

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6238732号
(P6238732)

(45) 発行日 平成29年11月29日(2017.11.29)

(24) 登録日 平成29年11月10日(2017.11.10)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20	(2006.01)	G02B 15/20
G02B 13/18	(2006.01)	G02B 13/18
G03B 5/00	(2006.01)	G03B 5/00

J

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-269056 (P2013-269056)
(22) 出願日	平成25年12月26日 (2013.12.26)
(65) 公開番号	特開2015-125247 (P2015-125247A)
(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	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 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、1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点を回動中心として、像ぶれ補正に際して回動可能な補正レンズ系であり、前記回動中心は、光軸と前記補正レンズ系の中で最も物体側のレンズ面との交点よりも像側に位置し、

前記交点から前記回動中心までの光軸方向の距離をR、前記補正レンズ系の光軸上の厚みをd_{2 i s}とするとき、

$$0.5 < |R / d_{2 i s}| < 17.5$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第1レンズ群の焦点距離をf₁、前記補正レンズ系の焦点距離をf_{2 i s}とするとき、

$$-0.24 < f_{2 i s} / f_1 < -0.05$$

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】

前記補正レンズ系の焦点距離をf_{2 i s}とするとき、

$$-2.5 < f_{2 i s} / d_{2 i s} < -0.1$$

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 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 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、
 $-10.5 < f_1 / f_2 < -4.2$

10

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 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記後群は物体側から像側へ順に配置された、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、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群は物体側へ移動し、前記第 2 レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第 5 レンズ群は物体側に凸状の軌跡で移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記後群は正の屈折力の第 4 レンズ群より構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第 2 レンズ群は像側へ移動し、前記第 3 レンズ群は物体側へ、前記第 4 レンズ群は物体側に凸状の軌跡で移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 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に好適なものである。

30

【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（コンパクト）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全系が大型となり、しかも高重量となる傾向がある。

【0003】

一般に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。

40

【0004】

このときの像ぶれを補正する手段（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。

【0005】

50

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の第 1 乃至第 5 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（回転）させて像ぶれ補正を行っている。

【 0 0 0 6 】

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的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 4）。特許文献 4 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】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 10 - 260356 号公報

【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】特開平 05 - 232410 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

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。

【 0 0 0 9 】

特許文献 3 では、第 1 レンズ群をチルトさせて像ぶれ補正を行っている。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なり、像ぶれに応じて早い応答性で第 1 レンズ群を駆動させることが難しい。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 4 では、第 2 レンズ群を光軸に対して垂直な方向にシフトさせると共に第 2 レンズ群をチルトさせることにより像ぶれ補正を行っている。特許文献 4 では、シフト及びチルトの複数の駆動機構が必要となり、像ぶれに応じた適切な駆動量の制御が必要となる。

【 0 0 1 1 】

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】

【 0 0 1 2 】

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 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 点を回動中心として

10

20

30

40

50

、像ぶれ補正に際して回動可能な補正レンズ系であり、前記回動中心は、光軸と前記補正レンズ系の中で最も物体側のレンズ面との交点よりも像側に位置し、

前記交点から前記回動中心までの光軸方向の距離をR、前記補正レンズ系の光軸上の厚みをd_{2 i s}とするとき、

$$0.5 < |R / d_{2 i s}| < 17.5$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【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。

10

【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

10

【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

20

【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

30

【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】本発明の撮像装置の要部概略図

【図14】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】

【0015】

40

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以上のレンズ群を有する後群より構成されている。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。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いてもよい。第2レンズ群の全体または一部は像ぶれ補正に際して、光軸上または光軸近傍の1点を回動中心として回動可能な補正レンズ系である。

【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

50

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。

【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9.80、開口比1.85～2.88程度のズームレンズである。

10

【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98.52、開口比1.85～9.00程度のズームレンズである。

20

【0019】

図13は本発明の撮像装置の要部概略図である。図14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。

【0020】

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。 L_R は1以上のレンズ群を有する後群である。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。

30

【0021】

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。

【0022】

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。

40

【0023】

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、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折

