

(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2012-234169

(P2012-234169A)

(43) 公開日 平成24年11月29日(2012.11.29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	2K005
GO3B 5/00 (2006.01)	GO3B 5/00	J

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2012-95040 (P2012-95040)
 (22) 出願日 平成24年4月18日 (2012.4.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-91864 (P2011-91864)
 (32) 優先日 平成23年4月18日 (2011.4.18)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 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

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 MA07 NA07 PA05
 PA06 PA07 PA19 PA20 PB07
 PB08 PB10 QA02 QA06 QA07
 QA12 QA14 QA17 QA21 QA22
 QA26 QA32 QA34 QA41 QA42
 QA45 QA46 RA05 RA13 RA32
 2K005 CA23

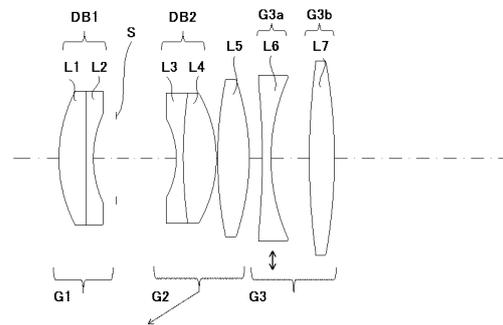
(54) 【発明の名称】 防振機構を備えた結像光学系

(57) 【要約】

【課題】 大型の撮像素子に対応でき、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない防振機構を備えた結像光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力の第2レンズ群G2と、負の屈折力の第3レンズ群G3より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群G2が光軸に沿って物体側へ移動し、第3レンズ群G3は少なくとも1枚ずつの正レンズと負レンズを有し、第3レンズ群G3一部または全てを光軸と直交する方向に移動させることによって防振を行い、さらに所定の条件式を満足させる。

【選択図】 図1



【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、開口絞りと、正の屈折力の第 2 レンズ群と、負の屈折力の第 3 レンズ群より構成され、

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記第 2 レンズ群が光軸に沿って物体側へ移動し、前記第 3 レンズ群は物体側から順に負の屈折力の 3 a 群と正の屈折力の 3 b 群よりなって、前記 3 a 群を光軸と直交する方向に移動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構を備えた結像光学系。

$$(1) 1.20 < f_1 / f_{23} < 7.50$$

$$(2) 0.01 < |f_2 / f_3| < 0.35$$

$$(3) 0.90 < |f_{3a} \times f_{3b} / f^2| < 6.50$$

ただし、

f_i : 第 i レンズ群の焦点距離

f_{23} : 第 2 レンズ群と第 3 レンズ群の無限遠合焦時における合成焦点距離

f_{3a} : 3 a 群の焦点距離

f_{3b} : 3 b 群の焦点距離

f : 結像光学系全系の無限遠合焦時における焦点距離

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズ DB 1 を有し、前記第 2 レンズ群は、物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ DB 2 と両凸形状の正レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の防振機構を備えた結像光学系。

$$(4) |R_{DB1} / f| > 1.00$$

$$(5) |R_{DB2} / f| > 0.85$$

ただし、

R_{DB1} : 接合レンズ DB 1 の接合面の曲率半径

R_{DB2} : 接合レンズ DB 2 の接合面の曲率半径

【請求項 3】

前記接合レンズ DB 1 は、前記第 1 レンズ群に含まれる接合レンズのうち最も像側に位置することを特徴とする請求項 2 に記載の防振機構を備えた結像光学系。

【請求項 4】

下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の防振機構を備えた結像光学系。

$$(6) 0.800 < n_{3a} / n_{3b} < 0.990$$

ただし、

n_{3a} : 3 a 群を構成する負レンズの屈折率の最大値

n_{3b} : 3 b 群を構成する正レンズの屈折率の最小値

【請求項 5】

前記 3 b 群の最も像側に正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の防振機構を備えた結像光学系。

【請求項 6】

前記 3 a 群は 1 枚の負レンズよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の防振機構を備えた結像光学系。

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ DB 2 と両凸形状の正レンズのみから構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の防振機構を備えた結像光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明はデジタルカメラ、ビデオカメラなどに用いられる撮影レンズに好適な防振機構を備えた結像光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置の普及に伴い、撮像素子の画素数の増加が急速に進んでおり、より高画質の結像光学系が求められている。更に近年では高画質を得るために大型の撮像素子を採用するカメラが増加している。

【0003】

同じ画素数ならば、大型の撮像素子は小型のものに比べて画素あたりの面積が大きいため、ノイズの少ない良好な画像を得ることが出来る。しかし撮像素子が大きくなると、当然ながら結像光学系も大型化する傾向がある。

10

【0004】

撮像装置に広く使用される撮像素子は一般に入射角の大きな光に対して感度が低下するという特性を持つ。撮像素子に対して、周辺部まで入射角を小さく保つためにはレトロフォーカス型の屈折力配置が有利となる。

【0005】

しかし、レトロフォーカス型の屈折力配置は、撮像素子の大きさに対して結像光学系の全長が大きくなりがちである。大型の撮像素子を使用する撮像装置においては、結像光学系の全長が大きくなると撮像装置全体が大型化してしまう。

20

【0006】

従って大型の撮像素子に対応する光学系としては、撮像素子への入射角、すなわち結像光学系からの光線射出角を抑えつつ可能な限り小型化することが課題となる。

【0007】

大型の撮像素子に対応するための、画角50～60°程度のコンパクトな結像光学系としては例えば特許文献1乃至3に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2003-241084号公報

30

【0009】

【特許文献2】特開2009-258158号公報

【0010】

【特許文献3】特開2010-101979号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

前述のように大型の撮像素子に対応する結像光学系においては十分な小型化が課題となるが、小型化に伴う性能の低下や製造誤差に対する敏感度の増大を最小限に抑えることが同時に必要となる。またフォーカシングに用いるレンズ群をなるべく軽くし、アクチュエータの小型化やフォーカシングの高速化も望まれる。

40

【0012】

また画素数の多い撮像素子においては微少なブレが画像のシャープネスの低下につながるため、防振機構を搭載することが望ましい。

【0013】

特許文献1および特許文献2に記載の結像光学系は、絞りより物体側の第1レンズ群内に物体側から順に負レンズと正レンズを配置し、それらのレンズを近接して配置して合成屈折力を正とし、さらに絞りより像側の第2レンズ群を物体側の第1レンズ群よりも強い正の屈折力とすることで全長の小型化と光線射出角の抑制が達成されている。フォーカシングは3枚程度のレンズからなる正の屈折力の第2レンズ群のみで行うことによって一定

50

の軽量化が達成でき、さらにフォーカシングの高速化やアクチュエータの小型化が可能となる。

【0014】

また、特許文献1および特許文献2に記載の結像光学系は、絞りよりも物体側の第1レンズ群では最も物体側の面を物体側に凸としつつ最も像側の面を像側に凹とし、また逆に、絞りよりも像側の第2レンズ群では最も物体側の面を物体側に凹としつつ最も像側の面を像側に凸としている。

【0015】

一般に、上記のように絞りに対しコンセントリックなレンズ形状とすることにより、軸外主光線の各面への入射角を小さくして各面での非点収差やコマ収差の発生を抑制できる。また、レンズの屈折力配置が開口絞りを中心として対称に近いと第1レンズ群と第2レンズ群の間でコマ収差、歪曲、倍率色収差等を打ち消し合い、結像光学系全体として良好な収差補正を実現できる。

【0016】

しかしながら、このような第1レンズ群と第2レンズ群のみからなる構成の結像光学系では、フォーカシングに伴って第2レンズ群を移動させることにより屈折力配置が大きく変化し、諸収差、特にコマ収差や歪曲、倍率色収差の変動が大きくなるため、近距離での性能が不十分となる。

【0017】

また、これらの収差は画角が大きくなるほど大きく発生するため、その補正および変動の抑制が難しくなる。このため、この形式の結像光学系は対角線全画角が30°程度の中望遠画角において主に使用されており、対角線全画角が50°程度の標準画角に使用された例は少ない。

【0018】

また防振については特許文献2において、フォーカス群内のレンズ1枚を光軸と直交する方向に移動することで行うことが提案されているが、収差変動の敏感度が高いため、十分な性能を達成することが難しい。更にフォーカス群の機構が複雑化してフォーカス群の重量増加を招いてしまう。

【0019】

一方、特許文献3に記載の結像光学系は光学系の最も物体側に負のレンズエレメントが配置されたレトロフォーカス型の屈折力配置となっており、光線射出角を抑制している。また、フォーカシングを最も像側のレンズ1枚で行っているために非常に軽量である。

【0020】

その反面、レトロフォーカス型の屈折力配置により全長がやや長いという欠点がある。この光学系は絞りより物体側の群の合成屈折力を正として全長の短縮を図っているが、最も物体側に位置する2枚の負レンズの屈折力が大きく、絞りより物体側の群だけで強いレトロフォーカス型の屈折力配置となっているため全長の短縮が難しい。

【0021】

またフォーカス群がレンズ系の最も像側の1枚であるために、屈折力を強くして移動量の短縮を図ると、フォーカス群単体での収差補正が困難となってフォーカシングに伴う収差変動が大きくなるという問題が生じ、またフォーカス群の屈折力を弱くするとフォーカス群の移動量が大きくなって結像光学系全体の小型化に不利となる。

【0022】

また防振についての言及は無い。

【0023】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、対角線全画角がおおよそ60°から30°程度の広角から中望遠の画角領域に適し、大型の撮像素子に対応し、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない、防振機構を備えた結像光学系を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0024】

上記目的を達成するために、本発明の第1の防振機構を備えた結像光学系は、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力の第2レンズ群と、負の屈折力の第3レンズ群より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記第2レンズ群が光軸に沿って物体側へ移動し、前記第3レンズ群は物体側から順に負の屈折力の3a群と正の屈折力の3b群よりなっており、前記3a群を光軸と直交する方向に移動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。

$$(1) 1.20 < f_1 / f_{23} < 7.50$$

$$(2) 0.01 < |f_2 / f_3| < 0.35$$

$$(3) 0.90 < |f_{3a} \times f_{3b} / f^2| < 6.50$$

ただし、

f_i : 第*i*レンズ群の焦点距離

f_{23} : 第2レンズ群と第3レンズ群の無限遠合焦時における合成焦点距離

f_{3a} : 3a群の焦点距離

f_{3b} : 3b群の焦点距離

f : 結像光学系全系の無限遠合焦時における焦点距離

【0025】

また本発明の第2の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第1の防振機構を備えた結像光学系において、前記第1レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズDB1を有し、前記第2レンズ群は、物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズDB2と両凸形状の正レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする。

$$(4) |R_{DB1} / f| > 1.00$$

$$(5) |R_{DB2} / f| > 0.85$$

ただし、

R_{DB1} : 接合レンズDB1の接合面の曲率半径

R_{DB2} : 接合レンズDB2の接合面の曲率半径

【0026】

また本発明の第3の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第2の防振機構を備えた結像光学系において、前記接合レンズDB1は、前記第1レンズ群に含まれる接合レンズのうち最も像側に位置することを特徴とする。

【0027】

さらに本発明の第4の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第1乃至第3いずれかの防振機構を備えた結像光学系において、下記の条件式を満足することを特徴とする。

$$(6) 0.800 < n_{3a} / n_{3b} < 0.990$$

ただし、

n_{3a} : 3a群を構成する負レンズの屈折率の最大値

n_{3b} : 3b群を構成する正レンズの屈折率の最小値

【0028】

さらに本発明の第5の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第1乃至第4いずれかの防振機構を備えた結像光学系において、前記3b群の最も像側に正レンズを有することを特徴とする。

【0029】

さらに本発明の第6の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第1乃至第5いずれかの防振機構を備えた結像光学系において、前記3a群は1枚の負レンズよりなることを特徴とする。

【0030】

さらに本発明の第7の防振機構を備えた結像光学系は、本発明の第1乃至第6いずれかの防振機構を備えた結像光学系において、前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側

10

20

30

40

50

に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズDB2と両凸形状の正レンズのみから構成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0031】

本発明を実施の防振機構を備えた結像光学系によれば、対角線全画角がおおよそ60°から30°程度の広角から中望遠の画角領域に適し、大型の撮像素子に対応し、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない防振機構を備えた結像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例1に係るレンズ構成図である。

【図2】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図3】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図4】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図5】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図6】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図7】実施例1の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図8】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例2に係るレンズ構成図である。

【図9】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図10】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図11】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図12】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図13】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図14】実施例2の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図15】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例3に係るレンズ構成図である。

【図16】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図17】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図18】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図19】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図20】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図21】実施例3の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

10

20

30

40

50

【図 2 2】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 4 に係るレンズ構成図である。

【図 2 3】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 2 4】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における縦収差図である。

【図 2 5】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 2 6】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における横収差図である。

【図 2 7】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 2 8】実施例 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 2 9】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 5 に係るレンズ構成図である。

【図 3 0】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 3 1】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における縦収差図である。

【図 3 2】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 3 3】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における横収差図である。

【図 3 4】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 3 5】実施例 5 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 3 6】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 6 に係るレンズ構成図である。

【図 3 7】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 3 8】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における縦収差図である。

【図 3 9】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 4 0】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における横収差図である。

【図 4 1】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 4 2】実施例 6 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 4 3】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 7 に係るレンズ構成図である。

【図 4 4】実施例 7 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 4 5】実施例 7 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における縦収差図である。

【図 4 6】実施例 7 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 4 7】実施例 7 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における横収差図である。

【図 4 8】実施例 7 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

10

20

30

40

50

【図49】実施例7の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図50】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例8に係るレンズ構成図である。

【図51】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図52】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図53】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図54】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

10

【図55】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図56】実施例8の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図57】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例9に係るレンズ構成図である。

【図58】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図59】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

20

【図60】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図61】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図62】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図63】実施例9の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図64】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例10に係るレンズ構成図である。

30

【図65】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図66】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図67】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図68】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図69】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

40

【図70】実施例10の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおいて、防振群をプラス方向に0.25mm変移させた状態の横収差図である。

【図71】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例11に係るレンズ構成図である。

【図72】実施例11の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図73】実施例11の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図74】実施例11の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

50

【図 7 5】実施例 1 1 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m における横収差図である。

【図 7 6】実施例 1 1 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 7 7】実施例 1 1 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 5 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 2 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 7 8】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 1 2 に係るレンズ構成図である。

