

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-29658  
(P2013-29658A)

(43) 公開日 平成25年2月7日(2013.2.7)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO2B 13/04 (2006.01)** GO2B 13/04 D 2H087  
**GO2B 13/18 (2006.01)** GO2B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-165433 (P2011-165433)  
 (22) 出願日 平成23年7月28日 (2011.7.28)

(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 山崎 敦志  
 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 KA02 KA03 LA03 MA07 PA06  
 PA07 PA18 PA19 PB08 QA02  
 QA07 QA17 QA21 QA22 QA25  
 QA26 QA34 QA42 QA45 RA05  
 RA12 RA13

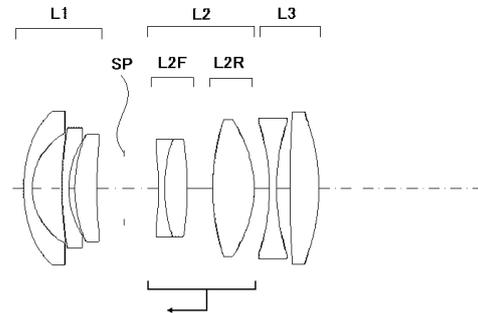
(54) 【発明の名称】 結像光学系

(57) 【要約】

【課題】画角が65度以上を実現しながら光線射出角を抑制し、迅速かつ静粛なフォーカスを行うことが可能で、小型で光学性能が良好な結像光学系を提供する。

【解決手段】物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群L1と、正の屈折力の第2レンズ群L2と、負の屈折力の第3レンズ群L3とで構成され、第1レンズ群L1の最も物体側のレンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズで構成され、第2レンズ群L2は負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズとからなる接合レンズL2Fおよび正の屈折力のレンズL2Rから構成され、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L2を光軸に沿って物体側へ移動し、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】

物体側より順に、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 と、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 と、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 とで構成され、

前記第 1 レンズ群 L 1 の最も物体側のレンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズで構成され、

前記第 2 レンズ群 L 2 は負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズとからなる接合レンズ L 2 F および正の屈折力のレンズ L 2 R から構成され、

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 L 2 を光軸に沿って物体側へ移動し、

以下の条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

$$(1) 0.3 < f_1 / f_3 < 1.0$$

$$(2) 0.1 < f_{2R} / f_{2F} < 0.7$$

ここで、

f<sub>1</sub> : 第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離

f<sub>3</sub> : 第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離

f<sub>2F</sub> : 第 2 レンズ群前部の接合レンズ L 2 F の合成焦点距離

f<sub>2R</sub> : 第 2 レンズ群後部の正レンズ L 2 R の焦点距離

## 【請求項 2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$(3) 0 < |f_2 / r_{2F}| < 0.5$$

ここで、

r<sub>2F</sub> : 第 2 レンズ群 L 2 の最も物体側の面の曲率半径

f<sub>2</sub> : 第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離

## 【請求項 3】

少なくとも前記第 1 レンズ群 L 1 中最も物体側のレンズおよび、前記第 2 レンズ群 L 2 中最も像側のレンズを非球面により構成することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の結像光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、デジタルカメラ、銀塩カメラ、ビデオカメラ等に用いられる撮像レンズに好適な結像光学系に関するものである。

## 【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。さらに、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。

## 【0004】

また、撮像装置に広く使用されている固体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ため、結像光学系には固体撮像素子の仕様に応じて一定の像側テレセントリック性が求められる。

## 【0005】

そのため、必然的に大型の固体撮像素子を使用する撮像装置においては、結像光学系全体の径が大型化する傾向にある。

## 【0006】

さらに、近年では、静止画撮影時の高速なフォーカシング動作だけでなく、動画撮影時

10

20

30

40

50

のオートフォーカスの追従性向上を実現するためにフォーカスレンズの重量を小さくすることが求められている。

【0007】

従って、大型の固体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、可能な限りフォーカスレンズの重量を小さくすることが課題となる。

【0008】

大型の撮像素子に対応するための、画角60度以上の結像光学系としては例えば特許文献1乃至2に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-040033号公報

【0010】

【特許文献2】特開2011-059288号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

結像光学系においては、小型化と性能向上の両立が課題となっているが、大型の固体撮像素子に対応する結像光学系においては、さらに撮像素子への光線の入射角の抑制が必要になる。

【0012】

特許文献1に記載の広角レンズは、レトロフォーカス型のレンズ構成を採用し、画角が75度以上を実現しているが、最大画角主光線の像面への入射角が20度を超える。

【0013】

この広角レンズを、固体撮像素子を搭載した撮像装置に使用する場合、画面中心付近での感度に対し、画面周辺での感度が徐々に低下する。この現象を緩和するために、固体撮像素子に搭載するマイクロレンズの位置を予め装着するレンズ固有の特性に合わせて設定する必要がある。

【0014】

そのため、固体撮像素子を採用したレンズ交換可能なシステムでの使用には適しているとは言えない。

【0015】

一方、特許文献2に記載の広角レンズは、画角が60度以上であり、最大画角主光線の像面への入射角が20度以下となっている。

【0016】

また、特許文献2に記載の広角レンズは、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。

【0017】

一般に、上記のように絞りに対してコンセントリックなレンズ形状とすることによって、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。

【0018】

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、第2レンズ群をフォーカシングで移動させると屈折力配置が大きく変化し、コマ収差、歪曲収差や倍率色収差の変動が大きくなる。

【0019】

そこで特許文献2に記載の広角レンズでは、第2レンズ群で発生する収差を小さくする

10

20

30

40

50

ことで、フォーカシングに伴って発生する収差を抑制している。具体的には、第2レンズ群を、物体側より順に、合成焦点距離が負となる負レンズと正レンズの接合（もしくは分離）に加えて、分離した正成分を配置し、互いに打ち消しあう収差を発生させることでフォーカシングに伴って発生する収差の補正をおこなっている。