50

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。後群LRは物体側より像側へ順に配置された第4レンズ群L4と第5レンズ群L5より構成されている。

【0024】

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。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔は広がる。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔は狭まる。第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔は広がる。第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔は広がる。

【0025】

更に、広角端に対して望遠端にて、第1レンズ群L1、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4、第5レンズ群L5はいずれも物体側に位置している。また第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡で、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。

10

【0026】

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L2と第3レンズ群L3の間隔が狭くなり、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確保している。

20

【0027】

なお、開口絞りSPは、第3レンズ群L3の物体側に配置してもよい。この場合第1レンズ群L1と開口絞りSP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易になる。また、開口絞りSPは第3レンズ群L3の像側に配置してもよい。この場合はズーミングに際しての第2レンズ群L2と第3レンズ群L3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。

【0028】

開口絞りSPはズーミングに際し第3レンズ群L3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L3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L3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。

30

【0029】

次に図5の実施例2、図9の実施例3のズームレンズについて説明する。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は正の屈折力の第4レンズ群である。後群LRは第4レンズ群L4より構成されている。

【0030】

実施例2、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L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4が移動する。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。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔は広がる。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔は狭まる。第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔は広がる。

40

【0031】

実施例2、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L1、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L2は像側に位置し、第3レンズ群L3は物体側に位置する。第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動している。

【0032】

以上のように第2レンズ群L2乃至第4レンズ群L4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。

50

【0033】

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。各実施例のズームレンズでは、いずれも第2レンズ群L2が補正レンズ系である。

【0034】

補正レンズ系は、補正レンズ系から光軸上に有限距離だけ離れた点を回動中心として回動することで、光軸に対して垂直方向の成分（シフト成分）を有するように移動し、同時に、光軸に対して傾きを持つ成分（チルト成分）を有するように移動する。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。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。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となる。10

【0035】

補正レンズ系は光軸上有る1点を中心に回動させている。この際、回動中心位置を光軸方向に適切に設定することでチルト成分による偏心収差の低減を効果的に行っている。補正レンズ系としては開口絞りSPより物体側のレンズ系を選択すると前玉有効径の増大を軽減することができるため好ましい。像ぶれ補正時に光束がレンズを通過する入射高さの変化は補正レンズ系よりも物体側のレンズ群の方が大きい。

【0036】

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（第1レンズ群L1）にて光束がレンズを通過する入射高さの変化を抑えることができる。これにより周辺光量を十分確保しやすくなる。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。20

【0037】

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レンズ群を有するポジティブリード型の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、像ぶれに応じて早い応答性で駆動させることが困難である。

【0038】

よって、像ぶれ補正時の光学性能の劣化の抑制、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、の観点から各実施例のズームレンズでは第2レンズ群L2を補正レンズ系としている。なお、補正レンズ系は第2レンズ群L2内の一部のレンズ系としてもかまわない。30

【0039】

図14は補正レンズ系の駆動方法の説明図である。図14に示すように、補正レンズ系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ます。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。40

【0040】

ただしこの場合、レンズホルダーLHから回動中心La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動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。

【0041】

各実施例において、補正レンズ系の光軸上の厚みをd2is、補正レンズ系の最も物体50

側のレンズ面と光軸の交点に対し像ぶれ補正時の回動中心は像側に位置し、交点から回動中心までの光軸方向の距離をRとする。このとき、

$$0.5 < |R / d_{2i}s| < 17.5 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足する。補正レンズ系を光軸上またはその近傍の一点を中心に回動させることにより、光軸に対するシフト成分とチルト成分を与えていた。

【0042】

各実施例のズームレンズでは、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を効果的に低減している。チルト成分が生じたことによる偏心収差への影響度は、条件式(1)のパラメータR及びd_{2i}sの大きさに依存する。例えば、距離R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_{2i}s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。10

【0043】

条件式(1)は補正レンズ系の光軸上の厚みd_{2i}sに対する補正レンズ系から回動中心までの距離Rの比を規定している。条件式(1)の上限を超えて補正レンズ系から回動中心までの距離が遠すぎると、補正レンズ系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を低減する効果が不十分となる。あるいは上限を超えて補正レンズ系の光軸上の厚み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、偏心収差を低減する効果が不十分となる。20

