

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5542374号
(P5542374)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日(2014.5.16)

(51) Int.Cl. F I
GO2B 13/02 (2006.01) GO2B 13/02
GO2B 13/18 (2006.01) GO2B 13/18

請求項の数 3 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-155932 (P2009-155932) (22) 出願日 平成21年6月30日 (2009.6.30) (65) 公開番号 特開2011-13357 (P2011-13357A) (43) 公開日 平成23年1月20日 (2011.1.20) 審査請求日 平成24年6月28日 (2012.6.28)</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 塩田 了 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 殿岡 雅仁</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群L1、負の屈折力を有する第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3、負の屈折力を有する第4レンズ群L4とからなり、

無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、少なくとも前記第2レンズ群L2を像面側へ移動させると同時に前記第3レンズ群L3を物体側へ移動させ、かつ、前記第1レンズ群L1と前記第2レンズ群L2との光軸上間隔が拡大し、同時に前記第2レンズ群L2と前記第3レンズ群L3との光軸上間隔が縮小し、また同時に前記第3レンズ群L3と前記第4レンズ群L4との光軸上間隔が拡大し、

無限遠から等倍までのいずれかの倍率で近距離撮影が可能であって、

前記第4レンズ群L4は、物体側から順に、負の屈折力を有する前群L4aと、正の屈折力を有する後群L4bで構成され、前記第4レンズ群前群L4aは少なくとも正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズを1枚ずつ有し、光学系が振動した際に前記前群L4aを光軸に対して略垂直方向に移動させて画像のぶれの補正を行い、

以下の条件式を満足することを特徴とする光学系。

$$0.15 < |f_{4a} / f| < 0.4 \quad (1)$$

$$0.3 < f_{4b} / f < 0.8 \quad (2)$$

$$0.2 < |S3 / S2| < 1.0 \quad (3)$$

ただし、

f 4 a は前記第 4 群前群 L 4 a の焦点距離

f 4 b は前記第 4 群後群 L 4 b の焦点距離

f は無限遠物体に合焦した時の全光学系の焦点距離

S 2 は無限遠物体から近距離物体への合焦時における前記第 2 レンズ群 L 2 の移動量

S 3 は無限遠物体から近距離物体への合焦時における前記第 3 レンズ群 L 3 の移動量

【請求項 2】

無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、前記第 1 レンズ群 L 1 及び第 4 レンズ群 L 4 は光軸方向に固定であることを特徴とする請求項 1 に記載の防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズ。

【請求項 3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載の防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズ。

$$(4) \quad 0 < f / R_{4a} r - f / R_{4b} f < 2.0$$

ただし、

R 4 a r は前記第 4 a レンズ群 L 4 a の最も像面側のレンズ面の曲率半径

R 4 b f は前記第 4 b レンズ群 L 4 b の最も物体側のレンズ面の曲率半径

f は無限遠物体に合焦した際の光学系全系の焦点距離

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インナーフォーカス式マクロレンズであって、無限遠物体から等倍付近の近距離物体までの撮影ができることを特徴とし、さらに、手ぶれ等による結像位置のずれを補正するための防振機能を有することを特徴とした、特にデジタルカメラ、銀塩カメラ及びビデオカメラ等に適した防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、写真用カメラやビデオカメラ等の光学機器において、近距離物体の撮影を主たる目的とした撮影レンズとしてマクロレンズ又はマイクロレンズ（以下「マクロレンズ」という。）と分類されるものがある。

【0003】

この内、35mmフィルム用の一眼レフカメラに適した物体側入射画角12～25度程度の所謂望遠域のマクロレンズにおいて、その最も物体側のレンズ群は、フォーカシング操作の際、光軸方向に移動せず固定であり、かつ防振機能を有するものが提案されている。

【0004】

例えば、特許文献1及び特許文献2には、光軸方向に固定された最も像面側のレンズ群を分割し、分割されたうちの負のレンズ群を光軸に対して略垂直方向へ移動させることで像ぶれの補正を行うマクロレンズが記載されている。

【0005】

また、例えば、特許文献3には、光軸方向に固定された最も物体側のレンズ群を少なくとも物体より像側へ順に第1Aレンズ群、第1Bレンズ群に分割し、分割されたうちの第1Bレンズ群を光軸に対して略垂直方向へ移動させることで像ぶれの補正を行うマクロレンズが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2003-329919

【0007】

【特許文献2】特開2006-106112

【0008】

【特許文献3】特開2005-062211

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

像ぶれを補正する防振レンズ群を光軸に対して垂直方向へ移動させる移動量は、一般的に十分小さいことが望ましい。すなわち、像ぶれの迅速な補正や、防振レンズ群可動域の制限を考慮した場合、防振レンズ群の最大移動量はできるだけ小さいことが好ましい。

【0010】

そこで、防振レンズ群の移動量を小さくするためには、所謂防振係数を十分大きく設定することが望ましい。防振係数とは、防振レンズ群を光軸に対して垂直方向へ移動したときの移動量 H と、そのときの像面上における結像位置の移動量 x との比、すなわち x / H を示す。

10

【0011】

無限遠物体への合焦時に、より長い焦点距離を有する光学系においては、同じ量の手ぶれが発生した場合であっても、短い焦点距離を有する光学系と比較して、より大きな像面上の結像位置のずれが発生するため、防振係数をより大きく設定する必要がある。

【0012】

上記の特許文献1及び特許文献2に開示されている光学系では、防振係数が1.0程度であり、より長い焦点距離を有するマクロレンズへの適用は難しい。加えて、上記の特許文献1及び特許文献2に開示されている光学系では、防振時に大きな非点収差が発生するため、像ぶれを補正した時の光学特性が低下している。

20

【0013】

また、上記の特許文献3に開示されている光学系では、防振時に発生する収差の課題を解決しているが、防振係数の値が十分な大きさとはいえず、また、防振時に移動させる防振レンズ群が最も物体側のレンズ群の中に配置されているため、防振レンズ群の重量が増加する結果となり、メカ機構的に好ましくない。加えて、上記の特許文献3に開示されている光学系では、特に無限遠物体合焦時において、大きな軸上色収差と像面の湾曲、及び非点収差が発生するため、光学特性が低下している。

【0014】

本発明は、合焦域全域にわたり諸収差を良好に補正した上で、防振時に、防振レンズ群の小さな移動量で十分大きな像ぶれを補正することを可能とし、また、良好な結像性能を維持することを可能とする、防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズの提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0015】

物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群L1、負の屈折力を有する第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3、負の屈折力を有する第4レンズ群L4とからなり、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、少なくとも前記第2レンズ群L2を像面側へ移動させると同時に前記第3レンズ群L3を物体側へ移動させ、かつ、前記第1レンズ群L1と前記第2レンズ群L2との光軸上間隔が拡大し、同時に前記第2レンズ群L2と前記第3レンズ群L3との光軸上間隔が縮小し、また同時に前記第3レンズ群L3と前記第4レンズ群L4との光軸上間隔が拡大し、無限遠から等倍までのいずれかの倍率で近距離撮影が可能であって、前記第4レンズ群L4は、物体側から順に、負の屈折力を有する前群L4aと、正の屈折力を有する後群L4bで構成され、前記第4レンズ群前群L4aは少なくとも正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズを1枚ずつ有し、光学系が振動した際に前記前群L4aを光軸に対して略垂直方向に移動させて画像のぶれの補正を行い、

40

以下の条件式を満足することを特徴とする光学系。

$$0.15 < |f_{4a} / f| < 0.4 \quad (1)$$

$$0.3 < f_{4b} / f < 0.8 \quad (2)$$

$$0.2 < |S_3 / S_2| < 1.0 \quad (3)$$

50

ただし、

f_{4a} は前記第4群前群L4aの焦点距離

f_{4b} は前記第4群後群L4bの焦点距離

f は無限遠物体に合焦した時の全光学系の焦点距離

S_2 は無限遠物体から近距離物体への合焦時における前記第2レンズ群L2の移動量

S_3 は無限遠物体から近距離物体への合焦時における前記第3レンズ群L3の移動量

【0016】

また、本出願の第2の発明は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、前記第1レンズ群L1及び第4レンズ群L4は光軸方向に固定であることを特徴とする第1の発明の防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズを提供する。

