

(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2013-61476
(P2013-61476A)

(43) 公開日 平成25年4月4日(2013. 4. 4)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

GO 2 B 13/00 (2006.01) GO 2 B 13/00 2 H 0 8 7

GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

GO 2 B 15/20 (2006.01) GO 2 B 15/20

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2011-199649 (P2011-199649)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成23年9月13日 (2011. 9. 13)		ソニー株式会社
			東京都港区港南1丁目7番1号
		(74) 代理人	100116942
			弁理士 岩田 雅信
		(72) 発明者	山野 裕貴
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA01 PA03 PA07 PA17
			PA18 PB04 PB08 QA02 QA07
			QA12 QA17 QA21 QA22 QA26
			QA32 QA34 QA37 QA42 QA45
			QA46 RA05 RA12 RA13 RA42
			SA23 SA27 SA29 SA33 SA62
			SA63 SA64 SA65 SB03 SB13
			SB22 SB34

(54) 【発明の名称】 レンズ光学系及び撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】小型化を図ると共に十分な像面湾曲補正を行って高い光学性能を確保する。

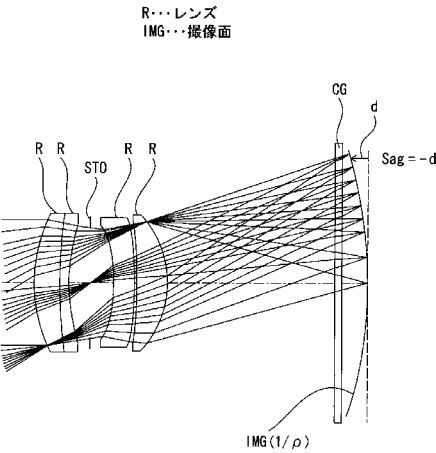
【解決手段】固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式(1)を満足する。(

1) $\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_k} \right) > 0$ 但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_k} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバル曲率、 r_k : 物体側からk番目のレンズ面の曲率半径、 n_k : 物体側からk番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率、 n_k : 物体側からk番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率、 Sag : 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量(像側方向を正)とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、
前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式 (1) を満足する
レンズ光学系。

$$(1) \quad \sum_k S a g > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_{k+1}^2} \right)$$

10

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

$S a g$: 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量 (像側方向を正)

とする。

【請求項 2】

以下の条件式 (2) を満足する

20

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

$$(2) \quad \dots < 0$$

【請求項 3】

前記固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状である

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

【請求項 4】

全ズーム領域の無限遠撮影状態において、最大画角主光線の前記撮像面への入射角度が以下の条件式 (3) を満足する

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

30

$$(3) \quad \theta_{max} < 45^\circ$$

但し、

θ_{max} : 最大画角主光線の撮像面への入射角度 (垂直入射を 0° とする)

とする。

【請求項 5】

前記固体撮像素子の撮像面の全体が同一曲率の球面形状である

請求項 3 に記載のレンズ光学系。

【請求項 6】

前記固体撮像素子の撮像面と光学系の焦点距離が以下の条件式 (4) を満足する

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

40

$$(4) \quad -5.0 < R_{img} / f_{inf} < -1.0$$

但し、

R_{img} : 固体撮像素子の撮像面の曲率半径

f_{inf} : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

とする。

【請求項 7】

前記レンズとして 2 枚の正レンズと 2 枚の負レンズの合計 4 枚のレンズを配置した

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

【請求項 8】

最も像側に位置するレンズが像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズである

50

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

【請求項 9】

最も像側に位置するレンズ面に非球面が形成されている

請求項 1 に記載のレンズ光学系。

【請求項 10】

レンズ光学系と前記レンズ光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する固体撮像素子とを備え、

前記レンズ光学系は、

前記固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、

前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式 (1) を満足する

10

撮像装置。

$$(1) \quad \sum_k S a g > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

20

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

$S a g$: 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量 (像側方向を正)

とする。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術はレンズ光学系及び撮像装置に関する。詳しくは、小型かつ高性能で撮像手段として固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ等に特に好適なレンズ光学系及び撮像装置の技術分野に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年デジタルカメラ等の撮像装置の市場は非常に大きなものとなっており、ユーザーのデジタルカメラ等に対する要望も多岐にわたっている。高画質化、小型化、薄型化は言うまでもなく、さらに近年では撮影レンズの明るさ、さらには低ノイズ撮影やハイダイナミックレンジの実現に効果的となることから撮像素子の大型化へのニーズも非常に大きくなってきている。

【0003】

一般に、撮像素子を大型化すると、その分レンズ光学系も同時に大型化してしまうことが知られている。特に、撮像手段として固体撮像素子を用いたデジタルカメラ用のレンズ光学系においては、撮像面への入射光線角度の許容レベルが小さく、可能な限り垂直に近い光線入射を実現するために光学系をテレセントリックに近付ける光学設計が必要であったため、結果として、光学系の十分な小型化を実現することが困難であった。

40

【0004】

また、撮影画像や映像の中心から周辺部に至る全画面での高解像度化を実現するためには、撮像面に結像する光学像の像面湾曲を適切に補正する必要があるが、これを実現するためには像面湾曲補正を行うための補正レンズを光学系に追加する必要がある。従って、光学系の小型化に対して大きな制約になっていた。焦点深度が浅くなる F ナンバーの明るいレンズにおいては、特に、この制約が大きく、小型化が困難であった。

【0005】

50

上記のような像面湾曲補正を行う撮像装置として、固体撮像素子の物体側に曲面を有する像面変換素子が配置されたものがある（例えば、特許文献１参照）。

【０００６】

【特許文献１】特開２０１０－１０９０９６号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ところが、特許文献１に記載されたレンズ光学系については、像面変換素子によって像面湾曲補正が行うようにされているが、曲面形状についての具体的な設計が行われておらず、十分な像面湾曲補正が行われない可能性がある。

10

【０００８】

また、特許文献１に記載されたレンズ光学系については、固体撮像素子の物体側に像面変換素子が配置されているため、その分、光学全長が長くなり、小型化に支障を来たすと言う問題もある。

【０００９】

そこで、本技術レンズ光学系及び撮像装置は、上記した問題点を克服し、小型化を図ると共に十分な像面湾曲補正を行って高い光学性能を確保することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

第１に、レンズ光学系は、上記した課題を解決するために、固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式（１）を満足するものである。

20

$$(1) \quad \times S a g > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

30

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

$S a g$: 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量（像側方向を正）

とする。

【００１１】

従って、レンズ光学系にあっては、光学像の解像度が最良になる像面に撮像面を適合させることが可能になる。

【００１２】

第２に、上記したレンズ光学系においては、以下の条件式（２）を満足することが望ましい。

40

$$(2) \quad < 0$$

【００１３】

条件式（２）を満足することにより、ペッツバール曲率がマイナス符号を持つ。

【００１４】

第３に、上記したレンズ光学系においては、前記固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状であることが望ましい。

【００１５】

固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状であることにより、レンズ光学系を構成する各レンズのレンズ面形状を回転対称の形状に形成

50

することが可能になる。

【0016】

第4に、上記したレンズ光学系においては、全ズーム領域の無限遠撮影状態において、最大画角主光線の前記撮像面への入射角度が以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad \theta_{max} < 45^\circ$$

但し、

θ_{max} : 最大画角主光線の撮像面への入射角度(垂直入射を 0° とする)
とする。

【0017】

全ズーム領域の無限遠撮影状態において、最大画角主光線の撮像面への入射角度が条件式(3)を満足することにより、固体撮像素子への入射光線角度が小さくなる。

【0018】

第5に、上記したレンズ光学系においては、前記固体撮像素子の撮像面の全体が同一曲率の球面形状であることが望ましい。

【0019】

固体撮像素子の撮像面の全体が同一曲率の球面形状であることにより、撮像面の形状が単純化される。

【0020】

第6に、上記したレンズ光学系においては、前記固体撮像素子の撮像面と光学系の焦点距離が以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad -5.0 < R_{img} / f_{inf} < -1.0$$

