(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3619153号
(P3619153)
(45)発行日　平成17年2月9日(2005.2.9)　(24)登録日　平成16年11月19日(2004.11.19)

| (51)Int.Cl.[7] | F I |
|---|---|
| G02B 15/163 | G02B 15/163 |
| G02B 13/18 | G02B 13/18 |
| G02B 15/20 | G02B 15/20 |

請求項の数 13　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願2000-398633(P2000-398633)
(22)出願日　平成12年12月27日(2000.12.27)
(65)公開番号　特開2002-196238(P2002-196238A)
(43)公開日　平成14年7月12日(2002.7.12)
審査請求日　平成14年6月19日(2002.6.19)

前置審査

(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　伊藤　良紀
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レンズ群より成り、広角端に対し望遠端での第１レンズ群と第２レンズ群の間隔が小さく、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔が大きくなるようにレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第２レンズ群はその群中で最も大きな間隔を境に正の屈折力の第２ａレンズ群と正の屈折力の第２ｂレンズ群より構成され、該第２ｂレンズ群を移動させてフォーカシングを行うと共に、広角端において無限遠物体に合焦しているときの前記第２ａレンズ群と第２ｂレンズ群の間隔をd2abw、広角端における全系の焦点距離をｆｗ、望遠端において前記第２ａレンズ群を出射する光束は略アフォーカルであって、望遠端において無限遠物体に合焦しているときの前記第２ｂレンズ群の結像倍率をβ2btとするとき、

０．４４　≦　d2abw／ｆｗ　＜　１．０

－０．３０　＜　β2bt　＜　０．５５

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】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第２ａレンズ群と第２ｂレンズ群の間隔が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】

ズーミングに際し前記第２ａレンズ群と一体的に移動する絞りを有することを特徴とする

請求項１又は２に記載のズームレンズ。
【請求項４】
前記絞りは前記第２ａレンズ群の物体側に配置されることを特徴とする請求項３に記載のズームレンズ。
【請求項５】
前記第１レンズ群は非球面を有する負レンズと、正レンズの２枚のレンズより成ることを特徴とする請求項１乃至４いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項６】
前記第２ａレンズ群は、正レンズと負レンズを接合した少なくとも１つの接合レンズを有することを特徴とする請求項１乃至５いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項７】
前記第２ａレンズ群は、少なくとも２つの正レンズを有することを特徴とする請求項１乃至６いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項８】
前記第２ｂレンズ群は、単レンズ又は接合レンズからなる単一のレンズ成分より成ることを特徴とする請求項１乃至７いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項９】
前記第３レンズ群は、単レンズより成ることを特徴とする請求項１乃至８いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１０】
前記第３レンズ群は、ズーミングのために移動しないことを特徴とする請求項１乃至９のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１１】
固体撮像素子上に像を形成することを特徴とする請求項１乃至１０いずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１２】
請求項１乃至１１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有することを特徴とする光学機器。
【請求項１３】
前記光学機器はデジタルカメラであることを特徴とする請求項１２に記載の光学機器。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、フィルム用カメラ等に好適な小型で広画角のズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関し、特に撮影画角の広角化を図ると共に、レンズ全長の短縮化を図った携帯性に優れたズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルカメラ、電子スチルカメラ等のカメラ（光学機器）の高機能化に伴い、それに用いる光学系には高い光学性能と小型化の両立が求められている。
【０００３】
又、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、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ている。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、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。
【０００４】
バックフォーカスとテレセントリック特性の双方を満足する負、正、正の屈折力の３つの

レンズ群より成る３群ズームレンズ系が特開昭６３－１３５９１３号公報や、特開平７－２６１０８３号公報等で提案されている。

【０００５】

特開平７－５２２５６号公報では、物体側より順に負、正、正、の屈折力のレンズ群の３群を有し、広角端より望遠端へのズーミングに際して第２と第３群の間隔が広がるようにしたズームレンズを開示している。

【０００６】

米国特許第５４３４７１０号明細書では、物体側より順に負、正、正、の屈折力のレンズ群の３群を有し、広角端より望遠端へのズーミングに際して第２と第３群の間隔が減少するようにしたズームレンズを開示している。

【０００７】

特開平３－２８８１１３号公報では、負、正、正の屈折力のレンズ群の３群より成るズームレンズで負の屈折力の第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を開示している。

【０００８】

特開２０００－１４７３８１号公報、特開２０００－１３７１６４号公報、米国特許第４４６５３４３号では、負、正、正の屈折力のレンズ群の３群を有し、第２群でフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【０００９】

本出願人は特開２０００－１１１７９８号公報において、物体側より順に負、正、正の屈折力のレンズ群の３群構成のズームレンズを開示している。このズームレンズでは像面側にフィルター等を挿入するために必要な長さの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。

【００１０】

特開昭６０－３１１１０号公報では物体側より順に負、正、正、正の屈折力のレンズ群の４群を有し、広角端より望遠端へのズーミング中第２群と第３群の間隔が減少し、第４群がズーム中固定のズームレンズを開示している。

【００１１】

特開平４－１４７６４号公報では負、正、正、正の屈折力のレンズ群の４群を有し、第３群でフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【００１２】

【発明が解決しようとする課題】

近年の固体撮像素子は多画素化が進んでおり、特定のイメージサイズにおける画素サイズは小さくなる傾向にある。これに伴い撮影レンズには同じイメージサイズの従来のものに比べてより高い光学性能を有したものが求められている。

【００１３】

又、レンズ系の後方にフィルター等を挿入するのに必要なレンズバックの確保と、固体撮像素子用としてシェーディングを少なくする為に必要なテレセントリック特性を両立した上で、レンズ全長を短縮しコンパクトで高変倍比のズームレンズが要望されている。

【００１４】

例えば、特開２０００－１４７３８１号公報、特開２０００－１３７１６４号公報、米国特許第４４６５３４３号で開示されている３群ズームレンズは像面近傍に全ズーム域において配置される正レンズ群が存在しない為、テレセントリックである為の充分に長い射出瞳を確保するのが困難で、充分に長い射出瞳を確保する為には、第１群のパワーを緩める必要があり、この結果広角端におけるレンズ全長が長くなってしまう傾向がある。

【００１５】

特開昭６０－３１１１０号公報で開示されているズームレンズではレンズ枚数が多く、レンズ系全体が大型化する傾向があった。

【００１６】

特開平４－１４７６４号公報で開示されているズームレンズは、広角端における第２群と第３群の空気間隔が小さい為に広角域において充分に長い射出瞳を確保するのが困難である。

【００１７】

本発明は、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。

【００１８】

この他、本発明は負、正、正の屈折力のレンズ群の３群を有し、又は負、正、正、正の屈折力の４群を有し、各レンズ群のレンズ構成、非球面を用いるときはその位置、ズーミングにおける各レンズ群の移動方法を最適にし、又フォーカシング方法を最適に設定する事により、全系のレンズ枚数の削減を計り、レンズ全長の短縮化を達成しつつ、変倍比３倍程度を有し、明るく、高い光学性能を有し、広角域を含んだ、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等に適した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。

【００１９】

【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レンズ群より成り、広角端に対し望遠端での第１レンズ群と第２レンズ群の間隔が小さく、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔が大きくなるようにレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第２レンズ群はその群中で最も大きな間隔を境に正の屈折力の第２ａレンズ群と正の屈折力の第２ｂレンズ群より構成され、該第２ｂレンズ群を移動させてフォーカシングを行うと共に、広角端において無限遠物体に合焦しているときの前記第２ａレンズ群と第２ｂレンズ群の間隔をd2abw、広角端における全系の焦点距離をｆｗ、望遠端において前記第２ａレンズ群を出射する光束は略アフォーカルであって、望遠端において無限遠物体に合焦しているときの前記第２ｂレンズ群の結像倍率をβ2btとするとき、

