

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7200000号
(P7200000)

(45)発行日 令和5年1月6日(2023.1.6)

(24)登録日 令和4年12月23日(2022.12.23)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	15/20 (2006.01)	F I	G 0 2 B	15/20
G 0 2 B	13/18 (2006.01)		G 0 2 B	13/18

請求項の数 13 (全27頁)

(21)出願番号 特願2019-30180(P2019-30180)
 (22)出願日 平成31年2月22日(2019.2.22)
 (65)公開番号 特開2020-134807(P2020-134807)
 A)
 (43)公開日 令和2年8月31日(2020.8.31)
 審査請求日 令和4年2月2日(2022.2.2)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74)代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72)発明者 木村 公平
 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 堀井 康司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群、負の屈折力の第7レンズ群より構成され、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であって、

ズーミングに際して前記第1レンズ群は不動であり、

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第3レンズ群は物体側へ移動し、

前記第1レンズ群は3枚以上の正レンズを有し、

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、レンズ全長を TTD 、広角端におけるバックフォーカスを skw 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズのうち最も屈折力の小さい正レンズの焦点距離を f_{1min} とするとき、

$$\begin{aligned} 0.18 &< f_w / f_1 < 5.00 \\ 8.2 &< TTD / skw < 100.0 \\ 0.5 &< f_{1min} / f_1 < 50.0 \end{aligned}$$

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レンズ群の最も物体側のレンズ面から第1レンズ群の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを $TD1$ とするとき、

$0.05 < T D 1 / T T D < 0.28$

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】

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第 3 レンズ群の移動量を m_3 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$-5.00 < m_3 / f_3 < -0.05$

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】

望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$2 < f_t / f_w < 1.5$

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 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ズームレンズの射出瞳距離を $P_O w$ とするとき、

$-2.0 < P_O w / f_w < -2$

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】

望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

20

$-0.90 < f_2 / f_t < -0.05$

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 とするとき、

$-8 < f_1 / f_2 < -1$

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 1 レンズ群に含まれる正レンズは 4 枚以下であ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。

30

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群は物体側から像側へ順に、配置された負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズより構成され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 10】

前記ズームレンズは、像ぶれ補正に際して、前記第 3 レンズ群より像側に配置された部分群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に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】

前記ズームレンズは、フォーカシングに際して、前記第 4 レンズ群よりも像側に配置されたレンズ群を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。

40

【請求項 12】

請求項 1 乃至 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る像を受光する撮像素子を有していることを特徴とする撮像装置。

【請求項 13】

広角端における撮像半画角を θ とするとき、

$0.04 < f_w \times \tan \theta / T T D < 0.20$

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。

50

【発明の詳細な説明】**【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、監視カメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、撮像素子を用いた撮像装置は高機能化され、且つ装置全体が小型化されている。これらの撮像装置に用いられる撮像光学系には、高ズーム倍率（高ズーム比）でありながら、明るいFナンバーを有し、レンズ全長（第1レンズ面から像面までの長さ）が短く、ズーム全域で高解像力を有するズームレンズであることが望まれている。更に、動画撮影時におけるズーミングを電動化した所謂電動ズーム機構を具備することで、撮像画界を連続的になめらかに且つ素早く変化させることができることが要望されている。10

【0003】

従来、レンズ全長が短く、且つ、大口径化と高ズーム倍率化が容易なズームレンズとして、最も物体側に、正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型のズームレンズが知られている。ポジティブリード型レンズにおいて、電動ズーム機構に好適なレンズ群構成として、第1レンズ群をズーミングに際し不動したズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【0004】

また、近年、レンズ全長の短縮化と鏡筒径を小型化するために、バックフォーカスを短く設定し、レンズ最終面から像面までの間にメカニカルな部材を除いた、所謂ミラーレスタイルの撮像光学系が提案されている（特許文献3）。

【0005】

特許文献1では、物体側より像側へ順に、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を開示している。特許文献1はズーミングに際して、第1レンズ群は不動である。広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群が像側へ移動し、第3レンズ群が物体側へ移動し、変倍における像面変動の補正のために第4レンズ群が移動するズームレンズを開示している。30

【0006】

特許文献2では、物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群より構成され、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を開示している。特許文献2はズーミングに際して第1レンズ群と第5レンズ群が不動である。広角端から望遠端へのズーミングに際して、第2レンズ群が像側へ移動し、第3レンズ群及び第4レンズ群が物体側へ移動するズームレンズを開示している。

【0007】

特許文献3は、バックフォーカスが短く設定された所謂ミラーレスタイルのズームレンズである。特許文献3では物体側より像側より像側へ順に、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を開示している。特許文献3は広角端から望遠端へのズーミングに際して第1レンズ群が像側へ移動し、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が非直線的に移動するズームレンズを開示している。40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0008】**

【文献】特開2014-010324号公報

特開2018-045157号公報

特開2018-169635号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、大口径比でありながら高いズーム比を有し、レンズ全長が短く、且つレンズ鏡筒径が小型であり、なめらかで素早い電動ズーミングが容易なことが強く要望されている。

【0010】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、レンズ全長の短縮化とレンズ鏡筒径を小型化し、且つ、なめらかで素早い電動ズーム機構を得るために各レンズ群の屈折力を高め、且つ、ズーミングに際し移動するレンズ群の質量を軽量化する必要がある。とりわけ、大口径比のズームレンズでは主変倍レンズ群である第2レンズ群や第2レンズ群に後続するレンズ群もレンズ径が大きくなる。その結果、ズーミングに際して移動するレンズ群の質量が増加する傾向にあり、後群に入る光束を決定する第1レンズ群及び第2レンズ群の屈折力配置が特に重要である。

10

【0011】

更に、ズーム倍率が高倍になると、望遠領域における振動による発生する像ぶれを補償する像ぶれ補正機能（防振機能）が要望されるが、各レンズ群の屈折力配置が適切でないと、質量が軽量なレンズ群を選定することが困難となる。

【0012】

本発明は、大口径比で高いズーム倍率を有し、レンズ全長の短縮化が容易で及びレンズ鏡筒径が小型であり、尚且つ、素早いズーミングが容易なズームレンズの提供を目的とする。

20

【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、負の屈折力の第6レンズ群、負の屈折力の第7レンズ群より構成され、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であって、ズーミングに際して前記第1レンズ群は不動であり、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第3レンズ群は物体側へ移動し、前記第1レンズ群は3枚以上の正レンズを有し、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、レンズ全長を TTD 、広角端におけるバックフォーカスを skw 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズのうち最も屈折力の小さい正レンズの焦点距離を f_{1min} とするとき、

30

$$0.18 < f_w / f_1 < 5.00$$

$$8.2 < TTD / skw < 100.0$$

$$0.5 < f_{1min} / f_1 < 50.0$$

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】

【0014】

本発明によれば、大口径比で高いズーム倍率を有し、レンズ全長の短縮化が容易で及びレンズ鏡筒径が小型であり、尚且つ、素早いズーミング機構が容易に得られるズームレンズが得られる。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【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のズームレンズの収差図

【図3】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4】実施例2のズームレンズの収差図

【図5】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6】実施例3のズームレンズの収差図

50

【図 7】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 8】実施例 4 のズームレンズの収差図

【図 9】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 10】実施例 5 のズームレンズの収差図

【図 11】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】

【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、複数のレンズ群を有する後群から構成される。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。また、ズーミングに際して第1レンズ群が不動である。広角端から望遠端へのズーミングに際して第3レンズ群が物体側へ移動する。また、第1レンズ群は3枚以上の正レンズを有する。

10

【0017】

図1は実施例1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(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例1の無限遠に合焦(フォーカス)した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。実施例1はズーム比4.71、Fナンバー2.91のズームレンズである。

