

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6147045号  
(P6147045)

(45) 発行日 平成29年6月14日(2017.6.14)

(24) 登録日 平成29年5月26日(2017.5.26)

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

請求項の数 9 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-59709 (P2013-59709)                  (22) 出願日 平成25年3月22日 (2013.3.22)                  (65) 公開番号 特開2014-186098 (P2014-186098A)                  (43) 公開日 平成26年10月2日 (2014.10.2)                  審査請求日 平成28年3月7日 (2016.3.7)</p>	<p>(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 杉田 茂宣                  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 森内 正明</p>
--	--

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】

5以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、

前記フォーカスレンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成されることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記フォーカスレンズ群の焦点距離を  $f_N$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$  とするとき、

$$0.05 < |f_N / f_t| < 0.30$$

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】

5以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、

前記フォーカスレンズ群の最も物体側のレンズ面から前記フォーカスレンズ群の前側主点位置までの光軸上の間隔を  $o_{1N}$ 、前記フォーカスレンズ群のレンズ構成長を  $b_{kN}$ 、

10

20

望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、前記フォーカスレンズ群の焦点距離を  $f_N$  とするとき、

$$0.75 < o_{1N} / b_{kN} < 1.50$$

$$0.025 < b_{kN} / f_t < 0.100$$

$$0.05 < |f_N / f_t| < 0.25$$

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 4】

5 以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、該フォーカスレンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成され、

前記フォーカスレンズ群の最も物体側のレンズ面から前記フォーカスレンズ群の前側主点位置までの光軸上の間隔を  $o_{1N}$ 、前記フォーカスレンズ群のレンズ構成長を  $b_{kN}$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$  とするとき、

$$0.75 < o_{1N} / b_{kN} < 1.50$$

$$0.025 < b_{kN} / f_t < 0.100$$

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 5】

最も物体側から数えて 3 番目に配置されたレンズ群から、最も像側から数えて 2 番目に配置されたレンズ群までのいずれかのレンズ群がフォーカシングに際して移動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】

前記ズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群より構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 5 レンズ群はズームングに際して不動であり、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、第 6 レンズ群はズームングに際して移動す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】

前記ズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、

前記第 2 レンズ群はズームングに際して不動であり、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群はズームングに際して移動す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 8】

前記ズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、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、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、負の屈折力の第 7 レンズ群より構成され、

前記第 2 レンズ群と前記第 6 レンズ群はズームングに際して不動であり、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群、前記第 7 レンズ群はズームングに際して移動す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 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た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】

10

20

30

40

50

## 【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、ビデオカメラやデジタルスチルカメラ、監視カメラ、フィルム用カメラ、放送用カメラ等に好適に用いられるものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

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で、5群以上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。また、光学系全体の小型化が比較的容易なズームレン

10

## 【0003】

従来、物体側より像側へ順に、正、負、正、正、負の屈折力の第1～第5レンズ群より成るズームレンズが知られている（特許文献1, 2）。特許文献1, 2は各レンズ群を移動させてズミングを行い、第5レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズを開示している。また、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正、負の屈折力の第1～第6レンズ群より成る6群ズームレンズが知られている（特許文献3）。

## 【0004】

特許文献3では第1レンズ群を物体側へ移動して無限遠から近距離へのフォーカスを行っている。この他第4レンズ群と第6レンズ群を移動させてフォーカス（フローティング）を行うズームレンズを開示している。また、物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力のレンズ群より成る7群ズームレンズが知られている（特許文献4）。特許文献4では第6レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズを開示している。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開平10-206736号公報

【特許文献2】特開2009-168934号公報

【特許文献3】特開平11-174324号公報

【特許文献4】特開2004-317867号公報

30

## 【非特許文献】

## 【0006】

【非特許文献1】共立出版 レンズ設計法 松居吉哉 著

## 【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、第1レンズ群がズミングとフォーカシングで駆動するレンズタイプでは、2段階の嵌合ガタにより、部品の精度に関わらず、自重により大きく偏芯が生じてくる場合がある。

40

## 【0008】

また多くの場合、第1レンズ群は、軸上光線の入射高と軸外主光線の入射高が共に大きくなるため、自重による偏芯で光学性能の劣化が大きくなる傾向がある。この他、第1レンズ群でフォーカシングする際、第1レンズ群を外力で押さえた状態で使用すると、駆動手段としての超音波モータが異音を発することがある。このため、オートフォーカスとマニュアルフォーカスをリアルタイムで併用する、所謂フルタイムマニュアルが難しくなる。

## 【0009】

前述した5群以上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は、高ズ

50

ーム比を実現することが比較的容易である。またリアフォーカス方式を採用すると、ズームレンズ全体の小型化が容易になる。このポジティブリードタイプの5群以上のレンズ群より成るズームレンズにおいて、全ズーム範囲及び物体距離全般で高い光学性能を得るためには、各レンズ群の屈折力配置、フォーカス用のレンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。

【0010】

例えば5群以上のレンズ群よりなる高ズーム比のズームレンズにおいては、どのレンズ群をフォーカス用のレンズ群として用いるか、またフォーカス用のレンズ群の屈折力やレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が適切でない、物体距離全般にわたり高い光学性能を得ることが困難になってくる。

10

【0011】

本発明は、高ズーム比で、しかも全ズーム範囲及び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】

本発明のズームレンズは、5以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、

前記フォーカスレンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成されることを特徴としている。

20

【0013】

この他、本発明のズームレンズは、5以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、

前記フォーカスレンズ群の最も物体側のレンズ面から前記フォーカスレンズ群の前側主点位置までの光軸上の間隔を  $o1N$ 、前記フォーカスレンズ群のレンズ構成を  $bkN$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、前記フォーカスレンズ群の焦点距離を  $f_N$  とするとき、

30

$$0.75 < o1N / bkN < 1.50$$

$$0.025 < bkN / f_t < 0.100$$

$$0.05 < |f_N / f_t| < 0.25$$

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、5以上のレンズ群を有し、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、

最も像側に配置されたレンズ群は、負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群であって、該フォーカスレンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成され、

