

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6367707号
(P6367707)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 12 (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願2014-265327 (P2014-265327)
 (22) 出願日 平成26年12月26日(2014.12.26)
 (65) 公開番号 特開2016-126085 (P2016-126085A)
 (43) 公開日 平成28年7月11日(2016.7.11)
 審査請求日 平成28年11月25日(2016.11.25)

(73) 特許権者 000133227
 株式会社タムロン
 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
 (74) 代理人 100104190
 弁理士 酒井 昭徳
 (72) 発明者 太幡 浩文
 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
 株式会社タムロン内
 審査官 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、第3レンズ群と、を備え、各レンズ群の光軸上の間隔を変えることにより変倍を行うズームレンズであって、

前記第1レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズを含み構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に配置された、正レンズと、負レンズと、正レンズと、から構成され、

前記第3レンズ群は、最も物体側に負レンズが配置されて構成されており、

以下に示す条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 2.8 \leq 2T / 2W \leq 12.0$$

$$(2) \quad -0.5 \leq 2W - 0.1$$

$$(4) \quad 0.66 \leq LT \leq 1.0$$

$$(7) \quad d1p \leq 41.0$$

$$(8) \quad d1n \leq 50.0$$

ただし、 $2T$ は前記第2レンズ群の望遠端における倍率、 $2W$ は前記第2レンズ群の広角端における倍率、 LT は最も像側に配置されているレンズ群の望遠端における倍率、 $d1p$ は前記第1レンズ群中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数、 $d1n$ は前記第1レンズ群中に含まれる、負レンズのd線に対するアッペ数を示す。

【請求項2】

前記第1レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍を行い、

前記第2レンズ群以降のレンズ群を光軸に沿って移動させることにより、変倍に伴う像面変動を補正し、

前記第1レンズ群を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う、ことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

以下に示す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。

$$(3) \quad -4.50 < 2T < -1.45$$

ただし、 $2T$ は前記第2レンズ群の望遠端における倍率を示す。

【請求項4】

前記第2レンズ群中に所定の開口を規定する開口絞りを備え、

広角端から望遠端への変倍に際し、前記開口絞りが前記第2レンズ群とともに像側から物体側へ移動することを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載のズームレンズ。

【請求項5】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(5) \quad 0.35 < |f1| / f2 < 0.85$$

ただし、 $f1$ は前記第1レンズ群の焦点距離、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離を示す。

【請求項6】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(6) \quad 0.2 < |f2 / f3| < 1.0$$

ただし、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、 $f3$ は前記第3レンズ群の焦点距離を示す。

【請求項7】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(9) \quad d2pa < 68.0$$

ただし、 $d2pa$ は前記第2レンズ群中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッベ数の平均値を示す。

【請求項8】

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、負レンズと、正レンズと、が連続配置されて構成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載のズームレンズ。

【請求項9】

前記第3レンズ群は、物体側から順に、負レンズと、正レンズと、が連続配置されて構成されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか一つに記載のズームレンズ。

【請求項10】

前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズは物体側に凹面を向けており、

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(10) \quad -1.5 < (R31 + R32) / (R31 - R32) < 0.3$$

ただし、 $R31$ は前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの物体側面の曲率半径、 $R32$ は前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの像側面の曲率半径を示す。

【請求項11】

10

20

30

40

50

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(11) \quad 4.5 < X2^2 / (|f1| \times f2) < 16.5$$

ただし、X2 は広角端から望遠端への変倍時における前記第 2 レンズ群の移動量、f1 は前記第 1 レンズ群の焦点距離、f2 は前記第 2 レンズ群の焦点距離を示す。

【請求項 12】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載のズームレンズ。

$$(12) \quad 0.3 < f2 / fLw < 1.1$$

ただし、f2 は前記第 2 レンズ群の焦点距離、fLw は前記第 3 レンズ群以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離を示す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCD や CMOS 等の固体撮像素子が搭載された小型の撮像装置に好適なズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

一眼レフカメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ等、CCD や CMOS 等の固体撮像素子が搭載された撮像装置が急速に普及している。これに伴い、CCD や CMOS 等の固体撮像素子が搭載された撮像装置に用いることが可能なズームレンズが数多く提案されている（たとえば、特許文献 1 ~ 3 を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 22080 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 168513 号公報

【特許文献 3】特許第 4283553 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、固体撮像素子の高画素、高感度化が進み、撮影レンズについても高い光学性能が求められている。また、撮像装置の小型化が進み、撮影レンズの小型、軽量化も望まれている。さらに、監視カメラや車載カメラ等、様々な用途で使用することが可能なように、可視光域から近赤外域までの光に対応した高倍率のズームレンズも求められている。

【0005】

特許文献 1 および 2 に記載のズームレンズは、物体側から順に、負・正・正の屈折力を有するレンズ群が配置されたタイプの簡易なレンズ群構成をもつズームレンズである。しかしながら、これらのズームレンズでは第 1 レンズ群、第 3 レンズ群のレンズ枚数が少なく、各レンズ群で発生する諸収差を抑えることが難しいため、良好な画像を得ることができない。この問題は、高倍率な画像になるほど顕著になる。また、近赤外光に対しては望遠端で発生する軸上色収差、倍率色収差が顕著になり、近赤外光に対する光学性能が著しく劣化するという問題がある。

【0006】

また、特許文献 3 に記載のズームレンズは、高倍率で可視光域から近赤外域までの光に対する収差補正はなされている。しかし、第 1 レンズ群が正の屈折力を有しているため、大口径比化を図ろうとすると光学系全体が大きくなる傾向があり、大口径比化と小型化とを両立することが困難であるという問題がある。

【0007】

本発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、小型で、全変倍域に亘って

10

20

30

40

50

諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えたズームレンズを提供することを目的とする。さらに、小型で、大口径、高倍率のズームレンズを提供することを目的とする。加えて、可視光域から近赤外域の光に対して発生する諸収差を良好に補正することが可能なズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明にかかるズームレンズは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、第3レンズ群と、を備え、各レンズ群の光軸上の間隔を変えることにより変倍を行うズームレンズであって、前記第2レンズ群は、物体側から順に配置された、正レンズと、負レンズと、正レンズと、から構成され、前記第3レンズ群は、最も物体側に負レンズが配置されて構成されており、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 2.8 \leq 2T / 2W \leq 12.0$$

ただし、 $2T$ は前記第2レンズ群の望遠端における倍率、 $2W$ は前記第2レンズ群の広角端における倍率を示す。

【0009】

本発明によれば、小型で、全変倍域に亘って諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えたズームレンズを提供することができる。

【0010】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第1レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍を行い、前記第2レンズ群以降のレンズ群を光軸に沿って移動させることにより、変倍に伴う像面変動を補正し、前記第1レンズ群を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う、ことを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、変倍時および合焦時の像面変動を抑制し、良好な光学性能を維持することができる。

【0012】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(2) \quad -0.5 \leq 2W \leq 0.1$$

ただし、 $2W$ は前記第2レンズ群の広角端における倍率を示す。

【0013】

本発明によれば、広角端において第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0014】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(3) \quad -4.50 \leq 2T \leq -1.45$$

ただし、 $2T$ は前記第2レンズ群の望遠端における倍率を示す。

【0015】

本発明によれば、望遠端において第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0016】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(4) \quad 0.3 \leq LT \leq 1.0$$

ただし、 LT は最も像側に配置されているレンズ群の望遠端における倍率を示す。

【0017】

本発明によれば、望遠端において最も像側に配置されているレンズ群で発生する球面収

10

20

30

40

50

差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0018】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第2レンズ群中に所定の開口を規定する開口絞りを備え、広角端から望遠端への変倍に際し、前記開口絞りが前記第2レンズ群とともに像側から物体側へ移動することを特徴とする。

【0019】

本発明によれば、小型で、大口径、高倍率のズームレンズを提供することができる。

【0020】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(5) \quad 0.35 \leq |f1| / f2 \leq 0.85$$

ただし、 $f1$ は前記第1レンズ群の焦点距離、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離を示す。

【0021】

本発明によれば、第1レンズ群で発生する球面収差、像面湾曲を、第2レンズ群で適切に補正することができ、高い光学性能を得ることができる。

【0022】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(6) \quad 0.2 \leq |f2 / f3| \leq 1.0$$

ただし、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、 $f3$ は前記第3レンズ群の焦点距離を示す。

【0023】

本発明によれば、第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を、第3レンズ群で適切に補正することができ、高い光学性能を得ることができる。

【0024】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第1レンズ群が、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズを含み構成されており、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(7) \quad d1p \geq 41.0$$

$$(8) \quad d1n \leq 50.0$$

ただし、 $d1p$ は前記第1レンズ群中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数、 $d1n$ は前記第1レンズ群中に含まれる、負レンズのd線に対するアッペ数を示す。

【0025】

本発明によれば、第1レンズ群に含まれる負レンズで発生する色収差を良好に補正するとともに、球面収差、像面湾曲も良好に補正して、高い光学性能を得ることができる。特に、可視光域から近赤外域の光に対して発生する収差を良好に補正することができる。

【0026】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(9) \quad d2pa \leq 68.0$$

ただし、 $d2pa$ は前記第2レンズ群中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数の平均値を示す。

【0027】

本発明によれば、第2レンズ群で発生する、可視光域から近赤外域の光に対する色収差を良好に補正し、高い光学性能を得ることができる。

【0028】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第1レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、負レンズと、正レンズと、が連続配置されて構成されている

10

20

30

40

50

ことを特徴とする。

【0029】

本発明によれば、第1レンズ群で発生する諸収差を抑制することができる。

【0030】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第3レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、正レンズと、が連続配置されて構成されていることを特徴とする。

【0031】

本発明によれば、第1,第2レンズ群で発生する像面湾曲、コマ収差を第3レンズ群で補正することが可能になる。

10

【0032】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズが物体側に凹面を向けており、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(10) \quad -1.5 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.3$$

ただし、 R_{31} は前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの物体側の曲率半径、 R_{32} は前記第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの像側面の曲率半径を示す。

【0033】

本発明によれば、第1,第2レンズ群で発生する像面湾曲を第3レンズ群で良好に補正することができる。

20

【0034】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(11) \quad 4.5 < |X_2|^2 / (|f_1| \times f_2) < 16.5$$

ただし、 X_2 は広角端から望遠端への変倍時における前記第2レンズ群の移動量、 f_1 は前記第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は前記第2レンズ群の焦点距離を示す。

【0035】

第2レンズ群の移動量 X_2 とは、光軸上の有限距離内に固定された一点に対し、第2レンズ群が広角端から望遠端へ移動するときの、第2レンズ群の光軸上の移動量とする。

30

【0036】

本発明によれば、広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群の移動量を適切に設定して、光学性能を維持したまま、光学系全長の短縮化を図ることができる。

【0037】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、前記発明において、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(12) \quad 0.3 < f_2 / f_{Lw} < 1.1$$

ただし、 f_2 は前記第2レンズ群の焦点距離、 f_{Lw} は前記第3レンズ群以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離を示す。

【0038】

本発明によれば、広角端において第2レンズ群で発生するコマ収差を、第3レンズ群以降のレンズ群で良好に補正することができる。

40

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、小型で、全変倍域に亘って諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えたズームレンズを提供することができるという効果を奏する。さらに、小型で、大口径、高倍率のズームレンズを提供することができるという効果を奏する。加えて、可視光域から近赤外域の光に対して発生する諸収差を良好に補正することが可能なズームレンズを提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 4 0 】

【図 1】実施例 1 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2】実施例 1 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 3】実施例 2 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 4】実施例 2 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 5】実施例 3 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 6】実施例 3 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 7】実施例 4 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 8】実施例 4 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 9】実施例 5 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

10

【図 10】実施例 5 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 11】実施例 6 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 12】実施例 6 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図 13】実施例 7 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 14】実施例 7 にかかるズームレンズの諸収差図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 1 】

以下、本発明にかかるズームレンズの好適な実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 4 2 】

本発明にかかるズームレンズは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、第 3 レンズ群と、を備えて構成される。そして、各レンズ群の光軸上の間隔を変えることにより変倍を行う。

20

【 0 0 4 3 】

本発明は、まず、小型で、全変倍域に亘って諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えたズームレンズを提供することを目的としている。そこで、かかる目的を達成するため、以下に示すような各種条件を設定している。

【 0 0 4 4 】

小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現するためには、変倍をつかさどるレンズ群の屈折力を大きくし、変倍に伴う移動量を少なくすることが望ましい。しかし、屈折力を大きくしていくと収差の発生量も大きくなる傾向があり、高い光学性能を維持することが困難になる。このため、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現するためには、変倍をつかさどるレンズ群のレンズ構成や、広角端、望遠端における各レンズ群の倍率を適切に設定することが必要になる。

