

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5822659号
(P5822659)

(45) 発行日 平成27年11月24日(2015.11.24)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2011-240225 (P2011-240225)
 (22) 出願日 平成23年11月1日(2011.11.1)
 (65) 公開番号 特開2013-97184 (P2013-97184A)
 (43) 公開日 平成25年5月20日(2013.5.20)
 審査請求日 平成26年10月21日(2014.10.21)

(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 島田 隆弘
 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 堀井 康司

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】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、複数のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群を有し、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、フォーカシングに際して前記第3レンズ群のみが移動し、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12w} 、望遠端における第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12t} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$3.7 < |f_{12w} / f_w|$$

$$1.0 < |f_{12t} / f_t| < 5.5$$

$$0.1 < |f_3 / f_t| < 0.19$$

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3レンズ群は、1枚のレンズ又は複数のレンズを接合した接合レンズより構成され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】

前記第3レンズ群は、非球面形状のレンズ面を含む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】

前記後群は、光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動して結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させる負の屈折力のレンズ群を有す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。

【請求項 5】

前記後群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、

前記第 4 レンズ群の全体を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることにより、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させ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 6】

前記後群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、

前記第 4 レンズ群の一部からなる、負の屈折力のサブレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることにより、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させ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 7】

前記後群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群より構成され、

前記第 5 レンズ群の全体を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることにより、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させ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 8】

前記後群は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群より構成され、

前記第 5 レンズ群の一部からなる、負の屈折力のサブレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることにより、結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させ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 9】

撮像素子に像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 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撮像素子と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、例えば一眼レフカメラ、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮影光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

ズームレンズのフォーカシング方法として、物体側の第 1 レンズ群を移動させる、所謂前玉フォーカス式や、第 2 レンズ群以降のレンズ群を移動させる、所謂インナーフォーカス式やリアフォーカス式等が知られている。

【0003】

一般にインナーフォーカス式やリアフォーカス式のズームレンズは、前玉フォーカス式のズームレンズに比べて、第 1 レンズ群の光線有効径が小さくなるので、レンズ系全体の小型化が図れるという利点を有している。また、比較的小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカシングを行うため、フォーカスが容易で特にオートフォーカス機能を有するカメラにおいては迅速なフォーカシングが容易になるといった特徴も有している。

10

20

30

40

50

【0004】

一方、近年デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置用のズームレンズは、高ズーム比であることが要求されている。高ズーム比を実現することが容易なズームレンズとして最も物体側のレンズ群が正の屈折力のレンズ群より成るポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。ポジティブリードタイプのズームレンズとして、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群と全体として正の後続群とを有し、各レンズ群の空気間隔を変化させることによりズームを行う、ズームレンズが知られている。

【0005】

このようなレンズ群構成よりなるポジティブリードタイプのズームレンズにおいて、負の屈折力の第2レンズ群を移動させてフォーカシングを行うズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2009-175324号公報

【特許文献2】特開2008-216440号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

20

前述したレンズ群より構成されるポジティブリードタイプのズームレンズでは負の屈折力の第2レンズ群が主たる変倍作用をする。以下、前述したレンズ群より構成されるポジティブリードタイプのズームレンズにおいて、負の屈折力の第2レンズ群の変倍に伴う結像倍率（倍率）について説明する。

【0008】

負の屈折力の第2レンズ群は、広角端において負の縮小倍率を有し、望遠端へのズームにともなって倍率の絶対値が増加する。更に第2レンズ群は、主変倍レンズ群であるので、光学全系が広角端から望遠端へズームする際の倍率の増加量が増大する、（負の縮小倍率から-1に近づく方向）。これは、特に高ズーム比のズームレンズの場合、顕著になる。ところで、フォーカスレンズ群の撮影倍率とフォーカス敏感度（フォーカスレンズ群の単位移動量に対するピントの移動量の比率）は次式で表わされる。

30

【0009】

$$ES = (1 - f^2) \times r^2$$

但し、ES：フォーカス敏感度

f：フォーカスレンズ群の結像倍率

r：フォーカスレンズ群より像側に配置された全てのレンズ群の合成結像倍率

上式によれば、フォーカス敏感度はフォーカスレンズ群の結像倍率 f の絶対値が1の時0となり、1から離れるにしたがって大きくなることわかる。

【0010】

40

多くのポジティブリードタイプのズームレンズにおいては、負の屈折力の第2レンズ群が、広角端から望遠端へのズームに際して負の縮小倍率から-1に近づく方向に変倍する。そのため、高ズーム比のズームレンズにおいて近距離物体を撮影する場合などでは、望遠端付近で第2レンズ群のフォーカス敏感度が小となり、フォーカスレンズ群の移動量が増加してくる。また、変倍の途中で第2レンズ群の結像倍率が-1になるときは、フォーカス敏感度が0となりフォーカスができなくなってくる。

【0011】

このため、ポジティブリードタイプで高ズーム比を実現し、リアフォーカス方式を採用するときには、フォーカス敏感度があまり小さくならないように各レンズ群の屈折力配置、フォーカス用のレンズ群の選択等を適切に設定することが重要になってくる。特にフォーカス用のレンズ群よりも物体側に位置するレンズ群の屈折力の設定が重要であり、この

50

設定が不適切であると、フォーカス用のレンズ群の移動量の増大を軽減しつつ、広範囲の物体距離にわたりフォーカスするのが困難になってくる。

【0012】

本発明は、高ズーム比を有しつつ、物体距離全般にわたりフォーカシング時にフォーカスレンズ群の移動量が極端に増大することなく、フォーカスを行うことができ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】

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、複数のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群を有し、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、フォーカシングに際して前記第3レンズ群のみが移動し、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12w} 、望遠端における第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12t} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$\begin{aligned} 3.7 < |f_{12w} / f_w| \\ 1.0 < |f_{12t} / f_t| < 5.5 \\ 0.1 < |f_3 / f_t| < 0.19 \end{aligned}$$

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】

【0014】

本発明によれば、高ズーム比を有しつつ、物体距離全般にわたりフォーカシング時にフォーカスレンズ群の移動量が極端に増大することなく、フォーカスを行うことができるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図2】(A), (B) 実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【図3】(A), (B) 実施例1のズームレンズの望遠端（長焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【図4】本発明の実施例2のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図5】(A), (B) 実施例2のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【図6】(A), (B) 実施例2のズームレンズの望遠端（長焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【図7】本発明の実施例3のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図8】(A), (B) 実施例3のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【図9】(A), (B) 実施例3のズームレンズの望遠端（長焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図

【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】

【0016】

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、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の

10

20

30

40

50

第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、複数のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群を有している。ズームに際して、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。フォーカシングに際して第3レンズ群が移動する。

【0017】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図である。図2（A）、（B）は実施例1のズームレンズの広角端において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。図3（A）、（B）は実施例1のズームレンズの望遠端（長焦点距離端）において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。

【0018】

ここで近距離物体における0.5mは後述する数値実施例をmm単位で表したときである。図4は本発明の実施例2のズームレンズの広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図である。図5（A）、（B）は実施例2のズームレンズの広角端において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。図6（A）、（B）は実施例2のズームレンズの望遠端において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。

【0019】

図7は本発明の実施例3のズームレンズの広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図である。図8（A）、（B）は実施例3のズームレンズの広角端において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。図9（A）、（B）は実施例3のズームレンズの望遠端において無限遠物体と近距離物体（0.5m）に合焦させたときの縦収差図である。

【0020】

図10は本発明のズームレンズを備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である。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影レンズ系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、 i は物体側からレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。 LR は複数のレンズ群を含む全体として正の屈折力の後群である。後群 LR は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させる負の屈折力のレンズ群（防振レンズ群） IS を有する。

