

(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 1

G02B 15/20 (2006.01)  
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20  
G02B 13/18

請求項の数 10 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2012-180899 (P2012-180899)  
 (22) 出願日 平成24年8月17日 (2012.8.17)  
 (65) 公開番号 特開2014-38238 (P2014-38238A)  
 (43) 公開日 平成26年2月27日 (2014.2.27)  
 審査請求日 平成27年8月4日 (2015.8.4)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100094112  
 弁理士 岡部 譲  
 (74) 代理人 100096943  
 弁理士 白井 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 斎藤 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  $34z_2$ 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倍の点を通過し、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、

$$0.1 < f_3 / f_4 < 1.0$$

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R41、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R42としたとき、

$$0.5 < (R41 + R42) / (R41 - R42) < 1.0$$

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2n、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3n、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4n、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f34w、前記ズームレンズのズーム比zとしたとき、ズーム比z<sup>0.25</sup>のズーム位置z1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f34z1としたとき、

$$0.5 < f34w / f34z1 < 1.06$$

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f1、前記第2レンズ群の焦点距離をf2、全系の望遠端における焦点距離をftとしたとき、

$$1.5 < |ft / f1| < 5.0$$

$$3.0 < |f1 / f2| < 15.0$$

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2wt、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34wtとしたとき、

$$2.0 < 2wt / 34wt < 7.0$$

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】**

10

20

30

40

50

**【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17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54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  $34z_2$ 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。

#### 【0012】

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。

#### 【0013】

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(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。

10

#### 【0014】

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。

20

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。

#### 【0015】

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(WIDE)であり、下方が望遠端(TELE)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 $\alpha_2$ が-1倍のとき、第3レンズ群U 3の横倍率 $\alpha_3$ 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 $\alpha_3$ の変化を大きくでき、高ズーム比化に有利である。

30

#### 【0016】

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。

40

#### 【0017】

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 $\alpha_2 w$ 、望遠端における結像倍率を $\alpha_2 t$ 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 $\alpha_3 z 2$ とする。このとき、

$$10 < p - n < 54$$

... (1)

50

$$\begin{aligned} -1 < 2w < -0.05 & \cdots (2) \\ -5 < 2t < -1 & \cdots (3) \\ -1 < 34z_2 < -0.3 & \cdots (4) \end{aligned}$$

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、また狭くなつ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ベ数と部分分散比の分布の模式図である。ここでアッベ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

$$\begin{aligned} &= (Nd - 1) / (Nf - Nc) \cdots (\text{ア}) \\ &= (Ng - Nf) / (Nf - Nc) \cdots (\text{イ}) \end{aligned}$$

である。図6に示すように、現存する光学材料はアッベ数に対し部分分散比が狭い範囲に分布しており、アッベ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、材料のアッベ数が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

$$1/1 + 2/2 = E \cdots (\text{ウ})$$

であらわされる。ここで、

$$= 1 + 2 \cdots (\text{エ})$$

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

$$2.0 < p - n < 4.9 \cdots (1\text{a})$$

#### 【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倍の点を通過す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z2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。

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

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

$$-0.96 < 34z2 < -0.5 \quad \dots (4a)$$

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、軽量なズームレンズを得ている。20

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倍の点を通過するのが良い。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f3、前記第4レンズ群の焦点距離をf4とする。

このとき、

$$0.1 < f3 / f4 < 1.0 \quad \dots (5)$$

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R41、像側の面の曲率半径をR42とする。

このとき、

$$0.5 < (R41 + R42) / (R41 - R42) < 1.0 \quad \dots (6)$$

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。40

#### 【0029】

更に好ましくは、第2レンズ群U2の正レンズのアッベ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の負レンズのアッベ数と部分分散比の50

平均値を各々  $2 n$ 、 $2 n$  とする。

このとき、

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

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】

10

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としてアッベ数1の大きな材料、負レンズG2としてアッベ数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が大きくなつて、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、

$$= - (1/n) \cdot (1 - 2) / (1 - 2) \quad \dots \quad (\text{才})$$

であらわされる。

#### 【0031】

20

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の正レンズのアッベ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の負レンズのアッベ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の正レンズのアッベ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の負レンズのアッベ数と部分分散比の平均値を各々4n、4nとする。

