

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6172947号
(P6172947)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-3237 (P2013-3237)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年1月11日 (2013.1.11)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-134703 (P2014-134703A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年7月24日 (2014.7.24)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成27年12月21日 (2015.12.21)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	杉田 茂宣
			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	越河 勉

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】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3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ように各レンズ群が移動し、ズーム全域でFナンバーが一定であるズームレンズであって、

開口絞りと、ズーミングに際して開口径が変化する第1の可変絞りと、該第1の可変絞りよりも像側に配置され、ズーミングに際して開口径が変化する第2の可変絞りを有し、前記開口絞りと前記第1の可変絞りは、前記第2レンズ群よりも物体側に配置され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と同一の軌跡で移動し、

前記第2の可変絞りは、前記第3レンズ群の中に配置され、ズーミングに際して前記第3レンズ群と同一の軌跡で移動し、

広角端における前記第1の可変絞りから像面までの距離をSw1、広角端における前記第2の可変絞りから像面までの距離をSw2、広角端における射出瞳位置から像面までの距離をTk wとすると、

$0.90 < Sw1 / Tk w < 1.50$

$0.60 < Sw2 / Tk w < 1.00$

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】

物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第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レンズ群から構成され、ズームに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動し、ズーム全域でFナンバーが一定であるズームレンズであって、

開口絞りと、ズームに際して開口径が変化する第1の可変絞りと、該第1の可変絞りよりも像側に配置され、ズームに際して開口径が変化する第2の可変絞りを有し、

前記第1の可変絞りは、前記第2レンズ群よりも物体側に配置され、ズームに際して前記第2レンズ群と同一の軌跡で移動し、

前記第2の可変絞りは、前記第3レンズ群よりも像側に配置され、ズームに際して前記第3レンズ群と同一の軌跡で移動し、

広角端における前記第1の可変絞りから像面までの距離を S_{w1} 、広角端における前記第2の可変絞りから像面までの距離を S_{w2} 、広角端における射出瞳位置から像面までの距離を T_{kw} とすると、

$$0.90 < S_{w1} / T_{kw} < 1.50$$

$$0.60 < S_{w2} / T_{kw} < 1.00$$

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3】

広角端における最大像高に対して5割像高の周辺光量比を R_{wm} 、広角端における最大像高の周辺光量比を R_{we} とすると、

$$0.8 < R_{wm} / (R_{we})^{0.5} < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記第1の可変絞りの光軸方向に隣接するレンズ面のうち少なくとも一方のレンズ面は、前記第1の可変絞り側に凸面を向けてい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2の可変絞りの光軸方向に隣接するレンズ面のうち少なくとも一方のレンズ面は、前記第2の可変絞り側に凸面を向けてい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】

前記ズームレンズを構成する各レンズの有効径のうち最大有効径を E_n 、望遠端における前記第1の可変絞りの有効径を E_{s1t} とすると、

$$0.15 < E_{s1t} / E_n < 0.80$$

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

【請求項7】

前記ズームレンズを構成する各レンズの有効径のうち最大有効径を E_n 、望遠端における前記第2の可変絞りの有効径を E_{s2t} とすると、

$$0.15 < E_{s2t} / E_n < 0.80$$

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の可変絞りよりも物体側に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_A の符号は、ズーム全域で不変であり、前記第1の可変絞りと前記第2の可変絞りの間に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_B の符号は、ズーム全域で不変であり、前記合成焦点距離 f_A の符号と前記合成焦点距離 f_B の符号は異な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】

請求項1乃至8のいずれか1項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する光電変換素子を有してい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、ズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来、デジタルカメラ等の撮像装置やプロジェクター等の画像投射装置には広画角のズームレンズが要望されている。広画角のズームレンズとして、撮影全画角が100度以上の広角域からのズームングが可能な、広画角のズームレンズが知られている。通常、広画角のズームレンズには、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上の

10

【0003】

ネガティブリード型のズームレンズにおいて、広画角でかつズームングによって露出変化が生じないように、ズーム全域で開放F値（Fナンバー）を同値にした広画角のズームレンズが求められている（特許文献1、2）。

【0004】

特許文献1のズームレンズは、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レンズ群より成る。特許文献1は広角端での撮影全画角106度で、ズーム比2.1を持ち、かつ開放F値がズーム全域で2.8

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-046208号公報

【特許文献2】特開2008-233284号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

通常、広画角レンズには、物体側に負の屈折力のレンズ群、開口絞り、像側に正の屈折力のレンズ群を配置する、レトロフォーカスタイプの光学系が用いられる。レトロフォーカスタイプの光学系では、物体側の負の屈折力のレンズ群の最も物体側のレンズで、有効径が最も大きくなり、それがレンズ本体の外径を決定する要因となっている。そのため、通常、広画角レンズで全系の小型化を図る際、物体側の負の屈折力のレンズ群の外径を極力小さくするべく、撮影時に弊害が出ない範囲で周辺光量比を減らしている。

【0007】

特許文献1または特許文献2に示す広画角のズームレンズでは、広角端において画面最周辺の光量が、画面中心に対して30%以下となっている。このように広画角レンズにおいて画面最周辺の光量比を落とすと、例えば空などの均一な輝度面を撮影した時等に、撮影画像の画面最周辺の光量落ちが目で見えて判別できてしまい、撮影写真としてあまり好ましくない。

40

【0008】

特に特許文献1や特許文献2に示すような、開放F値が全ズーム域で一律な広画角のズームレンズでは広角端において、周辺光量の低下が目立つ傾向にある。このようなことはレトロフォーカスタイプの光学系に限らず、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、1以上のレンズ群を含む後群よりなるポジティブリード型のズームレンズにおいても同様である。

50

【 0 0 0 9 】

本発明は、開放 F 値が全ズーム域で一律のズームレンズにおいて、広角端の最周辺光量を例えば 30% 以下に落としても、その光量落ちを目立たなくすることができ、良好な画像が容易に得られるズームレンズ及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 0 】

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、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 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ように各レンズ群が移動し、ズーム全域で F ナンバーが一定であるズームレンズであって、

開口絞りと、ズーミングに際して開口径が変化する第 1 の可変絞りと、該第 1 の可変絞りよりも像側に配置され、ズーミングに際して開口径が変化する第 2 の可変絞りを有し、

前記開口絞りと前記第 1 の可変絞りは、前記第 2 レンズ群よりも物体側に配置され、ズーミングに際して前記第 2 レンズ群と同一の軌跡で移動し、

前記第 2 の可変絞りは、前記第 3 レンズ群の中に配置され、ズーミングに際して前記第 3 レンズ群と同一の軌跡で移動し、

広角端における前記第 1 の可変絞りから像面までの距離を $S w 1$ 、広角端における前記第 2 の可変絞りから像面までの距離を $S w 2$ 、広角端における射出瞳位置から像面までの距離を $T k w$ とするとき、

$$0.90 < S w 1 / T k w < 1.50$$

$$0.60 < S w 2 / T k w < 1.00$$

なる条件式を満足することを特徴としている。この他、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、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 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 レンズ群から構成され、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各レンズ群が移動し、ズーム全域で F ナンバーが一定であるズームレンズであって、

開口絞りと、ズーミングに際して開口径が変化する第 1 の可変絞りと、該第 1 の可変絞りよりも像側に配置され、ズーミングに際して開口径が変化する第 2 の可変絞りを有し、

前記第 1 の可変絞りは、前記第 2 レンズ群よりも物体側に配置され、ズーミングに際して前記第 2 レンズ群と同一の軌跡で移動し、

前記第 2 の可変絞りは、前記第 3 レンズ群よりも像側に配置され、ズーミングに際して前記第 3 レンズ群と同一の軌跡で移動し、

広角端における前記第 1 の可変絞りから像面までの距離を $S w 1$ 、広角端における前記第 2 の可変絞りから像面までの距離を $S w 2$ 、広角端における射出瞳位置から像面までの距離を $T k w$ とするとき、

$$0.90 < S w 1 / T k w < 1.50$$

$$0.60 < S w 2 / T k w < 1.00$$

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】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、開放 F 値が全ズーム域で一律のズームレンズにおいて、広角端の最周辺光量を例えば 30% 以下に落としても、その光量落ちを目立たなくすることができ良好な画像が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明における実施例 1 のズームレンズの断面図

