

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5941364号  
(P5941364)

(45) 発行日 平成28年6月29日 (2016. 6. 29)

(24) 登録日 平成28年5月27日 (2016. 5. 27)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 15/167 (2006. 01)

G O 2 B 15/167

G O 2 B 13/18 (2006. 01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 8 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2012-164266 (P2012-164266)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年7月25日 (2012. 7. 25)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-26014 (P2014-26014A)		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6日 (2014. 2. 6)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成27年7月24日 (2015. 7. 24)		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、変倍のためには移動しない正の屈折力の第1群、変倍に際して移動する負の屈折力の第2群、変倍に際して移動する第3群、開口絞り、変倍のためには移動しない正の屈折力の第4群で構成され、

前記第1群は物体側から像側へ順に、不動の負の屈折力の第11群と、フォーカス調整のために移動する正の屈折力の第12群と、不動の正の屈折力の第13群で構成され、前記第11群及び前記第2群はそれぞれ少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズを含み、

前記第11群内の正の屈折力のレンズのアップ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11p$ 、 $11p$ 、前記第11群内の負の屈折力のレンズのアップ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11n$ 、 $11n$ 、前記第11群の正の屈折力のレンズの合成焦点距離を  $f11cp$ 、前記第11群の焦点距離を  $f11$  とするとき、

【数1】

$$\frac{\theta11p - \theta11n}{v11p - v11n} < -3.2 \times 10^{-3}$$

【数 2】

$$-8.0 < \frac{f11cp}{f11} < -2.5$$

を満たすことを特徴とするズームレンズ。

なお、フラウンフォーファ線の g 線、F 線、d 線、C 線に対する屈折率をそれぞれ N g、N F、N d、N C とするとき、アッベ数 d、及び g 線と F 線に関する部分分散比 g F は、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

$$gF = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【請求項 2】

物体側から像側へ順に、変倍のためには移動しない正の屈折力の第 1 群、変倍に際して移動する負の屈折力の第 2 群、正の屈折力を有し変倍に際して移動する第 3 群、開口絞り、変倍のためには移動しない正の屈折力の第 4 群で構成され、

前記第 1 群は物体側から像側へ順に、不動の負の屈折力の第 1 1 群と、フォーカス調整のために移動する正の屈折力の第 1 2 群と、不動の正の屈折力の第 1 3 群で構成され、前記第 1 1 群及び前記第 2 群はそれぞれ少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズを含み、

前記第 1 1 群内の正の屈折力のレンズのアッベ数と部分分散比の平均値をそれぞれ 1 1 p、1 1 p、前記第 1 1 群内の負の屈折力のレンズのアッベ数と部分分散比の平均値をそれぞれ 1 1 n、1 1 n、前記第 1 1 群の正の屈折力のレンズの合成焦点距離を f 1 1 c p、前記第 1 1 群の焦点距離を f 1 1 とするとき、

【数 3】

$$\frac{\theta 11p - \theta 11n}{v11p - v11n} < -3.2 \times 10^{-3}$$

【数 4】

$$-8.0 < \frac{f11cp}{f11} < -1.0$$

を満たし、

前記第 4 群は、物体側から像側へ順に、負の第 4 1 群と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第 4 2 群と、正の第 4 3 群で構成され、

第 4 2 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を 4 2 p、4 2 p、第 4 2 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を 4 2 n、4 2 n、第 4 3 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を 4 3 p、4 3 p、第 4 3 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を 4 3 n、4 3 n とするとき

【数 5】

$$2.0 < \frac{\left( \frac{\theta 42p - \theta 42n}{v42p - v42n} \right)}{\left( \frac{\theta 43p - \theta 43n}{v43p - v43n} \right)} < 4.0$$

を満たすことを特徴とするズームレンズ。

なお、フラウンフォーファ線の g 線、F 線、d 線、C 線に対する屈折率をそれぞれ N g、N F、N d、N C とするとき、アッベ数 d、及び g 線と F 線に関する部分分散比 g F は、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

$$gF = (Ng - NF) / (NF - NC)$$

で表される。

【請求項 3】

前記第 1 群が

【数 6】

$$5.0 < \nu_{11n} - \nu_{11p} < 50.0$$

を満たす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】

無限遠に合焦しているときの前記第 1 群の焦点距離を  $f_1$ 、全系の望遠端での焦点距離を  $f_T$  とするとき

$$1.0 < f_T / f_1 < 5.0$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 2 群内の正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を各々  $2p$ 、 $2p$ 、前記第 2 群内の負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を各々  $2n$ 、 $2n$  とするとき

【数 7】

$$-7.5 \times 10^{-4} \times f_T / f_1 - 2.0 \times 10^{-3} < \frac{\theta_{2p} - \theta_{2n}}{\nu_{2p} - \nu_{2n}}$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 3 群は正の屈折力を有し、

前記第 4 群は、物体側から像側へ順に、負の第 4 1 群と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第 4 2 群と、正の第 4 3 群で構成され、

第 4 2 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $42p$ 、 $42p$ 、第 4 2 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $42n$ 、 $42n$ 、第 4 3 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $43p$ 、 $43p$ 、第 4 3 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $43n$ 、 $43n$  とするとき

【数 8】

$$2.0 < \frac{\left( \frac{\theta_{42p} - \theta_{42n}}{\nu_{42p} - \nu_{42n}} \right)}{\left( \frac{\theta_{43p} - \theta_{43n}}{\nu_{43p} - \nu_{43n}} \right)} < 4.0$$

を満たす、

ことを特徴とする請求項 1、3 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 3 群は負の屈折力を有し、

前記第 4 群は最も距離の長い空気間隔を境に、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 4 a 群と正の屈折力の第 4 b 群で構成され、

第 4 a 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $4ap$ 、 $4ap$ 、第 4 a 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $4an$ 、 $4an$ 、第 4 b 群に含まれる正レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $4bp$ 、 $4bp$ 、第 4 b 群に含まれる負レンズの材料のアッベ数と部分分散比の平均値を  $4bn$ 、 $4bn$  とするとき

10

20

30

40

【数 9】

$$0.5 < \frac{\left( \frac{\theta 4ap - \theta 4an}{v4ap - v4an} \right)}{\left( \frac{\theta 4bp - \theta 4bn}{v4bp - v4bn} \right)} < 2.5$$

を満たす、

ことを特徴とする請求項 1、3 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズからの被写体像を受光する撮像素子を含むカメラとを有する、撮像装置。 10

【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、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、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、大口径比、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。 20

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、全体として4つのレンズ群より成るポジティブリード型で、テレフォト型の4群ズームレンズが知られている。

【0003】

この4群ズームレンズは、物体側から像側へ順に、合焦用の正の屈折力の第1群、変倍用の負の屈折力の第2群、変倍に伴う像面変動を補正するための第3群、結像用の正の屈折力の第4群より成っている。

この4群ズームレンズにおいて、いわゆる3群インナーフォーカス方式を利用した4群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。 30

【0004】

ここで3群インナーフォーカス方式とは、正の屈折力の第1群を物体側から像側へ順に、負の屈折力の第11群、正の屈折力の第12群、正の屈折力の第13群より構成する。無限遠物体から至近物体への合焦操作時に第12群を像面側へ移動させて行う合焦方式を示す。

【0005】

特許文献1ではズーム比8.0～17.6倍程度、広角端での撮影画角（画角）が65°～87°程度、Fナンバー1.6～2.2程度の大口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。

【0006】

特許文献2ではズーム比8.0～14.9倍程度、広角端での撮影画角（画角）が79°～88°程度、Fナンバー1.6～2.1程度の大口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平6-242378号公報

【特許文献2】特開2001-21804号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 8 】

前述した構成のポジティブリード型の４群ズームレンズは高ズーム比が比較的容易である。

しかしながら、高ズーム比になる程、諸収差の変動が大きくなり、全ズーム領域で高い光学性能を得るのが難しくなってくる。

## 【 0 0 0 9 】

特に軸上色収差、倍率色収差ともにズーム変動が増大してくる。そのため高い結像性能を得るためには一次の色収差のみならず、二次スペクトルの補正を良好に行なうことが重要になってくる。

３群インナーフォーカス方式を用いたポジティブリード型の４群ズームレンズにおいて、高ズーム比化を図りつつ、色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るには変倍群より物体側に位置する第１群の構成を適切に設定することが重要である。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、高ズーム比で、広角端から望遠端における全ズーム範囲にわたり、特に倍率色収差のズーム変動を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 1 】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、変倍のためには移動しない正の屈折力の第１群、変倍に際して移動する負の屈折力の第２群、変倍に際して移動する第３群、開口絞り、変倍のためには移動しない正の屈折力の第４群で構成され、前記第１群は物体側から像側へ順に、不動の負の屈折力の第１群と、フォーカス調整のために移動する正の屈折力の第２群と、不動の正の屈折力の第３群で構成され、前記第１群及び前記第２群はそれぞれ少なくとも１枚の正レンズと少なくとも２枚の負レンズを含み、前記第１群内の正の屈折力のレンズのアッベ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11p$ 、 $11p$ 、前記第１群内の負の屈折力のレンズのアッベ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11n$ 、 $11n$ 、前記第１群内の正の屈折力のレンズの合成焦点距離を  $f11cp$ 、前記第１群の焦点距離を  $f11$  とするとき、

$$(11p - 11n) / (11p - 11n) < -3.2 \times 10^{-3} \quad \dots (1)$$

$$-8.0 < f11cp / f11 < -2.5 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

なお、フラウンフォーファ線の  $g$  線、 $F$  線、 $d$  線、 $C$  線に対する屈折率をそれぞれ  $N_g$ 、 $N_F$ 、 $N_d$ 、 $N_C$  とするとき、アッベ数  $d$ 、及び  $g$  線と  $F$  線に関する部分分散比  $g_F$  は、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

で表される。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 2 】

本発明によれば、高ズーム比で、広角端から望遠端における全ズーム範囲にわたり、特に倍率色収差を良好に補正し、全ズーム範囲において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を得られる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 3 】

【図１】本発明の実施例１のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の断面図

【図２】数値実施例１の、(Ａ)物体距離  $2.8\text{ m}$  での広角端、(Ｂ)焦点距離  $25.4\text{ mm}$ 、(Ｃ)望遠端、における縦収差図

【図３】本発明の実施例２のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の断面図

【図４】数値実施例２の、(Ａ)物体距離  $2.8\text{ m}$  での広角端、(Ｂ)焦点距離  $30.32\text{ mm}$ 、(Ｃ)望遠端、における縦収差図

【図 5】本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の断面図

【図 6】数値実施例 3 の、(A)物体距離 3.5 m での広角端、(B)焦点距離 31.78 mm、(C)望遠端、における縦収差図

【図 7】本発明の実施例 4 のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の断面図

【図 8】数値実施例 4 の、(A)物体距離 3.5 m での広角端、(B)焦点距離 31.78 mm、(C)望遠端、における縦収差図

【図 9】本発明の実施例 5 のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の断面図

【図 10】数値実施例 5 の、(A)物体距離 3.5 m での広角端、(B)焦点距離 31.78 mm、(C)望遠端、における縦収差図

【図 11】本発明の撮像装置の要部概略図

10

【図 12】正の屈折力のレンズ群による倍率色収差の 2 色の色消しと二次スペクトル残存に関する模式図

【図 13】負の屈折力のレンズ群による倍率色収差の 2 色の色消しと二次スペクトル残存に関する模式図

【図 14】アッペ数  $d$  と部分分散比  $g_F$  の分布の模式図

【図 15】本発明の第 3 群の屈折力が正である 4 群ズームレンズの広角端の近軸追跡の模式図

【図 16】本発明の第 3 群の屈折力が正である 4 群ズームレンズの望遠端の近軸追跡の模式図

【図 17】本発明の第 3 群の屈折力が正である 4 群ズームレンズにおける第 1 群と第 2 群の広角端の近軸追跡の模式図

20

【図 18】本発明の第 3 群の屈折力が正である 4 群ズームレンズにおける第 1 群と第 2 群の望遠端の近軸追跡の模式図

【図 19】本発明の 4 群ズームレンズの第 1 群と第 2 群の広角端、望遠端における光学配置の模式図

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

【0015】

本発明のズームレンズは、物体側から順に、変倍のためには移動しない正の屈折力の第 1 群 U1、変倍に際して光軸方向に移動する負の屈折力の第 2 群 U2、変倍に際して光軸方向に移動して変倍に伴う像面の変動を補正する第 3 群 U3、開口絞り SP、変倍のためには移動しない正の屈折力の第 4 群 U4 で構成される。また、第 1 群 U1 は、物体側から順に、不動の負の屈折力の第 11 群 U11 と、フォーカス調整のために移動する正の屈折力の第 12 群 U12 と、固定群である正の屈折力の第 13 群 U13 で構成される。前記第 11 群 U11 及び前記第 2 群 U2 はそれぞれ、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズで構成される。前記第 11 群内の正の屈折力のレンズのアッペ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11p$ 、 $11p$ 、前記第 11 群内の負の屈折力のレンズのアッペ数と部分分散比の平均値をそれぞれ  $11n$ 、 $11n$ 、前記第 11 群 U11 の正の屈折力のレンズの合成焦点距離を  $f11cp$ 、前記第 11 群の焦点距離を  $f11$  とするとき、

30

$$(11p - 11n) / (11p - 11n) < -3.2 \times 10^{-3} \quad \dots (1)$$

$$-8.0 < f11cp / f11 < -1.0 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足している。

【0016】

ここで、本実施例で用いている光学素子（レンズ）の材料の部分分散比とアッペ数は次の通りである。

フラウンフォーファ線の g 線 (435.8 nm)、F 線 (486.1 nm)、d 線 (587.6 nm)、C 線 (656.3 nm) に対する屈折率をそれぞれ  $N_g$ 、 $N_F$ 、 $N_d$ 、 $N_C$  とするとき、

50

アッベ数  $d$  と  $g$  線と  $F$  線に関する部分分散比  $g F$  は以下の通りに与えられる。

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C) \quad \dots (3)$$

$$gF = (N_g - N_F) / (N_F - N_C) \quad \dots (4)$$

各実施例では、第 1 1 群  $U 1 1$  のレンズ構成を前述の如く特定し、かつ条件式 (1) ~ (2) を満足することにより、倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動補正を効果的に行っている。

