

(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2013-44964
(P2013-44964A)

(43) 公開日 平成25年3月4日(2013.3.4)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G02B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20 2 H 0 8 7
G02B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2011-183026 (P2011-183026)
 (22) 出願日 平成23年8月24日 (2011.8.24)

(71) 出願人 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 李 大勇
 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

最終頁に続く

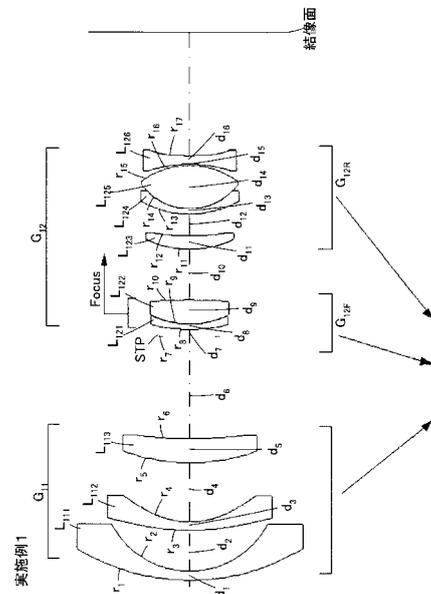
(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】100°を超える画角を有しながら、優れた結像性能を備えた、安価で小型のズームレンズを提供する。

【解決手段】このズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズグループG₁₁と、正の屈折力を有する第2レンズグループG₁₂と、が配置されて構成される。第1レンズグループG₁₁は、物体側から順に、負レンズL₁₁₁と、負レンズL₁₁₂と、正レンズL₁₁₃と、が配置されて構成される。負レンズL₁₁₂の両面に非球面が形成されている。第2レンズグループG₁₂は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G_{12F}と、正の屈折力を有する後群G_{12R}と、が配置されて構成される。後群G_{12R}に含まれる負レンズL₁₂₆の両面に非球面が形成されている。そして、所定の条件を満足することにより、小型化と広角化とを両立しながら、高い結像性能を維持することができる。

【選択図】図3



【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 レンズグループと、複数のレンズ群からなり全体として正の屈折力を有する第 2 レンズグループと、を備え、

前記第 1 レンズグループは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する球面レンズからなる第 1 レンズと、負の屈折力を有する非球面レンズからなる第 2 レンズとを含む複数のレンズで構成され、

前記第 2 レンズグループは、少なくとも 1 枚の負の屈折力を有する非球面レンズを含み構成されており、

前記第 1 レンズグループと前記第 2 レンズグループとの間隔、または前記第 1 レンズグループと前記第 2 レンズグループとの間隔および前記第 2 レンズグループを構成する各レンズ群の相互間隔を変えることにより、広角端から望遠端へ変倍を行い、

前記第 2 レンズグループを構成するいずれかのレンズ群を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に至るまでのフォーカシングを行い、

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。

$$(1) \quad -8.0 < F_{12} / D_{23} < -1.0$$

ただし、 F_{12} は前記第 2 レンズの焦点距離、 D_{23} は前記第 1 レンズグループにおける、前記第 2 レンズの像側面と最も像側に配置されたレンズの物体側面との距離を示す。

【請求項 2】

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 に記載のズームレンズ。

$$(2) \quad -20.0 < (F_w \times F_{12}) / (D_{23})^2 < -1.0$$

ただし、 F_w は広角端における光学系全系の焦点距離を示す。

【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。

$$(3) \quad 2.5 < |100 \times \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}| < 10.0$$

ただし、 r_1 は前記第 2 レンズの像側面の最大有効径、 r_2 は前記第 2 レンズの像側面の最大有効径における、非球面形状のコバ C 1 A と近軸球面形状のコバ C 1 B との差 ($r_1 = C_{1A} - C_{1B}$) を示す。

【請求項 4】

以下に示す条件式を満足することを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

$$(4) \quad 3.0 < 100 \times \left| \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{2}{r_2} - \frac{1}{r_2} \right) \right| < 12.0$$

ただし、 r_2 は前記第 2 レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径、 r_2 は前記第 2 レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径 r_2 における、非球面形状のコバ C 2 A と近軸球面形状のコバ C 2 B との差 ($r_2 = C_{2A} - C_{2B}$) を示す。

【請求項 5】

前記第 2 レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群と、を備え、

前記前群を光軸に沿う方向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に至る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 ~ 4 のいずれか一つに記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、を備え、

前記中群を光軸に沿う方向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に至る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 ~ 4 のいずれか一つに記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 2 レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、

10

20

30

40

50

正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、を備え、

前記中群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行い、

前記前群に含まれるレンズを光軸に対し略垂直な方向へ移動させることにより、手振れ補正を行う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。

【請求項 8】

第 1 レンズグループは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有し像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズと、負の屈折力を有し像側に凹面を向けた非球面レンズと、正の屈折力を有するレンズと、を備え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。

10

【請求項 9】

前記第 2 レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズは、前記第 2 レンズグループの最も像側に配置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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、小型の広角系ズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

一眼レフレックスカメラに広く用いられる広角系ズームレンズとして、物体側から順に、負、正、負、正の屈折力を有する各レンズ群が配置されて構成された 4 群ズームレンズがある（たとえば、特許文献 1 ~ 3 を参照。）。

20

【0003】

特許文献 1 ~ 3 に記載のズームレンズは、いずれも、物体側から順に、負、正、負、正の屈折力を有する各レンズ群が配置され、1.5 倍以上の変倍を可能としたものである。特許文献 1 に記載のズームレンズは、広角端において 80° 程度の画角を確保し、2.8 倍程度の変倍が可能になっている。特許文献 2 に記載のズームレンズは、広角端において 105.8° 程度の画角を確保し、1.95 ~ 2.36 倍程度の変倍が可能になっている。特許文献 3 に記載のズームレンズは、広角端において 99° 程度の画角を確保し、1.85 倍程度の変倍が可能になっている。

30

【0004】

特許文献 1 ~ 3 に記載のズームレンズをはじめとする、従来の広角系ズームレンズは、一般に、広角端における画角を広げることにより顕著になる諸収差の補正と第 1 レンズ群の小型化とを両立するため、第 1 レンズ群を構成するレンズの複数面に非球面を形成している。特に、最も物体側に配置されるレンズには、大口径の非球面ガラスレンズが採用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 276452 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 39531 号公報

【特許文献 3】特許第 3391883 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載のズームレンズでは、最も物体側に強い負の屈折力を備えた非球面レンズを配置して、前枠の有効径を抑えるとともに、広角で高い結像性能を確保している。しかしながら、このズームレンズでは、広角端の画角が 80° 程度と狭く、より広い画角の要望を満たすことは困難である。加えて、最も物体側に配置されているガラス材レンズ

50

は、非球面で形成されているため、製造コストが非常に高いという問題もある。

【0007】

特許文献2および3に記載のズームレンズでは、いずれも最も物体側に強い負の屈折力を有する非球面レンズを配置して、超広角化と前枠の小型化との両立を図っている。これらのズームレンズは、いずれも広角端の画角が100°程度あり、十分な広角化が図られているが、第1レンズ群が大きく、昨今小型化が強く望まれている撮像装置には不向きである。加えて、最も物体側に配置されているガラス材レンズは非球面で形成されているため、製造コストが非常に高いという問題もある。

【0008】

この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、100°を超える画角を有しながら、優れた結像性能を備えた、安価で小型の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】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、この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レンズグループと、複数のレンズ群からなり全体として正の屈折力を有する第2レンズグループと、を備え、前記第1レンズグループは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する球面レンズからなる第1レンズと、負の屈折力を有する非球面レンズからなる第2レンズとを含む複数のレンズで構成され、前記第2レンズグループは、少なくとも1枚の負の屈折力を有する非球面レンズを含み構成されており、前記第1レンズグループと前記第2レンズグループとの間隔、または前記第1レンズグループと前記第2レンズグループとの間隔および前記第2レンズグループを構成する各レンズ群の相互間隔を変えることにより、広角端から望遠端へ変倍を行い、前記第2レンズグループを構成するいずれかのレンズ群を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に至るまでのフォーカシングを行い、以下に示す条件式を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad -8.0 \leq F_{12} / D_{23} \leq -1.0$$

ただし、 F_{12} は前記第2レンズの焦点距離、 D_{23} は前記第1レンズグループにおける、前記第2レンズの像側面と最も像側に配置されたレンズの物体側面との距離を示す。

【0010】

この発明によれば、最物体側に安価な球面レンズを配置し、最も口径が大きくなる最物体側に配置されるレンズ以外の口径の小さいレンズに非球面を形成することで、レンズの加工が比較的容易になり、光学系の製造コストの低減を図ることができる。加えて、100°を超える超広角化を達成しても、第1レンズグループの径方向の小型化と結像性能の維持とを両立することができる。

【0011】

この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。

$$(2) \quad -20.0 \leq (F_w \times F_{12}) / (D_{23})^2 \leq -1.0$$

ただし、 F_w は広角端における光学系全系の焦点距離を示す。

【0012】

この発明によれば、100°を超える超広角化を達成しても、第1レンズグループの径方向の小型化と結像性能の維持とを両立することができる。

【0013】

この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。

$$(3) \quad 2.5 \leq \frac{1}{100} \times \frac{1}{1} \leq 10.0$$

ただし、 1 は前記第2レンズの像側面の最大有効径、 1 は前記第2レンズの像側面の最大有効径における、非球面形状のコパC1Aと近軸球面形状のコパC1Bとの差($1 = C_{1A} - C_{1B}$)を示す。

10

20

30

40

50

【0014】

この発明によれば、安価で良好な結像性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0015】

この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。

$$(4) \quad 3.0 < 100 \times \left| \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right| < 12.0$$

ただし、 r_1 は前記第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径、 r_2 は前記第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径 r_2 における、非球面形状のコバC2Aと近軸球面形状のコバC2Bとの差 ($r_2 = C2A - C2B$) を示す。

10

【0016】

この発明によれば、優れた結像性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0017】

この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レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群と、を備え、前記前群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行うことを特徴とする。

【0018】

この発明によれば、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。また、前群の移動のみでフォーカシングが可能になるため、フォーカス群の軽量化を図ることができる。

20

【0019】

この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レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、を備え、前記中群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行うことを特徴とする。

【0020】

この発明によれば、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。また、中群の移動のみでフォーカシングが可能になるため、フォーカス群の軽量化を図ることができる。

30

【0021】

この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レンズグループは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、を備え、前記中群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行い、前記前群に含まれるレンズを光軸に対し略垂直な方向へ移動させることにより、手振れ補正を行うことを特徴とする。

【0022】

この発明によれば、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。また、中群の移動のみでフォーカシングが可能になるため、フォーカス群の軽量化を図ることができる。加えて、手振れ補正機能を備えたズームレンズを実現することができる。

40

【0023】

この発明にかかるズームレンズは、前記発明において、第1レンズグループは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有し像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズと、負の屈折力を有し像側に凹面を向けた非球面レンズと、正の屈折力を有するレンズと、を備えていることを特徴とする。

