

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-76771

(P2021-76771A)

(43) 公開日 令和3年5月20日(2021.5.20)

(51) Int.Cl.

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

F 1

G02B 15/20
G02B 13/18

テーマコード(参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 60 頁)

(21) 出願番号

特願2019-204797 (P2019-204797)

(22) 出願日

令和1年11月12日 (2019.11.12)

(71) 出願人 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 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(74) 代理人 100104628

弁理士 水本 敦也

(74) 代理人 100121614

弁理士 平山 優也

(72) 発明者 黒川 周一

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

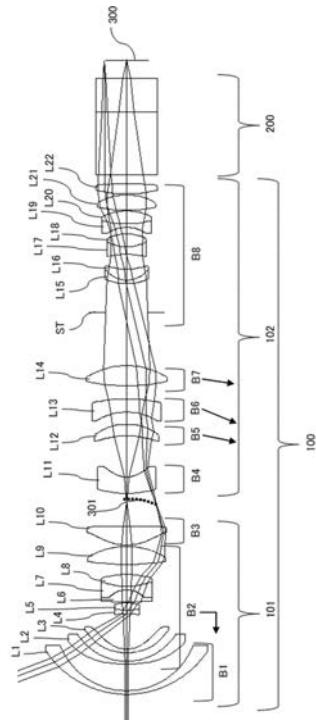
(54) 【発明の名称】結像光学系およびそれを有する画像投影装置

(57) 【要約】

【課題】広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する結像光学系を提供すること。

【解決手段】結像光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系から構成され、拡大共役側の拡大共役点が第1光学系と第2光学系の間の中間結像位置に結像し、中間結像位置に結像した像が縮小共役側の縮小共役点に再結像する結像光学系であって、第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動すると共に最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズを備える第1レンズ群を有し、第2光学系は、フォーカシングに際して固定であり、第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズのアッベ数、第1光学系の焦点距離、第1レンズ群の焦点距離を各々適切に設定する。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系から構成され、前記拡大共役側の拡大共役点が前記第1光学系と前記第2光学系の間の中間結像位置に結像し、前記中間結像位置に結像した像が前記縮小共役側の縮小共役点に再結像する結像光学系であって、

前記第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動すると共に最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズを備える第1レンズ群を有し、

前記第2光学系は、フォーカシングに際して固定であり、

前記第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズのアッベ数を f_s 、前記第1光学系の焦点距離を f_1 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1' とするとき、

$$0 < \frac{f_s}{f_1} < 1$$

【数11】

$$0 < \frac{f_s}{f_1} < 1$$

なる条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記メニスカスレンズと前記第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズとの間で、軸外光線の主光線が前記光学系の光軸と交差することを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズのパワーは、正であることを特徴とする請求項1又は2に記載の結像光学系。

【請求項 4】

前記第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズの焦点距離を f_m 、前記第1レンズ群から前記第1レンズ群の最も縮小側に配置されたレンズを除く部分群の焦点距離を f_m' とするとき、

【数12】

$$-1 \leq \frac{f_m}{f_m'} \leq 1$$

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の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項 5】

前記第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する1つの移動レンズ群を有することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項 6】

前記第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する2つの移動レンズ群を有することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項 7】

拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系から構成され、前記拡大共役側の拡大共役点が前記第1光学系と前記第2光学系の間の中間結像位置に結像し、前記中間結像位置に結像した像が前記縮小共役側の縮小共役点に再結像する結像光学系であって、

前記第1光学系は、前記拡大共役側から前記縮小共役側へ順に配置された、フォーカシングに際して光軸方向へ移動すると共に最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズを備える第1レンズ群、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する第2レンズ群を有し

10

20

30

40

50

、前記第2光学系は、フォーカシングに際して固定であり、

前記第2レンズ群のアッペ数を f_2 とするとき、

$$0 < f_2 \leq 40$$

なる条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

【請求項8】

前記メニスカスレンズと前記第2レンズ群との間で、軸外光線の主光線が前記光学系の光軸と交差することを特徴とする請求項7に記載の結像光学系。

【請求項9】

前記第2レンズ群のパワーは、正であることを特徴とする請求項7又は8に記載の結像光学系。 10

【請求項10】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

【数13】

$$-1 \leq \frac{f_2}{f_1} \leq 1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項7乃至9の何れか一項に記載の結像光学系

。

【請求項11】

前記第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する3つの移動レンズ群を有することを特徴とする請求項7乃至10の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項12】

前記3つの移動レンズ群のうち前記第1および第2レンズ群とは異なる第3レンズ群のパワーは、正であることを特徴とする請求項11に記載の結像光学系。

【請求項13】

前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

【数14】

$$-0.5 \leq \frac{f_3}{f_1} \leq 0.5$$

$$0 < \frac{f_2}{f_3} \leq 2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項12に記載の結像光学系。

【請求項14】

前記第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する2つの移動レンズ群を有することを特徴とする請求項7乃至10の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項15】

前記移動レンズ群のうち前記第1レンズ群とは異なる第2レンズ群のパワーは、正であることを特徴とする請求項14に記載の結像光学系。

【請求項16】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

20

30

40

【数16】

$$-0.5 \leq \frac{f_2}{f'_m} \leq 0.5$$

$$0 < \frac{f_m}{f_2} \leq 2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項15に記載の結像光学系。

【請求項17】

前記第1レンズ群は、接合レンズを有することを特徴とする請求項1乃至16の何れか一項に記載の結像光学系。 10

【請求項18】

前記接合レンズは、3枚の単レンズからなることを特徴とする請求項17に記載の結像光学系。

【請求項19】

前記接合レンズは、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、両凸レンズ、両凹レンズ、両凸レンズからなることを特徴とする請求項18に記載の結像光学系。

【請求項20】

前記3枚の単レンズのそれぞれのアッベ数を拡大共役側から順に 1 1 , 1 2 , 1
₃とするとき、 20

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & < \\ 1 & 2 & < \\ 1 & 1 & < \end{array} \quad \begin{array}{cc} 1 & 1 \\ 1 & 3 \\ 1 & 3 \end{array}$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項18又は19に記載の結像光学系。

【請求項21】

ズーミングに際して、前記第1光学系は前記光軸方向へ移動する少なくとも1つの変倍レンズ群を備え、前記第2光学系は固定であることを特徴とする請求項1乃至20の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項22】

ズーミングに際して、前記第1光学系は固定であり、前記第2光学系は前記光軸方向へ移動する少なくとも1つの変倍レンズを備えることを特徴とする請求項1乃至20の何れか一項に記載の結像光学系。 30

【請求項23】

ズーミングに際して、前記第1および第2光学系はそれぞれ、前記光軸方向へ移動する少なくとも1つの変倍レンズを備えることを特徴とする請求項1乃至20の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項24】

前記メニスカスレンズは、非球面を有することを特徴とする請求項1乃至23の何れか一項に記載の結像光学系。

【請求項25】

光変調素子と、

請求項1乃至24の何れか一項に記載の結像光学系とを有することを特徴とする画像投影装置。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結像光学系に関し、光変調素子に表示された画像を拡大投影するプロジェクター等の画像投影装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来、画像投影装置において、バックフォーカスと良好なテレセントリック性とを確保するための投写光学系として、レトロフォーカスタイルが多用されている。また、光変調素子の高精細化が進みフルHDを超える解像度に対応するより高い性能が求められると共に、近距離で大きな画像を投影可能な広角化が強く望まれている。

【0003】

しかしながら、レトロフォーカスタイルで広角化をすすめると最も被投写面側のレンズが極端に大口径化してしまう。近年、最も被投写面側のレンズの大口径化を抑えるために、光変調素子の表示画像を屈折光学系で中間像として一度結像させ、その中間像を別の屈折光学系により被投写面に拡大投影させるレンズ（以降、再結像タイプのレンズ）が提案されている。特許文献1乃至3には、再結像タイプのレンズにおけるフォーカス群の構成が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-152764号公報

【特許文献2】特開2018-97047号公報

【特許文献3】特開2018-138945号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

広角化に伴い、投写距離を変化させた際に像面湾曲が大きく発生するため、ピントを合わせるフォーカシング時に像面湾曲を補正する必要がある。その際に、歪曲収差が変動しないように注意する必要がある。

【0006】

しかしながら、特許文献1の構成では、光学系の大部分をフォーカス群として使用しているため、フォーカス機構が大型かつ複雑化し、コストが増大してしまう。

【0007】

特許文献2の構成では、フォーカス群を小型化しているが、収差補正が十分とは言い難く、フォーカシングに伴う収差変動も目立っている。

30

【0008】

特許文献3の構成では、フォーカシングに伴う収差変動が改善されているが、フォーカシング可能な投写距離範囲が狭く、使用範囲が限定されてしまう。

【0009】

本発明は、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する結像光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一側面としての結像光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系から構成され、拡大共役側の拡大共役点が第1光学系と第2光学系の中間に位置する結像位置に結像し、中間に位置する結像した像が縮小共役側の縮小共役点に再結像する結像光学系であって、第1光学系は、フォーカシングに際して光軸方向へ移動すると共に最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズを備える第1レンズ群を有し、第2光学系は、フォーカシングに際して固定であり、第1レンズ群の最も縮小共役側に配置されたレンズのアッベ数を n_1 、第1光学系の焦点距離を f_s 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0 < n_1 < 4.0$$

40

【0011】

【数1】

$$0 < \frac{f_s}{f_1} < 1$$

【0012】

なる条件式を満足することを特徴とする。

【0013】

また、本発明の他の側面としての結像光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系から構成され、拡大共役側の拡大共役点が第1光学系と第2光学系の中間結像位置に結像し、中間結像位置に結像した像が縮小共役側の縮小共役点に再結像する結像光学系であって、第1光学系は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、フォーカシングに際して光軸方向へ移動すると共に最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズを備える第1レンズ群、フォーカシングに際して光軸方向へ移動する第2レンズ群を有し、第2光学系は、フォーカシングに際して固定であり、第2レンズ群のアッペ数を₂とするとき、

$$0 < \frac{f_2}{f_1} < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する結像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図2】第1の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図3】第2の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図4】第2の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図5】第3の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図6】第3の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図7】第4の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図8】第4の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図9】第5の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図10】第5の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図11】第6の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図12】第6の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図13】第7の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図14】第7の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図15】第8の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図16】第8の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図17】第9の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図18】第9の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図19】第10の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図20】第10の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図21】第11の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図22】第11の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図23】第12の実施形態に係る光学系の広角端での光路図である。

【図24】第12の実施形態に係る光学系の収差図である。

【図25】本発明の画像投影装置の概略図である。

【図26】本発明の撮像装置の要部概略図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。また、各図において、本発明を容易に理解できるようにするために、実際とは異なる縮尺で描かれている場合がある。

【第1の実施形態】

図1は、本実施形態に係る光学系(結像光学系)100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図1では投写距離655mmでの広角端における光路図が示されている。

10

【0017】

図1において、左方が拡大共役側で、右方が縮小共役側である。光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に、正の屈折力の第1光学系、正の屈折力の第2光学系が配置されている。また、拡大共役側の拡大共役点が第1光学系と第2光学系の中間結像位置に結像し、中間結像位置に結像した像が縮小共役側の縮小共役点に再結像するように構成されている。

【0018】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正であるレンズ群B1, B2, B3から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、正であるレンズ群B4, B5, B6, B7, B8から構成される。STは開口絞りである。

20

【0019】

第2光学系102は光変調素子(画像表示素子)300の共役像である中間像301を形成し、第1光学系101は中間像301を不図示のスクリーン面(被投写面)に投写する。光変調素子300として例えば、液晶パネルやマイクロミラーデバイス等が用いられる

色合成光学系200は、合成プリズムやPBS(偏光ビームスプリッタ)等から構成され、光学系100と光変調素子300との間に配置されている。色合成光学系200は、光変調素子300により変調された光を光学系100に導光する。

30

【0020】

なお、本実施形態では、スクリーン面が拡大側共役面、光変調素子300が縮小側共役面である。

【0021】

第1光学系101は広角化の機能を担い、第2光学系102はバックフォーカスと良好なテレセントリック性の確保を担っている。

【0022】

また、第2光学系102の残存収差を第1光学系101で補正している。このような構成とすることで、広角でありながら良好な光学性能を実現することができる。

【0023】

さらに、第1光学系101はレトロフォーカスタイルであり一般的に歪曲収差の補正が困難であるが、第2光学系102の最も拡大共役側に負の屈折力のレンズ群B4を配置することにより歪曲収差の補正を行っている。

40

【0024】

また、通常の中間像を有さないズームレンズと比較して、広角化を担う第1光学系101のバックフォーカスを短くできるため、最も拡大共役側のレンズを小径化できる。

【0025】

本実施形態では、投写距離を変更した際のフォーカシングは、第1光学系101を構成する一部のレンズ群(移動レンズ群)の間隔を変化させることで行われる。具体的には、レンズ群B2が第1光学系101の光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1, B3は、フォーカシングに際して固定である。また、第2光学系102は、フォーカシン

50

グに際して固定である。なお、投写距離とは拡大側共役面と光学系 100 の最も拡大共役側のレンズ L1 の拡大共役側のレンズ面との距離である。

【0026】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系 102 を構成する各レンズ群の間隔を変化させることで行われる。具体的には、レンズ群 B5, B6, B7 が各々異なる軌跡で第2光学系 102 の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞り ST は、レンズ群 B8 の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系 100 は変倍に伴う F ナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

【0027】

本実施形態では、変倍時に第1光学系 101 を固定することで、光学的作用としては中間像 301 の変倍であり、第1光学系 101 の構成を簡略化できる。したがって、第1光学系 101 のバックフォーカスを短くすることができるため、光学系 100 全体を小型化可能である。また、変倍時に移動するレンズ群を第2光学系 102 だけに集約することになり、ズームカム構成も簡略化できる。

10

【0028】

本実施形態では、フォーカシングに際して第2光学系 102 を固定することで、フォーカシング時に中間像 301 の位置変化がほとんど起こらない。そのため、所望の投写距離においてピントを合わせた後のレンズ群 B2 の光軸方向の位置を、第2光学系 102 の変倍位置に関係なく、同一となるように構成できる。したがって、第2光学系 102 の構成を簡略化できると共に、変倍位置に関係なく、レンズ群 B2 の移動軌跡を同一にできるためフォーカスカム構成も簡略化できる。

20

【0029】

本実施形態のように広角な光学系 100 が広い投写距離で良好な光学性能を有するためには、投写距離が変化した際に発生する像面湾曲をフォーカシング時に良好に補正する必要がある。本実施形態では、フォーカシング時に移動するレンズ群 B2 の、軸外光線の高さが大きい最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズ L2 を配置することで、フォーカシング時に像面湾曲を良好に補正可能である。また、メニスカスレンズ L2 を配置することは、歪曲収差の変動を抑える上でも効果的である。

【0030】

一方、軸外光線の高さが大きいため、メニスカスレンズ L2 の移動に伴い、特に倍率色収差が変動してしまう。本実施形態では、レンズ群 B2 の最も縮小共役側に高分散なレンズ L9 を配置することで、倍率色収差の変動を抑制している。本実施形態では、レンズ L9 のアッベ数を ν とするとき、以下の条件式(1)を満足する。

30

【0031】

$$0 < \nu < 40 \quad (1)$$

アッベ数 ν が条件式(1)の下限値を下回ると、倍率色収差を補正するためのレンズ L9 の移動方向がメニスカスレンズ L1 の移動方向と逆方向となるため、レンズ L9 をレンズ群 B2 から分離する必要が生じ、光学系 100 の大型化を招く。また、アッベ数 ν が条件式(1)の上限値を上回ると、レンズ L9 の分散が弱くなるため倍率色収差の補正効果が不十分となる。

40

【0032】

好みしくは、条件式(1)の数値範囲を以下の条件式(1a)の範囲とすることがよい。

【0033】

$$0 < \nu < 30 \quad (1a)$$

さらに好みしくは、条件式(1)の数値範囲を以下の条件式(1b)の範囲とすることがよい。

【0034】

$$0 < \nu < 25 \quad (1b)$$

なお、レンズ L9 は、単レンズであってもよいし、接合レンズであってもよい。本実施

50

形態では、レンズ L 9 は単レンズであり、アッベ数 v は 22.76 であり、条件式(1)を満足している。レンズ L 9 が n 個のレンズの接合で構成されている場合、アッベ数 v はレンズ L 9 の焦点距離を f 、レンズ L 9 を構成する i 番目の単レンズの焦点距離を f_i 、 i 番目の単レンズのアッベ数を v_i とするとき、以下の式(2)で定義される。

