

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6272017号  
(P6272017)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18
GO3B 5/00	(2006.01)	GO3B 5/00

J

請求項の数 15 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2013-269055 (P2013-269055)
(22) 出願日	平成25年12月26日 (2013.12.26)
(65) 公開番号	特開2015-125246 (P2015-125246A)
(43) 公開日	平成27年7月6日 (2015.7.6)
審査請求日	平成28年12月22日 (2016.12.22)

(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	難波 則廣 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 殿岡 雅仁

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、正もしくは負の屈折力の第4レンズ群を有し、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間、前記第3レンズ群内、及び前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間、のいずれかに開口絞りを有し、

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は狭まり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、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であって、

像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する防振群を複数有し、前記複数の防振群のうち少なくとも1つの防振群は光軸に対して垂直な方向へ移動して像ぶれ補正を行うシフト防振群であり、前記複数の防振群のうち少なくとも1つの防振群は、光軸上または光軸近傍の点を回動中心に回動して像ぶれ補正を行うチルト防振群であり、

前記チルト防振群は前記開口絞りより物体側に位置し、前記シフト防振群は前記チルト防振群より像側に位置し、

広角端において、像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正を前記シフト防振群を移動させることにより行い、望遠端において、像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正を前記チルト防振群を移動させることにより行うことを特徴とするズームレンズ。

## 【請求項 2】

前記チルト防振群の望遠端における防振敏感度を  $T S t$  とするとき、

$$1.0 < |T S t| < 5.0$$

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】

前記チルト防振群の広角端における防振敏感度を  $T S w$ 、前記チルト防振群の望遠端における防振敏感度を  $T S t$  とするとき、

$$2.0 < T S t / T S w < 100.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

## 【請求項 4】

前記シフト防振群の広角端における防振敏感度を  $S S w$ 、前記シフト防振群の望遠端における防振敏感度を  $S S t$  とするとき、

$$0.20 < S S w / S S t < 1.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

## 【請求項 5】

広角端から望遠端への全ズーム範囲のうち一部のズーム範囲において、前記シフト防振群によって補正される像ぶれの補正角度と、前記チルト防振群によって補正される像ぶれの補正角度とが等しくな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】

前記一部のズーム範囲内のズーム位置における全系の焦点距離を  $f m$ 、広角端および望遠端における全系の焦点距離をそれぞれ  $f w$ 、 $f t$  とするとき、

$$f w \times 1.1 < f m < f t \times 0.9$$

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

## 【請求項 7】

前記一部のズーム範囲内のズーム位置における前記シフト防振群の防振敏感度を  $S S m$ 、広角端における前記シフト防振群の防振敏感度を  $S S w$  とするとき、

$$1.0 < S S m / S S w < 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のズームレンズ。

## 【請求項 8】

前記一部のズーム範囲内のズーム位置における前記チルト防振群の防振敏感度を  $T S m$ 、望遠端における前記チルト防振群の防振敏感度を  $T S t$  とするとき、

$$0.01 < T S m / T S t < 1.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

## 【請求項 9】

前記一部のズーム範囲内のズーム位置における、前記シフト防振群および前記チルト防振群の防振敏感度をそれぞれ  $S S m$ 、 $T S m$  とするとき、

$$0.33 < S S m / T S m < 3.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 5 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、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、

前記チルト防振群は前記第 1 レンズ群または前記第 2 レンズ群であり、前記シフト防振群は前記第 3 レンズ群または前記第 4 レンズ群であ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】

10

20

30

40

50

前記ズームレンズは、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レンズ群より構成され、

前記チルト防振群は前記第1レンズ群または前記第2レンズ群であり、前記シフト防振群は前記第3レンズ群であ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12】

請求項1から11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撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項13】

望遠端における前記チルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点から前記開口絞りまでの距離をD1、前記撮像素子の撮像面の有効対角長をLとするとき、

$$0.4 < D1 / L < 20.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項12に記載の撮像装置。

【請求項14】

望遠端における前記チルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点から前記シフト防振群の最も物体側のレンズ面頂点までの距離をD2、前記撮像素子の撮像面の有効対角長をLとするとき、

$$0.5 < D2 / L < 20.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項12または13に記載の撮像装置。

【請求項15】

前記チルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点から像ぶれ補正時の回動中心までの距離をR、前記撮像素子の撮像面の有効対角長をLとするとき、

$$3.0 < R / L < 30.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項12乃至14のいずれか1項に記載の撮像装置。

【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に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

撮像装置に用いられる撮影光学系にはレンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）が短く、全系が小型でしかも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。高ズーム比のズームレンズは一般的に全系が大型となり、しかも高重量となる傾向がある。ズームレンズが大型で高重量になると、撮影に際して手ブレ等によりズームレンズが振動する場合が多くなる。ズームレンズが振動によって傾くと、撮影画像（結像位置）はその傾き角とそのときのズーム位置での焦点距離に応じた量だけ変移（画像ブレ）する。即ち像ぶれが生ずる。

【0003】

このときの像振れを補正する手段（防振機能を有する手段）としてレンズ系の一部を光軸に対して垂直な方向にシフトさせたズームレンズが知られている（特許文献1,2）。特許文献1では物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群で構成される4群ズームレンズにおいて、第3レンズ群をシフトさせて像ぶれ補正を行っている。

【0004】

特許文献2では物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成る5群ズームレンズにおいて、第4レンズ群をシフトさせて像ぶれ補正を行っている。ま

10

20

30

40

50

た、像ぶれを補正する手段としてレンズ系の一部を光軸上の点を中心として回動（チルト）させたズームレンズが知られている（特許文献3）。特許文献3では物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群で構成される4群ズームレンズにおいて第1レンズ群をチルトさせて像ぶれ補正を行っている。

#### 【0005】

また像ぶれ補正の際に生ずる収差を補正するようにしたズームレンズが知られている（特許文献4）。特許文献4では物体側から像側へ順に、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群を有するズームレンズにおいて防振群を第4レンズ群内に設けている。そして特許文献4では像ぶれ補正の際に生ずる収差を低減するために複数のレンズ群を光軸に対し垂直な方向にシフトさせるシフト防振群を第4レンズ群内に複数設け、複数のシフト防振群を焦点距離の変化に応じて使い分けるようにしている。10

#### 【0006】

この他、像ぶれを補正するとき（防振時）の収差を低減するためにレンズ系の一部の防振群を光軸と垂直な方向にシフトさせるとともに光軸上の一点を回転中心として微小な角度にて回動させたズームレンズが知られている（特許文献5）。特許文献5では物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群で構成される4群ズームレンズにおいて、第2レンズ群をシフトおよびチルトさせて像ぶれ補正を行っている。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0007】

【特許文献1】特開平10-260356号公報

20

【特許文献2】特開平10-090601号公報

【特許文献3】特開平06-160778号公報

【特許文献4】特開2012-141598号公報

【特許文献5】特開平05-232410号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0008】

一般に防振機能を有したズームレンズにおいて、像ぶれ補正を精度良く行い、かつ像ぶれ補正の際の収差変動を少なくするには、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。像ぶれ補正のために移動させる防振群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

##### 【0009】

例えば特許文献4では複数の防振群を焦点距離の変化に応じて使い分けることにより防振のための移動量を小さくして収差変動を低減させている。特に第4レンズ群内の防振で使用するレンズ群の範囲を焦点距離に応じて変えることで防振のための移動量を低減している。40

##### 【0010】

しかしながら、第4レンズ群は開口絞りよりも像側に配置されており、特に望遠端において防振時に軸外光線が第1レンズ群、第2レンズ群を通過する光軸からの高さの変化が大きくなりやすい。よって防振補正角度を大きくすると画像周辺部の光量低下が生じる。特に高ズーム比として望遠端の焦点距離を長くすると画角に対する像ぶれ補正角度の割合が大きくなり画像周辺部の光量の低下が増大してくる。

##### 【0011】

本発明は、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およびそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

50

## 【0012】

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、正もしくは負の屈折力の第4レンズ群を有し、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間、前記第3レンズ群内、及び前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間、のいずれかに開口絞りを有し、

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は狭まり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、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であって、

像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する防振群を複数有し、前記複数の防振群のうち少なくとも1つの防振群は光軸に対して垂直な方向へ移動して像ぶれ補正を行うシフト防振群であり、前記複数の防振群のうち少なくとも1つの防振群は、光軸上または光軸近傍の点を回動中心に回動して像ぶれ補正を行うチルト防振群であり、