【0024】

50

この発明によれば、最も口径の大きくなる最物体側に安価である球面レンズを配置することで、光学系の製造コストを低減することができる。加えて、光学系の小型化と広角化との両立が容易になる。

【0025】

この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レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズは、前記第2レンズグループの最も像側に配置されていることを特徴とする。

【0026】

この発明によれば、第1レンズグループによって補正しきれない諸収差の補正が容易になる。すなわち、広角化により顕著となる諸収差を第2レンズグループで良好に補正することができ、より優れた結像性能を備えたズームレンズを実現することができる。

【発明の効果】

【0027】

この発明によれば、100°を超える画角を有しながら、優れた結像性能を備えた、安価で小型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。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1レンズグループに含まれる第2レンズの形状の一例を示す図である。

【図2】第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの形状の一例を示す図である。

【図3】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4】実施例1にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図5】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6】実施例2にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図7】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8】実施例3にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図9】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10】実施例4にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図11】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。

【図12】実施例5にかかるズームレンズの諸収差図である。

【図13】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14】実施例6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】

【0029】

以下、この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。

【0030】

この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レンズグループと、複数のレンズ群からなり全体として正の屈折力を有する第2レンズグループと、を備えている。第1レンズグループは、物体側から順に配置された、負の屈折力を有する球面レンズからなる第1レンズと、負の屈折力を有する非球面レンズからなる第2レンズとを含む複数のレンズで構成されている。第2レンズグループは、少なくとも1枚の負の屈折力を有する非球面レンズを含み構成されている。

【0031】

このように、最物体側に安価な球面レンズを配置し、最も口径が大きくなる最物体側に配置されるレンズ以外の口径の小さいレンズに非球面を形成することで、レンズの加工が比較的容易になり、光学系の製造コストの低減を図ることができる。

【0032】

この発明にかかるズームレンズでは、第1レンズグループと第2レンズグループとの間隔、または第1レンズグループと第2レンズグループとの間隔および第2レンズグループを構成する各レンズ群の相互間隔を変えることにより、広角端から望遠端へ変倍を行う。

また、第2レンズグループを構成するいずれかのレンズ群を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に至るまでのフォーカシングを行う。

【0033】

このようなレンズ移動により変倍およびフォーカシングを行うことで、変倍やフォーカシングの際に生じる収差変動を抑制することができる。

【0034】

この発明は、 100° を超える画角を有しながらも、光学系の径方向の小型化、高性能化を図ることを目的としている。加えて、かかる光学系の製造コストの低減もこの発明の目的である。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。

10

【0035】

まず、この発明にかかるズームレンズでは、第1レンズグループに含まれる第2レンズの焦点距離を $F12$ 、第1レンズグループにおける、第2レンズの像側面と最も像側に配置されたレンズの物体側面との距離を $D23$ とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(1) \quad -8.0 \leq F12 / D23 \leq -1.0$$

【0036】

条件式(1)は、光学系の小型化と広角化と両立を図ったうえ、良好な結像性能を維持するための条件を示すものである。条件式(1)を満足することにより、 100° を超える超広角化を達成しても、第1レンズグループの径方向の小型化を図ることができ、しかも良好な結像性能を維持することが可能になる。条件式(1)においてその下限を下回ると、第2レンズの負のパワーが弱くなりすぎ、広角端における画角の広さと第1レンズグループの小型化とを両立させるためには、第1レンズの負のパワーをより強くする必要が生じる。第1レンズの負のパワーをより強くすると、当該第1レンズにより発生する諸収差が顕著になるため、第1レンズに非球面を形成せざるを得なくなる。前述のように、第1レンズは光学中最も口径が大きいため、このレンズに非球面を形成することは、製造コストに跳ね返るため、避けなくてはならない。一方、条件式(1)においてその上限を超えると、第2レンズの負のパワーが強くなりすぎ、第2レンズに非球面を形成しても、当該第2レンズで発生する諸収差を補正しきれなくなる。または、第1レンズグループ内において、第2レンズとその像側に配置されるレンズとの間隔が近くなりすぎて、第1レンズグループ内のパワーバランスが崩れ、良好な結像性能を維持できなくなるおそれが生じる。いずれにしても好ましくない。

20

30

【0037】

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。

$$(1)' \quad -6.5 \leq F12 / D23 \leq -1.4$$

この条件式(1)'で規定する範囲を満足することにより、より光学系の小型化、広角化、結像性能の向上を図ることができる。

【0038】

さらに、上記条件式(1)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

40

$$(1)'' \quad -5.0 \leq F12 / D23 \leq -1.8$$

この条件式(1)''で規定する範囲を満足することにより、より一層光学系の小型化、広角化、結像性能の向上を図ることができる。

【0039】

さらに、この発明にかかるズームレンズでは、広角端における光学系全系の焦点距離を Fw とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(2) \quad -20.0 \leq (Fw \times F12) / (D23)^2 \leq -1.0$$

【0040】

条件式(2)も、光学系の小型化と広角化と両立を図ったうえ、良好な結像性能を維持

50

するための条件を示すものである。条件式(1)に加え、この条件式(2)を満足することにより、より好ましい効果が期待できる。条件式(2)においてその下限を下回ると、第2レンズの負のパワーが弱くなりすぎ、広角端における画角の広さと第1レンズグループの小型化とを両立させるためには、第1レンズの負のパワーをより強くする必要が生じる。第1レンズの負のパワーをより強くすると、当該第1レンズにより発生する諸収差が顕著になるため、当該第1レンズに非球面を形成せざるを得なくなる。前述のように、第1レンズは光学中最も口径が大きいため、このレンズに非球面を形成することは、製造コストに跳ね返るため、避けなくてはならない。一方、条件式(2)においてその上限を超えると、第2レンズの負のパワーが強くなりすぎ、第2レンズに非球面を形成しても、当該第2レンズで発生する諸収差を補正しきれなくなる。または、第1レンズグループ内において、第2レンズとその像側に配置されるレンズとの間隔が近くなりすぎて、第1レンズグループ内のパワーバランスが崩れ、良好な結像性能を維持できなくなるおそれが生じる。いずれにしても好ましくない。

10

【0041】

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。

$$(2)' \quad -18.0 < (Fw \times F12) / (D23)^2 < -1.5$$

この条件式(2)'で規定する範囲を満足することにより、より光学系の小型化、広角化、結像性能の向上を図ることができる。

20

【0042】

さらに、上記条件式(2)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(2)'' \quad -15.0 < (Fw \times F12) / (D23)^2 < -2.5$$

この条件式(2)''で規定する範囲を満足することにより、より一層光学系の小型化、広角化、結像性能の向上を図ることができる。

【0043】

この発明にかかるズームレンズでは、図1に示すように、第2レンズの像側面の最大有効径を $\phi 1$ 、第2レンズの像側面の最大有効径 $\phi 2$ における、非球面形状のコバC1Aと近軸球面形状のコバC1Bとの差を $\Delta C1$ ($\Delta C1 = C1A - C1B$)とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

30

$$(3) \quad 2.5 < \Delta C1 / \phi 1 < 10.0$$

【0044】

条件式(3)は、安価で良好な結像性能を備えた光学系を実現するための条件を示すものである。条件式(3)においてその下限を下回ると、第1レンズグループに含まれる第2レンズに非球面を形成しても、良好な収差補正が不可能になり、第1レンズに非球面を形成する必要が生じる。前述のように、第1レンズは光学中最大口径のレンズであるため、このレンズに非球面を形成する場合、加工難度が高く、製造コストが嵩む。一方、条件式(3)においてその上限を超えると、第2レンズに形成された非球面による周辺像高の収差補正が過剰になり、結像性能の劣化をまねく。

40

【0045】

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。

$$(3)' \quad 2.9 < \Delta C1 / \phi 1 < 9.0$$

この条件式(3)'で規定する範囲を満足することにより、安価でより良好な結像性能を備えた光学系を実現することができる。

【0046】

さらに、上記条件式(3)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(3)'' \quad 3.3 < \Delta C1 / \phi 1 < 8.0$$

この条件式(3)''で規定する範囲を満足することにより、安価でより一層良好な結

50

像性能を備えた光学系を実現することができる。

【0047】

さらに、この発明にかかるズームレンズでは、図2に示すように、第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径を r_2 、第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズの像側面の最大有効径 r_2 における、非球面形状のコパC2Aと近軸球面形状のコパC2Bとの差を ΔC_2 ($\Delta C_2 = C_{2A} - C_{2B}$)とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 3.0 < 100 \times \left| \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \Delta C_2 \right| < 12.0$$

【0048】

条件式(4)は、優れた結像性能を備えた光学系を実現するための条件を示すものである。条件式(4)においてその下限を下回ると、第1レンズグループの第2レンズおよび第2レンズグループに含まれる非球面レンズによる収差補正効果が弱くなりすぎ、結像性能の劣化をまねく。一方、条件式(4)においてその上限式を超えると、第1レンズグループの第2レンズおよび第2レンズグループに含まれる非球面レンズによる収差補正が過剰となるため、やはり結像性能が劣化してしまう。

【0049】

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。

$$(4)' \quad 3.8 < 100 \times \left| \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \Delta C_2 \right| < 11.0$$

この条件式(4)'で規定する範囲を満足することにより、光学系の結像性能をより向上させることができる。

【0050】

さらに、上記条件式(4)'は、次に示す範囲を満足すると、さらなる好ましい効果が期待できる。

$$(4)'' \quad 4.5 < 100 \times \left| \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \Delta C_2 \right| < 10.0$$

この条件式(4)''で規定する範囲を満足することにより、光学系の結像性能をより一層向上させることができる。

【0051】

さらに、この発明にかかるズームレンズでは、第2レンズグループを、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群と、により構成し、前群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行うとよい。このようにすることで、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。

【0052】

また、この発明にかかるズームレンズでは、第2レンズグループを、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、により構成し、中群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行ってもよい。このようにしても、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。

【0053】

また、この発明にかかるズームレンズでは、第2レンズグループを、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する中群と、正または負の屈折力を有する後群と、により構成し、中群を光軸に沿う方向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に至るまでのフォーカシングを行い、前群に含まれるレンズを光軸に対し略垂直な方向へ移動させることにより、手振れ(像点振動)補正を行うこともできる。このようにすることで、フォーカシングによる収差変動を抑制し、結像性能の優れたズームレンズを実現することができる。加えて、手振れ補正機能を備えたズームレンズを実現することができる。

【0054】

10

20

30

40

50

また、この発明にかかるズームレンズは、特に、第1レンズグループを、物体側から順に配置された、負の屈折力を有し像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズと、負の屈折力を有し像側に凹面を向けた非球面レンズと、正の屈折力を有するレンズと、により構成するとよい。最も口径の大きくなる最物体側に安価な球面レンズを配置することで、光学系の製造コストを低減することができる。加えて、光学系の小型化と広角化との両立が容易になる。

【0055】

また、この発明にかかるズームレンズでは、第2レンズグループに含まれる負の屈折力を有する非球面レンズを、当該第2レンズグループの最も像側に配置するとよい。このようにすることで、第1レンズグループによって補正しきれない諸収差の補正が容易になる。すなわち、広角化により顕著となる諸収差を第2レンズグループで良好に補正することができ、より優れた結像性能を備えたズームレンズを実現することができる。