30

【 0 0 4 5 】

本発明にかかるズームレンズにおいて、第 2 レンズ群は、物体側から順に配置された、正レンズと、負レンズと、正レンズと、から構成される。第 2 レンズ群では、最も物体側に配置されている正レンズで発生する球面収差、像面湾曲、色収差を、当該正レンズに続いて配置されている負レンズ、正レンズによって補正する。また、第 2 レンズ群では、最も物体側に正レンズを配置したことにより、当該正レンズで入射光線を収束させることができ、第 2 レンズ群以降の小径化を図ることができる。

40

【 0 0 4 6 】

第 3 レンズ群は、最も物体側に負レンズが配置されて構成される。当該負レンズで光軸近傍に入射する光束を発散させることで、望遠端の像面湾曲を良好に補正することができる。

【 0 0 4 7 】

そして、本発明にかかるズームレンズでは、上記構成を前提に、第 2 レンズ群の望遠端における倍率を $2T$ 、第 2 レンズ群の広角端における倍率を $2W$ とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 2.8 \quad | \quad 2T / 2W \quad | \quad 12.0$$

【 0 0 4 8 】

50

条件式(1)は、第2レンズ群の望遠端における倍率と広角端における倍率との比を規定するものである。条件式(1)を満足することにより、光学系の小型化(光学系全長の短縮化)を図るとともに、広角端から望遠端への変倍に伴う像面湾曲の発生を抑制し、全変倍域に亘って高い光学性能を維持することができる。

【0049】

条件式(1)においてその下限値を下回ると、第2レンズ群の変倍に対する寄与が大きくなりすぎるため、変倍に伴い発生する像面湾曲が大きくなり、その補正が困難になる。一方、条件式(1)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の変倍に対する寄与が小さくなるため、変倍時における第2レンズ群の移動量が増加し、光学系全長の短縮化が困難になる。

10

【0050】

なお、上記条件式(1)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(1a) \quad 4.0 \leq 2T/2W \leq 10.9$$

この条件式(1a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0051】

また、上記条件式(1a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(1b) \quad 5.0 \leq 2T/2W \leq 9.8$$

20

【0052】

また、本発明にかかるズームレンズでは、第1レンズ群を光軸に沿って移動させることにより変倍を行い、第2レンズ群以降のレンズ群を光軸に沿って移動させることにより、変倍に伴う像面変動を補正し、第1レンズ群を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行うようにするとよい。

【0053】

主に変倍機能を第1レンズ群にもたせ、変倍に伴う像面変動の補正を第2レンズ群以降のレンズ群に担わせることにより効率的に像面変動の補正することができる。また、第1レンズ群に合焦を担わせることで、合焦に伴う像面変動を抑制することができ、光学性能を良好に維持することができる。

30

【0054】

さらに、本発明にかかるズームレンズは、第2レンズ群の広角端における倍率を $2W$ とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(2) \quad -0.5 \leq 2W \leq 0.1$$

【0055】

条件式(2)は、第2レンズ群の広角端における倍率を規定するものである。条件式(2)を満足することにより、広角端において第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0056】

条件式(2)においてその下限値を下回ると、第2レンズ群の屈折力が弱くなりすぎて、光学系の全長が延び、光学系の小型化が困難になる。一方、条件式(2)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の屈折力が強くなりすぎて、広角端で発生するコマ収差、像面湾曲の補正が困難になる。

40

【0057】

なお、上記条件式(2)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(2a) \quad -0.45 \leq 2W \leq 0.15$$

この条件式(2a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

50

【0058】

また、上記条件式(2a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(2b) \quad -0.3 < 2W < 0.2$$

【0059】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群の望遠端における倍率を2Tとすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(3) \quad -4.50 < 2T < -1.45$$

【0060】

条件式(3)は、第2レンズ群の望遠端における倍率を規定するものである。条件式(3)を満足することにより、望遠端において第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

10

【0061】

条件式(3)においてその下限値を下回ると、第2レンズ群の屈折力が弱くなりすぎて、光学系の全長が伸び、光学系の小型化が困難になる。一方、条件式(3)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の屈折力が強くなりすぎて、望遠端で発生するコマ収差、像面湾曲の補正が困難になる。

【0062】

なお、上記条件式(3)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

20

$$(3a) \quad -4.0 < 2T < -2.0$$

この条件式(3a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0063】

また、上記条件式(3a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(3b) \quad -3.5 < 2T < -2.5$$

【0064】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、最も像側に配置されているレンズ群の望遠端における倍率をLTとすると、次の条件式を満足することが好ましい。

30

$$(4) \quad 0.3 < LT < 1.0$$

【0065】

条件式(4)は、最も像側に配置されているレンズ群の望遠端における倍率を規定するものである。条件式(4)を満足することにより、望遠端において最も像側に配置されているレンズ群で発生する球面収差、像面湾曲を抑制し、小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0066】

条件式(4)においてその下限値を下回ると、最も像側に配置されているレンズ群の屈折力が強くなりすぎて、望遠端で発生する球面収差、像面湾曲の補正が困難になる。一方、条件式(4)においてその上限値を超えると、最も像側に配置されているレンズ群の屈折力が弱くなりすぎて、光学系の全長が伸び、光学系の小型化が困難になる。

40

【0067】

なお、上記条件式(4)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(4a) \quad 0.4 < LT < 0.9$$

この条件式(4a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0068】

また、上記条件式(4a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

50

(4b) 0.5 LT 0.8

【0069】

さらに、本発明は、小型で、大口径、高倍率のズームレンズを提供することを目的としている。そこで、かかる目的を達成するため、以下に示すような構成を採用している。

【0070】

すなわち、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群中に所定の開口を規定する開口絞りを備え、広角端から望遠端への変倍に際し、開口絞りが第2レンズ群とともに像側から物体側へ移動する。

【0071】

明るい光学系を実現しようとする場合、開口絞りの開口径を大きくすることが必要になるが、開口径を大きくすることは光学系の外径に影響を及ぼし、小径の光学系を構成することが困難になる。本発明にかかるズームレンズでは、前述のように、第2レンズ群の最も物体側に正レンズを配置し、当該正レンズで入射光線を収束させることによって第2レンズ群以降の小径化を図っている。そこで、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群中に開口絞りを備えることによって、光学系外径を拡大させることなく、明るい光学系を実現することができる。

【0072】

また、開口絞りを固定した場合は、変倍時に開口絞りが妨げとなって各レンズ群の移動量が制限されるため、高倍率化が困難になるとともに、収差補正も難しくなる。開口絞りを固定した状態で、高倍率で、良好な光学性能を備えたズームレンズを実現しようとする
20
と、各レンズ群の移動領域を余裕をもたせて確保しなければならなくなり、光学系の大型化（光学系全長が長くなる）を招くという問題が発生する。そこで、本発明にかかるズームレンズでは、開口絞りを第2レンズ群中に配置し、変倍時に開口絞りが第2レンズ群とともに移動するようにしたことにより、限られた領域であっても十分に各レンズ群の移動量を確保でき、小型化、高倍率化とともに、光学性能を向上させることが可能になる。

【0073】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

(5) $0.35 \leq |f_1| / |f_2| \leq 0.85$

【0074】

条件式(5)は、第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。条件式(5)を満足することにより、第1レンズ群で発生する球面収差、像面湾曲を、第2レンズ群で適切に補正することができ、高い光学性能を得ることができる。
30

【0075】

条件式(5)においてその下限値を下回ると、第1レンズ群の屈折力が強くなりすぎるため、第1レンズ群で発生する像面湾曲が大きくなりすぎ、第2レンズ群でその像面湾曲を補正しきれなくなってしまう。一方、条件式(5)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の屈折力が強くなりすぎるため、第1レンズ群で発生した球面収差の補正が過剰になってしまっていて、高い光学性能を得ることが難しくなる。
40

【0076】

なお、上記条件式(5)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

(5a) $0.4 \leq |f_1| / |f_2| \leq 0.7$

この条件式(5a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0077】

また、上記条件式(5a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

(5b) $0.5 \leq |f_1| / |f_2| \leq 0.7$

10

20

30

40

50

【0078】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(6) \quad 0.2 \leq |f_2 / f_3| \leq 1.0$$

【0079】

条件式(6)は、第2レンズ群の焦点距離と第3レンズ群の焦点距離との比を規定するものである。条件式(6)を満足することにより、第2レンズ群で発生するコマ収差、像面湾曲を第3レンズ群で適切に補正することができ、高い光学性能を得ることができる。

【0080】

条件式(6)においてその下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎるため、適切に像面湾曲を補正することができなくなる。一方、条件式(6)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の屈折力が強くなりすぎるため、コマ収差の発生が顕著になって、第3レンズ群でその補正を行うことが困難になる。

10

【0081】

なお、上記条件式(6)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(6a) \quad 0.3 \leq |f_2 / f_3| \leq 0.9$$

この条件式(6a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0082】

また、上記条件式(6a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

20

$$(6b) \quad 0.4 \leq |f_2 / f_3| \leq 0.8$$

【0083】

さらに、本発明では、可視光域から近赤外域の光に対して発生する諸収差を良好に補正することが可能なズームレンズを提供することを目的としている。そこで、かかる目的を達成するため、以下に示すような各種条件を設定している。

【0084】

本発明にかかるズームレンズでは、第1レンズ群を、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズを含み構成することが好ましい。そして、第1レンズ群中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数を d_{1p} 、第1レンズ群中に含まれる、負レンズの d 線に対するアッペ数を d_{1n} とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

30

$$(7) \quad d_{1p} \geq 4.1$$

$$(8) \quad d_{1n} \leq 5.0$$

【0085】

条件式(7)は、第1レンズ群中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数を規定しており、第1レンズ群中に含まれる負レンズで発生する色収差を良好に補正するための条件を示すものである。また、条件式(8)は、第1レンズ群中に含まれる、負レンズの d 線に対するアッペ数を規定しており、第1レンズ群で発生する色収差を低減させるのと同時に、球面収差、像面湾曲も良好に補正するための条件を示すものである。

40

【0086】

条件式(7)、(8)を満足することにより、第1レンズ群に含まれる負レンズで発生する色収差を良好に補正するとともに、球面収差、像面湾曲も良好に補正して、高い光学性能を得ることができる。特に、可視光域から近赤外域の光に対して発生する収差を良好に補正することができる。

【0087】

条件式(7)においてその上限値を超えると、第1レンズ群で発生する可視光域から近赤外域の光に対する軸上色収差、倍率色収差が増大し、光学性能が著しく劣化する。

【0088】

なお、上記条件式(7)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待でき

50

る。

$$(7a) \quad d1p \quad 33.5$$

この条件式(7a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0089】

また、上記条件式(7a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(7b) \quad d1p \quad 26.0$$

【0090】

条件式(8)においてその下限値を下回ると、第1レンズ群で発生する可視光域から近赤外域の光に対する軸上色収差が増大し、光学性能が著しく劣化する。

【0091】

なお、上記条件式(8)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(8a) \quad d1n \quad 55.0$$

この条件式(8a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0092】

また、上記条件式(8a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(8b) \quad d1n \quad 60.0$$

【0093】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数の平均値を $d2pa$ とするとき、次に示す条件式を満足することが好ましい。

$$(9) \quad d2pa \quad 68.0$$

【0094】

条件式(9)は、第2レンズ群中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数の平均値を規定し、第2レンズ群で発生する可視光域から近赤外域の光に対する色収差を良好に補正するための条件を示すものである。

【0095】

条件式(9)においてその下限値を下回ると、第2レンズ群で発生する可視光域から近赤外域の光に対する色収差の補正が困難になり、光学性能が著しく劣化する。

【0096】

なお、上記条件式(9)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(9a) \quad d2pa \quad 72.0$$

この条件式(9a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0097】

また、上記条件式(9a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(9b) \quad d2pa \quad 76.0$$

【0098】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第1レンズ群を、物体側から順に、負レンズと、負レンズと、正レンズと、を連続させて配置して構成するとよい。このようにすることで、負の屈折力によって発生する収差を2枚の負レンズを配置することで分散させることができ、球面収差、像面湾曲の発生を低減させることが可能になる。また、2枚の負レンズによって発生した球面収差、像面湾曲を、それらの像側に配置された正レンズによって補正することができる。このため、第1レンズ群で発生する球面収差、像面湾曲を効

10

20

30

40

50

果的に補正することができる。

【0099】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第3レンズ群を、物体側から順に、負レンズと、正レンズと、を連続させて配置して構成するとよい。このようにすることで、第1、第2レンズ群で発生する像面湾曲、コマ収差を第3レンズ群で補正することが可能になる。具体的には、第1、第2レンズ群で発生する像面湾曲を第3レンズ群の負レンズによって補正することが可能になる。また、第1、第2レンズ群で発生するコマ収差を第3レンズ群の正レンズによって補正することが可能になる。