【図 7 9】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

10

【図 8 0】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における縦収差図である。

【図 8 1】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 8 2】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における横収差図である。

【図 8 3】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 8 4】実施例 1 2 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

20

【図 8 5】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 1 3 に係るレンズ構成図である。

【図 8 6】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 8 7】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における縦収差図である。

【図 8 8】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 8 9】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における横収差図である。

30

【図 9 0】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 9 1】実施例 1 3 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 9 2】本発明の防振機構を備えた結像光学系の実施例 1 4 に係るレンズ構成図である。

【図 9 3】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図 9 4】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における縦収差図である。

40

【図 9 5】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図 9 6】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m における横収差図である。

【図 9 7】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離無限遠において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 9 8】実施例 1 4 の防振機構を備えた結像光学系の撮影距離 8 0 0 m m において、防振群をプラス方向に 0 . 5 m m 変移させた状態の横収差図である。

【図 9 9】防振群の屈折力が負である場合の防振時の収差補正を説明する図である。

【図 1 0 0】防振群の屈折力が正である場合の防振時の収差補正を説明する図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明の結像光学系は、図1、図8、図15、図22、図29、図36、図43、図50、図57、図64、図71、図78、図85、及び図92に示すレンズ構成図からわかるように、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力の第2レンズ群G2と、負の屈折力の第3レンズ群G3より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群G2が光軸に沿って物体側へ移動する構成となっている。

【0034】

また、第3レンズ群G3は物体側から順に負の屈折力の3a群G3aと正の屈折力の3b群G3bから構成され、3a群G3aを光軸と直交する方向に移動させることにより防振を行う。

10

【0035】

まず、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成系における、フォーカシングに伴う収差の変動について定性的に説明する。

【0036】

一般的に、開口絞りに対して同じ側にある正の屈折力のレンズ群と負の屈折力のレンズ群の残収差の符号は逆である。また、軸外主光線通過位置が光軸から遠いほどコマ収差等の軸外収差の発生は大きくなる。

【0037】

本発明の防振機構を備えた結像光学系では、無限遠から近距離へのフォーカシングに伴い、第1レンズ群G1での軸外主光線通過位置は殆ど変化しないが、第2レンズ群G2は物体側へ移動するので第2レンズ群G2での軸外主光線通過位置はより光軸に近くなる。

20

【0038】

このため、第1レンズ群G1の発生させる収差は殆ど変化しないにも拘らず第2レンズ群の発生させる収差は小さくなり、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成系において収差変動が発生することになる。

【0039】

第1レンズ群G1と第2レンズ群G2のそれぞれの群で十分に収差を補正することが出来れば収差変動は少なくなるが、そのためにはそれぞれの群の構成枚数を増加させる必要があり、フォーカス群の軽量化という本発明の目的の一つが達成できない。

30

【0040】

そこで本発明の防振機構を備えた結像光学系では、フォーカシングに伴う収差変動を抑えるために、第2レンズ群G2の像側にフォーカシング時に移動しない負の屈折力の第3レンズ群G3を導入した。第3レンズ群G3導入による効果について説明する。

【0041】

無限遠から近距離へのフォーカシングに伴って正の屈折力の第2レンズ群G2が開口絞りSに近づくので、射出瞳は像側へ移動し、第2レンズ群G2以降の軸外主光線通過位置は光軸に近くなる。従って、第3レンズ群G3における軸外主光線通過位置は光軸に近くなり、第3レンズ群G3の発生させる収差は小さくなる。

40

【0042】

前述のように、無限遠から近距離へのフォーカシングに伴って第2レンズ群G2の発生させる収差は小さくなるので、正の屈折力の第2レンズ群G2と負の屈折力の第3レンズ群G3の発生させる収差がそれぞれ小さくなることになる。すなわち、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の発生させる収差の符号が逆符号であると、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の合成系の収差変動を抑制できる。

【0043】

上記の理由から第3レンズ群G3の屈折力を負とすることによって、フォーカシング時の第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の合成系での収差の変動を抑制でき、第1レンズ群G1も含めた結像光学系全系のフォーカシングに伴う収差変動を抑制することが可能と

50

なる。

【0044】

このように、本発明の防振機構を備えた結像光学系は、第3レンズ群の導入によってフォーカシングに伴う第2レンズ群の移動によるコマ収差等の軸外収差の変動の抑制を可能としているため、軸外収差の変動の抑制が課題となる対角線全画角50°程度の標準レンズ、またはそれ以上の画角の広角レンズに適する。また本発明の防振機構を備えた結像光学系は、軸外収差の発生が対角線全画角50°程度の標準レンズより少ない対角線全画角30°程度の中望遠レンズに対しても、当然適用可能である。

【0045】

さらに、負の屈折力の第3レンズ群G3には、フォーカシングに伴う第2レンズ群G2の移動量を抑制する、結像光学系の全長を抑制するなどの効果もあるため、結像光学系全体の小型化に寄与する。

10

【0046】

一方、前述した通り、撮像素子は入射角の大きな光に対して感度が低下するという特性を持つために、結像光学系からの光線射出角を抑制する必要がある。このため、開口絞りSを挟んで対向する正の屈折力の第1レンズ群G1と、正の屈折力の第2レンズ群G2および負の第3レンズ群G3の合成系とを比べると、第1レンズ群G1の正の屈折力の方が弱くなければならない。

【0047】

同様に、負の屈折力の第3レンズ群G3は射出瞳を像側に移動させ光線射出角を大きくする作用を持つので、第2レンズ群G2に比べて第3レンズ群G3の屈折力の方が小さくなければならない。

20

【0048】

次に防振群の配置について説明する。レンズ系後方の第3レンズ群G3においては、絞りSより後ろの正の第2レンズ群G2の作用により、軸外主光線の光軸となす角度が小さくなるために偏芯による非点収差等の収差変動が少なくなりやすく、防振群を配置するのに適する。さらに第3レンズ群G3はフォーカシングに伴う移動がなく、フォーカス群の重量増加を避けられることも好ましい。

【0049】

防振群が絞りS近傍にない場合の防振時の収差補正について、図を用いて定性的に説明する。一般に、光線の通過位置が光軸から離れるほど光線の偏角が大きくなる。すなわち単色収差の発生が大きくなるといえる。

30

【0050】

以下の説明では、標準状態の防振群入射前後の光線の偏角を θ 、シフト状態の防振群入射前後の光線の偏角を θ' 、標準状態の防振群から射出される光線が防振群の像側の群に入射する位置と結像光学系全体の光軸との距離を h 、シフト状態の防振群から射出される光線が防振群の像側の群に入射する位置と結像光学系全体の光軸との距離を h' とする。

【0051】

まず図99を用いて、防振群の屈折力が負である場合を考える。防振群の中心軸が光線の入射位置に近づく方向にシフトした場合、図からわかる通り、標準状態の偏角 θ に比べてシフト状態の偏角 θ' は小さくなり、防振群の発生させる収差の絶対値は小さくなる傾向にある。この時、防振群の屈折力が負であることから h' は h に比べて小さくなり、防振群より像側のレンズの発生させる収差の絶対値も小さくなる傾向にある。

40

【0052】

その結果、防振群と防振群より像側の群の発生させる収差の絶対値がともに小さくなるので、防振時の収差変動を抑制するためには防振群と防振群より像側の群の発生させる収差は異符号であると良い。このため、定性的には防振群と防振群より像側の群の屈折力は異符号である方が良い。

【0053】

したがって、防振群の屈折力が負である場合は防振群より像側の群の屈折力は正である

50

と良い。

【0054】

次に図100を用いて、防振群の屈折力が正である場合を考える。防振群の中心軸が光線の入射位置に近づく方向にシフトした場合、図からわかる通り、標準状態の偏角 θ に比べてシフト状態の偏角 θ' は小さくなり、防振群の発生させる収差の絶対値は小さくなる傾向にある。この時、防振群の屈折力が正であることから h' は h に比べて大きくなり、防振群より像側のレンズの発生させる収差の絶対値も大きくなる傾向にある。

【0055】

その結果、防振群の発生させる収差の絶対値は小さく、防振群より像側の群の発生させる収差の絶対値は大きくなるので、防振時の収差変動を抑制するためには防振群と防振群より像側の群の発生させる収差は同符号であると良い。このため、定性的には防振群と防振群より像側の群の屈折力は同符号である方が良い。

10

【0056】

したがって、防振群の屈折力が正である場合は防振群より像側の群の屈折力は正であると良い。

【0057】

これらのことから防振群が絞りの近傍にない場合において、防振群の屈折力の符号に関わらず、防振群より像側に正の屈折力の群を配置することによって防振時の収差変動を抑制することができる。したがって、本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第3レンズ群を負の屈折力の3a群G3aと正の屈折力の3b群G3bより構成し、3a群G3aにおいて防振を行う構成とした。第3レンズ群内の3a群G3aよりさらに物体側にレンズ群を設けても良い。ただし、機構構成が複雑化するため装置全体の小型化に不利となる。

20

【0058】

そこで、本発明の防振機構を備えた結像光学系が満たす条件式1は、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の合成系との無限遠合焦状態における焦点距離の比に関して、光学系の全長とレンズからの光線射出角とを抑制するための好ましい範囲を規定するものである。

【0059】

条件式1の下限を下回ると、第1レンズ群G1の屈折力が強くなって光線射出角の抑制が困難となる。一方、条件式1の上限を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が強くなるために第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の収差補正が困難となる。また第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の合成系の屈折力が第1レンズ群G1に対して強くなり、レトロフォーカス型の屈折力配置に近づくため、バックフォーカスが長くなって結像光学系全体の全長の抑制が難しくなり、防振機構を備えた結像光学系の小型化を阻害する。

30

【0060】

なお、上述した条件式1について、その下限値を1.30に、またさらに2.40とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を7.00とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0061】

また、本発明の防振機構を備えた結像光学系が満たす条件式2は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の焦点距離の比に関して、レンズからの光線射出角と収差変動とを抑制するための好ましい範囲を規定するものである。

40

【0062】

条件式2の下限を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が弱くなってフォーカシングに伴う収差変動を抑制することが難しくなる。また、光学系全長やフォーカシングに伴う第2レンズ群G2の移動量の抑制が難しくなり、防振機構を備えた結像光学系の小型化を阻害する。一方、条件式2の上限を超えると第3レンズ群G3の屈折力が強くなり光線射出角の抑制が難しくなる。

【0063】

50

なお、上述した条件式 2 について、その下限値を 0.02 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を 0.30 に、またさらに 0.25 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【0064】

また、本発明の防振機構を備えた結像光学系が満たす条件式 3 は、3 a 群 G 3 a と 3 b 群 G 3 b の屈折力に関して、防振時及びフォーカシング時の収差変動の抑制のために満たすべき範囲を規定するものである。

【0065】

条件式 3 の下限を下回って 3 a 群 G 3 a と 3 b 群 G 3 b の屈折力が大きくなるとそれぞれの群の発生させる球面収差やコマ収差が大きくなり、防振時の収差変動が大きくなり、画質低下が大きくなる。一方、条件式 3 の上限を上回って 3 a 群 G 3 a と 3 b 群 G 3 b の屈折力が小さくなると、第 3 レンズ群 G 3 全体での収差発生が少なくなりすぎてフォーカシング時の収差変動を抑制することが困難となる。また防振群の移動量あたりの像の変移量を大きくとれなくなるため、防振群の移動量を大きくする必要があり、鏡筒径の大型化を招く。

【0066】

さらに本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第 1 レンズ群 G 1 内に、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズの 2 枚のレンズからなる接合レンズ D B 1 を有し、第 2 レンズ群 G 2 内に、物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズの 2 枚のレンズからなる接合レンズ D B 2 を有する構成としている。これにより、コマ収差や非点収差等の軸外収差を補正するとともに、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 のそれぞれでの軸上色収差の補正を行っている。

【0067】

これらの接合レンズを分離して空気レンズとすると曲率の自由度が 1 面分増えるので、開放でのコマフレアをさらに削減できる可能性があるが、各レンズの偏芯による性能低下が大きくなるため、製造時の性能が低下するおそれがある。また瞳中心付近での横収差が大きくなりやすいため、開口絞り S を絞っても解像度が上がらないなどの問題がある。

【0068】

さらに第 2 レンズ群 G 2 は光線射出角を抑制するために大きな屈折力を持つ必要があるため、接合レンズ D B 2 の像側に両凸形状の正レンズを有するのが良い。

【0069】

本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第 1 レンズ群中の接合レンズ D B 1、および第 2 レンズ群中の接合レンズ D B 2 の接合面が条件式 4 および 5 を満たすことが望ましい。これらの条件式は、各接合レンズ D B 1 および D B 2 それぞれの接合面の曲率半径に関して、好ましい条件を規定するものである。

【0070】

条件式 4 および 5 に規定の範囲を超えて各接合面の曲率が強くなると、接合面で発生する 7 次のコマ収差や 5 次および 7 次の非点収差の発生が大きくなり、接合レンズの偏芯による性能低下が大きくなる。また接合レンズの体積が大きくなり重量が増加する。特に接合レンズ D B 2 はフォーカシング時に移動する第 2 レンズ群 G 2 内に設けられているので、重量増加は大きな問題となる。

【0071】

さらに本発明の防振機構を備えた結像光学系では、前記第 1 レンズ群中の接合レンズ D B 1 が第 1 レンズ群中の最も像側に配置されることが望ましい。前述のように接合レンズ D B 1 は像側に凹面を向けているので、像側の面が負の屈折力となっている。この面を第 1 レンズ群中の最も像側に配置することによって、第 1 レンズ群内部の屈折力配置はテレポート型に近くなり、結像光学系全体の全長を抑制するために好都合である。

【0072】

また、第 1 レンズ群の像側には開口絞りがあって、全ての画角の光束が集中するために第 1 レンズ群の最も像側のエレメントは偏芯が発生した場合の収差変化の感度が大きくな

10

20

30

40

50

りやすい傾向がある。第1レンズ群の最も像側に、条件式4を満たして偏芯時の収差変化の感度を抑制した接合レンズDB1を配置することにより、製造誤差による性能の低下を抑えることが出来る。

【0073】

さらに、本発明の防振機構を備えた結像光学系は条件式6を満たすことが望ましい。本発明の防振機構を備えた結像光学系が満たす条件式6は、第3レンズ群G3における少なくとも1枚ずつの負レンズと正レンズの屈折率に関して、フォーカシングに伴う収差変動を抑制するために好ましい条件を規定するものである。より屈折力の大きい第2レンズ群G2の収差変動を打ち消すためには、第3レンズ群G3は屈折力に対して収差の発生を大きくする必要があるのである。