#### 【0017】

ここで、軸上近軸光線及び瞳近軸光線は、次のように定義される光線である。軸上近軸光線は、光学系全系の広角端の焦点距離を 1 に規格化し、光学系に光軸と平行に、入射高を 1 として入射させた近軸光線である。瞳近軸光線は、光学系全系の広角端の焦点距離を 1 に規格化し、撮像面の最大像高に入射する光線の内、光学系の入射瞳と光軸との交点を通過する近軸光線である。物体は光学系の左側にあるものとし、物体側から光学系に入射する光線は左から右へ進むものとする。

#### 【0018】

図 1 4 に示すように、現存する光学材料は  $d$  に対し部分分散比  $g F$  が狭い範囲に分布しており、 $d$  が小さいほど  $g F$  が大きい傾向を持っている。

#### 【0019】

所定の屈折力  $\phi$  で、正の屈折力  $p$ 、負の屈折力  $n$ 、アッベ数  $p$ 、 $n$ 、軸上近軸光線の入射高  $h$ 、瞳近軸光線の入射高  $H$ 、の 2 枚のレンズ  $G p$ 、 $G n$  で構成される薄肉密着系の軸上色収差係数  $L$ 、倍率色収差係数  $T$  は、

$$L = h \times h \times (p / p + n / n) \quad \dots (5)$$

$$T = h \times H \times (p / p + n / n) \quad \dots (6)$$

であらわされる。ここで、

$$= p + n \quad \dots (7)$$

とする。式 (5) 及び式 (6) の各レンズの屈折力は、式 (7) が  $= 1$  となるように規格化されている。3 枚以上で構成される場合も同様に考えることができる。式 (5) 及び式 (6) において、 $L = 0$  及び  $T = 0$  とすると  $C$  線 -  $F$  線の軸上及び像面上での結像位置が合致する。特に高倍率のズームレンズでは、変倍に伴う色収差変動を抑制するために、各レンズ群の色収差、すなわち  $L$  及び  $T$  が概ねゼロ近傍となるように補正される。

#### 【0020】

この時、物体距離を無限遠として光束を入射した場合の  $F$  線に対する  $g$  線の軸上色収差のずれ量及び倍率色収差のずれ量を、それぞれ軸上色収差の二次スペクトル量  $s$ 、倍率色収差の二次スペクトル量  $y$  として定義すると、

$$s = -h \times h \times (p - n) / (p - n) \times f \quad \dots (8)$$

$$y = -h \times H \times (p - n) / (p - n) \times Y \quad \dots (9)$$

であらわされる。ここで、 $f$  はレンズ全系の焦点距離、 $Y$  は像高とする。

#### 【0021】

図 1 5、図 1 6 に本実施例において第 3 群  $U 3$  の屈折力が正である 4 群ズームレンズの広角端、望遠端の近軸追跡の模式図を示す。図 1 5、図 1 6 では、各レンズ群を薄肉レンズで示している。図 1 5 及び図 1 6 に示すように、所定の屈折力  $\phi$  で、本実施例の 4 群ズームレンズのように 4 つの薄肉密着レンズ群から構成され、各群毎に  $C$  線 -  $F$  線の軸上及び倍率色収差が補正された薄肉系の軸上色収差、倍率色収差の二次スペクトル量  $S$ 、 $Y$  は、

$$S = \{ -h_1 \times h_1 \times (1p - 1n) / (1p - 1n) \times 1 \\ - h_2 \times h_2 \times (2p - 2n) / (2p - 2n) \times 2 \\ - h_3 \times h_3 \times (3p - 3n) / (3p - 3n) \times 3 \\ - h_4 \times h_4 \times (4p - 4n) / (4p - 4n) \times 4 \\ \} \times f \quad \dots (10)$$

$$Y = \{ -h_1 \times H_1 \times (1p - 1n) / (1p - 1n) \times 1 \\ - h_2 \times H_2 \times (2p - 2n) / (2p - 2n) \times 2$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} & -h_3 \times H_3 \times (3p_3 - 3n_3) / (3p_3 - 3n_3) \times 3 \\ & -h_4 \times H_4 \times (4p_4 - 4n_4) / (4p_4 - 4n_4) \times 4 \\ & \} \times Y \quad \cdot \cdot \cdot (11) \end{aligned}$$

とあらわされる。ここで、

$$\begin{aligned} & = 1 + 2 + 3 + 4 \\ & -e_{1\text{gap}} \times 1 \times (2 + 3 + 4) \\ & -e_{2\text{gap}} \times (3 + 4) \times (1 + 2 - e_{1\text{gap}} \times 1 \times 2) \\ & -e_{3\text{gap}} \times 4 \times \{ 1 + 2 + 3 - e_{1\text{gap}} \times 1 \times (2 + 3) \\ & \quad - e_{2\text{gap}} \times 3 \times (1 + 2) + e_{1\text{gap}} \times e_{2\text{gap}} \times 1 \times 2 \times 3 \} \\ & \quad \cdot \cdot \cdot (12) \end{aligned}$$

10

とする。f はレンズ全系の焦点距離、Y は像高とする。第 1 群、第 2 群、第 3 群、第 4 群の軸上近軸光線の入射高を  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 、瞳近軸光線の入射高を  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  とする。第 1 群、第 2 群、第 3 群、第 4 群の正の屈折力のレンズの平均部分分散比を  $1p$ 、 $2p$ 、 $3p$ 、 $4p$ 、負の屈折力のレンズの平均部分分散比を  $1n$ 、 $2n$ 、 $3n$ 、 $4n$  とする。第 1 群、第 2 群、第 3 群、第 4 群の正の屈折力のレンズの平均分散を  $1p$ 、 $2p$ 、 $3p$ 、 $4p$ 、負の屈折力のレンズの平均分散を  $1n$ 、 $2n$ 、 $3n$ 、 $4n$  とする。第 1 群、第 2 群、第 3 群、第 4 群の屈折力を  $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$  とする。第 1 群と第 2 群、第 2 群と第 3 群、第 3 群と第 4 群の光軸上の間隔を  $e_{1\text{gap}}$ 、 $e_{2\text{gap}}$ 、 $e_{3\text{gap}}$  とする。式 (10) 及び式 (11) の各群の屈折力は式 (12) が  $= 1$  となるように規格化されている。5 群以上で構成される場合も同様に考えることができる。

20

#### 【0022】

図 14 において、正の屈折力のレンズ群  $L_p$  での色消しでは正レンズ  $G_p$  としてアッペ数  $p$  の大きな材料、負レンズ  $G_n$  として  $n$  の小さな材料を用いる。従って式 (11) より、正レンズ  $G_p$  は  $p$  が小さく、負レンズ  $G_n$  は  $n$  が大きくなって、F 線と C 線で色収差を補正すると、図 12 に示すように正の屈折力のレンズ群  $L_p$  が絞りよりも物体側に位置する場合、軸外では g 線の結像点が像高の低い方にずれる。二次スペクトル量  $S$  及び  $Y$  は、図 16 に示すように望遠側において軸上近軸光線と瞳近軸光線の入射高が高い位置を通る本実施例の第 1 群  $U_1$  で顕著に発生する。これは本実施例において第 3 群  $U_3$  の屈折力が負である 4 群ズームレンズにおいても同じである。

30

#### 【0023】

図 14 において、負の屈折力のレンズ群  $L_n$  での色消しでは正レンズ  $G_1$  としてアッペ数  $1$  の小さな材料、負レンズ  $G_2$  として  $2$  の大きな材料を用いる。従って式 (11) より、正レンズ  $G_1$  は  $1$  が大きく、負レンズ  $G_2$  は  $2$  が小さくなって、F 線と C 線で色収差を補正すると、図 13 に示すように負の屈折力のレンズ群  $L_n$  が絞りよりも物体側に位置する場合、軸外では g 線の結像点が像高の高い方にずれる。図 16 に示すように、この現象は本実施例の 4 群ズームレンズでは負の屈折力の第 2 群  $U_2$  で発生する。これは本実施例において第 3 群  $U_3$  の屈折力が負である 4 群ズームレンズにおいても同じである。

したがって、式 (11) における第 1 項は負、第 2 項は正となり、第 2 群  $U_2$  で発生する倍率色収差の二次スペクトル量の絶対値を増大させることにより、第 1 群  $U_1$  で発生した倍率色収差の二次スペクトル量を効果的に補正できる。

40

#### 【0024】

更に、各群間の望遠端の瞳近軸光線の入射高の差を使って、望遠端の倍率色収差の二次スペクトル量を効果的に補正することができる。本実施例では、望遠端の瞳近軸光線の入射高がより高くなる第 1 群  $U_1$  の正レンズ及び負レンズのアッペ数、部分分散比及び屈折力を適切に選択することで望遠端の倍率色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。これにより、倍率色収差の二次スペクトルの広角端と望遠端の変動を効果的に補正している。また、望遠端の瞳近軸光線の入射高がより低くなる第 2 群  $U_2$  内で正レンズ及び負レンズのアッペ数、部分分散比及び屈折力を適切に選択することにより、第 1 群  $U_1$

50

1 1 で補正過剰になる望遠端の軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

【 0 0 2 5 】

以下、本発明の 4 群ズームレンズの第 1 1 群 U 1 1 と第 2 群 U 2 における倍率色収差の二次スペクトルの広角端と望遠端の変動補正について詳細を述べる。

【 0 0 2 6 】

ここで、3 枚以上のレンズで構成されているレンズ全系の軸上色収差係数 L、倍率色収差係数 T を、以下の式 ( 1 3 )、( 1 4 ) で与える。

$$L = (h_{-j} \times h_{-j} \times \_j / \_j) \quad \dots (13)$$

$$T = (h_{-j} \times H_{-j} \times \_j / \_j) \quad \dots (14)$$

但し、 $h_{-j}$ 、 $H_{-j}$  をそれぞれ物体側から j 番目のレンズの近軸追跡における軸上近軸光線の入射高、瞳近軸光線の入射高とする。 $\_j$ 、 $\_j$  をそれぞれ物体側から j 番目のレンズの屈折力、アッペ数とする。

【 0 0 2 7 】

さらに、レンズ全系の軸上色収差量  $f$ 、倍率色収差量  $Y$  は、以下の式 ( 1 5 ) 及び ( 1 6 ) で与えられる。

$$f = -L \times f \quad \dots (15)$$

$$Y = -T \times Y \quad \dots (16)$$

但し、レンズ全系の焦点距離を  $f$ 、像高を  $Y$  とする。

【 0 0 2 8 】

今、式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) で用いているアッペ数  $\_j$  の分母 ( 部分分散 ) を  $n_g - n_F$  とすると、式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) はそれぞれ F 線に対する g 線の軸上色収差係数、倍率色収差係数となる。式 ( 1 5 ) 及び ( 1 6 ) はそれぞれ軸上色収差、倍率色収差の二次スペクトル量を表す。式 ( 1 3 ) 及び ( 1 5 ) より、軸上色収差の二次スペクトルの各レンズの分担値は、軸上近軸光線の高さの二乗、レンズの屈折力及び g 線と F 線の屈折率差に比例して大きくなる。一方、式 ( 1 4 ) 及び ( 1 6 ) より、倍率色収差の二次スペクトルの各レンズの分担値は、軸上近軸光線の高さ、瞳近軸光線の高さ、レンズの屈折力及び g 線と F 線の屈折率差に比例して大きくなる。

【 0 0 2 9 】

ここで、式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) より物体側から j 番目のレンズにおける二次スペクトルの軸上色収差係数に対する二次スペクトルの倍率色収差係の比  $T L_{-j}$  は以下の式 ( 1 7 ) で求まる。

$$T L_{-j} = H_{-j} / h_{-j} \quad \dots (17)$$

絞りより物体側に位置するレンズにおいて、 $T L_{-j}$  は常に負の値をとる。式 ( 1 7 ) より、瞳近軸光線の入射高がより高い位置にあるレンズほど二次スペクトルの倍率色収差係数の分担値がより大きいため、倍率色収差の二次スペクトル補正により有利である。一方、瞳近軸光線の入射高がより低い位置にあるレンズほど二次スペクトルの軸上色収差係数の分担値がより大きいため、軸上色収差の二次スペクトル補正に有利である。本実施例の 4 群ズームレンズでは、より物体側に位置するレンズほど瞳近軸光線の入射高が高い傾向にあるため倍率色収差の二次スペクトル補正に有利である。

【 0 0 3 0 】

更に、式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) より物体側から j 番目のレンズにおける広角端と望遠端の二次スペクトルの軸上色収差係数の差に対する広角端と望遠端の二次スペクトルの倍率色収差係数の差の比  $T z L z_{-j}$  は以下の式 ( 1 8 ) で求まる。

$$T z L z_{-j} = (h T_{-j} \times H T_{-j} - h W_{-j} \times H W_{-j}) / (h T_{-j} \times h T_{-j} - h W_{-j} \times h W_{-j}) \quad \dots (18)$$

但し、 $h W_{-j}$ 、 $H W_{-j}$  をそれぞれ物体側から j 番目のレンズの近軸追跡における広角端の軸上近軸光線の入射高、広角端の瞳近軸光線の入射高とする。 $h T_{-j}$ 、 $H T_{-j}$  をそれぞれ物体側から j 番目のレンズの近軸追跡における望遠端の軸上近軸光線の入射高、望遠端の瞳近軸光線の入射高とする。

【 0 0 3 1 】

図 1 7、図 1 8 に本実施例の第 3 群の屈折力が正である 4 群ズームレンズの物体側から

10

20

30

40

50

順にレンズ L 1 1 1、レンズ L 1 1 2 から成る第 1 1 群 U 1 1、物体側から順にレンズ L 2 1、レンズ L 2 2 から成る第 2 群 U 2 の広角端、望遠端の近軸追跡の模式図を示す。

図 1 7、図 1 8 に示す第 1 1 群 U 1 1 と第 2 群 U 2 は、L 1 1 1 及びレンズ L 1 1 2、L 2 1 及びレンズ L 2 2 のそれぞれで色収差を補正するため L 1 1 1 及び L 2 1 を負レンズ、L 1 1 2 及び L 2 2 を正レンズで構成されている。また、L 1 1 1 及び L 1 1 2、L 2 1 及び L 2 2 はそれぞれ薄肉密着レンズとすると、それぞれ軸上近軸光線及び瞳近軸光線の入射高は等しくなる。

