(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3541983号
(P3541983)
(45)発行日　平成16年7月14日(2004.7.14)　(24)登録日　平成16年4月9日(2004.4.9)

(51)Int.Cl.[7]	F I
G02B 13/18	G02B 13/18
G02B 9/58	G02B 9/58
G02B 9/60	G02B 9/60
G02B 9/62	G02B 9/62
G02B 9/64	G02B 9/64

請求項の数 3　(全 42 頁)

(21)出願番号　特願平7-121634
(22)出願日　平成7年5月19日(1995.5.19)
(65)公開番号　特開平8-313803
(43)公開日　平成8年11月29日(1996.11.29)
審査請求日　平成14年4月22日(2002.4.22)

前置審査

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100092509
弁理士　白井　博樹
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】広角レンズ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、

前記第１レンズ群は、１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズのみにて構成し、

前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、

前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、

かつ、前記第２レンズ群における前記接合レンズの一方は正レンズと負レンズを合計３枚接合してなる３枚接合レンズであり、

前記第３レンズ群は、１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズのみにて構成し、

無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、光学系全長を変えることなく、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が減少し、かつ、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔が増加するように、前記第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する内焦方式によって行うようにし、

以下の条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

$0.2 < -f_1 / f < 3$　　・・・（１）

$0.03 < e_{12}/f < 1$ ・・・（２）
$0.2 < f_{21}/f_{22} < 2$ ・・・（３）
$0.15 < f_1/f_3 < 2.5$ ・・・（４）
ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、
f_3：第３レンズ群の焦点距離、
f：全系の焦点距離、
f_{21}：第２レンズ群の前群（G_{21}）の焦点距離、
f_{22}：第２レンズ群の後群（G_{22}）の焦点距離、
e_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との主点間隔、
である。

【請求項２】
フォーカシング時の収差変動を補償するために、無限遠から有限遠物体へのフォーカシング時に、前記第２レンズ群を基準位置より物体側に移動すると共に、前記第２レンズ群を構成する前記前群（G_{21}）と前記後群（G_{22}）の一部のレンズ間隔を変化させることを特徴とする請求項１記載の広角レンズ。

【請求項３】
前記第２レンズ群の後群は、両凹レンズ、両凸レンズ及び像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズによる３枚接合レンズからなることを特徴とする請求項１記載の広角レンズ。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、広角レンズに関し、特に、写真レンズや電子映像機器用光学系に好適で、有限遠性能の改善及び操作性の向上を図った対称型の広角レンズに関する。

【０００２】
【従来の技術】
画角が７２°程度以上の広角レンズにおいて、一眼レフレックスカメラ用の結像と異なり、従来のレンジファインダーを有するカメラ用のものはバックフォーカスの制限が緩い。そのため、収差補正上有利な、物体側より負、正、負の群配置からなる対称型の広角レンズが代表的に米国特許第２，７２１，４９９号や米国特許第２，７８１，６９５号等において提案された。

【０００３】
このレンズ系は多くのフォーマットの写真レンズに応用されたが、特定物体距離を基準として光学設計がなされる傾向にあり、有限遠物体へのフォーカシングには、光学系全体を移動する方式が一般的であった。

【０００４】
【発明の解決しようとする課題】
本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、写真レンズや電子映像器用光学系を対象とし、従来の対称型光広角レンズ、すなわち、開口絞りを有する収斂系の両側に負レンズ系を配置して、開口効率向上とサジタル像面のさらなる性能改善を行い得る広角レンズの有限遠性能の改善及び操作性の向上を図ることである。

【０００５】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成する本発明の広角レンズは、物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、
前記第１レンズ群は、１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズのみにて構成し、
前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、
前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて

構成し、
かつ、前記第２レンズ群における前記接合レンズの一方は正レンズと負レンズを合計３枚接合してなる３枚接合レンズであり、
前記第３レンズ群は、１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズのみにて構成し、
無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、光学系全長を変えることなく、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が減少し、かつ、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔が増加するように、前記第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する内焦方式によって行うようにし、
以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

$0.2 < -f_1 / f < 3$　　・・・（１）
$0.03 < e_{12} / f < 1$　　・・・（２）
$0.2 < f_{21} / f_{22} < 2$　　・・・（３）
$0.15 < f_1 / f_3 < 2.5$　　・・・（４）

ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、
f_3：第３レンズ群の焦点距離、
f：全系の焦点距離、
f_{21}：第２レンズ群の前群（G_{21}）の焦点距離、
f_{22}：第２レンズ群の後群（G_{22}）の焦点距離、
e_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との主点間隔、
である。

【０００８】
【作用】
以下、本発明において上記構成をとる理由と作用について説明する。
本発明で対象とする対称型広角レンズは、開口絞りを含む収斂系の前後に、ほぼコンセントリックに配置された負レンズ群を有する。この光学系は、前記の提案に見られるように、収差補正上から考えれば理想的な構成であり、広角系で顕著となるサジタルコマ収差の補正を容易にすると共に、画角の関数として冪級数展開される歪曲収差も対称性ゆえに、比較的に容易に補正し得ると考えられる。
【０００９】
しかしながら、写真レンズのように無限遠物体から近接撮影まで要求される光学系では、従来の全系移動によるフォーカシングであれば、中心最良像面と軸外最良像面の移動速度の比率が異なり、結果として軸外像面の画質低下に結び付いていた。
【００１０】
また、ラージフォーマットカメラにおいては、大型のレンズの駆動あるいは移動等、全長の変化により必ずしも俊敏なピント合わせが実現し得ない状況にあった。さらに、レンズ系の構成は、画角や口径比に応じて第１レンズ群や第３レンズ群の構成枚数が増加する傾向にあった。
【００１１】
このようなレンズ系における諸問題点は、以下の構成に基づいたフォーカシング方式により解決し得ることが明確になった。
ずなわち、物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、光学系全長を変えることなく、第１レンズ群と第２レンズ群の間隔が減少し、かつ、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔が増加するように、第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する

内焦方式によって行うようにする。さらに、以下の条件式を満足するようにする。

$0.2 < -f_1 / f < 3$ ・・・（１）

$0.03 < e_{12} / f < 1$ ・・・（２）

$0.2 < f_{21} / f_{22} < 2$ ・・・（３）

$0.15 < f_1 / f_3 < 2.5$ ・・・（４）

ただし、f_1 ：第１レンズ群の焦点距離、

f_3 ：第３レンズ群の焦点距離、

f ：全系の焦点距離、

f_{21}：第２レンズ群の前群（G_{21}）の焦点距離、

f_{22}：第２レンズ群の後群（G_{22}）の焦点距離、

e_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との主点間隔、

である。

【００１２】

また、フォーカシング時の収差変動を補償するために、無限遠から有限遠物体へのフォーカシング時に、第２レンズ群を基準位置より物体に移動すると共に、第２レンズ群を構成する前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の一部のレンズ間隔を変化させることにより、広い範囲で高い結像性能を得ることが可能となる。

【００１３】

次に、上記内容について具体的な作用と効果について説明する。

本レンズ系において、第２レンズ群の収斂系は、開口絞りを挟み、合成屈折力が正の前群と後群の２群にて構成される。すなわち、開口絞りの前後に対称に光学系を配置する。このレンズ系においては、大口径比の可能性は残すが、広角画角化するには絞りの前後にコンセントリックに負レンズを配置することで、対称性を持たせることができ、収斂系への入射角は緩みサジタルコマ収差の補正が容易になると言う特徴が現れる。

【００１４】

ここで、近軸的条件式について説明する。まず、前記の条件式（１）は、第１レンズ群の屈折力を規定する。この条件式の下限の０．２を越えると、小型化に有利であるが、収差補正上で多くのレンズ構成枚数を要することとなり、好ましくない。また、上限値３を越えると、収差補正上で非常に有利となるが、第１レンズ群が大型化し、かつ、第３レンズ群もこれに伴い大型化するので、望ましくない。

【００１５】

次に、条件式（２）は、第１レンズ群と第２レンズ群の主点間隔を規定する。下限値０．０３を越えるときに、小型化の方向であるが、第１レンズ群をはじめ屈折力が大きくなる傾向となり、収差補正上から無理が生ずる。また、上限値１を越えるときに、第１レンズ群と第２レンズ群の実間隔が大きくなることを意味し、第１レンズ群の必要以上の大型化を招き、望ましい状態とならない。

【００１６】

条件式（３）は、第２レンズ群に関する屈折力の中の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の比率を規定し、開口絞り前後の屈折力における対称性を意味する。下限値０．２を越えるとき、前群の相対的な屈折力が大きくなりすぎ、球面収差補正をはじめ対称性によって補償することの可能な収差補正に支障をきたす。また、上限値２を越えるとき、逆に、後群の相対的な屈折力が大きくなりすぎて、球面収差以外に非点隔差の増大やメリディオナルコマ収差の補正に難点を生ずる傾向が出るので、好ましくない。

【００１７】

条件式（４）は、第１レンズ群と第３レンズ群の屈折力の比率を示し、負レンズ群の対称性を規定するものである。下限値０．１５を越えるときに、第１レンズ群の相対的な屈折力が大きくなり、複数のレンズ群で構成する必要性が生じることに加えて、サジタルコマ収差の増大が顕著になり、第１レンズ群自体の大型化が強く要求される結果となる。また、対称性の欠如により全系の残存収差も増すので、結果として好ましくない。上限値２．５を越えるとき、第３レンズ群の屈折力が相対的に大きくなる結果対称性の欠如となり、

