

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成28年6月16日(2016.6.16)

【公開番号】特開2014-219616(P2014-219616A)

【公開日】平成26年11月20日(2014.11.20)

【年通号数】公開・登録公報2014-064

【出願番号】特願2013-99925(P2013-99925)

【国際特許分類】

G 02 B 15/20 (2006.01)

G 02 B 13/18 (2006.01)

G 03 B 5/00 (2006.01)

H 04 N 5/225 (2006.01)

【F I】

G 02 B 15/20

G 02 B 13/18

G 03 B 5/00 J

H 04 N 5/225 D

【手続補正書】

【提出日】平成28年4月26日(2016.4.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、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よう3つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第3レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第3a群、負の屈折力の第3b群、正の屈折力の第3c群から構成され、像ぶれ補正に際して、前記第3b群は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動し、

望遠端における全系の焦点距離をf_t、前記第3レンズ群の焦点距離をf₃とするとき、

$$5.0 < f_t / f_3 < 10.0$$

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】

前記第3a群の焦点距離をf_{3a}、前記第3b群の焦点距離をf_{3b}とするとき、
 $0.5 < f_{3a} / |f_{3b}| < 1.2$

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】

前記第3a群の焦点距離をf_{3a}とするとき、
 $0.6 < f_{3a} / f_3 < 1.3$

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3b群の焦点距離をf_{3b}とするとき、
 $0.6 < |f_{3b}| / f_3 < 1.6$

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 3 b 群の焦点距離を f_{3b} 、前記第 3 c 群の焦点距離を f_{3c} とするとき、
 $0.08 < |f_{3b}| / f_{3c} < 1.40$

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

【請求項 6】

広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} とするとき、
 $0.9 < f_3 / s_{kw} < 2.0$

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

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} とするとき、
 $0.6 < |f_2| / s_{kw} < 2.0$

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

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、
 $0.05 < |f_2| / f_t < 0.15$

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】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、
 $0.2 < f_1 / f_t < 0.8$

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

【請求項 10】

望遠端におけるレンズ全長を T_L とするとき、
 $0.68 < T_L / f_t < 0.85$

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 3 a 群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ、正の屈折力のレンズ、負の屈折力のレンズ、開口絞り、非球面形状のレンズ面を有するレンズからな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】

前記第 3 b 群は、正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを有す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】

請求項 1 乃至 12 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。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

【技術分野】**【0001】**

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮影光学系として好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、固体撮像素子を用いた撮像装置に用いる撮影光学系には、全系が小型でありながら高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズが要求されている。更に撮影時の手振れや、撮影装置の振動による像ぶれを抑制する、防振機構を備えたズームレンズであること等が要求されている。

【0003】

これらの要望に答えるズームレンズとして、物体側から像側へ順に正、負、正、正の屈折力の第1、第2、第3、第4レンズ群より成る4群構成のズームレンズがある。この4群ズームレンズにおいて、第3レンズ群の一部のレンズ部を防振レンズ部として光軸に対して垂直方向に変移させて画像ぶれ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1,2)。

【0004】

特許文献1ではズーミングに際して、各レンズ群が互いに異なった軌跡で移動している。そして第3レンズ群を物体側から像側へ順に、正の屈折力の第3aレンズ成分、負の屈折力の第3bレンズ成分、正の屈折力の第3cレンズ成分より構成し、第3bレンズ成分で像ぶれ補正を行ったズームレンズを開示している。特許文献2ではズーミングに際して、第2、第4レンズ群が移動している。そして第3レンズ群を物体側から像側へ順に、正の屈折力の第3a群、負の屈折力の第3b群、正の屈折力の第3c群より構成し、第3b群で像ぶれを補正したズームレンズを開示している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開2011-170086号公報

【特許文献2】特開2008-224895号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

全系が小型で高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズを得るにはズームレンズを構成するレンズ群の数や各レンズ群の屈折力、そしてズーミングに伴うレンズ群の移動条件等のズームタイプを適切に設定することが重要になってくる。一方、防振のために、ズームレンズの一部のレンズ部を防振レンズ部として光軸に対して垂直方向に移動し、偏心させる像ぶれ補正方法は、防振が比較的容易である。

【0007】

しかしながら、防振レンズ部の選択が不適切であると防振レンズ部が大型化及び高重量になってくる。防振レンズ部の光学部品の重量が増加すると、それを動作させるのに大きな駆動力を持つ駆動源を採用しなければならない。この結果、駆動源を含めた光学系ユニット全体が大型化し、重量が増加してくる。また、防振レンズ部の重量が増加すると、防振動作の応答性が低下し、迅速な防振制御が困難となり、不自然な動作や、滑らかでない動作、防振動作の遅延などが発生してくる。

【0008】

特許文献1のズームレンズでは、第3レンズ群の一部の防振レンズ部によって像ぶれの抑制を行っている。防振レンズ部は全系のなかでは比較的小型であるが、像面の大きさと比較すると防振レンズ部の有効径が大きく防振レンズ部が大型化及び高重量化する傾向があった。特許文献2のズームレンズも、第3レンズ群の一部の防振レンズ部によって像ぶ