20

【0018】

図3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である。図4(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例2の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比4.00、Fナンバー2.91のズームレンズである。

20

【0019】

図5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である。図6(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例3の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比4.71、Fナンバー2.91のズームレンズである。

【0020】

図7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である。図8(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例4の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比4.20、Fナンバー2.20のズームレンズである。

30

【0021】

図9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である。図10(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例5の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例5はズーム比6.67、広角端におけるFナンバー2.91、望遠端におけるFナンバー4.12のズームレンズである。図11は実施例の撮像装置の要部概略図である。

40

【0022】

各実施例のズームレンズはビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮像光学系である。尚、各実施例のズームレンズは投射装置(プロジェクタ)用の投射光学系として用いることもできる。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、L_iはズームレンズである。_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。

【0023】

L_Rは複数のレンズ群を有する後群である。S_Pは開放Fナンバー(Fno)の光束を決定(制限)する開口絞りである。I_Sは像ぶれ補正用の部分群である。I_Pは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子(光電変換素子)の撮像面が置かれる。矢印は広角端か

50

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す。

【0024】

フォーカス(FOCUS)に関する矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動方向を示している。

【0025】

収差図において F_{no} は F ナンバー、 α は半画角(度)であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、実線の d は d 線(波長 587.56 nm)、二点鎖線の g は g 線(波長 435.835 nm)である。非点収差図において実線の S は d 線におけるサジタル像面、破線の M は d 線におけるメリディオナル像面である。歪曲収差は d 線について示している。倍率色収差図において二点鎖線の g は g 線、一点鎖線の C は C 線(波長 656.3 mm)、破線の F は F 線(波長 486.1 mm)である。10

【0026】

各実施例のズームレンズ L_0 は、物体側から像側へ順に配置された、次のレンズ群からなる。正の屈折力の第1レンズ群 L_1 、負の屈折力の第2レンズ群 L_2 、正の屈折力の第3レンズ群 L_3 、1つ以上のレンズ群からなる後群 L_R より構成されている。また第1レンズ群 L_1 には3枚以上の正レンズが配置されている。

【0027】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、バックフォーカスを有効に使い、レンズ全長を短くするために、開口絞り SP より物体側に配置した負の屈折力のレンズ群の負の屈折力をある程度弱くしている。更に開口絞り SP より像側に配置した正の屈折力のレンズ群の正の屈折力を強くしている。20

【0028】

また、第2レンズ群 L_2 以降のレンズ有効径を小さくするために、第1レンズ群 L_1 に3枚以上の正レンズを使用し、正の屈折力を強めながらも、各レンズに正の屈折力を分散させている。これによって、ズーム全域で良好な光学性能を容易に確保している。尚且つ、ズーミングに際し移動する各レンズ群の質量を軽量化して、スムースなズーミングを容易にしている。

【0029】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。

【0030】

実施例1は物体側から像側へ順に、配置された次のレンズ群よりなる。正の屈折力の第1レンズ群 L_1 、負の屈折力の第2レンズ群 L_2 、正の屈折力の第3レンズ群 L_3 、負の屈折力の第4レンズ群 L_4 、正の屈折力の第5レンズ群 L_5 、負の屈折力の第6レンズ群 L_6 、負の屈折力の第7レンズ群 L_7 からなる。実施例1は7群ズームレンズである。第4レンズ群 L_4 に含まれる負レンズと正レンズを接合した接合レンズは像ぶれ補正の部分群 IS であり、全体として負の屈折力を有している。また第6レンズ L_6 群は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。30

【0031】

ズーミングに際して第1レンズ群 L_1 は不動である。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 が像側に直線的に移動、第3レンズ群 L_3 が物体側へ移動、第4レンズ群 L_4 は第3レンズ群 L_3 と第4レンズ群 L_4 の間隔が広がるように物体側へ移動する。第3レンズ群 L_3 はレンズ群内に開口絞り SP を有する。第5レンズ群 L_5 及び第6レンズ群 L_6 は間隔が広がるように物体側へ移動する。最終レンズ群である第7レンズ群 L_7 は物体側に凸形状の軌跡を描いて物体側へ移動する。また第1レンズ群 L_1 は負レンズに続いて、3枚の正レンズが連続で配置されている。40

【0032】

実施例2はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号及び像ぶれ補正用の部分群は実施例1と同じである。またフォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例1と同じである。ズーミングに際して第1レンズ群 L_1 は不動である。

【0033】

10

20

30

40

50

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L2が像側に直線的に移動、第3レンズ群L3が物体側へ移動、第4レンズ群L4は第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔が広がるように物体側へ移動する。第3レンズ群L3はレンズ群内に開口絞りS.P.を有する。第5レンズ群L5及び第6レンズ群L6は間隔が狭まるように物体側へ移動する。最終レンズ群である第7レンズ群L7は物体側へ移動する。また第1レンズ群は負レンズに続いて、4枚の正レンズが連続で配置されている。

【0034】

実施例3はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号及び像ぶれ補正用の部分群は実施例1と同じである。またフォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例1と同じである。またズーミングに際する各レンズ群の移動方向も実施例1と同じである。第1レンズ群L1は負レンズに続いて、3枚の正レンズが連続で配置されている。

【0035】

実施例4はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号及び像ぶれ補正用の部分群は実施例1と同じである。またフォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例1と同じである。ズーミングに際して第1レンズ群L1と第4レンズ群L4は不動である。

【0036】

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L2が像側に直線的に移動、第3レンズ群L3が物体側へ移動、第5レンズ群L5及び第6レンズ群L6は間隔が狭まるように物体側へ移動する。最終レンズ群である第7レンズ群L7は物体側へ移動する。第1レンズ群L1は負レンズに続いて、3枚の正レンズが連続で配置されている。

【0037】

実施例5はレンズ群の数、各レンズ群の屈折力の符号及び像ぶれ補正用の部分群は実施例1と同じである。またフォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例1と同じである。またズーミングに際する各レンズ群の移動方向も実施例1と同じである。第1レンズ群L1は負レンズに続いて、3枚の正レンズが連続で配置されている。

【0038】

各実施例において広角端におけるズームレンズL0の焦点距離をfw、第1レンズ群L1の焦点距離をf1、レンズ全長をTTD、広角端におけるバックフォーカスをskwとする。第1レンズ群L1に含まれる正レンズのうち最も屈折力の小さい(焦点距離が最も長い)正レンズの焦点距離をf1minとする。このとき、

$$0.18 < fw / f1 < 5.00 \quad \dots (1)$$

$$8.2 < TTD / skw < 100.0 \quad \dots (2)$$

$$0.5 < f1min / f1 < 50.0 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満たす。

【0039】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0040】

条件式(1)は第2レンズ群L2以降のズーミングに際し移動する各レンズ群の軽量化を図り、スムースなズーミングを行うために、第1レンズ群L1の焦点距離及び広角端におけるズームレンズの焦点距離を設定している。

【0041】

条件式(1)の上限値を超えて、第1レンズ群L1の正の焦点距離f1が短くなると、第2レンズ群L2に入る光束径は小さくなり、可動レンズ群の小型化には有利にはなる。しかしながら、第1レンズ群L1の正の屈折力が強くなりすぎ、第1レンズ群L1より発生する収差が大きくなりすぎる。特に望遠端において球面収差と軸上色収差の発生が多く、これらの諸収差の補正が困難となり、好ましくない。また第1レンズ群L1の体積も増えるため、レンズの小型化が困難になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

