

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6562612号
(P6562612)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

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

G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-204657 (P2014-204657)
(22) 出願日 平成26年10月3日 (2014.10.3)
(65) 公開番号 特開2016-75741 (P2016-75741A)
(43) 公開日 平成28年5月12日 (2016.5.12)
審査請求日 平成29年9月28日 (2017.9.28)

(73) 特許権者 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100086818
弁理士 高梨 幸雄
(72) 発明者 中原 誠
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
審査官 小倉 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群から成り、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群からなる構成を後群としたとき、前記後群の合成屈折力は全ズーム範囲で正であり、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF2、前記レンズ部LPの焦点距離をfLP、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離をfF2、広角端における前記後群の焦点距離をfLRw、広角端における全系の焦点距離をfw、前記第1フォーカスレンズ部の焦点距離をfF1とするととき、

$$0.0 < DF2 / DF1 < 1.0$$

$$0.5 < fLP / fLRw \leq 1.039$$

$$-30.0 < f_{F2} / f_w < -6.0$$

$$-6.0 < f_{F2} / f_{F1} < -1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_{LF} とするとき、

$$-2.5 < f_{LF} / f_w < -1.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

広角端において前記第2フォーカスレンズ部の最も像側のレンズ面から前記レンズ部LPの最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{LP} 、広角端における光学全長を T_{Dw} とするとき、

$$0.001 < D_{LP} / T_{Dw} < 0.100$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記第1フォーカスレンズ部と前記第2フォーカスレンズ部のそれぞれは、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第1レンズ群は、正レンズと、4枚以上のメニスカス形状の負レンズを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記第1フォーカスレンズ部は前記第2レンズ群に含まれ、前記第2フォーカスレンズ部は前記第3レンズ群に含まれ、前記レンズ部LPは第4レンズ群であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ群からなる前群、1つ以上のレンズ群を含み、全体として全ズーム範囲で正の屈折力を有する後群から成り、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記前群は、正レンズと、4枚以上のメニスカス形状の負レンズを有し、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量を D_{F1} 、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量を D_{F2} 、前記レンズ部LPの焦点距離を f_{LP} 、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離を f_{F2} 、広角端における前記後群の焦点距離を f_{LRw} 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.0 < D_{F2} / D_{F1} < 1.0$$

$$0.5 < f_{LP} / f_{LRw} < 1.2$$

$$-30.0 < f_{F2} / f_w < -6.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項8】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、正の屈折力の第2レンズ群からなり、ズーミングに際して前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移

10

20

30

40

50

動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF2、前記レンズ部LPの焦点距離をfLP、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離をfF2、前記第2レンズ群の焦点距離をfLRW、広角端における全系の焦点距離をfwとすると、

$$0.0 < DF2 / DF1 < 1.0$$

$$0.5 < fLP / fLRW < 1.2$$

$$-30.0 < fF2 / fw < -6.0$$

10

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子を有する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、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、デジタルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系に好適なものである。

20

【背景技術】

【0002】

撮像装置（カメラ）に用いる撮像光学系には広画角で全系が小型であること、高解像力であること、またレンズ最後部と固体撮像素子との間に各種光学部材を配置する場合には長いバックフォーカスを有することが要望されている。また、迅速なAF（オートフォーカス）を行う場合には、フォーカスに用いるレンズ群が小型軽量であり、フォーカシングに際して、光学性能の変動が少ないこと等が要望されている。

【0003】

従来、これらの要望を満足するズームレンズとして負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）所謂ネガティブリード型でインナーフォーカス式のズームレンズが知られている（特許文献1乃至3）。

30

【0004】

特許文献1は物体側から像側へ順に負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正又は負の屈折力の第4レンズ群よりなり、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズである。そして第1レンズ群の像側の一部のレンズ部を移動させてフォーカシングを行っている。特許文献2は物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群と正の屈折力の第2レンズ群よりなり、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズであって、第2レンズ群の一部の接合正レンズを移動させてフォーカシングを行っている。

【0005】

40

特許文献3は物体側から像側へ順に、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群よりなり、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズである。そして第1レンズ群の一部のレンズ部と第3レンズ群の一部のレンズ部を移動させてフォーカシングを行っている。特許文献3ではフローティング方式を用いてフォーカシングに際しての収差変動を軽減している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2005-106878号公報

【特許文献2】特開2007-94174号公報

50

【特許文献3】特開2009-169051号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ズームレンズにおいて、所定のズーム比を確保しつつ広画角化を図りズーム全域及び物体距離全域にわたり高い光学性能を得るには、ズームレンズを構成する各要素を適切に設定することが重要となってくる。例えば前述したネガティブリード型のズームレンズはレンズ系全体が非対称となる。このため、レンズ系の一部のレンズ部を光軸方向に移動させてフォーカシングを行うと、収差変動が大きくなり、光学性能が低下する傾向となる。

【0008】

このためネガティブリード型のズームレンズにおいてズーム全域及び物体距離全般にわたり高い光学性能を得るにはズームタイプ（レンズ群の数や各レンズ群の屈折力）、フォーカシング用のレンズ部の選択及びレンズ構成等を適切に設定することが重要である。特にフォーカシングに際して複数のレンズ部を移動させて、フォーカシングに際しての収差変動を軽減するフローティング方式を用いるときは、複数のレンズ部を適切に選択する。そしてこれらのレンズ部の屈折力及びフォーカシングに際しての移動量等を適切に設定することが重要になってくる。

【0009】

これらの構成が適切でないと広画角化を図る際に全系が大型化し、またフォーカシングに伴う諸収差の変動が増大し、物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくる。

