(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3755609号
(P3755609)
(45)発行日　平成18年3月15日(2006.3.15)　(24)登録日　平成18年1月6日(2006.1.6)

(51)Int.Cl.		F I	
G02B 27/64	(2006.01)	G02B	27/64
G02B 13/18	(2006.01)	G02B	13/18
G02B 15/20	(2006.01)	G02B	15/20

請求項の数 6　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平6-259056
(22)出願日　平成6年9月29日(1994.9.29)
(65)公開番号　特開平8-101362
(43)公開日　平成8年4月16日(1996.4.16)
審査請求日　平成13年9月27日(2001.9.27)

前置審査

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100095256
弁理士　山口　孝雄
(72)発明者　大竹　基之
東京都品川区西大井１丁目６番３号　株式会社ニコン　大井製作所内

審査官　吉野　公夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】像シフトが可能なズームレンズ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ズームレンズを構成する１つのレンズ群ＧＢの全体あるいは一部を光軸にほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトすることが可能なズームレンズにおいて、

前記レンズ群ＧＢ中に、あるいは前記レンズ群ＧＢに隣接して開口絞りＳが設けられ、

前記レンズ群ＧＢと最も物体側の第１レンズ群Ｇ１との間に配置されたレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させて近距離物体への合焦を行い、

変倍時に、前記レンズ群ＧＦと前記レンズ群ＧＢとの光軸上の間隔が変化し、

前記開口絞りＳは、変倍時に、前記レンズ群ＧＢと一体的に移動することを特徴とするズームレンズ。

【請求項２】

ズームレンズを構成する１つのレンズ群ＧＢの全体あるいは一部を光軸にほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトすることが可能なズームレンズにおいて、

前記レンズ群ＧＢは、正の屈折力を有し、

前記レンズ群ＧＢ中に、あるいは前記レンズ群ＧＢに隣接して開口絞りＳが設けられ、

前記レンズ群ＧＢより物体側に配置されたレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させて近距離物体への合焦を行い、

変倍時に、前記レンズ群ＧＦと前記レンズ群ＧＢとの光軸上の間隔が変化し、

前記開口絞りＳは、変倍時に、前記レンズ群ＧＢと一体的に移動することを特徴とするズームレンズ。

【請求項３】
　前記レンズ群ＧＦは、前記レンズ群ＧＢの物体側に隣接して配置されていることを特徴とする請求項１または２に記載のズームレンズ。
【請求項４】
　前記レンズ群ＧＦの望遠端における無限遠物体に対する結像倍率βｔは、
　（βｔ＋１／βｔ）$^{-2}$＜０．１６
　の条件を満足す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】
　前記レンズ群ＧＢの全体あるいは一部であって光軸にほぼ垂直な方向に移動されるレンズ群は、少なくとも１つの正レンズと、少なくとも１つの負レンズとを備えてい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】
　請求項１乃至５のいずれか１項に記載のズームレンズを備えていることを特徴とするカメラ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は像シフトが可能なズームレンズに関し、さらに詳細には、レンズ系を構成する一部のレンズ群を光軸にほぼ垂直な方向に移動させることにより像をシフトすることができるズームレンズに関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
カメラでは、カメラを構成する各要素技術の電気的・機械的な進歩により、自動露出、自動焦点、フィルムの自動巻き上げ・巻き戻し等、各種操作の自動化が進んでおり、特に最近、自動露出や自動焦点の高精度化により、露出の過不足やピンボケによる写真撮影の失敗は激減してきた。そして、これらの要素技術の進歩に伴い、カメラ本体の小型化や軽量化が進んできている。
【０００３】
また、近年、変倍比が２倍を越えるような、いわゆる高変倍ズームレンズが増えてきている。これらの高変倍ズームレンズでは、特に、望遠端の焦点距離が長焦点側に伸びており、被写体により近づいた迫力のある写真を撮ることができるようになってきている。
【０００４】
ところが、カメラ本体の小型化・軽量化、あるいは焦点距離の長焦点化により、手ぶれによる写真撮影の失敗を招きやすい。そこで、手ぶれによる光学系の振動に起因する像位置の変動を補正する、いわゆる防振光学系に関して、これまでに種々の提案がなされてきている。特に、レンズ系の一部を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させることによって像をシフトさせ、手ぶれに起因する像位置の変動を補正するズームレンズが、例えば特開平４－３６２９０９号公報や特開平５－２３２４１０号公報に開示されている。
なお、本明細書において、レンズ系の一部を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させて手ぶれ等に起因する像位置の変動を補正することを「防振」という。
【０００５】
特開平４－３６２９０９号公報によるズームレンズは、物体側より順に、正屈折力の第１レンズ群と負屈折力の第２レンズ群とにより構成されている。そして、第１レンズ群の一部のレンズ群は防振時における補正レンズ群であり、この補正レンズ群を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させて像を適宜シフトさせて手ぶれによる像位置の変動を補正している。また、フォーカシングに際して、第２レンズ群を光軸に沿って移動させている。
【０００６】
特開平５－２３２４１０号公報によるズームレンズは、物体側より順に、正負正正の４つのレンズ群により構成された、いわゆる４群アフォーカル・ズームレンズである。そして

、第２レンズ群を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させて防振を行い、第１レンズ群を光軸に沿って移動させて近距離物体に対するフォーカシングを行っている。

【０００７】

一般的に、レンズ系の一部のレンズ群ＧＢを光軸に垂直な方向にΔだけ移動させたとき、像面上における像のシフト量δは、次の式（ａ）により表される。

δ＝Δ・β　　（ａ）

ここで、βはレンズ群ＧＢよりも像側に配置されたレンズ群の使用倍率（結像倍率）である。

【０００８】

｜β｜が小さくなると、所定量だけ像をシフトさせるためのレンズ群ＧＢの所要移動量が大きくなりすぎて、防振機構の簡易構成化を図ることができない。逆に、｜β｜が大きくなると、レンズ群ＧＢの位置制御の誤差が像面上で大きく拡大されすぎるため、レンズ群ＧＢの移動制御を行うことが難しくなってしまう。したがって、レンズ群ＧＢより像側に配置されるレンズ群の使用倍率βを適切な値にすることが要求される。

【０００９】

ところで、一般的にレンズ系の近距離合焦方法として、次の３通りの方式が知られている。

（１）１群繰り出し方式

（２）インナー・フォーカス（ＩＦ）方式

（３）リア・フォーカス（ＲＦ）方式

なお、合焦機構の簡易構成化を図るために、フォーカシングレンズ群（合焦レンズ群）には、小型化および軽量化に加えてフォーカシング移動量が小さいことが要求される。

【００１０】

一般に、第１レンズ群は像面から最も離れて配置されているためレンズ径が大きい。したがって、（１）の１群繰り出し方式は、フォーカシングレンズ群としてレンズ径の大きなレンズ群を選択することになり近距離合焦方法として適していない。

これに対し、（２）のインナー・フォーカス方式や（３）のリア・フォーカス方式によれば、フォーカシングレンズ群のレンズ径を小さくすることができるとともに、移動量を小さくすることもできる。

【００１１】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の特開平４－３６２９０９号公報においては、フォーカシングレンズ群である第２レンズ群は防振時の補正レンズ群である第１レンズ群よりも像側に配置されている。このため、同じ焦点距離状態であっても撮影距離が変化すると、第２レンズ群の結像倍率が変化する。その結果、所定量だけ像をシフトするための補正レンズ群の所要移動量も各焦点距離状態ばかりでなく各撮影距離状態によって変化してしまうので、像シフトを制御することが難しいという不都合があった。

【００１２】

また、上述の特開平５－２３２４１０号公報においては、第１レンズ群を光軸に沿って移動させてフォーカシングを行っていた。したがって、前述のように、フォーカシングレンズ群である第１レンズ群のレンズ径が大きいという不都合があった。

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、フォーカシングレンズ群のレンズ径が小さく、像シフトの制御が容易で、像シフト時にも良好な結像性能を有するズームレンズを提供することを目的とする。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明においては、ズームレンズを構成する１つのレンズ群ＧＢの全体あるいは一部を光軸にほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトすることが可能なズームレンズにおいて、

