

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-102462

(P2014-102462A)

(43) 公開日 平成26年6月5日(2014.6.5)

(51) Int.Cl.
G02B 15/20 (2006.01)F 1
G02B 15/20テーマコード (参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2012-256098 (P2012-256098)
(22) 出願日 平成24年11月22日 (2012.11.22)(71) 出願人 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

最終頁に続く

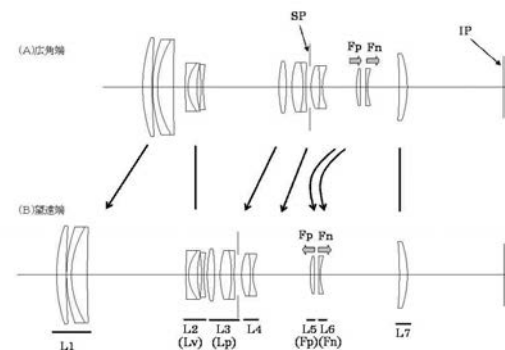
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】

【課題】物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に行うことができるズームレンズを得る。

【解決手段】複数の負の屈折力のレンズ群を有し、ズームリ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、前記複数の負の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群L_v、該レンズ群L_vの像側に位置する正の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群L_pとすると、前記レンズ群L_pの像側に、フォーカシングに際して移動する正の屈折力のレンズ群F_pと負の屈折力のレンズ群F_nを有し、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、広角領域では、前記レンズ群F_pと前記レンズ群F_nが同一方向へ移動し、望遠領域では、前記レンズ群F_pは物体側へ移動し、前記レンズ群F_nは像側に移動すること。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の負の屈折力のレンズ群を有し、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、前記複数の負の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群 L_v 、該レンズ群 L_v の像側に位置する正の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群 L_p としたとき、前記レンズ群 L_p の像側に、フォーカシングに際して移動する正の屈折力のレンズ群 F_p と負の屈折力のレンズ群 F_n を有し、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、第 1 のズーム領域では前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n が同一方向へ移動し、前記第 1 のズーム領域よりも望遠側の第 2 のズーム領域では、前記レンズ群 F_p が物体側へ移動し、前記レンズ群 F_n が像側へ移動することを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項 2】

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 とし、広角領域における全系の焦点距離 f_{wa} を

$$f_w \leq f_{wa} < (0.8 \times f_w + 0.2 \times f_t)$$

望遠領域における全系の焦点距離 f_{ta} を

$$(0.8 \times f_w + 0.2 \times f_t) < f_{ta} \leq f_t$$

とするとき、

前記第 1 のズーム領域は前記広角領域の少なくとも一部であり、前記第 2 のズーム領域は前記望遠領域の少なくとも一部であることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

20

【請求項 3】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第 1 のズーム領域では前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n が像側へ移動し、前記第 2 のズーム領域では前記レンズ群 F_p が物体側へ移動し、前記レンズ群 F_n が像側へ移動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】

物体側より像側へ順に、前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n が配置されてい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 2 のズーム領域における前記レンズ群 F_p の横倍率を β_{Fpt} とするとき、

$$-0.5 < \beta_{Fpt} < 0.8$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

30

【請求項 6】

前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n のうち、前記第 1 のズーム領域と前記第 2 のズーム領域において、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシング時の移動方向が同じレンズ群をメインフォーカス群、移動方向が異なるレンズ群をフローティング群とし、前記第 1 のズーム領域における前記メインフォーカス群の移動量を D_{fmw} 、前記第 1 のズーム領域における前記フローティング群の移動量を D_{flw} とするとき、

$$0.8 < D_{fmw} / D_{flw} < 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

40

【請求項 7】

前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n のうち、前記第 1 のズーム領域と前記第 2 のズーム領域において、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシング時の移動方向が同じレンズ群をメインフォーカス群、移動方向が異なるレンズ群をフローティング群とし、前記第 2 のズーム領域における前記メインフォーカス群の移動量を D_{fmt} 、前記第 2 のズーム領域における前記フローティング群の移動量を D_{flt} とするとき、

$$-4.00 < D_{fmt} / D_{flt} < -0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 8】

50

前記レンズ群 F_p の焦点距離を f_{F_p} 、前記レンズ群 F_n の焦点距離を f_{F_n} とするとき、

$$0.3 < |f_{F_p} / f_{F_n}| < 3.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 9】

フォーカシングに際して移動するレンズ群は、前記レンズ群 F_p と前記レンズ群 F_n のみであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 10】

ズーミングに際して前記レンズ群 F_n が移動することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 11】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記レンズ群 F_n は物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 12】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記レンズ群 F_p は物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 13】

前記レンズ群 F_n は 2 以下のレンズよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 14】

前記レンズ群 F_p は 2 以下のレンズよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 15】

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、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、正の屈折力の第 6 レンズ群よりなり、

前記レンズ群 F_p は前記第 4 レンズ群であり、前記レンズ群 F_n は前記第 5 レンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 16】

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、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、正の屈折力の第 7 レンズ群よりなり、

前記レンズ群 F_p は前記第 5 レンズ群であり、前記レンズ群 F_n は前記第 6 レンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 17】

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、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 レンズ群よりなり、

前記レンズ群 F_p は前記第 4 レンズ群であり、前記レンズ群 F_n は前記第 5 レンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 18】

前記レンズ群 L_v は前記第 2 レンズ群であり、前記レンズ群 L_p は前記第 3 レンズ群であることを特徴とする請求項 1 5 乃至 17 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 19】

前記レンズ群 L_v の焦点距離を f_{L_v} 、前記レンズ群 L_p の焦点距離を f_{L_p} 、前記レンズ群 F_p の焦点距離を f_{F_p} 、前記レンズ群 F_n の焦点距離を f_{F_n} 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.05 < |f_{L_v} / f_t| < 0.20$$

$$0.06 < f_{L_p} / f_t < 0.25$$

$$0.08 < f_{F_p} / f_t < 0.30$$

$$0.05 < |f_{Fn} / f_t| < 0.40$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至18のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項20】

請求項1乃至19のいずれか1項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する光電変換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、例えばデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、TVカメラ、監視カメラ等の撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、一眼レフカメラ、レンズシャッターカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、より至近距離物体にフォーカス（合焦）することができ、しかも無限遠物体から至近距離物体に至る全物体距離にわたり高い光学性能を有することが要望されている。また高速でフォーカスすることができることが要望されている。特にオートフォーカス（自動合焦）を行う際には、フォーカス速度（合焦速度）が速いこと等が要望されている。

【0003】

一方、近年の一眼レフカメラ等の撮像装置では動画撮影機能を有すること、動画撮影中にオートフォーカスできることが要望されている。動画を撮影するときのオートフォーカス方式としては、撮像信号中の高周波成分を検出することによって撮影光学系の合焦状態を評価する、高周波検出方式（TV-AF方式）が多く用いられている。

【0004】

従来、ズームレンズのフォーカス方式には、ズームタイプに適した種々なフォーカス方式が採用されている（特許文献1～3）。特許文献1では、物体側から像側へ順に、正、負、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群からなり、各レンズ群間隔を変えてズーミングを行うズームレンズにおいて、第1レンズ群でフォーカシングを行っている。特許文献2では物体側から像側へ順に、正、負、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群からなり、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第5レンズ群でフォーカシングを行っている。

【0005】

特許文献3では物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群からなり、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第4レンズ群と第6レンズ群を移動させてフォーカシングを行っている。特許文献3ではフォーカシングに際して2つのレンズ群を移動させるフローティング方式を用いている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平11-202203号公報

【特許文献2】特開2009-265652号公報

【特許文献3】特開2000-047107号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

フォーカスに際しての収差変動が少なく、物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に行うことができるズームレンズを得るには、ズームタイプ及びフォーカスレンズ群の数やそれらの移動条件等を適切に構成することが重要になってくる。

【0008】

特許文献1は、正の屈折力の第1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を開示している。全レンズ群の中で最も有効径が大きく重量が重い第1レンズ群を移動させてフォーカシングを行うと、フォーカス速度が遅くなると共に、フォーカスレンズ群の駆動音が大きくなる傾向がある。このため、オートフォーカスの高速化や、動画撮影のための静音駆動を実現することが難しい。

【0009】

特許文献2は、小型軽量の負の屈折力の第5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を開示している。小型軽量のレンズ群をフォーカスレンズ群とすることにより、フォーカス速度を速くすること、フォーカスレンズ群の駆動音を小さくすることが容易である。しかしながら、フォーカシングに際して1つのレンズ群のみを移動させるため、フォーカシングによる光学性能の変化が大きく、特に至近距離物体にフォーカスしたときの光学性能が低下する傾向があった。また、望遠側においては、フォーカスレンズ群の移動量が大きくなり、フォーカス速度が遅くなる傾向があった。

【0010】

特許文献3は、負の屈折力の第4レンズ群と、負の屈折力の第6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を開示している。第4レンズ群と第6レンズ群が共に小型軽量であるため、フォーカス速度を速くすること、フォーカスレンズ群の駆動音を小さくすることができる。また、広角側における物体距離の変化による光学性能の変動を低減することができる。ただし、特許文献3のズームレンズは、望遠側において、物体距離に応じて光学性能が変動すると共に、フォーカスレンズ群の移動量が大きくなる傾向があった。

【0011】

本発明は、物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に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、複数の負の屈折力のレンズ群を有し、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、前記複数の負の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群L_v、該レンズ群L_vの像側に位置する正の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群L_pとしたとき、前記レンズ群L_pの像側に、フォーカシングに際して移動する正の屈折力のレンズ群F_pと負の屈折力のレンズ群F_nを有し、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、第1のズーム領域では前記レンズ群F_pと前記レンズ群F_nが同一方向へ移動し、前記第1のズーム領域よりも望遠側の第2のズーム領域では、前記レンズ群F_pが物体側へ移動し、前記レンズ群F_nが像側へ移動することを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に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】

【0014】

【図1】 (A)、(B) 本発明における実施例1のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】 (A)、(B) 本発明における数値実施例1の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図3】 (A)、(B) 本発明における数値実施例1の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図4】 (A)、(B) 本発明における実施例2のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 5】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 2 の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 6】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 2 の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 7】 (A)、(B) 本発明における実施例 3 のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 8】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 3 の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 9】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 3 の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 10】 (A)、(B) 本発明における実施例 4 のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 11】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 4 の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 12】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 4 の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 13】 (A)、(B) 本発明における実施例 5 のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 14】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 5 の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 15】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 5 の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 16】 (A)、(B) 本発明における実施例 6 のズームレンズの広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 17】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 6 の無限遠物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 18】 (A)、(B) 本発明における数値実施例 6 の至近距離物体のときの広角端と望遠端における収差図

【図 19】 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】

【0015】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、複数の負の屈折力のレンズ群を有し、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。

【0016】

複数の負の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群 L_v 、該レンズ群 L_v の像側に位置する正の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群 L_p とする。レンズ群 L_p の像側に、フォーカシングに際して移動する正の屈折力のレンズ群 F_p と負の屈折力のレンズ群 F_n を有する。無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、第 1 のズーム領域ではレンズ群 F_p とレンズ群 F_n が同一方向へ移動し、第 1 のズーム領域よりも望遠側の第 2 のズーム領域では、レンズ群 F_p が物体側へ移動し、レンズ群 F_n が像側へ移動する。

【0017】

図 1 (A)、(B) 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）と望遠端（長焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図 2 (A)、(B) はそれぞれ数値実施例 1 のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図 3 (A)、(B) はそれぞれ数値実施例 1 のズームレンズの至近距離物体（撮影距離 1.2 m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である（撮影距離は後述する数値実施例の数値を mm 単位で表したときである。以下同じ）。

【0018】

10

20

30

40

50

図4 (A)、(B)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図5 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例2のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図6 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例2のズームレンズの至近距離物体（撮影距離1.2m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。

【0019】

図7 (A)、(B)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図8 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例3のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図9 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例3のズームレンズの至近距離物体（撮影距離1.2m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。

10

【0020】

図10 (A)、(B)は本発明の実施例4のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図11 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例4のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図12 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例4のズームレンズの至近距離物体（撮影距離1.2m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。

【0021】

図13 (A)、(B)は本発明の実施例5のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図14 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例5のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図15 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例5のズームレンズの至近距離物体（撮影距離1.9m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。

20

【0022】

図16 (A)、(B)は本発明の実施例6のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図17 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例6のズームレンズの無限遠物体に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図18 (A)、(B)はそれぞれ数値実施例6のズームレンズの至近距離物体（撮影距離1.9m）に合焦したときの広角端と望遠端における収差図である。図19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。

30

【0023】

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（光学系）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 は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。

【0024】

SP は開口絞りである。 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影光学系として使用する際には CCD センサや $CMOS$ センサ等の固体撮像素子（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。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。また太い矢印は無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際しての移動方向を示している。