像面平坦性や倍率色収差さらに歪曲収差の補正に支障をきたすことになり、好ましくない。

【００１８】

以上の近軸的屈折力の条件の下に、本発明により、第１フォーカシング方式について提案する。

【００１９】

上述のように、無限遠から有限遠物体へのフォーカシング時に、光学系全長を変えることなく、第１レンズ群と第２レンズ群間隔が減少し、かつ、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔が増加するように、第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する内焦方式によってフォーカシングを行うようにすることで、操作性向上と光学的には収差補正上の目的も達成し得た。これについて具体的に説明する。第２レンズ群には開口絞りが含まれることから、これも同時に駆動する機構を必要とする。

【００２０】

本方式の特徴は、具体的には、フォーカシング時には、第１レンズ群と第３レンズ群を固定として保持し、開口絞りを含む第２レンズ群のみを移動することにより有限遠物体に対する焦点合わせを実現することにある。したがって、本発明のレンズ系が、第２レンズ群を移動することによりフォーカシングに伴う収差変動を補正し得る特性を持つか否かの点については、構成される屈折力配置に基づいて各レンズ群の固有収差係数値の変化に注目する必要がある。

【００２１】

一方で、重要なのは、第２レンズ群を移動することにより変化するレンズ群間隔の作用である。すなわち、第２レンズ群の繰り出しによる実間隔変化によって引き起こされる収差の変動と、有限遠物体への焦点合わせ時に発生する入射角の変化によって引き起こされる収差の変動が、相互に打ち消し合う方向であることが必要である。このために、後記する実施例１に関して、上記の課題についての説明を加える。

【００２２】

まず、フォーカシングにより変化する実間隔が変化する際に主要な光線収差が補正され得るかを検証する。

表１

	Δf	ΔBf	ΔSa	ΔDs	ΔDm
D_1	0.0456	0.0157	0.0016	-0.0023	-0.0080
D_2	-0.0744	-0.1565	-0.0073	0.0008	0.0132

D_1：第１レンズ群と第２レンズ群の間隔の変化

D_2：第２レンズ群と第３レンズ群の間隔の変化

Δf：焦点距離の変化

ΔBf：バックフォーカスの変化

ΔSa：輪帯の球面収差の変化

ΔDs：サジタル方向の非点収差の変化

ΔDm：メリディオナル方向の非点収差の変化。

【００２３】

上記の表１は、実施例１において、第２レンズ群をフォーカシングで移動するときに変化する実間隔により、収差の変動を見るものである。表１では、フォーカシングレンズ群を仮に０．１ｍｍ繰り出すことを想定したときに変化する諸量の数量であり、補償が可能であることを示している。

【００２４】

次に、３次収差係数について示す。

表２

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.04287	-0.0629	-0.01766	-0.61219	0.13633
２群	-0.09276	-0.1549	-0.07656	-0.27615	-0.40569
３群	0.03201	0.26607	0.19953	1.75811	0.21092
Σ	-0.01789	0.04826	0.10532	0.86977	-0.05845

表３

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.04400	-0.05227	-0.02345	-0.52280	0.12782
２群	-0.09823	-0.15314	-0.07479	-0.25978	-0.38036
３群	0.02814	0.24793	0.19942	1.76115	0.19775
Σ	-0.02909	0.04252	0.10117	0.97856	-0.05480

SA_3 ：３次球面収差係数　　DT_3 ：３次歪曲収差係数

CM_3 ：３次コマ収差係数　　PT_3 ：３次像面湾曲収差係数

AS_3 ：３次非点収差係数　　Σ　：全系の収差係数総和　　。

【００２５】

表２は、実施例１における無限遠物体合焦時の３次収差係数を各レンズ群について表示し、表３は、物体距離０．５ｍに合焦したときの３次収差係数を各レンズ群について表示している。これらを見れば分かるように、収差係数においても基本的な収差に関する収差変動を補正することが実現し得る。さらに、第２レンズ群による内焦方式によって残存する収差が高次収差等であるときにも、第２レンズ群内を部分系に分割しその間に可動間隔を設けることで、補償することが可能である。しかも、望ましいのは、残存収差以外の収差への寄与が少ない場合に極めて有効であることは言うまでもない。これについては、実施例で具体的に説明する。

【００２６】

次に、もう１つのフォーカシング方式について具体的に説明する。対象とするレンズ系の基本系は対称レンズ系であり、具体的には、以下の構成をとる。すなわち、このフォーカシング方式を適用するレンズ系は既に述べた通り、開口絞りを含む収斂系の前後に、ほぼコンセントリックに配置された負レンズ群を有するものである。そのため、前記のように、広角系で顕著となるサジタルコマ収差の補正を容易にすると共に、画角の関数として冪級数展開される歪曲収差も対称性ゆえに、比較的に容易に補正し得るものである。

【００２７】

しかしながら、写真レンズのように無限遠物体から近接撮影まで要求される光学系では、従来の全系移動によるフォーカシングであれば、中心最良像面と軸外最良像面の移動速度の比率が異なり、結果として軸外像面の画質低下に結び付いていた。

【００２８】

このようなレンズ系における諸問題点は、以下の構成に基づいたフォーカシング方式により解決し得ることが明確になった。すなわち、物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、全系を物体側に移動するのと同時に、レンズ群間隔又はレンズ群内の間隔を変えることにより収差変動を補正するようにして行う。さらに、以下の条件式を満足するようにする。

$0.2 < f_{12}/f < 16$　　・・・（５）

$-5 < f_{23}/f < 12$　　・・・（６）

$-3 < e'/f < 1$　　・・・（７）

ただし、f_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との合成焦点距離、

f_{23}：第２レンズ群の後群と第３レンズ群との合成焦点距離、

f　：全系の焦点距離、

e'：第１レンズ群と第２レンズ群の前群からなる系、及び、第２レンズ群の後群と第３レンズ群からなる系の主点間隔、

である。

【００２９】

上記の条件式について説明する。条件式（５）から（７）は何れもレンズ系の近軸構成を規定するものである。また、これら条件式は、全系を開口絞りについて物体側と像側とに分割した対称性に重点をおいて屈折力を規定している。

【００３０】

条件式（５）は、開口絞りより物体側の屈折力を規定する。下限値０．２を越えるとき、小型化には有利となるが、広角レンズ特有のサジタルコマ収差の発生や球面収差の補正に課題を残すため、望ましくない。上限値１６を越えるとき、収差補正上から非常に有利であるが、第１レンズ群が非常に大型化する結果となり、望ましくない。

【００３１】

条件式（６）は、開口絞りの像側に配置される後群の屈折力を規定する。下限値－５を越えるとき、全長短縮に有利であるが、像面湾曲収差や倍率色収差の残存に繋がり、望ましくない。また、上限値１２を越えるとき、収差補正上で有利となるが、広角化時にはバックフォーカスの不足をはじめ、全長の大型化を招き、望ましくない。

【００３２】

また、条件式（７）は開口絞り空間を規定する。この空間は、適切な値をとることが極めて重要であることは言うまでもない。すなわち、下限の－３を越えるときに、開口絞りを配置する実空間がなくなり、実現性が乏しくなる。上限値１を越えるときに、開口絞りの

物体側に位置する光学系から射出される軸外光束の角度が大きいので、開口効率を高めるためには開口絞りより後群のレンズ系が大型化してしまうので、望ましくない。

【００３３】

次に、フォーカシング方式について説明する。

従来、ここで対象とするレンズ系は、写真レンズとして使用される場合には、ライカ判から中・大判のいわゆるラージフォーマットカメラにまで幅広く使用されている。したがって、フォーカシング機構と言っても全系を撮影意図に応じて移動する方式であり、厳密に収差変動を補償したり抑制すると言った試みは見られない。本発明では、基本的なフォーカシングは、一般的な全系移動をとり、収差変動を抑え有限撮影距離においても高い結像性能を得るため、軸上球面収差の変動をできるだけ抑え、この変動と軸外の最良像面が同じ方向になるようにするものである。具体的には、レンズ群間隔を可動として収差変動を補償する。これは基本光学系が同様であれば、ある程度レンズ構成が変わっても使用できる。さらには、レンズ群間隔のみを可動とするのでなく、レンズ群を意図的に部分系に分割して収差変動を補償することも当然可能である。

【００３４】

次に、具体的に後記する実施例６についての数値例で説明する。実施例６は、開口絞り前後に接合レンズを有し、また、この前後に１枚の負メニスカスレンズを配置したほぼ対称型のレンズ系であると言うことができる。ここで、３次収差係数を示して、フォーカシングにおける実際の効果を説明する。

【００３５】

表４

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.10783	-0.31541	0.09010	-0.42964	0.16968
２群	-0.13632	0.20147	-0.12303	-0.50640	-0.40277
３群	0.01358	0.13110	0.03219	0.92297	0.21008
Σ	-0.01491	0.01717	-0.00074	-0.01306	-0.02301

表５

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.10247	-0.28843	0.07860	-0.36324	0.15093
２群	-0.13475	0.18274	-0.11423	-0.42347	-0.35826
３群	0.01650	0.13904	0.03238	0.78245	0.18686
Σ	-0.01579	0.03335	-0.00325	-0.00426	-0.02047