【0100】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第1、第2レンズ群で発生する像面湾曲を第3レンズ群で補正するために、第3レンズ群の最も物体側の負レンズが凹面を物体側に向けて配置されていることが好ましい。そして、第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの物体側面の曲率半径を R_{31} 、第3レンズ群の最も物体側に配置されている負レンズの像側面の曲率半径を R_{32} とすると、次の条件式を満足することがより好ましい。

$$(10) \quad -1.5 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.3$$

【0101】

条件式(10)は、第3レンズ群の最も物体側に配置される凹レンズの物体側面の曲率半径と像側面の曲率半径とを規定するものである。条件式(10)を満足することにより、第1、第2レンズ群で発生する像面湾曲を第3レンズ群で良好に補正することができる。

【0102】

条件式(10)においてその下限値を下回ると、当該凹レンズによる像面湾曲の補正が過剰になり、良好な光学性能が得られなくなる。一方、条件式(10)においてその上限値を超えると、当該凹レンズによる像面湾曲の補正が不足し、良好な光学性能が得られなくなる。

【0103】

なお、上記条件式(10)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(10a) \quad -1.2 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.2$$

この条件式(10a)で規定する範囲を満足することにより、より高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0104】

また、上記条件式(10a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(10b) \quad -0.8 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.1$$

【0105】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群の移動量を X_2 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(11) \quad 4.5 < |X_2|^2 / (|f_1| \times f_2) < 16.5$$

【0106】

第2レンズ群の移動量 X_2 とは、光軸上の有限距離内に固定された一点に対し、第2レンズ群が広角端から望遠端へ移動するときの、第2レンズ群の光軸上の移動量とする。

【0107】

条件式(11)は、広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群の移動量と、第1レンズ群の焦点距離および第2レンズ群の焦点距離との関係を規定するものである。条件式(11)を満足することにより、広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群の移動量を適切に設定して、光学性能を維持したまま、光学系全長の短縮化を図ることができる。

10

20

30

40

50

【0108】

条件式(11)においてその下限値を下回ると、変倍時の第2レンズ群の移動量を減少させることはできるが、変倍に伴う収差を抑えることが困難になる。一方、条件式(11)においてその上限値を超えると、変倍時の第2レンズ群の移動量が増大し、光学系全長が延びてしまう。

【0109】

なお、上記条件式(11)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(11a) \quad 6.8 < |X2|^2 / (|f1| \times f2) < 15.2$$

この条件式(11a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

10

【0110】

また、上記条件式(11a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(11b) \quad 7.5 < |X2|^2 / (|f1| \times f2) < 14.5$$

【0111】

さらに、本発明にかかるズームレンズでは、第2レンズ群の焦点距離を $f2$ 、第3レンズ群以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離を fLw とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(12) \quad 0.3 < f2 / fLw < 1.1$$

20

【0112】

条件式(12)は、第2レンズ群の焦点距離と第3レンズ群以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離との比を規定するものである。条件式(12)を満足することにより、広角端において第2レンズ群で発生するコマ収差を、第3レンズ群以降のレンズ群で良好に補正することができる。

【0113】

条件式(12)においてその下限値を下回ると、第3レンズ群以降のレンズ群の屈折力が弱くなるため、第2レンズ群で発生するコマ収差を良好に補正することが困難になる。一方、条件式(12)においてその上限値を超えると、第2レンズ群の屈折力が弱くなりすぎるため、光学系全長の短縮化が難しくなる。

30

【0114】

なお、上記条件式(12)は、次に示す範囲を満足すると、より好ましい効果が期待できる。

$$(12a) \quad 0.48 < f2 / fLw < 0.92$$

この条件式(12a)で規定する範囲を満足することにより、より小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0115】

また、上記条件式(12a)は、次に示す範囲を満足すると、さらに小型で、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。

$$(12b) \quad 0.55 < f2 / fLw < 0.85$$

40

【0116】

以上説明したように、本発明によれば、上記構成を備えることにより、小型で、全変倍域に亘って諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。さらに、小型で、大口径、高倍率のズームレンズを実現することができるという効果を奏する。加えて、可視光域から近赤外域の光に対して発生する諸収差を良好に補正することが可能なズームレンズを実現することができる。

【0117】

以下、本発明にかかるズームレンズの実施例を図面に基づき詳細に説明する。なお、以下の実施例により本発明が限定されるものではない。

【実施例1】

50

【 0 1 1 8 】

図 1 は、実施例 1 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_{11} と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_{12} と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_{13} と、が配置されて構成される。また、第 3 レンズ群 G_{13} と結像面 IMG との間には、カバーガラス CG が配置されている。

【 0 1 1 9 】

第 1 レンズ群 G_{11} は、物体側から順に、負レンズ L_{111} と、負レンズ L_{112} と、正レンズ L_{113} と、負レンズ L_{114} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{112} と正レンズ L_{113} とは、接合されている。正レンズ L_{113} の結像面 IMG 側面には、非球面が形成されている。

10

【 0 1 2 0 】

第 2 レンズ群 G_{12} は、物体側から順に、正レンズ L_{121} と、所定の口径を規定する開口絞り STP と、負レンズ L_{122} と、正レンズ L_{123} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{121} の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L_{122} と正レンズ L_{123} とは、接合されている。

【 0 1 2 1 】

第 3 レンズ群 G_{13} は、物体側から順に、負レンズ L_{131} と、正レンズ L_{132} と、正レンズ L_{133} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{131} の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L_{133} の両面には、非球面が形成されている。

20

【 0 1 2 2 】

このズームレンズは、第 1 レンズ群 G_{11} を光軸に沿って結像面 IMG 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第 2 レンズ群 G_{12} を光軸に沿って結像面 IMG 側から物体側へ移動させるとともに、第 3 レンズ群 G_{13} を光軸に沿って物体側に緩い凸の軌跡を形成するように移動させて、変倍に伴う結像面 IMG の位置の補正を行う。このとき、開口絞り STP は、第 2 レンズ群 G_{12} とともに移動する。さらに、第 1 レンズ群 G_{11} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

【 0 1 2 3 】

以下、実施例 1 にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

30

【 0 1 2 4 】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.19 (広角端) ~ 19.44 (望遠端)

F ナンバー (FNO) = 1.23 (広角端) ~ 3.44 (望遠端)

半画角 () = 58.37 (広角端) ~ 8.53 (望遠端)

第 1 レンズ群 G_{11} の焦点距離 (f_1) = -8.91

第 2 レンズ群 G_{12} の焦点距離 (f_2) = 13.42

第 3 レンズ群 G_{13} の焦点距離 (f_3) = 20.43

変倍比 = 6.10

【 0 1 2 5 】

(レンズデータ)

40

$r_1 = 157.592$

$d_1 = 0.50$ $nd_1 = 1.83$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 5.28$

$r_3 = -56.402$

$d_3 = 0.50$ $nd_2 = 1.49$ $d_2 = 70.44$

$r_4 = 19.091$

$d_4 = 3.86$ $nd_3 = 1.82$ $d_3 = 24.06$

$r_5 = -48.424$ (非球面)

$d_5 = 1.02$

50

$r_6 = -16.500$				
$d_6 = 0.50$	$n d_4 = 1.52$	$d_4 = 64.20$		
$r_7 = 47.208$				
$d_7 = D(7)$ (可変)				
$r_8 = 12.507$ (非球面)				
$d_8 = 3.83$	$n d_5 = 1.55$	$d_5 = 71.68$		
$r_9 = -21.857$ (非球面)				
$d_9 = 0.71$				
$r_{10} =$ (開口絞り)				
$d_{10} = 1.57$				10
$r_{11} = 31.697$				
$d_{11} = 0.50$	$n d_6 = 1.72$	$d_6 = 29.50$		
$r_{12} = 9.003$				
$d_{12} = 4.03$	$n d_7 = 1.44$	$d_7 = 95.10$		
$r_{13} = -17.916$				
$d_{13} = D(13)$ (可変)				
$r_{14} = -9.959$				
$d_{14} = 0.50$	$n d_8 = 1.58$	$d_8 = 40.89$		
$r_{15} = 11.066$				
$d_{15} = 0.68$				20
$r_{16} = 15.141$				
$d_{16} = 1.83$	$n d_9 = 1.88$	$d_9 = 40.81$		
$r_{17} = -39.802$				
$d_{17} = 0.50$				
$r_{18} = 49.128$ (非球面)				
$d_{18} = 2.92$	$n d_{10} = 1.50$	$d_{10} = 81.56$		
$r_{19} = -9.723$ (非球面)				
$d_{19} = D(19)$ (可変)				
$r_{20} =$				
$d_{20} = 1.50$	$n d_{11} = 1.52$	$d_{11} = 64.20$		30
$r_{21} =$				
$d_{21} = 4.00$				
$r_{22} =$ (結像面)				
【 0 1 2 6 】				
円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)				
(第 5 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = -6.72458 \times 10^{-5},$	$C = -2.40695 \times 10^{-7},$			
$D = 2.61052 \times 10^{-9},$	$E = -3.95672 \times 10^{-11}$			40
(第 8 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = -9.69395 \times 10^{-5},$	$C = -9.51005 \times 10^{-7},$			
$D = 4.02158 \times 10^{-8},$	$E = -6.43542 \times 10^{-10}$			
(第 9 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = 1.00663 \times 10^{-4},$	$C = -1.18082 \times 10^{-6},$			
$D = 4.06019 \times 10^{-8},$	$E = -6.35633 \times 10^{-10}$			50

(第18面)

$k = 0,$

$A = 0,$

$B = 5.35557 \times 10^{-4}, C = 2.45046 \times 10^{-5},$

$D = -1.67573 \times 10^{-7}, E = 2.92909 \times 10^{-8}$

(第19面)

$k = 0,$

$A = 0,$

$B = 8.27909 \times 10^{-4}, C = 5.14824 \times 10^{-5},$

$D = -2.72286 \times 10^{-6}, E = 1.39662 \times 10^{-7}$

10

【0127】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(7)	26.85	1.00
D(13)	2.35	31.40
D(19)	2.03	1.35

【0128】

(条件式(1)に関する数値)

$|2T / 2W| = 5.87$

2T: 第2レンズ群G₁₂の望遠端における倍率2W: 第2レンズ群G₁₂の広角端における倍率

20

【0129】

(条件式(2)に関する数値)

$2W = -0.43$

【0130】

(条件式(3)に関する数値)

$2T = -2.53$

【0131】

(条件式(4)に関する数値)

$LT = 0.86$

LT: 最も像側に配置されているレンズ群(第3レンズ群G₁₃)の望遠端における倍率

30

【0132】

(条件式(5)に関する数値)

$|f1| / f2 = 0.66$

【0133】

(条件式(6)に関する数値)

$|f2 / f3| = 0.66$

【0134】

(条件式(7)に関する数値)

$d1p = 24.06$

d1p: 第1レンズ群G₁₁中に含まれる、正レンズ(正レンズL₁₁₃)のd線に対する
アップベ数

40

【0135】

(条件式(8)に関する数値)

$d1n = 70.44$

d1n: 第1レンズ群G₁₁中に含まれる、負レンズ(負レンズL₁₁₂)のd線に対する
アップベ数

【0136】

(条件式(9)に関する数値)

$d2pa = 83.39$

50

d 2 p a : 第 2 レンズ群 G_{12} 中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数の平均値
【 0 1 3 7 】

(条件式 (1 0) に関する数値)

$$(R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) = -0.05$$

R 3 1 : 第 3 レンズ群 G_{13} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{131} の物体側面の曲率半径

R 3 2 : 第 3 レンズ群 G_{13} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{131} の像側面の曲率半径

【 0 1 3 8 】

(条件式 (1 1) に関する数値)

$$|X_2|^2 / (|f_1| \times f_2) = 6.73$$

X 2 : 広角端から望遠端への変倍時における第 2 レンズ群 G_{12} の移動量 (= 28.38)

【 0 1 3 9 】

(条件式 (1 2) に関する数値)

$$f_2 / f_{Lw} = 0.66$$

f L w : 第 3 レンズ群 G_{13} 以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離

【 0 1 4 0 】

図 2 は、実施例 1 にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸は F ナンバー (図中、F N O で示す) を表し、実線は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、短破線は g 線 ($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、長破線は I R 線 ($\lambda = 850.00 \text{ nm}$) に相当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角 (図中、 θ で示す) を表し、d 線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面 (図中、S で示す)、破線はメリディオナル平面 (図中、M で示す) の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角 (図中、 θ で示す) を表し、d 線に相当する波長の特性を示している。

【実施例 2】

【 0 1 4 1 】

図 3 は、実施例 2 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_{21} と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_{22} と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_{23} と、が配置されて構成される。また、第 3 レンズ群 G_{23} と結像面 I M G との間には、カバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 4 2 】

