

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5721514号
(P5721514)

(45) 発行日 平成27年5月20日 (2015. 5. 20)

(24) 登録日 平成27年4月3日 (2015. 4. 3)

(51) Int. Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006. 01)

GO 2 B 13/18 (2006. 01)

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18

請求項の数 8 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-90965 (P2011-90965)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年4月15日 (2011. 4. 15)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-225989 (P2012-225989A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成24年11月15日 (2012. 11. 15)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成26年4月14日 (2014. 4. 14)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	中村 智之
			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
		(72) 発明者	竹本 庄一
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ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、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第3レンズ群、ズーミングに際して移動する正の屈折力の第4レンズ群、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第5レンズ群から構成されるズームレンズにおいて、広角端から望遠端へのズーミングに際して、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、広角端及び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各々L2w、L2t、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L3w、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、広角端における前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の合成の 10
焦点距離をf23wとするとき、

$$5 < L2w / L2t < 50$$
$$0.6 < L2w / L3w < 2.5$$
$$10 < |f1 / f23w| < 25$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記ズームレンズのズーム比をZとするととき、広角端からズーム比z1aが、
 $Z^{0.01} < z1a < Z^{0.30}$

を満足するズーム領域において、前記第3レンズ群はズーミングに際して広角端における位置よりも光軸方向で像側の領域を通過 することを特徴とする請求項1に記載のズーム 20

レンズ。

【請求項 3】

広角端及び望遠端における前記第 4 レンズ群の横倍率を各々 $4w$ 、 $4t$ 、前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$2.0 < 4t / 4w < 4.5$$

$$3.7 < f_1 / f_4 < 4.5$$

なる条件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】

前記ズームレンズのズーム比を Z とするとき、広角端からズーム比 $Z^{0.75}$ のズーム位置における前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の空気間隔を L_{2z2} 、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の空気間隔を L_{3z2} とするとき、

$$0.12 < L_{2z2} / L_{3z2} < 0.25$$

なる条件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 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$2.5 < |L_{2w} / f_2| < 7.0$$

$$0.1 < f_2 / f_3 < 0.6$$

なる条件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 レンズ群は像側へ移動した後に物体側へ移動し、その後像側へ移動し、前記第 4 レンズ群は物体側へ移動した後に像側へ移動し、その後物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 7】

前記ズームレンズのズーム比を Z とするとき、広角端からのズーム比が $Z^{0.01}$ から $Z^{0.30}$ までの間のズーム領域において、前記第 3 レンズ群が最も像側に位置するズーム位置での広角端からのズーム比を Z^b とするとき、

$$0.05 < b < 0.30$$

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

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと前記ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えば放送用テレビカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、監視用カメラ、銀塩写真用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、テレビカメラ、銀塩フィルム用カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、広画角、高ズーム比でしかも高い光学性能を有したズームレンズが要望されている。広画角、高ズーム比の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 5 つのレンズ群より成るポジティブリード型の 5 群ズームレンズが知られている。このポジティブリード型のズームレンズで、バリエータとコンペンセータの機能を持つ変倍レンズ群を 3 つの可動レンズ群で構成し、互いに異なった軌跡で移動した 5 群ズームレンズが知られている。

【0003】

10

20

30

40

50

例えば負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群の3つの可動レンズ群が、変倍と変倍に伴う像面変動の補正を行うテレビカメラに好適な5群ズームレンズが知られている（特許文献1）。この他、負の屈折力の第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レンズ群の3つの可動レンズ群が、変倍と変倍に伴う像面変動の補正を行うテレビカメラに好適な5群ズームレンズが知られている（特許文献2、3）。

【0004】

特許文献1では、ズーム比5.4倍程度、広角端の撮影画角60°程度であるズームレンズが開示されている。特許文献2では、ズーム比5倍程度、広角端の撮影画角66°程度であるズームレンズが開示されている。特許文献3では、ズーム比2.5倍程度、広角端の撮影画角15°程度であるズームレンズが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-128491号公報

【特許文献2】特開平1-126614号公報

【特許文献3】特開平8-234105号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

5群ズームレンズにおいて、広画角化及び高ズーム比化を維持しつつ、高い光学性能を得るには変倍レンズ群としての第2、第3、第4レンズ群のズーミングの際の移動条件や第1レンズ群の屈折力等を適切に設定することが重要になってくる。この他第2、第3レンズ群の合成の屈折力、そして第3レンズ群の広角端から中間のズーム位置に至る移動軌跡等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成を適切に設定しないと、広画角かつ高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能のズームレンズを得るのが難しくなってくる。

【0007】

特許文献1～3に開示されているズームレンズでは、広画角化に伴い、前玉有効径が増大し、また変倍に伴う諸収差の変動が増大する傾向があった。また高ズーム比化に伴い、変倍用の移動レンズ群の移動量が増加し、レンズ全長が増大するとともに変倍に伴う諸収差変動が増大する傾向があった。

30

【0008】

本発明は広画角、高ズーム比でしかも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】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第3レンズ群、ズーミングに際して移動する正の屈折力の第4レンズ群、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第5レンズ群から構成されるズームレンズにおいて、広角端から望遠端へのズーミングに際して、隣り合う各レンズ群の間隔が変化し、広角端及び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各々 L_{2w} 、 L_{2t} 、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 L_{3w} 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の合成の焦点距離を f_{23w} とするとき、

40

$$5 < L_{2w} / L_{2t} < 50$$

$$0.6 < L_{2w} / L_{3w} < 2.5$$

$$10 < |f_1 / f_{23w}| < 25$$

なる条件を満足することを特徴としている。

50

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、広画角、高ズーム比でしかも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及びそれを有する撮像装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】数値実施例1の広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端で無限遠物体に合焦したときの収差図

【図3】数値実施例2の広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

10

【図4】(A)、(B)、(C) 数値実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端で無限遠物体に合焦したときの収差図

【図5】数値実施例3の広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 数値実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端で無限遠合焦したときの収差図

【図7】本発明の撮像装置の要部概略図

【図8】本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の概略図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下には、本発明の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、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第1レンズ群を有する。更にズーミングに際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第3レンズ群、ズーミングに際して移動する正の屈折力の第4レンズ群を有する。更にズーミングのためには不動の正の屈折力の第5レンズ群から構成されている。広角端から望遠端へのズーミングに際しては、後述、図8に示すように隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

