(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3710352号
(P3710352)
(45)発行日　平成17年10月26日(2005.10.26)　(24)登録日　平成17年8月19日(2005.8.19)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 15/20　G02B 15/20
G02B 13/18　G02B 13/18

請求項の数 10　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願2000-86400(P2000-86400)
(22)出願日　平成12年3月27日(2000.3.27)
(65)公開番号　特開2001-272602(P2001-272602A)
(43)公開日　平成13年10月5日(2001.10.5)
審査請求日　平成14年9月26日(2002.9.26)

(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　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　関田　誠
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
(72)発明者　星　浩二
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた光学機器

(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レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群にて構成し、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズにおいて、該第１レンズ群を１枚の負レンズと１枚の正レンズにて構成し、該第２レンズ群を一組の接合レンズと１枚の正レンズにて構成し、該第３レンズ群を１枚の正レンズにて構成すると共に、　該第２レンズ群を構成するレンズの光軸上の厚みの合計をＤＤ２、該第２レンズ群中の空気間隔の合計をＤＡ２とするとき、

０．０４≦ＤＡ２／ＤＤ２＜０．２５

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２レンズ群を、物体側より順に、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズにて構成したことを特徴とする請求項１のズームレンズ。

【請求項３】

前記第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズにて構成したことを特徴とする請求項１のズームレンズ。

【請求項４】

前記第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズにて構成したことを特徴とする請求項１のズームレンズ。

【請求項５】

前記第２レンズ群中の負レンズの材質の屈折率及びアッベ数を各々ｎｄ，νｄとするとき、

ｎｄ＜１．８

νｄ＜４０

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

【請求項６】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第１レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ１、物体距離無限遠時に広角端からの望遠端へのズーミングに際して、第３レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ３とするとき、

０．１＜｜Ｘ１／Ｘ３｜＜７．０

なる条件を満足することを特徴とする請求項１から５のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項７】

望遠端における前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から像面までの距離をＤＬ、前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第１レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ１、前記第２レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第２レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ２、前記第３レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第３レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ３とするとき、

０．２５＜（ＤＬ１＋ＤＬ２＋ＤＬ３）／ＤＬ＜０．４５

なる条件を満足することを特徴とする請求項１から６のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項８】

前記第３レンズ群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴とする請求項１から７のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項９】

固体撮像素子に像を形成することを特徴とする請求項１から８のいずれか１項のズームレンズ。

【請求項１０】

請求項１から９のいずれか１項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明はスチルカメラやビデオカメラ、そしてデジタルスチルカメラ等に好適なズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関し、特に負の屈折力のレンズ群が先行する全体として３つのレンズ群を有し、これらの各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、レンズ系全体の小型化を図ったフィルム用のスチルカメラやビデオカメラ、そしてデジタルカメラ等に好適なものである。

【０００２】

【従来の技術】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等、撮像装置（カメラ）の高機能化にともない、それに用いる光学系には広い画角を包含した大口径比のズームレンズが求められている。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為、それに用いる光学系には、比較的バックフォーカスの長いレンズ系が要求される。さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合、色シェーディングを避けるため、それに用いる光学系には像側のテレセントリック特性の良いものが望まれている。

【０００３】

従来より、負の屈折力の第１群と正の屈折力の第２群の２つのレンズ群より成り、双方の

レンズ間隔を変えて変倍を行う。所謂ショートズームタイプの広角の２群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、正の屈折力の第２群を移動する事で変倍を行い、負の屈折力の第１群を移動する事で変倍に伴う像点位置の補正を行っている。これらの２つのレンズ群よりなるレンズ構成においては、ズーム倍率は２倍程度である。

【０００４】

さらに２倍以上の高い変倍比を有しつつレンズ全体をコンパクトな形状にまとめるため、例えば特公平７－３５０７号公報や、特公平６－４０１７０号公報等には２群ズームレンズの像側に負または正の屈折力の第３群を配置し、高倍化に伴って発生する諸収差の補正を行っている、所謂３群ズームレンズが提案されている。

【０００５】

また、米国特許第４８２８３７２号や第５２６２８９７号公報には、負，正，正の３群ズームレンズの第２群を接合レンズ２組を含み、第２群が６枚のレンズで構成されたものも開示されている。

【０００６】

しかしながら、これらの３群ズームレンズは主として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かった。

【０００７】

【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広角の３群ズームレンズ系が、例えば、特開昭６３－１３５９１３号公報や、特開平７－２６１０８３号公報等で提案されている。また、特開平３－２８８１１３号公報には、３群ズームレンズにおいて負の屈折力の第１群を固定とし、正の屈折力の第２群と正の屈折力の第３群を移動させて変倍を行う光学系も開示されている。

【０００８】

ところが、これらの従来例においては、各レンズ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。

【０００９】

さらに近年、カメラのコンパクト化とレンズの高倍化を両立する為に、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間隔まで縮小し、カメラ本体からのレンズの突出量を少なくした所謂沈胴ズームレンズが広く用いられているが、上記従来例の様に各群の構成枚数が多く、結果的に各レンズ群の光軸上の長さが長くなる場合や、各レンズ群のズーミング及びフォーカシングにおける移動量が大きく、レンズ全長が長くなる場合においては、所望の沈胴長が達成出来ない場合がある。

【００１０】

また、特開平７－２６１０８３号公報に記載される例では、負の屈折力の第１群の最も物体側に凸レンズ（正レンズ）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、この例では負の屈折力の第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が複雑化する欠点があった。

【００１１】

また、米国特許第４９９９００７号には、３群ズームレンズにおいて、第１レンズ群、第２レンズ群をそれぞれ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。

