

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5610944号
(P5610944)

(45) 発行日 平成26年10月22日(2014.10.22)

(24) 登録日 平成26年9月12日(2014.9.12)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/167 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/167
G02B 13/18

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2010-204249 (P2010-204249)
 (22) 出願日 平成22年9月13日 (2010.9.13)
 (65) 公開番号 特開2012-58660 (P2012-58660A)
 (43) 公開日 平成24年3月22日 (2012.3.22)
 審査請求日 平成25年9月13日 (2013.9.13)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 井元 悠
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 矢北 真一郎
 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 森内 正明

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、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第4レンズ群から構成されるズームレンズであって、

前記第4レンズ群は、物体側から順に、該第4レンズ群内で最も長い空気間隔を挟んで、正の屈折力の第41レンズ群と、正の屈折力の第42レンズ群で構成されており、

前記第42レンズ群に含まれる正レンズのうち最も分散の大きい第1正レンズの材料のアッベ数を m 、該第42レンズ群内の、該第1正レンズ以外の正レンズの材料の平均アッベ数を r_p 、前記第42レンズ群内の負レンズの材料の平均アッベ数を r_n 、前記第42レンズ群の屈折力を r 、前記第1正レンズの屈折力を m とするとき、

$$0.400 < m / (r_p - r_n) < 0.630$$

$$0.30 < m / r < 1.30$$

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41レンズ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 f_p 、 f_p 、前記第41レンズ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 f_n 、 f_n とするとき、

$$2.1 \times 10^{-3} < (f_n - f_p) / (f_p - f_n) < 3.7 \times 10^{-3}$$

を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

10

20

【請求項 3】

前記第41レンズ群の屈折力を f とするとき、

$$\underline{0.2} < m / f < 1.1$$

を満足することを特徴とする請求項1又は2記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第1正レンズの部分分散比を m とするとき、

$$-1.65 \times 10^{-3} < (m - 0.652) / m < 0$$

$$1.5 < m < 3.0$$

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

【請求項 5】

前記第1正レンズは、単レンズとして配置されていることを特徴とする請求項1乃至4いずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第41レンズ群は少なくとも1枚以上の正レンズと、正レンズと負レンズを接合した接合レンズとを含むことを特徴とする請求項1乃至5いずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第42レンズ群内の、前記第1正レンズ以外の正レンズの平均屈折力を r_p とするとき、

$$0.30 < m / r_p < 0.95$$

を満足することを特徴とする請求項1乃至6いずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第42レンズ群内の負レンズの平均屈折力を r_n としたとき、

$$-0.60 < m / r_n < -0.15$$

を満足することを特徴とする請求項1乃至7いずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

光電変換素子に像を形成することを特徴とする請求項1乃至8いずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

撮像素子と、前記撮像素子上に被写体の像を形成する請求項1乃至9いずれか1項に記載のズームレンズと、を備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、テレビカメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、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。

【0003】

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の4群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。これらの4群ズームレンズにおいては、異常分散性を有する光学材料や回折素子などを用いて色収差を補正している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-287678号公報

【特許文献2】特開平8-146294号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、ズームレンズの更なる高ズーム比化、及び撮像素子の更なる高画素化に伴って、ズームレンズの更なる高性能化、特に全ズーム領域における軸上色収差量の更なる低減、が求められている。

【0006】

そこで、本発明は、高ズーム比のズームレンズにおいても、全ズーム領域において良好に倍率色収差の低減が可能なズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、負の屈折力の第3レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力の第4レンズ群と、を有するズームレンズであって、前記第4レンズ群は、最も長い空気間隔を挟んで、物体側から順に、正の屈折力の第41レンズ群と正の屈折力の第42レンズ群で構成されており、該第42レンズ群に含まれる正レンズのうち最も分散の大きい第1正レンズの材料のアッペ数を m 、該第1正レンズ以外の正レンズの材料の平均アッペ数を r_p 、前記第42レンズ群内の負レンズの材料の平均アッペ数を r_n とするとき、

$$0.4 < m / (r_p - r_n) < 0.63$$

なる条件を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、全ズーム範囲において高い光学性能を持った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】

【0009】

【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光路図

【図2】(A)は数値実施例1の広角端における物体距離2mのときの縦収差図、(B)は数値実施例1の焦点距離16.02mmにおける物体距離2mのときの縦収差図、(C)は数値実施例1の望遠端における物体距離2mのときの縦収差図

【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光路図

【図4】(A)は数値実施例2の広角端における物体距離2mのときの縦収差図、(B)は数値実施例2の焦点距離16.02mmにおける物体距離2mのときの縦収差図、(C)は数値実施例2の望遠端における物体距離2mのときの縦収差図

【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光路図

【図6】(A)は数値実施例3の広角端における物体距離2mのときの縦収差図、(B)は数値実施例3の焦点距離16.02mmにおける物体距離2mのときの縦収差図、(C)は数値実施例3の望遠端における物体距離2mのときの縦収差図

【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光路図

【図8】(A)は数値実施例4の広角端における物体距離6mのときの縦収差図、(B)は数値実施例4の焦点距離30.29mmにおける物体距離6mのときの縦収差図、(C)は数値実施例4の望遠端における物体距離6mのときの縦収差図

【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光路図

【図10】(A)は数値実施例5の広角端における物体距離6mのときの縦収差図、(B)は数値実施例5の焦点距離30.29mmにおける物体距離6mのときの縦収差図、(C)は数値実施例5の望遠端における物体距離6mのときの縦収差図

【図11】本発明の実施例6のズームレンズの広角端でフォーカス無限遠時の光路図

【図12】(A)は数値実施例6の広角端における物体距離2mのときの縦収差図、(B)は数値実施例6の焦点距離32.04mmにおける物体距離2mのときの縦収差図、(C)は数値実施例6の望遠端における物体距離2mのときの縦収差図

【図13】本発明の実施例7の撮像装置の要部概略図

【図14】倍率色収差2次スペクトル概念図

【発明を実施するための形態】

【0010】

本実施例のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群U1、負の屈折力の第2レンズ群U2、負の屈折力の第3レンズ群U3、開口絞りSP、正の屈折力の第4レンズ群U4を有している。ここで、第1レンズ群は、合焦動作に伴って少なくとも一部（全体でも構わない）が光軸方向に移動する。第2レンズ群は、変倍（ズーミング）に伴って光軸方向に移動する（広角端から望遠端への変倍に伴って像側に移動する）。第3レンズ群は、第2レンズ群が移動することによる像面変動（光軸方向における移動）を補正するために、光軸方向に移動する。第4レンズ群は、変倍（ズーミング）のためには不動であるが、合焦動作に伴って動いても構わない（実施例においては合焦動作の際も不動）。この第4レンズ群は、この第4レンズ群内のレンズ同士の空気間隔のうち最も長い空気間隔を挟んで、物体側から正の屈折力の第41レンズ群、正の屈折力の第42レンズ群で構成されている。

【0011】

本発明のズームレンズは、上記のような構成において、以下の条件を満足することを特徴としている。

$$0.400 < m / (r_p - r_n) < 0.630 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、mは、第42レンズ群に含まれる正レンズのうち最も分散の大きい正レンズ（第1正レンズ）Lmの材料のアッペ数である。また、rpは、この第42レンズ群に含まれる正レンズのうち第1正レンズ以外（正レンズLm以外）の正レンズに使用されている材料の平均アッペ数であり、rnは、第42レンズ群に含まれる負レンズに使用されている材料の平均アッペ数である。

ここで、本実施例で用いている光学素子（レンズ）の材料のd線についてのアッペ数dの定義は次のとおりである。

$$d = (Nd - 1) / (Nf - Nc) \quad \dots \quad (2)$$

ただし、光学素子のフラウンフォーファ線のF線（486.1nm）、d線（587.6nm）、C線（656.3nm）に対する屈折率をそれぞれNg、Nf、Nd、Ncとする。

【0012】

この条件式（1）を満足することにより、高変倍なズームレンズのズーム全域（広角端から望遠端までの全ズーム領域）において、倍率色収差を良好に低減することが可能となる。

ここで、更に

$$0.540 < m / (r_p - r_n) < 0.629 \quad \dots \quad (1a)$$

を満足すると尚好ましい。

【0013】

以下の条件式（9）～（20）については、本発明のズームレンズにおける付加的な課題を解決するための望ましい条件を設定した条件式である。具体的には以下に述べる。

【0014】

このような4群ズームレンズにおいて高い光学性能を得るためにには、特に広角端における倍率色収差および望遠端における軸上色収差を良好に補正することが重要となる。広角端の倍率色収差と望遠端の軸上色収差の良好な補正を両立する際、適切な材料の配置を見極めないとレンズ枚数が増加する、或いは、レンズの有効径が増大してくる。

【0015】

まず、近軸追跡におけるi番目のレンズ（薄肉レンズ）の軸上光線の光軸からの高さをhiとし、を近軸追跡におけるi番目のレンズの軸外主光線の光軸からの高さをhabaiとする。また、近軸追跡におけるi番目のレンズの屈折力をai、近軸追跡におけるi番目のレンズのアッペ数とaiとする。