前記チルト防振群は前記開口絞りより物体側に位置し、前記シフト防振群は前記チルト防振群より像側に位置し、

広角端において、像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正を前記シフト防振群を移動させることにより行い、望遠端において、像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正を前記チルト防振群を移動させることにより行うことを特徴としている。

## 【発明の効果】

## 【0013】

本発明によれば、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】

## 【0014】

【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

10

20

30

40

50

【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】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例5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

10

【図18】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例5の広角端, 中間のズーム位置, 望遠端における縦収差図

【図19】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例5の広角端, 中間のズーム位置, 望遠端における横収差図

【図20】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例5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21】本発明の撮像装置の要部概略図

【図22】本発明のチルト防振群のチルト機構の説明図

【発明を実施するための形態】

【0015】

20

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正もしくは負の屈折力の第4レンズ群を有している。第2レンズ群と第3レンズ群との間、第3レンズ群内、及び第3レンズ群と第4レンズ群との間のいずれかの位置に開口絞りを有している。広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は広がり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は狭まり、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、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】

ここで、レンズ群は、1枚以上のレンズを有していればよく、必ずしも複数枚のレンズを有していなくてもよい。

30

【0017】

図1(A), (B), (C)は、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2と図3は像ぶれ補正を行っていない状態の収差図である。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。

【0018】

40

実施例1はズーム比13.25、開口比3.51~5.90程度のズームレンズである。

【0019】

図5(A), (B), (C)は、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6と図7は像ぶれ補正を行っていない状態の収差図である。図8(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。

50

## 【0020】

実施例2はズーム比18.93、開口比3.61～6.96程度のズームレンズである。

## 【0021】

図9(A),(B),(C)は、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10と図11は像ぶれ補正を行っていない状態の収差図である。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。

10

## 【0022】

実施例3はズーム比47.51、開口比2.69～6.35程度のズームレンズである。

## 【0023】

図13(A),(B),(C)は、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14と図15は像ぶれ補正を行っていない状態の収差図である。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。

20

## 【0024】

実施例4はズーム比15.12、開口比3.58～6.07程度のズームレンズである。

## 【0025】

図17(A),(B),(C)は、本発明の数値実施例5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18(A),(B),(C)はそれぞれ実施例5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19(A),(B),(C)はそれぞれ実施例5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18と図19は像ぶれ補正を行っていない状態の収差図である。図20(A),(B),(C)はそれぞれ実施例5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。

30

## 【0026】

実施例5はズーム比31.81、開口比1.85～4.50程度のズームレンズである。

## 【0027】

図21は本発明の撮像装置の要部概略図である。図22は本発明に係るチルト防振群の像ぶれ補正のときの説明図である。

40

## 【0028】

本発明のズームレンズは、デジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルムカメラ等の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。

## 【0029】

各実施例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、 $L_4$ は正または負の屈折力の第4レンズ群、 $L_5$ は正の屈折力の第5レンズ群である。 $SP$ 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。

50

## 【0030】

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。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。

## 【0031】

収差図のうち球面収差図において実線はd線、2点鎖線はg線である。非点収差図において点線はメリディオナル像面、実線はサジタル像面である。倍率色収差はg線によって表している。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。FnoはFナンバー、 $\gamma$ は半画角（度）である。半画角 $\gamma$ 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。

10

## 【0032】

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。

## 【0033】

各実施例では像ぶれ補正に際して光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する防振群を複数有している。複数の防振群のうち少なくとも1つの防振群は光軸に対して垂直な方向へ移動して像ぶれ補正を行うシフト防振群である。複数のレンズ群のうち少なくとも1つの防振群は光軸上または光軸近傍の点を回動中心に回動して像ぶれ補正を行うチルト防振群である。チルト防振群は開口絞りより物体側に位置し、シフト防振群はチルト防振群より像側に位置する。

20

## 【0034】

またシフト防振群を移動させることにより、広角端における像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正が行われ、チルト防振群を移動させることにより、望遠端において像ぶれ補正角の半分以上の角度の像ぶれ補正が行われる。また広角端から望遠端に至る全ズーム範囲のうち一部のズーム範囲においてシフト防振群によって補正される像ぶれの補正角度とチルト防振群によって補正される像ぶれ補正角度が等しい。

30

## 【0035】

まず実施例1乃至3のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。図1、図5、図9のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。実施例1乃至3は5群ズームレンズである。チルト防振群は第1レンズ群L1または第2レンズ群L2であり、シフト防振群は第3レンズ群L3または第4レンズ群L4である。

## 【0036】

図1の実施例1のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が次のように変化する。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が狭まり、第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔が広がる。実施例1はズーミングに際して各レンズ群が移動している。

40

## 【0037】

具体的には、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側に移動している。第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡で移動している。第5レンズ群L5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移動させることで全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図っている。

## 【0038】

50

図5の実施例2、図9の実施例3のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が次のように変化する。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まり、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が広がり、第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔が広がる。実施例2,3はズーミングに際して各レンズ群が移動している。

#### 【0039】

具体的には、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側に移動している。第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡で移動している。第5レンズ群L5は物体側に凸状の軌跡にて移動している。実施例1乃至3では以上のようにズーミングに際して各レンズ群を移動させることで全系の小型化を図りつつ高ズーム比化を図っている。

10

#### 【0040】

図1の実施例1において開口絞りSPは、第3レンズ群L3の物体側に配置している。このように配置することにより第1レンズ群L1と開口絞りSPとの間隔を短縮して前玉有効径の小型化を図っている。開口絞りSPはズーミングに際して第3レンズ群L3と一体的に移動して第3レンズ群L3の有効径の増大を防止している。

#### 【0041】

図5の実施例2において開口絞りSPは第3レンズ群L3内に配置している。開口絞りSPをこのように配置することにより望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔を狭くして、ズーミングのための第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔変化量を十分長くして高ズーム比化を容易にしている。

20

#### 【0042】

図9の実施例3において、開口絞りSPは、第3レンズ群L3の物体側に配置している。このように配置することにより第1レンズ群L1と開口絞りSPとの間隔を短縮して前玉有効径の小型化を図っている。開口絞りSPはズーミングに際して第3レンズ群L3と一体的に移動して第3レンズ群L3の有効径の増大を防止している。

#### 【0043】

また実施例3において開口絞りSPはズーミングに際して第3レンズ群L3とは異なる軌跡にて（独立に）移動している。具体的には広角端では第1レンズ群L1との距離を短縮するように第3レンズ群L3から見て物体側に位置し、望遠端では第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭められるように第3レンズ群L3に近づいた配置となっている。このようにすると広角側で決まる前玉有効径の増大を防ぐとともに、高ズーム比化のための第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との移動ストロークを十分長く確保している。

30

#### 【0044】

実施例1乃至3において開口絞りSPは第3レンズ群L3の像側に配置してもよい。この場合は第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との移動ストロークがより長く確保することができて高ズーム比化に有利となる。実施例1乃至3のズームレンズでは開口絞りSPは第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間、もしくは第3レンズ群L3内、もしくは第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間に配置するのが良い。

40

#### 【0045】

図1の実施例1のズームレンズでは第3レンズ群L3がシフト防振群、第2レンズ群L2がチルト防振群である。図5の実施例2のズームレンズでは第4レンズ群L4がシフト防振群、第1レンズ群L1がチルト防振群である。図9の実施例3のズームレンズでは第3レンズ群L3がシフト防振群、第1レンズ群L1がチルト防振群である。

#### 【0046】

次に実施例4,5のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。図13,図17のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。実施例4,5は4群ズームレンズである。チルト防振群は第1レンズ群L1または第2レ

50

ンズ群 L 2 であり、シフト防振群は第 3 レンズ群 L 3 である。

【 0 0 4 7 】

図 13 の実施例 4、図 17 の実施例 5 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次のように変化する。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 との間隔が狭まり、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。実施例 4 ではズーミングに際して各レンズ群が移動している。

【 0 0 4 8 】

具体的に実施例 4 のズームレンズでは広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1、第 3 レンズ群 L 3 は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移動している。第 4 レンズ群 L 4 は物体側に凸状の軌跡にて移動している。実施例 4 において開口絞り S P は、第 3 レンズ群 L 3 の物体側に配置している。このように配置することにより第 1 レンズ群 L 1 と開口絞り S P との間隔を短縮して前玉有効径の小型化を図っている。開口絞り S P はズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 と一緒に移動して第 3 レンズ群 L 3 の有効径の増大を防止している。