【0010】

本発明は、広画角化及び所定のズーム比を確保しつつ、フォーカシングに際しての収差変動を軽減し、物体距離全般にわたり高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群から成り、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群からなる構成を後群としたとき、前記後群の合成屈折力は全ズーム範囲で正であり、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF2、前記レンズ部LPの焦点距離をfLP、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離をfF2、広角端における前記後群の焦点距離をfLRw、広角端における全系の焦点距離をfw、前記第1フォーカスレンズ部の焦点距離をfF1とするとき、

$$0.0 < DF2 / DF1 < 1.0$$

$$0.5 < fLP / fLRw < 1.039$$

$$-30.0 < fF2 / fw < -6.0$$

$$-6.0 < fF2 / fF1 < -1.5$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力のレン

ズ群からなる前群、1つ以上のレンズ群を含み、全体として全ズーム範囲で正の屈折力を有する後群から成り、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記前群は、正レンズと、4枚以上のメニスカス形状の負レンズを有し、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF2、前記レンズ部LPの焦点距離をfLP、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離をfF2、広角端における前記後群の焦点距離をfLRw、広角端における全系の焦点距離をfwとすると、

$$0.0 < DF2 / DF1 < 1.0$$

$$0.5 < fLP / fLRw < 1.2$$

$$-3.0 < fF2 / fw < -6.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群と、正の屈折力の第2レンズ群からなり、ズームングに際して前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する正の屈折力の第1フォーカスレンズ部、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して前記第1フォーカスレンズ部と異なる軌跡で像側に移動する負の屈折力の第2フォーカスレンズ部、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部LPを有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第2フォーカスレンズ部の最大の移動量をDF2、前記レンズ部LPの焦点距離をfLP、前記第2フォーカスレンズ部の焦点距離をfF2、前記第2レンズ群の焦点距離をfLRw、広角端における全系の焦点距離をfwとすると、

$$0.0 < DF2 / DF1 < 1.0$$

$$0.5 < fLP / fLRw < 1.2$$

$$-3.0 < fF2 / fw < -6.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、広画角化及び所定のズーム比を確保しつつ、フォーカシングに際しての収差変動を軽減し、物体距離全般にわたり高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(A)、(B) 本発明の実施例1の広角端と望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 本発明の実施例1の無限遠にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

【図3】(A)、(B) 本発明の実施例1の至近にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

【図4】(A)、(B) 本発明の実施例2の広角端と望遠端におけるレンズ断面図

【図5】(A)、(B) 本発明の実施例2の無限遠にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

10

20

30

40

50

【図 6】(A), (B) 本発明の実施例 2 の至近にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

【図 7】(A), (B) 本発明の実施例 3 の広角端と望遠端におけるレンズ断面図

【図 8】(A), (B) 本発明の実施例 3 の無限遠にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

【図 9】(A), (B) 本発明の実施例 3 の至近にフォーカスしたときの広角端と望遠端における収差図

【図 10】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の 1 つのレンズ群である前群と、1 つ以上のレンズ群を含み、全体として全ズーム範囲で正の屈折力の後群を有している。ここでレンズ群とは、ズーミングに際して一体的に移動するレンズ要素であって、1 枚以上のレンズを有していればよく、必ずしも複数枚のレンズを有していなくてもよい。そしてズーミングに際して前群と後群の間隔が変化する。

【0015】

後群は無限遠から至近へのフォーカシングの際、互いに独立して像側へ移動する正の屈折力の第 1 フォーカスレンズ部と、第 1 フォーカスレンズ部より像側の任意の位置に負の屈折力の第 2 フォーカスレンズ群を有している。更に後群は第 2 フォーカスレンズ部の像側の任意の位置に、フォーカシングに際して不動の正の屈折力のレンズ部を有している。ネガティブリード型のズームレンズはレンズ系全体が非対称となる。このため、レンズ系の一部のレンズ部を光軸方向に移動させてフォーカシングを行うと、収差変動が大きくなり、光学性能を良好に維持するのが困難になる。

20

【0016】

そこで、本発明のズームレンズでは第 1 フォーカスレンズ部と、第 2 フォーカスレンズ部を適切に移動させてフォーカシングを行い、物体距離全般にわたり収差変動を少なくすることにより高い光学性能を得ている。

【0017】

図 1 (A), (B) はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの広角端（短焦点距離端）、望遠端（長焦点距離端）において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図 2 (A), (B) はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの広角端、望遠端において無限遠に合焦したときの収差図である。図 3 (A), (B) はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの広角端、望遠端において至近距離に合焦したときの収差図である。

30

【0018】

図 4 (A), (B) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端、望遠端において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図 5 (A), (B) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端、望遠端において無限遠に合焦したときの収差図である。図 6 (A), (B) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端、望遠端において至近距離に合焦したときの収差図である。

40

【0019】

図 7 (A), (B) はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端、望遠端において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図 8 (A), (B) はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端、望遠端において無限遠に合焦したときの収差図である。図 9 (A), (B) はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端、望遠端において至近距離に合焦したときの収差図である。図 10 は本発明のズームレンズを備える一眼レフカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0020】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ、そして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前

50

方)で、右方が像側(後方)である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクターに用いても良く、このときは左方がスクリーン側、右方が被投射画像側となる。レンズ断面図において、OLはズームレンズである。

【0021】

LFは負の屈折力の1つのレンズ群である前群である。LRは1つ以上のレンズ群を含み、全体として全ズーム範囲にわたり正の屈折力の後群である。iは物体側からのレンズ群の順番を示し、LRiは第iレンズ群である。F1は第1フォーカスレンズ部、F2は第2フォーカスレンズ部、LPは第2フォーカスレンズ部F2の像面側に配置された正の屈折力のレンズ部である。FPはフレア光をカットするフレアカット絞りである。

