

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5961074号
(P5961074)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(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 10 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2012-180899 (P2012-180899)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年8月17日 (2012.8.17)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-38238 (P2014-38238A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年2月27日 (2014.2.27)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成27年8月4日 (2015.8.4)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

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、変倍のためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、変倍に際して移動する正の屈折力の第3レンズ群、変倍に際して移動する正の屈折力の第4レンズ群、変倍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、

前記第1レンズ群乃至第5レンズ群のそれぞれは少なくとも正負1枚ずつのレンズを含み、前記第4レンズ群の正レンズの平均アッベ数を p 、前記第4レンズ群の負レンズの平均アッベ数を n 、前記第2レンズ群の広角端における結像倍率を $2w$ 、前記第2レンズ群の望遠端における結像倍率を $2t$ 、前記第2レンズ群が結像倍率 - 1 倍のズーム位置 z_2 における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群からなる合成レンズ群の結像倍率を $34z_2$ としたとき、

$$\begin{aligned} 10 < p - n < 54 \\ -1 < 2w < -0.05 \\ -5 < 2t < -1 \\ -1 < 34z_2 < -0.3 \end{aligned}$$

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3レンズ群は広角端から望遠端への変倍に際して結像倍率 - 1 倍の点を通り、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、

10

20

$$0.1 < f_3 / f_4 < 1.0$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 4 レンズ群の最も物体側の負レンズの物体側の面の曲率半径を R_{41} 、前記第 4 レンズ群の最も物体側の負レンズの像側の面の曲率半径を R_{42} としたとき、

$$0.5 < (R_{41} + R_{42}) / (R_{41} - R_{42}) < 1.0$$

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 2 レンズ群の正レンズのアッペ数の平均値を $2p$ 、前記第 2 レンズ群の正レンズの部分分散値の平均値を $2p$ 、前記第 2 レンズ群の負レンズのアッペ数の平均値を $2n$ 、前記第 2 レンズ群の負レンズの部分分散比の平均値を $2n$ としたとき、

$$-5.5 \times 10^{-3} < (2p - 2n) / (2p - 2n) < -2.0 \times 10^{-3}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群の正レンズのアッペ数の平均値を $3p$ 、前記第 3 レンズ群の正レンズの部分分散比の平均値を $3p$ 、前記第 3 レンズ群の負レンズのアッペ数の平均値を $3n$ 、前記第 3 レンズ群の負レンズの部分分散比の平均値を $3n$ 、前記第 4 レンズ群の正レンズのアッペ数の平均値を $4p$ 、前記第 4 レンズ群の正レンズの部分分散比の平均値を $4p$ 、前記第 4 レンズ群の負レンズのアッペ数の平均値を $4n$ 、前記第 4 レンズ群の負レンズの部分分散比の平均値を $4n$ としたとき、

$$-2.5 \times 10^{-3} < (3p - 3n) / (3p - 3n) < -2.0 \times 10^{-4}$$

$$-3.5 \times 10^{-3} < (4p - 4n) / (4p - 4n) < -5.0 \times 10^{-4}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 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 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の合成焦点距離を f_{34w} 、前記ズームレンズのズーム比 z としたとき、ズーム比 $z^{0.25}$ のズーム位置 z_1 における前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の合成焦点距離を f_{34z_1} としたとき、

$$0.5 < f_{34w} / f_{34z_1} < 1.06$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

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 、全系の望遠端における焦点距離を f_t としたとき、

$$1.5 < |f_t / f_1| < 5.0$$

$$3.0 < |f_1 / f_2| < 15.0$$

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

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の広角端と望遠端における横倍率の比を $2w_t$ 、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群からなる合成レンズ群の広角端と望遠端における横倍率の比を $34w_t$ としたとき、

$$2.0 < 2w_t / 34w_t < 7.0$$

を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 4 レンズ群は少なくとも 1 面が非球面で構成されており、正の屈折力の面が前記非球面である場合は光軸から周辺に向かい正の屈折力が弱くなる形状であり、負の屈折力の面が前記非球面である場合は光軸から周辺に向かい負の屈折力が強くなる形状である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 の何れか 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。

10

ポジティブリード型のズームレンズとして、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群の3つの可動レンズ群が、変倍と変倍に伴う像面変動補正を行う5群ズームレンズが知られている。(特許文献1~3)。

【0003】

特許文献1では、ズーム比1.7倍程度、広角端の撮影画角70°程度であるズームレンズが開示されている。特許文献2、3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。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平7-248449号公報

【特許文献2】特開2009-128491号公報

【特許文献3】特開2009-128492号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

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各レンズ群の屈折力配置や構成等を適切に設定することが重要である。特に変倍レンズ群としての第2、第3、第4レンズ群の各群の屈折力や変倍の際の移動条件等を適切に設定することが重要になってくる。この他第4群の硝材及び形状の選択、第3、第4レンズ群の合成の屈折力、そして第3、第4レンズ群の広角端から望遠端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。

30

【0006】

特許文献1~3に開示されているズームレンズでは、所定のズーム中間位置において第2レンズ群の結像倍率が-1倍のとき、第3及び第4レンズ群からなる合成レンズ群の結像倍率が必ず-1倍となるよう、変倍レンズ群の屈折力や移動軌跡が規定されている。また第3又は第4レンズ群の何れかのレンズ群が正レンズのみで構成されており、更なる広画角化や高ズーム比化に伴う有効径の増大を抑制するために、ズームの移動軌跡を設定すると、ズームに伴う諸収差の変動が増大する傾向があった。

40

高ズーム比とは、広角端画角75~85°程度のときズーム比20~35倍程度、または広角端画角60~67°のときズーム比80~130倍程度である。

【0007】

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し、良好なズーム動作を持つ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】

【0008】

50

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、変倍のためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、変倍に際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、変倍に際して移動する正の屈折力の第3レンズ群、変倍に際して移動する正の屈折力の第4レンズ群、変倍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、前記第1レンズ群乃至第5レンズ群のそれぞれは少なくとも正負1枚ずつのレンズを含み、前記第4レンズ群の正レンズの平均アッペ数を p 、前記第4レンズ群の負レンズの平均アッペ数を n 、前記第2レンズ群の広角端における結像倍率を $2w$ 、前記第2レンズ群の望遠端における結像倍率を $2t$ 、前記第2レンズ群が結像倍率 - 1 倍のズーム位置 z_2 における前記第3レンズ群と前記第4レンズ群からなる合成レンズ群の結像倍率を $3.4z_2$ としたとき、

$$\begin{aligned} 1.0 < p - n < 5.4 \\ -1 < 2w < -0.05 \\ -5 < 2t < -1 \\ -1 < 3.4z_2 < -0.3 \end{aligned}$$

を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

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】

【0010】

【図1】本発明の実施例1のズームレンズの近軸屈折力配置の概略図

【図2】広角端、ズーム位置 z_1 、ズーム位置 z_2 、望遠端における光路図

【図3】乗り移り式ズームレンズの近軸屈折力配置の概略図

【図4】4群ズームレンズの近軸屈折力の概略図

【図5】正レンズ群の2色色消しと二次スペクトル残存に関する模式図

【図6】光学材料のアッペ数と部分分散比の分布の模式図

【図7】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8】数値実施例1の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠物体に合焦したときの収差図

【図9】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

【図10】数値実施例2の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠物体に合焦したときの収差図

【図11】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12】数値実施例3の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠合焦したときの収差図

【図13】数値実施例4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14】数値実施例4の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠合焦したときの収差図

【図15】数値実施例5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16】数値実施例5の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠合焦したときの収差図

【図17】数値実施例6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18】数値実施例6の、(A)広角端、(B)ズーム位置 z_1 、(C)ズーム位置 z_2 、(D)望遠端で無限遠合焦したときの収差図

【図19】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】

【0011】

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、変倍のためには不動の正の屈折力の第1レンズ群（

10

20

30

40

50

前玉レンズ群) U 1。変倍に際して移動する負の屈折力の第 2 レンズ群 U 2、変倍に際して移動する正の屈折力の第 3 レンズ群 U 3、変倍に際して移動する第 4 レンズ群 U 4、変倍のためには不動の正の屈折力の第 5 レンズ群 (リレーレンズ群) U 5、から構成されている。

【 0 0 1 2 】

ここでレンズ群が変倍のためには不動というのは、レンズ群が変倍を行う目的で駆動されることは無いが、変倍とフォーカス調整とを同時に行う場合があれば、フォーカス調整のために移動することはあり得るということである。

【 0 0 1 3 】

図 1 は後述する本発明の実施例 1 (数値実施例 1) のズームレンズの近軸屈折力配置の概略図であり、変倍に際しての第 2 乃至第 4 レンズ群 U 2 乃至 U 4 の移動軌跡を示している。図中、上方が広角端 (W I D E) であり、下方が望遠端 (T E L E) である。上方から下方へ繋がる実線は変倍に際して移動する各レンズ群の軌跡を示している。図 1 では第 3 レンズ群 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 はズーム位置 z 1 近傍にて間隔 L 3 4 を広くとり、第 2 レンズ群 U 2 の結像倍率が - 1 倍となるズーム位置 z 2 近傍にて間隔 L 3 4 を狭くするように移動している。

【 0 0 1 4 】

図 2 は本発明における広角端から望遠端における光路図であり、(A) は広角端、(B) はズーム位置 z 1、(C) はズーム位置 z 2、(D) は望遠端である。光束として、軸上、および画面最周辺に対応する軸外の 2 光束を示す。図 2 (B) に示すように、最周辺軸外マージナル光線は、第 1 レンズ群 U 1 に対し広角端よりも高い位置を通過し、z 1 近傍にて最も高い位置を通過する。また、図 2 (C) に示すように、軸上マージナル光線は、第 3 レンズ群 U 3、第 4 レンズ群 U 4 に対し z 2 近傍にて最も高い位置を通過する。

すなわち z 1 近傍において第 1 レンズ群 U 1 のレンズ径は決定され、z 2 近傍において第 3 レンズ群 U 3、第 4 レンズ群 U 4 のレンズ径は決定される。

【 0 0 1 5 】

また、図 3 に高ズーム比化に有利なズームレンズとして、一般に乗り移り式と呼ばれる 4 群ズームレンズの近軸概略図を示す。乗り移り式ズームレンズは、正の屈折力の第 1 レンズ群 U 1、変倍に際して移動する負の屈折力の第 2 レンズ群 U 2、変倍に際して移動する正の屈折力の第 3 レンズ群 U 3、結像用の正の屈折力の第 4 レンズ群 U 4 より構成される。図 3 において、上方が広角端 (W I D E) であり、下方が望遠端 (T E L E) である。第 2 レンズ群 U 2 と第 3 レンズ群 U 3 は上方から下方へ繋がる実線にて変倍の際の移動する軌跡を示している。乗り移り式ズームレンズは、第 2 レンズ群 U 2 の横倍率 β_2 が - 1 倍のとき、第 3 レンズ群 U 3 の横倍率 β_3 が - 1 倍となる条件を満たす。これにより第 3 レンズ群 U 3 が変倍に際し像側 (右方) から物体側 (左方) へと一方向へ移動し続けられる。結果、変倍に際しての β_3 の変化を大きくでき、高ズーム比化に有利である。

【 0 0 1 6 】

なお、図 4 にこの条件を満たさない通常の 4 群ズームレンズの近軸概略図を示している。図 4 に示すように、4 群ズームレンズでは、一般に像点補正を行う第 3 レンズ群 U 3 は、二点鎖線と破線の 2 つの移動軌跡を取り得る。図 3 に示す乗り移り式ズームレンズは図 4 の特殊な場合であり、前記条件を満たすことにより 2 つの移動軌跡が一点で交わり、交点にて他方の別の移動軌跡に乗り移ることを可能としている。