【0035】

【数2】

$$v = \frac{1}{f \sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i v_i}} \quad (2)$$

10

【0036】

また、本実施形態では、第1光学系 101 の焦点距離を f_s 、レンズ群 B 2 の焦点距離を f_1 とするとき、以下の条件式(3)を満足する。

【0037】

【数3】

$$0 < \frac{f_s}{f_1} < 1 \quad (3)$$

【0038】

条件式(3)の上限値を上回ると、レンズ群 B 2 のパワーが第1光学系 101 のパワーに対して大きくなり過ぎ、各種収差が悪化する。

20

【0039】

本実施形態では、第1光学系 101 の焦点距離は 7.03 mm、レンズ群 B 2 の焦点距離は 21.44 mm であり、条件式(3)を満足している。

【0040】

好ましくは、条件式(3)の数値範囲を以下の条件式(3a)の範囲とすることがよい。

【0041】

【数4】

$$0.2 < \frac{f_s}{f_1} < 0.7 \quad (3a)$$

30

【0042】

さらに好ましくは、条件式(3)の数値範囲を以下の条件式(3b)の範囲とすることがよい。

【0043】

【数5】

$$0.3 < \frac{f_s}{f_1} < 0.5 \quad (3b)$$

40

【0044】

倍率色収差の補正効果を高めるためには、レンズ群 B 2 の最も縮小共役側に配置されたレンズ L 9 への軸外光線の高さを大きくすることが好ましい。また、像面湾曲の補正効果を高めるためには、レンズ群 B 2 の最も拡大共役側に配置されたメニスカスレンズ L 2 への軸外光線の高さを大きくすることが好ましい。本実施形態では、メニスカスレンズ L 2 とレンズ L 9 との間に瞳が配置される構成とし、軸外光線の主光線がメニスカスレンズ L 2 とレンズ L 9 との間で光軸と交差するようにしている。このような構成により、レンズ L 9 に対して軸外光線の高さを大きくすることができ、倍率色収差の補正効果を高めることができる。

【0045】

50

レンズ L 9 のパワーが負である場合、軸外光線を更に外側に屈折させてしまうため、縮小共役側の光学系の大型化を招く。したがって、レンズ L 9 のパワーは正であることが好ましい。

【0046】

色収差の変動をより抑えるためには、レンズ群 B 2 は接合レンズを有することが好ましい。レンズ群 B 2 は、色収差補正効果の高い 3 枚の単レンズからなる接合レンズを有することがより好ましい。本実施形態では、レンズ群 B 2 は、レンズ L 6 , L 7 , L 8 からなる接合レンズを有する。接合レンズは、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、両凸レンズ、両凹レンズ、両凸レンズからなることが特に好ましい。

【0047】

また、色収差補正の効果を高めるために、接合レンズを構成する 3 枚の単レンズのそれぞれのアッペ数を拡大共役側から順に $f_1 < f_2 < f_3$ とするとき、以下の条件式(4)乃至(6)を満足することが好ましい。

【0048】

$$\begin{aligned} f_1 &< f_2 & (4) \\ f_2 &< f_3 & (5) \\ f_1 &< f_3 & (6) \end{aligned}$$

本実施形態では、レンズ L 6 , L 7 , L 8 の各アッペ数は 40.78 , 23.78 , 68.62 であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0049】

レンズ群 B 2 について、最も縮小共役側に配置されたレンズ L 9 の焦点距離を f_m 、レンズ L 9 を除く部分群の焦点距離を f'_m とするとき、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

【0050】

【数6】

$$-1 \leq \frac{f_m}{f'_m} \leq 1 \quad (7)$$

【0051】

条件式(7)の範囲外になると、レンズ L 9 のパワーが部分群のパワーの絶対値よりも弱くなり過ぎ、倍率色収差が補正不足となってしまう。

【0052】

本実施形態では、レンズ L 9 の焦点距離は 43.37 mm 、部分群の焦点距離は -85.36 mm であり、条件式(7)を満足している。

【0053】

図 2 は、本実施形態における投写距離 459 mm , 655 mm , 1965 mm での広角端および望遠端の光学系 100 の収差図である。図 2 の収差図では、拡大共役側を物体側、縮小共役側を像側としている。横軸範囲は、球面収差図および非点収差図では ± 0.2 mm 、歪曲収差図では $\pm 0.5\%$ 、色収差図では ± 0.01 mm である。

【0054】

球面収差図において、d 線、C 線、F 線に対する球面収差量を示している。非点収差図において、M は d 線におけるメリディオナル像面における非点収差量、S は d 線に対するサジタル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図において、d 線に対する歪曲収差量を示している。色収差図において、C 線、F 線に対する倍率色収差量を示している。

【0055】

図 2 に示されるように、いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

10

20

30

40

50

【0056】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズである。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5、B6、B7が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有し、最も縮小共役側に高分散なレンズL9を有する。

【0057】

10

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

【0058】

なお、本実施形態では、第1光学系101は3つのレンズ群で構成されているが、本発明はこれに限定されない。第1光学系101は、異なる数のレンズ群で構成されていてもよい。また、第2光学系102についても群数や各群の構成については適宜変更可能であり、変倍機能を有さなくてもよい。

【0059】

20

また、本実施形態では光学系100を、画像投影装置に使用する光学系として説明したが、色合成光学系200を変更し、光変調素子300をCCDセンサやCMOSセンサなどに置き換えることで、撮像光学系としても使用できる。

【0060】

また、各使用用途等に応じてバックフォーカスの値等も変更可能である。

【0061】

また、本実施形態では、ズーミングに際して第2光学系102を構成する少なくとも1つの変倍レンズ群を光軸方向へ移動させているが、本発明はこれに限定されない。第1光学系101、または第1および第2光学系101、102を構成する少なくとも1つの変倍レンズ群を光軸方向へ移動させててもよい。

[第2の実施形態]

30

図3は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図3では投写距離775mmでの広角端における光路図が示されている。

【0062】

各レンズ群の正、負のパワー配置、および第1光学系101や第2光学系102を構成するレンズ群の数は、第1の実施形態と同様であるが、個々のレンズ群を構成する単レンズの枚数は一部異なっている。

【0063】

本実施形態では、第1の実施形態に対してフォーカシングに際して移動するレンズ群を1つ増やし、像面湾曲の変動をより良好に補正可能である。

【0064】

40

また、変倍についても移動するレンズ群を1つ増やすことで高倍化しつつ、変倍時の収差変動補正の改善を図っている。

【0065】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B2、B3が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1は、フォーカシングに際して固定である。

【0066】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

【0067】

50

本実施形態では、レンズ群B2の最も縮小共役側に配置されたレンズL8は単レンズであり、アッペ数は22.76であり、条件式(1)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0068】

瞳をメニスカスレンズL2とレンズL8との間に配置することでレンズL8に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズL8のパワーを正としている点も第1の実施形態と同様である。

【0069】

本実施形態では、フォーカシングに際してレンズ群B2,B3を移動させることにより、像面湾曲の変動をより良好に補正可能である。

10

【0070】

光学系100の広角端が、より広角側であるほど投写距離が変化したときに像面湾曲が大きく発生するため、特に半画角が60°を超えるような場合には、本実施形態のようにフォーカシングに際して移動するレンズ群を2つとすることが好ましい。

【0071】

また、レンズ群B3より縮小共役側の光学系の大型化を抑えるために、レンズ群B3のパワーは正であることが好ましい。

【0072】

また、レンズL8の焦点距離を f_m 、レンズ群B2からレンズL8を除く部分群の焦点距離を f'_m 、レンズ群B3の焦点距離を f_2 とするとき、以下の条件式(8),(9)を満足することが好ましい。

20

【0073】

【数7】

$$-0.5 \leq \frac{f_2}{f'_m} \leq 0.5 \quad (8)$$

$$0 < \frac{f_m}{f_2} \leq 2 \quad (9)$$

【0074】

条件式(8)の範囲外になると、レンズ群B3のパワーが部分群のパワーの絶対値に対し弱くなり過ぎ、フォーカシングに際して移動するレンズ群を増やしたことによる像面湾曲の補正効果が十分得られなくなってしまう。

30

【0075】

条件式(9)の下限値は、レンズL8およびレンズ群B3のパワーが共に正であることから決まる。条件式(9)の上限値を上回ると、レンズ群B3のパワーがレンズL8のパワーに対して、大きくなり過ぎ、倍率色収差が悪化する。

【0076】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B4,B5,B6,B7が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B8の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

40

【0077】

また、本実施形態では、第1光学系101の焦点距離は6.94mm、レンズ群B2の焦点距離は21.68mmであり、条件式(3)を満足している。

【0078】

また、本実施形態では、レンズL8の焦点距離は40.39mm、レンズ群B2からレンズL8を除く部分群の焦点距離は-110.84mm、レンズ群B3の焦点距離は40.39mmであり、条件式(7)乃至(9)を満足している。

【0079】

50

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッペ数は46.62, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0080】

図4は、本実施形態における投写距離542mm, 775mm, 2325mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0081】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2, B3が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B4, B5, B6, B7が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有し、最も縮小共役側に高分散なレンズL8を有する。

【0082】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

【第3の実施形態】

図5は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図5では投写距離968mmでの広角端における光路図が示されている。

【0083】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第2光学系102からなる。

【0084】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正であるレンズ群B1, B2, B3から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、正であるレンズ群B4, B5, B6, B7, B8から構成される。STは開口絞りである。

【0085】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B2, B3が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1は、フォーカシングに際して固定である。

【0086】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

【0087】

本実施形態では、レンズ群B2の最も縮小共役側に配置されたレンズL9は単レンズであり、アッペ数は22.76であり、条件式(1)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0088】

瞳をメニスカスレンズL2とレンズL9との間に配置することでレンズL9に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズL9のパワーを正としている点も第1および第2の実施形態と同様である。

【0089】

10

20

30

40

50

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B4，B5，B6，B7が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B8の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

【0090】

また、本実施形態では、第1光学系101の焦点距離は7.76mm、レンズ群B2の焦点距離は20.91mmであり、条件式(3)を満足している。

【0091】

また、本実施形態では、レンズL9の焦点距離は54.84mm、レンズ群B2からレンズL9を除く部分群の焦点距離は-1580.63mm、レンズ群B3の焦点距離は38.86mmであり、条件式(7)乃至(9)を満足している。10

【0092】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッペ数は40.81，23.78，68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0093】

図6は、本実施形態における投写距離484mm，968mm，2904mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。20

【0094】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2，B3が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B4，B5，B6，B7が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有し、最も縮小共役側に高分散なレンズL9を有する。30

【0095】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第4の実施形態]

図7は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図7では投写距離1163mmでの広角端における光路図が示されている。

【0096】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第2光学系102からなる。40

【0097】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正であるレンズ群B1，B2，B3から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、負、正であるレンズ群B4，B5，B6，B7，B8，B9から構成される。STは開口絞りである。

【0098】

本実施形態では、フォーカシングは、レンズ群B2が第1光学系101の光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1，B3は、フォーカシングに際して固定である。

【0099】

10

20

30

40

50

レンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

【0100】

本実施形態では、レンズ群B2の最も縮小共役側に配置されたレンズL8は単レンズであり、アッペ数は22.76であり、条件式(1)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0101】

瞳をメニスカスレンズL2とレンズL8との間に配置することでレンズL8に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズL8のパワーを正としている点も第1乃至第3の実施形態と同様である。

【0102】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B4, B5, B6, B7, B8が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B9の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

【0103】

また、本実施形態では、第1光学系101の焦点距離は9.27mm、レンズ群B2の焦点距離は25.94mmであり、条件式(3)を満足している。

【0104】

また、本実施形態では、レンズL8の焦点距離は71.63mm、レンズ群B2からレンズL8を除く部分群の焦点距離は92.41mmであり、条件式(7)を満足している。

【0105】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッペ数は37.13, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0106】

図8は、本実施形態における投写距離697mm, 1163mm, 3489mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0107】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズである。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B4, B5, B6, B7, B8が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有し、最も縮小共役側に高分散なレンズL8を有する。

【0108】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第5の実施形態]

図9は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図9では投写距離1163mmでの広角端における光路図が示されている。

【0109】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正

10

20

30

40

50

の屈折力の第2光学系102からなる。

【0110】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが正、正であるレンズ群B1，B2から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが正、負、正、正、正であるレンズ群B3，B4，B5，B6，B7，B8から構成される。STは開口絞りである。

【0111】

本実施形態では、フォーカシングは、レンズ群B1が第1光学系101の光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B2は、フォーカシングに際して固定である。

【0112】

レンズ群B1は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

10

【0113】

本実施形態では、レンズ群B1の最も縮小共役側に配置されたレンズL7は単レンズであり、アッペ数は22.76であり、条件式(1)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0114】

瞳をメニスカスレンズL1とレンズL7との間に配置することでレンズL7に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズL7のパワーを正としている点も第1乃至第4の実施形態と同様である。

20

【0115】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B4，B5，B6，B7が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B7の一部であり、ズーミングに際して移動する。すなわち、光学系100は変倍に伴いFナンバーが変化するズームレンズとなっている。

【0116】

また、本実施形態では、第1光学系101の焦点距離は10.31mm、レンズ群B1の焦点距離は21.47mmであり、条件式(3)を満足している。

【0117】

また、本実施形態では、レンズL7の焦点距離は51.51mm、レンズ群B1からレンズL7を除く部分群の焦点距離は-312.48mmであり、条件式(7)を満足している。

30

【0118】

また、本実施形態では、レンズ群B1は両凸レンズL4、両凹レンズL5、両凸レンズL6からなる接合レンズを有する。両凸レンズL4、両凹レンズL5、両凸レンズL6の各アッペ数は46.62，24.80，67.74であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

40

【0119】

図10は、本実施形態における投写距離700mm，1163mm，3493mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0120】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B1が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B4，B5，B6，B7が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群B1は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL1を有し、最も縮小共役側に高分散なレンズL7を有する。

50

【0121】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第6の実施形態]

図9は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図11では投写距離655mmでの広角端における光路図が示されている。

【0122】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第2光学系102からなる。

10

【0123】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、負、正であるレンズ群B1, B2, B3, B4から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正であるレンズ群B5, B6, B7, B8, B9から構成される。STは開口絞りである。

20

【0124】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B2, B3が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1, B4は、フォーカシングに際して固定である。

20

【0125】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B6, B7, B8が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B9の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

30

【0126】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。また、本実施形態では、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2の縮小共役側に配置されたレンズ群B3を高分散とすることで、レンズ群B2の移動による倍率色収差の変動を補正している。本実施形態では、レンズ群B3のアッペ数を v_2 とするととき、以下の条件式(10)を満足する。

30

【0127】

$$0 < \text{v}_2 < 40 \quad (10)$$

アッペ数 v_2 が条件式(10)の下限値を下回ると、倍率色収差を補正するためのレンズ群B2, B3の移動方向が逆方向となるため、レンズ群B2, B3の間隔をより広くする必要が生じ、光学系100の大型化を招く。また、アッペ数 v_2 が条件式(10)の上限値を上回ると、レンズ群B3の分散が弱くなるため倍率色収差の補正効果が不十分となる。

40

【0128】

好みしくは、条件式(10)の数値範囲を以下の条件式(10a)の範囲とすることがよい。

【0129】

$$0 < \text{v}_2 < 30 \quad (10a)$$

さらに好みしくは、条件式(10)の数値範囲を以下の条件式(10b)の範囲とすることがよい。

【0130】

$$0 < \text{v}_2 < 25 \quad (10b)$$

50

なお、レンズ群B3は、単レンズであってもよいし、接合レンズであってもよい。本実施形態では、レンズ群B3は単レンズであり、アッペ数 v_2 は22.76であり、条件式