【 0 0 4 9 】

図 13 の実施例 4 のズームレンズでは第 3 レンズ群 L 3 がシフト防振群、第 2 レンズ群 L 2 がチルト防振群である。

【 0 0 5 0 】

実施例 5 ではズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1、第 3 レンズ群 L 3 は不動である。具体的に実施例 5 のズームレンズでは広角端から望遠端へのズーミングに際して第 2 レンズ群 L 2 は像側に位置し、第 4 レンズ群 L 4 は物体側に凸の軌跡で移動している。実施例 5 において開口絞り S P は、第 3 レンズ群 L 3 の物体側に配置している。このように配置することにより第 1 レンズ群 L 1 と開口絞り S P との間隔を短縮して前玉有効径の小型化を図っている。実施例 5 において開口絞り S P はズーミングに際して不動である。

【 0 0 5 1 】

図 17 の実施例 5 のズームレンズでは第 3 レンズ群 L 3 がシフト防振群、第 1 レンズ群 L 1 がチルト防振群である。実施例 4, 5 において開口絞り S P は第 3 レンズ群 L 3 内、または第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間に配置しても良い。実施例 4, 5 では以上のように防振群を適切に設定することで像ぶれ補正時の周辺光量の確保と偏芯収差を低減している。

【 0 0 5 2 】

実施例 1 乃至 5 のズームレンズでは望遠側では主としてチルト防振群で像ぶれ補正を行っている。チルト防振群は光軸上の点を中心として回動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設定することができる。

【 0 0 5 3 】

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。チルト成分を与えることにより防振群が偏芯した際に発生する偏芯収差を低減する作用が得られる。偏芯時に発生する収差としては偏芯コマ収差、偏芯非点収差、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芯収差を低減することができる。チルト防振群は光軸上のある 1 点を中心に回動させている。この際、回動中心位置を適切に設定することでチルト成分による偏芯収差の低減を効果的に行っている。

【 0 0 5 4 】

撮影画角に対する像ぶれ補正角の割合は望遠端で最も大きい。よって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望遠端で大きくなる。この場合、大きな像ぶれを補正しようとして防振群のシフト成分を大きくすると偏芯収差が多く発生してくる。実施例 1 乃至 5 のズームレンズでは望遠端においては主としてチルト防振群で像ぶれ補正を行うことで像ぶれ補正時の光学性能を良好に維持している。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

チルト防振群としては開口絞り S P より物体側のレンズ群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防振群よりも物体側のレンズ群にて多く発生する。よって防振群をなるべく物体側のレンズ群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。これにより周辺光量を十分多く確保しやすくなる。逆に所定の周辺光量比を確保する前提では前玉有効径を小型化しやすい。

#### 【 0 0 5 6 】

実施例 1 乃至 5 のズームレンズでは第 1 レンズ群 L 1 もしくは第 2 レンズ群 L 2 をチルト防振群として前玉有効径の小型化を図りつつ偏芯収差補正を効果的に行っている。

#### 【 0 0 5 7 】

図 2 2 はチルト防振群の回動を実現する構成の説明図である。図 2 2 はレンズホルダー L H とこれに隣接する固定部材 L B との間に数点の球体 S B を挟んだ構成よりなっている。固定部材 L B に対して球体 S B の転がりによりレンズホルダー L H を可動とすることができます。この際、球体 S B に対する固定部材 L B 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 L a p は受け面の球面中心となる。

#### 【 0 0 5 8 】

ズーミングに際してはレンズホルダー L H 、球体 S B 、固定部材 L B が一体で光軸 L a の方向に移動すればよい。ただしこの場合、レンズホルダー L H から回動中心 L a p までの距離は変倍によらず固定となる。

#### 【 0 0 5 9 】

チルト防振の回動中心を望遠端において偏芯収差の補正が良好となるように決めた時、他のズーム位置では必ずしも偏芯収差が良好とはならない。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 L 1 、第 2 レンズ群 L 2 への光線入射角がズーム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芯収差がズームにより異なる。

#### 【 0 0 6 0 】

これに対して実施例 1 乃至 5 のズームレンズではチルト防振群とは別の防振群を設けてズーム全域における防振性能を良好に維持している。撮影画角に対する像ぶれ補正角の割合は広角端で最も小さいため、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比較的小さい。よって、像ぶれ補正時の偏芯収差の発生は望遠端よりは小さいため、チルト成分を持たないシフト防振群にて像ぶれ補正時に良好な光学性能が得られる。

#### 【 0 0 6 1 】

実施例 1 乃至 5 のズームレンズでは広角側は主としてシフト防振群で像ぶれ補正を行っている。なお、望遠側において周知の光量比の確保を優先してチルト防振群を比較的、物体側のレンズ群とするためシフト防振群はこれよりも像側に配置している。

#### 【 0 0 6 2 】

以上より実施例 1 乃至 5 のズームレンズでは広角側では主としてシフト防振群で像ぶれ補正を行い、望遠端では主としてチルト防振群で像ぶれ補正を行う。ここで主とするとは像ぶれ補正角の半分以上を分担することを意味する。よって広角端はシフト防振群のみ、望遠端はチルト防振群のみで像ぶれ補正を行うという限定ではなく、これらを組み合わせて像ぶれ補正を行ってもよい。

#### 【 0 0 6 3 】

ズーム中間においては広角端および望遠端におけるシフト防振群とチルト防振群との分担割合を連続的につなぐのが好ましい。これによりなめらかな違和感のないズーミングができる。広角端はシフト防振群を主、望遠端はチルト防振群を主とすると、中間にてシフト防振群とチルト防振群との像ぶれ補正角の分担が各々半分となる位置が存在する。この中間のズーム位置は 2 つの防振群のいずれを主とするかを分ける境界となり、防振の際の返信収差の補正と前玉有効径の小型化の観点で適切に設定する。

#### 【 0 0 6 4 】

ここで防振群のシフト成分による像面上の像点の移動量をシフト成分の移動量で除した

10

20

30

40

50

値を防振敏感度と定義する。防振機構を小型化するにはシフト成分の移動量はなるべく小さいことが好ましい。この場合は防振敏感度は大きい方が有利である。よって複数の防振群を有する場合には各々の防振敏感度を考慮して像ぶれ補正の分担を決めるのが好ましい。

【0065】

なお、任意のズーム位置においてシフト防振群とチルト防振群は適当に組み合わせてよい。組み合わせる際に考慮すべき点としては偏芯収差の低減、周辺光量比の確保、省電力駆動、制御上の応答性などが挙げられる。これらをうまくバランスさせるように複数の防振群を組み合わせるとよい。

【0066】

以上のように本発明によれば、防振補正角を大きくした際にも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。

【0067】

本発明のズームレンズにおいて好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。チルト防振群の広角端および望遠端における防振敏感度をそれぞれ $T_{Sw}$ 、 $T_{St}$ とする。シフト防振群の広角端および望遠端における防振敏感度をそれぞれ $S_{Sw}$ 、 $S_{St}$ とする。シフト防振群とチルト防振群によって像ぶれ補正するときの像ぶれ補正角度が等しくなるズーム位置における全系の焦点距離を $f_m$ 、広角端および望遠端における全系の焦点距離をそれぞれ $f_w$ 、 $f_t$ とする。

【0068】

シフト防振群とチルト防振群によって補正される像ぶれの補正角度が等しくなるズーム位置におけるシフト防振群の防振敏感度を $S_{Sm}$ 、広角端におけるシフト防振群の防振敏感度を $S_{Sw}$ とする。シフト防振群と前ルート防振群によって補正される像ぶれの補正角度が等しくなるズーム位置におけるチルト防振群の防振敏感度を $T_{Sm}$ 、望遠端におけるチルト防振群の防振敏感度を $T_{St}$ とする。なお防振敏感度は防振群のシフト成分による像面上の像点の光軸に対して垂直方向の移動量をシフト成分の移動量で除した値と定義する。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0069】

$$1.0 < |T_{St}| < 5.0 \quad \dots (1)$$

$$2.0 < T_{St} / T_{Sw} < 100.0 \quad \dots (2)$$

$$0.20 < S_{Sw} / S_{St} < 1.20 \quad \dots (3)$$

$$f_w \times 1.1 < f_m < f_t \times 0.9 \quad \dots (4)$$

$$1.0 < S_{Sm} / S_{Sw} < 2.0 \quad \dots (5)$$

$$0.01 < T_{Sm} / T_{St} < 1.00 \quad \dots (6)$$

$$0.33 < S_{Sm} / T_{Sm} < 3.0 \quad \dots (7)$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0070】