このとき、

$$-2.5 \times 10^{-3} < (3p - 3n) / (3p - 3n) \\ < -2.0 \times 10^{-4} \quad \dots \quad (8)$$

$$-3.5 \times 10^{-3} < (4p - 4n) / (4p - 4n) \\ < -5.0 \times 10^{-4} \quad \dots \quad (9)$$

30

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】

40

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f34wとする。ズーム比をz、ズーム比 $z^{0.25}$ のズーム位置z1とし、ズーム位置z1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f34z1とする。

このとき、

$$0.5 < f34w / f34z1 < 1.06 \quad \dots \quad (10)$$

なる条件を満足するのが良い。

#### 【0035】

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。  
10

$$1/F = 1/fa + 1/fb - e / (fa \times fb) \quad \dots \text{(力)}$$

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。  
20

このとき、

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

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

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。  
30

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、  
40

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

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。  
50

## 【0041】

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。

## 【0042】

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。

$$\begin{aligned}
 0.2 < f_3 / f_4 < 0.7 & \quad \cdots (5a) & 10 \\
 1.0 < (R_{41} + R_{42}) / (R_{41} - R_{42}) < 7.5 & \quad \cdots (6a) \\
 -5.0 \times 10^{-3} < (2p - 2n) / (2p - 2n) & \\
 & < -3.5 \times 10^{-3} & \cdots (7a) \\
 -2.0 \times 10^{-3} < (3p - 3n) / (3p - 3n) & \\
 & < -1.0 \times 10^{-3} & \cdots (8a) \\
 -2.5 \times 10^{-3} < (4p - 4n) / (4p - 4n) & \\
 & < -1.2 \times 10^{-3} & \cdots (9a) \\
 0.8 < f_{34w} / f_{34z1} < 1.0 & \quad \cdots (10a) \\
 3.0 < |f_t / f_1| < 4.5 & \quad \cdots (11a) \\
 9.3 < |f_1 / f_2| < 13.0 & \quad \cdots (12a) & 20 \\
 3.0 < 2wt / 34wt < 6.0 & \quad \cdots (13a)
 \end{aligned}$$

## 【0043】

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】

## 【0044】

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。

## 【0045】

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。

## 【0046】

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、ガラスプロック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、同図ではガラスプ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。

## 【0047】

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 U 3 は第 1 8 レンズ面～第 2 4 レンズ面に対応する。第 4 レンズ群 U 4 は第 2 5 レンズ面～第 2 8 レンズ面に対応する。

#### 【 0 0 4 8 】

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 と第 4 レンズ群 U 4 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 U 4 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 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 の間隔を狭くし、第 3 、第 4 レンズ群 U 3 、 U 4 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 U 3 と第 4 レンズ群 U 4 の間隔を広げ、第 3 、第 4 レンズ群 U 3 、 U 4 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 U 2 の移動量を大きくすることができ、高ズーム比化に有利な軌跡を描いている。10

#### 【 0 0 4 9 】

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 U 1 のレンズ径を決定している。3 番目がズーム位置  $z_2$  ( $f = 275.82 \text{ mm}$ ) であり、第 2 群の結像倍率  $M_2$  は -1 である。この焦点距離近傍にて第 3 レンズ群 U 3 、第 4 レンズ群 U 4 のレンズ径を決定している。

#### 【 0 0 5 0 】

第 1 1 レンズ面、第 1 9 レンズ面、第 2 5 レンズ面は非球面形状である。第 1 1 レンズ面は主に広角側の歪曲収差補正、第 1 9 レンズ面と第 2 5 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。

#### 【 0 0 5 1 】

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。  $\alpha$  は半画角、 $F_{no}$  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つた場合を広角端、最も長焦点側の配置となつた場合を望遠端という。30

#### 【 0 0 5 2 】

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 )  $64.01^\circ$  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。

#### 【 0 0 5 3 】

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ベ数である。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

