

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6326929号
(P6326929)

(45) 発行日 平成30年5月23日(2018.5.23)

(24) 登録日 平成30年4月27日(2018.4.27)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 3 B 5/00 (2006.01) G O 3 B 5/00 J

請求項の数 5 (全 33 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-84179 (P2014-84179) (22) 出願日 平成26年4月16日 (2014.4.16) (65) 公開番号 特開2015-203827 (P2015-203827A) (43) 公開日 平成27年11月16日 (2015.11.16) 審査請求日 平成29年4月11日 (2017.4.11)</p>	<p>(73) 特許権者 000131326 株式会社シグマ 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号 (72) 発明者 小笠原 典行 神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号 株式会社シグマ内 審査官 吉川 陽吾</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 防振機能を備えた変倍結像光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、少なくとも二つのレンズ群から構成され、変倍の全域で全体として正の屈折力の後方レンズ群とから構成され、

変倍時に前記各レンズ群の間の空気間隔が変化し、

前記第1レンズ群は物体側から順に空気間隔を以って隔てられた第1負レンズ、第1正レンズ、第2正レンズの3枚のレンズから構成され、

前記第2レンズ群は物体側から順に負の屈折力の2a群と負の屈折力の2b群より構成され、

前記2b群を光軸と直行する方向に変位させることによって防振を行い、

下記の条件式を満足することを特徴とする防振機能を備えた変倍結像光学系。

$$(1) \quad 2.40 < (1/R_{g21} - 1/f_{g1}) * f_t < 4.25$$

$$(2) \quad -0.95 < 2b < -0.65$$

ただし、

f_{g1} : 第1負レンズの焦点距離

R_{g21} : 第1正レンズの物体側の面の曲率半径

f_t : 全系の望遠端かつ無限遠方結像状態における合成焦点距離

2b : 2b群の望遠端かつ無限遠方結像状態における結像倍率

【請求項2】

下記の条件式を更に満足することを特徴とする請求項 1 に記載の防振機能を備えた変倍結像光学系。

$$(3) \quad 0.95 < f_{p1} / f_{p2} < 1.55$$

ただし、

f_{p1} : 第 1 正レンズの焦点距離

f_{p2} : 第 2 正レンズの焦点距離

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群は変倍時に像面に対して固定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の防振機能を備えた変倍結像光学系。

【請求項 4】

前記後方レンズ群は最も物体側に正の屈折力の第 3 レンズ群を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の防振機能を備えた変倍結像光学系。

【請求項 5】

前記後方レンズ群において、最も像側に設けたレンズ群全体、または、最も像側に設けたレンズ群のうちで最も像側に位置する部分レンズ群をフォーカシングレンズ群としてフォーカシングを行い、

前記フォーカシングレンズ群は全体で負の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の防振機能を備えた変倍結像光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スチルカメラ、ビデオカメラ等に用いられる変倍結像光学系に関し、特に画角が狭く、更に防振機能を備えた変倍結像光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラ等に用いられる結像光学系への防振機能の搭載が進んでおり、超望遠レンズを用いた写真撮影でも手振れによる失敗が減少し、超望遠レンズが身近なものとなってきている。このため更に長い焦点距離を持ち画角の狭い結像光学系が要望されるようになってきている。

【0003】

望遠端の画角が、35mm判に換算して焦点距離500乃至600mmに相当する半画角2度乃至2.5度程度の結像光学系が特許文献にも記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 17912 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 208434 号公報

【特許文献 3】特開 2011 - 186095 号公報

【特許文献 4】特開 2013 - 97322 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

画角の狭い、長焦点の結像光学系においては、まず焦点距離に比べて光学系全長を短くすることが求められる。光学系の全長を焦点距離で割った値を望遠比と呼ぶが、この値が 1 を十分下回ることが望ましい。

【0006】

望遠比を小さくするためにはもっとも物体側に正屈折力のレンズ群を配置し、正屈折力のレンズ群より像側に負屈折力のレンズ群を配置した、いわゆる望遠型またはテレフォトタイプと呼ばれる配置とし、更に望遠比を小さくするために前方の正群の屈折力を全系の屈折力に比べて強くし、後方の負群の結像倍率を大きくする。後方の負群の結像倍率が

10

20

30

40

50

きいため前方の正群での残収差が拡大されて結像するので、前方の正群での残収差を小さくする必要がある。

【 0 0 0 7 】

前方の正群内のレンズエレメントの数を保てば、各レンズエレメントの屈折力を強くする必要があり、各レンズエレメントの発生させる色収差や球面収差が大きくなる。色収差や球面収差は正レンズと負レンズを隣接させて組み合わせることにより補正を行うが、隣接する正レンズと負レンズそれぞれの発生させる収差の量が大きいと、隣接する正レンズと負レンズの位置関係のずれによる収差の変化が大きくなる。特に製造誤差による偏芯が発生する場合に影響が大きい。更に後方の負群の結像倍率が大きいため、前方の正群で発生した収差の変動を拡大してしまう。

10

【 0 0 0 8 】

これらの問題のため、長焦点レンズの前方の正群においては特に偏芯を非常に小さなレベルに抑制しなければならない。レンズエレメントの径が小さければ隣接する正レンズと負レンズを接合することによって偏芯を抑制できる。しかし、径の大きなレンズエレメントを接合するとそれぞれのレンズエレメントの材質の膨張率の違いにより、温度変化が生じた際に接合レンズがはがれたり割れたりする危険性がある。このため、例えば35mm判で焦点距離500mmを超える長焦点では径の大きい前方の正群内では接合できないことが多い。

【 0 0 0 9 】

このため、製造誤差による偏芯の影響を受けやすく、製造の精度が非常に高いレベルで求められ、コストが高くなるという問題がある。

20

【 0 0 1 0 】

更に長焦点レンズにおいては特に物体側をはじめとして全体にレンズエレメントの径が大きくなり、防振レンズ群の重量が重くなる傾向にある。防振レンズ群の重量が増大した分、アクチュエータの駆動力を大きくするにはアクチュエータの大型化が必要となり鏡筒の更なる大型化を招く。逆にアクチュエータの駆動力が不足すれば応答性に問題が発生し手振れの補正精度が低下し、製品全体としての実用性に問題が出る。

【 0 0 1 1 】

また、超望遠レンズにおいては手振れに起因する像ぶれも大きくなって防振群の光軸直交方向への変位が大きくなる傾向にある。防振群の光軸直交方向への変位が大きくなると、防振稼働部やアクチュエータの径方向のサイズが増大し、鏡筒全体の径が太くなる。

30

【 0 0 1 2 】

したがって防振群は出来る限り光線径を抑制して軽量に設定する必要があるとともに、防振群の光軸直交方向への変位に対する像の光軸直交方向への変位の比、すなわち防振係数を十分に大きくして必要な防振群の変位量を小さくしなければならない。

【 0 0 1 3 】

防振群と同様に、フォーカス群についても重量と変位量が長焦点レンズにおいて大きくなる傾向があり、光線径の抑制とフォーカス敏感度の確保が課題である。

【 0 0 1 4 】

特許文献1に記載の光学系は望遠端での光学全長の短縮をよく達成しているが、防振群の径が大きく、また防振係数が小さいために鏡筒の径の抑制が難しい。また、第1レンズ群に接合レンズが含まれ、温度変化による割れまたははがれが生じる可能性がある。

40

【 0 0 1 5 】

特許文献2に記載の光学系は望遠端での望遠比がおよそ0.77であるが更なる短縮を図りたい。更にフォーカス群の光線径が特に広角端において高いためフォーカス群重量に課題が残る。第1レンズ群のレンズが接合されずに構成されて温度変化による割れまたははがれの可能性はない光学系も記載されているが、最も物体側の負レンズとそのすぐ像側の正レンズの偏芯感度が非常に高く組み立て精度を高くする必要があり、コストが高くなる。

【 0 0 1 6 】

50

特許文献 3 に記載の光学系は半径 11 mm ほどのイメージサークルに対応し、望遠比が 0.65 を切り光学全長がきわめて短い、防振については言及されていない。またイメージサークル半径を 22 mm 程度に拡大して用いると第 1 レンズ群の径が大きくなるため、第 1 レンズ群に含まれる接合レンズに温度変化による割れまたははがれが生じる可能性がある。

【0017】

特許文献 4 に記載の光学系は望遠比約 0.65 と光学全長が非常に短い、防振群の径が大きすぎて、防振群が 1 枚の構成でありながらも軽量化が不十分である。また、第 1 レンズ群に接合レンズが含まれ、温度変化による割れまたははがれが生じる可能性がある。

【0018】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、望遠端の半画角 2 度程度で、イメージサークルが大きく望遠端の焦点距離の長い変倍結像光学系において、前群の製造誤差感度を低減し、防振群の重量を抑制した、防振機能を備えた変倍結像光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決するために第 1 の発明の防振機能を備えた変倍結像光学系では、物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、少なくとも二つのレンズ群から構成され、変倍の全域で全体として正の屈折力の後方レンズ群とから構成され、変倍時に前記各レンズ群の間の空気間隔が変化し、前記第 1 レンズ群は物体側から順に空気間隔を以って隔てられた第 1 負レンズ、第 1 正レンズ、第 2 正レンズの 3 枚のレンズから構成され、前記第 2 レンズ群は物体側から順に負の屈折力の 2 a 群と負の屈折力の 2 b 群より構成され、前記 2 b 群を光軸と直行する方向に変位させることによって防振を行い、以下の条件を満足することとした。

$$(1) \quad 2.40 < (1/R_{g21} - 1/f_{g1}) * f_t < 4.25$$

$$(2) \quad -0.95 < 2b < -0.65$$

ただし、

f_{g1} : 第 1 負レンズの焦点距離

R_{g21} : 第 1 正レンズの物体側の面の曲率半径

f_t : 全系の望遠端かつ無限遠方結像状態における合成焦点距離

$2b$: 2 b 群の望遠端かつ無限遠方結像状態における結像倍率

【0020】

また、第 2 の発明の防振機能を備えた変倍結像光学系では、第 1 の発明において更に、以下の条件を満足することとした。

$$(3) \quad 0.95 < f_{p1} / f_{p2} < 1.55$$

ただし、

f_{p1} : 第 1 正レンズの焦点距離

f_{p2} : 第 2 正レンズの焦点距離

【0021】

また、第 3 の発明の防振機能を備えた変倍結像光学系では、第 1 または第 2 の発明において更に、前記第 2 レンズ群を変倍時に像面に対して固定することとした。

【0022】

また、第 4 の発明の防振機能を備えた変倍結像光学系では、第 1 ないし第 3 の発明において更に、前記後方レンズ群が最も物体側に正の屈折力の第 3 レンズ群を備えることとした。

【0023】

また、第 5 の発明の防振機能を備えた変倍結像光学系では、第 1 ないし第 4 の発明において更に、前記後方レンズ群において、最も像側に設けたレンズ群全体、または、最も像側に設けたレンズ群のうち最も像側に位置する部分レンズ群をフォーカシングレンズ群としてフォーカシングを行い、前記フォーカシングレンズ群は全体で負の屈折力を有する

10

20

30

40

50

こととした。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、望遠端の半画角2度程度で、イメージサークルが大きく望遠端の焦点距離の長い変倍結像光学系において、前群の製造誤差感度を低減し、防振群の重量を抑制した、防振機能を備えた変倍結像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施例1の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図2】本発明の実施例1の無限遠物体における縦収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(269.96mm)、cが望遠端の収差図である。 10