20

【0013】

ここでレンズ群がズーミングのためには不動というのは、レンズ群がズーミングを行う目的で駆動されることは無いが、ズーミングとフォーカシングとを同時に行う場合があれば、フォーカシングのために移動することはあり得るということである。

30

【0014】

図1は本発明の実施例1(数値実施例1)のズームレンズの広角端(焦点距離、 $f = 8.5 \text{ mm}$)で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図2(A)(B)(C)は数値実施例1の広角端、中間のズーム位置(焦点距離) $f = 76 \text{ mm}$ 、望遠端 $f = 680 \text{ mm}$ における無限遠物体に合焦しているときの収差図である。但し、焦点距離は数値実施例の値を mm 単位で表したときの値である。これは以下の各実施例において全て同じである。

【0015】

図3は本発明の実施例2(数値実施例2)のズームレンズの広角端($f = 8.9 \text{ mm}$)、無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図4(A)(B)(C)は数値実施例2の広角端、中間のズーム位置(焦点距離) $f = 97 \text{ mm}$ 、望遠端 $f = 1068 \text{ mm}$ における無限遠物体に合焦しているときの収差図である。

40

図5は本発明の実施例3(数値実施例3)のズームレンズの広角端($f = 9.5 \text{ mm}$)、無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図6(A)(B)(C)は数値実施例3の広角端、中間のズーム位置(焦点距離) $f = 95 \text{ mm}$ 、望遠端 $f = 950 \text{ mm}$ における無限遠物体に合焦しているときの収差図である。

【0016】

図7は本発明の撮像装置の要部概略図である。図8は本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図である。各レンズ断面図において、左方が被写体(物体)側(前方)で、右方が像側(後方)である。レンズ断面図において、U1はズーミングのためには不動の

50

正の屈折力の第1レンズ群（前玉レンズ群）である。U1bは第1レンズ群U1中のフォーカスレンズ群であり、無限遠物体から近距離物体へのフォーカスに際して物体側へ移動する。U1aは第1レンズ群U1中のフォーカスのためには不動の固定レンズ群である。

【0017】

U2、U3はズーミングに際して移動する負の屈折力の第2、第3レンズ群である。U4はズーミングに際して移動する正の屈折力の第4レンズ群である。U5はズーミングのためには不動の結像作用をする正の屈折力の第5レンズ群（リレーレンズ群）である。各実施例のズームレンズは、第2レンズ群U2～第4レンズ群U4の各々のレンズ間隔を変化させながら光軸上を移動することで、変倍と変倍に伴う像面変動の補正を行っている。

【0018】

これら3つのレンズ群で変倍系（変倍レンズ群）を構成している。SPは絞り（開口絞り）である。Pは色分解プリズムや光学フィルタ等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面であり、ズームレンズで形成された像を受光し、光電変換する固体撮像素子（光電変換素子）等の撮像面に相当している。

【0019】

収差図において、球面収差における直線と二点鎖線は各々e線、g線である。非点収差における点線と実線は各々メリディオナル像面、サジタル像面であり、倍率色収差はg線によって表している。は半画角、FnoはFナンバーである。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群が機構上、光軸上を移動可能な範の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0020】

各実施例のズームレンズのズーミングに際しての第2乃至第4レンズ群U2乃至U4の移動軌跡を図8の近軸屈折力配置の概略図を用いて説明する。図中、上方が広角端（WIDE）であり、下方が望遠端（TELE）である。上方から下方へ繋がる実線はズーミングに際して移動する各レンズ群の軌跡の一例を示している。図8に示すように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U2を直線的に動かすと、第3レンズ群U3は広角側において像側に凸状の軌跡をとり、望遠側において物体側に凸の軌跡をとり、逆S字のような軌跡を描いて移動する。第4レンズ群U4は広角側において物体側に凸状の軌跡をとり、望遠端において広角端よりも物体側に繰り出すS字形の軌跡を描いて移動する。以上のように広角端から望遠端へのズーミングに際して各レンズ群の間隔が変化する。

【0021】

各実施例において、広角端及び望遠端における第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の空気間隔を各々L2w、L2tとする。広角端における第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の空気間隔をL3wとする。第1レンズ群U1の焦点距離をf1、広角端における第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の合成の焦点距離をf23wとする。このとき、

$$5 < L2w / L2t < 50 \quad \cdots (1)$$

$$0.6 < L2w / L3w < 2.5 \quad \cdots (2)$$

$$10 < |f1 / f23w| < 25 \quad \cdots (3)$$

なる条件を満足している。

【0022】

各実施例のズームレンズは、各レンズ群の屈折力やズーミングの際の移動軌跡等を適切に設定している。ここで条件式(1)は、広角端と望遠端における第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の空気間隔の比を規定している。各実施例のズームレンズにおいて、図8に示されるように、ズーミングに際して広角端で第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の空気間隔L2wを広げ、望遠端で第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の空気間隔L2tを狭めている。

【0023】

これにより広角端では第3レンズ群U3が第2レンズ群U2の像点から離れるため第3レンズ群U3の横倍率が小さくなり、より短焦点化（広画角化）をすることが容易となる

10

20

30

40

50

。一方、望遠端では第3レンズ群U3は第2レンズ群U2の像点に近付くため、第3レンズ群U3の横倍率は大きくなり、より長焦点化（望遠化）をすることが容易となる。よって、変倍に必要な移動距離を短くすることができる。

【0024】

各実施例のズームレンズでは、この空気間隔の比を適切に設定することで、変倍レンズ群の長さを効果的に短縮している。条件式(1)を満足することで、変倍用のレンズ群の長さを短縮しつつ、ズーム全域で諸収差を良好に補正することを容易にしている。条件式(1)の下限を超えると、変倍用のレンズ群の短縮効果が小さくなり、レンズ全長が増大してしまう。よって、高ズーム比化が困難となる。条件式(1)の上限を超えると、広角端での入射瞳が像側に位置するようになってしまい、第1レンズ群U1の有効径が大きくなり、第1レンズ群U1の径が大きくなり、広画角化が困難となる。また、条件式(1)は、後述する条件式(2)や条件式(3)を満足するような高ズーム比のズームレンズに適用することで、より大きな効果を得ている。