【0021】

図1、図7のレンズ断面図において L_1 は正の屈折力の第1レンズ群、 L_2 は負の屈折力の第2レンズ群、 L_3 は負の屈折力の第3レンズ群、 L_4 は正の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は正の屈折力の第5レンズ群である。ここで、屈折力とは光学的パワーのことであり、焦点距離の逆数である。後群 LR は第4レンズ群 L_4 と第5レンズ群より構成されている。 IS は第4レンズ群 L_4 の一部からなる負の屈折力の防振レンズ群である。

【0022】

図4のレンズ断面図において L_1 は正の屈折力の第1レンズ群、 L_2 は負の屈折力の第2レンズ群、 L_3 は負の屈折力の第3レンズ群、 L_4 は正の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は負の屈折力の第5レンズ群、 L_6 は正の屈折力の第6レンズ群である。後群 LR は第4レンズ群 L_4 乃至第6レンズ群 L_6 より構成されている。 IS は第5レンズ群 L_5 の一部からなる負の屈折力の防振レンズ群である。各レンズ断面図において、 SP は開口絞りであり、第4レンズ群 L_4 の物体側に配置している。

【0023】

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影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）の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。球面収差図において d 、 g は各々 d 線、 g 線である。非点収差図において M 、 S は各々メリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差において g は g 線を表している。 ϕ は撮影半画

10

20

30

40

50

角(度)、FnoはFナンバーである。

【0024】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は各レンズ群が機構上光軸上を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。レンズ断面図において矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0025】

図1、図7の実施例1、3では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L1は物体側へ移動している。第2レンズ群L2は第1レンズ群L1との間隔を増大しつつ物体側へ移動している。第3レンズ群L3は第2レンズ群L2との間隔を増大しつつ物体側へ移動している。第4レンズ群L4は第3レンズ群L3との間隔を減少し
10
つつ物体側へ移動している。第5レンズ群L5は第4レンズ群L4との間隔を減少しつつ物体側へ移動している。絞りSPは第4レンズ群L4と一体に移動している。

【0026】

図4の実施例2では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L1は物体側へ移動している。第2レンズ群L2は第1レンズ群L1との間隔を増大しつつ物体側へ移動している。第3レンズ群L3は第2レンズ群L2との間隔を増大しつつ物体側へ移動している。第4レンズ群L4は第3レンズ群L3との間隔を減少しつつ物体側へ移動している。第5レンズ群L5は第4レンズ群L4との間隔を増大しつつ物体側へ移動している。第6レンズ群L6は第5レンズ群L5との間隔を減少しつつ物体側へ移動し
20
ている。絞りSPは第4レンズ群L4と一体に移動している。

【0027】

各実施例において無限遠物体から近距離物体へのフォーカスは第3レンズ群L3のみを光軸方向で像側に移動させて行っている。各実施例において、防振レンズ群ISは、光軸と略垂直方向の成分を持つ方向に移動して、光軸と略垂直方向に像(撮影画像)を変移させてズームレンズ全体が振動したときの像ぶれを補正している。即ち防振を行っている。防振レンズ群ISは第4レンズ群L4又は第5レンズ群L5の全部又は一部のレンズ群であれば良い。

【0028】

次に各実施例の特徴について説明する。広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とする。広角端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離を f_{12w} 、望遠端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離を f_{12t} とする。このとき、
30

$$3.7 < |f_{12w} / f_w| \dots (1)$$

$$1.0 < |f_{12t} / f_t| < 5.5 \dots (2)$$

なる条件を満足している。

【0029】

条件式(1)は広角端において全フォーカス範囲にわたり諸収差の変動が少なく、画面全体にわたり高い光学性能を得るためのものである。条件式(1)はフォーカスレンズ群である第3レンズ群L3よりも物体側にある第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の広角端での合成焦点距離を規定している。条件式(1)を満足することで、広角端においてフォーカスレンズ群である第3レンズ群に入射する軸上光線の入射角度を小さくして、フォーカシングによる軸上光線の入射高の変動を小さくしている。これにより、広角端において軸上色収差、球面収差のフォーカシングによる変動を小さくしている。
40

【0030】

条件式(2)は望遠端において全フォーカス範囲にわたり諸収差の変動が少なく、画面全体にわたり高い光学性能を得るためのものである。条件式(2)は第3レンズ群の物体側にある第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の望遠端での合成焦点距離を規定している。条件式(2)を満足することで、望遠端においてフォーカスレンズ群である第3レンズ群に入射する軸上光線の入射角度を小さくして、フォーカシングによる軸上光線の入射高の変動を小さくしている。これにより、望遠端において軸上色収差、球面収差のフォーカ
50

シングによる変動を小さくしている。

【0031】

また、条件式(1)、(2)を同時に満足することで全ズーム域において第3レンズ群L3に入射する軸上光線の入射角度を小さくすることができ、軸上色収差、球面収差のフォーカシングによる変動を小さくすることが容易になる。更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0032】

$$4.0 < |f_{12w} / f_w| < 8.5 \quad \dots (1a)$$

$$1.5 < |f_{12t} / f_t| < 5.5 \quad \dots (2a)$$

各実施例において好ましくは、第3レンズ群L3の焦点距離を f_3 とする。このとき、

$$0.1 < |f_3 / f_t| < 0.19 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足するのが良い。

【0033】

条件式(3)はフォーカスレンズ群である第3レンズ群L3の焦点距離を規定するものである。条件式(3)の上限を超えると、フォーカシングに際しての第3レンズ群L3の移動量が大きくなり、全系の小型化が難しくなる。条件式(3)の下限を超えると、高ズーム比には有利であるが、ペッツバル和が負の方向に大きくなり全ズーム範囲で非点収差の補正が困難になる。また、広角端においてフォーカシングに際しての非点収差の変動が大きくなってくるので良くない。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。

【0034】

$$0.12 < |f_3 / f_t| < 0.19 \quad \dots (3a)$$

第3レンズ群L3は、1つのレンズ成分で構成するのが良い。ここで1つのレンズ成分とは1枚のレンズ又は複数のレンズを接合した接合レンズをいう。

【0035】

条件式(1)、(2)を満足すれば、フォーカスレンズ群を1つのレンズ成分で構成してもフォーカシングに際しての収差変動を抑制することは容易になる。フォーカスレンズ群を1つのレンズ成分で構成することで、フォーカスレンズ群を小型軽量化することができ、オートフォーカス時に迅速なフォーカシングが容易になる。また、光軸方向の厚みを抑制することで、各レンズ群の移動量を増やすことができるため、小型で高ズーム比のズームレンズを得ることが容易になる。

【0036】

第3レンズ群L3は、非球面形状のレンズ面を有するのが良い。非球面を用いることで、広角端においてフォーカシングによる非点収差の変動を小さくすることができ、第3レンズ群を1つのレンズ成分のレンズで構成しても良好な光学性能を得ることが容易になる。

【0037】

次に第1、第2レンズ群L1、L2のレンズ構成について説明する。以下、各レンズ群のレンズは物体側から像側へ順に配置されているとする。第1レンズ群L1は負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは、第1レンズ群L1内で発生する諸収差、特に望遠側において球面収差が多く発生してくる。そこで第1レンズ群L1の正の屈折力を接合レンズと正レンズで分担し、これらの収差の発生を低減している。

【0038】

第2レンズ群L2は屈折力の絶対値が物体側に比べて像側に強く、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは第2レンズ群L2で発生する諸収差、特に広角側において歪曲収差、像面湾曲が多く発生してくる。