#### 【 0 0 5 4 】

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】

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

【0055】

数值実施例1

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	焦点距離	10
1	6797.00000	6.00000	1.834000	37.16	0.5775	192.593	-425.783	
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、 $f = 9.00\text{mm}$ )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。実施例1と比べ、特に広角端で第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の間隔を広げており、第3、第4レンズ群U3、U4のレンズ径の小型化の効果がより大きい。  
10

#### 【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 $z_2$ ( $f = 249.84\text{mm}$ )であり、第2群の結像倍率 $\beta_2$ 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。

#### 【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。  
20

#### 【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。  
30

#### 【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	40
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		50

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
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
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
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

$$K = 1.69407e+006 \quad A_4 = 7.95307e-007 \quad A_6 = -9.70819e-011 \quad A_8 = 2.85357e-013$$

第19面

$$K = -1.45313e+001 \quad A_4 = 1.51572e-007 \quad A_6 = 2.29624e-011 \quad A_8 = -3.73351e-015$$

40

第27面

$$K = 7.92880e+000 \quad A_4 = 4.02021e-007 \quad A_6 = 2.13607e-011 \quad A_8 = 1.56802e-014$$

## 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	10
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	

## 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	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11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。実施例1と比べ、特に望遠端で第3レンズ群U3と第4レンズ群U4の間隔を広げてあり、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z1( $f = 29.15\text{ mm}$ )であり、この焦点距離の近傍にて第1レンズ群U1のレンズ径を決定している。3番目がズーム位置z2( $f = 239.84\text{ mm}$ )であり、第2群の結像倍率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。

## 【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12は、数値実施例3の、(A)広角端、(B)ズーム位置(焦点距離)z1、 $f = 29.15\text{ mm}$ 、(C)ズーム位置(焦点距離)z2、 $f = 239.84\text{ mm}$ 、(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	
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	
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
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	
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	

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

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	レンズ構成長	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  $\mu_2$  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

10

20

30

#### 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	40
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		50

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
28	-474.37141	(可変)				65.886	
29(絞り)		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	
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
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

#### 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	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】

#### 【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。

#### 【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  $\beta_2$  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。

#### 【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 2.8 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。

【 0 0 8 3 】

数值実施例 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
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 レンズ構成長 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。  
10

## 【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。

## 【0086】

4つのズーム位置の中で2番目がズーム位置z1( $f = 27.41\text{ mm}$ )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z2( $f = 243.05\text{ mm}$ )であり、第2群の結像倍率 $\beta_2$ 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。  
20

## 【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)z1、 $f = 27.41\text{ mm}$ 、(C)ズーム位置(焦点距離)z2、 $f = 243.05\text{ mm}$ 、(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。  
30

## 【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	40
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	50

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	
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
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
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

ズーム比 90.00

40

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	レンズ構成長	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'025	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
$\beta_{2w}$	-0.12	-0.12	-0.13	-0.12	-0.24	-0.13
$\beta_{2z2}$	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
$\beta_{2t}$	-2.49	-2.32	-3.40	-3.10	-2.10	-2.16
$\beta_{3w}$	-0.32	-0.61	-0.31	-0.40	-0.46	-4.68
$\beta_{3z2}$	-1.59	-16.15	-1.37	-2.34	-1.31	2.11
$\beta_{3t}$	-2.44	6.50	-1.38	-3.95	-1.79	1.72
$\beta_{4w}$	0.75	0.48	0.75	0.67	0.71	0.06
$\beta_{4z2}$	0.58	0.06	0.60	0.39	0.59	-0.45
$\beta_{4t}$	0.53	-0.23	0.75	0.32	0.59	-0.84
$\beta_{2wt}$	20.12	19.86	26.07	25.83	8.75	17.24
$\beta_{34wt}$	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
条件式(2)	$\beta_{2w}$	-0.12	-0.12	-0.13	-0.12	-0.24
条件式(3)	$\beta_{2t}$	-2.49	-2.32	-3.40	-3.10	-2.10
条件式(4)	$\beta_{34z2}$	-0.91	-0.95	-0.82	-0.91	-0.78
条件式(5)	$f3/f4$	0.31	0.94	0.32	0.50	0.34
条件式(6)	$(R41+R42)/(R41-R42)$	2.92	6.46	3.63	4.22	1.20
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
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
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
条件式(10)	$f34w/f34z1$	0.96	1.03	0.97	1.01	0.97
条件式(11)	$ f1/f1 $	3.75	3.35	3.93	4.18	1.83
条件式(12)	$ f1/f2 $	10.08	10.75	9.79	10.48	3.59
条件式(13)	$\beta_{2wt}/\beta_{34wt}$	3.68	3.94	5.91	5.56	2.73