#### 【 0 0 3 2 】

特に高ズーム比のズームレンズの第 1 1 群 U 1 1 においては、図 1 7 及び図 1 8 に示すように望遠端での軸上近軸光線及び瞳近軸光線の入射高  $h_{T\_1}$ 、 $H_{T\_1}$  が高くなるため式 ( 1 8 ) の値を決める上で支配的となる。式 ( 1 8 ) の分母は正の値をとるため、望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高くなる第 1 1 群 U 1 1 内に位置するレンズほど式 ( 1 8 ) の値は負に大きな値をとる傾向にある。

従って、L 1 1 1 及び L 1 1 2 で色収差の二次スペクトル補正により有利な硝材のアッペ数と部分分散比、及び屈折力を選択して望遠端の倍率色収差の二次スペクトルを補正することで、倍率色収差の二次スペクトルの広角端と望遠端の変動を効果的に補正できる。

#### 【 0 0 3 3 】

一方、L 2 1 及び L 2 2 は図 1 8 に示すように望遠端での瞳近軸光線の入射高が L 1 1 1 及び L 1 1 2 より  $H_T (= | H_{T\_1} - H_{T\_j} |)$  だけ低くなる。

従って、L 2 1 及び L 2 2 の硝材のアッペ数と部分分散比、及び屈折力を適切に選択することで、望遠端の倍率色収差の二次スペクトル悪化を最小限に留め、且つ L 1 1 1 及び L 1 1 2 で補正過剰になる望遠端の軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正できる。これは本実施例において第 3 群 U 3 の屈折力が負である 4 群ズームレンズにおいても同じである。

#### 【 0 0 3 4 】

尚、第 1 1 群 U 1 1 及び第 2 群 U 2 に適切な負の屈折力を持たせるため、第 1 1 群 U 1 1 及び第 2 群 U 2 はそれぞれ少なくとも 2 枚以上の負の屈折力のレンズで構成される。以上を考慮して、本実施例の 4 群ズームレンズにおける第 1 1 群 U 1 1 及び第 2 群 U 2 はそれぞれ少なくとも 1 枚以上の正の屈折力のレンズと少なくとも 2 枚以上の負の屈折力のレンズで構成されている。

#### 【 0 0 3 5 】

式 ( 1 8 ) と同様にして、物体側から  $i$  番目のレンズにおける広角端と望遠端の二次スペクトルの軸上色収差係数の分担値の差に対する広角端と望遠端の二次スペクトルの倍率色収差係数の分担値の差の比  $T_z L_z\_i$  は、以下の式 ( 1 9 ) で求まる。

$$T_z L_z\_i = (h_{T\_i} \times H_{T\_i} - h_{W\_i} \times H_{W\_i}) / (h_{T\_i} \times h_{T\_i} - h_{W\_i} \times h_{W\_i}) \quad \cdots (19)$$

但し、 $h_{W\_i}$ 、 $H_{W\_i}$  をそれぞれ物体側から  $i$  番目のレンズの近軸追跡における広角端の軸上近軸光線の入射高、広角端の瞳近軸光線の入射高とする。 $h_{T\_i}$ 、 $H_{T\_i}$  をそれぞれ物体側から  $i$  番目のレンズの近軸追跡における望遠端の軸上近軸光線の入射高、望遠端の瞳近軸光線の入射高とする。

#### 【 0 0 3 6 】

条件式 ( 1 ) ~ ( 2 ) は、以上を考慮して倍率色収差の二次スペクトルの広角端と望遠端の変動をより効果的に補正できる第 1 1 群 U 1 1 内の正レンズ及び負レンズの材料のアッペ数と部分分散比、及び屈折力の条件を適切に設定したものである。

条件式 ( 1 ) は、第 1 1 群 U 1 1 内の正レンズ及び負レンズの材料のアッペ数と部分分散比を規定したものである。

条件式 ( 1 ) の上限の条件が満たされないと、第 1 1 群 U 1 1 内での二次スペクトル補正効果が不足してしまい、倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を良好に補正することが困難となるので良くない。

#### 【 0 0 3 7 】

ここで、複数のレンズの合成焦点距離  $f_x$  は、複数のレンズの各々の焦点距離を  $f_1$ 、

10

20

30

40

50

$f_2$ 、 $f_3 \cdots$ としたとき式(20)で求まる。

【数1】

$$\frac{1}{f_x} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \cdots \quad \dots(20)$$

【0038】

条件式(2)は、第1群U1内の正レンズの合成焦点距離を規定したものである。

条件式(2)の上限の条件が満たされないと、第1群U1内の各レンズのパワーが大きくなり過ぎるため、高次の諸収差が発生しやすくなるので良くない。

条件式(2)の下限の条件が満たされないと、第1群U1内の各レンズのパワーが小さくなり、第1群U1内での二次スペクトルの補正効果が不足するため倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を良好に補正することが困難となるので良くない。同時に、全系の短焦点化を維持するためには、各レンズの距離を離して配置する必要があることから、レンズ全長が伸びてしまうので良くない。

10

【0039】

更に好ましくは条件式(2)を次の如く設定するのが良い。

$$-7.0 < f_{11cp}/f_{11} < -2.5 \quad \dots(2a)$$

各実施例において、更に好ましくは

$$5.0 < 11n - 11p < 50.0 \quad \dots(3)$$

なる条件を満たすのが良い。条件式(3)は、第1群を構成する正レンズと負レンズのアップベ数の差を規定している。

20

【0040】

条件式(3)の上限の条件が満たされないと、第1群を構成する正レンズと負レンズのアップベ数の差が大きくなる。その結果、所定の色収差係数の分担値を持たせると第1群U1内の各レンズのパワーが小さくなるため、第1群U1内での二次スペクトルの補正効果が不足するため倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を良好に補正することが困難となるので良くない。同時に、全系の短焦点化を維持するためには、各レンズの距離を離して配置する必要があることから、レンズ全長が伸びてしまうので良くない。

【0041】

条件式(3)の下限の条件が満たされないと、第1群を構成する正レンズと負レンズのアップベ数の差が小さくなる。その結果、第1群U1内の各レンズのパワーが大きくなり過ぎるため、高次の諸収差が発生しやすくなるので良くない。

30

更に好ましくは条件式(3)を次の如く設定するのが良い。

$$15.0 < 11n - 11p < 40.0 \quad \dots(3a)$$

【0042】

ここで、4群ズームレンズの焦点距離は以下の式で表される。

$$f_W = f_1 \times 2W \times 3W \times 4 \quad \dots(21-1)$$

$$f_T = f_1 \times 2T \times 3T \times 4 \quad \dots(21-2)$$

$$Z = f_T/f_W = 2W/2T \times 3W/3T \quad \dots(21-3)$$

但し、 $f_W$ は広角端における全系の焦点距離、 $f_T$ は望遠端における全系の焦点距離、 $f_1$ は無限遠に合焦しているときの第1群U1の焦点距離、 $2W$ は広角端における第2群U2の結像倍率、 $3W$ は広角端における第3群U3の結像倍率、 $2T$ は望遠端における第2群U2の結像倍率、 $3T$ は望遠端における第3群U3の結像倍率、 $4$ は第4群U4の結像倍率、 $Z$ はズーム比を表す。

40

【0043】

変倍に寄する第2群U2の結像倍率は以下の式で表される。

$$2W = f_2/(f_1 - e_1 + f_2) \quad \dots(22-1)$$

$$2T = f_2/(f_1 - e_1 - mv + f_2) \quad \dots(22-2)$$

但し、 $f_2$ は第2群U2の焦点距離、 $e_1$ は第1群U1と第2群U2の主点間隔、 $m$ は第2群U2の広角端から望遠端までの移動量、を表す。

50

## 【 0 0 4 4 】

また、第 4 群 U 4 の結像倍率は以下の式で表される。

$$4 = S_{\text{rear}} / S_{\text{front}} \quad \dots (23)$$

但し、 $S_{\text{front}}$  は第 4 群 U 4 の物点から第 4 群 U 4 の前側主点位置までの距離、 $S_{\text{rear}}$  は第 4 群 U 4 の像点から第 4 群 U 4 の後側主点位置までの距離、を表す。

## 【 0 0 4 5 】

ズームレンズの広画角化、大口径化、高性能化、小型軽量化を図るためには、式 ( 2 1 - 1 ) における前記各パラメータ  $f_1$ 、 $2W$ 、 $3W$ 、 $4$  を適切に設定する必要がある。

## 【 0 0 4 6 】

図 1 9 に第 1 群 U 1 と第 2 群 U 2 の広角端、望遠端における光学配置の模式図を示す。 $e_1$  は第 1 群 U 1 と第 2 群 U 2 の主点間隔、 $N$  は第 2 群 U 2 の物点位置 ( 第 1 群 U 1 の像点位置 ) である。

各実施例において、更に好ましくは

$$1.0 < f_T / f_1 < 5.0 \quad \dots (4)$$

なる条件を満たすのが良い。

## 【 0 0 4 7 】

条件式 ( 4 ) は第 1 群 U 1 の無限遠に合焦しているときの焦点距離と望遠端における全系の焦点距離の比を規定することにより、高倍率化と高性能化の両立のための条件を規定している。

条件式 ( 4 ) の上限の条件が満たされないと、図 1 9 に示すように第 2 群 U 2 の物点位置  $N$  が遠くなり、式 ( 2 2 - 2 ) より変倍に伴う第 2 群 U 2 の移動量が増大し、レンズ全系が大型化してしまう。

## 【 0 0 4 8 】

条件式 ( 4 ) の下限の条件が満たされないと、望遠端において第 1 群 U 1 で発生する球面収差、軸上色収差等の変倍群による拡大率が増大し、高性能化が困難となってくる。

更に好ましくは条件式 ( 4 ) を次の如く設定するのが良い。

$$1.1 < f_T / f_1 < 4.0 \quad \dots (4a)$$

## 【 0 0 4 9 】

各実施例において、更に好ましくは第 2 群内の正レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を各々  $2p$ 、 $2p$ 、第 2 群内の負レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を各々  $2n$ 、 $2n$  とするとき

$$-7.5 \times 10^{-4} \times f_T / f_1 - 2.0 \times 10^{-3} < (2p - 2n) / (2p - 2n) \quad \dots (5)$$

なる条件を満たすのが良い。

## 【 0 0 5 0 】

第 2 群 U 2 では正レンズと負レンズの硝材のアッペ数と部分分散比、及び屈折力を適切に選択し、望遠端の倍率色収差の二次スペクトル悪化を最小限に留め、且つ第 1 群 U 1 で補正過剰になる望遠端の軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。しかし、変倍群である第 2 群 U 2 以降の拡大率  $f_T / f_1$  が大きくなる程、望遠端における色収差の二次スペクトル補正が困難となる。したがって、第 2 群 U 2 内の正レンズ及び負レンズも色収差の二次スペクトル補正により効果的な材料のアッペ数と部分分散比で構成する必要がある。

## 【 0 0 5 1 】

条件式 ( 5 ) は望遠端での変倍群である第 2 群以降の拡大率  $f_T / f_1$  に対する第 2 群 U 2 内の正レンズ及び負レンズの材料のアッペ数と部分分散比を規定している。

条件式 ( 5 ) の下限の条件が満たされないと、第 2 群 U 2 内での色収差の二次スペクトル補正の分担値が過剰になるため、第 1 群 U 1 内での色収差の二次スペクトル補正の分担値が少なく倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動の良好な補正が困難となるので良くない。

## 【 0 0 5 2 】

第 1 1 群 U 1 1 と第 2 群 U 2 で広角端と望遠端の倍率色収差の二次スペクトルの変動を補正するとともに、第 4 群 U 4 で広角端の倍率色収差の二次スペクトルを更に補正することで全ズーム域において倍率色収差の二次スペクトルをより良好に補正することができる。

#### 【 0 0 5 3 】

本発明の 4 群ズームレンズにおいて第 3 群 U 3 が正の屈折力を持つとき、第 4 群 U 4 は物体側から順に負の第 4 1 群 U 4 1 と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第 4 2 群 U 4 2 と、正の第 4 3 群 U 4 3 で構成される。

本発明の 4 群ズームレンズにおいて第 3 群 U 3 が負の屈折力を持つとき、第 4 群 U 4 は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力の第 4 a 群 U 4 a と正の屈折力の第 4 b 群 U 4 b で構成される。

10

#### 【 0 0 5 4 】

図 1 5 に本発明の第 3 群 U 3 の屈折力が正である 4 群ズームレンズの広角端の近軸追跡の模式図を示す。図 1 5 に示すように第 4 群 U 4 内のより像側に近い位置にあるレンズ群、瞳近軸光線の入射高がより高くなるため広角端での倍率色収差の二次スペクトルをより効果的に補正することができる。一方、図 1 5 に示すように第 4 群 U 4 内のより物体側に近い位置にあるレンズ群、瞳近軸光線の入射高がより低くなるため広角端での軸上色収差の二次スペクトルをより効果的に補正することができる。したがって、第 4 群 U 4 内のより像側に位置するレンズ群において広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正し、その際に補正過剰になる広角端の軸上色収差の二次スペクトルを第 4 群 U 4 内のより物体側に位置するレンズ群において補正すれば良い。これは本実施例において第 3 群 U 3 の屈折力が負である 4 群ズームレンズにおいても同じである。

20

#### 【 0 0 5 5 】

本発明の 4 群ズームレンズにおいて第 3 群 U 3 が正の屈折力を持つズームレンズの各実施例において、更に好ましくは

#### 【 数 2 】

$$2.0 < \frac{\left( \frac{\theta 42p - \theta 42n}{\nu 42p - \nu 42n} \right)}{\left( \frac{\theta 43p - \theta 43n}{\nu 43p - \nu 43n} \right)} < 4.0 \quad \dots(6)$$

30

なる条件を満たすのが良い。

但し、第 4 2 群 U 4 2 に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 42p$ 、 $\nu 42p$ 、第 4 2 群 U 4 2 に含まれる負レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 42n$ 、 $\nu 42n$  とする。第 4 3 群 U 4 3 に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 43p$ 、 $\nu 43p$ 、第 4 3 群 U 4 3 に含まれる負レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 43n$ 、 $\nu 43n$  とする。

#### 【 0 0 5 6 】

条件式 ( 6 ) は第 4 2 群 U 4 2 内と第 4 3 群 U 4 3 内の正レンズ及び負レンズの材料のアッペ数と部分分散比を規定することで、広角端における軸上及び倍率色収差の二次スペクトル補正の適切なバランスを規定している。