【図3】本発明の実施例1の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(269.96mm)、cが望遠端の収差図である。

【図4】本発明の実施例1の無限遠物体における防振時の横収差図であり、aが0.44mm変位時の広角端、bが0.59mm変位時の中間焦点距離(269.96mm)、cが0.90mm変位時の望遠端の収差図である。

【図5】本発明の実施例2の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図6】本発明の実施例2の無限遠物体における縦収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(269.95mm)、cが望遠端の収差図である。

【図7】本発明の実施例2の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(269.95mm)、cが望遠端の収差図である。 20

【図8】本発明の実施例2の無限遠物体における防振時の横収差図であり、aが0.45mm変位時の広角端、bが0.59mm変位時の中間焦点距離(269.95mm)、cが0.90mm変位時の望遠端の収差図である。

【図9】本発明の実施例3の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図10】本発明の実施例3の無限遠物体における縦収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図11】本発明の実施例3の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図12】本発明の実施例3の無限遠物体における防振時の横収差図であり、aが0.48mm変位時の広角端、bが0.60mm変位時の中間焦点距離(270.03mm)、cが0.85mm変位時の望遠端の収差図である。 30

【図13】本発明の実施例4の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図14】本発明の実施例4の無限遠物体における縦収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図15】本発明の実施例4の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図16】本発明の実施例4の無限遠物体における防振時の横収差図であり、aが0.44mm変位時の広角端、bが0.56mm変位時の中間焦点距離(270.03mm)、cが0.79mm変位時の望遠端の収差図である。 40

【図17】本発明の実施例5の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図18】本発明の実施例5の無限遠物体における縦収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図19】本発明の実施例5の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、aが広角端、bが中間焦点距離(270.03mm)、cが望遠端の収差図である。

【図20】本発明の実施例5の無限遠物体における防振時の横収差図であり、aが0.49mm変位時の広角端、bが0.62mm変位時の中間焦点距離(270.03mm)、cが0.88mm変位時の望遠端の収差図である。 50

【図 2 1】本発明の実施例 6 の結像光学系の広角端で無限遠合焦時のレンズ構成図である。

【図 2 2】本発明の実施例 6 の無限遠物体における縦収差図であり、a が広角端、b が中間焦点距離 (250.18 mm)、c が望遠端の収差図である。

【図 2 3】本発明の実施例 6 の無限遠物体における標準状態での横収差図であり、a が広角端、b が中間焦点距離 (250.18 mm)、c が望遠端の収差図である。

【図 2 4】本発明の実施例 6 の無限遠物体における防振時の横収差図であり、a が 0.39 mm 変位時の広角端、b が 0.54 mm 変位時の中間焦点距離 (250.18 mm)、c が 0.88 mm 変位時の望遠端の収差図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0026】

本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系は、図 1、図 5、図 9、図 13、図 17、および図 2 1 に示すレンズ構成図に示すとおり、物体側から順に正の屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、第 2 レンズ群 G 1 に後続する少なくとも二つのレンズ群から構成されて変倍の全域で全体として正の屈折力の後方レンズ群 G r より構成される。

【0027】

各レンズ群は空気間隔を以って隔てられ、変倍時に各レンズ群の間隔が変化する。第 1 レンズ群 G 1 は物体側から順に空気間隔を以って隔てられた第 1 負レンズ、第 1 正レンズ、第 2 正レンズから構成される。第 2 レンズ群 G 2 は物体側から順に負の屈折力の 2 a 群 G 2 a と負の屈折力の 2 b 群 G 2 b より構成され、2 b 群を光軸と直交する方向に変位させることによって防振を行う。

20

【0028】

本発明では、望遠端の焦点距離を長くしながら全長を抑制するために、物体側より順に正の屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と負の屈折力の第 2 レンズ群 G 2 を配置して望遠型の屈折力配置を構成している。広角端から望遠端への変倍は、主として第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の間隔を増加させることによって行う。

【0029】

また、広角端から望遠端への変倍に伴って第 2 レンズ群 G 2 と後方レンズ群 G r の間隔は減少し、第 2 レンズ群 G 2 と後方レンズ群 G r の合成系の屈折力は負の方向へ変化する。この作用によって第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 および後方レンズ群 G r の合成系の形成する望遠型屈折力配置が広角端から望遠端に向かって強くなることになる。広角端では全系の合成焦点距離に対して光学系全長が相対的に長く、望遠端では全系の合成焦点距離に対して光学系全長が相対的に短くなり、第 1 レンズ群 G 1 の移動量の抑制が行える。

30

【0030】

第 1 レンズ群 G 1 は第 1 負レンズ、第 1 正レンズ、第 2 正レンズの 3 枚より構成し、3 枚のレンズは空気間隔を以って隔てられ、接合されない。前述の通り長焦点の光学系の最も物体側のレンズの径は非常に大きくなり、温度変化に伴って硝材の膨張率の差による接合はがれ、割れが発生する可能性があるため、接合を用いない。しかし、隣接する正レンズと負レンズはお互いに収差を打ち消す関係にあり、その相対位置の誤差に伴う収差変動が著しい。特に最も物体側において隣接する正レンズと負レンズは球面収差の補正を担っており、偏芯誤差発生時に偏芯コマ収差が大きく発生する傾向にある。

40

【0031】

第 1 レンズ群 G 1 内の正レンズの枚数を更に増加させれば正レンズ 1 枚あたりの収差の負担を減少させることができ、製造誤差による偏芯コマ収差の変動を抑制できるが、第 1 レンズ群 G 1 の重量が増加してしまう。カメラから離れた第 1 レンズ群 G 1 の重量が増加すると、カメラを中心としたモーメントが大きくなるため、撮影者が手持ちで鏡筒を保持する場合に負担を強いる。そのため第 1 レンズ群 G 1 の枚数の増加は避けたい。

【0032】

50

第2レンズ群G2は第1レンズ群G1に比べ大幅に光線径が低くなり、防振群として用いることで防振群の軽量化に適する。更に第2レンズ群G2を物体側から順に2a群G2aと2b群G2bに分割し、像側に配される光線径のより低い2b群G2bのみを防振に用いることにより防振群の更なる軽量化に適する。

【0033】

更に、2b群G2bにおける光線径と防振係数の関係について説明する。全系の入射瞳の半径をR、2b群G2bより物体側の合成系の焦点距離を f_f 、2b群G2bの焦点距離を f_{2b} 、2b群G2bの物体側焦点から2b群G2bより物体側の合成系の焦点までの距離を z_{2b} 、2b群G2bの結像倍率を β_{2b} 、全系の合成焦点距離を f 、2b群G2bよりも像側の合成系の結像倍率を r としたとき、2b群G2bの物体側主平面における軸上マージナル光線の入射高さ R_2 は以下の参考式(1)で表せる。

10

【0034】

参考式(1)
$$R_2 = (z_{2b} - f_{2b}) * R / f_f$$

$$= (1 / \beta_{2b} - 1) * f_{2b} * R / \{ f / (\beta_{2b} * r) \}$$

$$= (1 - \beta_{2b}) * r * R * f_{2b} / f$$

【0035】

ここで、 $(1 - \beta_{2b}) * r$ の値は防振群の光軸直交方向への変位に対する像の光軸直交方向への変位の比、すなわち防振係数として知られている。したがって防振係数が小さくなるほど防振群の径が小さくなる。

【0036】

20

また、2b群G2bより物体側の合成系の焦点距離を f_f および全系の焦点距離 f を定数と仮定した場合、以下の参考式(2)の関係が成り立つ。

【0037】

参考式(2)
$$\beta_{2b} * r = f / f_f = C \text{ (定数)}$$

【0038】

これを参考式(1)に代入すれば、参考式(3)が導かれる。

【0039】

参考式(3)
$$R_2 = (1 / \beta_{2b} - 1) * C * R * f_{2b} / f$$

【0040】

ここで $\beta_{2b} < 0$ を仮定した場合、 β_{2b} の絶対値が大きいと、2b群G2bの焦点から2b群G2bより物体側の合成系の焦点までの距離 z_{2b} は小さくなって2b群G2bの物体側主平面における軸上マージナル光線の高さ R_2 が小さくなるが、その反面、防振係数の絶対値は小さくなって同じ像ぶれ量に対応する防振群の移動量が大きくなるという関係にある。

30

【0041】

鏡筒の径を抑制するためには2b群G2bの結像倍率が大きすぎても小さすぎても不都合を生じる。また参考式(1)および(3)から明らかな通り、全系の合成焦点距離に対する2b群G2bの焦点距離の比が小さいほど2b群G2bの物体側主平面における軸上マージナル光線の高さ R_2 が小さくなる。

【0042】

40

本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系が満たす条件式(1)は、第1負レンズと第1正レンズの相対偏芯による性能変化の抑制に関して望ましい範囲を規定するものである。

(1)
$$2.40 < (1 / R_{g21} - 1 / f_{g1}) * f_t < 4.25$$

ただし、

f_{g1} : 第1負レンズの焦点距離

R_{g21} : 第1正レンズの物体側の面の曲率半径

f_t : 全系の望遠端かつ無限遠方結像状態における合成焦点距離

【0043】

条件式(1)の上限を上回ると第1正レンズの物体側の面での軸上マージナル光線の入

50

射角度がきつくなり、第1正レンズの物体側の面での球面収差の発生が大きくなって第1正レンズの偏芯に対する偏芯コマ収差変動の感度が非常に高くなる。

【0044】

条件式(1)の下限を下回ると第1正レンズの物体側の面の曲率半径が大きくなる、または第1負レンズの屈折力が小さくなる。

【0045】

第1正レンズの物体側の面の曲率半径が大きくなりすぎると、当該面の正屈折力の負担が減ってその分を他の面で負担することとなる。第1レンズ群G1全体の屈折力が変わらないままならば正屈折力を負担する面が減り、全系での球面収差の発生が増大して結像性能が悪化する。

10

【0046】

第1負レンズの屈折力が小さくなりすぎると第1レンズ群G1の色収差補正が困難となり、やはり結像性能が悪化する。

【0047】

防振時には、像面上で同一の位置に結像する光束の、第1レンズ群G1内を通過する位置が変動する。このため前記のような第1レンズ群G1での収差補正状況の悪化は、一般に防振時の収差変動を大きくする要因である。このため、防振機能を有する結像光学系において条件式(1)の下限を下回ると防振時の性能低下が大きくなるために特に望ましくない。

【0048】

20

条件式(1)の上限を4.2に、更に上限を4.0に、または条件式(1)の下限を2.7に、更に下限を2.9にすると前記の効果をより確実に達成できる。

【0049】

本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系が満たす条件式(2)は2b群G2bの結像倍率に関し、2b群G2bの光線径の抑制と防振時の変位量について望ましい範囲を規定するものである。

$$(2) \quad -0.95 < 2b < -0.65$$

ただし、

2b: 2b群G2bの望遠端かつ無限遠方結像状態における結像倍率

【0050】

30

条件式(2)の上限を上回ると防振群の必要な移動量が増加するため鏡筒の径の抑制が困難になる。近軸結像関係より $2b = f_{2b} / z_{2b}$ であり、 $f_{2b} < 0$ 、 $z_{2b} < 0$ より $z_{2b} > 0$ であるので、条件式(2)の下限を下回ると z_{2b} の値が大きくなって、2b群G2bより物体側の合成系の焦点位置は2b群G2bの物体側焦点に対してより像側に移動し、2b群G2bから離れる。そのため望遠端における2b群G2bでの軸上光線径の抑制が難しくなり、防振群の軽量化に関して不利となる。

