし特許文献1に示されたズームレンズは歪曲収差が大きい、特許文献2～4に示されたズームレンズは広角で変倍比も大きいが歪曲収差の点で改善の余地が残されている、また特許文献5に示されたズームレンズは、広角であるが変倍比が小さくF値も大きい、といった問題が認められている。

【0010】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、F値が小さく、歪曲収差等の諸収差を良好に補正することができるズームレンズを提供することを目的とする。

【0011】

また本発明は、上述のようなズームレンズを用いることにより、良好な光学性能を備えた撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明による第1のズームレンズは、
実質的に、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とが配列されてなり、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とを移動させることにより変倍を行い、

前記第1レンズ群が実質的に、物体側から順に配置された負の屈折力を有する第1レンズ、第2レンズ、負の屈折力を有する第3レンズ、および正の屈折力を有する第4レンズから構成され、

前記第2レンズ群が実質的に4枚のレンズから構成され、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第1レンズ群の物体側から2枚目のレンズの焦点距離を f_{G12} とし、第2レンズ群の物体側から1枚目のレンズの焦点距離を f_{G21} とし、第2レンズ群の物体側から2枚目のレンズの焦点距離を f_{G22} としたとき、以下の条件式

$$-0.44 < f_1 / f_{G12} < 0.16 \quad \dots (1-3)$$

$$1.3 < f_{G21} / f_{G22} < 3.0 \quad \dots (9)$$

を満たすことを特徴とするものである。

【0013】

ここで、「実質的に第1レンズ群と第2レンズ群とが配列されてなる」とは、それらのレンズ群以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやカバーガラス等レンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子、手振れ補正機構等の機構部分等を持つ場合も含むものとする。この点は、「第1レンズ群が実質的に、物体側から順に配置

10

20

30

40

50

された負の屈折力を有する第1レンズ、第2レンズ、負の屈折力を有する第3レンズ、および正の屈折力を有する第4レンズから構成され」との記載や、「第2レンズ群が実質的に4枚のレンズから構成され」との記載についても同様である。

【0014】

なお、本発明のズームレンズにおいて、各レンズ群を構成するレンズには接合レンズが用いられてもよいが、接合レンズはn枚の貼り合わせで構成されていれば、n枚のレンズとして数えるものとする。

【0015】

また、本発明のズームレンズにおけるレンズの面形状、屈折力の符号は、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。

10

【0016】

なお、本発明によるズームレンズにおいては、条件式(1-3)が規定する範囲の中で、特に以下の条件式

$$-0.15 < f_1 / f_{G12} < 0.05 \quad \dots (1-2)$$

を満たすことが望ましい。

【0019】

他方、本発明による撮像装置は、以上説明した本発明による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】

【0023】

20

本発明によるズームレンズは、第1レンズ群を4枚のレンズで構成し、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズ、第2レンズ、負の屈折力を有する第3レンズ、正の屈折力を有する第4レンズと配列したことにより、コストの上昇を抑えながら広角化に伴う諸収差の増大を抑制できる。さらに、第2レンズ群を4枚のレンズで構成したことにより、コストの上昇を抑えながら変倍による収差の変動を抑制できる。

【0024】

さらに本発明によるズームレンズは、前記条件式(1-3)を満たすことにより、以下の効果を奏するものとなる。この条件式(1-3)は、第1レンズ群の焦点距離と、第1レンズ群の第2レンズの焦点距離との関係を規定したものである。この条件式(1-3)の下限値以下になると、上記第2レンズの正の屈折力が強くなり、それを補うために第1レンズ群中の負の屈折力を持つレンズの屈折力が強くなり過ぎてしまい、諸収差の補正が困難になるので好ましくない。逆に条件式(1-3)の上限値以上になると、上記第2レンズの負の屈折力が強くなり過ぎてしまい、歪曲収差の補正が困難になるので好ましくない。条件式(1-3)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、歪曲収差並びにその他の諸収差を良好に補正可能となる。

30

【0025】

以上の効果は、条件式(1-3)が規定する範囲内で特に前記条件式(1-2)が満たされている場合は、より顕著なものとなる。

【0026】

そして本発明のズームレンズは、後述する数値実施例に具体的に示す通り、F値も十分に小さいものとなり得る。

40

【0027】

他方、本発明による撮像装置は、以上説明した効果を奏する本発明のズームレンズが適用されたものであるから、良好な光学性能を備えたものとなる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の実施例1に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図

【図2】本発明の実施例2に係る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に係る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に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図

50

【図5】本発明の実施例5に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図
 【図6】本発明の実施例6に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図
 【図7】(A)～(H)は本発明の実施例1に係るズームレンズの各収差図
 【図8】(A)～(H)は本発明の実施例2に係るズームレンズの各収差図
 【図9】(A)～(H)は本発明の実施例3に係るズームレンズの各収差図
 【図10】(A)～(H)は本発明の実施例4に係るズームレンズの各収差図
 【図11】(A)～(H)は本発明の実施例5に係るズームレンズの各収差図
 【図12】(A)～(H)は本発明の実施例6に係るズームレンズの各収差図
 【図13】本発明の実施形態に係る撮像装置の概略構成図
 【発明を実施するための形態】

10

【0029】

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、本発明の実施形態に係るズームレンズの構成例を示す断面図であり、後述する実施例1のズームレンズに対応している。また、図2～図6は、本発明の実施形態に係る別の構成例を示す断面図であり、それぞれ後述の実施例2～6のズームレンズに対応している。図1～図6に示す例の基本的な構成は、特に違いを述べている点を除いて互いに同様であり、図示方法も同様であるので、ここでは主に図1を参照しながら、本発明の実施形態に係るズームレンズについて説明する。

【0030】

図1では、左側が物体側、右側が像側として、(A)は無有限遠合焦状態でかつ広角端(最短焦点距離状態)での光学系配置を、(B)は無有限遠合焦状態でかつ望遠端(最長焦点距離状態)での光学系配置を示している。これは、後述する図2～図6においても同様である。

20

【0031】

本発明の実施形態に係るズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とがレンズ群として配列されてなる。また第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間には、変倍に際して移動することのない固定の開口絞りStが配設されている。ここに示す開口絞り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。

【0032】

なお図1には、第2レンズ群G2と像面Simとの間に、平行平板状の光学部材PPが配置された例を示している。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、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等を配置することが好ましい。光学部材PPは、これらカバーガラスや各種フィルタ等を想定したものである。また、近年の撮像装置は高画質化のために各色毎にCCDを用いる3CCD方式を採用しているものがあり、この3CCD方式に対応するためには、色分解プリズム等の色分解光学系をレンズ系と像面Simの間に挿入することになる。その場合には、光学部材PPの位置に色分解光学系を配置してもよい。

30

【0033】

このズームレンズは、広角端から望遠端に変倍する際に、第1レンズ群G1は像面Sim側に凸状の軌跡を描くように移動し、第2レンズ群G2は物体側に単調移動するように構成されている。図1には、広角端から望遠端へ変倍するときの第1レンズ群G1および第2レンズ群G2の移動軌跡を、(A)と(B)との間に付した実線の矢印で模式的に示している。

40

【0034】

第1レンズ群G1は、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズL11、正の屈折力を有する第2レンズL12、負の屈折力を有する第3レンズL13、および正の屈折力を有する第4レンズL14の4枚のレンズから構成されている。ここで、例えば図1に示す例のように、第1レンズL11は負メニスカス形状のレンズとし、第2レ