【0044】

一方、条件式(1)の下限を超えて補正レンズ系から回動中心までの距離が近すぎると、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。この結果、チルト成分によって高次の偏心収差が多く発生しシフト成分とキャンセル関係が良好とならないため好ましくない。あるいは下限を超えて補正レンズ系の光軸上の厚み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、偏心収差が多く発生してくるので好ましくない。20

【0045】

なお、好ましくは条件式(1)の、数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.7 < |R / d_{2i}s| < 17.3 \quad \dots (1a)$$

より更に好ましくは、条件式(1a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。30

$$1.0 < |R / d_{2i}s| < 17.0 \quad \dots (1b)$$

以上のように各実施例によれば、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レンズ群を有する広画角かつ高ズーム比のズームレンズにおいて、像ぶれを良好に行うことができる。特に像ぶれ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あつ前玉有効径の小型化が容易なズームレンズが得られる。

【0046】

各実施例に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。第1レンズ群L1の焦点距離をf₁、第2レンズ群L2の焦点距離をf₂とする。補正レンズ系の焦点距離をf_{2i}sとする。広角端における全系の焦点距離をf_Wとする。40

【0047】

このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

$$-0.24 < f_{2i}s / f_1 < -0.05 \quad \dots (2)$$

$$-2.5 < f_{2i}s / d_{2i}s < -0.1 \quad \dots (3)$$

$$0.02 < f_W / f_1 < 0.35 \quad \dots (4)$$

$$-10.5 < f_1 / f_2 < -4.2 \quad \dots (5)$$

【0048】

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(2)は第1レンズ群の焦点距離f₁に対する補正レンズ系の負の焦点距離f_{2i}sの比を規定している。条件式(2)の上限を超えて補正レンズ系の負の焦点距離が短く(焦点距離の絶対値が小さく)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50

ルト成分による偏心収差の低減が難しくなる。

【0049】

一方、下限を超えて補正レンズ系の負の焦点距離が長く（焦点距離の絶対値が大きく）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。この場合は補正レンズ系の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。

【0050】

条件式(3)は補正レンズ系の光軸上の厚み d_{2iS} に対する補正レンズ系の負の焦点距離 f_{2iS} の比を規定している。条件式(3)の上限を超えて補正レンズ系の負の焦点距離が短くなり過ぎるか、あるいは補正レンズ系の光軸上の厚みが厚くなり過ぎると、像ぶれ補正時のシフト成分及びチルト成分により発生する偏心収差のキャンセル関係が良好とならなくなるため好ましくない。10

【0051】

一方、下限を超えて補正レンズ系の負の焦点距離が長くなり過ぎるか、あるいは補正レンズ系の光軸上の厚みが薄くなり過ぎると、補正レンズ系の屈折力が弱すぎるか、あるいはチルト成分による光路長の変化が小さくなる。そうすると偏心収差を低減する効果が不十分となり好ましくない。

【0052】

条件式(4)は第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 に対する広角端における全系の焦点距離 f_W の比を規定している。条件式(4)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、ズーム全域において像ぶれ補正時の収差補正は容易となるが、広角端において広画角化が困難になる。一方、条件式(4)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、広角端において広画角化が容易となるが、ズーム全域において像ぶれ補正時の偏心収差の補正が困難となる。20

【0053】

条件式(5)は第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離 f_2 に対する第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 の比を規定している。条件式(5)の上限を超えて第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離が長く（焦点距離の絶対値が大きく）なり過ぎると、ズーム全域における収差補正是容易となるが、主に変倍に寄与する第2レンズ群 L_2 の屈折力が弱まる。この結果、高ズーム比化が困難になる。一方、条件式(5)の下限を超えて第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離が短く（焦点距離の絶対値が小さく）なり過ぎると、高ズーム比化は容易となるが、ズーム全域において収差補正が困難となる。30