10

【0017】

また、本出願の第3の発明は、以下の条件式を満足することを特徴とする第1の発明又は第2の発明のいずれかの防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズを提供する。

$$(4) \quad 0 < f / R_{4ar} - f / R_{4bf} < 2.0$$

ただし、

R_{4ar} は前記第4aレンズ群L4aの最も像面側のレンズ面の曲率半径

R_{4bf} は前記第4bレンズ群L4bの最も物体側のレンズ面の曲率半径

f は無限遠物体に合焦した際の光学系全系の焦点距離

【0018】

20

さらに、本発明は次の条件式を満足することが好ましい。

$$(4a) \quad 0 < f / R_{4ar} - f / R_{4bf} < 1.0$$

ただし、

R_{4ar} は前記第4aレンズ群L4aの最も像面側のレンズ面の曲率半径

R_{4bf} は前記第4bレンズ群L4bの最も物体側のレンズ面の曲率半径

f は無限遠物体に合焦した際の光学系全系の焦点距離

【0019】

さらに、本発明は次の条件式を満足することが好ましい。

$$(5) \quad 0.4 < f_1 / f < 0.6$$

$$(6) \quad 0.3 < |f_2 / f| < 0.4$$

$$(7) \quad 0.2 < f_3 / f < 0.5$$

$$(8) \quad 0.3 < |f_4 / f| < 0.7$$

30

ただし、

f_1 は前記第1レンズ群L1の焦点距離

f_2 は前記第2レンズ群L2の焦点距離

f_3 は前記第3レンズ群L3の焦点距離

f_4 は前記第4レンズ群L4の焦点距離

f は無限遠物体に合焦した際の光学系全系の焦点距離

【0020】

さらに、本発明は次の条件式を満足することが好ましい。

$$(9) \quad 1.5 < (x / H) < 2.5$$

ただし、

H は前記第4aレンズ群L4aの光軸に対する垂直方向への移動量

x は前記第4aレンズ群L4aの光軸に対する垂直方向への移動量 H に対応する像面上における結像位置の移動量

【0021】

さらに、本発明において、開口絞りの開口径は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に変化することが好ましい。これは、近距離物体への合焦時は、無限遠物体への合焦時に比べてマージナル光線高が低くなることに合わせるためである。

【0022】

50

また、開口絞りは、構造上、前記第2レンズ群L2と前記第3レンズ群L3との間、若しくは前記第3レンズ群L3と前記第4レンズ群L4との間に配置され、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、像面に対して固定であることが好ましい。開口絞りを合焦時に固定とすることで、開放絞りの口径を変化させる機構を合焦時に移動させる必要はなく、速やかな合焦を行うことができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、無限遠物体から等倍付近の近距離物体にわたる合焦域で諸収差を良好に補正した上で、防振時に、防振レンズ群の小さい移動量によって十分大きな像ぶれの補正を可能とし、また、良好な結像性能を維持できる、防振機能を有するインナーフォーカス式マクロレンズを提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施例1のレンズ構成図

【図2】本発明の実施例1の無限遠物体合焦時での縦収差図

【図3】本発明の実施例1の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

【図4】本発明の実施例1の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図5】本発明の実施例1の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

20

【図6】本発明の実施例2のレンズ構成図

【図7】本発明の実施例2の無限遠物体合焦時での縦収差図

【図8】本発明の実施例2の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

【図9】本発明の実施例2の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図10】本発明の実施例2の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

【図11】本発明の実施例3のレンズ構成図

【図12】本発明の実施例3の無限遠物体合焦時での縦収差図

【図13】本発明の実施例3の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

30

【図14】本発明の実施例3の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図15】本発明の実施例3の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

【図16】本発明の実施例4のレンズ構成図

【図17】本発明の実施例4の無限遠物体合焦時での縦収差図

【図18】本発明の実施例4の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

【図19】本発明の実施例4の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図20】本発明の実施例4の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

40

【図21】本発明の実施例5のレンズ構成図

【図22】本発明の実施例5の無限遠物体合焦時での縦収差図

【図23】本発明の実施例5の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

【図24】本発明の実施例5の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図25】本発明の実施例5の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

【図26】本発明の実施例6のレンズ構成図

【図27】本発明の実施例6の無限遠物体合焦時での縦収差図

50

【図28】本発明の実施例6の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図

【図29】本発明の実施例6の無限遠物体合焦時での横収差図及び防振時における無限遠物体合焦時での横収差図

【図30】本発明の実施例6の近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図及び防振時における近距離物体(1.0倍)合焦時での横収差図

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施例について図面を用いて詳細に説明する。

【0026】

図1は、本発明に係る実施例1のレンズ構成図であり、(a)は無遠物体に対する合焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

10

【0027】

図2は、本発明に係る実施例1の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図3は、本発明に係る実施例1の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

【0028】

図4は、本発明に係る実施例1の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

20

【0029】

図5は、本発明に係る実施例1の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

【0030】

図6は、本発明に係る実施例2のレンズ構成図であり、(a)は無遠物体に対する合焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

【0031】

図7は、本発明に係る実施例2の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図8は、本発明に係る実施例2の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

30

【0032】

図9は、本発明に係る実施例2の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

【0033】

図10は、本発明に係る実施例2の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

40

【0034】

図11は、本発明に係る実施例3のレンズ構成図であり、(a)は無遠物体に対する合焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

【0035】

図12は、本発明に係る実施例3の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図13は、本発明に係る実施例3の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

50

【0036】

図14は、本発明に係る実施例3の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

【0037】

図15は、本発明に係る実施例3の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

10

【0038】

図16は、本発明に係る実施例4のレンズ構成図であり、(a)は無限遠物体に対する合焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

【0039】

図17は、本発明に係る実施例4の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図18は、本発明に係る実施例4の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

【0040】

図19は、本発明に係る実施例4の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.4mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

20

【0041】

図20は、本発明に係る実施例4の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.4mm移動させ、結像位置を画角0.37度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

30

【0042】

図21は、本発明に係る実施例5のレンズ構成図であり、(a)は無限遠物体に対する合焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

【0043】

図22は、本発明に係る実施例5の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図23は、本発明に係る実施例5の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

【0044】

図24は、本発明に係る実施例5の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.5mm移動させ、結像位置を画角0.36度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

40

【0045】

図25は、本発明に係る実施例5の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.5mm移動させ、結像位置を画角0.36度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

【0046】

図26は、本発明に係る実施例6のレンズ構成図であり、(a)は無限遠物体に対する合

50

焦状態、(b)は近距離物体(1.0倍)に対する合焦状態を示している。

【0047】

図27は、本発明に係る実施例6の無限遠物体合焦時での縦収差図であり、図28は、本発明に係る実施例6の近距離物体(1.0倍)合焦時での縦収差図である。

【0048】

図29は、本発明に係る実施例6の無限遠物体合焦時での横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.32度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

10

【0049】

図30は、本発明に係る実施例6の近距離物体(1.0倍)合焦時の横収差図であり、(a)は非防振時における実像高0.0mmから21.63mmの横収差曲線、(b)は防振時において第4aレンズ群L4aを光軸に対して垂直方向へ0.6mm移動させ、結像位置を画角0.32度相当移動させた場合の実像高0.0mmと15.141mmと-15.141mmの横収差曲線を示している。

【0050】

次に、各条件式の技術的意味について説明する。

【0051】

条件式(1)は、防振レンズ群とした第4aレンズ群L4aの焦点距離を規定するものであって、防振レンズ群の十分な防振係数の確保と防振時の収差補正とを両立させるためのものである。

20

【0052】

条件式(1)の下限値を超えることで、第4aレンズ群L4aの焦点距離が短くなると、第4aレンズ群L4aが光軸に対して垂直方向への移動することにより発生する収差、特に非点収差の補正が困難になる。また、条件式(1)の上限値を超えることで、第4aレンズ群L4aの焦点距離が長くなると、収差補正に対しては有利になるが、最も像面側のレンズ群の径を小さく抑えつつ防振レンズ群の十分な防振係数を得ることが困難になる。

【0053】

条件式(2)は、第4bレンズ群L4bの焦点距離を規定するものであって、防振レンズ群の十分な防振係数の確保と防振時の収差補正を両立させるためのものである。

30

【0054】

条件式(2)の下限値を超え、第4bレンズ群L4bの焦点距離が短くなると、バックフォーカスを確保しつつ、合焦の際に移動するレンズ群に十分な屈折力を与えることが困難になる。また、条件式(2)の上限値を超え、第4bレンズ群L4bの焦点距離が長くなると、第4aレンズ群L4aと第4bレンズ群L4bの間隔を確保しつつ防振レンズ群の十分な防振係数を得ることが困難になる。

【0055】

条件式(3)は、合焦時における第2レンズ群L2の移動量と第3レンズ群L3の移動量との比に関するものである。

40

【0056】

条件式(3)の下限値を超え、第2レンズ群L2の移動量に対する第3レンズ群L3の移動量の比が小さくなると、第2レンズ群L2に対して第3レンズ群L3の単位移動量あたりの収差の発生量が過剰になり、合焦全域での良好な収差の補正、特に軸上色収差とコマ収差の補正が困難になり、また第3レンズ群L3と第4aレンズ群L4aの間隔の確保も困難になる。また、条件式(3)の上限値を超え、第2レンズ群L2の移動量に対する第3レンズ群L3の移動量の比が大きくなると、レンズ全体に対する第3レンズ群L3の屈折力が低下し、防振レンズ群の十分な防振係数を得ることが困難になる。

【0057】

条件式(4)は、第4aレンズ群L4aの最も像面側にあるレンズ面の曲率半径と第4b

50

レンズ群 L 4 b の最も物体側にあるレンズ面の曲率半径との差を規定するものである。

【 0 0 5 8 】

条件式 (4) の下限値を超え、R 4 a r に対する R 4 b f の比が小さくなると、最も像面側のレンズ径を抑え、かつ、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 a レンズ群 L 4 a との間隔を確保しつつ防振レンズ群の十分な防振係数を得ることが困難となる。また、上限値を超え、R 4 a r に対する R 4 b f の比が大きくなると、第 4 a レンズ群 L 4 a の最も像面側のレンズ面で発生した大きなコマ収差、非点収差を第 4 b レンズ群 L 4 b のもっとも物体側のレンズ面で打ち消す作用が崩れてしまう。