れの抑制を行っている。防振レンズ部は全系のなかでは比較的小型であるが、像面の大きさに比較し、全系のレンズ全長、及び有効径が大きく、また防振レンズ部の有効径も大きく全体として大型化する傾向があった。

【0009】

本発明は、全系が小型で、高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、像ぶれ補正が容易なズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、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ように3つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

前記第3レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第3a群、負の屈折力の第3b群、正の屈折力の第3c群から構成され、像ぶれ補正に際して、前記第3b群は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動し、

望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$5.0 < f_t / f_3 < 10.0$$

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】

【0011】

本発明によれば、全系が小型で、高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、像ぶれ補正が容易なズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの縦収差図

【図3】実施例1のズームレンズの防振の際の横収差図

【図4】実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図5】実施例2のズームレンズの縦収差図

【図6】実施例2のズームレンズの防振の際の横収差図

【図7】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図8】実施例3のズームレンズの縦収差図

【図9】実施例3のズームレンズの防振の際の横収差図

【図10】実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図11】実施例4のズームレンズの縦収差図

【図12】実施例4のズームレンズの防振の際の横収差図

【図13】実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図14】実施例5のズームレンズの縦収差図

【図15】実施例5のズームレンズの防振の際の横収差図

【図16】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群より構成されている。そして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3つ以上のレンズ群が移動する。

【0014】

第3レンズ群は、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力の第3a群、負の屈折

力の第3b群、正の屈折力の第3c群から構成されている。そして像ぶれ補正に際して、第3b群は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動する。ここで、第3b群は防振機能を有する防振レンズ群である。

【0015】

図1は実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図2(A)、(B)、(C)は実施例1のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端(短焦点距離端)、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図3は実施例1の望遠端において0.3度の像ぶれ補正を行ったときの横収差図である。実施例1はズーム比3.45、Fナンバー4.50~6.45のズームレンズである。

【0016】

図4は実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図5(A)、(B)、(C)は実施例2のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図6は実施例2の望遠端において0.3度の像ぶれ補正を行ったときの横収差図である。実施例2はズーム比3.45、Fナンバー4.50~6.45のズームレンズである。

【0017】

図7は実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図8(A)、(B)、(C)は実施例3のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図9は実施例3の望遠端において0.3度の像ぶれ補正を行ったときの横収差図である。実施例3はズーム比3.45、Fナンバー4.46~6.45のズームレンズである。

【0018】

図10は実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図11(A)、(B)、(C)は実施例4のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図12は実施例4の望遠端において0.3度の像ぶれ補正を行ったときの横収差図である。実施例4はズーム比3.45、Fナンバー4.44~6.45のズームレンズである。

【0019】

図13は実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図14(A)、(B)、(C)は実施例5のズームレンズの無限遠物体にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図15は実施例5の望遠端において0.3度の像ぶれ補正を行ったときの横収差図である。実施例5はズーム比3.45、Fナンバー4.50~6.45のズームレンズである。図16は本発明のズームレンズを備えるビデオカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0020】

レンズ断面図において、B1は正の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)の第1レンズ群、B2は負の屈折力の第2レンズ群、B3は正の屈折力の第3レンズ群、LRは1つ以上のレンズ群を有する後群である。図1、図4、図10、図13の実施例1、2、4、5において後群LRは負の屈折力の第4レンズ群B4より構成されている。図7の実施例3において後群LRは負の屈折力の第4レンズ群B4と正の屈折力の第5レンズ群B5より構成されている。

【0021】

各実施例において、レンズ群とは、ズーミングの際に変化する光軸方向に沿った間隔によって分けられるレンズ部分をいう。第3レンズ群B3は正の屈折力の第3a群B3a、負の屈折力の第3b群B3b、正の屈折力の第3c群B3cより構成されている。第3b群B3bを光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることで、像ぶれを補正している。即ち防振を行っている。

【0022】

なお、防振のための移動としては光軸上のある点を回転中心とした揺動(回転移動)でも良い。光軸と垂直方向の成分を持つ方向に防振用の第3b群B3bを移動させれば、像

の面内での移動が可能となる。第4レンズ群B4は最も広い空気間隔を境に負の屈折力の第4a群B4aと負の屈折力の第4b群B4bより構成されている。

【0023】

GBは光学フィルター、フェースプレート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、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。SPは開放Fナンバー光束を制限する開口絞りであり、第3a群B3a中に設けている。

【0024】

球面収差図において実線はd線、二点鎖線はg線である。非点収差図において破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。Fn0はFナンバー、　は半画角（度）である。横収差図においては、第3b群B3bの防振時の垂直方向の移動量が、撮像装置に0.3度のブレが発生した際の補正量に相当する量、移動させたときを示している。横収差図においてはHGTに示す数値は、軸外の像高に相当し、+7mmは図の上側に相当し、-7mmは図の下側に相当する。横収差図はd線によって表している。