【0025】

条件式(2)は、広角端における第2レンズ群U2と第3レンズ群U3との空気間隔に対する第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の空気間隔の比を規定している。条件式(2)の下限を超えると、第3レンズ群U3が絞りSPに近づくため、第5レンズ群U5の有効径が大きくなってしまい、第5レンズ群U5の径が大きくなり、広画角化が困難となる。

【0026】

条件式(3)は、第1レンズ群U1の焦点距離に対する第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の広角端における合成焦点距離の比を規定している。条件式(3)の上限を超えると、第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の広角端における合成焦点距離に比べ第1レンズ群U1の焦点距離が相対的に長くなる。このため、第1レンズ群U1の径が大きくなってしまい、広画角化が困難となる。

条件式(3)の下限を超えると、第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の広角端における合成焦点距離に比べ第1レンズ群U1の焦点距離が相対的に短くなる。このため、第1レンズ群U1の望遠端における拡大率が大きくなり、望遠側において球面収差や軸上色収差の補正が困難となる。更に好ましくは条件式(1)～(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0027】

$$6 < L2w / L2t < 45 \quad \dots (1a)$$

$$0.7 < L2w / L3w < 2.4 \quad \dots (2a)$$

$$1.5 < |f1 / f23w| < 2.3 \quad \dots (3a)$$

以上のように各要素を設定することにより、各実施例によれば広角端の撮影画角が62°を超え、80倍以上のズーム比を達成しつつ、ズーム全域において収差補正が良好に補正された、小型、軽量のズームレンズを得ている。

【0028】

ズームレンズのズーム比（変倍比）をZとする。このズーム比Zは、広角端での焦点距離をfw、望遠端での焦点距離をftとすると、勿論 $Z = ft / fw$ が成立しており、このズーム比Zは当然1より大きい値となる。このとき、広角端のズーム位置wからズーム比z1aが、

$$Z^{0.01} < z1a < Z^{0.30} \quad \dots (4)$$

を満足するズーム位置（ズーム領域）において、第3レンズ群U3はズームングに際して広角端における位置よりも光軸方向で像側の領域を通過するのが良い。

言い換えると、広角端から望遠端へのズームングのあるズーム位置において、第3レンズ群が広角端における第3レンズ群の位置よりも像側に位置している。（あるズーム位置における前記第3レンズ群の位置が、広角端における前記第3レンズ群の位置よりも像側である）。このあるズーム位置におけるズームレンズの広角端からのズーム比をz1aとすると、上記の条件式(4)を満足することが望ましい。この「あるズーム位置」での

焦点距離を f_{z1a} とするとき、この焦点距離 f_{z1a} は、

$$f_{z1a} = f_w \times z1a$$

と表すことができる。

【0029】

尚、第3レンズ群が、上記の条件式(4)以外のズーム位置において、広角端における第3レンズ群の位置よりも像側に位置していても構わない。しかしながら、条件式(4)で規定したように、広角端(近傍)と、広角端とズーム中間位置との中間ズーム位置(所謂ワイドミドル)との間で、第3レンズ群が広角端での位置よりも像側に位置することがより効果的である。前述した図8で示す斜線領域は第3レンズ群U3のズーミングに際しての移動軌跡の取りうる範囲を示す。

10

【0030】

第3レンズ群U3がこのような範囲内を通ることで、第4レンズ群U4が広角側の変倍域 $z1a$ にて物体側に凸状の軌跡をとり、第4レンズ群U4の横倍率が大きくなることで長焦点化を容易にしている。また、これにより第1レンズ群U1における軸外光束が光軸に近づき、第1レンズ群U1の有効径を縮小させることが容易になる。また第1レンズ群U1の軸外光束の変化量も小さくなるため、ズーミングにおける歪曲の変動も抑制することが容易になる。更に第3レンズ群U3と第4レンズ群U4のズーミングにおける移動軌跡を任意に決定できるため、収差変動、特に球面収差、像面湾曲、コマ収差等の抑制も容易になる。

【0031】

20

各実施例において更に好ましくは、次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。広角端及び望遠端における第4レンズ群U4の横倍率を各々 $4w$ 、 $4t$ とする。第4レンズ群U4の焦点距離を $f4$ とする。広角端からズーム比 $Z^{0.75}$ のズーム位置における第2レンズ群U2と第3レンズ群U3の空気間隔を $L2z2$ 、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の空気間隔を $L3z2$ とする。第2レンズ群U2の焦点距離を $f2$ 、第3レンズ群U3の焦点距離を $f3$ とする。

【0032】

このとき、

$$2.0 < 4t / 4w < 4.5 \quad \dots (5)$$

$$3.7 < f1 / f4 < 4.5 \quad \dots (6)$$

$$0.12 < L2z2 / L3z2 < 0.25 \quad \dots (7)$$

$$2.5 < |L2w / f2| < 7.0 \quad \dots (8)$$

$$0.1 < f2 / f3 < 0.6 \quad \dots (9)$$

30

なる条件のうち1以上を満足するのが良い。

【0033】

条件式(5)は第4レンズ群U4の広角端から望遠端におけるズーム比(結像倍率の比)を規定しており、第4レンズ群U4が広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側に移動することで、ズーム比を大きくすることを容易にしている。

【0034】

第4レンズ群U4が変倍作用を多く分担することで、高倍率化(高ズーム比化)を容易にしている。条件式(5)の下限を超えると、第4レンズ群U4でズーム比を大きくすることが難しくなり、高倍率化が困難となる。条件式(5)の上限を超えると、ズーミングに際しての第4レンズ群U4の移動量が大きくなり、変倍による収差変動の抑制が困難となる。また、条件式(5)は、条件式(6)を満足するような高倍率のズームレンズに適用することで、より大きな効果を得ることができる。

40

【0035】

条件式(6)は第1レンズ群U1と第4レンズ群U4の焦点距離の比を規定している。条件式(6)の下限を超えると、相対的に第1レンズ群U1の焦点距離が短くなるため、望遠端において軸上色収差の補正が困難となる。条件式(6)の上限を超えると、相対的に第4レンズ群U4の焦点距離が短くなるため、変倍による収差変動の抑制が困難となる