０．４４　≦　d2abw／ｆｗ　＜　１．０

－０．３０　＜　β2bt　＜　０．５５

なる条件を満足することを特徴としている。

【００２０】

請求項２の発明は、請求項１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、前記第２ａレンズ群と第２ｂレンズ群の間隔が変化することを特徴としている。

【００２１】

請求項３の発明は、請求項１又は２の発明において、ズーミングに際し前記第２ａレンズ群と一体的に移動する絞りを有することを特徴としている。

【００２２】

請求項４の発明は、請求項３の発明において、前記絞りは前記第２ａレンズ群の物体側に配置されることを特徴としている。

【００２３】

請求項５の発明は、請求項１乃至５のいずれか１項の発明において、前記第１レンズ群は非球面を有する負レンズと、正レンズの２枚のレンズより成ることを特徴としている。

【００２４】

請求項６の発明は、請求項１乃至５のいずれか１項の発明において、前記第２ａレンズ群は、正レンズと負レンズを接合した少なくとも１つの接合レンズを有することを特徴としている。

【００２５】

請求項７の発明は、請求項１乃至６のいずれか１項の発明において、前記第２ａレンズ群は、少なくとも２つの正レンズを有することを特徴としている。

【００２６】

請求項８の発明は、請求項１乃至７のいずれか１項の発明において、前記第２ｂレンズ群は、単レンズ又は接合レンズからなる単一のレンズ成分より成ることを特徴としている。

【００２７】
請求項９の発明は、請求項１乃至８のいずれか１項の発明において、前記第３レンズ群は、単レンズより成ることを特徴としている。
【００２８】
請求項１０の発明は、請求項１乃至９のいずれか１項の発明において、前記第３レンズ群は、ズーミングのために移動しないことを特徴としている。
【００２９】
請求項１１の発明は、請求項１乃至１０のいずれか１項の発明において、固体撮像素子上に像を形成することを特徴としている。
【００３０】
請求項１２の発明の光学機器は、請求項１乃至１１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有することを特徴としている。
【００３１】
請求項１３の発明は、請求項１２の発明において、前記光学機器はデジタルカメラであることを特徴としている。
【００３３】
【発明の実施の形態】
図１は本発明の後述する数値実施例１のズームレンズのレンズ断面図である。図２～図４は本発明の数値実施例１のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。
【００３４】
図５は本発明の後述する数値実施例２のズームレンズのレンズ断面図である。図６～図８は本発明の数値実施例２のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。
【００３５】
図９は本発明の後述する数値実施例３のズームレンズのレンズ断面図である。図１０～図１２は本発明の数値実施例３のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。
【００３６】
図１３は本発明の後述する数値実施例４のズームレンズのレンズ断面図である。図１４～図１６は本発明の数値実施例４のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。
【００３７】
図１，５，９，１３に示した各数値実施例のズームレンズの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に相当するガラスブロックである。
【００３８】
第２群Ｌ２は、その群中で最も大きな空気間隔を境に正の屈折力の第２ａ群（第２ａレンズ群）Ｌ２ａと正の屈折力の第２ｂ群Ｌ２ｂ（第２ｂレンズ群）より成っており、その第２ｂ群Ｌ２ｂを光軸方向に移動して無限遠物体から有限距離物体へのフォーカシング動作を行なっている。
【００３９】
本実施形態のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力の第１群Ｌ１、正の屈折力の第２群Ｌ２、正の屈折力の第３群Ｌ３を有し、広角端に対し望遠端での第１群Ｌ１と第２群Ｌ２の間隔が小さく、第２群Ｌ２と第３群Ｌ３の間隔が大きくなるように、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第１群Ｌ１と第２群Ｌ２の間隔が減少し、第２群Ｌ２と第３群Ｌ３の間隔が増大するように各レンズ群を移動させている。そして、第１の発明のズームレンズは、このような基本構成の基で、広角端において無限遠物体に合焦していると

きの第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔をｄ２ａｂW、広角端における全系の焦点距離をｆｗとしたとき、
０．４４　≦　d2abW／ｆｗ　＜　１．０　　・・・・（１）
なる条件を満足することを特徴としている。
【００４０】
又、前述の基本構成の基で、望遠端において第２ａ群Ｌ２ａから出射する光束が略アフォーカルであって、望遠端において無限遠物体に合焦しているときの第２ｂ群Ｌ２ｂの結像倍率をβ2btとしたとき、
－０．３０　＜　β2bt　＜　０．５５　　・・・・（２）
なる条件を満足することを特徴としている。
【００４１】
ここで略アフォーカルとは第１群Ｌ１と第２ａ群Ｌ２ａの合成焦点距離ｆ１２ａが
２０×ｆｗ　＜　｜ｆ１２ａ｜
程度のことをいう。
【００４３】
本実施形態のズームレンズでは、正の屈折力の第２群Ｌ２を移動させることにより主な変倍を行い、負の屈折力の第１群Ｌ１を往復移動させることによって変倍に伴う像点の移動を補正している。正の屈折力の第３群Ｌ３は、ズーミング中固定の場合変倍には寄与しないが、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群で構成されるショートズーム系の屈折力を減らすことで、特に第１群Ｌ１を構成する各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に必要な像側のテレセントリックな結像を正の屈折力の第３群Ｌ３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。
【００４４】
又、フォーカスに関して小型軽量の第２ｂ群Ｌ２ｂを移動させて行なう、所謂インナーフォーカス式を採用することにより、迅速なるフォーカスを容易にし、かつ、レンズ構成を適切に設定することにより、フォーカスの際の収差変動が少なくなるようにしている。
【００４５】
又、第３群Ｌ３をズーミングおよびフォーカシング時固定とし、鏡筒構造の簡易化を図っている。
【００４６】
本実施形態のズームレンズの全ての数値実施例において、第３群Ｌ３をズーミング中固定としているが、移動させても良い。これによれば、鏡筒構造は複雑化することになるが、ズーミングにおける収差変動をより少なくすることが容易となる。
【００４７】
本実施形態においては、第２ｂ群Ｌ２ｂを第２ａ群Ｌ２ａと同一カム上に載せて、第２ａ群Ｌ２ａとの各物体距離における差分変化を第２群Ｌ２とズーム中連動するアクチュエーターで駆動する構造をとる事によりメカ構造の簡素化をはかっている。
【００４８】
本実施形態において、第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂを２つのレンズ群の間隔がズーミング中変化しない場合を３群より成るズームレンズとして取扱い、変化する場合を４つのレンズ群より成るズームレンズとして、取扱うこともできる。
【００４９】
次に条件式の意味について説明する。
【００５０】
条件式（１）は広角端における第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔ｄ２ａｂｗを広角端の焦点距離ｆｗで規格化したもので、条件式（１）の上限値を超えて第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔が大きくなりすぎると第２ｂ群２ｂを駆動するときの駆動メカが大型化してくるので良くない。
【００５１】

条件式（１）の下限値を超えて第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔が小さくなりすぎると、広角端において射出瞳位置が短くなり過ぎるので、シェーデイングの影響が大きくなるので良くない。