【0020】

しかしながら、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り、さらなる広画角化が難しい。

【0021】

例えば、特許文献2の手法を画角が65度以上の広角レンズに適用する場合、バックフォーカスを確保するために第2レンズ群の正屈折力が強くなる。このとき画面周辺部で大きくなる非点収差、コマ収差等の発生を抑制するには第2レンズ群の構成枚数の増大を避けることができず、第2レンズ群の重量の増大を招き、静粛かつ迅速な合焦動作の実現が困難となる。

【0022】

本発明は、上記課題を解決し、画角が65度以上を実現しながら光線射出角を抑制し、迅速かつ静粛なフォーカスを行うことが可能で、小型で光学性能が良好な結像光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0023】

上記目的を達成するために、本発明を実施の結像光学系は、物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群L1と、正の屈折力の第2レンズ群L2と、負の屈折力の第3レンズ群L3とで構成され、第1レンズ群L1の最も物体側のレンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズで構成され、第2レンズ群L2は負の屈折力のレンズと正の屈折力のレンズとからなる接合レンズL2Fおよび正の屈折力のレンズL2Rから構成され、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L2を光軸に沿って物体側へ移動し、以下の条件式を満足する。

$$(1) 0.3 < f_1 / f_3 < 1.0$$

$$(2) 0.1 < f_{2R} / f_{2F} < 0.7$$

ここで、

f<sub>1</sub>：第1レンズ群L1の焦点距離

f<sub>3</sub>：第3レンズ群L3の焦点距離

f<sub>2F</sub>：第2レンズ群前部の接合レンズL2Fの合成焦点距離

f<sub>2R</sub>：第2レンズ群後部の正レンズL2Rの焦点距離

【0024】

さらに本発明を実施の結像光学系は、上記発明において、以下の条件式を満足する。

$$(3) 0 < |f_2 / r_{2F}| < 0.5$$

ここで、

r<sub>2F</sub>：第2レンズ群L2の最も物体側の面の曲率半径

f<sub>2</sub>：第2レンズ群L2の焦点距離

【0025】

さらに本発明を実施の結像光学系は、上記発明において、少なくとも第1レンズ群L1中最も物体側のレンズおよび、第2レンズ群L2中最も像側のレンズを非球面により構成する。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、デジタルカメラ、銀塩カメラ、ビデオカメラ等に用いられる撮像光学系であって、画角が65度以上を実現しながら光線射出角を抑制し、動画撮影にも適した迅速かつ静粛なフォーカスを行うことが可能で、小型で光学性能が良好な結像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

- 【図 1】実施例 1 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 2】実施例 1 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 3】実施例 1 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 4】実施例 1 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 5】実施例 1 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【図 6】実施例 2 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 7】実施例 2 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 8】実施例 2 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 9】実施例 2 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 1 0】実施例 2 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【図 1 1】実施例 3 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 1 2】実施例 3 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 1 3】実施例 3 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 1 4】実施例 3 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 1 5】実施例 3 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【図 1 6】実施例 4 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 1 7】実施例 4 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 1 8】実施例 4 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 1 9】実施例 4 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 2 0】実施例 4 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【図 2 1】実施例 5 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 2 2】実施例 5 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 2 3】実施例 5 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 2 4】実施例 5 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 2 5】実施例 5 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【図 2 6】実施例 6 の結像光学系の無限遠におけるレンズ断面図  
 【図 2 7】実施例 6 の結像光学系の無限遠における縦収差図  
 【図 2 8】実施例 6 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における縦収差図  
 【図 2 9】実施例 6 の結像光学系の無限遠における横収差図  
 【図 3 0】実施例 6 の結像光学系の撮影距離 4 0 0 m m における横収差図  
 【発明を実施するための形態】

10

20

30

## 【 0 0 2 8 】

本発明の結像光学系は、図 1、図 6、図 1 1、図 1 6、図 2 1、及び図 2 6 に示すレンズ断面図からわかるように、負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 と、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 と、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 とで構成され、第 1 レンズ群 L 1 の最も物体側のレンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズで構成され、第 2 レンズ群 L 2 は負屈折力のレンズと正屈折力のレンズからなる接合レンズ L 2 F および正屈折力のレンズ L 2 R から構成され、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 L 2 を光軸に沿って物体側へ移動する構成となっている。

40

## 【 0 0 2 9 】

上記の構成を持つ本発明の結像光学系は、以下の条件式を満足する。

$$(1) 0.3 < f_1 / f_3 < 1.0$$

$$(2) 0.1 < f_{2R} / f_{2F} < 0.7$$

ここで、

f<sub>1</sub> : 第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離

f<sub>3</sub> : 第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離

f<sub>2F</sub> : 第 2 レンズ群前部の接合レンズ L 2 F の合成焦点距離

f<sub>2R</sub> : 第 2 レンズ群後部の正レンズ L 2 R の焦点距離

## 【 0 0 3 0 】

50

条件式(1)は、第1レンズ群L1の焦点距離 $f_1$ と、第3レンズ群L3の焦点距離 $f_3$ の比率を規定するものである。

【0031】

条件式(1)の下限値を超えると、相対的に第3レンズ群L3の焦点距離が長くなり、第3レンズ群L3の倍率負担は減少するが、フォーカシング時の第2レンズ群L2の移動量が増大する。このとき無限遠合焦時における第2レンズ群L2での光線高が高くなり、レンズ径の増大を招く。

【0032】

その結果、第2レンズ群L2の重量が増加し、フォーカシング動作において十分な静粛性、迅速性が達成できない。

10

【0033】

条件式(1)の上限値を超えると、第1レンズ群L1の負屈折力が不足し、第1レンズ群L1のみでは画角65度以上の広画角を実現するための十分な発散効果が得られない。そのため、第2レンズ群L2前部の接合レンズL2F内の負レンズの負屈折力が強くなるをえない。