【００１２】

本発明では、これら従来例の欠点に鑑み、特に固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを

用いた光学機器の提供を目的とする。
【００１３】
さらに、本発明では、次の事項のうち少なくとも１つを満足するズームレンズを得る事を目的としている。
【００１４】
即ち、
・特に広角側での非点収差や歪曲収差を良好に補正する事。
・最小のレンズ構成を取りつつ、移動するレンズ群の収差分担を減らし、製造誤差によるレンズ群相互の偏心等での性能劣化を少なくし、製造の容易なものとする事。
・感度の低い高画素撮像素子に好適な大口径比化を図る事。
・構成枚数を最小としながら、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な良好な像側テレセントリック結像をもたせる事。
・沈胴ズームレンズに要求される各レンズ群の光軸上の長さや各レンズ群のズーミング及びフォーカシングによる光軸上の移動量を短くする事。
・広角端のみならずズーム全域で歪曲収差を良好に補正する事。
・像側テレセントリック結像のズームによる変動を小さくする事。
・テレセントリック結像を保ったまま変倍レンズ群の移動量を減らし、さらなる小型化を達成する事。
・近距離物体へのフォーカシング機構を簡素化する事。
等である。
【００１５】
【課題を解決するための手段】
請求項１の発明のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群にて構成し、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズにおいて、該第１レンズ群を１枚の負レンズと１枚の正レンズにて構成し、該第２レンズ群を一組の接合レンズと１枚の正レンズにて構成し、該第３レンズ群を１枚の正レンズにて構成すると共に、　該第２レンズ群を構成するレンズの光軸上の厚みの合計をＤＤ２、該第２レンズ群中の空気間隔の合計をＤＡ２とするとき、

$$0.04 \leqq DA2/DD2 < 0.25$$

なる条件を満足することを特徴としている。
【００１６】
請求項２の発明は、請求項１の発明において、前記第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズと負レンズの接合レンズ、正レンズにて構成したことを特徴としている。
【００１７】
請求項３の発明は、請求項１の発明において、前記第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズにて構成したことを特徴としている。
【００１８】
請求項４の発明は、請求項１の発明において、前記第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、負レンズと正レンズの接合レンズにて構成したことを特徴としている。
【００１９】
請求項５の発明は、請求項１から４のいずれか１項の発明において、前記第２レンズ群中の負レンズの材質の屈折率及びアッベ数を各々ｎｄ，νｄとするとき、

$$nd < 1.8$$
$$\nu d < 40$$

なる条件を満足することを特徴としている。
【００２０】
請求項６の発明は、請求項１から５のいずれか１項の発明において、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第１レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ１、物体距離無限遠時に広角端からの望遠端へのズ

ーミングに際して、第３レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ３とするとき、

０．１＜｜Ｘ１／Ｘ３｜＜７．０

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２１】

請求項７の発明は、請求項１から６のいずれか１項の発明において、望遠端における前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から像面までの距離をＤＬ、前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第１レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ１、前記第２レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第２レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ２、前記第３レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から前記第３レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ３とするとき、

０．２５＜（ＤＬ１＋ＤＬ２＋ＤＬ３）／ＤＬ＜０．４５

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２２】

請求項８の発明は、請求項１から７のいずれか１項の発明において、前記第３レンズ群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴としている。

【００２３】

請求項９の発明は、請求項１から８のいずれか１項の発明において、固体撮像素子に像を形成することを特徴としている。

【００２４】

請求項１０の発明の撮像装置は、請求項１から９のいずれか１項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子とを備えることを特徴としている。

【００２７】

【発明の実施の形態】

図１は本発明の実施形態の数値実施例の数値実施例１のレンズ断面図である。図２～図４は本発明の実施形態の数値実施例１の広角端，中間，望遠端の収差図である。

【００２８】

図５は本発明の実施形態の数値実施例２のレンズ断面図である。図６～図８は本発明の実施形態の数値実施例２の広角端，中間，望遠端の収差図である。

【００２９】

図９は本発明の実施形態の数値実施例３のレンズ断面図である。図１０～図１２は本発明の実施形態の数値実施例３の広角端，中間，望遠端の収差図である。

【００３０】

図１３は本発明の光学機器の要部概略図である。

【００３１】

レンズ断面図においてＬ１は負の屈折力の第１群（第１レンズ群）、Ｌ２は正の屈折力の第２群（第２レンズ群）、Ｌ３は正の屈折力の第３群（第３レンズ群）、ＳＰは開口絞り、ＩＰは像面である。Ｇはフィルターや色分解プリズム等のガラスブロックである。

【００３２】

次に本発明のズームレンズのレンズ構成について説明する。

【００３３】

本発明のズームレンズでは、物体側より順に、負の屈折力の第１レンズ群Ｌ１、正の屈折力の第２レンズ群Ｌ２、そして正の屈折力の第３レンズ群Ｌ３の３つのレンズ群を有しており、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第１レンズ群が像側に凸の往復移動、第２レンズ群が物体側に移動し、第３レンズ群は像側に移動若しくは、像側に凸の軌跡で移動している。

【００３４】
本発明のズームレンズは、第２レンズ群の移動により主な変倍を行い、第１レンズ群の往復移動及び第３レンズ群による像側方向への移動若しくは、像側に凸の軌跡で移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。
【００３５】
第３レンズ群は、撮像素子の小型化に伴う撮影レンズの屈折力の増大を分担し、第１、第２レンズ群で構成されるショートズーム系の屈折力を減らす事で特に第１レンズ群を構成するレンズでの収差の発生を抑え良好な光学性能を達成している。また、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置（光学機器）に必要な像側のテレセントリックな結像を第３レンズ群にフィールドレンズの役割を持たせる事で達成している。
【００３６】
また、絞りＳＰを第２レンズ群の最も物体側に置き、広角側での入射瞳と第１レンズ群との距離を縮める事で第１レンズ群を構成するレンズの外径の増大を抑えると共に、第２レンズ群の物体側に配置した絞りを挟んで第１レンズ群と第３レンズ群とで軸外の諸収差を打ち消す事で構成レンズ枚数を増やさずに良好な光学性能を得ている。
【００３７】
本発明のズームレンズは、第１レンズ群が１枚の負レンズと１枚の正レンズを有し、第２レンズ群が１組の接合レンズと正レンズにて構成し、第３レンズ群が少なくとも１枚の正レンズを有することを特徴としている。
【００３８】
以上のように、本実施形態においては負の屈折力の第１レンズ群を物体側から順に像側に凹面を向けた負レンズ１１、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ１２の２枚のレンズで構成し、正の屈折力の第２レンズ群を、両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凹面を向けた負レンズ、両レンズ面が凸面の正レンズを有し、これらのレンズのうちから１組の接合レンズを有するようにし、全体として３枚のレンズで構成し、正の屈折力の第３レンズ群を物体側に凸面を向けた単一の正レンズ３１で構成している。
【００３９】
このように各レンズ群を所望の屈折力配置と収差補正とを両立するレンズ構成とすることにより、良好な光学性能を保ちつつ、レンズ系のコンパクト化を達成している。負の屈折力の第１レンズ群は、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、通常の広角レンズと同様、最も物体側のレンズ径の増大が抑えられる負レンズと正レンズの構成としている。尚、負レンズ１１の像側のレンズ面をレンズ周辺で負の屈折力が弱くなる非球面とするのが良く、これによれば、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正すると共に、２枚と言う少ない枚数で第１レンズ群を構成し、レンズ全体のコンパクト化が容易となる。また第１レンズ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と光軸が交差する点を中心とする同心球面に近い形状をとっている。
【００４０】
次に正の屈折力の第２レンズ群は、そのレンズ群中の最も物体側に両レンズ面が凸面の正レンズ２１を配置し、第１レンズ群を射出した軸外主光線の屈折角を少なくし、軸外諸収差が発生しない様な形状としている。また、正レンズ２１は、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差、コマ収差の補正に関与しているレンズである。本実施形態においては、正レンズ２１の物体側のレンズ面をレンズ周辺で正の屈折力が弱くなる非球面とするのが良い。これによれば、球面収差、コマ収差を良好に補正することが容易となる。
【００４１】
次に、図１の実施形態では、正レンズ２１の像面側に配置された負レンズには物体側に凹面をもたせる事により、正レンズ２１の像側の面と、負レンズの物体側の凹面とにより負の空気レンズを形成し、大口径比化に伴って発生する球面収差の補正を行っている。