【００５３】

次に条件式（２）の技術的な意味について説明する。

【００５４】

本実施形態のズームレンズにおいては、第２群Ｌ２中の第２ｂ群Ｌ２ｂでフォーカシングを行っているが、メカ的な構成を簡易に設定しかつ　フォーカシングによる諸収差の変動を抑制する為に望遠端における第２ｂ群Ｌ２ｂのフォーカス敏感度を適切に設定する必要がある。

【００５５】

第２ｂ群Ｌ２ｂのフォーカス敏感度は、第２ｂ群Ｌ２ｂと第３群Ｌ３の望遠端での結像倍率を各々β２ｂｔ，β３ｔとするとき、

$(1-\beta 2bt^2)\times \beta 3t^2$

で示される。適切な敏感度を保つ為には、望遠端における第２ａ群Ｌ２ａを出射する光束が略アフォーカルであり、無限遠物体の合焦時における第２ｂ群Ｌ２ｂの結像倍率を充分に小さく設定される必要がある。

【００５６】

条件式（２）はこのような理由より設定されたものである。

【００５７】

条件式（２）は第２ｂ群Ｌ２ｂの結像倍率に関し、条件式（２）の上限値を超えて第２ｂ群Ｌ２ｂの結像倍率が大きくなりすぎると第２ｂ群Ｌ２ｂのフォーカス敏感度が低くなり、フォーカス繰り出し量が増大する。この為、望遠域において近距離物体のフォーカスのとき第２ｂ群Ｌ２ｂと第２ａ群Ｌ２ａが干渉してくる為、至近距離を短くする事が困難となってくる。

【００５８】

条件式（２）の下限値を超えて、第２ｂ群Ｌ２ｂの結像倍率が小さくなりすぎると第２ａ群Ｌ２ａを出射する光束が強い発散系となり、望遠域においてフォーカシングによる像面湾曲の変動が増大してくるので良くない。

【００５９】

更に好ましくは条件式（２）の数値範囲を、

$-0.10 < \beta 2bt < 0.52$　・・・・（２ａ）

の如く設定するのが良い。

【００６１】

本発明のズームレンズは、以上の構成によって初期の目的を達成することができるが、更に全変倍範囲及び画面全体にわたり、高い光学性能を得るには次の構成のうちの１つ以上を満足するのが良い。

【００６４】

（ア－２）広角端から望遠端へのズーミングに際し、第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔が変化することである。

【００６５】

このように広角端から望遠端へのズーミングに際し、第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔を変化させることにより、変倍に伴う収差変動をより良好に補正することが可能になる。

【００６６】

（ア－３）第２ａ群Ｌ２ａと一体的に移動する絞りＳＰを有することである。

【００６７】

（ア－４）絞りＳＰが第２ａ群Ｌ２ａの物体側に配置されることである。ここで構成（ア－３）と構成（ア－４）は、良好なる収差補正を行いつつ前玉径の小型化を達成する為の条件である。

【００６８】
（ア－５）第１群Ｌ１が非球面を有する負レンズと正レンズの２枚にて構成されることである。これによれば広角域における歪曲収差を補正しつつ　１群レンズ厚を薄くして小型化を達成することが容易となる。
【００６９】
（ア－６）第２ａ群Ｌ２ａが、正レンズと負レンズを接合した少なくとも１つの接合レンズを含んでいることである。軸上色収差を補正する為には正　負のレンズが必要であるが敏感度が高い為、製造上の性能劣化を防ぐ為接合するのが良い。
【００７０】
（ア－７）第２ａ群Ｌ２ａが、少なくとも２つの正レンズを含むことである。これによれば、第２ａ群中、の主点を前方に飛ばすことが出来る為、望遠域において第１群との物理的干渉を防ぐことが出来る。
【００７１】
（ア－８）第２ｂ群Ｌ２ｂが、単レンズ又は接合レンズからなる単一のレンズ成分にて構成されることである。第２ｂ群を最小のレンズ構成とする事で全系の小型化を達成するのが容易となる。
【００７２】
（ア－９）第３群Ｌ３が、単レンズにて構成されることである。第３群を最小の構成とすることで広角端における第２ｂ群との干渉を防ぎ小型化を達成出来る。
【００７３】
（ア－１０）第３群Ｌ３がズーミング中固定されていることである。これによればメカ的に簡易な構造で鏡筒を構成することが出来る。
【００７４】
次に本発明の数値実施例１～４のズームレンズの具体的なレンズ構成について説明する。
【００７５】
数値実施例１～４において、第１群Ｌ１は、物体側より順に、物体側が凸面で像側に非球面を有するメニスカス状の負レンズと物体側が凸面のメニスカス状の正レンズの２枚のレンズにて構成されている。
【００７６】
数値実施例１において、第２ａ群Ｌ２ａは、両レンズ面が凸面の正レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズを接合した全体として正の屈折力の接合レンズ、そして正レンズの３枚のレンズにて構成されている。
【００７７】
数値実施例２～４において、第２ａ群Ｌ２ａの構成は、像側に比べ物体側のレンズ面の曲率が大きい（曲率半径が小さい）両レンズ面が凸面の正レンズ、両レンズ面が凸面の正レンズと両レンズ面が凹面の負レンズを接合した全体として負の屈折力の接合レンズの３枚のレンズにて構成されている。
【００７８】
数値実施例１～４において、第２群Ｌ２の物体側に絞りＳＰを有し、絞りＳＰは、第２群Ｌ２とズーミング中一体的に移動する。
【００７９】
数値実施例１～４において、第２ａ群Ｌ２ａ中の接合レンズの物体側の正レンズの物体側の面に非球面を有する。
【００８０】
数値実施例１，２，４において、第２ｂ群Ｌ２ｂは、物体側が凸面の負レンズと両レンズ面が凸面の正レンズを接合した接合レンズにて構成される。
【００８１】
数値実施例３において、第２ｂ群Ｌ２ｂは、両レンズ面が凸面の単一の正レンズにて構成されている。
【００８２】

数値実施例１～４において、第３群Ｌ３は単一の正レンズにて構成されている。

【００８３】

数値実施例３において、第３群Ｌ３の正レンズは物体側に非球面を有する。

【００８４】

変倍（ズーミング）において、数値実施例１～４では第１群Ｌ１は、往復タイプの移動軌跡で、広角端と望遠端における第１群Ｌ１の位置は略同一で、中間域で像側に凸状の軌跡で移動する。

【００８５】

数値実施例１～４において、第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂはズーミング中物体側へ移動する。数値実施例１～２では第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔が広角端から望遠端へのズーミング中減少する。数値実施例３では第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群２ｂの間隔が広角端から望遠端へのズーミング中いったん増大し、その後減少する、広角端より望遠端のほうで間隔が若干大きくなっている。数値実施例４では第２ａ群Ｌ２ａと第２ｂ群Ｌ２ｂの間隔が広角端から望遠端へのズーミング中変化しない。

【００８６】

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番を示し、Ｒｉは各面の曲率半径、Ｄｉは第ｉ面と第ｉ＋１面との間の部材肉厚又は空気間隔、Ｎｉ、νｉ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つの面は水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当するガラスブロックＧである。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、

【００８７】

【数１】

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

【００８８】

で表される。但しＲは曲率半径、Ｋは円錐定数、Ａ，Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｅは非球面係数である。

