

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5726004号
(P5726004)

(45) 発行日 平成27年5月27日(2015.5.27)

(24) 登録日 平成27年4月10日(2015.4.10)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/02 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/02
G02B 13/18

請求項の数 16 (全 66 頁)

(21) 出願番号 特願2011-159788 (P2011-159788)
 (22) 出願日 平成23年7月21日 (2011.7.21)
 (65) 公開番号 特開2013-25087 (P2013-25087A)
 (43) 公開日 平成25年2月4日 (2013.2.4)
 審査請求日 平成26年5月30日 (2014.5.30)

(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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 江口 眞
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 原田 英信

(56) 参考文献 特開2009-139543 (JP, A)
 特開2010-145832 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮影光学系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、フォーカシングに際して光軸方向に移動する負の屈折力の第2レンズ群、又は負の屈折力の第3レンズ群、を有する撮影光学系であって、

前記第1レンズ群よりも像側に配置され軸上最大光束径を決定する開口部を有し、

光軸方向における前記開口部からの距離を $d_{s.p.-A}$ 、最も物体側のレンズの物体側面頂点から像面までの光軸上の長さを L 、とするとき、

$$0.00 < d_{s.p.-A} / L < 0.12$$

なる条件を満足する距離 $d_{s.p.-A}$ の範囲内に物体側面頂点が位置する光学素子Aを少なくとも1つ有し、

全系の焦点距離を f 、全系のパワーを F 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠物体にフォーカスしたときの開放Fナンバーを $F_n o$ 、前記第1レンズ群における最も物体側のレンズの物体側面頂点から前記第1レンズ群における最も像側のレンズの像側面頂点までの光軸上の長さを d_1 、前記光学素子Aのパワーを A 、前記光学素子Aを構成する材料のd線基準のアッベ数及び部分分散比差の夫々を d_A 及び $g_{F,A}$ 、とするとき、

$$4.0 < f^2 / (f_1 \times F_n o \times d_1) < 10.0$$

$$-0.10 < g_{F,A} \times A / (d_A \times) < -0.01$$

なる条件を満足することを特徴とする撮影光学系。

10

20

【請求項 2】

前記光学素子 A を構成する材料の部分分散比及び光学特性の夫々を g_{F_A} 及び A_1 とし、

$$\begin{aligned} A_1 &= g_{F_A} - g_{F_B} \\ g_{F_B} &= -1 \times 10^{-9} \times d_A^4 + 5 \times 10^{-8} \times d_A^3 + 7.5 \times 10^{-7} \\ 5 \times d_A^2 - 7 \times 10^{-3} \times d_A + 0.721 \end{aligned}$$

とおいたとき、

$$0.0272 < A_1 < 0.3000$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮影光学系。

【請求項 3】

前記光学素子 A を構成する材料の部分分散比及び光学特性の夫々を g_{F_A} 及び A_2 とし、

$$\begin{aligned} A_2 &= g_{F_A} - g_{F_B} \\ g_{F_B} &= -1.67 \times 10^{-7} \times d_A^3 + 5.21 \times 10^{-5} \times d_A^2 - 5 \\ .66 \times 10^{-3} \times d_A + 0.7278 \end{aligned}$$

とおいたとき、

$$-0.5000 < A_2 < -0.0272$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮影光学系。

【請求項 4】

$$5 < d_A < 60$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 5】

前記光学素子 A は、回折光学素子であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 6】

無限遠物体にフォーカスしたときの前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との合成焦点距離を $f_{1,2}$ とするとき、

$$2.0 < f^2 / (f_{1,2} \times L) < 10.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズのパワーの総和及び負レンズのパワーの総和の夫々を P_{SUM} 及び N_{SUM} とするとき、

$$1.4 < P_{SUM} / N_{SUM} < 3.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 8】

光軸方向における前記開口部からの像側への距離を d_{sp-R} 、前記開口部から像面までの光軸上の長さを d_{sp-img} 、とするとき、

$$0.30 < d_{sp-R} / d_{sp-img} < 1.00$$

なる条件を満足する距離 d_{sp-R} の範囲内に物体側頂点が位置する光学素子 R を少なくとも 1 つ有し、

物体側から数えて第 i 番目の前記光学素子 A について、パワーを A_i 、材料の d 線基準のアッベ数及び部分分散比差の夫々を d_{A_i} 及び $g_{F_A i}$ 、とし、物体側から数えて第 k 番目の前記光学素子 R について、パワーを R_k 、材料の d 線基準のアッベ数及び部分分散比差の夫々を d_{R_k} 及び $g_{F_R k}$ 、とし、前記光学素子 A の枚数を n_A 、前記光学素子 R の枚数を m_R 、とするとき、

【数1】

$$1.0 \times 10^{-5} < \sum_{i=1}^{n_A} \frac{\Delta \theta_{gFAi} \times \phi_{Ai}}{v_{dAi} \times \phi} \times \sum_{k=1}^{m_R} \frac{\Delta \theta_{gFRk} \times \phi_{Rk}}{v_{dRk} \times \phi} < 1.0 \times 10^{-3}$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の撮影光学系。

【請求項9】

前記光学素子Rを構成する材料の部分分散比及び光学特性の夫々を_{g F R}及び_{R 1}とし、

$$\begin{aligned} R_1 = & g_{F R} - g_{F B R 1} \\ g_{F B R 1} = & -1 \times 10^{-9} \times d_R^4 + 5 \times 10^{-8} \times d_R^3 + 7.5 \times 10^{-5} \\ -5 \times d_R^2 - 7 \times 10^{-3} \times d_R + 0.721 \end{aligned} \quad 10$$

とおいたとき、

$$0.0272 < R_1 < 0.3000$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項8に記載の撮影光学系。

【請求項10】

前記光学素子Rを構成する材料の部分分散比及び光学特性の夫々を_{g F R}及び_{R 2}とし、

$$\begin{aligned} R_2 = & g_{F R} - g_{F B R 2} \\ g_{F B R 2} = & -1.67 \times 10^{-7} \times d_R^3 + 5.21 \times 10^{-5} \times d_R^2 - \\ 5.66 \times 10^{-3} \times d_R + 0.7278 \end{aligned} \quad 20$$

とおいたとき、

$$-0.5000 < R_2 < -0.0272$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項8に記載の撮影光学系。

【請求項11】

$$5 < d_R < 60$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項8乃至10のいずれか1項に記載の撮影光学系。

【請求項12】

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、接合レンズ、を有し、前記メニスカス形状の正レンズの物体側面の曲率半径及び像側面の曲率半径の夫々をRM1及びRM2、前記メニスカス形状の正レンズを構成する材料のアッペ数を_M、とするとき、

$$0.1 < (RM2 - RM1) / (RM1 + RM2) < 0.5$$

$$15 < M < 30$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の撮影光学系。

【請求項13】

前記第1レンズ群及び第2レンズ群に配置されたレンズのうち、物体側から数えて第*i*番目のレンズについて、パワーを_{G i}、材料のd線基準のアッペ数及び部分分散比差の夫々_{d G i}及び_{g F G i}、とし、前記第1レンズ群及び第2レンズ群に配置されたレンズの枚数をnとするとき、

【数2】

$$0.005 < \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \theta_{gFGi} \times \phi_{Gi}}{v_{dGi} \times \phi} < 0.020$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の撮影光学系。

【請求項14】

最も物体側のレンズの物体側面頂点から前記開口部までの光軸上の長さを_{d s p}とす

るとき、

$$4.0 < f^2 / (d_{s_p} \times L) < 8.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 15】

前記第 3 レンズ群は、物体側から像側へ順に、固定の第 31 レンズ群、光軸に垂直な方向の成分を持つ方向に移動する第 32 レンズ群、固定の第 33 レンズ群、を有することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系。

【請求項 16】

請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の撮影光学系と、該撮影光学系によって形成された像を受光する像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は撮影光学系及びそれを有する撮像装置に関し、例えば固体像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TV カメラ、監視用カメラや銀塩フィルムを用いたフィルム用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

長焦点距離の撮影光学系として、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する前方レンズ群と、負の屈折力を有する後方レンズ群より成る、所謂望遠タイプの撮影光学系（望遠レンズ）が知られている。ここで長焦点距離とは例えば有効撮像範囲の寸法に比べて長い焦点距離のことをいう。一般的に焦点距離の長い望遠レンズでは、焦点距離が延びるにしたがって、諸収差のうち、特に軸上色収差及び倍率色収差等の色収差が多く発生していく。

【0003】

これらの色収差を、萤石や商品名 S-FPL51（オハラ社製）等の異常部分分散性を持った低分散材料を用いた正レンズと、高分散材料を用いた負レンズとを組み合わせて補正した（色消しを行った）望遠レンズが種々提案されている（特許文献 1）。

【0004】

特許文献 1 では焦点距離 294 mm ~ 392 mm で F ナンバー 4.08 ~ 5.6 程度の望遠レンズを開示している。また F ナンバーの小さい望遠レンズでは、F ナンバーが小さくなるにしたがって、諸収差のうち、特に球面収差及びコマ収差が多く発生していく。F ナンバーが小さい望遠レンズにおいて球面収差やコマ収差を補正するためには、レンズ枚数を増やして収差補正に対する自由度を増やすようにした望遠レンズが知られている（特許文献 2）。

【0005】

特許文献 2 ではレンズ枚数を増やして収差補正を行った焦点距離 294 mm ~ 588 mm で F ナンバー 2.88 ~ 4.08 程度の大口径比の望遠レンズを開示している。

【0006】

一方、光学系の色収差を含めた諸収差を補正しつつ、レンズ重量を軽量化する方法として、レンズ面やあるいは光学系の一部に、回折作用を有する回折光学部を基板上に設けた回折光学素子を用いる方法が知られている。この方法によって、色収差を補正しつつレンズ全長を短縮したり、ガラス材料の比重を比較的軽い材料でレンズを構成することで総合的なレンズ重量を軽量化した光学系が知られている（特許文献 3）。

【0007】

特許文献 3 では回折光学素子を用いて色収差を良好に補正した焦点距離 293 mm ~ 391 mm で F ナンバー 2.9 ~ 4.1 程度の大口径比の望遠レンズを開示している。この特許文献 3 では、レンズ全長を短縮させて第 1 レンズ群のパワーが増大した分を、非球面で単色の収差補正を行い、色収差を回折光学素子で補正している。これにより諸収差の補

10

20

30

40

50

正と全体の小型・軽量化を図っている。

【0008】

また多くの撮影レンズ(光学系)において無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは、撮影レンズ全体を移動させたり、若しくは撮影レンズの一部のレンズ群を移動させたりして行っている。このうち焦点距離の長い望遠レンズの場合は、レンズ全体が大型となり、又、重くなるため、望遠レンズ全体を移動させてフォーカスを行うのが機構的に困難である。

【0009】

このため、従来より、望遠レンズでは一部のレンズ群を移動させてフォーカスを行っているものが多い。このうち前方レンズ群以外の比較的小型でしかも軽量の光学系の中央部分の一部のレンズ群を移動させてフォーカスを行ったインナーフォーカス式を用いている。特許文献1乃至3の望遠レンズでは何れも物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群を有し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群を光軸上を像面側へ移動させてフォーカスを行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開平9-145996号公報

【特許文献2】特開平8-327897号公報

【特許文献3】特開2009-271354号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

望遠レンズは一般に、焦点距離を長くするにつれてレンズ系全体が大型化してくる。このため望遠レンズにおいてはレンズ系全体の小型化を図ること、そして焦点距離を長くすることによって発生する諸収差のうち、特に色収差を良好に補正することが重要になってくる。更にフォーカシングを前方レンズ群以外の小型軽量のレンズ群で迅速に、しかも駆動装置の負担を少なくして行うことが重要になってくる。

【0012】

一般に望遠レンズにおいて焦点距離が長くなるにつれて、特に正の屈折力の前方レンズ群が大型化及び高重量化してくる。このため望遠レンズにおいては正の屈折力の前方レンズ群のレンズ構成を適切に設定することが全系の小型化及び軽量化を図りつつ、かつ色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るのに重要になってくる。前方レンズ群のレンズ構成が不適切であると全系が大型化し、諸収差が増大し高い光学性能を得るのが大変困難になる。

【0013】

本発明は、色収差を含めた諸収差の補正が容易で、しかも全系の小型化及びレンズ重量の軽量化を図ることができる撮影光学系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】

【0014】

本発明の撮影光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、フォーカシングに際して光軸方向に移動する負の屈折力の第2レンズ群、又は負の屈折力の第3レンズ群、を有する撮影光学系であって、

前記第1レンズ群よりも像側に配置され軸上最大光束径を決定する開口部を有し、光軸方向における前記開口部からの距離を d_{sp-A} 、最も物体側のレンズの物体側面頂点から像面までの光軸上の長さを L とするとき、

$$0.00 < d_{sp-A} / L < 0.12$$

なる条件を満足する距離 d_{sp-A} の範囲内に物体側面頂点が位置する光学素子Aを少なくとも1つ有し、

全系の焦点距離を f 、全系のパワーを P 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、無限遠

10

20

40

50

物体にフォーカスしたときの開放Fナンバーを $F_n o$ 、前記第1レンズ群における最も物体側のレンズの物体側面頂点から前記第1レンズ群における最も像側のレンズの像側面頂点までの光軸上の長さを d_1 、前記光学素子Aのパワーを A 、前記光学素子Aを構成する材料のd線基準のアッベ数及び部分分散比差の夫々を $v_d A$ 及び $v_{F A}$ とするとき、

$$4.0 < f^2 / (f_1 \times F_n o \times d_1) < 10.0$$

$$-0.10 < v_{F A} \times A / (v_d A \times \dots) < -0.01$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、色収差を含めた諸収差の補正が容易で、しかも全系の小型化及びレンズ重量の軽量化を図った撮影光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】(A), (B) 本発明の実施例1の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図2】(A), (B) 本発明の実施例2の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図3】(A), (B) 本発明の実施例3の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図4】(A), (B) 本発明の実施例4の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図5】(A), (B) 本発明の実施例5の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図6】(A), (B) 本発明の実施例6の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図7】(A), (B) 本発明の実施例7の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図8】(A), (B) 本発明の実施例8の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図9】(A), (B) 本発明の実施例9の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図10】(A), (B) 本発明の実施例10の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図11】(A), (B) 本発明の実施例11の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図12】(A), (B) 本発明の実施例12の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図13】(A), (B) 本発明の実施例13の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図14】(A), (B) 本発明の実施例14の撮影光学系の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図と収差図

【図15】本発明の撮像装置の説明図

【図16】本発明に係る条件式(4)～(6)、条件式(11)～(13)の範囲を説明する図

【図17】一般硝材の波長による屈折率変化を表すグラフ

【図18】本発明の撮影光学系の光学作用を説明するための近軸配置概略図

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明

10

20

30

40

50

の撮影光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、フォーカスのために光軸方向に移動する負の屈折力の第2レンズ群、正又は負の屈折力の第3レンズ群、を有している。

【0018】

図1(A)乃至図14(A)は、本発明の撮影光学系の実施例1乃至実施例14のレンズ断面図である。また図1(B)乃至図14(B)は本発明の撮影光学系の実施例1乃至実施例14の縦収差図である。また図15は本発明の撮影光学系をカメラ本体に装着した一眼レフカメラシステム(撮像装置)の要部概略図である。各レンズ断面図において、L₀は撮影光学系である。SPは軸上最大光束径を決定している開口部である。撮影光学系L₀は正の屈折力の第1レンズ群L₁、負の屈折力の第2レンズ群L₂、正又は負の第3レンズ群L₃を有している。
10

【0019】

第3レンズ群L₃は物体側から像側へ順に、固定の第31レンズ群L₃₁、光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動して画像を光軸方向に対し垂直に変移させる第32レンズ群L₃₂、固定の第33レンズ群L₃₃を有する。Gは光学フィルター、フェースプレート等であり、ガラスブロックとして示している。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルカメラの撮影光学系として使用する際には像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子(光電変換素子)の撮像面が、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系とし使用する際にはフィルム面に相当する。
20

【0020】

各収差図において、d、gは順に、d線、g線である。M、Sはメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差はg線によって表している。FnoはFナンバー、は半画角である。すべての収差図においては、後述する各数値実施例をmm単位で表したとき球面収差は0.2mm、非点収差は0.2mm、歪曲は2%、倍率色収差は0.02mmのスケールで描かれている。各実施例の撮影光学系L₀は望遠レンズより成り、その特徴とする構成は次のとおりである。
20

【0021】

各実施例において、第1レンズ群L₁の少なくとも1つのレンズ面は非球面形状である。第1レンズ群L₁よりも像側に軸上最大光束径を決定する開口部(開口絞り)SPを有している。開口部SPから光軸方向の距離をd_{sp-A}、最も物体側のレンズの物体側面頂点から像面までの光軸上の長さをLとする。このとき、
30

$$0.00 < d_{sp-A}/L < 0.12 \quad \dots (2)$$

を満足する距離d_{sp-A}の範囲内に少なくとも物体側面頂点が位置する光学素子Aを少なくとも1つ有している。

【0022】

全系の焦点距離をf、全系のパワーを、第1レンズ群L₁の焦点距離をf₁、無限遠物体にフォーカスしているときの開放FナンバーをFnoとする。第1レンズ群L₁の最も物体側レンズの物体側面頂点から、第1レンズ群L₁の最も像側レンズの像側面頂点までの光軸上の長さをd₁とする。光学素子Aのパワーを_A、光学素子Aを構成する材料のd線基準のアッベ数を_{dA}、部分分散比差を_{gFA}とする。このとき、
40

$$4.0 < f^2/(f_1 \times Fno \times d_1) < 10.0 \quad \dots (1)$$

$$-0.10 < g_{FA} \times A / (d_A \times) < -0.01 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足している。

【0023】

ただしアッベ数_{dA}、部分分散比差_{gFA}は、前記光学素子Aを構成する材料のd線における屈折率をN_{dA}、g線における屈折率をN_{gA}、C線における屈折率をN_{CA}、F線における屈折率をN_{FA}とすると次に示す式で定義するものである。

【0024】

$$d_A = (N_{dA} - 1) / (N_{FA} - N_{CA})$$

$$g_{FA} = (N_{gA} - N_{FA}) / (N_{FA} - N_{CA})$$

$$g_{FA} = g_{FA} - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d_A + 0.64146)$$

図18は望遠レンズL0の近軸屈折力配置の模式図である。図18では望遠レンズL0においてリアフォーカシング(インナーフォーカシング)を想定したときの基準状態(無限遠物体合焦状態)での光学作用を説明するための近軸屈折力配置を示している。

【0025】

図中L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2はフォーカシングのために光軸方向へ移動する負の屈折力の第2レンズ群である。L3は正又は負の屈折力を有する第3レンズ群であるが、この図においては詳細を省略している。Laは光軸である。IPは像面である。Pは軸上近軸光線、そしてQは瞳近軸光線である。

【0026】

一般的に望遠レンズにおいて、軸上近軸光線Pのレンズへの入射高さは、光軸Laと瞳近軸光線Qの交わる点SPaより物体側で高く、像側で低くなっている。望遠レンズはこのようにいわゆるテレフォトタイプ(望遠タイプ)の構成をとっている。この場合、大口径(Fナンバーを小)化を効果的に達成しようとすると、Fナンバー(開放Fナンバー)は物体側近傍のレンズ径で決まってしまう。

【0027】

しかしそうなると望遠レンズの中では物体側のレンズほど有効径が大きくなる。特にFナンバーが小さくなればレンズの有効径も増大し、それに伴ってレンズ外径も増大し、さらにその約3乗で重量が増す。そのため大口径比の望遠レンズほど像側より物体側のレンズの重量が増大しやすい。以上のようなことから大口径比の望遠レンズにおいては全系の軽量化を図ることが重要になってくる。

【0028】

そこで、この状況においてレンズ系全体の重量を軽減するためには、仕様や結像性能を変えずにレンズ全長(第1レンズ面から像面までの距離)の短縮を図ったり、第1レンズ群の構成レンズの枚数を削減したり、レンズ有効径を小さくすることが必要となってくる。

