(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7507592号
(P7507592)

(45)発行日　令和6年6月28日(2024.6.28)
(24)登録日　令和6年6月20日(2024.6.20)

(51)国際特許分類			F I	
Ｇ０２Ｂ	*15/20*	*(2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	15/20
Ｇ０２Ｂ	*13/18*	*(2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	13/18

請求項の数　11　（全33頁）

(21)出願番号	特願2020-78385(P2020-78385)
(22)出願日	令和2年4月27日(2020.4.27)
(65)公開番号	特開2021-173895(P2021-173895A)
(43)公開日	令和3年11月1日(2021.11.1)
審査請求日	令和5年4月5日(2023.4.5)

(73)特許権者	000133227 株式会社タムロン 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼１３８５番地
(74)代理人	110000338 弁理士法人ＨＡＲＡＫＥＮＺＯ ＷＯＲＬＤ ＰＡＴＥＮＴ ＆ ＴＲＡＤＥＭＡＲＫ
(72)発明者	三嶌 隆広 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼１３８５番地 株式会社タムロン内
審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ズームレンズ及び撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、及び全体で正の屈折力を有する後群から構成され、隣り合うレンズ群間の間隔を変化させることにより変倍動作を行うズームレンズであって、

前記後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含み、

前記第１レンズ群は変倍時に移動せず、

前記第３レンズ群、前記第４レンズ群、及び前記第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群は光軸上を移動することで合焦を行うフォーカス群であり、

前記フォーカス群が負の屈折力を有し、

前記後群のうち少なくとも２つのレンズ群が広角端から望遠端への変倍時に光軸上を移動し、

以下の式を満足するズームレンズ。

$0.3 \leqq |f_f| / M < 0.8$ ・・・・・（１）

$1.5 \leqq \beta_{FW} / \beta_{FT} < 7.0$ ・・・・・（２）

$6.0 \leqq f_t / f_3 \leqq 15.0$ ・・・・・（４）’

但し、

Ｍ：f_wとf_tとの積の平方根

f_f：前記フォーカス群の焦点距離

f_w：前記ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離
f_t：前記ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離
β_{FW}：前記フォーカス群における広角端での横倍率
β_{FT}：前記フォーカス群における望遠端での横倍率
f_3：前記第３レンズ群の焦点距離

【請求項２】
物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、及び全体で正の屈折力を有する後群から構成され、隣り合うレンズ群間の間隔を変化させることにより変倍動作を行うズームレンズであって、
前記後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含み、
前記第１レンズ群は変倍時に移動せず、
前記第３レンズ群、前記第４レンズ群、及び前記第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群は光軸上を移動することで合焦を行うフォーカス群であり、
以下の式を満足するズームレンズ。
０．３≦｜f_f｜／Ｍ＜０．８・・・・・（１）
１．５≦β_{FW}／β_{FT}＜７．０・・・・・（２）
９．４４≦f_t／f_3≦１５．０・・・・・（４）’’
但し、
Ｍ：f_wとf_tとの積の平方根
f_f：前記フォーカス群の焦点距離
f_w：前記ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離
f_t：前記ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離
β_{FW}：前記フォーカス群における広角端での横倍率
β_{FT}：前記フォーカス群における望遠端での横倍率
f_3：前記第３レンズ群の焦点距離

【請求項３】
前記後群のうち少なくとも２つのレンズ群が広角端から望遠端への変倍時に光軸上を移動する、請求項２に記載のズームレンズ。

【請求項４】
前記後群の移動するレンズ群は、少なくとも１つの正の屈折力を有するレンズ群と、少なくとも１つの負の屈折力を有するレンズ群とを含み、
以下の式を満足する、請求項３に記載のズームレンズ。
０．０＜｜f_p／f_n｜＜１．５・・・・・（９）
但し、
f_p：前記後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群の焦点距離
f_n：前記後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群の焦点距離

【請求項５】
以下の式を満足する、請求項１～４のいずれか一項に記載のズームレンズ。
５．０≦β_{2T}／β_{2W}≦４０．０・・・・・（３）
但し、
β_{2T}：前記第２レンズ群の望遠端での横倍率
β_{2W}：前記第２レンズ群の広角端での横倍率

【請求項６】
以下の式を満足する、請求項１～５のいずれか一項に記載のズームレンズ。
３．０≦｜f_1／f_2｜≦１０．０・・・・・（５）
但し、
f_1：前記第１レンズ群の焦点距離

f_2：前記第２レンズ群の焦点距離
【請求項７】
以下の式を満足する、請求項１～６のいずれか一項に記載のズームレンズ。
$-0.4 \leqq \beta_{2W} \leqq -0.1$・・・・・（６）
但し、
β_{2W}：前記第２レンズ群の広角端での横倍率
【請求項８】
以下の式を満足する、請求項１～７のいずれか一項に記載のズームレンズ。
$3.0 \leqq D_{2rw} / f_w \leqq 9.0$・・・・・（７）
但し、
D_{2rw}：前記ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での前記第２レンズ群の最も像側のレンズ面と、前記第３レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離
【請求項９】
以下の式を満足する、請求項１～８のいずれか一項に記載のズームレンズ。
$2.0 \leqq |m_2 / f_2| \leqq 6.0$・・・・・（８）
但し、
m_2：前記第２レンズ群の広角端から望遠端への変倍時における移動量
f_2：前記第２レンズ群の焦点距離
【請求項１０】
以下の式を満足する、請求項１～９のいずれか一項に記載のズームレンズ。
$-2.0 < (R_{b1} - R_{b2}) / (R_{b1} + R_{b2}) \leqq 2.0$・・・・・（１０）
但し、
R_{b1}：最も像側に配置されるレンズの物体側の面の曲率半径
R_{b2}：最も像側に配置されるレンズの像側の面の曲率半径
【請求項１１】
請求項１～１０のいずれか一項に記載のズームレンズと、当該ズームレンズの像側に設けられた、当該ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備える、撮像装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ズームレンズ及び撮像装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来のズームレンズにおいて、ミラーレス一眼カメラ、デジタルスチルカメラ、セキュリティーカメラ等は高倍率であるものが知られている。
【０００３】
当該ズームレンズについては、例えば、物体側から順に、各レンズ群の屈折率の符号が正負正正正であるズームレンズ系が知られている（例えば、特許文献１参照）。
【０００４】
また、物体側から順に、各レンズ群の屈折率の符号が正負正正正又は正負正正負である撮像レンズが知られている（例えば、特許文献２参照）。
【０００５】
また、物体側から順に、物体側から順に、各レンズ群の屈折率の符号が正負正負正であるズームレンズが知られている（例えば、特許文献３参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【文献】特開２００８－１７６２２９号公報
【文献】国際公開第２０１３－１５１１５３号

【文献】特開２０１３－１９５７４９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

カメラに搭載されている固体撮像素子は、近年高画素化が進んでいることにより、ズームレンズは以前に比べて更なる高性能化が求められている。特に高倍率なズームレンズにおいては、多目的用途で使用可能な高性能化が求められている。

【０００８】

特許文献１に記載のズームレンズ系は、ズーム倍率が低くなっており、高倍率化していくにつれて各レンズ群同士のクリアランスを維持することが困難である。そのため、最短撮影距離での撮影及びその際の光学性能の高性能化が困難である。

【０００９】

特許文献２に記載の撮像レンズは、第２レンズ群による変倍比が小さいため第２レンズ群の移動量が大きくなり、その分フォーカス群の移動領域が小さくなり、最短撮影距離での撮影及びその際の性能維持が困難である。

【００１０】

特許文献３に記載のズームレンズは、第２レンズ群による変倍比が小さいため、ズームレンズの高倍率を達成させるために第３レンズ群も移動させているが、その分フォーカス群の移動領域が小さくなり、最短撮影距離での撮影及びその際の性能維持が困難である。

【００１１】

このように、ズームレンズの高倍率化に伴い、最短撮影距離の短縮化及び性能維持をするための収差補正を行うことは困難である。

【００１２】

本発明の一態様は、上述の課題に鑑みなされたものであり、高倍率であり、最短撮影距離の短縮化が可能であり、かつ高い光学性能を有するズームレンズ及び撮像装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

前記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、及び全体で正の屈折力を有する後群から構成され、隣り合うレンズ群間の間隔を変化させることにより変倍動作を行うズームレンズであって、前記後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含み、前記第３レンズ群、前記第４レンズ群、及び前記第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群は光軸上を移動することで合焦を行うフォーカス群であり、以下の式を満足するズームレンズ。

$0.3 \leqq |f_f| / M < 0.8$ ・・・・・（１）

$1.5 \leqq \beta_{FW} / \beta_{FT} < 7.0$ ・・・・・（２）

但し、

Ｍ：f_wとf_tとの積の平方根

f_f：前記フォーカス群の焦点距離

f_w：前記ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離

f_t：前記ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離

β_{FW}：前記フォーカス群における広角端での横倍率

β_{FT}：前記フォーカス群における望遠端での横倍率

【００１４】

また、前記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る撮像装置は、前記のズームレンズと、当該ズームレンズの像側に設けられた、当該ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備える。

【発明の効果】

【００１５】

本発明の一態様によれば、高倍率であり、最短撮影距離の短縮化が可能であり、かつ高い光学性能を有するズームレンズ及び撮像装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】実施例１のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。
【図２】実施例１のズームレンズの広角端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図３】実施例１のズームレンズの中間焦点距離状態での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図４】実施例１のズームレンズの望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図５】実施例２のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。
【図６】実施例２のズームレンズの広角端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図７】実施例２のズームレンズの中間焦点距離状態での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図８】実施例２のズームレンズの望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図９】実施例３のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。
【図１０】実施例３のズームレンズの広角端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１１】実施例３のズームレンズの中間焦点距離状態での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１２】実施例３のズームレンズの望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１３】実施例４のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。
【図１４】実施例４のズームレンズの広角端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１５】実施例４のズームレンズの中間焦点距離状態での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１６】実施例４のズームレンズの望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１７】実施例５のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。
【図１８】実施例５のズームレンズの広角端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図１９】実施例５のズームレンズの中間焦点距離状態での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図２０】実施例５のズームレンズの望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。
【図２１】本発明の一実施形態に係る撮像装置の構成の一例を模式的に示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、本発明の一実施形態に係るズームレンズ及び撮像装置の実施の形態を説明する。本実施形態は、より詳しくは、例えば、固体撮像素子等を用いたミラーレス一眼カメラ、セキュリティーカメラ、デジタルスチルカメラ、及び医療用カメラ等のデジタル入出力機