50

。

【 0 0 3 6 】

条件式 (7) は望遠側における第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 の空気間隔 L_{22} に対する第 3 レンズ群 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 の空気間隔 L_{32} の比に関する。これらの空気間隔を規定おり、空気間隔を適切に設定することで、第 4 レンズ群 U 4 の有効径の縮小を図っている。条件式 (7) の下限を超えると、空気間隔 L_{22} が狭くなり、高速で動かしたときレンズ群同士がぶつかる可能性がある。条件式 (7) の上限を超えると、第 4 レンズ群 U 4 が開口絞り S P から離れるため、有効径が大きくなってくるので良くない。

【 0 0 3 7 】

条件式 (8) は広角端における第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 の空気間隔に対する第 2 レンズ群 U 2 の焦点距離の比に関し、主に広画角化と広角端における歪曲の補正を容易とするものである。条件式 (8) の下限を超えると、広角端における第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 の空気間隔が狭くなり、広画角化が困難となる。また広角端における歪曲の補正効果が小さくなる。条件式 (8) の上限を超えると、広角端における第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 の空気間隔が広くなり、広角端での入射瞳が像側に位置するようになるため、第 1 レンズ群 U 1 の有効径が大きくなってしまふ。また広角端における歪曲が補正過剰となる。また、条件式 (8) は、条件式 (9) を満足するような高倍率のズームレンズに適用することで、より大きな効果を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

条件式 (9) は第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 の焦点距離の比に関する。条件式 (9) の下限を超えると、相対的に第 3 レンズ群 U 3 の焦点距離が長くなり (負の焦点距離の絶対値が大きくなり)、第 1 レンズ群 U 1 の有効径を抑制するためには第 3 レンズ群 U 3 のズームングに際しての移動量を大きくする必要がある。よって、ズームングに際して収差変動を抑制することが困難となる。条件式 (9) の上限を超えると、相対的に第 3 レンズ群 U 3 の焦点距離が短くなり (負の焦点距離の絶対値が小さくなり)、ズームングに伴う収差変動の抑制が困難となる。

【 0 0 3 9 】

また、前述の条件式 (4) の、広角端からのズーム比が $Z^{0.01}$ より大きく $Z^{0.30}$ より小さいズーム範囲内 (ズーム領域内、変倍範囲内) において、第 3 レンズ群 U 3 が最も像側に位置するのは、広角端からのズーム比 z_{1b} が、

$$Z^{0.05} < z_{1b} < Z^{0.30} \quad \cdots (10)$$

を満足する位置であることが望ましい。

【 0 0 4 0 】

また、このズーム比 z_{b1} は、広角端からのズーム比が Z^b (Z はズームレンズの広角端から望遠端までのズーム比) と表現することができる。これを用いて、広角端からのズーム比が $Z^{0.01}$ より大きく $Z^{0.30}$ より小さいズーム範囲内 (ズーム領域内、変倍範囲内) において、第 3 レンズ群が像側 (縮小側) に最も近づく (最も近い位置に位置する) ときのズーム比を Z^b とするとき、

$$0.05 < b < 0.30 \quad \cdots (11)$$

と表現しても、上記の条件式 (10) と同意のことが言える。更に好ましくは条件式 (5) 乃至 (11) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 4 1 】

$$2.1 < 4t / 4w < 4.1 \quad \cdots (5a)$$

$$3.8 < f_1 / f_4 < 4.4 \quad \cdots (6a)$$

$$0.14 < L_{22} / L_{32} < 0.23 \quad \cdots (7a)$$

$$2.7 < |L_{2w} / f_2| < 6.6 \quad \cdots (8a)$$

$$0.15 < f_2 / f_3 < 0.50 \quad \cdots (9a)$$

$$Z^{0.10} < z_{1b} < Z^{0.25} \quad \cdots (10a)$$

$$0.10 < b < 0.25 \quad \cdots (11a)$$

各実施例において、第3レンズ群U3の少なくとも1面を非球面形状とするのが良く、これによればズームに際しての収差変動の抑制が容易になる。

【0042】

次に各実施例のレンズ構成の特徴について説明する。第1レンズ群U1は第1レンズ面～第10レンズ面に対応する。第2レンズ群U2は第11レンズ面～第15レンズ面に対応する。第3レンズ群U3は第16レンズ面～第18レンズ面に対応する。第4レンズ群U4は第19レンズ面～第25レンズ面に対応する。

【0043】

広角端から望遠端へのズームに際して、第2レンズ群U2は像側へ直線的に移動する。第3レンズ群U3は像側へ移動した後に物体側へ移動し、その後像側へ移動し、第4レンズ群U4は物体側へ移動した後に像側へ移動し、その後物体側へ移動する。

10

【0044】

実施例1において第11レンズ面、第16レンズ面、第20レンズ面、第25レンズ面は非球面形状である。第11レンズ面は主に広角側の歪曲収差補正、第16レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差補正、第20レンズ面も広角側におけるコマ収差等の軸外収差補正、第25レンズ面は望遠側における球面収差の補正を行っている。

【0045】

後述する表-1に示すように数値実施例1は条件式(1)～(3)、(5)～(9)、(11)の何れの条件式も満足している。実施例1は80倍の高倍率(ズーム比)で広角端における撮影画角(画角)65.8°と広画角化を達成している。そして、ズーム全域において諸収差を良好に補正した高い光学性能を得ている。実施例2において第11レンズ面、第20レンズ面、第25レンズ面は非球面形状である。第11レンズ面は主に広角側における歪曲収差の補正、第20レンズ面も広角側におけるコマ収差等の軸外収差補正、第25レンズ面は望遠側における球面収差の補正を行っている。

20

【0046】

後述する表-1に示すように数値実施例2は条件式(1)～(3)、(5)～(9)、(11)の何れの条件式も満足している。実施例2は120倍の高倍率(ズーム比)で広角端における撮影画角(画角)63.4°と広画角化を達成している。そして、ズーム全域において諸収差を良好に補正した高い光学性能を得ている。