【 0 0 1 7 】

本発明のズームレンズにおいて、第 1 レンズ群乃至第 5 レンズ群 U 1 ~ U 5 それぞれは少なくとも正負 1 枚ずつのレンズを含んでいる。第 4 レンズ群の正レンズの平均アッベ数を p 、負レンズの平均アッベ数を n とする。第 2 レンズ群の広角端における結像倍率を β_w 、望遠端における結像倍率を β_t とする。第 2 レンズ群が結像倍率 - 1 倍のズーム位置 z 2 における第 3 レンズ群と第 4 レンズ群からなる合成レンズ群の結像倍率を β_{34z2} とする。このとき、

$$1.0 < p - n < 5.4 \quad \cdots (1)$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} -1 < 2w < -0.05 & \dots (2) \\ -5 < 2t < -1 & \dots (3) \\ -1 < 34z2 < -0.3 & \dots (4) \end{aligned}$$

なる条件を満足している。

【0018】

条件式(1)は、ズーム中間において軸上色収差及び倍率色収差のズームによる変動を適切に補正するための条件である。本発明のズームレンズでは、第4レンズ群U4のレンズ構成やレンズの材料の分散特性がズーム中間の軸上色収差及び倍率色収差のズームによる変動を良好に補正するために重要な要素となっている。条件式(1)を満足することにより、ズーム中間で第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の間隔が広くなり、また狭くなってもズームによる軸上色収差及び倍率色収差の変動を良好に補正することが可能である。

10

【0019】

条件式(1)の上限の条件が満たされないと、第4レンズ群U4の群内の色収差の補正が過剰となり、ズーム中間における軸上色収差及び倍率色収差の補正が困難となる。条件式(1)の下限の条件が満たされないと、第4レンズ群U4の群内の色収差の補正が不足する為、ズーム中間における軸上色収差及び倍率色収差の補正が困難となり、望遠端における軸上色収差の二次スペクトルの補正も困難となる。

【0020】

図5は正の屈折力のレンズ群LPによる2色の色消しと二次スペクトル残存に関する模式図である。図6は現存する光学材料のアッペ数と部分分散比の分布の模式図である。ここでアッペ数および部分分散比は、g線における屈折率をNg、F線における屈折率をNF、d線における屈折率をNd、C線における屈折率をNCとしたとき、

20

$$\begin{aligned} &= (Nd - 1) / (NF - NC) \dots (ア) \\ &= (Ng - NF) / (NF - NC) \dots (イ) \end{aligned}$$

である。図6に示すように、現存する光学材料はアッペ数に対し部分分散比が狭い範囲に分布しており、アッペ数が小さいほど部分分散比が大きい傾向を持っている。

【0021】

屈折力が1、2、材料のアッペ数が1、2の2枚のレンズG1、G2で構成される薄肉系(合成の屈折力)の色収差の補正条件は、

30

$$1 / 1 + 2 / 2 = E \dots (ウ)$$

であらわされる。ここで、

$$= 1 + 2 \dots (エ)$$

である。(ウ)式において、E=0とするとC線-F線の結像位置が合致する。焦点距離が短く二次スペクトルが大きくないズーム中間の領域においては、E=0を満足することで色収差の補正が可能である。

【0022】

ズーム中間の色収差の変動を補正するためには、第4レンズ群U4に使用する硝材を、条件式(1)を満足するように設定するのが良く、更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

40

$$20 < p - n < 49 \dots (1a)$$

【0023】

条件式(2)は、第2レンズ群U2の広角端における横倍率を規定している。条件式(2)の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の間隔が空き過ぎるため、レンズ全長が伸びてしまう。または第2レンズ群U2の屈折力が大きくなり過ぎるため、ズームに伴う収差変動が増大してしまう。条件式(2)の下限の条件が満たされないと、望遠端で第2～第4レンズ群U2～U4の間隔を確保することが困難となり、高ズーム比に不向きである。

【0024】

条件式(3)は、第2レンズ群U2の望遠端における横倍率を規定している。条件式(

50

3) の上限の条件が満たされないと、高ズーム比化をするためには、第2レンズ群U2の移動量を増やす必要があり、レンズ全長が伸びてしまう。(3) の下限の条件が満たされないと、望遠端で第2～第4レンズ群U2～U4の間隔を確保することが困難となり、高ズーム比に不向きである。

高ズーム比化を達成するためには、条件式(2)(3)を満足し、第2レンズ群U2の結像倍率が変倍に際し、-1倍の点を通るように設定するのが良い。

【0025】

条件式(4)は、第2レンズ群U2の結像倍率が-1倍のズーム位置 z_2 において、第3、第4レンズ群U3、U4からなる合成レンズ群の結像倍率を規定している。条件式(4)を満足することで、図3で示される乗り移り式ズームレンズと比較し、第3、第4レンズ群U3、U4のレンズ径を小型化することが可能である。

10

条件式(4)の上限の条件が満たされないと、合成レンズ群の結像倍率が大き過ぎるため、高ズーム比化に不向きである。(4)の下限の条件が満たされないと、合成レンズ群の結像倍率が小さ過ぎるため、乗り移り式ズームレンズよりも第3、第4レンズ群U3、U4のレンズ径が増大してしまう。

【0026】

更に好ましくは条件式(2)～(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$-0.2 < 2w < -0.05 \quad \dots (2a)$$

$$-4.5 < 2t < -1.5 \quad \dots (3a)$$

$$-0.96 < 34z_2 < -0.5 \quad \dots (4a)$$

20

以上の各条件を満たすことにより、本発明は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。

更に好ましくは、第3レンズ群U3は広角端から望遠端への変倍に際して結像倍率-1倍の点を通るのが良い。これによれば第3レンズ群U3の横倍率の変化が大きくなり、高ズーム比化が容易となる。

【0027】

更に好ましくは、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とする。

このとき、

$$0.1 < f_3 / f_4 < 1.0 \quad \dots (5)$$

30

なる条件を満足するのが良い。

条件式(5)は、第3レンズ群U3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(5)の上限の条件が満たされないと、第3レンズ群U3の焦点距離が短くなり過ぎるため、効率良くズームをすることが困難となり、レンズ全長が増大してしまう。条件式(5)の下限の条件が満たされないと、第4レンズ群U4の焦点距離が相対的に短くなり過ぎるため、レンズ径の縮小を行うことが困難となる。

【0028】

更に好ましくは、第4レンズ群U4の最も物体側の負レンズの物体側の面の曲率半径を R_{41} 、像側の面の曲率半径を R_{42} とする。

このとき、

$$0.5 < (R_{41} + R_{42}) / (R_{41} - R_{42}) < 1.0 \quad \dots (6)$$

40

なる条件を満足するのが良い。

条件式(6)は、一般的にシェイプファクタと呼ばれる式であり、第4レンズ群U4の最も物体側の負レンズの形状を規定している。条件式(6)の上限の条件が満たされないと、負レンズの屈折力が小さくなり過ぎ、収差補正の効果が弱くなってしまう。また加工性も悪い。条件式(6)の下限の条件が満たされないと、負レンズに入射する光束に対し、角度を持ってしまうため、収差が発生し、レンズ群の構成枚数の増加に繋がる。

【0029】

更に好ましくは、第2レンズ群U2の正レンズのアッペ数と部分分散比の平均値を各々 $2p$ 、 $2p$ とする。第2レンズ群U2の負レンズのアッペ数と部分分散比の

50

平均値を各々 $2n$ 、 $2n$ とする。

このとき、

$$-5.5 \times 10^{-3} < (2p - 2n) / (2p - 2n) < -2.0 \times 10^{-3} \quad \dots (7)$$

なる条件を満足するのが良い。

条件式(7)は、特に望遠端において、軸上色収差の二次スペクトルを適切に補正するための条件である。条件式(7)の上限の条件が満たされないと、望遠端軸上色収差の二次スペクトルの補正効果が小さく、補正不足となってしまう。条件式(7)の下限の条件が満たされないと、広角端倍率色収差の二次スペクトルが増大してしまう。

【0030】

図5において、正の屈折力のレンズ群LPの色消しでは正レンズG1としてアッペ数1の大きな材料、負レンズG2としてアッペ数2の小さな材料を用いる。したがって図6より正レンズG1は部分分散比1が小さく、負レンズは部分分散比2が大きくなって、F線とC線で色収差を補正するとg線の結像点が像側にずれる。このずれ量を二次スペクトル量として定義すると、

$$= -(1/\dots) \cdot (1 - 2) / (1 - 2) \quad \dots (オ)$$

であらわされる。

【0031】

正レンズであれば図5のように、より像面側にg線が残存し、負レンズであれば、物体側にg線が残存する。よって、正レンズはを小さくするような硝材選択し、負レンズはを大きくするように硝材選択することで、二次スペクトルの補正を行うことができる。

【0032】

更に好ましくは、第3レンズ群U3の正レンズのアッペ数と部分分散比の平均値を各々 $3p$ 、 $3p$ とする。第3レンズ群U3の負レンズのアッペ数と部分分散比の平均値を各々 $3n$ 、 $3n$ とする。同様に第4レンズ群U4の正レンズのアッペ数と部分分散比の平均値を各々 $4p$ 、 $4p$ とする。第4レンズ群U4の負レンズのアッペ数と部分分散比の平均値を各々 $4n$ 、 $4n$ とする。

このとき、

$$\begin{aligned} -2.5 \times 10^{-3} &< (3p - 3n) / (3p - 3n) < -2.0 \times 10^{-4} \quad \dots (8) \\ -3.5 \times 10^{-3} &< (4p - 4n) / (4p - 4n) < -5.0 \times 10^{-4} \quad \dots (9) \end{aligned}$$

なる条件のうち1以上を満足するのが良い。

条件式(8)、(9)は、特に望遠端において、軸上色収差の二次スペクトルを適切に補正するための条件である。

【0033】

条件式(8)の上限の条件が満たされないと、広角側の倍率色収差の変動の抑制が困難となる。条件式(8)の下限の条件が満たされないと、望遠端軸上色収差の二次スペクトルが増大してしまう。

条件式(9)の上限の条件が満たされないと、正レンズに屈折率の小さな硝材を選択する必要があるため、諸収差の補正が困難となる。条件式(9)の下限の条件が満たされないと、望遠端軸上色収差の二次スペクトルが増大してしまう。

【0034】

更に好ましくは、広角端における第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の合成焦点距離を f_{34w} とする。ズーム比を z 、ズーム比 $z^{0.25}$ のズーム位置 z_1 とし、ズーム位置 z_1 における第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の合成焦点距離を f_{34z_1} とする。

このとき、

$$0.5 < f_{34w} / f_{34z_1} < 1.06 \quad \dots (10)$$

なる条件を満足するのが良い。

【0035】

10

20

30

40

50

条件式(10)は第3レンズ群U3と第4レンズ群U4からなる合成レンズ群の広角端とズーム位置z1における焦点距離の比を規定している。

条件式(10)の上限の条件が満たされないと、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4のズーム位置z1におけるレンズ間隔が広くなり過ぎるため、レンズ全長を短くすることが困難となる。条件式(10)の下限の条件が満たされないと、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4のズーム位置z1におけるレンズ間隔が、広角端よりも狭いので、第1レンズ群U1のレンズ径が大きくなってしまう。

【0036】

2つのレンズ群の一方の焦点距離をfa、他方の焦点距離をfb、2つのレンズ群の主点間隔をeとしたとき、2つのレンズ群の合成焦点距離Fは、一般に次式で示すことができる。

$$1/F = 1/fa + 1/fb - e/(fa \times fb) \quad \dots (カ)$$

よって、2つのレンズ群の主点間隔eの増減により、合成レンズの焦点距離を任意に変化させることが可能である。本件の第3、第4レンズ群U3、U4はともに正レンズであるため、間隔を広げると合成レンズの焦点距離が長くなり、狭めると合成レンズの焦点距離が短くなる。

