

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6800651号
(P6800651)

(45) 発行日 令和2年12月16日(2020.12.16)

(24) 登録日 令和2年11月27日(2020.11.27)

(51) Int.Cl.

F 1

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

請求項の数 9 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2016-156315 (P2016-156315)
(22) 出願日	平成28年8月9日(2016.8.9)
(65) 公開番号	特開2018-25624 (P2018-25624A)
(43) 公開日	平成30年2月15日(2018.2.15)
審査請求日	令和1年7月11日(2019.7.11)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100094112 弁理士 岡部 譲
(74) 代理人	100101498 弁理士 越智 隆夫
(74) 代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司
(74) 代理人	100128668 弁理士 斎藤 正巳
(72) 発明者	竹本 庄一 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよ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配置された、変倍に際して不動であり正の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第1群、広角端から望遠端への変倍に際して像側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体として負の屈折力を有する第2群、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体として正の屈折力を有する第3群、変倍およびフォーカシングに際して移動し、負の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第4群、1つ以上のレンズ群からなる後群から構成され、変倍に際して隣接するレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

前記第1群は3枚のレンズを有し、

10

前記第1群の焦点距離をf₁、広角端における全系の焦点距離をf_w、前記第2群に含まれる前記レンズ群のうち広角端から望遠端への変倍における移動量が最大であるレンズ群の移動量をM₂、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動するレンズ群のうち広角端から望遠端への変倍における移動量が最大であるレンズ群の移動量をM_v、前記第1群に含まれる正レンズのうち最も像側に配置される正レンズG_{1 p r}の材料のd線に対する屈折率をN_{d 1 p r}、前記第1群に含まれる正レンズのうち前記正レンズG_{1 p r}以外の正レンズの材料のd線に対する屈折率の平均をN_{d 1 p f}、前記第4群の広角端における横倍率をR_w、前記後群の広角端における横倍率をR_wとし、移動量の符号は広角端よりも望遠端の方が物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正とするとき

、

20

$$\begin{aligned}
 & 4.80 < f_1 / fw < 8.00 \\
 & -5.00 < M_2 / Mv < -1.50 \\
 & -3.50 < Mv / fw < -0.77 \\
 & \underline{1.162 \quad Nd_1 pr / Nd_1 pf < 1.40} \\
 & \underline{-4.00 < (1 - 4w^2) \times R w^2 < -1.55}
 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第2群の広角端における合成焦点距離を f_2 とするとき、

$$-7.00 < f_1 / f_2 < -4.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。 10

【請求項 3】

前記第3群の広角端における合成焦点距離を f_3 とするとき、

$$1.50 < f_3 / fw < 3.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第4群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$-4.00 < f_4 / fw < -1.00$$

なる条件式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項に記載のズームレンズ。 20

【請求項 5】

前記第2群と前記第3群の間に配置された開口絞りを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記開口絞りは、変倍に際して不動であることを特徴とする請求項5に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第3群は負レンズを含むことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第2群の広角端における合成焦点距離を f_2 とするとき、

$$-4.50 < M_2 / f_2 < -2.50$$

なる条件式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項に記載のズームレンズ。 30

【請求項 9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズおよびそれを有する撮像装置に関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。 40

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の装置全体の小型化が進んできた。そしてそれに用いる撮像光学系として明るくかつ高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズであること等が要求されている。一方で、高画質で被写界深度の浅い画を得るために固体撮像素子の大型化も望まれており、ズームレンズはより一層の小型化が求められている。

【0003】

従来から、物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群よりなる5群ズームレンズが知られている。

【0004】

例えば、特許文献1では物体側より順に正、負、正、負、正の屈折力を有するレンズ群を配し、ズーミングに際して第2レンズ群、第3レンズ群、第5レンズ群が移動するレンズが開示されている。特許文献2では物体側より順に正、負、正、正、負、正の屈折力を有するレンズ群を配し、実質、正、負、正、負、正の構成でズーミングに際して第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が移動する構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特開2013-015743号公報

【特許文献2】特開2012-047814号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前述した屈折力配置の5群ズームレンズは全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図りつつ高い光学性能を得ることが比較的容易である。しかしながら、広角化を図ろうとすると、第1レンズ群の有効径が増大してくるため、全系の小型軽量化が困難となる。また、望遠端での焦点距離を長くしつつ、高ズーム比化を図ろうとすると球面収差、非点収差、そして色収差等の諸収差が増大してきて、高い光学性能を維持するのが難しくなってくる。

20

【0007】

5群ズームレンズにおいて、全系の小型化を図りつつ、広角化、高ズーム比化を図り、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、各レンズ群の屈折力やレンズ構成、そして各レンズ群のズーミングに伴う移動条件等を適切に設定することが重要となる。例えば、第1レンズ群の焦点距離や、ズーミングの際の第2レンズ群と第3レンズ群の移動量の関係を適切に設定することが重要になってくる。これらの要素を適切に設定しないと全系の小型化を図り、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

30

【0008】

特許文献1では、第3レンズ群の移動量が小さく、高ズーム比化するために第2レンズ群の移動量が大きくなるため、第1レンズ群の有効径を小さく維持しながら広角化、高ズーム比化することが難しい。特許文献2では、第1レンズ群の焦点距離が短く、高ズーム比をすることで悪化してくる望遠側のズームポジションにおける球面収差や、コマ収差を良好に補正することが難しい。

【0009】

本発明は、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズおよびそれを有する撮像装置を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、変倍に際して不動であり正の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第1群、広角端から望遠端への変倍に際して像側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体として負の屈折力を有する第2群、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体として正の屈折力を有する第3群、変倍およびフォーカシングに際して移動し、負の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第4群、1つ以上のレンズ群からなる後群から構成され、変倍に際し隣接するレンズ群の間隔が変化し、前記第1群は3枚のレンズを有し、前記第1群の焦点距離をf1、広角端における全系の焦

50

点距離を f_w 、前記第2群に含まれる前記レンズ群のうち広角端から望遠端への変倍における移動量が最大であるレンズ群の移動量を M_2 、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動するレンズ群のうち広角端から望遠端への変倍における移動量が最大であるレンズ群の移動量を M_v 、前記第1群に含まれる正レンズのうち最も像側に配置される正レンズ G_{1pr} の材料の d 線に対する屈折率を N_{d1pr} 、前記第1群に含まれる正レンズのうち前記正レンズ G_{1pr} 以外の正レンズの材料の d 線に対する屈折率の平均を N_{d1pf} 、前記第4群の広角端における横倍率を $4w$ 、前記後群の広角端における横倍率を Rw とし、移動量の符号は広角端よりも望遠端の方が物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正とするとき、

$$\begin{aligned} 4.80 &< f_1 / f_w < 8.00 \\ -5.00 &< M_2 / M_v < -1.50 \\ -3.50 &< M_v / f_w < -0.77 \\ \underline{1.162} \quad N_{d1pr} / N_{d1pf} &< 1.40 \\ -4.00 &< (1 - 4w^2) \times R_w^2 < -1.55 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズおよびそれを有する撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】数値実施例1の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図2】数値実施例1の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図3】数値実施例2の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図4】数値実施例2の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図5】数値実施例3の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図6】数値実施例3の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図7】数値実施例4の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図8】数値実施例4の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図9】数値実施例5の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図10】数値実施例5の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図11】数値実施例6の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図12】数値実施例6の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図13】数値実施例7の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図14】数値実施例7の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図15】数値実施例8の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図16】数値実施例8の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図17】数値実施例9の広角端において無限遠合焦時のレンズ断面図

【図18】数値実施例9の広角端(a)、ズーム中間(b)、望遠端(c)で無限遠合焦時の収差図

【図19】本発明のズームレンズを搭載するビデオカメラ(撮像装置)の要部概略図

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0013】**

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、変倍に際して不動であり、正の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第1群、広角端から望遠端への変倍に際して像側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体で負の屈折力を有する第2群、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体で正の屈折力を有する第3群、変倍およびフォーカシングに際して移動し、負の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第4群、1つ以上のレンズ群からなる後群より構成されている。

ここで、本明細書においてレンズ群とは、変倍に際して同一の軌跡で移動する1つ以上のレンズを示す。つまり、変倍に際して隣接するレンズ群の間隔が変化する。レンズ群は必ずしも複数枚のレンズを含む必要はなく、1枚のレンズによりレンズ群が構成されることがある。また、第1群、第2群、第3群、第4群、後群の各群は、1つ以上のレンズ群から構成されるものとする。なお、本発明においては、第1群と第4群は、すべての実施例において1つのレンズ群から構成されるので、第1レンズ群、第4レンズ群とも記載する。また、第2群、第3群、後群についても、1つのレンズ群で構成される実施例においては、それぞれ、第2レンズ群、第3レンズ群、後レンズ群とも記載する。

【0014】

図1は本発明の実施例1としての数値実施例1の広角端で無限遠物体合焦時におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は、数値実施例1の広角端、焦点距離50.26mm、望遠端における無限遠物体合焦時における収差図である。

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影光学系であり、レンズ断面図において、左方が被写体側(物体側)で、右方が像側である。レンズ断面図において、B1は正の屈折力の第1群、B2は負の屈折力の第2群、B3は正の屈折力の第3群、B4は正の屈折力の第4群、BRは後群である。

【0015】

S Pは開口絞りであり、第2群B2と第3群B3の間に位置している。矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡およびフォーカスの際の移動方向を示している。各実施例のズームレンズは、ズーミングに際して開口絞りS Pを不動としているが、適切な範囲で可動としても良い。ズーミングに際して開口絞りS Pを可動とすることによりさらなる全系の小型化が容易になるが、各実施例では開口絞りS Pをズーミングに際して不動とし、撮像装置を簡素化している。Pは光学フィルタ、フェースプレート等に相当する光学ブロックである。Iは像面であり、デジタルスチルカメラやビデオカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【0016】

収差図のうち、球面収差においてdはd線、gはg線である。非点収差図においてM、Sは各々メリジオナル像面、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。また、FnoはFナンバーである。°は半画角(度)である。なお、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍レンズ群が機構上光軸方向において移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0017】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように、第2群B2が像側に単調移動している。また第3群B3は広角端に比べて望遠端において物体側に位置するようにして変倍を行っている。また、第4群B4を物体側に凸状もしくはS字状の軌跡で移動させることで変倍に伴う像面変動を補正している。また、各実施例では、第4群B4を光軸上移動させてフォーカシング(フォーカス)を行うリヤーフォーカス式を採用している。第4群B4に関する実線の曲線と点線の曲線は、各々無限遠と近距離にフォーカスしているときのズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。第4群B4を物体側へ凸状の軌跡とすることで第3群B3と第4群B4間の空間の有効利用を図

10

20

30

40

50

り、レンズ全長の短縮化を図っている。また、各実施例では望遠端において無限遠から近距離へフォーカスを行う場合には、第4群B4を像側に繰り出すことで行っている。なお、各実施例においては撮影時に、第3群B3の全体または一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動させることによってズームレンズが振動したときに生ずる撮影画像のブレを補正するようにしても良い。即ち像ぶれ補正を行っても良い。

