

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4817551号
(P4817551)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月9日(2011.9.9)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 15/163	(2006.01)	GO2B 15/163
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2001-236285 (P2001-236285)
(22) 出願日	平成13年8月3日 (2001.8.3)
(65) 公開番号	特開2003-43358 (P2003-43358A)
(43) 公開日	平成15年2月13日 (2003.2.13)
審査請求日	平成20年8月4日 (2008.8.4)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(72) 発明者	難波 則廣 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

審査官 森内 正明

(56) 参考文献	特開昭58-160912 (JP, A) 特開平4-237009 (JP, A)
-----------	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【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群、正の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、負の屈折力の第4群より構成され、広角端から望遠端への変倍時に前記第1群と前記第2群との間隔は狭まり、前記第2群と前記第3群との間隔は広がるズームレンズにおいて、前記第1群は像側に凹面を向けた負のメニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズを有し、前記第2群は少なくとも一つの正レンズと少なくとも一つの負レンズを有し、前記第3群を物体側に移動させて遠距離物体から近距離物体へのフォーカシングを行い、前記第3群の焦点距離を f_3 、前記第4群の焦点距離を f_4 、広角端における前記第3群と前記第4群の合成系の焦点距離を f_{34w} 、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、

$$\begin{aligned} 3.0 < f_{34w} / f_w &< 5.2 \\ 1.5 < f_3 / f_w &< 3.0 \\ 2.0 < |f_4| / f_w &< 10.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第3群と前記第4群の間隔は広角端より望遠端の方が広くなるように変化することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第3群と前記第4群の間隔は広角端より望遠端の方が狭くなるように変化すること

を特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第4群はズーミングに際して固定であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第3群の最も物体側に位置するレンズ面の曲率半径をR31、前記第3群の最も像側に位置するレンズ面の曲率半径をR32、前記第4群の最も物体側に位置するレンズ面の曲率半径をR41としたとき、

$$\begin{aligned} -0.6 < (R32 + R31) / (R32 - R31) &< 0.8 \\ 0.8 < R41 / R32 &< 20.0 \end{aligned}$$

10

なる条件を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第1群の負レンズの少なくとも一つのレンズ面は非球面であり、該非球面は光軸から周辺に向かってしだいに発散作用が弱まる形状であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第2群の正レンズの少なくとも一つのレンズ面は非球面であり、該非球面は光軸から周辺に向かってしだいに収斂作用が弱まる形状であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 8】

前記第3群の正レンズの少なくとも一つのレンズ面は非球面であり、該非球面は光軸から周辺に向かってしだいに収斂作用が弱まる形状であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体撮像素子等を用いた撮影装置に好適なズームレンズに関するものである。

【0002】

30

【従来の技術】

固体撮像素子を用いたビデオカメラ、電子スチルカメラ等の高機能化に伴い、高性能と小型化の両立が求められている。

【0003】

この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種光学部材を配置する必要があるため、比較的バックフォーカスの長いレンズが要求される。さらに、カラーの撮像素子を用いたカメラの場合、色シェーディングを避けるため、像側のテレセントリック特性の良いものが望まれる。

【0004】

従来から、コンパクトなズーム構成として負・正の2つの群を有した所謂ショートズームタイプのズームレンズが種々提案されている。これらのショートズームタイプの光学系では、正の第2群を移動することで変倍を行い、負の第1群を移動することで変倍に伴う像点位置の補正を行っている。

40

【0005】

さらに高性能化、小型化のために、特公平7-3507号、特公平6-40170号公報等に記載されているように、像側に負または正の第3群を配置して収差補正を行っている例が挙げられる。しかしながら、これらのレンズ系は主として35mmフィルム写真用に設計されているため、固体撮像素子を用いた光学系に求められるバックフォーカスの長さと、良好なテレセントリック特性を両立したものとは言い難い。

【0006】

50

【発明が解決しようとする課題】

バックフォーカスとテレセントリック特性を満足するズームレンズ系としては、特開昭63-135913号公報や、特開平7-261083号公報等に記載される負-正-正の3群構成の光学系が挙げられる。また、特開平3-288113号公報には、負-正-正の3群構成で負の1群を固定とし、正の第2群、第3群を移動させて変倍を行う光学系も開示されている。ところが、これらの従来例においては、各群の構成枚数が比較的多く、レンズ全長が長い、製造コストが高いなどの欠点を有していた。

【0007】

また、特開平7-261083号公報に記載される例では、負の第1群のもっとも物体側に凸レンズが配置されており、特に広角化した場合のレンズ外径の増大が避けられない欠点を有していた。さらに、この例では負の第1群を移動させて近距離物体へのフォーカシングを行うため、ズーミングでの移動とあいまってメカ構造の複雑化する欠点があつた。

10

【0008】

また、米国特許第4,999,007号公報には、負-正-正の3群構成で、第1群、第2群をそれぞれ1枚の単レンズで構成したものも開示されている。ところが、広角端でのレンズ全長が比較的大きく、さらに広角端での第1群と絞りが大きく離れているため軸外光線の入射高が大きく第1群を構成するレンズの径が増大してしまうため、レンズ系全体が大きくなってしまう欠点を有していた。

【0009】

20

また、第1群、第2群は構成枚数が1枚のため群内における収差補正が不十分であった。特に変倍時の倍率色収差変動は軸外光線の光軸からの高さの変動が大きい第1群内にて発生しやすいが、第1群を凹レンズ1枚としているので群内での補正がされておらず、全系においても倍率色収差変動が大きいという課題を有する。

【0010】

さらに、ズーム広角端での画角を大きくした場合の特有な問題として歪曲収差の補正不足の問題がある。また、比較的感度の低い高画素の撮影素子で用いるためには更なる大口径化が求められる。

【0011】

また、米国特許第4,824,223号公報には負-正-正の3群構成のプロジェクタ-用光学系が開示されている。このレンズでは第1群が負レンズ1枚のため群内の収差補正がなされておらず、変倍比が1.7程度である。

30

【0012】

そこで、本出願人は特願平10-301684号公報において負-正-正の3群構成の撮影レンズを開示している。この撮影レンズではフィルター等を挿入するために必要なレンズバックの確保と、固体撮像素子用として必要なテレセントリック特性を両立した上で、変倍比2以上としながら極力全長を短縮しコンパクトなズームレンズを達成している。

【0013】

特願平10-301684号公報においてはフォーカシング方式としては、第3群を物体側に繰出して遠距離から近距離へのフォーカシングを行う所謂リアフォーカス式することが可能である。リアフォーカス式およびインナーフォーカス式は前玉フォーカスと比べると第1レンズ群の光学有効径が小さくなるのでレンズ系全体の小型化が図れるという利点を有する。また、比較的小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカスを行うため、オートフォーカス式のカメラにおいては迅速なフォーカシングが可能となる利点も有している。