10

【0074】

条件式6の下限を下回って第3レンズ群G3内の少なくとも1枚の負レンズの屈折率が低くなると、第3レンズ群G3内の負レンズの発生させるコマ収差、歪曲が大きくなって性能低下の原因となり、また偏芯による収差変動が大きくなって製造時の性能が低下してしまう。一方、条件式6の上限を上回って第3レンズ群G3内の少なくとも1枚の負レンズの屈折率が高くなると、コマ収差、歪曲の発生が小さくなるため、フォーカシングに伴う収差変動の抑制が難しくなる。

【0075】

なお、上述した条件式6について、その下限値を0.850とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を0.985、またさらに0.900とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

20

【0076】

さらに本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第3レンズ群G3の最も像側に正レンズを有する構成とすることが望ましい。前述のように負の屈折力の第3レンズ群G3は射出瞳を像側に移動させ、画像周辺部における主光線の射出角が大きくなりがちである。これを解消するために、第3レンズ群G3の最も像側に正レンズを配置することで、正レンズのパワーを弱くして収差の発生を抑制しながら主光線射出角を抑制することが出来る。

【0077】

さらに本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第3レンズ群G3に含まれる負レンズを1枚とする構成が望ましい。第3レンズ群G3において第2レンズ群G2の移動に伴う収差変動を打ち消すためには、第3レンズ群G3中の負レンズはある程度収差の発生を大きくする必要があるのである。そのためには第3レンズ群G3中の負レンズを少なくすることが好ましく、1枚にて構成することが最も好ましい。すなわち、3a群G3aを1枚の負レンズより構成することが最も好ましい。

30

これは構成枚数の削減にもつながり、結像光学系全体の小型化において有利となる。

さらに3a群G3aは防振群であり、3a群G3aを1枚で構成することにより防振群を軽量化できるので、アクチュエータの小型化が可能で鏡筒全体の小型化に寄与する。

【0078】

さらに本発明の防振機構を備えた結像光学系では、第2レンズ群G2は物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズの2枚のレンズからなる接合レンズDB2と両凸形状の正レンズのみからなることが望ましい。

40

【0079】

前述のように光線射出角を抑制し、フォーカシングに必要な屈折力を付与しながら十分に収差を補正するために、物体側から順に接合レンズDB2と両凸レンズを有することが望ましい。より構成枚数を増やすと第2レンズ群の収差補正には有利になるが、第2レンズ群の重量の増加を招き、本発明の目的の一つであるフォーカス群の軽量化が達成困難となる。

【0080】

本発明の防振機構を備えた結像光学系では、以下の構成を伴うことが、本発明の結像光

50

学系の高性能化により効果的である。

【0081】

フォーカシングに伴う収差変動を抑制するために、第2レンズ群G2のいずれか1つまたは複数の面を非球面とし、第2レンズ群G2での収差発生を抑制する構成とするとより望ましい。

【0082】

どの面を非球面としても補正効果を得られるが、第2レンズ群G2の物体側寄りの面ほどコマ収差の補正に効果を発揮し、第2レンズ群G2の像側寄りの面ほど非点収差や歪曲収差の補正に効果を発揮する傾向がある。第2レンズ群G2内の面は面精度によって球面収差やコマ収差が変化しやすいため、精度良く製造しやすい両凸形状の正レンズのいずれかの面を非球面とする構成とするとより望ましい。

10

【0083】

また、第1レンズ群G1や第3レンズ群G3にさらに非球面を導入することで、非点収差等の補正をより良好に行える。

【実施例1】

【0084】

図1は、本発明の実施例1の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0085】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

20

【0086】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0087】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

30

【0088】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例2】

【0089】

図8は、本発明の実施例2の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0090】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

40

【0091】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0092】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動す

50

ることで防振を行っている。

【0093】

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例3】

【0094】

図15は、本発明の実施例3の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0095】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

10

【0096】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0097】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

20

【0098】

また、正レンズL4の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例4】

【0099】

図22は、本発明の実施例4の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0100】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0101】

30

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0102】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL7で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL8で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0103】

40

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例5】

【0104】

図29は、本発明の実施例5の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0105】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0106】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レン

50

ズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0107】

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL8で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0108】

また、正レンズL1の物体側レンズ面と正レンズL5の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

10

【実施例6】

【0109】

図36は、本発明の実施例6の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0110】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0111】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

20

【0112】

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0113】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

30

【実施例7】

【0114】

図43は、本発明の実施例7の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0115】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0116】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

40

【0117】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0118】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の

50

非球面形状となっている。

【実施例 8】

【0119】

図50は、本発明の実施例8の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0120】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0121】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

10

【0122】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0123】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

20

【実施例 9】

【0124】

図57は、本発明の実施例9の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0125】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0126】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

30

【0127】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL7で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL8で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0128】

また、正レンズL6の物体側レンズ面と正レンズL8の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

40

【実施例 10】

【0129】

図64は、本発明の実施例10の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0130】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0131】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レン

50

ズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0132】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7で構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0133】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

10

【実施例11】

【0134】

図71は、本発明の実施例11の防振機構を備えた結像光学系のレンズ構成図である。

【0135】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0136】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

20

【0137】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6で構成される負の屈折力の3a群G3aと、両凸形状の正レンズL7と両凸形状の正レンズL8とで構成される正の屈折力の3b群G3bとで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0138】

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

30

【実施例12】

【0139】

図78は、本発明の実施例12の結像光学系のレンズ構成図である。

【0140】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL3とから成る接合レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズL4と像側に凹面を向けた負レンズL5とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0141】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL6と像側に凸面を向けた正レンズL7とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

40

【0142】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL9で構成される負の屈折力の3a群G3aと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL10で構成される正の屈折力の3b群とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この3a群G3aは光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0143】

50

また、正レンズ L 8 の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例 1 3】

【0 1 4 4】

図 8 5 は、本発明の実施例 1 3 の結像光学系のレンズ構成図である。

【0 1 4 5】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 2 と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 3 とから成る接合レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズ L 4 と像側に凹面を向けた負レンズ L 5 とから成る接合レンズ D B 1 で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

10

【0 1 4 6】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凹面を向けた負レンズ L 6 と像側に凸面を向けた正レンズ L 7 とから成る接合レンズ D B 2 と、両凸形状の正レンズ L 8 とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第 2 レンズ群 G 2 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0 1 4 7】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹形状の負レンズ L 9 で構成される負の屈折力の 3 a 群 G 3 a と、両凸レンズ L 1 0 で構成される正の屈折力の 3 b 群とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この 3 a 群 G 3 a は光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

20

【0 1 4 8】

また、正レンズ L 8 の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例 1 4】

【0 1 4 9】

図 9 2 は、本発明の実施例 1 4 の結像光学系のレンズ構成図である。

【0 1 5 0】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正レンズ L 2 と像側に凹面を向けた負レンズ L 3 とから成る接合レンズ D B 1 で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0 1 5 1】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凹面を向けた負レンズ L 4 と像側に凸面を向けた正レンズ L 5 とから成る接合レンズ D B 2 と、両凸形状の正レンズ L 6 とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第 2 レンズ群 G 2 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

30

【0 1 5 2】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹形状の負レンズ L 7 で構成される負の屈折力の 3 a 群 G 3 a と、両凸レンズ L 8 で構成される正の屈折力の 3 b 群とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。この 3 a 群 G 3 a は、光軸と直交する方向に移動することで防振を行っている。

【0 1 5 3】

また、正レンズ L 6 の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

40

【0 1 5 4】

以下に、前述した各実施例に対応する数値実施例の具体的な数値データを示す。各数値実施例の [全体諸元] において、 f は焦点距離、 $F n o$ は F ナンバー、 2θ は全画角を示す。[レンズ諸元] において、第 1 列の番号は物体側からのレンズ面番号、第 2 列の r は各レンズ面の曲率半径、第 3 列の d はレンズ面間隔、第 4 列の $n d$ は d 線 (波長 587.56 nm) に対する屈折率、 d は d 線 (波長 587.56 nm) に対するアッペ数を示している。

【0 1 5 5】

第 1 列のレンズ面番号に付した * (アスタリスク) は、そのレンズ面形状が非球面であ

50

ることを示している。第 2 列の「開口絞り」は絞り面位置を表し、第 3 列の B f はバックフォーカスを表す。

【 0 1 5 6 】

[可変間隔] はフォーカシングにおける各可変間隔の値を示している。

【 0 1 5 7 】

[非球面係数] は、[レンズ諸元] において * を付したレンズ面の非球面形状を与える非球面係数を示している。非球面の形状は、光軸に直行する方向への光軸からの変位を y 、非球面と光軸の交点から光軸方向への変位（サグ量）を z 、基準球面の曲率半径を r 、コーニック係数を K 、4、6、8、10 次の非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} と置くと、非球面の座標が以下の式で表されるものとする。

【 0 1 5 8 】

$$z = \frac{(1/r)y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(y/r)^2}} + A_4y^4 + A_6y^6 + A_8y^8 + A_{10}y^{10}$$

【 0 1 5 9 】

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（mm）を使用するが、光学系では比例拡大と比例縮小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。

【 0 1 6 0 】

また、以下に前述した各実施例における条件式の値の一覧を示す。

【 0 1 6 1 】

実施例 1

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.83
Fno	2.89
2	50.49

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	17.7672	3.1821	1.88300	40.80
[2]	-1000.0000	0.8000	1.58144	40.89
[3]	12.9742	2.6198		
[4]	開口絞り	d4		
[5]	-10.0295	0.8000	1.69895	30.05
[6]	58.7192	3.8254	1.80420	46.50
[7]	-15.7253	0.1500		
[8]	47.8215	3.6590	1.77250	49.62
* [9]	-27.3923	d9		
[10]	-97.3976	1.0000	1.56732	42.84
[11]	24.1411	4.4473		
[12]	88.7361	2.8926	1.77250	49.62
* [13]	-67.2193	Bf		

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	6.9859	1.5000	20.4045

10

20

30

40

50

500mm 5.6552 2.8307 20.4045

[非球面係数]

	9面	13面
A4	1.68830E-05	9.50840E-08
A6	-6.94468E-09	-5.47977E-09
A8	2.50342E-11	2.45567E-11
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 6 2 】

実施例 2

10

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.92
Fno	2.91
2	50.28

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	17.8828	3.0675	1.88300	40.80	
[2]	-466.4970	0.8000	1.58144	40.89	20
[3]	13.0047	2.5427			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-10.2042	0.8000	1.67270	32.17	
[6]	36.9328	3.9392	1.80420	46.50	
[7]	-16.8128	0.1500			
[8]	50.1843	3.5110	1.77250	49.62	
* [9]	-26.8479	d9			
[10]	-80.8366	1.0000	1.60342	38.01	
[11]	25.2151	4.5111			
[12]	101.7470	2.8930	1.80420	46.50	30
[13]	-60.0440	Bf			

*:非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	6.7985	1.5000	20.6687
500mm	5.5178	2.7807	20.6688

[非球面係数]

	9面
A4	2.03217E-05
A6	-1.99227E-08
A8	1.55204E-10
A10	0.00000E+00

40

【 0 1 6 3 】

実施例 3

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.81
Fno	2.90

50

2 50.43

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	16.3182	3.1496	1.88300	40.80	
[2]	1000.0000	0.8500	1.60342	38.01	
[3]	11.9440	2.1808			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-10.2428	0.8500	1.67270	32.17	
[6]	100.7580	3.7977	1.77250	49.62	10
* [7]	-15.0281	0.1500			
[8]	55.9362	3.2307	1.83481	42.72	
[9]	-36.4658	d9			
[10]	-64.6517	1.0000	1.67270	32.17	
[11]	29.6972	2.9631			
[12]	216.4930	3.6631	1.77250	49.62	
[13]	-31.3466	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

	d4	d9	Bf	
撮影距離				20
INF	6.8178	2.9737	20.7178	
500mm	5.2020	4.5895	20.7178	

[非球面係数]

	7面	
A4	1.07514E-05	
A6	7.51773E-08	
A8	0.00000E+00	
A10	0.00000E+00	30

【 0 1 6 4 】

実施例 4

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.91
Fno	2.91
2	50.28

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	21.1515	1.0000	1.51742	52.15	40
[2]	14.2703	2.8609			
[3]	16.3026	3.8285	1.80420	46.50	
[4]	-79.9177	1.0332	1.54814	45.82	
[5]	13.8102	2.8556			
[6]	開口絞り	d6			
[7]	-11.0738	0.8500	1.60342	38.01	
[8]	34.1395	3.5895	1.77250	49.62	
* [9]	-19.3756	0.1500			
[10]	118.722	3.5280	1.72916	54.67	50

[11]	-22.6131	d11		
[12]	-46.4782	1.0000	1.67270	32.17
[13]	33.6717	2.0043		
[14]	155.728	3.4080	1.80420	46.50
[15]	-32.2286	Bf		

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf	
INF	6.7621	1.5000	25.3043	10
500mm	5.0986	3.1635	25.3042	

[非球面係数]

9面

A4	2.11124E-05
A6	1.22452E-07
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

【 0 1 6 5 】

実施例 5

20

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.77
Fno	2.47
2	50.43

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
* [1]	30.4647	2.0493	1.80610	40.73	
[2]	70.7560	1.6595			30
[3]	45.0084	2.6177	1.88300	40.80	
[4]	-45.0084	1.0353	1.60342	38.01	
[5]	16.3355	1.9370			
[6]	開口絞り	d6			
[7]	-10.1505	1.0665	1.67270	32.17	
[8]	1000.0000	4.8298	1.77250	49.62	
* [9]	-14.1058	0.1500			
[10]	41.3218	3.8985	1.80420	46.50	
[11]	-55.6171	d11			
[12]	330.7410	1.0000	1.64769	33.84	40
[13]	22.4954	1.5801			
[14]	47.0046	3.0802	1.72916	54.67	
[15]	-132.7210	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf	
INF	8.2303	1.5000	22.7049	
500mm	6.6333	3.0970	22.7049	

50

[非球面係数]

	1面	9面
A4	-5.37530E-06	6.75573E-06
A6	-1.74772E-08	-1.94113E-08
A8	0.00000E+00	5.96039E-10
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 6 6 】

実施例 6

[全体諸元]