前記フォーカスレンズ群の最も物体側のレンズ面から前記フォーカスレンズ群の前側主点位置までの光軸上の間隔を  $o1N$ 、前記フォーカスレンズ群のレンズ構成を  $bkN$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$  とするとき、

40

$$0.75 < o1N / bkN < 1.50$$

$$0.025 < bkN / f_t < 0.100$$

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、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたって高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明における実施例 1 の光学系の断面図

【図 2】本発明における数値実施例 1 のズームレンズの広角端、望遠端で物体距離無限における収差図

【図 3】本発明における数値実施例 1 を mm 単位で表したときの、広角端、望遠端で物体距離 1 4 0 0 mm における収差図

【図 4】本発明における実施例 2 のズームレンズの断面図

【図 5】本発明における数値実施例 2 のズームレンズの広角端、望遠端で物体距離無限における収差図

【図 6】本発明における数値実施例 2 を mm 単位で表したときの、広角端、望遠端で物体距離 1 4 0 0 mm における収差図

10

【図 7】本発明における実施例 3 のズームレンズの断面図

【図 8】本発明における数値実施例 3 のズームレンズの広角端、望遠端で物体距離無限における収差図

【図 9】本発明における数値実施例 3 を mm 単位で表したときの、広角端、望遠端で物体距離 1 4 0 0 mm における収差図

【図 10】本発明における実施例 4 のズームレンズの断面図

【図 11】本発明における数値実施例 4 のズームレンズの広角端、望遠端で物体距離無限における収差図

【図 12】本発明における数値実施例 4 を mm 単位で表したときの、広角端、望遠端で物体距離 1 4 0 0 mm における収差図

20

【図 13】本発明のズームレンズにおける収差発生の説明図

【図 14】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】

## 【 0 0 1 6 】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置について説明する。本発明のズームレンズは、5 以上のレンズ群を有し、ズーミングに際して隣り合うレンズ群間隔が変化する。最も像側に配置されたレンズ群は負の屈折力でフォーカシングに際して光軸上を移動するフォーカスレンズ群である。該フォーカスレンズ群は、3 枚以上のレンズを有し、フォーカスレンズ群の最も物体側には正レンズが配置され、フォーカスレンズ群の最も像側には負レンズが配置されている。

30

## 【 0 0 1 7 】

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）におけるレンズ断面図である。図 2（A）、（B）は本発明の実施例 1 の無限遠に合焦しているときの広角端、望遠端（長焦点距離端）における縦収差図である。図 3（A）、（B）は本発明の実施例 1 の物体距離 1 . 4 m の物体に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。但し物体距離は後述する数値実施例を mm 単位で表わしたときの像面からの距離である。これは以下全て同じである。

## 【 0 0 1 8 】

図 4 は本発明の実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 5（A）、（B）は本発明の実施例 2 の無限遠に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。図 6（A）、（B）は本発明の実施例 2 の物体距離 1 . 4 m の物体に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。

40

## 【 0 0 1 9 】

図 7 は本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 8（A）、（B）は本発明の実施例 3 の無限遠に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。図 9（A）、（B）は本発明の実施例 3 の物体距離 1 . 4 m の物体に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。

## 【 0 0 2 0 】

図 10 は本発明の実施例 4 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 1

50

1 (A)、(B)は本発明の実施例4の無限遠に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。図12(A)、(B)は本発明の実施例4の物体距離1.4mの物体に合焦しているときの広角端、望遠端における縦収差図である。図13(A)、(B)は本発明のズームレンズにおける最終レンズ群における収差発生の説明図である。図14は本発明のズームレンズを備える撮像装置の要部概略図である。

【0021】

各実施例のズームレンズはデジタルスチルカメラや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。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。レンズ断面図において、 $i$ は物体側からのレンズ群の順番を示し、 $L_i$ は第 $i$ レンズ群である。

10

【0022】

SPは開口絞り(Fナンバー決定絞り)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)の撮像面が置かれている。又、銀塩フィルム用のカメラの撮像光学系として使用する際には、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ミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。Focus及びFloat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各レンズ群の移動方向を示している。

【0023】

20

球面収差図において実線と2点鎖線は各々d線(波長587.6nm)、g線(波長435.8nm)である。非点収差図において点線と実線は各々メリディオナル像面、サジタル像面である。歪曲はd線について示している。倍率色収差はg線によって表わしている。 $\theta$ は半画角(度)、FnoはFナンバーである。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。

【0024】

各実施例のズームレンズは全体として5以上のレンズ群を有している。無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しては最も像側に配置されたレンズ群が像側へ移動するリアフォーカシング方式を利用している。その他、物体側から数えて3番目に配置されたレンズ群から最も像側から数えて2番目に配置されたレンズ群までのレンズ群のうち、いずれかのレンズ群がフォーカシングに際して移動する。

30

【0025】

実施例1,4のズームレンズは物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群より構成されている。そして第2、第5レンズ群はズーミングに際して不動であり、第1、第3、第4、第6レンズ群がズーミングに際して移動する。

【0026】

実施例3のズームレンズは物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、負の屈折力の第5レンズ群より構成されている。そして第2レンズ群はズーミングに際して不動であり、第1、第3、第4、第5レンズ群がズーミングに際して移動する。実施例2のズームレンズは物体側より像側へ順に、次のとおりである。

40

【0027】

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、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、負の屈折力の第7レンズ群より構成されている。そして第2、第6レンズ群はズーミングに際して不動であり、第1、第3、第4、第5、第7レンズ群がズーミングに際して移動する。

50

## 【0028】

まず、本発明のズームレンズにおいて、リアフォーカスを用いることにより望遠端において球面収差の変動を小さく抑えるための光学原理について説明する。球面収差は、同形状で同焦点距離のレンズ群であっても、軸上光線の入射高 $h$ （以下、単に「入射高 $h$ 」と称する。）が変化すると、発生する収差量が変化する。ここで、ズームレンズの最終レンズ群（最も像側に配置されたレンズ群）の位置では、図13に示すように、像面位置 $IP$ からの軸上光線角度 $\theta$ が、 $F$ ナンバーを $Fno$ とすると、 $\theta = \text{ASIN}(1/2Fno)$ で表される高角度で発散している。

