

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6579789号
(P6579789)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int.CI.

G02B 15/20 (2006.01)

F 1

G 02 B 15/20

請求項の数 18 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2015-89583 (P2015-89583)
 (22) 出願日 平成27年4月24日 (2015.4.24)
 (65) 公開番号 特開2016-14865 (P2016-14865A)
 (43) 公開日 平成28年1月28日 (2016.1.28)
 審査請求日 平成30年4月18日 (2018.4.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-119440 (P2014-119440)
 (32) 優先日 平成26年6月10日 (2014.6.10)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(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 100126240
弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 青木 宏治
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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよ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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、

前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、

前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

前記補正レンズ系Aの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Aまでの距離をRA
、前記補正レンズ系Aの光軸上の厚みをdAとするとき、

$$8.5 < RA / dA < 20.0$$

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 2】

物体側から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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、ズー

10

20

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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、

前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、

前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

広角端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Aを回転させることにより行い、望遠端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系A及び前記補正レンズ系Bを回転させることにより行うことを特徴とするズームレンズ。 10

【請求項3】

物体側から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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、

前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、

前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

広角端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Bを回転させることにより行い、望遠端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Aを回転させることにより行うことを特徴とするズームレンズ。 20

【請求項4】

前記補正レンズ系Aの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Aまでの距離をRA、前記補正レンズ系Aの光軸上の厚みをdAとするとき、 30

$$8.5 < RA / dA < 20.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項2または3に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記回転中心Aの位置と前記回転中心Bの位置は異なることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記補正レンズ系Bの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Bまでの距離をRB、前記補正レンズ系Bの光軸上の厚みをdBとするとき、

$$0.3 < RB / dB < 10.5$$

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項に記載のズームレンズ。 40

【請求項7】

前記補正レンズ系Aの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Aまでの距離をRA、前記補正レンズ系Aの焦点距離をfAとするとき、

$$7.5 < |RA / fA| < 22.5$$

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項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記補正レンズ系Bの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Bまでの距離をRB、前記補正レンズ系Bの焦点距離をfBとするとき、 50

$$0.3 < |RB/fB| < 4.5$$

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 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記補正レンズ系 A の焦点距離を f_A 、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき

$$0.07 < |f_A/f_1| < 0.25$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記補正レンズ系 B の焦点距離を f_B 、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき

$$0.18 < |f_B/f_1| < 0.70$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_W とするとき

$$0.02 < f_W/f_1 < 0.35$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記補正レンズ系 A は前記第 2 レンズ群の全体であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

前記補正レンズ系 B は前記第 3 レンズ群の全体または一部であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

前記後群は物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、ズーミングに際して、各レンズ群がそれぞれ異なる軌跡で移動することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 15】

前記後群は正の屈折力の第 4 レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群が互いに異なる軌跡で移動することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 16】

前記補正レンズ系 B は、前記第 3 レンズ群の全体と前記第 4 レンズ群の全体であることを特徴とする請求項 15 に記載のズームレンズ。

【請求項 17】

物体側から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 レンズ群により構成され、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、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群はズーミングに際して互いに異なる軌跡で移動し、

前記第 2 レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の 1 点を回転中心 A として像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系 A であり、

前記第 3 レンズ群の全体と前記第 4 レンズ群の全体は、光軸上又は光軸近傍の 1 点を回転中心 B として像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系 B であり、

前記回転中心 A は前記補正レンズ系 A の最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、

10

20

30

40

50

前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 18】

請求項1乃至17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およびそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラ、電子スチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置等に好適なものである。 10

【背景技術】

【0002】

撮像装置に用いられる撮像光学系として、レンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）が短く、全系が小型かつ高ズーム比で、ズーム全域において高い光学性能を有するズームレンズが求められている。また、ズームレンズには像ぶれを補正する手段を有することも求められている。

【0003】

特許文献1は、ズーミングに際して互いに異なる軌跡で移動する複数のレンズ系を、それらの重心位置又はその近傍を中心に一体的に回動させることで像ぶれ補正を行うズームレンズを開示している。また、特許文献2は、主レンズ系の物体側に、負のパワーを有する第1レンズと正のパワーを有する第2レンズで構成される像ぶれ補正用の光学系を配置した撮影光学系を開示している。像ぶれ補正に際しては、第1レンズと第2レンズの少なくとも一方が回動する。 20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2001-249276号公報

【特許文献2】特開平9-251127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に防振機能を有したズームレンズにおいては、像ぶれ補正を精度良く実行できることや、像ぶれ補正の際の収差変動が少ないことが要求されている。これらの要求を満足するには、ズームレンズのレンズ構成および像ぶれ補正のための防振レンズ系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。像ぶれ補正のために移動させる防振レンズ系のレンズ構成が適切でないと、像ぶれ補正が不十分となり、また防振時において偏心収差の発生量が多くなり、防振時に高い光学性能を維持するのが困難になってくる。 30

【0006】

特許文献1の像ぶれ補正機能を有する撮影レンズでは、複数のレンズ群を一体的に回動させているため、像ぶれ補正時に発生する偏心収差の補正の自由度が限定されてしまう。このため、像ぶれ補正時の光学性能を良好に維持するのが難しい。 40

【0007】

また、特許文献2のズームレンズでは、第1レンズ及び第2レンズの少なくとも一方を回動させることにより、像ぶれ補正を行っている。特許文献2では、主レンズ系の物体側に像ぶれ補正系を装着しているため、光学系全体が大型化する傾向がある。

【0008】

本発明は、全系が大型化するのを軽減しつつ、像ぶれ補正が容易でしかも像ぶれ補正に際しても良好な光学性能を維持する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。 50

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側から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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、前記補正レンズ系Aの物体側のレンズ面の面頂点から前記回転中心Aまでの距離をRA、前記補正レンズ系Aの光軸上の厚みをdAとするとき、

$$8.5 < RA / dA < 20.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

また、本発明の他のズームレンズは、物体側から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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、広角端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Aを回転させることにより行い、望遠端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系A及び前記補正レンズ系Bを回転させることにより行うことを特徴としている。

また、本発明の他のズームレンズは、物体側から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、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、前記第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、広角端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Bを回転させることにより行い、望遠端における像ぶれ補正是前記補正レンズ系Aを回転させることにより行うことを特徴としている。

また、本発明の他のズームレンズは、物体側から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レンズ群により構成され、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、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群はズーミングに際して互いに異なる軌跡で移動し、前記第2レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aであり、前記第3レンズ群の全体と前記第4レンズ群の全体は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bであり、前記回転中心Aは前記補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置し、前記回転中心Bは前記補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置することを特徴としている。

10

20

30

40

50

【発明の効果】**【0010】**

本発明によれば、全系が大型化するのを軽減しつつ、像ぶれ補正が容易でしかも像ぶれ補正に際しても良好な光学性能を維持する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】**【0011】**

【図1】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図

【図3】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図4】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例1の像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図5】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図

【図7】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図8】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例2の像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図9】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図

【図11】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図12】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例3の像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図13】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図14】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図

【図15】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図16】(A)、(B)、(C) 本発明の数値実施例4の像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図

【図17】 本発明の撮像装置の要部概略図**【図18】** 本発明に係る補正レンズ系の像ぶれ補正時の説明図**【発明を実施するための形態】****【0012】**

以下、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、ズームレンズが振動したときの像ぶれ補正を行うために、次の如く構成している。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、正の屈折力の第3レンズ群、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成され、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。第2レンズ群の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転する補正レンズ系Aである。

【0013】

10

20

30

40

50

第2レンズ群よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転する補正レンズ系Bである。ここで回転中心Aは補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置する。また回転中心Bは補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側に位置している。

【0014】

本発明では、補正レンズ系Aによる像ぶれと補正レンズ系Bによる像ぶれをズーム位置に応じて使い分けることで、ズーム位置ごとに適切な像ぶれ補正を行うことができる。

【0015】

実施例1乃至3のズームレンズでは、広角端（短焦点距離端）における像ぶれ補正是補正レンズ系Bを回転させることにより行い、望遠端（長焦点距離端）における像ぶれ補正是補正レンズ系Aを回転させることにより行う。また、広角端から望遠端に至る中間のズーム位置においては、像ぶれ補正を補正レンズ系Aと補正レンズ系Bを回転させることにより行ってもよい。また、実施例4のズームレンズでは、広角端と中間のズーム位置においては、補正レンズ系Aを回転させることにより像ぶれ補正を行い、望遠端においては、補正レンズ系Aと補正レンズ系Bを回転させることにより像ぶれ補正を行う。