40

条件式 ( 6 ) の上限の条件が満たされないと、第 4 3 群 U 4 3 での色収差の二次スペクトル補正が過剰になるため第 4 2 群 U 4 2 で十分に軸上色収差の二次スペクトルを補正することが困難になる。特に光学系全体の広角端における軸上色収差に対して十分な補正効果を得るのが困難となる。

#### 【 0 0 5 7 】

条件式 ( 6 ) の下限の条件が満たされないと、第 4 3 群 U 4 3 での色収差の二次スペクトル補正効果が不足する。特に光学系全体の広角端における倍率色収差に対して十分な補正効果を得るのが困難となる。

更に好ましくは条件式 ( 6 ) を次の如く設定するのが良い。

50

## 【数 3】

$$2.3 < \frac{\left( \frac{\theta 42p - \theta 42n}{\nu 42p - \nu 42n} \right)}{\left( \frac{\theta 43p - \theta 43n}{\nu 43p - \nu 43n} \right)} < 3.0 \quad \dots(6a)$$

また、第 4 1 群 U 4 1 は第 4 2 群 U 4 2 よりも物体側に位置するため瞳近軸光線の入射高がより低くなるため、第 4 3 群 U 4 3 で補正過剰になった広角端の軸上色収差の二次スペクトルをより効果的に補正することができる。しかし、第 4 2 群 U 4 2 を挿脱させて全系の焦点距離範囲を推移させたとき、第 4 1 群 U 4 1 での軸上色収差の二次スペクトルを悪化させた分を変倍率の二乗で拡大されてしまうため好ましくない。

10

## 【0058】

本発明の 4 群ズームレンズにおいて第 3 群 U 3 が負の屈折力を持つズームレンズの各実施例において、更に好ましくは

## 【数 4】

$$0.5 < \frac{\left( \frac{\theta 4ap - \theta 4an}{\nu 4ap - \nu 4an} \right)}{\left( \frac{\theta 4bp - \theta 4bn}{\nu 4bp - \nu 4bn} \right)} < 2.5 \quad \dots(7)$$

20

なる条件を満たすのが良い。

但し、第 4 a 群 U 4 a に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 4ap$ 、 $\nu 4ap$ 、第 4 a 群 U 4 a に含まれる負レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 4an$ 、 $\nu 4an$  とする。第 4 b 群 U 4 b に含まれる正レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 4bp$ 、 $\nu 4bp$ 、第 4 b 群 U 4 b に含まれる負レンズの材料のアッペ数と部分分散比の平均値を  $\theta 4bn$ 、 $\nu 4bn$  とする。

## 【0059】

条件式 (7) は第 4 a 群 U 4 a 内と第 4 b 群 U 4 b 内の正レンズ及び負レンズの材料のアッペ数と部分分散比を規定することで、広角端における軸上及び倍率色収差の二次スペクトル補正の適切なバランスを規定している。

30

条件式 (7) の上限の条件が満たされないと、第 4 b 群 U 4 b での色収差の二次スペクトル補正が過剰になるため第 4 a 群 U 4 a で十分に軸上色収差の二次スペクトルを補正することが困難になる。特に光学系全体の広角端における軸上色収差に対して十分な補正効果を得るのが困難となる。

## 【0060】

条件式 (7) の下限の条件が満たされないと、第 4 b 群 U 4 b での色収差の二次スペクトル補正効果が不足する。特に光学系全体の広角端における倍率色収差に対して十分な補正効果を得るのが困難となる。

更に好ましくは条件式 (7) を次の如く設定するのが良い。

40

## 【数 5】

$$0.8 < \frac{\left( \frac{\theta 4ap - \theta 4an}{\nu 4ap - \nu 4an} \right)}{\left( \frac{\theta 4bp - \theta 4bn}{\nu 4bp - \nu 4bn} \right)} < 2.0 \quad \dots(7a)$$

## 【0061】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成の特徴のうち、前述した以外の特徴について説明する。

50

## 【実施例 1】

## 【0062】

実施例 1 におけるレンズ構成について説明する。

図 1 は本発明の実施例 1（数値実施例 1）のズームレンズの広角端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。

## 【0063】

U 1 は変倍中固定の正の屈折力の第 1 群 U 1 である。第 1 群 U 1 は物体側から順に固定群である負の屈折力の第 1 1 群 U 1 1 と、フォーカス群である正の屈折力の第 1 2 群 U 1 2 と、固定群である正の屈折力の第 1 3 群 U 1 3 で構成される。U 2 は広角端（短焦点距離端）から望遠端（長焦点距離端）への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第 2 群（バリエーターレンズ群）である。U 3 は第 2 群 U 2 の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第 3 群（コンペンセーターレンズ群）である。S P は変倍に際して不動の開口絞りであり、第 3 群 U 3 の像側に配置されている。U 4 は変倍のためには移動しない正の屈折力の第 4 群（リレーレンズ群）である。第 4 レンズ群 U 4 は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力の第 4 a レンズ群 U 4 a と正の屈折力の第 4 b レンズ群 U 4 b で構成される。

10

## 【0064】

P は色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。I P は像面であり、固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当している。

数値実施例 1 の第 1 1 群 U 1 1 は 1 枚の正レンズと、2 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズで構成されている。数値実施例 1 の第 2 群 U 2 は 2 枚の正レンズと、2 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

20

## 【0065】

実施例 1 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 1 1 群 U 1 1 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置している。これにより倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。更に、実施例 1 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 2 群 U 2 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより第 1 1 群 U 1 1 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。

30

## 【0066】

数値実施例 1 の第 4 a 群 U 4 a は 3 枚の正レンズと、1 枚の負レンズから成っており、物体側より順に正レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。

数値実施例 1 の第 4 b 群 U 4 b は 4 枚の正レンズと、2 枚の負レンズから成っており、物体側より順に正レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

## 【0067】

実施例 1 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 4 b 群 U 4 b 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置することで効果的に広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正している。更に、実施例 1 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 4 a 群 U 4 a 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより、第 4 b 群 U 4 b 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

40

## 【0068】

図 2 に、数値実施例 1 の、（A）物体距離 2.8 m での広角端、（B）焦点距離 25.44 mm、（C）望遠端、における縦収差図を示す。収差図において、球面収差は e 線と g 線と C 線と F 線によって表されている。非点収差は e 線のメリディオナル像面（M）と e 線のサジタル像面（S）によって表されている。倍率色収差は g 線と C 線と F 線に

50

よって表されている。F n oはFナンバー、 $\theta$ は半画角である。すべての収差図において、球面収差は1.0mm、非点収差は1.0mm、歪曲は10%、倍率色収差は0.05mmのスケールで描かれている。以後の実施例においても同様である。

尚、広角端と望遠端は変倍用の第2群U2が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

#### 【0069】

表1に実施例1の各条件式の対応値を示す。数値実施例1は条件式(1)~(5)及び(7)の何れの条件式も満足しており、ズーム全域において軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正されて高い光学性能を達成している。表2に実施例1における第11群U11及び第2群U2の各面の $hW_i$ 、 $H W_i$ 、 $h T_i$ 、 $H T_i$ と式(19)の対応値を示す。

10

実施例1は1.8倍の高倍率(ズーム比)を達成し、且つズーム全域において色収差及び諸収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を得ている。

#### 【実施例2】

#### 【0070】

実施例2におけるレンズ構成について説明する。

図3は本発明の実施例2(数値実施例2)のズームレンズの広角端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。

#### 【0071】

U1は変倍中固定の正の屈折力の第1群U1である。第1群U1は物体側から順に固定群である負の屈折力の第11群U11と、フォーカス群である正の屈折力の第12群U12と、固定群である正の屈折力の第13群U13で構成される。U2は広角端(短焦点距離端)から望遠端(長焦点距離端)への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群(バリエーターレンズ群)である。U3は第2群U2の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第3群(コンペンセーターレンズ群)である。SPは変倍に際して不動の開口絞りであり、第3群U3の像側に配置されている。U4は変倍のためには移動しない正の屈折力の第4群(リレーレンズ群)である。第4レンズ群U4は最も距離の長い空気間隔を境に正の屈折力の第4aレンズ群U4aと正の屈折力の第4bレンズ群U4bで構成される。

20

#### 【0072】

Pは色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。IPは像面であり、固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当している。

30

#### 【0073】

数値実施例2の第11群U11は1枚の正レンズと、2枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズで構成されている。数値実施例2の第2群U2は2枚の正レンズと、2枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

#### 【0074】

実施例2では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高い第11群U11内の正レンズ及び負レンズに各々 $g F$ が大きい材料、 $g F$ が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置している。これにより効果的に倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を補正している。更に、実施例2では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより低い第2群U2内の正レンズ及び負レンズに各々適切な $g F$ の材料を用いて配置している。これにより第11群U11内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。

40

#### 【0075】

数値実施例2の第4a群U4aは3枚の正レンズと、1枚の負レンズから成っており、物体側より順に正レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。

数値実施例2の第4b群U4bは4枚の正レンズと、2枚の負レンズから成っており、

50

物体側より順に正レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

【0076】

実施例2では広角端での瞳近軸光線の入射高がより高い第4b群U4b内の正レンズ及び負レンズに各々  $gF$  が大きい材料、 $gF$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置することで効果的に広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正している。更に、実施例2では広角端での瞳近軸光線の入射高がより低い第4a群U4a内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $gF$  の材料を用いて配置している。これにより、第4b群U4b内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

【0077】

図4に、数値実施例2の、(A)物体距離2.8mでの広角端、(B)焦点距離30.32mm、(C)望遠端、における縦収差図を示す。

【0078】

表1に実施例2の各条件式の対応値を示す。数値実施例2は条件式(1)~(5)及び(7)の何れの条件式も満足しており、ズーム全域において軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正されて高い光学性能を達成している。

表3に実施例2における第11群U11及び第2群U2の各面の $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$ と式(19)の対応値を示す。

実施例2は2.4倍の高倍率(ズーム比)を達成し、且つズーム全域において色収差及び諸収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を得ている。

【実施例3】

【0079】

実施例3におけるレンズ構成について説明する。

図5は本発明の実施例3(数値実施例3)のズームレンズの広角端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。

【0080】

U1は変倍中固定の正の屈折力の第1群U1である。第1群U1は物体側から順に固定群である負の屈折力の第11群U11と、フォーカス群である正の屈折力の第12群U12と、固定群である正の屈折力の第13群U13で構成される。U2は広角端(短焦点距離端)から望遠端(長焦点距離端)への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群(バリエーターレンズ群)である。U3は第2群U2の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第3群(コンペンセーターレンズ群)である。SPは変倍に際して不動の開口絞りであり、第3群U3の像側に配置されている。U4は変倍のためには移動しない正の屈折力の第4群(リレーレンズ群)である。第4群U4は物体側から順に負の第41群と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第42群と、正の第43群で構成される。

【0081】

Pは色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。IPは像面であり、固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当している。

【0082】

数値実施例3の第11群U11は1枚の正レンズと、2枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズで構成されている。数値実施例3の第2群U2は1枚の正レンズと、4枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズで構成されている。

【0083】

実施例3では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高い第11群U11内の正レンズ及び負レンズに各々  $gF$  が大きい材料、 $gF$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置している。これにより効果的に倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を補正している。更に、実施例3では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより低い第2群U2内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $gF$  の材料を用いて配置している。これにより第11群U1

10

20

30

40

50

1 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。

【0084】

数値実施例3の第42群U42は1枚の正レンズと、1枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズで構成されている。

数値実施例3の第43群U43は4枚の正レンズと、3枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

【0085】

実施例3では広角端での瞳近軸光線の入射高がより高い第43群U43内の正レンズ及び負レンズに各々  $gF$  が大きい材料、 $gF$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置することで効果的に広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正している。更に、実施例3では広角端での瞳近軸光線の入射高がより低い第42群U42内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $gF$  の材料を用いて配置している。これにより、第43群U43内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

【0086】

図6に数値実施例3の、(A)物体距離3.5mでの広角端、(B)焦点距離31.78mm、(C)望遠端、における縦収差図を示す。

【0087】

表1に実施例3の各条件式の対応値を示す。数値実施例3は条件式(1)~(6)の何れの条件式も満足しており、ズーム全域において軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正されて高い光学性能を達成している。

表4に実施例3における第11群U11及び第2群U2の各面の $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$ と式(19)の対応値を示す。

実施例3は18.5倍の高倍率(ズーム比)を達成し、且つズーム全域において色収差及び諸収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を得ている。

【実施例4】

【0088】

実施例4におけるレンズ構成について説明する。

図7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。

【0089】

U1は変倍中固定の正の屈折力の第1群U1である。第1群U1は物体側から順に固定群である負の屈折力の第11群U11と、フォーカス群である正の屈折力の第12群U12と、固定群である正の屈折力の第13群U13で構成される。U2は広角端(短焦点距離端)から望遠端(長焦点距離端)への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群(バリエーターレンズ群)である。U3は第2群U2の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第3群(コンペンセーターレンズ群)である。SPは変倍に際して不動の開口絞りであり、第3群U3の像側に配置されている。U4は変倍のためには移動しない正の屈折力の第4群(リレーレンズ群)である。第4群U4は物体側から順に負の第41群と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第42群と、正の第43群で構成される。

【0090】

Pは色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。IPは像面であり、固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当している。

【0091】

数値実施例4の第11群U11は1枚の正レンズと、2枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズで構成されている。数値実施例4の第2群U2は1枚の正レンズと、4枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズで構成されている。

## 【 0 0 9 2 】

実施例 4 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 1 1 群 U 1 1 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置している。これにより効果的に倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を補正している。更に、実施例 4 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 2 群 U 2 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより第 1 1 群 U 1 1 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。

## 【 0 0 9 3 】

数値実施例 4 の第 4 2 群 U 4 2 は 1 枚の正レンズと、1 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズで構成されている。

10

数値実施例 4 の第 4 3 群 U 4 3 は 4 枚の正レンズと、3 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

## 【 0 0 9 4 】

実施例 4 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 4 3 群 U 4 3 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置することで効果的に広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正している。更に、実施例 4 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 4 2 群 U 4 2 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより、第 4 3 群 U 4 3 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

20

## 【 0 0 9 5 】

図 8 に数値実施例 4 の、( A ) 物体距離 3 . 5 m での広角端、( B ) 焦点距離 3 1 . 7 8 mm、( C ) 望遠端、における縦収差図を示す。