【００４２】
また、図１，図５の実施形態では最も像面側に配置した正レンズの像側のレンズ面には周辺で正の屈折力が強くなる非球面を設けるのが良い。これは、大口径化で顕著になる球面収差の補正を効果的に行うことができる。
【００４３】
さらに本実施例においては、ＣＣＤ等の固体撮像素子の高画素化及びセルピッチの微細化に伴って要求される、色収差量の縮小化に対応する為に、第２レンズ群に負レンズと正レンズとを接合した接合レンズを配置する事により、軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正している。
【００４４】
次に正の屈折力の第３レンズ群は、物体側に凸面を設けた形状の凸レンズ（正レンズ）３１を有し、像側テレセントリックにするためのフィールドレンズとしての役割をも有している。また、凸レンズ３１の像側面には周辺で正の屈折力が弱くなる非球面を設けており、ズーム全域での軸外諸収差の補正に寄与している。いま、バックフォーカスをｓｋ’、第３レンズ群の焦点距離をｆ３、第３レンズ群の結像倍率をβ３とすると、
ｓｋ’＝ｆ３（１－β３）
の関係が成り立っている。ただし、
０＜β３＜１．０
である。ここで、広角から望遠への変倍に際して第３レンズ群を像側に移動するとバックフォーカスｓｋ’が減少することになり、第３レンズ群の結像倍率β３は望遠側で増大する。すると、結果的に第３レンズ群で変倍を分担できて第２レンズ群の移動量が減少し、そのためのスペースが節約できるためにレンズ系の小型化に寄与する。
【００４５】
本実施形態のズームレンズを用いて近距離物体を撮影する場合には、第１レンズ群を物体側へ移動することで良好な性能を得られるが、さらに望ましくは、第３レンズ群を物体側に移動した方が良い。これは、最も物体側に配置した第１レンズ群をフォーカシングさせた場合に生じる、前玉径の増大、レンズ重量が最も重い第１レンズ群を移動させる事によるアクチュエーターの負荷の増大を防ぎ、さらに第１レンズ群と第２レンズ群とをカム等で単純に連携してズーミング時に移動させることが可能となり、メカ構造の簡素化及び精度向上を達成できるためである。
【００４６】
また、第３レンズ群にてフォーカシングを行う場合、広角端から望遠端への変倍に際して第３レンズ群を像側に移動する事により、フォーカシング移動量の大きい望遠端を像面側に配置する事が出来る為、ズーミング及びフォーカシングで必要となる第３レンズ群トータルの移動量を最小とする事が可能となり、これによってレンズ系のコンパクト化を達成している。
【００４７】
尚、本発明において更に好ましくは次の条件のうち少なくとも１つを満足させるのが良い。
【００４８】
(ア-1)前記第２レンズ群中の負レンズの材質の屈折率及びアッベ数を各々ｎｄ，νｄとするとき、
ｎｄ＜１．８…（１）
νｄ＜４０…（２）
の条件を満足することである。
【００４９】
条件式（１）の上限値を超えるとペッツバール和が正の方向に増大し像面湾曲補正が困難となる。また条件式（２）の上限値を超えると望遠端での軸上色収差補正が困難となり好ましくない。
【００５０】

(ア-2)広角端から望遠端への変倍に際して、前記第１レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ１、物体距離無限遠時に広角端からの望遠端への変倍に際して、第３レンズ群が最も物体側に配置された状態と最も像側に配置された状態との光軸上の距離をＸ３とした時に、

０．１＜｜Ｘ１／Ｘ３｜＜７．０…（３）

の条件を満足することである。

【００５１】

条件式（３）は光学系の全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮の為のものである。

【００５２】

ここで、Ｘ１は広角端から望遠端への変倍に際しての第１レンズ群の総ストロークであり、Ｘ３は物体距離無限遠時に広角端からの望遠端への変倍に際しての第３レンズ群の総ストロークである。

【００５３】

条件式（３）の下限値を超えると、第３レンズ群の光軸上の移動量が増大し、第３レンズ群を移動させる為のモーターシャフト長が長く必要となり、沈胴全長を短くする事が難しくなり好ましくない。条件式（３）の上限値を超えると、第１レンズ群の像側に向けた凸の軌跡がきつくなり、第１レンズ群の広角端から望遠端に至るカム軌跡の角度が大きくなる為、これも沈胴全長を長くする要因となる為好ましくない。

【００５４】

(ア-3)望遠端における前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、像面までの距離をＤＬ、前記第１レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第１レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ１、前記第２レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第２レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ２、前記第３レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第３レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をＤＬ３とした時に、