10

【0056】

以上説明したように、この発明にかかるズームレンズは、最物体側に安価な球面レンズを配置し、最も口径が大きくなる最物体側に配置されるレンズ以外の口径の小さいレンズに非球面を形成することで、レンズの加工が比較的容易になり、光学系の製造コストの低減を図ることができる。さらに、上記各条件式を満足することで、 100° を超える画角を有しながらも、優れた結像性能を備えた、小型のズームレンズを実現することができる。加えて、前述のように、適切にレンズを移動させることによって、変倍、フォーカシング、手振れ補正を行うことで、より優れたズームレンズを実現することが可能になる。

20

【0057】

以下、この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この発明が限定されるものではない。

【実施例1】

【0058】

図3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レンズグループ G_{11} と、正の屈折力を有する第2レンズグループ G_{12} と、が配置されて構成される。

【0059】

第1レンズグループ G_{11} は、物体側から順に、負レンズ L_{111} （第1レンズ）と、負レンズ L_{112} （第2レンズ）と、正レンズ L_{113} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{111} は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズ L_{112} は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズ L_{112} の両面に非球面が形成されている。

30

【0060】

第2レンズグループ G_{12} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{12F} と、正の屈折力を有する後群 G_{12R} と、が配置されて構成される。前群 G_{12F} は、物体側から順に、所定の口径を規定する開口絞り ST と、負レンズ L_{121} と、正レンズ L_{122} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{121} と正レンズ L_{122} とは、接合されている。後群 G_{12R} は、物体側から順に、正レンズ L_{123} と、負レンズ L_{124} と、正レンズ L_{125} と、負レンズ L_{126} （非球面レンズ）と、が配置されて構成される。正レンズ L_{123} の両面に非球面が形成されている。負レンズ L_{124} と正レンズ L_{125} とは、接合されている。負レンズ L_{126} の両面に非球面が形成されている。

40

【0061】

このズームレンズでは、第1レンズグループ G_{11} を光軸に沿って物体側から像側へ、前群 G_{12F} および後群 G_{12R} をそれぞれ光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、前群 G_{12F} を光軸に沿って物体側から像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に至るまでのフォーカシングを行う。

【0062】

50

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。

【 0 0 6 3 】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 10.2992 (F w : 広角端) ~ 12.5000 (中間位置) ~ 17.4999 (望遠端)

F ナンバー = 4.1 (広角端) ~ 4.1 (中間位置) ~ 4.1 (望遠端)

半画角 () = 54.98 (広角端) ~ 49.85 (中間位置) ~ 38.62 (望遠端)

変倍比 : 1.699

【 0 0 6 4 】

(レンズデータ)

$r_1 = 31.7816$ 10

$d_1 = 1.3000$ $n d_1 = 1.77250$ $d_1 = 49.62$

$r_2 = 12.8710$

$d_2 = 5.9116$

$r_3 = 39.9393$ (非球面)

$d_3 = 1.2000$ $n d_2 = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 12.1565$ (非球面)

$d_4 = 8.5689$

$r_5 = 28.4099$

$d_5 = 3.5000$ $n d_3 = 1.84666$ $d_3 = 23.78$

$r_6 = 66.0507$ 20

$d_6 = D(6)$ (可変)

$r_7 =$ (開口絞り)

$d_7 = 1.0000$

$r_8 = 23.1071$

$d_8 = 0.8000$ $n d_4 = 1.90366$ $d_4 = 31.31$

$r_9 = 12.4927$

$d_9 = 3.5000$ $n d_5 = 1.59551$ $d_5 = 39.22$

$r_{10} = -80.0040$

$d_{10} = D(10)$ (可変)

$r_{11} = 15.4056$ (非球面) 30

$d_{11} = 2.0000$ $n d_6 = 1.61881$ $d_6 = 63.85$

$r_{12} = 42.9654$ (非球面)

$d_{12} = 3.0989$

$r_{13} = 14.1040$

$d_{13} = 0.8000$ $n d_7 = 1.80610$ $d_7 = 33.27$

$r_{14} = 8.6774$

$d_{14} = 6.3000$ $n d_8 = 1.49700$ $d_8 = 81.61$

$r_{15} = -11.7706$

$d_{15} = 0.2000$

$r_{16} = -13.0933$ (非球面) 40

$d_{16} = 1.2000$ $n d_9 = 1.85135$ $d_9 = 40.10$

$r_{17} = 183.3464$ (非球面)

【 0 0 6 5 】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A , B , C , D , E)

(第 3 面)

$K = 0$,

$A = 4.95634 \times 10^{-5}$, $B = -7.90310 \times 10^{-7}$,

$C = 4.63906 \times 10^{-9}$, $D = -1.24036 \times 10^{-11}$,

$E = 0$

(第 4 面) 50

$$K = 0 ,$$

$$A = -4.13305 \times 10^{-6} , B = -9.52818 \times 10^{-7} ,$$

$$C = -5.62899 \times 10^{-9} , D = 8.48925 \times 10^{-11} ,$$

$$E = -4.86537 \times 10^{-13}$$

(第11面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 1.28687 \times 10^{-5} , B = 8.97529 \times 10^{-7} ,$$

$$C = -3.30614 \times 10^{-8} , D = 9.08219 \times 10^{-10} ,$$

$$E = 0$$

(第12面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 9.65316 \times 10^{-6} , B = 1.86173 \times 10^{-6} ,$$

$$C = -5.11469 \times 10^{-8} , D = 1.35414 \times 10^{-9} ,$$

$$E = 0$$

(第16面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 9.58940 \times 10^{-4} , B = -2.78957 \times 10^{-5} ,$$

$$C = 3.88208 \times 10^{-7} , D = -2.26870 \times 10^{-9} ,$$

$$E = 0$$

(第17面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 1.11782 \times 10^{-3} , B = -2.38818 \times 10^{-5} ,$$

$$C = 3.36860 \times 10^{-7} , D = -2.11204 \times 10^{-9} ,$$

$$E = 0$$

【0066】

(変倍データ)

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	15.0603	9.3234	2.0065
D(10)	7.4341	5.2857	3.6802

【0067】

(条件式(1)に関する数値)

$$F12 \text{ (負レンズ } L_{112} \text{ の焦点距離)} = -20.943$$

$$D23 \text{ (負レンズ } L_{112} \text{ の像側面と正レンズ } L_{113} \text{ の物体側面との間隔)} = 8.569$$

$$F12 / D23 = -2.444$$

【0068】

(条件式(2)に関する数値)

$$(Fw \times F12) / (D23)^2 = -2.9388$$

【0069】

(条件式(3)に関する数値)

$$1 \text{ (負レンズ } L_{112} \text{ の像側面の最大有効径)} = 19.40$$

$$1 \text{ (負レンズ } L_{112} \text{ の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバ } C1A \text{ と近軸球面形状のコバ } C1B \text{ との差 (} 1 = C1A - C1B \text{))} = -1.036$$

$$|100 \times 1 / 1| = 5.338$$

【0070】

(条件式(4)に関する数値)

$$2 \text{ (負レンズ } L_{126} \text{ の像側面の最大有効径)} = 12.00$$

$$2 \text{ (負レンズ } L_{126} \text{ の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバ } C2A \text{ と近軸球面形状のコバ } C2B \text{ との差 (} 2 = C2A - C2B \text{))} = 0.316$$

$$100 \times |1 / 1 - 2 / 2| = 7.975$$

【0071】

10

20

30

40

50

図4は、実施例1にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、gはg線($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、dはd線($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、CはC線($\lambda = 656.28 \text{ nm}$)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図におけるS、Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【実施例2】

【0072】

図5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レンズグループ G_{21} と、正の屈折力を有する第2レンズグループ G_{22} と、が配置されて構成される。

【0073】

第1レンズグループ G_{21} は、物体側から順に、負レンズ L_{211} (第1レンズ)と、負レンズ L_{212} (第2レンズ)と、正レンズ L_{213} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{211} は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズ L_{212} は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズ L_{212} の両面に非球面が形成されている。

【0074】

第2レンズグループ G_{22} は、物体側から順に、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{22F} と、正の屈折力を有する中群 G_{22M} と、正の屈折力を有する後群 G_{22R} と、が配置されて構成される。前群 G_{22F} は、物体側から順に、負レンズ L_{221} と、正レンズ L_{222} と、所定の口径を規定する開口絞りSTと、が配置されて構成される。負レンズ L_{221} と正レンズ L_{222} とは、接合されている。中群 G_{22M} は、正レンズ L_{223} により構成される。正レンズ L_{223} の両面に非球面が形成されている。後群 G_{22R} は、物体側から順に、負レンズ L_{224} と、正レンズ L_{225} と、負レンズ L_{226} (非球面レンズ)と、が配置されて構成される。負レンズ L_{224} と正レンズ L_{225} とは、接合されている。負レンズ L_{226} の両面に非球面が形成されている。

【0075】

このズームレンズでは、第1レンズグループ G_{21} を光軸に沿って物体側から像側へ、第2レンズグループ G_{22} を光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、中群 G_{22M} を光軸に沿って像側から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に至るまでのフォーカシングを行う。

【0076】

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。

【0077】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 10.2993 (Fw : 広角端) ~ 12.4992 (中間位置) ~ 17.4990 (望遠端)

Fナンバー = 3.6 (広角端) ~ 3.8 (中間位置) ~ 4.0 (望遠端)

半画角() = 55.02 (広角端) ~ 49.05 (中間位置) ~ 38.88 (望遠端)

変倍比 : 1.699

【0078】

(レンズデータ)

$r_1 = 28.0536$

$d_1 = 1.5000$ $n_{d1} = 1.83481$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 13.0579$

$d_2 = 7.2984$

$r_3 = 82.6038$ (非球面)

$d_3 = 1.2000$ $n_{d2} = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 12.9284$ (非球面)

$d_4 = 6.8839$

$r_5 = 33.0842$

10

20

30

40

50

$d_5 = 3.5000$ $n d_3 = 1.84666$ $d_3 = 23.78$
 $r_6 = -34473.0453$
 $d_6 = D(6)$ (可変)
 $r_7 = 16.4693$
 $d_7 = 0.8000$ $n d_4 = 1.90366$ $d_4 = 31.31$
 $r_8 = 8.5000$
 $d_8 = 3.3000$ $n d_5 = 1.59551$ $d_5 = 39.22$
 $r_9 = -125.4304$
 $d_9 = 1.2000$
 $r_{10} =$ (開口絞り)
 $d_{10} = 5.9501$
 $r_{11} = 41.9266$ (非球面)
 $d_{11} = 2.5000$ $n d_6 = 1.59201$ $d_6 = 67.02$
 $r_{12} = -65.9904$ (非球面)
 $d_{12} = 1.7000$
 $r_{13} = 33.2313$
 $d_{13} = 1.0000$ $n d_7 = 1.69895$ $d_7 = 30.05$
 $r_{14} = 11.8016$
 $d_{14} = 5.3000$ $n d_8 = 1.49700$ $d_8 = 81.61$
 $r_{15} = -19.2021$
 $d_{15} = 2.5709$
 $r_{16} = -42.4918$ (非球面)
 $d_{16} = 1.0000$ $n d_9 = 1.85135$ $d_9 = 40.10$
 $r_{17} = 86.8262$ (非球面)