【0047】

30

実施例3において、第11レンズ面、第16レンズ面、第20レンズ面、第25レンズ面は非球面形状である。第11レンズ面は主に広角側における歪曲収差の補正、第16レンズ面は広角側のコマ収差等の軸外収差の補正、第20レンズ面も広角側におけるコマ収差等の軸外収差の補正、第25レンズ面は望遠側における球面収差の補正を行っている。

【0048】

後述する表-1に示すように数値実施例3は条件式(1)～(3)、(5)～(9)、(11)の何れの条件式も満足している。実施例3は100倍の高倍率(ズーム比)で広角端における撮影画角(画角)60.1°と広画角化を達成している。そして、ズーム全域において諸収差を良好に補正した高い光学性能を得ている。

【0049】

40

以上のように各実施例によれば、各レンズ群の屈折力配置や変倍用の移動レンズ群の移動軌跡等を適切に規定している。これにより、ズーム比80倍以上の高ズーム化と広角端の撮影画角62°を超える広画角化を両立しつつ、諸収差を良好に補正したズームレンズを得ている。

【0050】

図7は実施例1～3のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置(テレビカメラシステム)の要部概略図である。図7において101は実施例1～3のいずれかのズームレンズである。124はカメラである。ズームレンズ101はカメラ124に対して着脱可能となっている。125はカメラ124にズームレンズ101を装着することで構成される撮像装置である。ズームレンズ101は第1レンズ群U1F、変倍部LZ、結像用の

50

第４レンズ群Ｕ４Ｒを有している。第１レンズ群Ｕ１Ｆは合焦用レンズ群が含まれている。

【００５１】

変倍部ＬＺは変倍のために光軸上を移動する第２レンズ群Ｕ２と、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を移動する第３レンズ群Ｕ３、第４レンズ群Ｕ４が含まれている。ＳＰは開口絞りである。第４レンズ群Ｕ４Ｒは光路中より挿抜可能なレンズユニットＩＥ'、ＩＥを有している。レンズユニットＩＥ、ＩＥ'を切り替えることで、ズームレンズ１０１の全系の焦点距離範囲を変位している。１１４、１１５は各々第１レンズ群Ｕ１Ｆ、変倍部ＬＺを光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構である。

【００５２】

１１６～１１８は駆動機構１１４、１１５および開口絞りＳＰを電動駆動するモータ（駆動手段）である。１１９～１２１は、第１レンズ群Ｕ１Ｆや変倍部ＬＺの光軸上の位置や、開口絞りＳＰの絞り径を検出するためのエンコーダやポテンシオメータ、あるいはフォトセンサ等の検出器である。カメラ１２４において、１０９はカメラ１２４内の光学フィルタや色分解光学系に相当するガラスブロック、１１０はズームレンズ１０１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。

また、１１１、１２２はカメラ１２４及びズームレンズ１０１の各種の駆動を制御するＣＰＵである。このように本発明のズームレンズをテレビカメラに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【００５３】

以上、本発明の好ましい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いうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【００５４】

以下に本発明の実施例１～３に対する数値実施例１～３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 は物体側より第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より第 i 番目と第 $i+1$ 番目の間隔、 nd_i 、 d_i は第 i 番目の光学部材の屈折率とアッペ数である。非球面は面番号の横に*印を付けている。最後の３つの面はフィルタ等のガラスブロックである。レンズ全長は第１レンズ面から像面までの距離である。各実施例と前述した条件式との対応を表１に示す。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 を円錐常数、 A_4 、 A_6 、 A_8 をそれぞれ非球面係数としたとき、次式で表している。また、「 $e-Z$ 」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する。

【００５５】

【数１】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8$$

【００５６】

数値実施例１

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	4510.137	6.00	1.83400	37.2	208.82
2	386.258	2.04			198.71
3	387.498	24.63	1.43387	95.1	197.60
4	-598.066	26.05			195.41

5	347.758	18.51	1.43387	95.1	191.47	
6	-2469.463	0.25			190.98	
7	264.463	15.75	1.43387	95.1	186.17	
8	1013.679	1.20			184.95	
9	185.339	15.08	1.43875	94.9	175.47	
10	396.880	(可変)			173.73	
11*	3405.114	2.50	2.00330	28.3	50.47	
12	39.662	12.81			42.87	
13	-44.916	2.20	1.81600	46.6	42.17	
14	80.897	8.55	1.92286	18.9	44.29	10
15	-105.161	(可変)			44.76	
16*	-93.585	1.40	1.83400	37.2	46.23	
17	105.860	5.53	1.80809	22.8	48.71	
18	-316.463	(可変)			49.33	
19	252.184	10.18	1.64000	60.1	81.85	
20*	-228.879	0.50			82.98	
21	109.775	16.38	1.61800	63.3	87.58	
22	-223.204	0.20			87.22	
23	76.382	2.50	1.80518	25.4	79.89	
24	43.716	25.10	1.43875	94.9	71.95	20
25*	-275.299	(可変)			70.33	
26(絞リ)		2.22			39.71	
27	-184.939	2.00	1.81600	46.6	38.89	
28	33.663	5.96	1.84666	23.8	36.70	
29	145.648	7.43			36.24	
30	-40.338	2.00	1.88300	40.8	35.60	
31	355.473	10.77	1.62041	60.3	37.61	
32	-39.923	20.00			39.50	
33	-200.000	8.26	1.58913	61.1	37.47	
34	-52.891	5.84			37.57	30
35	-177.827	2.00	1.88300	40.8	33.75	
36	41.220	11.33	1.51823	58.9	32.87	
37	-68.686	2.08			33.06	
38	-144.000	9.34	1.48749	70.2	32.38	
39	-27.419	2.00	1.88300	40.8	32.04	
40	-63.155	5.00			33.24	
41	90.007	8.98	1.53172	48.8	33.06	
42	-56.952	10.00			32.33	
43		33.00	1.60859	46.4	60.00	
44		13.20	1.51633	64.2	60.00	40
45		15.01			60.00	