(10) を満足している。レンズ群B3がn個のレンズの接合で構成されている場合、アッベ数₂は式(2)で定義される。

【0131】

倍率色収差の補正効果を高めるためには、レンズ群B3への軸外光線の高さを大きくすることが好ましい。また、像面湾曲の補正効果を高めるためには、レンズ群B2の最も拡大共役側に配置されたメニスカスレンズL2への軸外光線の高さを大きくすることが好ましい。本実施形態では、メニスカスレンズL2とレンズ群B3との間に瞳が配置される構成とし、軸外光線の主光線がメニスカスレンズL2とレンズ群B3との間で光軸と交差するようにしている。このような構成により、レンズ群B3に対して軸外光線の高さを大きくすることができ、倍率色収差の補正効果を高めることができる。

10

【0132】

レンズ群B3のパワーが負である場合、軸外光線を更に外側に屈折させてしまうため、縮小共役側の光学系の大型化を招く。したがって、レンズ群B3のパワーは正であることが好ましい。

【0133】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL6、両凹レンズL7、両凸レンズL8からなる接合レンズを有する。両凸レンズL6、両凹レンズL7、両凸レンズL8の各アッベ数は40.77, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

20

【0134】

レンズ群B2, B3の焦点距離をそれぞれ、f₁, f₂とするとき、以下の式(11)を満足することが好ましい。

【0135】

【数8】

$$-1 \leq \frac{f_2}{f_1} \leq 1 \quad (11)$$

【0136】

条件式(11)の範囲外になると、レンズ群B3のパワーがレンズ群B1のパワーの絶対値よりも弱くなり過ぎ、倍率色収差が補正不足となってしまう。

30

【0137】

本実施形態では、レンズ群B2の焦点距離は-117.29mm、レンズ群B3の焦点距離は45.66mmであり、条件式(11)を満足している。

【0138】

図12は、本実施形態における投写距離459mm, 655mm, 1965mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0139】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズである。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2, B3が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B6, B7, B8が光軸方向へ移動することで行われる。

40

フォーカシングに際して移動するレンズ群のうち、レンズ群B2は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL1を有し、レンズ群B2の縮小共役側に配置されたレンズ群B3は高分散である。

【0140】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投

50

写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系 100 を提供することができる。

【第 7 の実施形態】

図 13 は、本実施形態に係る光学系 100 の光路図である。光学系 100 は変倍機能を有するズームレンズであり、図 13 では投写距離 655 mm での広角端における光路図が示されている。

【0141】

各レンズ群の正、負のパワー配置、および第 1 光学系 101 や第 2 光学系 102 を構成するレンズ群の数は、第 6 の実施形態と同様であるが、個々のレンズ群を構成する単レンズの枚数は一部異なっている。

【0142】

本実施形態では、第 6 の実施形態に対してフォーカシングに際して移動するレンズ群を 1 つ増やし、像面湾曲の変動をより良好に補正可能である。

【0143】

また、変倍についても移動するレンズ群を 1 つ増やすことで高倍化しつつ、変倍時の収差変動補正の改善を図っている。

【0144】

本実施形態では、フォーカシングは、第 1 光学系 101 のレンズ群 B2, B3, B4 が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群 B1 は、フォーカシングに際して固定である。

【0145】

第 1 光学系 101 において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群 B2 は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズ L2 を有する。

【0146】

レンズ群 B2 の縮小共役側に配置されたレンズ群 B3 はレンズ L9 で構成されており、アッベ数 v_2 は 22.76 であり、条件式 (10) を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0147】

瞳をメニスカスレンズ L2 とレンズ群 B3 との間に配置することでレンズ群 B3 に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群 B3 のパワーを正としている点も第 6 の実施形態と同様である。

【0148】

本実施形態では、フォーカシングに際してレンズ群 B2, B3, B4 を移動させることにより、像面湾曲の変動をより良好に補正可能である。

【0149】

光学系 100 の広角端が、より広角側であるほど投写距離が変化したときに像面湾曲が大きく発生するため、特に半画角が 60° を超えるような場合には、本実施形態のようにフォーカシングに際して移動するレンズ群を 3 つとすることが好ましい。

【0150】

また、レンズ群 B4 より縮小共役側の光学系の大型化を抑えるために、レンズ群 B4 のパワーは正であることが好ましい。

【0151】

また、レンズ群 B2, B3, B4 の焦点距離をそれぞれ、 f_1, f_2, f_3 とするとき、以下の条件式 (12), (13) を満足することが好ましい。

【0152】

10

20

30

40

【数9】

$$-0.5 \leq \frac{f_3}{f_1} \leq 0.5 \quad (12)$$

$$0 < \frac{f_2}{f_3} \leq 2 \quad (13)$$

【0153】

条件式(12)の範囲外になると、レンズ群B4のパワーがレンズ群B2のパワーの絶対値に対しよりも弱くなり過ぎ、フォーカシングに際して移動するレンズ群を増やしたことによる像面湾曲の補正効果が十分得られなくなってしまう。

10

【0154】

条件式(13)の下限値は、レンズ群B3, B4のパワーが共に正であることから決まる。条件式(13)の上限値を上回ると、レンズ群B4のパワーがレンズ群B3のパワーに対して、大きくなり過ぎ、倍率色収差が悪化する。

【0155】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B5, B6, B7, B8が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B9の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

20

【0156】

本実施形態では、レンズ群B2, B3, B4の焦点距離はそれぞれ、-108.83mm, 45.31mm, 36.93mmであり、条件式(11)乃至(13)を満足している。

【0157】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL6、両凹レンズL7、両凸レンズL8からなる接合レンズを有する。両凸レンズL6、両凹レンズL7、両凸レンズL8の各アッベ数は40.81, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

30

【0158】

図14は、本実施形態における投写距離459mm, 655mm, 1965mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0159】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2, B3, B4が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5, B6, B7, B8が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。また、レンズ群B2の縮小共役側には、高分散のレンズ群B3が配置されている。

40

【0160】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第8の実施形態]

図15は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図15では投写距離775mmでの広角端における光路図が

50

示されている。

【0161】

各レンズ群の正、負のパワー配置、および第1光学系101や第2光学系102を構成するレンズ群の数は、第6および第7の実施形態と同様であるが、個々のレンズ群を構成する単レンズの枚数は一部異なっている。

【0162】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B2、B3、B4が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1は、フォーカシングに際して固定である。

【0163】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

【0164】

レンズ群B2の縮小共役側に配置されたレンズ群B3はレンズL8で構成されており、アッベ数₂は22.76であり、条件式(10)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0165】

瞳をメニスカスレンズL2とレンズ群B3との間に配置することでレンズ群B3に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群B3、B4のパワーを正としている点も、第7の実施形態と同様である。

【0166】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B5、B6、B7、B8が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B9の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

【0167】

本実施形態では、レンズ群B2、B3、B4の焦点距離はそれぞれ、-146.45mm、40.91mm、34.15mmであり、条件式(11)乃至(13)を満足している。

【0168】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッベ数は46.62、23.78、68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0169】

図16は、本実施形態における投写距離542mm、755mm、2325mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0170】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズである。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2、B3、B4が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5、B6、B7、B8が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。また、レンズ群B2の縮小共役側には、高分散のレンズ群B3が配置されている。

【0171】

10

20

30

40

50

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系 100 を提供することができる。

[第9の実施形態]

図 17 は、本実施形態に係る光学系 100 の光路図である。光学系 100 は変倍機能を有するズームレンズであり、図 17 では投写距離 968 mm での広角端における光路図が示されている。

【0172】

光学系 100 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第 1 光学系 101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第 2 光学系 102 からなる。

10

【0173】

第 1 光学系 101 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正であるレンズ群 B1, B2, B3, B4 から構成される。第 2 光学系 102 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、正であるレンズ群 B5, B6, B7, B8, B9 から構成される。ST は開口絞りである。

【0174】

本実施形態では、フォーカシングは、第 1 光学系 101 のレンズ群 B2, B3, B4 が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群 B1 は、フォーカシングに際して固定である。

20

【0175】

第 1 光学系 101 において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群 B2 は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズ L2 を有する。

【0176】

レンズ群 B2 の縮小共役側に配置されたレンズ群 B3 はレンズ L9 で構成されており、アッベ数 n_2 は 22.76 であり、条件式(10)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

30

【0177】

瞳をメニスカスレンズ L2 とレンズ群 B3 との間に配置することでレンズ群 B3 に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群 B3, B4 のパワーを正としている点も第 7 および第 8 の実施形態と同様である。

【0178】

また、本実施形態では、変倍は第 2 光学系 102 を構成するレンズ群 B5, B6, B7, B8 が各々異なる軌跡で第 2 光学系 102 の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞り ST は、レンズ群 B9 の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系 100 は変倍に伴う F ナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

30

【0179】

本実施形態では、レンズ群 B2, B3, B4 の焦点距離はそれぞれ、2155.36 mm, 55.04 mm, 39.20 mm であり、条件式(11)乃至(13)を満足している。

40

【0180】

また、本実施形態では、レンズ群 B2 は両凸レンズ L6、両凹レンズ L7、両凸レンズ L8 からなる接合レンズを有する。両凸レンズ L6、両凹レンズ L7、両凸レンズ L8 の各アッベ数は 40.81, 23.78, 68.62 であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0181】

図 18 は、本実施形態における投写距離 484 mm, 968 mm, 2904 mm での広角端および望遠端の光学系 100 の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0182】

50

以上説明したように、光学系 100 は、中間像 301 を挟んで拡大共役側に配置された第 1 光学系 101、縮小共役側に配置された第 2 光学系 102 とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズである。フォーカシングは、第 1 光学系 101 を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群 B2, B3, B4 が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第 2 光学系 102 を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群 B5, B6, B7, B8 が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群 B2 は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズ L2 を有する。また、レンズ群 B2 の縮小共役側には、高分散のレンズ群 B3 が配置されている。

【0183】

10

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系 100 を提供することができる。

[第 10 の実施形態]

図 19 は、本実施形態に係る光学系 100 の光路図である。光学系 100 は変倍機能を有するズームレンズであり、図 19 では投写距離 1163 mm での広角端における光路図が示されている。

【0184】

20

光学系 100 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第 1 光学系 101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第 2 光学系 102 からなる。

【0185】

第 1 光学系 101 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正、正であるレンズ群 B1, B2, B3, B4 から構成される。第 2 光学系 102 は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、負、正であるレンズ群 B5, B6, B7, B8, B9, B10 から構成される。ST は開口絞りである。

【0186】

30

本実施形態では、フォーカシングは、第 1 光学系 101 のレンズ群 B2, B3 が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群 B1, B4 は、フォーカシングに際して固定である。

【0187】

30

第 1 光学系 101 において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群 B2 は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズ L2 を有する。

【0188】

レンズ群 B2 の縮小共役側に配置されたレンズ群 B3 はレンズ L8 で構成されており、アッベ数 n_2 は 22.76 であり、条件式 (10) を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0189】

40

瞳をメニスカスレンズ L2 とレンズ群 B3 との間に配置することでレンズ群 B3 に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群 B3 のパワーを正としている点も第 6 乃至第 9 の実施形態と同様である。

【0190】

また、本実施形態では、変倍は第 2 光学系 102 を構成するレンズ群 B5, B6, B7, B8, B9 が各々異なる軌跡で第 2 光学系 102 の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞り ST は、レンズ群 B10 の一部であり、ズーミングに際して移動しない。すなわち、光学系 100 は変倍に伴う F ナンバー変化が起こらないズームレンズとなっている。

【0191】

50

本実施形態では、レンズ群 B2, B3 の焦点距離はそれぞれ、87.74 mm, 70.43 mm であり、条件式 (11) を満足している。

【0192】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッベ数は37.13, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0193】

図20は、本実施形態における投写距離697mm, 1163mm, 3489mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

10

【0194】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2, B3が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5, B6, B7, B8, B9が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。また、レンズ群B2の縮小共役側には、高分散のレンズ群B3が配置されている。

20

【0195】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第11の実施形態]

図21は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図21では投写距離1163mmでの広角端における光路図が示されている。

30

【0196】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第2光学系102からなる。

【0197】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、正、正であるレンズ群B1, B2, B3, B4から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、負、正、正であるレンズ群B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11から構成される。STは開口絞りである。

【0198】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B2, B3が各々異なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B1, B4は、フォーカシングに際して固定である。

40

【0199】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。

【0200】

レンズ群B2の縮小共役側に配置されたレンズ群B3はレンズL8で構成されており、アッベ数₂は22.76であり、条件式(10)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0201】

瞳をメニスカスレンズL2とレンズ群B3との間に配置することでレンズ群B3に対す

50

る軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群B3のパワーを正としている点も第6乃至第10の実施形態と同様である。

【0202】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B5，B6，B7，B8，B9，B10が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B10の一部であり、ズーミングに際して移動する。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバーが変化するズームレンズとなっている。

【0203】

本実施形態では、レンズ群B2，B3の焦点距離はそれぞれ、142.72mm、64.41mmであり、条件式(11)を満足している。

【0204】

また、本実施形態では、レンズ群B2は両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7からなる接合レンズを有する。両凸レンズL5、両凹レンズL6、両凸レンズL7の各アッペ数は37.13，23.78，68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0205】

図22は、本実施形態における投写距離697mm，1163mm，3489mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0206】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B2，B3が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5，B6，B7，B8，B9，B10が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B2は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL2を有する。また、レンズ群B2の縮小共役側には、高分散のレンズ群B3が配置されている。

【0207】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

[第12の実施形態]

図23は、本実施形態に係る光学系100の光路図である。光学系100は変倍機能を有するズームレンズであり、図23では投写距離1463mmでの広角端における光路図が示されている。

【0208】

光学系100は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、拡大側共役面と中間像とを共役にする正の屈折力の第1光学系101、中間像と縮小側共役面とを共役にする正の屈折力の第2光学系102からなる。

【0209】

第1光学系101は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが正、正、正であるレンズ群B1，B2，B3から構成される。第2光学系102は、拡大共役側から縮小共役側へ順に配置された、各々パワーが負、正、負、正、負、正であるレンズ群B4，B5，B6，B7，B8，B9，B10から構成される。STは開口絞りである。

【0210】

本実施形態では、フォーカシングは、第1光学系101のレンズ群B1，B2が各々異

10

20

30

40

50

なる軌跡で光軸方向へ移動することで行われる。レンズ群B3は、フォーカシングに際して固定である。

【0211】

第1光学系101において、フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B1は、最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL1を有する。

【0212】

レンズ群B1の縮小共役側に配置されたレンズ群B2はレンズL7で構成されており、アッベ数 n_2 は22.76であり、条件式(10)を満足している。したがって、倍率色収差を良好に補正可能である。

【0213】

瞳をメニスカスレンズL1とレンズ群B2との間に配置することでレンズ群B2に対する軸外光線の高さを大きくしている点や縮小共役側の光学系の大型化を抑えるためレンズ群B2のパワーを正としている点も第6乃至第11の実施形態と同様である。

【0214】

また、本実施形態では、変倍は第2光学系102を構成するレンズ群B5, B6, B7, B8, B9が各々異なる軌跡で第2光学系102の光軸方向へ移動することで行われる。開口絞りSTは、レンズ群B9の一部であり、ズーミングに際して移動する。すなわち、光学系100は変倍に伴うFナンバーが変化するズームレンズとなっている。

【0215】

本実施形態では、レンズ群B1, B2の焦点距離はそれぞれ、95.83mm, 62.19mmであり、条件式(11)を満足している。

【0216】

また、本実施形態では、レンズ群B1は両凸レンズL4、両凹レンズL5、両凸レンズL6からなる接合レンズを有する。両凸レンズL4、両凹レンズL5、両凸レンズL6の各アッベ数は40.77, 23.78, 68.62であり、条件式(4)乃至(6)を満足している。

【0217】

図24は、本実施形態における投写距離700mm, 1463mm, 4393mmでの広角端および望遠端の光学系100の収差図である。いずれの収差も、広角端および望遠端の両方で、かつ各投写距離で良好に補正されており、フォーカシングや変倍に伴う収差変動も良く抑えられている。