【0029】

各実施例ではこのレンズタイプにおいてレンズ系全体の重量を軽減するために、まずレンズ全長を短縮することにした。これを達成するための方法としては、正のパワー(屈折力)である第1レンズ群のパワーを強めることや、第1レンズ群自体のレンズ群の厚み(光軸方向の長さ)を薄くすることなどがある。しかし一般的に、焦点距離と比較して、Fナンバーが小さい(Fナンバー4~6)望遠レンズは、Fナンバーが大きい(Fナンバー8~12)望遠レンズに比べて球面収差やコマ収差が増大してくる。そこで従来の望遠レンズでは、第1レンズ群のレンズ枚数を増やすことで、収差補正を行ってきた。

【0030】

次に、焦点距離と比較して、Fナンバー(開放Fナンバー)が小さい望遠レンズにおいて、レンズ全長の短縮を行う手段を考える。従来例に挙げたFナンバーが大きい望遠レンズのように、第1レンズ群のパワーを単に強めるだけでレンズ全長の短縮を行おうとすると、Fナンバーが大きい望遠レンズよりも第1レンズ群の有効径が大きいため、正レンズの肉厚(中心厚)が増大してしまう。

【0031】

そのため第1レンズ群の重量が増大してしまい、Fナンバーが小さい望遠レンズではレンズ全長の短縮に見合った軽量化の効果を出せない。またレンズ枚数が多いためレンズ全長の短縮を行うための空気間隔が少なく、ある程度以上は十分なレンズ全長の短縮効果が得られなかった。

【0032】

そこで各実施例では、第1レンズ群内に少なくとも1つの非球面形状のレンズ面を配置することで、光学特性を良好に維持しつつ、第1レンズ群のレンズ枚数を削減して第1レンズ群のレンズ群厚を薄くしている。そして更に第1レンズ群のパワーを強めることでレンズ全長の短縮を行っている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

このとき、焦点距離 f が長く、F ナンバー $F_{n o}$ が小さい（焦点距離 f と F ナンバー $F_{n o}$ の比が大きい）望遠レンズにおいて全長を短縮すると次のような課題が生じてくる。ここで望遠レンズとしては、例えば焦点距離 $f = 600 \text{ mm}$ 、F ナンバー $F_{n o} = 4.0$ や焦点距離 $f = 800 \text{ mm}$ 、F ナンバー $F_{n o} = 5.6$ である。

【 0 0 3 4 】

第 1 レンズ群に萤石や回折光学素子を使用して色収差を補正しつつ第 1 レンズ群のパワーを強くして、ある程度以上にレンズ全長を短縮して行くと、軸上色収差と倍率色収差の補正バランスが崩れてくる。例えば倍率色収差を十分に補正しようとすると、軸上色収差が補正過剰になってしまう。特に g 線と F 線との間の軸上色収差が十分に補正することができない。10

【 0 0 3 5 】

通常のフルハイビジョン（画素数 1920×1080 、画素サイズ数 μm ）相当の画質であれば、多少の色収差が許容される。しかし、画素数のアップや画素サイズの縮小による高画質化を考慮すると、軸上色収差の補正を十分に行なうことが必要になってくる。

【 0 0 3 6 】

そこで各実施例では第 1 レンズ群のレンズ群厚を薄くし、第 1 レンズ群のパワーを強めることでレンズ全長の短縮を行なうだけではなく、次のようにしている。軸上最大光束径を決定している条件式（2）を満足する位置に配置されている開口部 SP の近傍に条件式（1）、（3）を満足する光学素子 A を少なくとも 1 つ配置した。これにより g 線と F 線との間の軸上色収差の補正を行なっている。20

【 0 0 3 7 】

次にこのときの色収差補正のメカニズムについて説明する。図 18 の近軸屈折力配置のモデルに示すような望遠レンズ L 0において、瞳近軸光線 Q が光軸 L a と交わる位置 SP a よりも物体側では、軸上近軸光線 P がレンズ面に光軸 L a から高い位置を通過するため、像面側のレンズよりも軸上色収差が多く発生する。また瞳近軸光線 Q が光軸 L a と交わる位置 SP a から物体側（又は像側）へ行けば行くほど軸外主光線がレンズの周辺部分を通過するため、倍率色収差が多く発生する。

【 0 0 3 8 】

そのため、瞳近軸光線 Q が光軸 L a と交わる位置 SP a よりも物体側（特に第 1 レンズ群）に異常分散特性を有する材料からなるレンズや回折光学素子などの色収差補正用の光学素子を配置することで、軸上色収差と倍率色収差の両方を補正することができる。こうすることで軸上色収差と倍率色収差それぞれの C 線と F 線との間の色収差補正と g 線と F 線との間の色収差補正を行うことができる。30

【 0 0 3 9 】

しかしながら、レンズ全長の短縮のために第 1 レンズ群のパワーを強めていくと、特に g 線と F 線との間の色収差量が増大してくる。これは図 17 に示すように、レンズに使われるような一般的な光学材料は、分散の違いで大きさは異なるが短波長になればなるほど屈折率の変化が大きくなっているからである。一般に第 1 レンズ群内の正レンズは、軸上色収差と倍率色収差の両方の C 線と F 線との間と g 線と F 線との間の色収差をバランスよく補正しようとして異常分散性の大きい材料を多く使用している。40

【 0 0 4 0 】

第 1 レンズ群のパワーを更に強めていくと、軸上色収差と倍率色収差の補正の寄与率が異なるために、第 1 レンズ群に配置したガラス材料や回折光学素子だけでは軸上色収差と倍率色収差の両方について d、g、C、F の 4 波長の色収差補正を行うことが難しくなる。特に、倍率色収差を十分に補正しようとすると、 g 線と F 線との間の軸上色収差が補正過剰になってしまう。

【 0 0 4 1 】

第 1 レンズ群のパワーを強めてレンズ全長を短縮して行くと、第 1 レンズ群に配置した材料や回折光学素子だけでは g 線と F 線との間の色収差補正が十分ではなくなるのはこの50

理由からである。

【0042】

そこで、軸上最大光束径を決定している開口部SPの近傍に条件式(1)、(3)を満足する少なくとも1つの光学素子Aを配置する。これにより倍率色収差に与える影響を少なくしながら、g線とF線との間の軸上色収差を逆補正することで全系として色収差を良好に補正している。各実施例ではこのようにすることで、全体として軽量で高画質な画像が得られる撮影光学系を構成している。

【0043】

このとき開口部SPを第1レンズ群よりも像側に配置している。こうすることで、第1レンズ群のレンズ有効径を大きくすることなく画面周辺の光束を十分に取り込んでいる。
更に、多くの撮影光学系におけるフォーカシングは、撮影光学系全体を移動させたり、もしくは撮影光学系の一部のレンズ群を移動させたりして行っている。このうち焦点距離が長くFナンバー(開放Fナンバー)が小さい望遠レンズの場合は、レンズ系全体が大型となり、又、Fナンバーの大きい望遠レンズに比べて高重量となる。このため、望遠レンズ全体を移動させてフォーカシングを行うのが機構的に困難となる。

10

【0044】

そこで各実施例の撮影光学系は、第1レンズ群L1よりも像側に位置する小型軽量なレンズ群である第2レンズ群L2を光軸上移動させることによってフォーカシングを行っている。これにより、光学系全体や第1レンズ群L1全体を移動させてフォーカスすることに比して格段に小さい駆動装置でフォーカスすることを容易にしている。

20

【0045】

更に第1レンズ群には少なくとも1つの非球面を有するようにしている。そうすることで、球面収差やコマ収差等を大きく悪化させることなく第1レンズ群のレンズ枚数を削減している。または色収差の補正のために萤石等の低分散硝材に大きなパワーをつけた場合でも、そこから発生する球面収差やコマ収差等を非球面によって補正することを容易にしている。

【0046】

また各実施例の撮影光学系は第2レンズ群L2よりも像側に第3レンズ群L3を配置している。第2レンズ群L2よりも像側に第3レンズ群L3を配置することで、軸上光線のレンズへの入射高さが低く、かつ軸外主光線が高い位置を通過する箇所にレンズ面を配置することができる。これにより、像面湾曲や倍率色収差の補正を容易にしている。

30

【0047】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)は撮影光学系L0の第1レンズ群L1のパワーと第1レンズ群厚に関する。条件式(1)の上限値を超えると、第1レンズ群L1のパワーが強くなりすぎるか第1レンズ群L1の厚みが薄くなりすぎる。どちらもレンズ全長の短縮には効果があるが、しかしそれにより第1レンズ群L1で発生する球面収差やコマ収差等を第1レンズ群L1内で補正することが難しくなり、レンズ全系で球面収差とコマ収差が補正不足となるため好ましくない。

【0048】

一方、条件式(1)の下限値を超えると、第1レンズ群L1のパワーが弱くなるか、第1レンズ群L1の厚みが厚くなるため、レンズ全長の短縮効果が得られにくくなり好ましくない。条件式(1)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

40

【0049】

$$4.5 < f^2 / (f_1 \times Fno \times d_1) < 9.0 \quad \dots (1a)$$

また条件式(1a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0050】

$$4.95 < f^2 / (f_1 \times Fno \times d_1) < 8.00 \quad \dots (1b)$$

条件式(2)は撮影光学系L0に配置された条件式(3)を満足する光学素子Aの配置位置に関する。条件式(2)の上限値を超えると、開口部SPから離れて、第1レンズ群L1寄りか、像面寄りに光学素子Aを配置することになる。

50

【0051】

まず光学素子Aが第1レンズ群L1寄りに配置された場合は、軸上近軸光線がレンズ面に光軸から高い位置を通過し、かつ軸外主光線がレンズの周辺部分を通るような位置に配置することになる。このような構成の位置に光学素子Aを配置すると、軸上色収差と倍率色収差の寄与率が両方とも大きくなる。そうすると軸上色収差と倍率色収差の補正バランスを取ることができる解がなくなってしまうため好ましくない。また像面寄りに配置された場合は、軸上近軸光線がレンズ面に光軸から低い位置を通過する位置に光学素子Aを配置することになる。

【0052】

そうすると、軸上色収差への収差補正の寄与率が小さくなり、非常に大きなパワーを持たせないと補正することができなくなる。そうすると、色収差と基本収差（特に像面湾曲など）とのバランスを取る解がなくなるため好ましくない。また条件式（2）の下限値は超えることはない。条件式（2）は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0053】

$$0.00 < d_{sp-A}/L < 0.09 \quad \dots (2a)$$

条件式（3）は、光学素子Aの色収差の補正力に関する。条件式（3）の上限値（又は下限値）を超えると、光学素子Aのパワーの絶対値が小さすぎる（又は大きすぎる）、または光学素子Aの部分分散比差の絶対値が小さすぎる（又は大きすぎる）ことになる。そうすると、軸上色収差の補正バランスがとれなくなり、特にg線とF線との間の軸上色収差が十分に補正できないため好ましくない。条件式（3）は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0054】

$$-0.07 < g_{FA} \times A / (d_A \times) < -0.01 \quad \dots (3a)$$

また条件式（3a）は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0055】

$$-0.05 < g_{FA} \times A / (d_A \times) < -0.01 \quad \dots (3b)$$

以上のような構成とすることで本発明の目的とする撮影光学系は達成されるが、更に好ましくは次に述べる条件のうち少なくとも1つを満足するのが良く、これによれば更なるレンズ全長の短縮効果と高い光学性能が容易に得られる。

【0056】

第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、接合レンズを有していることが好ましい。このようなレンズ構成とすることで、正レンズとメニスカスレンズで第1レンズ群L1内に入射した光線を收れんさせると共に、メニスカスレンズの物体側面と像側面のわずかな曲率差を利用して球面収差とコマ収差等を補正することが容易となる。

【0057】

こうすることでパワーと収差補正のバランスが取れるため好ましい。またレンズ全長の短縮による第1レンズ群L1のパワーの増加によって、レンズの配置位置の製造誤差による結像性能の変化の敏感度も大きくなる。しかし、接合レンズを有していることで、接合せず近接配置をとる場合よりも敏感度を下げる事が容易となるため、製造しやすくなり好ましい。

【0058】

光学素子Aの材料の部分分散比を g_{FA} 、光学素子Aを構成する材料の光学特性 A_1 を、

$$A_1 = g_{FA} - g_{FB1}$$

$$g_{FB1} = -1 \times 10^{-9} \times d_A^4 + 5 \times 10^{-8} \times d_A^3 + 7.5 \times 10^{-5} \times d_A^2 - 7 \times 10^{-3} \times d_A + 0.$$

721

とおく。

【0059】

光学素子Aを構成する材料の光学特性 A_2 を、

10

20

30

40

50

$$A_2 = g_{FA} - g_{FB2}$$

$$g_{FB2} = -1.67 \times 10^{-7} \times d_A^3 + 5.21 \times 10^{-5} \times d_A^2 - 5.66 \times 10^{-3} \times d_A + 0.7278$$

とおく。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0060】

$$0.0272 < A_1 < 0.3000 \quad \dots (4)$$

$$-0.5000 < A_2 < -0.0272 \quad \dots (5)$$

$$5 < d_A < 60 \quad \dots (6)$$

図16は条件式(4)、(5)、(6)の範囲を図示した説明図である。条件式(4)、(5)は光学素子Aの部分分散比(g_F)に関する。条件式(4)の上限値を超えると、他の一般的な材料と比較して光学素子Aの部分分散比が大きくなりすぎてしまう。そうすると特に短波長側の軸上色収差が過補正になってしまふため好ましくない。
10

【0061】

一方、条件式(4)の下限値を超えると、光学素子Aの部分分散比が小さくなり、異常分散性が小さい他の一般的な材料と同程度になってしまふ。そうすると特に短波長側の軸上色収差が補正不足となるため好ましくない。

【0062】

条件式(4)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.0320 < A_1 < 0.2700 \quad (4a)$$

条件式(4a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.0400 < A_1 < 0.2500 \quad (4b)$$

条件式(4b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.0550 < A_1 < 0.2200 \quad (4c)$$

条件式(5)の上限値を超えると、光学素子Aの部分分散比が大きくなり、異常分散性が小さい他の一般的な材料と同程度になてしまふ。そうすると特に短波長側の軸上色収差が補正不足になってしまふため好ましくない。
20

【0063】

一方、条件式(5)の下限値を超えると、他の一般的な材料と比較して光学素子Aの部分分散比が小さくなりすぎてしまふ。そうすると特に短波長側の軸上色収差が過補正となるため好ましくない。条件式(5)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0064】

$$-0.5000 < A_2 < -0.0280 \quad (5a)$$

条件式(5a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$-0.4700 < A_2 < -0.0290 \quad (5b)$$

条件式(5b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$-0.4600 < A_2 < -0.0300 \quad (5c)$$

条件式(6)は光学素子Aの材料のアッペ数に関する。

【0065】

条件式(6)の上限値を超えると、光学素子Aの材料のアッペ数が大きくなり、低分散となる。そうすると短波長側の軸上色収差を補正しようとすると大きなパワーが必要となり、長波長側の色収差とのバランスがとれなくなるため好ましくない。
40

【0066】

一方、条件式(6)の下限値を超えると、光学素子Aのアッペ数が小さくなり、高分散となる。そうすると特に短波長側の軸上色収差は弱いパワーで補正しやすくなるが、少なからずとも影響を受ける倍率色収差には補正方向が逆に働くため、軸上色収差と倍率色収差のバランスをとりにくくなるので好ましくない。

【0067】

条件式(6)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$5 < d_A < 55 \quad (6a)$$

条件式(6a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$7 < d_A < 50 \quad (6b)$$

条件式(6b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0068】

$$10 < d_A < 45 \quad (6c)$$

条件式(4)や条件式(6)を満足する光学素子Aを構成する材料(以下「光学材料」ともいう。)の具体例としては、例えば樹脂がある。様々な樹脂の中でも特にUV硬化樹脂($N_d = 1.635$, $d = 22.7$, $gF = 0.69$)やN-ポリビニルカルバゾール($N_d = 1.696$, $d = 17.7$, $gF = 0.69$)は条件式(4)や(6)を満足する光学材料である。尚、条件式(4)や条件式(6)を満足する樹脂であれば、これらに限定するものではない。

【0069】

10

また、一般的な硝材とは異なる特性を持つ光学材料として、下記の無機酸化物ナノ微粒子(無機微粒子)を合成樹脂(透明媒体)中に分散させた混合体がある。無機酸化物の例としては、 TiO_2 ($N_d = 2.304$, $d = 13.8$), Nb_2O_5 ($N_d = 2.367$, $d = 14.0$)がある。またITO($N_d = 1.8571$, $d = 5.68$), Cr_2O_3 ($N_d = 2.2178$, $d = 13.4$), $BaTiO_3$ ($N_d = 2.4362$, $d = 11.3$)等がある。

【0070】

これらの無機酸化物の中では、 TiO_2 ($N_d = 2.304$, $d = 13.8$, $gF = 0.87$)微粒子を合成樹脂中に適切なる体積比で分散させた場合、上記条件式(4)や(6)を満足する光学材料が得られる。 TiO_2 は様々な用途で使われる材料であり、光学分野では反射防止膜などの光学薄膜を構成する蒸着用材料として用いられている。他にも光触媒、白色顔料などとして、また TiO_2 微粒子は化粧品材料として用いられている。

20

【0071】

また上記の無機酸化物の中でITO微粒子($N_d = 1.8571$, $d = 5.68$, $gF = 0.29$)を合成樹脂中に適切なる体積比で分散させた場合、上記条件式(5)や(6)を満足する光学材料が得られる。ITOは、一般的には透明電極を構成する材料として知られており、通常、液晶表示素子、EL素子等、他の用途として赤外線遮蔽素子、紫外線遮断素子に用いられている。

【0072】

30

各実施例において合成樹脂に分散させる TiO_2 微粒子やITO微粒子の平均径は、散乱などの影響を考えると $2\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ 程度がよく、凝集を抑えるために分散剤などを添加しても良い。また TiO_2 やITOを分散させる合成樹脂材料としては、ポリマーが良く、成形型等を用いて光重合成形または熱重合成形することにより高い量産性を得ることができる。

【0073】

そして、合成樹脂の光学定数の特性としても、部分分散比が比較的大きい合成樹脂、あるいはアッベ数が比較的小さい合成樹脂か、両者を満たす合成樹脂が良く、N-ポリビニルカルバゾール、スチレン、ポリメタクリル酸メチル(アクリル)、などが適用できる。後述する実施例では TiO_2 微粒子やITO微粒子を分散させる合成樹脂としてUV硬化樹脂、N-ポリビニルカルバゾールを用いている。しかし、これに限定するものではない。

40

【0074】

ナノ微粒子を分散させた混合体の分散特性 $N(\lambda)$ は、良く知られたDrudeの式から導きだされた次式によって簡単に計算することができる。即ち、波長 λ における屈折率 $N(\lambda)$ は、

$$N(\lambda) = [1 + V \{ N_M^2(\lambda) - 1 \} + (1 - V) \{ N_P^2(\lambda) - 1 \}]^{1/2} \quad (A)$$

である。ここで、 V は任意の波長、 N_M は TiO_2 やITOの屈折率、 N_P は合成樹脂の屈折率、 V は合成樹脂体積に対する TiO_2 微粒子やITO微粒子の総体積の分率である。

【0075】

50

また光学素子Aとして回折光学素子を用いても良い。回折光学素子であれば、球面収差やコマ収差など単波長の収差に与える影響を少なくしつつ、大きな色収差の補正効果が得られる。このため、g線とF線の間の軸上色収差の補正が容易になるため好ましい。また各実施例において、光学素子Aは回折光学素子であっても良い。

【0076】

無限遠物体に合焦時の第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離を f_{12} とする。第1レンズ群L1に含まれる正レンズのパワーの総和を P_{SUM} 、負レンズのパワーの総和を N_{SUM} とする。物体側から像側へ順に、第1レンズ群L1は、正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、接合レンズを有する。メニスカス形状の正レンズの物体側面の曲率半径をRM1、像側面の曲率半径をRM2、メニスカス形状の正レンズの材料のアッペ数を M とする。10