像面

【 0 0 5 7 】

非球面データ

第11面

K = 1.58985e+003 A 4= 7.83984e-007 A 6=-1.06000e-010 A 8=-9.45365e-014

第16面

K =-2.32790e-001 A 4=-2.76169e-008 A 6=-7.84294e-012 A 8=-5.59062e-016

50

第20面

K = 1.27345e+000 A 4= 1.63950e-007 A 6= 2.17454e-011 A 8= 7.30290e-015

第25面

K = -2.29995e+001 A 4= 1.77503e-007 A 6= -6.42303e-011 A 8= -2.46646e-014

各種データ

ズーム比 80.00

10

	広角	中間	望遠
焦点距離	8.50	76.00	680.00
Fナンバー	1.80	1.80	3.60
半画角	32.91	4.14	0.46
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	647.52	647.52	647.52

d10	2.72	154.55	199.99
d15	188.31	21.86	23.00
d18	79.32	82.86	11.73
d25	3.38	14.46	39.01

20

入射瞳位置	128.44	982.69	6947.69
射出瞳位置	362.41	362.41	362.41
前側主点位置	137.15	1075.32	8958.74
後側主点位置	6.51	-60.99	-664.99

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	259.29	109.52	61.34	-20.99
2	11	-30.07	26.05	2.43	-17.78
3	16	-153.45	6.93	-1.48	-5.34
4	19	61.38	54.86	10.96	-26.40
5	26	57.88	161.42	69.88	25.35

30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-503.64
2	3	544.74
3	5	702.22
4	7	817.43
5	9	773.69
6	11	-39.68
7	13	-34.94
8	14	50.05
9	16	-58.99
10	17	97.74
11	19	188.29
12	21	120.90
13	23	-130.26

40

50

14	24	87.88
15	27	-34.58
16	28	49.98
17	30	-40.69
18	31	58.23
19	33	119.10
20	35	-37.52
21	36	51.32
22	38	67.46
23	39	-56.03
24	41	66.70
25	43	0.00
26	44	0.00

10

【 0 0 5 8 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	6797.000	6.00	1.83400	37.2	207.52
2	367.805	2.42			197.85
3	379.349	24.10	1.43387	95.1	196.95
4	-652.261	26.83			195.51
5	354.070	20.99	1.43387	95.1	199.14
6	-1434.293	0.25			198.74
7	243.953	19.68	1.43387	95.1	193.03
8	1387.395	1.20			191.73
9	202.636	12.33	1.49700	81.5	181.09
10	352.007	(可変)			179.30
11*	15000.000	2.50	2.00330	28.3	56.18
12	45.832	12.07			48.50
13	-74.861	2.20	1.81600	46.6	47.97
14	59.421	9.05	1.95906	17.5	48.80
15	-363.430	(可変)			48.80
16	-94.807	1.40	1.88300	40.8	40.48
17	167.289	3.11	1.92286	18.9	42.33
18	-1114.818	(可変)			42.89
19	110.111	14.00	1.61800	63.3	85.19
20*	-398.181	0.50			85.40
21	233.515	12.05	1.61800	63.3	85.89
22	-201.708	0.20			85.58
23	80.197	2.50	1.84666	23.8	78.99
24	47.337	24.09	1.43875	94.9	72.39
25*	-275.299	(可変)			70.50
26(絞り)		3.08			44.28
27	-226.596	2.00	1.81600	46.6	42.91
28	35.122	7.00	1.84666	23.8	40.47
29	187.471	7.81			40.01
30	-44.599	2.00	1.88300	40.8	39.28

20

30

40

50

31	169.074	10.58	1.62041	60.3	41.53
32	-45.782	15.88			43.02
33	-200.000	4.83	1.58913	61.1	42.44
34	-52.891	9.81			42.53
35	-559.275	2.00	1.88300	40.8	36.18
36	44.820	11.02	1.51823	58.9	34.98
37	-105.068	5.00			34.66
38	-191.981	9.38	1.48749	70.2	33.17
39	-29.504	2.00	1.88300	40.8	32.57
40	-74.257	5.00			33.50
41	95.400	8.71	1.53172	48.8	33.01
42	-60.951	10.00			32.19
43		33.00	1.60859	46.4	60.00
44		13.20	1.51633	64.2	60.00
45		15.03			60.00

像面

【 0 0 5 9 】

非球面データ

第11面

K = -1.24229e+005 A 4= 2.90067e-007 A 6= -9.81776e-012 A 8= -5.64727e-014

第20面

K = 3.78386e+001 A 4= 3.98687e-007 A 6= 1.73564e-011 A 8= 4.79169e-015

第25面

K = -3.07345e+001 A 4= -4.64714e-008 A 6= 3.29116e-011 A 8= -2.58957e-014

各種データ

ズーム比 120.00

	広角	中間	望遠
焦点距離	8.90	97.00	1068.00
Fナンバー	1.80	1.80	5.50
半画角	31.72	3.25	0.30
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	662.83	662.83	662.83

d10	2.90	165.20	200.17
d15	180.11	4.84	4.17
d18	101.65	106.74	2.66
d25	3.38	11.25	81.04

入射瞳位置	136.14	1205.90	10437.49
射出瞳位置	1056.13	1056.13	1056.13
前側主点位置	145.11	1311.94	12601.07
後側主点位置	6.13	-81.98	-1052.97

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離 レンズ構成長 前側主点位置 後側主点位置

10

20

30

40

50

1	1	261.09	113.79	65.92	-18.61
2	11	-34.93	25.83	2.94	-16.01
3	16	-121.45	4.51	-0.26	-2.62
4	19	65.77	53.34	10.65	-25.89
5	26	73.46	162.30	79.10	25.51

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	-463.48	10
2	3	555.37	
3	5	655.19	
4	7	676.99	
5	9	932.43	
6	11	-45.45	
7	13	-40.09	
8	14	53.11	
9	16	-67.96	
10	17	155.87	
11	19	140.53	20
12	21	176.33	
13	23	-140.03	
14	24	93.97	
15	27	-36.95	
16	28	49.50	
17	30	-39.56	
18	31	58.95	
19	33	120.12	
20	35	-46.65	
21	36	61.94	30
22	38	69.94	
23	39	-56.30	
24	41	70.98	
25	43	0.00	
26	44	0.00	