【0037】

更に好ましくは、第1レンズ群U1の焦点距離をf1、第2レンズ群U2の焦点距離をf2とする。そして、望遠端の焦点距離をftとする。

このとき、

$$1.5 < |ft/f1| < 5.0 \quad \dots (11)$$

$$3.0 < |f1/f2| < 15.0 \quad \dots (12)$$

なる条件のうち1以上を満足するのが良い。

【0038】

条件式(11)は望遠端の焦点距離と第1レンズ群U1の焦点距離の比を規定している。条件式(11)の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1の望遠端における拡大率が大きくなり過ぎるため、望遠側の球面収差変動や軸上色収差の補正をすることが困難となる。条件式(11)の下限の条件が満たされないと、第2～第4レンズ群U2～U4の焦点距離が短くなり易く、ズームによる収差変動の抑制が困難となる。

条件式(12)は第1レンズ群U1の焦点距離f1と、第2レンズ群U2の焦点距離f2の比を規定している。条件式(12)の上限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1の焦点距離が相対的に長くなるため、第1レンズ群U1のレンズ径が大きくなり、広角化が困難となる。条件式(12)の下限の条件が満たされないと、第1レンズ群U1の焦点距離が相対的に短くなるため、望遠側の球面収差変動や軸上色収差の補正をすることが困難となる。

【0039】

更に好ましくは、第2レンズ群U2の広角端と望遠端における横倍率の比を2wt、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4からなる合成レンズ群の広角端と望遠端における横倍率の比を34wtとしたとき、

$$2.0 < 2wt/34wt < 7.0 \quad \dots (13)$$

なる条件を満足するのが良い。

【0040】

条件式(13)は第2レンズ群U2の広角端と望遠端における横倍率の比と、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4からなる合成レンズ群の広角端と望遠端における合成横倍率の比の比を規定している。2wtと34wtの積はレンズ全系のズーム比を表すため、条件式(13)ではズーム比を担う割合を規定していると換言することができる。

条件式(13)の上限の条件が満たされないと、合成レンズU34が望遠側で収差補正に寄与する割合が小さく、望遠側の軸上色収差の補正が困難となる。条件式(13)の下限の条件が満たされないと、第2レンズ群U2のズーム分担が小さくなり、レンズ全長や第3レンズU3及び第4レンズU4のレンズ径を縮小することが困難となる。

【 0 0 4 1 】

第4レンズ群U4の少なくとも1面を非球面形状とするのが良い。非球面の形状は正の屈折力の面に適用するときには、光軸から周辺に向かい正の屈折力が弱まる形状とするのが良い。負の屈折力の面に適用するときには、光軸から周辺に向かい負の屈折力が強まる形状とするのが良い。

これによれば変倍に際しての収差変動、特に広角側で球面収差、像面湾曲、コマ収差の補正が容易となり、広角化に有利である。

【 0 0 4 2 】

更に好ましくは条件式(5)～(13)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.2 < f_3 / f_4 < 0.7 \quad \dots (5a) \quad 10$$

$$1.0 < (R_{41} + R_{42}) / (R_{41} - R_{42}) < 7.5 \quad \dots (6a)$$

$$-5.0 \times 10^{-3} < (2p - 2n) / (2p - 2n) < -3.5 \times 10^{-3} \quad \dots (7a)$$

$$-2.0 \times 10^{-3} < (3p - 3n) / (3p - 3n) < -1.0 \times 10^{-3} \quad \dots (8a)$$

$$-2.5 \times 10^{-3} < (4p - 4n) / (4p - 4n) < -1.2 \times 10^{-3} \quad \dots (9a)$$

$$0.8 < f_{34w} / f_{34z1} < 1.0 \quad \dots (10a)$$

$$3.0 < |f_t / f_1| < 4.5 \quad \dots (11a)$$

$$9.3 < |f_1 / f_2| < 13.0 \quad \dots (12a) \quad 20$$

$$3.0 < 2wt / 34wt < 6.0 \quad \dots (13a)$$

【 0 0 4 3 】

次に本発明の各実施例のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。

【実施例1】

【 0 0 4 4 】

本発明の実施例1のズームレンズは、物体側から順に、変倍のためには不動の正の屈折力の第1レンズ群U1、変倍に際して移動する負の屈折力の第2レンズ群U2、変倍に際して移動する正の屈折力の第3レンズ群U3、変倍に際して移動する正の屈折力の第4レンズ群U4、変倍のためには不動の結像作用を有する正の屈折力の第5レンズ群U5、を含む。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)を示す。

【 0 0 4 5 】

第1レンズ群U1は、フォーカスレンズ群U1b、フォーカスのためには不動の固定レンズ群U1a、U1c、を含む。フォーカスレンズ群U1bは、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。

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、ズームとズームに伴う像面変動の補正を行っている。これら3つのレンズ群(第2レンズ群U2～第4レンズ群U4)でズーム系(変倍群)を構成している。

【 0 0 4 6 】

図7に、本発明の実施例1(数値実施例)のズームレンズの広角端(焦点距離、 $f = 8.8 \text{ mm}$)で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図を示す。レンズ断面図においては、第5レンズ群U5の像側に、物体側から順に、絞り(開口絞り)SP、ガラスブロックPとして示された色分解プリズムや光学フィルタ等、撮像面Iを示す。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。撮像面Iは、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)等の撮像面に相当する。

【 0 0 4 7 】

実施例1のズームレンズにおいて、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17レンズ面に対応する。第3レン

10

20

30

40

50

ズ群U3は第18レンズ面～第24レンズ面に対応する。第4レンズ群U4は第25レンズ面～第28レンズ面に対応する。

【0048】

広角端から望遠端への変倍に際して、第2レンズ群U2は像側へ直線的に移動するとき、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4はズーム中間で非曲線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。第4レンズ群U4は広角側のズーム位置 z_1 近傍で収差変動を補正するため一度像側に移動し、その後非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。またズーム位置 z_2 近傍で第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の間隔を狭くし、第3、第4レンズ群U3、U4の合成レンズを像側に位置させている。これにより、合成レンズのレンズ径の増大を抑制している。また望遠端で第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の間隔を広げ、第3、第4レンズ群U3、U4の合成レンズを像側に位置させている。これにより、第2レンズ群U2の移動量を大きくすることができ、高ズーム比に有利な軌跡を描いている。

10

【0049】

4つのズーム位置の中で2番目がズーム位置 z_1 ($f = 28.50 \text{ mm}$)であり、この焦点距離の近傍にて第1レンズ群U1のレンズ径を決定している。3番目がズーム位置 z_2 ($f = 275.82 \text{ mm}$)であり、第2群の結像倍率 β は -1 である。この焦点距離近傍にて第3レンズ群U3、第4レンズ群U4のレンズ径を決定している。

【0050】

第11レンズ面、第19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19レンズ面と第25レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差、望遠側における球面収差の補正を行っている。

20

図8は数値実施例1の、(A)広角端、(B)ズーム位置(焦点距離) z_1 、 $f = 28.50 \text{ mm}$ 、(C)ズーム位置(焦点距離) z_2 、 $f = 275.82 \text{ mm}$ 、(D)望遠端 $f = 968.00 \text{ mm}$ 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。

【0051】

各収差図において、球面収差における直線と一点鎖線と点線は各々e線、g線、C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、倍率色収差における一点鎖線と点線は各々g線、C線である。 ω は半画角、 $F_n o$ はFナンバーである。尚、以下の各実施例において変倍用のレンズ群が最も短焦点側の配置となった場合を広角端、最も長焦点側の配置となった場合を望遠端という。

30

【0052】

後述する表1に示すように数値実施例1は条件式(1)～(13)の何れの条件式も満足しており、110倍の高ズーム比で広角端における撮影画角(画角) 64.01° と広画角化を達成している。且つ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。

【0053】

以下に実施例1に対する数値データを数値実施例1として示す。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、 n_{di} 、 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。各実施例と前述した条件式との対応を表1に示す。

40

【0054】

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。なお、以下の数値実施例においても同様の記載をする。

【数 1】

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

【0 0 5 5】

数值实施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離	
1	6797.00000	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	192.593	-425.783	10
2	339.38183	1.55392				185.954		
3	328.64687	25.64875	1.433870	95.10	0.5373	185.578	464.151	
4	-511.04586	25.85381				184.366		
5	342.57109	15.01615	1.433870	95.10	0.5373	175.902	765.287	
6	-11597.47237	0.25000				175.463		
7	244.16605	16.15023	1.433870	95.10	0.5373	172.153	681.145	
8	1360.51151	1.20000				170.995		
9	206.55243	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	163.686	837.878	20
10	399.44933	(可変)				160.544		
11*	1146.47021	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	45.268	-53.384	
12	45.49218	8.19436				39.674		
13	-82.28400	1.90000	1.816000	46.62	0.5568	38.566	-63.967	
14	146.27271	3.84668				37.579		
15	-87.95320	1.90000	1.834807	42.71	0.5642	37.505	-45.356	
16	67.79927	6.01825	1.959060	17.47	0.6599	38.399	52.078	
17	-190.94156	(可変)				39.233		
18	199.43346	9.10556	1.603001	65.44	0.5402	76.508	185.102	
19*	-251.19110	0.50000				77.133		30
20	199.55740	12.04291	1.438750	94.93	0.5343	78.655	193.044	
21	-145.07467	0.20000				78.727		
22	111.42583	2.50000	1.846660	23.78	0.6205	76.086	-188.165	
23	65.15178	14.80454	1.496999	81.54	0.5374	72.978	129.535	
24	-6654.57563	(可変)				72.104		
25*	127.25822	3.50000	1.749505	35.33	0.5818	69.463	-166.119	
26	62.39948	0.19784				65.771		
27	62.40201	11.59414	1.620411	60.29	0.5426	65.792	99.349	
28	-6882.21077	(可変)				64.935		
29(絞り)		3.18904				32.296		40
30	-93.00692	1.80000	1.816000	46.62	0.5568	31.013	-28.150	
31	30.97861	5.48005	1.808095	22.76	0.6307	29.679	42.758	
32	253.25269	6.96512				29.272		
33	-30.76052	1.49977	1.816000	46.62	0.5568	28.497	-24.225	
34	57.34289	9.60444	1.548141	45.79	0.5685	30.824	35.080	
35	-27.42176	24.91827				31.994		
36	-215.30071	9.39368	1.487490	70.23	0.5300	32.739	85.333	
37	-35.46337	1.35680				33.135		
38	-94.43561	3.73535	1.834000	37.16	0.5775	31.246	-39.040	
39	51.08404	8.39043	1.487490	70.23	0.5300	30.631	55.876	50

40	-55.61116	0.19999				30.803	
41	1485.67954	5.91933	1.517417	52.43	0.5564	30.263	55.867
42	-29.57610	3.99459	1.882997	40.76	0.5667	29.996	-58.704
43	-72.68917	5.39164				30.699	
44	72.70044	4.12142	1.517417	52.43	0.5564	29.174	79.531
45	-93.96287	10.00000				28.848	
46		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	60.000	0.000
47		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	60.000	0.000
48		10.01262				60.000	
像面							