【0018】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、変倍に際して不動であり、正の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第1群、広角端から望遠端への変倍に際して像側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体で負の屈折力を有する第2群、広角端から望遠端への変倍に際して物体側に移動する1つ以上のレンズ群から構成され、全体で正の屈折力を有する第3群、変倍およびフォーカシングに際して移動し、負の屈折力を有する1つのレンズ群からなる第4群、1つ以上のレンズ群からなる後群で構成されている。隣接する前記レンズ群の間隔は変倍において変化する。第1群は3枚以上のレンズにより構成されている。第1群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第2群に含まれるレンズ群のうち広角端から望遠端へのズーミングにおける移動量が最大であるレンズ群の移動量を M_2 、広角端から望遠端へのズーミングにおいて第2群と逆方向に移動するレンズ群の中で広角端と望遠端における位置の変位量が最も大きいレンズ群の移動量を M_v 、前記第1群の中の最も像側に配置される正レンズG1p rの材料のd線に対する屈折率を $N_{d1p r}$ 、前記第1群の中の前記正レンズG1p r以外の正レンズの材料のd線に対する屈折率の平均を N_{d1pf} とし、移動量の符号は広角端よりも望遠端の方が物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正とするとき、

$$\begin{aligned} & 4.80 < f_1 / f_w < 8.00 \quad \dots (1) \\ & -5.00 < M_2 / M_v < -1.50 \quad \dots (2) \\ & -3.50 < M_v / f_w < -0.77 \quad \dots (3) \\ & 0.99 < N_{d1p r} / N_{d1pf} < 1.40 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

なる条件式を満足する。

【0019】

なお、位置の差 M_2 、 M_v は単調に移動するときは移動量に相当する。往復移動するときは、往復距離は含まず広角端における位置と望遠端における光軸方向の位置の差である。また、第2群が複数のレンズ群で構成される場合、最も移動量が大きいレンズ群の移動量を M_2 とする。

【0020】

本発明のズームレンズは前述の如く構成して全系が小型で高ズーム比化を確保するのに適した構成としている。第1群B1は偏芯すると望遠端において像面湾曲が回転対称でなくなり、例えば画面の左右で合焦する被写体距離が異なってしまい好ましくない。そのため、第1群B1はズーミングに際して不動としている。第2群B2および第3群B3を移動させる事で変倍を行なっている。第3群B3を移動させて中間のズーム位置において入射瞳位置を短くして前玉有効径の小型化も図っている。第4群B4は変倍に伴う像面変動を補正するために移動させている。

【0021】

また、第1群B1は、3枚以上のレンズで構成される。第1群B1の有効径を小さくするためには、第1群B1を構成する正レンズの中の最も像側のレンズの正レンズの材料の屈折率を高くすることが有効である。しかしながら屈折率が高い硝材は、アッペ数も大きくなる傾向にあるため、屈折率の高い材料を正レンズに用いる場合、特に望遠端の軸上色収差の補正が困難となる。そこで、正レンズを追加し、材料に分散が小さい材料を使うことで、望遠端の軸上色収差の補正を良好に行なながら、第1群B1の有効径を小さくすることができる。加えて、第1群B1を構成するレンズの各面の曲率を緩くする効果も得られるため、望遠側のズームポジションでコマ収差や球面収差を良好に補正することが可能となる。そして前述の条件式(1)~(4)を満足している。

【0022】

10

20

30

40

50

次に条件式(1)～(4)の技術的意味について説明する。

条件式(1)は第1群B1の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比を規定している。条件式(1)の上限の条件が満たされないと、第1群B1の屈折力が弱くなるため、所定のズーム比を得るために必要な第2群B2の移動量が増大するので、全長の短縮や第1群の小型化が困難となる。逆に条件式(1)の下限の条件が満たされないと、小型化には有利な構成となるが、望遠側のズームポジションにおける球面収差や、コマ収差を良好に補正することが困難となる。

【0023】

条件式(2)は、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2群B2の移動量と、広角端から望遠端へのズーミングにおける移動方向が第2群B2と逆方向のレンズ群の中で最も移動量の大きいレンズ群の移動量の関係を規定している。条件式(2)の上限の条件が満たされないと、第2群B2の移動量が大きくなり、第1群B1から開口絞りSPまでの距離が長くなり、第1群B1が大型化するため、小型化が困難となる。逆に条件式(2)の下限の条件が満たされないと、主変倍群である第2群B2以外でズーム比を稼ぐ必要があるため、第2群B2以外のズーミングにおける移動量が増大するため、レンズ全長が長くなり易く、小型化が困難となる。

【0024】

条件式(3)は、広角端から望遠端へのズーミングにおける移動方向が第2群B2と逆方向のレンズ群の中で最も移動量の大きいレンズ群の移動量と、広角端における全系の焦点距離の比を規定している。条件式(3)の上限の条件が満たされないと、第3群B3のズーミングにおける移動量が大きくなりすぎ、レンズ全長が長くなり易くなるため、小型化が困難となる。逆に条件式(3)の下限の条件が満たされないと、第3群B3の移動量が小さくなり、所定のズーム比を得るために必要な第2群B2の移動量が増大するため、全長や第1群B1の小型化が困難となる。

【0025】

条件式(4)は、第1群B1を構成する正レンズの中の最も像側のレンズの材料の屈折率と、前記第1群B1を構成する正レンズの中の最も像側のレンズ以外の正レンズの材料の屈折率の平均値の関係を規定している。

【0026】

第1群B1において、レンズ内を通る光線と光軸の成す角は、最も像側の正レンズ内で最大となる。そのため、第1群B1内で最も像側の正レンズを薄くすると物体側のレンズ面と像側のレンズ面の光線有効径差が小さくなり前玉有効径の小型化が容易になる。但し、第1群B1内で最も像側の正レンズの屈折力を弱くしてしまうと、より物体側まで光軸に対して急な角度で光線が通過する様になってしまい、前玉有効径が大きくなってしまう。従って、第1群B1内で最も像側の正レンズの材料の屈折率を高くする事でレンズ面の曲率半径を大きくし、屈折力を一定の位置に維持したままレンズを薄くする事が、前玉有効径の小型化には有効である。

【0027】

条件式(4)の上限の条件が満たされないと、第1群B1を構成するレンズの有効径を小さくし易く、小型化に有利な構成となるが、ペツツバール和が増大し像面湾曲の補正が困難となる。逆に条件式(4)の下限の条件が満たされないと、第1群の物体側に配置されるレンズの有効径を小さくすることが難しく、小型化が困難となる。

【0028】

さらに好ましくは、条件式(1)～条件式(4)は次の如く設定するのが良い。

$$4.90 < f_1 / fw < 7.80 \quad \dots \quad (1a)$$

$$-4.60 < M_2 / M_v < -1.60 \quad \dots \quad (2a)$$

$$-3.00 < M_v / fw < -0.78 \quad \dots \quad (3a)$$

$$1.00 < N_{d1pr} / N_{d1pf} < 1.30 \quad \dots \quad (4a)$$

【0029】

更なる本発明のズームレンズの態様として、フォーカシングに際して第4群B4が移動

10

20

30

40

50

する。本発明のズームレンズではフォーカシングのためだけに移動するレンズ群は設けず、変倍時の像面移動を補正するレンズ群と兼ねて、機構を簡略化している。また、フォーカシングに際して撮影画角の変化が小さい方が好ましく、本発明のズームレンズでは、変倍作用が小さい第3群B3より像側に配されるレンズ群でフォーカスを行なうのが良い。フォーカスレンズ群の軽量化も考えれば、正の屈折力有する第3群B3に近いと有効径が小さくなり易いため、第4群B4でフォーカスを行なうのが望ましい。

【0030】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$-7.00 < f_1 / f_2 < -4.50 \quad \dots (5)$$

但し、広角端における第2群B2の焦点距離をf2とする。

10

【0031】

条件式(5)は、第1群B1の焦点距離と広角端における第2群B2の焦点距離の比を規定している。条件式(5)の上限の条件が満たされないと、望遠側のズームポジションにおいて、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。逆に条件式(5)の下限の条件が満たされないと、広角側のズームポジションにおいて、非点収差の補正が困難となる。

【0032】

さらに好ましくは、条件式(5)は次の如く設定するのが良い。

$$-6.50 < f_1 / f_2 < -4.70 \quad \dots (5a)$$

【0033】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$1.50 < f_3 / f_w < 3.50 \quad \dots (6)$$

但し、広角端における第3群B3の焦点距離をf3とする。

20

【0034】

条件式(6)は、広角端における第3群の焦点距離と広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離の比を規定している。条件式(6)の上限の条件が満たされないと、ズーミングに際して第3群B3の移動量が大きくなり、レンズ全長が増加してしまう。逆に条件式(6)の下限の条件が満たされないと、ズーム全域で球面収差を良好に補正することが困難となる。

【0035】

さらに好ましくは、条件式(6)は次の如く設定するのが良い。

$$1.60 < f_3 / f_w < 3.20 \quad \dots (6a)$$

30

【0036】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$-4.00 < f_4 / f_w < -1.00 \quad \dots (7)$$

但し、第4群B4の焦点距離をf4とする。

【0037】

条件式(7)は、第4群B4の焦点距離と広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離の比を規定している。条件式(7)の上限の条件が満たされないと、ズーミングおよびフォーカシングに際して第4群B4が移動する際の像面位置変動が大きくなりすぎ、精度よく像面補正を行うことが困難となる。逆に条件式(7)の下限の条件が満たされないと、ズーミングおよびフォーカシングに際して第4群B4の移動量が大きくなり、レンズ全長が増加してしまう。

40

【0038】

さらに好ましくは、条件式(7)は次の如く設定するのが良い。

$$-3.50 < f_4 / f_w < -1.30 \quad \dots (7a)$$

【0039】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第2群B2と第3群B3の間に開口絞りSPが配置されることが好ましい。ズーミングで移動する第2群B2と第3群B3の間に開口絞りSPを配置し、第2群B2と第3群B3それぞれの移動量を適切に割り振ることで、第1群B1から開口絞りSPまでの距離を制御し、第1群B1の有効径を小さくするこ

50

とが容易にできる。また、開口絞りSPは、ズーミングに際して光軸方向に移動しないことが好ましい。開口絞りSPがズームで移動する場合、開口径を制御する機構と一緒に移動させる必要があるため、駆動機構が複雑化し、それに伴う駆動のための消費電力増大が避けられない。

【0040】

更なる本発明のズームレンズの態様として、第3群B3は少なくとも1枚の負レンズを有することが好ましい。第3群B3はズーミングに際し光軸方向に移動するレンズ群であり、広角側のズームポジションにおいて、他のレンズ群に比べて軸上光線の光線高さが高いレンズ群であり、軸上色収差や、球面収差の波長毎の違いに影響が大きいレンズ群である。そのため、負レンズを配置し、第3群B3内での色収差補正を良好に行なうことが、ズーム全域で良好に色収差補正を行うために重要である。10

【0041】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$-4.50 < M_2 / f_2 < -2.50 \quad \dots \quad (8)$$