SA_3 ：３次球面収差係数　　DT_3 ：３次歪曲収差係数
CM_3 ：３次コマ収差係数　　PT_3 ：３次像面湾曲収差係数
AS_3 ：３次非点収差係数　　Σ　：全系の収差係数総和　　。

【００３６】
表４は、実施例６における無限遠物体合焦時の３次収差係数を各レンズ群について表示し、表５は、全系移動による物体距離０．５ｍに合焦したときにおける３次収差係数である。
【００３７】

表６

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.10120	-0.29490	0.08371	-0.38128	0.15300
２群	-0.13470	0.18416	-0.11564	-0.43241	-0.36317
３群	0.01555	0.13600	0.03311	0.80875	0.18942
Σ	-0.01794	0.02526	0.00118	-0.00494	-0.02075

表６は、このフォーカシング方式により物体距離０．５ｍに合焦したときにおける３次収差係数を示す。

【００３８】

上記表４は、実施例６における無限遠物体における３次収差係数である。この状態では収差補正は十分になされているのであるが、全系移動により物体距離で０．５ｍに焦点合わせするときの変動は、特に軸外で大きいことが表５に示す収差係数で明らかである。特にコマ収差係数と歪曲収差係数の収差変動は、許容できる範囲を焦点深度内としても、これを越える状況にあると言える。次に、本方式による効果が表６に示されている。

【００３９】

すなわち、全系移動しながら第１レンズ群と第２レンズ群間隔を０．２０６ｍｍ増加し、かつ、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔を０．１９１ｍｍ増加することにより、０．５ｍに焦点合わせを行った場合である。これによってコマ収差、歪曲収差係数のフォーカシングによる変動が大幅に減少していることが明らかである。これは、上記のレンズ群間隔を可変とすることで軸上球面収差の変動に大きな影響を与えることなしに、軸外収差であるコマ収差や歪曲収差の変動を抑えることができる間隔を見出すことができたことになる。

【００４０】

次に、レンズ群間と共にレンズ群内の部分系の間隔を可動とすることにより得られる効果について例をあげて説明する。例えば、後記する実施例１０において、そのレンズ断面図を示す図８に示すように、第１レンズ群Ｇ１を負レンズ２枚と正レンズにて構成しており、部分系として物体側から２枚の負レンズによる負成分と後続する正レンズに分割し、有限遠物体へのフォーカシング時にフローティングすることを意図する。本実施例では、第１レンズ群Ｇ１内の可動間隔と第１レンズ群Ｇ１及び第２レンズ群Ｇ２間の間隔の２箇所が収差変動の補償に使用されている。

【００４１】

表７

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.58988	-1.89275	0.73841	-3.47627	0.56097
２群	-0.46707	0.77036	-0.12031	1.69430	-0.41125
３群	-0.17210	1.06950	-0.45978	1.52172	-0.21182
Σ	-0.049290	-0.05289	0.15832	-0.26026	-0.06209

表８

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.54958	-1.67472	0.59349	-2.79969	0.49709
２群	-0.44993	0.70471	-0.08339	1.37570	-0.36442
３群	-0.15462	0.99013	-0.38877	1.35672	-0.18769
Σ	-0.05497	0.02011	0.12133	-0.06727	-0.05502

SA_3 ：３次球面収差係数　　DT_3 ：３次歪曲収差係数
CM_3 ：３次コマ収差係数　　PT_3 ：３次像面湾曲収差係数
AS_3 ：３次非点収差係数　　Σ　：全系の収差係数総和　　。

【００４２】
表７は、実施例１０における無限遠物体合焦時の３次収差係数を各レンズ群について表示し、表８は、全系移動による物体距離０．５ｍに合焦したときにおける３次収差係数である。
【００４３】

表９

	SA_3	CM_3	AS_3	DT_3	PT_3
１群	0.55030	-1.69712	0.60769	-2.79222	0.49131
２群	-0.44618	0.72406	-0.09005	1.36453	-0.36018
３群	-0.15278	0.98189	-0.38256	1.34186	-0.18551
Σ	-0.04867	0.00883	0.13508	-0.08582	-0.05438

表９は、本方式によるフローティング方法を使用したときの物体距離０．５ｍにおける３次収差補正係数である。

【００４４】

この例についても、無限遠物体合焦時の諸収差係数は、全系移動によれば表８のように特にコマ収差の変動と歪曲収差の変動が大きい。しかしながら、第１レンズ群及び第２レンズ群の間隔を変化させるフローティングを採用すれば、表９のように安定した性能を得ることができる。この例では、第１レンズ群内の間隔の変化量は０．１３７ｍｍの減少し、第１レンズ群と第２レンズ群の間隔が０．２８２ｍｍ増加する。

【００４５】

【実施例】

以下、本発明の広角レンズの実施例１～１０について説明する。ただし、実施例２、４、６、７、１０は本発明の参考例である。

実施例１は、焦点距離２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．８５の広角レンズであり、レンズ断面図を図１に示す。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズとからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、両凹レンズ、両凸レンズ及び像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズによる３枚接合レンズとからなる。第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第２レンズ群Ｇ２の最も物体側の面、第３レンズ群Ｇ３を構成する負メニスカスレンズの凹面に使用されている。

【００４６】

有限遠物点へのフォーカシングは、図１に示すように、第２レンズ群Ｇ２を移動することにより行う。フォーカシング時には、レンズ系全長は一定であり、いわゆるインナーフォーカシングを実現している。

【００４７】

この実施例の無限遠物点にフォーカシングしたときの収差図を図９（ａ）～（ｄ）に、レンズ第１面より０．５ｍの有限遠物点にフォーカシングしたときの収差図を図９（ｅ）～（ｈ）に示す。これらの収差図において、（ａ）、（ｅ）は球面収差、（ｂ）、（ｆ）は非点収差、（ｃ）、（ｇ）は倍率色収差、（ｄ）、（ｈ）は歪曲収差を示す。以下同じ。この結果、本フォーカシング方式によって安定した性能を得ることができることが明らかである。

【００４８】

実施例２は、焦点距離が２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．８３の広角レンズであり、仕様は実施例１に近いが、レンズ系の構成が異なり、第１レンズ群Ｇ１を２枚構成にし、第２レンズ群Ｇ２の後部に正の単体レンズが配置されている。レンズ断面図を図２に示す

。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの２枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、両凹レンズ両凸レンズの接合レンズと、像側の面の曲率が強い両凸レンズから構成する。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の最終面、第３レンズ群Ｇ３の前面である凹面に使用されている。

【００４９】

この実施例の図９と同様の収差図を図１０に示す。この実施例でも、第２レンズ群Ｇ２を移動することによるインナーフォーカシングによってフォーカシングを実現し、収差変動の極めて小さい光学系を得ることができる。なお、この無限遠から有限遠物点にへのフォーカシングの際、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}の接合レンズと正レンズの間隔を増加させてフローティングを行っている。

【００５０】

実施例３は、焦点距離２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．８８の広角レンズであり、レンズ構成、非球面の使用は実施例１と同様であり、図示は省く。この実施例においては、第１レンズ群Ｇ１と第３レンズ群Ｇ３が第２レンズ群Ｇ２に対して余裕がある配置をとっている。フォーカシングは第２レンズ群Ｇ２の移動によって行う。この実施例の図９と同様の収差図を図１１に示す。

【００５１】

実施例４は、焦点距離２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．８２の広角レンズであり、レンズ構成、非球面の使用は実施例２と同様であり、図示は省く。フォーカシングは第２レンズ群Ｇ２の移動によって行う。この実施例の図９と同様の収差図を図１２に示す。

【００５２】

実施例５は、焦点距離２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．８２の広角レンズであり、レンズ断面図を図３に示す。レンズ系の構成は、第２レンズ群Ｇ２が複雑である。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、物体側に凸面を向けた厚肉の正メニスカスレンズと、両凸レンズと曲率の強い両凹レンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの３枚接合レンズとからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズと、屈折力の小さい両凹レンズと両凸レンズの接合レンズとから構成する。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた曲率の強い負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズの後面、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}の３枚接合レンズの最も物体側の面に使用されている。

【００５３】

この実施例のフッーカシングは第２レンズ群Ｇ２の移動によって行う。図９と同様の収差図を図１３に示す。無限遠に合焦した状態では、歪曲収差がほとんどないが、有限遠物点では、変化が見られる。この点に関しては、部分フローティング等の方法で解決し得る。すなわち、第２レンズ群Ｇ２内に補正間隔を設ける等をすることが有効である。

【００５４】

実施例６は、焦点距離が２８．２０ｍｍで、口径比が１：２．８８の広角レンズであり、レンズ断面図を図４に示す。図示のように、この実施例は簡単なレンズ構成である。すなわち、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、像側に曲率の強い凹面を向けた両凹レンズと両凸レンズの接合レンズからなる。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}の最も像側面に使用されている。

【００５５】

この実施例の図９と同様の収差図を図１４に示す。このレンズ系は、無限遠から有限遠へ

のフォーカシングには、全系を繰り出しながら第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔及び第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を変化させることでフォーカシングによる収差変動を抑制する。レンズ第１面から物点まで０．５ｍの有限物体に合焦する場合のフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２間では＋０．２０６ｍｍ、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は＋０．１９１ｍｍ増加することで、効果が得られる。