40

【0025】

収差図のうち、球面収差図において実線は d 線、破線は g 線である。非点収差図において破線は d 線でのメリディオナル像面、実線は d 線でのサジタル像面である。また、歪曲を示す図は d 線における歪曲を示している。倍率色収差は g 線について示している。 F_n は F ナンバー、 ω は半画角である。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。

【0026】

図1、図10、図13の実施例1、4、5は物体側から像側へ順に、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 、負の屈

50

折力の第4レンズ群L4よりなっている。更に正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6、正の屈折力の第7レンズ群よりなる。ここでレンズ群Fpは第5レンズ群L5に、レンズ群Fnは第6レンズ群L6に相当する。

【0027】

図4、図7の実施例2、3は物体側から像側へ順に、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、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よりなっている。更に正の屈折力の第6レンズ群L6よりなる。ここでレンズ群Fpは第4レンズ群L4に、レンズ群Fnは第5レンズ群L5に相当する。

【0028】

図16の実施例6は物体側から像側へ順に、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、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よりなる。ここでレンズ群Fpは第4レンズ群L4に、レンズ群Fnは第5レンズ群L5に相当する。また各実施例においてレンズ群Lvは第2レンズ群L2に、レンズ群Lpは第3レンズ群L3に相当する。

【0029】

まず、本発明のズームレンズの特徴を前述した特許文献1乃至3のズームレンズと対比して説明する。特許文献1のズームレンズでは、正、負、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群よりなる5群ズームレンズにおいて、第1レンズ群を物体側に移動することで、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。

【0030】

通常、第1レンズ群でフォーカシングを行う場合、像側から第2レンズ群までの光線高があまり変わらないため、第1レンズ群のレンズ形状のみ最適化することで、物体距離による光学性能の変動を比較的小さくすることができる。しかしながら第1レンズ群は、広角端での軸外主光線の入射高、及び望遠端での軸上光線の入射高が最も大きくなるため、全系中で最も有効径が大きくなり、重量も圧倒的に重くなってしまう。それ故、アクチュエーターへの負荷が大きく、駆動騒音も大きくなり、例えば動画撮影時の音声録音に駆動音が入り込んでしまい、動画用の撮影レンズとしては好ましくない。

【0031】

また、近年のオートフォーカスの際の高速フォーカスへの要望に対しても、駆動速度が遅くなってしまう、好ましくない。そのため、近年の交換レンズシステムにおいて、第1レンズ群でフォーカシングをするのは好ましくない。

【0032】

特許文献2のズームレンズでは、正、負、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群よりなる6群ズームレンズにおいて、小型軽量の第5レンズ群を物体側に移動することで無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。このため、フォーカシングに際しての駆動音が小さい。ところが第5レンズ群は、望遠端において軸上光線の入射高が小さいためフォーカス敏感度が小さい。このためフォーカシングに際しての移動量が大きくなり、オートフォーカスの際のフォーカス速度が遅くなる傾向がある。

【0033】

また、第5レンズ群でフォーカシングをすると、第5レンズ群への光線の入射高が変化するだけでなく、第5レンズ群から物体側の全てのレンズ群での光線高が変化してくる。特に特許文献2に示すような望遠型のズームレンズにおいては、第1レンズ群に向かって広角端の軸外主光線の入射高と、望遠端での軸上光線の入射高が大きくなる。このため、光線の入射高が変動した場合、それらに関連する収差の変動が大きくなる。具体的には、広角側において像面湾曲と、望遠側において球面収差の変動が大きくなっている。

【0034】

特許文献3のズームレンズでは、正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群よりなる6群ズームレンズにおいて、フォーカシングに際し、第4レンズ群と第6レンズ群を共に駆動させる、所謂フローティングフォーカスを行っている。具体的

10

20

30

40

50

には、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して第6レンズ群を像側に移動することで、主にフォーカス効果を得つつ、第4レンズ群を物体側に移動している。これにより、広角側において軸外主光線の入射高の変動を小さくし、像面湾曲の変動を小さくしている。

【0035】

第4レンズ群の移動は、望遠側における球面収差の変動の補正が難しい。また第6レンズ群のフォーカス効果を打ち消す方向に移動するため、フォーカシングに際して第6レンズ群の移動量が大きくなる傾向があった。そのため、オートフォーカスの際のフォーカス速度が遅くなる傾向があった。

【0036】

本発明のズームレンズでは、フローティング機構を利用するとき、広角側と望遠側において、それぞれの問題点を解決することができる新規なフローティング方法を採用している。まず、フローティング機構では、2つのレンズ群を駆動するためにアクチュエーターに掛かる負荷が増え、駆動騒音が増す傾向がある。そのため、本発明では有効径が極力小さく重量が軽くなる2つのレンズ群をフォーカスレンズ群として採用している。

【0037】

具体的には、特許文献3のズームレンズと同じように、変倍用のレンズ群（バリエータ） L_v の像側に配置される正の屈折力のレンズ群 L_p によって、像側に向かって収束光束とした位置に2つのフォーカスレンズ群を配置している。これによって2つのフォーカスレンズ群を小径化し、2つのフォーカスレンズ群を足しても十分に軽量化が図れるようにしている。

【0038】

次に、望遠側においてフォーカシング駆動量を小さくするためには、2つのフォーカスレンズ群のフォーカス敏感度が加算される方向に移動することが最も効果的となる。それは即ち、レンズ群 L_p より像側の収束光束の位置においては、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際し、正の屈折力のレンズ群であれば物体側に、負の屈折力のレンズ群であれば像側に移動すれば良いことになる。

【0039】

例えば特許文献3において、2つのフォーカスレンズ群のフォーカス敏感度が加算されるためには、負の屈折力の第6レンズ群の像側の移動に加え、負の屈折力の第4レンズ群を物体側ではなく像側に移動すれば良い。更に、2つのフォーカスレンズ群を正と負の屈折力の異符号のレンズ群を組み合わせると、それらが弱いパワーの合成レンズ群となる。

【0040】

このため、他のズーミングに寄与するレンズ群のパワー配置の影響が少なく、共にパワーを強めることが出来、フォーカシング敏感度を相乗的に上げることが出来る。その結果、フォーカスレンズ群の繰り出し量が小さくなり、オートフォーカスの際に高速フォーカスが容易になる。

【0041】

また、かつフォーカスレンズ群の繰り出し量が小さくなったことで、2つのフォーカスレンズ群を通る軸外光線光の入射高 h の変化が小さくなり、球面収差の変動を小さくすることも容易になる。また、広角端においては、正と負の屈折力のフォーカスレンズ群のうち、どちらか一方の移動方向を反転させることで、2つのフォーカスレンズ群の移動方向を同方向にし、他方での像面湾曲の変動を効果的に補正している。このようにして、本発明のズームレンズでは広角端において像面湾曲の変動の補正を行い、望遠端において球面収差の補正とフォーカスレンズ群の繰り出し量の軽減を図っている。

【0042】

次に、本発明のズームレンズの最適な構成要件について説明する。本発明のズームレンズは、複数の負の屈折力のレンズ群を有し、ズーミングに際して各レンズ群間隔が変化する。複数の負の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレンズ群をレンズ群 L_v 、レンズ群 L_v より像側に位置する正の屈折力のレンズ群のうち最も物体側に位置するレン

10

20

30

40

50

ズ群をレンズ群 L_p とする。広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とする。そして広角領域における全系の焦点距離 f_{wa} を

$$f_w \leq f_{wa} < (0.8 \times f_w + 0.2 \times f_t) \quad \dots (1)$$

望遠領域における全系の焦点距離 f_{ta} を

$$(0.8 \times f_w + 0.2 \times f_t) < f_{ta} \leq f_t \quad \dots (2)$$

とする。

【0043】

ここで第1のズーム領域は広角領域の少なくとも一部(一領域)である。第2のズーム領域は望遠領域の少なくとも一部(一領域)である。このとき、レンズ群 L_p より像側にフォーカシングに際して移動する正の屈折力のレンズ群 F_p と負の屈折力のレンズ群 F_n を有する。無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して、広角領域の少なくとも一領域では、レンズ群 F_p とレンズ群 F_n は同一方向へ移動する。

10

【0044】

望遠領域の少なくとも一領域では、レンズ群 F_p は物体側へレンズ群 F_n は像側に移動する。フォーカシングに際して広角領域と望遠領域で移動方向が反転するレンズ群は中間ズーム領域の任意のズーム位置で移動方向を反転するようにしている。

【0045】

各実施例において広角領域においては、フォーカシングに際し、レンズ群 F_n とレンズ群 F_p を同方向に移動することで、一方が移動したことによる像面変動を他方で効果的に補正している。この時、フォーカス敏感度が減算されてしまうが、広角側でのフォーカシング移動量は元々望遠側でのフォーカシング移動量に比べて十分に小さい。このため、多少移動量が増えた所で、オートフォーカスの際のフォーカス速度の影響は少ない。

20

【0046】

また、望遠領域においては、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、レンズ群 F_n を像側に移動し、レンズ群 F_p を物体側に移動している。これにより2つのフォーカスレンズ群のフォーカス敏感度を加算することが出来、それによりフォーカス移動量を小さくし、オートフォーカスの際のフォーカス速度を高めている。また、レンズ群 F_n の移動量が小さくなったことで軸上光線の入射高の変化も小さくなり、これによって、望遠領域において球面収差の変動を小さくしている。

【0047】

また条件式(1)で規定する広角領域内の全焦点距離(全ズーム範囲)において、無限遠物体から至近距離物体への合焦(フォーカス)(フォーカシング時)の際にレンズ群 F_n とレンズ群 F_p が同じ方向に移動する。また条件式(2)で規定する望遠領域内の全焦点距離において、無限遠物体から至近距離物体への合焦の際にレンズ群 F_n が像側に、レンズ群 F_p が物体側に移動する。

30

【0048】

以降、レンズ群 F_p とレンズ群 F_n のうち、広角領域と望遠領域でフォーカシングの際に移動方向を変えない方のレンズ群をメインフォーカス群、広角領域と望遠領域でフォーカシングの際に移動方向を変える方のレンズ群をフローティング群と呼ぶ。各実施例において、中間ズーム領域で、フローティング群が反転するズーム位置は次のとおりである。

40

【0049】

前述した通り、望遠型のズームレンズのリアフォーカスでは、メインフォーカス群の駆動により、広角領域では像面変動が、望遠領域では球面収差変動とフォーカシング駆動量が大きくなる。逆に、広角領域では、球面収差の変動とフォーカシング駆動量は小さく、望遠領域では像面変動が小さい。よって、中間ズーム領域では、それら全てが有る程度小さく許容程度となる。それらが最もバランスが良くなるポイントを選定し、そのズームポジションにおけるフォーカシングの際は、フローティング群の駆動量を0とし、そのポジションを挟んで広角側と望遠側で、駆動方向を反転させると良い。

【0050】

各実施例によれば、以上の如く構成することによりフォーカシングレンズ群を移動する

50

ときの音が小さく、オートフォーカスの際のフォーカス速度の高速が容易で、かつ全ズーム範囲と全物体距離で高い光学性能のズームレンズを得ている。

【0051】

次に、各実施例のズームレンズを構成するに当たり、より好ましい構成について説明する。無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際して広角領域の全ての領域でレンズ群F_pとレンズ群F_nは像側へ移動し、望遠領域の全ての領域でレンズ群F_pは物体側へ、レンズ群F_nは像側へ移動するのが良い。2つのフォーカス用のレンズ群F_pとレンズ群F_nは、物体側より像側へ順に、レンズ群F_p、レンズ群F_nの順に配置されることが好ましい。

【0052】

望遠側において長い焦点距離を効果的に確保するためには、強い負の屈折力のレンズ群を像側に配置し、なるべく物体側に主点位置を移動させることが必要になる。仮に、物体側より像側へ順にレンズ群F_n、レンズ群F_pの順にした場合、レンズ群F_nとレンズ群F_pの合成主点位置が像側に近くなってしまう。このため、望遠側で全系の焦点距離を物体側に寄せるためには、他のレンズ群の負担が増え、非効率的なパワー配置となり、ズーミングでの収差変動が補正しにくくなってしまう。これに対して各実施例のフォーカシング方式を用いればフォーカシングによる収差変動を軽減するのが容易になる。

【0053】

次に好ましい条件式について説明する。望遠領域内の一部のズーム位置におけるレンズ群F_pの横倍率を β_{Fpt} とする。広角領域内の一部のズーム位置でのメインフォーカス群の移動量をD_{fmw}、フローティング群の移動量をd_{flw}とする。望遠領域内の一部のズーム位置のメインフォーカス群の移動量をD_{fnt}、フローティング群の移動量をd_{flnt}とする。レンズ群F_pの焦点距離をf_{Fp}、レンズ群F_nの焦点距離をf_{Fn}とする。