【0051】

条件式(2)の上限を-0.72に、更に上限を-0.75に、または条件式(2)の下限を-0.93に、更に下限を-0.91とすると前記の効果をより確実に達成できる。

40

【0052】

更に本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系は条件式(3)を満たすことが望ましい。条件式(3)は第1正レンズと第2正レンズのパワーの比に関し、特に第1正レンズの偏芯による性能変化の抑制に関して望ましい範囲を規定するものである。

$$(3) \quad 0.95 < f_{p1} / f_{p2} < 1.55$$

ただし、

f_{p1} : 第1正レンズの焦点距離

f_{p2} : 第2正レンズの焦点距離

【0053】

第1負レンズと隣接する第1正レンズに比べて、第2正レンズの偏芯は大きな収差変動

50

を発生させづらい。したがって第1正レンズに比べて第2正レンズの屈折力を大きくすることで第1正レンズの屈折力を削減し、第1正レンズの発生させる球面収差を抑制することで第1負レンズと第1正レンズの相対偏芯に伴う偏芯コマ収差の変動を抑制することが出来る。

【0054】

条件式(3)の上限値を超えて第1正レンズの屈折力が小さくなると、第2正レンズに屈折力の負担が集中しすぎて第2正レンズでの球面収差の発生が大きくなり、系全体としての球面収差が悪化する。

【0055】

条件式(3)の下限値を超えて第1正レンズの屈折力が大きくなると、第1正レンズの発生させる球面収差の抑制が不十分となり、第1レンズ群の偏芯に伴う偏芯コマ収差の感度が高くなりすぎる。

10

【0056】

条件式(3)の上限を1.5に、更に上限を1.45に、または条件式(3)の下限を0.98に、更に下限を1.00に設定すると前記の効果をより確実に達成できる。

【0057】

更に本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系は、変倍時に第2レンズ群が像面に対して固定されていることが望ましい。第2レンズ群は防振群である2b群を含み、防振群が固定されていることによって制御用の配線の配置がしやすい利点がある。また、変倍時のレンズ群の移動機構も簡素化できる。

20

【0058】

更に本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系は、後方レンズ群の最も物体側に正の屈折力の第3レンズ群を備えることが望ましい。望遠端において負の屈折力の第2レンズ群に対して正の屈折力の第3レンズ群を接近させることにより、望遠端での第2レンズ群と第3レンズ群の合成系の負の屈折力を強くでき、望遠端での光学全長の短縮のために有効である。

【0059】

更に本発明の防振機能を備えた変倍結像光学系は、前記後方レンズ群において、最も像側に設けたレンズ群全体、または、最も像側に設けたレンズ群のうちで最も像側に位置する部分レンズ群をフォーカシングレンズ群としてフォーカシングを行い、前記フォーカシングレンズ群は全体で負の屈折力を有することが望ましい。

30

【0060】

長焦点レンズにおいては近距離へのフォーカシングのためのデフォーカス量が大きくなる。オートフォーカスの駆動の速度の向上を鑑みれば、第1にフォーカシングレンズ群は軽量であること、第2にフォーカシングレンズ群の単位移動量に対する像面の移動量が大きいこと、の2点が達成されることが望ましい。

【0061】

結像光学系の光学全長を焦点距離に比べて短縮するためには、結像光学系の最も像側に強い負の屈折力のレンズ群または部分レンズ群を設けることが有効である。光学系全長短縮のために強い負の屈折力となったレンズ群または部分レンズ群をフォーカシングレンズ群とすることでフォーカシングレンズ群の単位移動量あたりの像面の移動量を大きくできる。

40

【0062】

同時に像側であるために光束が収斂されてその径が小さくなっている。この負の屈折力のレンズ群または部分レンズ群をフォーカシングレンズ群として使用とすることで前記の課題を同時に達成することができる。

【0063】

本発明の結像光学系では、以下の構成を伴うことがより効果的である。

【0064】

後方レンズ群は物体側より順に正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群

50

、負の屈折力の第5レンズ群からなることがより望ましい。

【0065】

2b群は正レンズ1枚を含む3枚以下のレンズから構成されることがより望ましい。4枚以上の枚数とした場合には防振群の重量の抑制が困難となってしまう。

【0066】

また、2b群の色収差を補正して防振時の横色収差の発生を抑えるために、2b群内に少なくとも1枚の正レンズを有することが望ましい。また、2b群内に2枚の負レンズを有することで2b群の負の屈折力を十分に保ちながら、特に球面収差やコマ収差等の発生を抑制することが望ましい。

【0067】

次に、本発明の結像光学系に係る実施例のレンズ構成について説明する。なお、以下の説明ではレンズ構成を物体側から像側の順番で記載する。

【実施例1】

【0068】

図1は、本発明の実施例1の結像光学系のレンズ構成図である。

【0069】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1、負の屈折力の第2レンズ群G2、正の屈折力の第3レンズ群G3、正の屈折力の第4レンズ群G4、および負の屈折力の第5レンズ群G5から構成される。第3レンズ群G3から第5レンズ群G5までの合成系が後方レンズ群G_rにあたる。

【0070】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凸レンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3とから構成される。負メニスカスレンズL1が第1負レンズに、両凸レンズL2が第1正レンズに、正メニスカスレンズL3が第2正レンズに、それぞれ対応する。

【0071】

第2レンズ群G2は、物体側から順に負の屈折力の2a群G2aと負の屈折力の2b群G2bより構成され、2b群G2bのみを光軸と直行する方向に変位させることにより防振を行う。2a群G2aは両凹レンズL4から構成される。2b群G2bは両凹レンズL5と、両凹レンズL6と両凸レンズL7からなる接合レンズとから構成される。

【0072】

第3レンズ群G3は両凸レンズL8と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と、両凸レンズL10と両凹レンズL11と両凸レンズL12の3枚からなる接合レンズと、両凸レンズL13と両凹レンズL14からなる接合レンズと、両凹レンズL15と両凸レンズL16からなる接合レンズとから構成される。

【0073】

第4レンズ群G4は、両凸レンズL17と、両凸レンズL18と両凹レンズL19からなる接合レンズとから構成される。

【0074】

第5レンズ群G5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL20と、両凸レンズL21と両凹レンズL22からなる接合レンズと、両凹レンズL23と両凸レンズL24からなる接合レンズとから構成される。第5レンズ群G5は、全体が無遠慮方から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。

【実施例2】

【0075】

図5は、本発明の実施例2の結像光学系のレンズ構成図である。

【0076】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1、負の屈折力の第2レンズ群G2、正の屈折力の第3レンズ群G3、正の屈折力の第4レンズ群G4、および負の屈折力の第5レンズ群G5から構成される。第3レンズ群G3から第5レンズ群G5までの合成系が後

10

20

30

40

50

方レンズ群 G_r にあたる。

【0077】

第1レンズ群 G_1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_1 と、両凸レンズ L_2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_3 とから構成される。負メニスカスレンズ L_1 が第1負レンズに、両凸レンズ L_2 が第1正レンズに、正メニスカスレンズ L_3 が第2正レンズに、それぞれ対応する。

【0078】

第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に負の屈折力の2a群 G_{2a} と負の屈折力の2b群 G_{2b} より構成され、2b群 G_{2b} のみを光軸と直行する方向に変位させることにより防振を行う。2a群 G_{2a} は両凹レンズ L_4 から構成される。2b群 G_{2b} は両凹レンズ L_5 と、両凹レンズ L_6 と両凸レンズ L_7 からなる接合レンズとから構成される。

10

【0079】

第3レンズ群 G_3 は両凸レンズ L_8 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_9 と、両凸レンズ L_{10} と両凹レンズ L_{11} と両凸レンズ L_{12} の3枚からなる接合レンズと、両凸レンズ L_{13} と両凹レンズ L_{14} からなる接合レンズと、両凹レンズ L_{15} と両凸レンズ L_{16} からなる接合レンズとから構成される。

【0080】

第4レンズ群 G_4 は、両凸レンズ L_{17} と、両凸レンズ L_{18} と両凹レンズ L_{19} からなる接合レンズとから構成される。

【0081】

20

第5レンズ群 G_5 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{20} と、両凸レンズ L_{21} と両凹レンズ L_{22} からなる接合レンズと、両凹レンズ L_{23} と両凸レンズ L_{24} からなる接合レンズとから構成される。第5レンズ群 G_5 は、全体が無遠方から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。

【実施例3】

【0082】

図9は、本発明の実施例3の結像光学系のレンズ構成図である。

【0083】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群 G_1 、負の屈折力の第2レンズ群 G_2 、正の屈折力の第3レンズ群 G_3 、および正の屈折力の第4レンズ群 G_4 から構成される。第3レンズ群 G_3 から第4レンズ群 G_4 までの合成系が後方レンズ群 G_r にあたる。

30

【0084】

第1レンズ群 G_1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_1 と、両凸レンズ L_2 と、両凸レンズ L_3 とから構成される。負メニスカスレンズ L_1 が第1負レンズに、両凸レンズ L_2 が第1正レンズに、両凸レンズ L_3 が第2正レンズに、それぞれ対応する。

【0085】

第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に負の屈折力の2a群 G_{2a} と負の屈折力の2b群 G_{2b} より構成され、2b群 G_{2b} のみを光軸と直行する方向に変位させることにより防振を行う。2a群 G_{2a} は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_4 と両凹レンズ L_5 とから構成される。2b群 G_{2b} は両凹レンズ L_6 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_7 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_8 とから構成される。

40

【0086】

第3レンズ群 G_3 は両凸レンズ L_9 と、両凸レンズ L_{10} と、両凸レンズ L_{11} と両凹レンズ L_{12} からなる接合レンズと、両凸レンズ L_{13} と両凹レンズ L_{14} からなる接合レンズとから構成される。

【0087】

第4レンズ群 G_4 は物体側から順に正の屈折力の4a群 G_{4a} と負の屈折力の4b群 G_{4b} とから構成される。4a群 G_{4a} と4b群 G_{4b} は変倍に際して一体となって移動し、無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して4b群 G_{4b} のみが像側へ移動する。

50

【 0 0 8 8 】

4 a 群 G 4 a は、両凸レンズ L 1 5 と、両凸レンズ L 1 6 と両凹レンズ L 1 7 からなる接合レンズとから構成される。4 b 群 G 4 b は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ G 1 8 と、両凹レンズ G 1 9 と両凸レンズ G 2 0 からなる接合レンズとから構成される。

【 実施例 4 】

【 0 0 8 9 】

図 1 3 は、本発明の実施例 4 の結像光学系のレンズ構成図である。

【 0 0 9 0 】

物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 G 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 G 3、および正の屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成される。第 3 レンズ群 G 3 から第 4 レンズ群 G 4 までの合成系が後方レンズ群 G r にあたる。

10

【 0 0 9 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、両凸レンズ L 2 と、両凸レンズ L 3 とから構成される。負メニスカスレンズ L 1 が第 1 負レンズに、両凸レンズ L 2 が第 1 正レンズに、両凸レンズ L 3 が第 2 正レンズに、それぞれ対応する。

【 0 0 9 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に負の屈折力の 2 a 群 G 2 a と負の屈折力の 2 b 群 G 2 b より構成され、2 b 群 G 2 b のみを光軸と直行する方向に変位させることにより防振を行う。2 a 群 G 2 a は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と両凹レンズ L 5 とから構成される。2 b 群 G 2 b は両凹レンズ L 6 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 とから構成される。