【0042】

条件式(8)は、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2群B2の移動量M2と、広角端における第2群B2の焦点距離f2の比を規定している。条件式(8)の上限の条件が満たされないと、ズーミングに際して第2群B2の移動量が大きくなりすぎ、第1群B1と開口絞りSPが離れてしまうため、第1群B1の有効径を小さくすることが困難となる。逆に条件式(8)の下限の条件が満たされないと、第2群B2の移動量が小さくなりすぎ、高ズーム比化を達成することが困難となる。20

【0043】

さらに好ましくは、条件式(8)は次の如く設定するのが良い。

$$-4.20 < M_2 / f_2 < -2.70 \quad \dots \quad (8a)$$

【0044】

更なる本発明のズームレンズの態様として、以下の条件式を満足するのが望ましい。

$$-4.00 < (1 - 4w^2) \times R w^2 < -1.40 \quad \dots \quad (9)$$

【0045】

条件式(9)は、第4群の広角端における横倍率4wと、後群の広角端における横倍率Rwの関係を規定している。第4群はフォーカシングに際して移動するレンズ群であり、条件式(9)は、第4群が移動することで生じる結像位置のずれ量に比例する。条件式(9)が所定の範囲となることで、フォーカシングの際の第4群の移動量を抑えながら、フォーカシングによる収差変動を抑制することができる。条件式(9)の上限の条件が満たされないと、フォーカシングに際して第4群の移動量が大きくなりすぎ、全長を短くすることが困難となる。逆に条件式(9)の下限の条件が満たされないと、フォーカシングによる球面収差や、像面湾曲の変動が抑えられなくなる。30

【0046】

さらに好ましくは、条件式(9)は次の如く設定するのが良い。

$$-3.800 < (1 - 4w^2) \times R w^2 < -1.55 \quad \dots \quad (9a)$$

【0047】

以下に本発明のズームレンズの具体的な構成について、実施例1～9に対応する数値実施例1～9のレンズ構成の特徴により説明する。40

【実施例1】

【0048】

本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側に凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側に凸面のメニスカス凸レンズ、物体側に凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、両凹レンズ、両凹レンズ、像側に凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面、11面は非球面形状で、主に変倍に伴う像面湾曲、周辺像高におけるコマ収差の変動を補正している。開口絞りSP50

は第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応し、両凸レンズ、両凹レンズ、両凸レンズ、物体側に凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズで構成される。また、第17面、18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。また、第23面から第25面に対応する接合正レンズは、光軸と直交する成分を有する方向に移動することで手振れなどによる振動を補正する機能を有する。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹の接合レンズで構成される。また、第4群B4は、無限遠側(図1中の実線)から至近側(図1中の破線)への合焦時に像側へ移動する合焦群である。後群BRは、第29面から第33面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズと両凸レンズで構成される。

10

【0049】

上記実施例1に対応する数値実施例1について説明する。数値実施例1に限らず全数値実施例において、 i は物体側からの面(光学面)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*番目の面と第*i*+1番目の面の間隔(光軸上)を示している。また、 n_{di} 、 d_{di} は、第*i*番目の面と第*i*+1番目の面との間の媒質(光学部材)のd線に対する屈折率、アッペ数を、BFは空気換算のバックフォーカスを表している。なお、アッペ数は、フラウンフォーファ線のd線(587.6nm)、F線(486.1nm)、C線(656.3nm)に対する屈折率をそれぞれn_d、n_F、n_Cとしたとき、

$$= (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

20

で表される。非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、kを円錐常数、A4、A6、A8、A10、A12をそれぞれ非球面係数としたとき、次式で表している。また、「e-Z」は「×10^{-Z}」を意味する。半画角は光線追跡で求めた値である。

【数1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12}$$

【0050】

30

本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。本発明のズームレンズは、(1)~(4)式を満足することは必須であるが、(5)~(9)式については満足していなくても構わない。但し、(5)~(9)式について少なくとも1つでも満足していればさらに良い効果を奏することができる。これは他の実施例についても同様である。

【0051】

図19は各実施例のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置(テレビカメラシステム)の概略図である。図19において101は実施例1~9のいずれかのズームレンズである。124はカメラである。ズームレンズ101はカメラ124に対して着脱可能となっている。125はカメラ124にズームレンズ101を装着することで構成される撮像装置である。ズームレンズ101は第1群F、変倍部LZ、後群Rを有している。変倍部LZには合焦用レンズ群が含まれている。変倍部LZは変倍のために光軸上を移動する第2群および第3群と、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を移動する第4群が含まれている。第4群は、無限遠側から至近側への合焦時に像側へ移動する合焦群を兼ねる。SPは開口絞りである。115は、変倍部LZを光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構である。117、118は駆動機構115および開口絞りSPを電動駆動するモータ(駆動手段)である。120、121は、変倍部LZの光軸上の位置や、開口絞りSPの絞り径を検出するためのエンコーダやポテンショメータ、あるいはフォトセンサ等の検出器である。カメラ124において、109はカメラ124内の光学フィルタ

40

50

や色分解光学系に相当するガラスブロック、110はズームレンズ101によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。なお、電子撮像素子を用いる場合、電子的に収差補正をすることで出力画像をさらに高画質化することができる。また、111、122はカメラ124およびズームレンズ101の各種の駆動を制御するCPUである。このように、本発明のズームレンズをデジタルビデオカメラやテレビカメラやシネマ用カメラに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【実施例2】

【0052】

図3は本発明の実施例2（数値実施例2）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図4において、（a）は広角端、（b）は焦点距離54.45mm、（c）は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図3において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側（図3中の実線）から至近側（図3中の破線）への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。変倍に際して、第1、2、3、4、後群の隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。SPは開口絞り、Iは像面である。

10

20

【0053】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第8面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第9面から第14面に対応し、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面は非球面形状で、主に変倍に伴う像面湾曲、周辺像高におけるコマ収差の変動を補正している。開口絞りSPは第15面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第16面から第24面に対応し、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズ、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズで構成される。また、第16面、17面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。また、第22面から第24面に対応する接合正レンズは、光軸と直交する成分を有する方向に移動することで手振れなどによる振動を補正する機能を有する。第4群B4は、第25面から第27面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹の接合レンズで構成される。また、第4群B4は、無限遠側から至近側への合焦時に像側へ移動する合焦群である。後群BRは、第28面から第32面に対応し、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと物体側が凸面のメニスカス凸レンズの接合レンズと両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は（1）～（9）式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

30

40

【実施例3】

【0054】

図5は本発明の実施例3（数値実施例3）であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図6において、（a）は広角端、（b）は焦点距離44.51mm、（c）は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図5において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有して

50

いる。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図5中の実線)から至近側(図5中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第1の後レンズ群BR1を有している。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する第2の後レンズ群BR2を有している。本実施例においては、後群BRは、第1の後レンズ群BR1と第2の後レンズ群BR2とから構成される。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成される。SPは開口絞り、Iは像面である。

【0055】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凹レンズ、像側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面、11面は非球面形状で、主に変倍に伴う像面湾曲、周辺像高におけるコマ収差の変動を補正している。開口絞りSPは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応し、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズで構成される。また、第17面、18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。また、第23面から第25面に対応する接合正レンズは、光軸と直交する成分を有する方向に移動することで手振れなどによる振動を補正する機能を有する。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹の接合レンズで構成される。また、第4群B4は、無限遠側から至近側への合焦時に像側へ移動する合焦群である。第1の後レンズ群BR1は、第29面から第31面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズで構成される。第2の後レンズ群BR2は、第32面から第33面に対応し、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【実施例4】

【0056】

図7は本発明の実施例4(数値実施例4)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図8において、(a)は広角端、(b)は焦点距離73.07mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図7において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側から至近側への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。SPは開口絞り、Iは像面である。

【0057】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第5面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第6面から第12面に対応し、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凹レンズと物体側が凸面のメニスカス凸レンズの接合レンズ、像側が凸面のメニスカス凹レンズで構成される。また、第7面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。開口絞りSPは第13面に対

10

20

30

40

50

応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第14面から第22面に対応し、両凸レンズ、物体側が凸のメニスカス凹レンズ、両凸レンズ、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズで構成される。また、第14面、18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。また、第20面から第22面に対応する接合正レンズは、光軸と直交する成分を有する方向に移動することで手振れなどによる振動を補正する機能を有する。第4群B4は、第23面から第25面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。また、第23面は非球面形状で、主にフォーカシングに伴う球面収差の変動を補正している。また、第4群B4は、無限遠側(図7中の実線)から至近側(図7中の破線)への合焦時に像側へ移動する合焦群である。後群BRは、第26面から第30面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズ、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズで構成される。また、第27面は非球面形状で、主に像面湾曲や周辺像高でのコマ収差を補正している。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【実施例5】

【0058】

図9は本発明の実施例5(数値実施例5)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図10において、(a)は広角端、(b)は焦点距離55.00mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図9において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。第2群B2は、移動量の異なる第21レンズ群B21、第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。第3群B3は、移動量の異なる第31レンズ群B31、第32レンズ群B32の2つのレンズ群から構成される。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図9中の実線)から至近側(図9中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。SPは開口絞り、Iは像面である。

【0059】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、第8面から第13面に対応する第21レンズ群B21、第14面から第15面に対応する第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。第21レンズ群B21は、両凹レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凹レンズで構成される。また、第10面、第11面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。第22レンズ群B22は、両凸レンズで構成される。第21レンズ群B21と第22レンズ群B22はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の像面湾曲の変動を補正している。開口絞りSPは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応し、第17面から第22面に対応する第31レンズ群B31、第23面から第25面に対応する第32レンズ群B32の2つのレンズ群から構成される。第31レンズ群B31は、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズで構成される。第32レンズ群B32は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと物体側が凸面のメニスカス凸レンズの接合レンズで構成される。第31レンズ群B31と第32レンズ群B32はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の球面収差とコマ収差の変動を補正している。

10

20

30

40

50

第17面、第18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。後群BRは、第29面から第33面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合と、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【実施例6】

【0060】

図11は本発明の実施例6(数値実施例6)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図12において、(a)は広角端、(b)は焦点距離45.60mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図11において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。第2群B2は、移動量の異なる第21レンズ群B21、第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。第3群B3は、ズーミング中は固定の第31レンズ群B31、ズーミング中に移動する第32レンズ群B32の2つのレンズ群から構成される。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図11中の実線)から至近側(図11中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。SPは開口絞り、Iは像面である。

【0061】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、第8面から第13面に対応する第21レンズ群B21、第14面から第15面に対応する第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。第21レンズ群B21は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズ、像側が凸面のメニスカス凹レンズで構成される。また、第10面、第11面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。第22レンズ群B22は、両凸レンズで構成される。第21レンズ群B21と第22レンズ群B22はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の像面湾曲の変動を補正している。開口絞りSPは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応し、第17面から第18面に対応する第31レンズ群B31、第19面から第25面に対応する第32レンズ群B32のレンズ群から構成される。第31レンズ群B31は、両凸レンズで構成される。第32レンズ群B32は、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、両凸レンズで構成される。固定で正の屈折力の第31レンズ群B31を配置することで、第32レンズ群B32に入射する光線高さを小さくすることができ、第32レンズ群B32の有効径を小さくできる。そのため、第32レンズ群B32を駆動するためのトルク低減や、ズーミング中の収差補正に有利な構成となる。第19面、第20面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸のメニスカス凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。後群BRは、第29面から第33面に対応し、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズと、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