但し、

R_{img} : 固体撮像素子の撮像面の曲率半径
 f_{inf} : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離
とする。

【0021】

固体撮像素子の撮像面と光学系の焦点距離が条件式(4)を満足することにより、撮像面の湾曲の度合いが小さくなると共にレンズ光学系の焦点距離に対して固体撮像素子の撮像面の曲率が強くなる。

【0022】

第7に、上記したレンズ光学系においては、前記レンズとして2枚の正レンズと2枚の負レンズの合計4枚のレンズを配置することが望ましい。

【0023】

レンズとして2枚の正レンズと2枚の負レンズの合計4枚のレンズを配置することにより、レンズ光学系を構成するレンズの枚数が少ない状態で各種の収差補正が可能になる。

【0024】

第8に、上記したレンズ光学系においては、最も像側に位置するレンズが像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズであることが望ましい。

【0025】

最も像側に位置するレンズが像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズであることにより、最も像側に位置するレンズによる拡大倍率を大きくすることが可能になる。

【0026】

第9に、上記したレンズ光学系においては、最も像側に位置するレンズ面に非球面が形成されていることが望ましい。

【0027】

最も像側に位置するレンズ面に非球面が形成されていることにより、光学系の非点収差の補正を適切に行うことが可能になる。

【0028】

撮像装置は、上記した課題を解決するために、レンズ光学系と前記レンズ光学系によっ

10

20

30

40

50

て形成された光学像を電气的信号に変換する固体撮像素子とを備え、前記レンズ光学系は、前記固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式(1)を満足するものである。

$$(1) \quad \sum_k S a g > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

で表わされる光学系のベッツパール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

$S a g$: 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量(像側方向を正)

とする。

【0029】

従って、撮像装置にあっては、光学像の解像度が最良になる像面に撮像面を適合させることが可能になる。

【発明の効果】

【0030】

本技術レンズ光学系及び撮像装置にあっては、小型化を図ることができると共に十分な像面湾曲補正を行って高い光学性能を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下に、本技術レンズ光学系及び撮像装置を実施するための最良の形態について説明する。

【0032】

[レンズ光学系の構成]

本技術レンズ光学系は、図1に示すように、固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズRが配置され、固体撮像素子の撮像面IMGが、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量dが大きくなる非平面形状を有している。撮像面IMGの物体側にはカバーガラスCGが配置されている。

【0033】

尚、図1には、撮像面IMGが物体側に凹の非平面形状に形成された例を示しているが、逆に、図2に示すように、撮像面IMGが物体側に凸の非平面形状に形成されていてもよい。

【0034】

また、撮像面IMGは光軸を軸とする回転対称の形状でなくてもよく、球面形状でなくともよい。

【0035】

レンズ光学系を上記のように構成することにより、レンズ光学系に像面湾曲収差が大きく発生している場合においても、光学像の解像度が最良になる像面に撮像面を適合させることが可能であるため、画像又は映像の中心から最周辺部(最外周部)に至る全画面の良好な解像度を確保することができる。

【0036】

また、本技術レンズ光学系は、以下の条件式(1)を満足するようにされている。

$$(1) \quad \sum_k S a g > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

10

20

30

40

50

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

Sag : 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量 (像側方向を正)

とする。

【 0 0 3 7 】

条件式 (1) は、レンズ光学系が有する像面湾曲収差の状態と、固体撮像素子の撮像面が有する非平面形状の最適条件を規定する式である。

【 0 0 3 8 】

条件式 (1) が下限を超えて小さくなり過ぎる場合には、レンズ光学系の像面湾曲の方向と固体撮像素子の撮像面の形状の方向とが相反する方向に変化している状態になるため、致命的な画質の劣化を招いてしまう。

【 0 0 3 9 】

従って、レンズ光学系が条件式 (1) を満足することにより、レンズ光学系の像面湾曲の方向と固体撮像素子の撮像面の形状の方向とが相反する方向に変化している状態にならないため、像面湾曲収差が良好に補正され、画質の向上を図ることができる。

【 0 0 4 0 】

また、本技術レンズ光学系にあっては、撮像面 IMG を光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量 d が大きくなる非平面形状に形成し、上記した条件式 (1) を満足することにより、撮像面 IMG への入射光線の制約が低減され、レンズの枚数を削減することが可能になる。

【 0 0 4 1 】

従って、小型化を図ることができると共に高い光学性能を確保することができる。

【 0 0 4 2 】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

(2) < 0

但し、 $\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$ は上記した条件式 (1) におけるペッツバール曲率である。

【 0 0 4 3 】

条件式 (2) は、レンズ光学系が有する像面湾曲収差の状態を規定する式である。

【 0 0 4 4 】

一般に、レンズ光学系の小型化を実現するためには、レンズ光学系の射出瞳位置をマイナス符号に設計する方が有利であることが良く知られているが、条件式 (2) の上限を超えて大きくなり過ぎる場合には、ペッツバール曲率がプラス符号を持つことを意味する。

【 0 0 4 5 】

ペッツバール曲率がプラス符号を持つと、光学像面が物体側に向かって凸の像面湾曲収差を持ってしまうため、レンズ光学系の射出瞳位置もプラス符号であることが必至となってしまう、結果として、レンズ光学系の小型化と高画質化を図ることが困難になる。

【 0 0 4 6 】

従って、レンズ光学系が条件式 (2) を満足することにより、小型化と高画質化を図ることができる。

【 0 0 4 7 】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状であることが望ましい。

【 0 0 4 8 】

固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状にさ

10

20

30

40

50

れることにより、レンズ光学系を構成する各レンズのレンズ面形状を回転対称の形状に形成することができるため、光学設計及びレンズの製造の観点において容易化を図ることができる。

【0049】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、全ズーム領域の無限遠撮影状態において、最大画角主光線の撮像面への入射角度が以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad \theta_{max} < 45^\circ$$

但し、

θ_{max} : 最大画角主光線の撮像面への入射角度(垂直入射を 0° とする)
とする。

【0050】

条件式(3)は、最大画角主光線の撮像面への入射角度を規定する式である。

【0051】

条件式(3)を超えて大きくなり過ぎると、固体撮像素子への入射光線角度が斜め方向へ傾き過ぎるため、特に、画面周辺部の周辺光量比が著しく低下してしまう。また、固体撮像素子上に配置されているオンチップレンズの機能が十分に機能しなくなる上、各画素間で隣りあったダイオード素子に入射光が迷光として入り込んでしまうため、特に、カラー画像の出力が可能な撮像素子においては混色が発生して画質の劣化を来たしてしまう。

【0052】

尚、レンズ光学系の実施形態としては、以下の条件式(3)を満足するように構成することが好ましい。

$$(3) \quad 5^\circ < \theta_{max} < 35^\circ$$

【0053】

レンズ光学系が条件式(3)を満足することにより、上記した長所をさらに引き出すことが可能になる。

【0054】

また、レンズ光学系の実施形態としては、以下の条件式(3)を満足するように構成することがより好ましい。

$$(3) \quad 7.5^\circ < \theta_{max} < 25^\circ$$

【0055】

レンズ光学系が条件式(3)を満足することにより、上記した長所を最大限に引き出すことが可能になる。

【0056】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、固体撮像素子の撮像面の全体が同一曲率の球面形状であることが望ましい。

【0057】

固体撮像素子の撮像面の全体を同一曲率の球面形状に形成することにより、撮像面が非平面形状の固体撮像素子を製造及び量産管理するときにおいて撮像面の形状の測定及び管理を容易に行うことができる。

【0058】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、固体撮像素子の撮像面と光学系の焦点距離が以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad -5.0 < R_{img} / f_{inf} < -1.0$$

但し、

R_{img} : 固体撮像素子の撮像面の曲率半径
 f_{inf} : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離
とする。

【0059】

条件式(4)は、固体撮像素子の撮像面の曲率半径とレンズ光学系の全系の焦点距離と

10

20

30

40

50

の比を規定する式である。

【 0 0 6 0 】

条件式 (4) の上限を超えて大きくなり過ぎると、レンズ光学系の焦点距離に対して固体撮像素子の撮像面の曲率が強くなり過ぎるため、像面湾曲収差に対して必要以上に撮像面を湾曲させてしまう設計となり、特に、光軸方向に関するレンズ鏡筒の厚みが大型化してしまう。