【0034】

一方で、フォーカス群である第2レンズ群L2全体の正屈折力は維持される必要があるため、第2レンズ群L2内の正レンズの正屈折力が強くなり、各面の曲率半径が小さくなることにより特にコマ収差の発生が大きくなる。

【0035】

このとき第2レンズ群L2での収差補正を十分に行うためには、さらに凸成分を追加する必要があり、レンズ全長の増加及び、フォーカス重量の増加が避けられない。

20

【0036】

条件式(2)は、第2レンズ群L2前部の接合レンズL2Fの焦点距離 $f_{2F}$ と後部の正屈折力のレンズL2Rの焦点距離 $f_{2R}$ の焦点距離比を規定するものである。

【0037】

条件式(2)の下限値を超えて第2レンズ群L2前部の接合レンズL2Fの正屈折力が強くなると、マージナル近傍でオーバーになる球面収差の補正を行うことができない。

【0038】

条件式(2)の上限値を超えて第2レンズ群L2前部の接合レンズL2Fの正屈折力が弱くなると、十分に射出角を抑制するためにフォーカス群である第2レンズ群L2後部の正屈折力のレンズL2Rの屈折力負担が増大する。このとき正レンズL2Rの曲率半径が小さくなることにより、軸外光線の入射角がきつくなり、メリジオナルのコマ収差と像面湾曲を良好に補正することができない。

30

【0039】

また本発明の結像光学系は、さらに以下の条件式を満足することが望ましい。

$$(3) \quad |f_{2F} / r_{2F}| < 0.5$$

ここで、

$r_{2F}$  : 第2レンズ群L2の最も物体側の面の曲率半径

$f_2$  : 第2レンズ群L2の焦点距離

40

【0040】

条件式(3)は、第2レンズ群L2の最も物体側の面の曲率半径と、第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定するものである。

【0041】

条件式(3)の上限値を超えると、相対的に第2レンズ群L2の最も物体側の面の曲率半径が小さくなり、デジタルコマ収差の発生源となるため画面周辺部まで均質な画像を得ることができない。また第2レンズ群L2前部の接合レンズL2Fの製造誤差に対する敏感度が増大する傾向がある。

【0042】

また本発明の結像光学系は、少なくとも第1レンズ群L1の最も物体側のレンズおよび

50

、第2レンズ群L2の最も像側のレンズを非球面により構成することが望ましい。

【0043】

第1レンズ群L1の最も物体側のレンズは、球面のみで構成する場合に比べ、光軸から離れるに従って負の屈折力を弱める形状の非球面とすることにより、歪曲収差の発生を低減することができる。

【0044】

また、第2レンズ群L2の最も像側のレンズは、球面のみで構成する場合に比べ、光軸から離れるに従って正の屈折力を弱める形状の非球面とすることにより、フォーカシング時の光線高の変化に伴って変動する非点収差を効果的に抑制することができる。

【0045】

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

【実施例1】

【0046】

図1は、本発明の実施例1の結像光学系のレンズ構成図である。

【0047】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0048】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0049】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

【0050】

前部レンズL2Fは、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されている。

【0051】

後部レンズL2Rは、両凸レンズで構成されている。

【0052】

この第2レンズ群L2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。

【0053】

また、後部レンズL2Rを構成する両凸レンズの両側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0054】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0055】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【実施例2】

【0056】

図6は、本発明の実施例2の結像光学系のレンズ構成図である。

【0057】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0058】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっ

10

20

30

40

50

ている。

【0059】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

【0060】

前部レンズL2Fは、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されている。

【0061】

後部レンズL2Rは、両凸レンズで構成されている。

【0062】

この第2レンズ群L2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。

【0063】

また、後部レンズL2Rを構成する両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0064】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0065】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【実施例3】

【0066】

図11は、本発明の実施例3の結像光学系のレンズ構成図である。

【0067】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0068】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0069】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

【0070】

前部レンズL2Fは、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されている。

【0071】

後部レンズL2Rは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。

【0072】

この第2レンズ群L2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。

【0073】

また、後部レンズL2Rを構成する正メニスカスレンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0074】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0075】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【実施例4】

10

20

30

40

50

## 【0076】

図16は、本発明の実施例4の結像光学系のレンズ構成図である。

## 【0077】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

## 【0078】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

## 【0079】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

## 【0080】

前部レンズL2Fは、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されている。

## 【0081】

後部レンズL2Rは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。

## 【0082】

この第2レンズ群L2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。

## 【0083】

また、後部レンズL2Rを構成する正メニスカスレンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

## 【0084】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されており、全体として負の屈折力を有している。

## 【0085】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

## 【実施例5】

## 【0086】

図21は、本発明の実施例5の結像光学系のレンズ構成図である。

## 【0087】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる接合レンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

## 【0088】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

## 【0089】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

## 【0090】

前部レンズL2Fは、両凸レンズと負レンズとからなる接合レンズで構成されている。

## 【0091】

後部レンズL2Rは、両凸レンズで構成されている。

## 【0092】

この第2レンズ群L2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。

## 【0093】

また、後部レンズL2Rを構成する両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状と

10

20

30

40

50

なっている。

【0094】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0095】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【実施例6】

【0096】

図26は、本発明の実施例6の結像光学系のレンズ構成図である。

【0097】

第1レンズ群L1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0098】

また、最も物体側の負メニスカスレンズの物体側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0099】

第2レンズ群L2は、正の屈折力を有する前部レンズL2Fと、正の屈折力を有する後部レンズL2Rとから構成されており、全体として正の屈折力を有している。

【0100】

前部レンズL2Fは、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されている。

【0101】

後部レンズL2Rは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。

【0102】

この第2レンズ群L2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。

【0103】

また、後部レンズL2Rを構成する正メニスカスレンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0104】