【0016】

10

20

30

40

50

このときレンズ系の軸上色収差係数 L 及び倍率色収差係数 T は、

$$L = (h_i \times h_i \times i / i) \quad \dots \quad (3)$$

$$T = (h_i \times h_{bar} \times i / i) \quad \dots \quad (4)$$

と表すことができる。この式より、軸上色収差は高さ h の自乗に比例し、倍率色収差は高さ h と高さ h_{bar} に比例することが分かる。

【0017】

第4レンズ群 U_4 を上記のように構成することで、軸上色収差と倍率色収差の補正能力を第4レンズ群内の各群に適切に分担させることができる。即ち、第42レンズ群の倍率色収差補正の分担度を高くすることができる。したがって、各実施例のズームレンズにおいて、正レンズ（第1正レンズ） L_m を最も像面に近い第42レンズ群内に配置することにより、倍率色収差（特に広角端の倍率色収差）を良好に低減することができる。
10

【0018】

各実施例では、第41レンズ群 U_{41} の物体側に近接して開口絞り SP を配している（開口絞り SP は第3レンズ群よりも第4レンズ群に近い位置に配置されている）。このとき、第42レンズ群 U_{42} 内での h_{bar} は、第41レンズ群 U_{41} 内での h_{bar} に比べ相対的に大きくなる。また、正の屈折力の第41レンズ群 U_{41} と正の屈折力の第42レンズ群 U_{42} の間に適切な長さの空気間隔を設ける事で、第42レンズ群 U_{42} 内の h_{bar} を大きくすることができる。

【0019】

これらを鑑みれば、倍率色収差を効果的に補正する為には、正レンズ L_m の光学材料を適切に選択する必要がある。以下、全体として正の屈折力を持ち、正レンズ、負レンズを有するレンズ群の色消し条件について説明する。このときレンズ系全体の屈折力（ > 0 ）は、
20

$$= 1 + 2 \quad \dots \quad (5)$$

と表される。ここで 1 は正レンズの屈折力、 2 は負レンズの屈折力で、 $1 > 0$ 、 $2 < 0$ である。

また、このレンズ群は、正レンズのアッペ数を 1 、負レンズのアッペ数を 2 とするとき、
50

$$E = 1 / 1 + 2 / 2 \quad \dots \quad (6)$$

で表すことができる E を 0 に近づけるほど、このレンズ群での色収差を良好に低減することができる。ここで、 $E = 0$ を満足すれば、 F 線と C 線の結像位置が合致し、1次の色消しを達成することができる。

ここで、条件式（5）において、 > 0 であるため、 $|1| > |2|$ となる。この条件下で $E = 0$ とするためには、条件式（6）より正負レンズのアッペ数は $1 > 2$ を満足する必要がある。即ち、正レンズのアッペ数が負レンズのアッペ数よりも大きくなるようにレンズ群を構成する（レンズの光学材料を選択する）必要がある。

【0020】

このように F 線 - C 線間の1次の色消しが成されるとき、 g 線の結像位置が F 線、 C 線の結像位置とずれる。正レンズ、負レンズの部分分散比をそれぞれ 1 、 2 とするとき、前述の結像位置のずれ量（2次スペクトル）は以下の式で表される。
40

$$= - (1 /) (1 - 2) / (1 - 2) \quad \dots \quad (7)$$

ここで、 g 線と F 線に関する部分分散比 g_F の定義は次のとおりである。光学材料の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）それぞれに対する屈折率をそれぞれ N_g 、 N_F 、 N_d 、 N_C とする。このとき、部分分散比 g_F は、

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C) \quad \dots \quad (8)$$

と表すことができる。

【0021】

一般的に、アッペ数 d が小さい材料ほど部分分散比 g_F が大きくなる傾向があるため、 $1 < 2$ となりやすい。このとき条件式（7）より、 g 線の結像位置は、軸上では
50

像面側にすれ、軸外では像高の高い方向にずれる傾向がある(図14)。この2次スペクトルを低減するためには、条件式(7)の分子(-1-2)を小さくし、分母(-1-2)を大きくすれば良い。

【0022】

そこで本発明の実施例では、条件式(7)の分子を小さくするため、1枚の正レンズLmを、dが小さく、gFが大きい(異常分散性が高い)材料のレンズとしている。更に、条件式(7)の分母を大きくし、且つ1次の色消し条件E=0を保つため、Lm以外の正レンズにはdが大きく、負レンズにはdの小さい材料のレンズとする。

【0023】

このような構成とすることにより、軸上色収差を良好に補正しながら倍率色収差の2次スペクトルを効果的に低減する事ができる。

【0024】

第41レンズ群U41に含まれる(第41レンズ群内の)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fp、fpとする。また、第41レンズ群に含まれる(第41レンズ群内の)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fn、fnとする。このとき第41レンズ群は、

$$2.1 \times 10^{-3} < (f_n - f_p) / (f_p - f_n) < 3.7 \times 10^{-3} \\ \dots (9)$$

を満足すると好ましい。

【0025】

このように、条件式(1)と条件式(9)の両者を満足すれば、軸上色収差(特に望遠端での軸上色収差)と倍率色収差(特に広角端での倍率色収差)を共に良好に低減することができる。数式(3)、(4)で記載したように、第41レンズ群は軸上色収差の補正分担度が高いため、第41レンズ群内の正レンズ、負レンズのアッペ数を適切に設定することで特に軸上色収差を効果的に低減することができる。

ここで、更に

$$2.11 \times 10^{-3} < (f_n - f_p) / (f_p - f_n) < 2.52 \times 10^{-3} \\ \dots (9a)$$

を満足すると尚好ましい。

【0026】

次に、第41レンズ群の屈折力をf、正レンズLmの屈折力をmとしたとき、
 $0.20 < m/f < 1.10 \dots (10)$

なる条件を満足すると尚好ましい。

【0027】

この条件式(10)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。この条件式(10)の下限値を下回ると、倍率色収差の低減が困難となる。特に、mに対してfが大きくなり、条件式(10)の下限値を下回ると、撮像装置に対して交換可能なズームレンズとしてのバックフォーカスを確保することが困難となったり、倍率色収差補正が困難となったりする。一方、fに対してmが大きくなり、条件式(10)の上限値を上回ると、軸上色収差の低減が困難となる。また、mに対してfが小さくなり、条件式(10)の上限値を上回ると、第42群の有効径が大きくなり小型軽量化が困難となる。また、軸上色収差と倍率色収差の低減の両立が困難となる。

ここで、更に、

$$0.21 < m/f < 0.60 \dots (10a)$$

を満足すると尚好ましい。

【0028】

第42レンズ群U42では、第42レンズ群U42に含まれる最も分散の大きい正レンズLmのアッペ数と部分分散比を各々m、mとする。このとき正レンズLmは、

$$-1.65 \times 10^{-3} < (m - 0.652) / m < 0 \dots (11) \\ 1.5 < m < 3.0 \dots (12)$$

10

20

30

40

50

を満足すると尚好ましい。

【0029】

第42レンズ群U42に含まれる正レンズのうち、最も分散の大きい正レンズLmの材料を前述の如く条件式(11)と(12)を満足するようにして色消しをより一層効果的に行っている。

【0030】

条件式(11)を満足する光学材料を第42レンズ群U42に用いることによって、g線～C線の広い波長帯域にわたって色収差の補正を良好に行っている。特に、光学系全体における広角端の倍率色収差を良好に補正している。

【0031】

条件式(11)の下限値を下回ったり、(12)の上限値を上回ったりすると、正の屈折力の第42レンズ群U42に充分な色消し効果を持たせることが困難になる。特に光学系全体における広角端の倍率色収差に対して充分な補正効果を得るのが困難となる。

【0032】

逆に、条件式(11)の上限値を上回ったり、(12)の下限値を下回ったりすると、正の屈折力の第42レンズ群U42における1次と2次の色消しバランスが崩れてしまい、光学系全体における軸上色収差と倍率色収差の補正を両立することが困難となる。

ここで、更に、

$$-1.45 \times 10^{-3} < (m - 0.652) / m < -0.90 \times 10^{-3} \quad \dots (11a)$$

$$22.5 < m < 27.0 \quad \dots (12a)$$

を満足すると尚好ましい。

【0033】

また、第42レンズ群内で最も分散の大きい正レンズを単レンズとして構成することが望ましい。この第42レンズ群U42において単レンズとして配置された正レンズは、負の屈折力を有するレンズと近接して配置して色消しを担うことも可能である。

【0034】

また、第41レンズ群は、1枚以上の正レンズ(単レンズ)と、正レンズと負レンズとの接合レンズとを含むことが望ましい。

【0035】

また、上記のズームレンズが、光電変換素子上(撮像素子上)に像を形成する(結ぶ)ズームレンズであることが望ましい。

【0036】

尚、本発明と同等の色収差補正効果を得るために、特徴的な部分分散特性を有する素子を弱い屈折力の複数のレンズに分割して配置する方法も十分に考えられる。その場合、球面収差やコマ収差などの収差補正能力が向上することや、偏心収差調整機構としての機能を付与することが可能であるが、小型軽量化を達成するのが困難となる。