前記レンズ群ＧＢ中に、あるいは前記レンズ群ＧＢに隣接して開口絞りＳが設けられ、

前記レンズ群ＧＢと最も物体側の第１レンズ群Ｇ１との間に配置されたレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させて近距離物体への合焦を行い、
変倍時に、前記レンズ群ＧＦと前記レンズ群ＧＢとの光軸上の間隔が変化し、
前記開口絞りＳは、変倍時に、前記レンズ群ＧＢと一体的に移動することを特徴とするズームレンズを提供する。

【００１４】

また、本発明の別の局面によれば、ズームレンズを構成する１つのレンズ群ＧＢの全体あるいは一部を光軸にほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトすることが可能なズームレンズにおいて、
前記レンズ群ＧＢは、正の屈折力を有し、
前記レンズ群ＧＢ中に、あるいは前記レンズ群ＧＢに隣接して開口絞りＳが設けられ、
前記レンズ群ＧＢより物体側に配置されたレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させて近距離物体への合焦を行い、
変倍時に、前記レンズ群ＧＦと前記レンズ群ＧＢとの光軸上の間隔が変化し、
前記開口絞りＳは、変倍時に、前記レンズ群ＧＢと一体的に移動することを特徴とするズームレンズを提供する。

【００１５】

【作用】

まず、像をシフトさせる方法に関して説明する。
一般的に、レンズ系を構成するレンズ群のうち一部のレンズ群を光軸に対して垂直な方向に移動させると、レンズ群の移動に伴って像面上で得られる像が光軸垂直方向にシフト（移動）する。
ところが、一部のレンズ群を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させる場合、像がシフトするにつれて諸収差の変動が生じ、画質が劣化してしまう。したがって、像シフトを可能にするには、シフトレンズ群（像をシフトする際に光軸垂直方向に移動するレンズ群）の移動による諸収差の変動を抑えて画質の劣化を減らす必要がある。

【００１６】

次に、シフトレンズ群を光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させた時の諸収差の変動を抑制する方法について、以下に述べる。
一般的に、レンズ系において、サイン・コンディション（正弦条件）が球面収差に比べて正に大きくなると、光軸上より軸外へ少し外れた近軸領域において、軸外光束が外コマ傾向を示す。逆に、サイン・コンディション（正弦条件）が球面収差に比べて負に大きくなると、内コマ傾向を示す。
このため、シフトレンズ群単独で球面収差とサイン・コンディションとがバランス良く補正されていないと、シフトレンズ群が光軸上より軸外に移動する際に画面中心部においてコマ収差が発生してしまう。すなわち、シフトレンズ群をシフトさせた際に発生する画面中心部での画質の劣化が著しくなってしまう。

【００１７】

また、シフトレンズ群単独でのペッツバール和が適切な値となっていない場合、シフトレンズ群が光軸上より軸外に移動すると、一方の側では負の像面湾曲が、他方の側では正の像面湾曲が発生し、像面が傾いてしまう。このため、シフトレンズ群単独でのペッツバール和を適切な値にして、シフトレンズ群を移動させた際に発生する像面湾曲の変動を抑えなければならない。
さらに、シフトレンズ群における色収差の補正が不足すると、シフトレンズ群が移動する際に色収差の変動が生じてしまうため、シフトレンズ群単独での色収差の補正が必要とされる。

【００１８】

本発明のズームレンズでは、シフトレンズ群を光軸とほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトさせている。したがって、本発明の像シフトが可能なズームレンズを、例えば手ぶれを検知する検出手段およびシフトレンズ群を光軸とほぼ垂直な方向に移動させる駆動手段

と組み合わせることにより、シフトレンズ群を駆動手段により適宜移動させて、手ぶれによる像位置の変動をシフトレンズ群の移動による像のシフトで相殺し、手ぶれに起因する像位置の変動を補正することが可能である。

【００１９】

そこで、手ぶれ等に起因する像位置の変動を補正する具体的な方法について述べる。

本発明のズームレンズにおいて広角端から望遠端までの間の任意の焦点距離をｆとし、ズームレンズの光軸を含む平面内におけるズームレンズ全体の傾き角度をεとすると、像面上での像位置の変動量δ’は次の式（ｂ）で表わされる。

δ’＝ｆ・ｔａｎε　　（ｂ）

【００２０】

但し、傾き角度εが小さいものとして近似すると、像位置の変動量δ’は次の式（ｂ’）で表わされる。

δ’＝ｆ・ε　　（ｂ’）

一方、シフトレンズ群より像側に配置されるレンズ群の結像倍率をβとし、シフトレンズ群の光軸と垂直方向への変位量をΔとすると、近軸光線の像面上でのシフト量δは前述したように次の式（ａ）で表わされる。

δ＝Δ・β　　（ａ）

【００２１】

ここで、最も物体側のレンズ群よりシフトレンズ群までのレンズ群の合成焦点距離をｆｂとすると、結像倍率β＝ｆ／ｆｂとなる。したがって、式（ａ）を次の式（ａ’）のように変形することができる。

δ＝Δ・ｆ／ｆｂ　　（ａ’）

ズームレンズが角度εだけ傾いたときの像位置の変動量δ’を補正するには、δ’＝－δとなるようにシフトレンズ群を光軸と垂直方向に移動させて像を－δだけシフトさせればよい。なお、式（ａ’）と式（ｂ’）とから、傾き角度εと変位量Δとの間には次の式（ｃ）で表す関係が成立する。

Δ＝－ε・ｆｂ　　（ｃ）

【００２２】

こうして、上述の式（ｃ）式を満足するように、シフトレンズ群を光軸直交方向にΔだけ変位させることにより、手ぶれ等によるズームレンズの傾き角度εの揺れに起因する像位置の変動量δ’と防振動作による像のシフト量δとが相殺され、防振すなわち像位置変動の補正が可能となる。

【００２３】

次に、レンズ群ＧＦによりフォーカシング（合焦）を行う場合の条件について説明する。

フォーカシングレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させてフォーカシングを行う場合、第１レンズ群Ｇ１乃至レンズ群ＧＦによる像点の位置が一定となるように、レンズ群ＧＦを移動させればよい。一般的に、フォーカシングレンズ群の移動量が小さいほど駆動が容易である。したがって、フォーカシングレンズ群ＧＦの移動量Δを小さくするための条件について、薄肉レンズ系を用いて説明する。

【００２４】

まず、図１に示すように、レンズ群ＧＦよりも物体側に配置されるレンズ群全体をレンズ群ＧＨとし、レンズ群ＧＦよりも像側に配置されるレンズ群全体をレンズ群ＧＳとする。

また、物体距離Ｄ０が無限遠の時のレンズ群ＧＨによる像点の位置をｘとして、物体距離Ｄ０が有限距離の場合にレンズ群ＧＨによる像点の位置がｘ’に移動するものとする。

そして、ｆ（０）＝ｘ、ｆ（－１／Ｄ０）＝ｘ’、レンズ群ＧＨの屈折力をφｈとして、ｍ＝－１／Ｄ０と表すと、レンズ群ＧＨによる像点の位置ｆ（ｍ）は、次の式（ｄ）で表される。

ｆ（ｍ）＝１／（ｍ＋φｈ）　　（ｄ）

【００２５】

したがって、式（ｄ）より、物体位置が無限遠から近距離に移動したときのレンズ群ＧＨ

による像点の移動量をδＨ（＝ｆ（ｍ）－ｆ（０））とすると、δＨを小さくするには、レンズ群ＧＨの屈折力φｈの大きさが大きいことが望ましいことがわかる。

【００２６】

次に、図２に示すように、レンズ群ＧＦに対する物点の位置がδＦだけ移動するとき、レンズ群ＧＳに対する物点の位置を一定にするためにレンズ群ＧＦをΔＦだけ移動させるとすると、レンズ群ＧＦの結像倍率をβＦとして、移動量ΔＦは次の式（ｅ）で表される。

$$\Delta F = \beta F^2 / (\beta F^2 - 1) \cdot \delta F \qquad (e)$$

上述の式（ｅ）において、$k = \beta F^2 / (\beta F^2 - 1)$とすると、

$1 < k \quad (\beta F^2 > 1)$

$0 > k \quad (\beta F^2 < 1)$

となる。

【００２７】

したがって、移動量ΔＦをできるだけ小さくするには、$\beta F^2 > 1$の場合にｋをできるだけ１に近づける、つまり１／βＦを０に近づけるのが望ましい。また、$\beta F^2 < 1$の場合には、ｋをできるだけ０に近づける、つまりβＦを０に近づけることが望ましい。