【0054】

レンズ群L_vの焦点距離をf_{Lv}、レンズ群L_pの焦点距離をf_{Lp}、レンズ群F_pの焦点距離をf_{Fp}、レンズ群F_nの焦点距離をf_{Fn}とする。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0055】

$$\begin{aligned} -0.5 < \beta_{Fpt} < 0.8 & \dots (3) \\ 0.8 < D_{fmw} / d_{flw} < 2.0 & \dots (4) \\ -4.00 < D_{fnt} / d_{flnt} < -0.25 & \dots (5) \\ 0.3 < |f_{Fp} / f_{Fn}| < 3.0 & \dots (6) \\ 0.05 < |f_{Lv} / f_t| < 0.20 & \dots (7) \\ 0.06 < f_{Lp} / f_t < 0.25 & \dots (8) \\ 0.08 < f_{Fp} / f_t < 0.30 & \dots (9) \\ 0.05 < |f_{Fn} / f_t| < 0.40 & \dots (10) \end{aligned}$$

但し移動量の符号は物体側から像側への移動量を正とする。

【0056】

次に各条件式の技術的意味について説明する。各実施例のズームレンズにおいては、望遠領域の一部のズーム位置において、レンズ群F_pの横倍率が条件式(3)を満たすと良い。

【0057】

条件式(3)は、望遠側において、レンズ群F_pのフォーカス敏感度を適切に得て、レンズ群F_pとレンズ群F_nのフォーカス移動量を共に小さくするための条件式である。尚、条件式(3)はレンズ群F_pがメインフォーカス群であっても、フローティング群であっても同様に満たすことが好ましい条件式である。条件式(3)の上限値を逸脱すると、横倍率が等倍に近付くため、レンズ群F_pでのフォーカス敏感度が低くなり、レンズ群F_p及びレンズ群F_nの移動量が大きくなってしまう。

【0058】

10

20

30

40

50

条件式（３）の下限値を逸脱すると、レンズ群 F_p の正の屈折力が強過ぎて、望遠端において長い焦点距離を確保するために、バリエーター（変倍用レンズ群）の屈折力を強くする必要が生じ、光学性能が劣化してくる。条件式（３）は、より好ましくは下記の条件式（３ a）を満たすと良い。

【００５９】

$$-0.4 < \beta_{F_p t} < 0.6 \quad \dots (3a)$$

条件式（４）はレンズ群 F_p とレンズ群 F_n のフォーカシング駆動の係数に関し、主に広角端において像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件式（４）の上限値を逸脱すると、フローティング群の移動がメインフォーカス群の移動に対して小さ過ぎ、像面湾曲の補正効果が弱くなるため好ましくない。

10

【００６０】

条件式（４）の下限値を逸脱すると、フローティング群の移動がメインフォーカス群の移動に対して大き過ぎ、２つのフォーカスレンズ群の合成フォーカス敏感度が小さくなってしまい、移動量が大きくなってしまいうため、好ましくない。条件式（４）は、より好ましくは下記条件式（４ a）を満たすと良い。

【００６１】

$$0.9 < D_{f_{mw}} / D_{f_{lw}} < 1.8 \quad \dots (4a)$$

条件式（５）はレンズ群 F_p とレンズ群 F_n のフォーカシング駆動の係数に関し、フォーカシング移動量を小さくするためのものである。条件式（５）の上限値を逸脱すると、メインフォーカス群の移動は小さくなるが、逆にフローティング群の移動量が大きくなり過ぎてしまい、好ましくない。条件式（５）の下限値を逸脱すると、メインフォーカス群の移動が大きくなってしまい、好ましくない。条件式（５）は、より好ましくは下記条件式（５ a）を満たすと良い。

20

【００６２】

$$-3.0 < D_{f_{mt}} / D_{f_{lt}} < -0.3 \quad \dots (5a)$$

条件式（６）はレンズ群 F_p とレンズ群 F_n の焦点距離の比を規定する。条件式（６）は、レンズ群 F_p とレンズ群 F_n の屈折力配置を適切に設定し、レンズ群 L_v 以降の合成屈折力を適切に保ちつつ、レンズ群 F_p とレンズ群 F_n でのフォーカス敏感度を効果的に得るための条件式である。条件式（６）の下限値を逸脱すると、レンズ群 F_n の屈折力が弱過ぎてフォーカス駆動量が大きくなってしまいうか、レンズ群 F_p の屈折力が強過ぎて後群の正の屈折力が強くなる。そうすると、望遠端において焦点距離を長くするのにバリエーターの屈折力を強くする必要が生じ、光学性能が劣化してくる。

30

【００６３】

条件式（６）の上限値を逸脱すると、レンズ群 F_p の屈折力が弱過ぎてレンズ群 F_n のフォーカス駆動量が増加してくるか、レンズ群 F_n の屈折力が強過ぎて後群の負の屈折力が強くなる。そうすると、広角端の焦点距離を短くすることが困難になってくる。条件式（６）は、より好ましくは下記条件式（６ a）を満たすと良い。

【００６４】

$$0.4 < |f_{F_p} / f_{F_n}| < 2.5 \quad \dots (6a)$$

条件式（７），（８），（９），（１０）は共に、ズーミングによる収差変動の軽減と全系の小型化を図るための条件式である。条件式（７），（８），（９），（１０）の上限値を逸脱すると、全系が大型化し、逆に下限値を逸脱すると、各レンズ群の屈折力が強くなり過ぎて、ズーミングによる収差変動が大きくなってしまいう。条件式（７），（８），（９），（１０）は、より好ましくは下記条件式（７ a），（８ a），（９ a），（１０ a）を満たすと良い。

40

【００６５】

$$0.07 < |f_{L_v} / f_t| < 0.18 \quad \dots (7a)$$

$$0.08 < f_{L_p} / f_t < 0.22 \quad \dots (8a)$$

$$0.09 < f_{F_p} / f_t < 0.25 \quad \dots (9a)$$

$$0.07 < |f_{F_n} / f_t| < 0.30 \quad \dots (10a)$$

50

各実施例において、負の屈折力のレンズ群 F_n は、フォーカシングだけでなくズーミングでも移動すると良い。

【0066】

具体的には、広角端においては全系の主点位置を像側に寄せるためにレンズ群 F_n を像側に位置し、望遠端では軸上光線の入射高を上げて、フォーカス感度を高くするために極力物体側にするのが良い。よって、レンズ群 F_n は広角端から望遠端へのズーミングに際し、物体側に移動すると良い。

【0067】

次に、正の屈折力のレンズ群 F_p も、フォーカシングだけでなくズーミングでも移動すると良い。具体的には、レンズ群 F_n の物体側への移動による球面収差の変動を補償するべく、レンズ群 F_p も広角端から望遠端へのズーミングに際し、物体側に移動すると良い。

10

【0068】

次に、レンズ群 F_p と負のレンズ群 F_n は、それぞれ2以下のレンズで構成するのが軽量のレンズ群となるため好ましい。また各実施例においてフォーカシングに際して移動するレンズ群はレンズ群 F_p とレンズ群 F_n のみとするのが良い。それにより、フォーカシング駆動用のアクチュエーターへの負荷を軽減し、静音かつ高速フォーカスが容易になる。

【0069】

次に各実施例のズームレンズは、例えば、物体側より順に正、負、正、正、負の屈折力のレンズ群を有し、第4レンズ群をレンズ群 F_p 、第5レンズ群をレンズ群 F_n とするレンズ構成が良い。この他、物体側より順に正、負、正、負、正、負の屈折力のレンズ群を有し第5レンズ群をレンズ群 F_p 、第6レンズ群をレンズ群 F_n とするレンズ構成等が良い。尚、各実施例で言うレンズ群とは、光学系の最前面または前方に隣接するレンズとの間隔がズーミングまたはフォーカシングで変化する面から、光学系の最後面または、後方に隣接するレンズとの間隔がズーミングまたはフォーカシングで変化する面までを言う。

20

【0070】

以下、各実施例におけるレンズ構成について説明する。実施例1は、物体側より像側へ順に、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 、開口絞り SP を有する正の屈折力の第3レンズ群 L_3 、負の屈折力の第4レンズ群 L_4 を有する。更に正の屈折力の第5レンズ群 L_5 、負の屈折力の第6レンズ群 L_6 、正の屈折力の第7レンズ群 L_7 で構成されるズームレンズである。

30

【0071】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、第2レンズ群 L_2 と第7レンズ群 L_7 が不動で、第1レンズ群 L_1 、第3レンズ群 L_3 乃至第6レンズ群 L_6 が物体側に移動している。また、第2レンズ群 L_2 、第3レンズ群 L_3 がそれぞれレンズ群 L_v 、レンズ群 L_p に相当し、それらの像側の第5レンズ群 L_5 、第6レンズ群 L_6 がそれぞれレンズ群 F_p 、レンズ群 F_n に相当している。レンズ群 F_n がメインフォーカス群でレンズ群 F_p がフローティング群である。

【0072】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、レンズ群 F_n は広角領域と望遠領域の全域で像側に移動する。レンズ群 F_p は広角領域全域で像側に、望遠領域全域で物体側に移動する。それにより広角端から望遠端の全ズーム域、及び無限遠物体から物体距離（数値実施例をmm単位で表したとき、以下同じ）1.2mまでの全物体距離で高性能を達成している。

40

【0073】

レンズ群 F_p の望遠端における横倍率が条件式(3)を満たしており、それにより望遠端でのレンズ群 F_p のフォーカス感度を適切に得て、レンズ群 F_p とレンズ群 F_n のフォーカス移動量を共に小さくしている。また、広角端におけるレンズ群 F_p とレンズ群 F_n のフォーカシング移動量が条件式(4)を満たしており、広角端での物体距離における

50

像面湾曲の変動を小さくしている。

【0074】

また、望遠端におけるレンズ群F_pとレンズ群F_nのフォーカシング移動量が条件式(5)を満たしており、それにより、レンズ群F_pとレンズ群F_nのフォーカシング移動量を共に小さくしている。またオートフォーカスの際の高速移動を可能にしているだけでなく、物体距離による球面収差の変動も軽減している。

【0075】

レンズ群F_pとレンズ群F_nの焦点距離比率が条件式(6)を満たしており、L_p群よりも像側の合成レンズ群のパワーを適切に保ちつつ、レンズ群F_pとレンズ群F_nでのフォーカス感度を効果的に得ている。また、レンズ群F_pとレンズ群F_nは共に1枚のレンズで構成しており、それによりアクチュエーターへの負荷を軽減し、静音かつ高速移動を容易にしている。また、レンズ群L_v、レンズ群L_p、レンズ群F_n、レンズ群F_pが、それぞれ条件式(7)、(8)、(9)、(10)を満たしており、全系のズーミングによる収差変動の軽減と全系の小型化を図っている。

【0076】

実施例2は、物体側より像側へ順に、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、開口絞りS_Pを有する正の屈折力の第3レンズ群L₃、正の屈折力の第4レンズ群L₄を有する。更に負の屈折力の第5レンズ群L₅、正の屈折力の第6レンズ群L₆で構成される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、第6レンズ群L₆が固定で、第1レンズ群L₁、第3レンズ群L₃乃至第5レンズ群L₅が物体側に移動している。

【0077】

また、第2レンズ群L₂、第3レンズ群L₃がそれぞれレンズ群L_v、レンズ群L_pに相当し、それらの像側のレンズ群L₄、レンズ群L₅がそれぞれレンズ群F_p、レンズ群F_nに相当する。レンズ群F_nがメインフォーカス群でレンズ群F_pがフローティング群である。無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、レンズ群F_nは広角領域と望遠領域の全域で像側に移動する。レンズ群F_pは広角領域全域で像側に、望遠領域全域で物体側に移動する。それにより広角端から望遠端の全ズーム域、及び無限遠物体から物体距離1.2mまでの全物体距離で高性能を達成している。

【0078】

各レンズ群の働きは、実施例形態1と同様である。実施例3は、ズームタイプ、フォーカシング方式、各レンズ群の光学作用等が実施例2と同じである。実施例4は、ズームタイプが実施例1と同じである。フォーカシング方式が実施例1と異なっている。第2レンズ群L₂、第3レンズ群L₃がそれぞれレンズ群L_v、レンズ群L_pに相当し、それらの像側の第5レンズ群L₅、第6レンズ群L₆がそれぞれレンズ群F_p、レンズ群F_nに相当している。レンズ群F_pがメインフォーカス群でレンズ群F_nがフローティング群である。

【0079】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、レンズ群F_pは広角領域と望遠領域の全域で物体側に移動する。レンズ群F_nは広角領域全域で物体側に、望遠領域全域で像側に移動する。それにより広角端から望遠端の全ズーム域、及び無限遠物体から物体距離1.2mまでの全物体距離で高性能を達成している。

【0080】

実施例1との差異は、メインフォーカス群とフローティング群が入れ替わり、それに伴い駆動方向も反転している点にある。本発明は勿論このようなズームレンズにも有効である。各レンズ群の効果は実施例1と同様である。実施例5は、ズームタイプ、フォーカシング方式、各レンズ群の光学作用等が実施例1と同じである。