第3レンズ群L3は、両凹レンズと両凸レンズとからなる接合レンズで構成されており、全体として負の屈折力を有している。

【0105】

また、両凸レンズの像側レンズ面は、所定の非球面形状となっている。

【0106】

以下に、前述した本発明の結像光学系の各実施例の具体的な数値データを示す。

【0107】

[面データ]において、面番号は物体側からのレンズ面の番号、 $r$ は各レンズ面の曲率半径、 $d$ は各レンズ面の間隔、 $n_d$ は $d$ 線(波長587.56nm)に対する屈折率、 $v_d$ は $d$ 線に対するアッペ数を示している。

【0108】

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ることを示している。また、BFはバックフォーカスを表している。

【0109】

[非球面データ]には、[面データ]において\*を付したレンズ面の非球面形状を与える各係数値を示している。非球面の形状は、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。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 0 】

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

【 0 1 1 1 】

[ 各種データ ] には、撮影距離が INF と 4 0 0 m m のときの各種データの値を示している。

【 0 1 1 2 】

[ レンズ群データ ] には、各レンズ群の最も物体側のレンズ面番号及び群全体の合成焦点距離を示している。 10

【 0 1 1 3 】

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 ( m m ) 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 1 4 】

また、これらの各実施例における条件式の対応値の一覧を示す。

【 0 1 1 5 】

また、各実施例に対応する収差図において、d、g、C はそれぞれ d 線、g 線、C 線を表しており、S、M はそれぞれサジタル像面、メリジオナル像面を表している。 20

【 0 1 1 6 】

数値実施例 1

単位 mm

[ 面データ ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面		可変			
1*	19.7573	1.2000	1.49710	81.56	
2	8.6000	3.9776			
3	49.3641	0.9000	1.56732	42.84	30
4	12.1311	0.8308			
5	18.2783	2.9600	1.91082	35.25	
6	67.7791	3.6317			
7(絞り)		可変			
8	-37.4335	0.8500	1.62004	36.30	
9	21.1068	3.0265	1.77250	49.62	
10	-42.9588	3.4392			
11*	30.4781	5.6963	1.58913	61.25	
12*	-12.5222	可変			
13	-29.0819	1.0000	1.67270	32.17	40
14	30.3607	1.7439			
15	142.2788	3.9343	1.49710	81.56	
16*	-28.0291	22.1998			
像面					

[ 非球面データ ]

	1面	11面	12面	16面	
K	0	0	0	0	
A4	4.13638E-05	-4.86522E-06	1.40735E-04	-2.84714E-05	
A6	2.24320E-07	5.06408E-08	-1.31253E-07	3.05339E-07	50

A8	-1.20983E-09	9.55881E-10	3.89495E-09	-8.62682E-10
A10	1.57017E-11	-1.24802E-11	-1.15629E-11	7.76054E-12

## [各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	18.87	18.82	
Fナンバー	2.92	2.96	
全画角2	75.4	-	
像高Y	14.20	14.20	
レンズ全長	62.05	62.05	10
BF	22.20	22.20	
可変間隔			
物面		337.9502	
d7	4.6600	4.2317	
d12	2.0000	2.4283	

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離	
L1	1	-35.13	
L2	8	14.23	20
L3	13	-48.93	
L2F	8	109.34	
L2R	11	15.84	

## 【0117】

## 数值実施例2

単位 mm

## [面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面		可変			
1*	21.1183	1.2000	1.49710	81.56	30
2	9.2430	3.8078			
3	46.4293	0.9366	1.56732	42.84	
4	11.6191	0.9239			
5	18.1971	2.9513	1.88300	40.81	
6	65.3908	3.6805			
7(絞り)		可変			
8	-67.5244	0.8500	1.62004	36.30	
9	18.3801	2.8815	1.80420	46.50	
10	-41.0530	5.4428			
11	98.9338	4.6404	1.69350	53.20	40
12*	-14.9091	可変			
13	-25.7827	1.0000	1.74077	27.76	
14	43.2011	0.2683			
15	57.4389	4.9991	1.49710	81.56	
16*	-27.8073	21.2552			
像面		BF			

## [非球面データ]

	1面	12面	16面	
K	0	0	0	50

A4	3.77435E-05	6.97896E-05	-2.84475E-06
A6	1.63067E-07	2.84112E-08	8.36964E-08
A8	-1.15802E-09	-1.71949E-10	8.16905E-10
A10	1.11170E-11	5.59165E-12	-2.54347E-12

## [各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	18.83	18.85	
Fナンバー	2.90	2.95	
全画角2	75.5	-	10
像高Y	14.20	14.20	
レンズ全長	62.00	62.00	
BF	21.21	21.21	
可変間隔			
物面		337.9550	
d7	4.8470	4.3117	
d12	2.3609	2.8962	

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離	
L1	1	-34.35	20
L2	8	15.42	
L3	13	-60.10	
L2F	8	48.68	
L2R	11	19.00	

## 【0118】

## 数値実施例3

単位 mm

## [面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面		可変			
1*	20.3375	1.2000	1.59201	67.02	
2	9.5675	3.6415			
3	47.1584	0.9000	1.56732	42.84	
4	11.9842	0.8645			
5	18.0262	3.0436	1.88300	40.81	
6	78.7110	3.8505			
7(絞り)		可変			
8	-73.7004	0.8500	1.62004	36.30	40
9	20.1793	2.8691	1.80420	46.50	
10	-34.6126	5.9919			
11	-206.2175	4.2124	1.77010	49.34	
12*	-14.9001	可変			
13	-21.9081	1.0000	1.74077	27.76	
14	41.8124	4.9031	1.59201	67.02	
15*	-29.3003	21.7976			
像面		BF			

## [非球面データ]

50

	1面	12面	15面
K	0	0	0
A4	3.24297E-05	5.77053E-05	-6.46943E-06
A6	1.31614E-07	4.11225E-08	7.15302E-08
A8	-8.26926E-10	-3.75630E-10	6.91313E-10
A10	8.52452E-12	6.21198E-12	-2.36439E-12