器の撮影光学系に好適な、ズームレンズに関する。但し、以下に説明する当該ズームレンズ及び撮像装置は、本発明に係るズームレンズ及び撮像装置の一態様であって、本発明に係るズームレンズ及び撮像装置は以下の態様に限定されるものではない。
【００１８】
１．ズームレンズ
１－１．　光学的構成
本発明の一実施形態に係るズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、及び正の屈折力を有する後群から構成される。後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含む。第３レンズ群、第４レンズ群、及び第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群はフォーカス群である。当該ズームレンズは、隣り合うレンズ群間の間隔を変化させることにより変倍動作を行う。当該ズームレンズは、光学系のレンズ配置及びパワー配置を適切にすることで、高倍率であり、最短撮影距離の短縮化が可能であり、かつ高い光学性能を有する。
【００１９】
なお、本明細書中において、「最短撮影距離の短縮化」とは、至近距離での撮像における、最も物体側に配置されるレンズのレンズ面から物体までの、撮像可能な距離を短縮することを意味する。「最短撮影距離」は、最短合焦距離とも言える。
【００２０】
また、本明細書中において、「レンズ群」とは、変倍動作において連動する、１枚以上のレンズの集合を意味する。レンズ群は、１枚のレンズにより構成されていてもよいし、複数のレンズにより構成されていてもよい。例えば、レンズ群は、空気間隔を介することなく複数の単レンズを一体化した接合レンズを含んでいてもよいし、１枚の単レンズと樹脂とを、空気間隔を介することなく一体化した複合レンズを含んでいてもよい。レンズ群におけるレンズは、変倍動作において、相対的な位置関係を保ったまま移動する。変倍動作は、レンズ群間の間隔を変化させることによって行われ、同一のレンズ群に属するレンズ間の間隔は、変倍動作において変化しない。
【００２１】
また、本明細書中において、「レンズ」とは、１枚の単レンズだけでなく、接合レンズであっても、複合レンズであってもよい。例えば、２枚の単レンズが接合した接合レンズは１枚のレンズとして説明する。また、１枚の単レンズと樹脂とが複合した複合レンズは１枚のレンズとして説明する。
【００２２】
（１）第１レンズ群
第１レンズ群は、当該ズームレンズにおいて最も物体側に配置されるレンズ群であり、正の屈折力を有する。第１レンズ群は、全体で正の屈折力を有していればよく、少なくとも１つの正の屈折力を有するレンズを有していればよい。第１レンズ群におけるレンズの構成は、全体で正の屈折力を有する範囲において適宜に決めることが可能である。
【００２３】
（２）第２レンズ群
第２レンズ群は、第１レンズ群の像側に配置されるレンズ群であり、負の屈折力を有する。第２レンズ群は、全体で負の屈折力を有していればよく、少なくとも１つの負の屈折力を有するレンズを有していればよい。第２レンズ群におけるレンズの構成は、全体で負の屈折力を有する範囲において適宜に決めることが可能である。
【００２４】
（３）後群
後群は、第２レンズ群の像側に配置されるレンズ群の集合であり、後群全体で正の屈折力を有する。後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含む。第３レンズ群と第４レンズ群とは隣り合って配置され、第４レンズ群と第５レンズ群とは隣り合って配置される。後群は、第５レンズ群の像側に１つ以上の

レンズ群をさらに含んでいてもよい。例えば、後群は、第５レンズ群の像側に第６レンズ群が配置されていてもよいし、第５レンズ群の像側に、物体側から順に第６レンズ群と、第７レンズ群が配置されていてもよい。
【００２５】
　後群は、全体で正の屈折力を有していればよく、少なくとも１つの正の屈折力を有するレンズ群を有していればよい。後群は、１つ以上の正の屈折力を有するレンズ群のみからなる構成されていてもよい。また、後群は、全体で正の屈折力を有していれば、負の屈折力を有するレンズ群を含んでいてもよく、少なくとも１つの正の屈折力を有するレンズ群と、少なくとも１つの負の屈折力を有するレンズ群とを含むことが好ましい。
【００２６】
　高倍率である当該ズームレンズは、屈折力の強い第２レンズ群を主に移動させることによって変倍させることが好ましい。そのため、第２レンズ群の像側に正の屈折力を有する第３レンズ群が配置されることは、第２レンズ群の変倍によって発生する収差変動、特に球面収差変動を適切に補正する観点から好ましい。第２レンズ群の像側に負の屈折力を有する第３レンズ群を配置した場合、第２レンズ群の変倍によって発生する収差補正を適切に補正することができないことがある。そのため、負の屈折力を有する第３レンズ群よりも像側にさらに正の屈折力を有するレンズ群を配置することが好ましいため、ズームレンズの全長の短縮化の実現が困難になることがある。従って、第３レンズ群が正の屈折力を有することは、高倍率なズームレンズを実現する観点から好ましい。
【００２７】
　各レンズ群で発生する収差を打ち消し合うことができる観点から、後群において、正の屈折力を有するレンズ群と、負の屈折力を有するレンズ群とが交互に配置される構成が好ましい。そのため、上述したように、第３レンズ群が正の屈折力を有することが好ましいため、第４レンズ群が負の屈折力を有し、第５レンズ群が正の屈折力を有することが好ましい。
【００２８】
　（４）フォーカス群
　当該ズームレンズは、フォーカス群を有している。フォーカス群は、ズームレンズの光軸上を移動することで合焦を行う。当該ズームレンズにおいて、フォーカス群を用いて合焦を行ってもよい。この際、フォーカス群を光軸方向に移動させればよい。フォーカス群は、第３レンズ群、第４レンズ群、及び第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群であり、第４レンズ群及び第５レンズ群のいずれか一方であることが、合焦に伴う収差変動を抑制させる観点から好ましい。また、フォーカス群が負の屈折力を有し、かつ広角端から望遠端にかけての移動の軌跡が像側に凸となるＵターンの軌跡にすることは、光軸上の距離を多く占める正の屈折力を有するレンズ群の最大移動量を低減し、高倍率で小型のズームレンズを実現する観点から好ましい。
【００２９】
　第３レンズ群は、通常、球面収差が大きく効くが、像面湾曲にはさほど効かない。このため、仮に第３レンズ群をフォーカス群として稼働させると、軸上のピントは合い易いが、周辺の解像が不十分となりやすい。一方、第４レンズ群および第５レンズ群は、通常、球面収差だけではなく像面湾曲も同程度の効き量になる。このため、第４レンズ群および第５レンズ群については、これらのレンズ群のいずれかをフォーカス群にすることは、軸上および軸周辺において十分な解像を実現する観点から好ましい。
【００３０】
　（５）絞り
　当該ズームレンズは、絞りを有していてもよい。但し、ここでいう絞りは、当該ズームレンズの光束径を規定する絞り、すなわち当該ズームレンズのＦナンバーを規定する絞りをいう。当該ズームレンズにおける絞りの配置は、限定されない。
【００３１】
　（６）レンズ群構成

当該ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群、負の屈折力を有する第２レンズ群、及び正の屈折力を有する後群のみから構成される。後群は、物体側から順に、第３レンズ群と、第４レンズ群と、第５レンズ群とを少なくとも含む。第１レンズ群と、第２レンズ群との間、第２レンズ群と第３レンズ群との間、第３レンズ群と第４レンズ群との間、第４レンズ群と第５レンズ群との間には他のレンズ群は含まれないが、フィルター等のレンズ以外の光学素子及び絞りを排除するものではない。

【００３２】

１－２．動作

（１）変倍時の動作

当該ズームレンズにおいて、広角端から望遠端への変倍に際して、少なくともレンズ群間の空気間隔を変化させる。また、広角端から望遠端への変倍に際して、後群のうち少なくとも２つのレンズ群が広角端から望遠端への変倍時に光軸上を移動することは、変倍時の第２レンズ群の移動量を小さくする観点、及び、第２レンズ群の変倍によって発生する収差変動を低減する観点、から好ましい。高倍率でありながら、小型で高い光学性能を有するズームレンズを実現するのに好適である。また、後群において、移動する少なくとも２つのレンズ群のうち、少なくとも１つのレンズ群が広角端から望遠端にかけての１点でＵターンする軌跡をもたせることは、限られたスペースを有効に活用することができ、ズームレンズの高倍率化を実現する観点から好ましい。

【００３３】

なお、後群の移動するレンズ群は、高性能化を実現する観点から、少なくとも１つの正の屈折力を有するレンズ群と、少なくとも１つの負の屈折力を有するレンズ群とを含むことが好ましい。後群において正の屈折力を有するレンズ群と負の屈折力を有するレンズ群とを一対で移動させることにより、互いのレンズ群で生じる収差を相殺することが可能となり、ズームレンズ全体として球面収差および像面湾曲がさらに抑制される。よって、高性能化を実現する観点から好ましい。

【００３４】

また、広角端から望遠端への変倍に際して、第３レンズ群が固定されていることは、フォーカス群の移動領域を確保し、最短撮影距離の短縮化が可能であり、かつ高い光学性能を有するズームレンズを実現できる観点から好ましい。また、第３レンズ群は、通常、球面収差が大きく効く。第３レンズ群が固定されていることは、第３レンズ群内での光学特性の調整が容易である点で有利である。このため、高性能化、特にＦナンバーが小さい広角端における高性能化、を実現する観点から好ましい。第３レンズ群が固定されているとは、第３レンズ群が変倍時に実質的には移動しないことを意味する。

【００３５】

また、高倍率化を実現する観点から、広角端から望遠端への変倍に際して、第１レンズ群と第２レンズ群との間の空気間隔は増加するように変化させることが好ましい。また、高倍率化を実現する観点から、第２レンズ群と第３レンズ群との間の空気間隔は減少するように変化させることが好ましい。

【００３６】

（２）合焦時の動作

当該ズームレンズにおいて、合焦は、前述したフォーカス群によって実施することが可能である。無限遠から近接物体への合焦の際に移動するフォーカス群は、前述したように、第３レンズ群、第４レンズ群、及び第５レンズ群のうちいずれか１つのレンズ群である。また、合焦時におけるフォーカス群の移動方向は限定されない。

【００３７】

１－３．ズームレンズの条件を表す式

本実施形態に係るズームレンズは、前述した構成を採用すると共に、次に説明する式を少なくとも１つ以上満足することが好ましい。

【００３８】

$0.3 \leqq |f_f| / M < 0.8$ ・・・・・（１）

但し、
Ｍ：f_wとf_tとの積の平方根
f_f：フォーカス群の焦点距離
f_w：ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離
f_t：ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離
【００３９】
Ｍは、上記のように、ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離と、ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離との積の平方根である。具体的には、Ｍは下記式で定義される。
【００４０】
【数１】

$$M=\sqrt{f_w \times f_t}$$

【００４１】
式（１）は、フォーカス群のパワーを規定するための式である。式（１）を満足することは、ズームレンズの高倍率化を達成すると共に、全ズーム領域での撮像距離を短縮する観点から好ましい。これに対して、式（１）の下限を下回る場合、フォーカス群の屈折力が強くなりすぎることがある。このため、ズームレンズを高倍率化することには有利に働くが、合焦距離毎の収差変動が増大し、最短撮影距離での撮影時においても光学性能を維持することが困難になることがある。また、式（１）の上限を上回る場合、フォーカス群の屈折力が弱くなりすぎることがある。このため、合焦距離毎の収差変動の抑制は容易になるが、全ズーム域での合焦するための移動量が大きくなり、ズームレンズの所望の全長での高倍率化の実現が困難となることがある。
【００４２】
最短撮影距離での撮影時においても光学性能を維持する観点から、｜f_f｜／Ｍは、０．３５以上であることがより好ましく、０．４５以上であることがさらに好ましい。また、ズームレンズの高倍率化を実現する観点から、｜f_f｜／Ｍは、０．７以下であることがより好ましく、０．６以下であることがさらに好ましい。
【００４３】
本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。
$1.5 \leqq \beta_{FW}/\beta_{FT} < 7.0$・・・・・（２）
但し、
β_{FW}：フォーカス群における広角端での横倍率
β_{FT}：フォーカス群における望遠端での横倍率
【００４４】
式（２）は、フォーカス群の横倍率を規定するための式である。式（２）を満足することは、ズームレンズの高倍率化に伴う収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（２）の下限を下回る場合、全ズーム域での合焦時における収差補正は容易になるが、フォーカス群による増倍の割合が小さくなりすぎてしまうことがある。このため、ズームレンズの高倍率化の実現が困難となることがある。また、式（２）の上限を上回る場合、ズームレンズを高倍率化することには有利に働くが、フォーカス群内の収差補正が困難となることがある。このため、全ズーム領域での合焦時における収差を適切に補正することが困難となることがある。
【００４５】
ズームレンズの高倍率化を実現する観点から、β_{FW}/β_{FT}は、１．８以上であることがより好ましく、２．０以上であることがさらに好ましい。また、全ズーム領域での合焦時における収差を適切に補正する観点から、β_{FW}/β_{FT}は、６．０以下であることがより好ましく、５．０以下であることがさらに好ましい。