10

【0016】

図1(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図である。図3(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。実施例1はズーム比13.31、開口比3.02~5.93程度のズームレンズである。

20

【0017】

図5(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図である。図7(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。図8(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。実施例2はズーム比47.06、開口比3.50~7.07程度のズームレンズである。

30

【0018】

図9(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図である。図11(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。図12(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。実施例3はズーム比9.80、開口比1.85~2.88程度のズームレンズである。

40

【0019】

図13(A)、(B)、(C)は本発明の実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図14(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における縦収差図である。図15(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。図16(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの像ぶれ補正時における広角端、中間のズーム位置、望遠端における横収差図である。実施例4はズーム比57.03、開口比3.50~7.07程度のズームレンズである。

【0020】

50

図17は本発明の撮像装置の要部概略図である。図18は本発明に係る補正レンズ系の像ぶれ補正時の説明図である。

【0021】

本発明のズームレンズは撮像装置に用いられるものである。レンズ断面図において左方が前方(物体側、拡大側)で右方が後方(像側、縮小側)である。レンズ断面図において、 i は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、 L_i は第*i*レンズ群である。 L_R は1以上のレンズ群を有する後群である。 S_P は開放Fナンバー(F_{no})光束を決定(制限)する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材(以下「開口絞り」ともいう。)である。

【0022】

G は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。 I_P 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センサ等の撮像素子(光電変換素子)の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。

【0023】

縦収差図において、球面収差の d は d 線、 g は g 線を、非点収差の M はメリディオナル像面、 S はサジタル像面を、倍率色収差の g は g 線を表している。横収差図において、上から順に10割、7割、中心、反対側の7割、反対側の10割の像高における d 線の収差図を示す。破線はサジタル像面、実線はメリディオナル像面を表している。 F_{no} はFナンバー、 θ は半画角(度)である。半画角 θ は光線追跡値による値を示す。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際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0024】

以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍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。実施例1のズームレンズの特徴について説明する。図1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 は正の屈折力の第3レンズ群、 L_4 は負の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は正の屈折力の第5レンズ群である。後群 L_R は第4レンズ群 L_4 と第5レンズ群 L_5 より構成されている。

【0025】

実施例1のズームレンズでは、ズーミングに際して各レンズ群が互いに異なる軌跡で移動する。ズーミングに際して、各レンズ群の間隔は以下のように変化する。広角端に比べて望遠端において、第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群 L_2 との間隔は広がる。第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 との間隔は狭まる。第3レンズ群 L_3 と第4レンズ群 L_4 との間隔は広がる。第4レンズ群 L_4 と第5レンズ群 L_5 との間隔は広がる。

【0026】

更に、広角端に対して望遠端にて、第1レンズ群 L_1 、第2レンズ群 L_2 、第3レンズ群 L_3 、第4レンズ群 L_4 、第5レンズ群 L_5 はいずれも物体側に位置している。また第2レンズ群 L_2 は像側に凸状の軌跡で、第5レンズ群 L_5 は物体側に凸状の軌跡にて移動している。以上のように各レンズ群を適切に移動させることで全系の小型化と高ズーム比化を図っている。

【0027】

開口絞り S_P は第3レンズ群 L_3 内に配置している。開口絞り S_P をこのような位置に配置することにより望遠端における第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 の間隔が狭くなり、ズーミングのための第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 との間隔変化量を十分長く確保している。

【0028】

なお、開口絞り S_P は、第3レンズ群 L_3 の物体側に配置してもよい。この場合第1レンズ群 L_1 と開口絞り S_P との間隔を短縮することができるため前玉有効径の小型化が容

10

20

30

40

50

易になる。また、開口絞り SP は第 3 レンズ群 L 3 の像側に配置してもよい。この場合はズーミングに際しての第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の移動ストロークを長くとることができ、高ズーム比化が容易となる。

【 0 0 2 9 】

開口絞り SP はズーミングに際し第 3 レンズ群 L 3 と一緒に（同じ軌跡）で移動している。このように移動させることで第 3 レンズ群 L 3 のレンズ径の増大を軽減している。なお、開口絞り SP はズーミングに際し第 3 レンズ群 L 3 とは異なる軌跡（独立）にて移動させてもよい。この場合、広角側で決まる前玉有効径の増大を軽減するのが容易になる。

【 0 0 3 0 】

図 5 の実施例 2 はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号は実施例 1 と同じである。
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。具体的には、広角端に対して望遠端において、第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔が広がるよう、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間隔が狭まるよう移動している。また、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間隔が広がるよう、第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 との間隔が広がるように各レンズ群が移動している。

10

【 0 0 3 1 】

更に、広角端に対して望遠端において、第 1 レンズ群 L 1 、第 3 レンズ群 L 3 、第 4 レンズ群 L 4 は物体側に位置し、また、第 2 レンズ群 L 2 、第 5 レンズ群 L 5 は像側に位置している。また広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 5 レンズ群 L 5 は物体側に凸状の軌跡にて移動している。以上のようにズーミングに際して各レンズ群を適切に移動させることで全系の小型化と高ズーム比化を図っている。また、開口絞り SP はズーミングに際し第 3 レンズ群 L 3 とは異なる軌跡にて移動している。これにより、広角側で決まる前玉有効径の増大を軽減している。

20

【 0 0 3 2 】

次に図 9 の実施例 3 のズームレンズについて説明する。図 9 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 は正の屈折力の第 3 レンズ群、L 4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。後群 L R は第 4 レンズ群 L 4 より構成されている。実施例 3 のズームレンズでは、ズーミングに際して第 2 レンズ群 L 2 、第 3 レンズ群 L 3 、第 4 レンズ群 L 4 が異なった軌跡で移動する。広角端に対して望遠端にて、各レンズ群の間隔変化は次のとおりである。

30

【 0 0 3 3 】

第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔は広がる。第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間隔は狭まる。第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間隔は広がる。実施例 3 のズームレンズでは、ズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 、開口絞り SP は不動である。広角端に対して望遠端にて、第 2 レンズ群 L 2 は像側に位置し、第 3 レンズ群 L 3 は物体側に位置する。第 4 レンズ群 L 4 は物体側に凸状の軌跡で移動している。

【 0 0 3 4 】

以上のように第 2 レンズ群 L 2 乃至第 4 レンズ群 L 4 を適切に移動させることで全系の小型化と高ズーム比化を図っている。

【 0 0 3 5 】

続いて、図 13 の実施例 4 のズームレンズについて説明する。実施例 4 のズームレンズは、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 レンズ群から構成される。後群 L R は第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 より構成される。

40

【 0 0 3 6 】

実施例 4 のズームレンズでは、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ように各レンズ群が移動する。具体的には、広角端に対して望遠端において、第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 との間隔が広がり、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間隔が狭まる。また、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間隔が広がり、第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 との間隔が広がる。

50

【 0 0 3 7 】

広角端に対して望遠端において、第2レンズ群L2及び第5レンズ群L5は像側に位置し、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第4レンズ群は物体側に位置する。また、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第5レンズ群L5は物体側に凸状の軌跡を描きながら移動する。ズーミングに際して各レンズ群を適切に移動させることで全系の小型化と高ズーム比化を図っている。また、開口絞りSPはズーミングに際して第3レンズ群L3とは異なる軌跡で移動する。これにより、前玉有効径の増大を抑制することができる。

【 0 0 3 8 】

各実施例のズームレンズは撮像面上の像ぶれ補正を行うために、光軸上または光軸近傍の点を中心に回動させる補正レンズ系を有する。具体的には、第2レンズ群L2の全体または一部は、光軸上または光軸近傍の1点を回転中心Aとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Aである。10

【 0 0 3 9 】

また、第2レンズ群L2よりも像側に配置された光学系の全体または一部は、光軸上又は光軸近傍の1点を回転中心Bとして像ぶれ補正に際して回転可能な補正レンズ系Bである。回転中心Aは補正レンズ系Aの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側の有限距離に位置する。回転中心Bは補正レンズ系Bの最も物体側のレンズ面の面頂点よりも像側の有限距離に位置する。

【 0 0 4 0 】

実施例1、2、4のズームレンズでは、第2レンズ群L2が補正レンズ系Aに相当し、第3レンズ群L3が補正レンズ系Bに相当する。また、実施例3のズームレンズでは、第2レンズ群L2が補正レンズ系Aに相当し、第3レンズ群L3及び第4レンズ群L4が補正レンズ系Bに相当する。20

【 0 0 4 1 】

補正レンズ系A及び補正レンズ系Bは光軸上の有限距離にある点を回転中心として回転角を与えることで光軸に対して垂直方向の移動となるシフト成分と光軸に対する傾きであるチルト成分の両方を同時に設定している。シフト成分を与えることにより像ぶれ補正の作用が得られる。また、チルト成分を与えることにより補正レンズ系が偏心した際に発生する偏心収差を低減する作用が得られる。