【0054】

なお、さらに好ましくは、条件式(2)乃至(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

- 0.23 < f_{2iS} / f_1 < -0.06 ... (2a)
- 2.2 < f_{2iS} / d_{2iS} < -0.2 ... (3a)
- 0.03 < f_W / f_1 < 0.31 ... (4a)
- 10.2 < f_1 / f_2 < -4.3 ... (5a)

【0055】

より更に好ましくは、条件式(2a)乃至(5a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。40

- 0.22 < f_{2iS} / f_1 < -0.07 ... (2b)
- 1.9 < f_{2iS} / d_{2iS} < -0.3 ... (3b)
- 0.04 < f_W / f_1 < 0.29 ... (4b)
- 9.9 < f_1 / f_2 < -4.4 ... (5b)

【0056】

各実施例のズームレンズでは第3レンズ群 L_3 の屈折力を正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、第3レンズ群 L_3 を負の屈折力とする。そして全体として例えば物50

体側から像側へ順に、正、負、負、正の屈折力のレンズ群よりなる4群構成のズームレンズが知られている。

【0057】

しかしながら、第3レンズ群の屈折力を負とした場合、収差補正上第3レンズ群の最も物体側のレンズ面が凹面となりやすい。そうすると、第2レンズ群の全体または一部の補正レンズ系を像側で光軸上の1点を中心に回動させた場合、第3レンズ群と干渉しやすくなる。この結果、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔を狭めることができることが困難となり、高ズーム比化を図りつつ、全系の小型化が困難になる。

【0058】

各実施例のズームレンズでは、補正レンズ系を第2レンズ群全体より構成することが好み。第2レンズ群の一部を補正レンズ系とした場合、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、このとき第2レンズ群を複数レンズ系に分割し駆動制御することが必要となる。このため、ズーミング及び像ぶれ補正時の駆動制御を精度良く行うことが困難となる。

10

【0059】

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13を用いて説明する。

【0060】

図13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

【0061】

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。

【0062】

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

【0063】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}}$$

40

$$+ A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10}$$

【0064】

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。

【0065】

像ぶれ補正時の補正レンズ系データにて、回動中心位置は補正レンズ系の最も物体側レ

50

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味する。チルト角は像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。なお、像ぶれ補正角は画面中心の補正角を表す。また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。

【0066】

[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	20
11	-215.216	(可変)			
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)			30
21	16.612	1.44	1.69680	55.5	
22	153.432	0.60	1.72825	28.5	
23	51.937	(可変)			
24		0.80	1.51633	64.1	
25		0.88			
像面					

【0067】

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

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

10

20

30

40

50

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	
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	10
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		20
2	6	-6.36		
3	12	11.44		
4	19	-70.08		
5	21	34.69		
6	24			

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系	始面番号 6	終面番号 11		30
補正レンズ系焦点距離 f2is	-6.363mm			
補正レンズ系厚み d2is	5.756mm			
補正レンズ系回動中心位置 R	60.154mm			

補正レンズ系チルト角	広角 -0.49度	中間 -0.50度	望遠 -1.00度	
ぶれ補正角	-4.0度	-3.0度	-3.0度	

【0068】				
[数値実施例2]				40
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	
5	74.134 (可変)				
6	147.266	0.70	1.88300	40.8	50

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)		
15*	10.402	3.01	1.58313	59.4
16	-129.903	4.39		10
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
25		1.98		
像面				20

【 0 0 6 9 】

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

30

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
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

50

2	6	-7.42
3	15	21.10
4	21	21.02
5	24	

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系	始面番号 6	終面番号 13	
補正レンズ系焦点距離 f2is	-7.420mm		10
補正レンズ系厚み d2is	8.300mm		
補正レンズ系回動中心位置 R	139.366mm		
	広角	中間	望遠
補正レンズ系チルト角	-0.32度	-0.37度	-0.37度
ぶれ補正角	-5.0度	-3.0度	-2.0度

【0070】

[数値実施例3]