条件式(1)はチルト防振群の望遠端における防振敏感度を規定している。上限を超えて防振敏感度が大きすぎると像ぶれ補正時のシフト成分が小さくなりすぎる。この場合は像ぶれに対して精密な制御が必要となり特に高周波の像ぶれ補正が難しくなる。下限を超えて防振敏感度が小さすぎると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してくるので良くない。

【0071】

条件式(2)はチルト防振群の広角端における防振敏感度に対する望遠端における防振敏感度の比を規定している。防振群のシフト成分を小さくして全系の小型化を図る場合には防振敏感度をある程度高める必要がある。チルト防振群は望遠側で主として用いられるため望遠端における防振敏感度はある程度高い方がよい。これに対して広角端における防振敏感度は低くても構わない。

【0072】

10

20

30

40

50

中間ズーム位置についてはチルト防振群が使用するズーム範囲では防振敏感度はある程度高い方がよい。上限を超えると広角端における防振敏感度が小さすぎるためチルト防振群が使用可能なズーム範囲が限られてくる。下限を超えて望遠側における防振敏感度が低すぎると所望の像ぶれ補正角を得るためにシフト成分が大きくなりすぎる。この場合は回転のための駆動ストロークが長くなり駆動手段が大型化してくるので良くない。

#### 【0073】

条件式(3)はシフト防振群の望遠端における防振敏感度に対する広角端における防振敏感度の比を規定している。シフト防振群は広角端で主として用いられるため広角端における防振敏感度はある程度高い方がよい。

#### 【0074】

これに対して望遠端における防振敏感度は低くても構わない。中間ズーム位置についてはシフト防振群が使用するズーム範囲では防振敏感度はある程度高い方がよい。上限を超えると望遠端における防振敏感度が低すぎるとシフト防振群が使用可能なズーム範囲が限られてくる。下限を超えて広角側における防振敏感度が低すぎて所望の像ぶれ補正角を得るためにシフト成分が大きくなりすぎる。この場合は駆動ストロークが長くなり駆動手段が大型化してくるので良くない。

#### 【0075】

条件式(4)はシフト防振群とチルト防振群とが各々分担する像ぶれ補正角度が等しくなるズーム中間位置を規定している。上限を超えてズーム位置が望遠端に近すぎるとシフト防振群で主として像ぶれ補正を行うズーム範囲が広がる。この場合はシフト成分のみでは偏芯収差の発生が増大してくるズーム範囲が多くなる。

#### 【0076】

また。シフト防振群の像ぶれ補正のための駆動ストロークが長くなりすぎ駆動手段が大型化してくる。下限を超えてズーム位置が広角端に近すぎるとチルト防振群で主として像ぶれ補正を行うズーム範囲が広がる。この場合はチルト防振群のチルト成分による偏芯収差の補正が過剰となるので良くない。

#### 【0077】

条件式(5)はシフト防振群の広角端における防振敏感度に対する条件式(4)で規定するズーム中間位置における防振敏感度の比を規定している。特定の像ぶれ補正角に対する防振群のシフト量は焦点距離に比例し、防振敏感度に反比例する関係にある。よって広角端と比べてズーム中間位置では焦点距離が長くなる分、防振敏感度もこれに応じて大きくすればシフト量を増やすずに済む。

#### 【0078】

条件式(5)の下限を超えると広角端よりズーム中間位置の方が焦点距離が長いにも関わらず防振敏感度が下がるためシフト量が増大してくるので良くない。上限を超えるとズーム中間位置の防振敏感度が高すぎるため高精度な像ぶれ補正を行う必要がある。この場合は特に高周波の像ぶれに対する制御が難しくなるので良くない。

#### 【0079】

条件式(6)はチルト防振群の望遠端における防振敏感度に対するズーム中間位置における防振敏感度の比を規定している。上限を超えると望遠端よりもズーム中間位置の方が防振敏感度が高くなる。特定の像ぶれ補正角に対してはズーム中間位置の方が敏感度が高い必要はなく像ぶれ補正に対する制御が難しくなるので良くない。

#### 【0080】

下限を超えてズーム中間位置における防振敏感度が低すぎると像ぶれ補正に必要なシフト成分を大きくとる必要がある。この場合、望遠端における防振敏感度を高めてもズーム中間位置で駆動ストロークを決めてしまうため全系の小型化が困難になる。

#### 【0081】

条件式(7)はズーム中間位置におけるチルト防振群の防振敏感度に対するズーム中間位置におけるシフト防振群の防振敏感度の比を規定している。2つの防振群にて同じ像ぶれ補正角に対し防振敏感度が大きく異なると同様の精度にて同時に2つの防振群を制御す

10

20

30

40

50

ることが難しくなる。合成して得られる像ぶれ補正角の精度を良くするには2つの防振群の防振敏感度はかけ離れないことが好ましい。よって条件式(7)にて1.0から大きく遠ざからないことが好ましい。条件式(7)の上限値または下限値を超えると合成して得られる像ぶれ補正角の精度が低下するので良くない。

【0082】

更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。

【0083】

1.5 <   TS <sub>t</sub>   < 4.0	... (1a)
3.0 < TS <sub>t</sub> / TS <sub>w</sub> < 80.0	... (2a)
0.40 < SS <sub>w</sub> / SS <sub>t</sub> < 1.00	... (3a)
fw × 1.2 < fm < ft × 0.8	... (4a)
1.05 < SS <sub>m</sub> / SS <sub>w</sub> < 1.90	... (5a)
0.03 < TS <sub>m</sub> / TS <sub>t</sub> < 0.80	... (6a)
0.40 < SS <sub>m</sub> / TS <sub>m</sub> < 2.50	... (7a)

10

【0084】

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。

1.8 <   TS <sub>t</sub>   < 3.5	... (1b)
4.0 < TS <sub>t</sub> / TS <sub>w</sub> < 60.0	... (2b)
0.50 < SS <sub>w</sub> / SS <sub>t</sub> < 0.95	... (3b)
fw × 1.5 < fm < ft × 0.5	... (4b)
1.06 < SS <sub>m</sub> / SS <sub>w</sub> < 1.75	... (5b)
0.04 < TS <sub>m</sub> / TS <sub>t</sub> < 0.70	... (6b)
0.50 < SS <sub>m</sub> / TS <sub>m</sub> < 2.00	... (7b)

20

【0085】

本発明のズームレンズをズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子とを有する撮像装置に用いるときには次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。望遠端におけるチルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点から開口絞りSPまでの距離をD1、撮像素子の撮像面の有効対角長をLとする。望遠端におけるチルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点からシフト防振群の最も物体側のレンズ面頂点までの距離をD2とする。チルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点から像ぶれ補正時の回動中心までの距離をRとする。

30

【0086】

ここで回転中心はチルト防振群の移動とともに移動する。このため距離Rは全ズーム位置において一定である。また距離Rは回転中心がチルト防振群の最も物体側のレンズ面頂点より像側にあるときを正、物体側にあるときを負とする。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0087】

0.4 < D1 / L < 20.0	... (8)
0.5 < D2 / L < 20.0	... (9)
3.0 < R / L < 30.0	... (10)

40

【0088】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(8)は開口絞りSPに対するチルト防振群の光軸方向の位置を規定している。上限を超えて開口絞りSPからの距離が長すぎると有効径の大きいレンズ群を像ぶれ補正のために回動させる必要がある。この場合は回動のための機構が大型化するためレンズ鏡筒の小型軽量化が困難になる。

【0089】

また開口絞りSPの近傍のレンズ群をある程度少ないレンズ枚数で構成しようとするレンズ面の曲率はきつくなる(曲率半径が小さくなる)。このようなレンズ群を大きな像ぶれ補正角に応じてシフト成分を大きく設定すると偏芯収差が大きく発生する。下限を超えて開口絞りSPからの距離が短すぎるとシフト成分にて発生する偏芯収差が過度となり、チルト成分を設定しても偏心補正を十分補正するのが難しくなり、像ぶれ補正時の光学

50

性能を良好に維持するのが困難になる。

【0090】

条件式(9)はチルト防振群に対するシフト防振群の光軸方向の位置を規定している。上限を超えてチルト防振群からの距離が長すぎるとシフト防振群の駆動手段が撮像素子に近づきノイズ等の影響を及ぼし画質が低下してくる。下限を超えてチルト防振群からシフト防振群までの距離が短すぎるとこれら二つの防振群の駆動手段を物理的に干渉しないように配置することが難しくなる。結果としてレンズ鏡筒が大型化するので良くない。