【 0 0 5 9 】

また、第 4 レンズ群 L 4 の任意の面のいずれについても非球面を使用しない場合には、コマ収差や非点収差の補正が容易ではなくなるため、条件式 (4) の上限値の範囲はさらに条件式 (4 a) の範囲に規制されることが好ましい。

10

【 0 0 6 0 】

条件式 (5) は、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を規定するものであって、レンズの小型化と良好な収差補正とを両立させるためのものである。

【 0 0 6 1 】

条件式 (5) の下限値を超え、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離が短くなると、軸上色収差やコマ収差を無限遠物体から等倍付近の近距離物体にわたるフォーカス範囲全域において良好に補正することが困難になる。また、条件式 (5) の上限値を超え、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離が長くなると、収差補正に対しては有利になるが、レンズ系の全長や開放絞りの最大径が大きくなってしまふ。

20

【 0 0 6 2 】

条件式 (6) は、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を規定するものであって、レンズ系の小型化と良好な収差補正とを両立させるためのものである。

【 0 0 6 3 】

条件式 (6) の下限値を超え、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離が短くなると、合焦させる物体距離によって諸収差が激しく変動し、コマ収差を無限遠物体から等倍付近の近距離物体にわたる合焦範囲全域において良好に補正することが困難になる。また、条件式 (6) の上限値を超え、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離が長くなると、一定の撮影倍率を確保するためのフォーカスレンズ群の移動量が大きくなり、レンズ系の全長が大きくなってしまふ。

30

【 0 0 6 4 】

条件式 (7) は、第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を規定するものであって、レンズ系の小型化と良好な収差補正とを両立させるためのものである。

【 0 0 6 5 】

条件式 (7) の下限値を超え、第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離が短くなると、コマ収差をはじめとする諸収差が大きくなることに加えて、第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間隔を確保することが困難となる。また、条件式 (7) の上限値を超え、第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離が長くなると、一定の撮影倍率を確保するためのフォーカスレンズ群の移動量が大きくなり、レンズ系の全長が大きくなってしまふ。

40

【 0 0 6 6 】

条件式 (8) は、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離を規定するものであって、防振レンズ群の十分な防振係数の確保と防振時の収差補正とを両立させるためのものである。

【 0 0 6 7 】

条件式 (8) の下限値を超え、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離が短くなると、第 3 レンズ群 L 3 の屈折力を抑えつつ開放絞りの最大径を小さくすることが困難となる。また、条件式 (8) の上限値を超え、第 4 レンズ群 L 4 の焦点距離が長くなると、収差補正に対しては有利になるが、最も像面側のレンズの径を抑えつつ防振レンズ群の十分な防振係数を得ることが困難になる。

【 0 0 6 8 】

条件式 (9) は、防振レンズ群の防振係数を規定するものである。

50

【0069】

条件式(9)の下限値を超え、防振レンズ群の防振係数が小さくなると、第4aレンズ群L4aの光軸に対して垂直方向への移動で発生する収差の補正は容易になるが、像ぶれを補正するのに必要な第4aレンズ群L4aの移動量が大きくなり、防振レンズ群の駆動機構が大型化するので好ましくない。また、条件式(9)の上限値を超え、防振レンズ群の防振係数が大きくなると、第4aレンズ群L4aの光軸に対する垂直方向への移動で発生する収差の補正が困難になる。

【0070】

なお、各実施形態において、さらに条件式(3)の数値範囲を次のように設定することが好ましい。

$$(3a) \quad 0.25 < |S3 / S2| < 0.7$$

【0071】

以下、本発明の数値実施例1乃至数値実施例6について説明する。

【0072】

各数値実施例において、[全体諸元]中のfは焦点距離、FnoはFナンバー、 2θ は画角(単位:度)を表す。また、[レンズ諸元]中の第1列の番号Nは物体側から数えたレンズ面の面番号、第2列Rはレンズ面の曲率半径、第3列Dはレンズ面間隔、第4列ndはd線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する屈折率、第5列dはd線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対するアッペ数を表す。また、R=0.0000は平面を表し、Bfはバックフォーカス、「絞り」は絞り面、「フレアカット絞り」はフレアカット絞り面を示し、「*」印は非球面を示し、空気の屈折率nd=1.0000はその記載を省略する。[可変間隔]では、各撮影距離に対する可変間隔を示す。

【0073】

また、図中のd線、g線、C線はそれぞれの波長に対する収差であり、Sはサジタル像面、Mはメリジオナル像面を示す。

【0074】

[非球面係数]では、面番号Nのレンズ面の非球面形状を次式で表した場合の、非球面係数を表す。

$$z = \frac{y^2}{r} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{1 - (y/r)^2(1+K)}} + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10}$$

【0075】

ただし、zはレンズ面の頂点を基準にしたときの光軸からの高さyの位置における光軸方向への偏移量を示し、Kはコーニク係数を示し、A4、A6、A8、A10は非球面係数を示し、rは基準球面の曲率半径を示す。また、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「-4.7168E-06」は「 -4.7168×10^{-6} 」を示す。

【0076】

以下、全ての数値実施例において、記載されている焦点距離、曲率半径、レンズ面間隔、及びその他の長さの単位については、特記のない場合「mm」を使用するが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、単位は「mm」に限られるものではない。

【実施例1】

【0077】

(数値実施例1)

10

20

30

40

[レンズ諸元]

	R	D	nd	Vd
[1]	189.2930679	4.883329501	1.487489	70.4412
[2]	-647.0850268	0.15		
[3]	71.81050974	7	1.496997	81.6084
[4]	911.6696121	0.15		
[5]	81.81109534	1.5	1.806105	40.7344
[6]	43.74288066	8.920726817	1.496997	81.6084
[7]	285.8345443	0.15		
[8]	74.25633835	6.854456362	1.496997	81.6084
[9]	-168.4167491	1	1.806105	40.7344
[10]	337.2944898	可変		
[11]	652.4902144	1	1.56732	42.8418
[12]	48.79196547	3.28588061		
[13]	-496.4207246	1	1.516798	64.1983
[14]	36.17267722	0.561288676		
[15]	40.30847197	3.8	1.846663	23.7848
[16]	123.5031611	1.194809882		
[17]	-4362.787469	1	1.713	53.9389
[18]	80.67702019	可変		
[19]	無限	可変		
[20]	122.8746443	3.880616285	1.72916	54.6735
[21]	-94.58442235	0.15		
[22]	-895.5479456	1	1.72825	28.3205
[23]	50.4510485	4.831453498	1.496997	81.6084
[24]	-153.4686949	0.15		
[25]	57.59472163	3.40815964	1.72916	54.6735
[26]	345.4664059	可変		
[27]	85.30852776	3.8	1.805181	25.4564
[28]	-145.0892498	1	1.8042	46.5025
[29]	51.46690414	2.026840393		
[30]	477.7508595	1	1.72916	54.6735
[31]	33.38798729	3.823080427		
[32]	44.43400524	3.749692491	1.58313	59.4609
[33]	175.5589432	0.15		
[34]	48.8261592	5	1.62588	35.7406
[35]	128.8238187	3.332121988		
[36]	-56.39081649	1	1.805181	25.4564
[37]	-148.2989684	Bf(可変)		

10

[全体諸元]

	倍率		
	0	0.5	1
f	149.6356	105.0013	72.3405
Fno	2.9137	4.4322	5.7588
2ω	16.389	8.2972	3.7844
LT	190.9658	190.9659	190.9658

20

[可変間隔]

	撮影距離		
	∞	321.8369	200.9984
D10	7.3505	19.3468	33.4762
D18	34.1323	22.136	8.0066
D19	17.7277	8.522	2.0282
D26	3.5027	12.7083	19.2021
Bf	47.5002	47.5003	47.5002

30

[非球面係数]

	[32]
K	1.479168E+00
A4	-4.721210E-07
A6	-2.039808E-10
A8	-1.934443E-12
A10	0.000000E+00

【実施例 2】

【0078】

(数値実施例 2)

【レンズ諸元】

	R	D	nd	Vd
[1]	330.5852117	3.9618575	1.487489	70.4412
[2]	-482.4491047	0.15		
[3]	85.72490683	6.131353628	1.496997	81.6084
[4]	3284.929353	0.15		
[5]	92.25026746	2	1.91082	35.25
[6]	54.06269263	7.960115073	1.496997	81.6084
[7]	524.0158133	0.15		
[8]	69.81909659	7.418679145	1.496997	81.6084
[9]	-166.3205092	1.5	1.806105	40.7344
[10]	530.2772643	可変		
[11]	354.1247486	1	1.713	53.9389
[12]	62.75166146	2.991381244		
[13]	-430.6824888	1	1.54072	47.2007
[14]	45.8900415	4.038860559	1.846663	23.7848
[15]	191.4868347	1.244524583		
[16]	-398.3123649	1	1.516798	64.1983
[17]	52.22546198	可変		
[18]	無限	可変		
[19]	471.604631	2.966623243	1.72916	54.6735
[20]	-117.2976832	0.15		
[21]	-826.7621688	1	1.74077	27.7605
[22]	57.56625763	5.467069835	1.496997	81.6084
[23]	-134.1559008	0.15		
[24]	62.16895679	4.52001708	1.72916	54.6735
[25]	-249.6769271	可変		
[26]	78.05561242	3.969211887	1.784719	25.7208
[27]	-175.7271911	1	1.7725	49.6243
[28]	52.60376722	2.343565419		
[29]	1080.062978	1	1.72916	54.6735
[30]	34.94853527	3.820672725		
* [31]	44.90896689	0.1	1.5184	52.0743
[32]	43.46784641	4.479005572	1.589129	61.2526
[33]	788.0719498	0.15		
[34]	47.58395453	5	1.72916	54.6735
[35]	77.84431471	3.120689239		
[36]	-95.28950362	1	1.903658	31.315
[37]	436.9198846	Bf(可変)		