【 0 0 4 2 】

偏心時に発生する収差としては偏心コマ収差、偏心非点収差、像面の傾き等があり、シフト成分に対して適切なチルト成分を設定することでこれら偏心収差を低減することが容易である。補正レンズ系A及び補正レンズ系Bは光軸上のある1点を回転中心に回動させている。この際、補正レンズ系の最も物体側のレンズ面の面頂点に対し像側に回転中心をとることにより、偏心時に発生する収差を低減する作用を得ることができる。さらには、回転中心の位置を適切に設定することにより、チルト成分による偏心収差の低減を効果的に行うことができる。30

【 0 0 4 3 】

補正レンズ系としてはなるべく物体側のレンズ系とすると前玉有効径の増大が防げるため好ましい。像ぶれ補正時に光束が通過するレンズへの入射高さの変化は像ぶれ補正用の補正レンズ系よりも物体側のレンズ系が大きい。よって補正レンズ系をなるべく物体側のレンズ系とすると、像ぶれ補正時に前玉にて光束が通過するレンズへの入射高さの変化が抑えられる。これにより十分な量の周辺光量が確保しやすくなる。逆に所定の量の周辺光量を確保する前提では前玉有効径を小型化しやすい。40

【 0 0 4 4 】

上記の観点から、まずは第1レンズ群を補正レンズ系とすることが想起される。しかしながら、一般に物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群を有するズームレンズにおいては、第1レンズ群の有効径が大型化する。このため第1レンズ群の重量が大きく、像ぶれ補正に応じて早い応答性で駆動させることが困難となる。50

【 0 0 4 5 】

よって、像ぶれ補正時の光学性能の低下の抑制、周辺光量の確保、前玉有効径の小型化、補正レンズ系の軽量化等の観点から本発明のズームレンズでは第2レンズ群L2を補正レンズ系Aとしている。なお、補正レンズ系Aは第2レンズ群L2内の一部のレンズ系としてもかまわない。また、高ズーム比のズームレンズにおいては、特に焦点距離の長い望遠側のズーム領域になるほど、像ぶれ補正に必要な補正レンズ系の補正駆動量が増大する。この結果、前玉有効径が増大する。この課題を解決するため、本発明のズームレンズでは望遠側での像ぶれ補正を主として補正レンズ系Aで行っている。

【 0 0 4 6 】

具体的には、実施例1乃至3のズームレンズでは、望遠端での像ぶれ補正を補正レンズ系Aにより行っている。また、実施例4のズームレンズでは、望遠端での像ぶれ補正を補正レンズ系Aと補正レンズ系Bにより行っている。10

【 0 0 4 7 】

補正レンズ系Aの回転中心Aを望遠端の偏心収差の補正が良好となるように決めた時、他のズーム領域では必ずしも偏心収差が良好に補正できるとは限らない。特にズーム比が大きく画角変化の大きいズームレンズでは第1レンズ群L1、第2レンズ群L2への光線の入射角がズーム位置により大きく変化する。このためシフト成分を与えた際に発生する偏心収差がズーム位置により異なる。

【 0 0 4 8 】

この課題に対して実施例1乃至3のズームレンズでは、望遠端以外のズーム領域での偏心収差の補正が良好となるように補正レンズ系Bの回転中心を決め、補正レンズ系Bを回転させることにより像ぶれ補正を行っている。補正レンズ系A及び補正レンズ系Bをズーム領域により適切に使い分けることにより、ズーム全域における防振性能を良好に維持している。20

【 0 0 4 9 】

実施例4のズームレンズでは、広角端や中間のズーム位置においては、補正レンズ系Aにより像ぶれ補正を行う。一方、望遠端を含む望遠側のズーム領域においては、補正レンズ系Aに加えて補正レンズ系Bを回転させることにより、像ぶれ補正効果と像ぶれに伴う偏心収差の補正効果を両立させている。なお、像ぶれ補正の効果を高めるため、全てのズーム領域において、補正レンズ系Aと補正レンズ系Bを回転させることにより像ぶれ補正を行ってもよい。30

【 0 0 5 0 】

ここで、補正レンズ系Aと補正レンズ系Bをそれぞれ異なる軌跡で回転させることにより、最適な像ぶれ補正を実行することができる。このとき、補正レンズ系Aの回転中心Aと補正レンズ系Bの回転中心Bは異なる位置となる。

【 0 0 5 1 】

補正レンズ系Aは、像ぶれ効果を高めるために、シフト成分が大きくなるように回転する。つまり、補正レンズ系Aから回転中心Aまでの距離が長くなるように回転中心Aが設定される。一方、補正レンズ系Bは、像ぶれに伴う収差変動を抑制するために、チルト成分が大きくなるように回転する。つまり、補正レンズ系Bから回転中心Bまでの距離が比較的短くなるように回転中心Bが設定される。40

【 0 0 5 2 】

図18は補正レンズ系の駆動方法の説明図である。図18に示すように、補正レンズ系ISの回動を実現する構成としては、レンズホルダーLHとこれに隣接する固定部材LBとの間に数点の球体SBを挟んだ構成が考えられる。固定部材LBに対して球体SBの転がりによりレンズホルダーLHを可動とすることができる。この際、球体SBに対する固定部材LBの受け面を球面形状とすれば回動させることができる。なお回動の回動中心は受け面の球面中心となる。ズーミングに際してはレンズホルダーLH、球体SB、固定部材LBが一体で光軸方向に移動すればよい。

【 0 0 5 3 】

ただしこの場合、レンズホルダー L H から回転中心 L a までの距離はズーミングによらず固定としてもよい。このように簡易的な駆動機構により、所望の補正レンズ系のシフト成分及びチルト成分を発生させることができる。なお、各実施例による補正レンズ系の動き方としては、必ずしも球面形状に沿った回転に限定するものではない。球面形状から微小にずれた非球面形状、例えば放物面形状や橜円面形状としてもよい。

【0054】

以上のように本発明によれば、防振時の像ぶれ補正角を大きくした際にもズーム全域に渡って高い光学性能と十分な周辺光量比を有し、かつ前玉有効径が小型なズームレンズが得られる。

【0055】

本発明のズームレンズにおいて、補正レンズ系 A の物体側のレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離を R A 、補正レンズ系 A の光軸上の厚みを d A とする。補正レンズ系 B の物体側のレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離を R B 、補正レンズ系 B の光軸上の厚みを d B とする。補正レンズ系 A の焦点距離を f A とする。補正レンズ系 B の焦点距離を f B とする。第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f 1 とする。広角端における全系の焦点距離を f W 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。

$$8.5 < R A / d A < 20.0 \quad \dots (1)$$

$$0.3 < R B / d B < 10.5 \quad \dots (2)$$

$$7.5 < | R A / f A | < 22.5 \quad \dots (3)$$

$$0.3 < | R B / f B | < 4.5 \quad \dots (4)$$

$$0.07 < | f A / f 1 | < 0.25 \quad \dots (5)$$

$$0.18 < | f B / f 1 | < 0.70 \quad \dots (6)$$

$$0.02 < f W / f 1 < 0.35 \quad \dots (7)$$

【0056】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0057】

各実施例のズームレンズでは、補正レンズ系 A を回転させることにより、光軸に対するシフト成分とチルト成分を与えている。ここで、シフト成分に対するチルト成分を適切に設定することで偏心収差の低減を効果的に行っている。チルト成分が生じたことによる偏心収差への影響度は、距離 R A 及び厚み d A の大きさに依存する。例えば、距離 R A の値が小さくなると所望の像ぶれ補正量に対しチルト成分が大きくなり、偏心収差への寄与が大きくなる。また、厚み d A の値が大きくなると、チルト成分が生じた時の光路長の変化量が大きくなり、偏心収差への寄与が大きくなる。

【0058】

条件式 (1) は補正レンズ系 A の光軸上の厚み d A とレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R A の比を規定している。条件式 (1) の上限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R A が遠すぎると、補正レンズ系 A のチルト成分が小さくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。あるいは上限を超えて補正レンズ系 A の光軸上の厚み d A が薄くなり過ぎると、チルト成分による光路長の変化が小さくなり、偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。

【0059】

一方、条件式 (1) の下限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R A が近すぎると、所望の像ぶれ補正に必要なシフト成分を得ようとするとチルト成分が非常に大きな角度となる。これによりチルト成分にて高次の偏心収差が発生しシフト成分と良好なキャンセル関係とならないため好ましくない。あるいは条件式 (1) の下限を超えて補正レンズ系 A の光軸上の厚み d A が厚くなり過ぎると、チルト成分による光路長の変化が大きくなり、偏心収差の発生量が過度となり好ましくない。