## 【0029】

そのため、フォーカシングにより最終レンズ群が光軸上を移動する際、移動量に対する最終レンズ群を通る軸上光線の入射高 $h$ の変化量が大きくなる。更に、望遠端では被写体距離に対するピント変動が他の焦点距離位置（ズーム位置）より大きくなるため、フォーカシングのためのレンズ群の移動量も増大する。球面収差は3次収差論で言うと軸上光線の入射高 $h$ の4乗に比例するため（非特許文献1）、フォーカシングで入射高 $h$ が大きく変化する最終レンズ群では、球面収差が大きく変動している。

10

## 【0030】

そこで本発明のズームレンズでは、負の屈折力を有する最終レンズ群の中で、より入射高 $h$ が大きくなる物体側に正の要素（レンズ）を集め、入射高 $h$ がより小さくなる像側に負の要素（レンズ）を集めている。これにより、最終レンズ群の主点位置を像面側に極力移動させている。それにより通常、負の屈折力の最終レンズ群が像側に動くと、球面収差がアンダー方向に変動するが、レンズ群の中で入射高 $h$ が高い位置に正の要素を多く配置することで、球面収差をオーバー側に大きく変動させる効果を強めている。これにより、球面収差の変動を抑えている。

20

## 【0031】

最終レンズ群の主点位置が物体側寄りにあると、正の成分で十分に球面収差の変動を補正することが難しい。また、最終レンズ群を正レンズ、負レンズの順に配置すると、主点位置は像側寄りとなる。このとき、正レンズと負レンズの位置が接近すると、正の成分と負の成分での入射高 $h$ の差が少なくなるため、球面収差の変動を補正するのが難しくなる。

## 【0032】

次に、各実施例のズームレンズにおける、最良の形態を述べる。本発明は、5群以上のレンズを有するズームレンズである。このとき、最も像側に配置されたレンズ群は負の屈折力であり、この最も像側に配置されたレンズ群でフォーカシングを行っている。即ち最も像側に配置されたレンズ群は負の屈折力を有し、フォーカシングに際して光軸上移動するフォーカスレンズ群である。フォーカシングを負の屈折力の最も像側に配置されたレンズ群で行うことで、第1レンズ群でフォーカシングするレンズタイプのズームレンズと比べ、第1レンズ群の駆動機構が簡易化され、嵌合ガタ等による光学性能の劣化を軽減している。

30

## 【0033】

最も像側に配置されたレンズ群は3枚以上のレンズを有する構成であり、最も物体側に配置されたレンズを正レンズ、最も像側のレンズを負レンズより構成している。それにより、負の屈折力のレンズ群が移動することでアンダー側に変動する球面収差を、入射高 $h$ が大きい最も物体側に正レンズを配置することで、オーバー側に大きく発生させ、全系としての球面収差の変動を抑えている。

40

## 【0034】

3枚以上のレンズを要するのは、2枚のレンズで構成し、正レンズを物体側に置いた場合、十分なフォーカス感度を得るためには、負レンズと正レンズの間隔を狭める必要がある。そうすると、それにより正レンズと負レンズに入射する光線の入射高 $h$ の差が少なくなり、球面収差の変動を補正するのが困難になる。

## 【0035】

50

一方で、本発明のズームレンズは、フォーカスレンズ群の最も物体側のレンズ面からフォーカスレンズ群の前側主点までの位置を  $o1N$  とする。フォーカスレンズ群の光軸上の長さ（物体側のレンズ面から像側のレンズ面までの長さ）（レンズ構成長）を  $b k N$ 、望遠端における全系の焦点距離を  $f t$  とする。このとき、次の条件式（１）、（２）を満足することで、フォーカシングによる球面収差の変動を抑えている。

【0036】

$$0.75 < o1N / b k N < 1.50 \quad \dots (1)$$

$$0.025 < b k N / f t < 0.100 \quad \dots (2)$$

条件式（１）は、フォーカスレンズ群の主点位置を規制する。条件式（１）の下限値を逸脱することは、入射高  $h$  が大きい位置に正の成分が十分に配置されていないことを意味し、フォーカシングによるアンダー側の球面収差の変動を抑えることが困難になる。また、条件式（１）の上限値を逸脱すると、物体側に著しく強い正の成分を、また像側に著しく強い負の成分が配置されていることになる。このため、全ズーム域で良好に収差を補正することが困難になってくる。

10

【0037】

また、フォーカスレンズ群での入射高  $h$  も小さくなり過ぎるため、十分なフォーカス感度を得ることが困難となり、フォーカス駆動量が著しく大きくなり、全系が大型化してくる。

【0038】

条件式（２）は、フォーカスレンズ群の光軸上の長さを規制する。条件式（２）の下限値を逸脱すると、フォーカスレンズ群の前側主点位置と、正の成分との間で、入射高  $h$  の差が不十分となり、球面収差の変動を軽減するのが困難になる。条件式（２）の上限値を逸脱すると、フォーカスレンズ群の光軸上の長さが大き過ぎ、全系が大型化する。また長いバックフォーカスを確保するのが困難になる。条件式（１）、（２）の数値範囲は、より好ましくは次の如く設定するのが良い。

20

【0039】

$$0.80 < o1N / b k N < 1.20 \quad \dots (1a)$$

$$0.03 < b k N / f t < 0.08 \quad \dots (2a)$$

以上のように構成することにより、本発明ではリアフォーカス式のズームレンズにおいて、全ズーム範囲、全フォーカス領域において、高性能で特に望遠端においてフォーカシングに際して球面収差の変動を小さくすることが容易となる。

30

【0040】

本発明のズームレンズにおいて更に好ましくは次の条件式を満足するのが良い。フォーカスレンズ群の焦点距離を  $f N$  とする。このとき、

$$0.05 < | f N / f t | < 0.30 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満たすのが良い。