10

20

【 0 0 7 9 】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A , B , C , D , E)
 (第 3 面)

$K = 0$,
 $A = 3.77248 \times 10^{-5}$, $B = -4.82207 \times 10^{-7}$,
 $C = 2.52327 \times 10^{-9}$, $D = -5.53606 \times 10^{-12}$,
 $E = 0$

30

(第 4 面)

$K = 0$,
 $A = -3.19307 \times 10^{-5}$, $B = -4.94567 \times 10^{-7}$,
 $C = -5.29875 \times 10^{-9}$, $D = 6.20691 \times 10^{-11}$,
 $E = -2.83735 \times 10^{-13}$

(第 1 1 面)

$K = 0$,
 $A = -1.11816 \times 10^{-5}$, $B = -7.65302 \times 10^{-7}$,
 $C = 2.32430 \times 10^{-8}$, $D = 8.59980 \times 10^{-11}$,
 $E = 0$

40

(第 1 2 面)

$K = 0$,
 $A = -4.64567 \times 10^{-5}$, $B = -5.92188 \times 10^{-7}$,
 $C = 3.93860 \times 10^{-9}$, $D = 3.58575 \times 10^{-10}$,
 $E = 0$

(第 1 6 面)

$K = 0$,
 $A = 1.89154 \times 10^{-4}$, $B = -4.46191 \times 10^{-6}$,
 $C = 8.91938 \times 10^{-9}$, $D = 2.53860 \times 10^{-10}$,

50

E = 0

(第 1 7 面)

K = 0 ,

A = 3.16118×10^{-4} , B = -4.72371×10^{-6} ,

C = 3.10546×10^{-8} , D = 1.75862×10^{-11} ,

E = 0

【 0 0 8 0 】

(変倍データ)

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	18.2967	11.2482	1.8196

10

【 0 0 8 1 】

(条件式 (1) に関する数値)

F 1 2 (負レンズ L₂₁₂ の焦点距離) = -18.147

D 2 3 (負レンズ L₂₁₂ の像側面と正レンズ L₂₁₃ の物体側面との間隔) = 6.884

F 1 2 / D 2 3 = -2.636

【 0 0 8 2 】

(条件式 (2) に関する数値)

(F w × F 1 2) / (D 2 3)² = -3.944

【 0 0 8 3 】

(条件式 (3) に関する数値)

1 (負レンズ L₂₁₂ の像側面の最大有効径) = 21.20

1 (負レンズ L₂₁₂ の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバ C 1 A と近軸球面形状のコバ C 1 B との差 (1 = C 1 A - C 1 B)) = -1.504

| 1 0 0 × 1 / 1 | = 7.095

【 0 0 8 4 】

(条件式 (4) に関する数値)

2 (負レンズ L₂₂₆ の像側面の最大有効径) = 13.70

2 (負レンズ L₂₂₆ の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバ C 2 A と近軸球面形状のコバ C 2 B との差 (2 = C 2 A - C 2 B)) = 0.306

1 0 0 × | (1 / 1) - (2 / 2) | = 9.329

30

【 0 0 8 5 】

図 6 は、実施例 2 にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、g は g 線 ($\lambda = 435.84 \text{ nm}$)、d は d 線 ($\lambda = 587.56 \text{ nm}$)、C は C 線 ($\lambda = 656.28 \text{ nm}$) に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図における S , M は、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【 実施例 3 】

【 0 0 8 6 】

図 7 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 レンズグループ G₃₁ と、正の屈折力を有する第 2 レンズグループ G₃₂ と、が配置されて構成される。

40

【 0 0 8 7 】

第 1 レンズグループ G₃₁ は、物体側から順に、負レンズ L₃₁₁ (第 1 レンズ) と、負レンズ L₃₁₂ (第 2 レンズ) と、正レンズ L₃₁₃ と、が配置されて構成される。負レンズ L₃₁₁ は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズ L₃₁₂ は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズ L₃₁₂ の両面に非球面が形成されている。

【 0 0 8 8 】

第 2 レンズグループ G₃₂ は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{32F} と、正の屈折力を有する中群 G_{32M} と、正の屈折力を有する後群 G_{32R} と、が配置されて構成される。前群 G_{32F} は、物体側から順に、負レンズ L₃₂₁ と、正レンズ L₃₂₂ と、所定の口径を規

50

定する開口絞りSTと、が配置されて構成される。負レンズ L_{321} と正レンズ L_{322} とは、接合されている。中群 G_{32M} は、正レンズ L_{323} により構成される。正レンズ L_{323} の両面に非球面が形成されている。後群 G_{32R} は、物体側から順に、負レンズ L_{324} と、正レンズ L_{325} と、負レンズ L_{326} （非球面レンズ）と、が配置されて構成される。負レンズ L_{324} と正レンズ L_{325} とは、接合されている。負レンズ L_{326} の両面に非球面が形成されている。

【0089】

このズームレンズでは、第1レンズグループ G_{31} を光軸に沿って物体側から像側へ、前群 G_{32F} 、中群 G_{32M} および後群 G_{32R} をそれぞれ光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、中群 G_{32M} を光軸に沿って像側から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に至るまでのフォーカシングを行う。

10

【0090】

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。

【0091】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 10.3039 (Fw : 広角端) ~ 12.5049 (中間位置) ~ 17.5071 (望遠端)

Fナンバー = 3.6 (広角端) ~ 3.8 (中間位置) ~ 4.0 (望遠端)

半画角 () = 54.98 (広角端) ~ 49.02 (中間位置) ~ 38.94 (望遠端)

変倍比 : 1,699

20

【0092】

(レンズデータ)

$r_1 = 29.1198$

$d_1 = 1.5000$ $n d_1 = 1.83481$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 13.1003$

$d_2 = 7.2001$

$r_3 = 69.8822$ (非球面)

$d_3 = 1.2000$ $n d_2 = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 12.9172$ (非球面)

$d_4 = 6.9761$

30

$r_5 = 32.7186$

$d_5 = 3.5000$ $n d_3 = 1.84666$ $d_3 = 23.78$

$r_6 = 1528.6256$

$d_6 = D(6)$ (可変)

$r_7 = 16.1189$

$d_7 = 0.8000$ $n d_4 = 1.90366$ $d_4 = 31.31$

$r_8 = 8.5000$

$d_8 = 3.2000$ $n d_5 = 1.59551$ $d_5 = 39.22$

$r_9 = -212.0872$

$d_9 = 1.2000$

40

$r_{10} =$ (開口絞り)

$d_{10} = D(10)$ (可変)

$r_{11} = 41.7024$ (非球面)

$d_{11} = 2.5000$ $n d_6 = 1.59201$ $d_6 = 67.02$

$r_{12} = -78.6776$ (非球面)

$d_{12} = D(12)$ (可変)

$r_{13} = 30.6698$

$d_{13} = 1.0000$ $n d_7 = 1.72825$ $d_7 = 28.32$

$r_{14} = 12.3584$

$d_{14} = 4.6371$ $n d_8 = 1.49700$ $d_8 = 81.61$

50

$$r_{15} = -20.0455$$

$$d_{15} = 2.7972$$

$$r_{16} = -47.1564 \text{ (非球面)}$$

$$d_{16} = 1.0000 \quad n_{d_g} = 1.85135 \quad d_g = 40.10$$

$$r_{17} = 86.8262 \text{ (非球面)}$$

【 0 0 9 3 】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A , B , C , D , E)

(第 3 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 3.91172 \times 10^{-5} , B = -5.15238 \times 10^{-7} ,$$

$$C = 2.73775 \times 10^{-9} , D = -5.93388 \times 10^{-12} ,$$

$$E = 0$$

(第 4 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = -3.04683 \times 10^{-5} , B = -5.21452 \times 10^{-7} ,$$

$$C = -5.43653 \times 10^{-9} , D = 6.59653 \times 10^{-11} ,$$

$$E = -3.00854 \times 10^{-13}$$

(第 1 1 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = -7.90160 \times 10^{-6} , B = -8.02610 \times 10^{-7} ,$$

$$C = 1.34383 \times 10^{-8} , D = 2.16272 \times 10^{-10} ,$$

$$E = 0$$

(第 1 2 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = -3.41004 \times 10^{-5} , B = -8.24775 \times 10^{-7} ,$$

$$C = -7.77380 \times 10^{-10} , D = 4.15702 \times 10^{-10} ,$$

$$E = 0$$

(第 1 6 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 2.86476 \times 10^{-4} , B = -7.25801 \times 10^{-6} ,$$

$$C = 4.09409 \times 10^{-8} , D = 1.08437 \times 10^{-10} ,$$

$$E = 0$$

(第 1 7 面)

$$K = 0 ,$$

$$A = 4.08742 \times 10^{-4} , B = -7.44810 \times 10^{-6} ,$$

$$C = 5.99352 \times 10^{-8} , D = -8.87625 \times 10^{-11} ,$$

$$E = 0$$

【 0 0 9 4 】

(変倍データ)

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	18.6418	11.4735	1.8291
D(10)	5.5582	5.8068	6.1367
D(12)	2.2785	2.0299	1.7000

【 0 0 9 5 】

(条件式 (1) に関する数値)

$$F_{12} \text{ (負レンズ } L_{312} \text{ の焦点距離)} = -18.795$$

$$D_{23} \text{ (負レンズ } L_{312} \text{ の像側面と正レンズ } L_{313} \text{ の物体側面との間隔)} = 6.976$$

$$F_{12} / D_{23} = -2.694$$

【 0 0 9 6 】

(条件式 (2) に関する数値)

10

20

30

40

50

$$(F_w \times F_{12}) / (D_{23})^2 = -3.980$$

【0097】

(条件式(3)に関する数値)

$$1(\text{負レンズ } L_{312} \text{ の像側面の最大有効径}) = 21.30$$

1(負レンズ L_{312} の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバ C_{1A} と近軸球面形状のコバ C_{1B} との差 ($1 = C_{1A} - C_{1B}$)) = -1.548

$$|100 \times 1 / 1| = 7.268$$

【0098】

(条件式(4)に関する数値)

$$2(\text{負レンズ } L_{326} \text{ の像側面の最大有効径}) = 13.70$$

2(負レンズ L_{326} の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバ C_{2A} と近軸球面形状のコバ C_{2B} との差 ($2 = C_{2A} - C_{2B}$)) = 0.297

$$100 \times |(1/1) - (2/2)| = 9.434$$

【0099】

図8は、実施例3にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、gはg線($= 435.84 \text{ nm}$)、dはd線($= 587.56 \text{ nm}$)、CはC線($= 656.28 \text{ nm}$)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図におけるS、Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【実施例4】

【0100】

図9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レンズグループ G_{41} と、正の屈折力を有する第2レンズグループ G_{42} と、が配置されて構成される。