「 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。<sup>10</sup> 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。

#### 【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。<sup>20</sup>

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】

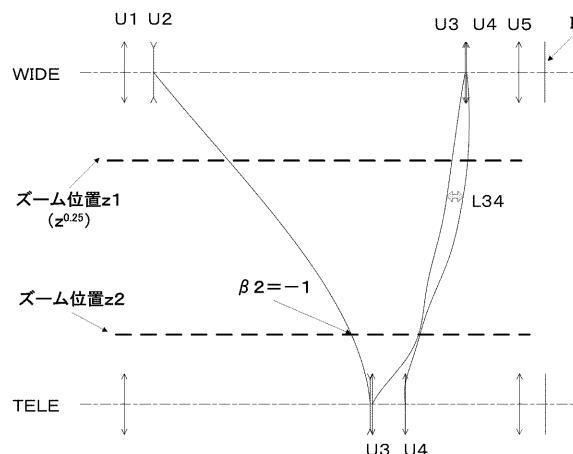
以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

#### 【符号の説明】

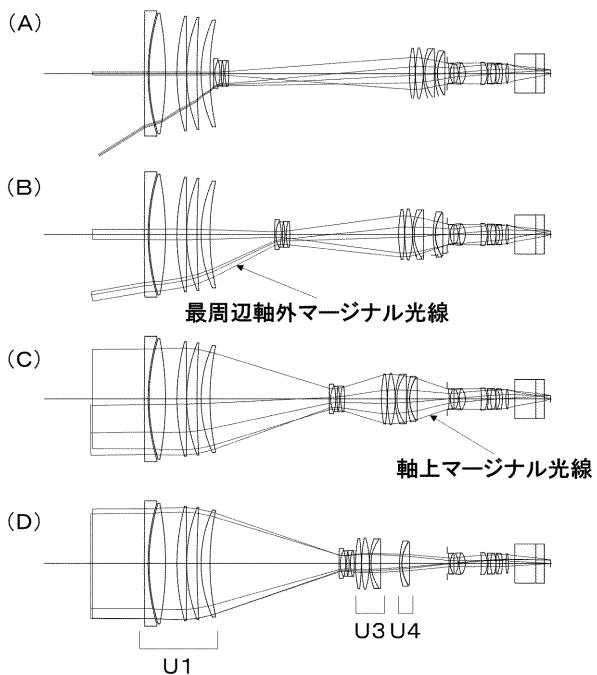
#### 【0096】<sup>30</sup>

- 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

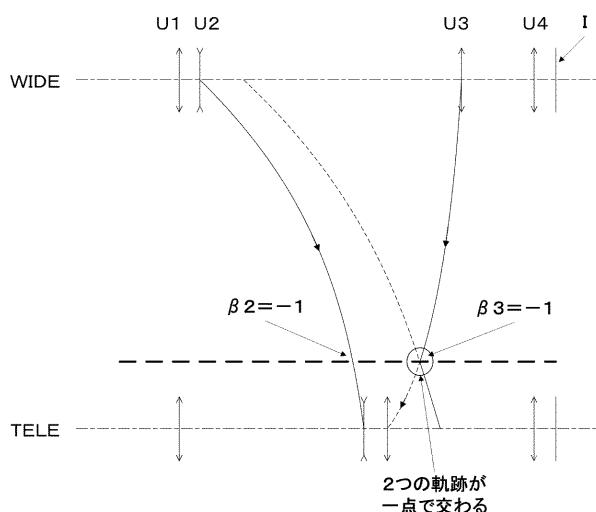
【図1】