【００２８】

本発明においては、レンズ群ＧＢの全体、あるいはその一部をシフトレンズ群として、光軸に対してほぼ垂直な方向に移動させることによって像をシフトさせている。この場合、前述のように、シフトレンズ群を光軸とほぼ垂直な方向に移動させると、像面上における像はシフト量は、シフトレンズ群よりも像側に配置されるレンズ群の使用倍率βに依存する。したがって、シフトレンズ群より像側に配置されるレンズ群のうち１つのレンズ群を移動させて近距離合焦を行うと、前記使用倍率βが撮影距離に依存して変化してしまう。このため、像を所定量だけシフトさせるためのシフトレンズ群の所要移動量が撮影距離によって変化してしまい、その結果像のシフトを制御することが難しくなってしまう。

【００２９】

そこで、本発明では、ズームレンズを構成する１つのレンズ群ＧＢの全体、あるいはその一部を光軸にほぼ垂直な方向に移動させて像をシフトすることが可能なズームレンズにおいて、レンズ群ＧＢより物体側に配置されるレンズ群ＧＦを光軸に沿って移動させて近距離合焦を行う。こうして、レンズ群ＧＢより像側に配置されるレンズ群の使用倍率を撮影距離の変化によらず一定とし、像を所定量だけシフトさせるためのレンズ群ＧＢの所要移動量を撮影距離の変化によらず一定としている。その結果、本発明のズームレンズでは、シフトレンズ群ＧＢによる像シフトの制御を、ひいては像位置の変動の補正を容易に行うことができる。

【００３０】

また、前述の通り、第１レンズ群Ｇ１はレンズ径が大きいため、１群繰り出し方式を用いてフォーカシングを行うのは好ましくない。そこで、本発明においても、レンズ系において最も物体寄りに配置される第１レンズ群Ｇ１よりも像側に配置されたレンズ群ＧＦによりフォーカシングを行う。こうして、フォーカシングレンズ群のレンズ径を小さくすることができる。

【００３１】

また、軸上光束に比べて軸外光束の方が光軸から大きく離れて通過するような位置にシフトレンズ群ＧＢを配置する場合、より光軸から離れた高さを通過する軸上光束に対しても収差が発生しないようにしなければならない。すなわち、シフトレンズ群が明るさにより有利な形状でなければならず、収差補正が難しくなり、その結果シフトレンズ群のレンズ構成が複雑になってしまう。

従って、本発明においては、シフトレンズ群を光軸直交方向に移動させた際の性能劣化を抑えて良好な結像性能を得るために、シフトレンズ群中、またはシフトレンズ群の物体側あるいは像側に隣接するように開口絞りＳを配置して、軸上光束と軸外光束とにおいてシフトレンズ群を通過する高さの差を小さくすることが好ましい。

【００３２】

特に、本発明においては、レンズ群ＧＦがレンズ群ＧＢの物体側に隣接して配置されることが好ましい。
これは、レンズ群ＧＦを通過する軸外光束の高さが光軸から離れると、フォーカシング時にレンズ群ＧＦを通過する軸外光束の高さが大きく変化するようになる。その結果、フォーカシング時に発生する軸外収差の変動を抑えることが困難となり、良好な結像性能が得られなくなるためである。

【００３３】

以下、本発明の条件式について説明する。
本発明では、上述の構成に加えて、以下の条件式（１）を満足するのが好ましい。

$$(\beta t+1/\beta t)^{-2}<0.16 \qquad (1)$$

ここで、
βｔ：レンズ群ＧＦの望遠端における無限遠物体に対する結像倍率

【００３４】

条件式（１）は、フォーカシングレンズ群ＧＦの望遠端での使用倍率について適切な範囲を規定している。前述のように、フォーカシング時のレンズ群ＧＦの移動量ΔＦを小さくするには、レンズ群ＧＦの使用倍率βＦを０に近づけるか、あるいは１／βＦを０に近づけることが必要とされる。
条件式（１）の上限値を上回った場合、フォーカシングに際してのレンズ群ＧＦの移動量が大きくなりすぎて、レンズ群ＧＦの前後にフォーカシング移動のための大きなスペースが必要となる。その結果、レンズ系が大型化してしまうので、好ましくない。

【００３５】

本発明においては、前述のように、像をシフトさせた際すなわち防振時に発生する画質の劣化を抑えるために、シフトレンズ群において発生する球面収差とサイン・コンディションとをバランス良く補正することが必要である。このため、シフトレンズ群を少なくとも１枚の正レンズと少なくとも１枚の負レンズとを備えた構成にすることが好ましい。
また、シフトレンズ群を構成する上述の正レンズと負レンズとについて適切な屈折率を選択することにより、シフトレンズ群単独でのペッツバール和を適切な値として、像シフト時に発生する像面湾曲の変動を良好に抑えることも可能である。さらに、シフトレンズ群を構成する上述の正レンズと負レンズとについて適切なアッベ数を選択することにより、像シフト時に発生する色収差の変動を良好に補正することもできる。

【００３６】

なお、本発明においては、シフトレンズ群を光軸とほぼ垂直な方向に移動させることにより像を適宜シフトさせて、手ぶれに起因する像位置の変動を補正することが可能であるが、例えば撮影範囲を移動させるシフトレンズとして本発明のズームレンズを適用することも可能である。

【００３７】

【実施例】

以下、本発明の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。
図３は、本発明の各実施例にかかるズームレンズの屈折力配分および広角端（Ｗ）から望遠端（Ｔ）への変倍時における各レンズ群の移動の様子を示す図である。
図３に示すように、本発明の各実施例にかかるズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、正の屈折力を有する第４レンズ群Ｇ４と、負の屈折力を有する第５レンズ群Ｇ５とを備え、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第１レンズ群Ｇ１と前記第２レンズ群Ｇ２との空気間隔は増大し、前記第２レンズ群Ｇ２と前記第３レンズ群Ｇ３との空気間隔は減少し、前記第３レンズ群Ｇ３と前記第４レンズ群Ｇ４との空気間隔は増大し、前記第４レンズ群Ｇ４と前記第５レンズ群Ｇ５との空気間隔は減少するように、各レンズ群が物体側に移動する。

【００３８】

〔実施例１〕

図４は、本発明の第１実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を示す図である。
図４のズームレンズは、物体側より順に、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズＬ１からなる第１レンズ群Ｇ１と、両凹レンズＬ２１、両凸レンズＬ２２および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ２３からなる第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ３からなる第３レンズ群Ｇ３と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ４１、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズＬ４２、および物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ４３からなる第４レンズ群Ｇ４と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ５１、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ５２および両凹レンズ５３からなる第５レンズ群Ｇ５とから構成されている。

【００３９】
また、開口絞りＳは、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間に配置され、広角端から望遠端への変倍に際して第４レンズ群Ｇ４と一体的に移動する。
図４は、広角端における各レンズ群の位置関係を示しており、望遠端への変倍時には図３に矢印で示すズーム軌道に沿って光軸上を移動する。
また、第４レンズ群Ｇ４中の接合正レンズＬ４２を光軸とほぼ直交する方向に移動させて像シフトさせ、手ぶれ等に起因する像位置の変動を補正している。
さらに、第３レンズ群Ｇ３を光軸に沿って像側に移動させて、近距離物体へのフォーカシングを行っている。