或いは、条件式(1)の上限値を超えて、広角端におけるズームレンズL0の焦点距離fwが長くなると、広角端において所定の撮像画界を得ることが困難となる。

【 0 0 4 3 】

条件式(1)の下限値を超えて、第1レンズ群L1の焦点距離f1が長くなると、第1レンズ群L1の正の屈折力が弱るために、第2レンズ群L2へ入る光束が十分に収斂されなくなる。そうすると第2レンズ群L2の質量が大きくなる傾向にあり、スムースなズーミングが困難になる。また、第2レンズ群L2以降のレンズ径が小型化されない傾向にあるため、好ましくない。また、望遠端におけるテレフォト配置の関係が不十分となるため、レンズ全長が増大してくる。

10

【 0 0 4 4 】

或いは、条件式(1)の下限値を超えて、広角端におけるズームレンズL0の焦点距離fwが短くなると、広角化のための開口絞りSPより物体側の各レンズ群による負の屈折力の屈折力が強まり、光学性能が低下し、更に前玉有効径が増加してくるので良くない。

【 0 0 4 5 】

条件式(2)はレンズ全長が短いズームレンズを得るためにレンズ全長とバックフォーカスを適切に設定している。

【 0 0 4 6 】

条件式(2)の上限値を超えて、広角端におけるレンズ全長が長くなると、レンズ全長の短縮化が困難になる。或いは、バックフォーカスskwが短くなりすぎ、最終レンズ群とカメラ本体との接続部のメカ的な配置が困難となる。

20

【 0 0 4 7 】

条件式(2)の下限値を超えて、広角端におけるレンズ全長が短くなると、レンズ全体の正の屈折力が高くなりすぎ、ペツツバール和を小さくすることが困難となり、所望の光学性能を得る事が困難となる。或いはバックフォーカスskwが長くなりすぎ、レンズ全長の短縮化が困難になる。

【 0 0 4 8 】

条件式(3)はレンズ全長の短縮化と第2レンズ群L2以降のレンズ径を小型化するために、第1レンズ群L1に含まれる正レンズのうち、最も屈折力の弱いレンズの焦点距離f1minと第1レンズ群L1の焦点距離f1を設定している。

30

【 0 0 4 9 】

条件式(3)の上限値を超えて、焦点距離f1minが長くなると、正の屈折力を持つべき第1レンズ群L1で不要な正レンズを配置するスペースを確保する必要があり、第1レンズ群L1が大型化し、レンズ全長の短縮化が困難になる。或いは、第1レンズ群L1の焦点距離f1が短くなり、第1レンズ群L1の正の屈折力が強くなりすぎ、ズームレンズの小型化は容易となるが、第2レンズ群L2以降を少ないレンズ枚数で球面収差やコマ収差等を良好に補正することが困難となる。

【 0 0 5 0 】

条件式(3)の下限値を超えて、焦点距離f1minが短くなると、第1レンズ群L1に含まれる正レンズの屈折力が強くなりすぎ、望遠端において球面収差の補正が困難となる。或いは、第1レンズ群L1の焦点距離f1が長くなり、第2レンズ群L2以降のレンズ径が大型化してしまい、ズーミングに際する移動レンズ群の軽量化が困難になる。

40

【 0 0 5 1 】

各実施例において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。

【 0 0 5 2 】

第1レンズ群L1のレンズ総厚をTD1とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群L3の移動量をm3、第3レンズ群L3の焦点距離をf3とする。望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離をftとする。広角端におけるズームレンズL0の射出瞳距離(像面から射出瞳までの光軸上の距離)をPOWとする。望遠端におけるズームレンズL0の焦点距離をft、第2レンズ群の焦点距離をf2とする。ズームレンズ

50

L_0 とズームレンズ L_0 によって形成される像を受光する撮像素子を有する撮像装置において、広角端における撮像半画角を θ とする。

【0053】

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。

【0054】

$$\begin{aligned} 0.05 < T D_1 / T T D &< 0.28 & \cdots (4) \\ -5.00 < m_3 / f_3 &< -0.05 & \cdots (5) \\ 2 < f_t / f_w &< 1.5 & \cdots (6) \\ -2.0 < P O w / f_w &< -2 & \cdots (7) \\ -0.90 < f_2 / f_t &< -0.05 & \cdots (8) \\ -8 < f_1 / f_2 &< -1 & \cdots (9) \\ 0.04 < f_w \times \tan(\theta) / T T D &< 0.20 & \cdots (10) \end{aligned}$$

条件式 (4) はレンズ全長の短縮を図るために、第 1 レンズ群 L_1 のレンズ総厚 $T D_1$ (第 1 レンズ群 L_1 の最も物体側のレンズ面から第 1 レンズ群 L_1 の最も像側のレンズ面までの光軸上の長さ) を設定している。

【0055】

条件式 (4) の上限値を超えて、第 1 レンズ群 L_1 の総厚 $T D_1$ が長くなると、レンズ全長に占める第 1 レンズ群 L_1 の体積割合が大きくなりすぎ、前玉有効径の大型化による質量増加が顕著になり、好ましくない。或いは、レンズ全長 $T T D$ が短くなりすぎ、各レンズ群の屈折力を強くする必要があり、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。

【0056】

条件式 (4) の下限値を超えて、第 1 レンズ群 L_1 の総厚 $T D_1$ が短くなると、第 2 レンズ群 L_2 への光束径を小さくするための第 1 レンズ群 L_1 の正の屈折力を確保することが困難となる。また、少ない体積で屈折力を高めるために、正レンズの材料の屈折率を高く設定する必要があり、ペツツバール和が正の方向に大きくなりすぎ、像面湾曲の補正が困難に或る。或いは、レンズ総厚 $T T D$ が長くなりすぎ、レンズ全長の小型化が困難になる。

【0057】

条件式 (5) はズーム倍率を高倍化するために、第 3 レンズ群 L_3 のズーミングに際する移動量 m_3 と焦点距離 f_3 を設定している。ここでレンズ群の移動量とは、広角端と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置の差であり、移動量の符号は広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正とする。

【0058】

条件式 (5) の下限値を超えて、第 3 レンズ群 L_3 の移動量 m_3 が長くなると、移動スペースを確保するために、レンズ全長が増大してしまい好ましくない。或いは、第 3 レンズ群 L_3 の焦点距離 f_3 が短くなり、第 3 レンズ群 L_3 より発生する収差、特に望遠端において球面収差が増大するので好ましくない。

【0059】

条件式 (5) の上限値を超えて、第 3 レンズ群 L_3 の移動量 m_3 が短くなると、所望のズーム倍率を得る事が困難となる。或いは、所望のズーム倍率を得るために、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 L_2 の変倍分担を上げる必要があり、ズーミングによって変動する像面湾曲などの補正が困難となる。或いは、条件式 (5) の上限値を超えて、第 3 レンズ群 L_3 の焦点距離 f_3 が長くなると、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 L_2 の変倍分担を上げる必要があり、ズーミングによって変動する像面湾曲などの補正が困難となる。

【0060】

条件式 (6) は所望のズーム倍率(ズーム比)を得るために規定したズーム倍率である。

【0061】

条件式 (6) の上限値を超えて、望遠端におけるズームレンズ L_0 の焦点距離 f_t が長くなると、望遠端で発生する球面収差や軸上色収差の補正をレンズ全系の小型化を維持したまま行うことが困難となる。或いは、広角端におけるズームレンズ L_0 の焦点距離 f_w が短くなると、広角端において周辺光量の確保のために前玉有効径が大型化してくる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

条件式(6)の下限値を超えると、所望のズーム倍率の確保が困難になる。また、条件式(6)の下限値を超えて広角端におけるズームレンズの焦点距離が長くなると、広角端において所定の画界を得るのが困難になる。

【 0 0 6 3 】

条件式(7)は高いテレセントリック性を確保するために、広角端における射出瞳位置 P_{Ow} と広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w の関係を規定している。ここで射出瞳位置 P_{Ow} は、像面（近距像面）からの距離である。距離の符号は物体側へ測るときは負、像側へ測るときを正とする。