単位 mm 20

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	94.821	1.50	1.84666	23.9	
2	49.889	4.75	1.49700	81.5	
3	-368.278	0.15			
4	42.147	3.92	1.49700	81.5	
5	298.499	0.15			
6	27.321	3.24	1.59282	68.6	
7	52.988	(可変)			30
8	75.612	0.60	2.00100	29.1	
9	6.608	3.18			
10	-17.640	0.50	1.90826	38.7	
11	77.849	0.10			
12	14.745	3.89	1.95906	17.5	
13	-8.334	0.50	2.01819	25.0	
14	32.494	(可変)			
15(絞り)		(可変)			
16*	13.428	3.61	1.58313	59.4	
17*	-44.842	5.90			40
18	284.356	0.60	2.00100	29.1	
19	10.068	0.02			
20	10.228	2.83	1.48067	43.9	
21	-49.252	(可変)			
22*	18.591	3.16	1.59201	67.0	
23	-14.943	0.50	1.84666	23.9	
24	-20.669	(可変)			
25		1.85	1.51633	64.1	
26		1.45			
像面					50

【0071】

非球面データ

第16面

K = -3.69536e-002 A 4=-2.65283e-005 A 6=-4.94023e-008
A 8= 4.71186e-009

第17面

K = 2.25732e+001 A 4= 7.04630e-005 A 6= 1.64565e-007
A 8= 7.84111e-009

10

第22面

K = 6.29556e-002 A 4=-4.38688e-005 A 6=-1.13944e-007

各種データ

ズーム比	98.52		
		広角	中間
焦点距離	3.07	53.41	302.40
Fナンバー	1.85	8.14	9.00
半画角(度)	36.24	2.41	0.43
像高	2.25	2.25	2.25
レンズ全長	110.05	110.05	110.05
BF	12.67	27.40	5.19
d7	0.69	26.22	29.71
d14	30.27	4.74	1.26
d15	15.80	1.73	1.49
d21	11.50	10.85	33.29
d24	10.00	24.72	2.52

20

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	41.57
2	8	-5.01
3	16	30.47
4	22	18.49
5	25	

40

ぶれ補正時の補正レンズ系データ

補正レンズ系	始面番号 8	終面番号 14
補正レンズ系焦点距離 f2is	-5.008mm	
補正レンズ系厚み d2is	8.775mm	
補正レンズ系回動中心位置 R	40.106mm	

	広角	中間	望遠
補正レンズ系チルト角	-0.68度	-1.30度	-0.50度
ぶれ補正角	-4.0度	-2.0度	-0.5度

50

【0072】

【表1】

	数值実施例1	数值実施例2	数值実施例3
条件式(1)	10.45	16.79	4.57
条件式(2)	-0.166	-0.201	-0.120
条件式(3)	-1.11	-0.89	-0.57
条件式(4)	0.134	0.125	0.074
条件式(5)	-6.03	-4.98	-8.30