０．２５＜（ＤＬ１＋ＤＬ２＋ＤＬ３）／ＤＬ＜０．４５…（４）

の条件を満足することである。

【００５５】

条件式（４）は、光学系の全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮の為のものである。

【００５６】

条件式（４）の上限値を超えると、望遠端での光学全長は短くなるが各レンズ群の光軸上の長さの合計が大きくなる為、沈胴全長が長くなり好ましくない。条件式（４）の下限値を超えると、各レンズ群の光軸上の長さの合計が小さくなるが、望遠端での光学全長が長く、必然的に各レンズ群の光軸上の移動量が増大する為、各レンズ群を移動させる為のカム環等の長さが長くなり、結果的に沈胴全長が短くならず好ましくない。

【００５７】

(ア－４）前記第２レンズ群を構成するレンズの光軸上の厚みの合計をＤＤ２、第２レンズ群中の空気間隔の合計をＤＡ２としたときに、

０．０４≦ＤＡ２／ＤＤ２＜０．２５…（５）

の条件を満足することである。

【００５８】

条件式（５）は光学系のコンパクト化と良好な結像性能の達成を両立させる為のものである。

【００５９】

条件式（５）の上限値を超えると、第２レンズ群の光軸上の長さが長くなりコンパクト化が達成困難となり好ましくない。条件式（５）の下限値を超えると、空気レンズのパワーが小さくなり球面収差補正が困難となり好ましくない。

【００６０】

次に各実施形態の具体的なレンズ構成について説明する。

【００６１】
［数値実施例１］
本数値実施例は変倍比約２倍、開口比２．９～４．０程度のズームレンズである。図１に光学断面図を示す。
【００６２】
図１の実施形態においては負の屈折力の第１レンズ群を物体側から順に像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ１１、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ１２の２枚のレンズで構成している。
【００６３】
正の屈折力の第２レンズ群を物体側から順に、両レンズ面が凸面の正レンズ２１、両レンズ面が凹面の負レンズ２２、両レンズ面が凸面の正レンズ２３の３枚のレンズを有し、負レンズ２２と正レンズ２３とを接合レンズで構成している。
又、正の屈折力の第３レンズ群を物体側に凸面を向けた正レンズ３１で構成している。
【００６４】
［数値実施例２］
本数値実施例は変倍比２倍、開口比２．７～４．０程度のズームレンズである。図５に光学断面図を示す。
【００６５】
図５の実施形態においては負の屈折力の第１レンズ群を物体側から順に像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ１１、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ１２の２枚のレンズで構成している。
【００６６】
正の屈折力の第２レンズ群を物体側から順に、両レンズ面が凸面の正レンズ２１、両レンズ面が凹面の負レンズ２２、両レンズ面が凸面の正レンズ２３の３枚のレンズを有し、正レンズ２１と負レンズ２２とを接合レンズで構成している。
又、正の屈折力の第３レンズ群を両レンズ面が凸面の正レンズ３１で構成している。
【００６７】
また、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第１レンズ群が像側に凸の往復移動、第２レンズ群が物体側に移動し、第３レンズ群は像側に凸の軌跡で移動している。
【００６８】
［数値実施例３］
本数値実施例は変倍比約２．０倍、開口比２．８～４．０程度のズームレンズである。図９に光学断面図を示す。
【００６９】
図９の実施形態においては負の屈折力の第１レンズ群を物体側から順に両レンズ面が凹面の負レンズ１１、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ１２の２枚のレンズで構成している。
【００７０】
正の屈折力の第２レンズ群を物体側から順に、両レンズ面が凸面の正レンズ２１、両レンズ面が凸面の正レンズ２２、両レンズ面が凹面の負レンズ２３の３枚のレンズを有し、正レンズ２２と負レンズ２３とを接合レンズで構成している。又、正の屈折力の第３レンズ群を両レンズ面が凸面の正レンズ３１で構成している。
【００７１】
また、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第１群が物体側に移動し、第２群も物体側に移動し、第３群は像側に凸の軌跡で移動している。
【００７２】
本実施形態によれば以上の様に各要素を設定することにより、特に、
(イ-1)物体側より順に負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、そして正の屈折力の第３レンズ群の３つのレンズ群を配し、各群の間隔を変化させて変倍を行い、第１レンズ群を物体側から順に凹レンズと凸レンズの２枚、第２レンズ群を物体側から順

に単一の凸レンズと凸レンズと凹レンズの接合レンズ、若しくは凸レンズと凹レンズの接合レンズと単一の凸レンズ、若しくは単一の凸レンズと凸レンズと凹レンズの接合レンズの合計３枚のレンズにて構成し、第３レンズ群を少なくとも１枚の凸レンズで構成することで、特に固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数が少なくコンパクトで、特に色収差を良好に補正した優れた光学性能を有するズームレンズが達成出来る。

【００７３】

(イ-2)各レンズ群中に効果的に非球面を導入することによって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差および大口径比化した際の球面収差の補正が効果的に行える。などの効果が得られる。

【００７４】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラの実施形態を図１３を用いて説明する。

【００７５】

図１３において、１０はビデオカメラ本体、１１は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、１２は撮影光学系１１によって被写体像を受光するＣＣＤ等の撮像素子、１３は撮像素子１２が受光した被写体像を記録する記録手段、１４は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子１２上に形成された被写体像が表示される。１５は、前記ファインダーと同等の機能を有する液晶表示パネルである。

【００７６】

このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【００７７】

次に本発明の数値実施例を示す。

【００７８】

各数値実施例においてｒｉは物体側より順に第ｉ番目の面の曲率半径、ｄｉは物体側より順に第ｉ番目の面と第（ｉ＋１）番目の面の間隔、ｎｉとνｉは各々物体側より順に第ｉ番目の光学部材のガラスの屈折率とアッベ数である。

【００７９】

非球面形状は、光軸方向にＸ軸、光軸と垂直方向にＨ軸、光の進行方向を正とし、Ｒを近軸曲率半径、各非球面係数をＫ，Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｅ，Ｆとしたとき、