【 0 0 6 4 】

条件式(7)の下限値を超えて射出瞳 P_{Ow} が像面から長くなると、最終レンズ群の屈折力が強まる傾向にあり、像面湾曲を十分に抑制することが難しくなる。

【 0 0 6 5 】

条件式(7)の上限値を超えて、射出瞳 P_{Ow} が像面から短くなると、周辺像高の光線の像面への入射角度が大きくなりすぎ、所謂シェーディングが増大するので好ましくない。或いは、広角端におけるズームレンズの焦点距離 f_w が長くなり、所望のズーム倍率を実現することが困難となる。

【 0 0 6 6 】

条件式(8)は第2レンズ群 L_2 より像側の可動レンズ群の軽量化とレンズ全長の短縮化を図るために、第2レンズ群 L_2 の焦点距離 f_w と望遠端におけるズームレンズの焦点距離を規定している。

10

20

【 0 0 6 7 】

条件式(8)の上限値を超えて、第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離 f_2 が短くなると、第3レンズ群 L_3 以降に入射する光束が大きくなり、レンズ径が大型化し、ズーミングに際して移動するレンズ群の軽量化が困難になる。また、第2レンズ群 L_2 の負の屈折力が強まり（負の屈折力の絶対値が大きくなり）すぎると、ズーミングに際して像面湾曲の変動を抑制することが困難となる。或いは、望遠端におけるズームレンズ L_0 の焦点距離 f_t が長くなりすぎ、所望のレンズ全長を保ったまま望遠端において軸上色収差を補正することが困難となる。

【 0 0 6 8 】

条件式(8)の下限値を超えて、第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離 f_2 が長くなると、所望のズーム倍率を得るために、第2レンズ群 L_2 や後続するレンズ群の移動距離が長くなるために、レンズ全長が増大してくる。或いは、望遠端におけるズームレンズ L_0 の焦点距離 f_t が短くなるので、望遠端における所定の撮像画界を得るのが困難になる。

30

【 0 0 6 9 】

条件式(9)は高い光学性能とレンズ全長の短縮化を得るうえで第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群 L_2 の焦点距離を適切に設定している。

【 0 0 7 0 】

条件式(9)の下限値を超えて、第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 が長くなると、第2レンズ群 L_2 以降のレンズ有効径が大きくなり、ズーミングに際して移動するレンズ群の軽量化が困難になる。或いは、第2レンズ群 L_2 の負の屈折力が相対的に強まることで、ズーミングに際して像面変動を軽減することが困難となる。

40

【 0 0 7 1 】

条件式(9)の上限値を超えて、第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 が短くなると、第2レンズ群 L_2 の軽量化には有利なもの、第1レンズ群 L_1 の正の屈折力が強くなりすぎる。そうすると望遠端において球面収差や軸上色収差の補正が困難となる。或いは、相対的に第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離 f_2 が長くなることで、所望のズーム倍率を得るために第2レンズ群 L_2 のズーミングに際しての移動量を大きくする必要があるため、レンズ全長が増大するので良くない。

【 0 0 7 2 】

50

条件式(10)はレンズ全長の短縮化と広角端において所定の画角を得るために、広角端におけるズームレンズL0の焦点距離fwと撮像半画角、レンズ全長TTDを規定している。条件式(10)の分子 $fw \times \tan$ は広角端における像高と等価であり、条件式(10)は像高とレンズ全長の関係を示している。

【0073】

条件式(10)の上限値を超えて、条件式(10)の分子が大きくなると、広角端におけるズームレンズの焦点距離が長くなる。或いは、レンズ全長TTDが短くなりすぎ、各レンズ群の屈折力の配置が強くなりすぎ、収差補正が困難となる。

【0074】

条件式(10)の下限値を超えて、条件式(10)の分子が小さくなると、広角端において撮像画界が広がるもの、前玉有効径が大型化してくる。或いは、レンズ全長TTDが長くなってくるので良くない。

【0075】

なお、各実施例において好ましくは、条件式(1)乃至条件式(10)の数値範囲を次の如く設定すると良い。

【0076】

0.19 < fw / f1 < 3.0	・・・ (1a)
9.0 < TTD / skw < 50.0	・・・ (2a)
1.0 < f1min / f1 < 20.0	・・・ (3a)
0.08 < TD1 / TTD < 0.20	・・・ (4a)
-2.00 < m3 / f3 < -0.08	・・・ (5a)
2.5 < ft / fw < 10.0	・・・ (6a)
-10.0 < Pow / fw < -2.5	・・・ (7a)
-0.50 < f2 / ft < -0.10	・・・ (8a)
-6.0 < f1 / f2 < -1.5	・・・ (9a)
0.06 < fwxtan / TTD < 0.10	・・・ (10a)

また、更に好ましくは、各実施例において、条件式(1a)乃至条件式(10a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0077】

0.20 < fw / f1 < 1.00	・・・ (1b)
10.0 < TTD / skw < 35.0	・・・ (2b)
1.8 < f1min / f1 < 5.0	・・・ (3b)
0.1 < TD1 / TTD < 0.17	・・・ (4b)
-1.0 < m3 / f3 < -0.1	・・・ (5b)
3 < ft / fw < 7	・・・ (6b)
-9 < Pow / fw < -3	・・・ (7b)
-0.30 < f2 / ft < -0.12	・・・ (8b)
-4 < f1 / f2 < -2	・・・ (9b)
0.07 < fwxtan / TTD < 0.09	・・・ (10b)

各実施例において好ましくは次の構成をとるのが良い。

【0078】

第1レンズ群L1に含まれる正レンズは4枚以下であることが良い。また、第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に配置された負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズより構成されることが良い。

【0079】

また各実施例において、ズームレンズを小型化しつつ広画角で高いズーム比を得るには、第1レンズ群L1のレンズ枚数が少ないほど良い。これによれば第1レンズ群L1を通る軸外光束の入射高さが低くなり、第1レンズ群L1の有効径を小さくすることができる。そのため、各実施例では、第1レンズ群L1のレンズ枚数は5枚以下とするのが良い。また、望遠端において球面収差の補正と広角端において所望の撮像画界の確保するために

10

20

30

40

50

は、第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に負レンズと正レンズの順に始まるレンズ構成が望ましい。

【0080】

また、第2レンズ群L2は広画角化を図るために、物体側より像側へ順に2枚の負レンズと、1枚の正レンズを有することが好ましい。そして第2レンズ群L2を負の屈折力とし、広画角化を容易にしている。

【0081】

また、像ぶれ補正用の部分群はレンズ外径を小型化しやすい第3レンズ群L3より像側の部分群に設定することが望ましい。

【0082】

また、後群LRの屈折力を適切に設定することによって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差を良好に補正している。更に広画角化及び高ズーム比化を図った際の球面収差、コマ収差の補正を効果的に行っている。

【0083】

例えば後群LR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レンズ群を有することが良い。特に後群LR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、負の屈折力の第6レンズ群、負の屈折力の第7レンズ群から構成されることが良い。

【0084】

また、動画撮影時のフォーカシングによる像倍率の変化を軽減するために、フォーカスレンズ群は第3レンズ群L3より像側のレンズ群で行なうことが望ましい。

【0085】

特に好ましくは、フォーカシングに際して後群の最も物体側のレンズ群より像側に配置されたレンズ群を移動することが良い。また、像ぶれ補正に際して第3レンズ群L3より像側に配置された部分群を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動することが良い。

【0086】

各実施例では以上の様に各要素を構成することで、大口径で高いズーム倍率を有し、レンズ全長及びレンズ鏡筒径が小型であり、尚且つ、素早いズーミングが容易に行われるズームレンズを得ている。