【0041】

条件式（３）は望遠端において球面収差の変動を抑えつつ、十分なフォーカス感度を得るためのものである。条件式（３）の上限値を逸脱すると、フォーカスレンズ群の屈折力が弱過ぎ、十分なフォーカス感度が得られず、全系が著しく大型化してしまう。また、条件式（３）の下限値を逸脱すると、フォーカスレンズ群の屈折力が強過ぎ、望遠端において球面収差の変動が増加してくる。条件式（３）の数値範囲は、より好ましくは次の如く設定するのが良い。

40

【0042】

$$0.10 < | f N / f t | < 0.25 \quad \dots (3a)$$

また、より好ましくは条件式（３）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.05 < | f N / f t | < 0.25 \quad \dots (3x)$$

次に本発明のズームレンズにおいて好ましくは次の構成をとるのが良い。本発明のズームレンズにおいて、フォーカスレンズ群を、物体側より像側へ順に配置された正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズより構成するのが良い。それにより、フォーカスレンズ群

50

を適切な屈折力とし、また主点位置を適切に設定し、望遠端において球面収差の変動を軽減し、かつ全系をコンパクト化しつつ、十分なフォーカス感度を得るのが容易となる。

【0043】

また、本発明のズームレンズは、フォーカシングの際、フォーカスレンズ群以外に、第3レンズ群から最も像側から数えて2番目に配置されたレンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群が移動しても良い。以下、各実施例における詳細なレンズ構成について説明する。

【0044】

(実施例1)

実施例1は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6で構成される。実施例1はズーム比4.0の6群ズームレンズである。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第2レンズ群L2と第5レンズ群L5を不動とし、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第6レンズ群L6を物体側に、第4レンズ群L4を像側に移動させている。

10

【0045】

無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しては、第6レンズ群L6を像側に、第4レンズ群L4を物体側に移動されている。第4レンズ群L4と第6レンズ群L6のうち、フォーカス感度を主に得ているのは、第6レンズ群L6であり、第4レンズ群L4は広角端の像面変動を抑える役割を主に有している。第6レンズ群L6の構成は、物体側から像側へ順に、正レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズの順に構成している。負の屈折力の第6レンズ群L6の移動に伴うアンダー側の球面収差の変動を、入射高hの高い位置に配置された正レンズで、良好に補正している。

20

【0046】

このとき、第6レンズ群L6のブロック長と前側主点位置の関係が条件式(1)を満たしており、やはり負の屈折力の第6レンズ群L6の移動に伴うアンダー側の球面収差の変動を、入射高hの高い位置に配置された正の成分で、良好に補正している。また、第6レンズ群L6のブロック長と望遠端における全系の焦点距離の比が条件式(2)を満たしており、第6レンズ群L6の前側主点位置と、正の成分との間で入射高hの差を十分に持たせ、球面収差の変動を良好に補正している。

30

【0047】

更に、第6レンズ群L6の焦点距離と望遠端における全系の焦点距離の比が条件式(3)を満たしており、それにより望遠端における球面収差の変動を抑えつつ、同時に全系のコンパクト化を達成するために十分なフォーカス感度を得ている。

【0048】

(実施例2)

実施例2は、物体側より像側へ順に配置された、以下次のとおりである。正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5、正の屈折力の第6レンズ群L6、負の屈折力の第7レンズ群L7で構成される。実施例2はズーム比4.0の7群ズームレンズである。

40

【0049】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、第2レンズ群L2と第6レンズ群L6を不動とし、第3レンズ群L3が像側に凸状の軌跡で移動し、第1レンズ群L1、第4レンズ群L4、第7レンズ群L7を物体側に、第5レンズ群L5を像側に移動させている。無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しては、第7レンズ群L7を像側に、第5レンズ群L5を物体側に移動させている。実施例2の第5レンズ群L5と第7レンズ群L7は、実施例1の第4レンズ群L4、第6レンズ群L6と同様の構成、及び効果を有している。

【0050】

(実施例3)

50

実施例 3 は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 で構成される。実施例 3 はズーム比 4 . 0 の 5 群ズームレンズである。

【 0 0 5 1 】

広角端から望遠端へのズームングに際し、第 2 レンズ群 L 2 を不動とし、第 1 レンズ群 L 1、第 3 レンズ群 L 3、第 5 レンズ群 L 5 が物体側に移動し、第 4 レンズ群 L 4 は物体側に凸状の軌跡で移動させている。無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しては、第 5 レンズ群 L 5 を像側に移動させている。実施例 3 の第 5 レンズ群 L 5 は、実施例 1 の第 6 レンズ群 L 6 と同様の構成、及び効果を有している。

10

【 0 0 5 2 】

( 実施例 4 )

実施例 4 は、実施例 1 と同じ屈折力の 6 つのレンズ群よりなり、ズーム方式も実施例 1 と同じの 6 群ズームレンズである。無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しては、第 6 レンズ群 L 6 を像側に移動させている。実施例 4 の第 6 レンズ群 L 6 は、実施例 1 の第 6 レンズ群 L 6 と同様の構成、及び効果を有している。

【 0 0 5 3 】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 0 0 5 4 】

20

次に実施例 1 乃至 4 に示したズームレンズを有する撮像装置を説明する。図 1 4 は一眼レフカメラの要部概略図である。図 1 4 において 1 0 は実施例 1 乃至 4 のいずれか 1 つのズームレンズ 1 を有する撮影レンズである。ズームレンズ 1 は保持部材である鏡筒 2 に保持されている。2 0 はカメラ本体であり、撮影レンズ 1 0 からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー 3、撮影レンズ 1 0 の像形成位置に配置された焦点板 4 を有する。更に焦点板 4 に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム 5、その正立像を観察するための接眼レンズ 6 等によって構成されている。

【 0 0 5 5 】

7 は感光面であり、像を受光する CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時には、クイックリターンミラー 3 が光路から退避して、感光面 7 上に撮影レンズ 1 0 によって像が形成される。実施例 1 乃至 4 にて説明した利益は本実施例に開示したような撮像装置において効果的に享受される。