【0022】

SPは開口径可変の開口絞り、SP2は解放Fナンバーの光束を制限する開放Fナンバー絞り(開放Fno絞り)である。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。矢印は広角端から望遠端へのズームングにおける各レンズ群及びフレアカット絞りFPの移動軌跡を示している。

【0023】

フォーカスに関する矢印は無限遠から至近距離へのフォーカシングに際してのレンズ部の移動方向を示している。それぞれの縦収差図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲、倍率色収差を表している。球面収差と倍率色収差を示す図において、dはd線(587.6nm)、gはg線(435.8nm)を表している。また、非点収差を示す図において、Sはd線のサジタル方向、Mはd線のメリディオナル方向を表している。また、歪曲を示す図は、d線における歪曲を表している。FnoはFナンバー、 θ は半画角(度)である。

【0024】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上、光軸上移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。レンズ群とはズームングに際して変化する空気間隔で分離された1以上のレンズを有する系をいう。

【0025】

図1の実施例1において前群LFは負の屈折力の第1レンズ群LR1よりなっている。後群LRは正の屈折力の第2レンズ群LR2、負の屈折力の第3レンズ群LR3、正の屈折力の第4レンズ群LR4よりなっている。正の屈折力の第1フォーカスレンズ部F1は第2レンズ群L2に含まれる。負の屈折力の第2フォーカスレンズ部F2は第3レンズ群L3に含まれる。第4レンズ群LR4はレンズ部LPに相当する。

【0026】

広角端から望遠端へのズームングに際して矢印の如く、第1レンズ群LR1は像側へ移動する。第2レンズ群LR2は物体側へ移動する。第3レンズ群LR3は開口絞りSPと、開放Fno絞りSP2と一体(同一の軌跡)で物体側へ移動する。第4レンズ群LR4は物体側へ移動する。また、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して、第1フォーカスレンズ部F1と、第2フォーカスレンズ部F2は互いに独立して(異なった軌跡で)像側へ移動する。後述する数値実施例1において第1フォーカスレンズ部F1はr14~r18、第2フォーカスレンズ部F2はr24~r26に相当する。

【0027】

図4の実施例2は各レンズ群の数、各レンズ群の屈折力、ズームングに際しての各レンズ群の移動条件は実施例1と同じである。また、第1フォーカスレンズ部F1、第2フォーカスレンズ部F2、フォーカシングに際しての第1フォーカスレンズ部F1と第2フォーカスレンズ部F2の移動条件等は実施例1と同じである。後述する数値実施例2において第1フォーカスレンズ部F1はr14~r18、第2フォーカスレンズ部F2はr24~r27に相当する。

【0028】

10

20

30

40

50

図7の実施例3において前群L Fは負の屈折力の第1レンズ群L R 1よりなっている。後群L Rは正の屈折力の第2レンズ群L R 2よりなっている。第2レンズ群L R 2は正の屈折力の第1フォーカスレンズ部F 1、負の屈折力の第2フォーカスレンズ部F 2、正の屈折力のレンズ部L Pを有する。

【0029】

広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印の如く、第1レンズ群L R 1は像側へ移動する。第2レンズ群L R 2は開口絞りS P、開放F n o絞りS P 2と一体で物体側へ移動する。また、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して第1フォーカスレンズ部F 1と、第2フォーカスレンズ部F 2は互いに独立して像側へ移動する。後述する数値実施例3において第1フォーカスレンズ部F 1は $r_{13} \sim r_{15}$ 、第2フォーカスレンズ部F 2は $r_{24} \sim r_{26}$ に相当する。

10

【0030】

各実施例において広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての第1フォーカスレンズ部F 1の最大の移動量をD F 1、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての第2フォーカスレンズ部F 2の最大の移動量をD F 2とする。レンズ部L Pの焦点距離を f_{LP} 、第2フォーカスレンズ部F 2の焦点距離を f_{F2} 、広角端における後群L Rの焦点距離を f_{LRw} 、広角端における全系の焦点距離を f_w とする。このとき、

$$0.0 < D F 2 / D F 1 < 1.0 \quad \dots (1)$$

$$0.5 < f_{LP} / f_{LRw} < 1.2 \quad \dots (2)$$

$$-30.0 < f_{F2} / f_w < -6.0 \quad \dots (3)$$

20

なる条件式を満足する。

【0031】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。ネガティブリード型のズームレンズは広画角化を図るに比例して第1レンズ群の有効径が大型化し、又、第1レンズ群が高重量になってくる。そのため、第2レンズ群以降の、比較的小型なレンズ部でフォーカシングを行うことが望ましい。

【0032】

各実施例のズームレンズでは第2レンズ群以降の後群L Rは全体として全ズーム範囲で正の屈折力を有しており、後群L R中の負の屈折力のレンズ群又はレンズ部は、正の屈折力のレンズ群又はレンズ部で発生する収差を補正する役割を担っている。そのため、フォーカシングに際して、後群L R中の負の屈折力のレンズ部を大きく移動させるとフォーカシングに際して収差の変動が大きくなってくる。

30

【0033】

条件式(1)は第1フォーカスレンズ部F 1と第2フォーカスレンズ部F 2のフォーカシングに際しての移動量の比を適切に設定している。条件式(1)の上限値を超えて第1フォーカスレンズ部F 1より第2フォーカスレンズ部F 2の移動量の方が大きくなると、フォーカシングに際して収差の変動が大きくなってくる。更に好ましくは条件式(1)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0034】

$$0.01 < D F 2 / D F 1 < 0.50 \quad \dots (1a)$$

40

条件式(2)は広角端における後群L Rの屈折力 f_{LRw} に対する正の屈折力のレンズ部L Pの屈折力の比を適切に設定している。正の屈折力のレンズ部L Pに入射する軸外光線は光軸からの入射高さが高く、像面変動への影響が大きくなっている。