【0060】

条件式 (2) は補正レンズ系 B の光軸上の厚み d B とレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離 R B の比を規定している。条件式 (2) の上限を超えてレンズ面の面頂点から

10

20

30

40

50

回転中心 B までの距離 R_B が遠すぎると、補正レンズ系 B のチルト成分が小さくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。あるいは条件式(2)の上限を超えて補正レンズ系 B の光軸上の厚み d_B が薄くなり過ぎると、チルト成分による光路長の変化が小さくなり、偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。

【0061】

一方、条件式(2)の下限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離 R_B が近すぎると、所望の像ぶれ補正に必要なシフト成分を得ようとするとチルト成分が非常に大きな角度となる。これによりチルト成分にて高次の偏心収差が発生しシフト成分と良好なキャンセル関係とならないため好ましくない。あるいは条件式(2)の下限を超えて補正レンズ系 B の光軸上の厚み d_B が厚くなり過ぎると、チルト成分による光路長の変化が大きくなり、偏心収差の発生量が過度となり好ましくない。10

【0062】

条件式(3)は補正レンズ系 A の負の焦点距離 f_A に対する該補正レンズ系 A のレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R_A の比を規定している。条件式(3)の上限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R_A が遠すぎると、補正レンズ系 A のチルト成分が小さくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。

【0063】

あるいは条件式(3)の上限を超えて補正レンズ系 A の負の焦点距離が短くなり過ぎると（負の焦点距離の絶対値が小さくなりすぎると）、補正レンズ系 A のシフト成分により発生する偏心収差が大きくなり過ぎる。そうするとチルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。20

【0064】

一方、条件式(3)の下限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 A までの距離 R_A が近すぎると、所望の像ぶれ補正に必要なシフト成分を得ようとするとチルト成分が非常に大きな角度となる。これによりチルト成分にて高次の偏心収差が発生しシフト成分と良好なキャンセル関係とならないため好ましくない。あるいは条件式(3)の下限を超えて補正レンズ系 A の負の焦点距離が長くなり過ぎると（負の焦点距離の絶対値が大きくなりすぎると）、像ぶれ補正に必要なシフト成分の補正量が増大し過ぎ、光学系が大型化するため好ましくない。30

【0065】

条件式(4)は補正レンズ系 B の正の焦点距離 f_B に対する補正レンズ系 B のレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離 R_B の比を規定している。条件式(4)の上限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離 R_B が遠すぎると、補正レンズ系 B のチルト成分が小さくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。あるいは条件式(4)の上限を超えて補正レンズ系 B の正の焦点距離が短くなり過ぎると、補正レンズ系 B のシフト成分により発生する偏心収差が大きくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減効果が不十分となり好ましくない。

【0066】

一方、条件式(4)の下限を超えてレンズ面の面頂点から回転中心 B までの距離 R_B が近すぎると、所望の像ぶれ補正に必要なシフト成分を得ようとするとチルト成分が非常に大きな角度となる。これによりチルト成分にて高次の偏心収差が発生しシフト成分と良好なキャンセル関係とならないため好ましくない。あるいは条件式(4)の下限を超えて補正レンズ系 B の正の焦点距離が長くなり過ぎると、像ぶれ補正に必要なシフト成分の補正量が増大し過ぎ、光学系が大型化するため好ましくない。40

【0067】

条件式(5)は第1レンズ群 L1 の焦点距離 f_1 に対する補正レンズ系 A の負の焦点距離 f_A の比を規定している。条件式(5)の下限を超えて補正レンズ系 A の負の焦点距離が短くなり過ぎると、像ぶれ補正時のシフト成分により発生する偏心収差量が大きくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減が難しくなるため好ましくない。50

【0068】

一方、条件式(5)の上限を超えて補正レンズ系Aの負の焦点距離が長くなり過ぎると、防振敏感度が低すぎるため所望の像ぶれ補正角を得るためのシフト成分が大きくなりすぎる。この場合は回動のための駆動ストロークが長くなり駆動手段が大型化するため好ましくない。

【0069】

条件式(6)は第1レンズ群L1の焦点距離f1に対する補正レンズ系Bの正の焦点距離fBの比を規定している。条件式(6)の下限を超えて補正レンズ系Bの正の焦点距離が短くなり過ぎると、像ぶれ補正時のシフト成分により発生する偏心収差量が大きくなり過ぎ、チルト成分による偏心収差の低減が難しくなるため好ましくない。

10

【0070】

一方、条件式(6)の上限を超えて補正レンズ系Bの正の焦点距離が長くなり過ぎると、防振敏感度が低すぎるため所望の像ぶれ補正角を得るためのシフト成分が大きくなりすぎる。この場合は回動のための駆動ストロークが長くなり駆動手段が大型化するため好ましくない。

【0071】

条件式(7)は第1レンズ群L1の焦点距離f1に対する広角端における全系の焦点距離fWの比を規定している。条件式(7)の上限を超えて広角端における全系の焦点距離が長くなり過ぎると、ズーム全域における像ぶれ補正時の収差補正是容易となるが、広画角化が困難となるため好ましくない。一方、条件式(7)の下限を超えて広角端における全系の焦点距離が短くなり過ぎると、広画角化が容易となるが、ズーム全域における像ぶれ補正時の収差補正が困難となるため、好ましくない。なお、さらに好ましくは、条件式(1)乃至(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

$$\begin{aligned} 9.0 < R_A / d_A < 19.0 & \cdots (1a) \\ 0.5 < R_B / d_B < 10.0 & \cdots (2a) \\ 8.0 < |R_A / f_A| < 21.5 & \cdots (3a) \\ 0.4 < |R_B / f_B| < 4.3 & \cdots (4a) \\ 0.08 < |f_A / f_1| < 0.24 & \cdots (5a) \\ 0.20 < |f_B / f_1| < 0.68 & \cdots (6a) \\ 0.03 < f_W / f_1 < 0.31 & \cdots (7a) \end{aligned}$$

30

【0072】

更に好ましくは、条件式(1a)乃至(7a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い

$$\begin{aligned} 9.5 < R_A / d_A < 17.5 & \cdots (1b) \\ 0.7 < R_B / d_B < 9.5 & \cdots (2b) \\ 8.5 < |R_A / f_A| < 20.5 & \cdots (3b) \\ 0.5 < |R_B / f_B| < 4.1 & \cdots (4b) \\ 0.09 < |f_A / f_1| < 0.23 & \cdots (5b) \\ 0.21 < |f_B / f_1| < 0.66 & \cdots (6b) \\ 0.04 < f_W / f_1 < 0.29 & \cdots (7b) \end{aligned}$$

40

【0073】

各実施例のズームレンズにおいて、補正レンズ系Aを第2レンズ群L2の全体とすることが好ましい。第2レンズ群L2の一部を補正レンズ系Aとした場合、像ぶれ補正時の光学性能を良好に維持することはできるが、第2レンズ群L2を複数のレンズ系に分割し駆動制御することが必要となる。

【0074】

さらに、各実施例のズームレンズにおいて、補正レンズ系Bを第3レンズ群L3全体とすることが好ましい。第3レンズ群L3の一部を補正レンズ系Bとした場合、像ぶれ補正時の光学性能を良好に維持することはできるが、第3レンズ群L3を複数レンズ群に分割し駆動制御することが必要となる。

50

【0075】

さらに、各実施例のズームレンズにおいて、第3レンズ群L3を正の屈折力とすることが好ましい。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レンズ群を有するズームレンズにおいては、第3レンズ群L3を負の屈折力とし、例えば物体側から順に、正、負、負、正の屈折力のレンズ群よりなる4群構成としたものも知られている。

【0076】

しかしながら、第3レンズ群L3を負の屈折力とした場合、収差補正上第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面が凹形状となりやすい。このため、第2レンズ群L2の全体または一部を像側の光軸上の1点を回転中心として回動させた場合、第3レンズ群L3と干渉しやすくなる。よって、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔を狭めることが困難となり、高ズーム比化あるいは光学系の小型化が困難となる。10

【0077】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルカメラ（撮像装置）の実施形態について図17を用いて説明する。

【0078】

図17において、20はデジタルカメラ本体、21は上述の各実施例のズームレンズによって構成された撮影光学系、22は撮影光学系21によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子、23は撮像素子22が受光した被写体像を記録する記録手段である。24は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。このように本発明のズームレンズをデジタルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現することができる。20