【0077】

第1レンズ群L1と第2レンズ群L2に配置されている物体側から数えて第*i*番目のレンズGiの材料の部分分散比差を g_{FGi} 、アッペ数を d_{Gi} 、パワーを G_i とする。最も物体側のレンズの物体側面頂点から前記開口部SPまでの光軸上の長さを d_{sp} とする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0078】

$$2.0 < f^2 / (f_{12} \times L) < 10.0 \quad \dots \quad (7)$$

$$1.4 < P_{SUM} / N_{SUM} < 3.0 \quad \dots \quad (8)$$

$$0.1 < (RM2 - RM1) / (RM1 + RM2) < 0.5 \quad \dots \quad (14)$$

$$15 < M < 30 \quad \dots \quad (15)$$

【0079】

【数1】

$$0.005 < \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \theta_{gFGi} \times \phi_{Gi}}{v_{dGi} \times \phi} < 0.020 \quad \dots \quad (16)$$

【0080】

$$4.0 < f^2 / (d_{sp} \times L) < 8.0 \quad \dots \quad (17)$$

ただし $\Delta \theta_{gFGi}$ は総和を表し、nは第1レンズ群L1及び第2レンズ群L2に配置されたレンズの枚数を表す。 d_{Gi} と g_{FGi} は、第1レンズ群L1から第2レンズ群L2までの各レンズを構成する材料のd線における屈折率を N_{dGi} 、g線における屈折率を N_{gGi} 、C線における屈折率を N_{CGi} 、F線における屈折率を N_{FGi} とする。このとき次に示す式で定義するものである。30

【0081】

$$d_{Gi} = (N_{dGi} - 1) / (N_{FGi} - N_{CGi})$$

$$g_{FGi} = (N_{gGi} - N_{FGi}) / (N_{FGi} - N_{CGi})$$

$$g_{FGi} = g_{FGi} - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d_{Gi} + 0.64146)$$

条件式(7)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成焦点距離に関する。

【0082】

条件式(7)の上限値を超えると、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成パワーが大きくなりすぎるため、レンズ全長の短縮には効果はある。しかしながら、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2で発生する球面収差とコマ収差が増大し、全系としてこれらの収差が残存してしまうため好ましくない。また下限値を超えると第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の合成パワーが小さくなりすぎるため、レンズ全長の短縮効果が得られにくくなるので好ましくない。40

【0083】

条件式(7)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$2.2 < f^2 / (f_{12} \times L) < 8.0 \quad \dots \quad (7a)$$

また条件式(7a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$2.3 < f^2 / (f_{12} \times L) < 7.0 \quad \dots \quad (7b)$$

10

20

30

40

50

条件式(8)は第1レンズ群L1中の正レンズと負レンズのパワー比に関する。条件式(8)の上限値を超えると、第1レンズ群L1中の負レンズのパワーに比べて正レンズのパワーが大きくなりすぎる。そうすると、正レンズで発生した色収差も含めた諸収差を負レンズでキャンセルするのが難しくなり、特に色収差に関しては軸上色収差や倍率色収差共にC線とF線との間の色収差が残存してしまうため好ましくない。

【0084】

一方、下限値を超えると、第1レンズ群L1中の負レンズのパワーに比べて正レンズのパワーが小さくなりすぎる。そうすると第1レンズ群L1のレンズ群の厚みが厚くなり、レンズ全長の短縮効果が薄れてしまうので好ましくない。

【0085】

条件式(8)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$1.4 < \frac{PSUM}{NSUM} < 2.7 \quad \dots \quad (8a)$$

また条件式(8a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$1.4 < \frac{PSUM}{NSUM} < 2.4 \quad \dots \quad (8b)$$

また条件式(8b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$1.4 < \frac{PSUM}{NSUM} < 2.1 \quad \dots \quad (8c)$$

条件式(14)は第1レンズ群L1中のメニスカス形状の正レンズのレンズ形状に関する。

【0086】

条件式(14)の上限値を超えると、メニスカス形状の正レンズの物体側面と像側面の曲率半径の差が大きくなりすぎる。そうするとパワーが大きくなるため、正のパワーの分担をしやすい反面、レンズへの入射光と射出光の角度差が大きくなるため微小な収差の補正がしづらくなり、球面収差やコマ収差が残存してしまう。下限値を超えるとメニスカス形状の正レンズの物体側面と像側面の曲率半径の差が小さくなりすぎてしまい、収差補正の効果が小さくなってしまうため好ましくない。条件式(14)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0087】

$$0.11 < (RM2 - RM1) / (RM1 + RM2) < 0.4 \quad \dots \quad (14a)$$

条件式(15)は第1レンズ群L1中のメニスカス形状の正レンズの材料のアッベ数に関する。条件式(15)の上限値を超えると、メニスカス形状の正レンズが低分散となる。そうすると色収差のうち特にC線とF線間の軸上色収差が補正過剰となってしまい、倍率色収差とバランスして十分に補正できなくなるため好ましくない。

【0088】

また、下限値を超えるとメニスカス形状の正レンズが高分散になりすぎる。そうすると色収差のうち特にg線とF線との間の軸上色収差が補正過剰、そしてC線とF線との間の軸上色収差が補正不足となってしまい十分に補正できなくなるため好ましくない。条件式(15)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0089】

$$17 < M < 30 \quad \dots \quad (15a)$$

また条件式(15a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$23 < M < 30 \quad \dots \quad (15b)$$

条件式(16)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2に配置されている物体側から數えて第*i*番目のレンズG*i*の色収差補正力に関する。

【0090】

第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の各レンズには、軸上近軸光線が光軸から高い位置を通過し、かつ軸外主光線がレンズの周辺部分を通る。このような位置では収差補正上、軸上色収差と倍率色収差の両方の寄与率が高いため、各レンズ群内のレンズは色収差補正力の大きな材料と適切なパワーで構成されることが好ましい。

【0091】

しかしながら、色収差補正力が極端に大きくなると過補正を招き、全系としての色収差

10

20

30

40

50

が残存してしまうため、適切な範囲にコントロールすることが好ましい。条件式(16)の上限値又は下限値を超えると、軸上色収差と倍率色収差共に、g線とF線との間の色収差とC線とF線との間の色収差のバランスが取れなくなり、全体として色収差が残存してしまうため好ましくない。条件式(16)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0092】

【数2】

$$0.006 < \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \theta_{gFGi} \times \phi_{Gi}}{v_{dGi} \times \phi} < 0.016 \quad \dots \quad (16a)$$

また条件式(16a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

10

【0093】

【数3】

$$0.007 < \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \theta_{gFGi} \times \phi_{Gi}}{v_{dGi} \times \phi} < 0.014 \quad \dots \quad (16b)$$

条件式(17)は開口部SPの位置に関する。条件式(17)の上限値(又は下限値)を超えると、開口部SPが物体側(又は像側)へ寄りすぎる。そうすると軸外光束を十分に取り込もうとすると第1レンズ群L1のレンズ有効径が大きくなってしまい、第1レンズ群L1の重量が増加してくるので好ましくない。また開口部SPは機構的に開口径を変化させることができるので開口絞りとしてもよい。条件式(17)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

20

【0094】

$$4.5 < f^2 / (d_{sp} \times L) < 7.5 \quad \dots \quad (17a)$$

また条件式(17a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$5.0 < f^2 / (d_{sp} \times L) < 7.0 \quad \dots \quad (17b)$$

開口部SPから光軸方向像側への距離をd_{sp-R}、開口部SPから像面までの光軸上の長さをd_{sp-img}とする。このとき、

$$0.30 < d_{sp-R} / d_{sp-img} < 1.00 \quad \dots \quad (9)$$

を満足する距離d_{sp-R}の範囲内に少なくとも物体側頂点が位置する光学素子Rを少なくとも1つ有している。

30

【0095】

そして光学素子Rのパワーを_R、光学素子Rを構成する材料のd線基準のアッベ数を_{dR}、部分分散比差を_{gFR}とする。光学素子Aを複数有するときは、物体側から数えて第i番目の光学素子Aiのパワーを_{Ai}、材料のアッベ数を_{dAi}、部分分散比差を_{gFAi}とする。光学素子Rを複数有するときは物体側から数えて第k番目の光学素子Rkのパワーを_{Rk}、材料のアッベ数を_{dRk}、部分分散比差を_{gFRk}とする。

【0096】

光学素子Rの部分分散比を_{gFR}、光学素子Rを構成する材料の光学特性R₁を、

$$R_1 = g_{FR} - g_{FBR1}$$

$$g_{FBR1} = -1 \times 10^{-9} \times d_R^4 + 5 \times 10^{-8} \times d_R^3 + 7.5 \times 10^{-5} \times d_R^2 - 7 \times 10^{-3} \times d_R + 0 \quad 40$$

.721

とおく。

【0097】

光学素子Rを構成する材料の光学特性R₂を、

$$R_2 = g_{FR} - g_{FBR2}$$

$$g_{FBR2} = -1.67 \times 10^{-7} \times d_R^3 + 5.21 \times 10^{-5} \times d_R^2 - 5.66 \times 10^{-3} \times d_R + 0.7278$$

とおく。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0098】

【数4】

$$1.0 \times 10^{-5} < \sum_{i=1}^{n_A} \frac{\Delta \theta_{gFA_i} \times \phi_{Ai}}{v_{dAi} \times \phi} \times \sum_{k=1}^{m_R} \frac{\Delta \theta_{gFR_k} \times \phi_{Rk}}{v_{dRk} \times \phi} < 1.0 \times 10^{-3} \quad \dots \quad (10)$$

0.0272 < R₁ < 0.3000 \dots (11)
- 0.5000 < R₂ < - 0.0272 \dots (12)
5 < d_R < 60 \dots (13)

ただし Σ は総和を表し、 n_A は光学素子 A の枚数、 m_R は光学素子 R の枚数を表し、i、k は光学素子 A や光学素子 R が複数ある場合の物体側から順につけた番号である。光学素子 A や光学素子 R が複数ある場合は、各総和をとつてから掛けるという意味である。

【0099】

そして d_{Rk} 、 g_{FRk} は、光学素子 R の d 線における屈折率を N_{dRk} 、g 線における屈折率を N_{gRk} 、C 線における屈折率を N_{CRk} 、F 線における屈折率を N_{FRk} とするときに示す式で定義するものである。

【0100】

$$\begin{aligned} d_{Rk} &= (N_{dRk} - 1) / (N_{FRk} - N_{CRk}) \\ g_{FRk} &= (N_{gRk} - N_{FRk}) / (N_{FRk} - N_{CRk}) \\ g_{FRk} &= g_{FRk} - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d_{Rk} + 0.64146) \end{aligned}$$

条件式(9)乃至(12)を満足する光学素子 R を開口部 SP よりも像側で、かつ開口部 SP から光軸方向に遠い位置に配置すると、軸上色収差にあまり影響を与えずに、倍率色収差の補正を行えるため、結像性能の更なる向上のために好ましい。

【0101】

まずは条件式(9)を満足する範囲の位置に光学素子 R を配置することが好ましい。光学素子 R の配置位置が開口部 SP から遠ければ遠いほど、軸外主光線がレンズのより周辺部を通るようになるため、小さなパワーで倍率色収差補正を行うことが容易となる。このため、単色の収差への影響を最小限に抑えつつ倍率色収差補正を行うことが容易になる。

【0102】

条件式(9)の上限値は像面にあたるため上限値を超えることはない。一方、条件式(9)の下限値を超えると、光学素子 R の位置が開口部 SP に近くなり、軸外主光線がレンズの中央付近を通るような位置になる。この位置において倍率色収差を補正しようとすると強いパワーが必要になり、単色収差にも影響を与えるようになる。そうすると倍率色収差と単色収差のバランスを取ることが難しくなるため好ましくない。

【0103】

条件式(9)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.35 < d_{sp-R}/d_{sp-img} < 0.900 \quad \dots (9a)$$

また条件式(9a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.40 < d_{sp-R}/d_{sp-img} < 0.900 \quad \dots (9b)$$

条件式(10)は光学素子 A と光学素子 R のパワーバランスに関わる。条件式(10)の上限値または下限値を超えると、g 線と F 線との間の軸上色収差と倍率色収差とのバランスを取ることが難しくなり、どちらかが残存してしまうため好ましくない。条件式(10)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0104】

【数5】

$$5.0 \times 10^{-5} < \sum_{i=1}^{n_A} \frac{\Delta \theta_{gFA_i} \times \phi_{Ai}}{v_{dAi} \times \phi} \times \sum_{k=1}^{m_R} \frac{\Delta \theta_{gFR_k} \times \phi_{Rk}}{v_{dRk} \times \phi} < 6.0 \times 10^{-4} \quad \dots (10a)$$

図16は条件式(11)、(12)、(13)の範囲を図示した説明図である。条件式(11)、(12)は光学素子 R の材料の部分分散比に関する。条件式(11)の上限値を超えると、他の一般的な材料と比較して光学素子 R の部分分散比が大きくなりすぎてしまう。そうすると特に短波長側の倍率色収差が過補正になってしまふため好ましくない。

【0105】

一方、条件式(11)の下限値を超えると、光学素子 R の部分分散比が小さくなり、異

10

20

30

40

50

常分散性が小さい他の一般的な材料と同程度になってしまう。そうすると特に短波長側の倍率色収差が補正不足となるため好ましくない。条件式(11)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0106】

$$0.0320 < R_1 < 0.2700 \quad (11a)$$

また条件式(11a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.0400 < R_1 < 0.2500 \quad (11b)$$

また条件式(11b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$0.0550 < R_1 < 0.2200 \quad (11c)$$

条件式(12)の上限値を超えると、光学素子Rの部分分散比が大きくなり、異常分散性が小さい他の一般的な材料と同程度になってしまう。そうすると特に短波長側の倍率色収差が補正不足になってしまうため好ましくない。 10

【0107】

一方、条件式(12)の下限値を超えると、他の一般的な材料と比較して光学素子Rの部分分散比が小さくなりすぎてしまう。そうすると特に短波長側の倍率色収差が過補正となるため好ましくない。条件式(12)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0108】

$$-0.5000 < R_2 < -0.0280 \quad (12a)$$

また条件式(12a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$-0.4700 < R_2 < -0.0290 \quad (12b)$$

また条件式(12b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$-0.4600 < R_2 < -0.0300 \quad (12c)$$

条件式(13)は光学素子Rの材料のアッペ数に関する。 20

【0109】

条件式(13)の上限値を超えると、光学素子Rの材料のアッペ数が大きくなり、低分散となる。そうすると短波長側の倍率色収差を補正しようとして大きなパワーが必要となり、長波長側の色収差とのバランスがとれなくなるため好ましくない。一方、条件式(13)の下限値を超えると、光学素子Rの材料のアッペ数が小さくなり、高分散となる。そうすると特に短波長側の倍率色収差は弱いパワーで補正しやすくなるが、少なからずとも影響を受ける軸上色収差には補正方向が逆に働くため、軸上色収差と倍率色収差のバランスが取りにくくなるので好ましくない。条件式(13)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。 30

【0110】

$$5 < d_R < 55 \quad (13a)$$

また条件式(13a)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$7 < d_R < 50 \quad (13b)$$

また条件式(13b)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$10 < d_R < 45 \quad (13c)$$

条件式(11)、(12)、(13)を満足する光学素子Rを構成する材料の具体例としては、前述した光学素子Aを構成する材料と同じである。以上のように各実施例によれば画面内全体に渡って色収差を補正し、高い光学性能を持った撮影光学系が得られる。 40

【0111】

次に各実施例のレンズ構成の特徴について説明する。各レンズに付した符号のレンズは前述した各レンズに付した符号のレンズと対応している。まず各実施例で共通しているレンズ構成を説明する。各実施例の撮影光学系では、最も物体側から順に正のパワー(屈折力)の第1レンズ群L1、負のパワーの第2レンズ群L2、正又は負のパワーの第3レンズ群L3より構成されている。そして第1レンズ群L1よりも像側に開口部SPを有している。また第3レンズ群L3は、正又は負のパワーの第31レンズ群L31と、負のパワーの第32レンズ群L32と正のパワーの第33レンズ群L33より成っている。

【0112】

10

20

30

40

50

そして撮影光学系が振動した時の撮影画像のブレの補正（振動補償）を第32レンズ群L32を可動レンズ群（画像変位補正群）とする。そして、矢印LTの如く光軸と直交する方向の成分を持つように移動させて行なっている。実施例7以外の各実施例については第1レンズ群L1内に回折光学素子DOEを使用している。また実施例14では光学素子Aとしても回折光学素子DOEを使用している。

【0113】

レンズ断面図において、DOEは回折光学素子である。Dは回折光学素子DOEの一部を構成する回折光学部（回折光学面）である。回折光学部Dより生ずる回折光のうち、各実施例で用いる回折光の回折次数mは1であり、設計波長 λ_0 はd線の波長（587.56nm）である。なお撮影光学系L0に設ける回折光学面Dは1つに限らず複数用いても良く、これによれば更に良好な光学性能が得られる。また回折光学面Dは球面に限らず非球面をベースとしても良く、ベースの材質は光を透過するものであればガラスでもプラスチックでも良い。
10

【0114】

回折格子の形状は、その2次項の位相係数を C_{2i} とした時、光軸からの距離Hにおける位相 $\phi(H)$ は次式で表される。ただし m は回折次数、 λ_0 は基準波長である。

【0115】

【数6】

$$\phi(H) = \left(2\pi \frac{m}{\lambda_0}\right) \cdot \left(C_2 \cdot H^2 + C_4 \cdot H^4 + C_6 \cdot H^6 + \dots + C_{2i} \cdot H^{2i}\right)$$

..... (a)

20

【0116】

一般に、レンズ、プリズム等の屈折光学材料のアッベ数（分散値） n_d は、d、C、F線の各波長における屈折力を N_d 、 N_C 、 N_F とした時、次式で表される。

【0117】

$$n_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C) > 0 \quad \dots \dots (b)$$

一方、回折光学部のアッベ数 n_d はd、C、F線の各波長を n_d 、 n_C 、 n_F とした時

$$n_d = n_d / (n_F - n_C) \quad \dots \dots (c)$$

と表され、 $n_d = -3.453$ となる。また部分分散比 g_F は

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad \dots \dots (d)$$

と表され、 $g_F = 0.2956$ となる。

【0118】

そして部分分散比差は、

$$g_F = g_F - (-1.61783 \times 10^{-3} \times n_d + 0.64146) \quad \dots \dots (e)$$

の定義式より、 $g_F = -0.35145$ となる。これにより、任意波長における分散性は、屈折光学素子と逆作用を有する。また、回折光学部の基準波長における近軸的なる回折光（ $m = 1$ ）の屈折力 f_D は、回折光学部の位相を表す前式（a）から2次項の係数を C_2 とした時、 $f_D = -2 \cdot C_2$ と表される。これより回折光学素子DOEの回折成分のみによる焦点距離 f_{DOE} は

【0119】

【数7】

$$f_{DOE} = \frac{1}{\phi_D} = -\frac{1}{2 \cdot C_2} \quad \dots \dots (f)$$

となる。さらに、任意波長を λ 、基準波長を λ_0 とした時、任意波長の基準波長に対する屈折力变化は、次式となる。

【0120】

40

50

$$D' = (/_0) \times (-2 \cdot C_2) \quad \dots (g)$$

これにより、回折光学部の特徴として、前式(a)の位相係数 C_2 を変化させることにより、弱い近軸屈折力変化で大きな分散性が得られる。これは色収差以外の諸収差に大きな影響を与えることなく、色収差の補正を行うことを意味している。また位相係数 C_4 以降の高次数の係数については、回折光学部の光線入射高の変化に対する屈折力変化は非球面と類似した効果を得ることができる。それと同時に、光線入射高の変化に応じて基準波長に対し任意波長の屈折力変化を与えることができる。このため、倍率色収差の補正に有効である。

【0121】

さらに本発明の撮影光学系のように、軸上光線がレンズ面を通過する際、光軸からの高さが高い位置を通過する面に回折光学素子を配置すれば、軸上色収差の補正にも有効である。次に各実施例における詳細な構成について説明する。

【0122】

[実施例1]