10

非球面データ

第11面

K = 6.40406e+002 A 4= 1.93315e-007 A 6=-2.69890e-010 A 8= 1.42143e-013

第19面

K = -4.79134e+001 A 4=-1.81299e-007 A 6= 1.06331e-010 A 8=-1.59896e-014

第25面

K = 1.96569e+000 A 4=-1.32891e-007 A 6=-1.24824e-011 A 8=-3.22804e-015

20

各種データ

ズーム比 110.00

焦点距離	8.80	28.50	275.82	968.00
Fナンバー	1.80	1.80	1.80	5.60
半画角	32.01	10.92	1.14	0.33
像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	636.28	636.28	636.28	636.28

30

d10	2.77	98.55	183.89	199.17
d17	282.68	170.18	57.68	2.00
d24	1.18	14.74	1.56	29.89
d28	3.50	6.66	47.00	59.07

入射瞳位置	121.88	392.78	2558.13	12283.52
射出瞳位置	183.88	183.88	183.88	183.88
前側主点位置	131.12	425.96	3271.49	18640.71
後側主点位置	1.21	-18.49	-265.80	-957.98

40

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
1	1	257.97	105.67	60.47	-18.29
2	11	-25.58	23.86	4.66	-13.30
3	18	79.74	39.15	7.84	-18.50
4	25	253.64	15.29	-0.34	-9.68
5	29	42.43	152.16	56.91	17.17

【実施例2】

【0056】

実施例2のズームレンズも、実施例1のズームレンズと同様の構成を有する。

50

図 9 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 (焦点距離、 $f = 90.00 \text{ mm}$) 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。

実施例 2 において、第 1 レンズ群 U 1 は第 1 レンズ面 ~ 第 10 レンズ面に対応する。第 2 レンズ群 U 2 は第 11 レンズ面 ~ 第 17 レンズ面に対応する。第 3 レンズ群 U 3 は第 18 レンズ面 ~ 第 24 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U 4 は第 25 レンズ面 ~ 第 27 レンズ面に対応する。

【 0057 】

広角端から望遠端への変倍に際して、第 2 レンズ群 U 2 は像側へ直線的に移動するとき、第 3 レンズ群 U 3 はズーム途中で非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。実施例 1 と比べ、特に広角端で第 3 レンズ群 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 の間隔を広げており、第 3、第 4 レンズ群 U 3、U 4 のレンズ径の小型化の効果がより大きい。

【 0058 】

4 つのズーム位置の中で 2 番目がズーム位置 z_1 ($f = 28.46 \text{ mm}$) であり、この焦点距離の近傍にて第 1 レンズ群 U 1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置 z_2 ($f = 249.84 \text{ mm}$) であり、第 2 群の結像倍率 β は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 及び第 4 レンズ群 U 3、U 4 のレンズ径を決定している。

【 0059 】

第 11 レンズ面、第 19 レンズ面、第 27 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の補正を、第 19 レンズ面と第 27 レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差、望遠側における球面収差の補正を行っている。

【 0060 】

図 10 は数値実施例 2 の、(A) 広角端、(B) ズーム位置 (焦点距離) z_1 、 $f = 28.46 \text{ mm}$ 、(C) ズーム位置 (焦点距離) z_2 、 $f = 249.84 \text{ mm}$ 、(D) 望遠端 $f = 899.98 \text{ mm}$ 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。

【 0061 】

後述する表 1 に示すように数値実施例 2 は条件式 (1) ~ (13) の何れの条件式も満足している。実施例 2 は 100 倍の高ズーム比で広角端における撮影画角 (画角) 62.86° 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。

【 0062 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離
1	5434.02380	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	210.014	-455.000
2	356.63625	2.13509				202.496	
3	360.44201	27.02044	1.433870	95.10	0.5373	202.125	515.715
4	-580.45663	28.08162				201.296	
5	339.84204	20.27987	1.433870	95.10	0.5373	204.280	718.034
6	-3786.15639	0.25000				203.799	
7	253.96136	20.82550	1.433870	95.10	0.5373	198.551	666.314
8	2001.56949	1.20000				197.274	
9	216.57139	12.48564	1.496999	81.54	0.5374	186.080	1010.879
10	372.53916	(可変)				183.997	
11*	-73071.60959	2.20000	2.003300	28.27	0.5980	46.735	-55.496
12	56.18822	8.59820				41.636	
13	-63.32560	1.40000	1.834000	37.16	0.5775	40.462	-37.351
14	62.71093	8.69492	1.959060	17.47	0.6599	39.566	34.417
15	-66.78678	1.51820				39.183	

16	-51.49036	1.60000	1.882997	40.76	0.5667	38.358	-47.100	
17	226.27163	(可変)				37.865		
18	211.69445	7.52775	1.595220	67.74	0.5442	61.514	190.610	
19*	-243.06787	0.50000				62.181		
20	273.48577	8.73422	1.595220	67.74	0.5442	62.939	161.635	
21	-147.44671	0.20000				63.043		
22	778.09768	2.50000	1.846660	23.78	0.6205	62.121	-166.709	
23	120.29490	6.00935	1.438750	94.93	0.5343	61.221	308.402	
24	1046.36475	(可変)				61.101		
25	104.79879	2.50000	1.846660	23.78	0.6205	60.833	-349.121	10
26	76.71439	11.01805	1.595220	67.74	0.5442	59.628	89.918	
27*	-169.48400	(可変)				59.081		
28(絞り)		2.36822				29.373		
29	-89.03149	2.00000	1.816000	46.62	0.5568	28.698	-20.703	
30	21.19400	11.91473	1.846660	23.78	0.6205	27.513	24.270	
31	-737.35131	7.78511				26.359		
32	-31.36783	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	24.441	-17.675	
33	32.36570	8.63520	1.620411	60.29	0.5426	26.003	46.225	
34	-234.07138	6.76154				28.279		
35	-130.69482	6.66518	1.589130	61.14	0.5406	32.060	58.965	20
36	-28.04978	9.16258				33.116		
37	319.52271	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	32.000	-32.330	
38	26.26833	8.58866	1.518229	58.90	0.5456	31.410	33.381	
39	-45.53131	2.02791				31.559		
40	126.09468	8.60709	1.487490	70.23	0.5300	31.722	46.804	
41	-27.34549	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	31.555	-36.180	
42	-189.85376	0.19963				33.064		
43	218.32118	9.40095	1.531717	48.84	0.5630	33.531	50.688	
44	-30.45438	10.00000				34.228		
45		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	60.000	0.000	30
46		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	60.000	0.000	
47		15.07578				60.000		

像面

非球面データ

第11面

K = 1.69407e+006 A 4= 7.95307e-007 A 6=-9.70819e-011 A 8= 2.85357e-013

第19面

K = -1.45313e+001 A 4= 1.51572e-007 A 6= 2.29624e-011 A 8=-3.73351e-015

40

第27面

K = 7.92880e+000 A 4= 4.02021e-007 A 6= 2.13607e-011 A 8= 1.56802e-014

各種データ

ズーム比 100.00

焦点距離	9.00	28.46	249.84	899.98
Fナンバー	1.80	1.80	1.86	4.50
半画角	31.43	10.94	1.26	0.35

50

像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	649.62	649.62	649.62	649.62

d10	2.78	102.78	191.99	206.13
d17	263.53	152.41	59.76	2.12
d24	37.64	32.13	0.75	9.46
d27	3.00	19.64	54.45	89.25

入射瞳位置	133.88	423.37	2798.46	13226.17
射出瞳位置	162.00	162.00	162.00	162.00
前側主点位置	143.43	457.35	3473.15	19639.08
後側主点位置	6.08	-13.39	-234.77	-884.91

10

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	268.44	118.28	68.00	-19.95
2	11	-24.98	24.01	6.61	-9.08
3	18	115.10	25.47	3.39	-13.00
4	25	121.89	13.52	3.00	-5.41
5	28	39.60	146.32	54.10	14.31

20

【実施例 3】

【0063】

実施例 3 のズームレンズも、実施例 1 のズームレンズと同様の構成を有する。

図 1 1 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（焦点距離、 $f = 8.9 \text{ mm}$ ）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。

実施例 3 において、第 1 レンズ群 U 1 は第 1 レンズ面～第 10 レンズ面に対応する。第 2 レンズ群 U 2 は第 11 レンズ面～第 17 レンズ面に対応する。第 3 レンズ群 U 3 は第 18 レンズ面～第 24 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U 4 は第 25 レンズ面～第 27 レンズ面に対応する。

【0064】

30

広角端から望遠端への変倍に際して、第 2 レンズ群 U 2 は像側へ直線的に移動するとき、第 3 レンズ群 U 3 はズーム途中で非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。実施例 1 と比べ、特に望遠端で第 3 レンズ群 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 の間隔を広げており、高ズーム比化に有利な軌跡をとっている。

【0065】

4 つのズーム位置の中で 2 番目がズーム位置 z_1 （ $f = 29.15 \text{ mm}$ ）であり、この焦点距離の近傍にて第 1 レンズ群 U 1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置 z_2 （ $f = 239.84 \text{ mm}$ ）であり、第 2 群の結像倍率 β は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 及び第 4 レンズ群 U 3、U 4 のレンズ径を決定している。

【0066】

40

第 11 レンズ面、第 19 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の補正を、第 19 レンズ面と第 25 レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差、望遠側における球面収差の補正を行っている。

【0067】

図 1 2 は、数値実施例 3 の、（A）広角端、（B）ズーム位置（焦点距離） z_1 、 $f = 29.15 \text{ mm}$ 、（C）ズーム位置（焦点距離） z_2 、 $f = 239.84 \text{ mm}$ 、（D）望遠端 $f = 1023.50 \text{ mm}$ 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。

【0068】

後述する表 1 に示すように数値実施例 3 は条件式（1）～（13）の何れの条件式も満足している。実施例 3 は 115 倍の高ズーム比で広角端における撮影画角（画角）63°、

50

43°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。

【0069】

数値実施例3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離	
1	5793.01429	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	208.891	-433.304	
2	342.03734	2.31956				199.751		10
3	349.17389	26.51749	1.433870	95.10	0.5373	199.455	513.399	
4	-605.23335	26.73333				198.379		
5	325.51120	20.05077	1.433870	95.10	0.5373	198.447	687.627	
6	-3616.03833	0.25000				197.997		
7	256.83401	19.77079	1.433870	95.10	0.5373	193.358	670.178	
8	2109.25001	1.20000				192.135		
9	212.14116	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	181.652	887.023	
10	398.85802	(可変)				179.132		
11*	16798.45555	2.20000	2.003300	28.27	0.5980	53.086	-68.567	
12	69.07870	8.46954				47.566		20
13	-91.37436	1.40000	1.882997	40.76	0.5667	46.070	-37.966	
14	53.82530	10.47934	1.959060	17.47	0.6599	43.782	33.222	
15	-72.94882	1.93558				43.060		
16	-52.81839	1.60000	1.903660	31.32	0.5946	41.501	-41.775	
17	137.85390	(可変)				40.315		
18	140.80509	9.33322	1.592820	68.63	0.5446	69.730	182.507	
19*	-462.54928	0.50000				70.270		
20	161.16576	10.79574	1.592820	68.63	0.5446	71.263	146.256	
21	-184.35912	0.20000				71.080		
22	113.12109	2.50000	1.805181	25.42	0.6161	68.138	-142.208	30
23	56.59845	14.31731	1.438750	94.93	0.5343	64.707	124.475	
24	-1547.77025	(可変)				63.772		
25*	159.86250	3.50000	1.666800	33.05	0.5957	60.822	-320.019	
26	90.86623	8.06085	1.639999	60.08	0.5370	58.755	136.070	
27	-2232.09151	(可変)				57.643		
28(絞り)		2.90925				31.311		
29	-106.27972	1.40000	1.816000	46.62	0.5568	30.117	-31.760	
30	34.71034	0.20000				28.961		
31	31.64649	6.15981	1.808095	22.76	0.6307	29.202	40.347	
32	734.91671	5.53173				28.501		40
33	-72.89730	1.40000	1.882997	40.76	0.5667	26.663	-53.865	
34	140.43195	22.71861				26.504		
35	-90.86857	1.80000	1.639999	60.08	0.5370	28.109	-96.116	
36	194.27351	2.92242	1.846660	23.78	0.6205	28.686	-1100.236	
37	159.90459	3.03000				29.089		
38	1087.63312	6.23090	1.487490	70.23	0.5300	30.107	93.109	
39	-47.44488	0.20000				31.035		
40	-169.19629	1.60000	1.882997	40.76	0.5667	31.160	-46.159	
41	54.34597	9.62001	1.496999	81.54	0.5374	31.715	47.323	
42	-39.22444	0.20000				32.874		50