50

レンズL12は物体側面および像側面が共に非球面形状のレンズとし、第3レンズL13は負メニスカス形状のレンズとし、第4レンズL14は正メニスカス形状のレンズとすることができる。なお、特に実施例4では、第2レンズL12として負の屈折力を有するものが適用されている。

【0035】

上記第2レンズL12の物体側面は、近軸領域で物体側に凹となった非球面とされている。またこの第2レンズL12の物体側面および像側面の少なくとも一方(図1の例では双方)は、中心から有効径までの面上に少なくとも1つの変曲点を持つ非球面とされている。なお、特に実施例2において、第2レンズL12の物体側面は、近軸領域で物体側に凸で、そして中心から有効径までの面上に変曲点は持たない非球面とされている。

10

【0036】

一方、第2レンズ群G2は、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズL21、正の屈折力を有する第2レンズL22、負の屈折力を有する第3レンズL23、および正の屈折力を有する第4レンズL24の4枚のレンズから構成されている。ここで、例えば図1に示す例のように、第1レンズL21は物体側面および像側面が共に非球面形状のレンズとし、第2レンズL22は両凸形状のレンズとし、第3レンズL23は負メニスカス形状のレンズとし、第4レンズL24は両凸形状のレンズとすることができる。

【0037】

以上説明のように本ズームレンズでは、第1レンズ群G1を4枚のレンズで構成し、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズL11、第2レンズL12、負の屈折力を有する第3レンズL13、正の屈折力を有する第4レンズL14と配列したことにより、コストの上昇を抑えながら広角化に伴う諸収差の増大が抑制されるようになる。また、実施例4以外の実施例では、特に第2レンズL12を正の屈折力を有するレンズとしたことにより、歪曲収差が良好に補正される。

20

【0038】

また、第1レンズ群G1の第2レンズL12が、物体側面に非球面を有していることにより歪曲収差が良好に補正され、そして第1レンズL11を非球面とする場合と比べてズームレンズのコストが低く抑えられる。すなわち、第1レンズL11の前後では通常、軸上光線の通る位置と軸外光線の通る位置とが大きく分かれるので、歪曲収差を良好に補正する上では第1レンズL11あるいは第2レンズL12を非球面レンズとするのが望ましいが、通常第1レンズL11は比較的大径とされるので、一般にそれよりも小径とされる第2レンズL12の方を非球面レンズとすれば、非球面レンズのコストが低くなり、ひいてはズームレンズのコストが低く抑えられるようになる。

30

【0039】

また、実施例2以外の実施例において、上記第2レンズL12の物体側面は、特に近軸領域で物体側に凹となった非球面とされているので、球面収差と歪曲収差が良好に補正される。

【0040】

さらに、実施例2以外の実施例では、上記第2レンズL12の物体側面および像側面の少なくとも一方が、中心から有効径までの面上に少なくとも1つの変曲点を持つ非球面とされたことにより、広角端における歪曲収差と像面湾曲が良好に補正されるようになる。

40

【0041】

他方、第2レンズ群G2が4枚のレンズで構成されたことにより、コストの上昇を抑えながら変倍による収差の変動が抑制されるようになる。

【0042】

また本ズームレンズでは、第2レンズ群G2が、物体側から順に配置された正の屈折力を有する第1レンズL21、正の屈折力を有する第2レンズL22、負の屈折力を有する第3レンズL23、正の屈折力を有する第4レンズL24の4枚のレンズから構成されたことにより、変倍に伴う収差変動が抑えられるようになる。すなわち、第2レンズ群G2

50

の第1レンズL21および第2レンズL22を正レンズとすれば、第1レンズ群G1から出射して大きく発散した軸上光線をそれら2枚の正レンズL21、L22で分担して収れんさせることができるので、高次の球面収差が小さく抑えられ、変倍に伴う収差変動が抑えられるようになる。

【0043】

ここで本ズームレンズにおいては、前述した通り第1レンズ群G1が、物体側から順に負の屈折力を有する第1レンズL11、第2レンズL12、負の屈折力を有する第3レンズL13、正の屈折力を有する第4レンズL14と配列して構成された上で、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、第1レンズ群G1の物体側から2枚目のレンズである第2レンズL12の焦点距離を f_{G12} としたとき、前述した条件式

$$-0.19 < f_1 / f_{G12} < 0.10 \quad \dots (1-1)$$

が満たされている。

【0044】

なお、以上の条件式で規定される各条件の数値例を、実施例毎にまとめて表19に示してある。条件式(1-1)が規定する f_1 / f_{G12} の値は「条件式(1)」の行に示してある。またこの表19には、後述する条件式(2)~(9)で規定される各条件の数値例も併せて示してある。

【0045】

以下、上記の条件式(1-1)で規定された構成による作用、効果について説明する。

【0046】

条件式(1-1)は、第1レンズ群G1の焦点距離と、第1レンズ群G1の第2レンズL12の焦点距離との関係を規定したものである。この条件式(1-1)の下限値以下になると、第2レンズL12の正の屈折力が強くなり、それを補うために第1レンズ群G1中の負の屈折力を持つレンズ、つまり第1レンズL11や第3レンズL13の屈折力が強くなり過ぎてしまい、諸収差の補正が困難になるので好ましくない。逆に条件式(1-1)の上限値以上になると、第2レンズL12の負の屈折力が強くなり過ぎてしまい、歪曲収差の補正が困難になるので好ましくない。本ズームレンズでは条件式(1-1)が満たされているので、以上の不具合を防止して、歪曲収差並びにその他の諸収差を良好に補正可能となる。

【0047】

なお本ズームレンズでは、条件式(1-1)が規定する範囲内で特に前記条件式

$$-0.15 < f_1 / f_{G12} < 0.05 \quad \dots (1-2)$$

が満たされているので、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0048】

また本ズームレンズでは、前述した通り第1レンズ群G1が、負の屈折力を有する第1レンズL11、第2レンズL12、負の屈折力を有する第3レンズL13、および正の屈折力を有する第4レンズL14から構成されるとともに、第2レンズ群G2が4枚のレンズから構成された上で、条件式

$$-0.44 < f_1 / f_{G12} < 0.16 \quad \dots (1-3)$$

が満たされているので、以下の効果が得られる。この条件式(1-3)も条件式(1-1)と同様に、第1レンズ群G1の焦点距離と、第1レンズ群G1の第2レンズL12の焦点距離との関係を規定したものである。この条件式(1-3)の下限値以下になると、第2レンズL12の正の屈折力が強くなり、それを補うために第1レンズ群G1中の負の屈折力を持つレンズ、つまり第1レンズL11や第3レンズL13の屈折力が強くなり過ぎてしまい、諸収差の補正が困難になるので好ましくない。逆に条件式(1-3)の上限値以上になると、第2レンズL12の負の屈折力が強くなり過ぎてしまい、歪曲収差の補正が困難になるので好ましくない。本ズームレンズでは条件式(1-3)が満たされているので、以上の不具合を防止して、歪曲収差並びにその他の諸収差を良好に補正可能となる。

【0049】

なお本ズームレンズでは、条件式(1-3)が規定する範囲内で特に前記条件式(1-2)が

満たされているので、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0050】

また本ズームレンズでは、広角端における全系の焦点距離を f_w とし、第1レンズ群 G1 の焦点距離を f_1 としたとき、以下の条件式

$$0.00 < |f_w / f_1| < 0.64 \quad \dots (2)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(2)は、広角端における全系の焦点距離 f_w と、第1レンズ群 G1 の焦点距離 f_1 との関係を規定したものである。この条件式(2)の上限値以上になると、第1レンズ群 G1 の負の屈折力が強くなり過ぎてしまい、軸外での諸収差の補正が困難になるので好ましくない。条件式(2)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、軸外での諸収差を良好に補正可能となる。