図1(A)の実施例1の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、前記接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0123】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気接するレンズ面は非球面である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズを接合した接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは2つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子Aに相当している。

【0124】

そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面である。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの両方が光学素子Rに相当している。

【0125】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、前記2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0126】

[実施例2]

図2(A)の実施例2の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む4つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは2つあり、物体側の正レンズ同士の接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、この接合レンズの接合面に配置されている。

【0127】

条件式(14)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて1番目と3番目

10

20

30

40

50

の正レンズである。また条件式(15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて3番目の正レンズである。第1レンズ群L1の接合レンズ、単レンズとともに、物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。

【0128】

更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2つの負レンズと1つの正レンズからなる1組の接合レンズから構成され、接合レンズの中央の負レンズが光学素子Aに相当している。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第31レンズ群L31と第32レンズ群L32の間に配置されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、1つの負レンズと、2組の接合レンズから構成されている。

10

【0129】

この2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは2つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0130】

20

[実施例3]

図3(A)の実施例3の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14)、(15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0131】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径として第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの負レンズと1つの正レンズからなる接合レンズである。

30

【0132】

そして像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、中央の負レンズが光学素子Aに相当している。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。

40

【0133】

また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの両方が光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0134】

[実施例4]

図4(A)の実施例4の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レン

50

ズは1つあり、接合レンズは回折光学素子D O Eを構成している。回折光学素子D O Eを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0135】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは2つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子Aに相当している。そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズを接合した接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。10

【0136】

軸上最大光束径を決定している開口部S Pは、物体側の接合レンズの最も像側の面に配置されておりこのレンズの有効径で軸上最大光束径を決定している。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは2つの負レンズと1つの正レンズからなる接合レンズであり、中央に配置された負レンズが光学素子Rに相当している。20

【0137】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させて行なっている。

【0138】

[実施例5]

図5(A)の実施例5の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む4つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは2つあり、物体側の正レンズ同士の接合レンズは回折光学素子D O Eを構成している。回折光学素子D O Eを構成する回折光学部Dは、この接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて1番目と3番目の正レンズである。30

【0139】

また条件式(15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて3番目の正レンズである。第1レンズ群L1の接合レンズ、単レンズとともに、物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部S Pは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。

【0140】

更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2つの負レンズと1つの正レンズを接合した1組の接合レンズから構成され、接合レンズの中央の負レンズが光学素子Aに相当している。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、1つの負レンズと、2組の接合レンズから構成されている。この2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズは、正レンズと負レンズからなる接合レンズである。40

【0141】

また像側の接合レンズは負レンズと正レンズからなる接合レンズであり、この負レンズが光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レ50

ンズ群 L 2 を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【 0 1 4 2 】

[実施例 6]

図 6 (A) の実施例 6 の撮影光学系 L 0 について説明する。第 1 レンズ群 L 1 はメニスカス形状の正レンズを含む 3 つの正レンズと 1 つの負レンズで構成されている。接合レンズは 1 つあり回折光学素子 D O E を構成している。回折光学素子 D O E を構成する回折光学部 D は、この接合レンズの接合面に配置されている。条件式(1 4), (1 5)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて 2 番目の正レンズである。第 1 レンズ群 L 1 の接合レンズ、単レンズともに、物体側の空気に接するレンズ面は非球面である。

【 0 1 4 3 】

10

そして第 2 レンズ群 L 2 は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部 S P は、開口径可変の開口絞りとして第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間に配置されている。更に第 3 レンズ群 L 3 において、第 3 1 レンズ群 L 3 1 は、2 つの負レンズと 1 つの正レンズを接合した 1 組の接合レンズから構成され、接合レンズの中央の負レンズが光学素子 A に相当している。そして第 3 2 レンズ群 L 3 2 は、正レンズと負レンズを接合した 1 組の接合レンズと、1 つの負レンズから構成されている。

【 0 1 4 4 】

そして第 3 3 レンズ群 L 3 3 は、1 つの正レンズと、1 つの負レンズと、2 組の接合レンズから構成されている。この 2 組の接合レンズのうち物体側の接合レンズは、正レンズと負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは正レンズと負レンズと正レンズからなる接合レンズであり、この接合レンズの負レンズが光学素子 R に相当している。また、第 3 3 レンズ群 L 3 3 の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第 2 レンズ群 L 2 を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

20

【 0 1 4 5 】

[実施例 7]

図 7 (A) の実施例 7 の撮影光学系 L 0 について説明する。第 1 レンズ群 L 1 はメニスカス形状の正レンズを含む 5 つの正レンズと 2 つの負レンズで構成されている。接合レンズは 2 つあり、接合レンズは負レンズと正レンズの接合レンズである。条件式(1 4)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて 2 番目と 3 番目の正レンズである。また条件式(1 5)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて 2 番目の正レンズである。

30

【 0 1 4 6 】

第 1 レンズ群 L 1 の最も物体側の正レンズと最も物体側の接合レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第 2 レンズ群 L 2 は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部 S P は、開口径可変の開口絞りとして第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間に配置されている。

【 0 1 4 7 】

更に第 3 レンズ群 L 3 において、第 3 1 レンズ群 L 3 1 は、2 組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは 2 つの正レンズと 1 つの負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子 A に相当している。

40

【 0 1 4 8 】

そして像側の接合レンズは 1 つの正レンズと 1 つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。そして第 3 2 レンズ群 L 3 2 は、正レンズと負レンズを接合した 1 組の接合レンズと、1 つの負レンズから構成されている。そして第 3 3 レンズ群 L 3 3 は、1 つの正レンズと、2 組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1 つの正レンズと 1 つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは 1 つの正レンズと 2 つの負レンズからなる接合レンズであり、中央の負レンズが光学素子 R に相当している。

50

【0149】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0150】

[実施例8]

図8(A)の実施例8の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。10

【0151】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズと2番目の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。

【0152】

更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは2つの負レンズと1つの正レンズからなる接合レンズであり、中央の負レンズが光学素子Aに相当している。そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。20

【0153】

物体側の接合レンズは、1つの負レンズと1つの正レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つ負レンズの両方が光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。30

【0154】

[実施例9]

図9(A)の実施例9の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0155】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、3組の接合レンズから構成されている。最も物体側の接合レンズは正レンズと負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子Aに相当している。そして次の接合レンズは負レンズと正レンズからなる接合レンズである。更に最も像側の接合レンズは正レンズと負レンズからなる接合レンズである。40

【0156】

また最も像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズか50

ら構成されている。物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの両方が光学素子Rに相当している。

【0157】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0158】

[実施例10]

10

図10(A)の実施例10の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0159】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの負レンズと2つの正レンズからなる接合レンズであり、中央の正レンズが光学素子Aに相当している。そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。

20

【0160】

そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは2つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズであり、中央の正レンズと負レンズが光学素子Rに相当している。

30

【0161】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0162】

[実施例11]

40

図11(A)の実施例11の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0163】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。

50

【0164】

更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの負レンズと2つの正レンズからなる接合レンズであり、中央の正レンズが光学素子Aに相当している。

【0165】

そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの両方が光学素子Rに相当している。10

【0166】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、前記2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0167】

[実施例12]

図12(A)の実施例12の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、前記接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。20

【0168】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズと2番目の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの負レンズと2つの正レンズからなる接合レンズであり、中央の正レンズが光学素子Aに相当している。30

【0169】

そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、負レンズと正レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは正レンズと負レンズからなる接合レンズであり、負レンズが光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。40

【0170】

尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【0171】

[実施例13]

図13(A)の実施例13の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)50

15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

【0172】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズと2番目の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは1つの負レンズと2つの正レンズからなる接合レンズであり、中央の正レンズが光学素子Aに相当している。

10

【0173】

そして像側の接合レンズは1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズで構成されている。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1つの負レンズと1つの正レンズからなる接合レンズである。また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの双方が光学素子Rに相当している。

【0174】

また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レンズ群L2を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

20

【0175】

〔実施例14〕

図14(A)の実施例14の撮影光学系L0について説明する。第1レンズ群L1はメニスカス形状の正レンズを含む3つの正レンズと1つの負レンズで構成されている。接合レンズは1つあり、接合レンズは回折光学素子DOEを構成している。回折光学素子DOEを構成する回折光学部Dは、接合レンズの接合面に配置されている。条件式(14), (15)に対応するメニスカス形状の正レンズは物体側から数えて2番目の正レンズである。

30

【0176】

第1レンズ群L1の最も物体側の正レンズとメニスカス形状の正レンズの物体側の空気に接するレンズ面は非球面形状である。そして第2レンズ群L2は正レンズと負レンズの接合レンズから構成されている。また軸上最大光束径を決定している開口部SPは、開口径可変の開口絞りとして第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に配置されている。更に第3レンズ群L3において、第31レンズ群L31は、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは負レンズと正レンズからなる接合レンズであり、回折光学素子DOEを構成し、接合面に回折光学部Dが配置されている。

【0177】

この回折光学素子DOEが光学素子Aに相当している。そして像側の接合レンズは正レンズと負レンズからなる接合レンズで構成されている。また像側の接合レンズの最も物体側の面は非球面形状である。そして第32レンズ群L32は、正レンズと負レンズを接合した1組の接合レンズと、1つの負レンズから構成されている。そして第33レンズ群L33は、1つの正レンズと、2組の接合レンズから構成されている。物体側の接合レンズは、1つの正レンズと1つの負レンズからなる接合レンズである。

40

【0178】

また像側の接合レンズは1つの正レンズと2つの負レンズからなる接合レンズであり、2つの負レンズの両方が光学素子Rに相当している。また、第33レンズ群L33の最も物体側の正レンズの物体側面と、2組の接合レンズのうち物体側の接合レンズの最も像側の面は非球面形状である。尚、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第2レン

50

ズ群 L 2 を像面側へ光軸上を移動させることで行なっている。

【 0 1 7 9 】

以下に本発明の実施例 1 ~ 1 4 に対応する数値実施例 1 ~ 1 4 を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示し、 r_i は物体側より第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より第 i 番目と第 $i + 1$ 番目の間隔、 $n_{d,i}$ と d_i は第 i 番目の光学部材の屈折率とアッペ数である。 f 、 Fno 、 2 はそれぞれ無限遠物体に焦点を合わせたときの全系の焦点距離、F ナンバー、画角(度)を表している。BF はバックスペースであり、最終面(ガラス面)から像面までの距離を表している。レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離で表している。

【 0 1 8 0 】

10

各数値実施例において最も像側の 2 つの面はフィルター等のガラスブロックである。回折光学素子(回折面)は前述(a)式の位相関数の位相係数を与えることで表している。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、R を近軸曲率半径、k を離心率、A4、A6、A8、A10 を各々非球面係数としたとき、

【 0 1 8 1 】

【 数 8 】

$$X = \frac{\left(\frac{H^2}{R}\right)}{\left\{1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot \left(\frac{H}{R}\right)^2}\right\}} + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10}$$

20

【 0 1 8 2 】

なる式で表している。また例えば「e - Z」の表示は「10 - Z」を意味する。表 1、表 2、表 3 に、前記光学素子 A 及び R の材料特性、及び用いている数値実施例の番号を示す。また TiO2 や ITO の微粒子分散材料の屈折率は、前述の(A)式を用いて計算した値を用いて算出している。そして、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表 4 に示す。

【 0 1 8 3 】

(数値実施例 1)

30

$f = 585.00\text{mm}$ $Fno = 4.12$ $2 = 4.24$

面番号	r	d	n_d	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	143.500	27.89	1.48749	70.2	141.99	0.53026	0.00244
2	-344.515	0.10			140.84		
3(非球面)	110.105	11.37	1.80518	25.4	124.25	0.61655	0.01623
4	152.607	29.31			120.53		
5	336.541	4.20	1.80000	29.8	98.17	0.60187	0.00870
6(回折)	61.502	23.85	1.49700	81.5	85.53	0.53859	0.02916
7	-351.226	19.00			83.47		
8	1249.400	5.00	1.80809	22.8	62.48	0.63070	0.02607
9	-218.694	4.00	1.74950	35.3	61.21	0.58180	-0.00249
10	79.873	51.11			55.14		
11(絞り)		10.00			36.05	開口部SP	
12	345.341	2.00	1.66998	39.3	31.76		
13		0.10	1.63555	22.7	31.30	0.68947	0.08477 A
14	63.047	5.40	1.48749	70.2	30.72		
15	-72.407	5.00			30.22		
16(非球面)	104.756	5.00	1.66680	33.0	25.39		
17	-32.741	2.00	1.88300	40.8	24.49		
18	133.333	4.56			22.87		

40

50

19	9565.297	2.81	1.84666	23.8	22.61			
20	-89.759	1.70	1.77250	49.6	22.61			
21	49.389	2.56			22.56			
22	-616.574	2.50	1.77250	49.6	22.96			
23	71.153	5.00			23.72			
24(非球面)	54.306	6.91	1.69895	30.1	27.67			
25	-56.326	1.00			28.18			
26	-85.487	7.70	1.65412	39.7	28.01			
27	-19.486	2.50	1.88300	40.8	28.21			
28(非球面)	214.612	6.94			30.86			10
29	315.386	10.88	1.72825	28.5	35.50			
30	-25.893	0.10	1.63555	22.7	36.42	0.68947	0.08477 R	
31	-30.938	2.50	1.80809	22.8	36.78	0.63070	0.02607 R	
32	-58.806	15.00			38.59			
33		2.00	1.51633	64.1	39.82			
34		50.00			39.91			

像面

$$gF = gF - \left(-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146 \right)$$

なる式で定義されるものである。 20

【0 1 8 4】

非球面データ

第1面

K = -5.36219e-001 A 4=-4.38319e-008 A 6=-9.70226e-012 A 8= 2.00162e-016
A10= 1.90520e-020

第3面

K = 2.67048e-001 A 4=-1.60710e-008 A 6= 5.33974e-012 A 8= 3.49742e-016
A10= 9.38821e-020 A12=-2.46635e-024

第16面

K = 7.12477e+000 A 4= 1.70334e-006 A 6= 1.40930e-010 A 8= 1.19656e-011
A10=-2.80897e-014 A12= 8.86014e-017

第24面

K = 6.81383e+000 A 4=-8.39426e-006 A 6= 2.76223e-011 A 8=-9.02197e-012
A10= 3.58214e-015 A12=-1.17645e-016

第28面

K = -1.08447e+002 A 4=-2.19655e-006 A 6= 1.78747e-009 A 8= 4.96486e-012
A10=-1.33320e-014 A12= 2.45735e-017

第6面(回折面)

C 2=-5.44933e-005 C 4= 4.66718e-009 C 6=-6.04273e-012 C 8= 1.55700e-015

40

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	585.00
Fナンバー	4.12
半画角	2.12
像高	21.64
レンズ全長	330.00
BF	50.00

50

入射瞳位置 762.88
 射出瞳位置 -123.97
 前側主点位置 -619.22
 後側主点位置 -535.00

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	159.19	96.73	0.26	-71.67	
2	8	-118.58	9.00	5.53	0.46	
3	11	-336.91	104.16	-57.70	-193.60	10
31	11	4421.31	29.50	-343.01	-339.43	
32	19	-36.35	9.57	4.21	-2.15	
33	24	66.73	55.53	15.01	-32.60	

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	211.77				
2	3	438.68				
3	5	-95.69				
4	6	106.15				20
5	8	230.67				
6	9	-77.61				
7	12	515.80				
8	13	-99.21				
9	14	70.05				
10	16	37.96				
11	17	-29.60				
12	19	105.04				
13	20	-41.02				
14	22	-82.45				30
15	24	40.60				
16	26	36.88				
17	27	-20.13				
18	29	33.30				
19	30	-251.75				
20	31	-84.16				
G	33	0.00				

【0 1 8 5】

(数値実施例2)

f= 778.98mm Fno= 5.80 2 = 3.18

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	135.459	11.62	1.48749	70.2	134.31	0.53026	0.00244
2(回折)	252.103	8.59	1.48749	70.2	133.16	0.53026	0.00244
3	929.187	0.10			132.50		
4(非球面)	163.970	8.12	1.71736	29.5	127.83	0.60494	0.01124
5	307.697	23.34			126.96		
6(非球面)	433.268	5.50	1.72047	34.7	111.51	0.58361	-0.00167
7	77.354	25.69	1.43875	94.9	100.47	0.53463	0.04681
8	-565.823	105.97			98.79		

40

50

9	455.352	3.11	1.80809	22.8	36.00	0.64947	0.02607
10	-206.044	2.00	1.83400	37.2	35.30	0.57754	-0.00379
11	77.824	32.79			33.73		
12	97.167	1.88	1.80100	35.0	25.59		
13	44.879	0.20	1.70877	21.6	24.87	0.81721	0.21074 A
14	37.519	4.71	1.51742	52.4	24.73		
15	-122.250	0.50			24.36		
16(絞り)		1.50			23.92	開口部SP	
17	222.001	2.80	1.80809	22.8	23.20		
18	-70.862	1.94	1.83481	42.7	22.78		10
19	53.241	2.65			21.76		
20	-171.976	1.90	1.74100	52.6	21.62		
21	123.601	1.76			21.57		
22(非球面)	36.361	3.58	1.61772	49.8	21.88		
23	107.736	18.85			21.43		
24	68.677	9.21	1.60342	38.0	22.52		
25	-24.760	2.00	1.88300	40.8	22.51		
26	-113.267	5.00			23.12		
27	-45.150	2.00	1.59282	68.6	23.51		
28	77.849	4.04			24.69		20
29	85.268	4.50	1.72000	50.2	27.37		
30	-1955.416	0.10	1.55324	39.8	28.09	0.66403	0.08696 R
31	86.091	7.15	1.51823	58.9	28.40		
32	-70.219	6.42			29.50		
33		2.20	1.51633	64.1	30.75		
34		78.32			30.98		

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【 0 1 8 6 】

30

非球面データ

第1面

K = -2.49787e-001 A 4=-1.01371e-008 A 6=-1.77123e-012 A 8= 7.92508e-017
A10=-6.54223e-020 A12= 3.78832e-024

第4面

K = 2.35778e-001 A 4= 8.06159e-009 A 6= 1.79360e-013 A 8= 4.00297e-016
A10=-2.96120e-020 A12= 3.66584e-024

第6面

K = -1.55835e+001 A 4= 5.43228e-010 A 6= 8.26476e-014 A 8= 7.85168e-016
A10=-2.22865e-019 A12= 2.37124e-023

40

第22面

K = 6.93018e-001 A 4=-6.12781e-007 A 6= 4.85663e-011 A 8= 2.57050e-013
A10=-1.02830e-014 A12= 2.95970e-017

第2面(回折面)

C 2=-1.23591e-005 C 4= 1.39309e-009 C 6=-9.52925e-013 C 8= 4.03345e-016
C10=-7.87781e-020 C12= 5.66494e-024

各種データ

50

ズーム比 1.00

焦点距離 778.98
 Fナンバー 5.80
 半画角 1.59
 像高 21.64
 レンズ全長 390.02
 BF 78.32

入射瞳位置 1522.98
 射出瞳位置 -75.28
 前側主点位置 -1648.57
 後側主点位置 -700.66

10

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	238.24	82.95	-7.75	-69.01
2	9	-110.92	5.11	3.37	0.54
3	12	-377.17	84.88	-28.54	-111.92
31	12	187.57	7.28	1.89	-2.92
32	17	-43.62	9.28	4.52	-1.81
33	22	83.50	65.05	8.80	-52.88

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	573.57
2	2	694.59
3	4	478.06
4	6	-131.55
5	7	157.01
6	9	175.91
7	10	-67.52
8	12	-105.81
9	13	-326.50
10	14	56.05
11	17	66.76
12	18	-36.16
13	20	-96.79
14	22	87.18
15	24	31.32
16	25	-36.27
17	27	-47.91
18	29	113.59
19	30	-149.05
20	31	75.81
G	33	0.00