10

【全体諸元】

	倍率		
	0	0.5	1.0
f	149.924	105.0933	72.8231
Fno	2.9136	4.4311	5.7506
2 ω	16.9578	8.696	3.8696
LT	196.9656	196.9656	196.9656

20

【可変間隔】

	撮影距離		
	∞	320.5862	197.938
D10	7.0003	19.4262	33.9782
D17	36.041	23.615	9.0631
D18	19.2134	10.0047	3
D25	3.5004	12.7091	19.7138
Bf	50.2769	50.2769	50.2769

30

【非球面係数】

[31]	
K	1.736112E+00
A4	-1.088330E-06
A6	-1.058117E-09
A8	-3.263185E-12
A10	0.000000E+00

【実施例 3】

【0079】

(数値実施例 3)

[レンズ諸元]

	R	D	nd	Vd
[1]	238.7875625	4.432992786	1.487489	70.4412
[2]	-393.7283508	0.15		
[3]	72.44113201	6.607171005	1.496997	81.6084
[4]	1636.79232	0.15		
[5]	86.72630486	1.5	1.91082	35.25
[6]	45.85111115	9	1.496997	81.6084
[7]	846.1669931	0.15		
[8]	83.5803837	7	1.487489	70.4412
[9]	-135.5266058	3.81846163	1.7725	49.6243
[10]	877.1733628	可変		
[11]	-308.9246722	2.081072722	1.713	53.9389
[12]	76.62129778	1.160137764		
[13]	142.5102536	1	1.58144	40.8907
[14]	32.04005813	1.028059456		
[15]	34.07135856	4.653003665	1.846663	23.7848
[16]	88.48486729	1.503957752		
[17]	470.1234914	1	1.51823	58.9609
[18]	52.3644355	可変		
[19]	無限	可変		
[20]	1632.978229	4.934983873	1.496997	81.6084
[21]	-40.98724106	0.15		
[22]	-42.80742427	0.999999999	1.846663	23.7848
[23]	-71.33765429	0.15		
[24]	272.6620703	3.733389247	1.72916	54.6735
[25]	-73.79212711	可変		
[26]	-245.3007852	3.999999999	1.846663	23.7848
[27]	-76.85278302	1.058241209		
[28]	-58.66740573	1.499999998	1.56384	60.8301
[29]	30.33760784	0.1	1.5184	52.0743
* [30]	28.748836	4.145349227		
[31]	40.6181779	5.000000001	1.5184	52.0743
[32]	-2690.203806	0.15		
[33]	42.77818184	5	1.72916	54.6735
[34]	72.67065556	3.658238939		
[35]	-74.39380233	2.665673373	1.903658	31.315
[36]	3043.209163	Ef(可変)		

10

[全体諸元]

	倍率		
	0	0.5	1.0
f	148.8486	112.6649	78.3803
Fno	2.9124	4.4304	5.7572
2ω	16.366	7.8288	3.382
LT	192.9656	192.9692	192.9796

20

[可変間隔]

	撮影距離		
	∞	347.5043	208.101
D10	3	18.361	34.9137
D18	35.2655	19.9046	3.3518
D19	12.6084	6.7122	2.4707
D25	3.7322	9.6284	13.87
Bf	55.8787	55.8823	55.8928

30

[非球面係数]

	[30]
K	-1.171113E+00
A4	2.247755E-06
A6	-2.776285E-10
A8	-2.657186E-12
A10	4.496023E-15

【実施例 4】
【 0 0 8 0 】
(数値実施例 4)

[レンズ諸元]

	R	D	nd	Vd
[1]	145.7343357	5.328653481	1.487489	70.4412
[2]	-453.8048406	0.15		
[3]	76.03219032	6.429624479	1.496997	81.6084
[4]	2560.38579	0.15		
[5]	72.68041724	1.496136582	1.91082	35.25
[6]	44.86859609	8.218141517	1.496997	81.6084
[7]	237.3682848	0.15		
[8]	78.18075303	6.854507952	1.487489	70.4412
[9]	-147.9909598	0.993061298	1.7725	49.6243
[10]	232.8190386	可変		
[11]	1462.357506	1	1.713	53.9389
[12]	57.07766009	1.761297723		
[13]	127.3506772	1	1.61293	36.9606
[14]	31.55096948	0.327760732		
[15]	32.60959249	6.162385399	1.846663	23.7848
[16]	566.4761601	0.921444021		
[17]	-275.665524	1	1.806099	33.2694
[18]	56.4699939	可変		
[19]		無限	可変	
[20]	119.4857675	4.147981359	1.72916	54.6735
[21]	-79.16244551	0.15		
[22]	-138.5637063	1	1.72825	28.3205
[23]	54.44477661	4.785209372	1.496997	81.6084
[24]	-99.65631173	0.15		
[25]	52.72738446	3.433729725	1.72916	54.6735
[26]	1420.93974	可変		
[27]	65.01819936	1.067565477	1.713	53.9389
[28]	28.98133513	4.02510398		
[29]	-86.03144317	2.839158283	1.846663	23.7848
[30]	-37.50065007	0.275372964		
[31]	-35.59511273	1	1.72916	54.6735
[32]	45.8972693	3.5		
[33]	55.04727147	3.833995086	1.768015	49.2414
[34]	-671.368048	0.15		
[35]	48.68609232	5	1.806105	40.7344
[36]	92.29748883	3.327740734		
[37]	-67.95978672	1	1.846663	23.7848
[38]	-115.4850623	Bf(可変)		

10

[全体諸元]

	倍率		
	0	0.5	1.0
f	150.0103	108.1446	76.2392
Fno	2.9136	4.4331	5.7479
2 ω	16.3488	9.0392	4.6398
LT	184.2986	184.2992	184.3009

20

[可変間隔]

	撮影距離		
	∞	327.2328	198.3429
D10	3.0009	15.8339	31.2143
D18	31.5452	18.7122	3.3318
D19	12.7895	6.5426	2.0702
D26	3.5	9.7469	14.2193
Bf	51.8341	51.8347	51.8364

30

[非球面係数]

	[33]
K	8.324429E-02
A4	5.812232E-08
A6	2.040572E-10
A8	-3.278770E-13
A10	0.000000E+00

【実施例 5】
【0081】
(数値実施例 5)

【レンズ諸元】

	R	D	nd	Vd
[1]	228.2243235	4.4683041	1.487489	70.4412
[2]	-361.1443321	0.15		
[3]	70.48863579	6.662496335	1.496997	81.6084
[4]	-15940.12791	0.15		
[5]	72.37050499	1.5	1.91082	35.25
[6]	43.93622362	8.252096671	1.496997	81.6084
[7]	261.7264603	0.15		
[8]	77.28963287	6.915901098	1.487489	70.4412
[9]	-136.378765	1	1.7725	49.6243
[10]	293.6774841	可変		
[11]	-1682.809162	1.64826459	1.713	53.9389
[12]	62.00706527	1.563030963		
[13]	132.4472473	1	1.59551	39.2206
[14]	30.83176042	0.304937912		
[15]	31.72179603	6.040730995	1.846663	23.7848
[16]	262.42429	0.823330335		
[17]	-842.2975323	1	1.806099	33.2694
[18]	50.62756423	可変		
[19]	無限	可変		
[20]	199.5284045	4.013729285	1.72916	54.6735
[21]	-67.36051065	0.15		
[22]	-85.21176892	1	1.68893	31.1605
[23]	53.92036628	4.602627354	1.496997	81.6084
[24]	-133.7489222	0.15		
[25]	65.91717845	3.82865663	1.72916	54.6735
[26]	-181.1319049	可変		
[27]	47.99691604	1.075765413	1.713	53.9389
[28]	29.48431637	3.947026975		
[29]	-255.4847843	2.902690526	1.846663	23.7848
[30]	-58.96660174	0.408379092		
[31]	-51.13060659	1	1.72916	54.6735
[32]	44.22125521	3.5		
[33]	47.10723822	3.726222703	1.713	53.9389
[34]	275.728103	0.3		
[35]	42.82479671	5.5	1.7725	49.6243
[36]	63.09222406	4.055981564		
[37]	-64.56481119	1	1.806105	40.7344
[38]	-133.1307745	Bf(可変)		

10

20

【全体諸元】

	倍率		
	0	0.5	1.0
f	149.8295	104.3926	72.2818
Fno	2.9137	4.4314	5.7535
2 ω	16.368	9.0744	4.7946
LT	182.9657	182.9659	182.9657