【0037】

また、第41レンズ群U41と第42レンズ群U42の間の空気間隔Dは、全系の焦点距離範囲を変移させる(不連続に変化させる)変倍光学系ユニット(エクステンダ、IE、EXT)を挿抜するのに適した構成となっている。第4レンズ群U4の第1レンズ面から最終レンズ面までの長さをL4、第4レンズ群U4の第41レンズ群U41と第42レンズ群U42との間の空気間隔を通過する軸上マージナル光線が光軸に対してなす傾角[単位:度(°)]を θ とする。そして、収斂光束(像面に向かって収斂する光線)が光軸からなす角を+、発散光束(像面に向かって発散する光線)が光軸からなす角を-とし、アフォーカル時を $\theta = 0$ とするとき、

$$0.15 < D / L4 \quad \dots (13)$$

$$-5^\circ < \theta < +5^\circ \quad \dots (14)$$

の少なくともいずれか一つを満足するような構成とすることが望ましい。

【0038】

10

20

30

40

50

条件式(13)の下限値を下回ると、前記変倍光学系ユニットを挿抜するのに必要となる空気間隔を確保するのが困難となる。

【0039】

各実施例にあるようなレンズ最終面と像面との間に色分解光学系などを含む光学系では比較的長いバックフォーカスを必要とするが、条件式(14)の上限値を上回ると十分な長さのバックフォーカスを確保するのが困難となる。条件式(14)の下限値を下回ると、入射光束の発散角度が大きくなり過ぎて、変倍光学系ユニットのレンズ有効径が大きくなるのに加え、良好な光学性能を得ることが困難となる。

ここで、更に、

$$0.380 < D/L < 0.450 \quad \dots \quad (13a)$$

$$+0.40^\circ < \angle +2.80^\circ \quad \dots \quad (14a)$$

の少なくとも一つを満足すると尚好ましい。

【0040】

また、正の屈折力の第4レンズ群U4内に主に変倍に寄与する可動部(変倍時に光軸方向に移動するレンズ群)を設けると、レンズ系全体の有効径が増大し、製造が困難になる。

【0041】

次に、第4レンズ群の屈折力を4としたとき、

$$0.20 < m/r < 1.30 \quad \dots \quad (15)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0042】

上記条件式(15)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(15)の下限値を下回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。また、特に4が大きすぎる場合、十分に長いバックフォーカスを確保することが困難となる。一方、条件式(15)の上限値を上回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。

【0043】

次に、第42レンズ群の屈折力をrとしたとき、

$$0.30 < m/r < 1.30 \quad \dots \quad (16)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0044】

上記条件式(16)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(16)の下限値を下回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。また、特にrが大きすぎる場合、十分に長いバックフォーカスを確保することが困難となる。一方、条件式(16)の上限値を上回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。

【0045】

次に、第41レンズ群中の正レンズの平均屈折力をfpとしたとき、

$$0.25 < m/fp < 1.85 \quad \dots \quad (17)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0046】

上記条件式(17)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(17)の下限値を下回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。一方、条件式(17)の上限値を上回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。

【0047】

次に、第41レンズ群中の負レンズの平均屈折力をfnとしたとき、

$$-1.50 < m/fn < -0.30 \quad \dots \quad (18)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0048】

10

20

30

40

50

上記条件式(18)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(18)の下限値を下回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。一方、条件式(18)の上限値を上回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。

【0049】

次に、第42レンズ群中において、正レンズLm以外の正レンズの平均屈折力をrpとしたとき、

$$0.30 < m / rp < 0.95 \quad \dots (19)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0050】

上記条件式(19)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(19)の下限値を下回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。一方、条件式(19)の上限値を上回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。

10

【0051】

次に、第42レンズ群中の負レンズの平均屈折力をrnとしたとき、

$$-0.60 < m / rn < -0.15 \quad \dots (20)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0052】

上記条件式(20)を満足すれば倍率色収差をより良好に低減することができる。条件式(20)の下限値を下回ると、軸上色収差と倍率色収差の低減を両立させることが困難となる。一方、条件式(20)の上限値を上回ると、倍率色収差を効果的に低減させることが困難となる。

20

【0053】

本発明のズームレンズは、7~40倍程度(好ましくは100倍程度迄)の変倍比を達成し、且つレンズ構成が比較的簡易で、ズーム全域で良好な収差補正を達成することができるズームタイプである。

【実施例1】

【0054】

図1は本発明の実施例1(数値実施例1)であるズームレンズの構成図と、広角端で無限遠物体に合焦しているときの光路図である。図2(A)、(B)、(C)は、数値実施例1の広角端、焦点距離16.02mm、望遠端における距離2mの物体に合焦しているときの縦収差図である。

30

【0055】

但し、焦点距離や物体距離の値は、後述する数値実施例をmm単位で表したときの値である。物体距離は像面からの距離である。これらは以下の各実施例において、全て同じである。

【0056】

レンズ光路図において、第1レンズ群U1はズーミングに際して不動で、正の屈折力を有している。第1レンズ群U1は、フォーカスのための屈折力を有し、全体又は一部の屈折力のあるレンズ群を移動することにより、フォーカスを行っている。

40

【0057】

第2レンズ群U2はズーミング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群(バリエータレンズ群)である。

【0058】

第3レンズ群U3はズーミング時に移動する、負の屈折力を持つレンズ群(コンペンセーターレンズ群)である。この第3レンズ群U3は、第2群レンズ群の移動に連動して光軸上を移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。

【0059】

SPは開口絞りであり、第3レンズ群U3と第4レンズ群との間に配置されている。U

50

4 はズーミングに際して不動で、結像のための正の屈折力の第 4 レンズ群（リレーレンズ群）である。

【0060】

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 1 レンズ群 U 4 1 と正の屈折力の第 4 2 レンズ群 U 4 2 で構成されている。

【0061】

D G は色分解プリズムや光学フィルターであり、ガラス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。

【0062】

L m は異常分散性を有する材料（光学材料）からなるレンズ（光学素子）である。

10

【0063】

収差図において、球面収差は、g 線と e 線と C 線と F 線を示している。非点収差は e 線のメリディオナル像面（m e r i）と e 線のサジタル像面（s a g i）を示している。倍率色収差は g 線と C 線と F 線によってあらわしている。F n o は F ナンバー、 は半画角である。

【0064】

全ての収差図において、球面収差は 0.2 mm、非点収差は 0.2 mm、歪曲は 5 %、倍率色収差は、0.05 mm のスケールで描かれている。

【0065】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用の第 2 レンズ群 U 2 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。

20

【0066】

以上に説明したレンズ構成は、以下に説明する各実施例で全て同じである。

【0067】

実施例 1 に対応する数値実施例 1 は、アッペ数や部分分散比の値を条件式（1）～（14）に代入すると表 1 の実施例 1 の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより、数値実施例 1 は、広角端での良好な倍率色収差と、ズーム全域における良好な軸上色収差を達成している。

【0068】

数値実施例 1 において異常分散性を有する光学材料からなるレンズ L m は、第 4 2 レンズ群 U 4 2 の最も物体側に正レンズとして配置されている。特に広角側において倍率色収差を効果的に補正している。

30

第 4 1 レンズ群 U 4 1 は正レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズより成っている。

第 4 2 レンズ群 U 4 2 は正レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ、正レンズより成っている。

【0069】

尚、第 4 1 レンズ群 U 4 1 と第 4 2 レンズ群 U 4 2 の間隔は、全系の焦点距離範囲を変移させる変倍光学系ユニットを挿抜するのに適した構造を有している。

【実施例 2】

40

【0070】

図 3 は本発明の実施例 2（数値実施例 2）である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光路図である。図 4（A）、（B）、（C）は、数値実施例 2 の広角端、焦点距離 16.02 mm、望遠端における距離 2 m の物体に合焦しているときの縦収差図である。

【0071】

実施例 2 に対応する数値実施例 2 はアッペ数や部分分散比の値を条件式（1）～（14）に代入すると表 1 の実施例 2 の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより数値実施例 2 は、広角端において良好な倍率色収差と、ズーム全域における良好な軸上色収差を達成している。

50

【0072】

数値実施例2の異常分散性を有する光学材料からなるレンズLmは、第42レンズ群U42の最も物体側に正レンズとして配置されている。特に広角側において倍率色収差の補正を効果的に行っている。

【0073】

第41レンズ群U41と第42レンズ群U42のレンズ構成は実施例1と同じであるが、第42レンズ群U42に含まれる最も分散の大きいレンズの材料が異なっている。

【0074】

数値実施例1は数値実施例2に比べて、前記第42レンズ群U42に含まれる正レンズのうち最も分散の大きいレンズ材料の部分分散比が高い。このことにより、特に光学系全体における広角端の倍率色収差をより効果的に補正している。10

【0075】

一方、数値実施例2は数値実施例1に比べて、前記第42レンズ群U42に含まれる正レンズのうち最も分散の大きいレンズ材料の分散が低い。このことにより、特に光学系全体におけるズーム全域の軸上色収差や色の球面収差成分について、より良好な補正バランスを実現している。

【0076】

尚、第41レンズ群U41と第42レンズ群U42の間隔は、全系の焦点距離範囲を変移させる変倍光学系ユニットを挿抜するのに適した構造を有している。

【実施例3】

【0077】

図5は本発明の実施例3(数値実施例3)である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光路図である。図6(A)、(B)、(C)は、数値実施例3の広角端、焦点距離16.02mm、望遠端における距離2mの物体に合焦しているときの縦収差図である。

【0078】

実施例3に対応する数値実施例3はアッペ数や部分分散比の値を条件式(1)、(9)～(14)に代入すると表1の実施例3の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより数値実施例3は、広角端において良好な倍率色収差と、ズーム全域における良好な軸上色収差を達成している。30