【0091】

条件式(10)はチルト防振群が光軸上的一点を回動中心として回動するときの回動中心位置を規定している。上限を超えて回動中心位置がチルト防振群から遠すぎる場合は、チルト成分が小さすぎるためシフト成分にて発生する偏芯収差を低減する作用が弱まるので良くない。下限を超えて回動中心位置がチルト防振群に近すぎる場合は、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芯収差が多く発生し、シフト成分と良好なキャンセル関係が得られないで良くない。

【0092】

更に好ましくは条件式(8)乃至(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.5 < D_1 / L < 16.0 \quad \dots (8a)$$

$$0.7 < D_2 / L < 18.0 \quad \dots (9a)$$

$$4.0 < R / L < 25.0 \quad \dots (10a)$$

【0093】

更に好ましくは条件式(8a)乃至(10a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.6 < D_1 / L < 15.0 \quad \dots (8b)$$

$$0.8 < D_2 / L < 15.0 \quad \dots (9b)$$

$$5.0 < R / L < 22.0 \quad \dots (10b)$$

【0094】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたカムコーダー(ビデオカメラ)の実施例を図21を用いて説明する。図21において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至5に説明したいずれか1つのズームレンズによって構成された撮影光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)である。13は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子12上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

【0095】

本発明の撮像装置は、上記のいずれかのズームレンズと、歪曲収差および/または倍率色収差を電気的に補正する回路とを備えるのが好ましい。このようにズームレンズを構成する際に歪曲収差を許容することのできるレンズ構成にすれば、ズームレンズのレンズ枚数の削減や小型化が容易になる。また、倍率色収差を電気的に補正することにより、撮影画像の色にじみを軽減し、また、解像力の向上を図ることが容易になる。

【0096】

次に本発明の実施例1乃至5に対応する数値実施例1乃至5を示す。数値実施例において $i$ は物体からの面の順番を示す。 $r_i$ は物体側より順に第*i*番目の面の曲率半径、 $d_i$ は物体側より順に第*i*番目と第*i*+1番目のレンズ厚および空気間隔、 $n_{d_i}$ と $d_i$ は各々物体側より順に第*i*番目の光学部材の材質の屈折率とアッベ数である。また最も像側の2つの面はフェースプレート等のガラス材である。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

【0097】

10

20

30

40

## 【数1】

$$X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+K)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

## 【0098】

なる式で表している。\*は非球面形状を有する面を意味している。「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、最終レンズ面から像面までの空気変換長で表している。

## 【0099】

ぶれ補正時のレンズ群位置データにて、回動中心位置はチルト防振群の最も物体側レンズ面頂点からチルト防振の回動中心までの距離を表し、プラス符号はチルト防振群からみて像側を意味する。チルト角はぶれ補正時の回動角度を表し、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。シフト量はぶれ補正時の光軸と垂直方向の移動量を表し、プラス符号は各実施例のレンズ断面図において上方向を意味する。

10

## 【0100】

ぶれ(像ぶれ)補正角はシフト防振群のみ用いる場合はこのときの補正角を示す。また、チルト防振群のみ用いる場合はこのときの補正角を示す。チルト防振群とシフト防振群をともに用いる場合はこれらを同時に設定した際の補正角を示す。なお画面中心の補正角を表す。各数値実施例のレンズデータおよびそれに基づく各条件式の計算結果を表1に示す。

20

## 【0101】

## [数値実施例1]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
1	33.006	0.95	1.84666	23.9
2	22.725	3.05	1.49700	81.5
3	171.041	0.20		
4	26.796	2.15	1.65160	58.5
5	133.556	(可変)		
6	-94.893	0.50	1.88300	40.8
7	6.395	2.55		
8	-13.387	0.50	1.77250	49.6
9	45.843	0.20		
10	15.960	1.45	1.94595	18.0
11	-186.347	(可変)		
12(絞り)		1.00		
13*	6.314	1.95	1.59201	67.0
14*	-28.862	1.00		
15	10.979	0.46	1.84666	23.8
16	5.831	0.85		
17	-14.140	1.50	1.48749	70.2
18	-7.079	(可変)		
19	-29.363	0.45	1.77250	49.6
20	411.426	(可変)		
21	12.864	2.60	1.51633	64.1
22	-29.582	0.45	1.76182	26.5
23	-73.269	(可変)		
24		0.80	1.51633	64.1

30

40

50

25 1.33  
像面

【 0 1 0 2 】  
非球面データ  
第13面  
K = 0.00000e+000 A 4=-3.27123e-004 A 6= 6.78754e-006  
A 8=-2.91559e-007

第14面 10  
K = 0.00000e+000 A 4= 5.72509e-004 A 6= 1.00441e-005  
A 8=-4.50912e-007

各種データ 20  
ズーム比 13.25  
広角 中間 望遠  
焦点距離 5.15 8.13 68.24  
Fナンバー 3.51 3.87 5.90  
半画角(度) 37.65 25.88 3.24  
像高 3.30 3.68 3.88  
レンズ全長 52.43 52.17 77.40  
BF 5.88 9.71 8.50  
  
d 5 0.94 4.00 22.98  
d11 17.18 10.75 1.10  
d18 4.48 3.07 2.95  
d20 2.14 2.84 20.06  
d23 4.02 7.85 6.65

ズームレンズ群データ 30  
群 始面 焦点距離  
1 1 37.60  
2 6 -6.46  
3 12 11.66  
4 19 -35.46  
5 21 23.81  
6 24

ぶれ補正時のレンズ群位置データ 40  
広角 中間 望遠  
第2レンズ群回動中心位置 50.0mm 50.0mm 50.0mm  
第2レンズ群チルト角 0.0分 14.6分 77.0分  
第3レンズ群シフト量 0.178mm 0.126mm 0.0mm  
ぶれ補正角 3.0度 3.0度 3.0度

【 0 1 0 3 】  
[ 数値実施例 2 ]  
単位 mm

面データ 50

面番号	r	d	nd	d	
1	41.869	0.78	1.84666	23.9	
2	24.881	2.96	1.49700	81.5	
3	516.824	0.13			
4	26.877	2.02	1.71300	53.9	
5	128.894	(可変)			
6	288.793	0.42	1.88300	40.8	
7	5.491	2.88			
8	-19.224	0.40	1.80400	46.6	
9	28.881	0.10			10
10	11.504	1.29	1.95906	17.5	
11	49.808	(可変)			
12*	8.583	1.30	1.62263	58.2	
13*	-29.609	1.10			
14(絞り)		1.30			
15	14.662	0.50	1.84666	23.9	
16	6.805	0.47			
17*	54.452	1.40	1.55332	71.7	
18*	-10.055	(可変)			
19	-151.769	0.40	1.88300	40.8	20
20	26.078	(可変)			
21	15.946	2.54	1.77250	49.6	
22	-28.396	0.50	1.92286	18.9	
23	-77.555	(可変)			
24		0.80	1.51633	64.1	
25		1.33			

像面

【 0 1 0 4 】

非球面データ

30

第12面

K = -2.76265e-001 A 4=-3.36198e-005 A 6= 7.15722e-005  
 A 8=-1.02976e-005 A10= 6.45194e-007

第13面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.50979e-004 A 6= 8.38511e-005  
 A 8=-1.42898e-005 A10= 9.41810e-007

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.96626e-004 A 6= 6.28010e-005  
 A 8=-2.10515e-005 A10= 1.50759e-006

40

第18面

K = -6.21035e+000 A 4=-5.18516e-004 A 6= 7.06929e-005  
 A 8=-1.56716e-005 A10= 9.30629e-007

各種データ

ズーム比	18.93		
広角	中間	望遠	
焦点距離	4.63	20.99	87.75

50

Fナンバー	3.61	5.00	6.96
半画角(度)	40.59	10.50	2.49
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	50.22	62.71	77.46
BF	8.20	14.43	5.76

d 5	0.70	13.73	24.44
d11	16.72	4.12	0.45
d18	1.71	6.19	10.85
d20	2.41	3.75	15.48
d23	6.35	12.57	3.90

10

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	38.33
2	6	-6.10
3	12	11.21
4	19	-25.18
5	21	18.36
6	24	

20

## ぶれ補正時のレンズ群位置データ

	広角	中間	望遠
第1レンズ群回動中心位置	60.0mm	60.0mm	60.0mm
第1レンズ群チルト角	0.0分	-61.0分	-122.0分
第4レンズ群シフト量	-0.558mm	-0.842mm	0.0mm
ぶれ補正角	3.0度	3.0度	3.0度