【００５６】

実施例７は、焦点距離が２１．１５ｍｍで、口径比が１：２．８５の大口径比を有する広角レンズであり、レンズ断面図を図５に示す。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、両凸レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズからなる。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の物体側面である第１面と、第２レンズ群Ｇ２の最終面と、第３レンズ群Ｇ３の像側面すなわち最終面に使用する。

【００５７】

この実施例の図９と同様の収差図を図１５に示す。このレンズ系は、無限遠から有限遠へのフォーカシングには、全系を繰り出しながら第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔及び第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を変化させることでフォーカシングによる収差変動を抑制する。無限遠からレンズ第１面から物点まで０．５ｍの有限物体に合焦する場合のフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２間では－０．０７７ｍｍ、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は＋０．１５４ｍｍ増加するようにした。

【００５８】

実施例８は、焦点距離が２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．０８の大口径比を有する広角レンズであり、レンズ断面図を図６に示す。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズによる３枚接合レンズからなる。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の物体側面である第１面と、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凹面に使用している。

【００５９】

この実施例の図９と同様の収差図を図１６に示す。このレンズ系は、無限遠から有限遠へのフォーカシングには、全系を繰り出しながら第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔及び第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を変化させることでフォーカシングによる収差変動を抑制する。無限遠からレンズ第１面から物点まで０．５ｍの有限物体に合焦する場合のフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２間では＋０．２８２ｍｍ、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は－０．３０１ｍｍ増加するようにした。

【００６０】

実施例９は、焦点距離が２８．２５ｍｍで、口径比が１：２．０８の大口径比を有する広角レンズであり、レンズ断面図を図７に示す。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた厚肉の負メニスカスレンズ１枚から構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズとからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズと像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの３枚接合レンズからなる。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第２レンズ群Ｇ２の最も物体側の凸面、第３レンズ群Ｇ３の凹面に使用している。

【００６１】
この実施例の図９と同様の収差図を図１７に示す。これから、収差変動が極めて小さいことが示される。このレンズ系は、無限遠から有限遠へのフォーカシングには、全系を繰り出しながら第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔及び第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔を変化させることでフォーカシングによる収差変動を抑制する。無限遠からレンズ第１面から物点まで０．５ｍの有限物体に合焦する場合のフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２間では＋１．２６１ｍｍ、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は－０．７３３ｍｍ増加するようにした。
【００６２】
実施例１０は、焦点距離が２８．２４ｍｍで、口径比が１：２．０８の大口径比を有する広角レンズであり、レンズ断面図を図８に示す。構成は、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けた２枚の負メニスカスレンズと、空気レンズを隔てて物体側に強い曲率を有する正メニスカスレンズとから構成し、第２レンズ群Ｇ２の前群G_{21}は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正メニスカスレンズの接合レンズからなり、開口絞りを隔てて、第２レンズ群Ｇ２の後群G_{22}は、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズと、両凸レンズとからなる。また、第３レンズ群Ｇ３は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ１枚からなる。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の第１メニスカスレンズの凹面、第２レンズ群Ｇ２の最も物体側、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凹面に使用している。
【００６３】
この実施例の図９と同様の収差図を図１８に示す。これから、収差変動が極めて小さいことが示される。このレンズ系は、無限遠から有限遠へのフォーカシングには、全系を繰り出しながら、第１レンズ群Ｇ１中の２枚の負レンズと後続する正レンズとの間を分割し、その２枚の負レンズと後続する正レンズとの間隔、及び、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔を変化させることでフォーカシングによる収差変動を抑制する。無限遠からレンズ第１面から物点まで０．５ｍの有限物体に合焦する場合のフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１中の２枚の負レンズと後続する正レンズとの間の間隔ででは－０．１３７ｍｍ、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は＋０．２８２ｍｍ増加するようにした。
【００６４】
以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、ｆは全系焦点距離、F_{NO}はＦナンバー、ωは半画角、r_1、r_2…は各レンズ面の曲率半径、d_1、d_2…は各レンズ面間の間隔、n_{d1}、n_{d2}…は各レンズのｄ線の屈折率、ν_{d1}、ν_{d2}…は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、ｘを光の進行方向を正とした光軸とし、ｙを光軸と直行する方向にとると、下記の式にて表される。

$$x=(y^2/r)/[1+\{1-P(y/r)^2\}^{1/2}]+A_4y^4+A_6y^6+A_8y^8+A_{10}y^{10}$$

ただし、ｒは近軸曲率半径、Ｐは円錐係数、A_4、A_6、A_8、A_{10}はそれぞれ４次、６次、８次、１０次の非球面係数である。
【００６５】

実施例１

$f=28.25$, $F_{NO}=2.85$, $\omega=37.55$ °

r_1 =	45.7477	d_1 = 2.000	n_{d1} =1.52249	ν_{d1} =59.79		
r_2 =	20.2273	d_2 =13.505				
r_3 =	31.8802 (非球面)	d_3 = 2.200	n_{d2} =1.77250	ν_{d2} =49.60		
r_4 =	17.3560	d_4 = 0.626				
r_5 =	17.9470	d_5 = 5.000	n_{d3} =1.77250	ν_{d3} =49.60		
r_6 =	-18.0589	d_6 = 0.850	n_{d4} =1.58267	ν_{d4} =46.33		
r_7 =	61.2202	d_7 = 3.461				
r_8 =	∞ (絞り)	d_8 = 3.460				
r_9 =	-175.6281	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.62364	ν_{d5} =36.54		
r_{10}=	30.8634	d_{10}= 5.362	n_{d6} =1.74400	ν_{d6} =44.79		
r_{11}=	-10.2656	d_{11}= 2.749	n_{d7} =1.80518	ν_{d7} =25.43		
r_{12}=	-21.9822	d_{12}=12.771				
r_{13}=	-12.5639 (非球面)	d_{13}= 1.650	n_{d8} =1.48749	ν_{d8} =70.21		
r_{14}=	-28.6432					

非球面係数

第３面

P = 1.0000

A_4 =-0.20326×10^{-4}

A_6 =-0.97541×10^{-7}

A_8 = 0.18268×10^{-9}

A_{10}=-0.19504×10^{-11}

第１３面

P = 1.0208

A_4 =-0.53251×10^{-4}

A_6 = 0.10680×10^{-5}

A_8 =-0.10632×10^{-7}

A_{10}= 0.48187×10^{-10}

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	13.505	12.342
d_{12}	12.771	13.933

。

【００６６】

実施例２

$f=28.25$, $F_{NO}=2.83$, $\omega=37.66$ °

r_1 =	71.8061	d_1 =	1.850	n_{d1} =1.48749	ν_{d1} =70.21	
r_2 =	16.8902	d_2 =	3.578			
r_3 =	24.6507	d_3 =	5.296	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.88	
r_4 =	25.6113（非球面）	d_4 =	5.443			
r_5 =	20.1463	d_5 =	5.645	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43	
r_6 =	9.7186	d_6 =	5.253	n_{d4} =1.56965	ν_{d4} =49.33	
r_7 =	-48.8544	d_7 =	0.515			
r_8 =	∞（絞り）	d_8 =	1.714			
r_9 =	-19.9631	d_9 =	2.200	n_{d5} =1.60323	ν_{d5} =42.32	
r_{10}=	18.6011	d_{10}=	4.544	n_{d6} =1.77250	ν_{d6} =49.60	
r_{11}=	-24.3183	d_{11}=	4.349			
r_{12}=	261.7147	d_{12}=	2.898	n_{d7} =1.69680	ν_{d7} =55.53	
r_{13}=	-34.6477	d_{13}=	11.664			
r_{14}=	-13.5483（非球面）	d_{14}=	0.900	n_{d8} =1.48749	ν_{d8} =70.21	
r_{15}=	-70.3472					

非球面係数

第４面

P = 1.0000

$A_4 = 0.35387\times10^{-5}$

$A_6 = 0.15947\times10^{-7}$

$A_8 = 0.13970\times10^{-10}$

$A_{10}=-0.20336\times10^{-12}$

第１４面

P = 1.0818

$A_4 =-0.41008\times10^{-4}$

$A_6 = 0.61779\times10^{-6}$

$A_8 =-0.57324\times10^{-8}$

A_{10}= 0.22400×10^{-10}

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-514
d_4	5.443	3.710
d_{11}	4.349	4.984
d_{13}	11.664	12.764

【００６７】

実施例３

$f=28.25$, $F_{NO}=2.88$, $\omega=37.546°$

r_1 = 50.5055	d_1 = 2.000	n_{d1} =1.52249	ν_{d1} =59.79	
r_2 = 19.9011	d_2 =13.269			
r_3 = 29.1262 (非球面)	d_3 = 2.500	n_{d2} =1.77250	ν_{d2} =49.60	
r_4 = 19.5699	d_4 = 0.699			
r_5 = 20.9244	d_5 = 5.818	n_{d3} =1.77250	ν_{d3} =49.60	
r_6 = -17.4414	d_6 = 0.830	n_{d4} =1.58267	ν_{d4} =46.33	
r_7 = 69.1493	d_7 = 2.950			
r_8 = ∞ (絞り)	d_8 = 2.932			
r_9 = -109.8322	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.62364	ν_{d5} =36.54	
r_{10}= 32.7720	d_{10}= 5.945	n_{d6} =1.74400	ν_{d6} =44.79	
r_{11}= -10.2665	d_{11}= 2.700	n_{d7} =1.80518	ν_{d7} =25.43	
r_{12}= -21.9703	d_{12}=13.056			
r_{13}= -12.6035 (非球面)	d_{13}= 1.650	n_{d8} =1.48749	ν_{d8} =70.21	
r_{14}= -27.3282				

