

【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27年8月27日(2015.8.27)

【公開番号】特開2014-21258(P2014-21258A)

【公開日】平成26年2月3日(2014.2.3)

【年通号数】公開・登録公報2014-006

【出願番号】特願2012-159442(P2012-159442)

【国際特許分類】

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

【F I】

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/18

【手続補正書】

【提出日】平成27年7月9日(2015.7.9)

【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】

物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、ズーミングに際して各レンズ群が移動し、ズーミング及びフォーカシングの少なくとも一方のために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、

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して前記第3レンズ群が物体側へ移動し、

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、望遠端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12t} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$-1.50 < f_t / f_{12t} < -0.05$$

$$-1.20 < (f_w \times f_t) / f_3 < -0.20$$

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 f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$-1.00 < f_1 / f_2 < -0.10$$

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】

広角端における前記第3レンズ群の近軸横倍率を $3w$ 、望遠端における前記第3レンズ群の近軸横倍率を $3t$ とするとき、

$$0.005 < (3w)^2 < 0.200$$

$$0.010 < (3t)^2 < 0.200$$

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3レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を r_{3a} 、前記第3レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径を r_{3b} とするとき、

$$0.20 < (r_{3b} - r_{3a}) / (r_{3a} + r_{3b}) < 2.00$$

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】

広角端における前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の空気間隔を D_{2w} 、広角端における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の空気間隔を D_{3w} 、望遠端における前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の空気間隔を D_{2t} 、望遠端における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の空気間隔を D_{3t} とするとき、

$$0.05 < D_{3w} / D_{2w} < 0.80$$

$$0.05 < D_{3t} / D_{2t} < 0.80$$

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】

広角端における前記第 4 レンズ群の近軸横倍率を $4w$ 、望遠端における前記第 4 レンズ群の近軸横倍率を $4t$ とするとき、

$$0.60 < (4t \times f_w) / (4w \times f_t) < 1.40$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 4 レンズ群は開口絞りを有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 レンズ群は 1 枚の正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$0.10 < f_w / f_2 < 0.40$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 3 レンズ群は 1 枚の負レンズからなり、

$$0.20 < |f_w / f_3| < 0.60$$

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】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡を描いて移動し、前記第 2 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群は物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 4 レンズ群の像側に正の屈折力の第 5 レンズ群が配置されてい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 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群は、ズーミングに際して同じ軌跡で移動することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項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。

【請求項 14】

前記第 3 レンズ群を光軸方向に移動させてデフォーカス方向を検知するデフォーカス方向検知手段と、前記撮像素子で得られた画像情報に基づいて、合焦状態における前記第 3 レンズ群の位置を演算する演算手段を有することを特徴とする請求項 13 に記載の撮像装置。

【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、ズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、T V カメラ、あるいは監視カメラ等のように、撮像素子を用いた撮像装置に好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に用いる撮影光学系としては、レンズ全長が短くコンパクト（小型）でしかも広画角、高ズーム比で高性能（高解像力）なズームレンズであることが要求されている。全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型（負先行型）のズームレンズが知られている。

【0003】

一方、近年多くの撮像装置にはオートフォーカス（A F）装置が搭載されている。一眼レフカメラ等に用いられる撮影光学系では、高速かつ高精度なオートフォーカスを達成するべく、フォーカスレンズ群を小型軽量化することが強く要望されている。また、近年、一眼レフカメラにおいて動画撮影機能を有することが要望されており、A F方式としては動画撮影中に、画像のコントラストをリアルタイムで判定しながら合焦動作を行う、所謂コントラスト検出 A F方式が用いられている。

【0004】

コントラスト検出 A Fでは、フォーカスレンズ群を光軸方向に高速（例えば動画においても合焦動作に違和感を覚えないよう30フレーム/秒程度）で振動駆動し、画像のコントラストの変化から合焦位置を算出している（ウォブリング動作）。このため、これらコントラスト検出 A Fに対応した撮影光学系においては、フォーカスレンズ群が小型、軽量であることが求められている。

【0005】

ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負、正、正、負、正の屈折力のレンズ群よりなる5群ズームレンズが知られている。この5群ズームレンズにおいて、比較的レンズ径が小さく、軽量な第2レンズ群をフォーカスレンズ群として、フォーカスレンズ群の小型軽量化を図った5群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【0006】

また、ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側から像側へ順に、負、正、負、正の屈折力のレンズ群からなり、各レンズ群間隔を変化させてズーミングを行う4群ズームレンズが知られている。この4群ズームレンズにおいて、小型軽量の第3レンズ群でフォーカシングを行う4群ズームレンズが知られている（特許文献3、4）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】特開2009-251112号公報

【特許文献2】特開2009-251117号公報

【特許文献3】特開2003-131130号公報

【特許文献4】特開2001-343584号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ネガティブリード型のズームレンズにおいて、広画角化を図りつつレンズ系全体の小型化そして小型軽量のレンズ群で高速なフォーカシングを行うには、ズームタイプや各レンズ群の屈折力（パワー）、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。

【0009】

例えば前述した4群ズームレンズにおいては、第1、第2、第3レンズ群の屈折力やフォーカスレンズ群である第3レンズ群の結像倍率等を適切に設定することが重要となる。これらの構成等を適切に設定しないと、全系の小型化を図りつつ、広画角で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、高速なフォーカシングを行うのが困難になってくる。