【0087】

次に実施例のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例に関して図11を用いて説明する。

【0088】

図11において、10はカメラ本体、11は実施例のズームレンズによって構成された撮像光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系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センサ等の撮像素子（光電変換素子）である。

【0089】

以下に実施例1乃至5に対応する数値実施例1乃至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、 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、 $n_{d,i}$ と d_i は各々物体側より順に第*i*番目のレンズの材料の屈折率とアッペ数である。BFはバックフォーカスである。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、A2、A4、A6、A8、A10、A12を各々非球面係数とするとき、

【0090】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A2 \times H^2 + A4 \times H^4 + A6 \times H^6 + A8 \times H^8 + A10 \times H^{10} + A12 \times H^{12}$$

10

20

30

40

50

【0091】

で与えるものとする。

【0092】

各非球面係数において「e - x」は「10 - x」を意味する。また、焦点距離、Fナンバー等のスペックに加え、全系の撮像半画角、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第1レンズ面から像面までの距離である。バックフォーカスBFは最終レンズ面から像面までの空気換算での長さを示している。また、各レンズ群データは各レンズ群とそれらの焦点距離を示している。

【0093】

また、各光学面の間隔dが(可変)となっている部分はズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。尚、以下に記載する数値実施例1乃至5のレンズデータに基づく各条件式の計算結果及びパラメータの値を表1、表2に示す。

【0094】

(数値実施例1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1	3274.463	2.50	1.95375	32.3
2	72.668	12.89	1.49700	81.5
3	-515.818	0.15		
4	123.847	5.16	1.72916	54.7
5	722.019	0.15		
6	69.607	7.99	1.72916	54.7
7	(可変)			
8	978.038	1.55	1.88300	40.8
9	30.065	8.39		
10	-70.832	1.30	1.90043	37.4
11	50.469	8.76	1.78472	25.7
12	-44.699	0.45		
13	-40.895	1.10	1.59522	67.7
14	40.537	5.04	1.85400	40.4
15*	303.843	(可変)		
16(絞り)		0.40		
17	74.118	5.63	2.05090	26.9
18	-153.763	0.15		
19	61.768	6.36	1.49700	81.5
20	-111.150	1.40	1.89286	20.4
21	78.699	1.19		
22	52.944	4.43	1.49700	81.5
23	-808.213	(可変)		
24	3196.697	1.05	1.84666	23.9
25	30.218	3.71	1.92286	18.9
26	88.533	5.34		
27	-47.638	1.00	1.85478	24.8
28	-160.144	(可変)		
29	36.415	9.94	1.43875	94.7
30	-61.745	0.15		
31	47.368	6.23	1.49700	81.5
32	-170.022	1.80	1.85400	40.4

10

20

30

40

50

33 * -2547.030 (可変)
 34 68.859 2.37 1.92286 18.9
 35 154.788 1.10 1.85025 30.1
 36 36.551 (可変)
 37 * -55.279 1.70 1.58313 59.4
 38 * -10000.000 0.15
 39 156.816 2.41 1.95375 32.3
 40 -3305.232 (可変)

像面

非球面データ

10

第15面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 1.10571e-007$ $A_6 = 8.02539e-010$ $A_8 = -4.18118e-012$
 $A_{10} = 1.41871e-014$ $A_{12} = -1.47780e-017$

第33面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 7.21834e-006$ $A_6 = 4.46302e-010$ $A_8 = 2.21450e-011$
 $A_{10} = -7.29798e-014$ $A_{12} = 1.34056e-016$

第37面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -1.63900e-005$ $A_6 = 2.32428e-008$ $A_8 = 8.32991e-011$
 $A_{10} = -5.13296e-013$ $A_{12} = 9.55109e-016$

第38面

20

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -1.59083e-005$ $A_6 = 2.55719e-008$ $A_8 = 4.90273e-011$
 $A_{10} = -3.46294e-013$ $A_{12} = 5.72243e-016$

各種データ

ズーム比	4.71		
	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	56.90	116.40
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	36.81	20.82	10.53
像高	18.50	21.64	21.64
レンズ全長	213.45	213.45	213.45
BF	13.37	31.48	22.23
d7	0.89	16.60	32.30
d15	52.53	22.62	1.70
d23	1.12	4.50	8.68
d28	17.21	11.45	5.51
d33	5.52	1.89	3.97
d36	10.88	12.99	27.14
d40	13.37	31.48	22.23

30

レンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	89.80
2	8	-26.68
3	16	41.43
4	24	-48.66
5	29	37.40
6	34	-102.47
7	37	-247.79

40

(数値実施例 2)

単位 mm

50

面データ

面番号	r	d	nd	vd	
1	-536.628	2.50	1.90366	31.3	
2	43.687	15.85	1.59349	67.0	
3	1251.007	0.15			
4	133.159	5.20	1.85478	24.8	
5	-3274.077	0.15			
6	70.916	5.75	1.72916	54.7	
7	274.015	0.15			
8	48.645	10.15	1.72916	54.7	10
9	-1552.696	(可変)			
10	-419.683	1.55	1.95375	32.3	
11	24.060	7.43			
12	-85.124	1.30	1.90043	37.4	
13	40.686	10.52	1.80810	22.8	
14	-42.061	0.11			
15	-45.127	1.30	1.72916	54.7	
16	-1163.193	2.98	1.85400	40.4	
17*	-447.305	(可変)			
18(絞り)		0.40			20
19	89.837	7.21	2.05090	26.9	
20	-109.514	0.15			
21	467.920	4.84	1.49700	81.5	
22	-103.489	1.40	1.89286	20.4	
23	1008.286	1.21			
24	189.964	5.99	1.43875	94.7	
25	-117.052	(可変)			
26	-340.950	1.05	1.84666	23.9	
27	94.078	2.30	1.92286	18.9	
28	264.828	6.51			30
29	-34.781	1.00	1.85478	24.8	
30	-87.969	(可変)			
31	61.684	11.80	1.43875	94.7	
32	-52.128	0.15			
33	60.182	13.59	1.49700	81.5	
34	-36.766	1.80	1.85400	40.4	
35*	-82.610	(可変)			
36	97.730	1.00	1.85478	24.8	
37	48.957	(可変)			
38*	-39.017	1.70	1.85400	40.4	40
39*	-264.040	2.34			
40	-58.047	4.95	1.92286	20.9	
41	-31.487	(可変)			

像面

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.14899e-006 A 6=-2.40032e-009 A 8=-5.67768e-012 A 10= 1.22341e-014 A 12=-2.60988e-017

第35面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.04538e-006 A 6=-8.93361e-010 A 8=-1.98997e-012

50

012 A10= 3.99705e-015 A12=-3.30689e-018

第38面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.90183e-006 A 6= 8.63226e-009 A 8=-1.02883e-010 A10= 3.50247e-013 A12=-3.91930e-016

第39面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.68152e-006 A 6= 4.04002e-009 A 8=-3.68066e-011 A10= 1.25329e-013 A12=-1.29943e-016

各種データ

ズーム比	4.00				10
	広角	中間	望遠		
焦点距離	35.00	72.14	139.97		
Fナンバー	2.91	2.91	2.91		
半画角(度)	27.86	16.69	8.79		
像高	18.50	21.64	21.64		
レンズ全長	249.34	249.34	249.34		
BF	7.99	37.14	63.00		
d9	0.84	6.00	11.16		
d17	44.10	18.67	1.69		
d25	0.98	3.38	0.40		
d30	30.19	24.72	15.82		20
d35	16.26	9.10	1.50		
d37	14.47	15.83	21.28		
d41	7.99	37.14	63.00		