【００４０】
次の表（１）に、本発明の実施例１の諸元の値を掲げる。表（１）において、ｆは焦点距離を、ＦNOはＦナンバーを、２ωは画角を、Ｂｆはバックフォーカスを表す。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッベ数はそれぞれｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）に対する値を示している。

【００４１】
非球面は、光軸に垂直な方向の高さをｙ、高さｙにおける光軸方向の変位量をＳ（ｙ）、基準の曲率半径すなわち非球面の頂点曲率半径をｒ、円錐係数をκ、ｎ次の非球面係数をＣn としたとき、以下の数式（ｆ）で表される。

【数１】

$$S(y) = (r/\kappa) / \left[1 - (1 - \kappa \cdot y^2 / r^2)^{1/2}\right] + C_2 \cdot y^2 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + \cdots \quad (f)$$

各実施例の諸元表中の非球面には、面番号の右側に＊印を付している

【００４２】
【表１】

ｆ＝38.81 ～75.31 ～146.92㎜
FNO＝3.96～6.38～9.70
２ω＝58.12 ～30.96 ～16.26°

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	76.2241	4.019	69.98	1.51860
2	-47.4746	1.381	23.01	1.86074
3	-76.6896	(d3= 可変)		

4	-53.5482	1.130	45.37	1.79668
5	19.1680	0.880		
6	16.8235	2.763	25.80	1.78472
7	-509.2328	1.005		
8	-18.6135	1.130	45.37	1.79668
9	-86.4849	(d9= 可変)		
10	-556.1586	2.135	69.98	1.51860
11	-19.2038	(d11=可変)		
12	∞	2.260	(開口絞り)	
13*	881.8165	1.256	30.24	1.58518
14	138.4036	0.628		
15	30.5374	3.767	70.41	1.48749
16	-13.9471	1.256	23.01	1.86074
17	-22.5167	0.628		
18*	-46.0998	1.633	57.57	1.49108
19	-33.9488	(d19=可変)		
20	-81.3711	3.391	25.35	1.80518
21	-22.5435	0.251		
22	-45.3352	1.256	43.35	1.84042
23	-152.1781	4.144		
24	-14.9528	1.507	49.45	1.77279
25	1174.6127	(Bf)		

(非球面データ)

	κ	C_2	C_4
13面	1.0000	0.0000	-3.7970×10^{-5}

C_6	C_8	C_{10}
8.7280×10^{-9}	-3.8696×10^{-9}	1.8028×10^{-11}

	κ	C_2	C_4
18面	1.0000	0.0000	2.3231×10^{-5}

C_6	C_8	C_{10}
-1.4367×10^{-7}	4.9064×10^{-9}	-4.0009×10^{-11}

（変倍における可変間隔）

f	38.8139	75.3083	146.9210
d3	2.1349	12.8945	26.2437
d9	4.3709	2.6213	1.2558
d11	2.5361	4.2857	5.6512
d19	16.9404	8.9927	2.7628
Bf	9.3026	31.4511	65.2447

（0.01［rad］だけ像をシフトする際のレンズ成分Ｌ４２の移動量）

f	38.8139	75.3083	146.9210
レンズの移動量	0.3141	0.3780	0.4893
像のシフト量	0.3881	0.7531	1.4692

（撮影倍率－１／４０時の第３レンズ群Ｇ３のフォーカシング移動量）

f	38.8139	75.3083	146.9210
移動量	0.8082	0.6045	0.5653

ただし、物体側から像面へ向かう移動方向を正とする

（条件対応値）

$\beta t = -6.66$

（１）　$(\beta t + 1/\beta t)^{-2} = 0.022$

【００４３】

図５乃至図１０は実施例１の諸収差図である。図５は広角端（最短焦点距離状態）における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図６は中間焦点距離状態における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図７は望遠端（最長焦点距離状態）における無限遠合焦状態での諸収差図である。

また、図８は広角端における撮影倍率－１／４０での諸収差図であり、図９は中間焦点距離状態における撮影倍率－１／４０での諸収差図であり、図１０は望遠端における撮影倍

率－１／４０での諸収差図である。
【００４４】
さらに、図１１乃至図１６は実施例１において光軸に対して０．０１rad（ラジアン）だけ像シフトさせたときのコマ収差図である。図１１は広角端における無限遠合焦状態でのコマ収差図であり、図１２は中間焦点距離状態における無限遠合焦状態でのコマ収差図であり、図１３は望遠端における無限遠合焦状態でのコマ収差図である。また、図１４は広角端における撮影倍率－１／４０でのコマ収差図であり、図１５は中間焦点距離状態における撮影倍率－１／４０でのコマ収差図であり、図１６は望遠端における撮影倍率－１／４０でのコマ収差図である。
【００４５】
各収差図において、ＦNOはＦナンバーを、ＮＡは開口数を、Ｙは像高を、Ｄはｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）を、Ｇはｇ線（λ＝４５３．８ｎｍ）をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、球面収差を示す収差図において、破線はサイン・コンディション（正弦条件）を示している。
図１１乃至図１６の各収差図は、像高Ｙの正方向にレンズ成分Ｌ４２を移動させたときのＹ＝１５．０，０，－１５．０でのコマ収差を示している。
各収差図から明らかなように、本実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において像シフト時にも諸収差が良好に補正されていることがわかる。
【００４６】
〔実施例２〕
図１７は、本発明の第２実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を示す図である。
図１７のズームレンズは、物体側より順に、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズＬ１からなる第１レンズ群Ｇ１と、両凹レンズＬ２１、両凸レンズＬ２２および両凹レンズＬ２３からなる第２レンズ群Ｇ２と、両凸レンズＬ３からなる第３レンズ群Ｇ３と、両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合正レンズＬ４からなる第４レンズ群Ｇ４と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ５１、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ５２および物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ５３からなる第５レンズ群Ｇ５とから構成されている。
【００４７】
また、開口絞りＳは、第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４との間および第４レンズ群Ｇ４と第５レンズ群Ｇ５との間で第４レンズ群Ｇ４に隣接して配置され、広角端から望遠端への変倍に際して第４レンズ群Ｇ４と一体的に移動する。
図１７は、広角端における各レンズ群の位置関係を示しており、望遠端への変倍時には図３に矢印で示すズーム軌道に沿って光軸上を移動する。
また、第４レンズ群Ｇ４全体を光軸とほぼ直交する方向に移動させて像シフトさせ、手ぶれ等に起因する像位置の変動を補正している。
さらに、第３レンズ群Ｇ３を光軸に沿って像側に移動させて、近距離物体へのフォーカシングを行っている。
【００４８】
次の表（２）に、本発明の実施例２の諸元の値を掲げる。表（２）において、ｆは焦点距離を、ＦNOはＦナンバーを、２ωは画角を、Ｂｆはバックフォーカスを表す。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッベ数はそれぞれｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）に対する値を示している。
【００４９】
【表２】

f＝38.80 ～74.48 ～121.80㎜

FNO＝4.17～6.68～9.00

2ω＝29.17 ～31.88 ～19.74 °

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	54.4892	4.395	69.98	1.51860
2	-39.9076	1.507	23.01	1.86074
3	-68.9544	(d3= 可変)		
4	-31.9252	1.256	49.45	1.77279
5	28.6137	1.005		
6	20.4293	2.763	25.80	1.78472
7	-239.4029	1.005		
8	-27.5606	1.256	45.37	1.79668
9	272.9738	(d9= 可変)		
10	157.0428	1.884	64.10	1.51680
11	-21.9899	(d11=可変)		
12	∞	1.507	(開口絞り)	
13	21.6121	3.265	59.60	1.53996
14	-13.9931	1.256	25.35	1.80518
15	-39.0262	0.628		
16	∞	(d16=可変)	(固定絞り)	
17	-63.7418	2.888	25.35	1.80518
18	-20.7310	0.377		
19	-44.6205	1.256	43.35	1.84042
20	-476.7762	4.395		

21	-12.2561	1.507	49.45	1.77279
22	-56.5064	(Bf)		