第 1 レンズ群 G_{21} は、物体側から順に、負レンズ L_{211} と、負レンズ L_{212} と、正レンズ L_{213} と、負レンズ L_{214} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{212} と正レンズ L_{213} とは、接合されている。正レンズ L_{213} の結像面 I M G 側面には、非球面が形成されている。

【 0 1 4 3 】

第 2 レンズ群 G_{22} は、物体側から順に、正レンズ L_{221} と、所定の口径を規定する開口絞り S T P と、負レンズ L_{222} と、正レンズ L_{223} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{221} の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L_{222} と正レンズ L_{223} とは、接合されている。

【 0 1 4 4 】

第 3 レンズ群 G_{23} は、物体側から順に、負レンズ L_{231} と、正レンズ L_{232} と、正レンズ L_{233} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{231} の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L_{233} の両面には、非球面が形成されている。

【 0 1 4 5 】

このズームレンズは、第 1 レンズ群 G_{21} を光軸に沿って結像面 I M G 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第 2 レンズ群 G_{22} を

10

20

30

40

50

光軸に沿って結像面 I M G 側から物体側へ移動させるとともに、第 3 レンズ群 G_{23} を光軸に沿って物体側に緩い凸の軌跡を形成するように移動させて、変倍に伴う結像面 I M G の位置の補正を行う。このとき、開口絞り S T P は、第 2 レンズ群 G_{22} とともに移動する。さらに、第 1 レンズ群 G_{21} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

【 0 1 4 6 】

以下、実施例 2 にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【 0 1 4 7 】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.19 (広角端) ~ 19.44 (望遠端)

F ナンバー (F N O) = 1.23 (広角端) ~ 3.47 (望遠端)

半画角 () = 63.46 (広角端) ~ 9.03 (望遠端)

第 1 レンズ群 G_{21} の焦点距離 (f_1) = -9.02

第 2 レンズ群 G_{22} の焦点距離 (f_2) = 13.71

第 3 レンズ群 G_{23} の焦点距離 (f_3) = 20.36

変倍比 = 6.10

【 0 1 4 8 】

(レンズデータ)

$r_1 = 579.202$

$d_1 = 0.50$ $n_{d_1} = 1.90$ $d_1 = 37.37$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 4.56$

$r_3 = -218.921$

$d_3 = 0.50$ $n_{d_2} = 1.64$ $d_2 = 55.45$

$r_4 = 23.130$

$d_4 = 4.30$ $n_{d_3} = 1.82$ $d_3 = 24.06$

$r_5 = -22.947$ (非球面)

$d_5 = 0.79$

$r_6 = -12.801$

$d_6 = 0.50$ $n_{d_4} = 1.52$ $d_4 = 52.15$

$r_7 = 53.596$

$d_7 = D(7)$ (可変)

$r_8 = 12.385$ (非球面)

$d_8 = 4.09$ $n_{d_5} = 1.55$ $d_5 = 71.68$

$r_9 = -20.051$ (非球面)

$d_9 = 0.71$

$r_{10} =$ (開口絞り)

$d_{10} = 1.57$

$r_{11} = 53.272$

$d_{11} = 0.60$ $n_{d_6} = 1.67$ $d_6 = 32.17$

$r_{12} = 8.806$

$d_{12} = 4.08$ $n_{d_7} = 1.44$ $d_7 = 95.10$

$r_{13} = -17.193$

$d_{13} = D(13)$ (可変)

$r_{14} = -8.512$

$d_{14} = 0.50$ $n_{d_8} = 1.52$ $d_8 = 52.15$

$r_{15} = -211.125$

$d_{15} = 0.57$

$r_{16} = -19.080$

$d_{16} = 1.67$ $n_{d_9} = 1.50$ $d_9 = 81.61$

$r_{17} = -9.123$

10

20

30

40

50

$d_{17} = 0.50$
 $r_{18} = 30.680$ (非球面)
 $d_{18} = 2.59$ $n_{d10} = 1.50$ $d_{10} = 81.56$
 $r_{19} = -10.864$ (非球面)
 $d_{19} = D(19)$ (可変)
 $r_{20} =$
 $d_{20} = 1.50$ $n_{d11} = 1.52$ $d_{11} = 64.20$
 $r_{21} =$
 $d_{21} = 4.00$
 $r_{22} =$ (結像面)

10

【0 1 4 9】

円錐係数 (k) および非球面係数 (A, B, C, D, E)
(第5面)

$k = 0,$
 $A = 0,$
 $B = -9.10507 \times 10^{-5}, C = -5.33991 \times 10^{-7},$
 $D = 2.86663 \times 10^{-9}, E = -7.37298 \times 10^{-11}$

(第8面)

$k = 0,$
 $A = 0,$
 $B = -9.81882 \times 10^{-5}, C = -6.15235 \times 10^{-7},$
 $D = 2.80365 \times 10^{-8}, E = -4.53885 \times 10^{-10}$

(第9面)

$k = 0,$
 $A = 0,$
 $B = 1.12174 \times 10^{-4}, C = -8.11729 \times 10^{-7},$
 $D = 2.63785 \times 10^{-8}, E = -4.19895 \times 10^{-10}$

(第18面)

$k = 0,$
 $A = 0,$
 $B = 2.38585 \times 10^{-4}, C = 2.31778 \times 10^{-5},$
 $D = -3.13210 \times 10^{-7}, E = 3.70085 \times 10^{-8}$

(第19面)

$k = 0,$
 $A = 0,$
 $B = 5.36748 \times 10^{-4}, C = 4.77277 \times 10^{-5},$
 $D = -2.53469 \times 10^{-6}, E = 1.21543 \times 10^{-7}$

【0 1 5 0】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(7)	27.49	1.00
D(13)	2.40	32.02
D(19)	2.03	1.43

40

【0 1 5 1】

(条件式(1)に関する数値)

 $|2T / 2W| = 5.88$
2T: 第2レンズ群G₂₂の望遠端における倍率2W: 第2レンズ群G₂₂の広角端における倍率

【0 1 5 2】

(条件式(2)に関する数値)

50

2 W = -0.43	
【 0 1 5 3 】	
(条件式 (3) に関する数値)	
2 T = -2.53	
【 0 1 5 4 】	
(条件式 (4) に関する数値)	
L T = 0.85	
L T : 最も像側に配置されているレンズ群 (第 3 レンズ群 G ₂₃) の望遠端における倍率	
【 0 1 5 5 】	
(条件式 (5) に関する数値)	10
f 1 / f 2 = 0.66	
【 0 1 5 6 】	
(条件式 (6) に関する数値)	
f 2 / f 3 = 0.67	
【 0 1 5 7 】	
(条件式 (7) に関する数値)	
d 1 p = 24.06	
d 1 p : 第 1 レンズ群 G ₂₁ 中に含まれる、正レンズ (正レンズ L ₂₁₃) の d 線に対する	
アッペ数	
【 0 1 5 8 】	20
(条件式 (8) に関する数値)	
d 1 n = 52.15	
d 1 n : 第 1 レンズ群 G ₂₁ 中に含まれる、負レンズ (負レンズ L ₂₁₄) の d 線に対する	
アッペ数	
【 0 1 5 9 】	
(条件式 (9) に関する数値)	
d 2 p a = 83.39	
d 2 p a : 第 2 レンズ群 G ₂₂ 中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数の平均値	
【 0 1 6 0 】	
(条件式 (1 0) に関する数値)	30
(R 3 1 + R 3 2) / (R 3 1 - R 3 2) = -1.08	
R 3 1 : 第 3 レンズ群 G ₂₃ の最も物体側に配置されている負レンズ L ₂₃₁ の物体側面の曲	
率半径	
R 3 2 : 第 3 レンズ群 G ₂₃ の最も物体側に配置されている負レンズ L ₂₃₁ の像側面の曲率	
半径	
【 0 1 6 1 】	
(条件式 (1 1) に関する数値)	
X 2 ² / (f 1 × f 2) = 6.82	
X 2 : 広角端から望遠端への変倍時における第 2 レンズ群 G ₂₂ の移動量 (= 29.03)	
【 0 1 6 2 】	40
(条件式 (1 2) に関する数値)	
f 2 / f L w = 0.67	
f L w : 第 3 レンズ群 G ₂₃ 以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦	
点距離	
【 0 1 6 3 】	
図 4 は、実施例 2 にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸	
は F ナンバー (図中、 F N O で示す) を表し、実線は d 線 (λ = 5 8 7 . 5 6 n m)、短	
破線は g 線 (λ = 4 3 5 . 8 4 n m)、長破線は I R 線 (λ = 8 5 0 . 0 0 n m) に相当	
する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角 (図中、 θ で示す) を	
表し、d 線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジ	50

タル平面（図中、Sで示す）、破線はメリディオナル平面（図中、Mで示す）の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角（図中、 θ で示す）を表し、d線に相当する波長の特性を示している。

【実施例3】

【0164】

図5は、実施例3にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_{31} と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_{32} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{33} と、が配置されて構成される。また、第3レンズ群 G_{33} と結像面IMGとの間には、カバーガラスCGが配置されている。

10

【0165】

第1レンズ群 G_{31} は、物体側から順に、負レンズ L_{311} と、負レンズ L_{312} と、正レンズ L_{313} と、負レンズ L_{314} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{313} の物体側面には、非球面が形成されている。また、負レンズ L_{314} の結像面IMG側面にも、非球面が形成されている。

【0166】

第2レンズ群 G_{32} は、物体側から順に、正レンズ L_{321} と、所定の口径を規定する開口絞りSTPと、負レンズ L_{322} と、正レンズ L_{323} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{321} の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L_{322} と正レンズ L_{323} とは、接合されている。

20

【0167】

第3レンズ群 G_{33} は、物体側から順に、負レンズ L_{331} と、正レンズ L_{332} と、正レンズ L_{333} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{331} の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L_{333} の両面には、非球面が形成されている。

【0168】

このズームレンズは、第1レンズ群 G_{31} を光軸に沿って結像面IMG側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第2レンズ群 G_{32} を光軸に沿って結像面IMG側から物体側へ移動させるとともに、第3レンズ群 G_{33} を光軸に沿って物体側から結像面IMG側へ移動させて、変倍に伴う結像面IMGの位置の補正を行う。このとき、開口絞りSTPは、第2レンズ群 G_{32} とともに移動する。さらに、第1レンズ群 G_{31} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

30

【0169】

以下、実施例3にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【0170】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.09 (広角端) ~ 24.31 (望遠端)

Fナンバー (FNO) = 1.23 (広角端) ~ 5.41 (望遠端)

半画角 (θ) = 53.02 (広角端) ~ 6.77 (望遠端)

第1レンズ群 G_{31} の焦点距離 (f_1) = -8.72

第2レンズ群 G_{32} の焦点距離 (f_2) = 13.62

第3レンズ群 G_{33} の焦点距離 (f_3) = 20.13

変倍比 = 7.88

40

【0171】

(レンズデータ)

$r_1 = 95.832$

$d_1 = 0.50$ $n_{d1} = 1.88$ $d_1 = 40.81$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 3.14$