【0035】

条件式(2)の下限値を超えて正の屈折力のレンズ部L Pの屈折力が大きくなるとレンズ部L Pより発生する収差が増大し、またレンズ部L Pを通過する軸外光線の角度変化が大きくなり、軸外の収差の発生量が大きくなる。このとき、第2フォーカスレンズ部F 2を光軸上移動すると、レンズ部L Pに入射する光線の角度が大きく変化するため、フォーカシングに際して軸外の収差変動が増大してくる。

50

【 0 0 3 6 】

条件式 (2) の上限値を超えて正の屈折力のレンズ部 L P の屈折力が小さくなると、第 2 フォーカスレンズ部 F 2 による収差補正の効果が少なくなる。又、フォーカシングに際して第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の移動量を大きくしなければいけなくなり、レンズ全長が増大してくる。更に好ましくは条件式 (2) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 3 7 】

$$0.7 < f_{LP} / f_{LR} < 1.0 \quad \dots (2a)$$

または条件式 (2) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.5 < f_{LP} / f_{LRw} < 1.039 \dots \dots (2x)$$

条件式 (3) は広角端における全系の焦点距離に対する第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の焦点距離の比を設定している。条件式 (3) の上限値を超えて第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の負の屈折力が強くなると (負の屈折力の絶対値が大きくなると) 、フローティングによるフォーカシングに際しての収差変動とズーミングに際しての収差変動をバランス良く補正するのが困難になる。

10

【 0 0 3 8 】

条件式 (3) の下限値を超えて第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の負の屈折力が弱くなると (負の屈折力の絶対値が小さくなると) 、第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の収差補正の効果が少なくなってくる。

【 0 0 3 9 】

更に好ましくは条件式 (3) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

$$-28.0 < f_{F2} / f_w < -7.0 \quad \dots (3a)$$

各実施例によれば以上のようにレンズ構成を特定することによってフォーカシングに際しての収差の変動、特に広角端において像面湾曲の変動を軽減し、良好な光学性能を有するズームレンズが得られる。

【 0 0 4 0 】

各実施例において、更にフォーカシングに際しての収差の変動を補正し、良好な光学性能を得るには、以下の諸条件式のうち 1 つ以上を満足することが望ましい。前群 L F の焦点距離を f_{LF} とする。第 1 フォーカスレンズ部 F 1 の焦点距離を f_{F1} とする。広角端において第 2 フォーカスレンズ部の最も像側のレンズ面からレンズ部 L P の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離を D_{LP} 、広角端における光学全長 (第 1 レンズ面から最終レンズ面までの距離) を T_{Dw} とする。このとき次の条件式のうち 1 つ以上を満足するのが良い。

30

【 0 0 4 1 】

$$-2.5 < f_{LF} / f_w < -1.1 \quad \dots (4)$$

$$-6.0 < f_{F2} / f_{F1} < -1.0 \quad \dots (5)$$

$$0.001 < D_{LP} / T_{Dw} < 0.100 \quad \dots (6)$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【 0 0 4 2 】

条件式 (4) は広角端における全系の焦点距離に対する負の屈折力の前群 L F の焦点距離を適切に設定している。条件式 (4) の上限を超えて前群 L F の負の屈折力が大きくなると (屈折力の絶対値が大きくなると) 全系の小型化は容易になるが、歪曲収差が増大し、この収差の補正が困難になる。条件式 (4) の下限を超えて前群 L F の負の屈折力が小さくなると (負の屈折力の絶対値が小さくなると) 歪曲収差の補正は容易になるが、全系の小型化が困難になる。更に好ましくは条件式 (4) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

40

【 0 0 4 3 】

$$-2.2 < f_{LF} / f_w < -1.4 \quad \dots (4a)$$

条件式 (5) は第 1 フォーカスレンズ部 F 1 と第 2 フォーカスレンズ部 F 2 の屈折力を適切に設定している。条件式 (5) の下限を超えて第 1 フォーカスレンズ部 F 1 の正の屈折力が大きくなると、第 1 フォーカスレンズ部 F 1 より発生する球面収差をはじめとする

50

諸収差の補正が困難になる。

【0044】

条件式(5)の上限を超えて第1フォーカスレンズ部F1の正の屈折力が小さくなると、フォーカシングに際して、第1フォーカスレンズ群F1の移動量が大きくなり、レンズ全長が大きくなるため、好ましくない。更に好ましくは条件式(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$-6.0 < f_{F2} / f_{F1} < -1.5 \dots \dots (5x)$$

または、条件式(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0045】

$$-5.5 < f_{F2} / f_{F1} < -1.5 \dots \dots (5a)$$

10

条件式(6)は第2フォーカスレンズ部F2の最終レンズ面から正の屈折力のレンズ部LPの物体側の第1レンズ面までの光軸上の距離を適切に設定している。条件式(6)の上限を超えて第2のフォーカスレンズ群F2の最終レンズ面から正の屈折力のレンズ群LPの第1レンズ面までの光軸上の距離が大きくなると、レンズ全長が増大してくる。条件式(6)の下限を超えて第2のフォーカスレンズ群F2の最終面から正の屈折力のレンズ群LPの第1レンズ面までの光軸上の距離が短くなると、フローティングに際しての移動量を十分確保するのが困難となり、収差補正効果が少なくなってくる。