(変倍における可変間隔)

f	38.8036	74.4830	121.8029
d3	2.1349	10.3930	17.1158
d9	4.7612	3.5057	1.2558
d11	3.1959	4.4513	6.7013
d16	14.5444	5.8354	1.8837
Bf	9.0411	32.4005	54.7084

(0.005 [rad] だけ像をシフトする際の第４レンズ群Ｇ４の移動量)

f	38.8036	74.4830	121.8029
レンズの移動量	0.3360	0.5360	0.7720
像のシフト量	0.1942	0.3724	0.6090

(撮影倍率－１／３０時の第３レンズ群Ｇ３のフォーカシング移動量)

f	38.8036	74.4830	121.8029
移動量	1.4249	1.1337	1.0556

ただし、物体側から像面へ向かう移動方向を正とする

(条件対応値)

βｔ＝－３．５８

（１）　$(\beta t+1/\beta t)^{-2}$＝０．０６７

【００５０】

図１８乃至図２３は実施例２の諸収差図である。図１８は広角端における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図１９は中間焦点距離状態における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図２０は望遠端における無限遠合焦状態での諸収差図である。

また、図２１は広角端における撮影倍率－１／３０での諸収差図であり、図２２は中間焦点距離状態における撮影倍率－１／３０での諸収差図であり、図２３は望遠端における撮影倍率－１／３０での諸収差図である。

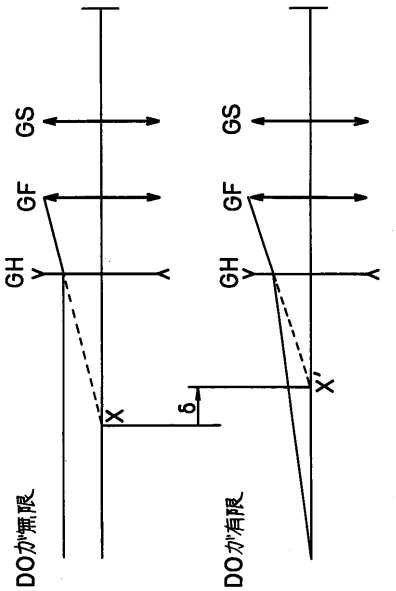
【００５１】

さらに、図２４乃至図２９は実施例２において光軸に対して０．００５rad （ラジアン）だけ像シフトさせたときのコマ収差図である。図２４は広角端における無限遠合焦状態でのコマ収差図であり、図２５は中間焦点距離状態における無限遠合焦状態でのコマ収差図であり、図２６は望遠端における無限遠合焦状態でのコマ収差図である。また、図２７は広角端における撮影倍率－１／３０でのコマ収差図であり、図２８は中間焦点距離状態における撮影倍率－１／３０でのコマ収差図であり、図２９は望遠端における撮影倍率－１／３０でのコマ収差図である。

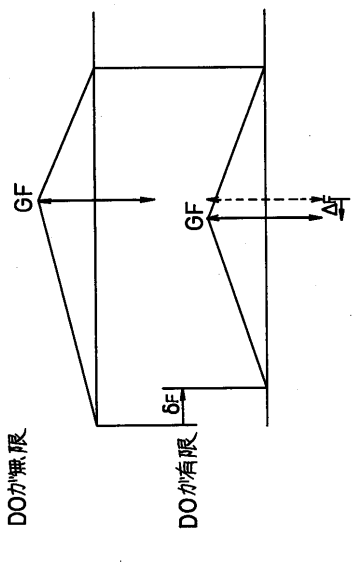
【００５２】
各収差図において、ＦNOはＦナンバーを、ＮＡは開口数を、Ｙは像高を、Ｄはｄ線（λ＝５８７．６ｎｍ）を、Ｇはｇ線（λ＝４５３．８ｎｍ）をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、球面収差を示す収差図において、破線はサイン・コンディション（正弦条件）を示している。
図２４乃至図２９の各収差図は、像高Ｙの正方向に第４レンズ群Ｇ４を移動させたときのＹ＝１５．０，０，－１５．０でのコマ収差である。
各収差図から明らかなように、本実施例では、各焦点距離状態および各撮影距離状態において像シフト時にも諸収差が良好に補正されていることがわかる。
【００５３】
なお、上述の第１および第２実施例ではそれぞれ光軸に対して０．０１および０．００５［ｒａｄ］だけ像シフトした場合の結像性能を例示的に示したが、本発明によればさらに大きな像シフト量に対しても良好な結像性能を得ることができる。
また、上述の各実施例では、像をシフトさせて像位置の変動補正をすることを目的としているために、シフトレンズ群を移動させる際に像面湾曲が発生しないようにしている。しかしながら、逆に、シフトレンズ群を移動させる際に所定量だけ像面が傾くようにして、本発明のズームレンズをチルトレンズとして用いることも可能である。
【００５４】
【効果】
以上説明したように、本発明によれば、フォーカシングレンズ群のレンズ径が小さく、像シフトの制御が容易で、像シフト時にも良好な結像性能を有する高変倍ズームレンズを達成することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】フォーカシングレンズ群ＧＦの移動量Δを小さくするための条件について、薄肉レンズ系を用いて説明する図である。
【図２】レンズ群ＧＦに対する物点の位置がδＦ だけ移動するときレンズ群ＧＳに対する物点の位置を一定にするためにレンズ群ＧＦをΔＦ だけ移動させる様子を示す図である。
【図３】本発明の各実施例にかかるズームレンズの屈折力配分および広角端から望遠端への変倍時における各レンズ群の移動の様子を示す図である。
【図４】本発明の第１実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を示す図である。
【図５】実施例１の広角端における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図６】実施例１の中間焦点距離における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図７】実施例１の望遠端における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図８】実施例１の広角端における撮影倍率－１／４０での諸収差図である。
【図９】実施例１の中間焦点距離における撮影倍率－１／４０での諸収差図である。
【図１０】実施例１の望遠端における撮影倍率－１／４０での諸収差図である。
【図１１】実施例１の広角端における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図１２】実施例１の中間焦点距離における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図１３】実施例１の望遠端における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図１４】実施例１の広角端における撮影倍率－１／４０での像シフト時のコマ収差図である。
【図１５】実施例１の中間焦点距離における撮影倍率－１／４０での像シフト時のコマ収差図である。
【図１６】実施例１の望遠端における撮影倍率－１／４０での像シフト時のコマ収差図である。
【図１７】本発明の第２実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図１８】実施例２の広角端における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図１９】実施例２の中間焦点距離における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図２０】実施例２の望遠端における無限遠合焦状態での諸収差図である。
【図２１】実施例２の広角端における撮影倍率－１／３０での諸収差図である。
【図２２】実施例２の中間焦点距離における撮影倍率－１／３０での諸収差図である。
【図２３】実施例２の望遠端における撮影倍率－１／３０での諸収差図である。
【図２４】実施例２の広角端における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図２５】実施例２の中間焦点距離における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図２６】実施例２の望遠端における無限遠合焦状態での像シフト時のコマ収差図である。
【図２７】実施例２の広角端における撮影倍率－１／３０での像シフト時のコマ収差図である。
【図２８】実施例２の中間焦点距離における撮影倍率－１／３０での像シフト時のコマ収差図である。
【図２９】実施例２の望遠端における撮影倍率－１／３０での像シフト時のコマ収差図である。
【符号の説明】
Ｇ１　　第１レンズ群
Ｇ２　　第２レンズ群
Ｇ３　　第３レンズ群
Ｇ４　　第４レンズ群
Ｇ５　　第５レンズ群
Ｓ　　開口絞り