40

【0014】

しかしながら、負-正-正の3群構成の場合、第3レンズ群のフォーカス敏感度が比較的低いという課題を有する。フォーカス敏感度が低いと合焦のためのフォーカスレンズの移動量が大きくなるため、合焦までの時間を短縮するにはフォーカスレンズの移動速度を速める必要がある。しかしながら駆動装置の大型化や消費電力の増大を招くため問題であ

50

る。

【0015】

リアフォーカス式のフォーカス敏感度はフォーカス群の横倍率を²とすると(1 -)で表される。このフォーカス敏感度を大きくするには、フォーカス群の物点位置を無限遠側にすることとフォーカス群の像点位置をフォーカス群側に近づけることが有効である。前者を実現するにはフォーカス群に入射する光束をアフォーカルに近づけることが有効である。後者を実現するには加えてフォーカス群の屈折力を大きくすることが有効である。

【0016】

しかしながら、負・正・正の3群構成の場合は主たる変倍作用を有する第2群の屈折力が比較的強いため、第3群に収斂光束が入射しがちである。さらに、第3群はフィールドレンズとしての役割があるため屈折力を強めすぎると軸外光線の屈曲する度合いが強まりすぎ、少ないレンズ枚数で良好な光学性能が得られなくなる。よって、従来、負・正・正の3群構成で3群にてフォーカスしたときの敏感度は0.5前後とあまり大きくなかった。

【0017】

また、負・正・正・負の4群構成のズームレンズは特開平6-175026号公報、特開平6-214156号公報に開示されているが、第4群の負の屈折力が大きいため、射出瞳が像面に近すぎ、CCD等の固体撮像素子を用いた撮像装置には不適であった。

【0018】

また、負・正・正・負の4群構成のズームレンズとして特開平8-248312号公報には正の第2群でフォーカスする構成が開示されている。これは第4群の屈折力は比較的弱いが、変倍時に第2群と第3群が同程度のストロークで移動するため第2群と第3群の合成系が実質変倍作用を担っている。よって特に望遠側では第3群が物体側に位置するためフィールドレンズとしての作用が弱く、射出瞳を像面から遠ざけることができず、やはりCCD等の固体撮像素子を用いた撮像装置には不適である。

【0019】

そこで本発明はインナーフォーカス式のネガティブリードタイプのズームレンズにおいて、フォーカス敏感度を従来よりも高め、かつ射出瞳を像面から十分に離し、固体撮像素子を用いた撮像装置に好適なズームレンズの提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

本発明では以下の構成をもって上記課題を解決している。

【0021】

物体側より順に負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、負の屈折力の第4群より構成され、広角端から望遠端への変倍時に前記第1群と前記第2群との間隔は狭まり、前記第2群と前記第3群との間隔は広がるズームレンズにおいて、前記第1群は像側に凹面向けた負のメニスカスレンズ、物体側に凸面向けた正のメニスカスレンズを有し、前記第2群は少なくとも一つの正レンズと少なくとも一つの負レンズを有し、前記第3群を物体側に移動させて遠距離物体から近距離物体へのフォーカシングを行い、前記第3群の焦点距離をf₃、前記第4群の焦点距離をf₄、広角端における前記第3群と前記第4群の合成系の焦点距離をf_{34w}、広角端における全系の焦点距離をf_wとしたとき、

$$\begin{aligned} 3.0 < f_{34w} / f_w < 5.2 \\ 1.5 < f_3 / f_w < 3.0 \\ 2.0 < |f_4| / f_w < 10.0 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【0022】

【発明の実施の形態】

図1に本発明のズームレンズの基本構成を示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

本実施例では、物体側より順に、負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つの群より構成されており、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1群は像側に凸の往復運動もしくはこの一部の運動、第2群は物体側に移動し、第3群は移動もしくは固定、第4群は固定である。よって、広角端から望遠端に向かって、第1群と第2群間は狭まり、第2群と第3群間は広がるよう構成される。

【 0 0 2 4 】

本発明のズームレンズは、基本的には負の第1群と正の第2群とで所謂広角ショートズーム系を構成しており、正の第2群の移動により変倍を行い、負の第1群を往復移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。10

【 0 0 2 5 】

Sは開口絞り、Gはガラスプレート、IPは像面である。

【 0 0 2 6 】

本発明のズームレンズの第3群と第4群の合成系は正の屈折力を有する。これにより、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を、第3群と第4群の合成系にフィールドレンズの役割を持たせることで達成している。すなわち、従来の負・正・正の3群ズームレンズの3群にあたるのが本発明の第3群と第4群の合成系である。

【 0 0 2 7 】

本発明のズームレンズが負・正・正3群タイプと異なるのは、従来の正の第3群を正の第3群と負の第4群に分割し、第3群にてフォーカスを行っている点である。20

【 0 0 2 8 】

本発明のズームレンズにおける第3群のフォーカス敏感度ESは、第3群の横倍率を3、第4群の横倍率を4としたとき次式で表される。

$$E S = (1 - 3^2) \times 4^2$$

【 0 0 2 9 】

また、従来の負・正・正3群タイプにおける第3群のフォーカス敏感度は次式で表される。

$$E S = (1 - 3^2)$$

【 0 0 3 0 】

上記式のESはいずれも3の絶対値が1のとき0となり、1から離れるに従って大きくなる。

【 0 0 3 1 】

第2群にて主たる変倍作用を分担すると第2群の屈折力はある程度大きくなるため、第3群へは収斂光束が入射しやすい。正の屈折力である第3群へ収斂光束が入射する場合は上記式の3はいずれも下記範囲となる。

$$0 < 3 < 1$$

【 0 0 3 2 】

この場合、3が小さいほどフォーカス敏感度ESは大きくなる。本発明のズームレンズでは従来の3群構成の第3群の屈折力に相当する分を第3群と第4群の合成系で置き換えており、本発明のズームレンズの第3群の屈折力は従来よりも大きく設定できる。よって、第3群の屈折力を強めた分第3群の像点をより第3群側に近づけることができる。結果として3が小さくなるためフォーカス敏感度ESを大きくすることが可能である。40

【 0 0 3 3 】

さらに、本発明のズームレンズの負の第4群には収斂光束が入射するが、このとき4は下記範囲となる。

$$1 < 4$$

【 0 0 3 4 】

よって本発明のズームレンズはさらに4²倍だけフォーカス敏感度ESが大きくなる50

。

【 0 0 3 5 】

また、本発明のズームレンズは変倍中、第3群を移動させてもよい。第3群がズーミング中移動する場合は第3群に入射する軸外光線の光軸からの高さをコントロールできるため軸外諸収差に対する補正能力が高まり、変倍全域に渡ってさらに良好な性能が実現できる。