【0010】

例えば、フォーカスレンズ群を少ないレンズ枚数で構成し、小型化を図る場合、フォーカスレンズ群の屈折力を強め過ぎると、フォーカスレンズ群の残存収差が大きくなり、フォーカシングに際して収差変動が大きくなってしまう。このため、あまり屈折力を強めることができない。

【0011】

特許文献1及び2では、第2レンズ群と第3レンズ群を合成したレンズ群を正の屈折力のレンズ群と考えた時、一般的な負、正、負、正の4群ズームレンズの正の屈折力の第2レンズ群に対し、主点位置が大きく物体側にずれてしまう。特に広角端においてバックフォーカスを確保することが困難となる。また、各レンズ群の屈折力が強くなる傾向にあり、ズーミングに際しての収差変動を補正するための適切な屈折力配置を取れず、高性能化と小型化が困難になってくる。

【0012】

本発明は、広画角であり、全ズーム領域及び全フォーカス領域で高い光学性能を有し、高速なフォーカシングが容易なズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、ズーミングに際して各レンズ群が移動し、ズーミング及びフォーカシングの少なくとも一方のために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、

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して前記第3レンズ群が物体側へ移動し、

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、望遠端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の合成焦点距離を f_{12t} 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$\begin{aligned} -1.50 &< f_t / f_{12t} < -0.05 \\ -1.20 &< (f_w - f_t) / f_3 < -0.20 \end{aligned}$$

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】

【0014】

本発明によれば、広画角であり、全ズーム領域及び全フォーカス領域で高い光学性能を有し、高速なフォーカシングが容易なズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 実施例1の広角端、望遠端における収差図

【図3】実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 実施例2の広角端、望遠端における収差図

【図5】実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 実施例3の広角端、望遠端における収差図

【図7】実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 実施例4の広角端、望遠端における収差図

【図9】実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B) 実施例5の広角端、望遠端における収差図

【図11】実施例6の広角端におけるレンズ断面図

【図12】(A)、(B) 実施例6の広角端、望遠端における収差図

【図13】本発明のズームレンズを備えるカメラ(撮像装置)の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0016】

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有している。ズーミングに際して各レンズ群が移動し、ズーミング及びフォーカシングの少なくとも一方のために隣り合うレンズ群の間隔が変化する。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して第3レンズ群が物体側へ移動する。

【0017】

図1、図3、図5、図7、図9、図11は本発明の実施例1乃至6のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2、図4、図6、図8、図10、図12は本発明の実施例1乃至6の収差図である。収差図において(A)は広角端、(B)は望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図13は、本発明のズームレンズを備えるカメラ(撮像装置)の要部概略図である。各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ、銀塩フィルムカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。

【0018】

レンズ断面図において、左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。また、レンズ断面図において、 i を物体側からのレンズ群の順番とすると、 L_i は第*i*レンズ群を示す。 S_P は開口絞りである。 I_P は像面である。像面 I_P は、デジタルカメラやビデオカメラ、監視カメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当する。また、銀塩フィルムカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、フィルム面に相当する。

【0019】

矢印は広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の移動軌跡を示している。またFocusに関する矢印は無限遠物体から近距離物体へフォーカシングするときのレンズ群の移動方向を示している。球面収差図において、実線、二点鎖線、点線はそれぞれd線、g線、C線を示している。非点収差図において点線、実線はそれぞれメリディオナル像面、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。 α は半画角(度)、 F_{no} はFナンバーである。なお、各実施例において広角端と望遠端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。

【0020】

負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型のズームレンズにおいてフォーカスレンズ群の小型化を図るために、レンズ径の小さい第2レンズ群以降のレンズ群をフォーカスレンズ群と選定するのが良い。また、軽量化を図るために、フォーカスレンズ群は1枚ないし、2枚のレンズより構成するのが良い。

【0021】

フォーカスレンズ群を少ない数のレンズで構成した場合、フォーカシングの際の収差変動を抑制するためにはフォーカスレンズ群の屈折力を弱くする必要がある。しかしながら、フォーカスレンズ群の屈折力を弱くし過ぎると、無限遠物体から至近距離物点へフォーカシングするときフォーカスレンズ群の移動量が増大し、レンズ全系が大型化してくる。

フォーカスレンズ群の小型軽量化と、レンズ全系の小型化を図りつつ高い光学性能を得るために、フォーカシングに際しての収差変動が少なくなるように、フォーカスレンズ群の屈折力を適切に設定することが重要となる。

【0022】

各実施例のズームレンズにおいては、第3レンズ群L3の焦点距離をf3、望遠端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離をf12t、広角端における全系の焦点距離をfw、望遠端における全系の焦点距離をftとする。このとき、

$$-1.50 < f_t / f_{12t} < -0.05 \quad \dots (1)$$

$$-1.20 < (fw \times f_t) / f_3 < -0.20 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足している。

【0023】

各実施例では負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2に続く、負の屈折力の第3レンズ群L3をフォーカスレンズ群としている。比較的、レンズ有効径の小さい第3レンズ群L3をフォーカスレンズ群としている。また、フォーカスレンズ群に入射する軸上光線を適切に設定することで、フォーカシングによる軸上光線高の変動を軽減して、フォーカシングに際しての収差変動を軽減している。これにより、フォーカスレンズ群を適切な屈折力に設定しつつ、少ない数のレンズで構成して、フォーカスレンズ群の軽量化を達成している。