【００４６】
本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。
$5.0 \leqq \beta_{2T} / \beta_{2W} \leqq 40.0$ ・・・・・（３）
但し、
β_{2T}：第２レンズ群の望遠端での横倍率
β_{2W}：第２レンズ群の広角端での横倍率
【００４７】
式（３）は、第２レンズ群による変倍比を規定するための式である。式（３）を満足することは、第２レンズ群と他のレンズ群との変倍比のバランスをとることができ、ズームレンズの高倍率化を達成すると共に、収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（３）の下限値を下回る場合、第２レンズ群を移動させることによって得られる変倍比が小さくなりすぎることがある。このため、第２レンズ群の移動量が増加することで、ズームレンズの所望の全長での高倍率化の実現が困難となることがある。また、式（３）の上限を上回る場合、第２レンズ群の屈折力が強まり、第２レンズ群の移動量を増加させるとズームレンズの高倍率化は容易になるが、変倍時の収差変動が増大しすぎることがある。このため、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得ることが困難となることがある。
【００４８】
収差を適切に補正する観点から、β_{2T} / β_{2W}は、７．０以上であることがより好ましく、９．０以上であることがさらに好ましい。また、ズームレンズの高倍率化を実現する観点から、β_{2T} / β_{2W}は、３０．０以下であることがより好ましく、２０．０以下であることがさらに好ましい。
【００４９】
本実施形態に係るズームレンズは、第３レンズ群が正の屈折力を有する場合、以下の式を満足することが好ましい。
$5.0 \leqq f_t / f_3 \leqq 15.0$ ・・・・・（４）
但し、
f_3：第３レンズ群の焦点距離
f_t：ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離
【００５０】
式（４）は、ズームレンズの無限遠合焦時における望遠端での焦点距離と第３レンズ群の焦点距離との比を規定するための式である。式（４）を満足することは、望遠端での収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（４）の下限値を下回る場合、第３レンズ群の収差補正は容易になるものの、第３レンズ群による屈折力が弱くなりすぎることがある。このため、ズームレンズの所望の全長での高倍率化の実現が困難となることがある。また、式（４）の上限値を上回る場合、第３レンズ群の屈折力が強くなりすぎることがある。このため、第３レンズ群内での収差を適切に補正することが困難となることがある。
【００５１】
ズームレンズの高倍率化を実現する観点から、f_t / f_3は、６．０以上であることがより好ましく、７．０以上であることがさらに好ましい。また、第３レンズ群内での収差を適切に補正する観点から、f_t / f_3は、１３．０以下であることがより好ましく、１１．０以下であることがさらに好ましい。
【００５２】
本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。
$3.0 \leqq | f_1 / f_2 | \leqq 10.0$ ・・・・・（５）
但し、
f_1：第１レンズ群の焦点距離
f_2：第２レンズ群の焦点距離
【００５３】

式（５）は第１レンズ群の焦点距離と第２レンズ群の焦点距離との比を規定するための式である。式（５）を満足することは、ズームレンズの高倍率化を達成しつつ、望遠端での収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（５）の下限値を下回る場合、第２レンズ群の変倍による収差変動が小さくなるものの、望遠端での収差を適切に補正することが困難になることがある。また、式（５）の上限値を上回る場合、ズームレンズの高倍率化を達成しつつ、望遠端での収差補正が容易となるものの、第２レンズ群の変倍による収差変動が大きくなりすぎることがある。このため、全ズーム領域での収差を適切に補正することが困難となることがある。

【００５４】

望遠端での収差を適切に補正する観点から、｜f_1／f_2｜は、４．０以上であることがより好ましく、５．０以上であることがさらに好ましい。また、全ズーム領域での収差を適切に補正する観点から、｜f_1／f_2｜は、９．０以下であることがより好ましく、８．０以下であることがさらに好ましい。

【００５５】

本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。

$-0.4 \leqq \beta_{2W} \leqq -0.1$・・・・・（６）

但し、

β_{2W}：第２レンズ群の広角端での横倍率

【００５６】

式（６）は、第２レンズ群の広角端での横倍率を規定するための式である。式（６）を満足することは、広角端での収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（６）の下限値を下回る場合、広角端での収差補正が容易となるものの、広角端での焦点距離の広角化を実現することが困難となることがある。また、式（６）の上限値を上回る場合、広角端の焦点距離を広角化することが容易となるが、広角端での収差を適切に補正することが困難となることがある。

【００５７】

広角端での焦点距離の広角化を実現する観点から、β_{2W}は、－０．３５以上であることがより好ましく、－０．３０以上であることがさらに好ましい。また、広角端での収差を適切に補正する観点から、β_{2W}は、－０．１６以下であることがより好ましく、－０．１８以下であることがさらに好ましい。

【００５８】

本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。

$3.0 \leqq D_{2rw}/f_w \leqq 9.0$・・・・・（７）

但し、

D_{2rw}：ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での第２レンズ群の最も像側のレンズ面と、第３レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

f_w：ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離

【００５９】

式（７）は、ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での焦点距離と、ズームレンズの無限遠合焦時における広角端での第２レンズ群の最も像側のレンズ面と、第３レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離との比を規定するための式である。式（７）を満足することは、ズームレンズの小型化を達成しつつ、広角端での焦点距離をより広角化できる観点から好ましい。これに対して、式（７）の下限値を下回る場合、ズームレンズの小型化が容易となるものの、広角端での焦点距離の広角化の実現が困難となることがある。また、式（７）の上限値を上回る場合、広角端での焦点距離をより広角化することが容易となるものの、ズームレンズの小型化の実現が困難となることがある。

【００６０】

広角端での焦点距離の広角化を実現する観点から、D_{2rw}／f_wは、４．０以上であることがより好ましく、５．０以上であることがさらに好ましい。また、ズームレンズの小型化を実現する観点から、D_{2rw}／f_wは、８．０以下であることがより好ましく、７．

５以下であることがさらに好ましい。

【００６１】

本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。

$2.0 \leqq |m_2 / f_2| \leqq 6.0$・・・・・（８）

但し、

m_2：第２レンズ群の広角端から望遠端への変倍時における移動量

f_2：第２レンズ群の焦点距離

【００６２】

式（８）は、第２レンズ群の広角端から望遠端への変倍時における移動量と、第２レンズ群の焦点距離との比を規定するための式である。式（８）を満足することは、ズームレンズの小型化を達成しつつ、収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（８）の下限値を下回る場合、ズームレンズの小型化が容易になるものの、収差を適切に補正することが困難となることがある。また、式（８）の上限値を上回る場合、全ズーム領域での収差補正が容易となるものの、第２レンズ群の変倍による移動量が大きくなりすぎることがある。このため、ズームレンズの小型化の実現が困難となることがある。

【００６３】

収差を適切に補正する観点から、$|m_2 / f_2|$は、２．５以上であることがより好ましく、３．０以上であることがさらに好ましい。また、ズームレンズの小型化を実現する観点から、$|m_2 / f_2|$は、５．５以下であることがより好ましく、５．０以下であることがさらに好ましい。

【００６４】

本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。

$0.0 < |f_p / f_n| < 1.5$・・・・・（９）

但し、

f_p：後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群の焦点距離

f_n：後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群の焦点距離

【００６５】

式（９）は、後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群の焦点距離と、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群の焦点距離との比を規定するための式である。式（９）を満足することは、広角端での収差を適切に補正する観点から好ましい。これに対して、式（９）の下限値を下回る場合、光軸上の距離が長い正の屈折力を有するレンズ群の移動域が減少するためズームレンズの小型化が容易となるものの、特に広角端での球面収差を適切に補正することが困難となることがある。また、式（９）の上限値を上回る場合、広角端の収差補正をすることが容易となるが、正の屈折力を有するレンズ群の移動域が大きくなりすぎることがある。このため、ズームレンズの小型化の実現が困難となることがある。

【００６６】

広角端での球面収差を適切に補正する観点から、$|f_p / f_n|$は、０．４以上であることがより好ましく、０．６以上であることがさらに好ましい。また、ズームレンズの小型化を実現する観点から、$|f_p / f_n|$は、１．４以下であることがより好ましく、１．３以下であることがさらに好ましい。

【００６７】

本実施形態に係るズームレンズは、以下の式を満足することが好ましい。

$-2.0 < (R_{b1} - R_{b2}) / (R_{b1} + R_{b2}) \leqq 2.0$・・・・・（１０）

但し、

R_{b1}：最も像側に配置されるレンズの物体側の面の曲率半径

R_{b2}：最も像側に配置されるレンズの像側の面の曲率半径

【００６８】

式（１０）は、最も像側に配置されるレンズの形状を規定するための式である。式（１０）を満足することは、ゴーストを低減しつつ、収差を適切に補正する観点から好ましい

。これに対して、式（１０）の下限値を下回る場合、特に広角端での像面湾曲収差補正が容易となるものの、ゴーストを低減することが困難となることがある。また、式（１０）の上限値を上回る場合、ゴーストを低減することが可能となるものの、特に広角端での像面湾曲収差を適切に補正することが困難となることがある。

【００６９】

ゴーストを低減する観点から、（R_{b1}－R_{b2}）／（R_{b1}＋R_{b2}）は、－１．８以上であることがより好ましく、－１．６以上であることがさらに好ましい。また、広角端での像面湾曲収差を適切に補正する観点から、（R_{b1}－R_{b2}）／（R_{b1}＋R_{b2}）は、１．８以下であることがより好ましく、１．６以下であることがさらに好ましい。

【００７０】

２．撮像装置

次に、本発明の一実施形態に係る撮像装置について説明する。当該撮像装置は、上記実施形態に係るズームレンズと、当該ズームレンズの像面側に設けられた、当該ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備える。

【００７１】

ここで、撮像素子に限定はなく、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）センサ及びＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）センサなどの固体撮像素子、銀塩フィルム等も用いることができる。本実施形態に係る撮像装置は、デジタルカメラ及びビデオカメラ等の、上記の固体撮像素子を用いた撮像装置に好適である。また、当該撮像装置は、レンズが筐体に固定されたレンズ固定式の撮像装置であってもよいし、一眼レフカメラ及びミラーレス一眼カメラ等のレンズ交換式の撮像装置であってもよい。特に、本実施形態に係るズームレンズは交換レンズシステムに好適なバックフォーカスを確保することができる。そのため、光学式ファインダー、位相差センサ及びこれらに光を分岐するためのリフレックスミラー等を備えた一眼レフカメラ等の撮像装置に好適である。

【００７２】

図２１は、本実施形態に係る撮像装置の構成の一例を模式的に示す図である。図２１に示されるように、ミラーレス一眼カメラ１は、本体２及び本体２に着脱可能な鏡筒３を有している。ミラーレス一眼カメラ１は、撮像装置の一態様である。