【可変間隔】

	撮影距離		
	∞	332.0605	200.8505
D10	3.0008	15.54	30.0144
D18	30.4462	17.9069	3.4325
D19	14.2767	7.2593	2.2431
D26	3.5	10.5174	15.5336
Bf	48.9518	48.9521	48.9519

30

【実施例 6】

【0082】

(数値実施例 6)

[レンズ諸元]

	R	D	nd	Vd
[1]	99.34795518	7.000000002	1.487489	70.4412
[2]	-1147.213588	0.1499999999		
[3]	89.16479443	5.919157734	1.496997	81.6084
[4]	2145.227002	0.15		
[5]	71.54023772	1.5	1.91082	35.25
[6]	42.95108837	8.79378115	1.496997	81.6084
[7]	262.6828375	0.15		
[8]	81.91745714	6.999999999	1.487489	70.4412
[9]	-126.5325436	1	1.7725	49.6243
[10]	297.5943966	可変		
[11]	2908.660817	1	1.713	53.9389
[12]	66.65752324	1.013830583		
[13]	101.577626	1	1.60342	38.0106
[14]	28.53036079	0.289787837		
[15]	29.20410422	5.964202246	1.846663	23.7848
[16]	141.6711792	1.061370861		
[17]	1986.645301	1.954257085	1.806099	33.2694
[18]	45.8310224	可変		
[19]	無限	可変		
[20]	111.1783393	3.429030784	1.72916	54.6735
[21]	-115.7389318	0.15		
[22]	-2197.217855	1.000000002	1.846663	23.7848
[23]	69.82700897	4.409773809	1.496997	81.6084
[24]	-69.22826682	0.15		
[25]	42.3843404	3.079800897	1.72916	54.6735
[26]	151.8712046	可変		
[27]	117.2909613	1	1.713	53.9389
[28]	28.68265811	3.398285469		
[29]	-145.2862987	2.664279363	1.846663	23.7848
[30]	-46.5789124	0.436803491		
[31]	-40.02370157	1.000000001	1.72916	54.6735
[32]	45.42389612	3.500000001		
[33]	56.72157866	2.815639795	1.72916	54.6735
[34]	176.6257091	0.1499999995		
[35]	49.55284629	3.638702347	1.806105	40.7344
[36]	332.5612114	2.018396948		
[37]	-81.26689343	1.000000004	1.846663	23.7848
[38]	-140.6899126	Bf(可変)		

10

20

[全体諸元]

	倍率		
	0	0.5	1.0
f	149.7978	106.7598	73.7823
Fno	2.9138	4.4299	5.7534
2ω	16.3714	8.2762	3.7008
LT	178.966	178.966	178.9665

[可変間隔]

	撮影距離		
	∞	321.0801	193.8927
D10	3	16.9006	34.0128
D18	34.3876	20.487	3.3749
D19	10.6993	5.5558	2.1032
D26	3.5	8.6435	12.0962
Bf	49.592	49.592	49.5945

30

【 0 0 8 3 】

[条件式対応値表]

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1) f4a/f	0.258192569	0.277776073	0.310171066	0.171288905	0.224423762	0.155937537
(2) f4b/f	0.638117534	0.708500974	0.530837792	0.347045503	0.46887095	0.360021309
(3) ΔS3/ΔS2	0.600921698	0.600988216	0.317658818	0.379936484	0.445464507	0.2771791
(4) f/R4ar-f/R4bf	1.114127701	0.95145286	1.522954504	0.543274889	0.207573731	0.656843809
(5) f1/f	0.500137668	0.507813959	0.49230223	0.495074005	0.483528945	0.500004005
(6) f2/f	0.309170411	0.330524799	0.345787014	0.340797265	0.33159558	0.338446226
(7) f3/f	0.311605661	0.324805235	0.392940608	0.284781778	0.316663941	0.25229743
(8) f4/f	0.405201035	0.400955818	0.636403009	0.396018807	0.421614569	0.337540338
(9) (Δx/ΔH)	1.6	1.6	1.6	2.4	1.9	2.4

【符号の説明】

【 0 0 8 4 】

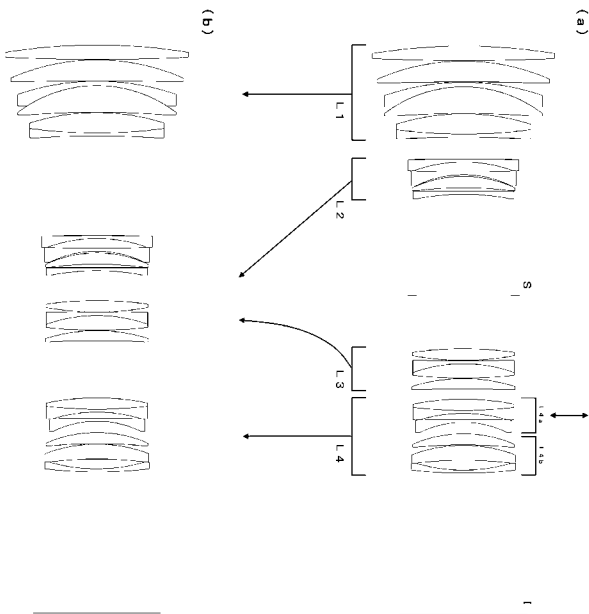
- L 1 第1レンズ群
- L 2 第2レンズ群
- L 3 第3レンズ群
- L 4 第4レンズ群
- L 4 a 第4レンズ群を構成する前群の第4 aレンズ群
- L 4 b 第4レンズ群を構成する後群の第4 bレンズ群
- S 開口絞り
- I 像面
- d d線