【0101】

第1レンズグループ G_{41} は、物体側から順に、負レンズ L_{411} (第1レンズ)と、負レンズ L_{412} (第2レンズ)と、正レンズ L_{413} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{411} は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズ L_{412} は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズ L_{412} の両面に非球面が形成されている。

【0102】

第2レンズグループ G_{42} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{42F} と、正の屈折力を有する中群 G_{42M} と、負の屈折力を有する後群 G_{42R} と、が配置されて構成される。前群 G_{42F} は、物体側から順に、負レンズ L_{421} と、正レンズ L_{422} と、所定の口径を規定する開口絞り ST と、が配置されて構成される。負レンズ L_{421} と正レンズ L_{422} とは、接合されている。中群 G_{42M} は、正レンズ L_{423} により構成される。正レンズ L_{423} の両面に非球面が形成されている。後群 G_{42R} は、物体側から順に、負レンズ L_{424} と、正レンズ L_{425} と、負レンズ L_{426} (非球面レンズ)と、が配置されて構成される。負レンズ L_{424} と正レンズ L_{425} とは、接合されている。負レンズ L_{426} の両面に非球面が形成されている。

【0103】

このズームレンズでは、第1レンズグループ G_{41} を光軸に沿って物体側から像側へ、前群 G_{42F} 、中群 G_{42M} および後群 G_{42R} をそれぞれ光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、中群 G_{42M} を光軸に沿って像側から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に至るまでのフォーカシングを行う。

【0104】

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。

【0105】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 10.30 (Fw : 広角端) ~ 12.50 (中間位置) ~ 17.50 (望遠端)

10

20

30

40

50

F ナンバー = 4.10 (広角端) ~ 4.10 (中間位置) ~ 4.10 (望遠端)

半画角 () = 55.05 (広角端) ~ 49.06 (中間位置) ~ 38.97 (望遠端)

変倍比 : 1,699

【 0 1 0 6 】

(レンズデータ)

$r_1 = 24.5641$

$d_1 = 1.3000$ $n d_1 = 1.83481$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 12.4205$

$d_2 = 6.9634$

$r_3 = 80.9157$ (非球面)

10

$d_3 = 1.2000$ $n d_2 = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 12.3254$ (非球面)

$d_4 = 8.3197$

$r_5 = 35.9449$

$d_5 = 3.0000$ $n d_3 = 1.84666$ $d_3 = 23.78$

$r_6 = 1537.5016$

$d_6 = D(6)$ (可変)

$r_7 = 16.1541$

$d_7 = 0.8000$ $n d_4 = 1.90366$ $d_4 = 31.31$

$r_8 = 8.5000$

20

$d_8 = 3.3000$ $n d_5 = 1.59551$ $d_5 = 39.22$

$r_9 = -521.4563$

$d_9 = 1.2000$

$r_{10} =$ (開口絞り)

$d_{10} = D(10)$ (可変)

$r_{11} = 39.7672$ (非球面)

$d_{11} = 2.0000$ $n d_6 = 1.59201$ $d_6 = 67.02$

$r_{12} = -45.3773$ (非球面)

$d_{12} = D(12)$ (可変)

$r_{13} = 22.5000$

30

$d_{13} = 1.0000$ $n d_7 = 1.90366$ $d_7 = 31.31$

$r_{14} = 10.1715$

$d_{14} = 5.0000$ $n d_8 = 1.49700$ $d_8 = 81.61$

$r_{15} = -19.3392$

$d_{15} = 1.9857$

$r_{16} = -45.3966$ (非球面)

$d_{16} = 1.0000$ $n d_9 = 1.85135$ $d_9 = 40.10$

$r_{17} = 69.5133$ (非球面)

【 0 1 0 7 】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A , B , C , D , E)

40

(第 3 面)

$K = 0$,

$A = 3.28812 \times 10^{-5}$, $B = -4.35799 \times 10^{-7}$,

$C = 2.22432 \times 10^{-9}$, $D = -5.14760 \times 10^{-12}$,

$E = 0$

(第 4 面)

$K = 0$,

$A = -4.86859 \times 10^{-5}$, $B = -4.29034 \times 10^{-7}$,

$C = -7.97657 \times 10^{-9}$, $D = 8.39364 \times 10^{-11}$,

$E = -4.07696 \times 10^{-13}$

50

(第11面)

 $K = 0,$ $A = -5.92137 \times 10^{-5}, B = -1.33847 \times 10^{-6},$ $C = 1.67253 \times 10^{-8}, D = 3.49851 \times 10^{-12},$ $E = 0$

(第12面)

 $K = 0,$ $A = -8.86050 \times 10^{-5}, B = -1.21824 \times 10^{-6},$ $C = 6.52842 \times 10^{-9}, D = 9.67347 \times 10^{-11},$ $E = 0$

10

(第16面)

 $K = 0,$ $A = 7.35180 \times 10^{-5}, B = -8.13193 \times 10^{-7},$ $C = -3.62480 \times 10^{-8}, D = 5.12502 \times 10^{-10},$ $E = 0$

(第17面)

 $K = 0,$ $A = 1.80453 \times 10^{-4}, B = -1.69902 \times 10^{-6},$ $C = -6.00872 \times 10^{-9}, D = 1.79871 \times 10^{-10},$ $E = 0$

20

【0108】

(変倍データ)

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	17.4071	10.7566	1.8290
D(10)	5.0135	5.1135	5.2135
D(12)	4.3324	4.2324	4.1324

【0109】

(条件式(1)に関する数値)

 $F12$ (負レンズ L_{412} の焦点距離) = -17.218 $D23$ (負レンズ L_{412} の像側面と正レンズ L_{413} の物体側面との間隔) = 8.320

30

 $F12 / D23 = -2.070$

【0110】

(条件式(2)に関する数値)

 $(Fw \times F12) / (D23)^2 = -2.562$

【0111】

(条件式(3)に関する数値)

1 (負レンズ L_{412} の像側面の最大有効径) = 19.801 (負レンズ L_{412} の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバC1Aと近軸球面形状のコバC1Bとの差 ($1 = C1A - C1B$)) = -1.274 $|100 \times 1 / 1| = 6.435$

40

【0112】

(条件式(4)に関する数値)

2 (負レンズ L_{426} の像側面の最大有効径) = 13.402 (負レンズ L_{426} の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバC2Aと近軸球面形状のコバC2Bとの差 ($2 = C2A - C2B$)) = 0.198 $100 \times |(1 / 1) - (2 / 2)| = 7.909$

【0113】

図10は、実施例4にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、gはg線(=435.84nm)、dはd線(=587.56nm)、CはC線(=656.28nm)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図におけるS、Mは、それぞれサジ

50

タル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【実施例 5】

【0114】

図 11 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 レンズグループ G_{51} と、正の屈折力を有する第 2 レンズグループ G_{52} と、が配置されて構成される。

【0115】

第 1 レンズグループ G_{51} は、物体側から順に、負レンズ L_{511} (第 1 レンズ) と、負レンズ L_{512} (第 2 レンズ) と、正レンズ L_{513} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{511} は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズ L_{512} は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズ L_{512} の両面に非球面が形成されている。

10

【0116】

第 2 レンズグループ G_{52} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{52F} と、正の屈折力を有する中群 G_{52M} と、負の屈折力を有する後群 G_{52R} と、が配置されて構成される。前群 G_{52F} は、物体側から順に、正レンズ L_{521} と、所定の口径を規定する開口絞り ST と、負レンズ L_{522} と、正レンズ L_{523} と、が配置されて構成される。負レンズ L_{522} と正レンズ L_{523} とは、接合されている。中群 G_{52M} は、正レンズ L_{524} により構成される。正レンズ L_{524} の両面に非球面が形成されている。後群 G_{52R} は、物体側から順に、負レンズ L_{525} と、正レンズ L_{526} と、負レンズ L_{527} (非球面レンズ) と、が配置されて構成される。負レンズ L_{525} と正レンズ L_{526} とは、接合されている。負レンズ L_{527} の両面に非球面が形成されている。

20

【0117】

このズームレンズでは、第 1 レンズグループ G_{51} を光軸に沿って物体側から像側へ、前群 G_{52F} 、中群 G_{52M} および後群 G_{52R} をそれぞれ光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、中群 G_{52M} を光軸に沿って像側から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に至るまでのフォーカシングを行う。さらに、前群 G_{52F} に含まれる負レンズ L_{521} を光軸に対し略垂直な方向へ移動させることにより、手振れ補正を行う。

【0118】

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。

30

【0119】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 10.30 (Fw : 広角端) ~ 12.50 (中間位置) ~ 17.50 (望遠端)

F ナンバー = 3.6 (広角端) ~ 3.8 (中間位置) ~ 4.0 (望遠端)

半画角 () = 54.98 (広角端) ~ 49.02 (中間位置) ~ 38.82 (望遠端)

変倍比 : 1,699

【0120】

(レンズデータ)

$r_1 = 27.3115$

$d_1 = 1.5000$ $n d_1 = 1.83481$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 12.9354$

$d_2 = 7.3177$

$r_3 = 143.7387$ (非球面)

$d_3 = 1.2000$ $n d_2 = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 12.2925$ (非球面)

$d_4 = 4.9164$

$r_5 = 26.5844$

$d_5 = 3.5000$ $n d_3 = 1.84666$ $d_3 = 23.78$

$r_6 = -871.0441$

40

50

$d_6 = D(6)$ (可変)
 $r_7 = -18.2092$
 $d_7 = 0.8000$ $n d_4 = 1.84666$ $d_4 = 23.78$
 $r_8 = -26.1747$
 $d_8 = 1.5000$
 $r_9 =$ (開口絞り)
 $d_9 = 1.0000$
 $r_{10} = 20.6662$
 $d_{10} = 0.8000$ $n d_5 = 1.90366$ $d_5 = 31.31$
 $r_{11} = 10.1275$
 $d_{11} = 3.4000$ $n d_6 = 1.58144$ $d_6 = 40.89$
 $r_{12} = -29.0999$
 $d_{12} = D(12)$ (可変)
 $r_{13} = 30.7643$ (非球面)
 $d_{11} = 2.4000$ $n d_7 = 1.58313$ $d_7 = 59.46$
 $r_{14} = -79.7492$ (非球面)
 $d_{14} = D(14)$ (可変)
 $r_{15} = 18.9650$
 $d_{15} = 1.0000$ $n d_8 = 1.91082$ $d_8 = 35.25$
 $r_{16} = 9.6254$
 $d_{16} = 6.5000$ $n d_9 = 1.49700$ $d_9 = 81.61$
 $r_{17} = -18.2359$
 $d_{17} = 0.7205$
 $r_{18} = -43.0714$ (非球面)
 $d_{18} = 1.0000$ $n d_{10} = 1.85135$ $d_{10} = 40.10$
 $r_{19} = 45.0000$ (非球面)

10

20

【0 1 2 1】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A, B, C, D, E)

(第3面)

K = 0,

A = 7.96481×10^{-5} , B = -9.84278×10^{-7} ,C = 5.69053×10^{-9} , D = -1.36247×10^{-11} ,

E = 0

(第4面)

K = 0,

A = 4.87539×10^{-6} , B = -8.75480×10^{-7} ,C = -9.15535×10^{-9} , D = 1.33681×10^{-10} ,E = -6.46855×10^{-13}

(第13面)