【0025】

横収差図において実線はメリディオナル方向、点線はサジタル方向である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端のズーム位置とは変倍用のレンズ群が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0026】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。図1、図10の実施例1、4のレンズ断面図において、B1は正の屈折力の第1レンズ群、B2は負の屈折力の第2レンズ群、B3は正の屈折力の第3レンズ群、B4は負の屈折力の第4レンズ群である。第3レンズ群B3は正の屈折力の第3a群B3a、負の屈折力の第3b群B3b、正の屈折力の第3c群B3cより構成されている。第3b群B3bを光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることで像ぶれを補正している。即ち、第3b群B3bは防振機能を有する防振レンズ部である。

【0027】

第4レンズ群B4は、最も広い空気間隔を境に負の屈折力の第4a群B4aと負の屈折力の第4b群B4bより構成されている。無限遠にフォーカスしているときは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ群が実線の矢印で示す移動軌跡で移動する。具体的には、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、第1レンズ群B1、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3、第4群レンズ群B4が物体側へ移動する。

【0028】

第4レンズ群B4を構成する第4a群B4aは移動軌跡4a1で移動し、第4b群B4bは移動軌跡4bで移動する。ここで移動軌跡4a1と移動軌跡4bは同じ軌跡である。これにより、全系が小型でありながら十分なズーム比と高い光学性能を得ている。無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第4a群B4aは矢印4cの如く像側へ移動する。近距離にフォーカスしているときは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第4a群B4aが点線で示す移動軌跡4a2の如く物体側へ移動する。

【0029】

図4の実施例2のズームレンズの各レンズ群の数及び各レンズ群の屈折力は実施例1と同じである。第3レンズ群B3のレンズ構成、第4レンズ群B4のレンズ構成も実施例1と同じである。実施例2はズーミングに際して第2レンズ群B2が不動である点が実施例1と異なっている。

【0030】

実施例2では、ズーミングに際して第1レンズ群B1、第3レンズ群B3、第4レンズ群B4を移動させ、第2レンズ群B2を不動としながらも全系が小型でありながら十分な

ズーム比と高い光学性能を得ている。フォーカシングに関する構成は実施例1と同じである。第4レンズ群B4を構成する第4a群B4aと第4b群B4bのズーミングにおける移動条件は実施例1と同じである。

【0031】

図7の実施例3のレンズ断面図において、B1は正の屈折力の第1レンズ群、B2は負の屈折力の第2レンズ群、B3は正の屈折力の第3レンズ群、B4は負の屈折力の第4レンズ群、B5は正の屈折力の第5レンズ群である。第3レンズ群B3のレンズ構成及び第3b群B3bで像ぶれ補正をする構成は実施例1と同じである。第4レンズ群B4のレンズ構成及び第4a群B4aでフォーカシングする構成も実施例1と同じである。第5レンズ群B5は1つの正レンズより構成されている。

【0032】

無限遠にフォーカスしているときは、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B1乃至第4レンズ群B4が実線の矢印で示す移動軌跡で移動する。ズーミングに際して第5レンズ群B5は不動である。ズーミングに際して、第1レンズ群B1、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3、第4レンズ群B4を光軸に沿って移動させることで全系が小型でありながら十分なズーム比と高い光学性能を得ている。フォーカシングに関する構成は実施例1と同じである。第4レンズ群B4を構成する第4a群B4aと第4b群B4bのズーミングにおける移動条件は実施例1と同じである。

【0033】

図13の実施例5のレンズ断面図において、B1は正の屈折力の第1レンズ群、B2は負の屈折力の第2レンズ群、B3は正の屈折力の第3レンズ群、B4は負の屈折力の第4レンズ群である。第3レンズ群B3のレンズ構成及び第3b群B3bで像ぶれ補正をする構成は実施例1と同じである。第4レンズ群B4は最も広い空気間隔を境に負の屈折力の第4a群B4aと正の屈折力の第4b群B4bより構成されている。

【0034】

即ち、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、第1レンズ群B1、第2レンズ群B2、第3レンズ群B3、第4レンズ群B4が移動する。これにより全系が小型でありながら十分なズーム比と高い光学性能を得ている。フォーカシングに関する構成は実施例1と同じである。第4レンズ群B4を構成する第4a群B4aと第4b群B4bのズーミングにおける移動条件は実施例1と同じである。

【0035】

本発明のズームレンズは、全系が小型でありながら十分なズーム比を確保しつつ、諸収差の補正を良好に行うために、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レンズ群と1つ以上のレンズ群を含む後群より構成される。第3レンズ群B3を構成する一部のレンズ部で像ぶれ補正(防振)を行うことで、高い光学性能でありながら、像ぶれ補正用のレンズ部の小型化及び全系の小型化を図っている。

【0036】

第3レンズ群B3の最も物体側に正の屈折力の第3a群B3aを配置して、第3a群B3aより像側の軸上光束を収斂させて入射高さを低くし、軸外光線の入射高さも低くしている。このとき、第3a群B3aの像側のレンズ部が全系のなかで、レンズ有効径が比較的小さくなる。

【0037】

そこで、第3a群B3aより像側の第3b群B3bを像ぶれ補正のため光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させるようにして、像ぶれ補正用のレンズ部の小型化を図っている。また、第3b群B3bを負の屈折力とし、第3b群B3bの像側に正の屈折力の第3c群B3cを配置して、第3b群B3bの負の屈折力を像ぶれ補正に適した所望の値に設定し易くしながら、収差補正を良好に行っている。