【0039】

そこで各実施例では第2レンズ群L2の負の屈折力を2つの負レンズで分担し、像面湾

10

20

30

40

50

曲の発生を低減している。このようなレンズ構成により、広画角化を図りながら前玉有効径の小型化と高い光学性能を得ている。後群LRのレンズ構成は次のとおりである。

【0040】

実施例1, 3では第4レンズ群L4の全部又は一部からなる負の屈折力のサブレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させている。実施例2では第5レンズ群L5の全部又は一部からなる負の屈折力のサブレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて結像位置を光軸に対して垂直方向に移動させている。

【0041】

実施例1, 3において第4レンズ群L4は正レンズ、正レンズと負レンズとの接合レンズ、負レンズと正レンズとの接合レンズ(防振レンズ群IS)より構成している。又、実施例2において第4レンズ群L4は正レンズ、負レンズと正レンズとの接合レンズより構成している。

【0042】

実施例1において第5レンズ群L5は正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズより構成している。実施例2において第5レンズ群L5は負レンズと正レンズとの接合レンズ(防振レンズ群IS)、負レンズより構成している。実施例2において第6レンズ群L6は正レンズ、正レンズと負レンズとの接合レンズ、正レンズより構成している。後群LRを以上のように構成することにより全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得ている。

【0043】

以上のように各実施例によれば、高ズーム比であっても、フォーカシングに際してのフォーカスレンズ群の移動量が極端に増大することのなく、小型軽量のフォーカスレンズ群を有したズームレンズを得ることができる。

【0044】

以下に、実施例1乃至3に各々対応する数値実施例1乃至3を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順番を示し、 r_i は第 i 番目(第 i 面)の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間の間隔、 n_{di} 、 d_i はそれぞれ d 線を基準とした材料の屈折率、アッペ数を示す。画角は全系の半画角、像高は半画角を決定する最高像高である。レンズ全長は第1レンズ面から像面までの長さである。バックフォーカスBFは最終レンズ面から像面までの長さである。(非球面データ)には、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

【0045】

【数1】

$$x = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}} + A4h^2 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10} + A12h^{12}$$

【0046】

但し、

x : 光軸方向の基準面からの変位量

h : 光軸に対して垂直な方向の高さ

R : ペースとなる2次曲面の半径

k : 円錐定数

A_n : n 次の非球面係数

なお、「E-Z」の表示は「 10^{-Z} 」を意味する。又前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0047】

[数値実施例1]

10

20

30

40

50

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	123.227	2.00	1.90366	31.3	55.82	
2	61.298	8.47	1.49700	81.5	54.23	
3	-579.136	0.10			54.03	
4	60.082	6.39	1.60300	65.4	52.33	
5	411.197	(可変)			51.72	10
6*	2255.189	1.55	1.81600	46.6	32.83	
7	17.837	6.60			25.17	
8	-76.484	1.20	1.81600	46.6	24.91	
9	58.500	0.10			24.20	
10	31.253	5.66	1.84666	23.9	24.16	
11	-56.963	(可変)			23.38	
12	-25.067	1.00	1.72916	54.7	17.34	
13*	269.260	(可変)			16.61	
14(絞リ)		0.38			14.99	
15	55.473	2.57	1.65160	58.5	15.36	20
16	-44.336	0.10			15.53	
17	33.951	3.64	1.48749	70.2	15.50	
18	-27.965	0.80	1.84666	23.9	15.22	
19	-128.204	1.42			15.18	
20*	-60.556	1.00	1.67003	47.2	15.01	
21	21.942	1.89	1.84666	23.9	15.04	
22	48.455	(可変)			14.97	
23	27.549	3.10	1.48749	70.2	21.03	
24	149.861	0.15			21.12	
25	31.779	5.33	1.49700	81.5	21.39	30
26	-36.741	0.15			21.15	
27*	-715.087	1.09	1.85400	40.4	20.43	
28	24.341	2.10			19.84	
29	83.257	3.36	1.83481	42.7	20.13	
30	-192.687	(可変)			20.49	

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.35897e-006 A 6=-4.91712e-009 A 8= 1.41283e-012 A10= 40
5.95554e-017

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.20124e-006 A 6= 1.03446e-008 A 8=-5.05143e-011 A10=
-1.11959e-012

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.73999e-006 A 6= 6.72334e-009 A 8= 7.09581e-011 A10=
-1.27996e-012

第27面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.00157e-005 A 6=-2.42943e-008 A 8= 1.01958e-010 A10=-3.98635e-013

各種データ

ズーム比	10.39			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	18.60	60.40	193.27	
Fナンバー	3.48	4.98	5.88	
画角	36.27	12.74	4.04	10
像高	13.65	13.65	13.65	
レンズ全長	144.58	176.50	208.42	
BF	38.09	63.96	77.06	
d 5	1.18	30.51	56.25	
d11	4.80	5.63	11.04	
d13	28.60	12.17	2.46	
d22	11.77	4.09	1.47	
d30	38.09	63.96	77.06	20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	98.70
2	6	-51.17
3	12	-31.41
4	14	53.76
5	23	44.36

【 0 0 4 8 】

[数值実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	153.678	2.00	1.80610	33.3	52.55
2	53.100	9.17	1.49700	81.5	51.10
3	-403.597	0.15			51.00
4	51.417	6.86	1.60311	60.6	49.88
5	312.464	(可変)			49.20
6*	204.094	1.20	1.83481	42.7	28.12
7	16.037	5.88			22.19
8	-60.806	0.90	1.77250	49.6	21.91
9	35.697	0.15			21.29
10	29.006	6.15	1.84666	23.9	21.38
11	-34.331	(可変)			20.70
12*	-24.478	0.85	1.81600	46.6	17.85
13	6538.582	(可変)			17.28
14(絞リ)		0.59			15.41

10

20

30

40

50

15	46.351	3.05	1.61800	63.3	15.94
16	-50.401	0.15			16.13
17	25.007	0.90	1.80518	25.4	16.09
18	14.752	4.42	1.48749	70.2	15.54
19	-139.568	(可変)			15.29
20	-44.487	0.70	1.71300	53.9	13.12
21	14.943	2.45	1.80610	33.3	13.09
22	60.441	2.66			13.01
23	-21.786	1.10	1.83481	42.7	13.09
24	-39.714	(可変)			13.77
25	49.770	5.22	1.49700	81.5	21.11
26	-27.557	0.20			21.74
27	35.444	5.76	1.59240	68.3	22.11
28	-62.293	1.30	1.83481	42.7	21.54
29	32.446	1.00			21.08
30	52.468	2.96	1.58313	59.4	21.21
31*	-102.383	(可変)			21.33

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.80273e-006 A 6=-2.12313e-009 A 8=-4.28129e-011 A10=
1.22741e-013

第12面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.39991e-006 A 6= 9.48141e-009 A 8=-2.10770e-011 A10=
3.36651e-013

第31面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.94025e-005 A 6=-4.76423e-009 A 8= 3.78784e-010 A10=
-1.17111e-012

各種データ

ズーム比 10.39

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.60	60.56	193.30
Fナンバー	3.45	4.86	5.88
画角	36.29	12.71	4.04
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	147.70	181.75	215.80
BF	41.46	58.89	73.62

d 5	1.19	30.52	53.84
d11	2.12	3.67	10.03
d13	27.13	12.86	2.50
d19	2.50	8.11	9.46
d24	7.55	1.94	0.59
d31	41.46	58.89	73.62

10

20

30

40

50

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	94.67
2	6	-59.98
3	12	-29.88
4	14	25.53
5	20	-24.24
6	25	30.53