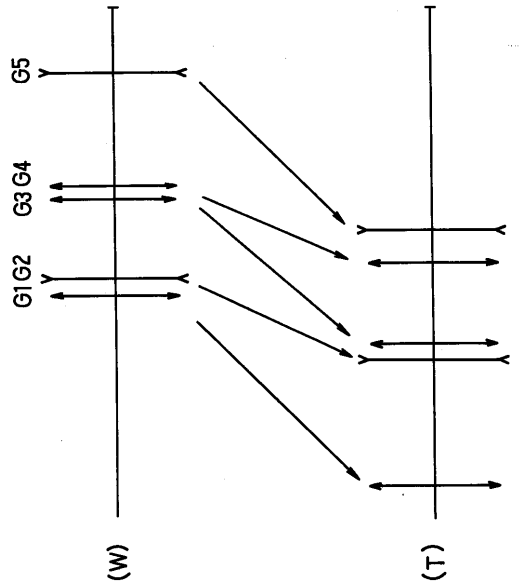
【図１】



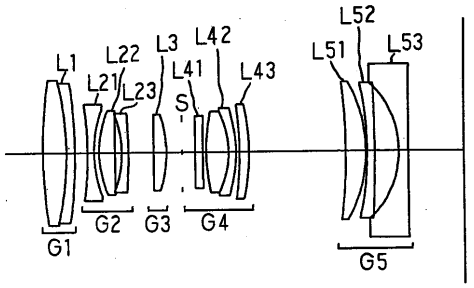
【図２】



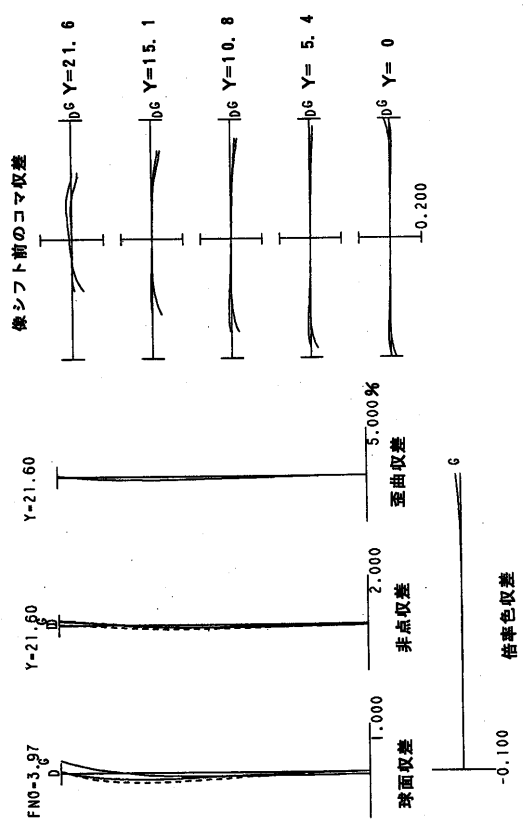
【図３】


G5
G3 G4
G1 G2
(W)
(T)

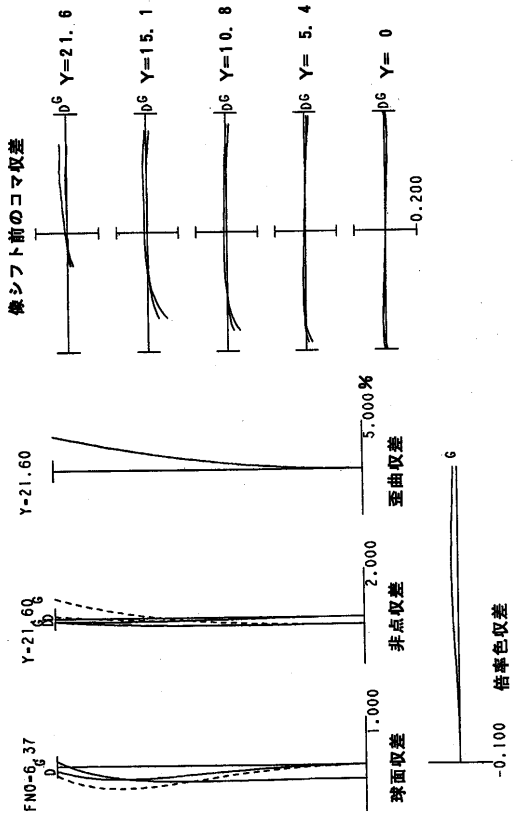
【図４】


L1
L21
L22
L23
L3
L41
L42
L43
S
L51
L52
L53
G1
G2
G3
G4
G5

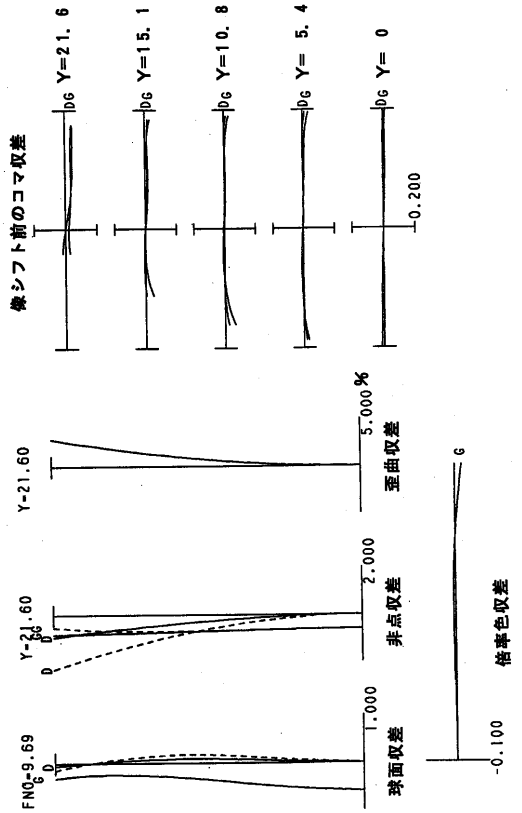
【図５】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y= 5.4
Y= 0
0.200
Y=21.60
5.000%
歪曲収差
2.000
非点収差
1.000
球面収差
-0.100
倍率色収差

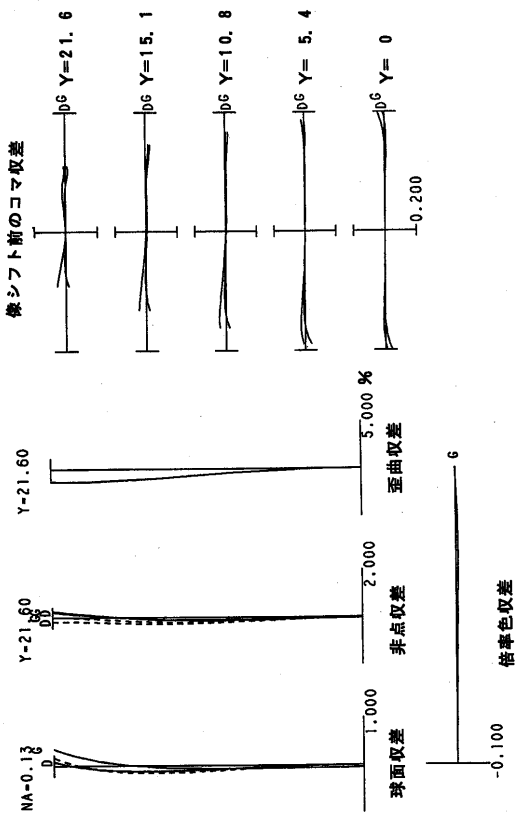
【図６】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y= 5.4
Y= 0
0.200
Y=21.60
5.000%
歪曲収差
2.000
非点収差
1.000
球面収差
-0.100
倍率色収差