【図 2】本発明における実施例 1 のズームレンズにおける像高と周辺光量の関係を表わす説明図

【図 3】本発明における実施例 1 のズームレンズの収差図

【図 4】本発明における実施例 2 のズームレンズの断面図

【図 5】本発明における実施例 2 のズームレンズにおける像高と周辺光量の関係を表わす説明図

【図 6】本発明における実施例 2 のズームレンズの収差図

【図 7】本発明における参考例 1 のズームレンズの断面図

【図 8】本発明における参考例 1 のズームレンズにおける像高と周辺光量の関係を表わす説明図

【図 9】本発明における参考例 1 のズームレンズの収差図

【図 10】本発明における参考例 2 のズームレンズの断面図

【図 11】本発明における参考例 2 のズームレンズにおける像高と周辺光量の関係を表わす説明図

10

【図 12】本発明における参考例 2 のズームレンズの収差図

【図 13】像高と周辺光量比との関係の説明図

【図 14】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】

以下に、本発明の好ましい実施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、複数のレンズ群と開口絞りを有し、ズーミングに際して各レンズ群間隔が変化し、ズーム全域でFナンバーが一定である。尚、本発明のズームレンズにおいて、ズーム全域でFナンバーが一定とは厳密に一定でなくても $\pm 10\%$ の範囲内の変動があっても一定と見做している。そして光路中にズーム位置に応じて開口径が変化する第1の可変絞り（以下第1可変絞りという）と第2の可変絞り（以下第2可変絞りという）の2つの可変絞りを有している。

20

【0014】

図1(A)、(B)はそれぞれ本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）と望遠端（長焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図2は本発明の実施例1のズームレンズにおける像高と周辺光量比との関係を示す説明図である。図3(A)、(B)はそれぞれ実施例1のズームレンズの無限遠物体のときの広角端、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比2.06、開口比4.10のズームレンズである。

【0015】

図4(A)、(B)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図5は本発明の実施例2のズームレンズにおける像高と周辺光量比との関係を示す説明図である。図6(A)、(B)はそれぞれ実施例2のズームレンズの無限遠物体のときの広角端、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比2.06、開口比4.10のズームレンズである。

30

【0016】

図7(A)、(B)はそれぞれ参考例1のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図8は本発明の参考例1のズームレンズにおける像高と周辺光量比の関係を示す説明図である。図9(A)、(B)はそれぞれ参考例1のズームレンズの無限遠物体のときの広角端、望遠端における収差図である。参考例1はズーム比2.75、開口比2.91のズームレンズである。

40

【0017】

図10(A)、(B)はそれぞれ参考例2のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図11は本発明の参考例2のズームレンズにおける像高と周辺光量比の関係を示す説明図である。図12(A)、(B)はそれぞれ参考例2のズームレンズの無限遠物体のときの広角端、望遠端における収差図である。参考例2はズーム比2.84、開口比4.10のズームレンズである。

【0018】

図13は、像高と周辺光量の関係を表すグラフと、均一輝度面を撮影した時の撮像面上の輝度分布イメージ（撮影画像を上下左右に4等分した時の右上の部分）の比較図である。図14は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ（撮像装置）の要部概略

50

図である。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。

【 0 0 1 9 】

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。図 1、図 4、図 7 において $L R$ は 1 以上のレンズ群を含みズーム全域において全体として正の屈折力の後群である。 $S T O$ は開放 F ナンバー（ $F n o$ ）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」と呼ぶ）である。 $S T V 1$ 、 $S T V 2$ はそれぞれズーム位置に応じて開口径が変化する第 1 可変絞り、第 2 可変絞りである。

【 0 0 2 0 】

$I P$ 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 $C C D$ センサや $C M O S$ センサ等の固体撮像素子（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。球面収差図において、実線は d 線（波長 587.6nm ）、点線は g 線（波長 435.8nm ）である。非点収差図において点線はメリディオナル像面、実線はサジタル像面を表している。また、倍率色収差は、 d 線を基準とした際の g 線の差分を表している。

【 0 0 2 1 】

$F n o$ は F ナンバーである。 θ は撮影半画角（度）である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上、光軸上移動可能な両端に位置したときのズーム位置をいう。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ムに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【 0 0 2 2 】

本発明のズームレンズは、光路中にズーム位置に応じて開口径が変化する第 1 可変絞りと第 1 可変絞りより像側に配置され、ズームに際して開口径が変化する第 2 可変絞りの 2 つの可変絞りを有している。2 つの可変絞りのうち物体側を第 1 可変絞り $S T V 1$ 、像側を第 2 可変絞り $S T V 2$ とする。そして広角端における第 1 可変絞り $S T V 1$ から像面までの距離を $S w 1$ 、広角端における第 2 可変絞り $S T V 2$ から像面までの距離を $S w 2$ 、広角端における射出瞳位置から像面までの距離を $T k w$ とする。このとき、

$$0.90 < S w 1 / T k w < 1.50 \quad \cdots (1)$$

$$0.60 < S w 2 / T k w < 1.00 \quad \cdots (2)$$

なる条件式を満足している。

【 0 0 2 3 】

本発明における射出瞳の位置は次のとおりである。一般に撮影光学系の射出瞳位置は、像面から見た、開口絞り $S T O$ の見かけの位置を表す。開口絞り $S T O$ は、撮影光学系においては、明るさを変更するためや、被写界深度を変更する等の目的で、任意の F ナンバーになるよう開口径が開閉可能であることが求められる。開口絞りを小径に絞った際、軸外光束が完全に遮断されないよう、開口絞りの位置では、全像高からの光束の少なくとも一部が光軸を通るよう配置する必要がある。

【 0 0 2 4 】

以上のことから、撮影光学系における射出瞳位置は、像側からの軸外主光線を延長した線と、光軸が交わる点に近い位置となる（但し、開口食により主光線が変化することや、近軸計算と厚肉計算の差異の影響から、完全に一致するわけではない。）。

【 0 0 2 5 】

各実施例において開口絞り $S T O$ は第 1 可変絞り $S T V 1$ 又は第 2 可変絞り $S T V 2$ と兼ねても良い。

【 0 0 2 6 】

撮像光学系の F 値（F ナンバー） $F N O$ は、焦点距離を f 、後側主点位置での開口径を D とするとき、 $F N O = |f / D|$ で表わされる。このため、開放 F 値がズーム全域で一律の広画角のズームレンズでは、望遠端における開口径を広角端における開口径に対して

大きくする必要がある。逆に言うと、広角端における開放使用時は、開放状態とは言っても軸上光束を何らかの方法で絞る必要がある。

【 0 0 2 7 】

特許文献 1 のズームレンズでは、外部からの駆動命令で絞り駆動する絞り（以下、主絞り）S P 以外に、第 3 レンズ群の像側に、ズーミングに連動して有効径が変化する可変絞り S S P を有している。そしてズーミングに応じて開放 F 値が一律になるよう、可変絞り S S P により軸上光束をカットしている。特許文献 2 のズームレンズでは、主絞り S P の径自体を変化させることで開放 F 値が一律になるよう、軸上光束をカットしている。

【 0 0 2 8 】

いずれの方法にしても、広角端において開放時における絞り径に対し、絞り付近に配置されるレンズ有効径が大きい状態になる。このため、中間像高の光束が絞り周辺のレンズでカットされにくく、光量が多くなる傾向があった。それに対し最大像高付近の光束は、前述したように第 1 レンズ群で大きくカットされるため、中間像高から最大像高にかけて、周辺光量が急激に低下する傾向にあった。