【0081】

本実施例は無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、レンズ群F_nは広角領域と望遠領域の全域で像側に移動する。レンズ群F_pは広角領域全域で像側に、望遠

領域全域で物体側に移動する。それにより広角端から望遠端の全ズーム域、及び無限遠物体から物体距離 1.9 m までの全物体距離で高性能を達成している。

【0082】

実施例 6 は、物体側より像側へ順に、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、開口絞り S P を有する正の屈折力の第 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 L 2 が固定で、第 1 レンズ群 L 1、第 3 レンズ群 L 3 乃至第 5 レンズ群 L 5 が物体側に移動している。

【0083】

また、第 2 レンズ群 L 2、第 3 レンズ群 L 3 がそれぞれレンズ群 L v、レンズ群 L p に相当し、それらの像側の第 4 レンズ群 L 4、第 5 レンズ群 L 5 がそれぞれレンズ群 F p、レンズ群 F n に相当する。レンズ群 F p がメインフォーカス群でレンズ群 F n がフローティング群である。

【0084】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、レンズ群 F p は広角領域と望遠領域の全域で物体側に移動する。レンズ群 F n は広角領域全域で物体側に、望遠領域全域で像側に移動する。それにより広角端から望遠端の全ズーム域、及び無限遠物体から物体距離 1.9 m までの全物体距離で高性能を達成している。

【0085】

次に実施例 1 乃至 6 に示したズームレンズを撮像装置に適用した実施例を図 19 を用いて説明する。本発明の撮像装置はズームレンズを含む交換レンズ装置と、交換レンズ装置とカメラマウント部を介して着脱可能に接続され、ズームレンズが形成する光学像を受光して、電気的な画像信号に変換する撮像素子を含むカメラ本体とを備えている。

【0086】

図 19 は一眼レフカメラの要部概略図である。図 19 において、10 は実施例 1 乃至 6 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。20 はカメラ本体であり、撮影レンズ 10 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 10 の像形成位置に配置された焦点板 4 より構成されている。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 などによって構成されている。

【0087】

7 は感光面であり、CCD センサや CMOS センサ等の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（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 10 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。また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、ミラーレスのカメラにも同様に適用することができる。またプロジェクター用の画像投射光学系に適用することもできる。

【0088】

以下に実施例 1 乃至 6 に対応する数値実施例 1 乃至 6 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す。数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 nd_i と v_d は各々物体側より順に第 i 番目のレンズの材料の屈折率とアッベ数である。BF はバックフォーカスである。

【0089】

また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。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を示している。また、各レンズ群データは、各レンズ群の焦点距離、光軸上の長さ、前側主点位置、後側主点位置を表している。また、各光学面の間隔 d が（可変）となっている部分は、ズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距

10

20

30

40

50

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 6 のレンズデータに基づく、各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【0090】

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径	
1	69.789	4.08	1.51633	64.1	41.79	10
2	296.524	0.15			41.44	
3	62.810	2.10	1.80100	35.0	40.71	
4	39.910	6.76	1.49700	81.5	39.02	
5	575.839	(可変)			38.39	
6	520.703	1.10	1.74400	44.8	20.00	
7	16.401	3.76	1.84666	23.8	18.96	
8	40.501	1.74			18.38	
9	-70.023	1.00	1.83400	37.2	18.37	
10	61.725	(可変)			18.40	
11	56.219	3.10	1.85026	32.3	21.37	20
12	-89.371	2.42			21.34	
13	38.322	4.83	1.60311	60.6	20.24	
14	-50.433	1.20	1.85026	32.3	19.34	
15	267.258	1.58			18.76	
16(絞り)	∞	(可変)			18.06	
17	25.748	3.77	1.48749	70.2	17.33	
18	-73.244	1.10	1.74077	27.8	16.41	
19	21.647	(可変)			15.32	
20	39.345	1.74	1.78590	44.2	15.20	
21	-288.507	(可変)			15.21	30
22	440.795	0.80	1.83400	37.2	15.12	
23	27.091	(可変)			15.07	
24	-187.643	3.42	1.84666	23.8	27.39	
25	-46.932				27.89	

【0091】

各種データ

ズーム比 4.24

	広角	中間	望遠	
焦点距離	56.90	133.00	241.28	40
Fナンバー	4.12	5.04	5.83	
半画角 (度)	13.50	5.86	3.24	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	154.33	176.38	191.20	
BF	41.21	41.21	41.22	
d 5	5.20	27.26	42.26	50
d10	32.39	13.97	1.50	
d16	0.59	2.58	1.50	

d19	14.56	5.81	24.48
d21	2.24	5.67	1.84
d23	13.49	35.25	33.77

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	99.03	13.09	-0.60	-9.02
2	6	-25.89	7.60	4.50	-0.50
3	11	30.84	13.12	0.70	-8.48
4	17	-60.25	4.87	7.07	3.49
5	20	44.16	1.74	0.12	-0.86
6	22	-34.64	0.80	0.47	0.03
7	24	73.11	3.42	2.44	0.61

10

【0092】

(数値実施例2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	63.334	4.89	1.51633	64.1	44.79
2	308.921	0.15			44.40
3	62.008	2.10	1.80100	35.0	43.28
4	37.768	7.53	1.49700	81.5	41.08
5	396.426	(可変)			40.50
6	-743.921	1.10	1.74320	49.3	19.55
7	16.904	3.68	1.84666	23.8	18.59
8	42.576	1.85			18.01
9	-64.219	1.00	1.83400	37.2	17.95
10	69.460	(可変)			18.02
11	157.651	2.58	1.77250	49.6	22.32
12	-83.722	0.15			22.39
13	39.900	13.02	1.60311	60.6	22.05
14	-253.552	1.58			19.06
15(絞り)	∞	0.59			18.42
16	21.981	3.70	1.51633	64.1	17.55
17	-83.210	1.10	1.80000	29.8	16.88
18	21.802	(可変)			15.70
19	39.187	1.59	1.77250	49.6	14.54
20	-609.654	(可変)			14.56
21	2410.848	0.80	1.77250	49.6	14.59
22	26.893	(可変)			14.61
23	-363.274	3.64	1.68893	31.1	26.00
24	-43.225				26.47

30

40

【0093】

各種データ

ズーム比 4.24

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	56.85	132.92	241.17
Fナンバー	4.11	4.27	5.75
半画角（度）	13.51	5.87	3.24
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	152.67	184.90	191.90
BF	39.93	39.93	39.92

d 5	2.20	34.61	41.61
d10	28.88	18.42	1.50
d18	10.02	5.27	25.78
d20	4.85	1.95	1.95
d22	15.75	33.69	30.11

10

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	96.90	14.67	-0.96	-10.38
2	6	-24.89	7.63	4.21	-0.81
3	11	39.99	22.72	-8.48	-18.16
4	19	47.72	1.59	0.05	-0.84
5	21	-35.21	0.80	0.46	0.01
6	23	70.89	3.64	2.43	0.29

20

【0094】

(数値実施例3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	72.829	3.81	1.51633	64.1	42.13
2	238.665	0.15			41.78
3	64.852	2.10	1.80100	35.0	41.16
4	42.038	6.75	1.49700	81.5	39.58
5	931.791	(可変)			38.98
6	2009.360	1.10	1.77250	49.6	20.04
7	17.774	3.51	1.84666	23.8	19.14
8	40.993	1.86			18.66
9	-62.549	1.00	1.83400	37.2	18.65
10	101.036	(可変)			18.81
11	60.919	3.19	1.80100	35.0	22.57
12	-75.594	3.58			22.49
13	35.527	3.80	1.60311	60.6	20.84
14	-51.201	1.20	1.90366	31.3	20.39
15	229.444	1.58			19.77
16(絞り)	∞	0.59			19.24
17	19.967	3.96	1.56384	60.7	18.19
18	-136.367	1.10	1.71736	29.5	17.32
19	17.065	(可変)			15.62
20	28.951	1.97	1.59551	39.2	14.46

30

40

50

21	-157.459	(可変)			14.23
22	-132.298	2.11	1.84666	23.8	13.14
23	-15.566	0.80	1.80000	29.8	12.96
24	22.841	(可変)			12.27
25	625.820	3.11	1.67270	32.1	27.56
26	-47.594				27.77

【0095】

各種データ

ズーム比 4.24

10

	広角	中間	望遠
焦点距離	56.90	133.00	241.28
Fナンバー	4.12	5.21	5.81
半画角（度）	13.50	5.86	3.24
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	148.35	176.32	191.26
BF	41.20	41.20	41.20

d 5	2.04	30.06	45.06
d10	29.90	12.98	1.50
d19	7.24	1.64	16.79
d21	2.00	5.20	2.01
d24	18.72	37.98	37.45

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	103.68	12.81	-0.46	-8.73
2	6	-26.26	7.47	3.96	-0.97
3	11	36.81	18.99	-7.73	-16.51
4	20	41.23	1.97	0.19	-1.05
5	22	-25.83	2.91	1.35	-0.23
6	25	65.87	3.11	1.73	-0.13

30

【0096】

(数値実施例4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	70.622	3.69	1.51633	64.1	41.38
2	208.414	0.15			41.05
3	58.529	2.10	1.80100	35.0	40.51
4	39.816	6.72	1.49700	81.5	38.96
5	511.322	(可変)			38.36
6	991.362	1.10	1.80400	46.6	20.00
7	18.473	3.35	1.84666	23.8	19.09
8	39.752	1.71			18.62
9	-87.331	1.00	1.83400	37.2	18.61

40

50

10	85.325	(可変)			18.71
11	60.659	4.73	1.84666	23.8	24.25
12	-74.273	0.15			24.03
13	35.254	3.73	1.60311	60.6	22.68
14	-62.853	1.20	1.84666	23.8	22.22
15	116.753	1.58			21.13
16(絞り)	∞	(可変)			20.10
17	22.651	3.79	1.48749	70.2	18.93
18	-84.105	1.10	1.76182	26.5	18.20
19	20.881	(可変)			16.66
20	33.723	2.05	1.65412	39.7	15.15
21	-95.925	(可変)			14.92
22	-115.171	2.34	1.84666	23.8	14.22
23	-15.973	0.80	1.80000	29.8	14.15
24	24.052	(可変)			14.04
25	-234.959	2.76	1.69895	30.1	26.22
26	-39.951				26.47

各種データ

ズーム比 4.24

10

20

	広角	中間	望遠
焦点距離	56.90	132.97	241.28
Fナンバー	4.15	5.12	5.83
半画角(度)	13.50	5.87	3.24
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	151.20	176.31	191.18
BF	49.77	49.74	49.70

d 5	2.55	27.63	42.63
d10	33.52	14.01	1.50
d16	0.59	2.16	2.11
d19	12.21	3.37	19.18
d21	1.93	5.15	1.93
d24	6.57	30.17	30.07

30

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	99.07	12.66	-0.69	-8.83
2	6	-26.32	7.16	3.62	-1.05
3	11	31.31	11.39	0.53	-6.60
4	17	-64.00	4.89	7.94	4.24
5	20	38.39	2.05	0.33	-0.92
6	22	-26.29	3.14	1.40	-0.30
7	25	68.47	2.76	1.95	0.33

40

【0097】

(数値実施例5)

単位 mm

50

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	94.813	6.52	1.57099	50.8	67.95
2	422.715	0.15			67.47
3	109.053	2.20	1.74950	35.3	66.04
4	59.681	10.17	1.43875	94.9	63.17
5	566.400	(可変)			62.56
6	-686.443	1.76	1.77250	49.6	31.15
7	28.817	4.54	1.84666	23.8	29.94
8	73.710	2.96			29.51
9	-75.702	1.50	1.72000	43.7	29.50
10	174.161	(可変)			29.91
11	120.834	3.79	1.83400	37.2	32.36
12	-118.046	6.74			32.36
13	62.033	6.24	1.59522	67.7	30.89
14	-74.639	1.60	1.85026	32.3	30.16
15	-1970.134	2.53			29.61
16(絞り)	∞	(可変)			28.40
17	38.493	7.22	1.48749	70.2	27.56
18	-190.866	1.40	1.69895	30.1	25.61
19	33.247	(可変)			24.01
20	64.310	2.53	1.77250	49.6	23.31
21	-977.398	(可変)			23.30
22	864.424	1.20	1.77250	49.6	22.99
23	45.569	(可変)			22.88
24	-191.698	3.39	1.84666	23.8	40.36
25	-76.672				40.81

10

20

各種データ

30

ズーム比 3.73

	広角	中間	望遠
焦点距離	104.59	199.99	389.99
Fナンバー	4.58	5.03	5.87
半画角(度)	11.69	6.17	3.18
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	245.09	285.06	308.91
BF	68.73	68.73	68.73

40

d 5	14.41	54.38	78.38
d10	40.29	23.83	1.50
d16	0.94	2.64	2.17
d19	17.24	2.06	38.19
d21	1.86	3.37	1.86
d23	35.17	63.61	51.65