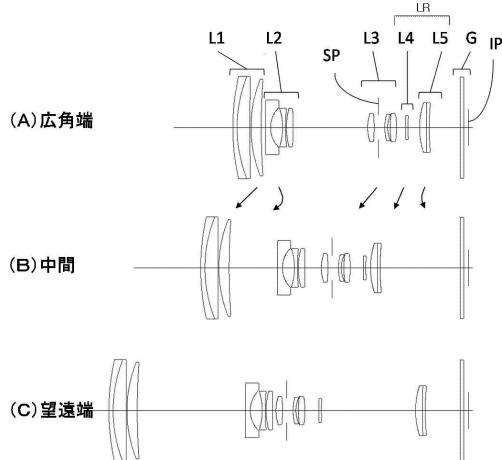
10

【符号の説明】

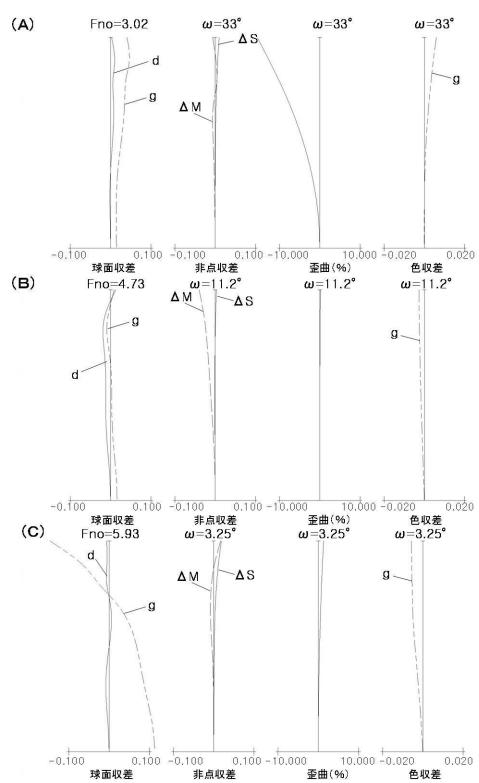
【0073】

L R 後群 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 S P 絞り

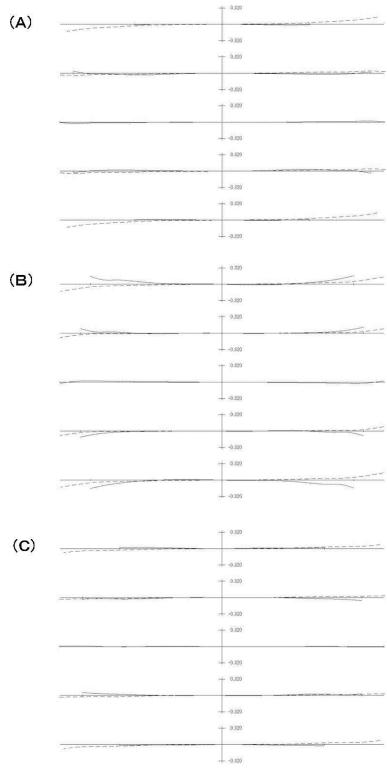
【図1】



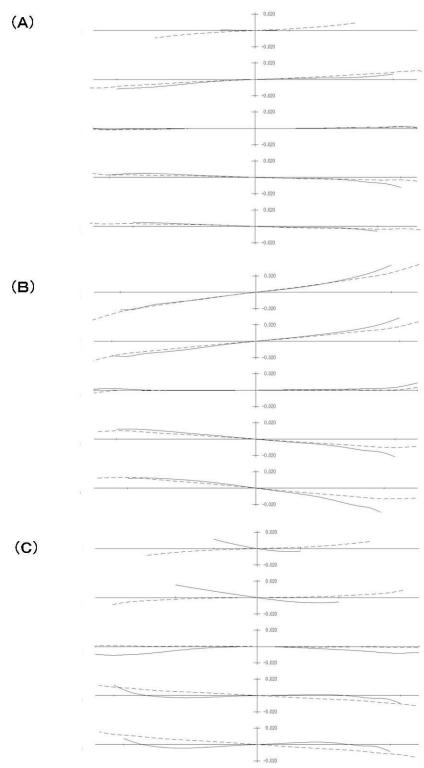
【図2】



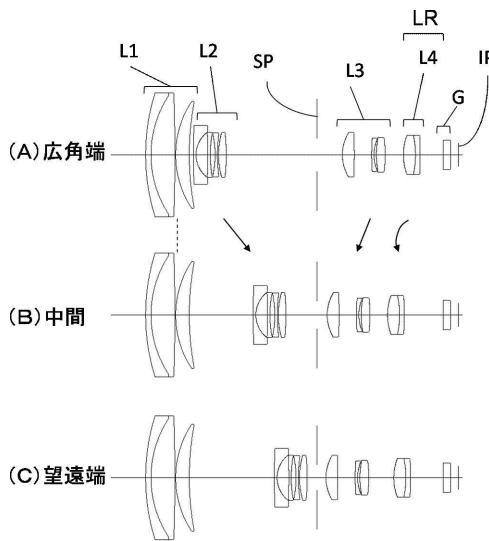
【図3】