【 0 0 6 1 】

一方、条件式 (4) の下限を超えて小さくなり過ぎると、レンズ光学系の焦点距離に対して固体撮像素子の撮像面の曲率が緩くなり過ぎるため、像面湾曲収差をレンズ光学系側で補正する必要が発生してしまう。

【 0 0 6 2 】

尚、レンズ光学系の実施形態としては、以下の条件式 (4) を満足するように構成することが好ましい。

$$(4) \quad - 4 . 7 5 < R_{i m g} / f_{i n f} < - 1 . 5$$

【 0 0 6 3 】

レンズ光学系が条件式 (4) を満足することにより、上記した長所を最大限に引き出すことが可能になる。

【 0 0 6 4 】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、2枚の正レンズと2枚の負レンズの合計4枚のレンズを配置することが望ましい。

【 0 0 6 5 】

2枚の正レンズと2枚の負レンズの合計4枚のレンズを配置することにより、レンズ光学系を構成するレンズの枚数を必要最小限の数とした上で各種の収差補正を適切に行うことが可能であり、高い解像性を確保することが可能になる。

【 0 0 6 6 】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、最も像側に位置するレンズが像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズであることが望ましい。

【 0 0 6 7 】

最も像側に位置するレンズを像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズにすることにより、最も像側に位置するレンズによる拡大倍率を大きくすることができ、光学系全体の小型化を図ることができると共に最も像側に位置するレンズ面による非点収差の発生を抑制することができる。

【 0 0 6 8 】

本技術の一実施形態によるレンズ光学系にあっては、最も像側に位置するレンズ面に非球面が形成されていることが望ましい。

【 0 0 6 9 】

最も像側に位置するレンズ面に非球面を形成することにより、光学系の非点収差の補正を適切に行うことが可能になり画質の向上を図ることができる。

【 0 0 7 0 】

尚、レンズ光学系は、光学系の全系又は一部を光軸方向へ移動させることによりフォーカシングを行い、また、光軸と垂直方向にシフトさせることにより手ぶれ補正を行うことも可能である。

【 0 0 7 1 】

また、上記した実施の形態において示した固体撮像素子の撮像面の非平面形状は、レンズ光学系のフォーカシングやズーミングに応じて変調させるのも効果的であるため、そのような形態についても本技術の技術的範囲に含まれる。

【 0 0 7 2 】

[レンズ光学系の数値実施例]

以下に、本技術レンズ光学系の具体的な実施の形態及び実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例について、図面及び表を参照して説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

尚、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。

【 0 0 7 4 】

「 s_i 」は物体側から像側へ数えた第 i 番目の面の面番号、「 r_i 」は第 i 番目の面の近軸曲率半径、「 d_i 」は第 i 番目の面と第 $i + 1$ 番目の面の間の軸上面間隔（レンズの中心の厚み又は空気間隔）、「 n_i 」は第 i 番目の面から始まるレンズ等の d 線（ $= 587.6 \text{ nm}$ ）における屈折率、「 i 」は第 i 番目の面から始まるレンズ等の d 線におけるアッベ数を示す。

【 0 0 7 5 】

「 s_i 」に関しそれぞれ「ASP」は当該面が非球面であり「STO」は当該面が開口絞りであり「IMG」は当該面が固体撮像素子の撮像面であることを示し、「 r_i 」に関し「INFINITY」は当該面が平面であることを示す。

【 0 0 7 6 】

「 f 」は焦点距離、「 Fno 」はFナンバー、「 θ 」は半画角を示す。

【 0 0 7 7 】

「 K 」は円錐定数（コーニック定数）、「 A 」、「 B 」、「 C 」、「 D 」はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数を示す。

【 0 0 7 8 】

尚、以下の非球面係数を示す各表において、「 $E - n$ 」は 10 を底とする指数表現、即ち、「10 のマイナス n 乗」を表しており、例えば、「 $0.12345 E - 05$ 」は「 $0.12345 \times (10 \text{ のマイナス五乗})$ 」を表している。

【 0 0 7 9 】

各実施の形態において用いられたレンズ光学系には、レンズ面が非球面に形成されたものがある。非球面形状は、「 x 」をレンズ面の頂点からの光軸方向における距離（サグ量）、「 y 」を光軸方向に垂直な方向における高さ（像高）、「 c 」をレンズの頂点における近軸曲率（曲率半径の逆数）、「 K 」を円錐定数（コーニック定数）、「 A 」、「 B 」、「 C 」、「 D 」、・・・をそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次、・・・の非球面係数とすると、以下の数式 1 によって定義される。

【 0 0 8 0 】

【 数 1 】

$$x = \frac{c y^2}{1 + \{1 - (1 + K) c^2 y^2\}^{1/2}} + A y^4 + B y^6 + \dots$$

【 0 0 8 1 】

< 第 1 の実施の形態 >

図 3 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるレンズ光学系 1 のレンズ構成を示している。

【 0 0 8 2 】

レンズ光学系 1 は、物体側から像側へ順に配置された第 1 正レンズ G 1 と第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 を有している。

【 0 0 8 3 】

第 1 正レンズ G 1 は物体側に凸のメニスカス形状に形成され、第 1 負レンズ G 2 は物体側に凸のメニスカス形状に形成され、第 1 正レンズ G 1 と第 1 負レンズ G 2 によって接合レンズが構成されている。

【 0 0 8 4 】

第 2 負レンズ G 3 は物体側に凹のメニスカス形状に形成されている。

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

50

第 2 正レンズ G 4 は物体側に凹のメニスカス形状に形成されている。

【 0 0 8 6 】

第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 の間には開口絞り S T O が配置されている。

【 0 0 8 7 】

撮像面 I M G の物体側における近傍にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 0 8 8 】

撮像面 I M G は物体側に凹の非平面形状、例えば、物体側に凹の曲面形状に形成されている。

【 0 0 8 9 】

表 1 に、第 1 の実施の形態におけるレンズ光学系 1 に具体的な数値を適用した数値実施例 1 のレンズデータを示す。

【 0 0 9 0 】

【表 1】

s i	r i	d i	n i	ν i
1 (ASP)	24.762	3.860	1.88202	37.221
2	84.898	1.464	1.84666	23.780
3	32.429	3.200		
STO	INFINITY	3.600		
5 (ASP)	-46.876	3.250	1.82115	24.058
6 (ASP)	-800.000	0.300		
7 (ASP)	-124.049	4.756	1.59201	67.023
8 (ASP)	-14.961	25.757		
9	INFINITY	1.000	1.51680	64.200
10	INFINITY	4.000		
IMG	-70.000			

【 0 0 9 1 】

数値実施例 1 における焦点距離 f 、F ナンバー $F n o$ 及び半画角 を表 2 に示す。

【 0 0 9 2 】

【表 2】

f	36.20
$F n o$	1.86
ω	31.75

【 0 0 9 3 】

レンズ光学系 1 において、第 1 正レンズ G 1 の物体側の面（第 1 面）と、第 2 負レンズ G 3 の両面（第 5 面、第 6 面）と、第 2 正レンズ G 4 の両面（第 7 面、第 8 面）とは非球面に形成されている。数値実施例 1 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 と共に表 3 に示す。

【 0 0 9 4 】

【表 3】

s i	κ	A	B	C	D
1	0.00000E+00	2.94653E-06	7.27109E-10	2.06435E-10	0.00000E+00
5	0.00000E+00	-1.81306E-04	-1.92452E-07	-1.79868E-09	0.00000E+00
6	0.00000E+00	-1.58428E-04	6.15336E-07	-1.86090E-09	0.00000E+00
7	0.00000E+00	-6.83309E-05	7.28888E-07	-2.88958E-09	0.00000E+00
8	0.00000E+00	-4.40698E-07	1.21284E-07	2.62575E-10	0.00000E+00