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	175.61	19.05	-2.57	-14.98

50

2	6	-41.50	10.76	5.39	-1.84
3	11	49.95	20.90	3.10	-13.14
4	17	-126.50	8.62	15.79	8.99
5	20	78.19	2.53	0.09	-1.34
6	22	-62.31	1.20	0.72	0.04
7	24	148.91	3.39	3.02	1.21

【0098】

(数値実施例6)

10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	104.620	6.50	1.57099	50.8	66.89
2	917.776	0.15			66.51
3	123.600	2.20	1.74950	35.3	65.17
4	62.830	9.78	1.43875	94.9	62.53
5	866.066	(可変)			61.96
6	-257.014	1.76	1.69680	55.5	32.00
7	32.999	3.98	1.84666	23.8	30.97
8	70.298	3.36			30.54
9	-67.975	1.50	1.77250	49.6	30.54
10	534.473	(可変)			31.11
11	186.550	3.60	1.77250	49.6	33.92
12	-143.160	4.61			33.98
13	48.728	7.51	1.59522	67.7	33.29
14	-86.189	1.60	1.83400	37.2	32.38
15	-266.679	2.53			31.89
16(絞り)	∞	0.94			30.52
17	38.205	11.26	1.48749	70.2	28.82
18	-242.365	1.40	1.83400	37.2	24.20
19	28.983	(可変)			22.48
20	84.266	2.47	1.60311	60.6	21.85
21	-236.346	0.15			21.59
22	38.270	2.76	1.48749	70.2	21.10
23	221.722	(可変)			20.56
24	-283.262	1.20	1.83400	37.2	19.57
25	60.127	4.70			19.27
26	-118.989	1.66	1.77250	49.6	19.80
27	123.935	17.22			20.37
28	-2022.837	3.52	1.69895	30.1	29.61
29	-55.973				30.08

20

30

40

【0099】

各種データ

ズーム比 3.70

	広角	中間	望遠
焦点距離	105.41	200.00	390.00

50

Fナンバー	4.59	5.06	5.83
半画角（度）	11.60	6.17	3.18
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	245.09	286.04	309.99
BF	79.92	82.58	113.95

d 5	15.15	56.15	80.15
d10	43.41	25.73	1.50
d19	7.68	21.24	15.63
d23	2.58	4.00	2.41

10

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	180.46	18.63	-1.82	-14.02
2	6	-42.65	10.60	5.13	-2.20
3	11	63.13	33.45	-21.45	-31.52
4	20	49.56	5.38	0.88	-2.66
5	24	-98.97	28.30	-24.59	-69.05

20

【0 1 0 0】

【表 1】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例5	数値実施例6
レンズ群タイプ	正負正負正負正	正負正負正負正	正負正負正負正	正負正負正負正	正負正負正負正	正負正負正負正
メインフォーカス群	L6(Fn)	L5(Fn)	L5(Fn)	L5(Fp)	L6(Fn)	L4(Fp)
フローティング群	L5(Fp)	L4(Fp)	L4(Fp)	L6(Fn)	L5(Fp)	L5(Fn)
f _w	56.900	56.855	56.901	56.901	104.586	105.406
f _t	241.281	241.165	241.273	241.283	389.989	390.001
f _{L.v}	-25.887	-24.889	-26.260	-26.317	-41.504	-42.650
f _{L.p}	30.841	39.987	36.809	31.306	49.954	63.130
f _{F.p}	44.159	47.715	41.228	38.386	78.192	49.555
f _{F.n}	-34.641	-35.211	-25.831	-26.288	-62.312	-98.970
条件式(3) β Fpt	0.312	0.359	0.359	0.281	0.360	0.098
D _{f_{in}w}	3.738	3.821	2.627	-1.000	7.953	-5.178
D _{f_lw}	2.977	3.007	2.280	-0.608	6.652	-4.802
D _{f_{int}}	7.000	7.000	5.000	-5.847	11.000	-4.872
D _{f_{lt}}	-5.599	-6.993	-3.436	2.636	-9.348	6.740
条件式(4) D _{f_{in}w} /D _{f_lw}	1.256	1.271	1.152	1.643	1.196	1.078
条件式(5) D _{f_{int}} /D _{f_{lt}}	-1.250	-1.001	-1.455	-2.218	-1.177	-0.723
条件式(6) f _{F.p} /f _{F.n}	1.275	1.355	1.596	1.460	1.255	0.501
条件式(7) f _{L.v} /f _t	0.107	0.103	0.109	0.109	0.106	0.109
条件式(8) f _{L.p} /f _t	0.128	0.166	0.153	0.130	0.128	0.162
条件式(9) f _{F.p} /f _t	0.183	0.198	0.171	0.159	0.200	0.127
条件式(10) f _{F.n} /f _t	0.144	0.146	0.107	0.109	0.160	0.254

30

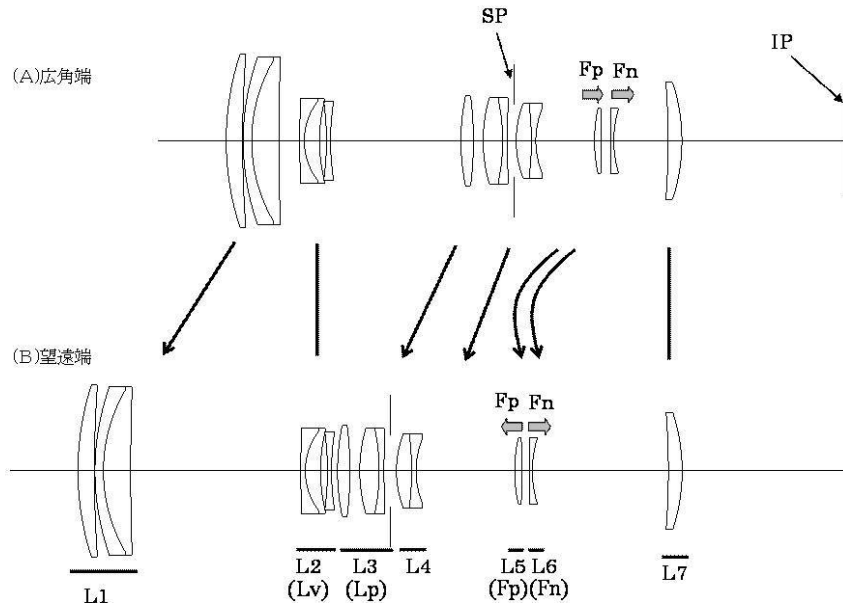
【符号の説明】

【0 1 0 1】

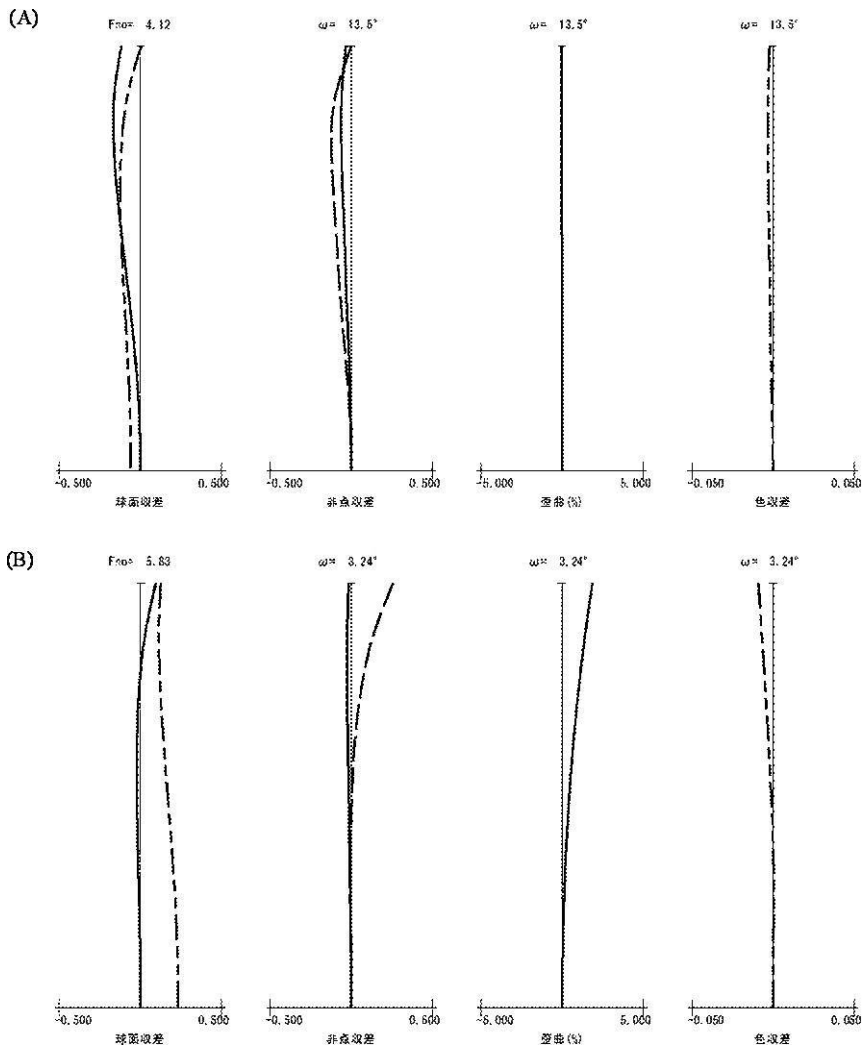
L 1	第 1 レンズ群	L 2	第 2 レンズ群	L 3	第 3 レンズ群
L 4	第 4 レンズ群	L 5	第 5 レンズ群	L 6	第 6 レンズ群
L 7	第 7 レンズ群	S P	開口絞り	L v	レンズ群
L p	レンズ群	F p	レンズ群	F n	レンズ群