非球面係数

第３面

P = 1.0000

A_4 =-0.18662×10^{-4}

A_6 =-0.90746×10^{-7}

A_8 = 0.42961×10^{-10}

A_{10}=-0.13627×10^{-11}

第１３面

P = 1.0209

A_4 =-0.52090×10^{-4}

A_6 = 0.10416×10^{-5}

A_8 =-0.10340×10^{-7}

A_{10}= 0.45398×10^{-10}

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	13.269	12.045
d_{12}	13.056	14.280

。

【００６８】

実施例４

$f=28.25$, $F_{NO}=2.82$, $\omega=35.277°$

r_1 =	82.6312	d_1 = 2.330	n_{d1} =1.48749	ν_{d1} =70.21		
r_2 =	16.2594	d_2 = 3.431				
r_3 =	22.6416	d_3 = 4.835	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.88		
r_4 =	22.0253 (非球面)	d_4 = 5.079				
r_5 =	17.8591	d_5 = 6.032	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43		
r_6 =	8.9980	d_6 = 3.916	n_{d4} =1.56965	ν_{d4} =49.33		
r_7 =	-48.7978	d_7 = 0.834				
r_8 =	∞ (絞り)	d_8 = 1.735				
r_9 =	-18.0589	d_9 = 2.655	n_{d5} =1.58215	ν_{d5} =42.09		
r_{10}=	18.7548	d_{10}= 4.472	n_{d6} =1.77250	ν_{d6} =49.60		
r_{11}=	-22.6718	d_{11}= 5.483				
r_{12}=	585.5052	d_{12}= 2.502	n_{d7} =1.74100	ν_{d7} =52.65		
r_{13}=	-42.0410	d_{13}=11.595				
r_{14}=	-13.3155 (非球面)	d_{14}= 0.950	n_{d8} =1.48749	ν_{d8} =70.21		
r_{15}=	-37.0931					

非球面係数

第４面

P = 1.0000

$A_4 = 0.78002\times10^{-6}$

$A_6 = -0.17613\times10^{-7}$

$A_8 = 0.17098\times10^{-9}$

$A_{10} = -0.14588\times10^{-11}$

第１４面

P = 1.0561

$A_4 = -0.50025\times10^{-4}$

$A_6 = 0.80207\times10^{-6}$

$A_8 = -0.71319\times10^{-8}$

$A_{10}= 0.24072\times10^{-10}$

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_4	5.079	3.542
d_{13}	11.595	13.133

【００６９】

実施例５

$f=28.25$, $F_{NO}=2.82$, $\omega=37.503°$

r_1 =	41.3997	d_1 = 3.200	n_{d1} =1.61700	ν_{d1} =62.80		
r_2 =	14.7518（非球面）	d_2 = 7.344				
r_3 =	21.6666	d_3 = 7.110	n_{d2} =1.66680	ν_{d2} =33.04		
r_4 =	35.1779	d_4 = 3.117				
r_5 =	40.7851（非球面）	d_5 = 4.192	n_{d3} =1.79500	ν_{d3} =45.29		
r_6 =	-18.7082	d_6 = 1.200	n_{d4} =1.62045	ν_{d4} =38.12		
r_7 =	10.2699	d_7 = 3.974	n_{d5} =1.49700	ν_{d5} =81.61		
r_8 =	62.8082	d_8 = 0.808				
r_9 =	∞（絞り）	d_9 = 0.583				
r_{10}=	-212.1168	d_{10}= 1.500	n_{d6} =1.58313	ν_{d6} =59.38		
r_{11}=	14.3300	d_{11}= 4.556	n_{d7} =1.74100	ν_{d7} =52.65		
r_{12}=	-19.3044	d_{12}= 0.150				
r_{13}=	-67.0967	d_{13}= 1.000	n_{d8} =1.67270	ν_{d8} =32.10		
r_{14}=	52.4027	d_{14}= 1.982	n_{d9} =1.77250	ν_{d9} =49.60		
r_{15}=	-304.9685	d_{15}=14.384				
r_{16}=	-11.5442	d_{16}= 1.200	n_{d10}=1.65830	ν_{d10}=57.33		
r_{17}=	-18.3544					

非球面係数

第２面

$P = 1.0000$

$A_4 = 0.32710\times10^{-5}$

$A_6 = -0.48022\times10^{-7}$

$A_8 = 0.40963\times10^{-9}$

$A_{10} = -0.12681\times10^{-11}$

第５面

$P = 1.0000$

$A_4 = -0.32015\times10^{-4}$

A_6 =-0.16426×10^{-6}

A_8 = 0.56575×10^{-9}

A_{10}=-0.52037×10^{-11}

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	7.344	5.520
d_{15}	14.384	16.209

【００７０】

実施例６

$f=28.2$, $F_{NO}=2.88$, $\omega=37.462°$

r_1 = 18.5447	d_1 = 3.693	n_{d1} =1.67790	ν_{d1} =55.33
r_2 = 11.9475	d_2 =15.687		
r_3 = 24.4378	d_3 = 2.610	n_{d2} =1.77250	ν_{d2} =49.60
r_4 = -88.4690	d_4 = 0.800	n_{d3} =1.63636	ν_{d3} =35.37
r_5 = 55.1463	d_5 = 1.163		
r_6 = ∞（絞り）	d_6 = 0.850		
r_7 =-64133.6418	d_7 =10.197	n_{d4} =1.71736	ν_{d4} =29.51
r_8 = 15.3380	d_8 = 4.279	n_{d5} =1.77250	ν_{d5} =49.60
r_9 = -27.1236（非球面）	d_9 =16.764		
r_{10}= -14.2958	d_{10}= 1.650	n_{d6} =1.48749	ν_{d6} =70.21
r_{11}= -40.8089			

非球面係数

第９面

$P = 1.0000$

$A_4 = 0.19710\times10^{-4}$

$A_6 = 0.68681\times10^{-7}$

$A_8 = -0.73357\times10^{-9}$

$A_{10} = 0.78900\times10^{-11}$

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	15.687	15.893
d_9	16.764	16.955

。

【００７１】

実施例７

$f=21.15$, $F_{NO}=2.85$, $\omega=45.811°$

r_1 = 21.9601 (非球面)	d_1 = 2.000	n_{d1} =1.65160	ν_{d1} =58.52	
r_2 = 11.8035	d_2 =18.104			
r_3 = 21.5082	d_3 = 2.824	n_{d2} =1.78590	ν_{d2} =44.19	
r_4 = -34.1116	d_4 = 0.800	n_{d3} =1.58267	ν_{d3} =46.33	
r_5 = -413.1548	d_5 = 1.063			
r_6 = ∞ (絞り)	d_6 = 1.271			
r_7 = -31.4484	d_7 = 2.200	n_{d4} =1.72151	ν_{d4} =29.24	
r_8 = 13.9583	d_8 = 3.058	n_{d5} =1.75500	ν_{d5} =52.33	
r_9 = -20.9744 (非球面)	d_9 =15.141			
r_{10}= -10.1789	d_{10}= 1.650	n_{d6} =1.48749	ν_{d6} =70.21	
r_{11}= -16.2012 (非球面)				

非球面係数

第１面

P = 1.0000

A_4 =-0.56299×10^{-5}

A_6 =-0.14684×10^{-7}

A_8 =-0.64865×10^{-10}

A_{10}= 0.18261×10^{-12}

第９面

P = 1.0000

A_4 = 0.32302×10^{-4}

A_6 = 0.84780×10^{-6}

A_8 =-0.27757×10^{-7}

A_{10}= 0.33334×10^{-9}

第１１面

P = 1.0000

A_4 = 0.64096×10^{-4}

A_6 =-0.25094×10^{-6}

A_8 = 0.11385×10^{-8}

A_{10}= 0.92702×10^{-12}

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	18.104	18.027
d_9	15.141	15.295

【００７２】

実施例８

$f=28.25$, $F_{NO}=2.08$, $\omega=37.687°$

r_1 = 23.6431 (非球面)	d_1 = 4.829	n_{d1} =1.77250	ν_{d1} =49.60	
r_2 = 16.3353	d_2 = 4.709			
r_3 = 28.5559	d_3 = 4.764	n_{d2} =1.77250	ν_{d2} =49.60	
r_4 = -15.2447	d_4 = 0.800	n_{d3} =1.59551	ν_{d3} =39.21	
r_5 = 32.7580	d_5 = 1.529			
r_6 = ∞ (絞り)	d_6 = 0.716			
r_7 = 161.5334	d_7 = 2.200	n_{d4} =1.58921	ν_{d4} =41.08	
r_8 = 13.5571	d_8 = 5.835	n_{d5} =1.77250	ν_{d5} =49.60	
r_9 = -11.6513	d_9 = 2.200	n_{d6} =1.80610	ν_{d6} =33.27	
r_{10}= -25.0755	d_{10}= 7.945			
r_{11}= -15.7322 (非球面)	d_{11}= 1.650	n_{d7} =1.48749	ν_{d7} =70.21	
r_{12}= -288.3362				