$r_3 = 19.545$

$d_3 = 0.50$ $n_{d2} = 1.74$ $d_2 = 49.22$

50

$r_4 = 10.200$				
$d_4 = 1.77$				
$r_5 = 28.685$ (非球面)				
$d_5 = 4.02$	$n d_3 = 1.82$	$d_3 = 24.06$		
$r_6 = -22.559$				
$d_6 = 0.57$				
$r_7 = -16.524$				
$d_7 = 0.50$	$n d_4 = 1.62$	$d_4 = 63.86$		
$r_8 = 39.439$ (非球面)				
$d_8 = D(8)$ (可変)				10
$r_9 = 10.268$ (非球面)				
$d_9 = 4.68$	$n d_5 = 1.50$	$d_5 = 81.56$		
$r_{10} = -22.386$ (非球面)				
$d_{10} = 0.71$				
$r_{11} =$ (開口絞り)				
$d_{11} = 1.57$				
$r_{12} = 14.513$				
$d_{12} = 0.60$	$n d_6 = 1.90$	$d_6 = 31.01$		
$r_{13} = 7.283$				
$d_{13} = 4.62$	$n d_7 = 1.44$	$d_7 = 95.10$		20
$r_{14} = -37.400$				
$d_{14} = D(14)$ (可変)				
$r_{15} = -11.084$				
$d_{15} = 0.50$	$n d_8 = 1.70$	$d_8 = 41.15$		
$r_{16} = 10.957$				
$d_{16} = 0.66$				
$r_{17} = 16.980$				
$d_{17} = 1.84$	$n d_9 = 1.88$	$d_9 = 40.81$		
$r_{18} = -21.649$				
$d_{18} = 0.50$				30
$r_{19} = 53.019$ (非球面)				
$d_{19} = 2.56$	$n d_{10} = 1.50$	$d_{10} = 81.56$		
$r_{20} = -9.689$ (非球面)				
$d_{20} = D(20)$ (可変)				
$r_{21} =$				
$d_{21} = 1.50$	$n d_{11} = 1.52$	$d_{11} = 64.20$		
$r_{22} =$				
$d_{22} = 4.00$				
$r_{23} =$ (結像面)				
【 0 1 7 2 】				40
円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)				
(第 5 面)				
$k = 0$,				
$A = 0$,				
$B = 1.40806 \times 10^{-5}$, $C = 3.25534 \times 10^{-6}$,				
$D = -4.17170 \times 10^{-8}$, $E = 6.04485 \times 10^{-10}$				
(第 8 面)				
$k = 0$,				
$A = 0$,				
$B = -1.81784 \times 10^{-4}$, $C = 1.95668 \times 10^{-6}$,				50

$$D = -1.62257 \times 10^{-8}, E = 5.45870 \times 10^{-11}$$

(第9面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = -1.20860 \times 10^{-4}, C = -1.52404 \times 10^{-6},$$

$$D = 3.61163 \times 10^{-8}, E = -5.39050 \times 10^{-10}$$

(第10面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 1.00026 \times 10^{-4}, C = -1.20395 \times 10^{-6},$$

$$D = 2.99744 \times 10^{-8}, E = -3.95433 \times 10^{-10}$$

(第19面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 4.25522 \times 10^{-4}, C = 2.39298 \times 10^{-5},$$

$$D = 3.22213 \times 10^{-7}, E = 3.18531 \times 10^{-8}$$

(第20面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 6.35974 \times 10^{-4}, C = 6.79239 \times 10^{-5},$$

$$D = -3.88398 \times 10^{-6}, E = 1.94713 \times 10^{-7}$$

【0173】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(8)	30.55	1.12
D(14)	2.17	38.62
D(20)	1.50	0.51

【0174】

(条件式(1)に関する数値)

$$|2T / 2W| = 7.46$$

2T: 第2レンズ群G₃₂の望遠端における倍率

2W: 第2レンズ群G₃₂の広角端における倍率

【0175】

(条件式(2)に関する数値)

$$2W = -0.40$$

【0176】

(条件式(3)に関する数値)

$$2T = -2.99$$

【0177】

(条件式(4)に関する数値)

$$LT = 0.93$$

LT: 最も像側に配置されているレンズ群(第3レンズ群G₃₃)の望遠端における倍率

【0178】

(条件式(5)に関する数値)

$$|f1| / f2 = 0.64$$

【0179】

(条件式(6)に関する数値)

$$|f2 / f3| = 0.68$$

【0180】

(条件式(7)に関する数値)

10

20

30

40

50

$$d_{1p} = 24.06$$

d_{1p} : 第1レンズ群 G_{31} 中に含まれる、正レンズ (正レンズ L_{313}) の d 線に対するアッベ数

【0181】

(条件式(8)に関する数値)

$$d_{1n} = 63.86$$

d_{1n} : 第1レンズ群 G_{31} 中に含まれる、負レンズ (負レンズ L_{314}) の d 線に対するアッベ数

【0182】

(条件式(9)に関する数値)

$$d_{2pa} = 88.33$$

d_{2pa} : 第2レンズ群 G_{32} 中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッベ数の平均値

【0183】

(条件式(10)に関する数値)

$$(R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) = 0.04$$

R_{31} : 第3レンズ群 G_{33} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{331} の物体側面の曲率半径

R_{32} : 第3レンズ群 G_{33} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{331} の像側面の曲率半径

【0184】

(条件式(11)に関する数値)

$$|X_2|^2 / (|f_1| \times f_2) = 10.59$$

X_2 : 広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群 G_{32} の移動量 (= 39.46)

【0185】

(条件式(12)に関する数値)

$$f_{2} / f_{Lw} = 0.68$$

f_{Lw} : 第3レンズ群 G_{33} 以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離

【0186】

図6は、実施例3にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸はFナンバー(図中、FNOで示す)を表し、実線は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、短破線は g 線 ($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、長破線はIR線 ($\lambda = 850.00 \text{ nm}$) に相当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角(図中、 θ で示す)を表し、 d 線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面(図中、Sで示す)、破線はメリディオナル平面(図中、Mで示す)の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角(図中、 θ で示す)を表し、 d 線に相当する波長の特性を示している。

【実施例4】

【0187】

図7は、実施例4にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_{41} と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_{42} と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_{43} と、が配置されて構成される。また、第3レンズ群 G_{43} と結像面IMGとの間には、カバーガラスCGが配置されている。

【0188】

第1レンズ群 G_{41} は、物体側から順に、負レンズ L_{411} と、負レンズ L_{412} と、正レンズ L_{413} と、負レンズ L_{414} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{413} の物体側面には、非球面が形成されている。また、負レンズ L_{414} の結像面IMG側面にも、非球面が形成されている。

【0189】

10

20

30

40

50

第2レンズ群 G_{42} は、物体側から順に、正レンズ L_{421} と、所定の口径を規定する開口絞り STP と、負レンズ L_{422} と、正レンズ L_{423} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{421} の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L_{422} と正レンズ L_{423} とは、接合されている。

【0190】

第3レンズ群 G_{43} は、物体側から順に、負レンズ L_{431} と、正レンズ L_{432} と、正レンズ L_{433} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{431} の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L_{433} の両面には、非球面が形成されている。

【0191】

このズームレンズは、第1レンズ群 G_{41} を光軸に沿って結像面 IMG 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第2レンズ群 G_{42} を光軸に沿って結像面 IMG 側から物体側へ移動させるとともに、第3レンズ群 G_{43} を光軸に沿って物体側から結像面 IMG 側へ移動させて、変倍に伴う結像面 IMG の位置の補正を行う。このとき、開口絞り STP は、第2レンズ群 G_{42} とともに移動する。さらに、第1レンズ群 G_{41} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

10

【0192】

以下、実施例4にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【0193】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.09 (広角端) ~ 25.28 (望遠端)

20

Fナンバー (FNO) = 1.24 (広角端) ~ 5.59 (望遠端)

半画角 () = 51.14 (広角端) ~ 6.52 (望遠端)

第1レンズ群 G_{41} の焦点距離 (f1) = -8.88

第2レンズ群 G_{42} の焦点距離 (f2) = 13.73

第3レンズ群 G_{43} の焦点距離 (f3) = 19.12

変倍比 = 8.19

【0194】

(レンズデータ)

$r_1 = 46.713$

$d_1 = 0.50$ $n_{d1} = 1.88$ $d_1 = 40.81$

30

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 3.66$

$r_3 = 21.676$

$d_3 = 0.50$ $n_{d2} = 1.74$ $d_2 = 49.22$

$r_4 = 10.262$

$d_4 = 1.91$

$r_5 = 27.990$ (非球面)

$d_5 = 4.13$ $n_{d3} = 1.82$ $d_3 = 24.06$

$r_6 = -23.453$

$d_6 = 0.61$

40

$r_7 = -16.902$

$d_7 = 0.50$ $n_{d4} = 1.62$ $d_4 = 63.86$

$r_8 = 34.085$ (非球面)

$d_8 = D(8)$ (可変)

$r_9 = 10.227$ (非球面)

$d_9 = 4.75$ $n_{d5} = 1.50$ $d_5 = 81.56$

$r_{10} = -22.296$ (非球面)

$d_{10} = 0.71$

$r_{11} =$ (開口絞り)

$d_{11} = 1.57$

50

$r_{12} = 14.438$				
$d_{12} = 0.60$	$n d_6 = 1.90$	$d_6 = 31.01$		
$r_{13} = 7.228$				
$d_{13} = 4.59$	$n d_7 = 1.44$	$d_7 = 95.10$		
$r_{14} = -43.169$				
$d_{14} = D(14)$ (可変)				
$r_{15} = -11.021$				
$d_{15} = 0.50$	$n d_8 = 1.70$	$d_8 = 41.15$		
$r_{16} = 10.104$				
$d_{16} = 0.72$				10
$r_{17} = 16.174$				
$d_{17} = 1.87$	$n d_9 = 1.88$	$d_9 = 40.81$		
$r_{18} = -21.359$				
$d_{18} = 0.50$				
$r_{19} = 52.774$ (非球面)				
$d_{19} = 2.62$	$n d_{10} = 1.50$	$d_{10} = 81.56$		
$r_{20} = -9.309$ (非球面)				
$d_{20} = D(20)$ (可変)				
$r_{21} =$				
$d_{21} = 1.50$	$n d_{11} = 1.52$	$d_{11} = 64.20$		20
$r_{22} =$				
$d_{22} = 4.00$				
$r_{23} =$ (結像面)				
【 0 1 9 5 】				
円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)				
(第 5 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = -4.22974 \times 10^{-6},$	$C = 3.00580 \times 10^{-6},$			
$D = -3.72775 \times 10^{-8},$	$E = 5.19830 \times 10^{-10}$			30
(第 8 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = -1.96237 \times 10^{-4},$	$C = 1.99541 \times 10^{-6},$			
$D = -1.40593 \times 10^{-8},$	$E = 3.63024 \times 10^{-11}$			
(第 9 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = -1.22444 \times 10^{-4},$	$C = -1.45093 \times 10^{-6},$			
$D = 3.34444 \times 10^{-8},$	$E = -5.05995 \times 10^{-10}$			40
(第 1 0 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = 9.71687 \times 10^{-5},$	$C = -1.08483 \times 10^{-6},$			
$D = 2.66175 \times 10^{-8},$	$E = -3.52297 \times 10^{-10}$			
(第 1 9 面)				
$k = 0,$				
$A = 0,$				
$B = 3.62043 \times 10^{-4},$	$C = 2.31518 \times 10^{-5},$			
$D = 2.37504 \times 10^{-7},$	$E = 3.55302 \times 10^{-8}$			50

(第20面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = 5.38706 \times 10^{-4}$, $C = 6.98508 \times 10^{-5}$,

$D = -4.18158 \times 10^{-6}$, $E = 1.96092 \times 10^{-7}$

【0196】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(8)	31.53	1.13
D(14)	2.20	39.68
D(20)	1.50	0.45

10

【0197】

(条件式(1)に関する数値)

$|2T / 2W| = 7.71$

2T: 第2レンズ群 G_{42} の望遠端における倍率

2W: 第2レンズ群 G_{42} の広角端における倍率

【0198】

(条件式(2)に関する数値)

$2W = -0.39$

【0199】

(条件式(3)に関する数値)

$2T = -3.03$

【0200】

(条件式(4)に関する数値)

$LT = 0.94$

LT: 最も像側に配置されているレンズ群(第3レンズ群 G_{43})の望遠端における倍率

【0201】

(条件式(5)に関する数値)

$|f1| / f2 = 0.65$

【0202】

(条件式(6)に関する数値)

$|f2 / f3| = 0.72$

【0203】

(条件式(7)に関する数値)

$d1p = 24.06$

$d1p$: 第1レンズ群 G_{41} 中に含まれる、正レンズ(正レンズ L_{413})のd線に対するアッペ数

【0204】

(条件式(8)に関する数値)

$d1n = 63.86$

$d1n$: 第1レンズ群 G_{41} 中に含まれる、負レンズ(負レンズ L_{414})のd線に対するアッペ数

【0205】

(条件式(9)に関する数値)

$d2pa = 88.33$

$d2pa$: 第2レンズ群 G_{42} 中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数の平均値

【0206】

(条件式(10)に関する数値)

$(R31 + R32) / (R31 - R32) = 0.04$

R31: 第3レンズ群 G_{43} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{431} の物体側面の曲

50

率半径

R 3 2 : 第 3 レンズ群 G₄₃ の最も物体側に配置されている負レンズ L₄₃₁ の像側面の曲率半径

【 0 2 0 7 】

(条件式 (1 1) に関する数値)

$$| X 2 | ^ 2 / (| f 1 | \times f 2) = 10.88$$

X 2 : 広角端から望遠端への変倍時における第 2 レンズ群 G₄₂ の移動量 (= 36.43)

【 0 2 0 8 】

(条件式 (1 2) に関する数値)

$$f 2 / f L w = 0.72$$

f L w : 第 3 レンズ群 G₄₃ 以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離

【 0 2 0 9 】

図 8 は、実施例 4 にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸は F ナンバー (図中、 F N O で示す) を表し、実線は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、短破線は g 線 ($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、長破線は I R 線 ($\lambda = 850.00 \text{ nm}$) に相当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角 (図中、 θ で示す) を表し、d 線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面 (図中、 S で示す)、破線はメリディオナル平面 (図中、 M で示す) の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角 (図中、 θ で示す) を表し、d 線に相当する波長の特性を示している。