10

20

30

40

50

【実施例 7】

【0062】

図13は本発明の実施例7(数値実施例7)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図14において、(a)は広角端、(b)は焦点距離51.17mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図13において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。第2群B2は、移動量の異なる第21レンズ群B21、第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図13中の実線)から至近側(図13中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。SPは開口絞り、Iは像面である。

【0063】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、第8面から第9面に対応する第21レンズ群B21、第10面から第15面に対応する第22レンズ群B22の2つのレンズ群に分かれる。第21レンズ群B21は、両凹レンズで構成される。第22レンズ群B22は、両凹レンズ、像側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面、第11面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。第21レンズ群B21と第22レンズ群B22はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の像面湾曲の変動を補正している。開口絞りSPは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応する。第3群B3は、両凸レンズ、両凹レンズ、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズで構成される。第17面、第18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。後群BRは、第29面から第33面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズと、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【実施例8】

【0064】

図15は本発明の実施例8(数値実施例8)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図16において、(a)は広角端、(b)は焦点距離51.67mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図15において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。第2群B2は、移動量の異なる第21レンズ群B21、第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図15中の実線)から至近側(図15中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群BRを有している。

変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。S Pは開口絞り、Iは像面である。

【0065】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、第8面から第9面に対応する第21レンズ群B21、第10面から第15面に対応する第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。第21レンズ群B21は、両凹レンズで構成される。第22レンズ群B22は、両凹レンズ、像側が凸面のメニスカス凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面、第11面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。第21レンズ群B21と第22レンズ群B22はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の像面湾曲の変動を補正している。開口絞りS Pは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応し、両凸レンズ、両凹レンズ、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズで構成される。第17面、第18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。後群B Rは、第29面から第33面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合レンズと、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)～(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【実施例9】

【0066】

図17は本発明の実施例9(数値実施例9)であるズームレンズにおいて、広角端で無限遠に合焦しているときのレンズ断面図である。図18において、(a)は広角端、(b)は焦点距離47.86mm、(c)は望遠端の縦収差図を示している。いずれの収差図も、無限遠に合焦しているときの縦収差図である。図17において、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1群B1を有している。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2群B2を有している。第2群B2は、移動量の異なる第21レンズ群B21、第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。さらに、広角端から望遠端への変倍に際して、光軸上を非直線的に移動する変倍用の正の屈折力の第3群B3を有している。さらに、第2群と第3群の移動に連動して光軸上を非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する負の屈折力の第4群B4を有している。さらに第4群は無限遠側(図17中の実線)から至近側(図17中の破線)への合焦時に像側へ移動する。さらに、変倍のためには移動しない結像作用を有する正の屈折力の後群B Rを有している。変倍に際して、隣接するレンズ群の間隔が変化するように構成されている。S Pは開口絞り、Iは像面である。

【0067】

次に、本実施例における第1群B1について説明する。第1群B1は第1面から第7面に対応する。第1群B1は、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凸レンズで構成される。第2群B2は、第8面から第15面に対応し、第8面から第9面に対応する第21レンズ群B21、第10面から第15面に対応する第22レンズ群B22の2つのレンズ群から構成される。第21レンズ群B21は、両凹レンズで構成される。第22レンズ群B22は、両凹レンズ、両凹レンズ、両凸レンズで構成される。また、第10面、第11面は非球面形状で、主に広角側での像面湾曲を補正している。第21レンズ群B21と第22レンズ群B22はズーム中間にて間隔を変化させることで、ズーミング中の像面湾曲の変動を補正している。開口絞りS Pは第16面に対応し、第2群B2と第3群B3の間に配置される。第3群B3は、第17面から第25面に対応する。第3群B3は、両凸レン

10

20

30

40

50

ズ、両凹レンズ、両凸レンズ、物体側が凸面のメニスカス凹レンズと両凸レンズの接合レンズで構成される。第17面、第18面は非球面形状で、主に変倍に伴う球面収差の変動を補正している。第4群B4は、第26面から第28面に対応し、像側が凸面のメニスカス凸レンズと両凹レンズの接合レンズで構成される。後群BRは、第29面から第33面に対応し、両凸レンズと像側が凸面のメニスカス凹レンズの接合と、両凸レンズで構成される。本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本実施例は(1)~(9)式を満足しており、全系の小型化を図りながら、広角且つ高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【0068】

(数値実施例1)

単位 mm

10

面データ

面番号i	r _i	d _i	n _d i	v _d i	
1	203.590	1.73	1.91650	31.6	
2	46.073	6.23	1.49700	81.5	
3	-338.931	0.15			
4	65.676	2.89	1.49700	81.5	
5	423.518	0.13			
6	45.557	3.60	1.76385	48.5	20
7	352.111	(可変)			
8	-345.383	0.86	1.83481	42.7	
9	11.919	4.70			
10*	-58.675	0.95	1.58313	59.5	
11*	26.335	2.97			
12	-17.543	0.80	1.49700	81.5	
13	-47.435	0.11			
14	79.462	1.78	1.92286	18.9	
15	-64.072	(可変)			
16(絞り)		(可変)			30
17*	17.378	4.55	1.58313	59.5	
18*	-59.245	3.92			
19	-214.092	0.70	1.83400	37.2	
20	19.622	0.45			
21	26.986	3.49	1.43700	95.1	
22	-27.056	1.56			
23	18.009	0.58	1.95375	32.3	
24	12.939	3.98	1.48749	70.2	
25	-71.491	(可変)			
26	-265.768	1.62	1.84666	23.9	40
27	-18.099	0.58	1.78590	44.2	
28	18.282	(可変)			
29	87.178	4.77	1.48749	70.2	
30	-16.724	0.77	2.00069	25.5	
31	-33.542	0.17			
32	39.050	4.13	1.48749	70.2	
33	-31.888	(可変)			
34		1.44	1.51633	64.1	
35		(可変)			
像面					50

非球面データ

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.18873e-005 A 6=-3.42311e-007 A 8= 1.67887e-009

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.53597e-005 A 6=-2.82787e-007 A 8= 1.83322e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.69513e-005 A 6=-1.67145e-008 A 8=-1.47643e-010

10

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.01188e-005 A 6=-3.66026e-008 A 8= 3.38763e-011

各種データ

ズーム比	14.55			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	8.55	50.26	124.40	
Fナンバー	2.85	4.10	4.60	
半画角	37.02	8.39	3.41	20
像高	6.45	7.41	7.41	
レンズ全長	139.31	139.31	139.31	
BF	14.02	14.02	14.02	
d 7	1.12	24.36	34.32	
d15	34.47	11.23	1.27	
d16	14.88	0.98	0.96	
d25	1.85	13.96	15.98	
d28	14.82	16.60	14.60	
d33	6.19	6.19	6.19	30
d35	6.87	6.87	6.87	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	54.94		
2	8	-10.29		
sp	16			
3	17	21.84		
4	26	-23.30		
R	29	31.44		40

【0 0 6 9】

(数値実施例2)

単位 mm

面データ

面番号i	r i	di	ndi	vdi	
1	628.518	1.71	1.90366	31.3	
2	62.741	1.00			
3	63.212	7.46	1.49700	81.5	
4	-170.632	0.15			50

5	67.586	4.64	1.53775	74.7	
6	7465.192	0.15			
7	53.915	3.91	1.76385	48.5	
8	163.850	(可変)			
9	11891.795	0.89	1.85135	40.1	
10*	11.946	7.12			
11	-17.253	0.68	1.59522	67.7	
12	64.849	0.14			
13	42.108	2.71	1.92286	18.9	
14	-89.121	(可変)			10
15(絞り)		(可変)			
16*	14.380	4.80	1.58313	59.4	
17*	-71.741	2.38			
18	69.289	0.89	1.83400	37.2	
19	13.817	0.91			
20	23.568	3.16	1.49700	81.5	
21	-95.858	6.51			
22	25.709	3.72	1.59522	67.7	
23	-16.166	0.60	1.69895	30.1	
24	-51.871	(可変)			20
25	-147.095	2.11	1.95906	17.5	
26	-20.213	0.85	1.83400	37.2	
27	14.670	(可変)			
28	50.676	0.76	1.80809	22.8	
29	17.046	3.77	1.60342	38.0	
30	111.069	0.10			
31	20.508	5.08	1.49700	81.5	
32	-34.358	(可変)			
33		2.00	1.51633	64.1	
34		(可変)			30

像面

非球面データ

第10面

K = -5.27323e-001 A 4= 1.30485e-005 A 6= 5.15930e-008 A 8= 2.88029e-009 A10= -2.93057e-011 A12= 2.02915e-013

第16面

K = -8.18409e-002 A 4=-2.12687e-005 A 6=-8.02485e-008 A 8= 3.27136e-010 A10= -5.43347e-012 A12=-2.05658e-014

40

第17面

K = -2.56428e+001 A 4= 9.78783e-006 A 6=-5.78943e-008 A 8= 8.16150e-010 A10= -8.99064e-012 A12= 6.39737e-015

各種データ

ズーム比	20.00		
広角	中間	望遠	
焦点距離	8.50	54.45	170.00
Fナンバー	2.70	3.96	4.50

50

半画角	37.14	7.74	2.49
像高	6.44	7.40	7.40
レンズ全長	144.32	144.32	144.32
BF	11.37	11.37	11.37

d 8	1.03	30.59	43.25
d14	43.57	14.02	1.35
d15	13.28	0.91	0.79
d24	2.11	10.84	6.13
d27	6.79	10.42	15.25
d32	7.00	7.00	7.00
d34	3.05	3.05	3.05

10

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	62.18
2	9	-11.76
SP	15	
3	16	22.57
4	25	-17.38
R	28	28.05

20

【0070】

(数値実施例3)

単位 mm

面データ

面番号i	ri	di	ndi	vdi
1	129.873	1.62	1.91650	31.6
2	40.556	7.14	1.49700	81.5
3	-4541.873	0.17		
4	50.167	3.92	1.49700	81.5
5	379.118	0.17		
6	43.475	3.67	1.76385	48.5
7	229.615	(可変)		
8	344.738	0.80	1.83481	42.7
9	11.000	4.20		
10*	-1131.597	0.61	1.58313	59.5
11*	27.191	3.45		
12	-13.399	0.60	1.43700	95.1
13	-90.092	0.14		
14	89.207	1.90	1.92286	18.9
15	-61.798	(可変)		
16(絞り)		(可変)		
17*	16.682	4.32	1.58313	59.4
18*	-65.999	3.47		
19	838.885	0.63	1.83400	37.2
20	19.683	0.75		
21	29.127	3.80	1.43700	95.1
22	-23.217	0.39		
23	19.352	0.60	1.95375	32.3

40

50

24	13.784	3.84	1.48749	70.2	
25	-84.151	(可変)			
26	-296.190	1.24	1.84666	23.9	
27	-20.957	0.82	1.78590	44.2	
28	18.696	(可変)			
29	47.411	4.05	1.48749	70.2	
30	-18.173	0.73	2.00069	25.5	
31	-42.420	(可変)			
32	62.639	3.24	1.48749	70.2	
33	-28.992	(可変)			10
34		1.80	1.51633	64.1	
35		(可変)			