【0218】

以上説明したように、光学系100は、中間像301を挟んで拡大共役側に配置された第1光学系101、縮小共役側に配置された第2光学系102とから構成され、フォーカシングおよび変倍機能を有する再結像タイプのズームレンズある。フォーカシングは、第1光学系101を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B1, B2が光軸方向へ移動することで行われる。変倍は、第2光学系102を構成する複数のレンズ群のうちレンズ群B5, B6, B7, B8, B9が光軸方向へ移動することで行われる。フォーカシングに際して移動するレンズ群のうちレンズ群B1は最も拡大共役側に負の屈折力のメニスカスレンズL1を有する。また、レンズ群B1の縮小共役側には、高分散のレンズ群B2が配置されている。

【0219】

このような構成により、広角でありながらレンズ径を小型化可能であると共に、広い投写距離範囲において良好な光学性能を有する光学系100を提供することができる。

【0220】

表1乃至表12に、第1乃至第12の実施形態の光学系100の具体的な数値データを示す。

【0221】

各表(A)には、レンズ構成を示している。 f は焦点距離、 Fno はFナンバー、 α は半画角(度)を表す。焦点距離の符号がマイナスとなっているが、これは中間像を有する

10

20

30

40

50

ために拡大側共役面と縮小側共役面に正立像として結像されるためであり、光学系 100 としては正のパワーであることに注意されたい。

【0222】

また、近軸曲率半径 r は各面の曲率半径、面間隔 d は各面と次の面と間の軸上の間隔、屈折率 n とアッベ数 ν は d 線に対する各光学部材の材料の屈折率とアッベ数である。なお、ある材料のアッベ数 ν は、フラウンホーファ線の d 線 (587.6 nm)、F 線 (486.1 nm)、C 線 (656.3 nm) における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、 $\nu = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$

で表される。

【0223】

また、光学面が以下の式(14)で表される非球面である場合、面番号の左側に * の符号を付している。 y は光軸からの径方向の距離、 z は光軸方向の面のサグ量、 r は近軸曲率半径、 k はコーニック係数である。 z の符号は、拡大共役側から縮小共役側へ向かう方向が正である。また、S T は開口絞りを示している。

【0224】

【数10】

$$z = \frac{\frac{y^2}{r}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{y}{r}\right)^2}} + \sum_{j=1}^{16} B_j y^j \quad (14)$$

【0225】

各表(B)には、各面の係数を示している。なお、「E ± ×」は、「10 ± ×」を意味している。

【0226】

各表(C)には、フォーカシング時および変倍時に変化する各面間隔(群間隔)を示している。距離 L は、投写距離である。

【0227】

【表1】

(A)	広角端	望遠端
f	-4.89	-5.13
Fno	2.40	2.40
ω	69.40	68.47
ズーム比	1.05	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	57.39	2.000	1.905	35.04
	2	42.00	可変	-	-
※	3	138.56	1.500	1.516	64.14
	4	34.28	5.093	-	-
※	5	35.00	2.000	1.583	59.39
※	6	14.75	20.784	-	-
	7	-41.33	2.000	1.847	23.78
	8	24.97	4.434	1.593	68.62
	9	-24.12	0.500	-	-
	10	117.25	7.256	1.852	40.78
	11	-13.58	2.000	1.847	23.78
	12	40.88	6.803	1.593	68.62
	13	-55.16	6.010	-	-
	14	149.12	10.504	1.808	22.76
	15	-44.90	可変	-	-
※	16	28.02	10.773	1.861	37.10
※	17	1664.80	19.675	-	-
※	18	70.28	9.500	1.808	40.55
※	19	11.88	可変	-	-
	20	-53.40	7.016	1.916	31.60
	21	-30.90	可変	-	-
	22	-33.30	7.732	1.757	47.82
	23	-92.31	可変	-	-
	24	103.73	11.991	1.583	59.39
※	25	-40.55	可変	-	-
ST	26	∞	17.050	-	-
	27	32.98	2.000	1.678	55.34
	28	15.26	6.440	1.808	22.76
	29	34.62	8.740	-	-
	30	-46.33	4.500	1.847	23.78
	31	25.06	7.588	1.603	65.44
	32	-24.11	3.827	-	-
	33	-19.29	2.000	1.916	31.60
	34	53.89	7.626	1.691	54.82
	35	-32.31	0.500	-	-
	36	97.19	8.963	1.439	94.66
	37	-32.35	0.500	-	-
	38	73.26	6.186	1.497	81.55
	39	-134.56	5.000	-	-
	40	∞	37.000	1.516	64.14
	41	∞	19.500	1.841	24.56
	42	∞	10.621	-	-

(B)

	面番号							
	3	5	6	16	17	18	19	25
r	138.56	35.00	14.75	28.02	1664.80	1664.80	11.88	-40.55
k	2.82751	0.00000	-0.65294	0.00000	0.00000	0.00000	-0.63629	0.00000
B4	1.59044E-05	7.57225E-07	-2.98006E-05	-8.19415E-06	4.58683E-06	4.58683E-06	-1.22962E-04	2.40649E-06
B6	-3.19791E-08	8.58886E-08	1.77421E-07	-9.24904E-09	-2.61431E-08	-2.61431E-08	4.92677E-07	7.38041E-10
B8	5.18794E-11	-2.96962E-10	-4.38976E-10	-4.03337E-12	5.55865E-11	5.55865E-11	-2.50826E-09	-1.05383E-13
B10	-5.10404E-14	5.04366E-13	-9.70483E-13	-1.50953E-14	-8.17861E-14	-8.17861E-14	7.65997E-12	5.06924E-16
B12	2.80580E-17	-3.54300E-16	3.58704E-15	5.67027E-18	5.38629E-17	5.38629E-17	-1.13078E-14	0.00000E+00
B14	-6.49308E-21	0.00000E+00	-2.93128E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00							

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	459	655	1965	459	655	1965
2	15.617	15.827	16.166	15.617	15.827	16.166
15	1.049	0.840	0.500	1.049	0.840	0.500
19	24.123	24.123	24.123	17.578	17.578	17.578
21	7.049	7.049	7.049	1.562	1.562	1.562
23	7.599	7.599	7.599	16.179	16.179	16.179
25	31.072	31.072	31.072	34.524	34.524	34.524

【 0 2 2 9 】

【表2】

(A)	広角端	望遠端
f	-5.69	-6.26
Fno	2.40	2.40
w	66.37	64.33
ズーム比	1.10	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
※	1	70.21	2.000	1.772	49.60
	2	35.00	可変	-	-
※	3	70.48	3.827	1.583	59.39
※	4	14.66	20.970	-	-
	5	-26.49	2.000	1.847	23.78
	6	31.77	4.528	1.593	68.62
	7	-17.61	0.500	-	-
	8	68.42	5.814	1.816	46.62
	9	-18.61	2.000	1.847	23.78
	10	34.53	5.677	1.593	68.62
	11	-79.06	7.325	-	-
	12	144.07	9.024	1.808	22.76
	13	-41.50	可変	-	-
※	14	26.91	10.000	1.861	37.10
※	15	272.80	可変	-	-
※	16	-73.33	3.823	1.583	59.39
※	17	15.52	可変	-	-
	18	-89.46	6.596	1.667	48.33
	19	-34.62	可変	-	-
	20	-23.76	9.500	1.883	40.77
	21	-29.81	可変	-	-
※	22	54.12	10.612	1.583	59.39
※	23	-161.46	可変	-	-
ST	24	∞	12.433	-	-
	25	36.17	2.000	1.750	35.33
	26	13.40	6.774	1.808	22.76
	27	49.58	8.477	-	-
	28	-26.38	2.115	1.847	23.78
	29	38.93	6.975	1.642	58.37
	30	-19.98	3.724	-	-
	31	-17.59	2.000	1.916	31.60
	32	2027.49	6.408	1.697	55.53
	33	-29.82	0.500	-	-
	34	355.13	8.387	1.439	94.66
	35	-35.50	0.500	-	-
	36	58.02	7.545	1.497	81.55
	37	-89.76	5.000	-	-
	38	∞	37.000	1.516	64.14
	39	∞	19.500	1.841	24.56
	40	∞	10.269	-	-

(B)

	面番号								
	1	3	4	14	15	16	17	22	23
r	70.21	70.48	14.66	26.91	272.80	-73.33	15.52	54.12	-161.46
k	0.00000	0.00000	-0.66075	0.00000	0.00000	0.00000	-0.70248	0.00000	0.00000
B4	1.05680E-06	2.11178E-05	-4.35769E-05	-8.72451E-06	5.39766E-06	-4.33510E-05	-1.66741E-04	2.32405E-07	1.59565E-06
B6	3.31308E-10	-2.46203E-08	2.78876E-07	7.23376E-10	-7.17203E-09	-1.74468E-08	6.90984E-07	3.93014E-09	5.11520E-09
B8	-5.97503E-13	1.90237E-11	-1.35722E-09	-3.91845E-11	-1.30793E-11	1.30588E-09	-2.11540E-09	-1.21686E-11	-1.76874E-11
B10	3.55824E-16	9.38977E-15	2.34245E-12	5.26572E-14	0.00000E+00	-5.55307E-12	3.51542E-12	1.99583E-14	3.53783E-14
B12	-6.60737E-20	-2.42931E-17	-1.52678E-15	-1.01386E-16	0.00000E+00	7.72107E-15	-2.34059E-15	-1.48128E-17	-3.77967E-17
B14	0.00000E+00	1.30384E-20							
B16	0.00000E+00								

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	542	775	2325	542	775	2325
2	12.228	12.425	12.764	12.228	12.425	12.764
13	1.056	0.853	0.500	1.056	0.853	0.500
15	19.408	19.793	19.396	19.144	19.512	19.133
17	10.524	10.524	10.524	13.350	13.350	13.350
19	29.336	29.336	29.336	6.405	6.405	6.405
21	0.828	0.828	0.828	20.327	20.327	20.327
23	54.206	54.206	54.206	55.093	55.093	55.093

【 0 2 3 1 】

【表3】

(A)	広角端	望遠端
f	-7.10	-7.81
Fno	2.40	2.40
ω	61.35	59.03
ズーム比	1.10	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	45.50	2.672	1.923	20.88
	2	37.00	可変	-	-
※	3	100.09	3.686	1.772	49.60
	4	29.48	1.000	-	-
※	5	29.74	2.533	1.583	59.39
※	6	14.49	22.050	-	-
	7	-19.86	2.000	1.847	23.78
	8	31.27	4.673	1.593	68.62
	9	-15.69	0.500	-	-
	10	103.90	6.208	1.883	40.81
	11	-14.32	2.000	1.847	23.78
	12	35.51	6.256	1.593	68.62
	13	-43.44	14.549	-	-
	14	1728.68	8.435	1.808	22.76
	15	-45.81	可変	-	-
※	16	26.12	11.528	1.861	37.10
※	17	92.88	可変	-	-
※	18	68.66	3.786	1.808	40.55
※	19	13.56	可変	-	-
	20	-77.86	9.500	1.855	24.80
	21	-30.28	可変	-	-
	22	-64.64	2.000	1.589	61.14
	23	-1980.83	可変	-	-
	24	242.13	6.685	1.697	55.53
	25	-58.49	可変	-	-
ST	26	∞	1.203	-	-
	27	49.31	4.000	1.673	38.26
	28	19.74	8.276	1.808	22.76
	29	85.23	9.032	-	-
	30	-54.49	2.000	1.847	23.78
	31	33.17	8.831	1.713	53.87
	32	-32.12	3.587	-	-
	33	-26.89	2.000	1.916	31.60
	34	53.66	8.287	1.589	61.14
	35	-44.70	0.500	-	-
	36	88.53	7.950	1.497	81.55
	37	-60.12	0.500	-	-
	38	65.97	6.753	1.487	70.24
	39	-212.91	5.000	-	-
	40	∞	37.000	1.516	64.14
	41	∞	19.500	1.841	24.56
	42	∞	18.451	-	-

(B)

	面番号						
	3	5	6	16	17	18	19
r	100.09	29.74	14.49	26.12	92.88	68.66	13.56
k	5.47689	0.00000	-0.65108	0.00000	0.00000	0.00000	-0.67924
B4	2.60068E-05	-2.17715E-05	-2.21227E-05	-4.33664E-06	3.15607E-07	-1.69851E-05	-6.21350E-05
B6	-8.01729E-08	2.07263E-07	2.27854E-07	-6.51109E-09	-6.42827E-09	-5.22791E-07	-7.04772E-07
B8	1.74927E-10	-6.71649E-10	-7.33124E-10	8.09611E-12	7.06738E-11	3.01435E-09	6.90670E-09
B10	-2.24841E-13	9.27915E-13	-1.12042E-12	-2.49543E-15	-1.72289E-13	-6.03812E-12	-2.70514E-11
B12	1.64817E-16	-4.91252E-16	5.33194E-15	-2.61631E-17	1.44452E-16	1.41719E-15	4.02627E-14
B14	-5.33105E-20	0.00000E+00	-4.67635E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00						

10

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	484	968	2904	484	968	2904
2	12.088	12.817	13.323	12.088	12.817	13.323
15	1.852	1.054	0.500	1.852	1.054	0.500
17	22.745	22.745	22.745	22.636	22.636	22.636
19	17.334	17.334	17.334	13.717	13.717	13.717
21	36.765	36.765	36.765	0.500	0.500	0.500
23	0.500	0.500	0.500	18.985	18.985	18.985
25	35.808	35.808	35.808	57.314	57.314	57.314

20

【 0 2 3 3 】

【表4】

(A)	広角端	望遠端
f	-8.51	-10.72
Fno	2.40	2.40
ω	56.89	50.61
ズーム比	1.26	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	42.16	2.000	1.806	40.93
	2	29.35	可変	-	-
※	3	35.64	2.165	1.583	59.39
※	4	12.47	20.627	-	-
	5	-15.41	2.047	1.808	22.76
	6	63.88	4.937	1.593	68.62
	7	-14.56	0.500	-	-
	8	204.32	5.261	1.892	37.13
	9	-18.40	2.000	1.847	23.78
	10	54.41	5.643	1.593	68.62
	11	-32.27	27.994	-	-
	12	86.91	7.525	1.808	22.76
	13	-171.21	可変	-	-
※	14	27.28	10.479	1.861	37.10
※	15	76.12	可変	-	-
※	16	43.90	2.000	1.808	40.55
※	17	12.64	可変	-	-
	18	-96.80	9.500	1.916	31.60
	19	-26.02	可変	-	-
	20	-22.04	9.500	1.772	49.60
	21	-26.24	可変	-	-
	22	64.45	4.929	1.835	42.74
	23	-966.05	可変	-	-
	24	102.91	2.000	1.852	40.78
	25	26.06	4.905	1.946	17.98
	26	55.69	可変	-	-
ST	27	∞	3.439	-	-
	28	-135.04	2.000	1.847	23.78
	29	25.98	7.894	1.678	55.34
	30	-34.53	4.527	-	-
	31	-23.44	2.000	1.855	24.80
	32	81.35	8.700	1.623	58.17
	33	-35.64	0.500	-	-
	34	118.06	10.353	1.439	94.66
	35	-37.14	0.500	-	-
	36	55.79	6.032	1.497	81.55
	37	271.65	5.000	-	-
	38	∞	37.000	1.516	64.14
	39	∞	19.500	1.841	24.56
	40	∞	12.262	-	-

(B)

	面番号					
	3	4	14	15	16	17
r	35.64	12.47	27.28	76.12	43.90	12.64
k	0.00000	-0.60387	0.00000	0.00000	0.00000	-1.10958
B4	2.57507E-05	-2.38582E-05	-4.80342E-06	-2.12542E-06	-1.45248E-04	-1.70609E-04
B6	-5.31121E-08	3.40117E-08	1.60223E-10	1.29212E-08	4.34604E-07	6.84937E-07
B8	2.04739E-10	-2.81836E-10	-4.12985E-12	-2.84250E-11	-8.26796E-10	-1.20141E-09
B10	-3.87880E-13	-5.76374E-13	-5.22556E-15	2.86086E-14	0.00000E+00	-3.92272E-13
B12	4.43322E-16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	697	1163	3489	697	1163	3489
2	23.001	23.235	23.474	23.001	23.235	23.474
13	2.538	2.304	2.065	2.538	2.304	2.065
15	30.512	30.512	30.512	30.739	30.739	30.739
17	11.120	11.120	11.120	11.340	11.340	11.340
19	24.730	24.730	24.730	9.261	9.261	9.261
21	0.893	0.893	0.893	1.012	1.012	1.012
23	1.014	1.014	1.014	24.620	24.620	24.620
26	16.234	16.234	16.234	7.532	7.532	7.532