## 【 0 0 9 6 】

表 1 に実施例 4 の各条件式の対応値を示す。数値実施例 3 は条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の何れの条件式も満足し、条件式 ( 6 ) の上限に近く、ズーム全域において軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正されて高い光学性能を達成している。

表 5 に実施例 4 における第 1 1 群 U 1 1 及び第 2 群 U 2 の各面の  $h W_i$ 、 $H W_i$ 、 $h T_i$ 、 $H T_i$  と式 ( 1 9 ) の対応値を示す。

30

実施例 4 は 1 8 . 5 倍の高倍率 ( ズーム比 ) を達成し、且つズーム全域において色収差及び諸収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を得ている。

## 【 実施例 5 】

## 【 0 0 9 7 】

実施例 5 におけるレンズ構成について説明する。

図 9 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。

## 【 0 0 9 8 】

U 1 は変倍中固定の正の屈折力の第 1 群 U 1 である。第 1 群 U 1 は物体側から順に固定群である負の屈折力の第 1 1 群 U 1 1 と、フォーカス群である正の屈折力の第 1 2 群 U 1 2 と、固定群である正の屈折力の第 1 3 群 U 1 3 で構成される。U 2 は広角端 ( 短焦点距離端 ) から望遠端 ( 長焦点距離端 ) への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第 2 群 ( バリエーターレンズ群 ) である。U 3 は第 2 群 U 2 の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第 3 群 ( コンペンセーターレンズ群 ) である。S P は変倍に際して不動の開口絞りであり、第 3 群 U 3 の像側に配置されている。U 4 は変倍のためには移動しない正の屈折力の第 4 群 ( リレーレンズ群 ) である。第 4 群 U 4 は物体側から順に負の第 4 1 群と、光路中に挿脱させて全系の焦点距離範囲を変移させる変倍群である第 4 2 群と、正の第 4 3 群で構成される。

40

## 【 0 0 9 9 】

P は色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。I P は

50

像面であり、固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当している。

#### 【 0 1 0 0 】

数値実施例 5 の第 1 1 群 U 1 1 は 1 枚の正レンズと、2 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズで構成されている。数値実施例 5 の第 2 群 U 2 は 1 枚の正レンズと、4 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズ、負レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズで構成されている。

#### 【 0 1 0 1 】

実施例 5 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 1 1 群 U 1 1 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置している。これにより効果的に倍率色収差の二次スペクトルのズーム変動を補正している。更に、実施例 5 では望遠端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 2 群 U 2 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより第 1 1 群 U 1 1 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルのズーム変動を効果的に補正している。

10

#### 【 0 1 0 2 】

数値実施例 5 の第 4 2 群 U 4 2 は 1 枚の正レンズと、1 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズで構成されている。

数値実施例 5 の第 4 3 群 U 4 3 は 4 枚の正レンズと、3 枚の負レンズから成っており、物体側より順に負レンズと正レンズの接合レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズで構成されている。

20

#### 【 0 1 0 3 】

実施例 5 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより高い第 4 3 群 U 4 3 内の正レンズ及び負レンズに各々  $g F$  が大きい材料、 $g F$  が小さい材料を用いて適切な屈折力で配置することで効果的に広角端の倍率色収差の二次スペクトルを補正している。更に、実施例 5 では広角端での瞳近軸光線の入射高がより低い第 4 2 群 U 4 2 内の正レンズ及び負レンズに各々適切な  $g F$  の材料を用いて配置している。これにより、第 4 3 群 U 4 3 内で補正過剰になる軸上色収差の二次スペクトルを効果的に補正している。

#### 【 0 1 0 4 】

図 1 0 に数値実施例 5 の、( A ) 物体距離 3 . 5 m での広角端、( B ) 焦点距離 3 1 . 7 8 mm、( C ) 望遠端、における縦収差図を示す。

30

#### 【 0 1 0 5 】

表 1 に実施例 5 の各条件式の対応値を示す。数値実施例 5 は条件式 ( 1 ) ~ ( 6 ) の何れの条件式も満足しており、ズーム全域において軸上色収差、倍率色収差ともに良好に補正されて高い光学性能を達成している。

表 6 に実施例 5 における第 1 1 群 U 1 1 及び第 2 群 U 2 の各面の  $h W_i$ 、 $H W_i$ 、 $h T_i$ 、 $H T_i$  と式 ( 1 9 ) の対応値を示す。

実施例 5 は 1 8 . 5 倍の高倍率（ズーム比）を達成し、且つズーム全域において色収差及び諸収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を得ている。

#### 【 0 1 0 6 】

図 1 1 を用いて、各実施例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）の概要を説明する。図 1 1 は本発明の撮像装置の要部概略図である。

40

図 1 1 において 1 0 1 は実施例 1 ~ 5 のいずれか 1 つのズームレンズである。1 2 4 はカメラである。ズームレンズ 1 0 1 はカメラ 1 2 4 に対して着脱可能になっている。1 2 5 はカメラ 1 2 4 にズームレンズ 1 0 1 を装着することにより構成される撮像装置である。

#### 【 0 1 0 7 】

ズームレンズ 1 0 1 は第 1 レンズ群 F、変倍部 L Z、結像用の第 4 レンズ群 R を有している。第 1 レンズ群 F は合焦用レンズ群が含まれている。変倍部 L Z は変倍の為に光軸上を移動する第 2 レンズ群と、変倍に伴う像面変動を補正する為に光軸上を移動する第 3 レンズ群が含まれている。

50

## 【 0 1 0 8 】

S Pは開口絞りである。第4レンズ群Rは光路中より挿抜可能なレンズユニット（変倍光学系）I Eを有している。

レンズユニットI Eはズームレンズ1 0 1の全系の焦点距離範囲を変移している。

1 1 4、1 1 5は、各々第1レンズ群F、変倍部L Z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。

1 1 6～1 1 8は駆動機構1 1 4、1 1 5及び開口絞りS Pを電動駆動するモータ（駆動手段）である。

1 1 9～1 2 1は、第1レンズ群F、変倍部L Zの光軸上の位置や、開口絞りS Pの絞り径を検出する為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。

10

## 【 0 1 0 9 】

カメラ1 2 4において、1 0 9はカメラ1 2 4内の光学フィルタや色分解プリズムに相当するガラスブロック、1 1 0はズームレンズ1 0 1によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。

また、1 1 1、1 2 2はカメラ1 2 4及びズームレンズ本体1 0 1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。

## 【 0 1 1 0 】

20

以下の各数値実施例において、 $i$ は物体側からの面の順序を示し、 $r_i$ は物体側より第 $i$ 番目の面の曲率半径、 $d_i$ は物体側より第 $i$ 番目と第 $i+1$ 番目の間隔、 $N_i$ と $gFi$ は第 $i$ 番目の光学部材の屈折率とアッペ数と部分分散比である。

最後の3つの面は、フィルター等のガラスブロックである。

非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、 $k$ を円錐常数、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 、 $A_7$ 、 $A_8$ 、 $A_9$ 、 $A_{10}$ 、 $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 、 $A_{13}$ 、 $A_{14}$ 、 $A_{15}$ 、 $A_{16}$ を各々非球面係数とし、次式で表す。

## 【 0 1 1 1 】

## 【 数 6 】

30

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} + A_{12} H^{12} + A_{14} H^{14} + A_{16} H^{16} + A_3 H^3 + A_5 H^5 + A_7 H^7 + A_9 H^9 + A_{11} H^{11} + A_{13} H^{13} + A_{15} H^{15}$$

又、例えば「 $e-Z$ 」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する。\*印は非球面であることを示している。

## 【 0 1 1 2 】

## &lt; 数値実施例 1 &gt;

## 面データ

第 $i$ 面	$r_i$	$d_i$	$nd_i$	$d_i$	$gFi$	有効径	焦点距離
1*	1647.056	2.97	1.81600	46.6	0.5568	85.60	-51.10
2	40.844	19.15				66.55	
3	-332.596	2.10	1.77249	49.6	0.5521	66.53	-264.44
4	537.619	0.99				66.77	
5	83.310	5.77	1.95906	17.5	0.6598	68.13	221.56
6	131.234	0.99				67.15	
7	118.948	11.68	1.51633	64.1	0.5352	66.92	122.68
8*	-132.010	8.60				65.68	
9	121.920	2.10	1.80518	25.4	0.6161	62.69	-104.92
10	49.789	16.19	1.43875	94.9	0.5343	60.59	87.74

40

50

11	-154.633	0.15				61.47		
12	140.921	10.97	1.43387	95.1	0.5373	63.30	149.39	
13	-117.732	0.15				63.43		
14	133.856	10.60	1.59522	67.7	0.5442	61.93	108.85	
15	-122.685	(可変)				61.02		
16	22.327	1.00	1.88299	40.8	0.5667	22.26	-21.66	
17	10.117	6.81				17.48		
18	-30.076	3.01	1.92286	18.9	0.6495	17.18	34.97	
19	-16.419	0.75	1.88299	40.8	0.5667	17.22	-14.81	
20	67.696	0.18				17.19		10
21	22.103	2.50	1.80809	22.8	0.6307	17.51	47.92	
22	48.213	(可変)				17.40		
23	-28.080	0.75	1.74319	49.3	0.5530	20.30	-23.64	
24	48.123	2.50	1.84649	23.9	0.6217	22.10	51.28	
25	-480.882	(可変)				22.60		
26(絞リ)		1.00				27.32		
27	213.087	4.56	1.67789	50.7	0.5557	28.40	58.20	
28	-48.278	0.15				29.00		
29	251.197	2.68	1.53171	48.8	0.5630	29.40	173.87	
30	-146.880	0.15				29.40		20
31	64.273	6.50	1.48749	70.2	0.5300	29.30	46.47	
32	-34.000	1.00	1.88299	40.8	0.5667	28.90	-50.42	
33	-143.156	33.33				29.00		
34	72.683	5.32	1.48749	70.2	0.5300	30.11	61.28	
35	-49.795	0.48				29.91		
36	-162.679	1.00	1.88299	40.8	0.5667	28.72	-27.77	
37	29.158	6.89	1.50127	56.5	0.5536	27.70	42.85	
38	-76.337	0.19				27.75		
39	44.181	5.41	1.59240	68.3	0.5456	27.19	39.52	
40	-47.903	1.00	1.88299	40.8	0.5667	26.74	-43.28	30
41	196.472	0.38				26.12		
42	45.465	4.93	1.50127	56.5	0.5536	25.71	83.93	
43	-575.920	4.50				25.10		
44		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00		
45		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00		
46						40.00		
像面								

## 非球面データ

## 第1面

K = -1.25859e+003 A 4= -8.38928e-008 A 6= 4.54912e-010 A 8= 4.22884e-014  
A10= 2.24001e-016 A12= -2.29442e-020 A14= 1.10046e-023 A16= 1.10330e-028  
A 3= 1.96408e-006 A 5= 3.38219e-008 A 7= -3.02637e-011 A 9= 1.27599e-015 A11=  
-3.00102e-018 A13= -8.30007e-023 A15= -3.88796e-026

## 第8面

K = -7.15484e+000 A 4= 7.25730e-007 A 6= 1.23088e-010 A 8= -4.16171e-013 A10=  
-1.39659e-017 A12= 1.45649e-020 A14= 2.74632e-022 A16= -1.10450e-025  
A 3= 1.57431e-007 A 5= 1.61155e-009 A 7= 5.79687e-012 A 9= 1.11807e-014 A11=  
-1.34509e-017 A13= 1.33395e-021 A15= -1.81734e-025

10

20

30

40

50

## 各種データ

ズーム比	18.00		
広角	中間	望遠	
焦点距離	6.00	25.44	108.00
Fナンバー	1.92	1.93	3.15
画角	42.51	12.20	2.92
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	303.38	303.38	303.38
BF	11.05	11.05	11.05
d15	0.90	34.06	47.76
d22	49.20	10.18	7.86
d25	6.52	12.38	1.00

10

入射瞳位置	42.99	96.78	236.14
射出瞳位置	246373886.20	246373867.63	246373872.72
前側主点位置	48.99	122.22	344.14
後側主点位置	5.05	-14.39	-96.95

20

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	42.00	92.46	50.47	24.09
2	16	-13.70	14.27	2.82	-7.45
3	23	-44.51	3.26	-0.18	-1.97
4	26	49.05	125.72	49.05	-104.30

合焦可変間隔	無限遠	R1面より2.8m	至近 (R1面より0.4m)
d6	0.99	2.10	7.92
d8	8.60	7.49	1.67

30

【0 1 1 3】

&lt; 数値実施例 2 &gt;

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	139.466	2.97	1.80099	35.0	0.5863	87.78	-77.64
2	42.802	22.86				70.11	
3	-143.970	2.10	1.77249	49.6	0.5521	70.01	-145.10
4	520.766	2.18				70.20	
5	95.567	5.51	1.94087	17.4	0.6775	71.40	196.99
6	189.094	1.28				70.80	
7	203.867	8.52	1.51633	64.1	0.5352	70.55	173.67
8*	-158.851	11.68				69.91	
9	108.617	2.10	1.84666	23.8	0.6205	63.93	-125.61
10	53.522	14.47	1.43875	94.9	0.5343	61.65	91.52
11	-148.989	0.15				61.61	
12	140.481	8.58	1.43387	95.1	0.5373	60.08	160.61
13	-136.400	0.15				59.48	
14	71.351	8.84	1.59522	67.7	0.5442	55.69	100.89
15	-370.020 (可変)					54.71	
16*	30.322	1.00	1.77249	49.6	0.5521	23.22	-21.53