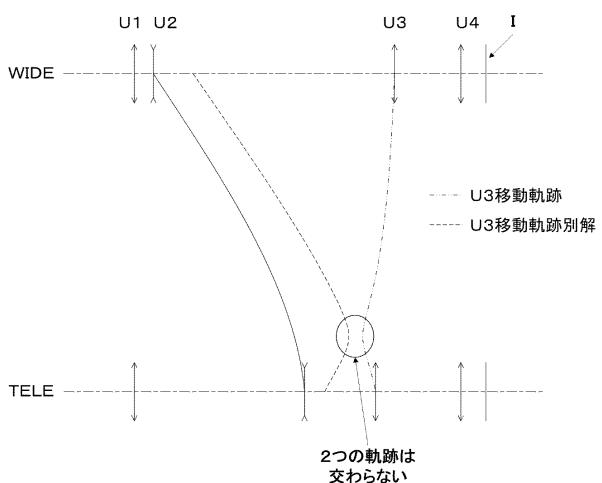
【図2】



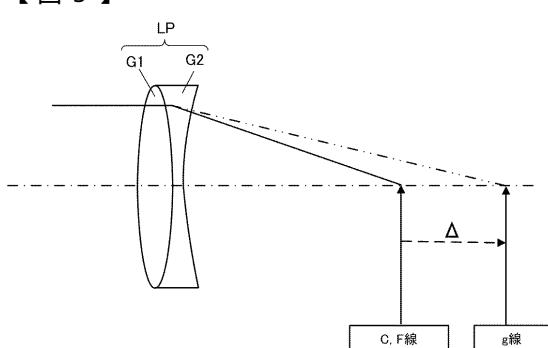
【図3】



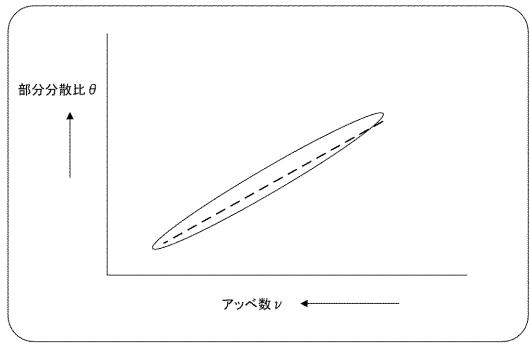
【図4】



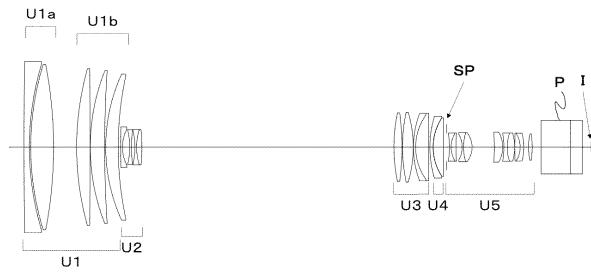
【図5】



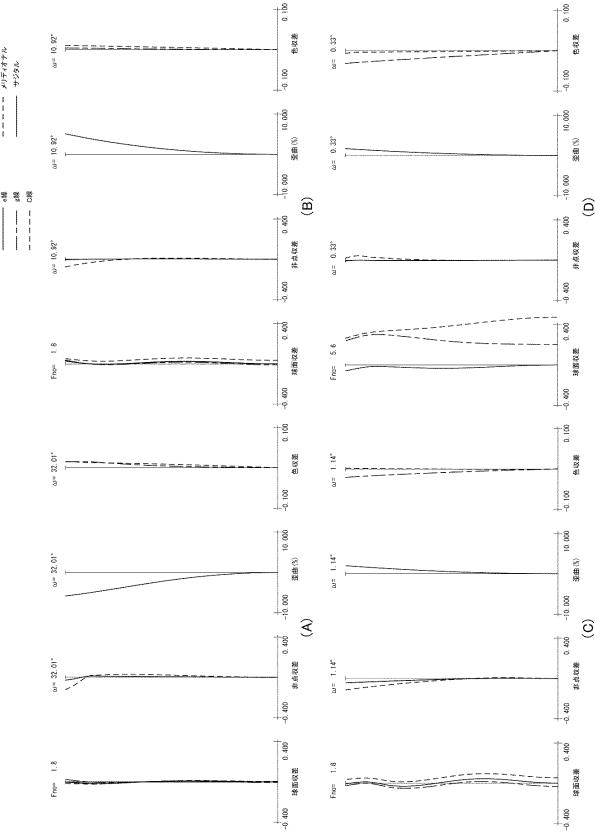
【図6】



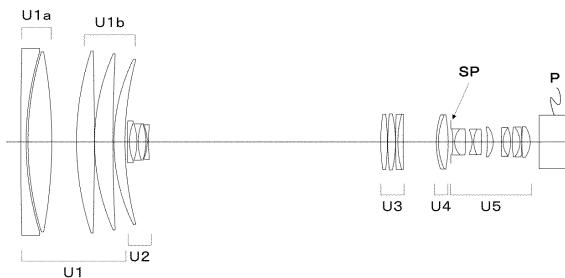
【図7】