30

【 0 0 5 6 】

本発明のズームレンズはクイックリターンミラーのない一眼レフカメラにも適用できる。この他本発明のズームレンズは、上述のような光学系を有する光学機器（例えば撮像装置、画像投影装置やその他の光学機器）に、種々適用可能である。

【 0 0 5 7 】

以下に、実施例 1 乃至 4 に各々対応する数値実施例 1 乃至 4 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、 $r_i$  はレンズ面の曲率半径である。 $d_i$  は第  $i$  面と第  $i + 1$  面との間のレンズ肉厚および空気間隔である。 $n_{di}$ 、 $d_i$  はそれぞれ  $d$  線に対する屈折率、アッペ数である。また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、画角は全系の半画角、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第 1 レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えた値である。BF 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長さを示している。

40

【 0 0 5 8 】

また、各光学面の間隔  $d$  が（可変）となっている部分は、ズームングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。尚、以下に記載する数値実施例 1 乃至 4 のレンズデータに及びそれに基づく、各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【 0 0 5 9 】

50

## ( 数値実施例 1 )

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	97.403	4.98	1.48749	70.2	55.00
2	1083.342	0.15			54.68
3	105.204	2.40	1.61340	44.3	53.64
4	46.007	9.77	1.49700	81.5	51.03
5	731.794	(可変)			50.23
6	1629.723	1.20	1.69680	55.5	25.60
7	43.528	3.88			24.90
8	-50.388	1.20	1.76200	40.1	24.90
9	44.608	3.67	1.84666	23.8	26.02
10	-277.389	(可変)			26.30
11	115.450	1.30	1.80518	25.4	27.00
12	43.757	4.54	1.60311	60.6	27.13
13	-102.718	0.15			27.33
14	60.025	3.60	1.49700	81.5	27.51
15	-217.632	1.00			27.33
16(絞リ)		(可変)			27.00
17	-45.073	1.20	1.76200	40.1	22.40
18	33.094	3.77	1.80518	25.4	23.17
19	-261.961	(可変)			23.40
20	-200.195	2.87	1.53172	48.8	25.80
21	-45.969	0.15			26.09
22	107.686	4.67	1.60311	60.6	26.10
23	-35.695	1.20	1.84666	23.8	25.97
24	-119.953	0.15			26.08
25	72.315	2.61	1.48749	70.2	25.87
26	-2185.699	(可変)			25.60
27	7475.093	3.09	1.60342	38.0	25.19
28	-47.713	0.15			25.00
29	77.628	1.10	1.88300	40.8	23.66
30	19.413	3.81	1.75520	27.5	22.31
31	50.297	4.19			21.89
32	-24.943	1.20	1.88300	40.8	21.82
33	-91.395				

10

20

30

40

## 【 0 0 6 0 】

## 各種データ

ズーム比	4.02		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.20	135.00	290.01
Fナンバー	4.21	4.40	5.77
半画角(度)	16.68	9.10	4.27
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	183.20	213.80	237.21
BF	42.84	46.48	60.96

50

d 5	2.78	33.48	56.78
d10	21.97	12.60	1.28
d16	5.42	21.68	42.08
d19	22.77	15.89	6.80
d26	19.42	15.67	1.30

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	138.47	17.30	-0.20	-11.62
2	6	-38.35	9.95	1.85	-5.38
3	11	54.00	10.59	3.35	-3.83
4	17	-80.80	4.97	-0.76	-3.56
5	20	46.70	11.65	3.66	-3.90
6	27	-49.04	13.53	13.04	2.44

10

## 【 0 0 6 1 】

( 数値実施例 2 )

20

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	93.974	5.15	1.48749	70.2	55.00
2	591.925	0.15			54.61
3	98.683	2.40	1.61340	44.3	53.63
4	44.800	10.41	1.49700	81.5	50.97
5	1067.292	(可変)			50.06
6	-839.264	1.20	1.69680	55.5	25.60
7	41.950	(可変)			24.47
8	-50.816	1.20	1.76200	40.1	24.16
9	49.886	3.30	1.84666	23.8	24.91
10	-244.840	(可変)			25.19
11	142.729	1.30	1.80518	25.4	26.87
12	49.647	4.20	1.60311	60.6	26.86
13	-109.471	0.15			26.97
14	60.142	3.74	1.49700	81.5	26.87
15	-144.348	1.00			26.59
16(絞リ)		(可変)			26.00
17	-43.795	1.20	1.76200	40.1	22.80
18	32.655	3.89	1.80518	25.4	23.44
19	-195.497	(可変)			23.60
20	-223.734	2.91	1.53172	48.8	26.40
21	-46.499	0.15			26.62
22	115.623	4.71	1.60311	60.6	26.41
23	-34.550	1.20	1.84666	23.8	26.24
24	-128.562	0.15			26.24
25	69.800	2.79	1.48749	70.2	25.90
26	-576.386	(可変)			25.60

30

40

50

27	1877.842	3.10	1.60342	38.0	25.20
28	-48.629	0.15			25.00
29	87.309	1.10	1.88300	40.8	23.74
30	19.605	3.88	1.75520	27.5	22.43
31	53.542	4.62			22.03
32	-25.042	1.20	1.88300	40.8	21.90
33	-85.572				

## 【 0 0 6 2 】

各種データ

10

ズーム比	4.02				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	72.19	135.00	290.01		
Fナンバー	4.15	4.40	5.77		
半画角(度)	16.68	9.10	4.27		
像高	21.64	21.64	21.64		
レンズ全長	183.20	213.90	236.86		
BF	42.88	46.49	61.32		

d 5	2.78	33.48	56.49		
d 7	4.73	4.91	4.66		
d10	19.67	11.41	1.28		
d16	5.63	20.95	39.71		
d19	22.48	15.24	6.86		
d26	19.78	16.17	1.30		

20

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	132.53	18.11	0.11	-11.88
2	6	-57.31	1.20	0.67	-0.03
3	8	-103.04	4.50	-1.00	-3.50
4	11	54.00	10.39	3.49	-3.56
5	17	-85.09	5.09	-1.07	-3.95
6	20	46.94	11.90	3.77	-3.96
7	27	-49.82	14.05	13.44	2.34