【００８０】

【数１】

$$X=\frac{(1/R)H^2}{1+\sqrt{1-(1+K)(H/R)^2}}+BH^4+CH^6+DH^8+EH^{10}+FH^{12}$$

【００８１】

なる式で表している。また、例えば「Ｄ－Ｚ」の表示は「10^{-Z}」を意味する。

【００８２】

又前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表１に示す。

【００８３】

数値実施例１

f=5.50～10.60㎜　FNo=2.9～4.0　2ω=61.4°～34.4°

r1=20.453	d1=1.20	n1=1.77250	ν1=49.6
＊r2=3.694	d2=0.90		
r3=5.082	d3=2.10	n2=1.80518	ν2=25.4
r4=8.267	d4=可変		
r5=(絞り)	d5=0.50		
＊r6=13.292	d6=1.60	n3=1.73077	ν3=40.5
r7=-12.248	d7=0.95		
r8=-4.673	d8=0.60	n4=1.76182	ν4=26.5
r9=23.052	d9=2.00	n5=1.77250	ν5=49.6
＊r10=-5.042	d10=可変		
＊r11=19.454	d11=1.60	n6=1.60311	ν6=60.6
r12=-1267.560	d12=可変		
r13=∞	d13=2.80	n7=1.51633	ν7=64.2
r14=∞			

【００８４】

【表１】

焦点距離 可変間隔	5.50	7.79	10.60	6.53	9.17
d 4	7.52	4.27	1.72	5.89	2.88
d 10	4.91	9.63	13.06	7.43	11.50
d 12	3.41	1.68	1.23	2.38	1.30

【００８５】

非球面係数

r2 R=3.69429D+00

K=-9.73942D-01 B=1.43792D-03 C=2.73074D-05 D=1.56359D-06

r6 R=1.32924D+01

K=1.27994D+01 B=-7.85390D-04 C=-6.33445D-05 D=-9.01039D-07

r10 R=-5.04162D+00

K=8.47026D-01 B=1.28637D-03 C=2.36015D-05 D=7.54790D-06

r11 R=1.94539D+01

K=0.00000D+00 B=-4.37109D-04 C=1.62332D-05 D=-1.26788D-06

数値実施例２

f=5.20～10.35mm FNo=2.8～4.0 2ω=64.4°～35.2°

r1=110.720 d1=1.20 n1=1.77250 ν1=49.6

＊r2=3.410 d2=1.02

r3=5.803 d3=2.00 n2=1.80518 ν2=25.4

r4=18.549 d4=可変

r5=(絞り) d5=0.50

＊r6=4.856 d6=1.90 n3=1.77250 ν3=49.6

r7=-9.078 d7=0.50 n4=1.71736 ν4=29.5

r8=5.069 d8=0.42

r9=19.306 d9=1.60 n5=1.69680 ν5=55.5

＊r10=-14.532 d10=可変

＊r11=508.660 d11=1.50 n6=1.69680 ν6=55.5

r12=-13.714 d12=可変

r13=∞ d13=2.70 n7=1.51633 ν7=64.2

r14=∞

【００８６】

【表２】

焦点距離 可変間隔	5.20	7.70	10.35	6.36	9.06
d 4	7.89	4.60	2.13	6.21	3.26
d 10	4.85	9.05	11.63	7.15	10.55
d 12	2.21	1.20	1.81	1.50	1.30

【００８７】

非球面係数

r2 R=3.41014D+00

K=-9.99930D-01 B=1.00175D-03 C=1.62461D-05 D=-3.70217D-07

r6 R=4.85608D+00

K=7.96803D-01 B=-1.38408D-03 C=-4.51331D-05 D=-6.60254D-06

r10 R=-1.45325D+01

K=7.69796D+00 B=1.06613D-03 C=7.42392D-05 D=2.58556D-06

r11 R=5.08660D+02

K=0.00000D+00 B=-4.51399D-04 C=2.67697D-06 D=-3.21647D-07

数値実施例３

f=6.24～11.97mm FNo=2.7～4.0 2ω=55.4°～30.6°

r1=-408.296 d1=1.30 n1=1.77250 ν1=49.6

＊r2=5.731 d2=1.11

r3=6.705 d3=2.00 n2=1.84666 ν2=23.8

r4=9.956 d4=可変

r5=(絞り) d5=0.70

＊r6=37.724 d6=1.60 n3=1.69680 ν3=55.5

r7=-11.263 d7=0.15

＊r8=4.068 d8=1.90 n4=1.69680 ν4=55.5

r9=-10.353 d9=0.50 n5=1.64769 ν5=33.8

r10=3.020 d10=可変

＊r11=130.261 d11=1.80 n6=1.60311 ν6=60.6

r12=-8.133 d12=可変

r13=∞ d13=2.70 n7=1.51633 ν7=64.2

r14=∞

【００８８】

【表３】

焦点距離 可変間隔	6.24	8.99	11.97	7.54	10.50
d 4	6.61	4.09	2.25	5.29	3.09
d 10	4.30	8.27	11.64	6.37	10.03
d 12	1.75	1.19	1.24	1.40	1.14

【００８９】

非球面係数

r2 R=5.73088D+00

K=-1.98834D+00 B=1.10448D-03 C=6.36136D-06 D=-1.55169D-07

r6 R=3.77245D+01

K=-1.10342D+02 B=-1.46479D-04 C=2.09594D-05 D=-3.06969D-06

r8 R=4.06784D+00

K=-3.30676D-01 B=4.58158D-04 C=3.25580D-06 D=2.67999D-06

r11 R=1.30261D+02

K=0.00000D+00 B=-9.13704D-04 C=2.07821D-05 D=-7.46835D-07

【００９０】

【表４】

表1

		数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3
条件式(1)	nd	1.76182	1.71736	1.64769
条件式(2)	νd	26.5	29.5	33.8
条件式(3)	X1	0.44	0.74	2.46
	X3	2.19	1.03	0.61
	|X1/X3|	0.20	0.72	4.00
条件式(4)	DL1	4.20	4.22	4.41
	DL2	5.15	4.42	4.15
	DL3	1.60	1.50	1.80
	DL	31.08	29.29	28.60
	(DL1+DL2+DL3)/DL	0.35	0.35	0.36
条件式(5)	DA2	0.95	0.42	0.15
	DD2	5.15	4.42	4.15
	DA2/DD2	0.18	0.09	0.04

【００９１】

【発明の効果】

本発明によれば、特に固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを用いた光学機器を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明の数値実施例１のレンズ断面図