【0024】

また各実施例では、条件式(1)、(2)を同時に満足させている。ここで条件式(1)は、望遠端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の屈折力を適切に設定し、これによりフォーカスレンズ群である第3レンズ群L3への光束の入射位置を適切に設定し、良好な光学性能を得ている。

【0025】

条件式(1)下限値を超えると第3レンズ群L3へ入射する軸上光線の発散性が強くなり過ぎて、フォーカスレンズ群を少ない数のレンズで構成したとき、フォーカシングに際しての収差変動を抑制することが困難となる。また、条件式(1)の上限値を超えると第3レンズ群L3へ入射する軸上光線の発散性が弱くなり過ぎて、第2レンズ群L2の屈折力が強くなり、ズーミングに際しての収差変動を抑制することが困難となる。

【0026】

条件式(2)は、第3レンズ群L3の屈折力を適切に設定することで高い光学性能を得つつ全系の小型化を図るためのものである。条件式(2)の下限値を超えると第3レンズ群L3の屈折力が強くなり過ぎて、第3レンズ群L3を少ない数のレンズで構成したときフォーカシングに際しての収差変動を抑制することが困難となる。また、条件式(2)の上限値を超えると第3レンズ群L3の屈折力が弱くなり過ぎて、フォーカシングに際しての移動量が大きくなり、フォーカシング速度が遅くなるので良くない。

【0027】

更に、レンズ全系が大型化するので良くない。更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0028】

$$-1.00 < f_t / f_{12t} < -0.30 \quad \dots (1a)$$

$$-0.90 < (fw \times f_t) / f_3 < -0.40 \quad \dots (2a)$$

以上、各実施例においては、各レンズ群の屈折力やレンズ構成を適切に配置している。これにより、全系の小型化、撮像素子への対応、インナーフォーカスを容易に実現したズームレンズを得ている。なお、各実施例のズームレンズにおいて、さら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。これによれば各条件式に相当する効果が得られる。

【0029】

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。広角端における第3レンズ群L3の近軸横倍率を3w、望遠端における第3レンズ群L3の

近軸横倍率を $3 t$ とする。第 3 レンズ群 L_3 の最も物体側のレンズ面の曲率半径を r_{3a} 、第 3 レンズ群 L_3 の最も像面側のレンズ面の曲率半径を r_{3b} とする。

【0030】

広角端における第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 の空気間隔を D_{2w} 、広角端における第 3 レンズ群 L_3 と第 4 レンズ群 L_4 の空気間隔を D_{3w} とする。望遠端における第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 の空気間隔を D_{2t} 、望遠端における第 3 レンズ群 L_3 と第 4 レンズ群 L_4 の空気間隔を D_{3t} とする。

【0031】

広角端における第 4 レンズ群 L_4 の近軸横倍率を $4w$ 、望遠端における第 4 レンズ群 L_4 の近軸横倍率を $4t$ とする。第 2 レンズ群 L_2 は、1 枚の正レンズからなり、第 2 レンズ群 L_2 の焦点距離を f_2 とする。第 3 レンズ群は、1 枚の負レンズからなる。このとき、次の条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

【0032】

$$\begin{aligned}
 -1.00 < f_1 / f_2 < -0.10 & \quad \cdots (3) \\
 0.005 < (3w)^2 < 0.200 & \quad \cdots (4) \\
 0.010 < (3t)^2 < 0.200 & \quad \cdots (5) \\
 0.20 < (r_{3b} - r_{3a}) / (r_{3a} + r_{3b}) < 2.00 & \quad \cdots (6) \\
 0.05 < D_{3w} / D_{2w} < 0.80 & \quad \cdots (7) \\
 0.05 < D_{3t} / D_{2t} < 0.80 & \quad \cdots (8) \\
 0.60 < (4t \times f_w) / (4w \times f_t) < 1.40 & \quad \cdots (9) \\
 0.10 < f_w / f_2 < 0.40 & \quad \cdots (10) \\
 0.20 < |f_w / f_3| < 0.60 & \quad \cdots (11)
 \end{aligned}$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。条件式 (3) は、第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 の焦点距離の比に関し、フォーカシングに際しての収差変動を抑制してフォーカスレンズ群の小型軽量化を図るためのものである。

【0033】

条件式 (3) の上限値を超えて第 2 レンズ群 L_2 の屈折力が弱くなり過ぎると、第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 を合成した一つのレンズ群として考えた場合の物体側主点位置が、より像面側へ位置する。それにより所望のズーム比を得ようとした時に望遠端における第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 の空気間隔を確保することが困難となるため良くない。また、下限値を超えて第 2 レンズ群 L_2 の屈折力が強くなり過ぎると、特にフォーカシングに際して第 2 レンズ群 L_2 より球面収差が多く発生し、これを小型軽量を維持しつつフォーカスレンズ群である第 3 レンズ群 L_3 で補正することが困難となる。

【0034】

条件式 (4) 及び (5) は同時に満足するのが良い。フォーカスレンズ群を小型軽量にするためには、フォーカスレンズ群の屈折力を適切に設定すると共にフォーカス敏感度を適切に設定する必要がある。条件式 (4) 及び (5) は、フォーカス敏感度を適切に設定して、フォーカシングに際しての収差変動を抑制しつつ、フォーカスレンズ群を少ない数のレンズで構成するためのものである。