## [各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	18.87	18.91	10
Fナンバー	2.89	2.95	
全画角2	75.3	-	
像高Y	14.20	14.20	
レンズ全長	62.05	62.00	
BF	21.80	21.80	
可変間隔			
物面		337.9550	
d9	4.9208	4.3482	
d11	2.0000	2.5726	20

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
L1	1	-37.36
L2	8	15.95
L3	13	-68.91
L2F	8	41.56
L2R	11	20.66

## 【0119】

## 数値実施例4

単位 mm

## [面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面		可変			
1*	20.8128	1.2000	1.59201	67.02	
2	9.3513	3.3434			
3	37.8156	0.9000	1.56732	42.84	
4	11.8615	0.7997			
5	17.5225	2.4810	1.88300	40.81	
6	70.0319	3.6951			40
7(絞り)		可変			
8	-66.5754	0.8500	1.62004	36.30	
9	22.4165	2.7812	1.80420	46.50	
10	-37.3785	5.7525			
11	-308.2350	4.4533	1.77010	49.34	
12*	-14.5018	可変			
13	-22.2890	1.0000	1.74077	27.76	
14	40.3119	4.8254	1.59201	67.02	
15*	-29.5486	22.2884			
像面		BF			50

## [非球面データ]

	1面	12面	15面
K	0	0	0
A4	3.71314E-05	6.03409E-05	-8.21604E-06
A6	1.26369E-07	2.65895E-08	8.43206E-08
A8	-8.81328E-10	-1.24719E-10	6.20932E-10
A10	9.83774E-12	5.67838E-12	-2.28850E-12

## [各種データ]

	INF	400mm
焦点距離	18.91	18.95
Fナンバー	2.88	2.94
全画角2	75.2	-
像高Y	14.20	14.20
レンズ全長	61.36	61.36
BF	22.29	22.29
可変間隔		
物面		338.6359
d7	4.9942	4.4220
d12	2.0000	2.5722

10

20

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
L1	1	-38.05
L2	8	15.85
L3	13	-69.78
L2F	8	48.55
L2R	11	19.63

30

## 【0120】

数值実施例5

単位 mm

## [面データ]

面番号	r	d	nd	vd
物面		可変		
1*	21.0201	1.2000	1.49710	81.56
2	9.3780	2.6816		
3	17.8525	2.7462	1.80610	33.27
4	22.7760	0.9000	1.48749	70.44
5	10.8560	5.9722		
6(絞り)		可変		
7	31.9831	3.3673	1.74330	49.22
8	-14.5930	0.8500	1.67270	32.17
9	-1233.0946	5.2293		
10	72.8681	4.7414	1.69350	53.20
11*	-15.1611	可変		
12	-26.9729	1.0000	1.72825	28.32
13	40.6874	2.1150		
14	71.7957	3.3632	1.76802	49.24

40

50

15*	-52.9713	21.3102
像面		BF

## [非球面データ]

	1面	11面	15面	
K	0	0	0	
A4	2.11887E-05	6.46946E-05	6.89202E-06	
A6	1.68951E-07	3.77960E-08	1.16321E-07	
A8	-1.20889E-09	-1.81822E-10	9.44126E-11	
A10	8.38769E-12	5.93463E-12	7.31572E-13	10

## [各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	19.02	19.23	
Fナンバー	2.90	2.93	
全画角2	74.9	-	
像高Y	14.20	14.20	
レンズ全長	62.06	62.06	
BF	21.31	21.31	
可変間隔			20
物面		337.9400	
d6	4.5837	3.9369	
d11	2.0000	2.6468	

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離	
L1	1	-24.39	
L2	7	14.80	
L3	12	-61.49	
L2F	7	35.24	30
L2R	10	18.50	

【0121】  
数値実施例6

単位 mm

## [面データ]

面番号	r	d	nd	vd	
物面		可変			
1*	19.5000	1.2000	1.59201	67.02	
2	11.0885	2.8864			40
3	52.0564	0.9000	1.56732	42.84	
4	11.8091	1.6771			
5	19.1964	2.4847	1.88300	40.81	
6	117.1759	3.2519			
7(絞り)		可変			
8	-74.2633	0.8500	1.62004	36.30	
9	14.8226	3.2567	1.80420	46.50	
10	-37.1078	7.0105			
11	-77.6701	3.7904	1.77010	49.34	
12*	-15.4494	可変			50

13	-20.8558	1.0000	1.74077	27.76
14	100.4090	4.0281	1.59201	67.02
15*	-29.9185	21.6403		
像面		BF		

## [非球面データ]

	1面	12面	15面	
K	0	0	0	
A4	2.20171E-05	5.81230E-05	-7.66673E-06	
A6	1.08587E-07	5.09192E-08	6.62491E-08	10
A8	-8.40134E-10	-1.15351E-10	7.44379E-10	
A10	8.57389E-12	7.72799E-12	-3.35374E-12	

## [各種データ]

	INF	400mm	
焦点距離	21.94	21.85	
Fナンバー	2.92	2.98	
全画角2	66.0	-	
像高Y	14.20	14.20	
レンズ全長	61.35	61.35	20
BF	21.64	21.64	
可変間隔			
物面		338.6550	
d7	5.3691	4.6319	
d12	2.0000	2.7372	

## [レンズ群データ]

群	始面	焦点距離	
L1	1	-60.04	
L2	8	17.71	30
L3	13	-66.73	
L2F	8	38.86	
L2R	11	24.40	

## 【0122】

## [条件式対応値]

式	条件式(1) f1/f3	条件式(2) f2R/f2F	条件式(3)  f2/r2F	
範囲	0.3 < x < 1.0	0.10 < x < 0.7	x < 0.5	
実施例1	0.72	0.14	0.38	40
実施例2	0.57	0.39	0.23	
実施例3	0.54	0.50	0.22	
実施例4	0.55	0.40	0.24	
実施例5	0.40	0.53	0.46	
実施例6	0.90	0.63	0.24	