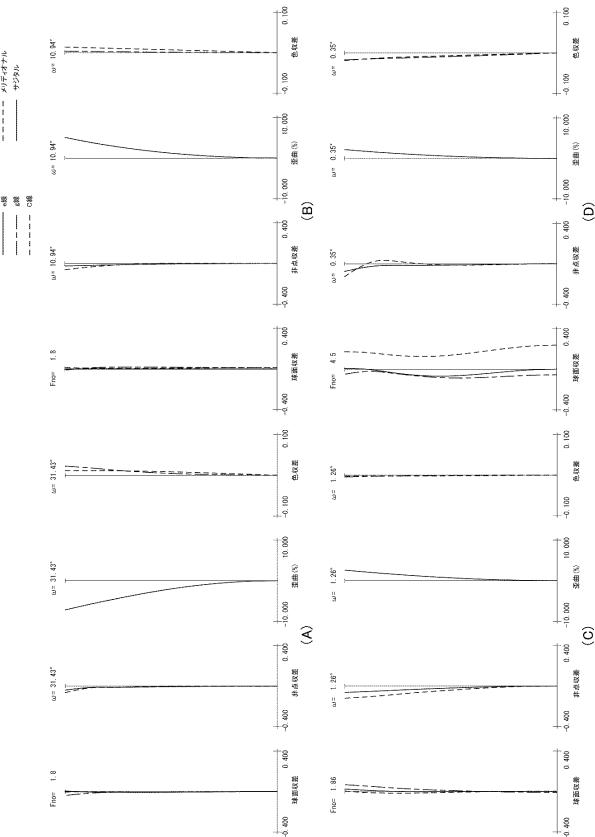
【図8】



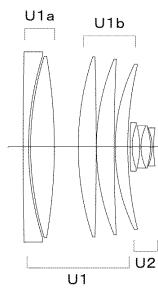
【図9】



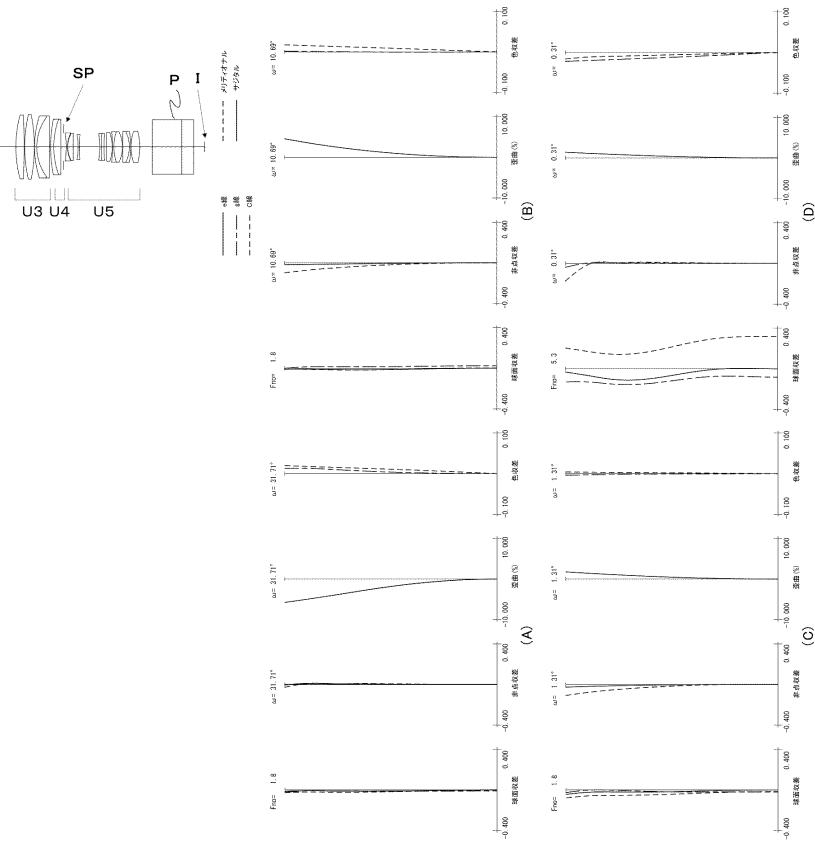
【図10】



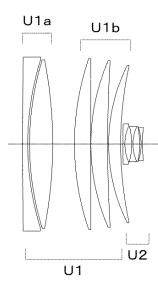
【図 1 1】



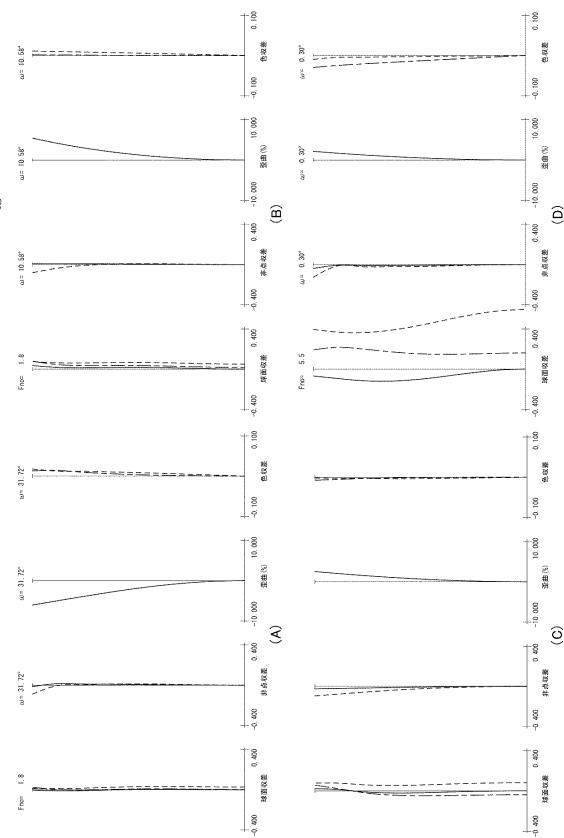
【図 1 2】



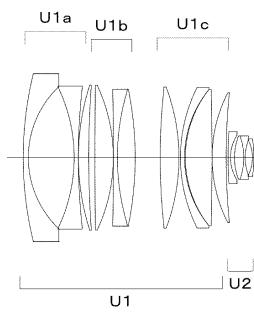