【 0 0 2 9 】

ここで本発明者は、最大像高での周辺光量が同じであっても、最大像高に向けての減光率が高い方が、周辺光量の低下が目立つという仮説を立てた。それは、人間の目が、絶対的な明るさを測る精度が鈍く、逆に相対的な明るさの変化に対して敏感であることに基づいている。その仮説に基づくと、周辺光量の低下は、像高変化に対して常に同じ割合で減衰する特性にすると、減光が目立たないことになる。具体的に数式に表すと、像高 y での光量 R_y は下記のようになる。

【 0 0 3 0 】

$$R_y = R_Y (y/Y)$$

Y : 最大像高

y : 評価像高

R_Y : 最大像高での周辺光量

【 0 0 3 1 】

この仮説を検証するべく、最大像高の周辺光量比が同じで、減光特性が異なる 3 つのモデルを用意し、実際に撮影画像シミュレーションを行った。シミュレーション画像は、撮影画面を上下左右に 4 等分した時の、右上の部分を表している。よって、シミュレーション画像の左下の隅が撮影画像中心、右上の隅が撮影画像の画面最周辺となっている。

【 0 0 3 2 】

図 1 3 (a) に示す第 1 のモデルは、特許文献 1 や特許文献 2 のように、中間像高の光量が多く、画面周辺に向かって急激に減光する特性である。図 1 3 (b) に示す第 2 のモデルは、最大像高に向かい、線形で減衰する特性である。図 1 3 (c) に示す第 3 のモデルは、前述の数式に従う特性である。これらの撮影画像シミュレーションから一目瞭然で、本件の仮説に従う図 1 3 (c) の第 3 のモデルにおいて、画面周辺部の減光が目立ちにくいことが分かる。

【 0 0 3 3 】

そこで本発明のズームレンズは、下記条件式 (3) の特性を満たすような周辺光量の減光特性を持たせている。広角端における最大像高に対して 5 割像高の周辺光量比を R_{wm} 、広角端における最大像高の周辺光量比を R_{we} とする。このとき、

$$0.8 < R_{wm} / (R_{we})^{0.5} < 1.5 \quad \cdots (3)$$

なる条件式を満足するようにしている。ここで周辺光量 R_{wm} 、 R_{we} は次のとおりである。

【 0 0 3 4 】

画面中心の光量を R_0 、5 割像高の光量を $R_{0.5}$ 、最大像高の光量を $R_{1.0}$ とするとき、

$$R_{wm} = R_{0.5} / R_0$$

$$R_{we} = R_{1.0} / R_0$$

である。

【 0 0 3 5 】

条件式 (3) は、最大像高に対して 5 割像高の周辺光量比を、前述した周辺減光の理想曲線に近づけ、周辺減光を目立たなくするための条件式である。条件式 (3) の上限値を逸脱すると、中間像高の周辺光量比が最大像高の周辺光量比に対して大き過ぎ、最大像高付近での周辺光量の低下が急峻になってしまう。条件式 (3) の下限値を逸脱すると、主被写体が存在し得る 5 割像高付近で、著しく減光してしまうため、画面全体が暗い印象となってしまう、好ましくない。条件式 (3) は、より好ましくは下記条件式 (3 a) を満たすと良い。

【 0 0 3 6 】

$$0.90 < R_{wm} / (R_{we})^{0.5} < 1.45 \quad \dots (3a)$$

10

近年、撮影レンズの周辺光量の低下に関するデータを使用し、撮像装置側の画像処理手段で周辺光量を補正する手法がとられている。

【 0 0 3 7 】

その場合、周辺光量比の逆数を補正ゲインとすることで、画面全域で周辺光量の低下をなくすることができるが、この時、特許文献 1 や特許文献 2 のように急激な周辺光量の低下が有る場合、その補正ゲインも急激に上がったものになる。撮像光学系の製造誤差や防振機能等により光軸ずれが生じた場合、周辺光量が急激に低下する箇所と、補正ゲインが急激に上がる箇所がずれてくると、補正エラーが生じてしまう。その観点からも、周辺光量の低下が理想的な特性であると、補正ゲインも滑らかに推移し、良好な補正ができる。

【 0 0 3 8 】

20

次に、具体的に周辺光量の低下を理想形に近づけるためのレンズ構成について説明する。任意の像高での周辺光量比 T は、その像高での半画角を (度)、開口効率を E とした時、 $T = E \times \cos^4$ で表わされる。開口効率について簡易的に説明すると、像面上の該当像高と光軸位置から、それぞれ物体側に光線トレースを行い、物体側の光軸と垂直な任意の非結像面における、それらのボケ像の面積比率を表したものとなる。

【 0 0 3 9 】

軸外光束の口径食が全くなく、上線と下線が共に、軸上光束を決定する絞りと同じ絞りで決定される場合、開口効率は $1 / \cos^3$ で表わされる。この時、周辺光量比は $T = \cos$ で表わされ、この特性は前述した周辺光量の理想的な特性と異なり、中間像高から最周辺に向けて、減光率が大きくなっている。そのため、周辺光量の理想的な特性にするには、中間像高の開口効率をいかに落とすかが重要となってくる。

30

【 0 0 4 0 】

一般的に主絞りは、軸外光束の主光線が光軸と交わる位置付近に配置する。その位置は、通常の光学系では射出瞳位置付近になる。仮に、軸外光束が光軸と全く交わっていない位置に主絞りを配置した場合、主絞りを小絞り状態で使用した時に (最も開口径が小さいときに)、主絞りで軸外光束が完全にカットされてしまう。この結果、撮影画像の画面周辺部に影ができてしまう (以下、この現象を『片絞り』と呼ぶ)。

【 0 0 4 1 】

ここで、片絞りを発生させない範囲で、絞り位置を射出瞳位置より像側にずらして行くと、低像高側から徐々に、上線が絞り面でカットされ、逆に下線が入り込んでいく。また、片絞りを発生させない範囲で、絞り位置を射出瞳位置より物体側にずらして行くと、低像高側から徐々に、下線が絞り面でカットされ、逆に上線が入り込んでいく。

40

【 0 0 4 2 】

それを受けて本発明のズームレンズでは、ズーミングに応じて開放使用時の絞り径が変わる可変絞りを、射出瞳位置よりある程度物体側と、ある程度像側に 2 つ配置する。これによって、広角端における中間像高の上線と下線がそれぞれ効果的にカットされ、前述した周辺光量の理想的な特性に近づけるに至った。

【 0 0 4 3 】

次に具体的な構成や条件を示す。本発明のズームレンズは、ズーム位置に応じて開放使用時の絞り径が決定される可変絞りを 2 つ含む。このうち、物体側の第 1 可変絞り STV

50

1、及び像側の第2可変絞りSTV2は、それぞれ前述した条件式(1)、(2)を満たす位置に配置している。

【0044】

次に条件式(1)、(2)の技術的意味について説明する。条件式(1)は、物体側の第1可変絞りSTV1で下線を効果的にカットするための条件式である。条件式(1)の上限値を逸脱すると、第1可変絞りSTV1の位置が射出瞳位置から離れ過ぎて、片絞りになってしまう上に、中間像高だけでなく最大像高付近の光束の下線もカットされてしまう。この結果、中間像高と最大像高の周辺光量比の差が縮まらないため、好ましくない。条件式(1)の下限値を逸脱すると、第1可変絞りSTV1の位置が射出瞳位置に近くなり過ぎて、中間像高の下線を効果的にカットすることが困難になる。

10

【0045】

次に、条件式(2)は、像側の第2可変絞りSTV2で上線を効果的にカットするための条件式である。条件式(2)の下限値を逸脱すると、第2可変絞りSTV2の位置が射出瞳位置から離れ過ぎて、片絞りになってしまう上に、中間像高だけでなく最大像高付近の光束の上線もカットしてしまう。この結果、中間像高と最大像高の周辺光量比の差が縮まらないため、好ましくない。条件式(2)の上限値を逸脱すると、第2可変絞りSTV2の位置が射出瞳位置に近くなり過ぎて、中間像高の上線を効果的にカットすることが困難になる。