【 0 0 4 9 】

10

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	114.376	2.00	1.84666	23.9	62.81
2	67.281	8.87	1.49700	81.5	60.83
3	-9905.006	0.16			60.41
4	61.737	6.85	1.60300	65.4	57.38
5	282.710	(可変)			56.61
6*	1062.760	0.08	1.51640	52.2	33.33
7	1138.379	1.60	1.81600	46.6	33.38
8	18.890	6.86			25.83
9	-61.304	1.30	1.81600	46.6	25.55
10	116.595	0.16			25.07
11	38.764	5.62	1.84666	23.9	24.93
12	-48.808	(可変)			24.20
13*	-32.757	1.00	1.80400	46.6	20.20
14	342.032	(可変)			19.36
15(絞リ)		0.40			18.56
16	62.340	2.84	1.69680	55.5	18.91
17	-59.066	0.16			19.05
18	26.585	4.72	1.49700	81.5	18.94
19	-33.996	0.90	1.84666	23.9	18.47
20	-8042.681	3.35			18.22
21*	-116.750	0.90	1.80610	40.9	17.59
22	23.589	2.31	1.84666	23.9	17.43
23	70.619	(可変)			17.35
24*	86.149	4.40	1.58313	59.4	19.46
25	-27.204	8.29			20.25
26	-3162.335	1.10	1.88300	40.8	21.67
27	35.096	1.28			21.89
28	51.894	2.29	1.60300	65.4	22.53
29	360.700	(可変)			22.90

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.32728e-006 A 6= 3.19088e-009 A 8=-1.82287e-011 A10= 50

2.42134e-014

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.54686e-006 A 6=-1.85676e-010 A 8=-4.01493e-011 A10= 4.15170e-013

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.17108e-006 A 6=-3.87287e-008 A 8= 4.75576e-010 A10=-2.00405e-012

10

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.45890e-005 A 6= 5.88756e-008 A 8=-6.10080e-010 A10= 2.33946e-012

各種データ

ズーム比	6.69		
	広角	中間	望遠
焦点距離	28.90	76.87	193.28
Fナンバー	3.60	5.27	5.88
画角	36.82	15.72	6.39
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	144.56	176.58	208.59
BF	38.00	66.95	76.98
d 5	1.06	23.02	48.69
d12	2.86	4.53	11.19
d14	26.98	12.08	2.52
d23	8.26	2.60	1.81
d29	38.00	66.95	76.98

20

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	101.29
2	6	-70.55
3	13	-37.14
4	15	48.73
5	24	61.19

【 0 0 5 0 】

【表 1】

40

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1)	5.53	7.44	6.79
(2)	4.41	2.52	3.30
(3)	0.16	0.15	0.19

【 0 0 5 1 】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた実施例を図 1 0 を用いて説明する。図 1 0 において、1 0 は一眼レフカメラ本体、1 1 は本発明によるズームレンズを搭載した交換レンズである。

50

【 0 0 5 2 】

1 2 は交換レンズ 1 1 を通して得られる被写体像を記録する銀塩フィルムや被写体像を受光する固体撮像素子（光電変換素子）などの感光面である。1 3 は交換レンズ 1 1 からの被写体像を観察するファインダー光学系、1 4 は交換レンズ 1 1 からの被写体像を感光面 1 2 とファインダー光学系 1 3 に切り替えるための回動するクイックリターンミラーである。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 1 4 を介してピント板 1 5 に結像した被写体像をペンタプリズム 1 6 で正立像としたのち、接眼光学系 1 7 で拡大して観察する。

【 0 0 5 3 】

撮影時にはクイックリターンミラー 1 4 が矢印方向に回動して被写体像は感光面記録手段 1 2 に形成される結像して記録される。このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ交換レンズ等の光学機器に適用することにより、高い光学性能を有した光学機器が実現できる。尚、本発明はクイックリターンミラーのない S L R (Single lens Reflex) カメラ（ミラーレス一眼レフカメラ）にも同様に適用することができる。尚、本発明のズームレンズはビデオカメラにも同様に適用することができる。

10

【 0 0 5 4 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

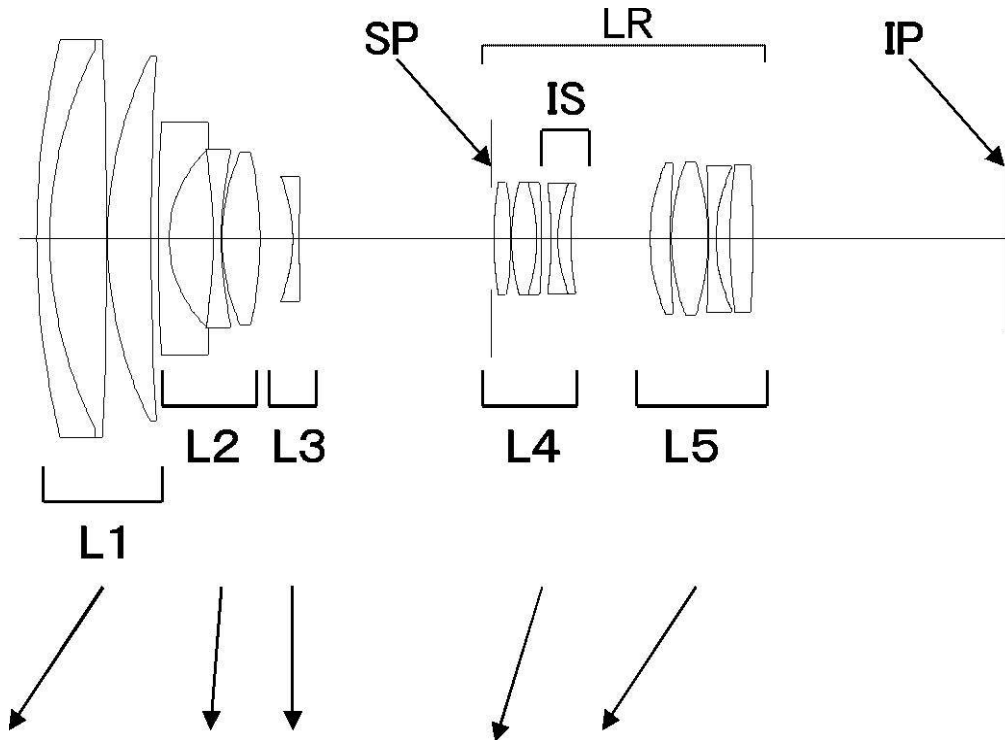
【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