【0035】

条件式 (4) の下限値を超えて第 3 レンズ群 L_3 の近軸横倍率が小さくなり過ぎると、特に広角端において第 2 レンズ群 L_2 より球面収差が多く発生し、この球面収差を小型軽量を維持しつつフォーカスレンズ群である第 3 レンズ群 L_3 で補正することが困難となる。また、条件式 (4) の上限値を超えて第 3 レンズ群 L_3 の近軸横倍率が大きくなり過ぎると、第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 の軸上光線を通過する高さが異なる傾向となり、広角端において、フォーカシングに際しての収差変動を抑制することが困難となる。

【0036】

条件式 (5) の下限値を超えて第 3 レンズ群 L_3 の近軸横倍率が小さくなり過ぎると、特に望遠端において第 2 レンズ群 L_2 より球面収差が多く発生し、この球面収差を小型軽量を維持しつつフォーカスレンズ群である第 3 レンズ群 L_3 で補正することが困難となる

。また、条件式(4)の上限値を超えて第3レンズ群L3の近軸横倍率が大きくなり過ぎると、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の軸上光線を通過する高さが異なる傾向となり、望遠端においてフォーカシングに際しての収差変動を抑制することが困難となる。

【0037】

条件式(6)は第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面の曲率半径と、第3レンズ群L3の最も像面側のレンズ面の曲率半径に関し、特に全系の小型化と高性能化をバランス良く図るものである。

【0038】

条件式(6)の下限値を超えると、第3レンズ群L3による球面収差の補正が不足し、特に望遠端において球面収差の補正が困難となる。また、条件式(6)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面の曲率が強くなり過ぎて、特に望遠端において球面収差が補正過剰となる。また、第3レンズ群L3は無限遠物体から至近距離物点へのフォーカシングに対して物体側へ移動する。このため、第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面の曲率が強くなり過ぎると、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の空気間隔を確保するためにレンズ全長が増大するため好ましくない。

【0039】

条件式(7)は広角端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の空気間隔と、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の空気間隔の比に関し、主に全系の小型化と高性能化を図るものである。条件式(7)の下限値を超えると第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が増大し、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3を通過する軸上光線の高さが異なる傾向となり、広角端においてフォーカシングの際の収差変動が増大する。更に、広角端においてレンズ全長が増大する。また、上限値を超えると第4レンズ群L4のレンズ有効径が増大する。

【0040】

条件式(8)は望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の空気間隔と、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の空気間隔の比に関し、主に全系の小型化と高性能化を図るものである。条件式(8)の下限値を超えると第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が増大し、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3を通過する軸上光線の高さが異なる傾向となり、望遠端においてフォーカシングする際の収差変動が増大する。更に、望遠端におけるレンズ全長が増大する。また、上限値を超えると第4レンズ群L4のレンズ有効径が増大する。

【0041】

条件式(9)は、第4レンズ群L4の広角端と、望遠端における近軸横倍率に関し、第4レンズ群L4の変倍分担を適切に設定するものである。条件式(9)の下限値を超えると第4レンズ群L4の変倍分担が小さくなり過ぎて、第2レンズ群L2及び第3レンズ群L3の変倍分担が大きくなり過ぎて、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3を簡単なレンズ構成で高い光学性能を維持することが困難となる。また、条件式(9)の下限値を超えると第4レンズ群L4の変倍分担が大きくなり過ぎて第4レンズ群L4の屈折力が強くなり、特にズーミングに際して像面変動が増大し、これの補正が困難となる。

【0042】

各実施例では第4レンズ群L4中に開口絞りSPを有する構成としている。フォーカスレンズ群を小型軽量にするためには、第3レンズ群L3近傍に開口絞りを配置した方が、軸外光線の入射高さの距離変動が少なくなり、フォーカシングに際しての収差変動を抑制し易くなる。第3レンズ群L3は無限遠物体から至近距離物点に対して物体側へ移動するため、開口絞りSPと第3レンズ群L3が干渉しないよう開口絞りを第3レンズ群L3よりも像面側に位置する第4レンズ群L4中に配置することで空間効率が向上し全系の小型化が図れる。

【0043】

第2レンズ群L2を1枚の正レンズで構成すると同時に条件式(10)を満足するようにしている。レンズ全長を小型化するためには、第2レンズ群L2のレンズの厚み小さく

することが好ましい。但し、第2レンズ群L2を1枚のレンズで構成した場合、全系の小型化と高性能化を図るために第2レンズ群L2の屈折力を適切に設定する必要がある。

【0044】

条件式(10)の下限値を超えると第2レンズ群L2の屈折力が弱くなり過ぎて、レンズ全長が増大する。また、条件式(10)の上限値を超えると第2レンズ群L2の屈折力が強くなり過ぎて、特に望遠端において球面収差が補正不足となる。

【0045】

第3レンズ群L3を負レンズで構成すると同時に条件式(11)を満足するようにしている。レンズ全長を小型化し、更に、フォーカスレンズ群を軽量化するためには、第3レンズ群L3を1枚のレンズで構成することが好ましい。但し、第3レンズ群L3を1枚のレンズで構成した場合、小型化と高性能化を図るために第3レンズ群L3の屈折力を適切に設定する必要がある。