43	1288.47832	7.47811	1.548141	45.79	0.5685	32.981	66.762
44	-37.78760	1.60000	1.882997	40.76	0.5667	33.012	-72.972
45	-92.43419	0.20000				33.695	
46	54.60772	9.79868	1.487490	70.23	0.5300	33.726	64.306
47	-69.81636	14.00000				32.678	
48		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	60.000	0.000
49		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	60.000	0.000
50		11.99775				60.000	
像面							

10

非球面データ

第11面

K = -4.15562e+006 A 4= 9.64938e-007 A 6= -2.11065e-010 A 8= 4.00855e-013

第19面

K = -7.63858e+001 A 4= 1.91972e-007 A 6= 2.39994e-011 A 8= 3.29461e-016

第25面

K = 2.26047e+000 A 4= -9.56035e-008 A 6= -2.25528e-011 A 8= 1.13017e-014

20

各種データ

ズーム比 115.00

焦点距離	8.90	29.15	239.84	1023.50
Fナンバー	1.80	1.80	1.80	5.30
半画角	31.71	10.69	1.31	0.31
像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	636.89	636.89	636.89	636.89

d10	2.74	100.13	180.34	199.14
d17	280.68	169.66	66.02	2.00
d24	1.15	8.92	1.97	83.44
d27	3.00	8.85	39.23	2.98

30

入射瞳位置	136.55	430.01	2366.06	15446.07
射出瞳位置	151.11	151.11	151.11	151.11
前側主点位置	146.02	465.26	3019.42	23999.92
後側主点位置	3.10	-17.15	-227.85	-1011.50

ズームレンズ群データ

40

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	260.74	116.84	67.49	-18.81
2	11	-26.63	26.08	8.33	-8.15
3	18	77.31	37.65	6.15	-18.81
4	25	240.15	11.56	0.32	-6.69
5	28	39.14	145.20	55.23	16.79

【実施例4】

【0070】

実施例4のズームレンズも、実施例1のズームレンズと同様の構成を有する。

図13は本発明の実施例4（数値実施例4）のズームレンズの広角端（焦点距離、 $f =$

50

8.9 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。

実施例 4 において、第 1 レンズ群 U 1 は第 1 レンズ面 ~ 第 10 レンズ面に対応する。第 2 レンズ群 U 2 は第 11 レンズ面 ~ 第 17 レンズ面に対応する。第 3 レンズ群 U 3 は第 18 レンズ面 ~ 第 24 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U 4 は第 25 レンズ面 ~ 第 28 レンズ面に対応する。

【0071】

広角端から望遠端への変倍に際して、第 2 レンズ群 U 2 は像側へ直線的に移動するとき、第 3 レンズ群 U 3 はズーム中間で非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。

【0072】

4 つのズーム位置の中で 2 番目がズーム位置 z_1 ($f = 29.46 \text{ mm}$) であり、この焦点距離の近傍にて第 1 レンズ群 U 1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置 z_2 ($f = 251.97 \text{ mm}$) であり、第 2 群の結像倍率 β_2 は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 及び第 4 レンズ群 U 3、U 4 のレンズ径を決定している。

【0073】

第 11 レンズ面、第 19 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の補正を、第 19 レンズ面と第 25 レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差、望遠側における球面収差の補正を行っている。

【0074】

図 14 は数値実施例 4 の、(A) 広角端、(B) ズーム位置 (焦点距離) z_1 、 $f = 29.46 \text{ mm}$ 、(C) ズーム位置 (焦点距離) z_2 、 $f = 251.97 \text{ mm}$ 、(D) 望遠端 $f = 1068.00 \text{ mm}$ 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。

【0075】

後述する表 1 に示すように数値実施例 4 は条件式 (1) ~ (13) の何れの条件式も満足している。実施例 4 は 120 倍の高ズーム比で広角端における撮影画角 (画角) 63.43° 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。

【0076】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離
1	6797.00000	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	201.250	-427.333
2	340.55544	2.16846				194.288	
3	344.60560	27.02980	1.433870	95.10	0.5373	195.026	483.368
4	-526.41708	25.44604				195.609	
5	317.11504	18.90832	1.433870	95.10	0.5373	198.517	739.359
6	22370.55003	0.25000				198.012	
7	252.02981	19.58207	1.433870	95.10	0.5373	193.671	681.551
8	1642.44953	1.20000				192.440	
9	210.80230	14.00000	1.496999	81.54	0.5374	182.269	793.425
10	441.44413	(可変)				180.524	
11*	-7064.01182	2.20000	2.003300	28.27	0.5980	46.419	-52.950
12	53.98674	8.05582				41.271	
13	-77.05757	1.40000	1.834807	42.71	0.5642	40.179	-36.203
14	50.59902	7.75585	1.959060	17.47	0.6597	38.937	35.987
15	-104.71398	1.71806				38.522	
16	-65.38717	1.60000	1.882997	40.76	0.5667	37.931	-53.580
17	176.81880	(可変)				37.365	

18	211.53009	8.67340	1.618000	63.33	0.5441	73.576	170.014	
19*	-207.02964	0.50000				74.108		
20	182.48621	9.64438	1.592010	67.02	0.5357	75.372	164.013	
21	-204.97727	0.20000				75.260		
22	183.20446	2.50000	1.805181	25.42	0.6161	72.978	-133.668	
23	67.77481	12.64284	1.438750	94.93	0.5343	69.956	154.085	
24		(可変)				69.529		
25*	146.28125	3.50000	1.737999	32.26	0.5899	68.244	-325.200	
26	90.20692	0.18229				66.362		
27	89.84076	9.06852	1.651597	58.55	0.5426	66.363	116.192	10
28	-474.37141	(可変)				65.886		
29(絞リ)		2.58913				29.588		
30	-78.87459	1.80000	1.816000	46.62	0.5568	28.804	-25.127	
31	28.18412	5.33716	1.808095	22.76	0.6307	27.782	36.015	
32	621.40708	5.00436				27.510		
33	-30.07184	3.99834	1.816000	46.62	0.5568	27.130	-22.704	
34	51.83074	14.30965	1.548141	45.79	0.5685	30.187	35.877	
35	-28.82109	29.22478				33.552		
36	-340.35564	13.14140	1.487490	70.23	0.5300	34.787	89.125	
37	-39.13525	0.19997				35.329		20
38	-93.01765	3.79997	1.834000	37.16	0.5775	34.073	-36.976	
39	47.44248	7.03399	1.487490	70.23	0.5300	33.564	53.123	
40	-54.65398	4.36774				33.700		
41	-3347.51559	9.43058	1.517417	52.43	0.5564	32.558	60.172	
42	-31.01546	1.54305	1.882997	40.76	0.5667	32.036	-58.211	
43	-79.33522	0.94307				32.682		
44	68.15021	5.01899	1.517417	52.43	0.5564	33.029	72.477	
45	-82.10984	15.00000				32.882		
46		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	60.000	0.000	
47		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	60.000	0.000	30
48		9.99980				60.000		

像面

非球面データ

第11面

K = -2.36774e+005 A 4= 5.62251e-007 A 6= 1.21054e-010 A 8= -1.11890e-013

第19面

K = -2.02204e+001 A 4= -4.61496e-008 A 6= 4.15741e-011 A 8= -2.11496e-015

40

第25面

K = 3.71110e+000 A 4= -1.10320e-007 A 6= -4.77366e-011 A 8= 5.69740e-015

各種データ

ズーム比 120.00

焦点距離	8.90	29.46	251.97	1068.00
Fナンバー	1.80	1.80	1.80	5.50
半画角	31.72	10.58	1.25	0.30
像高	5.50	5.50	5.50	5.50

50

レンズ全長	669.52	669.52	669.52	669.52
d10	2.77	102.87	181.18	197.68
d17	280.86	169.52	69.26	2.00
d24	19.22	16.15	1.09	38.20
d28	3.50	17.82	54.83	68.47
入射瞳位置	129.67	436.82	2659.43	17257.92
射出瞳位置	133.28	133.28	133.28	133.28
前側主点位置	139.21	473.31	3426.38	27578.10
後側主点位置	1.10	-19.46	-241.97	-1058.00

10

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	255.48	114.58	65.47	-19.09
2	11	-24.37	22.73	6.48	-8.41
3	18	91.75	34.16	4.55	-17.75
4	25	182.76	12.75	1.83	-5.91
5	29	37.03	168.94	53.49	12.97

【実施例 5】

20

【0077】

実施例 5 のズームレンズも、実施例 1 のズームレンズと同様の構成を有する。

図 15 は本発明の実施例 5 (数値実施例 5) のズームレンズの広角端 (焦点距離、 $f = 6.75 \text{ mm}$) 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。

実施例 5 において、第 1 レンズ群 U1 は第 1 レンズ面 ~ 第 19 レンズ面に対応する。第 2 レンズ群 U2 は第 20 レンズ面 ~ 第 26 レンズ面に対応する。第 3 レンズ群 U3 は第 27 レンズ面 ~ 第 33 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U4 は第 34 レンズ面 ~ 第 37 レンズ面に対応する。

【0078】

広角端から望遠端への変倍に際して、第 2 レンズ群 U2 は像側へ直線的に移動するとき、第 3 レンズ群 U3 はズーム途中で非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。

30

【0079】

4 つのズーム位置の中で 2 番目がズーム位置 z_1 ($f = 15.53 \text{ mm}$) であり、この焦点距離の近傍にて第 1 レンズ群 U1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置 z_2 ($f = 66.57 \text{ mm}$) であり、第 2 群の結像倍率 β_2 は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 及び第 4 レンズ群 U3、U4 のレンズ径を決定している。

【0080】

第 20 レンズ面、第 28 レンズ面、第 36 レンズ面は非球面形状である。第 20 レンズ面は主に広角側の歪曲収差の補正を、第 28 レンズ面と第 36 レンズ面は広角側におけるコマ収差等の軸外収差、望遠側における球面収差の補正を行っている。

40

【0081】

図 16 は数値実施例 5 の、(A) 広角端、(B) ズーム位置 (焦点距離) z_1 、 $f = 15.53 \text{ mm}$ 、(C) ズーム位置 (焦点距離) z_2 、 $f = 66.57 \text{ mm}$ 、(D) 望遠端 $f = 189.00 \text{ mm}$ 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。

【0082】

後述する表 1 に示すように数値実施例 5 は条件式 (1) ~ (13) の何れの条件式も満足している。実施例 5 は 28 倍の高ズーム比で広角端における撮影画角 (画角) 78.35° 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。