【0046】

更に好ましくは条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

$$0.005 < D_{LP} / T_{DW} < 0.07 \dots \dots (6a)$$

フォーカスレンズ部に関して、収差が残存しすぎるとフォーカシングに際して収差変動が大きくなる。フォーカスレンズ部で発生する、色収差をはじめとする諸収差の発生を軽減するため、各実施例において第1フォーカスレンズ部F1と第2フォーカスレンズ部F2のそれぞれは正レンズと負レンズの接合レンズを有していることが望ましい。

【0047】

ネガティブリード型のズームレンズは、より広画角化のレンズ系を得る際に、先行する負の屈折力のレンズ群の負の屈折力をより強くする必要がある。一般に先行する負の屈折力のレンズ群のパワーが強くなるにつれ、負の歪曲収差が多く発生してくる。このとき負の歪曲収差の発生を軽減するため、先行する負の屈折力のレンズ群の最も物体側(拡大共役側)に物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズを配置するのが良い。これによれば周辺光速(周辺画角の光束)を法線に近い角度で入射させることができ、歪曲収差の発生を軽減することが容易となる。

30

【0048】

各実施例において、歪曲収差の発生を抑制するため、負の屈折力の前群LFは正レンズと4枚以上のメニスカス形状の負レンズを有することが望ましい。また、各実施例において、広画角化に伴い、急激な補正不足となるメリディオナル像面の補正及び歪曲の補正のため、負の屈折力の前群LFに2つの非球面を有していることが望ましい。

【0049】

次に、本発明のズームレンズを用いた一眼レフカメラシステム(撮像装置)の実施例を、図10を用いて説明する。図10において、10は一眼レフカメラ本体、11は本発明のズームレンズを搭載した交換レンズである。12は交換レンズ11を通して得られる被写体像を受光するフィルムや撮像素子などの記録手段である。13は交換レンズ11からの被写体像を観察するファインダー光学系、14は交換レンズ11で形成された被写体像を記録手段12とファインダー光学系13に切り替えて伝送するための回動するクイックリターンミラーである。

40

【0050】

ファインダーで被写体像を観察する場合は、クイックリターンミラー14を介してピント板15に結像した被写体像をペンタプリズム16で正立像としたのち、接眼光学系17で拡大して観察する。撮影時にはクイックリターンミラー14が矢印方向に回動して被写

50

体像は記録手段 1 2 に結像して記録される。1 8 はサブミラー、1 9 は焦点検出装置である。

【0051】

このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ等の交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有した撮像装置が実現できる。尚、本発明はクイックリターンミラーのない一眼レフカメラにも同様に適用することができる。

【0052】

以下、実施例 1 乃至 3 に対応する数値実施例 1 乃至 3 のズームレンズの具体的な数値データを示す。i は物体から数えた順序を示す。面番号 i は物体側から順に数えている。r_i は第 i 番目の面の曲率半径、d_i は第 i 番目と第 i + 1 番目の面間隔である。n_{d i} と d_i はそれぞれ d 線に対する第 i 面と第 (i + 1) 面との間の媒質の屈折率、アッベ数を表す。また B F はバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの距離である。レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離を表す。

【0053】

また、非球面は面番号の後に、* の符号を付加して表している。非球面形状は、X を光軸方向の面頂点からの変位量、h を光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、R を近軸曲率半径、k を円錐定数、A₄, A₆, A₈, A₁₂, A₁₄ を各次数の非球面係数とするとき

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h/R)^2\}^{1/2}] + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10} + A_{12} \cdot h^{12} + A_{14} \cdot h^{14}$$

で表す。なお、各非球面係数における「E ± X X」は「× 10 ± X X」を意味している。前述の各条件式に関係した数値を表 1 に示す。

【0054】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	38.185	3.10	2.00100	29.1
2	25.262	9.54		
3*	36.270	2.50	1.88300	40.8
4	22.105	6.42		
5	29.521	2.30	1.55332	71.7
6*	17.529	7.46		
7	72.683	1.62	1.91082	35.3
8	33.654	7.42		
9	-52.842	1.60	1.49700	81.5
10	68.106	2.02		
11	46.700	5.80	1.72047	34.7
12	-94.149	(可変)		
13		(可変)		(フレアーカット絞り)
14	27.216	1.20	1.88202	37.2
15	14.509	3.53	1.62004	36.3
16	-509.663	1.00		
17	-29.731	3.38	1.92286	18.9
18	-31.669	3.74		
19	68.147	1.93	1.43875	94.9
20	-83.666	(可変)		
21		5.30		(開口絞り)
22	-58.487	1.25	2.00272	19.3

23	2078.095	0.54			
24	-71.463	1.00	1.77250	49.6	
25	30.889	2.24	1.80809	22.8	
26	-122.485	1.00			
27		(可変)		(解放Fナンバー絞り)	
28	18.590	4.59	1.49700	81.5	
29	-31.917	0.10			
30	-800.695	1.00	2.00330	28.3	
31	24.033	0.00			
32	24.033	5.37	1.43875	94.9	10
33	-48.503	0.00			
34	-48.503	1.40	1.85135	40.1	
35*	-54.144	(可変)			
36	像面				

【 0 0 5 5 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.61533e-006 A 6=-8.52847e-009
A 8= 1.71522e-011 A10=-1.87989e-014 A12= 1.42820e-017

20

第6面

K =-9.41745e-001 A 4= 2.13551e-005 A 6=-5.61566e-008
A 8= 4.23721e-011 A10=-2.55585e-013 A12= 1.76981e-016

第35面

K =-1.65308e+001 A 4= 1.81854e-005 A 6= 1.25373e-007
A 8= 5.64157e-010 A10=-1.78189e-012 A12= 1.99683e-014