【 0 0 3 6 】

また、第3群が広角端から望遠端に向かって像側に移動する場合は、第3群の横倍率3は望遠側で増大する。よって第3群に変倍分担できる分、第2群の移動量が短縮できるためレンズ系全体の小型化に寄与する。

10

【 0 0 3 7 】

また、第3群が広角端から望遠端に向かって物体側に移動する場合は、フォーカス敏感度が望遠側にて大きくなる。特定の被写体距離に対してフォーカス繰出し量は広角側より望遠側で増大するため、同じ速度でフォーカスレンズを駆動した場合は望遠側の方が合焦時間が長くなるが、このように構成すると望遠側でのフォーカシングをさらに迅速にさせる効果がある。

【 0 0 3 8 】

また、本発明のズームレンズは第3群と第4群をレンズ1枚で構成している。第3群を1枚で構成するとフォーカス群が軽量なため、フォーカシングにおいて高速化と省電力化が図れる。さらに第4群は凹レンズ1枚で構成しており従来の負・正・正の3群構成に対してレンズ全長の増大を最低限に抑えている。

20

【 0 0 3 9 】

本発明のズームレンズは絞りを第2群内の物体側に置き、広角側での入射瞳と第1群との距離を縮めることで第1群を構成するレンズの外径の増大をおさえるとともに、正の第2群の物体側に配置した絞りを挟んで第1群と第3群とで軸外の諸収差を打ち消すことで構成枚数を増やさずに良好な光学性能が得られる。

【 0 0 4 0 】

負の第1群は、軸外主光線を絞り中心に瞳結像させる役割を持っており、特に広角側においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、とくに非点収差と歪曲収差が発生し易い。そこで、通常の広角レンズ同様もっとも物体側のレンズ径の増大が抑えられる凹・凸の構成としている。第1群を構成する各レンズは、軸外主光線の屈折によって生じる軸外収差の発生を抑えるために絞り中心を中心とする同心球面に近い形状をとっている。すなわち、負レンズ11、負レンズ12は像側に凹面を向けたメニスカスレンズとし、正レンズ13は物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとしている。

30

【 0 0 4 1 】

第2群の中のもっとも物体側の凸レンズ21は第1群を射出した軸外主光線が大きく屈折して軸外諸収差が発生しないよう物体側に凸の形状にしている。また、第1群を発散状態で射出した軸上光束に対して球面収差の発生量を抑えるためにも凸レンズ21は物体側に凸の形状が好ましい。

【 0 0 4 2 】

40

さらに凹レンズ22は物体側、像側ともに凹面とし、前後の凸レンズ21と正の接合レンズ23とともに負の空気レンズを形成し、大口径化に伴って発生する球面収差、コマ収差の補正を行っている。

【 0 0 4 3 】

さらに凹レンズ22の像面側に接合レンズ23を配置して色収差を良好に補正している。

【 0 0 4 4 】

また、各群を少ない枚数で構成しつつ、更なる光学性能の向上を達成するため、本実施例では非球面を効果的に導入している。

【 0 0 4 5 】

50

図1に示す実施例においては、第1群を構成する凹レンズ11の像側面を周辺で発散作用が弱くなる形状の非球面とし、特に広角側での像面彎曲、非点収差および歪曲収差の補正を行い変倍に伴う収差変動を低減している。

【0046】

また、第2群を構成する凸レンズ21の物体側面を周辺で収斂作用が弱くなる非球面としており、大口径化で顕著になる球面収差の補正を効果的に行っている。

【0047】

また、第3群を構成する凸レンズ31の物体側面を周辺で収斂作用が弱くなる非球面としており、変倍全域での像面彎曲、非点収差、歪曲収差の補正を効果的に行っている。

【0048】

さらに、本発明のズームレンズは以下の条件式を満足するのが好ましい。

【0049】

$$3.0 < f_{34w} / fw < 5.2 \quad (1)$$

$$1.5 < f_3 / fw < 3.0 \quad (2)$$

$$2.0 < |f_4| / fw < 10.0 \quad (3)$$

但し、第3群の焦点距離を f_3 、第4群の焦点距離を f_4 、広角端における第3群と第4群の合成系の焦点距離を f_{34w} 、広角端における全系の焦点距離を fw とする。

【0050】

条件式(1)は第3群と第4群の合成系の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱まるとフィールドレンズ系として射出瞳を像面から遠ざける作用が弱まるため、CCD等の固体撮像素子を用いた場合シェーディングの発生が顕著となるため良くない。

【0051】

下限を超えて屈折力が強まると、フィルターを挿入するために必要なバックフォーカスを確保することが困難となるため良くない。

【0052】

条件式(2)は第3群の焦点距離すなわち屈折力を規定している式である。上限を超えて第3群の屈折力が弱まると、第3群の倍率が大きくなるため第3群のフォーカス敏感度が小さくなり、従来の負-正-正3群構成の第3群を正の第3群と負の第4群に分割した効果が薄れるためよくない。

【0053】

下限を超えて第3群の屈折力が強まると第3群のペツツバール量が正に大きくなるため第4群の屈折力を強めてこれをキャンセルする必要が生じる。このようにすると特に軸外での高次収差が顕著に発生するため、非球面を用いても第3群、第4群を各レンズ1枚にて構成した上で像面の平坦性を得るのが困難となる。

【0054】

条件式(3)は第4群の焦点距離すなわち屈折力を規定している式である。上限を超えて第4群の屈折力が弱まると、第4群の倍率が小さくなるため結果的に第3群のフォーカス敏感度が小さくなり、従来の負-正-正3群構成の第3群を正の第3群と負の第4群に分割した効果が薄れるためよくない。

【0055】

下限を超えて第4群の屈折力が強まると第4群のペツツバール量が負に大きくなるため第3群の屈折力を強めてこれをキャンセルする必要が生じる。このようにすると特に軸外での高次収差が顕著に発生するため、非球面を用いても第3群、第4群を各レンズ1枚にて構成した上で像面の平坦性を得るのが困難となる。

【0056】

さらに、好ましくは以下の条件式を満足するのが好ましい。

【0057】

$$-0.6 < (R_{32} + R_{31}) / (R_{32} - R_{31}) < 0.8 \quad (4)$$

$$0.8 < R_{41} / R_{32} < 20.0 \quad (5)$$

10

20

30

40

50

但し、第3群の最も物体側に位置するレンズ面の曲率半径をR₃₁、第3群の最も像側に位置するレンズ面の曲率半径をR₃₂、第4群の最も物体側に位置するレンズ面の曲率半径をR₄₁とする。

【0058】

条件式(4)は第3群を構成する正レンズの形状因子を規定する式であり、物体側からみて凸平レンズの場合1、平凸レンズの場合-1、両凸レンズは-1より大きく1より小さい値をとる。第3群を条件式(2)で規定される屈折力を有するようにすると、条件式(4)の上限をこえた場合、物体側レンズ面の曲率半径が小さくなりすぎ、軸外光線の入射角が大きくなるため、過度の非点隔差が発生するためよくない。