50

【 0 0 8 3 】

数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離	
1	378.48165	5.35000	1.772499	49.60	0.5521	173.904	-187.094	
2	104.30474	48.15487				146.481		
3	-173.47322	4.40000	1.696797	55.53	0.5433	145.316	-196.555	
4	671.08887	0.09299				147.557		10
5	254.55301	10.80583	1.805181	25.42	0.6161	149.871	408.755	
6	1068.64458	6.57913				149.641		
7	7885.69945	19.25204	1.433870	95.10	0.5373	149.297	410.445	
8	-182.52731	0.09864				149.114		
9	-3663.98983	4.20000	1.720467	34.70	0.5834	141.093	-319.066	
10	247.17073	18.69132	1.496999	81.54	0.5374	137.025	298.379	
11	-364.03637	26.28305				136.423		
12	690.30071	19.68226	1.433870	95.10	0.5373	144.884	378.469	
13	-214.30176	1.59065				145.526		
14	167.28801	4.30000	1.755199	27.51	0.6103	145.009	-491.750	20
15	114.35424	0.83582				140.142		
16	117.62468	28.01647	1.496999	81.54	0.5374	140.143	227.201	
17	-2803.18358	0.08859				139.297		
18	151.65937	14.73531	1.620411	60.29	0.5426	133.613	308.708	
19	691.06916	(可変)				132.224		
20*	556.45781	2.50000	1.772499	49.60	0.5521	53.422	-61.232	
21	43.70280	4.28305				45.834		
22	64.47126	9.75889	1.808095	22.76	0.6307	44.558	41.845	
23	-67.72978	1.50000	1.754998	52.32	0.5476	42.877	-39.310	
24	53.76655	7.53861				36.839		30
25	-42.51256	1.50000	1.882997	40.76	0.5667	36.830	-68.641	
26	-142.79643	(可変)				38.522		
27	112.99500	7.64436	1.592400	68.30	0.5456	50.691	93.408	
28*	-106.42637	0.09674				50.932		
29	125.97027	8.85939	1.438750	94.93	0.5343	50.737	110.391	
30	-77.31383	0.49461				50.430		
31	-91.08900	1.90000	1.755199	27.51	0.6103	49.719	-104.213	
32	622.86364	5.76098	1.438750	94.93	0.5343	49.425	187.668	
33	-94.88868	(可変)				49.337		
34	1955.31277	2.00000	1.654115	39.70	0.5737	43.890	-302.260	40
35	180.45807	0.49332				43.272		
36*	135.06046	5.25584	1.696797	55.53	0.5433	43.129	119.699	
37	-217.01028	(可変)				42.570		
38(絞り)		2.67000				27.734		
39	-54.86213	1.50000	1.696797	55.53	0.5433	27.224	-25.352	
40	26.51461	6.24999	1.808095	22.76	0.6307	26.657	53.806	
41	59.79807	13.14691				26.041		
42	-70.48387	1.50000	1.772499	49.60	0.5521	26.976	-32.407	
43	39.47781	10.23452	1.603420	38.03	0.5835	28.165	29.651	
44	-29.85502	0.19890				29.415		50

45	-32.28082	1.60000	1.816000	46.62	0.5568	29.339	-29.985	
46	105.56305	13.27575	1.595509	39.24	0.5804	31.701	54.566	
47	-45.12427	2.99970				35.694		
48	-913.51893	5.46540	1.531717	48.84	0.5630	37.355	148.782	
49	-73.28323	0.19985				37.925		
50	203.90821	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	37.900	-56.460	
51	40.06134	9.17680	1.496999	81.54	0.5374	37.374	60.000	
52	-109.00000	0.81000				37.843		
53	93.58960	8.76092	1.496999	81.54	0.5374	38.141	71.946	
54	-56.32992	2.00000	1.761821	26.52	0.6135	37.812	-87.076	10
55	-361.27717	0.20000				37.957		
56	96.88656	8.64470	1.487490	70.23	0.5300	37.887	71.246	
57	-52.83203	10.00000				37.389		
58		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	50.000	0.000	
59		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	50.000	0.000	
60		15.10183				50.000		

像面

非球面データ

第20面

20

K = -2.04859e+002 A 4= 6.64887e-007 A 6= -2.22325e-011 A 8= -1.47253e-013

第28面

K = -1.67902e+000 A 4= 6.35831e-007 A 6= 1.31051e-011 A 8= 3.96102e-014

第36面

K = 8.78418e+000 A 4= -5.94570e-007 A 6= -3.43946e-010 A 8= 7.66112e-014

各種データ

ズーム比 28.00

30

焦点距離	6.75	15.53	66.57	189.00
Fナンバー	1.60	1.60	1.60	2.30
半画角	39.17	19.51	4.72	1.67
像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	600.15	600.15	600.15	600.15

d19	2.01	43.76	93.00	108.06
d26	160.80	106.77	46.17	1.24
d33	0.66	8.84	0.67	29.79
d37	2.00	6.10	25.63	26.38

40

入射瞳位置	109.63	153.36	356.35	938.18
射出瞳位置	127.41	127.41	127.41	127.41
前側主点位置	116.79	171.03	462.38	1445.26
後側主点位置	8.35	-0.43	-51.46	-173.90

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	103.29	213.16	126.42	58.54

50

2	20	-28.75	27.08	11.34	-7.13
3	27	65.94	24.76	5.30	-11.92
4	34	196.50	7.75	3.90	-0.90
5	38	33.61	146.83	47.00	9.38

【実施例 6】

【0084】

実施例 6 のズームレンズも、実施例 1 のズームレンズと同様の構成を有する。

図 17 は本発明の実施例 6 (数値実施例 6) のズームレンズの広角端 (焦点距離、 $f = 8.9 \text{ mm}$) 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。

実施例 6 において、第 1 レンズ群 U1 は第 1 レンズ面 ~ 第 12 レンズ面に対応する。第 2 レンズ群 U2 は第 13 レンズ面 ~ 第 19 レンズ面に対応する。第 3 レンズ群 U3 は第 20 レンズ面 ~ 第 23 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U4 は第 24 レンズ面 ~ 第 30 レンズ面に対応する。

【0085】

広角端から望遠端への変倍に際して、第 2 レンズ群 U2 は像側へ直線的に移動するとき、第 3 レンズ群 U3 はズーム途中で非直線的な軌跡を描きながら概ね像側から物体側へ移動する。

【0086】

4 つのズーム位置の中で 2 番目がズーム位置 z_1 ($f = 27.41 \text{ mm}$) であり、この焦点距離の近傍にて第 1 レンズ群 U1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置 z_2 ($f = 243.05 \text{ mm}$) であり、第 2 群の結像倍率 β_2 は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 及び第 4 レンズ群 U3、U4 のレンズ径を決定している。

【0087】

図 18 は数値実施例 6 の、(A) 広角端、(B) ズーム位置 (焦点距離) z_1 、 $f = 27.41 \text{ mm}$ 、(C) ズーム位置 (焦点距離) z_2 、 $f = 243.05 \text{ mm}$ 、(D) 望遠端 $f = 801.00 \text{ mm}$ 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。

【0088】

後述する表 1 に示すように数値実施例 6 は条件式 (1) ~ (4) と条件式 (6) ~ (13) の条件式を満足している。実施例 6 は 90 倍の高ズーム比で広角端における撮影画角 (画角) 63.43° 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。

【0089】

数値実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離
1	-3840.48133	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	214.230	-434.925
2	403.67229	9.89821				207.669	
3	415.24185	19.09246	1.433870	95.10	0.5373	206.456	789.235
4	-1953.41578	0.25000				205.637	
5	1333.41693	17.19550	1.433870	95.10	0.5373	203.102	877.388
6	-532.55646	23.59261				202.314	
7	336.79425	17.31671	1.433870	95.10	0.5373	189.759	740.645
8	-7293.94593	0.25000				188.139	
9	321.37720	13.61893	1.433870	95.10	0.5373	179.391	889.214
10	1876.33483	1.20000				178.277	
11	168.02303	13.65906	1.438750	94.93	0.5343	167.502	814.332
12	308.62327	(可変)				165.693	
13	352.11125	2.00000	1.882997	40.76	0.5667	44.881	-50.578

14	39.73153	8.41426				39.029		
15	-83.78395	1.90000	1.816000	46.62	0.5568	38.233	-86.579	
16	470.48958	4.68482				37.542		
17	-87.16000	1.90000	1.882997	40.76	0.5667	37.042	-40.491	
18	61.84980	6.11891	1.959060	17.47	0.6597	37.671	52.367	
19	-273.32589	(可変)				37.825		
20	-537.16487	11.28035	1.496999	81.54	0.5374	68.709	171.597	
21	-74.29980	2.08138				70.208		
22	-64.63738	4.00000	1.772499	49.60	0.5521	70.267	-503.872	
23	-79.52886	(可変)				73.508		10
24	118.20775	12.96189	1.595220	67.74	0.5442	78.604	143.680	
25	-300.41148	0.30000				78.274		
26	97.31622	2.50000	1.805181	25.42	0.6161	75.086	-153.673	
27	54.06450	14.25979	1.438750	94.93	0.5343	70.718	153.419	
28	250.00000	1.37579				69.772		
29	140.17903	6.88080	1.595220	67.74	0.5442	68.929	234.681	
30		(可変)				68.022		
31		3.96569				36.558		
32	-173.66465	1.80000	1.816000	46.62	0.5568	34.777	-46.072	
33	48.52009	6.62831	1.808095	22.76	0.6307	33.578	66.615	20
34	422.18953	15.12736				32.747		
35	-30.24187	4.00000	1.816000	46.62	0.5568	29.207	-26.240	
36	79.08126	15.65493	1.548141	45.79	0.5685	32.229	41.506	
37	-29.91087	27.64508				35.913		
38	-90.58133	7.38653	1.487490	70.23	0.5300	33.561	221.927	
39	-50.70117	6.06918				34.010		
40	208.40845	4.00000	1.834000	37.16	0.5775	31.669	-43.820	
41	30.98826	6.02036	1.487490	70.23	0.5300	30.191	55.067	
42	-192.83598	0.66686				30.202		
43	462.30374	6.74306	1.517417	52.43	0.5564	30.103	46.175	30
44	-25.18820	4.00000	1.882997	40.76	0.5667	30.001	-43.018	
45	-79.44703	0.39662				31.685		
46	123.45357	5.90802	1.517417	52.43	0.5564	31.905	59.284	
47	-40.39048	15.00000				31.839		
48		33.00000	1.608590	46.44	0.5664	60.000	0.000	
49		13.20000	1.516330	64.15	0.5352	60.000	0.000	
50		9.97627				60.000		

像面

各種データ

40

ズーム比 90.00

焦点距離	8.90	27.41	243.05	801.00
Fナンバー	1.85	1.85	1.85	4.50
半画角	31.72	11.35	1.30	0.39
像高	5.50	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	684.45	684.45	684.45	684.45

d12	2.63	103.91	178.71	192.28
d19	269.77	174.75	63.25	4.80

50

d23	19.12	2.13	1.54	9.31
d30	3.00	13.73	51.02	88.14

入射瞳位置	131.20	432.17	2288.20	8438.66
射出瞳位置	129.62	129.62	129.62	129.62
前側主点位置	140.76	465.86	3025.03	14602.36
後側主点位置	1.08	-17.43	-233.08	-791.02

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	248.81	122.07	74.99	-14.54
2	13	-25.22	25.02	5.10	-13.60
3	20	268.45	17.36	14.10	2.32
4	24	94.47	38.28	7.00	-19.18
5	31	43.17	177.21	67.98	11.30