K = 0,

A = -2.74416×10^{-5} , B = -2.98083×10^{-7} ,C = 2.49494×10^{-8} , D = -6.63205×10^{-11} ,

E = 0

(第14面)

K = 0,

A = -4.48753×10^{-5} , B = -3.02221×10^{-7} ,C = 1.76339×10^{-8} , D = 2.79950×10^{-11} ,

E = 0

(第18面)

K = 0,

30

40

50

$$A = 2.24011 \times 10^{-4}, B = -5.27123 \times 10^{-6},$$

$$C = 6.49618 \times 10^{-8}, D = -3.99383 \times 10^{-10},$$

$$E = 0$$

(第19面)

$$K = 0,$$

$$A = 3.22992 \times 10^{-4}, B = -5.30917 \times 10^{-6},$$

$$C = 6.69786 \times 10^{-8}, D = -4.62773 \times 10^{-10},$$

$$E = 0$$

【0122】

(変倍データ)

10

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	18.4950	11.5917	2.3290
D(12)	4.8027	4.8502	4.6046
D(14)	6.1478	6.1003	6.3459

【0123】

(条件式(1)に関する数値)

$$F12 \text{ (負レンズ } L_{512} \text{ の焦点距離)} = -15.856$$

$$D23 \text{ (負レンズ } L_{512} \text{ の像側面と正レンズ } L_{513} \text{ の物体側面との間隔)} = 4.916$$

$$F12 / D23 = -3.225$$

【0124】

(条件式(2)に関する数値)

$$(Fw \times F12) / (D23)^2 = -6.757$$

【0125】

(条件式(3)に関する数値)

$$1 \text{ (負レンズ } L_{512} \text{ の像側面の最大有効径)} = 20.65$$

$$1 \text{ (負レンズ } L_{512} \text{ の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバ } C1A \text{ と近軸球面形状のコバ } C1B \text{ との差 (} 1 = C1A - C1B \text{))} = -1.557$$

$$|100 \times 1 / 1| = 7.538$$

【0126】

(条件式(4)に関する数値)

$$2 \text{ (負レンズ } L_{527} \text{ の像側面の最大有効径)} = 14.20$$

$$2 \text{ (負レンズ } L_{527} \text{ の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバ } C2A \text{ と近軸球面形状のコバ } C2B \text{ との差 (} 2 = C2A - C2B \text{))} = 0.239$$

$$100 \times |(1 / 1) - (2 / 2)| = 9.222$$

【0127】

図12は、実施例5にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、gはg線(=435.84nm)、dはd線(=587.56nm)、CはC線(=656.28nm)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図におけるS、Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【実施例6】

【0128】

図13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レンズグループG₆₁と、正の屈折力を有する第2レンズグループG₆₂と、が配置されて構成される。

【0129】

第1レンズグループG₆₁は、物体側から順に、負レンズL₆₁₁(第1レンズ)と、負レンズL₆₁₂(第2レンズ)と、正レンズL₆₁₃と、が配置されて構成される。負レンズL₆₁₁は、像側に凹面を向けたメニスカス形状の球面レンズで構成されている。負レンズL₆₁₂は、像側に凹面を向けた非球面レンズで構成されている。なお、負レンズL₆₁₂の両面に非球面が形成されている。

50

【 0 1 3 0 】

第2レンズグループ G_{62} は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G_{62F} と、正の屈折力を有する中群 G_{62M} と、負の屈折力を有する後群 G_{62R} と、が配置されて構成される。前群 G_{62F} は、物体側から順に、正レンズ L_{621} と、所定の口径を規定する開口絞り ST 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。負レンズ L_{622} と正レンズ L_{623} とは、接合されている。中群 G_{62M} は、正レンズ L_{624} により構成される。正レンズ L_{624} の両面に非球面が形成されている。後群 G_{62R} は、物体側から順に、負レンズ L_{625} と、正レンズ L_{626} と、負レンズ L_{627} (非球面レンズ) と、が配置されて構成される。負レンズ L_{625} と正レンズ L_{626} とは、接合されている。負レンズ L_{627} の像側に非球面が形成されている。

10

【 0 1 3 1 】

このズームレンズでは、第1レンズグループ G_{61} を光軸に沿って物体側から像側へ、前群 G_{62F} 、中群 G_{62M} および後群 G_{62R} をそれぞれ光軸に沿って像側から物体側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行う。また、中群 G_{62M} を光軸に沿って像側から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に至るまでのフォーカシングを行う。

【 0 1 3 2 】

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。

【 0 1 3 3 】

ズームレンズ全系の焦点距離 = 11.30 (F_w : 広角端) ~ 12.50 (中間位置) ~ 17.50 (望遠端)

20

F ナンバー = 4.1 (広角端) ~ 4.1 (中間位置) ~ 4.1 (望遠端)

半画角 () = 52.42 (広角端) ~ 49.17 (中間位置) ~ 38.65 (望遠端)

変倍比 : 1,549

【 0 1 3 4 】

(レンズデータ)

$r_1 = 20.4987$

$d_1 = 1.3000$ $n_{d_1} = 1.83481$ $d_1 = 42.72$

$r_2 = 9.4632$

$d_2 = 5.4014$

30

$r_3 = 78.1683$ (非球面)

$d_3 = 1.2000$ $n_{d_2} = 1.85135$ $d_2 = 40.10$

$r_4 = 11.5955$ (非球面)

$d_4 = 3.7376$

$r_5 = 23.4921$

$d_5 = 3.0000$ $n_{d_3} = 1.84666$ $d_3 = 23.78$

$r_6 = -6053.3755$

$d_6 = D(6)$ (可変)

$r_7 = -24.2364$

$d_7 = 0.8000$ $n_{d_4} = 1.84666$ $d_4 = 23.78$

40

$r_8 = -40.8523$

$d_8 = 1.5000$

$r_9 =$ (開口絞り)

$d_9 = 1.0000$

$r_{10} = 17.4651$

$d_{10} = 0.8000$ $n_{d_5} = 1.90366$ $d_5 = 31.31$

$r_{11} = 8.8500$

$d_{11} = 3.4000$ $n_{d_6} = 1.58144$ $d_6 = 40.89$

$r_{12} = -26.9518$

$d_{12} = D(12)$ (可変)

50

$r_{13} = 26.6015$ (非球面)
 $d_{11} = 2.4000$ $n d_7 = 1.58313$ $d_7 = 59.46$
 $r_{14} = -59.6858$ (非球面)
 $d_{14} = D(14)$ (可変)
 $r_{15} = 25.9484$
 $d_{15} = 1.0000$ $n d_8 = 1.91082$ $d_8 = 35.25$
 $r_{16} = 10.1953$
 $d_{16} = 6.5000$ $n d_9 = 1.49700$ $d_9 = 81.61$
 $r_{17} = -17.9337$
 $d_{17} = 1.3655$
 $r_{18} = -52.7390$
 $d_{18} = 1.0000$ $n d_{10} = 1.85135$ $d_{10} = 40.10$
 $r_{19} = 47.3932$ (非球面)

10

【0 1 3 5】

円錐係数 (K) および非球面係数 (A , B , C , D , E)
(第3面)

$K = 0$,
 $A = -1.11149 \times 10^{-5}$, $B = 2.59248 \times 10^{-7}$,
 $C = -1.44219 \times 10^{-9}$, $D = -1.48549 \times 10^{-11}$,
 $E = 0$

20

(第4面)

$K = 0$,
 $A = -1.21186 \times 10^{-4}$, $B = -2.83516 \times 10^{-7}$,
 $C = 3.15813 \times 10^{-9}$, $D = -2.13216 \times 10^{-10}$,
 $E = 8.18843 \times 10^{-13}$

(第13面)

$K = 0$,
 $A = -6.64662 \times 10^{-5}$, $B = -1.18357 \times 10^{-6}$,
 $C = 3.81781 \times 10^{-8}$, $D = 1.73852 \times 10^{-10}$,
 $E = 0$

30

(第14面)

$K = 0$,
 $A = -9.95515 \times 10^{-5}$, $B = -7.43846 \times 10^{-7}$,
 $C = 1.21368 \times 10^{-8}$, $D = 4.63810 \times 10^{-10}$,
 $E = 0$

(第19面)

$K = 0$,
 $A = 1.15065 \times 10^{-4}$, $B = -2.14857 \times 10^{-7}$,
 $C = 1.10024 \times 10^{-8}$, $D = -1.21146 \times 10^{-10}$,
 $E = 0$

40

【0 1 3 6】

(変倍データ)

	広角端	中間位置	望遠端
D(6)	11.8911	9.2879	2.1599
D(12)	4.2004	4.2579	3.9230
D(14)	4.5762	4.5187	4.8536

【0 1 3 7】

(条件式(1)に関する数値)

F 1 2 (負レンズ L_{612} の焦点距離) = -16.126D 2 3 (負レンズ L_{612} の像側面と正レンズ L_{613} の物体側面との間隔) = 3.738

50

$$F_{12} / D_{23} = -4.315$$

【0138】

(条件式(2)に関する数値)

$$(F_w \times F_{12}) / (D_{23})^2 = -13.044$$

【0139】

(条件式(3)に関する数値)

$$1 \text{ (負レンズ } L_{612} \text{ の像側面の最大有効径)} = 15.40$$

1 (負レンズ L_{612} の像側面の最大有効径 における、非球面形状のコバ C 1 A と近軸球面形状のコバ C 1 B との差 ($1 = C_{1A} - C_{1B}$)) = -0.553

$$|100 \times 1 / 1| = 3.591$$

【0140】

(条件式(4)に関する数値)

$$2 \text{ (負レンズ } L_{627} \text{ の像側面の最大有効径)} = 13.90$$

2 (負レンズ L_{627} の像側面の最大有効径 2 における、非球面形状のコバ C 2 A と近軸球面形状のコバ C 2 B との差 ($2 = C_{2A} - C_{2B}$)) = 0.272

$$100 \times |(1/1) - (2/2)| = 5.550$$

【0141】

図14は、実施例6にかかるズームレンズの諸収差図である。図中、gはg線($= 435.84 \text{ nm}$)、dはd線($= 587.56 \text{ nm}$)、CはC線($= 656.28 \text{ nm}$)に相当する波長の収差を表す。そして、非点収差図におけるS、Mは、それぞれサジタル像面、メリディオナル像面に対する収差を表す。

【0142】

なお、上記各実施例中の数値データにおいて、 r_1, r_2, \dots は各レンズ、絞り面などの曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズ、絞りなどの肉厚またはそれらの面間隔、 nd_1, nd_2, \dots は各レンズのd線($= 587.56 \text{ nm}$)に対する屈折率、 d_1, d_2, \dots は各レンズのd線($= 587.56 \text{ nm}$)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。

【0143】

また、上記各非球面形状は、非球面の深さをz、光軸と垂直な方向の高さをy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。

【0144】

【数1】

$$z = \frac{y^2}{R \left(1 + \sqrt{1 - (1+K)y/R^2} \right)^2} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12}$$