【0046】

条件式(11)の下限値を超えると第3レンズ群L3の屈折力が弱くなり過ぎて、無限遠物体から至近距離物点へのフォーカシングの際の第3レンズ群L3の移動量が増大し、レンズ全長が増大する。また、条件式(11)の上限値を超えると第3レンズ群L3の屈折力が強くなり過ぎて、特に望遠端において球面収差が補正不足となる。尚、更に好ましくは条件式(3)乃至(11)の数値範囲を次の如く設定するので良い。

【0047】

$$\begin{aligned}
 -0.60 < f_1 / f_2 < -0.25 & \quad \cdots (3a) \\
 0.007 < (3w)^2 < 0.100 & \quad \cdots (4a) \\
 0.020 < (3t)^2 < 0.150 & \quad \cdots (5a) \\
 0.40 < (r_3b - r_3a) / (r_3a + r_3b) < 1.40 & \quad \cdots (6a) \\
 0.20 < D_3w / D_2w < 0.70 & \quad \cdots (7a) \\
 0.10 < D_3t / D_2t < 0.60 & \quad \cdots (8a) \\
 0.7 < (4t \times f_w) / (4w \times f_t) < 1.2 & \quad \cdots (9a) \\
 0.15 < f_w / f_2 < 0.35 & \quad \cdots (10a) \\
 0.25 < |f_w / f_3| < 0.55 & \quad \cdots (11a)
 \end{aligned}$$

以上のように各実施例によれば、小型軽量なフォーカス機構を有しながら、全ズーム域、全フォーカス域で良好な光学性能を有し、かつ全系が小型軽量なズームレンズを得ることができる。

【0048】

次に各実施例において、前述した以外の好ましい構成について説明する。第1レンズ群L1は、広角端から望遠端へのズーミングに際し、像面側へ凸状の軌跡で移動するようにしている。これによりレンズ全長を小型化している。また、広角端におけるレンズ全長の増大を抑制することで、レンズ有効径が最も大きくなる第1レンズ群L1のレンズ有効径の増大を抑制している。

【0049】

第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4を広角端から望遠端へのズーミングに際し、それぞれ物体側へ移動するようにしている。これにより広角端におけるレンズ全長の増大を抑制することで、レンズ有効径が大きくなる第1レンズ群L1のレンズ有効径の増大を抑制している。

【0050】

また、本発明のズームレンズを有する撮像装置では、フォーカスレンズ群を光軸方向に移動させてデフォーカス方向を検知するデフォーカス方向検知手段を有している。また撮像素子から得られる画像情報に基づいて、合焦状態における第3レンズ群L3の光軸方向の位置を演算する演算手段を有している。また、各実施例において第4レンズ群L4の一部のレンズ群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させて手振れによる画像ブレを補正するようにしても良い。

【0051】

以下、各実施例のレンズ構成について説明する。実施例1は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、開口絞りSPを含む正の屈折力の第4レンズ群L4より構成される。実施例1はズーム比2.7、Fナンバー3.60~5.80の4群ズームレンズである。実施例1では、メカ構造の簡易化を図るために、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4は、ズーミングに際して同じ軌跡で移動するようにしているが、別の軌跡で移動しても良い。

【0052】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第3レンズ群L3を物体側へ移動して行っている。第3レンズ群L3を1枚のレンズより構成し、小型軽量化を図り、高速のフォーカシングを容易にしている。また、第2レンズ群L2を1枚のレンズより構成し、全系の小型軽量化を図っている。

【0053】

また、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離が、望遠端において負であり、かつ条件式(1)を満たしている。望遠端において、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間を効果的にアフォーカルな関係にし、第3レンズ群L3でフォーカシングする際の球面収差と軸上色収差の変動を小さくして、高い光学性能を得ている。また、条件式(1)を満足すると共に条件式(2)を満足するように第3レンズ群L3の屈折力を設定している。

【0054】

それにより第3レンズ群L3を簡易なレンズ構成とすることが容易となり、小型軽量化に寄与している。更に、適切なフォーカス敏感度が得られるようにしている。開口絞りSPは第4レンズ群L4の中に配置している。開口絞りSPは第4レンズ群L4の最も物体側に配置しても良いが、第3レンズ群L3のフォーカス機構との干渉を避けるためには、第4レンズ群L4の中に配置した方が好ましい。

【0055】

実施例2は、実施例1と各レンズ群の屈折力配置、ズーミング方式、フォーカシング方式が同じである。各レンズ群のレンズ構成も実施例1と同じである。実施例2はズーム比2.92、Fナンバー3.49~5.80の4群ズームレンズである。

【0056】

実施例3は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、開口絞りSPを含む正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5で構成される。

【0057】

実施例3はズーム比3.09、Fナンバー3.47~5.80の5群ズームレンズである。実施例3では、メカ構造の簡易化を図るために、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4は、ズーミングに際して同じ軌跡で移動するようにしているが、別の軌跡で移動しても良い。

【0058】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第3レンズ群L3を物体側へ移動して行っている。第3レンズ群L3を1枚のレンズで構成し、小型軽量化を図り高速のフォーカシングを容易にしている。

【0059】

また、第2レンズ群L2を1枚のレンズより構成し、全系の小型軽量化を図っている。また、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離が、望遠端において負であり、かつ条件式(1)を満たしている。望遠端において第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間を効果的にアフォーカルな関係にし、第3レンズ群L3でフォーカシングする際の球面収差と軸上色収差の変動を小さくして高い光学性能を得ている。