20

【 0 0 9 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は両凸レンズ L 9 と、両凸レンズ L 1 0 と、両凸レンズ L 1 1 と両凹レンズ L 1 2 からなる接合レンズと、両凸レンズ L 1 3 と両凹レンズ L 1 4 からなる接合レンズとから構成される。

【 0 0 9 4 】

第 4 レンズ群 G 4 は物体側から順に正の屈折力の 4 a 群 G 4 a と負の屈折力の 4 b 群 G 4 b とから構成される。4 a 群 G 4 a と 4 b 群 G 4 b は変倍に際して一体となって移動し、無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して 4 b 群 G 4 b のみが像側へ移動する。

30

【 0 0 9 5 】

4 a 群 G 4 a は、両凸レンズ L 1 5 と、両凸レンズ L 1 6 と両凹レンズ L 1 7 からなる接合レンズとから構成される。4 b 群 G 4 b G 4 b は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ G 1 8 と、両凹レンズ G 1 9 と両凸レンズ G 2 0 からなる接合レンズとから構成される。

【 実施例 5 】

【 0 0 9 6 】

図 1 7 は、本発明の実施例 5 の結像光学系のレンズ構成図である。

【 0 0 9 7 】

物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 G 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 G 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 G 3、および正の屈折力の第 4 レンズ群 G 4 から構成される。第 3 レンズ群 G 3 から第 4 レンズ群 G 4 までの合成系が後方レンズ群 G r にあたる。

40

【 0 0 9 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、両凸レンズ L 2 と、両凸レンズ L 3 とから構成される。負メニスカスレンズ L 1 が第 1 負レンズに、両凸レンズ L 2 が第 1 正レンズに、両凸レンズ L 3 が第 2 正レンズに、それぞれ対応する。

【 0 0 9 9 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に負の屈折力の 2 a 群 G 2 a と負の屈折力の 2 b 群 G 2 b より構成され、2 b 群 G 2 b のみを光軸と直行する方向に変位させることにより防

50

振を行う。2 a群G 2 aは物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4と両凹レンズL 5とから構成される。2 b群G 2 bは両凹レンズL 6と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 7からなる接合レンズと、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 8とから構成される。

【0100】

第3レンズ群G 3は両凸レンズL 9と、両凸レンズL 10と、両凸レンズL 11と両凹レンズL 12からなる接合レンズと、両凸レンズL 13と両凹レンズL 14からなる接合レンズとから構成される。

【0101】

第4レンズ群G 4は物体側から順に正の屈折力の4 a群G 4 aと負の屈折力の4 b群G 4 bとから構成される。4 a群G 4 aと4 b群G 4 bは変倍に際して一体となって移動し、無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して4 b群G 4 bのみが像側へ移動する。

10

【0102】

4 a群G 4 aは、両凸レンズL 15と、両凸レンズL 16と両凹レンズL 17からなる接合レンズとから構成される。4 b群G 4 bは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズG 18と、両凹レンズG 19と両凸レンズG 20からなる接合レンズとから構成される。

【実施例6】

【0103】

図21は、本発明の実施例6の結像光学系のレンズ構成図である。

20

【0104】

物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G 1、負の屈折力の第2レンズ群G 2、正の屈折力の第3レンズ群G 3、正の屈折力の第4レンズ群G 4、および負の屈折力の第5レンズ群G 5から構成される。第3レンズ群G 3から第5レンズ群G 5までの合成系が後方レンズ群G rにあたる。

【0105】

第1レンズ群G 1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、両凸レンズL 2と、物体側に凸面を向けた平凸レンズL 3とから構成される。負メニスカスレンズL 1が第1負レンズに、両凸レンズL 2が第1正レンズに、平凸レンズL 3が第2正レンズに、それぞれ対応する。

30

【0106】

第2レンズ群は、物体側から順に負の屈折力の2 a群G 2 aと負の屈折力の2 b群G 2 bより構成され、2 b群G 2 bのみを光軸と直行する方向に変位させることにより防振を行う。2 a群G 2 aは像側に凹面を向けた平凹レンズL 4から構成される。2 b群G 2 bは両凹レンズL 5と、両凹レンズL 6と両凸レンズL 7からなる接合レンズとから構成される。

【0107】

第3レンズ群G 3は両凸レンズL 8と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 9と、両凸レンズL 10と両凹レンズL 11と両凸レンズL 12の3枚からなる接合レンズと、両凸レンズL 13と両凹レンズL 14からなる接合レンズと、両凹レンズL 15と両凸レンズL 16からなる接合レンズとから構成される。

40

【0108】

第4レンズ群G 4は、両凸レンズL 17と、両凸レンズL 18と両凹レンズL 19からなる接合レンズとから構成される。

【0109】

第5レンズ群G 5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 20と、両凸レンズL 21と両凹レンズL 22からなる接合レンズと、両凹レンズL 23と両凸レンズL 24からなる接合レンズとから構成される。第5レンズ群G 5は、全体が無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。

【0110】

50

以下に、前述した本発明の結像光学系の各実施例の具体的な数値データを示す。

【0111】

[面データ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面又は開口絞りの番号、 r は各面の曲率半径、 d は各面の間隔、 nd は d 線(波長 587.56nm)に対する屈折率、 vd は d 線に対するアッペ数を示している。

【0112】

面番号に付した(絞り)は、その位置に開口絞りが位置していることを示している。平面又は開口絞りに対する曲率半径には(無限大)を記入している。

【0113】

[各種データ]には、ズーム比及び各焦点距離状態における焦点距離等の値を示している。

10

【0114】

[可変間隔データ]には、各焦点距離状態における可変間隔及びBFの値を示している。

【0115】

[レンズ群データ]には、各レンズ群を構成する最も物体側の面番号及び群全体の合成焦点距離を示している。

【0116】

なお、以下の全ての諸元の値において、記載している焦点距離 f 、曲率半径 r 、レンズ面間隔 d 、その他の長さの単位は特記のない限りミリメートル(mm)を使用するが、光学系では比例拡大と比例縮小とにおいても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。

20

【0117】

また、これらの各実施例における条件式の対応値の一覧を示す。

【0118】

また、各実施例に対応する収差図において、 d 、 g 、 C はそれぞれ d 線、 g 線、 C 線を表しており、 S 、 M はそれぞれサジタル像面、メリジオナル像面を表している。

【0119】

数値実施例1

単位: mm

30

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
1	481.7525	3.0000	1.80611	40.73
2	198.6329	4.0183		
3	358.8891	8.8572	1.43700	95.10
4	-355.7759	0.1500		
5	130.4780	11.3725	1.43700	95.10
6	5914.4913	(d_6)		
7	-3492.1288	1.2000	1.48749	70.44
8	199.0207	7.9584		
9	-261.4650	0.8000	1.69680	55.46
10	70.8680	3.1913		
11	-70.5567	0.8000	1.69680	55.46
12	70.5567	3.1562	1.84666	23.78
13	-539.3451	(d_{13})		
14	90.7782	3.2278	1.80610	33.27
15	-348.4940	0.1500		
16	64.3291	3.3629	1.58913	61.25
17	539.6359	0.7294		
18	51.6072	6.6909	1.49700	81.61

40

50

19	-89.3779	1.0000	1.80610	33.27	
20	193.2822	4.0649	1.49700	81.61	
21	-147.5437	1.5690			
22	34.1240	4.6996	1.58144	40.89	
23	-1023.3555	0.9000	1.91082	35.25	
24	28.9467	3.4543			
25	-57.9952	0.9000	2.00100	29.13	
26	215.7552	2.3577	1.62004	36.30	
27	-91.7648	2.0000			
28(絞り)		(d28)			10
29	78.5867	3.4125	1.64769	33.84	
30	-59.9898	0.1500			
31	37.3123	4.3027	1.48749	70.44	
32	-56.5416	0.9000	1.95375	32.32	
33	315.8381	(d33)			
34	75.3458	0.8000	1.84666	23.78	
35	26.1306	5.3276			
36	255.6785	2.5624	1.69895	30.05	
37	-57.2849	0.8000	1.72916	54.67	
38	298.2516	2.2898			20
39	-34.6488	1.8081	1.49700	81.61	
40	34.6488	5.7346	1.72342	37.99	
41	-66.6029	(BF)			
像面					

[各種データ]

ズーム比	3.78				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	154.59	269.96	583.65		30
Fナンバ	5.06	5.83	6.49		
全画角2	15.73	9.04	4.18		
像高Y	21.63	21.63	21.63		
レンズ全長	329.06	372.87	419.53		

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠		
d6	99.5006	143.3142	189.9726		
d13	29.3765	18.6488	3.5000		40
d28	24.1792	18.7262	13.4529		
d33	11.7143	10.2186	2.0000		
BF	56.5912	74.2676	102.9083		

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離			
G1	1	292.39			
G2	7	-45.68			
G3	14	68.63			50

G4	29	46.12
G5	34	-63.18
G2a	7	-386.20
G2b	9	-53.05

【 0 1 2 0 】

数值実施例2

単位 : mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
1	470.0448	3.0000	1.80611	40.73	10
2	197.1039	2.1733			
3	224.0673	9.9345	1.43700	95.10	
4	-481.8622	0.1500			
5	146.2879	10.2750	1.43700	95.10	
6	3490.0146	(d6)			
7	-771.9619	1.2000	1.48749	70.44	
8	250.0604	7.8524			
9	-257.4717	0.8000	1.69680	55.46	
10	71.7759	3.2150			20
11	-70.6546	0.8000	1.69680	55.46	
12	70.6546	3.1825	1.84666	23.78	
13	-539.2856	(d13)			
14	96.7403	3.2409	1.80610	33.27	
15	-295.4003	0.1500			
16	64.4066	3.4504	1.58913	61.25	
17	653.8902	0.6964			
18	52.0811	6.7751	1.49700	81.61	
19	-88.3845	1.0000	1.80610	33.27	
20	188.1399	4.1142	1.49700	81.61	30
21	-143.6178	1.7326			
22	34.6483	4.7315	1.58144	40.89	
23	-1279.6230	0.9000	1.91082	35.25	
24	29.3759	3.4077			
25	-59.5729	0.9000	2.00100	29.13	
26	178.5135	2.4049	1.62004	36.30	
27	-92.8394	2.0000			
28(絞リ)		(d28)			
29	80.0813	3.3996	1.64769	33.84	
30	-61.1308	0.1500			40
31	36.6430	4.3044	1.48749	70.44	
32	-59.1309	0.9000	1.95375	32.32	
33	266.9103	(d33)			
34	65.5638	0.8000	1.84666	23.78	
35	25.3459	4.7233			
36	358.1214	2.4992	1.69895	30.05	
37	-55.4389	0.8000	1.72916	54.67	
38	339.8716	2.2270			
39	-33.9872	2.0000	1.49700	81.61	
40	33.9872	5.7470	1.72342	37.99	50

41 -66.8780 (BF)
像面

[各種データ]

ズーム比	3.77		
	広角	中間	望遠
焦点距離	154.81	269.95	583.76
Fナンバ	5.03	5.82	6.49
全画角2	15.73	9.04	4.18
像高Y	21.63	21.63	21.63
レンズ全長	327.18	370.61	417.81

10

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠
d6	99.5129	142.9445	190.1424
d13	29.8554	18.8172	3.5000
d28	24.6495	19.0107	13.9148
d33	11.3249	9.9932	2.0000
BF	56.2009	74.2096	102.6160