【 0 0 9 0 】

【 表 1 】

表 1 : 数値実施例 1～6 における各条件式対応値

		数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例5	数値実施例6
	広角端焦点距離	8.80	9.00	8.90	8.90	6.75	8.90
	fz1焦点距離	28.50	28.46	29.15	29.46	15.53	27.41
	fz2焦点距離	275.82	249.84	239.84	251.97	66.57	243.05
	望遠端焦点距離	968.00	899.98	1023.50	1068.00	189.00	801.00
	ズーム倍率	110.00	100.00	115.00	120.00	28.00	90.00
	Z ^{0.25}	3.24	3.16	3.27	3.31	2.30	3.08
	f1	257.97	268.44	260.74	255.48	103.29	248.81
	f2	-25.58	-24.98	-26.63	-24.37	-28.75	-25.22
	f3	79.74	115.10	77.31	91.75	65.94	268.45
	f4	253.64	121.89	240.15	182.76	196.50	94.47
	β_{2w}	-0.12	-0.12	-0.13	-0.12	-0.24	-0.13
	β_{2z2}	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
	β_{2t}	-2.49	-2.32	-3.40	-3.10	-2.10	-2.16
	β_{3w}	-0.32	-0.61	-0.31	-0.40	-0.46	-4.68
	β_{3z2}	-1.59	-16.15	-1.37	-2.34	-1.31	2.11
	β_{3t}	-2.44	6.50	-1.38	-3.95	-1.79	1.72
	β_{4w}	0.75	0.48	0.75	0.67	0.71	0.06
	β_{4z2}	0.58	0.06	0.60	0.39	0.59	-0.45
	β_{4t}	0.53	-0.23	0.75	0.32	0.59	-0.84
	β_{2wt}	20.12	19.86	26.07	25.83	8.75	17.24
	β_{34wt}	5.47	5.04	4.41	4.65	3.20	5.22
	f34w	64.40	76.52	62.47	71.14	52.68	74.78
	f34z1	67.31	74.29	64.15	70.23	54.49	71.22
条件式(1)	$\nu p - \nu n$	24.96	43.96	27.03	26.29	15.83	51.38
条件式(2)	β_{2w}	-0.12	-0.12	-0.13	-0.12	-0.24	-0.13
条件式(3)	β_{2t}	-2.49	-2.32	-3.40	-3.10	-2.10	-2.16
条件式(4)	β_{34z2}	-0.91	-0.95	-0.82	-0.91	-0.78	-0.95
条件式(5)	f3/f4	0.31	0.94	0.32	0.50	0.34	2.84
条件式(6)	(R41+R42)/(R41-R42)	2.92	6.46	3.63	4.22	1.20	3.50
条件式(7)	$(\theta_{2p} - \theta_{2n})/(\nu_{2p} - \nu_{2n})$	-3.76E-03	-4.41E-03	-4.60E-03	-4.22E-03	-3.03E-03	-3.82E-03
条件式(8)	$(\theta_{3p} - \theta_{3n})/(\nu_{3p} - \nu_{3n})$	-1.46E-03	-1.50E-03	-1.44E-03	-1.57E-03	-1.23E-03	-4.58E-04
条件式(9)	$(\theta_{4p} - \theta_{4n})/(\nu_{4p} - \nu_{4n})$	-1.57E-03	-1.73E-03	-2.17E-03	-1.80E-03	-1.92E-03	-1.46E-03
条件式(10)	f34w/f34z1	0.96	1.03	0.97	1.01	0.97	1.05
条件式(11)	r/f1	3.75	3.35	3.93	4.18	1.83	3.22
条件式(12)	f1/f2	10.08	10.75	9.79	10.48	3.59	9.87
条件式(13)	β_{2wt}/β_{34wt}	3.68	3.94	5.91	5.56	2.73	3.30

「 E - Z 」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する

【 0 0 9 1 】

以上のように本発明のズームレンズは、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、高ズーム比化と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ることができる。

【 実施例 7 】

【 0 0 9 2 】

10

20

30

40

50

図19は実施例1～6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19において101は実施例1～6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。

【0093】

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、ズーム部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。

10

【0094】

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やズーム部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ョメータ、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。

20

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。

【0095】

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。

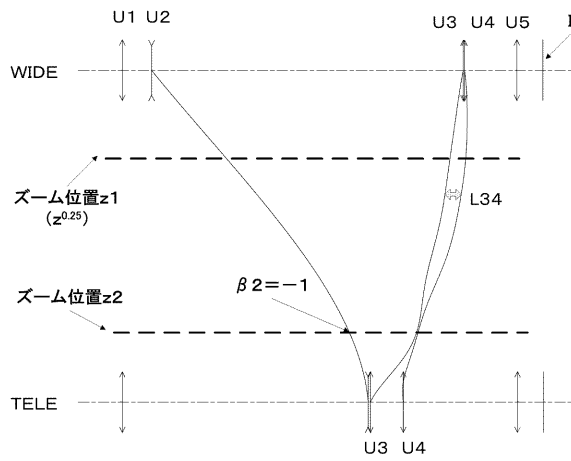
【符号の説明】

【0096】

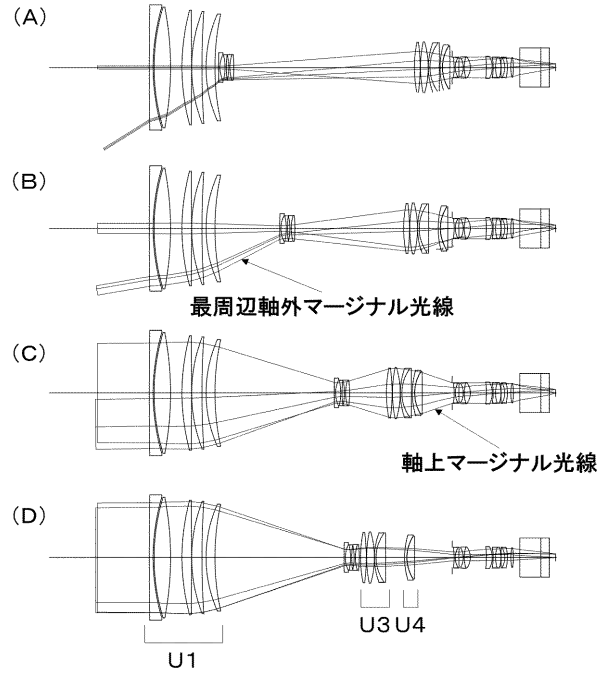
U1 第1レンズ群
U2 第2レンズ群
U3 第3レンズ群
U4 第4レンズ群
U5 第5レンズ群