【００７３】

鏡筒３は、ズームレンズ３０を有している。ズームレンズ３０は、第１レンズ群３１と、第２レンズ群３２と、第３レンズ群３３と、第４レンズ群３４と、第５レンズ群３５を備えており、例えば前述した式（１）、（２）を満足するように構成されている。なお、第２レンズ群３２と、第３レンズ群３３との間には、絞り３６が配置されている。

【００７４】

第１レンズ群３１は正の屈折力を有しており、第２レンズ群３２は負の屈折力を有している。第３レンズ群３３は正の屈折力を有しており、第４レンズ群３４は負の屈折力を有しており、第５レンズ群３５は正の屈折力を有している。第３レンズ群３３、第４レンズ群３４、及び第５レンズ群３５は、前述の後群に相当する。

【００７５】

本体２は、撮像素子としてのＣＣＤセンサ２１及びカバーガラス２２を有している。ＣＣＤセンサ２１は、本体２中における、本体２に装着された鏡筒３内のズームレンズ３０の光軸ＯＡが中心軸となる位置に配置されている。本体２は、カバーガラス２２の代わりに、実質的な屈折力を有さない平行平板を有していてもよい。

【００７６】

本実施形態に係る撮像装置は、撮像素子により取得した撮像画像データを電気的に加工して、撮像画像の形状を変化させる画像処理部、ならびに、当該画像処理部において撮像画像データを加工するために用いる画像補正データ及び画像補正プログラム等を保持する画像補正データ保持部、等を有することがより好ましい。

【００７７】

ズームレンズを小型化した場合、結像面において結像された撮像画像形状の歪み（歪曲

）が生じやすくなる。その際、撮像画像形状の歪みを補正することが好ましい。当該補正は、例えば、画像補正データ保持部に予め撮像画像形状の歪みを補正するための歪み補正データを保持させておき、上記画像処理部において、画像補正データ保持部に保持された歪み補正データを用いることによって実施することができる。このような撮像装置によれば、ズームレンズの小型化をより一層図ることができ、秀麗な撮像画像を得ると共に、撮像装置全体の小型化を図ることができる。

【００７８】

さらに、本実施形態に係る撮像装置において、上記画像補正データ保持部に予め倍率色収差補正データを保持させておくことが好ましい。また、上記画像処理部において、画像補正データ保持部に保持された倍率色収差補正データを用いて、当該撮像画像の倍率色収差補正を行わせることが好ましい。画像処理部により、倍率色収差、すなわち、色の歪曲収差を補正することで、光学系を構成するレンズの数を削減することが可能になる。そのため、このような撮像装置によれば、ズームレンズの小型化をより一層図ることができ、秀麗な撮像画像を得ると共に、撮像装置全体の小型化を図ることができる。

【００７９】

本発明は、上述した各実施形態に限定されず、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態も、本発明の技術的範囲に含まれる。

【実施例】

【００８０】

本発明の一実施例について以下に説明する。なお、以下の各表において、長さの単位は全て「ｍｍ」であり、画角の単位は全て「°」である。また、「Ｅ＋ａ」は「×１０^{a}」を示す。

【００８１】

［実施例１］

図１は、実施例１のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時におけるレンズの断面を示す図である。実施例１のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５から構成されている。レンズ群Ｇ２とレンズ群Ｇ３との間には絞りＳが配置されている。図１に示す「ＩＭＧ」は像面（結像面）であり、第５レンズ群Ｇ５と像面ＩＭＧとの間には、カバーガラスＣＧが配置されている。図１における「Ｆ」はフォーカス群を示し、実施例１のズームレンズでは、第４レンズ群Ｇ４がフォーカス群である。また、第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、及び第５レンズ群Ｇ５は前述の後群に相当する。

【００８２】

実施例１のズームレンズは、各レンズ群間の空気間隔を変化させることにより変倍動作を行う。図中、広角端における各レンズ群の下に示される矢印は、広角端から望遠端へ移動する際の各レンズ群の移動の軌跡を示している。広角端から中間焦点距離状態への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第４レンズ群Ｇ４、及び第５レンズ群Ｇ５はそれぞれ像側に移動する。中間焦点距離状態から望遠端への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２及び第５レンズ群Ｇ５はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４は物体側に移動する。後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群は第５レンズ群Ｇ５であり、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群は第４レンズ群Ｇ４である。

【００８３】

次に、ズームレンズの具体的数値を適用した例について説明する。表１は、実施例１のズームレンズの面データの表である。

【００８４】

面データの表において、「Ｎｏ．」は物体側から数えたレンズ面の順番、「ｒ」はレン

ズ面の曲率半径、「ｄ」はレンズ面の光軸上の間隔、「Ｎｄ」はｄ線（波長λ＝５８７．５６ｎｍ）に対する屈折率、「νｄ」はｄ線に対するアッベ数、「Ｈ」は有効半径を表す。また、面番号において「＊」の表示は、レンズ面が非球面であることを表し、「Ｓ」の表示は、絞りであることを表す。さらに、「ｄ」の欄における「Ｄ（７）」、「Ｄ（１４）」等の表示は、レンズ面の光軸上の間隔が変倍時又は合焦時に変化する可変間隔であることを意味する。

【００８５】

なお、曲率半径の「ＩＮＦ」は平面を意味する。表１において、Ｎｏ．１～７は第１レンズ群Ｇ１の面番号であり、Ｎｏ．８～１４は第２レンズ群Ｇ２の面番号であり、Ｎｏ．１５は絞りを表す。Ｎｏ．１６～２０は第３レンズ群Ｇ３の面番号であり、Ｎｏ．２１～２３は第４レンズ群Ｇ４の面番号である。Ｎｏ．２４～２８は第５レンズ群Ｇ５の面番号であり、Ｎｏ．２６は最も像側に配置されるレンズの物体側のレンズ面であり、Ｎｏ．２８は最も像側に配置されるレンズの像側のレンズ面である。Ｎｏ．２９、３０はカバーガラスＣＧを表し、Ｎｏ．３１は像面を表す。

【００８６】

［表１］

No.	r	d	Nd	νd	H
1	112.1976	1.1000	1.84666	23.78	21.00
2	57.5905	6.3000	1.49700	81.61	19.90
3	-939.8475	0.1500			21.48
4	53.4899	5.0500	1.49700	81.61	19.56
5	402.8046	0.1500			18.07
6	43.5189	3.2000	1.69680	55.46	17.23
7	78.2228	D(7)			16.80
8	50.2170	0.7000	1.91082	35.25	9.90
9	12.1770	3.7117			8.08
10	-62.2615	0.7000	1.90043	37.37	8.02
11	14.0000	3.3000	1.98612	16.48	7.48
12	208.9337	1.1316			7.25
13 *	-26.8364	0.8000	1.85370	40.60	7.23
14 *	-500.0000	D(14)			7.18
15 S	INF	0.6000			8.58
16 *	29.8008	3.8000	1.59201	67.02	8.90
17 *	-36.0015	0.1500			8.88
18	19.0908	0.6000	1.92286	18.90	8.63
19	14.4921	6.0000	1.43700	95.10	8.32
20	-24.5409	D(20)			8.06
21	-53.4424	1.7000	1.95906	17.47	7.19
22	-25.6932	0.6000	1.69680	55.46	7.06
23	15.0753	D(23)			6.52
24 *	25.7320	4.0000	1.59201	67.02	6.92
25 *	-13.5375	0.1000			6.95
26	-28.1420	0.6000	1.83481	42.72	6.73
27	11.9183	5.9500	1.55032	75.50	6.66
28	-14.2198	D(28)			6.88
29	INF	2.4000	1.51680	64.20	5.11
30	INF	1.6248			4.88
31	INF				

【００８７】

表２は、実施例１のズームレンズの諸元表を示す。当該諸元表では、左側から順に、広

角端、中間焦点距離状態、望遠端におけるそれぞれの数値を示している。当該諸元表中、「ｆ」は、無限遠合焦時におけるズームレンズの焦点距離、「ＦＮＯ」はＦナンバー、「ω」は半画角をそれぞれ表す。また、諸元表中、「Ｄ（ｎ）」（ｎは整数）は、変倍時におけるズームレンズの光軸上の可変間隔を表す。

【００８８】

［表２］

f	6.7540	78.3064	155.8625
FNO	1.6473	4.3760	4.9900
ω	32.9390	3.2298	1.6576
D(7)	0.9550	32.2686	37.2483
D(14)	37.5933	6.2797	1.3000
D(20)	1.4290	13.7638	9.6363
D(23)	14.6550	5.7445	13.0704
D(28)	10.2223	6.7981	3.5999

【００８９】

表３は、実施例１のズームレンズにおける各非球面の非球面係数を表す表である。当該表における非球面係数は、各非球面形状を下記式で定義したときの値である。

［式］ $z=ch^2/[1+\{1-(1+K)c^2h^2\}^{1/2}]+A4h^4+A6h^6+A8h^8+A10h^{10}+A12h^{12}+A14h^{14}+A16h^{16}+A18h^{18}+A20h^{20}$

【００９０】

上記式において、「ｚ」は光軸に垂直な基準面からの光軸方向における非球面の変位量、「ｃ」は曲率（１／ｒ）、「ｈ」は光軸からの高さ、「Ｋ」は円錐係数、「Ａｎ」（ｎは整数）はｎ次数の非球面係数とする。なお、表示していない面番号の非球面係数は０である。

【００９１】

［表３］

No.	K	A4	A6	A8	A10
13	-6.82425E+00	6.71059E-05	-1.28979E-06	-2.21950E-08	3.79256E-10
14	-10.00000E+00	9.90165E-05	-1.85285E-06	1.80642E-10	-2.47129E-11
16	7.23002E-02	-1.00114E-05	-1.73186E-07	2.06559E-09	-2.15916E-12
17	2.86949E+00	4.23935E-05	-1.39545E-07	2.20987E-09	-1.60939E-12
24	-1.53905E+00	-6.74771E-06	2.25878E-07	-2.25906E-09	7.72606E-11
25	-1.45478E+00	9.15364E-05	-2.36607E-07	-1.01907E-08	2.15078E-10

No.	A12	A14	A16	A18	A20
13	-1.27271E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	1.69396E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	-3.53885E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
25	-4.16134E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【００９２】

表４は、実施例１のズームレンズを構成する各レンズ群における焦点距離を示している。

【００９３】

［表４］

レンズ群	面番号	焦点距離
G1	1-7	58.1095
G2	8-14	-8.69447
G3	16-20	15.8525
G4	21-23	-18.3001

G5 24-28 20.8268

【００９４】
また、図２、図３、及び図４は、それぞれ、実施例１のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。各図に示す縦収差を示す図は、図面に向かって左側から順に、それぞれ球面収差（ＳＡ（ｍｍ））、非点収差（ＡＳＴ（ｍｍ））、歪曲収差（ＤＩＳ（％））である。他の実施例においても同様である。

【００９５】
球面収差を表す図では、縦軸をＦナンバーとし、横軸をデフォーカスとしている。球面収差を表す図では、実線がｄ線（ｄ－ｌｉｎｅ、波長λ＝５８７．５６ｎｍ）、短破線がＦ線（Ｆ－ｌｉｎｅ、波長λ＝４８６．１３ｎｍ）、長破線がＣ線（Ｃ－ｌｉｎｅ、波長λ＝６５６．２８ｎｍ）における球面収差を示す。

【００９６】
非点収差を示す図では、縦軸を半画角とし、横軸をデフォーカスとしている。非点収差を示す図では、実線がｄ線に対するサジタル像面（図中、Ｓで示す）、破線がｄ線に対するメリディオナル平面（図中、Ｔで示す）における非点収差を示す。