【0059】

下限を超えると、像側レンズ面の曲率半径が小さくなりすぎ、軸上ランド光線の像側面への入射角が大きくなり、結果として球面収差が補正不足となるためよくない。また第3群を変倍時移動させる場合は、球面収差変動が発生し非球面を用いても変倍全域での補正が困難となる。

【0060】

条件式(5)は第3群の像側レンズ面と第4群の物体側レンズ面との比を規定する式である。上限を超えて曲率半径R₄₁がR₃₂に対して大きくなりすぎると、第4群が条件式(3)で規定される屈折力条件を有するためには、第4群の負の屈折力を主に像側レンズ面に分担させる必要がある。このように第4群像側レンズ面の負の屈折力が強まった状態で、射出瞳を像面から十分遠ざけようすると第3群および第4群物体側レンズ面の有効径が増大しレンズ外径の増大を招くためコンパクト化の点で良くない。また、光軸方向では第4群の像側レンズ面の周辺部とその像側に配置するフィルターの干渉を防ぐためにバックフォーカスを長く設定する必要がありレンズ全長が増大するため良くない。

【0061】

下限を超えて曲率半径R₄₁がR₃₂に対して小さくなりすぎると、R₃₂で発生する球面収差に対してR₄₁では補正過剰となる。さらにフォーカスの際は特に繰出し量の大きいテレ側にて球面収差の変動成分が発生するため良くない。

【0062】

以下本発明の実施例における各条件式の値を示す。

【0063】

【表1】

10

20

30

40

50

	数値実施例					
	1	2	3	4	5	6
条件式(1)	3.99	3.58	4.10	4.06	3.94	4.71
条件式(2)	1.70	2.68	2.00	2.35	2.71	1.94
条件式(3)	2.67	8.93	3.18	4.76	7.94	2.95
条件式(4)	-0.12	0.40	-0.33	-0.09	0.52	0.05
条件式(5)	0.96	0.90	0.96	19.31	0.88	0.95

【0064】

以下に、本発明の数値実施例を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順序を示し、R_iはレンズ面の曲率半径、D_iは第i面と第i+1面との間のレンズ肉厚および空気間隔、N_i、iはそれぞれd線に対する屈折率、アッベ数を示す。また、もっとも像側の2面は水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルター部材である。また、B、C、D、E、Fは非球面係数である。

【0065】

非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてxとするとき

【0066】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

【0067】

で表される。但し R は曲率半径、 K は円錐定数である。

10

【0068】

(第1の実施例)

本数値実施例の断面図を図1に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図2、図3、図4に示す。

【0069】

本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、負の第4群で構成され広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるように変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰出して遠距離物体から近距離物体への合焦を行う。

20

【0070】

以下レンズデータを示す。

【0071】

【外1】

$f=1 \sim 2.00$ $Fno = 2.95 \sim 4.00$ $2\omega=67.4^\circ \sim 36.9^\circ$

R 1 =	7.625	D 1 =	0.21	N 1 =	1.674700	ν 1 =	54.9	
R 2 =	0.967	D 2 =	0.24					
R 3 =	2.666	D 3 =	0.10	N 2 =	1.728250	ν 2 =	28.5	
R 4 =	1.259	D 4 =	0.19					
R 5 =	1.509	D 5 =	0.29	N 3 =	1.846660	ν 3 =	23.8	
R 6 =	4.591	D 6 =	可変					10
R 7 =	絞り	D 7 =	0.00					
R 8 =	1.139	D 8 =	0.38	N 4 =	1.693500	ν 4 =	53.2	
R 9 =	-3.549	D 9 =	0.03					
R10 =	-1.630	D10 =	0.14	N 5 =	1.516330	ν 5 =	64.1	
R11 =	1.085	D11 =	0.13					
R12 =	5.707	D12 =	0.08	N 6 =	1.846660	ν 6 =	23.8	
R13 =	0.980	D13 =	0.35	N 7 =	1.772499	ν 7 =	49.6	
R14 =	-1.843	D14 =	可変					
R15 =	2.178	D15 =	0.38	N 8 =	1.583130	ν 8 =	59.5	
R16 =	-1.707	D16 =	可変					20
R17 =	-1.645	D17 =	0.10	N 9 =	1.806098	ν 9 =	40.9	
R18 =	-7.168	D18 =	可変					
R19 =	∞	D19 =	0.48	N10 =	1.516330	ν 10 =	64.1	
R20 =	∞							

焦点距離	1.00	1.48	2.00	
可変間隔				
D 6	1.89	0.87	0.32	
D14	1.33	1.94	2.61	
D16	0.08	0.08	0.08	
D18	0.16	0.16	0.16	30

非球面係数

R2 k=0.00000e+00 B=-1.11226e-01 C=-1.43714e-01 D=1.35171e-01 E=-2.50781e-01
R8 k=0.00000e+00 B=-2.19116e-02 C=-7.78698e-02 D=7.17814e-01 E=-1.40585e+00
R15 k=0.00000e+00 B=-2.85489e-02 C=-3.82182e-02 D=6.98065e-02 E=-6.51472e-02

第3群フォーカス敏感度

広角端 ; 1.07 望遠端 ; 1.07 40

【 0 0 7 2 】

(第2の実施例)

本数値実施例の断面図を図5に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図6、図7、図8に示す。本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、負の第4群で構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群は像側へ移動、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるよう、第3群と第4群の間隔は狭まるよう変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰出して遠距離物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 7 3 】

以下レンズデータを示す。

〔 0 0 7 4 〕

【外 2】

$$f=1 \sim 2.00 \quad Fno = 2.77 \sim 4.00 \quad 2\omega = 67.4^\circ \sim 36.9^\circ$$

R 1 =	7. 626	D 1 =	0. 21	N 1 = 1. 674700	ν 1 = 54. 9
R 2 =	1. 073	D 2 =	0. 21		
R 3 =	2. 752	D 3 =	0. 10	N 2 = 1. 728250	ν 2 = 28. 5
R 4 =	1. 198	D 4 =	0. 19		
R 5 =	1. 495	D 5 =	0. 32	N 3 = 1. 846660	ν 3 = 23. 8
R 6 =	5. 561	D 6 =	可変		
R 7 =	絞り	D 7 =	0. 00		
R 8 =	1. 033	D 8 =	0. 38	N 4 = 1. 693500	ν 4 = 53. 2
R 9 =	-5. 036	D 9 =	0. 03		
R10 =	-1. 784	D10 =	0. 14	N 5 = 1. 516330	ν 5 = 64. 1
R11 =	0. 979	D11 =	0. 13		
R12 =	9. 815	D12 =	0. 08	N 6 = 1. 846660	ν 6 = 23. 8
R13 =	0. 994	D13 =	0. 35	N 7 = 1. 772499	ν 7 = 49. 6
R14 =	-1. 664	D14 =	可変		
R15 =	2. 203	D15 =	0. 32	N 8 = 1. 583130	ν 8 = 59. 5
R16 =	-5. 098	D16 =	可変		
R17 =	-4. 586	D17 =	0. 10	N 9 = 1. 698947	ν 9 = 30. 1
R18 =	-17. 440	D18 =	可変		
R19 =	∞	D19 =	0. 48	N10 = 1. 516330	ν 10 = 64. 1
R20 =	∞				