像面

非球面データ

第10面

K = 1.94946e+004 A 4=-1.32896e-005 A 6=-6.43513e-007 A 8= 6.18406e-010

第11面

K = 8.95614e-001 A 4=-5.29842e-005 A 6=-8.12556e-007 A 8= 1.95377e-009

20

第17面

K = -1.04648e+000 A 4= 8.71995e-006 A 6= 3.45366e-008 A 8= 1.02665e-010

第18面

K = -4.40946e+001 A 4= 9.89401e-006 A 6= 5.73134e-008 A 8=-2.15226e-010

各種データ

ズーム比	12.00				
		広角	中間	望遠	
焦点距離	8.30	44.51	99.60		30
Fナンバー	2.50	3.27	3.60		
半画角	37.84	9.45	4.25		
像高	6.45	7.41	7.41		
レンズ全長	126.70	126.70	126.70		
BF	14.77	14.77	14.77		
d 7	0.62	21.11	29.89		
d15	30.65	10.16	1.38		
d16	12.42	1.34	2.52		40
d25	1.58	11.49	11.18		
d28	9.90	8.93	10.19		
d31	0.48	2.62	0.49		
d33	6.59	6.59	6.59		
d35	6.99	6.99	6.99		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	50.34		
2	8	-9.76		50

sp 16
 3 17 20.11
 4 26 -23.77
 R1 29 169.15
 R2 32 41.13

【 0 0 7 1 】

(数値実施例 4)

単位 mm

面データ

面番号 i	r i	d i	n d i	v d i
1	116.966	1.50	1.91650	31.6
2	48.440	6.88	1.59522	67.7
3	-349.456	0.16		
4	46.108	4.78	1.59522	67.7
5	330.108	(可変)		
6	41.904	1.00	1.85135	40.1
7*	15.010	4.91		
8	-27.537	0.75	1.59522	67.7
9	19.154	2.80	1.95906	17.5
10	53.022	2.60		
11	-18.512	0.70	1.69680	55.5
12	-36.450	(可変)		
13(絞り)		(可変)		
14*	16.949	4.64	1.59349	67.0
15	-118.473	3.51		
16	75.509	1.00	1.73800	32.3
17	16.049	1.01		
18*	18.064	3.04	1.59349	67.0
19	-79.933	0.31		
20	34.055	2.96	1.49700	81.5
21	-16.710	0.94	1.65412	39.7
22	-36.147	(可変)		
23*	-403.662	2.20	1.95906	17.5
24	-30.092	0.70	1.88300	40.8
25	14.513	(可変)		
26	-74.834	2.20	1.43875	94.9
27*	-52.445	0.19		
28	16.043	6.09	1.43875	94.9
29	-42.115	0.74	1.89286	20.4
30	-56.899	(可変)		
31		2.35	1.51633	64.1
32		(可変)		

像面

非球面データ

第7面

K = 2.46057e-001 A 4=-4.69144e-006 A 6=-4.51637e-008 A 8= 6.16198e-010

K = -3.56247e-001 A 4=-8.83698e-006 A 6=-5.57216e-008 A 8= 1.08274e-010

第18面

K = 7.36590e-001 A 4=-5.33833e-005 A 6=-7.60453e-009 A 8=-3.80882e-010

第23面

K = -5.18031e+002 A 4= 1.09452e-005 A 6=-7.23986e-008 A 8= 5.22786e-010

第27面

K = 1.38843e+001 A 4= 2.42121e-005 A 6=-7.83006e-008 A 8= 7.86833e-010

10

各種データ

ズーム比	12.00			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	10.00	73.07	120.00	
Fナンバー	2.80	4.36	4.50	
半画角	32.17	5.78	3.53	
像高	6.29	7.40	7.40	
レンズ全長	134.79	134.79	134.79	
BF	9.98	9.98	9.98	20
d 5	0.86	33.68	39.70	
d12	40.38	7.56	1.54	
d13	10.39	2.10	1.88	
d22	1.35	10.36	12.18	
d25	16.22	15.49	13.89	
d30	5.00	5.00	5.00	
d32	3.43	3.43	3.43	

ズームレンズ群データ

30

群	始面	焦点距離
1	1	71.50
2	6	-11.63
sp	13	
3	14	18.13
4	23	-16.44
R	26	29.11

【0072】

(数値実施例5)

単位 mm

40

面データ

面番号i	r i	d i	n d i	v d i	
1	113.294	1.62	1.90366	31.3	
2	47.534	6.94	1.43875	94.9	
3	-379.596	0.17			
4	47.353	3.47	1.49700	81.5	
5	147.758	0.17			
6	64.779	2.50	1.81600	46.6	
7	239.700	(可変)			50

8	-679.065	0.90	1.88300	40.8	
9	13.196	4.44			
10*	1398.192	1.00	1.58313	59.4	
11*	45.625	3.21			
12	-16.786	0.60	1.43875	94.9	
13	171.843	(可変)			
14	91.324	2.42	1.92286	18.9	
15	-68.622	(可変)			
16(絞り)		(可変)			
17*	16.709	4.50	1.61800	63.3	10
18*	-117.345	4.54			
19	218.578	0.63	1.88300	40.8	
20	16.108	0.67			
21	20.453	3.80	1.43875	94.9	
22	-25.105	(可変)			
23	16.700	0.60	1.95375	32.3	
24	13.042	2.34	1.48749	70.2	
25	101.262	(可変)			
26	412.526	1.69	1.80809	22.8	
27	-25.070	0.82	1.80440	39.6	20
28	16.975	(可変)			
29	75.103	3.57	1.48749	70.2	
30	-25.288	0.73	2.00069	25.5	
31	-50.092	0.17			
32	33.179	4.03	1.48749	70.2	
33	-37.573	(可変)			
34		1.80	1.51633	64.1	
35		(可変)			
像面					30

非球面データ

第10面

K = -1.29802e+004 A 4=-1.94184e-005 A 6=-4.52184e-007 A 8= 2.68202e-009

第11面

K = 3.92504e+000 A 4=-5.17436e-005 A 6=-4.94444e-007 A 8= 2.85052e-009

第17面

K = -1.29155e+000 A 4= 2.45980e-005 A 6= 1.39905e-008 A 8= 2.36716e-010

40

第18面

K = -1.57864e+002 A 4= 9.94581e-006 A 6= 2.50437e-008 A 8=-2.04376e-011

各種データ

ズーム比	20.00			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	8.30	55.00	166.00	
Fナンバー	2.70	4.80	5.60	
半画角	37.84	7.67	2.56	
像高	6.45	7.41	7.41	50

レンズ全長	149.39	149.39	149.39	
BF	13.43	13.43	13.43	
d 7	0.90	28.55	40.40	
d13	0.72	0.39	0.75	
d15	40.43	13.11	0.90	
d16	20.51	2.62	0.50	
d22	3.18	6.32	0.19	
d25	2.08	15.14	18.63	
d28	12.60	14.28	19.06	10
d33	4.97	4.97	4.97	
d35	7.27	7.27	7.27	

ズームレンズ群データ(広角端状態)

群 始面 焦点距離

1	1	63.63		
2	8	-11.37		
sp	16			
3	17	23.66		
4	26	-22.15		20
R	29	30.40		

【 0 0 7 3 】

(数値実施例 6)

単位 mm

面データ

面番号i	r i	d i	n di	vdi	
1	112.928	1.62	2.00330	28.3	
2	51.708	9.43	1.49700	81.5	
3	-1538.589	0.17			30
4	56.271	4.84	1.49700	81.5	
5	204.533	0.17			
6	55.495	3.81	1.76385	48.5	
7	229.615	(可変)			
8	1072.212	0.80	1.88300	40.8	
9	12.839	3.49			
10*	8802.672	1.20	1.59522	67.7	
11*	39.328	3.17			
12	-16.089	0.60	1.59522	67.7	
13	-298.012	(可変)			40
14	125.068	1.59	1.92286	18.9	
15	-68.622	(可変)			
16(絞り)		1.00			
17	200.000	2.00	1.77250	49.6	
18	-200.000	(可変)			
19*	17.029	4.72	1.58313	59.4	
20*	-132.441	4.23			
21	124.990	0.63	1.83400	37.2	
22	12.756	5.55	1.43700	95.1	
23	-31.824	0.57			50

24	29.028	2.00	1.61800	63.3
25	-285.945	(可变)		
26	-1421.717	1.82	1.84666	23.9
27	-31.217	0.82	1.78590	44.2
28	16.605	(可变)		
29	98.806	0.70	2.00069	25.5
30	22.514	3.51	1.48749	70.2
31	-69.070	0.17		
32	20.267	4.48	1.48749	70.2
33	-43.325	(可变)		10
34		1.80	1.51633	64.1
35		7.17		
36		(可变)		

像面

非球面データ

第10面

K = 5.88791e+005 A 4= 1.02511e-004 A 6=-1.45501e-006 A 8= 7.96028e-009

第11面

K = 1.17893e+001 A 4= 6.36708e-005 A 6=-1.67337e-006 A 8= 8.77880e-009

第19面

K = -1.50523e+000 A 4= 3.08137e-005 A 6= 2.01178e-008 A 8= 1.64397e-010

第20面

K = -2.41758e+002 A 4= 1.01897e-005 A 6= 3.99992e-008 A 8=-1.48204e-010

各種データ

ズーム比	15.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	8.40	45.60	126.00
Fナンバー	2.80	3.64	4.00
半画角	37.50	9.23	3.37
像高	6.45	7.41	7.41
レンズ全長	144.46	144.46	144.46
BF	12.37	12.37	12.37
d 7	0.61	26.92	38.20
d13	1.54	1.03	2.18
d15	39.32	13.52	1.10
d18	12.91	0.93	0.43
d25	1.90	10.26	12.48
d28	12.70	16.33	14.61
d33	3.96	3.96	3.96
d36	0.06	0.06	0.06

ズームレンズ群データ(広角端状態)

群 始面 焦点距離

1 1 61.70

10

20

30

40

50

2 8 -9.78
 SP 16
 3 17 22.27
 4 26 -21.75
 R 29 33.05

【 0 0 7 4 】

(数値実施例 7)

単位 mm

面データ

面番号 i	r i	d i	n d i	v d i
1	240.713	1.73	1.91650	31.6
2	48.058	6.58	1.49700	81.5
3	-246.255	0.15		
4	64.354	2.96	1.49700	81.5
5	469.898	0.13		
6	45.952	3.46	1.76385	48.5
7	309.726	(可変)		
8	-342.040	0.86	1.83481	42.7
9	12.458	(可変)		
10*	-50.637	0.95	1.58313	59.4
11*	22.440	3.26		
12	-16.993	0.80	1.43875	94.9
13	-39.770	0.20		
14	77.241	1.66	1.92286	18.9
15	-71.793	(可変)		
16(絞り)		(可変)		
17*	18.102	5.20	1.58313	59.4
18*	-74.367	3.77		
19	-234.951	0.70	1.83400	37.2
20	21.418	0.50		
21	31.249	3.24	1.43875	94.9
22	-27.334	(可変)		
23	19.127	0.58	1.95375	32.3
24	13.665	4.37	1.48749	70.2
25	-68.800	(可変)		
26	-183.788	2.07	1.84666	23.8
27	-18.352	0.58	1.78590	44.2
28	21.968	(可変)		
29	85.026	4.86	1.48749	70.2
30	-16.784	0.77	2.00069	25.5
31	-35.612	0.17		
32	35.250	4.10	1.48749	70.2
33	-36.010	(可変)		
34		1.50	1.51633	64.1
35		(可変)		