【 実施例 5 】

【 0 2 1 0 】

図 9 は、実施例 5 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G₅₁ と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G₅₂ と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G₅₃ と、が配置されて構成される。また、第 3 レンズ群 G₅₃ と結像面 I M G との間には、カバーガラス C G が配置されている。

【 0 2 1 1 】

第 1 レンズ群 G₅₁ は、物体側から順に、負レンズ L₅₁₁ と、負レンズ L₅₁₂ と、正レンズ L₅₁₃ と、負レンズ L₅₁₄ と、が配置されて構成される。正レンズ L₅₁₃ の物体側面には、非球面が形成されている。また、負レンズ L₅₁₄ の結像面 I M G 側面にも、非球面が形成されている。

【 0 2 1 2 】

第 2 レンズ群 G₅₂ は、物体側から順に、正レンズ L₅₂₁ と、所定の口径を規定する開口絞り S T P と、負レンズ L₅₂₂ と、正レンズ L₅₂₃ と、が配置されて構成される。正レンズ L₅₂₁ の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L₅₂₂ と正レンズ L₅₂₃ とは、接合されている。

【 0 2 1 3 】

第 3 レンズ群 G₅₃ は、物体側から順に、負レンズ L₅₃₁ と、正レンズ L₅₃₂ と、正レンズ L₅₃₃ と、が配置されて構成される。負レンズ L₅₃₁ の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L₅₃₃ の両面には、非球面が形成されている。

【 0 2 1 4 】

このズームレンズは、第 1 レンズ群 G₅₁ を光軸に沿って結像面 I M G 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第 2 レンズ群 G₅₂ を光軸に沿って結像面 I M G 側から物体側へ移動させるとともに、第 3 レンズ群 G₅₃ を光軸に沿って物体側に緩い凸の軌跡を形成するように移動させて、変倍に伴う結像面 I M G の位置の補正を行う。このとき、開口絞り S T P は、第 2 レンズ群 G₅₂ とともに移動する。さらに、第 1 レンズ群 G₅₁ を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

10

20

30

40

50

【 0 2 1 5 】

以下、実施例 5 にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【 0 2 1 6 】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.09 (広角端) ~ 31.14 (望遠端)

F ナンバー (F N O) = 1.23 (広角端) ~ 6.50 (望遠端)

半画角 () = 55.16 (広角端) ~ 5.71 (望遠端)

第 1 レンズ群 G_{51} の焦点距離 (f_1) = -9.90

第 2 レンズ群 G_{52} の焦点距離 (f_2) = 14.96

第 3 レンズ群 G_{53} の焦点距離 (f_3) = 19.46

変倍比 = 10.09

10

【 0 2 1 7 】

(レンズデータ)

$r_1 = 26.825$

$d_1 = 0.50$ $n d_1 = 1.88$ $d_1 = 40.81$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 6.87$

$r_3 = 283.853$

$d_3 = 0.50$ $n d_2 = 1.64$ $d_2 = 55.45$

$r_4 = 13.341$

$d_4 = 1.24$

20

$r_5 = 18.652$ (非球面)

$d_5 = 5.37$ $n d_3 = 1.90$ $d_3 = 31.01$

$r_6 = -20.586$

$d_6 = 0.32$

$r_7 = -18.586$

$d_7 = 0.50$ $n d_4 = 1.62$ $d_4 = 63.86$

$r_8 = 14.772$ (非球面)

$d_8 = D(8)$ (可変)

$r_9 = 10.932$ (非球面)

$d_9 = 4.89$ $n d_5 = 1.50$ $d_5 = 81.56$

30

$r_{10} = -22.740$ (非球面)

$d_{10} = 0.71$

$r_{11} =$ (開口絞り)

$d_{11} = 1.57$

$r_{12} = 15.124$

$d_{12} = 0.60$ $n d_6 = 1.80$ $d_6 = 29.84$

$r_{13} = 7.157$

$d_{13} = 4.47$ $n d_7 = 1.44$ $d_7 = 95.10$

$r_{14} = 415.217$

$d_{14} = D(14)$ (可変)

40

$r_{15} = -9.835$

$d_{15} = 0.50$ $n d_8 = 1.62$ $d_8 = 36.30$

$r_{16} = 11.290$

$d_{16} = 0.47$

$r_{17} = 14.063$

$d_{17} = 1.75$ $n d_9 = 1.85$ $d_9 = 32.27$

$r_{18} = -48.539$

$d_{18} = 0.50$

$r_{19} = 51.226$ (非球面)

$d_{19} = 2.76$ $n d_{10} = 1.50$ $d_{10} = 81.56$

50

$r_{20} = -7.918$ (非球面)

$d_{20} = D(20)$ (可変)

$r_{21} =$

$d_{21} = 1.50$ $n d_{11} = 1.52$ $d_{11} = 64.20$

$r_{22} =$

$d_{22} = 4.00$

$r_{23} =$ (結像面)

【0 2 1 8】

円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)

(第5面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = -1.08363 \times 10^{-4}$, $C = 1.59004 \times 10^{-6}$,

$D = -1.70725 \times 10^{-8}$, $E = 1.67325 \times 10^{-10}$

(第8面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = -3.13596 \times 10^{-4}$, $C = 2.52792 \times 10^{-6}$,

$D = -3.21565 \times 10^{-8}$, $E = 2.34769 \times 10^{-10}$

(第9面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = -1.02452 \times 10^{-4}$, $C = -5.67217 \times 10^{-7}$,

$D = 6.25623 \times 10^{-9}$, $E = -1.12478 \times 10^{-10}$

(第10面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = 6.90491 \times 10^{-5}$, $C = -4.62562 \times 10^{-7}$,

$D = 9.12845 \times 10^{-9}$, $E = -8.83652 \times 10^{-11}$

(第19面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = 3.19106 \times 10^{-4}$, $C = 1.97993 \times 10^{-5}$,

$D = 1.84618 \times 10^{-7}$, $E = 3.07653 \times 10^{-8}$

(第20面)

$k = 0$,

$A = 0$,

$B = 7.27355 \times 10^{-4}$, $C = 5.37611 \times 10^{-5}$,

$D = -3.02061 \times 10^{-6}$, $E = 1.47278 \times 10^{-7}$

【0 2 1 9】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(8)	37.74	1.49
D(14)	2.54	50.18
D(20)	1.65	0.29

【0 2 2 0】

(条件式(1)に関する数値)

$| 2 T / 2 W | = 9.33$

2 T : 第2レンズ群 G_{52} の望遠端における倍率

2 W : 第2レンズ群 G_{52} の広角端における倍率

10

20

30

40

50

【 0 2 2 1 】

(条件式 (2) に関する数値)

$$2 W = -0.37$$

【 0 2 2 2 】

(条件式 (3) に関する数値)

$$2 T = -3.44$$

【 0 2 2 3 】

(条件式 (4) に関する数値)

$$L T = 0.92$$

L T : 最も像側に配置されているレンズ群 (第 3 レンズ群 G_{53}) の望遠端における倍率

10

【 0 2 2 4 】

(条件式 (5) に関する数値)

$$| f 1 | / f 2 = 0.66$$

【 0 2 2 5 】

(条件式 (6) に関する数値)

$$| f 2 / f 3 | = 0.77$$

【 0 2 2 6 】

(条件式 (7) に関する数値)

$$d 1 p = 31.01$$

d 1 p : 第 1 レンズ群 G_{51} 中に含まれる、正レンズ (正レンズ L_{513}) の d 線に対する
アッペ数

20

【 0 2 2 7 】

(条件式 (8) に関する数値)

$$d 1 n = 63.86$$

d 1 n : 第 1 レンズ群 G_{51} 中に含まれる、負レンズ (負レンズ L_{514}) の d 線に対する
アッペ数

【 0 2 2 8 】

(条件式 (9) に関する数値)

$$d 2 p a = 88.33$$

d 2 p a : 第 2 レンズ群 G_{52} 中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数の平均値

30

【 0 2 2 9 】

(条件式 (1 0) に関する数値)

$$(R 3 1 + R 3 2) / (R 3 1 - R 3 2) = -0.07$$

R 3 1 : 第 3 レンズ群 G_{53} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{531} の物体側面の曲
率半径R 3 2 : 第 3 レンズ群 G_{53} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{531} の像側面の曲率
半径

【 0 2 3 0 】

(条件式 (1 1) に関する数値)

$$| X 2 | ^2 / (| f 1 | \times f 2) = 14.46$$

X 2 : 広角端から望遠端への変倍時における第 2 レンズ群 G_{52} の移動量 (= 46.27)

40

【 0 2 3 1 】

(条件式 (1 2) に関する数値)

$$f 2 / f L w = 0.77$$

f L w : 第 3 レンズ群 G_{53} 以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦
点距離

【 0 2 3 2 】

図 1 0 は、実施例 5 にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦
軸は F ナンバー (図中、F N O で示す) を表し、実線は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、
短破線は g 線 ($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、長破線は I R 線 ($\lambda = 850.00 \text{ nm}$) に相

50

当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角（図中、 θ で示す）を表し、 d 線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面（図中、 S で示す）、破線はメリディオナル平面（図中、 M で示す）の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角（図中、 θ で示す）を表し、 d 線に相当する波長の特性を示している。

【実施例 6】

【0233】

図 11 は、実施例 6 にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_{61} と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_{62} と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_{63} と、が配置されて構成される。また、第 3 レンズ群 G_{63} と結像面 IMG との間には、カバーガラス CG が配置されている。

10

【0234】

第 1 レンズ群 G_{61} は、物体側から順に、負レンズ L_{611} と、負レンズ L_{612} と、正レンズ L_{613} と、負レンズ L_{614} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{612} と正レンズ L_{613} とは、接合されている。正レンズ L_{613} の結像面 IMG 側面には、非球面が形成されている。

【0235】

第 2 レンズ群 G_{62} は、物体側から順に、所定の口径を規定する開口絞り STP と、正レンズ L_{621} と、負レンズ L_{622} と、正レンズ L_{623} と、が配置されて構成される。正レンズ L_{621} の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L_{622} と正レンズ L_{623} とは、接合されている。

20

【0236】

第 3 レンズ群 G_{63} は、物体側から順に、負レンズ L_{631} と、正レンズ L_{632} と、正レンズ L_{633} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{631} の物体側面は、凹面になっている。正レンズ L_{633} の両面には、非球面が形成されている。

【0237】

このズームレンズは、第 1 レンズ群 G_{61} を光軸に沿って結像面 IMG 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第 2 レンズ群 G_{62} を光軸に沿って結像面 IMG 側から物体側へ移動させるとともに、第 3 レンズ群 G_{63} を光軸に沿って物体側から結像面 IMG 側へ移動させて、変倍に伴う結像面 IMG の位置の補正を行う。このとき、開口絞り STP は、第 2 レンズ群 G_{62} とともに移動する。さらに、第 1 レンズ群 G_{61} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

30

【0238】

以下、実施例 6 にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【0239】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.19 (広角端) ~ 19.44 (望遠端)

F ナンバー (FNO) = 1.23 (広角端) ~ 3.46 (望遠端)

半画角 () = 63.45 (広角端) ~ 9.03 (望遠端)

40

第 1 レンズ群 G_{61} の焦点距離 (f_1) = -8.87

第 2 レンズ群 G_{62} の焦点距離 (f_2) = 14.15

第 3 レンズ群 G_{63} の焦点距離 (f_3) = 20.70

変倍比 = 6.09

【0240】

(レンズデータ)

$r_1 = -1214.004$

$d_1 = 0.50$ $n d_1 = 1.90$ $d_1 = 37.37$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 4.39$