20

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	295.62
G2	7	-45.90
G3	14	67.64
G4	29	46.72
G5	34	-63.03
G2a	7	-387.30
G2b	9	-53.31

30

【0121】

数値実施例3

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
1	669.3235	3.0000	1.80611	40.73
2	212.9535	2.3719		
3	254.4835	9.4211	1.49700	81.61
4	-553.1367	0.1500		
5	149.0820	11.3382	1.43700	95.10
6	-18619.0506	(d6)		
7	116.5577	8.4891	1.51680	64.20
8	3702.0555	30.2804		
9	-418.1736	1.2000	1.65844	50.85
10	93.1948	4.2586		
11	-156.7544	1.0000	1.69680	55.46
12	43.0795	3.0944	1.84666	23.78

40

50

13	95.9053	3.2357			
14	-69.7580	1.0000	1.72916	54.67	
15	-488.0709	(d15)			
16	230.4409	3.8295	1.59349	67.00	
17	-117.3821	0.1500			
18	74.3374	4.2031	1.59282	68.62	
19	-555.7421	0.1500			
20	52.7873	5.9220	1.49700	81.61	
21	-207.3663	1.0000	1.88100	40.14	
22	192.7502	16.6624			10
23	57.7314	5.2538	1.58913	61.25	
24	-289.2285	2.5000	1.88100	40.14	
25	38.6019	3.4883			
26(絞リ)		(d26)			
27	50.1360	3.4936	1.60342	38.01	
28	-84.6676	0.1500			
29	40.2473	3.7776	1.51742	52.15	
30	-76.0898	1.0000	1.95375	32.32	
31	98.3899	2.0171			
32	98.5144	1.0000	2.00100	29.13	20
33	34.3000	16.7622			
34	-50.8248	1.0000	1.49700	81.61	
35	45.0635	4.8877	1.69895	30.05	
36	-85.7479	(BF)			
像面					

[各種データ]

ズーム比	3.81				
	広角	中間	望遠		30
焦点距離	153.63	270.03	584.96		
Fナンバ	4.78	5.72	6.52		
全画角2	15.79	9.01	4.17		
像高Y	21.63	21.63	21.63		
レンズ全長	318.17	359.70	406.77		

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠		
d6	43.8964	85.4262	132.4974		40
d15	47.1598	30.9953	5.0000		
d26	16.9147	10.0000	25.6742		
BF	54.1136	77.1928	87.5134		

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離			
G1	1	305.74			
G2	7	-51.23			
G3	16	62.57			50

G4	27	221.11
G2a	7	-334.66
G2b	11	-52.39
G4a	27	56.12
G4b	32	-70.12

【 0 1 2 2 】

数值实施例4

单位 : mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
1	658.2373	3.0000	1.80611	40.73
2	212.2711	2.3437		
3	252.0486	9.3905	1.49700	81.61
4	-572.8397	0.1500		
5	149.8902	11.2659	1.43700	95.10
6	-21938.2447	(d6)		
7	118.8124	8.0467	1.51680	64.20
8	9413.4438	30.1451		
9	-724.6133	1.2000	1.65844	50.85
10	106.6999	4.1242		
11	-191.7662	1.0000	1.69680	55.46
12	39.9337	3.0809	1.84666	23.78
13	79.0462	3.6807		
14	-63.0037	1.0000	1.72916	54.67
15	-379.3249	(d15)		
16	239.4881	3.8141	1.59349	67.00
17	-117.5575	0.1500		
18	73.7202	4.2489	1.59282	68.62
19	-526.2145	0.1500		
20	53.1861	6.2329	1.49700	81.61
21	-204.5635	1.0000	1.88100	40.14
22	193.8410	16.4575		
23	57.2372	5.2872	1.58913	61.25
24	-262.7930	2.5000	1.88100	40.14
25	38.6284	3.4894		
26(絞り)		(d26)		
27	50.8908	3.4889	1.60342	38.01
28	-85.0728	0.1500		
29	40.0284	3.7984	1.51742	52.15
30	-77.7319	1.0000	1.95375	32.32
31	99.7231	2.0000		
32	96.7061	1.0000	2.00100	29.13
33	34.0727	16.5788		
34	-50.6525	1.0000	1.49700	81.61
35	44.4999	4.9080	1.69895	30.05
36	-86.6217	(BF)		

像面

10

20

30

40

50

[各種データ]

ズーム比	3.81		
	広角	中間	望遠
焦点距離	153.65	270.03	584.97
Fナンバ	4.77	5.71	6.52
全画角2	15.78	9.01	4.17
像高Y	21.63	21.63	21.63
レンズ全長	317.42	359.69	407.23

10

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠
d6	43.4647	85.7339	133.2753
d15	47.0863	30.9698	5.0000
d26	17.1846	10.4502	25.4857
BF	54.0057	76.8570	87.7917

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	308.07
G2	7	-51.57
G3	16	62.49
G4	27	219.97
G2a	7	-592.57
G2b	11	-48.48
G4a	27	55.87
G4b	32	-69.67

20

【0123】

数値実施例5

単位：mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd
1	500.3284	3.0000	1.80611	40.73
2	203.0852	2.7962		
3	263.4106	8.9920	1.45860	90.19
4	-619.3383	0.1500		
5	147.2402	11.1573	1.43700	95.10
6	-2565.8567	(d6)		
7	116.5228	8.1048	1.51680	64.20
8	1948.9837	30.6295		
9	-414.2798	1.2000	1.65844	50.85
10	86.9503	4.3441		
11	-149.3142	1.0000	1.69680	55.46
12	44.3756	3.1247	1.84666	23.78
13	105.8729	3.0885		
14	-71.5955	1.0000	1.72916	54.67
15	-548.7698	(d15)		
16	227.5254	3.8200	1.59349	67.00

40

50

17	-119.6480	0.1500			
18	72.8346	4.2498	1.59282	68.62	
19	-565.5973	0.1500			
20	52.8080	6.3326	1.49700	81.61	
21	-212.7227	1.0000	1.88100	40.14	
22	183.8575	16.3770			
23	56.2162	5.3086	1.58913	61.25	
24	-267.7317	2.5000	1.88100	40.14	
25	38.1107	3.5058			
26(絞リ)		(d26)			10
27	49.6333	3.5116	1.60342	38.01	
28	-84.9939	0.1500			
29	39.9457	3.8150	1.51742	52.15	
30	-75.5093	1.0000	1.95375	32.32	
31	97.6946	2.0367			
32	101.4402	1.0000	2.00100	29.13	
33	34.6048	16.4633			
34	-50.2934	1.0000	1.49700	81.61	
35	45.7728	4.8917	1.69895	30.05	
36	-83.5351	(BF)			20
像面					

[各種データ]

ズーム比	3.81				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	153.61	270.03	584.96		
Fナンバ	4.78	5.72	6.52		
全画角2	15.79	9.01	4.17		
像高Y	21.63	21.63	21.63		30
レンズ全長	318.85	359.91	406.28		

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠		
d6	44.3689	85.4294	131.7960		
d15	46.9680	30.8980	5.0000		
d26	17.3910	10.3779	25.3074		
BF	54.2750	77.3583	88.3264		40

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離			
G1	1	302.65			
G2	7	-50.72			
G3	16	62.45			
G4	27	214.44			
G2a	7	-279.25			
G2b	11	-54.18			
G4a	27	55.79			50

G4b 32 -70.26

【 0 1 2 4 】

数值実施例6

単位 : mm

[面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
1	470.6943	3.0000	1.80611	40.73	
2	197.0289	4.0352			
3	305.6129	9.7960	1.43700	95.10	10
4	-418.0350	0.1500			
5	134.5620	11.3770	1.43700	95.10	
6		(d6)			
7		1.2000	1.48749	70.44	
8	203.4443	8.3070			
9	-241.7848	0.8000	1.69680	55.46	
10	69.9172	5.0046			
11	-70.1700	0.8000	1.69680	55.46	
12	70.1700	3.0422	1.84666	23.78	
13	-596.9631	(d13)			20
14	87.9761	3.5038	1.80610	33.27	
15	-335.1456	0.7604			
16	60.1082	3.2346	1.58913	61.25	
17	338.5501	0.1500			
18	52.1240	6.5435	1.49700	81.61	
19	-89.6446	1.0000	1.80610	33.27	
20	196.9200	3.9357	1.49700	81.61	
21	-143.0492	1.4245			
22	34.2633	4.6758	1.58144	40.89	
23	-1378.5519	0.9000	1.91082	35.25	30
24	28.8531	3.4881			
25	-57.4563	0.9000	2.00100	29.13	
26	216.0181	2.2282	1.62004	36.30	
27	-106.3573	2.0000			
28(絞リ)		(d28)			
29	72.5306	3.4923	1.64769	33.84	
30	-60.9921	0.2256			
31	38.7585	4.5618	1.48749	70.44	
32	-51.3029	0.9000	1.95375	32.32	
33	655.5770	(d33)			40
34	81.2303	0.8000	1.84666	23.78	
35	26.7915	4.3683			
36	231.1733	2.7824	1.69895	30.05	
37	-58.2211	2.7008	1.72916	54.67	
38	283.2378	2.3998			
39	-35.0132	1.0000	1.49700	81.61	
40	35.0132	5.6228	1.72342	37.99	
41	-67.1722	(BF)			
像面					50

[各種データ]

ズーム比	4.66		
	広角	中間	望遠
焦点距離	125.15	250.18	583.80
Fナンバ	4.86	5.84	6.50
全画角2	19.47	9.76	4.18
像高Y	21.63	21.63	21.63
レンズ全長	314.20	371.31	424.96

10

[可変間隔データ]

	広角	中間	望遠
d6	79.8151	136.9189	190.5717
d13	33.4105	18.95	3.5013
d28	24.0103	18.6139	14.5576
d33	10.8965	10.7496	2.3209
BF	54.9618	74.9656	102.8995

20

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	292.29
G2	7	-44.57
G3	14	70.36
G4	29	44.70
G5	34	-61.99
G2a	7	-417.33
G2b	9	-51.10

30

【0125】

[条件式対応値]

条件式 / 実施例	1	2	3	4	5	6
(1) $(1/Rg21-1/fg1)*ft$	3.01	3.98	3.80	3.82	3.59	3.29
(2) 2b	-0.776	-0.758	-0.765	-0.902	-0.701	-0.789
(3) fp1/fp2	1.345	1.007	1.040	1.038	1.267	1.317

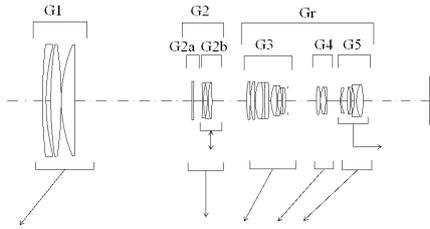
【符号の説明】

【0126】

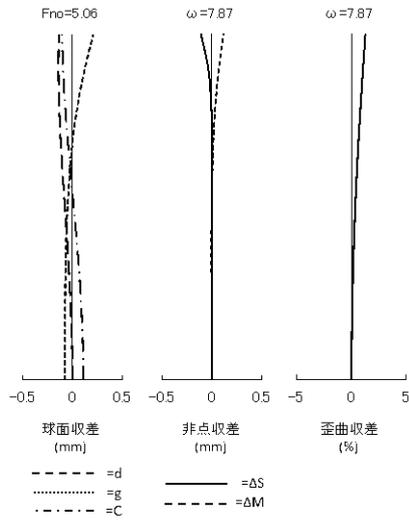
G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群
G 5	第5レンズ群
G r	後方レンズ群
G 2 a	第2 a 群
G 2 b	第2 b 群
G 4 a	第4 a 群
G 4 b	第4 b 群