【図２】 本発明の数値実施例１の広角端の収差図

【図３】 本発明の数値実施例１の中間の収差図

【図４】 本発明の数値実施例１の望遠端の収差図

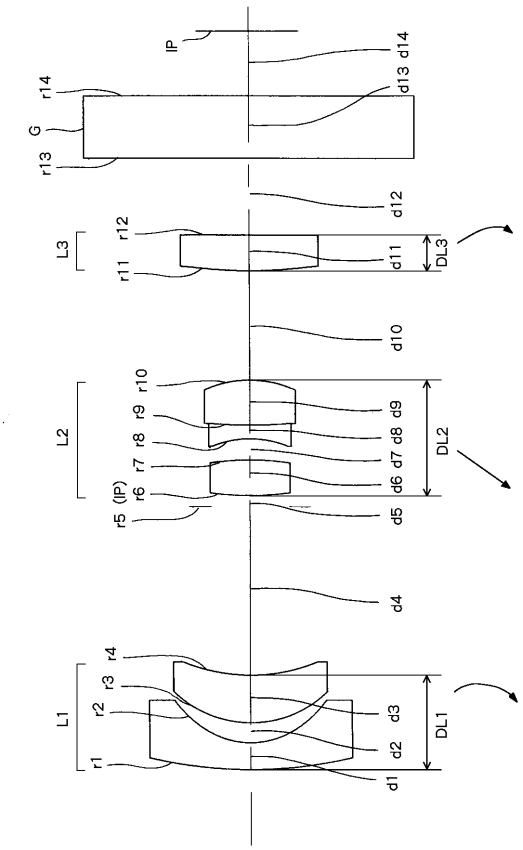
【図５】 本発明の数値実施例２のレンズ断面図

【図６】 本発明の数値実施例２の広角端の収差図

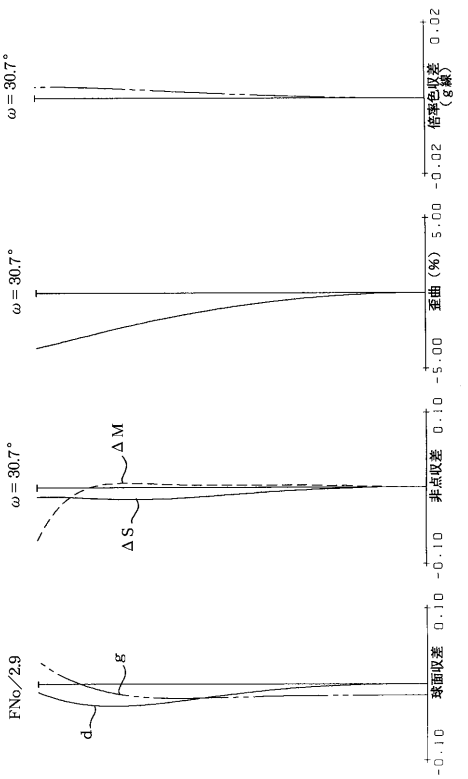
【図７】 本発明の数値実施例２の中間の収差図

【図８】　本発明の数値実施例２の望遠端の収差図
【図９】　本発明の数値実施例３のレンズ断面図
【図１０】　本発明の数値実施例３の広角端の収差図
【図１１】　本発明の数値実施例３の中間の収差図
【図１２】　本発明の数値実施例３の望遠端の収差図
【図１３】　本発明の光学機器の要部概略図
【符号の説明】
Ｌ１　第１群
Ｌ２　第２群
Ｌ３　第３群
ＳＰ　絞り
ＩＰ　像面
ｄ　ｄ線
ｇ　ｇ線
Ｓ　サジタル像面
Ｍ　メリディオナル像面