【0145】

ただし、Rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A、B、C、D、Eはそれぞれ4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数である。

【0146】

以上説明したように、上記各実施例のズームレンズは、最物体側に安価な球面レンズを配置し、最も口径が大きくなる最物体側に配置されるレンズ以外の口径の小さいレンズに非球面を形成することで、レンズの加工が比較的容易になり、光学系の製造コストの低減を図ることができる。さらに、上記各条件式を満足することで、 100° を超える画角を有しながらも、優れた結像性能を備えた、小型のズームレンズを実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0147】

以上のように、この発明にかかるズームレンズは、小型の撮像機器に有用であり、特に

10

20

30

40

50

、広い画角が要求される一眼レフレックスカメラに最適である。

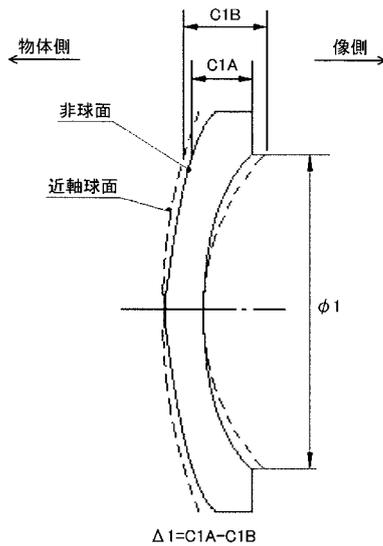
【符号の説明】

【0148】

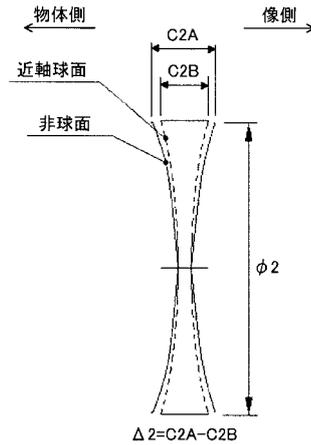
- G₁₁, G₂₁, G₃₁, G₄₁, G₅₁, G₆₁ 第1レンズグループ
- G₁₂, G₂₂, G₃₂, G₄₂, G₅₂, G₆₂ 第2レンズグループ
- G_{12F}, G_{32F}, G_{42F}, G_{52F}, G_{62F} 前群
- G_{32M}, G_{42M}, G_{52M}, G_{62M} 中群
- G_{12R}, G_{32R}, G_{42R}, G_{52R}, G_{62R} 後群
- L₁₁₁, L₁₁₂, L₁₂₁, L₁₂₄, L₁₂₆, L₂₁₁, L₂₁₂, L₂₂₁, L₂₂₄, L₂₂₆, L₃₁₁,
L₃₁₂, L₃₂₁, L₃₂₄, L₃₂₆, L₄₁₁, L₄₁₂, L₄₂₁, L₄₂₄, L₄₂₆, L₅₁₁, L₅₁₂, L₅₂₂, L₅₂₅, L₅₂₇, L₆₁₁, L₆₁₂, L₆₂₂, L₆₂₅, L₆₂₇ 負レンズ
- L₁₁₃, L₁₂₂, L₁₂₃, L₁₂₅, L₂₁₃, L₂₂₂, L₂₂₃, L₂₂₅, L₃₁₃, L₃₂₂, L₃₂₃,
L₃₂₅, L₄₁₃, L₄₂₂, L₄₂₃, L₄₂₅, L₅₁₃, L₅₂₁, L₅₂₃, L₅₂₄, L₅₂₆, L₆₁₃, L₆₂₁, L₆₂₃, L₆₂₄, L₆₂₆ 正レンズ
- S T 開口絞り