レンズ群データ

群	始面	焦点距離			
1	1	43.78			
2	10	-19.79			
3	18	44.25			
4	26	-48.98			
5	31	43.29			
6	36	-115.86			30
7	38	-607.98			

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd		
1	3153.722	2.50	1.95375	32.3		
2	93.521	11.80	1.49700	81.5		
3	-430.783	0.15				40
4	172.089	3.95	1.72916	54.7		
5	562.272	0.15				
6	80.780	8.14	1.72916	54.7		
7	1264.217	(可変)				
8	-67456.288	1.55	1.88300	40.8		
9	32.190	8.49				
10	-76.302	1.30	1.90043	37.4		
11	54.526	9.65	1.78472	25.7		
12	-54.404	0.15				
13	-53.636	1.10	1.59522	67.7		50

14	48.227	5.17	1.85400	40.4
15*	1395.993	(可変)		
16(絞り)		0.40		
17	77.911	5.69	2.05090	26.9
18	-144.006	0.15		
19	58.232	6.70	1.49700	81.5
20	-106.339	1.40	1.89286	20.4
21	82.701	1.20		
22	54.603	3.73	1.49700	81.5
23	364.107	(可変)		10
24	965.633	1.05	1.84666	23.9
25	29.517	3.74	1.92286	18.9
26	83.118	5.19		
27	-54.363	1.00	1.85478	24.8
28	-388.840	(可変)		
29	37.200	10.36	1.43875	94.7
30	-58.460	0.15		
31	44.549	5.63	1.49700	81.5
32	3481.091	1.80	1.85400	40.4
33*	5810.376	(可変)		20
34	92.075	2.96	1.92286	18.9
35	-730.810	1.10	1.85025	30.1
36	33.451	(可変)		
37*	-117.604	1.70	1.58313	59.4
38*	-10000.000	0.15		
39	145.141	2.03	1.95375	32.3
40	467.386	(可変)		

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.44691e-007 A 6=-9.72085e-010 A 8= 6.83241e-012 A10=-2.15937e-014 A12= 2.61074e-017

第33面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.23723e-006 A 6= 6.60332e-010 A 8= 2.32070e-011 A10=-8.18320e-014 A12= 1.50647e-016

第37面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.19909e-005 A 6= 4.42191e-008 A 8=-6.13800e-011 A10=-1.11980e-013 A12= 4.26889e-016

第38面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.16995e-005 A 6= 5.06780e-008 A 8=-9.41436e-011 A10= 3.89406e-014 A12= 1.19325e-016

各種データ

	ズーム比 4.71		
	広角	中間	望遠
焦点距離	24.72	55.65	116.40
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	36.81	21.25	10.53
像高	18.50	21.64	21.64
レンズ全長	223.45	223.45	223.45
BF	17.99	36.19	23.88

d 7	0.90	22.68	44.45
d15	60.24	26.83	1.70
d23	1.54	4.25	9.38
d28	18.49	10.62	4.01
d33	4.06	1.84	8.69
d36	10.00	10.81	21.10
d40	17.99	36.19	23.88

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	118.68
2	8	-30.80
3	16	43.38
4	24	-46.52
5	29	34.71
6	34	-67.79
7	37	-2958.06

(数値実施例 4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd
1		2.50	1.95539	33.6
2	83.591	13.24	1.49700	81.5
3	-290.774	0.15		
4	133.425	4.94	1.72916	54.7
5	479.096	0.15		
6	72.208	9.83	1.72916	54.7
7	1473.420	(可変)		
8	-13217.526	1.55	1.88300	40.8
9	31.703	7.97		
10	-77.444	1.30	1.90043	37.4
11	45.413	8.36	1.78472	25.7
12	-54.533	0.43		
13	-48.894	1.10	1.59522	67.7
14	43.257	6.49	1.85400	40.4
15*	571.432	(可変)		
16(絞り)		0.40		
17	107.700	5.64	2.05090	26.9
18	-136.091	0.15		
19	75.219	6.59	1.49700	81.5
20	-123.715	1.40	1.89286	20.4
21	157.779	0.15		
22	68.160	4.32	1.49700	81.5
23	488.885	(可変)		
24	-589.883	1.05	1.84666	23.9
25	32.574	5.81	1.92286	18.9
26	104.883	6.67		
27	-44.004	1.00	1.85478	24.8
28	-116.488	(可変)		
29	46.566	1.30	1.78508	45.7

10

20

30

40

50

30	32.144	14.20	1.43875	94.7
31	-55.505	0.15		
32	33.936	11.91	1.49700	81.5
33	-234.767	0.15		
34	53.577	3.00	1.85400	40.4
35*	67.167	(可变)		
36	60.544	1.36	1.92286	18.9
37	63.718	1.10	1.85025	30.1
38	28.266	(可变)		
39*	-213.483	2.00	1.58235	43.1
40*	44.513	0.15		
41	84.994	4.00	1.92273	20.9
42	-387.052	(可变)		

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.40430e-007 A 6= 6.64297e-010 A 8=-3.34535e-012
 A10= 8.97780e-015 A12=-8.07919e-018

第35面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.06930e-006 A 6= 8.38783e-010 A 8= 1.83554e-011
 A10=-3.12280e-014 A12= 3.59249e-017

第39面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.91098e-005 A 6= 1.96840e-007 A 8=-4.97273e-010
 A10= 7.65556e-013 A12=-6.60134e-016

第40面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.00420e-005 A 6= 2.02969e-007 A 8=-5.35828e-010
 A10= 7.94074e-013 A12=-5.43704e-016

各種データ

ズーム比	4.20		
焦点距離	25.00	52.97	104.99
Fナンバー	2.20	2.20	2.20
半画角(度)	36.50	22.22	11.64
像高	18.50	21.64	21.64
レンズ全長	223.46	223.46	223.46
BF	13.36	27.12	27.27
d7	0.86	17.35	33.84
d15	45.74	20.92	1.69
d23	2.00	5.91	6.97
d28	15.42	7.29	1.39
d35	3.63	1.80	3.41
d38	11.94	12.56	18.38
d42	13.36	27.12	27.27

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	95.22
2	8	-28.06
3	16	46.54
4	24	-48.87
5	29	31.58
6	36	-64.98

10

20

40

50

7 39 -397.80

(数値実施例 5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	
1	-894.264	2.50	1.95375	32.3	
2	80.018	13.70	1.49700	81.5	
3	-272.610	0.15			10
4	117.014	6.17	1.72916	54.7	
5	1470.547	0.15			
6	74.350	7.79	1.72916	54.7	
7	1699.568	(可変)			
8	2149.506	1.55	1.88300	40.8	
9	30.292	8.49			
10	-68.711	1.30	1.90043	37.4	
11	42.853	9.59	1.78472	25.7	
12	-43.840	0.13			
13	-43.409	1.10	1.59522	67.7	
14	45.614	5.07	1.85400	40.4	20
15*	232.816	(可変)			
16(絞り)		0.40			
17	80.913	5.53	2.05090	26.9	
18	-150.306	0.15			
19	78.592	6.84	1.49700	81.5	
20	-98.648	1.40	1.89286	20.4	
21	109.625	0.19			
22	54.438	5.19	1.49700	81.5	
23	-859.630	(可変)			
24	3145.861	1.05	1.84666	23.9	30
25	30.943	4.40	1.92286	18.9	
26	85.172	4.65			
27	-57.849	1.00	1.85478	24.8	
28	-206.274	(可変)			
29	36.808	10.70	1.43875	94.7	
30	-67.682	0.15			
31	62.075	6.40	1.49700	81.5	
32	-122.740	1.80	1.85400	40.4	
33*	417.392	(可変)			
34	75.838	2.52	1.92286	18.9	40
35	241.097	1.10	1.85025	30.1	
36	42.156	(可変)			
37*	-180.229	2.00	1.58313	59.4	
38*	-10000.000	0.15			
39	-1586.865	2.27	1.95375	32.3	
40	-370.600	(可変)			