10

【0051】

なお、条件式(2)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$0.20 < |f_w / f_1| < 0.50 \quad \dots (2')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。そして、この条件式(2')の下限値以下になると、第1レンズ群 G1 の負の屈折力が弱くなり、光学系全体が大型化してしまうため好ましくないが、条件式(2')が満たされている場合は、そのような不具合を防止して、光学系全体の小型化を達成できる。

【0052】

また本ズームレンズでは、広角端における全系の焦点距離を f_w とし、第2レンズ群 G2 の焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式

$$0.31 < f_w / f_2 < 0.49 \quad \dots (3)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(3)は、広角端における全系の焦点距離 f_w と、第2レンズ群 G2 の焦点距離 f_2 との関係を規定したものである。この条件式(3)の下限値以下になると、第2レンズ群 G2 の屈折力が弱くなり、変倍における第2レンズ群 G2 の移動量が増大し、光学系全体の全長が長くなって小型化が困難になるため好ましくない。逆に条件式(3)の上限値以上になると、第2レンズ群 G2 の屈折力が強くなり過ぎてしまい、全変倍域での諸収差を良好に補正することが困難になるので好ましくない。条件式(3)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、光学系全体の小型化を達成し、また全変倍域で諸収差を良好に補正可能となる。

20

30

【0053】

なお、条件式(3)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$0.31 < f_w / f_2 < 0.35 \quad \dots (3')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0054】

また本ズームレンズでは、第1レンズ群 G1 の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群 G2 の焦点距離を f_2 としたとき、以下の条件式

$$0.56 < |f_1 / f_2| < 1.04 \quad \dots (4)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(4)は、第1レンズ群 G1 の焦点距離 f_1 と第2レンズ群 G2 の焦点距離 f_2 との関係を規定したものである。この条件式(4)の下限値以下になると、第2レンズ群 G2 の屈折力が弱くなり、変倍における第2レンズ群 G2 の移動量が増大し、光学系全体の全長が長くなって小型化が困難になるため好ましくない。逆に条件式(4)の上限値以上になると、第1レンズ群 G1 の屈折力が不足し、画角を確保するために最も物体側に位置する第1レンズ L11 の径を大きくする必要が生じ、小型化が困難になるので好ましくない。条件式(4)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、光学系全体を容易に小型化することができる。

40

【0055】

なお、条件式(4)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$0.70 < |f_1 / f_2| < 0.80 \quad \dots (4')$$

50

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0056】

また本ズームレンズでは、第1レンズ群G1の物体側から2枚目のレンズである第2レンズL12の焦点距離を f_{G12} 、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、以下の条件式

$$-0.04 < f_w / f_{G12} < 0.50 \quad \dots (5)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(5)は、広角端における全系の焦点距離と、第1レンズ群の第2レンズL12の焦点距離との関係を規定したものである。この条件式(5)の下限値以下になると第2レンズL12の屈折力が負側に寄ることになって、第2レンズL12を通る中心光束と周辺光束の屈折のバランスが崩れ、その結果、歪曲収差の補正が困難になるので好ましくない。逆に条件式(5)の上限値以上になると、第2レンズL12の正の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第1レンズ群G1全体の負の屈折力が不足し、広角化が困難になる。この第1レンズ群G1全体の負の屈折力不足を補うために、第1レンズ群G1内の負レンズつまり第1レンズL11や第3レンズL13の屈折力を強くすることも考えられるが、そのようにすると諸収差の補正が困難になるので好ましくない。条件式(5)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、歪曲収差を良好に補正し、また容易に広角化することができる。

10

【0057】

なお、条件式(5)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$-0.01 < f_w / f_{G12} < 0.20 \quad \dots (5')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

20

【0058】

また本ズームレンズでは、第1レンズ群G1の物体側から2枚目のレンズの物体側面の最大有効半径を H_{G12F} とし、上記2枚目のレンズの物体側面の中心と光軸から高さ H_{G12F} の面上の点とを通り、面の中心を頂点とする球面の曲率半径を r'_{G12F} とし、上記2枚目のレンズの物体側面の中心と光軸から高さ $H_{G12F} \times 0.5$ の面上の点とを通り、面の中心を頂点とする球面の曲率半径を r''_{G12F} としたとき、以下の条件式

$$0.20 < H_{G12F} \times \{ (1/r'_{G12F}) - (1/r''_{G12F}) \} \quad \dots (6)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(6)は、第1レンズ群G1の第2レンズL12の物体側面について、その最大有効半径と非球面形状との関係を規定したものである。上記第2レンズL12の物体側面の中心近傍と周辺とで、曲率に条件式(6)の範囲で差を持たせることにより、広角端における歪曲収差を良好に補正可能となる。この条件式(6)の下限値以下になると補正不足になり、逆に上限値以上になると補正過剰となるので、いずれも好ましくない。

30

【0059】

なお、条件式(6)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$0.20 < H_{G12F} \times \{ (1/r'_{G12F}) - (1/r''_{G12F}) \} < 0.50 \quad \dots (6')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

40

【0060】

また本ズームレンズでは、第1レンズ群G1の物体側から2枚目のレンズの物体側面の近軸曲率半径を r_{G12F} とし、第1レンズ群G1の物体側から2枚目のレンズの像側面の近軸曲率半径を r_{G12R} としたとき、以下の条件式

$$2.0 < (r_{G12F} + r_{G12R}) / (r_{G12F} - r_{G12R}) < 30.0 \quad \dots (7)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(7)は、第1レンズ群G1の第2レンズL12の形状を規定したものである。この条件式(7)の下限値以下になると、広角端側での歪曲収差が補正不足となるので好ましくない。逆に上限値以上になると、望遠端側での球面収差を良好に補正することが困難になるので好ましくない

50

。条件式(7)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、広角端側での歪曲収差および望遠端側での球面収差を良好に補正可能となる。

【0061】

なお、条件式(7)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$2.0 < (r_{G12F} + r_{G12R}) / (r_{G12F} - r_{G12R}) < 15.0 \quad \dots (7')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0062】

また本ズームレンズでは、第1レンズ群G1の物体側から1枚目のレンズの物体側面の近軸曲率半径を r_{G11F} とし、第1レンズ群G1の物体側から1枚目のレンズの像側面の近軸曲率半径を r_{G11R} としたとき、以下の条件式

$$2.5 < (r_{G11F} + r_{G11R}) / (r_{G11F} - r_{G11R}) < 10.0 \quad \dots (8)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(8)は、第1レンズ群G1の第1レンズL11の形状を規定したものである。この条件式(8)の下限値以下になると、広角端側での像面湾曲が補正不足となるので好ましくない。逆に上限値以上になると、広角端側での像面湾曲が補正過剰となるので好ましくない。条件式(8)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、広角端側での像面湾曲を適切に補正可能となる。

【0063】

なお、条件式(8)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$2.8 < (r_{G11F} + r_{G11R}) / (r_{G11F} - r_{G11R}) < 4.0 \quad \dots (8')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0064】