40

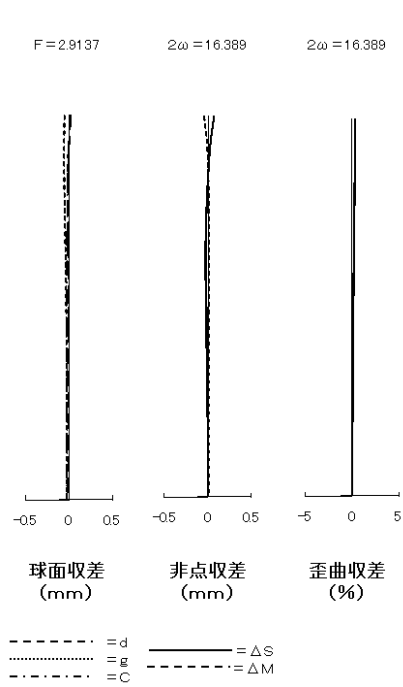
50

C C線
g g線
Fno Fナンバー
S サジタル像面
M メリジオナル像面
Y 像高

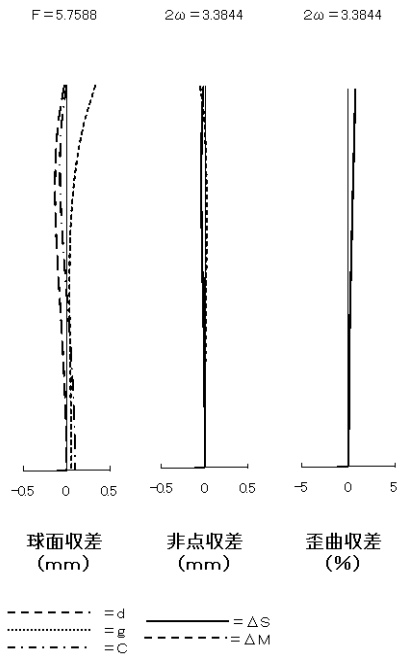
【図1】



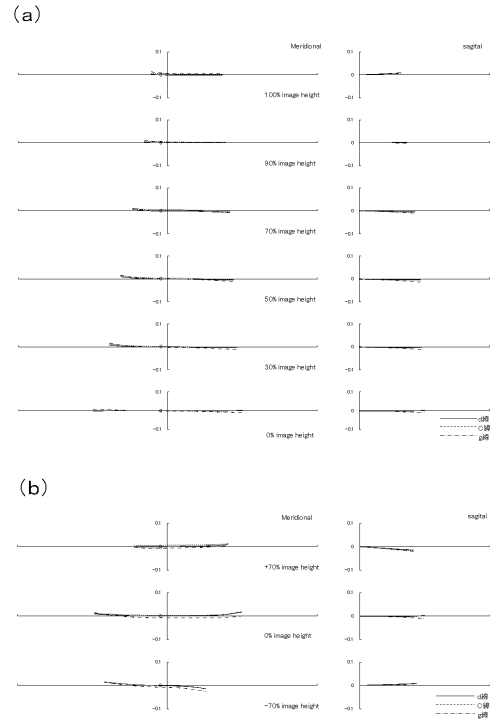
【図2】



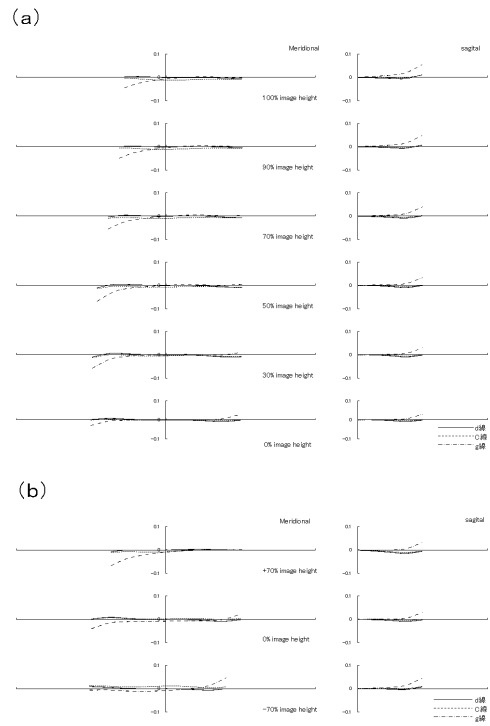
【 図 3 】



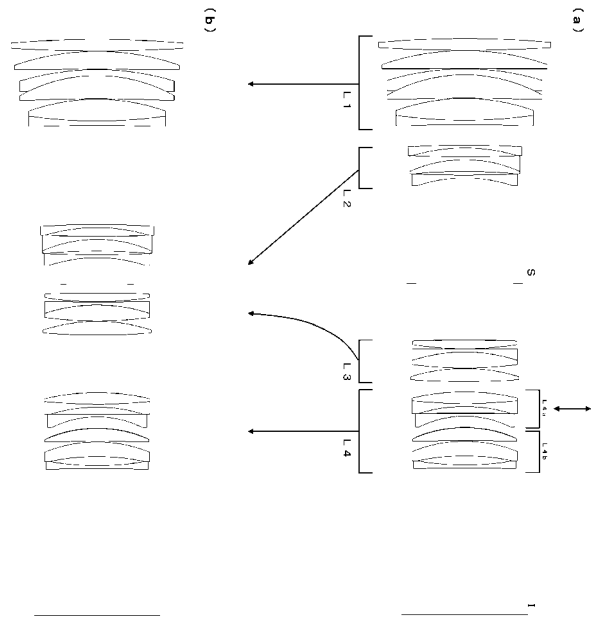
【 図 4 】



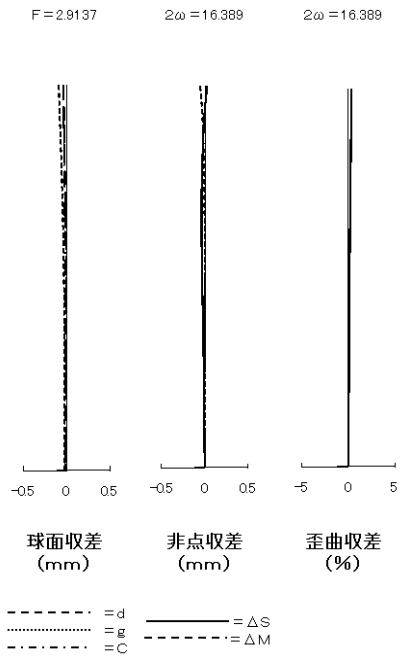
【 図 5 】



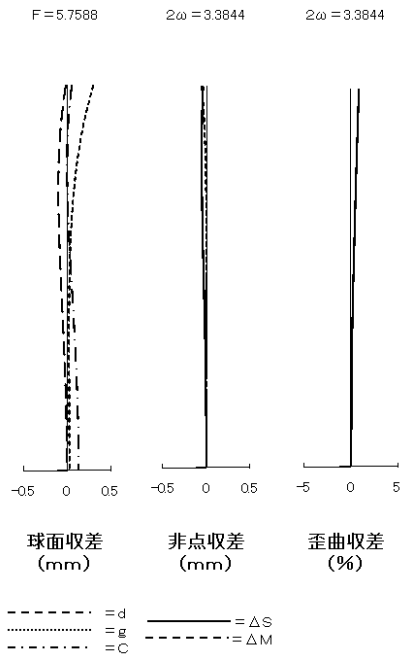
【 図 6 】



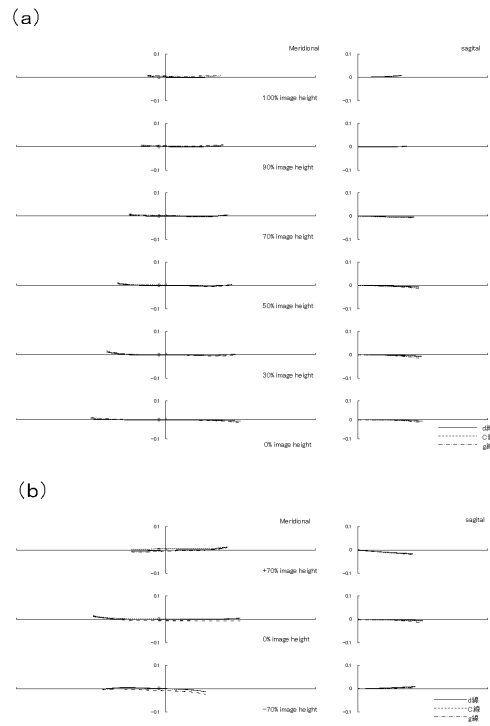
【 図 7 】



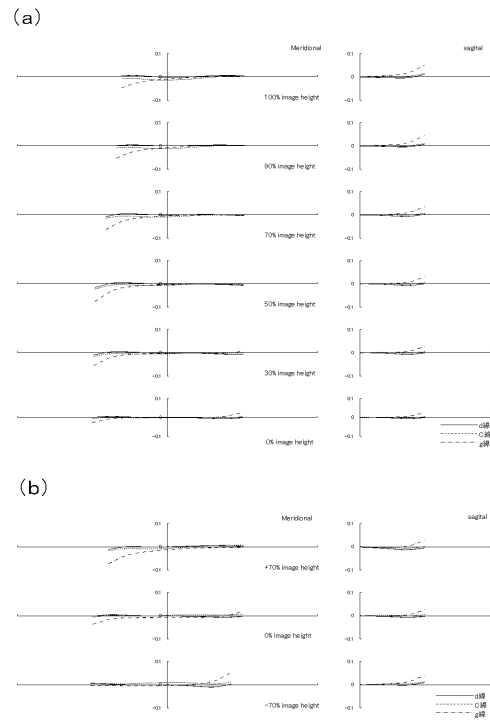
【 図 8 】



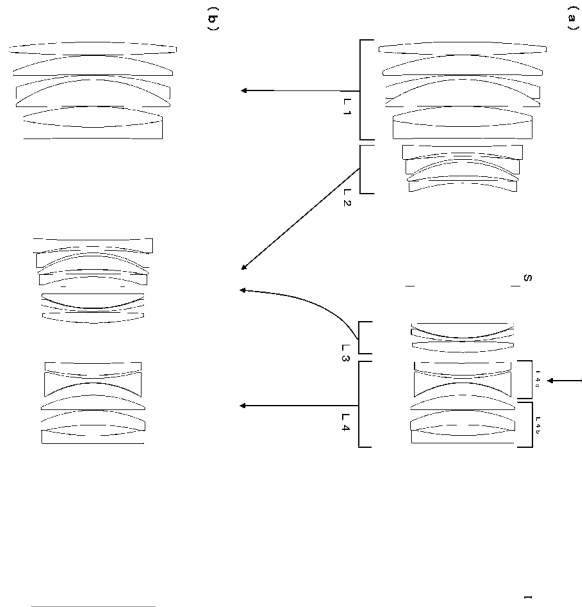
【 図 9 】



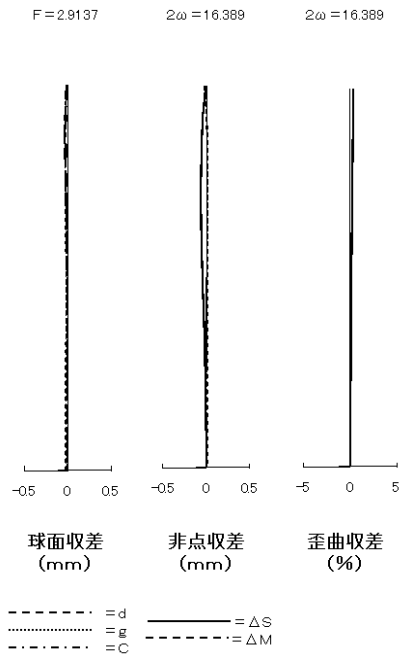
【 図 10 】