【0079】

数値実施例3の異常分散性を有する光学材料からなるレンズLmは、第42レンズ群U42の最も物体側に正レンズとして配置されている。特に広角側において倍率色収差の補正を効果的に行っている。

【0080】

第41レンズ群U41と第42レンズ群U42のレンズ構成は実施例1、2と同じであり、第42レンズ群U42に含まれる最も分散の大きいレンズは実施例2と同じである。

【0081】

尚、第41レンズ群U41と第42レンズ群U42の間隔は、全系の焦点距離範囲を変移させる変倍光学系ユニットを挿抜するのに適した構造を有している。40

【実施例4】

【0082】

図7は本発明の実施例4(数値実施例4)である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光路図である。図8(A)、(B)、(C)は、数値実施例4の広角端、焦点距離30.29mm、望遠端における距離6mの物体に合焦しているときの縦収差図である。

【0083】

実施例4に対応する数値実施例4はアッペ数や部分分散比の値を条件式(1)、(9)～(14)に代入すると表1の実施例4の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより数値実施例4は、広角端において良好な倍率色収差と、ズーム50

全域における良好な軸上色収差を達成している。

【0084】

数値実施例4の異常分散性を有する光学材料からなるレンズLmは、第42レンズ群U42の最も像面側に正レンズとして配置されている。特に広角側において倍率色収差の補正を効果的に行っている。

【0085】

実施例4のレンズは、実施例1～3と比べてズーム比が小さく、より望遠側のズームタイプ構成である。

【0086】

第42レンズ群U42のレンズ構成は実施例1～3と同じであるが、第41レンズ群U41のレンズ構成は、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズより成っている。

【0087】

尚、第41レンズ群U41と第42レンズ群U42の間隔は、全系の焦点距離範囲を変移させる変倍光学系ユニットを挿抜するのに適した構造を有している。

【実施例5】

【0088】

図9は本発明の実施例5(数値実施例5)である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光路図である。図10(A)、(B)、(C)は、数値実施例5の広角端、焦点距離30.29mm、望遠端における距離6mの物体に合焦しているときの縦収差図である。

【0089】

実施例5に対応する数値実施例5はアッペ数や部分分散比の値を条件式(1)、(9)～(14)に代入すると表1の実施例5の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより数値実施例5は、広角端において良好な倍率色収差と、ズーム全域における良好な軸上色収差を達成している。

【0090】

数値実施例5の異常分散性を有する光学材料からなるレンズLmは、第42レンズ群U42の最も像面側に正レンズとして配置されている。特に広角側において倍率色収差の補正を効果的に行っている。

【0091】

実施例5のレンズは、第1群～第3群まで実施例4と共通であり、第4群の正負レンズ構成が同じである。

【0092】

実施例5のレンズは、実施例4のレンズに比ベレンズLmの屈折力の大きさを表す条件式(6)の値が大きく、広角端における倍率色収差をより効果的に補正している。

【0093】

尚、第41レンズ群U41と第42レンズ群U42の間隔は、全系の焦点距離範囲を変移させる変倍光学系ユニットを挿抜するのに適した構造を有している。

【実施例6】

【0094】

図11は本発明の実施例6(数値実施例6)である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光路図である。図12(A)、(B)、(C)は、数値実施例6の広角端、焦点距離32.04mm、望遠端における距離2mの物体に合焦しているときの縦収差図である。

【0095】

実施例6に対応する数値実施例6は、第4群中で最大の空気間隔に、図21中でEXT(エクステンダ)として示されている挿抜可能な変倍光学系を挿入した構成である。

【0096】

実施例6に対応する数値実施例6はアッペ数や部分分散比の値を条件式(1)、(9)

10

20

30

40

50

～(14)に代入すると表1の実施例6の欄に記述されている値となり、全ての条件式を満足している。これにより数値実施例6は、広角端において良好な倍率色収差と、ズーム全域における良好な軸上色収差を達成している。

【0097】

尚、実施例6の収差図については、球面収差と非点収差のスケールが他の実施例と異なり、両方とも0.4mmのスケールで描かれている。

【実施例7】

【0098】

図13は各実施例のズームレンズを撮影光学系として用いた実施例7の撮像装置125(テレビカメラシステム)の要部概略図である。図13において101は実施例1～6のいずれか1つのズームレンズである。124はカメラ本体であり、ズームレンズ101はカメラ本体124に対して着脱可能になっている。125はカメラ124にズームレンズ101を装着することにより構成される撮像装置(撮像システム)である。尚、ここでズームレンズ101とカメラ本体124とは一体的に構成しても構わない。

10

【0099】

ズームレンズ101は第1レンズ群F、変倍部LZ、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LZ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。

【0100】

20

SP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変倍光学系ユニット(レンズユニット)IEを有している。この変倍光学系ユニットIE(EXT)はズームレンズ101の全系の焦点距離範囲を不連続に変移している。

【0101】

114、115は、各々第1レンズ群F、変倍部LZを光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構である。116～118は駆動機構114、115及び開口絞り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F、変倍部LZの光軸上の位置や、開口絞りSPの絞り径を検出する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。

【0102】

30

カメラ本体124において、109はカメラ本体124内の光学フィルタや色分解プリズムに相当するガラスプロック、110はズームレンズ101によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)である。また、111、122はカメラ本体124及びズームレンズ本体101の各種の駆動を制御するCPUである。

【0103】

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。

【0104】

40

以下に本発明の実施例1～6に対応する数値実施例1～6を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順序を示し、riは物体側より第i番目の面の曲率半径、diは物体側より第i番目と第i+1番目の間隔、Ni, iは第i番目の光学部材の屈折率とアッベ数である。最後の3つの面は、フィルター等のガラスプロックである。

【0105】

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、A3、A4、A5、A6、A7、A8、A9、A10、A11、A12をそれぞれ非球面係数としたとき、次式で表している。

【0106】

【数1】

$$X = \frac{H^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A4 H^4 + A6 H^6 + A8 H^8 + A10 H^{10} + A12 H^{12}$$

$$+ A3 H^3 + A5 H^5 + A7 H^7 + A9 H^9 + A11 H^{11}$$

【0107】

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

10

【0108】

(数値実施例1)

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径
1*	227.195	2.50	1.77250	49.6	0.5521	87.70
2	33.736	19.76				61.84
3	311.589	1.85	1.75500	52.3	0.5476	61.28
4	80.391	13.54				58.97
5	-80.728	1.75	1.75500	52.3	0.5476	58.73
6	-17642.010	1.30				60.74
7	135.169	6.62	1.80518	25.4	0.6161	63.25
8	-339.711	1.16				63.31
9	328.904	9.40	1.51633	64.1	0.5352	62.99
10*	-74.094	11.86				62.84
11	1211.778	8.57	1.48749	70.2	0.5300	54.63
12	-67.682	1.65	1.88300	40.8	0.5667	54.19
13	-126.215	0.20				54.42
14	182.391	1.65	2.00330	28.3	0.5980	52.89
15	55.727	10.56	1.49700	81.5	0.5375	52.39
16	-405.898	0.20				53.25
17	130.732	9.01	1.49700	81.5	0.5375	54.61
18	-91.216	0.20				54.76
19	57.687	7.79	1.62041	60.3	0.5426	52.65
20	1234.500	(可変)				51.79
21	52.721	0.75	1.88300	40.8	0.5667	21.51
22	13.435	3.29				18.24
23	67.192	0.75	1.88300	40.8	0.5667	18.10
24	36.490	2.83				17.67
25	-48.656	4.75	1.80518	25.4	0.6161	17.46
26	-12.990	0.80	1.88300	40.8	0.5667	17.55
27	-1003.160	0.20				18.01
28	33.652	2.54	1.68893	31.1	0.6003	18.31
29	1299.417	(可変)				18.15
30	-26.243	0.75	1.75500	52.3	0.5476	18.06
31	52.073	2.45	1.80810	22.8	0.6307	19.53
32	-173.421	(可変)				20.04
33(絞り)		1.40				26.40
34	-2344.389	3.04	1.54814	45.8	0.5685	27.33
35	-52.261	0.20				27.84
36	559.498	2.59	1.72047	34.7	0.5834	28.67

30

40

50

37	-94.784	0.20				28.92	
38	90.102	6.95	1.72047	34.7	0.5834	29.17	
39	-29.451	1.20	1.92286	18.9	0.6495	29.01	
40	-294.678	34.00				29.25	
41	114.071	4.00	1.92286	18.9	0.6495	29.48	
42	-71.194	6.81				29.30	
43	-261.853	1.20	1.88300	40.8	0.5667	23.75	
44	21.740	5.13	1.49700	81.5	0.5375	22.37	
45	1783.648	0.24				22.20	
46	35.748	7.14	1.49700	81.5	0.5375	22.12	10
47	-19.737	1.20	2.00330	28.3	0.5980	21.88	
48	-140.247	0.15				22.89	
49	90.253	5.55	1.49700	81.5	0.5375	23.35	
50	-26.510	4.00				23.62	
51		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00	
52		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00	
53		(可変)				40.00	

像面

20

非球面データ

第1面

$K = -5.42173e+001$ $A_4 = 1.90661e-006$ $A_6 = 3.73103e-011$ $A_8 = -1.91524e-013$ $A_{10} = -6.77526e-019$
 $A_3 = -4.12872e-006$ $A_5 = -1.32181e-008$ $A_7 = 2.42261e-012$ $A_9 = 2.44378e-015$