また本ズームレンズでは、第2レンズ群G2の物体側から1枚目のレンズの焦点距離を f_{G21} とし、第2レンズ群G2の物体側から2枚目のレンズの焦点距離を f_{G22} としたとき、以下の条件式

$$1.3 < f_{G21} / f_{G22} < 3.0 \quad \dots (9)$$

が満たされているので、下記の効果も得られる。すなわち、この条件式(9)は、第2レンズ群G2の第1レンズL21と第2レンズL22について、互いの焦点距離の関係を規定したものである。この条件式(9)の下限値以下になると、球面収差が補正不足となるので好ましくない。逆に上限値以上になると、球面収差が補正過剰となるので好ましくない。条件式(9)が満たされている場合は、以上の不具合を防止して、全変倍域で球面収差を良好に補正可能となる。

【0065】

なお、条件式(9)が規定する範囲内で特に下記の条件式

$$2.0 < f_{G21} / f_{G22} < 2.5 \quad \dots (9')$$

が満たされている場合は、上記の効果がより顕著なものとなる。

【0066】

なお図1には、レンズ系と結像面との間に光学部材PP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実施してもよい。

【0067】

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1~6のズームレンズのレンズ断面図はそれぞれ図1~6に示したものである。

【0068】

そして、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、非球面データを表3に示す。同様に、実施例2~6のズームレンズの基本レン

10

20

30

40

50

ズデータ、ズームに関するデータ、非球面データを表4～表18に示す。以下では、表中の記号の意味について、実施例1のものを例に挙げて説明するが、実施例2～6のものについても基本的に同様である。

【0069】

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*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。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。

【0070】

また、基本レンズデータにおいて、 N_{dj} の欄には最も物体側のレンズを1番目として像側に向かうに従い順次増加する*j*番目($j = 1, 2, 3, \dots$)の構成要素の*d*線(波長587.6nm)に対する屈折率を示し、 d_j の欄には*j*番目の構成要素の*d*線に対するアッペ数を示している。なお、基本レンズデータには、開口絞り S_t も含めて示しており、開口絞り S_t に相当する面の曲率半径の欄には、(開口絞り)と記載している。

【0071】

表1の基本レンズデータにおける D_8 、 D_9 、 D_{17} は、変倍時に変化する面間隔である。 D_8 は第1レンズ群 G_1 と開口絞り S_t との間隔であり、 D_9 は開口絞り S_t と第2レンズ群 G_2 との間隔であり、 D_{17} は第2レンズ群 G_2 と光学部材PPとの間隔である。

【0072】

表2のズームに関するデータには、広角端、望遠端それぞれにおける、全系の焦点距離(f)、F値($F_{no.}$)、全画角(2θ)、変倍時に変化する各面間隔の値を示している。

【0073】

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3の非球面データには、非球面の面番号と、各非球面に関する非球面係数を示す。表3の非球面データの数値の「E-n」(n :整数)は、「 $\times 10^{-n}$ 」を意味する。なお、非球面係数は、下記非球面式における各係数 K_A 、 R_{Am} ($m = 3, 4, 5, \dots, 16$)の値である。

【0074】

$$Z_d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K_A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + R_{Am} \cdot h^m$$

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)

h : 高さ(光軸からのレンズ面までの距離)

C : 近軸曲率半径の逆数

K_A 、 R_{Am} : 非球面係数($m = 3, 4, 5, \dots, 16$)

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であるので、他の適当な単位を用いることもできる。

10

20

30

40

【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)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	16.7910	0.80	1.78590	44.2
2	8.7843	3.04		
*3	-22.1777	2.10	1.53389	56.0
*4	-18.3950	0.67		
5	158.3861	0.70	1.78590	44.2
6	5.9611	2.50		
7	8.1910	1.53	1.92286	18.9
8	11.8859	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	11.4416	1.50	1.53389	56.0
*11	58.5954	0.10		
12	9.4968	4.15	1.49700	81.5
13	-11.2458	0.90		
14	14.6399	0.70	1.92286	20.9
15	6.0474	1.02		
16	17.2969	2.25	1.51742	52.4
17	-15.0096	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.84		

*:非球面

【表 2】

実施例1. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.18	7.95
Fno.	1.85	3.10
2ω	93.39	43.28
D8	12.10	3.55
D9	7.13	0.96
D17	0.00	6.17

10

20

30

【表 3】

実施例1. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	3.92552657E-04	-1.78198417E-03
RA4	1.63491671E-03	2.96047622E-03
RA5	-5.98243470E-05	-3.54470466E-04
RA6	-3.12580573E-05	-2.14656523E-05
RA7	3.08631891E-06	3.49680699E-06
RA8	2.06084921E-07	5.77269401E-07
RA9	-3.30656971E-08	1.80867183E-08
RA10	7.50984913E-10	-1.28540306E-08
RA11	4.80884982E-10	-1.51109077E-09
RA12	-6.15184533E-11	2.22386867E-10

10

面番号	S10	S11
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.88211972E-03	1.76860217E-03
RA4	-1.21236781E-03	-2.69165382E-04
RA5	6.04426291E-04	3.95866507E-04
RA6	-8.55374397E-05	-2.23064469E-05
RA7	-4.99070718E-06	-9.52288260E-06
RA8	6.90562953E-07	1.17774794E-06
RA9	1.79754879E-07	-6.42044665E-08
RA10	4.73691904E-09	6.39130198E-09
RA11	-4.62119417E-10	3.66073819E-09
RA12	-2.98496187E-10	5.76274981E-11
RA13	3.48467387E-11	-1.74712784E-10
RA14	-1.45151464E-11	3.01771364E-11
RA15	-3.10163706E-12	-4.20522148E-13
RA16	3.84723135E-13	-7.01830246E-13

20

【表 4】

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)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	12.0000	0.85	1.83481	42.7
2	7.7547	3.00		
*3	333.8853	2.40	1.53389	56.0
*4	-188.2116	2.26		
5	-111.2925	0.70	1.88300	40.8
6	5.9612	1.45		
7	7.9606	1.85	1.92286	18.9
8	15.3951	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	14.8790	2.00	1.53389	56.0
*11	-27.1649	0.47		
12	11.7962	4.30	1.61800	63.3
13	-9.3009	0.10		
14	-72.9131	0.70	1.84666	23.8
15	7.0342	0.75		
16	18.7928	2.20	1.58144	40.8
17	-14.1574	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.82		

30

40

*:非球面

【表 5】

実施例2. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.36	8.39
Fno.	1.82	3.18
2 ω	90.62	41.16
D8	8.77	2.45
D9	8.58	1.94
D17	1.00	7.64

【表 6】

実施例2. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	-1.84518151E-04	-1.34452536E-03
RA4	9.11020231E-04	1.50433453E-03
RA5	4.36869407E-05	-1.88326554E-05
RA6	-9.99470488E-06	-1.02662481E-05
RA7	-4.77789164E-07	-1.12222737E-06
RA8	3.77729589E-08	-8.06437604E-08
RA9	7.69951469E-09	1.03269414E-09
RA10	1.57751409E-09	1.07327708E-09
RA11	-1.53152663E-10	1.29361362E-10
RA12	-1.25879264E-11	3.43709353E-12

面番号	S10	S11
KA	1.86689146E+00	-2.34761165E+00
RA3	6.38886087E-04	8.63959607E-04
RA4	-1.72624605E-04	4.82943361E-04
RA5	1.56425637E-04	1.17579182E-04
RA6	-1.72640984E-05	1.95121845E-05
RA7	-1.15229550E-06	-7.32560718E-06
RA8	4.72324927E-08	1.36463243E-06
RA9	6.56977631E-08	-6.02693745E-08
RA10	-6.88442793E-09	-3.61578440E-10
RA11	-2.38022413E-10	-1.02638686E-10
RA12	-3.22383884E-11	-6.75284248E-12
RA13	1.02907272E-12	3.06525203E-12
RA14	5.19740494E-13	2.84165637E-12
RA15	-1.83177171E-13	-4.24793926E-13
RA16	-1.74412406E-16	5.14814396E-14