各種データ

30

ズーム比 1.90

焦点距離	12.40	17.15	23.60	14.89	19.88
Fナンバー	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	60.18	51.59	42.51	55.46	47.42
像高	21.64	21.64	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	163.45	152.41	149.98	155.75	150.19
BF	38.80	45.68	55.61	42.6	49.84

d12	26.70	11.08	0.50	16.71	5.68
d13	4.02	2.15	0.50	3.33	1.42
d20	1.00	2.87	4.52	1.69	3.60
d27	4.59	2.29	0.50	3.08	1.31
d35	38.80	45.68	55.61	42.6	49.84

40

【 0 0 5 6 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

50

面番号	r	d	nd	d	
1	39.531	3.10	2.00100	29.1	
2	26.215	9.73			
3*	36.904	2.50	1.88300	40.8	
4	22.374	8.25			
5	29.106	2.30	1.55332	71.7	
6*	19.423	6.71			
7	71.914	1.62	1.91082	35.3	
8	33.432	7.99			
9	-56.532	1.60	1.49700	81.5	10
10	48.416	2.89			
11	43.062	5.43	1.72047	34.7	
12	-164.562	(可変)			
13		(可変)		(フレアーカット絞り)	
14*	28.452	1.20	1.88202	37.2	
15	17.272	3.08	1.62004	36.3	
16	412.769	1.10			
17	-32.489	2.00	1.92286	18.9	
18	-31.649	3.34			
19	56.306	1.94	1.43875	94.9	20
20	-110.152	(可変)			
21		2.37		(開口絞り)	
22	-71.556	1.25	2.00100	29.1	
23	239.288	0.53			
24	-75.928	1.00	1.77250	49.6	
25	79.219	1.55	1.92286	18.9	
26	-199.961	1.51	1.72151	29.2	
27	-188.016	1.00			
28		(可変)		(解放Fナンバー絞り)	
29	18.213	4.95	1.49700	81.5	30
30	-30.733	0.10			
31	416.278	1.00	2.00330	28.3	
32	22.659	0.00			
33	22.659	4.48	1.43875	94.9	
34	-33.949	0.00			
35	-33.949	1.40	1.85135	40.1	
36*	-50.079	(可変)			
37	像面				

【 0 0 5 7 】

40

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.43934e-006 A 6=-3.80475e-009
A 8= 1.62870e-011 A10=-2.54166e-014 A12= 2.55155e-017

第6面

K =-1.06541e+000 A 4= 1.71640e-005 A 6=-4.20554e-008
A 8= 3.51755e-011 A10=-2.27683e-013 A12= 1.99376e-016

第14面

50

K = -6.56414e-001 A 4 = -1.81728e-007 A 6 = -7.37920e-008
 A 8 = 2.05476e-009 A10 = -2.78714e-011 A12 = 1.33883e-013

第36面

K = -1.57779e+001 A 4 = 1.87397e-005 A 6 = 1.56074e-007
 A 8 = 8.22872e-010 A10 = -4.88798e-012 A12 = 4.50788e-014

各種データ

ズーム比 2.07

10

焦点距離	11.40	17.21	23.60	14.40	20.47
Fナンバー	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.21	51.51	42.51	56.36	46.59
像高	21.64	21.64	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	162.84	150.87	150.47	154.16	149.28
BF	38.80	47.16	57.21	43.3	52.13

d12	24.72	8.49	0.50	13.91	3.93
d13	5.35	2.42	0.50	4.08	1.40
d20	1.00	3.93	5.85	2.27	4.94
d28	7.05	2.95	0.50	4.69	0.96
d36	38.80	47.16	57.21	43.3	52.13

20

【 0 0 5 8 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	52.263	3.50	1.88300	40.8
2	33.901	9.00		
3	44.686	3.50	1.49710	81.6
4*	16.778	8.50		
5	34.094	2.80	1.74100	52.6
6*	21.772	7.31		
7	58.936	2.00	1.49700	81.5
8	24.964	8.61		
9	-63.417	1.80	1.49700	81.5
10	37.699	3.31		
11	39.346	6.36	1.61340	44.3
12	-83.133	(可変)		
13	26.485	1.00	1.85026	32.3
14	15.747	3.20	1.61293	37.0
15	7097.120	5.5		
16		1.00		(解放Fナンバー絞り)
17		1.62		(開口絞り)
18	133.780	2.28	1.51633	64.1
19	-29.972	1.85		
20	-25.907	2.50	1.83481	42.7
21	45.537	1.34		

30

40

50

22	19.321	2.63	1.62588	35.7
23	166.683	0.77		
24	30.506	1.00	1.83481	42.7
25	12.260	3.43	1.49700	81.5
26	43.740	1.10		
27	19.807	5.03	1.49700	81.5
28	-33.450	0.10		
29	-58.693	1.09	1.81600	46.6
30	14.771	5.95	1.58313	59.4
31*	-40.357	(可変)		

像面

10

【 0 0 5 9 】

非球面データ

第4面

K =-6.34880e-001 A 4=-5.92565e-006 A 6=-2.22698e-009
A 8=-3.52898e-011 A10= 9.36132e-014 A12=-1.13043e-016

第6面

K =-3.64970e+000 A 4= 4.35269e-005 A 6=-7.11321e-008
A 8= 2.10170e-010 A10=-4.31046e-013 A12= 5.27438e-016
A14=-7.40370e-020

20

第31面

K =-9.16280e+000 A 4= 1.13483e-005 A 6=-8.65072e-009
A 8= 1.70277e-009 A10=-1.34283e-011 A12= 3.88670e-014