【００８９】

又、［ｅ－Ｘ］は「×１０$^{-X}$」を意味している。

【００９０】

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。

【００９１】

【外１】

数値実施例 1

f = 6.70 ～ 19.10 Fno= 2.88 ～ 5.00 2ω=68.4 ～ 26.8

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| R 1 = | 95.655 | D 1 = | 1.50 | N 1 = 1.802380 | ν 1 = 40.8 |
| * R 2 = | 5.705 | D 2 = | 2.18 | | |
| R 3 = | 10.647 | D 3 = | 2.05 | N 2 = 1.846659 | ν 2 = 23.8 |
| R 4 = | 31.989 | D 4 = | 可変 | | |
| R 5 = | 絞り | D 5 = | 0.80 | | |
| * R 6 = | 6.035 | D 6 = | 2.24 | N 3 = 1.743300 | ν 3 = 49.2 |
| R 7 = | -14.355 | D 7 = | 0.70 | N 4 = 1.674788 | ν 4 = 34.4 |
| R 8 = | 5.311 | D 8 = | 0.68 | | |
| R 9 = | 24.734 | D 9 = | 1.20 | N 5 = 1.847000 | ν 5 = 23.8 |
| R10 = | -6224.560 | D10 = | 可変 | | |
| R11 = | 19.837 | D11 = | 0.60 | N 6 = 1.846659 | ν 6 = 23.8 |
| R12 = | 9.564 | D12 = | 1.80 | N 7 = 1.487490 | ν 7 = 70.2 |
| R13 = | -23.098 | D13 = | 可変 | | |
| R14 = | 16.000 | D14 = | 1.65 | N 8 = 1.487000 | ν 8 = 70.4 |
| R15 = | -383.541 | D15 = | 1.50 | | |
| R16 = | ∞ | D16 = | 3.10 | N 9 = 1.516330 | ν 9 = 64.2 |
| R17 = | ∞ | | | | |

| ＼焦点距離 | 6.70 | 12.86 | 19.10 |
|---|---|---|---|
| 可変間隔＼ | | | |
| D 4 | 17.15 | 5.30 | 1.12 |
| D10 | 3.05 | 2.77 | 2.50 |
| D13 | 3.44 | 11.72 | 19.99 |

非球面係数

2面 k= 1.30000e+00 A=0 B=3.91358e-04 C=2.47171e-07 D=-3.57102e-08 E=4.67101e-10

6面 k=6.85202e-03 A=0 B=-2.83480e-04 C=3.66671e-06 D=-1.22280e-06 E=4.61961e-08

【００９２】

【外２】

数値実施例 2

f＝ 6.75～ 17.62 Fno＝ 2.88 ～ 4.90 2ω=68.0 ～ 29.0

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R 1 = | 48.560 | D 1 = | 1.50 | N 1 = 1.802380 | ν 1 = 40.8 |
| * | R 2 = | 5.255 | D 2 = | 2.20 | | |
| | R 3 = | 9.202 | D 3 = | 2.14 | N 2 = 1.846659 | ν 2 = 23.8 |
| | R 4 = | 20.208 | D 4 = | 可変 | | |
| | R 5 = | 絞り | D 5 = | 0.80 | | |
| | R 6 = | 6.781 | D 6 = | 2.00 | N 3 = 1.603112 | ν 3 = 60.7 |
| | R 7 = | -42.096 | D 7 = | 0.20 | | |
| * | R 8 = | 10.553 | D 8 = | 2.31 | N 4 = 1.740130 | ν 4 = 49.2 |
| | R 9 = | -7.122 | D 9 = | 0.70 | N 5 = 1.749497 | ν 5 = 35.3 |
| | R10 = | 4.926 | D10 = | 可変 | | |
| | R11 = | 41.969 | D11 = | 0.60 | N 6 = 1.698947 | ν 6 = 30.1 |
| | R12 = | 16.946 | D12 = | 1.74 | N 7 = 1.696797 | ν 7 = 55.5 |
| | R13 = | -68.041 | D13 = | 可変 | | |
| | R14 = | 18.000 | D14 = | 2.00 | N 8 = 1.487490 | ν 8 = 70.2 |
| | R15 = | -54.148 | D15 = | 1.50 | | |
| | R16 = | ∞ | D16 = | 3.23 | N 9 = 1.516330 | ν 9 = 64.2 |
| | R17 = | ∞ | | | | |

| ＼焦点距離 | 6.75 | 12.16 | 17.62 |
|---|---|---|---|
| 可変間隔＼ | | | |
| D 4 | 15.16 | 5.98 | 2.46 |
| D10 | 4.09 | 3.80 | 3.55 |
| D13 | 1.62 | 8.02 | 14.39 |

非球面係数

2面 : k=-1.06670e+00 A=0 B=4.30431e-04 C=1.54471e-06 D=5.01190e-08 E=-9.58836e-10

8面 : k=1.19778e+00 A=0 B=-5.99304e-04 C=-8.60711e-06 D=-1.23239e-06 E=4.79022e-08

【００９３】

【外３】

数値実施例 3

f＝ 4.49～ 8.61 Fno＝ 2.88 ～ 4.02 2ω=73.5 ～ 42.5

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R 1 = | 80.453 | D 1 = | 1.30 | N 1 = 1.802380 | ν 1 = 40.8 |
| * | R 2 = | 3.144 | D 2 = | 1.39 | | |
| | R 3 = | 6.364 | D 3 = | 2.00 | N 2 = 1.846659 | ν 2 = 23.8 |
| | R 4 = | 22.763 | D 4 = | 可変 | | |
| | R 5 = | 絞り | D 5 = | 0.59 | | |
| | R 6 = | 5.387 | D 6 = | 1.84 | N 3 = 1.696797 | ν 3 = 55.5 |
| | R 7 = | -24.511 | D 7 = | 0.59 | | |
| * | R 8 = | 42.292 | D 8 = | 1.64 | N 4 = 1.743300 | ν 4 = 49.2 |
| | R 9 = | -5.476 | D 9 = | 0.66 | N 5 = 1.698947 | ν 5 = 30.1 |
| | R10 = | 4.702 | D10 = | 可変 | | |
| | R11 = | 16.441 | D11 = | 1.94 | N 6 = 1.487490 | ν 6 = 70.2 |
| | R12 = | -10.475 | D12 = | 可変 | | |
| * | R13 = | 13.248 | D13 = | 1.50 | N 7 = 1.487490 | ν 7 = 70.2 |
| | R14 = | -89.455 | D14 = | 1.10 | | |
| | R15 = | ∞ | D15 = | 2.30 | N 8 = 1.516330 | ν 8 = 64.2 |
| | R16 = | ∞ | | | | |

| ＼焦点距離 | 4.49 | 6.14 | 8.61 |
|---|---|---|---|
| 可変間隔＼ | | | |
| D 4 | 8.32 | 4.96 | 1.98 |
| D10 | 1.99 | 3.18 | 2.84 |
| D12 | 1.59 | 3.57 | 7.08 |