【００９７】
歪曲収差を表す図では、縦軸を半画角とし、横軸を％としている。

【００９８】
［実施例２］
図５は、実施例２のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。図６、図７、及び図８は、それぞれ、実施例２のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。実施例２のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６から構成されている。レンズ群Ｇ２とレンズ群Ｇ３との間には絞りＳが配置されている。実施例２のズームレンズでは、第４レンズ群Ｇ４がフォーカス群である。また、第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６は前述の後群に相当する。

【００９９】
実施例２のズームレンズは、各レンズ群間の空気間隔を変化させることにより変倍動作を行う。広角端から中間焦点距離状態への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１、第３レンズ群Ｇ３、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第４レンズ群Ｇ４、及び第５レンズ群Ｇ５はそれぞれ像側に移動する。中間焦点距離状態から望遠端への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１、第３レンズ群Ｇ３、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２及び第５レンズ群Ｇ５はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４は物体側に移動する。後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群は第５レンズ群Ｇ５であり、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群は第４レンズ群Ｇ４である。

【０１００】
表５は、実施例２のズームレンズの面データの表である。表２において、Ｎｏ．１～７は第１レンズ群Ｇ１の面番号であり、Ｎｏ．８～１４は第２レンズ群Ｇ２の面番号であり、Ｎｏ．１５は絞りを表す。Ｎｏ．１６～２０は第３レンズ群Ｇ３の面番号であり、Ｎｏ．２１～２３は第４レンズ群Ｇ４の面番号であり、Ｎｏ．２４～２８は第５レンズ群Ｇ５の面番号である。Ｎｏ．２９、３０は第6レンズ群Ｇ６の面番号であり、Ｎｏ．２９は最も像側に配置されるレンズの物体側のレンズ面であり、Ｎｏ．３０は最も像側に配置されるレンズの像側のレンズ面である。Ｎｏ．３１、３２はカバーガラスＣＧを表し、Ｎｏ．３３は像面を表す。

【０１０１】

［表５］

No.	r	d	Nd	νd	H
1	137.1778	1.1000	1.84666	23.78	22.01
2	63.3444	6.3000	1.49700	81.61	20.80
3	-545.3327	0.1500			21.48
4	55.7604	5.0500	1.49700	81.61	19.56
5	946.9574	0.1500			18.10
6	44.7580	3.2000	1.69680	55.46	17.23
7	83.8349	D(7)			16.82
8	76.4543	0.7000	1.91082	35.25	9.73
9	13.5628	4.0584			8.01
10	-28.0000	0.7000	1.90043	37.37	7.82
11	19.8770	3.3000	1.98612	16.48	7.48
12	-55.8236	0.7319			7.33
13 *	-24.5384	0.8000	1.85370	40.60	7.26
14 *	-337.3098	D(14)			7.18
15 S	INF	0.6000			8.41
16 *	25.7945	3.8000	1.59201	67.02	8.72
17 *	-47.3443	0.1500			8.72
18	21.5948	0.6000	1.92286	18.90	8.51
19	15.3800	6.0000	1.43700	95.10	8.21
20	-21.7919	D(20)			7.95
21	-50.6210	1.7000	1.95906	17.47	7.15
22	-25.0246	0.6000	1.69680	55.46	7.01
23	15.8232	D(23)			6.47
24 *	20.9644	4.0000	1.59201	67.02	6.92
25 *	-25.0363	0.1000			6.91
26	439.1565	0.6000	1.83481	42.72	6.78
27	12.2911	5.9500	1.55032	75.50	6.58
28	-17.6631	D(28)			6.63
29	-32.1711	0.6000	2.00069	25.46	4.90
30	-30000.0000	2.0000			4.88
31	INF	2.4000	1.51680	64.20	4.79
32	INF	1.6256			4.72
33	INF				

【０１０２】

表６は、実施例２のズームレンズの諸元表を示す。表７は、実施例２のズームレンズにおける各非球面の非球面係数を表す表である。表８は、実施例２のズームレンズを構成する各レンズ群における焦点距離を示している。

【０１０３】

［表６］

f	6.7582	78.7812	156.0507
FNO	1.6473	4.3760	4.9900
ω	35.6868	3.2654	1.6611
D(7)	1.1343	32.1670	37.3748
D(14)	37.5405	6.5078	1.3000
D(20)	1.0191	14.4315	10.2661
D(23)	15.3822	5.7863	12.3669
D(28)	7.5316	3.7152	1.3000

【０１０４】

［表７］

No.	K	A4	A6	A8	A10
13	-8.95414E+00	2.76740E-05	-1.54642E-06	-4.20318E-09	2.73149E-10
14	10.00000E+00	8.98462E-05	-1.95127E-06	2.64909E-09	1.78506E-10
16	-2.60816E-01	-1.13471E-05	-2.03570E-07	3.86231E-09	-4.04436E-11
17	3.57107E+00	4.07381E-05	-1.63027E-07	3.66926E-09	-3.81222E-11
24	-1.72992E+00	1.24755E-05	6.97558E-08	-5.37426E-09	1.78788E-10
25	-3.23130E+00	5.33863E-05	-4.06009E-08	-8.34748E-09	2.40330E-10

No.	A12	A14	A16	A18	A20
13	-1.67631E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	-1.06947E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	-1.91639E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
25	-2.42908E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【０１０５】

［表８］

レンズ群	面番号	焦点距離
G1	1-7	57.9427
G2	8-14	-9.04449
G3	16-20	16.5244
G4	21-23	-18.8028
G5	24-28	18.0092
G6	29-30	-32.1836

【０１０６】

［実施例３］

図９は、実施例３のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。図１０、図１１、及び図１２は、それぞれ、実施例３のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。実施例３のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、負の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６から構成されている。レンズ群Ｇ２とレンズ群Ｇ３との間には絞りＳが配置されている。実施例３のズームレンズでは、第４レンズ群Ｇ４がフォーカス群である。また、第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６は前述の後群に相当する。

【０１０７】

実施例３のズームレンズは、各レンズ群間の空気間隔を変化させることにより変倍動作を行う。広角端から中間焦点距離状態への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動する。中間焦点距離状態から望遠端への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第５レンズ群Ｇ５及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４は物体側に移動する。後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群は第５レンズ群Ｇ５であり、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群は第４レンズ群Ｇ４である。

【０１０８】

表９は、実施例３のズームレンズの面データの表である。表９において、Ｎｏ．１～７は第１レンズ群Ｇ１の面番号であり、Ｎｏ．８～１４は第２レンズ群Ｇ２の面番号であり、Ｎｏ．１５は絞りを表す。Ｎｏ．１６～２０は第３レンズ群Ｇ３の面番号であり、Ｎｏ

．２１～２３は第４レンズ群Ｇ４の面番号であり、Ｎｏ．２４、２５は第５レンズ群Ｇ５の面番号である。Ｎｏ．２６～２８は第６レンズ群Ｇ６の面番号であり、Ｎｏ．２６は最も像側に配置されるレンズの物体側のレンズ面であり、Ｎｏ．２８は最も像側に配置されるレンズの像側のレンズ面である。Ｎｏ．２９、３０はカバーガラスＣＧを表し、Ｎｏ．３１は像面を表す。

【０１０９】

［表９］

No.	r	d	Nd	νd	H
1	110.8777	1.1000	1.84666	23.78	21.11
2	57.2759	6.3000	1.49700	81.61	20.00
3	-1000.0000	0.1500			21.54
4	53.5714	5.0500	1.49700	81.61	19.59
5	414.6051	0.1500			18.16
6	43.6276	3.2000	1.69680	55.46	17.31
7	78.0373	D(7)			16.88
8	49.8365	0.7000	1.91082	35.25	9.98
9	12.1159	3.8921			8.13
10	-62.7416	0.7000	1.90043	37.37	8.01
11	14.0000	3.3000	1.98612	16.48	7.47
12	230.7878	1.1841			7.25
13 *	-26.6038	0.8000	1.85370	40.60	7.20
14 *	-500.0000	D(14)			7.16
15 S	INF	0.6000			8.62
16 *	29.9972	3.8000	1.59201	67.02	8.93
17 *	-35.1871	0.1500			8.93
18	19.2664	0.6000	1.92286	18.90	8.62
19	14.5901	6.0000	1.43700	95.10	8.29
20	-24.5513	D(20)			7.96
21	-53.0433	1.7000	1.95906	17.47	6.97
22	-25.8545	0.6000	1.69680	55.46	6.80
23	15.1417	D(23)			6.23
24 *	25.6779	4.0000	1.59201	67.02	6.02
25 *	-13.2002	D(25)			6.07
26	-26.2925	0.6000	1.83481	42.72	5.93
27	12.1482	5.9500	1.55032	75.50	5.92
28	-14.1970	D(28)			6.24
29	INF	2.4000	1.51680	64.20	5.04
30	INF	1.6809			4.84
31	INF				

【０１１０】

表１０は、実施例３のズームレンズの諸元表を示す。表１１は、実施例３のズームレンズにおける各非球面の非球面係数を表す表である。表１２は、実施例３のズームレンズを構成する各レンズ群における焦点距離を示している。

【０１１１】

［表１０］

f	6.7560	78.6762	155.8895
FNO	1.6473	4.3760	4.9900
ω	32.8557	3.2148	1.6566
D(7)	0.9550	32.3100	37.2374
D(14)	37.5827	6.2275	1.3000

D(20)	1.4206	13.7269	9.6969
D(23)	14.6753	5.7776	13.0033
D(25)	0.1219	0.1200	0.1237
D(28)	10.2161	6.8089	3.6095

【０１１２】

［表１１］

No.	K	A4	A6	A8	A10
13	-7.28804E+00	7.13671E-05	-1.24806E-06	-2.35518E-08	3.61520E-10
14	1.00000E+01	1.07445E-04	-1.90718E-06	5.73782E-10	-3.95909E-11
16	-3.02312E-01	-1.17753E-05	-1.98743E-07	2.01342E-09	-1.78226E-12
17	3.34844E+00	4.05294E-05	-1.53849E-07	2.10931E-09	-1.10167E-12
24	-7.98700E-01	-1.27588E-05	2.64659E-07	-3.23247E-09	1.02160E-10
25	-1.47948E+00	9.04669E-05	-2.78129E-07	-1.15104E-08	3.25362E-10

No.	A12	A14	A16	A18	A20
13	-1.13820E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	1.53642E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	-2.46570E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
25	-4.29435E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【０１１３】

［表１２］

レンズ群	面番号	焦点距離
G1	1-7	58.1668
G2	8-14	-8.6581
G3	16-20	15.8453
G4	21-23	-18.2998
G5	24-25	15.3124
G6	26-28	-124.964

【０１１４】

［実施例４］

図１３は、実施例４のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。図１４、図１５、及び図１６は、それぞれ、実施例４のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。実施例４のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、負の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、正の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、正の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６と、負の屈折力を有する第７レンズ群Ｇ７から構成されている。レンズ群Ｇ２とレンズ群Ｇ３との間には絞りＳが配置されている。実施例４のズームレンズでは、第４レンズ群Ｇ４がフォーカス群である。また、第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、第６レンズ群Ｇ６、及び第７レンズ群Ｇ７は前述の後群に相当する。