10

20

30

40

50

【 0 0 9 5 】

図 4 は数値実施例 1 の無限遠合焦状態における諸収差図である。図 4 には、球面収差図において実線で d 線（波長 5 8 7 . 6 n m）における値を示し破線で g 線（波長 4 3 5 . 8 n m）における値を示し、非点収差図において実線でサジタル像面における値を示し破線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 0 9 6 】

各収差図から、数値実施例 1 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 0 9 7 】

< 第 2 の実施の形態 >

図 5 は、本技術の第 2 の実施の形態におけるレンズ光学系 2 のレンズ構成を示している。

【 0 0 9 8 】

レンズ光学系 2 は、物体側から像側へ順に配置された第 1 正レンズ G 1 と第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 を有している。

【 0 0 9 9 】

第 1 正レンズ G 1 は物体側に凸のメニスカス形状に形成されている。

【 0 1 0 0 】

第 1 負レンズ G 2 は物体側に凸のメニスカス形状に形成されている。

【 0 1 0 1 】

第 2 負レンズ G 3 は両凹形状に形成され、第 2 正レンズ G 4 は両凸形状に形成され、第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 によって接合レンズが構成されている。

【 0 1 0 2 】

第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 の間には開口絞り S T O が配置されている。

【 0 1 0 3 】

撮像面 I M G の物体側における近傍にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 0 4 】

撮像面 I M G は物体側に凹の非平面形状、例えば、物体側に凹の曲面形状に形成されている。

【 0 1 0 5 】

表 4 に、第 2 の実施の形態におけるレンズ光学系 2 に具体的な数値を適用した数値実施例 2 のレンズデータを示す。

【 0 1 0 6 】

【 表 4 】

s i	r i	d i	n i	ν i
1 (ASP)	17.001	2.302	1.72903	54.041
2 (ASP)	37.526	0.860		
3 (ASP)	41.071	1.500	1.68893	31.161
4 (ASP)	21.996	3.000		
STO	INFINITY	3.500		
6	-31.783	1.000	1.75211	25.048
7	51.595	4.800	1.85135	40.100
8 (ASP)	-21.470	26.000		
9	INFINITY	0.800	1.51680	64.200
10	INFINITY	3.500		
IMG	-100.000			

【 0 1 0 7 】

数値実施例 2 における焦点距離 f、F ナンバー F n o 及び半画角 を表 5 に示す。

【 0 1 0 8 】

【表 5】

f	36.45
Fno	2.85
ω	32.76

【 0 1 0 9 】

レンズ光学系 2 において、第 1 正レンズ G 1 の両面（第 1 面、第 2 面）と、第 1 負レンズ G 2 の両面（第 3 面、第 4 面）と、第 2 正レンズ G 4 の像側の面（第 8 面）とは非球面に形成されている。数値実施例 2 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 と共に表 6 に示す。

10

【 0 1 1 0 】

【表 6】

s i	κ	A	B	C	D
1	0.00000E+00	-6.30497E-05	-6.72635E-07	-2.13264E-09	0.00000E+00
2	0.00000E+00	-5.11124E-05	-1.22401E-06	5.27413E-09	0.00000E+00
3	0.00000E+00	3.23238E-04	-3.12676E-06	8.16335E-09	0.00000E+00
4	0.00000E+00	3.80955E-04	-2.00733E-06	-1.00396E-08	0.00000E+00
8	-2.14698E+01	0.00000E+00	-7.75288E-07	-4.85265E-08	6.04532E-10

20

【 0 1 1 1 】

図 6 は数値実施例 2 の無限遠合焦状態における諸収差図である。図 6 には、球面収差図において実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図において実線でサジタル像面における値を示し破線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 1 2 】

各収差図から、数値実施例 2 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 1 1 3 】

30

< 第 3 の実施の形態 >

図 7 は、本技術の第 3 の実施の形態におけるレンズ光学系 3 のレンズ構成を示している。

【 0 1 1 4 】

レンズ光学系 3 は、物体側から像側へ順に配置された第 1 正レンズ G 1 と第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 を有している。

【 0 1 1 5 】

第 1 正レンズ G 1 は物体側に凸のメニスカス形状に形成されている。

【 0 1 1 6 】

第 1 負レンズ G 2 は物体側に凸のメニスカス形状に形成されている。

40

【 0 1 1 7 】

第 2 負レンズ G 3 は両凹形状に形成され、第 2 正レンズ G 4 は両凸形状に形成され、第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 によって接合レンズが構成されている。

【 0 1 1 8 】

第 1 負レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 の間には開口絞り S T O が配置されている。

【 0 1 1 9 】

撮像面 I M G の物体側における近傍にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 2 0 】

撮像面 I M G は物体側に凹の非平面形状、例えば、物体側に凹の曲面形状に形成されている。

50

【 0 1 2 1 】

表 7 に、第 3 の実施の形態におけるレンズ光学系 3 に具体的な数値を適用した数値実施例 3 のレンズデータを示す。

【 0 1 2 2 】

【表 7】

s i	r i	d i	n i	ν i
1 (ASP)	17.844	3.500	1.72903	54.041
2 (ASP)	76.246	0.850		
3 (ASP)	61.880	1.850	1.68893	31.161
4 (ASP)	19.396	3.600		
ST0	INFINITY	3.600		
6	-59.316	1.200	1.75211	25.048
7	113.280	4.850	1.77250	49.467
8 (ASP)	-23.018	22.710		
9	INFINITY	0.800	1.51680	64.200
10	INFINITY	3.800		
IMG	-85.000			

10

【 0 1 2 3 】

数値実施例 3 における焦点距離 f 、F ナンバー Fno 及び半画角 ω を表 8 に示す。

20

【 0 1 2 4 】

【表 8】

f	36.11
Fno	2.26
ω	31.64

【 0 1 2 5 】

レンズ光学系 3 において、第 1 正レンズ $G1$ の両面（第 1 面、第 2 面）と、第 1 負レンズ $G2$ の両面（第 3 面、第 4 面）と、第 2 正レンズ $G4$ の像側の面（第 8 面）とは非球面に形成されている。数値実施例 3 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A 、 B 、 C 、 D を円錐定数 と共に表 9 に示す。

30

【 0 1 2 6 】

【表 9】

s i	κ	A	B	C	D
1	0.00000E+00	-2.53793E-05	-2.32407E-07	3.48950E-10	0.00000E+00
2	0.00000E+00	-1.72633E-05	-6.73790E-08	1.11212E-10	0.00000E+00
3	0.00000E+00	1.82811E-04	-1.42255E-06	2.58381E-09	0.00000E+00
4	0.00000E+00	2.40327E-04	-1.25399E-06	-3.03090E-09	0.00000E+00
8	0.00000E+00	-3.45052E-06	-8.33716E-08	8.30287E-10	-6.34646E-12

40

【 0 1 2 7 】

図 8 は数値実施例 3 の無限遠合焦状態における諸収差図である。図 8 には、球面収差図において実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図において実線でサジタル像面における値を示し破線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 2 8 】

各収差図から、数値実施例 3 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

50

【 0 1 2 9 】

< 第 4 の実施の形態 >

図 9 は、本技術の第 4 の実施の形態におけるレンズ光学系 4 のレンズ構成を示している。

【 0 1 3 0 】

レンズ光学系 4 は、物体側から像側へ順に配置された第 1 負レンズ G 1 と第 1 正レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 と第 2 正レンズ G 4 を有している。