30

40

【0 1 8 7】

(数値実施例3)

f=584.99 mm Fno= 4.12 2 =4.24

50

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	140.883	28.06	1.48749	70.2	141.99	0.53026	0.00244
2	-357.933	1.13			140.78		
3(非球面)	121.537	10.32	1.80518	25.4	125.27	0.61655	0.01623
4	166.356	31.97			121.81		
5	345.343	4.20	1.80000	29.8	97.77	0.60187	0.00870
6(回折)	65.912	22.81	1.49700	81.5	86.56	0.53859	0.02916
7	-269.985	19.00			85.00		
8	992.843	5.00	1.80809	22.8	62.67	0.63070	0.02607
9	-218.883	4.00	1.74950	35.3	61.42	0.58180	-0.00249
10	75.849	50.84			55.03		
11(絞り)		10.00			36.34	開口部SP	
12	69.054	2.00	1.74000	28.3	31.50		
13	37.677	6.19	1.48749	70.2	30.07		
14	-94.121	5.00			29.37		
15(非球面)	-415.854	5.07	1.75520	27.5	24.87		
16	-26.280	0.10	1.78927	17.6	23.96	0.79406	0.18112 A
17	-30.240	2.00	1.88300	40.8	23.75		
18	239.694	4.32			22.44		
19	-10434.681	2.81	1.84666	23.8	22.40		20
20	-85.408	1.70	1.77250	49.6	22.39		
21	48.171	2.47			22.33		
22	-1096.849	2.50	1.77250	49.6	22.72		
23	65.887	5.00			23.46		
24(非球面)	56.454	4.20	1.63980	34.5	27.44		
25	-239.526	1.68			27.74		
26	198.184	11.11	1.65412	39.7	28.16		
27	-16.899	2.50	1.88300	40.8	28.29		
28(非球面)	244.015	4.41			32.10		
29	-24117.750	10.01	1.75520	27.5	35.19		30
30	-26.512	0.10	1.69591	17.7	36.34	0.68555	0.07268 R
31	-31.826	2.50	1.80809	22.8	36.86	0.63070	0.02607 R
32	-47.592	15.00			38.67		
33		2.00	1.51633	64.1	39.93		
34		50.00			40.01		
像面							

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【 0 1 8 8 】

40

非球面データ

第1面

K = -5.59268e-001 A 4=-4.44565e-008 A 6=-1.02063e-011 A 8= 9.30805e-017
A10= 2.38128e-020

第3面

K = 2.77040e-001 A 4=-1.73358e-008 A 6= 6.07967e-012 A 8= 3.11909e-016
A10= 1.00471e-019 A12=-6.53323e-024

第15面

K = -4.87432e+002 A 4= 1.98461e-006 A 6=-5.20952e-011 A 8= 7.18340e-012

50

A10=-2.71170e-014 A12= 7.59721e-017

第24面

K = 9.21532e+000 A 4=-8.98854e-006 A 6= 4.15726e-009 A 8=-2.43337e-012
A10=-4.88510e-015 A12= 5.08788e-017

第28面

K =-7.71583e+000 A 4=-4.60850e-006 A 6= 4.14665e-009 A 8=-2.54425e-012
A10= 4.64372e-015 A12= 2.84033e-018

第6面(回折面)

C 2=-5.31883e-005 C 4= 5.73444e-009 C 6=-5.70891e-012 C 8= 1.41962e-015

10

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	584.99
Fナンバー	4.12
半画角	2.12
像高	21.64
レンズ全長	330.00
BF	50.00

20

入射瞳位置	758.40
射出瞳位置	-124.24
前側主点位置	-620.71
後側主点位置	-535.00

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	156.84	98.49	7.06	-70.21
2	8	-114.24	9.00	5.62	0.54
3	11	-343.07	102.67	-56.56	-191.97
31	11	6243.13	30.36	-671.81	-627.58
32	19	-35.22	9.48	4.17	-2.10
33	24	65.67	53.51	15.58	-29.80

30

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	211.27
2	3	508.10
3	5	-103.63
4	6	107.84
5	8	222.35
6	9	-74.72
7	12	-115.18
8	13	56.06
9	15	36.94
10	16	-257.14
11	17	-30.30
12	19	101.70
13	20	-39.65
14	22	-80.38

40

50

15	24	71.80
16	26	24.30
17	27	-17.82
18	29	35.14
19	30	-229.91
20	31	-127.96
G	33	0.00

【 0 1 8 9 】

(数値実施例4)

10

f = 585.03mm Fno = 4.12 2 = 4.24

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	146.839	28.52	1.48749	70.2	142.00	0.53026	0.00244
2	-390.488	0.10			140.42		
3(非球面)	135.101	10.12	1.80518	25.4	127.54	0.61655	0.01623
4	181.349	39.16			123.87		
5	320.186	4.20	1.80000	29.8	95.08	0.60187	0.00870
6(回折)	70.288	21.57	1.49700	81.5	85.64	0.53859	0.02916
7	-276.188	19.00			83.87		
8	840.171	5.00	1.80809	22.8	62.61	0.63070	0.02607
9	-212.282	4.00	1.74950	35.3	61.47	0.58180	-0.00249
10	73.312	50.00			55.09		
11	96.664	6.50	1.48749	70.2	38.21		
12	-61.285	0.10	1.69591	17.7	37.59	0.68555	0.07268 A
13	-163.918	2.50	1.77250	49.6	37.11	開口部SP	
14	-103.781	10.00			36.68		
15(非球面)	-799.707	5.00	1.84666	23.8	28.27		
16	-37.967	2.00	1.88300	40.8	27.32		
17	146.172	4.33			25.54		
18	310.779	2.81	1.84666	23.8	23.52		
19	-145.401	1.70	1.77250	49.6	22.87		
20	51.639	2.24			22.30		
21	1334.000	2.50	1.77250	49.6	22.57		
22	58.871	5.00			23.04		
23(非球面)	48.982	4.68	1.51633	64.1	26.39		
24	-208.030	1.00			26.65		
25	55.771	10.67	1.65412	39.7	26.98		
26	-18.080	2.50	1.88300	40.8	26.56		
27(非球面)	71.750	8.68			27.94		
28	164.847	1.50	1.80400	46.6	32.65		
29	49.314	0.10	1.78927	17.6	33.41	0.79406	0.18112 R
30	39.380	7.51	1.75520	27.5	33.62		
31	-89.201	15.00			34.13		
32		2.00	1.51633	64.1	36.36		
33		50.00			36.54		

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【 0 1 9 0 】

50

非球面データ

第1面

K = -5.30342e-001 A 4=-4.39883e-008 A 6=-9.13052e-012 A 8= 1.32962e-016
A10= 1.49969e-020

第3面

K = 2.89260e-001 A 4=-1.33880e-008 A 6= 5.72482e-012 A 8= 1.41313e-016
A10= 6.18876e-020 A12=-4.82699e-024

第15面

K = -2.81543e+003 A 4= 8.54475e-007 A 6=-8.91254e-010 A 8= 7.74200e-012
A10=-3.78936e-014 A12= 6.65487e-017

10

第23面

K = 6.61956e+000 A 4=-8.02166e-006 A 6= 8.26547e-009 A 8=-1.27460e-011
A10= 6.46150e-014 A12=-1.38360e-016

第27面

K = -1.22546e+001 A 4=-1.87544e-006 A 6= 1.71134e-009 A 8=-8.54076e-013
A10=-1.91425e-015 A12= 1.95969e-017

第6面(回折面)

C 2=-5.78816e-005 C 4= 6.06887e-009 C 6=-4.71183e-012 C 8= 1.13624e-015

20

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	585.03
Fナンバー	4.12
半画角	2.12
像高	21.64
レンズ全長	330.00
BF	50.00

30

入射瞳位置	824.25
射出瞳位置	-83.75
前側主点位置	-1149.56
後側主点位置	-535.03

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	162.94	103.67	10.05	-74.01
2	8	-111.98	9.00	5.70	0.61
3	11	-217.95	98.33	25.65	-65.73
31	11	651.13	26.10	-80.84	-89.12
32	18	-40.65	9.25	4.70	-1.39
33	23	76.07	53.64	7.77	-38.85

40

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	222.77
2	3	599.43
3	5	-114.92
4	6	113.64

50

5	8	210.15					
6	9	-72.27					
7	11	77.99					
8	12	-140.71					
9	13	359.67					
10	15	46.94					
11	16	-33.96					
12	18	117.33					
13	19	-49.14					
14	21	-79.80					10
15	23	77.27					
16	25	22.14					
17	26	-16.14					
18	28	-88.03					
19	29	-248.80					
20	30	37.11					
G	32	0.00					

【 0 1 9 1 】

(数値実施例5)

20

f= 778.99mm Fno= 5.8 2 =3.18

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	139.361	11.11	1.48749	70.2	134.31	0.53026	0.00244
2(回折)	252.103	8.29	1.48749	70.2	133.18	0.53026	0.00244
3	806.488	0.10			132.53		
4(非球面)	146.542	9.35	1.71736	29.5	127.64	0.60494	0.01124
5	276.031	20.94			126.62		
6(非球面)	420.697	5.50	1.72047	34.7	112.96	0.58361	-0.00167
7	74.575	25.61	1.43875	94.9	101.01	0.53463	0.04681
8	-536.941	105.98			99.80		
9	439.294	3.07	1.80809	22.8	36.00	0.63070	0.02607
10	-222.438	2.00	1.83400	37.2	35.29	0.57754	-0.00379
11	77.582	32.50			33.71		
12(絞り)		2.50			25.57	開口部SP	
13	126.792	1.88	1.88300	40.8	24.75		
14	113.880	0.10	1.55324	39.8	24.30	0.66403	0.08696 A
15	25.509	6.96	1.48749	70.2	23.74		
16	-107.190	2.18			23.05		
17	279.419	2.80	1.80809	22.8	21.79		
18	-66.132	1.94	1.83481	42.7	21.34		
19	49.492	2.61			20.36		
20	-189.279	1.90	1.74100	52.6	20.21		
21	126.905	1.76			20.15		
22(非球面)	32.447	3.58	1.56732	42.8	20.40		
23	73.141	12.94			20.16		
24	61.758	9.37	1.60342	38.0	22.92		
25	-20.178	2.00	1.88300	40.8	22.85		
26	-85.697	2.00			23.73		
27	-39.689	2.00	1.59282	68.6	23.84		
28	98.360	5.00			25.22		

40

50

29	92.427	2.00	1.80809	22.8	28.74	0.63070	0.02607	R
30	67.056	8.05	1.61772	49.8	29.24			
31	-60.214	6.42			30.50			
32		2.20	1.51633	64.1	31.62			
33		85.37			31.82			

像面

$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$
なる式で定義されるものである。

【0192】

10

非球面データ

第1面

K = -2.63210e-001 A 4=-1.09126e-008 A 6=-1.89944e-012 A 8= 7.14513e-017
A10=-6.50078e-020 A12= 3.92826e-024

第4面

K = 2.70728e-001 A 4= 9.85271e-009 A 6= 5.00092e-013 A 8= 4.17302e-016
A10=-2.59298e-020 A12= 4.61637e-024

第6面

K = -1.57795e+001 A 4= 4.81264e-010 A 6= 1.37932e-013 A 8= 7.50409e-016
A10=-2.13499e-019 A12= 2.11355e-023

20

第22面

K = 8.73896e-001 A 4= 2.44599e-007 A 6= 3.21854e-009 A 8=-7.40637e-012
A10= 4.81842e-014 A12=-5.31090e-017

第2面(回折面)

C 2=-1.25720e-005 C 4= 1.41526e-009 C 6=-9.00170e-013 C 8= 3.87107e-016
C10=-7.55822e-020 C12= 5.39578e-024

各種データ

ズーム比 1.00

30

焦点距離	778.99
Fナンバー	5.80
半画角	1.59
像高	21.64
レンズ全長	390.00
BF	85.37

入射瞳位置	1370.30
射出瞳位置	-82.19
前側主点位置	-1472.15
後側主点位置	-693.62

40

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	235.20	80.90	-7.66	-66.74
2	9	-111.45	5.07	3.36	0.56
3	12	-410.24	80.18	-52.47	-142.37
31	12	166.33	11.44	5.93	-2.39
32	17	-40.95	9.24	4.23	-2.05

50

33	22	85.33	55.56	14.04	-38.72
----	----	-------	-------	-------	--------

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	609.99						
2	2	734.77						
3	4	422.71						
4	6	-126.65						
5	7	151.17						
6	9	183.11						10
7	10	-68.76						
8	13	-1359.17						
9	14	-59.44						
10	15	43.01						
11	17	66.42						
12	18	-33.65						
13	20	-102.26						
14	22	99.62						
15	24	26.34						
16	25	-30.32						20
17	27	-47.45						
18	29	-313.34						
19	30	52.63						
G	32	0.00						

【0193】

(数値実施例6)

f= 779.33mm Fno= 5.80 2 =3.18

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF	
1(非球面)	137.178	18.18	1.48749	70.2	134.37	0.53026	0.00244	30
2	1001.817	0.10			133.20			
3(非球面)	152.819	9.26	1.71736	29.5	128.07	0.60494	0.01124	
4	278.747	22.06			126.77			
5(非球面)	419.649	5.50	1.72047	34.7	112.42	0.58361	-0.00167	
6(回折)	77.041	25.75	1.43875	94.9	101.04	0.53463	0.04681	
7	-488.569	105.74			99.55			
8	725.622	2.72	1.80809	22.8	33.20	0.63070	0.02607	
9	-156.914	2.00	1.83400	37.2	32.61	0.57754	-0.00379	
10	62.996	31.99			30.98			
11(絞り)		2.50			24.80	開口部SP		40
12	97.247	1.88	1.84666	23.8	24.14			
13	48.647	0.20	1.55324	39.8	23.55	0.66403	0.08696 A	
14	25.267	5.63	1.54814	45.8	23.28			
15	-95.278	2.00			22.91			
16	405.217	3.04	1.80809	22.8	21.75			
17	-82.595	1.94	1.83481	42.7	21.20			
18	47.487	3.46			20.30			
19	-107.493	1.90	1.74100	52.6	20.15			
20	591.860	1.76			20.24			
21(非球面)	33.791	3.60	1.57099	50.8	20.52			50

22	100.456	14.95		20.53			
23	63.607	9.19	1.59551	39.2	23.44		
24	-23.338	2.00	1.88300	40.8	23.32		
25	-74.902	3.38			23.96		
26	-40.203	2.00	1.59282	68.6	23.97		
27	66.168	9.50			25.13		
28	88.337	1.64	1.72000	46.0	31.34		
29	97.189	0.10	1.55324	39.8	31.65	0.66403	0.08696 R
30	48.439	10.33	1.53172	48.8	32.04		
31	-60.936	6.42			33.45		10
32		2.20	1.51633	64.1	34.44		
33		77.07			34.60		

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【 0 1 9 4 】

非球面データ

第1面

20

K = -2.18681e-001 A 4=-1.98995e-008 A 6=-6.17126e-013 A 8=-1.96139e-016
A10=-8.09833e-021 A12=-1.23560e-024 A14=-2.46605e-029

第3面

K = 2.27325e-001 A 4= 1.15792e-008 A 6= 1.07490e-012 A 8= 1.55217e-016
A10=-2.77967e-020 A12= 4.25574e-024 A14= 6.06431e-028

第5面

K = -1.66522e+001 A 4= 4.87657e-009 A 6=-4.19291e-012 A 8= 1.99814e-015
A10=-2.50840e-019 A12=-6.90513e-026 A14= 4.48909e-028

第21面

30

K = 6.01970e-001 A 4=-3.56758e-007 A 6=-4.17119e-010 A 8= 3.38294e-011
A10=-3.79853e-013 A12= 2.18868e-015 A14=-5.05275e-018

第6面(回折面)

C 2=-1.95800e-005 C 4= 1.42876e-009 C 6=-1.55207e-012 C 8= 8.36962e-016
C10=-1.44012e-019

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	779.33		
Fナンバー	5.80		40
半画角	1.59		
像高	21.64		
レンズ全長	390.00		
BF	77.07		

入射瞳位置 1495.16

射出瞳位置 -104.89

前側主点位置 -1063.17

後側主点位置 -702.25

50

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	226.47	80.86	-5.24	-65.34
2	8	-81.61	4.72	2.82	0.22
3	11	3189.50	89.61	700.65	793.00
31	11	122.32	10.21	5.11	-2.25
32	16	-40.99	10.34	4.18	-3.06
33	21	85.12	65.31	18.11	-50.39

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	323.81
2	3	457.49
3	5	-132.54
4	6	152.90
5	8	159.87
6	9	-53.68
7	12	-117.05
8	13	-95.32
9	14	37.05
10	16	85.14
11	17	-35.87
12	19	-122.63
13	21	87.46
14	23	29.85
15	24	-39.10
16	26	-41.89
17	28	1250.06
18	29	-174.68
19	30	52.47
G	32	0.00

10

20

30

【0195】

(数値実施例7)

f= 585.13mm Fno= 4.12 2 =4.24

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	298.298	19.88	1.43387	95.1	142.00	0.53728	0.04975
2	-365.050	0.10			141.39		
3	96.302	11.73	1.75520	27.5	129.87	0.61020	0.01325
4	138.089	0.10			127.82		
5	90.156	14.78	1.43387	95.1	121.30	0.53728	0.04975
6	132.784	4.20			116.15		
7(非球面)	117.863	4.00	1.72916	54.7	111.17	0.54423	-0.00880
8	55.967	26.69	1.43387	95.1	93.82	0.53728	0.04975
9	229.504	1.27			89.27		
10	141.974	4.00	1.80518	25.4	85.72	0.61655	0.01623
11	59.999	18.23	1.43387	95.1	76.43	0.53728	0.04975
12	-600.539	11.17			74.25		
13	404.192	5.00	1.80809	22.8	59.75	0.63070	0.02607
14	-304.112	4.00	1.88300	40.8	58.19	0.56694	-0.00857

40

50

15	62.229	55.13		51.72		
16(絞り)		5.00		36.09	開口部SP	
17	112.378	4.78	1.62230	53.2	34.10	
18	-69.052	0.10	1.63555	22.7	33.66	0.68947 0.08477 A
19	-1506.653	3.00	1.70154	41.2	33.02	
20	-101.737	0.10			32.50	
21(非球面)	84.045	6.61	1.66680	33.0	30.26	
22	-49.984	2.00	1.88300	40.8	28.28	
23	63.317	5.56			25.78	
24	380.257	2.81	1.84666	23.8	24.53	10
25	-204.448	1.70	1.77250	49.6	24.38	
26	51.956	2.90			24.11	
27	852.631	2.50	1.77250	49.6	24.49	
28	60.032	5.00			24.94	
29(非球面)	55.589	5.00	1.51633	64.1	28.21	
30	-315.690	1.96			28.62	
31	61.472	12.00	1.65412	39.7	29.34	
32	-22.131	2.50	1.88300	40.8	28.91	
33(非球面)	151.077	12.00			30.02	20
33(非球面)	151.077	12.00			30.02	
34	667.986	6.19	1.75520	27.5	34.46	
35	-97.970	1.80	1.71270	13.9	35.30	0.56226 -0.05677 R
36	-67.667	2.50	1.72916	54.7	35.49	
37	-124.709	5.12			36.17	
38		2.00	1.51633	64.1	36.94	
39		51.99			37.09	

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。 30

【 0 1 9 6 】

非球面データ

第1面

K = 3.81698e+000 A 4=-3.02350e-008 A 6=-3.28199e-012 A 8= 9.76375e-017
A10=-7.97848e-021

第7面

K =-2.95245e-001 A 4=-2.88118e-008 A 6= 4.98757e-012 A 8=-3.53101e-016
A10= 5.20607e-020

第21面

K =-1.94423e+000 A 4= 1.44040e-006 A 6=-1.70926e-009 A 8= 1.39597e-011
A10=-4.09767e-014 A12= 5.18234e-017

第29面

K = 6.55348e+000 A 4=-4.34386e-006 A 6= 4.90912e-009 A 8=-3.89558e-011
A10= 1.46557e-013 A12=-2.88514e-016

第33面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.60998e-006 A 6= 2.76807e-009 A 8=-4.66931e-012
A10= 7.52219e-015 A12=-2.60541e-018