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.44694e-007 A 6=-2.29825e-010 A 8= 2.79137e-

50

013 A10= 2.28176e-015 A12=-5.12675e-018

第33面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.19923e-006 A 6= 1.68545e-009 A 8= 1.92884e-011 A10=-6.37363e-014 A12= 1.13911e-016

第37面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.80107e-005 A 6=-3.42202e-009 A 8= 1.94181e-010 A10=-7.19424e-013 A12= 8.73849e-016

第38面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.83704e-005 A 6= 6.20607e-009 A 8= 1.36289e-010 A10=-5.26280e-013 A12= 6.12837e-016

10

各種データ

ズーム比 6.67

広角 中間 望遠

焦点距離	24.72	62.83	164.99
Fナンバー	2.91	2.91	4.12
半画角(度)	36.81	19.00	7.47
像高	18.50	21.64	21.64
レンズ全長	235.49	235.49	235.49
BF	14.45	37.04	15.61
d7	0.89	20.43	39.98
d15	60.89	27.35	1.69
d23	1.07	4.10	9.69
d28	23.22	13.33	3.62
d33	7.91	3.47	5.22
d36	11.50	14.19	44.12
d40	14.45	37.04	15.61

20

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	89.26
2	8	-25.46
3	16	42.28
4	24	-52.79
5	29	47.22
6	34	-127.67
7	37	-844.49

30

【0095】

40

50

【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
条件式(1)	$0.18 < f_w / f_1 < 5.0$	0.275	0.800	0.208	0.263	0.277
条件式(2)	$8.2 < TTD / sk_w < 100.0$	15.962	31.220	12.419	16.727	16.301
条件式(3)	$0.5 < f_{1min} / f_1 < 50$	2.275	3.422	2.854	2.647	1.950
条件式(4)	$0.05 < TD_1 / TTD < 0.28$	0.135	0.160	0.119	0.138	0.129
条件式(5)	$-5 < m_3 / f_3 < -0.05$	-0.377	-0.725	-0.359	-0.238	-0.476
条件式(6)	$2 < f_t / f_w < 15$	4.709	3.999	4.709	4.200	6.674
条件式(7)	$0.04 < f_w \times \tan \omega / TTD < 0.2$	0.087	0.074	0.083	0.083	0.079
条件式(8)	$-20 < P_{Ow} / f_w < -2$	-3.794	-8.113	-4.516	-6.081	-4.513
条件式(9)	$-0.9 < f_2 / f_t < -0.05$	-0.229	-0.141	-0.265	-0.267	-0.154
条件式(10)	$-8 < f_1 / f_2 < -1$	-3.366	-2.212	-3.853	-3.393	-3.505

【0096】

10

20

30

40

50

【表 2】

パラメータ	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
fw	24.720	35.001	24.720	25.001	24.721
f1	89.798	43.777	118.675	95.221	89.256
TTD	213.451	249.340	223.451	223.460	235.492
skw	13.372	7.987	17.993	13.359	14.447
f1min	204.273	149.799	338.659	252.094	174.018
TD1	28.835	39.901	26.694	30.809	30.455
m3	-19.430	-32.098	-15.593	-11.071	-20.118
f3	51.515	44.253	43.385	46.538	42.284
ft	116.400	139.971	116.397	104.991	164.993
$\tan \omega$	0.748	0.529	0.748	0.740	0.748
POw	-93.782	-283.946	-111.638	-152.020	-111.572
f2	-26.681	-19.794	-30.798	-28.062	-25.465

10

20

30

【符号の説明】

【0097】

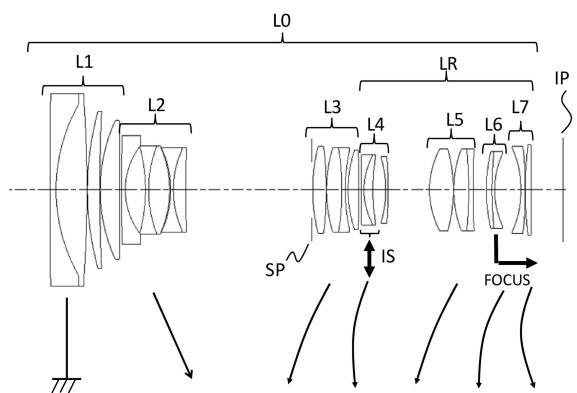
L 1 第1レンズ群	L 2 第2レンズ群	L 3 第3レンズ群
L 4 第4レンズ群	L 5 第5レンズ群	L 6 第6レンズ群
L 7 第7レンズ群	I P 像面	I S 防振群
S P 開口絞り	L R 後群	L 0 ズームレンズ

40

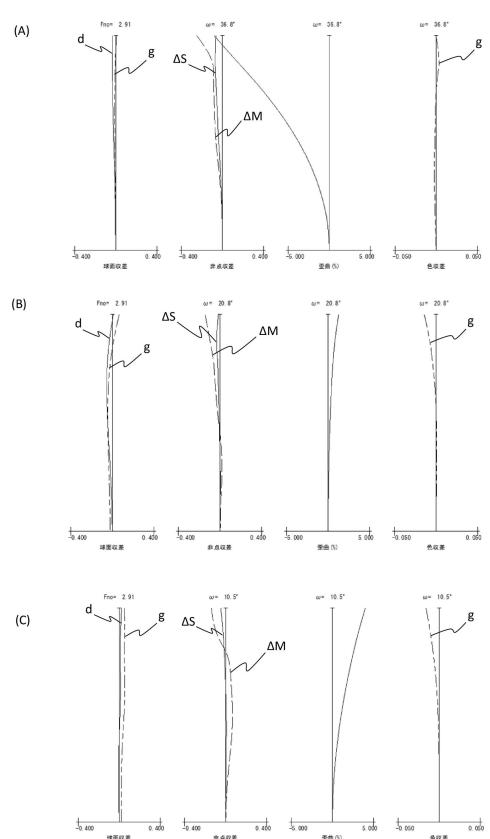
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