第10面

$K = -2.28238e+000$ $A_4 = -2.08837e-007$ $A_6 = 2.96604e-011$ $A_8 = 3.48782e-013$ $A_{10} = -1.18721e-016$
 $A_3 = -6.36724e-007$ $A_5 = 5.61037e-010$ $A_7 = -1.11164e-011$ $A_9 = -3.18271e-016$

30

各種データ

ズーム比 13.00

広角 中間 望遠

焦点距離	4.45	16.02	57.85
Fナンバー	1.90	1.90	2.80
画角	51.02	18.95	0.00
像高	5.50	5.50	0.00
レンズ全長	300.03	300.03	300.03
BF	38.16	38.16	38.16

40

d20	0.91	31.10	44.72
d29	42.27	8.63	6.22
d32	9.00	12.46	1.24
d53	4.99	4.99	4.99

入射瞳位置	34.85	53.95	97.66
射出瞳位置	724.89	724.89	724.89
前側主点位置	39.33	70.32	160.16
後側主点位置	0.54	-11.03	-52.86

50

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	26.80	109.58	47.04	36.95
2	21	-16.80	15.91	0.43	-11.92
3	30	-43.80	3.20	-0.39	-2.18
4	33	52.90	131.20	56.46	-113.55

【0109】

(数値実施例2)

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	10
1*	227.195	2.50	1.77250	49.6	0.5521	87.70	
2	33.736	19.76				61.84	
3	311.589	1.85	1.75500	52.3	0.5476	61.28	
4	80.391	13.54				58.97	
5	-80.728	1.75	1.75500	52.3	0.5476	58.73	
6	-17642.010	1.30				60.74	
7	135.169	6.62	1.80518	25.4	0.6161	63.25	
8	-339.711	1.16				63.31	
9	328.904	9.40	1.51633	64.1	0.5352	62.99	20
10*	-74.094	11.86				62.84	
11	1211.778	8.57	1.48749	70.2	0.5300	54.63	
12	-67.682	1.65	1.88300	40.8	0.5667	54.19	
13	-126.215	0.20				54.42	
14	182.391	1.65	2.00330	28.3	0.5980	52.89	
15	55.727	10.56	1.49700	81.5	0.5375	52.39	
16	-405.898	0.20				53.25	
17	130.732	9.01	1.49700	81.5	0.5375	54.61	
18	-91.216	0.20				54.76	
19	57.687	7.79	1.62041	60.3	0.5426	52.65	30
20	1234.500	(可変)				51.79	
21	52.721	0.75	1.88300	40.8	0.5667	21.51	
22	13.435	3.29				18.24	
23	67.192	0.75	1.88300	40.8	0.5667	18.10	
24	36.490	2.83				17.67	
25	-48.656	4.75	1.80518	25.4	0.6161	17.46	
26	-12.990	0.80	1.88300	40.8	0.5667	17.55	
27	-1003.160	0.20				18.01	
28	33.652	2.54	1.68893	31.1	0.6003	18.31	
29	1299.417	(可変)				18.15	40
30	-26.243	0.75	1.75500	52.3	0.5476	18.06	
31	52.073	2.45	1.80810	22.8	0.6307	19.53	
32	-173.421	(可変)				20.04	
33(絞り)		1.40				26.40	
34	-6210.608	3.48	1.51742	52.4	0.5564	27.34	
35	-43.230	0.20				27.87	
36	131.811	2.86	1.51742	52.4	0.5564	28.91	
37	-139.192	0.20				29.07	
38	60.741	6.91	1.51742	52.4	0.5564	29.31	
39	-35.821	1.20	1.80810	22.8	0.6307	29.08	50

40	-219.130	34.00				29.28	
41	71.936	4.28	1.84666	23.8	0.6205	28.71	
42	-77.529	6.46				28.41	
43	-69.616	1.20	1.88300	40.8	0.5667	23.34	
44	24.451	5.56	1.48749	70.2	0.5300	22.36	
45	-79.972	0.24				22.39	
46	46.903	6.56	1.49700	81.5	0.5375	22.61	
47	-23.655	1.20	2.00330	28.3	0.5980	22.46	
48	-111.207	0.15				23.22	
49	88.163	5.09	1.49700	81.5	0.5375	23.59	10
50	-31.853	4.00				23.72	
51		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00	
52		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00	
53		(可変)				40.00	

像面

非球面データ

第1面

$K = -5.42173e+001$ $A_4 = 1.90661e-006$ $A_6 = 3.73103e-011$ $A_8 = -1.91524e-013$ $A_{10} = 20$
 $-6.77526e-019$
 $A_3 = -4.12872e-006$ $A_5 = -1.32181e-008$ $A_7 = 2.42261e-012$ $A_9 = 2.44378e-015$

第10面

$K = -2.28238e+000$ $A_4 = -2.08837e-007$ $A_6 = 2.96604e-011$ $A_8 = 3.48782e-013$ $A_{10} =$
 $-1.18721e-016$
 $A_3 = -6.36724e-007$ $A_5 = 5.61037e-010$ $A_7 = -1.11164e-011$ $A_9 = -3.18271e-016$

各種データ

ズーム比	13.00					30
	広角	中間	望遠			
焦点距離	4.45	16.02	57.85			
Fナンバー	1.90	1.90	2.80			
画角	51.02	18.95	0.00			
像高	5.50	5.50	0.00			
レンズ全長	300.04	300.04	300.04			
BF	38.17	38.17	38.17			
 d20	0.91	31.10	44.72			
d29	42.27	8.63	6.22			40
d32	9.00	12.46	1.24			
d53	5.00	5.00	5.00			
 入射瞳位置	34.85	53.95	97.66			
射出瞳位置	502.92	502.92	502.92			
前側主点位置	39.34	70.48	162.23			
後側主点位置	0.55	-11.02	-52.85			

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 50

1	1	26.80	109.58	47.04	36.95
2	21	-16.80	15.91	0.43	-11.92
3	30	-43.80	3.20	-0.39	-2.18
4	33	55.14	131.20	60.51	-118.56

【 0 1 1 0 】

(数値実施例 3)

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径
1*	227.195	2.50	1.77250	49.6	0.5521	87.70
2	33.736	19.76				61.84
3	311.589	1.85	1.75500	52.3	0.5476	61.28
4	80.391	13.54				58.97
5	-80.728	1.75	1.75500	52.3	0.5476	58.73
6	-17642.010	1.30				60.74
7	135.169	6.62	1.80518	25.4	0.6161	63.25
8	-339.711	1.16				63.31
9	328.904	9.40	1.51633	64.1	0.5352	62.99
10*	-74.094	11.86				62.84
11	1211.778	8.57	1.48749	70.2	0.5300	54.63
12	-67.682	1.65	1.88300	40.8	0.5667	54.19
13	-126.215	0.20				54.42
14	182.391	1.65	2.00330	28.3	0.5980	52.89
15	55.727	10.56	1.49700	81.5	0.5375	52.39
16	-405.898	0.20				53.25
17	130.732	9.01	1.49700	81.5	0.5375	54.61
18	-91.216	0.20				54.76
19	57.687	7.79	1.62041	60.3	0.5426	52.65
20	1234.500	(可変)				51.79
21	52.721	0.75	1.88300	40.8	0.5667	21.51
22	13.435	3.29				18.24
23	67.192	0.75	1.88300	40.8	0.5667	18.10
24	36.490	2.83				17.67
25	-48.656	4.75	1.80518	25.4	0.6161	17.46
26	-12.990	0.80	1.88300	40.8	0.5667	17.55
27	-1003.160	0.20				18.01
28	33.652	2.54	1.68893	31.1	0.6003	18.31
29	1299.417	(可変)				18.15
30	-26.243	0.75	1.75500	52.3	0.5476	18.06
31	52.073	2.45	1.80810	22.8	0.6307	19.53
32	-173.421	(可変)				20.04
33(絞り)		1.40				26.40
34	74917.413	3.48	1.53172	48.8	0.5630	27.36
35	-43.582	0.20				27.87
36	120.353	3.49	1.53172	48.8	0.5630	28.90
37	-80.921	0.20				29.04
38	55.956	6.65	1.53172	48.8	0.5630	28.96
39	-38.300	1.20	1.84666	23.8	0.6205	28.56
40	657.884	34.00				28.47
41	84.421	4.17	1.84666	23.8	0.6205	28.30
42	-68.461	5.37				28.06
43	-84.755	1.20	1.88300	40.8	0.5667	23.78

44	24.694	5.66	1.48749	70.2	0.5300	22.73	
45	-72.325	0.24				22.72	
46	43.202	6.81	1.49700	81.5	0.5375	22.86	
47	-21.609	1.20	1.90366	31.3	0.5947	22.63	
48	-585.336	0.20				23.38	
49	73.112	5.54	1.48749	70.2	0.5300	23.77	
50	-29.309	4.00				23.94	
51		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00	
52		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00	
53		(可変)				40.00	10

像面

非球面データ

第1面

K =-5.42173e+001 A 4= 1.90661e-006 A 6= 3.73103e-011 A 8=-1.91524e-013 A10=-6.77526e-019
 A 3=-4.12872e-006 A 5=-1.32181e-008 A 7= 2.42261e-012 A 9= 2.44378e-015