非球面係数

2面 : k=-1.26671e+00 A=0 B=1.98495e-03 C=1.78263e-05 D=-3.89544e-06 E=1.54685e-07

3面 : k=6.85202e-03 A=0 B=-1.94477e-03 C=3.27632e-05 D=-3.11268e-05 E=3.51825e-06

13面 : k=0.00000e+00 A=0 B=3.36681e-05 C=8.26694e-06 D=-1.04884e-06 E=3.52403e-08

【００９４】

【外４】

数値実施例 4

f＝6.75 ～ 17.62　　Fno＝2.88 ～ 4.90　2ω=68.0 ～ 29.0

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| R 1 = | 48.471 | D 1 = | 1.50 | N 1 = 1.802380 | ν 1 = 40.8 |
| * R 2 = | 5.270 | D 2 = | 2.21 | | |
| R 3 = | 9.214 | D 3 = | 2.14 | N 2 = 1.846659 | ν 2 = 23.8 |
| R 4 = | 20.231 | D 4 = | 可変 | | |
| R 5 = | 絞り | D 5 = | 0.80 | | |
| R 6 = | 6.788 | D 6 = | 2.00 | N 3 = 1.603112 | ν 3 = 60.7 |
| R 7 = | -40.782 | D 7 = | 0.20 | | |
| * R 8 = | 10.555 | D 8 = | 2.32 | N 4 = 1.740130 | ν 4 = 49.2 |
| R 9 = | -6.963 | D 9 = | 0.70 | N 5 = 1.749497 | ν 5 = 35.3 |
| R10 = | 4.919 | D10 = | 4.10 | | |
| R11 = | 41.659 | D11 = | 0.60 | N 6 = 1.698947 | ν 6 = 30.1 |
| R12 = | 17.413 | D12 = | 1.75 | N 7 = 1.696797 | ν 7 = 55.5 |
| R13 = | -70.421 | D13 = | 可変 | | |
| R14 = | 18.000 | D14 = | 2.00 | N 8 = 1.487490 | ν 8 = 70.2 |
| R15 = | -54.405 | D15 = | 1.50 | | |
| R16 = | ∞ | D16 = | 3.23 | N 9 = 1.516330 | ν 9 = 64.2 |
| R17 = | ∞ | | | | |

| ＼焦点距離 | 6.75 | 12.19 | 17.62 |
|---|---|---|---|
| 可変間隔＼ | | | |
| D 4 | 15.22 | 6.00 | 2.46 |
| D13 | 1.66 | 7.85 | 14.04 |

非球面係数

2面　k= 1.04670e+00　A=0　B=4.09984e-04　C=1.40934e-06　D=7.47026e-08　E=-1.55583e-09

8面　k=-1.18413e+00　A=0　B=-6.00015e-04　C=-8.91980e-06　D=-1.20969e-06　E=4.79022e-08

【００９５】

【表１】

表－１

| 条件式 | | 数値実施例 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| (1) | d2abw/fw | 0.46 | 0.60 | 0.44 | 0.61 |
| (2) | β2bt | 0.13 | 0.37 | －0.04 | 0.51 |

【００９６】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルカメラの実施形態を図１７を用いて説明する。

【００９７】

図１７において、１０はカメラ本体、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はカメラ本体に内蔵されたストロボ、１３は外部式ファインダー、１４はシャッターボタンである。

【００９８】

このように本発明のズームレンズをデジタル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。

【００９９】

【発明の効果】

本発明によれば、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。

【０１００】

この他本発明によれば負、正、正の屈折力のレンズ群の３群を有し、各レンズ群のレンズ構成、非球面を用いるときはその位置、ズーミングにおける各レンズ群の移動方法を最適にし、又フォーカシング方法を最適に設定する事により、全系のレンズ枚数の削減を計り、レンズ全長の短縮化を達成しつつ、変倍比３倍程度を有し、明るく、高い光学性能を有し、広角域を含んだ、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等に適した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】本発明のズームレンズの数値実施例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】本発明のズームレンズの数値実施例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】本発明のズームレンズの数値実施例３の光学断面図。

【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】本発明のズームレンズの数値実施例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。

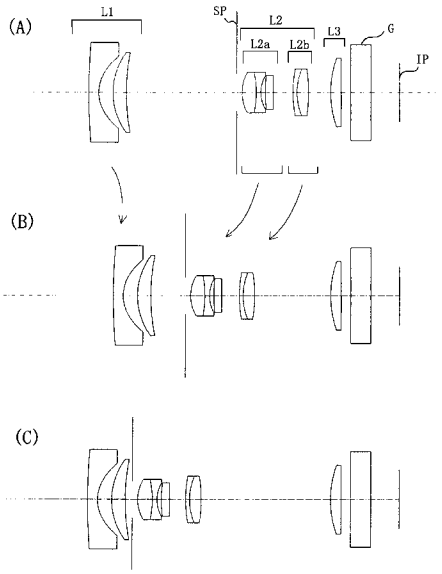
【図１６】数値実施例４の望遠端での収差図。

【図１７】本発明の光学機器の概略図。

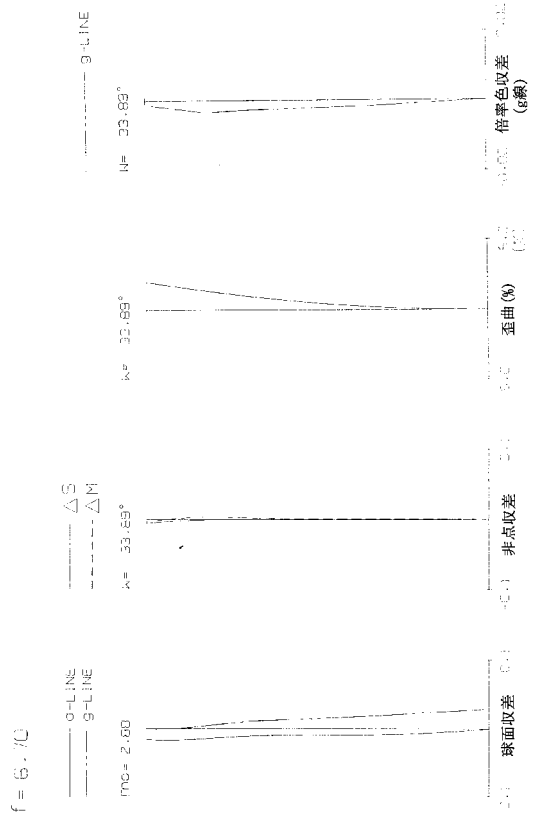
【符号の説明】

Ｌ１　第１群
Ｌ２　第２群
Ｌ３　第３群
ＳＰ　絞り
ＩＰ　像面
ｄ　ｄ線
ｇ　ｇ線
ΔＳ　サジタル像面
ΔＭ　メリディオナル像面

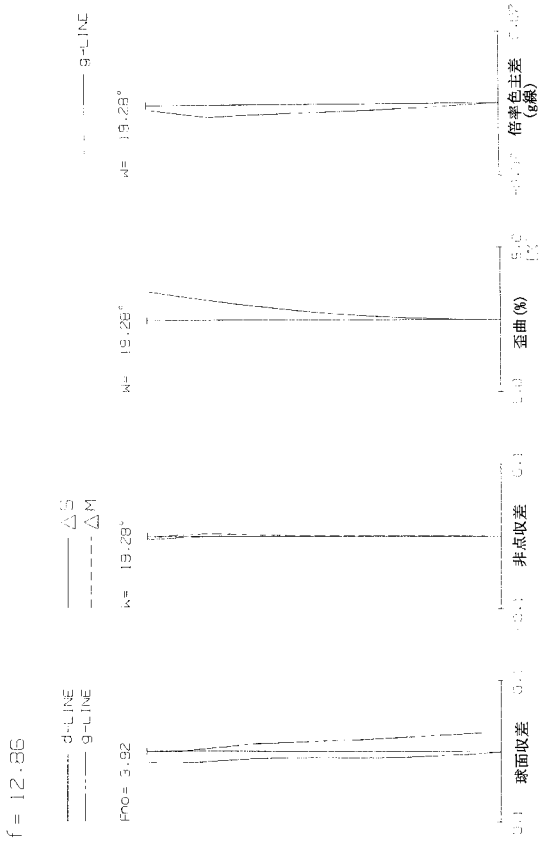
【図１】


(A)
L1
SP
L2
L2a
L2b
L3
G
IP
(B)
(C)