30

## 【 0 0 6 3 】

(数値実施例3)

40

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	88.995	5.24	1.48749	70.2	55.00
2	917.185	0.15			54.67
3	87.136	2.40	1.61340	44.3	53.31
4	40.756	10.22	1.49700	81.5	50.17
5	337.165	(可変)			49.23
6	183.803	1.20	1.69680	55.5	25.60

50

7	37.791	4.07			24.28
8	-36.841	1.20	1.76200	40.1	24.28
9	40.391	3.85	1.84666	23.8	24.88
10	-135.226	(可変)			24.99
11	152.026	1.30	1.80518	25.4	25.00
12	37.186	4.75	1.60311	60.6	24.85
13	-116.253	0.15			24.93
14	184.617	4.07	1.49700	81.5	24.87
15	-44.920	1.00			24.73
16(絞り)		(可変)			23.60
17	-27.458	1.20	1.76200	40.1	20.40
18	31.940	4.32	1.80518	25.4	21.67
19	-66.466	15.36			22.01
20	-112.535	2.91	1.53172	48.8	24.60
21	-37.000	0.15			25.09
22	183.131	4.58	1.60311	60.6	25.58
23	-30.532	1.20	1.84666	23.8	25.67
24	-100.558	0.15			26.22
25	153.893	2.91	1.48749	70.2	26.38
26	-83.746	(可変)			26.40
27	-706.779	3.01	1.60342	38.0	25.10
28	-43.798	0.15			25.00
29	115.177	1.10	1.88300	40.8	23.67
30	19.219	3.82	1.75520	27.5	22.26
31	54.423	4.50			21.92
32	-22.228	1.20	1.88300	40.8	21.85
33	-52.580				

10

20

## 【 0 0 6 4 】

各種データ

30

ズーム比 4.02

	広角	中間	望遠
焦点距離	72.20	135.10	290.01
Fナンバー	4.55	5.20	5.93
半画角(度)	16.68	9.10	4.27
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	183.20	201.79	237.20
BF	42.46	48.75	59.54

d 5	2.78	21.48	56.78
d10	22.64	1.65	1.28
d16	7.82	18.39	32.12
d26	21.33	25.35	1.30

40

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	128.54	18.02	-1.05	-12.84
2	6	-37.08	10.32	1.92	-5.67
3	11	54.00	11.27	5.26	-2.36
4	17	61.15	32.78	32.36	18.19

50

5 27 -48.29 13.78 11.66 1.10

【 0 0 6 5 】

( 数值実施例 4 )

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	90.063	4.86	1.48749	70.2	55.64	10
2	517.341	0.15			55.34	
3	88.729	2.20	1.65412	39.7	54.18	
4	50.931	8.25	1.43875	94.9	51.93	
5	1056.870	(可変)			51.44	
6	-759.400	1.20	1.80400	46.6	27.61	
7	27.269	3.33	1.80518	25.4	25.80	
8	61.466	2.74			25.27	
9	-56.696	1.20	1.63854	55.4	25.27	
10	-407.849	(可変)			25.30	
11	97.348	1.20	1.85026	32.3	26.34	20
12	46.487	4.78	1.51633	64.1	26.17	
13	-131.672	0.15			26.24	
14	65.453	4.31	1.43875	94.9	26.13	
15	-112.115	1.00			25.78	
16(絞り)		(可変)			25.20	
17	-38.248	1.20	1.74950	35.3	24.36	
18	30.086	4.96	1.80518	25.4	24.91	
19	-88.713	(可変)			25.00	
20	-166.075	2.59	1.69680	55.5	25.87	
21	-45.656	0.15			25.99	30
22	116.913	4.77	1.60311	60.6	25.33	
23	-30.585	1.00	1.84666	23.8	25.01	
24	-95.044	(可変)			24.80	
25	-173.689	2.33	1.69680	55.5	23.40	
26	-45.885	2.65			23.40	
27	-380.582	1.10	1.83400	37.2	22.54	
28	24.884	3.86	1.76182	26.5	22.19	
29	254.960	2.74			22.11	
30	-26.802	1.20	1.58313	59.4	22.10	
31	-243.818					40

【 0 0 6 6 】

各種データ

ズーム比	4.02		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.20	135.09	289.98
Fナンバー	4.19	4.63	5.86
半画角(度)	16.68	9.10	4.27
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	183.25	214.28	237.12

BF	43.12	49.21	66.05
d 5	2.80	33.87	56.80
d10	31.70	20.04	1.28
d16	3.40	22.25	46.92
d19	14.59	7.42	1.50
d24	23.71	17.58	0.65

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	137.82	15.47	-0.30	-10.72
2	6	-41.29	8.47	3.44	-2.49
3	11	63.20	11.44	4.03	-4.02
4	17	-123.77	6.16	-4.01	-7.69
5	20	58.11	8.50	2.38	-2.82
6	25	-67.29	13.87	13.72	2.69

10

## 【 0 0 6 7 】

## 【表 1】

数値 実施例	群数	レンズ群構成 (屈折力)	fT	fN	bkN	o1N
1	6 群	正負正負正負	290.01	-49.04	13.53	13.04
2	7 群	正負負正負正負	390.01	-49.82	14.05	13.44
3	5 群	正負正正負	290.19	-48.29	13.78	11.66
4	6 群	正負正負正負	290	-67.29	13.87	13.72

20

数値 実施例	群数	レンズ群構成 (屈折力)	条件式		
			(1)	(2)	(3)
			o1N/bkN	bkN/ft	fN /fT
1	6 群	正負正負正負	0.96	0.05	0.17
2	7 群	正負負正負正負	0.96	0.04	0.13
3	5 群	正負正正負	0.85	0.05	0.17
4	6 群	正負正負正負	0.99	0.05	0.23

30

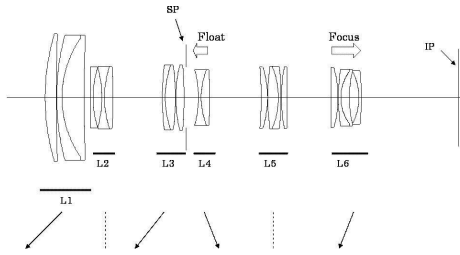
## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 8 】