第10面

K =-2.28238e+000 A 4=-2.08837e-007 A 6= 2.96604e-011 A 8= 3.48782e-013 A10=-1.18721e-016
 A 3=-6.36724e-007 A 5= 5.61037e-010 A 7=-1.11164e-011 A 9=-3.18271e-016

各種データ

ズーム比	13.00						
		広角	中間	望遠			
焦点距離	4.45	16.02	57.85				
Fナンバー	1.90	1.90	2.80				
画角	51.02	18.95	5.43				30
像高	5.50	5.50	5.50				
レンズ全長	300.04	300.04	300.04				
BF	38.17	38.17	38.17				
d20	0.91	31.10	44.72				
d29	42.27	8.63	6.22				
d32	9.00	12.46	1.24				
d53	5.00	5.00	5.00				
入射瞳位置	34.85	53.95	97.66				40
射出瞳位置	432.51	432.51	432.51				
前側主点位置	39.35	70.57	163.34				
後側主点位置	0.55	-11.02	-52.85				

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	26.80	109.58	47.04	36.95	
2	21	-16.80	15.91	0.43	-11.92	
3	30	-43.80	3.20	-0.39	-2.18	
4	33	56.42	131.20	62.82	-121.43	50

【 0 1 1 1 】

(数値実施例 4)

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	
1	348.182	3.86	1.77250	49.6	0.5521	78.53	
2	65.248	6.25				70.54	
3	65.578	6.13	1.75520	27.5	0.6103	69.19	
4	97.706	8.94				67.70	
5	612.487	5.45	1.49700	81.5	0.5375	65.53	
6	-416.776	20.81				64.14	10
7	373.686	2.97	1.69895	30.1	0.6029	59.10	
8	58.828	11.20	1.43875	95.0	0.5342	57.56	
9	-578.845	0.12				57.57	
10	113.463	6.31	1.43875	95.0	0.5342	57.41	
11	-693.179	0.12				57.04	
12	81.228	7.09	1.77250	49.6	0.5521	56.42	
13	-911.265	(可変)				55.84	
14	47.769	1.19	1.77250	49.6	0.5521	23.96	
15	19.993	5.13				21.26	
16	-37.085	1.19	1.77250	49.6	0.5521	20.80	20
17	37.085	4.25				20.22	
18	-44.595	3.54	1.72825	28.5	0.6077	20.54	
19	-24.436	1.19	1.77250	49.6	0.5521	21.25	
20	-72.930	0.12				22.15	
21	74.058	4.17	1.67270	32.1	0.5988	22.78	
22	-70.755	(可変)				22.94	
23	-35.850	1.07	1.77250	49.6	0.5521	19.03	
24	56.162	3.95	1.84666	23.8	0.6205	20.13	
25	-516.532	(可変)				21.02	
26(絞り)		1.86				23.29	30
27	-217.157	3.27	1.64000	60.1	0.5372	24.12	
28	-41.752	0.12				24.76	
29	281.173	4.80	1.53172	48.8	0.5630	25.25	
30	-30.833	1.37	1.83400	37.2	0.5775	25.44	
31	-91.060	0.12				26.18	
32	63.027	4.81	1.72047	34.7	0.5834	26.66	
33	-55.843	1.78	1.80518	25.4	0.6161	26.52	
34	-11707.793	31.11				26.37	
35	45.769	4.81	1.49700	81.5	0.5375	26.82	
36	-87.359	0.12				26.57	40
37	357.305	1.37	1.88300	40.8	0.5667	26.06	
38	29.004	5.19	1.49700	81.5	0.5375	25.14	
39	-134.470	0.28				25.06	
40	64.530	5.27	1.49700	81.5	0.5375	24.73	
41	-33.681	1.37	1.88300	40.8	0.5667	24.30	
42	-158.115	0.12				24.22	
43	157.207	2.49	1.80518	25.4	0.6161	24.03	
44	9233.957	2.97				23.69	
45		37.48	1.60859	46.4	0.5664	29.73	
46		5.17	1.51633	64.2	0.5352	29.73	50

47 (可変) 29.73
像面

各種データ

ズーム比	8.00	広角	中間	望遠	
焦点距離	10.70	30.29	85.62		
Fナンバー	2.28	2.27	2.27		
画角	27.20	10.29	3.68		10
像高	5.50	5.50	5.50		
レンズ全長	285.47	285.47	285.47		
BF	41.53	41.53	41.53		
d13	4.21	40.88	60.78		
d22	60.35	19.59	3.47		
d25	4.07	8.16	4.38		
d47	11.89	11.89	11.89		
入射瞳位置	71.13	153.89	313.63		20
射出瞳位置	-233.54	-233.54	-233.54		
前側主点位置	81.36	180.44	369.38		
後側主点位置	1.19	-18.40	-73.73		

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	77.30	79.25	62.50	14.52	
2	14	-22.59	20.78	0.20	-19.02	
3	23	-54.11	5.02	-0.29	-3.03	
4	26	41.48	115.89	32.68	-79.41	30

【0 1 1 2】

(数値実施例5)

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径	
1	348.182	3.86	1.77250	49.6	0.5521	78.53	
2	65.248	6.25				70.54	
3	65.578	6.13	1.75520	27.5	0.6103	69.19	
4	97.706	8.94				67.70	
5	612.487	5.45	1.49700	81.5	0.5375	65.53	
6	-416.776	20.81				64.14	40
7	373.686	2.97	1.69895	30.1	0.6029	59.10	
8	58.828	11.20	1.43875	95.0	0.5342	57.56	
9	-578.845	0.12				57.57	
10	113.463	6.31	1.43875	95.0	0.5342	57.41	
11	-693.179	0.12				57.04	
12	81.228	7.09	1.77250	49.6	0.5521	56.42	
1	-911.265	(可変)				55.84	
14	47.769	1.19	1.77250	49.6	0.5521	23.96	
15	19.993	5.13				21.26	
16	-37.085	1.19	1.77250	49.6	0.5521	20.80	50

17	37.085	4.25				20.22	
18	-44.595	3.54	1.72825	28.5	0.6077	20.54	
19	-24.436	1.19	1.77250	49.6	0.5521	21.25	
20	-72.930	0.12				22.15	
21	74.058	4.17	1.67270	32.1	0.5988	22.78	
22	-70.755	(可変)				22.94	
23	-35.850	1.07	1.77250	49.6	0.5521	19.03	
24	56.162	3.95	1.84666	23.8	0.6205	20.13	
25	-516.532	(可変)				21.02	
26(絞り)		1.65				23.29	10
27	-112.419	2.64	1.64000	60.1	0.5372	24.12	
28	-41.910	0.12				24.76	
29	2388.431	4.30	1.58144	40.8	0.5775	25.25	
30	-30.493	1.37	1.90366	31.3	0.5947	25.44	
31	-71.086	0.56				26.18	
32	54.519	6.01	1.72047	34.7	0.5834	26.66	
33	-67.745	1.78	1.80518	25.4	0.6161	26.52	
34	321.099	(可変)				26.37	
35	32.697	6.90	1.49700	81.5	0.5375	26.82	
36	-173.413	2.00				26.57	20
37	197.167	1.37	1.88300	40.8	0.5667	26.06	
38	23.856	5.61	1.49700	81.5	0.5375	25.14	
39	-143.740	0.28				25.06	
40	75.774	5.23	1.49700	81.5	0.5375	24.73	
41	-29.046	1.37	1.88300	40.8	0.5667	24.30	
42	-185.352	0.12				24.22	
43	95.154	2.34	1.80518	25.4	0.6161	24.03	
44	-905.404	2.95				23.69	
45		37.48	1.60859	46.4	0.5664	29.73	
46		5.17	1.51633	64.2	0.5352	29.73	30
47		(可変)				29.73	
像面							

各種データ

ズーム比	8.00						
	広角	中間	望遠				
焦点距離	10.70	30.29	85.62				
Fナンバー	2.30	2.30	2.30				
画角	27.20	10.29	3.68				40
像高	5.50	5.50	5.50				
レンズ全長	289.97	289.97	289.97				
BF	41.50	41.50	41.50				
d13	4.21	40.88	60.78				
d22	60.35	19.59	3.47				
d25	4.07	8.16	4.38				
d34	31.14	31.14	31.14				
d47	11.89	11.89	11.89				

入射瞳位置	71.13	153.89	313.63
射出瞳位置	-274.21	-274.21	-274.21
前側主点位置	81.43	180.97	373.63
後側主点位置	1.19	-18.40	-73.73

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	77.30	79.25	62.50	14.52
2	14	-22.59	20.78	0.20	-19.02
3	23	-54.11	5.02	-0.29	-3.03
4	26	46.01	18.43	5.48	-6.28
5	35	59.97	70.81	3.95	-43.72

【0 1 1 3】

(数値実施例6)