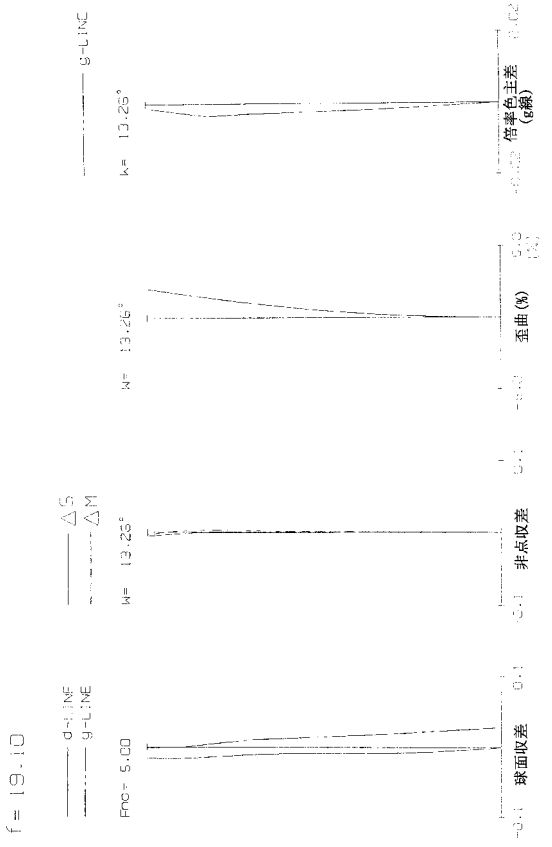
【図２】


f = 6.40
FNO= 2.60
d-LINE
g-LINE
球面収差
ΔS
ΔM
ω= 33.89°
非点収差
ω= 33.89°
歪曲(%)
ω= 33.89°
倍率色収差
(g線)

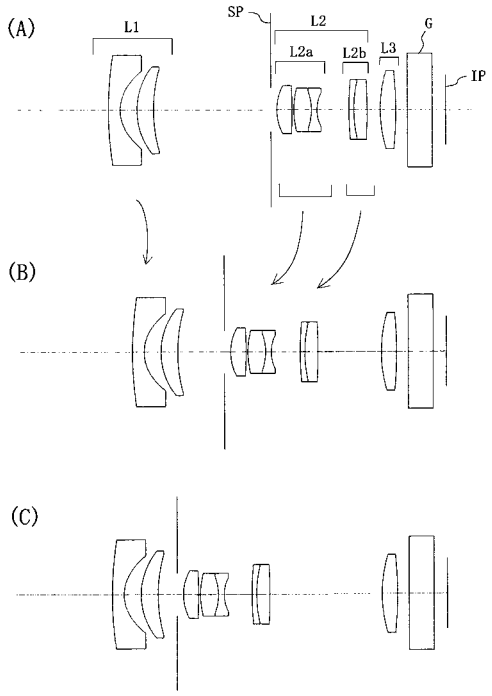
【図３】


f = 12.86
FNO= 3.62
d-LINE
g-LINE
球面収差
ΔS
ΔM
ω= 19.28°
非点収差
ω= 19.28°
歪曲(%)
ω= 19.28°
倍率色主差
(g線)

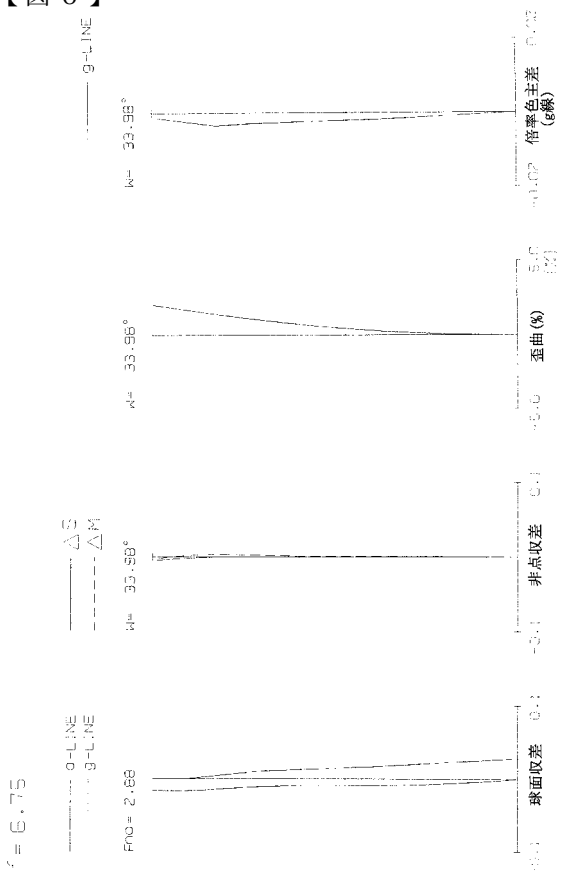
【図４】


f = 19.10
FNO= 5.00
d-LINE
g-LINE
球面収差
ΔS
ΔM
ω= 13.25°
非点収差
ω= 13.25°
歪曲(%)
ω= 13.25°
倍率色主差
(g線)

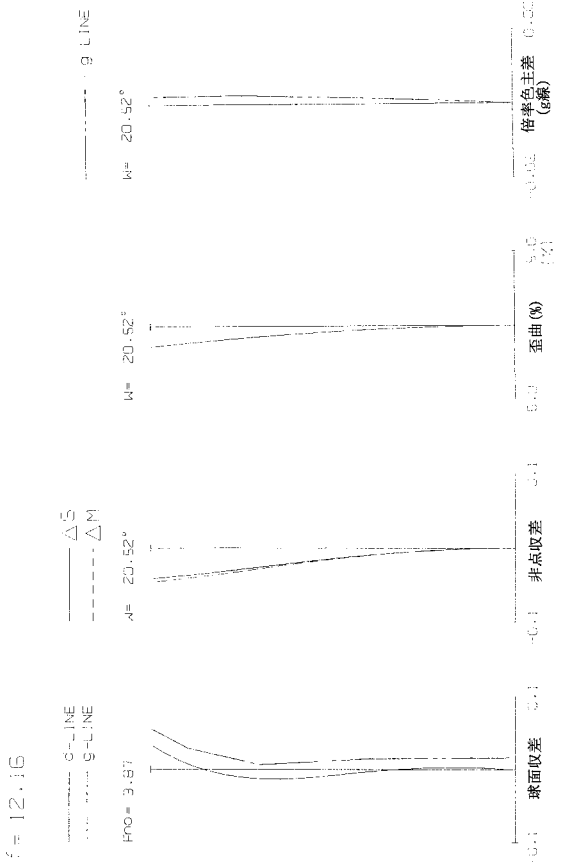
【図５】


(A)
L1
SP
L2
L2a
L2b
L3
G
IP
(B)
(C)