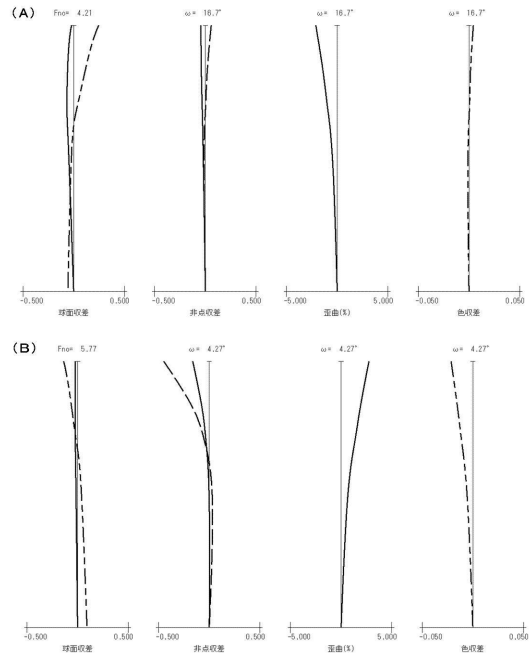
L 1	第 1 レンズ群	L 2	第 2 レンズ群	L 3	第 3 レンズ群
L 4	第 4 レンズ群	L 5	第 5 レンズ群	L 6	第 6 レンズ群
L 7	第 7 レンズ群				