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 585.13
 Fナンバー 4.12
 半画角 2.12
 像高 21.64
 レンズ全長 325.41
 BF 51.99

入射瞳位置 825.83 10
 射出瞳位置 -81.42
 前側主点位置 -1155.31
 後側主点位置 -533.14

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	143.92	104.99	-6.99	-73.27	
2	13	-81.28	9.00	5.70	0.75	
3	16	-297.76	93.13	23.40	-59.73	
31	16	275.37	21.59	-22.47	-33.69	20
32	24	-40.47	9.91	4.89	-1.84	
33	29	78.52	51.07	7.23	-35.75	

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	381.82			
2	3	375.99			
3	5	585.79			
4	7	-150.25			
5	8	163.01			
6	10	-131.93			
7	11	126.78			
8	13	215.43			
9	14	-58.21			
10	17	69.43			
11	18	-113.87			
12	19	155.39			
13	21	47.95			
14	22	-31.37			
15	24	157.39			
16	25	-53.47			
17	27	-83.71			
18	29	91.96			
19	31	26.37			
20	32	-21.71			
21	34	113.53			
22	35	299.56			
23	36	-206.71			
G	38	0.00			

【0197】

(数値実施例8)

f= 489.00mm Fno= 4.11 2 =5.06

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF	
1(非球面)	149.409	12.39	1.48749	70.2	119.00	0.53026	0.00244	
2	11617.528	0.10			118.62			
3(非球面)	100.036	12.95	1.72825	28.5	113.51	0.60766	0.01224	
4	219.458	14.49			112.01			
5	176.898	3.70	1.78472	25.7	98.84	0.61584	0.01592	
6(回折)	60.121	24.23	1.43875	94.9	87.08	0.53463	0.04681	10
7	-261.252	18.88			86.06			
8	225.459	3.60	1.80809	22.8	61.96	0.63070	0.02607	
9	13341.367	2.50	1.88300	40.8	60.99	0.56694	-0.00857	
10	86.176	52.56			56.53			
11(絞り)		5.00			30.32	開口部SP		
12	580.536	1.80	1.88300	40.8	27.49			
13	50.619	0.10	1.69591	17.7	26.45	0.68555	0.07268 A	
14	30.040	7.05	1.64769	33.8	26.08			
15	-73.954	1.00			25.29			
16	337.833	3.56	1.62588	35.7	23.66			20
17	-42.546	2.00	1.88300	40.8	22.86			
18	306.753	2.00			22.28			
19	-482.181	3.39	1.80809	22.8	22.25			
20	-38.717	1.61	1.72916	54.7	22.26			
21	52.643	2.08			22.18			
22	394.030	1.50	1.88300	40.8	22.49			
23	49.694	3.00			22.82			
24(非球面)	40.534	7.77	1.62004	36.3	25.46			
25	-38.819	2.00			26.03			
26	-40.235	2.00	1.88300	40.8	25.63			30
27	114.124	3.00	1.68893	31.1	26.70			
28	1501.416	10.54			27.31			
29	75.434	6.66	1.65412	39.7	33.23			
30	-71.104	0.10	1.63555	22.7	33.50	0.68947	0.08477 R	
31	-170.611	1.80	1.80809	22.8	33.62	0.63070	0.02607 R	
32	-1568.565	4.00			33.88			
33		2.20	1.51633	64.1	34.56			
34		50.42			34.80			
像面								40

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【0198】

非球面データ

第1面

K = -1.89011e+000 A 4=-2.89567e-008 A 6=-1.30050e-011 A 8=-3.32663e-016
A10= 2.27119e-019 A12=-2.39450e-023

第3面

50

K = 4.00433e-001 A 4=-3.01010e-008 A 6= 2.00007e-012 A 8= 4.48323e-016
A10=-2.24115e-019

第24面

K = 1.20950e+000 A 4=-4.39919e-006 A 6=-3.80449e-009 A 8= 2.96087e-012
A10=-1.33338e-014

第6面(回折面)

C 2=-4.23663e-005 C 4=-7.11748e-010 C 6=-2.25513e-012 C 8= 8.99268e-016
C10=-2.84323e-020

各種データ

10

ズーム比 1.00

焦点距離 489.00
Fナンバー 4.11
半画角 2.53
像高 21.64
レンズ全長 270.00
BF 50.42

入射瞳位置 584.61
射出瞳位置 -62.70
前側主点位置 -1040.33
後側主点位置 -438.58

20

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	131.78	67.87	5.96	-45.15
2	8	-153.03	6.10	5.21	1.82
3	11	-89.95	74.17	6.09	-56.99
31	11	-531.02	20.52	18.02	3.52
32	19	-33.68	8.58	4.26	-1.34
33	24	64.53	40.08	5.89	-27.33

30

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	310.37
2	3	241.40
3	5	-118.87
4	6	112.95
5	8	283.76
6	9	-98.24
7	12	-62.90
8	13	-106.39
9	14	33.89
10	16	60.59
11	17	-42.20
12	19	51.92
13	20	-30.37
14	22	-64.53
15	24	33.23

40

50

16	26	-33.49
17	27	179.12
18	29	56.98
19	30	-191.90
20	31	-237.03
G	33	0.00

【 0 1 9 9 】

(数値実施例9)

f= 585.01mm Fno= 4.12 2 =4.24

10

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	153.980	34.13	1.48749	70.2	141.99	0.53026	0.00244
2	-258.727	0.10			139.78		
3(非球面)	100.549	11.73	1.80518	25.4	119.51	0.61655	0.01623
4	134.917	29.00			114.62		
5	300.815	4.20	1.80000	29.8	92.45	0.60187	0.00870
6(回折)	60.584	22.98	1.49700	81.5	80.76	0.53859	0.02916
7	-432.985	15.00			77.53		
8	-519.467	5.00	1.80809	22.8	61.63	0.63070	0.02607
9	-140.855	4.00	1.74950	35.3	60.45	0.58180	-0.00249
10	79.463	49.97			54.59		
11	63.774	5.00	1.48749	70.2	39.86		
12	271.921	1.50	1.92286	18.9	38.81	0.64947	0.03858 A
13	48.717	5.00			37.22		
14(絞り)		2.00			37.31	開口部SP	
15	43.627	2.00	1.88300	40.8	37.73		
16	25.431	11.22	1.66680	33.0	35.70		
17	-78.701	5.00			35.28		
18(非球面)	62.633	5.00	1.72151	29.2	28.75		
19	-128.336	2.00	1.88300	40.8	27.10		
20	32.438	5.76			24.27		
21	96.020	2.81	1.84666	23.8	23.18		
22	2185.445	1.70	1.77250	49.6	23.09		
23	56.689	2.00			22.96		
24	211.577	2.50	1.77250	49.6	23.24		
25	52.583	5.00			23.56		
26(非球面)	73.616	4.53	1.69895	30.1	26.13		
27	-62.461	1.00			26.50		
28	466.131	7.86	1.65412	39.7	26.51		
29	-19.964	2.50	1.88300	40.8	26.45		
30(非球面)	41.759	1.00			28.26		
31	57.746	8.90	1.72825	28.5	29.04		
32	-27.004	0.10	1.63555	22.7	29.66	0.68947	0.08477 R
33	-41.975	2.50	1.80809	22.8	29.99	0.63070	0.02607 R
34	-102.518	15.00			30.96		
35		2.00	1.51633	64.1	33.92		
36		50.00			34.16		

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

50

なる式で定義されるものである。

【0200】

非球面データ

第1面

$K = -2.17743e-001$ $A_4 = -2.30311e-008$ $A_6 = -1.10619e-011$ $A_8 = 7.88962e-017$
 $A_{10} = 2.28694e-020$

第3面

$K = 1.51056e-001$ $A_4 = -4.12655e-008$ $A_6 = 2.51763e-012$ $A_8 = 2.60269e-016$
 $A_{10} = 1.52182e-019$ $A_{12} = 6.66399e-024$

第18面

$K = 1.28349e-001$ $A_4 = 5.99189e-007$ $A_6 = -2.79147e-009$ $A_8 = 2.23411e-011$
 $A_{10} = -8.40769e-014$ $A_{12} = 1.89769e-016$

第26面

$K = 8.04513e+000$ $A_4 = -1.14848e-005$ $A_6 = 2.27362e-008$ $A_8 = -1.93916e-011$
 $A_{10} = 8.65246e-014$ $A_{12} = -1.88359e-016$

第30面

$K = -9.50032e+000$ $A_4 = 5.69196e-007$ $A_6 = -6.19524e-009$ $A_8 = 4.00766e-011$
 $A_{10} = -8.04695e-014$ $A_{12} = 4.64655e-017$

第6面(回折面)

$C_2 = -6.98532e-005$ $C_4 = 1.85047e-008$ $C_6 = -1.39678e-011$ $C_8 = 2.84769e-015$

10

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 585.01

Fナンバー 4.12

半画角 2.12

像高 21.64

レンズ全長 330.00

30

BF 50.00

入射瞳位置 836.67

射出瞳位置 -65.99

前側主点位置 -1528.95

後側主点位置 -535.01

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	151.87	102.15	2.12	-72.49
2	8	-94.03	9.00	4.37	-0.65
3	11	-190.93	103.88	61.33	-25.15
31	11	-517.58	38.72	118.87	76.41
32	21	-64.67	9.01	6.80	0.74
33	26	92.99	45.39	0.68	-34.09

40

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1 1 203.53

2 3 425.44

50

3	5	-96.86					
4	6	107.02					
5	8	237.75					
6	9	-67.26					
7	11	169.57					
8	12	-64.52					
9	15	-72.81					
10	16	30.12					
11	18	58.98					
12	19	-29.15					10
13	21	118.55					
14	22	-75.36					
15	24	-91.21					
16	26	49.02					
17	28	29.45					
18	29	-15.01					
19	31	26.44					
20	32	-119.43					
21	33	-89.61					
G	35	0.00					20

【 0 2 0 1 】

(数値実施例10)

f= 584.98mm Fno= 4.12 2 =4.24

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	139.696	29.88	1.48749	70.2	141.98	0.53026	0.00244
2	-325.344	0.10			140.52		
3(非球面)	96.527	11.55	1.80518	25.4	121.07	0.61655	0.01623
4	124.016	27.40			116.67		
5	261.820	4.20	1.80000	29.8	96.92	0.60187	0.00870
6(回折)	56.147	23.81	1.48749	70.2	83.03	0.53026	0.00244
7	-794.631	19.09			80.63		
8	1689.880	5.00	1.80809	22.8	62.04	0.63070	0.02607
9	-211.052	4.00	1.74950	35.3	60.81	0.58180	-0.00249
10	82.361	51.57			55.13		
11	97.605	2.00	1.80000	29.8	36.67		
12	33.559	0.75	1.56480	20.0	34.72	0.40781	-0.20126 A
13	38.010	7.26	1.60311	60.6	34.69		
14	-100.766	2.00			34.24		
15(絞り)		8.00			31.77	開口部SP	40
16(非球面)	123.674	5.00	1.64769	33.8	25.53		
17	-34.975	2.00	1.88300	40.8	24.44		
18	111.403	4.71			22.75		
19	-1753.510	2.81	1.84666	23.8	20.76		
20	-83.069	1.70	1.77250	49.6	20.76		
21	51.920	2.43			20.81		
22	-484.952	2.50	1.77250	49.6	21.25		
23	70.606	5.00			22.01		
24(非球面)	60.632	7.07	1.69895	30.1	25.77		
25	-89.313	1.00			26.52		50

26	-144.851	8.95	1.65412	39.7	26.60			
27	-17.939	2.50	1.88300	40.8	26.99			
28(非球面)	-210056.282	5.80			29.95			
29	843.147	10.81	1.72825	28.5	33.69			
30	-24.638	0.50	1.56480	20.0	34.81	0.40781	-0.20126	R
31	-24.025	2.50	1.80809	22.8	34.85	0.63070	0.02607	R
32	-49.610	15.00			37.39			
33		2.00	1.51633	64.1	38.93			
34		51.09			39.04			

像面

10

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【0202】

非球面データ

第1面

K = -4.73316e-001 A 4=-4.01900e-008 A 6=-9.83428e-012 A 8= 2.28766e-016
A10= 1.64378e-020

第3面

20

K = 2.66140e-001 A 4=-2.87186e-008 A 6= 3.25528e-012 A 8= 5.57642e-016
A10= 2.27060e-020 A12= 1.26387e-023

第16面

K = -1.35410e+001 A 4= 4.05102e-006 A 6=-1.55011e-009 A 8= 4.53861e-011
A10=-1.94447e-013 A12= 4.19757e-016

第24面

K = 9.93298e+000 A 4=-5.80471e-006 A 6= 1.48841e-009 A 8=-1.31670e-011
A10= 2.72637e-014 A12=-1.20709e-016

第28面

30

K = 0.00000e+000 A 4=-3.25040e-006 A 6= 2.11303e-009 A 8=-1.00982e-012
A10=-1.86048e-015 A12= 1.07401e-017

第6面(回折面)

C 2=-7.34647e-005 C 4= 3.27876e-009 C 6=-8.19383e-012 C 8= 1.75578e-015

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 584.98
Fナンバー 4.12
半画角 2.12
像高 21.64
レンズ全長 329.99
BF 51.09

40

入射瞳位置 911.06
射出瞳位置 -109.28
前側主点位置 -637.75
後側主点位置 -533.89

レンズ群データ

50

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	165.86	96.94	-9.08	-76.16
2	8	-120.23	9.00	5.43	0.37
3	11	-386.52	102.30	-56.08	-186.66
31	11	3570.34	27.01	-594.46	-526.41
32	19	-36.10	9.45	4.13	-2.10
33	24	67.89	56.14	16.70	-30.51

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離		10
1	1	204.79		
2	3	455.49		
3	5	-91.36		
4	6	106.88		
5	8	232.45		
6	9	-78.58		
7	11	-64.83		
8	12	478.35		
9	13	46.68		
10	16	42.62		20
11	17	-29.95		
12	19	102.91		
13	20	-41.13		
14	22	-79.63		
15	24	52.69		
16	26	30.45		
17	27	-20.32		
18	29	33.04		
19	30	1321.25		
20	31	-60.28		30
G	33	0.00		

【0203】

(数値実施例11)

f= 585.00mm Fno= 4.12 2 =4.24

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF
1(非球面)	145.868	27.70	1.48749	70.2	141.99	0.53026	0.00244
2	-337.314	0.10			140.88		
3(非球面)	107.809	11.51	1.80518	25.4	123.87	0.61655	0.01623
4	150.092	28.39			120.16		
5	332.925	4.20	1.80000	29.8	98.55	0.60187	0.00870
6(回折)	60.928	23.60	1.49700	81.5	85.59	0.53859	0.02916
7	-411.853	19.00			83.59		
8	1989.327	5.00	1.80809	22.8	63.39	0.63070	0.02607
9	-215.855	4.00	1.74950	35.3	62.13	0.58180	-0.00249
10	83.677	51.23			56.22		
11(絞り)		10.00			37.64	開口部SP	
12	91.382	2.00	1.80000	29.8	33.03		
13	31.325	0.50	1.59630	13.9	31.23	0.34651	-0.27252 A
14	33.740	7.05	1.62041	60.3	31.18		

15	-95.829	5.00		30.57			
16(非球面)	132.281	5.00	1.63980	34.5	25.35		
17	-34.626	2.00	1.88300	40.8	24.19		
18	99.935	4.77			22.45		
19	-2759.093	2.81	1.84666	23.8	22.43		
20	-83.717	1.70	1.77250	49.6	22.44		
21	47.825	2.55			22.41		
22	-705.750	2.50	1.77250	49.6	22.82		
23	72.025	5.00			23.61		
24(非球面)	57.397	7.23	1.69895	30.1	27.59		10
25	-53.242	1.00			28.21		
26	-74.258	8.04	1.65412	39.7	28.06		
27	-18.486	2.50	1.88300	40.8	28.32		
28(非球面)	356.823	5.66			31.52		
29	675.214	10.37	1.69895	30.1	35.40		
30	-26.258	0.10	1.63555	22.7	36.41	0.68947	0.08477 R
31	-29.942	2.50	1.80809	22.8	36.76	0.63070	0.02607 R
32	-48.563	15.00			38.74		
33		2.00	1.51633	64.1	39.96		
34		50.00			40.05		20

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【0204】

非球面データ

第1面

K = -5.02302e-001 A 4=-4.21255e-008 A 6=-9.53729e-012 A 8= 2.39409e-016
A10= 1.55076e-020

30

第3面

K = 2.62676e-001 A 4=-1.75134e-008 A 6= 4.93264e-012 A 8= 3.78423e-016
A10= 7.49520e-020 A12= 5.99854e-025

第16面

K = 1.40612e+001 A 4= 2.49984e-006 A 6= 2.82101e-010 A 8= 1.48412e-011
A10=-2.97781e-014 A12= 8.86014e-017

第24面

K = 7.65441e+000 A 4=-8.46561e-006 A 6= 3.07691e-009 A 8=-1.76417e-011
A10= 4.90975e-014 A12=-1.17645e-016

第28面

K = -5.84225e+002 A 4=-2.57457e-006 A 6= 5.88749e-010 A 8= 3.20697e-012
A10= 3.03265e-016 A12= 1.15860e-018

40

第6面(回折面)

C 2=-5.61629e-005 C 4= 4.23259e-009 C 6=-6.05548e-012 C 8= 1.45938e-015

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 585.00

Fナンバー 4.12

50

半画角 2.12
 像高 21.64
 レンズ全長 330.00
 BF 50.00

入射瞳位置 729.46
 射出瞳位置 -124.96
 前側主点位置 -641.56
 後側主点位置 -535.00

10

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	161.04	95.50	-2.05	-71.75
2	8	-121.13	9.00	5.39	0.32
3	11	-336.93	105.27	-48.25	-181.28
31	11	-6122.19	31.55	866.09	738.33
32	19	-35.57	9.56	4.10	-2.25
33	24	65.88	54.40	15.45	-30.81

単レンズデータ

20

レンズ 始面 焦点距離

1	1	212.89
2	3	423.82
3	5	-94.86
4	6	107.31
5	8	241.21
6	9	-80.00
7	12	-60.48
8	13	681.38
9	14	41.08
10	16	43.40
11	17	-28.92
12	19	101.92
13	20	-39.18
14	22	-84.48
15	24	40.61
16	26	35.60
17	27	-19.84
18	29	36.38
19	30	-339.41
20	31	-102.80
G	33	0.00

30

40

【0205】

(数値実施例12)

f= 489.00mm Fno= 4.11 2 =5.06

面番号	r	d	nd	vd	有効径	gF	gF
1(非球面)	150.077	12.49	1.48749	70.2	119.00	0.53026	0.00244
2	113942.803	0.10			118.62		
3(非球面)	100.641	12.94	1.72825	28.5	113.41	0.60766	0.01224

50

4	222.478	14.97			111.91			
5	177.374	3.70	1.78472	25.7	98.18	0.61584	0.01592	
6(回折)	59.455	23.88	1.43875	94.9	86.37	0.53463	0.04681	
7	-277.848	18.84			85.34			
8	235.357	3.31	1.80809	22.8	62.01	0.63070	0.02607	
9	1958.776	2.50	1.88300	40.8	61.06	0.56694	-0.00857	
10	89.478	52.88			56.89			
11(絞り)		5.00			30.45	開口部SP		
12	138.882	1.80	1.88300	40.8	27.34			
13	43.292	1.94	1.54250	29.0	26.15	0.43316	-0.16137 A	10
14	158.705	3.77	1.51742	52.4	26.00			
15	-90.459	1.00			25.23			
16	219.506	2.95	1.60311	60.6	23.72			
17	-62.395	2.00	1.88300	40.8	23.00			
18	161.496	2.00			22.10			
19	-3261.794	3.44	1.80809	22.8	22.09			
20	-40.186	1.61	1.72916	54.7	22.09			
21	56.754	2.16			21.99			
22	6173.830	1.50	1.88300	40.8	22.26			
23	49.202	3.00			22.62			20
24(非球面)	47.254	6.22	1.63980	34.5	25.08			
25	-57.328	3.36			25.68			
26	-52.347	2.00	1.88300	40.8	25.78			
27	147.333	3.00	1.75520	27.5	26.84			
28	-834.112	9.26			27.49			
29	72.432	7.49	1.65412	39.7	32.92			
30	-54.116	1.80	1.80809	22.8	33.20	0.63070	0.02607 R	
31	-311.338	4.00			33.74			
32		2.20	1.51633	64.1	34.46			
33		52.87			34.70			30