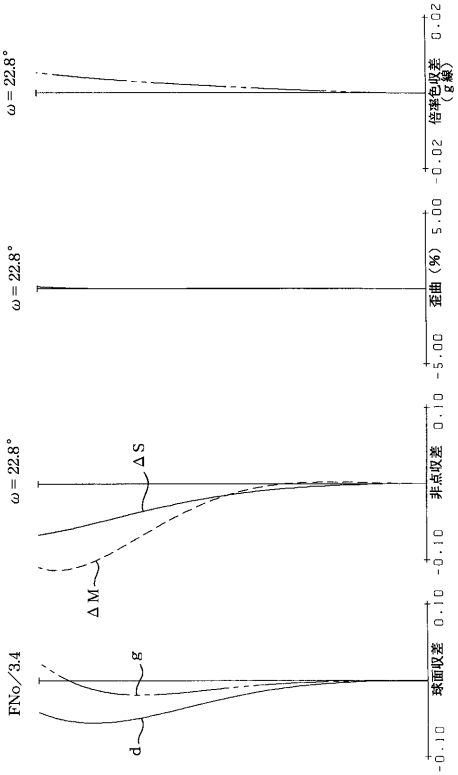
【図１】



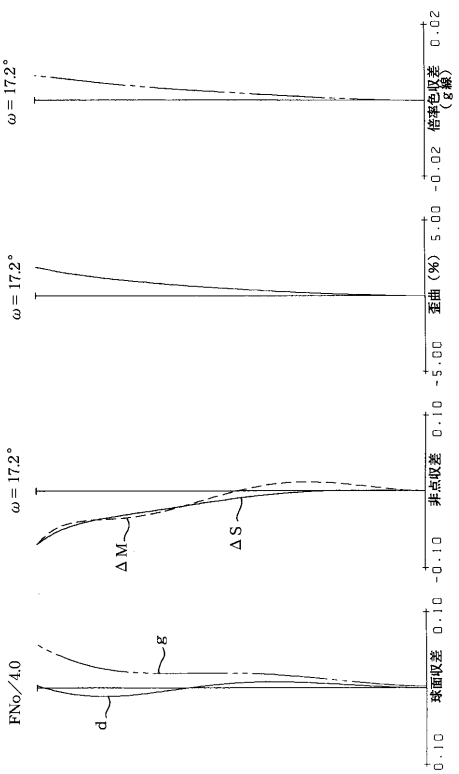
【図２】



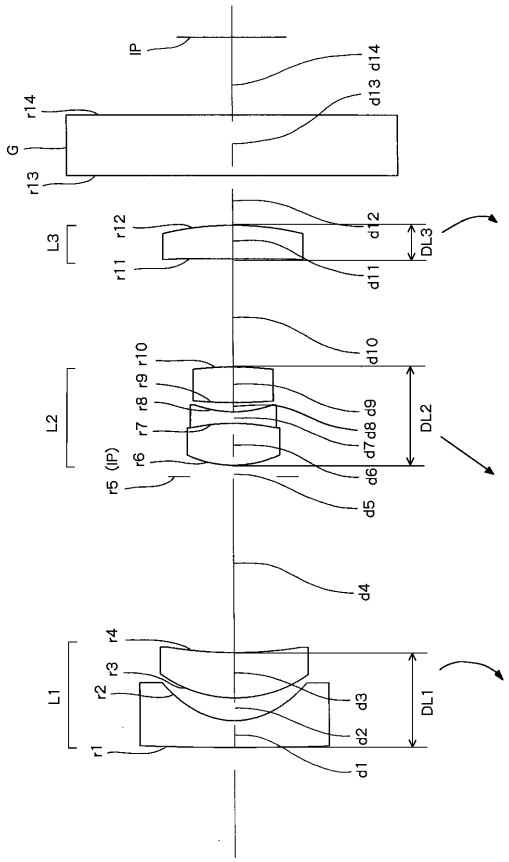
【図３】


球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差
ΔS
ΔM
g
d

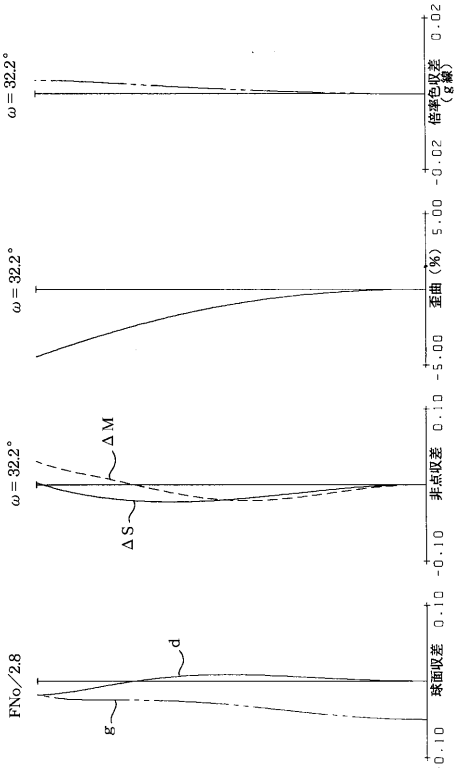
【図４】


球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差
ΔS
ΔM
g
d

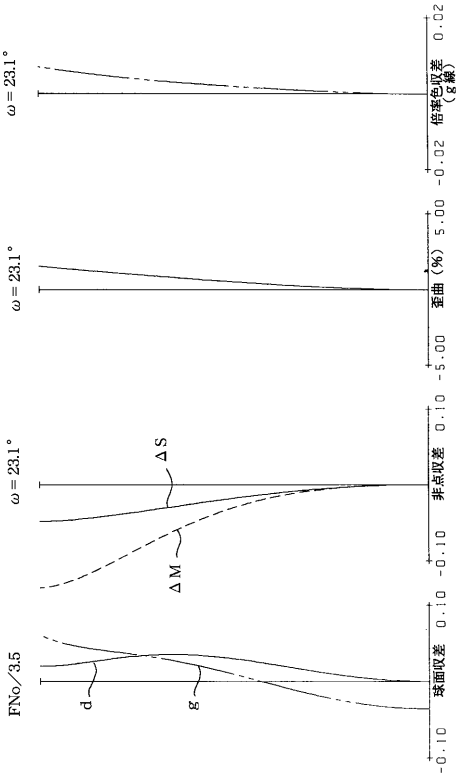
【図５】


IP
G
L1
L2
L3
DL1
DL2
DL3

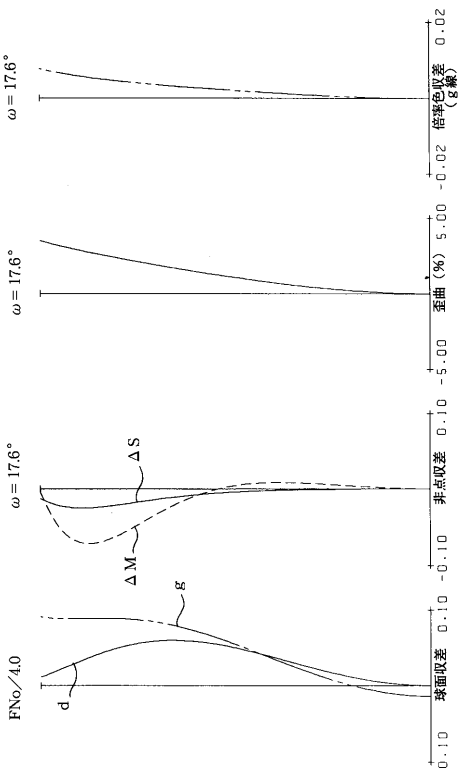
【図６】


球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差
ΔS
ΔM
g
d

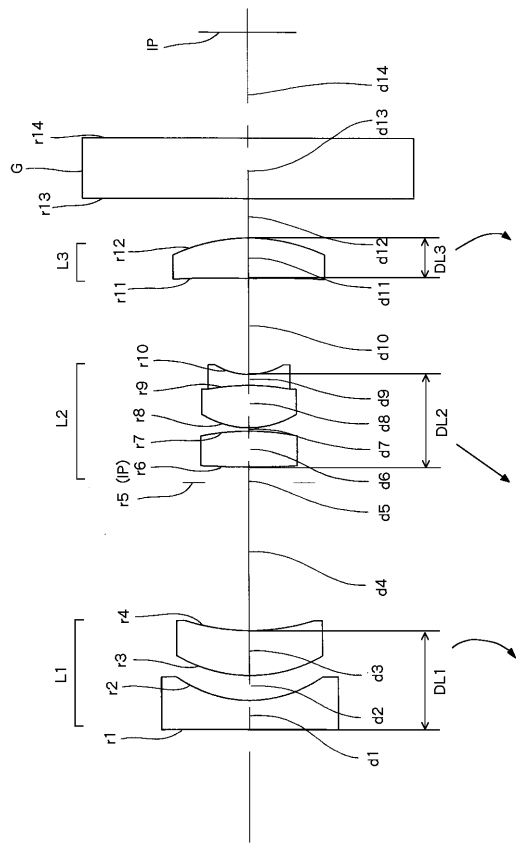
【図７】


FNo/3.5
ω=23.1°
ω=23.1°
ω=23.1°
d
g
ΔS
ΔM
球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差（g線）
-0.10
0.10
-0.10
0.10
-5.00
5.00
-0.02
0.02