撮影距離	INF	10
f	30.60	
Fno	2.47	
2	50.72	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	20.4321	3.6701	1.88300	40.80	
[2]	1969.5900	1.2000	1.60342	38.01	
[3]	14.1396	3.9679			
[4]	開口絞り	d4			20
[5]	-10.2071	0.8500	1.64769	33.84	
[6]	31.0579	4.9674	1.80420	46.50	
[7]	-19.4887	0.1500			
[8]	49.8435	4.6667	1.77250	49.62	
* [9]	-24.8436	d9			
[10]	73.6332	1.0000	1.71736	29.50	
[11]	23.1034	2.5618			
[12]	69.7780	2.0789	1.77250	49.62	
* [13]	-875.8660	Bf			
*: 非球面					30

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	8.0709	1.5000	22.6437
500mm	6.7216	2.8493	22.6437

[非球面係数]

	9面	13面
A4	2.64598E-05	-8.41610E-07
A6	-1.67129E-09	2.18423E-08
A8	5.88092E-11	4.26137E-13
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 6 7 】

実施例 7

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	28.77
Fno	2.91
2	53.60

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	18.3732	3.0553	1.88300	40.80	
[2]	-1225.7800	0.8000	1.56732	42.84	
[3]	12.9748	2.7044			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-9.7411	0.8000	1.72825	28.32	
[6]	95.1258	4.3138	1.80420	46.50	
[7]	-14.9218	0.1500			
[8]	43.1304	4.3678	1.77250	49.62	10
* [9]	-28.8136	d9			
[10]	-248.3050	1.0000	1.56732	42.84	
[11]	24.5497	2.9966			
[12]	96.4861	2.6302	1.77250	49.62	
* [13]	-73.0893	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

	d4	d9	Bf	
撮影距離				
INF	7.4725	1.5000	20.5277	20
500mm	6.1644	2.8081	20.5277	

[非球面係数]

	9面	13面
A4	1.46389E-05	3.05823E-06
A6	-1.48270E-08	3.48667E-09
A8	3.04390E-11	1.21760E-10
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 6 8 】

実施例 8 30

[全体諸元]

	INF
撮影距離	
f	36.83
Fno	2.92
2	42.87

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	18.7768	3.8986	1.88300	40.80	
[2]	147.9180	1.2000	1.60342	38.01	40
[3]	14.1942	3.1885			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-11.6016	1.1500	1.71736	29.50	
[6]	67.9589	3.7918	1.80420	46.50	
[7]	-18.8419	0.4530			
[8]	67.6991	4.0561	1.77250	49.62	
* [9]	-28.8070	d9			
[10]	-471.2120	1.0000	1.51742	52.15	
[11]	27.0408	2.6038			
[12]	122.6210	2.4355	1.77250	49.62	50

* [13] -92.8949 Bf
*:非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	8.4761	3.2528	24.1734
500mm	6.1681	5.5609	24.1734

[非球面係数]

	9面	13面	
A4	1.13631E-05	-1.10755E-06	10
A6	5.04777E-09	-3.33029E-09	
A8	0.00000E+00	0.00000E+00	
A10	0.00000E+00	0.00000E+00	

【0169】

実施例9

[全体諸元]

撮影距離	INF	
f	24.72	
Fno	2.90	20
2	60.91	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	34.3141	1.0000	1.49700	81.61	
[2]	14.0764	4.5148			
[3]	27.8352	2.6364	1.80420	46.50	
[4]	-32.4074	0.8000	1.51742	52.15	
[5]	51.1758	1.2119			
[6]	開口絞り	d6			30
[7]	-10.4135	1.1500	1.76182	26.61	
[8]	-811.4690	4.3029	1.80420	46.50	
[9]	-14.9803	0.1500			
[10]	103.7640	4.2389	1.75501	51.16	
* [11]	-20.0298	d11			
[12]	-125.3740	1.0000	1.60342	38.01	
[13]	33.9463	0.9100			
[14]	68.7625	1.8898	1.77250	49.62	
* [15]	-1092.8400	Bf			40
*:非球面					

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf
INF	7.6621	1.5000	23.7560
500mm	6.8124	2.3497	23.7560

[非球面係数]

	11面	15面	
A4	2.88489E-05	-1.33539E-06	
A6	-1.34435E-08	4.43316E-08	50

A8 0.00000E+00 1.70897E-10
 A10 0.00000E+00 -4.28211E-14

【 0 1 7 0 】

実施例 1 0

[全体諸元]

撮影距離 INF
 f 38.82
 Fno 2.92
 2 40.96

10

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	18.7363	3.8808	1.88300	40.80
[2]	176.1670	1.2000	1.60342	38.01
[3]	14.3179	2.8894		
[4]	開口絞り	d4		
[5]	-12.5113	1.1500	1.69895	30.05
[6]	50.5350	3.3293	1.80420	46.50
[7]	-21.1597	1.3982		
[8]	70.6099	3.2915	1.77250	49.62
* [9]	-28.4884	d9		
[10]	-88.6725	1.0000	1.51742	52.15
[11]	29.4400	2.6671		
[12]	110.3830	2.3688	1.77250	49.62
* [13]	-83.6235	Bf		

20

*:非球面

[可変間隔]

	d4	d9	Bf
撮影距離			
INF	7.7649	1.9800	26.8193
500mm	5.4180	4.3269	26.8194

30

[非球面係数]

	9面	13面
A4	1.29698E-05	-2.20389E-06
A6	5.07127E-09	-7.24219E-09
A8	0.00000E+00	0.00000E+00
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 7 1 】

実施例 1 1

40

[全体諸元]

撮影距離 INF
 f 30.81
 Fno 2.91
 2 50.52

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	17.6398	3.1831	1.88300	40.80
[2]	-661.0788	0.8000	1.58144	40.89

50

[3]	12.8754	2.5733			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-9.9833	0.8000	1.69895	30.05	
[6]	54.4546	3.8772	1.80420	46.50	
[7]	-15.5512	0.1500			
[8]	44.9191	3.6762	1.77250	49.62	
* [9]	-28.2894	d9			
[10]	-94.3498	1.0000	1.54814	45.82	
[11]	23.4326	4.2896			
[12]	103.2251	2.0675	1.71300	53.94	10
[13]	-200.0487	0.1500			
[14]	596.8248	1.9200	1.71300	53.94	
[15]	-91.3509	Bf			

*:非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf	
INF	6.9886	1.2000	19.8474	
500mm	5.6980	2.4906	19.8474	

20

[非球面係数]

9面

A4	1.66558E-05
A6	-1.50233E-08
A8	9.05044E-11
A10	0.00000E+00

【 0 1 7 2 】

実施例 1 2

[全体諸元]

撮影距離	INF	30
f	49.97	
Fno	2.91	
2	31.29	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	25.5676	3.2132	1.91082	35.25	
[2]	76.6739	0.1500			
[3]	18.6018	3.0735	1.88100	40.14	
[4]	25.1540	0.8500	1.69895	30.05	40
[5]	14.0047	1.1254			
[6]	18.1926	2.8366	1.49700	81.61	
[7]	471.3847	0.8500	1.76182	26.61	
[8]	16.2708	3.5236			
[9]	開口絞り	d9			
[10]	-13.3018	0.8500	1.61293	36.96	
[11]	45.3569	3.3222	1.77250	49.62	
[12]	-34.6306	0.1500			
[13]	88.7278	4.3443	1.77250	49.47	
* [14]	-21.7125	d14			50

[15]	-65.7271	0.8500	1.72916	54.67
[16]	56.2018	1.7879		
[17]	57.3786	2.2311	1.80518	25.46
[18]	1000.0000	Bf		

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d9	d14	Bf	
INF	11.1929	1.2000	18.0523	
800mm	8.3863	4.0066	18.0523	10

[非球面係数]

14面

A4	2.14963E-05
A6	1.81277E-08
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

【 0 1 7 3 】

実施例 1 3

[全体諸元]

撮影距離	INF	
f	49.83	
Fno	2.91	
2	31.37	

20

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	25.6932	2.9860	1.88100	40.14	
[2]	78.1195	0.1500			
[3]	16.7234	2.5121	1.88100	40.14	30
[4]	23.5258	0.8500	1.68893	31.16	
[5]	13.0992	1.1461			
[6]	17.3301	2.8747	1.49700	81.61	
[7]	206.6586	0.8500	1.71736	29.50	
[8]	14.6907	3.6520			
[9]	開口絞り	d9			
[10]	-14.8255	0.8500	1.59551	39.22	
[11]	51.9204	3.1601	1.77250	49.62	
[12]	-41.3253	0.7021			
[13]	69.7649	4.5681	1.77250	49.47	40
* [14]	-24.4434	d14			
[15]	-45.1987	0.8500	1.49700	81.61	
[16]	33.3998	2.0054			
[17]	40.2381	3.4071	1.51823	58.96	
[18]	-158.4762	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d9	d14	Bf	
INF	12.0088	1.2000	15.5014	50

800mm 9.0132 4.1956 15.5014

[非球面係数]

14面

A4 1.66652E-05
A6 4.92275E-09
A8 0.00000E+00
A10 0.00000E+00

【0 1 7 4】

実施例 1 4

10

[全体諸元]

撮影距離 INF
f 54.15
Fno 2.91
2 28.99

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	22.8494	3.8512	1.88100	40.14	
[2]	72.9156	4.2501			20
[3]	14.7989	4.0964	1.49700	81.61	
[4]	-596.7061	0.8500	1.72825	28.32	
[5]	11.5054	4.0442			
[6]	開口絞り	d6			
[7]	-13.2230	0.8500	1.65844	50.85	
[8]	278.9063	4.5406	1.77250	49.62	
[9]	-19.5173	0.1500			
[10]	61.1270	3.6152	1.77250	49.47	
* [11]	-45.4303	d11			
[12]	-46.4826	0.8500	1.59349	67.00	30
[13]	52.9372	3.6470			
[14]	184.5884	2.5964	1.80420	46.50	
[15]	-77.8785	Bf			

*:非球面

[可変間隔]

撮影距離 d6 d11 Bf
INF 12.0519 1.2000 14.4036
800mm 8.3631 4.8887 14.4037

40

[非球面係数]

11面

A4 1.31775E-06
A6 -2.40905E-09
A8 0.00000E+00
A10 0.00000E+00

【0 1 7 5】

[条件式対応値]

条件式	条件式1	条件式2	条件式3	条件式4	条件式5	条件式6	
条件式	f1/f2-3	f2/f3	f3axf3b/f^2	RDB1/f	RDB2/f	n3a/n3b	50

範囲	1.20-7.50	0.01-0.35	0.90-6.50	1.00-	0.85-	0.800-0.990
実施例1	3.235	0.140	1.786	32.44	1.90	0.884
実施例2	3.225	0.148	1.572	15.09	1.19	0.889
実施例3	3.568	0.014	1.132	32.45	3.27	0.944
実施例4	5.629	0.020	1.012	2.59	1.10	0.927
実施例5	4.725	0.116	1.889	1.46	32.49	0.953
実施例6	6.586	0.187	4.232	64.36	1.01	0.969
実施例7	3.963	0.115	2.574	42.60	3.31	0.884
実施例8	3.278	0.138	2.504	4.02	1.85	0.856
実施例9	3.656	0.220	6.058	1.31	32.83	0.905
実施例10	2.745	0.180	1.750	4.54	1.30	0.856
実施例11	3.156	0.152	1.869	21.46	1.77	0.904
実施例12	1.461	0.322	1.253	9.43	0.91	0.958
実施例13	1.427	0.285	0.966	4.15	1.04	0.986
実施例14	1.353	0.256	0.970	11.02	5.15	0.883

10

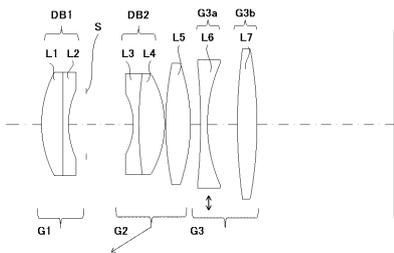
20

【符号の説明】

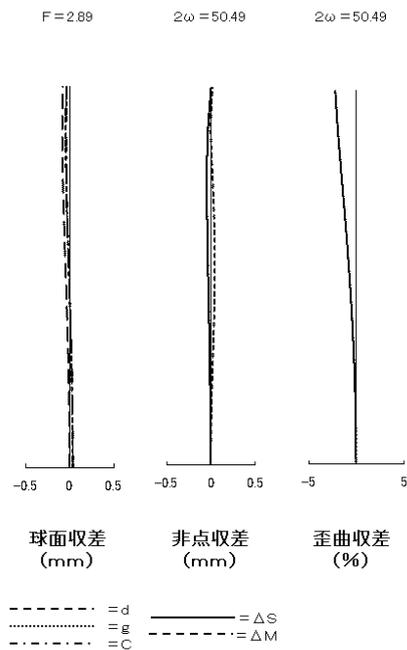
【 0 1 7 6 】

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- D B 1 接合レンズ
- D B 2 接合レンズ
- G 3 a 3 a 群
- G 3 b 3 b 群
- S 開口絞り