【0046】

条件式(1)及び(2)は、より好ましくは下記条件式(1a)、(2a)を満たすと良い。

20

$$0.95 < Sw1 / Tk w < 1.30 \quad \cdots (1a)$$

$$0.65 < Sw2 / Tk w < 0.95 \quad \cdots (2a)$$

尚、この時、広角端においてF値を決定するのは、第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2のいずれかであれば良く、必ずしも両方が広角端において軸上光束に接した状態である必要はない。

【0047】

次に、本発明のズームレンズで実施すると更に好ましい条件について説明する。第1可変絞りSTV1の光軸方向に隣接するレンズ面のうち少なくとも一方のレンズ面は、第1可変絞りSTV1側に凸面を向けた形状であると良い。また、第2可変絞りSTV2の光軸方向に隣接するレンズ面のうち少なくとも一方のレンズ面は、第2可変絞りSTV2側に凸面を向けた形状であると良い。第1、第2可変絞りSTV1、STV2は、開口部が光軸を中心に同心円を形成するように駆動するため、光軸に接することがない。

30

【0048】

そのため、可変絞り面と光軸方向前後のレンズの光軸上での位置を限りなく接近させることが出来る。それに対し、可変絞りの有効径外には、絞り羽根を格納する部材や、駆動機構等が配置されるため、ある程度のスペースが必要になる。そこで、可変絞りに隣接するレンズ面は、可変絞り側に凸面を向ける形状であると、光軸間隔を極力近づけた上で、周辺部にスペースを確保できるため、好ましい。

【0049】

40

次に、本発明の実施例1、実施例2、参考例1のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群と、1以上のレンズ群を含み、全ズーム範囲において正の屈折力を有する後群LRから成る。実施例1、実施例2、参考例1はレトロフォーカス型のズームレンズであり、広画角化し易いズームタイプである。勿論、参考例2のように正の屈折力の第1レンズ群より始まるポジティブリード型のズームレンズであっても、広角化は困難ではあるが、本件の目的に対しては無関係であり、十分な効果が得られる。

【0050】

本発明のズームレンズにおいて好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。ズームレンズを構成する各レンズの有効径のうち最大有効径を E_n とする。望遠端における第1可変絞りSTV1の有効径を E_{s1t} とする。望遠端における第2可変絞りST

50

V2の有効径を E_{s2t} とする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0051】

$$0.15 < E_{s1t} / E_n < 0.80 \quad \dots (4)$$

$$0.15 < E_{s2t} / E_n < 0.80 \quad \dots (5)$$

条件式(4)、(5)は、可変絞りを2つ配置しても、本体の外径があまり大きくならないための条件式である。

【0052】

条件式(4)、(5)の上限値を逸脱すると、可変絞りの有効径が、その外側に配置される可変絞りの駆動機構と合わせた時に第1レンズの有効径を越えてしまい、本体が大型化してしまう。また、条件式(4)、(5)の下限値を逸脱する場合、全系の小型化には好ましいが、可変絞りの光軸方向の前後の正の屈折力を強くする必要があり、球面収差が発生してしまうため好ましくない。また、条件式(4)、(5)は、より好ましくは下記条件式(4a)、(5a)を満たすと良い。

【0053】

$$0.20 < E_{s1t} / E_n < 0.50 \quad \dots (4a)$$

$$0.20 < E_{s2t} / E_n < 0.50 \quad \dots (5a)$$

尚、本発明のズームレンズを用いる可変絞りとは、ズーミング駆動とメカ的に連動して駆動する絞りであっても、撮像装置等の外部機器からの駆動命令で駆動する主絞りであっても良い。但し、開放の定義は、撮像装置等の外部機器と合わせた通常の使用環境において、使用可能な最も明るい絞り状態を言う。

【0054】

各実施例において第1可変絞りSTV1よりも物体側に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_A が正で、第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の間に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_B が負の場合は次のようになる。第1可変絞りSTV1の位置において、像側に強く収束する光束となる。また逆に、第1可変絞りSTV1の物体側に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_A が負で、第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の間に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_B が正の場合は次のようになる。第1可変絞りSTV1の位置において、像側に強く発散する光束となる。

【0055】

いずれの場合においても、正側において、望遠端側における軸上光束の入射高が著しく高くなり、多くの場合、第1可変絞りSTV1に隣接するレンズ面の有効径は、軸上光束により決定されることになる。

【0056】

これが広角端になり、軸上光束が像側で絞られた際、第1可変絞りSTV1に隣接するレンズ面に、余計な中間光束が入り易くなってしまう。そのため、そのズーム位置で広角端の軸上光束に合わせて、第1可変絞りSTV1を絞ると、効率良く中間光束をカットすることができる。

【0057】

各実施例ではこれにより周辺光量比を適切に制御している。第1可変絞りSTV1の物体側に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_A の符号は、ズーム全域で不変である。第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の間に配置された全てのレンズ群の合成焦点距離 f_B の符号は、ズーム全域で不変である。そして合成焦点距離 f_A と合成焦点距離 f_B の符号は異符号である。

【0058】

尚、本発明で言うレンズ群とは、光学系の最前面または、前方に隣接するレンズとの間隔がズーミングで変化する面から、光学系の最後面または、後方に隣接するレンズとの間隔がズーミングで変化する面までを言うものとする。

【0059】

本発明のズームレンズは、各種の光学機器（例えばデジタルカメラ等の撮像装置、画像

10

20

30

40

50

投影装置やその他の光学機器)に、種々適用可能である。

【0060】

以下、各実施例における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配置された、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、正の屈折力の第3レンズ群L3より構成される。実施例1は広角端の全撮影画角が125度で、ズーム比2.06であり、ズーム全域で開放F値(Fナンバー)が4.10の3群ズームレンズである。

【0061】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が縮小し、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が増大するように各レンズ群が移動する。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2レンズ群L2は像側へ移動する。

10

【0062】

開口絞りSTOと第1可変絞りSTV1は、第2レンズ群L2の物体側に配置された、ズーミングに際して第2レンズ群L2と同じ(同一の)軌跡で移動する。第2可変絞りSTV2は第3レンズ群L3中(第3レンズ群の中)に配置され、ズーミングに際して第3レンズ群L3と同じ軌跡で移動する。広角端における周辺光量比は、条件式(3)を満たしており、図2に示すように減光特性は理想的に近くなっている。

【0063】

第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の位置は、条件式(1)、(2)を満たしており、それぞれ効果的に中間像高の下線と上線をカットし、条件式(3)を満たし易くしている。また、第1可変絞りSTV1の配置スペースを有効に確保するべく、第1可変絞りSTV1の像側に隣接するレンズ面は、第1可変絞りSTV1側に凸面となっている。また、第2可変絞りSTV2の配置スペースを有効に確保するべく、第2可変絞りSTV2の像側に隣接するレンズ面は、第2可変絞りSTV2側に凸面となっている。

20

【0064】

また、第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の望遠端での有効径は、条件式(4)、(5)を満たしており、可変絞りの駆動機構により本体外径を大きくすることなく、周辺光量の理想的な特性を達成している。

【0065】

実施例2は、物体側より像側へ順に配置された、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、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4より構成される。実施例2は広角端の撮影全画角が125度で、ズーム比2.06であり、ズーム全域で開放F値が4.10の4群ズームレンズである。

30

【0066】

広角端から望遠端へのズーミングに際して第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が縮小し、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が縮小し、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔が増大するように各レンズ群が移動する。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2レンズ群L2は像側へ移動する。

【0067】

開口絞りSTOは第1可変絞りSTV1よりなり、第2レンズ群L2よりも物体側に配置され、ズーミングに際して第2レンズ群L2と同じ軌跡で移動する。第2可変絞りSTV2は、第3レンズ群L3よりも像側に位置し、ズーミングに際して第3レンズ群L3と同じ軌跡で移動する。広角端における周辺光量比は、条件式(3)を満たしており、図5に示すように減光特性は理想的に近くなっている。