【 0 2 3 5 】

10

20

【表5】

(A)	広角端	望遠端
f	-8.39	-11.74
Fno	2.40	2.58
ω	57.28	48.10
ズーム比	1.40	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
※	1	76.23	3.599	1.583	59.39
※	2	12.67	17.411	-	-
	3	-21.11	2.946	1.808	22.76
	4	37.13	4.667	1.595	67.74
	5	-16.45	0.500	-	-
	6	1294.61	5.859	1.816	46.62
	7	-13.99	2.000	1.855	24.80
	8	49.16	6.327	1.595	67.74
	9	-30.49	15.084	-	-
	10	435.11	8.721	1.808	22.76
	11	-46.08	可変	-	-
※	12	27.40	8.983	1.861	37.10
※	13	66.79	31.606	-	-
※	14	45.99	3.975	1.808	40.55
※	15	11.78	12.938	-	-
	16	-176.73	9.322	1.883	40.77
	17	-27.40	可変	-	-
	18	-22.60	3.067	1.487	70.24
	19	-23.82	可変	-	-
	20	100.21	4.409	1.772	49.60
	21	-283.91	可変	-	-
	22	34.25	2.057	1.850	30.05
	23	18.96	6.587	1.946	17.98
	24	27.97	可変	-	-
ST	25	∞	4.205	-	-
	26	-48.70	2.811	1.855	24.80
	27	32.09	8.027	1.678	55.34
	28	-31.16	4.266	-	-
	29	-23.89	2.000	1.850	30.05
	30	157.60	8.122	1.717	47.93
	31	-35.53	0.500	-	-
	32	110.30	9.641	1.439	94.66
	33	-42.12	可変	-	-
	34	57.51	6.946	1.497	81.55
	35	295.76	5.000	-	-
	36	∞	37.000	1.516	64.14
	37	∞	19.500	1.841	24.56
	38	∞	11.442	-	-

【0 2 3 6】

10

20

30

40

(B)

	面番号					
	1	2	12	13	14	15
r	76.23	12.67	27.40	66.79	45.99	11.78
k	0.00000	-0.62186	0.00000	0.00000	0.00000	-1.09333
B4	2.32213E-05	-2.43449E-05	-7.06377E-06	-5.64498E-06	-1.02812E-04	-1.61697E-04
B6	-4.35416E-08	1.38363E-07	5.75505E-10	1.95125E-08	2.15525E-07	6.18210E-07
B8	8.35930E-11	-3.92813E-10	-3.27194E-12	-2.53883E-11	-3.16535E-10	-1.49735E-09
B10	-9.14319E-14	-7.65925E-13	1.59823E-15	2.75263E-14	0.00000E+00	1.63527E-12
B12	5.29401E-17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	700	1163	3493	700	1163	3493
11	5.372	5.116	4.855	5.372	5.116	4.855
17	54.700	54.700	54.700	26.500	26.500	26.500
19	6.820	6.820	6.820	1.000	1.000	1.000
21	1.780	1.780	1.780	31.700	31.700	31.700
24	12.516	12.516	12.516	5.057	5.057	5.057
33	2.500	2.500	2.500	14.121	14.121	14.121

【 0 2 3 7 】

10

20

【表6】

(A)	広角端	望遠端
f	-4.89	-5.13
Fno	2.40	2.40
ω	69.35	68.43
ズーム比	1.05	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	55.35	2.000	1.892	37.13
	2	42.00	可変	-	-
※	3	149.35	1.870	1.772	49.60
	4	34.58	5.379	-	-
※	5	35.19	2.000	1.583	59.39
※	6	14.72	21.153	-	-
	7	-33.13	2.000	1.847	23.78
	8	26.78	4.472	1.593	68.62
	9	-20.99	0.500	-	-
	10	126.93	6.716	1.883	40.77
	11	-13.91	2.000	1.847	23.78
	12	36.71	6.669	1.593	68.62
	13	-50.56	可変	-	-
	14	132.90	10.079	1.808	22.76
	15	-49.97	可変	-	-
※	16	27.65	10.377	1.861	37.10
※	17	184.46	20.332	-	-
※	18	57.12	7.388	1.808	40.55
※	19	12.04	可変	-	-
	20	-59.53	7.003	1.916	31.60
	21	-31.72	可変	-	-
	22	-34.31	7.296	1.764	48.49
	23	-105.86	可変	-	-
	24	117.74	11.627	1.583	59.39
※	25	-39.68	可変	-	-
ST	26	∞	19.332	-	-
	27	35.09	2.000	1.652	58.55
	28	15.67	6.404	1.808	22.76
	29	38.01	8.585	-	-
	30	-49.86	2.551	1.847	23.78
	31	24.19	7.725	1.603	60.64
	32	-23.90	3.829	-	-
	33	-19.04	2.000	1.916	31.60
	34	55.08	7.491	1.678	55.34
	35	-32.95	0.500	-	-
	36	104.59	8.845	1.439	94.66
	37	-32.20	0.500	-	-
	38	73.66	6.492	1.497	81.55
	39	-107.59	5.000	-	-
	40	∞	37.000	1.516	64.14
	41	∞	19.500	1.841	24.56
	42	∞	10.620	-	-

(B)

	面番号							
	3	5	6	16	17	18	19	25
r	149.35	35.19	14.72	27.65	184.46	57.12	12.04	-39.68
k	4.21525	0.00000	-0.65339	0.00000	0.00000	0.00000	-0.62839	0.00000
B4	1.54410E-05	3.42333E-07	-4.72924E-05	-6.05245E-06	4.74855E-06	2.83476E-05	-9.51802E-05	2.34201E-06
B6	-2.45093E-08	8.05752E-08	3.82038E-07	-1.07238E-08	-3.48077E-08	-3.16489E-07	1.45068E-07	7.12962E-10
B8	3.19689E-11	-2.55523E-10	-1.33504E-09	-9.32882E-12	8.18481E-11	1.39135E-09	-3.49355E-10	-3.93659E-14
B10	-2.64430E-14	3.88938E-13	9.39734E-13	2.64352E-15	-1.15043E-13	-2.83461E-12	5.50468E-13	5.70452E-16
B12	1.29527E-17	-2.55966E-16	1.57525E-15	-7.87783E-18	7.24481E-17	2.30650E-15	-1.50234E-15	0.00000E+00
B14	-2.76965E-21	0.00000E+00	-2.09038E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00							

10

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	459	655	1965	459	655	1965
2	16.414	16.616	16.952	16.414	16.616	16.952
13	8.347	8.309	8.237	8.347	8.309	8.237
15	0.928	0.765	0.500	0.928	0.765	0.500
19	25.059	25.059	25.059	19.215	19.215	19.215
21	7.544	7.544	7.544	1.407	1.407	1.407
23	6.300	6.300	6.300	14.018	14.018	14.018
25	30.292	30.292	30.292	34.556	34.556	34.556

【 0 2 3 9 】

20

【表7】

(A)	広角端	望遠端
f	-4.89	-5.13
Fno	2.40	2.40
ω	69.35	68.42
ズーム比	1.05	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	54.71	2.000	1.916	31.60
	2	42.01	可変	-	-
※	3	153.78	1.500	1.713	53.87
	4	34.31	5.003	-	-
※	5	35.00	2.000	1.583	59.39
※	6	14.69	20.902	-	-
	7	-42.94	2.000	1.847	23.78
	8	23.11	4.179	1.593	68.62
	9	-24.56	0.500	-	-
	10	398.13	6.621	1.883	40.81
	11	-12.14	2.000	1.847	23.78
	12	39.34	6.960	1.593	68.62
	13	-38.40	可変	-	-
	14	306.57	9.947	1.808	22.76
	15	-41.40	可変	-	-
※	16	28.13	10.288	1.861	37.10
※	17	193.83	可変	-	-
※	18	48.68	6.209	1.808	40.55
※	19	11.83	可変	-	-
	20	-52.84	6.338	1.850	30.05
	21	-30.51	可変	-	-
	22	-33.85	2.000	1.658	50.88
	23	-97.36	可変	-	-
※	24	140.70	11.928	1.583	59.39
※	25	-39.45	可変	-	-
ST	26	∞	20.048	-	-
	27	35.04	2.000	1.613	58.72
	28	15.53	6.282	1.808	22.76
	29	39.64	8.302	-	-
	30	-47.69	2.790	1.847	23.78
	31	22.87	7.182	1.589	61.14
	32	-23.74	3.839	-	-
	33	-18.84	2.000	1.916	31.60
	34	52.74	7.340	1.697	55.53
	35	-34.04	0.500	-	-
	36	122.34	8.387	1.439	94.66
	37	-33.01	0.500	-	-
	38	65.85	7.042	1.497	81.55
	39	-90.46	5.000	-	-
	40	∞	37.000	1.516	64.14
	41	∞	19.500	1.841	24.56
	42	∞	10.620	-	-

(B)

	面番号								
	3	5	6	16	17	18	19	24	25
r	153.78	35.00	14.69	28.13	193.83	48.68	11.83	140.70	39.45
k	2.34326	0.00000	-0.65264	0.00000	0.00000	0.00000	-0.62764	0.00000	0.00000
B4	1.69708E-05	-3.97342E-07	-4.48487E-05	-6.02438E-06	3.11269E-06	4.42339E-05	-6.41607E-05	1.35543E-06	2.93967E-06
B6	-3.15993E-08	1.02521E-07	3.67458E-07	-9.35453E-09	-1.98777E-08	-4.21752E-07	-1.71645E-07	-1.20188E-09	2.61170E-10
B8	4.68982E-11	-3.41016E-10	-1.31376E-09	-2.45708E-12	3.59358E-11	1.63254E-09	9.76359E-10	5.49122E-14	4.03202E-14
B10	-4.28040E-14	5.36401E-13	9.83526E-13	-2.47419E-14	-5.72171E-14	-3.05803E-12	-2.49712E-12	-3.24249E-16	-1.62480E-16
B12	2.22968E-17	-3.49424E-16	1.42314E-15	1.73096E-17	4.33900E-17	2.38382E-15	1.57452E-15	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	-4.99316E-21	0.00000E+00	-1.97803E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00								

(C)

10

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	459	655	1965	459	655	1965
2	16.591	16.825	17.227	16.591	16.825	17.227
13	7.762	7.740	7.717	7.762	7.740	7.717
15	1.123	0.902	0.500	1.123	0.902	0.500
17	20.712	20.721	20.743	20.622	20.631	20.653
19	24.681	24.681	24.681	18.808	18.808	18.808
21	7.969	7.969	7.969	1.439	1.439	1.439
23	10.310	10.310	10.310	18.597	18.597	18.597
25	34.265	34.265	34.265	38.471	38.471	38.471

【 0 2 4 1 】

【表8】

(A)	広角端	望遠端
f	-5.69	-6.26
Fno	2.40	2.40
ω	66.37	64.33
ズーム比	1.10	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
※	1	71.72	2.000	1.772	49.60
	2	35.00	可変	-	-
※	3	68.79	4.021	1.583	59.39
※	4	14.66	20.859	-	-
	5	-26.19	2.057	1.847	23.78
	6	36.08	4.565	1.593	68.62
	7	-17.60	0.500	-	-
	8	63.54	6.012	1.816	46.62
	9	-18.49	2.000	1.847	23.78
	10	34.25	5.773	1.593	68.62
	11	-82.94	可変	-	-
	12	100.22	9.348	1.808	22.76
	13	-47.91	可変	-	-
※	14	27.20	10.000	1.861	37.10
※	15	281.99	可変	-	-
※	16	-78.60	4.500	1.583	59.39
※	17	15.18	可変	-	-
	18	-87.32	6.847	1.667	48.33
	19	-33.89	可変	-	-
	20	-24.45	9.500	1.883	40.77
	21	-30.55	可変	-	-
※	22	53.00	10.597	1.583	59.39
※	23	-176.68	可変	-	-
ST	24	∞	12.214	-	-
	25	38.13	2.000	1.750	35.33
	26	13.51	6.690	1.808	22.76
	27	53.60	8.416	-	-
	28	-25.84	2.000	1.847	23.78
	29	45.32	6.756	1.642	58.37
	30	-19.98	3.714	-	-
	31	-17.65	2.000	1.916	31.60
	32	-953.83	6.309	1.697	55.53
	33	-29.14	0.500	-	-
	34	375.33	8.290	1.439	94.66
	35	-35.40	0.500	-	-
	36	54.55	7.309	1.497	81.55
	37	-107.69	5.000	-	-
	38	∞	37.000	1.516	64.14
	39	∞	19.500	1.841	24.56
	40	∞	10.120	-	-

(B)

	面番号									
	1	3	4	14	15	16	17	22	23	
r	71.72	68.79	14.66	27.20	281.99	-78.60	15.18	53.00	-176.68	
k	0.00000	0.00000	-0.66015	0.00000	0.00000	0.00000	-0.70173	0.00000	0.00000	
B4	1.34349E-06	2.07806E-05	-4.32193E-05	-8.43849E-06	6.59828E-06	-4.60342E-05	-1.60733E-04	2.13753E-07	1.61118E-06	
B6	1.23720E-11	-2.44583E-08	2.77309E-07	-8.68969E-10	-1.22493E-08	1.58241E-08	6.25308E-07	3.87333E-09	4.95785E-09	
B8	-2.97885E-13	1.93963E-11	-1.35302E-09	-3.39357E-11	-7.37415E-12	1.00462E-09	-1.80716E-09	-1.22342E-11	-1.74645E-11	
B10	2.22518E-16	7.08097E-15	2.33529E-12	3.40109E-14	0.00000E+00	-4.23297E-12	2.82705E-12	2.03316E-14	3.54838E-14	
B12	-4.00745E-20	-2.19914E-17	-1.52309E-15	-7.51111E-17	0.00000E+00	5.60174E-15	-1.80002E-15	-1.52292E-17	-3.84093E-17	
B14	0.00000E+00	1.33563E-20								
B16	0.00000E+00									

(C)

曲番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	542	775	2325	542	775	2325
2	12.134	12.300	12.600	12.134	12.300	12.600
11	7.593	7.534	7.486	7.593	7.534	7.486
13	0.848	0.751	0.500	0.848	0.751	0.500
15	19.408	19.397	19.396	19.144	19.134	19.133
17	10.070	10.070	10.070	12.852	12.852	12.852
19	29.398	29.398	29.398	6.023	6.023	6.023
21	0.500	0.500	0.500	20.447	20.447	20.447
23	54.775	54.775	54.775	55.685	55.685	55.685

【 0 2 4 3 】

【表9】

(A)	広角端	望遠端
f	-7.10	-7.81
Fno	2.40	2.40
ω	61.35	59.03
ズーム比	1.10	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	47.04	2.601	1.923	20.88
	2	37.87	可変	-	-
※	3	99.31	3.781	1.772	49.60
	4	29.47	1.000	-	-
※	5	29.76	2.540	1.583	59.39
※	6	14.48	22.169	-	-
	7	-19.47	2.000	1.847	23.78
	8	32.93	4.716	1.593	68.62
	9	-15.47	0.500	-	-
	10	96.84	6.153	1.883	40.81
	11	-14.96	2.000	1.847	23.78
	12	34.83	6.283	1.593	68.62
	13	-44.21	可変	-	-
	14	872.56	8.439	1.808	22.76
	15	-47.12	可変	-	-
※	16	26.16	11.462	1.861	37.10
※	17	91.00	可変	-	-
※	18	67.86	3.713	1.808	40.55
※	19	13.55	可変	-	-
	20	-78.05	9.500	1.855	24.80
	21	-30.56	可変	-	-
	22	-66.51	2.006	1.589	61.14
	23	-1260.14	可変	-	-
	24	251.56	6.564	1.697	55.53
	25	-59.22	可変	-	-
ST	26	∞	1.949	-	-
	27	48.92	4.000	1.673	38.26
	28	19.72	8.203	1.808	22.76
	29	83.50	8.825	-	-
	30	-57.28	2.028	1.847	23.78
	31	32.24	8.838	1.713	53.87
	32	-32.72	3.595	-	-
	33	-27.20	2.040	1.916	31.60
	34	51.97	8.202	1.589	61.14
	35	-46.12	0.534	-	-
	36	88.87	7.801	1.497	81.55
	37	-61.29	0.505	-	-
	38	67.38	6.843	1.487	70.24
	39	-178.37	5.000	-	-
	40	∞	37.000	1.516	64.14
	41	∞	19.500	1.841	24.56
	42	∞	18.210	-	-