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = -0.23740\times10^{-4}$

$A_6 = -0.13130\times10^{-6}$

$A_8 = -0.14094\times10^{-9}$

$A_{10} = -0.10233\times10^{-11}$

第１１面

P = 2.0750

$A_4 = -0.54842\times10^{-4}$

$A_6 = 0.32652\times10^{-6}$

$A_8 = -0.29558\times10^{-8}$

$A_{10} = 0$

【００７３】

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	4.709	4.991
d_{10}	7.945	7.644

。

【００７４】

実施例９

$f=28.25$, $F_{NO}=2.08$, $\omega=37.685°$

r_1 =	140.9251	d_1 =10.040	n_{d1} =1.48749	ν_{d1} =70.21		
r_2 =	19.3851	d_2 = 3.175				
r_3 =	29.6952 (非球面)	d_3 = 2.000	n_{d2} =1.74100	ν_{d2} =52.65		
r_4 =	63.4375	d_4 = 6.529				
r_5 =	63.0315	d_5 = 4.280	n_{d3} =1.77250	ν_{d3} =49.60		
r_6 =	-15.6267	d_6 = 0.800	n_{d4} =1.58215	ν_{d4} =42.09		
r_7 =	57.7250	d_7 = 1.372				
r_8 =	∞ (絞り)	d_8 = 1.475				
r_9 =	123.0481	d_9 = 2.524	n_{d5} =1.62364	ν_{d5} =36.54		
r_{10}=	16.4456	d_{10}= 4.405	n_{d6} =1.77250	ν_{d6} =49.60		
r_{11}=	-19.3728	d_{11}= 2.200	n_{d7} =1.84666	ν_{d7} =23.88		
r_{12}=	-31.8861	d_{12}=11.576				
r_{13}=	-23.4321 (非球面)	d_{13}= 3.073	n_{d8} =1.48749	ν_{d8} =70.21		
r_{14}=	-961.4600					

非球面係数

第３面

P = 1.0000

A_4 =-0.26049×10^{-4}

A_6 =-0.15919×10^{-6}

A_8 = 0.20286×10^{-9}

A_{10}=-0.34506×10^{-11}

第１３面

P = 2.8226

A_4 =-0.74032×10^{-4}

A_6 = 0.16831×10^{-6}

A_8 =-0.19821×10^{-8}

A_{10}= 0

フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	3.175	4.436
d_{12}	11.576	10.843

。

【００７５】

実施例１０

$f=28.24$, $F_{NO}=2.08$, $\omega=37.548°$

r_1 = 67.0467	d_1 = 1.850	n_{d1} =1.60717	ν_{d1} =40.26	
r_2 = 22.8105 (非球面)	d_2 = 6.695			
r_3 = 128.5307	d_3 = 1.300	n_{d2} =1.49700	ν_{d2} =81.61	
r_4 = 26.7744	d_4 = 2.025			
r_5 = 29.0729	d_5 = 5.227	n_{d3} =1.80100	ν_{d3} =34.97	
r_6 = 4926.3414	d_6 =10.616			
r_7 = 28.5297 (非球面)	d_7 = 4.687	n_{d4} =1.80518	ν_{d4} =25.43	
r_8 = 11.2876	d_8 = 7.334	n_{d5} =1.60300	ν_{d5} =65.48	
r_9 = 300.5721	d_9 = 1.000			
r_{10}= ∞ (絞り)	d_{10}= 1.550			
r_{11}= -45.7434	d_{11}= 1.943	n_{d6} =1.54041	ν_{d6} =51.00	
r_{12}= 15.6189	d_{12}= 4.014	n_{d7} =1.77250	ν_{d7} =49.60	
r_{13}= -144.5286	d_{13}= 0.221			
r_{14}= 80.4465	d_{14}= 2.496	n_{d8} =1.79500	ν_{d8} =45.29	
r_{15}= -44.4001	d_{15}=12.595			
r_{16}= -14.5662 (非球面)	d_{16}= 1.650	n_{d9} =1.62045	ν_{d9} =38.12	
r_{17}= -39.6495				

非球面係数

第２面

P = 1.3864

$A_4 = 0.31056\times10^{-5}$

$A_6 = -0.18594\times10^{-7}$

$A_8 = 0.91239\times10^{-10}$

$A_{10} = -0.19778\times10^{-12}$

第７面

P = 1.0000

$A_4 = 0.12792\times10^{-5}$

A_6 =-0.52811×10^{-7}
A_8 = 0.56840×10^{-9}
A_{10}=-0.24022×10^{-11}
第１６面
Ｐ = 1.5704
A_4 =-0.27588×10^{-4}
A_6 = 0.22412×10^{-6}
A_8 =-0.35098×10^{-8}
A_{10}= 0.14958×10^{-10}
フォーカシング又はフローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_4	2.025	1.888
d_6	10.616	10.898

【００７６】
次に、上記各実施例の前記条件（１）～（７）に関する値、及び、半画角ω（°）、有効半画角（°）の値を次の表に示す。

実施例	$-f_1/f$	e_{12}/f	f_{21}/f_{22}	f_1/f_3	ω	有限画角
1	2.525	0.479	1.289	1.501	37.55	35.99
2	1.859	0.246	1.310	1.518	37.66	35.96
3	2.276	0.482	1.108	1.2908	37.546	35.856
4	1.520	0.207	1.092	0.995	35.277	33.034
5	1.378	0.116	1.712	0.766	37.503	34.222

実施例	$-f_{12}/f$	f_{23}/f	e'/f	ω	有限画角
6	3.550	1.652	-0.664	37.462	35.836
7	1.272	10.766	-1.661	45.811	44.729
8	3.623	1.301	0.211	37.687	35.306
9	4.187	1.438	-0.397	37.685	35.645
10	3.373	1.626	-0.486	37.548	35.654

【００７７】
以上の本発明の広角レンズは、例えば次のように構成することができる。
〔１〕　物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、
前記第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、
前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、
前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、
前記第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、
無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、光学系全長を変えることなく、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が減少し、かつ、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔が増加するように、前記第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する内焦方式によって行うようにしたことを特徴とする広角レンズ。
【００７８】
〔２〕　物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、

前記第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、
前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、
前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、
前記第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、
無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、光学系全長を変えることなく、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が減少し、かつ、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔が増加するように、前記第２レンズ群を基準位置より物体側に移動する内焦方式によって行うようにし、
以下の条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

$0.2 < -f_1 / f < 3$　　・・・（１）
$0.03 < e_{12} / f < 1$　　・・・（２）
$0.2 < f_{21} / f_{22} < 2$　　・・・（３）
$0.15 < f_1 / f_3 < 2.5$　　・・・（４）

ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、
f_3：第３レンズ群の焦点距離、
f：全系の焦点距離、
f_{21}：第２レンズ群の前群（G_{21}）の焦点距離、
f_{22}：第２レンズ群の後群（G_{22}）の焦点距離、
e_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との主点間隔、
である。

【００７９】
〔３〕　フォーカシング時の収差変動を補償するために、無限遠から有限遠物体へのフォーカシング時に、前記第２レンズ群を基準位置より物体に移動すると共に、前記第２レンズ群を構成する前記前群（G_{21}）と前記後群（G_{22}）の一部のレンズ間隔を変化させることを特徴とする上記〔１〕又は〔２〕記載の広角レンズ。

【００８０】
〔４〕　物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、
前記第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、
前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、
前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、
前記第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、
無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、全系を物体側に移動するのと同時に、レンズ群間隔又はレンズ群内の間隔を変えることにより収差変動を補正するようにして行うことを特徴とする広角レンズ。

【００８１】
〔５〕　物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、開口絞りを含み、正屈折力を有する第２レンズ群と、負屈折力を有する第３レンズ群との３つの基本レンズ群によって構成し、前記第２レンズ群は、開口絞りを挟んで正屈折力の前群（G_{21}）と後群（G_{22}）の２つのレンズ群にて構成し、

前記第１レンズ群は、少なくとも１枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズを有し、
前記第２レンズ群の前群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズを少なくとも一組有し、
前記第２レンズ群の後群は、正レンズと負レンズを含む接合レンズの少なくとも一組にて構成し、
前記第３レンズ群は、少なくとも１枚の像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズにて構成し、
無限遠から有限遠物体へのフォーカシングは、全系を物体側に移動するのと同時に、レンズ群間隔又はレンズ群内の間隔を変えることにより収差変動を補正するようにして行うと共に、
以下の条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

$0.2 < f_{12}/f < 16$　　・・・（５）

$-5 < e_{23}/f < 12$　　・・・（６）

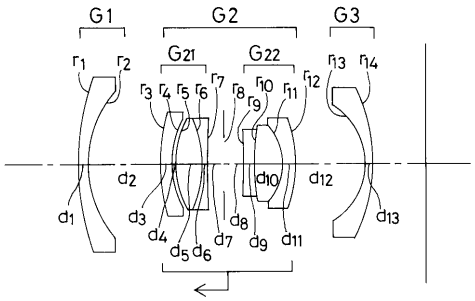
$-3 < e'/f < 1$　　・・・（７）

ただし、f_{12}：第１レンズ群と第２レンズ群の前群との合成焦点距離、
f_{23}：第２レンズ群の後群と第３レンズ群との合成焦点距離、
f　：全系の焦点距離、
e'：第１レンズ群と第２レンズ群の前群からなる系、及び、第２レンズ群の後群と第３レンズ群からなる系の主点間隔、
である。