40

【0068】

本実施例では、第1可変絞りSTV1は、主絞りSTOを兼ねている。第1可変絞りSTV1と第2可変絞りSTV2の位置は、条件式(1)、(2)を満たしており、それぞれ効果的に中間像高の下線と上線をカットし、条件式(3)を満たし易くしている。また、第1可変絞りSTV1の配置スペースを有効に確保するべく、第1可変絞りSTV1の

50

像側に隣接するレンズ面は、第 1 可変絞り S T V 1 側に凸面となっている。

【 0 0 6 9 】

また、第 2 可変絞り S T V 2 の配置スペースを有効に確保するべく、第 2 可変絞り S T V 2 の物体側に隣接するレンズ面は、第 2 可変絞り S T V 2 側に凸面となっている。また、第 1 可変絞りと第 2 可変絞りの望遠端での有効径は、条件式 (4) (5) を満たしており、可変絞りの駆動機構により本体外径を大きくすることなく、理想の周辺減光を達成している。

【 0 0 7 0 】

参考例 1 は、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5、正の屈折力の第 6 レンズ群より構成される。参考例 1 は広角端の撮影全画角が 8 2 度で、ズーム比 2 . 7 5 であり、ズーム全域で開放 F 値が 2 . 9 1 の 6 群ズームレンズである。

【 0 0 7 1 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔が縮小し、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間隔が増大し、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 の間隔が縮小する。更に第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群の間隔が増大し、第 5 レンズ群 L 5 と第 6 レンズ群 L 6 の間隔が増大するように第 1 レンズ群 L 1 乃至第 5 レンズ群 L 5 (第 1 レンズ群乃至第 5 レンズ群) が移動する。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 5 レンズ群 L 5 は像側へ移動する。

【 0 0 7 2 】

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 L 3 よりも像側に配置され、第 1 可変絞り S T V 1 は、第 3 レンズ群 L 3 よりも物体側に配置され、開口絞り S T O と第 1 可変絞り S T V 1 は、ズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 と同じ軌跡で移動する。第 2 可変絞り S T V 2 は、第 4 レンズ群 L 4 よりも物体側に位置し、ズーミングに際して第 4 レンズ群 L 4 と同じ軌跡で移動する。広角端における周辺光量比は、条件式 (3) を満たしており、図 8 に示すように減光特性は理想的に近くなっている。

【 0 0 7 3 】

また、参考例 1 では、第 3 レンズ群 L 3 の最も物体側に第 1 可変絞り S T V 1 が配置され、第 4 レンズ群 L 4 の最も物体側に第 2 可変絞り S T V 2 が配置されている。第 1 可変絞り S T V 1 と第 2 可変絞り S T V 2 の位置は、条件式 (1) , (2) を満たしており、それぞれ効果的に中間像高の下線と上線をカットし、条件式 (3) を満たし易くしている。また、第 2 可変絞り S T V 2 の配置スペースを有効に確保するべく、第 2 可変絞り S T V 2 の像側に隣接するレンズ面は、第 2 可変絞り S T V 2 側に凸面となっている。

【 0 0 7 4 】

ここで、第 1 可変絞り S T V 1 については、第 1 可変絞り S T V 1 の物体側と像側のレンズ面がいずれも凹面であり、可変絞りを配置するスペース確保のために、小型化と高性能化に対して若干不利になる。しかしながら本件の目的である周辺光量の低下を目立たなくすることに対しては無関係であり、十分な効果を得ることができる。また、第 1 可変絞り S T V 1 と第 2 可変絞り S T V 2 の望遠端での有効径は、条件式 (4) , (5) を満たしており、可変絞りの駆動機構により本体外径を大きくすることなく、周辺光量の理想的な特性を達成している。

【 0 0 7 5 】

参考例 2 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 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 より構成される。参考例 2 は広角端の撮影全画角が 8 3 度で、ズーム比 2 . 8 4 であり、ズーム全域で開放 F 値が 4 . 1 0 の 5 群ズームレンズである。参考例 2 は、ポジティブリード型のズームレンズである。ネガティブリード型は広画角化が容易であり、ポジティブリード型は高ズーム比が容易である。ポジティブリード型でも本件の目的である周辺光量の低下を目立たなくすることに関しても双方は同様

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 7 6 】

各レンズ群は、広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔が増大し、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間隔が縮小し、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 の間隔が増大する。更に第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 の間隔が縮小するように各レンズ群が移動する。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 2 レンズ群 L 2 は物体側へ移動する。

【 0 0 7 7 】

開口絞り S T O と第 1 可変絞り S T V 1 は第 3 レンズ群 L 3 よりも物体側に位置し、ズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 と同じ軌跡で移動する。第 2 可変絞り S T V 2 は第 3 レンズ群 L 3 中に配置され、ズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 と同じ軌跡で移動する。

10

【 0 0 7 8 】

広角端における周辺光量比は、条件式 (3) を満たしており、図 1 1 に示すように減光特性は理想的に近くなっている。また、参考例 2 では、第 3 レンズ群 L 3 の最も物体側に第 1 可変絞り S T V 1 を有し、第 3 レンズ群 L 3 中に第 2 可変絞り S T V 2 を有している。第 1 可変絞り S T V 1 と第 2 可変絞り S T V 2 の位置は、条件式 (1) , (2) を満たしており、それぞれ効果的に中間像高の下線と上線をカットし、条件式 (3) を満たし易くしている。

【 0 0 7 9 】

20

また、第 1 可変絞り S T V 1 の配置スペースを有効に確保するべく、第 1 可変絞り S T V 1 の像側に隣接するレンズ面は、第 1 可変絞り S T V 1 側に凸面となっている。また、第 2 可変絞り S T V 2 の配置スペースを有効に確保するべく、第 2 可変絞り S T V 2 の両側に隣接するレンズ面が共に、第 2 可変絞り S T V 2 側に凸面となっている。また、第 1 可変絞り S T V 1 と第 2 可変絞り S T V 2 の望遠端での有効径は、条件式 (4) , (5) を満たしており、可変絞りの駆動機構により本体外径を大きくすることなく、周辺光量の理想的な特性を達成している。

【 0 0 8 0 】

以上、本発明の好ましい光学系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ない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。

30

【 0 0 8 1 】

次に実施例 1、実施例 2、参考例 1、参考例 2 に示したズームレンズを撮像装置に適用した実施例を図 1 4 を用いて説明する。本発明の撮像装置はズームレンズを含む交換レンズ装置と、交換レンズ装置とカメラマウント部を介して着脱可能に接続され、ズームレンズが形成する光学像を受光して、電気的な画像信号に変換する撮像素子を含むカメラ本体とを備えている。

【 0 0 8 2 】

図 1 4 は一眼レフカメラの要部概略図である。図 1 4 において 1 0 は実施例 1、実施例 2、参考例 1、参考例 2 のズームレンズ 1 を有する撮影レンズである。ズームレンズ 1 は保持部材である鏡筒 2 に保持されている。

40

【 0 0 8 3 】

2 0 はカメラ本体であり、撮影レンズ 1 0 からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー 3、撮影レンズ 1 0 の像形成装置に配置された焦点板 4 より構成されている。更に焦点板 4 に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム 5、その正立像を観察するための接眼レンズ 6 などによって構成されている。

【 0 0 8 4 】

7 は感光面であり、C C D センサや C M O S センサ等のズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子 (光電変換素子) や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー 3 が光路から退避して、感光面 7 上に撮影レンズ 1 0 によって像

50

が形成される。

【 0 0 8 5 】

実施例 1、実施例 2、参考例 1、参考例 2 にて説明した利益は本実施例に開示したような撮像装置において効果的に享受される。撮像装置としてクイックリターンミラー 3 のないミラーレスのカメラにも同様に適用できる。