## 【0105】

[数値実施例3]

30

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
1	90.789	1.45	1.91082	35.3
2	49.843	5.51	1.49700	81.5
3	-191.211	0.10		
4	41.143	3.30	1.49700	81.5
5	123.785	(可変)		
6	190.357	0.75	1.83481	42.7
7	8.502	5.19		
8	-31.911	0.60	1.77250	49.6
9	31.911	0.15		
10	17.269	1.97	1.95906	17.5
11	59.201	(可変)		
12(絞り)		(可変)		
13*	10.080	2.70	1.55332	71.7
14*	-154.777	2.06		
15	28.619	0.60	1.80400	46.6
16	10.520	0.35		

40

50

17	15.233	0.60	2.00100	29.1
18	10.938	2.43	1.49700	81.5
19	-25.670	(可変)		
20	116.246	0.70	1.48749	70.2
21	24.656	(可変)		
22	25.059	2.20	1.88300	40.8
23	-25.059	0.50	2.00069	25.5
24	-2889.001	(可変)		
25		0.80	1.51633	64.1
26		1.0		

10

像面

【 0 1 0 6 】

非球面データ

第13面

K = -7.62610e-003 A 4=-9.09797e-005 A 6=-3.52936e-007  
 A 8=-4.79796e-009

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.33477e-005 A 6=-4.82626e-008

20

各種データ

ズーム比	47.51			
		広角	中間	望遠
焦点距離	4.42	14.23	210.00	
Fナンバー	2.69	3.82	6.35	
半画角(度)	41.56	15.30	1.04	
像高	3.33	3.88	3.88	
レンズ全長	96.80	95.21	138.36	
BF	11.54	20.07	9.98	
d 5	0.78	16.60	61.74	
d11	36.08	13.50	1.05	
d12	9.80	3.45	0.35	
d19	2.73	5.61	8.77	
d21	4.72	4.82	25.30	
d24	10.01	18.55	8.46	

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離			
1	1	80.35			
2	6	-9.37			
3	12				
4	13	19.66			
5	20	-64.35			
6	22	32.19			
7	25				

40

ぶれ補正時のレンズ群位置データ

広角 中間 望遠

50

第1レンズ群回動中心位置	100.0mm	100.0mm	100.0mm
第1レンズ群チルト角	0.0分	-77.0分	-102.0分
第3レンズ群シフト量	0.190mm	0.230mm	0.0mm
ぶれ補正角	3.0度	3.0度	2.0度

## 【0107】

[数値実施例4]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
1	44.452	1.00	1.85478	24.8
2	28.340	2.90	1.49700	81.5
3	210.840	0.20		
4	30.299	2.20	1.69680	55.5
5	124.282	(可変)		
6	132.715	0.65	1.80400	46.6
7	6.602	3.75		
8	-17.644	0.50	1.69680	55.5
9	53.704	0.20		
10	15.107	1.25	1.95906	17.5
11	45.209	(可変)		
12(絞り)		0.46		
13*	5.519	2.20	1.55332	71.7
14*	-24.286	0.60		
15	14.548	0.70	1.80610	33.3
16	4.810	0.46		
17	7.779	1.40	1.48749	70.2
18	17.634	(可変)		
19	18.200	1.85	1.77250	49.6
20	-37.698	0.50	1.80518	25.4
21	108.654	(可変)		
22		1.00	1.51633	64.1
23		1.0		

像面

## 【0108】

## 非球面データ

第13面

K = -2.81482e-002 A 4=-5.11671e-004 A 6=-1.41521e-005 A 8= 2.90395e-007 A10= 40  
 -4.05939e-008

第14面

K = -1.08553e+001 A 4= 8.96729e-005 A 6=-3.50338e-006

## 各種データ

ズーム比	15.12		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.13	18.81	77.60
Fナンバー	3.58	4.72	6.07

10

20

30

40

50

半画角(度)	37.82	11.66	2.83
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	58.07	62.55	81.87
BF	7.46	15.74	8.27
d 5	0.70	14.39	29.25
d11	22.68	6.60	1.39
d18	6.40	4.99	22.14
d21	5.80	14.08	6.61

10

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	46.30
2	6	-7.80
3	12	14.46
4	19	28.89
5	22	

## ぶれ補正時のレンズ群位置データ

	広角	中間	望遠
第2レンズ群回動中心位置	100.0mm	100.0mm	100.0mm
第2レンズ群チルト角	2.6分	11.4分	40.0分
第3レンズ群シフト量	0.191mm	0.333mm	0.352mm
ぶれ補正角	3.0度	3.0度	3.0度

20

## 【0109】

## [数値実施例5]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
1	44.532	1.05	1.84666	23.9
2	23.721	4.30	1.60311	60.6
3	-565.239	0.17		
4	22.127	2.40	1.71300	53.9
5	51.705	(可変)		
6	25.787	0.60	1.80400	46.6
7	4.719	3.20		
8	-22.341	0.60	1.80400	46.6
9	12.378	0.55		
10	9.826	1.45	1.95906	17.5
11	26.220	(可変)		
12(絞り)		1.11		
13	12.201	0.60	1.95906	17.5
14	9.418	2.35	1.58313	59.4
15*	-37.342	(可変)		
16	9.392	0.60	1.90366	31.3
17	5.873	2.55	1.48749	70.2
18	-16.905	(可変)		
19		1.40	1.51633	64.1

30

40

50

20 1.22

像面

【 0 1 1 0 】

非球面データ

第15面

K = -6.30551e+000 A 4= 1.22507e-004

各種データ

ズーム比	31.81	10
	広角 中間 望遠	
焦点距離	2.89 24.97 91.93	
Fナンバー	1.85 3.97 4.50	
半画角(度)	32.49 3.63 0.98	
像高	1.76 1.58 1.58	
レンズ全長	65.95 65.95 65.95	
BF	9.30 13.94 4.28	
d 5	0.50 20.28 25.22	
d11	26.75 6.97 2.03	20
d15	7.88 3.24 12.91	
d18	7.16 11.80 2.13	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	30
1	1	35.16	
2	6	-5.30	
3	12	18.53	
4	16	18.48	
5	19		

ぶれ補正時のレンズ群位置データ

	広角	中間	望遠
第1レンズ群回動中心位置	60.0mm	60.0mm	60.0mm
第1レンズ群チルト角	0.0分	-57.0分	-114.0分
第3レンズ群シフト量	0.187mm	0.744mm	0.0mm
ぶれ補正角	3.0度	3.0度	2.0度

【 0 1 1 1 】

40

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式 (1)	3.246	2.290	2.614	2.943	2.615
条件式 (2)	4.555	18.938	47.520	4.901	31.809
条件式 (3)	0.580	0.653	0.538	0.611	0.926
条件式 (4)	$fw \times 1.1$	5.67	5.10	4.86	5.65
	$f_m$	8.13	20.99	14.23	18.81
	$ft \times 0.9$	61.42	78.98	189.00	69.84
条件式 (5)	1.116	1.502	1.329	1.259	1.088
条件式 (6)	0.315	0.239	0.068	0.505	0.272
条件式 (7)	-1.657	-1.193	-9.159	-0.995	1.238
条件式 (8)	0.813	4.938	10.556	0.999	13.195
条件式 (9)	0.942	6.811	10.601	1.058	13.546
条件式 (10)	6.452	7.742	12.903	12.903	19.048

10

## 【符号の説明】

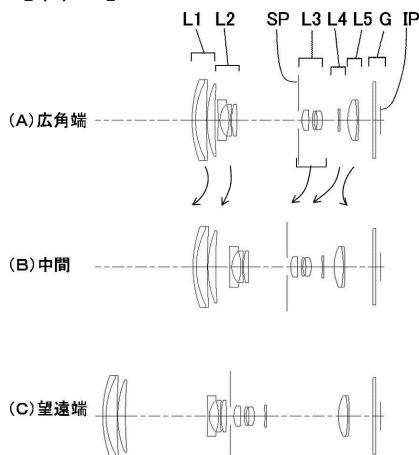
【0112】

L 1 第 1 レンズ群  
L 4 第 4 レンズ群

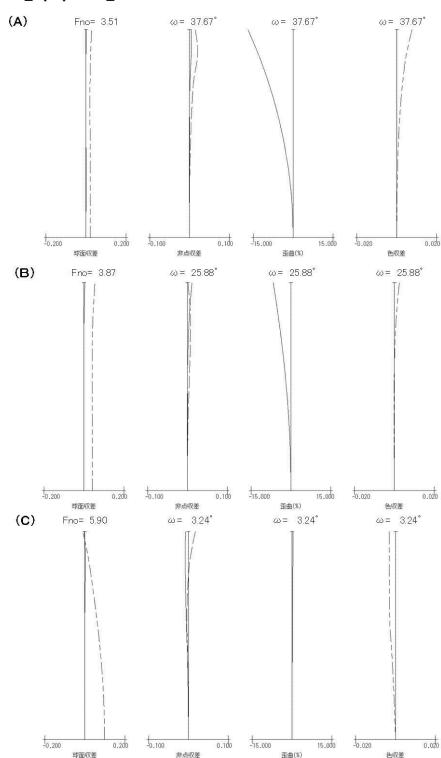
L 2 第 2 レンズ群  
L 5 第 5 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群  
S P 絞り