【0060】

また、条件式(1)を満足すると共に条件式(2)を満足するように第3レンズ群L3の屈折力を設定している。それにより第3レンズ群L3を簡易なレンズ構成とすることが

容易となり、小型軽量化に寄与している。更に、適切なフォーカス敏感度が得られるよう正在している。開口絞りSPは第4レンズ群L4の中に配置している。第4レンズ群L4の最も物体側に配置しても良いが、第3レンズ群L3のフォーカス機構との干渉を避けるためには、第4レンズ群L4の中に配置した方が好ましい。

【0061】

実施例4は、実施例3と各レンズ群の屈折力配置、ズーミング方式、フォーカシング方式が同じである。各レンズ群のレンズ構成も実施例3と同じである。実施例4はズーム比2.70、Fナンバー3.60～5.80の5群ズームレンズである。実施例5は、実施例1と各レンズ群の屈折力配置、ズーミング方式、フォーカシング方式が同じである。各レンズ群のレンズ構成も実施例1と同じである。実施例5はズーム比2.70、Fナンバー3.60～5.80の4群ズームレンズである。

【0062】

実施例6は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、開口絞りSPを含む正の屈折力の第4レンズ群L4より構成される。実施例6はズーム比2.7、Fナンバー3.60～5.80の4群ズームレンズである。実施例6では、メカ構造の簡易化を図るために、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3と第4レンズ群L4は、ズーミングに際して同じ軌跡で移動するよう正在している。

【0063】

このため、2群ズームレンズとして扱うこともできる。尚、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4を互いに異なった軌跡で移動させても良い。フォーカシング方式は実施例1と同じである。第3レンズ群L3を1枚のレンズより構成し、小型軽量化を図り、高速のフォーカシングを容易にしている。

【0064】

また、第2レンズ群L2を1枚のレンズより構成し、全系の小型軽量化を図っている。また、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離が、望遠端において負であり、かつ条件式(1)を満たしている。望遠端において、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間を効果的にアフォーカルな関係にし、第3レンズ群L3でフォーカシングする際の球面収差と軸上色収差の変動を小さくして、高い光学性能を得ている。

【0065】

また、条件式(1)を満足すると共に条件式(2)を満足するように第3レンズ群L3の屈折力を設定している。それにより第3レンズ群L3を簡易なレンズ構成とすることが容易となり、小型軽量化に寄与している。更に、適切なフォーカス敏感度が得られるよう正在している。開口絞りSPは第4レンズ群L4の中に配置している。開口絞りSPは第4レンズ群L4の最も物体側に配置しても良いが、第3レンズ群L3のフォーカス機構との干渉を避けるためには、第4レンズ群L4の中に配置した方が好ましい。

【0066】

以上、本発明の好ましいズームレンズの実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されることは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0067】

以下、実施例1～6に対応する数値実施例1～6の具体的数値データを示す。各数値実施例において、iは物体側から数えた面の番号を示す。riは第i番目の光学面(第i面)の曲率半径である。diは第i面と第(i+1)面との軸上間隔である。ndi、diはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数である。FnoはFナンバー、θは半画角である。BFはバックフォーカスである。

【0068】

非球面形状は、光の進行方向を正、xを光軸方向の面頂点からの変位量として、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4、A6、A8、A10を非球面係数とするとき、

$$x = (h^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K) \times (h / r)^2\}^{1/2}]$$

$$+ A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6 + A_8 \times h^8 + A_{10} \times h^{10}$$

なる式で表している。

【0069】

なお、各非球面係数における「E ± XX」は「 $\times 10^{\pm XX}$ 」を意味している。また、前述の各条件式と数値実施例との関係を(表1)に示す。

【0070】

(数値実施例1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	174.849	3.30	1.51633	64.1
2	-596.700	0.50		
3	37.034	1.50	1.77250	49.6
4	16.733	7.18		
5	187.930	1.20	1.77250	49.6
6	24.150	4.68		
7	24.542	3.20	1.78472	25.7
8	47.138 (可変)			
9	71.775	2.00	1.48749	70.2
10	-154.298 (可変)			
11	-32.928	0.90	1.77250	49.6
12	-218.827 (可変)			
13	25.357	2.80	1.60311	60.6
14	-61.937	1.04		
15(絞り)		1.00		
16	17.813	2.50	1.62299	58.2
17	51.600	3.12		
18	-84.742	0.70	1.73800	32.3
19	18.328	2.46		
20*	44.289	2.50	1.58313	59.4
21	-34.470 (可変)			

像面

非球面データ

第20面

$$K = 0.00000e+000 \quad A_4 = -3.62710e-005 \quad A_6 = 1.40293e-008 \quad A_8 = -3.64554e-009 \quad A_{10} = 4.37020e-011$$

各種データ

ズーム比	2.70	広角	中間	望遠
焦点距離	18.50	31.23	50.00	
Fナンバー	3.60	4.44	5.80	
半画角(度)	36.44	23.63	15.28	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	117.83	108.56	116.16	
BF	37.79	50.64	69.91	

d 8	35.06	12.95	1.27
d10	2.66	3.00	3.52
d12	1.74	1.39	0.88
d21	37.79	50.64	69.91

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-32.22
2	9	100.78
3	11	-50.28
4	13	24.71