40

50

17	10.620	7.27				17.85		
18	-21.992	4.09	1.80809	22.8	0.6307	17.34	26.04	
19	-11.714	0.75	1.88299	40.8	0.5667	17.35	-16.31	
20	-63.014	0.18				17.70		
21	19.747	1.79	1.84666	23.8	0.6205	17.45	137.05	
22	22.756 (可変)					17.10		
23	-25.317	0.75	1.74319	49.3	0.5530	20.30	-21.65	
24	45.343	2.54	1.84649	23.9	0.6217	22.10	49.03	
25	-539.401 (可変)					22.60		
26(絞リ)		1.00				30.61		10
27	236.053	5.02	1.65844	50.9	0.5561	31.82	62.08	
28	-49.299	0.15				32.49		
29	493.345	3.46	1.53171	48.8	0.5630	33.10	139.21	
30	-87.374	0.15				33.26		
31	62.611	7.41	1.48749	70.2	0.5300	33.05	50.67	
32	-39.433	1.00	1.88299	40.8	0.5667	32.70	-47.93	
33	-541.390	37.24				32.82		
34	115.411	5.87	1.50127	56.5	0.5536	32.87	72.71	
35	-52.694	0.48				32.67		
36	-208.518	1.00	1.88299	40.8	0.5667	31.42	-31.08	20
37	31.892	7.12	1.50127	56.5	0.5536	30.39	44.06	
38	-67.401	0.19				30.45		
39	50.092	6.18	1.43875	94.9	0.5343	29.70	55.95	
40	-46.560	1.00	1.88299	40.8	0.5667	29.20	-48.04	
41	515.559	0.38				28.94		
42	42.390	5.02	1.50127	56.5	0.5536	28.71	66.41	
43	-151.923	4.50				28.16		
44		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00		
45		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00		
46						40.00		30
像面								

## 非球面データ

## 第8面

K = -1.45527e+001 A 4= 2.17481e-007 A 6= 6.17762e-011 A 8= 6.40744e-015 A10= -2.90221e-016 A12= 5.55553e-022 A14= 1.73124e-022 A16= -6.91961e-026  
A 3= 8.42467e-007 A 5= -3.13911e-009 A 7= 1.93241e-012 A 9= 1.19506e-015  
A11= 1.05023e-018 A13= 2.87234e-021 A15= -2.47382e-024

## 第16面

K = 3.07867e+000 A 4= -2.86607e-006 A 6= 7.44419e-008 A 8= -4.40751e-009 A10= -2.32067e-011 A12= 2.46229e-013 A14= -2.08883e-015 A16= 2.73272e-018  
A 3= 4.84892e-005 A 5= -1.47193e-006 A 7= 3.05669e-008 A 9= 7.08842e-011  
A11= 2.51171e-012 A13= -1.08921e-014 A15= 6.18019e-017

## 各種データ

ズーム比 24.00

広角 中間 望遠

焦点距離 6.20 30.32 148.80

Fナンバー 1.86 1.86 4.33

画角	41.58	10.28	2.12
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	319.88	319.88	319.88
BF	16.94	16.94	16.94

d15	0.90	33.62	45.10
d22	46.36	9.51	13.61
d25	12.45	16.58	1.00

入射瞳位置	50.13	123.03	357.03
射出瞳位置	1552.95	1552.95	1552.95
前側主点位置	56.35	153.95	520.24
後側主点位置	10.74	-13.38	-131.86

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	42.06	91.43	54.43	19.63
2	16	-13.50	15.09	2.76	-8.22
3	23	-39.34	3.30	-0.15	-1.96
4	26	57.69	133.41	59.75	-120.15

20

合焦可変間隔	無限遠	R1面より2.8m	至近 ( R1面より0.4m )
d6	1.28	3.18	12.77
d8	11.68	9.78	0.19

【 0 1 1 4 】

&lt; 数値実施例 3 &gt;

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	151.483	4.70	1.77249	49.6	0.5521	185.86	-325.91
2	93.463	54.62				158.63	
3	-473.026	4.50	1.80400	46.6	0.5572	155.17	-220.91
4	287.959	0.15				149.87	
5	170.429	7.32	1.92286	18.9	0.6495	149.67	853.36
6	212.264	11.53				148.09	
7	774.767	20.53	1.43387	95.1	0.5373	147.69	359.69
8	-194.462	0.20				147.14	
9	668.779	4.40	1.80000	29.8	0.6017	133.42	-220.76
10	140.174	22.07	1.45599	90.3	0.5340	125.47	225.76
11	-372.165	58.54				124.70	
12	-789.112	10.52	1.43387	95.1	0.5373	119.65	618.79
13	-201.507	0.15				120.56	
14	354.789	17.36	1.49699	81.5	0.5374	121.98	255.19
15	-195.067	0.15				121.86	
16	139.448	8.11	1.62041	60.3	0.5426	112.53	438.77
17	278.370	(可変)				111.40	
18	-235.858	1.50	1.77249	49.6	0.5521	39.18	-67.04
19	66.960	7.22				37.63	
20	-55.511	2.00	1.77249	49.6	0.5521	37.51	-61.37
21	341.403	4.96				38.99	
22	-59.175	1.50	1.83480	42.7	0.5642	39.56	-52.21

30

40

50

23	170.960	11.58	1.80518	25.4	0.6161	43.51	37.88	
24	-36.409	0.15				45.05		
25	-43.367	1.50	1.85025	32.3	0.5929	44.99	-85.45	
26	-108.120	(可変)				47.66		
27	109.469	10.16	1.60311	60.6	0.5414	52.63	92.99	
28*	-111.878	0.20				53.01		
29	-269.420	5.64	1.60311	60.6	0.5414	52.84	334.77	
30	-116.587	0.20				53.11		
31	125.919	2.00	1.84666	23.8	0.6205	52.13	-104.24	
32	51.808	10.32	1.63999	60.1	0.5370	50.48	94.44	10
33	326.649	0.20				49.63		
34	96.325	6.42	1.60311	60.6	0.5414	49.15	175.75	
35	990.483	(可変)				48.02		
36(絞リ)		3.55				30.33		
37	-67.968	1.50	1.72915	54.7	0.5444	29.15	-31.15	
38	34.667	6.26	1.84666	23.8	0.6205	28.32	68.64	
39	77.647	4.74				27.50		
40	-44.403	1.80	1.80609	40.9	0.5701	27.45	-37.65	
41	99.465	16.17	1.78472	25.7	0.6161	28.80	44.39	
42	-50.460	27.97				32.22		20
43	-64.859	1.80	1.69679	55.5	0.5433	31.19	-41.15	
44	52.386	7.62	1.50137	56.4	0.5533	32.33	44.46	
45	-37.191	0.20				32.71		
46	486.946	1.80	1.83400	37.2	0.5775	32.55	-48.61	
47	37.584	6.77	1.49699	81.5	0.5374	32.29	54.25	
48	-90.618	0.20				32.55		
49	180.834	7.10	1.49699	81.5	0.5374	32.68	53.96	
50	-31.185	1.80	1.80000	29.8	0.6017	32.64	-64.75	
51	-79.429	0.50				33.50		
52	60.980	7.57	1.48749	70.2	0.5300	33.45	58.37	30
53	-51.501	5.00				32.96		
54		33.00	1.60859	46.4	0.5664	60.00		
55		13.20	1.51633	64.2	0.5352	60.00		
56						60.00		

像面

## 非球面データ

## 第28面

$K = -1.97208e+001$     $A_4 = -1.18953e-006$     $A_6 = 1.14402e-009$     $A_8 = -6.00249e-013$   
 $A_{10} = 3.28185e-016$     $A_{12} = -5.28100e-020$   
 $A_3 = -2.65793e-007$     $A_5 = 4.53173e-010$     $A_7 = 4.88497e-014$     $A_9 = -6.15629e-015$   
 $A_{11} = 1.51300e-018$

40

## 各種データ

ズーム比      18.50  
 広角            中間            望遠  
 焦点距離      7.20            31.78            133.20  
 Fナンバー      1.54            1.54            1.85  
 画角            37.38            9.82            2.36  
 像高            5.50            5.50            5.50

50

レンズ全長	606.40	606.40	606.40
BF	12.20	12.20	12.20

d17	6.52	76.52	106.77
d26	146.43	60.48	1.99
d35	2.15	18.11	46.35

入射瞳位置	133.16	233.11	554.31
射出瞳位置	89.01	89.01	89.01
前側主点位置	141.04	278.05	918.50
後側主点位置	5.00	-19.58	-121.00

10

## 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	103.68	224.92	152.84	59.27
2	18	-29.50	30.42	2.76	-21.32
3	27	52.50	35.16	8.20	-14.33
4	36	30.60	148.60	49.49	8.85

合焦可変間隔	無限遠	R1面より3.5m	至近 ( R1面より0.6m )
d6	11.53	18.50	44.25
d11	58.54	51.58	25.82

20

【 0 1 1 5 】

&lt; 数値実施例 4 &gt;

## 面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1	149.405	4.70	1.80099	35.0	0.5863	182.26	-309.13
2	92.106	52.38				155.69	
3	-419.430	4.50	1.74399	44.8	0.5655	153.83	-198.51
4	230.902	0.15				148.04	
5	168.005	10.46	1.94087	17.4	0.6775	148.44	552.17
6	239.255	13.37				146.43	
7	612.152	22.14	1.43387	95.1	0.5373	144.99	349.15
8	-199.762	0.20				143.95	
9	582.964	4.40	1.80000	29.8	0.6017	130.73	-220.91
10	135.978	23.97	1.45599	90.3	0.5340	122.84	229.89
11	-437.361	52.78				120.78	
12	-993.294	9.49	1.43387	95.1	0.5373	120.52	622.70
13	-213.435	0.15				121.14	
14	381.537	20.01	1.49699	81.5	0.5374	122.54	257.86
15	-190.447	0.15				122.33	
16	138.193	8.22	1.62041	60.3	0.5426	112.88	433.89
17	276.340	(可変)				111.75	
18	-247.164	1.50	1.77249	49.6	0.5521	39.17	-62.23
19	60.195	7.94				37.52	
20	-49.578	2.00	1.77249	49.6	0.5521	37.46	-61.96
21	1635.970	4.36				39.32	
22	-62.443	1.50	1.81600	46.6	0.5568	39.91	-63.71
23	323.894	10.55	1.80518	25.4	0.6161	43.42	40.88
24	-36.483	0.15				44.79	

30

40

50

25	-43.726	1.50	1.85025	32.3	0.5929	44.75	-86.04	
26	-109.220	(可変)				47.37		
27	115.247	10.16	1.60311	60.6	0.5414	52.26	95.64	
28*	-112.526	0.20				52.71		
29	-323.757	5.64	1.60311	60.6	0.5414	52.56	337.60	
30	-126.125	0.20				52.78		
31	144.643	2.00	1.84666	23.8	0.6205	52.03	-107.32	
32	55.789	10.32	1.63999	60.1	0.5370	50.64	96.11	
33	535.428	0.20				49.92		
34	98.352	6.42	1.60311	60.6	0.5414	49.42	167.90	10
35	2945.798	(可変)				48.38		
36(絞り)		3.55				30.62		
37	-67.619	1.50	1.72915	54.7	0.5444	29.47	-32.63	
38	37.306	6.34	1.84666	23.8	0.6205	28.68	76.19	
39	80.459	4.77				27.84		
40	-44.494	1.80	1.80609	40.9	0.5701	27.80	-37.54	
41	98.083	15.67	1.78472	25.7	0.6161	29.21	43.27	
42	-48.958	28.17				32.52		
43	-64.087	1.80	1.69679	55.5	0.5433	31.15	-40.49	
44	51.397	7.73	1.50137	56.4	0.5533	32.27	44.17	20
45	-37.229	0.20				32.67		
46	476.070	1.80	1.83400	37.2	0.5775	32.50	-48.50	
47	37.438	6.85	1.49699	81.5	0.5374	32.22	53.90	
48	-89.373	0.20				32.49		
49	194.903	7.05	1.49699	81.5	0.5374	32.60	54.28	
50	-31.041	1.80	1.80000	29.8	0.6017	32.56	-64.06	
51	-79.799	0.50				33.42		
52	60.650	7.56	1.48749	70.2	0.5300	33.39	58.00	
53	-51.136	5.00				32.91		
54		33.00	1.60859	46.4	0.5664	60.00		30
55		13.20	1.51633	64.2	0.5352	60.00		
56						60.00		

像面

## 非球面データ

## 第28面

$K = -1.97208e+001$     $A_4 = -1.20648e-006$     $A_6 = 1.15627e-009$     $A_8 = -5.89069e-013$   
 $A_{10} = 2.94176e-016$     $A_{12} = -1.55822e-020$   
 $A_3 = -2.02029e-007$     $A_5 = -2.98022e-011$     $A_7 = -1.19356e-012$     $A_9 = -4.60664e-015$   
 $A_{11} = 3.20284e-019$

40

## 各種データ

ズーム比	18.50		
広角	中間	望遠	
焦点距離	7.20	31.78	133.20
Fナンバー	1.54	1.54	1.85
画角	37.38	9.82	2.36
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	608.08	608.08	608.08
BF	12.12	12.12	12.12

50

d17	7.08	77.08	107.33
d26	146.43	60.48	1.99
d35	2.15	18.11	46.35

入射瞳位置	131.36	231.10	548.65
射出瞳位置	90.90	90.90	90.90
前側主点位置	139.21	275.70	907.06
後側主点位置	4.92	-19.66	-121.08

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	-139.74	72.19	32.84	-25.64
2	7	368.62	50.72	16.58	-18.48
3	12	129.54	38.03	14.20	-11.22
4	18	-29.50	29.51	2.75	-20.70
5	27	52.50	35.16	8.81	-13.84
6	36	31.06	148.53	49.93	8.72

合焦可変間隔	無限遠	R1面より3.5m	至近 (R1面より0.6m)
d6	13.37	20.18	45.46
d11	52.77	45.97	20.69

20

【 0 1 1 6 】

&lt; 数値実施例 5 &gt;

面データ

第 i 面	ri	di	ndi	di	gFi	有効径	焦点距離
1*	2590.919	4.70	1.74399	44.8	0.5655	156.91	-136.32
2	98.027	33.69				132.16	
3	-305.776	4.50	1.74399	44.8	0.5655	131.89	-573.78
4	-1070.252	0.15				132.06	
5	170.788	7.21	1.94087	17.4	0.6775	131.12	737.87
6	220.893	9.04				129.48	
7	382.168	19.43	1.43387	95.1	0.5373	128.25	317.72
8	-213.140	0.20				127.03	
9	390.016	4.40	1.80000	29.8	0.6017	116.31	-221.56
10	121.910	18.41	1.45599	90.3	0.5340	109.26	222.57
11	-586.465	38.27				108.05	
12	-646.357	8.18	1.43387	95.1	0.5373	119.51	755.90
13	-218.767	0.15				120.18	
14	318.623	20.33	1.49699	81.5	0.5374	122.16	246.22
15	-195.394	0.15				121.97	
16	131.275	9.12	1.62041	60.3	0.5426	112.74	407.89
17	264.376	(可変)				111.32	
18	651.688	1.50	1.80400	46.6	0.5572	38.50	-55.79
19	42.126	10.81				36.30	
20	-32.950	2.00	1.80400	46.6	0.5572	36.31	-58.52
21	-111.576	3.36				39.53	
22	-50.260	1.50	1.81600	46.6	0.5568	40.22	-73.58
23	-304.592	9.78	1.80518	25.4	0.6161	44.14	47.09
24	-34.489	0.15				45.69	