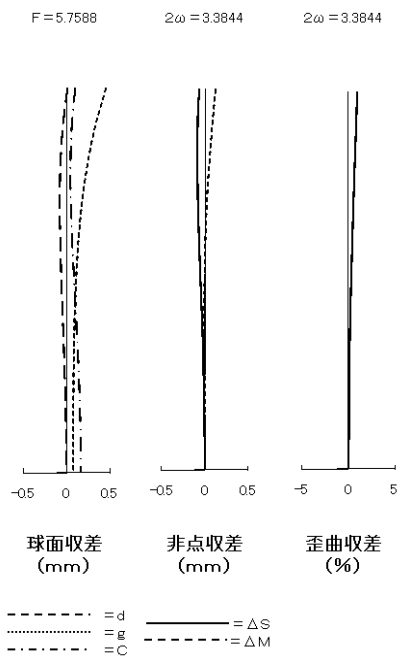
【 図 1 1 】



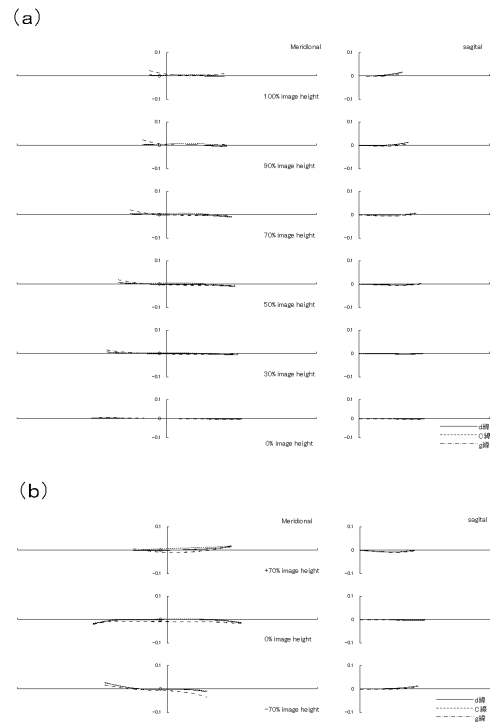
【 図 1 2 】



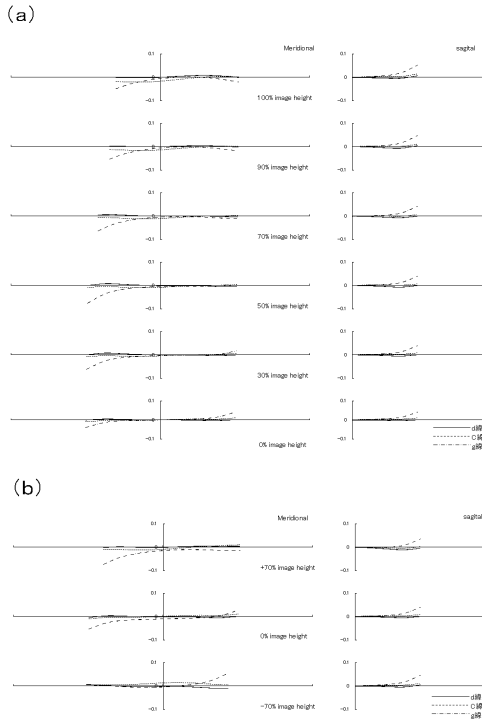
【 図 1 3 】



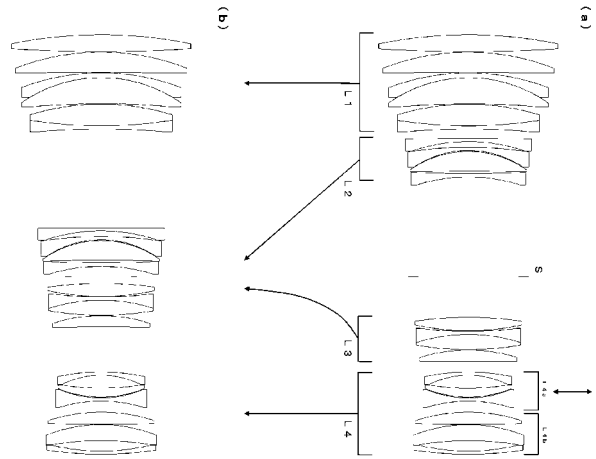
【 図 1 4 】



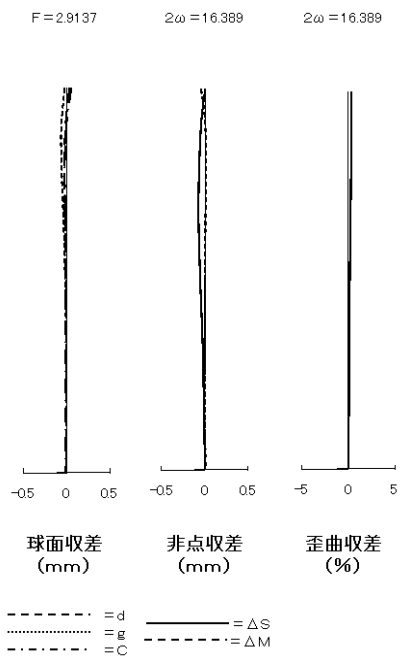
【 15 】



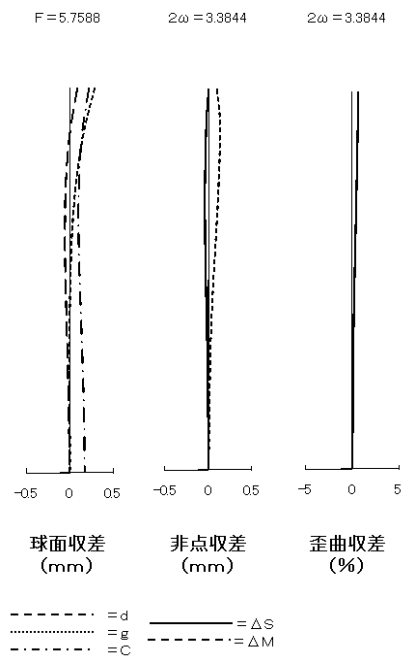
【 16 】



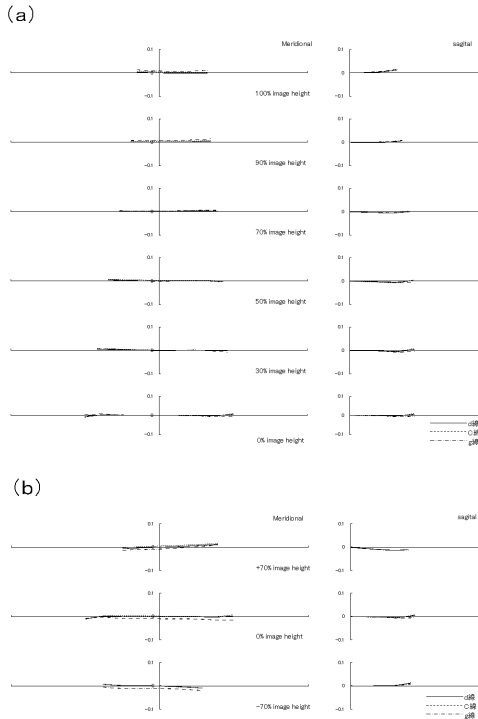
【 17 】



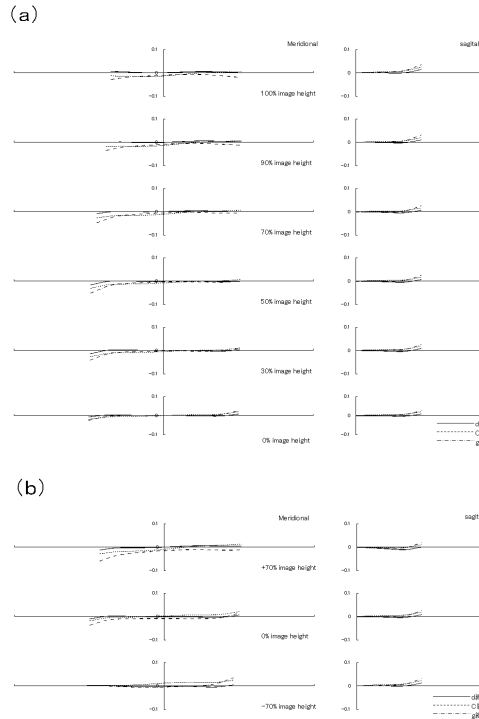
【 18 】



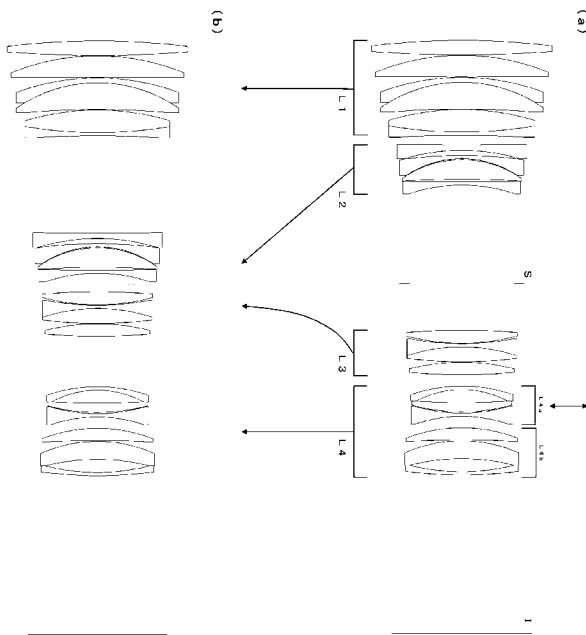
【 図 19 】



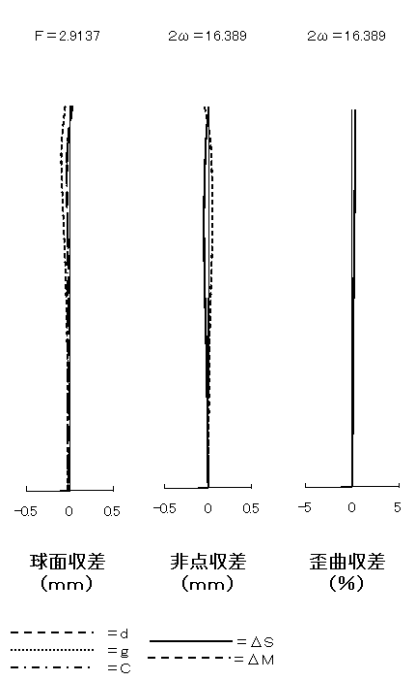
【 図 20 】



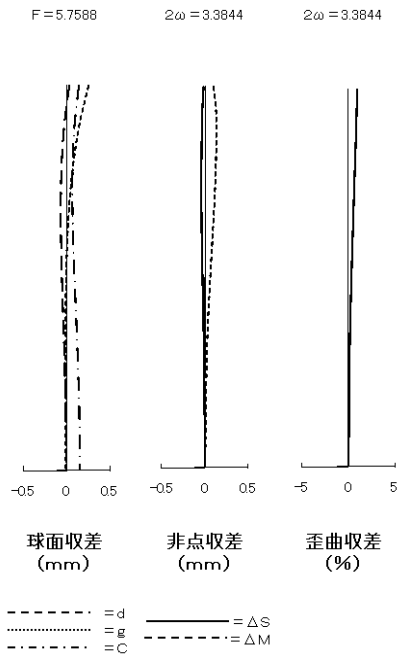
【 図 21 】



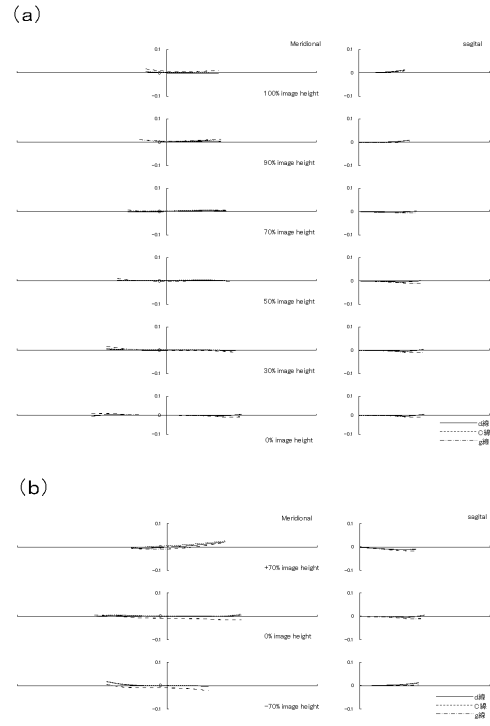
【 図 22 】