【0079】

尚、本発明のズームレンズは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。

【0080】

次に本発明の各実施例の数値実施例を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示す。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である。 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である。 $n_{d,i}$ と d_i は各々物体側より順に第*i*番目の材料のガラスのd線に対する屈折率、アッペ数である。非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正とし r を近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4、A6、A8、A10を各々非球面係数としたとき30

【0081】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} \\ + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10}$$
40

【0082】

なる式で表している。また、[e+X]は[×10+x]を意味し、[e-X]は[×10-x]を意味している。BFはバックフォーカスであり、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算したものである。レンズ全長はレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスBFを加えたものである。非球面は面番号の後に*を付加して示す。前述した各条件式と各数値実施例との関係を表1に示す。

【0083】

像ぶれ補正時のレンズ系位置データにて、回動中心位置は補正レンズ系の最も物体側レンズ面頂点から回動中心までの距離を表し、プラス符号は補正レンズ系からみて像側を意50

味する。チルト角は像ぶれ補正時の回転角度を表し、プラス符号は各実施例のレンズ断面図において反時計まわり方向を意味する。なお、像ぶれ補正角は画面中心の補正角を表す。

【 0 0 8 4 】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	47.542	0.90	1.84666	23.9	10
2	28.475	2.74	1.49700	81.5	
3	2493.581	0.20			
4	26.865	2.17	1.69680	55.5	
5	136.341	(可変)			
6	2436.982	1.03	1.85135	40.1	
7*	5.904	2.56			
8	-12.706	0.60	1.80400	46.6	
9	37.693	0.20			
10	14.605	1.37	1.94595	18.0	
11	-215.216	(可変)			20
12*	7.944	1.38	1.58313	59.4	
13*	-59.910	0.86			
14(絞り)		1.39			
15	10.467	0.60	1.94595	18.0	
16	6.384	0.53			
17	19.590	1.37	1.60311	60.6	
18	-18.355	(可変)			
19	452.291	0.50	1.48749	70.2	
20	31.753	(可変)			
21	16.612	1.44	1.69680	55.5	
22	153.432	0.60	1.72825	28.5	30
23	51.937	(可変)			
24		0.80	1.51633	64.1	
25		0.88			

像面

非球面データ

第7面

K = -2.35333e+000 A 4= 1.49919e-003 A 6=-2.81439e-006 A 8= 3.23263e-007 A10= 1.76871e-008

第12面

K = 1.29966e+000 A 4=-1.03059e-003 A 6=-8.43554e-005 A 8= 5.54525e-006 A10= -7.59601e-007 40

第13面

K = 2.12676e+002 A 4=-3.61241e-004 A 6=-6.62061e-005 A 8= 4.12821e-006 A10= -5.75474e-007

各種データ

ズーム比	13.31			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	5.13	19.59	68.25	
Fナンバー	3.02	4.73	5.93	
半画角(度)	33.03	11.19	3.25	50

像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	49.53	56.32	75.76
BF	7.94	18.26	8.34
d5	0.94	10.25	22.87
d11	15.81	3.51	0.71
d18	1.90	2.78	2.98
d20	2.50	1.09	20.42
d23	6.53	16.85	6.93

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	38.39
2	6	-6.36
3	12	11.44
4	19	-70.08
5	21	34.69

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系A 始面番号 6 終面番号 11

補正レンズ系焦点距離 fA -6.363mm

補正レンズ系厚み dA 5.756mm

補正レンズ系回動中心位置 RA 60.154mm

補正レンズ系B 始面番号 12 終面番号 18

補正レンズ系焦点距離 fB 11.443mm

補正レンズ系厚み dB 6.128mm

補正レンズ系回動中心位置 RB 6.500mm

広角	中間	望遠	
補正レンズ系	補正レンズ系B	補正レンズ系B	補正レンズ系A
補正レンズ系チルト角	2.09度	5.02度	-1.00度
ぶれ補正角	-3.0度	-3.0度	-3.0度

【0085】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	91.809	1.80	1.91082	35.3
2	49.682	5.14	1.49700	81.5
3	-172.691	0.18		
4	40.799	3.19	1.49700	81.5
5	125.399	(可変)		
6	264.824	0.95	1.88300	40.8
7	8.654	4.75		
8	-34.290	0.70	1.77250	49.6
9	29.514	0.20		
10	17.261	2.03	1.95906	17.5
11	68.338	(可変)		
12(絞り)		(可変)		
13*	10.682	2.55	1.55332	71.7
14*	-1301.722	1.88		
15	25.419	0.60	1.77250	49.6
16	11.168	0.32		
17	15.838	0.60	2.00330	28.3

10

20

30

40

50

18	11.699	2.19	1.49700	81.5
19	-26.225	(可変)		
20	27.270	0.70	1.91082	35.3
21	16.857	(可変)		
22	22.140	2.70	1.77250	49.6
23	-20.954	0.60	1.91082	35.3
24	-323.774	(可変)		
25		0.50	1.51633	64.1
26		0.50		

像面

10

非球面データ

第13面

K = -1.00530e+000 A 4= 1.06429e-005 A 6= 3.26152e-007 A 8= 9.58317e-009 A10= 2.62605e-010

第14面

K = -5.46043e+005 A 4=-1.36233e-005 A 6= 1.09625e-006

各種データ

ズーム比	47.06			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.42	12.67	208.00	20
Fナンバー	3.50	5.00	7.07	
半画角(度)	37.01	17.00	1.07	
像高	3.33	3.88	3.88	
レンズ全長	97.10	94.01	138.81	
BF	11.63	19.04	11.10	
d5	0.78	14.02	60.14	
d11	35.95	17.16	1.31	
d12	9.99	1.81	0.09	
d19	2.98	4.99	8.58	
d21	4.69	5.91	26.52	
d24	10.80	18.21	10.27	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	78.55
2	6	-9.25
3	13	19.11
4	20	-50.07
5	22	31.97

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系A	始面番号 6	終面番号 11	40
補正レンズ系焦点距離 fA		-9.254mm	
補正レンズ系厚み dA		8.633mm	
補正レンズ系回動中心位置 RA		119.000mm	
補正レンズ系B	始面番号 13	終面番号 19	
補正レンズ系焦点距離 fB		19.109mm	
補正レンズ系厚み dB		8.144mm	
補正レンズ系回動中心位置 RB		70.000mm	
	広角	中間	望遠
補正レンズ系	補正レンズ系B	補正レンズ系B	補正レンズ系A
補正レンズ系チルト角	0.21度	0.45度	-0.32度

50

ぶれ補正角 -4.0度 -4.0度 -0.7度

【 0 0 8 6 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	53.041	1.35	1.84666	23.9	
2	27.668	6.05	1.60311	60.6	
3	-440.882	0.18			
4	24.922	3.45	1.69680	55.5	10
5	74.134	(可変)			
6	147.266	0.70	1.88300	40.8	
7	7.285	2.97			
8	-111.952	0.60	1.80610	33.3	
9	29.523	1.22			
10	-25.404	0.60	1.80400	46.6	
11	40.496	0.27			
12	20.278	1.94	1.92286	18.9	
13	-54.086	(可変)			
14(絞り)		(可変)			20
15*	10.402	3.01	1.58313	59.4	
16	-129.903	4.39			
17	56.301	0.60	1.80518	25.4	
18	10.489	0.59			
19*	21.401	2.23	1.58313	59.4	
20	-36.073	(可変)			
21	13.790	3.07	1.69680	55.5	
22	-22.255	1.10	1.84666	23.9	
23	-236.089	(可変)			
24		1.94	1.51633	64.1	30
25		1.98			

像面

非球面データ

第15面

K =-8.66524e-001 A 4=-1.99723e-006 A 6= 7.05266e-008 A 8= 6.79053e-010

第19面

K =-4.10770e-001 A 4=-2.43478e-005 A 6= 1.73933e-008 A 8=-1.14367e-011

各種データ

ズーム比 9.80

	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.63	20.22	45.44	
Fナンバー	1.85	2.61	2.88	
半画角(度)	32.92	8.44	3.78	
像高	3.00	3.00	3.00	
レンズ全長	78.39	78.39	78.39	
BF	9.14	13.15	11.55	
d 5	1.01	16.10	21.46	
d13	22.93	7.84	2.48	
d14	6.40	2.56	2.25	
d20	4.59	4.42	6.33	50

d23 5.88 9.89 8.29

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	36.96
2	6	-7.42
3	15	21.10
4	21	21.02