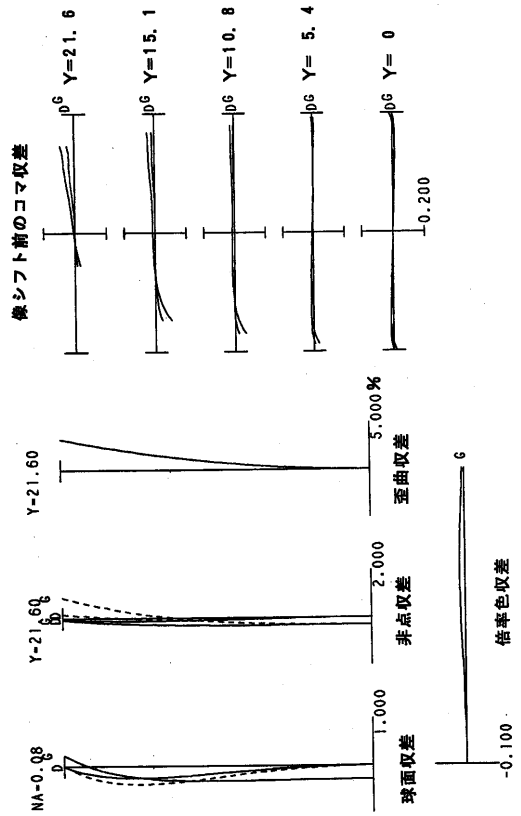
【図７】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y=5.4
Y=0
0.200
Y-21.60
5.000 %
歪曲収差
非点収差
2.000
球面収差
1.000
倍率色収差
-0.100
FNO-9.69

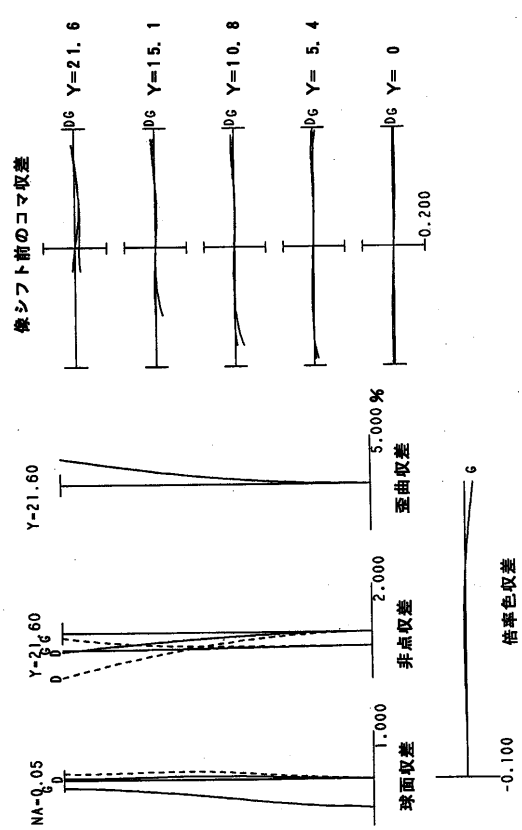
【図８】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y=5.4
Y=0
0.200
Y-21.60
5.000 %
歪曲収差
非点収差
2.000
球面収差
1.000
倍率色収差
-0.100
NA-0.13

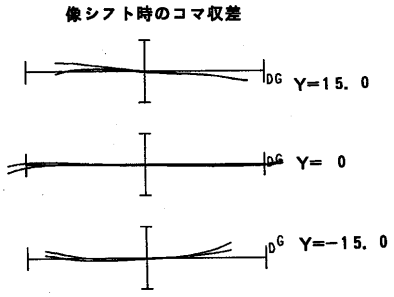
【図９】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y=5.4
Y=0
0.200
Y-21.60
5.000 %
歪曲収差
非点収差
2.000
球面収差
1.000
倍率色収差
-0.100
NA-0.08

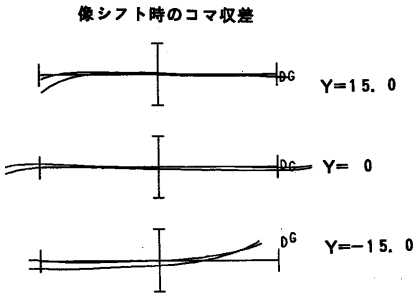
【図１０】


像シフト前のコマ収差
Y=21.6
Y=15.1
Y=10.8
Y=5.4
Y=0
0.200
Y-21.60
5.000 %
歪曲収差
非点収差
2.000
球面収差
1.000
倍率色収差
-0.100
NA-0.05