10

20

30

【表 7】

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)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	18.0197	0.80	1.78590	44.2
2	8.8085	3.13		
*3	-29.3048	2.54	1.53389	56.0
*4	-15.3177	0.26		
5	-387.3951	0.70	1.78590	44.2
6	5.9157	2.44		
7	7.9344	1.56	1.92286	18.9
8	11.3636	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	11.4802	1.50	1.53389	56.0
*11	59.6824	0.10		
12	9.5074	4.20	1.49700	81.5
13	-11.0673	0.92		
14	14.9169	0.74	1.92286	20.9
15	6.0354	0.95		
16	17.4298	2.23	1.51742	52.4
17	-14.7168	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.79		

*:非球面

【表 8】

実施例3. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.19	7.98
Fno.	1.84	3.10
2ω	93.23	43.22
D8	12.05	3.55
D9	7.10	0.95
D17	0.00	6.16

10

20

【表 9】

実施例3. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	-3.92896399E-04	-2.13763767E-03
RA4	1.59073904E-03	2.91750862E-03
RA5	-5.69315036E-05	-3.58929668E-04
RA6	-3.09012532E-05	-2.16238082E-05
RA7	3.08376455E-06	3.52532145E-06
RA8	2.01913214E-07	5.85035760E-07
RA9	-3.35542117E-08	1.83747727E-08
RA10	7.17802063E-10	-1.27915817E-08
RA11	4.82375497E-10	-1.50321640E-09
RA12	-6.07407734E-11	2.23818828E-10

10

面番号	S10	S11
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.76132207E-03	1.62917632E-03
RA4	-1.20250122E-03	-2.54326990E-04
RA5	6.05031687E-04	3.97279047E-04
RA6	-8.55614525E-05	-2.21530506E-05
RA7	-4.99565629E-06	-9.51075191E-06
RA8	6.90298187E-07	1.17877317E-06
RA9	1.79779961E-07	-6.41427571E-08
RA10	4.74445204E-09	6.39564855E-09
RA11	-4.60842095E-10	3.66096527E-09
RA12	-2.98218247E-10	5.76689611E-11
RA13	3.48935761E-11	-1.74705742E-10
RA14	-1.45031348E-11	3.01805056E-11
RA15	-3.10067265E-12	-4.18867888E-13
RA16	3.84662428E-13	-7.01204898E-13

20

【表 10】

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)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	15.0647	0.80	1.78590	44.2
2	8.7870	3.39		
*3	-12.0041	1.68	1.53389	56.0
*4	-13.2378	0.72		
5	79.6843	0.70	1.83481	42.7
6	6.0492	2.40		
7	8.3918	1.57	1.92286	18.9
8	12.8384	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	11.5886	1.50	1.53389	56.0
*11	62.6674	0.10		
12	9.3886	4.14	1.49700	81.5
13	-11.4819	0.84		
14	14.3873	0.70	1.92286	20.9
15	6.0411	1.06		
16	18.2998	2.26	1.51742	52.4
17	-14.5710	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.91		

30

40

*:非球面

【表 1 1】

実施例4. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.19	7.99
Fno.	1.85	3.10
2ω	93.11	43.14
D8	12.11	3.55
D9	7.15	0.96
D17	0.00	6.19

【表 1 2】

実施例4. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.97673389E-03	-5.14428429E-04
RA4	1.87516095E-03	3.12292451E-03
RA5	-8.83901056E-05	-3.73387017E-04
RA6	-3.46164616E-05	-2.15361781E-05
RA7	3.39216521E-06	3.59181888E-06
RA8	2.83246128E-07	6.11999137E-07
RA9	-3.25234250E-08	2.16820702E-08
RA10	-1.62438093E-10	-1.26000740E-08
RA11	4.02161038E-10	-1.56205805E-09
RA12	-4.93251419E-11	2.07287653E-10

10

面番号	S10	S11
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.94128295E-03	1.86623411E-03
RA4	-1.23941301E-03	-3.36191383E-04
RA5	6.08149148E-04	4.06331604E-04
RA6	-8.51668505E-05	-2.18876430E-05
RA7	-4.93462600E-06	-9.60813947E-06
RA8	6.94019051E-07	1.17663239E-06
RA9	1.80217543E-07	-6.42807894E-08
RA10	4.56975362E-09	6.62207183E-09
RA11	-4.56633408E-10	3.67837311E-09
RA12	-2.91798675E-10	6.28058891E-11
RA13	3.76317402E-11	-1.70699217E-10
RA14	-1.38781021E-11	3.16879777E-11
RA15	-2.99033991E-12	2.08736136E-13
RA16	3.59472958E-13	-8.60992007E-13

20

30

【表 1 3】

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)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	17.7205	0.80	1.78590	44.2
2	8.7860	3.01		
*3	-36.6744	2.61	1.53389	56.0
*4	-19.6099	0.39		
5	421.7536	0.70	1.78590	44.2
6	5.9262	2.47		
7	8.0207	1.54	1.92286	18.9
8	11.4973	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	11.3062	1.50	1.53389	56.0
*11	55.2334	0.10		
12	9.4789	4.16	1.49700	81.5
13	-11.2650	0.92		
14	14.8237	0.70	1.92286	20.9
15	6.0417	0.94		
16	16.2485	2.19	1.51742	52.4
17	-15.4996	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.85		

*:非球面

【表 1 4】

実施例5. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.20	7.99
Fno.	1.85	3.10
2ω	93.25	43.15
D8	12.04	3.55
D9	7.09	0.95
D17	0.00	6.14

10

20

30

【表 1 5】

実施例5. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	-4.30601440E-04	-2.45942098E-03
RA4	1.43624994E-03	2.89828666E-03
RA5	-3.55884451E-05	-3.71151955E-04
RA6	-3.08553414E-05	-2.14177604E-05
RA7	2.83817696E-06	3.61955608E-06
RA8	1.79586380E-07	5.91009605E-07
RA9	-3.24112553E-08	1.81447671E-08
RA10	1.20108913E-09	-1.28743984E-08
RA11	5.15204525E-10	-1.51244540E-09
RA12	-6.86137874E-11	2.22680423E-10

10

面番号	S10	S11
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.76814202E-03	1.62203935E-03
RA4	-1.21678337E-03	-2.45116314E-04
RA5	6.06179046E-04	3.88478822E-04
RA6	-8.58569578E-05	-2.21235612E-05
RA7	-4.99796243E-06	-9.42747893E-06
RA8	6.97601547E-07	1.19048864E-06
RA9	1.81003252E-07	-6.30576600E-08
RA10	4.91247208E-09	6.49947884E-09
RA11	-4.43304548E-10	3.66517494E-09
RA12	-2.94072014E-10	5.85100526E-11
RA13	3.45122935E-11	-1.74157715E-10
RA14	-1.43374070E-11	2.94645898E-11
RA15	-3.18348899E-12	-4.90574065E-13
RA16	3.91257516E-13	-6.76391292E-13

20

【表 1 6】

実施例6. 基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)
1	17.9420	0.80	1.78590	44.2
2	8.7868	2.94		
*3	-70.8941	2.93	1.53389	56.0
*4	-26.6446	0.37		
5	400.8261	0.70	1.78590	44.2
6	5.8867	2.44		
7	8.1404	1.54	1.92286	18.9
8	11.8520	D8		
9	∞ (開口絞り)	D9		
*10	11.2098	1.50	1.53389	56.0
*11	52.9915	0.10		
12	9.2969	4.14	1.49700	81.5
13	-11.5666	0.87		
14	14.2844	0.70	1.92286	20.9
15	5.9671	0.95		
16	15.0986	2.25	1.51742	52.4
17	-16.6844	D17		
18	∞	1.01	1.51633	64.1
19	∞	6.81		