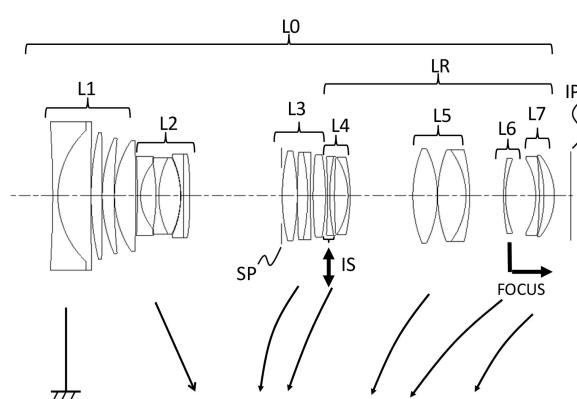
20

30

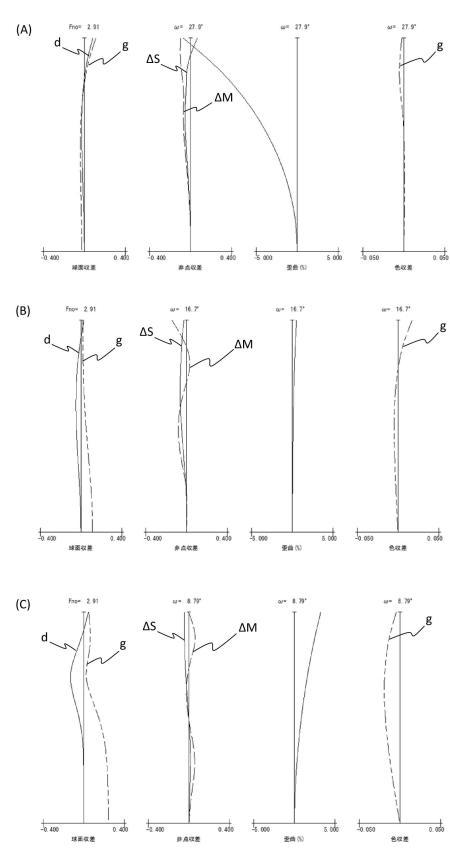
40

50

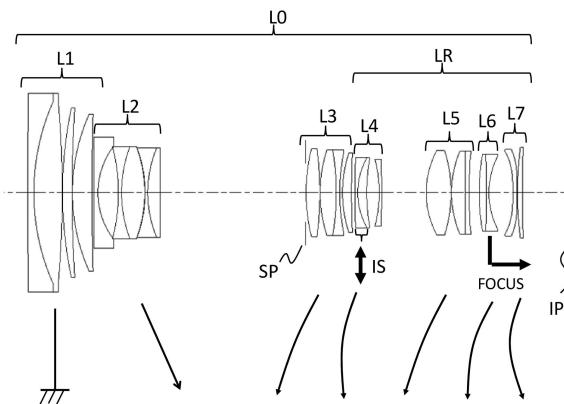
【図 3】



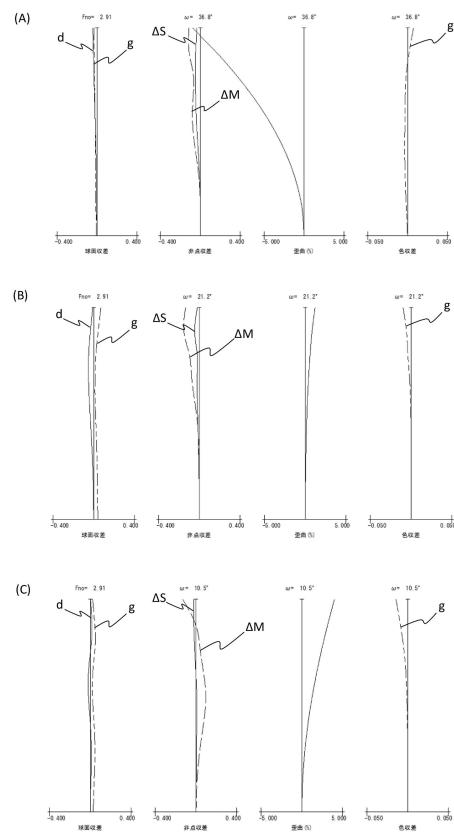
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

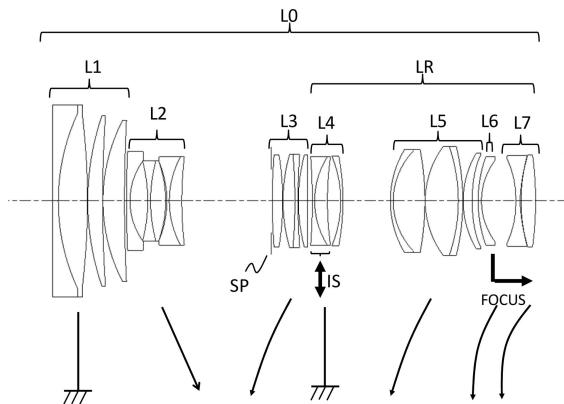
20

30

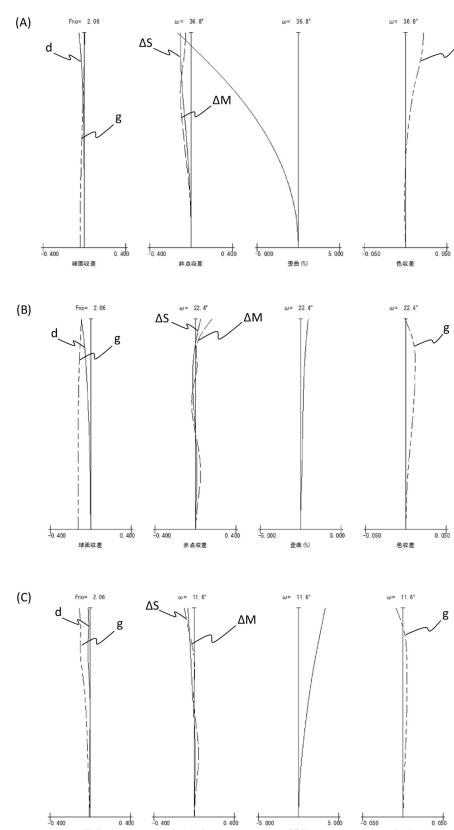
40

50

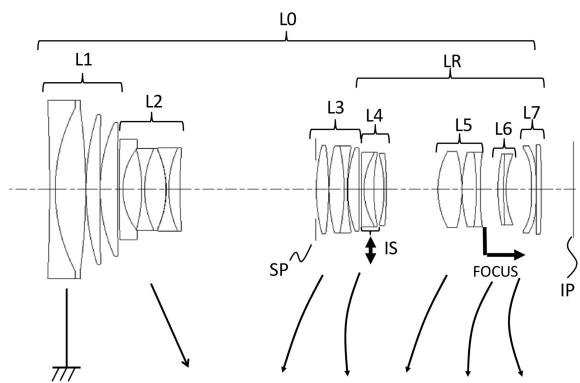
【図 7】



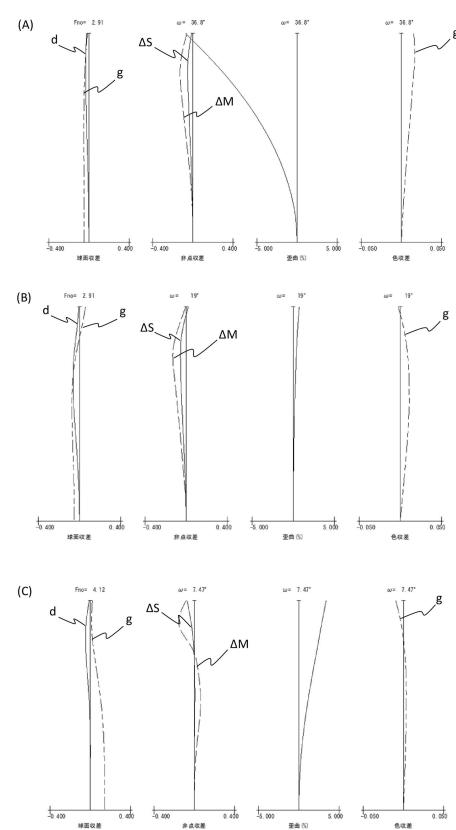
【図 8】



【図 9】



【図 10】

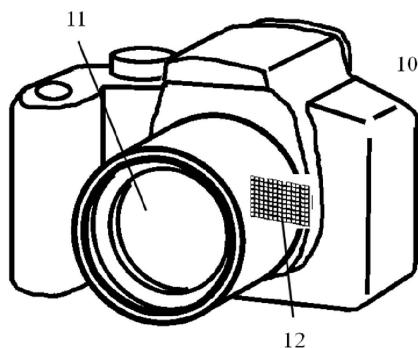


10

20

30

【図 11】



40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-212725 (JP, A)
 特開2015-212726 (JP, A)
 特開2016-173556 (JP, A)
 特開2017-203916 (JP, A)
 国際公開第2017/169582 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 G02B 9/00 - 17/08
 G02B 21/02 - 21/04
 G02B 25/00 - 25/04
 C O D E V