【０１１５】

実施例４のズームレンズは、各レンズ群間の空気間隔を変化させることにより変倍動作を行う。広角端から中間焦点距離状態への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１、第３レンズ群Ｇ３、及び第７レンズ群Ｇ７はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動する。中間焦点距離状態から望遠端への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１、第３レンズ群Ｇ３、及び第７レンズ群Ｇ７はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４は物体側に移動する。後群の移動するレンズ

群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群は第５レンズ群Ｇ５であり、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群は第４レンズ群Ｇ４である。

【０１１６】

表１３は、実施例４のズームレンズの面データの表である。表２において、Ｎｏ．１～７は第１レンズ群Ｇ１の面番号であり、Ｎｏ．８～１４は第２レンズ群Ｇ２の面番号であり、Ｎｏ．１５は絞りを表す。Ｎｏ．１６～２０は第３レンズ群Ｇ３の面番号であり、Ｎｏ．２１～２３は第４レンズ群Ｇ４の面番号であり、Ｎｏ．２４、２５は第５レンズ群Ｇ５の面番号であり、Ｎｏ．２６～２８は第６レンズ群Ｇ６の面番号である。Ｎｏ．２９、３０は第７レンズ群Ｇ７であり、Ｎｏ．２９は最も像側に配置されるレンズの物体側のレンズ面であり、Ｎｏ．３０は最も像側に配置されるレンズの像側のレンズ面である。Ｎｏ．３１、３２はカバーガラスＣＧを表し、Ｎｏ．３３は像面を表す。

【０１１７】

［表１３］

No.	r	d	Nd	νd	H
1	134.1572	1.1000	1.84666	23.78	21.83
2	62.6441	6.3000	1.49700	81.61	20.63
3	-592.3774	0.1500			21.46
4	55.4996	5.0500	1.49700	81.61	19.57
5	864.2954	0.1500			18.09
6	44.6647	3.2000	1.69680	55.46	17.23
7	83.4755	D(7)			16.81
8	75.7835	0.7000	1.91082	35.25	9.73
9	13.3815	4.0392			8.00
10	-29.4609	0.7000	1.90043	37.37	7.82
11	19.5676	3.3000	1.98612	16.48	7.48
12	-57.7646	0.7546			7.32
13 *	-24.4633	0.8000	1.85370	40.60	7.25
14 *	-346.1876	D(14)			7.17
15 S	INF	0.6000			8.40
16 *	25.9093	3.8000	1.59201	67.02	8.72
17 *	-46.8441	0.1500			8.72
18	21.6811	0.6000	1.92286	18.90	8.51
19	15.4025	6.0000	1.43700	95.10	8.21
20	-21.6361	D(20)			7.96
21	-50.2621	1.7000	1.95906	17.47	7.16
22	-24.8423	0.6000	1.69680	55.46	7.02
23	15.8576	D(23)			6.48
24 *	21.5323	4.0000	1.59201	67.02	6.93
25 *	-23.4435	D(25)			6.93
26	1641.7241	0.6000	1.83481	42.72	6.76
27	12.3201	5.9500	1.55032	75.50	6.57
28	-17.4104	D(28)			6.63
29	-32.1928	0.6000	2.00069	25.46	4.90
30	-30000.0000	2.0000			4.88
31	INF	2.4000	1.51680	64.20	4.79
32	INF	1.6255			4.72
33	INF				

【０１１８】

表１４は、実施例４のズームレンズの諸元表を示す。表１５は、実施例４のズームレンズにおける各非球面の非球面係数を表す表である。表１６は、実施例４のズームレンズを

構成する各レンズ群における焦点距離を示している。

【０１１９】

［表１４］

f	6.7582	78.8393	156.0496
FNO	1.6473	4.3760	4.9900
ω	35.4566	3.2622	1.6617
D(7)	1.1251	32.1702	37.3585
D(14)	37.5334	6.4883	1.3000
D(20)	0.9935	14.4336	10.3298
D(23)	15.3179	5.7809	12.3186
D(25)	0.2730	0.1151	0.0972
D(28)	7.4612	3.7161	1.3000

【０１２０】

［表１５］

No.	K	A4	A6	A8	A10
13	-7.28949E+00	2.37103E-05	-1.39353E-06	-2.85038E-09	2.78197E-10
14	-1.00000E+01	7.33019E-05	-1.71815E-06	4.43017E-09	1.75819E-10
16	-3.01150E-01	-1.18100E-05	-1.85179E-07	3.67923E-09	-4.01292E-11
17	3.56817E+00	4.04548E-05	-1.39892E-07	3.48468E-09	-3.79760E-11
24	-2.34821E+00	9.18004E-06	1.20990E-07	-5.27601E-09	1.49508E-10
25	-2.41344E+00	4.89928E-05	5.61677E-08	-9.42465E-09	2.18601E-10

No.	A12	A14	A16	A18	A20
13	-1.97442E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	-1.37632E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	-1.81625E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
25	-2.28290E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【０１２１】

［表１６］

レンズ群	面番号	焦点距離
G1	1-7	57.9741
G2	8-14	-9.04893
G3	16-20	16.5165
G4	21-23	-18.8153
G5	24-25	19.6069
G6	26-28	85.0052
G7	29-30	-32.2053

【０１２２】

［実施例５］

図１７は、実施例５のズームレンズの広角端及び望遠端での無限遠合焦時における光学的な構成を模式的に示す図である。図１８、図１９、及び図２０は、それぞれ、実施例５のズームレンズの広角端、中間焦点距離状態、望遠端での無限遠合焦時における縦収差を示す図である。実施例５のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５と、正の屈折力を有する第６レンズ群Ｇ６から構成されている。レンズ群Ｇ２とレンズ群Ｇ３との間には絞りＳが配置されている。実施例５のズームレンズでは、第５レンズ群Ｇ５がフォーカス群である。また、第３レンズ群Ｇ３、第４レンズ群Ｇ４、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６は前述の後群に相当する。

【０１２３】
実施例５のズームレンズは、各レンズ群間の空気間隔を変化させることにより変倍動作を行う。広角端から中間焦点距離状態への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２、第５レンズ群Ｇ５、及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４は物体側に移動する。中間焦点距離状態から望遠端への変倍時では、第１レンズ群Ｇ１及び第３レンズ群Ｇ３はそれぞれ移動せず、第２レンズ群Ｇ２及び第６レンズ群Ｇ６はそれぞれ像側に移動し、第４レンズ群Ｇ４及び第５レンズ群Ｇ５はそれぞれ物体側に移動する。後群の移動するレンズ群の中で最も強い正の屈折力を有するレンズ群は第６レンズ群Ｇ６であり、後群の移動するレンズ群の中で最も強い負の屈折力を有するレンズ群は第５レンズ群Ｇ５である。

【０１２４】
表１７は、実施例５のズームレンズの面データの表である。表１７において、Ｎｏ．１～７は第１レンズ群Ｇ１の面番号であり、Ｎｏ．８～１４は第２レンズ群Ｇ２の面番号であり、Ｎｏ．１５は絞りを表す。Ｎｏ．１６、１７は第３レンズ群Ｇ３の面番号であり、Ｎｏ．１８～２０は第４レンズ群Ｇ４の面番号であり、Ｎｏ．２１～２３は第５レンズ群Ｇ５の面番号である。Ｎｏ．２４～２８は第６レンズ群Ｇ６の面番号であり、Ｎｏ．２６は最も像側に配置されるレンズの物体側のレンズ面であり、Ｎｏ．２８は最も像側に配置されるレンズの像側のレンズ面である。Ｎｏ．２９、３０はカバーガラスＣＧを表し、Ｎｏ．３１は像面を表す。

【０１２５】
［表１７］

No.	r	d	Nd	νd	H
1	109.1380	1.1000	1.84666	23.78	20.92
2	56.8734	6.3000	1.49700	81.61	19.83
3	-981.7909	0.1500			21.35
4	52.4880	5.0500	1.49700	81.61	19.46
5	335.5388	0.1500			18.15
6	42.7719	3.2000	1.69680	55.46	17.30
7	75.2835	D(7)			16.86
8	46.9493	0.7000	1.91082	35.25	9.89
9	11.6746	3.9499			8.02
10	-61.2362	0.7000	1.90043	37.37	7.91
11	14.0000	3.3000	1.98612	16.48	7.41
12	341.3233	1.1114			7.20
13 *	-27.0050	0.8000	1.85370	40.60	7.15
14 *	-500.0000	D(14)			7.12
15 S	INF	0.6000			8.61
16 *	36.5250	3.8000	1.59201	67.02	9.02
17 *	-28.5123	D(17)			9.05
18	15.9644	0.6000	1.92286	18.90	8.41
19	12.3100	6.0000	1.43700	95.10	8.02
20	-36.3815	D(20)			7.64
21	-41.3277	1.7000	1.95906	17.47	7.12
22	-22.9298	0.6000	1.69680	55.46	7.01
23	16.5718	D(23)			6.53
24 *	32.3580	4.0000	1.59201	67.02	6.87
25 *	-13.2828	0.1000			6.94
26	-34.0709	0.6000	1.83481	42.72	6.71
27	12.7747	5.9500	1.55032	75.50	6.65
28	-14.9040	D(28)			6.87

29	INF	2.4000	1.51680	64.20	5.15
30	INF	1.6285			4.91
31	INF				

【０１２６】
表１８は、実施例５のズームレンズの諸元表を示す。表１９は、実施例５のズームレンズにおける各非球面の非球面係数を表す表である。表２０は、実施例５のズームレンズを構成する各レンズ群における焦点距離を示している。

【０１２７】
［表１８］

f	6.7543	78.2486	155.8677
FNO	1.6473	4.3760	4.9900
ω	32.5662	3.2253	1.6534
D(7)	0.9550	32.2390	37.1781
D(14)	37.5228	6.2388	1.3000
D(17)	0.6342	0.1461	0.1000
D(20)	1.3310	13.6460	9.5776
D(23)	14.7191	5.8101	13.1992
D(28)	9.9245	7.0067	3.7325

【０１２８】
［表１９］

No.	K	A4	A6	A8	A10
13	-10.00000E+00	8.24372E-05	-1.57495E-06	-2.57052E-08	3.53377E-10
14	-10.00000E+00	1.29115E-04	-2.26299E-06	-3.45755E-09	-5.40676E-12
16	2.53877E-01	-9.64441E-06	-2.06637E-07	1.69045E-09	-3.20026E-12
17	3.40190E+00	3.83659E-05	-1.34583E-07	1.77975E-09	-9.96365E-13
24	-3.99145E+00	-2.12824E-05	2.41414E-07	-4.00299E-09	1.46678E-10
25	-1.30634E+00	8.47347E-05	-2.27748E-07	-9.68102E-09	2.49400E-10

No.	A12	A14	A16	A18	A20
13	-4.12094E-13	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	2.05108E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
24	-3.05431E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
25	-3.45085E-12	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【０１２９】
［表２０］

レンズ群	面番号	焦点距離
G1	1-7	58.1288
G2	8-14	-8.66361
G3	16-17	27.6483
G4	18-20	33.4555
G5	21-23	-18.3136
G6	24-28	20.4381

【０１３０】
実施例１～５における前述の各式による算出値及び当該式に用いた数値を表２１に示す。

【０１３１】
［表２１］

	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５
(1) $\lvert f \rvert / M$	0.56	0.58	0.56	0.58	0.56
(2) β_{FW}/β_{FT}	2.04	3.26	2.03	3.30	1.96