面データ

面番号	r	d	nd	vd	gF	有効径
1*	227.195	2.50	1.77250	49.6	0.5521	87.70
2	33.736	19.76				61.84
3	311.589	1.85	1.75500	52.3	0.5476	61.28
4	80.391	13.54				58.97
5	-80.728	1.75	1.75500	52.3	0.5476	58.73
6	-17642.010	1.30				60.74
7	135.169	6.62	1.80518	25.4	0.6161	63.25
8	-339.711	1.16				63.31
9	328.904	9.40	1.51633	64.1	0.5352	62.99
10*	-74.094	11.86				62.84
11	1211.778	8.57	1.48749	70.2	0.5300	54.63
12	-67.682	1.65	1.88300	40.8	0.5667	54.19
13	-126.215	0.20				54.42
14	182.391	1.65	2.00330	28.3	0.5980	52.89
15	55.727	10.56	1.49700	81.5	0.5375	52.39
16	-405.898	0.20				53.25
17	130.732	9.01	1.49700	81.5	0.5375	54.61
18	-91.216	0.20				54.76
19	57.687	7.79	1.62041	60.3	0.5426	52.65
20	1234.500	(可変)				51.79
21	52.721	0.75	1.88300	40.8	0.5667	21.51
22	13.435	3.29				18.24
23	67.192	0.75	1.88300	40.8	0.5667	18.10
24	36.490	2.83				17.67
25	-48.656	4.75	1.80518	25.4	0.6161	17.46
26	-12.990	0.80	1.88300	40.8	0.5667	17.55
27	-1003.160	0.20				18.01
28	33.652	2.54	1.68893	31.1	0.6003	18.31
29	1299.417	(可変)				18.15
30	-26.243	0.75	1.75500	52.3	0.5476	18.06
31	52.073	2.45	1.80810	22.8	0.6307	19.53
32	-173.421	(可変)				20.04
33(絞り)		1.40				26.40
34	-2121.299	3.15	1.51742	52.4	0.5564	27.32

10

20

30

40

50

35	-49.227	0.20				27.85	
36	417.806	2.64	1.51742	52.4	0.5564	28.75	
37	-96.963	0.20				29.02	
38	80.890	6.59	1.54072	47.2	0.5650	29.47	
39	-34.094	1.20	1.92286	18.9	0.6495	29.42	
40	-84.780	1.50				29.97	
41	31.960	6.58	1.49700	81.5	0.5375	29.96	
42	-129.452	0.24				29.27	
43	38.837	5.28	1.49700	81.5	0.5375	26.96	
44	-102.023	1.50	1.90366	31.3	0.5947	25.55	10
45	401349.727	9.05				24.48	
46	-46.307	3.07	1.92286	18.9	0.6495	16.55	
47	-23.607	1.50	1.77250	49.6	0.5521	15.93	
48	19.071	5.28				14.42	
49	50.710	4.80	1.80810	22.8	0.6307	29.92	
50	-107.018	6.73				29.50	
51	-121.364	1.20	1.88300	40.8	0.5667	23.81	
52	21.943	5.75	1.48749	70.2	0.5300	22.38	
53	-90.948	0.24				22.24	
54	63.655	6.27	1.49700	81.5	0.5375	21.83	20
55	-19.511	1.20	2.00330	28.3	0.5980	21.66	
56	-95.121	0.15				22.70	
57	150.628	5.28	1.49700	81.5	0.5375	23.08	
58	-25.533	4.00				23.38	
59		33.00	1.60859	46.4	0.5664	40.00	
60		13.20	1.51680	64.2	0.5347	40.00	
61		(可変)				40.00	

像面

非球面データ

30

第1面

$K = -5.42173e+001$ $A_4 = 1.90661e-006$ $A_6 = 3.73103e-011$ $A_8 = -1.91524e-013$ $A_{10} = -6.77526e-019$
 $A_3 = -4.12872e-006$ $A_5 = -1.32181e-008$ $A_7 = 2.42261e-012$ $A_9 = 2.44378e-015$

第10面

$K = -2.28238e+000$ $A_4 = -2.08837e-007$ $A_6 = 2.96604e-011$ $A_8 = 3.48782e-013$ $A_{10} = -1.18721e-016$
 $A_3 = -6.36724e-007$ $A_5 = 5.61037e-010$ $A_7 = -1.11164e-011$ $A_9 = -3.18271e-016$

40

各種データ

ズーム比 13.00

広角 中間 望遠

焦点距離	8.90	32.04	115.70
Fナンバー	3.80	3.81	5.60
画角	31.72	9.74	2.72
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	300.02	300.02	300.02
BF	38.14	38.14	38.14

50

d20	0.91	31.10	44.72
d29	42.27	8.63	6.22
d32	9.00	12.46	1.24
d61	4.97	4.97	4.97

入射瞳位置	34.85	53.95	97.66
射出瞳位置	-121.15	-121.15	-121.15
前側主点位置	43.12	77.85	107.22
後側主点位置	-3.93	-27.07	-110.73

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	26.80	109.58	47.04	36.95
2	21	-16.80	15.91	0.43	-11.92
3	30	-43.80	3.20	-0.39	-2.18
4	33	33.34	131.21	7.71	-111.12

【0 1 1 4】

各実施例と前述した条件式との対応を表1に示す。

【0 1 1 5】

【表1】

20

表1

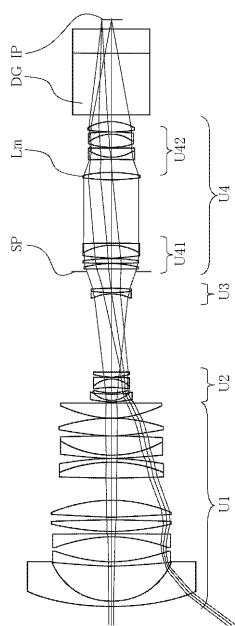
	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
条件式(1)	0.402	0.550	0.626	0.623	0.623	0.526
条件式(9)	3.65E-03	2.50E-03	2.47E-03	2.15E-03	2.34E-03	2.84E-03
条件式(10)	0.90	0.95	0.92	0.22	0.43	1.02
条件式(11)	-1.32E-04	-1.33E-03	-1.33E-03	-1.41E-03	-1.41E-03	-9.36E-04
条件式(12)	18.9	23.8	23.8	25.4	25.4	22.8
条件式(13)	0.407	0.407	0.407	0.436	0.409	0.407
条件式(14)	-0.19°	0.04°	0.14°	2.45°	1.22°	0.45°
条件式(15)	1.116	1.247	1.260	0.211	0.403	1.212
条件式(16)	1.120	1.199	1.156	0.321	0.565	1.274
条件式(17)	1.238	1.612	1.451	0.274	0.537	1.795
条件式(18)	-0.740	-1.189	-0.945	-0.315	-0.602	-1.445
条件式(19)	0.798	0.905	0.853	0.316	0.504	0.885
条件式(20)	-0.478	-0.546	-0.512	-0.209	-0.324	-0.527

【0 1 1 6】

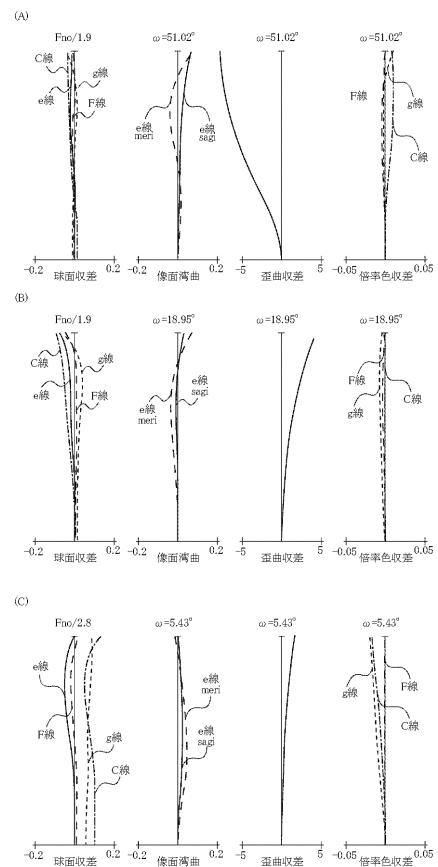
上記の本実施例によれば、全ズーム範囲において高い光学性能を持ったズームレンズ及びそれを有する撮像装置を得ることができる。