30

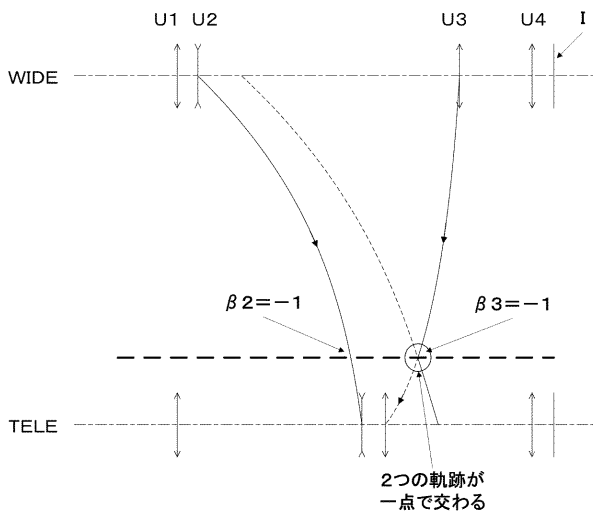
【図 1】



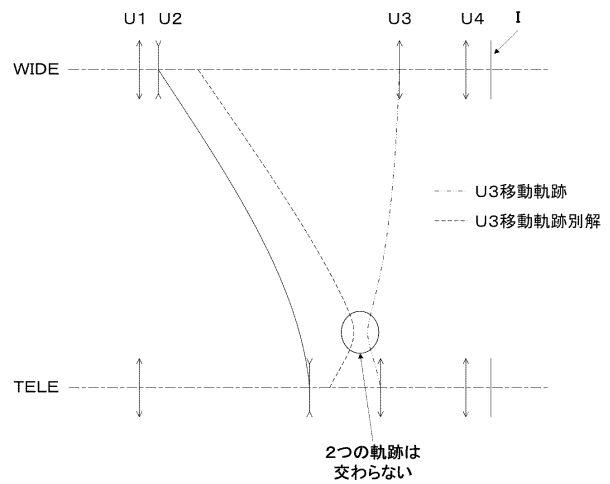
【図 2】



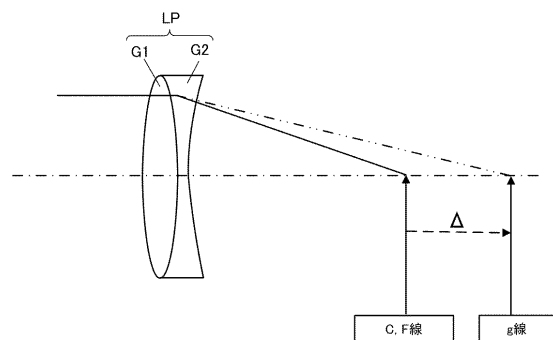
【図 3】



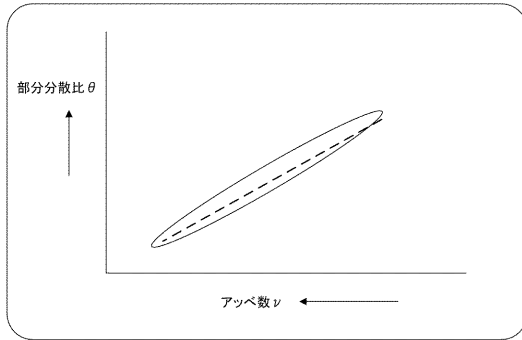
【図 4】



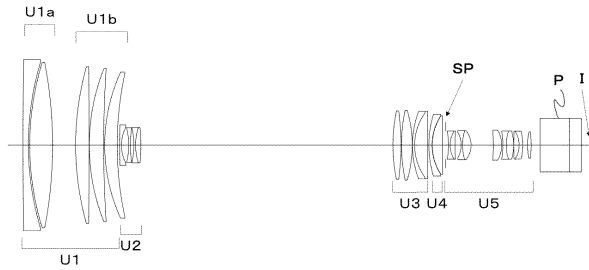
【図 5】



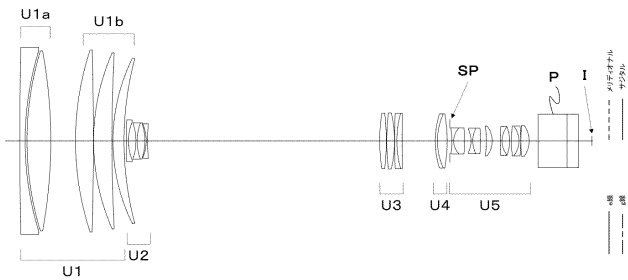
【図 6】



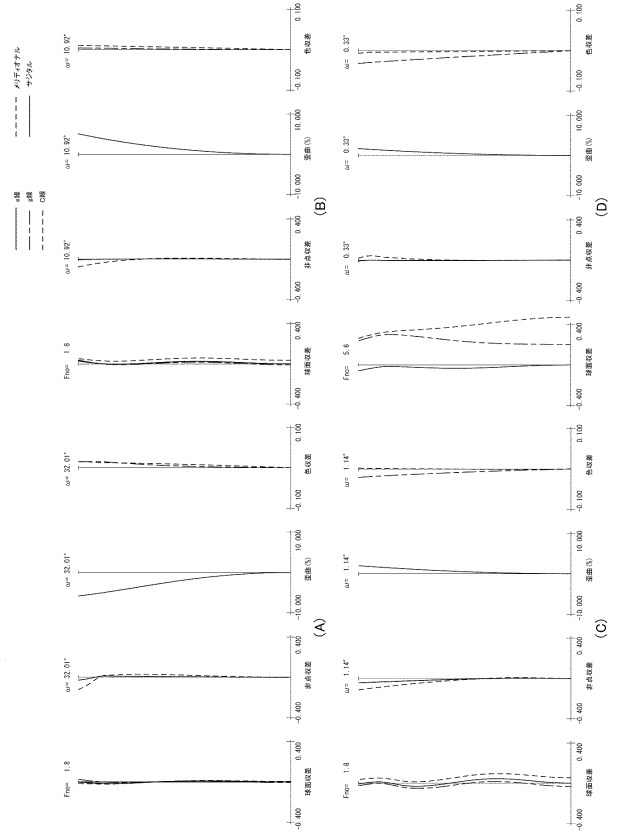
【図 7】



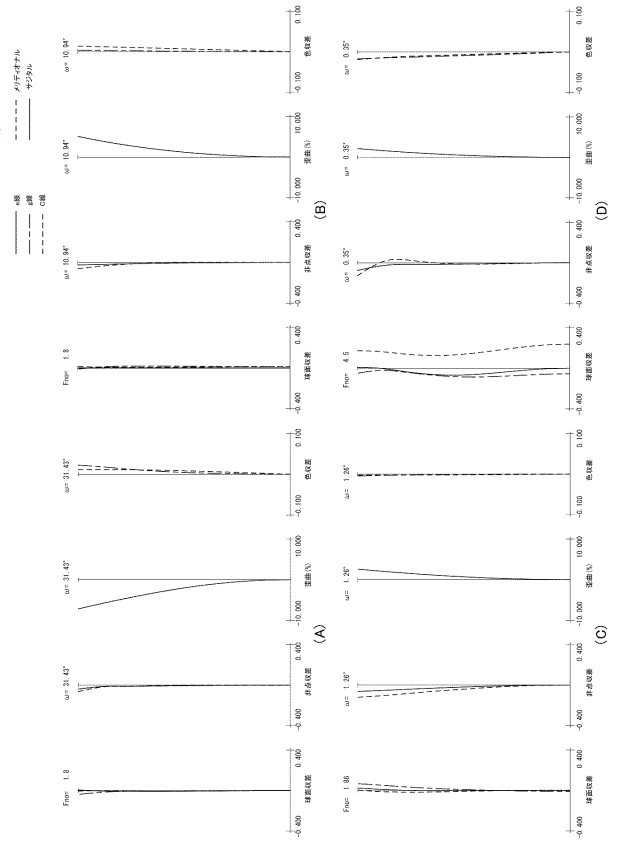
【図 9】



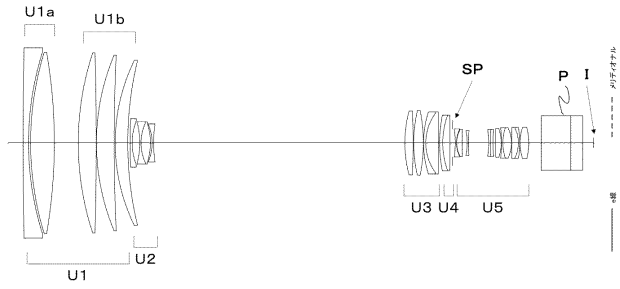
【図 8】



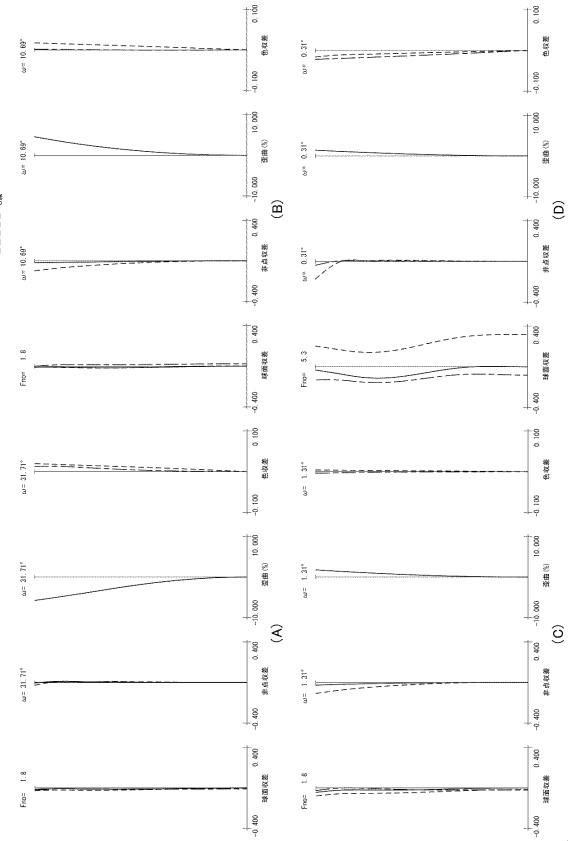
【図 10】



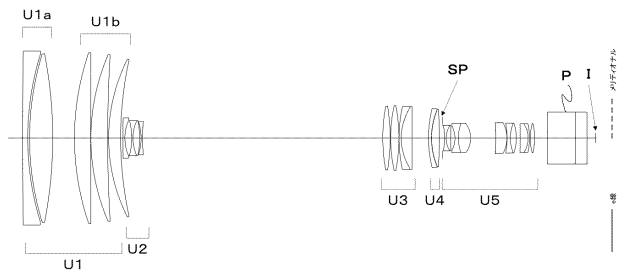
【図 1 1】



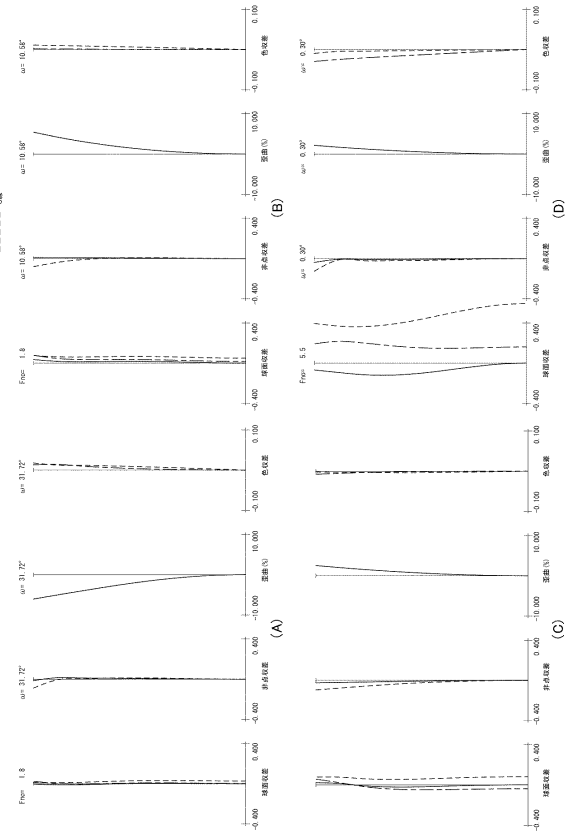
【図 1 2】



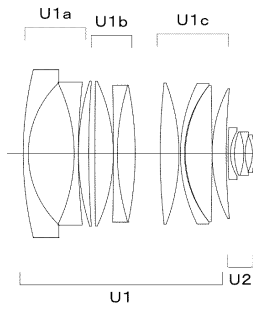
【図 1 3】



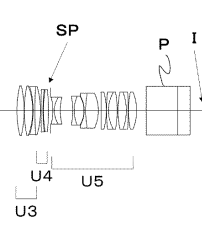
【図 1 4】



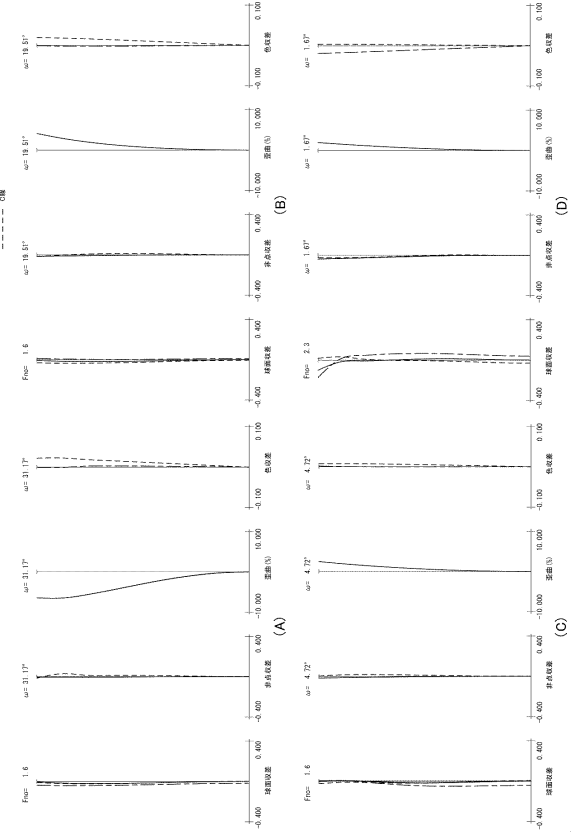
【図 15】



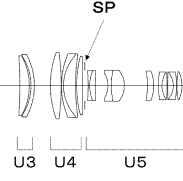
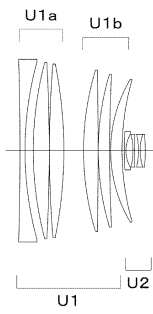
【図 16】



— 光線
--- 光軸
--- 入射光線
--- 出射光線

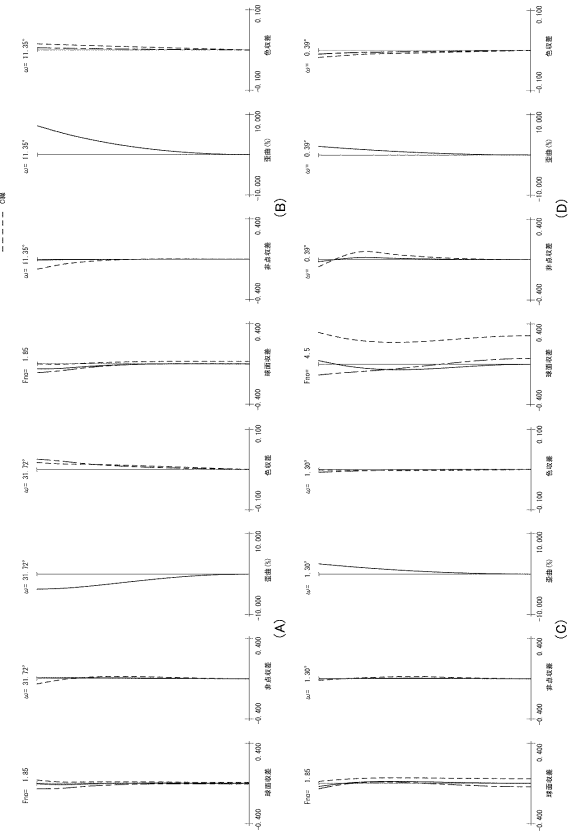


【図 17】

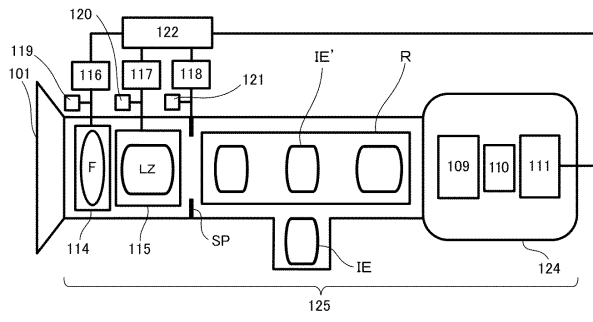


— 光線
--- 光軸
--- 入射光線
--- 出射光線

【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(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

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開2012-123072(JP,A)

特開2008-158418(JP,A)

特開2010-8679(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