【 0 0 8 6 】

次に本発明の実施例 1、実施例 2、参考例 1、参考例 2 の数値実施例 1 乃至 4 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し、 r_i はレンズ面の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i + 1$ 面との間のレンズ肉厚および空気間隔、 nd_i 、 d_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。BF はバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの距離で示している。レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。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、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 、 A_{14} を各々非球面係数としたとき、

【 0 0 8 7 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (H/R)^2}} + A_4 x H^4 + A_6 x H^6 + A_8 x H^8 + A_{10} x H^{10} + A_{12} x H^{12} + A_{14} x H^{14}$$

【 0 0 8 8 】

なる式で表している。また $[e + X]$ は $[x 1 0 + x]$ を意味し、 $[e - X]$ は $[x 1 0 + x]$ を意味している。非球面は面番号の後に * を付加して示す。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。

【 0 0 8 9 】

また、各光学面の有効径が (可変) となっている部分は、ズーミングに際して変化する可変絞りである。別表に可変面番号を「 ea_i 」とし、焦点距離に応じた有効径を記している。また前述の各パラメータ及び各条件式と数値実施例の関係を表 1 に示す。

【 0 0 9 0 】

(数値実施例 1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	115.945	3.50	1.77250	49.6	84.00
2	32.057	6.64			60.74
3	37.090	3.50	1.58313	59.4	60.11
4*	22.220	11.12			51.44
5	84.608	2.80	1.85400	40.4	50.36
6*	34.842	9.29			37.87
7	-140.769	2.00	1.59522	67.7	37.63
8	31.935	5.29			33.27
9	-334.424	1.70	1.59522	67.7	33.24
10	53.829	2.33			32.88
11	47.178	6.44	1.83400	37.2	33.64
12	-103.326	(可変)			
		33.23			
13		0.50			(ea13)(可変)(第 1 可変絞り)
14(絞り)		0.50			19.16

10

20

30

40

50

15	23.766	1.00	1.91082	35.3	19.95	
16	13.687	5.72	1.63980	34.5	19.17	
17	231.365	(可変)			19.10	
18	68.274	4.52	1.54814	45.8	19.12	
19	-25.113	0.15			18.93	
20	-28.520	0.90	1.91082	35.3	18.63	
21	60.759	0.15			18.68	
22	24.868	3.66	1.59551	39.2	19.10	
23	179.295	1.50			18.87	
24		0.00		(ea24)(可変)(第2可変絞り)		10
25	43.910	0.90	1.83481	42.7	18.58	
26	13.206	4.82	1.49700	81.5	17.70	
27	69.017	0.15			17.84	
28	20.913	5.95	1.49700	81.5	18.23	
29	-22.463	0.15			17.89	
30	-43.477	0.90	1.77250	49.6	17.08	
31	14.975	6.06	1.58313	59.4	17.67	
32*	-75.778				18.81	

【 0 0 9 1 】

20

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.63370e-006 A 6=-6.87415e-009
A 8= 6.26701e-012 A10=-3.06214e-015 A12= 6.75822e-019

第4面

K =-6.27707e-001 A 4= 8.37327e-006 A 6=-2.71817e-008
A 8= 4.31896e-011 A10=-9.33146e-014 A12= 6.05602e-017

第6面

30

K =-3.34645e+000 A 4= 1.77375e-005 A 6=-1.69043e-009
A 8= 1.35977e-010 A10=-5.36943e-013 A12= 1.00929e-015
A14=-7.14368e-020

第32面

K =-3.63687e+000 A 4= 2.15160e-005 A 6= 3.32343e-008
A 8= 4.69301e-011 A10= 8.60198e-014

各種データ

ズーム比 2.06

40

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	50.24	42.88
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	172.19	161.28	162.86
BF	38.82	52.31	63.15

d12 36.75 11.35 1.50

50

d17	4.49	5.49	6.08
ea13	14.02	16.79	19.16
ea24	12.09	15.59	18.71
入射瞳位置	25.82	24.48	23.67
射出瞳位置	-36.20	-37.99	-39.09
前側主点位置	35.42	38.89	41.66
後側主点位置	27.52	34.31	39.85

10

【 0 0 9 2 】

(数 値 実 施 例 2)

単位 mm

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	d	有効径
1*	154.958	3.50	1.77250	49.6	80.01
2	29.515	13.26			55.74
3	59.691	3.50	1.49710	81.6	55.12
4*	21.978	6.87			43.30
5	104.438	2.80	1.85400	40.4	42.65
6*	33.401	9.18			33.02
7	-52.053	2.00	1.59522	67.7	32.89
8	58.197	2.63			31.92
9	-633.593	1.70	1.59522	67.7	31.94
10	64.481	0.15			32.34
11	47.826	6.91	1.88300	40.8	32.92
12	-68.507	(可 変)			32.79
13(絞 り)		0.50			(ea13)(可 変)(第 1 可 変 絞 り)
14	24.007	1.00	1.91082	35.3	19.90
15	14.117	5.60	1.63980	34.5	19.19
16	291.885	(可 変)			19.13
17	45.984	4.52	1.53172	48.8	19.10
18	-29.858	0.90	1.91082	35.3	18.80
19	83.230	0.15			18.84
20	31.063	4.41	1.59551	39.2	19.10
21	-49.772	1.00			18.91
22		(可 変)			(ea22)(可 変)(第 2 可 変 絞 り)
23	-264.017	0.90	1.83481	42.7	17.29
24	13.003	4.68	1.49700	81.5	16.55
25	123.013	0.15			16.84
26	21.410	5.96	1.49700	81.5	17.60
27	-19.958	0.15			17.78
28	-37.618	0.90	1.77250	49.6	17.45
29	14.568	6.72	1.58313	59.4	18.14
30*	-49.967				19.37

20

30

40

【 0 0 9 3 】

非 球 面 デ ー タ

50

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.88342e-006 A 6=-8.06096e-009
A 8= 7.93046e-012 A10=-4.23301e-015 A12= 1.01688e-018

第4面

K =-8.99792e-001 A 4= 2.36970e-006 A 6=-2.99695e-008
A 8= 3.31121e-011 A10=-9.56668e-014 A12= 1.00875e-016

第6面

K =-1.27164e+000 A 4= 2.17641e-005 A 6=-1.16704e-009
A 8= 2.38004e-010 A10=-1.13731e-012 A12= 2.73008e-015
A14=-7.14368e-020

10

第30面

K = 2.15251e+000 A 4= 1.73997e-005 A 6= 2.42187e-008
A 8=-1.49596e-010 A10= 7.48665e-013

各種データ

ズーム比 2.06

20

	広角	中間	望遠
焦点距離	11.30	18.00	23.30
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	62.42	50.24	42.87
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	170.49	158.25	158.74
BF	38.82	51.44	61.40

d12	36.55	11.51	2.00
d16	4.41	3.62	3.00
d22	0.65	1.62	2.28

30

ea13	14.13	16.80	19.08
ea22	11.64	15.04	17.95

入射瞳位置	24.09	22.78	22.00
射出瞳位置	-39.67	-39.29	-38.91
前側主点位置	33.76	37.21	39.89
後側主点位置	27.52	33.44	38.10

40

【 0 0 9 4 】

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	-3536.446	2.80	1.69680	55.5	64.84
2	35.284	17.40			50.92
3	-55.444	2.50	1.83400	37.2	50.50