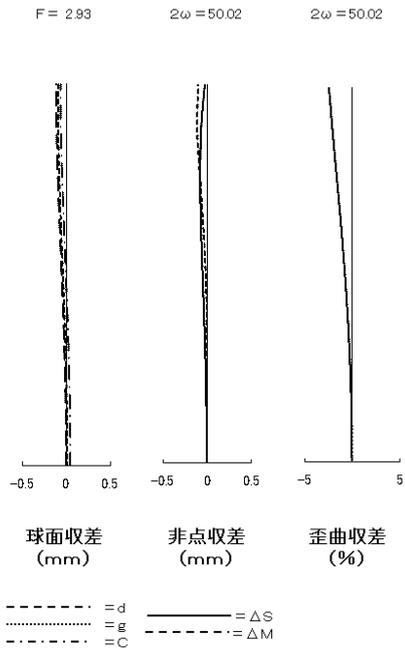
【 図 1 】



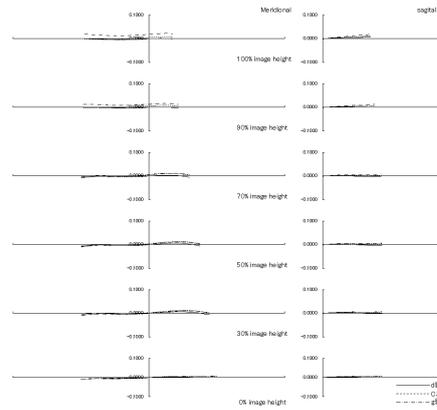
【 図 2 】



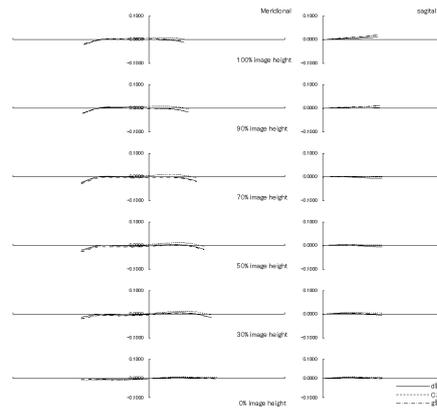
【 图 3 】



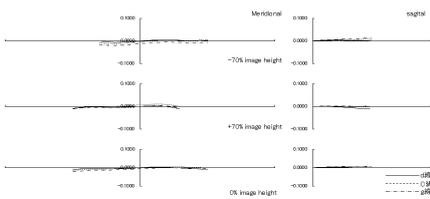
【 图 4 】



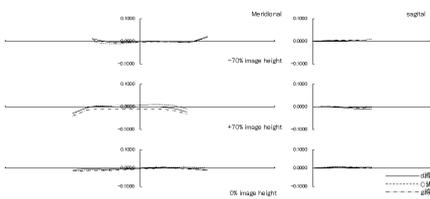
【 图 5 】



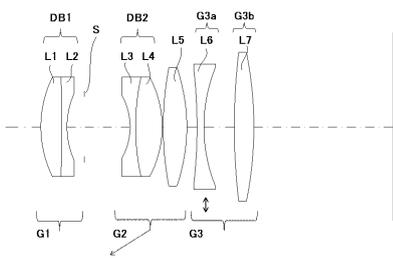
【 图 6 】



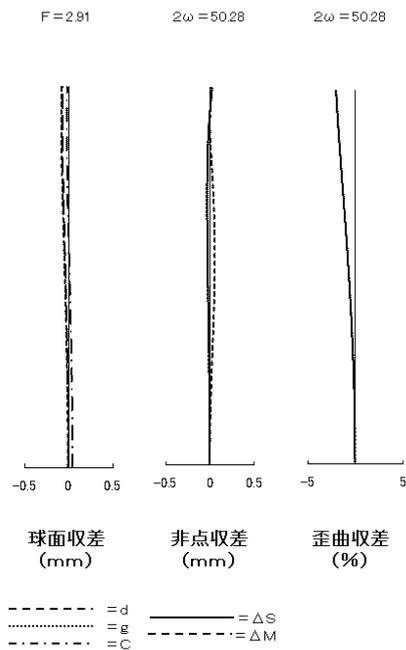
【 图 7 】



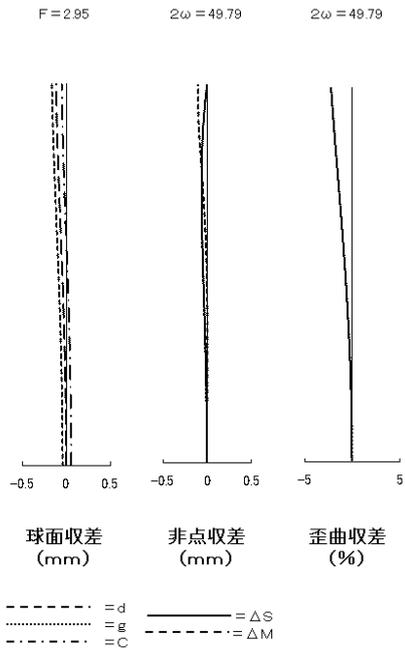
【 图 8 】



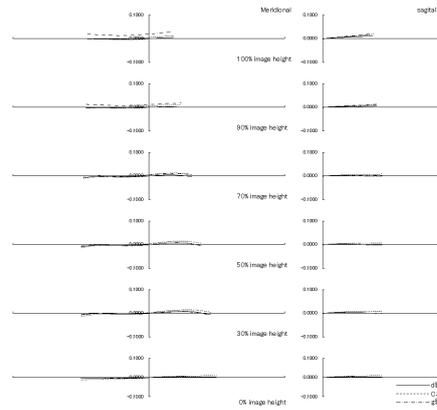
【 图 9 】



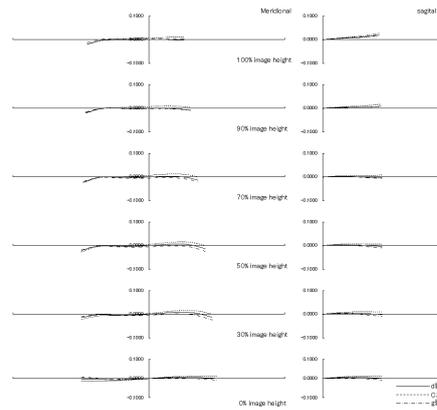
【 図 1 0 】



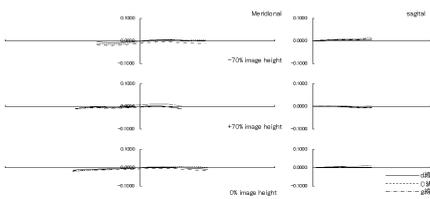
【 図 1 1 】



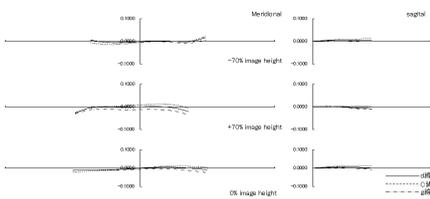
【 図 1 2 】



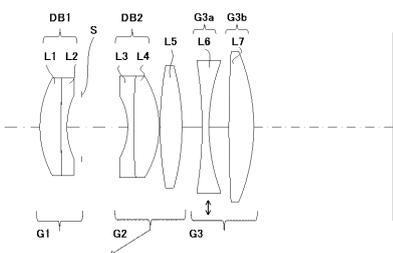
【 図 1 3 】



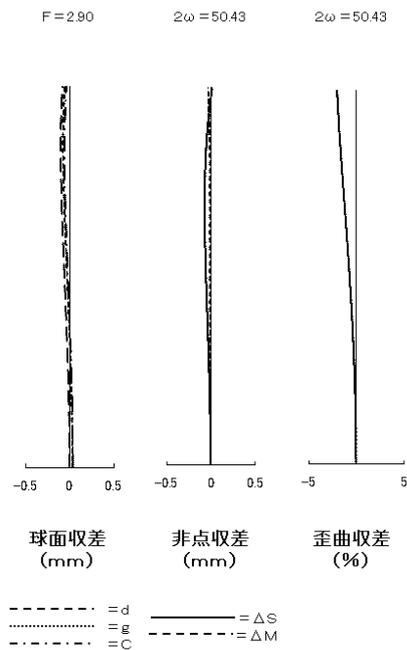
【 図 1 4 】



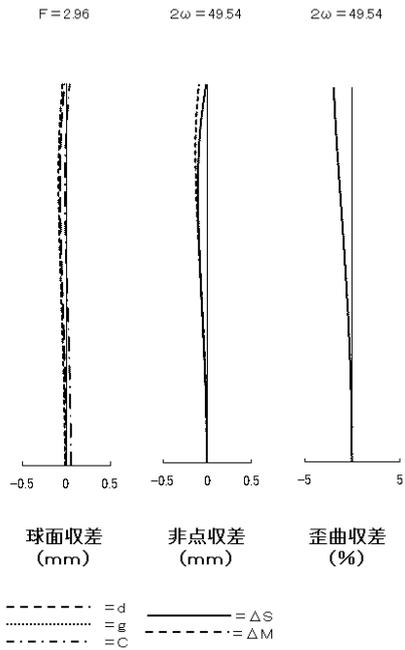
【 図 1 5 】



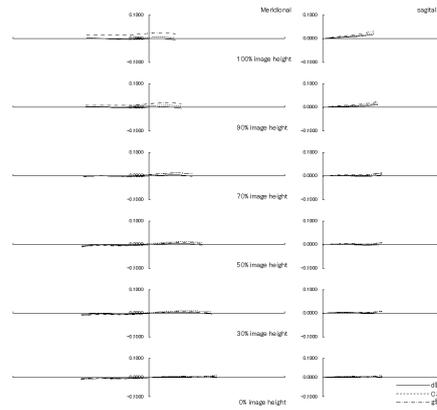
【 図 1 6 】



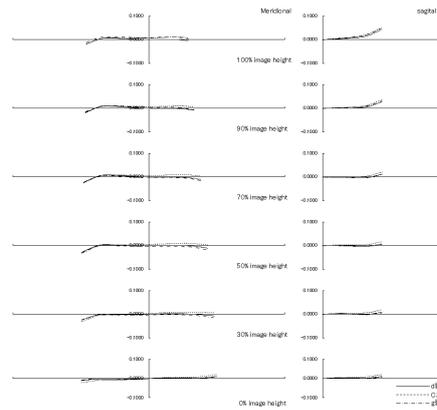
【 图 1 7 】



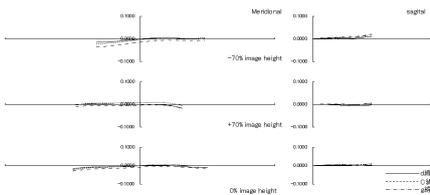
【 图 1 8 】



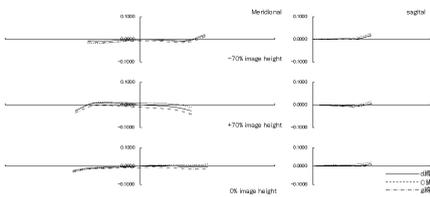
【 图 1 9 】



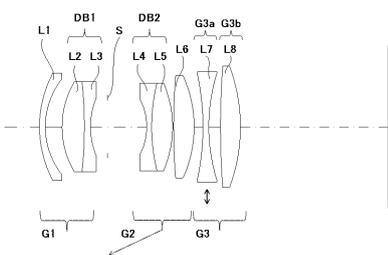
【 图 2 0 】



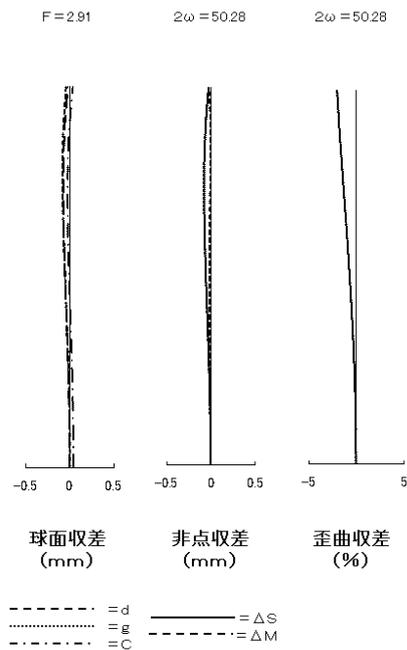
【 图 2 1 】



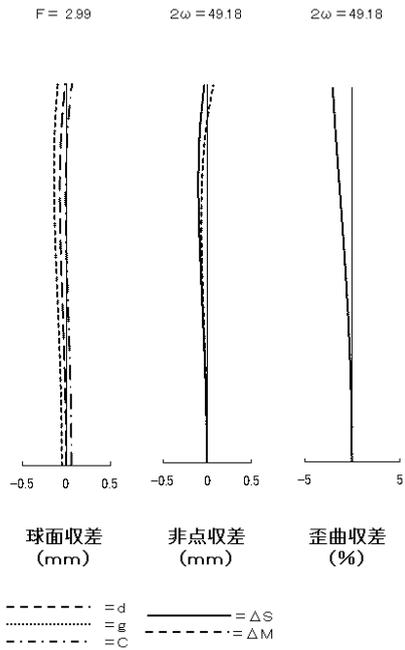
【 图 2 2 】



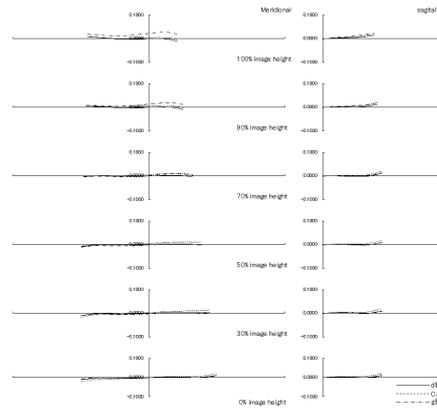
【 图 2 3 】



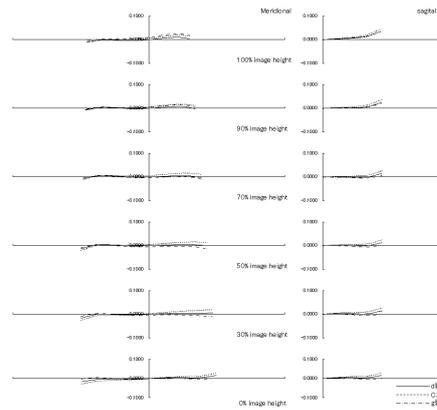
【 图 2 4 】



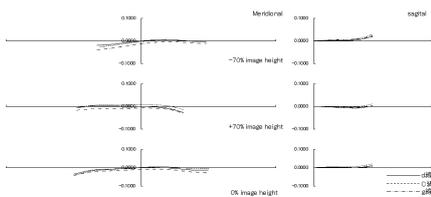