10

20

✓ 焦点距離 1.00 1.43 2.00

30

D 6	1. 75	0. 90	0. 32
D14	0. 82	1. 55	2. 35
D16	0. 32	0. 20	0. 08
D18	0. 16	0. 16	0. 16

非球面係數

R2 k=0.00000e+00 B=-1.01075e-01 C=-6.05976e-02 D=1.12421e-02 E=-7.12680e-02

R8 k=0.00000e+00 B=-4.28402e-02 C=5.52232e-02 D=-8.17685e-01 E=3.57224e+00

R15 k=0.00000e+00 B=-2.53987e-02 C=8.24185e-02 D=1.55303e-01 E=1.14549e-01

第3群フォーカス敏感度

10

底角端：0.76

望遠端：0.63

[0 0 7 5]

(第 3 の 実 施 例)

本数値実施例の断面図を図9に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図10、図11、図12に示す。本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、負の第4群で構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群は像側へ移動、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるよう、第3群と第4群の間隔は狭まるように変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰り出して遠距離物体から近距

50

離物体への合焦を行う。

【0076】

以下レンズデータを示す。

【0077】

【外3】

$$f = 1 \sim 2.00 \quad Fno = 2.69 \sim 4.00 \quad 2\omega = 67.4^\circ \sim 36.9^\circ$$

$$R_1 = 7.625 \quad D_1 = 0.21 \quad N_1 = 1.674700 \quad \nu_1 = 54.9$$

10

$$R_2 = 1.155 \quad D_2 = 0.21$$

$$R_3 = 7.385 \quad D_3 = 0.10 \quad N_2 = 1.728250 \quad \nu_2 = 28.5$$

$$R_4 = 1.151 \quad D_4 = 0.19$$

$$R_5 = 1.530 \quad D_5 = 0.32 \quad N_3 = 1.846660 \quad \nu_3 = 23.8$$

$$R_6 = 31.353 \quad D_6 = \text{可変}$$

$$R_7 = \text{絞り} \quad D_7 = 0.00$$

$$R_8 = 1.066 \quad D_8 = 0.38 \quad N_4 = 1.583130 \quad \nu_4 = 59.4$$

$$R_9 = -2.940 \quad D_9 = 0.03$$

$$R_{10} = -1.451 \quad D_{10} = 0.14 \quad N_5 = 1.516330 \quad \nu_5 = 64.1$$

$$R_{11} = 1.147 \quad D_{11} = 0.13$$

20

$$R_{12} = 6.714 \quad D_{12} = 0.08 \quad N_6 = 1.846660 \quad \nu_6 = 23.8$$

$$R_{13} = 1.025 \quad D_{13} = 0.35 \quad N_7 = 1.772499 \quad \nu_7 = 49.6$$

$$R_{14} = -1.608 \quad D_{14} = \text{可変}$$

$$R_{15} = 3.386 \quad D_{15} = 0.35 \quad N_8 = 1.583130 \quad \nu_8 = 59.5$$

$$R_{16} = -1.708 \quad D_{16} = \text{可変}$$

$$R_{17} = -1.647 \quad D_{17} = 0.10 \quad N_9 = 1.749497 \quad \nu_9 = 35.3$$

$$R_{18} = -5.480 \quad D_{18} = \text{可変}$$

$$R_{19} = \infty \quad D_{19} = 0.48 \quad N_{10} = 1.516330 \quad \nu_{10} = 64.1$$

$$R_{20} = \infty$$

30

$$\backslash \text{焦点距離} \quad 1.00 \quad 1.41 \quad 2.00$$

可変間隔\

$$D_6 \quad 1.66 \quad 0.91 \quad 0.32$$

$$D_{14} \quad 0.98 \quad 1.71 \quad 2.50$$

$$D_{16} \quad 0.32 \quad 0.20 \quad 0.08$$

$$D_{18} \quad 0.16 \quad 0.16 \quad 0.16$$

非球面係数

$$R2 \quad k=0.00000e+00 \quad B=-1.07693e-01 \quad C=-4.03090e-02 \quad D=-5.07683e-02 \quad E=-4.14401e-03$$

40

$$R8 \quad k=0.00000e+00 \quad B=-3.89305e-02 \quad C=-3.31590e-02 \quad D=3.06046e-01 \quad E=0.00000e+00$$

$$R15 \quad k=0.00000e+00 \quad B=-6.31384e-02 \quad C=1.01073e-01 \quad D=-2.54280e-01 \quad E=2.17177e-01$$

第3群フォーカス敏感度

広角端 ; 1.08

望遠端 ; 0.88

【0078】

(第4の実施例)

本数値実施例の断面図を図13に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図14、図15、図16に示す。本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、

50

負の第4群で構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群は像側へ移動、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるよう、第3群と第4群の間隔は狭まるように変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰り出して遠距離物体から近距離物体への合焦を行う。

【0079】

以下レンズデータを示す。

【0080】

【外4】

10

$$f=1 \sim 2.00 \quad Fno = 2.74 \sim 4.00 \quad 2\omega = 67.4^\circ \sim 36.9^\circ$$

R 1 =	7.625	D 1 =	0.21	N 1 =	1.674700	v 1 =	54.9
R 2 =	1.110	D 2 =	0.21				
R 3 =	3.354	D 3 =	0.10	N 2 =	1.728250	v 2 =	28.5
R 4 =	1.137	D 4 =	0.19				
R 5 =	1.429	D 5 =	0.32	N 3 =	1.846660	v 3 =	23.8
R 6 =	6.467	D 6 =	可変				
R 7 =	絞り	D 7 =	0.00				
R 8 =	0.876	D 8 =	0.38	N 4 =	1.583130	v 4 =	59.4
R 9 =	-5.359	D 9 =	0.03				
R10 =	-1.531	D10 =	0.14	N 5 =	1.516330	v 5 =	64.1
R11 =	0.930	D11 =	0.13				
R12 =	7.261	D12 =	0.08	N 6 =	1.846660	v 6 =	23.8
R13 =	0.989	D13 =	0.35	N 7 =	1.772499	v 7 =	49.6
R14 =	-1.468	D14 =	可変				
R15 =	2.939	D15 =	0.32	N 8 =	1.583130	v 8 =	59.5
R16 =	-2.466	D16 =	可変				
R17 =	-47.617	D17 =	0.10	N 9 =	1.749497	v 9 =	35.3
R18 =	3.861	D18 =	可変				
R19 =	∞	D19 =	0.48	N10 =	1.516330	v10 =	64.1
R20 =	∞						