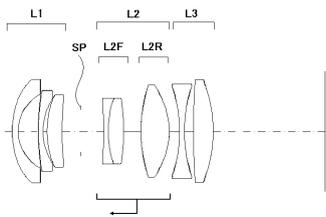
## 【符号の説明】

## 【0123】

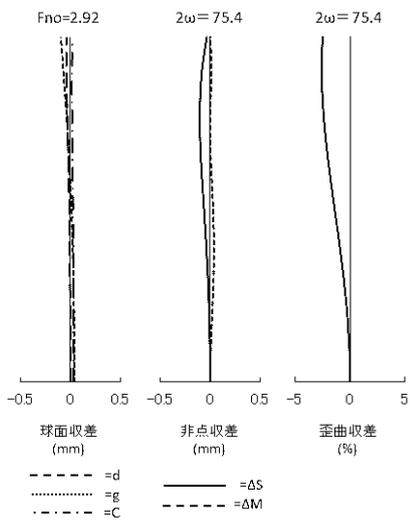
L 1	第1レンズ群	
L 2	第2レンズ群	50

- L 3 第 3 レンズ 群
- S P 開口 絞リ
- L 2 F 第 2 レンズ 群 前 部 レンズ
- L 2 R 第 2 レンズ 群 後 部 レンズ

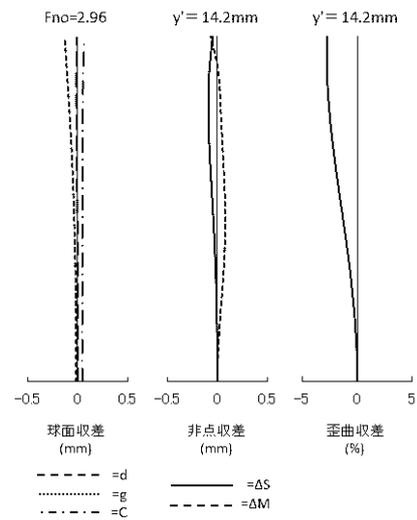
【 図 1 】



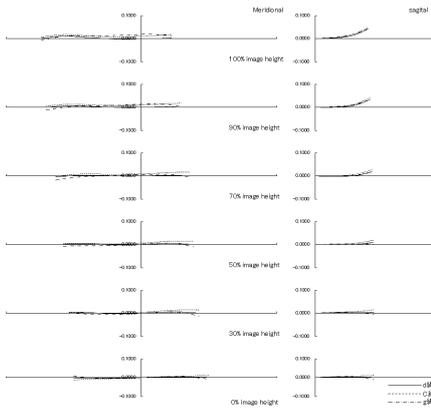
【 図 2 】



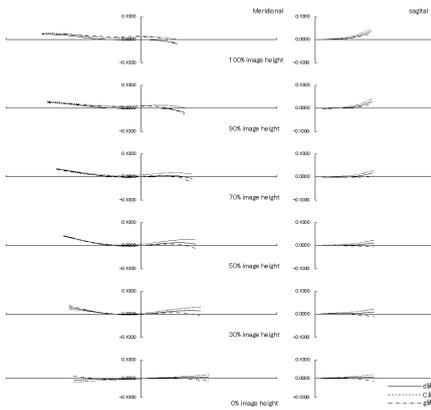
【 図 3 】



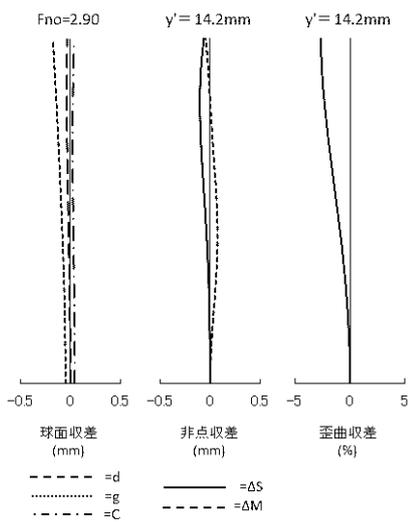
【 図 4 】



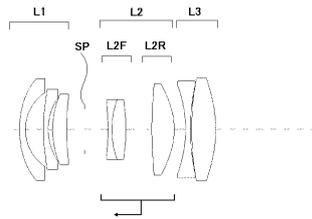
【 図 5 】



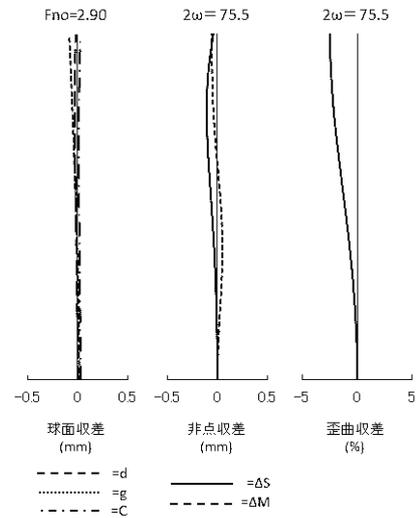
【 図 8 】



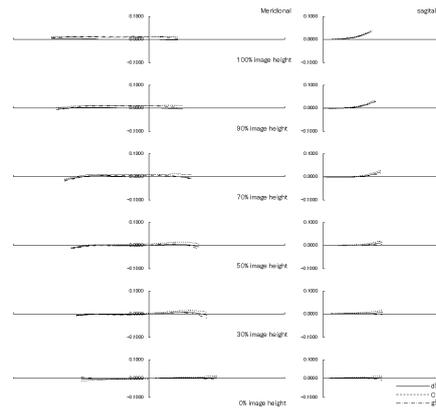