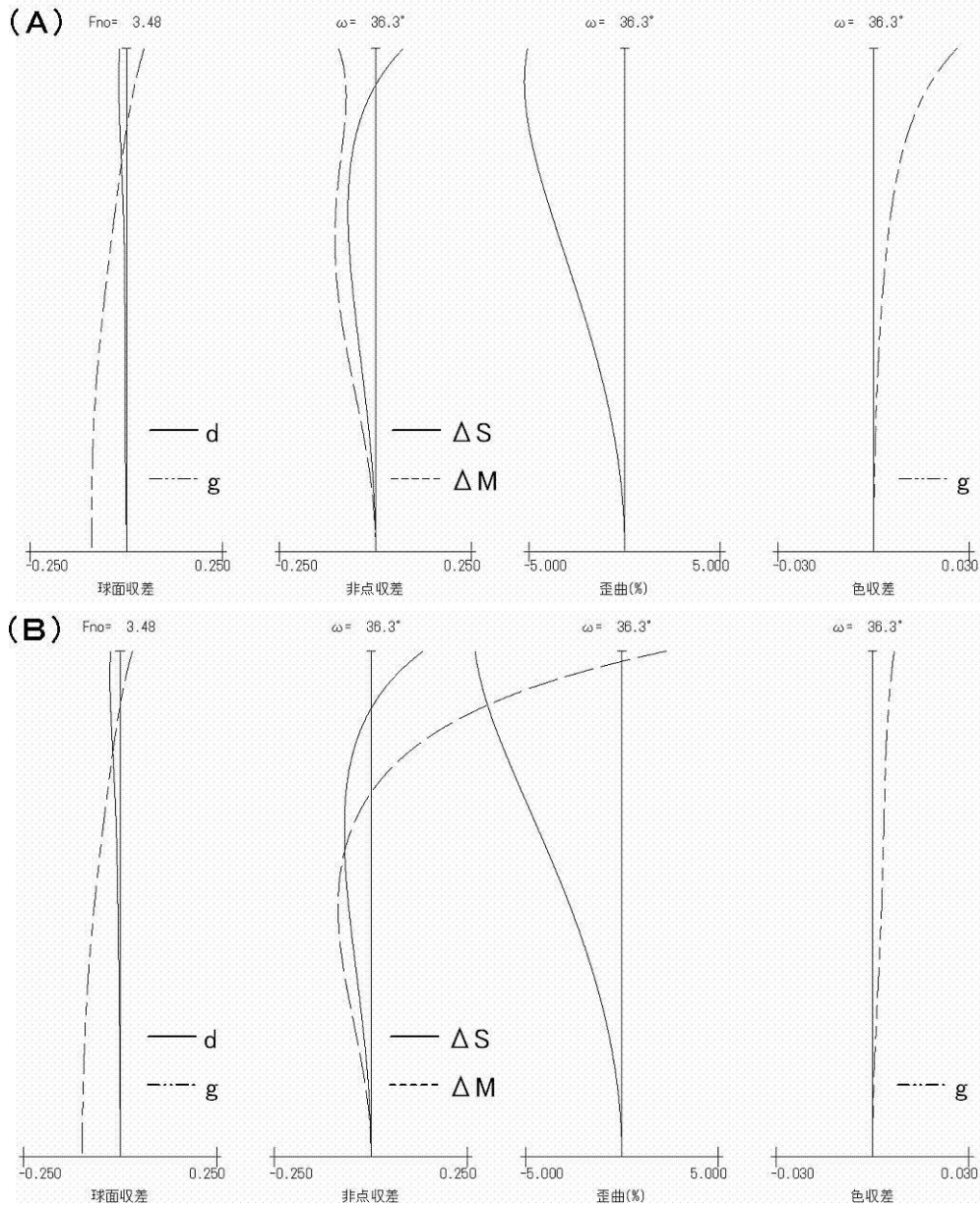
- L 1 : 第 1 レンズ群 L 2 : 第 2 レンズ群 L 3 : 第 3 レンズ群
- L 4 : 第 4 レンズ群 L 5 : 第 5 レンズ群 L 6 : 第 6 レンズ群
- S P : 開口絞り I P : 像面 L R : 後群