40

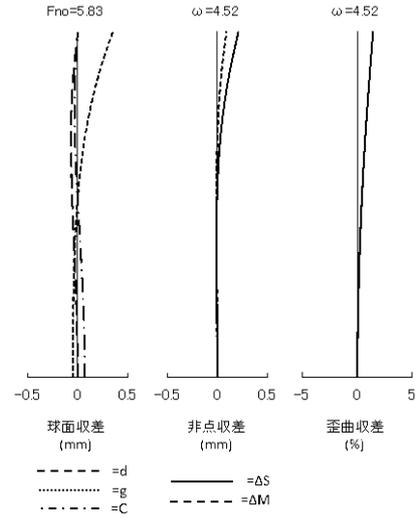
【 図 1 】



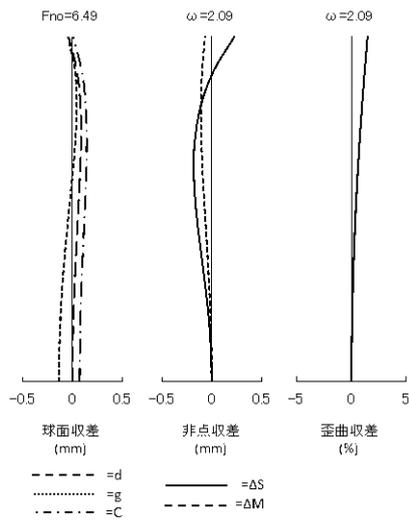
【 図 2 a 】



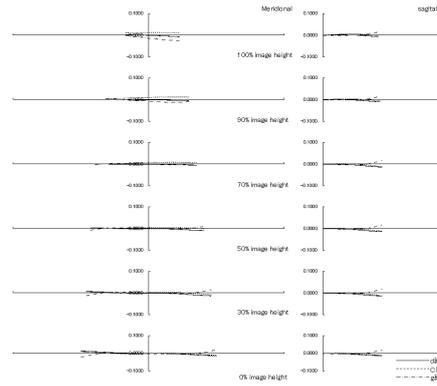
【 図 2 b 】



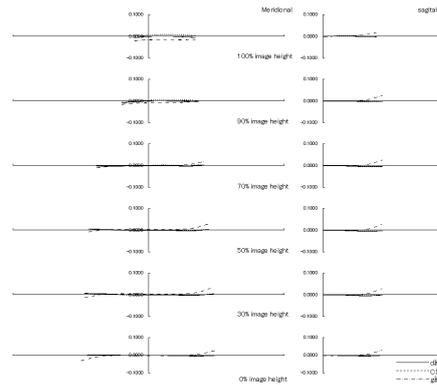
【 図 2 c 】



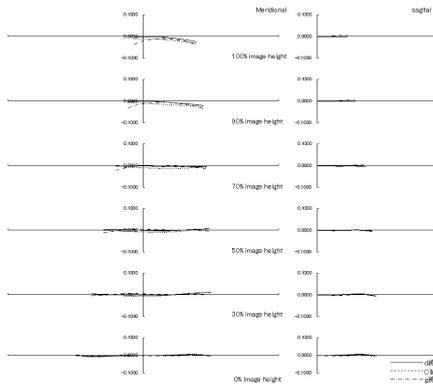
【 図 3 a 】



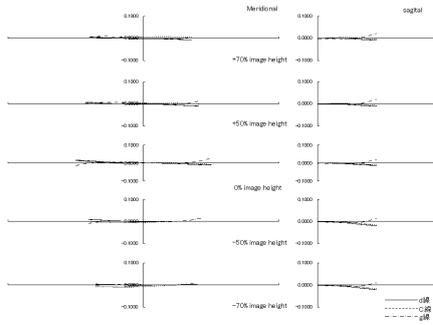
【 図 3 b 】



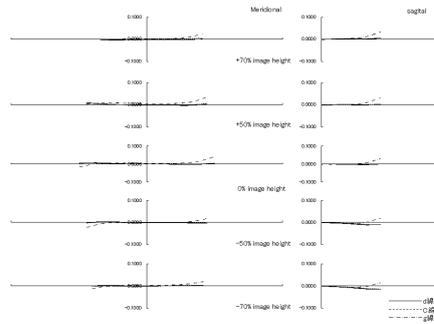
【 図 3 c 】



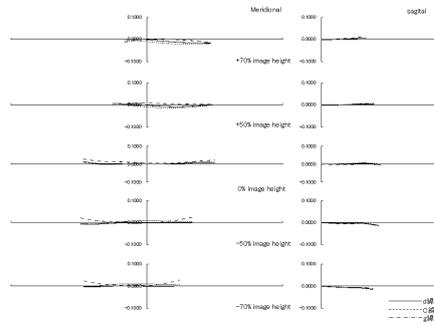
【 図 4 a 】



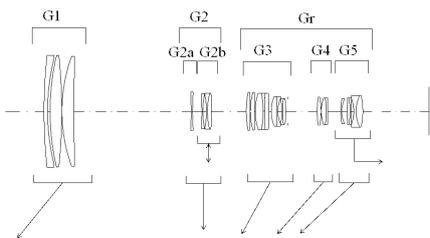
【 図 4 b 】



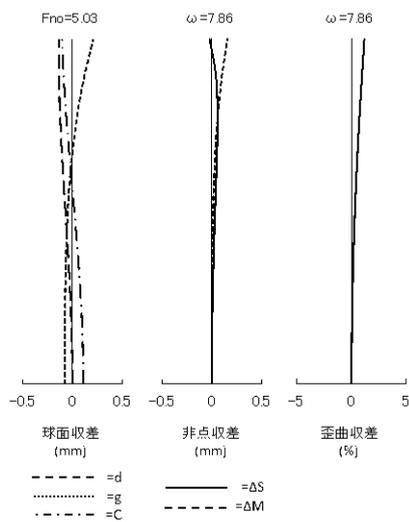
【 図 4 c 】



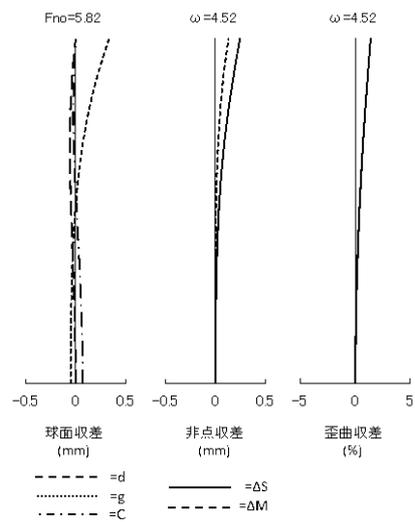
【 図 5 】



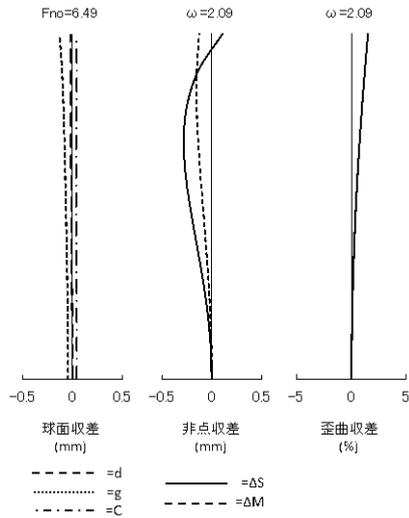
【 図 6 a 】



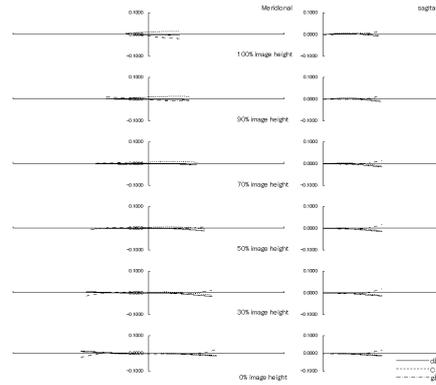
【 図 6 b 】



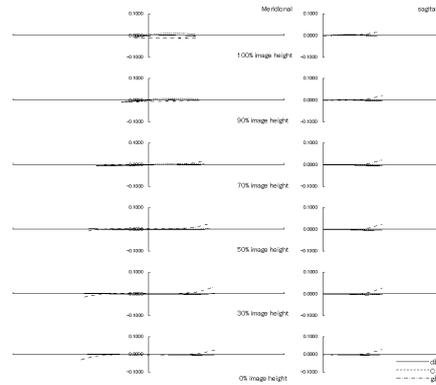
【 図 6 c 】



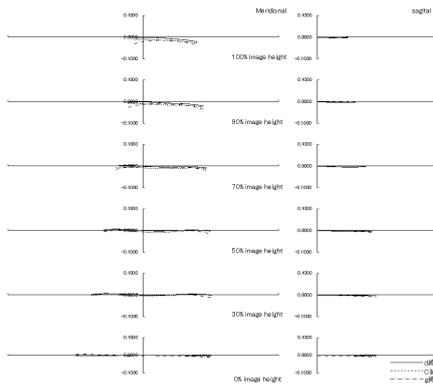
【 図 7 a 】



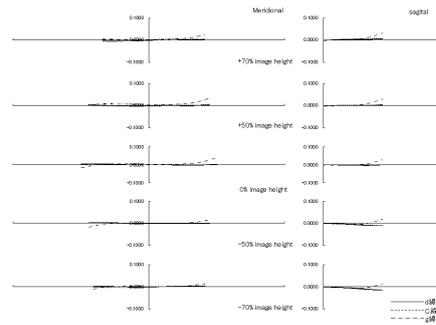
【 図 7 b 】



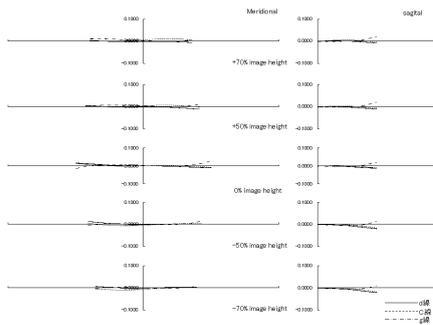
【 図 7 c 】



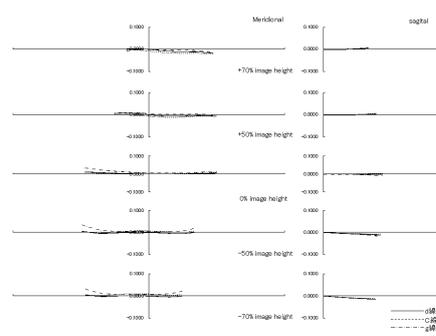
【 図 8 b 】



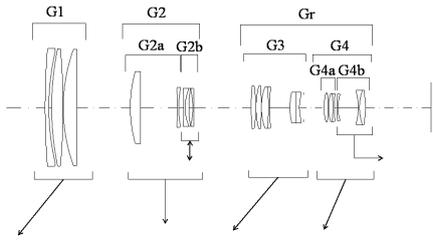
【 図 8 a 】



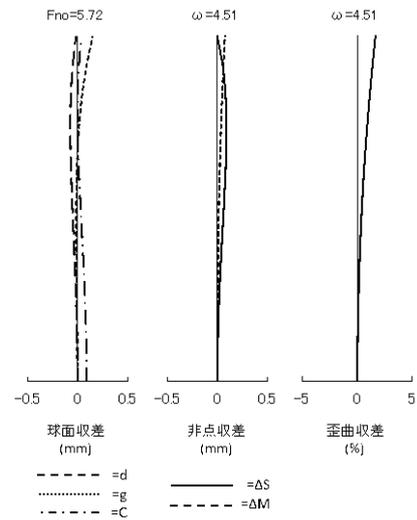
【 図 8 c 】



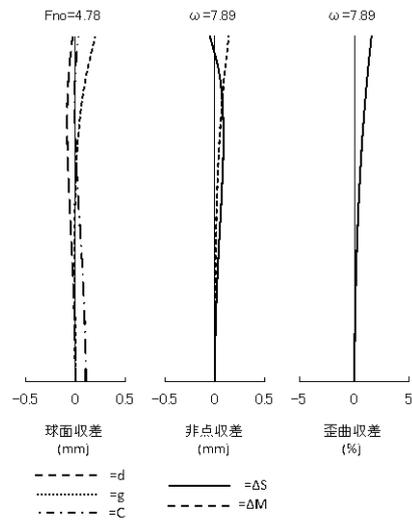
【 図 9 】