像面

非球面データ

第10面

10

20

30

40

50

K = 0.00000e+000 A 4=-5.53243e-005 A 6= 1.26334e-007 A 8=-2.77480e-010

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-9.06653e-005 A 6= 2.16446e-007 A 8=-2.42033e-010

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.19873e-005 A 6=-4.62399e-008 A 8= 1.65891e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.98778e-005 A 6=-6.34399e-008 A 8= 3.26625e-010

10

各種データ

ズーム比	14.55			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	8.55	51.17	124.40	
Fナンバー	2.85	4.10	4.60	
半画角	37.02	8.24	3.41	
像高	6.45	7.41	7.41	
レンズ全長	143.16	143.16	143.16	
BF	14.24	14.24	14.24	20
d 7	1.19	24.42	34.37	
d 9	4.63	4.10	4.58	
d15	34.47	11.78	1.33	
d16	15.44	0.96	1.60	
d22	0.80	0.80	0.80	
d25	1.89	15.28	16.61	
d28	16.85	17.94	15.97	
d33	6.42	6.42	6.42	
d35	6.84	6.84	6.84	30

ズームレンズ群データ(広角端状態)

群	始面	焦点距離		
1	1	54.55		
2	8	-10.27		
SP	16			
3	17	22.66		
4	26	-26.84		
R	29	33.32		
【 0 0 7 5 】				40
(数値実施例 8)				

単位 mm

面データ

面番号i	r i	d i	n d i	v d i	
1	239.441	1.73	1.91650	31.6	
2	47.515	6.63	1.49700	81.5	
3	-331.665	0.15			
4	63.043	3.30	1.49700	81.5	
5	1937.835	0.13			50

6	45.623	3.48	1.76385	48.5	
7	306.587	(可変)			
8	-144.621	0.86	1.83481	42.7	
9	13.998	(可変)			
10*	-31.968	0.95	1.58313	59.4	
11*	22.771	2.94			
12	-20.484	0.80	1.43875	94.9	
13	-41.458	0.11			
14	69.440	1.69	1.92286	18.9	
15	-77.197	(可変)			10
16(絞り)		(可変)			
17*	18.267	4.44	1.58313	59.4	
18*	-84.629	3.85			
19	-196.103	0.70	1.83400	37.2	
20	21.699	0.45			
21	30.253	3.54	1.43875	94.9	
22	-25.349	0.80			
23	19.304	0.58	1.95375	32.3	
24	13.881	4.39	1.48749	70.2	
25	-75.273	(可変)			20
26	-124.442	2.23	1.84666	23.8	
27	-16.011	0.58	1.78590	44.2	
28	23.070	(可変)			
29	98.878	5.07	1.48749	70.2	
30	-16.186	0.77	2.00069	25.5	
31	-35.084	0.17			
32	33.585	4.49	1.48749	70.2	
33	-35.391	(可変)			
34		1.60	1.51633	64.1	
35		(可変)			30

像面

非球面データ

第10面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.52156e-005 A 6= 1.52174e-007 A 8= 1.30021e-009

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.82277e-005 A 6= 2.85310e-007 A 8= 7.82520e-010

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-9.01866e-006 A 6=-5.47165e-008 A 8= 3.07282e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.16768e-005 A 6=-7.40304e-008 A 8= 4.56859e-010

各種データ

ズーム比	13.00	
	広角	中間
焦点距離	9.91	51.67
Fナンバー	2.85	4.10
	望遠	128.78
		4.60

10

20

30

40

50

半画角	33.05	8.16	3.29
像高	6.45	7.41	7.41
レンズ全長	140.81	140.81	140.81
BF	14.24	14.24	14.24

d 7	1.37	24.01	33.71
d 9	4.46	3.65	4.64
d15	34.47	12.64	1.95
d16	11.29	0.95	0.95
d25	2.98	14.38	13.75
d28	17.18	16.11	16.75
d33	6.39	6.39	6.39
d35	6.79	6.79	6.79

10

ズームレンズ群データ(広角端状態)

群 始面 焦点距離

1	1	53.18
2	8	-10.61
SP	16	
3	17	22.67
4	26	-26.77
R	29	33.91

20

【0076】

(数値実施例9)

単位 mm

面データ

面番号i	r i	d i	n di	vdi
1	136.108	1.73	1.91650	31.6
2	42.051	8.04	1.43875	94.9
3	-319.896	0.15		
4	72.152	3.26	1.43875	94.9
5	416.653	0.13		
6	43.712	5.02	1.76385	48.5
7	1640.852	(可変)		
8	-119.700	0.86	2.00330	28.3
9	24.879	(可変)		
10*	-36.307	0.95	1.58313	59.4
11*	15.028	3.87		
12	-21.246	0.80	1.43875	94.9
13	283.648	0.94		
14	61.369	2.07	1.92286	18.9
15	-59.358	(可変)		
16(絞り)		(可変)		
17*	17.040	4.81	1.58313	59.4
18*	-259.082	3.68		
19	-930.720	0.70	1.83400	37.2
20	19.555	0.46		
21	27.336	3.33	1.43875	94.9
22	-29.161	0.80		

40

50

23	20.401	0.58	1.95375	32.3	
24	14.589	3.38	1.48749	70.2	
25	-92.685	(可変)			
26	-101.760	2.70	1.84666	23.8	
27	-12.555	0.58	1.78590	44.2	
28	24.211	(可変)			
29	33.495	6.04	1.48749	70.2	
30	-14.418	0.77	2.00069	25.5	
31	-41.798	0.17			
32	40.341	4.48	1.48749	70.2	10
33	-25.641	(可変)			
34		1.45	1.51633	64.1	
35		(可変)			

像面

非球面データ

第10面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.36968e-005 A 6=-4.19034e-007 A 8= 4.06008e-009

第11面

20

K = 0.00000e+000 A 4=-2.62604e-005 A 6=-6.46769e-007 A 8= 6.92358e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.13595e-005 A 6=-4.28085e-008 A 8= 5.82192e-011

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.55704e-005 A 6=-5.05319e-008 A 8= 2.39408e-010

各種データ

ズーム比	13.00				30
	広角	中間	望遠		
焦点距離	10.50	47.86	136.46		
Fナンバー	2.85	4.10	4.60		
半画角	31.56	8.80	3.11		
像高	6.45	7.41	7.41		
レンズ全長	143.15	143.15	143.15		
BF	15.83	15.83	15.83		
d 7	1.24	23.93	33.66		
d 9	2.77	0.80	3.14		40
d15	34.47	13.75	1.69		
d16	9.44	3.07	1.23		
d25	6.35	16.74	12.42		
d28	12.74	8.72	14.88		
d33	7.99	7.99	7.99		
d35	6.89	6.89	6.89		

ズームレンズ群データ(広角端状態)

群 始面 焦点距離

1 1 52.01

50

2 8 -8.76
 SP 16
 3 17 24.90
 4 26 -27.54
 R 29 30.90

【0077】

【表1】

表1

条件式	実施例								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(1) f1/fw	6.426	7.315	6.065	7.150	7.666	7.345	6.380	5.368	4.955
(2) M2/Mv	-2.385	-3.381	-2.957	-4.566	-1.719	-3.061	-2.398	-3.145	-3.995
(3) Mv/fw	-1.628	-1.469	-1.192	-0.851	-2.771	-1.486	-1.619	-1.044	-0.782
(4) Nd1pr/Nd1pf	1.178	1.162	1.178	1.000	1.237	1.178	1.178	1.178	1.178
(5) f1/f2	-5.339	-5.288	-5.158	-6.150	-5.597	-6.309	-5.311	-5.011	-5.941
(6) f3/fw	2.554	2.655	2.423	1.813	2.850	2.651	2.651	2.288	2.372
(7) f4/fw	-2.725	-2.044	-2.864	-1.644	-2.668	-2.589	-3.140	-2.702	-2.624
(8) M2/f2	-3.226	-3.590	-2.998	-3.341	-3.477	-3.909	-3.231	-3.065	-3.745
(9) $(1-\beta_4 w^2)\beta R w^2$	-2.300	-2.364	-2.027	-3.620	-2.402	-2.500	-2.092	-2.190	-1.622

f1	54.943	62.179	50.343	71.502	63.630	61.698	54.549	53.176	52.011
f2	-10.290	-11.758	-9.760	-11.626	-11.369	-9.779	-10.271	-10.612	-8.755
f3	21.836	22.572	20.110	18.132	23.657	22.270	22.663	22.670	24.897
f4	-23.297	-17.377	-23.771	-16.436	-22.148	-21.751	-26.844	-26.770	-27.539
fw	8.550	8.500	8.300	10.000	8.300	8.400	8.550	9.906	10.497
M2	33.200	42.216	29.262	38.840	39.534	38.221	33.182	32.525	32.787
	B2群	B2群	B2群	B2群	B22群	B22群	B21群	B22群	B22群
Mv	-13.920	-12.487	-9.895	-8.507	-23.002	-12.486	-13.840	-10.342	-8.206
	B3群	B3群	B3群	B3群	B32群	B32群	B3群	B3群	B3群
Nd1pr	1.764	1.764	1.764	1.595	1.816	1.764	1.764	1.764	1.764
Nd1pf	1.497	1.517	1.497	1.595	1.468	1.497	1.497	1.497	1.497
$\beta_4 w$	3.217	3.220	2.957	3.726	3.161	2.841	2.982	3.000	3.420
$\beta R w$	0.497	0.502	0.512	0.530	0.490	0.594	0.515	0.523	0.389

【符号の説明】

【0078】

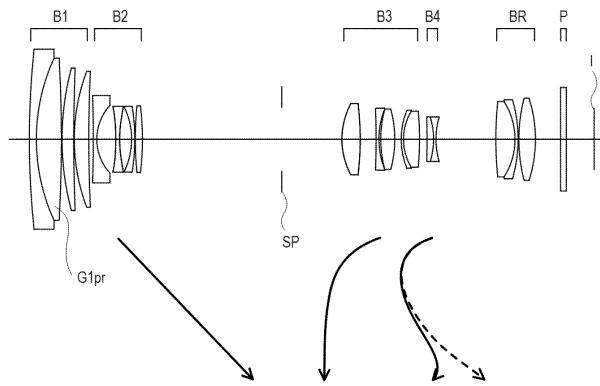
- B 1 第1群
- B 2 第2群
- B 3 第3群
- B 4 第4群
- B R 後群