(B)

	面番号						
	3	5	6	16	17	18	19
r	99.31	29.76	14.48	26.16	91.00	67.86	13.55
k	5.55114	0.00000	-0.65107	0.00000	0.00000	0.00000	-0.67905
B4	2.59918E-05	-2.21965E-05	-2.21421E-05	-4.47228E-06	-2.31007E-07	-1.63380E-05	-6.30514E-05
B6	-7.95962E-08	2.08661E-07	2.28285E-07	-5.79083E-09	-1.89435E-09	-5.27533E-07	-6.91182E-07
B8	1.72978E-10	-6.77346E-10	-7.38487E-10	8.46062E-12	5.51787E-11	3.04669E-09	6.82344E-09
B10	-2.21770E-13	9.38266E-13	-1.09126E-12	-6.77259E-15	-1.48593E-13	-5.94394E-12	-2.66507E-11
B12	1.62805E-16	-4.96853E-16	5.26609E-15	-2.13743E-17	1.30771E-16	7.16476E-16	3.92187E-14
B14	-5.29857E-20	0.00000E+00	-4.62781E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00						

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	484	968	2904	484	968	2904
2	11.090	11.720	12.218	11.090	11.720	12.218
13	14.756	14.671	14.654	14.756	14.671	14.654
15	1.607	1.026	0.500	1.607	1.026	0.500
17	22.866	22.902	22.947	22.745	22.782	22.827
19	17.510	17.510	17.510	13.836	13.836	13.836
21	37.587	37.587	37.587	0.500	0.500	0.500
23	0.500	0.500	0.500	20.020	20.020	20.020
25	35.248	35.248	35.248	56.609	56.609	56.609

【 0 2 4 5 】

10

20

【表10】

(A)	広角端	望遠端
f	-8.51	-10.73
Fno	2.40	2.40
ω	56.88	50.61
ズーム比	1.26	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	42.50	2.000	1.806	40.93
	2	30.31	可変	-	-
※	3	36.53	2.012	1.583	59.39
※	4	12.43	20.300	-	-
	5	-15.64	2.247	1.808	22.76
	6	63.53	4.913	1.593	68.62
	7	-14.82	0.500	-	-
	8	226.75	5.282	1.892	37.13
	9	-18.42	2.000	1.847	23.78
	10	57.57	5.717	1.593	68.62
	11	-31.48	可変	-	-
	12	75.60	7.730	1.808	22.76
	13	-228.10	可変	-	-
※	14	27.28	10.415	1.861	37.10
※	15	76.31	可変	-	-
※	16	43.53	2.000	1.808	40.55
※	17	12.59	可変	-	-
	18	-92.62	9.500	1.916	31.60
	19	-26.28	可変	-	-
	20	-21.91	9.500	1.772	49.60
	21	-26.19	可変	-	-
	22	67.48	4.947	1.835	42.74
	23	-578.95	可変	-	-
	24	108.27	2.000	1.852	40.78
	25	26.46	4.951	1.946	17.98
	26	57.68	可変	-	-
ST	27	∞	3.420	-	-
	28	-146.18	2.000	1.847	23.78
	29	25.61	8.092	1.678	55.34
	30	-34.00	4.452	-	-
	31	-23.68	2.000	1.855	24.80
	32	78.18	8.620	1.623	58.17
	33	-37.09	0.500	-	-
	34	124.28	10.415	1.439	94.66
	35	-36.24	0.500	-	-
	36	56.61	5.941	1.497	81.55
	37	265.29	5.000	-	-
	38	∞	37.000	1.516	64.14
	39	∞	19.500	1.841	24.56
	40	∞	13.140	-	-

(B)

	面番号					
	3	4	14	15	16	17
r	36.53	12.43	27.28	76.31	43.53	12.59
k	0.00000	-0.60097	0.00000	0.00000	0.00000	-1.10738
B4	2.56906E-05	-2.36398E-05	-4.94392E-06	-1.90072E-06	-1.43993E-04	-1.70063E-04
B6	-5.51110E-08	2.82071E-08	3.67828E-10	1.36324E-08	4.32458E-07	6.75603E-07
B8	2.20732E-10	-1.38627E-10	-3.86811E-12	-2.99277E-11	-8.08465E-10	-1.12659E-09
B10	-4.33438E-13	-9.67046E-13	-5.65318E-15	2.95598E-14	0.00000E+00	-6.21375E-13
B12	4.91011E-16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	697	1163	3489	697	1163	3489
2	21.847	22.129	22.410	21.847	22.129	22.410
11	28.036	27.995	27.936	28.036	27.995	27.936
13	2.015	1.771	1.551	2.015	1.771	1.551
15	30.220	30.220	30.220	30.304	30.304	30.304
17	11.433	11.433	11.433	11.736	11.736	11.736
19	25.156	25.156	25.156	9.708	9.708	9.708
21	1.000	1.000	1.000	1.264	1.264	1.264
23	1.215	1.215	1.215	24.873	24.873	24.873
26	16.128	16.128	16.128	7.267	7.267	7.267

【 0 2 4 7 】

【表11】

(A)	広角端	望遠端
f	-8.51	-10.73
Fno	2.40	2.54
ω	56.88	50.61
ズーム比	1.26	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
	1	42.55	2.000	1.806	40.93
	2	30.25	可変	-	-
※	3	40.45	2.000	1.583	59.39
※	4	12.91	19.286	-	-
	5	-15.93	2.000	1.808	22.76
	6	84.98	4.739	1.593	68.62
	7	-14.84	0.500	-	-
	8	165.18	5.715	1.892	37.13
	9	-15.38	2.000	1.847	23.78
	10	40.01	5.883	1.593	68.62
	11	-35.79	可変	-	-
	12	90.70	7.986	1.808	22.76
	13	-119.88	可変	-	-
※	14	27.59	10.318	1.861	37.10
※	15	86.82	30.935	-	-
※	16	49.01	2.367	1.808	40.55
※	17	12.58	可変	-	-
	18	-138.77	5.801	1.916	31.60
	19	-27.41	可変	-	-
	20	-20.27	9.011	1.772	49.60
	21	-25.10	可変	-	-
	22	87.00	4.529	1.835	42.74
	23	-414.19	可変	-	-
	24	40.18	2.002	1.852	40.78
	25	21.10	4.833	1.946	17.98
	26	33.61	可変	-	-
ST	27	∞	3.194	-	-
	28	-329.43	2.000	1.847	23.78
	29	29.21	6.625	1.678	55.34
	30	-64.59	4.932	-	-
	31	-27.49	2.000	1.855	24.80
	32	79.77	8.424	1.623	58.17
	33	-33.52	0.500	-	-
	34	89.56	9.102	1.439	94.66
	35	-42.88	可変	-	-
	36	58.51	5.292	1.497	81.55
	37	213.32	5.000	-	-
	38	∞	37.000	1.516	64.14
	39	∞	19.500	1.841	24.56
	40	∞	11.560	-	-

(B)

	面番号					
	3	4	14	15	16	17
r	40.45	12.91	27.59	86.82	49.01	12.58
k	0.00000	-0.55092	0.00000	0.00000	0.00000	-1.05348
B4	3.00636E-05	-2.68398E-05	-5.72942E-06	-2.24617E-06	-1.25823E-04	-1.68721E-04
B6	-7.00024E-08	4.06663E-08	-3.66132E-10	1.08983E-08	4.17605E-07	7.08459E-07
B8	2.93783E-10	-4.96077E-11	-3.14018E-12	-1.94537E-11	-6.90436E-10	-1.34338E-09
B10	-6.04820E-13	-1.34360E-12	-3.15566E-15	2.04614E-14	0.00000E+00	0.00000E+00
B12	6.85884E-16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(C)

面番号	面間隔 d[mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	697	1163	3489	697	1163	3489
2	21.839	22.112	22.391	21.839	22.112	22.391
11	23.737	23.713	23.687	23.737	23.713	23.687
13	1.105	0.857	0.603	1.105	0.857	0.603
17	12.764	12.764	12.764	13.028	13.028	13.028
19	10.189	10.189	10.189	8.143	8.143	8.143
21	19.804	19.804	19.804	1.000	1.000	1.000
23	14.933	14.933	14.933	30.348	30.348	30.348
26	10.156	10.156	10.156	4.917	4.917	4.917
35	0.500	0.500	0.500	10.910	10.910	10.910

【 0 2 4 9 】

【表12】

(A)	広角端	望遠端
f	-10.54	-15.80
Fno	2.40	2.60
ω	51.09	39.62
ズーム比	1.50	

	面番号	近軸曲率半径 r[mm]	面間隔 d[mm]	屈折率 n	アッペ数 ν
※	1	50.98	3.321	1.583	59.39
※	2	13.00	19.329	-	-
	3	-17.36	4.968	1.808	22.76
	4	72.70	4.848	1.593	68.62
	5	-17.52	0.500	-	-
	6	638.02	4.930	1.883	40.77
	7	-21.57	2.000	1.847	23.78
	8	63.95	5.739	1.593	68.62
	9	-29.66	可変	-	-
	10	99.62	8.369	1.808	22.76
	11	-99.42	可変	-	-
※	12	28.80	9.500	1.861	37.10
※	13	47.25	33.980	-	-
※	14	35.33	3.908	1.808	40.55
※	15	12.03	可変	-	-
	16	-222.76	9.061	1.892	37.13
	17	-28.08	可変	-	-
	18	-28.58	7.844	1.497	81.55
	19	-31.37	可変	-	-
	20	76.97	4.863	1.697	55.53
	21	-213.57	可変	-	-
	22	29.96	2.000	1.892	37.13
	23	16.66	5.110	1.946	17.98
	24	24.45	可変	-	-
ST	25	∞	3.980	-	-
	26	-46.94	2.000	1.847	23.78
	27	29.46	6.355	1.603	60.64
	28	-34.87	4.404	-	-
	29	-22.70	2.000	1.916	31.60
	30	151.37	7.823	1.764	48.49
	31	-28.91	0.500	-	-
	32	104.94	8.875	1.439	94.66
	33	-38.59	可変	-	-
	34	60.25	9.500	1.497	81.55
	35	1078.08	5.000	-	-
	36	∞	37.000	1.516	64.14
	37	∞	19.500	1.841	24.56
	38	∞	11.940	-	-

【0250】

10

20

30

40

(B)

	面番号					
	1	2	12	13	14	15
r	50.98	13.00	28.80	47.25	35.33	12.03
k	0.00000	-0.57804	0.00000	0.00000	0.00000	-1.12016
B4	7.26364E-06	-2.87844E-05	-4.30723E-06	-4.61332E-06	-1.21765E-04	-1.62617E-04
B6	1.32443E-08	4.87171E-08	2.38273E-09	1.93888E-08	2.59278E-07	6.14843E-07
B8	-3.15997E-11	4.41349E-10	-2.62989E-13	-1.70375E-11	-3.60425E-10	-1.42314E-09
B10	3.59509E-14	-2.49469E-12	1.28324E-16	1.43948E-14	0.00000E+00	1.47128E-12
B12	-9.34466E-18	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
B16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(C)

面番号	面間隔 d [mm]					
	広角端			望遠端		
距離L	700	1463	4393	700	1463	4393
9	19.053	18.932	18.861	19.053	18.932	18.861
11	2.201	1.858	1.645	2.201	1.858	1.645
15	12.081	12.081	12.081	11.758	11.758	11.758
17	40.717	40.717	40.717	7.180	7.180	7.180
19	1.500	1.500	1.500	1.502	1.502	1.502
21	1.000	1.000	1.000	27.209	27.209	27.209
24	10.944	10.944	10.944	5.121	5.121	5.121
33	2.112	2.112	2.112	15.584	15.584	15.584

【0251】

[画像投影装置]

図25は、本発明の光学系100を投写光学系として有する画像投影装置の概略図である。照明光学系52は、光変調素子に対してむらの少ない照明を実現する機能を有する。色分離光学系53は、照明光学系52からの光を光変調素子に対応した任意の色に分解する。偏光ビームスプリッタ54, 55は、入射した光を透過または反射させる。反射型画像表示素子57, 58, 59は、入射した光を電気信号に応じて変調する。色合成光学系56は、各光変調素子からの光を1つに合成する。投射光学系60は、本発明の光学系100を備え、色合成光学系56で合成された光をスクリーン61などの被投写面に投射する。照明光学系52、色分離光学系53、偏光ビームスプリッタ54, 55および色合成光学系56は、光源51からの光を画像表示素子に導くための導光光学系である。

【0252】

画像投影装置の一例として反射型画像表示素子を3つ用いた装置を示したが、これに限定されない。

[撮像装置]

次に、本発明の光学系を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例について、図26を用いて説明する。図26において、10はカメラ本体、11は第1乃至第12の実施形態で説明したいずれかの光学系によって構成された撮影光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11によって形成された光学像を受光して光電変換する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。カメラ本体10はクイックターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでも良いし、クイックターンミラーを有さない所謂ミラーレスカメラでも良い。

【0253】

このように本発明の光学系をデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、レンズが小型である撮像装置を得ることができる。

[撮像システム]

なお、各実施例のズームレンズと、ズームレンズを制御する制御部とを含めた撮像システム（監視カメラシステム）を構成してもよい。この場合、制御部は、ズーミングやフォーカシングに際して各レンズ群が上述したように移動するようズームレンズを制御することができます。このとき、制御部がズームレンズと一緒に構成されている必要はなく、制御部をズームレンズとは別体として構成してもよい。例えば、ズームレンズの各レンズを駆動する駆動部に対して遠方に配置された制御部（制御装置）が、ズームレンズを制御するための制御信号（命令）を送る送信部を備える構成を採用してもよい。このような制御部によれば、ズームレンズを遠隔操作することができる。

【0254】

また、ズームレンズを遠隔操作するためのコントローラーやボタンなどの操作部を制御部に設けることで、ユーザーの操作部への入力に応じてズームレンズを制御する構成を採ってもよい。例えば、操作部として拡大ボタン及び縮小ボタンを設け、ユーザーが拡大ボタンを押したらズームレンズの倍率が大きくなり、ユーザーが縮小ボタンを押したらズームレンズの倍率が小さくなるように、制御部からズームレンズの駆動部に信号が送られるように構成すればよい。

【0255】

また、撮像システムは、ズームレンズのズームに関する情報（移動状態）を表示する液晶パネルなどの表示部を有していてもよい。ズームレンズのズームに関する情報とは、例えばズーム倍率（ズーム状態）や各レンズ群の移動量（移動状態）である。この場合、表示部に示されるズームレンズのズームに関する情報を見ながら、操作部を介してユーザーがズームレンズを遠隔操作することができる。このとき、例えばタッチパネルなどを採用することで表示部と操作部とを一体化してもよい。