30

40

50

25	-47.142	1.50	1.83400	37.2	0.5775	46.08	-118.90	
26	-90.643	(可変)				48.47		
27	116.559	8.09	1.60311	60.6	0.5414	53.72	97.47	
28*	-116.415	0.20				53.93		
29	288.931	5.10	1.60311	60.6	0.5414	53.72	193.48	
30	-195.738	0.20				53.60		
31	164.757	2.00	1.75519	27.5	0.6103	52.47	-69.84	
32	40.003	9.44	1.63853	55.4	0.5485	49.93	79.57	
33	168.016	0.20				49.41		
34	89.418	7.42	1.62041	60.3	0.5426	49.14	150.38	10
35	1906.450	(可変)				47.87		
36(絞リ)		3.55				30.13		
37	-75.399	1.50	1.72915	54.7	0.5444	28.83	-24.86	
38	24.212	4.73	1.84666	23.8	0.6205	27.69	40.88	
39	71.677	5.08				27.29		
40	-39.628	1.80	1.74399	44.8	0.5655	27.14	-36.33	
41	88.188	14.62	1.73799	32.3	0.5899	28.46	49.45	
42	-58.581	20.51				31.29		
43	-69.696	1.80	1.69679	55.5	0.5433	31.83	-54.64	
44	85.624	10.25	1.50137	56.4	0.5533	32.92	52.89	20
45	-37.107	0.20				34.21		
46	207.714	1.80	1.83400	37.2	0.5775	33.82	-59.09	
47	39.880	10.09	1.49699	81.5	0.5374	33.26	54.23	
48	-76.854	0.20				33.56		
49	120.686	9.69	1.49699	81.5	0.5374	33.15	45.97	
50	-27.528	1.80	1.83400	37.2	0.5775	32.58	-43.61	
51	-114.287	0.50				33.34		
52	80.240	6.87	1.49699	81.5	0.5374	33.32	59.11	
53	-45.236	5.00				33.02		
54		33.00	1.60859	46.4	0.5664	60.00		30
55		13.20	1.51633	64.2	0.5352	60.00		
56						60.00		

像面

## 非球面データ

## 第1面

K = -1.94940e+001 A 4= 3.37466e-009 A 6= -1.24645e-011 A 8= 4.11242e-016 A10= -3.00083e-019 A12= 1.55028e-024  
A 3= -4.12463e-008 A 5= 9.25913e-010 A 7= 4.86300e-014 A 9= 1.34678e-017  
A11= 1.20303e-021

40

## 第28面

K = -1.97208e+001 A 4= -1.01152e-006 A 6= 1.09101e-009 A 8= -5.26261e-013  
A10= 2.80516e-016 A12= 8.91198e-020  
A 3= -1.06351e-006 A 5= -5.93506e-009 A 7= 3.69693e-013 A 9= -3.16897e-015 A11= -4.98782e-018

## 各種データ

ズーム比 18.50  
広角 中間 望遠

50

焦点距離	7.20	31.78	133.20
Fナンバー	1.54	1.54	1.85
画角	37.38	9.82	2.36
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	553.95	553.95	553.95
BF	11.92	11.92	11.92

d17	5.94	75.94	106.19
d26	146.46	60.50	2.01
d35	2.15	18.11	46.35

10

入射瞳位置	95.67	195.77	519.64
射出瞳位置	101.30	101.30	101.30
前側主点位置	103.45	238.86	851.35
後側主点位置	4.72	-19.86	-121.28

## 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	103.68	177.96	115.34	58.40
2	18	-29.50	30.62	2.46	-23.43
3	27	52.50	32.66	6.05	-14.69
4	36	32.06	146.24	48.96	8.42

20

合焦可変間隔	無限遠	R1面より3.5m	至近 ( R1面より0.6m )
d6	9.04	14.42	35.59
d11	38.27	32.88	11.71

【 0 1 1 7 】

【表 1】

表 1 数値実施例 1～5 における各条件式対応値

式番号	式	数値実施例				
		1	2	3	4	5
(1)	$\frac{\theta_{11p} - \theta_{11n}}{v_{11p} - v_{11n}}$	-0.00344	-0.00435	-0.00325	-0.00452	-0.00409
(2)	$f_{11cp}/f_{11}$	-4.19	-2.99	-6.05	-3.95	-5.84
(3)	$v_{11p} - v_{11n}$	30.64	28.44	29.16	22.48	27.38
(4)	$fT/f_{11}$	2.57	3.54	1.28	1.28	1.28
(5)	$\frac{\theta_{2p} - \theta_{2n}}{v_{2p} - v_{2n}}$	-0.00368	-0.00302	-0.00280	-0.00276	-0.00287
	$-7.5 \times 10^{-4} \times \frac{fT}{f_{11}}$ $-2.0 \times 10^{-3}$	-0.00393	-0.00465	-0.00296	-0.00296	-0.00296
(6)	$\frac{(\theta_{42p} - \theta_{42n})}{(v_{42p} - v_{42n})}$			2.752	2.752	2.514
	$\frac{(\theta_{43p} - \theta_{43n})}{(v_{43p} - v_{43n})}$					
(7)	$\frac{(\theta_{4ap} - \theta_{4an})}{(v_{4ap} - v_{4an})}$	1.137	1.509			
	$\frac{(\theta_{4bp} - \theta_{4bn})}{(v_{4bp} - v_{4bn})}$					
	$f_{11}$	-52.91	-65.86	-141.17	-139.74	-126.29
	$\frac{\theta_{42p} - \theta_{42n}}{v_{42p} - v_{42n}}$			-0.00302	-0.00302	-0.00195
	$\frac{\theta_{43p} - \theta_{43n}}{v_{43p} - v_{43n}}$			-0.00110	-0.00110	-0.00077
	$\frac{\theta_{4ap} - \theta_{4an}}{v_{4ap} - v_{4an}}$	-0.00108	-0.00107			
	$\frac{\theta_{4bp} - \theta_{4bn}}{v_{4bp} - v_{4bn}}$	-0.00095	-0.00071			

【 0 1 1 8 】

【表 2】

表 2 数値実施例 1 における第 1 群、  
第 2 群の各面の  $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$  と式 (19) の対応値

群番号	面番号	$hW_i$	$HW_i$	$hT_i$	$HT_i$	式(19)
第11群	1	1.000	-7.165	18.000	-2.187	-0.100
	2	0.999	-6.887	17.985	-2.170	-0.100
	3	1.374	-6.275	24.733	-2.806	-0.100
	4	1.401	-6.255	25.217	-2.853	-0.100
	5	1.426	-6.247	25.661	-2.897	-0.100
	6	1.450	-6.009	26.092	-2.926	-0.100
第2群	16	1.552	-1.930	7.856	-0.531	-0.020
	17	1.507	-1.817	7.464	-0.493	-0.018
	18	1.825	-1.447	6.878	-0.303	0.013
	19	1.987	-1.433	7.078	-0.273	0.020
	20	2.026	-1.428	7.121	-0.266	0.021
	21	2.048	-1.429	7.157	-0.263	0.022
	22	2.115	-1.363	7.070	-0.228	0.028

10

【 0 1 1 9 】

【表 3】

表 3 数値実施例 2 における第 1 群、  
第 2 群の各面の  $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$  と式 (19) の対応値

群番号	面番号	$hW_i$	$HW_i$	$hT_i$	$HT_i$	式(19)
第11群	1	1.000	-8.085	24.000	-2.399	-0.086
	2	0.990	-7.743	23.772	-2.366	-0.086
	3	1.285	-6.322	30.839	-2.914	-0.086
	4	1.308	-6.289	31.401	-2.961	-0.086
	5	1.356	-6.248	32.543	-3.057	-0.086
	6	1.379	-6.019	33.101	-3.095	-0.086
第2群	16	1.445	-2.018	9.466	-0.631	-0.035
	17	1.411	-1.907	9.008	-0.591	-0.033
	18	1.719	-1.492	7.882	-0.387	-0.008
	19	1.959	-1.489	8.193	-0.356	0.000
	20	2.006	-1.492	8.268	-0.351	0.001
	21	2.022	-1.489	8.281	-0.348	0.002
	22	2.024	-1.414	8.004	-0.318	0.005

30

【 0 1 2 0 】

【表 4】

表 4 数値実施例 3 における第 1 群、  
第 2 群の各面の  $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$  と式 (19) の対応値

群番号	面番号	$hW_i$	$HW_i$	$hT_i$	$HT_i$	式(19)
第11群	1	1.000	-18.495	18.500	-4.161	-0.171
	2	0.986	-17.877	18.249	-4.085	-0.171
	3	1.154	-13.222	21.351	-4.364	-0.171
	4	1.167	-13.066	21.583	-4.395	-0.171
	5	1.168	-13.062	21.606	-4.399	-0.171
	6	1.175	-12.693	21.740	-4.401	-0.171
第2群	18	1.509	-3.203	10.026	-1.277	-0.081
	19	1.505	-3.117	9.903	-1.249	-0.080
	20	1.597	-2.641	9.682	-1.120	-0.073
	21	1.637	-2.608	9.799	-1.118	-0.072
	22	1.829	-2.494	10.430	-1.119	-0.067
	23	1.882	-2.505	10.654	-1.132	-0.067
	24	2.298	-2.586	12.422	-1.237	-0.063
	25	2.300	-2.579	12.421	-1.235	-0.063
	26	2.348	-2.584	12.619	-1.246	-0.063

10

20

【 0 1 2 1 】

【表 5】

表 5 数値実施例 4 における第 1 群、  
第 2 群の各面の  $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$  と式 (19) の対応値

群番号	面番号	$hW_i$	$HW_i$	$hT_i$	$HT_i$	式(19)
第11群	1	1.000	-18.244	18.500	-4.119	-0.170
	2	0.986	-17.626	18.240	-4.042	-0.170
	3	1.155	-13.277	21.375	-4.337	-0.170
	4	1.169	-13.124	21.627	-4.372	-0.170
	5	1.170	-13.121	21.653	-4.376	-0.170
	6	1.183	-12.632	21.894	-4.390	-0.170
第2群	18	1.509	-3.200	10.024	-1.261	-0.080
	19	1.505	-3.113	9.900	-1.233	-0.079
	20	1.620	-2.618	9.747	-1.103	-0.070
	21	1.665	-2.594	9.897	-1.104	-0.069
	22	1.842	-2.506	10.499	-1.110	-0.066
	23	1.895	-2.517	10.726	-1.123	-0.065
	24	2.273	-2.592	12.334	-1.216	-0.062
	25	2.275	-2.585	12.334	-1.214	-0.062
	26	2.323	-2.590	12.530	-1.224	-0.062

30

40

【 0 1 2 2 】

【表 6】

表 6 数値実施例 5 における第 1 1 群、  
第 2 群の各面の  $hW_i$ 、 $HW_i$ 、 $hT_i$ 、 $HT_i$  と式 (19) の対応値

群番号	面番号	$hW_i$	$HW_i$	$hT_i$	$HT_i$	式(19)
第11群	1	1.000	-13.288	18.500	-3.901	-0.173
	2	0.999	-12.904	18.486	-3.878	-0.173
	3	1.246	-11.412	23.058	-4.584	-0.173
	4	1.273	-11.370	23.553	-4.667	-0.173
	5	1.275	-11.366	23.579	-4.671	-0.173
	6	1.283	-11.042	23.742	-4.682	-0.173
第2群	18	1.506	-3.171	9.973	-1.277	-0.082
	19	1.496	-3.074	9.814	-1.246	-0.081
	20	1.682	-2.453	9.787	-1.089	-0.070
	21	1.747	-2.456	10.049	-1.103	-0.069
	22	1.901	-2.405	10.604	-1.117	-0.067
	23	1.965	-2.425	10.883	-1.135	-0.066
	24	2.379	-2.554	12.704	-1.256	-0.063
	25	2.382	-2.549	12.710	-1.255	-0.063
	26	2.434	-2.557	12.925	-1.268	-0.063

10

20

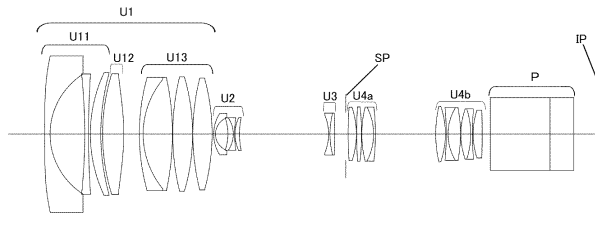
## 【符号の説明】

## 【0123】

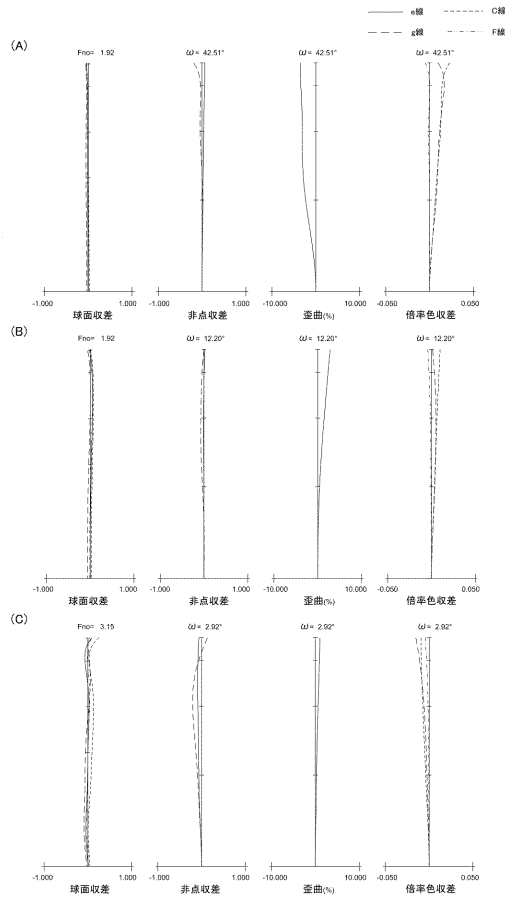
- U 1 : 正の屈折力の第 1 群  
 U 1 1 : 正の屈折力の第 1 1 群  
 U 1 2 : 正の屈折力の第 1 2 群  
 U 1 3 : 正の屈折力の第 1 3 群  
 U 2 : 負の屈折力の第 2 群  
 U 3 : 第 3 群  
 U 4 : 正の屈折力の第 4 群  
 S P : 開口絞り  
 1 0 1 : ズームレンズ  
 F : 第 1 群  
 L Z : 変倍部  
 R : 第 4 群