各種データ

ズーム比

1.74

	広角	中間	望遠
焦点距離	12.40	17.00	21.60
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	60.18	51.84	45.05
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	168.15	158.08	155.93
BF	38.82	47.32	55.83

30

d12	31.25	12.68	2.02
d31	38.82	47.32	55.83

40

【 0 0 6 0 】

【表 1】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1)	0.236	0.284	0.026
(2)	1.039	1.029	1.042
(3)	-27.489	-26.294	-7.356
(4)	-1.759	-1.747	-1.730
(5)	-5.412	-4.408	-1.570
(6)	0.045	0.065	0.008

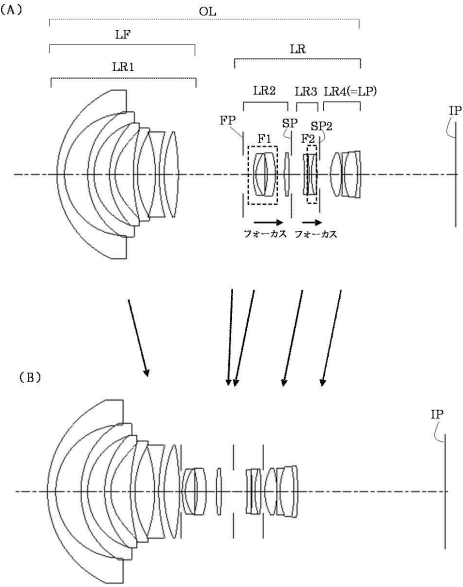
【符号の説明】

10

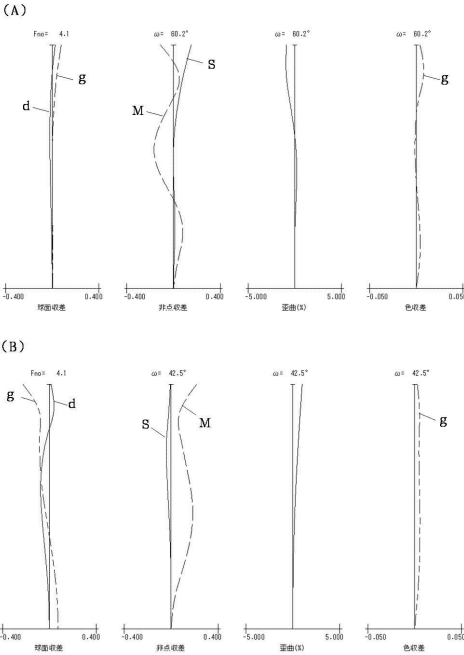
【 0 0 6 1 】

L F 前群 L R 後群 L R 1 第 1 レンズ群 L R 2 第 2 レンズ群
L R 3 第 3 レンズ群 L R 4 第 4 レンズ群 F 1 第 1 フォーカスレンズ部
F 2 第 2 フォーカスレンズ部 L P レンズ群 S P 開口絞り
S P 2 開放 F n o 絞り

【図 1】

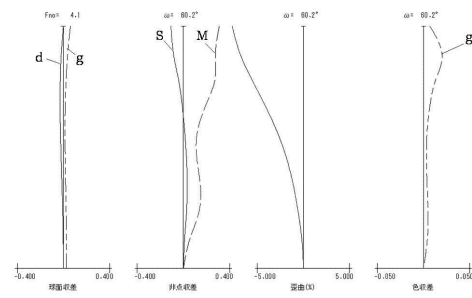


【図 2】

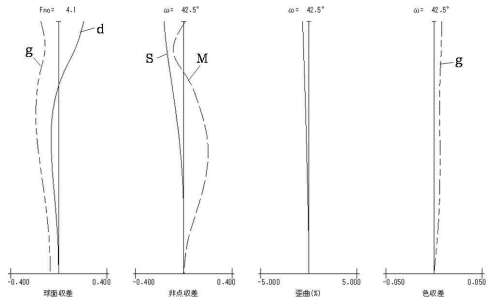


【図 3】

(A)

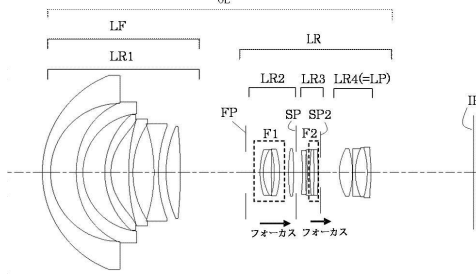


(B)

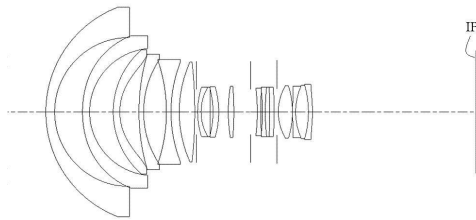


【図 4】

(A)

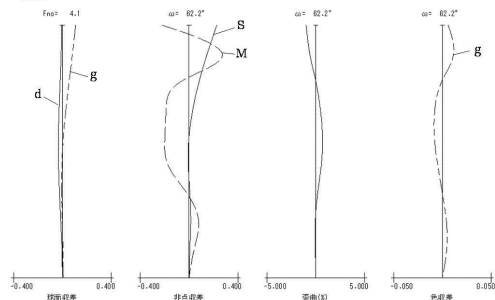


(B)

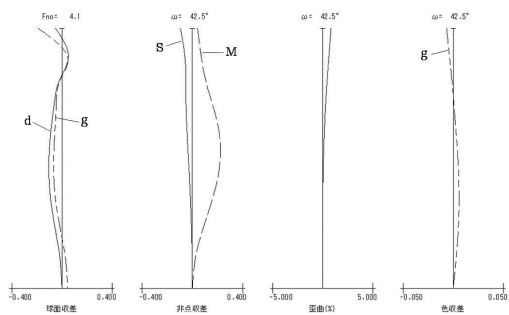


【図 5】

(A)