【 图 2 5 】



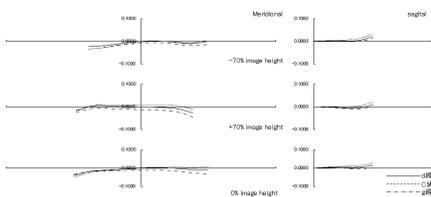
【 图 2 6 】



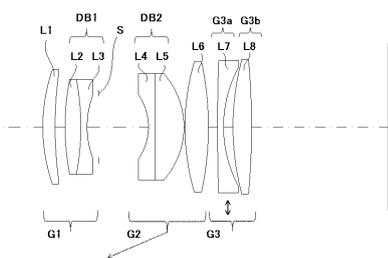
【 图 2 7 】



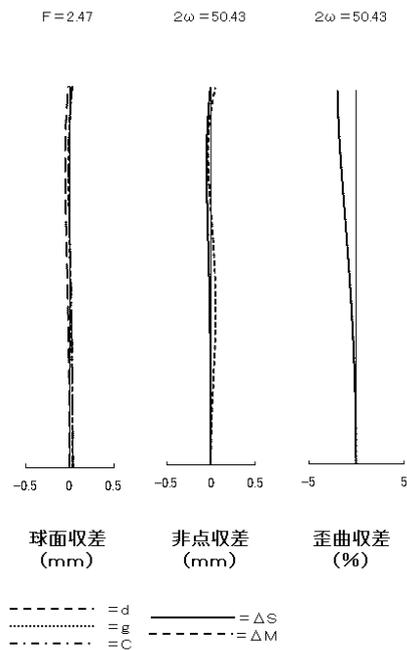
【 图 2 8 】



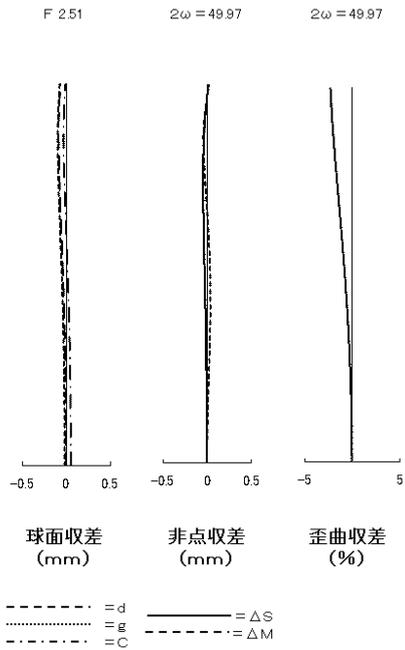
【 图 2 9 】



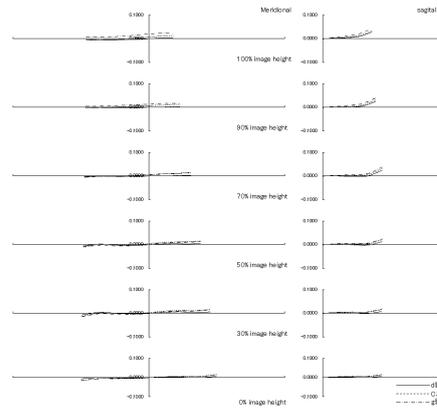
【 图 3 0 】



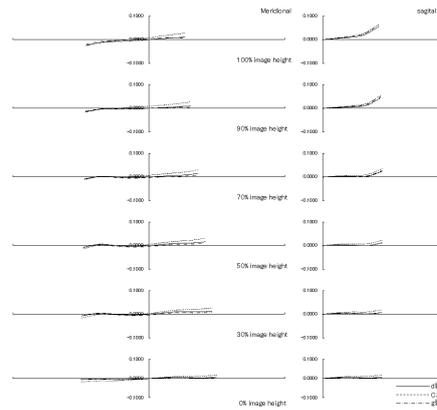
【 图 3 1 】



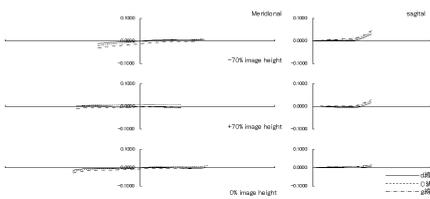
【 图 3 2 】



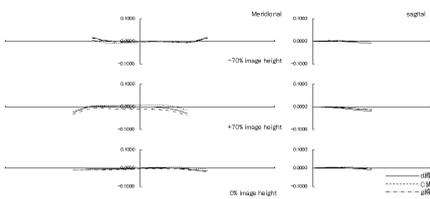
【 图 3 3 】



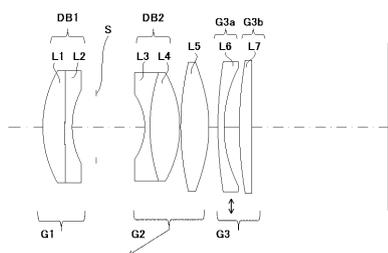
【 图 3 4 】



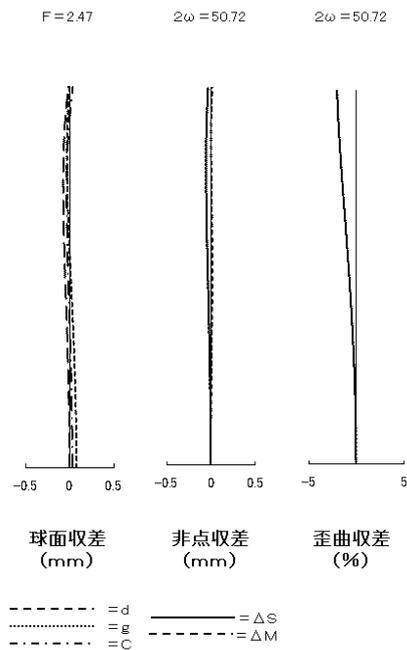
【 图 3 5 】



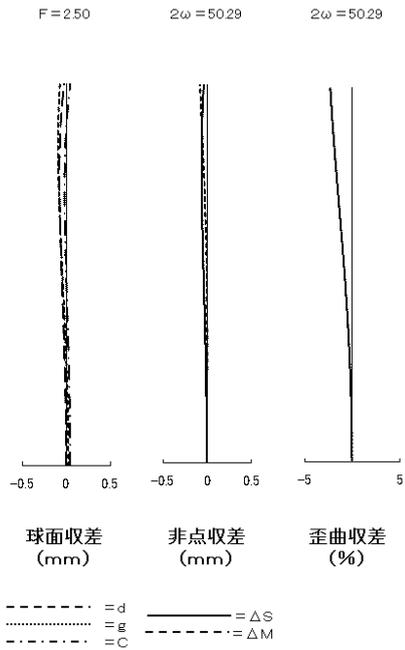
【 图 3 6 】



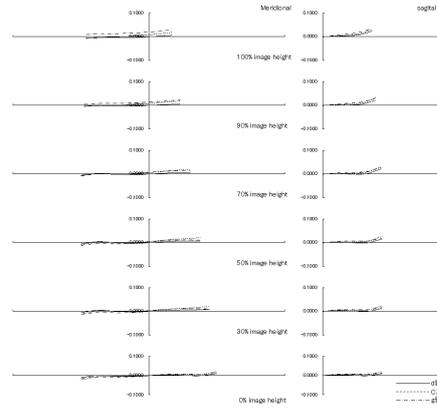
【 图 3 7 】



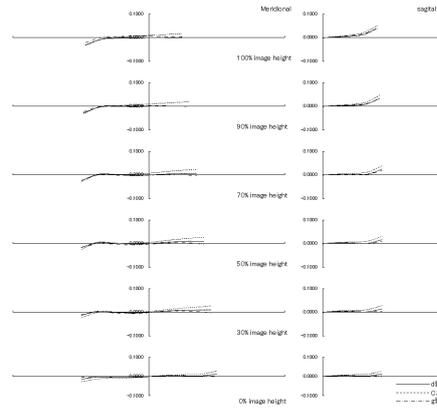
【 图 3 8 】



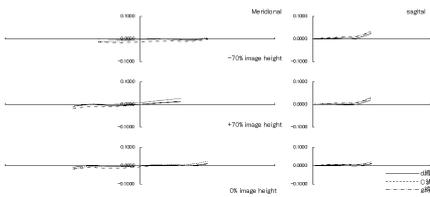
【 图 3 9 】



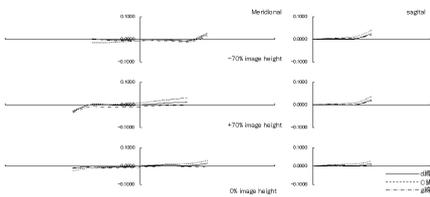
【 图 4 0 】



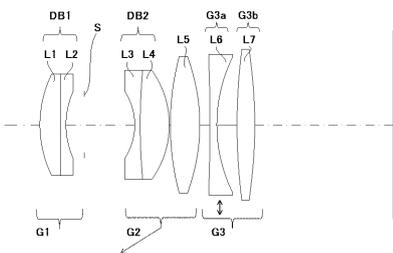
【 图 4 1 】



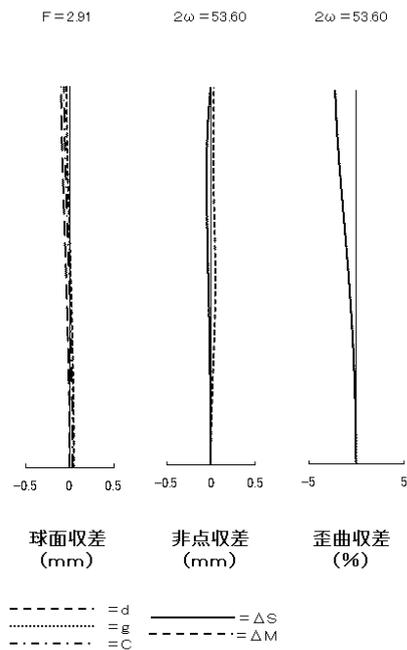
【 图 4 2 】



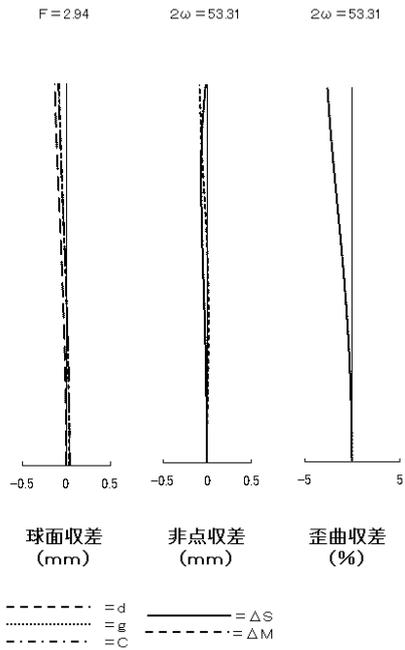
【 图 4 3 】



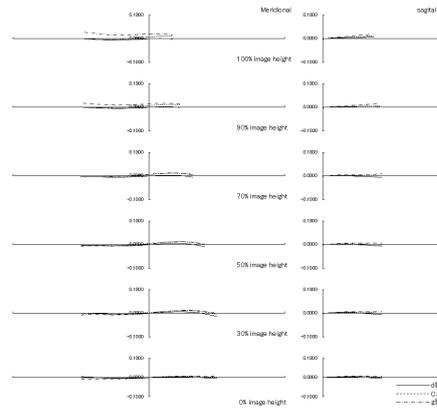
【 图 4 4 】



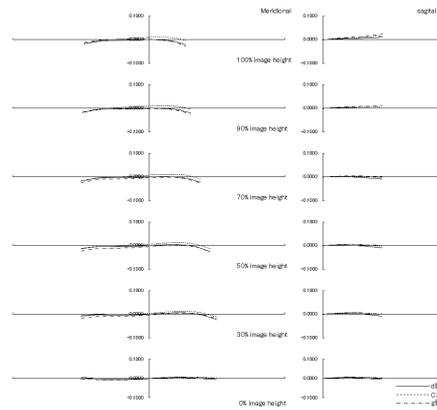
【 図 4 5 】



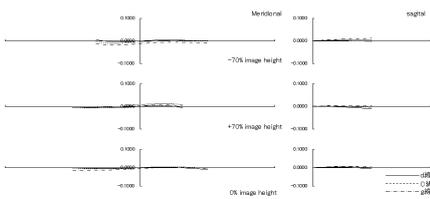
【 図 4 6 】



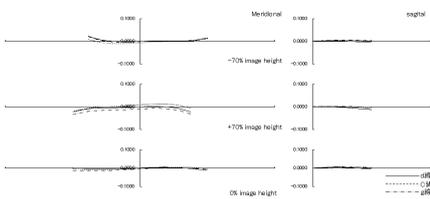
【 図 4 7 】



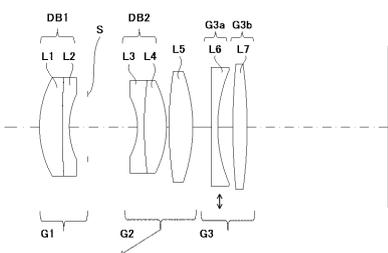
【 図 4 8 】



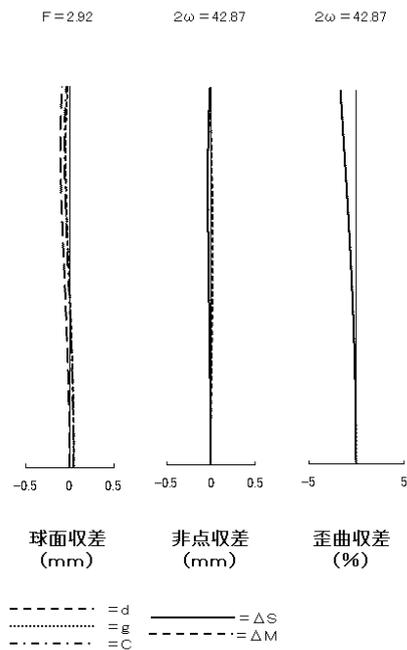
【 図 4 9 】