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【0206】

非球面データ

第1面

K = -1.90977e+000 A 4=-2.92743e-008 A 6=-1.26299e-011 A 8=-2.81226e-016
A10= 2.24544e-019 A12=-2.28584e-023

40

第3面

K = 4.09681e-001 A 4=-2.70929e-008 A 6= 2.39007e-012 A 8= 4.67149e-016
A10=-2.24984e-019

第24面

K = 1.61157e+000 A 4=-3.00890e-006 A 6=-2.58502e-009 A 8= 3.23267e-012
A10=-9.36563e-015

第6面(回折面)

C 2=-4.80212e-005 C 4=-1.93247e-009 C 6=-2.33078e-012 C 8= 1.03629e-015
C10=-9.33193e-020

50

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離 489.00

Fナンバー 4.11

半画角 2.53

像高 21.64

レンズ全長 270.00

BF 52.87

入射瞳位置 583.30

射出瞳位置 -62.12

前側主点位置 -1007.10

後側主点位置 -436.13

10

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	133.45	68.08	5.21	-45.94
2	8	-159.00	5.81	4.95	1.73
3	11	-92.23	71.51	4.99	-57.39
31	11	-340.92	18.46	20.50	6.65
32	19	-33.92	8.72	4.67	-1.07
33	24	62.04	39.33	6.37	-26.17

20

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	308.25
2	3	241.54
3	5	-116.85
4	6	112.88
5	8	330.74
6	9	-106.25
7	12	-71.87
8	13	109.09
9	14	111.93
10	16	80.88
11	17	-50.76
12	19	50.33
13	20	-32.04
14	22	-56.18
15	24	41.45
16	26	-43.54
17	27	166.02
18	29	48.49
19	30	-81.31
G	32	0.00

30

40

【0 2 0 7】

(数値実施例13)

f= 489.00mm Fno= 4.11 2 =5.06

50

面番号	r	d	nd	vd	有効径	gF	gF
1(非球面)	146.439	12.42	1.48749	70.2	119.00	0.53026	0.00244
2	5386.932	0.10			118.61		
3(非球面)	98.923	13.11	1.72825	28.5	113.46	0.60766	0.01224
4	214.005	14.41			111.93		
5	169.769	3.70	1.78472	25.7	98.56	0.61584	0.01592
6(回折)	57.983	24.56	1.43875	94.9	86.26	0.53463	0.04681
7	-274.106	19.01			85.23		
8	231.804	3.34	1.80809	22.8	61.48	0.63070	0.02607
9	2234.348	2.50	1.88300	40.8	60.52	0.56694	-0.00857
10	85.145	52.46			56.21		
11(絞り)		5.00			30.84	開口部SP	
12	226.758	1.80	1.80000	29.8	27.95		
13	41.907	1.20	1.71270	13.9	26.72	0.56226	-0.05677 A
14	70.608	4.95	1.48749	70.2	26.63		
15	-74.210	1.00			25.81		
16	200.567	3.22	1.51823	58.9	24.07		
17	-56.363	2.00	1.88300	40.8	23.26		
18	253.964	2.00			22.55		
19	-22621.770	3.70	1.80809	22.8	22.53		20
20	-38.579	1.61	1.72916	54.7	22.52		
21	58.136	2.14			22.37		
22	3367.845	1.50	1.88300	40.8	22.61		
23	47.844	3.00			22.96		
24(非球面)	49.299	5.16	1.63980	34.5	25.32		
25	-114.549	13.51			25.89		
26	-54.725	2.00	1.88300	40.8	28.21		
27	225.620	3.00	1.75520	27.5	29.71		
28	-521.325	0.50			30.59		
29	91.135	8.97	1.65412	39.7	31.97		30
30	-33.028	0.10	1.63555	22.7	32.70	0.68947	0.08477 R
31	-38.195	1.80	1.80809	22.8	32.85	0.63070	0.02607 R
32	-80.221	4.00			33.90		
33		2.20	1.51633	64.1	34.85		
34		50.00			35.09		
像面							

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【0208】

40

非球面データ

第1面

K = -1.89568e+000 A 4=-2.94245e-008 A 6=-1.33953e-011 A 8=-3.21333e-016
A10= 2.51019e-019 A12=-2.63415e-023

第3面

K = 4.03939e-001 A 4=-2.58237e-008 A 6= 2.64099e-012 A 8= 5.02960e-016
A10=-2.47890e-019

第24面

K = 1.95622e+000 A 4=-2.84763e-006 A 6=-3.09697e-009 A 8= 4.45058e-012

50

A10=-1.18137e-014

第6面(回折面)

C 2=-4.41600e-005 C 4=-2.06451e-009 C 6=-2.20218e-012 C 8= 9.75313e-016

C10=-7.74152e-020

各種データ

ズーム比 1.00

焦点距離	489.00	
Fナンバー	4.11	10
半画角	2.53	
像高	21.64	
レンズ全長	270.00	
BF	50.00	

入射瞳位置	580.69	
射出瞳位置	-64.66	
前側主点位置	-1015.82	
後側主点位置	-439.00	20

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	132.49	68.30	5.25	-45.95
2	8	-148.46	5.84	4.88	1.65
3	11	-95.55	74.38	6.81	-58.30
31	11	-430.50	19.18	23.38	8.86
32	19	-34.21	8.96	4.88	-0.99
33	24	62.07	41.25	5.72	-29.58

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離		30
1	1	308.55		
2	3	241.03		
3	5	-115.02		
4	6	110.54		
5	8	319.82		
6	9	-100.30		
7	12	-64.54		
8	13	142.18		
9	14	75.06		
10	16	85.27		
11	17	-52.08		
12	19	47.82		
13	20	-31.58		
14	22	-54.98		
15	24	54.54		
16	26	-49.71		
17	27	208.88		
18	29	38.15		
19	30	-387.06		40
				50

20 31 -91.99
G 33 0.00

【 0 2 0 9 】

(数値実施例14)

f = 585.00mm Fno = 4.12 2 = 4.24

面番号	r	d	nd	d	有効径	gF	gF	
1(非球面)	144.577	28.92	1.48749	70.2	141.99	0.53026	0.00244	
2	-326.618	0.10			140.66			
3(非球面)	105.477	12.22	1.80518	25.4	123.03	0.61655	0.01623	10
4	138.198	28.77			118.03			
5	317.057	4.20	1.80000	29.8	97.21	0.60187	0.00870	
6(回折)	60.869	23.51	1.49700	81.5	84.72	0.53859	0.02916	
7	-422.986	19.00			82.51			
8	1526.600	5.00	1.80809	22.8	62.61	0.63070	0.02607	
9	-217.946	4.00	1.74950	35.3	61.36	0.58180	-0.00249	
10	84.253	51.49			55.58			
11(絞り)		10.00			36.44	開口部SP		
12	89.927	2.00	1.75520	27.5	31.77			
13(回折)	39.959	6.23	1.51633	64.1	30.38	A		20
14	-84.236	5.00			29.78			
15(非球面)	176.846	5.00	1.72342	38.0	24.90			
16	-28.671	2.00	1.88300	40.8	23.99			
17	111.774	4.64			22.36			
18	3099.487	2.81	1.84666	23.8	22.37			
19	-88.382	1.70	1.77250	49.6	22.37			
20	49.833	2.57			22.32			
21	-360.181	2.50	1.77250	49.6	22.71			
22	68.112	5.00			23.52			
23(非球面)	54.095	6.38	1.64769	33.8	27.65			30
24	-40.714	1.00			28.04			
25	-46.304	6.48	1.65412	39.7	27.80			
26	-19.732	2.50	1.88300	40.8	28.19			
27(非球面)	96378.936	5.87			31.15			
28	329.798	11.52	1.75520	27.5	35.46			
29	-24.296	0.10	1.63555	22.7	36.37	0.68947	0.08477 R	
30	-27.105	2.50	1.80809	22.8	36.59	0.63070	0.02607 R	
31	-60.115	15.00			38.74			
32		2.00	1.51633	64.1	39.93			
33		50.00			40.02			40

像面

$$gF = gF - (-1.61783 \times 10^{-3} \times d + 0.64146)$$

なる式で定義されるものである。

【 0 2 1 0 】

非球面データ

第1面

K = -5.10132e-001 A 4=-4.25048e-008 A 6=-9.66374e-012 A 8= 2.59674e-016
A10= 1.40035e-020

第3面

K = 2.59011e-001 A 4=-1.98983e-008 A 6= 4.70543e-012 A 8= 3.67982e-016
A10= 7.65698e-020 A12= 1.90243e-024

第15面

K = -5.29241e+001 A 4= 3.47396e-006 A 6=-5.23493e-010 A 8= 1.31695e-011
A10=-3.27087e-014 A12= 8.86014e-017

第23面

K = 6.39842e+000 A 4=-7.38270e-006 A 6= 2.59918e-010 A 8=-9.45303e-012
A10= 1.38553e-014 A12=-1.17645e-016

第27面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.04375e-006 A 6= 3.12075e-009 A 8=-1.90304e-013
A10= 6.45879e-015 A12= 7.13646e-019

第6面(回折面)

C 2=-5.69441e-005 C 4= 5.50613e-009 C 6=-7.42160e-012 C 8= 1.87437e-015

第13面(回折面)

C 2= 1.25211e-004 C 4= 6.44682e-008 C 6= 7.19382e-012 C 8=-1.48734e-013
C10=-6.00755e-016

各種データ

ズーム比 1.00

10

焦点距離 585.00
Fナンバー 4.12
半画角 2.12
像高 21.64
レンズ全長 330.00
BF 50.00

20

入射瞳位置 760.16
射出瞳位置 -123.48
前側主点位置 -627.56
後側主点位置 -535.00

30

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	163.04	97.72	-2.72	-73.69
2	8	-123.93	9.00	5.48	0.41
3	11	-335.50	102.80	-54.17	-188.09
31	11	-26733.10	30.23	3079.02	2740.48
32	18	-34.97	9.59	4.32	-2.06
33	23	64.79	53.35	15.31	-29.44

40

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離
1 1 209.80
2 3 474.30
3 5 -95.89
4 6 107.51
5 8 236.31
6 9 -80.61

50

7	12	-94.62						
8	13	54.11						
9	15	34.46						
10	16	-25.67						
11	18	101.54						
12	19	-41.03						
13	21	-73.96						
14	23	36.84						
15	25	47.94						
16	26	-22.34						10
17	28	30.39						
18	29	-374.04						
19	30	-63.22						
G	32	0.00						

【0 2 1 1】

【表1】

光学素子A 光学素子R	数値実施例1, 7	数値実施例3	数値実施例2	数値実施例4, 8	数値実施例5, 6	数値実施例9	
	数値実施例1, 8, 9, 11, 13, 14	数値実施例4		数値実施例3	数値実施例2, 6	数値実施例1, 3, 5,	
	UV硬化樹脂1	TiO ₂ 20%– UV硬化樹脂	TiO ₂ 20%– UV硬化樹脂	N-ポリビニル カルバゾール	TiO ₂ 3%– UV硬化樹脂2	商品名S-NPH1 (オハラ社製)	商品名S-NPH2 (オハラ社製)
d線屈折率	1.63555	1.78927	1.70877	1.69591	1.55324	1.80809	1.92286
g線屈折率	1.67532	1.85809	1.75988	1.75164	1.57249	1.85590	1.98972
C線屈折率	1.62807	1.77777	1.70033	1.68528	1.54936	1.79801	1.90916
F線屈折率	1.65604	1.82254	1.7331	1.72465	1.56326	1.83351	1.95800
ν_d	22.7	17.6	21.6	17.7	39.8	22.8	18.9
θ_{gF}	0.68947	0.79406	0.81721	0.68555	0.66403	0.63070	0.64947
$A_{\theta_1} R_{\theta_1}$	0.0885	0.1730	0.2122	0.0647	0.1022	0.0298	0.0338
$\Delta \theta_{gF}$	0.08477	0.18112	0.21074	0.07268	0.08696	0.02607	0.03857

10

20

【0 2 1 2】

【表2】

光学素子A 光学素子R	数値実施例1, 2, 7, 8	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例6	数値実施例7
	数値実施例10				
	ITO 14.2%– UV硬化樹脂2	ITO 20%– UV硬化樹脂	ITO 5%– UV硬化樹脂	ITO 10%– N-ポリビニル カルバゾール	
	2	2	2		
d線屈折率	1.56480	1.59630	1.54250	1.71270	
g線屈折率	1.59410	1.63830	1.56300	1.77720	
C線屈折率	1.55440	1.58040	1.53620	1.69690	
F線屈折率	1.58260	1.62340	1.55490	1.74830	
ν_d	20.0	13.9	29.0	13.9	
θ_{gF}	0.40780	0.34651	0.43316	0.56226	
$A_{\theta_2} R_{\theta_2}$	-0.2263	-0.3124	-0.1704	-0.0967	
$\Delta \theta_{gF}$	-0.20126	-0.27252	-0.16137	-0.05677	

30

40

【0 2 1 3】

【表3】

	UV硬化樹脂2	TiO ₂	ITO	DOE
d線屈折率	1.52415	2.30377	1.8571	--
g線屈折率	1.53706	2.45676	1.9924	--
C線屈折率	1.52116	2.28032	1.7979	--
F線屈折率	1.53133	2.37452	1.9487	--
ν_d	51.6	13.8	5.68	-3.45
$A_{\theta_1}, R_{\theta_1}$	0.0042	0.2345	--	--
$A_{\theta_2}, R_{\theta_2}$	--	--	-0.4075	-0.4524
θ_{gF}	0.56300	0.87300	0.29000	0.29560
$\Delta \theta_{gF}$	0.00534	0.25397	-0.34248	-0.35145

10

【0214】

【表4】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4	数値実施例5	数値実施例6	数値実施例7
条件式(1)	5.39	5.29	5.38	4.92	5.50	5.72	5.50
条件式(2)	0.036	0.014	0.086	0.008	0.011	0.011	0.030
条件式(3)	-0.022	-0.023	-0.023	-0.017	-0.029	-0.018	-0.019
条件式(4)	0.0885	0.2122	0.1730	0.0647	0.1022	0.1022	0.0885
条件式(5)	--	--	--	--	--	--	--
条件式(6)	22.7	21.6	17.6	17.7	39.8	39.8	22.7
条件式(7)	3.05	3.00	3.02	2.71	3.11	2.45	2.47
条件式(8)	1.545	1.525	1.655	1.684	1.511	1.553	1.476
条件式(9)	0.549	0.396	0.544	0.464	0.628	0.423	0.563
条件式(10)	3.66E-04	2.65E-04	3.67E-04	4.13E-04	8.15E-05	1.74E-04	1.53E-04
条件式(11)	0.0885	0.1022	0.0647	0.1730	0.0298	0.1022	--
	0.0298	--	0.0298	--	--	--	--
条件式(12)	--	--	--	--	--	--	-0.0967
条件式(13)	22.7	39.8	17.7	17.6	22.8	39.8	13.9
	22.8	--	22.8	--	--	--	--
条件式(14)	0.16	0.30	0.16	0.15	0.31	0.29	0.18
条件式(15)	25.4	29.5	25.4	25.4	29.5	29.5	27.5
条件式(16)	0.0110	0.0116	0.0110	0.0117	0.0116	0.0137	0.0093
条件式(17)	5.90	6.65	5.85	5.44	6.93	6.97	5.84

20

	数値実施例8	数値実施例9	数値実施例10	数値実施例11	数値実施例12	数値実施例13	数値実施例14
条件式(1)	6.51	5.35	5.17	5.40	6.40	6.43	5.21
条件式(2)	0.025	0.020	0.030	0.036	0.025	0.025	0.036
条件式(3)	-0.019	-0.019	-0.012	-0.017	-0.025	-0.014	-0.015
条件式(4)	0.0647	0.0338	--	--	--	--	--
条件式(5)	--	--	-0.2263	-0.3124	-0.1704	-0.0967	-0.4524
条件式(6)	17.7	18.9	20.0	13.9	29.0	13.9	-3.453
条件式(7)	3.97	2.47	2.86	2.99	3.98	3.86	3.03
条件式(8)	1.899	1.574	1.469	1.527	1.866	1.862	1.524
条件式(9)	0.530	0.511	0.497	0.552	0.511	0.533	0.545
条件式(10)	2.24E-04	4.77E-04	1.91E-04	2.18E-04	1.72E-04	1.52E-04	2.45E-04
条件式(11)	0.0885	0.0885	0.0298	0.0885	0.0298	0.0885	0.0885
	0.0298	0.0298	--	0.0298	--	0.0298	0.0298
条件式(12)	--	--	-0.2263	--	--	--	--
条件式(13)	22.7	22.7	20.0	22.7	22.8	22.7	22.7
	22.8	22.8	22.8	22.8	--	22.8	22.8
条件式(14)	0.37	0.15	0.12	0.16	0.38	0.37	0.13
条件式(15)	28.5	25.4	25.4	25.4	28.5	28.5	25.4
条件式(16)	0.0073	0.0129	0.0114	0.0114	0.0079	0.0076	0.0111
条件式(17)	6.09	5.53	5.50	5.94	6.08	6.08	5.85

30

表中の「--」とは、その数値実施例には該当しない条件式であることを表わす。

【0215】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0216】

40

50

次に本発明の光学系を撮像装置（カメラシステム）に適用した実施例を図15を用いて説明する。図15は一眼レフカメラの要部概略図である。図15において、10は実施例1～14のいずれか1つの撮影光学系1を有する撮像レンズである。撮影光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体である。カメラ本体は撮像レンズ10からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー3、撮像レンズ10の像形成位置に配置された焦点板4、焦点板4に形成された逆像を正立像に変換するペントダハブリズム5を有している。更に、その正立像を観察するための接眼レンズ6等によって構成されている。

【0217】

7は感光面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮影レンズ10によって像が形成される。このように実施例1～14の撮影光学系を写真用カメラや、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、軽量で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【0218】

尚、本発明の撮影光学系はクイックリターンミラーのない撮像装置にも適用することができる。

【符号の説明】

【0219】

L0は撮影光学系 L1は第1レンズ群 L2は第2レンズ群 L3は第3レンズ群

L31は第31レンズ群 L32は第32レンズ群 L33は第33レンズ群

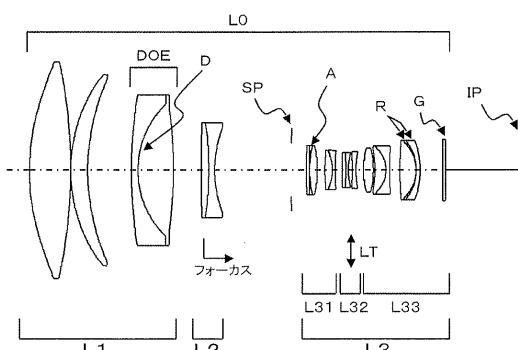
DOEは回折光学素子 Dは回折光学部 Aは光学素子A Rは光学素子R

10

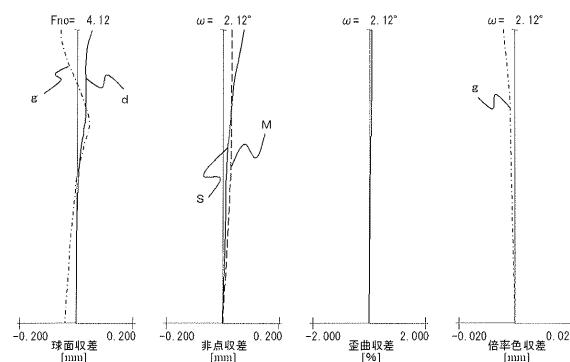
20

【図1】

(A)