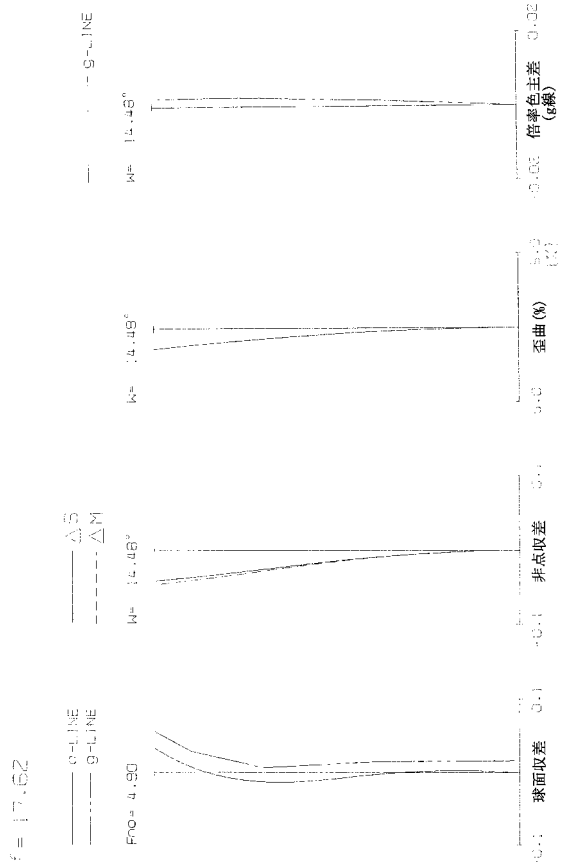
【図６】


f = 6.75
FNO = 2.88
ω= 33.98°
ω= 33.98°
ω= 33.98°
g-LINE
倍率色収差 (g線)
歪曲 (%)
非点収差
球面収差

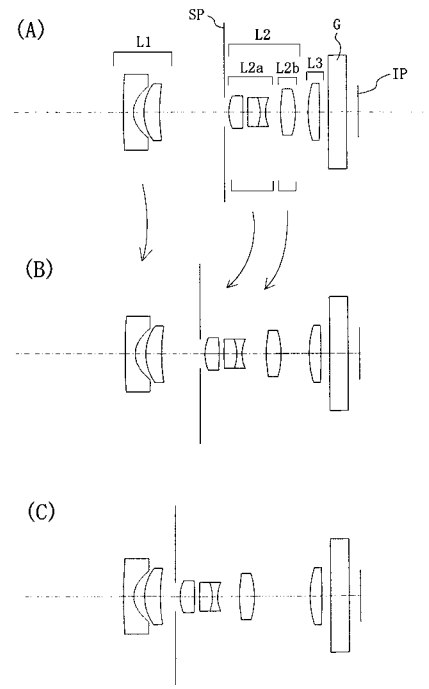
【図７】


f = 12.16
FNO = 3.87
ω= 20.52°
ω= 20.52°
ω= 20.52°
g-LINE
倍率色収差 (g線)
歪曲 (%)
非点収差
球面収差

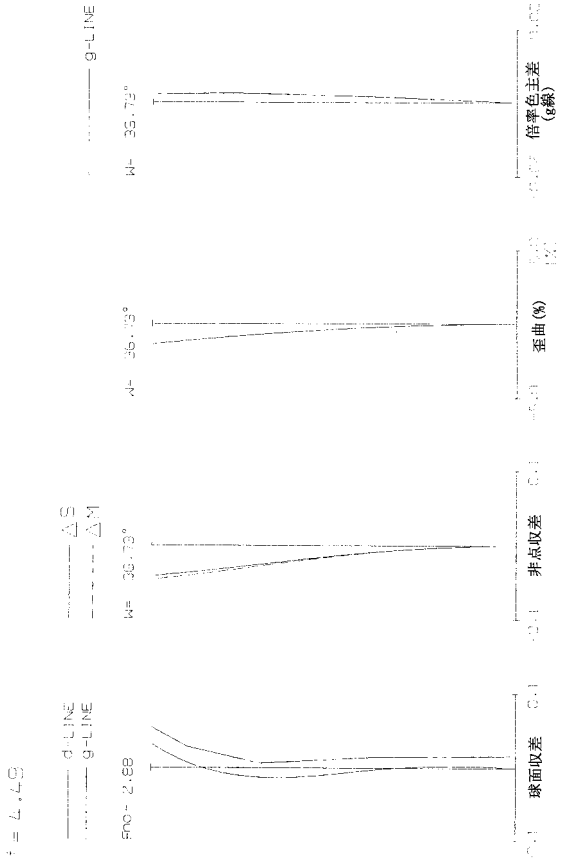
【図８】


f = 17.62
FNO = 4.90
ω= 14.48°
ω= 14.48°
ω= 14.48°
g-LINE
倍率色収差 (g線)
歪曲 (%)
非点収差
球面収差