【0 0 7 1】

(数値実施例2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	234.122	3.30	1.51633	64.1
2	-369.717	0.50		
3	38.841	1.50	1.71300	53.9
4	18.094	7.04		
5	174.872	1.20	1.77250	49.6
6	21.288	4.85		
7	24.017	3.20	1.76182	26.5
8	47.796	(可変)		
9	56.124	2.00	1.51633	64.1
10	-696.875	(可変)		
11	-33.197	0.90	1.77250	49.6
12	-249.811	(可変)		
13	25.574	2.80	1.60311	60.6
14	-58.349	1.04		
15(絞り)		0.99		
16	17.607	2.50	1.60311	60.6
17	55.288	2.76		
18	-100.236	0.70	1.73800	32.3
19	18.766	3.06		
20*	47.624	2.50	1.58313	59.4
21	-38.690	(可変)		

像面

非球面データ

第20面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.67398e-005 A 6=-1.79951e-008 A 8=-2.58363e-009 A10=2.55887e-011

各種データ

ズーム比 2.92

広角 中間 望遠

焦点距離	18.50	32.89	54.00
Fナンバー	3.49	4.39	5.80
半画角(度)	36.44	22.55	14.20
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	119.77	110.06	120.23
BF	37.98	52.51	74.3

d 8	36.82	12.58	0.95
d10	2.49	2.93	3.60
d12	1.65	1.21	0.54
d21	37.98	52.51	74.30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-32.70
2	9	100.69
3	11	-49.65
4	13	24.83

【0072】

(数値実施例3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	214.299	3.30	1.48749	70.2
2	-415.242	0.50		
3	41.824	1.50	1.71300	53.9
4	17.578	7.60		
5	157.833	1.20	1.80400	46.6
6	22.506	3.84		
7	23.600	3.20	1.78472	25.7
8	46.417 (可変)			
9	56.673	2.00	1.51633	64.1
10	-89.111 (可変)			
11	-31.019	0.90	1.77250	49.6
12	268.018 (可変)			
13	24.791	3.00	1.62299	58.2
14	-51.064	1.04		
15(絞り)		0.99		
16	16.606	2.50	1.60311	60.6
17	42.631	2.78		
18	-85.541	0.70	1.73800	32.3
19	19.089 (可変)			
20*	45.001	2.50	1.58313	59.4
21	-35.174 (可変)			

像面

非球面データ

第20面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.33005e-005 A 6=-4.58352e-008 A 8=-2.40941e-009 A10=2.24830e-011

各種データ

ズーム比	3.09	広角	中間	望遠
焦点距離	17.50	32.05	54.00	
Fナンバー	3.47	4.38	5.80	
半画角(度)	37.97	23.08	14.20	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	119.55	108.81	118.68	
BF	36.59	51.53	73.93	
d8	38.74	13.30	1.10	
d10	2.82	2.85	2.89	
d12	0.82	0.79	0.75	
d19	3.03	2.80	2.45	
d21	36.59	51.53	73.93	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-30.98
2	9	67.41
3	11	-35.94
4	13	33.69
5	20	34.25

【0073】

(数値実施例4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	250.873	3.30	1.48749	70.2
2	-262.904	0.50		
3	40.809	1.50	1.71300	53.9
4	19.223	7.02		
5	224.619	1.20	1.80400	46.6
6	19.278	5.31		
7	24.298	3.20	1.78472	25.7
8	54.590	(可変)		
9	49.652	2.00	1.51633	64.1
10	-97.997	(可変)		
11	-32.800	0.90	1.77250	49.6
12	-94.332	(可変)		
13	29.029	3.00	1.62299	58.2
14	-38.318	1.04		
15(絞り)		0.97		

16	18.093	2.50	1.60311	60.6
17	62.170	0.77		
18	-43.475	2.49	1.73800	32.3
19	16.336	(可変)		
20	97.685	2.50	1.51742	52.4
21	-23.503	(可変)		

像面

各種データ

ズーム比 2.70

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.50	30.98	50.00
Fナンバー	3.60	4.40	5.80
半画角(度)	36.44	23.79	15.28
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	119.78	110.32	117.3
BF	35.4	48.41	67.93

d 8	34.53	12.66	1.02
d10	5.12	5.49	6.05
d12	2.05	1.67	1.11
d19	4.47	3.87	2.98
d21	35.40	48.41	67.93

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-31.29
2	9	64.12
3	11	-65.51
4	13	61.44
5	20	36.87

【0 0 7 4】

(数値実施例5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	310.436	3.30	1.48749	70.2
2	-230.483	0.50		
3	45.088	1.50	1.71300	53.9
4	20.159	6.05		
5	97.112	1.20	1.80400	46.6
6	18.611	5.05		
7	22.392	3.20	1.78472	25.7
8	41.867	(可変)		
9	43.537	2.00	1.51633	64.1
10	-142.905	(可変)		
11	-33.034	0.90	1.77250	49.6

12	-107.007	(可变)		
13	30.085	3.00	1.67790	55.3
14	-48.521	1.04		
15(絞り)		0.96		
16	20.035	2.50	1.60311	60.6
17	125.173	0.96		
18	-44.652	2.27	1.73800	32.3
19	16.582	3.66		
20	79.003	2.50	1.51742	52.4
21	-24.691	(可变)		