50

$r_3 = -41.362$				
$d_3 = 0.50$	$n d_2 = 1.62$	$d_2 = 60.34$		
$r_4 = 34.311$				
$d_4 = 3.06$	$n d_3 = 1.92$	$d_3 = 20.88$		
$r_5 = -38.697$ (非球面)				
$d_5 = 0.82$				
$r_6 = -16.500$				
$d_6 = 0.50$	$n d_4 = 1.50$	$d_4 = 81.56$		
$r_7 = -276.937$				
$d_7 = D(7)$ (可変)				10
$r_8 =$ (開口絞り)				
$d_8 = 0.10$				
$r_9 = 11.908$ (非球面)				
$d_9 = 4.09$	$n d_5 = 1.55$	$d_5 = 71.68$		
$r_{10} = -23.716$ (非球面)				
$d_{10} = 2.28$				
$r_{11} = 31.163$				
$d_{11} = 0.60$	$n d_6 = 1.74$	$d_6 = 32.26$		
$r_{12} = 8.502$				
$d_{12} = 4.13$	$n d_7 = 1.44$	$d_7 = 95.10$		20
$r_{13} = -20.456$				
$d_{13} = D(13)$ (可変)				
$r_{14} = -8.639$				
$d_{14} = 0.50$	$n d_8 = 1.52$	$d_8 = 52.15$		
$r_{15} = 49.450$				
$d_{15} = 0.53$				
$r_{16} = -56.822$				
$d_{16} = 1.83$	$n d_9 = 1.55$	$d_9 = 71.68$		
$r_{17} = -10.549$				
$d_{17} = 0.50$				30
$r_{18} = 37.725$ (非球面)				
$d_{18} = 2.56$	$n d_{10} = 1.50$	$d_{10} = 81.56$		
$r_{19} = -10.893$ (非球面)				
$d_{19} = D(19)$ (可変)				
$r_{20} =$				
$d_{20} = 1.50$	$n d_{11} = 1.52$	$d_{11} = 64.20$		
$r_{21} =$				
$d_{21} = 4.00$				
$r_{22} =$ (結像面)				
【 0 2 4 1 】				40
円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)				
(第 5 面)				
$k = 0$,				
$A = 0$,				
$B = -6.43049 \times 10^{-5}$, $C = -3.13937 \times 10^{-7}$,				
$D = 7.90770 \times 10^{-10}$, $E = -2.56196 \times 10^{-11}$				
(第 9 面)				
$k = 0$,				
$A = 0$,				
$B = -9.58017 \times 10^{-5}$, $C = -5.28701 \times 10^{-7}$,				50

$$D = 2.20174 \times 10^{-8}, E = -3.25046 \times 10^{-10}$$

(第10面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 9.23714 \times 10^{-5}, C = -7.68271 \times 10^{-7},$$

$$D = 2.53988 \times 10^{-8}, E = -3.43261 \times 10^{-10}$$

(第18面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 2.09121 \times 10^{-4}, C = 1.63339 \times 10^{-5},$$

$$D = 1.84981 \times 10^{-8}, E = 2.83988 \times 10^{-8}$$

(第19面)

$$k = 0,$$

$$A = 0,$$

$$B = 4.45201 \times 10^{-4}, C = 3.75015 \times 10^{-5},$$

$$D = -1.86997 \times 10^{-6}, E = 9.73204 \times 10^{-8}$$

【0242】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(7)	28.19	1.95
D(13)	2.30	33.89
D(19)	2.58	1.76

【0243】

(条件式(1)に関する数値)

$$|2T / 2W| = 5.82$$

2T: 第2レンズ群G₆₂の望遠端における倍率

2W: 第2レンズ群G₆₂の広角端における倍率

【0244】

(条件式(2)に関する数値)

$$2W = -0.45$$

【0245】

(条件式(3)に関する数値)

$$2T = -2.60$$

【0246】

(条件式(4)に関する数値)

$$LT = 0.84$$

LT: 最も像側に配置されているレンズ群(第3レンズ群G₆₃)の望遠端における倍率

【0247】

(条件式(5)に関する数値)

$$|f_1| / f_2 = 0.63$$

【0248】

(条件式(6)に関する数値)

$$|f_2 / f_3| = 0.68$$

【0249】

(条件式(7)に関する数値)

$$d_{1p} = 20.88$$

d_{1p}: 第1レンズ群G₆₁中に含まれる、正レンズ(正レンズL₆₁₃)のd線に対する
アッペ数

【0250】

(条件式(8)に関する数値)

10

20

30

40

50

$$d1n = 81.56$$

d1n : 第1レンズ群 G₆₁中に含まれる、負レンズ(負レンズ L₆₁₄)のd線に対するアッペ数

【0251】

(条件式(9)に関する数値)

$$d2pa = 83.39$$

d2pa : 第2レンズ群 G₆₂中に含まれる、正レンズのd線に対するアッペ数の平均値

【0252】

(条件式(10)に関する数値)

$$(R31 + R32) / (R31 - R32) = -0.70$$

R31 : 第3レンズ群 G₆₃の最も物体側に配置されている負レンズ L₆₃₁の物体側面の曲率半径

R32 : 第3レンズ群 G₆₃の最も物体側に配置されている負レンズ L₆₃₁の像側面の曲率半径

【0253】

(条件式(11)に関する数値)

$$|X2|^2 / (|f1| \times f2) = 7.55$$

X2 : 広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群 G₆₂の移動量 (= 30.78)

【0254】

(条件式(12)に関する数値)

$$f2 / fLw = 0.68$$

fLw : 第3レンズ群 G₆₃以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離

【0255】

図12は、実施例6にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸はFナンバー(図中、FNOで示す)を表し、実線はd線(= 587.56nm)、短破線はg線(= 435.84nm)、長破線はIR線(= 850.00nm)に相当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角(図中、 θ で示す)を表し、d線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面(図中、Sで示す)、破線はメリディオナル平面(図中、Mで示す)の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角(図中、 θ で示す)を表し、d線に相当する波長の特性を示している。

【実施例7】

【0256】

図13は、実施例7にかかるズームレンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。このズームレンズは、図示しない物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G₇₁と、正の屈折力を有する第2レンズ群 G₇₂と、負の屈折力を有する第3レンズ群 G₇₃と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G₇₄と、が配置されて構成される。また、第4レンズ群 G₇₄と結像面IMGとの間には、カバーガラスCGが配置されている。

【0257】

第1レンズ群 G₇₁は、物体側から順に、負レンズ L₇₁₁と、負レンズ L₇₁₂と、正レンズ L₇₁₃と、負レンズ L₇₁₄と、が配置されて構成される。正レンズ L₇₁₃の物体側面には、非球面が形成されている。また、負レンズ L₇₁₄の結像面IMG側面にも、非球面が形成されている。

【0258】

第2レンズ群 G₇₂は、物体側から順に、正レンズ L₇₂₁と、所定の口径を規定する開口絞りSTPと、負レンズ L₇₂₂と、正レンズ L₇₂₃と、が配置されて構成される。正レンズ L₇₂₁の両面には、非球面が形成されている。負レンズ L₇₂₂と正レンズ L₇₂₃とは、接合されている。

【0259】

10

20

30

40

50

第3レンズ群 G_{73} は、物体側から順に、負レンズ L_{731} と、正レンズ L_{732} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{731} の物体側面は、凹面になっている。

【0260】

第4レンズ群 G_{74} は、正レンズ L_{741} により構成されている。正レンズ L_{741} の両面には、非球面が形成されている。

【0261】

このズームレンズは、第1レンズ群 G_{71} を光軸に沿って結像面 IMG 側に凸の軌跡を形成するように移動させて、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第2レンズ群 G_{72} を光軸に沿って結像面 IMG 側から物体側へ移動させるとともに、第3レンズ群 G_{73} を光軸に沿って結像面 IMG 側に緩い凸の軌跡を形成するように移動させ、さらに第4レンズ群 G_{74} を光軸に沿って物体側から結像面 IMG 側へ移動させて、変倍に伴う結像面 IMG の位置の補正を行う。このとき、開口絞り STP は、第2レンズ群 G_{72} とともに移動する。さらに、第1レンズ群 G_{71} を光軸に沿って物体側へ移動させることにより、無限遠物体合焦状態から最至近距離物体合焦状態までのフォーカシングを行う。

10

【0262】

以下、実施例7にかかるズームレンズに関する各種数値データを示す。

【0263】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 3.09 (広角端) ~ 31.12 (望遠端)

Fナンバー (FNO) = 1.23 (広角端) ~ 6.88 (望遠端)

半画角 () = 52.03 (広角端) ~ 5.41 (望遠端)

20

第1レンズ群 G_{71} の焦点距離 (f1) = -9.07

第2レンズ群 G_{72} の焦点距離 (f2) = 14.59

第3レンズ群 G_{73} の焦点距離 (f3) = -34.24

第4レンズ群 G_{74} の焦点距離 = 17.08

変倍比 = 10.08

【0264】

(レンズデータ)

$r_1 = 20.859$

$d_1 = 0.50$ $n_{d1} = 1.88$ $d_1 = 40.81$

$r_2 = 9.500$

$d_2 = 7.87$

30

$r_3 = -73.957$

$d_3 = 0.50$ $n_{d2} = 1.64$ $d_2 = 55.45$

$r_4 = 12.285$

$d_4 = 1.44$

$r_5 = 18.848$ (非球面)

$d_5 = 5.30$ $n_{d3} = 1.90$ $d_3 = 31.01$

$r_6 = -20.815$

$d_6 = 0.41$

$r_7 = -17.927$

$d_7 = 0.50$ $n_{d4} = 1.62$ $d_4 = 63.86$

40

$r_8 = 15.963$ (非球面)

$d_8 = D(8)$ (可変)

$r_9 = 11.414$ (非球面)

$d_9 = 5.08$ $n_{d5} = 1.50$ $d_5 = 81.56$

$r_{10} = -23.827$ (非球面)

$d_{10} = 0.71$

$r_{11} =$ (開口絞り)

$d_{11} = 1.57$

$r_{12} = 16.271$

50

$$d_{12} = 0.83 \quad n d_6 = 1.80 \quad d_6 = 29.84$$

$$r_{13} = 7.720$$

$$d_{13} = 4.82 \quad n d_7 = 1.44 \quad d_7 = 95.10$$

$$r_{14} = -54.939$$

$$d_{14} = D(14) \text{ (可変)}$$

$$r_{15} = -12.976$$

$$d_{15} = 0.50 \quad n d_8 = 1.62 \quad d_8 = 36.30$$

$$r_{16} = 12.988$$

$$d_{16} = 1.13$$

$$r_{17} = 19.171$$

$$d_{17} = 1.59 \quad n d_9 = 1.85 \quad d_9 = 32.27$$

$$r_{18} = -57.591$$

$$d_{18} = D(18) \text{ (可変)}$$

$$r_{19} = 41.241 \text{ (非球面)}$$

$$d_{19} = 2.53 \quad n d_{10} = 1.50 \quad d_{10} = 81.56$$

$$r_{20} = -10.474 \text{ (非球面)}$$

$$d_{20} = D(20) \text{ (可変)}$$

$$r_{21} =$$

$$d_{21} = 1.50 \quad n d_{11} = 1.52 \quad d_{11} = 64.20$$

$$r_{22} =$$

$$d_{22} = 4.00$$

$$r_{23} = \text{ (結像面)}$$

【 0 2 6 5 】

円錐係数 (k) および非球面係数 (A , B , C , D , E)

(第 5 面)

$$k = 0 ,$$

$$A = 0 ,$$

$$B = -1.10804 \times 10^{-4} , C = 2.40067 \times 10^{-6} ,$$

$$D = -2.80248 \times 10^{-8} , E = 2.34615 \times 10^{-10}$$

(第 8 面)

$$k = 0 ,$$

$$A = 0 ,$$

$$B = -3.03764 \times 10^{-4} , C = 3.42411 \times 10^{-6} ,$$

$$D = -4.75443 \times 10^{-8} , E = 3.55623 \times 10^{-10}$$

(第 9 面)

$$k = 0 ,$$

$$A = 0 ,$$

$$B = -9.31203 \times 10^{-5} , C = -4.35845 \times 10^{-7} ,$$

$$D = 3.02696 \times 10^{-9} , E = -5.65335 \times 10^{-11}$$

(第 10 面)

$$k = 0 ,$$

$$A = 0 ,$$

$$B = 7.16629 \times 10^{-5} , C = -5.08309 \times 10^{-7} ,$$

$$D = 7.05728 \times 10^{-9} , E = -5.04859 \times 10^{-11}$$

(第 19 面)

$$k = 0 ,$$

$$A = 0 ,$$

$$B = 3.31171 \times 10^{-4} , C = 2.53313 \times 10^{-5} ,$$

$$D = 7.07224 \times 10^{-8} , E = 2.98452 \times 10^{-8}$$

(第 20 面)

10

20

30

40

50

$k = 0$,
 $A = 0$,
 $B = 5.29799 \times 10^{-4}$, $C = 6.53044 \times 10^{-5}$,
 $D = -3.34111 \times 10^{-6}$, $E = 1.60775 \times 10^{-7}$

【 0 2 6 6 】

(変倍データ)

	広角端	望遠端
D(8)	36.54	1.51
D(14)	2.59	38.22
D(18)	0.53	9.92
D(20)	1.50	0.55

10

【 0 2 6 7 】

(条件式 (1) に関する数値)

$| 2 T / 2 W | = 8.18$

2 T : 第 2 レンズ群 G_{72} の望遠端における倍率

2 W : 第 2 レンズ群 G_{72} の広角端における倍率

【 0 2 6 8 】

(条件式 (2) に関する数値)

$2 W = -0.37$

【 0 2 6 9 】

(条件式 (3) に関する数値)

$2 T = -2.98$

【 0 2 7 0 】

(条件式 (4) に関する数値)