【 図 6 】



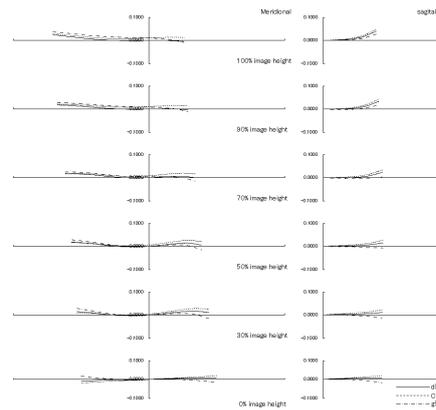
【 図 7 】



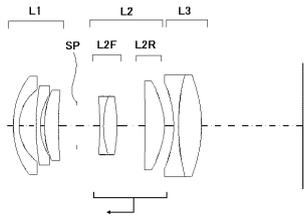
【 図 9 】



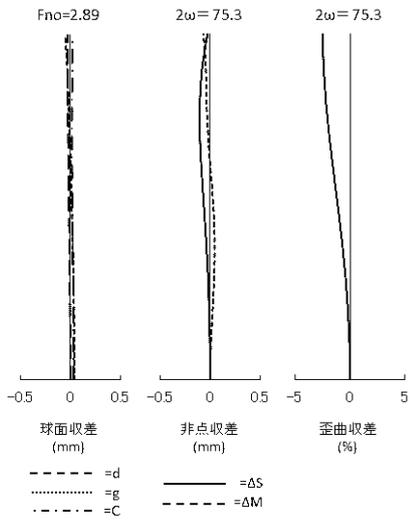
【 図 10 】



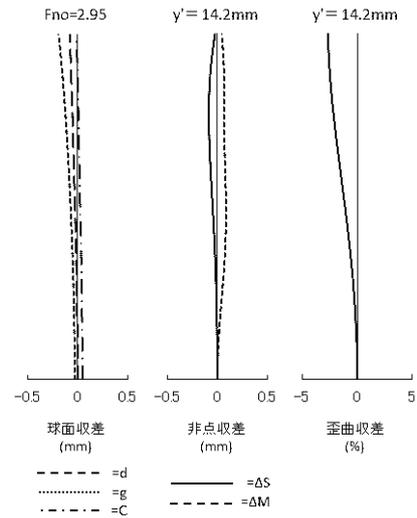
【 図 1 1 】



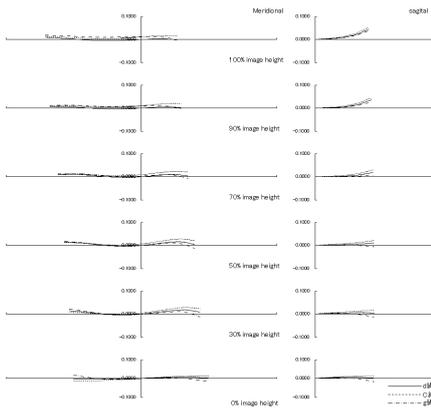
【 図 1 2 】



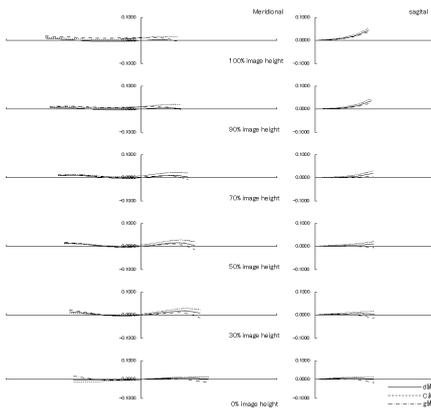
【 図 1 3 】



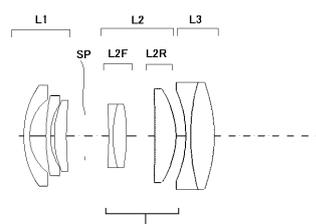
【 図 1 4 】



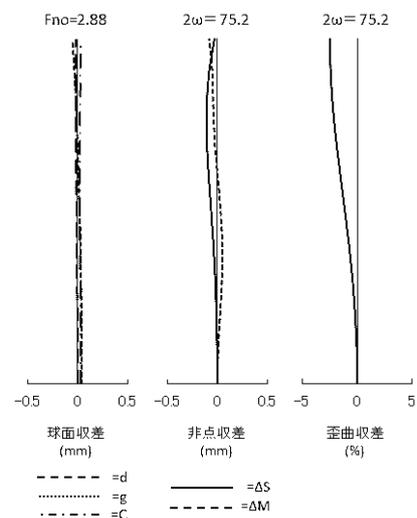
【 図 1 5 】



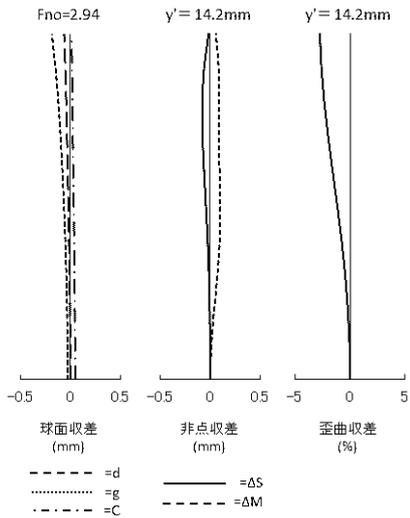
【 図 1 6 】



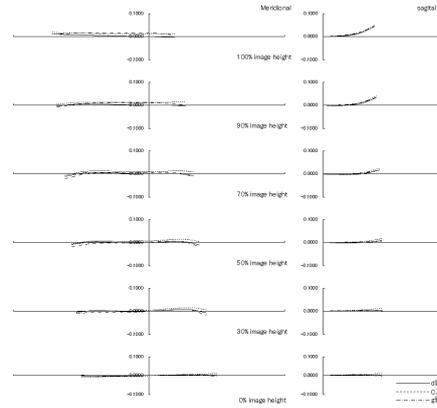
【 図 1 7 】