20

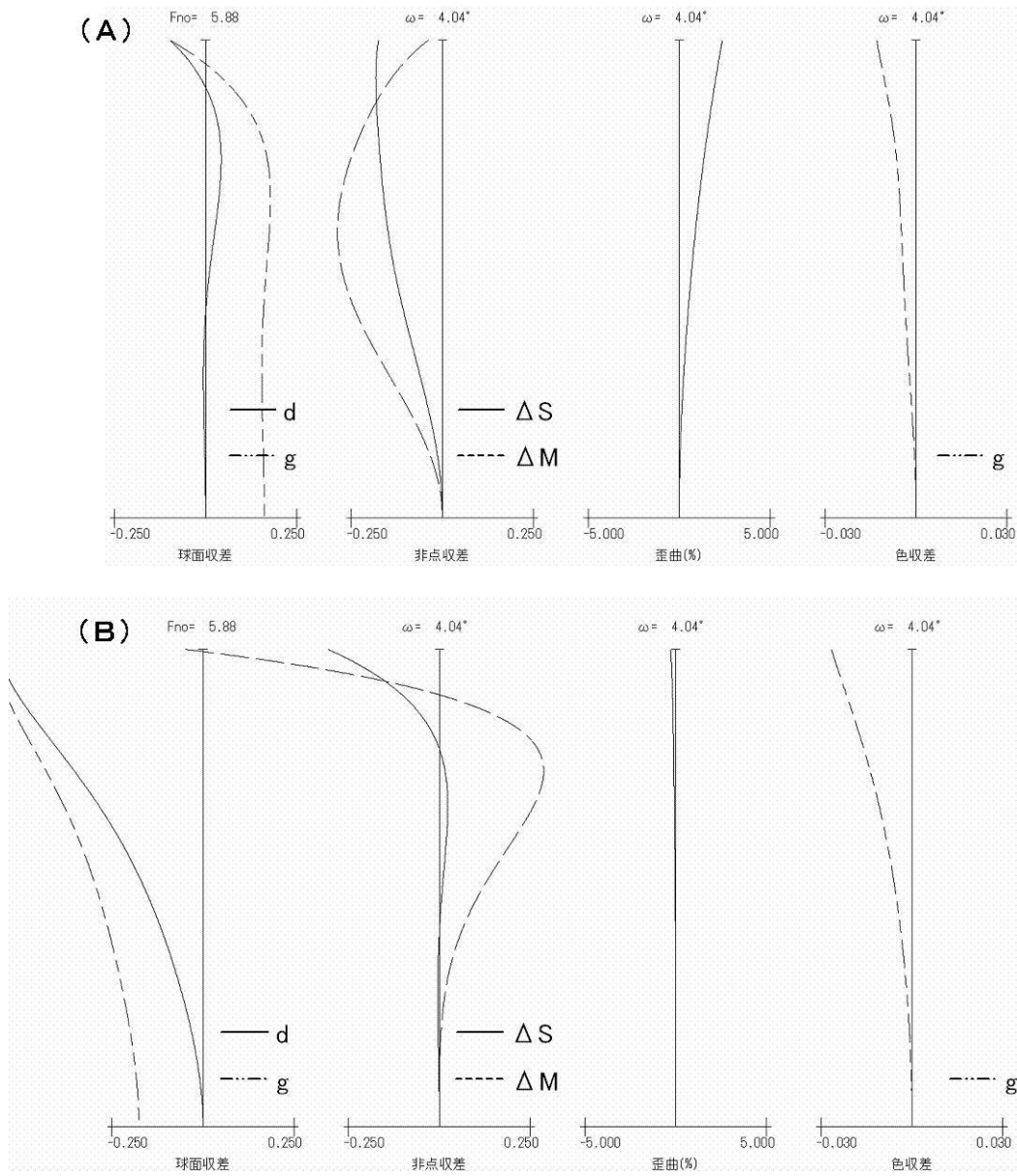
【 図 1 】



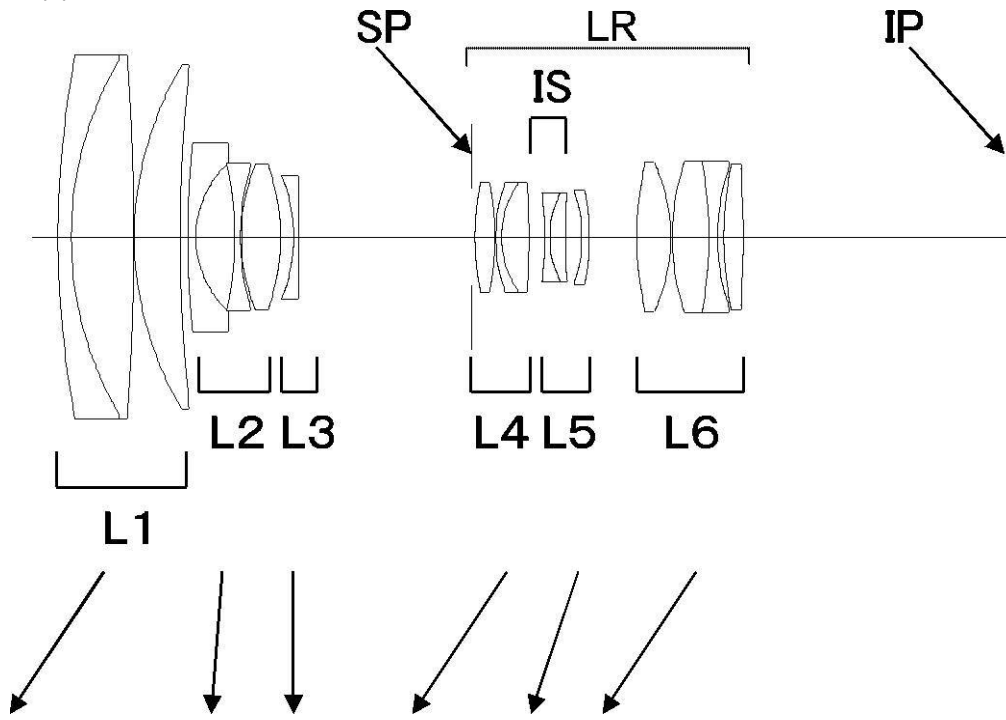
【 図 2 】



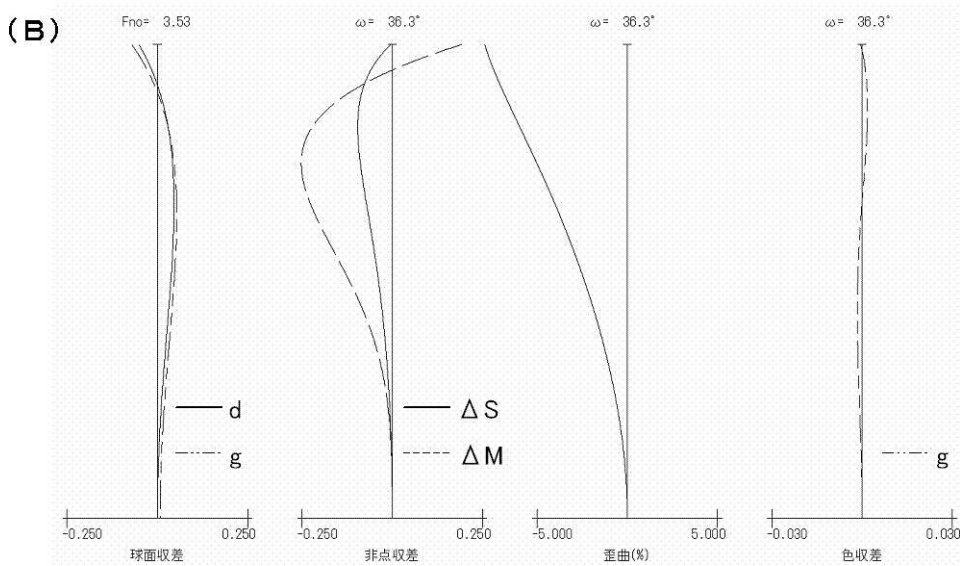
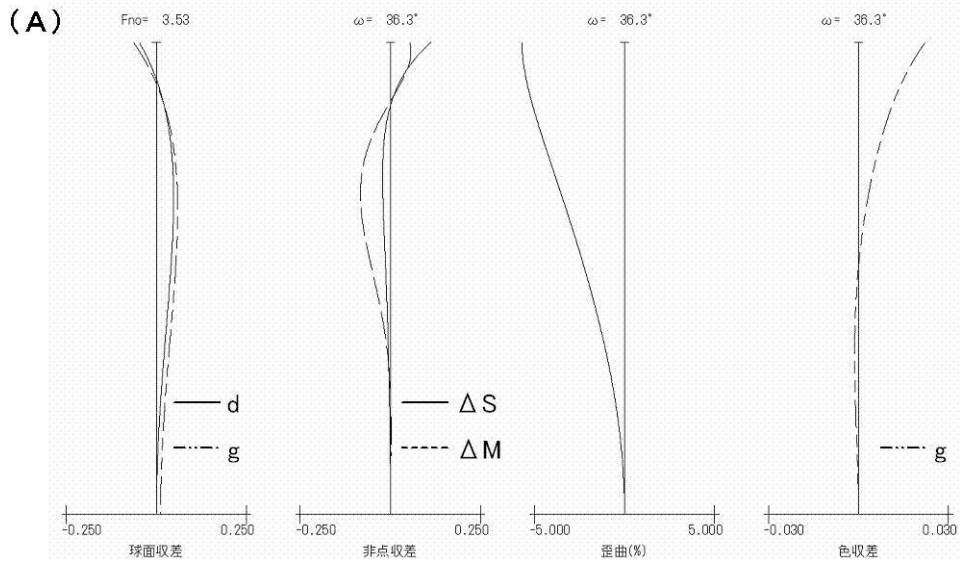
【 図 3 】



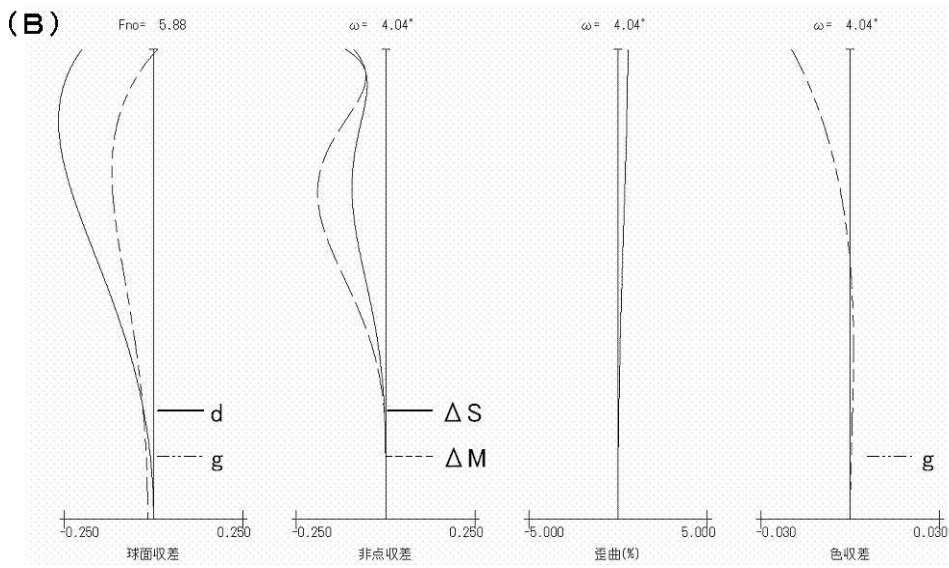
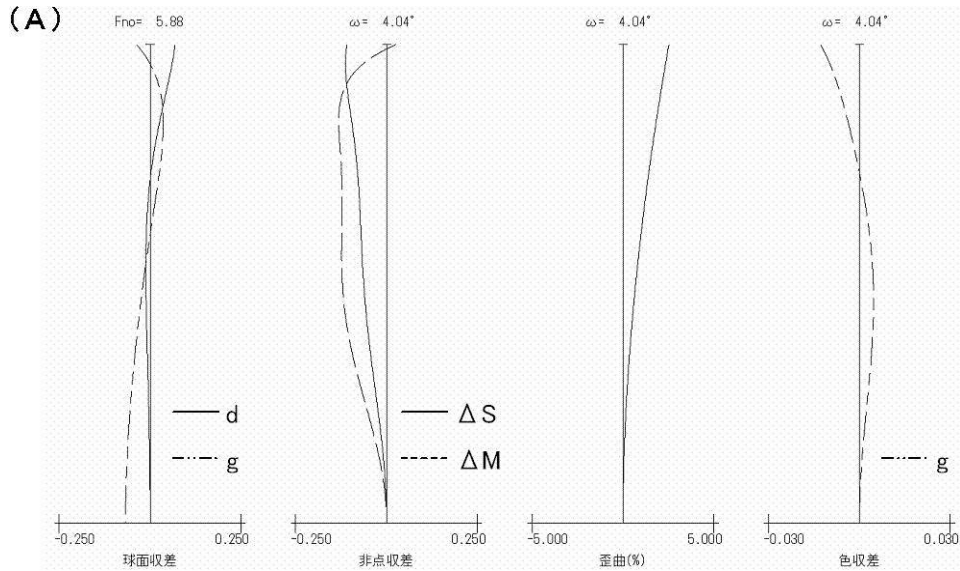
【 図 4 】