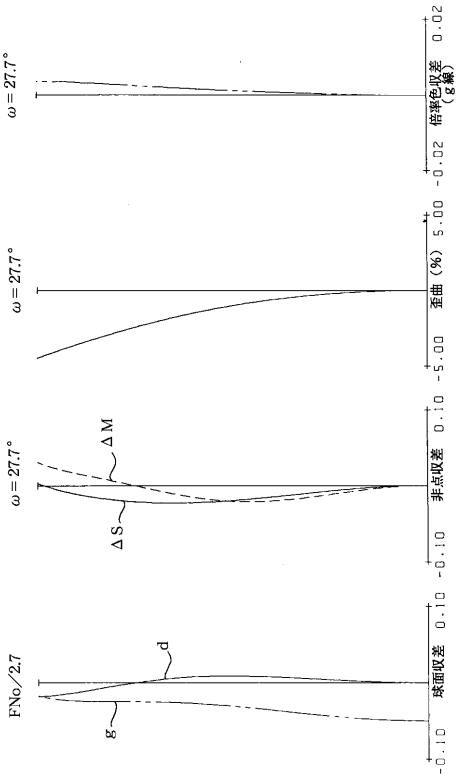
【図８】


FNo/4.0
ω=17.6°
ω=17.6°
ω=17.6°
d
g
ΔS
ΔM
球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差（g線）
-0.10
0.10
-0.10
0.10
-5.00
5.00
-0.02
0.02

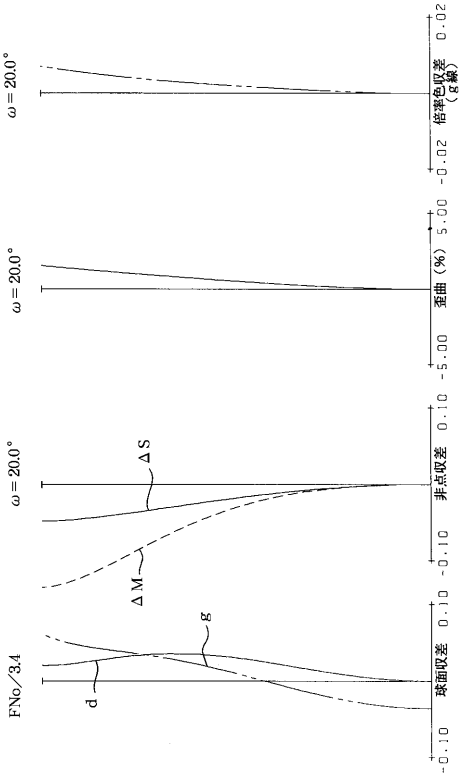
【図９】


IP
G
L1
L2
L3
r1
r2
r3
r4
r5 (IP)
r6
r7
r8
r9
r10
r11
r12
r13
r14
d1
d2
d3
d4
d5
d6
d7
d8
d9
d10
d11
d12
d13
d14
DL1
DL2
DL3

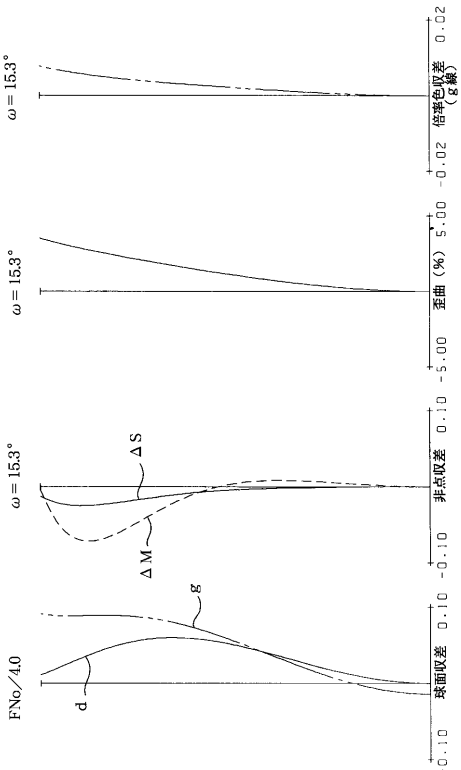
【図１０】


FNo/2.7
ω=27.7°
ω=27.7°
ω=27.7°
d
g
ΔS
ΔM
球面収差
非点収差
歪曲（%）
倍率色収差（g線）
-0.10
0.10
-0.10
0.10
-5.00
5.00
-0.02
0.02

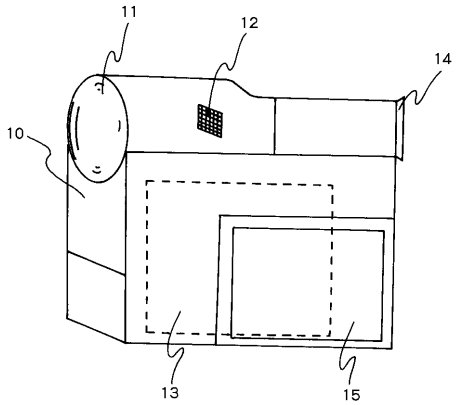
【図１１】


ω＝20.0°
倍率色収差（g線）
0.02
-0.02
ω＝20.0°
歪曲（%）
5.00
-5.00
ω＝20.0°
ΔS
ΔM
非点収差
0.10
-0.10
FNo／3.4
d
g
球面収差
0.10
-0.10

【図１２】


ω＝15.3°
倍率色収差（g線）
0.02
-0.02
ω＝15.3°
歪曲（%）
5.00
-5.00
ω＝15.3°
ΔS
ΔM
非点収差
0.10
-0.10
FNo／4.0
d
g
球面収差
0.10
-0.10

【図１３】


11
12
14
10
13
15

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 ３－２８８１１３（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－２４８３１２（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－ ４６７１７（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－３０４７０４（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－１５９９１５（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１９４２７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－ １３４０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２６７００９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04