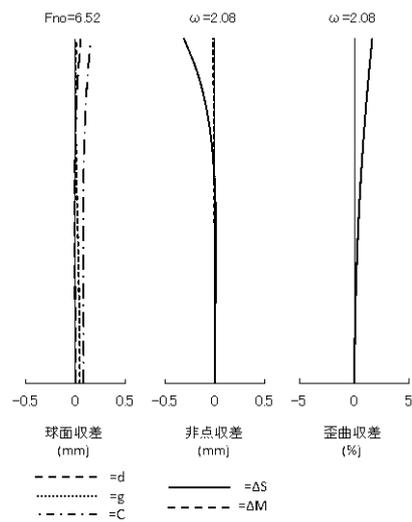
【 図 10 b 】



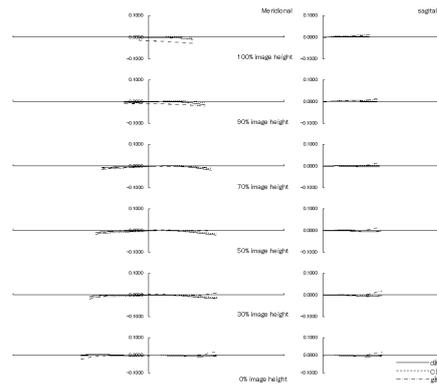
【 図 10 a 】



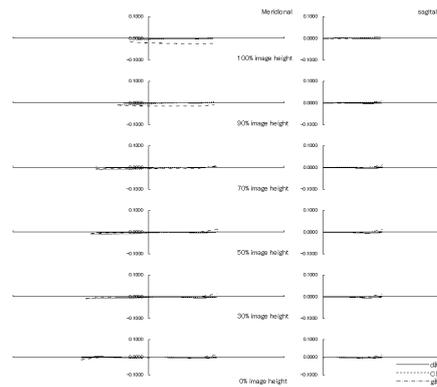
【 図 10 c 】



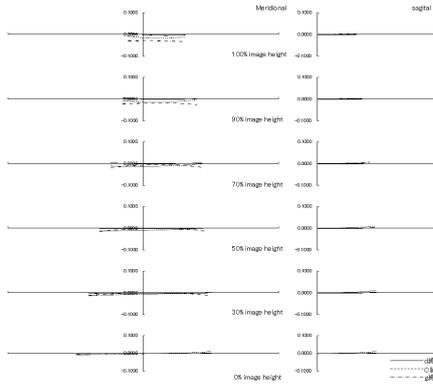
【 図 11 a 】



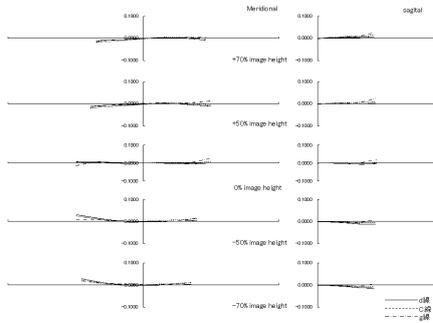
【 図 11 b 】



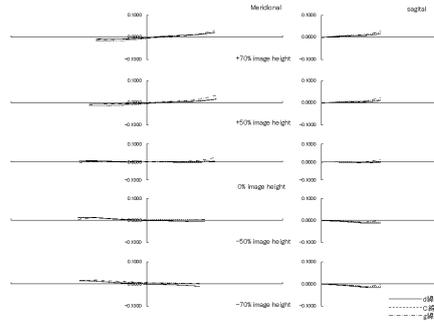
【図11c】



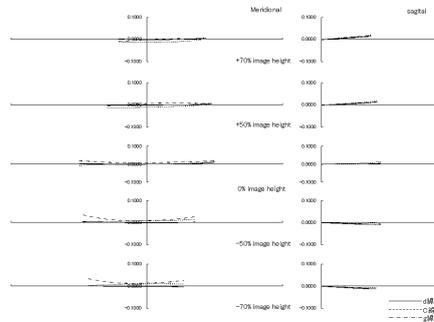
【図12a】



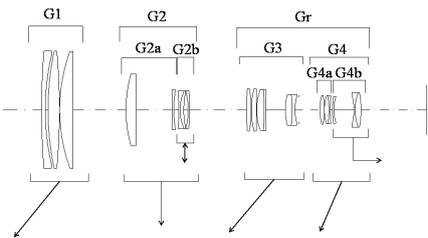
【図12b】



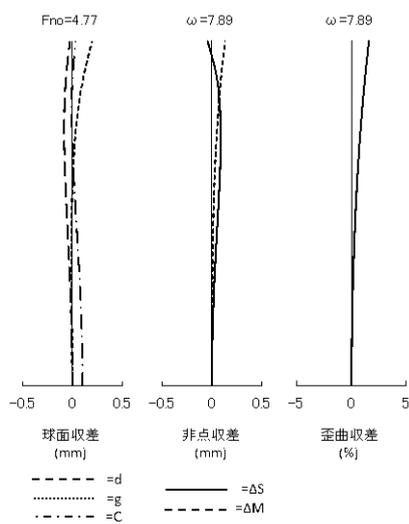
【図12c】



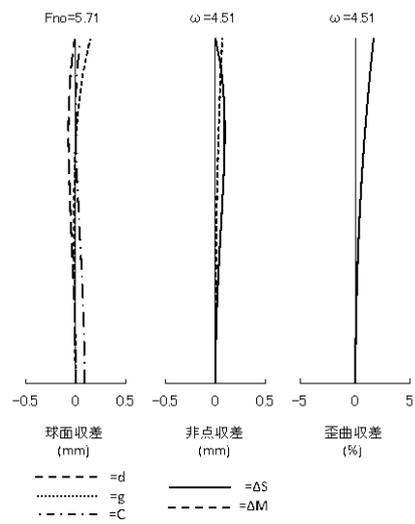
【図13】



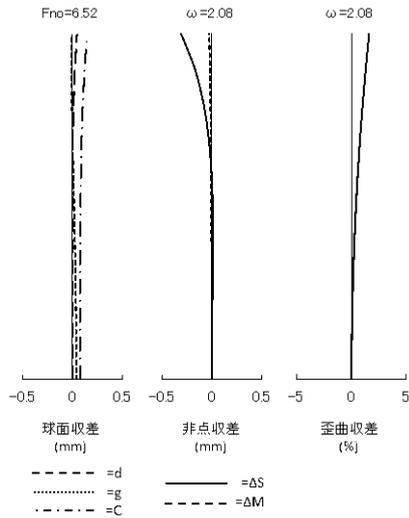
【図14a】



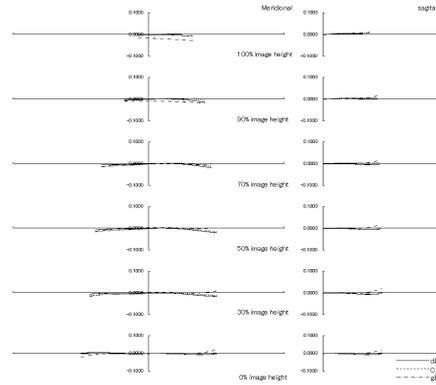
【図14b】



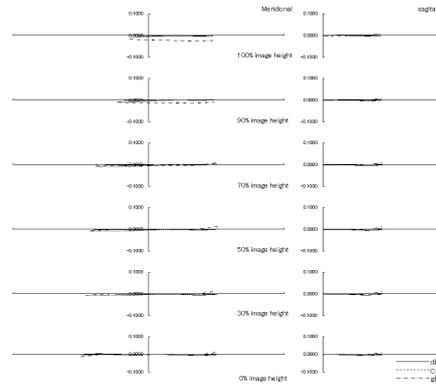
【 図 14 c 】



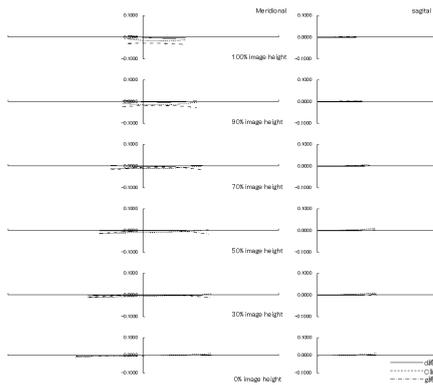
【 図 15 a 】



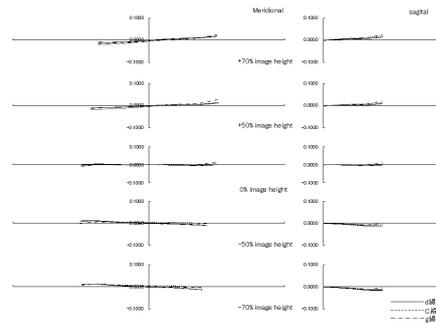
【 図 15 b 】



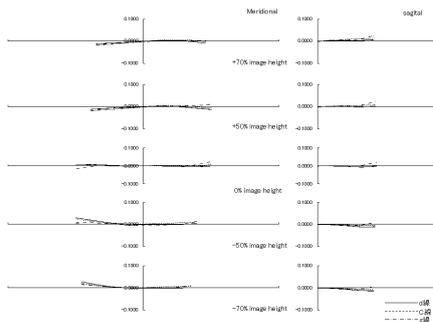
【 図 15 c 】



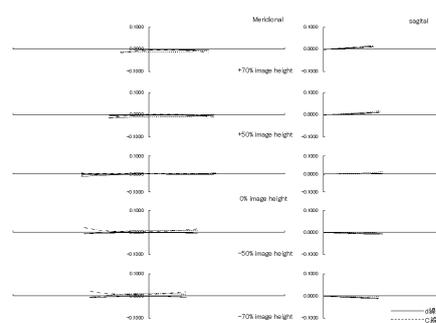
【 図 16 b 】



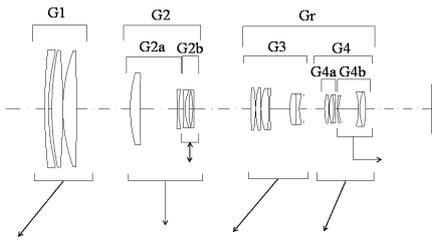
【 図 16 a 】



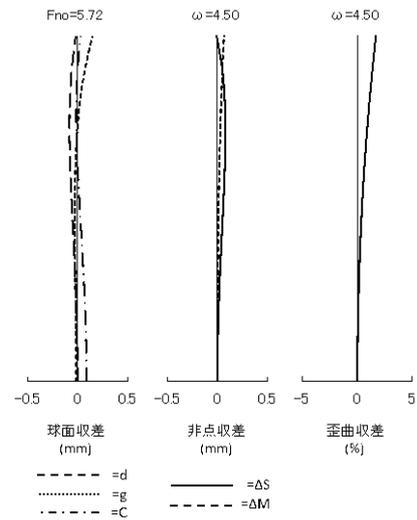
【 図 16 c 】



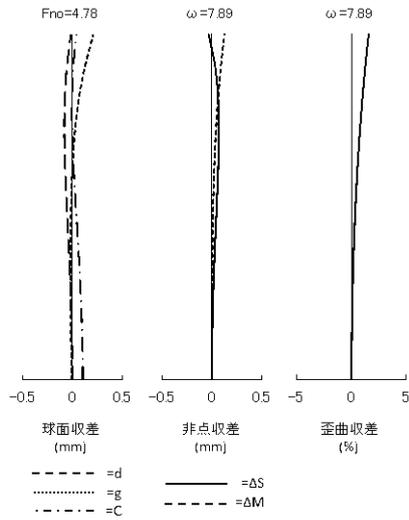
【図17】



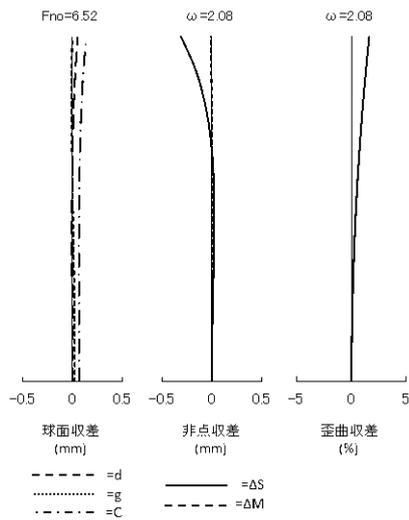
【図18b】



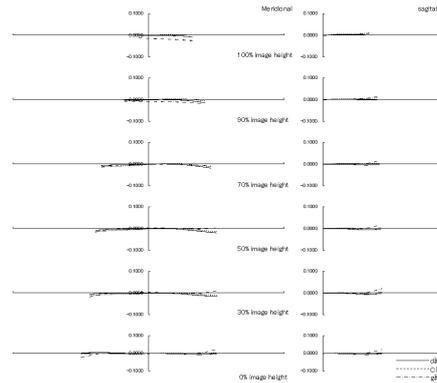