30

40

*:非球面

【表 17】

実施例6. ズームに関するデータ

諸元	広角端	望遠端
f	3.18	7.95
Fno.	1.84	3.10
2ω	93.44	43.18
D8	11.88	3.55
D9	7.11	0.96
D17	0.00	6.15

【表 18】

実施例6. 非球面データ

面番号	S3	S4
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.15512555E-03	-1.94623465E-03
RA4	4.63209518E-04	2.52796589E-03
RA5	1.00473917E-04	-3.74279507E-04
RA6	-2.62873609E-05	-1.43978882E-05
RA7	1.35555017E-06	4.10668149E-06
RA8	5.74392491E-09	5.42252724E-07
RA9	-2.60745641E-08	4.15486735E-09
RA10	5.11033586E-09	-1.45090144E-08
RA11	8.64355180E-10	-1.53424052E-09
RA12	-1.44079980E-10	2.60125627E-10

面番号	S10	S11
KA	1.00000000E+00	1.00000000E+00
RA3	1.92172358E-03	1.98334763E-03
RA4	-1.18082835E-03	-3.45009857E-04
RA5	5.95776768E-04	4.03232975E-04
RA6	-8.55219828E-05	-2.20337853E-05
RA7	-4.72078410E-06	-9.21699036E-06
RA8	7.37744871E-07	1.20539081E-06
RA9	1.82849964E-07	-6.65042934E-08
RA10	5.54926203E-09	5.97488617E-09
RA11	-3.93487769E-10	3.82001970E-09
RA12	-2.92839034E-10	9.08656714E-11
RA13	3.11584436E-11	-1.56124185E-10
RA14	-1.47954864E-11	2.62156555E-11
RA15	-2.87211663E-12	1.04054388E-12
RA16	3.00829759E-13	-1.03639592E-12

【0075】

また表 19 に、実施例 1 ~ 6 のズームレンズの条件式 (1-1) ~ (1-3)、(2) ~ (9) に対応する値を示す。ここに示す値は、各条件式が規定している条件つまり文字式の部分の値であり、例えば「条件式 (2)」の行には $|f_w / f_1|$ の値を示している。また条件式 (1-1) ~ (1-3) については、規定している条件は共通で f_1 / f_{G12} であるので、まとめて「条件式 (1)」とした行に f_1 / f_{G12} の値を示してある。なお、この表 19 の値は d 線に関するものである。

10

20

30

40

【表 19】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
条件式(1)	-0.046	-0.033	-0.138	0.017	-0.104	-0.099
条件式(2)	0.409	0.453	0.409	0.409	0.410	0.412
条件式(3)	0.317	0.344	0.319	0.317	0.320	0.320
条件式(4)	0.774	0.758	0.778	0.775	0.781	0.777
条件式(5)	0.019	0.015	0.056	-0.007	0.043	0.041
条件式(6)	0.373	0.345	0.324	0.445	0.284	0.234
条件式(7)	10.726	0.279	3.190	-20.460	3.298	2.204
条件式(8)	3.194	4.653	2.913	3.799	2.967	2.920
条件式(9)	2.374	2.006	2.386	2.369	2.372	2.369

10

【0076】

ここで、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7（A）～図7（D）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7（E）～図7（H）に示す。

【0077】

各収差図はd線（波長587.6nm）を基準としたものであるが、球面収差図ではg線（波長435.8nm）およびC線（波長656.3nm）に関する収差も示し、倍率色収差図ではg線およびC線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、その他の収差図のは半画角を意味する。

20

【0078】

同様に、実施例2のズームレンズの広角端、望遠端における各収差図を図8（A）～図8（H）に示し、以下全く同様にして実施例3～6の各収差図をそれぞれ図9～図12に示す。

【0079】

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13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1を用いた撮像装置10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。

30

【0080】

図13に示す撮像装置10は、ズームレンズ1と、ズームレンズ1の像側に配置されて、ズームレンズ1により結像された被写体の像を撮像する撮像素子2と、撮像素子2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変倍制御部5と、フォーカス調整を行うためのフォーカス制御部6とを備えている。なお、ズームレンズ1と撮像素子2との間に、適宜フィルタ等が配設されてもよい。

【0081】

ズームレンズ1は、負の屈折力を有して、広角端から望遠端に変倍する際に像面側に凸状の軌跡を描くように移動する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有して、広角端から望遠端に変倍する際に物体側に単調移動する第2レンズ群G2と、固定の開口絞りStとを有している。なお、図13では各レンズ群を概略的に示している。

40

【0082】

撮像素子2は、ズームレンズ1により形成される光学像を撮像して電気信号を出力するものであり、その撮像面はズームレンズ1の像面に一致するように配置されている。撮像素子2としては例えばCCDやCMOS等からなるものを用いることができる。

【0083】

なお、図13では図示していないが、撮像装置10は、例えば第2レンズ群G2の一部を構成する正の屈折力を有するレンズを光軸Zに垂直な方向に移動させて、振動や手振れ時の撮影画像のぶれを補正するぶれ補正機構をさらに備えるようにしてもよい。

【0084】

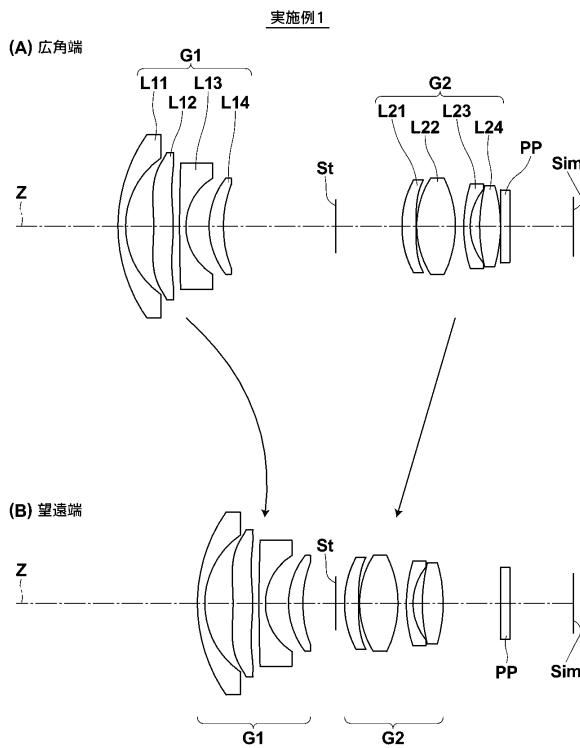
50

この撮像装置10は、前述した通りの効果を奏する本発明のズームレンズを備えたものであるから、良好な光学性能を備えた上で、小型化、低コスト化および広角化を達成できるものとなる。