30

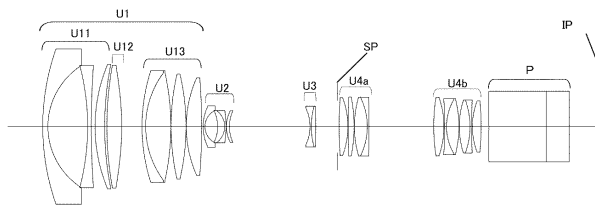
【図 1】



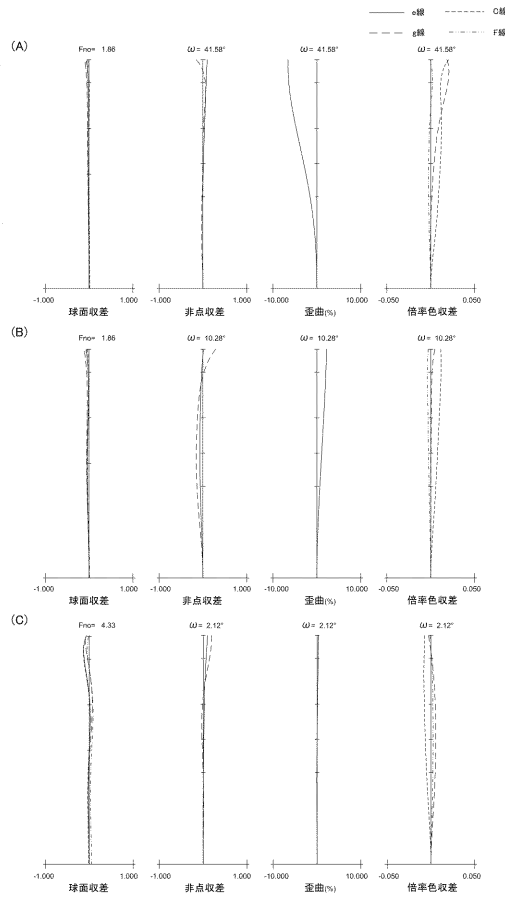
【図 2】



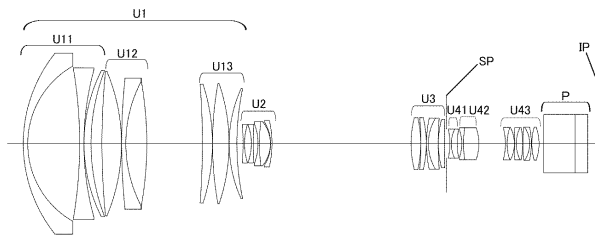
【図 3】



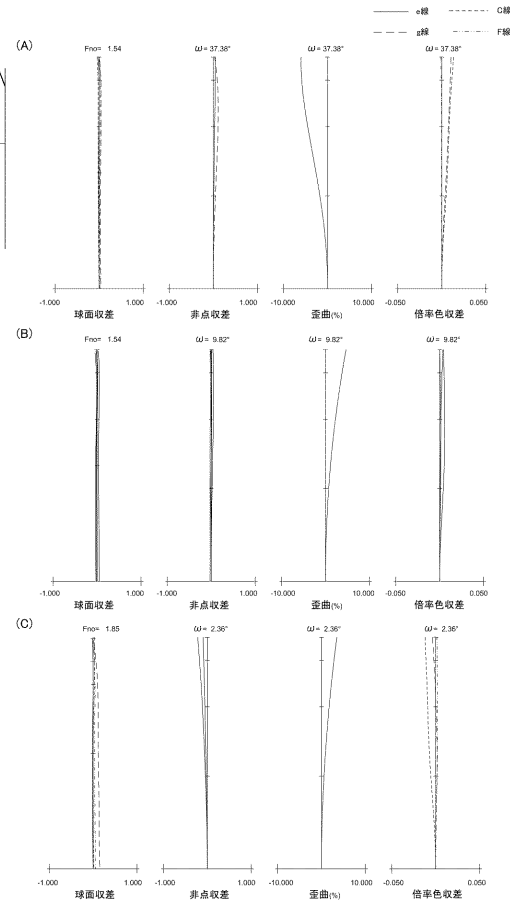
【図 4】



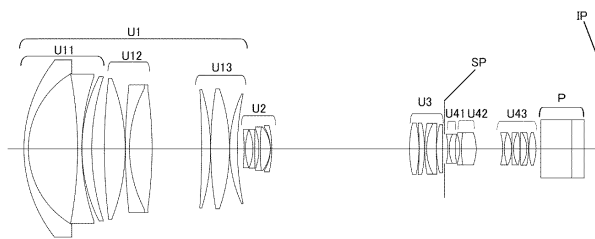
【図 5】



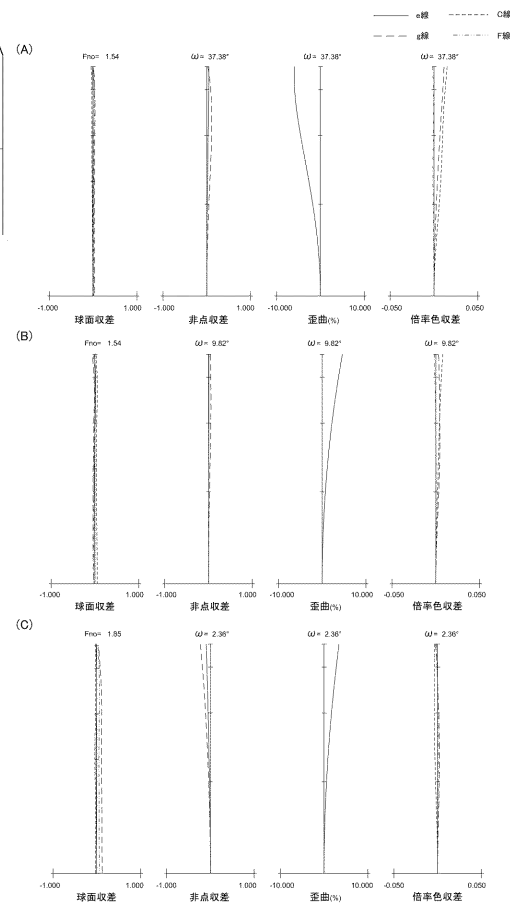
【図 6】



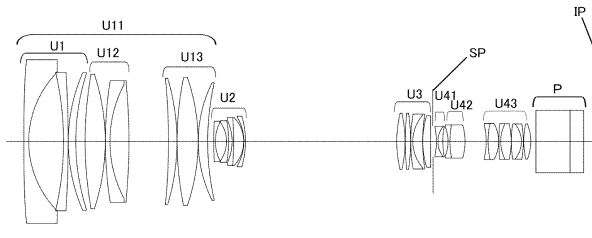
【図 7】



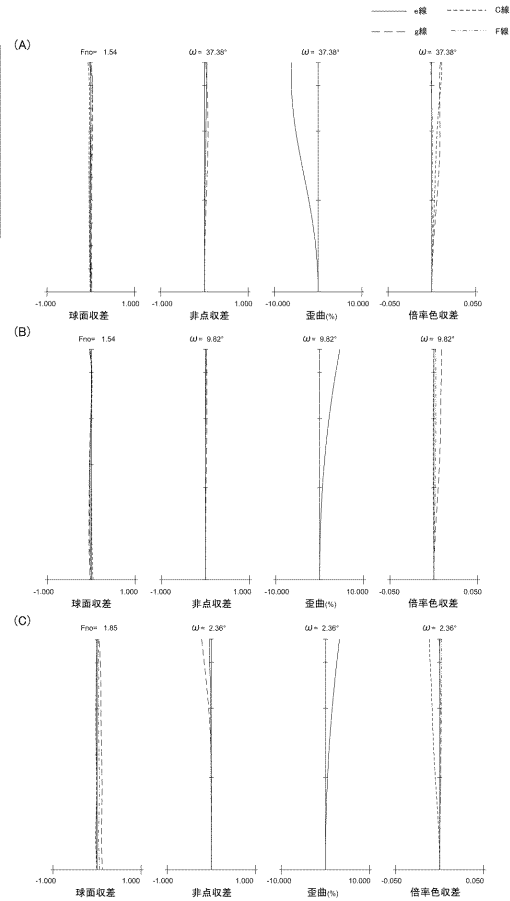
【図 8】



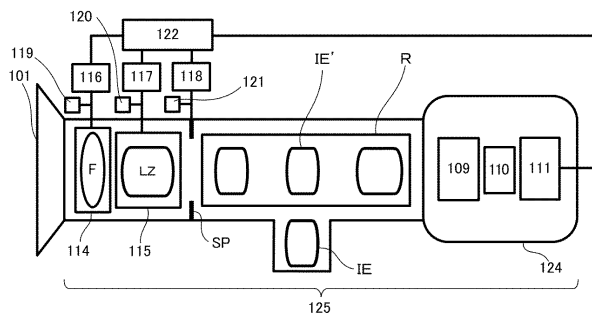
【図 9】



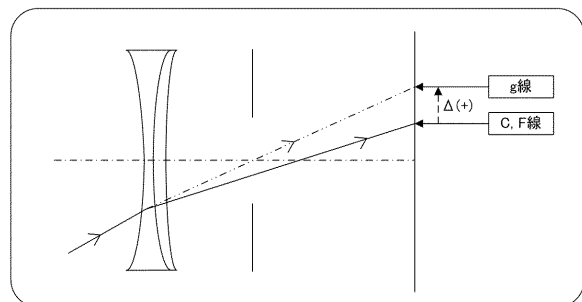
【図 10】



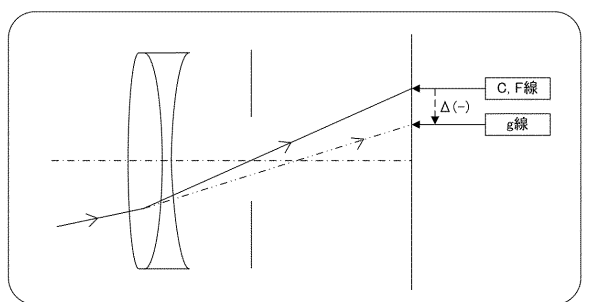
【図 11】



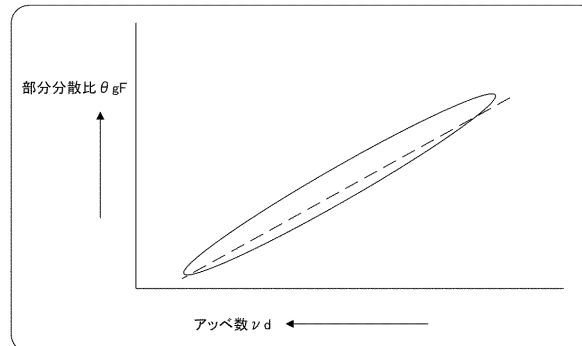
【図 13】



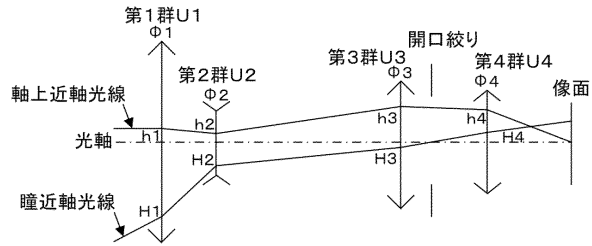
【図 12】



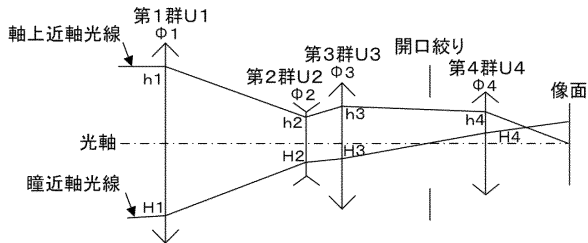
【図 14】



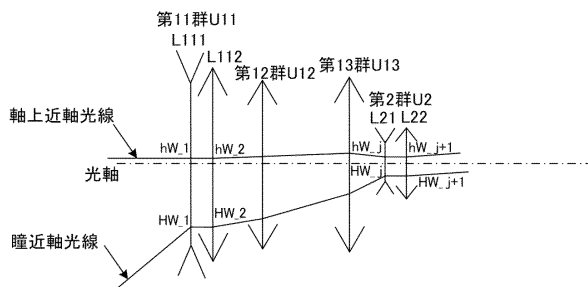
【図 15】



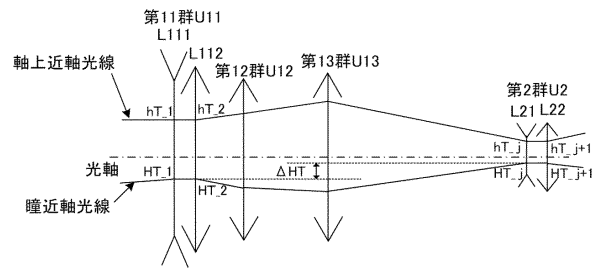
【図 16】



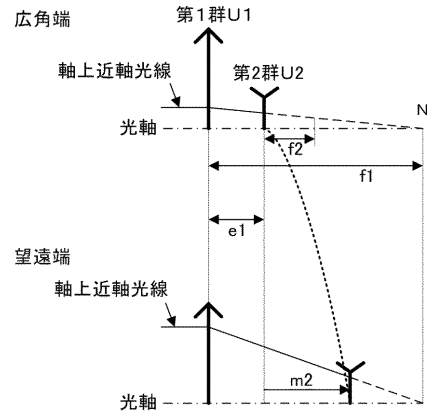
【図 17】



【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 三條 陽太郎

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 瀬戸 息吹

(56)参考文献 特開2009-282201(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0290229(US,A1)

特開2004-341237(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0303596(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04