20

30

\焦点距離	1.00	1.43	2.00
可変間隔			
D 6	1.73	0.91	0.32
D14	0.91	1.65	2.44
D16	0.32	0.20	0.08
D18	0.16	0.16	0.16

40

非球面係数

R2 k=0.00000e+00 B=-9.46047e-02 C=-1.07618e-01 D=6.36760e-02 E=-7.98960e-02
 R8 k=0.00000e+00 B=-6.43001e-02 C=-2.02164e-01 D=2.07367e+00 E=-5.90520e+00
 R15 k=0.00000e+00 B=-1.62738e-02 C=-8.53767e-02 D=1.71817e-01 E=-1.28994e-01

第3群フォーカス敏感度

広角端 ; 0.87

望遠端 ; 0.71

【0081】

50

(第5の実施例)

本数値実施例の断面図を図17に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図18、図19、図20に示す。本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、負の第4群で構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群は像側へ移動、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるよう、第3群と第4群の間隔は広がるように変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰出して遠距離物体から近距離物体への合焦を行う。

【0082】

以下レンズデータを示す。

【0083】

【外5】

10

$f=1 \sim 2.00$ $Fno = 3.00 \sim 4.00$ $2\omega=67.4^\circ \sim 36.9^\circ$

R 1 =	7.625	D 1 =	0.21	N 1 = 1.674700	$\nu_1 = 54.9$
R 2 =	0.990	D 2 =	0.24		
R 3 =	3.055	D 3 =	0.10	N 2 = 1.728250	$\nu_2 = 28.5$
R 4 =	1.229	D 4 =	0.19		
R 5 =	1.506	D 5 =	0.25	N 3 = 1.846660	$\nu_3 = 23.8$
R 6 =	5.112	D 6 =	可変		
R 7 =	絞り	D 7 =	0.00		
R 8 =	1.057	D 8 =	0.38	N 4 = 1.693500	$\nu_4 = 53.2$
R 9 =	-2.469	D 9 =	0.03		
R10 =	-1.651	D10 =	0.14	N 5 = 1.516330	$\nu_5 = 64.1$
R11 =	0.951	D11 =	0.13		
R12 =	6.262	D12 =	0.08	N 6 = 1.846660	$\nu_6 = 23.8$
R13 =	0.943	D13 =	0.35	N 7 = 1.772499	$\nu_7 = 49.6$
R14 =	-2.180	D14 =	可変		
R15 =	2.052	D15 =	0.32	N 8 = 1.583130	$\nu_8 = 59.5$
R16 =	-6.461	D16 =	可変		
R17 =	-5.659	D17 =	0.10	N 9 = 1.805181	$\nu_9 = 25.4$
R18 =	-49.884	D18 =	可変		
R19 =	∞	D19 =	0.48	N10 = 1.516330	$\nu_{10} = 64.1$
R20 =	∞				

△焦点距離	1.00	1.50	2.00
可変間隔			
D 6	2.01	0.89	0.32
D14	1.27	1.81	2.40
D16	0.08	0.16	0.24
D18	0.16	0.16	0.16

非球面係数

R2 k=0.00000e+00 B=-1.07015e-01 C=-9.52937e-02 D=5.45254e-02 E=-1.66470e-01
 R8 k=0.00000e+00 B=-4.73794e-02 C=-4.84293e-02 D=8.92780e-02 E=4.64659e-01
 R15 k=0.00000e+00 B=-2.46542e-02 C=-6.93169e-03 D=1.58040e-02 E=-2.60485e-03

第3群フォーカス敏感度

広角端 : 0.63 望遠端 : 0.72

【 0 0 8 4 】

(第 6 の 実 施 例)

本数値実施例の断面図を図21に、広角端、中間位置、望遠端での収差図を図22、図23、図24に示す。本実施例は物体側から順に負の第1群、正の第2群、正の第3群、負の第4群で構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1群は像側に凸の往復運動、第2群は物体側へ移動、第3群は像側へ移動、第4群は固定であり、第1群と第2群との間隔は狭まるよう、第2群と第3群の間隔は広がるよう、第3群と第4群の間隔は広がるように変化する。フォーカシングは第3群を物体側に繰出して遠距離物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

50

以下レンズデータを示す。

【0086】

【外6】

$$f=1 \sim 2.00 \quad Fno = 3.00 \sim 4.00 \quad 2\omega = 67.4^\circ \sim 36.9^\circ$$

R 1 =	7.625	D 1 =	0.21	N 1 =	1.674700	ν 1 =	54.9
R 2 =	1.109	D 2 =	0.24				
R 3 =	3.328	D 3 =	0.10	N 2 =	1.728250	ν 2 =	28.5
R 4 =	1.281	D 4 =	0.19				
R 5 =	1.569	D 5 =	0.25	N 3 =	1.846660	ν 3 =	23.8
R 6 =	4.635	D 6 =	可変				
R 7 =	絞り	D 7 =	0.00				
R 8 =	1.131	D 8 =	0.38	N 4 =	1.693500	ν 4 =	53.2
R 9 =	-3.389	D 9 =	0.03				
R10 =	-1.720	D10 =	0.14	N 5 =	1.516330	ν 5 =	64.1
R11 =	1.044	D11 =	0.13				
R12 =	5.186	D12 =	0.08	N 6 =	1.846660	ν 6 =	23.8
R13 =	1.084	D13 =	0.35	N 7 =	1.772499	ν 7 =	49.6
R14 =	-2.086	D14 =	可変				
R15 =	2.089	D15 =	0.38	N 8 =	1.583130	ν 8 =	59.5
R16 =	-2.306	D16 =	可変				
R17 =	-2.195	D17 =	0.10	N 9 =	1.805181	ν 9 =	25.4
R18 =	-29.252	D18 =	可変				
R19 =	∞	D19 =	0.48	N10 =	1.516330	ν 10 =	64.1
R20 =	∞						

焦點距離	1.00	1.51	2.00
<u>可変距離</u>			
D 6	2.25	0.95	0.32
D14	1.32	1.86	2.44
D16	0.08	0.16	0.24
D18	0.16	0.16	0.16