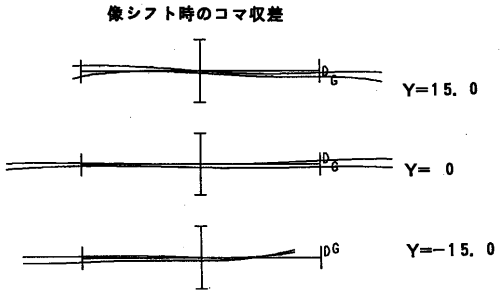
【図１１】



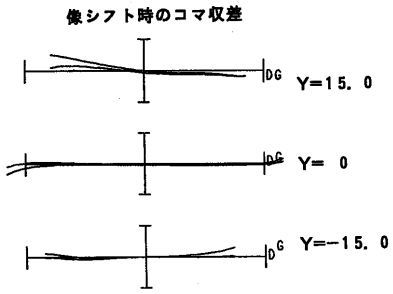
【図１２】



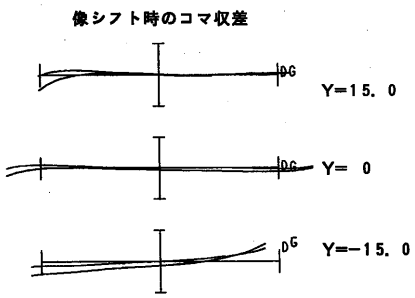
【図１３】



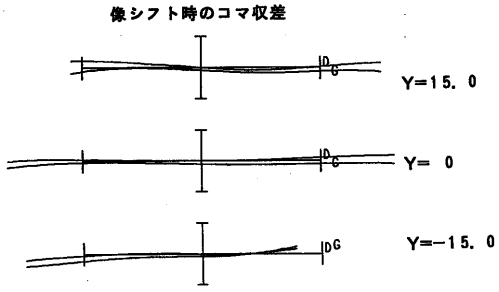
【図１４】



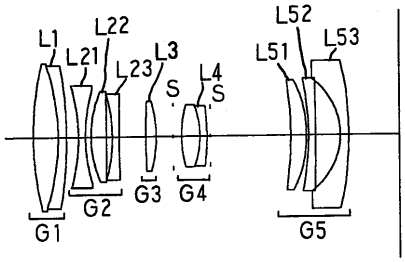
【図１５】



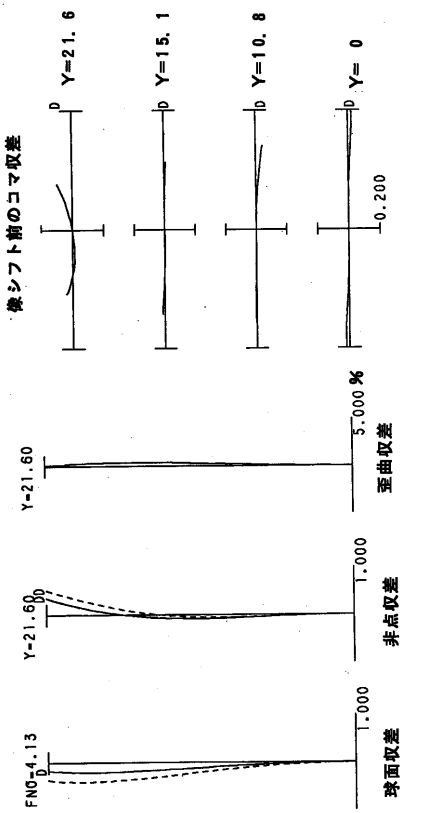
【図１６】



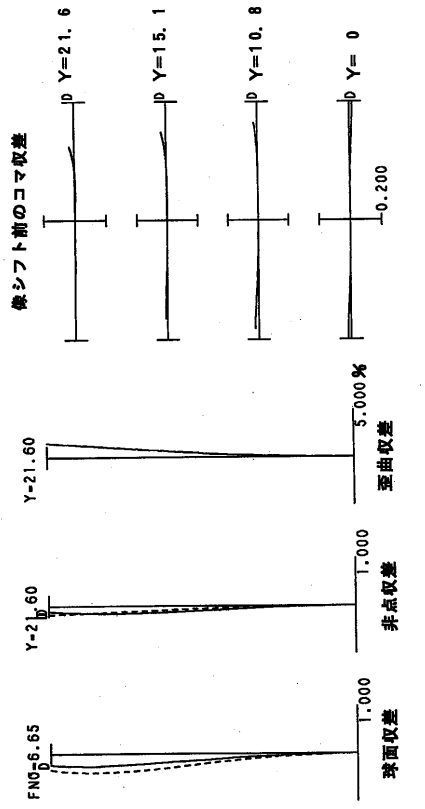
【図１７】



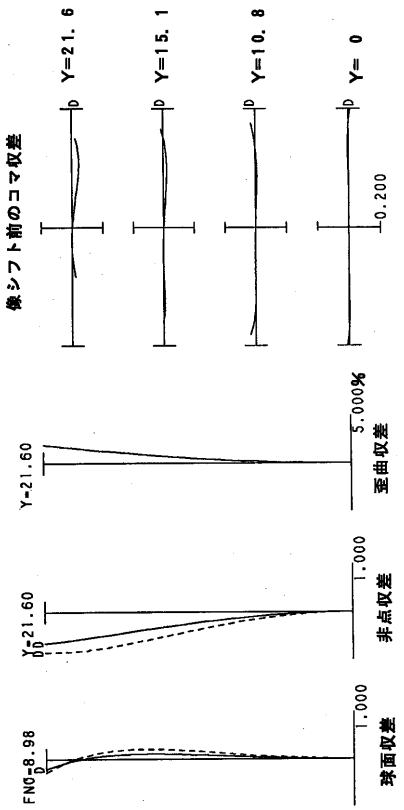
【図１８】



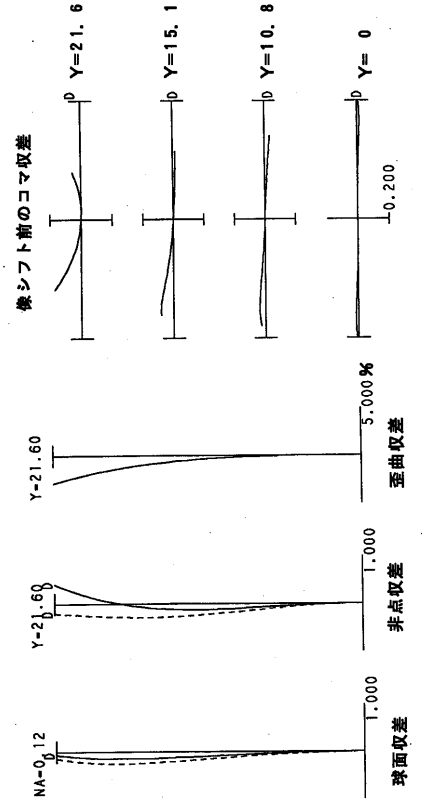
【図１９】



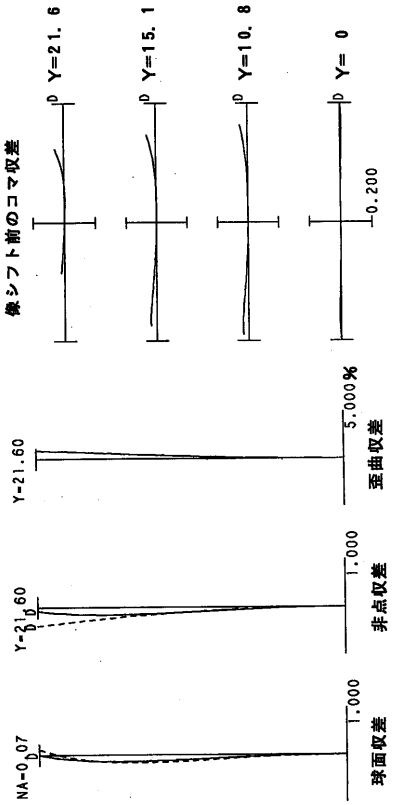
【図２０】



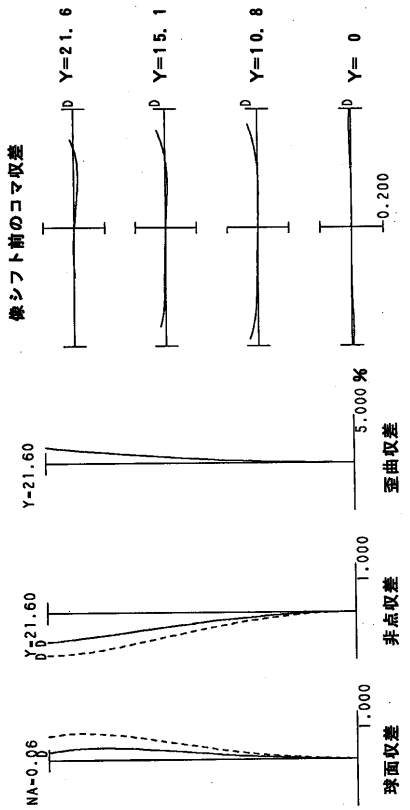
【図２１】



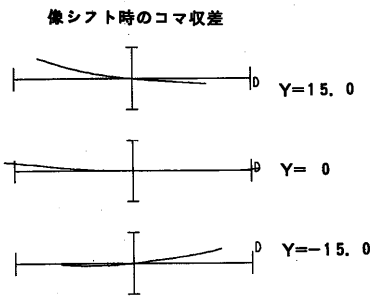
【図２２】



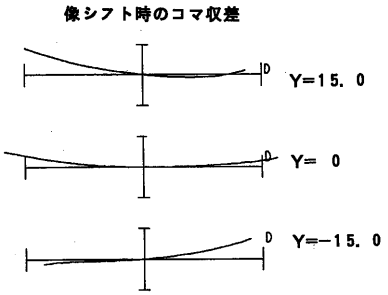
【図２３】



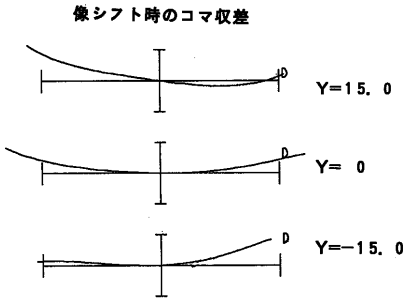
【図２４】



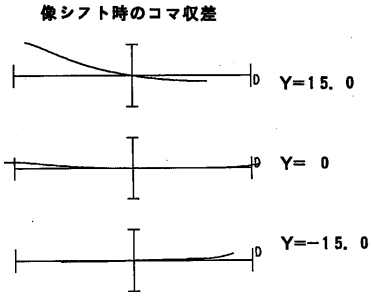
【図２５】



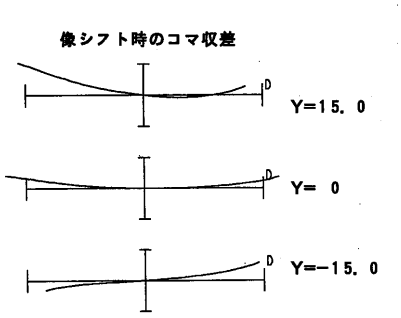
【図２６】



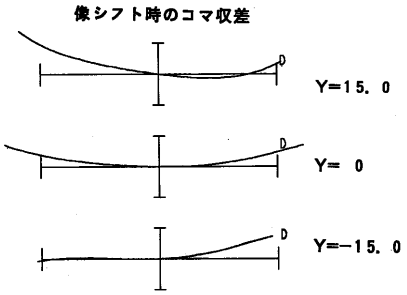
【図２７】



【図２８】



【図２９】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０２－０９３６２０（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０３５４０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３０３０３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３０２９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１１８１１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２３４１１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２３０１１４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０５３０５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２９４８５３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０８８４２１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２０１６２３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１３３１１９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１１５１２６（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０９３６２０（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０３５４０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３０３０３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３０２９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１１８１１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２３４１１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２３０１１４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０５３０５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２９４８５３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０８８４２１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２０１６２３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１３３１１９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１１５１２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02B 27/64
G02B 13/18
G02B 15/20