【0038】

以上のように本発明のズームレンズは、第3レンズB3を全体として、物体側より像側

へ順に、正の屈折力の第3a群B3a、負の屈折力を有する第3b群B3b、正の屈折力の第3c群B3cで構成している。これにより、第3レンズ群B3内は収斂レンズ部と発散レンズ部を組みあわせた対称的な屈折力配置となり、特にズーミングに伴う収差変動を効果的に抑制している。そしてズーミングに際して少なくとも3つのレンズ群が光軸上を移動することで、全系の小型化と高ズーム比化を図っている。

【0039】

各実施例において、第3レンズ群B3の焦点距離をf3、望遠端における全系の焦点距離をftとするとき、以下の条件式(1)を満足している。

$$5.0 < f_t / f_3 < 10.0 \quad \dots (1)$$

【0040】

条件式(1)は、第3レンズ群B3の焦点距離に対する望遠端における全系の焦点距離の比を適切に定めるものである。条件式(1)の上限を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が小さくなると、所望の防振効果や変倍効果が容易に得られるが、望遠端において球面収差が増大し、この補正が困難となる。条件式(1)の下限を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が大きくなると、第3レンズ群B3での光線を収斂させる効果が少なくなり、第3b群B3bの有効径が大型化し、防振用の第3b群B3bの小型化が困難になる。

【0041】

以上のように本発明によれば、防振用の第3b群B3bが小型、軽量であり、かつ全系が小型かつ高性能で十分なズーム比を有するズームレンズが得られる。これによってメカ機構を含む全系を小型化しながら防振機能を兼ね備える撮像装置が容易に得られる。各実施例において更に好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

【0042】

第3a群B3aの焦点距離をf3a、第3b群B3bの焦点距離をf3b、第3c群B3cの焦点距離をf3cとする。第1レンズ群B1の焦点距離をf1、第2レンズ群B2の焦点距離をf2とする。広角端におけるバックフォーカスをskwとする。望遠端におけるレンズ全長をTLとする。ここでレンズ全長は第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカス(最終レンズ面から像面までの空気換算での距離)を加えたものである。このとき、次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

【0043】

$$\begin{aligned} 0.5 < f_{3a} / |f_{3b}| &< 1.2 & \dots (2) \\ 0.6 < f_{3a} / f_3 &< 1.3 & \dots (3) \\ 0.6 < |f_{3b}| / f_3 &< 1.6 & \dots (4) \\ 0.08 < |f_{3b}| / f_{3c} &< 1.40 & \dots (5) \\ 0.9 < f_3 / skw &< 2.0 & \dots (6) \\ 0.6 < |f_2| / skw &< 2.0 & \dots (7) \\ 0.05 < |f_2| / ft &< 0.15 & \dots (8) \\ 0.2 < f_1 / ft &< 0.8 & \dots (9) \\ 0.68 < TL / ft &< 0.85 & \dots (10) \end{aligned}$$

【0044】

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、防振用の第3b群B3bの焦点距離に対する第3a群B3aの焦点距離の比を適切に定めるものである。条件式(2)の上限を超えて、第3a群B3aの焦点距離が大きくなりすぎると、第3a群B3aによって光線を収斂させる効果が少なくなり、第3b群B3bの有効径が大型化し好ましくない。条件式(2)の下限を超えて、第3a群B3aの焦点距離が小さくなりすぎると、光線を収斂させる効果は増大するが、望遠端において球面収差が増大し、この補正が困難となる。

【0045】

条件式(3)は第3レンズ群B3の焦点距離に対する第3a群B3aの焦点距離の比を適切に定めたものである。条件式(3)の上限を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が小さくなりすぎると、望遠端において球面収差が増大し、この抑制が困難となる。条件式

(3)の下限を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が大きくなりすぎると、所望の変倍作用を得るのが難しくなり、ズーミングに際しての移動レンズ群の移動量が増大し、全系が大型化してくるので良くない。

【0046】

条件式(4)は第3レンズ群B3の焦点距離に対する防振用の第3b群B3bの焦点距離の比を適切に定めたものである。条件式(4)の上限を超えて、第3b群B3bの焦点距離の絶対値が大きくなりすぎると、防振用のレンズ部としての効果が少なくなり、防振時の第3b群B3bの移動量が大きくなり、第3b群B3bが大型化してくるので良くない。条件式(4)の下限を超えて、第3b群B3bの焦点距離の絶対値が小さくなりすぎると、防振用のレンズ部としての効果は増加するが、防振時において像面湾曲等の諸収差の変動が大きくなり好ましくない。

【0047】

条件式(5)は防振用の第3b群B3bと第3c群B3cの焦点距離の比を適切に定めたものである。条件式(5)の上限を超えて、第3c群B3cの焦点距離の絶対値が小さくなりすぎると、ズーミングにおける軸上色収差の変動が大きくなる。これを補正するためには、第3c群B3cのレンズ枚数を増加させなければならず、全系の小型化が困難になる。条件式(5)の下限を超えて、第3b群B3bの焦点距離が小さくなりすぎると、防振に際しての効果は増大するが、防振時の像面湾曲等の諸収差の変動が大きくなり好ましくない。