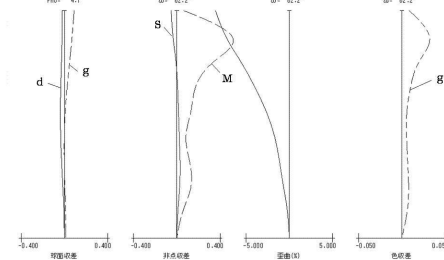


(B)

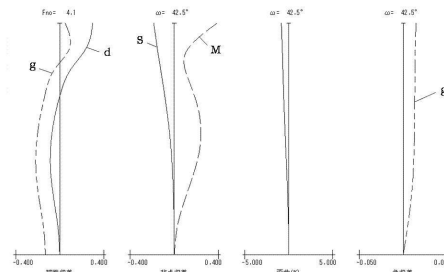


【図 6】

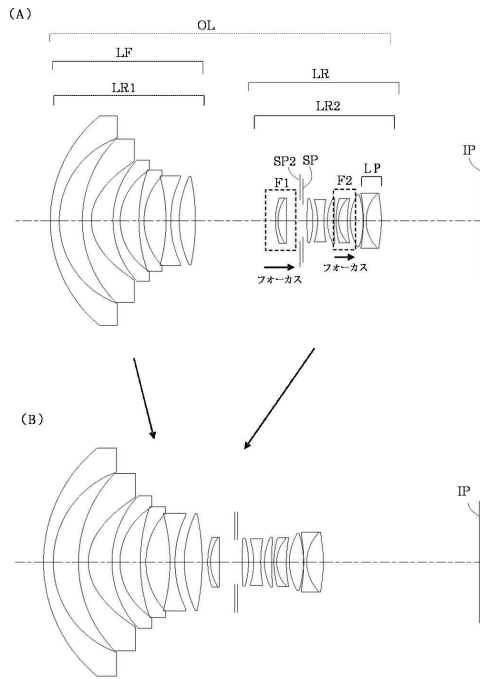
(A)



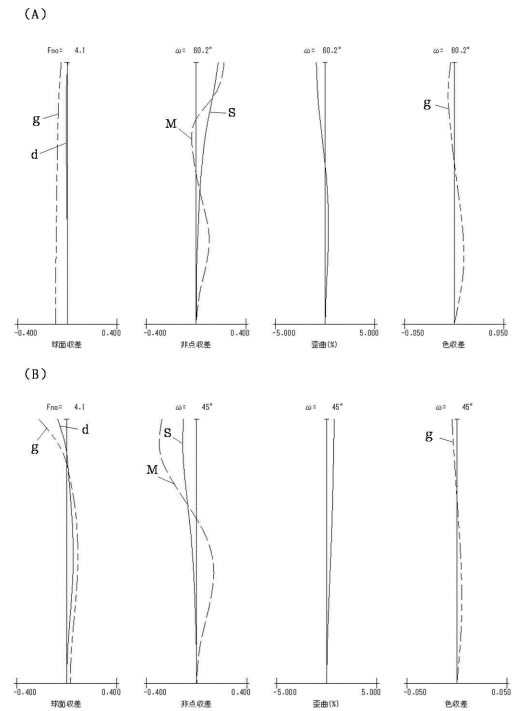
(B)



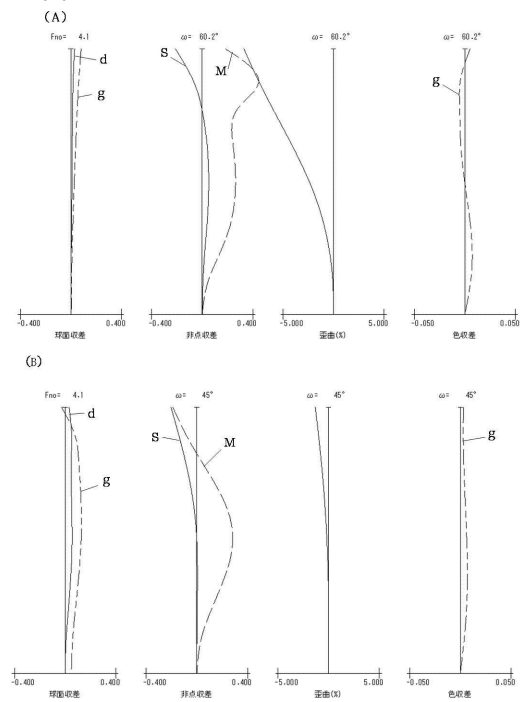
【図 7】



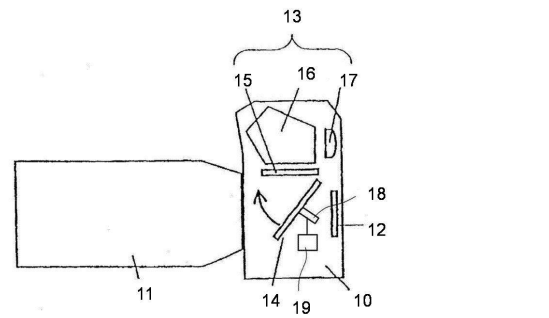
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 2 7 3 0 9 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 1 7 8 0 9 5 (W O , A 1)
特開 2 0 1 5 - 0 2 8 5 2 9 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 8 5 9 3 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 1 5 / 2 0
G 0 2 B 1 3 / 1 8