(3) β_{2T}/β_{2W}	10.77	10.44	10.73	10.38	10.73
(4) f_t/f_3	9.83	9.44	9.84	9.45	5.64
(5) $\lvert f_f/f_2 \rvert$	6.68	6.41	6.72	6.41	6.71
(6) β_{2W}	-0.22	-0.23	-0.22	-0.23	-0.22
(7) D_{2rw}/f_w	5.65	5.64	5.65	5.64	5.64
(8) $\lvert m_2/f_2 \rvert$	4.17	4.00	4.19	4.00	4.18
(9) $\lvert f_p/f_n \rvert$	1.14	0.96	0.84	1.04	1.12
(10) $(R_{b1}-R_{b2})/(R_{b1}+R_{b2})$	0.33	-1.00	0.30	-1.00	0.39
f_w	6.75	6.76	6.76	6.76	6.75
f_t	155.86	156.05	155.89	156.05	155.87
f_f	-18.30	-18.80	-18.30	-18.82	-18.31
f_1	58.11	57.94	58.17	57.97	58.13
f_2	-8.69	-9.04	-8.66	-9.05	-8.66
f_3	15.85	16.52	15.85	16.52	27.65
β_{2W}	-0.22	-0.23	-0.22	-0.23	-0.22
β_{2T}	-2.34	-2.36	-2.32	-2.34	-2.33
β_{FW}	6.03	9.88	6.02	9.93	5.85
β_{FT}	2.96	3.03	2.97	3.01	2.99
D_{2rw}	38.19	38.14	38.18	38.13	38.12
m_2	36.28	36.22	36.27	36.21	36.21
f_p	20.83	18.01	15.31	19.61	20.44
f_n	-18.30	-18.80	-18.30	-18.82	-18.31
R_{b1}	-28.14	-32.17	-26.29	-32.19	-34.07
R_{b2}	-14.22	-30000.00	-14.20	-30000.00	-14.90

【符号の説明】

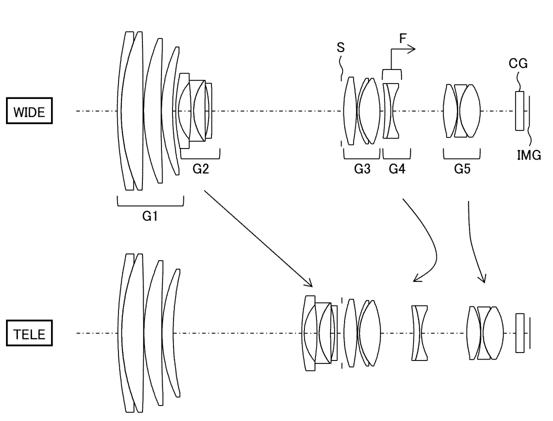
【０１３２】

１　ミラーレス一眼カメラ
２　本体
３　鏡筒
２１　ＣＣＤセンサ
２２、ＣＧ　カバーガラス
３０　ズームレンズ
３１、Ｇ１　第１レンズ群
３２、Ｇ２　第２レンズ群
３３、Ｇ３　第３レンズ群
３４、Ｇ４　第４レンズ群
３５、Ｇ５　第５レンズ群
３６、Ｓ　絞り
Ｇ６　第６レンズ群
Ｇ７　第７レンズ群
ＯＡ　光軸

【図面】

【図１】

図 1



【図２】

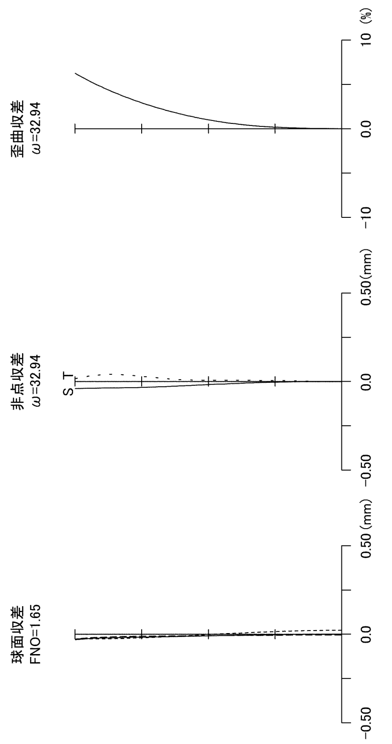


図 2

【図３】

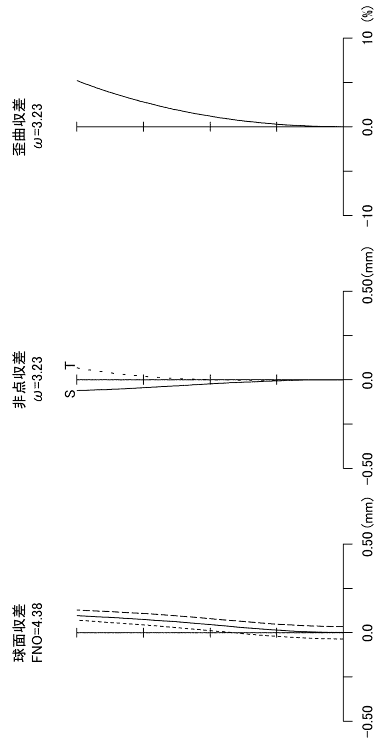


図 3

【図４】

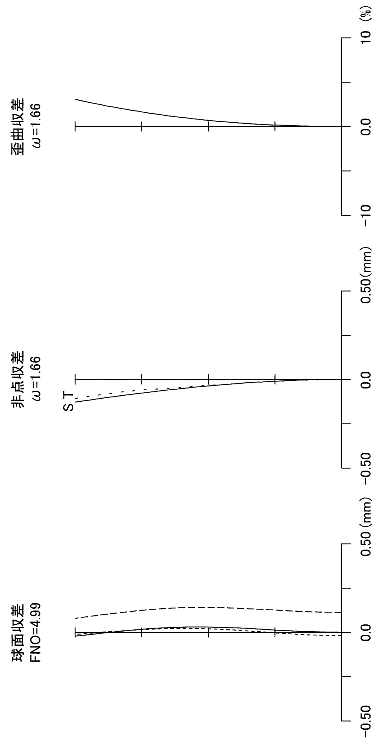
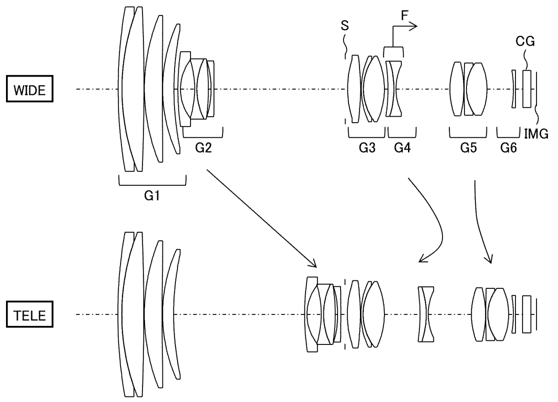


図 4

【図５】

図 5



【図６】

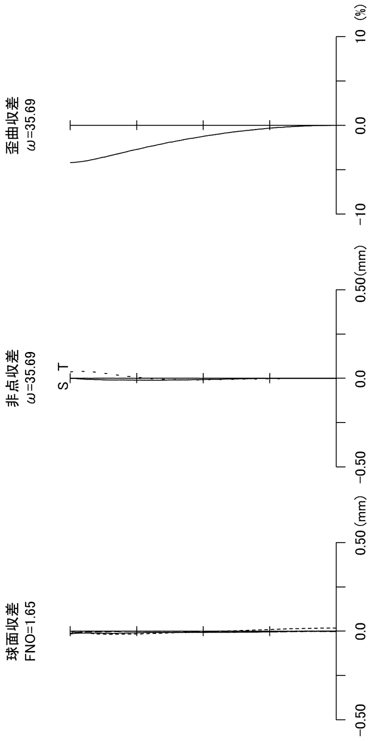


図 6

【図７】

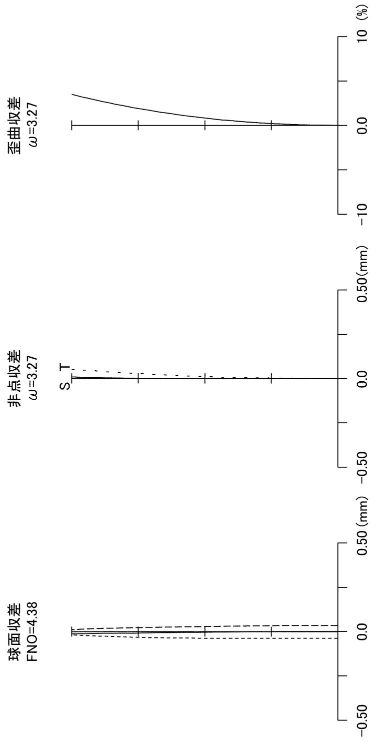


図 7

【図８】

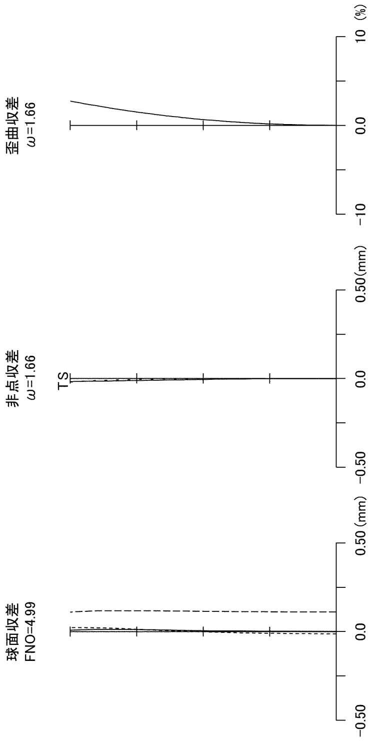
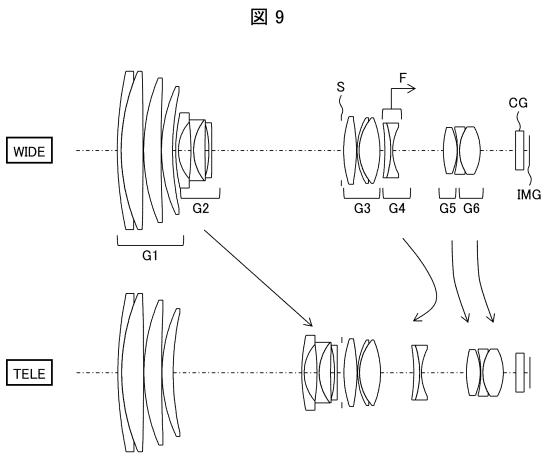
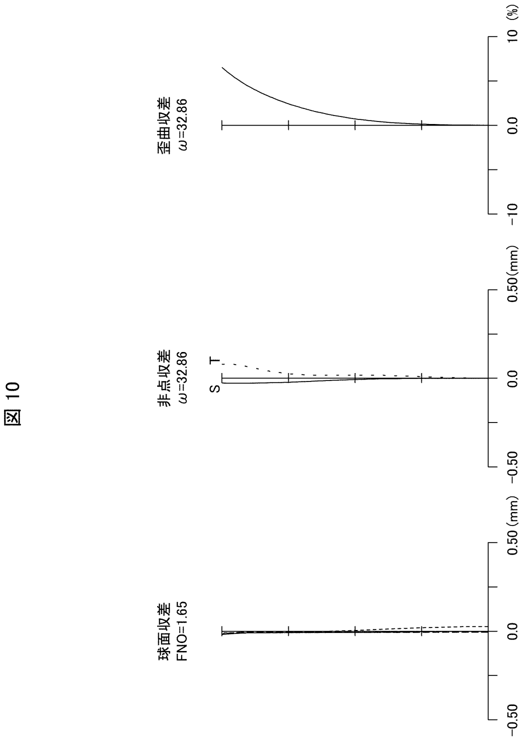