【0048】

条件式(6)は第3レンズ群B3の焦点距離と広角端におけるバックフォーカスとの比を適切に定めたものである。条件式(6)の上限を超えて、第3レンズ群B3の焦点距離が大きくなりすぎると、ズーミングに際して球面収差や像面湾曲の変動が大きくなり、これらの収差の補正が困難となる。条件式(6)の下限を超えて、バックフォーカスが大きくなりすぎると、全系の小型化が困難になる。

【0049】

条件式(7)は第2レンズ群B2の焦点距離と広角端におけるバックフォーカスとの比を適切に定めたものである。条件式(7)の上限を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離の絶対値が大きくなりすぎると、所望の変倍効果を得るのが難しくなり、ズーミングに際しての移動レンズ群の移動量を増加させなければならず、全系の小型化が困難になる。条件式(7)の下限を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離の絶対値が小さくなりすぎると、ズーミングに際して像面湾曲の変動が増大し、また広角端において歪曲収差が増大し、この補正が困難となる。

【0050】

条件式(8)は第2レンズ群B2の焦点距離と望遠端における全系の焦点距離との比を適切に定めたものである。条件式(8)の上限を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離の絶対値が大きくなりすぎると、所望のズーム比を得るのが困難となり、高ズーム比化を図るにはレンズ全長を長くしなければならず、全系の小型化が困難になる。条件式(8)の下限を超えて、第2レンズ群B2の焦点距離の絶対値が小さくなりすぎると、ズーミングに際しての像面湾曲の変動が大きくなり、また広角端において歪曲収差が増大し、この補正が困難となる。

【0051】

条件式(9)は第1レンズ群B1の焦点距離と望遠端における全系の焦点距離との比を適切に定めたものである。条件式(9)の上限を超えて、第1レンズ群B1の焦点距離が大きくなりすぎると、所望の全系焦点距離を得難くなり、全長を長くしなければならず全系の小型化が困難になる。条件式(9)の下限を超えて、第1レンズ群B1の焦点距離が小さくなりすぎると、望遠端において軸上色収差や球面収差が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0052】

条件式(10)は望遠端におけるレンズ全長と望遠端における全系の焦点距離との比を

適切に定めたものである。条件式(10)の範囲を外れると全系の小型化が困難になる。更に好ましくは条件式(1a)乃至(10a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0053】

5.5 < f _t / f ₃ < 9.0	... (1a)
0.65 < f _{3a} / f _{3b} < 1.0	... (2a)
0.75 < f _{3a} / f ₃ < 1.00	... (3a)
0.8 < f _{3b} / f ₃ < 1.3	... (4a)
1.00 < f _{3b} / f _{3c} < 1.35	... (5a)
1.10 < f ₃ / s _{kw} < 1.80	... (6a)
1.0 < f ₂ / s _{kw} < 1.5	... (7a)
0.08 < f ₂ / f _t < 0.14	... (8a)
0.3 < f ₁ / f _t < 0.6	... (9a)
0.7 < T _L / f _t < 0.8	... (10a)

更に好ましくは条件式(1)乃至(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0054】

6.8 < f _t / f ₃ < 7.9	... (1b)
0.72 < f _{3a} / f _{3b} < 0.87	... (2b)
0.86 < f _{3a} / f ₃ < 0.91	... (3b)
1.02 < f _{3b} / f ₃ < 1.20	... (4b)
1.18 < f _{3b} / f _{3c} < 1.32	... (5b)
1.41 < f ₃ / s _{kw} < 1.62	... (6b)
1.2 < f ₂ / s _{kw} < 1.4	... (7b)
0.10 < f ₂ / f _t < 0.14	... (8b)
0.44 < f ₁ / f _t < 0.50	... (9b)
0.71 < T _L / f _t < 0.77	... (10b)

【0055】

以上のように各実施例では、各レンズ群のレンズ構成、屈折力配置による変倍負担を適切に設定することにより、広画角でありながら、高い結像性能を有すズームレンズを得ている。

【0056】

各実施例において、好ましくはズーミングに際しては、少なくとも3つのレンズ群が光軸上を移動することが好ましい。特に第1レンズ群B1を移動させるのが良く、これによればズーミングに際しての収差変動を良好に補正することが容易となる。しかも第1レンズ群B1をズーミングに際しての軸外光線の入射高さに合わせた最小のレンズ有効径とすることができるため、第1レンズ群B1の小型化が容易となる。

【0057】

また、ズーミングに際して第3レンズ群B3を含む、少なくとも3つのレンズ群が光軸上を移動することが好ましい。特に開口絞りSPを含む第3レンズ群B3を移動させることで、周辺光量を適切に確保しながら第3b群B3bの有効径を最小とすることが容易となる。