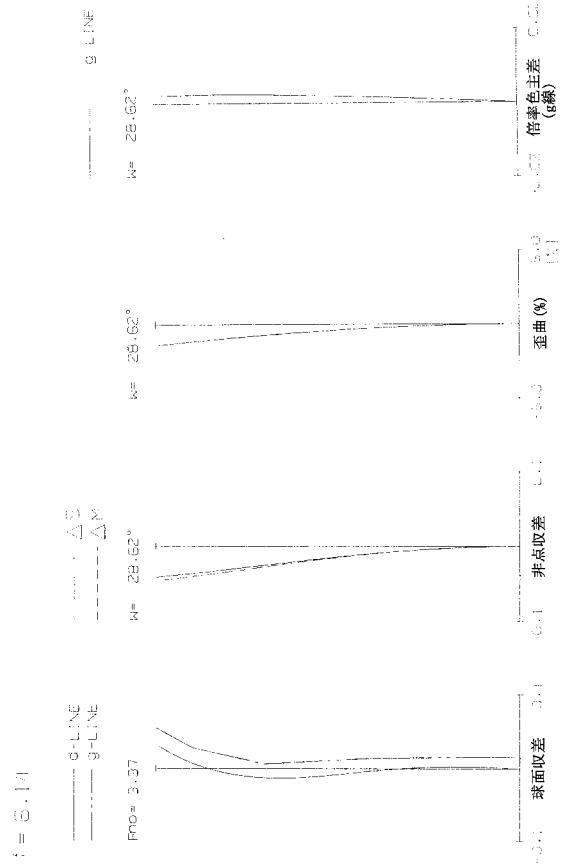
【図９】



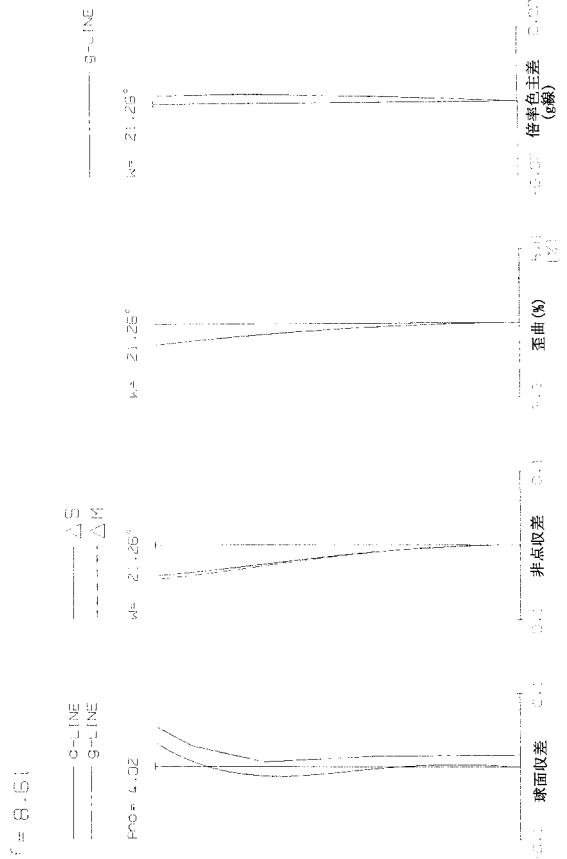

【図１０】



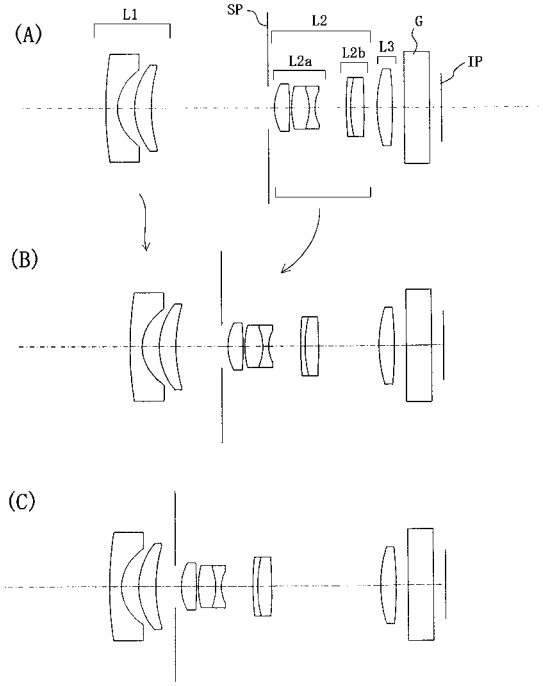

【図１１】



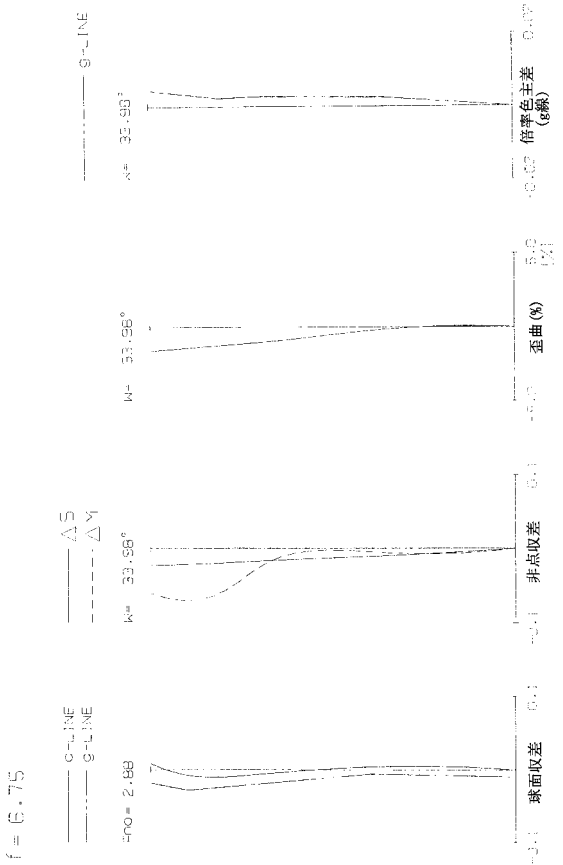

【図１２】



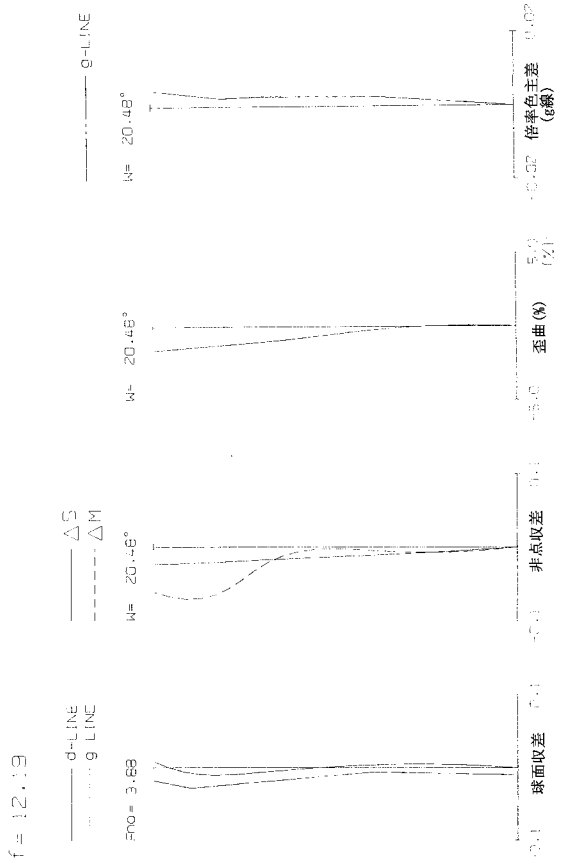
【図１３】



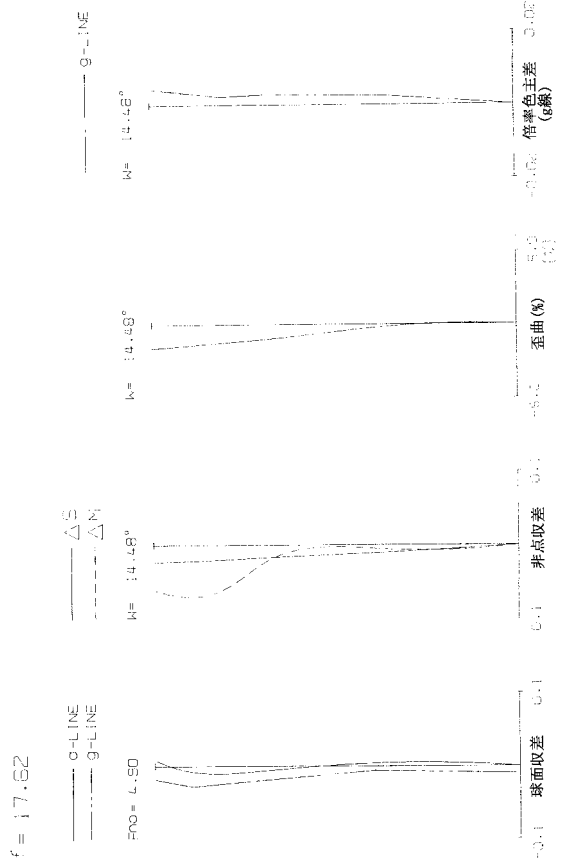

【図１４】



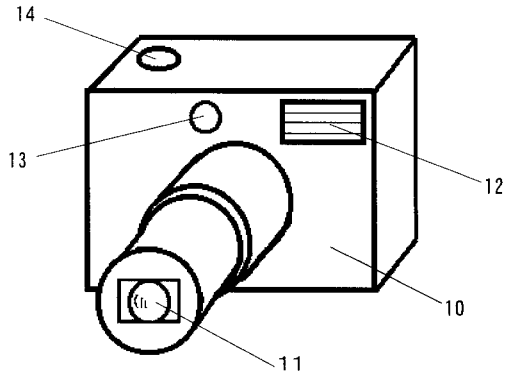

【図１５】




【図１６】



【図１７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６０－ ３１１１０（ＪＰ，Ａ）
特開平 ７－２６１０８３（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－ ５２２４６（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－ ８９１１０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－ ８４２４３（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２４９０１６（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２２３７６８（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－ ２１９５０（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