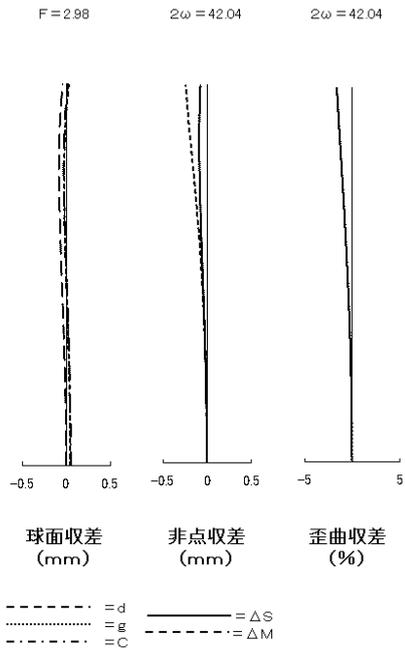
【 図 5 0 】



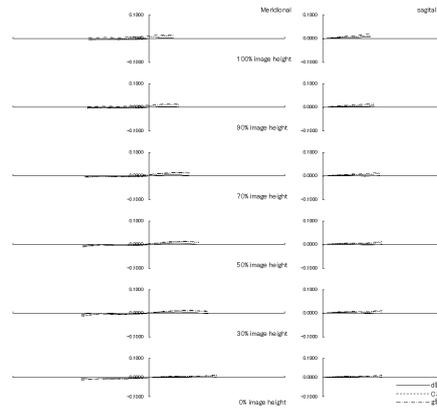
【 図 5 1 】



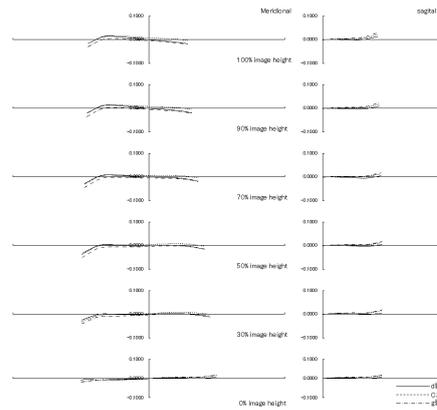
【 图 5 2 】



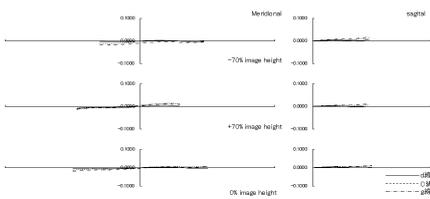
【 图 5 3 】



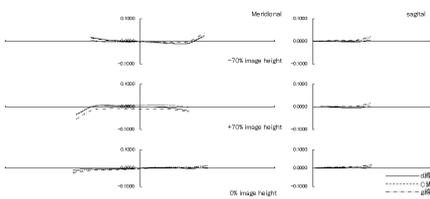
【 图 5 4 】



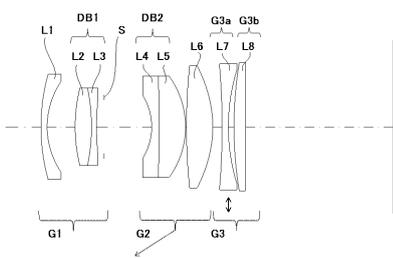
【 图 5 5 】



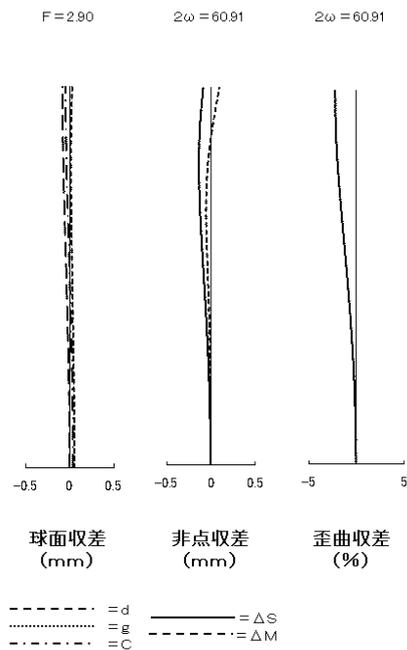
【 图 5 6 】



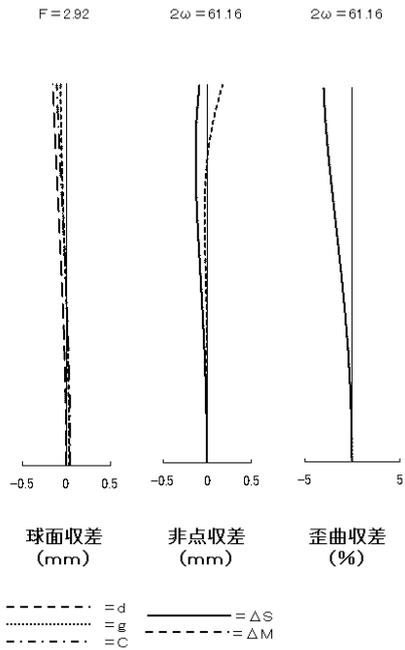
【 图 5 7 】



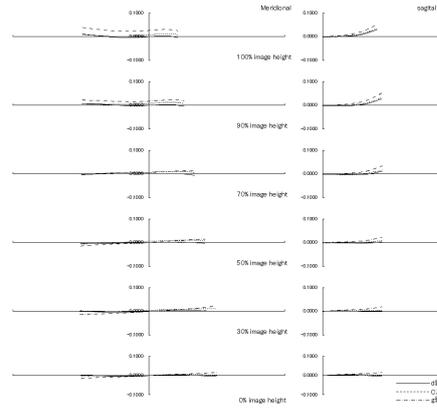
【 图 5 8 】



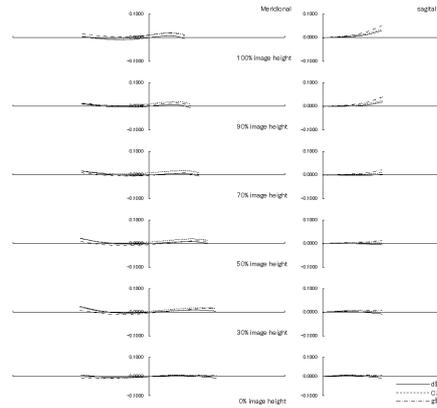
【 図 5 9 】



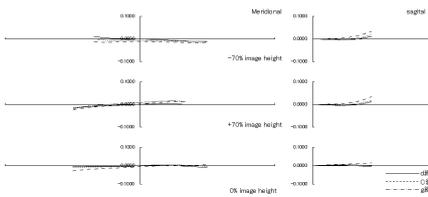
【 図 6 0 】



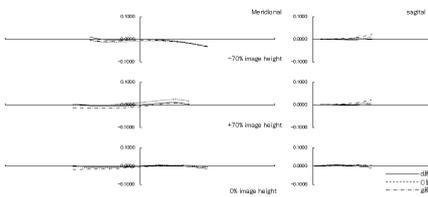
【 図 6 1 】



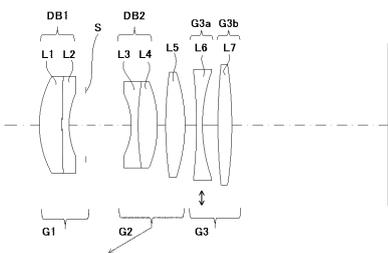
【 図 6 2 】



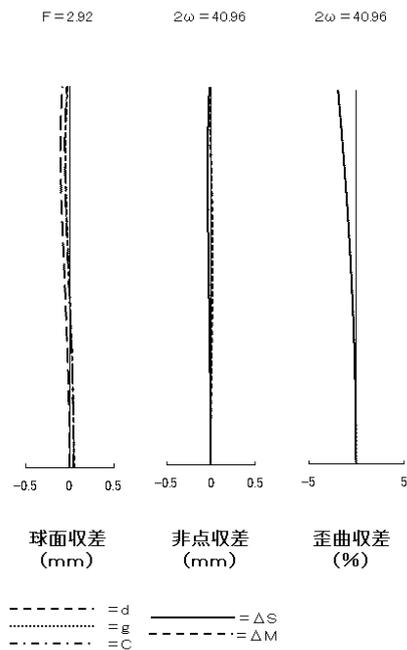
【 図 6 3 】



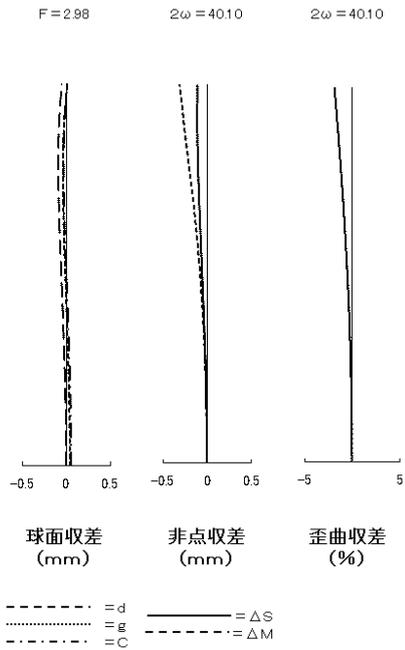
【 図 6 4 】



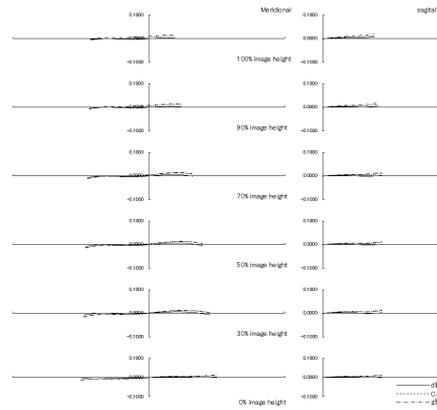
【 図 6 5 】



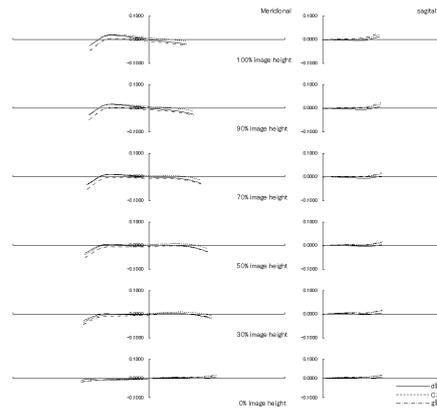
【 图 6 6 】



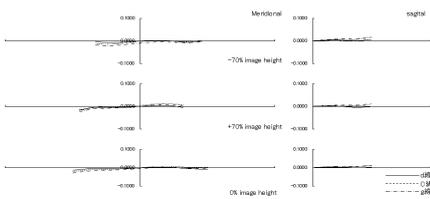
【 图 6 7 】



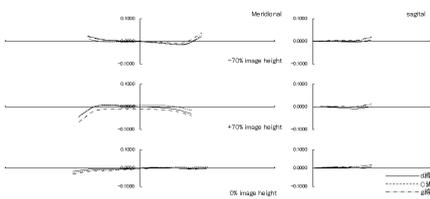
【 图 6 8 】



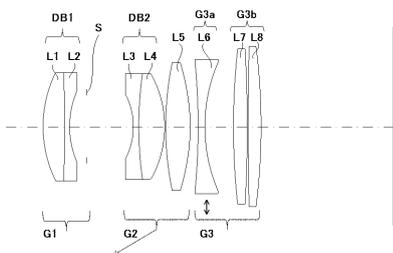
【 图 6 9 】



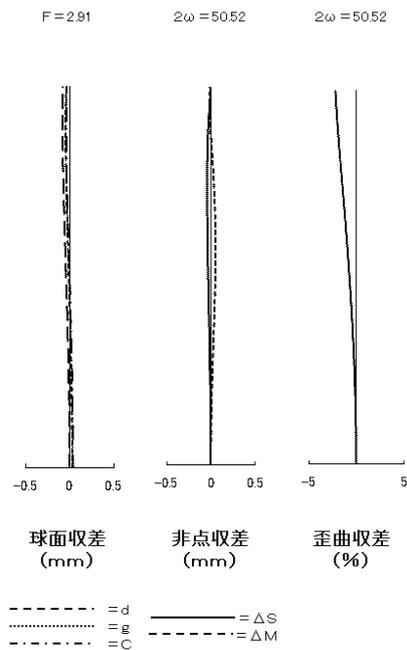
【 图 7 0 】



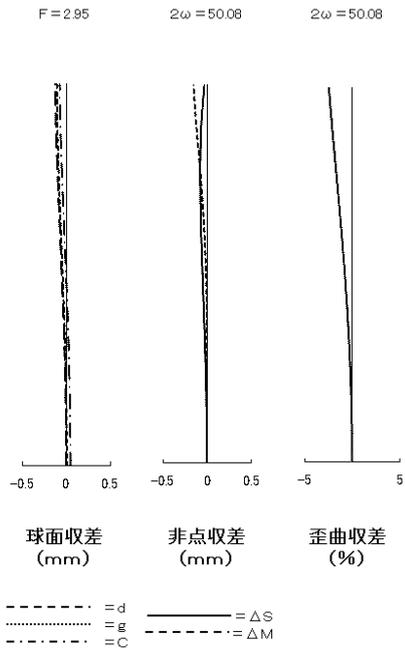
【 图 7 1 】



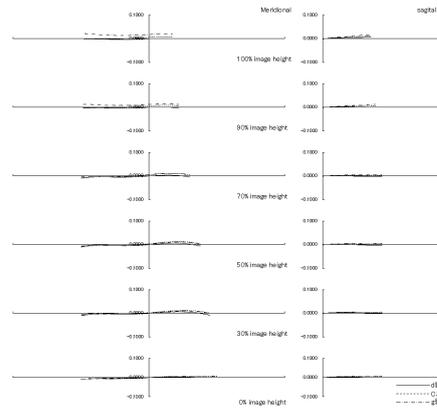
【 图 7 2 】



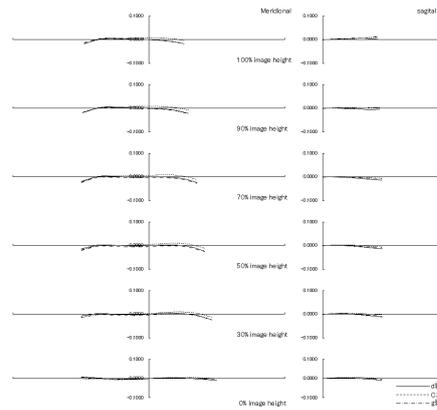
【 图 7 3 】