【0058】

また、ズーミングに際して全てのレンズ群が移動するのが良く、これによれば全系の小型化と良好な収差補正が容易になる。また広角端から望遠端へのズーミングに際して全てのレンズ群が物体側へのみ移動するのが良い。これによればメカ機構等が簡易となり製造誤差等の影響を受けづらくなるため、高画質の維持のために良い。また、防振機能を有する第3b群B3bは、正の屈折力を有するレンズ(正レンズ)と負の屈折力を有するレンズ(負レンズ)を少なくとも1枚ずつ備えることが良い。

【0059】

これによれば防振時の色収差の補正を良好に行うことが容易になる。また防振の際の偏心収差の発生を少なくすることが容易になる。更に第3b群B3bの小型化が容易になる

。また、第3レンズ群B3よりも像側に配置される1つ以上のレンズ群を有する後群は、合成で負の屈折力とするのが良い。これによれば射出瞳を任意の距離に短くしやすく、レンズ全長を短くするのが容易になる。

【0060】

各実施例においては、第3a群B3a内の像側寄りに開口絞りSPを配置することが好ましい。第3b群B3b側に開口絞りSPを配置すると、軸外光線の入射高さが第3b群B3b近傍で低くなることから第3b群B3bの有効径を小さくすることが容易となり、防振用の第3b群B3bの小型化が容易になる。第3a群B3aによる軸上光線の収斂効果を高めつつ、球面収差の補正を良好に行うためには、第3a群B3aを物体より像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズ、開口絞りSPで構成する。更に最も像側に非球面形状のレンズ面を有するレンズを配置することが良い。

【0061】

第3a群B3aの物体側に強い正の屈折力を持つ正レンズを配置することで軸上光線の収斂効果を高くすることが容易となり、開口絞りSPを第3a群B3aの像側へ配置する。これにより、第3b群B3b側で軸外光線の入射高さを低くし、第3b群B3bの小型化が容易になる。さらに開口絞りSP近傍の位置は、軸上光線の入射高さ自体が高く、かつ軸外光線の入射高さも近くなり略同位置を通過する。このため、そこへ非球面を有するレンズを配置することで軸上光線による球面収差と軸外光線によるコマ収差を同時に良好に補正するこが容易になる。

【0062】

なお、各実施例は、物体側より像側へ順に、正、負、正の屈折力の第1レンズ群B1乃至第3レンズ群B3を配置している。そして第3レンズ群B3よりも像側に負の屈折力のレンズ群、または順に負の屈折力のレンズ群と、正の屈折力のレンズ群を配置しているが、第3レンズ群B3より像側の構成についてはこれに限られず任意のレンズ構成でも良い。各実施例では第4レンズ群B4は、物体側に強い負の屈折力を持つ第4a群B4aを備え、これを像側へ移動させることで無限遠から近距離へのフォーカシングを行っているが、第1レンズ群B1など他のレンズ群でフォーカシングを行っても良い。

【0063】

図16において20はカメラ本体、21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。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）である。尚、各実施例のズームレンズはクイックリターンミラーのある一眼レフカメラやクイックリターンミラーのないミラーレスの一眼レフカメラにも適用できる。

【0064】

以下に、実施例1～5に各々対応する数値実施例1～5を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順番を示し、riは第i番目（第i面）の曲率半径、diは第i面+1面との間の間隔、ndi、diはそれぞれd線を基準とした第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。また、数値実施例1～5では最も像側の2つの面は光学ブロックに相当する平面である。非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてXとする。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, A12を各々非球面係数とする。このとき

【0065】

【数1】

$$X = \frac{H^2 R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12}$$

【0066】

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。半画角は光線追跡値による半画角を示す。BFはバックフォーカスであり、撮像面側のセンサのフェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロックを除い

た最終レンズ面から結像面位置までの空気換算距離である。前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0067】

[実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	47.579	3.00	1.48749	70.2
2	187.623	0.20		
3	72.401	1.50	1.80610	40.9
4	32.025	5.20	1.48749	70.2
5	-270.270	(可変)		
6	-108.486	0.90	1.72000	50.2
7	16.905	2.70	1.84666	23.9
8	41.931	2.01		
9	-34.559	0.90	1.77250	49.6
10	270.270	(可変)		
11	21.716	3.60	1.66672	48.3
12	-147.608	1.90		
13	16.044	5.00	1.49700	81.5
14	-65.374	0.90	1.84666	23.9
15	32.233	2.90		
16(絞り)		3.10		
17*	98.001	2.20	1.58313	59.4
18*	5000.000	3.50		
19	-74.987	1.50	1.80610	33.3
20	-18.582	0.60	1.69350	53.2
21	24.830	3.00		
22	18.004	2.80	1.48749	70.2
23	-32.642	(可変)		
24	258.313	0.60	1.69680	55.5
25	11.294	2.00	1.54072	47.2
26	29.836	12.62		
27	-28.543	3.30	1.76200	40.1
28	-13.619	1.00	1.51633	64.1
29	-72.548	(可変)		
30		1.50	1.54400	60.0
31		1.73		

像面

【0068】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.46980e-005 A 6= 6.83135e-007
A 8= 6.66992e-009 A10=-5.06108e-011 A12=-9.57784e-014