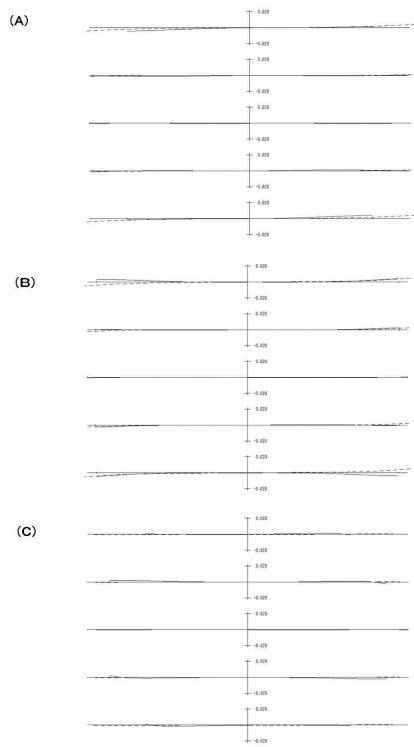
【図 1】



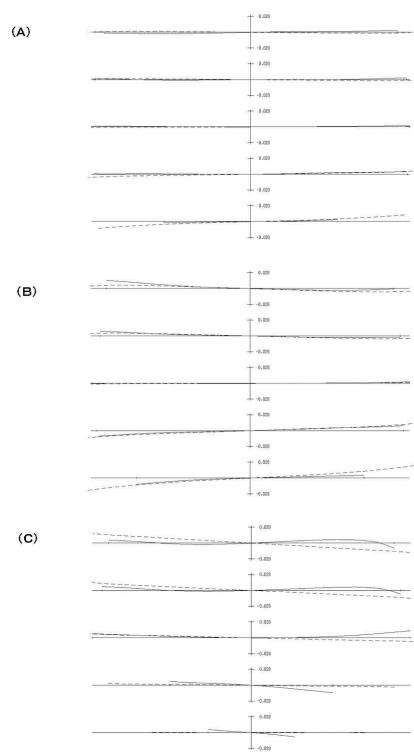
【図 2】



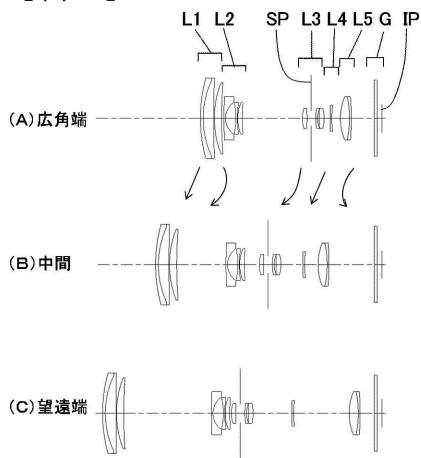
【図3】



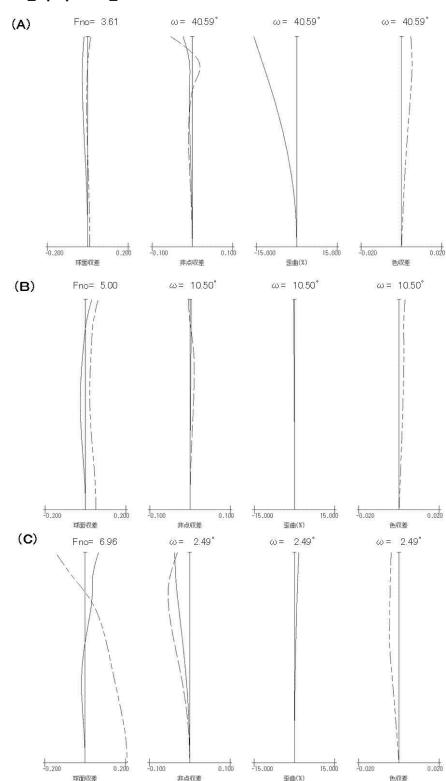
【図4】



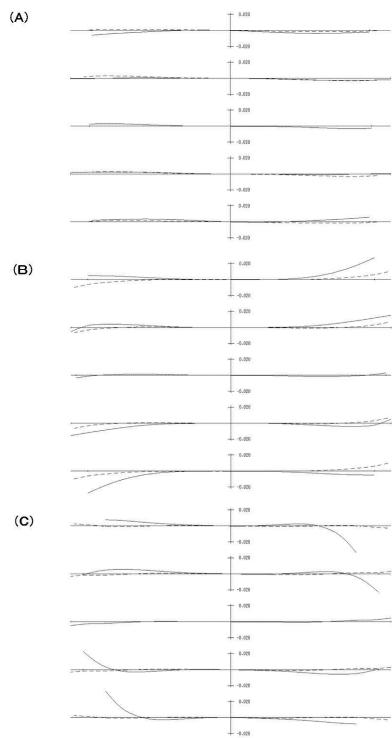
【図5】



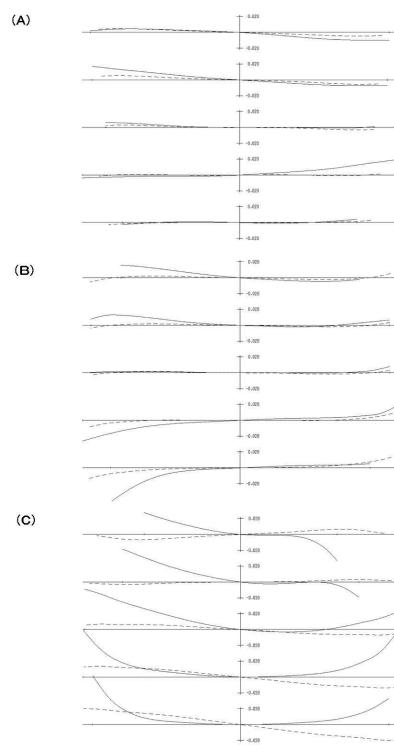
【図6】



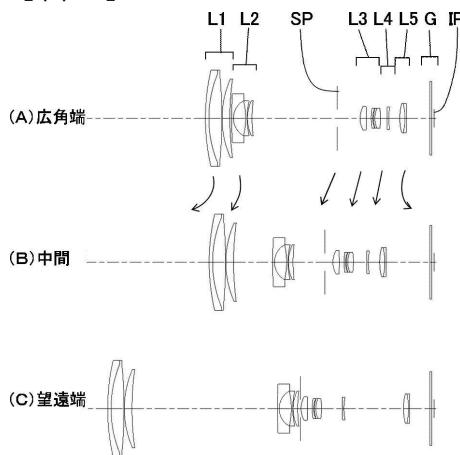
【 四 7 】



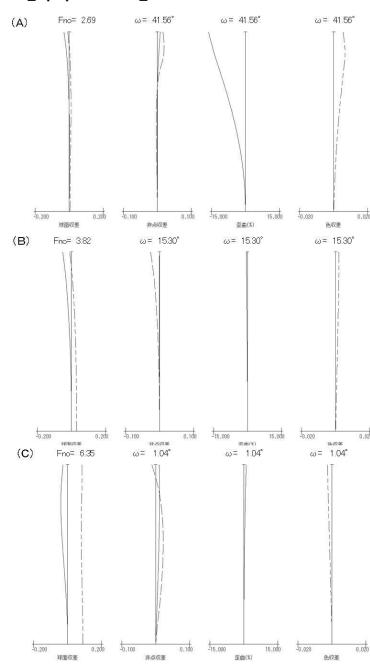
【 四 8 】



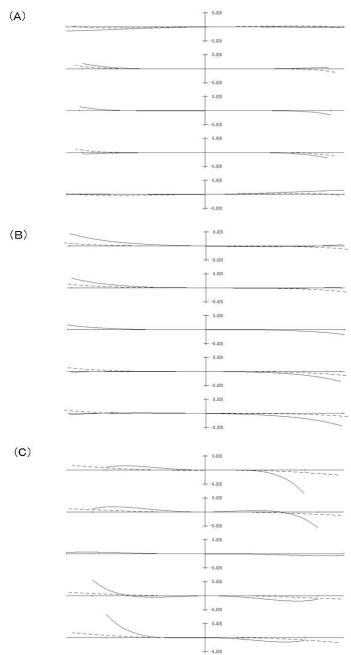
【図9】



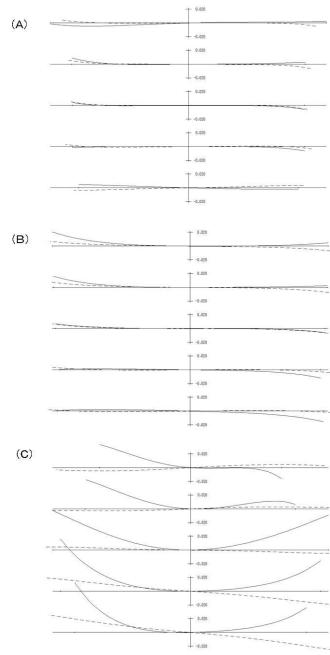
【 図 1 0 】



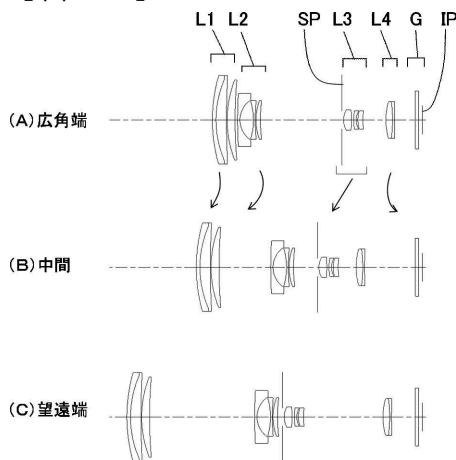
【図11】



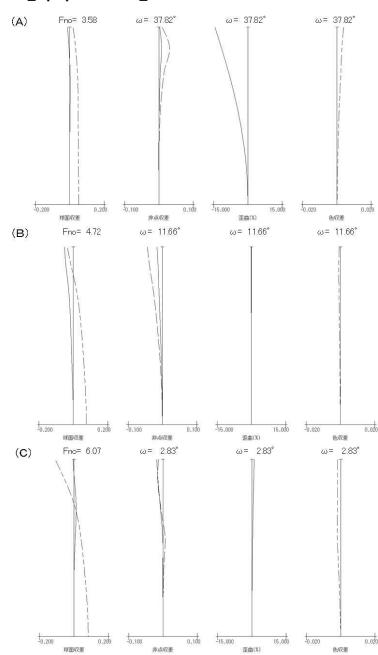
【図12】



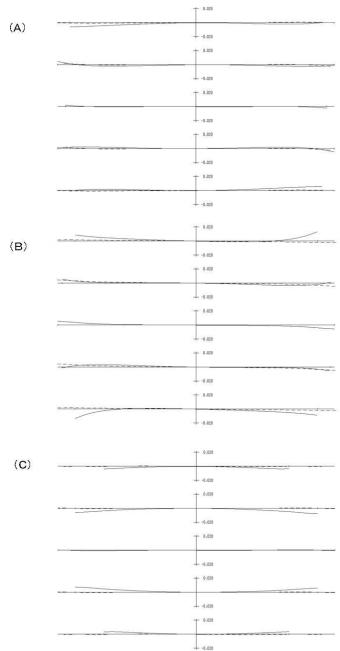
【図13】



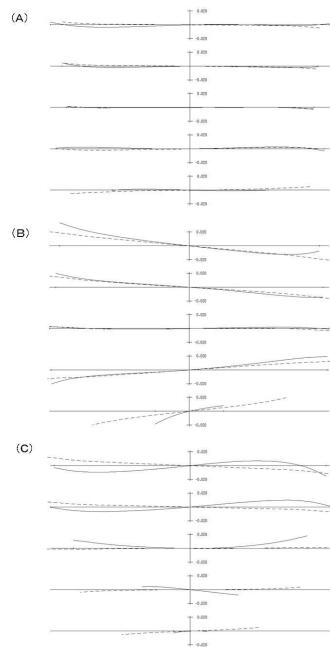