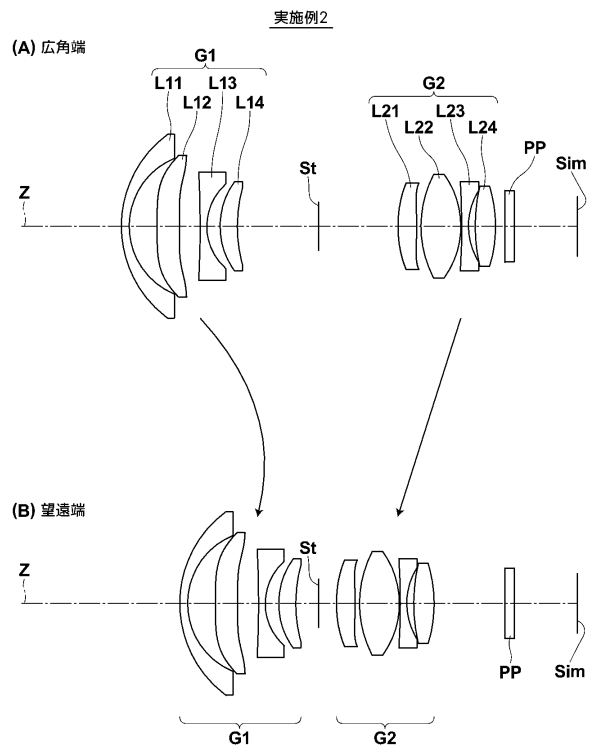
【0085】

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るものではなく、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、非球面係数等の値は、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。