$L T = 0.66$

L T : 最も像側に配置されているレンズ群 (第 4 レンズ群 G_{74}) の望遠端における倍率

【 0 2 7 1 】

(条件式 (5) に関する数値)

$| f 1 | / f 2 = 0.62$

【 0 2 7 2 】

(条件式 (6) に関する数値)

$| f 2 / f 3 | = 0.43$

【 0 2 7 3 】

(条件式 (7) に関する数値)

$d 1 p = 31.01$

$d 1 p$: 第 1 レンズ群 G_{71} 中に含まれる、正レンズ (正レンズ L_{713}) の d 線に対する
アッペ数

【 0 2 7 4 】

(条件式 (8) に関する数値)

$d 1 n = 63.86$

$d 1 n$: 第 1 レンズ群 G_{71} 中に含まれる、負レンズ (負レンズ L_{714}) の d 線に対する
アッペ数

【 0 2 7 5 】

(条件式 (9) に関する数値)

$d 2 p a = 88.33$

$d 2 p a$: 第 2 レンズ群 G_{72} 中に含まれる、正レンズの d 線に対するアッペ数の平均値

【 0 2 7 6 】

(条件式 (10) に関する数値)

$(R 3 1 + R 3 2) / (R 3 1 - R 3 2) = 0.00$

R 3 1 : 第 3 レンズ群 G_{73} の最も物体側に配置されている負レンズ L_{731} の物体側面の曲

50

率半径

R32：第3レンズ群G73の最も物体側に配置されている負レンズL731の像側面の曲率半径

【0277】

(条件式(11)に関する数値)

$$|X2|^2 / (|f1| \times f2) = 14.68$$

X2：広角端から望遠端への変倍時における第2レンズ群G72の移動量(=44.07)

【0278】

(条件式(12)に関する数値)

$$f2 / fLw = 0.62$$

fLw：第3レンズ群G73以降に配置されている全てのレンズ群の広角端における合成焦点距離(=23.70)

【0279】

図14は、実施例7にかかるズームレンズの諸収差図である。球面収差図において、縦軸はFナンバー(図中、FNOで示す)を表し、実線はd線(=587.56nm)、短破線はg線(=435.84nm)、長破線はIR線(=850.00nm)に相当する波長の特性を示している。非点収差図において、縦軸は半画角(図中、で示す)を表し、d線に相当する波長の特性を示している。なお、非点収差図において、実線はサジタル平面(図中、Sで示す)、破線はメリディオナル平面(図中、Mで示す)の特性を示している。歪曲収差図において、縦軸は半画角(図中、で示す)を表し、d線に相当する波長の特性を示している。

【0280】

なお、上記各実施例中の数値データにおいて、r1, r2, ...は各レンズ、絞り面等の曲率半径、d1, d2, ...は各レンズ、絞り等の肉厚またはそれらの面間隔、nd1, nd2, ...は各レンズ等のd線(=587.56nm)に対する屈折率、d1, d2, ...は各レンズ等のd線(=587.56nm)に対するアッペ数を示している。そして、長さの単位はすべて「mm」、角度の単位はすべて「°」である。

【0281】

また、上記各非球面形状は、光軸に垂直な方向の高さをH、レンズ面頂を原点としたときの高さHにおける光軸方向の変位量をX、近軸曲率半径をR、円錐係数をk、2次、4次、6次、8次、10次の非球面係数をそれぞれA, B, C, D, Eとし、光の進行方向を正とするとき、以下に示す式により表される。

【0282】

【数1】

$$X(H) = \frac{\frac{H^2}{R^2}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{H^2}{R^2}\right)}} + AH^2 + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

【0283】

上記各実施例に示したように、本発明によれば、小型、大口径で、全変倍域に亘って諸収差を良好に補正することが可能な高い光学性能を備えた、高倍率のズームレンズを実現することができる。特に、条件式(7), (8), (9)を満足することにより、可視光全域のみならず近赤外光域の撮影が可能な、高い光学性能を備えたズームレンズを実現することができる。さらに、このズームレンズは、適宜非球面が形成されたレンズや接合レンズを配置したことにより、光学性能をより向上させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0284】

以上のように、本発明にかかるズームレンズは、CCDやCMOS等の固体撮像素子が

10

20

30

40

50

搭載された小型の撮像装置に有用であり、特に、高い光学性能を要求される撮像装置に適している。

【符号の説明】

【0285】

G₁₁, G₂₁, G₃₁, G₄₁, G₅₁, G₆₁, G₇₁ 第1レンズ群

G₁₂, G₂₂, G₃₂, G₄₂, G₅₂, G₆₂, G₇₂ 第2レンズ群

G₁₃, G₂₃, G₃₃, G₄₃, G₅₃, G₆₃, G₇₃ 第3レンズ群

G₇₄ 第4レンズ群

L₁₁₁, L₁₁₂, L₁₁₄, L₁₂₂, L₁₃₁, L₂₁₁, L₂₁₂, L₂₁₄, L₂₂₂, L₂₃₁, L₃₁₁, L₃₁₂, L₃₁₄, L₃₂₂, L₃₃₁, L₄₁₁, L₄₁₂, L₄₁₄, L₄₂₂, L₄₃₁, L₅₁₁, L₅₁₂, L₅₁₄, L₅₂₂, L₅₃₁, L₆₁₁, L₆₁₂, L₆₁₄, L₆₂₂, L₆₃₁, L₇₁₁, L₇₁₂, L₇₁₄, L₇₂₂, L₇₃₁ 負レンズ

L₁₁₃, L₁₂₁, L₁₂₃, L₁₃₂, L₁₃₃, L₂₁₃, L₂₂₁, L₂₂₃, L₂₃₂, L₂₃₃, L₃₁₃, L₃₂₁, L₃₂₃, L₃₃₂, L₃₃₃, L₄₁₃, L₄₂₁, L₄₂₃, L₄₃₂, L₄₃₃, L₅₁₃, L₅₂₁, L₅₂₃, L₅₃₂, L₅₃₃, L₆₁₃, L₆₂₁, L₆₂₃, L₆₃₂, L₆₃₃, L₇₁₃, L₇₂₁, L₇₂₃, L₇₃₂, L₇₄₁ 正レンズ

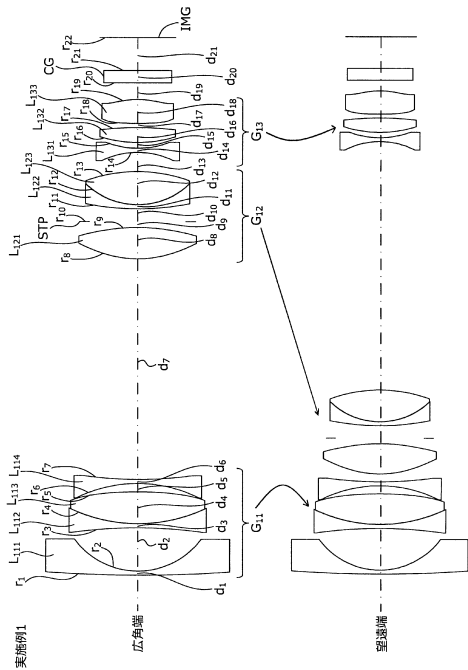
STP 開口絞り

CG カバーガラス

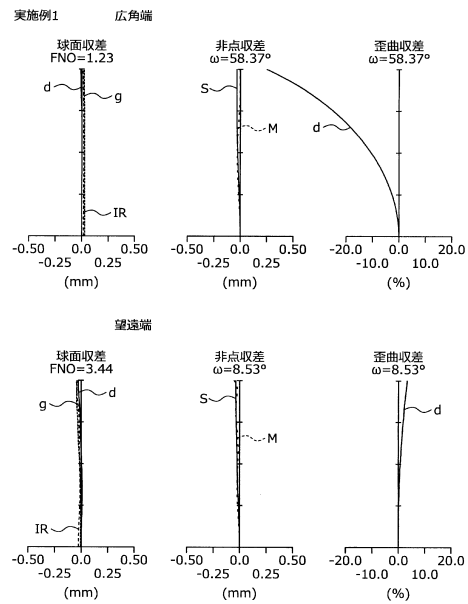
IMG 結像面

10

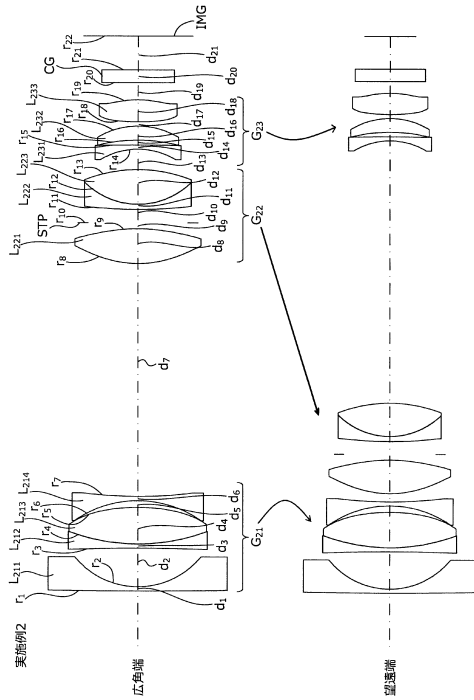
【図1】



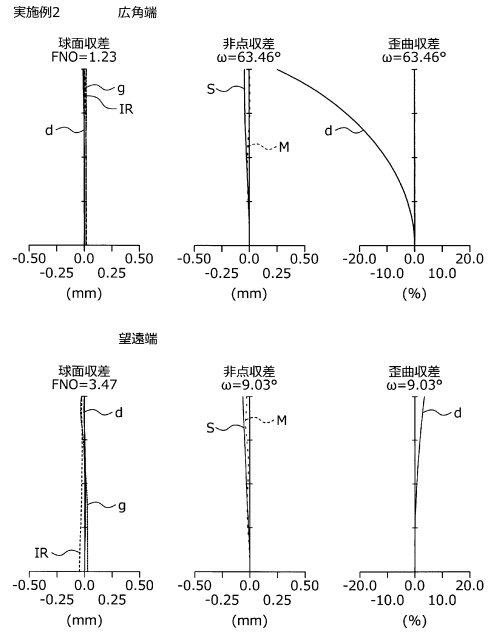
【図2】



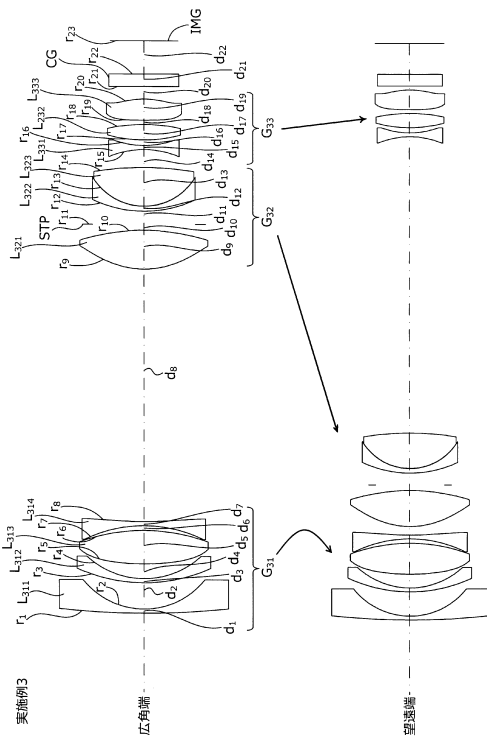
【 図 3 】



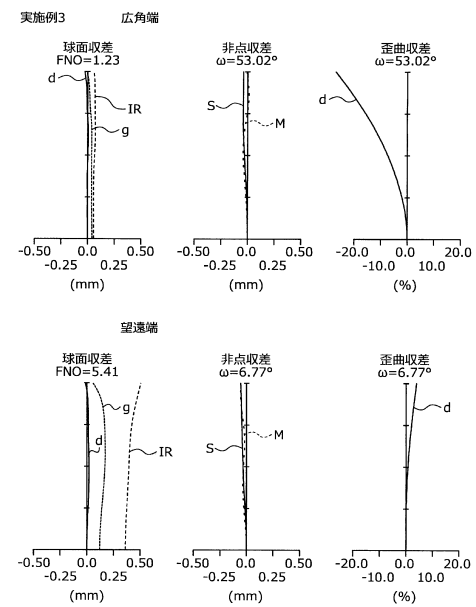
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-111798(JP,A)
特開2000-338397(JP,A)
特開2004-318100(JP,A)
特開2004-246043(JP,A)
特開2004-333572(JP,A)
特開2009-069298(JP,A)
特開2008-304777(JP,A)
特開2008-158121(JP,A)
特開2015-232664(JP,A)
米国特許第06308011(US,B1)
米国特許第06710931(US,B1)
米国特許出願公開第2009/0067060(US,A1)
特開2013-130676(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0162885(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04