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系A 始面番号 6 終面番号 13

補正レンズ系焦点距離 f A -7.420mm

10

補正レンズ系厚み dA 8.300mm

補正レンズ系回動中心位置 RA 139.366mm

補正レンズ系B 始面番号 15 終面番号 20

補正レンズ系焦点距離 f B 21.105mm

補正レンズ系厚み dB 10.820mm

補正レンズ系回動中心位置 RB 30.000mm

補正レンズ系	補正レンズ系B	補正レンズ系B	補正レンズ系A
--------	---------	---------	---------

補正レンズ系チルト角	0.55度	1.50度	-0.37度
------------	-------	-------	--------

ぶれ補正角	-3.0度	-2.0度	-2.0度
-------	-------	-------	-------

20

【 0 0 8 7 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
-----	---	---	----	---

1	78.206	1.45	1.91082	35.3
---	--------	------	---------	------

2	50.467	6.25	1.43875	94.9
---	--------	------	---------	------

3	-399.632	0.05		
---	----------	------	--	--

4	47.286	3.80	1.49700	81.5
---	--------	------	---------	------

5	181.357 (可変)			
---	--------------	--	--	--

30

6	146.744	0.75	1.88300	40.8
---	---------	------	---------	------

7	8.429	4.14		
---	-------	------	--	--

8	81.073	0.60	2.00100	29.1
---	--------	------	---------	------

9	22.495	1.65		
---	--------	------	--	--

10	-53.291	0.60	1.88300	40.8
----	---------	------	---------	------

11	53.291	0.10		
----	--------	------	--	--

12	19.117	2.25	1.95906	17.5
----	--------	------	---------	------

13	1012.136 (可変)			
----	---------------	--	--	--

14(絞り)	(可変)			
--------	------	--	--	--

15*	9.480	2.90	1.53160	55.8
-----	-------	------	---------	------

40

16*	-51.494	2.18		
-----	---------	------	--	--

17	33.436	0.40	1.63540	23.9
----	--------	------	---------	------

18	8.679	0.97		
----	-------	------	--	--

19*	21.478	2.20	1.53160	55.8
-----	--------	------	---------	------

20*	-20.493 (可変)			
-----	--------------	--	--	--

21	-40.801	0.70	1.53530	55.8
----	---------	------	---------	------

22	27.732 (可変)			
----	-------------	--	--	--

23	24.471	2.85	1.53160	55.8
----	--------	------	---------	------

24	-17.675	0.70		
----	---------	------	--	--

25	-17.443	0.50	1.63540	23.9
----	---------	------	---------	------

50

26 -36.514 (可変)
 27 0.80 1.51633 64.1
 28 0.50

像面

非球面データ

第15面

K = -6.63523e-001 A 4=-7.08490e-005 A 6=-4.03698e-006 A 8= 1.25027e-008

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.30315e-005 A 6=-4.65521e-006 A 8= 5.44848e-008

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.59928e-004 A 6= 8.20880e-007 A 8=-1.06954e-007

第20面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.07073e-004 A 6= 2.49004e-006 A 8=-2.25220e-007

各種データ

ズーム比	57.03			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.70	7.78	211.00	
Fナンバー	3.50	4.50	7.07	
画角	40.66	26.48	1.05	
像高	3.18	3.88	3.88	20
レンズ全長	96.92	84.45	150.26	
BF	10.11	14.19	9.98	
d5	0.75	1.76	69.76	
d13	31.50	12.39	1.00	
d14	14.96	10.36	0.50	
d20	2.62	3.17	8.90	
d22	1.95	7.55	25.08	
d26	9.08	13.16	8.95	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	89.55		
2	6	-8.67		
3	15	16.61		
4	21	-30.73		
5	23	30.38		

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系A	始面番号 6 終面番号 13			
補正レンズ系焦点距離 fA	-8.674mm			
補正レンズ系厚み dA	10.092mm			
補正レンズ系回動中心位置 RA	190.000mm			40
補正レンズ系B	始面番号 15 終面番号 20			
補正レンズ系焦点距離 fB	16.610mm			
補正レンズ系厚み dB	8.645mm			
補正レンズ系回動中心位置 RB	5.100mm			
	広角 中間 望遠			
補正レンズ系	補正レンズA	補正レンズA	補正レンズ系A	
補正レンズ系チルト角	-0.10度	-0.20度	-0.31度	
補正レンズ系			補正レンズ系B	
補正レンズ系チルト角			-1.00度	
ぶれ補正角	-2.0度	-4.0度	-1.0度	50

【0088】

【表1】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)	10.45	13.78	16.79	18.83
(2)	1.06	8.60	2.77	0.59
(3)	9.45	12.86	18.78	21.90
(4)	0.57	3.66	1.42	0.31
(5)	0.166	0.118	0.201	0.097
(6)	0.298	0.243	0.571	0.185
(7)	0.134	0.056	0.125	0.041

10

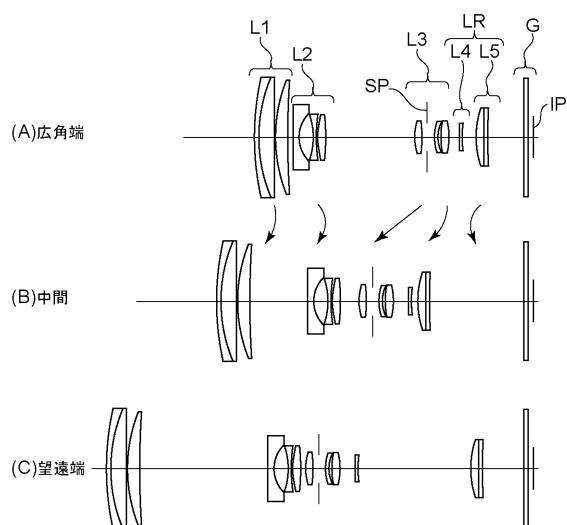
【符号の説明】

【0089】

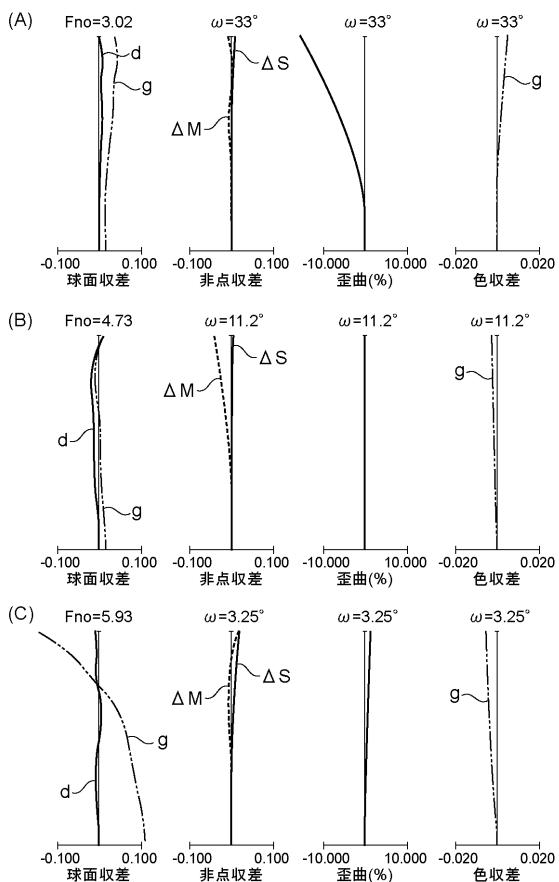
- L 1 第1レンズ群
- L 2 第2レンズ群
- L 3 第3レンズ群
- L 4 第4レンズ群
- L 5 第5レンズ群
- L R 後群