【0256】

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

【符号の説明】**【0257】**

100 光学系（結像光学系）

101 第1光学系

102 第2光学系

301 中間像

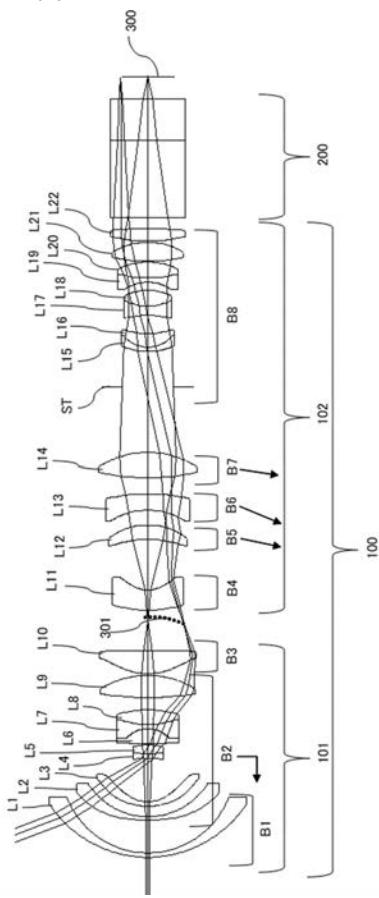
B2 第2レンズ群（第1レンズ群）

10

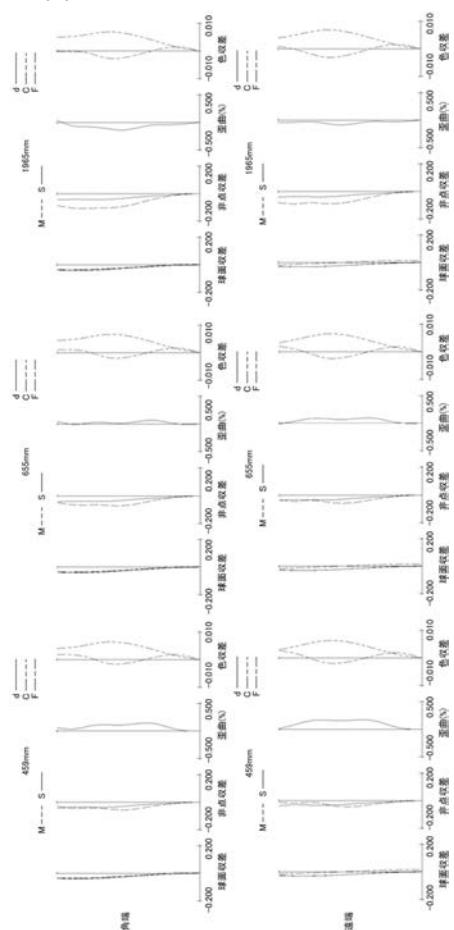
20

30

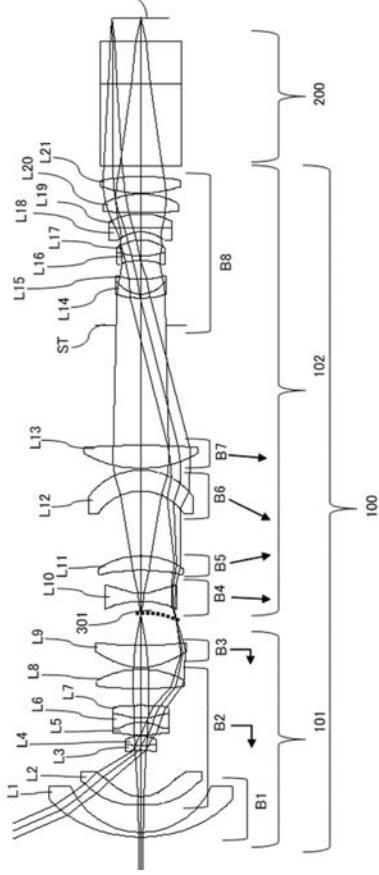
【図1】



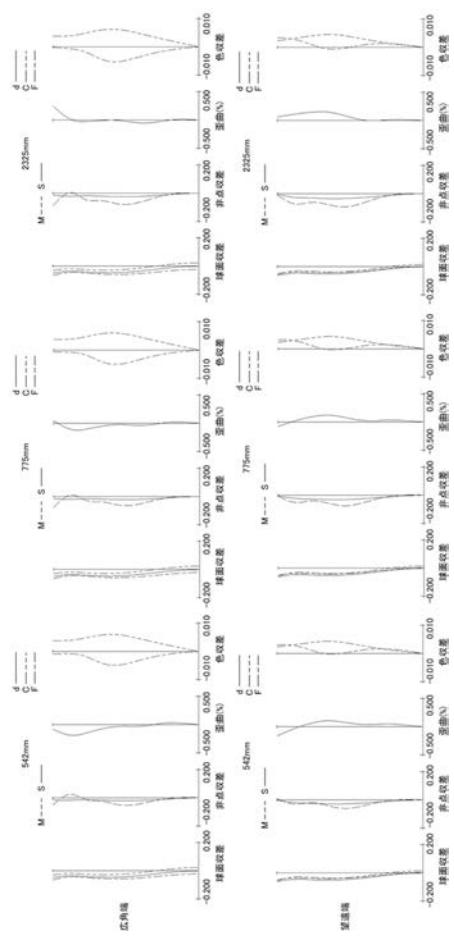
【図2】



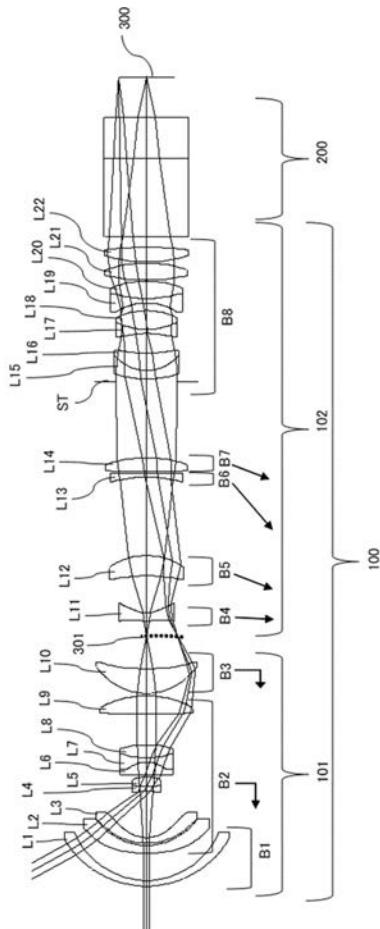
【図3】



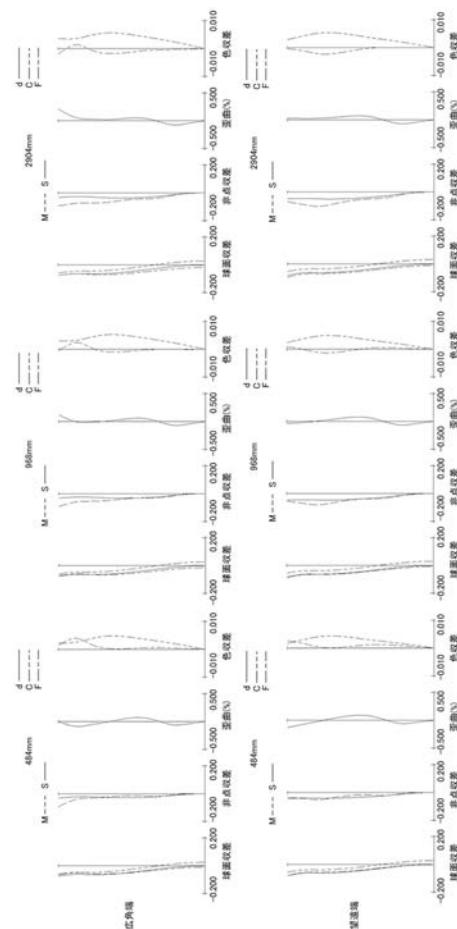
【図4】



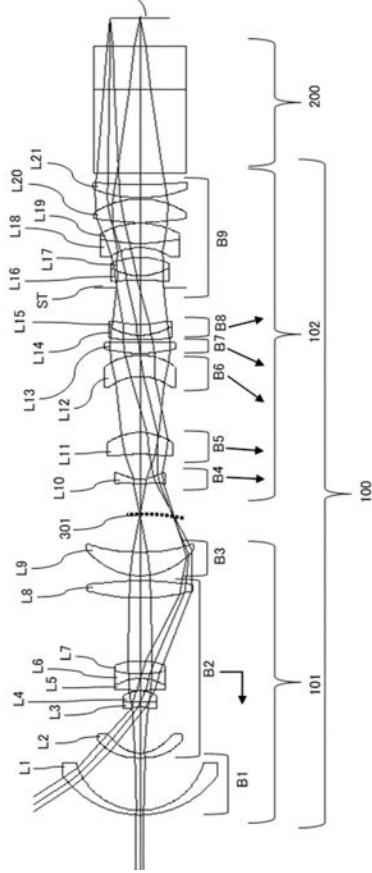
【図5】



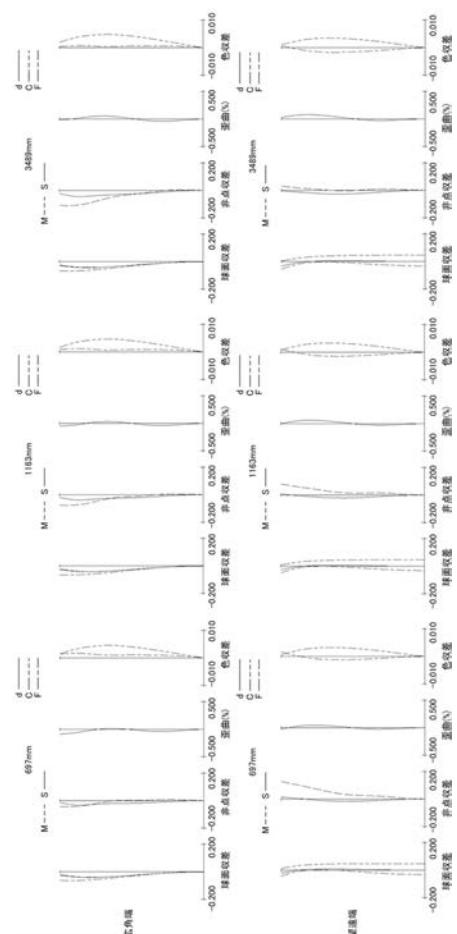
【図6】



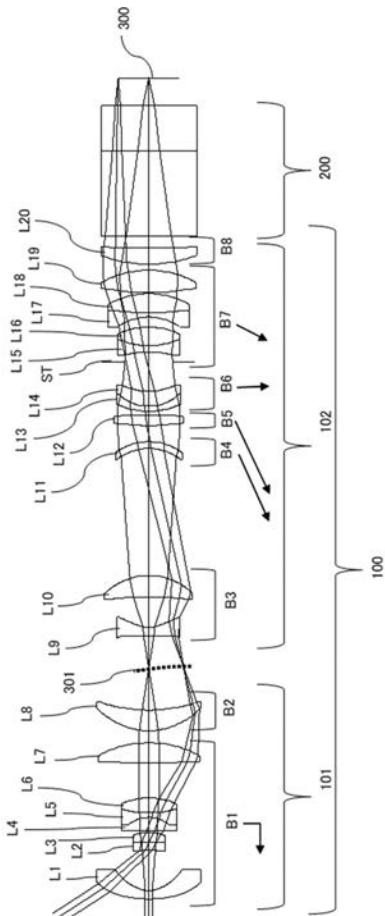
【図7】



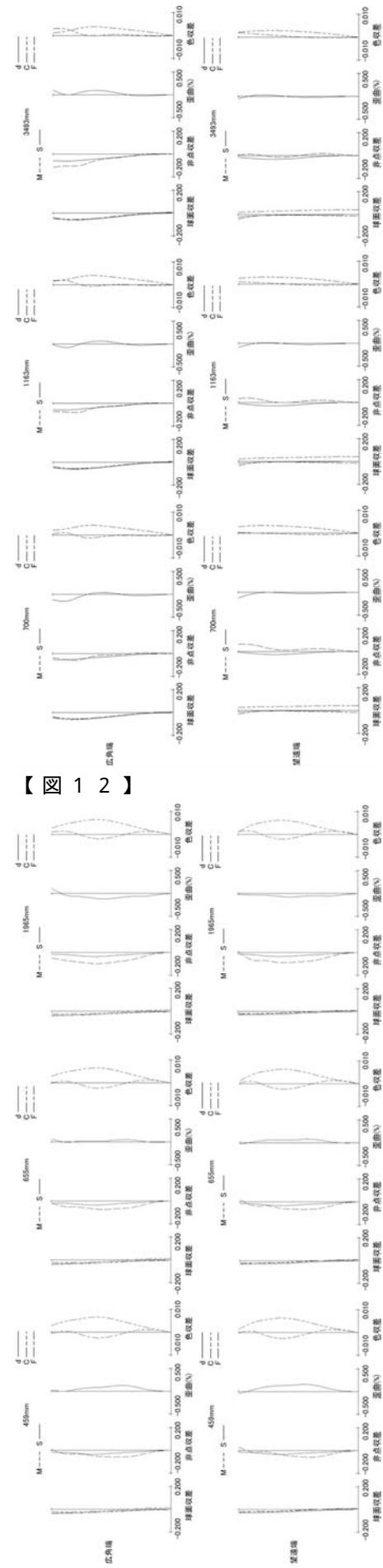
【図8】



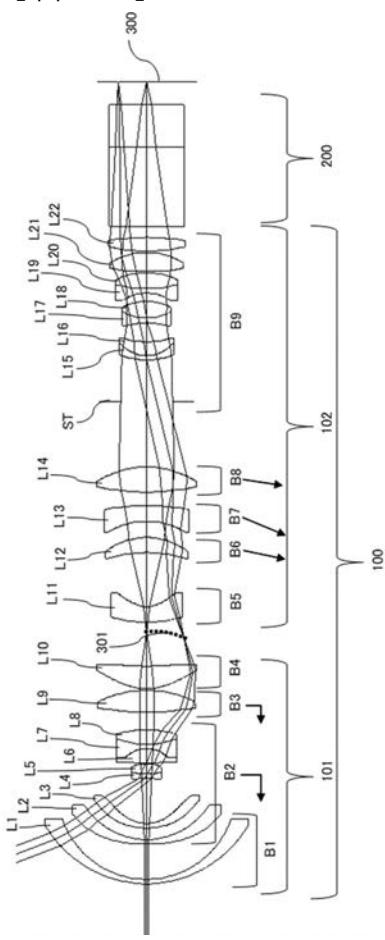
【図 9】



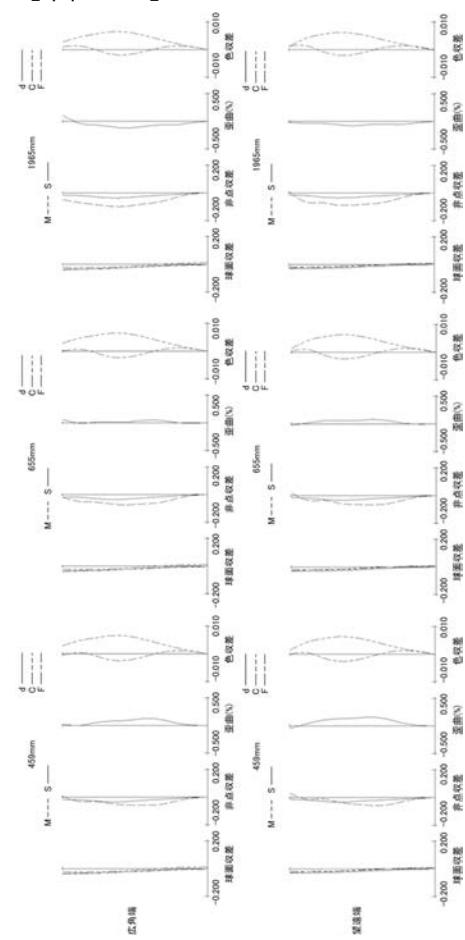
【図 10】



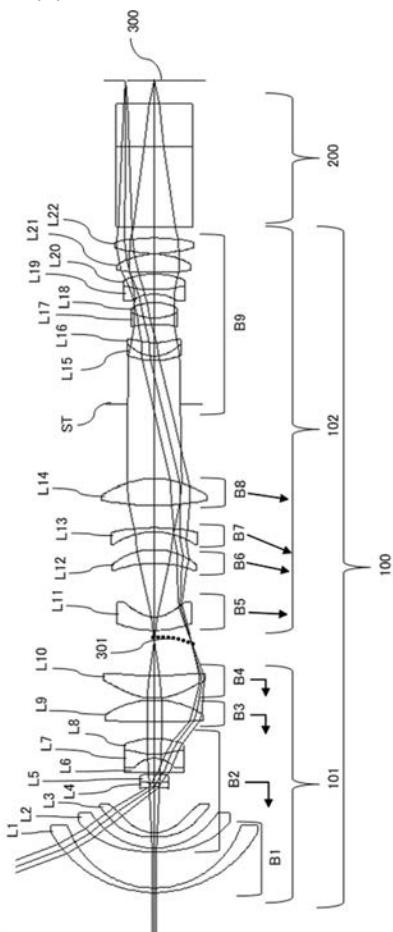
【図 11】



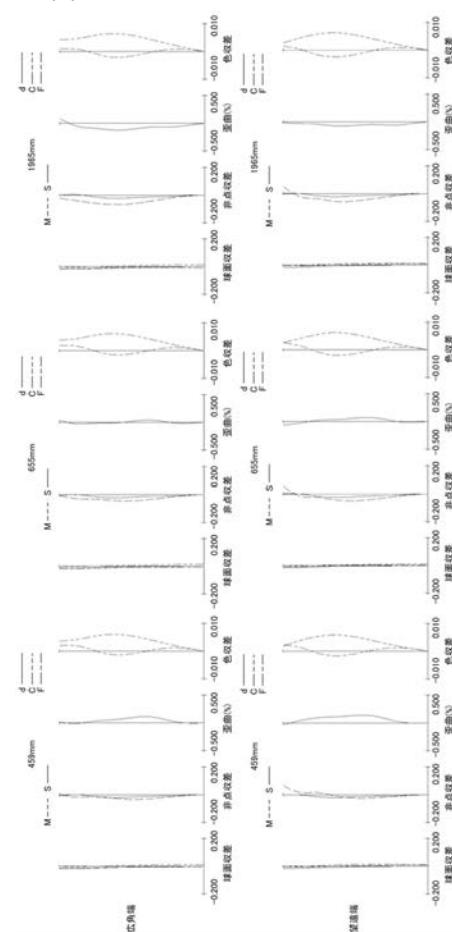
【図 12】



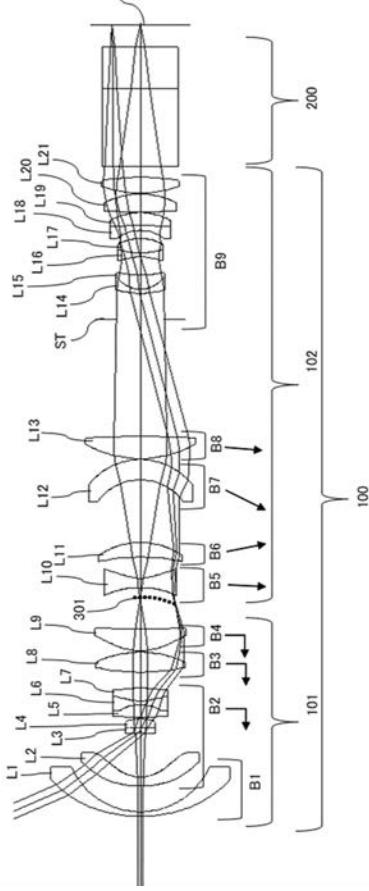