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.14298e-005 A 6= 1.13094e-006
A 8= 6.67895e-009

各種データ

ズーム比	3.45	広角	中間	望遠
焦点距離	56.60	134.00	195.00	
Fナンバー	4.50	5.70	6.45	
半画角(度)	13.57	5.82	4.01	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	103.39	130.12	144.77	
BF	17.70	28.38	40.78	
d5	1.40	26.09	34.14	
d10	15.35	4.17	0.80	
d23	2.00	4.54	2.10	
d29	15.00	25.68	38.08	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	93.52
2	6	-21.90
3	11	26.02
4a	24	-33.93
4b	27	-4057.03

【0069】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	48.119	3.00	1.48749	70.2
2	201.498	0.20		
3	71.951	1.50	1.80610	40.9
4	31.860	5.20	1.48749	70.2
5	-285.518	(可変)		
6	-92.574	0.90	1.72000	50.2
7	18.111	2.70	1.84666	23.9
8	46.952	1.80		
9	-45.312	0.90	1.77250	49.6
10	210.852	(可変)		
11	21.200	3.60	1.66672	48.3
12	-322.417	1.90		
13	16.414	5.00	1.49700	81.5
14	-83.325	0.90	1.84666	23.9
15	28.101	2.90		
16(絞り)		3.10		
17*	107.117	2.20	1.58313	59.4
18*	5000.000	3.50		
19	-62.876	1.50	1.80610	33.3
20	-17.814	0.60	1.69350	53.2

21	25.410	3.02		
22	18.605	2.80	1.48749	70.2
23	-29.243	(可变)		
24	783.879	0.60	1.69680	55.5
25	11.627	2.00	1.54072	47.2
26	33.610	13.36		
27	-36.199	3.30	1.76200	40.1
28	-14.492	1.00	1.51633	64.1
29	-221.311	(可变)		
30		1.50	1.54400	60.0
31		1.78		

像面

【 0 0 7 0 】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.53570e-005 A 6= 4.03139e-007
 A 8= 1.22767e-008 A10=-1.35636e-010 A12= 4.42450e-013

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.91706e-005 A 6= 8.53290e-007
 A 8= 1.09231e-008

各種データ

ズーム比	3.45	広角	中間	望遠
焦点距離	56.58	135.17	195.00	
Fナンバー	4.50	6.15	6.45	
半画角(度)	13.57	5.77	4.01	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	109.34	131.70	141.69	
BF	17.75	30.08	37.43	
d 5	1.53	23.89	33.88	
d10	20.58	5.87	0.80	
d23	2.00	4.38	2.10	
d29	15.00	27.33	34.68	

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	93.61
2	6	-24.71
3	11	28.18
4a	24	-34.63
4b	27	-1000.00

【 0 0 7 1 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	48.766	3.00	1.51633	64.1
2	212.962	0.20		
3	70.883	1.50	1.80400	46.6
4	31.184	5.20	1.49700	81.5
5	-375.597	(可変)		
6	-138.738	0.90	1.69680	55.5
7	16.208	2.70	1.84666	23.8
8	36.944	2.05		
9	-36.879	0.90	1.83400	37.2
10	199.896	(可変)		
11	24.320	3.60	1.80610	33.3
12	-227.270	1.90		
13	14.148	5.00	1.49700	81.5
14	-347.930	0.90	1.92286	18.9
15	25.659	2.90		
16(絞り)		3.10		
17*	142.182	2.20	1.85400	40.4
18*	5000.000	3.50		
19	-102.959	1.50	1.92286	18.9
20	-29.036	0.60	1.74950	35.3
21	23.182	3.00		
22	15.754	2.80	1.49700	81.5
23	-42.810	(可変)		
24	354.884	0.60	1.80610	40.9
25	11.854	2.00	1.51823	58.9
26	35.655	10.51		
27	-31.777	3.30	2.00100	29.1
28	-14.648	1.00	1.60311	60.6
29	-333.333	(可変)		
30	-199.416	2.00	1.84666	23.8
31	-54.977	15.00		
32		1.50	1.54400	60.0
33		1.73		

像面

【0 0 7 2】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.63820e-005 A 6= 1.13035e-006
 A 8= 6.99966e-009 A10=-3.11259e-011 A12=-6.86937e-013

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.72363e-005 A 6= 1.54569e-006
 A 8= 9.36013e-009

各種データ

ズーム比 3.45

広角 中間 望遠

焦点距離	56.60	136.00	195.00
Fナンバー	4.46	5.63	6.45
半画角(度)	13.57	5.74	4.01
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	103.39	131.62	145.39
BF	17.70	17.70	17.70

d 5	1.33	25.77	32.43
d10	14.51	4.23	0.80
d23	2.00	3.94	2.62
d29	1.00	13.12	24.99

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	90.39
2	6	-21.56
3	11	25.05
4a	24	-27.07
4b	27	-980.27
5	30	89.08