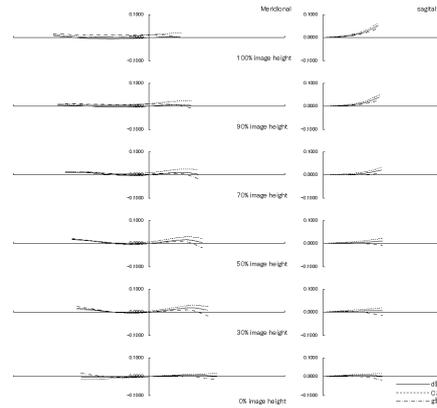
【 図 1 8 】



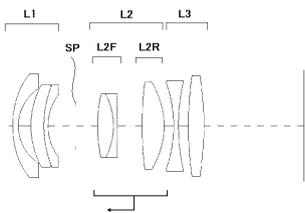
【 図 1 9 】



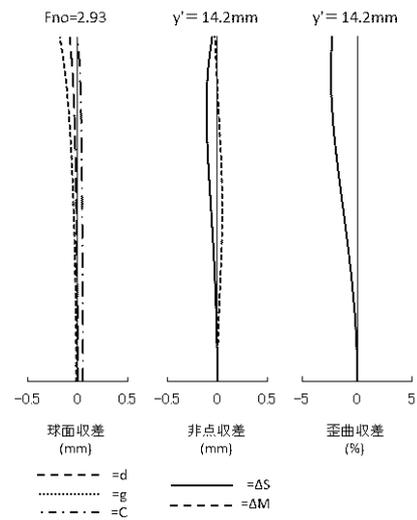
【 図 2 0 】



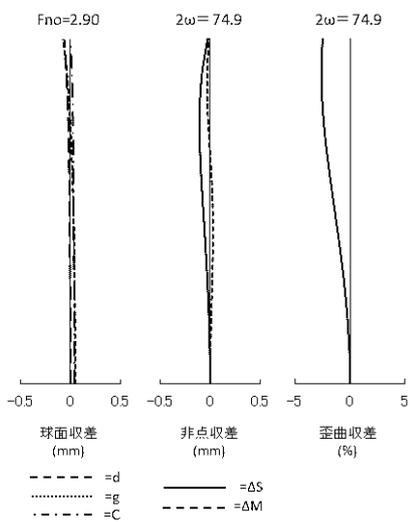
【 図 2 1 】



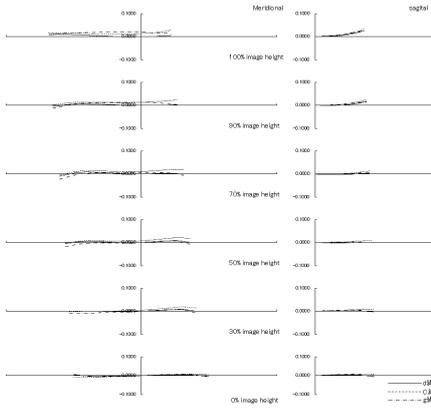
【 図 2 3 】



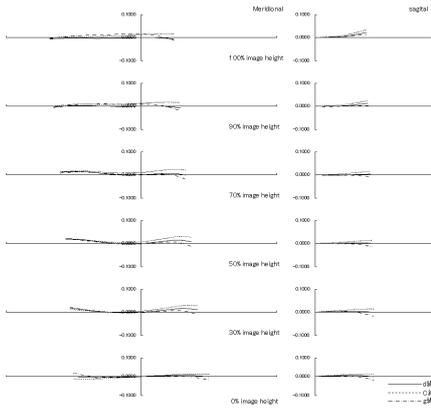
【 図 2 2 】



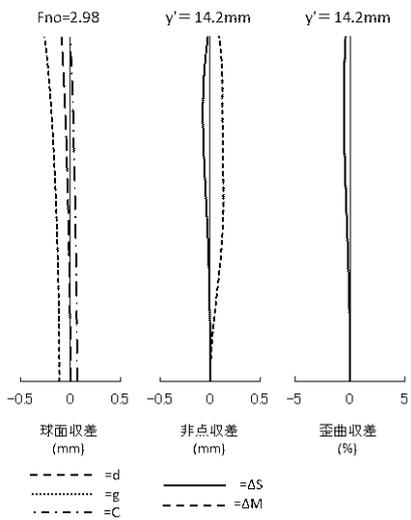
【 図 2 4 】



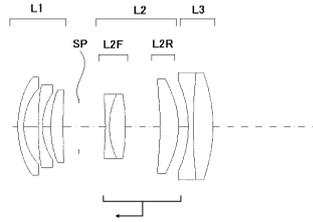
【 図 2 5 】



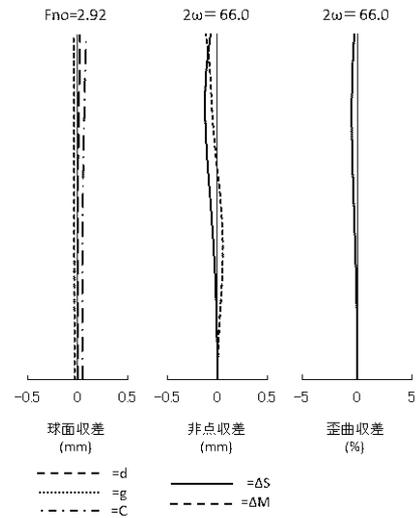
【 図 2 8 】



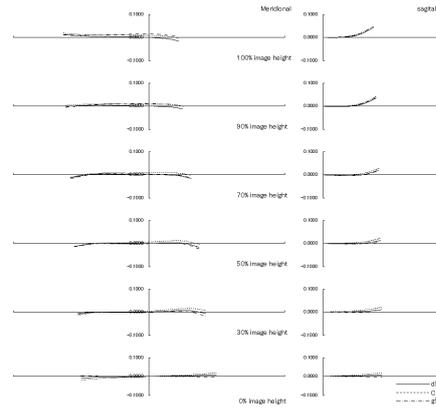
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】