【 0 1 3 1 】

第 1 負レンズ G 1 は物体側に凸のメニスカス形状に形成されている。

【 0 1 3 2 】

第 1 正レンズ G 2 は両凸形状に形成されている。

【 0 1 3 3 】

第 2 負レンズ G 3 は両凹形状に形成されている。

【 0 1 3 4 】

第 2 正レンズ G 4 は両凸形状に形成されている。

【 0 1 3 5 】

第 1 正レンズ G 2 と第 2 負レンズ G 3 の間には開口絞り S T O が配置されている。

【 0 1 3 6 】

撮像面 I M G の物体側における近傍にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 3 7 】

撮像面 I M G は物体側に凹の非平面形状、例えば、物体側に凹の曲面形状に形成されている。

【 0 1 3 8 】

表 1 0 に、第 4 の実施の形態におけるレンズ光学系 4 に具体的な数値を適用した数値実施例 4 のレンズデータを示す。

【 0 1 3 9 】

【表 1 0 】

s i	r i	d i	n i	ν i
1 (ASP)	41.184	1.400	1.55332	71.685
2 (ASP)	19.370	23.305		
3 (ASP)	30.751	5.350	1.80139	45.450
4 (ASP)	-59.549	1.690		
STO	INFINITY	1.500		
6	-59.896	1.400	1.74077	27.761
7	24.158	1.029		
8	35.787	3.971	1.61881	63.855
9 (ASP)	-27.363	29.486		
10	INFINITY	1.000	1.51680	64.200
11	INFINITY	3.700		
IMG	-120.000			

【 0 1 4 0 】

数値実施例 4 における焦点距離 f 、F ナンバー $F n o$ 及び半画角 ω を表 1 1 に示す。

【 0 1 4 1 】

【表 1 1 】

f	29.96
$F n o$	2.06
ω	37.44

10

20

30

40

50

【 0 1 4 2 】

レンズ光学系 4 において、第 1 負レンズ G 1 の両面（第 1 面、第 2 面）と、第 1 正レンズ G 2 の両面（第 3 面、第 4 面）と、第 2 正レンズ G 4 の像側の面（第 9 面）は非球面に形成されている。数値実施例 4 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 と共に表 1 2 に示す。

【 0 1 4 3 】

【表 1 2】

s i	κ	A	B	C	D
1	0.00000E+00	3.20152E-05	-1.53053E-07	4.06156E-10	-5.19630E-13
2	0.00000E+00	4.66676E-05	-4.34099E-08	-6.64566E-11	2.56394E-12
3	0.00000E+00	-5.13762E-06	-1.09407E-08	-7.46311E-11	0.00000E+00
4	0.00000E+00	-5.35092E-06	-1.06800E-08	-1.87505E-11	0.00000E+00
9	0.00000E+00	1.29402E-05	1.03050E-08	-1.44274E-10	0.00000E+00

10

【 0 1 4 4 】

図 1 0 は数値実施例 4 の無限遠合焦状態における諸収差図である。図 1 0 には、球面収差図において実線で d 線（波長 5 8 7 . 6 n m ）における値を示し破線で g 線（波長 4 3 5 . 8 n m ）における値を示し、非点収差図において実線でサジタル像面における値を示し破線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 4 5 】

各収差図から、数値実施例 4 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

20

【 0 1 4 6 】

< 第 5 の実施の形態 >

図 1 1 は、本技術の第 5 の実施の形態におけるレンズ光学系 5 のレンズ構成を示している。

【 0 1 4 7 】

レンズ光学系 5 は、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 が物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 4 8 】

レンズ光学系 5 はズーム倍率が 2 . 3 倍にされている。

30

【 0 1 4 9 】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形状の正レンズ G 2 とが物体側から像側へ順に配置されて成り、負レンズ G 1 と正レンズ G 2 によって接合レンズが構成されている。

【 0 1 5 0 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、両凹形状の負レンズ G 3 と両凸形状の正レンズ G 4 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 5 1 】

第 3 レンズ群 G R 3 は像側に凸のメニスカス形状の正レンズ G 5 によって構成されている。

40

【 0 1 5 2 】

第 4 レンズ群 G R 4 は、物体側に凹のメニスカス形状の正レンズ G 6 と両凹形状の負レンズ G 7 と物体側に凹のメニスカス形状の負レンズ G 8 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 5 3 】

第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間には開口絞り S T O が配置されている。

【 0 1 5 4 】

第 4 レンズ群 G R 4 と撮像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 5 5 】

50

撮像面 I M G は物体側に凹の非平面形状、例えば、物体側に凹の曲面形状に形成されている。

【 0 1 5 6 】

表 1 3 に、第 5 の実施の形態におけるレンズ光学系 5 に具体的な数値を適用した数値実施例 5 のレンズデータを示す。

【 0 1 5 7 】

【表 1 3】

s i	r i	d i	n i	ν i
1	38.585	0.400	1.92286	20.880
2	31.704	1.609	1.49700	81.608
3	-63.089	(d3)		
4 (ASP)	-602.321	0.300	1.72903	54.041
5 (ASP)	6.155	1.509		
6	81.600	1.400	1.48749	70.441
7	-5.827	0.300		
STO	INFINITY	(d8)		
9 (ASP)	-64.103	1.500	1.49710	81.560
10 (ASP)	-4.423	(d10)		
11	-16.931	1.143	1.49700	81.608
12	-7.590	0.150		
13	-17.008	0.300	1.88100	40.139
14	29.702	2.796		
15 (ASP)	-5.982	0.300	1.61881	63.855
16 (ASP)	-12.500	(d16)		
17	INFINITY	0.500	1.51680	64.200
18	INFINITY	1.700		
IMG	-50.000			

10

20

30

【 0 1 5 8 】

レンズ光学系 5 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 3、開口絞り S T O と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 8、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 0 及び第 4 レンズ群 G R 4 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 1 6 が変化する。数値実施例 5 における各面間隔の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を焦点距離 f、F ナンバー F n o 及び半画角 ω とともに表 1 4 に示す。

【 0 1 5 9 】

【表 1 4】

	広角端	中間焦点	望遠端
f	10.79	6.30	24.66
Fno	2.86	4.01	5.45
ω	37.80	26.27	17.84
(d3)	0.450	4.105	8.874
(d8)	1.655	1.471	1.301
(d10)	3.782	1.815	0.449
(d16)	0.500	6.163	13.365

40

【 0 1 6 0 】

レンズ光学系 5 において、第 2 レンズ群 G R 2 の負レンズ G 3 の両面（第 4 面、第 5 面

50

）と、第3レンズ群GR3の正レンズG5の両面（第9面、第10面）と、第4レンズ群GR4の負レンズG8の両面（第15面、第16面）とは非球面に形成されている。数値実施例1における非球面の4次、6次、8次、10次の非球面係数A、B、C、Dを円錐定数と共に表15に示す。

【0161】

【表15】

s i	κ	A	B	C	D
4	0.00000E+00	-1.46170E-03	1.45761E-05	-1.82402E-08	0.00000E+00
5	0.00000E+00	1.13942E-03	9.18269E-05	3.19685E-06	0.00000E+00
9	0.00000E+00	-1.12787E-04	-2.90212E-05	2.67967E-06	0.00000E+00
10	0.00000E+00	9.14482E-04	-1.66455E-05	4.06889E-06	0.00000E+00
15	0.00000E+00	-6.24824E-04	-2.83131E-05	3.01294E-06	-1.41809E-07
16	-6.19521E-01	-8.01398E-04	2.15819E-05	-3.34605E-07	0.00000E+00

10

【0162】

図12及び図13は数値実施例5の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図12は広角端状態、図13は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0163】

図12及び図13には、球面収差図において実線でd線（波長587.6nm）における値を示し破線でg線（波長435.8nm）における値を示し、非点収差図において実線でサジタル撮像面における値を示し破線でメリディオナル撮像面における値を示す。

20

【0164】

各収差図から、数値実施例5は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0165】

〔レンズ光学系の条件式の各値〕

以下に、本技術レンズ光学系の条件式の各値について説明する。

【0166】

表16にレンズ光学系1乃至レンズ光学系4における条件式(1)乃至条件式(4)の各値を示す。

30

【0167】

【表16】

		レンズ光学系1	レンズ光学系2	レンズ光学系3	レンズ光学系4
条件式(1)	$\rho \times \text{Sag}$	> 0	> 0	> 0	> 0
条件式(2)	ρ	-0.0175	-0.0134	-0.0154	-0.0121
条件式(3)	θ_{\max}	9.58	17.74	16.91	17.10
条件式(4)	Rimg / finf	-1.934	-2.743	-2.354	-4.006