【図14】



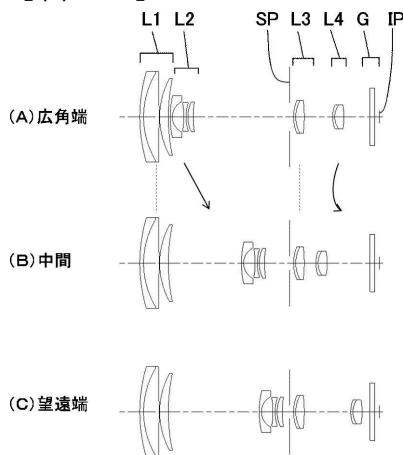
【図15】



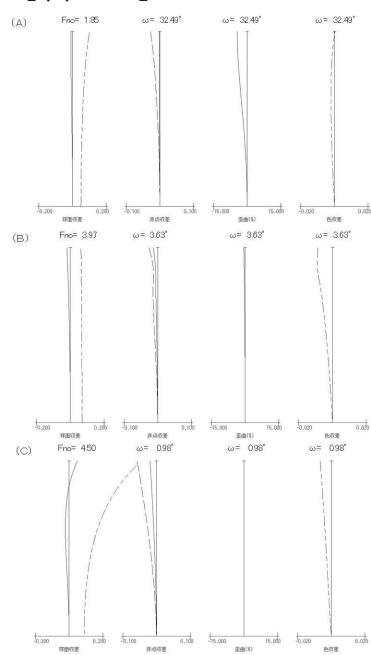
【図16】



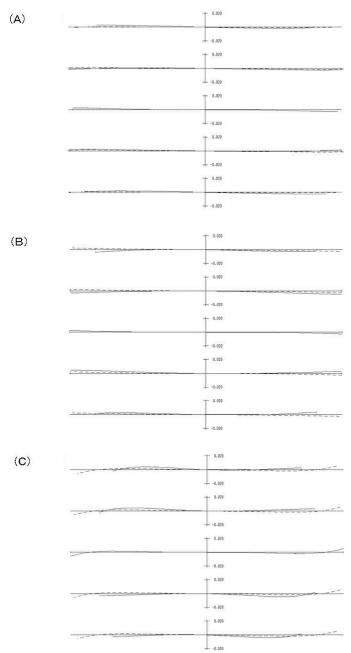
【図17】



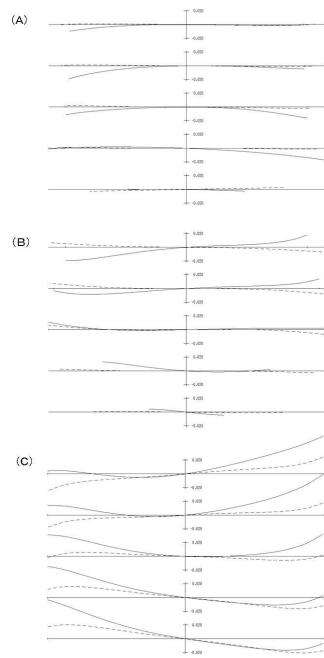
【図18】



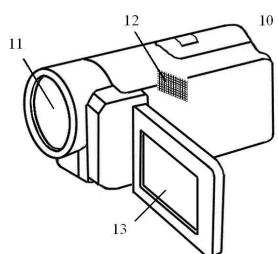
【図19】



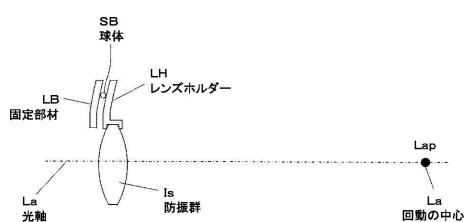
【図20】



【図21】



【図22】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-202499(JP,A)  
特開2001-249276(JP,A)  
特開2003-295250(JP,A)  
特開2003-241098(JP,A)  
特開2011-164551(JP,A)  
特開平07-027978(JP,A)  
特開2014-126779(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08  
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04  
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04