非球面係数

R2 k=0.00000e+00 B=-7.65098e-02 C=-6.45250e-02 D=2.95928e-02 E=-6.24336e-02

R8 k=0.00000e+00 B=-2.29508e-02 C=-9.51143e-02 D=8.82643e-01 E=-2.01912e+00

R15 k=0.00000e+00 B=-2.84954e-02 C=-1.28270e-02 D=1.91011e-02 E=-1.80753e-02

第3群フォーカス敏感度

広角端；0.96

望遠端；1.10

【0087】

【発明の効果】

本発明によれば、インナーフォーカス式のネガティブリードタイプのズームレンズにおいて、フォーカス群の構成枚数が少なく、かつフォーカストロークが短縮されるため、特にオートフォーカス式の撮像装置において高速で低消費電力なフォーカスが可能となるとともに、射出瞳を像面から十分に離し、固体撮像素子を用いた撮像装置に好適なズームレンズが提供できるという効果がある。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の撮像装置の基本構成を示す図（数値実施例 1 の光学断面図）。

【図 2】 数値実施例 1 の広角端での収差図。

【図 3】 数値実施例 1 の中間位置での収差図。

【図 4】 数値実施例 1 の望遠端での収差図。

【図 5】 数値実施例 2 の光学断面図。

【図 6】 数値実施例 2 の広角端での収差図。

【図 7】 数値実施例 2 の中間位置での収差図。

【図 8】 数値実施例 2 の望遠端での収差図。

【図 9】 数値実施例 3 の光学断面図。

10

【図 10】 数値実施例 3 の広角端での収差図。

【図 11】 数値実施例 3 の中間位置での収差図。

【図 12】 数値実施例 3 の望遠端での収差図。

【図 13】 数値実施例 4 の光学断面図。

【図 14】 数値実施例 4 の広角端での収差図。

【図 15】 数値実施例 4 の中間位置での収差図。

【図 16】 数値実施例 4 の望遠端での収差図。

【図 17】 数値実施例 5 の光学断面図。

【図 18】 数値実施例 5 の広角端での収差図。

【図 19】 数値実施例 5 の中間位置での収差図。

20

【図 20】 数値実施例 5 の望遠端での収差図。

【図 21】 数値実施例 6 の光学断面図。

【図 22】 数値実施例 6 の広角端での収差図。

【図 23】 数値実施例 6 の中間位置での収差図。

【図 24】 数値実施例 6 の望遠端での収差図。

【符号の説明】

I 第 1 群

I I 第 2 群

I I I 第 3 群

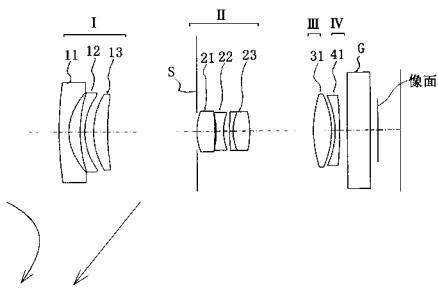
I V 第 4 群

S 紋り

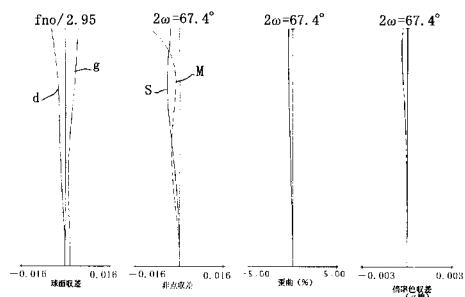
G C C D のフェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック

30

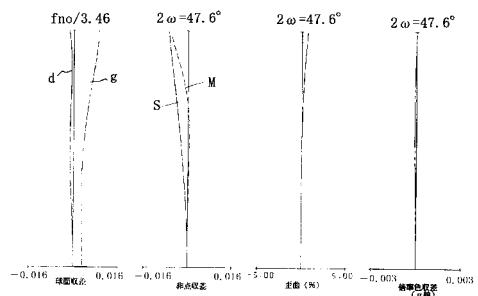
【図1】



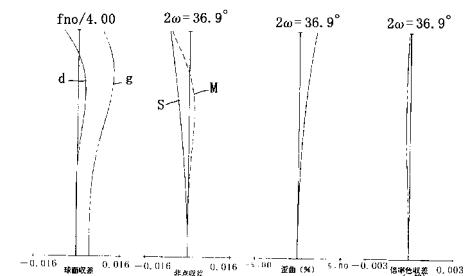
【図2】



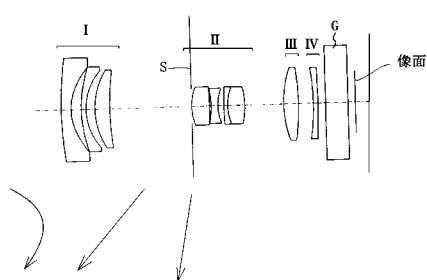
【図3】



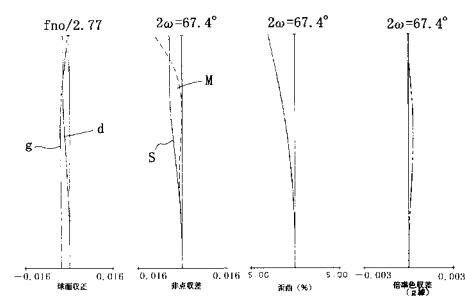
【図4】



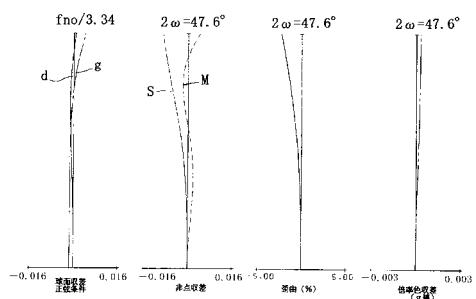
【図5】



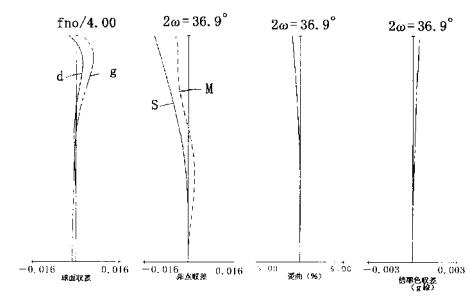
【図6】



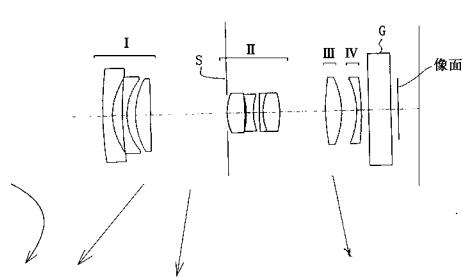
【図7】



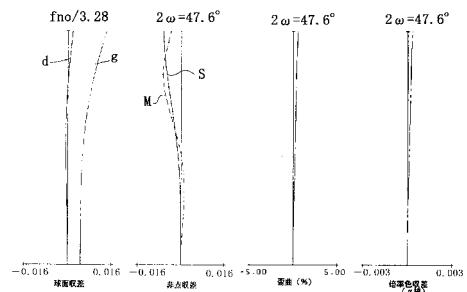
【図8】



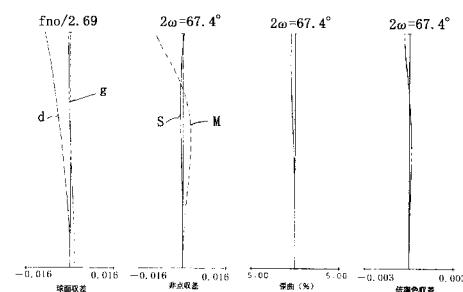
【図 9】



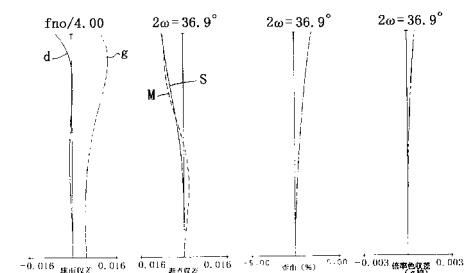
【図 11】



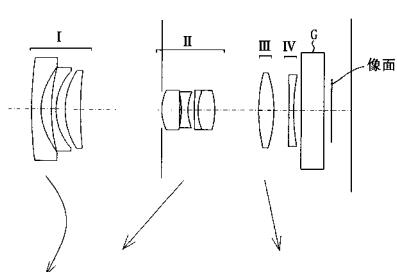
【図 10】



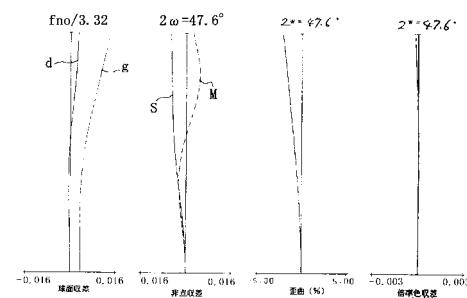
【図 12】



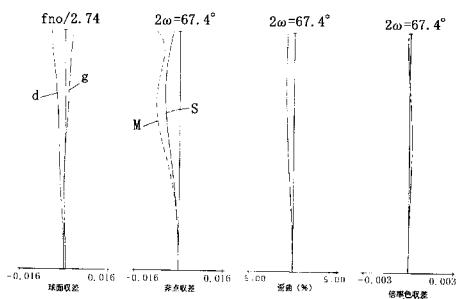
【図 13】



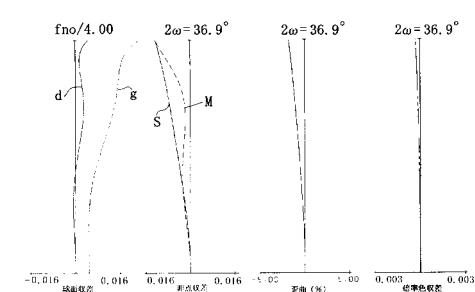
【図 15】



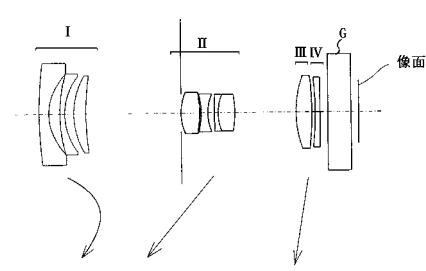
【図 14】



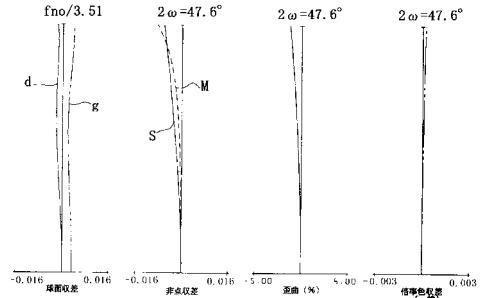
【図 16】



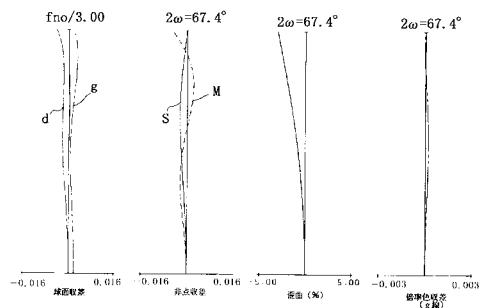
【図17】



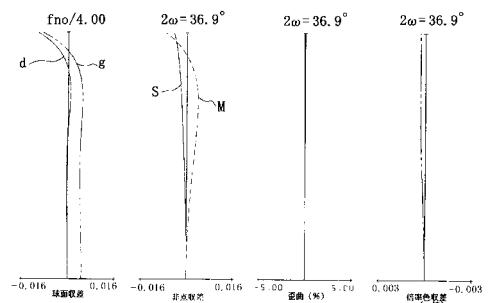
【図19】



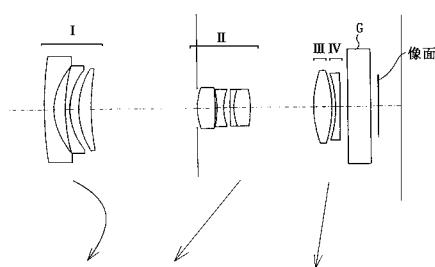
【図18】



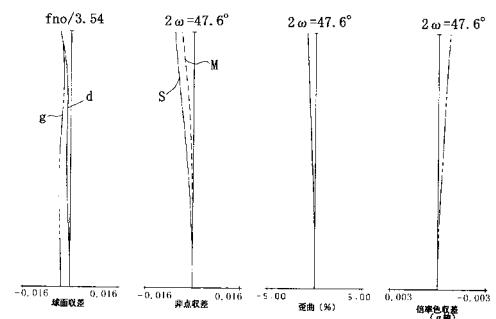
【図20】



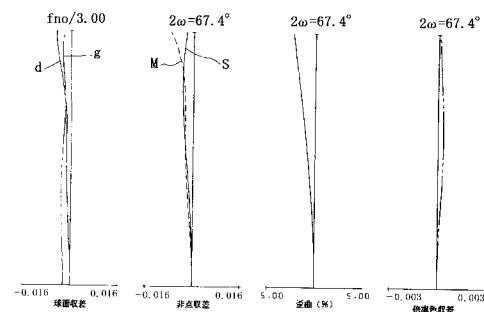
【図21】



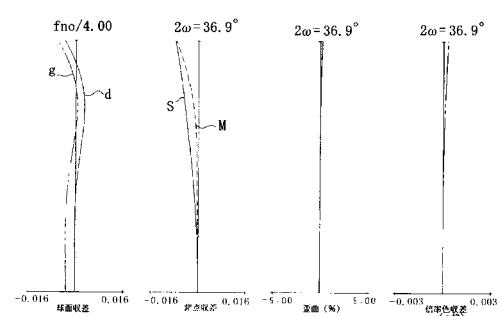
【図23】



【図22】



【図24】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04