【 0 0 6 0 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	3898.065	6.00	1.83400	37.2	205.01	40
2	370.092	2.42			196.12	
3	381.758	22.91	1.43387	95.1	195.27	
4	-734.835	28.49			194.90	
5	352.903	22.80	1.43387	95.1	198.34	
6	-916.931	0.25			197.93	
7	238.753	17.88	1.43387	95.1	190.74	
8	895.901	1.20			189.36	
9	203.791	10.74	1.49700	81.5	179.73	50

10	318.423	(可変)			177.96
11*	2574.454	2.50	2.00330	28.3	62.48
12	55.822	12.85			54.91
13	-85.716	2.20	1.81600	46.6	54.28
14	67.759	9.64	1.92286	18.9	54.78
15	-276.494	(可変)			54.75
16*	-89.114	1.40	1.83400	37.2	42.10
17	115.355	3.24	1.95906	17.5	44.17
18	1126.728	(可変)			44.55
19	108.424	12.82	1.61800	63.3	86.81
20*	-1441.652	0.50			86.86
21	259.848	11.16	1.72916	54.7	87.28
22	-232.025	0.20			87.01
23	79.445	2.50	1.84666	23.8	80.34
24	47.164	23.72	1.43875	94.9	73.41
25*	-275.299	(可変)			71.91
26(絞リ)		2.56			42.96
27	-179.197	2.00	1.81600	46.6	42.06
28	34.001	7.16	1.84666	23.8	39.73
29	211.160	7.49			39.29
30	-44.443	2.00	1.88300	40.8	38.58
31	139.879	10.76	1.62041	60.3	40.80
32	-42.870	19.85			42.22
33	-200.000	4.50	1.58913	61.1	40.64
34	-53.256	3.51			40.69
35	-3013.124	2.00	1.88300	40.8	37.20
36	43.281	11.06	1.51823	58.9	35.80
37	-108.015	5.00			35.34
38	-247.872	9.43	1.48749	70.2	33.58
39	-30.702	2.00	1.88300	40.8	32.78
40	-89.700	5.00			33.53
41	98.240	8.68	1.53172	48.8	33.04
42	-60.625	10.00			32.23
43		33.00	1.60859	46.4	60.00
44		13.20	1.51633	64.2	60.00
45		15.02			60.00

10

20

30

像面

【 0 0 6 1 】

非球面データ

40

第11面

K = 1.64434e+003 A 4= 1.46282e-007 A 6= 3.88377e-011 A 8=-3.91648e-014

第16面

K = 1.90375e-001 A 4= 3.35748e-008 A 6=-8.83602e-011 A 8= 2.70836e-014

第20面

K = 3.21413e+002 A 4= 2.66554e-007 A 6= 2.30806e-011 A 8=-3.06588e-016

第25面

50

K = -5.77270e+001 A 4 = -1.23956e-007 A 6 = 4.27240e-011 A 8 = -3.05595e-014

各種データ

ズーム比 100.00

	広角	中間	望遠
焦点距離	9.50	95.00	950.00
Fナンバー	1.80	1.80	4.90
半画角	30.07	3.31	0.33
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	665.45	665.45	665.45

10

d10	2.92	159.44	200.19
d15	129.68	4.36	10.00
d18	159.81	114.16	4.34
d25	3.38	17.83	81.27

入射瞳位置	145.08	1056.88	8758.51
射出瞳位置	2110.16	2110.16	2110.16
前側主点位置	154.62	1156.18	10139.27
後側主点位置	5.52	-79.98	-934.98

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	268.50	112.69	65.83	-18.72
2	11	-44.23	27.19	2.70	-17.65
3	16	-109.39	4.64	0.13	-2.27
4	19	68.21	50.90	9.73	-24.61
5	26	74.55	159.21	77.32	27.16

30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-487.57
2	3	581.22
3	5	589.07
4	7	742.21
5	9	1101.36
6	11	-56.43
7	13	-45.85
8	14	59.05
9	16	-59.71
10	17	132.02
11	19	163.08
12	21	169.00
13	23	-140.78
14	24	93.65
15	27	-34.70
16	28	46.53
17	30	-37.78
18	31	53.90

40

50

19	33	121.34
20	35	-48.03
21	36	60.91
22	38	70.63
23	39	-53.41
24	41	71.53
25	43	0.00
26	44	0.00

【 0 0 6 2 】

10

【表 1】

数値実施例 1 ～ 3 における各条件式対応値

		実施例 1	実施例 2	実施例 3
	広角端焦点距離	8.50	8.90	9.50
	望遠端焦点距離	680.00	1068.00	950.00
	ズーム倍率	80.00	120.00	100.00
	$z^{0.01}$	1.04	1.05	1.05
	$z^{0.30}$	3.72	4.20	3.98
	$z^{0.75}$	26.75	36.26	31.62
	L2w	188.31	180.11	129.68
	L2t	23.00	4.17	10.00
	L3w	79.32	101.65	159.81
	L2z2	9.32	9.40	9.29
	L3z2	47.36	50.32	58.05
	f1	259.29	261.09	268.50
	f2	-30.07	-34.93	-44.23
	f3	-153.45	-121.45	-109.39
	f4	61.38	65.77	68.21
	f23w	-11.89	-12.04	-16.07
	$\beta 4w$	-0.48	-0.51	-0.39
	$\beta 4t$	-1.06	-1.69	-1.53
条件式(1)	L2w/L2t	8.19	43.17	12.97
条件式(2)	L2w/L3w	2.37	1.77	0.81
条件式(3)	f1/f23w	21.81	21.68	16.71
条件式(5)	$\beta 4t/\beta 4w$	2.21	3.32	3.92
条件式(6)	f1/f4	4.22	3.97	3.94
条件式(7)	L2z2/L3z2	0.20	0.19	0.16
条件式(8)	L2w/f2	6.26	5.16	2.93
条件式(9)	f2/f3	0.20	0.29	0.40
条件式(11)	b	0.169	0.162	0.209