40

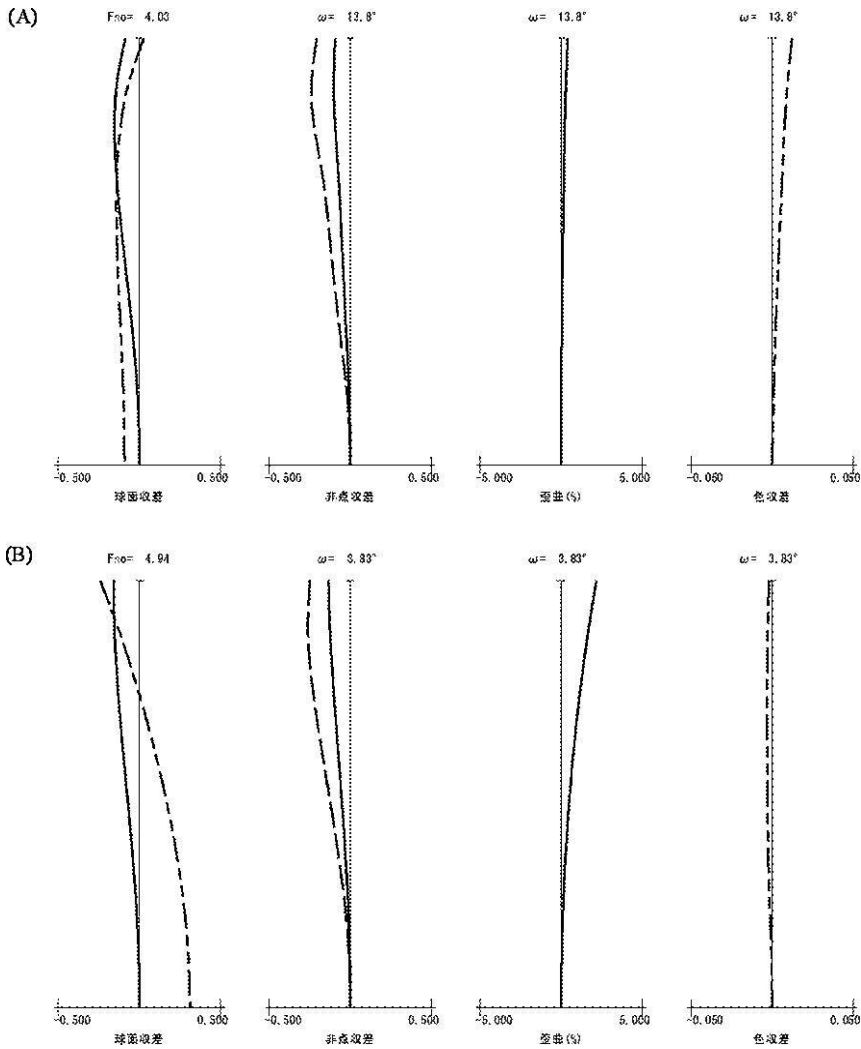
【図 1】



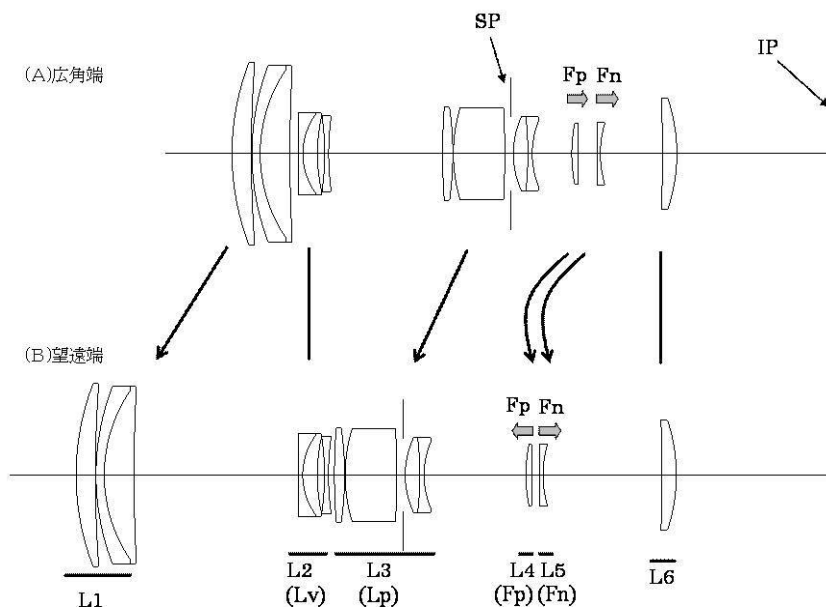
【図 2】



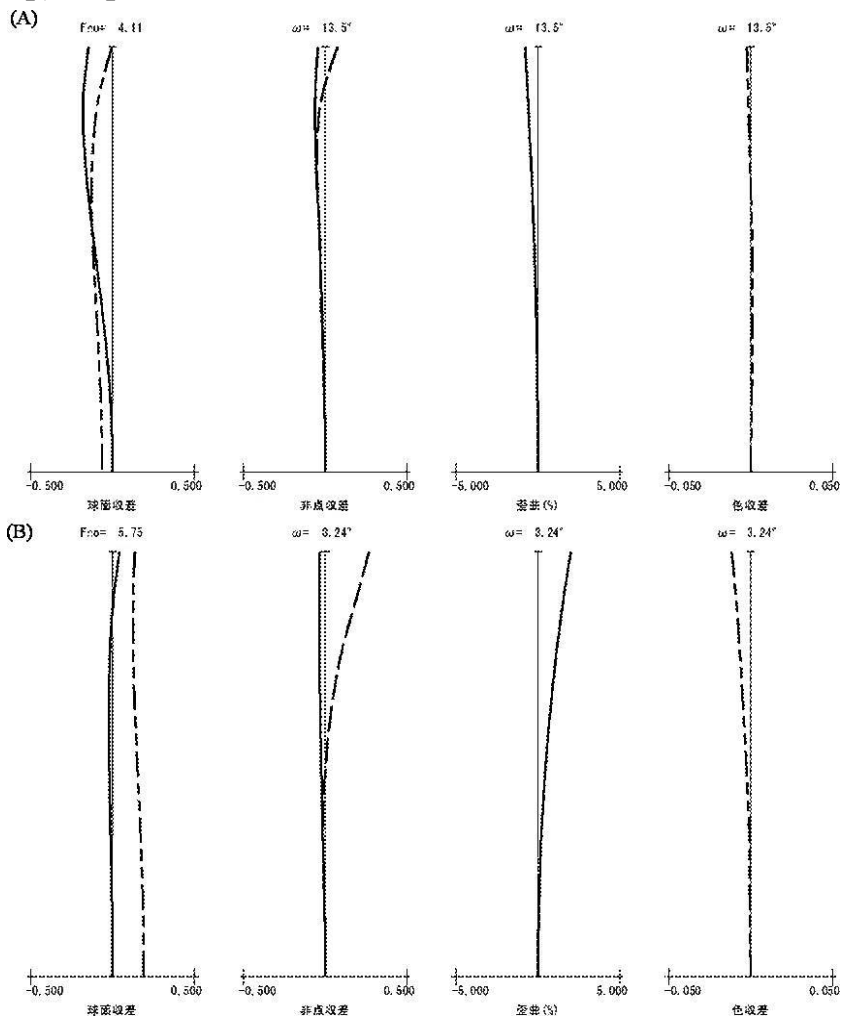
【図 3】



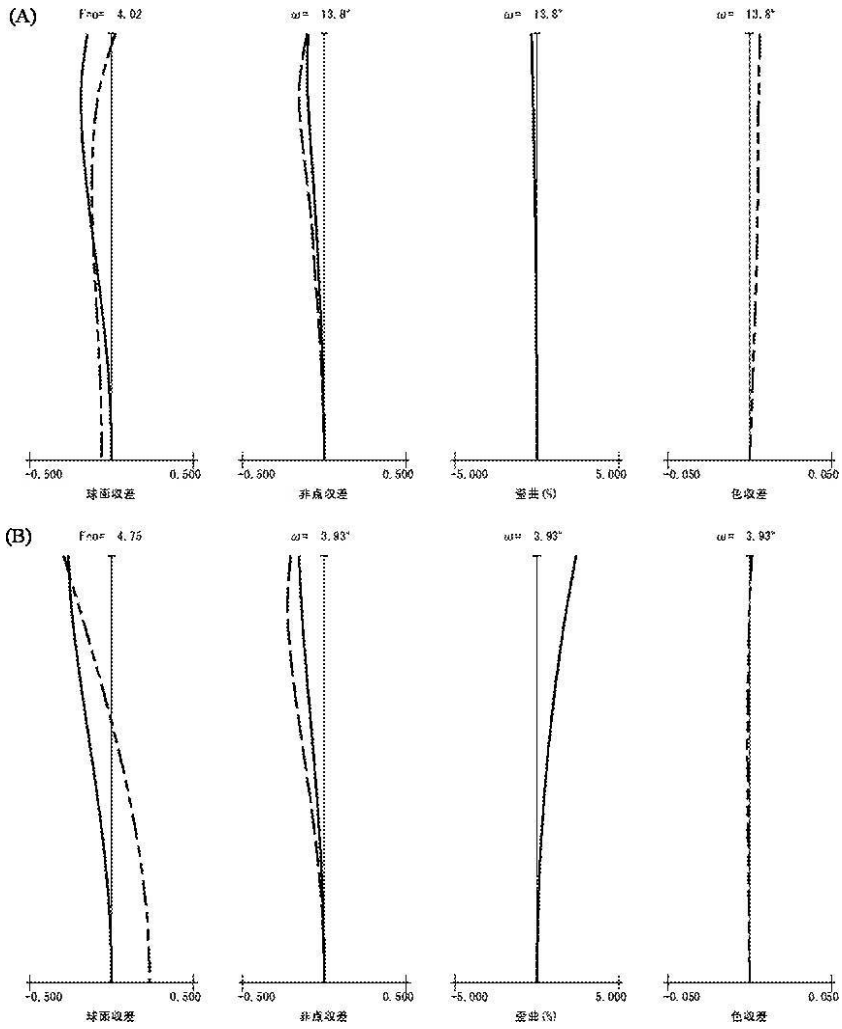
【図 4】



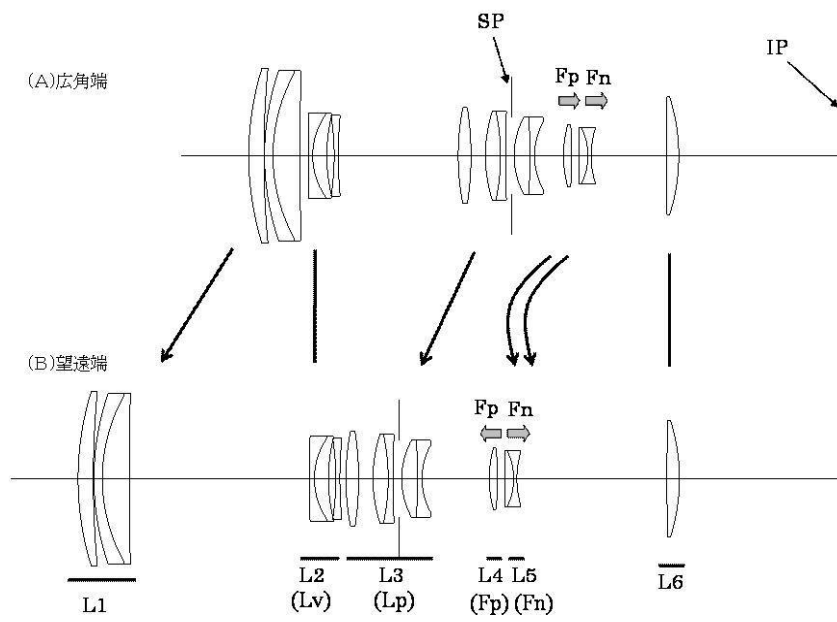
【図 5】



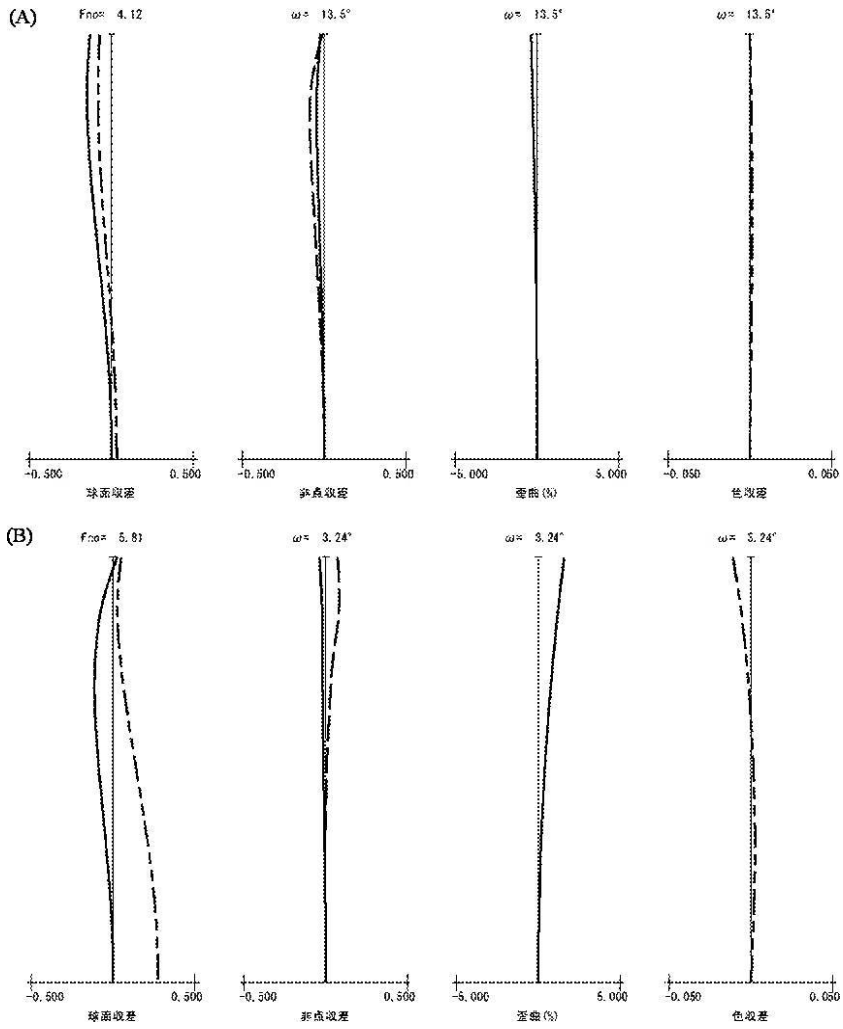
【図 6】



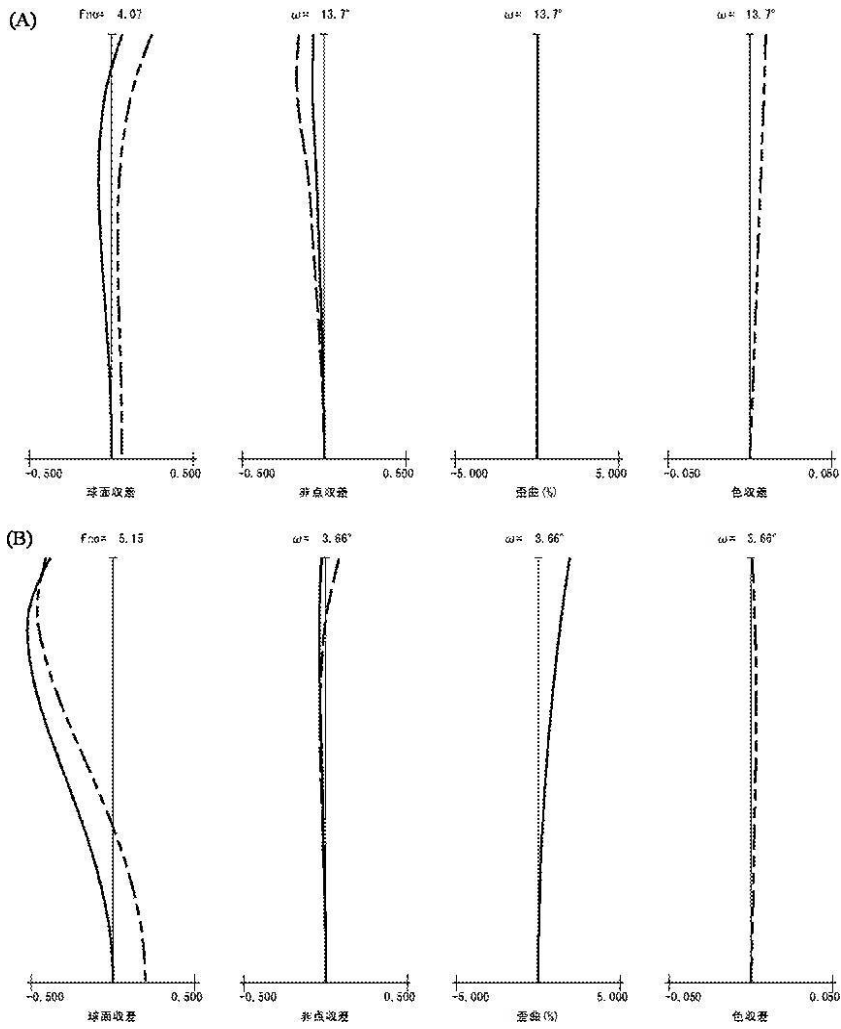
【図 7】



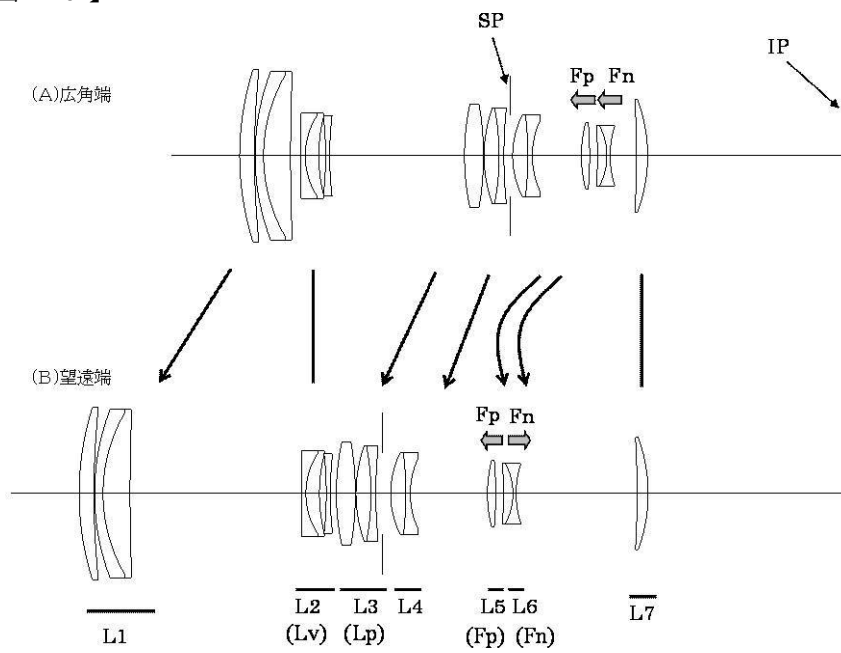