図 8

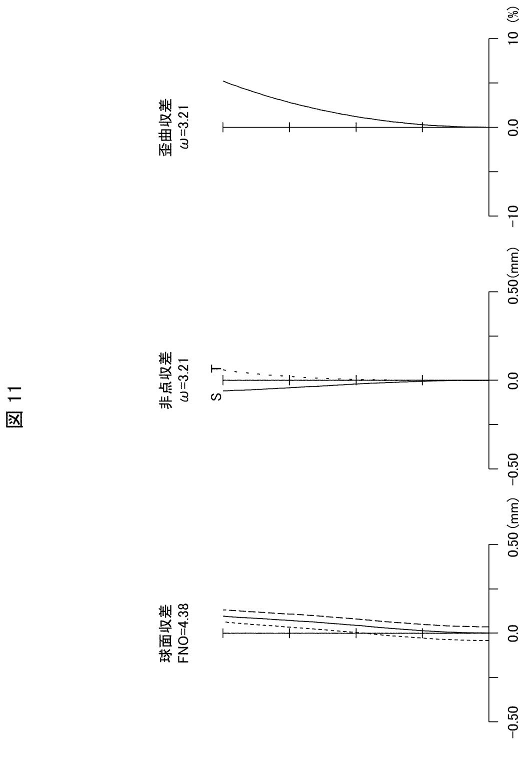
【図９】



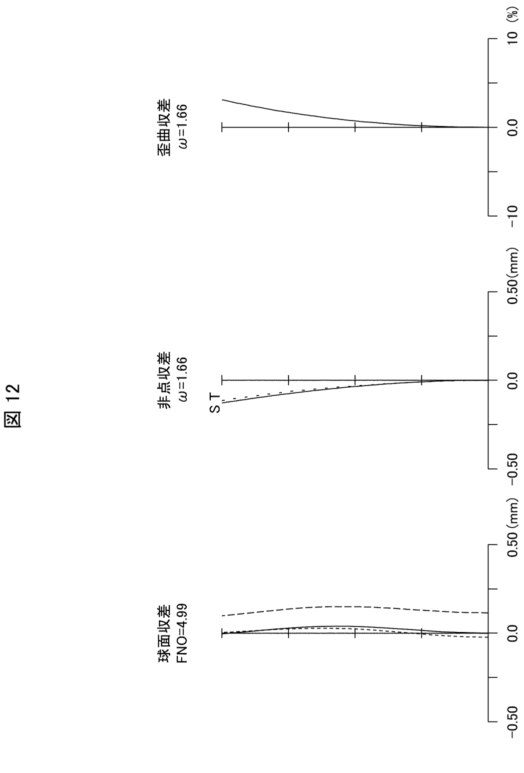
【図１０】



【図１１】

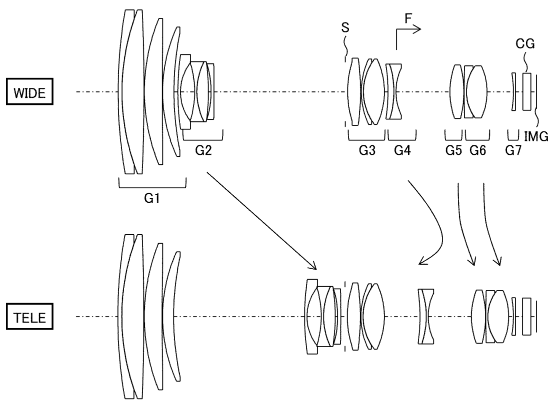


【図１２】



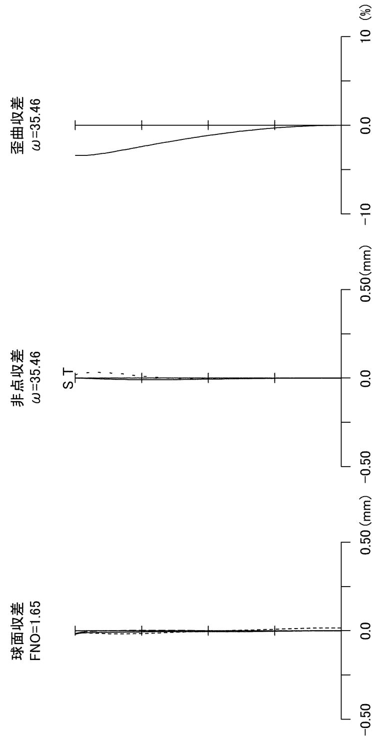
【図１３】

図 13



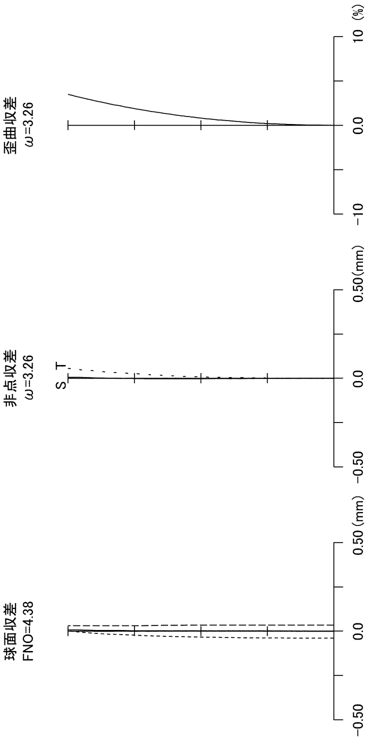
【図１４】

図 14



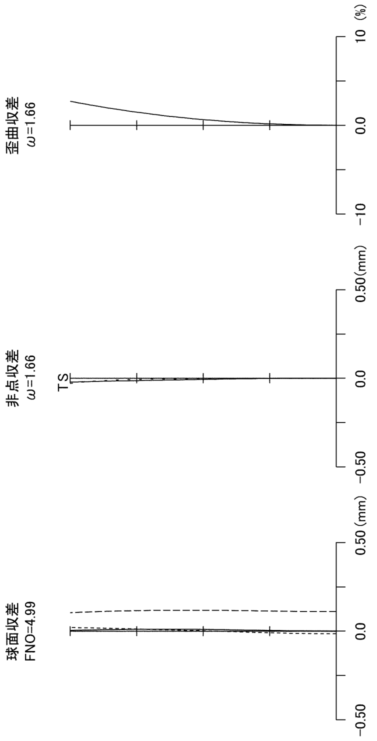
【図１５】

図 15



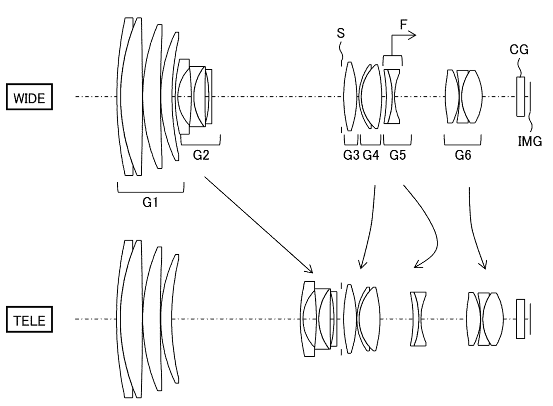
【図１６】

図 16



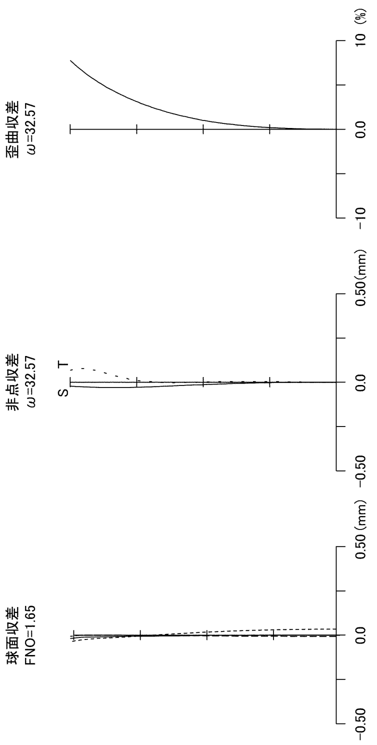
【図１７】

図 17



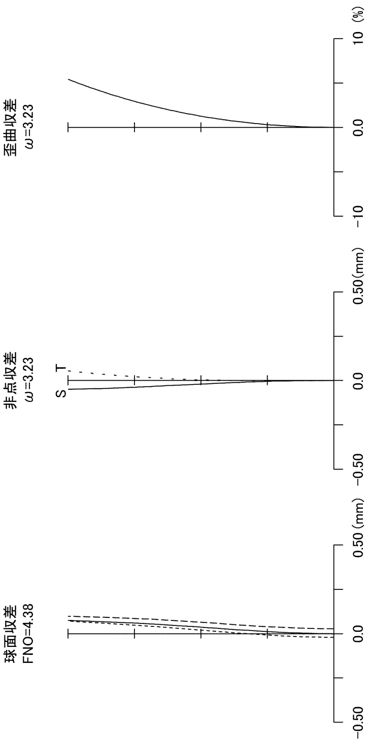
【図１８】

図 18



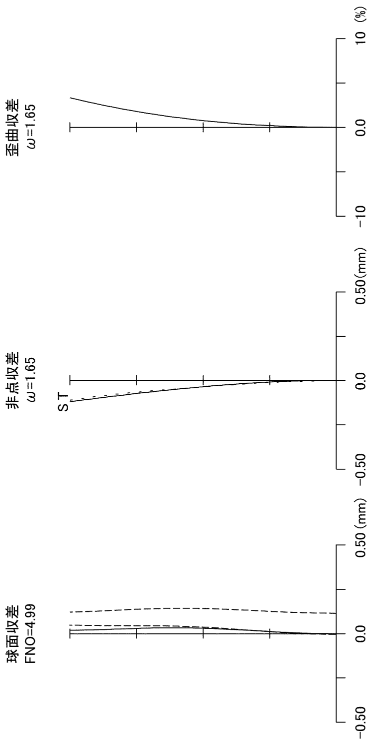
【図１９】

図 19

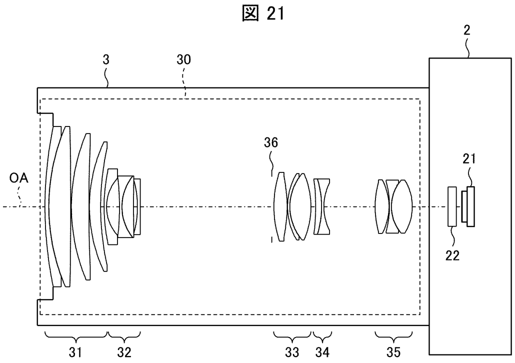


【図２０】

図 20



【図２１】



フロントページの続き

(56)参考文献
特開２０１５－２１２７２５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－２１２７２６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１４８７５７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－０９０５２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０９８７９４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１３／１５１１５３（ＷＯ，Ａ１）
特開２０１０－１２２５３６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－０９９５４８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１７１４５６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１６４１９５（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２６８８３３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０６３４３２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０８８６１８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ ９／００ － １７／０８
Ｇ０２Ｂ ２１／０２ － ２１／０４
Ｇ０２Ｂ ２５／００ － ２５／０４