【図18a】



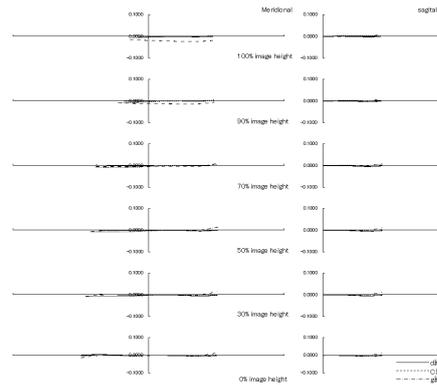
【図18c】



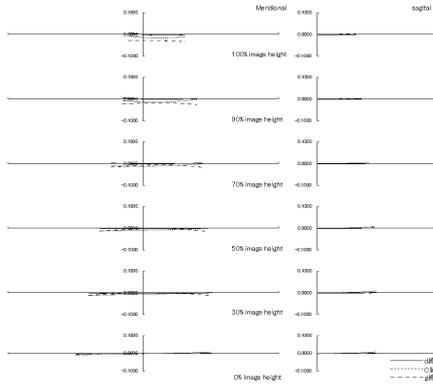
【図19a】



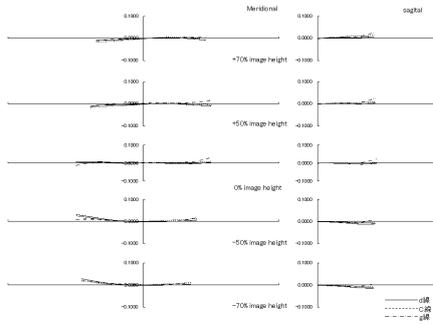
【図19b】



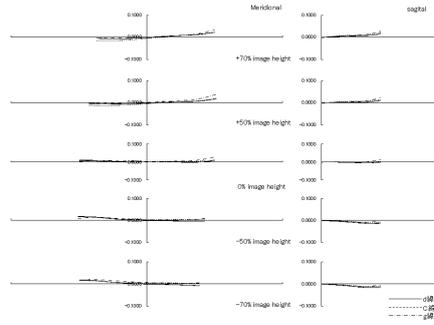
【図19c】



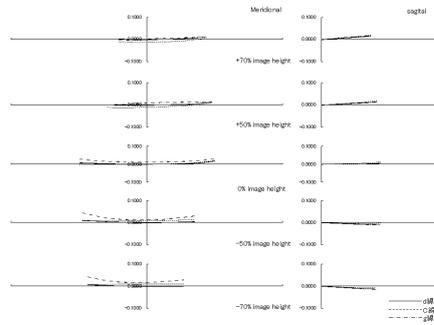
【図20a】



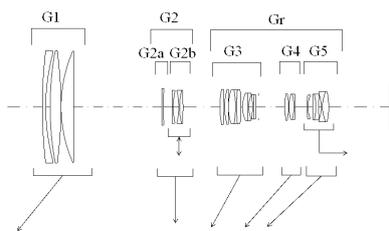
【図20b】



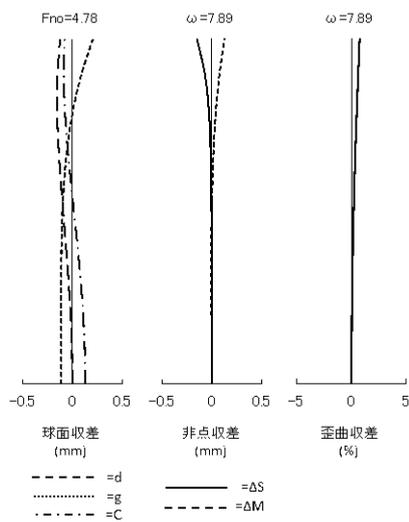
【図20c】



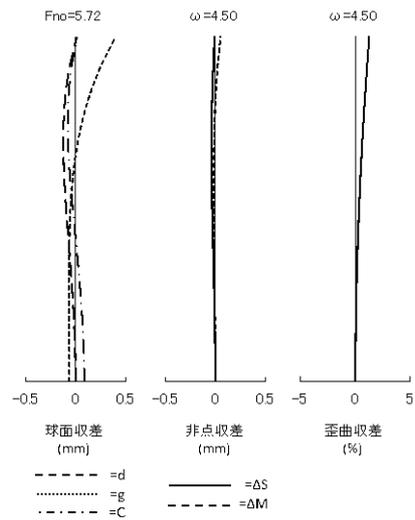
【図21】



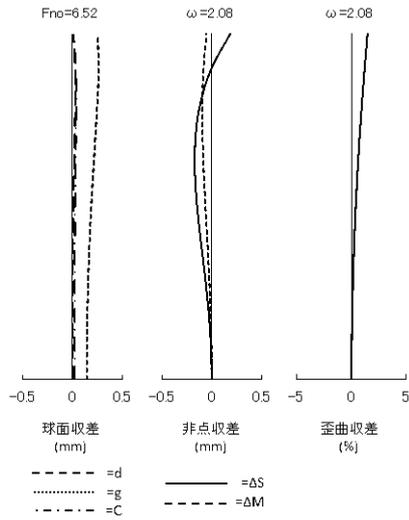
【図22a】



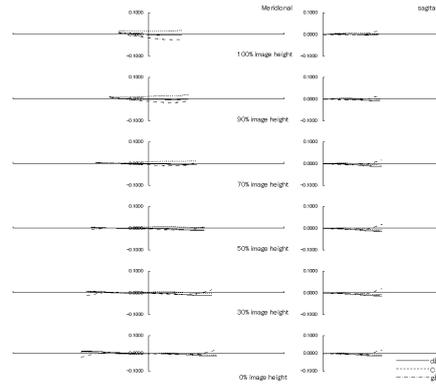
【図22b】



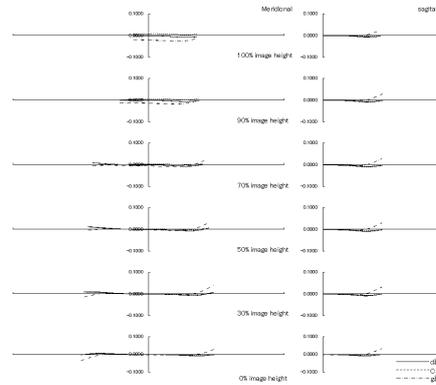
【 図 2 2 c 】



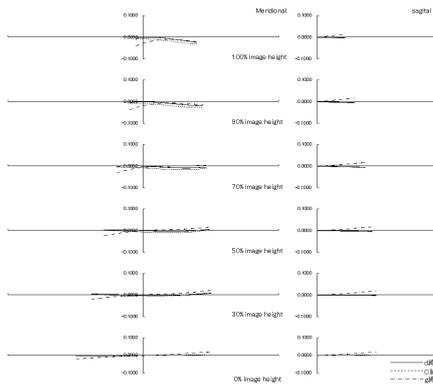
【 図 2 3 a 】



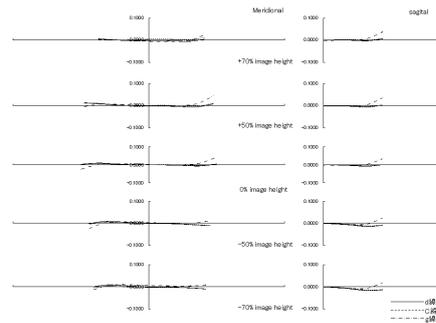
【 図 2 3 b 】



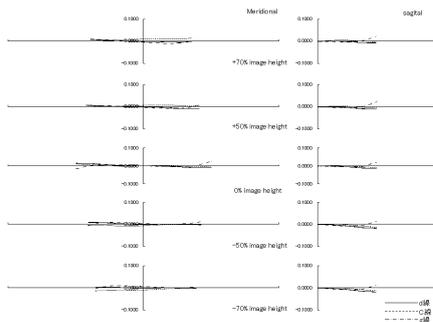
【 図 2 3 c 】



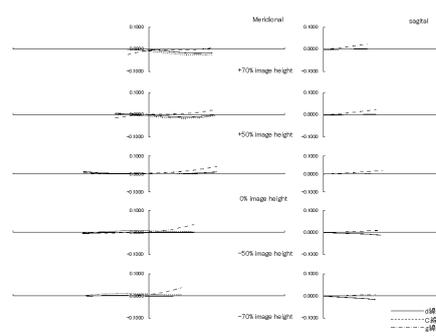
【 図 2 4 b 】



【 図 2 4 a 】



【 図 2 4 c 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-325272(JP,A)
特開平09-230240(JP,A)
特開2007-298724(JP,A)
特開平08-136862(JP,A)
特開2005-292338(JP,A)
国際公開第2012/176437(WO,A1)
米国特許出願公開第2014/0085734(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0157719(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/00-15/20
CODE V