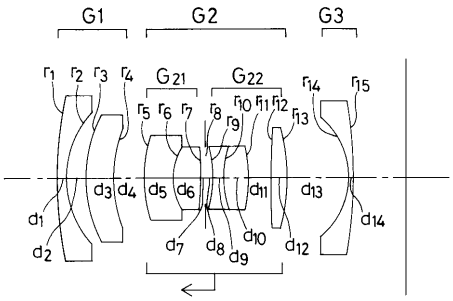
【００８２】
〔６〕　前記第１レンズ群を、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正レンズにて構成し、無限遠から有限遠物体へのフォーカシングに際して、前記第１レンズ群を構成するレンズ間隔を変えることによって収差変動を補償することを特徴とする上記〔４〕又は〔５〕記載の広角レンズ。
【００８３】
〔７〕　無限遠から有限遠物体へのフォーカシングに際して、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔を減少するように移動し、かつ、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔を変えることを特徴とする上記〔４〕又は〔５〕記載の広角レンズ。
【００８４】
〔８〕　無限遠から有限遠物体へのフォーカシングに際して、前記第２レンズ群を構成する間隔を変えることを特徴とする上記〔８〕記載の広角レンズ。
【００８５】
【発明の効果】
以上の説明から明らかなように、負、正、負の３レンズ群からなる対称型の広角レンズにおいて、基本的に第２レンズ群をフォーカシングレンズ群として採用すると、可変レンズ群間隔が相互に収差変動を抑制することが可能であることを見出し、一方で、従来からの全系を移動するフォーカシング方法において、そのままでは球面収差と非点収差の変化が逆方向となる欠点を、レンズ群の間隔を変化させ、移動量も制御することで、収差変動が著しく改善することを実現し得た。これにより、本発明の広角レンズの潜在性能を、有限遠物体までフォーカシングしても、維持できることが可能となった。特に、大口径比化が望まれる現状においては、効果が大きいと言うことができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施例１の広角レンズの断面図である。
【図２】本発明の実施例２の広角レンズの断面図である。
【図３】本発明の実施例５の広角レンズの断面図である。
【図４】本発明の実施例６の広角レンズの断面図である。
【図５】本発明の実施例７の広角レンズの断面図である。
【図６】本発明の実施例８の広角レンズの断面図である。

【図７】本発明の実施例９の広角レンズの断面図である。
【図８】本発明の実施例１０の広角レンズの断面図である。
【図９】実施例１の無限遠物点にフォーカシングしたときの収差図とレンズ第１面より０．５ｍの有限遠物点にフォーカシングしたときの収差図を対比して示す収差図である。
【図１０】実施例２の図９と同様の収差図である。
【図１１】実施例３の図９と同様の収差図である。
【図１２】実施例４の図９と同様の収差図である。
【図１３】実施例５の図９と同様の収差図である。
【図１４】実施例６の図９と同様の収差図である。
【図１５】実施例７の図９と同様の収差図である。
【図１６】実施例８の図９と同様の収差図である。
【図１７】実施例９の図９と同様の収差図である。
【図１８】実施例１０の図９と同様の収差図である。
【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
G_{21}…第２レンズ群の前群
G_{22}…第２レンズ群の後群