10

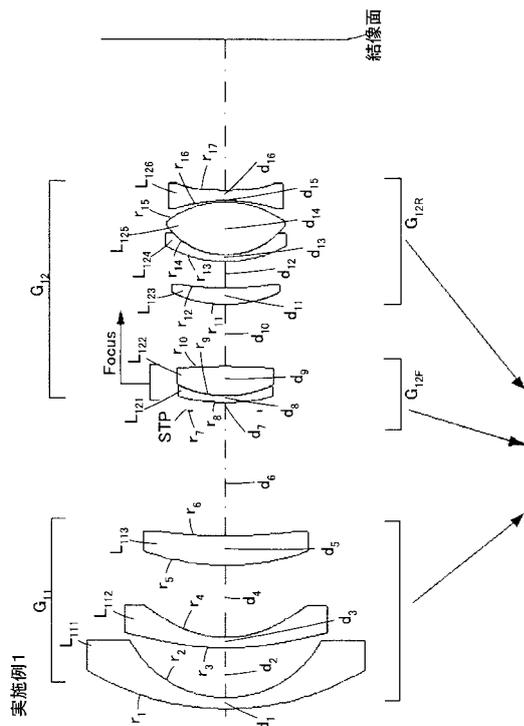
【図1】



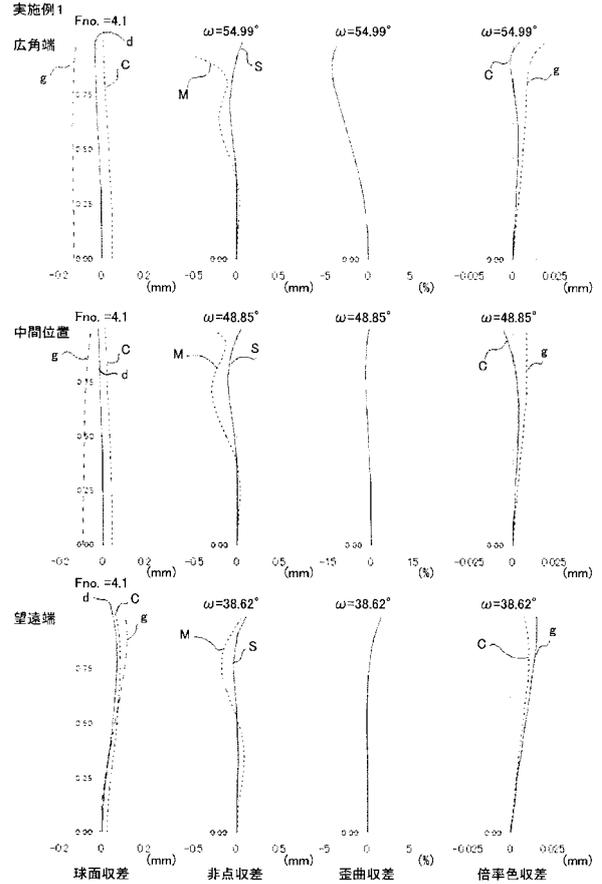
【図2】



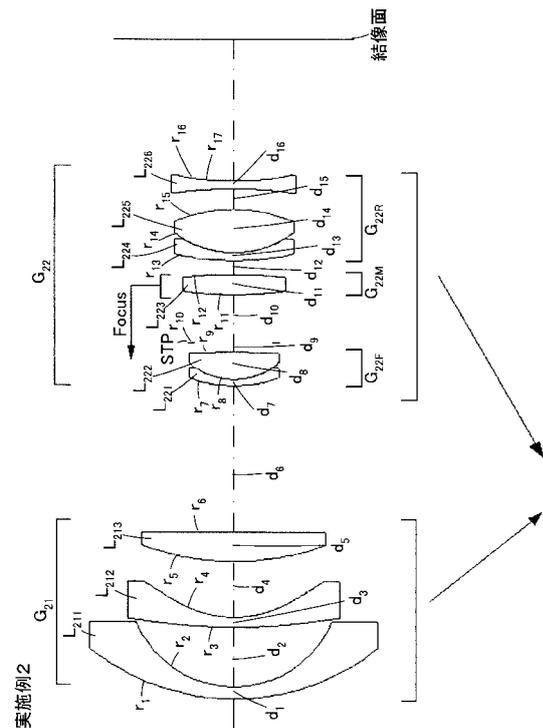
【 図 3 】



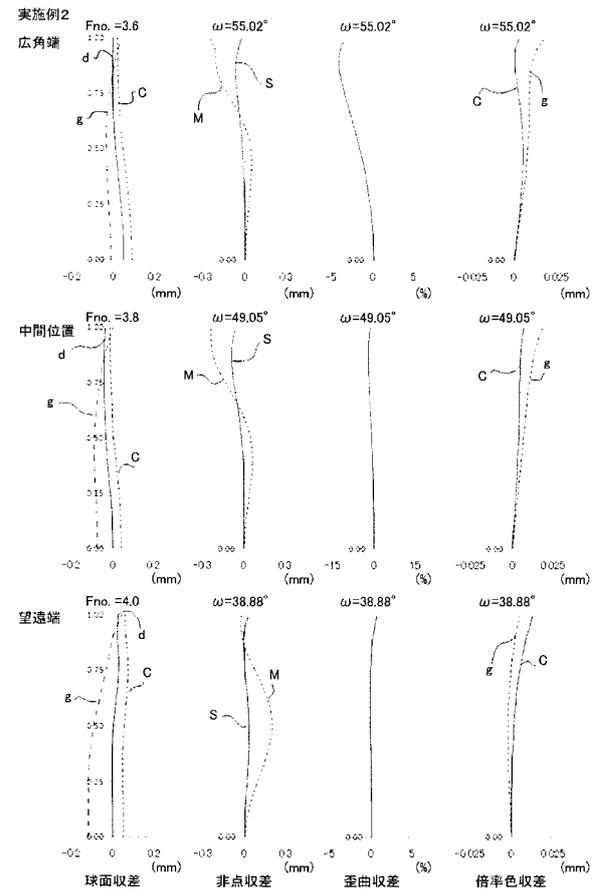
【 図 4 】



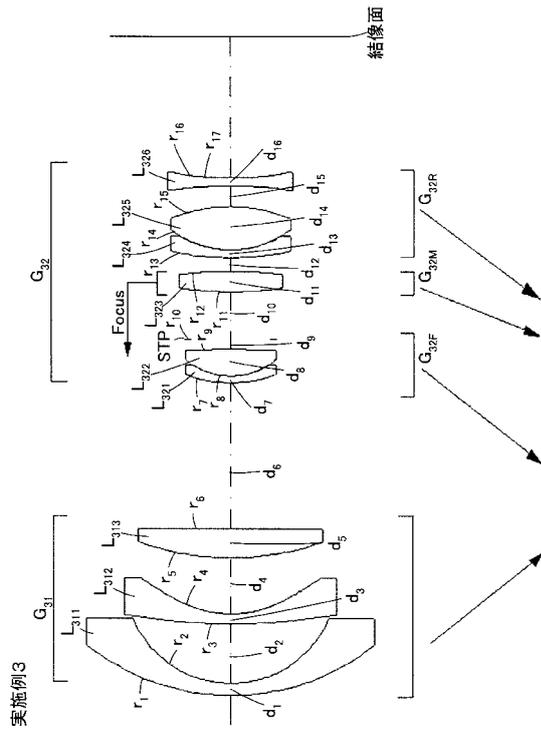
【 図 5 】



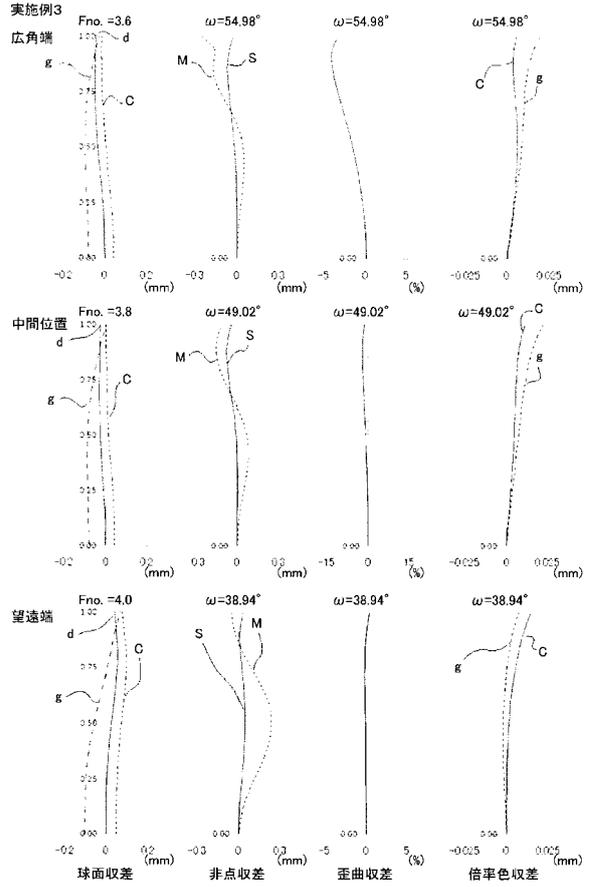
【 図 6 】



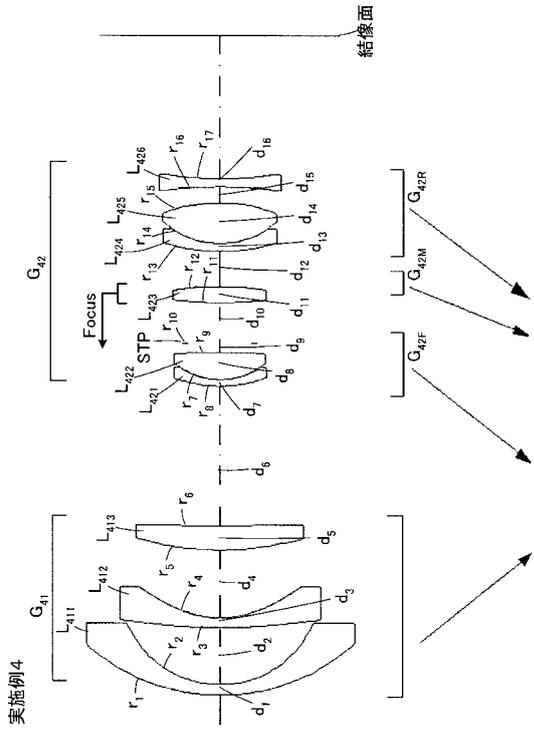
【 図 7 】



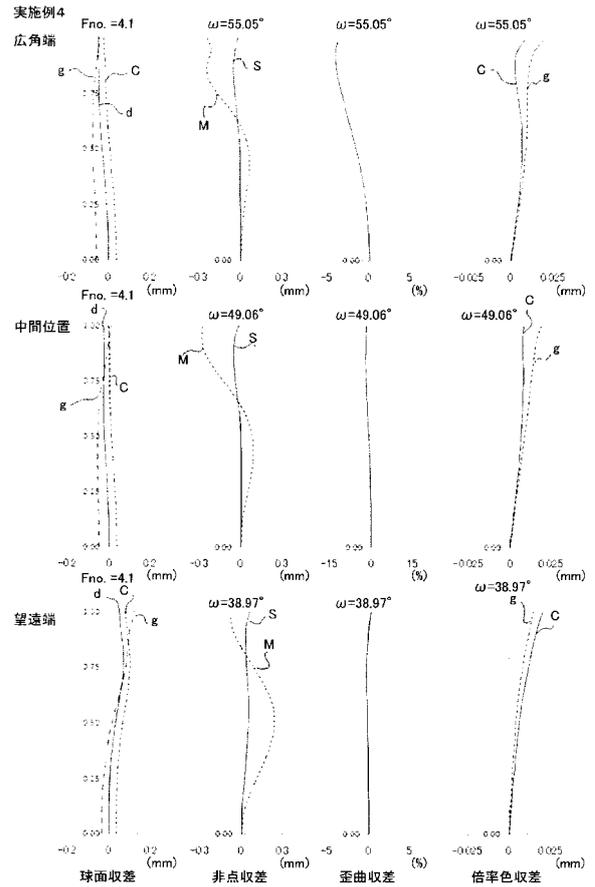
【 図 8 】



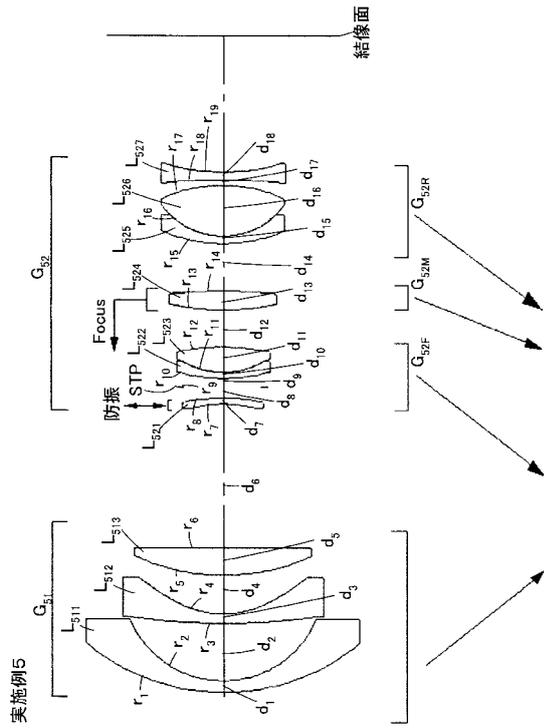
【 図 9 】



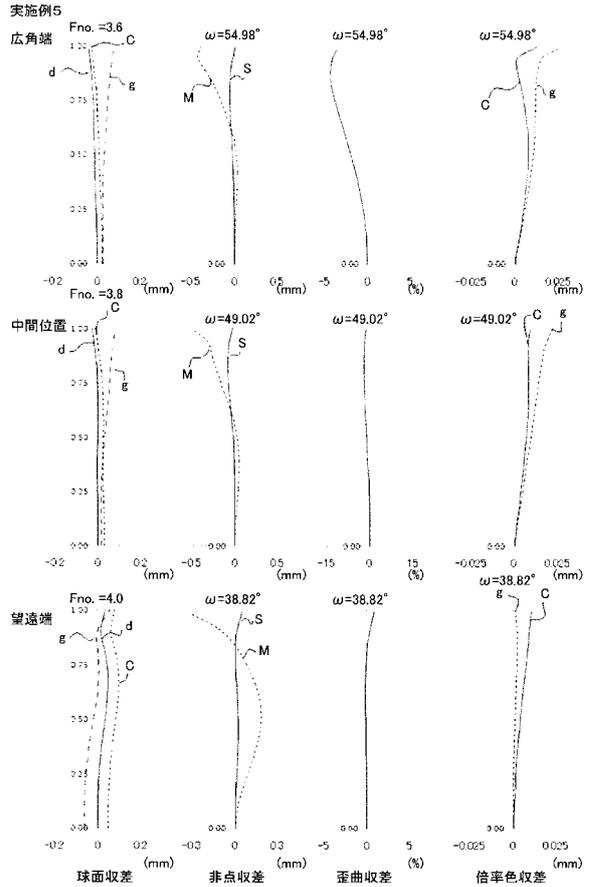
【 図 10 】



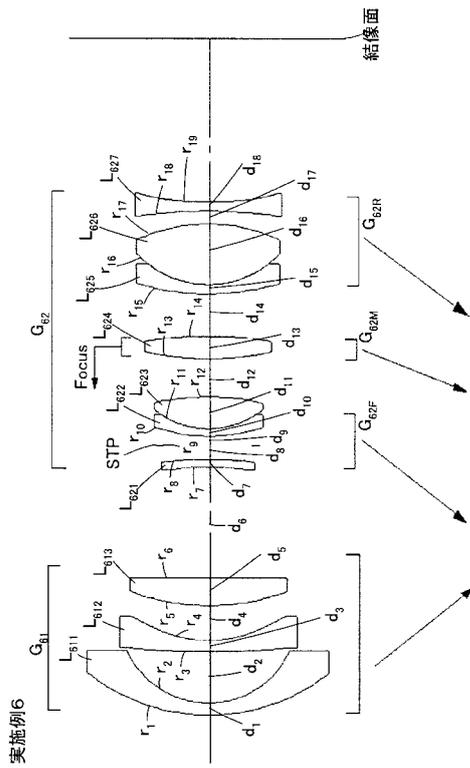
【 図 1 1 】



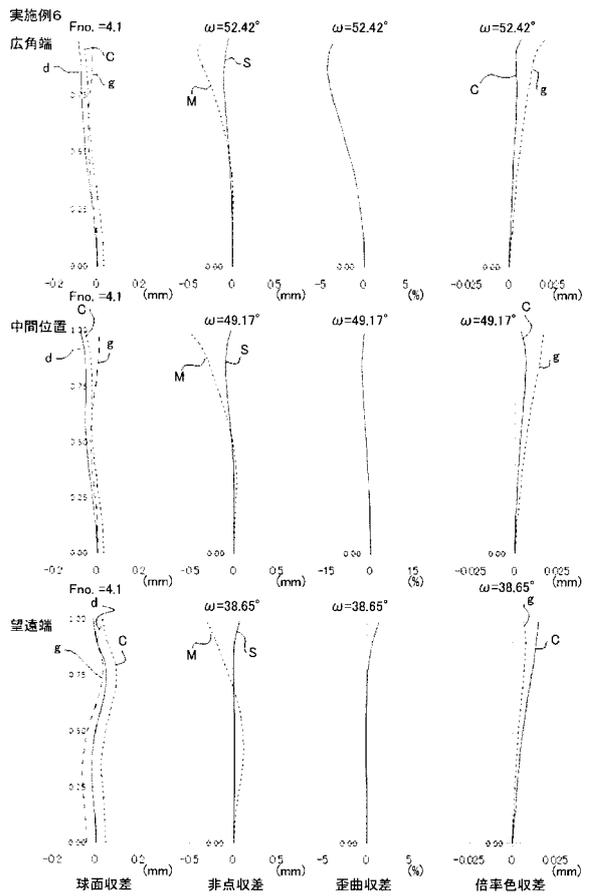
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 MA13 MA14 MA18 PA07 PA08 PA19 PB09 PB10 QA02
QA06 QA17 QA22 QA25 QA39 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13
RA36 SA07 SA09 SA14 SA16 SA19 SA24 SA26 SA29 SA32
SA72 SA73 SA74 SA75 SB04 SB13 SB14 SB17 SB22 SB23
SB25 SB34