【図13】



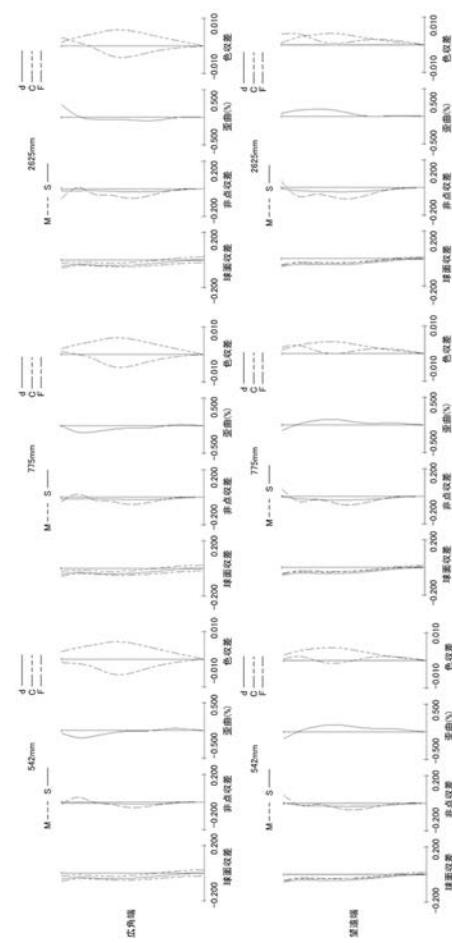
【図14】



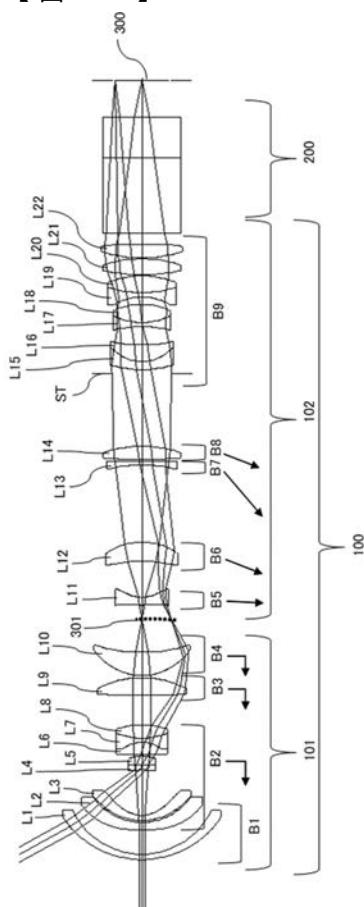
【図15】



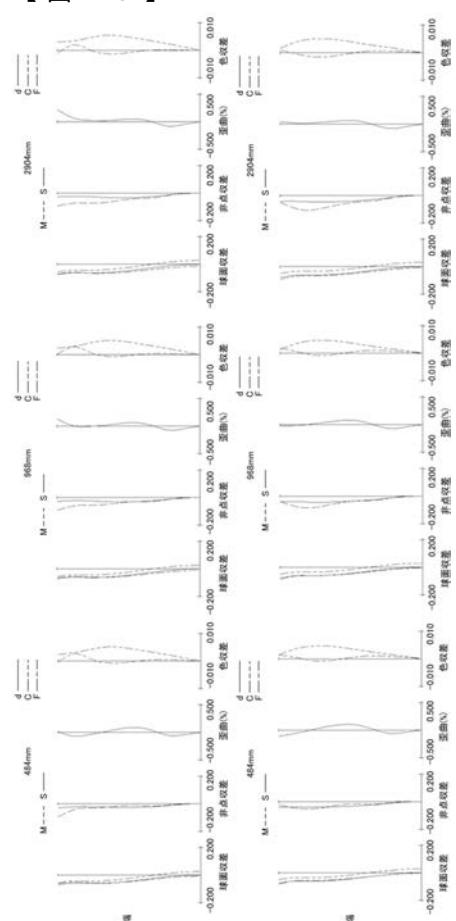
【図16】



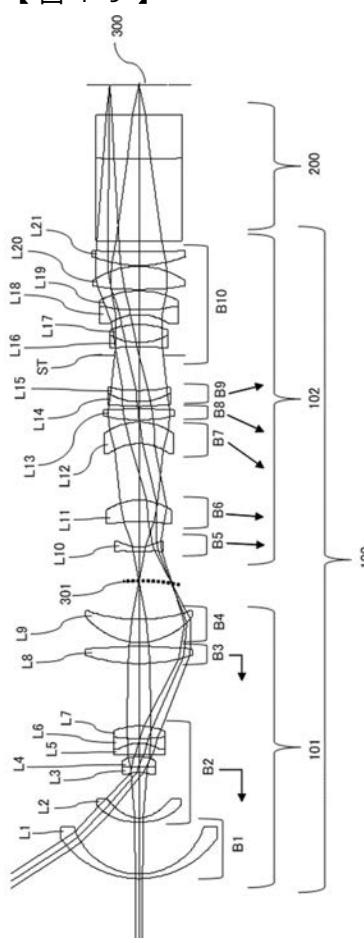
【図17】



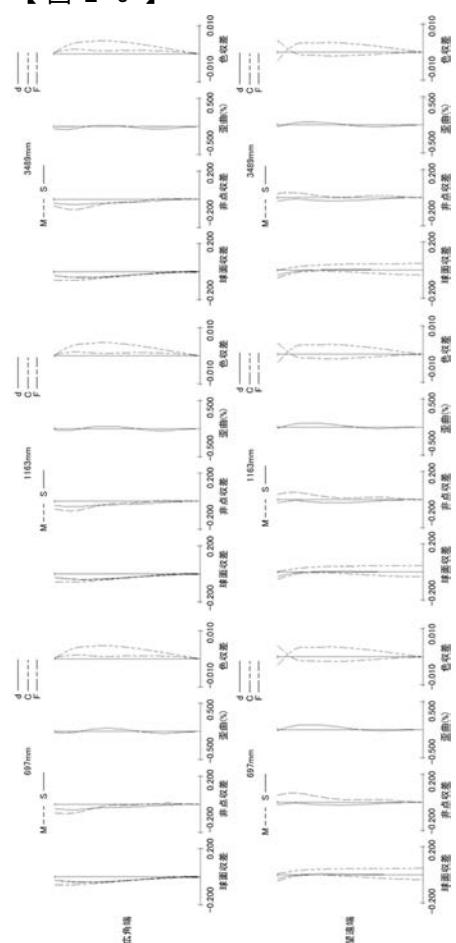
【図18】



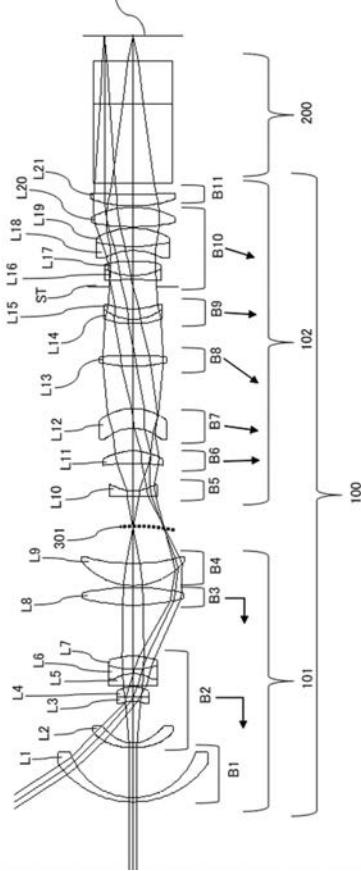
【図19】



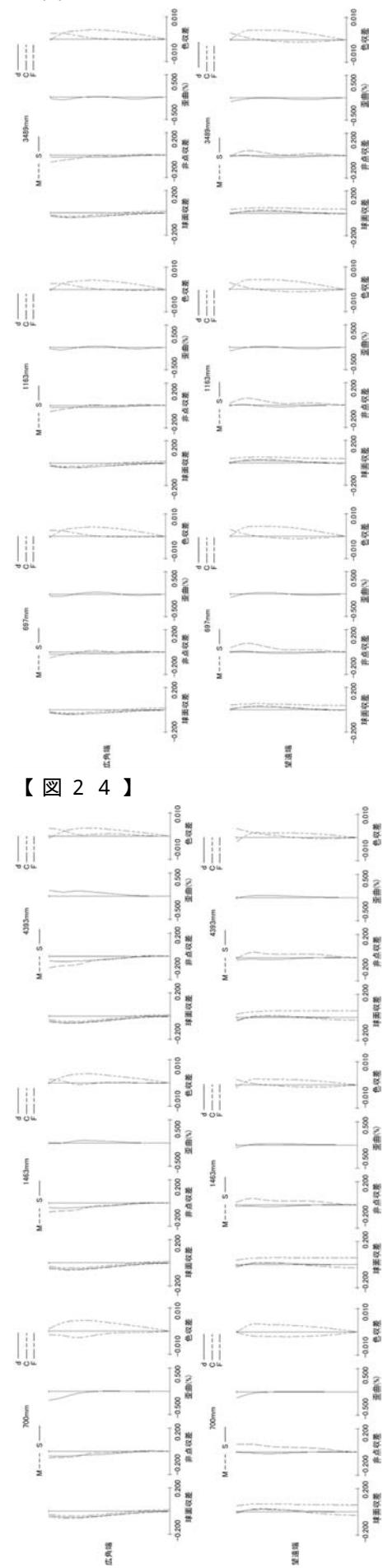
【図20】



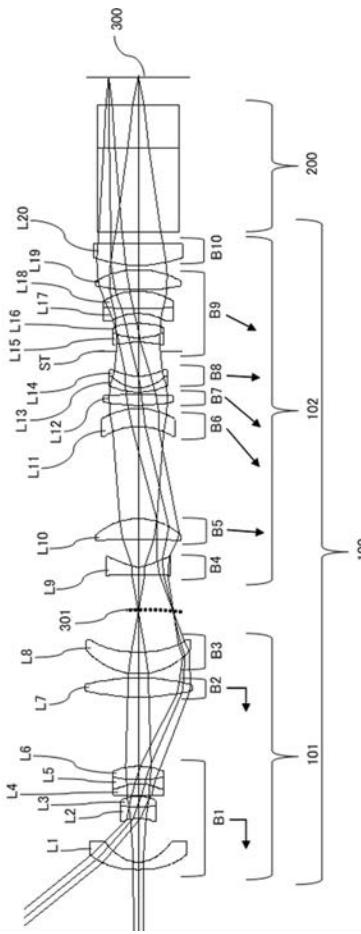
【図21】



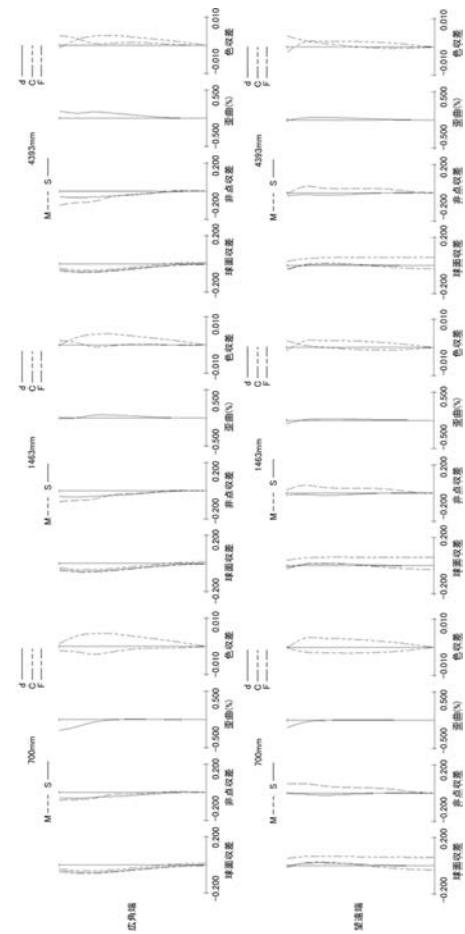
【図22】



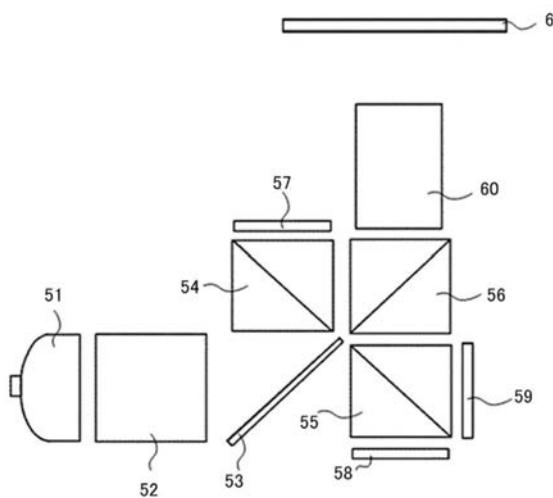
【図23】



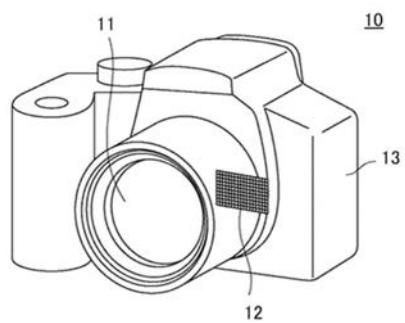
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA02 KA06 LA27 MA12 MA18 MA19 PA14 PA15 PA16 PB20
QA02 QA06 QA07 QA17 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34 QA41
QA45 RA05 RA12 RA13 RA32 RA36 RA41 RA42 RA44 RA48
SA44 SA46 SA50 SA52 SA55 SA63 SA64 SA65 SA66 SA72
SA76 SB01 SB12 SB22 SB32 SB33 SB41 SB42