20

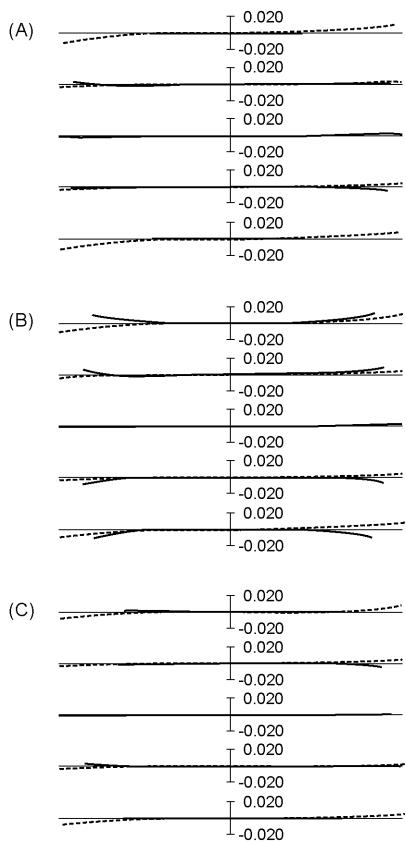
【図1】



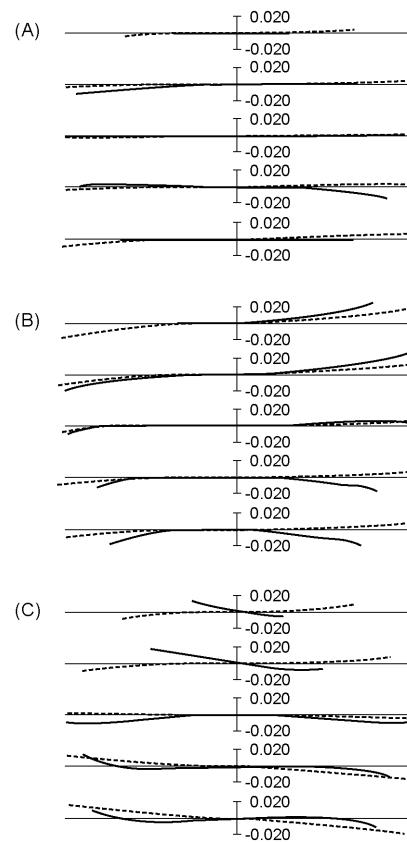
【図2】



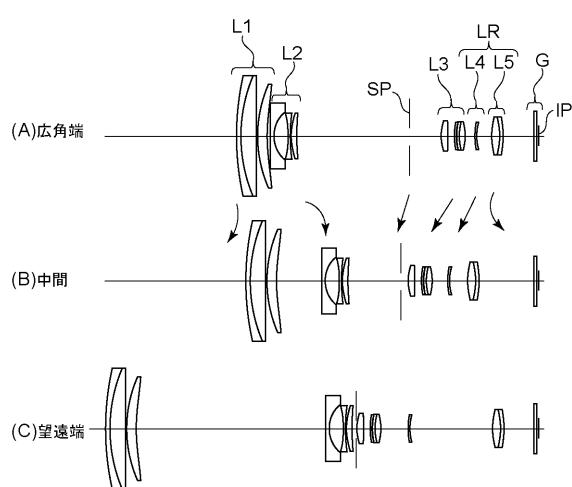
【図3】



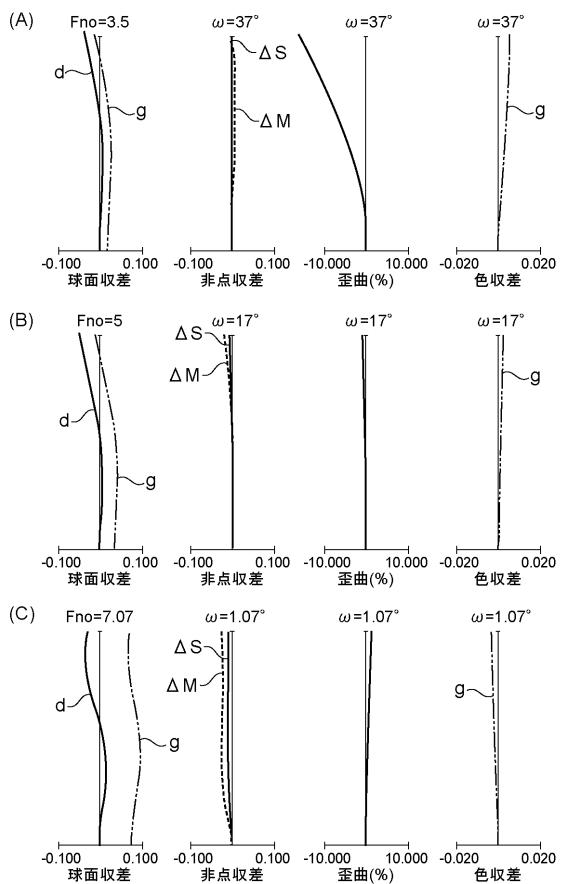
【図4】



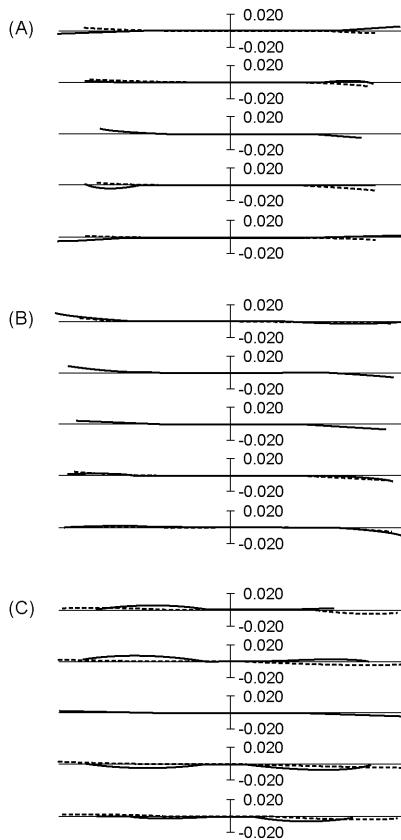
【図5】



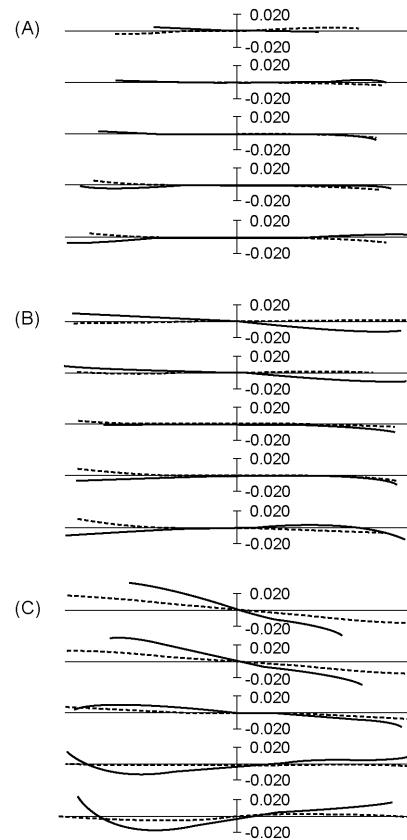
【図6】



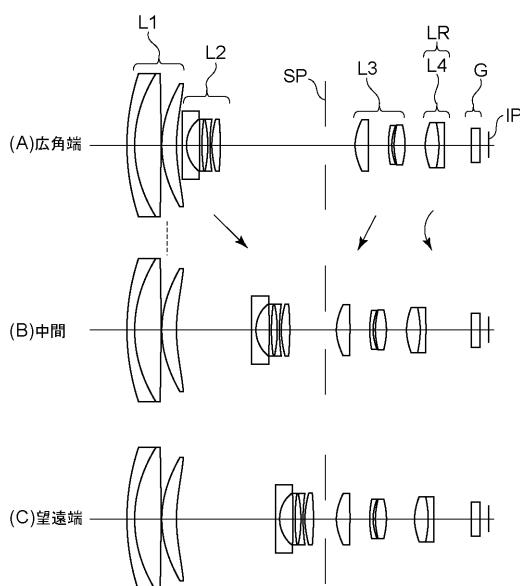
【 四 7 】



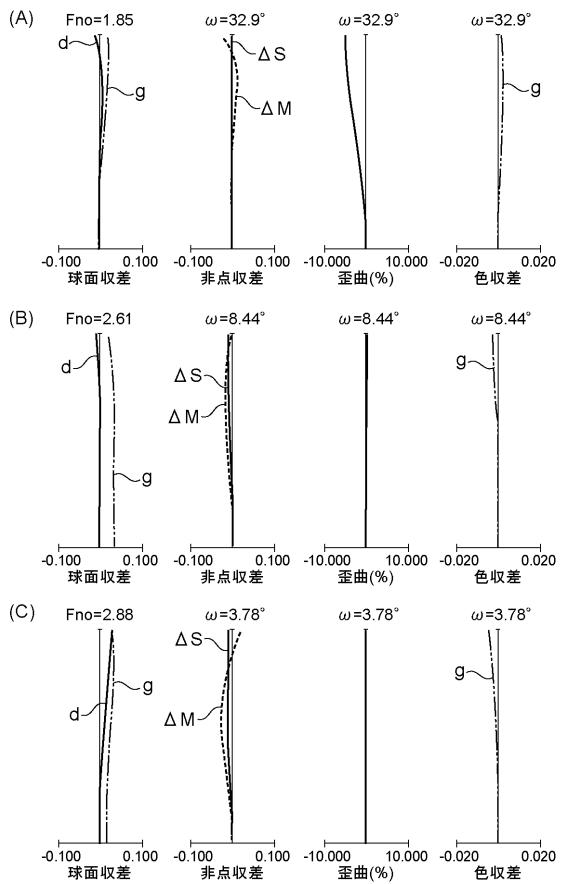
【 四 8 】



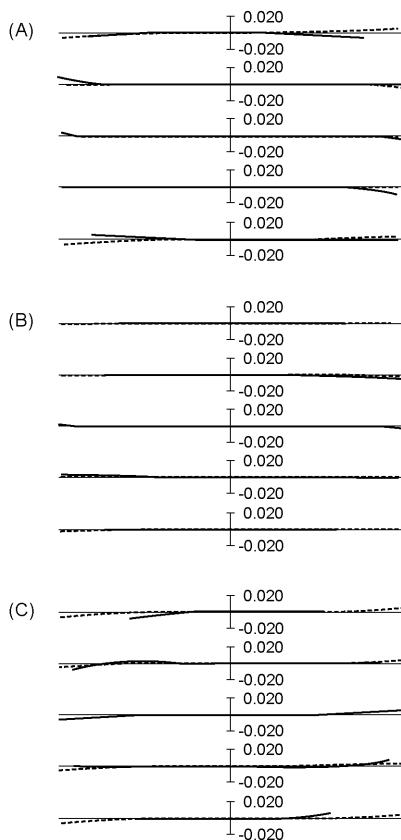
【 四 9 】



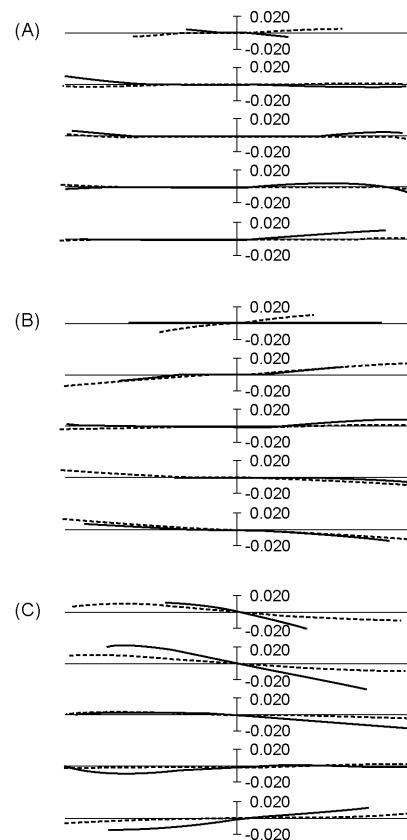
【 図 1 0 】