30

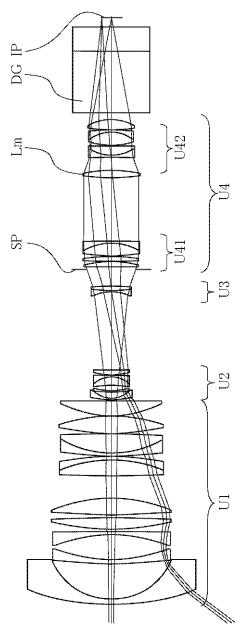
【図1】



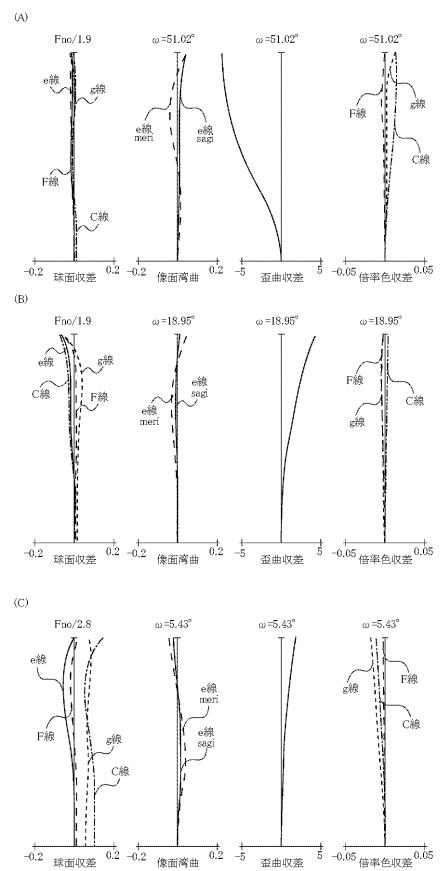
【図2】



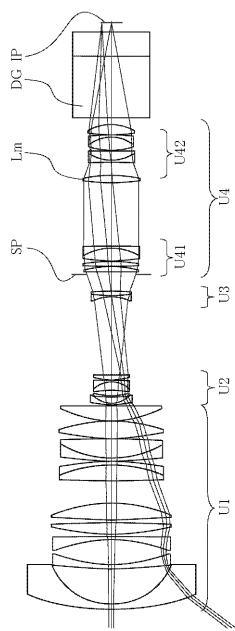
【図3】



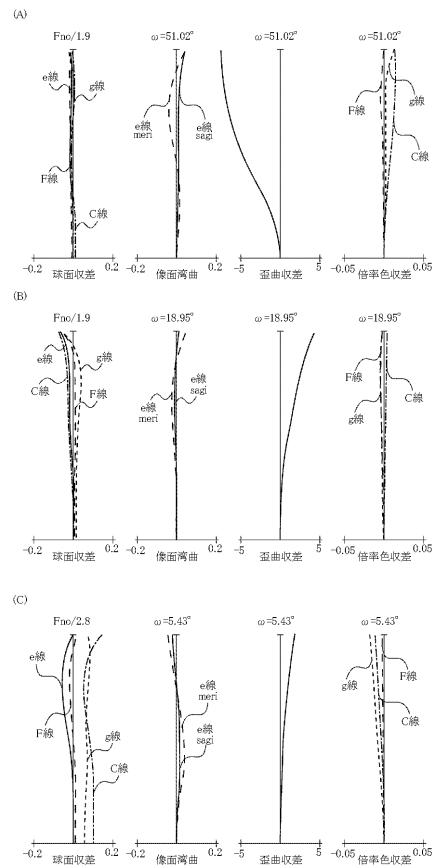
【図4】



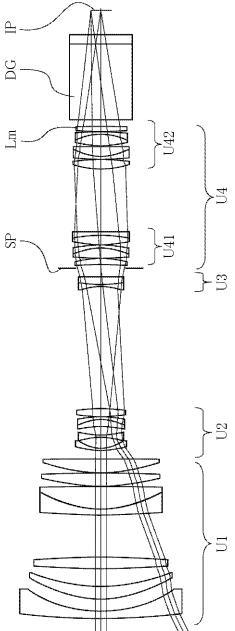
【図5】



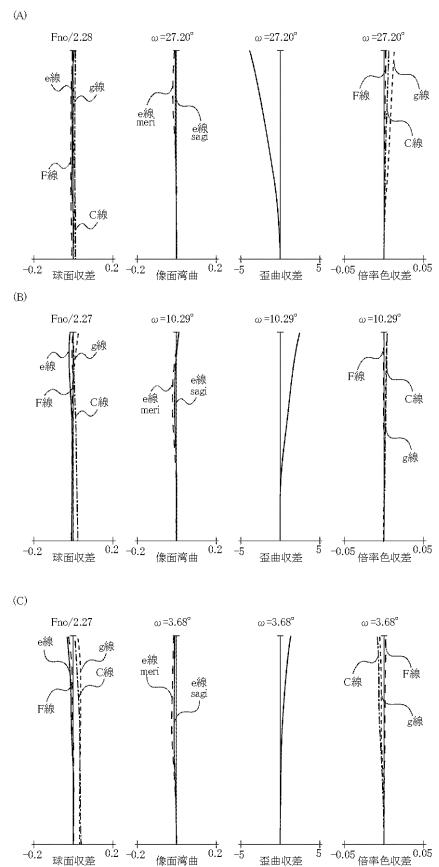
【図6】



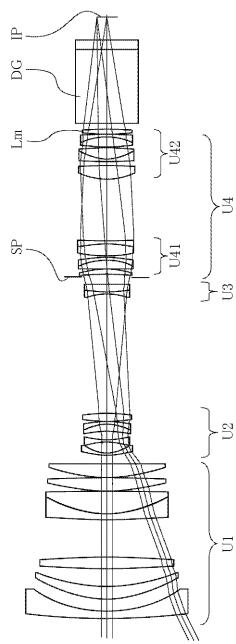
【図7】



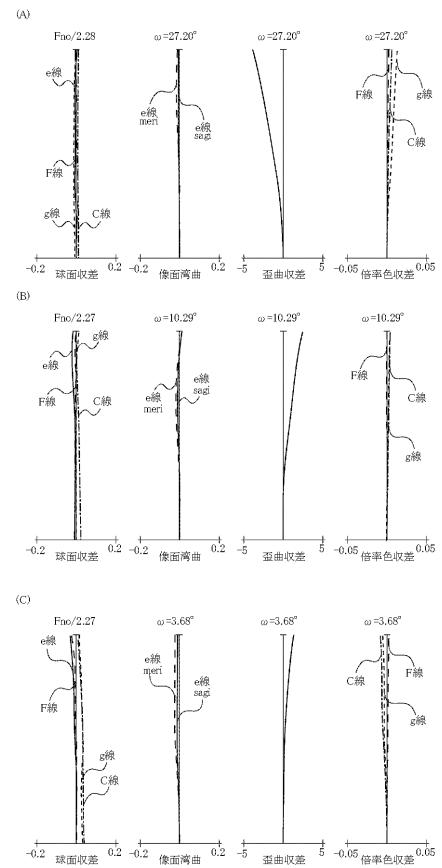
【図8】



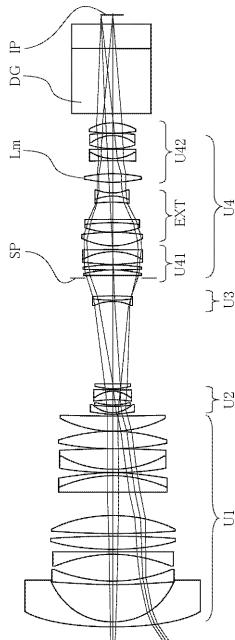
【図9】



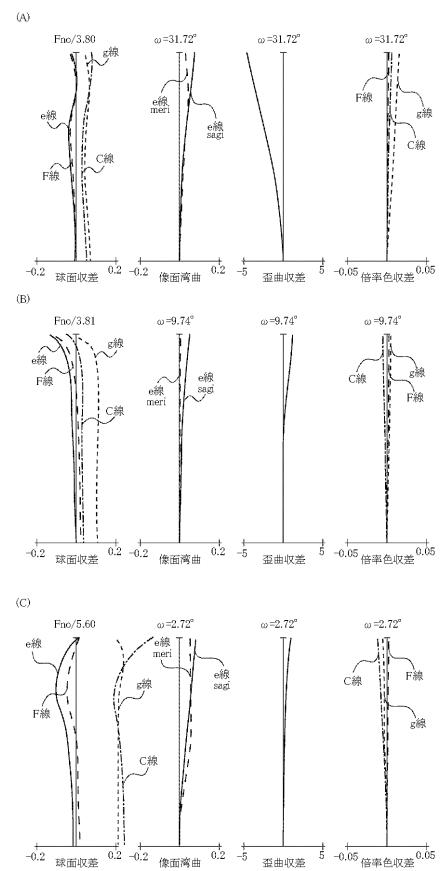
【図10】



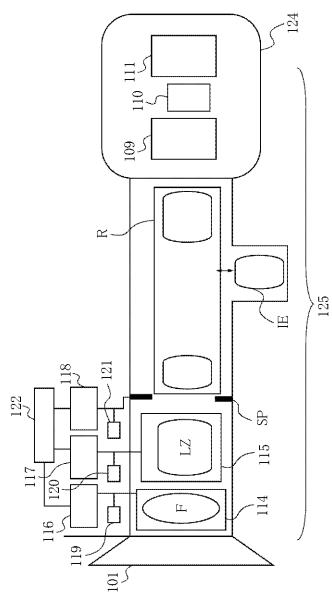
【図11】



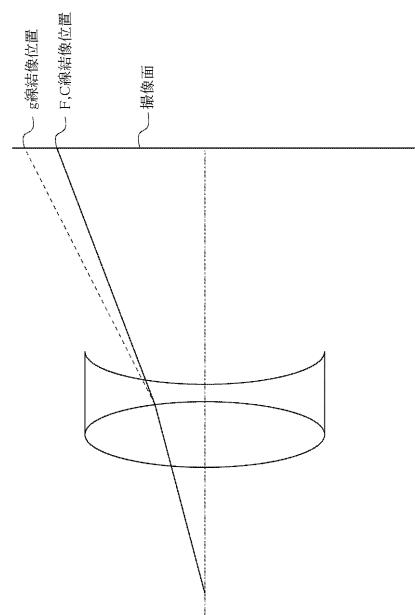
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-146293(JP,A)
特開平08-146294(JP,A)
特開2010-175971(JP,A)
特開2004-264449(JP,A)
特開平10-068882(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08
21 / 00 - 21 / 04
25 / 00 - 25 / 04