【0168】

また、表17にレンズ光学系5における条件式(1)乃至条件式(4)の各値を示す。

40

【0169】

【表17】

		レンズ光学系5
条件式(1)	$\rho \times \text{Sag}$	> 0
条件式(2)	ρ	-0.0214
条件式(3)	θ_{\max} (広角端)	42.23
	θ_{\max} (望遠端)	22.74
条件式(4)	Rimg / finf (広角端)	-4.633
	Rimg / finf (望遠端)	-2.028

50

【 0 1 7 0 】

表 1 6 及び表 1 7 から明らかなように、レンズ光学系 1 乃至レンズ光学系 5 は条件式 (1) 乃至条件式 (4) を満足するようにされている。

【 0 1 7 1 】

〔 撮像装置の構成 〕

本技術撮像装置は、レンズ光学系において、図 1 に示すように、固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズ R が配置され、固体撮像素子の撮像面 I M G が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量 d が大きくなる非平面形状を有している。撮像面 I M G の物体側にはカバーガラス C G が配置されている。

【 0 1 7 2 】

尚、図 1 には、撮像面 I M G が物体側に凹の非平面形状に形成された例を示しているが、逆に、図 2 に示すように、撮像面 I M G が物体側に凸の非平面形状に形成されていてもよい。

【 0 1 7 3 】

また、撮像面 I M G は光軸を軸とする回転対称の形状でなくてもよく、球面形状でなくともよい。

【 0 1 7 4 】

レンズ光学系を上記のように構成することにより、レンズ光学系に像面湾曲収差が大きく発生している場合においても、光学像の解像度が最良になる像面に撮像面を適合させることが可能であるため、画像又は映像の中心から最周辺部（最外周部）に至る全画面の良好な解像度を確保することができる。

【 0 1 7 5 】

また、本技術撮像装置は、レンズ光学系が、以下の条件式 (1) を満足するようにされている。

$$(1) \quad \sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right) > 0$$

但し、

$$\sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k} - \frac{1}{n_{k+1}} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

S a g : 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量（像側方向を正）

とする。

【 0 1 7 6 】

条件式 (1) は、レンズ光学系が有する像面湾曲収差の状態と、固体撮像素子の撮像面が有する非平面形状の最適条件を規定する式である。

【 0 1 7 7 】

条件式 (1) が下限を超えて小さくなり過ぎる場合には、レンズ光学系の像面湾曲の方向と固体撮像素子の撮像面の形状の方向とが相反する方向に変化している状態になるため、致命的な画質の劣化を招いてしまう。

【 0 1 7 8 】

従って、レンズ光学系が条件式 (1) を満足することにより、レンズ光学系の像面湾曲の方向と固体撮像素子の撮像面の形状の方向とが相反する方向に変化している状態にならないため、像面湾曲収差が良好に補正され、画質の向上を図ることができる。

【 0 1 7 9 】

また、本技術撮像装置にあっては、レンズ光学系において、撮像面 I M G を光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量 d が大きくなる非平面形状に形成し、上記した条件式 (

10

20

30

40

50

１）を満足することにより、撮像面 I M G への入射光線の制約が低減され、レンズの枚数を削減することが可能になる。

【 0 1 8 0 】

従って、小型化を図ることができると共に高い光学性能を確保することができる。

【 0 1 8 1 】

[撮像装置の一実施形態]

図 1 4 に、本技術撮像装置の一実施形態によるデジタルスチルカメラのブロック図を示す。

【 0 1 8 2 】

撮像装置（デジタルスチルカメラ）１００は、撮像機能を担うカメラブロック１０と、撮影された画像信号のアナログ - デジタル変換等の信号処理を行うカメラ信号処理部２０と、画像信号の記録再生処理を行う画像処理部３０とを有している。また、撮像装置１００は、撮影された画像等を表示するＬＣＤ（Liquid Crystal Display）４０と、メモリーカード１０００への画像信号の書込及び読出を行うＲ／Ｗ（リーダ／ライタ）５０と、撮像装置の全体を制御するＣＰＵ（Central Processing Unit）６０と、ユーザーによって所要の操作が行われる各種のスイッチ等から成る入力部７０と、カメラブロック１０に配置されたレンズの駆動を制御するレンズ駆動制御部８０とを備えている。

【 0 1 8 3 】

カメラブロック１０は、レンズ光学系１１（本技術が適用されるレンズ光学系１乃至レンズ光学系５）を含む光学系や、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）やＣＭＯＳ（Complementary Metal-Oxide Semiconductor）等の撮像素子１２等とによって構成されている。

【 0 1 8 4 】

カメラ信号処理部２０は、撮像素子１２からの出力信号に対するデジタル信号への変換、ノイズ除去、画質補正、輝度・色差信号への変換等の各種の信号処理を行う。

【 0 1 8 5 】

画像処理部３０は、所定の画像データフォーマットに基づく画像信号の圧縮符号化・伸張復号化処理や解像度等のデータ仕様の変換処理等を行う。

【 0 1 8 6 】

ＬＣＤ４０はユーザーの入力部７０に対する操作状態や撮影した画像等の各種のデータを表示する機能を有している。

【 0 1 8 7 】

Ｒ／Ｗ５０は、画像処理部３０によって符号化された画像データのメモリーカード１０００への書込及びメモリーカード１０００に記録された画像データの読出を行う。

【 0 1 8 8 】

ＣＰＵ６０は、撮像装置１００に設けられた各回路ブロックを制御する制御処理部として機能し、入力部７０からの指示入力信号等に基づいて各回路ブロックを制御する。

【 0 1 8 9 】

入力部７０は、例えば、シャッター操作を行うためのシャッターリリースボタンや、動作モードを選択するための選択スイッチ等によって構成され、ユーザーによる操作に応じた指示入力信号をＣＰＵ６０に対して出力する。

【 0 1 9 0 】

レンズ駆動制御部８０は、ＣＰＵ６０からの制御信号に基づいてレンズ光学系１１の各レンズを駆動する図示しないモータ等を制御する。

【 0 1 9 1 】

メモリーカード１０００は、例えば、Ｒ／Ｗ５０に接続されたスロットに対して着脱可能な半導体メモリーである。

【 0 1 9 2 】

以下に、撮像装置１００における動作を説明する。

【 0 1 9 3 】

撮影の待機状態では、ＣＰＵ６０による制御の下で、カメラブロック１０において撮影

10

20

30

40

50

された画像信号が、カメラ信号処理部 20 を介して LCD 40 に出力され、カメラスルー画像として表示される。また、入力部 70 からのズームングのための指示入力信号が入力されると、CPU 60 がレンズ駆動制御部 80 に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部 80 の制御に基づいてレンズ光学系 11 の所定のレンズが移動される。

【0194】

入力部 70 からの指示入力信号によりカメラブロック 10 の図示しないシャッターが動作されると、撮影された画像信号がカメラ信号処理部 20 から画像処理部 30 に出力されて圧縮符号化処理され、所定のデータフォーマットのデジタルデータに変換される。変換されたデータは R/W 50 に出力され、メモリーカード 1000 に書き込まれる。

【0195】

フォーカシングは、例えば、入力部 70 のシャッターリリースボタンが半押しされた場合や記録（撮影）のために全押しされた場合等に、CPU 60 からの制御信号に基づいてレンズ駆動制御部 80 がレンズ光学系 11 の所定のレンズを移動させることにより行われる。

【0196】

メモリーカード 1000 に記録された画像データを再生する場合には、入力部 70 に対する操作に応じて、R/W 50 によってメモリーカード 1000 から所定の画像データが読み出され、画像処理部 30 によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号が LCD 40 に出力されて再生画像が表示される。

【0197】

尚、上記した実施の形態においては、撮像装置をデジタルスチルカメラに適用した例を示したが、撮像装置の適用範囲はデジタルスチルカメラに限られることはなく、デジタルビデオカメラ、カメラが組み込まれた携帯電話、カメラが組み込まれた PDA (Personal Digital Assistant) 等のデジタル入出力機器のカメラ部等として広く適用することができる。