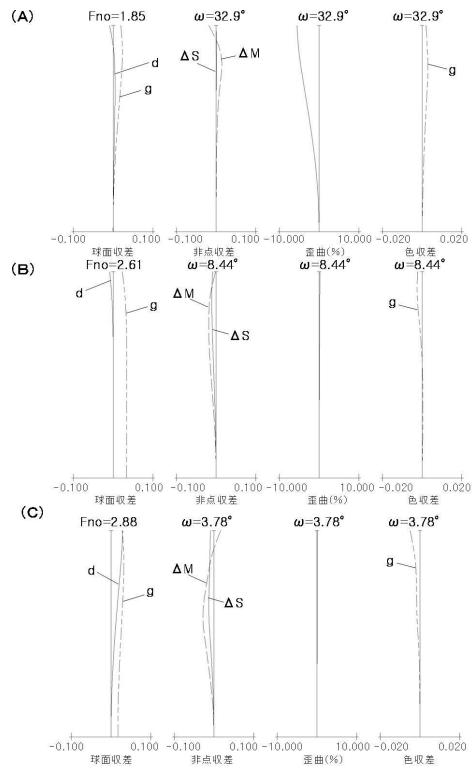
【図4】



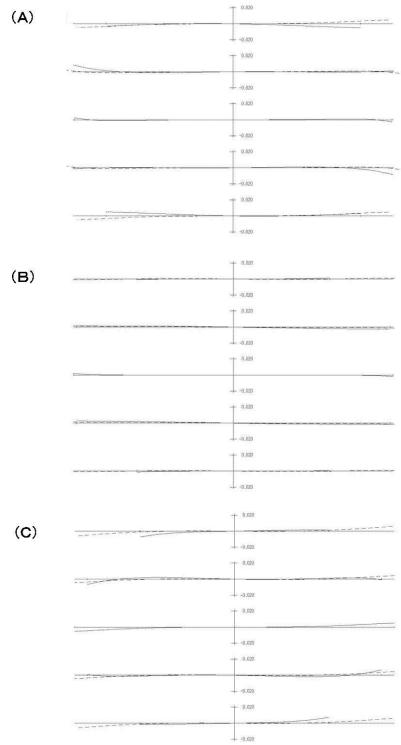
【図5】



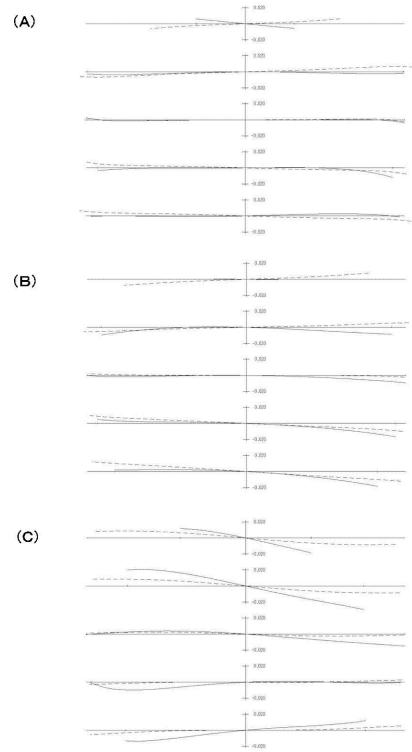
【図6】



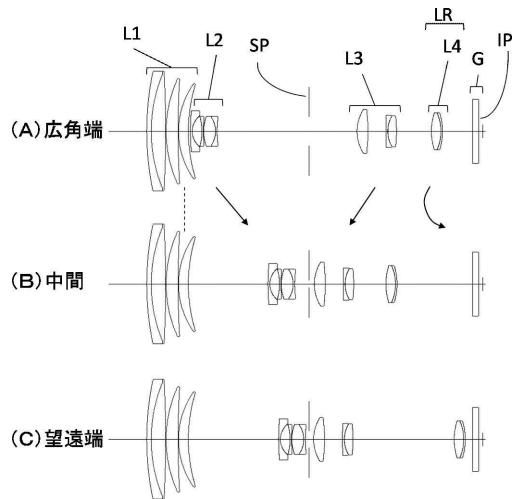
【図7】



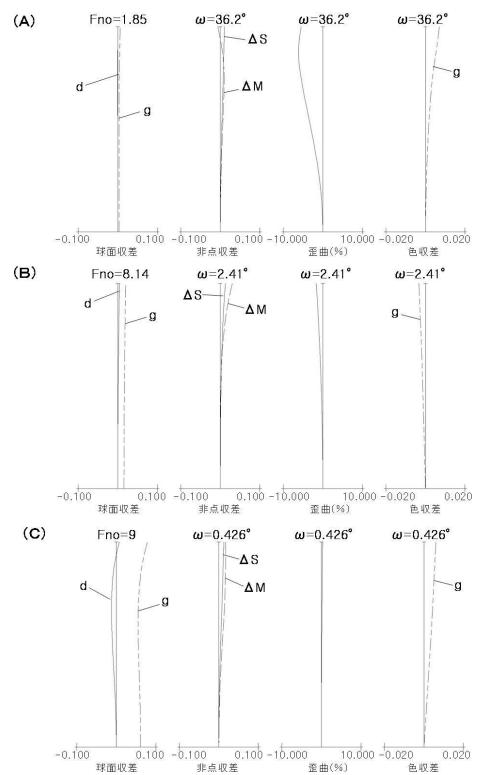
【図8】



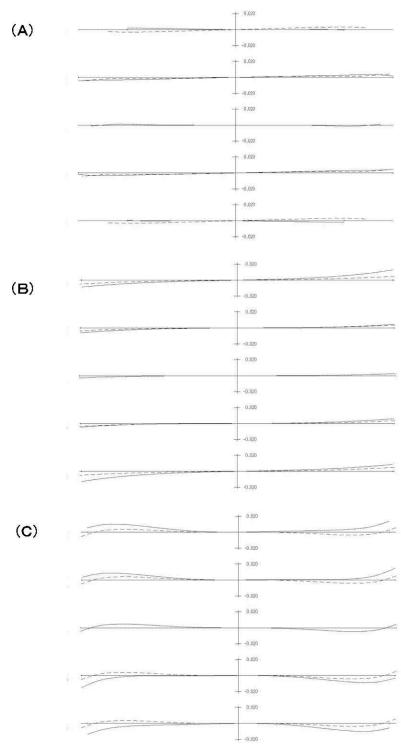
【図9】



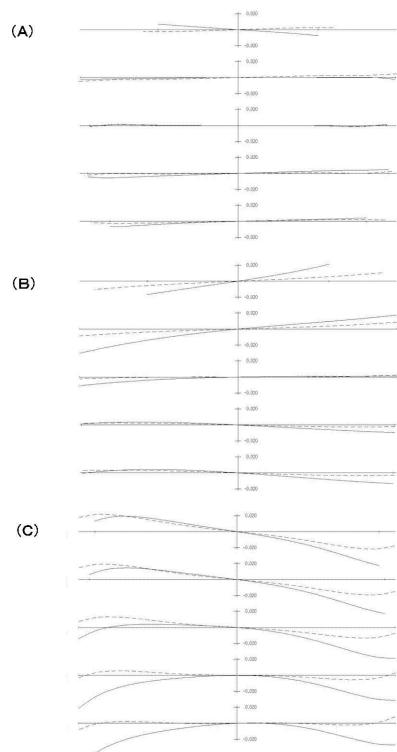
【図10】



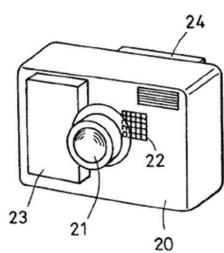
【図11】



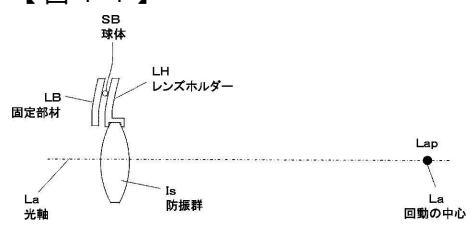
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-202499(JP,A)
特開平05-232410(JP,A)
特開2010-044190(JP,A)
特開2011-175098(JP,A)
特開2012-133116(JP,A)
特開2012-008449(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