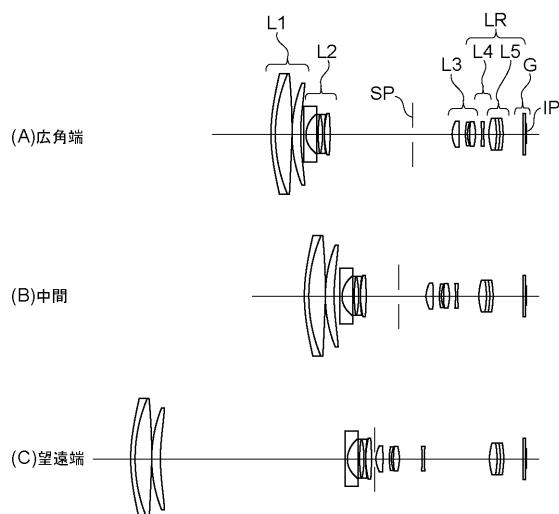
【図11】



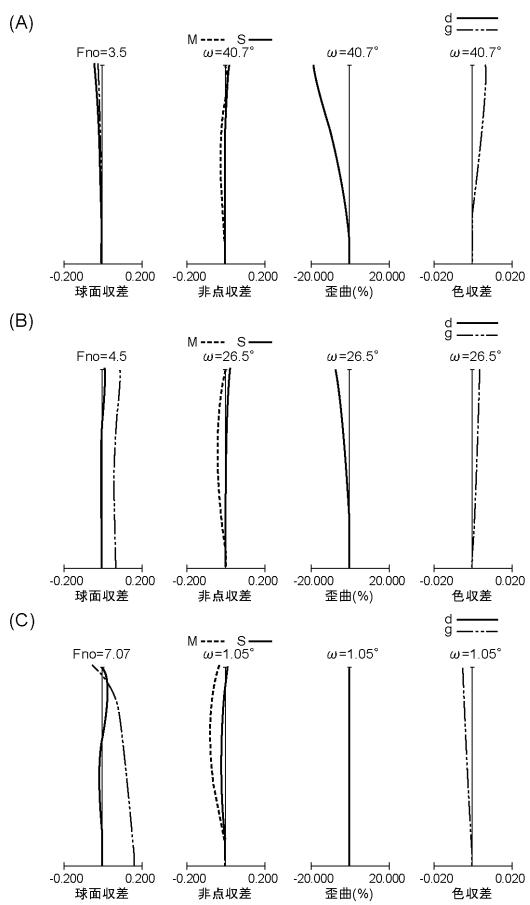
【 図 1 2 】



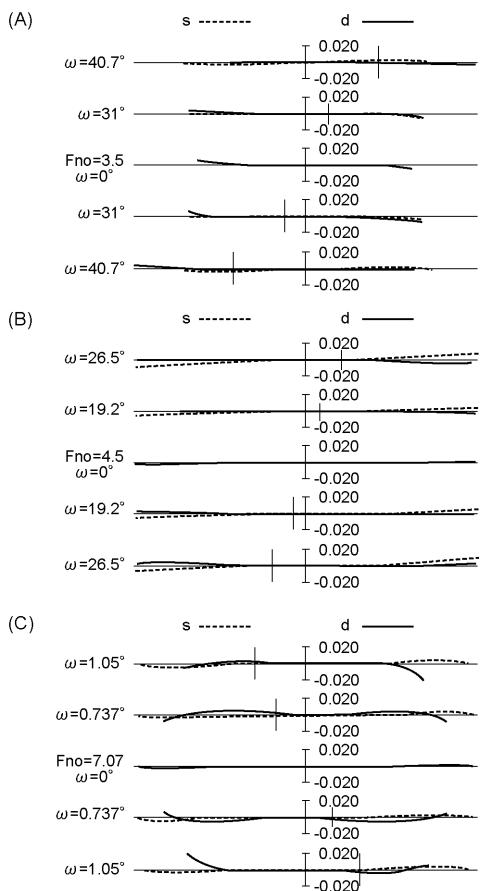
【図13】



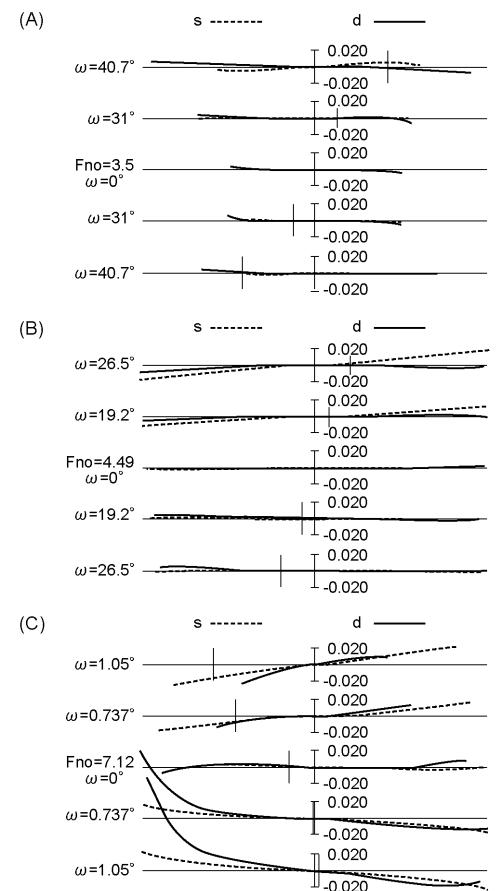
【図14】



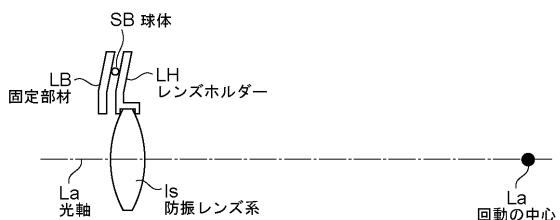
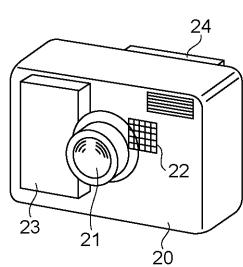
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-202499(JP,A)
特開2003-295250(JP,A)
特開2001-242380(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0029111(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4