50

4	-216.742	0.15			50.98	
5*	2337.982	4.41	1.80610	33.3	50.89	
6	-108.683	(可変)			50.97	
7	126.833	4.40	1.59282	68.6	40.32	
8	-215.994	0.15			39.95	
9	63.119	2.00	1.84666	23.8	39.55	
10	40.860	6.58	1.59282	68.6	38.53	
11	1231.436	0.15			38.38	
12	56.157	5.15	1.88300	40.8	38.23	
13	1703.527	(可変)			37.59	10
14		3.20			(ea14)(可変)(第1可変絞り)	
15	-103.863	1.30	1.83481	42.7	24.86	
16	40.306	2.80			24.09	
17	-157.455	1.30	1.77250	49.6	24.17	
18	34.604	4.60	1.84666	23.8	24.80	
19	-154.523	1.59			25.01	
20(絞り)		(可変)			25.17	
21		0.50			(ea21)(可変)(第2可変絞り)	
22	167.675	1.30	1.84666	23.8	25.39	
23	29.829	6.17	1.49700	81.5	25.45	20
24	-52.379	0.60			25.87	
25	37.055	5.04	1.59282	68.6	26.57	
26	-99.223	(可変)			26.46	
27	159.686	4.68	1.80809	22.8	25.90	
28	-35.978	0.15			25.75	
29	-35.672	1.30	1.80000	29.8	25.62	
30	29.587	(可変)			25.15	
31*	62.992	6.00	1.58313	59.4	36.23	
32*	-255.446				36.51	

30

【 0 0 9 5 】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.35425e-006 A 6=-2.51656e-009
A 8= 1.78467e-012 A10=-9.13769e-016 A12= 3.72682e-019

第5面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.64478e-006 A 6=-1.16954e-010
A 8= 2.33247e-012 A10=-4.06893e-015 A12= 1.81352e-018

40

第31面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.88539e-006 A 6=-5.35257e-009
A 8= 3.55187e-011 A10=-3.59578e-014 A12= 8.23575e-030

第32面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.88843e-007 A 6=-6.10432e-009
A 8= 2.67166e-011 A10= 1.33683e-014 A12=-5.94584e-017

各種データ

ズーム比 2.75

50

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.70	33.90	67.92
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	41.22	32.55	17.67
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	212.10	200.69	174.10
BF	39.08	39.08	39.10

d 6	60.67	38.72	1.90
d13	2.25	5.23	18.73
d20	17.49	14.49	1.50
d26	1.95	1.95	6.28
d30	4.42	15.00	20.37

10

ea14	21.58	23.53	26.33
ea21	19.94	22.14	25.29

入射瞳位置	34.38	33.95	44.32
射出瞳位置	-56.24	-78.59	-64.25
前側主点位置	52.67	58.08	67.60
後側主点位置	14.38	5.18	-28.83

20

【 0 0 9 6 】

(数値実施例4)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	244.225	2.00	1.84666	23.8	63.07
2	83.751	5.56	1.77250	49.6	58.74
3	320.295	0.15			58.01
4	52.387	5.85	1.77250	49.6	53.82
5	117.578	(可変)			52.66
6*	84.539	1.50	1.88300	40.8	33.21
7	14.835	8.37			24.18
8	-42.802	1.10	1.77250	49.6	23.79
9	33.406	0.15			22.97
10	28.090	7.38	1.74000	28.3	23.14
11	-27.688	0.57			22.56
12	-23.904	1.10	1.72000	43.7	22.16
13	-61.111	(可変)			21.74
14		2.00		(ea14)(可変)(第1可変絞り)	
15(絞り)		0.00			19.60
16	23.085	4.27	1.84666	23.8	20.79
17	1337.697	1.63			20.39
18	-150.192	1.00	1.84666	23.8	19.89
19	15.019	7.31	1.49700	81.5	19.18
20	-52.397	0.05			19.78

30

40

50

21		0.10			(ea21)(可変)(第2可変絞り)
22	24.566	4.10	1.59282	68.6	20.18
23	-253.590	(可変)			19.73
24	-52.684	2.48	1.84666	23.8	17.08
25	-22.073	0.90	1.61340	44.3	16.95
26	45.671	(可変)			16.20
27	76.888	5.18	1.49700	81.5	18.60
28	-18.918	0.15			19.21
29	-21.455	1.40	1.85400	40.4	19.14
30*	-54.615				20.27

10

【0097】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.12321e-006 A 6=-7.50723e-009
A 8= 5.47249e-012 A10= 1.03630e-014

第30面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.88052e-005 A 6= 1.51555e-008
A 8= 2.92228e-010 A10=-6.98610e-013

20

各種データ

ズーム比 2.84

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.30	35.00	69.01
Fナンバー	4.10	4.10	4.10
半画角(度)	41.68	31.72	17.41
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	133.59	138.76	164.80
BF	39.00	46.89	60.00

30

d 5	3.02	9.58	32.00
d13	19.47	10.20	0.71
d23	1.88	3.50	5.76
d26	5.90	4.28	2.02

ea14	13.70	15.46	18.60
ea21	13.47	15.77	19.71

40

入射瞳位置	29.67	38.44	85.39
射出瞳位置	-30.96	-29.79	-28.10
前側主点位置	45.53	57.46	100.35
後側主点位置	14.70	11.89	-9.00

【0098】

【表 1】

条件式		実施例1	実施例2	参考例 1	参考例 2
	fw	11.30	11.30	24.70	24.30
	ft	23.30	23.30	67.92	69.01
	Sw1	80.84	81.42	103.47	77.35
	Sw2	57.75	58.93	71.19	61.09
	Tkw	75.02	78.49	95.32	69.96
	Rwm	0.61	0.63	0.63	0.71
	Rwe	0.19	0.22	0.22	0.33
	En	84.00	80.01	64.84	63.07
	Es1t	19.16	19.08	26.33	18.60
	Es2t	18.71	17.95	25.29	19.71
(1)	Sw1/Tkw	1.08	1.04	1.09	1.11
(2)	Sw2/Tkw	0.77	0.75	0.75	0.87
(3)	$Rwn/Rwe^{0.5}$	1.40	1.34	1.33	1.24
(4)	Est1/En	0.23	0.24	0.41	0.29
(5)	Est2/En	0.22	0.22	0.39	0.31