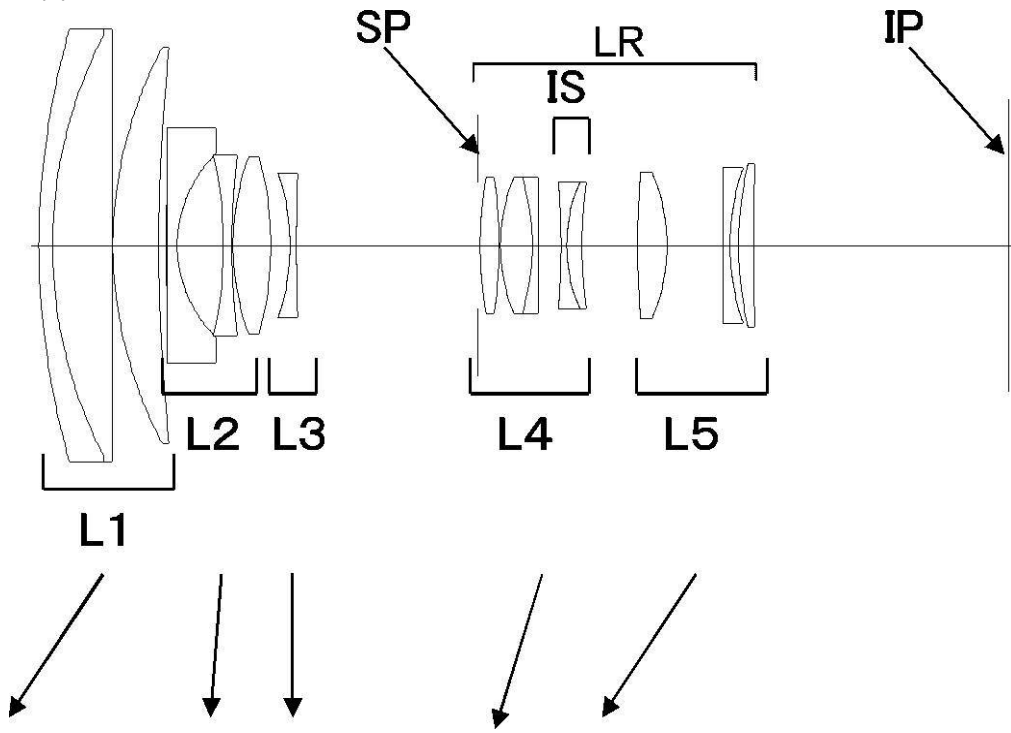
【 図 5 】



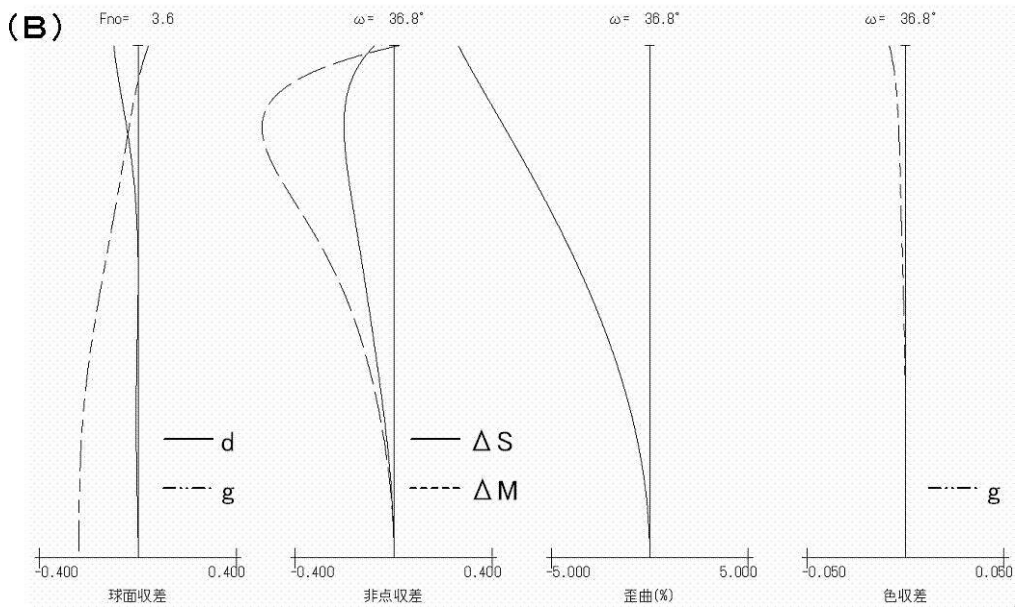
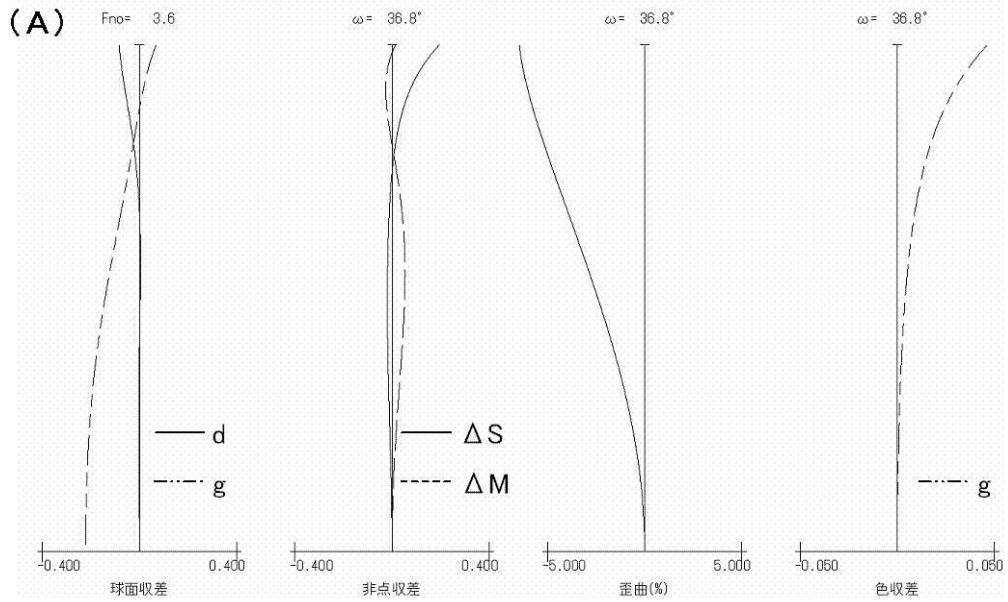
【 図 6 】