【図 8】



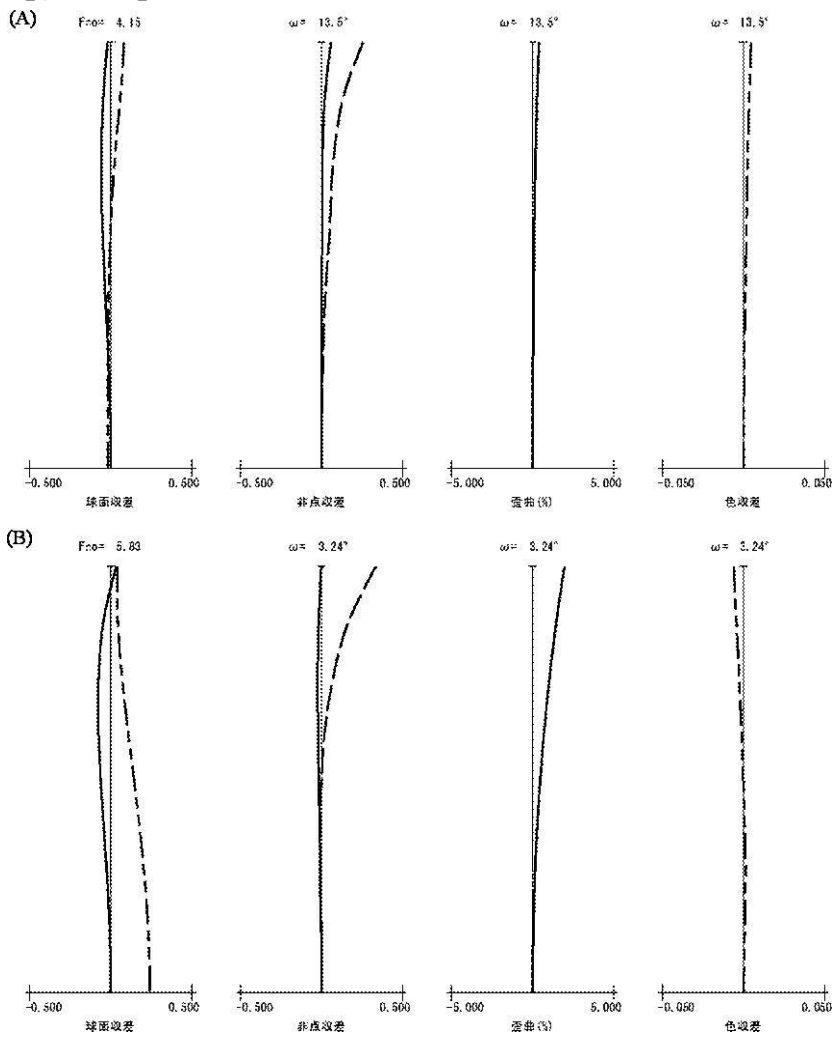
【図 9】



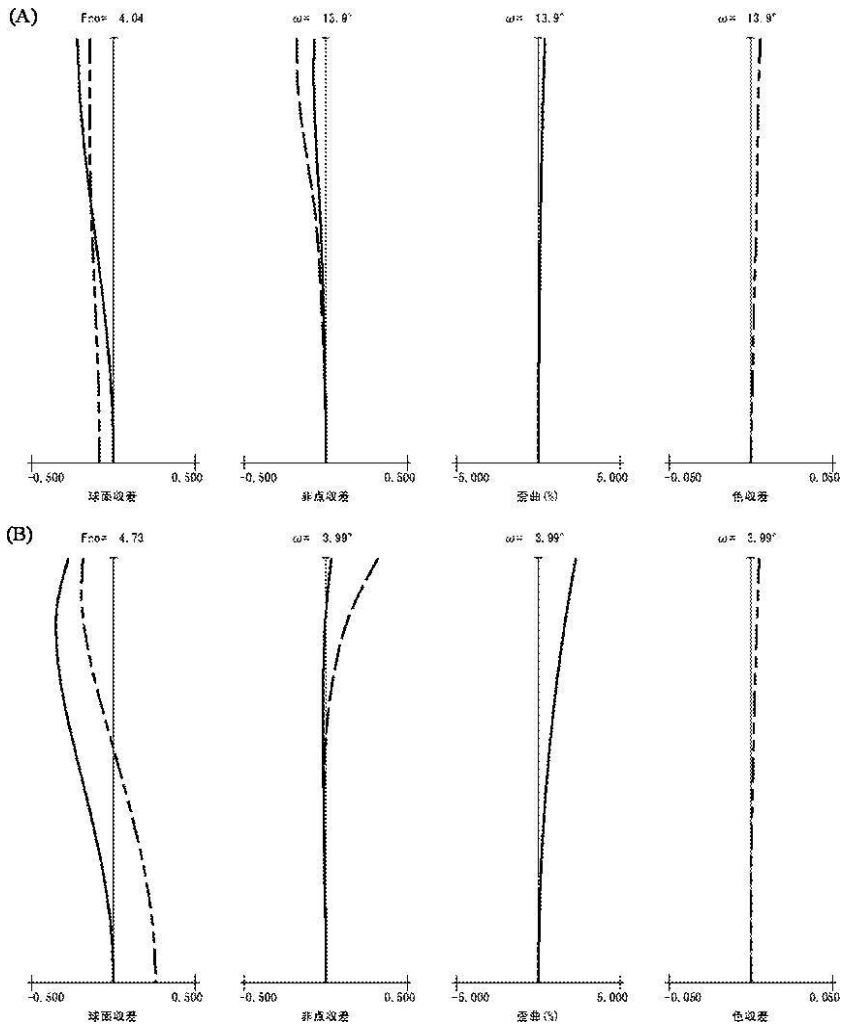
【図 10】



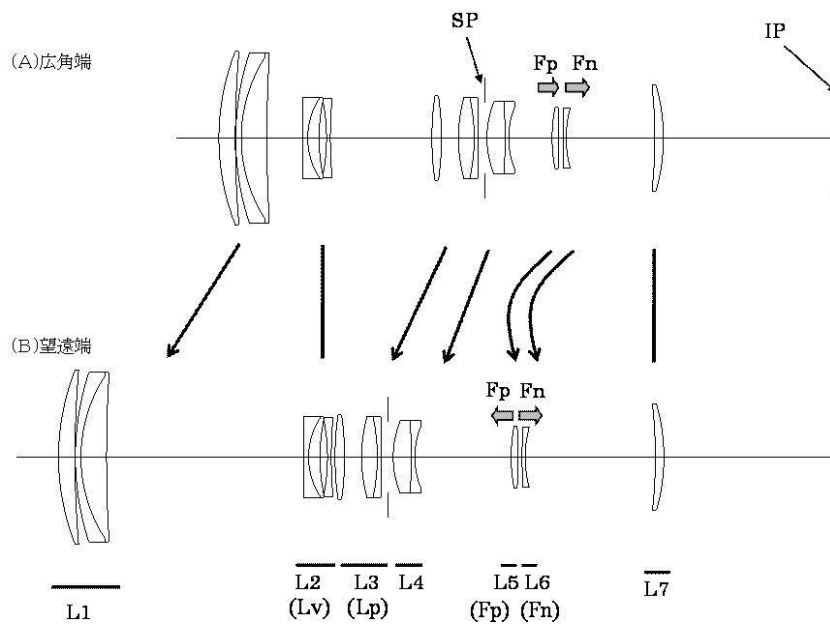
【図 11】



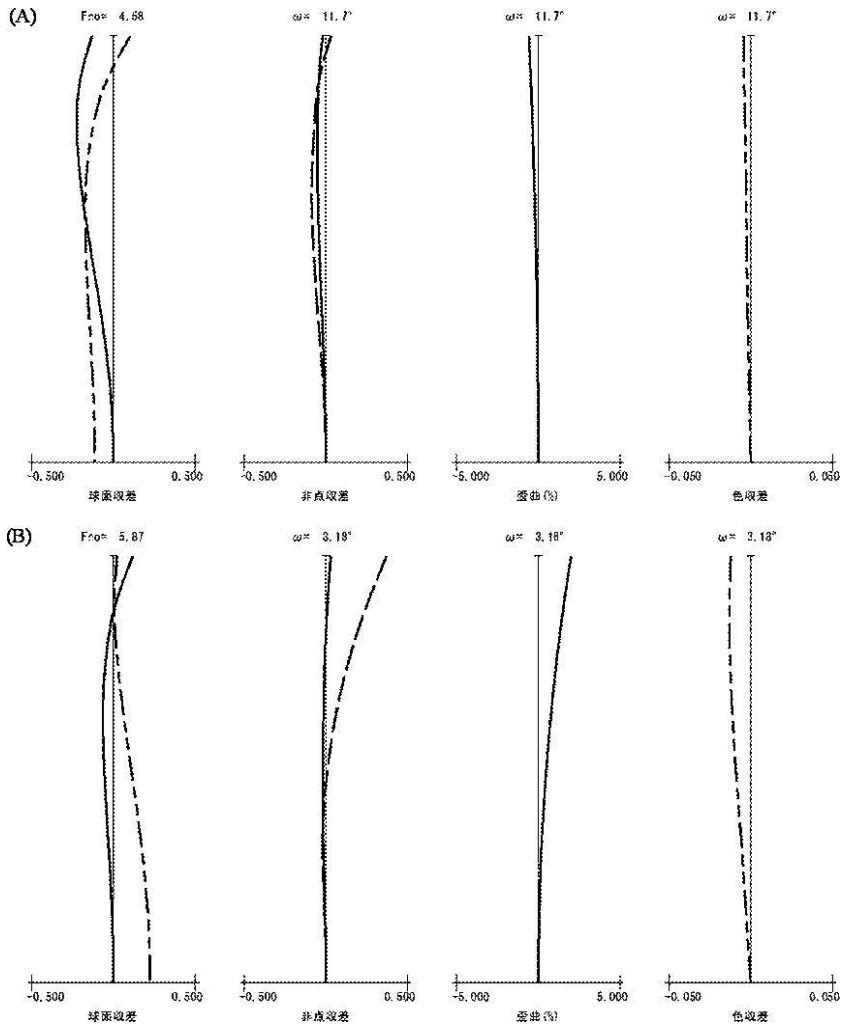
【図 1 2】



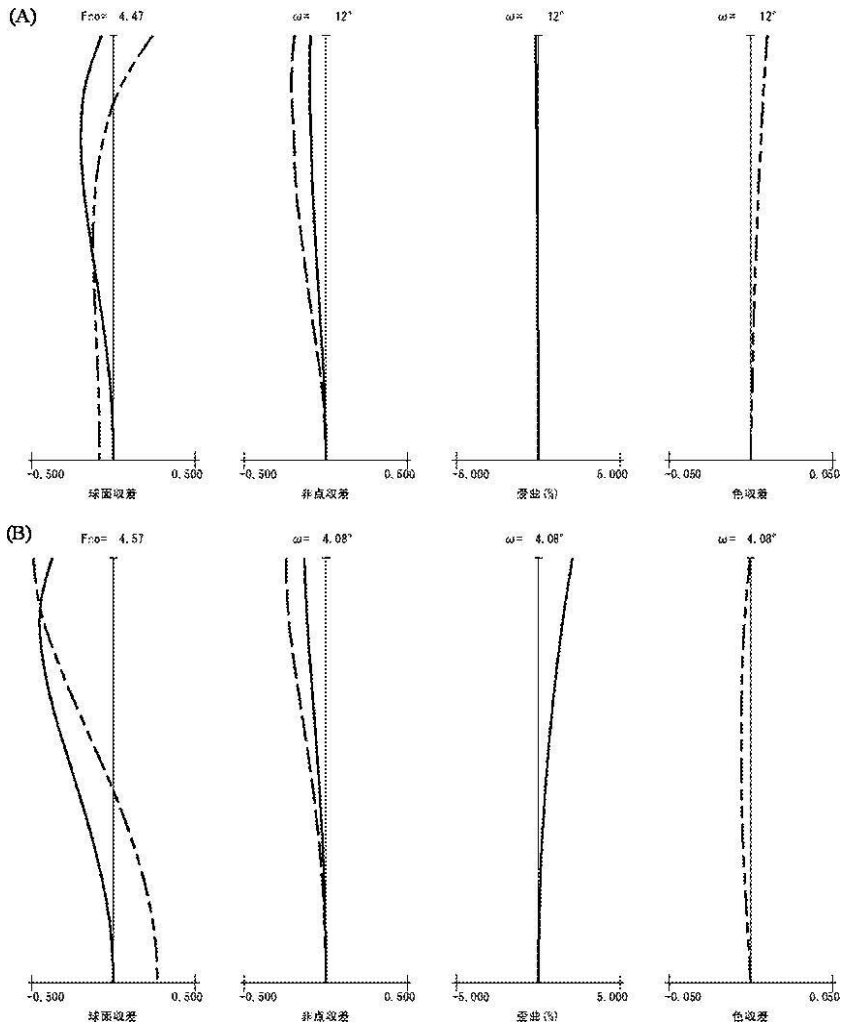
【図 1 3】



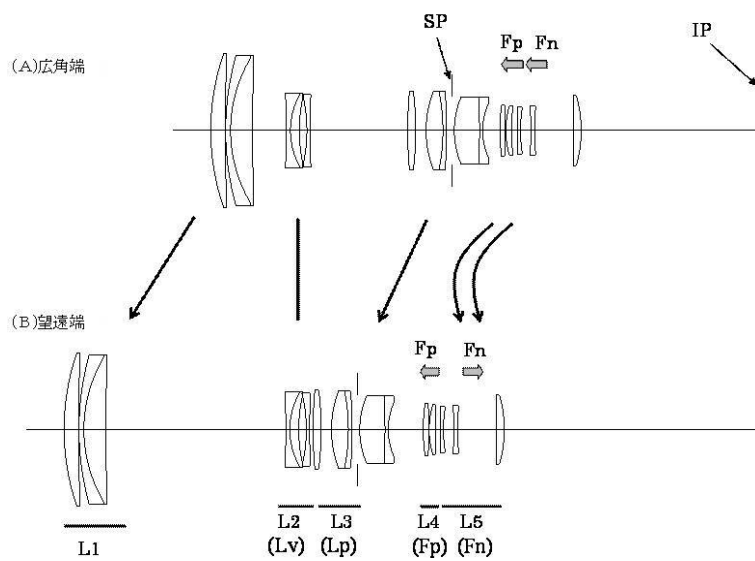
【図 14】



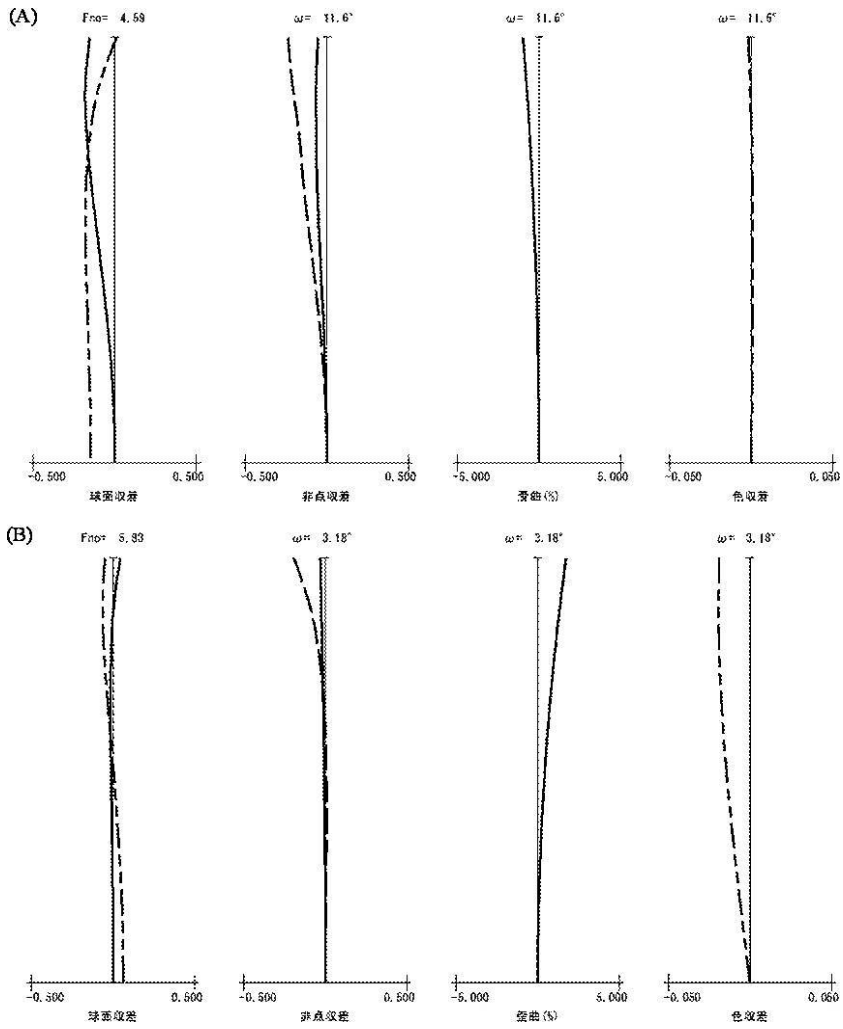