像面

各種データ

ズーム比	2.70		
		広角	中間
焦点距離	18.50	31.11	望遠
Fナンバー	3.60	4.47	5.80
半画角(度)	36.44	23.70	15.28
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	119.75	109.61	116.12
BF	35.58	48.35	67.51

d 8	36.33	13.42	0.78
d10	4.68	4.76	4.87
d12	2.57	2.50	2.38
d21	35.58	48.35	67.51

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-32.20
2	9	64.87
3	11	-62.19
4	13	30.41

【0075】

(数值実施例6)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	40.673	1.50	1.77250	49.6
2*	18.946	5.07		
3	55.594	1.20	1.80400	46.6
4	19.022	5.60		
5	23.964	3.20	1.78472	25.7
6	47.434	(可变)		
7	40.959	2.00	1.51633	64.1
8	-201.861	4.45		
9	-28.676	0.90	1.77250	49.6

10	-85.337	1.54		
11	32.423	3.00	1.67790	55.3
12	-46.634	1.04		
13(絞り)		0.98		
14	21.471	2.50	1.60311	60.6
15	977.344	0.91		
16	-44.615	3.66	1.73800	32.3
17	16.430	2.56		
18	70.329	2.50	1.51742	52.4
19	-24.874	(可変)		

像面

非球面データ

第2面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.13651e-006 A 6=-4.27025e-008 A 8= 1.32976e-010 A10=-6.45914e-013

各種データ

ズーム比	2.70		
	広角	中間	望遠
焦点距離	18.50	31.10	50.00
Fナンバー	3.60	4.46	5.80
半画角(度)	36.44	23.71	15.28
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	116.62	104.3	108.95
BF	35.41	47.57	65.82

d 6	38.60	14.11	0.52
d 8	4.45	4.45	4.45
d10	1.54	1.54	1.54
d19	35.41	47.57	65.82

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-34.04
2	7	66.13
3	9	-56.30
4	11	29.19

【 0 0 7 6 】

【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	実施例6
(1) $ft/f12t$	-0.84	-0.90	-0.62	-0.46	-0.49	-0.40
(2) $\sqrt{fw \times ft} / f3$	-0.60	-0.64	-0.86	-0.46	-0.49	-0.54
(3) $f1/f2$	-0.32	-0.32	-0.46	-0.49	-0.50	-0.51
(4) $(\beta 3w)^2$	0.013	0.011	0.010	0.060	0.052	0.065
(5) $(\beta 3t)^2$	0.128	0.129	0.049	0.081	0.088	0.055
(6) $(r3b-r3a) / (r3a+r3b)$	0.74	0.77	1.26	0.48	0.53	0.50
(7) $D3w/D2w$	0.65	0.66	0.29	0.40	0.55	0.35
(8) $D3t/D2t$	0.25	0.15	0.26	0.18	0.49	0.35
(9) $(\beta 4t \times fw) / (\beta 4w \times ft)$	0.83	0.82	0.79	1.06	1.02	0.96
(10) $fw/f2$	0.18	0.18	0.26	0.29	0.29	0.28
(11) $ fw/f3 $	0.37	0.37	0.49	0.28	0.30	0.33

図13において、20はカメラ本体、21は実施例1乃至6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センサ等の固体撮像素子（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。

【符号の説明】

【0077】

L1 第1レンズ群
L4 第4レンズ群

L2 第2レンズ群
S P 開口絞り

L3 第3レンズ群

【手続補正3】

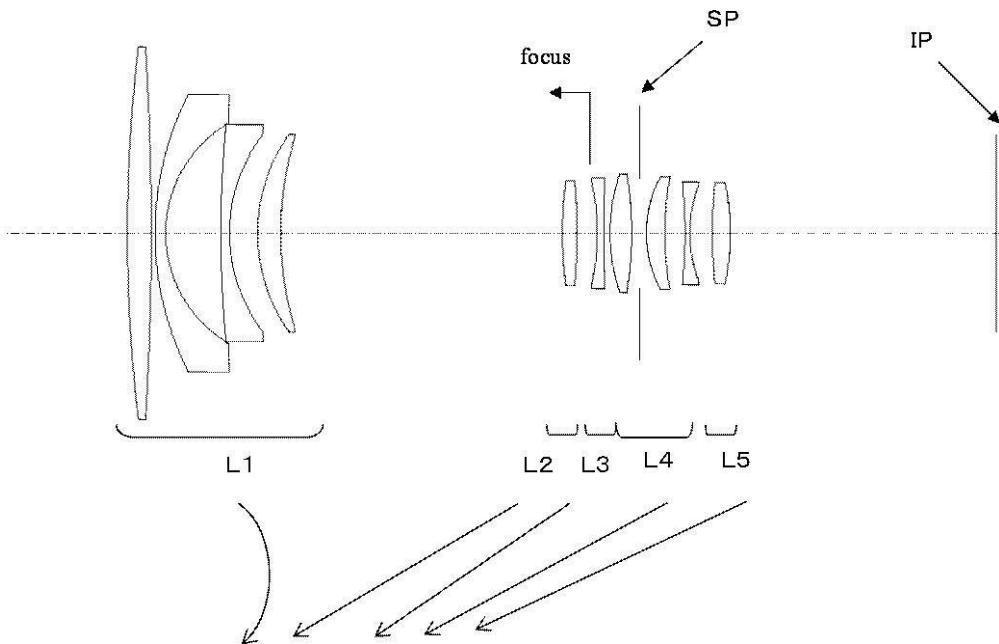
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図5】



【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図7】