10

20

【符号の説明】

【 0 0 9 9 】

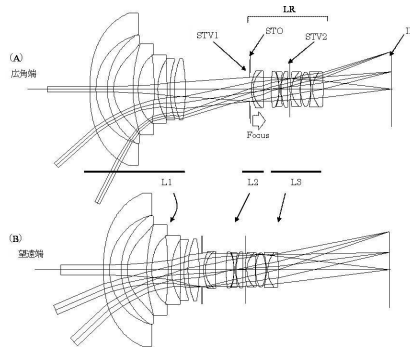
S T O 開口絞り

S T V 1 第 1 可変絞り

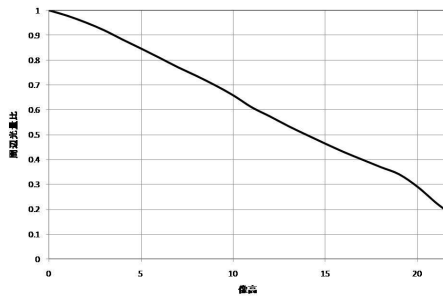
S T V 2 第 2 可変絞り

L i 第 i レンズ群

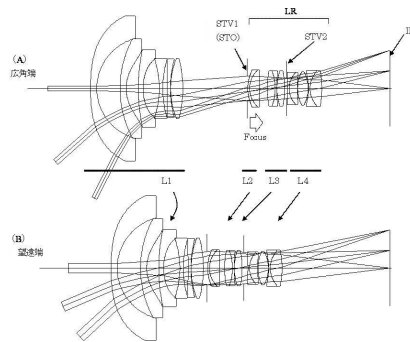
【図 1】



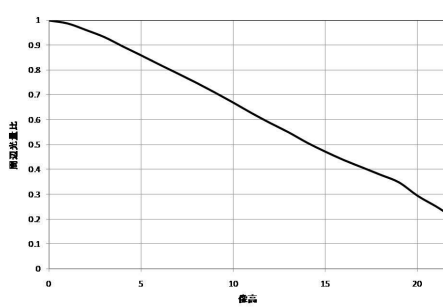
【図 2】



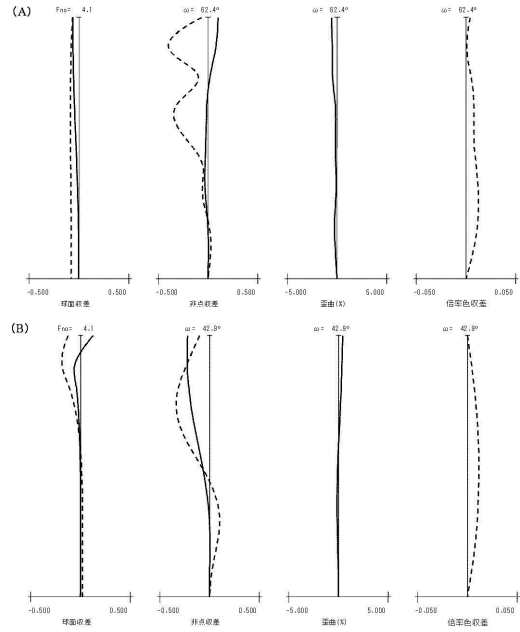
【図 4】



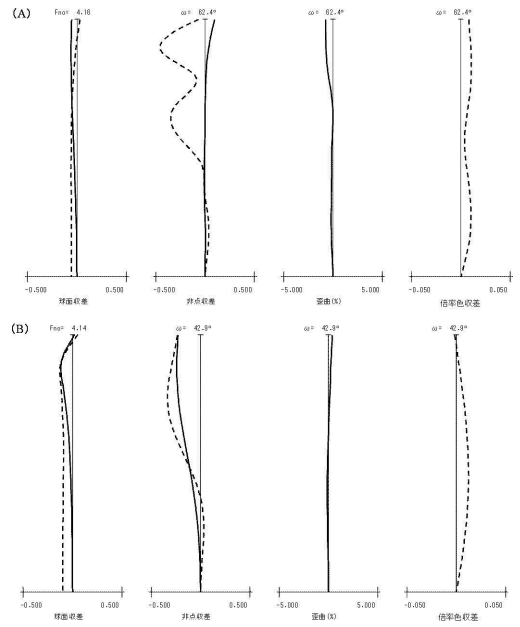
【図 5】



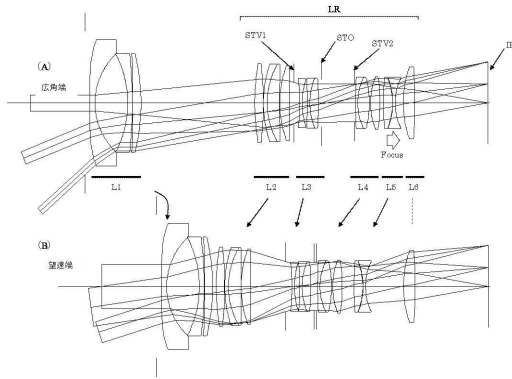
【図 3】



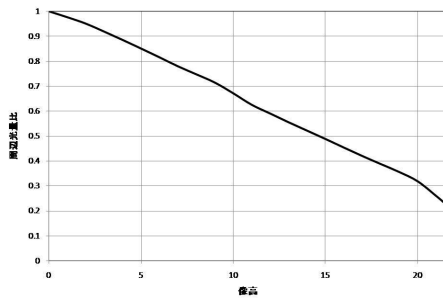
【図 6】



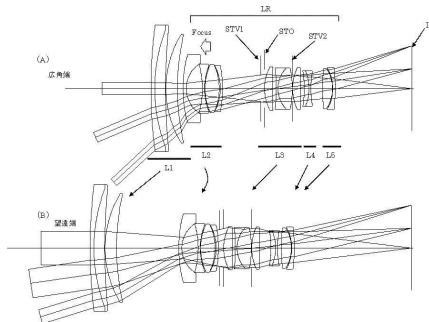
【図 7】



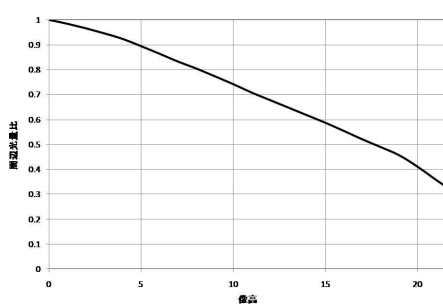
【図 8】



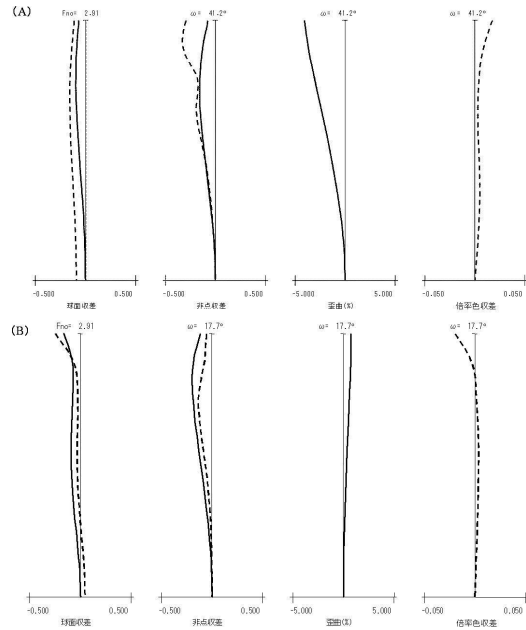
【図 10】



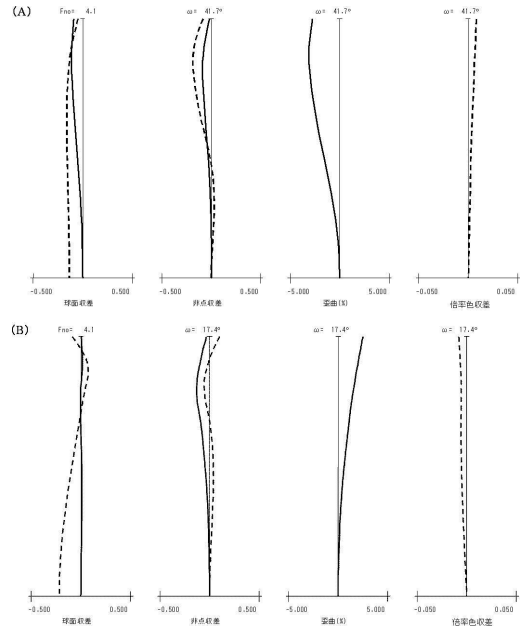
【図 11】



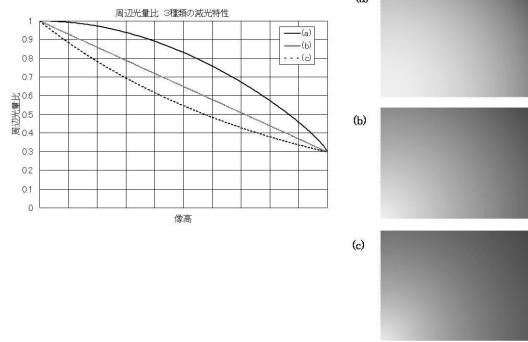
【図 9】



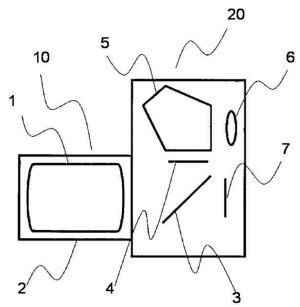
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-197794(JP,A)
特開平08-086964(JP,A)
特開昭60-117209(JP,A)
特開昭49-107248(JP,A)
特開2011-150240(JP,A)
特開2006-227526(JP,A)
特開2012-123030(JP,A)
特開2005-215385(JP,A)
米国特許第04705363(US,A)
米国特許第05930051(US,A)
米国特許第05710669(US,A)
米国特許出願公開第2005/0168832(US,A1)
米国特許第03918798(US,A)
特開昭54-023555(JP,A)
米国特許第04367927(US,A)
特開2010-102083(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0103531(US,A1)
特開平11-052245(JP,A)
米国特許第05991091(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20

G02B 13/18