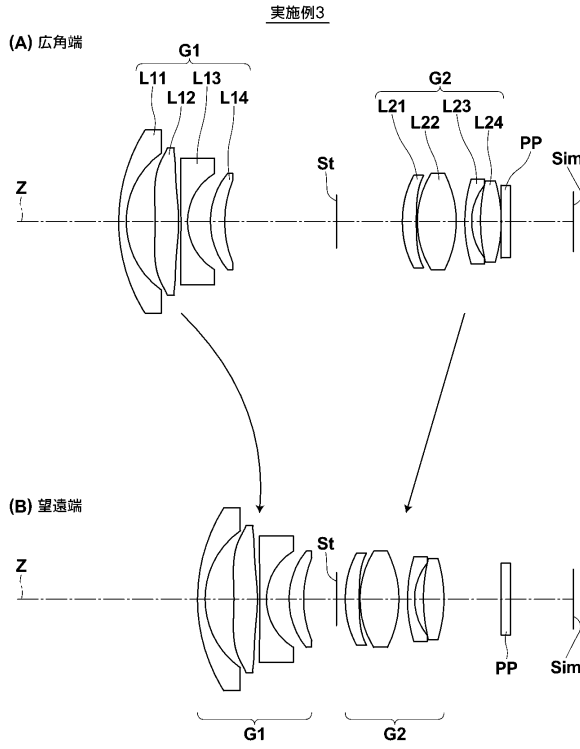
【図1】



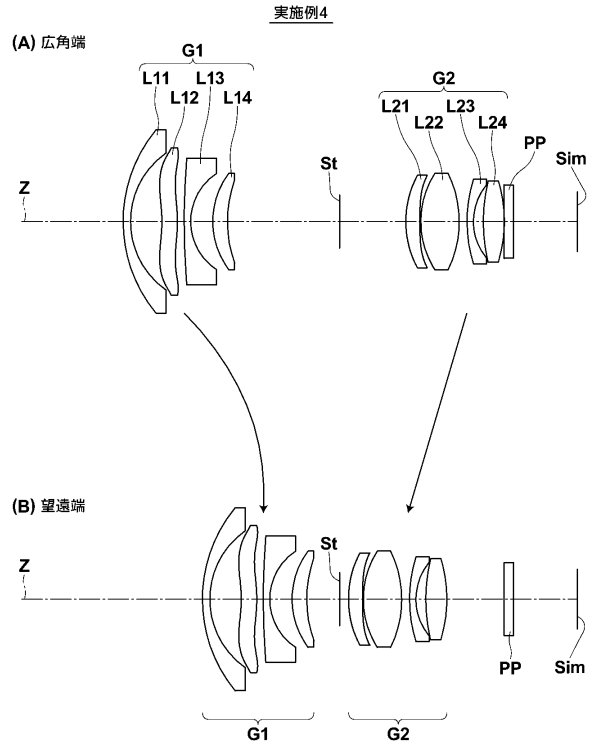
【図2】



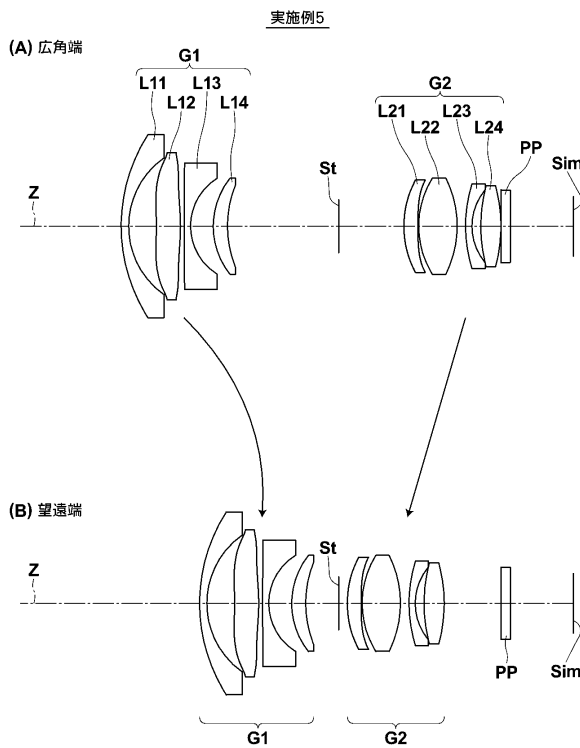
【 図 3 】



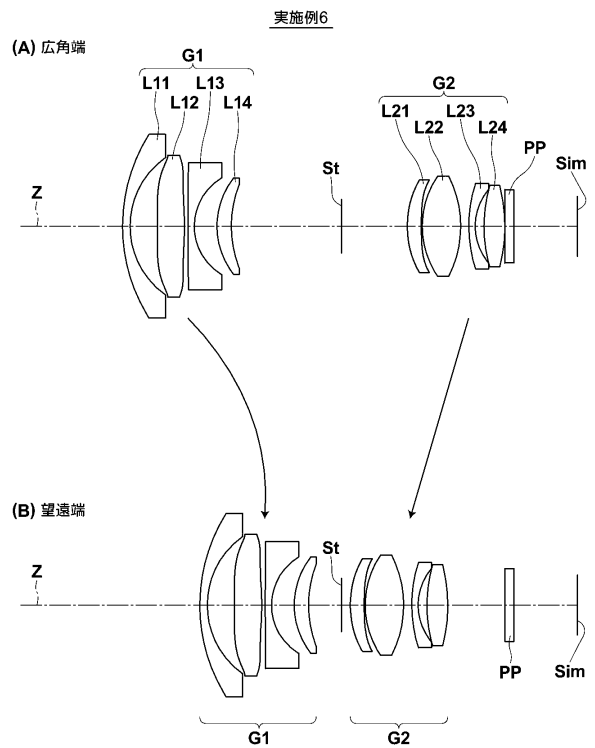
【 図 4 】



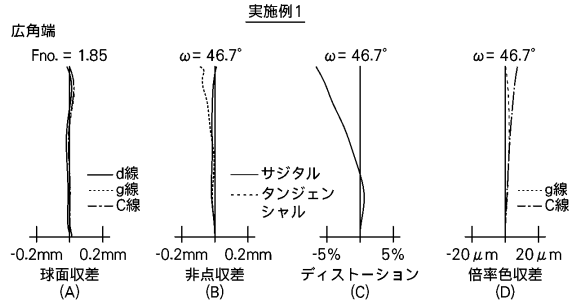
【 図 5 】



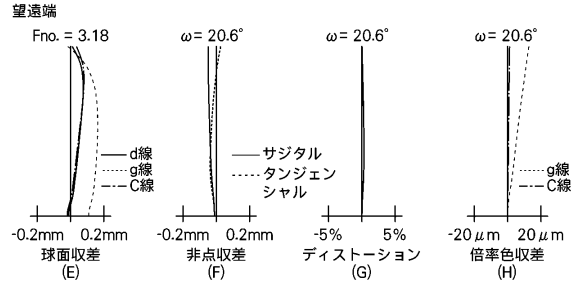
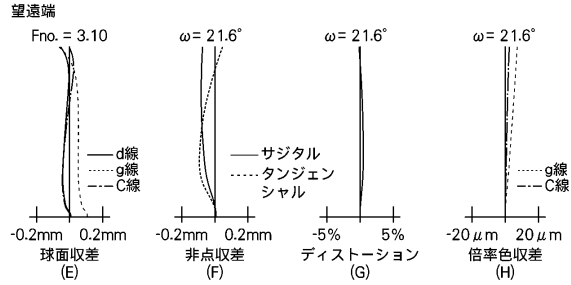
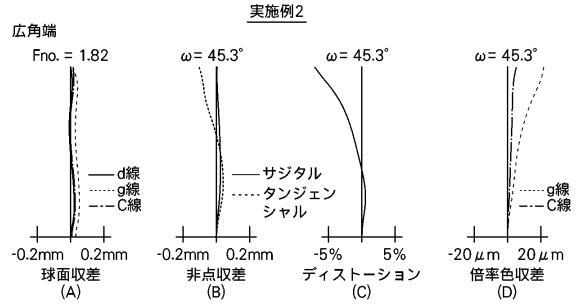
【 図 6 】



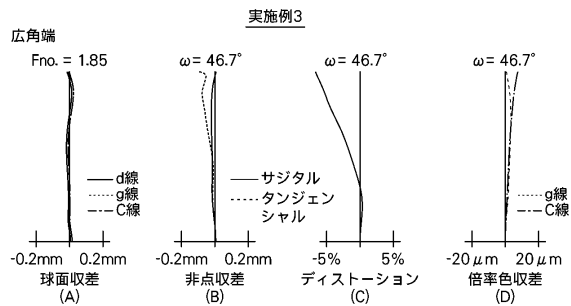
【 図 7 】



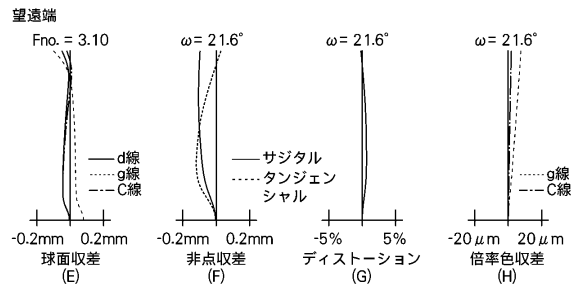
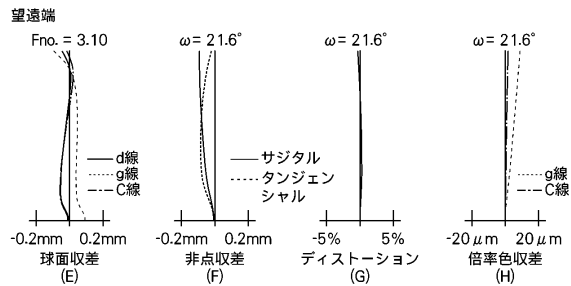
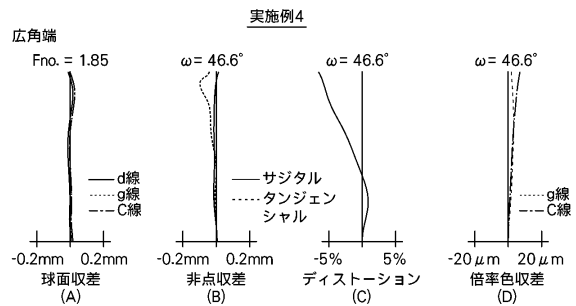
【 図 8 】



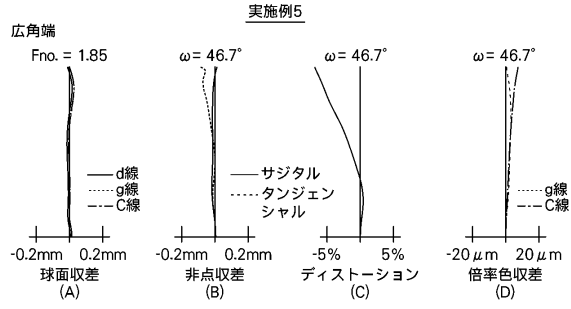
【 図 9 】



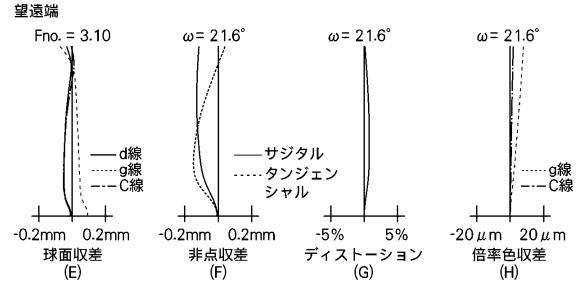
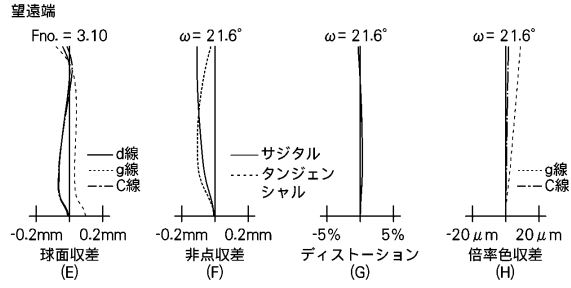
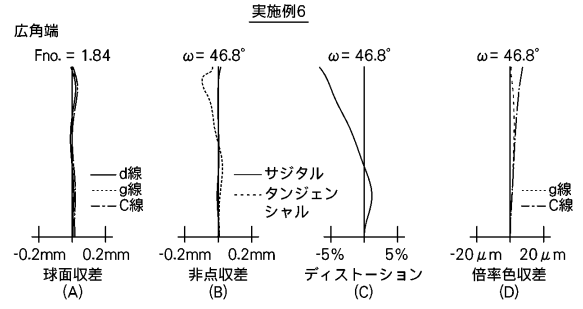
【 図 10 】



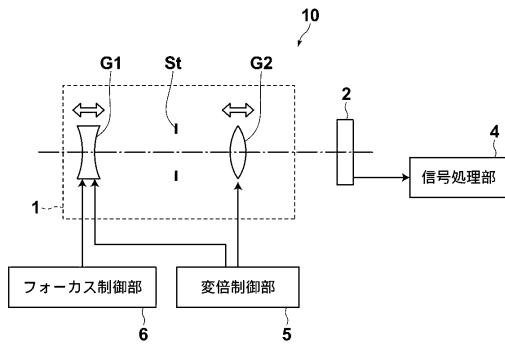
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 徹

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 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開昭58-121011(JP,A)
特開2006-113300(JP,A)
特開2004-271668(JP,A)
特開平04-163414(JP,A)
特開昭58-005707(JP,A)
特開2004-317901(JP,A)
特開2006-091643(JP,A)
特開2008-065051(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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