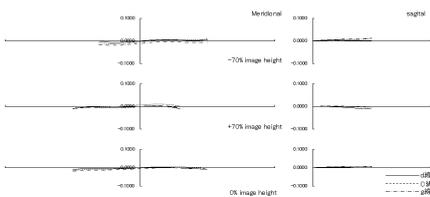
【 图 7 4 】



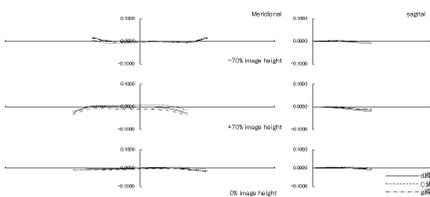
【 图 7 5 】



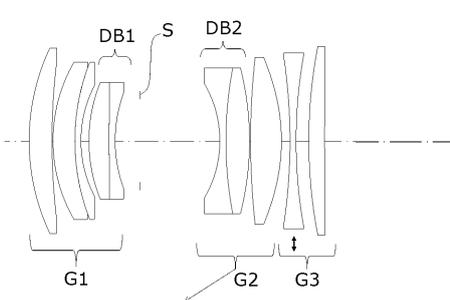
【 图 7 6 】



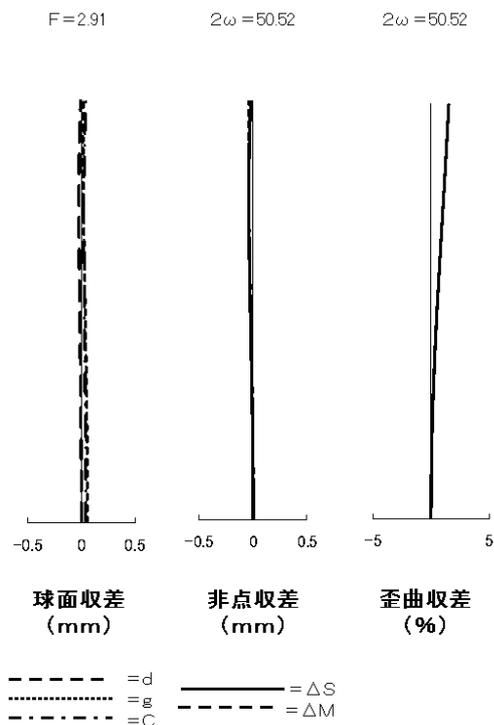
【 图 7 7 】



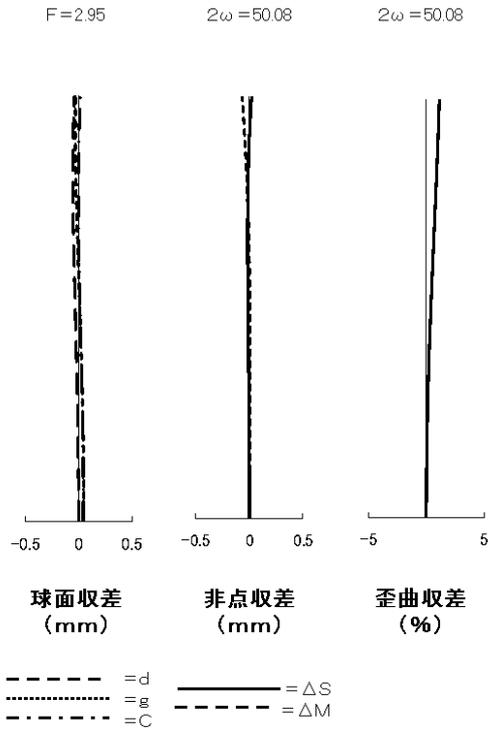
【 图 7 8 】



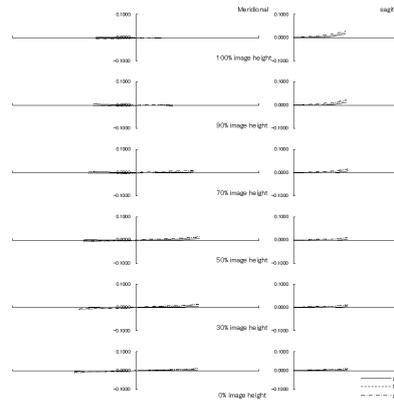
【 图 7 9 】



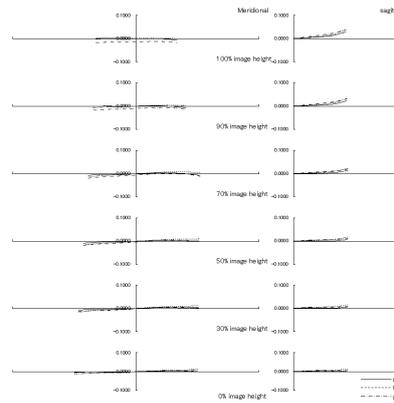
【 図 8 0 】



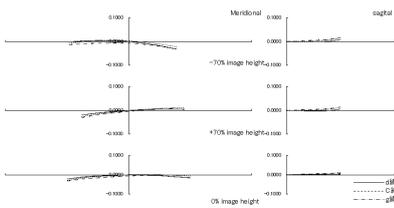
【 図 8 1 】



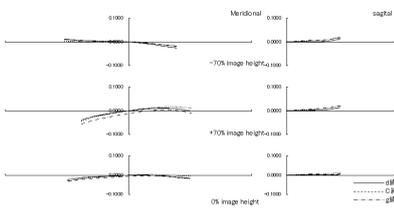
【 図 8 2 】



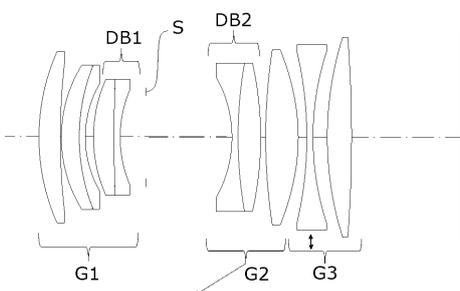
【 図 8 3 】



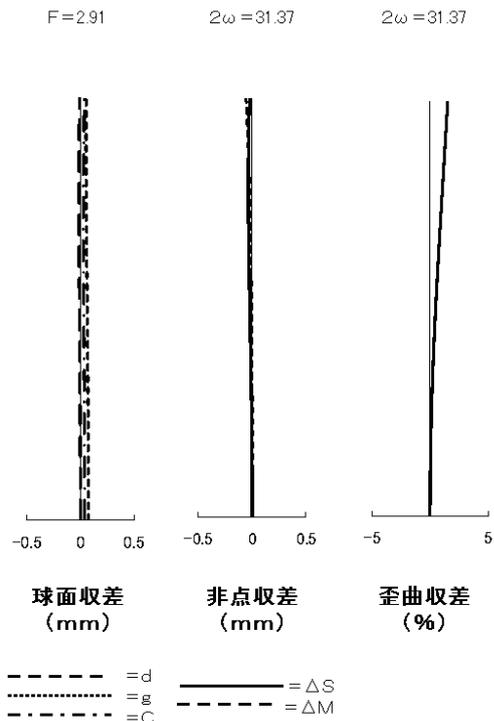
【 図 8 4 】



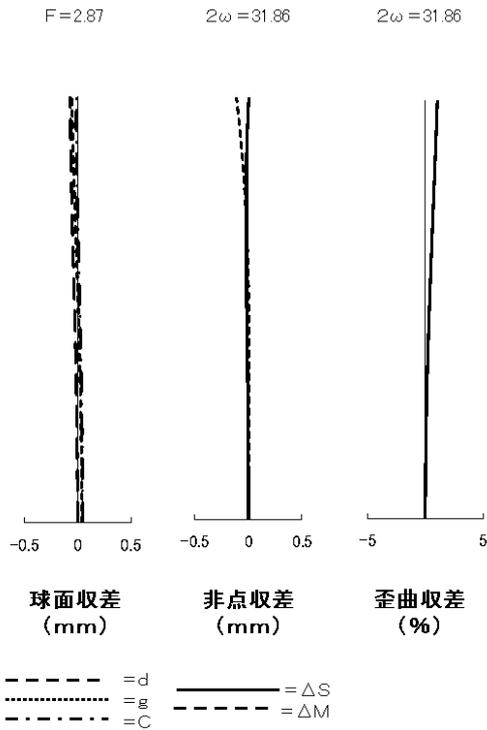
【 図 8 5 】



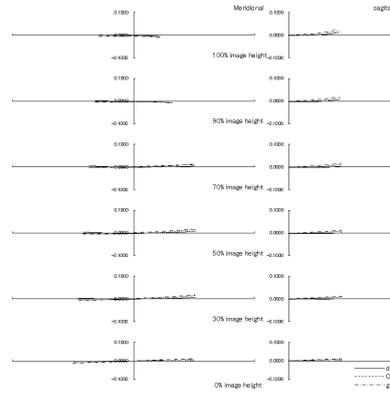
【 図 8 6 】



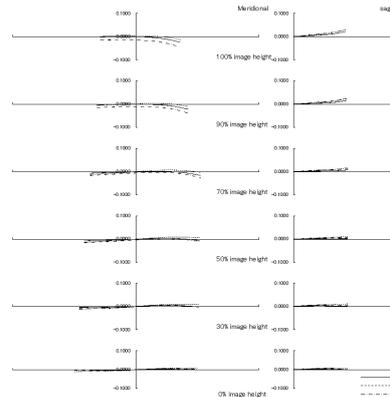
【 図 8 7 】



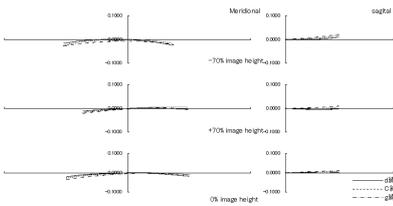
【 図 8 8 】



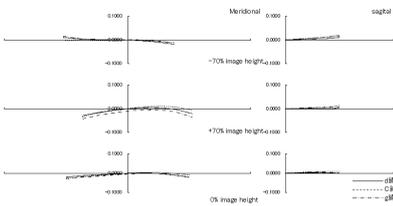
【 図 8 9 】



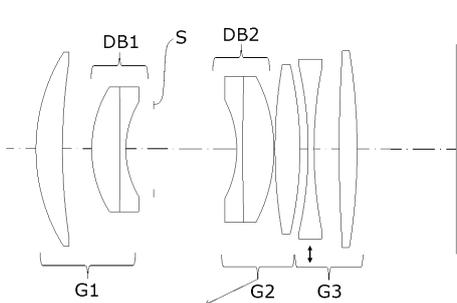
【 図 9 0 】



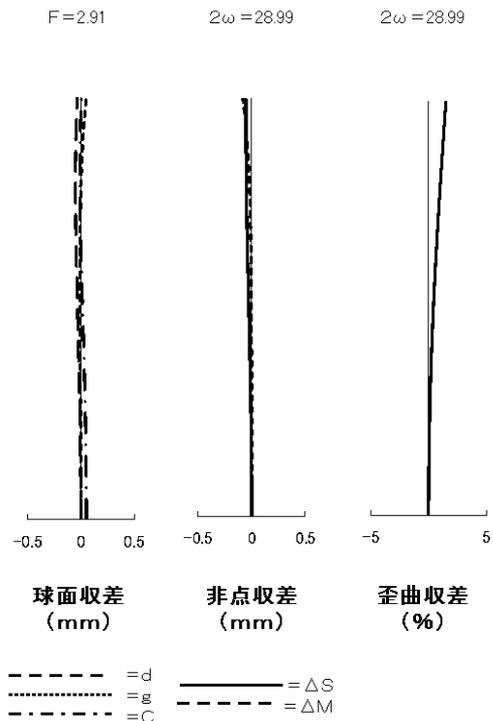
【 図 9 1 】



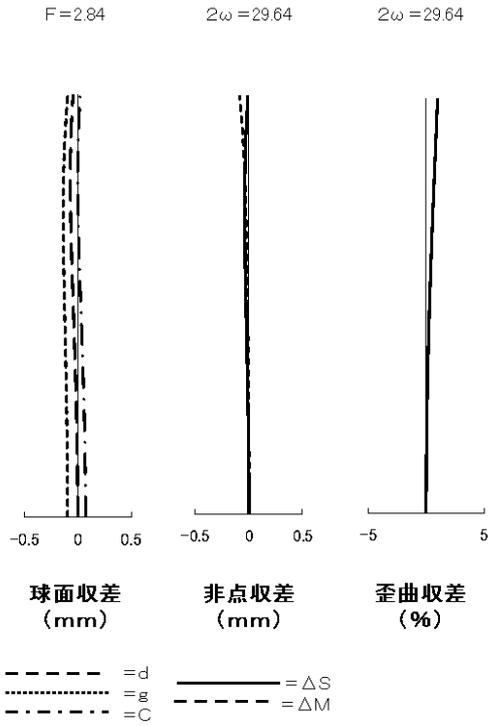
【 図 9 2 】



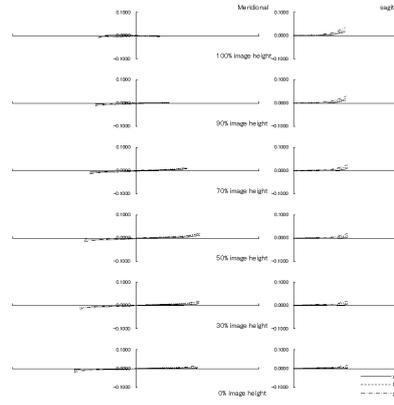
【 図 9 3 】



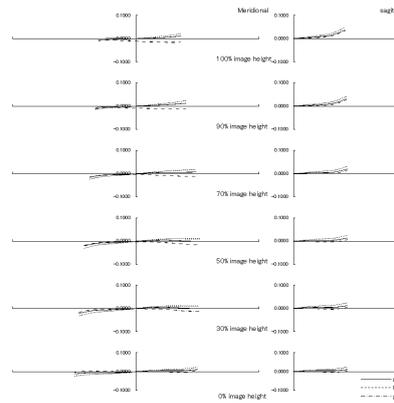
【 図 9 4 】



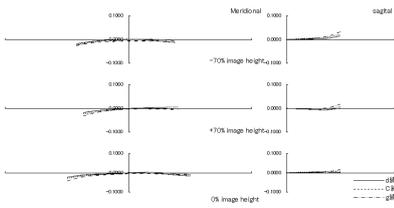
【 図 9 5 】



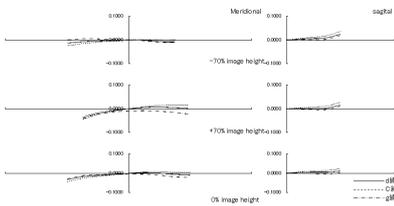
【 図 9 6 】



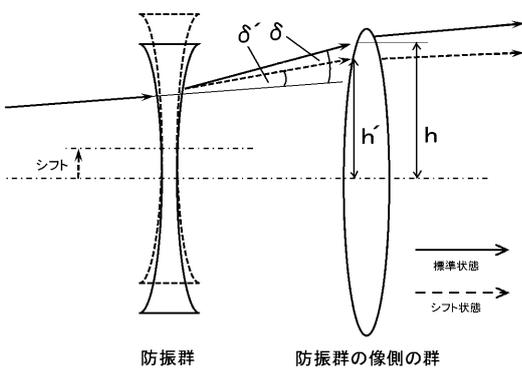
【 図 9 7 】



【 図 9 8 】



【 図 9 9 】



【 図 1 0 0 】