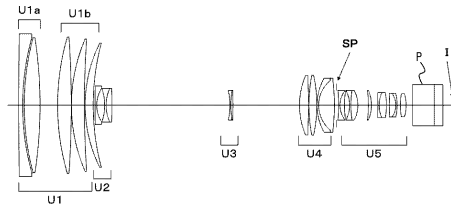
20

30

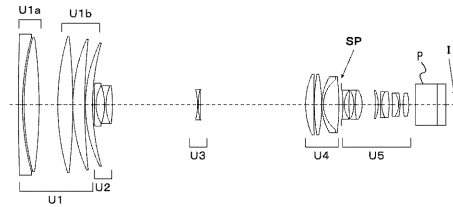
40

50

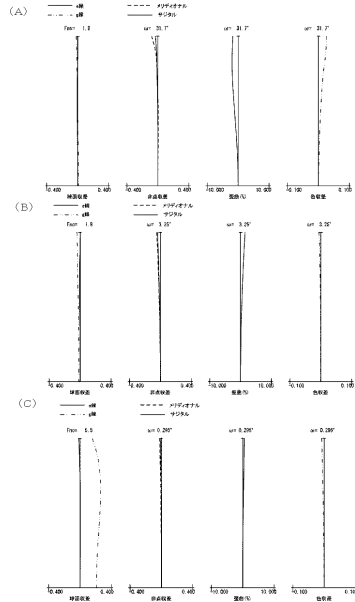
【図 3】



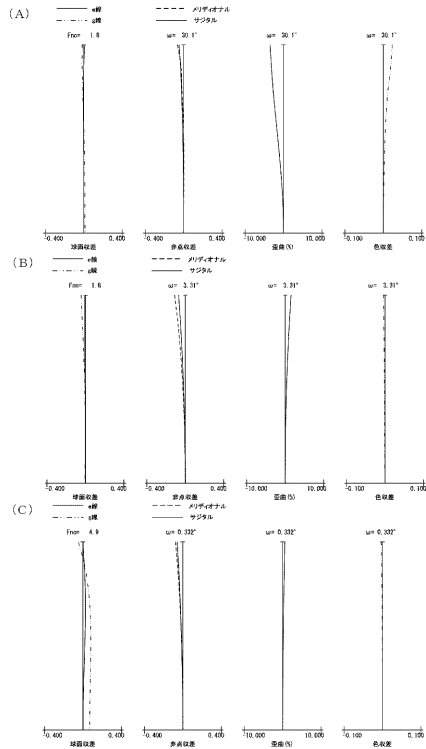
【図 5】



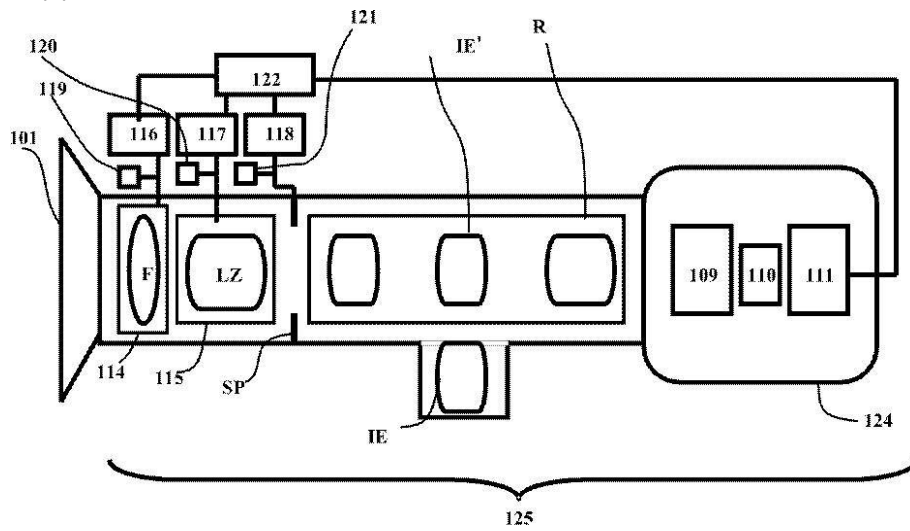
【図 4】



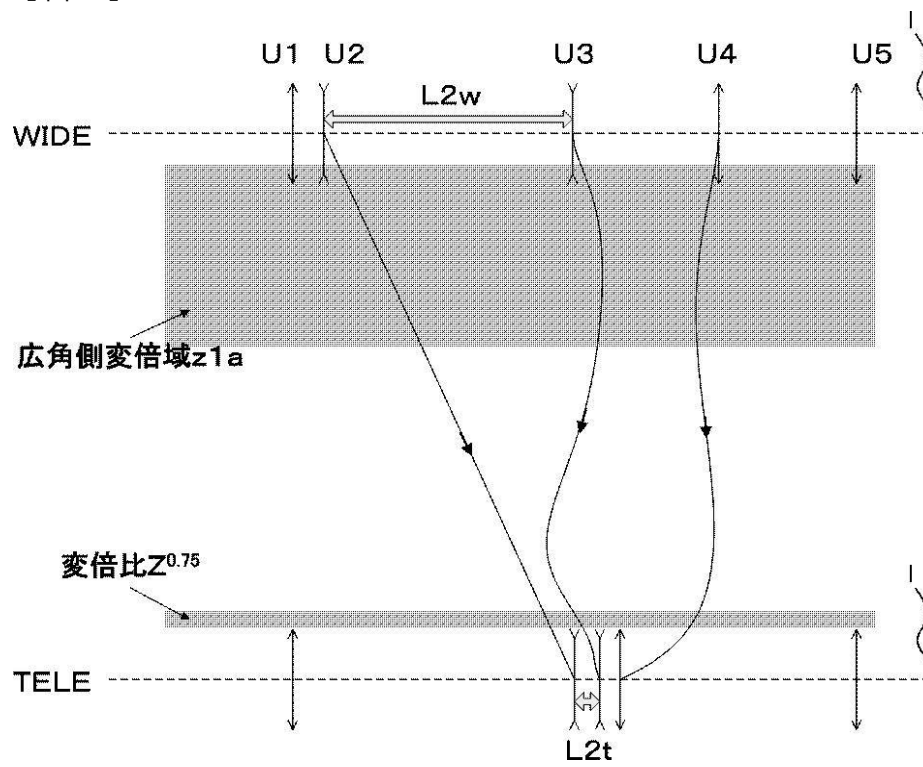
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-309061(JP,A)
特開昭61-270717(JP,A)
特開平03-006509(JP,A)
特開平01-126614(JP,A)
特開2012-058607(JP,A)

(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