10

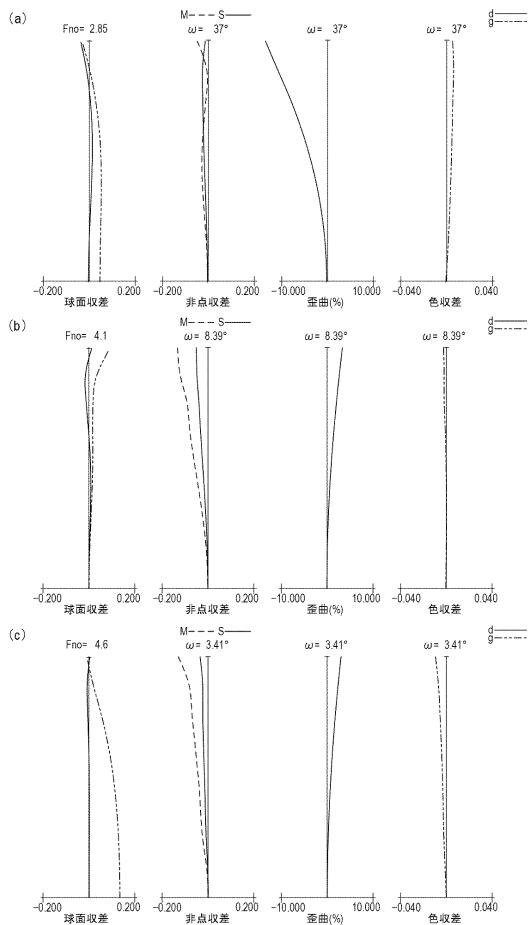
20

30

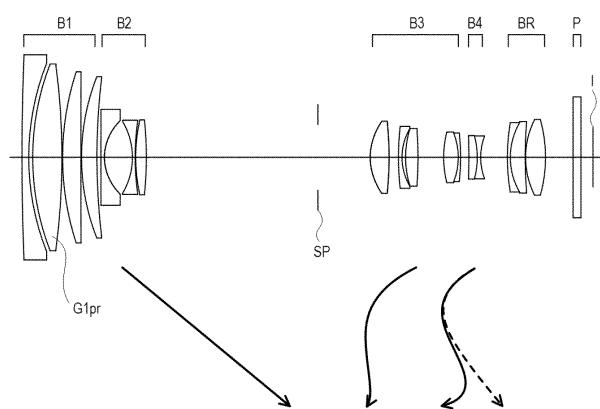
【図1】



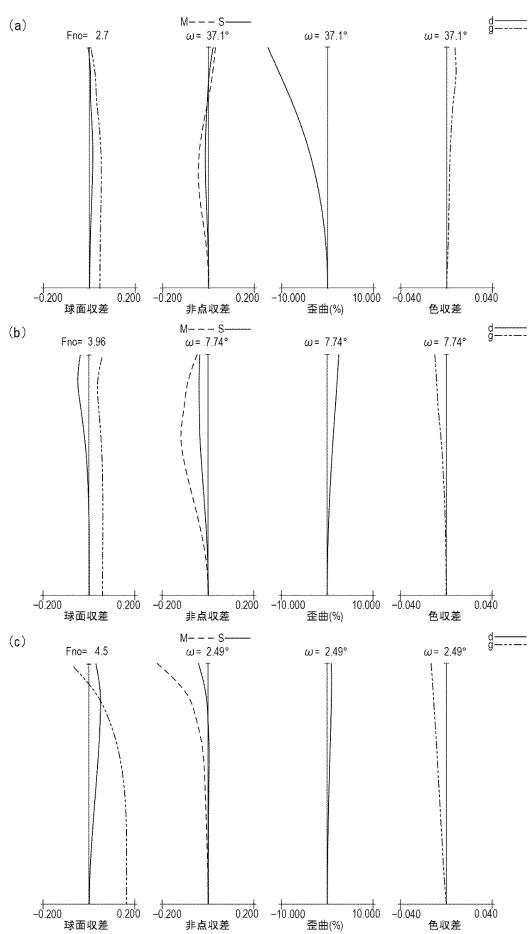
【図2】



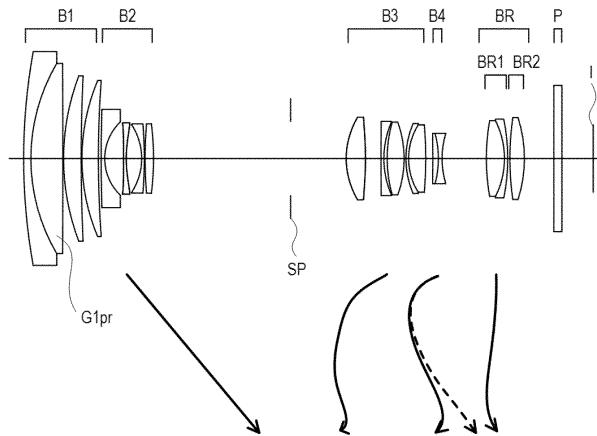
【図3】



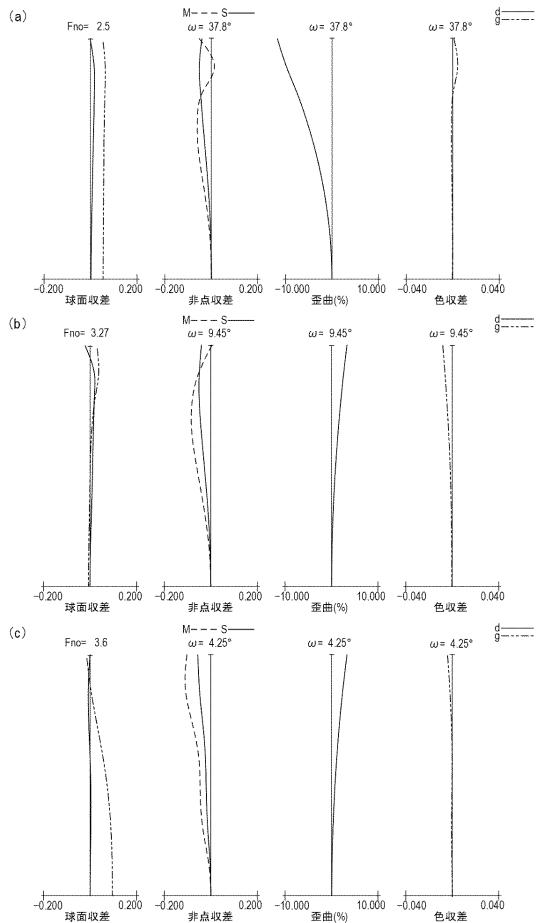
【図4】



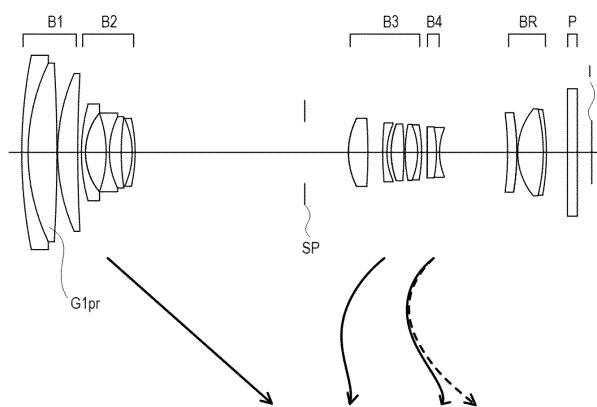
【図5】



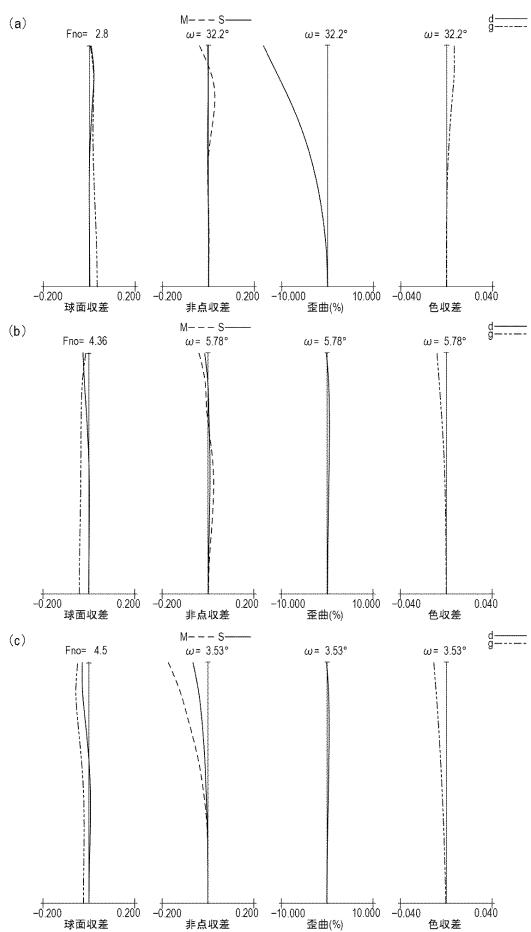
【図6】



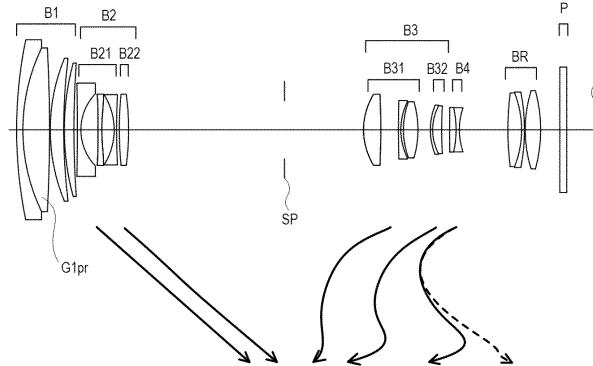
【図7】



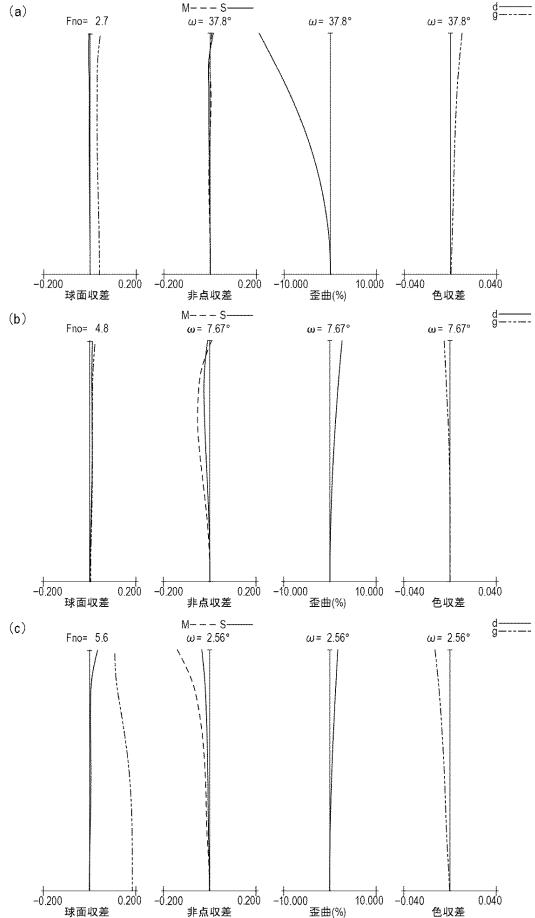
【図8】



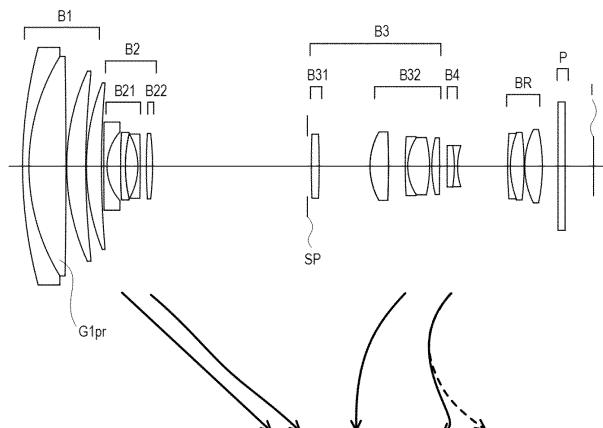
【図9】



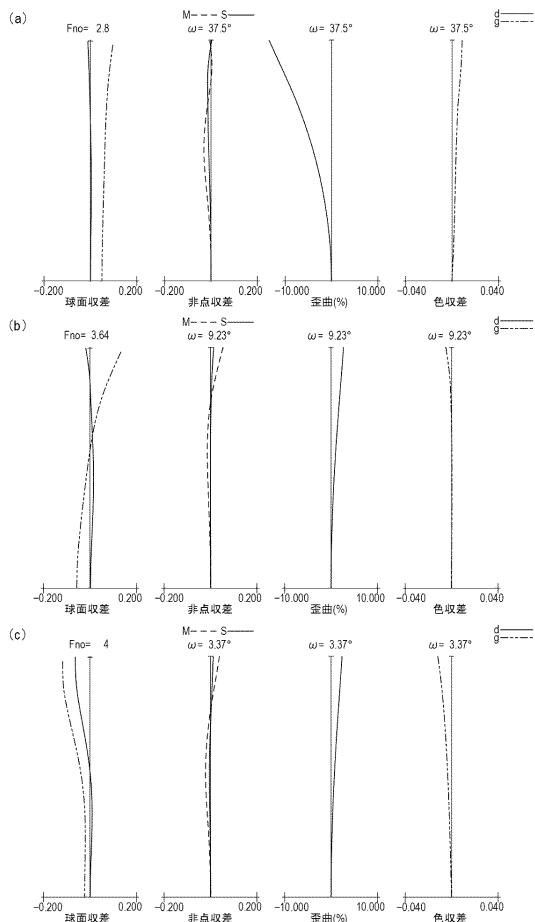
【図10】



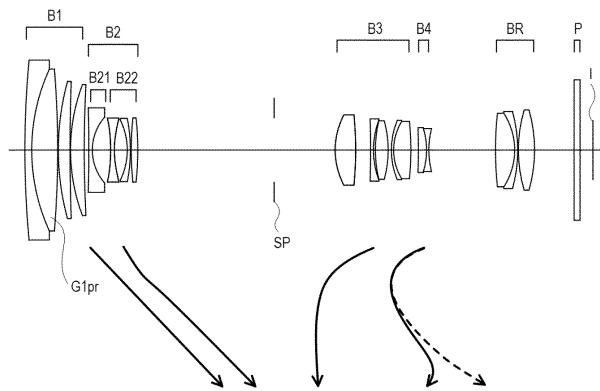