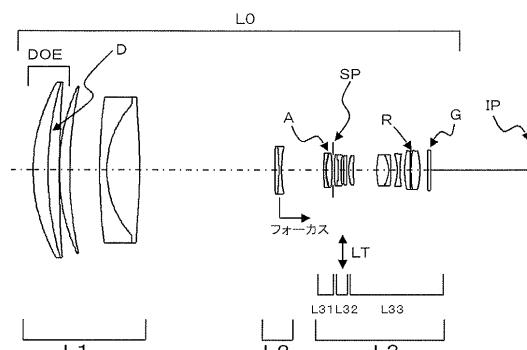


(B)

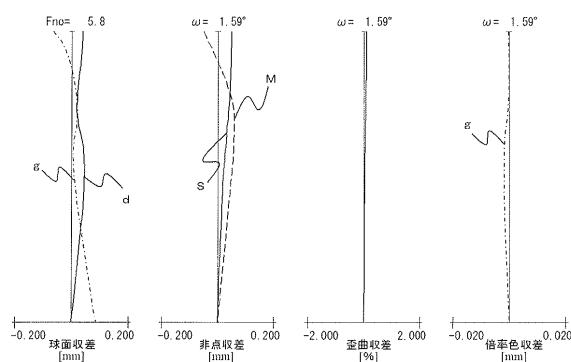


【図2】

(A)

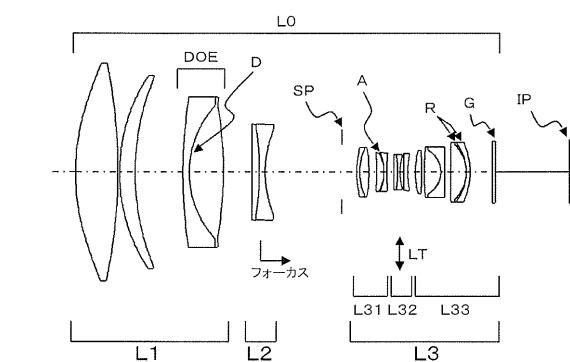


(B)

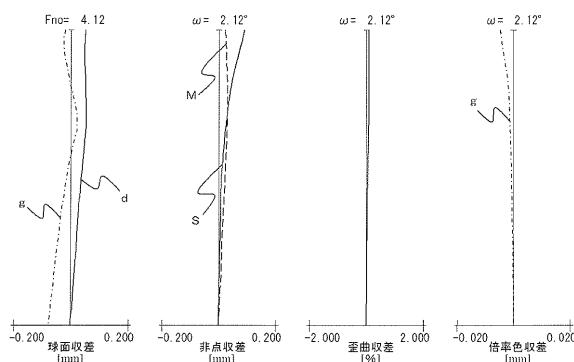


【図3】

(A)

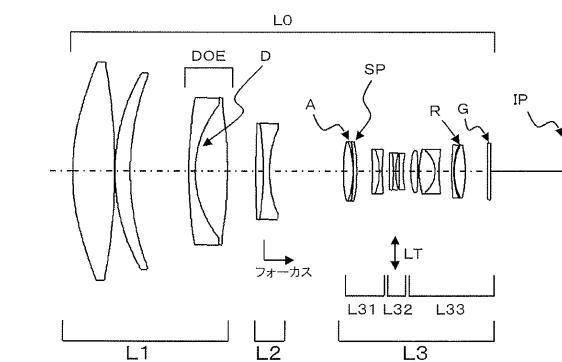


(B)

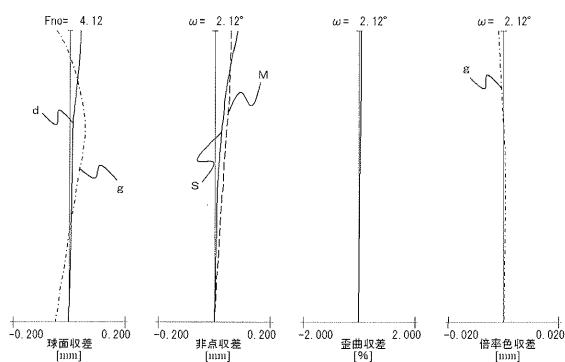


【図4】

(A)

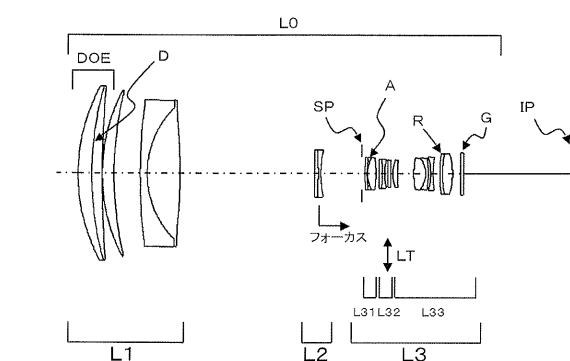


(B)

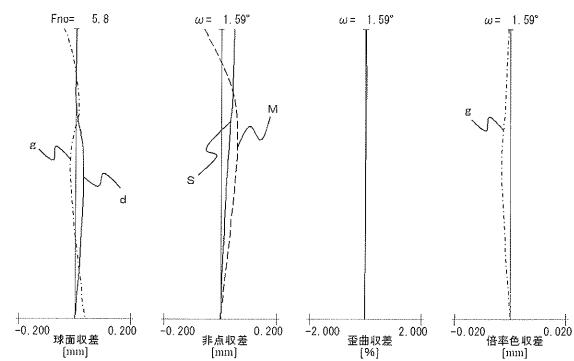


【図5】

(A)

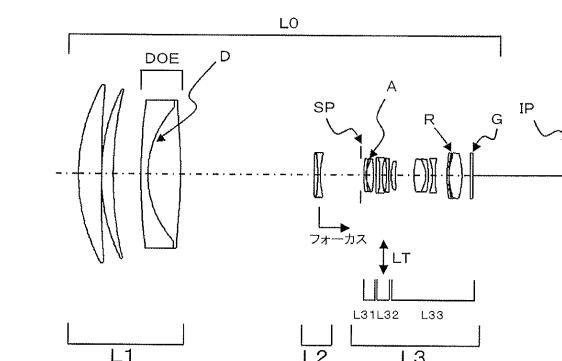


(B)

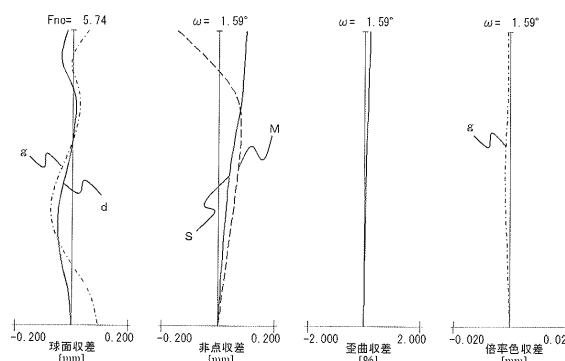


【図6】

(A)

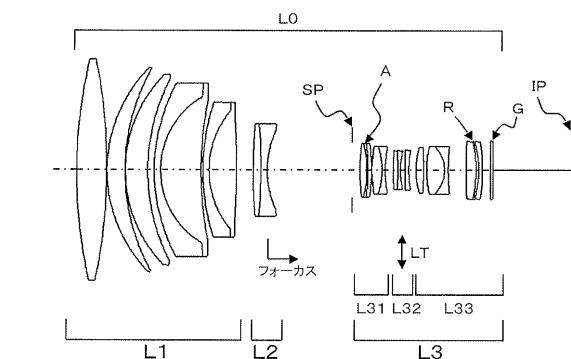


(B)

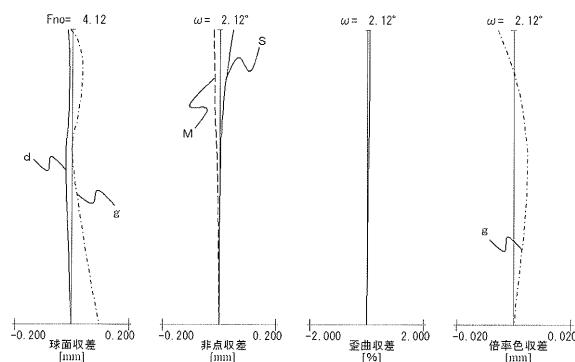


【図7】

(A)

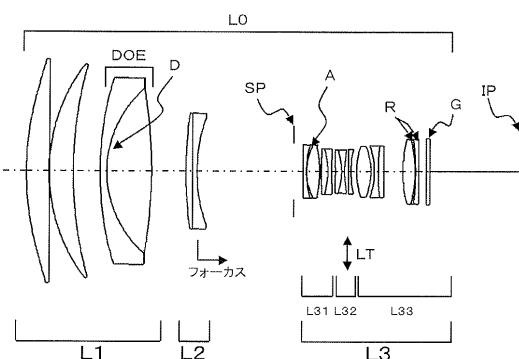


(B)

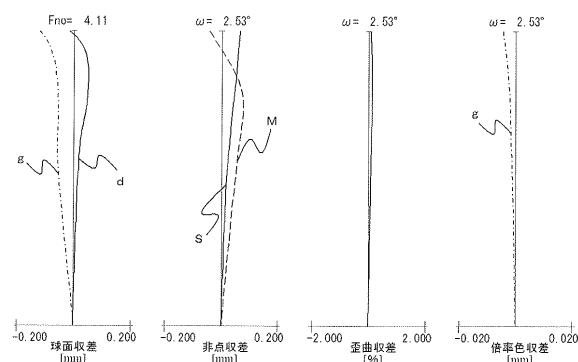


【図8】

(A)

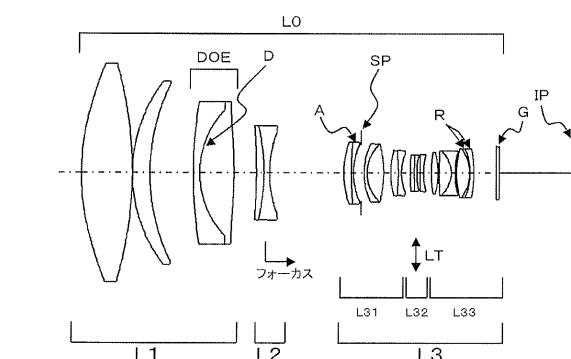


(B)

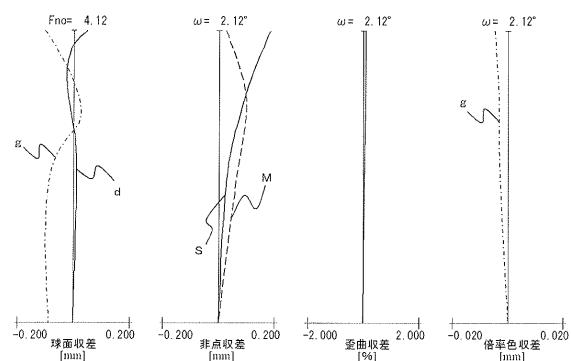


【図9】

(A)

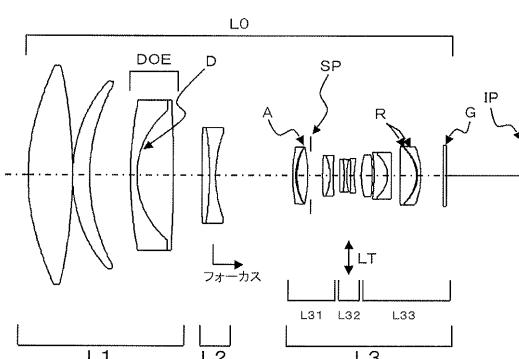


(B)

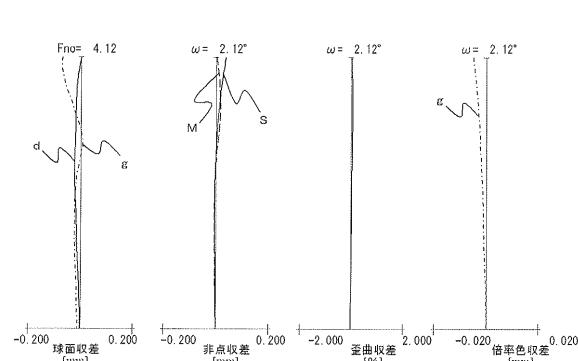


【図10】

(A)

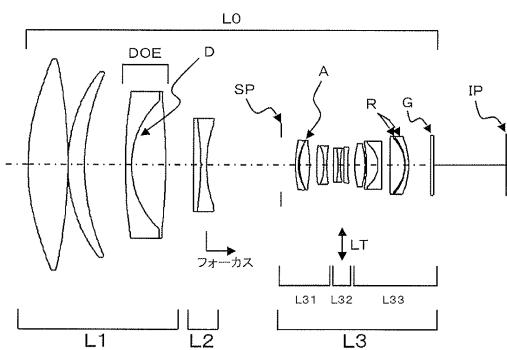


(B)

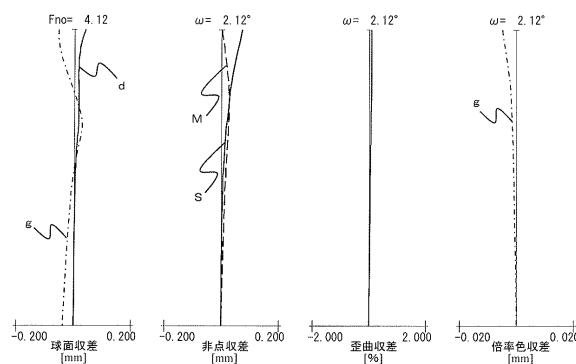


【図 1 1】

(A)

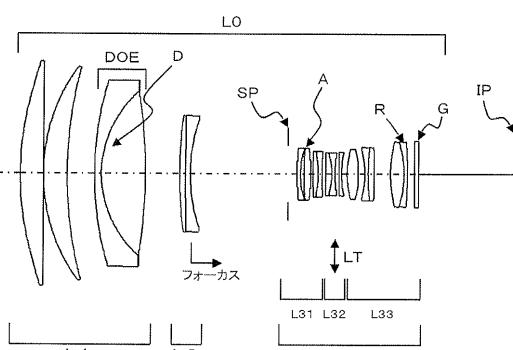


(B)

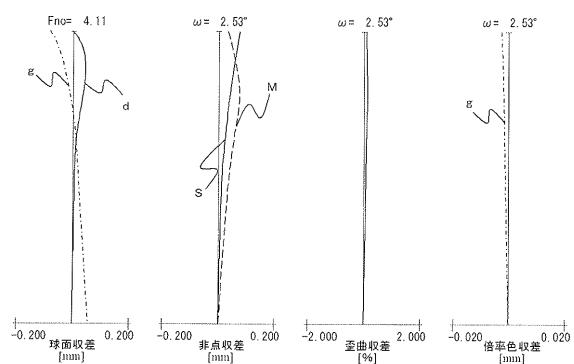


【図 1 2】

(A)

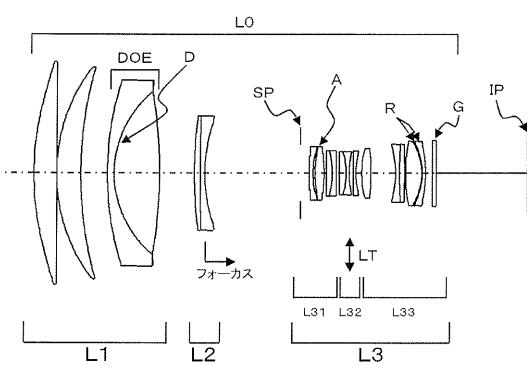


(B)

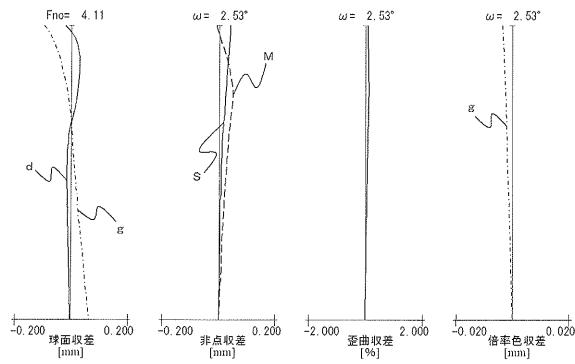


【図 1 3】

(A)

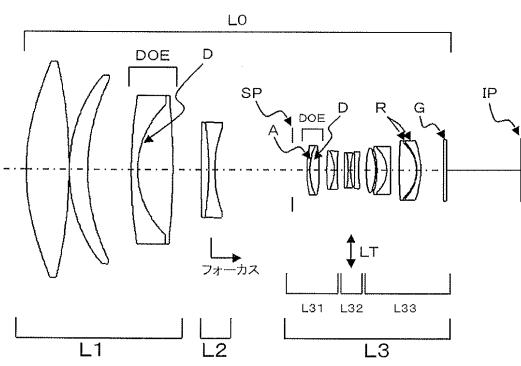


(B)

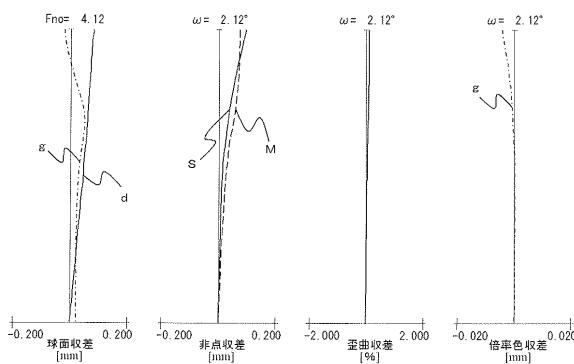


【図 1 4】

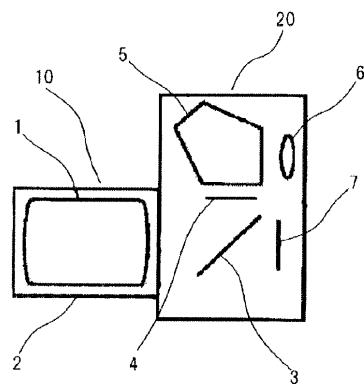
(A)



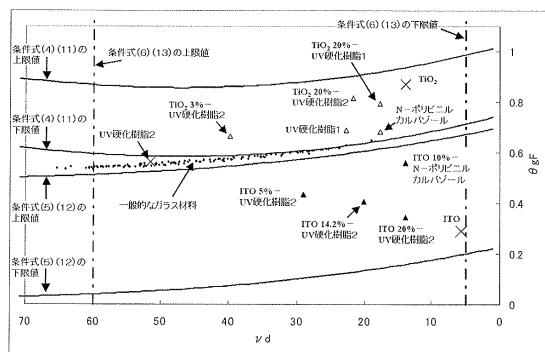
(B)



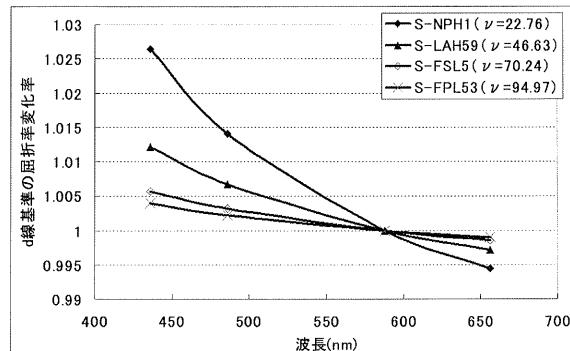
【図15】



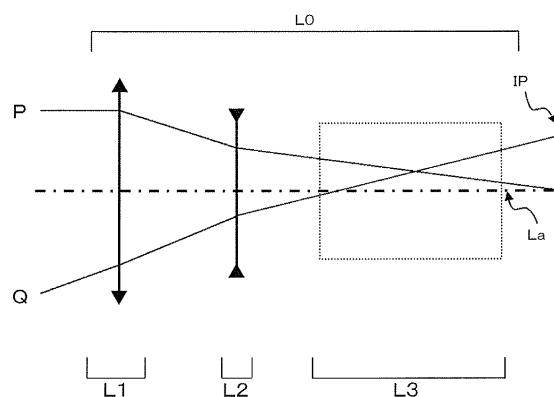
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4