【0 0 7 3】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	47.999	3.00	1.51633	64.1
2	199.205	0.20		
3	79.213	1.50	1.80400	46.6
4	32.093	5.20	1.49700	81.5
5	-264.415	(可変)		
6	-114.148	0.90	1.71300	53.9
7	17.305	2.70	1.84666	23.8
8	45.783	2.21		
9	-37.834	0.90	1.83400	37.2
10	207.695	(可変)		
11	22.376	3.60	1.80610	33.3
12	-1211.448	1.90		
13	15.765	5.00	1.49700	81.5
14	-118.529	0.90	1.92286	18.9
15	24.712	2.90		
16(絞り)		3.10		
17*	81.614	2.20	1.85400	40.4
18*	5000.000	3.50		
19	-1110.863	0.60	1.91082	35.3
20	15.810	1.70	1.92286	18.9
21	28.812	3.00		
22	18.361	2.80	1.49700	81.5
23	-32.586	(可変)		

24	27.025	2.00	1.80809	22.8
25	-44.006	0.60	2.00330	28.3
26	17.052	11.54		
27	-22.892	3.30	2.00100	29.1
28	-13.107	1.00	1.60311	60.6
29	-63.930	(可変)		
30		1.50	1.54400	60.0
31		1.73		

像面

【 0 0 7 4 】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.58448e-005 A 6= 4.20856e-007
 A 8= 8.60004e-009 A10= 3.74105e-012 A12=-5.30209e-013

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.52431e-006 A 6= 6.99599e-007
 A 8= 1.00569e-008

各種データ

ズーム比	3.45	広角	中間	望遠
焦点距離	56.60	136.00	195.00	
Fナンバー	4.44	5.73	6.45	
半画角(度)	13.57	5.74	4.01	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	103.39	132.71	143.37	
BF	17.70	32.64	41.48	
d 5	1.36	25.98	32.73	
d10	16.08	5.54	0.80	
d23	2.00	2.29	2.10	
d29	15.00	29.95	38.78	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	93.59
2	6	-22.65
3	11	26.44
4a	24	-32.44
4b	27	-1000.00

【 0 0 7 5 】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	47.892	3.00	1.48749	70.2

2	194.405	0.20		
3	71.819	1.50	1.80610	40.9
4	32.118	5.20	1.48749	70.2
5	-273.637	(可変)		
6	-117.859	0.90	1.72000	50.2
7	16.693	2.70	1.84666	23.9
8	40.553	2.08		
9	-32.797	0.90	1.77250	49.6
10	321.397	(可変)		
11	21.917	3.60	1.66672	48.3
12	-137.271	1.90		
13	15.585	5.00	1.49700	81.5
14	-73.772	0.90	1.84666	23.9
15	30.304	2.90		
16(絞り)		3.10		
17*	89.177	2.20	1.58313	59.4
18*	5000.000	3.50		
19	-77.256	1.50	1.80610	33.3
20	-18.820	0.60	1.69350	53.2
21	24.634	3.00		
22	17.658	2.80	1.48749	70.2
23	-34.750	(可変)		
24	289.119	0.60	1.69680	55.5
25	11.213	2.00	1.54072	47.2
26	29.096	12.89		
27	-28.990	3.30	1.76200	40.1
28	-13.622	1.00	1.51633	64.1
29	-63.329	(可変)		
30		1.50	1.54400	60.0
31		1.73		

像面

【0 0 7 6】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.81267e-005 A 6= 6.56231e-007
 A 8= 8.85959e-009 A10=-5.44212e-011 A12=-1.28510e-013

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.90566e-005 A 6= 1.12847e-006
 A 8= 8.62328e-009

各種データ

ズーム比	3.45	広角	中間	望遠
焦点距離	56.60	134.14	195.00	
Fナンバー	4.50	5.64	6.45	
半画角(度)	13.57	5.81	4.01	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	103.39	130.72	145.39	

BF	17.70	28.68	41.48
d 5	1.35	26.25	33.75
d10	15.08	4.27	0.80
d23	2.00	4.25	2.10
d29	15.00	25.98	38.78

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	92.51
2	6	-21.51
3	11	25.76
4a	24	-32.96
4b	27	812.18

【0 0 7 7】

【表1】

条件式		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1)	$ft/f3$	7.495	6.920	7.783	7.375	7.570
(2)	$f3a/ f3b $	0.749	0.857	0.771	0.758	0.740
(3)	$f3a/f3$	0.876	0.892	0.865	0.893	0.875
(4)	$ f3b /f3$	1.170	1.041	1.123	1.178	1.182
(5)	$ f3b /f3c$	1.255	1.234	1.195	1.294	1.246
(6)	$f3/skw$	1.470	1.588	1.416	1.494	1.455
(7)	$ f2 /skw$	1.237	1.392	1.218	1.280	1.216
(8)	$ f2 /ft$	0.112	0.127	0.111	0.116	0.110
(9)	$f1/ft$	0.480	0.480	0.464	0.480	0.474
(10)	TL/ft	0.746	0.730	0.749	0.738	0.749

【符号の説明】

【0 0 7 8】

B 1 第1レンズ群

B 2 第2レンズ群

B 3 第3レンズ群

B 4 第4レンズ群

B 3 a 第3a群

B 3 b 第3b群

B 3 c 第3c群