【図 15】



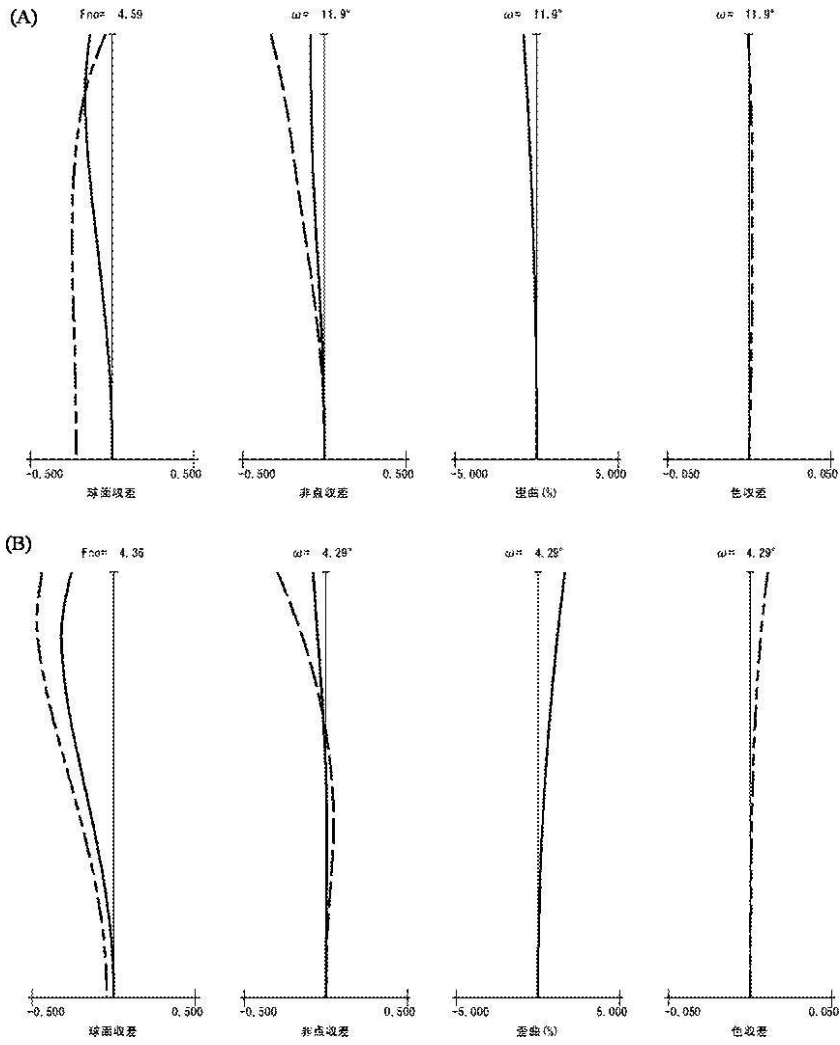
【図 16】



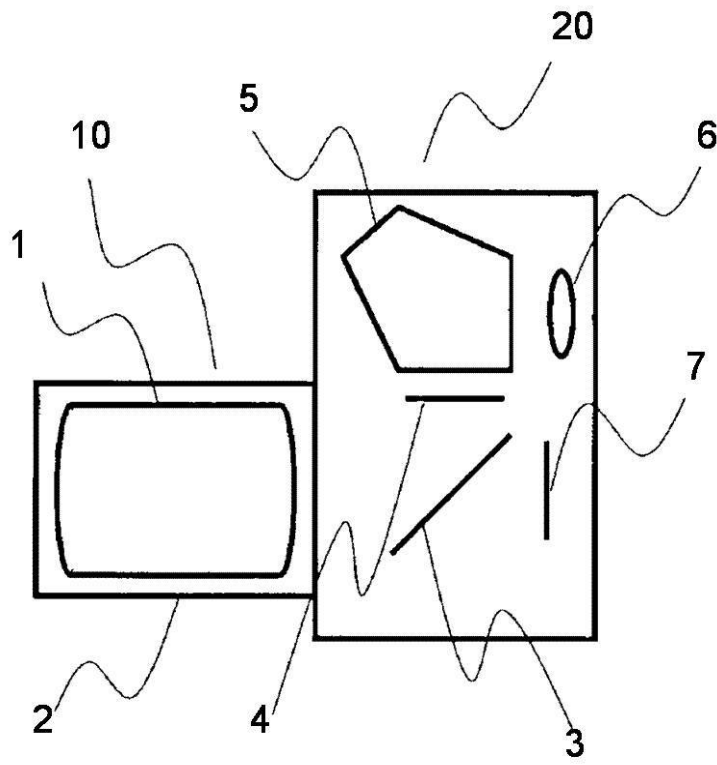
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 MA15 MA16 MA17 MA19 PA10 PA12 PA16 PA20
PB13 PB14 PB15 PB16 QA02 QA07 QA12 QA22 QA25 QA32
QA34 QA42 QA45 QA46 RA36 RA44 SA43 SA47 SA49 SA52
SA56 SA57 SA62 SA64 SA65 SA66 SA73 SB04 SB14 SB24
SB25 SB26 SB32 SB33 SB42 SB43 SB44