【図11】



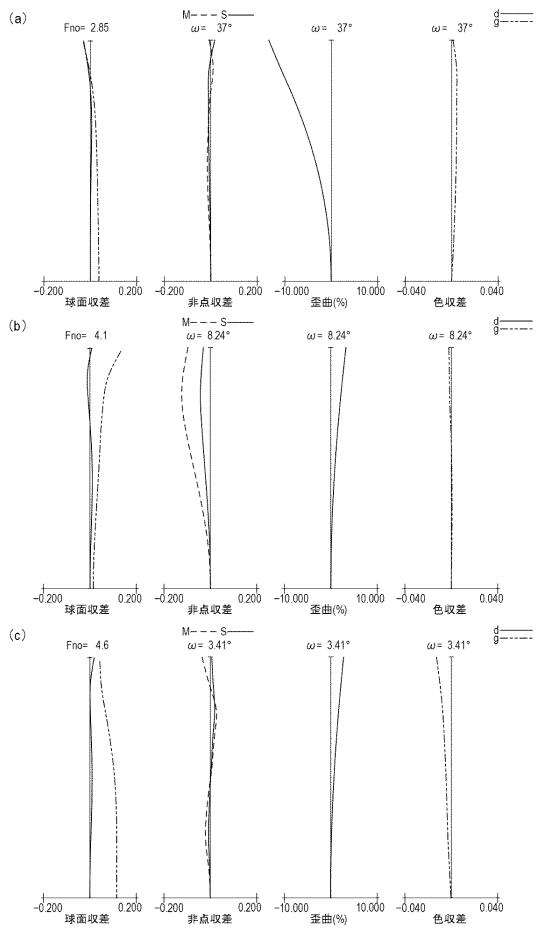
【図12】



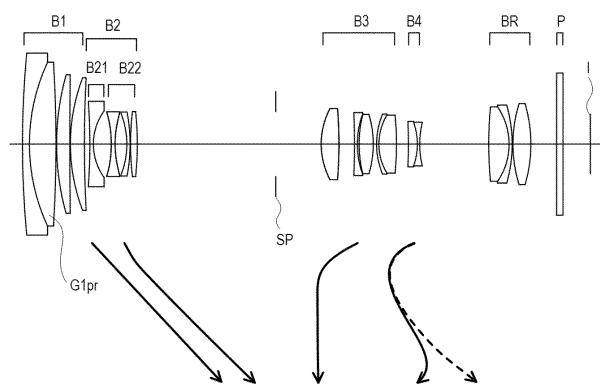
【図13】



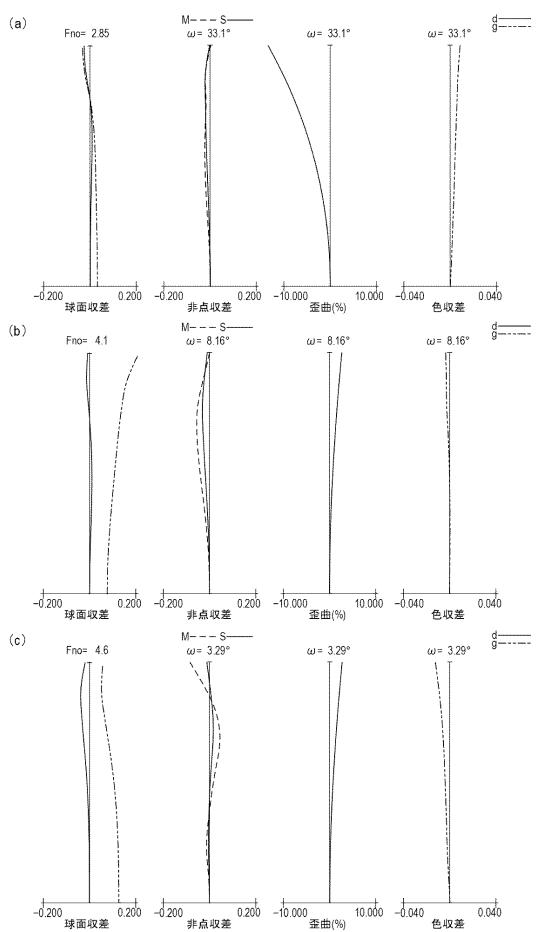
【図14】



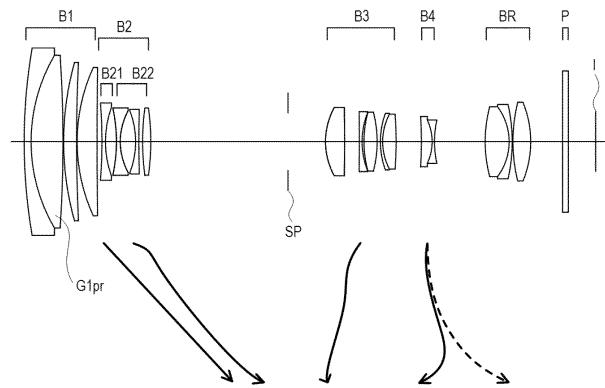
【図15】



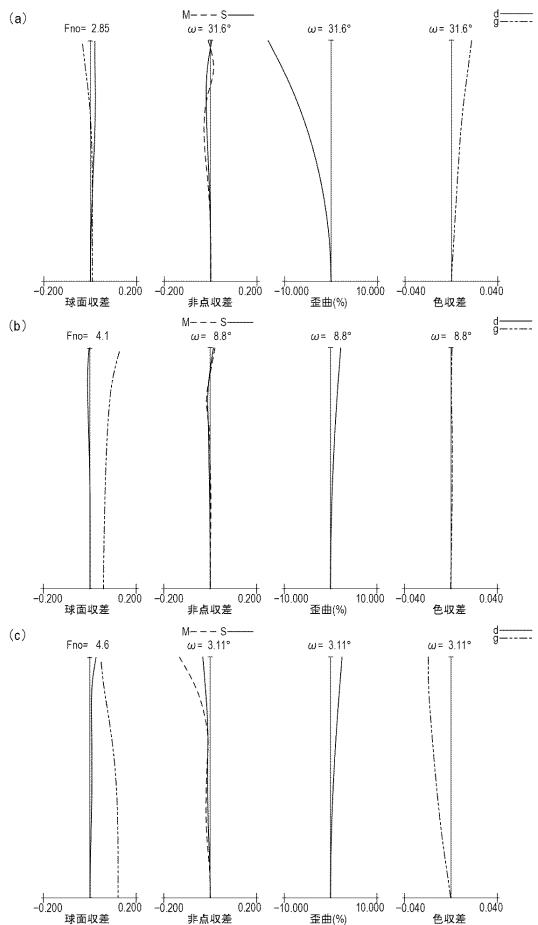
【図16】



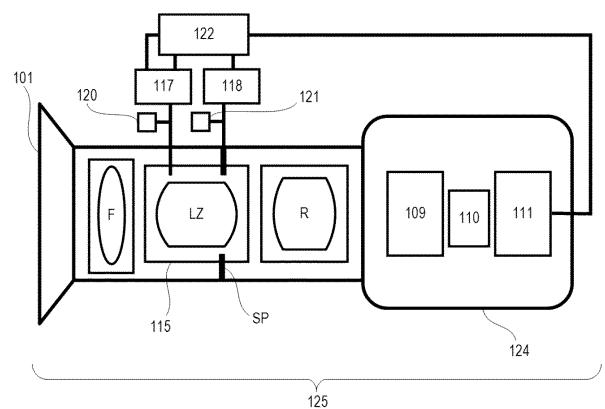
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

審査官 岡田 弘

(56)参考文献 特開平08-005913(JP,A)
特開平08-190051(JP,A)
特開2006-337745(JP,A)
特開2013-195749(JP,A)
特開2014-232273(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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