【0198】

[その他]

本技術撮像装置及び本技術レンズ光学系においては、実質的にレンズパワーを有さないレンズが加えて配置されていてもよく、このようなレンズを含むレンズ群が加えて配置されていてもよい。この場合には、本技術撮像装置及び本技術レンズ光学系が、加えて配置されたレンズ群を含めて実質的にその加えた数のレンズ群によって構成されていてもよい。

【0199】

[本技術]

本技術は、以下の構成にすることもできる。

【0200】

< 1 > 固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式 (1) を満足するレンズ光学系。

$$(1) \quad \sum_k S a g_k > 0$$

但し、

$$S a g_k = \sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_{k+1}^2} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバル曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

$S a g$: 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量 (像側方向を正)

10

20

30

40

50

とする。

【0201】

<2>以下の条件式(2)を満足する前記<1>に記載のレンズ光学系。

(2) $\theta < 0$

【0202】

<3>前記固体撮像素子における撮像面の非平面形状が、光軸を軸とする回転対称の曲面形状である前記<1>又は前記<2>に記載のレンズ光学系。

【0203】

<4>全ズーム領域の無限遠撮影状態において、最大画角主光線の前記撮像面への入射角度が以下の条件式(3)を満足する前記<1>から前記<3>の何れかに記載のレンズ光学系。

10

(3) $\theta_{max} < 45^\circ$

但し、

θ_{max} : 最大画角主光線の撮像面への入射角度(垂直入射を 0° とする)

とする。

【0204】

<5>前記固体撮像素子の撮像面の全体が同一曲率の球面形状である前記<3>又は前記<4>に記載のレンズ光学系。

【0205】

<6>前記固体撮像素子の撮像面と光学系の焦点距離が以下の条件式(4)を満足する前記<1>から前記<5>の何れかに記載のレンズ光学系。

20

(4) $-5.0 < R_{img} / f_{inf} < -1.0$

但し、

R_{img} : 固体撮像素子の撮像面の曲率半径

f_{inf} : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

とする。

【0206】

<7>前記レンズとして2枚の正レンズと2枚の負レンズの合計4枚のレンズを配置した前記<1>から前記<6>の何れかに記載のレンズ光学系。

【0207】

30

<8>最も像側に位置するレンズが像側に向かって凸形状を有する凹メニスカスレンズである前記<1>から前記<7>の何れかに記載のレンズ光学系。

【0208】

<9>最も像側に位置するレンズ面に非球面が形成されている前記<1>から前記<8>の何れかに記載のレンズ光学系。

【0209】

<10>レンズ光学系と前記レンズ光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する固体撮像素子とを備え、前記レンズ光学系は、前記固体撮像素子の物体側に少なくとも一枚のレンズが配置され、前記固体撮像素子の撮像面が、光軸から離れるに従って光軸方向へのサグ量が大きくなる非平面形状を有し、かつ、以下の条件式(1)を満足する撮像装置。

40

(1) $\sum_k S_k > 0$

但し、

$$S_k = \sum_k \frac{1}{r_k} \cdot \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_{k+1}^2} \right)$$

で表わされる光学系のペッツバール曲率

r_k : 物体側から k 番目のレンズ面の曲率半径

n_k : 物体側から k 番目のレンズ面への入射前媒質の屈折率

n_{k+1} : 物体側から k 番目のレンズ面からの射出後媒質の屈折率

50

S a g : 撮像面における、光軸上以外の任意の点に関する光軸方向のサグ量 (像側方向を正)

とする。

【 0 2 1 0 】

< 1 1 > 実質的にレンズパワーを有さないレンズがさらに配置されている前記 < 1 > から前記 < 9 > の何れかに記載のレンズ光学系又は前記 < 1 0 > に記載の撮像装置。

【 0 2 1 1 】

上記した各実施の形態において示した各部の形状及び数値は、何れも本技術を実施するための具体化のほんの一例に過ぎず、これらによって本技術の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 2 1 2 】

【 図 1 】 図 2 乃至図 1 4 と共に本技術レンズ光学系及び撮像装置を実施するための最良の形態を示すものであり、本図は、構成と光路を示す概念図である。

【 図 2 】 撮像面の形状が異なる例を示す概念図である。

【 図 3 】 レンズ光学系の第 1 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 4 】 第 1 の実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 5 】 レンズ光学系の第 2 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 6 】 第 2 の実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

20

【 図 7 】 レンズ光学系の第 3 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 8 】 第 3 の実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 9 】 レンズ光学系の第 4 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 1 0 】 第 4 の実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 1 1 】 レンズ光学系の第 5 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 1 2 】 図 1 3 と共に第 5 の実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

30

【 図 1 3 】 望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

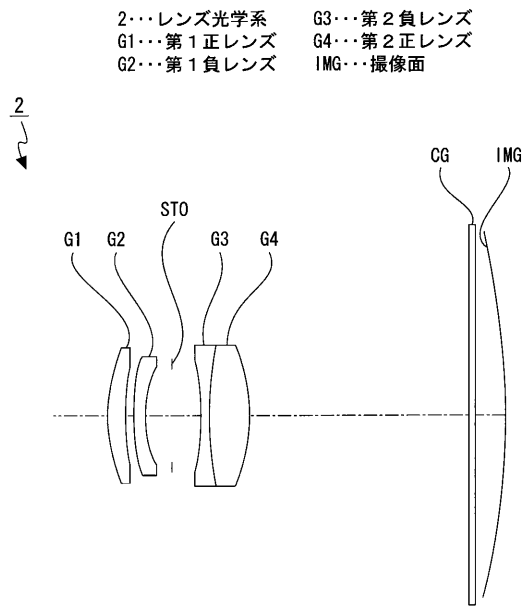
【 図 1 4 】 撮像装置の一例を示すブロック図である。

【 符号の説明 】

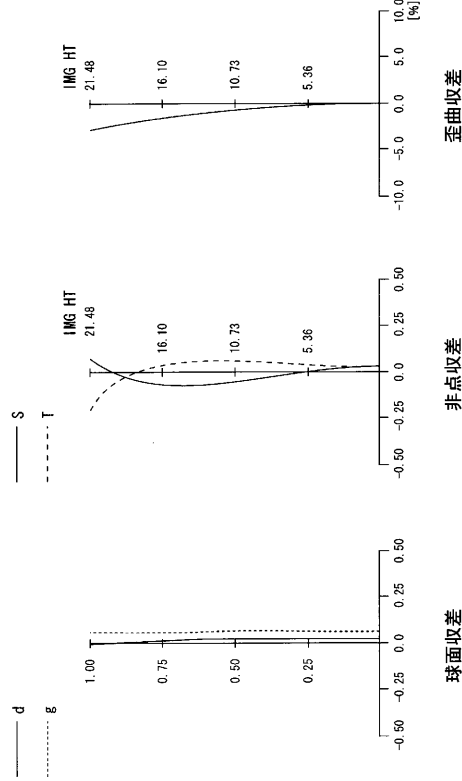
【 0 2 1 3 】

1 ... レンズ光学系、 2 ... レンズ光学系、 3 ... レンズ光学系、 4 ... レンズ光学系、 5 ... レンズ光学系、 I M G ... 撮像面、 1 0 0 ... 撮像装置、 1 1 ... レンズ光学系、 1 2 ... 撮像素子