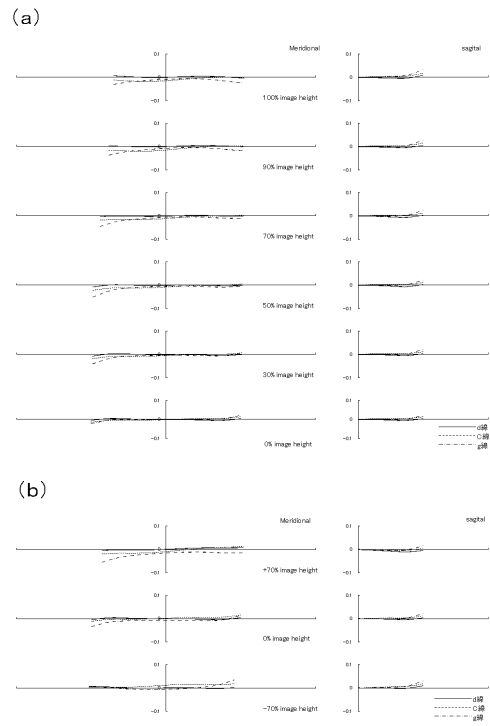
【 図 2 3 】



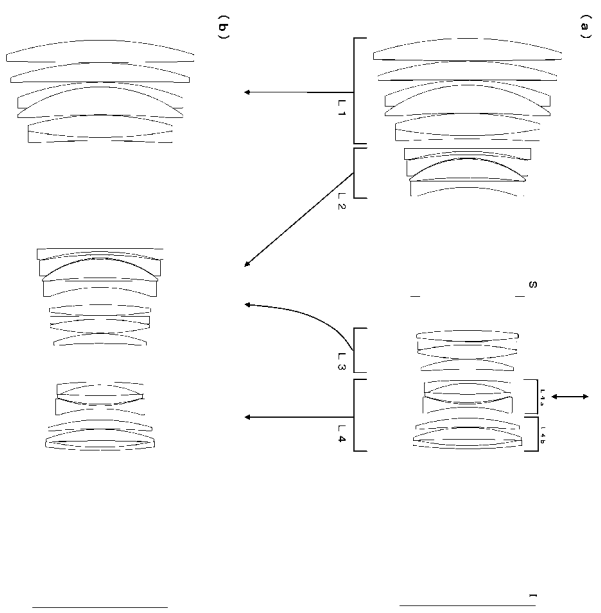
【 図 2 4 】



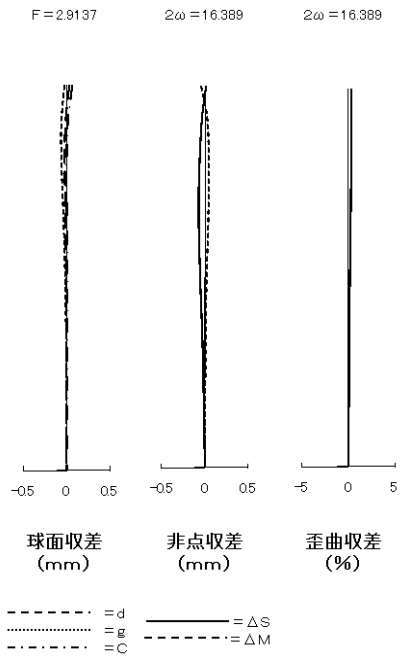
【 図 2 5 】



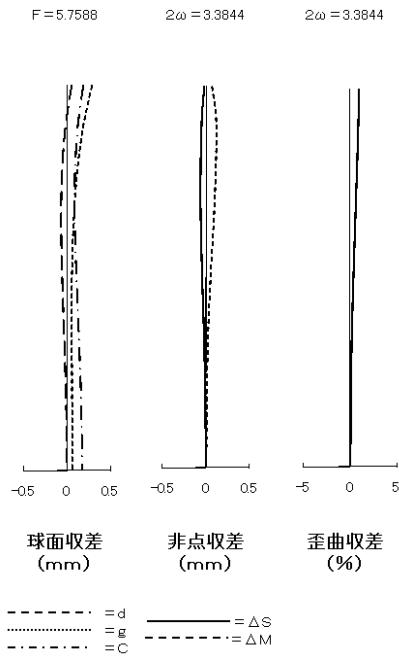
【 図 2 6 】



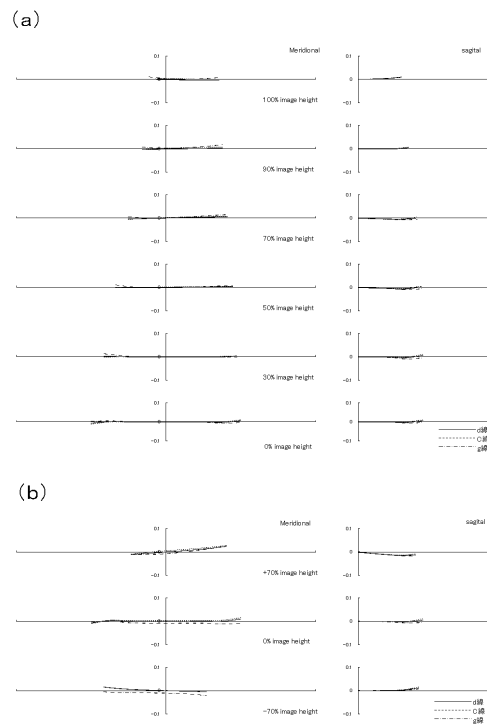
【 図 27 】



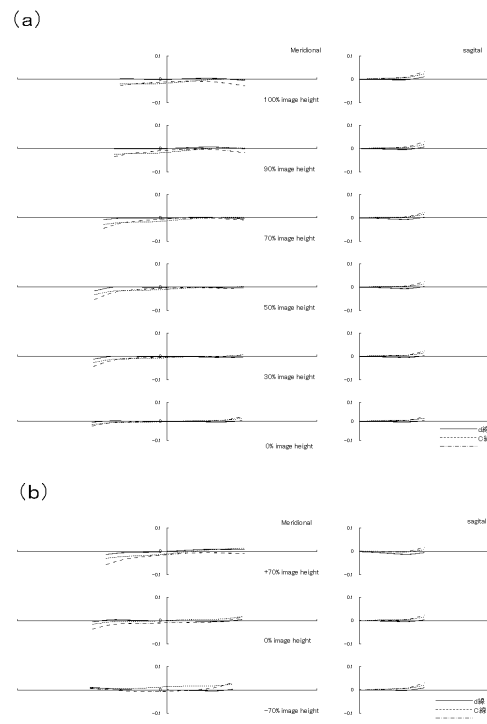
【 図 28 】



【 図 29 】



【 図 30 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-021798(JP,A)
特開2003-329924(JP,A)
特開平04-110811(JP,A)
特開2001-272601(JP,A)
特開2006-106112(JP,A)
特開2009-063715(JP,A)
特開2010-002790(JP,A)
特開2009-175202(JP,A)
特開2009-288384(JP,A)

(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