40

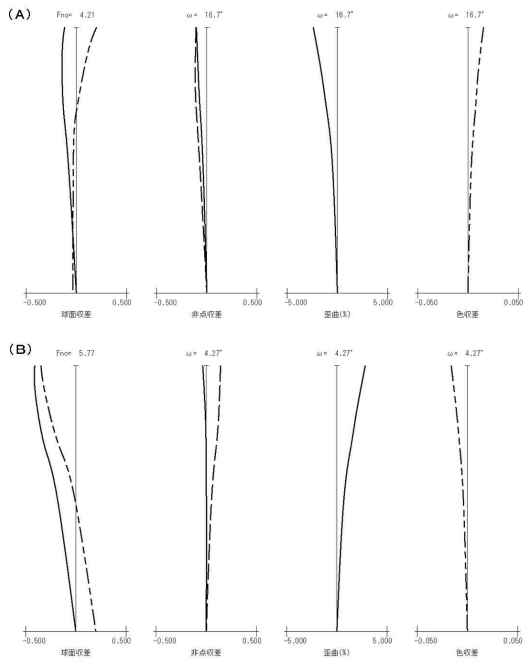
【 図 1 】



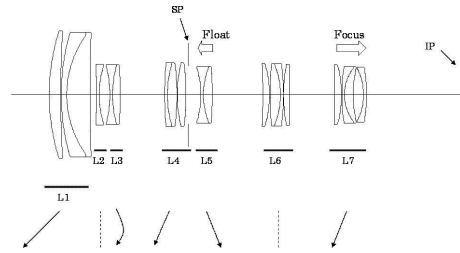
【 図 2 】



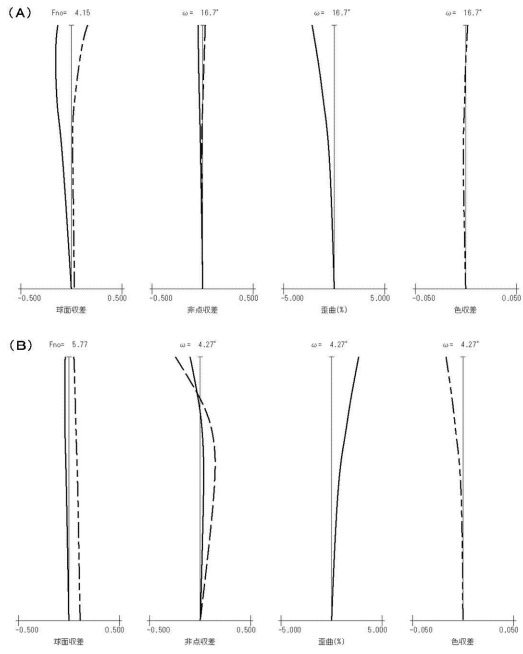
【 図 3 】



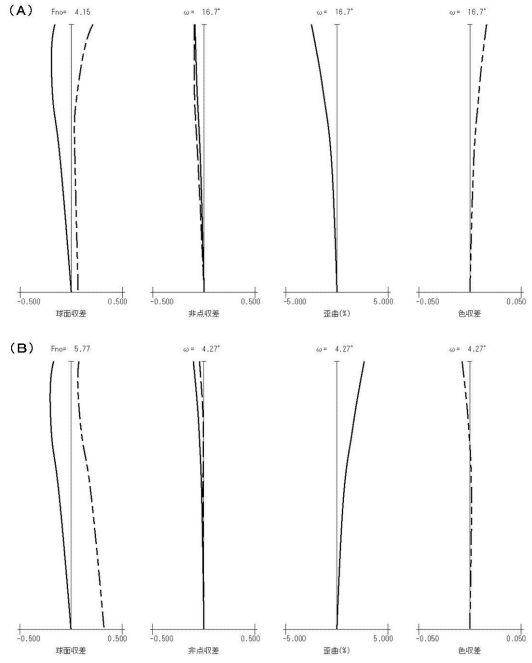
【 図 4 】



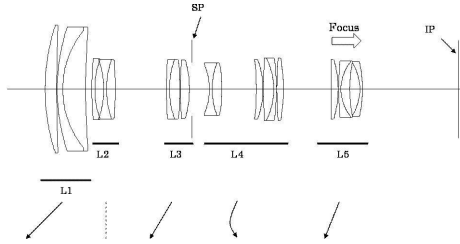
【 図 5 】



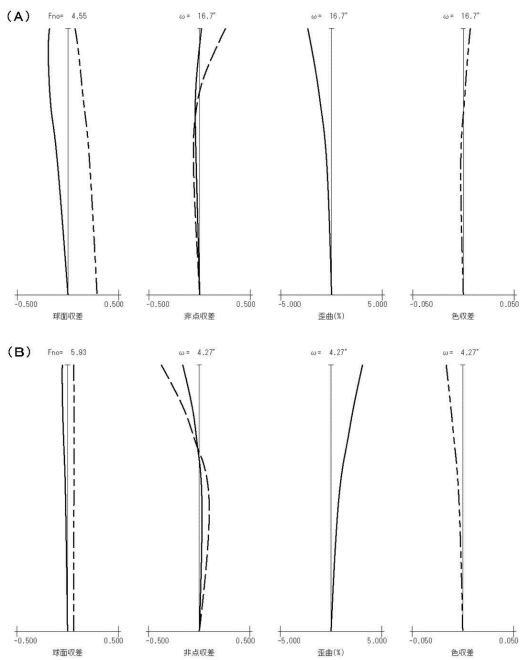
【 図 6 】



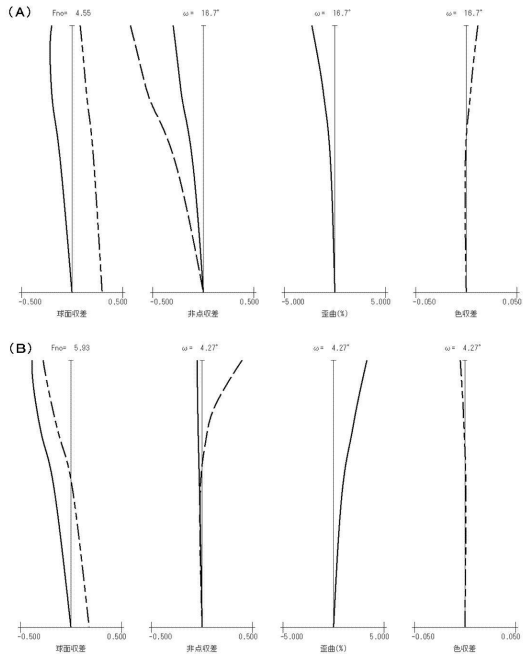
【 図 7 】



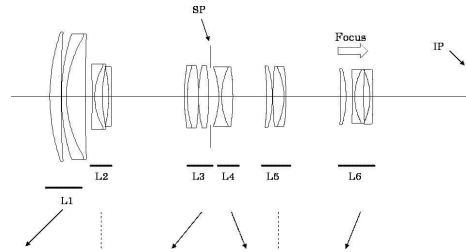
【 図 8 】



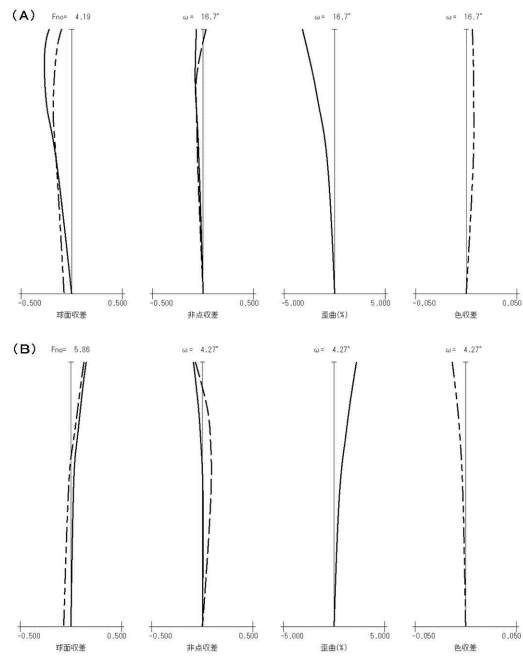
【 9 】



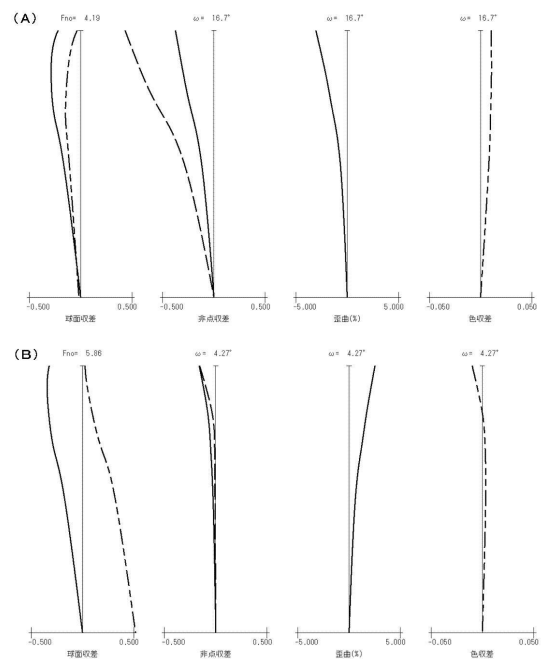
【 10 】




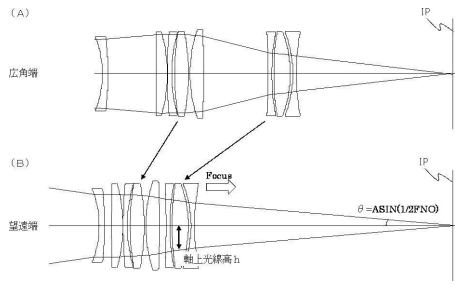
【 11 】




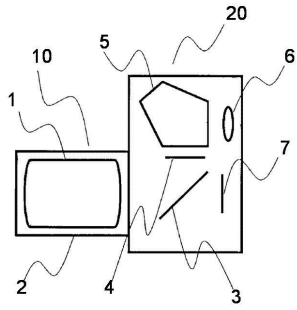
【 12 】



【 1 3】



【 1 4】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平7 - 318865 (JP, A)  
特開平7 - 77656 (JP, A)  
特開2010 - 145759 (JP, A)  
特開平11 - 174324 (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