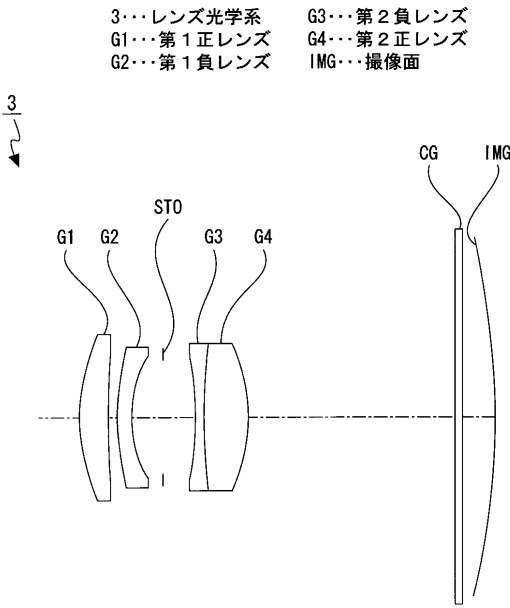
【 図 5 】



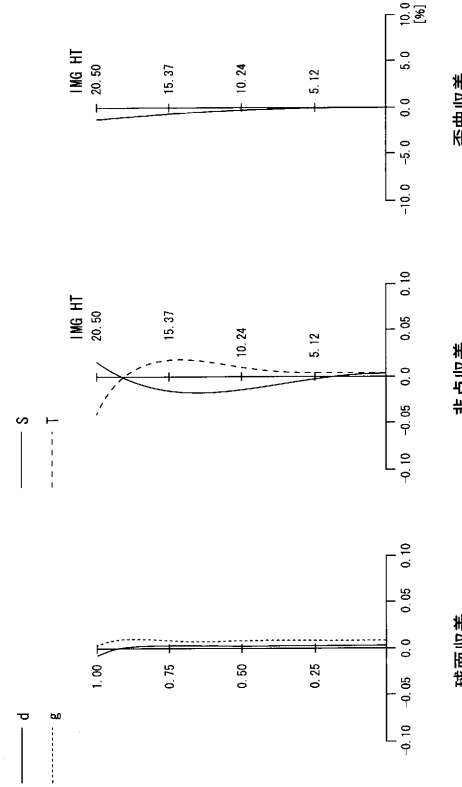
【 図 6 】



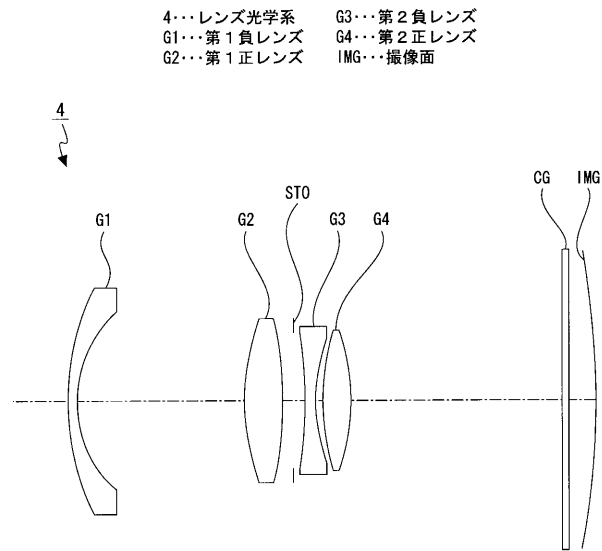
【 図 7 】



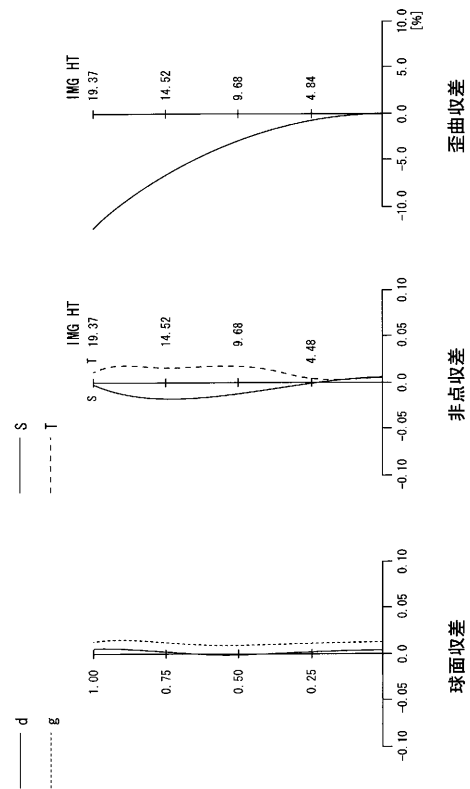
【 図 8 】



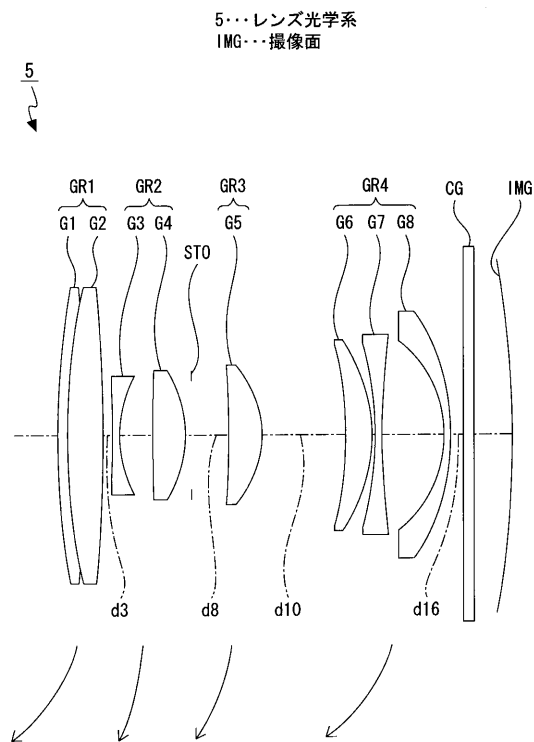
【図 9】



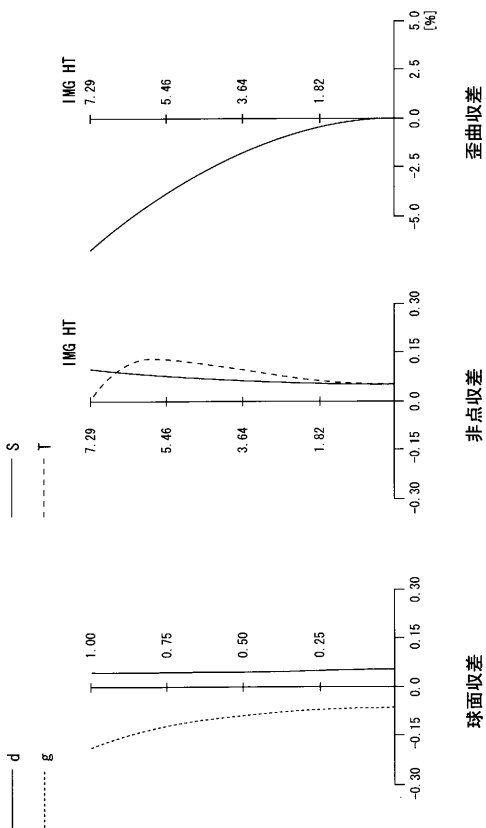
【図 10】



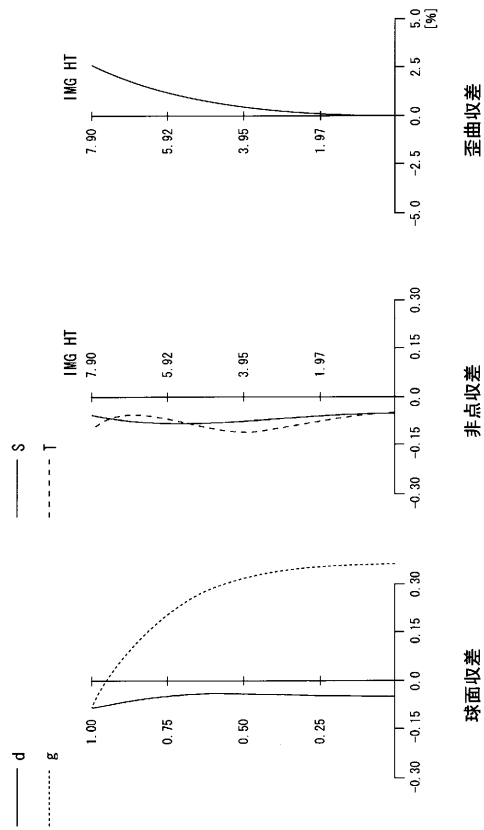
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