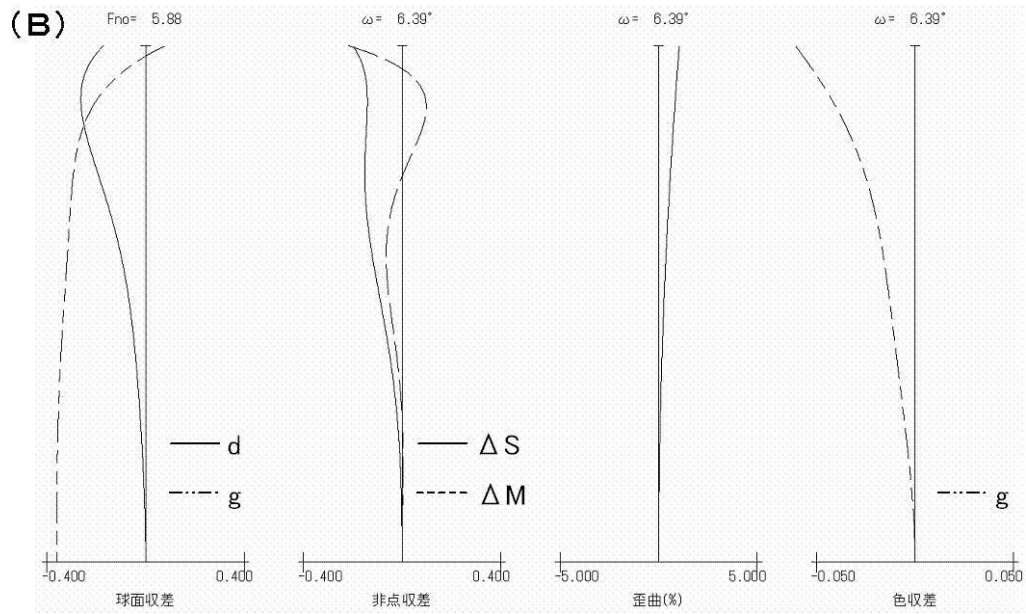
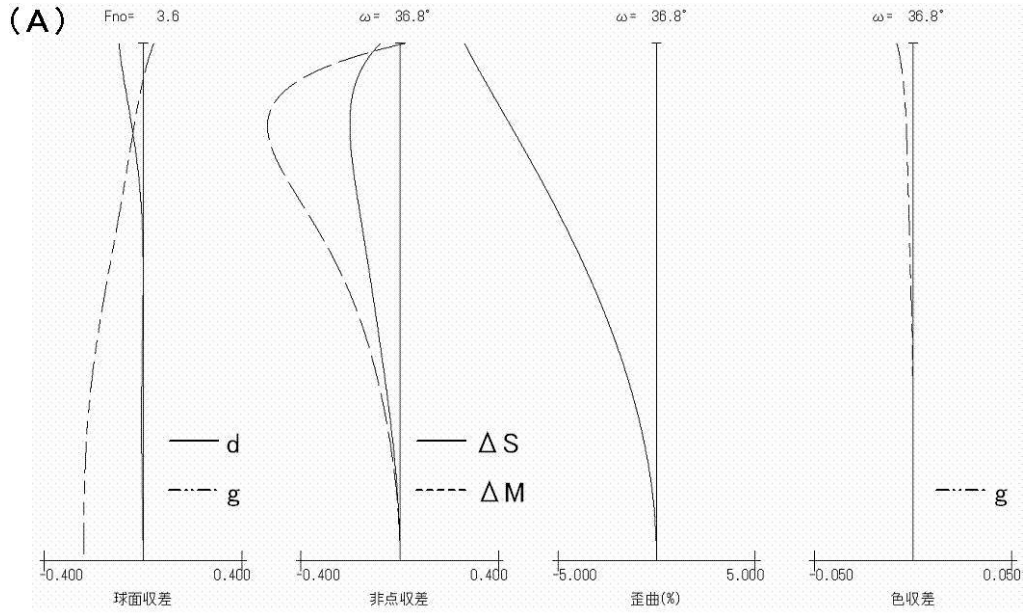
【図7】



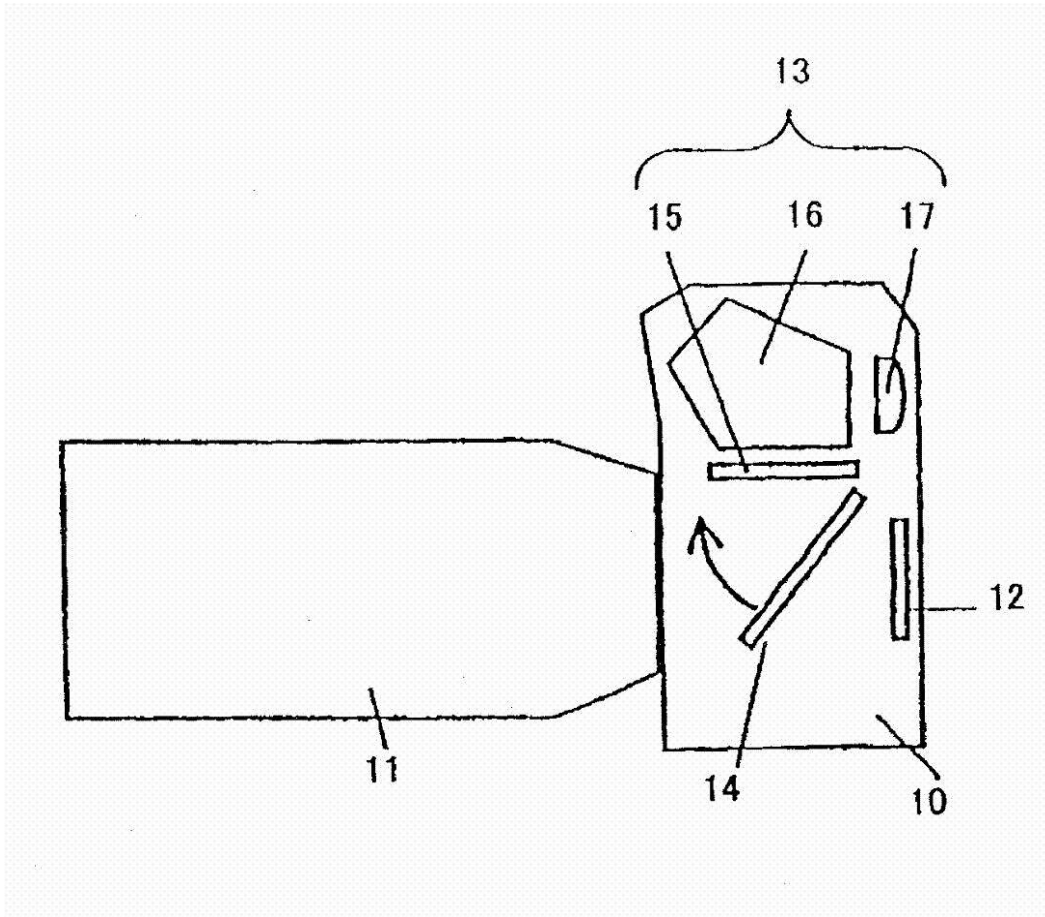
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-194288(JP,A)
特開2011-123464(JP,A)
特開2009-251112(JP,A)
特開平11-044848(JP,A)
特開平07-092390(JP,A)
特開平08-220438(JP,A)
特開2011-197472(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20
G02B 13/18