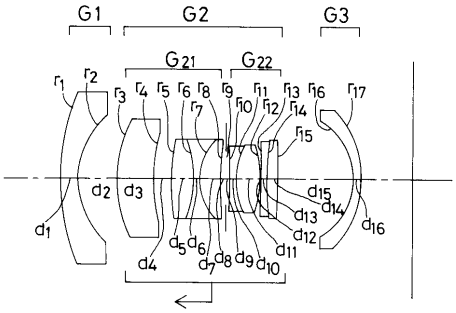
【図１】



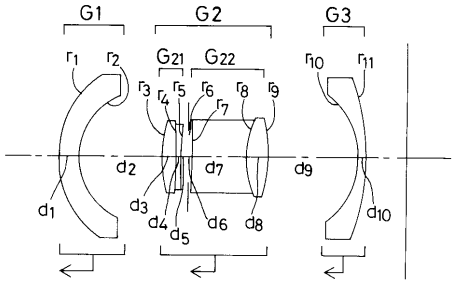
【図２】



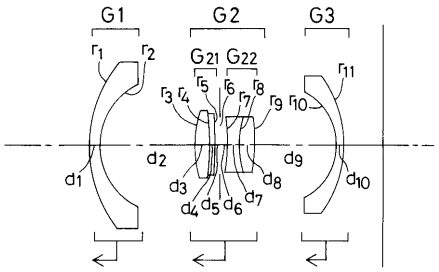
【図３】



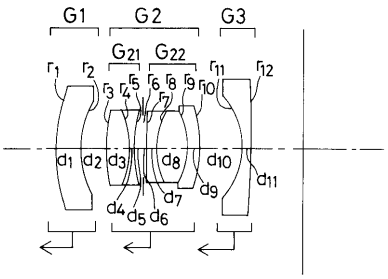
【図４】



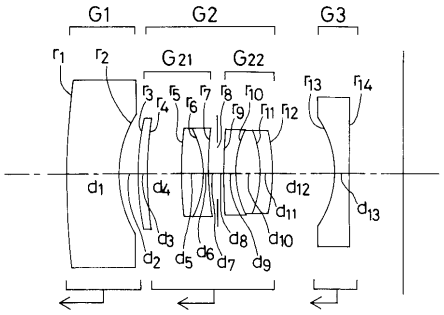
【図５】



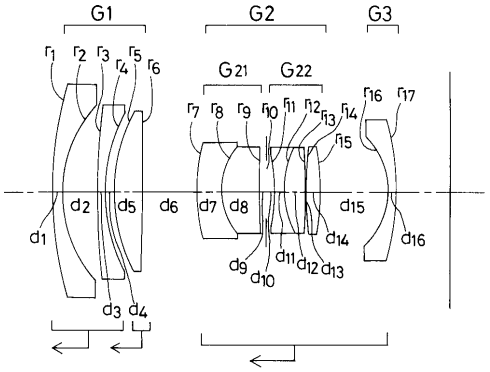
【図６】



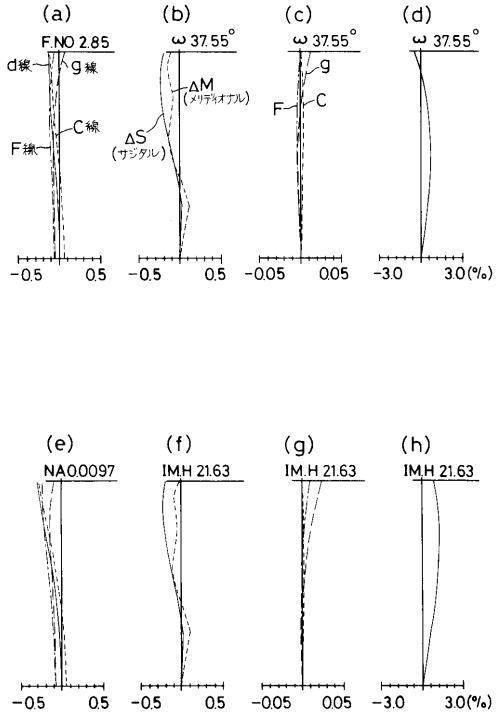
【図７】



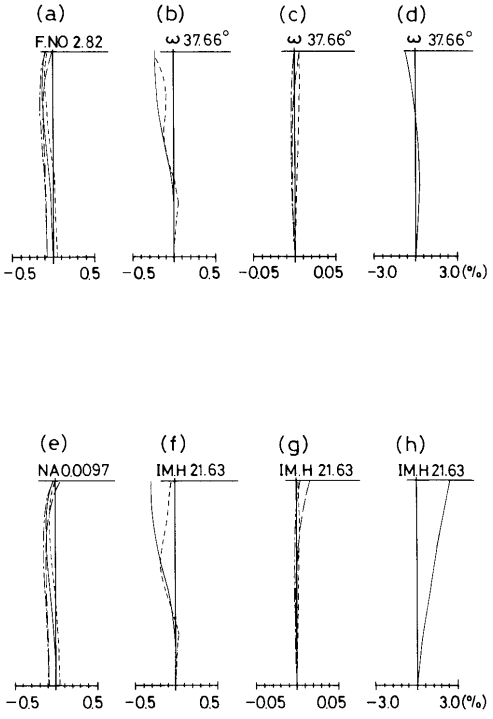
【図８】



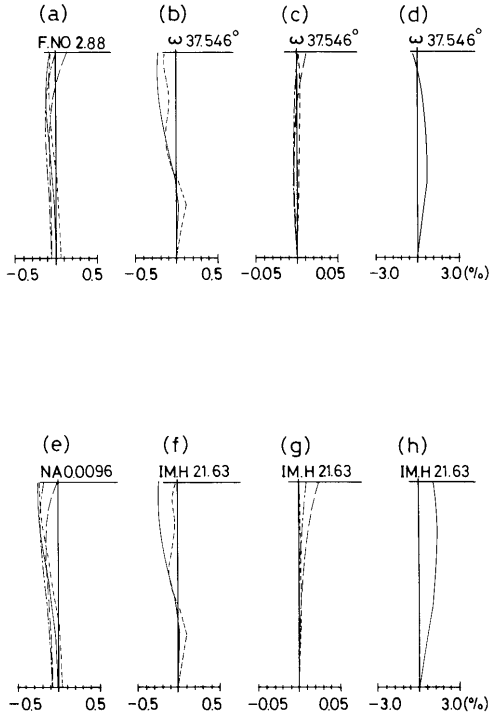
【図９】



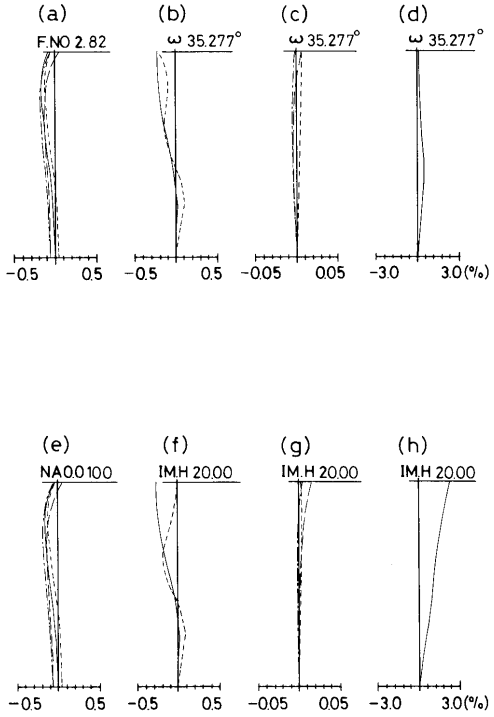
【図１０】



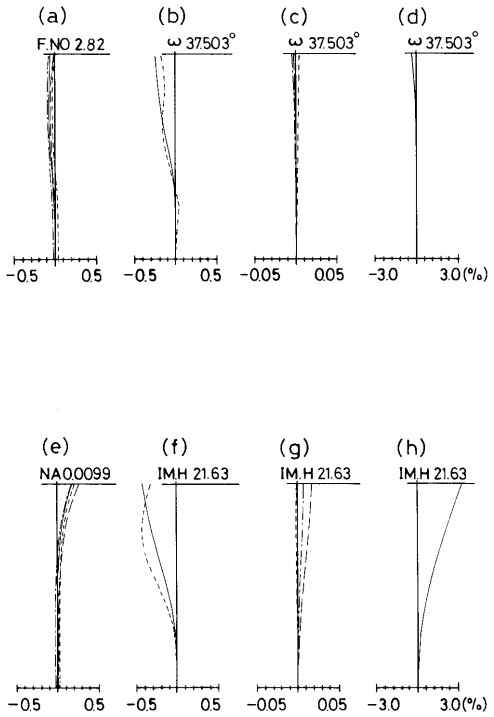
【図１１】



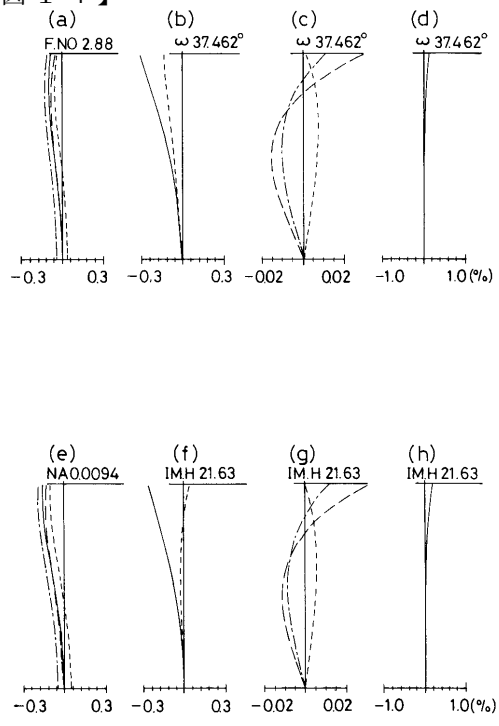
【図１２】



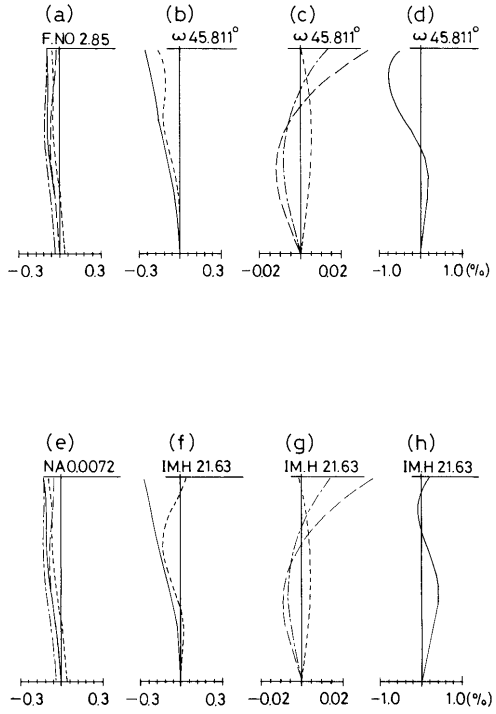
【図１３】



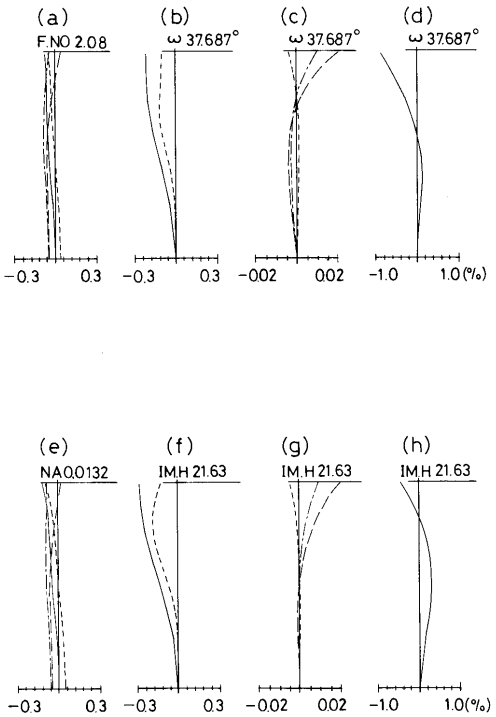
【図１４】



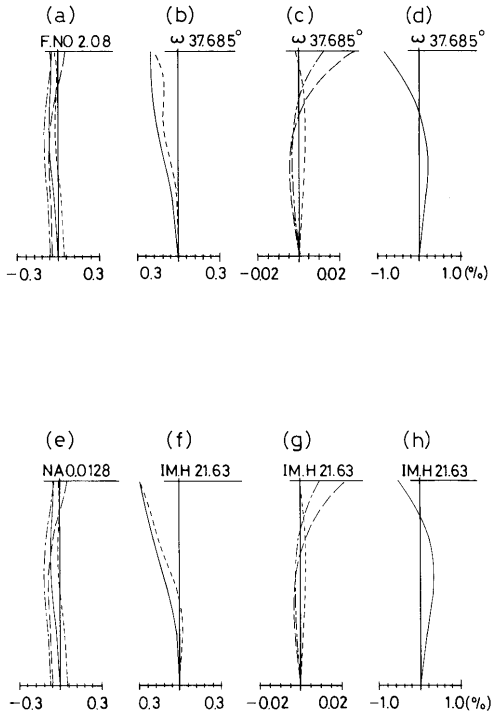
【図１５】



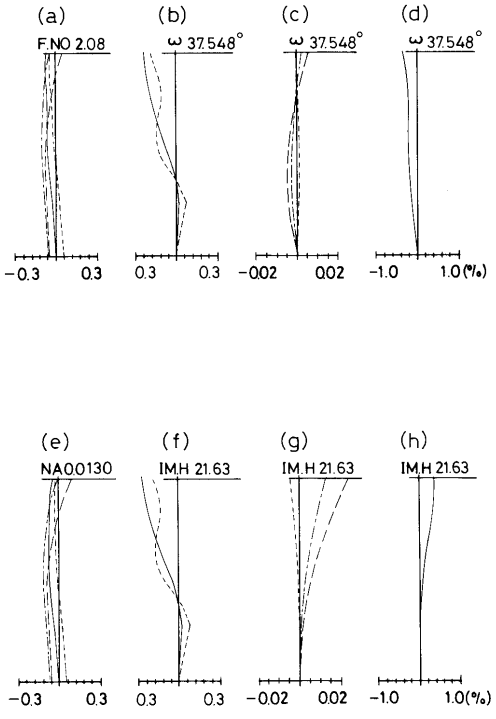
【図１６】



【図１７】



【図１８】



フロントページの続き

(74)代理人　100094787
弁理士　青木　健二
(74)代理人　100091971
弁理士　米澤　明
(72)発明者　山梨隆則
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号オリンパス光学工業株式会社内

審査官　吉野　公夫

(56)参考文献　特開平０６－３２４２６４（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３００９７２（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１７５０２７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１６０７１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０００４０６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２７９８１５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２７９８１５（ＪＰ，Ａ）
特表平０３－５００５８２（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１８８２９１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G02B 13/18
G02B 9/00