【図 1 3】



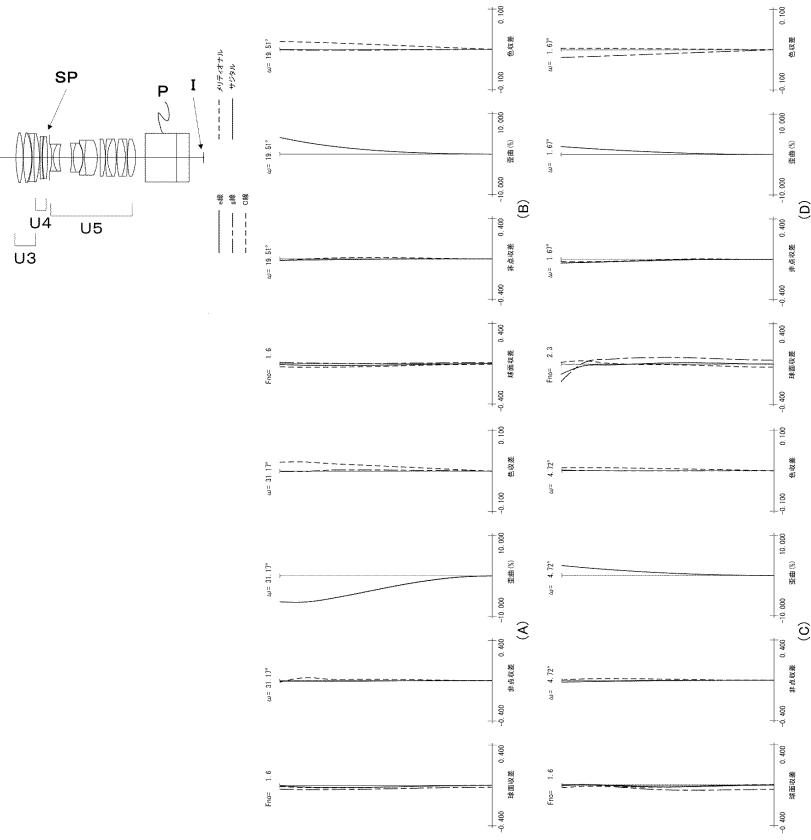
【図 1 4】



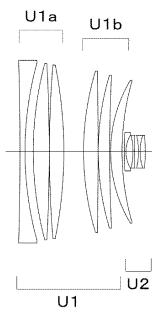
【図15】



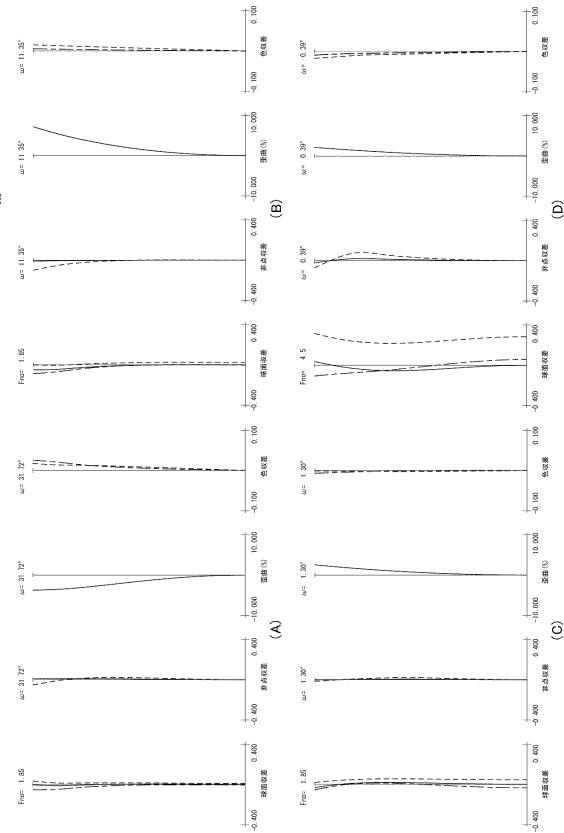
【図16】



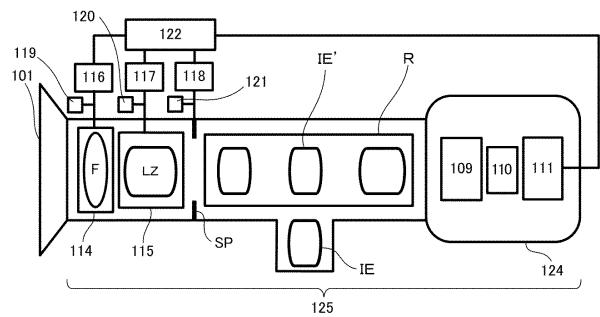
【図17】



【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